

Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 156-166.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106, no 1. P. 156-166.

Научная статья
УДК 636.5:577.17
doi:10.33284/2658-3135-106-1-156

Изучение эффективности применения пробиотиков в сочетании с биокоординационными соединениями на показатели яичной продуктивности птиц

Светлана Викторовна Нотова¹, Татьяна Витальевна Казакова², Ольга Владимировна Маршинская³
^{1,2,3}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия
¹snotova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6378-4522>
²vaisvais13@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3717-4533>
³m.olja2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5611-5128>

Аннотация. Птицеводство является одной из ключевых отраслей российского агропромышленного комплекса, обеспечивающее население широким ассортиментом продуктов питания, среди которого яичная продукция занимает особое место среди потребителей. В связи с чем учёными активно ведутся исследования по разработке новых стратегий увеличения яичной продуктивности и улучшения качества яиц. Целью исследования явилось изучение эффективности использования водорастворимых пробиотиков в сочетании с добавлением в рацион хелатного комплекса аминокислот с хромом на показатели яичной продуктивности птиц. Установлено, что введение в рацион водорастворимой формы пробиотиксодержащего комбинированного препарата (находится на стадии апробации, в связи с этим отсутствует коммерческое название) в дозе 0,2 г/кг веса птицы в сочетании с кормовой добавкой хелатного комплекса аминокислот с хромом в дозе 300 мг/кг позволило оптимизировать обменные процессы, сопряжённые с наибольшей продуктивностью кур-несушек кросса Хайсекс Браун. Исследованием показано улучшение яйценоскости птиц – интенсивность яйцекладки увеличилась на 7,5 %, общая масса яиц – на 1,1 кг ($p=0,03$) по сравнению с контролем. Пробиотиксодержащий препарат в сочетании с биокоординационными соединениями оказал иммуностимулирующее и гипохолестеринемическое действие, что подтвердилось изменениями в гематологических и биохимических показателях крови. Данным исследованием подтверждена перспективность использования пробиотических препаратов на водной основе в сочетании с кормовыми добавками хелатного хрома в птицеводстве.

Ключевые слова: сельскохозяйственная птица, куры-несушки, хелатный комплекс, хром, пробиотики

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 22-16-00070.

Выражаем благодарность компании ООО «МегаМикс» (Волгоград, Россия) за предоставление кормовых добавок, необходимых для проведения научных исследований.

Для цитирования: Нотова С.В., Казакова Т.В., Маршинская О.В. Изучение эффективности применения пробиотиков в сочетании с биокоординационными соединениями на показатели яичной продуктивности птиц // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 1. С. 156-166. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-156>

Original article

The efficiency of probiotics in combination with biocoordination compounds on egg-production of birds

Svetlana V Notova¹, Tatyana V Kazakova², Olga V Marshinskaya³

^{1,2,3}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹snotova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6378-4522>

²vaisvais13@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3717-4533>

³m.olja2013@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5611-5128>

Abstract. Poultry farming is one of the key sectors of the Russian agro-industrial complex, providing the population with a wide range of food products, among them egg products occupy a special place

among consumers. In this connection, scientists are actively conducting research to develop new strategies for increasing egg productivity and improving egg quality. The aim of the study was to study the effectiveness of water-soluble probiotics in combination with the addition of a chelate complex of amino acids with chromium to the diet on egg productivity of birds. It has been established that the introduction of a water-soluble form of a probiotic-containing combined preparation into the diet at a dose of 0.2 g/kg of bird weight in combination with a feed additive of a chelate complex of amino acids with chromium at a dose of 300 mg/kg made it possible to optimize metabolic processes associated with the highest productivity of laying hens Hisex Brown cross. The study showed an improvement in the egg production of birds - the intensity of egg laying increased by 7.5%, the total weight of eggs - by 1.1 kg ($p=0.03$) compared with the control. The probiotic-containing preparation in combination with biocoordination compounds had an immunostimulating and hypocholesterolemic effect, which was confirmed by changes in hematological and biochemical blood parameters. This study confirmed the prospects for the use of water-based probiotic preparations in combination with chelated chromium feed additives in poultry farming.

Keywords: agricultural poultry, laying hens, chelate complex, chromium, probiotics

Acknowledgments: the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 22-16-00070.

We express our gratitude to MegaMix LLC (Volgograd, Russia) for providing feed additives necessary for scientific research.

For citation: Notova SV, Kazakova TV, Marshinskaya OV. The efficiency of probiotics in combination with biocoordination compounds on egg-production of birds. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(1):156-166. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-1-156>

Введение.

Сельское хозяйство входит в число важных отраслей национальной экономики Российской Федерации. В связи с чем политика агропромышленных комплексов направлена на повышение эффективности и надёжности обеспечения населения нашей страны качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией (Лопаева Н.Л. и др., 2022). Следует отметить, что птицеводство является одной из ведущих отраслей животноводства РФ, обеспечивающее население широким ассортиментом продуктов, среди которого яичная продукция занимает особое место. Как известно, яйца являются полноценным источником питания, в состав которого входят все незаменимые аминокислоты в оптимальном соотношении, а также жирные кислоты, минералы и витамины (El-Sabrouh K et al., 2022). Успешное ведение данной отрасли невозможно достичь только благодаря наличию специализированных высокопродуктивных кроссов, помимо этого следует обращать внимание и на технологию кормления (Даниленко И.Ю. и др., 2022). В связи с чем учёными активно ведутся исследования по разработке новых стратегий увеличения яичной продуктивности и улучшения качества яиц. Одной из таких стратегий является использование экологически безопасных пробиотических препаратов и микроэлементов в кормлении сельскохозяйственных птиц (Khogali MK et al., 2022; Kim CH et al., 2022).

В последние несколько десятилетий учёными уделяется значительное внимание добавкам, оказывающим влияние на микрофлору кишечника. Общеизвестно, что состояние микрофлоры играет важную роль в иммунном статусе животных, метаболизме и усвоении питательных веществ (Belkaid Y and Hand TW, 2014; Rowland I et al., 2018; Zheng D et al., 2020). На протяжении долгого времени основными препаратами, предназначенными для контроля микрофлоры кишечника сельскохозяйственных животных и птицы, являлись кормовые антибиотики. Однако, как было показано рядом работ, они имеют побочные эффекты, включая бактериальную резистентность (Nhung NT et al., 2017; Roth N et al., 2019). Пробиотиксодержащие добавки, пришедшие на замену антибиотикам, являются активным объектом современных исследований (Овчинников А.А. и др., 2019; Jeni RE et al., 2021). Рядом авторов было показано, что пробиотики обладают полифункциональным действием, их применение способствует нормализации бактериального фона желудочно-кишечного тракта, подавлению колонизации патогенов, повышению конверсии питательных веществ корма, а

также улучшает показатели роста птиц, яйценоскость, качество яиц и яичной скорлупы (Zhang JL et al., 2012; Zou Q et al., 2022; Yaqoob MU et al., 2022). Исходя из этого, использование пробиотиков при выращивании птицы, является целесообразным с многих точек зрения, а именно, сохранности здоровья, продуктивности птицы и качества продукции.

В настоящее время особую актуальность также приобрели исследования, направленные на изучение эффективности внесения в рацион птиц добавок различных форм микроэлементов (Крюков В.С. и др., 2020; Naseem S et al., 2021). Так, несмотря на то, что в настоящее время отсутствуют рекомендации Национального исследовательского совета (NRC, 1994) по содержанию хрома в рационах сельскохозяйственных птиц, многие исследования уже показали, что добавление данного микроэлемента в различных дозах и комбинациях улучшает продуктивные качества птиц (Frag MR et al., 2017; Feng C et al., 2021a; Feng C, et al., 2021b). Следует отметить, что исследований по изучению сочетанного применения пробиотического препарата на водной основе с добавлением в рацион птиц хелатной формы хрома недостаточно.

Цель исследования.

Изучение эффективности использования водорастворимых пробиотиков в сочетании с хелатным комплексом аминокислот с хромом на показатели яичной продуктивности птиц кур-несушек кросса Хайсекс Браун.

Материалы и методы исследования.

Объект исследования. Куры-несушки кросса Хайсекс Браун (ЗАО «Птицефабрика Оренбургская»).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Схема эксперимента. Исследования проведены на базе вивария ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН в 2022 году. Для эксперимента было отобрано 60 кур-несушек кросса Хайсекс Браун в возрасте 150 дней, которых по принципу пар-аналогов разделили на две группы – контрольную и опытную. До 150-дневного возраста птица находилась в режиме подготовительного периода и получала основной рацион (ОР) по рекомендациям ВНИТИП (2019), соответствующий потребностям птиц в питательных веществах.

В возрасте 150 дней кур-несушек перевели на учётный период длительностью 180 дней, в течение которого: контрольная группа (n=30) получала основной рацион; опытная группа (n=30) дополнительно получала вместе с водой комбинированный пробиотик, в состав которого входила микробная масса смеси живых бактерий *L. acidophilum* и *B. adolescentis*, высушенных лиофильным способом на мальтодекстрине (водорастворимая форма) в дозе 0,2 г/кг веса птицы, в основной рацион включали хелатный комплекс аминокислот с хромом в дозе 300 мг/кг. Вносимые дозы кормовых добавок соответствовали рекомендациям производителей.

В течение всего эксперимента учитывали сохранность поголовья, яйценоскость кур, массу яиц и яйцемассу. По окончании эксперимента у птиц проводились гематологический и биохимический анализ крови.

Оборудование и технические средства. Исследования выполнены в ЦКП БСТ РАН <http://цкп-бст.рф>. Морфологический автоматический анализатор DF-50 Vet («Shenzhen Dymind Biotechnology Co», Китай) и биохимический анализатор CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай).

Статистическая обработка. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Полученные данные представлены в виде медианы (Me) и 25-75-го центилей (Q₂₅-Q₇₅). Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (p), при этом критический уровень значимости в данном исследовании принимался меньшим или равным 0,05.

Результаты исследований.

При изучении эффективности использования пробиотического препарата на водной основе в сочетании и органической формой хрома на продуктивность кур-несушек установлено, что в опытной группе такие показатели как сохранность, яйценоскость, интенсивность яйценоскости и валовое количество яиц было выше, чем в контроле (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивные показатели кур-несушек в период эксперимента
Table 1. Productive indicators of laying hens during the experiment

Показатель / <i>Indicator</i>	Группа / <i>Group</i>	
	контрольная / <i>control</i>	опытная / <i>experimental</i>
Количество кормодней, сут / <i>Number of feeding days, days</i>	180	
Сохранность, % / <i>Safety, %</i>	90	100
Валовое количество яиц, шт. / <i>Gross number of eggs, pcs.</i>	3 863	4 698
Яйценоскость на среднюю несушку, шт. / <i>Egg production per medium laying hen, pcs.</i>	143,1	156,6
Интенсивность яйценоскости, % / <i>Intensity of egg production, %</i>	79,5	87,0
Масса яиц, г / <i>Egg weight, g</i>	64,3 (63,1-65,2)	66,1 (65,2-66,9)
Количество яйцемассы на одну несушку, кг / <i>Amount of egg mass per laying hen, kg</i>	9,2 (9,0-9,3)	10,3 (10,2-10,5)*

Примечание: * – P≤0,05

Note: * – P≤0.05

Сохранность поголовья составляла 100 %, в то время как в контрольной – 90 %. Использование в кормлении кур-несушек пробиотика в сочетании с хелатным комплексом аминокислот с хромом позволило повысить яичную продуктивность на 10 %, интенсивность яйценоскости – на 7,5 % относительно контроля. Большее количество яиц было получено также от кур-несушек опытной группы (на 835 шт. больше, чем в контроле). Вследствие этого общая масса яиц в опытной группе превышала статистически значимо значения контрольной группы на 1,1 кг (p=0,03).

Результаты гематологического анализа показали, что введение водорастворимого пробиотического препарата в сочетании с хелатной формой хрома приводило к стимулированию иммунного ответа кур-несушек. В опытной группе была зафиксирована тенденция к увеличению содержания лейкоцитов при сравнении с контролем. Не было выявлено существенных различий в показателях гемограммы (эритроциты и гемоглобин) (табл. 2).

Результаты биохимического анализа крови показали, что разработанный рацион оказывал, главным образом, гипохолестеринемическое действие на птиц, что сопровождалось статистически значимо более низким уровнем холестерина на 32 % (p=0,03) у птиц опытной группы, также отмечалась тенденция к повышению уровня общего белка.

Таблица 2. Морфобиохимические показатели крови кур-несушек
 Table 2. Morphological parameters of blood of laying hens

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	контрольная / control	опытная / experimental
Лейкоциты, 10 ⁹ /л / White blood cells, 10 ⁹ /l	23,43 (22,78-24,78)	24,77 (23,15-26,57)
Эритроциты, 10 ¹² /л / Red blood cells, 10 ¹² /l	2,88 (2,57-3,01)	2,97 (2,35-3,12)
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	118,38 (112,54-123,92)	127,34 (120,98-133,13)
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	11,61 (9,05-11,73)	11,95 (11,73-13,25)
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	28,26 (24,07-37,72)	37,6 (32,99-46,17)
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	3,51 (3,22-3,81)	2,31 (2,19-2,43)*

Примечание: * – P≤0,05

Note: * – P≤0.05

Обсуждение полученных результатов.

Высокий генетический потенциал современных кроссов кур-несушек требует стабильного поступления с кормом целого комплекса нутриентов, в связи с чем проблема полноценного питания птицы имеет особую актуальность (Ежова О.Ю., 2022). Несмотря на консенсус в отношении того, что применение пробиотиков является приоритетным и перспективным направлением развития органического сельского хозяйства, в доступной литературе недостаточно освещён вопрос возможного сочетанного использования пробиотикосодержащих препаратов с микроэлементами. В этом контексте актуальным продолжает оставаться изучение эффективности использования комплексных средств, полученных путём синтеза химических элементов с аминокислотами и пробиотиками.

В проведённом исследовании был выявлен положительный результат сочетанного применения используемых препаратов. Введение в рацион птиц данной кормовой добавки оказало воздействие на яйценоскость, повысив интенсивность яйцекладки на 7,5 % и увеличив общую массу яиц на 1,1 кг (p=0,03) по сравнению с контролем. Следует отметить, что эффекты подобных препаратов могут различаться в зависимости от метода введения добавок, используемых штаммов бактерий, их стабильности и жизнеспособности, возраста и рациона питания животных. Однако полученные результаты нашего исследования согласуются с рядом авторов (Peralta-Sánchez JM et al., 2019; Naseem S et al., 2021). Так, например, в исследованиях учёных из Индонезии было продемонстрировано, что использование препаратов на основе *L. acidophilum* повышало яйценоскость кур-несушек и увеличивало вес яиц (Lokarinasari WP et al., 2020). В работах китайских учёных было установлено, что добавки *B. subtilis* увеличивали всасывание Ca в кишечнике и тем самым улучшали качество яичной скорлупы птиц (Wang JS et al., 2021). Следует подчеркнуть, что в подобных экспериментальных работах пробиотики добавлялись непосредственно в корм, в то время как в текущем исследовании они вносились в питьевую воду. Как известно, существуют различные способы введения пробиотических препаратов птицам (с питьевой водой, кормом или с помощью желудочного зонда) (Olnood CG et al., 2015). Однако, несмотря на то, что кормовые добавки являются наиболее часто используемыми в птицеводстве, сообщается, что показатель выживаемости бактерий в данном случае довольно низок (Nathanon T et al., 2008; Cutting SM, 2011). Водорастворимые пробиотики представляют собой новое поколение препаратов с формулой, обеспечивающей более однородное распределение и высвобождение штаммов микроорганизмов в воде. В некоторых исследованиях было показано, что данная форма является даже более эффективной, например, в улучшении показателей роста птиц (Jha RL et al., 2020; Zhang L et al., 2021).

Помимо этого, в проведённом исследовании одновременно использовалась кормовая добавка хелатного комплекса аминокислот с хромом, которая, возможно, и повлияла на липидный обмен кур-несушек, оказав гипохолестеринемическое действие. Известно, что хром играет важную биологическую роль в организме животных, основным проявлением которой является участие в

углеводном и жировом обменах. Так, в ряде исследований было зарегистрировано, что добавки хрома способствовали снижению уровня общего холестерина (Haq Z et al., 2016; Asbaghi O et al., 2021). Также в некоторых работах отмечалось, что подобные добавки положительно влияют и на продуктивные качества птиц (Siloto EV et al., 2021; Youssef IMI et al., 2022). В одном из экспериментов было установлено, что внесение добавок хрома приводило к увеличению массы яиц (Sahin K et al., 2004).

Заключение.

Подводя итог проведённому исследованию, можно констатировать, что введение в рацион водорастворимой формы пробиотиксодержащего комбинированного препарата в дозе 0,2 г/кг живой массы птицы в сочетании с кормовой добавкой хелатного комплекса аминокислот с хромом в дозе 300 мг/кг позволило оптимизировать обменные процессы, сопряжённые с наибольшей продуктивностью кур-несушек кросса Хайсекс Браун. Введение в рацион птиц данной кормовой добавки оказало воздействие на яйценоскость, повысив интенсивность яйцекладки на 7,5 % и увеличив общую массу яиц на 1,1 кг ($p=0,03$). Пробиотический препарат в сочетании с биокоординационными соединениями оказал иммуностимулирующее и гипохолестеринемическое действия. Таким образом, данным исследованием показана перспективность использования пробиотических препаратов на водной основе в сочетании с кормовыми добавками хелатного хрома в птицеводстве.

Список источников

1. Выбор источника микроэлементов / В.С. Крюков, С.В. Кузнецов, С.В. Зиновьев, И.В. Глебова // Комбикорма. 2020. № 9. С. 51-56. [Kryukov VS, Kuznetsov SV, Zinoviev SV, Glebova IV. Choice of micronutrient source. Compound Feed. 2020;9:51-56. (In Russ.)].
2. Даниленко И.Ю., Николаев С.И., Корнилова Е.В. Влияние антистрессовой добавки на гематологические и биохимические показатели крови сельскохозяйственной птицы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3(209). С. 59-62. [Danilenko IYu, Nikolaev SI, Kornilova EV. Influence of anti-stress supplement on poultry blood hematological and biochemical indices. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2022;3(209):59-62. (In Russ.)]. doi: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-59-62.
3. Ежова О.Ю. Влияние скармливания витамина Микровит™ Е курам-несушкам на качество яиц // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3(95). С. 369-373. [Ezhova OYu. The effect of feeding laying hens with vitamin Microvit™ E on egg quality. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;3(95):369-373. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-369-373
4. Овчинников А.А., Овчинникова Л.Ю., Матросова Ю.В. Инкубационные качества яиц кур-несушек родительского стада при использовании в рационе пробиотиков // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 4(32). С. 35-38. [Ovchinnikov AA, Ovchinnikova LYu, Matrosova YuV. Incubation qualities of eggs of parent stock using probiotics in the diet. Vestnik Kurgan SAA. 2019;4(32):35-38. (In Russ.)].
5. Особенности применения адсорбентов в птицеводстве / Н.Л. Лопаева, О.П. Неверова, А.Р. Ахметьянова, П.В. Шаравьев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 3(95). С. 363-369. [Lopaeva NL, Neverova OP, Akhmetyanova AR, Sharaviev PV. Features of the use of adsorbents in poultry farming. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2022;3(95):363-369. (In Russ.)]. doi: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-363-369
6. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы: метод. пособие / И.А. Егоров, В.А. Манукян, Т.Н. Ленкова, Т.А. Егорова, Т.М. Околелова, Е.Н. Андрианова, А.Н. Шевяков, Т.В. Егорова, Е.Ю. Байковская, Н.Н. Гогина, Л.И. Криворучко, И.Г. Сысоева (ФНЦ «ВНИТИП» РАН), И.Г. Панин, В.В. Гречишников, А.И. Панин, С.В. Кустова (КормРесурс), В.А. Афанасьев (ВНИИКП), Ю.А. Пономаренко (ООО «Фермент»); под общ. ред. академика РАН В.И. Фисинина и академика РАН И.А. Егорова. М.: ЛИКА, 2019. 215 с. [Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN, Ego-

rova TA, Okolelova TM, Andrianova EN, Shevyakov AN, Egorova TV, Baykovskaya EY, Gogina NN, Krivoruchko LI, Sysoeva IG. (FNTs «VNITIP» RAN), Panin IG, Grechishnikov VV, Panin AI, Kustova SV (KormResurs), Afanasiev VA (VNIKIP), Ponomarenko YA (ООО «Ferment»). Rukovodstvo po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoi ptitsy: metod. posobie. pod obshch. red. akademika RAN V.I. Fisinina i akademika RAN I.A. Egorova. Moscow: LIKA; 2019:215 p. *(In Russ.)*].

7. Asbaghi O, Naeini F, Ashtary-Larky D, Moradi S, Zakeri N, Eslampour E, Kelishadi MR, Naeini AA. Effects of chromium supplementation on lipid profile in patients with type 2 diabetes: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *J Trace Elem Med Biol.* 2021;66:126741. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126741

8. Belkaid Y, Hand TW. Role of the microbiota in immunity and inflammation. *Cell.* 2014;157(1):121-141. doi: 10.1016/j.cell.2014.03.011

9. Cutting SM. Bacillus probiotics. *Food Microbiol.* 2011;28(2):214-20. doi: 10.1016/j.fm.2010.03.007

10. El-Sabrouh K, Aggag S, Mishra B. Advanced practical strategies to enhance table egg production. *Scientifica.* 2022;2022:1393392. doi: 10.1155/2022/1393392

11. Farag MR, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Arif M, Ayasan T, Dhama K, Patra A, Karthik K. Role of chromium in poultry nutrition and health: beneficial applications and toxic effects. *International Journal of Pharmacology.* 2017;13:907-915. doi: 10.3923/ijp.2017.907.915

12. Feng C, Lin H, Li J, Xie B. Effects of dietary inorganic chromium supplementation on broiler growth performance: a meta-analysis. *PeerJ.* 2021a;9:e11097. doi: 10.7717/peerj.11097

13. Feng C, Wuren Q, Zhang X, Sun X, Na Q. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on broiler growth performance: A meta-analysis. *PLoS One.* 2021b;16(4):e0249527. doi: 10.1371/journal.pone.0249527

14. Haq Z, Jain RK, Khan N, Dar MY, Ali S, Gupta M, Varun TK. Recent advances in role of chromium and its antioxidant combinations in poultry nutrition: A review. *Vet World.* 2016;9(12):1392-1399. doi: 10.14202/vetworld.2016.1392-1399

15. Jeni RE, Dittoe DK, Olson EG, Lourenco J, Corcionivoschi N, Ricke SC, Callaway TR. Probiotics and potential applications for alternative poultry production systems. *Poult Sci.* 2021;100(7):101156. doi: 10.1016/j.psj.2021.101156

16. Jha R, Das R, Oak S, Mishra P. Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: a systematic review. *Animals (Basel).* 2020;10(10):1863. doi: 10.3390/ani10101863

17. Khogali MK, Wen K, Jauregui D, Malik HEE, Liu L, Zhao M, Gong D, Geng T. Probiotics-induced changes in intestinal structure and gut microbiota are associated with reduced rate of pimpled eggs in the late laying period of hens. *J Poult Sci.* 2022;59(3):206-222. doi: 10.2141/jpsa.0210061

18. Kim CH, Jeong SH, Lim SJ, Cheon SN, Kim K, Chun J, Jeon J. Effect of organic or inorganic mineral premix in the diet on laying performance of aged laying hens and eggshell quality. *Animals (Basel).* 2022;12(18):2378. doi: 10.3390/ani12182378

19. Lokapirnasari WP, Sahidu AM, Maslachah L, Sabdoningrum EK, Yulianto AB. Effect of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* in laying hens challenged by *Escherichia coli* infection. *Sains Malaysiana.* 2020;49(6):1237-1244. doi: 10.17576/jsm-2020-4906-03

20. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry, ninth revised edition, Washington, DC: The National Academies Press; 1994:176 p. doi: <https://doi.org/10.17226/2114>

21. Naseem S, Willits N, King AJ. Varying combinations of *Lactobacillus* species: impact on laying hens' performance, nitrogenous compounds in manure, serum profile, and uric acid in the liver. *Transl Anim Sci.* 2021;5(2):txab018. doi: 10.1093/tas/txab018

22. Nathanon T, Panomkorn W, Moongnarm A, Suttajit M. Stability of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* in banana, soybean and pearl barley powders. *J Biol Sci.* 2008;8(1):119-124. doi:10.3923/jbs.2008.119.124

23. Nhung NT, Chansiripornchai N, Carrique-Mas JJ. Antimicrobial resistance in bacterial poultry pathogens: a review. *Front Vet Sci.* 2017;4:126. doi: 10.3389/fvets.2017.00126

24. Olnood CG, Beski SSM, Iji PA, Choct M. Delivery routes for probiotics: Effects on broiler performance, intestinal morphology and gut microflora. *Anim Nutr.* 2015;1(3):192-202. doi: 10.1016/j.aninu.2015.07.002
25. Peralta-Sánchez JM, Martín-Platero AM, Ariza-Romero JJ, Rabelo-Ruiz M, Zurita-González MJ, Baños A, Rodríguez-Ruano SM, Maqueda M, Valdivia E, Martínez-Bueno M. Egg production in poultry farming is improved by probiotic bacteria. *Front Microbiol.* 2019;10:1042. doi: 10.3389/fmicb.2019.01042
26. Roth N, Käsbohrer A, Mayrhofer S, Zitz U, Hofacre C, Domig KJ. The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: A global overview. *Poult Sci.* 2019;98(4):1791-1804. doi: 10.3382/ps/pey539
27. Rowland I, Gibson G, Heinken A, Scott K, Swann J, Thiele I, Tuohy K. Gut microbiota functions: metabolism of nutrients and other food components. *Eur J Nutr.* 2018;57(1):1-24. doi: 10.1007/s00394-017-1445-8
28. Sahin K, Onderci M, Sahin N, Gursu MF, Vijaya J, Kucuk O. Effects of dietary combination of chromium and biotin on egg production, serum metabolites, and egg yolk mineral and cholesterol concentrations in heat-distressed laying quails. *Biol Trace Elem Res.* 2004;101(2):181-92. doi: 10.1385/BTER:101:2:181
29. Siloto EV, Sartori JR, Santos TS dos, Fascina VB, Centenaro LP, Miranda CC de, Testa CA, Sartori, D. Effects of chromium yeast supplementation on productive and metabolic responses of laying hens fed diets containing different energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2021;50:e20200173. doi: 10.37496/rbz5020200173
30. Wang WW, Qi GH, Cui CF, Wu SG, Zhang HJ, Xu L, Wang J. Effects of dietary *Bacillus subtilis* supplementation and calcium levels on performance and eggshell quality of laying hens in the late phase of production. *Poult Sci.* 2021;100(3):100970. doi: 10.1016/j.psj.2020.12.067
31. Yaqoob MU, Wang G, Wang M. An updated review on probiotics as an alternative of antibiotics in poultry - A review. *Anim Biosci.* 2022;35(8):1109-1120. doi: 10.5713/ab.21.0485
32. Youssef IMI, Abdo IMI, Elsukkary HFA, El-Kady MF, Elsayed M. Effects of dietary supplementation of chromium methionine chelate on growth performance, oxidative stress, hematological indices, and carcass traits of broiler chickens. *Trop Anim Health Prod.* 2022;54(5):267. doi: 10.1007/s11250-022-03260-1
33. Zhang JL, Xie QM, Ji J, Yang WH, Wu YB, Li C, Ma JY, Bi YZ. Different combinations of probiotics improve the production performance, egg quality, and immune response of layer hens. *Poult Sci.* 2012;91(11):2755-2760. doi: 10.3382/ps.2012-02339
34. Zhang L, Zhang R, Jia H, Zhu Z, Li H, Ma Y. Supplementation of probiotics in water beneficial growth performance, carcass traits, immune function, and antioxidant capacity in broiler chickens. *Open Life Sci.* 2021;16(1):311-322. doi: 10.1515/biol-2021-0031
35. Zheng D, Liwinski T, Elinav E. Interaction between microbiota and immunity in health and disease. *Cell Res.* 2020;30(6):492-506. doi: 10.1038/s41422-020-0332-7
36. Zou Q, Fan X, Xu Y, Wang T, Li D. Effects of dietary supplementation probiotic complex on growth performance, blood parameters, fecal harmful gas, and fecal microbiota in AA+ male broilers. *Front Microbiol.* 2022;13:1088179. doi: 10.3389/fmicb.2022.1088179

References

1. Kryukov VS, Kuznetsov SV, Zinoviev SV, Glebova IV. Choice of micronutrient source. *Compound Feed.* 2020;9:51-56.
2. Danilenko IYu, Nikolaev SI, Kornilova EV. Influence of anti-stress supplement on poultry blood hematological and biochemical indices. *Bulletin of Altai State Agricultural University.* 2022;3(209):59-62. doi: 10.53083/1996-4277-2022-209-3-59-62.

3. Ezhova OYu. The effect of feeding laying hens with vitamin Microvit™ E on egg quality. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;3(95):369-373. doi: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-369-373
4. Ovchinnikov AA, Ovchinnikova LYu, Matrosova YuV. Incubation qualities of eggs of parent stock using probiotics in the diet. *Vestnik Kurgan SAA*. 2019;4(32):35-38.
5. Lopaeva NL, Neverova OP, Akhmetyanova AR, Sharaviev PV. Features of the use of adsorbents in poultry farming. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022;3(95):363-369. doi: 10.37670/2073-0853-2022-95-3-363-369
6. Egorov IA, Manukyan VA, Lenkova TN, Egorova TA, Okolelova TM, Andrianova EN, Shevyakov AN, Egorova TV, Baykovskaya EYu, Gogina NN, Krivoruchko LI, Sysoeva IG. (FSC "VNITIP" RAS), Panin IG, Grechishnikov VV, Panin AI, Kustova SV (KormResurs), Afanasiev VA (VNIKIP), Ponomarenko YuA (Ferment LLC). Guidelines for feeding poultry: a method. allowance. under total ed. Academician of the Russian Academy of Sciences V.I. Fisinin and Academician of the Russian Academy of Sciences I.A. Egorova. Moscow: LIKA; 2019:215 p.
7. Asbaghi O, Naeini F, Ashtary-Larky D, Moradi S, Zakeri N, Eslampour E, Kelishadi MR, Naeini AA. Effects of chromium supplementation on lipid profile in patients with type 2 diabetes: A systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *J Trace Elem Med Biol*. 2021;66:126741. doi: 10.1016/j.jtemb.2021.126741
8. Belkaid Y, Hand TW. Role of the microbiota in immunity and inflammation. *Cell*. 2014;157(1):121-141. doi: 10.1016/j.cell.2014.03.011
9. Cutting SM. Bacillus probiotics. *Food Microbiol*. 2011;28(2):214-20. doi: 10.1016/j.fm.2010.03.007
10. El-Sabroun K, Aggag S, Mishra B. Advanced practical strategies to enhance table egg production. *Scientifica*. 2022;2022:1393392. doi: 10.1155/2022/1393392
11. Farag MR, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Arif M, Ayasan T, Dhama K, Patra A, Karthik K. Role of chromium in poultry nutrition and health: beneficial applications and toxic effects. *International Journal of Pharmacology*. 2017;13:907-915. doi: 10.3923/ijp.2017.907.915
12. Feng C, Lin H, Li J, Xie B. Effects of dietary inorganic chromium supplementation on broiler growth performance: a meta-analysis. *PeerJ*. 2021a;9:e11097. doi: 10.7717/peerj.11097
13. Feng C, Wuren Q, Zhang X, Sun X, Na Q. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on broiler growth performance: A meta-analysis. *PLoS One*. 2021b;16(4):e0249527. doi: 10.1371/journal.pone.0249527
14. Haq Z, Jain RK, Khan N, Dar MY, Ali S, Gupta M, Varun TK. Recent advances in role of chromium and its antioxidant combinations in poultry nutrition: A review. *Vet World*. 2016;9(12):1392-1399. doi: 10.14202/vetworld.2016.1392-1399
15. Jeni RE, Dittoe DK, Olson EG, Lourenco J, Corcionivoschi N, Ricke SC, Callaway TR. Probiotics and potential applications for alternative poultry production systems. *Poult Sci*. 2021;100(7):101156. doi: 10.1016/j.psj.2021.101156
16. Jha R, Das R, Oak S, Mishra P. Probiotics (direct-fed microbials) in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, growth and laying performance, and gut health: a systematic review. *Animals (Basel)*. 2020;10(10):1863. doi: 10.3390/ani10101863
17. Khogali MK, Wen K, Jauregui D, Malik HEE, Liu L, Zhao M, Gong D, Geng T. Probiotics-induced changes in intestinal structure and gut microbiota are associated with reduced rate of pimpled eggs in the late laying period of hens. *J Poult Sci*. 2022;59(3):206-222. doi: 10.2141/jpsa.0210061
18. Kim CH, Jeong SH, Lim SJ, Cheon SN, Kim K, Chun J, Jeon J. Effect of organic or inorganic mineral premix in the diet on laying performance of aged laying hens and eggshell quality. *Animals (Basel)*. 2022;12(18):2378. doi: 10.3390/ani12182378
19. Lokapirnasari WP, Sahidu AM, Maslachah L, Sabdoningrum EK, Yulianto AB. Effect of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus* in laying hens challenged by *Escherichia coli* infection. *Sains Malaysiana*. 2020;49(6):1237-1244. doi: 10.17576/jsm-2020-4906-03

20. National Research Council. Nutrient Requirements of Poultry, ninth revised edition, Washington, DC: The National Academies Press; 1994:176 p. doi: <https://doi.org/10.17226/2114>
21. Naseem S, Willits N, King AJ. Varying combinations of *Lactobacillus* species: impact on laying hens' performance, nitrogenous compounds in manure, serum profile, and uric acid in the liver. *Transl Anim Sci.* 2021;5(2):txab018. doi: [10.1093/tas/txab018](https://doi.org/10.1093/tas/txab018)
22. Nathanon T, Panomkorn W, Moongngarm A, Suttajit M. Stability of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* in banana, soybean and pearl barley powders. *J Biol Sci.* 2008;8(1):119-124. doi: [10.3923/jbs.2008.119.124](https://doi.org/10.3923/jbs.2008.119.124)
23. Nhung NT, Chansiripornchai N, Carrique-Mas JJ. Antimicrobial resistance in bacterial poultry pathogens: a review. *Front Vet Sci.* 2017;4:126. doi: [10.3389/fvets.2017.00126](https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00126)
24. Olnood CG, Beski SSM, Iji PA, Choct M. Delivery routes for probiotics: Effects on broiler performance, intestinal morphology and gut microflora. *Anim Nutr.* 2015;1(3):192-202. doi: [10.1016/j.aninu.2015.07.002](https://doi.org/10.1016/j.aninu.2015.07.002)
25. Peralta-Sánchez JM, Martín-Platero AM, Ariza-Romero JJ, Rabelo-Ruiz M, Zurita-González MJ, Baños A, Rodríguez-Ruano SM, Maqueda M, Valdivia E, Martínez-Bueno M. Egg production in poultry farming is improved by probiotic bacteria. *Front Microbiol.* 2019;10:1042. doi: [10.3389/fmicb.2019.01042](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01042)
26. Roth N, Käsbohrer A, Mayrhofer S, Zitz U, Hofacre C, Domig KJ. The application of antibiotics in broiler production and the resulting antibiotic resistance in *Escherichia coli*: A global overview. *Poult Sci.* 2019;98(4):1791-1804. doi: [10.3382/ps/pey539](https://doi.org/10.3382/ps/pey539)
27. Rowland I, Gibson G, Heinken A, Scott K, Swann J, Thiele I, Tuohy K. Gut microbiota functions: metabolism of nutrients and other food components. *Eur J Nutr.* 2018;57(1):1-24. doi: [10.1007/s00394-017-1445-8](https://doi.org/10.1007/s00394-017-1445-8)
28. Sahin K, Onderci M, Sahin N, Gursu MF, Vijaya J, Kucuk O. Effects of dietary combination of chromium and biotin on egg production, serum metabolites, and egg yolk mineral and cholesterol concentrations in heat-distressed laying quails. *Biol Trace Elem Res.* 2004;101(2):181-92. doi: [10.1385/BTER:101:2:181](https://doi.org/10.1385/BTER:101:2:181)
29. Siloto EV, Sartori JR, Santos TS dos, Fascina VB, Centenaro LP, Miranda CC de, Testa CA, Sartori, D. Effects of chromium yeast supplementation on productive and metabolic responses of laying hens fed diets containing different energy levels. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 2021;50:e20200173. doi: [10.37496/rbz5020200173](https://doi.org/10.37496/rbz5020200173)
30. Wang WW, Qi GH, Cui CF, Wu SG, Zhang HJ, Xu L, Wang J. Effects of dietary *Bacillus subtilis* supplementation and calcium levels on performance and eggshell quality of laying hens in the late phase of production. *Poult Sci.* 2021;100(3):100970. doi: [10.1016/j.psj.2020.12.067](https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.12.067)
31. Yaqoob MU, Wang G, Wang M. An updated review on probiotics as an alternative of antibiotics in poultry - A review. *Anim Biosci.* 2022;35(8):1109-1120. doi: [10.5713/ab.21.0485](https://doi.org/10.5713/ab.21.0485)
32. Youssef IMI, Abdo IMI, Elsukkary HFA, El-Kady MF, Elsayed M. Effects of dietary supplementation of chromium methionine chelate on growth performance, oxidative stress, hematological indices, and carcass traits of broiler chickens. *Trop Anim Health Prod.* 2022;54(5):267. doi: [10.1007/s11250-022-03260-1](https://doi.org/10.1007/s11250-022-03260-1)
33. Zhang JL, Xie QM, Ji J, Yang WH, Wu YB, Li C, Ma JY, Bi YZ. Different combinations of probiotics improve the production performance, egg quality, and immune response of layer hens. *Poult Sci.* 2012;91(11):2755-2760. doi: [10.3382/ps.2012-02339](https://doi.org/10.3382/ps.2012-02339)
34. Zhang L, Zhang R, Jia H, Zhu Z, Li H, Ma Y. Supplementation of probiotics in water beneficial growth performance, carcass traits, immune function, and antioxidant capacity in broiler chickens. *Open Life Sci.* 2021;16(1):311-322. doi: [10.1515/biol-2021-0031](https://doi.org/10.1515/biol-2021-0031)
35. Zheng D, Liwinski T, Elinav E. Interaction between microbiota and immunity in health and disease. *Cell Res.* 2020;30(6):492-506. doi: [10.1038/s41422-020-0332-7](https://doi.org/10.1038/s41422-020-0332-7)

36. Zou Q, Fan X, Xu Y, Wang T, Li D. Effects of dietary supplementation probiotic complex on growth performance, blood parameters, fecal harmful gas, and fecal microbiota in AA+ male broilers. *Front Microbiol.* 2022;13:1088179. doi: 10.3389/fmicb.2022.1088179

Информация об авторах:

Светлана Викторовна Нотова, доктор медицинских наук, профессор, и.о. заведующего лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29.

Татьяна Витальевна Казакова, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Ольга Владимировна Маршинская, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

Information about the authors:

Svetlana V Notova, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Acting Head of the Laboratory of Molecular Genetic Research and Metallomics in Animal Husbandry, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000.

Tatyana V Kazakova, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetic Research and Metallomics in Animal Husbandry, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000.

Olga V Marshinskaya, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetic Research and Metallomics in Animal Husbandry, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29 9 Yanvary St., Orenburg, 460000.

Статья поступила в редакцию 13.01.2023; одобрена после рецензирования 22.02.2023; принята к публикации 20.03.2023.

The article was submitted 13.01.2023; approved after reviewing 22.02.2023; accepted for publication 20.03.2023.