

Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 129-142.  
Animal Husbandry and Fodder Production. 2025. Vol. 108. No. 2. P. 129-142.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА КОРМЛЕНИЯ

Научная статья  
УДК 636.5:546.41  
doi:10.33284/2658-3135-108-2-129

**Влияние цитрата кальция на качественные и количественные показатели  
яичной продуктивности кур-несушек в раннепродуктивный период**

Татьяна Николаевна Холодилина<sup>1,6</sup>, Александра Сергеевна Мустафина<sup>2</sup>,  
Татьяна Андреевна Климова<sup>3</sup>, Елена Владимировна Яушева<sup>4</sup>, Кирилл Александрович Казаев<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия  
<sup>6</sup>Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия  
<sup>1,6</sup>xolodilina@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3946-8247>  
<sup>2</sup>vshivkovaas@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9525-2822>  
<sup>3</sup>klimovat91@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4298-1663>  
<sup>4</sup>vasilena56@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1589-2211>  
<sup>5</sup>kazaevk970@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-0443-6990>

**Аннотация.** В последние годы наблюдается растущий интерес к повышению эффективности использования минеральных добавок в рационах кур-несушек. Замена традиционных солей кальция на более доступные органические формы, такие как цитрат кальция, способствует лучшей усвояемости и, как следствие, снижению экономических потерь птицефабрик из-за выбраковки птицы и хрупкости яичной скорлупы. В данной работе показано действие различных доз цитрата кальция, введенных в предкладковый период в рацион кур-несушек кросса «Хайсекс Браун», на продуктивность и морфологические показатели яйца. Источником кальция в рационе служила известняковая мука. После двухнедельного подготовительного периода в опытных группах часть известняковой муки, содержащейся в рационе, заменяли на 10 %, 20 % и 30 % цитрата кальция. Кормление птицы опытными рационами осуществлялось в предкладковый период с 15 по 20 неделю. Оценка яичной продуктивности выявила, что за периоды 20 и 25 недель самая высокая яйценоскость кур-несушек отмечена в группе, получавшей 20 % исследуемой добавки, и составила 6,3 и 7,7 яйца на голову, что выше контрольного значения на 12,5 % и 11,7 %. В этой же группе получены наименьшие затраты корма на производство 1 кг яйцепродукта – 2,89 кг. В опытных группах с заменой известняка на 10 % и 30 % препарата расход корма оказался ниже контроля на 10,3 и 7,8 % соответственно. Яйца кур-несушек, получавших 20 % цитрата кальция, имели достоверно более высокие индексы белка, разница с контролем составила 0,8 % и 1,8 % ( $P \leq 0,05$ ) в период 16-20 и 21-25 недель соответственно, единицы Хау были выше контроля на 5,03 единицы ( $P \leq 0,05$ ). Толщина скорлупы яиц в первый период достоверно увеличилась в опытных группах в диапазоне 6,7-8,4 % ( $P \leq 0,05$ ), во второй период – на 5,9-12,8 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. Таким образом, по результатам проведенных исследований оптимальные показатели по затратам корма на единицу продукции, качеству белка и толщине скорлупы отмечены в группе, получавшей 20 % цитрата кальция.

**Ключевые слова:** куры-несушки, кормление, продуктивность, яйценоскость, цитрат кальция

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-16-00165.

**Для цитирования:** Влияние цитрата кальция на производительность и качество яиц кур-несушек в раннепродуктивный период / Т.Н. Холодилина, А.С. Мустафина, Т.А. Климова, Е.В. Яушева, К.А. Казаев // Животноводство и кормопроизводство. 2025. Т. 108. № 2. С. 129-142. [Kholodilina TN, Mustafina AS, Klimova TA, Yausheva EV, Kazaev KA. Effect of calcium citrate on egg quality and quantity of laying hens in early laying period. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):129-142. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-129>

THEORY AND PRACTICE OF FEEDING

Original article

**Effect of calcium citrate on egg quality and quantity of laying hens in early laying period**

**Tatiana N Kholodilina<sup>1,6</sup>, Aleksandra S Mustafina<sup>2</sup>, Tatiana A Klimova<sup>3</sup>, Elena V Yausheva<sup>4</sup>, Kirill A Kazaev<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4,5</sup>Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

<sup>6</sup>Orenburg State University, Orenburg, Russia

<sup>1,6</sup>xolodilina@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-3946-8247>

<sup>2</sup>vshivkovaas@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9525-2822>

<sup>3</sup>klimovat91@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4298-1663>

<sup>4</sup>vasilena56@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1589-2211>

<sup>5</sup>kazaevk970@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-0443-6990>

**Abstract.** In recent years, there has been a growing interest in improving the efficiency of mineral supplements in laying hens' diets. Replacing traditional calcium salts with more accessible organic forms, such as calcium citrate, improves digestibility and, as a consequence, reduces economic losses of poultry farms due to culling and eggshell fragility. This paper shows the effect of various doses of calcium citrate introduced into the diet of Hisex Brown laying hens during the pre-laying period on egg production and morphological parameters. Limestone flour served as a source of calcium in the diet. After a two-week preparatory period, part of the limestone flour contained in the diet in the experimental groups was replaced with 10%, 20% and 30% calcium citrate. The birds were fed with experimental diets during the pre-laying period from the 15th to the 20th week. The egg production assessment revealed that over the periods of 20 and 25 weeks, the highest egg production of laying hens was registered in the group receiving 20 % of the studied additive and amounted to 6.3 and 7.7 eggs per head, which is higher than the control value by 12.5% and 11.7%. In the same group, the lowest feed costs for the production of 1 kg of egg product were obtained - 2.89 kg. In the experimental groups with limestone replaced by 10% and 30% of the preparation, feed consumption was lower than the control by 10.3 and 7.8%, respectively. Eggs of laying hens that received 20% calcium citrate had significantly higher protein indices, the difference with the control was 0.8% and 1.8% ( $P \leq 0.05$ ) in the period of 16-20 and 21-25 weeks, respectively. Howe units were higher than the control by 5.03 units ( $P \leq 0.05$ ). The thickness of the eggshell in the first period significantly increased in the experimental groups in the range of 6.7-8.4% ( $P \leq 0.05$ ), in the second period by 5.9-12.8 % ( $P \leq 0.05$ ) compared to the control. Thus, according to the results of the studies, the optimal indicators for feed costs per unit of production, protein quality and shell thickness were registered in the group receiving 20 % calcium citrate.

**Keywords:** laying hens, feeding, productivity, egg production, calcium citrate

**Acknowledgments:** the work was supported by the Russian Science Foundation, Project No. № 23-16-00165.

**For citation:** Kholodilina TN, Mustafina AS, Klimova TA, Yausheva EV, Kazaev KA. Effect of calcium citrate on egg quality and quantity of laying hens in early laying period. Animal Husbandry and Fodder Production. 2025;108(2):129-142. (In Russ.]. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-108-2-129>

**Введение.**

Курам-несушкам необходимо большее содержание кальция в рационе за счет высокой скорости его метаболизма при формировании яичной скорлупы и развитии скелета. Современные кроссы производят более 320 яиц в год, а яичная скорлупа составляет порядка 10 % от веса яйца (David LS et al., 2023). Кальций является одним из ключевых соединений в скорлупе в дополнение к его роли в снижении воздействия высоких температур и поддержании здоровья костей. Кормовой кальций в рационе обеспечивает около 60 % потребности в этом элементе (Nys Y, 2017), одна-

ко его низкая доступность (Nys Y and Le Roy N, 2018) может приводить к мобилизации дополнительного кальция из костного депо – медуллярной костной ткани, формирующейся на этапе роста птицы. Недостаток этого элемента у кур-несушек ведет к снижению производства и веса яиц, потребления корма, плотности костей, прочности и качества скорлупы (Olgun O and Aygun A, 2016). Свойства яичной скорлупы играют огромную роль в экономике птицеводства, потери товарных яиц из-за боя при транспортировке составляют около 8-10 % (Кавтарашвили А.Ш. и др., 2023).

Для нивелирования последствий дефицита кальция, сохранения продуктивности птицы и качества костной ткани в течение всего производственного цикла при составлении рациона необходимо учитывать форму кальция. Известно, что неорганические источники включаются в рацион в более высоких пропорциях из-за низкого усвоения (Alagawany M et al., 2020; Alagawany M et al., 2021). Это приводит к отсутствию баланса питательных веществ и потенциалу токсикологических проблем (Mikulewicz M et al., 2017; Elnesr SS et al., 2024). Минеральные добавки органического происхождения значительно улучшают качество яиц (Saleh AA et al., 2020), а также усиливают иммунную реакцию (Noh HJ et al., 2017). Из органических солей кальция наиболее безопасным и эффективным считается цитрат кальция. Благодаря водорастворимой форме его усвоение не зависит от величины рН. Кроме того, цитрат-анион является основным субстратом центрального энергетического цикла каждой клетки – цикла Кребса (Громова О.А. и др., 2014).

#### **Цель исследования.**

Оценка влияния замены карбоната кальция цитратом в предкладковый период на продуктивность и морфологические показатели яиц кур-несушек.

#### **Материалы и методы исследования.**

**Объект исследования.** Куры-несушки кросса «Хайсекс Браун» (Hisex).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов: Модельный закон Межпарламентской Ассамблеи государств-участников Содружества Независимых Государств "Об обращении с животными", ст. 20 (постановление МА государств-участников СНГ № 29-17 от 31.10.2007 г.), протоколы Женевской конвенции и принципы надлежащей лабораторной практики (Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 53434-2009), Руководство по работе с лабораторными животными ([http://fncbst.ru/?page\\_id=3553](http://fncbst.ru/?page_id=3553)). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов. Методика проведения эксперимента была одобрена Этическим комитетом ФНЦ БСТ РАН (протокол № 1 от 11.03.2024).

**Схема эксперимента.** Для проведения пилотных исследований на базе вивария ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН было отобрано 70 голов ремонтного молодняка промышленного стада в возрасте 13 недель. Птица была окольцована и распределена методом пар-аналогов на 4 опытные группы по методике ВНИТИП (Егоров И.А. и др., 2013).

Содержание осуществлялось в клеточных батареях, с соблюдением норм плотности посадки (не менее 0,09 м<sup>2</sup>/гол.), клетки были оборудованы кормушкой-корытом и ниппельной поилкой. Продолжительность освещения – 10 час/сут, освещенность – 10 лк, режим освещения – циклический, выставлялся с помощью автотаймера (включение света с 08-12 ч, 13-17 ч, 02-04 ч), параметры микроклимата помещения контролировались и соответствовали требованиям (Хмельницкая Т.А. и др., 2007).

Кормление осуществлялось в соответствии с возрастными нормами, вода – без ограничений. Рацион был сбалансирован по питательности и соответствовал требованиям ВНИТИП (Фисинин В.И. и др., 2004).

Источником кальция в рационе служила известняковая мука. После двухнедельного подготовительного периода в опытных группах часть известняковой муки, содержащейся в рационе, заменяли на 10 % (I опытная), 20 % (II опытная), 30 % (III опытная группа) цитрата кальция. Содерж-

жание кальция во всех группах в пересчете на ионы кальция было одинаковым. Кормление птицы опытными рационами осуществлялось в предкладковый период с 15 по 20 неделю. Затем все группы получали основной рацион согласно производственному периоду. Оценка показателей продуктивности кур-несушек и качественных характеристик яйца проводилась за периоды 16-20 недель (первый период) и 21-25 недель (второй период).

Количество потребляемого корма учитывалось ежедневно по остаткам корма в лотках. Количество яиц, их вес и соотношение большого и малого диаметра яйца производилось ежедневно. Данные использовались для расчета яйценоскости (как среднее за пять недель), среднего веса яиц, среднего суточного потребления корма и коэффициента конверсии корма.

Яйца собирались в пластиковые вентилируемые коробки и еженедельно отбиралась средняя проба (10 % от общего количества) для проведения анализа химического и морфометрического составов.

Для расчета показателей: индекс удлиненности, площадь скорлупы, плотность яйца, объем яйца, индексы формы, белка, желтка использовали общепринятые формулы (Мойсевич В.И. и др., 2023). Содержание жира в яйце определяли методом Сокслета-Рендалла, содержание белка – по методу Кьельдаля (ГОСТ 31469-2012).

**Оборудование и технические средства.** Исследование проводилось на базе Центра коллективного пользования ФНЦ БСТ РАН (г. Оренбург) (<http://цкп-бст.рф>). Масса яйца определялась на электронных весах Pioneer PX 3202 («ОНАУС», США) с точностью до 0,01, его составных частей – с точностью до 0,001 на весах ВЛТ 150-П («САРТОГОСМ», Sartorius, Россия). Большой и малый диаметр яйца определялись при помощи штангенциркуля «ШЦЦ-1-150 0,01» (Россия). Высоту и диаметры растекания белка и желтка определяли высоотомером (штангенрейсмас ШРЦ- 200 0,01, Россия) и кронциркулем. Толщину скорлупы определяли с помощью точечного микрометра МКЦ-ТП- 25 0.001 («Micron», Россия). Определение жира проводили на автоматическом экстракторе жира SER 148/6 (Velp, Италия), определение белка с применением автоматической системы дистилляции UDK 139 (Velp, Италия).

**Статистическая обработка.** Полученные результаты обрабатывали с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» («Microsoft», США) с применением «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). t-критерия Стьюдента для оценки достоверности различий между группами. Различия между полученными результатами считали достоверными при 5 %-ном уровне значимости: \* – между опытными и контрольной группой, а – между I и II опытными группами, b – между II и III опытными группами, с – между I и III опытными группами.

### **Результаты исследования.**

При оценке яичной продуктивности установлено, что за период 16-20 недель самая высокая яйценоскость кур-несушек отмечена во II опытной группе и составила 6,32 шт. или 260,03 грамма на среднюю несушку, что на 12,5 и 13,4 % больше продуктивности кур контрольной группы. Яйценоскость кур-несушек I и III опытных групп также выше контрольных значений на 3,4 и 8,2 % соответственно (табл. 1).

Затраты корма на производство 1 кг яйцепродукта самые низкие в группе, получавшей 20 % цитрата кальция, и составили 2,89 кг корма, в I и III опытных группах эти значения также ниже контроля на 10,3 и 7,8 % соответственно. Несмотря на тенденцию к снижению затрат корма в опытных группах, достоверных отличий с контролем за первый период наблюдений не обнаружено.

За второй период (21-25 недель) высокая яичная продуктивность кур отмечена также во II опытной группе и составила 7,7 яйца на голову. Продуктивность кур III опытной группы не отличалась от контроля, I опытной была ниже контрольных значений на 3,3 %.

Яйцемасса на среднюю несушку выше в контрольной группе и составила 380,95 г/гол., что больше значений I, II и III опытных групп на 8,1 %, 9,9 % ( $P \leq 0,05$ ) и 3,9 %.

Таблица 1. Яичная продуктивность кур-несушек  
Table 1. Egg production of laying hens

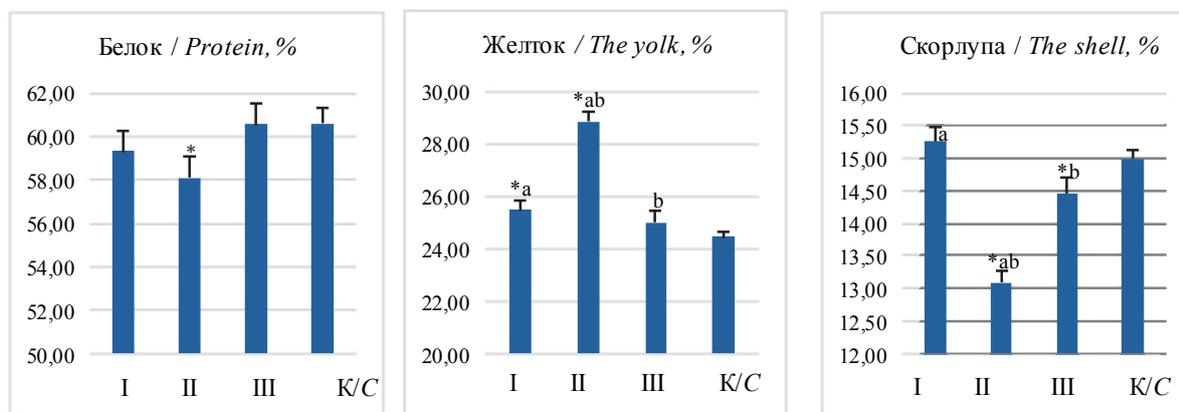
Показатель /Indicator	Группа / Group			
	I опытная / I experi- mental	II опытная / II experi- mental	III опытная / III experi- mental	контрольная / Control
<b>Возраст кур-несушек 15-20 недель / The age of laying hens is 16-20 weeks</b>				
Яйценоскость на ср. несушку, шт./гол. / Egg production per medi- um laying hen, pcs./head	5,84±0,74	6,32±0,66	6,08±0,87	5,62±0,90
Яйценоскость на ср. несушку, г/гол. / Egg laying per laying hen, g/head	222,95±38,66	260,03±33,21	232,23±37,81	228,22±44,83
Средняя масса яйца, г / Average egg weight, g	49,27±1,17	47,98±1,12	49,86±0,69	49,02±0,72
Потреблено корма, г/гол. / Feed consumed, g/head	713,91±31,91	700,88±31,98	752,14±41,73	724,43±41,65
Затраты корма на 1 кг яйцепродук- та / Feed costs per 1 kg of egg prod- ucts	3,65±0,72	2,89±0,40	3,75±0,86	4,07±1,25
<b>Возраст кур-несушек 21-25 недель / The age of laying hens is 21-25 weeks</b>				
Яйценоскость на ср. несушку, шт./гол. / Egg production per medi- um laying hen, pcs./head	6,66±0,24	7,70±0,70	6,91±0,11	6,89±0,17
Яйценоскость на средн. несушку, г/гол. / Egg laying per laying hen, g/head	350,24±7,98*	343,16±15,35*	366,25±6,58	380,95±6,85
Средняя масса яйца, г / Average egg weight, g	52,15±1,17* <sup>c</sup>	50,20±1,22* <sup>b</sup>	63,08±2,29* <sup>bc</sup>	55,92±0,69
Потреблено корма, г/гол. / Feed consumed, g/head	753,95±8,47* <sup>c</sup>	736,94±12,81* <sup>b</sup>	865,85±7,98* <sup>bc</sup>	838,63±9,95
Затраты корма на 1 кг яйцепродук- та / Feed costs per 1 kg of egg prod- ucts	2,16±0,06 <sup>c</sup>	2,17±0,12	2,37±0,05* <sup>c</sup>	2,21±0,06

Наименьшие затраты корма на производство 1 кг яйцемассы отмечены в I опытной группе и составили 2,16 кг корма, что ниже контроля на 2,3 %, в III опытной группе этот показатель выше контрольного значения на 7,3 % ( $P \leq 0,05$ ).

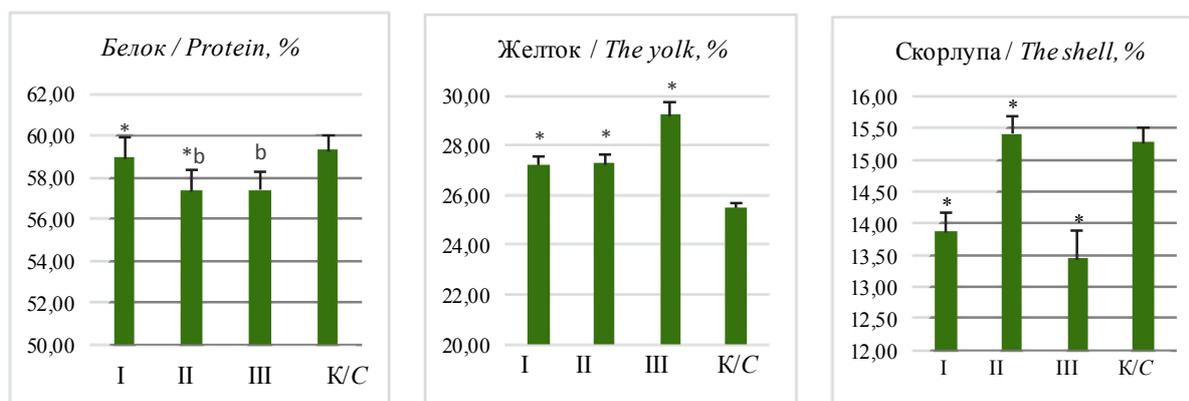
Средняя масса яйца в первый период не имела значимых отличий, а период 21-25 недели самые крупные яйца по массе наблюдались в III опытной группе и превосходили контрольные значения на 12,8 % ( $P \leq 0,05$ ). Яйца в опытных группах, получавших 10 и 20 % цитрата кальция, были меньше по массе относительно контроля на 2,1 и 10,2 % ( $P \leq 0,05$ ) соответственно.

Соотношение составных частей яиц контрольной и опытных групп представлено на рисунке 1. Тенденция к увеличению количества белка отмечена в первый период в яйцах кур-несушек контрольной и III опытной групп, что составило более 60 % от массы яйца (рис. 1а).

Большое количество желтка и низкое содержание скорлупы отмечено в яйцах кур-несушек II опытной группы и составило 28,83 и 13,07 % от массы самого яйца.



а) возраст кур-несушек 16-20 недель / the age of laying hens is 16-20 weeks



б) возраст кур-несушек 21-25 недель / the age of laying hens is 21-25 weeks

Рисунок 1. Относительное содержание составных частей яиц, %

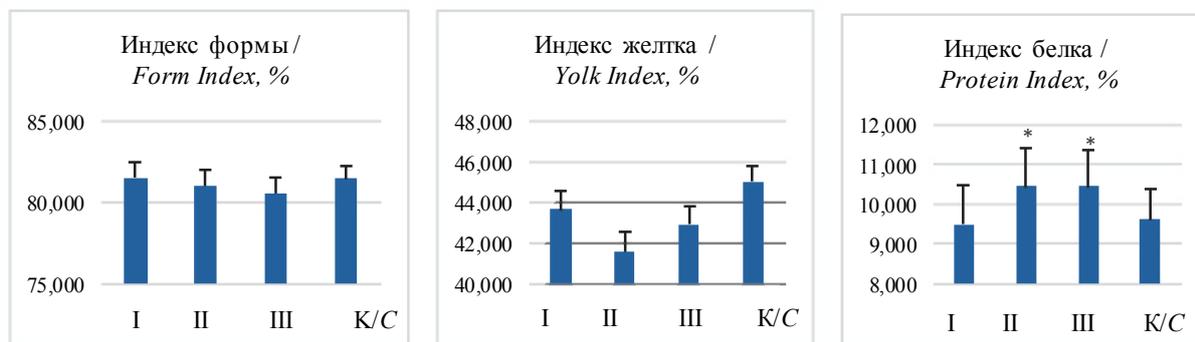
Figure 1. Percentage of egg components, %

В яйцах кур II и III опытных групп во второй период содержание белка составило 57,3 %, в I – 58,9 %, в контрольной группе – 59,2 %. Количество желтка в яйцах кур-несушек I и II группы больше контрольного значения на 1,7 %, в III – на 3,7 % ( $P \leq 0,05$ ).

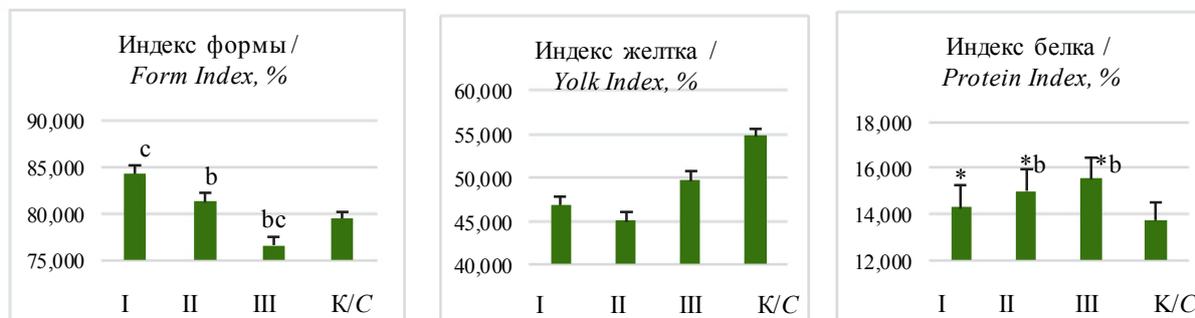
Содержание скорлупы в яйцах кур II и контрольной группы превышало 15 %, а в I и III группах – было менее 14 %.

Одним из показателей качества пищевых яиц являются индекс белка и индекс желтка (рис. 2). У яиц, снесенных курами II опытной группы в период 16-20 и 21-25 недель отмечен самый низкий индекс желтка 41,6 и 44,9 % соответственно, в то время как яйца кур контрольной группы имели более высокие его значения 45,0 и 54,8 %.

Яйца, полученные от кур II и III групп, имели достоверно более высокие индексы белка, чем яйца птицы контрольной группы как в период 16-20 недель, так и в период 21-25 недель. Разница с контролем составила 0,8-1,8 % ( $P \leq 0,05$ ).



а) возраст кур-несушек 16-20 недель / the age of laying hens is 16-20 weeks



б) возраст кур-несушек 21-25 недель / the age of laying hens is 21-25 weeks

Рисунок 2. Интегральные показатели качества яиц кур-несушек, %  
Figure 2. Integral indicators of egg quality of laying hens, %

Исследования показали, что в первый период яйца, полученные от исследуемых кур, имели более округлую форму, индекс формы – более 80 %. Во втором периоде яйца кур III группы имели более удлиненную форму, чем яйца, полученные от кур I, II и контрольной групп (табл. 2).

Яйца, полученные в первый период, имели тенденцию увеличения их объема у кур III опытной группы на 2,4 % относительно контроля, объем яиц несушек I и II опытных групп меньше контрольных значений на 1,7 и 4,0 % соответственно.

В период с 21 по 25 неделю наблюдалось достоверное увеличение объема яиц у кур-несушек I опытной группы на 15,6 и на 10,5 % – во II опытной ( $P \leq 0,05$ ).

Расчетная плотность яиц в первые пять недель составила для всех групп примерно  $1,1 \text{ г/см}^3$  и не имела существенных различий между группами. Далее наблюдалась тенденция к увеличению плотности яйца в контрольной и III опытной группах.

Расчет площади скорлупы в первый период не выявил достоверных различий с контролем. Однако в возрасте 25 недель данный показатель увеличился на 27,9 % в I опытной группе и на 19,4 % – во II опытной группе ( $P \leq 0,05$ ).

В первый период единицы Хау у яиц II опытной группы были выше контроля на 5,03 единицы ( $P \leq 0,05$ ), в остальных опытных группах видимых различий не наблюдалось. Во второй период, 21-25 недель, этот показатель в яйцах кур опытных групп был достоверно выше контрольного значения на 3,56-6,53 единицы ( $P \leq 0,05$ ).

Толщина скорлупы яиц в первый период достоверно увеличилась в I и III группах на 6,7-8,4 % ( $P \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем. Такая же тенденция отмечена и во второй период, увеличение толщины скорлупы яиц во всех опытных группах составило 5,9-12,8 % ( $P \leq 0,05$ ). Наблюдается уменьшение толщины скорлупы в яйцах по группам в период 16-20 по 21-25 недель на 3,4-8,4 %.

Таблица 2. Качественные показатели яиц  
Table 2. Egg quality indicators

Показатель/Indicator	Группа / Group			
	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental	III опытная / III experimental	контрольная / Control
<b>16-20 недель / 16-20 weeks</b>				
Индекс удлинённости / <i>Elongation index</i>	1,23±0,01	1,24±0,01	1,24±0,02	1,23±0,01
Площадь скорлупы, см <sup>2</sup> / <i>Shell area, cm<sup>2</sup></i>	6,20±0,34	6,11±0,09 <sup>b</sup>	6,39±0,07 <sup>b</sup>	6,28±0,08
Толщина скорлупы, мкм / <i>Shell thickness, microns</i>	0,431±0,004*	0,437±0,009	0,438±0,005*	0,404±0,005
Плотность яйца г/см <sup>3</sup> / <i>Density eggs, g/cm<sup>3</sup></i>	1,12±0,01 <sup>c</sup>	1,12±0,01 <sup>b</sup>	1,09±0,01 <sup>b,c</sup>	1,13±0,02
Объём яйца, см <sup>3</sup> / <i>Egg volume, cm<sup>3</sup></i>	44,05±1,18	43,02±1,03 <sup>b</sup>	45,91±0,71 <sup>b</sup>	44,83±0,89
Единицы Хау / <i>Units of How</i>	89,59±1,02	94,13±0,79*	88,03±0,99 <sup>c</sup>	89,10±1,01
<b>21-25 недель / 21-25 weeks</b>				
Индекс удлинённости / <i>Elongation index</i>	1,19±0,03 <sup>c</sup>	1,23±0,02 <sup>b</sup>	1,31±0,02 <sup>b,c</sup>	1,26±0,03
Площадь скорлупы, см <sup>2</sup> / <i>Shell area, cm<sup>2</sup></i>	6,68±0,21*	6,23±0,11*	5,87±0,37	5,22±0,10
Толщина скорлупы, мкм / <i>Shell thickness, microns</i>	0,398±0,006*	0,419±0,008*	0,424±0,006*	0,376±0,006
Плотность яйца г/см <sup>3</sup> / <i>Density eggs, g/cm<sup>3</sup></i>	1,07±0,04*	1,13±0,011*	1,57±0,02	1,66±0,04
Объём яйца, см <sup>3</sup> / <i>Egg volume, cm<sup>3</sup></i>	49,48±2,47*	44,34±1,22*	40,47±2,84*	33,88±0,88
Единицы Хау / <i>Units of How</i>	95,19±0,83*	97,78±0,73*	94,81±0,94*	91,25±0,88

Химический состав содержимого яйца в период 16-20 недель не показал изменений в содержании белка в I и II опытных группах, а в яйцах кур III группы показатель снизился на 1,4 %. В то время как содержание жира в яйцах птицы опытных групп было на 1,0 % больше чем в контроле (табл. 3).

Таблица 3. Химический состав яиц, %  
Table 3. Chemical composition of eggs, %

Показатель/ Indicator	Группа / Group			
	I опытная / experimental	II опытная / experimental	III опытная / experimental	Контрольная / Control
<b>Возраст несушек 16-20 недель / The age of laying hens is 16-20 weeks</b>				
Белок / <i>Protein</i>	12,05±0,35	12,02±0,31	10,67±1,34	12,08±0,03
Жир / <i>Fat</i>	8,85±0,38	8,82±0,30	8,80±0,52	7,88±0,71
<b>Возраст несушек 21-25 недель / The age of laying hens is 21-25 weeks</b>				
Белок / <i>Protein</i>	12,36±0,07*	12,70±0,31*	12,89±0,35*	12,02±0,11
Жир / <i>Fat</i>	7,46±0,33	7,50±0,63	7,76±0,15	7,76±0,99

В период 21-25 недель содержание жира в яйцах опытных групп осталось неизменным по сравнению с контролем. Однако содержание белка в яйцах кур-несушек опытных групп было достоверно выше контрольного значения на 0,3-0,7 % ( $P \leq 0,05$ ).

**Обсуждение полученных результатов.**

На сегодняшний день вопросы использования цитрата кальция в медицине хорошо изучены, имеется большая доказательная база о его лучшей биодоступности по сравнению с неорганическими солями, воздействию на костную ткань человека, изучены синергические и антагонистические взаимодействия с другими элементами (Громова О.А. и др., 2014; Candia V et al., 2018; Батурин А.К. и др., 2022; Gopal K et al., 2024). Однако в промышленном птицеводстве применение кальция ограничивается, как правило, использованием известняка до 80 % или известняковой муки, содержащих менее доступный, но более дешевый карбонат кальция (David LS et al., 2023).

И хотя в литературе недостаточно информации об использовании кальция в рационе кур-несушек в форме цитрата, известно, что использование его органических форм в отличие от неорганических улучшает их биодоступность, тем самым способствуя повышению яйценоскости (Gugala D et al., 2019).

Проведенные нами исследования показывают, что частичное добавление цитрата кальция в рацион не ухудшает производительность кур-несушек в раннепродуктивный период. Было установлено, что тенденция к увеличению количества яиц в первом периоде при непосредственном получении добавки, сохраняется и во втором – после окончания ее приема. Более доступные формы кальция положительно влияют и на среднюю массу яйца (Khanal T et al., 2019), так, к 25 неделе данный показатель увеличился при 30 %-ном вводе цитрата кальция.

Использование корма несушками для получения единицы продукции было эффективным для всех опытных групп, при этом минимальное значение зафиксировано для II опытной группы в первом периоде и составило 2,89 при значении 4,07 – в контроле, та же тенденция сохранялась и к концу 25 недели, таким образом лучшее усвоение кальция способствует снижению коэффициента конверсии корма (Salehi V et al., 2025).

Соотношение составных частей яйца в группе, получавшей 20 % цитрата кальция, претерпело наибольшие изменения в предкладковый период, характеризующиеся увеличением количества желтка, снижением массы белка и скорлупы, на фоне неизменной средней массы яйца относительно контроля. К 25 неделе аналогичные изменения произошли в группе с включением 30 % цитрата кальция. Качество яичной скорлупы по-прежнему является важным вопросом для птицеводства, поскольку оно влечет за собой большие экономические потери для производителей (Saleh AA et al., 2020). При этом цитрат кальция оказывает значительное влияние на толщину скорлупы, максимальные значения наблюдаются в группах с 20 и 30 % вводом добавки. Полученные данные согласуются с результатами исследований других ученых по влиянию включения различных форм органического кальция в рацион ремонтного молодняка кур-несушек. К 22-й неделе было получено достоверное увеличение массы скорлупы при использовании органических солей кальция и увеличение массы яйца относительно контроля (Астраханцев А.А. и Косарев К.В., 2018).

Форма яиц является важным показателем качества, к ней предъявляют высокие требования. Это связано с тем, что стандартные яйца лучше сохраняются при транспортировке. У кур яичных пород индекс формы яйца должен быть в пределах 73-80 % (Горбунова Е.В. и др., 2018). В наших исследованиях данный показатель в опытных группах не отличался от значений контрольной группы. Однако введение цитрата кальция в диапазоне 10-20 % увеличивало этот показатель.

Индекс удлинённости показывает наличие аномалий формы яиц. В норме он должен быть в пределах 1,2-1,35 (Горелик О.В. и др., 2019). Все полученные в опытных группах яйца не имели признаков аномалий по форме.

Наибольшее содержание желтка в яйце II группы способствовало увеличению его диаметра и соответственно снижению его индекса. Единицы Хау, показывающие качество белка, к 25 неделе достоверно превышают значения контрольной группы с максимальным значением во II опытной группе 97,78, что на 7,16 % выше контроля. Очевидно, увеличение массы яйца при частичной замене карбоната кальция цитратом способствует повышению качественных показателей яйца (Харлап С. и др., 2019).

**Заключение.**

Внесение в предкладковый рацион кур-несушек цитрата кальция в диапазоне 10-30 % оказывает положительное воздействие как на продуктивные качества птиц, так и на морфологические показатели качества яиц в начале производственного периода. Оптимальные результаты по затратам корма на единицу продукции, качеству белка и толщине скорлупы отмечены в группе, получавшей 20 % добавки.

**Список источников**

1. Астраханцев, А.А., Косарев, К.В. Продуктивность кур-несушек при использовании в кормлении БАД // Птицеводство. 2018. № 4. С. 28-33. [Astrakhantsev AA, Kosarev KV. The productive performance in layers fed different bioactive additives. Ptitsevodstvo. 2018;4:28-33. (In Russ.)].
2. Батулин, А.К., Шарафетдинов, Х.Х., Коденцова, В.М. Роль кальция в обеспечении здоровья и снижении риска развития социально значимых заболеваний // Вопросы питания. 2022. Т. 91. № 1 (539). С. 65-75. [Baturin AK, Sharafetdinov HH, Kodentsova VM. Role of calcium in health and reducing the risk of non-communicable diseases. Problems of Nutrition. 2022;91(1-539):65-75. (In Russ.)]. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-1-65-75
3. Видеоинформационный контроль формы и дефектов скорлупы куриных яиц / Е.В. Горбунова, А.Н. Чертов, В.С. Перетягин, И.О. Булаченко, Л.Т. Васильева // Известия вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 9. С. 779-787. [Gorbunova EV, Chertov AN, Peretyagin VS, Bulachenko IO, Vasileva LT. Video-information control of chicken eggs shape and shell defects. Journal of Instrument Engineering. 2018;61(9):779-787. (In Russ.)]. doi: 10.17586/0021-3454-2018-61-9-779-787
4. Горелик О.В., Горелик Л.Ш., Харлап С.Ю. Динамика морфологических показателей качества яиц и их взаимосвязь в ходе репродуктивного периода // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (55). С. 91-96. [Gorelik OV, Gorelik LSh, Kharlap SYu. Dynamics of morphological indicators of egg quality and their relationship during the reproductive period. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2019;2(55):91-96. (In Russ.)]. doi: 10.24411/2078-1318-2019-12091
5. ГОСТ 31469-2012. Пищевые продукты переработки яиц сельскохозяйственной птицы. Методы физико-химического анализа. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартиформ. 2014. 39 с. [GOST 31469-2012. Foodstuffs of processed domestic poultry eggs. Methods for physicochemical analysis. Vved. 01.07.2013. Moscow: Standartinform; 2014:39 p. (In Russ.)].
6. Дифференцированный подход к выбору растворимых кальциевых препаратов второго поколения / О.А. Громова, И.Ю. Торшин, А.В. Пронин, Е.Ю. Егорова, А.Ю. Волков // Лечащий врач. 2014. № 11. С. 60-65. [Gromova OA, Torshin IYu, Pronin AV, Egorova EYu, Volkov AYu. Differencirovannyj podhod k vyboru rastvorimyh kal'cievyh preparatov vtorogo pokolenija. Lechaschi Vrach. 2014;11:60-65. (In Russ.)].
7. Кавтарашвили А.Ш. Факторы, влияющие на внешние и внутренние показатели качества куриных яиц. Сообщение II. Образование и строение скорлупы; факторы, влияющие на ее качество (обзор) // Птицеводство. 2023. № 7-8. С. 37-45. [Kavtarashvili ASh. Factors affecting internal and external parameters of egg quality in chicken. II. Formation and structure of the eggshell and factors affecting its quality (A review). Ptitsevodstvo. 2023;7-8:37-45. (In Russ.)]. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-7-8-37-45
8. Кормление сельскохозяйственной птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околева, Ш.А. Имангулов. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. 375 с. [Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov ShA. Kormlenie sel'skohozjajstvennoj pticy. Sergiev Posad: VNITIP; 2004:375 p. (In Russ.)].
9. Критерии оценки качества яиц / В.И. Мойсевич, В.В. Матюхина, Е.С. Васильева, Т.П. Гущина, В.А. Семейкина, А.А. Каминская // Молодые ученые - науке и практике АПК: материалы науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых (г. Витебск, 27-28 апр. 2023 г.). Витебск: Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины", 2023. С. 304-307. [Moisevich VI, Matyukhina VV, Vasilyeva ES, Gushchina TP,

Semeykina VA, Kaminskaya AA. Egg quality criteria. (Conference proceedings) Molodye uchenye - nauke i praktike APK: materialy nauch.-prakt. konf. aspirantov i molodyh uchenyh (g. Vitebsk, 27-28 apr. 2023 g.). Vitebsk: Uchrezhdenie obrazovaniya "Vitebskaja ordena "Znak Pocheta" gosudarstvennaja akademija veterinarnoj mediciny"; 2023:304-307. (In Russ.).

10. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы. Молекулярно-генетические методы определения микрофлоры кишечника / И.А. Егоров и др. // Сергиев Посад: Весь Сергиев Посад, 2013. 51 с. [Egorov IA et al. Metodika provedeniya nauchnyh i proizvodstvennyh issledovaniy po kormleniju sel'skhozajstvennoj pticy. Molekuljarno-geneticheskie metody opredeleniya mikroflory kishechnika. Sergiev Posad: Ves' Sergiev Posad; 2013:51 p. (In Russ.).]

11. Руководство по работе с птицей кросса Хайсекс Браун / Т.А. Хмельницкая и др. Кашино: ОАО ППЗ «Свердловский». 2007. 78 с. [Khmelnitskaya TA et al. Rukovodstvo po rabote s pticej krossa Hajseks Braun. Kashino: ОАО PPZ «Sverdlovskij»; 2007:78 p. (In Russ.).]

12. Харлап С., Чепуштанова О., Суязова И. Морфометрическая оценка инкубационного яйца // Животноводство России. 2019. № S3. С. 55-57. [Kharlap S, Chepushtanova O, Suyazova I. Assessment of incubatory eggs. Zhivotnovodstvo Rossii. 2019;S3:55-57. (In Russ.).] doi: 10.25701/ZZR.2019.92.35.010

13. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Tiwari R, Yatoo MI, Karthik K, Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins, and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. Vet Quarterly. 2020;41(1):1-29. doi: 10.1080/01652176.2020.1857887

14. Alagawany M, Qattan SYA, Attia YA, El-Saadony MT, Elnesr SS, Mahmoud MA, Madkour M, Abd El-Hack ME, Reda FM. Use of chemical nano-selenium as an antibacterial and antifungal agent in quail diets and its effect on growth, carcasses, antioxidant, immunity and caecal microbes. Animals. 2021;11(11):3027. doi: 10.3390/ani11113027

15. Candia V, Rios-Castillo I, Carrera-Gil F, Vizcarra B, Olivares M, Chaniotakis S, Pizarro F. Effect of various calcium salts on non-heme iron bioavailability in fasted women of childbearing age. J Trace Elem Med Biol. 2018;49:8-12. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.04.029

16. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR, Bedford MR, Ravindran V. Calcium nutrition of broilers: current perspectives and challenges. Animals. 2023;13(10):1590. doi: 10.3390/ani13101590

17. Elnesr SS, Mahmoud BY, da Silva Pires PG, Moraes P, Elwan HAM, El-Shall NA, El-Kholy MS, Alagawany M. Trace minerals in laying hen diets and their effects on egg quality. Biol Trace Elem Res. 2024;202(12):5664-5679. doi: 10.1007/s12011-024-04121-8

18. Gopal K, Deb B, Uma N, Balan S, GayathriSivakumar, Chandra Mohan M, Rajendran P. Comparative evaluation of bioavailability, efficacy and safety of MICROCORE NESCR® with calcium carbonate and calcium citrate malate in osteopenic and osteoporotic patients: a randomized clinical trial. Indian J Orthop. 2024;58(5):535-541. doi: 10.1007/s43465-024-01117-3

19. Gugala D, Flis M, Grela ER. The effect of zinc, iron, calcium, and copper from organic sources in pheasant diet on the performance, hatching, minerals, and fatty acid composition of eggs. Poultry Science. 2019;98(10):4640-4647. doi: 10.3382/ps/pez162

20. Khanal T, Widowski T, Bédécarrats G, Kiarie E. Effects of pre-lay dietary calcium (2.5 vs. 4.0%) and pullet strain (Lohmann Brown vs. Selected Leghorn LSL-Lite) on calcium utilization and femur quality at 1st through to the 50th egg2. Poult Sci. 2019;98(10):4919-4928. doi: 10.3382/ps/pez245

21. Mikulewicz M, Chojnacka K, Kawala B, Gredes T. Trace elements in living systems: from beneficial to toxic effects. Biomed Res Int. 2017;2017:8297814. doi: 10.1155/2017/8297814

22. Noh HJ, Kim H, Heo SJ, Cho HH, Koh HB. Guanosine 5'-monophosphate-chelated calcium and iron feed additives maintains egg production and prevents *Salmonella Gallinarum* in experimentally infected layers. J Vet Sci. 2017;18(3):291-297. doi: 10.4142/jvs.2017.18.3.291

23. Nys Y, Le Roy N. Calcium homeostasis and eggshell biomineralization in female chicken. Vitamin D. 2018;1:361-382. doi: 10.1016/B978-0-12-809965-0.00022-7

24. Nys Y. Laying hen nutrition: optimising hen performance and health, bone and eggshell quality. Achieving Sustainable Production of Eggs. 2017;2:47-74. doi: 10.19103/AS.2016.0012.33

25. Olgun O, Aygun A. Nutritional factors affecting the breaking strength of bone in laying hens. *Worlds Poult Sci J.* 2016;72(4):821-832. doi: 10.1017/S0043933916000696
26. Saleh AA, Eltantawy MS, Gawish EM, Younis HH, Amber KA, Abd El-Moneim AEME, Ebeid TA. Impact of dietary organic mineral supplementation on reproductive performance, egg quality characteristics, lipid oxidation, ovarian follicular development, and immune response in laying hens under high ambient temperature. *Biol Trace Elem Res.* 2020;195(2):506-514. doi: 10.1007/s12011-019-01861-w
27. Salehi V, Vakili R, Torshizi ME. Effects of calcium carbonate particle size, phytase and midnight feeding on performance, egg and bone quality and blood parameters in laying hens. *Vet Med Sci.* 2025;11(2):e70248. doi: 10.1002/vms3.70248

### References

1. Astrakhantsev AA, Kosarev KV. Productivity of laying hens using dietary supplements in feeding. *Poultry farming.* 2018;4:28-33.
2. Baturin AK, Sharafetdinov HH, Kodentsova VM. The role of calcium in ensuring health and reducing the risk of developing socially significant diseases. *Nutrition issues.* 2022;91(1-539):65-75. doi: 10.33029/0042-8833-2022-91-1-65-75
3. Gorbunova EV, Chertov AN, Peretyagin VS, Bulavenko IO, Vasileva LT. Video-information control of chicken eggs shape and shell defects. *News of universities. Instrument engineering.* 2018;61(9):779-787. doi: 10.17586/0021-3454-2018-61-9-779-787
4. Gorelik OV, Gorelik LSh, Kharlap SYu. Dynamics of morphological indicators of egg quality and their relationship during the reproductive period. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University.* 2019;2(55):91-96. doi: 10.24411/2078-1318-2019-12091
5. GOST 31469-2012. Foodstuffs of processed domestic poultry eggs. Methods for physico-chemical analysis. Intro. 01.07.2013. Moscow: Standartinform; 2014:39 p.
6. Gromova OA, Torshin IYu, Pronin AV, Egorova EYu, Volkov AYu. Differentiated approach to the selection of second-generation soluble calcium preparations. *Doctor.* 2014;11:60-65.
7. Kavtarashvili ASH. Factors affecting internal and external parameters of egg quality in chicken. II. Formation and structure of the eggshell and factors affecting its quality (A review). *Poultry Farming.* 2023;7-8:37-45. doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-7-8-37-45
8. Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov ShA. Feeding of agricultural poultry. *Sergiev Posad: VNITIP;* 2004:375 p.
9. Moisevich VI, Matyukhina VV, Vasilyeva ES, Gushchina TP, Semeykina VA, Kaminskaya AA. Egg quality criteria. (Conference proceedings) Young scientists - for science and practice of the agro-industrial complex: materials of the scientific-practical conf. of postgraduate students and young scientists (Vitebsk, April 27-28, 2023). Vitebsk: Educational Institution "Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine"; 2023:304-307.
10. Egorov IA et al. Methodology for conducting scientific and industrial research on feeding agricultural poultry. *Molecular genetic methods for determining intestinal microflora.* Sergiev Posad: All Sergiev Posad; 2013:51 p.
11. Khmel'nitskaya TA et al. Guide to working with Hisex Brown cross birds. Kashino: OJSC PPZ Sverdlovsky; 2007:78 p.
12. Kharlap S, Chepushtanova O, Suyazova I. Assessment of incubatory eggs. *Animal Husbandry of Russia.* 2019;S3:55-57. doi: 10.25701/ZZR.2019.92.35.010
13. Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Tiwari R, Yattoo MI, Karthik K, Dhama K. Nutritional significance of amino acids, vitamins, and minerals as nutraceuticals in poultry production and health – a comprehensive review. *Vet Quarterly.* 2020;41(1):1-29. doi: 10.1080/01652176.2020.1857887
14. Alagawany M, Qattan SYA, Attia YA, El-Saadony MT, Elnesr SS, Mahmoud MA, Madkour M, Abd El-Hack ME, Reda FM. Use of chemical nano-selenium as an antibacterial and antifungal

agent in quail diets and its effect on growth, carcasses, antioxidant, immunity and caecal microbes. *Animals*. 2021;11(11):3027. doi: 10.3390/ani11113027

15. Candia V, Rios-Castillo I, Carrera-Gil F, Vizcarra B, Olivares M, Chaniotakis S, Pizarro F. Effect of various calcium salts on non-heme iron bioavailability in fasted women of childbearing age. *J Trace Elem Med Biol*. 2018;49:8-12. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.04.029

16. David LS, Anwar MN, Abdollahi MR, Bedford MR, Ravindran V. Calcium nutrition of broilers: current perspectives and challenges. *Animals*. 2023;13(10):1590. doi: 10.3390/ani13101590

17. Elnesr SS, Mahmoud BY, da Silva Pires PG, Moraes P, Elwan HAM, El-Shall NA, El-Kholy MS, Alagawany M. Trace minerals in laying hen diets and their effects on egg quality. *Biol Trace Elem Res*. 2024;202(12):5664-5679. doi: 10.1007/s12011-024-04121-8

18. Gopal K, Deb B, Uma N, Balan S, GayathriSivakumar, Chandra Mohan M, Rajendran P. Comparative evaluation of bioavailability, efficacy and safety of MICROCORE NESC® with calcium carbonate and calcium citrate malate in osteopenic and osteoporotic patients: a randomized clinical trial. *Indian J Orthop*. 2024;58(5):535-541. doi: 10.1007/s43465-024-01117-3

19. Gugala D, Flis M, Grela ER. The effect of zinc, iron, calcium, and copper from organic sources in pheasant diet on the performance, hatching, minerals, and fatty acid composition of eggs. *Poultry Science*. 2019;98(10):4640-4647. doi: 10.3382/ps/pez162

20. Khanal T, Widowski T, Bédécarrats G, Kiarie E. Effects of pre-lay dietary calcium (2.5 vs. 4.0%) and pullet strain (Lohmann Brown vs. Selected Leghorn LSL-Lite) on calcium utilization and femur quality at 1st through to the 50th egg<sup>2</sup>. *Poult Sci*. 2019;98(10):4919-4928. doi: 10.3382/ps/pez245

21. Mikulewicz M, Chojnacka K, Kawala B, Gredes T. Trace elements in living systems: from beneficial to toxic effects. *Biomed Res Int*. 2017;2017:8297814. doi: 10.1155/2017/8297814

22. Noh HJ, Kim H, Heo SJ, Cho HH, Koh HB. Guanosine 5'-monophosphate-chelated calcium and iron feed additives maintains egg production and prevents *Salmonella Gallinarum* in experimentally infected layers. *J Vet Sci*. 2017;18(3):291-297. doi: 10.4142/jvs.2017.18.3.291

23. Nys Y, Le Roy N. Calcium homeostasis and eggshell biomineralization in female chicken. *Vitamin D*. 2018;1:361-382. doi: 10.1016/B978-0-12-809965-0.00022-7

24. Nys Y. Laying hen nutrition: optimising hen performance and health, bone and eggshell quality. *Achieving Sustainable Production of Eggs*. 2017;2:47-74. doi: 10.19103/AS.2016.0012.33

25. Olgun O, Aygun A. Nutritional factors affecting the breaking strength of bone in laying hens. *Worlds Poult Sci J*. 2016;72(4):821-832. doi: 10.1017/S0043933916000696

26. Saleh AA, Eltantawy MS, Gawish EM, Younis HH, Amber KA, Abd El-Moneim AEME, Ebeid TA. Impact of dietary organic mineral supplementation on reproductive performance, egg quality characteristics, lipid oxidation, ovarian follicular development, and immune response in laying hens under high ambient temperature. *Biol Trace Elem Res*. 2020;195(2):506-514. doi: 10.1007/s12011-019-01861-w

27. Salehi V, Vakili R, Torshizi ME. Effects of calcium carbonate particle size, phytase and midnight feeding on performance, egg and bone quality and blood parameters in laying hens. *Vet Med Sci*. 2025;11(2):e70248. doi: 10.1002/vms3.70248

#### Информация об авторах:

**Татьяна Николаевна Холодилина**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий центром «Испытательный центр» ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29; доцент кафедры экологии и природопользования, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8-353-277-39-97.

**Александра Сергеевна Мустафина**, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-912-340-21-10.

**Татьяна Андреевна Климова**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-987-849-41-66.

**Елена Владимировна Яушева**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией 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, тел.: 8-987-850-07-15.

**Кирилл Александрович Казаев**, младший научный сотрудник Испытательного центра ЦКП, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, тел.: 8-922-620-13-82.

**Information about the authors:**

**Tatyana N Kholodilina**, Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Testing Center of the Core Shared Research Facilities, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 January St., Orenburg, 460000; Associate Professor of the Department of «Ecology and Nature Management», Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, tel.: 8-353-277-39-97.

**Aleksandra S Mustafina**, Cand. Sci (Agriculture), Junior Researcher of the Testing Center of the Core Shared Research Facilities, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, cell.: 8-912-340-21-10.

**Tatiana A Klimova**, Cand. Sci. (Biology), Junior Researcher of the Testing Center of the Core Shared Research Facilities, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, cell.: 8-987-849-41-66.

**Elena V Yausheva**, Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, Acting Head of Laboratory of Molecular Genetic Research and Metallomics in Animal Husbandry, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, tel.: 8-987-850-07-15.

**Kirill A Kazaev**, Junior Researcher of the Testing Center of the Core Shared Research Facilities, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, 460000, cell.: 8-922-620-13-82.

Статья поступила в редакцию 10.11.2024; одобрена после рецензирования 26.03.2025; принята к публикации 16.06.2025.

The article was submitted 10.11.2024; approved after reviewing 26.03.2025; accepted for publication 16.06.2025.