

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ КАЛЬЦИЯ

Е.А. Сизова^{1,2}, Т.Н. Холодилина^{1,2}, К.А. Казаев¹, А.С. Мустафина¹

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, Оренбург, Россия

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Введение

Уровень кальция в рационе птицы напрямую влияет на физиологическое состояние и продуктивность, и, как следствие, на экономическую эффективность отрасли. Важным критерием доступности кальция из рациона является качество яичной скорлупы и качество костной ткани [9]. Состояние дефицита кальция приводят к сокращению производственного цикла использования птицы или к полной потере продуктивных качеств [13]. Несмотря на широко представленную научную проработку вопроса влияния источников кальция на продуктивность, поиск наиболее доступной формы кальция для организма птицы является актуальным и на сегодняшний день [6].

В птицеводстве, как и в животноводстве в целом, до сих пор очень популярно использование традиционных источников кальция в виде карбонатов, входящих в состав мела, известняка, ракушечника [4]. Доступность кальция из неорганических солей достаточно низкая, несмотря на высокое его содержание до 40 %. Исследования ведутся в нескольких направлениях: повышение уровня использования традиционных источников кальция (мел, ракушечник, известняк), использование органических форм [1], использование регуляторов кальциевого обмена [2]. Как правило, синтез более доступных форм кальция является высокзатратным, что в условиях современной экономики не приводит к широкому использованию в промышленном птицеводстве. Альтернативой карбонату, могут выступать: цитрат, лактат, глицерофосфат, глюконат, сульфат, аспарат и их комбинации с витамином Д₃, микроэлементами, эстрогенами. Существенное различие между этими препаратами заключается в разной биодоступности. Механизм доступности кальция из солей известен и зависит от нескольких факторов, прежде всего это доза, одновременное поступление синергистов и антагонистов, кислотность желудочного сока, режим приема [8]. Выбор правильной фармакотерапии позволяет исключить коморбидные состояния, связанные с нарушением минерального обмена. Препараты кальция на основе неорганических солей (карбонат, фосфат кальция) являются наиболее изученными по воздействию на организм и более доступными по цене. Основным их недостатком является малая растворимость и низкая скорость растворения и, как следствие, низкая эффективность. Органические соли кальция представлены более усваиваемыми формами: цитратом кальция, лактатом кальция и глюконатом [3].

По данным Федеральной службы ветеринарного и фитосанитарного надзора (Россельхознадзор) на сегодняшний день в РФ зарегистрировано 18 кормовых добавок для нормализации кальциевого обмена и восполнения дефицита кальция у сельскохозяйственных животных. Из них только 3 отечественных производителя.

Сопутствующей проблемой является развитие остеопороза у высокопродуктивной птицы, приводящее к хрупкости костей и переломам. Все это приводит к значительным убыткам, как в частном секторе, так и на производстве.

Особую значимость этот вопрос приобретает в период повышенного риска ухода с рынка зарубежных компаний, являющихся основными поставщиками премиксов и минеральных добавок в России. Поиск вариантов использования доступных отечественных источников кальция, способных стать достойной альтернативой существующим природным и коммерческим источникам кальция, является перспективным направлением. Таким образом, целью исследований явилась оценка эффективности применения различных источников кальция, влияние на продуктивность и минеральный состав биосубстратов цыплят-бройлеров.

Материалы и методы

В рамках исследования суточные цыплята-бройлеры кросса Арбор Айкрес были поделены на четыре группы (n=30). Цыплята контрольной группы получали основной кормовой рацион. Основой для приготовления кальцийсодержащей кормовой добавки служила доломитовая мука.

Опытные группы в период с восьмисуточного возраста получали данную кормовую добавку: I опытная – в виде хлорида кальция в питьевой воде, II опытная – в виде цитрата кальция и III опытная – в виде нативной доломитовой муки, в дозировке 2 %.

Кормление цыплят-бройлеров на протяжении всего эксперимента проводилось полнорационным комбикормом по периодам выращивания с учетом рекомендаций ВНИТИП. За основу рациона была взята пшенично-кукурузно-ячменная кормосмесь.

Лабораторные исследования осуществлялись с использованием материально-технической базы Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий РАН (ЦКП ФНЦ БСТ РАН) (<https://ckp-rf.ru/ckp/77384/>). Элементный анализ выполнялся на одноквадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 ICP-MS (Agilent, США). Пробоподготовка велась с использованием микроволновой системы пробоподготовки TOPEX+ (PREEKEM, Китай).

В ходе эксперимента, животных были выращены в рамках инструкций и рекомендаций российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР № 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). Исследование сопровождалось с соблюдением ряда мер, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшения количества исследованных опытных образцов.

Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена с применением программного пакета «Statistica 12.» («StatSoft Inc.», USA) и «Microsoft Excel». Проверка на нормальность распределения данных проводилась с использованием критерия согласия Колмогорова-Смирнова. С целью оценки статистической значимости был использован параметрический t – критерий Стьюдента независимых групп.

Результаты и обсуждение

В эксперименте, при одинаковой питательной ценности рациона, получен разный уровень продуктивности. Во всех опытных группах наблюдается тенденция к увеличению живой массы. Так, на конец эксперимента лидерами по живой массе стала II опытная группа, получавшая цитрат кальция, разница с контролем составила 15,94 % ($P \leq 0,05$). Подобные результат был получен в I опытной группе при разнице с контролем 14,9 % (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров в эксперименте

Возраст, сут	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
11	271,3±15,4	317,6±14,4*	318±14,5*	330,5±13,6*
18	509,3±27,9	531,5±20,4	558,3±15,3*	505,7±27,7
25	720,7±23,3	812,5±19,5	868,7±20,2*	708,3±24,7
32	1067,7±31,9	1160,7±47,9	1245,8±23,9**	1023,7±55,4
39	1525,5±43,5	1525,8±109,2	1717,8±53,2*	1621,8±95,7
46	1887±67,2	2168±75,3	2187,8±73,1*	1979±65,1

Примечание: * – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,05$), ** – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,01$)

При реализации эксперимента были оценены кальций-зависимые показатели в крови, в том числе регуляторы кальциево-фосфорного обмена (кальцитонин) и витамин Д₃ [2]. Результаты показали наличие различий с контрольной группой. Уровень витамина Д₃, обеспечивающий всасывание в тонком кишечнике кальция и фосфора и поддержание в крови их уровня (Chirayath M.V., et al., 1998), в экспериментальных группах с максимальной продуктивностью, был выше контрольного значения (таблица 2). Так, витамин Д₃ в I опытной группе возрастает на 104,85 % ($P \leq 0,05$), во II – на 87,95 % ($P \leq 0,05$).

Таблица 2 – Динамика концентрации некоторых биохимических показателей сыворотки крови

Группа	Витамин Дз, нг/мл	Кальцитонин, пг/мл	Щелочная фосфатаза, МЕ/л
контрольная	14,02±2,66	58,92±5,86	1935,25±42,08
I опытная	28,72±2,91*	60,65±4,31	2079,5±65,53*
II опытная	26,35±3,84*	53,47±5,21	2220±55,21**
III опытная	8,42±0,56	38,25±2,42*	2200,2±79,38*

Примечание: * – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,05$), ** – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,01$)

Динамика кальцитонина в эксперименте не была достоверной. В опытных группах, за исключением I группы, наблюдалась тенденция снижения его уровня. При этом, образование кальцитонина напрямую зависит от уровня кальция в крови: при его повышении концентрация кальцитонина увеличивается, а при падении – снижается [11]. Уровень кальцитонина в III опытной группы снизился на 35,08 % ($P \leq 0,05$).

Щелочной фосфатазой называют группу ферментов, которые отделяют фосфор от органических соединений и переносят его в клетки тканей и органов [12]. Так, в эксперименте активность фермента в опытных группах превышала контрольные значения с разницей: в I опытной группе на 7,45 % ($P \leq 0,05$), во II – 14,71 % ($P \leq 0,01$), в III – 13,69 % ($P \leq 0,05$).

Известно, что основным фактором, влияющим на формирование костной ткани и скорлупы, является уровень усвоенного кальция организмом. При этом, важна не только его концентрация, но и уровень синергистов кальция – магния, фосфора и др. Так, биохимический анализ сывороточного кальция показал, что введение цитрата кальция максимально повышает его уровень и разница с контролем в II опытной группе составляет 48,2 % ($P \leq 0,05$). Второе место по количеству кальция в сыворотке крови занимает I опытная группа, получавшая хлорид кальция, при разнице с контролем 32,6 % ($P \leq 0,001$). Повышение дозы доломитовой муки (III группа) не влияет на уровень кальция в сыворотке, который в этой группе близок к контрольному значению. Динамика уровня магния в сыворотке крови имеет схожую тенденцию (таблица 3).

Таблица 3 – Концентрация химических элементов в сыворотке крови цыплят-бройлеров, ммоль/л

Группа	Магний	Кальций,	Фосфор
I опытная	1,07±0,11**	4,84±0,21***	0,72±0,06
II опытная	1,37±0,1**	5,41±0,67*	0,82±0,07
III опытная	0,77±0,05	3,57±0,28	0,56±0,12
Контрольная	0,64±0,03	3,65±0,08	0,82±0,05

Примечание: * – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,05$), ** – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,01$), *** – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,001$)

Одним из депо макро и микроэлементов в организме является костная ткань. Распределение элементов в костной ткани опытных групп, относительно контрольных значений имеет свою динамику. Так, в I опытной группе уровень Са достоверно возрастает на 8,13 % ($P \leq 0,01$), уровень Р достоверно повышается на 12,65 % ($P \leq 0,001$). При введении цитрата кальция (II группа) уровень Са достоверно падает на 22,94 % ($P \leq 0,05$), уровень Р не меняется. В III опытной группе уровень Са и Р достоверно падает на 11,95 % ($P \leq 0,05$), и 13,22 % ($P \leq 0,001$) (табл. 4).

Таблица 4 – Концентрация химических элементов в костной ткани цыплят-бройлеров, мг/кг

Группа	Магний	Кальций	Фосфор
I опытная	1618,0±131,1*	66737,6±176,4**	36582,2±146,5***
II опытная	1273,2±91,9	47560,8±366,4*	26335,5±210,1
III опытная	1232,0±112,4	54346,6±892,2*	28181,5±138,5***
Контрольная	1198,6±75,5	61722,1±593,1	32473,0±175,7

Примечание: * – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,05$), ** – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,01$), *** – достоверная разница опытных групп с контрольной ($P \leq 0,001$)

Таким образом, применение кальция в виде хлорида способствовало лучшему его усвоению, что обусловило хорошую минерализацию костной ткани.

Заключение

Сравнительная оценка эффективности применения различных источников (хлорид, цитрат, карбонат) кальция показала наличие особенностей в его метаболизме и усвоении, что повлияло на живую массу и концентрацию минералов в сыворотке и костной ткани. В эксперименте при одинаковой питательной ценности рациона получен разный уровень продуктивности. Во всех опытных группах наблюдается тенденция к увеличению живой массы, максимальный уровень которой зафиксирован при использовании хлорида и цитрата кальция. Указанные источники кальция обеспечили его высокое содержание в биосубстратах (сыворотке и костной ткани). Увеличение дозы внесения доломитовой муки (карбонат кальция) не отразился на цифрах концентрации кальция в организме цыплят-бройлеров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ 23-16-00165.

Литература

1. Андрианова Е., Егоров И., Григорьева Е., Кривошипина Л. Эффективный источник доступного кальция для птицы. Комбикорма. 2019, 2:60–63.
2. Ахполова В.О., Брин В.Б. Обмен кальция и его гормональная регуляция. Журнал фундаментальной медицины и биологии. 2017, 2:15–23.
3. Громова О.А., Торшин И.Ю., Гришина Т.Р., Лисица А.В. Перспективы использования препаратов на основе органических солей кальция. молекулярные механизмы кальция. Лечащий врач. 2013, 4:42.
4. Нурымхан Г.Н., Аринова Э.Ж. Технология и функциональное использование в виде порошка яичной скорлупы. В сборнике: Качество продукции, технологий и образования Материалы X Международной научно-практической конференции. 2015, 63–67.
5. Осипенко О.В., Вахлова И.В. Клинические и лабораторные признаки дефицита кальция у подростков, методы коррекции. Вестник Уральской медицинской академической науки. 2008, 2 (20):118–122.
6. Ромашко А.К., Ерашевич В.С. Влияние различных кормовых источников кальция на качество яиц кур-несушек. В сборнике: Сельское хозяйство – проблемы и перспективы сборник научных трудов. Гродно, 2016, 166–171.
7. Ротштейн С. Микроэлементы в рационах кур-несушек: 5 фактов, почему вам следует использовать хелатные микроэлементы. Эффективное животноводство. 2021, 2(168):64–67.
8. Рубинов А.А., Мохова Е.В. Биодоступность кальция и фосфора в организме животных и влияние на их продуктивность. В сборнике: Химия и жизнь Сборник XVII Международной научно-практической студенческой конференции. 2018, 130–133.
9. Суховольская Н.Б., Исаенко А.Н., Суховольский О.К. Инвестиционная стратегия устойчивого развития птицефабрик. Известия Международной академии аграрного образования. 2020, 52:142–145.
10. Chirayath M.V., Gaidzik L., Hulla W. Vitamin D increases tight-junction conductance and paracellular Ca^{2+} transport in CaCo-2 cell cultures. Am J Physiol. 1998; 274 (2 Pt 1): 389–396.
11. Herrmann B.L., Schmid K.W., Goerges R., Kemen M., Mann K. Calcitonin screening and pentagastrin testing: predictive value for the diagnosis of medullary carcinoma in nodular thyroid disease. Eur J Endocrinol. 2010, 162(6):1141–5.
12. José Luis Millán. Alkaline Phosphatases: Structure, substrate specificity and functional relatedness to other members of a large superfamily of enzymes Purinergic Signalling. 2006–06., 2(2):335–341. – ISSN 1573–9546 1573–9538, 1573–9546. – doi:10.1007/s11302–005–5435–6.
13. Zhao S.C., Teng X.Q., Xu D.L., Chi X., Ge M., Xu S.W. Influences of low level of dietary calcium on bone characters in laying hens. Poult Sci. 2020, 99(12):7084–7091. doi: 10.1016/j.psj.2020.08.057.