
Научная статья

УДК 636.5.033

doi: 10.47737/2307-2873_2022_38_153

КАЛЬЦИЙ И ФОСФОР В ОРГАНИЗМЕ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ НА ФОНЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАЦИОНОВ

©2022. Кристина Владимировна Рязанцева^{1✉}, Елена Анатольевна Сизова²,

^{1,2}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий

Российской Академии наук, Оренбург, Россия,

¹reger94@bk.ru

Аннотация. Являясь минеральной основой организма, Са и Р участвуют во многих биологических процессах, в том числе развитии и минерализации костей, метаболизме других элементов, гомеостазе крови, энергетическом обмене и кислотно-щелочном балансе т.д. Метаболизм Са и Р тесно связан между собой, и поэтому недостаток одного из них отражается на продуктивности. Их дефицит препятствует достижению максимальной продуктивности в период интенсивного роста. В ходе эксперимента сформировано три группы с различным содержанием обменной энергии в рационе (МДж/кг): контрольная – 12,99; I опытная – 13,7; II опытная – 15,0. При оценке Са и Р в тканях контрольной и опытных групп было отмечено: в сыворотке крови наблюдается значительное снижение Са в опытных группах на 1,4% и 9,2%; в мышечной ткани I и II опытных группах Са снижается на 21,1% ($p<0,05$) и 24,9% ($p<0,05$), показатели Р упали на 19,9% и 21,2%; изменение костной ткани сопровождается тенденцией к снижению Са и Р в группе с наибольшей обменной энергией (II опытная группа) на 16,2% ($p<0,05$) и 13,4% ($p<0,05$) относительно контрольных значений, а также значительным снижением костной массы на 0,7 % и 6,3% ($p<0,05$) относительно контроля. Повышение уровня жиров в рационе цыплят-бройлеров сопровождается снижением Са и Р в теле птицы, что в свою очередь может привести к нарушениям метаболических процессов и функциональной нестабильности организма.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, минералы, костная ткань, высокоэнергетический рацион, Са, Р.

Благодарности: Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 г. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0005).

Введение. За последние десятилетия постоянное улучшение генетики кроссов и эффективное кормление привели к высокому уровню продуктивности и рентабельности в птицеводстве. В свою очередь эффективное кормление высокопродуктивных кроссов заключается в повышении питательной ценности рациона за счет компонентов рациона, таких как жир и масло. Высокая калорийность рациона увеличивает скорость роста, в результате чего возможно повышение потребности организма в минеральных элементах, в частности, кальции (Са) и фосфоре (Р) [7].

Являясь минеральной основой организма, Са и Р участвуют во многих биологических процессах, в том числе развитии и минерализации костей, метаболизме других элементов, гомеостазе крови, внутриклеточной передаче сигналов, активации ферментов, нервно-мышечной функции, транскрипции генов, энергетическом обмене и кислотно-щелочном балансе. Метаболизм Са и Р тесно связан между собой, и поэтому даже недостаток одного из них отражается на продуктивности. Их дефицит препятствует достижению

максимальной продуктивности в период интенсивного роста [11].

Основной состав корма для птицы состоит из пшеницы и кукурузы, но уровень Са и Р в них недостаточен для восполнения потребности в этих элементах, поэтому важно

вносить в корм минеральные добавки – премиксы. Действующие нормы внесения Са и Р в рационы цыплят-бройлеров направлены на высокопродуктивные кроссы и рекомендованы как ориентировочные значения (табл. 1) [1].

Таблица 1

Нормы добавок минеральных элементов в комбикорма для цыплят-бройлеров

Макроэлементы, %	
Са, %	0,9-1,00
Р, общий, %	0,70

В США уровень включения Са и Р в рацион птицы регламентируются с учётом

норм и рекомендаций National Research Council (табл. 2) [9].

Таблица 2

Потребности цыплят-бройлеров в Са и Р согласно данным NRC от 1994 г.

Элемент	Возраст		
	до 3 недель	3 - 6 недель	6 - 8 недель
Макроэлементы, %			
Са, %	1,00	0,90	0,80
Р, нефитатный, %	0,45	0,35	0,30

В связи с этим, целью проведенного нами исследования являлась оценка влияния высокоэнергетического рациона на метаболизм Са и Р в организме цыплят-бройлеров.

Для достижения поставленной цели нами решались следующие задачи:

1. На автоматическом биохимическом анализаторе CS-T240 («Dirui Industrial Co., Ltd», Китай), с применением биохимических наборов для ветеринарии ДиаВетТест (Россия) определить концентрацию Са в сыворотке крови фотометрическим методом с о-крезолфталеином и концентрацию Р методом взаимодействия с молибдатом аммония с образованием фосфомолибдатного комплекса.

2. Определить концентрацию Са и Р мышечной и костной тканей при помощи масс-спектрометрии Elan DRC-e 9000 (Perkin Elmer, USA).

3. Определить массу костной ткани.

Методика. Экспериментальные исследования проводились в условиях вивария на модели цыплят-бройлеров кросса «Арбор Ай-крес», на 3 группах (n = 10) – контрольная и две опытных, аналогичных по живой массе (табл. 3). Кормление цыплят-бройлеров осуществлялось рационом, сформированным согласно рекомендациям ВНИТИПа [1].

Таблица 3

Схема эксперимента

Группа	Объект исследования	Период опыта	
		подготовительный	учетный
		Возраст, дней	
Контрольная	Цыплята-бройлеры кросса «Arbor Acres»	7-14	15-42
I опытная		ОР	ОР ₁
II опытная			ОР ₂
			ОР ₃

Примечание:

ОР- основной рацион с питательностью по нормам ВНИТИП, 2011

ОР₁- рацион с содержанием обменной энергии 12,61-12,99 МДж/кг СВ

ОР₂- рацион с содержанием обменной энергии 13,3-13,7 МДж/кг СВ

ОР₃- рацион с содержанием обменной энергии 14,78-15,0 МДж/кг СВ

Лабораторные исследования проведены на базе Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий Российской академии наук.

Данные, полученные в результате исследований, статистически обработаны с применением общепринятых методик при помощи программ «Microsoft Excel» и «Statistica 10.0», включая определение средней арифметической величины, стандартной

ошибки средней и критериев достоверности по Стьюденту.

Результаты. При оценке минерального состава крови цыплят контрольной и опытных групп выявлено увеличение Р в I и II опытной группах на 5,5 % и 26,6 % ($p < 0,05$) относительно контроля, соответственно. В свою очередь в I и II опытных группах значительно снижается содержание Са на 1,4 % и 9,2 % относительно контрольных значений (рис. 1).

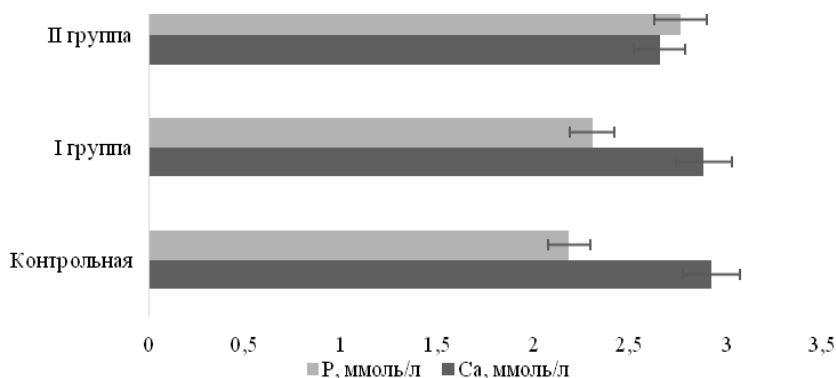


Рис 1. Содержание Са и Р в сыворотки крови опытных цыплят-бройлеров на 42 сутки, ммоль/л
 Fig. 1. The content of Ca and P in the blood serum of experimental broiler chickens on the 42 day, mmol/l

Увеличение калорийности привело к значительному снижению Са и Р в мышечной ткани опытных цыплят-бройлеров. Так, в I и II опытных группах Са снижается на 21,1 %

($p < 0,05$) и 24,9 % ($p < 0,05$) при достоверно значимых результатах, показатели Р упали на 19,9% и 21,2 % относительно контрольных показателей (рис. 2).

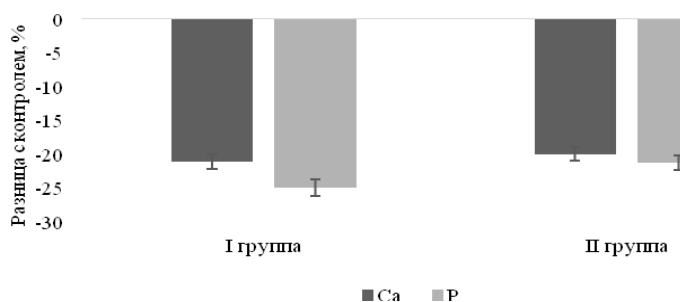


Рис 2. Содержание Са и Р в мышечной ткани цыплят-бройлеров, %
 Fig. 2. The content of Ca and P in the muscle tissue of broiler chickens, %

Увеличение жира в рационе привело к значительному снижению массы костной ткани в опытных группах. Так, масса костной ткани

снизилась по отношению к контрольным значениям на 0,7 % и 6,3% ($p < 0,05$) (рис. 3).



Рис 3. Масса костной ткани цыплят – бройлеров, %
 Fig. 3. Bone mass of broiler chickens, %

Анализ содержания минеральных элементов в костях показал, что в группах с высоким уровнем обменной энергии (I и II) наблюдается тенденция к снижению Ca на

2,65% и 16,2% ($p < 0,05$), P на 2,7% и 13,4% ($p < 0,05$) относительно контрольных значений (рис. 4).

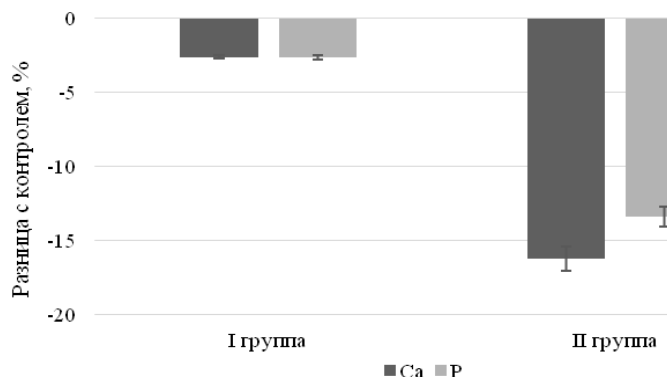


Рис 4. Содержание Ca и P в костной ткани цыплят-бройлеров, %
 Fig. 4. The content of Ca and P in the bone tissue of broiler chickens, %

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о прямой зависимости минерального обмена в организме цыплят-бройлеров от поступающего с кормом жира.

Пищевые масла имеют высокую калорийность и, таким образом, обеспечивают повышенный уровень энергии в рационе при меньших затратах. Кроме того, масло улучшает усвоение жирорастворимых витаминов, вкусовые качества рационов и повышает эффективность потребляемой энергии, а также снижает скорость прохождения корма в желудочно-кишечном тракте, что дает возможность адекватному и эффективному усвоению питательных веществ, присутствующих в рационе

птицы. Однако пищевой жир может влиять на минеральный обмен, особенно Ca и P [5].

Таким образом, до сих пор существуют значительные разногласия относительно влияния пищевого жира на минеральный обмен у цыплят [2, 3, 10, 14].

Результаты проведенного нами исследования показали, что повышение обменной энергии рациона за счет включения подсолнечного масла вызывает снижение Ca и P в теле цыплят-бройлеров. Так, в сыворотке крови наблюдается значительное снижение Ca в опытных группах на 1,4 % и 9,2 % относительно контрольных значений. В мышечной ткани I и II опытных групп Ca снижается на 21,1 % ($p < 0,05$) и 24,9 % ($p < 0,05$), показатели P

упали на 19,9 % и 21,2 % относительно контроля.

Кость является динамическим органом, который подвергается значительному обмену, процессу, включающему резорбцию остеокластами с последующим формированием кости остеобластами [8]. Следовательно, костная масса отражает баланс образования и резорбции кости.

Так, в проведенных нами исследованиях масса костной ткани снизилась на 0,7 % и 6,3% ($p < 0,05$) в I и II опытных группах по отношению к контролю. Наблюдается тенденция к снижению в костной ткани Ca и P в группе с наибольшей обменной энергией (II опытная группа) на 16,2% ($p < 0,05$) и 13,4% ($p < 0,05$) относительно контрольных значений.

В 1971 году Whitehead et al. в своих исследованиях выявил зависимость снижения уровня минералов от содержания жира в рационе. Ранние отчеты Perreer et al. [10], продемонстрировали, что рацион с включением жиров вызывает прогрессивное снижение процентного содержания кальция [2].

Подобный эффект наблюдается в исследованиях Cao JJ et al. [4] и Xiao Y et al. [13],

результаты которых показали пагубное влияние высоко жирового рациона на костный метаболизм. Эти результаты показали, что влияние пищевого жира на костный метаболизм является сложным и зависит от множества факторов, таких как компоненты рациона, продолжительность кормления, пол и возраст [6]. Это может быть обусловлено образованием нерастворимых мыл между жирными кислотами и минеральными веществами во время пищеварения, что делает их недоступными для переваривания. Снижение массы костной ткани может свидетельствовать о процессе резорбции костей, что подтверждается ранее проводимыми исследованиями [12].

Выводы. Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что включение в рацион цыплят-бройлеров жиров может привести к нарушению минерального обмена. При увеличении содержания жиров в рационе необходимо проводить корректировку минеральных веществ, особенно Ca и P.

Список источников

1. Фисинин В.И., Егоров И.А., Драганов И.Ф. Кормление сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 337 с.
2. Whitehead C.C., Dewar W.A., Downie J.N. Effect of dietary fat on mineral retention in the chick, *British Poultry Science*, 1971, No. 12(2). P. 249-254, DOI: 10.1080/00071667108415877
3. Calik A., Yalcin S., Kucukersan S. Effects of calcium soaps of animal fats on performance, abdominal fat fatty acid composition, bone biomechanical properties, and tibia mineral concentration of broilers, *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 2019, No. 25. P. 61–70. DOI:10.9775/kvfd.2018.20329.
4. Cao J.J., Gregoire B.R., Gao H. High-fat diet decreases cancellous bone mass but has no effect on cortical bone mass in the tibia in mice, *Bone*, 2009, No. 44(6). P. 1097-104. DOI: 10.1016/j.bone.2009.02.017.
5. Chwen L.T., Foo H.L., Thanh N.T., Choe D.W. Growth performance, plasma Fatty acids, villous height and crypt depth of preweaning piglets fed with medium chain triacylglycerol, *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 2013, No. 26(5). P. 700–704. DOI:10.5713/ajas.2012.12561.
6. Doucette C.R., Horowitz M.C., Berry R., MacDougald O.A., Anunciado-Koza R., Koza R.A., Rosen C.J. A High Fat Diet Increases Bone Marrow Adipose Tissue (MAT) But Does Not Alter Trabecular or Cortical Bone Mass in C57BL/6J Mice, *J Cell Physiol*, 2015, No. 230(9). P. 2032-7. DOI: 10.1002/jcp.24954.
7. Li T., Xing G., Shao Y., Zhang L., Li S., Lu L., Liu Z., Liao X., Luo X. Dietary calcium or phosphorus deficiency impairs the bone development by regulating related calcium or phosphorus metabolic utilization parameters of broilers, *Poult Sci*, 2020, No. 99(6). P. 3207-3214. DOI: 10.1016/j.psj.2020.01.028.
8. Novack D.V., Teitelbaum S.L. The osteoclast: friend or foe? *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.*, 2008, No. 3. P. 457-484. DOI: 10.1146/annurev.pathmechdis.3.121806.151431
9. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994.
10. Pepper W.F., Slinger S.L., Motzok I. Effect of animal fat on the calcium and phosphorus requirement of chicks, *Poultry Sci*, 1955, No. 34. 1216 p. (Abstr.)
11. Teng X., Zhang W., Xu D., Liu Z., Yang N., Luo D., Wang H., Ge M., Zhang R. Effects of low dietary phosphorus on tibia quality and metabolism in caged laying hens, *Prev Vet Med*, 2020, No. 181. P. 105049. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105049.

12. Tian L., Wang C., Xie Y., Wan S., Zhang K., Yu Xijie (2017). High fructose and high fat exert different effects on changes in trabecular bone micro-structure, The journal of nutrition, health & aging, 2017. DOI:10.1007/s12603-017-0933-0
13. Xiao Y., Cui J., Li Y.X., Shi Y.H., Wang B., Le G.W., Wang Z.P. Dyslipidemic high-fat diet affects adversely bone metabolism in mice associated with impaired antioxidant capacity, Nutrition, 2011, No. 27(2). P. 214-20. DOI 10.1016/j.nut.2009.11.012.

CALCIUM AND PHOSPHORUS IN THE BODY OF BROILER CHICKENS ON THE BACKGROUND OF HIGH ENERGY DIETS

©2022. Kristina V. Ryazantseva^{1✉}, Elena A. Sizova²,

^{1,2}Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia,

¹reger94@bk.ru

Abstract. Being the mineral basis of the body, Ca and P are involved in many biological processes, including the development and mineralization of bones, the metabolism of other elements, blood homeostasis, energy metabolism and acid-base balance, etc. Metabolism of Ca and P is closely related, and therefore the lack of one of them is reflected in productivity. Their deficiency hinders the achievement of maximum productivity during the period of intensive growth. During the experiment, three groups were formed with different content of metabolic energy in the diet (MJ/kg): control – 12.99; experimental I – 13.7; experimental II – 15.0. When evaluating Ca and P in the tissues of the control and experimental groups, it was noted: in the blood serum, there is a significant decrease in Ca in the experimental groups by 1.4% and 9.2%, respectively; in the muscle tissue of I and II experimental groups, Ca decreased by 21.1% ($p<0.05$) and 24.9% ($p<0.05$), P values fell by 19.9% and 21.2%; change in bone tissue is accompanied by a tendency to decrease Ca and P in the group with the highest metabolic energy (experimental group II) by 16.2% ($p<0.05$) and 13.4% ($p<0.05$) relative to control values, and also a significant decrease in bone mass by 0.7% and 6.3% ($p<0.05$) relative to the control. An increase in the level of fats in the diet of broiler chickens is accompanied by a decrease in Ca and P in the body of the bird, which in turn can lead to metabolic disorders and functional instability of the body.

Key words: broiler chickens, minerals, bone tissue, high energy diet, Ca, P.

Acknowledgments: The studies were carried out in accordance with the research plan for 2021-2023 of the Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center of the BST RAS (No. 0761-2019-0005).

References

1. Fisinin V.I., Egorov I.A., Draganov I.F. Kormlenie sel'skohozjajstvennoj pticy: ucheb. Posobie (Feeding poultry: textbook. Allowance), M., GJeOTAR-Media, 2011. 337 p.
2. Whitehead C.C., Dewar W.A., Downie J.N. Effect of dietary fat on mineral retention in the chick, British Poultry Science, 1971, No. 12(2). P. 249-254, DOI: 10.1080/00071667108415877
3. Calik A., Yalcin S., Küçükersan S. Effects of calcium soaps of animal fats on performance, abdominal fat fatty acid composition, bone biomechanical properties, and tibia mineral concentration of broilers, Kafkas Univ Vet Fak Derg. 2019, No. 25. P. 61–70. DOI:10.9775/kvfd.2018.20329.
4. Cao J.J., Gregoire B.R., Gao H. High-fat diet decreases cancellous bone mass but has no effect on cortical bone mass in the tibia in mice, Bone, 2009, No. 44(6). P. 1097-104. DOI: 10.1016/j.bone.2009.02.017.
5. Chwen L.T., Foo H.L., Thanh N.T., Choe D.W. Growth performance, plasma Fatty acids, villous height and crypt depth of preweaning piglets fed with medium chain triacylglycerol, Asian-Australasian journal of animal sciences, 2013, No. 26(5). P. 700–704. DOI:10.5713/ajas.2012.12561.
6. Doucette C.R., Horowitz M.C., Berry R., MacDougald O.A., Anunciado-Koza R., Koza R.A., Rosen C.J. A High Fat Diet Increases Bone Marrow Adipose Tissue (MAT) But Does Not Alter Trabecular or Cortical Bone Mass in C57BL/6J Mice, J Cell Physiol, 2015, No. 230(9). P. 2032-7. DOI: 10.1002/jcp.24954.
7. Li T., Xing G., Shao Y., Zhang L., Li S., Lu L., Liu Z., Liao X., Luo X. Dietary calcium or phosphorus deficiency impairs the bone development by regulating related calcium or phosphorus metabolic utilization parameters of broilers, Poultry Sci, 2020, No. 99(6). P. 3207-3214. DOI: 10.1016/j.psj.2020.01.028.

8. Novack D.V., Teitelbaum S.L. The osteoclast: friend or foe?. *Annu. Rev. Pathol. Mech. Dis.*, 2008, No. 3. P. 457-484. DOI: 10.1146/annurev.pathmechdis.3.121806.151431
9. *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition*, 1994
10. Pepper W.F., Slinger S.L., Motzok I. Effect of animal fat on the calcium and phosphorus requirement of chicks, *Poultry Sci.*, 1955, No. 34. 1216 p. (Abstr.)
11. Teng X., Zhang W., Xu D., Liu Z., Yang N., Luo D., Wang H., Ge M., Zhang R. Effects of low dietary phosphorus on tibia quality and metabolism in caged laying hens, *Prev Vet Med*, 2020, No. 181. P. 105049. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2020.105049.
12. Tian L., Wang C., Xie Y., Wan S., Zhang K., Yu Xijie (2017). High fructose and high fat exert different effects on changes in trabecular bone micro-structure, *The journal of nutrition, health & aging*, 2017. DOI:10.1007/s12603-017-0933-0
13. Xiao Y., Cui J., Li Y.X., Shi Y.H., Wang B., Le G.W., Wang Z.P. Dyslipidemic high-fat diet affects adversely bone metabolism in mice associated with impaired antioxidant capacity, *Nutrition*, 2011, No. 27(2). P. 214-20. DOI 10.1016/j.nut.2009.11.012.

Сведения об авторах

К.В. Рязанцева^{1✉} – младший научный сотрудник;

Е.А. Сизова² – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник.

^{1,2}Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской Академии наук, ул. 9 января 29, г. Оренбург, Россия.

¹reger94@bk.ru

Information by author

K.V. Ryazantseva^{1✉} – Junior Researcher;

E.A. Sizova² – Dr. Biol. Sci., Leading Researcher.

^{1,2}Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvarya St., Orenburg, Russia.

¹reger94@bk.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

Статья поступила в редакцию 21.04.2022; одобрена после рецензирования 27.04.2022; принята к публикации 19.05.2022.

The article was submitted 21.04.2022; approved after reviewing 27.04.2022; accepted for publication 19.05.2022.