

Миграция химических элементов в организме кур-несушек в различные периоды онтогенеза при различной нутриентной обеспеченности

Виктория Владимировна Гречкина^{1,2}, Святослав Валерьевич Лебедев¹, Дмитрий Алексеевич Силин¹, Юрий Константинович Петруша¹, Ольга Владимировна Маршинская¹

¹ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН);

²ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»

Аннотация: Изучено перераспределение 25 химических элементов в костях, мышечной ткани, крови и печени в различные периоды онтогенеза у кур-несушек (10, 120, 150 и 210 суток) при содержании с 1 дня жизни на белковой, жировой или углеводной диете (+10% казеина, подсолнечного масла или сахара соответственно). Установлено, что при увеличении уровня белка происходит эскалация В, Zn, Ca, K, P, Pb, Sr, на фоне снижения Fe, Se, Hg Co, Na, Al, Cd. При включении углеводов у несушек увеличиваются концентрации Cu, Mn, Ni, Se, Mg, P, Al, Cd и уменьшаются – As, Si, V, Hg, I. При жировой диете у кур происходило равномерное распределение элементов в изученных субстратах; происходит накопление Zn, Ca, Na, Mn, P, Pb, Sr, Sn, Mn, Zn, Ca, при снижении As, Co, Cu, Fe, I, Li, Ni, Si. Независимо от возраста определены элементы, зависящие от нутриентного состава рациона: белковый обмен – Li, Fe, Ca, углеводный обмен – Mn, Co, жировой обмен – Mn, Ca, I, на фоне становления микроэлементного баланса в возрасте 150 суток. Для коррекции рациона при высоком уровне белкового обмена следует вводить Se, Zn, Ca в возрасте 120 суток, Mn, Ca, Fe – в 150, Mn, Fe – в 210 суток; при высоком уровне углеводного обмена Se, Co – в 120, Mn, Ca, P, Fe – в 150, Mn, Co – в 210 суток; при высоком уровне жирового обмена Fe, Cr, Co, Ca – в 120, Mn, Ca – в 150, Se, I, Mn – в 210 суток. Полученные данные могут быть использованы для формирования базы данных о динамике химических элементов в биосубстратах в различные периоды онтогенеза, что является ключевым звеном при выявлении нарушений обмена биоэлементов в организме кур-несушек в условиях промышленного производства.

Ключевые слова: куры-несушки, обмен, микроэлементы, макроэлементы, состав рациона, элементный состав тканей тела.

Для цитирования: Гречкина, В.В. Миграция химических элементов в организме кур-несушек в различные периоды онтогенеза при различной нутриентной обеспеченности / В.В. Гречкина, С.В. Лебедев, Д.А. Силин, Ю.К. Петруша, О.В. Маршинская // Птицеводство. – 2023. – №10. – С. 73-78.

doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-10-73-78

Введение. В промышленном птицеводстве обеспечение рационов доступными и сбалансированными микроэлементами является основой снижения стресса, полноценного кормления и поддержания физиологического статуса [1]. Содержание микроэлементов в крови, печени, большеберцовой кости и других тканях используется в качестве индикаторов для оценки биологической эффективности минерального обмена [2]. Особенно большие убытки приносит птицеводству частич-

ная минеральная недостаточность, когда явные симптомы заболевания отсутствуют, но наблюдается снижение продуктивности птицы, плохое использование корма, слабая резистентность к различным заболеваниям.

В условиях полноценного кормления особое внимание следует уделять изучению потребностей птицы в минеральных веществах в зависимости от индивидуальных и породных особенностей, продуктивности, возраста, условий содержания и выращивания, со-

става и качества основных кормовых средств [3,4].

Минеральные вещества (Co, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn и др.) необходимы для нормального течения биохимических процессов, являются частью многочисленных ферментов, оказывают влияние на здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных и птицы [5-8].

Целью исследования являлось изучение накопления и распределения минеральных веществ в организме кур-несушек в за-





висимости от физиологического состояния и фазы продуктивного периода на фоне различной обеспеченности организма белками, жирами и углеводами.

Материал и методика исследований. Исследования проводили на курах-несушках кросса Хайсекс Браун (n=120) в условиях лаборатории биологических испытаний и экспертиз и Испытательном центре ФНЦ БСТ РАН.

Содержание птицы осуществлялось в специализированных клетках БН-1 (ООО «Стимул групп», Россия) площадью 4050 см² (90×45×45 см). Птицу маркировали пластиковыми ножными бирками. Рацион сформирован в зависимости от потребности в основных питательных веществах в различные периоды онтогенеза по рекомендациям ВНИТИП (2010).

Птицу в суточном возрасте разделили на четыре группы по 30 голов в каждой. Контрольная группа содержалась на основном рационе. Рацион I опытной группы по питательности был скорректирован на 10% по белку путем введения казеина, II опытной – 10% углеводов (сахар), III опытной – 10% жира (подсолнечное масло).

Отбор биосубстратов (мышечная ткань, печень, костная ткань, кровь) у несушек проводили на 10, 120, 150 и 210 сутки эксперимента.

Элементный состав биосубстратов исследовали в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва; регистрационный номер в государственном реестре – Росс. RU 0001. 513118 от 29 мая 2003; Registration Certificate of ISO 9001: 2000, No 4017-5.04.06). Точность определяемых параметров достигалась путем использования методов атомно-эмиссионной

и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) на оборудовании Elan 9000 и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США), обеспечивающих достижение точности 109-1012 по 25 химическим элементам (Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, As, Cr, K, Na, P, Zn, I, V, Co, Se, Al, B, Cd, Pb, Hg, Sn, Si, Sr).

Основные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием программ «Excel» из программного пакета «Office XP», «Statistica 10.0». Достоверными считали различия при $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$.

Результаты исследований и их обсуждение. Химические элементы в биосубстратах.

По мнению исследователей, изменения химического состава минеральных веществ в биосубстратах связаны с возрастом, уровнем кормления и периодом продуктивности, и отражают эффективность минерального обмена. Оценка распределения химических элементов в различных органах и тканях является необходимым инструментом для принятия решений о дополнительной коррекции минерального питания в зависимости от потребности в различные периоды роста и развития [9].

Белковая диета. При введении в рацион птицы I опытной группы дополнительного количества белка в печени увеличивалась концентрация Cu ($p \leq 0,01$), Fe ($p \leq 0,05$), Mn ($p \leq 0,05$), Ca ($p \leq 0,01$), K ($p \leq 0,05$), Mg ($p \leq 0,05$), Na ($p \leq 0,01$), P ($p \leq 0,001$). В возрасте 120 дней в печени отмечено выведение большинства эссенциальных элементов, за исключением Si ($p \leq 0,05$), Se ($p \leq 0,01$), I и B ($p \leq 0,01$). На 210 сутки в печени увеличивалась концентрация Se ($p \leq 0,01$) и снижалось соотношение Ca/P (рис. 1А). Это может

свидетельствовать о напряжении в обмене химических элементов из-за гормональной перестройки организма.

Белковая диета стимулировала накопление в мышцах с 120 до 150 суток Se ($p \leq 0,05$), Mg ($p \leq 0,01$), Na ($p \leq 0,01$), K ($p \leq 0,05$), P ($p \leq 0,05$) на фоне снижения Cu и Fe (рис. 1В). Увеличение концентрации макроэлементов в органах к 150 суткам связано с подготовкой функциональных структур организма к яйцекладке. В мышцах кур контрольной группы в возрасте 120 суток преимущественно содержались Co ($p \leq 0,01$), Ca, K, Mg, Na ($p \leq 0,05$) при снижении P ($p \leq 0,01$). На 150 и 210 сутки увеличивалась концентрация Cr, Se ($p \leq 0,05$). Продуктивность несушек опосредована несколькими факторами, включая метаболизм белков, углеводов и энергии в клетках, а также тканях и органах, которые прямо или косвенно вовлечены в обмен Zn ($p \leq 0,01$), Fe, Cu, Mn и Se ($p \leq 0,05$).

Белок оказал выраженное влияние на ретенцию элементов в крови (рис. 1Б), в частности, увеличивались концентрации Cu, Cr, Fe, Mn, Zn, Ca, Mg, P ($p \leq 0,05$). К 120 суткам происходят перестройка организма и биохимические изменения, которые затрагивают все стороны обмена.

В этот период повышается удержание почти всех макроэлементов и создаются их резервы в костной ткани, что является следствием перераспределения химических элементов внутри организма [10]. В костной ткани кур I опытной группы увеличивается накопление Mn, Ca, K, P при снижении Se, Zn (рис. 1Г). Концентрация Se и Zn, как элементов, тесно связанных с воспроизводительными качествами кур, к 210 суткам достоверно



в биосубстратах зависит от физиологического состояния, фазы продуктивного периода и нутриентной обеспеченности рациона. Белок способствует более высокому удержанию в организме макро- и эссенциальных элементов, при высоком уровне выведения токсичных элементов. Жировая и углеводная диеты приводят к удержанию в субстратах токсичных элементов на фоне снижения макроэлементов.

Полученные данные могут быть использованы для формирования базы данных о динамике химических элементов в биосубстратах в различные периоды онтогенеза, что является ключевым звеном при выявлении нарушений в обмене биоэлементов в организме.

Заключение. Таким образом, создание профицита белкового, углеводного и жирового питания в рационе кур-несушек в разные периоды онтогенеза со-

проводилось снижением уровня большинства токсичных элементов в мышцах и печени птицы. Увеличение содержания белка в рационе сопровождается повышением концентраций В, Zn, Ca, К, Р, Pb, Sr, на фоне снижения концентраций Fe, Se, Hg Co, Na, Al, Cd. При включении углеводов повышаются концентрации Cu, Mn, Ni, Se, Mg, P, Al, Cd и снижаются концентрации As, Si, V, Hg, I. При жировой диете у кур происходило равномерное распределение элементов в определяемых субстратах, при этом отмечено повышение отложения Zn, Ca, Na, Mn, P, Pb, Sr, Sn, Mn, Zn, Ca при снижении концентраций As, Co, Cu, Fe, I, Li, Ni, Si. Из этого следует, что элементный статус кур-несушек зависит от физиологического состояния и фазы продуктивного периода, причем пограничный элементоз у кур наступал на 150 сутки.

Для коррекции рациона при высоком уровне белкового обмена следует вводить Se, Zn, Ca в возрасте 120 суток, Mn, Ca, Fe – в 150, Mn, Fe – в 210 суток; при высоком уровне углеводного обмена Se, Co – в 120, Mn, Ca, P, Fe – в 150, Mn, Co – в 210 суток; при высоком уровне жирового обмена Fe, Cr, Co, Ca – в 120, Mn, Ca – в 150, Se, I, Mn – в 210 суток.

По результатам исследований были установлены наиболее важные «элементы-катализаторы» белкового, жирового и углеводного обмена. Определены не зависящие от возраста «элементы-катализаторы» обмена веществ для кур-несушек: белковый обмен – Li, Fe, Ca, углеводный обмен – Mn, Co, жировой обмен – Mn, Ca, I.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №21-16-00009, <https://rscf/project/21-16-00009/>.

Литература / References

1. Ayodele, S.O. Effect of diet containing Alchornea cordifolia leaf meal inclusion and enzyme supplementation on performance and digestibility of rabbits / S.O. Ayodele, O.D. Oloruntola, J.O. Agbede // World Rabbit Sci. - 2016. - V. 24. - No 3. - P. 201-206. doi: 10.4995/wrs.2016.3933
2. Grechkina, V.V. Justification of rational and safe biotechnological methods of using fat additives from vegetable raw materials / V.V. Grechkina, S.V. Lebedev, I.S. Miroshnikov, V.A. Ryazanov, E.V. Sheida, V.L. Korolev // IOP: Earth Envir. Sci. - 2021. - V. 624. - Art. 012160. doi: 10.1088/1755-1315/624/1/012160
3. Вертипрахов, В.Г. Физиологические аспекты использования разных растительных масел в кормлении цыплят-бройлеров (*Gallus gallus L.*) / В.Г. Вертипрахов, И.А. Егоров, Е.Н. Андрианова, А.А. Грозина // С-х. биология. - 2020. - V. 55. - No 6. - P. 1159-1170. doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1159rus
4. Hartanto, R. Effects of supplementation with monensin and vegetable oils on in vitro enteric methane production and rumen fermentability of goats / R. Hartanto, L. Cai, J. Yu, N. Zhang, L. Sun, D. Qi // Pak. J. Agric. Res. - 2017. - V. 54. - No 3. - P. 693-698. doi: 10.21162/PAKJAS/17.4347
5. Santra, A. Effect of vegetable oils on ciliate protozoa, methane yield, enzyme profile and rumen fermentation in vitro / A. Santra, A. Banerjee, S.K. Das // Anim. Nutr. Feed Technol. - 2013. - V. 13. - No 2. - P. 181-193.
6. Hosseindoust, A. A dose-response study to evaluate the effects of pH-stable β -mannanase derived from *Trichoderma citrinoviride* on growth performance, nutrient retention, and intestine morphology in broiler chickens / A. Hosseindoust, S.H. Lee, W.G. Nho, Y.H. Song, J.S. Shin, S.L. Ingale, P.C. Rathi, J.W. Choi, B.J. Chae, J.S. Kim // Ital. J. Anim. Sci. - 2019. - V. 18. - No 1. - P. 147-154. doi: 10.1080/1828051X.2018.1500872
7. Jha, R. Dietary fiber and intestinal health of monogastric animals / R. Jha, J.M. Foughse, U.P. Tiwari, L. Li, B.P. Willing // Front. Vet. Sci. - 2019. - V. 6. - P. 48-50. doi: 10.3389/fvets.2019.00048
8. Li, Y. Effects of dietary fiber levels on cecal microbiota composition in geese / Y. Li, H. Yang, L. Xu, Z. Wang, Y. Zhao, X. Chen // Asian-Australas. J. Anim. Sci. - 2018. - V. 31. - No 8. - P. 1285-1290. doi: 10.5713/ajas.17.0915



9. Фисинин, В.И., Динамика активности пищеварительных ферментов и содержания депонированного оксида азота в плазме крови петушков после кормления / В.И. Фисинин, В.Г. Вертипрахов, В.Ю. Титов, А.А. Грозина // Рос. физиол. ж-л им. И.М. Сеченова. - 2018. - Т. 104. - №8. - С. 976-983. doi: 10.7868/S0869813918070080
10. Liu, B. Response of gut microbiota to dietary fiber and metabolic interaction with SCFAs in piglets / B. Liu, W. Wang, X. Zhu, X. Sun, J. Xiao, D. Li, Y. Cui, C. Wang, Y. Shi // Front. Microbiol. - 2018. - V. 9. - P. 2344. doi: 10.3389/fmicb.2018.02344
11. Sadeghi, A. Efficacy of dietary supplemental insoluble fibrous materials in ameliorating adverse effects of coccidial challenge in broiler chickens / A. Sadeghi, M. Toghyani, S.A. Tabeidian, A.D. Foroozandeh, G. Ghalamkari // Arch. Anim. Nutr. - 2020. - V. 74. - No 5. - P. 362-379. doi: 10.1080/1745039X.2020.1764811
12. Duthie, C.A. The effect of dietary addition of nitrate or increase in lipid concentrations, alone or in combination, on performance and methane emissions of beef cattle / C.A. Duthie, S.M. Troy, J.J. Hyslop, D.W. Ross, R. Roehe, J.A. Rooke // Animal. - 2018. - V. 12. - No 2. - P. 280-287. doi: 10.1017/S175173111700146X

Сведения об авторах:

Гречкина В.В.: кандидат биологических наук., и.о. зав. лабораторией¹, доцент кафедры незаразных болезней животных²; viktoria1985too@mail.ru. **Лебедев С.В.:** доктор биологических наук, член-корр. РАН, ведущий научный сотрудник; lsv74@list.ru. **Силин Д.А.:** аспирант, младший научный сотрудник; dasilin@mail.ru. **Петруша Ю.К.:** аспирант, младший научный сотрудник; shadow752@yandex.ru. **Маршинская О.В.:** научный сотрудник испытательного центра; m.olja2013@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.08.2023; одобрена после рецензирования 03.09.2023; принята к публикации 25.09.2023.

Research article

Changes in Mineral Contents in Tissues at Different Ages in Laying Hens Fed Diets Enriched with Protein, Fat, or Carbohydrate

Victoria V. Grechkina^{1,2}, Svyatoslav V. Lebedev¹, Dmitry A. Silin¹, Yury K. Petrusha¹, Olga V. Marshinskaya¹

¹Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences;

²Orenburg State Agrarian University

Abstract. *The effects of diets for laying hens enriched since 1 day of age with protein, fat, or carbohydrate (by addition of 10% of casein, sunflower oil, or sugar, respectively, as compared to standard diets for layers used as control) on the concentrations of 25 chemical elements (minerals) in bones, muscle tissue, blood serum, and liver at different ages (120, 150 and 210 days of age compared to 10 days) were studied. It was found that protein-enriched diet resulted in the increases in B, Zn, Ca, K, P, Pb, Sr accompanied by the decreases in Fe, Se, Hg Co, Na, Al, Cd. Carbohydrate-enriched diet resulted in the increases in Cu, Mn, Ni, Se, Mg, P, Al, Cd and decreases in As, Si, V, Hg, I. Fat-enriched diet resulted in the evened distribution of minerals in different tissues; the age-related increases in Zn, Ca, Na, Mn, P, Pb, Sr, Sn, Mn, Zn, Ca and decreases in As, Co, Cu, Fe, I, Li, Ni were found. It was also found that irrespective to age certain elements can be regarded as "catalyst elements" of metabolism of different nutrients: Li, Fe, Ca for protein metabolism, Mn, Co for carbohydrate metabolism, and Mn, Ca, I for fat metabolism. Comparative analysis of the data revealed a significant difference in the contents of the main essential and toxic elements at various ages. The elemental status of laying hens depends on the physiological status and phase of productivity; borderline elementosis in chickens occurred at 150 days of age. To correct the diet at a high level of protein metabolism in layers Se, Zn, Ca should be administered to layers at 120 days of age, Mn, Ca, Fe at 150 days, Mn, Fe at 210 days; at a high level of carbohydrate metabolism Se, Co at 120 days, Mn, Ca, P, Fe at 150 days, Mn, Co at 210 days; at a high level of fat metabolism Fe, Cr, Co, Ca at 120 days, Mn, Ca at 150 days, Se, I, Mn at 210 days of age. The data obtained can be used to form a database on the dynamics of chemical elements in biosubstrates during various periods of ontogenesis, which is a key link in the identification of the disturbances of the metabolism of bioelements in laying hens in conditions of commercial farming.*

Keywords: laying hens, metabolism, trace elements, macro-elements, diet composition, concentrations of elements in tissues.

For Citation: Grechkina V.V., Lebedev S.V., Silin D.A., Petrusha Y.K., Marshinskaya O.V. (2023) Changes in mineral contents in tissues at different ages in laying hens fed diets enriched with protein, fat, or carbohydrate. *Ptitsevodstvo*, 72(10): 73-78. (in Russ.)

doi: 10.33845/0033-3239-2023-72-10-73-78

(For references see above)

Authors:

Grechkina V.V.: Cand. of Biol. Sci., Acting Head of Lab.¹, Assoc. Prof. of Dept. of Non-Infectious Animal Diseases²; viktoria1985too@mail.ru. **Lebedev S.V.:** Dr. of Biol. Sci., Corresp. Member of RAS, Lead Research Officer; lsv74@list.ru. **Silin D.A.:** Aspirant, Junior Research Officer; dasilin@mail.ru. **Petrusha Y.K.:** Aspirant, Junior Research Officer; shadow752@yandex.ru. **Marshinskaya O.V.:** Research Officer of Analytic Dept.; m.olja2013@yandex.ru.

Submitted 12.08.2023; revised 03.09.2023; accepted 25.09.2023.

© Гречкина В.В., Лебедев С.В., Силин Д.А., Петруша Ю.К., Маршинская О.В., 2023

