

УДК 631.95/.58.12:612.1

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-48-51>

исследования/ research

**Кван О.В.,
Сизова Е.А.,
Вершинина И.А.,
Камирова А.М.**

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, ул. 9 Января, 29, г. Оренбург, 460000, Россия
E-mail: kwan111@yandex.ru

Ключевые слова: минеральный обмен, полусинтетический рацион, цыплята-бройлеры, токсичность, метаболизм

Для цитирования: Кван О.В., Сизова Е.А., Вершинина И.А., Камирова А.М. Изучение влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров, находящихся на полусинтетической диете. Аграрная наука. 2022; 360 (6): 48–51.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-48-51>

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи, несут равную ответственность за плагиат и представленные данные.

Авторы объявили, что нет никаких конфликтов интересов.

**Olga V. Kvan,
Elena A. Sizova,
Irina A. Vershinina,
Aina M. Kamirova**

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, January 9st., 29, Orenburg, 460000, Russia
E-mail: kwan111@yandex.ru

Key words: mineral metabolism, semi-synthetic diet, broiler chickens, toxicity, metabolism

For citation: Kvan O.V., Sizova E.A., Vershinina I.A., Kamirova A.M. Study of the effect of ultrafine particles of copper and iron on mineral metabolism in the body of broiler chickens on a semi-synthetic diet. Agrarian Science. 2022; 360 (6): 48–51. (In Russ.)
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-360-6-48-51>

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism and presented data.

The authors declare no conflict of interest.

Изучение влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров, находящихся на полусинтетической диете

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Сегодня перед отраслью животноводства стоит серьезная проблема, связанная с несбалансированным питанием сельскохозяйственных животных, что не позволяет в полной мере реализовать весь потенциал отрасли. В этой связи необходимо проведение исследований, направленных на поиски решения данной проблемы и выработки путей по обеспечению животных полноценным питанием. Целью данного исследования стало изучение влияния ультрадисперсных частиц (УДЧ) меди и железа на минеральный обмен и микробное разнообразие слепого отдела кишечника цыплят-бройлеров на полусинтетической диете.

Методы. Экспериментальные исследования для оценки влияния ультрадисперсных частиц меди и железа на обмен веществ у цыплят-бройлеров кросса Арбор Айкрес, находящихся на полусинтетическом рационе, были проведены на 120 головах недельных цыплят-бройлеров, которых методом пробел вместо дефиса-пар-аналогов разделили на 4 группы ($n = 30$). Птица получала полусинтетический рацион (ПР) и полусинтетический рацион, дефицитный по микроэлементам, в нашей модификации (ПДР). I опытная группа получала УДЧ Cu в дозировке 2,5 мг/кг корма, а II опытная группа — УДЧ Fe в дозировке 2,5 мг/кг корма.

Результаты. Поглощение и метаболизм ультрадисперсных частиц меди и железа в теле птицы зависят от физико-химических свойств, таких как размер, форма и способ введения, а также дозы ультрадисперсных частиц меди и железа. Следовательно, настоящие результаты являются важным показателем возможностей применения УДЧ в качестве эффективного источника Cu и Fe для бройлеров.

Study of the effect of ultrafine particles of copper and iron on mineral metabolism in the body of broiler chickens on a semi-synthetic diet

ABSTRACT

Relevance. Today, the livestock industry is facing a serious problem associated with unbalanced nutrition of farm animals, which does not allow to fully realize the full potential of the industry. In this regard, it is necessary to conduct research aimed at finding a solution to this problem and developing ways to provide animals with good nutrition. The aim of this study was to study the effect of ultrafine particles (UFP) of copper and iron on mineral metabolism and microbial diversity of the caecum of broiler chickens on a semi-synthetic diet.

Methods. Experimental studies to assess the effect of ultrafine particles of copper and iron on the metabolism of broiler chickens of the Arbor Acres cross, which are on a semi-synthetic diet, were carried out on 120 week-old broiler chickens, which were divided into 4 groups ($n = 30$) by the method of pairs of analogues. The birds received a semi-synthetic diet (SR) and a semi-synthetic diet deficient in trace elements in our modification (SDR). The I experimental group received UFP Cu at a dosage of 2.5 mg/kg of feed, and the II experimental group received UFP Fe at a dosage of 2.5 mg/kg of feed.

Results. Absorption and metabolism of ultrafine parts of copper and iron in the body of a bird depend on the physico-chemical properties, such as size, shape and method of administration, as well as the dose of ultrafine particles of copper and iron. Therefore, the present results are an important indication of the potential for using UHF as an effective source of Cu and Fe for broilers.

Поступила в редакцию: 16 марта 2022
Одобрена после рецензирования: 3 мая 2022
Принята к публикации: 20 июня 2022

Received: 16 march 2022
Accepted in revised from: 3 may 2022
Accepted for publication: 20 june 2022

Введение

Проблема несбалансированного питания — одна из наиболее серьезных проблем, с которой сталкивается животноводство; результатом его может стать хроническое недоедание, адаптационная перестройка метаболизма, что может привести к эндокринной недостаточности, нарушению микроциркуляции в тканях, снижению неспецифических факторов защиты организма, а также нарушениям со стороны желудочно-кишечного тракта, что приводит к изменению биоценоза кишечника животных [1].

В экспериментальных исследованиях *in vivo*, особенно связанных с изучением влияния алиментарных факторов, исключительно важным компонентом является формирование базового рациона, обеспечивающего адекватное поступление макро- и микронутриентов. Оптимизация рационов для животных представляет собой важную задачу и требует постоянного внимания [2].

Для повышения воспроизводимости научных результатов, получаемых в разных лабораториях, в середине 70-х годов XX в. учеными были предложены несколько вариантов полусинтетических диет для биомедицинских исследований *in vivo*, в том числе — диета AIN-76, разработанная Американским институтом питания (*American Institute of Nutrition*, AIN). В Институте питания АМН СССР также были созданы несколько вариантов базовых рационов, включающих казеин, маисовый крахмал, лярд, сухие пивные дрожжи, витамины А и D, смесь минеральных солей, — первые прототипы полусинтетического казеинового рациона (ПКР) [3].

В настоящий момент активно изучаются потенциально перспективные эффекты УДЧ, в том числе металлов [4]. При этом большое значение придается наноматериалам как перспективным компонентам рациона животных [5]. Препараты металлических наночастиц находят все более широкое применение в качестве источников микроэлементов [6] и различных добавок [7], для повышения иммунитета животных [8], а также в качестве стимулирующих рост антибиотиков [9]. Это определяет необходимость изучения косвенного воздействия наноматериалов на гомеостаз сельскохозяйственных животных и птицы и кишечную микробиоту [10].

Применение и анализ макро- и микронутриентного состава полусинтетических рационов позволит в дальнейшем расширить современные представления о физиологических потребностях в нутриентах сельскохозяйственных животных.

В связи с этим целью данного исследования было изучить влияние ультрадисперсных частиц меди и железа на минеральный обмен в организме цыплят-бройлеров, находящихся на полусинтетическом рационе.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования на цыплятах-бройлерах кросса Арбор Айкрес проведены в условиях

экспериментально-биологической клиники (вивария) ФНЦ БСТ РАН (<https://цкп-бст.рф/>).

Для оценки влияния ультрадисперсных частиц Cu и Fe на обмен веществ в организме животных, находящихся на полусинтетическом рационе, было отобрано 120 голов недельных цыплят-бройлеров, которых методом-пар аналогов разделили на 4 группы ($n = 30$). Во время эксперимента вся птица находилась в одинаковых условиях содержания и кормления. Продолжительность эксперимента составила 28 суток. Для решения поставленных задач использовали полусинтетический рацион, рекомендованный Scott (1969) (K_1), и полусинтетический рацион, дефицитный по микроэлементам, в нашей модификации (K_2). I опытная группа получала УДЧ Cu в дозировке 2,5 мг/кг корма, а II опытная группа — УДЧ Fe в дозировке 2,5 мг/кг корма. Поение цыплят — дистиллированной водой без ограничения.

В экспериментальных исследованиях в качестве источников микроэлементов были использованы модифицированные УДЧ Fe, Cu, предоставленные доктором биологических наук Н.Н. Глуценко (Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва). Материаловедческая аттестация препаратов включала электронную сканирующую и просвечивающую микроскопию на приборах JSM 7401F и JEM-2000FX («JEOL», Япония). Рентгенофазовый анализ выполнен на дифрактометре ДРОН-7.

В ходе экспериментальных исследований УДЧ были приготовлены путем диспергирования водных смесей частиц ультразвуком ($f = 35$ кГц, $N = 300$ (450) Вт, $A = 10$ мкм) в течение 30 минут, смешивание проводилось ступенчато.

Анализ элементного состава кормов и биосубстратов бройлеров включал определение 25 химических элементов: Ca, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Ni, As, Cr, K, Na, P, Zn, I, V, Co, Se, Ti, Al, Be, Cd, Pb, Hg, Sn, Sr.

Таблица 1. Содержание эссенциальных и условно-эссенциальных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/кг

Table 1. The content of essential and conditionally essential elements in the body of broiler chickens, mg/kg

Элементы	Группы			
	K_1	K_2	I опытная	II опытная
Li	0,18±0,02	0,22±0,01	0,36±0,012 ab	0,26±0,02
B	0,90±0,03	1,29±0,04	0,98±0,02	0,70±0,03 b
Si	488,30±23,10	458,90±31,80	487,90±25,40	453,50±31,40
V	0,71±0,03	0,75±0,04	0,72±0,06	0,74±0,03
Cr	4,45±1,11	4,41±1,09	8,49±1,32 ab	5,41±1,24
Mn	16,90±1,32	8,88±2,11	8,52±1,89 a	8,72±1,14 a
Fe	916,60±30,10	883,40±29,80	866,90±28,70	878,70±31,10
Co	4,07±1,45	0,40±0,02	0,27±0,03 ab	0,26±0,01 ab
Ni	6,12±1,21	5,63±1,45	4,69±2,11	5,42±1,89
Cu	24,60±2,36	21,50±2,45	17,70±2,14 a	17,50±1,89 a
Zn	383,40±25,60	339,90±18,90	288,40±19,20	286,6±21,10
As	0,19±0,001	0,24±0,0012	0,19±0,0014	0,16±0,0012 b
Se	4,77±1,24	19,50±2,36	13,30±2,45 ab	4,04±1,87 b
I	3,32±1,32	3,94±1,45	4,61±1,78	4,37±1,12

Примечание: а — достоверные изменения относительно K_1 ($p \leq 0,05$); b — достоверные изменения относительно K_2 ($p \leq 0,05$)

Таблица 2. Содержание токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров, мг/кг

Table 2. The content of toxic elements in the body of broiler chickens, mg/kg

Элементы	Группы			
	K ₁	K ₂	I опытная	II опытная
Sr	29,20±1,31	27,90±1,87	18,30±1,98 ab	22,90±1,75
Cd	0,12±0,001	0,14±0,0012	0,13±0,0013	0,12±0,0011
Sn	0,13±0,001	0,12±0,0011	0,07±0,0009 ab	0,05±0,0012 ab
Hg	0,04±0,001	0,03±0,001	0,03±0,001	0,03±0,001
Pb	1,18±0,63	0,67±0,03	0,56±0,11 a	0,94±0,14
Al	1,63±0,74	1,13±0,68	0,79±0,12 a	0,61±0,14 ab

Примечание: а — достоверные изменения относительно K₁ ($p \leq 0,05$); b — достоверные изменения относительно K₂ ($p \leq 0,05$)

Исследование элементного состава кормов и биосубстратов животных производили в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», г. Москва (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22ПЯ05, от 24 декабря 2010г.) атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами исследования.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы «Statistica 10.0» («StatSoft, Inc.», США). Результаты представлены в виде среднего арифметического значения (M) и стандартной ошибки среднего ($\pm SEM$). Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$ (t-критерий Стьюдента).

Результаты

Анализ эссенциальных и условно-эссенциальных элементов показал наличие достоверных различий таких элементов, как литий, бор, хром, марганец, кобальт, медь, мышьяк и селен (табл. 1).

Дополнительное включение УДЧ Cu в I опытной группы привело к достоверному увеличению ($p \leq 0,05$) лития в 2,00 и 1,64 раза в сравнении с контрольными группами. Применение УДЧ Fe способствовало достоверному снижению бора в 1,84 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к K₂. Концентрация железа, никеля и цинка в опытных группах была снижена по отношению к контрольным группам, но изменения носили недостоверный характер.

Включение в полусинтетический рацион УДЧ Cu и Fe приводит к достоверному снижению ($p \leq 0,05$) марганца в 1,98 и 1,94 раза, кобальта — в 15,0 и 15,70 раза и меди — в 1,50 раза соответственно относительно K₁. По отношению к K₂ обнаружено достоверное снижение ($p \leq 0,05$) в опытных группах кобальта в 1,50 раза, селена — в 1,50 и 4,83 раза соответственно, кроме того, во II опытной группе — мышьяка в 1,50 раза. Однако показатель хрома в I опытной группе превысил контрольные группы в 1,90 раза ($p \leq 0,05$) соответственно.

По содержанию токсичных элементов в теле цыплят-бройлеров получены следующие результаты (табл. 2).

REFERENCES

1. Larjushina IE, Notova SV, Duskaeva AK, Tarasova EI. Influence of deficient nutrition on trace element status and antioxidant defense system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;341(1):012180.
2. Sagada G, Chen J, Shen B, Huang A, Sun L, Jiang J, Jin C. Optimizing protein and lipid levels in practical diet for juvenile northern snakehead fish (*Channa argus*). *Animal Nutrition*. 2017;3(2):156–163.

Включение УДЧ Cu и Fe в полусинтетический рацион цыплят-бройлеров способствовало снижению токсичных элементов. Так, в I опытной группе выявлено достоверное снижение стронция в 1,60 раза и 1,52 раза ($p \leq 0,05$) соответственно относительно контрольных групп. Уровень свинца также достоверно уменьшился в I опытной группе в 2,06 раза ($p \leq 0,05$) относительно K₁.

Содержание олова в опытных группах также достоверно снизилось в 1,86 и в 2,60 раза ($p \leq 0,05$) относительно K₁, а также в 1,71 и в 2,40 раза соответственно по отношению к K₂. Концентрация алюминия также достоверно уменьшилась в 2,06 и в 2,67 раза соответственно ($p \leq 0,05$) в сравнении с K₁, а также отмечено достоверное снижение во II опытной группе в 1,85 раза ($p \leq 0,05$) по отношению к K₂.

Установлено, что длительное введение УДЧ Fe не приводило к статистически значимому изменению уровня железа в теле птицы, что согласуется с результатами нашего исследования [16].

Включение УДЧ Cu и Fe в полусинтетический рацион цыплят-бройлеров способствовало снижению количества токсичных элементов, а также цинка. Наше исследование показало, что введение УДЧ Cu цыплятам уменьшало содержание цинка в теле. Это может быть связано с тем, что концентрация цинка регулируется металлотионеинами, которые представляют собой низкомолекулярные белки, богатые остатками цистеина [13]. Одна молекула металлотионеина способна связывать семь двухвалентных ионов цинка и до 12 одновалентных ионов меди. Избыточное поступление меди с пищей и повышенное связывание меди с металлотионеинами может привести к внеклеточному и внутриклеточному дисбалансу цинка [14]. Эти данные свидетельствуют о том, что изменение количества меди, содержащейся в рационе, может привести к нарушению обмена веществ. Предполагается, что медь, накопленная в кишечнике, снижает всасывание цинка, но не влияет на всасывание железа, что согласуется с полученными результатами [15].

Вывод

Поглощение и метаболизм ультрадисперсных частиц в теле птицы зависят от физико-химических свойств последних, что является важным показателем возможностей применения УДЧ в качестве эффективного источника Cu и Fe для бройлеров и дальнейшего их использования в кормлении сельскохозяйственной птицы.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного Фонда № 20-16-00078.

3. Quinn L et al. Mo1268–Vitamin K Deficiency in Antibiotic-Treated, H. Pylori-Infected Male Ins-Gas Mice Fed a Semi-Synthetic Diet. *Gastroenterology*. 2019;156(6):S-740.
4. Yausheva E, Miroshnikov S, Sizova E. Intestinal microbiome of broiler chickens after use of nanoparticles and metal salts. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(18):18109–18120.
5. Xu Y, Mao H, Yang C, Du H, Wang H, Tu J. Effects of chitosan nanoparticle supplementation on growth performance, humoral immunity, gut microbiota and immune responses after

lipopolysaccharide challenge in weaned pigs. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2020;104(2):597-605.

6. Yausheva EV, Miroshnikov SA, Kosyan DB, Sizova EA. Nanoparticles in combination with amino acids change productive and immunological indicators of broiler chicken. *Agricultural Biology*. 2016;51(6): 912-920.

7. Sizova EA, Belyatskaya YN, Miroshnikov SA. Comparative study of efficiency and safety of using of different zinc and copper sources in broiler chicken feeding for poultry meat production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;624(1):012044.

8. Patra A, Lalhriatpui M. Progress and prospect of essential mineral nanoparticles in poultry nutrition and feeding—a review. *Biological trace element research*. 2020;197(1):233-253.

9. Reda FM, El-Saadony MT, Elnesr SS, Alagawany M, Tufarelli V. Effect of dietary supplementation of biological curcumin nanoparticles on growth and carcass traits, antioxidant status, immunity and caecal microbiota of Japanese quails. *Animals*. 2020;10(5):754.

10. Sharif N, Khoshnoudi-Nia S, Jafari SM. Nano/microencapsulation of anthocyanins; a systematic review and

meta-analysis. *Food Research International*. 2020;132:109077.

11. Sizentsov AN, Kvan OV, Miroshnikova EP, Gavrish IA, Serdaeva V A, Bykov AV. Assessment of biotoxicity of Cu nanoparticles with respect to probiotic strains of microorganisms and representatives of the normal flora of the intestine of broiler chickens. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018;25(16):15765-15773.

12. Myers SA, Nield A, Myers M. Zinc transporters, mechanisms of action and therapeutic utility: implications for type 2 diabetes mellitus // *Journal of nutrition and metabolism*. 2012;2012:Article ID 173712.

13. Bjrkklund G. The role of zinc and copper in autism spectrum disorders // *Acta Neurobiol Exp (Wars)*. 2013;73(2):225-236.

14. Ognik K. et al. The effect of administration of copper nanoparticles to chickens in drinking water on estimated intestinal absorption of iron, zinc, and calcium. *Poultry science*. 2016; 95(9):2045-2051.

Laledashti MA, Saki AA, Rafati AA, Abdolmaleki M. Effect of in-ovo feeding of iron nanoparticles and methionine hydroxy analogue on broilers chickens small intestinal characteristics. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2020;42:e46903.

ОБ АВТОРАХ:

Кван Ольга Вилориевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник kwan111@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Сизова Елена Анатольевна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель центра «Нанотехнологии в сельском хозяйстве», sizova.l78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6518-3632>

Вершинина Ирина Александровна, аспирант, gavrish.irina.ogu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9377-7673>

Камирова Айна Маратовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ayna.makaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8223>

ABOUT THE AUTHORS:

Kvan Olga Vilorievna, PhD, senior researcher, kwan111@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Sizova Elena Anatolievna, doctor of biological, leading researcher, head of the center for Nanotechnologies in agriculture, sizova.l78@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6518-3632>

Vershinina Irina Aleksandrovna, aspirant, gavrish.irina.ogu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9377-7673>

Kamirova Aina Maratovna, PhD, researcher, ayna.makaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8223>



**AQUA
PRO EXPO**

Международная выставка

оборудования и технологий добычи, разведения и переработки рыбы и морепродуктов

11-13 апреля 2023
Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»



Организатор:



+7 (495) 320-80 41
info@aquaproexpo.ru

Забронируйте стенд
aquaproexpo.ru