

Нестеров Д.В., Сипайлова О.Ю., Лебедев С.В.
Оренбургский государственный университет
E-mail: inst_bioelement@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА И МИКРОЧАСТИЦ ЦИНКА НА ОБМЕН ТОКСИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОСТНОЙ ТКАНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

В работе представлены данные по влиянию сульфата цинка и его микропорошка на обмен токсичных элементов в костной ткани цыплят-бройлеров. Полученные сведения указывают на снижение токсикологической нагрузки на организм птицы под влиянием данного микроэлемента независимо от формы, при этом детоксирующий эффект более выражен при введении цинка в рацион птицы в виде микропорошка.

Ключевые слова: цинк, свинец, кадмий, олово, ртуть, алюминий, стронций, цыплята, организм, костная ткань, токсичные элементы.

Известно, что многие тяжелые металлы занимают важное место среди потенциальных химических загрязнителей антропогенного происхождения, циркулируя в окружающей среде, что сопровождается избыточным поступлением и накоплением данных элементов в организме. Это, в свою очередь, приводит к серьезным расстройствам метаболических процессов [1].

Способность металлов 1 класса токсичности (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть) к кумуляции и образованию «медленных» обменных пулов в костной, жировой, нервной ткани [7], делает данные субстраты удобным объектом для изучения обмена токсичных элементов в организме.

Одним из способов снижения токсической нагрузки на организм относится метод, основанный на использовании металлокомплексов жизненно важных элементов. К таким элементам можно отнести цинк, причем цинк обладает не только детоксирующими свойствами, но и способствует повышению интенсивности обменных процессов в организме [4, 5], что в совокупности повышает показатели продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы, способствуя повышению рентабельности.

Сочетание вышеуказанных фактов делает костную ткань удобным объектом для изучения влияния цинка на обмен токсичных элементов в организме животных и птиц.

Материалы и методы

Экспериментальная часть работы была проведена на модели цыплят-бройлеров в условиях экспериментально-биологической клиники (вивария) Оренбургского государственного университета.

С целью проведения исследований из 90-дневных цыплят кросса «Смена-7» по принципу пар-аналогов было сформировано три группы (n=30) – контрольная и две опытных. Контрольная группа получала основной рацион, первая опытная группа получала основной рацион с добавлением ZnSO₄ из расчета 469 мг/кг корма, вторая опытная – микропорошок цинка с размером частиц 6–9 мкм (105 мг/кг) и чистотой 99,5%. Кормление подопытной птицы осуществлялось в течение 35 дней пшенично-ячменным комбикормом в соответствии с нормами ВНИТИП (2010). Условия содержания подопытной птицы на протяжении хода исследования были одинаковыми.

Оценка костной ткани на содержание химических элементов осуществлялась методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» г. Москва (аттестат аккредитации – ГСЭН. RU. ЦОА. 311, регистрационный номер в государственном реестре – Росс. RU 0001. 513118 от 29 мая 2003; Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017-5.04.06).

Основные данные, полученные в ходе исследований, были обработаны с использованием стандартных программ, оценку статистической значимости эффектов при анализе концентраций химических элементов оценивали по U-критерию Манна.

Результаты и их обсуждение

Проводя оценку влияния исследуемых факторов на обмен токсичных элементов

в организме цыплят-бройлеров, были получены неоднозначные результаты (табл. 1).

Добавление в рацион опытной птице цинка, независимо от формы, способствовало значительному снижению в костной ткани Al, Hg и Pb.

Известно, что накопление алюминия в костной ткани приводит к подавлению функции остеобластов и нарушению минерализации органического матрикса, что сопровождается потерей костной массы и снижением плотности, вызывая остеопорозические изменения. Введение в рацион цыплят-бройлеров I опытной группы сульфата цинка сопровождалось снижением концентрации алюминия в костной ткани на 61,8% ($p < 0,05$), применение микрочастиц во II опытной группе – на 63,6% ($p < 0,05$). На наш взгляд, снижение содержания данного элемента объясняется антагонистическим влиянием цинка на отложение алюминия в организме. Содержание цинка было выше в костной ткани цыплят-бройлеров в I и II опытных группах на 11,8% ($p < 0,05$) и 2,19 ($p < 0,05$) раза, в теле птицы – на 24,0 ($p < 0,05$) и 122,2% ($p < 0,05$), чем в контрольной группе. При этом соотношение Al:Zn в костной ткани контрольной группы составляло 0,044, в I опытной группе – 0,015, во II – 0,005.

Цинк ингибирует процессы всасывания и депонирования кадмия в организме, при этом данные различных авторов во многом противоречивы [10, 11]. В костной ткани процессы антагонизма цинка и кадмия не всегда просматриваются, объяснением данного факта может служить активность биохимических процессов синтеза в костях скелета животных в различные возрастные периоды [6]. При первом рассмотрении полученных нами данных можно сказать, что скормливание сульфата цинка приводило к снижению депонирования кадмия в костной ткани на 18,9%, а введение в рацион птицы микрочастиц цинка приводило, наоборот, к повышению на 5,4%. При оценке же соотношения Cd:Zn в костной ткани подопытной птицы прослеживается четкое антагонистическое воздействие цинка по отношению к кадмию. Так, данный показатель в контрольной группе составил $6,9 \cdot 10^{-5}$, в I опытной группе – $5,0 \cdot 10^{-5}$, во II опытной группе – $2,3 \cdot 10^{-5}$.

Преимущественное депонирование свинца в костной ткани связано со спо-

собностью образовывать устойчивые, малорастворимые соединения с фосфором и отложением в костной ткани в виде фосфатов. Скармливание рациона с сульфатом цинка привело к снижению концентрации свинца на 49,1% ($p < 0,05$), а с микрочастицами металла – на 74,5% ($p < 0,05$). Возможно, что дополнительное скармливание цинка опосредованно повлияло на обмен свинца через изменение обмена кальция и магния. Известно, что цинк является антагонистом кальция [8], что подтверждают и наши экспериментальные данные: концентрация кальция в костной ткани I опытной группы на 44,5% ($p < 0,05$), во II группе на 57,6% ($p < 0,05$) была меньше, чем в контрольной. С другой стороны, снижение содержания кальция приводит к повышению уровня магния. Данное взаимодействие сопровождается внедрением магния в решетку гидроксиапатита, при этом концентрация магния в I и II опытных группах на 8,0% ($p < 0,05$) и 91,6% ($p < 0,05$) была выше, чем в контроле. В свою очередь, магний обладает конкурентно-антидотными свойствами к свинцу, способствуя снижению внедрения свинца в кристаллические структуры костной ткани.

По отношению к ртути костная ткань выступает инертным депо. Концентрация ртути в костной ткани II опытной группы была минимальной – 0,0012 мг/кг, что на 50 и 100% меньше, чем в I и контрольной группах соответственно. Соотношение Hg:Zn в костной ткани контрольной группы составляло $2,5 \cdot 10^{-5}$, в I опытной группе – $1,7 \cdot 10^{-5}$, во II – $3,9 \cdot 10^{-5}$. Одним из механизмов, объясняющих факт снижения концентрации ртути в костной ткани цыплят-бройлеров при скармливании им цинка, может выступать следующее обстоятельство: цинк, являясь антагонистом кальция, приводит к снижению отложения данного элемента в костной ткани, что создает некоторую разрежен-

Таблица 1. Содержание токсичных элементов в костной ткани цыплят-бройлеров, мг/кг

Элемент	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Al	0,55±0,02	0,21±0,01*	0,2±0,01*
Cd	0,0037±0,0003	0,003±0,0002	0,0039±0,0001
Hg	0,0024±0,0002	0,0018±0,0003*	0,0012±0,0002*
Pb	0,051±0,005	0,026±0,0003*	0,013±0,0006*
Sn	0,0034±0,0002	0,0026±0,0005*	0,012±0,004*
Sr	23,6±1,24	25,7±2,37	54,3±3,25*

Примечание: * – $p < 0,05$

ность данной ткани и в результате приводит к снижению способности костяка депонировать ртуть.

Одним из мест отложения олова в организме также является костная ткань. Данный микроэлемент принимает активное участие в формировании скелета. Введение в рацион сульфата цинка способствовало снижению концентрации олова на 23,5% ($p < 0,05$), а микропорошка цинка, напротив, сопровождалось повышением данного показателя в 3,5 раза ($p < 0,05$). При этом если влияние сульфата цинка оказалось вполне прогнозируемым, так как цинк является антагонистом олова, то воздействие микропорошка цинка, напротив, противоречит данной аксиоме. Принимая во внимание тот факт, что скармливание опытной птице микропорошка цинка привело к повышению концентрации фосфора в костной ткани цыплят-бройлеров II опытной группы на 71,3% и то обстоятельство, что олово участвует в обмене фосфора в организме, то можно предположить, что полученные нами данные свидетельствуют о синергетической взаимосвязи между отложением цинка и олова в костной ткани через посредничество фосфора.

Аналогичный эффект влияния микрочастиц цинка наблюдался в отношении стронция: происходило увеличение содержания данного элемента в 2,3 раза на фоне незначительного его снижения в костной ткани цыплят, получающих цинк в виде соли. Снижение содержания кальция и молекулярная близость стронция к нему позволяет предположить, что стронций является антагонистом экстрацеллюлярного кальцийчувствительного рецептора [2]. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что экстрацеллюлярный кальцийчувствительный рецептор может содержать не только кальций, но еще и стронций, а данный рецептор определяет анаболическую активность стронция в отношении костной ткани, что было показано в исследованиях [9].

Таким образом, использование цинка в составе рациона цыплят-бройлеров способствует снижению токсикологической нагрузки на организм, что выражается в значительном снижении концентрации таких тяжелых металлов, как Al, Hg и Pb в костной ткани, причем введение данного микроэлемента в виде микрочастиц оказывает наибольший эффект.

11.05.2012

**Работа выполнена в рамках государственного задания
Министерства образования и науки Российской Федерации на проведение
научно-исследовательских работ (шифр заявки № 4.2979.2011 г.)**

Список литературы:

1. Брин, В.Б. Возможности профилактики токсических эффектов кадмия металлокомплексом соли цинка – ацизолом / В.Б. Брин, Р.И. Кокаев, Х.Х. Бабаниязов, Н.В. Пронина // Вестник новых медицинских технологий – 2008 – Т. XV, №4. – С. 213–216.
2. Ершова, О.Б. Патогенетическое лечение стронция релатом женщин с постменопаузальным остеопорозом // Современная ревматология. – 2010. – №4. – С. 54–58.
3. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации / Ш. А. Имангулов, И. А. Егоров, Т. М. Окоделова [и др.]; Всерос. науч.-исслед. и технол. ин-т птицеводства. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. – 43 с.
4. Нестеров, Д.В. Воздействие цинка в зависимости от формы на продуктивные качества птиц при использовании кормовых ферментов / Д.В. Нестеров, С.В. Лебедев // Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы модернизации АПК». – Курган: Издательство Курганской ГСХА, 2010. – Т. 2. – С. 139–141.
5. Нестеров, Д.В. Влияние цинка на эффективность использования кормовых ферментных препаратов / Д.В. Нестеров, О.Ю. Сипайлова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – №6 (112). – С. 156–159.
6. Нестеров, Д.В. Возрастная динамика накопления микро- и макроэлементов в большеберцовой кости кур / Д.В. Нестеров, С.В. Лебедев, О.Ю. Сипайлова // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – №2. – С. 39–44.
7. Плотникова, И.А. Клинические маркеры отклонений в состоянии здоровья детей, обусловленные воздействием свинца / И.А. Плотникова // Уральский медицинский журнал. – 2009. – №7. – С. 67–71.
8. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
9. Chattohhyay N., Quinn S.J., Kifor O. et al. The calcium-sending receptor (CaR) is involved in strontium ranelate-induced osteoblast proliferation. *Biochemical Pharmacol* 2007; 438 – 47.
10. Jacobs R., Jones A., Fry B., Fox M. // *J. Nutr.* – 1978. – Vol. 108, №6. – P. 901–910.
11. Nakamura K., Suzuki E., Sugiura I., Torat T. // *Industr. Hlth.* – 1979. – Vol. 17, №1. – P. 1–8.

Сведения об авторах:

Нестеров Дмитрий Васильевич, научный сотрудник Института биоэлементологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук
Сипайлова Ольга Юрьевна, научный сотрудник Института биоэлементологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук
Лебедев Святослав Валерьевич, заведующий лабораторией Института биоэлементологии
Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел. (3532)372482, e-mail: inst_bioelement@mail.ru

UDC 615.45

Nesterov D.V., Sipaylova O.YU., Lebedev S.V.

Institute bioelementology «Orenburg state university», e-mail: inst_bioelement@mail.ru

**INFLUENCE OF THE SULPHATE AND MIKROCHASTIC ZINC ON EXCHANGE TOKSICHESKIH ELEMENT
IN BONE FABRICS SYPLYAT-BROILER**

In given work are presented given on influence of the sulphate of the zinc and his(its) mikrochastic on exchange toxic element in bone fabrics broiler. The Got data point to reduction of the toxicological load on organism of the bird under influence given microelectronics not dependent from the form, herewith defogging effect more expressing when entering the zinc in ration of the bird in the manner of mikrochastic.

Key words: zinc, lead, cadmium, tin, quicksilver, aluminum, strontium, chicken, organism, bone fabrics, toxic elements.

Bibliography:

1. Brin, V.B. Possibility of the preventive maintenance toxicity effect cadmium metall complex to salts of the zinc – an acizolom / V.B. Brin, R.I. Kokayev, H.H. Babaniyazov, N.V. Pronina // Herald new medical technology. – 2008. – Т. XV, №4. – P. 213–216.
2. Ershova, O.B. Patogeneticheskoe treatment strontium ranelatom womans with post menstrual osteology // Modern rheumatologij. – 2010. – №4. – P. 54–58.
3. The Methods of the undertaking scientific and production studies on nursing of the agricultural bird: recommendations / Sh.A. Imangulov, I.A. Egorov, T.M. Okolelova [and others]; Vseros. nauch.-issled. and tehnol. in-t pticevodstva. – Sergiev put; plant: VNITIP, 2004. – 43 p.
4. Nesterov, D.V. Influence of the zinc depending on the forms on productive quality of the birds when use stern ferment / D.V. Nesterov, S.V. Lebedev // Material international scientifically-practical conference «Problems to modernizations APK». – Burial mound: Publishers Kurganskoy GSHA, 2010. – Т. 2. – P.139–141.
5. Nesterov, D.V. Influence of the zinc on efficiency of the use stern ferment preparation / D.V. Nesterov, O.Yu. Sipaylova // Herald Orenburgskogo state universiteta. – 2010. – №6 (112). – P. 156–159.
6. Nesterov, D.V. Age track record of the accumulation micro- and macro element in tibial of the bones of the hens / D.V. Nesterov, S.V. Lebedev, O.Yu. Sipaylova // Problems to biologies productive zhivotnyh. – 2011. – №2. – P. 39–44.
7. Plotnikova, I.A. The Clinical markers of the deflections of able health children, conditioned influence lead / I.A. Plotnikova // Uraliskiy medical journal. – 2009. – №7. – P. 67–71.
8. Skalinyy, A.V. Bioelementy in medicine / A.V. Skalinyy, I.A. Rudakov. – M.: Publishing house «Onyx 21 ages»: World, 2004. – 272 p.
9. Chattohyay N., Quinn S.J., Kifor O. et al. The calcium-sending receptor (CaR) in involved un stroncium ranelate-induced osteoblast proliferation. Biochemical Pharmacol 2007; 438 – 47.
10. Jacobs R., Jones A., Fry B., Fox M. // J. Nutr. – 1978. – Vol. 108, №6. – P. 901–910.
11. Nakamura K., Suzuki E., Sugiura I., Torat T // Industr. Hlth. – 1979. – Vol. 17, №1. – P. 1–8.