

УДК 57.012.4

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ КАДМИЯ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПТИЦ

Вишняков А.И., Лебедев С.В.

ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: ferupin@mail.ru

В статье представлены данные, характеризующие изменения в элементном статусе птиц (куры несушки) и млекопитающих при введении токсичных доз кадмия. Изучен элементный состав организма по 25 химическим элементам. Установлено прямое влияние кадмия на репродуктивную функцию организма, что подтверждается результатами гистологических исследований и элементного состава органов репродукции. Установлено, что введение кадмия в рацион сопровождалось изменениями в минеральном обмене у крыс:

$Cd = \frac{Cr, V, Cd \uparrow}{I, Se, Zn, Ag, Sr, K, Mg \downarrow}$; у кур-несушек: $Cd = \frac{Al, Cd, As, P, Fe \uparrow}{Sr, Se \downarrow}$. Проведенные исследования свидетельствуют о разностороннем действии кадмия, что сопровождается нарушением обмена химических элементов как в организме в целом, так и в отдельных его системах, отвечающих за репродукцию.

Ключевые слова: кадмий, репродуктивная система, крысы, птица

FEATURES OF INFLUENCE OF CADMIUM ON THE MINERAL EXCHANGE AND THE MORPHOLOGICAL CONDITION OF REPRODUCTIVE SYSTEM OF MAMMALS AND BIRDS

Vishnjakov A.I., Lebedev S.V.

SEI HVT «Orenburg state university», institute of bioelements, Orenburg, e-mail: ferupin@mail.ru

In article the data characterizing changes in the element status of birds (a hen of a layer) and mammals are presented at introduction of toxic doses of cadmium. The element structure of an organism on 25 chemical elements is studied. Direct influence of cadmium on reproductive function of an organism that proves to be true results of histologic researches and element structure of bodies of a reproduction is established. It is established that cadmium

introduction in a diet was accompanied by changes in a mineral exchange at rats: $Cd = \frac{Cr, V, Cd \uparrow}{I, Se, Zn, Ag, Sr, K, Mg \downarrow}$; at hens-layers: $Cd = \frac{Al, Cd, As, P, Fe \uparrow}{Sr, Se \downarrow}$. The conducted researches testify to versatile action of cadmium that is

accompanied by infringement of an exchange of chemical elements both in an organism as a whole, and in its separate systems which are responsible for a reproduction.

Keywords: cadmium, reproductive system, rats, a bird

Производственная деятельность человека сопровождается глобальным обогащением окружающей среды вредными веществами. Одной из серьезных проблем экологии является защита окружающей среды от загрязнения тяжелыми металлами. Возрастающий объем ядовитых отходов наносит вред здоровью человека при прямом контакте или загрязнении пищи и питьевой воды. Миграция токсических элементов в объектах внешней среды ведет к накоплению их в воде, почве, кормах, организмах животных и, через продукты питания, у человека [6].

В результате экологического неблагополучия окружающей среды (почвы, воды, воздушного бассейна, кормов) увеличиваются заболеваемость и падеж сельскохозяйственных и диких животных, снижается их продуктивность. Систематическое воздействие токсических веществ вызывает патологические изменения в организме животных, приводит к нарушению обмена веществ, иммунологического статуса, нейрогуморальных систем, структуры органов и тканей и т.д. [1, 5].

Многогранность биологического действия кадмия в качестве токсиканта-поллютанта предопределяет направления по изучению влияния данного элемента на живой организм [2, 7].

Целью нашей работы было изучить влияние кадмия в составе сернокислой соли на элементный статус и морфофункциональное состояние органов репродукции на модели лабораторных животных (крысы) и птиц (куры несушки).

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в условиях экспериментально-биологической клиники (виварий) Оренбургского государственного университета. На первом этапе экспериментальных исследований из 20 крыс – самок линии «Wistar» в возрасте 4 недель методом пар-аналогов были сформированы 2 группы животных ($n = 10$). Контрольная группа содержалась на полноценном сбалансированном комбикорме, разработанном на основании приказа МЗ СССР № 1179 от 10.10.1983 года «Об утверждении нормативов затрат кормов для лабораторных животных» [3]. Животным опытной группы вводили кадмий ($CdSO_4$) в дозировке 3 мг/гол/сут.

Во втором эксперименте было отобрано 60 восьминедельных курочек кросса «Хайсекс – браун», из числа которых, по принципу пар-аналогов, было сформировано 2 группы ($n = 30$): контрольная и опытная. До 13-недельного возраста птица находилась в условиях подготовительного периода. Затем, с 14-недельного возраста, в течение 3-х недель птицы опытной группы получали в дополнение к основному рациону 40 мг/кг корма серноокислого кадмия [8]. Кормление и содержание птицы осуществлялось в соответствии с рекомендациями ВНИТИП (2000). После окончания основного учетного периода (возраст 14–16 недель) птица опытной группы была переведена на основной рацион.

Исследования на животных проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (прил. к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12. 08. 1977 №755).

В начале и конце экспериментальных исследований под эфирным рауш наркозом проводили убой птицы (ВНИТИП, 2000) и крыс с последующим формированием средних проб мышечной ткани, кожи, внутренних органов (ткани желудочно-кишечного тракта, сердца, легких, печени, почек, селезенки, половых органов), костной ткани и центральной нервной системы, внутреннего жира.

Элементный состав биосубстратов изучали с использованием атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (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). При выполнении исследований методами АЭС-ИСП и МС-ИСП озонирование биосубстратов проводили с использованием микроволновой системы разложения MD-2000 (США). Оценка содержания элементов в полученной золе осуществлялась с использованием масс-спектрометра Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

На основании химического анализа определяемых веществ в корме и теле цыплят-бройлеров был проведен расчет скорости накопления химических элементов по формуле:

$$(\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_n) / ((M_k + M_n) / 2) \cdot W^{0,75} / K_c,$$

где $\mathcal{E}_k - \mathcal{E}_n$ – содержание химического элемента в теле в конце и начале эксперимента соответственно мг/гол; $M_k + M_n$ – живая масса в конце и начале эксперимента соответственно, кг; K_c – количество суток эксперимента; $W^{0,75}$ – коэффициент перевода в обменную массу.

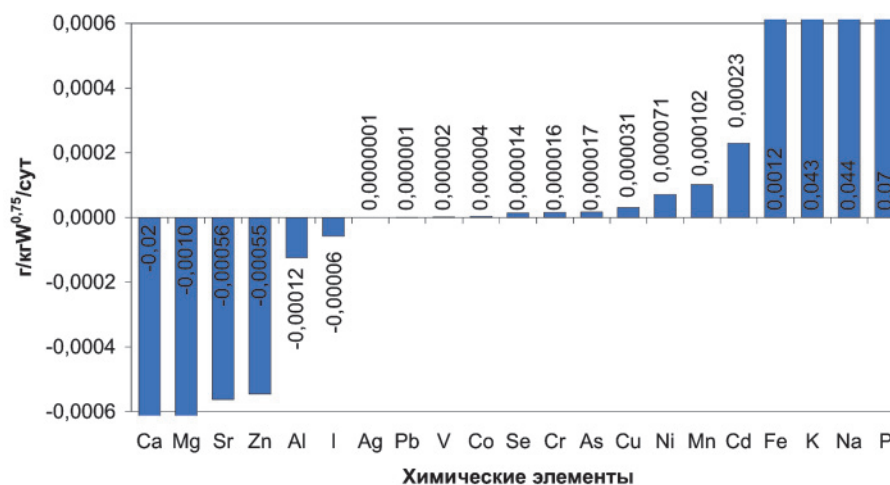
Цифровой материал, полученный в экспериментальных исследованиях, был подвергнут статистической обработке с использованием программ «Excel», «Statistica 6,0». При нормальном распределении, когда в сравниваемых группах разница между средней арифметической (M) и медианой (Me) была менее 10%, оценку статистической значимости различий между группами проводили с помощью t -критерия Стьюдента, если же сравниваемые показатели имели распределение, отличающееся от нормального, то сравнение проводили с помощью U -теста Манна-Уитни, то есть непараметрического аналога t -критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Влияние кадмия на организм животных (эксперимент на крысах).

В конце учетного периода животные контрольной группы достоверно превосходили по живой массе опытную группу на 15,4% ($p \leq 0,01$). Так, совокупная масса скелетной мускулатуры в опытной группе достоверно снизилась на 16,9% ($p \leq 0,01$) относительно контрольной группы, установлено достоверное уменьшение массы кожи на 23,7% ($p \leq 0,05$) и костей на 12,9% ($p \leq 0,01$).

Анализ концентрации химических элементов в теле зафиксировал достоверное выведение Mg и Ca при дополнительном введении в рацион Cd (рисунок).



Скорость (S) накопления (выведения) химических элементов в теле опытной группы, г/кгW^{0,75}/сут.

В частности под влиянием кадмия установлено снижение концентрации йода на 21,6% ($S = -0,000058 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут}$) ($p \leq 0,05$), Se – на 52,8%,

$$S = -0,000014 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут} \quad (p \leq 0,01),$$

Zn – на 12,3%,

$$S = -0,00055 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут} \quad (p \leq 0,05).$$

Между тем, введение в рацион токсичных доз кадмия сопровождалось достоверным снижением пула токсичных элементов, а именно установлено снижение концентрации Ag на 50,0%,

$$S = 0,0000001 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут} \quad (p \leq 0,01),$$

Al – на 41,3%,

$$S = -0,00012 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут} \quad (p \leq 0,01),$$

Pb – на 33,4%,

$$S = 0,0000017 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут} \quad (p \leq 0,01),$$

Sr – на 24,3%,

$$S = -0,00056 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут}, \quad (p \leq 0,01)$$

относительно контрольной группы.

Макроэлементы, как наиболее пластичные при токсической нагрузке на организм, отвечали недостоверным снижением концентрации Ca на 26,7%,

$$S = -0,0248 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут}.$$

Концентрация калия при положительной скорости накопления в обменной массе

$$S = 0,04259 \text{ г/кгW}^{0,75}/\text{сут} \quad (p \leq 0,05),$$

в отличие от контроля, была на 22,6% меньше. Аналогичная картина складывалась с Mg: при снижении концентрации на 23,7% скорость выведения равнялась 0,001 г/кгW^{0,75}/сут.

Введение кадмия в рацион сопровождалось изменениями в минеральном обмене, что можно представить в виде соотношения, где в числителе элементы, содержание которых увеличилось, а в знаменателе уменьшилось:

$$Cd = \frac{Cr, V, Cd \uparrow}{I, Se, Zn, Ag, Sr, K, Mg \downarrow}.$$

Гистологическая оценка органов репродукции свидетельствует, что при добавлении к рациону кадмия сопровождается торможением процесса овуляции и развитием кистоподобных полостей на месте фолликулов. Выявленные структурно-функциональные сдвиги в тканях яичника, по нашему мнению, связаны с включением в адаптационный процесс гормонов переднего гипоталамуса, регулирующих деятельность яичника.

Влияние кадмия на организм птицы.

Поедаемость корма птицей контрольной группы за учетный период составила 29554 г/гол, что на 0,4% больше, чем в опытной груп-

пе. Оценивая переваримость отдельных веществ корма, зафиксировано повышение переваримости органического вещества до 4,8, до 11,4% – жира и 6% – углеводов в опытной группе, относительно контрольной группы.

Известно, что при недостатке химических элементов понижается коэффициент полезного действия (КПД) корма, ухудшаются воспроизводительные функции, здоровье и продуктивность животных [4]. Это действие усугубляется на фоне минимизации поступления МЭ в депо, что нарушает не только физиологические функции органа, но и всего организма. У сельскохозяйственных животных и птиц нормальное функциональное состояние воспроизводительной системы является одним из критериев оценки физиологического состояния организма. Важным моментом является изучение элементного статуса органов репродукции в период становления половой зрелости птицы.

На фоне введения в рацион солей кадмия общий пул токсичных элементов составил 0,0642 ммоль/г, что на 8,3% меньше, по сравнению с начальным периодом (14 недель). Отмечается достоверное увеличение в репродуктивной системе птицы опытной группы по сравнению с контрольной концентрации алюминия и кадмия на 34,1 и 24,7% ($p \leq 0,05$) соответственно.

Концентрация условно эссенциальных элементов в репродуктивных органах курочек опытной группы, по сравнению с 14-недельным возрастом, уменьшилась с 0,26 до 0,18 ммоль/г. По сравнению с контролем в опытной группе отмечалось более высокое содержание мышьяка – на 53,0% ($p \leq 0,05$), чем в контрольной группе.

Интересен факт изменения пула эссенциальных элементов в органах воспроизводства кур-молодок. Зафиксировано, что в опытной группе отмечалось увеличение его концентрации до 2,02 ммоль/г, что на 55,0, % больше, чем в контрольной.

Выявлено, что при кадмиевой нагрузке на организм птицы в период активного роста органов воспроизводства увеличилась концентрация K, Mg и P на 46,4; 36,1 и 35,3% ($p \leq 0,05$) соответственно.

Интересные данные получены при изучении соотношения химических элементов в органах воспроизводства на пике полового созревания. Так, в 14-недельном возрасте соотношение Ca/P в контрольной группе составило 1:14, в 16-недельном возрасте – уменьшилось до 1:9. Кальце-фосфорное отношение при введении кадмия в рацион в опытной группе составило – 1:26. Данные факты косвенно подтверждают существо-

вание антагонистических взаимодействий кадмия и кальция. В то же время непродолжительное скормливание повышенных доз кадмия сопровождалось достоверным различием в концентрации химических элементов по сравнению с контрольной:

$$Cd = \frac{Al, Cd, As, P, Fe \uparrow}{Sr, Se \downarrow}.$$

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о разностороннем действии кадмия, что сопровождается нарушением обмена химических элементов как в организме в целом, так и в отдельных его системах, отвечающих за репродукцию, а также снижением концентрации Se и функциональной активности органов репродукции. Вышеперечисленные изменения свидетельствуют не только о нарушении стромально-фолликулярных ауто- и паракринных связей, но и о дисфункции центрального звена регуляции, что связано с воздействием кадмия не только на ткани яичников, но и непосредственно на гипоталамус и гипофиз [9].

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта АВЦП по программе «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2011 годы)» рег. № 2.2.3.1/13273.

Список литературы

1. Вишняков А.И., Торшков А.А. Последствия антропогенного влияния на состав крови цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 4, № 24–1. – С. 166–167.

2. Изучение уровня тяжелых металлов в организме при различных патологических состояниях, связанных с нарушением функционирования иммунной системы // Нотова С.В., Мирошников С.А., Лебедев С.В., Дубровина Г.В. / Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 6. – С. 496–498.

3. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации / Ш.А. Имангулов, И.А. Егоров, Т.М. Околева и др. // Всерос. науч.-исслед. и технол. ин-т птицеводства. – Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. – 43 с.

4. Клищенко Г.Т. Минеральное питание сельскохозяйственных животных: справочник. – Киев: Урожай, 1980. – 168 с.

5. Топурия Г.М., Жуков А.П. Содержание тяжелых металлов в объектах агроэкосистемы восточного Оренбуржья // Актуальные вопросы ветеринарной медицины: материалы Сибирской международной научно-практической конференции. – 2004. – Ч. 2. – С. 242–245.

6. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: Мир, 1993. – С. 54–55.

7. Anke M., Grun M., Partschefeld M. The essentiality of arsenic for animals // Trace Substances in Environmental Health / ed. D. D. Hemphill. – Columbia, MO // U. of Missouri. – 1976. – Vol. 10. – P. 403–409.

8. Hill C. H. Influence of high levels of minerals on the susceptibility of chicks to Salmonella gallinarum // J. Nutr. – 1974. – Vol. 80. – P. 227.

9. Miller R. H., Bellinger D. Metals // Occuhat. Environ. Reprod. Hazards. – Baltimore // Williams and Wilkins. – 1993. – P. 233–252.

Рецензенты:

Тайгузин Р.Ш., д.б.н., профессор, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы и заразных болезней ФГОУ ВПО «Оренбургский ГАУ», г. Оренбург;

Мирошников С.А., д.б.н., профессор, директор Всероссийского НИИ мясного скотоводства РАСХН, г. Оренбург.

Работа поступила в редакцию 12.04.2011.