

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДОЗАХ КАДМИЯ В РАЦИОНАХ

Л. И. Лисунова, доктор биологических наук, доцент
В. С. Токарев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Новосибирский государственный аграрный университет
E-mail: lisunova2@mail.ru

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кадмий, токсикация, химический, минеральный, аминокислотный, витаминный состав, живая масса, поедаемость корма, падеж

Реферат. В связи с индустриализацией и интенсификацией промышленного производства, использованием новых, не сберегающих природные ресурсы технологий, за последние годы увеличилось поступление в окружающую среду и по пищевым цепочкам – в организм человека, животных и птиц тяжелых металлов. Загрязнение экотоксинами объектов биосферы, сырья растительного и животного происхождения оказывает негативное влияние на обмен веществ, иммунный статус организма и состояние здоровья животных и человека. Повышенная концентрация кадмия в пределах 5 МДУ увеличивает падеж птицы на 20% и снижает живую массу на 5,9% ($P < 0,01$). С увеличением в рационе цыплят-бройлеров кадмия возрастает потребление корма птицей на 1,8% и расход кормов в расчете на единицу прироста живой массы. Высокая концентрация поллютанта в кормосмеси птицы способствует снижению содержания сухого вещества, лизина и витамина Е в мышечной ткани цыплят-бройлеров и увеличению содержания жира и треонина.

Научно-технический прогресс, способствующий росту благосостояния населения, ведет к интенсивному загрязнению окружающей среды, в связи с чем возрос интерес к медико-гигиеническим аспектам загрязнения окружающей среды кадмием. Это обусловлено, с одной стороны, возрастающим использованием соединений кадмия в различных отраслях промышленности и техники, что неизбежно приводит к увеличению контингента людей, контактирующих с кадмием, а с другой – чрезвычайной опасностью этого металла [1].

Кадмий и его соединения являются политропными ядами, оказывающими влияние на многие функции системы организма [2].

От 6 до 10% этого металла, попадая с пищей, переносится кровью к печени, где большая часть связывается в протеиновые комплексы, транспортирующие его другим органам [3]. Поступивший в кровь кадмий быстро связывается эритроцитами и альбуминами плазмы, а затем металл переходит в различные ткани и органы, преимущественно печень и почки [4].

Кадмий угнетает синтез нуклеиновых кислот и белка, снижает активность ряда ферментов, таких как карбоангидраза, щелочная и кислая фосфатазы и глутамат-дегидрогеназа, витамина D, стимулирует активность уреазы, аргиназы и ряда

гормонов, уменьшает активность макрофагов. С другой стороны, установлено стимулирующее влияние кадмия на процессы окислительного фосфорилирования, синтез цАМФ и активность анаболических ферментов, что связывают с усилением процессов гликогеногенеза, гликогенолиза и его диабетогенным эффектом [5].

Несмотря на признание токсических свойств этого металла, кадмий широко используется в современных технологиях. Актуальность проблемы заключается в том, что поступление токсиканта в организм человека происходит чаще всего по сложной системе «почва – растение – животное – человек» [6].

Важное следствие закона физико-химического единства живого вещества было сформулировано в 80-е гг. XX в. Н. Ф. Реймерсом: всякий фактор, оказывающий вредное воздействие на одну форму живого вещества, может быть вредным и для других его форм [7].

С атмосферными осадками и пылью на поверхность почвы в России ежегодно выпадает 1,9–5,4 г/га кадмия. Из-за несовершенства технологий производства минеральных удобрений выбросы тяжелых металлов в окружающую среду превышают проектные величины в 2–3 раза. В то же время при внесении органических удобрений в дозе 50 т/га в почву поступает 2,3 г/га кадмия.

Фосфорные удобрения отечественного производства могут содержать кадмия от 0,1 до 90 г/т [8].

Кадмий чрезвычайно легко переходит из почвы в растения, которые поглощают его до 70% из почвы [9].

Содержание тяжёлых металлов в кормах меняется в пределах 1,5–54 раза. Столь высокий интервал изменений вызван как видом корма, так и условиями его производства (технология производства и степень загрязнения агроэкосистем) [10].

Целью наших исследований являлось изучение влияния высокого содержания кадмия на физиологическое состояние и качество мяса цыплят-бройлеров.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В проведенном исследовании использовали две группы цыплят-бройлеров кросса ISA-15 по 10 голов в каждой в возрасте 20 суток. Продолжительность опыта – 29 суток.

Первая группа птиц была контрольной и получала основной рацион с естественным уровнем кадмия, вторая – опытная – с содержанием кадмия 5 МДУ. Максимально допустимый уровень кадмия составляет 0,4 мг на 1 кг корма. Содержание кадмия в используемом комбикорме было в пределах 0,002 мг/кг, а в воде – 0,0003 мг/л.

В процессе проведения эксперимента учитывали сохранность птицы, количество съедаемого корма, индивидуальным взвешиванием определяли живую массу, массу потрошенной и полупотрошенной тушек, рассчитывали среднесуточный прирост [11].

Химический, аминокислотный, минеральный и витаминный состав мяса птицы исследовали на инфракрасном спектрофотометре ИК-4250 в испытательном центре межфакультетской научной лаборатории НГАУ.

Результаты исследований обработаны методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сохранность в мясном птицеводстве является количественным показателем, обуславливающим экономическую эффективность мясной продуктивности сельскохозяйственной птицы [6]. Результаты исследований показали, что при введении в рацион цыплят-бройлеров кадмия падеж птицы составил 2 головы, в то время как в контроле падежа не было.

Уровень кормления и состав комбикорма, используемого в опыте, обеспечили птице хорошее здоровье, высокий прирост живой массы и низкие затраты корма на единицу продукции. Кормление цыплят-бройлеров было четырехкратным в соответствии со схемой:

Возраст, сут	21–27	28–34	35–41	42–49
Количество корма в день, г	86	115	143	157

За весь период исследования на 1 голову было использовано 3,305 и 3,242 кг корма соответственно в контрольной и опытной группах. Его поедаемость в группе с чистым рационом была на уровне 94,24%, а с зараженным кадмием – на 1,8% ниже. При расчете затрат кормосмеси на 1 кг прироста выяснилось, что у птицы опытной группы они оказались на 160 г больше.

Следовательно, повышенные дозы кадмия в рационе цыплят-бройлеров отрицательно действуют как на потребление корма птицей, так и на расход кормов в расчете на единицу прироста живой массы.

При постановке на опыт разница в живой массе цыплят-бройлеров между группами была в пределах 3–4% (табл. 1).

Установлено, что увеличение в кормовой смеси содержания кадмия до уровня 5 МДУ снижает среднесуточный прирост живой массы цыплят-

Таблица 1

Динамика живой массы и убойные качества цыплят-бройлеров

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Живая масса при постановке на опыт, г	831,00±15,60	864,00±17,20
Живая масса в возрасте 49 дней, г	1940,00±15,20	1826,00±8,80**
Среднесуточный прирост за период опыта, г	38,32	35,64
Масса полупотрошенной тушки, г	1546,00±12,00	1453,00±7,20**
Выход полупотрошенной тушки, %	79,70±0,26	79,50±0,03
Масса потрошенной тушки, г	1243,00±8,80	1170,00±5,80**
Выход потрошенной тушки, %	64,10±0,14	64,00±0,57
Масса мышечной ткани	623,00±6,70	570,00±2,90**

Примечание. Здесь и далее: * P<0,05; ** P<0,01; *** P<0,001.

бройлеров на 2,68 г, и, как следствие, наблюдается уменьшение живой массы цыплят к 49-суточному возрасту на 6,2% по сравнению с контрольной группой ($P < 0,01$).

Анализ убойных качеств, проведенный в конце откорма опытной птицы, свидетельствует о том, что повышенный уровень кадмия понижает массу полупотрошенной и потрошенной тушек соответственно на 6,01 и 5,87% ($P < 0,01$), а также мышечной ткани на 53 г ($P < 0,01$).

Оценивая экологическую чистоту мяса бройлеров, отметим, что скормливание кормовой смеси, содержащей 5 МДУ кадмия, сопровождается увеличением его накопления в мышечной ткани с $3,51 \cdot 10^{-2}$ мг/кг в контрольной группе до $8,68 \cdot 10^{-2}$ в опытной ($P < 0,001$), т.е. в 2,5 раза.

Количество влаги в мясе животных и птицы разной упитанности в отдельных отрубках зависит от содержания жира: чем больше жира в мясе, тем меньше влаги [12]. Это соотношение хорошо прослеживается при анализе табл. 2.

Таблица 2

Химический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров (в воздушно-сухом состоянии), %

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Влага	$2,64 \pm 0,08$	$3,83 \pm 0,01^{***}$
Жир	$17,35 \pm 0,08$	$16,24 \pm 0,01^{***}$
Белок	$76,28 \pm 0,02$	$76,26 \pm 0,09$
Зола	$3,730 \pm 0,006$	$3,670 \pm 0,084$

Установлено, что инкорпорация в кормовую смесь кадмия снижает содержание жира в мясе на 6,8% ($P < 0,001$) и способствует повышению его влажности на 45,0% ($P < 0,001$).

Главнейшей составной частью организма животных являются белки, содержание которых составляет 20% от массы сырой ткани [13]. Белки являются основой жизни. Из всех соединений, входящих в состав организмов, белки являются наиболее сложными. В проведенном исследовании добавление кадмия в рацион цыплят-бройлеров не изменило содержание белков в мясе.

Однако общее содержание белков в мясе в недостаточной степени характеризует его пищевую ценность, так как наряду с полноценными белками, в состав которых входят незаменимые аминокислоты, в мясе имеются и неполноценные белки (коллаген, эластин и др.) [14]. Поэтому пищевая ценность мяса должна определяться по его аминокислотному составу (табл. 3).

Таблица 3

Аминокислотный состав мышечной ткани цыплят-бройлеров (в воздушно-сухом состоянии), %

Аминокислота	Группа	
	контрольная	опытная
Лизин	$9,270 \pm 0,014$	$8,910 \pm 0,057^{**}$
Метионин	$0,980 \pm 0,015$	$1,050 \pm 0,028$
Триптофан	$0,510 \pm 0,008$	$0,510 \pm 0,005$
Треонин	$0,830 \pm 0,008$	$1,000 \pm 0,003^{***}$
Лейцин	$9,100 \pm 0,060$	$8,860 \pm 0,030^*$

В результате включения в кормовую смесь цыплят кадмия концентрация лизина и лейцина в мясе уменьшается на 0,36 и 0,24% ($P < 0,05 - 0,01$) соответственно, но увеличивается содержание треонина на 0,17% ($P < 0,001$) по сравнению с контрольной группой. По метионину и триптофану между этими группами не выявлено достоверных различий.

Витамины – это органические соединения различной химической природы, которые выполняют жизненно важные функции [15].

Включение в кормовую смесь цыплят высоких концентраций кадмия привело к уменьшению концентрации витамина Е в мясе на 0,21 мг/кг, В₂ – на 0,44, В₆ – на 0,10 мг/кг и В₁₂ – на 0,40 мкг/кг, возросло количество витамина В₅ на 0,92 мг/кг ($P < 0,01 - 0,001$) (табл. 4).

Таблица 4

Содержание витаминов в мышечной ткани цыплят-бройлеров (в воздушно-сухом состоянии), мг/кг

Витамин	Группа	
	контрольная	опытная
Е	$1,650 \pm 0,080$	$1,440 \pm 0,002$
В ₁	$6,410 \pm 0,060$	$6,270 \pm 0,014$
В ₂	$5,460 \pm 0,023$	$5,020 \pm 0,015^{***}$
В ₃	$6,130 \pm 0,072$	$6,120 \pm 0,014$
В ₅	$14,130 \pm 0,040$	$15,050 \pm 0,028^{***}$
В ₆	$3,230 \pm 0,008$	$3,130 \pm 0,014^{**}$
В ₁₂ , мкг/кг	$45,600 \pm 0,006$	$45,200 \pm 0,050^{**}$

По витаминам В₁ и В₃ достоверных различий не выявлено.

При изучении минерального состава в организме особое внимание уделяют обмену кальция и фосфора. В регуляции различных физиологических процессов им принадлежит большая роль [15].

Известно, что кадмий замещает кальций во многих соединениях живого организма. Особенно

сказывается недостаток кальция в период роста птицы, когда потребность организма в этом элементе значительно увеличивается и он в больших количествах (99,9%) принимает форму устойчивых соединений в костной системе [13].

В проведенном исследовании не наблюдается достоверное изменение содержания кальция в мясе цыплят, но прослеживается тенденция к его снижению в опытной группе по сравнению с контрольной (табл. 5).

Таблица 5

**Минеральный состав мышечной ткани
цыплят-бройлеров (в воздушно-сухом состоянии)**

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Кальций, %	0,160±0,005	0,140±0,011
Фосфор, %	0,620±0,014	0,610±0,008
Хлор, %	0,120±0,001	0,117±0,001**
Магний, %	0,193±0,094	0,191±0,001
Железо, мг/кг	77,330±0,088	78,680±0,020***
Марганец, мг/кг	2,130±0,008	2,170±0,014**
Калий, %	0,740±0,001	0,710±0,002**

Произошло достоверное, в пределах $P < 0,01 - 0,001$, уменьшение концентрации хлора и калия – на 2,5 и 4,2% соответственно и увеличение на 1,7–1,8% железа и марганца в опытной группе по сравнению с контрольной. Магний и фосфор не прореагировали на введение в рацион исследуемого поллютанта.

ВЫВОДЫ

1. При введении в рацион цыплят-бройлеров 5 МДУ кадмия наблюдается увеличение падежа птицы на 20% и снижение живой массы на 5,9% ($P < 0,01$).
2. Повышенная доза кадмия в рационе цыплят-бройлеров увеличивает потребление корма птицей на 1,8% и расход кормов в расчете на единицу прироста живой массы.
3. Высокая концентрация поллютанта в кормосмеси птицы способствует снижению содержания сухого вещества, лизина и витамина Е в мышечной ткани цыплят-бройлеров и увеличению – жира и тренина.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Артомонова В.Г., Пинчуков Д.В., Плющ О.Г. Эколого-гигиенические аспекты охраны окружающей среды при загрязнении тяжелыми металлами // 25-й Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. – Минск, 2003. – Т. 3. – С. 11–12.
2. Freunds Klaus J., Ibrahim Hosny A. Growth of rats during a sub chronic intake of the heavy metals Pb, Cd, Zn, Mn, Cu, Hg and Be // Pol. J. Occur. Med. – 2000. – N2. – P. 224–232.
3. Хэммонд П.Б., Фолкс Э.К. Токсичность иона металла в организме человека и животных // Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М., 2013. – С. 31–65.
4. Vogeli-Lange R. Subcellular localization of cadmium and cadmium-binding peptides in tobacco leaves // Plant physiology. – 2010. – Vol. 102. – P. 586–593.
5. Георгиевский В.И., Аненков В.Н., Самохин В.Т. Минеральное питание животных. – М.: Колос, 1979. – 403 с.
6. Влияние ионов кадмия на химический состав мяса перепелов / Л. Лисунова, В. Токарев, В. Ларин [и др.] // Птицеводство. – 2006. – № 12. – С. 25–26.
7. Реймерс Н.Ф. Охрана природы и окружающей человека среды: словарь-справочник. – М.: Просвещение, 1992. – 320 с.
8. Нагдалиев Ф.А., Бондарчук Д.Н. Качество продукции птицеводства под влиянием различных доз солей тяжелых металлов и мышьяка // С.-х. биология. – 2000. – № 4. – С. 65–73.
9. Серебренникова Л.Н., Горбатов Е.Ф., Старцева В.С. Вариабельность содержания тяжелых металлов (Pb, Zn, Cd, Cu) в почвах, растениях техногенных ландшафтов // Тяжелые металлы в окружающей среде: сб. докл. – Новосибирск, 2000. – С. 64–69.
10. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие: Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. – Пущино, 1999. – Кн. 1. – 163 с.
11. Поливанова Т.М. Методика анатомической разделки тушек сельскохозяйственной птицы // Методики научных исследований по физиологии и анатомии сельскохозяйственной птицы. – М., 1987. – С. 25–27.
12. Rogov И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Общая технология мяса и мясопродуктов. – М.: Колос, 2000. – 367 с.

13. Лисунова Л.И. Белковый и минеральный обмен в организме перепелов // Птицеводство. – 2009. – № 9. – С. 35–36.
14. Лисунова Л.И., Токарев В.С. Минеральный и аминокислотный состав мяса перепелов // Зооиндустрия. – 2007. – № 1. – С. 10–11.
15. Кондрахин И.П., Таланов Г.А., Пак В.В. Внутренние незаразные болезни животных. – М.: КолосС, 2003. – 461 с.
1. Artomonova V.G., Pinchukov D.V., Plyushch O.G. *Ekologo-gigienicheskie aspekty okhrany okruzhayushchey sredy pri zagryaznenii tyazhelymi metallami* [25-y Mendeleevskiy s'ezd po obshchey i prikladnoy khimii]. Minsk, T. 3 (2003): 11–12.
2. Freunds Klaus J., Ibrahim Hosny A. Growth of rats during a sub chronic intake of the heavy metals Pb, Cd, Zn, Mn, Cu, Hg and Be. *Pol. J. Occur. Med.*, no. 2 (2000): 224–232.
3. Khemmond P.B., Folks E.K. *Toksichnost' iona metalla v organizme cheloveka i zhiivotnykh* [Nekotorye voprosy toksichnosti ionov metallov]. Moscow, 2013. pp. 31–65.
4. Vogeli-Lange R. Subcellular localization of cadmium and cadmium-binding peptides in tobacco leaves. *Plant physiology*, Vol. 102 (2010): 586–593.
5. Georgievskiy V.I., Anenkov V.N., Samokhin V.T. *Mineral'noe pitanie zhiivotnykh*. Moscow: Kolos, 1979. 403 p.
6. Lisunova L., Tokarev V., Larin V. [i dr.] *Vliyanie ionov kadmiya na khimicheskiy sostav myasa perepelov* [Ptitsevodstvo], no. 12 (2006): 25–26.
7. Reymers N.F. *Okhrana prirody i okruzhayushchey cheloveka sredy: slovar'-spravochnik*. Moscow: Prosveshchenie, 1992. 320 p.
8. Nagdaliev F.A., Bondarchuk D.N. *Kachestvo produktsii ptitsevodstva pod vliyaniem razlichnykh doz soley tyazhelykh metallov i mysh'yaka* [S.-kh. biologiya], no. 4 (2000): 65–73.
9. Serebrennikova L.N., E.F. Gorbatov, V.S. Startseva. *Variabel'nost' soderzhaniya tyazhelykh metallov (Pb, Zn, Cd, Cu) v pochvakh, rasteniyakh tekhnogennykh landshaftov* [Sb. dokl.]. Novosibirsk, 2000. pp. 64–69.
10. Sokolov O.A., Chernikov V.A. *Ekologicheskaya bezopasnost' i ustoychivoe razvitie* [Atlas raspredeleniya tyazhelykh metallov v ob'ektakh okruzhayushchey sredy]. Pushchino, Kn. 1 (1999), 163 p.
11. Polivanova T.M. *Metodika anatomicheskoy razdelki tushek sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* [Metodiki nauchnykh issledovaniy po fiziologii i anatomii sel'skokhozyaystvennoy ptitsy]. Moscow, 1987. pp. 25–27.
12. Rogov I.A., Zabashta A.G., Kazyulin G.P. *Obshchaya tekhnologiya myasa i myasoproduktov*. Moscow: Kolos, 2000. 367 p.
13. Lisunova L.I. *Belkovyy i mineral'nyy obmen v organizme perepelov* [Ptitsevodstvo], no. 9 (2009): 35–36.
14. Lisunova L.I., Tokarev V.S. *Mineral'nyy i aminokislotnyy sostav myasa perepelov* [Zooindustrialiya], no. 1 (2007): 10–11.
15. Kondrakhin I.P., Talanov G.A., Pak V.V. *Vnutrennie nezaraznye bolezni zhiivotnykh*. Moscow: KolosS, 2003. 461 p.

PHYSIOLOGY AND PRODUCTIVITY OF BROILERS UNDER HIGHER RATIOS OF CADMIUM

Lisunova L.I., Tokarev V.S.

Key words: broilers, cadmium, chemical, mineral, aminoacid, vitamin concentration, body weight, palatability, mortality

Abstract. Due to industrialization and application of new unsafe technologies, the concentration of heavy metals in the human organism, animals and birds has been increased. The ecotoxic substances pollute the biosphere, raw materials and have a hazardous impact on metabolism, immune system of people and health of people and animals. High concentration of cadmium within 5 CXL increases poultry mortality on 20% but reduces body weight on 5.9% ($P < 0.01$). Higher concentration of cadmium in the ration of broilers leads to higher consumption of feeds on 1.8% and feed required per unit of gain. High concentration of the pollutant in the feed mixture of the poultry results in reducing of dry substance, lysine and vitamin E in the lean tissue of broilers and increasing of fat and threonine.