

ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕГКИХ БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Нарожных К.Н.¹, Коновалова Т.В.¹, Короткевич О.С.¹, Петухов В.Л.¹, Себежко О.И.¹

¹ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет», Новосибирск, Россия (630039, Новосибирск, ул. Добролюбова 160), e-mail: nkn.88@mail.ru

Исследованы закономерности аккумуляции Zn, Cu, Pb и Cd в легких у бычков герефордской породы в возрасте 17-18 месяцев, выращенных в Западной Сибири. Для анализа были отобраны пробы от 17 животных. Уровень химических элементов в легких определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Установлена избирательность в накоплении тяжелых металлов. Содержание элементов в органе можно изобразить в виде ранжированного ряда: Cd < Pb и Cu < Zn. Выявлены ряд положительных корреляций между парами элементов. Определены средние значения концентрации Zn (19,95 мг/кг), Cu (2,02 мг/кг), Pb (0,073 мг/кг) и Cd (0,0076 мг/кг). Установлены значительные различия между отдельными животными по способности аккумулировать Pb в легких. Уровень кадмия характеризуется высокой фенотипической изменчивостью, а концентрация цинка – относительно низкой.

Ключевые слова: порода, герефорд, быки, легкие, кадмий, свинец, медь, цинк.

LAWS OF ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN LUNGS OF HEREFORD BULLS IN WEST SIBERIA

Narozhnykh K.N.¹, Konovalova T.V.¹, Korotkevich O.S.¹, Petukhov V.L.¹, Sebezsko O.I.¹

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia (630039, Novosibirsk, Dobrolubov Str. 160), e-mail: nkn.88@mail.ru

The laws of accumulation of Zn, Cu, Pb and Cd were investigated in the lungs of 17-18 month old Hereford bulls grown in West Siberia. For analysis samples were taken from 17 animals. The level of chemical elements in the lungs was determined by atomic absorption spectrometry. The study has determined selectivity in the accumulation of heavy metals. Content of the elements in the body can be represented as a range: Cd < Pb and Cu < Zn. A number of positive correlations between the pairs of chemical elements were revealed in the study. Analysis determined mean concentration of Zn (19,95 mg / kg), Cu (2,02 mg / kg), Pb (0,073 mg / kg) and Cd (0,0076 mg / kg). Substantial differences have been determined between individual animals in their ability to accumulate Pb in the lungs. Cadmium level is characterized by high phenotypic variability, while the concentration of zinc is characterized by relatively low variability.

Keywords: breed, Hereford bulls, lungs, cadmium, lead, copper, zinc.

Загрязнение окружающей среды токсическими веществами представляет большую угрозу для здоровья и жизни человека и животных, влияет на качество и количество производимой продукции [16, 32, 35]. Особое место в ряду токсикантов занимают тяжелые металлы, повышенное содержание которых в окружающей среде ведет к интоксикации живых организмов и снижение их продуктивности [3, 19]. В этих условиях актуальным становится вопрос биомониторинга и биоиндикации окружающей среды и звеньев трофических цепей с целью предотвращения аккумуляции избыточных концентраций тяжелых металлов в организме животных разных видов и человека [10, 18, 29]. Кроме того, для обеспечения высокой продуктивности животных и экологической безопасности получаемой продукции необходимо проводить комплексную оценку интерьера сельскохозяйственных животных по содержанию химических элементов, гематологическим, биохимическим, иммунологическим и другим показателям [9, 17, 21, 26, 34]. До настоящего

времени не определены нормы содержания тяжелых металлов в легких и других органах и тканях животных, которые бы учитывали зональность, период онтогенеза и породную принадлежность. Однако, имеются немногочисленные данные по аккумуляции тяжелых металлов в органах и тканях крупного рогатого скота [8, 27, 41, 42, 43], свиней [4, 5, 7, 11, 20] и рыб [36, 44] в Западной Сибири.

Цель исследования – изучение закономерностей содержания, изменчивости и корреляции тяжелых металлов в тканях легких быков герефордской породы.

Материалы и методы исследования

Исследования произведены в биохимической лаборатории Сибирского НИИ животноводства Россельхозакадемии. Были взяты 17 образцов тканей легких, от быков герефордской породы в возрасте 17-18 месяцев, выращенных на экологически безопасной территории Западной Сибири. Все животные на момент убоя были клинически здоровы. Элементный анализ производился на атомно-абсорбционных спектрометрах Shimadzu AA-7000 (Япония) и Perkin Elmer 360 (США). Определение концентрации химических элементов осуществлялось с использованием двух способов атомизации. Атомно-абсорбционный анализ проводился электротермическим методом атомизации на приборе Shimadzu AA-7000, для определения концентрации Cd и Pb. На атомно-абсорбционном спектрометре Perkin Elmer 360 атомизация происходила в пламене (ацетилен/воздух), этим способом определяли содержание Cu и других элементов в тканях легких. Данные по содержанию тяжелых металлов представлены в пересчете на натуральную влажность пробы.

Полученные материалы обработаны методом описательной статистики на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлена значительная разность в накоплении тяжелых металлов в легких (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота, мг/кг

Химический элемент	$\bar{X} \pm S \bar{x}$	σ	Cv	Lim	Отношение крайних вариант
Zn	19,95±0,64	2,63	13,2	16,2-26,6	1:1,6
Cu	2,02±0,17	0,69	34,3	1,16-3,76	1:3,2
Pb	0,073±0,007	0,029	39,6	0,022-0,126	1:5,7
Cd	0,0076±0,0008	0,003	45,5	0,0037-0,0140	1:3,8

Выявлены значительные различия между отдельными животными по способности аккумулировать Pb в легких. Содержание Zn напротив достаточно равномерно распределено

у исследуемых животных. Уровень кадмия характеризуется высокой фенотипической изменчивостью, а концентрация цинка – относительно низкой. Распределение химических элементов по содержанию в можно представить в виде возрастающего ранжированного ряда: $Cd < Pb$ и $Cu < Zn$. У бычков в легких больше всего накапливается цинк, а менее всего – кадмий. Этот результат закономерен, так как цинк является одним из эссенциальных микроэлементов, который распространен в организме животных [30], а кадмий в свою очередь признается ксенобиотиком [1].

Концентрация химических элементов зависит от влияния различных факторов среды и наследственности [15, 38]. В немногочисленных работах показано, что генофонд породы, линий, семейств и генотип производителя влияют на уровень аккумуляции ряда макро- и микроэлементов в органах и тканях животных [25, 46]. Эти данные свидетельствуют о возможности использования методов селекции в регуляции уровня некоторых химических элементов в организме. Для этого должны быть обнаружены маркеры для раннего прижизненного определения тяжелых металлов в органах и тканях животных [23, 24].

Ранее нами были выявлены средние уровни аккумуляции тяжелых металлов в печени, мышцах, селезенке и семенниках бычков герефордской породы [12]. Показано, что уровень концентрации свинца в легких бычков герефордской породы был почти в 2 раза выше, чем в мышцах (0,038 мг/кг) и семенниках (0,032 мг/кг), а по отношению к печени (0,147 мг/кг) и селезенке (0,137 мг/кг) – в 2 раза ниже ($P < 0,001$) [39]. Концентрация кадмия в мышцах, семенниках и селезенке сравнима с уровнем кадмия в легких, а значения кадмия в печени почти в 6 раз выше ($P < 0,001$) [13]. Содержание цинка в семенниках (15,07 мг/кг) и селезенке (21,68 мг/кг) аналогично его уровню в легких [14]. Уровень меди в селезенке и мышцах был почти в 2 раза выше ($P < 0,001$), чем в легких [2].

Существуют межпородные различия в степени аккумуляции тяжелых металлов в органах животных. Например, уровень свинца в легких крупного рогатого скота был примерно в 10 раз ниже ($P < 0,001$), чем у свиней [6].

Таблица 2

Корреляции между содержанием химических элементов в легких крупного рогатого скота

Коррелируемые элементы	r	Коррелируемые элементы	R
Cd – Pb	0,52*	K – Cd	0,60*
Cd – Zn	0,67**	K – Zn	0,52*

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

В легких животных выявлен ряд положительных корреляций между химическими элементами (табл. 2). Связь кадмия с цинком и калием указывает на взаимозависимость этих

элементов в обмене веществ. Токсикодинамика кадмия связана с нарушениями обмена цинка, недостаточное содержание которого может способствовать увеличению негативного действия кадмия даже при низких Cd экспозициях [33]. Эксперименты на крысах, которые получали рационы с повышенными концентрациями цинка и подвергались хроническому воздействию кадмия, показали снижение ломкости костей, что указывает на защитное действие цинка на костную ткань [31]. Можно предположить, что с увеличением поступления кадмия в организм происходит повышение концентрации эссенциальных элементов Zn и K, как защитная реакция на поступление токсиканта и, возможно, поэтому цинк и калий имеют положительную взаимосвязь между собой.

Положительная ассоциация кадмия и свинца может указывать о их синергичном негативном эффекте. Так, при одновременном введении в рацион крыс с питьевой водой ацетата свинца (300 мг/л) и хлорида кадмия (50 мг/л) в течение 8 недель, отмечен эффект токсического синергизма. Это выражалось в усилении перекисного окисления, в результате чего наблюдались повреждения в митохондриях коркового слоя почек [45]. Результаты последующих экспериментов, так же свидетельствуют о синергическом влиянии на перекисное окисление, в результате этого зафиксировано ускорение апоптоза клеток проксимальных канальцев и ингибирование Na^+ , K^+ , Ca^{2+} -АТФазы [46].

Выводы

1. Установлены ориентировочные среднепопуляционные значения некоторых элементов в легких крупного рогатого скота герефордской породы, которые можно применять для оценки интерьера животных и оценки влияния экологических факторов.
2. Выявлены различные степени аккумуляции тяжелых металлов в легких животных, что обусловлено влиянием средовых и наследственных факторов. В этом органе в наибольшей степени аккумулируются цинк, а в меньшей – кадмий
3. Обнаруженная относительно высокая фенотипическая вариабельность уровней Cd, Pb и Cu может объясняться действием различных факторов среды и наследственности на процессы их депонирования в легких. В пределах одного органа установлены различные по величине положительные корреляции между парами элементов: Cd и Pb, K и Zn.

Список литературы

1. Васильева Е.А. Клиническая биохимия сельскохозяйственных животных / Е.А. Васильева. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 254 с.
2. Ефанова Ю.В. Содержание цинка в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / Ю.В. Ефанова, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич // Главный

зоотехник, 2012. – №11. – С. 30-33.

3. Желтиков А.И. Черно-пестрый скот Западной Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, Н.М. Костомахин и др. / Новосибирск: НГАУ. – 2010. – 500 с.

4. Желтикова О.А. Аккумуляция макро- и микроэлементов в печени свиней скороспелой мясной породы (СМ-1) / О.А. Желтикова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов // Вестник НГАУ. – 2007. – № 6. – С. 50-56.

5. Желтикова О.А. Аккумуляция некоторых макро- и микроэлементов в органах свиней / О.А. Желтикова, О.С. Короткевич // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2007. – № 8. – С. 48-50.

6. Зайко О.А. Влияние генофонда семейств скороспелой мясной породы свиней на аккумуляцию свинца в некоторых органах и тканях / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова // Мир, науки, культуры, образования. – 2013. – № 4 (41). – С. 432-433.

7. Зайко О.А. Характеристика генофонда линий породы свиней СМ-1 по аккумуляции свинца в органах и тканях / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова // Свиноводство. – 2013. – № 8. – С. 11-13.

8. Зайко О.А., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Особенности аккумуляции макро- и микроэлементов в миокарде свиней скороспелой мясной породы // Главный зоотехник. – 2013. – № 6. – С. 35-40.

9. Ильин В.В. Устойчивость красного степного скота Алтайского края к некоторым заболеваниям / В.В. Ильин, А.И. Желтиков, О.С. Короткевич, Т.В. Коновалова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №4. С. 65-68.

10. Камалдинов Е.В. Полиморфизм белков сыворотки крови свиней сибирской северной породы / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов и [и др.] // Доклады Российской академии с.-х. наук. – 2010. – № 4. – С. 49-51.

11. Короткевич О.С. Биохимические, гематологические параметры в аккумуляции тяжелых металлов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы / О.С. Короткевич, О.А. Желтикова, В.Л. Петухов // Докл. Рос. акад. с.-х. наук, 2009. – №4. – С. 41-43.

12. Нарожных К. Содержание железа в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / К. Нарожных, Ю. Ефанова, О. Короткевич, В. Петухов // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 1. – С. 24-25.

13. Нарожных К.Н. Содержание кадмия в некоторых органах и ткани бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Ю.В. Ефанова, О.С. Короткевич // Мир, науки, культуры, образования. – 2012. – № 4. – С. 315-318.

14. Нарожных К.Н. Содержание меди в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Ю.В. Ефанова, О.С. Короткевич // Вестник НГАУ,

2013. – № 2 (27). – С. 73-76.

15. Петухов В.Л. Ветеринарная генетика / В.Л. Петухов, А.И. Жигачев, Г.А. Назарова. М.: Колос, 1996. – 384 с.

16. Петухов В.Л. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики / В. Л. Петухов, А. И. Жигачев, Г. А. Назарова. - М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.

17. Петухов В.Л. Влияние породы на устойчивость крупного рогатого скота к некоторым болезням / В.Л. Петухов, Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич // Главный зоотехник. – 2011. – №1. – С. 10-12.

18. Петухов В.Л. Генетика / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, С.Ж. Стамбеков, А.В. Бакай, А.И. Жигачев. Учебник / Министерство образования и науки Республики Казахстан; Семипалатинский государственный пединститут. – Новосибирск, 2007. – 628 с. (2-е издание).

19. Петухов В.Л. Иммунологические системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева, О.И. Себежко, В.В. Гарт, О.С. Короткевич, Е.В. Камалдинов // Доклады Российской академии с.-х. наук. – 2003. – №5. – С. 38-40.

20. Петухов В.Л. Содержание тяжелых металлов в мышцах судака (*Stizostedion lucioperca*) / В.Л. Петухов, И.С. Миллер, О.С. Короткевич. – Вестник НГАУ. – 2012. – Т. 2. – №23-2. – С. 49-52.

21. Петухов В.Л., Генетическая структура кемеровской и крупной белой пород свиней по системам групп крови / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, В.В. Гарт, Е.В. Камалдинов О.А. Желтикова // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – №2. – С. 43-49.

22. Петухов, В. Л. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики / В. Л. Петухов, А. И. Жигачев, Г. А. Назарова. - М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.

23. Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота. Петухов В.Л., Короткевич О.С., Желтиков А.И., Петухова Т.В. Патент на изобретение RUS 2426119 24.03.2010.

24. Способ определения содержания кадмия в органах и мышечной ткани свиней. Петухов В.Л., Желтикова О.А., Желтиков А.И., Короткевич О.С., Камалдинов Е.В., Себежко О.И. Патент на изобретение RUS 2342659 28.03.2007.

25. Способ определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота. Петухов В.Л., Короткевич О.С., Стрижкова М.В., Камалдинов Е.В., Себежко О.И., Петухова Т.В.. Патент на изобретение RUS №2421726 08.04.2010.

26. Способ отбора крупного рогатого скота на устойчивость к туберкулезу / Петухов В.Л., Эрнст Л.К., Желтиков А.И., Незавитин А.Г., Короткевич О.С., Петухов И.В., Куликова С.Г. Патент на изобретение RUS 2058733 27.04.1996.

27. Стрижкова М.В. Содержание свинца в органах и тканях бычков черно-пестрой породы/

- М.В. Стрижкова, Т.В. Петухова, О.С. Короткевич // Главный зоотехник. – 2011. – С. 66-68.
28. Фридчер А. А. Хозяйственно полезные качества свиней приобского типа скороспелой мясной породы СМ-1 / А. А. Фридчер, В.Л. Петухов // Сиб. вест. с.-х. науки. – 2010. – № 8. – С. 59-63.
29. Эрнст, Л.К. Физиологические и иммунологические показатели голштиinizированного сибирского типа черно-пестрого скота. / Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков, В.Л. Петухов // Доклады РАСХН. 1999. – №6. – С. 35-36.
30. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) Toxicological profile for Cadmium (Draft for Public Comment). — Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2008.
31. Brzoska, M.M. Disorders in bone metabolism of female rats chronically exposed to cadmium / M.M. Brzoska, J. Moniuszko-Jakoniuk // Toxicology and Applied Pharmacology, 2005. – Vol. 202. – P. 68-83.
32. Chysyma R.B. The content of heavy metals in feeds of the Tyva Republic / R.B. Chysyma, V.L. Petukhov, E.E. Kuzmina [et al.] // Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 297-299.
33. El Heni, J. Protective effects of selenium (Se) and zinc (Zn) on Cd (Cd) toxicity in the liver and kidney of the rat: histology and Cd accumulation / J. El Heni, I. Messaoudi, F. Hamouda, K. Abdelhamid // Food Chem. Toxicol., 2008. – Vol. 46. – P. 3522-3527.
34. Korenekova B. Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry / B. Korenekova, M. Skalicka, P. Nad // Veterinarski arhiv, 2002. – Vol. 72(5). – pp. 259-267.
35. Korotkevich O.S. Content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the forages of various ecological zones of western siberia /O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezhko, Ye.Ye. Barinov, and T.V. Konovalova // Russian Agricultural Sciences, 2014. – Vol.40. – No.3. – pp. 195-197.
36. Miller I.S. Accumulation of heavy metals in the muscles of Zander from Novosibirsk water basin /I.S. Miller, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich, G.N. Korotkova, I.S Konovalov. // E3S Web of Conferences 1,11007 (2013). DOI: 10.1051/ e3sconf/20130111007.
37. Miranda M. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area in northern Spain / M. Miranda, M. Lopez-Alonso, C. Castillo [et al.] // Environ Int., 2005. – Vol. 31. – pp. 543-548.
38. Morris C.A. Facial eczema in Jersey cattle: heritability and correlation with production / C.A. Morris, N.R. Towers, H.J. Tempero [et al.] // Proceeding of New Zealand Society of Animal Production. – 1990. – Vol. 50. – pp. 255-259.
39. Narozhnyh K.N. The content of lead in some organs and tissues of Hereford bull-calves /

K.N. Narozhnyh, Y.V. Efanova, V.L. Petukhov [et al.] // 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23-27 September 2012. – Rome (Italy), 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.

40. Odeny W.O. Genetic and environmental factor affecting serum macro minerals and weight in Angus Brahman multibreed herd: Heritabilities of and genetic, environmental, and phenotypic correlations among serum calcium, phosphorus and magnesium and weight weaning // J. of Amer. Sci. – 1992. – Vol. 70. – pp. 2072-2077.

41. Patrashkov S.A. Content of heavy metals in the hair / S.A. Patrashkov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich // Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 1025-1027.

42. Petukhov V.L. Cs-137 and Sr-90 level in dairy products / V.L. Petukhov, Y.A. Dukhanov, I.Z. Sevryuk, S.A. Patrashkov, O.S. Korotkevich, T.S. Gorb, I.V. Petukhov // Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – C. 1065-1066.

43. Petukhova T.V. Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle / T.V. Petukhova // E3S Web of Conferences 1, 15002 (2013). DOI: 10.1051 /e3sconf / 201301115002.

44. Suttle N.F. Mineral Nutrition of Livestock, 4th ed. / N.F. Suttle. – London: Cabli Publishing, 2010. – 587 p.

45. Wang, L. Effects of Lead and/or Cadmium on the Oxidative Damage of Rat Kidney Cortex Mitochondria / L. Wang, J. Li, J. Li, Z. Liu // Biological Trace Element Research, 2010. – Vol. 137. – № 1– P. 69-78.

46. Wang, L. Simultaneous Effects of Lead and Cadmium on Primary Cultures of Rat Proximal Tubular Cells: Interaction of Apoptosis and Oxidative Stress / L. Wang, H. Wang, J. Li, D. Chen, Z. Liu // Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2011. – Vol. 61. – № 3. – P. 500-511.

Рецензенты:

Клименок И.И., д.с.-х.н., профессор, заместитель директора по науке, Сибирский научно-исследовательский институт животноводства СО Россельхозакадемии, г. Новосибирск.

Дементьев В.Н. д.с.-х.н., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск.