

# 高原麝鼠和高原鼠兔骨骼中非必需微量元素的测定

索有瑞<sup>1,2</sup> 李天才<sup>2</sup>

(1 中国科学院兰州化学物理研究所, 兰州, 730000) (2 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

关键词: 高原麝鼠; 高原鼠兔; 骨骼; 非必需微量元素

中图分类号: Q593.9 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 1050 (2003) 01 - 0089 - 03

## Studies on the Unessential Trace Elements in Skeletons of Plateau Zokor and Plateau Pika

SUO Yourui<sup>1,2</sup> LI Tiancai<sup>2</sup>

(1 Lanzhou Institute of Chemical Physics, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000)

(2 Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

**Abstract:** The contents and distributions of six unessential elements were analyzed in the whole bone, cranium, backbone, and leg bone of plateau zokor (*Myospalax baileyi*) and plateau pika (*Ochotona curzoniae*). These trace elements are Pb, Cd, As, Sb, Bi, and Hg. The results indicated that the contents of Pb, Cd, As, Bi and Hg in skeleton of plateau zokor are higher than that in skeleton of plateau pika with significant differences in Pb, Bi, and Hg. The contents of Hg and Cd between plateau zokor and plateau pika are significantly correlated while the contents of Sb and Bi are less correlated. In the skeletons of plateau zokor and plateau pika, the distributions of Hg, Pb, As, and Bi are mostly in the head bones, leg bones, backbones, and backbones, respectively. The contents of these six unessential trace elements in skeletons are related to not only to their ecological environments and food but also the cooperation and antagonism among these elements.

**Key words:** Plateau zokor (*Myospalax baileyi*); Plateau pika (*Ochotona curzoniae*); Skeleton; Unessential trace elements

铅、镉、砷、汞、铋和铊等元素是人与动物生命活动非必需且有害的微量元素<sup>[1]</sup>。哺乳类动物体内的这些微量元素主要由食物链传递所产生<sup>[2,3]</sup>。本文对高原麝鼠 (*Myospalax baileyi*) 和高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 骨骼中非必需微量元素砷、铋、汞、铊、铅、镉的分布、种间含量差异及其相关性进行了分析和讨论, 为高寒草甸生态系统研究小哺乳动物的营养生态学、化学生态学以及生态系统的物质循环<sup>[4,5]</sup>等提供基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品预处理

1994 年 5~6 月在中国科学院海北高寒草甸生

态系统定位站地区采集高原麝鼠和高原鼠兔成体。随机取样后剥皮、除去内脏、晾干、剔去肌肉。取剔净的骨骼整体, 用去离子水冲洗 3 遍, 于 60 恒温烘箱中烘干。再取整体和各部位 (头、脊柱、四肢), 头部用镊子除去大脑, 分别粉碎至 30~60 目, 并充分混匀。

### 1.2 分析溶液的制备

Pb、Cd、As、Hg、Sb、Bi 属易挥发性元素, 样品的预处理采用 HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub> 湿法消化。准确称取 1.000 g 样品于 50 ml 烧杯中, 加入 15 ml HNO<sub>3</sub>, 摇匀后加盖放置过夜, 次日在低温电热板上消化至溶液剩 5 ml 左右, 加入 3 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 继续加热消化至溶液剩 1 ml 左右, 取下冷却, 加 5 ml HCl, 溶解

基金项目: 国家中医药管理局“八五”攻关滚动资助项目

作者简介: 索有瑞 (1960-), 男, 在读博士生, 研究员

收稿日期: 2001-04-06; 修回日期: 2002-06-20

盐类，转移到 50 ml 容量瓶用水定容。

### 1.3 测定方法

Pb、Cd 采用碘化钾 - 甲基异丁酮萃取体系，有机相火焰原子吸收法测定<sup>[6,7]</sup>；As、Hg、Sb、Bi 采用氢化物发生分离富集技术，以 XDY-2 型原子荧光法测定，仪器工作条件如表 1。

## 2 结果与讨论

### 2.1 微量元素在骨骼中的含量及种间差异

表 2 列出了两种小动物骨骼中 6 种非必需微量元素的平均含量、标准差和含量范围，同时对其含量的差异进行了显著性检验。

表 1 氢化物原子荧光仪工作条件

Table 1 Operating conditions of hydride-atomic absorption spectrometer

元素 Elements	微波功率 Microwave power (W)	原子化温度 Atomize temp. (°C)	氩气流速 Argon flow- rate (L/min)	KHB <sub>4</sub> 流速 flow-rate (ml/s)	KHB <sub>4</sub>	反应时间 Reaction time (s)	反应体积 Reaction volume (ml)	负高压 Negative high voltage (V)
As	30	850	1.2	1.4		6	2	260 ~ 300
Sb	28	850	1.2	1.4		6	2	270 ~ 320
Bi	35	850	1.0	1.2		5	1	280 ~ 350
Hg	12	400	1.0	1.0		5	1	300 ~ 360

表 2 高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼中微量元素含量及其差异性

Table 2 Contents and the differences of trace elements in skeletons of plateau zokor and plateau pika (X ±SD, Range, mg/kg)

元素 Elements	样本数 No. of samples	高原鼯鼠 Plateau zokor	高原鼠兔 Plateau pika	t 检验 t-test
Pb	18	3.14 ±0.45 2.38 ~ 3.75	2.64 ±0.74 1.50 ~ 3.88	t = 2.451 P < 0.05
Cd	18	0.338 ±0.096 0.19 ~ 0.45	0.306 ±0.044 0.24 ~ 0.38	t = 1.280 P > 0.05
As	18	1.14 ±0.64 0.20 ~ 1.85	1.05 ±0.65 0.25 ~ 2.05	t = 0.419 P > 0.05
Sb	18	0.229 ±0.024 0.20 ~ 0.29	0.292 ±0.057 0.22 ~ 0.39	t = -4.345 P < 0.05
Bi	18	0.168 ±0.045 0.018 ~ 0.026	0.132 ±0.025 0.017 ~ 0.041	t = 3.000 P < 0.01
Hg	18	0.266 ±0.021 0.231 ~ 0.292	0.074 ±0.007 0.061 ~ 0.088	t = 36.924 P < 0.001

从表 2 可看出，高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼中非必需微量元素 As、Sb、Bi、Hg、Pb、Cd 的含量具有明显的差异性，其中高原鼯鼠中的 6 种微量元素均高于高原鼠兔，铅、铋、汞的含量差异极为显著，尤其汞两者之间差异高达 3.6 倍。高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼中非必需微量元素的蓄积性差异主要与动物的种属有关，其次与两种动物不同的生活习性、食物源有关。而两种高原鼠兔中非必需微量元素含量高低的顺序基本一致，即高原鼯鼠中的 Pb > As > Cd > Hg > Sb > Bi，高原鼠兔中的 Pb > As > Cd > Sb > Bi > Hg。说明这两种高原动物生活在相同的环境中，并有相近或基本相同的食物源。

### 2.2 微量元素在两种鼠之间的相关性

从表 3 看出，高原鼯鼠与高原鼠兔骨骼中非必

需微量元素汞、镉之间的相关性最好，而铋、铊的相关性最差。尽管高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼中汞的含量表现出极大差异，但在骨骼中却呈较好的相关性，说明元素汞在二者骨骼中的分布相似，同时说明种属相近的高原鼯鼠与高原鼠兔在相同的生活环境条件下（基本相同食源），其骨骼中的非必需微量元素汞主要来自同一生物地球化学环境；它们对环境中的汞元素具有不同程度的敏感性。非必需微量元素铋、铊的含量在高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼中呈不相关性，表明同一非必需微量元素对不同种属的动物有不同的生理、生化作用，在不同种属的动物中非必需微量元素的代谢途径、蓄积程度明显不同，反映了不同种属的动物对各种非必需微量元素具有各异的生理敏感性，也表现出动物机体对来自

表 3 高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼微量元素相关分析

Table 3 Correlations of trace element contents in skeletons of plateau zokor and plateau pika

元素 Elements	自由度 <i>df</i> ( <i>n</i> - 2)	回归方程 Linear regression $Y = a + bx$	相关系数 Correlation coefficient	$t_r$ 值 $t_r$ -value	$t$ 检验 $t$ -test
Pb	16	$Y = 0.013 + 0.837x$	2.451	2.363	$P < 0.05$
Cd	16	$Y = 0.181 + 0.368x$	12.80	5.298	$P < 0.001$
As	16	$Y = 0.707 + 0.302x$	0.419	1.265	$P > 0.05$
Sb	16	$Y = 0.003 + 1.260x$	- 4.345	2.556	$P < 0.05$
Bi	16	$Y = - 0.019 + 2.085x$	- 2.577	3.130	$P < 0.01$
Hg	16	$Y = - 0.008 + 0.309x$	36.923	9.198	$P < 0.001$

x: 高原鼯鼠 Plateau zokor; Y: 高原鼠兔 Plateau pika

环境中的非必需微量元素具有长期适应性的调节和耐受。

### 2.3 微量元素在骨骼不同部位的分布

表 4 列出了高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼不同部位微量元素的平均含量、标准差及含量范围。

高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼不同部位非必需微量元素含量也存在显著的差异,即使同一块骨骼若取样部位不同,其元素含量有较大的差异,因此,在骨骼微量元素的测定中,样品的代表性和均匀性至关重要。不同部位的骨骼中非必需微量元素的含量由

高到低的排列顺序基本类同于骨骼中的平均值,即  $Pb > As > Cd > Sb > Hg > Bi$ 。其中高原鼯鼠与高原鼠兔头骨中以汞含量为最高,镉、锑含量最低。高原鼠兔头骨中还有铅、砷、铋等元素含量为低;下肢骨中以铅含量为最高,高原鼯鼠下肢骨中以砷和铋为低;脊柱骨中以砷、铋为最高、汞为最低。可见,高原鼯鼠与高原鼠兔骨骼中汞主要分布于头骨中,铅主要分布于下肢骨中,砷、铋主要分布于脊柱骨中。

### 2.4 元素之间的相关性

动物通过食物摄取微量元素,在体内经过代谢,

表 4 高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼不同部位微量元素含量

Table 4 Contents of trace elements in different parts of bones of plateau zokor and plateau pika ( $n = 5$ , mg/kg)

元素 Elements	高原鼯鼠 Plateau zokor			高原鼠兔 Plateau pika		
	头骨	下肢骨	脊柱	头骨	下肢骨	脊柱
	Cranium	Leg bone	Backbone	Cranium	Leg bone	Backbone
Pb	3.17	3.65	2.55	1.80	3.67	2.48
Cd	0.206	0.386	0.440	0.250	0.360	0.316
As	1.64	0.29	1.72	0.40	0.88	2.01
Sb	0.206	0.248	0.234	0.238	0.374	0.260
Bi	0.022	0.020	0.025	0.019	0.024	0.039
Hg	0.286	0.274	0.234	0.082	0.077	0.065
Total	5.530	4.868	5.203	2.789	8.174	5.170

表 5 高原鼯鼠骨骼微量元素之间的相关性 ( $n = 18$ )

Table 5 Correlations among trace elements in skeletons of plateau zokors

	Cd	As	Sb	Bi	Hg
Pb	- 0.275	- 0.784 **	0.202	- 0.780 **	0.735 **
Cd		- 0.197	0.565 *	0.238	- 0.801 **
As			- 0.501 *	0.658 **	- 0.344
Sb				- 0.050	- 0.237
Bi					- 0.589 *

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

部分吸收和沉积在骨骼中。各非必需微量元素在骨骼中的含量除与动物所处的生物地球化学环境和食物源有关外,与这些元素间的相互作用也有密切关系。元素间的作用表现在相互协同和相互拮抗两个方面。从元素之间的相关性分析看出,正相关时元素间有相互协同作用,而负相关时,表现为元素之间的相互拮抗作用。

表 6 高原鼠兔骨骼微量元素之间的相关性 ( $n = 18$ )

Table 6 Correlations among trace elements in skeletons of plateau pika

	Cd	As	Sb	Bi	Hg
Pb	0.929 **	0.135	0.945 **	0.082	- 0.122
Cd		0.387	0.836 **	0.330	- 0.415
As			- 0.084	- 0.365	- 0.922 **
Sb				- 0.115	0.054
Bi					- 0.935 **

\*\*  $P < 0.01$

高原鼯鼠骨骼中 6 种非必需微量元素间的相关分析,有 8 组相关显著;在高原鼠兔中有 5 组显著相关。尽管两种动物都在北海高寒草甸中生存,但高原鼯鼠和高原鼠兔的生活习性不同、食物结构不同,因而造成不同动物骨骼中非必需微量元素蓄积性含量水平以及元素之间的相关性的显著差异性。

(下转第 38 页)

## 参考文献:

- [1] 朴仁珠. 藏狐种群数量调查[J]. 野生动物, 1986, 52: 22 - 26.
- [2] 刘务林, 尹秉高. 西藏珍稀野生动物与保护[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [3] 冯祚建, 蔡桂全, 郑昌琳. 西藏哺乳类[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [4] Schaller G B. Wildlife of the Tibetan steppe [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- [5] Wilson D, Reeder D. Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference [M]. Washington and London: Smithsonian Institution press, 1993.
- [6] 邱加闽, 陈兴旺, 任敏, 罗成香, 刘大伦, 刘晓棠, 何多龙. 青藏高原泡球虫病流行病学研究[J]. 实用寄生虫病杂志, 1995, 3 (3): 106 - 109.
- [7] 四川植被[M]. 成都: 四川人民出版社, 1980.
- [8] Mackinnon J, 孟沙, 张佩珊, 贾知行, 朱翔, 梅伟义. 中国生物多样性保护综述[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [9] 张洪海, 张明海, 王秀辉, 王文, 章黎, 高中信. 内蒙古东部草原地区赤狐繁殖期对洞穴的选择[J]. 兽类学报, 1999, 19 (3): 176 - 182.
- [10] 贾竞波, 马建章. 哈尔滨西郊赤狐巢穴特征的主成分分析[J]. 东北林业大学学报, 1992, 20 (1): 24 - 29.
- [11] 张洪海, 李枫, 高中信. 狼洞穴空间格局及生境选择的分析[J]. 兽类学报, 1999, 19 (2): 101 - 106.
- [12] 李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [13] 周纪芾. 回归分析[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1993.
- [14] 张尧庭, 方开泰. 多元统计分析引论[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [15] 川西滇北地区水文地理[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [16] 周文扬, 魏万红, Biggins D E. 赤狐的活动节律与产仔洞穴的选择[J]. 兽类学报, 1995, 15 (4): 267 - 272.

(上接第 91 页)

## 参考文献:

- [1] 张得荣, 卿素华, 陈以彬, 朱敏等编译. 金属毒理学手册[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1985. 3 - 35.
- [2] 王夔, 徐辉碧, 唐任寰, 罗贤懋. 生命科学中的微量元素(上卷)[M]. 北京: 中国计量出版社, 1991. 56 - 111.
- [3] 许嘉琳, 杨居荣. 陆地生态系统中的重金属[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 238 - 287.
- [4] 樊乃昌, 王权业, 周文扬, 景增春. 高原鼯鼠种群数量与植被破坏程度的关系[A]. 中国科学院西北高原生物研究所编. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会文集[C]. 北京: 科学出版社, 1989. 106 - 109.
- [5] Nichols J D, Pollock K H. Estimation methodology in contemporary small mammal capture-recapture study[J]. *J Mamm*, 1983, 64 (2): 253 - 260.
- [6] Chau Y K, Wong P T S, Kramer O. Direct Speciation Analysis of Molecular and Ionic Organometals[A]. In: Lppard G G ed. Trace Element Speciation Implication in Surface Waters and its Ecological Implication, Plenum[C]. New York: Publishing Corp, 1983. 87.
- [7] Webb M. The Chemistry, Biochemistry and Biology of Cadmium[M]. Elsevier/North Holland Biomedical Press, 1979.