

高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼无机化学成分的研究 II. 必需微量元素*

伊甫申 索有瑞 张宝琛

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘 要

本文报道了高原鼯鼠和高原鼠兔整体骨骼及头骨、脊柱骨和下肢骨中Cu、Zn、Fe、Mn、Co、Ni、Mo、Cr、Ti、F、Se和Ge 12种必需微量元素的含量, 并进行了显著性差异和相关性分析。结果表明: 只有Cu的含量在两种动物骨骼中没有显著性差异 ($P > 0.05$), 其余11种元素均有显著性或极显著性差异 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 其中Zn、Fe、Mn、Co、Ni、Mo、F和Se的含量, 高原鼯鼠 > 高原鼠兔, 而Cr、Ti和Ge的含量, 高原鼠兔 > 高原鼯鼠。微量元素在头骨、脊柱骨和下肢骨中分布很不均衡, 以头骨的微量元素最为丰富。

关键词 高原鼯鼠; 高原鼠兔; 骨骼; 无机化学成分; 必需微量元素

无机化合物是动物赖以生存的重要物质, 而动物骨骼主要以无机化合物构成, Ca、Mg、K、Na和P是其基本元素, 除此, 微量元素种类也很丰富, 这些元素大都以盐、氧化物、络合物、金属蛋白、酶等化学形态存在。这些元素及其化合物在固碳、载氧、生物矿化、细胞调节、神经传导、免疫应答等生物过程中起着关键作用。Cu、Zn、Fe、Mn、Se等必需微量元素是数百种酶的组分(孔祥瑞, 1982); Mn在酶中能影响软骨细胞的发育和骨骼组织的形成(多布罗沃利斯基, 1987); Se参与谷胱甘肽过氧化酶的合成, 具有抗氧化和保护细胞膜的作用(Shamberger, 1983)。动物必需微量元素各有其一定量的范围, 缺乏或过量都会产生不良后果(Venugopal, 1978)。

对野生小哺乳动物的研究, 是世界上很多动物学和生态学专家长期予以关注和从事的工作, 涉及内容非常广泛(Golley等, 1975; Grant等, 1979; Nichols等, 1983), 其中对鼠类研究多以如何有利于消灭为主攻方向, 而以开发利用害鼠的组织和器官为目的的研究较少。高原鼯鼠(*Myospalax baileyi*)和高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)是广泛分布于青藏高原的植食性小哺乳动物, 其数量多, 对草原破坏相当严重。为了掌握高原鼠兔的习性、行为及活动规律, 从而有效地灭鼠, 达到保护草原并提高载畜量的目的, 对其种群生态学已有很多研究(刘季科等, 1982; 樊乃昌等, 1988; 施银柱等, 1991)。但对这两种动物骨骼微量元素的比较研究尚未见报道。近年来, 作者发现这两种小哺乳动物的骨骼有良好的药用价值, 因此, 研究其化学成分就更重要。为了测定高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼的无机化学成分, 更为合理开发利用这类生物资源提供科学依据, 本文对两种动物骨骼12种必需微量元素的含量及其不同部位的分布进行了分析和比较。

* 本文于1996年3月12日收到, 1997年1月28日收到修改稿

材料与方法

1. 样品来源及预处理

供本项研究试用的高原鼯鼠和高原鼠兔, 于1994年5~6月采自中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区。样本为成鼠, 随机取样。将选择的样鼠剥皮剔肉, 取其骨骼, 风干, 再经精细加工为纯骨。用去离子水冲洗干净, 在60℃恒温箱中烘干, 按头骨、脊柱骨、下肢骨和整体骨骼分别取样, 经粉碎过30~60目筛, 备用。

(1) 灰化 将粉碎的骨样在60℃烘3 h, 各份样品准确称取2.000 0 g于瓷坩锅中, 放入马弗炉内, 从低温升至500℃, 灰化3~4 h, 取出冷却后, 转入100 ml烧杯中, 加入5 ml HNO₃, 在低温电热板上加热溶解灰化, 控制容积至3 ml, 稍冷后转入100 ml容量瓶, 去离子水定容, 摇匀。此试样溶液用于测定Cu、Zn、Fe、Mn、Co、Ni、Mo、Cr和Ti。

(2) 消化 各份样品均准确称取1.000 0 g于100 ml烧杯中, 加入5 ml HNO₃, 放置4 h后, 在电热板上低温消化1 h, 加2 ml H₂O₂, 再消化容积1~2 ml, 加5 ml HNO₃, 加热溶解盐类, 转入50 ml容量瓶, 去离子水定容, 摇匀, 用于测定Se、F和Ge。

2. 测定方法、仪器及其条件

Cu、Zn、Fe、Mn、Co和Ni用GGX-5型原子吸收分光光度计测定, 仪器的工作条件列于表1。Se和Ge用XDY-1型无色散原子荧光仪测定(索有瑞等, 1994); Mo用JP-II型催化示波极谱仪, 在三电极导数部分测定; F用离子选择电极测定; Cr和Ti用721型分光光度计测定。Cr的显色剂为二苯基碳酰二肼, 波长为540 nm; Ti的显色剂是H₂O₂, 波长为420 nm。

表1 原子吸收仪测定元素的工作条件

Table 1 Operating conditions for the determination of elements with AAS

元素 Elements	波长 Wavelength (nm)	狭缝 Slit (nm)	灯电流 Electric current of lamp (mA)	空气流速 Air flow rate (MPa)	乙炔流速 Acetylene flow rate (MPa)	负电压 Negative voltage (V)
Cu	324.8	0.2	2.0	0.30	0.05	287
Zn	213.9	0.2	2.0	0.30	0.05	265
Fe	248.3	0.2	3.0	0.30	0.05	270
Mn	279.5	0.2	2.5	0.25	0.06	290
Co	240.7	0.2	2.0	0.30	0.03	270
Ni	232.0	0.2	2.5	0.30	0.04	295

结果与讨论

1. 各种微量元素的含量及其比较

在高原鼯鼠与高原鼠兔骨骼的12种微量元素中, 仅Cu的含量无显著性差异(表2)。在有显著性差异的11种元素中, Zn、Fe、Mn、Co、Ni、Mo、F和Se的含量, 高原鼯鼠>高原鼠兔, 前者与后者各元素的比值分别为: Zn 1.12、Fe 1.65、Mn 1.20、Co 1.21、Ni 1.08、Mo 1.37、F 1.62、Se 1.27; 而Ti、Cr和Ge的含量, 高原鼠兔>高原鼯鼠, 前者与后者三种元素的比值分别为: Ti 1.83、Cr 1.74、Ge 1.15。由此可见, 两种小哺乳动物虽然有相同的栖息地(刘季科等, 1982), 但由于二者的生态习性及食性具有显著差

异, 使其骨骼微量元素含量差别很大。

表2 高原鼯鼠和高原鼠兔骨骼中微量元素含量 ($\bar{x} \pm SD$, 范围, mg/kg)

Table2 The contents of trace elements in skeleton of plateau zokers and plateau pikas ($\bar{x} \pm SD$, Range, mg/kg)

元素 Elements	样本数 Sample sizes	高原鼯鼠 Plateau zokers	高原鼠兔 Plateau pikas	t 检验 t test
Cu	18	8.36 ± 6.07 3.78~ 18.38	8.41 ± 3.08 5.15~ 13.24	t = 0.031 p > 0.05
Zn	18	172.3 ± 10.02 156.1~ 187.0	153.5 ± 12.15 137.4~ 166.4	t = 5.087 p < 0.001
Fe	18	312.5 ± 39.27 259.1~ 368.8	189.9 ± 18.27 158.3~ 214.3	t = 12.01 p < 0.001
Mn	18	4.36 ± 1.06 3.33~ 6.23	3.64 ± 0.30 3.25~ 4.17	t = 2.769 p < 0.01
Co	18	0.228 ± 0.049 0.17~ 0.31	0.188 ± 0.012 0.17~ 0.20	t = 3.333 p < 0.01
Ni	18	0.148 ± 0.023 0.15~ 0.22	0.170 ± 0.016 0.14~ 0.20	t = 2.121 p < 0.05
Mo	18	0.364 ± 0.080 0.26~ 0.48	0.266 ± 0.020 0.24~ 0.30	t = 5.052 p < 0.001
Cr	18	1.76 ± 0.38 1.20~ 2.35	3.07 ± 0.76 1.95~ 4.05	t = 6.550 p < 0.001
Ti	18	74.34 ± 26.81 39.97~ 114.9	135.7 ± 48.58 59.95~ 204.8	t = 4.692 p < 0.001
F	18	33.77 ± 3.30 28.34~ 39.45	20.87 ± 6.72 12.23~ 31.13	t = 7.309 p < 0.001
Se	18	0.168 ± 0.045 0.100~ 0.221	0.132 ± 0.025 0.090~ 0.153	t = 3.000 p < 0.001
Ge	18	0.343 ± 0.044 0.27~ 0.42	0.393 ± 0.059 0.29~ 0.48	t = 2.890 p < 0.01

2. 微量元素在头骨、脊柱骨和下肢骨中的分布

高原鼯鼠和高原鼠兔的头骨、脊柱骨及下肢骨中12种微量元素含量见表3。

高原鼯鼠头骨中含量最高的元素有Cu、Fe、Mn、Co、Ti、Mo、Se和Ge。与其脊柱骨和下肢骨比较, 倍数分别是: Cu 4.10、4.50; Fe 1.21、1.37; Mn 1.62、1.69; Co 1.54、1.55; Ti 1.82、2.12; Mo 1.63、1.52; Se 1.18、2.08; Ge 1.20、1.38。脊柱骨中含量最高的元素有Ni、Cr和F。与其头骨和下肢骨比较, 倍数分别是: Ni 1.24、1.24; Cr 1.76、1.25; F 1.28、1.09。下肢骨含量最高的元素只有Zn, 它是其头骨的1.16倍、脊柱骨的1.07倍。

高原鼠兔头骨含量最高的元素有Cu、Fe、Mn、Ti、Cr、Se和Ge。与其脊柱骨和下肢骨比较, 倍数分别是Cu 2.40、1.84; Fe 1.04、1.23; Mn 1.19、1.15; Ti 2.88、1.46; Cr 1.96、1.30; Se 1.03、1.63; Ge 1.13、1.46。脊柱骨含量最高的元素有Co、Ni和Mo。与其头骨和下肢骨比较, 倍数分别是: Co 1.01、1.01; Ni 1.11、1.24; Mo 1.01、1.14。下肢骨含量最高的元素只有Zn和F, 与其头骨和脊柱骨比较, 倍数分别是Zn 1.08、1.17; F 2.22、1.65。

上述结果表明: 12种微量元素在两种动物的头骨、脊柱骨和下肢骨中的分布很不均衡, 以头骨含量最为丰富, 不但高含量元素多, 而且高幅显著。其中Cu、Fe、Mn、Ti、Se和Ge 6种元素在两种动物头骨中的含量均明显高于脊柱骨和下肢骨。高原鼯鼠头骨较脊柱骨和下肢骨含量高的元素还有Co和Mo, 而高原鼠兔头骨较脊柱骨和下肢骨含量高的元素还有Cr; 高原鼯鼠脊柱骨含量最高的元素有Ni、Cr和F; 而高原鼠兔脊柱骨较头骨

和下肢骨含量高的元素有Ni和Mo; 高原鼯鼠下肢骨中含量最高的元素只有Zn, 而高原鼠兔下肢骨中含量最高的元素也有Zn, 另一种元素是F。由此可知, 尽管元素在头骨、脊柱骨和下肢骨中含量差异较大, 但在3个部位骨骼中的分布规律却有不少相同点。

表3 高原鼯鼠和高原鼠兔不同部位骨骼微量元素含量 (n= 5, mg/kg)

Table 3 Contents of trace elements in different parts of skeleton of plateau zokers and plateau pikas

元素 Elements	高原鼯鼠 plateau Zoker			高原鼠兔 plateau pika		
	头骨	脊柱骨	下肢骨	头骨	脊柱骨	下肢骨
	Cranium	Backbone	Leg bone	Cranium	Backbone	Leg bone
Cu	17.73	4.32	3.94	12.97	5.41	7.03
Zn	158.8	171.9	184.1	152.5	140.3	164.1
Fe	361.9	298.3	264.9	201.6	194.3	160.0
Mn	5.93	3.67	3.50	4.00	3.37	3.47
Co	0.292	0.190	0.188	0.186	0.188	0.186
Ni	0.170	0.210	0.170	0.170	0.188	0.152
Mo	0.474	0.290	0.312	0.276	0.278	0.244
Cr	1.27	2.24	1.79	3.98	2.03	3.06
Ti	101.9	55.95	47.96	192.8	66.94	131.9
F	29.34	37.45	34.41	13.34	17.90	29.55
Se	0.218	0.185	0.105	0.152	0.148	0.093
Ge	0.404	0.338	0.292	0.462	0.410	0.316

3 微量元素间的相关性

在高原鼯鼠骨骼中12种微量元素间的66组相关性分析中, 4组有显著相关, 49组有极显著相关, 13组没有相关性 (表4)。由此可见, 这种骨骼中元素之间相关性范围很广。在高原鼠兔骨骼中12种微量元素的66组相关性分析中, 10组有显著相关, 21组有极显著相关, 35组没有相关性 (表5), 其极显著相关的元素明显低于高原鼯鼠骨骼, 而没有相关性的元素明显高于高原鼯鼠骨骼, 但总体观察, 元素相关范围并不狭窄。

表4 高原鼯鼠骨骼微量元素间的相关性 (n= 18)

Table 4 Correlations among trace elements in skeleton of plateau zokers (n= 18)

	Cu	Zn	Fe	Mn	Co	Ni	Mo	Cr	Ti	F	Se	Ge
Cu		0.876**	0.879**	0.980**	0.902**	0.321	0.926**	0.851**	0.757**	0.866**	0.744**	0.828**
Zn			0.884**	0.878**	0.766**	0.045	0.739**	0.510*	0.670**	0.624**	0.566*	0.963**
Fe				0.146	0.909**	0.114	0.873**	0.648**	0.915**	0.668**	0.848**	0.924**
Mn					0.940**	0.377	0.943**	0.480**	0.819**	0.200	0.760**	0.898**
Co						0.355	0.936**	0.826**	0.867**	0.825**	0.659**	0.809**
Ni							0.419	0.671**	0.185	0.544*	0.138	0.276
Mo								0.912**	0.870**	0.867**	0.604**	0.754**
Cr									0.696**	0.939**	0.316	0.575*
Ti										0.673**	0.630**	0.735**
F											0.394	0.645**
Se												0.926**
Ge												

* 0.05 > P > 0.01; ** P < 0.01

了解两种动物头、脊柱和下肢3个部位骨骼微量元素含量的分布规律及元素间的相关性,有利于研究其器官和组织生理生化特征及功能。而同类部位骨骼微量元素含量差异的发现,为两种动物骨骼的区分提供了新的鉴别途径。

表5 高原鼠兔骨骼微量元素间的相关性 (n= 18)

Table 5 Correlations among trace elements in skeleton of plateau pika (n= 18)

	Cu	Zn	Fe	Mn	Co	Ni	Mo	Cr	Ti	F	Se	Ge
Cu		0.225	0.401	0.878**	0.016	0.201	0.177	0.916**	0.898**	0.545*	0.363	0.609**
Zn			0.728**	0.077	0.150	0.851**	0.570*	0.471*	0.428	0.560*	0.799**	0.556*
Fe				0.465	0.233	0.570*	0.581*	0.005	0.226	0.727**	0.910**	0.773**
Mn					0.241	0.065	0.041	0.831**	0.840**	0.434	0.393	0.569*
Co						0.123	0.102	0.040	0.014	0.074	0.080	0.071
Ni							0.783	0.467	0.432	0.563*	0.849**	0.529*
Mo								0.012	0.077	0.641**	0.698**	0.603**
Cr									0.990**	0.197	0.046	0.293
Ti										0.191	0.065	0.295
F											0.906**	0.930**
Se												0.918**
Ge												

* 0.05 > P > 0.01; ** P < 0.01

参 考 文 献

- 孔祥瑞 1982 必需微量元素的营养、生理及临床意义 合肥: 安徽科学技术出版社, 5~ 36
- 多布罗沃利斯基著 (朱颜明译, 戴国良校). 1987. 微量元素地理学 北京: 科学出版社, 44~ 49
- 刘季科, 梁杰荣, 周兴民, 李建华 1982 高寒草甸生态系统定位站地区的啮齿动物群落与数量 见: 夏武平主编 高寒草甸生态系统 兰州: 甘肃人民出版社, 34~ 43
- 施银柱, 边疆晖, 王权业, 张堰铭 1991. 高寒草甸地区小哺乳动物群落多样性的初步研究 兽类学报, 11 (4): 279 ~ 284
- 索有瑞, 伊甫申 1994 氢化物无色散原子荧光光谱法测定生物样品中微量硒 高原生物学集刊, 12: 211~ 217
- 樊乃昌, 王权业, 周文扬, 景增春 1989 高原鼠兔种群数量与植被破坏程度的关系 见: 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 北京: 科学出版社, 109~ 116
- Colley FB, Petusewicz K, Ryszkowski L, editors 1975. Small mammals: Their productivity and population dynamics London: Cambridge Univ. Press, 90~ 128
- Grant W E, Birney C E 1979. Small mammal structure in North American grassland J Mamm, 60: 23~ 26
- Nichols J D, Pollock K H. 1983 Estimation methodology in contemporary small mammal capture-recapture study. J Mamm, 64 (2): 253~ 260
- Shamberger R J. 1983 Biochemistry of selenium. New York: Plenum Press, 5~ 24
- Venugopal B. 1978 Metal toxicity in mammals I. physiologic chemical basis for metal toxicity. New York: Plenum press, 2~ 38

STUDIES ON THE INORGANIC CHEMICAL COMPOSITION IN SKELETONS OF PLATEAU ZOKER AND PLATEAU PIKA II. ESSENTIAL TRACE ELEMENTS

YI Fushen SUO Yourui ZHANG Baochen

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

Abstract

The contents and distributions of 12 trace elements were analyzed in the whole-length bone, cranium, backbone and legbone of plateau zoker (*Myospalax baileyi*) and plateau pika (*Ochotona curzoniae*). The twelve trace elements are Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Ni, Mo, Cr, F, Se, Ti and Ge. The results were as follows:

The difference of the contents of only Cu in the skeleton of two kinds of animals was not significant, the difference of another 11 trace elements were remarkable ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), the contents of Zn, Fe, Mn, Co, Ni, Mo, F and Se of the plateau zokers were higher than the plateau pikas; Cr, Ti and Ge of the plateau pikas were higher than plateau zokers.

The distribution of trace elements was not average in the cranium, backbone and legbone, the trace elements were the richest in the cranium.

Key words Plateau zoker (*Myospalax baileyi*); Plateau pika (*Ochotona curzoniae*); Skeleton; Inorganic chemical composition; Trace element