

长爪沙鼠脏器重量和肠道长度的季节性变化

张志强^{1, 2} 王德华[†]

(1 中国科学院动物研究所, 农业虫害鼠害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100101)

(2 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036)

摘要: 小哺乳动物内脏器官的重量和消化道的长度具有可塑性, 与其所处的环境密切相关。为进一步了解长爪沙鼠对季节性环境的适应, 比较了活捕于内蒙古太仆寺旗的长爪沙鼠的体重、内脏器官的重量及肠道各段长度的性别和季节变化。结果显示: 除体重和体长雄鼠高于雌鼠, 肝脏的湿重低于雌鼠外, 其他指标均未检测到性别差异。雌雄鼠的体重和心脏的湿重都在冬季最高, 夏季最低; 雄鼠肝脏的湿重夏季最高, 春季和冬季最低, 雌鼠无季节性变化。睾丸的湿重在春季最高。盲肠和小肠的湿重秋季高于春季, 胃和大肠的湿重无季节性差异。小肠的长度冬季最长, 夏季最短; 盲肠春季最短, 大肠春季最长, 夏季最短。体重、心脏、消化器官和其他内脏器官的重量, 以及消化器官长度的可塑性变化等对于长爪沙鼠适应环境具有重要的意义。

关键词: 内脏器官; 消化道; 表型可塑性; 性别; 季节; 长爪沙鼠

中图分类号: Q494

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2009)03-0294-08

Seasonal variations of visceral organ mass and gut length in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*)

ZHANG Zhiqiang^{1, 2}, WANG Dehua[†]

(1 State Key Laboratory of Integrative Management of Pest Insects and Rodents Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100101, China) (2 College of Animal Science and Technology, Anhui Agriculture University, Hefei 230036 China)

Abstract Both visceral organ mass and digestive tract length show phenotypic plasticity in small mammals which in turn is related to their living environmental conditions. To further understand the seasonal adaptive strategy for wild Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*), we measured the sexual and seasonal variations of the body mass, masses of visceral organs and digestive organs as well as the length of each portion of the gut from July 2004 to May 2005 at Taipusi County, Nei Mongol, China. All specimens were measured 1-3 days after they were live-trapped. Both body mass and body length for male gerbils were higher than those of females, but average liver mass for male gerbils was lower than that of females and no sexual variation was found for other organ masses. For both the sexes, body mass and heart mass was highest in winter and lowest in summer. For male gerbils, liver mass was higher in summer and lowest in spring and winter, but no seasonal variation was found in female gerbils. The average testes mass was highest in spring. The mass of both the caecum and small intestine was higher in autumn than in spring, but no seasonal differences were found among other seasons. Average mass of both the stomach and large intestine did not show any seasonal variation. The length of small intestine was longest in winter and shortest in summer. The length of the caecum was shortest in spring and the length of the large intestine was longest in spring and shortest in summer. The plastic variations of body mass, and the respective masses of heart, digestive organs and other visceral organs, as well as the lengths of digestive organs may play important roles in the adaptation of Mongolian gerbils to changing environments.

Key words Digestive tract; Gender; Internal organ; Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*); Phenotypic plasticity; Season

表型可塑性 (phenotypic plasticity) 是指某一个特定的基因型对不同的环境条件产生反应而产生不同表型的特性 (Pigliucci 2001)。它在自然界中

广泛存在, 并且常与生态学相关的行为、生理、形态和生活史特征有关 (Miner et al., 2005)。内脏器官的重量能反映动物的生长发育情况和生理生态

基金项目: 科技部 973 资助项目 (2007BC109103); 中科院知识创新工程资助项目 (KSCX2-YW-N-06)

作者简介: 张志强 (1973-), 男, 博士, 副教授, 主要从事脊椎动物生理生态学研究。

收稿日期: 2008-09-08 修回日期: 2009-01-26

* 通讯作者, Corresponding author. E-mail: wangdh@ioz.ac.cn

状况, 可作为动物对环境适应的近似指标 (Pucek, 1965)。在温带地区, 小哺乳动物内脏器官的形态学改变通常与其功能相适应, 例如产热器官 (Li *et al.*, 2001; 张志强等, 2006)、消化器官 (王德华等, 1995; 杜卫国和鲍毅新, 2000; 杜卫国等, 2001; 王德华和王祖望, 2001), 以及免疫和生殖器官 (张志强和王德华, 2006) 等的重量存在季节和/或性别差异, 可随环境条件的变化进行适应性调整, 或存在权衡关系 (Martin *et al.*, 2008)。在逐渐缩短光周期和温度的条件下, 动物内脏器官的重量也表现出一定程度的可塑性 (Deveci and Egginton, 2002; 张志强等, 2007)。然而, 在野外条件下, 整合分析小哺乳动物内脏器官重量季节动态的资料很少, 限制了对动物适应环境变化的机理的全面理解。

长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 是一种栖息于典型草原和荒漠草原的非冬眠群居性小哺乳动物。室内研究表明, 长爪沙鼠对光周期 (Li *et al.*, 2003) 和温度 (Li *et al.*, 2001) 的变化反应不一, 食物质量可影响其器官重量和消化能力 (Li and Wang, 2007); 室外冷驯化或季节性条件下, 产热能力 (Li and Wang, 2005; 张志强等, 2006; Zhang and Wang, 2007) 和免疫功能 (张志强和王德华, 2006) 存在波动。然而, 在野外条件下, 尚未见关于其内脏器官重量季节动态的整合分析。长爪沙鼠的生存环境, 夏季炎热, 冬季寒冷, 食物的可利用性随着季节的更替而改变。我们据此预测: 1) 长爪沙鼠内脏器官的重量具有季节动态, 在环境胁迫加剧和能量需求增加的严寒季节, 主要内脏器官的重量, 如心脏、肝脏等的重量将增加, 而在较为温和的季节, 重量下降; 2) 消化器官, 尤其是小肠和盲肠的重量和长度, 将随着食物质量的改变表现出一定程度的可塑性。

1 材料与方法

1.1 自然概况

长爪沙鼠捕于内蒙古锡林郭勒盟太仆寺旗头支箭乡境内 (115°17'E, 41°58'N)。该地区为撂荒地, 与农作物并存的农牧交错区, 海拔为 1 300 ~ 1 800 m, 属温带大陆性气候。年平均温度 1.3°C, 1月份的平均温度 - 18.0°C, 7月份平均温度 17.8°C, 极端最低温度 - 34.4°C, 极端最高温度 32.7°C; 年降水量为 404.9 mm (陈佐忠, 1988)。

1.2 实验动物

于 2004 年 7 月下旬至 8 月上旬 (夏季)、10 月上旬 (秋季)、2005 年 1 月下旬至 2 月下旬 (冬季) 及 5 月上旬 (春季), 用 U 形铁丝笼, 以花生米为诱饵, 活捕长爪沙鼠。参照长爪沙鼠不同年龄段的划分标准, 把同时满足体长在 9~11 cm 和体重在 35~65 g 之间的雄鼠和雌鼠 (为排除雌鼠繁殖状态对内脏器官重量的影响, 经解剖检查, 以没有子宫斑的个体作为实验对象) 视为成年鼠 (夏武平等, 1982), 4 个季节分别捕获 21 只 (14 ♂/7♀)、17 只 (9 ♂/8♀)、26 只 (19 ♂/7♀) 和 18 只 (11 ♂/7♀)。将同一天捕获的长爪沙鼠暂养于同一塑料盒内 (485 cm × 385 cm × 200 cm), 喂以天然食物 [秋、冬和春季以小麦为食, 夏季模拟捕获地点的食物组成, 以披碱草 (*Elymus dahuricus*)、羊草和其它杂草的混合物为主, 并添加少量小麦], 动物可自由饮水。室内温度: 7~8 月为 20 ± 2°C, 10 月为 16 ± 2°C, 1~2 月为 3 ± 2°C, 5 月为 8 ± 2°C。光周期均为自然光照。

1.3 器官组织的解剖

在室内暂养 1~3 d 用电子天平称量动物的体重 (±0.1 g) 后, 断头处死, 迅速取出脾脏、心脏、肝脏、肺脏、肾脏和雄鼠的睾丸。分离出胃、小肠、大肠和盲肠, 将肠道各器官剔除肠系膜, 平展为自然状态的最大长度, 但不拉伸, 以直尺测量 (±1 mm); 之后, 纵剖开消化道各段器官, 经生理盐水充分冲洗内容物后, 用滤纸吸干表面水分, 称重 (±1 mg)。

1.4 数据统计分析

利用 SPSS for Windows 10.0 进行数据处理。分析前, 所有数据均用 Kolmogorov-Smirnov 检验其正态性, 方差齐次性用 Levene 检验, 对非正态分布的数据取自然对数使之标准化。用双因素方差分析 (Two-way ANOVA) 比较体重和体长的性别和季节差异。为去除体重的影响, 以体重为协变量, 用双因素协方差分析 (Two-way ANCOVA) 比较胴体重、消化器官和内脏器官重量的性别和季节差异; 为去除体长的影响, 以体长为协变量, 用 Two-way ANCOVA 比较肠道各段长度的性别和季节差异。对体重、体长和肝脏重量有性别差异的数据, 雌雄分开处理, 用单因素方差分析 (One-way ANOVA) 及 post hoc 比较同一性别不同季节间体重和体长的差异; 以体重为协变量, 用单因素协方差分析 (One-way ANCOVA) 及 post hoc 比较肝脏重量的季节差异。对无性别差异的数据进行雌雄合并处理。

肠道各段的长度以体长为协变量, 胴体重、消化器官和内脏器官的重量以体重为协变量, 均用 One-way ANCOVA 及 post hoc 进行多重比较。同一季节不同性别之间的差异采用独立样本 *t* 检验 (Independent samples *t*-test) 进行统计分析。文中数值均以平均值 ± 标准误 (Mean ± SE) 表示, $P < 0.05$ (双尾检验) 为差异显著。

2 结果

2.1 体重和体长的性别和季节变化

双因素方差分析表明, 雌雄鼠的平均体重分别为 48.6 ± 1.1 g 和 55.4 ± 0.9 g 雄鼠显著高于雌鼠 ($F_{(1, 74)} = 22.954$, $P < 0.05$); 雌雄鼠的体重都在冬季最高, 夏季最低 (雌鼠: $F_{(3, 25)} = 10.315$, $P < 0.05$; 雄鼠: $F_{(3, 49)} = 11.581$, $P < 0.05$)。以体重为协变量的双因素协方差分析表明, 胴体重无性别差异 ($F_{(1, 73)} = 0.202$, $P > 0.05$), 在春季和冬季最高, 夏季和秋季最低 ($F_{(3, 73)} = 13.704$, $P < 0.05$) (表 1)。

表 1 长爪沙鼠体重和器官重量的性别和季节变化

Table 1 Gender and seasonal changes of body mass and organ mass in wild Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*)

	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	P 值 P value		
					季节 S	性别 G	季节 × 性别 S × G
样本数 (n= ♂/♀)	14/7	9/8	19/7	11/7			
体重 Body mass (g)							
♂	48.6 ± 1.6 ^b	55.5 ± 2.0 ^{ab}	62.8 ± 1.4 ^a	54.7 ± 1.8 ^b	$P < 0.05$	$P < 0.05$	ns
♀	45.1 ± 2.3 ^b	45.4 ± 2.1 ^b	55.5 ± 2.3 ^a	48.9 ± 2.3 ^b			
胴体重 Carcass mass (g)							
♂	38.0 ± 0.5 ^b	38.1 ± 0.6 ^b	38.8 ± 0.5 ^b	40.3 ± 0.5 ^a	$P < 0.05$	ns	ns
♀	37.4 ± 0.7	38.6 ± 0.6	38.4 ± 0.7	39.5 ± 0.7			
心脏 Heart (mg)							
♂	294 ± 12 ^b	302 ± 15 ^b	330 ± 13 ^a	311 ± 13 ^b	$P < 0.05$	ns	ns
♀	278 ± 18	287 ± 17	362 ± 16	307 ± 17			
肺脏 Lung (mg)							
♂	371 ± 14 ^a	355 ± 17 ^{ab}	346 ± 14 ^{ab}	332 ± 15 ^b	ns	ns	ns
♀	376 ± 20	355 ± 19	369 ± 19	344 ± 19			
肝脏 Liver (g)							
♂	2.71 ± 0.13 ^a	2.28 ± 0.15 ^{ab}	2.17 ± 0.13 ^b	2.10 ± 0.13 ^b	ns	$P < 0.05$	ns
♀	3.16 ± 0.18	2.54 ± 0.17	2.61 ± 0.17	2.32 ± 0.17			
脾脏 Spleen (mg)							
♂	87 ± 9 ^{ab}	64 ± 10 ^b	58 ± 9 ^b	83 ± 9 ^a	ns	ns	ns
♀	61 ± 13	57 ± 12	58 ± 12	82 ± 8			
肾脏 Kidney (mg)							
♂	516 ± 22	465 ± 26	502 ± 23	560 ± 23	ns	ns	ns
♀	492 ± 32	498 ± 30	513 ± 29	477 ± 30			
睾丸 Testes (mg)							
♂	553 ± 63 ^c	537 ± 68 ^c	753 ± 54 ^b	930 ± 61 ^a	$P < 0.05$		
♀							
胃 Stomach (mg)							
♂	584 ± 24	601 ± 29	581 ± 25	534 ± 26	ns	ns	ns
♀	583 ± 35	580 ± 33	614 ± 33	550 ± 33			
小肠 Small intestine (g)							
♂	1.46 ± 0.11 ^{ab}	1.63 ± 0.13 ^a	1.49 ± 0.11 ^{ab}	1.27 ± 0.12 ^b	$P < 0.05$	ns	ns
♀	1.55 ± 0.16	1.64 ± 0.15	2.01 ± 0.15	1.47 ± 0.15			
盲肠 Caecum (mg)							
♂	542 ± 49 ^{ab}	696 ± 58 ^a	599 ± 51 ^{ab}	494 ± 52 ^b	ns	ns	ns
♀	634 ± 71	673 ± 67	629 ± 66	542 ± 67			
大肠 Large intestine (mg)							
♂	602 ± 51	592 ± 61	668 ± 53	529 ± 55	ns	ns	ns
♀	558 ± 74	672 ± 70	624 ± 68	499 ± 70			

数值以平均值 ± 标准误表示; 上标字母不同表示差异显著; 季节 (S)、性别 (G), 以及季节和性别 (S × G) 对器官重量的交互作用以体重为协变量, 用 ANCOVA 进行分析; 显著性水平为 $P < 0.05$ ns 表示差异不显著。

Data are presented as Mean ± SE. Different superscripts within the same row represent significant differences among seasons. ANCOVA with body mass as the covariate is used to analyze the effects of season (S), gender (G), and season × gender (S × G) interaction on organ mass. The significant level was set at $P < 0.05$. ns = No significant.

雌雄鼠的平均体长分别 10.3 ± 0.1 cm 和 11.3 ± 0.1 cm, 雄鼠显著高于雌鼠 ($F_{(1,74)} = 38.858$, $P < 0.05$); 雌雄鼠的体长 ($F_{(3,74)} = 6.166$, $P < 0.05$) 都在冬季最长, 夏季最短 (雌鼠: $F_{(3,25)} = 7.743$, $P < 0.05$, 雄鼠: $F_{(3,49)} = 4.722$, $P < 0.05$) (表 2)。

表 2 长爪沙鼠体长和肠道长度的性别和季节变化

Table 2 Gender and seasonal changes of body length and the length of gut in wild Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*)

	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	P值 P value		
					季节 S	性别 G	季节 × 性别 S × G
样本数 (n= ♂/♀)	14/7	9/8	19/7	11/7			
体长 Body length (cm)							
♂	10.7 ± 0.2^b	11.4 ± 0.2^{ab}	11.8 ± 0.2^a	11.3 ± 0.2^{ab}	$P < 0.05$	$P < 0.05$	ns
♀	10.1 ± 0.3^b	10.1 ± 0.2^b	10.8 ± 0.3^a	10.3 ± 0.3^b			
小肠长 Small intestine length (cm)							
♂	28.4 ± 1.0^c	35.8 ± 1.3^b	35.2 ± 1.0^a	33.6 ± 1.2^b	$P < 0.05$	ns	$P < 0.05$
♀	32.6 ± 1.5	32.3 ± 1.4	38.1 ± 1.4	34.6 ± 1.5			
盲肠长 Caecum length (cm)							
♂	5.0 ± 0.2^{ab}	6.2 ± 0.3^a	5.7 ± 0.2^a	5.1 ± 0.3^b	ns	ns	$P < 0.05$
♀	6.4 ± 0.4	5.7 ± 0.4	5.8 ± 0.3	5.3 ± 0.4			
大肠长 Large intestine length (cm)							
♂	12.5 ± 0.5^b	14.2 ± 0.7^b	13.9 ± 0.5^a	15.6 ± 0.6^a	$P < 0.05$	ns	ns
♀	13.5 ± 0.8	13.8 ± 0.7	15.8 ± 0.7	15.8 ± 0.8			

数值以平均值 ± 标准误差表示; 上标字母不同表示差异显著; 季节 (S)、性别 (G), 以及季节和性别 (S × G) 对肠道各段长度的交互作用以体长为协变量, 用 ANCOVA 进行分析; 显著性水平为 $P < 0.05$, ns 表示差异不显著

Data are presented as Mean ± SE. Different superscripts within the same row represent significant differences among seasons. ANCOVA with body length as the covariate is used to analyze the effects of season (S), gender (G), and season × gender (S × G) interaction on the length of digestive organ. The significant level was set at $P < 0.05$; ns = No significant

2.2 内脏器官重量的性别和季节差异

内脏器官重量的性别和季节差异结果见表 1。

以体重为协变量的双因素协方差分析表明, 除雌鼠 (2.559 ± 0.082 g) 肝脏的湿重高于雄鼠 (2.231 ± 0.067 g) ($F_{(1,73)} = 8.345$, $P < 0.05$) 外, 心脏、脾脏、肺和肾脏、胃、小肠、盲肠和大肠的湿重等均无性别差异。

雄鼠肝脏的湿重有季节差异 ($F_{(3,81)} = 10.988$, $P < 0.05$), 夏季最高, 冬季和春季最低 ($F_{(3,48)} = 5.583$, $P < 0.05$), 但雌鼠无差异 ($F_{(3,24)} = 2.664$, $P > 0.05$)。心脏 ($F_{(3,73)} = 4.758$, $P < 0.05$) 的湿重在冬季最高, 夏季最低。脾脏的湿重春季最高, 夏季其次, 秋季和冬季最低 ($F_{(3,73)} = 2.403$, $P > 0.05$)。睾丸的湿重春季最高, 冬季其次, 夏季和秋季最低 ($F_{(3,48)} = 8.737$, $P < 0.05$)。肺的湿重无季节差异 ($F_{(3,73)} = 1.791$, $P > 0.05$), 夏季与秋季和冬季相接近, 春季最低。肾脏 ($F_{(3,73)} = 0.678$, $P > 0.05$) 重量无季节性差

异。

胃 ($F_{(3,73)} = 1.452$, $P > 0.05$) 和 大 肠 ($F_{(3,73)} = 1.825$, $P > 0.05$) 的湿重无季节差异; 盲肠 ($F_{(3,73)} = 2.687$, $P > 0.05$) 和小肠 ($F_{(3,73)} = 2.870$, $P < 0.05$) 的湿重都在秋季最高, 春季最低。

2.3 肠道长度的性别和季节差异

以体长为协变量的双因素方差分析表明, 肠道各段的长度均无性别差异 (表 2)。

小肠 ($F_{(3,73)} = 7.088$, $P < 0.05$) 在冬季最长, 秋季和春季其次, 夏季最短, 且性别和季节具有交互作用 ($F_{(3,73)} = 3.532$, $P < 0.05$)。盲肠 ($F_{(3,73)} = 2.336$, $P > 0.05$) 在秋、冬季最长, 夏季其次, 春季最短, 且性别和季节具有交互作用 ($F_{(3,73)} = 3.178$, $P < 0.05$)。大肠 ($F_{(3,73)} = 5.857$, $P < 0.05$) 在冬季和春季最长, 夏季最短 (表 2)。

3 讨论

长爪沙鼠的体重和肝脏的湿重具有性别和季节差异, 且其变化规律不同于以往关于其他小哺乳动物的研究。同时, 内脏器官和消化器官的重量, 以及肠道各段的长度对季节变化表现出一定程度的可塑性, 这可能是其对固有生境的适应, 也可能是食物可利用性季节性波动的结果。

3.1 体重的变化

长爪沙鼠冬季的体重显著高于其它季节, 这与大多数小哺乳动物的研究结果不同 (Lovegrove, 2005), 也与室外实验驯化的结果不同 (Li and Wang, 2005), 这可能与野外条件下, 长爪沙鼠秋冬季的食物质量较高和具有躲避严寒的洞穴系统的存在有关 (张志强等, 2006)。室内冷暴露 (Steffen and Roberts, 1977; Li et al., 2001)、短光照 (Li et al., 2003) 和低温 (Li and Wang, 2007) 或低质量食物条件下 (Li and Wang, 2007), 长爪沙鼠的体重均无明显变化, 但在低质量食物时, 胴体湿重显著下降 (Li and Wang, 2007)。长爪沙鼠主要以秋季贮存的草籽和作物的种子作为越冬的食物来源, 冬季的食物质量高于其它季节, 并且所贮存的食物数量常常超出越冬所需; 同时, 长爪沙鼠不冬眠, 具有结构复杂的洞穴体系, 能起到躲避严寒的作用, 且活动时间明显少于其他季节。而在室外驯化条件下, 长爪沙鼠主要以鼠饲料作为食物来源, 食物质量不如种子, 且长时间处于冷暴露之下, 所以体重下降 (Li and Wang, 2005; 张志强等, 2006)。较高的食物质量和相对稳定的温度条件, 为长爪沙鼠成功越冬提供了良好的保障, 冬季体重的增加不但对提高越冬存活率有利, 也为春季繁殖活动的启动预贮了能量。

3.2 内脏器官重量的季节变化

在器官水平上, 器官重量的变化一般可视为动物对外界环境条件变化的反映。我们的研究表明, 雄性长爪沙鼠肝脏的湿重夏季最高, 春季和冬季最低, 但睾丸的重量春季和冬季最高, 夏季下降。肝脏是小哺乳动物体内一个重要的产热器官, 静止状态下其产热可占总体产热的 25% 左右 (Schmidt-Nielsen, 1997)。在冷驯化条件下, 中缅树鼩 (*Tupaia belangeri*) 和大绒鼠 (*Ethnomys miletus*) 肝脏占体重的百分比显著上升, 而布氏田鼠 (*Lasiopodomys brandtii*)、长爪沙鼠和达乌尔黄鼠 (*Spermophilus dauricus*) 肝脏占体重的百分比无

变化; 除长爪沙鼠外, 其余几种动物肝脏细胞水平的产热能力都明显增强 (Li et al., 2001)。而在逐渐缩短光周期和温度的条件下, 布氏田鼠肝脏的重量显著增加 (张志强等, 2007)。在洞庭湖区, 社鼠 (*Niviventer confucianus*) 肝脏的重量春季、秋季和冬季接近, 在夏季显著下降 (张美文等, 2006)。有研究发现, 喂以高纤维食物的长爪沙鼠, 其肝脏鲜重高于低纤维食物组 (Li and Wang, 2007)。长爪沙鼠夏季肝脏重量的增加, 可能与其取食纤维素含量较高的植物茎、叶有关。长爪沙鼠一年有两个繁殖高峰, 春季的 3~5 月和秋季的 9~10 月, 部分长爪沙鼠在冬季也能参与繁殖活动 (夏武平等, 1982)。我们的研究结果表明, 长爪沙鼠的睾丸重量在夏季最低, 秋、冬季开始增加, 并在春季达到最大值。这与长爪沙鼠的繁殖节律相一致, 在初春季节, 地面上常可见到大量外出活动的成年鼠和刚出生不久的幼年鼠 (体重约为 10 g 左右), 这再一次说明长爪沙鼠在冬季也会参与繁殖活动。

长爪沙鼠心脏的重量在冬季或春季最高, 而肺的重量在夏季最高, 春季最低, 脾脏和肾脏的重量无季节性变化。在逐渐缩短光周期和温度的条件下, 褐家鼠 (*Rattus norvegicus*) 和金色中仓鼠 (*Mesocricetus auratus*) 的心脏和肺 (Deveci and Egginton, 2002), 以及布氏田鼠的心脏、肺和肾脏等器官的重量明显增加 (张志强等, 2007)。褐家鼠和社鼠的心脏和肾脏相对重量, 春、冬季要高于夏、秋季 (杜卫国等, 1997, 1999; 张美文等, 2006), 而在室内驯养的灰仓鼠 (*Cricetulus migratorius*) 则无变化 (廖立夫等, 2002)。长爪沙鼠不冬眠, 一年之中有 5~6 个月生活于寒冷环境中, 心脏重量的增加有利于提高抵御严寒的能力。脾脏是一种重要的免疫器官, 其重量常被用作衡量动物免疫功能的一个指标, 但季节变化具有多样性 (Nelson and Demas, 1996)。红背鼠平 (*Clethrionomys rutilus*, Sealander and Bickerstaff, 1967) 和松田鼠 (*Microtus pinetorum*, Valentine and Kirkpatrick, 1970) 的脾脏重量在秋季和春季最高, 夏季最低, 而棉鼠 (*Sigmodon hispidus*) 则在秋、冬季达到最高值 (Lochmiller et al., 1994)。冷驯化时, 长爪沙鼠的脾脏重量无变化 (Steffen and Roberts, 1977), 但当取食高纤维食物时, 脾脏的重量明显下降 (Li and Wang, 2007)。野外条件下, 长爪沙鼠的脾脏重量无性别和季节差异, 这可能与其大部

分时间生活于寒冷环境, 或与光周期、温度和食物质量的综合作用有关。

3.3 消化器官长度和重量的季节变化

长爪沙鼠胃的重量和大肠的长度无季节性变化, 但其余消化器官的长度和重量有明显的变化, 这可能与长爪沙鼠食物成分的季节性变化及其生境有关。消化道的形态学可指示野外小型草食兽所面临的能量压力大小 (Wunder, 1992)。但在自然环境中, 面对寒冷和食物质量降低等因素的胁迫, 小哺乳动物消化道各器官的长度和重量的变化规律不同, 且反应的程度也有差异。在青藏高原高寒地区, 根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 的消化道季节变化显著 (王德华等, 1995), 而高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 未表现出季节性差异 (王德华和王祖望, 2000); 高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 总消化道长度保持稳定, 但组织鲜重和干重均于条件较恶劣的草枯黄期达到最大值, 其中尤以小肠的变化最为显著 (王德华和王祖望, 2001)。当面临低温胁迫时, 橙腹田鼠 (*Microtus ochrogaster*) 小肠的长度和重量增加, 取食高纤维食物时, 盲肠的长度和重量增加 (Gross *et al.*, 1985)。在我国南方地区, 对社鼠和褐家鼠 (杜卫国和鲍毅新, 2000)、黑腹绒鼠 (*Eothenomys melanogaster*) (汪晓琳等, 2007) 以及七种鼠科啮齿动物的研究表明, 不同物种消化道的形态学差别可能与各自的食性和生境有关 (杜卫国等, 2001), 生存于较差食物条件下的动物, 通常具有较大的消化道和较高的消化率。在春季, 可供长爪沙鼠利用的食物资源量减少, 食物质量也大幅度下降, 并伴有大风和低温。长爪沙鼠盲肠和小肠的湿重秋季高于春季, 小肠的长度在冬季最长, 夏季最短。然而, 饲喂高纤维食物的长爪沙鼠小肠的长度高于低纤维食物组, 但重量无差异, 消化道全长和总消化道的重量都高于低纤维食物组 (Liu and Wang, 2007)。实验室条件下, 取食高纤维食物时, 长爪沙鼠消化道总长度和总重量增加不显著, 但小肠的重量, 盲肠的长度和重量显著增加 (Pei *et al.*, 2001)。这说明, 长爪沙鼠消化道的长度和重量具有一定的可塑性, 可根据环境条件的改变进行适应性调整, 这可能与其生活史历时较短, 不同生理阶段对能量的需求不同有关, 可最大限度地提高其存活能力。

在器官水平, 长爪沙鼠心脏、肝脏和睾丸的重量, 以及小肠的长度和重量都表现出季节性差异。在不同的环境压力下, 内脏器官重量的可塑性变化

是长爪沙鼠适应多变的环境条件的主要对策, 这种变化与其食物组成的季节性改变和生境有关。

致谢: 本项研究得到中国科学院动物研究所钟文勤研究员, 太仆寺旗植保站刘文东站长的支持和帮助, 特此致谢。感谢中国科学院动物研究所动物生理生态学研究组全体成员对论文初稿所提出的修改建议。

参考文献:

- Chen Z Z. 1988. Topography and climate of Xilin River basin. In Inner Mongolian Grassland Ecosystem Research Station of Academia Sinica ed Research on Grassland Ecosystem. Beijing Science Press: 13-22. (in Chinese)
- Deveci D, Egginton S. 2002. The effects of reduced temperature and photoperiod on body composition in hibernator and non-hibernator rodents. *Journal of Thermal Biology*, **27**: 467-478.
- Du W G, Bao Y X, Liu J K. 2001. A comparison on length and weight of digestive tract among seven species of rodents (Muridae). *Acta Theriologica Sinica*, **21** (4): 264-270. (in Chinese)
- Du W G, Bao Y X, Shi L Q, Yu H Y. 1999. Weight and water content of body and internal organs in *Rattus niviventer*. *Chinese Journal of Zoology*, **34**: 23-25. (in Chinese)
- Du W G, Bao Y X. 2000. Seasonal variations in length and weight of the digestive tracts in *Rattus niviventer* Confucianus and *Rattus norvegicus*. *Acta Zoologica Sinica*, **46**: 271-277. (in Chinese)
- Du W G, Yu H Y, Shi L Q, Bao Y X. 1997. Weight and water content of body and internal organs in *Rattus norvegicus*. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, **8**: 161-163. (in Chinese)
- Gross J E, Wang Z W, Wunder B A. 1985. Effects of food quality and energy needs changes in gut morphology and capacity of *Microtus ochrogaster*. *Journal of Mammalogy*, **66**: 661-667.
- Li Q F, Sun R Y, Huang C X, Wang Z K, Liu X T, Hou J J. 2001. Cold adaptive thermogenesis in small mammals from different geographical zones of China. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, **129**: 949-961.
- Li X S, Wang D H, Yang J C. 2003. Effects of photoperiod on body weights and energy metabolism in Brandt's voles and Mongolian gerbils. *Acta Theriologica Sinica*, **23** (4): 304-311. (in Chinese)
- Li X S, Wang D H. 2005. Seasonal adjustments in body mass and thermogenesis in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*): the roles of short photoperiod and cold. *Journal of Comparative Physiology B*, **175**: 593-600.
- Li X S, Wang D H. 2007. Photoperiod and temperature can regulate body mass, serum leptin concentration and uncoupling protein 1 in Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*) and Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, **80**: 326-334.

Liao L F, Li W, Wang C, Nie S C. 2002. The growth index and is

- changes of main internal organs in *Criceulidus migratorius*. *Acta Theriologica Sinica*, **22** (4): 299–303. (in Chinese)
- Liu Q S, Wang D H. 2007. Effects of diet quality on phenotypic flexibility of organ size and digestive function in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Journal of Comparative Physiology B*, **177**: 509–518.
- Lochmiller R L, Vestey M R, Murray S T. 1994. Temporal variation in humoral and cell-mediated immune response in a *Signalon hispidus* population. *Ecology*, **75**: 236–245.
- Lovegrove B G. 2005. Seasonal thermoregulatory responses in mammals. *Journal of Comparative Physiology B*, **175**: 231–247.
- Martin L B, Weil Z M, Nelson R J. 2008. Seasonal changes in vertebrate immune activity: mediation by physiological trade-offs. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **163**: 321–339.
- Miner B G, Sultan S E, Morgan S G, Padilla D K, Relyea R A. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends in Ecology and Evolution*, **20**: 687–692.
- Nelson R J, Demas G E. 1996. Seasonal changes in immune functions. *The Quarterly Review of Biology*, **71**: 511–549.
- Pei Y X, Wang D H, Hume I D. 2001. Effects of dietary on digesta passage, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphology in the granivorous Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *Physiological and Biochemical Zoology*, **74**: 742–749.
- Pigliucci M. 2001. Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture. Baltimore: Johns Hopkins University Press. 1.
- Pucek Z. 1965. Seasonal and age changes in the weight of internal organs of shrews. *Acta Theriologica*, **10**: 369–438.
- Schmidt-Nielsen K. 1997. Temperature regulation. In Schmidt-Nielsen K ed. *Animal Physiology: A Adaptation and Environment* (5th edition). Cambridge: Cambridge University Press.
- Seakander J A, Bickerstaff L K. 1967. Seasonal changes in reticulocyte number and in relative weights of the spleen, thymus, and the kidneys in the Northern red-backed mouse. *Canadian Journal of Zoology*, **45**: 253–260.
- Seffen J M, Roberts J C. 1977. Temperature acclimation in the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *Comparative Biochemistry and Physiology B*, **58**: 237–242.
- Valentine G L, Kirkpatrick R L. 1970. Seasonal changes in reproductive and related organs in the pine vole *Microtus pinetorum*, in southwestern Virginia. *Journal of Mammalogy*, **51**: 553–560.
- Wang D H, Wang Z W, Sun R Y. 1995. Seasonal variations in digestive tract morphology in root vole. *Acta Theriologica Sinica*, **15** (1): 53–59. (in Chinese)
- Wang D H, Wang Z W. 2000. Seasonal variations in digestive tract morphology in plateau zokor (*Myospalax baileyi*). *Acta Theriologica Sinica*, **20** (4): 270–276. (in Chinese)
- Wang D H, Wang Z W. 2001. Seasonal variations in digestive tract morphology in plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) on the Qinghai-Tibetan plateau. *Acta Zoologica Sinica*, **47**: 495–501. (in Chinese)
- Wang M J, Zhong W Q, Wan X R. 1998. Ecology and management of Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). In Zhang Z B, Wang Z W eds. *Ecology and Management of Rodent Pests in Agriculture*. Beijing: China Ocean Press, 209–238. (in Chinese)
- Wang X L, Bao Y X, Zheng R Q, Wu Y L, Lu X W. 2007. Seasonal variation in digestive tract length and weight in *Eothenomys melanogaster*. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (4): 284–287. (in Chinese)
- Wunder B A. 1992. Morphophysiological indicators of the energy state of small mammals. In Tanasi T, Horton T eds. *Mammalian Energetic Interdisciplinary Views of Metabolism and Reproduction*. Ithaca NY: Cornell University Press, 83–104.
- Xia W P, Liao C H, Zhong W Q, Sun C L, Tian Y. 1982. On the population dynamics and regulation of *Meriones unguiculatus* in agricultural region north to Yin Mountains, Inner Mongolia. *Acta Theriologica Sinica*, **2** (1): 51–71. (in Chinese)
- Zhang M W, Wang Y, Li B, Huang H. 2006. Comparison of some internal organs of *Niviventer confucianus* in Dongting lake region. *Chinese Journal of Zoology*, **41**: 113–117. (in Chinese)
- Zhang Z Q, Liu Q S, Li J Y, Wang D H. 2006. Seasonal changes of thermogenic capacity of brown adipose tissue and liver in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Acta Zoologica Sinica*, **52**: 1034–1041. (in Chinese)
- Zhang Z Q, Wang D H. 2006. Seasonal changes of immune function, body fat mass and organ mass in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Acta Theriologica Sinica*, **26** (4): 338–345. (in Chinese)
- Zhang Z Q, Wang D H. 2007. Seasonal changes in thermogenesis and body mass in wild Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, **148** (2): 346–353.
- Zhang Z Q, Zhang L N, Wang D H. 2007. Effects of reducing photoperiod and temperature on energy metabolism and body composition in Brandt's voles (*Laosipodmys brandtii*). *Acta Theriologica Sinica*, **27** (1): 18–25. (in Chinese)
- 王梦军, 钟文勤, 宛新荣. 1998. 长爪沙鼠的生态学及控制对策. 见: 张知彬, 王祖望主编. 农业重要害鼠的生态学和控制对策. 北京: 海洋出版社, 209–238.
- 王德华, 王祖望, 孙濡泳. 1995. 根田鼠消化道长度和重量的变化及其适应意义. 兽类学报, **15** (1): 53–59.
- 王德华, 王祖望. 2001. 高寒地区高原鼠兔消化道形态的季节动态. 动物学报, **47**: 495–501.
- 王德华, 王祖望. 2000. 高寒地区高原鼢鼠消化道形态的季节变化. 兽类学报, **20** (4): 270–276.
- 汪晓琳, 鲍毅新, 郑荣泉, 吴跃灵, 卢晓伟. 2007. 黑腹绒鼠消化道长度和重量的季节变化. 兽类学报, **27** (4): 284–287.
- 张志强, 王德华. 2006. 长爪沙鼠免疫功能、脂质含量和身体成分的季节性变化. 兽类学报, **26** (4): 338–345.
- 张志强, 张丽娜, 王德华. 2007. 渐变的光周期和温度对布氏田鼠能量代谢和身体成分的影响. 兽类学报, **27** (1): 18–25.
- 张志强, 刘全生, 李纪元, 王德华. 2006. 长爪沙鼠褐色脂肪组织和肝脏产热能力的季节性变化. 动物学报, **52**: 1034–1041.
- 张美文, 王勇, 李波, 黄璜. 2006. 洞庭湖区社鼠脏器重量的比较. 动物学杂志, **41**: 113–117.

李兴升, 王德华, 杨俊成. 2003 光周期对布氏田鼠和长爪沙鼠体重和能量代谢的影响. 兽类学报, 23 (4): 304-311.

杜卫国, 俞华英, 施利强, 鲍毅新. 1997. 褐家鼠的身体及内脏器官重量和含水量的初步研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 8 161-163.

杜卫国, 鲍毅新, 刘季科. 2001. 七种鼠科啮齿动物消化道长度和重量的比较. 兽类学报, 21 (4): 264-270.

杜卫国, 鲍毅新, 施利强, 俞华英. 1999. 社鼠内脏器官重量和水分含量的季节变化. 动物学杂志, 34: 23-25.

杜卫国, 鲍毅新. 2000. 社鼠和褐家鼠消化道长度和重量的季节变

化. 动物学报, 46 271-277.

陈佐忠. 1988 锡林河流域地形与气候概况. 见: 中国科学院内蒙古草原生态系统定位站编. 草原生态系统研究 (第三辑). 北京: 科学出版社, 13-22.

夏武平, 廖崇惠, 钟文勤, 孙崇璐, 田云. 1982. 内蒙古阴山北部农业区长爪沙鼠的种群动态及其调节研究. 兽类学报, 2 (1): 51-71.

廖力夫, 黎唯, 王诚, 聂时铨. 2002. 灰仓鼠重要内脏器官生长指数及其变化. 兽类学报, 22 (4): 299-303.

中国动物学会兽类学分会第七届理事会理事名单

顾 问: 孙儒泳 马建章 王祖望 张亚平

理 事 长: 张知彬

副理事长 (按姓氏笔画排序):

王 丁 王小明 方盛国 李进华 李保国 宋延龄 魏辅文

秘 书 长: 李 明

副秘书长: 张 伟 周材权 张 立 任宝平

理事名单 (按姓氏笔画排序)

丁 平	于 黎	马哈木提	尹 峰*	方盛国*	王 丁*
王小明*	王 勇	王德华*	王政昆	王玉志	冯志勇
冯 江	宁振东	边疆辉	龙勇诚*	刘雪华*	刘定震
刘起勇	刘季科	刘志霄	刘全生	刘少英	江海声
阮向东	吴 毅*	吴 华	宋延龄*	张知彬*	张健旭
张树义	张先锋	张 立*	张 伟	张恩迪	张成林*
张大铭	张明海*	张堰铭*	张泽钧	时 坤	李 明*
李义明	李玉春*	李进华*	李保国*	李金刚	李俊年
杨 明	杨奇森*	杨 光	杨维康	杨春文	苏建平
苏彦捷*	邵发道	邹红菲	佘文惠	周立志	周才权
周岐海	周 江	孟秀祥	宛新荣	岳碧松	罗晓燕
罗述金	金 崑	施大钊*	柳劲松	胡德夫	胡 刚
赵新全*	赵天飙	钟文勤*	徐来祥	徐宏发	徐艳春
郭 聪	高云芳	黄乘明*	雍严格	蒋 卫	蒋志刚*
蒋学龙*	蒋光藻	路纪琪	鲍毅新	廖力夫	魏辅文*
魏万红*					

(* 为常务理事)