

横断山区大绒鼠体重和身体能值的季节变化

朱万龙 贾婷 刘春燕 练硝 王政昆*

(云南师范大学生命科学学院 生物能源持续开发利用教育部工程研究中心 昆明 650092)

摘要: 为研究栖息于横断山区的大绒鼠 (*Eothenomys miletus*) 身体状况与环境之间的适应关系, 本实验对野外、实验室饲养及冷驯化条件下大绒鼠的体重和身体能值进行了测定。结果表明, 大绒鼠体重及身体能值存在季节性变化, 大绒鼠体重及身体能值的平均值 3 月最低, 6 月最高, 9 月次之, 11 月开始下降。冷驯化条件下大绒鼠的体重和身体能值均显著低于实验室饲养条件下的, 说明在季节变化过程中温度可能是影响其体重和身体能值的一个重要因素。大绒鼠的体重和身体能值的季节变化模式与横断山区的特殊生存环境有关, 在一定程度上反映了该物种对横断山特殊环境的生存适应对策。

关键词: 大绒鼠; 体重; 身体能值; 季节变化

中图分类号: Q955 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)05-134-05

Seasonal Changes in Body Mass and Energy Contents in *Eothenomys miletus* in Hengduan Mountain Region

ZHU Wan-Long JIA Ting LIU Chun-Yan LIAN Xiao WANG Zheng-Kun*

(School of Life Science of Yunnan Normal University, Engineering Research Center of Sustainable Development and Utilization of Biomass Energy Ministry of Education, Kunming 650092, China)

Abstract: In order to study the relationship between body status and circumstances in *Eothenomys miletus*, body mass and energy contents under different conditions (both infield and laboratory) were measured. The result showed that body mass and energy contents in *E. miletus* showed seasonal variations. Body mass and energy contents in *E. miletus* were higher in June and lower in March. Body mass and energy contents in the cold acclimation were decreased significantly to that in the condition of lab-breeding, indicating that temperature is an important factor to influence body mass and energy contents during seasonal changes. The change pattern of body mass and energy contents in *E. miletus* were related to the adaptation to the environment in Hengduan Mountainous Region.

Key words: *Eothenomys miletus*; Body mass; Body energy contents; Seasonal changes

能量获取与消耗之间的平衡是生命存活及繁殖的关键, 能量平衡依赖于食物摄入及消化、产热、生长、繁殖与其他活动的能量分配之间的平衡^[1]。自然条件下, 食物的丰富度和气候条件影响着动物的能量获取与消耗^[2,3]。当外界环境温度、食物条件发生变化时, 动物采取不同水平上的调节, 以适应环境的变化, 这些主要包括形态学、生理学及行为学等方面^[4]。由于受低温、繁殖等因素的影响, 小型哺乳动物身体状况在不同的条件下存在一定变化, 衡量动

物身体状况的指标很多, 包括肥满度、体脂含量和体重等, 其中以体重^[5~10]和身体能值^[11~13]作为衡量动物身体状况的重要指标研究得较多。

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 30260021, 30560026), 科技强省重点项目 (No. 2007C000Z1);

*通讯作者, E-mail: wz_k_930@yahoo.com.cn;

第一作者介绍 朱万龙, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生理生态; E-mail: zwl_8307@163.com.

收稿日期: 2007-12-30, 修回日期: 2008-05-01

横断山脉地区地处古北界和东洋界两大区系交汇处,是我国特有的高山峡谷地区;哺乳动物种类丰富,特有种类和古老种类比例高^[14],被誉为“第四纪冰期动物的避难所”;同时,该地区是举世瞩目的“南北动物迁移、扩散的走廊和通道”^[15]。由于横断山特殊的地质地貌和环境温度等条件的地带性和非地带性变化,可能对小型哺乳动物生理生态特征产生不同程度的影响。绒鼠属(*Eothenomys*)啮齿动物是田鼠亚科中的一个特殊的类群,为横断山脉地区的典型代表。除两种分布于日本外,其余均分布于我国的横断山脉及其附近地区。绒鼠属中的大绒鼠(*E. miletus*)是横断山脉地区的特有类群及典型代表^[16,17],是中国的特有种,在田鼠亚科中占有特殊的地位。大绒鼠在云南分布在剑川、鹤庆、保山等地,是滇西纵谷型鼠疫的主要动物宿主,为当地主要害鼠。本文以横断山地区的大绒鼠为研究对象,测定了其在不同季节的体重和身体能值,以了解该物种对横断山特殊环境的生存适应对策。

1 材料与方法

1.1 动物来源 实验动物于2007年3月、6月、9月、11月用鼠笼捕自云南省剑川县石龙村(北纬26°22′,东经99°48′),海拔2550~2615 m的农田、灌丛中。该地区位于云岭山脉的中部(属横断山),北纬26°15′~26°45′,东经99°40′~99°55′,境内玉龙雪山最高峰海拔5596 m,西部山区平均海拔在3000 m以上,地势高差悬殊,山脉南北走向。年平均气温9.1℃;1月平均最低温度为-4.0℃,7月平均最高温度为24.1℃,低于同纬度平原地区;气温随海拔高度的增加而显著降低。该地区干湿季节分明,常冬无夏,表现出明显的温带季风气候特征^[17]。

1.2 动物处理 不同季节采集动物,捕获的动物带回云南师范大学生命科学学院动物实验室,进行不同处理。3月31只、6月14只、9月15只、11月11只,带回实验室后即处死。称量体重,记录性别、繁殖状态等,然后进行解剖。仔细将胃肠器官完全取出,称量胴体重后将胴

体置烘箱内(60℃)烘至恒重,称量干重。用小型粉碎机粉碎混匀,用全自动氧弹式热量仪(YX-ZR/Q型,长沙友欣仪器制造有限公司生产)测定热值。野外采集的孕鼠作为繁殖状态参考,本实验动物均为非繁殖的成年个体。

实验室饲养组($n=17$)是将2007年3月捕捉的大绒鼠置于透明的小鼠饲养盒内(260 mm ×160 mm ×150 mm),无巢材,每盒1只。每日喂以浸泡过的玉米及少量水果、蔬菜,用塑料瓶供水,自然光照,常温饲养。室内饲养49 d后,处死动物,测量相关指标。

实验室冷驯化组($n=15$)是将2007年3月捕捉的大绒鼠室温适应一周后,置于冷房内饲养,食物条件同实验室饲养组。冷驯化条件是(5±1)℃,光照条件为12D:12L,冷驯化49 d后,将动物处死,测量相关指标。

1.3 统计分析 采用SPSS 15.0软件包进行实验数据的统计分析。体重和身体能值的季节性差异采用单因子方差分析(One-way ANOVA);实验室饲养组与冷驯化组的体重及身体能值的差异采用独立样本 t -test。结果均以平均值±标准误(Mean±SE)表示, $P<0.05$ 为差异显著, $P<0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 不同季节体重及身体能值的变化 大绒鼠体重、胴体重、身体能值均为6月份最大,3月份最小。经单因子方差分析多重比较(Duncan法)分析显示,不同季节大绒鼠的体重及胴体重均差异极显著(体重: $F_{(3,67)}=21.196$, $P<0.01$;胴体重: $F_{(3,67)}=13.615$, $P<0.01$) (图1);不同季节大绒鼠的身体能值差异极显著($F_{(3,67)}=21.011$, $P<0.01$) (图2)。

2.2 实验室饲养组、冷驯化组之间体重及身体能值的差异 经独立样本 t -test分析显示,实验室饲养组与冷驯化组大绒鼠的体重、胴体重及身体能值均差异极显著($P<0.01$,图3、4)。

3 讨论

3.1 体重 生活于温带地区的小型哺乳动物

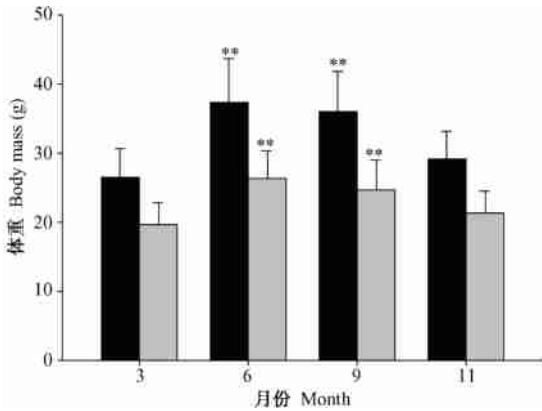


图 1 不同季节大绒鼠的体重及胴体重

Fig. 1 Seasonal changes of body mass and carcass weight in *Eothenomys miletus*

** $P < 0.01$ (与 3 月比较); 黑色代表体重, 灰色代表胴体重。 ** $P < 0.01$, compare with data in March; Black means body mass, gray means carcass weight.

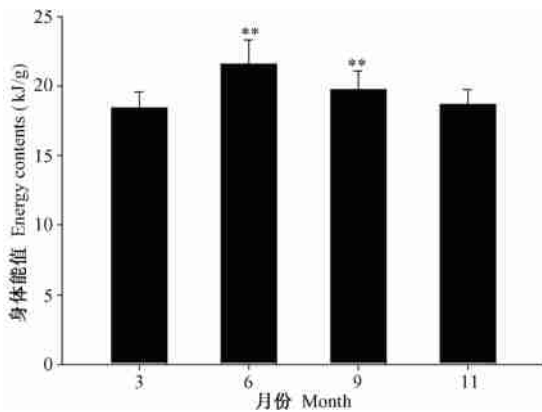


图 2 不同季节大绒鼠的身体能值

Fig. 2 Seasonal changes of energy contents in *Eothenomys miletus*.

** $P < 0.01$ (与 3 月比较)。
** $P < 0.01$, compare with data in March.

在严寒的冬季往往要面临许多环境因子的胁迫, 主要包括由低温而导致的能量消耗(如产热)的增加和可利用食物资源(食物数量和质量)的相对减少^[18]。与之相适应的, 体重也表现出较强的可塑性^[8]。许多北方高纬度地区小型哺乳动物的体重具有较显著的季节性变化, 表现为冬季或冷驯化条件下的体重降低^[19,20], 如加卡利安鼠 (*Phodopus sungorus*)^[21,22]、鼯鼠属 (*Sorex*) 的大多数种类^[20]。广泛分布于北方高

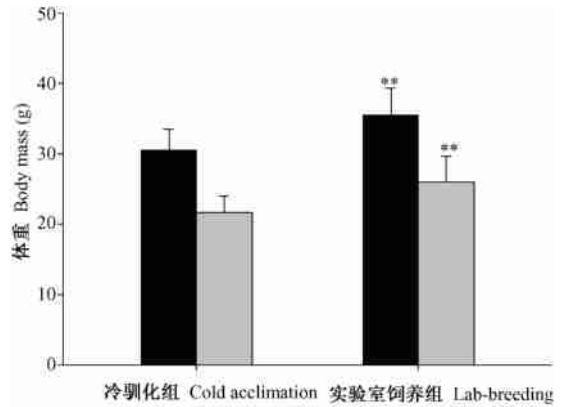


图 3 不同处理条件下大绒鼠的体重和胴体重

Fig. 3 Variations of body mass and carcass weight in *Eothenomys miletus* under different disposals

** $P < 0.01$ (与 3 月比较); 黑色代表体重, 灰色代表胴体重。 ** $P < 0.01$, compare with data in March; Black means body mass, gray means carcass weight.

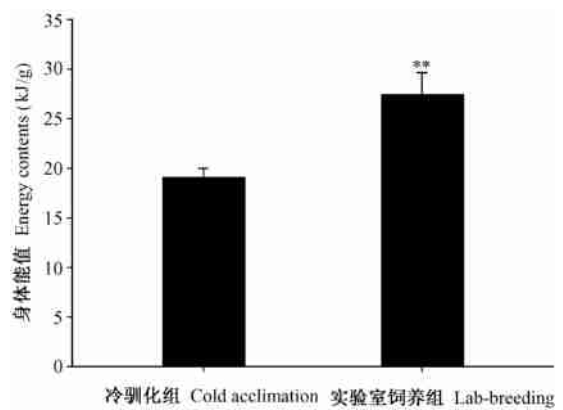


图 4 大绒鼠身体能值在不同处理条件下的变化

Fig. 4 Variations in energy contents of *Eothenomys miletus* under different disposals

** $P < 0.01$ (与 3 月比较)。
** $P < 0.01$, compare with data in March.

纬度地区的鼯鼠属 (*Clethrionomys*) 物种及其他田鼠类, 其体重也具有非常显著的季节性变化^[23,24], 体重变化幅度达到 20% ~ 57%。并且, 分布纬度越高体重变化幅度越大^[21], 如欧鼯 (*C. glareolus*) 的体重从夏季的 24 g 下降到冬季的 19 g^[24]; 红背鼯 (*C. dawsoni*) 冬季体重降低 46%, 可节约大约 30% 的能耗^[25], 这对其在冬季低温和食物短缺环境节约能量, 提高生存力具有重要的适应意义^[21]。

大绒鼠的体重、胴体重均为 6 月份最大,3 月份最小,这与大绒鼠生活的环境是相关的:该地区年平均气温 9.1^{°C},1 月平均最低温度为 -4.0^{°C},7 月平均最高温度为 24.1^{°C},低于同纬度平原地区^[22]。在冬季大绒鼠生活的环境温度比较低,此时大绒鼠低的体重和胴体重与当时的环境条件有关,因为 3 月份是越冬后,受初春温度较低、食物条件尚未恢复到最好状态等因素的影响,降低体重可以节约能量消耗,对动物的生存具有重要的适应意义^[26]。6~9 月是大绒鼠的繁殖期^[26,27],其需要的能量较多。本实验中,6 月和 9 月捕捉的雌性大绒鼠中有孕鼠,胎仔数平均为 2~4 只,在繁殖期,大绒鼠需要消耗大量的能量来完成妊娠、哺乳等过程,需要摄入大量的能量完成繁殖过程,因此体重较大。

3.2 身体能值 随着外界环境的变化,生物体会改变自身的生理生态特征,以保持能量的动态平衡^[28]。当资源缺乏时,动物不能同化足够的能量用以体温调节和自身维持所需,从而需要动用体内的脂肪和蛋白质存积来抵抗外界环境条件的胁迫^[18]。同样在冬季或冷胁迫条件下,小型哺乳动物会动用体内的脂肪储存以弥补能量的消耗^[29,30]。目前对身体能值的研究也较多,如黄喉姬鼠(*Apodemus flavicollis*)^[31]、普通鼯鼠(*S. araneus*)、小鼯鼠(*S. minutus*)^[32]、黑线姬鼠(*A. agrarius*)^[33]、高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)、根田鼠(*Microtus oeconomus*)、中华鼯鼠(*Myospalax fontanieri*)^[11],俞华英等也研究了浙江金华 3 种啮齿动物的身体热值的季节变化^[12]。当动物大量动用体内脂肪和蛋白质存积来适应冷胁迫及食物缺乏时,即表现出体重下降、身体能值下降等特征。大绒鼠身体能值在 3 月最低,6、9 月较高,11 月开始下降。这是因为大绒鼠在 6、9 月身体状况最好,是繁殖季节^[32,33],11 月后开始下降,越冬后由于食物、温度等因子的作用其身体状况最差。这些都与大绒鼠的生活环境是密不可分的。大绒鼠生活的横断山地区,是我国典型的低纬度高海拔地区,气温随海拔高度的增加而显著降低。云南石龙

地区海拔高,年平均气温低,在冬季低温和食物质量下降的同时作用下,大绒鼠会减少维持正常生理机能的绝对能量消耗,而动用身体脂肪为其提供一定的能量。因此,经历冬季后,大绒鼠的身体能值降至最低。越冬后,环境温度升高,食物质量好转,大绒鼠开始进入繁殖期,大绒鼠需要积蓄较多的能量进行繁殖,因此身体能值升高。

实验室饲养组与冷驯化组大绒鼠的体重、胴体重和身体能值均差异极显著,说明当外界环境温度适合,食物质量较高且数量充足时,大绒鼠会积蓄较多的能量。相反,当其处于冷胁迫条件时,大绒鼠会增加能量摄入,同时还会降低体重、动用身体脂肪储存,维持正常的生理机能,这些说明温度可能是影响大绒鼠体重和身体能值变化的一个重要因素。此外,与大绒鼠同处同一生境的高山姬鼠(*A. chevrieni*)体重和身体能值也存在相似的季节性变化。根据化石记录绒鼠属是横断山的固有属,而绒鼠属中的大绒鼠是中国的特有种,同时也是横断山的特有种^[16],而高山姬鼠是古北界的代表动物,是北方入侵的外来种,两者之间存在着异同,在产热特征上存在差异^[34],但是蒸发失水却存在趋同适应^[35]。研究大绒鼠的体重和身体能值的季节变化,在一定程度上可以反映横断山其他古老种类在季节变化中的生理适应情况,而高山姬鼠的体重和身体能值的变化可能说明高山姬鼠来到横断山后迅速适应该环境,与大绒鼠出现了趋同适应。

总之,大绒鼠体重和身体能值存在季节性变化,这对于其生存适应非常重要。此外,通过比较冷驯化组与实验室饲养组大绒鼠的体重和身体能值,说明在季节变化过程中温度可能是影响其体重和身体能值变化的一个重要因素。

参 考 文 献

- [1] Karasov W H. Energetics, physiology and vertebrate ecology. *Trends Ecol Evol*, 1986, **1**: 101 ~ 104.
- [2] Kenagy GJ, Sharbaugh SM, Nagy KA. Annual cycle of energy and time expenditure in a golden mantled ground squirrel population. *Oecologia*, 1989, **78**: 269 ~ 282.

- [3] Corp N, Gorman M L, Speakman J R. Daily energy expenditure of free-living male Wood Mice in different habitats and seasons. *Functional Ecology*, 1999, **13** (5) :585 ~ 593.
- [4] Francisco B, Carlos E B, Paolal S. Spatial and seasonal plasticity in digestive morphology of cavies (*Microcavia australis*) in habiting habitats with different plant qualities. *Journal of Mammalogy*, 2007, **88** (1) :165 ~ 172.
- [5] 宛新荣, 王广和, 刘伟等. 布氏田鼠体重生长与栖息地植被条件的关系. *生态学杂志*, 2004, **23** (1) :117 ~ 119.
- [6] 薛白, 赵新全, 张耀生. 青藏高原天然草场放牧牦牛体重和体成分变化动态. *动物营养学报*, 2005, **17** (2) :54 ~ 57.
- [7] 薛白, 赵新全, 张耀生. 青藏高原天然草场放牧家畜体重和体成分变化动态. *牧畜与兽医*, 2005, **37** (1) :1 ~ 4.
- [8] 李兴升, 王德华, 杨明. 冷驯化条件下长爪沙鼠血清瘦素浓度的变化及其与能量收支和产热的关系. *动物学报*, 2004, **50** (3) :334 ~ 340.
- [9] Liu H, Wang D H, Wang Z W. Maximum metabolizable energy intake in the Mongolian gerbil *Meriones unguiculatus*. *Journal of Arid Environment*, 2002, **52** :405 ~ 411.
- [10] 宋志刚, 王德华. 长爪沙鼠的代谢率与器官的关系. *动物学报*, 2001, **48** (4) :445 ~ 451.
- [11] 曾缙祥, 王祖望, 韩永才等. 高山草甸小型哺乳动物身体热值、水分和脂肪含量的季节变化. *动物学报*, 2000, **27** (3) :292 ~ 298.
- [12] 俞华英, 金伟星, 施利强等. 金华北山三种啮齿动物身体热值、脂肪和水分含量的研究. *生态学报*, 2001, **20** (1) :155 ~ 159.
- [13] 鲍毅新, 杜卫国. 浙江金华七种小型兽类的身体组成和能量含量. *华东师范大学学报*, 2002, **11** (2) :110 ~ 112.
- [14] 张荣祖. *中国动物地理*. 北京: 科学出版社, 1999, 188 ~ 235.
- [15] 吴征镒, 王荷生. *中国自然地理——植物地理*. 北京: 科学出版社, 1985, 118 ~ 121.
- [16] 郑少华. 川黔地区第四纪啮齿动物化石. 北京: 科学出版社, 1993.
- [17] 王政昆, 刘璐, 梁子卿等. 大绒鼠体温调节和产热特征. *兽类学报*, 1999, **19** (4) :276 ~ 286.
- [18] Voltura M B, Wunder B A. Effects of ambient temperature, diet quality, and food restriction on body composition dynamics of the prairie vole *Microtus ochrogaster*. *Physiological Zoology*, 1998, **71** (3) :321 ~ 328.
- [19] Bartness T J, Elliot J A, Wade B D. Control of torpor and weight patterns by a seasonal timer in Siberian hamster. *Am J Physiol*, 1989, **257** :142 ~ 149.
- [20] Genoud M. Energetic strategies of shrews: ecological constraints and evolutionary implications. *Mammal Rev*, 1988, **18** (4) :173 ~ 193.
- [21] Heldmaier G, Klaus S, Wiesinger H, et al. Cold acclimation and thermogenesis. In: Malanand A, Canguilhem B eds. *Living in the Cold II*. London: John Libbey Eurotext Ltd., 1989, 347 ~ 358.
- [22] Wiesinger H, Heldmaier G, Buchberger A. Effect of photoperiod and acclimation on nonshivering thermogenesis and GDP-binding of brown fat mitochondria in Djungarian hamster, *Phodopus sungorus*. *Eur J Physiol*, 1989, **413** :667 ~ 672.
- [23] Hyvarinen H. Seasonal changes in the activity of the thyroid gland and the wintering problem of the common shrew (*Sorex araneus*). *Aquilo Asr Zoologica*, 1969, **8** :30 ~ 35.
- [24] Klaus S, Heldmaier G, Ricquier D. Seasonal acclimation of bank voles and wood mice: nonshivering thermogenesis and thermogenic properties of brown adipose tissue mitochondria. *J Comp Physiol B*, 1988, **158** :157 ~ 164.
- [25] Feist D D. Metabolic and thermogenic adjustments in winter acclimatization of subarctic Alaskan red-backed voles. In: Merritt J F ed. *Winter Ecology of Small Mammals*. Pittsburgh: Carnegie Museum of Natural History, 1984, 131 ~ 137.
- [26] 苏铁宁. 滇西野鼠鼠疫自然疫源地大绒鼠繁殖动态观察. *地方病通报*, 1998, **13** (4) :41 ~ 42.
- [27] 李吉瑞. 石龙大绒鼠繁殖生态观察. *中国地方病防治杂志*, 2001, **16** (4) :240 ~ 241.
- [28] Johnston I A, Bennett A F. *Animals and Temperature: Phenotypic and Evolutionary Adaptation*. Society for Experimental Biology. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996.
- [29] Puerta M, Abelenda M. Cold acclimation in food restricted rats. *Comp Biochem Physiol*, 1987, **87** :31 ~ 33.
- [30] Konarzewski M, Diamond J. Peak sustained metabolic rate and its individual variation in cold-stressed mice. *Physiol Zool*, 1994, **67** (5) :1 186 ~ 1 212.
- [31] Sawicki Kapusta K. Annual fat cycle of field mice, *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834). *Acta Theriol*, 1968, **13** (19) :329 ~ 339.
- [32] Churchfield S. Water and fat contents of British shrews and their role in the seasonal changes in body weight. *J Zool Lond*, 1981, **194** :165 ~ 173.
- [33] 施时迪, 姜仕仁, 丁平等. 黑线姬鼠相对水与脂肪含量的研究. *生命科学研究*, 1998, **2** (1) :28 ~ 33.
- [34] 王海, 杨晓密, 刘春燕等. 大绒鼠和高山姬鼠的体温调节和产热特征. *兽类学报*, 2006, **26** (2) :144 ~ 151.
- [35] 朱万龙, 杨永宏, 贾婷等. 横断山两种小型哺乳动物的蒸发失水与体温调节. *兽类学报*, 2008, **28** (1) :65 ~ 74.