

横断山区高山姬鼠消化道形态的季节动态

王 蓓, 朱万龙, 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: 为探讨栖息于横断山地区高山姬鼠的消化道特征与环境之间的适应关系, 对野外条件下高山姬鼠消化道各项指标进行了测定。实验分别测定了不同季节高山姬鼠胃、小肠、大肠、盲肠的长度、含内容物重、去内容物重、干组织重。结果表明: 高山姬鼠消化道特征存在季节性变化, 胃、小肠、大肠的各项指标及盲肠去内容物重、干重均于食物质量较好的 6 月、9 月份较高; 盲肠长度和含内容物重于 3 月、11 月份较高。高山姬鼠在低温、食物质量下降、繁殖等胁迫因子影响下, 通过增加食物摄入、调节消化道形态来满足能量需求的增加, 维持正常的生理机能。高山姬鼠的消化道在不同季节中表现出的变化模式说明其有能力适应低纬度高海拔, 年平均温度较低的生存环境。

关键词: 高山姬鼠; 消化道; 季节动态; 适应对策

文章编号: 1000-0933(2009)04-1719-06 中图分类号: Q145 文献标识码: A

Seasonal variations of the digestive tract morphology in *Apodemus chevrieri* distributed in Hengduan Mountains region

WANG Bei, ZHU Wan-Long, LIAN Xiao, WANG Zheng-Kun*

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

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1719 ~ 1725.

Abstract: To investigate the relationship between the morphology of digestive tract in *Apodemus chevrieri* and habitual environment, seasonal changes of the digestive tract morphology including stomach, small intestine, large intestine, and caecum in different seasons were determined. The results showed that all the parameters including the weight without contents and dry weight, and/or length of stomach, small intestine, large intestine were higher in June and September. In contrast, the length and weight with contents of caecum were higher in March and November, even the weight without contents and dry weight were higher in June and September than any other seasons. The results of present study indicated that *Apodemus chevrieri* can meet with the environmental threats like lower ambient temperature, low latitude, less available of food, and the requirement of reproduction by altering of the seasonal morphology of digestive tracts.

Key Words: *Apodemus chevrieri*; Digestive tract; Seasonal variations; Adaptive strategies

哺乳动物的消化道容纳和处理食物的能力, 以及消化和吸收营养物质的能力是限制其能量收支的重要因素, 也是理解生活史进化和最优资源分配理论的关键^[1,2]。动物消化道的形态变化与动物对能量的需求和食物质量的变化、食性、地理差异等密切相关。当动物处于低温或繁殖过程中时, 可通过消化道形态的调节以提高消化效率, 获得更多的能量。在进化过程中, 很多小型哺乳动物通过调节消化系统的特征(包括长度、重量及消化酶活性等)来保持食物处理和消化系统恒定方面的平衡^[3-6]。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30560026); 云南省科技强省研究重点资助项目(2007C000Z1)

收稿日期: 2007-12-11; 修订日期: 2008-09-16

致谢: 衷心感谢云南省剑川县地方病防治站尹锡全医生在样本采集和野外数据收集方面给予的帮助。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wzk_930@yahoo.com.cn

横断山脉地区是我国特有的高山峡谷地区,其地理位置特殊及生境复杂多样,南端与东南亚热带北缘相邻接,北部及西北部向青藏高原高寒地带过渡,此外,该地区南北流向的金沙江、澜沧江、怒江及其支流峡谷,便于南北生物的交流^[7]。高山姬鼠(*Apodemus chevrieri*)又名齐氏姬鼠,属于鼠亚科,是典型的古北界种类^[8],是横断山地区鼠疫自然疫源地的主要宿主之一。本研究以生活在横断山区的高山姬鼠为对象,对其自然状态下消化道形态的季节变化进行了测定,为研究该物种野外状态下能量压力水平和适应特征提供实验依据。

1 研究方法

1.1 动物来源

实验动物于2006年9月($n=29$)、11月($n=21$),2007年3月($n=11$)、6月($n=15$)用鼠笼捕自云南省剑川县石龙村(北纬 $26^{\circ}22'$,东经 $99^{\circ}48'$)海拔2550~2615m的农田、灌丛中。该地区位于云岭山脉的中部(属横断山),年平均气温 9.1°C ;1月份平均最低温度为 -4.0°C ,7月份平均最高温度为 24.1°C ,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,表现出明显的温带季风气候特征。

1.2 动物处理

将捕获动物带回云南省剑川县地方病防治站石龙村监测点,断颈处死,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,分离出胃、小肠、大肠及盲肠部分,将各器官小心剔除肠系膜及其它组织,平展为最大长度,不要拉伸,然后测量各部分长度($\pm 1\text{mm}$)。用分析天平称量各器官的重量($\pm 0.1\text{mg}$)。每个器官在滤纸上干燥后,放于锡铂纸上,称量其含内容物重;然后用解剖剪将器官纵切,用生理盐水充分冲洗内容物,用滤纸干燥、称量其去内容物重;最后置烘箱内(60°C)烘至恒重,称量干重。

1.3 统计分析

采用SPSS15.0软件包进行实验数据的统计分析。季节性差异采用单因子方差分析(One-way ANOVA),不同季节间的差异采用多重比较(LSD), $P < 0.05$ 被认为差异显著, $P < 0.01$ 被认为差异极显著,文内数据均以平均值 \pm 标准误(Mean \pm S.E)表示。

2 结果

2.1 总消化道的变化

高山姬鼠消化道总长以6月份最长,3月份最短,季节之间差异极显著($F_{(3,72)} = 5.379, P < 0.01$)。不同季节,高山姬鼠消化道总含内容物重,总去内容物重,总干重均有极显著差异($F_{(3,65)} = 10.819, P < 0.01$) ($F_{(3,72)} = 11.799, P < 0.01$) ($F_{(3,57)} = 10.660, P < 0.01$),其中,6月份消化道总含内容物重和总干重的平均值为(5.3387 ± 0.297)g、(0.2415 ± 0.018)g;3月份消化道总含内容物重和总干重的平均值为(2.0773 ± 0.143)g、(0.1016 ± 0.008)g。总去内容物重为9月最高,3月最低,多组比较结果表明,两者之间差异极显著($P < 0.01$)。

2.2 各消化器官形态的变化

2.2.1 胃的变化

不同季节中,高山姬鼠胃含内容物重、胃干重均有极显著差异($F_{(3,72)} = 55.823, P < 0.01$) ($F_{(3,72)} = 4.629, P < 0.01$),其中胃含内容物重6月份最高、3月份最低,干重9月份于最高、3月份最低,其中3月份与其它3月均有极显著差异($P < 0.01$)。胃去内容物重没有显著变化($F_{(3,72)} = 2.246, P > 0.05$) (图1 A、B、C)。

2.2.2 小肠的变化

不同季节间小肠长度差异显著($F_{(3,72)} = 10.819, P < 0.05$),3月份与6月份间有极显著差异($P < 0.01$)。含内容物重、去内容物重、干重均于9月份最高、3月份最低,季节性差异极显著($F_{(3,72)} = 6.801, P < 0.01$) ($F_{(3,66)} = 8.924, P < 0.01$) ($F_{(3,59)} = 6.193, P < 0.01$) (图1 A、B、C、D)。

2.2.3 大肠的变化

不同季节间大肠长度、大肠含内容物重、去内容物重、干重变化均有极显著差异($F_{(3,72)} = 13.577, P <$

0.01) ($F_{(3,72)} = 12.638, P < 0.01$) ($F_{(3,66)} = 19.592, P < 0.01$) ($F_{(3,58)} = 8.169, P < 0.01$) (图 1 A、B、C、D)。各指标均于 6 月最高、3 月最低。其中 3 月份大肠长度与其它 3 个月均有极显著差异 ($P < 0.01$)。3 月份含内容物重、去内容物重均与 6 月、9 月有极显著差异 ($P < 0.01$), 与 11 月有显著差异 ($P < 0.05$)。3 月份干重与 6 月、9 月份有极显著差异 ($P < 0.01$), 与 11 月份没有显著差异 ($P > 0.05$)。

2.2.4 盲肠的变化

不同季节间,盲肠长度有极显著差异 ($F_{(3,72)} = 9.119, P < 0.01$), 3 月份最高, 9 月份最低。其中 3 月份长度显著大于 6 月 ($P < 0.05$), 与 9 月份、11 月份相比有极显著差异 ($P < 0.01$); 6 月份显著大于 9 月 ($P < 0.05$), 与 11 月份没有显著差异 ($P > 0.05$)。

不同季节间,盲肠含内容物重和干重都没有显著差异 ($F_{(3,66)} = 0.583, P > 0.05$) ($F_{(3,58)} = 2.191, P > 0.05$); 去内容物重有显著变化 ($F_{(3,72)} = 3.827, P < 0.05$), 3 月份最低, 6 月份最高。其中 3 月份与 6 月份、9 月份有极显著差异 ($P < 0.01$), 与 11 月份没有显著差异 ($P > 0.05$) (图 1A、B、C、D)。

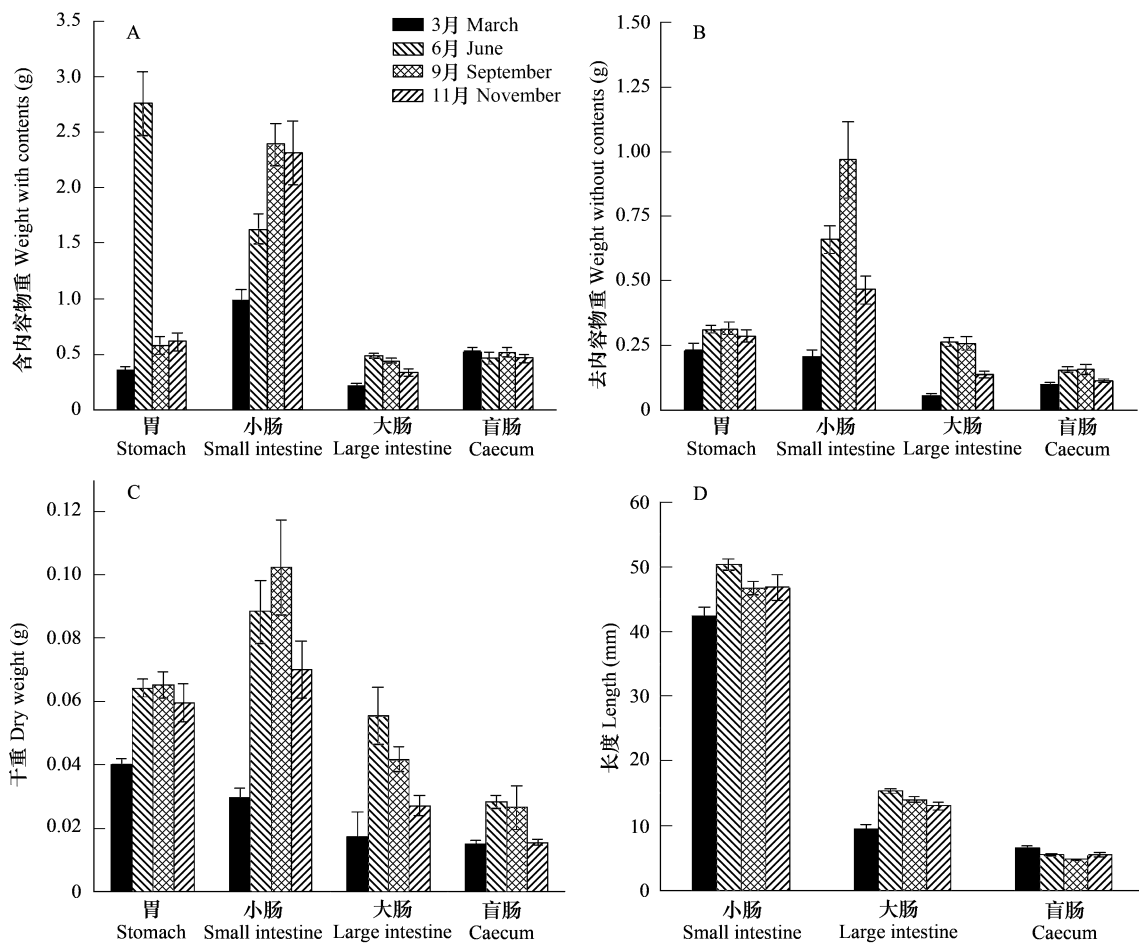


图 1 高山姬鼠消化道各部分的季节变化

Fig. 1 Seasonal variations in different organs of digestive tract in *Apodemus chevrieri*

A ~ C 分别表示了消化道各部分含内容物重、去内容物重、干重的变化; D 表示了小肠、大肠和盲肠的长度在不同季节里的变化 A ~ C indicated the weight with contents, weight without contents, dry weight of stomach, small intestine, large intestine, caecum respectively. D indicated the length of small intestine, large intestine and caecum

3 讨论

3.1 消化道总长度和重量的变化及其适应意义

当外界环境发生变化时,很多小型哺乳动物通过调节消化道机制来适应食物质量变化。这种调节主要包

括加快食物周转速率、改变消化道容积、提高小肠的营养吸收能力以及盲肠的发酵能力等^[4,9-13]。当营养摄入发生变化时,消化道容积变化对哺乳动物具有重要的适应意义^[14]。在季节性环境驯化过程中,草食性小型哺乳类消化道大小的变化,反映了环境温度、繁殖状况以及食物质量(纤维素含量)等因素的变化^[15]。

野生小型哺乳动物消化道形态的季节动态已有不少报道,不同物种的消化道变化趋势不同。高山姬鼠消化道各项指标均表现为春天最低,夏天最高。这可能与高山姬鼠特殊的生存环境有关。高山姬鼠生活的横断山地区是典型的低纬度高海拔地区,冬季没有严酷的低温,没有雪覆盖,食物资源相对充足。此外,高山姬鼠大多生活在灌丛和农田的交界处,和典型的北方小型哺乳动物及高寒地区的啮齿类相比,即使在冬季,高山姬鼠面临的食物压力也小得多,因此冬季低温对高山姬鼠的消化道影响没有北方啮齿类显著。而6月到10月份间是高山姬鼠的繁殖期,需要消耗大量的能量来完成妊娠、哺乳等过程。因此除了要增加能量摄入外,势必还需要通过消化道调节以满足能量需求的增加。3月份高山姬鼠消化道各项指标均最低,可能是因为此时高山姬鼠经历了寒冬但尚未进入繁殖期,且受初春食物条件尚未恢复等因素的影响。

3.2 消化道各部分的变化及其适应意义

胃是动物暂时贮藏食物和对食物进行初步消化吸收的场所,胃的大小一般与动物体重、食物质量、温度条件相关^[16]。此外,胃的变化还可能与其繁殖过程有关,繁殖季节胃的长度及重量增加可以满足此期动物能量需求的增加^[16,17]。6月份和9月份同为高山姬鼠繁殖期,两者胃含内容物重有如此大的差异,可能由云南石龙地区特殊的地理环境所致。石龙地区海拔高,年平均气温低,6月份是当地主要农作物(水稻、玉米等)生长期,高山姬鼠的食物质量相对较差,这种情况下,要满足繁殖所需要的大量能量,就需要增加摄食量。先前研究表明,小型哺乳动物取食质量较差的食物,导致的结果是食物摄入量增加以及消化器官增大^[1,2,11]。而9月份是当地主要农作物收获的季节,高山姬鼠食物质量相对较高,只要摄入较少的质量,即能满足能量需要。

小肠是食物消化和营养吸收的主要场所,小肠的大小是研究动物在能量和营养状况不同的情况下,消化道变化的重要指标^[18-20]。当动物处于繁殖季节或暴露于低温环境时,其能量需求增加,小肠大小也明显增加。动物通过增加小肠长度、内壁微绒毛、增加表面积以适应繁殖、低温或食物质量下降带来的影响。高山姬鼠小肠长度6月份最高,3月份最低,表明其在繁殖季节所需要的能量最高,而在天气转暖的3月份所需要的能量最少。这和高山姬鼠冷驯化条件下体重、体温降低,维持生命活动所需的绝对能量减少是密切相关的。

盲肠是纤维素的发酵部位,主要反映食物质量的变化。当食物中纤维素含量高或低温驯化时,盲肠大小增加^[11]。而当食物质量降低时,盲肠的增加要超过其它器官,因高纤维素食物,主要在盲肠内发酵消化^[21]。最近有关长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)的研究表明,喂以低质量的食物比饲喂标准食物的其盲肠长度、去内容物重、含内容物重、干重分别增加了43%、107%、281%、67%^[22]。说明当食物质量下降时,盲肠的反应是十分敏感的。高山姬鼠盲肠的各项指标均于温度较低、食物质量相对较差的冬春季较高。而同在温度相对较低的冬春季,高山姬鼠盲肠的长度表现为3月份>11月份,即盲肠的长度随温度的下降及食物质量的下降而增大,这是与当地气候条件及盲肠的功能相适应的。

大肠是水分和电解质重吸收的重要部位,大肠的变化主要和动物的水平衡有关^[23,24]。大肠的重量在不同季节和地点有着显著变化,一般来说,旱季比雨季的重量要大^[14]。然而,Walsberg^[25]对豚鼠(*Microcavia australis*)消化道变化研究发现,在雨季的时候大肠重量较大。这是因为,夏季有充沛的降雨量和较有营养的食物,同时高温使得的蒸发量明显增加。因此,动物通过调节大肠形态以保持体内水分平衡。高山姬鼠的大肠变化趋势和豚鼠类似,大肠的各项指标均是在食物质量较好,雨量较为充沛的6月份,9月份较高。石龙地区干湿季节分明,昼夜温差大。6月到9月份是该地区的雨季,降雨量较为充沛且白天气温较高,而10月份到翌年5月份是该地区的旱季,降雨量很少,日间温度降低。高山姬鼠通过改变大肠的长度和重量,以适应环境的变化。最近研究表明,大肠表面积随着食物中纤维素含量的增加而增加^[14]。同为雨季、繁殖季节的6月份,9月份相比较,大肠的含内容物重,去内容物重及干重均是6月份较高,这可能是因为6月份是当地主要

农作物生长时期,高山姬鼠的食物大多是出种子以外的植株部分,纤维素含量较高。而9月份是当地主要农作物收获的季节,高山姬鼠食物主要是新收获的种子和果实等,纤维素含量相对较少,从而使得其大肠表面积随着纤维素含量的降低而减小,其重量也随之降低。

总之,消化道形态的调节是生存对策中的一个重要方面。不同季节中,消化道表现出的可塑性是小型哺乳动物对能量需求增加、食物质量下降的一种重要适应^[11]。高山姬鼠在不同季节条件下表现出的消化道变化特征,在一定程度上反映了横断山区小型哺乳动物对该地区年温差小、日温差大,干湿季节分明的独特环境特征的适应模式,即通过增加消化道的长度和重量等来满足寒冷或繁殖导致的能量需求增加,适应其生活的环境变化。

References:

- [1] Derting T L, Bogue B A. Responses of the gut to moderate energy demands in a small herbivore (*Microtus pennsylvanicus*). *J Mammal*, 1993, 74: 59 – 68.
- [2] Derting T L, Noakes E B. Seasonal changes in gut capacity in the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) and meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Can J Zool*, 1995, 73: 243 – 252.
- [3] Sibly R. Strategies in digestion and defecation. In: Townsend C R, Calow Peds. *Physiological Ecology: An evolutionary approach to resource use*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1981. 109 – 139.
- [4] Diamond J M, Karasov W H. Trophic control of the intestinal mucosa. *Nature*, 1983, 304: 18
- [5] Toloza E, Lam M, Diamond J. Nutrient extraction by cold exposed mice: a test of digestive safety margins. *Am J Physiol*, 1991, 261: G608 – G620.
- [6] Naya D E, Bacigalupe L D, Bustamante D M, *et al.* Dynamic digestive responses to increased energy demands in the leaf-eared mouse (*Phyllotis darwini*). *J Comp Physiol B1*, 2005, 75: 31 – 36.
- [7] Wu Z Y, Wang H S. *Physical Geography of China*. Beijing: Science Press, 1983. 118 – 121.
- [8] Corbet G B. *The mammals of the Palaearctic region: a taxonomic review*. London: British Museum (Natural History), 1978, 314.
- [9] Bozinovic F, C Veloso, M Rosenmann. Cambios del tracto digestivo de *brothrix andinus*: efecto de la calidad de dieta y requerimientos de energía. *Revista Chilena de Historia Natural*, 1988, 61: 245 – 251.
- [10] Bozinovic F, Sova F F, Claudio V. Seasonal changes in energy expenditure and digestive tract of *Abrothrix andinus* (*Cricetidae*) in the Andes Range. *Physiol Zool*, 1990, 63: I 216 – I 231.
- [11] Gross J E, Wang Z, Wunder B A. Effects of food quality and energy needs: Changes in gut morphology and capacities of *Microtus chrogaster*. *J Mamm*, 1985, 66: 661 – 667.
- [12] Hammond K A, Wunder B A. The role of diet quality and energy need in the nutritional ecology of a small herbivore, *Microtus ochrogaster*. *Physiol Zool*, 1991, 64: 541 – 657.
- [13] Veloso C, F Bozinovic. Dietary and digestive constraints on basal energy metabolism in a small herbivorous rodent. *Ecology*, 1993, 74: 2003 – 2010.
- [14] Bozinovic, Francisco, Carlos E B, *et al.* 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
- [15] Wang D H, Wang Z W. Seasonal variations in digestive tract morphology in plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) on the Qinghai-tibetan plateau. *Acta Zoologica Sinica*, 2001, 47 (5): 495 – 501.
- [16] Wunder B A. Morphophysiological indicators of the energy state of small mammals. In: Tomasi T. E. and T A Horton. Editor *Mammalian energetics: Interdisciplinary views of metabolism and reproduction*. Comstock Pub, Assoc, 1992. 83 – 104.
- [17] Madison D M. Time patterning of nest visitation by lactating meadow vole. *J Mamm*, 1981, 62: 389 – 391.
- [18] Buret A, Hardin J, Olson M E, *et al.* Adaptation of the small intestine in desert-dwelling animals: morphology, ultrastructure and electrolyte transport in the jejunum of rabbits, rats, gerbils and sand rats. *Comparative Biochemistry and Physiology, A. Comparative Physiology*, 1993, 105: 157 – 163.

- [19] Stain R W, A R Place, T Lacourse, *et al.* Digestive organ sizes and enzyme activities of refueling western sandpipers (*Calidris mauri*): contrasting effects of season and age. *Physiological and Biochemical Zoology*, 2005, 78:434 – 446.
- [20] Starck J M, Rahmaan G H A. Phenotypic flexibility of structure and function of the digestive system of Japanese quail. *Journal of Experimental Biology*, 2003, 206:1887 – 1897.
- [21] Van soest P. Nutritional ecology of the ruminant. O and B Books Inc., Cornell University Press, Ithaca, New York, 1982.
- [22] Liu Q S, Wang D H. Effects of diet quality on phenotypic flexibility of organ size and digestive function in Mongolian gerbils (*Meriones unguiculatus*). *J Comp Physiol*, 2007, 177(5):509 – 518.
- [23] Forman G L, Phillips C J. The proximal colon of heteromyid rodents: possible morphophysiological correlates to enhanced water conservation. In: H. H. Genoways and J. H. Brown, eds. *Biology of the Heteromyidae*. Special Publication 10, The American Society of Mammalogists, 1993. 491 – 508.
- [24] Bozinovic F, Galland P. The water economy of South American desert rodents: from integrative to molecular physiological ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology, C. Comparative Pharmacology*, 2006, 142:163 – 172.
- [25] Walsberg G E. Small mammals in hot deserts: some generalizations revisited. *BioScience*, 2000, 50:109 – 120.

参考文献:

- [7] 吴征镒,王荷生. 中国自然地理. 北京:科学出版社,1983. 118 ~ 121.
- [15] 王德华,王祖望. 高寒地区高原鼠兔消化道形态的季节动态. *动物学报*, 2001, 47(5):495 ~ 501.