

嫩江下游人工林中黑线姬鼠与黑线仓鼠的消化道形态及其取食策略

徐兴军^① 吕建伟^① 谢振丽^① 计沈斌^① 周双涛^① 王昌河^{①②*}

(^①齐齐哈尔大学生命科学与工程学院 齐齐哈尔 161006; ^②北京大学分子医学研究所 北京 100871)

摘要: 对嫩江下游流域人工林区两同域共存优势种黑线姬鼠东北亚种(*Apodemus agrarius mantchuricus*)与黑线仓鼠三江平原亚种(*Cricetulus barabensis manchuricus*)夏季主要食物组成及消化道形态结构的适应性变化进行了比较分析。二者均以当年生植物嫩茎、叶、种子及昆虫为主要取食对象,但黑线姬鼠对茎和叶的采食频次小于黑线仓鼠,而种子、根和昆虫类在黑线姬鼠的食物中出现的频次则相对较高。与食物组成相适应,黑线仓鼠的胃、盲肠和大肠在长度及重量上均显著大于黑线姬鼠,这是黑线仓鼠对高纤维和低蛋白食物的适应性调整。研究结果表明,两种啮齿动物在长期的进化中产生了不同的食物资源利用模式,而其消化道形态结构的变化则可能是其在长期的种间竞争和进化压力下进行食物资源分享的一种功能性反应。

关键词: 同域共存种; 食物组成; 消化道形态; 资源分割

中图分类号: Q955, Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250 3263(2008) 06 131-06

Digestive Tract Morphology of *Apodemus agrarius mantchuricus* and *Cricetulus barabensis manchuricus* in the Plantation of Lower Nenjiang Valley

XU Xing-Jun^① LÜ Jiann-Wei^① XIE Zhen-Li^① JI Shen-Bin^① ZHOU Shuang-Tao^① WANG Chang-He^{①②*}

(^① College of Life Science and Engineering, Qiqihar University, Qiqihar 161006;

^② Institute of Molecular Medicine, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract Food composition and tract morphology of *Apodemus agrarius mantchuricus* and *Cricetulus barabensis manchuricus* in the plantation of Lower Nenjiang Valley was examined and compared to reveal whether the two species can co-exist through resources partitioning and how the two species adjust their digestive tract morphology to co-survival under the stress of competition and lower temperature. The contents of stomach were checked and sorted as leaves, stems, flowers, roots, seeds and insects to determine the food preferences of each species. The results showed that both of the two species mainly fed on fresh stems, leaves, seeds and insects, but the frequency of stems and leaves in stomachs of *C. b. manchuricus* was higher than that of *A. a. mantchuricus*, while the frequency of seeds, roots and insects was on the other hand. Adapted to food composition, both the length and the weight of stomach, caecum and large intestine of *C. b. manchuricus* were significantly larger than that of *A. a. mantchuricus*, which was the adaptive variation of *C. b. manchuricus* to its food resources with higher cellulose and lower quality. There were significant

基金项目 国家重点基础研究发展规划项目(973)(No. 2007CB109106), 齐齐哈尔大学青年教师科研启动支持计划项目;

* 通讯作者, E-mail: changhecool@163.com;

第一作者介绍 徐兴军,男,副教授;研究方向:动物生理与生态学;E-mail: xxj0605@163.com.

收稿日期: 2008-04-25, 修回日期: 2008-09-22

interspecific differences in small intestine, the small intestine length of *C. b. manchuricus* was shorter while the weight was larger than that of *A. a. mantchuricus*. These results indicated that the two co-existed rodent species have the different food selection pattern, while the different features of digestive tract morphology are the functional response to the partitioning of food resources.

Key words: Co-existed species; Food composition; Digestive tracts morphology; Resources partitioning

小型兽类获取食物资源的能力及其所采取的消化策略和能量分配的权衡等对其在特定环境中生存与繁殖具有重要作用^[1]。同域内长期共存的物种可能会因为种间竞争排斥作用导致资源的分割与生态位分化,因而具有不同的食物及资源利用模式^[2-4]。作为食物消化和吸收的场所,动物消化道的形态结构与其食物的可获得性及食物质量密切相关^[5-7],能够有效地反映动物的生理生态状况及其取食与消化对策^[8-11],也是理解其生活史进化与最优资源分配理论的关键^[12]。目前,国内有关同域内共生种如何通过消化道形态结构的调节和改变来实现其资源共享与分割的研究还比较少,仅见于李俊生等^[1]对7种荒漠啮齿动物消化道形态结构的比较研究^[13]。2007年5~7月作者于黑龙江省齐齐哈尔市嫩江防洪堤坝的人工林区(东经123°55.3′~123°56.6′,北纬47°22.3′~47°23.6′,海拔151 m)进行了短期调查。该地区属寒温带半湿润大陆性气候,年均温0.7~4.2℃,历年最低气温-39.5℃,年降雨量400~550 mm,降雨主要集中在夏季。为避免生境异质性或生境差异对啮齿动物食物资源和食物质量造成的影响,本文以植被类型单一,以杨树(*Populus tomentosa*)为主,树冠高度在3~4 m之间的小乔木人工林为调查点,林下草盖度为80%~85%,采用铗日法调查啮齿动物数量。用大号铁板铗,以花生米为饵,傍晚按样线法置铗,铗间距5 m,铗线距20 m,次日早晨收铗,计置铗3 000铗日。共捕获啮齿动物87只,分属鼠科2属3种和仓鼠科2属4种。从啮齿动物组成看,黑线姬鼠(*Apodemus agrarius mantchuricus*)个体数量最多(36只),占41.4%;黑线仓鼠(*Cricetulus barabensis manchuricus*)居次(29只),占捕获鼠量的33.3%。二者共同构成

了该地区的优势种。该地区典型的寒温带大陆性气候必定会增加啮齿动物的体温调节价和取食压力^[14]。研究该地区人工林内黑线姬鼠与黑线仓鼠的取食倾向性及其消化道的形态学变化,对于理解同域分布种大量共存的取食与消化策略及其对食物资源利用种间权衡的功能调节具有重要意义。本研究以黑线姬鼠与黑线仓鼠成年个体进行实验,以探讨其资源分配模式及消化道形态结构的适应性调整。

1 材料与方法

1.1 实验方法 将采用铗日法捕获的动物,带回实验室,选择成年个体作为实验样本,电子分析天平称体重(± 0.1 g),用直尺进行体尺测量(± 0.1 cm),然后进行解剖。小心取出胃肠器官,分离出胃(stomach, ST)、小肠(small intestine, SI)、大肠(large intestine, LI)及盲肠(caecum, CA)。小心剔除肠系膜及其他结缔组织,平展为最大长度,但不要拉伸,测量胃、小肠、盲肠、大肠的长度(length, L);采用胃内食糜分析法确定捕获动物的食物构成^[1,15],之后纵剖各消化器官,以生理盐水冲净内容物,用滤纸吸干后称取各器官鲜重(empty, E);最后将各器官置于60℃烘箱内烘干至恒重,用电子分析天平测干重(dry mass, D)(± 0.1 mg)。

1.2 数据处理 采用 χ^2 法检验两物种胃内食物构成;采用相对重量和相对长度(脏器长度/体长)来比较两同域分布种间消化道形态结构的差异,为避免体重受进食量等变化因子的作用而影响分析结果,本文以(脏器重/胴体重) $\times 100$ g表示各器官的相对重量。两物种间消化器官形态学的比较采用 t -检验, $P < 0.05$ 被认为是差异显著。本研究同种个体各检测指标不存在性别差异($P > 0.05$),故将其雌雄个体数

据合并后进行种间比较,所有统计分析借助 SPSS 12.0 统计软件完成。

2 结果

2.1 胃内食物构成 黑线姬鼠与黑线仓鼠主要食物出现的频次变化见表 1。由表 1 可知,两物种均以当年生植物嫩茎、叶、种子及昆虫为

主要食物来源。黑线姬鼠和黑线仓鼠对昆虫类的取食频率未见显著性差异($P = 0.280$),而黑线姬鼠对茎和叶的采食频次小于黑线仓鼠($P = 0.020$),种子和根在黑线姬鼠的食物中出现的频次则相对较高($P_{\text{seeds}} = 0.031$, $P_{\text{roots}} = 0.036$),且未见黑线仓鼠取食植物根的现象。

表 1 黑线姬鼠与黑线仓鼠胃内容物食糜出现的频率

Table 1 Frequency of different food items in stomachs of *A. a. manchuricus* and *C. b. manchuricus*

物种 Species	样本数 Sample sizes	茎、叶 Stem and leaf		种子 Seeds		根 Roots		昆虫类 Insects	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
		黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius manchuricus</i>	35	15	42.85	30	85.71	6	17.14
黑线仓鼠 <i>Cricetulus barabensis manchuricus</i>	23	17	73.91	14	60.87	0	0	14	60.87
χ^2 值 χ^2 value		6.478*		4.679*		4.398*		1.167	

n 为出现的个体数;利用 χ^2 检验两物种胃内的食物构成, * $P < 0.05$ 。

“*n*” Stands for the number occurring in sample; Food composition of the two species was tested by χ^2 test, * $P < 0.05$;

2.2 消化道形态结构变化 两种啮齿动物总消化道和消化道各器官的绝对指标及相对指标见表 2。两种动物的胴体重、体长及消化道总长度均无显著性差异。黑线姬鼠的胃长与胃重均小于黑线仓鼠,且差异极显著(绝对指标: $P_{\text{STL}} = P_{\text{SW}} = 0.000$, $P_{\text{SID}} = 0.001$; 相对指标: P 值均为 0.000)。黑线姬鼠的小肠鲜重及干重均显著小于黑线仓鼠(绝对指标: $P_{\text{SW}} = 0.005$, $P_{\text{SID}} = 0.019$; 相对指标: $P_{\text{SW}} = 0.005$, $P_{\text{SID}} = 0.019$),但是其小肠长度则大于黑线仓鼠(绝对指标: $P = 0.062$; 相对指标: $P = 0.049$),这表明黑线仓鼠小肠肠壁厚度有所增加。黑线姬鼠的盲肠鲜重与干重均显著小于黑线仓鼠(绝对指标: $P_{\text{CAW}} = 0.001$, $P_{\text{CAD}} = 0.000$; 相对指标: $P_{\text{CAW}} = P_{\text{CAD}} = 0.000$),但二者盲肠的长度却未表现出明显差异(绝对指标: $P = 0.177$; 相对指标: $P = 0.164$)。虽然两种啮齿动物的大肠鲜重的绝对指标并未表现出明显差异($P = 0.138$),但黑线仓鼠大肠的相对长度($P = 0.001$)、相对鲜重($P = 0.003$)和相对干重($P = 0.026$)均显著高

于黑线姬鼠。

3 讨论

能量获得与分配的效率和速率是决定动物能量收支的主要因子,对于动物的生存和繁殖至关重要^[16,17]。同域内共存物种对食物资源的竞争和栖息环境的分割必然导致其生态位发生分化,不同物种进化出不同的食物及资源利用模式以适应其能量获得和生存繁殖的需要^[18]。嫩江流域为典型的寒温带大陆性气候,在严峻的体温调节价和取食压力下,作为该地区的共优种,黑线姬鼠和黑线仓鼠在其取食对象及消化策略上均产生了一定的差异。

本研究发现,虽然黑线姬鼠的胴体重和体长均大于黑线仓鼠,但两检测指标的种间差异并不显著。胃内食物构成的结果表明,虽然两物种的食物资源具有一定的重叠,但与黑线姬鼠相比,黑线仓鼠更倾向于取食植物的茎和叶,而其对种子和昆虫等高质量食物的取食频次则相对较低,二者的取食倾向性有所不同。同时

它们的消化道形态结构也具有较大的差异,这可能正是它们在长期共存中进行竞争和妥协的结果。两优势种在取食资源上进行了权衡,高纤维和相对较低的食物质量增加了黑线仓鼠的

取食压力,限制了其能量利用效率,这就要求其消化策略进行相应的调整以适应其生存和繁衍对能量的需求。

表 2 黑线姬鼠与黑线仓鼠消化道指标的比较(Mean ± SD)

Table 2 Comparison of digestive tract between *A. a. mantchuricus* and *C. b. manchuricus*

	绝对重量或长度 Weight or length			相对重量或长度 Relative weight or length		
	黑线姬鼠 <i>A. a. mantchuricus</i>	黑线仓鼠 <i>C. b. manchuricus</i>	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	黑线姬鼠 <i>A. a. mantchuricus</i>	黑线仓鼠 <i>C. b. manchuricus</i>	<i>t</i> 值 <i>t</i> value
胴体重 (g) Body weight excluding viscera	16.0 ± 4.3	14.5 ± 3.9	1.108			
体长 (mm) Body length	92.3 ± 11.4	91.4 ± 10.4	0.252			
消化道总长 (mm) Total length of digestive tract	526.8 ± 107.6	512.7 ± 92.8	0.414	5.713 ± 1.034	5.603 ± 0.826	0.348
胃长 (mm) Length of stomach	25.8 ± 4.1	35.8 ± 3.5	7.813***	0.282 ± 0.052	0.396 ± 0.051	6.620**
胃鲜重 (g) Fresh weight of stomach	0.198 ± 0.067	0.302 ± 0.100	3.872***	1.238 ± 0.267	2.126 ± 0.590	5.480**
胃干重 (g) Dry weight of stomach	0.048 ± 0.016	0.069 ± 0.018	3.670**	0.294 ± 0.059	0.486 ± 0.109	6.261**
小肠长 (mm) Length of small intestine	354.7 ± 88.0	298.3 ± 88.9	1.924	3.839 ± 0.868	3.241 ± 0.910	2.037 [†]
小肠鲜重 (g) Fresh weight of small intestine	0.223 ± 0.131	0.472 ± 0.362	3.029**	1.338 ± 0.584	2.930 ± 1.058	5.011**
小肠干重 (g) Dry weight of small intestine	0.027 ± 0.015	0.057 ± 0.043	2.600*	0.163 ± 0.060	0.404 ± 0.284	3.241**
盲肠长 (mm) Length of caecum	45.5 ± 11.9	50.6 ± 10.1	1.377	0.497 ± 0.136	0.557 ± 0.112	1.420
盲肠鲜重 (g) Fresh weight of caecum	0.074 ± 0.042	0.145 ± 0.060	3.968**	0.451 ± 0.203	1.041 ± 0.439	4.874**
盲肠干重 (g) Dry weight of caecum	0.0088 ± 0.0047	0.0189 ± 0.0076	4.556***	0.054 ± 0.024	0.136 ± 0.054	5.487**
大肠长 (mm) Length of large intestine	100.8 ± 29.7	128.0 ± 19.5	3.125**	1.094 ± 0.300	1.408 ± 0.219	3.485*
大肠鲜重 (g) Fresh weight of large intestine	0.116 ± 0.077	0.149 ± 0.046	1.519	0.695 ± 0.357	1.066 ± 0.349	3.133*
大肠干重 (g) Dry weight of large intestine	0.0168 ± 0.0126	0.0274 ± 0.0189	2.051*	0.104 ± 0.081	0.196 ± 0.134	2.389*

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

作为食物消化吸收的场所,动物消化道的形态结构与其食性、食物质量及其能量需求等密切相关^[5-7,13]。胃是动物暂时储存食物并对食物进行初步消化和吸收的场所,其形态特征与温度、体重、食物质量和繁殖状态等因素密切相关^[19,20]。相关研究表明食物质量较低、环境

温度较低或动物处于繁殖前期时,胃容量一般较大,以缩短觅食时间,增加取食效率^[1,7,21,22]。本研究中黑线仓鼠的胃长和胃重均显著大于黑线姬鼠,这与其食物纤维含量较高、食物质量相对较低有关,较大的胃可以增大摄食量、减少摄食频率,这对满足黑线仓鼠生理活动中的能量

需求及降低其被捕食的风险具有重要意义,同时还可有效缩短黑线仓鼠在低温环境中的暴露时间,减少体温散失。黑线姬鼠以高蛋白和低纤维的种子及昆虫为主要食物来源,食物质量较高,获能效率大^[1,22],不需要太大的胃就可满足生理需求。由此可见,两物种胃容量大小的差异是由于同域分布鼠在资源竞争与分配中进行权衡而表现出的选择趋异性。

小肠是食物消化和营养吸收的主要场所,其形态学特征的变化反映了不同物种对能量需求的异同^[16]。先前对不同食性动物消化道的研究表明,小型哺乳动物消化道形态的调节主要有两种途径,一种是改变其消化道容积,这一变化主要以长度的改变体现出来^[21~24],另一种途径是消化道组织结构的改变,如肠微绒毛的增加等,表现为消化道组织重量的变化^[25]。本研究中,黑线姬鼠的小肠长度较大,而黑线仓鼠的小肠组织重量较大,这表明二者在获取能量时所采取的消化策略并不相同,前者通过延长食物在小肠内滞留的时间来增加消化和吸收效率,而后者则主要通过增强肠道内壁的消化吸收和运输能力来增加消化能的获得率,两物种在低温胁迫下为满足能量需求采取了不同的消化策略。

盲肠和大肠可对食物质量作出灵敏的反应,高质量食物可在动物胃和小肠内直接消化吸收,只有纤维素食物需要在盲肠内酵解,而大肠除了是水分和离子重吸收的主要场所外,还是纤维素经盲肠和结肠上段发酵分解后其营养物质主要的吸收场所^[1,5,22,26]。因此当食物质量下降、纤维素含量升高时,盲肠和大肠的大小倾向于增加^[1,5,22,26]。黑线仓鼠的盲肠和大肠在长度及重量上均显著大于黑线姬鼠,这可能与其摄入较多的植物性食物有关^[22,27],同时也是两物种进行资源分享和选择的结果。

参 考 文 献

- [1] 李俊生,宋廷龄,曾治高. 7种荒漠啮齿动物食物组成与消化道长度的比较. 动物学报, 2003, **49**(2): 171~ 178.
- [2] Brown J S. Resource utilization and coexistence of seed eating rodents in sand dune habitats. *Ecology*, 1973, **54**: 788~ 797.
- [3] Brown J S. Desert rodent community structure: a test of four mechanism of coexistence. *Ecological Monographs*, 1989, **59**: 1~ 20.
- [4] Reichman O J. Relation of desert rodent to available resources. *J Mamm*, 1975, **56**: 731~ 751.
- [5] Gross J E, Wang Z W, Wunder B A. Effects of food quality and energy needs: changes in gut morphology and capacities of *Microtus ochrogaster*. *J Mamm*, 1985, **66**: 661~ 667.
- [6] Derting T L, Bogue B A. Responses of the gut to moderate energy demands in a small herbivore (*Microtus pennsylvanicus*). *J Mamm*, 1993, **74**: 59~ 68.
- [7] 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**: 495~ 501.
- [8] Pucek Z. Seasonal and age changes in the weight of internal organs of shrews. *Acta Theriol*, 1965, **10**: 369~ 438.
- [9] Konarzewski M, Diamond J M. Evolution of basal metabolic rates and organ masses in laboratory mice. *Evolution*, 1995, **49**: 1 239~ 1 248.
- [10] 廖力夫,黎唯,王诚等. 灰仓鼠重要内脏器官生长指数及其变化. 兽类学报, 2002, **22**(4): 299~ 304.
- [11] 徐金会,安书成,郇发道. 棕色田鼠消化道形态变化与能量需求的关系. 动物学报, 2003, **49**(1): 32~ 39.
- [12] 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.
- [13] Wang D H, Pei Y X, Yang J C, et al. Digestive tract morphology and food habits in six species of rodents. *Folia Zool*, 2003, **52**: 51~ 55.
- [14] Hansson L. Geographic differences in bank voles (*Clethrionomys glareolus*) in relation to ecogeographic rules and possible demographic and nutritive strategies. *Ann Zool Fenn*, 1985, **22**: 319~ 328.
- [15] 鲍伟东,王德华,王祖望. 内蒙古库布齐沙地黑线仓鼠食物构成的季节变化. 生态学杂志, 2001, **20**: 72~ 73.
- [16] Hammond K A, Wunder B A. Effect of cold temperatures of the morphology of gastrointestinal tracts of two Microtine rodents. *J Mammal*, 1995, **76**: 232~ 239.
- [17] Karasov W H. Digestive plasticity in avian energetics and feeding ecology. In: Carey C ed. *Avian Energetics and Nutritional Ecology*. New York: Chapman and Hall, 1996, 61~ 84.
- [18] Hume I D. Digestive strategies of mammals. *Acta Zool Sin*, 2002, **48**(1): 1~ 19.
- [19] 沈丽,王勇,王 等. 洞庭湖不同生态类型区黑线姬鼠消化道重量和长度的季节变化. 四川动物, 2005, **24**(2):

- 132~ 137.
- [20] 柳劲松, 孙儒泳, 王德华. 三种啮齿动物的消化道形态特征. *动物学杂志*, 2007, **42**(1): 8~ 13.
- [21] 王德华, 王祖望, 孙儒泳. 根田鼠消化道长度和重量的变化及其适应意义. *兽类学报*, 1995, **15**: 53~ 59.
- [22] 杜卫国, 鲍毅新, 刘季科. 七种鼠科啮齿动物消化道长度和重量的比较. *兽类学报*, 2001, **21**(4): 264~ 270.
- [23] 裴艳新, 王德华. 哺乳动物消化道内食物滞留时间的影响因素. *动物学杂志*, 2000, **35**(5): 50~ 53.
- [24] 杜卫国, 鲍毅新. 社鼠和褐家鼠消化道长度和重量的季节变化. *动物学报*, 2000, **46**(3): 271~ 277.
- [25] Woodall P F. Digestive tract dimensions and body mass of elephant shrews (*Macroscelididae*) and the effects of season and habitat. *Mammalia*, 1987, **69**: 537~ 545.
- [26] Green D A, Millar J S. Changes in gut dimensions and capacity of *Peromyscus maniculatus* relative to diet quality and energy needs. *Can J Zool*, 1987, **65**: 2 159~ 2 162.
- [27] 张美文, 王勇, 李波等. 洞庭湖区社鼠消化道长度和质量的季节变化. *生态学杂志*, 2007, **26**(1): 61~ 66.