

三种啮齿动物的消化道形态特征

柳劲松^{①②③} 孙儒泳^③ 王德华^{②*}

(^①温州大学生命与环境科学学院 温州 325027;

^②中国科学院动物研究所农业鼠害综合治理研究国家重点实验室 北京 100080;

^③北京师范大学生命科学院 生物多样性与生态工程教育部重点实验室 北京 100875)

摘要:对棕背鼯(*Clethrionomys rufocanus*)、林姬鼠(*Apodemus speciosus*)和黑线姬鼠(*A. agrarius*)夏季的消化道形态进行了比较。3种啮齿动物总消化道的长度及重量(含内容物重和总干组织重),各器官的长度,胃、小肠和盲肠等长度,小肠和盲肠含内容物重,盲肠和大肠去内容物重,小肠、盲肠和大肠总干组织重等均存在明显的种间差异。以植物为食的棕背鼯的总消化道、小肠、盲肠和大肠的长度或重量明显长于或重于其他两种鼠类。后肠可作为衡量草食性动物食物质量的指标。3种啮齿动物可通过消化道形态改变以适应不同的食性。

关键词:棕背鼯;林姬鼠;黑线姬鼠;消化道形态

中图分类号:Q958, Q954 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2007)01-08-06

Digestive Tract Morphology in Three Rodent Species

LIU Jin-Song^{①②③} SUN Ru-Yong^③ WANG De-Hua^{②*}

(^① School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou 325027;

^② State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology,

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080; ^③ Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science

and Ecological Engineering, College of Life Sciences, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The animals' gut morphology is closely related to food habit, food quality and energy need. In order to investigate the relationship between food habits and digestive tract morphology, the lengths of gastrointestinal tracts of three species of rodents with different food habits were compared. Gray Red-backed Vole (*Clethrionomys rufocanus*), Large Japanese Field Mouse (*Apodemus speciosus*) and Striped Field Mouse (*A. agrarius*) were live-trapped in the forest regions at Nehe County, Heilongjiang Province in June 2002. The entire digestive tract of animals were removed, carefully stripped the connective tissues and lipids, then extended to their full length on a dissecting plate with physiological saline, and the lengths of stomach, small intestine, large intestine, and caecum were measured to the nearest 1 mm and weighed to the nearest 0.1 mg. In order to remove the effect of body mass, analysis of covariance was used to analyze the data, using body mass as the covariate, and followed by least significant difference (LSD) multiple comparisons. We found significant differences in the length, mass with content and dry mass of total gut, stomach length, length, mass with content and dry mass of small intestine and caecum, and the mass without content and dry mass of large intestine among these species. The strict herbivores, *C. rufocanus*, had the largest length and/or mass of

基金项目 国家自然科学基金项目部分资助(No. 30470279);

* 通讯作者, E-mail: wangdh@ioz.ac.cn;

第一作者介绍 柳劲松,男,教授,博士;研究方向:动物生理生态学;E-mail: ljs@wzu.edu.cn;

收稿日期:2006-04-26,修回日期:2006-11-08

total alimentary, small intestine, caecum and large intestine. Our results suggest that the hind gut be more important to herbivorous than to granivorous/omnivorous rodents and can be a relative reliable indicator for food habits. *C. rufocanus*, *A. speciosus* and *A. agrarius* can coexist through the separation of food resource and changing the digestive tract morphology for adaptation.

Key words: Gray Red-backed Vole (*Clethrionomys rufocanus*); Large Japanese Field Mouse (*Apodemus speciosus*); Striped Field Mouse (*A. agrarius*); Digestive tract morphology

对小型哺乳动物来说,食物能量的获取和有效利用是其生存和繁殖的关键^[1]。作为食物消化吸收的场所,动物消化道形态结构与食性、食物质量及能量需求等密切相关,同时可影响食物的吸收效率^[2]。哺乳动物食性的不同可反映出消化道形态的差异。Perrin等^[3]从进化角度比较了南非19种啮齿动物消化系统形态与食性的关系,认为食性是导致种间消化道形态差异的主要原因之一。Schieck等^[4]比较了35种小型哺乳动物的消化道与食性的关系,发现其消化道长度和重量存在明显的种间差异。草食性动物的大肠大于杂食性动物,且消化道总长度长于杂食性者;肉食性动物的消化道总长度最短。Vorontsov^[5]通过观察一些草食性啮齿动物消化道的形态变化,发现草食性动物消化道有以下适应特征:(1)增加整体消化道容量;(2)小肠的长度相对降低;(3)盲肠和大肠相对增加。

王德华等^[6]报道了栖息在青藏高原的根田鼠(*Microtus oeconomus*)消化道形态的季节性变化,并认为食物质量是导致根田鼠消化道形态变化的主要原因。对高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)^[7]和高原鼯鼠(*Myosplax baileyi*)^[8]消化道形态的季节变化进行分析,发现食物质量和栖息环境的温度对动物消化道形态具有重要的影响。杜卫国等^[9]对7种鼠科啮齿动物消化道长度和重量进行了比较,结果表明消化道长度具有种间差异,其中盲肠、大肠长度的种间差异大于胃、小肠及消化道全长,且与食性、生境有关。李俊生等^[10]通过对荒漠啮齿动物消化道长度的研究验证了栖息于同一生境的植食性小型哺乳动物具有不同食物资源利用模式,同域共存物种消化道形态结构的差异是对食物资

源利用种间权衡的功能反应。Wang等^[11]对6种啮齿动物的消化道形态进行了研究,认为后肠对于草食性啮齿动物的影响比杂食性或以种子为食的啮齿动物更为重要,并提出后肠可作为检验动物食性的一个相对指标。

棕背鼯(*Clethrionomys rufocanus*)、林姬鼠(*Apodemus speciosus*)和黑线姬鼠(*A. agrarius*)为黑龙江省林区和农田的主要鼠种。棕背鼯和林姬鼠在黑龙江省主要栖息于原始林、天然次生林和人工针叶林;而黑线姬鼠则以农田、撂荒地、山麓灌丛及居民区为其主要栖身地^[11]。棕背鼯是典型的植食性物种,其食物主要以绿色植物为主,春季取食植物的嫩茎和嫩叶,秋季以取食植物的嫩芽及地下茎为主,冬季取食种子和树皮。林姬鼠和黑线姬鼠为杂食性,除植物的绿色部分外,还取食作物的种子和昆虫^[11]。按照Vorontsov^[5]的假说,以植物为食的物种(特别是典型的植食性)应具有以下特征:(1)相对较长的消化道;(2)大肠和盲肠占总消化道的比例相对较大;(3)小肠所占的比例相对较小。因此,棕背鼯应该较后两种鼠具有相对长的消化道。本文通过3种啮齿动物消化道形态的比较,试图了解同一地区内共存的物种食性与消化道形态的关系及其适应意义。

1 材料与方 法

1.1 实验动物 棕背鼯、林姬鼠和黑线姬鼠成体于2002年6~9月捕自黑龙江省讷河地区(48°29'N, 124°51'E),该地区年平均温度为3.4℃,其中最热月(7月)和最冷月(1月)的平均气温分别为22.9℃和-20.6℃。一年中有7个月(10~4月)的霜冻期,其中最低极端温度达-38℃。植被以针阔混交林和农田为主。

棕背鼯 5 只(3♂, 2♀), 平均体重为 (23.1 ± 0.7) g。林姬鼠 6 只(3♂, 3♀), 平均体重为 (28.5 ± 3.2) g。黑线姬鼠 7 只(4♂, 3♀), 平均体重为 (20.9 ± 3.1) g。

1.2 消化道长度和重量 将动物带回实验室, 称重后进行解剖, 取出消化道各器官, 分离出胃(stomach, ST)、小肠(small intestine, SI)、大肠(large intestine, LI)和盲肠(caecum, CA); 测定长度(length, L)、含内容物组织重(with content, C)、去内容物组织重(without content), 即鲜重(empty, E)及干组织重(dry content, D)。将各器官剔除肠系膜, 在有生理盐水的解剖盘上平展为最大长度, 但不拉伸⁶⁻⁸, 以直尺测量(± 1 mm)。用 BS 210 S 型电子天平称量(± 0.1 mg)。将各器官纵剖, 经生理盐水充分冲洗内容物, 再用滤纸吸收表面水分, 得器官鲜重, 然后在 60℃烘箱内烘至恒重, 得器官干重。总消化道(total alimentary, TO)的各项指标均为胃、小肠、大肠和盲肠的相加值。

1.3 统计分析 利用 SPSS 统计软件包进行单因子方差分析(one-way ANOVA)及 LSD(least significant difference)多重比较。为消除体重差异对实验结果的影响, 以体重作协变量, 对各指标作单因子协方差分析(one-way ANCOVA), 同时测定 3 种啮齿动物消化道长度及重量。文中数据以平均值 \pm 标准误(Mean \pm SE)表示, $P < 0.05$ 即认为差异显著。

2 结果

2.1 总消化道的变化 协方差分析表明, 棕背鼯、林姬鼠和黑线姬鼠的总消化道长度(TOL)、总含内容物重(TOC)及总干组织重(TOD)种间差异显著(分别为 $F_{(2,15)} = 11.070, P = 0.001$; $F_{(2,15)} = 6.557, P = 0.01$; $F_{(2,15)} = 14.465, P = 0.000$)。林姬鼠和黑线姬鼠的 TOL 和 TOC 差异不显著, 但明显低于棕背鼯。棕背鼯的 TOD

最重, 明显高于其他两种动物。林姬鼠和黑线姬鼠的 TOD 差异也达到显著水平(表 1)。3 种动物的总消化道鲜重(TOE)差异不显著($F_{(2,15)} = 3.073, P = 0.078$)。

2.2 器官的变化

胃(ST): 3 种啮齿动物除胃的长度(STL)达到显著差异外($F_{(2,15)} = 8.140, P = 0.005$), 其他各项指标均未达到显著水平。STL 以棕背鼯最大(表 1)。

小肠(SI): 棕背鼯、林姬鼠和黑线姬鼠小肠的长度(SIL)、含内容物重(SIC)及干组织重(SID)差异显著(分别为 $F_{(2,15)} = 12.958, P = 0.001$; $F_{(2,15)} = 9.107, P = 0.003$; $F_{(2,15)} = 20.803, P = 0.000$)。棕背鼯的 SIL 和 SIC 明显长于和重于林姬鼠和黑线姬鼠, 后两者的 SIL 和 SIC 差异不显著。棕背鼯的 SID 最重, 林姬鼠和黑线姬鼠的 SID 差异也达到显著水平(表 1)。

盲肠(CA): 3 种鼠类盲肠的长度(CAL)、含内容物重(CAC)、鲜重(CAE)及干组织重(CAD)差异均达到显著(分别为 $F_{(2,15)} = 24.023, P = 0.000$; $F_{(2,15)} = 14.440, P = 0.000$; $F_{(2,15)} = 14.540, P = 0.000$; $F_{(2,15)} = 4.832, P = 0.025$)。CAL 以棕背鼯最长, 黑线姬鼠次之, 林姬鼠最短, 但均达到显著水平(表 1)。林姬鼠和黑线姬鼠的 CAC 和 CAE 差异不显著, 但均显著低于棕背鼯。棕背鼯和黑线姬鼠的 CAD 差异不明显, 但均明显高于林姬鼠(表 1)。

大肠(LI): 棕背鼯、林姬鼠和黑线姬鼠大肠的鲜重(LIE)及干组织重(LID)差异均达到显著(分别为 $F_{(2,15)} = 8.373, P = 0.004$; $F_{(2,15)} = 3.931, P = 0.044$)。棕背鼯的 LIE 明显大于林姬鼠和黑线姬鼠, 后两者差异不显著。棕背鼯和黑线姬鼠的 LID 没有显著差异, 但均大于林姬鼠(表 1)。

表 1 3 种啮齿动物消化道长度和重量的调整平均数 (Mean ± SE)

Table 1 Adjustment means of the length and mass of digestive tracts in three rodent species

项目 Item	棕背鼯 <i>Clethrionomys rufocanus</i>	林姬鼠 <i>Apodemus speciosus</i>	黑线姬鼠 <i>A. agrarius</i>	P 值 P value
样本数 Sample size (n)	5	6	7	
TOI (mm)	634.1 ± 28.5 ^b	451.7 ± 27.0 ^a	497.6 ± 23.5 ^a	0.001
TOC (g)	4.001 ± 0.293 ^b	2.478 ± 0.277 ^a	3.181 ± 0.241 ^a	0.010
TOE (g)	2.091 ± 0.146	1.578 ± 0.138	1.772 ± 0.120	0.078
TOD (g)	0.442 ± 0.023 ^c	0.270 ± 0.022 ^a	0.393 ± 0.019 ^b	0.000
STL (mm)	27.3 ± 1.8 ^b	16.9 ± 1.7 ^a	21.7 ± 1.5 ^a	0.005
STC (g)	0.848 ± 0.265	0.607 ± 0.251	0.974 ± 0.219	0.572
STE (g)	0.216 ± 0.023	0.232 ± 0.021	0.259 ± 0.019	0.326
STD (g)	0.048 ± 0.006	0.056 ± 0.006	0.062 ± 0.005	0.231
SIL (mm)	382.1 ± 15.8 ^b	274.1 ± 14.9 ^a	298.9 ± 13.0 ^a	0.001
SIC (g)	1.828 ± 0.112 ^b	1.156 ± 0.106 ^a	1.398 ± 0.092 ^a	0.003
SIE (g)	1.476 ± 0.161	0.851 ± 0.152	1.163 ± 0.132	0.053
SID (g)	0.280 ± 0.014 ^c	0.149 ± 0.013 ^a	0.222 ± 0.012 ^b	0.000
CAL (mm)	73.7 ± 4.3 ^c	51.7 ± 4.1 ^b	36.1 ± 3.5 ^a	0.000
CAC (g)	0.866 ± 0.075 ^b	0.366 ± 0.071 ^a	0.398 ± 0.062 ^a	0.000
CAE (g)	0.322 ± 0.023 ^b	0.154 ± 0.022 ^a	0.195 ± 0.019 ^a	0.000
CAD (g)	0.052 ± 0.007 ^b	0.025 ± 0.007 ^a	0.053 ± 0.006 ^b	0.025
LIL (mm)	151.1 ± 15.2	109.1 ± 14.4	140.9 ± 12.5	0.163
LIC (g)	0.462 ± 0.042	0.339 ± 0.040	0.386 ± 0.035	0.153
LIE (g)	0.301 ± 0.017 ^b	0.208 ± 0.016 ^a	0.229 ± 0.014 ^a	0.004
LID (g)	0.066 ± 0.006 ^b	0.044 ± 0.006 ^a	0.062 ± 0.005 ^b	0.044

在同一行中,不同上标表示显著差异(The different superscripts in the same row indicates significant differences);TO:总消化道(total alimentary),ST:胃(stomach),SI:小肠(small intestine),CA:盲肠(caecum),LI:大肠(large intestine);L:长度(length),C:含内容物重(with content),E:鲜重(empty),D:干重(dry)。

表 2 3 种啮齿动物消化道长度及重量的测定值 (Mean ± SE)

Table 2 The absolute length and mass of digestive tracts in three rodent species

项目 Item	棕背鼯 <i>Clethrionomys rufocanus</i>	林姬鼠 <i>Apodemus speciosus</i>	黑线姬鼠 <i>A. agrarius</i>
样本数 Sample size (n)	5	6	7
体重 Body mass (g)	23.1 ± 0.7	28.5 ± 3.2	20.9 ± 3.1
TOI (mm)	623.2 ± 24.9	466.3 ± 8.2	492.9 ± 33.6
TOC (g)	3.769 1 ± 0.347 3	2.787 9 ± 0.252 7	3.077 9 ± 0.350 8
TOE (g)	2.199 7 ± 0.200 1	1.700 2 ± 0.180 8	1.731 7 ± 0.096 8
TOD (g)	0.419 2 ± 0.020 8	0.301 1 ± 0.029 35	0.382 1 ± 0.030 3
STL (mm)	26.6 ± 2.6	17.8 ± 0.7	21.4 ± 1.5
STC (g)	0.745 5 ± 0.178 1	0.745 8 ± 0.101 8	0.926 5 ± 0.324 9
STE (g)	0.189 9 ± 0.033 1	0.260 9 ± 0.029 9	0.250 2 ± 0.023 8
STD (g)	0.044 4 ± 0.009 5	0.059 5 ± 0.006 6	0.059 2 ± 0.004 7
SIL (mm)	377.4 ± 14.9	280.3 ± 6.8	296.9 ± 16.9
SIC (g)	1.737 ± 0.088 27	1.275 5 ± 0.176 0	1.349 8 ± 0.088 4
SIE (g)	1.412 5 ± 0.140 4	0.929 5 ± 0.208 7	1.068 6 ± 0.044 2
SID (g)	0.266 5 ± 0.004 6	0.165 5 ± 0.019 1	0.217 4 ± 0.015 6
CAL (mm)	73.4 ± 6.1	52.0 ± 2.9	36.0 ± 2.2
CAC (g)	0.843 9 ± 0.115 4	0.399 7 ± 0.023 5	0.391 4 ± 0.147 6
CAE (g)	0.309 3 ± 0.029 1	0.169 0 ± 0.011 5	0.188 7 ± 0.024 1
CAD (g)	0.046 5 ± 0.002 0	0.028 9 ± 0.002 4	0.048 6 ± 0.010 2
LIL (mm)	145.8 ± 5.8	116.2 ± 5.7	138.6 ± 19.2
LIC (g)	0.441 1 ± 0.020 6	0.366 9 ± 0.041 3	0.377 2 ± 0.045 1
LIE (g)	0.288 0 ± 0.005 7	0.225 8 ± 0.020 9	0.223 8 ± 0.020 5
LID (g)	0.061 9 ± 0.005 5	0.047 2 ± 0.004 7	0.057 9 ± 0.007 1

TO:总消化道(total alimentary),ST:胃(stomach),SI:小肠(small intestine),CA:盲肠(caecum),LI:大肠(large intestine);L:长度(length),C:含内容物重(with content),E:鲜组织重(empty),D:干重(dry)。

长的总消化道和盲肠,符合我们的预测。后肠可以作为植食性动物食性比较的一个指标,而小肠的形态学特征则不能反映出食物质量的变化。棕背麝、林姬鼠和黑线姬鼠通过改变消化道形态以适应不同的食性,具有适应意义。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] McWillimas S R, Katsarov W H. Phenotypic flexibility in digestive system structure and function in migratory birds and its ecological significance. *Comp Biochem Physiol*, 2001, **128A**:579 ~ 593.
- [3] Perrin M R, Curtis B. A. Comparative morphology of the digestive system of 19 species of Southern African myomorph rodents in relation to diet and evolution. *S Afr J Zool*, 1980, **15**:22 ~ 33.
- [4] Schieck J O, Millar J S. Alimentary tract measurements as indicators of diets of small mammals. *J Mamm*, 1985, **49**:93 ~ 104.
- [5] Vorovtsov N N. The ways of food specialization and evolution of the alimentary system in Muroidea. In: Kratochvíl J, Pelikán J eds. Symposium Theriological Proceedings of the International Symposium on Methods of Mammalogical Investigation. Brno: Publ House Academia Praha, 1962, 360 ~ 377.
- [6] 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** (1):53 ~ 59.
- [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** (5):495 ~ 501.
- [8] 王德华,王祖望. 高寒地区高原鼯鼠消化道形态的季节变化. 兽类学报, 2000, **20** (4):270 ~ 276.
- [9] 杜卫国,鲍毅新,刘季科. 七种鼠科啮齿动物消化道长度和能量的比较. 兽类学报, 2001, **21** (4):264 ~ 270.
- [10] 李俊生,宋延龄,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.
- [11] 马逸清. 黑龙江省兽类志. 黑龙江:黑龙江科技出版社, 1986, 278 ~ 287.
- [12] Hume I D. Digestive strategies of mammals. *Acta Zool Sin*, 2002, **48** (1):1 ~ 19.
- [13] Derting T L, Noakes III. E B. Seasonal changes in gut capacity in the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) and meadow vole (*Micro pennsylvanicus*). *Can J Zool*, 1995, **73**:243 ~ 252.
- [14] 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.
- [15] Bozinovic F F, Nova F, Claudio C. Seasonal changes in energy expenditure and digestive tract of *Akrotrix andinus* (Cricetidae) in the Andes Range. *Physiol Zool*, 1990, **63**:1 216 ~ 1 231.
- [16] Hammond K A. Seasonal changes in gut size of the wild prairie vole (*Microtus ochrogaster*). *Can J Zool*, 1993, **71**:820 ~ 827.
- [17] Gross J E, Wang Z, Wunder B A. Effects of food quality and energy needs: changes in gut morphology and capacity of *Microtus ochrogaster*. *J Mamm*, 1985, **66**:661 ~ 667.
- [18] 裴艳新,王德华. 化学反应器理论与食草动物的消化对策. 兽类学报, 2000, **20** (4):304 ~ 312.
- [19] Ellis B A, Mills J N, Kennedy E J T, *et al.* The relationship among diet, alimentary tract morphology, and life history for five species of rodents from the central Argentine pampa. *Acta Theriol*, 1994, **39**:345 ~ 355.

3 讨论

不同物种或同一物种不同性别以及不同生理状态对能量的需求不同,会导致动物消化道各器官的形态结构和功能发生不同程度的代偿性变化以适应能量需求的变化^[12]。相同或不同栖息环境以及不同食性和食物条件,不同物种间消化道各器官的适应性变化等也有区别^[12]。对于啮齿动物来说,杂食性动物的消化道长度要长于食种子和食昆虫类动物的消化道^[10,13]。在 3 种啮齿动物中,棕背鼯的总消化道长度、含内容物重和总干组织重均显著高于后两者,表明在相同或相近的分布区域内,啮齿动物食物组成有差异,这样动物在消化道形态结构上会进行一些调节。食性有差异进而会减少物种之间对食物的竞争^[10]。

胃是动物暂时储藏食物和对食物进行初步消化及吸收的部位,胃的大小与很多因素有关,如温度、食物质量和繁殖状态等。较大的胃意味着能一次摄入较多食物,从而缩短觅食时间^[3,10]。由于以高质量和纤维含量较少的谷类为食,杂食性和以种子为食的啮齿动物不依赖于后肠对食物的储藏及营养的吸收,且蛋白质和碳水化合物可在前肠消化并吸收,因此有相对较大的胃储藏食物,可满足一天的能量需求^[13]。本研究中,棕背鼯的胃长度明显长于后两者,其他指标没有明显变化。然而,在食物质量较低时,相对较大的胃具有重要的生态学意义,它既可提高觅食效率和获得足够食物,又可减少觅食时间,从而减少暴露时间,进而降低被捕食的风险^[9]。Wang 等^[1]在研究 6 种啮齿动物的消化道形态时发现类似现象,并认为植食性物种消化道内的营养物质在盲肠和结肠滞留、发酵和吸收,前肠对低质量、高纤维食物的通过和运送显得更为重要。

小肠是食物消化和营养吸收的主要部位,其形态学的变化与能量需求有关^[6]。种内相对较长的小肠可能意味着动物能量需求较高,如低温环境及繁殖期啮齿动物的小肠长度和(或)重量要高于温暖和非繁殖季节^[13,14],小肠具有

很大的表型可塑性(phenotypic plasticity)。如南美安第斯鼠(*Abrothrix andinus*)的总消化道重量冬季较夏季增加 41%,小肠无论长度还是重量均具明显的季节差异^[15];橙腹田鼠(*Microtus ochrogaster*)的消化道存在明显的季节性变化,而小肠是变化最大的器官之一^[16];栖居于青藏高原的高原鼠兔和根田鼠其小肠季节性变化显著,在草返青期和草枯黄期较高^[6,7]。同样,不同物种之间由于其食物的差异及能量需求的不同,小肠的变化也较大。棕背鼯的小肠长度、含内容物重和干重与后两种鼠类比较均有明显差异;林姬鼠和黑线姬鼠的小肠干重也有显著差异。然而,就不同的物种而言,小肠的这种差异不能反映出其食性的不同^[1]。李俊生^[10]等在研究荒漠啮齿动物食物组成与消化道长度的相关性时发现,以草类为食的红耳鼠兔(*O. erythrotis*)小肠的相对长度与小家鼠(*Mus musculus*)的相似。Wang 等^[1]比较了 6 种鼠类的消化道与食性的关系,发现以杂食性为主的达乌尔黄鼠(*Spermophilus daurica*)小肠长度最长,植食性为主的布氏田鼠(*Lasiopodomys brandtii*)居中,而以种子为食的小毛足鼠(*Phodopus roborovskii*)最小,认为种间小肠的这种差异并不能反映出其食物中纤维素的含量。

盲肠是食物的发酵场所,对食物中纤维素含量较敏感。种间比较发现盲肠的形态学特征与食物的质量密切相关,当食物质量下降时,盲肠大小增加^[17]。本研究发现,棕背鼯盲肠的长度、含内容物重和去内容物重均显著高于后两者。小型食草动物通常是盲肠发酵动物,因为个体较小,消化道容积相对较小,消化道内容的流通时间较短。当食物质量较低时,它们通常利用后肠发酵来获得大量的维生素和氮等营养物质^[18]。大肠是纤维素经盲肠和结肠上段发酵分解后其中的营养物质的主要吸收部位,其大小与食物的质量密切相关。棕背鼯大肠的去内容物重明显高于后两者;而干重与黑线姬鼠相似,显著高于林姬鼠。比较 3 种动物的食性,棕背鼯具有相对较大的大肠是可以理解的。

总之,以植物为主要食物的棕背鼯具有较