

7种荒漠啮齿动物食物组成与消化道长度的比较*

李俊生 宋延龄** 曾治高

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要 对荒漠地带几种啮齿动物在自然环境中夏季主要食物组成以及消化道长度的适应性变化进行了比较。三趾跳鼠 (*Dipus sagitta*)、五趾跳鼠 (*Allactage sibirica*)、子午沙鼠 (*Meriones meridianus*) 和红耳鼠兔 (*Ochotona erythrotis*) 胃内的主要食物成分为当年生植物嫩茎、叶和部分灌木韧皮部分, 灰仓鼠 (*Cricetulus migratorius*) 及黑线仓鼠 (*C. barabensis*) 食物组成中种子、花和浆果以及昆虫出现较高的频率, 小家鼠 (*Mus musculus*) 的食物构成以种子类为主, 与食物组成相适应, 总消化道和各器官长度存在明显的种间差异, 而且各器官间盲肠和大肠长度的种间差异明显大于小肠的种间差异, 胃和盲肠及其内容物的重量也存在显著的种间差异, 但小肠和大肠及其内容物重量的种间差异则不显著。其结果验证了下述假设: 栖息于同一生境的植食性小哺乳类具有不同食物资源利用模式, 而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 [动物学报 49 (2): 171~178, 2003]。

关键词 共存物种 啮齿动物 食物组成 消化道形态 种间差异

A comparison of the content and morphology of the digestive tracts of seven desert rodent species*

LI Jun-Sheng SONG Yan-Ling** ZEN G Zhi-Gao

(Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract Tract morphology among sympatric desert rodent species was examined in order to reveal if these species coexist through food resource partitioning. The field work was carried out in the summer of 2001 (July - August) in two arid deserts, one in suburban Jiayuguan city and the other in suburban Dunhuang township, both of which are in the western region of Gansu Province, China. The climate of both study areas is very dry and the maximum rainfall occurs in the summer season. The mean annual temperature was 10 and the mean annual precipitation varied from 35 mm to 45 mm during 1990 - 2000. Vegetation at both study areas was dominated by *Tamarix remosissima*, *Nitraria sphaerocarpa*, *Haloxylon ammodendrom*, *Alhagi maurorum*, *Ephedra przewalskii*, *Sympegna regelii*, *Nitraria* spp., *Salsola passerina*, *Achnatherum splendens* and *Carex* spp. Animals were captured with small break-back traps (snapping bar). Traps were placed in a rectangular grid of five lines 10 m apart (measured) and 100 traps were laid at 5 m intervals along each line. Peanuts were used as bait. Traps were laid in the evening and checked the next morning. A total of 1 500 trapping days were conducted at each site. Captured animals were brought to the laboratory for dissection. The species of each specimen was identified, and age and sex were also determined. A total of seven species were captured, including *Dipus sagitta*, *Allactage sibirica*, *Meriones meridianus*, *Cricetulus migratorius*, *C. barabensis*, *Mus musculus*, and *Ochotona erythrotis*. Measurements of weight and body length were taken and the reproductive status of each specimen determined before any further examination. Digestive tracts were carefully removed and separated from adhesive and adipose tissue. The following measurements were then taken: weights of stomach, small intestine, large intestine, and caecum (all with contents); lengths of small intestine, large intestine and caecum. The contents of stomach and cheek pouches

2001-02-28 收稿, 2002-11-08 修回

* 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX1-10-06) 和中国博士后科学基金项目资助 [This study was funded by the Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences (No. KZCX1-10-06) and the Postdoctoral Science Foundation of China]

** 通讯作者 (Corresponding author) E-mail: songyl@panda.ioz.ac.cn

第一作者简介 李俊生, 男, 33岁, 副教授, 博士。研究方向: 动物生态学与保护生物学。

© 2003 动物学报 Acta Zoologica Sinica

were checked and sorted as leaves, stems, flowers, roots, seeds, fruits, and insects and used to determine the food preferences of each species. The parameter of body weight was used to analyze interspecific variation in the length of the total gut and separate organs by covariance, and the weight of the separate organs and their contents by ANCOVA. Differences in relative intestine length (ratio between hind gut length to head/body length) among different species were analyzed by one-way ANOVA. Analysis of stomach and cheek-pouch contents showed that the seven rodent species fed on different food items. Three kinds of food preferences could be distinguished among the 7 species, i. e. herbivores, omnivores and granivores. Total digestive tract length was significantly different among the 7 species and their food preferences seemed to be an important factor in this difference. Herbivores had the longest digestive tracts, omnivores the next longest and granivores the shortest. Interspecific variation in large intestine ($F_{5,107} = 15.762$, $P < 0.01$) and caecum length ($F_{5,107} = 5.024$, $P < 0.01$) was significantly larger than that of the small intestine ($F_{5,107} = 3.359$, $P < 0.01$). There were significant interspecific differences in stomach and caecum weight ($F_{5,107} = 6.662$, $P < 0.01$; $F_{5,107} = 9.003$, $P < 0.01$, respectively). However, there were no significant difference in small and large intestine weight ($F_{5,107} = 0.851$, $P > 0.05$; $F_{5,107} = 1.723$, $P > 0.05$, respectively). These results support our hypotheses that: 1) food selection patterns are different among rodent species that live in the same desert habitat, and 2) The different features of gut morphology among these species are a functional manifestation of the partitioning of food resources in the desert environment [Acta Zoologica Sinica 49 (2): 171 - 178, 2003].

Key words Coexistence species, Rodents, Food composition, Digestive tracts morphology, Interspecific difference

竞争排斥所导致的资源分割是物种共存的一个重要生态特征。从食物资源利用途径分析物种间的生态分离,进而揭示同域物种共存机制已成为当今动物群落研究的重要内容之一 (Brown, 1989; Kotler *et al.*, 1999; 刘季科等, 1991)。荒漠啮齿动物群落因其环境异质性程度低、物种组成相对简单和移动性小而成为检测上述要求的理想研究对象 (胡德夫等, 1999)。以往的研究主要依据该类群动物的食种子习性,已验证了共存物种具有不同的食物及资源利用模式 (Brown, 1973, 1989; Smigel *et al.*, 1974; Reichman, 1975)。不过, Kotler *et al.* (1999) 认为,进一步研究同域分布物种对食物的处理和消化能力对深入理解荒漠啮齿动物的生存对策和资源利用方式显得尤其重要。

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 (Gross *et al.*, 1985; Derting *et al.*, 1993; 王德华等, 2001)。如 Perrin *et al.* (1980) 从进化的角度比较了南非 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 *et al.* (1985) 比较了 35 种小型哺乳动物的消化道与食性的关系,发现草食性动物的大肠大于杂食性动物,且消化道总长度也长于杂食性者及肉食性者; Korn (1992) 在比较南非热带稀树草原 15 种啮齿动物消化道长度与食性的关系时也发现杂食性者消化道长度明显长于食种子者,三者中以食昆虫者消化道总长度最短; 杜卫国

等 (2001) 发现生活于不同生境中的 7 种鼠科动物因食性变化,其消化道长度和重量存在明显的种间差异的现象。以往这些研究主要比较了不同生境条件下食性差异较大动物间的消化道形态特征,而对同域分布物种的消化道形态特征至今尚未见到报道。在本研究中,我们基于同域分布物种资源分割理论,即在相同的时空环境条件下,栖息于荒漠生境中的啮齿动物因食物模式的差异导致其消化道形态结构不同的基础上,提出并检验如下特定假设: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。

1 材料与方法

实验动物来自 2001 年 7~8 月在甘肃省西部嘉峪关市和敦煌市的荒漠地带用铗捕法获得的样本。两地自然条件相似,年均温 9~10℃,年降水量 35~45 mm; 植被以荒漠灌丛为主,主要植物为怪柳 (*Tamarix remosissima*)、泡泡刺 (*Nitraria sphaerocarpa*)、梭梭 (*Haloxylon ammodendrom*)、骆驼刺 (*Alhagi maurorum*)、膜果麻黄 (*Ephedra przewalskii*)、黑柴 (*Sympegna regelii*)、白刺 (*Nitraria* spp.)、珍珠猪毛菜 (*Salsola passerina*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、苔草 (*Carex* spp.) 等。

本次研究均采用夹日法捕获动物。按样线法置夹,夹距 5 m, 100 夹直线排列,夹线距 100 m, 共 3 000 夹日。实验动物捕获后均选择成年个体作

为实验样本, 在室内用精确到 0.1 g 的电子天平 (型号为 ES-1100) 测体重和去内脏后的胴体重, 用精确到 0.1 cm 的直尺测量体长及其它常规数据, 然后进行解剖。仔细将胃肠器官取出, 置于解剖盘内, 分离出胃、小肠、盲肠及大肠, 小心剔除肠系膜及附着的脂肪组织, 将各器官平展为最大长度, 但不拉伸, 用精密直尺 (± 1 mm) 测量各部分长度, 然后用电子秤 (± 0.1 g) 分别测含内容物器官重量。因胃内容物的充盈程度对胃长的影响较大, 故在统计分析中未将胃长列入比较指标。

采用胃内食糜分析方法对捕获动物的食物构成 (包括仓鼠科动物颊囊内的内含物) 进行初步分析。胃内食糜分析的主要食物类型按以下标准确定 (鲍伟东等, 2001): 植物茎、叶 食糜呈绿色, 可见块状、颗粒状或纤维状的植物茎、叶残渣; 植物花 食糜呈红黄色或鲜黄色, 可辩出花瓣残片, 并伴有绿叶; 植物种子 食糜呈糊粒状, 一般为黄白色、黄褐色或淡黄色, 夹杂有种皮碎片; 昆虫 食糜呈黑色、褐黄色, 并可见昆虫的翅、足和几丁质碎片; 其它类 包括无法辨认的碎块、泥土、纤维状物等。颊囊内含物统计法是以每种食物在颊囊中出现的频率 (%) 作为食物构成的相对数量指标。

所有统计分析借助 SPSS 10.0 统计软件完成, 采用单因素方差 (One-Way ANOVA) 分析方法, 检验消化道相对长度及后肠长与体长比率的差异, 所有数据经反正弦转换后满足参数分析的条件。分析显著性水平设置为 $\alpha = 0.05$ 。本实验监测的各项

指标的性别差异不显著 ($P > 0.05$), 故将数据合并统计。为避免体重受胚胎重量、进食量等变化因子的作用而影响分析结果, 而采用以胴体重量的自然对数为协变量的协方差分析 (ANCOVA) 比较消化道相对大小和重量的种间差异。因红耳鼠兔样本数较少, 为避免统计误差, 在进行协方差分析时未使用其数据。

2 结果

2.1 主要食物组成

本次研究中捕获的 7 种荒漠啮齿动物主要食物出现的频次变化见表 1。三趾跳鼠、五趾跳鼠、子午沙鼠和红耳鼠兔胃内的主要食物成分为当年生植物嫩茎、叶和部分灌木韧皮部分, 植物花、浆果等食物出现的频率也较高。三趾跳鼠、五趾跳鼠和红耳鼠兔对植物种子的采食频次小于子午沙鼠, 而昆虫在以上三种鼠类食物中出现的频次则为 0。灰仓鼠及黑线仓鼠食物组成主要是植物当年生种子、植物花和浆果以及昆虫, 昆虫主要以甲鞘类为主, 而植物的茎叶出现的频率则相对较小。小家鼠的食物组成则以种子类为主, 在所有样本的胃内容物中种子类食物占 80% 以上, 植物花、浆果占一定的比例, 而嫩叶、芽类所占的比例较少, 仅一只妊娠雌性小家鼠胃内发现有昆虫几丁质碎片, 这种情况表明昆虫类食物不是小家鼠主要的食物组分, 但因繁殖期动物对蛋白质营养要求较高致使它们也采食少量的昆虫。

表 1 2001 年 7~8 月 7 种啮齿动物胃内容物食糜和颊囊内食物出现的频率

Table 1 Frequency of different food items in stomachs and cheek pouches of seven desert rodents in July to August, 2001

种类 Species	样本数 Sample sizes	茎、叶 Stem and leaf		花和浆果类 Flower and berry		种子 Seeds		昆虫类 Insects	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
三趾跳鼠 (<i>Dipus sagitta</i>)	32	32	100	21	65.63	4	12.50	0	0.00
五趾跳鼠 (<i>Allactage sibirica</i>)	11	11	100	7	63.64	3	27.27	0	0.00
子午沙鼠 (<i>Meriones meridianus</i>)	15	15	100	10	66.67	6	40.00	0	0.00
灰仓鼠 (<i>Cricetulus migratorius</i>)	23	11	47.83	20	86.96	21	91.30	12	52.17
黑线仓鼠 (<i>C. barabensis</i>)	21	13	61.91	17	80.95	20	95.23	7	33.33
小家鼠 (<i>Mus musculus</i>)	6	2	33.33	3	50.00	6	100	1	16.67
红耳鼠兔 (<i>Ochotona erythrotis</i>)	3	3	100	3	100	1	33.33	0	0.00

n 为出现的个体数 (“*n*” stands for the number occurring in sample)

2.2 消化道的形态结构变化

2.2.1 消化道长度 表2和表3显示荒漠啮齿动物总消化道和消化道各器官(胃除外)长度和相对长度的变化。以胴体重自然对数为协变量的 ANCOVA 表明:7种荒漠啮齿动物总消化道和各器官长度存在明显的种间差异,而且各器官间盲肠和大肠长度的种间差异明显大于小肠的种间差异(表2)。LSD 多重比较检验,发现亲缘关系较近的三趾跳鼠和五趾跳鼠总消化长度差异却不明显($t_{1,42} = 1.95, P > 0.05$)。

不同物种间各消化道相对长度和后肠与体长的比率也存在显著的种间差异(表3)。LSD 多重比较分析表明:7种啮齿动物中,红耳鼠兔和小家鼠小肠的相对长度最长,明显长于其它种类的啮齿动物($t_{1,107} = 6.47, P < 0.05$)。三趾跳鼠小肠的相对长度最短,与灰仓鼠($t_{1,54} = 2.01, P > 0.05$)和黑线仓鼠($t_{1,52} = 1.94, P > 0.05$)小肠的相对长度相接近,但明显短于五趾跳鼠($t_{1,42} = 4.83, P < 0.05$)和子午沙鼠小肠的相对长度($t_{1,46} = 4.08, P < 0.05$)。三趾跳鼠盲肠的相对长度最长,明显大于五趾跳鼠($t_{1,42} = 3.66, P < 0.05$)、子

午沙鼠($t_{1,46} = 5.12, P < 0.05$)、仓鼠类(灰仓鼠: $t_{1,54} = 5.37, P < 0.05$;黑线仓鼠: $t_{1,52} = 6.09, P < 0.05$)和小家鼠($t_{1,37} = 5.30, P < 0.05$),与红耳鼠兔的差异不明显($t_{1,34} = 1.27, P > 0.05$)。仓鼠类大肠相对长度最长,明显长于其它类啮齿动物的大肠相对长度(灰仓鼠: $t_{1,86} = 5.05, P < 0.05$;黑线仓鼠: $t_{1,84} = 5.19, P < 0.05$),红耳鼠兔和小家鼠的相对大肠长度最短;三趾跳鼠的后肠与体长的比率明显大于其它种类的后肠与体长的比率。在所有捕获的种类中,子午沙鼠后肠与体长的比率最小。

2.2.2 消化道内容物组织重量的变化 7种荒漠啮齿动物总消化道组织和消化道各器官内容物重量的变化见表4。以胴体重自然对数为协变量的 ANCOVA 发现:各物种的胃和盲肠组织重量与其中内容物的重量之和存在显著的差异($F_{5,107} = 6.662, P < 0.01$; $F_{5,107} = 9.003, P < 0.01$),总消化道组织重量与内容物的重量之和也存在明显的种间差异($F_{5,107} = 3.021, P < 0.05$)。小肠和大肠组织重量与内容物的重量之和的种间差异不显著($F_{5,107} = 0.851, P > 0.05$; $F_{5,107} = 1.723, P > 0.05$)。

表2 7种荒漠啮齿动物消化道长度

Table 2 A comparison of digestive tract length among seven desert rodents

种类 Species	<i>n</i>	胴体重 BW (g)	小肠长 SIL (mm)	盲肠长 CAL (mm)	大肠长 LIL (mm)	消化道总长 TOTL (mm)
三趾跳鼠 (<i>Dipus sagitta</i>)	32	32.28 ±4.09	495.01 ±71.28	147.12 ±32.34	225.31 ±31.54	867.43 ±101.54
五趾跳鼠 (<i>Allactage sibirica</i>)	11	39.94 ±10.06	508.45 ±73.03	124.45 ±49.09	197.45 ±43.16	830.36 ±105.89
子午沙鼠 (<i>Meriones meridianus</i>)	15	25.55 ±7.69	437.86 ±62.33	90.63 ±26.09	170.86 ±42.48	699.35 ±94.17
灰仓鼠 (<i>Cricetulus migratorius</i>)	23	12.00 ±3.90	386.17 ±35.06	81.08 ±24.78	198.48 ±38.83	665.73 ±48.95
黑线仓鼠 (<i>C. barabensis</i>)	21	9.31 ±2.79	326.00 ±47.64	63.85 ±16.88	158.38 ±26.38	548.23 ±53.79
小家鼠 (<i>Mus musculus</i>)	6	7.60 ±1.04	302.63 ±17.11	33.40 ±1.29	91.21 ±3.09	427.26 ±19.90
红耳鼠兔 (<i>Ochotona erythrotis</i>)	3	39.43 ±8.01	1310.69 ±39.28	271.27 ±13.20	219.60 ±40.11	1801.56 ±56.13
$F_{5,107}^a$			3.359	5.024	15.762	6.038
P^*			0.008	<0.0001	<0.0001	<0.0001

表中数据表示为平均值 ±标准差 (Data in this table is expressed as Means ±SE)

a: 以胴重为协变量的协方差分析 (An analysis of covariance with carcass weight as the covariate)

n: 样本量 (Sample sizes) BW: Body weight excluding viscera SIL: Length of small intestine CAL: Length of caecum LIL: Length of large intestine TOTL: Total length of digestive tract

表 3 7 种荒漠啮齿动物消化道相对长度 (%) 及后肠与体长 (mm) 的比率 (%)

Table 3 The relative length of intestines as % total gut length and ratio of hindgut to body length among seven desert rodents

种类 Species	体长 Body length	各消化道相对长度 (%) Relative length of intestine as % total gut length			后肠与体长的比率 Ratio of hindgut to body length
		小肠 Small intestine	盲肠 Caecum	大肠 Large intestine	
三趾跳鼠 (<i>Dipus sagitta</i>)	11.78 ±0.72	57.05 ±3.38	16.87 ±2.75	26.09 ±2.80	3.17 ±0.51
五趾跳鼠 (<i>Allactage sibirica</i>)	12.88 ±1.23	61.44 ±3.88	14.65 ±4.54	23.92 ±4.55	2.49 ±0.45
子午沙鼠 (<i>Meriones meridianus</i>)	12.03 ±1.08	62.78 ±4.52	12.85 ±2.77	24.37 ±4.78	2.16 ±0.40
灰仓鼠 (<i>Cricetulus migratorius</i>)	9.69 ±1.18	58.10 ±3.36	12.18 ±3.63	29.72 ±4.55	2.91 ±0.51
黑线仓鼠 (<i>C. barabensis</i>)	9.04 ±0.82	59.27 ±4.89	11.61 ±2.53	29.12 ±4.67	2.46 ±0.36
小家鼠 (<i>Mus musculus</i>)	6.65 ±0.35	71.44 ±1.03	12.22 ±2.24	16.34 ±2.48	2.28 ±0.26
红耳鼠兔 (<i>Ochotona erythrotis</i>)	17.21 ±2.06	72.74 ±2.68	15.05 ±2.26	12.21 ±2.09	2.85 ±1.93
$F_{5,107}$		17.838	10.313	14.040	14.764
P^*		0.000	0.000	0.000	0.000

表中数据表示为平均值 ±标准差 (Data in this table is expressed as Means ±SE)

*: 单因素方差分析, 双尾检验 (One-Way ANOVA, two-tailed test)

表 4 荒漠啮齿动物消化道含内容组织重量 (g)

Table 4 A comparison of digestive tract weight (with contents) (g) of among seven desert rodents

种类 Species	<i>n</i>	胴体重 BW	胃含内容物 组织重 STCW	小肠含内容物 组织重 SICW	盲肠含内容物 组织重 CACW	大肠含内容物 组织重 LICW	总消化道含内容物 组织重 TWGC
三趾跳鼠 (<i>Dipus sagitta</i>)	32	32.28 ±4.09	2.81 ±0.46	2.85 ±0.25	2.60 ±0.84	1.34 ±0.50	7.78 ±2.05
五趾跳鼠 (<i>Allactage sibirica</i>)	11	39.94 ±10.06	4.84 ±0.79	3.17 ±0.43	1.86 ±1.25	1.32 ±0.57	8.08 ±3.03
子午沙鼠 (<i>Meriones meridianus</i>)	15	25.55 ±7.69	5.34 ±0.48	3.40 ±0.26	2.57 ±1.03	1.07 ±0.58	7.39 ±2.58
灰仓鼠 (<i>Cricetulus migratorius</i>)	23	12.00 ±3.90	2.45 ±0.49	3.16 ±0.27	2.11 ±0.92	0.95 ±0.41	5.27 ±1.55
黑线仓鼠 (<i>C. barabensis</i>)	21	9.31 ±2.79	2.03 ±0.56	2.95 ±0.31	2.04 ±0.54	0.67 ±0.35	3.27 ±0.92
小家鼠 (<i>Mus musculus</i>)	6	7.60 ±1.04	2.00 ±0.86	3.29 ±0.46	0.83 ±0.30	0.32 ±0.07	3.07 ±0.86
红耳鼠兔 (<i>Ochotona erythrotis</i>)	3	39.43 ±8.01	10.43 ±1.03	7.33 ±0.68	12.00 ±0.93	3.20 ±0.49	22.53 ±1.74
$F_{5,107}^a$			6.662	0.851	9.003	1.723	3.021
P			<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.136	0.014

表中数据表示为平均值 ±标准差 (Data in this table is expressed as Means ±SE)

a 以胴重为协变量的协方差分析 (An analysis of covariance with carcass weight as the covariate)

BW: body weight excluding viscera TWGC: total weight of gut with content

n: Sample sizes STCW: weight of stomach with content SICW: weight of small intestine with content CACW: weight of caecum with content

LICW: weight of large intestine with content

3 讨论

在一定的时空范畴内,群落中各种动物种群集合体之间的资源利用生态分离是揭示物种集合体组织结构和共存的主要机制之一 (Brown, 1989; 刘季科等, 1991; 胡德夫等, 1999)。7 种荒漠啮齿动物中,夏季以植物的茎叶为主要食物成分的分别是三趾跳鼠、五趾跳鼠、子午沙鼠和红耳鼠兔;植物的种子、花、浆果和昆虫类是灰仓鼠和黑线仓鼠的主要食物;而小家鼠的食物则以植物的种子为主。与种间食物利用模式相适应,其消化道形态结构也存在明显的种间差异(表 2~4)。本文验证了同域分布的小哺乳类食物资源分割是荒漠物种的共存机制之一 (Brown, 1989),同时也证明了同域共存物种的消化道形态结构差异是食物资源分享的一种种间协调和功能反应。

Brown (1989) 在总结前人工作的基础上提出荒漠啮齿动物至少存在四种类型的共存机制: (1) 食性分离; (2) 不同类型生境选择; (3) 与时间相关的资源丰富度分割; (4) 与空间相关的资源丰富度分割。而生态维中最重要的三维依重要性序列为生境、食物类型和时间 (Brown, 1973; Schoener, 1974; M' Closkey *et al.*, 1975)。在荒漠生境条件下,同域分布的啮齿动物可通过行为机制选择不同生境调节空间生态位差异来适应食物因子的制约作用 (Rosenzweig, 1973; Price, 1978; Parren *et al.*, 1985)。在野外调查中发现子午沙鼠和跳鼠类主要生活在荒漠程度较高的生境类型中,虽然这些生境中的植被类型主要以耐旱的柽柳类、泡泡刺、梭梭、骆驼刺、膜果麻黄和黑柴等灌丛为主,但在植物生长期,食物资源的增量可超过各鼠种的应答反应 (胡德夫等, 1999),动物通过采食这些植物营养体可满足其营养需求 (宋恺等, 1984; 赵天飙等, 1998),因此,这些鼠种食物组成以植物茎叶为主,纤维含量较高。灰仓鼠、黑线仓鼠和小家鼠动物主要选择荒漠和绿洲交错带,植被以草本植物和农作物占优势,这些鼠类主要取食植物的花、浆果和农作物种子,而这些生境中昆虫种类和数量相对也较多,因此,仓鼠类动物对其取食比重也较大。

本次研究发现,在荒漠中生活的几种啮齿动物由于食物组成的差异,其消化道形态也存在明显的种间差异,而且不同消化器官的种间差异也不尽相同(表 2~4)。胃组织及其内容物的重量之和、盲

肠与内容物重量之和、盲肠长度、大肠长度和小肠、大肠和盲肠的相对长度差异较为明显,小肠长度的差异次之,而大小肠与内容物重量之和的种间差异不明显。对于食草动物来说,动物对植物体内能量和营养物质的利用主要取决于它们利用细胞壁内纤维素的能力。因此,食物的质量是影响消化和吸收的重要因素。多项研究工作已经证明,小型哺乳动物消化道长度和重量与其食性和食物的质量密切相关 (Gross *et al.*, 1985; Korn, 1992; 杜卫国等, 2001),取食纤维素含量较高的食物的动物消化道长度要长于食物中纤维素含量较低的动物。从大类群来说,草食性动物消化道长度明显长于杂食性动物,杂食性动物的消化道长度又明显长于肉食性动物 (Schieck *et al.*, 1985)。对啮齿动物来说,杂食性动物的消化道长度要长于食种子和食昆虫类的动物种类的消化道 (Korn, 1992),野栖鼠科动物的消化道长度和重量应该明显大于家栖种类 (杜卫国等, 2001);即使是同一种啮齿动物,其消化道长度也随食物质量的差异而发生明显的季节性变化 (王德华等, 1995, 2000, 2001; 鲍毅新等, 1998; 杜卫国等, 2000; Myrcha, 1964, 1965; Perrin *et al.*, 1980; Derting *et al.*, 1995)。所以在荒漠生境条件下,同域分布啮齿动物食物组成的差异,可促使动物在消化道形态结构上进行一些有益的调节。

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 (Perrin *et al.*, 1980),即体型较大、食物质量较低、或环境温度较低条件下,小型哺乳动物的胃容量应相对较大 (王德华等, 1995, 2001; 杜卫国等, 2001)。本次研究发现:在相同温度条件下,7 种啮齿动物胃容量的大小与其体重及食物组成相适应,红耳鼠兔、五趾跳鼠、子午沙鼠等个体的体形较大,食物组成以草类为主,故其胃组织及其内容物的重量相对较大;而仓鼠类动物和小家鼠的个体均较小,食物组成主要以营养质量相对较高的种子类、花、浆果和昆虫类为主,所以它们的胃和胃内容物的重量则相对较小。因此,同域分布的荒漠啮齿动物胃容量的大小也因资源利用方面的选择倾向而表现出一定的趋异性。

小肠的变化反映了动物的能量需要,因此小肠的长度受动物能量需求的影响较大 (王德华等, 2001)。相对较长的小肠可能意味着动物能量需求较高,如低温环境和繁殖期啮齿动物的小肠长度要

高于温暖和非繁殖季节 (王德华等, 1995; 杜卫国等, 2000; Derting *et al.*, 1993, 1995; Hammond *et al.*, 1995)。由于体型大小和食性差异, 不同种类动物的小肠长度也有明显差异 (Perrin, *et al.*, 1980; Korn, 1992)。动物的基础代谢率随体重增加呈非线性下降, 即相对于单位体重小体型动物需要更多的能量。因此, 这些小体型动物主要取食种子这类纤维素含量低、营养物质含量高的食物来适应对能量的需求。高质量食物可在动物的胃和小肠内直接消化吸收, 只有纤维素需要在盲肠内酵解 (王德华等, 1995, 2001; 杜卫国等, 2001)。因此对于体型较小的小家鼠来说, 具有较长的小肠和较短的盲肠是不难理解的。

致谢 中国科学院动物研究所的张津生工程师参加了野外采集和标本解剖工作, 敦煌市林业局保护站谢克荣、徐国强同志对野外工作给予大力帮助, 谨表谢忱!

参考文献 (References)

- Bao, W. D., D. H. Wang and Z. W. Wang 2001 Seasonal changes of food habits in striped hamster (*Cricetulus barabensis*) in Kubuqi Desert, Inner Mongolia. *Chinese J. Ecol.* **20**: 72 ~ 73. [鲍伟东, 王德华, 王祖望 2001 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, **20**: 72 ~ 73.]
- Bao, Y. X., W. G. Du, Y. Lin and W. X. Jin 1998 Energy metabolism and the morphology of digestive tract in *Rattus niviventer confucianus* and *Rattus norvegicus*. *Acta Theriol. Sin.* **18**: 202 ~ 207. [鲍毅新, 杜卫国, 林奕, 金伟星 1998 杜鼠和褐家鼠的能量代谢及消化道形态的比较. 兽类学报, **18**: 202 ~ 207.]
- Brown, J. S. 1973 Resource utilization and coexistence of seed-eating rodents in sand dune habitats. *Ecology* **54**: 788 ~ 797.
- Brown, J. S. 1989 Desert rodent community structure: a test of four mechanism of coexistence. *Ecological Monographs* **59**: 1 ~ 20.
- Derting, T. L. and B. A. Bogue 1993 Responses of the gut to moderate energy demands in a small herbivore (*Microtus pennsylvanicus*). *J. Mamm.* **74**: 59 ~ 68.
- Derting, T. L. and E. B. Noakes 1995 Seasonal changes in gut capacity in the white-footed mouse (*Peromyscus leucopus*) and meadow vole (*Microtus pennsylvanicus*). *Can. J. Zool.* **73**: 243 ~ 252.
- Du, W. G. and Y. X. Bao 2000 Seasonal variations in length and weight of the digestive tracts in *Rattus niviventer confucianus* and *Rattus norvegicus*. *Acta Zoologica Sinica* **46**: 271 ~ 277. [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.]
- Du, W. G., Y. X. Bao and J. K. Liu 2001 A comparison on length and weight of digestive tract among seven species of rodents (Muridae). *Acta Theriol. Sin.* **21**: 264 ~ 270. [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**: 264 ~ 270.]
- Gross, J. E., Z. W. Wang and B. A. Wunder 1985 Effects of food quality and energy needs: changes in gut morphology and capacities of *Microtus ochrogaster*. *J. Mamm.* **66**: 661 ~ 667.
- Hammond, K. A. and B. A. Wunder 1995 Effect of cold temperatures of the morphology of gastrointestinal tracts of two Microtine rodents. *J. Mammal.* **76**: 232 ~ 239.
- Hu, D. F. and H. L. Sheng 1999 Space-food resource use of sandy desert rodent community within ephemeral existing period in southern fringe of Dzungaria basin. *Acta Theriol. Sin.* **19**: 25 ~ 36. [胡德夫, 盛和林 1999 准噶尔盆地沙质荒漠啮齿动物群落短命植物存在期的空间 - 食物资源利用. 兽类学报 **19**: 25 ~ 36.]
- Korn, H. 1992 Intestine lengths of Southern African savanna rodents and insectivores: intra- and inter-specific comparisons. *J. Zool. Lond.* **228**: 455 ~ 460.
- Kotler, B. P. and J. S. Brown 1999 Mechanisms of coexistence of optimal foragers as determinants of local abundances and distributions of desert granivores. *J. Mamm.* **80**: 361 ~ 374.
- Liu, J. K., X. Wang and W. Liu 1991 Studies on the nutritional ecology of small herbivorous mammals: Patterns of food selection and resource utilization for root voles and Gansu pikas. *Alpine Meadow Ecosystem* **3**: 111 ~ 124. [刘季科, 王溪, 刘伟 1991 植食性小哺乳类营养生态学的研究: 根田鼠和甘肃鼠兔的食物选择及资源利用模式. 高寒草甸生态系统, **3**: 111 ~ 124.]
- M'Closkey, R. T. and B. Fieldwick 1975 Ecological separation of sympatric rodents (*Peromyscus* and *Microtus*). *J. Mammal.* **56**: 119 ~ 129.
- Myrcha, A. 1964 Variations in the length and weight of alimentary tract of *Clethrionomys glareolus*. *Acta Theriol.* **9**: 139 ~ 148.
- Myrcha, A. 1965 Length and weight of alimentary tract of *Apodemus flavicollis*. *Acta Theriol.* **10**: 225 ~ 228.
- Parren, S. G. and D. E. Capen 1985 Local distribution and coexistence of two species of *Peromyscus* in Vermont. *J. Mamm.* **66**: 36 ~ 44.
- Pei, Y. X. and D. H. Wang 2001 The colonic separation mechanism and coprophagy in small herbivores. *Chinese J. Ecol.* **20**: 52 ~ 54. [裴艳新, 王德华 2001 小型食草动物的结肠分离机制及其食粪行为. 生态学杂志, **20**: 52 ~ 54.]
- Perrin, M. R. and B. A. Curtis 1980 Comparative morphology of the digestive system of 19 species of Southern African myomorph rodents in relation to diet and evolution. *S. Afr. J. Zool.* **15**: 22 ~ 33.
- Price, M. 1978 The role of microhabitat in structuring desert rodent communities. *Ecology* **59**: 910 ~ 921.
- Reichman, O. J. 1975 Relation of desert rodent to available resources. *J. Mamm.* **56**: 731 ~ 751.

- Rosenzweig, M. L. 1973 Habitat selection experiments with a pair of coexisting heteromyid rodent species. *Ecology* **62**: 327 ~ 335.
- Schieck, J. O. and J. S. Millar 1985 Alimentary tract measurements as indicators of diets of small mammal. *J. Mamm.* **49**: 93 ~ 104.
- Schoener, T. W. 1974 Resource partitioning in ecological communities. *Science* **185**: 27 ~ 39.
- Smigel, B. W. and M. L. Rosenzweig 1974 Seed selection in *Dipodomys merriami* and *Perognathus penicillatus*. *Ecology* **55**: 329 ~ 339.
- Song, K. and R. T. Liu 1984 The ecology of midday gerbil (*Meriones meridianus* Pallas). *Acta Theriol. Sin.* **4**: 292 ~ 300. [宋恺, 刘荣堂 1984 子午沙鼠 (*Meriones meridianus* Pallas) 的生态学研究. *兽类学报*. **4**: 292 ~ 300.]
- Wang, D. H., Z. W. Wang and R. Y. Sun 1995 Variations in digestive tract morphology in root vole (*Microtus oeconomus*) and its adaptive significance. *Acta Theriol. Sin.* **15**: 53 ~ 59. [王德华, 王祖望, 孙儒泳 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**: 53 ~ 59.]
- Wang, D. H. and Z. W. Wang 2000 Seasonal variation in gastrointestinal tract morphology in plateau zokor (*Myospalax baileyi*). *Acta Theriol. Sin.* **20**: 270 ~ 276. [王德华, 王祖望 2000 高寒地区高原鼯鼠消化道形态的季节变化. *兽类学报*. **20**: 270 ~ 276.]
- Wang, D. H. and Z. W. Wang 2001 Seasonal variations in digestive tract morphology in plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Zoologica Sinica* **47**: 495 ~ 501. [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.]
- Zhao, T. B., X. M. Li and Z. B. Zhang 1998 Studies on the spatial patterns of the populations of *Rhombomys opimus* and *Meriones meridianus*. *Acta Theriol. Sin.* **18**: 131 ~ 136. [赵天飙, 李新民, 张忠兵 1998 大沙鼠和子午沙鼠种群空间分布格局的研究. *兽类学报* **18**: 131 ~ 136.]