兽类学报，2009，29（1）：12－19
Acta Theriologica Sinica

高原鼠兔冬季的食物选择

刘伟[1] 张毓[2] 王溪[1] 赵建中[3] 许庆民[4] 周立[1]
（1 中国科学院西北高原生物研究所，西宁 810001）（2 青海三江源自然保护区管理局，西宁 810008）
（3 青海省草原总站，西宁 810001）（4 中国科学院研究生院，北京 100049）

摘要：本文采用胃内容物镜检分析法，对高原鼠兔在矮嵩草草甸、垂穗披碱草草甸和杂类草草甸三种类型栖息地中的主要食物组成进行了比较分析，旨在探讨三类栖息地不同食物资源状况对高原鼠兔食物组成的影响，以及高原鼠兔在食物匮乏的冬季的觅食对策。研究结果表明：高原鼠兔在冬季主要选食弱小火绒草和铺散亚菊，甘肃棘豆、垂穗披碱草和长茎藁本也是冬季食物主要组成部分。在冬季食物资源较为匮乏的情况下，高原鼠兔选食的主要植物种类相对较多，且不同植物比例变化明显，说明高原鼠兔对食物具有一定的选择性。在矮嵩草草甸中，其食物组成依次为铺散亚菊（16.2%）＞弱小火绒草（11.5%）＞甘肃棘豆（11.3%）＞大籽蒿（9.7%）＞早熟禾（7.6%）＞长茎藁本（7.5%）＞垂穗披碱草（5.5%）等7种，占其食物的69.3%；在垂穗披碱草草甸，其主要食物组成依次为垂穗披碱草（15.8%）＞甘肃棘豆（14.7%）＞弱小火绒草（14.5%）＞铺散亚菊（14.2%）＞早熟禾（7.8%）＞长茎藁本（6.9%）＞锥果葶苈（6.2%）等7种，占其食物的80.1%；在杂类草草甸中，其主要食物组成依次为铺散亚菊（20.8%）＞长茎藁本（20.6%）＞大籽蒿（9.9%）＞弱小火绒草（9.8%）＞锥果葶苈（6.5%）＞圆齿狗娃花（5.5%）等6种，占选食食物的73.1%。不同栖息地之间食物组成比较分析结果表明，在冬季食物资源匮乏的情况下，栖息地类型不同对高原鼠兔食物组成的影响较小，杂类草构成了它们的主要食物，这可能是由食物质量决定的，而不同栖息地中喜食植物可利用量是决定鼠兔食物组成的主要因子，进一步验证了食物可利用量和质量决定植食性小哺乳动物食物选择模式的假设。

关键词：高原鼠兔；食物选择模式；冬季
中图分类号：Q958.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000－1050（2009）01－0012－08

Food selection pattern for plateau pika in winter

LIU Wei[1], ZHANG Yu[2], WANG Xi[1], ZHAO Jianzhong[3], XU Qingmin[4], Zhou Li[1]
(1 *Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining* 810001, *China*) (2 *Qinghai Sanjiangyuan National Nature Reserve Management Bureau*, 810008 *Xining, China*) (3 *Grassland General Station of Qinghai Province, Xining* 810001, *China*) (4 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: We compared diets of pikas (*Ochotona curzoniae*) among meadows dominated by *Kobresia humilis*, *Elymus nutans*, and forbs, using micro-histological analysis of stomach contents. Our objective was to explain the effects of changing habitats on pikas, and to examine adaptability and foraging strategy for pikas in winter. The results showed that pikas prefer *Leontopodium pusillum*, *Ajania khartensis*, *Elymus nutans*, *Oxytropis kansuensis*, *Ligusticum thomsonii* rather than the others, and plant species composition was larger during food shortage winter. In the *Kobersia humilis* meadow, main food items were *A. khartensis* of 16.2%, *L. pusillum* of 11.5%, *O. kansuensis* of 11.3%, *Artemisia sieversiana* of 9.7%, *Poa* sp. of 7.6%, *Ligusticum thomsonii* of 7.5%, *E. nutans* of 5.5%, and total food items of 69.3%. In the *E. nutans* meadow, main food items were *E. nutans* of 15.8%, *O. kansuensis* of 14.7%, *L. pusillum* of 14.5%, *A. khartensis* of 14.2%, *Poa* sp. of 7.8%, *Ligusticum thomsonii* of 6.9%, *Draba lanceolata* of 6.2%, and total food items of 80.1%. In the forbs meadow, main food items were *A. khartensis* of 20.8%, *Ligusticum thomsonii* of 20.6%, *A. khartensis* of 9.9%, *L. pusillum* of 9.8%, *D. lanceolata* of 6.5%, *Heterpappus crenatifolius* of 5.5%, and total food items of 73.1%. the diets with habitats, suggesting that they can adapt to changing habitat conditions. The results, which the food items compared in different habitats, indicated that habitat changing had a little influence on food items in winter, and the forbs were the main

基金项目：国家“十五”科技攻关重大项目（2001BA606A－02）
作者简介：刘伟（1965－），男，博士，副研究员，主要从事草地生态学研究.
收稿日期：2008－05－12；　**修回日期**：2008－11－10

food resource, it may be decided by food quality. The food availability in different habitats may be the key factor that influenced food items. These results above support to the hypothesis that the food availability and food quality decide food selection pattern further more.

Key words: Food selection pattern; Plateau pika (*Ochotona curzoniae*); Winter

动物的觅食方式取决于食物的种类和性质，并且动物的觅食行为不是一成不变的，而是随着环境条件的变化、个体发育阶段的不同而不断发生适应变化，这是动物对环境适应的一个重要方面（尚玉昌，1998）。地球上绝大多数地区四季分明，而另一些地区只有冷暖之别，后者通常都有漫长的冬季。在这段时期内气候寒冷食物短缺，给栖息在这些地区的各种动物造成了威胁。但是，为了生存，一些动物在长期的进化过程中，逐渐形成各种适应这种恶劣气候和食物短缺条件下的生存对策。

高原鼠兔（*Ochotona curzoniae*）为青藏高原的特有动物，因其特有的生态特性和生态环境而受到国内外众多学者的关注（王学高等，1988；张堰铭等，2005；王金龙等，2006；于龙等，2006；李文靖和张堰铭，2006）。20 世纪 70 年代以来，国内学者对高原鼠兔食物选择开展了研究，初步探讨了高原鼠兔食物的主要成分和食量（皮南林，1975；蒋志刚等，1985）、高原鼠兔的食物选择模式（王溪等，1992）、高原鼠兔在不同栖息地对食物资源的利用，以及其他种类的鼠兔与高原鼠兔在栖息地的选择、食物资源的竞争（樊乃昌等，1995，1996）等。而这些研究仅涉及植物生长季节高原鼠兔的食物选择，对于高原鼠兔在严寒冬季的食物选择尚未见报道，本文采用胃内容物显微组织学方法，分析了高原鼠兔冬季对三种类型栖息地中的食物选择，试图阐明在食物资源不足的条件下高原鼠兔冬季的食物选择模式，为小型植食性哺乳动物食物资源利用提供试验依据。

1　研究地区自然概况

研究区域位于青海省果洛藏族自治州玛沁县大武乡格多牧委会，地理位置为 34°17′～34°25′N，100°26′～100°43′E，平均海拔4 120 m。该地区是典型的高原大陆性气候，无明显的四季之分，仅有冷暖之别，冷季漫长，干旱且寒冷；暖季短暂，潮湿而阴冷；年温差较小，而日温差较大，全年无绝对无霜期，年降水量为 420～560 mm，多集中在 6～10 月（王长庭等，2004；王启基等，2004）。

植被类型丰富多样，其中高寒嵩草草甸类型占优势，为该地区主要的冬春草场。主要优势植物种为矮嵩草（*Kobresia humilis*），主要的伴生种有高山嵩草（*Kobresia pygmaea*）、二柱头藨草（*Scirpus distigmaticus*）、垂穗披碱草（*Elymus nutans*）、早熟禾（*Poa annual*），太白细柄茅（*Ptilagrostis concinna*）、黑褐苔草（*Carex moorcraftii*）、铺散亚菊（*Ajania khartensis*）、弱小火绒草（*Leontopodium pusillum*）、短穗兔耳草（*Lagotis beachystachya*）等植物。土壤类型以高山草甸土和高山灌丛草甸土为主，土壤表层和亚表层中的有机质含量丰富（周华坤等，2003）。

2　研究方法

2.1　试验时间的确定和样地的选取

在青南地区，植物萌发期多为 4 月中下旬开始，至 10 月开始枯黄，在这一时期，作为高原鼠兔的食物——植物资源较为丰富，而从 11 月至翌年 4 月，植物停止生长，并随着放牧而不断减少，食物资源严重短缺，因此，本文从食物资源的角度考虑，将 11 月至翌年 4 月确定为冬季。

在高寒草甸，植物种类由于在冬季时多为干枯状态，难以确定到种，食物资源可利用性无法确定，因而采用密度百分比的范围确定高原鼠兔对食物的喜食程度，并划分为四级：I 级为最喜食，密度百分比≥ 10%，II 级为喜食，密度百分比为 5%～10%，III 级为较喜食，密度百分比为 1%～5%，IV 为不喜食，密度百分比低于 1%（蒋志刚和夏武平，1987）。

试验始于 2005 年 11 月，结束于 2006 年 4 月。实验样地选择在离果洛州玛沁县 15 km 和 20 km 处，选取三种不同的高原鼠兔栖息地类型：分别为矮嵩草草甸（A）：优势种植物为矮嵩草，次优势种为二柱头藨草、鹅绒委陵菜（*Potentilla anserine*）和短穗兔耳草；垂穗披碱草草甸（B）：优势种植物为垂穗披碱草，次优势种植物为矮嵩草和弱小火绒草；杂类草草甸（C）：优势种植物为铺散亚菊（*Ajania khartensis*），次优势种植物为短穗兔耳草和黄帚橐吾（*Ligularia virgaurea*）。其中，栖息地 A 和栖息地 C 相距2 km，栖息地 B 距栖息地 A 8 km，

栖息地C距栖息地B 10 km，三种类型栖息地面积分别为6 hm^2、8 hm^2和20 hm^2，该区地形相对平坦而开阔，三种类型栖息地中高原鼠兔为单一种。

2.2 实验样本的获取

采用夹捕法和绳套法在2005年11月、2006年1月、3月和4月在不同栖息地共计捕获高原鼠兔74只，栖息地A样本数分别为6、6、8和6只，栖息地B样本数为6、6、6和6只，栖息地C样本数为6、6、6和6只，将实验动物取得胃内容物置于5% HCl + 10% Na_2SO_3 + 15% $C_2H_3Cl_3O_2$的溶液中（Williams，1962），带回实验室分析。

2.3 食物组成的分析

采用显微组织学方法：于2005年5～8月，采集栖息地内所有植物不同部位样本，置于Hertwig's溶液中保存（Williams，1962），在100倍显微镜下进行标准表皮切片分析并拍照，存于计算机中，以供对比使用；将高原鼠兔的胃内容物经200目细筛过滤，取少许过滤物置于载玻片上，以清水作介质，过滤物涂匀，将每一胃内容物涂片5张，每张观察100个视野，每个胃内容物共观察500个（5×100）视野；并对照标准植物切片照片记录500个视野中出现的植物残片种类及其检出频次，然后依据不同栖息地和月份的采样，计算每种植物在n个样品中检出频率的平均值和标准误，并据n个样品中出现的食物项目将其转换成百分比，视为被取食植物的相对密度（R）。

2.4 数据分析

文中所有的统计分析均在SPSS for Windows 11.0中进行。

取食植物的相对密度百分比（%）采用以下公式：

R = 检出某种植物残片的频次平均值/总检出频次

不同栖息地高原鼠兔胃内容物密度百分比比较采用相似性指数分析（Horn，1966）计算：

$$R_0 = \sum(x_i + y_i)\ln(x_i + y_i) - \sum(x_i \ln x_i) - \sum(y_i \ln y_i)/((X+Y)\ln(X+Y) - X\ln X - Y\ln Y)$$

式中，x_i为第i种植物在一栖息地内的平均食物密度百分比，y_i为第i种植物在另一栖息地内的平均食物密度百分比，$X = \sum x_i$，$Y = \sum y_i$。

为了分析整个冬季不同栖息地高原属兔冬季食物组成，采用11月、1月、3月和4月的加权平均值，即平均值±SD，作为整个冬季的食物组成，不同栖息地间食物组成百分比差异采用t检验。

3 结果

3.1 不同类型栖息地高原鼠兔食物选择

3.1.1 矮嵩草草甸高原鼠兔食物选择

栖息在矮嵩草草甸的高原鼠兔冬季共取食16种植物。在这16种植物中，其食物的喜食程度在不同月间有差异（表1），其中，11月份主要选择长茎藁本、红花岩生忍冬、覆毛铁棒锤和铺散亚菊，

表1 矮嵩草草甸高原鼠兔的冬季食物谱及其喜食程度

Table 1 The diets and preference level for pikas in *Kobresia humulis* meadow in winter

食物项目 Diets	11月 Nov.	1月 Jan.	3月 Mar.	4月 Apr.
垂穗披碱草 *Elymus nutans*	III*	II	III	II
甘肃棘豆 *Oxytropis kansuensis*	II*	I	II	II
矮嵩草 *Kobresia humilis*	–	IV	–	I
二柱头藨草 *Scirpus distigmaticus*	IV*	–	–	III
早熟禾 *Poa* sp.	II	III	–	I
弱小火绒 *Leontopodium pusillum*	III	I	II	I
长茎藁本 *Ligusticum thomsonii*	I*	III	III	–
短穗兔耳草 *Lagotis beachystachya*	–	–	–	III
兰石草 *Lancea tibetica*	–	–	IV	–
红花岩生忍冬 *Lonicera rupicola*	I	–	III	–
覆毛铁棒槌 *Aconitum pendulum*	I	II	–	–
大籽蒿 *Artemisia sieversiana*	–	IV	I	III
芸香叶唐松草 *Thalictrum rutifolium*	–	II	–	–
铺散亚菊 *Ajania khartensis*	I	I	I	I
锥果葶力 *Draba lanceolata*	–	–	III	III
圆齿狗娃花 *Heterpappus crenatifolius*	III	–	II	–

*I：食物密度百分比≥10%，II：食物密度百分比5%～10%，III：食物密度百分比1%～5%，IV：食物密度百分比低于1%.

*I means the proportion of the plant consumed by pikas is more than 10%, II means the proportion of the plant consumed by pikas is from 5% to 10%, III means the proportion of the plant consumed by pikas is from 1% to 5%, and IV means the proportion of the plant consumed by pikas is no more than 1%.

占取食食物的63.6%，其次为甘肃棘豆和早熟禾，占14.2%；1月主要选食甘肃棘豆、弱小火绒草和铺散亚菊，占56.9%，其次为垂穗披碱草、覆毛铁棒锤和芸香叶唐松草，占26.5%；3月主要取食铺散亚菊和大籽蒿，占54.4%，其次为甘肃棘豆、弱小火绒草和圆齿狗娃花，占19.5%；4月主要取食矮嵩草、早熟禾、弱小火绒草和铺散亚菊，占所选食物的59.9%，其次为垂穗披碱草、篮花棘豆和甘肃棘豆，占所选食物的19.1%。月间食物组成相似性比较结果显示相似性指数均较低，说明不同月间食物组成及其比例变化明显（表2）。

表2　矮嵩草草甸高原鼠兔食物组成相似性指数分析

Table 2　Similarity coefficient analysis of diets for pikas in *Kobresia humulis* meadow

	11月 Nov.	1月 Jan.	3月 Mar.	4月 Apr.
11月 Nov.	–			
1月 Jan.	0.5770	–		
3月 Mar.	0.4665	0.4495	–	
4月 Apr.	0.4597	0.4478	0.4685	–

就整个冬季而言，高原鼠兔选食的植物主要为垂穗披碱草、甘肃棘豆、弱小火绒草和铺散亚菊，其中，铺散亚菊在4个月选食比例均在10%以上，为高原鼠兔冬季最喜食植物。覆毛铁棒锤、红花岩生忍冬和长茎藁本在个别月份亦达到最喜食水平，因此可以认为是高原鼠兔冬季喜食的植物种类，而篮花棘豆、二柱头藨草、兰石草、短穗兔耳草和锥果葶苈仅在个别月份选食，且选食比例较低，为高原鼠兔冬季不喜食植物。

3.1.2　垂穗披碱草草甸高原鼠兔食物选择

在以垂穗披碱草为主的栖息地内，高原鼠兔在冬季共选食12种植物。不同月份对各种食物喜食程度有所差异（表3）。在11月份，最喜食植物为甘肃棘豆、长茎藁本和铺散亚菊，占其食物的64.2%，其次为早熟禾和弱小火绒草，占其食物的16.2%；1月份，最喜食植物为垂穗披碱草、早熟禾、弱小火绒草、甘肃棘豆和铺散亚菊，占其食物的84.1%，其余植物长茎藁本和覆毛铁棒锤选食比例较低；3月份，主要选食垂穗披碱草、弱小火绒草和锥果葶苈，占其食物的58.1%，其次为甘肃棘豆、大籽蒿和铺散亚菊，占其食物的25.0%；4月份，主要选食植物为垂穗披碱草、弱小火绒草和铺散亚菊；占其食物的55.0%，其次为篮花棘豆、甘肃棘豆、矮嵩草、早熟禾和大籽蒿，占其食物的35.5%。

表3　垂穗披碱草草甸高原鼠兔的冬季食物谱及其喜食程度

Table 3　The diets and preference level for pikas in *Elymus nutans* meadow in winter

食物项目 Diets	11月 Nov.	1月 Jan.	3月 Mar.	4月 Apr.
垂穗披碱草 *E. nutans*	III*	I	I	I
兰花棘豆 *O. glabra*	–	–	–	II
甘肃棘豆 *O. kansuensis*	I*	I	II	II
矮嵩草 *K. humilis*	–	–	–	II
早熟禾 *Poa* sp.	II*	I	III	II
弱小火绒 *L. pusillum*	II	I	I	I
长茎藁本 *Ligusticum thomsonii*	I	IV*	III	–
覆毛铁棒槌 *A. pendulum*	III	III	–	–
大籽蒿 *Artemisia sieversiana*	–	–	II	II
铺散亚菊 *Ajania khartensis*	I	I	II	I
锥果葶力 *Draba lanceolata*	–	–	I	–
圆齿狗娃花 *H. crenatifolius*	III	–	III	–

* I：食物密度百分比≥10%，II：食物密度百分比5%～10%，III：食物密度百分比1%～5%，IV：食物密度百分比低于1%.

* I means the proportion of the plant consumed by pikas is more than 10%, II means the proportion of the plant consumed by pikas is from 5% to 10%, III means the proportion of the plant consumed by pikas is from 1% to 5%, and IV means the proportion of the plant consumed by pikas is no more than 1%.

在垂穗披碱草草甸，高原鼠兔每个月均选食垂穗披碱草、甘肃棘豆、早熟禾、弱小火绒草和铺散亚菊，且选食比例较高，构成了高原鼠兔冬季的主要食物，食物类型相对比较集中，其它植物种类仅在个别月份选食，且选食比例较低。月间食物组成相似性分析结果表明，11月和1月食物组成最为接近，其次为3月和4月间，但相似性指数均较低，表明月间食物组成及其比例有较大差异（表4）。

表4　垂穗披碱草草甸鼠兔食物组成相似性指数分析

Table 4　Similarity coefficient analysis of diets for pikas in *Elymus nutans* meadow

	11月 Nov.	1月 Jan.	3月 Mar.	4月 Apr.
11月 Nov.	–			
1月 Jan.	0.7166	–		
3月 Mar.	0.5477	0.6547	–	
4月 Apr.	0.5311	0.6278	0.6615	–

3.1.3 杂类草草甸高原鼠兔食物选择

在以杂类草为优势种的草甸中，高原鼠兔在冬季共选食14种植物，且月间喜食程度不同(表5)。在11月份，主要选食弱小火绒草、长茎藁本和铺散亚菊，占其食物的78.2%，其次为甘肃棘豆，占其食物的6.1%；在1月份，主要选食甘肃棘豆、弱小火绒草和铺散亚菊，占其食物组成的72.9%；在3月份，主要选食的植物为大籽蒿、铺散亚菊、锥果葶苈和圆齿狗娃花，占其食物组成的65.4%，其次为弱小火绒草和长茎藁本，占其食物的15.3%；4月份高原鼠兔主要选食篮花棘豆、大籽蒿、铺散亚菊和锥果葶苈，占其食物的69.9%，其次为垂穗披碱草，占其食物的6.9%。

表5 杂类草草甸高原鼠兔的冬季食物谱及其喜食程度

Table 5 The diets and preference level for pikas in forbs meadow in winter

食物项目 Diets	11月 Nov.	1月 Jan.	3月 Mar.	4月 Apr.
垂穗披碱草 *E. nutans*	III*	-	III	II
兰花棘豆 *O. glabra*	-	-	-	I
甘肃棘豆 *O. kansuensis*	II*	III	III	III
早熟禾 *Poa* sp.	III	IV*	-	-
弱小火绒 *L. pusillum*	I*	I	II	III
长茎藁本 *Ligusticum thomsonii*	I	I	II	-
羽叶点地梅 *Pomatosace filicula*	-	-	-	III
兰石草 *Lancea tibetica*	-	II	-	-
红花岩生忍冬 *L. rupicola*	-	IV	III	III
覆毛铁棒槌 *A. pendulum*	III	-	-	-
大籽蒿 *Artemisia sieversiana*	III	-	I	I
铺散亚菊 *Ajania khartensis*	I	I	I	I
锥果葶力 *D. lanceolata*	-	III	I	I
圆齿狗娃花 *H. crenatifolius*	III	III	I	IV

*I:食物密度百分比≧10%，II:食物密度百分比5%～10%，III:食物密度百分比1%～5%，IV:食物密度百分比低于1%.

*I means the proportion of the plant consumed by pikas is more than 10%, and II means the proportion of the plant consumed by pikas is from 5% to 10%, and III means the proportion of the plant consumed by pikas is from 1% to 5%, and IV means the proportion of the plant consumed by pikas is no more than 1%.

整个冬季在杂类草为优势种的草甸中，高原鼠兔主要选食铺散亚菊和弱小火绒草，甘肃棘豆和圆齿狗娃花选食比例较低，但在4个月中均选食，长茎藁本和锥果葶苈仅在个别月份未选食，且选食比例较高，亦为高原鼠兔喜食的植物。选食比例较低的其它植物，如覆毛铁棒锤、羽叶点地梅、兰石草等仅在个别月份选食，为高原鼠兔偶尔选食的植物。月间食物组成及其比例比较显示（表6），11月和1月间相似性指数较高，说明食物组成最为接近，其余相似性指数相对较低，说明月间食物组成有较大的变化。

表6 杂类草草甸高原鼠兔食物组成相似性指数分析

Table 6 Similarity coefficient analysis of diets for pikas in forbs meadow

	11月 Nov.	1月 Jan.	3月 Mar.	4月 Apr.
11月 Nov.	-			
1月 Jan.	0.7892	-		
3月 Mar.	0.5738	0.5778	-	
4月 Apr.	0.3945	0.3755	0.6610	-

3.2 不同栖息地高原鼠兔主要食物组成比较

为了便于分析整个冬季高原鼠兔在不同栖息地食物选择模式，我们将冬季4个月高原鼠兔选食食物比例加权后进行比较（表7），可以看出：在矮嵩草草甸，整个冬季主要食物组成依次为铺散亚菊>弱小火绒草>甘肃棘豆>大籽蒿>早熟禾>长茎藁本>垂穗披碱草等7种，占其食物的69.3%；在垂穗披碱草草甸，其主要食物组成依次为垂穗披碱草>甘肃棘豆>弱小火绒草>铺散亚菊>长茎藁本>锥果葶苈等7种，占其食物的80.1%；在杂类草草甸，主要食物组成依次为铺散亚菊>长茎藁本>大籽蒿>弱小火绒草>锥果葶苈>圆齿狗娃花等6种，占其食物的73.1%。就整个冬季高原鼠兔的食物组成种类和比例而言，三种类型栖息地中高原鼠兔的食物组成种类及其比例比较接近(表8)，但也存在着明显的差异，垂穗披碱草比例在垂穗披碱草草甸有较大的提高，同时锥果葶苈比例上升，大籽蒿比例下降。而杂类草草甸中，长茎藁本和铺散亚菊比例有明显的提高，圆齿狗娃花比例也上升明显，而垂穗披碱草、早熟禾、甘肃棘豆的比例则大幅度下降，食物组成种类及比例变化明显。统计分析结果表明，不同栖息地间，高原鼠兔冬季食物组成中垂穗披碱草、甘肃棘豆、早熟禾、弱小火绒草、长茎藁本和铺散亚菊等食物项目所占百分比有显著的差异。

表 7　不同栖息地高原鼠兔冬季食物组成（%）

Table 7　Diets for pikas in different habitats

食物项目 Diets	矮嵩草草甸 *Kobresia humulis*	垂穗披碱草草甸 *Elymus nutans*	杂类草草甸 Forbs	显著性分析 Significant analysis（$n=4$）
垂穗披碱草 *E. nutans*	5.50 ±3.15	15.84 ±8.59	2.53 ±2.99	$P<0.05$
兰花棘豆 *O. glabra*	1.47 ±2.94	2.13 ±4.25	3.46 ±6.91	ns
甘肃棘豆 *O. kansuensis*	11.30 ±9.07	14.69 ±8.87	3.72 ±1.71	$P<0.05$
矮嵩草 *K. humilis*	3.19 ±5.79	1.58 ±3.15	–	ns
二柱头藨草 *S. distigmaticus*	0.38 ±0.58	–	–	–
早熟禾 *Poa* sp.	7.60 ±6.64	7.76 ±3.44	1.01 ±1.47	$P<0.05$
弱小火绒草 *L. pusillum*	11.49 ±7.31	14.50 ±5.70	9.82 ±4.48	$P<0.05$
长茎藁本 *Ligusticum thomsonii*	7.45 ±12.12	6.89 ±12.51	20.55 ±20.67	$P<0.05$
短穗兔耳草 *Lagotis beachystachya*	1.19 ±2.38	–	–	–
羽叶点地梅 *P. filicula*	–	–	0.71 ±1.41	–
兰石草 *Lancea tibetica*	0.04 ±0.07	–	1.34 ±2.67	ns
红花岩生忍冬 *L. rupicola*	3.24 ±4.76	–	0.48 ±0.56	ns
覆毛铁棒槌 *A. pendulum*	3.86 ±5.04	1.86 ±2.16	1.01 ±2.02	ns
大籽蒿 *Artemisia sieversiana*	9.72 ±17.83	2.97 ±3.43	9.85 ±10.38	
芸香叶唐松草 *T. rutifolium*	2.36 ±4.71	–	–	–
铺散亚菊 *Ajania khartensis*	16.20 ±3.14	14.21 ±3.45	20.84 ±4.44	$P<0.05$
锥果葶力 *D. lanceolata*	1.24 ±1.85	6.24 ±12.47	6.46 ±6.95	ns
圆齿狗娃花 *H. crenatifolius*	2.41 ±3.08	0.99 ±1.31	5.50 ±5.52	ns

ns：no significant

表 8　三种类型栖息地食物组成相似性指数分析

Table 8　Similarity coefficient of diets in different habitats

	矮嵩草草甸 *Kobresia humulis*	垂穗披碱草草甸 *Elymus nutans*	杂类草草甸 Forbs
矮嵩草草甸 *Kobresia humulis*	–		
垂穗披碱草草甸 *Elymus nutans*	0.7991	–	
杂类草草甸 Forbs	0.7340	0.7170	–

4　讨论

研究结果表明，不同栖息地高原鼠兔在冬季的主要食物为铺散亚菊和弱小火绒草，这 2 种植物在三种类型栖息地中被选食比例均较高，为高原鼠兔冬季最喜食的植物，甘肃棘豆和垂穗披碱草在不同栖息地均有选择，长茎藁本仅在 4 月份没有选食，并且在 1 月份选择比例较高，达到最喜食水平，这 3 种植物为高原鼠兔冬季主要食物组成。不同栖息地高原鼠兔冬季食物种类数量差异较小，矮嵩草草甸（7 种），垂穗披碱草草甸（7 种），杂类草草甸（6 种），但种类组成和所占比例有较大的变化。其中，矮嵩草草甸和垂穗披碱草草甸主要食物种类比较接近，选食比例也相差较小，主要变化表现在杂类草草甸，长茎藁本和铺散亚菊比例大幅度上升，圆齿狗娃花、锥果葶苈被选食比例增加。同时，与生长季节高原鼠兔食物组成相比，选食植物种类数量下降，特别是在杂类草草甸，尽管有大量的黄帚橐吾（*Ligularia virgaurea*）、甘肃马先蒿（*Pedicularis kansuensis*）、多裂萎陵菜（*Potentilla multifida*）和甘肃大戟（*Euphorbia kansuensis*）等杂类草，但高原鼠兔均未选食，并且，从生长季节栖息地食物资源谱来看，矮嵩草草甸，垂穗披碱草草甸中兰石草、短穗兔耳草、鹅绒萎陵菜（*Potentilla anserine*）等植物资源量均相对丰富（张毓，2006），但高原鼠兔亦未选食，这一结果说明尽管在冬季食物资源较为匮乏的情况下，高原鼠兔同样对食物具有一定的选择性，并非所遇即所食。

植食性哺乳动物的主要食物组成与栖息地食物可利用量有着密切的关系（Batzli，1985），在冬季尽管难以确定食物可利用量，但不同栖息地生长季节的食物可利用量决定了冬季的食物可利用量。在矮嵩草草甸，矮嵩草所占比例相对较高，被选食的比例相应也较大；在垂穗披碱草草甸，垂穗披碱草等禾草植物所占比例较高，垂穗披碱草和早熟禾被选食的比例也远高于其它两类栖息地；在杂类草草甸，高原鼠兔喜食的禾草可利用量较小，高原鼠兔主要以杂类草为食，并大量选食在其它栖息地较少选食的圆齿狗娃花和锥果葶苈。西伯利亚鼠兔（*Ochotona hyperborea*）和北美鼠兔（*Ochotona princeps*）亦具有相同的食物选择模式（Huntly *et al.*，1986；Gliwicz *et al.*，2006），这一结果也说明了栖

息地食物可利用量决定了高原鼠兔的食物选择模式。

植食性哺乳动物的主要食物组成不仅与栖息地的食物可利用量有关，更与食物的质量密切相关，而食物质量则由其营养成分决定。在冬季，高原鼠兔对禾本科和莎草科的植物取食明显减少，而对双子叶植物的采食频繁，其可能的原因是植物中营养成分发生了变化，从高原鼠兔冬季的食物组成结果分析，我们认为禾本科的植物进入冬季后营养物质的含量变化较大，可消化蛋白质含量下降，粗纤维素含量升高（草地学，中国农业大学主编，1992），达乌尔鼠兔（*Ochotona dauurica*）秋季干草堆中主要成分为杂类草，也表明其冬季食物主要以杂类草为主要食物（Zhong *et al.*，2008）。Freeland 等（1974）认为，动物的食物谱较广可稀释次生化合物在食物中的浓度，降低其对动物的负营养作用。本项研究中，在植物生长早期，高原鼠兔对含有次生化合物的植物摄入较少，这有助于我们理解高原鼠兔的这一采食行为在一定程度上降低了这些植物次生化合物所产生的负营养作用，但要想更进一步搞清这种行为机制尚需实验进行定量的检验。Joakim 等（2004）对山野兔（*Lepus timidus*）和欧䶄（*Clethrionomys glareolus*）冬季食性的研究，认为食物的适口性即营养物质的含量导致两种动物取食策略的不同，它们分别采食有利于自己生存的食物。植物的含氮量对草食性动物至关重要，是限制许多草食动物营养摄入的最重要因素，因此，许多植食性动物在长期的进化过程中，通过调节其行为、生理、形态特征等，以利用不同水平植物中的营养成分（William and Matton，1980）。

就食物选择角度而言，栖息地类型不同主要表现在植物群落种类组成的变化，从而决定了鼠兔食物可利用量的变化。从整个冬季来看，高原鼠兔食物组成和比例相似性系数在 0.70 ~ 0.80 之间（表8），高于月份间的变化（表2，表4，表6），且矮嵩草草甸和垂穗披碱草草甸相似性系数较高，说明了在冬季食物资源匮乏的情况下，栖息地类型不同对高原鼠兔食物组成的影响较小。高原鼠兔栖息地植物群落组成愈接近，鼠兔的食物组成亦接近，进一步验证了食物可利用量决定植食性小哺乳动物食物选择模式的假设。

食物资源可能成为调节小型哺乳动物的种群数量的主要因子，特别是在初级生产力较低的干旱、北极及高寒地区（Ayal，2007；Oksanen and Oksanen，2007）。在高寒草甸，高原鼠兔冬季食物资源相对匮乏，种群数量较低，死亡率较高（王学高和 Smith，1988），也说明了这一点。不同栖息地中，鼠兔均选择植被组成中丰富度较高的植物作为冬季的主要食物，可减小取食的活动范围，减小被捕食的风险，而同时选择高质量的食物则有利于在冬季食物较为缺乏的情况下，保证营养成分的摄取，有利于高原鼠兔在寒冷冬季的生存。这种取食模式对于高原属兔度过寒冷而漫长的冬季具有重要的生存意义，也进一步说明了高原属兔为何能在高寒草甸成为优势种的原因之一。对于鼠兔月份间食物组成的差异较大的原因，我们推测这可能与研究区域冬季降雪时间分布与鼠兔取食距离有密切的联系，目前尚未见该方面的报道，有待于进一步研究。

参考文献：

Ayal Y. 2007. Trophic structure and the role of predation in shaping hot desert communities. *Journal of Arid Environments*, **68**: 171 - 187.

Batali G O. 1985. Nutrition in Biology of New World Microtus. In: Tamarin R H ed. Spec Publ Amer Soc Mamm. 779 - 811.

Fan N C, Jing Z C, Zhang D C. 1995. Studies on the food resource niches of plateau pika and Daurian pika. *Acta Theriologica Sinica*, **15** (1): 36 - 40. (in Chinese)

Fan N C, Zhang D C. 1996. Foraging behavior of *Ochotona curzoniae* and *Ochotona daurica* and their adaptation to habitat. *Acta Theriologica Sinica*, **16** (1): 48 - 53. (in Chinese)

Freeland W G, Calcott P H, Geiss D. 1985. Allelochemicals, minerals and herbivoure population size. *Bioche Syst and Ecol*, **13**: 195 - 206.

Gliwicz J, Pagacz P, Witczuk J. 2006. Strategy of food selection in the Siberiannorthern pika *Ochotona hyperborean*, Arctic *Antarctic and Alpine research*, **38**: 54 - 59.

Horn H S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecologica studies. *Amer Nat*, **100**: 419 - 424.

Huntly N J, Smith A T, Ivins B L. 1986. Foraging behavior of the pika (*Ochotona princes*), with comparisons of grazing versus haying. *J Mamm*, **67**: 139 - 148.

Jiang Z G, Xia W P. 1985. Utilization of the food resources by plateau pika. *Acta Theriologica Sinica*, **5** (4): 251 - 262. (in Chinese)

Joakim H, Kjell D, Lars E. 2004. Hare and vole browsing preferences during winter. *Acta Theriol*, **49** (1): 53 - 62.

Li W J, Zhang Y M. 2006. Impacts of plateau pikas on soil organic matter and moisture content in alpine meadow. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (4): 331 - 337. (in Chinese)

Oksanen L, Oksanen T. 2000. The logic and realism of the hypothesis of exploitation ecosystems. *American Naturalist*, **155**: 703 - 723.

Wang C T, Wang Q J, Long R J, Jing Z C, Shi H L. 2004. Changes in plant species diversity and productivity along an elevation gradient in

an alpine meadow. *Acta Phytoecologica Sinica*, **28** (2): 52 - 57. (in Chinese)

Wang J L, Wei W H, Zhang Y M, Yin B F. 2006. Effect of population density on the steroid hormone levels of plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **26** (3): 241 - 248. (in Chinese)

Wang Q J, Shi H L, Jing Z C, Wang C T, Wang F G. 2004. Recovery and benefit analysis of ecology on degraded natural grassland of the source region of Yangze and Yellow Rivers. *Pratacultural Science*, **21** (12): 37 - 41. (in Chinese)

Wang X, Liu J K, Liu W, Ji L J. 1992. Studies on the nutritional ecology of herbivorous small mammals: patterns of food selection and food quality for plateau pikas, *Ochotona curzoniae*. *Acta Theriologica Sinica*, **12** (3): 183 - 192. (in Chinese)

Wang X G, Smith A T. 1988. On the natural winter mortality of the plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **8** (2): 152 - 156. (in Chinese)

William J, Matton J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Ann Rev Ecol Syst*, **11**: 119 - 161.

Williams O. 1962. Technique for studying microtine food habits. *J Mamm*, **43**: 365 - 368.

Yu L, Zhou L, Liu W, Zhou H K, Zhang Y. 2006. An approach to measure the bare patches by excavating of plateau pikas. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (1): 89 - 93. (in Chinese)

Zhang Y M, Zhang Z B, Wei W H, Cao Y F. 2005. Time allocation of territorial activity and adaptation to environment of predation risk by plateau pikas. *Acta Theriologica Sinica*, **25** (4): 333 - 338. (in Chinese)

Zhong W Q, Wang G M, Zhou Q Q, Wan X R, Wang G H. 2008. Effects of winter food availability on the abundance of Daurian pikas (*Ochotona dauurica*) in Inner Mongolian grasslands. *Journal of Arid Environments*, **72**: 1383 - 1387.

Zhou H K, Zhou L, Liu W, Zhao X Q, Lai D Z, Cai R T, Zhao B C, Li Y F. 2003. Study on grassland degradation and strategies for the sustainable development of the livestock raising industry in Guoluo Prefecture of Qinghai. *Pratacultural Science*, **20** (10): 128 - 134. (in Chinese)

于龙，周立，刘伟，周华坤，张毓. 2006. 高原鼠兔洞穴区次生板块面积的测定方法. 兽类学报，**26** (1): 89 - 93.

王学高，Smith A T. 1988. 高原鼠兔（*Ochotona curzoniae*）冬季自然死亡率. 兽类学报，**8** (2): 152 - 156.

王长庭，王启基，龙瑞军，景增春，史惠兰. 2004. 高寒草甸群落植物多样性和初级生产力沿海拔梯度变化的研究. 植物生态学报，**28** (2): 52 - 57.

王金龙，魏万红，张堰铭，殷宝法. 2006. 种群密度对高原鼠兔类固醇激素水平的影响. 兽类学报，**26** (3): 241 - 248.

王启基，史惠兰，景增春，王长庭，王发刚. 2004. 江河源区退化天然草地的恢复及其生态效益分析. 草业科学，**21** (12): 37 - 41.

王溪，刘季科，刘伟，纪兰菊. 1992. 植食性小哺乳类营养生态学的研究：高原鼠兔的食物选择模式与食物质量. 兽类学报，**12** (3): 183 - 192.

中国农业大学主编. 1992. 草地学. 北京：中国农业出版社.

皮南林. 1975. 高原鼠兔的食性及食量研究. 见：灭鼠及鼠类生物学研究报告，第一集. 北京：科学出版社，91 - 102.

李文靖，张堰铭. 2006. 高原鼠兔对高寒草甸土壤有机质及湿度的作用. 兽类学报，**26** (4): 331 - 337.

尚玉昌. 1998. 行为生态学. 北京：北京大学出版社.

周华坤，周立，刘伟，赵新全. 2003. 青海省果洛州草地退化探析及畜牧业可持续发展策略. 草业科学，**20** (10): 128 - 134.

张堰铭，张知彬，魏万红，曹伊凡. 2005. 高原鼠兔领域行为时间分配格局及其对风险环境适应的探讨. 兽类学报，**25** (4): 333 - 338.

张毓. 2006. 高原鼠兔食性的研究. 中国科学院西北高原生物研究所硕士学位论文.

蒋志刚，夏武平. 1985. 高原鼠兔食物资源利用的研究. 兽类学报，**5** (4): 251 - 262.

蒋志刚，夏武平. 1987. 高寒草甸生态系统中牦牛、藏系绵羊和高原鼠兔的生态研究. 高原生物学集刊，**7**: 115 - 146.

樊乃昌，景增春，张道川. 1995. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔食物资源维生态位的研究. 兽类学报，**15** (1): 36 - 40.

樊乃昌，张道川. 1996. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔的摄食行为及对栖息地适应性的研究. 兽类学报，**16** (1): 48 - 53.