

高原鼠兔刈割行为与栖息地植物群落的关系

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: 采用观察法和样条法对不同栖息地高原鼠兔刈割植物的行为、相对频次、生物量百分比以及刈割植物与鼠兔冬季食物组成之间的关系进行了分析, 并阐述了高原鼠兔刈割植物的生物学意义。结果表明: 高原鼠兔刈割植物始于每年的6月下旬, 早于其它草原小型哺乳动物贮草时间。不同栖息地鼠兔对植物的刈割频次和生物量比例并非完全一致。在矮嵩草草甸, 鼠兔刈割频次较高的为垂穗披碱草、二柱头藜草、甘肃棘豆、短穗兔耳草、铺散亚菊和鹅绒萎陵菜; 这些植物生物量所占比例亦较高, 仅短穗兔耳草比例较低; 在垂穗披碱草草甸, 鼠兔刈割频次较高的为垂穗披碱草和早熟禾; 垂穗披碱草生物量较高; 而在杂类草草甸, 鼠兔主要刈割植物为铺散亚菊、大籽蒿、黄帚橐吾、长茎藜本和圆齿狗娃花, 生物量比例较高的主要为铺散亚菊。相似性分析结果表明, 不同栖息地间鼠兔刈割植物频次和生物量比例差异较大, 相似性系数最大分别为0.7862和0.6100, 最小仅为0.1422和0.1035, 而同一栖息地间鼠兔刈割植物频次和生物量差异相对较小, 相似性系数最高达0.9203和0.8490, 最小亦达到0.6662和0.4440, 表明栖息地变化对鼠兔刈割植物频次和比例有明显的影晌作用。鼠兔刈割主要植物频次和生物量比例与冬季主要食物组成的相关分析结果表明, 生物量比例与主要食物组成呈显著的正相关 ($r=0.8412$, $df=6$, $P<0.05$), 而刈割植物频次与主要食物相关不显著。

关键词: 高原鼠兔; 刈割; 栖息地; 植物群落

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2009)01-0040-10

The relationship of the harvesting behavior of plateau pikas with the plant community

LIU Wei^{1*}, ZHANG Yu², WANG Xi¹, ZHAO Jianzhong³, XU Qingmin⁴, ZHOU Li¹

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China) (2 Qinghai Sanjiangyuan National Nature Reserve Management Bureau, Xining 810008, China) (3 Grassland General Station of Qinghai Province, Xining 810001, China)

(4 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The harvesting behavior, the relative frequencies and percentages of plants harvested by pikas, and the relation of harvested plants composition with the food items in winter were analyzed by the direct observation and strip sampling methods, and explained the biological significance of harvesting behavior for pikas. The results showed that pikas harvested plants in June, ahead of the caching time for other rodents. The relative frequency and biomass percentages of plants harvested by pikas were different in three kinds of habitats. In the *Kobresia humilis* meadow, the plants with the higher harvest relative frequency were *Elymus nutans*, *Scirpus distigmaticus*, *Oxytropis kansuensis*, *Lagotis beauchystachya*, *Ajania khartensis*, *Potentilla anserine*, and the higher biomass percentages were the same; only the biomass percentages of *L. beauchystachya* decreased. In the *E. nutans* meadow, the plants with the higher harvest relative frequency were *E. nutans* and *Poa* sp., and the plant with the higher biomass percentage was *E. nutans*. In the forbs meadow, the plants with the higher harvest relative frequency were *A. khartensis*, *Artemisia sieversiana*, *Ligularia virgaurea*, *Ligusticum thomsonii* and *Heteropappus crenatifolius*, the plant with the higher biomass percentage was *A. khartensis*. The higher similarity coefficients of the harvest plants relative frequency and the biomass percentages were 0.7862 and 0.6100 respectively, while the smaller ones only were 0.1422 and 0.1035 between different habitats, and these showed a significant difference. However, in the same habitats, the higher similarity coefficient of the harvest plants relative frequency and the biomass percentages were

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的研究。

收稿日期: 2008-05-08; 修回日期: 2008-11-07

* 通讯作者, corresponding author, E-mail: liuwei@nwipb.ac.cn

0.9203 and 0.8490 respectively, and the smaller ones were 0.6662 and 0.4440 between different months. This result indicated that plant community change can cause a change of the plant species and compositions harvested by pikas, and showed that fitness regulation for pikas is related to changing habitats. The correlation analysis between the harvest relative frequency and the food items in winter showed a non-significant positive correlation ($r=0.4075$, $df=6$, $P>0.05$), and it showed a significant positive correlation ($r=0.8412$, $df=6$, $P<0.05$) between the harvest biomass percentages and the food items in winter.

Key words: Harvesting; Habitat; Plateau pikas (*Ochotona curzoniae*); Plant community

小哺乳动物是草地生态系统中重要的消费者, 在长期的进化过程中, 许多动物形成越冬前贮草的生态习性, 且贮草具有明显的选择性 (钟文勤等, 1982; 施大钊和海淑珍, 1997; 苏建平等, 2004), 并受栖息地植被类型的影响。小型哺乳动物的这种刈割行为对植物个体甚至对整个植物群落产生一定的影响 (Huntly, 1991), 因此这些动物被称为生态系统的工程师, 进而受到广大学者的重视和关注 (Aho *et al.*, 1998)。

广泛分布于青藏高原各类草甸的高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*), 因其特有的生态特性和生存环境受到国内外许多学者的关注 (张堰铭等, 2005; 于龙等, 2006; 李文靖和张堰铭, 2006)。然而, 在以往的研究中, 对于高原鼠兔的刈割行为与栖息地植物群落的关系研究甚少。本文采用观察法和样条法, 分析了三种不同程度退化草地中高原鼠兔主要刈割植物的方式、种类、比例及与栖息地植物群落的关系, 探讨高原鼠兔刈割行为与栖息地之间的关系, 并试图阐明高原鼠兔刈割植物的生物学意义。

1 材料和方法

1.1 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 $34^{\circ}17' \sim 34^{\circ}25'N$, $100^{\circ}26' \sim 100^{\circ}43'E$, 平均海拔 4 120 m。该地区为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*)、二柱头蔗草 (*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)。

1.2 样地设置

试验始于 2005 年 6 月, 结束于 2005 年 10 月。实验样地选择在离果洛州玛沁县 15 km 和 20 km 处的冬季牧场, 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)、垂穗披碱草草甸 (B) 和杂类草草甸 (C), 其中, 栖息地 A 与 C 相距 2 km, B 距 A 8 km, B 与 C 相距 10 km, A、B、C 样地大小分别为 6 hm^2 , 8 hm^2 和 20 hm^2 , 该区地形相对平坦而开阔, 三种栖息地中高原鼠兔为单一一种。

1.3 高原鼠兔刈割植物种类调查

2005 年 6 月下旬至 9 月下旬采用样条法研究被高原鼠兔刈割的植物。每块样地每月设置两条长 100 m、宽 1 m 的平行样带, 样条间距 50 m, 采用 1 m \times 1 m 的样方共 200 个, 记录每个小样方内被高原鼠兔刈割的零散植物出现的频次, 最后除以总的样方数 200, 得到每一种植物在样条内出现频次的百分比; 同时, 每隔 3 个样方拣取第 4 个样方中的各类被高原鼠兔刈割的植物, 共取样 50 个, 带回实验室置于 75 $^{\circ}C$ 烘箱中烘干称重, 然后换算为质量百分比。

1.4 高原鼠兔冬季食物分析

在 2005 年 11 月和翌年 1 月、3 月和 4 月在样地内捕获高原鼠兔, 取得胃内容物, 采用显微组织学方法测定冬季食物组成 (具体方法见刘伟等, 2009)。

1.5 数据统计分析

不同栖息地间高原鼠兔刈割植物频次及生物量比较采用相似性系数 (Horn, 1966) 分析, 计算公式为:

$$R_0 = \frac{\sum(x_i + y_i) \ln(x_i + y_i) - \sum(x_i \ln x_i) - \sum(y_i \ln y_i)}{((X + Y) \ln(X + Y) - X \ln X - Y \ln Y)}$$

式中, x_i 为第 i 种植物在一栖息地内的相对频

度或生物量, y_i 为第 i 种植物在另一栖息地内的相对频度或生物量; $X = \sum x_i$, $Y = \sum y_i$ 。

不同栖息地间高原鼠兔刈割植物频次及生物量与冬季食物的关系采用相关系数比较。

2 结果

2.1 高原鼠兔刈割植物的时间和方式

根据野外观察, 高原鼠兔从6月下旬开始刈割植物至10月上旬结束, 对刈割植物的种类没有明显的不同, 几乎对所有直立植株都进行刈割, 同时也刈割其它低矮型植物, 其高度范围距地面40 cm左右。

高原鼠兔对不同植物有不同的刈割策略, 根据我们的观察结果, 将其分为以下主要两种方式, 1) 对高大植物的刈割: 高大植物主要为茎秆较为粗壮的植物, 如伏毛铁棒锤 (*Aconitum pendulum*) 和青海刺参 (*Morina kokonorica*)。由于茎秆粗壮, 高原鼠兔大多采取从底部叶片开始, 逐渐往上进行刈割 (图1), 8~9月的测量结果表明, 伏毛铁棒锤被刈割叶片的高度距地面为 25.33 ± 1.82 cm, 而同期测量的高原鼠兔的体长为 21.59 ± 0.70 cm, 表明刈割叶片高度为高原鼠兔直立后所能达到的最高高度; 青海刺参叶片具有刺状突起, 不利于高原



图1 高原鼠兔对伏毛铁棒锤的刈割方式 (栖息地C)

Fig. 1 The harvested way for pikas to *Aconitum pendulum*

鼠兔的刈割, 因而, 很少观察到青海刺参底部叶片被刈割的现象。2) 对低矮或茎较细植物的刈割: 对禾本科和其它直立株的双子叶植物鼠兔直接从最底部将整株咬断; 对有些匍匐类和低矮型的双子叶植物如短穗兔耳草、鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserine*)、弱小火绒草等叶片为主的植物多在叶片基部咬断; 对某些具有直立花梗的植物, 如乳白香青 (*Anaphalis lacteal*) 等则在花梗基部将其咬断。

2.2 高原鼠兔刈割植物的频次

高原鼠兔从6月下旬开始对植物进行刈割, 但刈割频次和生物量均比较低, 因此, 我们的统计分析从7月份开始进行。

不同栖息地高原鼠兔在不同月份对植物的刈割频次不完全相同 (表1)。在矮蒿草草甸, 7月份刈割植物种类数量最高, 为21种, 8月次之, 为17种, 9月最少, 为16种, 刈割植物种类的总频次最高出现在8月份, 为283次, 其次为7月212次, 9月最少为164次。不同月份间, 高原鼠兔对不同植物的刈割具有一定的选择性, 在7月主要刈割的植物种类为鹅绒委陵菜 (22.96%)、垂穗披碱草 (22.80%)、二柱头蕪草 (19.03%)、短穗兔耳草 (10.38%)、甘肃棘豆 (*Oxytropis kansuensis*) (7.70%) 和铺散亚菊 (7.08%), 占刈割植物的89.95%; 8月份高原鼠兔主要刈割的7种植物, 增加了三脉梅花草 (*Parnassia trinervis*) 的刈割比例, 且主要植物的刈割总频次上升为93.68%; 9月份主要刈割的植物为7种, 与8月相比, 大大降低了对垂穗披碱草、短穗兔耳草和二柱头蕪草的刈割比例, 停止采集三脉梅花草, 而早熟禾、弱小火绒草和长茎蕪本 (*Ligusticum thomsonii*) 3种植物刈割比例有较大的提高, 主要刈割植物比例达91.53%。在垂穗披碱草草甸, 同样为7月刈割的植物种类数量较多, 为19种, 8月次之, 为17种, 9月最少, 为16种。刈割植物种类的总频次最高同样出现在8月份, 达284次, 其次为9月, 为264次, 7月最少, 为136次。不同月份间, 高原鼠兔对植物的刈割种类比较集中, 7月主要刈割种类为垂穗披碱草 (56.90%)、乳白香青 (14.71%) 和甘肃棘豆 (9.56%), 占刈割植物的81.17%; 8月份主要刈割植物种类为垂穗披碱草 (60.52%) 和早熟禾 (22.36%), 占刈割植物的82.88%; 9月份刈割植物主要为垂穗披碱草 (45.49%)、早熟禾 (13.25%)、长茎蕪本 (11.48%) 和铺散亚菊 (7.24%), 占刈割植物的

77.46%。在杂类草草甸, 鼠兔刈割植物种类与前述2种栖息地中的有较大区别, 主要以杂类草为主。7月份刈割主要植物种类为铺散亚菊(25.15%)、大籽蒿(*Artemisia sieversiana*) (18.81%)、长茎藁本(13.09%)、黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*) (10.02%) 和圆齿狗娃花(*Heterpappus crenatifolius*) (6.34%), 占刈割植物

比例的73.41%; 8月份减少了对长茎藁本的刈割, 增加了多裂萎陵菜(*Potentilla multifida*)的刈割比例, 所占刈割比例有所上升, 为85.78%; 9月则主要以铺散亚菊(62.14%)和长茎藁本(18.45%)为主, 对圆齿狗娃花(4.37%)也有一定程度的刈割, 占刈割植物比例的84.96%。

表1 高原鼠兔刈割植物的总频次、相对频次(%)和植物种数

Table 1 The total frequency, relative frequency and species number of plants harvested by the plateau pikas (%)

植物种类 Plant species	相对频次 Relative frequency (%)								
	矮嵩草草甸 The <i>Kobresia humilis</i> meadow			垂穗披碱草草甸 The <i>Elymus nutans</i> meadow			杂类草草甸 The forbs meadow		
	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	22.80	21.60	15.61	56.90	60.52	45.49	0.00	0.00	0.00
早熟禾 <i>Poa</i> sp	1.89	0.18	10.37	3.92	22.36	13.25	0.00	0.00	0.00
落草 <i>Koeleria cristata</i>	0.00	0.84	0.55	0.70	0.22	0.80	0.00	0.00	0.00
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	1.42	0.18	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二柱头镰草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	19.03	21.91	3.05	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑褐苔草 <i>Carex moorcroftii</i>	1.10	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	7.70	13.25	12.50	9.56	2.46	4.42	0.41	0.00	0.00
弱小火绒草 <i>Leontopodium pusillum</i>	0.47	0.88	6.71	1.47	1.41	2.12	0.00	0.00	0.00
乳白香青 <i>Anaphalis lacteal</i>	0.16	0.00	0.00	14.71	2.29	2.83	0.00	0.00	0.00
短穗兔耳草 <i>Lagotis beachystachya</i>	10.38	5.48	0.61	1.47	0.00	0.00	2.25	0.69	0.00
铺散亚菊 <i>Ajania khartensis</i>	7.08	15.72	20.73	2.45	2.46	7.24	25.15	31.42	62.14
芸香叶唐松草 <i>Thalictrum rutifolium</i>	0.16	0.35	0.30	0.00	0.00	0.18	2.66	3.67	1.94
大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	0.47	0.88	1.22	2.45	1.23	3.18	18.81	18.81	2.43
白苞筋骨草 <i>Ajuga lupulina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.66	0.00	0.00
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	0.00	0.00	0.91	0.98	0.00	0.00	10.02	19.95	0.00
伏毛铁棒锤 <i>Aconitum pendulum</i>	0.31	0.18	0.61	1.72	1.76	1.06	5.32	0.00	1.46
鸟足毛茛 <i>Ranunculus brotherusii</i>	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
芸生毛茛 <i>Ranunculus nephelogenes</i>	0.31	0.00	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
多裂萎陵菜 <i>Potentilla multifida</i>	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	5.28	0.97
鹅绒萎陵菜 <i>Potentilla anserine</i>	22.96	8.30	6.10	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
麻花艸 <i>Gentiana straminea</i>	2.67	0.53	0.61	0.98	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	0.16	0.88	0.30	0.49	0.18	2.83	0.20	1.83	3.88
三脉梅花草 <i>Parnassia trinervis</i>	0.00	7.42	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	2.06	0.00
蜜花香薷 <i>Elsholtzia densa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	0.00
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	0.47	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.41	0.00	0.00
红花岩生忍冬 <i>Lonicera rupicola</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	1.61	0.49
锥果葶苈 <i>Draba lanceolata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.82	0.46	3.40
青藏虎耳草 <i>Saxifraga przewalskii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
长茎藁本 <i>Ligusticum thomsonii</i>	0.00	1.24	19.51	0.49	2.99	11.48	13.09	0.92	18.45
圆齿狗娃花 <i>Heterpappus crenatifolius</i>	0.16	0.00	0.30	0.00	1.06	4.59	6.34	10.32	4.37
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.49	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
拉拉腾 <i>Galium verum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.92	0.49
兰翠雀花 <i>Delphinium caeruleum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00
太白细柄茅 <i>Ptilagrostis concinna</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
甘肃大戟 <i>Euphorbia kansuensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	2.06	0.00
磷叶龙胆 <i>Gentiana squarrosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00
单子麻黄 <i>Ephedra monosperma</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
青海刺参 <i>Morina kokonorica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.13	0.00	0.00
刈割总频次 Total frequency	212	283	164	136	284	246	163	218	103
植物种数 Plant species	21	18	17	19	17	16	22	14	11

在3种栖息地中,不同月份间高原鼠兔对植物的刈割不仅在植物种类上有区别,而且对同一种植物的刈割比例也发生了变化。同一栖息地不同月份间相似性系数分析结果显示,在矮嵩草草甸,不同月份间高原鼠兔刈割植物种类及比例7月和8月最为接近,而7月和9月间存在着一定的差异;在垂穗披碱草草甸,不同月份间鼠兔刈割植物种类及比

例均比较相似,其中8月和9月间最为接近,相似性系数达0.9203;在杂类草草甸,7月和8月较为相似,8月和9月间差异较大(表2)。不同栖息地间鼠兔刈割植物种类和比例的相似性系数均比较低,仅矮嵩草草甸和垂穗披碱草草甸之间在9月份达到0.7862,8月份垂穗披碱草草甸和杂类草甸最低,仅为0.1422(表3)。

表2 同一栖息地不同月份间植物刈割相对频次相似性系数

Table 2 Similarity coefficients of relative frequency of plants harvested by pikas between months in the same habitats

月 Months	矮嵩草草甸 The <i>Kobresia humilis</i> meadow			垂穗披碱草草甸 The <i>Elymus nutans</i> meadow			杂类草草甸 The forbs meadow		
	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.	7月 July	8月 Aug.	9月 Sep.
7 July	1			1			1		
8 Aug.	0.8741	1		0.8531	1		0.8112	1	
9 Sep.	0.6662	0.7368	1	0.8231	0.9203	1	0.7211	0.6726	1

表3 不同栖息地相同月份间刈割植物比例相似性系数

Table 3 Similarity coefficients of relative frequency of plants harvested by pikas between habitats in the same months

栖息地 Habitats	7月 July			8月 Aug.			9月 Sep.		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
A	1			1			1		
B	0.5941	1		0.5123	1		0.7862	1	
C	0.2278	0.2212	1	0.3255	0.1422	1	0.5742	0.4362	1

A: 矮嵩草草甸; B: 垂穗披碱草草甸; C: 杂类草草甸

A: The *Kobresia humilis* meadow; B: The *Elymus nutans* meadow; C: The forbs meadow

2.3 高原鼠兔刈割植物的生物量

在不同栖息地,高原鼠兔在不同月份刈割植物的频次不同,相应的植物生物量也存在差异。对不同种植物而言,由于其刈割部分的干重有所差异,即使相同的刈割频次,其生物量也不可能相同,因而其生物量与刈割频次间并没有显著的正相关关系。因此有必要对其刈割植物生物量进行简单的分析。

不同栖息地在7~9月的刈割植物生物量见表4。从表4可以看出,在矮嵩草草甸鼠兔刈割植物生物量比例较高的植物主要为垂穗披碱草、二柱头蕨草、甘肃棘豆和铺散亚菊,在9月鹅绒萎陵菜所占比例也较高。7~9月主要刈割植物所占比例分别为84.95%、87.48%和77.20%;在垂穗披碱草草甸,7月垂穗披碱草、乳白香青和黄帚橐吾生物量比例也较高,8月垂穗披碱草和早熟禾生物量比较高,9月刈割植物生物量较大的为垂穗披碱草、

铺散亚菊和圆齿狗娃花。7~9月主要刈割植物生物量所占比例分别为87.10%、90.33%和80.29%。在杂类草草甸,7月刈割植物生物量比例较高的为铺散亚菊、大籽蒿、伏毛铁棒锤和圆齿狗娃花,4种植物所占比例为82.58%;8月份刈割植物生物量比例较高的为铺散亚菊、大籽蒿和黄帚橐吾,3种植物所占比例为87.83%,9月份仅为2种植物,分别是铺散亚菊和长茎藁本,所占比例为96.43%。同一栖息地不同月份间高原鼠兔刈割植物生物量比例相似性系数分析结果见表5。从表5可以看出,垂穗披碱草草甸7月和9月间相似性系数最高,为0.8490,最低出现在矮嵩草草甸8月和9月之间,为0.4440,说明了同一栖息地刈割植物生物量比例月间存在着较大的变化。

不同栖息地间刈割植物生物量比例相似性系数结果见表6。可以看出,在7月,矮嵩草草甸和垂穗披碱草草甸相似性系数最高,为0.6100。8月份

表 4 高原鼠兔刈割植物生物量比例 (%)
Table 4 Biomass percentages of plants harvested by the plateau pikas (%)

植物种类 Plant species	矮嵩草草甸			垂穗披碱草草甸			杂类草草甸		
	The <i>Kobresia humilis</i> meadow			The <i>Elymus nutans</i> meadow			The forbs meadow		
	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	48.03	9.00	3.15	53.27	80.51	57.57	0.00	0.00	0.00
早熟禾 <i>Poa</i> sp	0.64	0.03	4.03	1.09	9.82	1.78	0.00	0.00	0.00
落草 <i>Koeleria cristata</i>	0.00	0.08	0.18	0.66	0.30	0.72	0.00	0.00	0.00
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	2.16	1.30	0.00	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
二柱头镰草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	15.36	15.83	6.09	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑褐苔草 <i>Carex moorcraftii</i>	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	13.10	17.14	18.53	4.42	0.27	1.23	0.00	0.00	0.00
弱小火绒草 <i>Leontopodium pusillum</i>	0.14	0.62	5.50	0.77	0.79	0.27	0.00	0.00	0.00
乳白香青 <i>Anaphalis lacteal</i>	0.00	0.00	0.00	23.98	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
短穗兔耳草 <i>Lagotis beachystachya</i>	0.63	0.77	2.34	0.00	0.00	0.00	5.08	0.75	0.00
铺散亚菊 <i>Ajania khartensis</i>	8.46	45.51	14.85	0.00	3.31	14.76	29.14	47.48	84.84
芸香叶唐松草 <i>Thalictrum rutifolium</i>	0.37	0.33	0.00	0.00	0.00	0.22	0.71	3.02	0.47
大籽蒿 <i>Artemisia sieversiana</i>	5.56	1.30	2.17	0.00	0.00	5.65	33.54	21.45	0.61
白苞筋骨草 <i>Ajuga lupulina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	0.00	0.00
黄帚囊吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	0.00	0.00	0.00	9.85	0.00	0.00	0.97	18.90	0.00
伏毛铁棒锤 <i>Aconitum pendulum</i>	4.82	0.59	0.00	0.00	1.68	3.46	11.50	0.00	0.00
鸟足毛茛 <i>Ranunculus brotherusii</i>	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
芸生毛茛 <i>Ranunculus nephelogenes</i>	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
多裂萎陵菜 <i>Potentilla multifida</i>	0.28	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.19	1.05	0.00
鹅绒萎陵菜 <i>Potentilla anserine</i>	0.33	0.05	34.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
麻花艽 <i>Gentiana straminea</i>	0.00	4.65	2.31	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	0.00	0.11	2.55	1.86	0.56	1.55	0.72	0.61	0.00
三脉梅花草 <i>Parnassia trinervis</i>	0.00	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.76	0.00
蜜花香薷 <i>Elsholtzia densa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
红花岗生忍冬 <i>Lonicera rupicola</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	0.51	0.70
锥果葶苈 <i>Draba lanceolata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.05	0.12
青藏虎耳草 <i>Saxifraga przewalskii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00
长茎薰本 <i>Ligusticum thomsonii</i>	0.00	0.43	3.27	0.29	1.88	4.69	0.00	0.56	11.59
圆齿狗娃花 <i>Heterappus crenatifolius</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.96	8.40	4.24	1.45
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
拉拉腾 <i>Galium verum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.23
兰翠雀花 <i>Delphinium caeruleum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00

表 5 同一栖息地不同月份间刈割植物生物量比例相似性系数
Table 5 Similarity coefficient of percentages of plants harvested by pikas between months in the same habitats

月 Months	矮嵩草草甸			垂穗披碱草草甸			杂类草草甸		
	The <i>Kobresia humilis</i> meadow			The <i>Elymus nutans</i> meadow			The forbs meadow		
	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.
7 月 Jul.	1			1			1		
8 月 Aug.	0.6627	1		0.7238	1		0.7720	1	
9 月 Sep.	0.6475	0.4440	1	0.8490	0.6248	1	0.5392	0.7027	1

垂穗披碱草草甸和杂类草草甸之间相似性系数最低为 0.1035, 这一结果说明了栖息地之间, 鼠兔刈割植物生物量比例之间存在着较大的差异。

2.4 高原鼠兔刈割植物与栖息地植物群落的关系

高原鼠兔刈割植物种类与该种植物在栖息地的

生态位有密切的联系。高原鼠兔很少刈割或不刈割在植物群落中生态位较低的偶见种植物, 如甘肃大戟、柔软紫菀、单子麻黄、兰翠雀花等, 但某些植物尽管生态位较高, 鼠兔也较少刈割, 如矮嵩草、弱小火绒草(在矮嵩草草甸中矮嵩草资源丰富度

表 6 不同栖息地相同月份间刈割植物生物量比例相似性系数

Table 6 Similarity coefficient of percentages of plants harvested by pikas between habitats in the same months

栖息地 Habitats	7 月 Jul.			8 月 Aug.			9 月 Sep.		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
A	1			1			1		
B	0.6100	1		0.2703	1		0.3280	1	
C	0.3528	0.0345	1	0.5355	0.1035	1	0.3697	0.4185	1

A: 矮蒿草甸; B: 垂穗披碱草甸; C: 杂类草甸

A: The *Kobresia humilis* meadow; B: The *Elymus nutans* meadow; C: The forbs meadow

为 24.30%，弱小火绒草为 5.54%；在垂穗披碱草甸中矮蒿草资源丰富度为 6.37%，弱小火绒草为 10.79%）等。不同栖息地鼠兔刈割植物具有一定的选择性，并且随着栖息地的变化，其刈割植物主要种类及刈割频次发生改变。由 8 月份资源丰富度和刈割植物频次可以看出（图 2），在矮蒿草甸，鼠兔主要刈割二柱头藨草、垂穗披碱草、甘肃棘豆和铺散亚菊等植物，除垂穗披碱草外，这几种植物在栖息地中的资源丰富度也较高，但相关分析表明，资源丰富度与刈割植物比例间没有显著的相关关系（ $r=0.1118$ ， $df=6$ ， $P>0.05$ ），特别是垂穗披碱草，尽管资源丰富度较低，但刈割比例却较高，表明垂穗披碱草为鼠兔喜欢刈割的植物；垂穗披碱草甸，随着垂穗披碱草资源丰富度的提高，鼠兔大量刈割垂穗披碱草，其刈割比例达到 60.52%，显示了对垂穗披碱草强烈的选择，早熟禾资源丰富度有较大提高，同样刈割比例也上升；在杂类草甸，随着鼠兔喜刈割植物的被替代或资源丰富度的较少，其它杂类草资源丰富度的提高，鼠兔转而大量刈割铺散亚菊、大籽蒿、黄帚橐吾和圆齿狗娃花等杂类草，而这几种植物在矮蒿草甸和垂穗披碱草甸刈割比例较低或不刈割。此结果说明了栖息地植物群落的变化对鼠兔刈割植物比例有明显的影响作用。

2.5 刈割主要植物种类与冬季主要食物组成的关系

鼠兔刈割植物相对频次和生物量与冬季主要食物组成的相关分析结果表明（表 7），刈割植物频次与冬季主要食物没有显著的相关关系（ $r=0.4075$ ， $df=6$ ， $P>0.05$ ），但刈割植物生物量与冬季主要食物呈显著的相关关系（ $r=0.8412$ ， $df=6$ ， $P<0.05$ ），刈割植物频次与刈割植物生物量呈正相关，但未达到相关显著（ $r=0.6399$ ， $df=6$ ， $P<0.05$ ），这是由于不同的植物个体，其个体生物量间存在着差异，因而，在相同的刈割频次下，其刈割植物的生物量并不相同。

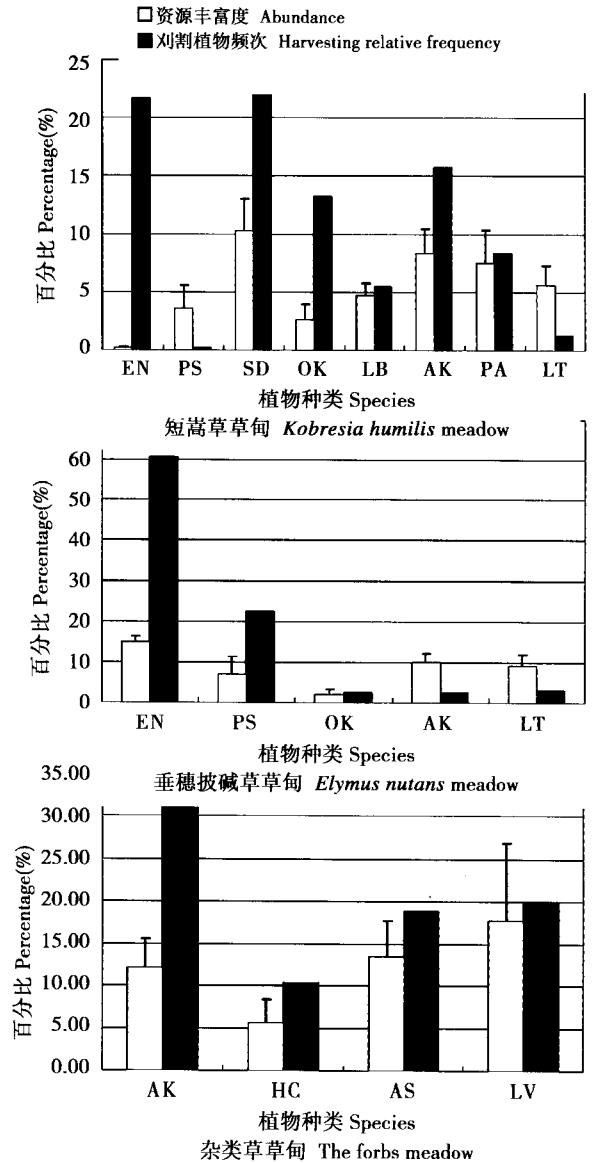


图 2 不同栖息地鼠兔刈割植物与资源丰富度比较。EN: 垂穗披碱草; PS: 早熟禾; SD: 二柱头藨草; OK: 甘肃棘豆; LB: 短穗兔耳草; AK: 铺散亚菊; PA: 鹅绒萎陵菜; LT: 长茎藜本; HC: 圆齿狗娃花; AS: 大籽蒿; LV: 黄帚橐吾
Fig. 2 Percentages comparison of plants harvested by pikas and resource abundance in different habitats. EN: *Elymus nutans*; PS: *Poa* sp.; SD: *Scirpus distigmaticus*; OK: *Oxytropis kansuensis*; LB: *Lagotis beauchastachya*; AK: *Ajania khartensis*; PA: *Potentilla anserine*; LT: *Ligusticum thomsonii*; HC: *Heteropappus crenatifolius*; AS: *Artemisia sieversiana*; LV: *Ligularia virgaurea*

表 7 刈割植物和鼠兔冬季食物的相关分析

Table 7 Correlation analysis of plant composition between plants harvested and food items in winter

	A	B	C
A	1		
B	0.6399	1	
C	0.4075	0.8412*	1

* 相关显著. A: 刈割植物生物量比例; B: 刈割植物相对频次; C: 鼠兔冬季主要食物组成.

* denotes significant correlation. A is percentages of plant aboveground biomass harvested by pikas, B is the relative frequency of plants harvested by pikas, and C is the main food items for pikas in winter.

3 讨论

3.1 高原鼠兔刈割行为的特点

高原鼠兔刈割植物从 6 月下旬开始, 至 10 月上旬结束。在长达将近 4 个月的时间内, 鼠兔大量刈割栖息地内的不同植物。其中, 7 月份刈割频次增加, 8 月达到高峰期。高原鼠兔对植物的刈割与其它动物有明显的区别, 主要表现在以下 2 个方面: 1) 高原鼠兔刈割植物时间较早, 每年的 6 月下旬在栖息地内就会发现被鼠兔刈割的植物残体, 而其它的啮齿动物均在 7 月或 8 月开始进行 (钟文勤等, 1982)。2) 高原鼠兔刈割植物后, 并不立刻将其拖至洞口附近形成干草堆 (Haypiles), 而是将植物残体置于栖息地内, 即俗称的“晒草”, 待这些植物残体晒成半干后, 再将少量干枯植物逐渐拖至洞口附近, 形成干草堆。在这一过程中, 由于风力的作用, 许多植物残体被风吹走, 因此, 刈割的植物并非是干草堆植物的主要来源。我们的观察也发现, 干草堆上部的植物多为新鲜的残体而并非是半干或干枯的。而其它草原啮齿动物则与此不同。达乌尔鼠兔 (*Ochotona daurica*) 和布氏田鼠 (*Microtus brandti*) 刈割植物的目的是形成干草堆, 待干草堆晒成半干后, 再集贮于洞内, 作为冬季食物的补充 (钟文勤等, 1982; 张道川, 1994; 施大钊和海淑珍, 1997)。

3.2 高原鼠兔刈割植物与栖息地植物群落组成的关系

高原鼠兔在 3 种栖息地内刈割植物种类达 39 种。然而, 在不同栖息地内, 鼠兔刈割植物的种类及其比例存在明显的差异, 且主要刈割植物集中, 说明鼠兔对植物的刈割并非随机, 而是具有强烈的选择性, 对喜贮的植物, 其所占比例较高, 而非喜贮的植物, 比例较低或不选择。在矮嵩草草甸和垂

穗披碱草草甸, 鼠兔喜贮植物种类比较接近, 其刈割植物种类亦较为接近。其刈割植物相对频次的变化与栖息地内喜贮种类的丰富度变化有密切的关系。在矮嵩草草甸中, 二柱头蔗草、铺散亚菊和甘肃棘豆刈割比例较高, 而在垂穗披碱草草甸则主要是刈割垂穗披碱草和早熟禾 2 种植物, 杂类草草甸则主要以铺散亚菊、大籽蒿和长茎藁本等为主 (图 2), 说明栖息地内植物种类的丰富度可能决定鼠兔刈割植物的相对频次, 栖息地变化将会引起鼠兔喜贮刈割植物种类丰富度的变化, 从而引起鼠兔刈割植物种类及比例的变化, 反映了鼠兔与其栖息地植物群落结构关系的适应性调节。不同栖息地相同月份间刈割植物种类的相似性系数小于同一栖息地内月间相似性系数的结果也充分证明了这一点。

3.3 高原鼠兔刈割植物的生物学意义

就小型哺乳动物而言, 频繁的地面活动可能导致动物暴露于风险环境, 增加被捕食的概率 (Lima and Bednekoff, 1999; Jonsson *et al.*, 2000, Vuren, 2001; Beauchamp and Ruxton, 2003), 因此, 调节底面活动强度及利用洞道躲避捕食者, 降低捕食风险是动物生存的重要对策 (Banks, *et al.*, 1999; Powell and Banks, 2004)。而高原鼠兔在 6~10 月间大量刈割栖息地中的植物, 长时间暴露在野外, 不仅增加了被捕食的概率而且消耗大量的能量, 不利于其个体的生存繁衍。那么高原鼠兔为什么会具有如此“不合情理”的行为呢? 我们认为, 高原鼠兔的这种行为并非“不合情理”, 而是与长期进化所形成的生态习性有密不可分的关系。首先, 我们从高原鼠兔的栖息地选择角度出发, 研究表明高原鼠兔喜欢选择视野开阔的栖息地环境, 防御天敌的警戒行为十分突出, 这在以往的研究中均得到证实 (施银柱, 1983; 宗浩等, 1991)。高原鼠兔对乳白香青、伏毛铁棒锤、青海刺参、落草等高大植物进行不同程度的刈割, 而这些植物在其主要食物组成中占有很少的比例, 特别是青海刺参和落草属于鼠兔不取食的植物种类, 这一结果说明高原鼠兔刈割该种植物的目的只能是为了开阔视野, 从而有利于降低被天敌动物捕食的风险。青海湖附近年诺索玛地区的观察研究结果也证实了这一点 (樊乃昌和张道川, 1995)。其次, 高原鼠兔的刈割行为与其贮草行为有密切的关系。刈割行为是贮草行为的前提, 鼠兔通过大量刈割植物, 待晒成半干后携至洞口附近并形成干草堆, 作为冬季食物匮乏时的补充。尽管刈割植物频次与冬

季主要食物组成之间的相关不显著,但刈割植物地上部分生物量比例与冬季食物主要组成相关显著(表7),这不仅是一个数学上的巧合,从刈割主要植物的频次和生物量比例来看,除黄帚橐吾外,其它刈割频次和生物量比例较高的植物种类,如垂穗披碱草、早熟禾、甘肃棘豆等在不同栖息地均为鼠兔的主要食物组成成分(刘伟等,2008),这种即满足鼠兔的食物供给,又达到开阔栖息地环境视野的行为,表明了长期进化过程中,鼠兔对栖息地环境改变的良好适应。

值得我们注意的是:高原鼠兔刈割植物的行为并非是一种普遍的行为,我们在2006年对青海海北地区、玉树州曲麻莱地区、环青海湖地区、贵南地区、玛沁地区以及达日地区高原鼠兔刈割植物的行为进行了调查,结果发现在海北和曲麻莱地区未见高原鼠兔对植物进行刈割,这种行为是否是一种局域性行为?这种局域性行为形成的机理又是什么呢?还有待于进一步研究。

参考文献:

- Aho K, Huntly N, Moen J, Oksanen T. 1998. Pikas (*Ochotona princeps*: Lagomophia) as allogenic engineers in an alpine ecosystem. *Oecologia*, **114**: 405-409.
- Banks P B, Hume I D, Crowe O. 1999. Behavioural morphological and dietary response of rabbits to predation risk from foxes. *Oikos*, **85**: 247-256.
- Beauchamp G, Ruxton G D. 2003. Changes in vigilance with group size under scramble competition. *The American Naturalist*, **161**: 672-675.
- 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)
- Horn H S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *Amer Nat*, **100**: 419-424.
- Huntly N J. 1991. Herbivores and the dynamics of communities and ecosystem. *Annu Rev Ecol Sy*, **22**: 477-503.
- Jonsson P, Koskela E, Mappes T. 2000. Does risk of predation by mammalian predators affect the spacing behaviour of rodents? Two large-scale experiments. *Oecologia*, **122**: 487-492.
- Lima S L, Bednekoff P A. 1999. Temporal variation in danger drives anti-predator behavior: the predation risk allocation hypothesis. *The American Naturalist*, **153**: 649-6591.
- 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)
- Liu W, Zhang Y, Wang X, Zhao J Z, Xu Q M, Zhou L. 2009. Food selection pattern for plateau pikas in winter. *Acta Theriologica Sinica*, **29** (1): 12-19. (in Chinese)
- Powell F, Banks P B. 2004. Do house mice modify their foraging behaviour in response to predator odours and habitat? *Animal behaviour*, **67**: 753-759.
- Van Vuren D. 2001. Predation on yellow 2 bellied marmots (*Marmota flaviventris*). *American Middle Naturalist*, **145**: 94-100.
- Shi Y Z. 1983. On the influences of range land vegetation to the density of plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **3** (2): 181-187. (in Chinese)
- Shi D Z, Hai S Z. 1997. Study on the behavior forage and selection for storage of forage plants of Brandt's vole (*Microtus brandti*) before overwintering. *Acta Agrestia Sinica*, **5** (1): 20-26. (in Chinese)
- Smith A T, Smith H J, 王学高, 印象初, 梁俊勋. 1986. 草原栖息高原鼠兔的社会行为. 兽类学报, **6** (1): 33-43.
- Smith A T, Smith H J, Wang X G, Ying X C, Liang J X. 1986. Social behavior of the steppe-dwelling black-lipped pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **6** (1): 33-43. (in Chinese)
- Su J P, Lian X M, Zhang T Z, Cui Q H, Liu J K. 2004. Hay-pile caches as winter food by Gansu pikas and its biological significance. *Acta Theriologica Sinica*, **24** (1) 23-29. (in Chinese)
- 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 Phytocologica Sinica*, **28** (2): 240-245. (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)
- 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)
- 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)
- Zhong W Q, Zhou Q Q, Sun C L. 1982. Study on the relation of the grass selection of the Daurian pika for its stores with the plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, **2** (1): 77-84. (in Chinese)
- Zong H, Fan N C, Yu F X, Zhu J C. 1991. The research on the population spatial patterns of the plateau zokor (*Myospalax baileyi*) and the plateau pika (*Ochotona curzoniae*) in the alpine ecosystem. *Acta Ecological Sinica*, **11** (2): 125-129. (in Chinese)
- 于龙, 周立, 刘伟, 周华坤, 张毓. 2006. 高原鼠兔洞穴区次生地块面积的测定方法. 兽类学报, **26** (1): 89-93.
- 王长庭, 王启基, 龙瑞军, 景增春. 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.
- 刘伟, 张毓, 王溪, 赵建中, 许庆民, 周立. 2009. 高原鼠兔冬季的食物选择. 兽类学报, **29** (1): 12-19.
- 苏建平, 连新明, 张同作, 崔庆虎, 刘季科. 2004. 甘肃鼠兔贮草越冬及其生物学意义. 兽类学报, **24** (1): 23-29.
- 周华坤, 周立, 刘伟, 赵新全, 来德珍, 才让太, 赵邦彩, 李有福. 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.
- 宗浩, 樊乃昌, 于福溪, 朱嘉城. 1991. 高寒草甸生态系统优势鼠种高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 和高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 种群空间格局的研究. 生态学报, **11** (2): 125-129.
- 张道川. 1994. 达乌尔鼠兔 (*Ochotona daurica*) 贮草行为. 见: 高原生物学集刊. 北京: 科学出版社, **12**: 195-200.
- 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.
- 施银柱. 1983. 草场植被影响高原鼠兔密度的探讨. 兽类学报, **3** (2): 181-187.
- 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.
- 施大钊, 海淑珍. 1997. 越冬前布氏田鼠 (*Microtus brandti*) 储草行为与储草种类选择的研究. 草地学报, **5** (1): 20-26.
- 钟文勤, 周庆强, 孙崇潞. 1982. 达乌尔鼠兔的贮草选择与其栖息地植物群落的关系. 生态学报, **2** (1): 77-84.
- 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.