

# 高原鼠兔对退化草地植物群落结构 及恢复演替的影响

刘伟<sup>1</sup> 严红宇<sup>1 2</sup> 王溪<sup>1</sup> 王长庭<sup>3\*</sup>

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

(2 中国科学院大学, 北京 100049) (3 西南民族大学生命科学与技术学院, 成都 610041)

**摘要:** 2009年4月至2011年9月采用围栏封育和去除法,对去除高原鼠兔的处理组和鼠兔扰动(对照组)区域植物群落结构、物种组成和地上生物量进行了比较分析,旨在阐明高原鼠兔对草地植物群落结构和群落演替的影响。结果表明:去除高原鼠兔处理组和对照区域植物群落平均高度和种盖度逐年上升,均在2011年达到最大值,平均高度分别为6.5 cm和4.2 cm,二者差异极显著( $F = 127.80, df = 1, 10, P < 0.01$ ),种盖度分别为126.5%和117.9%,差异不显著;植物群落组成中,处理区域禾草和莎草地上生物量比对照区域分别增加了1965.1%和33.2%,二者差异极显著( $F = 41.29, df = 1, 10, P < 0.001$ ),豆科植物和杂类草分别下降了89.9%和30.7%;处理区域植物群落生态优势度发生了显著变化,由以杂类草为主改变为以禾草为主,而对照组均以杂类草为主,变化不明显。相似性指数2009-2011年在对照区域年间变化范围为0.7168-0.7550,在去除高原鼠兔处理区域年间变化范围为0.6464-0.6732;对照区域和处理区间变化范围为0.5354-0.8956。根据试验结果我们认为,高原鼠兔的扰动可以有效降低植物群落的平均高度和植物种盖度,但植物种类组成主要以杂类草为主,年间变化不明显,表明鼠兔的扰动延缓了植物群落的恢复演替。

**关键词:** 高原鼠兔; 退化草地; 植物群落; 恢复演替

中图分类号: Q958

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2014)01-0054-08

## Effects of plateau pikas on restoring succession of degraded grassland and plant community structure

LIU Wei<sup>1</sup>, YAN Hongyu<sup>1 2</sup>, WANG Xi<sup>1</sup>, WANG Changting<sup>3\*</sup>

(1 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

(2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

(3 College of Life Science and Technology, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** We analyzed plant community structure, species composition and aboveground biomass in areas with pika disturbance (control) and in areas where pikas were absent by enclosure and removal methods during 2009-2011. The aim is to explain the effects of the plateau pika on restoring succession of degraded grassland and plant community structure. The results showed that the mean heights and coverage of plant communities increased year by year, and reached their peaks in 2011 in removal treatments and controls, with mean heights of 6.5 cm, 4.2 cm, respectively, that were significantly different between the removal treatments and control. Coverages were 126.5%, 117.9% respectively, which were not significantly different. The aboveground biomass of grasses increased significantly by 1965.1% in removal treatments compared to controls. The aboveground biomass of sedges increased by 33.2% and that of legumes and forbs decreased by 89.9%, 30.7% respectively. The community ecological dominance changed from forbs-dominated to grass-dominated from 2009 to 2011 in removal treatments, and was obviously changed, but it was forbs-dominated during the experiment in control areas. The range of community similarity indices was 0.7168-0.7550 in controls, and 0.6464-0.6732 in removal treatments,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30970498); 国家科技支撑计划项目(2012BAC08B03)

作者简介: 刘伟(1965-), 男, 副研究员, 主要从事草地生态学研究. E-mail: liuwei@nwipb.cas.cn

收稿日期: 2013-03-04; 修回日期: 2013-09-02

\* 通讯作者, Corresponding author, E-mail: wangct6@163.com

and between treatments and controls was 0.5354–0.8956. According to the results, we think that disturbance by plateau pikas can decrease the mean heights and coverage of plant community effectively, but the forbs dominated in the plant species composition, and this not change crucially as a result of disturbance did, thus restoring succession of the plant community would be delayed.

**Key words:** Degraded grassland; Plant community; Plateau pikas; Restoring succession

小型哺乳动物作为草地生态系统的主要组成部分, 既为消费者, 又为次级生产者, 是草原环境与其相互依存, 相互作用的进化产物 (钟文勤, 2008)。小型哺乳动物的活动不仅影响植物群落地上部分生物量、群落结构、物种丰富度、种类组成、植物叶片的生长和死亡率 (Huntly, 1987; Olf and Ritchie, 1998; Vesk and Westoby 2001; Roach *et al.*, 2001; McIntire and Hik, 2002, 2005), 而且还加速或延缓群落的演替速率 (萧运峰等, 1982)。Connell (1978) 的中度干扰假设 (Intermediate disturbance hypothesis) 认为食草者“中等”水平的干扰, 会使草地植物群落种的丰富度最大化。中央地取食模型 (Central place foraging model) (Huntly, 1987) 结果表明北美鼠兔 (*Ochotona princeps*) 的取食可改变巢穴周围植物种的丰富度和植物群落物种组成, 这种变化的机理不仅与鼠兔的食物选择有关, 而且与植物种的竞争力有关。对高寒草甸主要优势种动物——高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*) 的研究也表明, 适度密度的高原鼠兔, 其取食对高寒草甸植物群落稳定性具有重要的作用 (蒋志刚和夏武平, 1987)。这些假设和研究结果说明了小型哺乳动物对草地植物群落具有有益的作用。另一方面, 小型哺乳动物挖掘洞道, 啃食牧草, 使大片草场变成次生裸地, 成为区域社会经济发展的有害动物而表现了其对草地植物群落有害的作用 (周延林, 2000)。正是由于小型哺乳动物在草地生态系统中具有这种双重作用, 愈来愈受到草地生态学工作者的广泛关注。

高原鼠兔主要分布于青藏高原及其毗邻的尼泊尔、锡金地区 (冯祚建和郑昌琳, 1985), 是青藏高原主要优势种小型哺乳动物, 被认为是高寒草甸生态系统的关键种 (Smith and Foggin, 1999)。以往的研究多集中在探讨高原鼠兔的生物学特征, 诸如高原鼠兔的家庭结构、自然寿命、冬季死亡率、食物资源利用等方面 (梁杰荣, 1981; 蒋志刚和夏武平, 1985; 王学高和 Smith, 1988; 王学高和戴克华, 1989; 刘伟等, 2008, 2009)。同时, 由

于高寒草甸大面积退化, 并伴随着高原鼠兔种群数量增长, 对于高原鼠兔种群数量的控制方面亦进行了大量的研究 (梁杰荣等, 1984; 景增春等, 2006; 边疆晖等, 2011; 杜寅等, 2012)。近几年来, 随着保护生物学的发展, 探讨高原鼠兔对栖息地微环境及植物群落之间的关系引起了草地生态学工作者的关注 (李文靖和张堰铭, 2006; 魏兴琥等, 2006; 孙飞达等, 2010; 刘伟等, 2010, 2012)。本文采用围栏去除法, 拟探讨高原鼠兔在重度退化草地对植物群落结构和恢复演替的影响, 为阐明高原鼠兔在高寒草甸生态系统中的功能和作用提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域自然概况

研究地点位于青海省果洛藏族自治州玛沁县大武乡 (北纬  $34^{\circ}17' - 34^{\circ}25'$ , 东经  $100^{\circ}26' - 100^{\circ}43'$ ), 平均海拔 4 120 m。该地区气候具有典型的高原大陆性气候特点, 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 (刘伟等, 2012)。

该区域植被类型主要为高寒嵩草草甸。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*)、二柱头蘆草 (*Scirpus distigmaticus*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、滨发草 (*Deschampsia littoralis*)、黑褐苔草 (*Carex atrofusca*)、细叶亚菊 (*Ajania tenuifolia*)、弱小火绒草 (*Leontopodium pusillum*)、短穗兔耳草 (*Lagotis brachystachya*) 等植物。土壤类型为高山草甸土和高山灌丛草甸土为主。

### 1.2 样地设置

试验于 2009 年 4 月至 2011 年 9 月进行。2009 年 4 月, 用网围栏围封 200 m × 80 m 的研究样地, 整个试验期间, 禁止当地放牧动物进入。根据观察样地内小型哺乳动物仅为高原鼠兔。

试验样地优势种植物为短穗兔耳草和细叶亚菊, 蒿草属植物占 13.4%, 为典型的重度退化草地 (石德军等, 2006), 其它植物种类有长茎藁本 (*Ligusticum thomsonii*)、二柱头蕨草、矮蒿草、早熟禾、圆齿狗娃花 (*Heteropappus crenatifolius*) 等。由于高原鼠兔的扰动, 样地内有较多以杂类草为主的次生裸地斑块, 它们和具有草皮层的区域共同构成了斑块镶嵌体, 破碎化趋势明显。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 高原鼠兔种群数量测定

在研究区域内设置 3 个 50 m × 50 m 固定样方, 样方之间距离 20 m, 于每年 8 月下旬, 采用堵洞盗洞法测定试验样地内高原鼠兔有效洞口数, 每天 9:00–10:00 测定一次, 连续测定 3 d。以有效洞口数表示高原鼠兔的相对密度。

#### 1.3.2 高原鼠兔的去除

采用 1.0 cm 孔径的铁丝网片, 焊接在宽度 3.0 cm 的角铁上, 网片长度为 100 cm, 宽度为 50 cm, 网片下部两端角铁延长 20 cm, 以利于垂直插入土壤固定。在研究样地内, 选择具有草皮层区域用 4 个网片围封, 面积为 (100 × 100) cm<sup>2</sup>, 每间隔 30 m 设置一个, 共随机设置 6 个。围封后高原鼠兔难以进入, 作为去除高原鼠兔处理区, 样地中非围封区域作为试验对照区域。

#### 1.3.3 植物群落数量特征测定

于每年 8 月下旬采用样方法测定处理区和对照区植物群落结构特征。主要包括群落高度、分种植物高度、群落总盖度和分种植物盖度, 并于试验第 3 年测定植物地上部分生物量。样方大小为 50 cm × 50 cm。其中, 高度为植物自然状态下距地面的垂直距离, 以钢卷尺测量, 植物群落平均高度为各植物种平均高度的加权值; 盖度采用目测法估计, 植物群落种盖度为各植物种盖度加权值; 植物群落地上部分生物量的测定采用分种齐地面刈割, 并带回实验室, 放入 70℃ 干燥箱 24 h 后称重。

### 1.4 数据分析

生态优势度指数  $SD = [ (RC + RH) / 2 ] \times 100\%$

$$R_0 = [ \sum (x_i + y_i) \ln(x_i + y_i) - \sum x_i \ln x_i - \sum y_i \ln y_i ] / [ (X + Y) \ln(X + Y) - \ln X - \ln Y ] \text{ (Horn, 1966)}$$

式中, SD 为群落优势度指数, RC 和 RH 分别为群落组成中种的相对盖度和相对高度;  $R_0$  为群

落系数;  $x_i$  和  $y_i$  分别表示第  $i$  种植物在  $x$ 、 $y$  样本中的比例。  $x$  和  $y$  分别表示相应样本各植物种所占比例之和。在本文中,  $X = Y = 1$ 。  $R_0$  的范围为  $0 \leq R_0 \leq 1$ ; 当  $R_0 = 0$  时, 表示两个样本完全不同, 当  $R_0 = 1$  时, 说明两个样本完全相同。

植物群落地上生物量分配模式根据刘伟等 (2005) 的划分结果, 并考虑到豆科植物在草地生态系统中的有益作用, 划分为莎草、禾草、豆科和杂类草 4 个植物功能群。

对照和处理区域之间数据统计分析均采用单因素方差分析 (ANOVA) 和新复极差法。

## 2 结果

### 2.1 高原鼠兔种群密度变化

研究期间, 高原鼠兔种群相对密度呈上升趋势 (图 1)。其中, 2011 年高原鼠兔有效洞口数最高, 为 1 099 个/hm<sup>2</sup>, 2010 年次之, 为 1 087 个/hm<sup>2</sup>, 2009 年高原鼠兔有效洞口数较低, 为 1 071 个/hm<sup>2</sup>。统计分析结果显示, 2011 年高原鼠兔有效洞口数显著高于 2009 年 ( $F = 5.55$ ,  $df = 2, 6$ ;  $P < 0.05$ )。

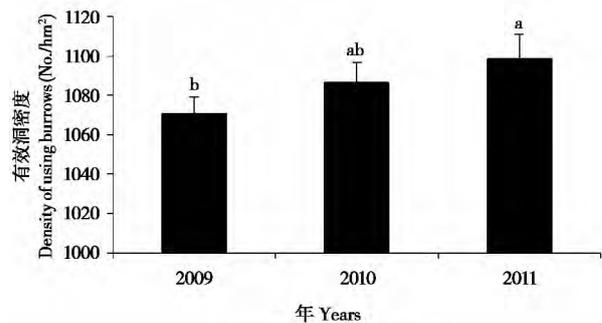


图 1 不同年间高原鼠兔有效洞口数变化。柱状图上不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Fig. 1 Comparison of density of using burrows in different years. Bars topped with different small letter are significantly different ( $P < 0.05$ )

### 2.2 植物群落结构变化

试验期间, 植物群落垂直结构发生了明显的变化。在对照区和去除高原鼠兔处理区中, 群落平均高度均呈逐年上升趋势 (图 2)。其中, 对照区植物群落 2009 年平均高度最低, 为 2.2 cm, 2010 年为 2.9 cm, 2011 年为 4.2 cm; 去除高原鼠兔处理区 2009 年为 4.6 cm, 2010 年为 6.4 cm, 2011 年

最高, 为 6.5 cm。统计分析结果显示, 2011 年对照区植物群落平均高度明显高于 2009 年和 2010 年 ( $F = 12.25$ ,  $df = 1, 10$ ;  $P < 0.05$ ), 2011 年处理区植物群落平均高度显著高于 2009 年 ( $F = 3.02$ ,  $df = 1, 10$ ,  $P < 0.05$ )。同一年间, 处理区植物群落平均高度均极显著高于对照区 ( $F_{2009} = 29.10$ ,  $F_{2010} = 42.30$ ,  $F_{2011} = 6.31$ ,  $df = 1, 10$ ,  $P < 0.05$ )。

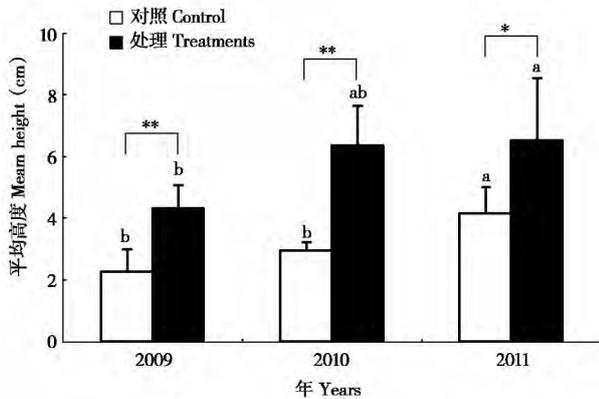


图2 不同年间处理区和对照区植物群落平均高度变化. 同一类型柱状图上不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著 ( $P < 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

Fig. 2 Comparisons of mean plant community heights between control and treatments in different years. The like bars with different letter are significantly different at 0.05 level ( $P < 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

植物群落种盖度在对照和处理区的变化表现为逐年上升的趋势, 均在 2011 年达到较高值 (图 3)。其中, 对照区在 2009 年种盖度为 107.8%, 2010 年为 110.3%, 2011 年为 117.9%; 处理区 2009 年为 112.8%, 2010 年为 110.5%, 2011 年为 126.5%。方差分析结果表明, 对照区种盖度年间均无明显差异 ( $P > 0.05$ ), 处理区 2011 年种盖度明显高于 2009 年和 2010 年 ( $F = 7.67$ ,  $df = 1, 10$ ,  $P < 0.05$ ;  $F = 7.51$ ,  $df = 1, 10$ ,  $P < 0.05$ ), 对照区与处理区间种盖度差异不明显 ( $P > 0.05$ )。

### 2.3 植物群落地上部分生物量和分配模式变化

去除高原鼠兔后, 植物群落地上部分生物量增加了 84.5%, 增加显著 ( $F = 33.82$ ,  $df = 1, 10$ ,  $P < 0.01$ )。就不同植物功能群而言, 莎草和禾草呈上升趋势, 而豆科和杂类草则呈下降趋势, 其变化有升有降, 不尽一致 (图 4)。其中, 莎草增加

了 33.2%, 禾草增加了 1965.1%; 豆科植物下降了 89.9%, 杂类草下降了 30.7%。统计分析结果表明, 去除高原鼠兔区域禾草生物量极显著高于对照 ( $F = 41.29$ ,  $df = 1, 10$ ,  $P < 0.001$ )。

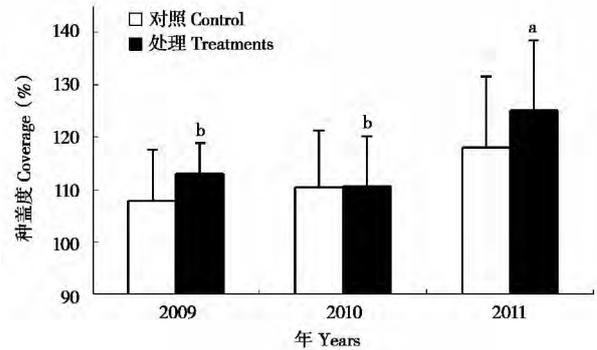


图3 2009 - 2011 年处理区和对照区植物群落种盖度变化. 柱状图上不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Fig. 3 Comparisons of species coverage between control and treatments during 2009 - 2011. Bars topped with different small letter are significantly different ( $P < 0.05$ )

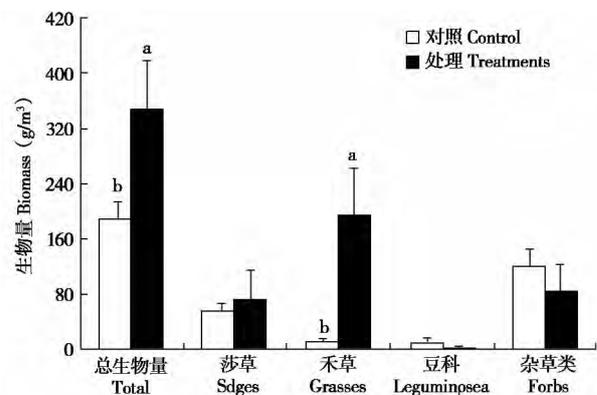


图4 对照区和处理区植物地上部分生物量变化比较. 不同柱状图上不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Fig. 4 Comparison of plant aboveground biomass between control and treatments. The different bars topped with different small letter are significantly different ( $P < 0.05$ )

### 2.4 生态优势度和相似性指数变化

组成高寒草甸的植物群落物种数量较多, 每个物种在群落内的作用也不尽相同, 其生态优势度存在很大差异, 如果对每一物种的生态优势度进行分析, 容易产生混乱且难以发现变化规律, 因此, 本文仅对生态优势度高于 5% 的物种进行比较分析。在对照区和处理区, 生态优势度高于 5% 的共有 14 个种 (表 1)。其中, 莎草科植物 3 种, 禾本科植物 3 种, 豆科植物 1 种, 其余为杂类草。14 种植

物在不同试验阶段无论是对照区还是处理区, 2009 - 2011 年, 随着试验时间的延长, 生态优势度高于 5% 的植物种类呈逐年减少趋势。2009 年最高,

均为 7 种, 2010 年分别为 6 种和 5 种, 2011 年最少, 分别为 5 种和 3 种。

表 1 2009 - 2011 年对照区和处理区生态优势度比较 (%)

Table 1 Comparison of ecological dominance between control and treatments during 2009 - 2011

植物种类 Species	对照 Control			处理 Treatments		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
矮蒿草 <i>Kobresia humilis</i>	5.54	5.90	10.58	8.14		
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i>					5.14	
二柱头蔗草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	6.54				5.99	8.03
早熟禾 <i>Poa</i> spp.	7.03	7.36	7.17	10.90	30.36	25.80
落草 <i>Koeleria cristata</i>				8.87	24.04	
太白细柄茅 <i>Ptilagrostis concinna</i>					16.10	
多枝黄耆 <i>Astragalus polycladus</i>	5.33			5.48		
短穗兔耳草 <i>Lagotis brachystachya</i>	10.70	5.01		6.72		
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	6.80	10.33	10.01	5.35		
抱茎獐牙菜 <i>Swertia franchetiana</i>	5.74					
长茎藜本 <i>Ligusticum thomsonii</i>		6.49	6.03	7.65		
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>					5.74	
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>			6.94			
圆齿狗娃花 <i>Heterpappus crenatifolius</i>		5.28				

从表 1 看出, 生态优势度的变化有两方面的特点。一方面是植物生态优势度种类减少, 而比例增大。如早熟禾在对照区仅为 7% 左右, 而在处理区最高达 30.4%; 另一方面是生态优势度较高的植物种类发生了变化。在 2009 - 2011 年, 对照区植物生态优势度由高到低依次为短穗兔耳草→细叶亚菊→矮蒿草, 而在处理区, 则为早熟禾一种, 且杂类草所占比例逐年减少, 至 2011 年仅为莎草科的二柱头蔗草与禾本科的早熟禾和太白细柄茅。

在 2009 - 2011 年, 对照区植物群落之间、去除高原鼠兔处理区植物群落之间及对照区和处理区植物群落之间相似性指数变化不尽一致。其中对照区植物群落之间相似性指数年间变化较小, 2009 年与 2010 年和 2011 年分别为 0.7550 和 0.7168 (表 2), 2010 年与 2011 年间为 0.7362; 处理区 2009 年与 2010 年和 2011 年相似性指数分别为 0.6732 和 0.6671, 2010 年与 2011 年之间为 0.6464; 不同年间对照区和处理区在 2009 年较高, 为 0.8956, 在 2010 年和 2011 年迅速下降, 分别为 0.5884 和 0.5354。

表 2 不同年间对照和处理相似性指数比较

Table 2 Comparison of similarity index between control and treatments in different years

	2009	2010	2011
对 照 Control			
2009	1		
2010	0.7550	1	
2011	0.7168	0.7362	1
处 理 Treatments			
2009	1		
2010	0.6732	1	
2011	0.6671	0.6464	1
对照和处理间 Between control and treatments			
2009	0.8956		
2010		0.5884	
2011			0.5354

### 3 讨论

#### 3.1 高原鼠兔扰动对植物物种组成和群落结构的影响

去除高原鼠兔后, 植物群落结构发生了明显的变化, 植物平均高度上升, 盖度增加, 物种组成中禾草和莎草比例增加, 尤其是禾草比例增加极为明

显,而杂类草比例下降,群落双层结构表现明显,上层主要为早熟禾、太白细柄茅、落草等禾本科植物,下层主要由细叶亚菊、短穗兔耳草、长茎藁本等杂类草植物构成。众多的退化草地封育研究也表明,退化草地封育后,植物群落平均高度上升,盖度增加,物种组成中优良牧草比例提高,毒杂草比例下降,群落成层结构明显,整个群落有向气候顶级演替的趋势(沈景林等,1999;周华坤等,2003;张东杰和都耀庭,2006)。本试验结果基本与此一致。

在高原鼠兔扰动下,对照区植物群落的平均高度有显著的增加(图2),但群落依然为单层结构,2011年最高时仅为4.2 cm,低于处理区2009年的平均高度4.6 cm,表明去除高原鼠兔后群落平均高度在当年便明显增高。群落种盖度略有增加,物种组成基本还是以杂类草为主。我们认为这一结果主要是由高原鼠兔的取食活动决定的。高原鼠兔喜取食禾本科植物中的早熟禾、垂穗披碱草等(蒋志刚和夏武平,1985;樊乃昌等,1995;刘伟等,2008),同时我们观察到高原鼠兔取食多从植物个体基部进行,造成禾本科植株的整个个体消失或死亡,减少了植物群落中禾本科植物的比例和繁殖成功率,而禾本科植物是决定高寒草甸植物群落高度的主要因素,也是构成群落上层结构的主要植物种类(周兴民等,1987)。

高原鼠兔喜栖息在视野开阔、地形平缓、地表平坦、植物根系不发达、易打洞造穴的环境中(施银柱,1983;马继雄等,2001)。而高原鼠兔的扰动降低了栖息地植物群落的平均高度,使栖息地环境有利于其自身种群的生存和发展,提高了自身的适应性。

### 3.2 高原鼠兔对植物群落恢复演替的影响

在高寒草甸,草地退化主要是由过度放牧引起,而封育常作为草地恢复治理的重要手段之一得到广泛应用(沈景林等,1999;周华坤等,2003;张东杰和都耀庭,2006;桑永燕等,2006)。封育后,植物群落平均高度和盖度增加,地上生物量上升,群落朝着气候顶级方向演替,去除高原鼠兔处理区试验结果基本与此类似。在高原鼠兔扰动下,植物群落高度、盖度和地上生物量也有所增加,但其增加幅度远远低于去除高原鼠兔的植物群落。同时,具有较高优势度的植物种类没有发生根本改

变,以杂类草为主,而去除高原鼠兔处理区在2011年具有较高优势度的植物种类主要以禾草为主,植物群落组成发生了根本的改变(表1),群落相似性指数的变化也证实了这一点。萧运峰等(1982)研究表明,栖息在草地不同退化阶段的高原鼠兔,通过其采食和挖掘活动使植被发生两种相反的演替过程,一种是通过频繁地采食、践踏优良牧草,挖洞损伤牧草并改变生境条件而引起植物群落的退化演替。这种演替尽管在规模和速度上较放牧退化演替小且缓慢,但就其演替的动力、原因、性质和进程而言,基本同放牧退化演替相一致。另一种,是由于高原鼠兔挖洞活动所形成的次生裸地上的进展演替。这种演替,使疏松的次生裸地逐渐变紧实,土壤含水率逐渐升高,使植被逐渐得到恢复。由此,我们认为高原鼠兔的扰动可延缓或阻止植物群落恢复演替,甚至使其进一步退化。

在高寒草甸,草地退化演替常伴随着禾草比例的大幅度降低和杂类草比例的上升。演替趋势多为由气候顶级的禾草草甸在放牧压力下演替为放牧顶级的高草草甸,随着人为干扰的加强并可能演替为杂类草草甸(周兴民等,1987;曹广民等,2004)。高原鼠兔延缓草地植物群落的恢复演替,我们认为通过以下2个方面来完成。(1)高原鼠兔直接取食植物群落中的禾草,如早熟禾,降低了群落中禾草的比例,同时为杂类草的生长提供了生态资源位,导致杂类草比例上升,植物群落仍维持在原有系统水平;(2)挖掘活动形成大量次生裸地和斑块,其上植物演替属于次生演替阶段,多以杂类草为主,引起整个栖息地环境破碎化,降低植物群落恢复演替速率。

高原鼠兔对植物群落演替的影响还与其种群密度有必然的联系,本文的试验结果仅表明在这一特定密度、草地重度退化条件下,植物群落的恢复演替较慢。如果随着高原鼠兔密度的增加,植物群落的恢复演替也许会停止或导致草地植物群落进一步退化。

### 参考文献:

- Bian J H, Cao Y F, Du Y, Yang L, Jing Z C. 2011. Effects of parasitic eimerians (*Eimeria cryptobarretti* and *E. klondikensis*) on mortality of plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, 31 (3): 299-305. (in Chinese)
- Cao G M, Wu Q, Li D, Hu Q W, Li Y M, Wang X. 2004. Effects

- of nitrogen supply and demand status of soil and herbage system on vegetation succession and grassland degradation in alpine meadow. *Chinese Journal of Ecology*, **23** (6): 25–28. (in Chinese)
- Connell J H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, **199**: 1302–1310.
- Du Y, Cao Y F, Jing Z C, He H, Bian J H. 2012. Efficacies of coccidian parasites (Protozoa) in control of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) and their effects on embryo development. *Acta Theriologica Sinica*, **32** (3): 221–227. (in Chinese)
- 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)
- Feng Z J, Zheng C L. 1985. Studies on the pikas (Genus: *Ochotona*) of China—taxonomic notes and distribution. *Acta Theriologica Sinica*, **5** (4): 269–289. (in Chinese)
- Horn H S. 1966. Measurement of ‘overlap’ in comparative ecological studies. *Amer Nat*, **100**: 419–424.
- Huntly N J. 1987. Influence of refuging consumers (Pikas: *Ochotona princeps*) on subalpine meadow vegetation. *Ecology*, **68**: 274–283.
- Jiang Z G, Xia W P. 1985. Utilization of the food resources by plateau pika. *Acta Theriologica Sinica*, **5** (5): 251–262. (in Chinese)
- Jiang Z G, Xia W P. 1987. The niches of yaks, Tibetan sheep and plateau pikas in the alpine meadow ecosystem. *Acta Biol Plat Sinica*, **6**: 115–146. (in Chinese)
- Jing Z C, Wang Q J, Shi H L, Ma Y S, Shi J J. 2006. The poison effect experiment of Botulin model D for plateau pikas (*Ochotona curzoniae*). *Pratacultural Science*, **23**(3): 89–91. (in Chinese)
- 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)
- Liang J R. 1981. Family structure of plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **1** (2): 159–165. (in Chinese)
- Liang J R, Zhou L, Wei S W, Wang Z W, Sun R Y. 1984. Mathematical models for recovery of the number of remnant rodent population. *Acta Ecological Sinica*, **4** (1): 88–98. (in Chinese)
- Liu W, Li L, Yan H Y, Sun H Q, Zhang L. 2012. Effects of burrowing activity of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) on plant species richness and aboveground biomass. *Acta Theriologica Sinica*, **32** (3): 216–220. (in Chinese)
- Liu W, Xu Q M, Wang X, Zhao J Z, Zhou L. 2010. Influence of burrowing activity of plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) on nitrogen in soils. *Acta Theriologica Sinica*, **30** (1): 35–44. (in Chinese)
- Liu W, Zhang Y, Wang X, Zhao J Z, Xu Q M, Zhou L. 2008. Food selection by plateau pikas in different habitats during plant growing season. *Acta Theriologica Sinica*, **28** (4): 358–366. (in Chinese)
- Liu W, Zhang Y, Wang X, Zhao J Z, Xu Q M, Zhou L. 2009. Food selection pattern for plateau pika in winter. *Acta Theriologica Sinica*, **29** (1): 12–19. (in Chinese)
- Liu W, Zhou H K, Zhou L. 2005. Biomass distribution pattern of degraded grassland in alpine meadow. *Grassland of China*, **27** (2): 9–15. (in Chinese)
- Ma J X, Kong S F, Cha F. 2001. Research of alpine meadow contrary evolution. *Journal of Qinghai Normal University (Nature Science)*, **4**: 48–52. (in Chinese)
- McIntire E J B, Hik D S. 2002. Grazing history versus current grazing: leaf demography and compensatory growth of three alpine plants in response to a native herbivore (*Ochotona collaris*). *J Ecol*, **90**: 348–359.
- McIntire E J B, Hik D S. 2005. Influences of chronic and current season grazing by collared pikas on above-ground biomass and species richness in subarctic alpine meadows. *Oecologia*, **145**: 288–297.
- Ollif H, Ritchie M E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends Ecol Evol*, **13**: 261–265.
- Roach W J, Huntly N, Inouye R. 2001. Talus fragmentation mitigates the effects of pikas, *Ochotona princeps*, on high alpine meadows. *Oikos*, **92**: 315–324.
- Sang Y Y, Ning H C, Qu H L. 2006. Surveying biomass of degraded grassland for forbidden grazing and enclosing after three years. *Qinghai Prataculture*, **15** (3): 7–9. (in Chinese)
- Shen J L, Meng Y, Hu W L, Lian D W. 1999. Experimental study of degenerated grassland improvement in plateau area. *Pratacultural Science*, **16** (3): 4–12. (in Chinese)
- Shi D J, Li X L, Yang L J, Sun H Q, Yang Y W. 2006. The characteristic variety of ‘black sands’ plant community in different degraded grassland and restoring way. *Pratacultural Science*, **23** (7): 1–3. (in Chinese)
- 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)
- Smith A D, Foggin J M. 1999. The plateau pika (*Ochotona curzoniae*) is a keystone species for biodiversity on the Tibetan plateau. *Animal Conservation*, **2**: 235–240.
- Sun F D, Guo Z G, Long R J, Shang Z H. 2010. Effects of density of burrowing plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) on soil physical and chemical property of alpine meadow soil. *Acta Pedological Sinica*, **47** (2): 378–383. (in Chinese)
- Vesk P A, Westoby M. 2001. Predicting plant species’ responses to grazing. *J Appl Ecol*, **38**: 897–909.
- 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)
- Wang X G, Dai K H. 1989. Nature longevity of plateau pika (*Ochotona curzoniae*). *Acta Theriologica Sinica*, **9** (1): 56–62. (in Chinese)
- Wei X H, Li S, Yang P, Chen H S. 2006. Changes of soil physical

- and chemical property of Kobresia meadow around the plateau pika entrances in the process of erosion. *Chinese Journal of Grassland*, **28** (4): 24–29. (in Chinese)
- Xiao Y F, Xie W Z, Liang J R, Sha Q. 1982. The relationship of grazing succession and rodent pest in alpine meadow. *Nature Resources*, **1**: 76–84. (in Chinese)
- Zhang D J, Du Y T. 2006. Effect of enclosure and grazing prohibition on the improvement of deteriorated grassland. *Grassland and Turf*, **4**: 52–54. (in Chinese)
- Zhou H K, Zhou L, Liu W, Wang Q J, Zhao W, Zhou Y Y. 2003. The influence of fencing on degraded *Kobresia humilis* meadows and no-degraded. *Grassland of China*, **25** (5): 15–22. (in Chinese)
- Zhou X M, Wang Q J, Zhang Y Q, Zhao X Q, Lin Y P. 1987. Quantitative analysis of succession law of the alpine meadow under the different grazing intensities. *Acta Phytocological et Geobotanica Sinica*, **11** (4): 276–285. (in Chinese)
- Zhou Y L. 2000. Ecological scanning on grassland rodent calamity in China. *Environmental Protection in Inner Mongolia*, **12** (2): 22–25. (in Chinese)
- 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.
- 王学高, 戴克华. 1989. 高原鼠兔 *Ochotona curzoniae* 自然寿命研究. *兽类学报*, **9** (1): 56–62.
- 马继雄, 孔胜福, 查芳. 2001. 高寒草甸演替趋势的研究. *青海大学学报 (自然科学版)*, **4**: 48–52.
- 边疆晖, 曹伊凡, 杜寅, 杨乐, 景增春. 2011. 艾美尔混合球虫对高原鼠兔致死毒力的初步研究. *兽类学报*, **31** (3): 299–305.
- 石德军, 李希来, 杨力军, 孙海群, 杨元武. 2006. 不同退化程度“黑土滩”草地群落特征的变化及其恢复对策. *草业科学*, **23** (7): 1–3.
- 冯祚建, 郑昌琳. 1985. 中国鼠兔属 (*Ochotona*) 的研究—分类与分布. *兽类学报*, **5** (4): 269–289.
- 孙飞达, 郭正刚, 龙瑞军, 尚占环. 2010. 高原鼠兔洞穴密度对高寒草甸土壤理化性质的影响. *土壤学报*, **47** (2): 378–383.
- 李文靖, 张堰铭. 2006. 高原鼠兔对高寒草甸土壤有机质和湿度的作用. *兽类学报*, **26** (4): 331–337.
- 刘伟, 李里, 严宏宇, 孙海群, 张莉. 2012. 高原鼠兔挖掘活动对植物种的丰富度和地上生物量的影响. *兽类学报*, **32** (3): 216–220.
- 刘伟, 周华坤, 周立. 2005. 不同程度退化草地生物量的分布模式. *中国草地*, **27** (2): 9–15.
- 刘伟, 张毓, 王溪, 赵建中, 许庆民, 周立. 2008. 植物生长季节不同栖息地高原鼠兔的食物选择. *兽类学报*, **28** (4): 358–366.
- 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.
- 刘伟, 许庆民, 王溪, 赵建中, 周立. 2010. 高原鼠兔挖掘活动对土壤中氮素含量的影响. *兽类学报*, **30** (1): 35–44.
- 杜寅, 曹伊凡, 景增春, 何慧, 边疆晖. 2012. 艾美尔球虫防治高原鼠兔实验及其对其胚胎发育的影响. *兽类学报*, **32** (3): 221–227.
- 沈景林, 梦杨, 胡文良, 连大伟. 1999. 高寒草地退化改良试验研究. *草业科学*, **16** (3): 4–12.
- 张东杰, 都耀庭. 2006. 禁牧封育对退化草地的改良效果. *草原与草坪*, **4**: 52–54.
- 周兴民, 王启基, 张堰青, 赵新全, 林亚平. 1987. 不同放牧强度下高寒草甸植被演替规律的数量分析. *植物生态学与地植物学报*, **11** (4): 276–285.
- 周华坤, 周立, 刘伟, 王启基, 赵伟, 周彦艳. 2003. 封育措施对退化与未退化矮蒿草甸的影响. *中国草地*, **25** (5): 15–22.
- 周延林. 2000. 我国草原鼠害问题的生态学审视. *内蒙古环境保护*, **12** (2): 22–25.
- 梁杰荣. 1981. 高原鼠兔的家庭结构. *兽类学报*, **1** (2): 159–165.
- 梁杰荣, 周立, 魏善武, 王祖望, 孙儒泳. 1984. 高寒草甸灭鼠后鼠兔和鼢鼠数量恢复的数学模型. *生态学报*, **4** (1): 88–98.
- 钟文勤. 2008. 啮齿动物在草原生态系统中的作用与科学管理. *生物学通报*, **43** (1): 1–3.
- 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.
- 桑永燕, 宁洪才, 屈海林. 2006. 禁牧封育3年后退化草地生物量测定. *青海草业*, **15** (3): 7–9.
- 曹广民, 吴琴, 李东, 胡启武, 李月梅, 王溪. 2004. 土壤-牧草氮素供需状况变化对高寒草甸植被演替与草地退化的影响. *生态学杂志*, **23** (6): 25–28.
- 萧运峰, 谢文忠, 梁杰荣, 沙渠. 1982. 高寒草甸放牧退化演替及其与鼠害的关系. *自然资源*, **1**: 76–84.
- 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龛 (niche) 研究. *高原生物学集刊*, **6**: 115–146.
- 景增春, 王启基, 史惠兰, 马玉寿, 施建军. 2006. D型肉毒杀鼠素防治高原鼠兔灭效试验. *草业科学*, **23** (3): 89–91.
- 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.
- 魏兴琥, 李森, 杨萍, 陈怀顺. 2006. 高原鼠兔洞口区土壤侵蚀过程高山草甸土壤的变化. *中国草地学报*, **28** (4): 24–29.