

# 高原鼠兔活动对高寒草甸群落 植物生物量季节分布的影响<sup>\*</sup>

孙飞达<sup>1</sup>, 龙瑞军<sup>2</sup>, 干友民<sup>1</sup>

(1. 四川农业大学 草业科学系, 四川 雅安 625014; 2. 兰州大学 青藏高原生态系统管理国际中心, 兰州 730020)

**摘 要:**通过对高原鼠兔不同洞穴密度条件下, 三江源区高寒草甸植物群落生物量季节动态研究分析表明: 高原鼠兔不同洞穴密度和植物地上、地下和总生物量均满足二次函数关系, 当洞穴数量达到中等密度时(512 个/hm<sup>2</sup>), 其生物量降到最低。生长季内(5–10 月)地上生物量变化呈“单峰”曲线, 由于不同程度的鼠类活动致使其最大生物量较无鼠害样地提前一月来临, 即 8 月底达到生长季最大值; 年均生物量近似零密度样地最大, 中等密度样地最小, 7 月底生物量可以作为年度产草量平均水平的重要依据。生长季内地下生物量于 8 月底均降到最低值, 中等密度样地最小, 近似零密度样地最大。总生物量主要由地下根系所支配, 生长季内各样地基本与地下生物量保持相似的趋势, 中等密度样地总生物量最小。总之, 地上生物量对鼠洞密度和月份的敏感程度要强于地下生物量, 鼠类活动对植物地下生物量的形成和数量在短期内没有很大的影响。

**关键词:**高原鼠兔; 鼠洞密度; 高寒草甸; 生物量; 季节分布

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0204-04

## Effects of Plateau Pikas (*Ochotona curzoniae*) Activities on Plant Biomass Seasonal Distribution of Alpine Meadow Population

SUN Fei-da<sup>1</sup>, LONG Rui-jun<sup>2</sup>, GAN You-min<sup>1</sup>

(1. Department of Grassland Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China; 2. International Center for Tibetan Plateau Ecosystem Management, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Forty plateau pikas (*Ochotona curzoniae*) activities plots and four typical plots were investigated to find out the relationship between pikas effective burrows densities and plant biomass seasonal distribution of alpine meadow population. The results showed that the different burrows densities and every biomass indexes were satisfied with quadratic equation. To aboveground biomass index, burrows in MDP with 512 holes/hm<sup>2</sup>, the biomass declined to the minimum. Overall the aboveground biomass changed to single-peak curve with seasonal variation. The maximum biomass with different extent of pikas activities appeared in August which was ahead of AZDP reaching this spot in September. Biomass in July was nearly closed to the annual average, so it could be used as the important basis for evaluating whole annual hay reserves. To belowground biomass, the minimum appeared at the end of August. Of four plots MDP was the least and the AZDP was the most. Total biomass was dominated mainly by belowground root composition and showed the same trend. In summary, aboveground biomass was more sensitive to pikas activities and growing season than belowground roots. Plateau pikas activities had no significant effects on the belowground biomass formation and the quantity in the short term.

**Key words:** Plateau pikas (*Ochotona curzoniae*); burrowing rodents densities; alpine meadow; plant biomass; seasonal distribution

植物生物量作为生态系统最基本的数量特征, 反映了生态系统获取能量的能力, 是草地生态系统

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-10-23

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(30730069); 四川省科技厅项目(07JY029-024); 四川农业大学“双支计划”博士专项(01570404)

作者简介: 孙飞达(1978-), 男, 甘肃靖远人, 博士, 讲师, 主要从事草地生态学研究。E-mail: sunfd08@163.com

研究的重要内容之一<sup>[1]</sup>。近年来,对青藏高原高寒草甸植物群落生物量的研究主要集中在不同退化草地以及环境变化(地域、气候、土壤)和人为干扰(刈割、放牧、樵采、碾压、工程建设等)对植物生物量季节分布动态、形成规律的影响以及植物地上植株与地下根系的关系、植物多样性与生物量的互作效应等方面<sup>[2-10]</sup>。

高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)是广布于高寒草甸的小型哺乳动物优势种之一<sup>[11]</sup>,其啃食和掘洞行为能够改变草地植物生物量分布及土壤结构和变化过程<sup>[12]</sup>。目前对高原鼠兔的研究更多是集中于其自身的生理生活习性以及鼠害防治等方面<sup>[13]</sup>,而季节性和局部性灭杀鼠兔都会带来生态系统的紊乱以及江河源头水源、家畜的二次污染问题<sup>[14]</sup>。以高原鼠兔不同种群密度对高寒草甸植物群落及生物量的研究较少,本文拟通过分析高原鼠兔不同洞穴密度高寒草甸植物生物量季节性动态变化,初步探讨高原鼠兔在高寒草甸中的作用以及不同种群密度对高寒草地生物量的影响,正确认识高原鼠兔在青藏高原高寒草甸生态系统中的功能及作用,从而为进一步确立适宜的鼠类种群密度提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于青海省果洛州玛沁县大武镇格多牧委会,地理范围为32°31′–35°37′ N, 96°54′–101°51′ E,为一山间小盆地,平均海拔4 120 m。气候属典型高原大陆型气候,无明显四季之分,只有冷暖之别,

全年无绝对无霜期,年降水量为513.2~542.9 mm,其中5–9月降雨占年降水量的85.2%。草地为已发生不同程度退化的嵩草草甸(*Kobresia meadow*),土壤类型以高山草甸土和高山灌丛草甸土为主。

该地区植食类小型哺乳动物以高原鼠兔为优势种(占96.5%),伴有极少数的青海田鼠(*Microtus f. ascus*)、高原鼯鼠(*Myospalax baileyi*)等鼠类存在。

1.2 试验设计与方法

1.2.1 野外调查及样地选取 于2007年5月采用堵洞法进行鼠类调查。在实验区禁牧条件下网围栏内的高草草甸上选取10个50 m×50 m且立地条件相近似的样方,均为同一类型草地的不同演替阶段。然后对每个样地进行堵洞填埋调查总洞口和有效洞口以及由于高原鼠兔挖掘活动造成的次生裸露地面积,第1天将所有鼠洞口计数作为总洞口数然后进行填埋,后3天连续每天在12:00–14:00调查记录被鼠兔抛开的新洞口并计数、然后重新填埋,每天被鼠兔抛开的新洞口即为当天的有效洞口,最后确定的每个样地有效鼠洞是连续3 d的平均值<sup>[14]</sup>。由于50 m×50 m样方比较大,且植被分布均匀性差等特点,为了降低试验取样的系统误差,故将50 m×50 m的样方沿中轴线均分为4个25 m×25 m的小样方,共计40个鼠类调查样地。根据对高寒草甸鼠类梯度的划分标准<sup>[10]</sup>,并结合地上植物群落等综合条件选取4个典型的高原鼠兔不同洞穴密度梯度,分别是近似零密度、低密度、中密度和高密度样地,进行样地资料调查和收集,每个密度类别下均设5次重复(见表1)。

表1 高原鼠兔不同洞穴密度样地的选取及基本条件(25 m×25 m)

不同洞穴密度样地	有效洞口数	植被盖度/ %	优势种和亚优势种组成
近似零密度样地(样地I) (AZDP)	3.0±0.0 a	93.5±1.5 a	矮嵩草+ 小嵩草+ 垂穗披碱草等 <i>Kobresia humilis</i> + <i>Kobresia pygmaea</i> + <i>Elymus. nutans</i> et al.
低密度样地(样地II) (LDP)	14.0±0.3 b	46.4±1.2 c	垂穗披碱草+ 细叶亚菊+ 海乳草等 <i>Elymus. nutans</i> + <i>Ajania tenuifolia</i> Tzvel.+ <i>Glaux maritima</i> et al.
中密度样地(样地III) (MDP)	32.0±0.6 c	35.7±0.6 d	细叶亚菊+ 兰石草+ 矮火绒等 <i>Ajania tenuifolia</i> Tzvel.+ <i>Lancea tibetica</i> + <i>Leontopodium nørnum</i> et al.
高密度样地(样地IV) (HDP)	85.0±1.2 e	60.6±1.2 b	青海凤毛菊+ 垂穗披碱草+ 麻花苣等 <i>Saussurea katochaete</i> + <i>Elymus. nutans</i> + <i>Gentiana straminea</i> et al.

注:表中数据为平均值±标准差。同列有相同字母,则差异不显著( $p>0.05$ )。

1.2.2 生物量获取 于植物生长季5–10月每月20号左右在各样地分别选取5个50 cm×50 cm的样方,将样方内所有活体植株均齐地面剪下并立即称重;地上生物量刈割后在原地用土柱法同步获取地下生物量,每个土柱为25 cm×25 cm×30 cm,分

3层取样,每个原状土柱高10 cm,取样深度30 cm。采到的地下部分反复清洗,过滤,去掉砂石,并称取鲜重。随后将采集的所有植物地上、地下部分105℃杀青10 min后,在65℃恒温烘干48 h至恒重,并称干重。

1.3 数据分析

用 Excel 2003 进行数据的基本处理和图表制作;用 DPS 9.50 统计软件对不同洞穴密度下植物群落生物量各参数进行 ANOVA 分析。差异显著时应用新复极差法进行多重比较,  $P < 0.01$  为差异极显著,  $P < 0.05$  为差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同洞穴密度样地高寒草甸地上生物量季节分布

地上绿色植物能够捕获太阳能,通过光合作用将光能转化为太阳能,为消费者和分解者提供物质和能源,这是地球上一切生命活动所需要能量的基本源泉。

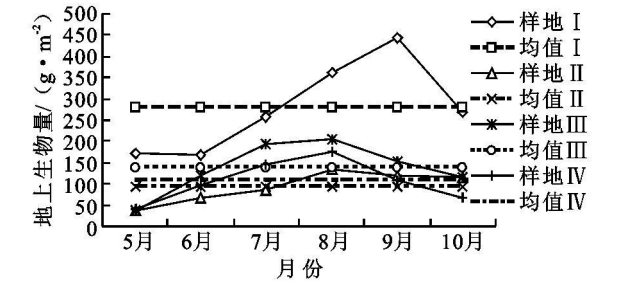


图 1 不同洞穴密度样地高寒草甸植物地上生物量季节分布

图 1 显示,不同鼠洞密度样地在生长季 5—10 月的地上生物量随季节变化动态为单峰曲线,无鼠类活动(近似零密度)样地地上生物量显著高于其它 3 个分别有不同程度鼠类干扰的样地( $p < 0.01$ ,  $F = 25.225$ ,  $df = 4$ );月份  $\times$  样地两因素水平上均表现为极其显著( $p < 0.01$ ,  $F = 6.457$ ,  $df = 4$ )。各样地生物量最大值出现月份也不尽一致,其中近似零密度样地优势种高草属植物在 5—6 月间刚刚返青,生物量增幅很小近乎停滞状态,而 6—9 月间则直线上升直到最 444.6 g/m<sup>2</sup>,9 月后由于水热条件急剧变化其生物量直线下降;其余三样地在 8 月底生物量达到最高:低密度样地 179.1 g/m<sup>2</sup>,中等密度样地 150.7 g/m<sup>2</sup>,高密度样地 135.1 g/m<sup>2</sup>,之前 4 个月均为生物量直线上升阶段。由此看出,近似零密度样地由于没有鼠类参与和干扰其水热条件维持较好,所以其最高生物量延迟一个月到达并适当延长了其生命周期。各样地生长季地上生物量年均值排序为近似零密度样地>中等密度样地>高密度样地>低密度样地,同时,所有样地在 7 月时其地上生物量基本接近于各自生长季年均值。因此,7 月底产草量可以作为衡量年度生产力水平和制定年度畜群周转的重要参考依据。

2.2 不同洞穴密度样地高寒草甸地下生物量季节分布

地下生物量是植物群落生物量的重要组成部

分,而根系是构成地下生物量的全部,地上绿色植物通过根系吸收养分和营养物质,是联系土—草的介质。研究群落地下生物量的分布规律和动态变化对认识整个草原生态系统的物质循环过程有十分重要的意义。

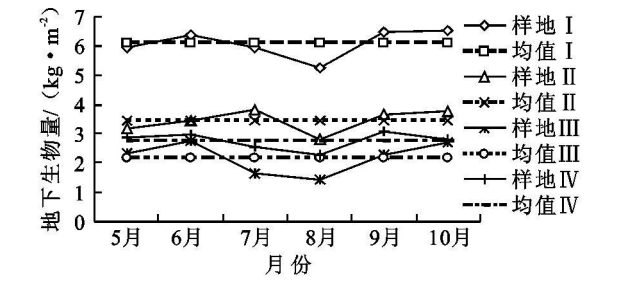


图 2 不同洞穴密度样地高寒草甸植物地下生物量分布

图 2 表明,不同鼠洞密度样地在生长季 5—10 月地下生物量表现出基本一致的走向和趋势,各月份及生长季地下生物量年均值都表现为近似零密度样地>低密度样地>高密度样地>中等密度样地,且于 8 月底均降低到最小值,分别是 5 263.9, 2 830.7, 2 280.2, 1 436.3 g/m<sup>2</sup>,近似零密度样地最大,中等密度样地最小。以高原鼠兔为主的鼠类活动主要营地面活动,其对地下根系的再分配和扰动作用较小,故地下生物量的多寡和变化与因草地退化而引起的植物种类组成和群系变化息息相关,也满足单纯从草地退化角度的未退化>轻度退化>中度退化>重度退化的模式。

2.3 不同洞穴密度样地高寒草甸总生物量分布

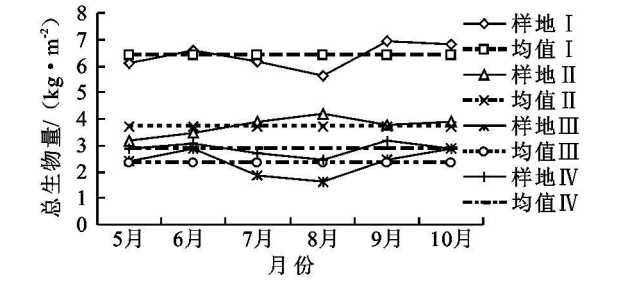
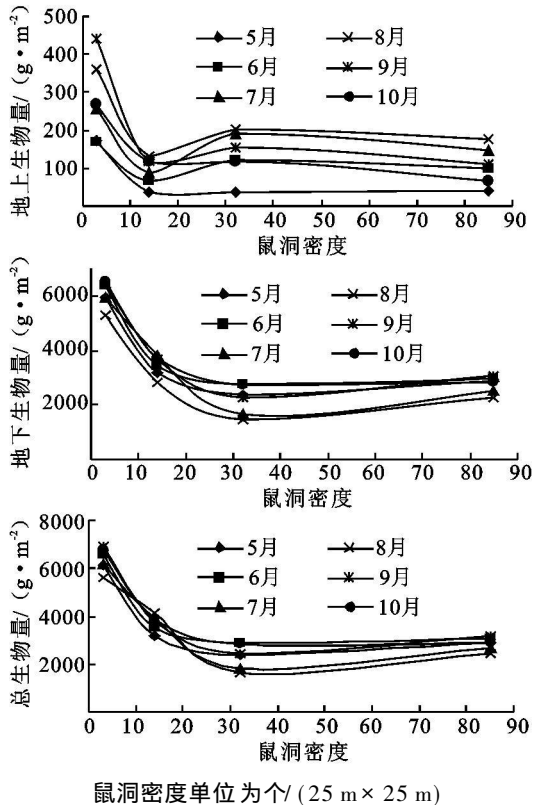


图 3 不同洞穴密度样地高寒草甸植物总生物量分布

图 3 表明,总生物量的变化主要由地下生物量的变幅所支配,由于气候、水分等因子所致高寒草甸地下生物量巨大,通常是地上生物量的几十倍,甚至上百倍。近似零密度样地、中等密度样地、高密度样地在 8 月底达到最低值,而低密度样地在 8 月略有抬升,主要由于其地上生物量在 8 月份显著高于中密度和高密度样地( $p < 0.05$ ,  $F = 1.366$ ,  $df = 4$ ),导致其地下/地上值同比最小,该系统最不稳定。近似零密度样地原生植被生长良好,年均总生物量达到 6 500 g/m<sup>2</sup>,各样地生长季总生物量平均值大小为:近似零密度样地>低密度样地>高密度样地>中等密度样地。

2.4 高原鼠兔洞穴密度对植物生物量的影响

图 4 表明, 高原鼠兔洞穴密度和生物量的关系可以用开口向上的抛物线进行描述, 先急剧下降后缓慢上升, 满足二次函数  $y = ax^2 + bx + c$  ( $R^2$  为 0.835 3~1.000 0)。当洞穴数量达到中等密度时其生物量达到最低点, 这与样地类型及退化程度密不可分。高原鼠兔洞穴中等密度样地表现为重度退化阶段, 植被以铁棒锤、乌头等毒杂草为主, 直立根系发达, 而具有短根致密的分蘖根系的优质牧草锐减。高密度样地草地植株稀疏, 环境视野开阔, 土壤相对松软, 为高原鼠兔提供了其最适宜的栖居条件, 因此该样地有效洞口数量最多, 种群密度最大。



鼠洞密度单位为个/(25 m×25 m)  
图 4 高寒草甸植物地上、地下和总生物量  
与高原鼠兔洞穴密度的关系

3 讨论与结论

本研究中, 不同洞穴密度样地地上植物量的季节变化均呈“单峰”曲线, 近似零密度样地于 9 月达到最高, 而其余有不同程度鼠类危害的样地最大值均于 8 月底达到最大值, 各样地地上生物量近似零密度样地最大, 低密度样地最小。植物地上生物量的季节变化主要取决于水热条件的变化, 植物返青初期由于低温的影响, 干物质积累较为缓慢, 并随着植物生长发育进程, 气温的回升和降水量的增加而增大<sup>[15]</sup>。植物量的峰值出现在大部分植物种子成熟的 8 月底, 近似零密度样地由于没有鼠类参与和

干扰其水热条件维持较好, 所以其最高生物量延迟并适当延长了其生命周期。9 月后, 随着气温、降水的降低, 其干物质积累随之减慢, 最后停止。但由于鼠类的参与及其啃食活动干扰缩短了高寒草甸植物的生命周期, 提前进入种子结实及干物质的积累阶段, 这与不受外界干扰的高草草甸的生物量分布结论不大一致<sup>[16]</sup>。同时 7 月底生物量可以作为年度产草量平均水平的重要依据。

不同洞穴密度样地生长季内于 8 月底其地下生物量均为最小, 总的情况为中等密度时最小, 近似零密度时最大, 地上生物量对鼠洞密度和月份的敏感程度要强于地下生物量的反应, 这表明不同程度的鼠兔活动对植物地下生物量的形成和数量在短期内没有很大的影响。在此期间, 植物地上部分达到或将要达到最大的时候, 其有限的营养物质和光热水肥被地面绿色植物所吸收, 根系维持了这种平衡和调节机制, 为植物植株在一个完整的生长季内得到最大的生长和吸收, 随着种子的发育成熟, 能量营养流向种子库, 流向地下的有机营养减弱等原因造成的<sup>[17]</sup>。总生物量的变化主要由地下生物量的变幅所支配, 近似零密度样地、中等密度样地、高密度样地在 8 月底达到最低值, 而低密度样地在整个生长季内始终变幅不大。由此表明鼠群密度对于高寒草甸总生物量在短期内最大的草地并非是生物量最小、生产力最低下、退化最严重的草地, 同时从草地退化角度也印证了在中度退化阶段时鼠类种群密度最大、草地害鼠最多的结论<sup>[13]</sup>。

高原鼠兔洞穴密度和生物量的关系满足二次函数  $y = ax^2 + bx + c$ , 这有别于高原鼢鼠种群密度与植物地上生物量呈极显著的负相关的结论<sup>[18]</sup>。这与高原鼢鼠主要营食地下根, 而高原鼠兔既食地上绿色植物, 又噬地下根等各自取食特性有关。

地上生物量对鼠兔洞穴密度和生长阶段的敏感程度要强于地下生物量, 鼠兔活动对植物地下生物量的形成和数量在短期内没有很大的影响。当洞穴数量达到中等密度即 512 个/hm<sup>2</sup> 时, 其生物量降到最低, 表明此密度已经到了较严重的退化阶段, 故有效洞口数在低密度阶段即 324 个/hm<sup>2</sup> 时可以视为预警的阶段。

致谢 研究在外业调查和取样中, 中科院西高所孙涛博士和甘肃农业大学聂学敏硕士提供了很大帮助, 谨表谢忱!

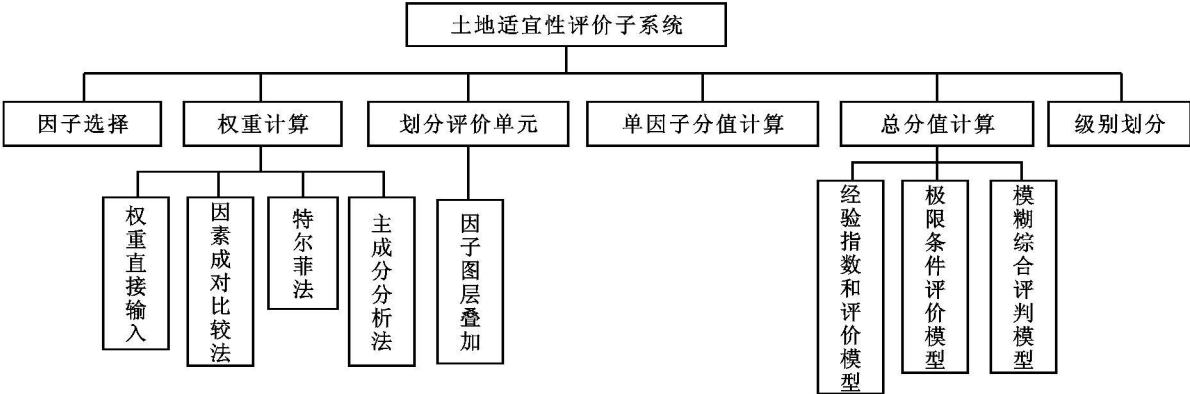


图 4 土地适宜性评价子系统结构图

5 结论

本文采用面向数据流的系统开发方法, 结构化、模块化、自顶向下地对土地适宜性评价系统进行需求分析、结构设计及实现, 提高了土地适宜性评价系统的灵活性和可变性。土地适宜性评价系统中各功能模块既相互联系又具有一定的独立性, 便于系统的升级和维护, 如在运用新的土地适宜性评价方法进行土地适宜性评价时, 只需要添加相应的评价模块, 而不需要对整个系统进行大规模的修改。在系统实现上, 将 GIS 技术和评价模型有效结合, 实现更加快速、更加精确地对土地资源进行适宜性评价。

参考文献:

[1] 陈竹安, 张立亭, 余国辉, 等. SuperMap 支持下的广昌县土地适宜性评价[J]. 东华理工学院学报, 2006, 29(2): 150-154.

[2] 王国杰, 周沿海, 廖善刚. 土地适宜性评价的 GIS 实践方法比较研究[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2003, 26(3): 294-297.

[3] 许家珩, 曾翎, 彭德中. 软件工程: 理论与实践[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.

[4] 方大春, 刘国林, 王芳等. 基于 GIS 的土地适宜性评价模型研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2004, 27(1): 35-36.

[5] 倪绍祥. 土地类型与土地评价概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.

(上接第 207 页)

参考文献:

[1] 姜恕. 羊草和大针茅草原群落生物量的初步比较研究[C]//草原生态系统研究(第 1 集). 北京: 科学出版社, 1985: 11-23.

[2] 刘伟, 周华坤, 周立. 不同程度退化草地生物量的分布模式[J]. 中国草地, 2005, 27(2): 9-13.

[3] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 牦牛放牧率与小嵩草高寒草甸暖季草地地上、地下生物量相关分析[J]. 草业科学, 2006, 22(5): 65-71.

[4] 王启基, 周立, 王发刚, 等. 放牧强度对冬春草场植物群落结构及功能的效应[J]. 高寒草甸生态系统, 1995(4): 353-364.

[5] 李英年, 王勤学, 古松, 等. 高寒植被类型及其植物生产力的检测[J]. 地理学报, 2004, 59(1): 40-48.

[6] 王启基, 杨福国, 史顺海. 高寒矮嵩草草甸地下生物量形成规律的初步研究[C]//高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集. 北京: 科学出版社, 1988: 73-81.

[7] 李英年. 高寒草甸植物地下生物量与气象条件的关系及周转值分析[J]. 中国农业气象, 1998, 19(1): 36-42.

[8] 张锦华, 张新全, 刘淑珍, 等. 公路碾压干扰下群落植物多样性: 以藏北矮嵩草草甸为例[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 2958-2960.

[9] 王长庭, 龙瑞军, 王启兰, 等. 放牧扰动下高寒草甸植物多样性、生产力对土壤养分条件变化的响应[J]. 生态学报, 2008, 18(9): 4145-4152.

[10] 马玉寿, 郎百宁, 王启基. “黑土型”退化草地研究工作的回顾与展望[J]. 草业科学, 1999, 15(2): 5-9.

[11] 钟文勤, 樊乃昌. 我国草地鼠害的发生原因及其生态治理对策[J]. 生物学通报, 2002, 37(4): 1-4.

[12] Aho K, Huntly N, Moen J, et al. Pikas (Ochotona princeps: Lagomorpha) as allogenic engineers in an alpine ecosystem[J]. Oecologia, 1998, 114: 405-409.

[13] 景增春, 樊乃昌, 周文扬, 等. 盘坡地区草场害鼠的综合治理[J]. 应用生态学报, 1991, 19(2): 73-80.

[14] 孙飞达, 龙瑞军, 蒋文兰, 等. 三江源区不同鼠洞密度下高寒草甸植物群落生物量和土壤容重特性研究[J]. 草业学报, 2008, 17(5): 111-116.

[15] 胡自治, 孙吉雄, 张映生, 等. 高山线叶嵩草草地的第一性生产和光能转化率[J]. 生态学报, 1988, 18(2): 121-131.

[16] 刘伟, 王溪, 周立. 高原鼠兔对小嵩草草甸的破坏及其防治[J]. 兽类学报, 2003, 23(3): 214-219.

[17] 刘季科, 张云占, 辛光武. 高原鼠兔数量与危害程度的关系[J]. 动物学报, 1980, 26(4): 378-385.

[18] 张堰铭. 高原鼯鼠对高寒草甸群落特征及演替的影响[J]. 动物学研究, 1999, 20(6): 435-440.