

# 放牧强度对江河源区垂穗披碱草(*Elymus natans*) / 星星草(*Puccinellia tenuiflora*)混播草地群落和高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)的影响

董全民<sup>1,2\*</sup>, 赵新全<sup>1</sup>, 马玉寿<sup>2</sup>, 代勇<sup>2</sup>,  
王启基<sup>1</sup>, 施建军<sup>2</sup>, 王柳英<sup>2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810002; 2. 青海省畜牧兽医科学院, 西宁 810003)

**摘要:**在江河源区披碱草(*Elymus natans*)/星星草(*Puccinellia tenuiflora*)混播人工草地上进行了两个放牧季(2003年6月29日~9月20日和2004年6月29日~9月20日)的牦牛放牧试验,研究了放牧强度对混播草地群落特征和高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)种群密度的影响。结果表明:在两个放牧季内,随着放牧强度的提高,草地群落的盖度、地上现存量和优势种植物(披碱草和星星草)的株高降低,且放牧强度与其呈极显著负相关关系;对照处理组群落的物种多样性指数、丰富度指数和均匀度指数最低,中度放牧组最高,该结果支持“中度干扰理论”。随着放牧强度的提高,高原鼠兔的种群密度增加,且放牧强度与其呈极显著的正相关关系;不同放牧强度下群落的物种多样性指数、丰富度指数和均匀度指数与高原鼠兔的种群密度之间存在着一定的相关关系。

**关键词:**放牧强度;垂穗披碱草/星星草混播草地;高原鼠兔;江河源区

**中图分类号:**S812.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-1389(2006)02-0028-06

## Effects of Grazing Intensity on Mixed-sown Community of *Elymus natans* and *Puccinellia tenuiflora* and *Ochotona curzoniae* in Yangtze and Yellow River Headwater Region

DONG Quan-min<sup>1,2\*</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>1</sup>, MA Yu-shou<sup>2</sup>, DAI Yong<sup>2</sup>,  
WANG Qi-ji<sup>1</sup>, SHI Jian-jun<sup>2</sup> and WANG Liu-ying<sup>2</sup>

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810002, China;

2. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810003, China)

**Abstract:** This study was conducted in mixed-sown grassland of *Elymus natans* and *Puccinellia tenuiflora* by 4 yak-grazing intensity gradients and one control in Yangtze and Yellow river headwater region for two grazing seasons (from 20th of June to 20th of September in 2003 and 2004) in order to determine the effect of grazing intensity on mixed-sown community and *Ochotona curzoniae* population density. The result showed that: with the increased grazing intensity during 2 grazing seasons, the coverage of mixed-sown community, standing crop and height of dominance plant (*Elymus natans* and *Puccinellia tenuiflora*) decreased, and they were significantly and negatively correlated with grazing intensity; plant species diversity, abundance and evenness index was maximized in moderate grazing

\* 收稿日期:2005-04-07 修回日期:2005-11-27

基金项目:国家“十五”攻关项目(2001BA606A-02)。

作者简介:董全民(1972-),男,甘肃天水人,助理研究员,在读博士。主要从事草地生态及青藏高原“黑土型”退化草地的恢复与重建工作。

\*通讯作者。E-mail:dongquanmin@hotmail.com 或 dqm850@sina.com

group, and minimized in control group, which supported "intermediate disturbance" hypothesis. Moreover, with increasing grazing intensity, *Ochotona curzoniae* population density increased, and it was significantly and positively correlated with grazing intensity; plant species diversity, abundance and evenness index, to the certain extend, was correlated with *Ochotona curzoniae* population density under different grazing intensities.

**Key words:** Grazing intensity; Mixed-sown community of *Elymus natans* and *Puccinellia tenuiflora*; *Ochotona curzoniae*; Yangtze and Yellow River headwater region

江河源区地处青藏高原腹地,地势起伏,平均海拔 4 500 m,是黄河、长江、澜沧江的发源地,素有“三江源”之称,有“中华水塔”之美誉,同时也是我国生态环境的极敏感区和气候变化的启动区。江河源区草场面积为  $1.6256 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 占该区域土地总面积的 85.9%<sup>[1]</sup>,因此它也是青海省乃至整个青藏高原的主要的畜牧业基地<sup>[2-4]</sup>。20 世纪 70 年代以来,随着人口的急剧增加和人类对畜产品需求的增大,人们强化了对草场的利用,使草场大面积退化,导致鼠害发生<sup>[5]</sup>,以“黑土型”型退化草地为主的草地退化现象日趋严重,草地生态平衡失调,生态环境恶化<sup>[6]</sup>。近 4 年来,国家和青海省投入大量的人力、物力,在江河源区共建植人工草地约 160 000  $\text{hm}^2$ ,缓解了该地区天然草地压力及草畜矛盾问题,也在一定程度上遏制了局部生态环境进一步恶化的趋势。但由于该地区人工草地合理利用和管理技术的研究较少,技术储备不足,尤其是人工草地草—畜系统的优化集成技术的研究更为缺乏。因此如何利用和科学管理江河源区来之不易的人工草地、实现其持续利用与稳定发展,这不仅对长江、黄河上游地区的发展有着直接的作用,而且直接关系和影响中下游地区的经济发展和我国 21 世纪可持续发展,也对解决黄河断流、治理长江水患、改善长江和黄河流域以及全球的生态环境也有着极其重大的意义<sup>[7]</sup>。

放牧强度对人工草地植被的影响在国内已有大量报道<sup>[8-11]</sup>,但江河源区多年生混播人工草地放牧试验的研究还未全面展开,放牧强度对人工草地高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)作用的研究还未见报道。因此,针对放牧强度对江河源区披碱草(*Elymus natans*) + 星星草(*Puccinellia tenuiflora*) 多年生混播人工草地植被特征和高原鼠兔影响的研究,旨在为多年生混播人工草地合理放牧强度的确定提供基础数据,并为当地严酷自然环境和特殊生产方式下多年生混播人工草地

的合理利用提供参照,尽而达到多年生混播人工草地合理永续利用的目的。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地自然概况

试验地设在青海省果洛州大武乡的格多牧委会,位于北纬 34°17' ~ 34°25'、东经 100°26' ~ 100°43',为一山间小盆地,平均海拔 3 980 m 左右。属高原寒冷气候类型,年均气温 - 2.6 左右,0 年积温 914.3,日照时间 2 576.0 h,年均降水量 513 mm,5~9 月降水 437.10 mm,占年降水量的 85.20%。无绝对无霜期,牧草生长期 110~130 d。主要植被类型有高山嵩草草甸、高山灌丛草甸,土壤类型以高山草甸土和高山灌丛草甸土为主,黄河的支流格曲发源并流经这里。放牧试验地设于 2002 年在该牧委会建植的披碱草/星星草混播人工草地上。

### 1.2 试验设计

在当地牧户牛群内,选取生长发育良好、健康、阉割的 2.5 岁公牦牛 16 头,体重是  $100 \pm 5 \text{ kg}$ ,随机分为 4 组(每组 4 头)。按牧草的理论利用率设 4 个处理:极轻放牧(牧草利用率为 20%)、轻度放牧(牧草利用率为 40%)、中度放牧(牧草利用率为 60%)、重度放牧(牧草利用率为 80%)和对照(牧草利用率为 0%)。根据草地上生物量、牦牛的理论采食量和草场面积确定放牧强度。试验从 2003 年开始,试验期为每年 6 月 20 日~9 月 20 日。

### 1.3 测定内容和方法

1.3.1 草地群落数量特征 每年 9 月 20 日试验结束时,沿各处理小区对角线 100 m 样条各取 5 个重复样方(1.0 m × 1.0 m)测定不同处理植物群落的种类组成,再将每个样方分为 4 个子样方(0.50 m × 0.50 m),按顺序记录每个植物种的盖度、株高、相对频度和密度,最后在 1.0 m × 1.0 m 样方内用收割法测定不同植物种的地上现存量,

称其鲜重后取在 80 °C 恒温箱中烘干之恒重,文中 生物量均以干物质计。

表 1 放牧试验设计

Table 1 Design of grazing trial

处理 Treatments	放牧牦牛的数量 / 头 Number of grazing yaks	围栏面积 / hm <sup>2</sup> Area per plot	放牧强度 / (头 · hm <sup>-2</sup> ) Grazing intensity
极轻放牧(D) Extremely light grazing	4	1.52	2.63
轻度放牧(C) Light grazing	4	0.76	5.26
中度放牧(B) Moderate grazing	4	0.52	8.0
重度放牧(A) Heavy grazing	4	0.38	10.52
对照(CK) Control	0	1.0	0

1.3.2 高原鼠兔的调查 每年 9 月 20 日沿各处理小区对角线建立 3 个 30 m × 30 m 的样方,利用堵洞盗洞法<sup>[12]</sup>测定高原鼠兔的种群数量。

1.3.3 草地群落综合特征 物种多样性的测度,许多学者提出了不同的测度方法,试图反映群落多样性的不同特征,马克平、Ludwig<sup>[13,14]</sup>曾对这些方法作过详细介绍和评价,这里选择如下公式测度物种多样性和均匀度指数。

种丰富度指数: S 为出现在样地上的物种数。

物种多样性指数: Shannon - Wiener 指数:  $H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$ ; 式中  $P_i$  为第  $i$  种的重要值。

Pielou 均匀度指数:  $E = H / \ln S$ ; 式中 S 为出现在样地上的物种数。

优势度指数<sup>[15]</sup>:  $DI = P_1 + P_2$ ; 式中  $P_1$  为多度最大的处群与群落内各个种多度的总和之比,  $P_2$  为此最大的多度与多度的总和之比。

重要值 = [ 相对盖度 (%) + 相对高度 (%) + 相对频度 (%) ] / 3。

### 1.4 草地群落的相似形

用 Jaccard 相似形系数公式计算<sup>[16]</sup>:  $IS_r = c / (a + b - c) \times 100$ , 式中 a 为样方 A 中种的总数, b 为样方 B 中种的总数, c 为样方 A 和样方 B 中共有的种数。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落盖度和地上现存量的变化

不同放牧强度试验区的植物群落盖度见表 2。在 2 a 的试验期内,放牧强度对试验区植物群落盖

度的影响极显著 ( $P < 0.01$ ), 同一试验区的年度变化不显著 ( $P > 0.05$ ), 但不同试验区群落盖度的年度变化显著 ( $P < 0.05$ )。相关分析表明, 不同放牧处理植物群落盖度与放牧强度呈显著的负相关 ( $R_{2003} = -0.9882, P < 0.01; R_{2004} = -0.9692, P < 0.01$ )。

不同试验区植物地上现存量有明显的变化(表 2)。放牧强度对各试验区植物地上现存量、同一试验区植物地上现存量年度变化以及不同试验区群落盖度年度变化的影响均显著 ( $P < 0.05$ )。经相关分析, 不同放牧处理植物地上现存量与放牧强度呈显著的负相关 ( $R_{2003} = -0.9962, P < 0.01; R_{2004} = -0.9902, P < 0.01$ )。

2003 年为人工草地建植第 2 年(第一年夏季未放牧, 冬季放牧), 且为正常降水年, 因此在对照、极轻和轻度放牧下, 植物群落盖度和地上现存量主要受植物生长规律的影响, 但在中度和重度放牧, 特别是重度放牧下, 牦牛过度采食新生枝叶, 植物的有效光合面积过低, 因而影响了植物对营养物质的积累和贮存, 导致群落盖度和地上现存量降低。然而 2004 年牧草返青期的干旱和 7 月上旬至 8 月下旬的连续阴雨, 严重影响了牧草的生长, 导致 2004 年牧草的地上现存量显著的低于 2003 年(表 2)。这种差异虽然是 2 年的放牧经历和气候条件共同作用的结果, 但在环境条件相似的情况下, 不同放牧强度则为导致群落盖度和地上现存量差异的主要原因。

表 2 放牧强度对植被盖度和现存的影响

Table 2 Effects of grazing intensity on the cover and standing crop of vegetation

盖度和现存量 Cover and standing of plant	时间 Time	放牧处理 Grazing trials				
		CK	D	C	B	A
盖度 Cover	2003	96.30 <sup>Aa</sup>	94.00 <sup>Aa</sup>	76.00 <sup>Aa</sup>	70.00 <sup>Aa</sup>	57.00 <sup>Bb</sup>
	2004	96.20 <sup>Aa</sup>	91.80 <sup>Aa</sup>	83.80 <sup>Aa</sup>	77.40 <sup>Aa</sup>	61.60 <sup>Bb</sup>
	年度变化	- 0.10 <sup>a</sup>	- 2.20 <sup>a</sup>	7.80 <sup>b</sup>	7.40 <sup>b</sup>	4.60 <sup>c</sup>
地上现存量 Standings above ground	2003	583.01 <sup>a</sup>	500.00 <sup>a</sup>	307.00 <sup>b</sup>	109.21 <sup>b</sup>	20.40 <sup>c</sup>
	2004	250.20 <sup>b</sup>	230.63 <sup>b</sup>	137.24 <sup>c</sup>	63.20 <sup>c</sup>	17.20 <sup>d</sup>
	年度变化	- 332.81 <sup>a</sup>	- 270.63 <sup>a</sup>	- 169.76 <sup>b</sup>	- 46.01 <sup>b</sup>	- 3.2 <sup>c</sup>

### 2.2 群落优势植物株高的变化

随放牧强度的提高,人工群落优势植物(披碱草和星星草)的株高呈下降趋势(图 1)。在 2 a 的试验期内,放牧强度对试验区内披碱草和星星草的株高有显著的影响 ( $P < 0.05$ ),但它们的年度变化不显著 ( $P > 0.05$ )。而且相关分析表明,不同放牧处理披碱草和星星草的株高与放牧强度呈显著的负相关(披碱草:  $R_{2003} = -0.9792, P < 0.01, R_{2004} = -0.9891, P < 0.01$ ; 星星草:  $R_{2003} = -0.9432, P < 0.01, R_{2004} = -0.9597, P < 0.01$ )。

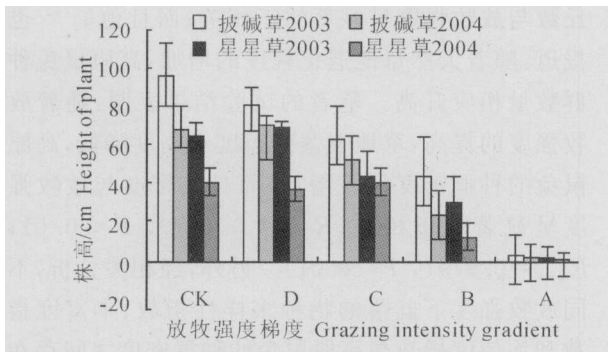


图 1 不同放牧强度下披碱草和星星草株高的变化

Fig. 1 Change in height of *Elymus natans* and *Puccinellia tenuiflora* under different grazing intensities

### 2.3 群落的物种多样性变化

群落的物种丰富度及多样性是群落的重要特

征,放牧及其它干扰对群落结构影响的研究都离不开物种多样性问题<sup>[17]</sup>。从表 3 可以看出,不同放牧强度下群落的物种多样性指数、丰富度指数和均匀度指数的变化不同。在过 2 年的放牧期内,对照群落的物种多样性指数、物种丰富度指数和均匀度指数最低,中度放牧最高。

### 2.4 高原鼠兔种群密度的变化

随放牧强度的提高,高原鼠兔的种群密度成明显的下降趋势(图 2)。统计结果表明,放牧强度对试验区内高原鼠兔的种群密度有显著的影响 ( $P < 0.05$ ),但同一处理内年度变化不显著 ( $P > 0.05$ )。经相关分析,不同放牧处理内高原鼠兔的种群密度与放牧强度呈显著的正相关 ( $R_{2003} = 0.9699, P < 0.01; R_{2004} = 0.9791, P < 0.01$ )。

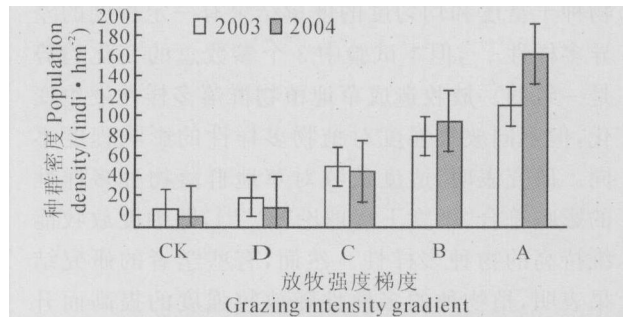


图 2 不同放牧强度下高原鼠兔种群密度的变化

Fig. 2 Change in population density of *Ochotona curzoniae* under different grazing intensity

表 3 不同放牧强度下群落的多样性、丰富度和均匀度指数的变化

Table 3 Change in diversity, abundance and evenness index of communities under different grazing intensity

年份 Year	指标 Index	放牧处理 Grazing trials				
		CK	D	C	B	A
2003	多样性指数 Diversity index	1.1336	2.0036	2.8994	3.0256	2.2214
	丰富度指数 Abundance index	11	12	13	15	13
	均匀度指数 Evenness index	0.4728	0.7812	1.1668	1.11728	0.8661
2004	多样性指数 Diversity index	1.0236	1.9987	2.3103	2.8763	2.1102
	丰富度指数 Abundance index	9	11	11	16	14
	均匀度指数 Evenness index	0.4659	0.8335	0.9635	1.0374	0.7996

## 3 讨论

草地上家畜的放牧强度与植被的相关性研究是目前放牧生态学研究的一个活跃领域<sup>[18]</sup>。群落盖度和地上现存量是反应草地生态环境的重要指标,其大小可判断草地状况和生产潜力。Ellison<sup>[19]</sup>综述了世界各地 250 篇有关放牧对草地群落影响的研究论文,发现由于放牧动物的选择性采食,草地中优质牧草的比例和生物量大大降低,最终杂类草将成为优势植物。Jeffrey<sup>[20]</sup>的研究表明:随着放牧强度的提高(牧草利用率分别为

0、50%、70%和 90%),草地植物的地上现存量下降,但不同处理之间的差异不显著;Miguel Mel-lado<sup>[21]</sup>报道:轻度放牧区(1.5 hm<sup>2</sup> 放牧一只山羊)的植被盖度远远高于重度放牧区(15 hm<sup>2</sup> 放牧一只羊)。本试验的研究表明:随着放牧率的增加,地上现存量减小,这与李永宏、王艳芬等在内蒙古草原上的结论相似<sup>[22,23]</sup>,也与董全民、陈友慷、刘伟等在高寒草甸上的结果一致<sup>[24~26]</sup>。

草地群落的特征能通过群落结构和功能两个方面体现。表征群落结构的特征参数很多(如生物量、草群高度、叶面积指数、分蘖密度与茎叶比

等),但在草地的实际利用与管理过程中,最简单而常用的参数是植被群落或植物的高度与密度,特别是高度可以作为草地群落的表面特征参数(surface characteristic)<sup>[18]</sup>。家畜放牧能降低草地植物的高度,特别是优势植物的高度<sup>[10]</sup>,但草地一般是由多种植物构成,而且由于放牧家畜对植物的喜好程度或偏食性的差异,植物高度的降低程度并不一致,从而导致草地植物高度的异质性变化<sup>[10]</sup>。

群落的物种丰富度及多样性是群落的重要特征,放牧及其它干扰对群落结构影响的研究都离不开物种多样性问题<sup>[17,27]</sup>。多样性指数是物种水平上多样性和异质性程度的度量,能综合反映群落物种丰富度和均匀度的总和<sup>[17]</sup>,因此必然与物种丰富度和均匀度的度量结果有一定程度的差异多样性<sup>[27]</sup>,但本试验中3个参数总的变化趋势是一致的。放牧造成草地植物群落多样性发生变化,但不同放牧强度对植物多样性的影响程度不同。研究表明,适度放牧对草地群落物种多样性的影响符合“中度干扰理论”<sup>[28~31]</sup>,即中度放牧能维持高的物种多样性。然而,有些学者的研究结果表明,植物种的多样性随放牧强度的提高而升高<sup>[26,32]</sup>,本试验的结果支持“中度干扰理论”。在2a的试验期内,中度放牧区群落的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均最高。这是因为适度的放牧通过牦牛对垂穗披碱草和星星草的采食,使一些下繁草品种的数量增加,同时一些牦牛不喜食的杂草类和不可食的毒杂草类数量也增加,提高了资源的利用效率,增加了群落结构的复杂性<sup>[27,33]</sup>。在重度放牧下,由于牦牛采食过于频繁,减少了有机质向土壤中的输入,土壤营养过度消耗,改变了植物的竞争能力,导致植物种的优势度和多样性的减少。在轻度放牧时,牦牛选择采食的空间比较大,因而对植物群落的干扰较小,群落的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均也不高。对照草地由于没有牦牛的采食干扰,群落由少数优势种植物所统治,多样性和均匀度最小。

高原鼠兔主要分布于高寒草甸地区,栖息于开阔生境,形成了与其特定栖息地相适应的行为特征和生物学特性<sup>[34~37]</sup>。鼠群密度的变化是对其生存环境长期适应的结果,并形成了相对稳定的变化规律。植被条件是决定鼠群密度的主导因素<sup>[38~40]</sup>。边疆晖<sup>[34]</sup>等报道:高原鼠兔视地表覆盖

物为一种捕食风险源,并对此具有一定的评估能力;江晓蕾<sup>[40]</sup>的研究表明:在一定范围内,高原鼠兔的种群密度随植被均匀度的下降而增加,两者之间存在极显著的线形相关关系;张卫国<sup>[41]</sup>等试验结果表明:高原鼠兔种群数量的周期性消长变化与年度降水量的变化规律有着显著的趋同性。另外,刘伟<sup>[25]</sup>等报道:随着放牧强度的提高,天然草地群落的盖度和高度降低,根田鼠(*Microtus oeconomus*)和甘肃鼠兔(*Ochotona cansus*)的种群密度逐渐降低,其平均密度与放牧强度呈显著的负相关,而高原鼯鼠(*Myospalax baileyi*)的新土丘数与放牧强度呈显著的正相关;而且他们<sup>[42]</sup>也报道:随着天然草地退化程度的增加,高原鼠兔种群数量相应升高。笔者的试验结果表明:随着放牧强度的提高,草地群落的盖度和高度降低,高原鼠兔的种群密度显著增加,而且其密度与放牧强度呈显著的正相关( $R_{2003} = 0.9699, P < 0.01$ ;  $R_{2004} = 0.9791, P < 0.01$ )。另外,经相关分析,不同放牧强度下群落的物种多样性指数、丰富度指数和均匀度指数与高原鼠兔的种群密度之间存在着一定的相关关系( $R_{多样性2003} = 0.6207, R_{多样性2004} = 0.7003$ ;  $R_{丰富度2003} = 0.6667, R_{丰富度2004} = 0.5037$ ;  $R_{均匀度2003} = 0.6001, R_{均匀度2004} = 0.6103$ )。

## 4 结论

- 4.1 随着放牧强度的提高,草地群落的盖度、地上现存量和优势种植物(披碱草和星星草)的株高逐渐降低,且放牧强度与其呈极显著的负相关关系。
- 4.2 不同放牧强度下,对照处理组群落的物种多样性指数、物种丰富度指数和均匀度指数最低,中度放牧组最高,该结果支持“中度干扰理论”。
- 4.3 随着放牧强度的提高,高原鼠兔种群密度增加,且放牧强度与其呈极显著的正相关关系。
- 4.4 不同放牧强度下群落的物种多样性指数、丰富度指数和均匀度指数与高原鼠兔的种群密度之间存在着一定的相关关系。

### 参考文献:

- [1] 周华坤,周立,赵新全,等. 江河源区“黑土滩”型退化草地的形成过程与综合治理[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 51~55.
- [2] 周兴民,王质彬,杜庆. 青海植被[M]. 西宁:青海人民出版社, 1986.
- [3] 周兴民. 青海省草地资源的合理利用与草地畜牧业的持续

- 发展[A]. 见:中国青藏高原研究会、青海省科学技术委员会. 青海资源环境与发展研讨会论文集[C]. 北京:气象出版社,1996. 110~116.
- [4] 刘迎春. 江河源生态环境对其流域的影响[A]. 见:中国青藏高原研究会、青海省科学技术委员会. 青海资源环境与发展研讨会论文集[C]. 北京:气象出版社,1996. 91~94.
- [5] 景增春,王文翰,王长庭,等. 江河源区退化草地鼠害的治理研究[J]. 中国草地,2003,25(6):36~40.
- [6] 马玉寿,郎百宁,王启基.“黑土型”退化草地研究的回顾与展望[J]. 草业科学,1999,16(2):5~8.
- [7] 王启基,史惠兰,景增春,等. 江河源区退化天然草地的恢复及其生态效益分析[J]. 草业科学,2004,21(12):35~41.
- [8] 胡民强,陈亲玉,王淑强,等. 红池坝人工草地放牧强度试验[J]. 农业现代化研究,1990,11(5):44~49.
- [9] 王淑强,李兆芳,胡直友,等. 人工草地绵羊放牧与割草综合利用的研究[J]. 草地学报,1996,4(3):221~227.
- [10] 王德利,滕星,王涌鑫,等. 放牧条件下人工草地植物高度的异质性变化[J]. 东北师大学报自然科学版,2003,35(1):102~109.
- [11] 董世魁,丁路明,徐敏云,等. 放牧强度对高寒地区多年生混播禾草叶片特征及草地初级生产力的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(1):136~142.
- [12] 张堰铭,樊乃昌,王权业,等. 害鼠治理条件下鼠类群落变动的生态过程[J]. 兽类学报,1998,18(2):137~143.
- [13] 马克平,黄建辉. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报,1995,15(2):268~277.
- [14] Ludwig J A, James F 著. 李育中,王 炜,裴 浩译. 统计生态学——方法和计算入门[M]. 呼和浩特:内蒙古大学出版社,1990.
- [15] 张大勇,王刚,杜国珍,等. 亚高山草甸弃耕地植物群落演替的数量研究 I 群落组成分析[J]. 植物生态学与地植物学报,1998,12(4):283~291.
- [16] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [17] 汪诗平,李永宏,王艳芬,等. 不同放牧率对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响[J]. 植物学报,2001,43(1):89~96.
- [18] Hodgson J. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs[J]. Grass and Forage Science, 1981, 36: 49~57.
- [19] Ellison L. The influence of grazing on plant succession [J]. Botanical Review, 1960, 26: 1~78.
- [20] Jeffrey J Short, James E Knight. Fall grazing affects big game forage on rough fescue grasslands [J]. J. Range Manage, 2003, 56: 213~214.
- [21] Miguel Mellado, Raul Valdez, Laura MLara, et al. Stocking rate effects on goats: A research observation[J]. J. Range Manage, 2003, 56: 167~173
- [22] 李永宏,陈佐忠,汪诗平,等. 草原放牧系统持续管理试验研究: 实验设计及放牧率对草-畜系统影响分析[J]. 草地学报,1999,7(3):173~182.
- [23] 王艳芬,汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原牧草地上现存量和净初级生产力的影响[J]. 草业学报,1999,8(1):15~20.
- [24] 董全民,马玉寿,李青云,等. 放牧强度对高寒草甸暖季草场植被结构的影响[J]. 草业科学,2004,21(2):48~53.
- [25] 王晋峰,赵益新,陈友慷,等. 牦牛不同放牧强度对草地植被组成与产量效应的研究[J]. 西南民族学院学报·自然科学版,1995,21(3):283~289.
- [26] 刘 伟,周 立,王 溪. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究[J]. 生态学报,1999,19(3):376~382.
- [27] 江小蕾,张卫国,杨振宇,等. 不同干扰类型对高寒草甸群落结构和植物多样性的影响[J]. 西北植物学报,2003,23(9):1479~1485.
- [28] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs[J]. Science,1978,199:1302~1310.
- [29] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grassland [J]. Nature, 1994, 367: 363~365.
- [30] Sousa W P. The role of disturbance in natural communities[J]. Annu. Rev. Ecol. Syst,1984,15:353~392.
- [31] Benjamin F, Tracy, Ian J, et al. Effects of plant diversity on invasion of weed species in experimental pasture communities [J]. Basic and Applied Ecology. 2004, 5: 543~550.
- [32] Karen R Hickman, David C, Hartnett, et al. Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie[J]. J. Range Manage, 2004, 57: 58~65.
- [33] 杨利民,韩 梅,李建东. 中国东北样带草地群落放牧干扰植物多样性的变化[J]. 植物生态学报,2001,25(1):110~114.
- [34] 边疆晖,景增春,樊乃昌,等. 地表覆盖物对高原鼠兔栖息地利用的影响[J]. 兽类学报,1999,19(3):212~220.
- [35] 梁杰荣. 高原鼠兔的家庭结构[J]. 兽类学报,1981,1(2):159~164.
- [36] 王学高,Smith A T. 高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)冬季自然死亡率[J]. 兽类学报,1988,8(2):152.
- [37] Smith A T, Smith H J, 王学高,等. 草原栖息高原鼠兔的社会行为[J]. 兽类学报,1986,6(1):33~43.
- [38] 刘季科,魏善武,周 立,等. 植物-高原鼠兔系统动态数学模型的研究[J]. 高原生物学集刊,1986,5:45~53.
- [39] 蒋志刚,夏武平. 高原鼠兔食物资源利用的研究[J]. 兽类学报,1985,5(4):251~262.
- [40] 江晓蕾. 植被均匀度与高原鼠兔种群数量相关性研究 [J]. 草业学报,1998,7(1):60~64.
- [41] 张卫国,丁连生,韩天虎. 降水对高原鼠兔种群消长的影响[J]. 草业科学,1999,16(6):20~25.
- [42] 刘 伟,王 溪,周 立,等. 高原鼠兔对小高草草甸的破坏及其防治[J]. 兽类学报,2003,23(3):251~262.