

放牧对藏北紫花针茅高寒草原植物群落特征的影响

段敏杰^{1,2}, 高清竹^{1,2,*}, 万运帆^{1,2}, 李玉娥^{1,2}, 郭亚奇^{1,2}, 旦久罗布³, 洛桑加措³

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 农业部农业环境与气候变化重点实验室, 北京 100081;
3. 西藏自治区那曲地区草原站, 那曲 852100)

摘要: 基于放牧试验, 研究了不同放牧强度下藏北地区紫花针茅 (*Stipa purpurea*) 高寒草原植物群落特征的变化规律。结果表明, 随着放牧强度的增强, 植物群落盖度、地上生物量均呈现显著降低的趋势; 紫花针茅等禾草类植物的重要值逐渐降低, 莎草类中青藏苔草 (*Carex moorcroftii*)、牲畜不喜食的杂类草及有毒有害植物均有增加的趋势; 如果持续过度放牧, 植物群落表现出由紫花针茅等禾草为建群种的草地型向青藏苔草 (*Carex moorcroftii*)、杂类草 (*Herbarum variarum*) 草地型过度的趋势; 在中度放牧强度下, 紫花针茅高寒草原 α 物种多样性达到最高水平, 而继续增强放牧强度, 则造成各项指标的迅速降低。

关键词: 放牧强度; 群落特征; 紫花针茅草原; α 多样性; 中度干扰假说

Effect of grazing on community characteristics and species diversity of *Stipa purpurea* alpine grassland in Northern Tibet

DUAN Minjie^{1,2}, GAO Qingzhu^{1,2,*}, WAN Yunfan^{1,2}, LI Yue^{1,2}, GUO Yaqi^{1,2}, DANJIU Luobu³, LUOSANG Jiacao³

1 Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081, China

2 Key Laboratory for Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

3 Grassland Station of Naqu Prefecture in Tibet, Naqu 852100, China

Abstract: Alpine grassland is widely distributed in Northern Tibet. *Stipa purpurea* alpine grassland is one of the most important and representative meadow types in this area. In recent years, due to global warming and human activities such as overgrazing or excessive reclamation, the alpine grassland in Northern Tibet has undergone an accelerated and large-scale degradation. The grassland's productivity and biological diversity have decreased significantly and locally, this has also become a great obstacle to sustainable social, economic and ecological development. To investigate community characteristics and α diversity of *Stipa purpurea* alpine grassland under different grazing intensity in Northern Tibet is critical not only to the understanding of local degradation mechanisms, but also to the establishment of rational grassland management procedures, as required for continued healthy and sustainable development of alpine grassland.

In our study, based on a grazing experiment in Northern Tibet grassland ecosystem, the community characteristics of *Stipa purpurea* alpine grassland under different grazing intensity were investigated. The research was conducted at the grazing experimental site of Anduo County, Naqu, Tibet Autonomous Region, at an average elevation over 4,500 m above sea level. The experiment included four different stocking rates: no grazing (0 head/hm², CK), light grazing (2.395 head/hm², LG), moderate grazing (3.593 head/hm², MG) and heavy grazing (5.988 head/hm², HG). Based on the method of community investigation, community structure characteristics, such as species height, coverage and density were recorded. Aboveground biomass within areas of 0.5 m × 0.5 m quadrat was also measured during the grass vigorous growth period. The species important value and summed dominance ratio were calculated by combining relative coverage, relative

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30800142, 40775062); 国家科技支撑计划项目 (2007BAC03A06); 国家自然科学基金资助项目 (40971132); 西藏那曲地区与中国农业科学院合作资助项目

收稿日期: 2009-12-28; **修订日期:** 2010-04-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gaoqzh@ami.ac.cn

frequency and relative height. The species important value and summed dominance ratio were selected as comprehensive evaluation index of the importance of the species. The species diversity was measured using the Shannon-Wiener index and Pielou evenness index.

The results showed that, with increasing grazing intensity, the above-ground biomass and the total coverage of plant communities followed a decreasing trend. Compared with the no grazing and light grazing treatments, the above-ground biomass and total coverage in the heavy grazing treatment were significantly lower. The important value of *Stipa purpurea* and other species was reduced gradually with increasing grazing intensity. Sedges such as *Carex moorcroftii* and other forbs, which the local livestock was rather avoiding, and also poisonous grasses were observed increased. The Shannon-Wiener index and Pielou evenness index changed according to the same pattern: MG > LG > HG > CK. The species diversity index of alpine grassland in this area reached the highest level under moderate grazing intensity. However, when the grazing intensity continued to increase beyond that level, the indices would decline rapidly.

Comprehensive analysis indicated that the grassland had not only the highest diversity index under moderate grazing intensity, but could also resist a certain carrying capacity and prevent grassland degradation. Moderate grazing should be the most reasonable management strategy in *Stipa purpurea* alpine grassland. However, if grazing intensity continues to increase, the *Stipa purpurea* grassland type in this area would be transformed into a *Carex moorcroftii*, *Herbarum variorum* grassland community, which was clearly found to be of lesser economic and ecological value under the observed conditions.

Key Words: grazing intensity; communities characteristics; *Stipa purpurea* grassland; α diversity; intermediate disturbance hypothesis

高寒草原类草地在藏北高原广泛分布,其面积占全国草地总面积的 10.6%^[1],它不仅是亚洲中部高寒环境中典型的生态系统之一,而且在世界高寒地区也极具代表性^[2]。紫花针茅(*Stipa purpurea*)高寒草原作为高寒草地中最重要、面积最大、最有代表性的草地类型,其面积占高寒草原类草地总面积的 30.92%,主要分布于羌塘高原地区;其建群种紫花针茅的营养成分含量较高,并且具有耐寒、耐旱的特性^[1,3],是高原地区良好的天然放牧场。紫花针茅草原群落演替方向,不仅对藏北以及青藏高原畜牧业有较大的影响,而且对调节和改善青藏高原以及整个欧亚大陆的环境也有着重要的作用^[4]。

近年以来,由于全球气候变暖及人为超载放牧等的影响,藏北地区高寒草地已出现大范围退化,草地生产力和生物多样性明显下降,并且已成为当地社会、经济、生态可持续发展的巨大障碍^[5]。其中,众多研究表明,不合理放牧是导致紫花针茅高寒草原退化的主要原因^[6]。在放牧压力梯度下,物种多样性的变化是对草地退化评价的一个重要指标^[7-8]。草地生态系统的稳定性发展和生产力的维持在很大程度上依赖于草地植物群落的生物多样性^[9-11]。研究放牧强度对群落特征和物种多样性影响的变化规律,可以确定草地的退化阶段,适度的放牧干扰可以增加草地物种多样性,但过度放牧则会造成草地生产力下降,群落多样性减少^[8,12-14]。关于放牧强度对草地群落特征及物种多样性的研究,国内外有大量报道,但多数是对典型草原、草甸草原、高寒草甸和荒漠草原方面的研究^[12,15-18],在紫花针茅高寒草原方面的研究相对较少^[19];并且在草地群落特征的测定中,多采用重要值对群落物种进行评价,而应用综合优势比进行评价的相对较少。本文通过测定放牧干扰下藏北地区紫花针茅高寒草原群落特征及 α 多样性的变化规律,为藏北紫花针茅高寒草原退化机制的研究提供了基础资料,也为制定当地高寒草原合理利用和管理对策以及维持高寒草地的健康可持续发展提供了理论依据。

1 研究区概况

藏北(那曲)地区位于西藏冈底斯山和念青唐古拉山以北的广阔地区,东经 83°41'—95°10',北纬 30°27'—35°39',是我国长江、怒江、澜沧江等主要江河的发源地之一^[20]。土地总面积约为 44.6 万 km²,占西藏自治区总面积的 37.1%。其中,草地总面积约为 42.1 万 km²,占那曲地区土地总面积的 94.4%^[4]。该地区

地域广阔,地形复杂,气候资源呈多样性和复杂性的特点,平均海拔在 4500 m 以上,被称为“世界屋脊”的屋脊。年平均气温在 $-2.8\sim-1.6^{\circ}\text{C}$,年平均降水量在 247.3—513.6 mm,年蒸发量(以小蒸发皿测量)在 1500—2300 mm,由东南向西北逐渐增大,无霜期 32—166 d。全地区年日照时数在 2400—3200 h,由东向西递增。该地区草地是最重要、面积最大的生态系统,主要以高嵩草(*Kobresia tibetica*)和矮嵩草(*Kobresia humilis*)高寒草甸类、紫花针茅高寒草原类和高寒荒漠类草地为主,土壤主要为砂质和砂壤质高山草原土。

2 材料与方法

2.1 样地设置与取样方法

本试验于 2009 年 6—9 月份在那曲地区安多县措玛镇放牧试验示范区进行,试验区从 2006 年开始进行放牧试验。试验地选择在植被典型、地势开阔平缓的紫花针茅高寒草原类草地天然放牧场。其植被主要以紫花针茅为建群种,常见的伴生植物有早熟禾(*Poa annua*)、大花嵩草(*Kobresia macrantha*)、青藏苔草(*Carex moorcroftii*)、银荻草(*Koeleria argentea*)、羊茅(*Festuca ovina*)、小叶棘豆(*Oxytropis microphylla*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、星状凤毛菊(*Saussurea stella*)、柔茎马先蒿(*Pedicularis elliotii*)等。

所设定的紫花针茅高寒草原放牧样地总面积为 36.74 hm^2 ,放牧试验小区面积为 1.67 hm^2 ,分别放牧 0、4、6、10 只体重接近 40 kg 的藏系绵羊,即试验按放牧强度设置的载畜率分别为:对照区 CK(0 只羊/ hm^2)、轻度放牧区 LG(2.395 只羊/ hm^2)、中度放牧区 MG(3.593 只羊/ hm^2)、重度放牧区 HG(5.988 只羊/ hm^2)4 个处理。在每一放牧区进一步划分 3 个试验小区,按不同的放牧强度,以 10 d 为周期进行 1 个月轮牧 1 次。利用群落调查方法,在牧草生长旺盛期(7—8 月份)用常规方法(样方和样线法),在每个试验小区内随机选取 6 个面积为 0.5 m $\times$ 0.5 m 的样方,先记录每个样方内各个物种的高度、盖度和密度,然后齐地面分种收集地上生物量,带回实验室称鲜重,而后再置于 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青 0.5 h,以 70 $^{\circ}\text{C}$ 恒温烘干至恒重,称干重。

2.2 数据处理^[16,21-22]

2.2.1 各物种重要值计算方法

$$\text{物种重要值}(IV) = (\text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对高度})/3$$

$$\text{相对重要值}(P_i) = IV/\sum IV$$

$$\text{综合优势比 } SDR_3 = (\text{盖度比} + \text{频度比} + \text{高度比})/3 \times 100\%$$

式中, IV 为物种重要值, P_i 为相对重要值。综合优势比(summed dominance ratio,缩写形式 SDR) 是日本学者提出的评价群落中植物相对作用大小的一种综合性数量指标^[23]。综合优势比的功能类似于重要值,两者均是种的综合数量评价指标。

2.2.2 α 多样性的测定

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H = - \sum P_i \lg(P_i)$$

$$\text{E. Pielou 均匀度指数: } E = (- \sum P_i \ln P_i) / \ln S$$

式中, S 为群落物种数目; P_i 为物种的相对重要值。

2.3 数据分析

用 Excel 和 Access 进行数据的初步整理,将各样地内所采样方数据进行平均,通过 SAS9.0 软件,利用单因子方差分析(ANOVA)和最小显著差数法(LSD)对不同放牧强度下各指标间进行比较和差异显著性检验($P < 0.05$)。

3 结果与分析

3.1 不同放牧强度下紫花针茅高寒草地植物群落生物量及其盖度特征

紫花针茅高寒草地植被地上生物量和植被盖度在不同放牧强度下均具有显著性差异(图 1)。由图 1 可看出,草地植物的鲜重和干重均随放牧强度的增强而降低。其不同放牧强度对应的鲜重大小为:对照区

(107.27 g/m²) > 轻度放牧(66.16 g/m²) > 中度放牧(60.28 g/m²) > 重度放牧(47.55 g/m²)。与对照区相比,轻度、中度和重度放牧区的牧草鲜重分别下降 38.3%、43.8% 和 55.7%。干重也表现出相同的规律,轻度、中度和重度的牧草干重与对照区相比分别降低了 16.7%、23.1% 和 34.9%。经方差分析,对照与轻度放牧区的群落鲜重、干重均显著高于重度放牧区($P < 0.05$),而中度放牧区和轻度放牧区之间的差异不显著。可见,当放牧强度过大时,生物量会迅速降低,中等强度的放牧使草地既能承载一定的载畜量,又不导致其退化。

由图 1 可知,随着放牧强度的增强,紫花针茅高寒草原的植被盖度不断减少。其中与对照区相比,轻度、中度和重度放牧区的植被盖度分别下降 19.0%、21.2% 和 26.7%。方差分析表明,对照区的植被盖度与其它放牧区均存在显著性差异($P < 0.05$),轻、中度放牧区的植被盖度显著高于重度放牧区($P < 0.05$),而轻度和中度放牧区之间的差异不显著。

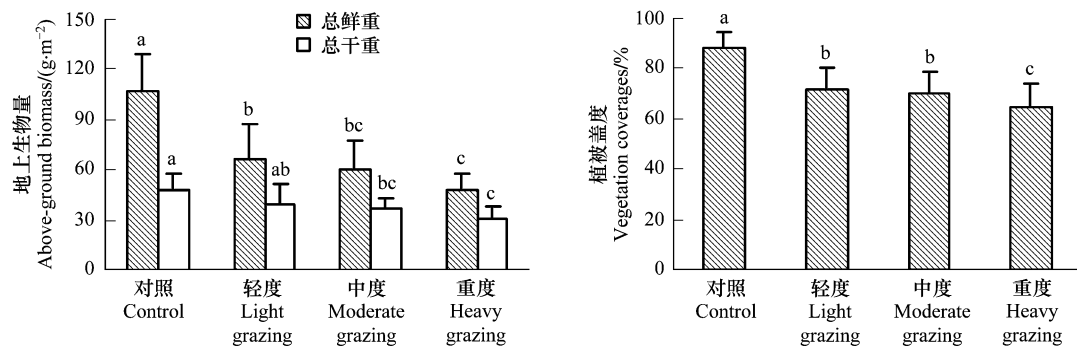


图 1 不同放牧强度下紫花针茅高寒草地植被生物量和盖度的变化

Fig. 1 Dynamics of above-ground biomass and coverage of *Stipa purpurea* alpine grassland plant in plots under different grazing intensity

不同小写字母代表差异性显著 ($P < 0.05$)

3.2 不同放牧强度下紫花针茅高寒草地植物物种组成及重要值特征

通过对不同放牧强度下植物物种重要值的分析,紫花针茅高寒草原植物物种组成及重要值存在明显的差异(表 1)。随着放牧强度的增强,建群种紫花针茅及早熟禾、羊茅等禾本科植物的重要值均表现出降低的趋势,其中梭罗草在中度和重度强度下并没有出现;而不放牧(对照区)紫花针茅的重要值却低于轻度区,这说明适当的放牧可以一定程度上有利于建群种植物的生长。放牧强度的增强造成莎草科植物种大花嵩草的重要值减小,而青藏苔草的重要值却增加。杂类草的重要值一般随着放牧强度的增强表现出增加的趋势。

对照区植物群落由 22 种植物组成,植被总盖度为 88.5%,以紫花针茅、梭罗草、早熟禾等禾草为主,伴生种有大花嵩草、青藏苔草等莎草科植物及其小叶棘豆、柔茎马先蒿等杂类草。轻度放牧区物种数为 22 种,植被总盖度为 71.8%,以紫花针茅、早熟禾等禾草为主,伴生种有青藏苔草、大花嵩草等莎草科植物及其小叶棘豆、矮火绒草、星状凤毛菊等杂类草。中度放牧区草地由 23 种植物组成,植被总盖度为 69.8%,优势种为紫花针茅、青藏苔草等,主要伴生种有小叶棘豆、星状凤毛菊、短穗兔耳草(*Lagotis glauca*)、矮火绒草等。重度放牧区物种数为 21 种,较其它放牧区种类均减少,植被总盖度降低到了 64.8%,以紫花针茅、青藏苔草为主,主要伴生种为小叶棘豆、矮火绒草、二裂委陵菜、柔茎马先蒿等,并出现了垫状点地梅(*Androsace tapete*)等垫状植物。

由此可见,随放牧强度的增强,草地中原有一些植物种类和优良牧草大大减少或消失,如紫花针茅、梭罗草、羊茅和大花嵩草、滇紫草(*Onosma paniculatum*)、藏菠萝花(*Incarvillea younghusbandii*)、独行菜(*Lepidium apetalum*)等。而群落中莎草科中青藏苔草有所增加,一些适口性差的杂草或毒草数量也相对增多。如杂类草中牲畜不喜食的小叶棘豆、矮火绒草、二裂委陵菜、肉果草(*Lancea tibetica*)、短穗兔耳草和牲畜不食的垫状点地梅及有毒类杂草高原毛茛(*Ranunculus tangutica*)等。样地内植物种群的重要值的变化趋势也表明,随着

放牧强度的增强,紫花针茅为建群种的草地型有向青藏苔草、杂类草草地型过度的趋势。

表 1 不同放牧强度下高寒草地植物群落物种组成及其重要值

Table 1 Species composition and their importance value of alpine grassland plant communities in plots under different grazing intensity

植物类群 Plant group	物种 Species	对照 Control	轻度 Light grazing	中度 Moderate grazing	重度 Heavy grazing
禾草类 Grass	紫花针茅 <i>Stipa purpurea</i> Griseb.	1.390	1.424	1.366	1.318
	梭罗草 <i>Roegneria thordiana</i> (Oliv.) Keng	0.982	0.354	—	—
	早熟禾 <i>Poa annua</i> Linn.	0.950	0.858	0.787	0.774
	银洽草 <i>Koeleria argentea</i> Griseb.	0.781	0.620	0.573	0.640
	羊茅 <i>Festuca ovina</i> Linn.	0.573	0.542	0.472	0.444
莎草类 Sedges	大花嵩草 <i>Koeleria macrantha</i> Bockl.	0.697	0.663	—	—
	青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i> Falc. ex Boott	0.546	0.737	0.929	0.997
杂类草 Forbs	小叶棘豆 <i>Oxytropis microphylla</i> (Pall.) DC.	0.546	0.486	0.469	0.491
	柔荑马先蒿 <i>Pedicularis elliotii</i> Tsoong	0.404	0.275	0.129	0.233
	星状凤毛菊 <i>Saussurea stella</i> Maxim.	0.297	0.309	0.359	0.258
	短穗兔耳草 <i>Lagotis glauca</i> Maxim.	0.293	—	0.343	0.250
	白亮独活 <i>Heracleum candicans</i> Wall. Ex DC.	0.205	0.261	0.138	0.123
	滇紫草 <i>Onosma paniculatum</i> Bur. et Franch.	0.257	0.139	—	—
	金露梅 <i>Potentilla fruticosa</i> Linn.	0.214	—	—	—
	藏菠萝花 <i>Incarvillea younghusbandii</i> Sprague	0.210	—	—	—
	小果齿缘草 <i>Eritrichium sinomicrocarpum</i> W. T. Wang	0.160	0.164	0.141	—
	棱子芹 <i>Pleurospermum camtschaticum</i> Hoffm.	0.156	—	0.305	—
	独行菜 <i>Lepidium apetalum</i> Willdenow	0.145	—	—	—
	矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i> (Hook. f. et Thoms.) Hand. -Mazz.	0.132	0.381	0.359	0.436
	肉果草 <i>Lancea tibetica</i> Hook. f. et Thoms.	0.119	0.246	0.152	0.209
	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i> Linn.	0.102	0.123	0.280	0.288
	藏黄芩 <i>Astragalus tibetanus</i> Benth.	0.072	0.105	0.393	0.075
	高原毛茛 <i>Ranunculus tangutica</i> (Maxim.) Ovcz.	—	0.224	0.183	0.102
	白花枝子 <i>Dracocephalum heterophyllum</i> Benth.	—	—	0.140	—
	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> Linn.	—	0.248	0.169	0.131
	矮小蓝钟花 <i>Cyananthus incanus</i> Hook. f. et Thoms. var. <i>parvus</i> Marq.	—	—	0.102	0.177
	高山紫菀 <i>Aster alpinus</i> Linn.	—	0.156	0.226	0.157
	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand. -Mazz.	—	0.161	0.155	0.164
	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Willd.	—	0.197	0.155	0.135
	垫状点地梅 <i>Androsace tapete</i> Maxim.	—	—	—	0.102

“—”表示此物种在该放牧强度下未出现

3.3 不同放牧强度下紫花针茅高寒草地植物物种综合优势比的变化

表 2 中可以看出,不同放牧强度下植物群落的综合优势比值表现出明显的差异。随放牧强度的增强,禾草类植物综合优势比不断降低,而莎草科中青藏苔草及杂类草中二裂委陵菜和矮火绒草、蒲公英(*Taraxacum mongolicum*)等均有增加的趋势。整体上,各个物种综合优势比的规律与重要值一致,这也证实,综合优势比也可用于对群落中物种的综合评价指标。在综合优势比中,建群种紫花针茅的综合优势比在中度放牧区达到最高值,这与重要值的变化规律略有不同。

3.4 不同放牧强度下紫花针茅高寒草地植物群落的 α 多样性

由图 2 可以看出,不同的放牧强度对高寒草地群落植物多样性和均匀度具有显著的影响。Shannon-

Wiener 多样性指数与 Pielous 均匀度指数变化规律一致,其多样性和均匀度均形成中度 > 轻度 > 重度 > 对照的变化格局。在对照样地内,由于牧草再生性低于适度放牧地,其物种多样性和均匀度均低于适度放牧地。轻度放牧强度下,物种多样性和均匀度明显增强。在中度放牧强度下物种多样性和均匀度达到了最高水平。但放牧强度过大,多样性指数和均匀度指数均迅速降低。以上分析表明,草地植物群落的多样性和均匀度在中度放牧干扰条件下达最高值,而不放牧或重度放牧条件下均较低。

表 2 不同放牧强度下高寒草地植物群落物种综合优势比变化

Table 2 Species summed dominance ratio of alpine grassland plant communities in plots under different grazing intensity					
植物类群 Plant group	物种 Species	对照 Control	轻度 Light grazing	中度 Moderate grazing	重度 Heavy grazing
禾草类 Grass	紫花针茅 <i>Stipa purpurea</i> Griseb.	0.893	0.877	0.889	0.829
	早熟禾 <i>Poa annua</i> Linn.	0.624	0.488	0.477	0.398
	梭罗草 <i>Roegneria thoroldiana</i> (Oliv.) Keng	0.615	0.170	—	—
	银冷草 <i>Koeleria argentea</i> Griseb.	0.531	0.414	0.407	0.407
	羊茅 <i>Festuca ovina</i> Linn.	0.290	0.212	0.248	0.235
莎草类 Sedges	大花嵩草 <i>Koeleria litledalei</i> Bocklr.	0.358	0.316	—	—
	青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i> Falc. ex Boott	0.242	0.441	0.608	0.615
杂类草 Forbs	小叶棘豆 <i>Oxytropis microphylla</i> (Pall.) DC.	0.487	0.418	0.410	0.421
	柔荑马先蒿 <i>Pedicularis elliotii</i> Tsoong	0.268	0.168	0.066	0.119
	短穗兔耳草 <i>Lagotis glauca</i> Maxim.	0.254	—	0.220	0.178
	星状凤毛菊 <i>Saussurea stella</i> Maxim	0.232	0.221	0.269	0.161
	滇紫草 <i>Onosma paniculatum</i> Bur. et Franch.	0.179	0.064	—	—
	白亮独活 <i>Heracleum candicans</i> Wall. Ex DC.	0.154	0.198	0.078	0.081
	小果齿缘草 <i>Eritrichium sinomicrocarpum</i> W. T. Wang	0.134	0.080	0.073	—
	金露梅 <i>Potentilla fruticosa</i> Linn.	0.124	—	—	—
	藏波罗花 <i>Incarvillea younghusbandii</i> Sprague	0.130	—	—	—
	梭子芹 <i>Pleurospermum camtschaticum</i> Hoffm.	0.114	—	0.148	—
	肉果草 <i>Lancea tibetica</i> Hook. f. et Thoms.	0.092	0.166	0.082	0.126
	独行菜 <i>Lepidium apetalum</i> Willdenow	0.091	—	—	—
	矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i> (Hook. f. et Thoms.) Hand. -Mazz.	0.091	0.330	0.309	0.383
	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i> Linn.	0.075	0.096	0.200	0.157
	藏黄芪 <i>Astragalus tibetanus</i> Benth.	0.066	0.074	0.237	0.038
	高原毛茛 <i>Ranunculus tangutica</i> (Maxim.) Ovcz.	—	0.143	0.112	0.076
	白花枝子 <i>Dracocephalum heterophyllum</i> Benth.	—	—	0.064	—
	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> Linn.	—	0.111	0.091	0.077
	矮小蓝钟花 <i>Cyananthus incanus</i> Hook. f. et Thoms. var. <i>parvus</i> Marq.	—	—	0.068	0.128
	高山紫菀 <i>Aster alpinus</i> Linn.	—	0.084	0.137	0.090
	蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i> Hand. -Mazz.	—	0.103	0.104	0.106
	冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Willd.	—	0.091	0.088	0.072
	垫状点地梅 <i>Androsace tapete</i> Maxim.	—	—	—	0.067

“—”表示此物种在该放牧强度下未出现

4 结论与讨论

青藏高原是具有全球意义的一个脆弱生态系统,藏北地区作为青藏高原的腹地,其生态与环境状况也不容忽视。藏北地区高寒草原类草地面积最大,占本区草地面积的61%^[24],紫花针茅高寒草原为该区的典型代表。但由于种种原因,我国对紫花针茅高寒草地的深入研究却甚少。在此种情况下,对于高寒草地紫花针茅

群落特征的细致研究可为当地草原群落研究提供一定的基础数据,同时也为当地高寒草地的合理利用和健康可持续发展提供理论依据。

草地群落特征与放牧强度密切相关^[17],天然草地牧草的生产从大尺度上来讲,主要决定于当地的气候条件、地形特征和土壤特性等环境因子,但对于同一块草地而言,这些因素的影响是恒定不变的,放牧是影响草地群落特征最主要的因子^[25]。其中,放牧对草地的影响,首先体现在草地植物群落特征的变化方面。不同的放牧强度下的生物量更能作为反映草原生态系统、放牧系统稳定性的指标,其大小也可判断草原状况,演替趋势,生产潜力和载畜能力等^[26]。由于群落种类组成等指标对放牧强度的反应一般要在 3—4a 后才能显现,本

试验选择了放牧 3a 后的数据进行分析。本研究中对照与轻度放牧区的牧草生物量显著高于重度放牧区,而轻度、中度放牧区之间的差异不显著。由此看来,随着放牧强度的增强,牲畜的频繁啃食降低了牧草的生物量,影响其物质能量的积累,进而影响了物种繁殖,造成群落中物种个体普遍减少,植被盖度也逐渐降低。牲畜的踩踏也影响草地土壤特性,这样也会引起草地植物群落生产力的降低,草地生态系统的破坏,并最终导致草地的退化^[27]。

随着放牧强度的增强,禾本科植物的重要值逐渐减少,莎草科中青藏苔草有增多的趋势,而牲畜不喜食的杂类草和有毒有害植物也呈现增加的趋势。不同功能群植物优势度的变化,主要是受放牧过程中牲畜选择性采食的影响。放牧过程中,家畜选择喜食的禾草类,使其重要值相对减小,而不喜食或不能食用的杂类草及毒草呈现出优势度增强的趋势。放牧也抑制了紫花针茅等相对较高植物的发育,这是由于相对较高的草类在草群上层,家畜最先采食,如紫花针茅。高大草类消失,使草层下部受到阳光照射,中下层植物本身低矮,耐牧性较强,并且具有较强的分蘖能力,放牧强度的增加,使草层中低矮牧草的优势度增强^[28],如莎草科中的青藏苔草、杂类草中蒲公英、短穗兔耳草、肉果草、二裂委陵菜等,均出现了相对增多的趋势。而轻度区相对于对照区,紫花针茅重要值有增加的趋势。由此可推断,适当的放牧在一定程度上可以有利于建群种植物的生长,但如果放牧强度过于严重,优质牧草比例迅速降低,杂类草和毒草比例增加,这样势必会造成草地质量下降,甚至于使整个群落向以劣质牧草为主的方向演替。

物种多样性不仅可以反映群落组织化水平,而且可以通过结构与功能的关系间接反映群落功能的特征,是群落生物组成结构的重要指标。 α 多样性是对群落内物种丰富度和均匀程度的测量指标,可以反映物种间通过竞争而产生的对环境的适应能力。不同的放牧强度对高寒草地群落物种多样性和均匀度具有显著的影响,而适度的放牧可以增加草地物种的多样性。本研究结果表明,紫花针茅高寒草原植物群落物种多样性和均匀度在中度放牧强度下达最大值。这与李永宏^[13]等在对羊草草原和大针茅草原牧压梯度上植物多样性的研究的结论一致,即随着放牧强度的增加,群落植物种均匀度和多样性在中度放牧的群落中最高。草地植物群落在中度的放牧干扰下 Shannon-Wiener 多样性指数增加,均匀度指数增大支持 Connell^[29]提出的中度干扰理论,本文中也在高寒草原试验中得到了证实。即中等程度的干扰水平利于物种共存,能维持物种的高多样性,而超过一定阈值的干扰则会打破物种平衡,降低物种多样性^[30-32]。群落断层是在由于放牧干扰而在群落结构上形成的破口。放牧过程中,牲畜的啃食,踩踏和粪便的排放影响草地环境,使草地群落结构发生变化,且导致了物种之间的竞争。破口的出现为一些竞争力强的物种的侵入创造了条件。如果干扰频繁,竞争力强的物种的侵入造成的演替不能发展到演替中期阶段,因而物种多样性较低;相反,在很少干扰情况下,群落由少量优势种占优势,多样性也不高。只有中等干扰程度使多样性维持最高水平,可以允许更多的物种侵入和

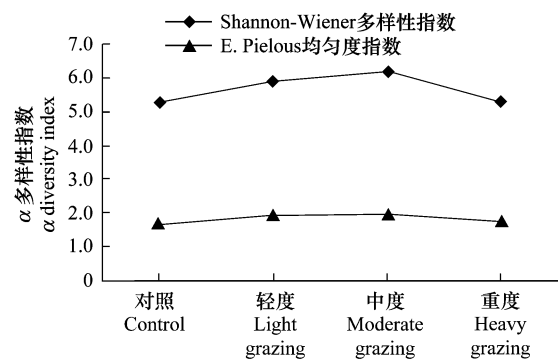


图2 不同放牧强度下高寒草原植物群落 α 多样性

Fig. 2 α diversity of alpine grassland plant communities in plots under different grazing intensity

种群扩大。

本文综合分析表明,中等强度的放牧不仅使草地具有较高的物种多样性指数,而且能够承载一定的载畜量,达到草地的最大合理利用,并且可以防止草地退化,是紫花针茅高寒草地较为合理的一种利用管理方式。但如果持续较大强度的放牧,紫花针茅高寒草原群落有向青藏苔草、杂类草草地型方向发展的趋势。

References:

- [1] Liao G F, Jia Y L. Rangeland Resources of China. Beijing: China Science and Technology Press, 1996: 220-225.
- [2] Wang J L, Ou Y H, Wang Z H, Chang T J, Li P, Shen Z X, Zhong Z M. Distribution pattern of soil labile organic carbon in Tibetan alpine grassland and its correlation with climatic factors. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(4): 1478-1483.
- [3] Zhou X M, Wang Z B, Du Q. Vegetation of Qinghai. Xining: Qinghai People Press, 1987: 66-68.
- [4] Gansu Grassland Ecological Research Institute and Animal Husbandry Bureau of Naqu Prefecture of Tibet. Grassland Resources and Animal Production in the Naqu Region of Tibet. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1991: 14-33.
- [5] Gao Q Z, Li Y E, Lin E D, Jiang C W Z, Wan Y F, Xiong W, Wang B S, Li W F. Temporal and spatial distribution of grassland degradation in Northern Tibet. Acta Geographica Sinica, 2005, 60(6): 965-973.
- [6] Sun L, Wei X H, Zheng W L. Current state of the ecology of the north-Tibet alpine grassland and countermeasures for its sustainable development. Pratacultural Science, 2005, 22(10): 10-12.
- [7] Grime J P. Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. Journal of Ecology, 1998, 86: 902-910.
- [8] Zhang W. Changes in species diversity and canopy cover in steppe vegetation in Inner Mongolia under protection from grazing. Biodiversity and Conservation, 1998, 7: 1365-1381.
- [9] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grasslands. Nature, 1994, 367: 363-365.
- [10] Tilman D, Wedin D, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. Nature, 1996, 379: 718-720.
- [11] Tilman D, Reich P B, Knops J, Wedin D, Mielke T, Lehman C. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. Science, 2001, 294: 843-845.
- [12] Wang G H, Ren J Z, Zhang Z H. Studies on the population diversity of plant community in Hexi mountain-oasis-desert area, Gansu, China II. Impacts of grazing pressure on species diversity in steppe. Acta Prataculturae Sinica, 2002, 11(1): 31-37.
- [13] Li Y H. Grazing dynamics of the species diversity in *Aneurolepidium chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe. Acta Botanica Sinica, 1993, 35(11): 877-884.
- [14] Yang L M, Han M, Li J D. Plant diversity change in grassland communities along a grazing disturbance gradient in the Northeast China Transect. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(1): 110-114.
- [15] Yang H, Bai Y F, Li Y H, Han X G. Response of plant species composition and community structure to long-term grazing in typical steppe of Inner Mongolia. Chinese Journal of Plant Ecology, 2009, 33(3): 499-507.
- [16] Meng X H, Li X L, Xin X P, Zhou Y Z. Study on community characteristics and α diversity under different grazing intensity on *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. meadow steppe of Hulunbeier. Acta Agrestia Sinica, 2009, 17(2): 239-244.
- [17] Ren Q J, Cui X L, Zhao B B. Effects of grazing impact on community structure and productivity in an alpine meadow. Acta Prataculturae Sinica, 2008, 17(6): 134-140.
- [18] Han G D, Jiao S Y, Bi L G T, Ao D G W. Effects of plant species diversity and productivity under different stocking rates in the *Stipa breviflora* Griseb. Desert steppe. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(1): 182-188.
- [19] Yue P P, Lu X F, Ye R R, Zhou Y B, Yang S B, Zhang C X, Peng M. Community characteristics of *stipa purpurea* steppe in source regions of Changjiang and Huanghe rivers, China. Journal of Ecology, 2008, 32(5): 1116-1125.
- [20] Gao Q Z, Wan Y F, Li Y E, Sheng W P, Jiang C W Z, Wang B S, Li W F. Trends of grassland NPP and its response to human activity in Northern Tibet. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(11): 4612-4619.
- [21] Zhou Z, Sun O J, Huang J, Gao Y, Han X. Land use affects the relationship between species diversity and productivity at the local scale in a semi-arid steppe ecosystem. Functional Ecology, 2006, 20: 753-762.
- [22] Pielou, E. C. Mathematical Ecology. New York: John Wiley & Sons. Interscience, 1977: 291-311.
- [23] Li B. Ecology. Beijing: Higher Education Press, 2000: 118-122.
- [24] Li M S. Rational exploitation of grassland resources in the Northern Xizang Plateau. Journal of Natural Resources, 2000, 15(4): 335-339.
- [25] Li Y H, Wang S P. Response of plant and plant community to different stocking rates. Grassland of China, 1999, (3): 11-19.
- [26] An Y, Li B, Yang C, Xu Z, Yan Z J, Han G D. *Stipa grandis* grassland productivity and utilization in Inner Mongolia I. Dynamics of standing

crop of pastures in grazing system. *Acta Prataculturae Sinica*, 2001, 10(2): 22-27.

- [27] Ji Y J. Effects of grazing on grassland plant and soil. *Chinese Qinghai Journal of animal and Veterinary Sciences*, 2002, 32(4): 42-44.
- [28] Wu N, Liu J, Yan Z L. Grazing intensity on the plant diversity of alpine meadow in the eastern Tibetan plateau. *Rangifer*, 2004, 15(4): 9-15.
- [29] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 1978, 199: 1302-1310.
- [30] Collins S L, Glenn S M, Gibson D J. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition: Decoupling cause and effect. *Ecology*, 1995, 76(2): 486-492.
- [31] Yang L M, Wang R Z, Li J D. Effect of grazing disturbance gradient on plant diversity of main grassland communities in the Songnen plain of China. *Acta Agrestia Sinica*, 1999, 7(1): 8-16.
- [32] Yang D L, Han G D, Hu Y G, Wu Y G R L. Effects of grazing intensity on plant diversity and aboveground biomass of *Stipa baicalensis* grassland. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(12): 1470-1475.

参考文献:

- [1] 廖国藩, 贾幼陵. 中国草地资源. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 220-225.
- [2] 王建林, 欧阳华, 王忠红, 常天军, 李鹏, 沈振西, 钟志明. 西藏高寒草原生态系统表层土壤活性有机碳梯度分布及其与气候因子的关系. *生态环境学报*, 2009, 18(4): 1478-1483.
- [3] 周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被. 西宁: 青海人民出版社, 1987: 66-68.
- [4] 甘肃草原生态研究所、西藏那曲地区畜牧局. 西藏那曲地区草地畜牧业资源. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991: 14-33.
- [5] 高清竹, 李玉娥, 林而达, 江村旺扎, 万运帆, 熊伟, 王宝山, 李文福. 藏北地区草地退化的时空分布特征. *地理学报*, 2005, 60(6): 965-973.
- [6] 孙磊, 魏学红, 郑维列. 藏北高寒草地生态现状及可持续发展对策. *草业科学*, 2005, 22(10): 10-12.
- [12] 王国宏, 任继周, 张自和. 河西山地绿洲荒漠植物群落多样性研究 II. 放牧扰动下草地多样性的变化特征. *草业学报*, 2002, 11(1): 31-37.
- [13] 李永宏. 放牧影响下羊草草原和大针茅草原植物多样性的变化. *植物学报*, 1993, 35(11): 877-884.
- [14] 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. *植物生态学报*, 2001, 25(1): 110-114.
- [15] 杨浩, 白永飞, 李永宏, 韩兴国. 内蒙古典型草原物种组成和群落结构对长期放牧的响应. *植物生态学报*, 2009, 33(3): 499-507.
- [16] 蒙旭辉, 李向林, 辛晓平, 周尧治. 不同放牧强度下羊草草甸草原群落特征及多样性分析. *草地学报*, 2009, 17(2): 239-244.
- [17] 仁青吉, 崔现亮, 赵彬彬. 放牧对高寒草甸植物群落结构及生产力的影响. *草业学报*, 2008, 17(6): 134-140.
- [18] 韩国栋, 焦树英, 毕力格图, 敖登高娃. 短花针茅草原不同载畜率对植物多样性和草地生产力的影响. *生态学报*, 2007, 27(1): 182-188.
- [19] 岳鹏鹏, 卢雪峰, 叶润蓉, 周玉碧, 杨仕兵, 张长现, 彭敏. 江河源不同区域紫花针茅草原群落特征. *植物生态学报*, 2008, 32(5): 1116-1125.
- [20] 高清竹, 万运帆, 李玉娥, 盛文萍, 江村旺扎, 王宝山, 李文福. 藏北高寒草地 NPP 变化趋势及其对人类活动的响应. *生态学报*, 2007, 27(11): 4612-4619.
- [23] 李博. 生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000: 118-122.
- [24] 李明森. 藏北高原草地资源合理利用. *自然资源学报*, 2000, 15(4): 335-339.
- [25] 李永宏, 汪诗平. 放牧对草原植物的影响. *中国草地*, 1999, (3): 11-19.
- [26] 安渊, 李博, 扬持, 徐柱, 阎志坚, 韩国栋. 内蒙古大针茅草原草地生产力及其可持续利用研究 I. 放牧系统植物地上现存量动态研究. *草业学报*, 2001, 10(2): 22-27.
- [27] 纪亚君. 放牧对草地植物及土壤的影响. *青海畜牧兽医杂志*, 2002, 32(4): 42-44.
- [31] 杨利民, 王仁忠, 李建东. 松嫩平原主要草原群落放牧干扰梯度对植物多样性的影响. *草地学报*, 1999, 7(1): 8-16.
- [32] 杨殿林, 韩国栋, 胡跃高, 乌云格日勒. 放牧对贝加尔针茅草原群落植物多样性和生产力的影响. *生态学杂志*, 2006, 25(12): 1470-1475.