

文章编号: 1000-4025(2005)01-0094-09

# 牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸暖季草场植物群落组成和植物多样性的影响<sup>\*</sup>

董全民<sup>1,2</sup>, 马玉寿<sup>2</sup>, 李青云<sup>2</sup>, 赵新全<sup>1</sup>, 王启基<sup>1</sup>, 施建军<sup>2</sup>

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001 2 青海省畜牧兽医科学院, 西宁 810003)

**摘要** 两年的牦牛放牧试验结果表明, 在暖季草场, 随着放牧率的提高, 禾草和莎草类功能群的盖度、生物量及其组成与高度减小, 它们与放牧率呈显著的负相关( $P < 0.05$ ); 可食杂草和毒杂草类功能群的盖度、生物量及其组成与高度增加, 它们与放牧率呈显著的正相关( $P < 0.05$ ); 各功能群的盖度与生物量之间是显著的正相关关系( $P < 0.05$ )。对照草地由于没有牦牛的采食, 群落由少数优势种植物所统治, 群落结构趋于简单, 物种组成贫乏, 物种多样性和均匀度指数最小。轻度放牧牦牛选择采食对植物群落的影响较小, 群落的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均不高; 中度放牧提高了资源的利用效率, 增加了群落结构的复杂性, 草地的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均最高, 该结果支持“中度干扰理论”; 重度放牧由于牦牛采食过于频繁, 改变了植物的竞争能力, 导致植物种的均匀度下降, 多样性减少。不同放牧率草地群落的物种数( $S$ )、丰富度指数( $Ma$ )、多样性指数(Shannon-Wiener 指数  $H$  和 Simpson 指数  $D$ )、均匀度指数(Pielou 指数  $J$ ) 的排序为: 对照 < 轻度放牧 < 重度放牧 < 中度放牧, 优势度指数(Berger-Parke 指数  $I$ ) 的变化趋势则与之相反。

**关键词** 牦牛放牧率 小嵩草高寒草甸 生活型功能群 植物多样性 群落优势度 物种丰富度 物种均匀度

中图分类号 Q948.11 文献标识码 A

## Effects of Stocking Rates for Yak on Community Composition and Plant Diversity in *Kobresia parva* Alpine Meadow Warm-season Pasture

DONG Q uan-m in<sup>1,2</sup>, MA Yu-shou<sup>2</sup>, LI Q ing-yun<sup>2</sup>, ZHAO Xin-quan<sup>2</sup>, WANG Q i-ji<sup>1</sup>, SH I J ian-jun<sup>2</sup>

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China 2 Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining 810003, China)

**Abstract** Effects of stocking rates for yak on community composition in *K. parva* alpine meadow had been studied for two years. The results showed: in warm-season pasture, with the increase of stocking rates, coverage, average height, aboveground and its percentage composition for functional groups of grasses and sedges decreased, and they were significantly and negatively correlated with stocking rates ( $P < 0.05$ ), and on the contrary, functional groups of palatable and toxic weeds increased, and they had a positive correlation with stocking rates ( $P < 0.05$ ). Besides, there was a significant and positive correlation between coverage and aboveground biomass of different functional groups ( $P < 0.05$ ). As for control grassland, the community dominated by a few plants, structure of that was simple and lack of species, which led to species

\* 收稿日期 2004-05-02 修改稿收到日期 2004-06-30

基金项目 青海省“九五”攻关项目(96-N-112) 国家“十五”攻关项目(2001BA606A-05)

作者简介 董全民(1972-), 男(汉族), 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。

richness, diversity and evenness index were minimum for grassland not grazed and ingested, and under light grazing, the influences of ingestion by yaks on plant community were very small, which caused species richness, diversity and evenness index were not high. However, moderate grazing increased utilizing efficiency of resources and complexity of plant community, and so species richness, diversity and evenness index were maximum, which supported "hypothesis of intermediate disturbance", heavy grazing accompanying with frequent ingestion and serious influence on plant community, resulted in a low evenness, richness and diversity index. The order of species number ( $S$ ), richness index ( $Ma$ ), diversity index (Shannon-Wiener index  $H'$  and Simpson index  $D'$ ), evenness index (Pielou index  $J'$ ) under different stocking rates was control < light grazing < heavy grazing < moderate grazing, but dominance index (Berger-Parke index  $I'$ ) was contrary with them in order.

**Key words** yak stocking rates; *K. parva* alpine meadow warm-season pasture; functional groups; plant diversity; community dominance; species richness; species evenness

青藏高原是中国主要的畜牧业基地,高寒草甸是其主要的草地类型。由于青藏高原地理位置特殊,气候条件复杂,从而造成高寒草甸生态系统的脆弱性和抗干扰能力差的特点,植被一旦遭受破坏,靠其自然恢复不仅周期长,而且极为困难。近几年来,由于家畜和人口数量的急剧增加,草场超载过牧,加之不合理的放牧率和放牧体系以及鼠虫害等,导致高寒草甸草场严重退化、沙化,“黑土型”退化草地面积逐渐扩大,草地生态环境日趋恶化,高寒草甸放牧生态系统中的植物组成、草地生产力等受放牧的影响均已发生变化<sup>[1-3]</sup>,严重影响了草地畜牧业的可持续发展和当地牧民生活水平的提高。正因为如此,高寒草甸生态系统由于放牧不合理等原因引起的草地退化问题,已越来越引起人们的广泛关注。国内外许多学者对绵羊不同放牧率下植被群落结构的变化<sup>[4-16]</sup>方面做了大量研究,但牦牛放牧率对植被群落结构影响的报道还不多见<sup>[11,16]</sup>,牦牛放牧实验的研究工作尚未全面展开。鉴于以上原因,本试验旨在研究牦牛放牧率对高寒草甸两季草场不同生活型功能群植物类群的组成及其多样性的影响,应用“冗余与补偿”原理探讨牦牛放牧导致高寒草甸退化的过程及基本机理,为高寒草甸草场的保护和治理提供科学依据。

## 1 研究地区自然概况与研究方法

### 1.1 试验地自然概况

试验地选在青海省达日县窝赛乡,位于北纬 99°47'36",东经 33°37'20",海拔在 4 000 m 以上,气候寒冷,年平均气温为-1.2℃,最冷月 1 月的平均

气温为-12.9℃,7 月的平均气温为 9.1℃,0℃的积温为 1 081℃,5℃的积温为 714.9℃,生长季为 4 个月左右,无绝对无霜期。年平均降水量为 569 mm,多集中在 5~9 月份,年蒸发量 1 119.07 mm,雨热同季,有利于牧草生长。土壤为高山草甸土,草地为已发生退化的小嵩草(*Kobresia parva*)高寒草甸,它与高寒草甸群落相联,其基本成土过程是生草过程,并以剖面上部植物根系絮结形成致密草皮为其主要特征。

### 1.2 试验设计

试验期为 1998 年 6 月 28 日至 2000 年 5 月 30 日。夏季放牧从 6 月 1 日至 10 月 31 日,然后转入冬季草场放牧至第二年 5 月 31 日,周而复始。试验分 4 个处理,分别是轻度放牧(牧草利用率为 30%)、中度放牧(牧草利用率为 50%)、重度放牧(牧草利用率为 70%)和对照(牧草利用率为 0)。每个处理有 4 头 2.5 岁、体重为(100±5) kg 阉割过的公牦牛进行实验,所有牦牛在实验前投药驱虫。根据草场地上生物量和冬季牧草营养的损伤率、牦牛的体重及其理论采食量和草场面积确定放牧率(表 1)。

### 1.3 样方的选取及其测定

在每个处理的围栏内按对角线选定 3 个具有代表性的固定样点,每月下旬在每个固定样点上取 5 个重复样方(0.5 m × 0.5 m),测定植被的地上生物量,按莎草、禾草、可食杂草和毒杂草分类,称其鲜重后在 80℃的恒温箱烘干至恒重;每年 8 月下旬在每个样点上各取 5 个重复样方(0.5 m × 0.5 m),并将它分成 4 个小样方,测定植被群落的种类组成及其特征值(盖度、高度、频度和生物量)。

表 1 放牧率试验设计

Table 1 Trial design of stocking rates

处理 Treatment	试验用牛(头) No. of yaks per plot	草地面积 Area (hm <sup>2</sup> )		放牧率 Stocking rates (heads/hm <sup>2</sup> )	
		暖季 Warm season	冷季 Cold season	暖季 Warm season	冷季 Cold season
		轻度 Light grazing	4	4.5	5.19
中度 Moderate grazing	4	2.75	3.09	1.45	1.29
重度 Heavy grazing	4	1.92	2.21	2.08	1.81
对照 Control	0	1.0	1.0	0	0

1.4 植物生活型功能群的划分

根据高寒草甸植物群落物种组成的特点,将生活型功能群划分为:多年生禾本科牧草、莎草科牧草和杂草类 3 个类型,根据适口性将杂草又分为可食牧草和毒杂草 2 个类型。

1.5 物种多样性分析

物种丰富度 (species richness) 采用物种数和 Margalef 指数 (Ma)  $Ma = (S - 1) / \ln N$

重要值 (importance value :IV) 的计算公式为:  
 $IV = (\text{相对盖度} + \text{相对频度} + \text{相对高} + \text{相对生物量}) / 4$

物种多样性 (species diversity) 采用 Simpson 指

数 (D) 和 Shannon-Wiener 指数 (H) :  $D = 1 -$

$$P_i^2 / H = - P_i \ln P_i$$

物种均匀度采用 Pielou 指数 (J)  $J = H / \ln S$

优势度采用 Berger-Parker-优势度指数 (I) :  $I = N_{\max} / N$  ;式中, S 为样方中的物种数, P<sub>i</sub> 为样方中第 i 种的生物量占总生物量的比例, N<sub>max</sub> 为群落中最大种的生物量, N 为群落的总生物量。

2 结果与分析

2.1 群落物种组成和结构的响应

不同放牧率对高寒草甸群落的物种组成及其结构有显著的影响 (表 2, 图 1)。

表 2 不同放牧率对草地群落物种组成和重要值的影响

Table 2 Effects of different stocking rates on species composition and importance value in alpine meadow

植物种 Plant species	优势度 Dominance (%)			
	对照 No grazing (CK)	轻度放牧 Light grazing (LG)	中度放牧 Moderate grazing (MG)	重度放牧 Heavy grazing (HG)
小嵩草 <i>Kobresia parva</i>	31.01	28.05	21.12	17.19
矮嵩草 <i>K. humilis</i>	3.31	6.12	9.10	10.98
藏嵩草 <i>K. tibetica</i>	0	1.79	1.90	2.01
禾叶嵩草 <i>K. graminiifolia</i>	7.21	3.96	1.01	1.53
高山嵩草 <i>K. pygmaea</i>	0	0	1.29	1.0
线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	1.92	2.20	3.17	3.20
青海苔草 <i>Carex ivanavoe</i>	1.12	1.01	1.0	1.43
黑褐苔草 <i>C. atrofuscae</i>	1.89	1.04	1.0	1.0
冷地早熟禾 <i>Poa crymophila</i>	0	0	1.99	2.05
山地早熟禾 <i>P. orinosa</i>	0	0	0	1.00
高原早熟禾 <i>P. alpicgena</i>	0	2.95	2.76	3.20
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	19.98	16.98	11.05	4.01
落草 <i>Koeleria cristata</i>	2.01	1.56	1.0	3.03
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	1.98	1.01	1.19	1.09
针茅 <i>Stipa purpurea</i>	1.75	1.0	1.0	1.0
异针茅 <i>S. aliena</i>	1.76	1.0	1.0	1.0
双柱头冰草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	1.50	< 1.0	1.0	1.0
野青茅 <i>Deoxychloa kokonorica</i>	6.21	1.2	1.68	1.79
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	1.56	1.0	1.79	1.89
长叶毛茛 <i>Ranunculus amurensis</i>	1.50	1.0	1.27	1.01
雅毛茛 <i>R. pulchellus</i>	1.0	1.0	1.0	1.99
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	1.0	1.0	1.0	1.91
紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	1.0	1.0	1.0	1.51

续表 2 Continued Table 2

麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>	1.8	1.0	1.0	2.06
多枝黄芩 <i>Astragalus polycladus</i>	< 1.0	0	1.0	1.98
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	1.0	0	1.0	3.91
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	1.0	2.0	3.0	11.01
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i>	1.0	1.0	1.0	1.21
美丽风毛菊 <i>S. pulchra</i>	1.20	0	1.0	0
乳白香青 <i>Anaphalis lacatea</i>	1.0	1.0	0	1.0
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	1.0	< 1.0	1.0	0
小米草 <i>Euphrasia pectinata</i>	0	< 1.0	0	0
蒲公英 <i>Taraxacum</i> sp.	1.0	1.0	1.0	1.59
蒙古蒲公英 <i>T. mongolicum</i>	1.0	1.0	1.0	1.91
海乳草 <i>Galium maritima</i>	1.0	< 1.0	< 1.0	0
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	0	1.0	4.23	11.01
阿拉善马先蒿 <i>P. alashanica</i>	0	1.0	2.21	20.09
雪白委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	1.0	1.3	1.0	1.03
鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i>	3.2	5.10	10.21	23.01
线叶龙胆 <i>Gentiana farreri</i>	1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
磷叶龙胆 <i>G. squarrosa</i>	1.0	< 1.0	0	0
匙叶龙胆 <i>G. spatulifolia</i>	1.0	< 1.0	1.0	< 1.0
华丽龙胆 <i>G. sino-ornata</i>	0	< 1.0	1.0	0
高山紫菀 <i>Aster alpinus</i>	0	< 1.0	1.0	< 1.0
柔软紫菀 <i>A. f. laccidus</i>	0	< 1.0	1.0	0
獐牙菜 <i>Swertia tetraptera</i>	0	< 1.0	< 1.0	0
婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	0	< 1.0	< 1.0	1.0
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	0	0.13	1.0	1.0
黄花棘豆 <i>O. ochrocephala</i>	0	0	1.0	1.0
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	0	1.0	< 1.0	1.91
独一味 <i>Lamium tibeticum</i>	0	0	< 1.0	1.0
白苞筋骨草 <i>Ajuga reptans</i>	0	0	< 1.0	< 1.0
铁棒锤 <i>Aconitum pendulum</i>	0	0	0	2.91
露蕊乌头 <i>A. gymnanthum</i>	0	0	0	2.09
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	0	0	0	1.0
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	0	0	< 1.0	0
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0	0	< 1.0	0
微孔草 <i>Microula sikkimensis</i>	0	0	< 1.0	0
车前 <i>Plantago asiatica</i>	0	0	< 1.0	0
西藏点地梅 <i>Androsace mariae</i>	0	0	< 1.0	0
植物种数	35	44	54	47

在不同放牧率下,处于相对优势地位的植物差别比较大,反映出植物生活性功能群对不同放牧率的响应及其外貌特征(表2)。在对照处理中,由于没有牦牛的采食干扰,上丛型较高的植物和疏丛型禾草、密丛型莎草生长旺盛,在群落中属于竞争优势者,从而导致了群落物种数比较少(35种),形成了以小嵩草和垂穗披碱草为主的优势群落(重要值分别为31.01和19.98),禾草和莎草的平均高度分别为32.8cm和10.3cm(图2,b),盖度为41.09和45.12(图2,a)。随放牧率提高,牦牛对莎草和禾草采食频率增加,各处理的禾草和莎草的盖度减小,杂草和毒杂草的盖度增加。轻度放牧禾草、莎草、杂草和毒杂草的盖度和平均高度分别为37.40、42.0、

14.01和9.10,21.9cm、7.9cm、10.5cm和10.8cm;中度放牧为32.30、35.70、14.90和9.30,14.4cm、5.4cm、12.9cm和11.3cm;重度放牧为23.00、29.60、17.30和13.10,9.9cm、2.8cm、16.9cm和13.1cm(图1,a,b)。另外,随着放牧率的提高,群落中不耐牧的植物种的重要值下降(重度放牧下垂穗披碱草的盖度仅为4.01),而耐牧型植物种的数量和比例都有所增加,群落由对照组的35种植物增加到轻度放牧44种、中度放牧54种、重度放牧48种;对照组的优势种为小嵩草和垂穗披碱草,主要伴生种有矮嵩草、禾叶嵩草、野青茅、鹅绒委陵菜,轻度、中度和重度放牧的优势种分别为小嵩草和垂穗披碱草、小嵩草和垂穗披碱草以及鹅绒委陵菜、小

嵩草和鹅绒委陵菜,主要伴生种分别为矮嵩草、禾叶嵩草、高原早熟禾、鹅绒委陵菜,矮嵩草、禾叶嵩草

高原早熟禾、甘肃马先蒿,矮嵩草、黄帚橐吾、甘肃马先蒿和阿拉善马先蒿。

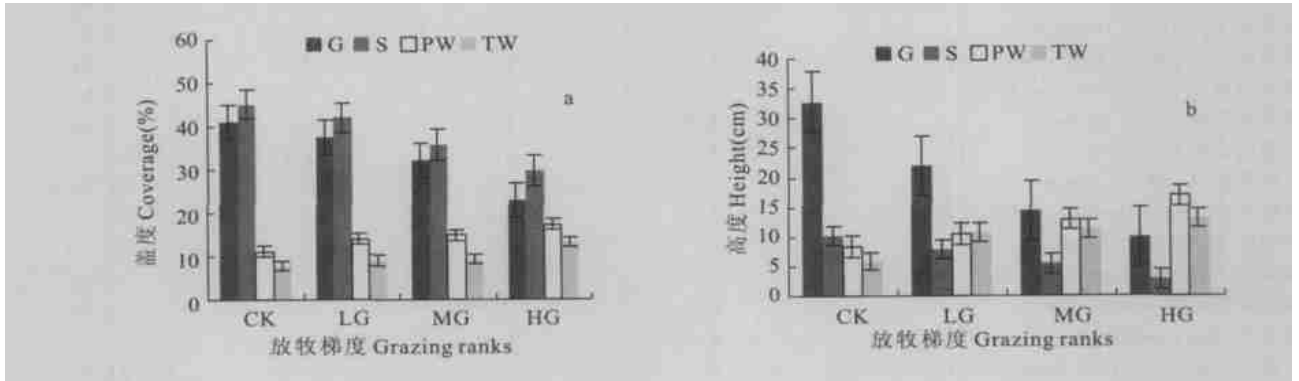


图 1 不同放牧率草地群落的外貌特征

Fig 1 Feather of grassland community under different stocking rates

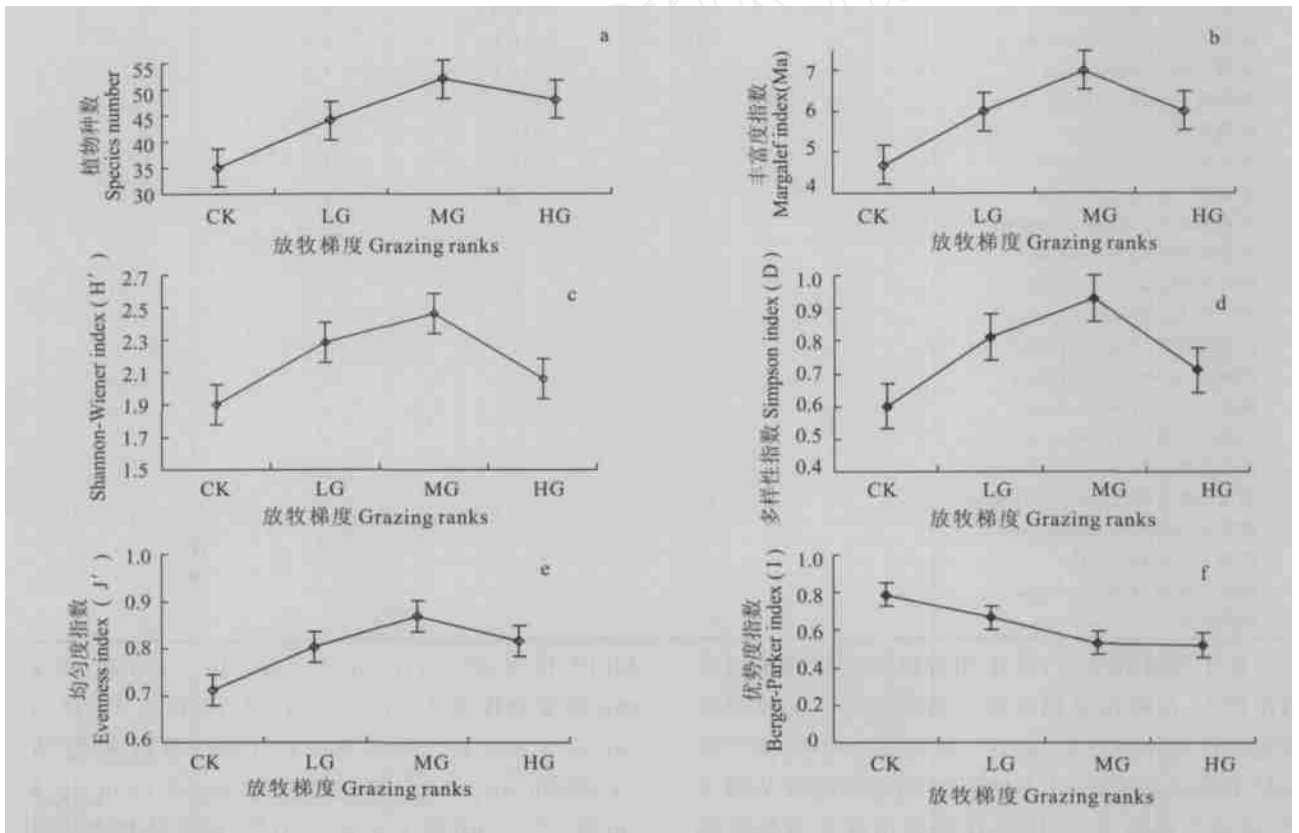


图 2 不同放牧率对高寒草甸群落物种多样性的影响

Fig 2 The diversity of community under different stocking rates on alpine meadow

2.2 群落物种多样性的响应

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>[9,17]</sup> α多样性是对一个群落内物种分布的数量和均匀程度的测量指标,是生物群落

在组成、结构、功能和动态方面表现出的差异,反映各物种对环境的适应能力和对资源的利用能力<sup>[10,13,18-20]</sup>.从图2可以看出,不同放牧率下α多样性指数的变化不同.物种丰富度指数(S, Ma)表明群落中物种的多少.本试验中,经过两年的放牧,对照草地丰富度最低,中度放牧最高,不同放牧率下草地的物种丰富度指数排序为:对照<轻度放牧<重

度放牧 < 中度放牧 (图 2, a, b) . 均匀度反映各群落中物种分布的均匀程度 . 在不同放牧率下, 对照组草地的均匀度最低 (0.7102), 中度放牧地的均匀度最高 (0.8688) (图 2, e) . 优势度反映的趋势与多样性指数和均匀度指数相反 . 对照草地的优势度最大 (0.7892), 其排序为: 对照 > 轻度放牧 > 重度放牧 > 中度放牧 (图 2, f) . 多样性指数 ( $D$  和  $H'$ ) 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>[9,29]</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>[13]</sup>, 但本试验中它们总的变化趋势是一致的 (图 2, c, d) . 另外, 相关分析表明, 不同放牧率下群落多样性指数 ( $D$  和  $H'$ ) 与丰富度指数 ( $Ma$ ) 呈极显著的正相关 ( $P < 0.01$ ), 与优势度指数 ( $I$ ) 呈极显著的负相关 ( $P < 0.01$ ), 与均匀度指数 ( $J$ ) 呈显著的正相关 ( $P < 0.05$ ) .

### 2.3 不同生活型功能群组成的响应

植物生活型是植物对综合生境条件长期适应而表现在外貌上反映出来的植物类群, 而群落的生活型功能群组成则是环境因子的综合反映<sup>[10]</sup> . 在不同放牧率草地群落中, 生活型功能群的类型基本一致, 即均由禾草类、莎草类、可食杂草类和毒杂草组成, 但不同生活型功能群在群落中的生物量及其组成比例不尽相同 (图 3, a, b) . 随着放牧率的提高, 禾草和莎草

类功能群的生物量及其组成比例明显下降, 可食杂草和毒杂草类功能群的生物量及其组成比例大幅度上升 (图 3, a, b), 显示出群落内植物种对不同放牧率的适应性反应 . 另外, 随着放牧率的提高, 不同群落各生活型功能群内物种多样性和优势度也有显著的差异 ( $P < 0.05$ ), 而且 4 个不同放牧群落中, 禾草和莎草类功能群落的优势度呈下降趋势, 可食杂草和毒杂草类功能群落的优势度呈下降趋势 (图 3, c) . 禾草和莎草功能群内物种多样性在中度放牧时最大 (2.7624 和 2.9989), 对照最小 (1.9012 和 1.9981), 而可食杂草和毒杂草功能群落内物种多样性在重度放牧时最大 (2.1011 和 2.5011), 对照最小 (1.2012 和 1.0121) (图 3, d) . 通过对不同放牧率 4 个生活型功能群落的盖度、地上生物量的相关性分析表明, 放牧率与禾草和莎草功能群的盖度、地上生物量呈显著的负相关 ( $P < 0.05$ ), 与可食杂草和毒杂草类功能群落呈显著的正相关 ( $P < 0.05$ ) . 各生活型功能群的盖度、地上生物量之间呈显著的正相关 ( $P < 0.05$ ) . 这说明群落内的生活型功能群落虽然相同, 但不同放牧率对不同功能群生物量及其组成比例、优势度和多样性的影响不同, 导致不同放牧率草地物种多样性特征和生境间都存在异质性 .

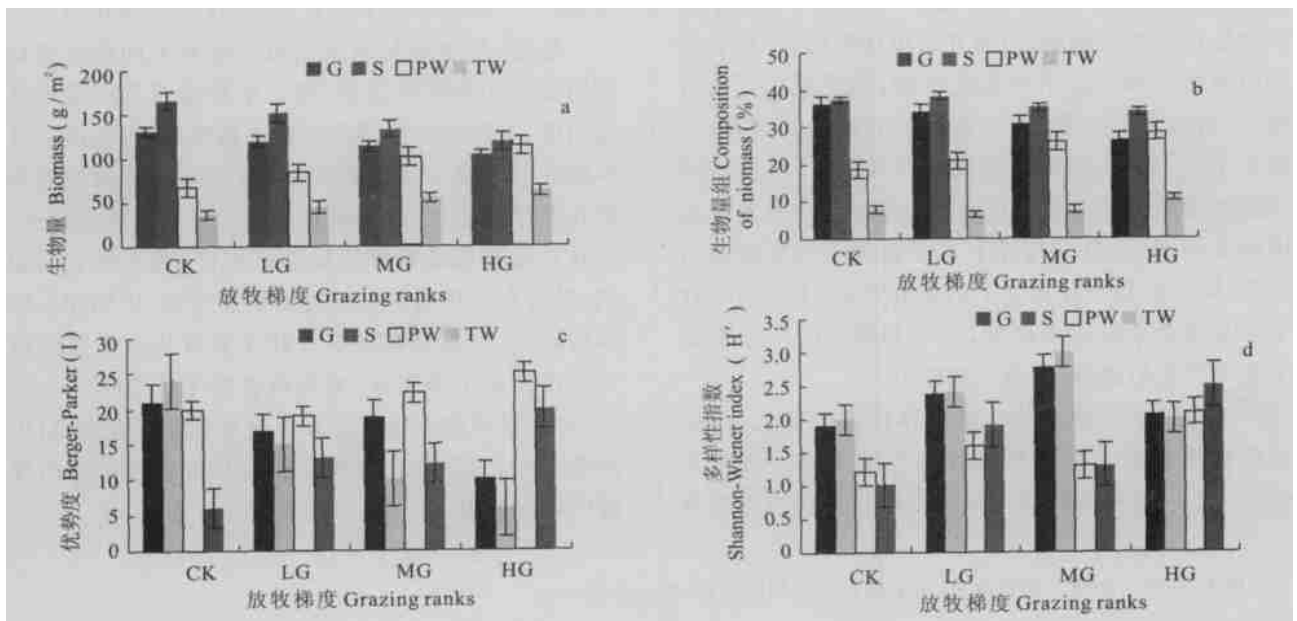


图 3 不同放牧率草地功能群落的组成特征

Fig. 3 Feather of grassland community under different stocking rates

### 3 讨 论

放牧是一种高度复杂的干扰方式,它对植物群落既有积极作用,也有消极影响<sup>[21]</sup>。不同的放牧率和家畜对牧草的选择性采食导致群落内功能群的再生能力以及补偿性生长和超补偿性生长能力不同<sup>[9,22,23]</sup>,使它们在相互竞争中处于非平等状态,禾草和莎草类功能群的盖度、地上生物量及其组成比例随放牧率的提高而降低,可食牧草和毒杂草 2 个经济类群(尤其在重度放牧情况下)的盖度、地上生物量及其组成比例随放牧率的提高而增加,形成“组份冗余”<sup>[24-27]</sup>。因为夏季草场正处于牧草生长期,牦牛轻度放牧时,由于牧草生长过程中的自我拟制作用(植物为竞争阳光、土壤养分和水分等有限资源的内在反映),草地植物群落的优良牧草(莎草和禾草)的生长与再生量比较低,此时光合作用的产物虽然可能较多,但同时呼吸消耗也较大,净光合产物的增长速率仍然较低<sup>[15]</sup>。在中度放牧下,放牧牦牛的采食行为刺激莎草和禾草快速生长,以补偿莎草和禾草的损失,但当盖度达到一定水平时,这种功能补偿又往往产生牧草的生长冗余,因此中度放牧下优良牧草(莎草和禾草)盖度降低比较缓慢<sup>[24]</sup>。在重度放牧下,牦牛对适口性比较好的牧草(禾草和莎草)的采食更加频繁,可食杂草和毒杂草受禾草和莎草的拟制作用也相对减弱,组份冗余更加突出,不仅表现为可食杂草和毒杂草的盖度增加,亦表现为冗余植物(可食杂草和毒杂草)绝对产量的增加,它们进一步竞争到了更多的阳光和土壤养分<sup>[16,24]</sup>。虽然该种功能补偿形式可以实现在该利用率下莎草和禾草盖度降低的损失,但多为牦牛不喜食或不可采食的杂类草,因此它是一种功能上的组份冗余,表现为可食杂草和毒杂草的盖度增加,禾草和莎草的生产受到了更为严重的胁迫(资源亏损胁迫)<sup>[24]</sup>。

放牧造成草地植物群落多样性发生变化,但不同放牧率对植物多样性的影响程度不同。研究表明<sup>[9,10,15,18]</sup>,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>[8,25]</sup>,即中度放牧能维持高的物种多样性。刘伟等的研究表明,植物种的多样性随放牧强度的增加而升高<sup>[28]</sup>。本试验的结果支持“中度干扰理论”。中度放牧草地的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均最高( $S = 54, J = 0.8688, H = 2.2624, D = 0.9281$ ),这是因为适度的放牧通过牦牛对禾草和莎草类的选择性采食,抑制了优势种小嵩草和垂穗披碱草的生长,降低了它们的竞争优势,使一些较耐牧的牧草品种(矮嵩草、禾叶嵩草、高原早熟禾、冷地早熟禾和甘肃马先蒿)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(鹅绒委陵菜、黄帚橐吾和阿拉善马先蒿)的数量也增加,提高了资源的利用效率,增加了群落结构的复杂性<sup>[10,13]</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,削弱了植物的竞争能力,导致植物种的优势度和多样性的减少( $S = 48, J = 0.8170, H = 2.0609, D = 0.7101$ )。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( $S = 44, J = 0.8012, H = 2.2836, D = 0.8101$ )。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( $S = 35, J = 0.7102, H = 1.9012, D = 0.6001$ )。

总之,高寒草甸放牧生态系统对不同放牧率在不同生活功能群的盖度、地上生物量及其组成以及均匀度、多样性和群落的物种丰富度、物种组成以及多样性分布格局等方面响应,表现出不同的外貌特征和多样性变化。由于高寒草甸生态系统的复杂性、特殊性及其组成物种特征的多样性,放牧对它的影响,尚需在作用机理方面进行更加全面、更加深入细致的研究,特别是高寒草甸牦牛放牧生态系统的研究工作尚未全面展开,更需将各种干扰有机结合起来,对高寒草甸放牧生态系统进行优化管理和AHP决策<sup>[29,30]</sup>,为我国青藏高原生态环境的保护和治理提供科学依据。

致谢 在论文的撰写和修改中,承蒙胡自治老师的指导,特此感谢!

#### 参考文献:

- [1] DONG Q M (董全民), LI Q Y (李青云), MA Y SH (马玉寿), LI F J (李发吉), LI Y F (李有福). Effects of stocking intensity on above-ground biomass and vegetation structure in summer alpine meadow [J]. *Qinghai Prataculture* (青海草业), 2002, 11 (2) :8- 10 (in

- Chinese).
- [2] DONG Q M (董全民), LI Q Y (李青云), SHIJ J (施建军), MA Y SH (马玉寿), WANG Q J (王启基). Effects of stocking rates on above-ground biomass and yaks growth in alpine meadow [J]. *Chinese Qinghai Journal of Animal and Veterinary Sciences* (青海畜牧兽医杂志), 2002, 32(3): 5- 7 (in Chinese).
- [3] MA Y SH (马玉寿), LANG BN (郎百宁), WANG Q J (王启基). Review and prospect of the study on "Black Soil" deterioration grassland [J]. *Prataculture Science* (草业科学), 1999, 16(2): 5- 8 (in Chinese).
- [4] VAN POOLEN H W. Herbage response to grazing system and stocking intensities [J]. *J. Range Manage*, 1979, 32: 250- 253
- [5] WANG Q J (王启基), ZHOU L (周立), WANG F G (王发刚). Effect analysis of stocking intensity on the structure and function of plant community in winter-spring grassland [J]. *Alpine Meadow Ecosystem* (高寒草甸生态系统), 1995, 4: 353- 364 (in Chinese).
- [6] ZHOU L (周立), WANG Q J (王启基), ZHAO J (赵京). Studies on optimum stocking intensity in pasturelands of alpine meadow VI The measuring of vegetation change and the maximum stocking intensities of no degeneration in grasslands [J]. *Alpine Meadow Ecosystem* (高寒草甸生态系统), 1995, 4: 403- 418 (in Chinese).
- [7] WANG W (王炜), LIU ZH L (刘钟龄), HAO D Y (郝敦元), LIANG C ZH (梁存柱). Research on the restocking succession of the degenerated grassland in InnerMongolia I. Basic characteristics and driving for restoration of the degenerated grassland [J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 1996, 20(5): 449- 459 (in Chinese).
- [8] FOSTER B L, GROSS K L. Species richness in a succession grassland effects of nitrogen enrichment and plant litter [J]. *Ecology*, 1998, 71: 2593- 2602
- [9] WANG SH P (汪诗平), LI Y H (李永宏), WANG Y F (王艳芬), CHEN Z ZH (陈佐忠). Influence of different stocking rates on plant diversity of *Aristida frigida* community in InnerMongolia steppe [J]. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 2001, 43(1): 89- 96 (in Chinese).
- [10] YANG L M (杨利民), HAN M (韩梅). Plant diversity change in grassland community along a grazing disturbance gradient in the Northeast China Transect [J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 2001, 25(1): 110- 114 (in Chinese).
- [11] AN Y (安渊), LI B (李博), YANG CH (杨持), YAN ZH J (闫志坚), HAN G D (韩国栋). Influence of grazing rate on population structure of *Stipa grandis* [J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 2002, 26(2): 163- 169 (in Chinese).
- [12] LIU Y (刘颖), WANG D L (王德利), WANG X (王旭), BAL (巴雷), SUN W (孙伟). The effect of grazing intensity on vegetation characteristic in *Leymus chinensis* grassland [J]. *Acta Prataculturae Sinica* (草业学报), 2002, 11(2): 22- 28 (in Chinese).
- [13] JIANG X L (江小蕾), ZHANG W G (张卫国), YANG ZH Y (杨振宇), WANG G (王刚). The influence of disturbance on community structure and plant diversity of alpine meadow [J]. *Acta Botanica Sinica* (西北植物学报), 2003, 23(9): 1479- 1485 (in Chinese).
- [15] DONG SH K (董世魁), DING L M (丁路明), XU M Y (徐敏云), LONG R J (龙瑞军), HU Z ZH (胡自治). Effect of grazing intensity on leaf characteristics and forage productivity on mixed pastures of perennial grasses in alpine region of Tibetan Plateau [J]. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2004, 37(1): 136- 142 (in Chinese).
- [16] DONG Q M (董全民), MA Y SH (马玉寿), LI Q Y (李青云), SHIJ J (施建军), WANG Q J (王启基). Effect of stocking rate for yaks on vegetation of warm-season pasture in alpine meadow [J]. *Prataculture Science* (草业科学), 2004, 2: 48- 53 (in Chinese).
- [17] WANG ZH W (王正文), XING F (邢福), ZHU Y CH (祝延成), LI X ZH (李宪长). The responses of functional groups composition and species diversity of *Aneurolepidium chinense* grassland to flooding disturbance on Songnen Plain, Northeastern China [J]. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 1993, 35: 877- 884 (in Chinese).
- [18] LI Y H (李永宏). Grazing dynamics of the species diversity in *Aneurolepidium chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe [J]. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), 2001, 43(1): 89- 96 (in Chinese).
- [19] MA K P (马克平). The measure method of biological community diversity Measure method of  $H'$  diversity I [J]. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 1994, 2(3): 162- 168 (in Chinese).
- [20] MA K P (马克平). The measure method of biological community diversity Measure method of  $H'$  diversity II [J]. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 1994, 2(4): 231- 239 (in Chinese).
- [21] MCLINTYRE S, LAVOREL S, LANDSBERG J. Disturbance response in vegetation-towards a global perspective on functional reait [J]. *J. Vegetation Scin.*, 1999, 10: 621- 630
- [22] ZHAO G (赵钢). Preliminary discussion on the sustainable development of pastoralism [J]. *InnerMongolia Prataculture* (内蒙古草业), 1999, 2: 1- 6 (in Chinese).
- [23] DI TOMMASO A, AARSSSEN L W. Resource manipulations in natural vegetation a review [J]. *Vegetation*, 1987, 84: 9- 29
- [24] ZHANG R (张荣), DU G ZH (杜国祯). Redundance and compensation of grazed grassland communities [J]. *Acta Prataculturae Sinica* (草业学报), 1998, 7(4): 13- 19 (in Chinese).



- [25] NOYMER I Compensating growth of grazed plants and its relevance to the use of rangelands[J]. *Ecological Application*, 1993, 3: 32-34
- [26] WILMSW D. Effects of stocking rate on a rough fescue grassland vegetation[J]. *J. Range Management*, 1985, 38(3): 220-225
- [27] JEFFRIES D L, JEFFRIES M K. Effects of grazing on the vegetation of the Blackbrush association[J]. *J. Range Management*, 1987, 40(5): 390-392
- [28] LIU W (刘伟), ZHOU L (周立), WANG X (王溪). Responses of plant and rodents to different grazing intensity[J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1999, 19(3): 376-382 (in Chinese).
- [29] YU D X (岳东霞), LI W L (李文龙), LI Z ZH (李自珍). A analysis of AHP strategic decision for grazing management system and ecological restoration in the alpine wetland at Gannan in Gansu[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin.* (西北植物学报), 2004, 24(2): 248-253 (in Chinese).
- [30] CHEN L D (陈利顶), FU B J (傅伯杰). Ecological significance, characteristics and types of disturbance[J]. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2000, 20(4): 581-586 (in Chinese).

## 《西北植物学报》加入中国台湾华艺 CEPS 中文电子期刊服务声明

《西北植物学报》将自 2004 年 9 月起, 加入中国台湾中文电子期刊服务——思博网(CEPS)。中文电子期刊服务——思博网是目前中国台湾地区最大的期刊全文数据库, 已收录中国台湾地区 300 余种核心期刊的全文, 现在进一步遴选部分重要核心科技期刊入网。其访问地址为 [www.ceps.com.tw](http://www.ceps.com.tw)。读者可以通过这一网址检索《西北植物学报》自 2005 年起各期的全文。

此外, 由于《西北植物学报》被 CEPS 收录, 故凡向本刊投稿者, 均视为其文稿刊登后可供思博网(CEPS) 收录、转载并上网发行。其作者文章著作权使用费与稿酬本刊一次付清, 不再另付其它报酬。