

DOI: 10.5846/stxb201505281069

林丽, 张德罡, 曹广民, 欧阳经政, 刘淑丽, 张法伟, 李以康, 郭小伟. 高寒嵩草草甸植物群落数量特征对不同利用强度的短期响应. 生态学报, 2016, 36(24): - .

Lin L, Zhang D G, Cao G M, Ouyang J Z, Liu S L, Zhang F W, Li Y K, Guo X W. Plant functional groups numerical characteristics responses to different grazing intensities under different community succession stages of Alpine *Kobresia* meadow in spring. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(24): - .

高寒嵩草草甸植物群落数量特征对不同利用强度的短期响应

林丽^{1,2}, 张德罡^{1,*}, 曹广民², 欧阳经政², 刘淑丽², 张法伟², 李以康², 郭小伟²

1 甘肃农业大学草业学院, 兰州 730070

2 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810008

摘要:以时空转换的方法确定典型高寒嵩草草甸演替过程的 4 个关键阶段, 以此为研究对象, 探讨冬春放牧对高寒草甸生态系统植物功能群数量特征的影响, 及在现有放牧制度下不同退化程度草甸植物群落数量特征对禁牧和减牧的响应。结果表明: 当禾本科功能群在群落中的地位大于等于莎草科功能群时, 减牧可以提高禾本科和莎草科功能群而降低杂类草功能群在群落中的地位; 禁牧可以提高禾本科和杂类草功能群而降低莎草科功能群在群落中的地位。当莎草科功能群在群落中的地位大于禾本科功能群, 且莎草科功能群以根茎密丛型植物为优势种时, 放牧强度降低可以提升禾本科功能群但降低莎草科功能群在群落中地位; 而莎草科功能群以密丛型植物为优势种时, 放牧强度降低可增加莎草科功能群在群落中的地位, 而禾本科功能群在群落中地位的变化取决于草地中裂缝的性质, 一定强度的裂缝可以增加禾本科功能群在群落中的地位。因此, 退化高寒嵩草草甸自我恢复方式的选择取决于可食性牧草组分、地表特征及恢复目标。当可食性牧草以禾本科功能群为优势种(或禾本科同莎草科功能群为共优种)时, 减牧容易提高草地的牧用价值, 而禁牧容易增加草地中杂类草功能群的比例, 不利于畜牧业生产; 当高寒嵩草草甸可食性牧草以莎草科功能群为优势种时, 禁牧较减牧更容易加快其牧用性的恢复。小嵩草草甸草毡表层开裂期为该演替系列的激变期, 而由于冻融交替形成的裂缝是草地恢复的新生带, 如加以利用可以加速草地恢复。

关键词:放牧干扰; 草地退化; 恢复措施

Plant functional groups numerical characteristics responses to different grazing intensities under different community succession stages of Alpine *Kobresia* meadow in spring

LIN Li^{1,2}, ZHANG Degang^{1,*}, CAO Guangmin², OUYANG Jingzheng², LIU Shuli², ZHANG Fawei², LI Yikang², GUO Xiaowei²

1. Pratacultural College of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

2. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Science, Xining 810008, China

Abstract: We used 4 typical community succession stages of Alpine *Kobresia* meadows where stock animals graze in late autumn, winter and early spring, to explore plant functional groups (PFG) characteristics responses to different grazing intensities. The grazing intensities include freedom grazing (according to the normal grazing intensity), reducing stock-grazing intensity 50%, no grazing. The succession stages include Gramineae grass-*Kobresia humilis* community, *Kobresia humilis* community, thicken in *Kobresia pygmaea* community and Cracks in *Kobresia pygmaea* community. The PFGs include

基金项目:青海省 2013 基本科技计划项目(2013-N-540); 国家自然科学基金青年基金项目(31500368); 国家自然科学基金面上项目(31270576); 国家公益性行业(农业)科研专项(210203006); 国家牧草产业技术体系岗位科学家基金(CAR35)

收稿日期:2015-05-28; 网络出版日期:2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangdg@gsau.edu.cn

Gramineae, Sedge, Legumes, shrub and Forbs. All the PFGs characteristics collected in the end of May, which is the end of grazing in winter and spring pastures. The data statics were used One Way ANOVA ($\alpha=0.05$) by SPSS 11.5, the results showed: the status and function of Gramineae and Sedge PFGs could be increased, but Forbs PFG could be decreased under grazing-deducing, if numerical characteristics of Gramineae PFG was greater than or equal to Sedge PFG in plant communities. While the status and function of Gramineae and Forbs PFGs would be increased, but Sedge PFG would be decreased under the grazing-prohibition based on the prerequisite above. If the status and function of Sedge PFG was greater than Gramineae, and dominate species of Sedge PFG was rhizome sparse cluster-type plants, deducing stocks grazing intensity could increase the recovering efficiency of Gramineae PFG, while if the dominate species of Sedge were dense cluster-type plants, deducing stock grazing intensity could increase the recovering efficiency of Sedge PFG, and all recovering efficiency would be promoted when the alpine meadow in grazing-prohibition. So the way to choose degradation alpine *Kobresia* meadows restoration method should pay more attentions to edible composition structures of forage in the community, land status of pasture and recovery goals. When Gramineae is dominate edible forage in degradation alpine meadows, grazing-reducing is the best recovery method, while if Sedge PFG is dominate edible forage, grazing-prohibition is the best recovery method. And cracks in pasture land on alpine meadows are the new plant growing area, if the intensity of cracks in pasture land is in a proper ranges, it will improve the alpine meadows recovery efficiency.

Key Words: grazing disturbance; grassland degradation; recovery measure

高寒嵩草草甸约占青藏高原总面积的 35%^[1],截止二十世纪末青藏高原约有 0.5 亿公顷草地(约占高原草地总面积的 1/3)退化,且退化面积呈逐年增加趋势^[2-3]。放牧是人类对高寒嵩草草甸最主要的干扰形式,其演替的主流方向为退化^[2]。草地退化将严重影响其生态及生产服务功能,导致鼠虫害增多、荒漠化扩大、生产能力降低、生态系统组成、结构和功能改变、系统稳定性降低。放牧引起高寒嵩草草甸的退化是一个渐变过程,形成一系列演替阶段,其退化的主要驱动力是家畜的过度采食和践踏以及由此引起的土壤养分含量及结构的失衡^[4-7]、动植物及微生物数量组分的改变^[8-11]。由于植物群落数量特征同草地农业生产联系紧密,且对放牧强度的响应具有敏感性和直观性^[10-11],成为高寒嵩草草甸健康评估体系的重要指标。

理论认为由放牧引起的草地退化,采用禁牧或减牧均可以达到恢复的目的,但其恢复的时效受制于草地所处现状(即草地退化越严重,恢复的时间越长)^[12]。多项研究表明禁牧和减牧可以不同程度地提高草场的生产能力、改善植物群落组成结构甚至土壤养分含量及配比^[11-13]。草地作为一种具有生态功能属性的生产资料,如何调节其生产和生态服务能力以实现草地的可持续发展是现代草地农业生态系统管理的核心内容。冬春草场的放牧时间一般从秋季植物果实成熟期一直持续到翌年植物营养生长期。长期固定时间的高强度放牧将改变种群的生存策略、群落成员型、环境因子和草地的恢复时效^[7],而草地农业生态系统管理者更关注草地的生产能力、可持续发展能力、恢复成本和实施的可行性。从成本核算的角度看,减牧和禁牧无疑是最具有可行性且成本最低的退化草地恢复方式。

植物群落生长初期生物量小但生长速度快,是形成未来草地生产力和维持草地农业生态系统可持续发展的基础^[14],是最易受放牧干扰影响的时期,那么放牧强度对植物功能群生长初期数量特征影响如何?高寒嵩草草甸不同退化演替阶段植物功能群特征对放牧强度改变的反馈过程如何?不同演替阶段高寒嵩草草甸的恢复时效?等问题一直是高原草地农业生态系统管理亟待解决的问题。

本研究对处于不同退化阶段的高寒嵩草草甸进行禁牧 1 年和减牧 1 年处理,分析放牧胁迫对植物生长初期的影响过程,明晰植物功能群对恢复措施的适应过程,探讨不同退化现状的高寒嵩草草甸可持续发展管理模式。

1 材料与方法

1.1 样地的选择

2012 年 8 月选取 20 个青藏高原高寒嵩草 (*Kobresia* spp) 草甸样地,各样地满足以下条件:1)坡度小于 5 度,2)按照气候-土壤-植物综合顺序分类法划分为“寒冷潮湿多雨冻原、高山草甸类”,具有相似的年平均降雨量 (509.2 ± 23.7) mm 和年平均温度 (-1.04 ± 0.4) °C。各样地分别位于青海省海北州同德县同德牧场 (N35° 14. 663', E100°46.940', 3314m)、门源种马场 (N37° 35. 408', E101° 23.519', 3171m)、皇城乡 (N 37 °39.023', E 101 ° 10.638', 3230m)、(N 37 °40.155', E 101 ° 10.021', 3241m)、(N 37 ° 40.054', E 101 ° 10.620', 3239m)、(N 37 °42.089', E 101 ° 15. 928', 3278m), 果洛州小野马岭 (N34° 36. 364', E97°59.824', 4253m) (N34°36.343', E95°59.751', 4250m)、昌马河 (N33° 26. 133', E99° 12. 124', 4318m)、(N33° 26. 145', E99°12.164', 4321m)、达日县窝赛乡 (N33°34.274', E99°54.270', 4082m)、玉树州曲麻莱县 (N34°43.206', E95° 08.222', 4507m)、(N34°51.310', E94°49.796', 4518m)、玉树市巴塘乡 (N32°51.943', E96°55.640', 3988m)、(N32°51. 943', E96°55.640', 3988m)、治多县立新乡 (N33°24.578', E96° 10. 173', 4504m)、(N33° 24. 584', E96° 10. 178', 4503m)、治多县 (N33°07.688', E96°41.713', 4373m)、称多县珍秦乡 (N33°22.526', E97°19.639', 4255m) (N33°22.565, E97°19.795, 4247m)。并分别调查这 20 个样地的植物功能群(禾本科、莎草科、豆科、杂类草和灌丛)盖度(针刺法)和生物量(标准收获法)。样方面积为 25cm ×25cm,每样地 6 个重复。计算各植物功能群的重要值[重要值=(相对盖度+相对生物量)/2],以重要值为基础数据对各样地植物群落特征进行欧式聚类分析,将所有样地分成 4 类(图 1)。

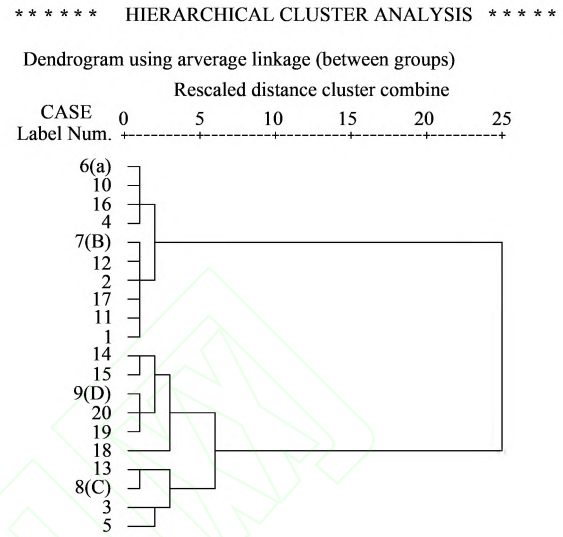


图 1 高寒嵩草草甸植物群落聚类分析

Fig. 1 Hierarchical cluster analysis based on the plant functional groups important values in alpine *Kobresia* meadows

每一类草甸选取一个样地,且各被选取样地均处在同一气候区和地理单元下,其代号依次为 A、B、C、D,样地概况见表 1^[15]

表 1 样地概况

Table 1 Plots general situation

代号 Code	地理位置 Location	实际载畜量 Real livestock intensity	样地概况 Plot general situation
A	N 37 °39.023', E 101 ° 10.638', 3230m	3.65 羊单位/hm ²	草地类型为禾草-矮嵩草草甸,具有明显的片层结构,上层以针茅(<i>Stipa</i> spp)和羊茅(<i>Festuca</i> spp)等禾本科植物为优势种,下层矮嵩草(<i>Kobresia humilis</i>)等莎草为优势种,禾本科植物出现的频率和盖度高于莎草科植物;草毡表层厚度不高于 5cm;放牧时间为每年 3 月至 5 月;放牧家畜主要为藏系绵羊
B	N 37 °40.155', E 101 ° 10.021', 3241m	7.5 羊单位/hm ²	草地类型为矮嵩草草甸,草地片层结构较为明显,上层以针茅(<i>Stipa</i> spp)和羊茅(<i>Festuca</i> spp)等禾本科植物为优势种,下层以矮嵩草(<i>K. humilis</i>)等莎草科植物为优势种,矮嵩草植物的频度及盖度高于禾本科植物;草毡表层厚度 5cm 左右;放牧时间每年的 2 月至 5 月;放牧家畜主要为藏系绵羊
C	N 37 °40.054', E 101 ° 10.620', 3239m	8.25 羊单位/hm ²	草地类型为小嵩草草甸,演替所处阶段为小嵩草草甸草毡表层加厚期;草地为单片层结构,禾本科植物出现的频率小,小嵩草(<i>K. pygmaea</i>)等莎草科植物为优势种,并呈明显的斑块化分布,小嵩草斑块边缘出现一定深度的裂缝,裂缝面积不超过样地总面积的 5%,裂缝内矮嵩草(<i>K. humilis</i>)和禾本科植物分布较多;放牧时间每年的 2 月至 5 月;放牧家畜主要为藏系绵羊

续表

代号 Code	地理位置 Location	实际载畜量 Real livestock intensity	样地概况 Plot general situation
D	N 37°42.089', E 101°15.928', 3278m	11.25 羊单位/hm ²	草地类型为小嵩草草甸, 演替所处阶段为小嵩草草甸草毡表层开裂期; 草地为单片层结构, 禾本科植物出现的频率小, 小嵩草(<i>K. pygmaea</i>)等莎草科植物为优势种, 并呈明显的斑块化分布, 小嵩草斑块中心区域存在大量空地, 并附着黑色或白色休眠或死亡的地衣和藻类, 边缘出现一定深度的裂缝, 裂缝交接处出现大量水蚀三角区, 区域内偶有裸露底土层, 裂缝面积一般在 5%—30%; 放牧时间每年的 2 月至 5 月; 放牧家畜主要为藏系绵羊和牦牛

1.2 采样方法

将上述 A、B、C 和 D 样地于 2013 年 6 月围栏, 每样地围栏两处, 面积均为 50m×50m, 分别设置为减牧区(载畜量和家畜品种不变, 放牧时间减半)和禁牧区(全年围封, 不放牧), 围栏外为自由放牧区。采样时间为 2014 年冬春放牧结束期(6 月初), 植物数量特征包括种盖度(针刺法)和生物量(标准收获法), 取样面积均为 25cm×25cm, 每样地 6 重复。

1.3 数据分析处理

应用 Excle2003 分别统计不同演替阶段和不同恢复措施下植物功能群(禾本科、莎草科、杂类草、豆科、灌丛)的相对盖度、相对生物量和重要值[重要值=(相对盖度+相对生物量)/2]。应用 SPSS11.5 对各草场植物功能群相对盖度、相对生物量和重要值进行单因素方差分析, 显著性系数为 0.05。

2 结果与分析

2.1 A 区植物群落数量特征对放牧强度改变的响应

A 区植物功能群数量特征对放牧强度响应存在二种类型, 第一类为减牧抑制型功能群, 主要包括莎草科功能群和杂类草。以莎草科功能群为例, 随放牧强度降低其功能群相对盖度由(16.1±0.5)%显著降低到(14.9±0.4)%($P < 0.05$), 其相对生物量由(16.9±0.5)% (自由放牧区)显著降低到(8.5±0.2)% (禁牧区) ($P < 0.05$); 第二类为减牧促进型功能群, 主要包括禾本科和豆科功能群, 以禾本科功能群为例, 随放牧强度降低该类功能群相对盖度由(19.8±0.6)% (自由放牧区)显著增加到(28.4±0.8)% (禁牧区) ($P < 0.05$), 其相对生物量由(25.2±0.7)% (自由放牧区)显著增加到(35.2±1.0)% (禁牧区) ($P < 0.05$) (图 2)。

2.2 B 区植物群落数量特征对放牧强度改变的响应

B 区植物功能群数量特征对放牧强度变化的响应过程分为三类, 第一类为适度放牧促进型功能群, 主要包括禾本科和杂类草功能群, 以禾本科功能群为例, 其相对盖度最高值出现在减牧区(34.6±1.0)%, 最低值出现在自由放牧区(4.0±0.1)%, 两者差异显著($P < 0.05$); 其相对生物量最高值出现在减牧区(41.7±1.2)%, 最低值出现在自由放牧区(6.0±0.2)%, 两者差异显著($P < 0.05$)。第二类为减牧抑制型功能群, 主要为豆科和灌丛功能群, 以豆科功能群为例, 随放牧强度减弱, 其相对盖度由(9.3±0.3)% (自由放牧区)显著降低到(4.8±0.1)% (减牧区)和(5.8±0.2)% (禁牧区) ($P < 0.05$); 其相对生物量由(14.6±0.7)% (自由放牧区)显著降低到(8.6±0.4)% (禁牧区) ($P < 0.05$)。第三类为减牧促进型, 主要包括莎草科植物, 其相对盖度由自由放牧区的(14.9±0.4)%显著增加到禁牧区的(29.3±0.8)% ($P < 0.05$); 其相对生物量由自由放牧区的(10.0±0.3)%显著增加到禁牧区的(33.7±1.0)% ($P < 0.05$) (图 3)。

2.3 C 区植物群落数量特征对放牧强度改变的响应

C 区植物功能群相对盖度对放牧强度变化的响应过程分为二类, 第一类为适度放牧促进型功能群, 主要包括杂类草功能群, 随放牧强度减弱其相对盖度最高值出现在减牧区(24.1±0.7)%, 最低值出现在自由放牧区(13.3±0.4)%, 两者差异显著($P < 0.05$); 其相对生物量最高值出现在减牧区(40.3±1.2)%, 最低值出现在自由放牧区的(35.1±1.0)%, 两者差异显著($P < 0.05$)。第二类为减牧抑制型功能群, 主要包括莎草科功能群

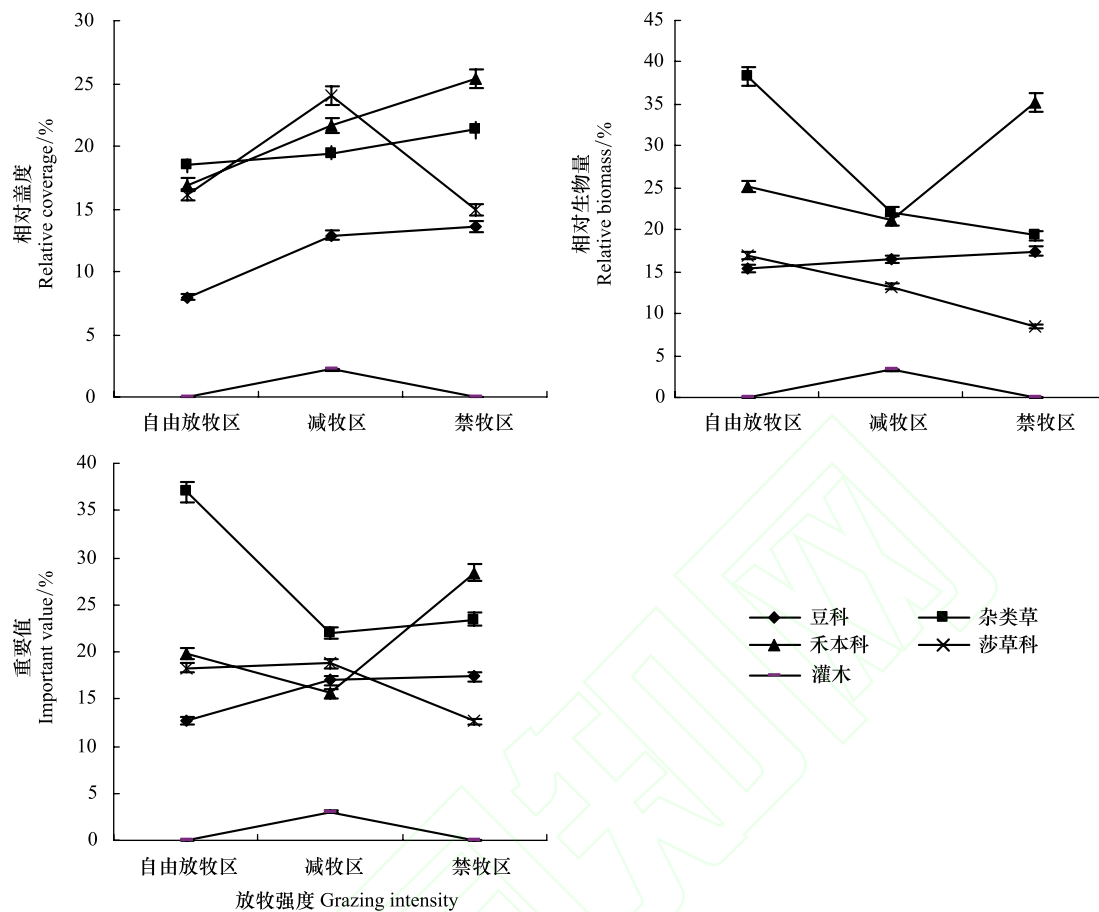


图2 禁牧、减牧和自由放牧区植物群落功能群对春季放牧的响应特征

Fig.2 Response characteristics of plant functional groups in different grazing intensity

a 代表植物功能群相对盖度, b 代表植物功能群相对生物量, c 代表植物功能群重要值; FGP 为自由放牧区 represent free grazing pasture; DGP 为减牧区 represent reduction grazing rate pasture; UGP 为禁牧区 represent un-grazing pasture

和禾本科功能群,以禾本科为例,放牧强度减弱其相对盖度由自由放牧区的(18.8±0.5)%显著减低到禁牧区的(16.9±0.5)%($P < 0.05$),其相对生物量由自由放牧区的(24.4±0.7)%显著降低到(16.5±0.5)%($P < 0.05$) (图4)。

2.4 D区植物群落数量特征对放牧强度改变的响应

D区植物功能群数量特征对放牧强度改变的响应过程分为三类,第一类为适度减牧促进型功能群,主要包括莎草科和杂类草功能群,以莎草科功能群为例,其相对盖度最高值出现在减牧区(37.8±1.1)%,最低值出现在禁牧区(22.0±0.6)%,且自由放牧区、减牧区和禁牧区差异显著($P < 0.05$);其相对生物量最高值出现在减牧区(33.9±1.0)%,最低值出现在自由放牧区(11.7±0.3)%,且自由放牧区、减牧区和禁牧区差异显著($P < 0.05$)。第二类为减牧促进型功能群,主要包括禾本科和豆科功能群,以禾本科为例,其相对盖度最高值出现在禁牧区(17.4±0.5)%,最低值出现在自由放牧区(12.6±0.6)%,自由放牧区与减牧区差异不显著($P > 0.05$),但显著低禁牧区($P < 0.05$);其相对生物量最低值出现在自由放牧区(19.4±0.6)%,最高值出现在减牧区(29.5±0.9)%。第三类为减牧抑制型功能群,主要包括杂类草,其相对盖度最高值出现在自由放牧区(18.6±0.5)%,最低值出现在减牧区(11.4±0.3)%;其相对生物量最高值出现在自由放牧区(47.1±1.4)%,最低值出现在减牧区(19.3±0.6)%和禁牧区(20.6±0.6)%,其中禁牧区和减牧区差异不显著($P > 0.05$),同自由放牧区差异显著($P < 0.05$) (图5)。

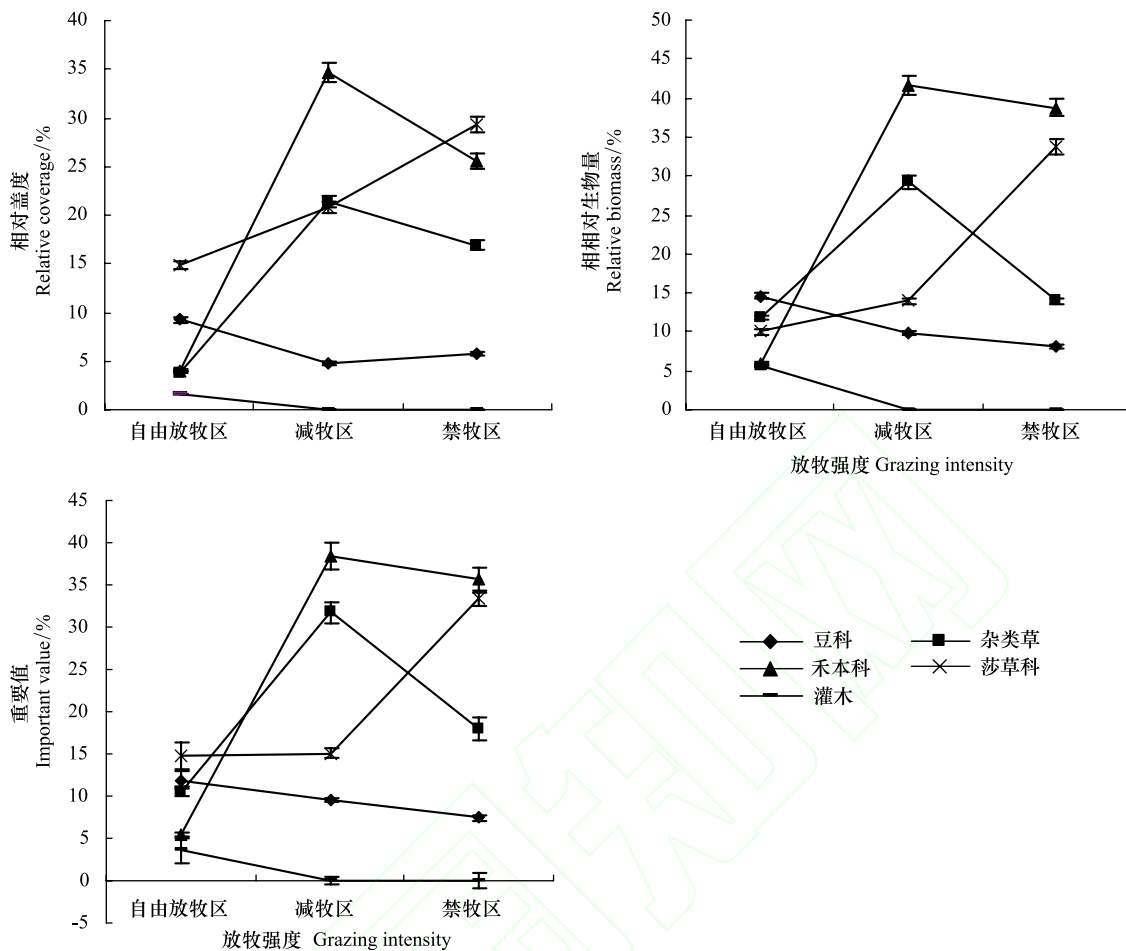


图3 禁牧、减牧和自由放牧区植物群落功能群对春季放牧的响应特征

Fig.3 Response characteristics of plant functional groups in different grazing intensity

a 代表植物功能群相对盖度, b 代表植物功能群相对生物量, c 代表植物功能群重要值; FGP: 自由放牧区 free grazing pasture; DGP: 减牧区 reduction grazing rate pasture; UGP: 禁牧区 un-grazing pasture

3 讨论

3.1 植物功能群的生长策略导致其对放牧压力响应的不同

放牧草地是一个具有自然属性的农业生产资料,植物生产属于该系统的初级生产层,是农业生产的基础。放牧家畜对草场植物群落数量特征控制作用受家畜数量、种类、体尺特征 (body size)、环境类型和时空尺度等因素影响^[16],而家畜对植物种类差异化的利用方式、植物对家畜放牧行为的抵抗力和限度是植物群落特征发生分异的主要原因^[17-18]。

禾本科植物和莎草科植物是高寒嵩草草甸的优良牧草。禾本科植物垂直高度一般高于莎草科植物,即便在植物生长初期禾本科植物往往处于莎草科植物之上,被家畜优先采食。但在放牧强度加大时,禾本科和莎草科植物在群落中的盖度、生物量均呈下降趋势^[2,9],由于家畜采食对可食性牧草高度具有均一化作用,导致两种功能群盖度和生物量下降的速率不同,进而使其在群落中的地位和作用发生分歧。

高寒嵩草草甸最早返青的是禾本科植物,也是受春季放牧胁迫最大的功能群,对于放牧较轻的退化高寒嵩草草甸,禾本科功能群在群落中的地位和作用高于莎草科功能群;随放牧强度加大禾本科植物在功能群中的地位逐渐被莎草科植物取代,尤其表现在盖度上。

莎草科功能群组构成同其在群落中的地位具有一定关联性,当莎草科功能群以矮嵩草 (*K. humilis*) 为

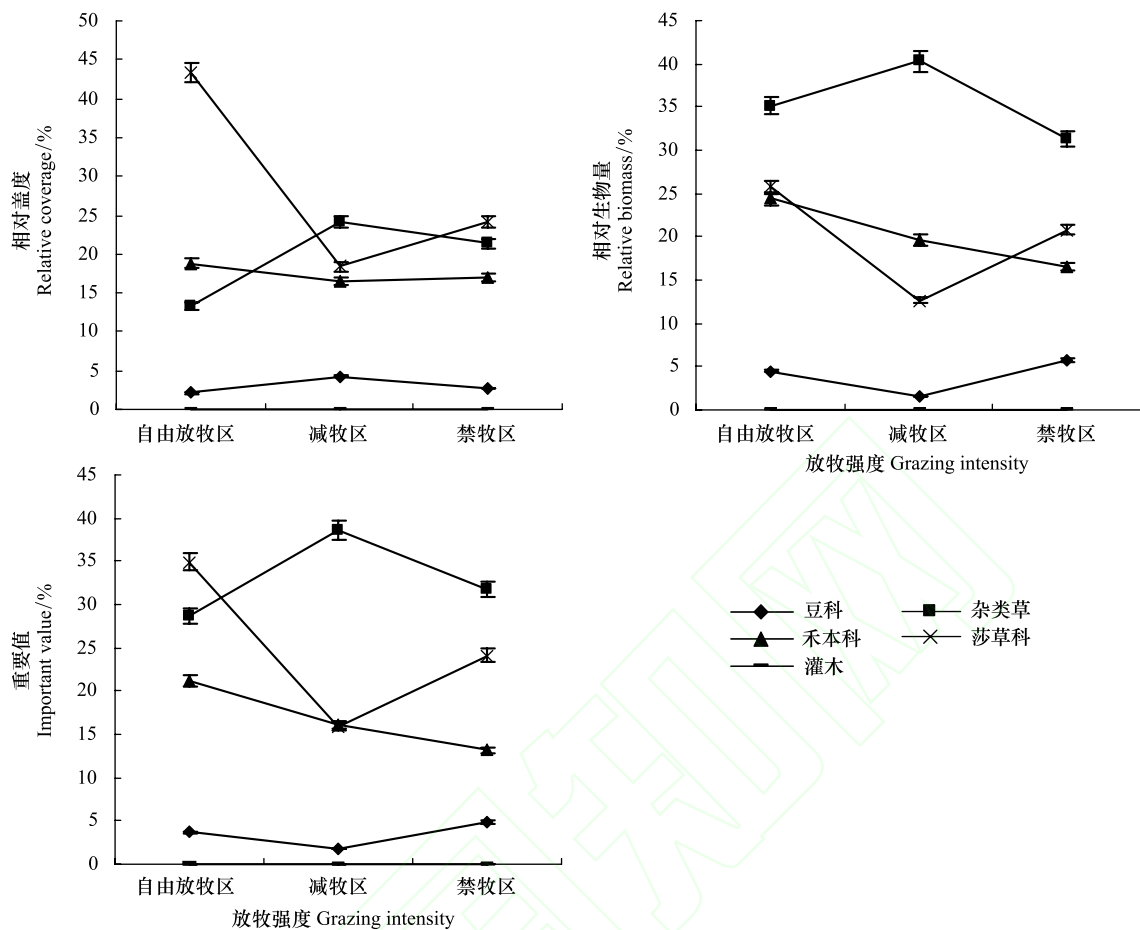


图 4 禁牧、减牧和自由放牧区植物群落功能群对春季放牧的响应特征

Fig.4 Response characteristics of plant functional groups in different grazing intensity

a 代表植物功能群相对盖度, b 代表植物功能群相对生物量, c 代表植物功能群重要值

优势种时(A和B放牧区),放牧强度越大,莎草科功能群在群落中的地位越高;而当莎草科功能群以小嵩草(*K. pygmaea*)为优势种时,随放牧强度增大,其在群落中地位越小。主要因为小嵩草(*K. pygmaea*)为密丛型植物,且地上生物量相对较少,容易形成大面积的小嵩草(*K. pygmaea*)斑块,该斑块导致草毡表层紧实度增高,土壤的通气透水能力减弱,斑块与斑块交界处在冻融交替作用下产生裂缝,裂缝区域土质较为疏松,成为水分的主要入渗点^[7,19],裂缝区域环境条件优于小嵩草斑块,最终导致该类草地形成两种截然不同的微地形,即小嵩草斑块(特点是小嵩草占绝对优势)和裂缝区域(禾本科植物及其他靠种子繁殖植物占优势)。因此当小嵩草(*K. pygmaea*)在莎草科功能群中比例较高时,地表中裂缝面积保持在一定范围内,有可能促进植物群落的恢复,当裂缝进一步扩大成为塌陷坑时,雨水冲刷作用容易造成表层土壤流失,不利于草地恢复。说明一定程度的裂缝有助于退化小嵩草(*K. pygmaea*)草甸植被的恢复。

较低放牧强度和较高放牧强度下的退化草地,禁牧容易提高杂类草在群落中的地位和作用,但较高放牧强度下的高寒草甸地表裂缝较多,成为禾本科和杂类草拓植的主要区域^[20-21],从禾本科植物对资源占有的特征看,短期禁牧处理禾本科植物的地位可能同杂类草对等,但当草地恢复到一定程度,长期禁牧有助于提高阔叶植物(如杂类草)在群落中的地位,而降低莎草科植物在群落中的地位^[22],这种恢复草地往往牧用价值降低,不利于畜牧业生产,因此,较低放牧强度下的退化高寒嵩草草甸不宜采用封育措施进行恢复,但较高放牧强度下的退化高寒嵩草草甸封育能够增加禾本科植物的恢复潜力,导致草地向放牧顶级群落发展。

3.2 不同退化演替阶段高寒嵩草草甸自我恢复方式的选择

对不同退化演替阶段的减牧和禁牧均可以提高禾本科和莎草科功能群的绝对盖度和生物量^[2,9],但各功

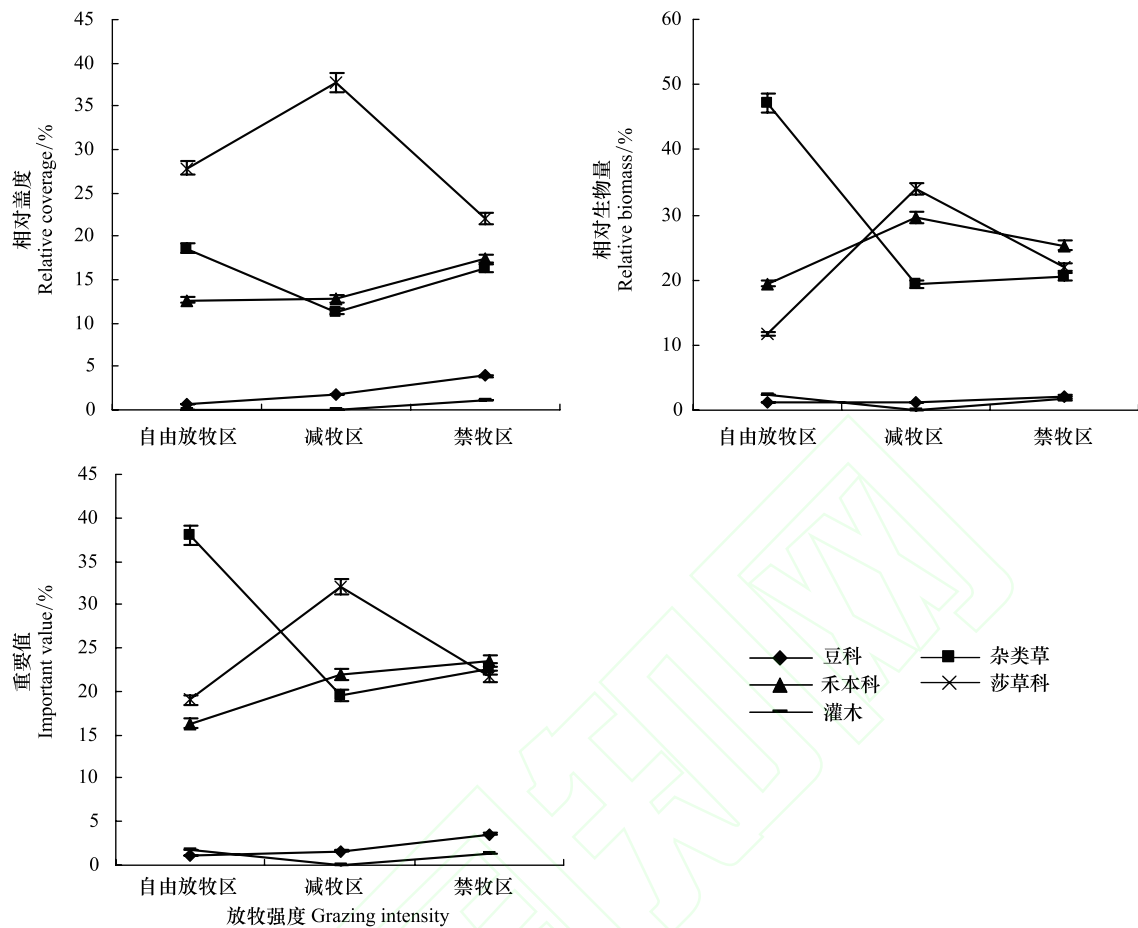


图5 禁牧、减牧和自由放牧区植物群落功能群对春季放牧的响应特征

Fig.5 Response characteristics of plant functional groups in different grazing intensity

a 代表植物功能群相对盖度, b 代表植物功能群相对生物量, c 代表植物功能群重要值

能群对减牧和禁牧处理的反馈速率和累积效应不同^[5]。

A 区的退化高寒嵩草草甸, 自由放牧时植物生长初期以禾本科功能群为优势植物, 减牧可以明显提高禾本科功能群和莎草科功能群在群落中的地位, 而降低了杂类草功能群在群落中的地位, 有利于草地向以禾本科和莎草科功能群为优势植物的放牧顶级群落发展, 但禁牧仅能提高禾本科植物在群落中的地位, 杂类草功能群地位的提是以牺牲莎草科功能群地位而得到的, 虽然这客观的提高了草地的生物多样性, 使得草地向生态恢复方向发展, 但有降低草地牧用价值的风险。综合比较, 放牧强度较小的退化草地减牧较禁牧更有利于草地向放牧顶级群落发展。

B 区, 莎草科植物以矮嵩草 (*K. humilis*) 为优势种, 由于放牧强度较 A 区重, 放牧强度降低可以明显增高莎草科功能群在群落中的相对盖度、相对生物量和重要值; 禾本科功能群在自由放牧区为放牧受限功能群, 一旦放牧减弱或解除, 其将得到迅速恢复, 尤其在减牧区。但禁牧区禾本科和莎草科功能群在群落中的综合作用达到最大, 并在一定程度上抑制了杂类草功能群对资源的占有, 使得草地向有利于生产服务的方向发展。

C 区处于小嵩草草甸草毡表层加厚期, 自由放牧时莎草科功能群在群落中的地位高于禾本科功能群, 当放牧减轻时, 杂类草功能群被优先恢复, 尤其是在减牧区; 禁牧区杂类草功能群在相对生物量和重要值上占绝对优势, 但禾本科和莎草科功能群在群落中的总体作用高于减牧区和自由放牧区。因此该区采用禁牧有利于草地向生产服务能力恢复的方向发展。

D 区处于小嵩草草甸草毡表层开裂期, 该区在自由放牧区杂类草功能群地位最高, 且莎草科功能群地位高于禾本科功能群, 放牧减轻有利于莎草科和禾本科功能群同时提高, 尤其在禁牧条件下, 禾本科和莎草科功

能群成为共优功能群,使得草地向有利于提高禾本科功能群在群落中的地位方向发展,因此该区域禁牧较减牧有利于草地向生产服务功能提高方向发展。

本研究仅以高寒嵩草草甸不同退化阶段草地封育 1 年的植物功能群特征为研究对象,探讨了植物生长初期对放牧强度改变的响应过程,发现植物群落数量特征在禁牧和减牧状态下确有改变,但由于研究时间较短,其在长期的封育和减牧状态下群落特征的变化还有待进一步研究。

4 结论

可食性牧草组分构成对退化高寒嵩草草甸恢复措施的选择具有重要影响,当可食性牧草以禾本科植物为优势种时,减牧处理可以得到很好的恢复,而禁牧容易增加草地中杂类草比重,不利于畜牧业生产;可食性牧草以莎草科植物为优势种时禁牧可以提高其恢复的时效性。

莎草科组分构成对高寒嵩草草甸恢复措施的选择具有重要影响,当莎草科功能群在群落中地位高于禾本科植物,且莎草科功能群以根茎密丛型植物如矮嵩草(*K. humilis*)为优势种时,放牧强度减轻,可以增加莎草科植物在群落中的地位,因此短期减牧和禁牧均提高可食性牧草在群落中的地位;而当莎草科功能群以密丛型植物如小嵩草(*K. pygmaea*)为优势种时,放牧降低,莎草科植物在群落中的地位亦降低,可食性牧草恢复的主体为禾本科植物。两者共同的特点是放牧强度越小越容易提高草地中可食性牧草在群落中的地位,因此该类退化草地选择短期禁牧较减牧更有利于草地恢复。

地表特征对高寒草甸退化恢复的贡献:小嵩草草甸草毡表层开裂期为植物群落的激变期,而由于冻融交替形成的裂缝是草地恢复的新生带,如果加以利用可以加速草地恢复,但在什么强度下的裂缝有助于草地恢复还有待进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 杨汝荣. 我国西部草地退化原因及可持续发展分析. 草业科学, 2002, 19(1): 23-27.
- [2] 林丽, 曹广民, 李以康, 张法伟, 郭小伟, 韩道瑞. 人类活动对青藏高原高寒矮嵩草草甸碳过程的影响. 生态学报, 2010, 30(15): 4012-4018.
- [3] 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. 草业科学, 1999, 16(2): 5-9.
- [4] 林丽, 李以康, 张法伟, 杜岩功, 郭小伟, 李婧, 刘淑丽, 曹广民. 高寒矮嵩草群落退化演替系列氮、磷生态化学计量学特征. 生态学报, 2013, 33(17): 5245-5251.
- [5] 王长庭, 龙瑞军, 王启兰, 曹广民, 施建军, 杜岩功. 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. 生态学报, 2008, 28(9): 4144-4152.
- [6] 边疆晖, 景增春, 樊乃昌, 周文扬. 地表覆盖物对高原鼠兔栖息地利用的影响. 兽类学报, 1999, 19(3): 212-220.
- [7] 林丽, 曹广民, 赵成章, 龙瑞军, 李以康, 张法伟, 梁东营, 王溪. 祁连山东段退化草地优势种抗牧性响应. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 218-222.
- [8] 林丽, 李以康, 崔莹, 张法伟, 韩道瑞, 郭小伟, 李婧, 曹广民. 青藏高原典型植被土壤溶解性氮与植物量相关性分析. 山地学报, 2012, 30(6): 721-727.
- [9] 李以康, 林丽, 张法伟, 梁东营, 王溪, 曹广民. 嵩草草甸退化和恢复过程中主要牧草演替和地表特征变化. 草业学报, 2010, 19(5): 179-185.
- [10] Dumont B, Garel J P, Ginane C, Decuq F, Farruggia A, Pradel P, Rigolot C, Petit M. Effect of cattle grazing a species-rich mountain pasture under different stocking rates on the dynamics of diet selection and sward structure. *Animal*, 2007, 1(7): 1042-1052.
- [11] Wu G L, Du G Z, Liu Z H, Thirgood S. Effect of fencing and grazing on a Kobresia-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau. *Plant and soil*, 2009, 319(1): 115-126.
- [12] Qi S, Zheng H X, Lin Q M, Li G T, Xi Z H, Zhao X R. Effects of livestock grazing intensity on soil biota in a semiarid steppe of Inner Mongolia. *Plant and Soil*, 2011, 340(1): 117-126.
- [13] Pollock M L, Holland J P, Morgan-Davies C, Morgan-Davies J, Waterhouse A. Reduced sheep grazing and biodiversity: a novel approach to selecting and measuring biodiversity indicators. *Rangeland Ecology & Management*, 2013, 66(4): 387-400.
- [14] 任继周. 草地农业生态学. 北京: 中国农业出版社, 1995.

- [15] 杜岩功, 曹广民, 王启兰, 王长庭. 放牧对高寒草甸地表特征和土壤物理性状的影响. 山地学报, 2007, 25(3): 338-343.
- [16] Bakker E S, Ritchie M E, Olf H, Milchunas D G, Knops J M H. Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters*, 2006, 9(7): 780-788.
- [17] Olf H, Ritchie M E, Prins H H T. Global environmental controls of diversity in large herbivores. *Nature*, 2002, 415(6874): 901-904.
- [18] Humphries H C, Coffin D P, Lauenroth W K L. An individual-based model of alpine plant distributions. *Ecological Modelling*, 1996, 84(1/3): 99-126.
- [19] 王彦龙, 马玉寿, 施建军, 董全民, 吴海艳, 盛利, 杨时海, 李世雄. 黄河源区高寒草甸不同植被生物量及土壤养分状况研究. 草地学报, 2011, 19(1): 1-6.
- [20] 侯扶江, 杨中艺. 放牧对草地的作用. 生态学报, 2006, 26(1): 244-264.
- [21] 朱志红, 王刚, 王孝安. 克隆植物矮蒿草对放牧的等级性反应. 生态学报, 2006, 26(1): 281-290.
- [22] Chen B X, Zhang X Z, Tao J, Wu J S, Wang J S, Shi P L, Zhang Y J, Yu C Q. The impact of climate change and anthropogenic activities on alpine grassland over the Qinghai-Tibet Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2014, 189-190: 11-18.

