

不同强度短期放牧对高寒草甸植被特征的影响

高成芬^{1,2}, 张德罡¹, 王国栋³

(1. 甘肃农业大学草业学院/草业生态系统教育部重点实验室/甘肃省草业工程实验室/中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省草原技术推广总站, 甘肃 兰州 730010; 3. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要:为探索不同强度短期放牧对高寒草甸植被特征的影响,在碌曲县加仓村选择禁牧5年的高寒草甸草地作为试验样地,通过不同强度放牧试验,探究其地上生物量变化规律及其相互之间的关系,结果表明:对照组禁牧的地上生物量值最大,为 $1\ 084\ \text{g}/\text{m}^2$,当放牧强度不断增大时,地上生物量逐步减小;重度放牧物种丰富度、Shannon-Wiener多样性指数最低,中度放牧最高,与“中度干扰理论”相契合;禾草和莎草在中度放牧条件下密度最大,重度放牧使禾草物种丰富度和株高减小,与禁牧差异显著($P < 0.05$);杂类草在重度放牧条件下所占比重最高,其中,当放牧强度逐渐增大时,毒草和可食杂草物种丰富度明显减小,毒草密度随着放牧强度增大而增加,但差异不显著($P > 0.05$),重度放牧可食杂草密度与禁牧、轻度放牧差异显著($P < 0.05$);试验区出现的毛茛科植物绝大多数为毒草,其物种丰富度和密度表现出了和毒草相似的变化趋势,即物种丰富度逐渐下降,密度逐渐增加,禁牧株高与三个放牧实验组差异显著($P < 0.05$)。因此适宜强度的牦牛放牧可使草地植被结构与功能得以改善,当高寒草甸发生退化时,可利用围栏禁牧作为有效恢复手段。

关键词:青藏高原;高寒草甸;放牧强度;植被特征

中图分类号:S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2021)05-0009-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyycp.2021.05.002

青藏高原素有“世界屋脊”之称,对全球气候变化、人类活动干扰响应敏感,是我国重要的牧区^[1]。草甸约占青藏高原面积的33%^[2],是当地进行畜牧业生产的基础,也是黄河、长江源头地区生态安全的重要屏障。由于受全球气候变化、不合理放牧、过度开垦等因素的影响,高寒草甸退化严重,部分地区出现了毒杂草蔓延、地上生物量降低、草原沙化和黑土滩等现象,可

食牧草、优良牧草比例逐渐下降^[3-7],对当地畜牧业的发展产生了制约^[8]。

草地最主要的生物干扰因子—放牧,是影响草地植物群落动态的重要因素^[9]。李永宏等^[10]认为从区域水平来看,气候条件、地形特征和土壤特性等环境因子决定了草地牧草生产,但是这些环境因子对同一地域的影响是恒定不变的或有规律变化的,在放牧条件下,植物群落特征与放牧强度关系密切。放牧对高寒草甸植被的影响,前人已进行过大量研究。周兴民等^[11]通过研究发现,牦牛能通过采食使某一植物在群落中的地位发生变化,最终改变植物群落结构。West等^[12-13]研究发现高强度放牧会使植物群落高度和生物多样性降低。张伟华^[14]的研究结果表明,地上生物量、高度、盖度随放牧强度增大而减小,其中,优质牧草地上生物量减少速度最快。

因此,本文以高寒草甸为研究对象,通过不同强度放牧试验,探究其地上生物量变化规律及其相互之间

收稿日期:2020-12-28; 修回日期:2021-03-04

基金项目:甘肃省农业科学院重点研发计划(2020GAAS22);农业科技支撑体系区域创新中心项目(2019GAAS51)

作者简介:高成芬(1992-),甘肃金昌人,农经师,研究方向为草地植物多样性保护。

E-mail:1770987028@qq.com

张德罡为通讯作者。

E-mail:zhangdg@gsau.edu.cn

的关系,对禾草、莎草、毒草、可食杂草和毛茛科植被特征进行分析,旨在探讨高寒草甸不同功能类群对不同牦牛放牧强度的敏感性、稳定性,为加大草原环境保护力度,提高放牧管理水平,维持草畜平衡,促进草原生态保护补助奖励机制更好实施提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

碌曲县位于青藏高原东部,地处 E 102°42', N 34°31', 平均海拔 3 600 m, 年均气温为 2.3℃, 年均日照时数 2 300 h, 年均降水量为 550 mm, 主要集中在 5~9 月, 其中 8 月最高, 为 156.9 mm。年均气温为 1.5℃, 最低温为 1 月 -7.4℃, 最高温为 8 月 13.8℃。5 月初牧草集中返青, 9~10 月枯黄, 只有约 120 d 的生长期。

草地类型是高寒草甸类高山嵩草型, 主要植物有矮嵩草 (*Kobresia humilis*)、藏苔草 (*Carex thibetica*)、线叶嵩草 (*Kobresia capillifolia*)、披碱草 (*Elymus dahuricus*)、钝叶银莲花 (*Anemone obtusiloba*)、矮金莲花 (*Trollius farreri* Stapf)、翠雀 (*Delphinium grandiflorum*)、高山唐松草 (*Thalictrum alpinum*)、鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserine*)、老鹳草 (*Geranium wilfordii* Maxim)、披针叶黄华 (*Thermopsis lanceolata*)。主要毒害草有秦艽 (*Gentian macrophylla*)、龙胆 (*Gentian scabra*)、黄帚橐吾 (*Ligularia virgaurrea*)、马先蒿 (*Pedicularis reaupinanta*)、毛果婆婆纳 (*Veronica eriogyne*)、甘肃棘豆 (*Oxytropis kansuensis*)、毛茛 (*Ranunculus japonicus*) 等。

1.2 试验设计

在碌曲县加仓村选择 60 hm² 禁牧 5 年的高寒草甸草地为试验样地, 坡度约为 3°, 外围设置围栏, 采用单因素(放牧强度)随机区组试验设计。设置 4 个放牧强度, 即: 禁牧(对照, G0)、轻度放牧(15 羊单位/hm², G1)、中度放牧(25 羊单位/hm², G2) 和重度放牧(35 羊单位/hm², G3), 按照 1 牦牛=5 个标准羊单位进行换算, 每一强度重复 3 次, 每个小区面积 5 hm², 共 12 个。开始放牧时间为 2019 年 6 月 11 日, 10 月 10 日结束放牧, 放牧时间为 120 d, 共选用体重相近、健康无病的成年牦牛 225 头, 白天自由放牧, 夜间赶回圈舍休息。10 月 11 日, 在每个小区随机取面积为 1 m×1 m 的样方, 重复 9 次, 对样方内出现的植物种类、物种密

度、株高等指标进行测录。许国成等^[16]认为广泛分布在甘肃草原上的有毒植物以毛茛科、龙胆科、豆科、大戟科、茄科的有毒种最多, 本试验区中出现的有毒植物也以毛茛科最多, 群落中毛茛科占比远大于其他杂类草, 为进一步探究毛茛科植物对放牧强度的敏感程度, 将样方内的植物齐地面刈割, 按照禾草、莎草、杂类草(分为毒草、可食杂草)、毛茛科分组, 先测其鲜重, 并于烘箱内 65℃ 烘干测定生物量。样方中植物种类、密度、高度指标的测定方法如下:

植物种类: 记录在样方中出现的植物名称;

密度: 数出每一样方中每一植物植株数;

高度: 在样方内随机选取每种植物各 5 株(不足 5 株者全部测定), 测定植株自然高度, 计算每种植物的平均高度。

表 1 研究样地设置

Table 1 Experiment design

放牧处理	样地面积/ hm ²	牦牛 头数	放牧强度/ (羊单位·hm ⁻²)	放牧 时间/d
G0	5	0	0	0
G1	5	15	15	120
G2	5	25	25	120
G3	5	35	35	120

1.3 数据处理与分析

(1) 物种丰富度指数(D), 测定有毒植物物种丰富度:

$$D=S$$

式中: S 为样方内出现的植物物种丰富度。

(2) 生物多样性指数采用 Shannon—Wiener 指数(H):

$$H=-\sum(P_i)(\ln P_i)$$

式中: P_i 为此物种个体数占总个体数比例。

试验数据整理录入 EXCEL, 并用 SPSS 26.0 软件在 0.05 显著性水平下进行统计方差分析(单因素方差分析)。用 Duncan 法对牧草群落物种丰富度、密度、物种多样性指数进行多重比较, 研究上述指标之间有无差异性。对禾草、莎草、杂类草(毒草、可食杂草)、毛茛科的物种丰富度、密度和株高, 用 Duncan 法进行多重比较, 研究不同功能群对放牧强度的敏感程度。

2 结果与分析

2.1 放牧强度对高寒草甸地上生物量的影响

牧草按经济类型可分为优良牧草和杂类草,其中优良牧草主要包括禾草和莎草,研究表明牲畜采食最主要的牧草为禾草和莎草,杂类草包括毒草和可食杂草。试验发现,高寒草甸地上生物量和禾草比例随着

放牧强度增大而逐步降低,莎草、毒草和毛茛科牧草的比例随着放牧强度增大而逐步提高。地上生物量在对照区最大,为 $1\ 084\ \text{g}/\text{m}^2$,其中禾草地上生物量占总生物量的 19%,莎草占 26.98%。重度放牧下地上生物量最小,为 $632.87\ \text{g}/\text{m}^2$,其中杂类草地上生物量占总生物量的 43.6%,禾草占 16.8%,说明在重度放牧水平下牲畜采食性低的杂类草显现出优势(表 2)。

表 2 不同放牧强度下高寒草甸功能群的地上生物量

Table 2 Effect of grazing intensity on aboveground biomass of different functional groups in alpine meadow g/m^2

放牧强度	禾草	莎草	毒杂草	可食杂草	毛茛科	总和
轻牧	219 ± 6.85^b	227.8 ± 9.62^b	157.7 ± 2.11^b	183.9 ± 3.2^b	87.6 ± 1.44^b	876 ± 23.22^b
中牧	130.3 ± 1.55^c	187.9 ± 4.08^c	144.5 ± 3.84^c	163.8 ± 1.88^c	85.4 ± 1.21^b	712 ± 12.56^c
重牧	101.8 ± 2.55^d	172.8 ± 5.63^c	139.2 ± 3.77^c	136.7 ± 4.91^d	82.4 ± 1.53^b	632.87 ± 18.39^d
对照	205.9 ± 9.54^a	292.5 ± 24.37^a	202.7 ± 22.06^a	224.6 ± 27.97^a	158.3 ± 11.33^a	$1\ 084 \pm 95.27^a$

注:同列不同小写字母表示不同放牧处理间差异显著($P < 0.05$),下同

2.2 放牧强度对植被群落特征的影响

植被群落物种丰富度在中度放牧条件下最高,并且重度放牧显著低于其他放牧处理($P < 0.05$)(表 3)。此外,随着放牧强度的增加,植被群落密度出现先增后

降的趋势,但是三组之间差异不显著($P > 0.05$)(表 3)。在重度放牧下,物种多样性指数显著低于其他放牧水平($P < 0.05$)(表 3)。

表 3 不同放牧强度下的植被群落物种丰富度、密度

Table 3 Effects of yak grazing intensity on the species richness and density of vegetation community

指标	对照	轻牧	中牧	重牧
物种丰富度	20.33 ± 1.20^a	21.78 ± 1.55^{ab}	23.11 ± 0.77^b	16.22 ± 0.94^c
物种密度/(株· m^{-2})	229.67 ± 2.03^a	219.22 ± 8.62^a	237.11 ± 13.69^a	227 ± 10.04^a
物种多样性指数	3.85 ± 0.22^a	4.05 ± 0.18^b	4.07 ± 0.23^b	3.42 ± 0.72^c

注:同行不同小写字母表示不同放牧处理间差异显著($P < 0.05$)

2.3 放牧强度对不同功能群植被特征的影响

随着放牧强度的增大,禾草地上生物量占总生物量的比例逐渐减小(表 2),物种丰富度逐步降低,但没有差异性($P > 0.05$),中度放牧和重度放牧显著低于对照区($P < 0.05$)(图 1)。同时群落密度随着放牧强度的增大呈现出先增大后减小的趋势,3 个处理之间没有差异性($P > 0.05$)(图 2),但是轻度放牧显著低于对照组($P < 0.05$)。此外,对照区禾草株高与其他 3 个放牧处理差异显著($P < 0.05$),放牧强度增大时,禾草株高逐步降低(图 3)。

放牧强度不断增加时,莎草地上生物量占总生物量的比例逐渐增加(表 2),物种丰富度和群落密度均呈现先增后减的趋势,其中物种丰富度在中度放牧和对照组之间具有差异性($P < 0.05$)(图 1),密度之间差异不显著($P > 0.05$)(图 2)。莎草株高随着放牧强度

增大而不断增加,重度放牧与其他 3 组之间差异极显著($P < 0.05$)(图 1)。

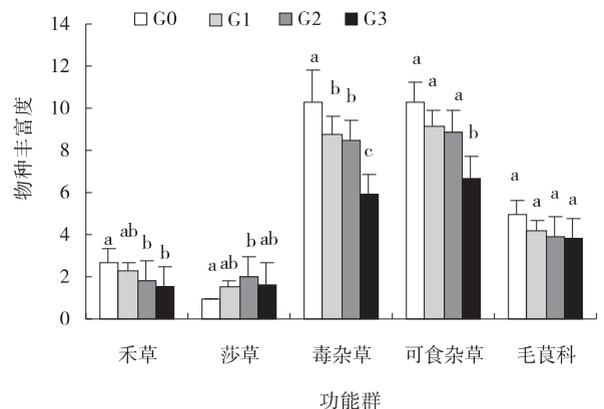


图 1 不同功能群植被的物种丰富度

Fig. 1 Effects of grazing on the species richness of different functional groups

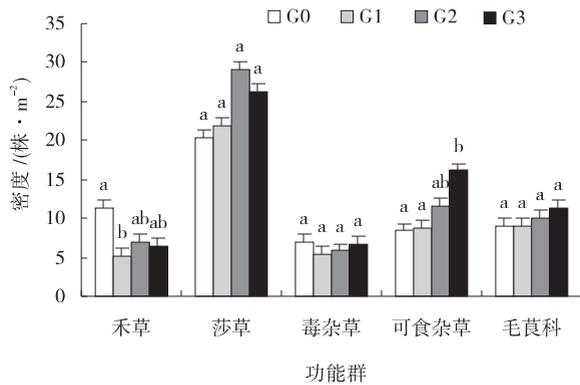


图2 不同功能群植被的密度

Fig. 2 Effects of grazing on the vegetation density

of different functional groups

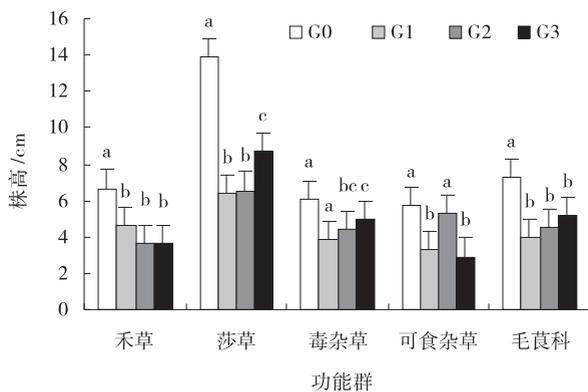


图3 不同功能群植被的高度

Fig. 3 Effects of grazing on the plant height of

different functional groups

根据《中国天然草地有毒有害植物名录》《甘肃草原植物图谱》等文献资料,统计出试验区出现有毒植物 18 种,分属 7 科,最多的为毛茛科,有 6 种,其次是龙胆科和豆科(各有 3 种),玄参科、菊科各出现 2 种,木贼科、大戟科均只有 1 种(表 4)。研究表明,毒草地上生物量占总生物量的比例随放牧强度增大而提高(表 2),重度放牧条件下物种丰富度最低,与轻度放牧、中度放牧、对照组均差异显著($P < 0.05$)(图 1)。在放牧水平下,密度和高度在重度放牧达到最高,其中重度放牧植物株高与轻度放牧差异显著($P < 0.05$)(图 3)。

可食杂草地上生物量占总生物量的比例随放牧强度的增大出现先增后减的趋势,物种丰富度依次减小,重度放牧显著低于其他放牧处理组($P < 0.05$)(图 1)。随着放牧强度的增大,可食杂草密度逐渐增大,重度放牧与轻度放牧差异显著($P < 0.05$)(图 2)。与此同时,可食杂草株高呈现出先提高后降低的趋势,且中度放牧与重度放牧、轻度放牧差异显著($P < 0.05$)(图 3)。

研究表明,放牧强度不断增加时,毛茛科地上生物量占总生物量的比例逐渐增加(表 2)。物种丰富度逐渐降低,群落密度密度逐渐增加,但是 3 个放牧梯度之间差异不显著($P > 0.05$)(图 2)。株高随着放牧强度

表 4 高寒草甸试验区中有毒植物种类

Table 4 The list of poisonous plants in alpine meadow

科名	属名	种名	有毒部位
耧斗科 Ranunculaceae	唐松草属 <i>Thalictrum</i>	高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	
毛茛科 Ranunculaceae	银莲花属 <i>Anemone</i>	银莲花 <i>Anemone cathayensis</i>	全株
毛茛科 Ranunculaceae	毛茛属 <i>Ranunculus</i>	细叶毛茛 <i>Ranunculus affinis</i>	全株
毛茛科 Ranunculaceae	驴蹄草属 <i>Caltha</i>	驴蹄草 <i>Caltha palustris</i>	全株
毛茛科 Ranunculaceae	翠雀属 <i>Delphinium</i>	翠雀 <i>Delphinium grandiflorum</i>	全株
毛茛科 Ranunculaceae	金莲花属 <i>Trollius</i>	矮金莲花 <i>Trollius farreri</i>	微毒
豆科 Leguminosae	棘豆属 <i>Oxytropis</i>	甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	全株
豆科 Leguminosae	高山豆属 <i>Tibetia</i>	高山豆 <i>Tibetia himalaica</i>	
耧斗科 Leguminosae	黄华属 <i>Thermopsis</i>	披针叶黄华 <i>Thermopsis lanceolata</i>	
龙胆科 Gentianaceae	龙胆属 <i>Gentian</i>	秦艽 <i>Gentian macrophylla</i>	全株
龙胆科 Gentianaceae	龙胆属 <i>Gentian</i>	龙胆 <i>Gentian scabra</i>	全株
龙胆科 Gentianaceae	花锚属 <i>Halenia</i>	花锚 <i>Halenia corniculata</i>	全株
玄参科 Scrophulariaceae	马先蒿属 <i>Pedicularis</i>	马先蒿 <i>Pedicularis reaupinanta</i>	全株
玄参科 Scrophulariaceae	婆婆纳属 <i>Veronica</i>	毛果婆婆纳 <i>Veronica eriogyne</i>	全株
菊科 Compositae	香青属 <i>Anaphalis</i>	乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	全株
菊科 Compositae	橐吾属 <i>Ligularia</i>	黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	全株
木贼科 Equisetaceae	木贼属 <i>Equisetum</i>	问荆 <i>Equisetum arvense</i>	全株
大戟科 Equisetaceae	大戟属 <i>Euphorbia</i>	乳浆大戟 <i>Euphorbia esula</i>	全株

的增加而逐渐增加,在重度放牧水平下达到最高。

3 讨论

3.1 放牧强度对地上生物量的影响

本试验表明,高寒草甸地上生物量随放牧强度的增大而逐渐减少,优良牧草比例也在降低,杂类草比例依次增加。这可能是因为随着放牧强度的增加,牦牛对优良牧草采食频繁,植被叶面积指数下降,导致被啃食过的优良牧草不能在短时间内得以生长恢复与繁殖,因此,优良牧草比例降低。同时,处于草地上层的禾草减少,为下层植株较小的杂类草和一些喜光的双子叶植物的生长发育增加了群落透光率,使得杂类草不断与优良牧草竞争资源环境,抑制了禾草的补偿性生长,提高了光合作用速率,干物质积累增加,地上生物量占比增加,出现了牲畜采食性低的杂类草逐渐替代优良牧草的趋势。

3.2 放牧强度对植物群落特征的影响

随着放牧强度的增加,牦牛对土壤的践踏程度加重,导致土壤表面压实易板结,此外粪尿排泄也在增加,易造成土壤容重增大^[17],对草地土壤的渗透性、通气性与蓄水能力产生一定影响,进而降低草地植物群落生产力,阻碍优良牧草生长和发育。研究表明载畜率与草地植物生长呈正相关,载畜率较大时,被采食的植物短时间内不能生长繁殖。在重度放牧水平下,家畜为满足饱腹要求,降低了对牧草的选择性采食,加之行走的时间和步数增多,植物因被反复啃食、践踏而变得低矮,植被物种丰富度和密度下降。

本研究表明,禾草和莎草对放牧强度的敏感性相似,群落密度在中度放牧下最大。其原因可能是因禾草营养价值和适口性较高,被牦牛优先采食,导致植株高变化明显。适度放牧刺激了禾草生长繁殖,随着植株高的禾草被采食,下层低矮莎草获得的光增多,莎草竞争力增强,光合作用速率提高,物种丰富度、密度、株高增加。此外,重度放牧下,牲畜反复啃食、践踏处在营养生长阶段的禾草,导致禾草生长发育被抑制,群落密度、高度在重度放牧最低。在放牧条件下,莎草群落密度差异不显著,其原因可能是以营养繁殖为主、具有耐牧耐踏特点的地下芽茎植物是高寒草甸的优势种,重度放牧对其繁殖无影响。因此,基于以上两种原因,莎草才得以生长良好,这与周兴民^[11]的研究结果相一致。

本研究表明,放牧强度不断增大,毒草、可食杂类草和毛茛科物种丰富度依次降低,重度放牧水平下毒草地上生物量占比最高,毒草和毛茛科株高最高。其原因可能是随着放牧强度持续增大,优良牧草逐渐减少,当食物资源短缺后,牦牛便会采食适口性差的低矮植物,这些低矮植物主要是毒草和可食杂草,从而使可食杂草、毒草和毛茛科物种丰富度逐渐降低^[18],这与王志鹏^[19]的研究结果相一致,但与王向涛^[9]重度放牧条件下毒草地上生物量和总盖度最低结论相反,可能原因是试验区主要毒草高山唐松草(*Thalictrum alpinum*)、翠雀(*Delphinium grandiflorum*)、马先蒿(*Pedicularis reaupinanta*)、黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)、花锚(*Halenia corniculata*)等在8月处于生长旺盛季节,重度放牧水平下,牦牛过度采食优良牧草,使得毒草获得竞争优势。此次试验,毛茛科共有7种,分别是小花草玉梅、高山唐松草、银莲花、矮金莲花、驴蹄草、细叶毛茛、翠雀,其中6种为有毒或微毒植物。重度放牧干扰为毒杂草生长提供了有利的空间、阳光资源,而且有毒植物根系分泌的化学物质会降低其它牧草种子萌发率,对牧草生长起到抑制作用,因此,在重牧放牧水平下毒草和毛茛科株高显著提高。

3.3 放牧强度对植物多样性的影响

物种多样性指数是反映植物群落结构内物种丰富度和均匀性的重要参数。中度干扰理论认为,在中等干扰强度下群落的物种多样性最高。本研究表明,轻度放牧和重度放牧之间物种多样性指数并没有显著的差异,但与对照组、重度放牧之间差异显著,就3个放牧水平相比而言,中度放牧条件下的物种多样性最高,同时,其植被丰富度也最高,符合中度干扰理论,这与江小雷^[20]、陈昕^[21]、付伟^[22]的研究结果一致。这可能是因为轻度放牧水平下,牦牛的选择性采食使得位于上层的优质禾草、莎草的生物量降低,为位于中下层的杂类草提供了有利生存环境,造成植物群落物种组成发生变化,进而使得植被物种多样性发生改变。对于轻度放牧和重度放牧来说,中度放牧具有较高的地上生物量、物种丰富度、密度以及物种多样性,可能是放牧加速了土壤养分的循环及超补偿性的原因^[23],同时家畜的践踏还能造成更多的微生境,有利于竞争力弱的植物。然而,当放牧强度不断增加,食物资源发生短缺,家畜采食那些适口性差的杂类草,从而使物种多样性降低^[21-39]。

4 结论

牧草地上生物量对牦牛放牧强度具有较强的敏感性,改变了地上植物物种组成,生物多样性在中度放牧下最高,并且禾草和莎草密度达到最大。而重度放牧则使毒杂草和可食杂类草密度陡增,物种丰富度骤减,毛茛科因大量植物为毒草,在密度上表现出了和毒草相似的趋势。因此,在高寒草甸利用中,若以单一牦牛为放牧对象,需要合理规划牦牛放牧强度。适宜强度的牦牛放牧可对草地植被结构与功能起到改善作用,另外,当高寒草甸出现退化时,可采取围栏禁牧作为有效的恢复手段。

参考文献:

- [1] 廖克.“世界第三极”地球信息科学的高度结晶[J]. 地球信息,1996(1):54—56.
- [2] 张金霞,曹广民,周党卫,等. 草毡寒冻锥形土 CO₂释放特征[J]. 生态学报,2001,21(4):544—549.
- [3] 尚占环,龙瑞军,马玉寿. 青藏高原“黑土滩”次生毒杂草群落成体植株与幼苗空间异质性及相似性分析[J]. 植物生态学报,2008,32(5):1157—1165.
- [4] 赵成章,樊胜岳,殷翠琴,等. 毒杂草性退化草地植被群落特征的研究[J]. 中国沙漠,2004,24(4):507—512.
- [5] 赵宝玉,刘忠艳,万学攀,等. 中国西部草地毒草危害及治理对策[J]. 中国农业科学,2008,41(10):3094—3103.
- [6] 邢福,刘卫国,王成伟. 中国草地有毒植物研究进展[J]. 中国草地学报,2001,23(5):57—62.
- [7] 任继周. 草业科学概论[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [8] 朱建国,袁翀. 甘南州发展草产业的前景与对策[J]. 草业科学,2002,19(2):26—28.
- [9] 王向涛,张世虎,陈懂懂,等. 不同放牧强度下高寒草甸植被特征和土壤养分变化研究[J]. 草地学报,2010,18(4):510—516.
- [10] 李永宏,汪诗平. 放牧对草原植物的影响[J]. 中国草地,1999(3):11—19.
- [11] 周兴民,王启基,张堰青. 不同放牧强度下高寒草甸植被演替规律的数量分析[J]. 植物生态学与地植物学学报,1987,11(4):276—285.
- [12] West N E. Biodiversity of rangeland[J]. Journal of Range Management,1993,48(1):2—13.
- [13] Oatibia G R, Aguiar M R. Continuous moderate grazing management promotes biomass production in Patagonian arid rangelands[J]. Journal of Arid Environments,2016,125(FEB.):73—79.
- [14] 张伟华,关世英,李跃进. 不同牧压强度对草原土壤水分、养分及其地上生物量的影响[J]. 干旱区资源与环境,2000,14(4):61—64.
- [15] 魏斌,葛庆征,张灵菲等. 草地植被恢复措施对高寒草甸有毒植物的影响[J]. 草业科学,2012,29(11):1665—1670.
- [16] 许国成,谭成虎. 甘肃草原毒草危害现状及防治对策[J]. 中国畜牧业,2013(4):54—55.
- [17] 杨青,何贵永,孙浩智,等. 青藏高原高寒草甸土壤理化性质及微生物量对放牧强度的响应[J]. 甘肃农业大学学报,2013,48(4):76—81.
- [18] 黄国胜,杨正荣. 不同放牧强度对高寒草甸的影响[J]. 畜牧兽医学报,2019(6):9—10.
- [19] 王志鹏,张兆杰,花立民. 不同放牧强度对高寒草甸有毒植物多样性的影响[J]. 草原与草坪,2019,39(5):75—81.
- [20] 江小雷,张卫国,等. 不同演替阶段鼯鼠土丘群落植物多样性变化研究[J]. 应用生态学报,2004,15(5):814—818.
- [21] 陈昕. 不同利用方式下高寒草甸的植被变化[J]. 畜牧兽医杂志,2017,36(5):84—86.
- [22] 付伟,赵俊权,杜国祯. 青藏高原高寒草地放牧生态系统可持续发展研究[J]. 草原与草坪,2013,33(1):84—88.
- [23] Begon M, Harper J L, Townsend C R. Ecology: individuals, populations and communities[M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications,1990:57.
- [24] 董全明,李青云,施建军,等. 放牧强度对高寒草甸草场地上生物量和牦牛生长的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志,2002,32(3):5—7.
- [25] 牛钰杰,杨思维,花立民. 放牧度与季节因子对高寒草甸植物群落组成的影响[J]. 草原与草坪,2020,41(6):16—23.
- [26] 杜岩功,曹广民,王启兰,等. 放牧对高寒草甸地表特征和土壤物理性状的影响[J]. 山地学报,2007,25(3):338—343.
- [27] 任继周. 草地农业生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995:51—84.
- [28] 王玉辉,何兴元. 放牧强度对羊草草原的影响[J]. 草地学报,2002,10(1):45—49.
- [29] 汪诗平,李永宏. 内蒙古典型草原草畜系统适宜放牧率的研究[J]. 草地学报,1999,7(3):183—191.
- [30] 王德利,吕新龙. 不同放牧密度对草原植被特征的影响分析[J]. 草业学报,1996,5(3):28—33.
- [31] 侯扶江,常生华,于应文,等. 放牧家畜的践踏作用研究

- 评述[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 784-789.
- [32] 程积民, 杜峰. 放牧对半干旱地区草地植被影响的研究[J]. 草地与牧草, 1999(6): 29-31.
- [33] 赵世姣, 尤延飞, 史芳芸, 等. 昌都高寒草甸草原 3 种有毒植物营养成分分析与评价[J]. 动物医学进展, 2018, 39(12): 133-137.
- [34] 党永桂, 马兴赞. 多年围栏封育对高寒草甸产草量的影响[J]. 青海草业, 2018, 27(4): 23-25.
- [35] 王长庭, 王根绪, 刘伟, 等. 施肥梯度对高寒草甸群落结构、功能和土壤质量的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(10): 3103-3113.
- [36] 王长庭, 龙瑞军, 丁路明. 青藏高原高寒嵩草草甸基本特征的研究[J]. 草业科学, 2004, 21(8): 16-19.
- [37] 刘颖, 王德利, 王旭, 等. 放牧强度对羊草草地植被特征的影响[J]. 草业学报, 2002, 11(2): 22-28.
- [38] 萨仁高娃. 不同放牧强度对典型草原植被、土壤及家畜增重的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011.
- [39] 鱼小军, 景媛媛, 段春华. 围栏与不同放牧强度对东祁连山高寒草甸植被和土壤的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(1): 232-258.

Effects of different intensity of short-term grazing on vegetation characteristics of alpine meadow

GAO Cheng-fen, ZHANG De-gang, WANG Guo-dong

(1. College of Pratacultural Science, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education/Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province/Sino-U. S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 2. Gansu Grassland Technical Extension Station, Lanzhou Gansu Province 730010 China; 3. Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture Institute, Lanzhou Gansu Province 730070 China)

Abstract: This study explored the effects of short-term grazing with different intensity on the vegetation characteristics of alpine meadow, which had prohibited from grazing for five years and located at Jiancang Village, Luqu County, Gansu, China. The results showed that the aboveground biomass was highest in the non-grazed control (1 084 g/m²), and decreased gradually along with the increasing grazing intensity. The species richness and Shannon Wiener diversity index were the highest under moderate grazing, and lowest under heavy grazing, which was consistent with “the moderate disturbance theory”. The density of grasses and sedges was the highest under moderate grazing. Heavy grazing significantly reduced the species richness and plant height of grasses compared with the control group ($P < 0.05$). With the increasing grazing intensity, the species richness of poisonous weeds and edible weeds decreased significantly. In response to the increasing grazing intensity, the density of poisonous weeds increased but not significantly ($P > 0.05$), while the density of edible weeds was significantly higher than that of the control group and light grazing ($P < 0.05$). Most Ranunculaceae plants in the experimental area were poisonous weeds, and their species richness and density showed a similar trend with poisonous grass. Plant height of the control group was significantly higher than that of the three grazing treatments ($P < 0.05$). Therefore, yak grazing with appropriate intensity could improve the structure and function of grassland vegetation and alleviate grassland degradation. In face of severe grassland degradation such as the sharp decrease of biomass and the loss of biodiversity, fencing could be used as an effective way to stop grazing.

Key words: Qinghai-Tibet Plateau; alpine meadow; grazing intensity; vegetation characteristics