

放牧强度对青藏高原东部高寒草甸植物群落特征的影响

仁青吉¹, 武高林^{2,3*}, 任国华³

(1. 甘肃省甘南州草原工作站, 甘肃 合作 747000; 2. 西北农林科技大学 中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100; 3. 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要:通过对青藏高原东部玛曲高寒嵩草草甸植物群落在3个放牧梯度下的特征比较,分析了该类草甸主要群落特征对放牧强度差异的响应。结果表明,随着放牧强度的增加,草甸群落的高度、盖度和地上生物量都呈现显著降低的趋势;草甸群落中优势种群的莎草科和禾本科物种的优势度逐渐降低,被一些杂草类物种(黄帚橐吾和火绒草)所取代。放牧强度的增加,导致了禾草类和莎草类功能群生物量比例的显著降低,及豆科类、毒草类和杂草类功能群生物量比例的显著增加。中度放牧下的草甸群落表现出了最高的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数,排序为中牧草甸>重牧草甸>禁牧草甸。随着放牧干扰强度的增加,高寒草甸群落将经历一个由上层的莎草类为主的草甸群落→上层莎草类+中层杂草类共存的草甸群落→中下层杂草类为主的草甸群落的演替过程。

关键词:放牧强度; 高寒草甸; 群落结构; 青藏高原

中图分类号:S812.8; Q948.15⁺8 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2009)05-0256-06

* 玛曲高寒草甸位于青藏高原东部的黄河首曲流域,这里独特的地理环境孕育了大面积的高寒草地和湿地生态系统,是黄河上游重要的生态屏障,具有重要的作用。然而,由于多方面的原因,目前玛曲境内的高寒草甸面临着严重的退化现状,其中,不合理放牧是导致青藏高原高寒草地退化的主要原因^[1]。放牧作为人类对草地生态系统的一种最主要的干扰方式,一直是草地生态学的研究热点之一。现有的研究主要集中在个体和种群水平上的特定物种功能特征和种群动态,及群落水平上的群落结构和生态系统功能的影响,及对放牧的响应^[2,3]。放牧强度的增加使地上部分生物量和净生产力显著降低^[4]。其次,家畜放牧可以通过其选择性采食行为直接影响某些植物种群动态,并间接地改变了群落结构^[2~4],通过践踏对草地表层土壤养分和水分环境的改变间接地导致了草地的退化^[5,6]。然而,适当的放牧可以维持较高的草地群落物种多样性^[7],同时由于草地植物超补偿生长的存在,适当放牧也可以增加草地的地上净生产力^[8]。相反,长期禁牧不仅会降低物种多样性^[9],而且可能会改变该草地群落的演替进程。本研究以玛曲境内的典型高寒嵩草草甸群落为研究对象,主要探讨该类草甸植被的主要群落特征对不同放牧强度响应,以便为该区确定合理的草地放牧和管理措施,实现高寒草地生态系统的可持续发展提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于甘肃省甘南州玛曲县曼日玛乡境内,地处东经 102°06', 北纬 33°38', 海拔为 3 538 m。年均温 1.1℃, 月均温从 1 月的一 10℃ 到 7 月的 11.7℃; 近年来的平均年降水量约为 615 mm, 主要集中在 6—8 月, 属高寒湿润区; 年日照时数约 2 580 h; 年平均霜日大于 270 d; 主体土壤类型为高寒草甸土, 植被以莎草科和疏丛型禾本科植物为主, 伴生有大量的杂类草, 为典型的高寒草甸植被类型。

* 收稿日期: 2009-02-17; 改回日期: 2009-03-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(30900177)和国家天然草原退牧还草工程玛曲县退牧还草试点工程项目(2005, 2006, 2007)资助。

作者简介: 仁青吉(1964-), 女, 甘肃夏河人, 畜牧师。

* 通讯作者。E-mail: gaolinwu@gmail.com

1.2 样地设置

试验样地为甘肃省玛曲县曼日玛乡的天然高寒嵩草草甸上的家庭冬季放牧地,植被类型是以莎草科(Cyperaceae)的蒿草属(*Kobresia*)和禾本科(Gramineae)的羊茅属(*Festuca*),早熟禾属(*Poa*),剪股颖属(*Agrostis*)的一些种和菊科(Compositae)的风毛菊属(*Saussurea*)及其他一些属的一些种为优势种并伴以其他杂草的典型高寒草甸。放牧家畜主要为牦牛和藏羊,放牧时间为每年的 11 月初一翌年 5 月初,期间进行连续放牧。于 2007 年 6 月在调查和实地考察的基础上,参照任继周^[10]对放牧强度和草地演替阶段的划分标准,根据草地地上生物量、家畜理论采食量和草场面积及放牧时间,确定了 3 家牧户的放牧草地作为本研究的 3 个放牧强度梯度,分别为禁牧、中度放牧和重度放牧(表 1)。禁牧草地为 1999 年国家“天保工程”以来的围栏封育草地。其中,放牧强度以单位面积草地上载畜量来计^[10]。

表 1 研究样地设置

Table 1 Plot design of this treatment

样地处理 Plot treatment	家畜数 Livestock numbers (头 Head)	样地面积 Plot area (hm ²)	载畜量 Carrying capacity (头 Head/hm ²)	草地利用率 Use efficiency (%)
禁牧 Non-grazing plot (NG)	0	12.0	0	<5
中牧 Moderately-grazing plot (MG)	21(牛)和 120(羊) 21 (Yark) and 120 (Sheep)	33.3	1.8	50
重牧 Heavily-grazing plot (HG)	72(牛)和 178(羊) 72 (Yark) and 178 (Sheep)	41.3	3.2	75

1.3 植被调查

2007 年 8 月中旬在每个样地随机设置 10 个 0.5 m×0.5 m 的固定样方。调查并记录每个样方内的植物种类、各物种在样方中的多度、高度、频度和盖度,将植物分物种齐地面剪下,然后将样品带回实验室,80℃下烘干至恒重称量。本研究中的 5 个功能群^[11]分别是:可食禾草(germinal species group, GSG)、可食莎草(sedge species group, SSG)、可食豆科草(leguminous species group, LSG);毒草类(noxious species group, NSG),包括黄帚橐吾(*Ligularia virgaurea*)、黄花棘豆(*Oxytropis ochrocephala*)及毛茛科和龙胆科中的不可食毒草等;以及可食杂类草(forbs species group, FSG),以上功能群之外的其他物种。

1.4 数据处理

物种重要值=(相对盖度+相对频度+相对高度)×100/3; Margalef 丰富度指数(Richness index): $R = (S-1)/\ln N$; Shannon-Wiener 多样性指数(H'): $H' = -\sum P_i \ln P_i$; Pielou's 均匀度指数(E): $E = H'/\ln(S)$; 式中, S 为每个样地样方中的总物种数, N 为每个样方中的全部物种的总个体数, P_i 为样方中第 i 种的生物量占全部物种生物量的比例。数据统计分析采用 SPSS 11.5 进行。单因子方差分析(ANOVA)和最小显著差数法(LSD)用于不同放牧强度下各指标间的比较和差异显著性检验($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同放牧强度下植物群落组成及数量特征

3 个放牧强度下的草甸群落物种组成及重要值存在明显的差异(表 2)。禁牧草甸群落由 22 个物种组成,以藏嵩草、异针茅、垂穗披碱草和褐鳞苔草等为主要优势种群,其平均植被高度为 23.5 cm,总盖度为 93.4%;中度放牧草甸群落包含了 35 个组分种,以藏嵩草、线叶嵩草、花萼驴蹄草和褐鳞苔草为主要优势种群,平均植被高度为 16.4 cm,总盖度为 82.5%;而重度放牧草甸群落的总物种数为 30,以黄帚橐吾、矮嵩草和火绒草为主要优势种群,其平均植被高度为 6.8 cm,总盖度为 54.7%。由此可见,随着放牧强度的增加,草甸群落中优势种群的莎草科和禾本科物种的优势度逐渐降低,其种群优势被一些阔叶杂草类物种(黄帚橐吾和火绒草)所取代。同时,放牧强度的增加导致了草甸植被高度和盖度的显著降低(图 1a, b),禁牧草甸与中牧草甸间呈显著差异($P < 0.05$),重牧草甸与前两者之间都呈极显著差异($P < 0.01$)。

2.2 不同放牧强度下植物群落的地上生物量及功能群比例变化

3个放牧强度下的草甸群落之间的地上生物量存在显著差异($P < 0.01$),放牧强度的增加显著降低了草地群落的地上生物量。不同放牧强度对应的生物量大小排序为禁牧草甸(573 g/m^2) > 中牧草甸(465 g/m^2) > 重牧草甸(284 g/m^2) (图 1c)。放牧强度的增加,导致了禾草类和莎草类功能群生物量比例的显著降低和豆科类、毒草类及杂草类功能群生物量比例的显著增加(图 2)。结果表明,在禾草类、莎草类和毒草类功能群内,禁牧草甸与中牧草甸间呈显著差异($P < 0.05$),重牧、禁牧和中牧之间都呈极显著差异($P < 0.01$);在豆科类和杂草类功能群内,3个放牧强度下都呈极显著差异($P < 0.01$)。在每个放牧强度下,各功能群的生物量比例之间也呈显著差异($P < 0.05$)。由此可见,随着放牧强度的增加,草甸群落经历了1个由莎禾草类为主→莎禾草类+杂草类共存→杂草类为主的演替过程。

2.3 不同放牧强度下植物群落物种多样性变化

物种丰富度及多样性变化是群落改变的一个重要特征。3个放牧强度下的草甸群落中,中度放牧草甸群落表现出了最高的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数(图 3),随着放牧强度的增加,呈抛物线型变化,3个指数大小排序都表现为中牧草甸 > 重牧草甸 > 禁牧草甸。

3 讨论

放牧行为是人类对高寒草甸的一种最主要的干扰方式,对植物群落既有消极的作用,也有积极的影响。放牧干扰对高寒草甸群落的直接影响体现在其地上生产力和群落结构的改变^[11,12]。过度放牧可以显著降低草甸群落的地上生物量和优质牧草类功能群的比例。高寒草甸群落的垂直结构主要包括最上层的优势种群莎禾草类物种,其次是中间层次的伴生种群毒杂草类物种和低层的豆科类物种^[13]。家畜的选择性采食行为首先是降低了易采食的上层优质牧草类物种(莎禾草类物种)的高度和盖度,抑制了这些物种的生长并降低了它们与其他物种的竞争能力;同时,为中间层次的毒杂草类和低层豆科类物种的生长创造了良好的微生境,加速了中下层物种种群的快速生长,进而导致了群落组分结构的变化。因此,放牧行为通过对草甸群落的微生态环境和主要组分种的种群动态的影

表 2 不同放牧强度下草甸植物群落物种组成及其重要值
Table 2 Species composition and their importance value of meadow plant communities in plots with different grazing intensity

群落物种组成 Species composition	放牧强度 Grazing intensity		
	禁牧 NG	中牧 MG	重牧 HG
藏嵩草 <i>Kobresia tibetica</i>	10.2	8.6	5.2
线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	6.8	8.5	5.3
褐鳞苔草 <i>Carex brunnescens</i>	9.4	7.5	—
矮嵩草 <i>K. humilis</i>	2.0	3.7	8.4
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	15.5	4.8	3.5
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	13.3	6.4	4.9
草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	8.7	3.5	2.6
芒剪股颖 <i>Agrostis trinii</i>	5.7	2.2	—
羊茅 <i>Festuca kansuensis</i>	7.5	4.6	—
花葶驴蹄草 <i>Caltha scaposa</i>	6.8	8.7	3.7
防风 <i>Saposhnikovia divaricata</i>	2.2	2.2	—
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	1.7	3.3	5.4
蒲公英 <i>Taraxacum officinale</i>	1.9	—	1.2
车前 <i>Plantago asiatica</i>	1.5	2.1	2.4
棱子芹 <i>Pleurospermum camtschaticum</i>	2.2	1.9	1.2
莲座蓟 <i>Cirsium esculentum</i>	3.3	—	—
贡蒿 <i>Carum carvi</i>	—	1.3	3.3
莓叶委陵菜 <i>P. fragarioides</i>	1.3	2.5	3.4
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	—	1.1	2.5
丝叶毛茛 <i>Ranunculus nematolobus</i>	2.4	2.6	3.2
喉花草 <i>Comastoma a pulmonaria</i>	—	1.4	1.5
花锚 <i>Halenia corniculata</i>	1.3	—	—
长毛风毛菊 <i>Saussurea hieracioides</i>	1.5	1.6	2.4
乳浆大戟 <i>Euphorbia esula</i>	—	1.8	3.3
风毛菊 <i>S. japonica</i>	3.5	1.5	2.4
条叶垂头菊 <i>Cremanthodium lineare</i>	—	2.2	2.8
矮金莲花 <i>Trollius farreri</i>	1.5	2.7	—
三脉梅花草 <i>Parnassia trinervis</i>	—	2.5	1.6
鳞片龙胆 <i>Gentiana squarrosa</i>	—	2.1	—
小米草 <i>Euphrasia pectinata</i>	—	1.7	2.6
二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i>	—	1.4	3.3
米口袋 <i>Gueldenstaedtia multiflora</i>	—	2.5	1.4
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	—	1.8	—
小花草玉梅 <i>Anemone rivularis</i>	—	1.4	—
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	—	2.2	—
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>	—	2.6	9.1
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	—	1.3	1.0
火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	—	2.4	8.2
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	—	—	2.4
婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	—	—	2.5
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrantha</i>	—	—	3.5

响,进而改变了其群落结构和物种多样性组成。高寒草甸群落中优势种或主要物种对放牧干扰的响应对策和结果,会直接和间接地影响群落结构特征,进而影响植被的演替过程和生态系统功能^[14]。重度放牧作为一种高强度的干扰手段,抑制了群落优势种(可食的莎禾草类物种)的生长和竞争,而禁牧作为另一个相反的干扰手段,进一步促进了优势种群的生长和竞争能力,导致了其他一些物种的减少甚至消失。符合中度干扰假说,群落的物种丰富度、多样性和均匀度都在中度放牧水平下达到了最大值。

放牧强度差异对群落中优势种群的作用,可以导致群落中主要优势物种种群的地位发生明显的逐渐替代变化^[15],进而加速了群落组成结构的一些演替进程。中下层植物植株本身低矮,耐牧性较强,一般具有较强的分蘖能力^[16],多为动物不喜食和有毒植物,且不易采食。随放牧强度的增加,这些物种在草甸群落中的优势度呈上升趋势。草甸群落组分种的重要值变化和植被高度变化显示,随着放牧强度的增加,群落结构经历了一个垂直结构上的演替动态:上层植物为主的草甸群落→上中层植物共存的草甸群落→中下层植物为主的草甸群落。另外,功能群是指在群落中功能相似的所有物种的集合,植物功能群往往作为一个相对统一的整体对生态因子的波动或外界干扰做出反映^[17]。随着放牧强度的增加,草甸群落结构也经历了一个组分功能特征上的演替动态:莎禾草类为主的草甸群落→莎禾草类+杂草类共存的草甸群落→杂草类为主的草甸群落

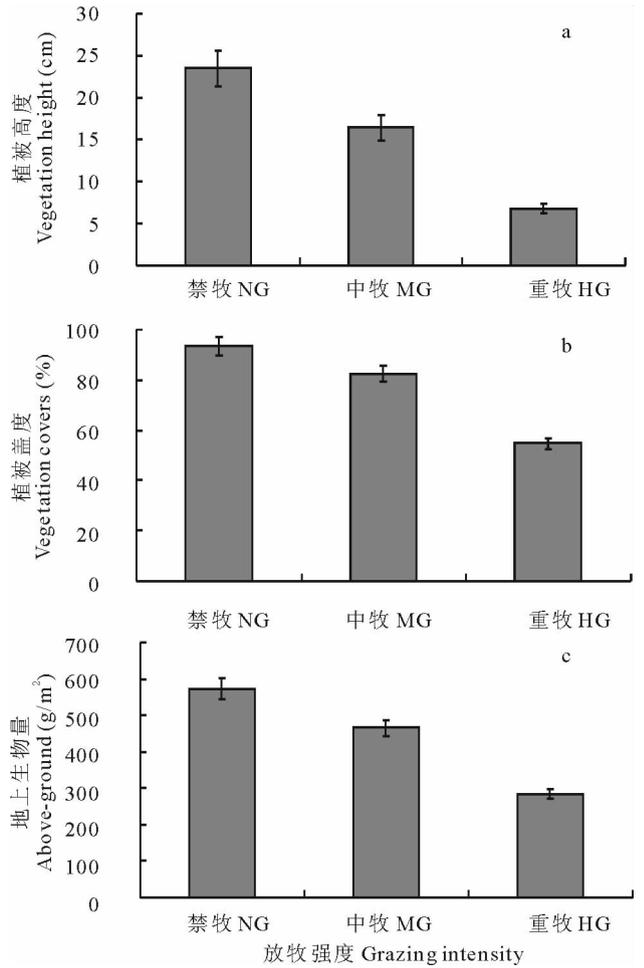


图 1 植物群落平均高度(a)、盖度(b)和地上生物量(c)对放牧强度变化的响应

Fig. 1 Response of mean vegetation height (a), vegetation covers (b) and above-ground biomass (c) to grazing intensity in meadow communities

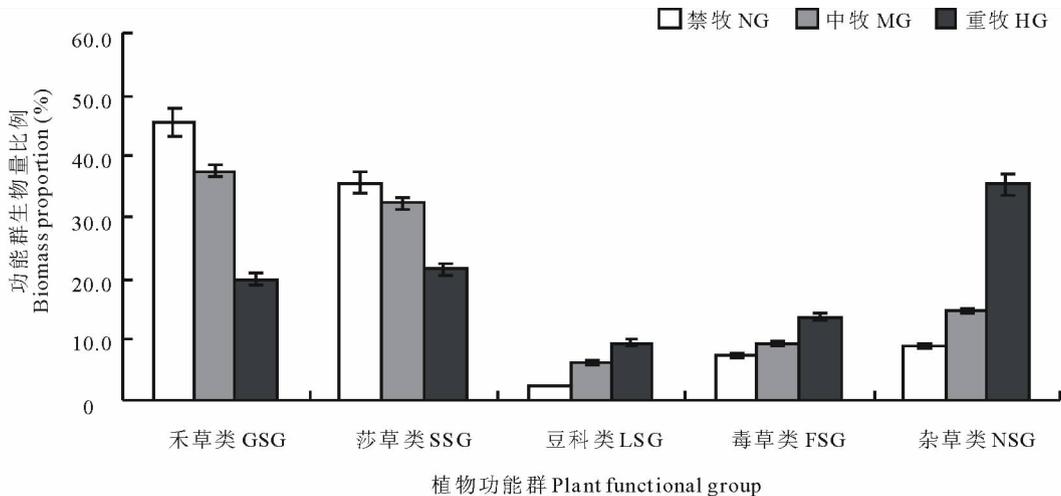


图 2 植物群落功能群生物量比例对放牧强度的响应

Fig. 2 Response of mean biomass proportion for five plant functional groups (PFG) to grazing intensity in meadow communities

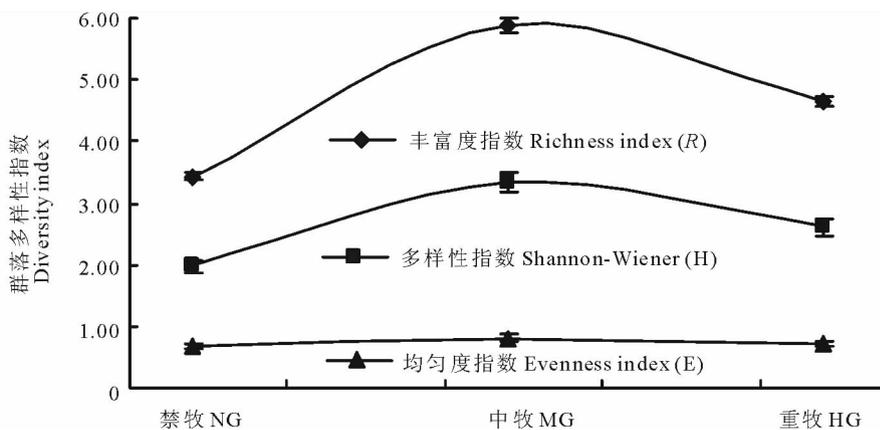


图3 植物群落中丰富度指数(R)、多样性指数(H)和均匀度指数(E)对放牧强度变化的响应
 Fig. 3 Response of Richness index (R), Shannon-Wiener index (H) and Evenness index (E) to grazing intensity in meadow communities

落。草地植物群落的结构和外部形态通常以优势种和种类组成为特征^[18],优势种的更替可作为植物群落演替的标识^[19],相对于群落物种多样性,功能群组成以及功能群间的相互作用对群落的生产力及其稳定性具有更重要的影响^[11,13]。因此,从群落演替来看,随着放牧强度的增大,高寒嵩草群落中毒杂类草逐渐增加,如果继续承受较大强度的放牧干扰,更促进了群落向不可食的低矮型毒杂草草甸的方向发展,最终有可能为毒杂草草甸所代替。因此,及时在重度放牧地实行禁牧或休牧和制定合理的放牧制度,对防止该类草甸的退化和实现植被恢复演替具有重要意义。

参考文献:

- [1] 武高林,杜国祯. 青藏高原退化高寒草地生态系统恢复和可持续发展探讨[J]. 自然杂志, 2007, 29(3): 159-164.
- [2] Diaz S, Lavorel S, Ntyres S, *et al.* Plant trait responses to grazing—a global synthesis[J]. *Global Change Biology*, 2007, 13: 313-341.
- [3] Sternberg M, Gutman M, Perevolot sky A, *et al.* Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: A functional group approach[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2000, 37: 224-237.
- [4] 李金花,李镇清,任继周. 放牧对草原植物的影响[J]. 草业学报, 2002, 11(1): 4-11.
- [5] 杜岩功,梁东营,曹广民,等. 放牧强度对高草草甸草毡表层及草地营养和水分利用的影响[J]. 草业学报, 2008, 17(3): 146-150.
- [6] 王长庭,王启兰,景增春,等. 不同放牧梯度下高寒小嵩草草甸植被根系和土壤理化特征的变化[J]. 草业学报, 2008, 17(5): 9-15.
- [7] Grace J B. The factors controlling species density in herbaceous plant communities[J]. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1999, 2: 1-28.
- [8] 马涛,武高林,何彦龙,等. 青藏高原东部高寒草甸群落生物量和补偿能力对施肥与刈割的响应[J]. 生态学报, 2007, 27(6): 2288-2293.
- [9] Humphrey J W, Patterson G S. Effects of late summer cattle grazing on the diversity of riparian pasture vegetation on an upland conifer forest[J]. *Journal of Applied Ecology*, 2000, 37: 986-996.
- [10] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社, 1998. 42-48, 207-211.
- [11] Wu G L, Du G Z, Liu Z H, *et al.* Effect of fencing and grazing on a Kobresia-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Plant and Soil*, 2009, 319: 115-126.
- [12] 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.
- [13] 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[J]. 草业学报, 2008, 17(6): 134-140.

- [14] Niu K C, Luo Y J, Du G Z, *et al.* The role of biomass allocation strategy in diversity loss due to fertilization[J]. *Basic and Applied Ecology*, 2008, 9(5): 485-493.
- [15] 王德利, 吕新龙, 罗卫东. 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.
- [16] Wu N, Liu J, Yan Z L. Grazing intensity on the plant diversity of alpine meadow in the eastern Tibetan Plateau[J]. *Rangeland*, 2004, 15(4): 9-15.
- [17] 邢福, 祝廷成, 李宪长. 松嫩平原羊草草地植物功能群组成及多样性特征对水淹梯度的响应[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(6): 708-716.
- [18] 陈佐忠, 汪诗平. 中国典型草原生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 49-66.
- [19] 王伟, 刘钟龄, 郝敦元, 等. 内蒙古典型草原退化群落恢复掩体的研究 II. 退化草原的基本特征与恢复演替规律[J]. *植物生态学报*, 1996, 20(5): 449-459.

**Effect of grazing intensity on characteristics of alpine meadow communities
in the eastern Qinghai—Tibetan Plateau**

REN Qing-ji¹, WU Gao-lin^{2,3}, REN Gou-hua³

(1. Grassland Work Station of the Gannan Tibetan Autonomous State of Gansu Province, Hezuo 747000, China; 2. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Yangling 712100, China; 3. Key Laboratory of Arid and Grassland Ecology of Ministry of Education of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: A comparative study on community characteristics with different grazing intensities was conducted in alpine meadows of the eastern Qinghai—Tibetan Plateau (Maqu county, Gansu province). With increased grazing intensity, vegetation height, total cover and above-ground biomass all showed a significant decrease. The importance of species of Cyperaceae and Gramineae families fell and their dominances were replaced by some forbs species (*Ligularia virgaurea* and *Leontopodium leontopodioides*). For plant functional groups, the biomass proportions of the germinal species group and the sedge species group were significantly reduced by increased grazing intensity, but the biomass proportions of leguminous species group, forbs species group and noxious species group were significantly increased. Richness index (R), Shannon—Wiener diversity index (H) and Evenness index (E) of alpine meadow communities reached a maximum under the middle grazing intensity in the moderately-grazed plot > heavily-grazed plot > non-grazed plot. Results suggest that with increased grazing, alpine meadow communities will undergo a succession from “dominated by tall germinal and sedge species” to “dominated by tall germinal and sedge species + middle forbs species”, then to “dominated by middle and lower forbs species”.

Key words: grazing intensity; alpine meadow; community structure; Qinghai—Tibetan Plateau