

放牧强度对高寒混播人工草地群落特征 及地上现存量的影响

董全民¹, 赵新全^{2*}, 马玉寿¹, 施建军¹, 王彦龙¹, 李世雄¹, 杨时海¹, 盛 丽¹

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

摘要:为探讨高寒牧区牧草生长季放牧强度对多年生混播人工草地群落特征及地上现存量的影响,从 2003 年至 2005 年在垂穗披碱草(*Elymus natans*)/星星草(*Puccinellia tenuiflora*)混播草地上开展了牦牛放牧控制试验。结果表明:植被盖度随放牧强度的增加而降低,放牧强度对放牧区植物群落盖度的影响极显著($P < 0.01$);放牧强度与物种丰富度 S 、多样性指数 H' 、多样性指数 D (除了第 1 年)和均匀度指数 J' (除了第 2 年)均呈显著或极显著的二次回归,各放牧区与对照区植物群落的相似性系数与放牧强度成显著负相关($R = -0.9205$),说明各放牧区植物群落朝着远离对照群落的方向演替;放牧强度和放牧时间对地上生物量的影响极显著($P < 0.01$),且随着放牧强度的增加,各处理组同一时期地上生物量逐渐减小。

关键词:高寒混播草地;牦牛;放牧强度;群落特征;地上现存量

中图分类号:S812

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2012)01-0010-07

Effect of Grazing Intensity on Community Character and Aboveground Present Biomass of Alpine Mixed-sown Pasture

DONG Quan-min¹, ZHAO Xin-quan^{2*}, MA Yu-shou¹, SHI Jian-jun¹,

WANG Yan-long¹, LI Shi-xiong¹, YANG Shi-hai¹, SHEN Li¹

(1. Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences, Xining, Qinghai Province 810016, China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Science, Xining, Qinghai Province 810001, China)

Abstract: Different grazing intensities for three years were conducted from 2003 to 2005 in *Elymus natans*/*Puccinellia tenuiflora* mixed-sown pasturer to study the effect of grazing intensity on community character and aboveground present biomass of *Elymus natans*/*Puccinellia tenuiflora* mixed-sown Pasture during forage growing season in alpine pasture region. Vegetation coverage decreased with the increase of grazing intensity ($P < 0.01$) in grazing period. Moderate grazing caused highest species richness and diversity index except for diversity index at the first year. The negative correlation was observed between similarity index and grazing intensity ($R = -0.92$), indicating that grazing resulted in succession of plant community compared with no-grazing. Grazing significantly reduced aboveground present biomass and aboveground present biomass decreased with increase of grazing intensity.

Key words: Alpine mixed-sown pasture; Yak; Grazing intensity; Community character; Aboveground present biomass

人工草地是在人工措施下完全或部分破坏原有天然草地植被的基础上,通过综合的农业培育技术措施所建立的人工草本群落^[1]。从植物生态学的观点看,人工草地建植是对其所在地顶极或亚顶极植被的一个大的扰动,人工草地从其建植开始,就存在

着向原有的顶极或亚顶极状态恢复演替的潜力^[2],而要实现人工草地的持续利用与稳定发展,就得采取必要的利用措施,控制人工草地植被的演替^[3]。放牧强度对人工草地群落数量特征的影响,国外学者已较多的研究报道^[4~6],国内报道多集中于对温

收稿日期:2011-04-28;修回日期:2011-10-21

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAC30B04)(2009BAC61B02);国家自然科学基金项目(30960074);青海省科技厅重点项目(2009-N-502)资助

作者简介:董全民(1972-),男,甘肃天水人,博士,研究员,主要从事草地放牧生态及青藏高原“黑土型”退化草地的恢复与重建研究, E-mail: dqm850@sina.com, qmDong@qhmky.com; * 通信作者 Author for correspondence, E-mail: xqzhao@nwipb.ac.cn

带和亚热带地区白三叶(*Trifolium repens*)、红三叶(*Trifolium pratense*)和多年生黑麦草(*Lolium perenne*)草地的研究^[7,8],有关放牧强度对青藏高原高寒人工草地群落特征的研究较少^[9~11]。Reategui^[12]认为,不管任何放牧制度下,载畜量增大将使丛生禾草向矮生禾草演替,进而导致草地退化。草地上植物的耐牧性不同,在低放牧压力下,所有植物的生存不受影响,但强的放牧压力将降低植物的生存率,降低的程度存在种间差异^[13]。放牧强度对植物群落组成和生物多样性也有很大影响,随放牧强度的增强,一些适口性高、中生性强、不耐牧的种类减少,而那些适口性差、耐牧的种类增多^[14]。在国内,许多学者对不同放牧强度下人工草地地上、地下生物量进行了相关的研究^[4,7,13],但对高寒混播人工草地的放牧研究相对较少^[14,15]。另外,人工草地放牧生态系统中各因子间存在着相当复杂的关系,如果过分强调目前利益、增大放牧强度、提高单位草地面积的畜产品数量,将严重阻碍草地牧草的再生和生产力的恢复^[16]。因此,本试验旨在研究保持高寒人工草地放牧系统的畜—草动态平衡、维持人工草地群落和生产水平相对稳定的目的,为多年生混播人工草地的合理放牧提供基础数据,以达到多年生混播人工草地合理放牧利用的目的。

1 材料和方法

1.1 试验地自然概况

试验地设在青海省果洛州大武乡格多牧委会,位于 N34°17′~34°25′,E100°26′~100°43′,为一山

间小盆地,平均海拔 3980 m。属高原寒冷气候类型,年均气温 -2.6℃左右,≥0℃年积温 914.3℃,日照时间 2576.0 h,年均降水量 513 mm,5—9 月降水 437.10 mm,占年降水量的 85.2%。无绝对无霜期,牧草生长期 110~130 d。主要植被类型有高山嵩草草甸、高山灌丛草甸,土壤类型以高山草甸土和高山灌丛草甸土为主,黄河的支流格曲发源并流经这里。放牧试验地为 2002 年在该牧委会黑土滩退化草地上建植的垂穗披碱草(*Elymus natans*)/星星草(*Puccinellia tenuiflora*)混播人工草地。

1.2 草场的管理

在试验期内,每年 12 月下旬和翌年 4 月中旬用 D-型生物毒素(青海省畜牧兽医科学院兽医所生产)对各处理区进行灭鼠,主要是高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)和高原鼢鼠(*Myospalax baileyi*),6 月下旬(牧草拔节期)对草地用尿素进行追肥(10 kg·hm⁻²)。

1.3 试验设计

在当地牧户牛群内,选取生长发育良好、健康、阉割过的 2.5 岁公牦牛 16 头,体重是(100±5) kg,随机分为 4 组(每组 4 头)。放牧强度按照草场地上生物量、草场面积和牦牛的理论采食率高低表示:极轻放牧(牧草利用率为 20%)、轻度放牧(牧草利用率为 40%)、中度放牧(牧草利用率为 60%)、重度放牧(牧草利用率为 80%)和对照(牧草利用率为 0%) (表 1)。试验从 2003 年开始,2005 年结束,每年的试验期为牧草生长期 6 月 20 日—9 月 20 日。

表 1 放牧试验设计

Table 1 Design of grazing trial

放牧处理 Grazing treatment	牦牛数量 Yak numbers/head	围栏面积 Plot area/hm ²	放牧强度 Grazing intensity/head·hm ⁻²
对照 Control	0	1.0	0
极轻放牧 Extremely light grazing	4	1.52	2.63
轻度放牧 Light grazing	4	0.76	5.26
中度放牧 Moderate grazing	4	0.52	8.0
重度放牧 Heavy grazing	4	0.38	10.52

1.4 测定内容和方法

在试验期内,每 15 d 用电子秤对牦牛称重一次,同时沿各处理小区对角线 100 m 样条各取 5 个重复样方(1.0 m×1.0 m),先登记物种数,再齐地刈割测定草地群落的地上现存量,然后将每个样方分为 4 个子样方(0.50 m×0.50 m),共计 20 个子

样方,对群落结构进行调查,主要包括盖度、频度、株高、地上现存量。

1.5 公式的选用

物种丰富度(species richness)采用物种数 S ; 物种多样性采用 Simpson 指数(D)和 Shannon-

Wiener 指数(H'): $D = 1 - \sum P_i^2$; $H' = -\sum P_i \ln P_i$; 物种均匀度采用 Pielou 指数(J'): $J' = H' / \ln S$; 其中 S 为样方中的物种数, P_i 为样方中第 i 种的生物量占总生物量的比例。

1.6 数据处理

应用 SPSS 13.0 中一般线性模型(General Linear Model)的重复测量数据的方差分析(Repeated Measures)和多元方差分析(Multivariate)进行数据分析处理,线性回归分析采用 Regression 中的 Linear 过程进行分析。

2 结果和分析

2.1 植被盖度的变化

在 3 个放牧季内,植被盖度随放牧强度的增加

而降低(表 2),放牧强度对放牧区植物群落盖度的影响极显著($P < 0.01$),同一放牧区的年度变化不显著($P > 0.05$)。相关分析表明,不同放牧处理植物群落盖度与放牧强度成显著的负相关($R_1 = -0.9882, P < 0.01$; $R_2 = -0.9692, P < 0.01$; $R_3 = -0.9762, P < 0.01$)。放牧第 1 年为人工草地建植第 2 年(第 1 年夏季未放牧,冬季放牧),因此在对照、极轻和轻度放牧下,植物群落盖度主要受植物生长规律的影响,但在中度和重度放牧、特别是重度放牧下,牦牛过度采食新生枝叶,植物的有效光合面积过低,因而影响了植物对营养物质的积累和贮存,导致群落盖度降低。第 3 年,由于放牧的“滞后效应”和“累积效应”,中度和重度放牧草地的盖度进一步降低(表 2)。这种差异虽然是 3 年的放牧经历和气候条件共同作用的结果,但在环境条件相似的情况下,不同放牧强度则为导致群落盖度差异的主要原因。

表 2 放牧强度对植被盖度的影响

Table 2 Effects of grazing intensity on vegetation coverage

年度 Year	放牧处理 Grazing treatment				
	对照 Control	极轻放牧 Extremely light grazing	轻度放牧 Light grazing	中度放牧 Moderate grazing	重度放牧 Heavy grazing
第 1 年 First year	96.30 ± 12.62 ^{Aa}	94.00 ± 8.97 ^{Aa}	76.00 ± 8.12 ^{Ab}	70.00 ± 6.36 ^{Ab}	57.00 ± 5.98 ^C
第 2 年 Second year	96.20 ± 13.11 ^{Aa}	91.80 ± 5.99 ^{Aa}	83.80 ± 8.21 ^{Ab}	77.40 ± 7.23 ^{Ab}	61.60 ± 6.74 ^C
第 3 年 Third year	97.30 ± 9.97 ^{Aa}	95.00 ± 11.25 ^{Aa}	81.00 ± 6.97 ^{Ab}	72.00 ± 6.37 ^{Ab}	55.00 ± 5.57 ^C

注:在同一行或列中,大写字母不同者为差异极显著($P < 0.01$),小写字母不同者为差异显著($P < 0.05$);下同

Note: Different capitals within the same row or column denote significant difference ($P < 0.01$), different lowercase shows significant difference ($P < 0.01$); the same as below

2.2 物种多样性的变化

由表 3 可知,经过一个放牧季的放牧,植物群落的物种丰富度和多样性指数在轻度放牧区最高,而均匀度指数在对照区最高,其次为中度放牧区,3 个指数的排序分别为:物种丰富度为对照 < 重度放牧 < 中度放牧 < 极轻放牧 < 轻度放牧,均匀度指数为重度放牧 < 轻度放牧 < 极轻放牧 < 中度放牧 < 对照,多样性指数 H' 和 D 均为对照 < 中度放牧 < 重度放牧 < 极轻放牧 < 轻度放牧。经过 3 年的连续放牧,轻度放牧区植物群落的物种多样性指数、物种丰富度和均匀度最高,3 个指数的排序如下:物种丰富度为重度放牧 < 对照 < 中度放牧 < 极轻放牧 < 轻度放牧,均匀度指数为重度放牧 < 对照 < 极轻放牧 < 中度放牧 < 轻度放牧,多样性指数 H' 为对照 < 极轻放牧 < 重度放牧 < 中度放牧 < 轻度放牧,多样性指数 D 为对照 < 重度放牧 < 极轻放牧 < 中度放牧 < 轻度放牧。在第 2 年,多样性指数在极轻放牧区最

小,而在重度放牧区最大,这与第 1 年和第 3 年的结果差异很大。这是因为多样性指数(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^[17],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^[18],本试验中的结果也是如此。均匀度反映各群落中物种分布的均匀程度。在不同放牧强度下,第一个放牧季,对照区的均匀度指数最大,其次为中度放牧,重度放牧区最小,而经过连续 3 个放牧季的放牧后,轻度放牧区最大,其次为极轻放牧区,重度放牧区最小。

2.3 群落相似性系数的变化

由表 4 可知,在 3 个放牧季内,对照区与其他各放牧区植物群落的相似性系数随放牧强度的增强而减小。从年度变化来看,极轻放牧区与对照区植物群落的相似性系数随放牧时间的延长略有增加,而

其他放牧区与对照区植物群落的相似性系数随放牧时间的延长而逐年降低。放牧强度相近的 2 个放牧区之间植物群落的相似性系数较大,而且放牧强度越相近,相似性系数越大。这表明随放牧强度的增强,除了极轻放牧区,其他 3 个放牧区与对照区植物群落的相似程度下降,植物群落均朝着偏离对照区

植物群落的方向变化,而且放牧时间越长,各放牧区与对照区植物群落的相似程度越小。相关分析表明,各放牧区与对照区植物群落的相似性系数与放牧强度成显著的负相关关系($R = -0.9205$),说明各放牧处理组的植物群落朝着远离对照群落的方向在演替。

表 3 不同放牧强度下群落多样性、丰富度和均匀度指数的变化

Table 3 Changes of community diversity, abundance and evenness index under different grazing intensities

时间 Time	指标 Index	放牧处理 Grazing treatment				
		对照 Control	极轻放牧 Extremely light grazing	轻度放牧 Light grazing	中度放牧 Moderate grazing	重度放牧 Heavy grazing
第 1 年 The first year	丰富度(物种数) Species richness(S)	13	22	26	17	14
	均匀度指数 Even index(J')	0.822	0.777	0.775	0.813	0.764
	多样性指数 Diversity index(H')	1.709	2.242	2.376	2.009	2.064
	多样性指数 Diversity index(D)	0.697	0.807	0.814	0.760	0.797
第 2 年 The second year	丰富度(物种数) Species richness(S)	16	15	23	19	17
	均匀度指数 Even index(J')	0.813	0.803	0.857	0.864	0.779
	多样性指数 Diversity index(H')	1.870	1.956	1.869	1.918	2.362
	多样性指数 Diversity index(D)	0.715	0.750	0.718	0.722	0.850
第 3 年 The third year	丰富度(物种数) Species richness(S)	24	30	34	28	23
	均匀度指数 Even index(J')	0.688	0.729	0.803	0.762	0.591
	多样性指数 Diversity index(H')	2.186	2.480	2.578	2.540	2.505
	多样性指数 Diversity index(D)	0.774	0.804	0.869	0.863	0.801

表 4 不同放牧强度下人工草地群落相似性系数的变化

Table 4 Changes of community similarity index in sown grassland under different grazing intensities

处理 Treatment	时间 Time	相似性系数	相似性系数	相似性系数	相似性系数	相似性系数
对照 Control	2003	1.0000				
	2004	1.0000				
	2005	1.0000				
极轻放牧 Extremely light grazing	2003	0.9241	1.0000			
	2004	0.9233	1.0000			
	2005	0.9295	1.0000			
轻度放牧 Light grazing	2003	0.9147	0.9001	1.0000		
	2004	0.8732	0.9120	1.0000		
	2005	0.8219	0.9297	1.0000		
中度放牧 Moderate grazing	2003	0.8741	0.8436	0.8213	1.0000	
	2004	0.8232	0.8019	0.7997	1.0000	
	2005	0.7931	0.7810	0.7820	1.0000	
重度放牧 Heavy grazing	2003	0.7998	0.7369	0.7634	0.8421	1.0000
	2004	0.7206	0.7230	0.7322	0.8001	1.0000
	2005	0.6120	0.6210	0.6723	0.7214	1.0000

2.4 放牧强度对人工植被初级生产力的影响

由表 5 可知,经过 3 年的连续放牧,第 3 年不同处理组的地上生物量开始阶段先增加之后逐渐下降,出现了“低—高一低”的变化趋势,这是牧草生长的一般规律,但随着放牧强度的增强,同一时期地上生物量逐渐减小,且放牧强度和放牧时间对地上生物量的影响极显著($P < 0.01$)。这一结果与姚爱兴等^[8]在湖南南山牧场对不同放牧强度下黑麦草/白

三叶混播草地第一性生产力的研究结果、胡民强等^[19]在四川红池坝对不同放牧强度下以红三叶为主的混播草地的研究结果以及董世魁等^[9]人在甘肃天祝县金强河地区对不同放牧强度下多年生混播禾草草地初级生产力的研究结果一致。从年度变化来看,各放牧处理组(除了轻度放牧组)第 3 年的平均地上生物量均低于第 2 年和第 1 年(表 6),且放牧强度对地上生物量的影响显著($P < 0.05$),放牧年

度对地上生物量的影响不显著 ($P > 0.05$)。这与在该地区披碱草人工草地第3年地上生物量最大的惯论相悖^[20,21],但与胡民强等^[19]认为红三叶人工草地上放牧第2年的产量最高的结论一致。一方面,可能与该地区第2年牧草生长季节连续阴雨有关(第2年牧草生长季节的降水量较第1年高100%,地温低 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$),证实了地上生物量更易受降水和气温的影响^[22~24];同时,人工草地-牦牛放

牧系统是一高输出系统,如果输入(包括降水、温度等自然因素以及施肥、灭鼠、灭除杂草等管理措施)不足,必然引起该系统的输出(地上生物量)减少;另一方面,放牧对草地植物影响的“滞后效应”,可能也与第3年比第1年和第2年地上生物量低有关,但就每个放牧季而言,在环境条件相同的情况下,不同放牧强度则是导致此差异的主要原因^[25]。

表5 不同放牧强度下2005年牧草生长季节地上生物量季节动态变化

Table 5 Seasonal changes of aboveground biomass under different grazing intensities in growing season of 2005 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$

处理 Treatments	日期 Measuring date						
	6月20日	7月5日	7月20日	8月5日	8月20日	9月5日	9月20日
对照 Control	110.2±21.1 ^A	220.8±18.5 ^{Ba}	309.7±25.5 ^{Bb}	390.4±26.9 ^{Bb}	331.7±36.4 ^{Bb}	290.7±15.4 ^{Bb}	230.2±12.5 ^{Ba}
极轻放牧 Extremely Light grazing	102.5±11.2 ^A	219.6±19.4 ^{Ba}	245.8±19.9 ^{Ba}	364.8±25.8 ^{Bb}	255.9±21.1 ^{Ba}	261.2±16.9 ^{Ba}	204.9±14.1 ^{Ba}
轻度放牧 Light grazing	119.6±18.5 ^A	180.5±16.2 ^{Ba}	210.4±18.7 ^{Ba}	283.7±19.7 ^{Bb}	209.2±12.9 ^{Bb}	194.0±14.5 ^{Ba}	168.5±10.8 ^{Ba}
中度放牧 Moderate grazing	121.5±11.5 ^{Aa}	126.9±10.6 ^{Aa}	150.2±11.2 ^{Aa}	190.9±15.2 ^{Ab}	167.4±16.4 ^{Aa}	107.0±12.8 ^{Aa}	66.0±6.9 ^B
重度放牧 Heavy grazing	107.3±13.1 ^A	119.7±9.1 ^A	132.3±11.0 ^A	100.8±7.5 ^A	89.5±9.1 ^A	63.5±13.5 ^B	44.4±4.8 ^B

表6 不同放牧强度下牧草生长季节平均地上生物量年度变化

Table 6 Yearly changes of average aboveground biomass under different grazing intensities in growing season $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$

时间 Year	处理 Treatments				
	对照 Control	极轻放牧 Extremely light grazing	轻度放牧 Light grazing	中度放牧 Moderate grazing	重度放牧 Heavy grazing
第1年 The first year	608.0±131.1 ^a	413.1±198.1 ^a	257.6±68.9 ^a	162.8±61.0 ^a	88.3±21.3 ^b
第2年 The second year	250.2±30.0 ^a	250.4±60.1 ^a	190.7±32.1 ^a	141.5±31.0 ^a	71.8±19.1 ^b
第3年 The third year	249.3±25.9 ^a	236.4±42.2 ^a	195.7±30.8 ^a	132.6±21.9 ^a	89.5±15.5 ^b

3 讨论

草地上家畜的放牧强度与植被的相关性研究是目前放牧生态学的一个活跃领域。群落盖度和地上现存量及其植物类群的百分比组成是反应草地生态环境的重要指标,其大小可判断草地状况和生产潜力。Ellison^[26]综述了世界各地250篇有关放牧对草地群落影响的研究论文,发现由于放牧动物的选择性采食,草地中优质牧草的比例和生物量大大降低,最终杂类草将成为优势植物。Miguel Mel-lado等^[27]报道:轻度放牧区(1.5 hm^2 放牧一只山羊)的植被盖度远远高于重度放牧区(15 hm^2 放牧一只山羊)。本试验中群落盖度和地上生物量随放牧强度的增大而减小,这与Eddy^[28]和王艳芬等^[29]在天然草地上的研究结果不一致,但与董全民等^[30]、胡民强等^[19]、王向涛等^[31]、张静妮等^[32]在天

然草地,以及姚爱兴等^[8]和董全民等^[33]在人工草地上的结论一致。

群落的物种丰富度及多样性是群落的重要特征,放牧及其他干扰对群落结构影响的研究都离不开物种多样性问题^[17,18]。多样性指数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^[17],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^[18]。放牧造成草地植物群落多样性发生变化,但不同放牧强度对植物多样性的影响程度不同,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”^[17,34~36],即中度放牧能维持高的物种多样性。然而,一些学者的研究表明,植物种的多样性随放牧强度的提高而升高^[18,37],而有些学者认为生物多样性随放牧强度的增强而降低^[32,38]。本试验在3年的连续放牧期内,物种多样性指数均在轻度和中

度放牧之间(牧草利用率为 40%~60%)最高。经过连续 3 个放牧季的放牧试验期内,轻度放牧区群落的物种丰富度指数、均匀度指数和多样性指数均最高。这是因为适度的放牧通过牦牛对垂穗披碱草和星星草的采食,使一些下繁草品种的数量增加,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^[18,39]。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,改变了植物的竞争能力,导致植物种的重要值和多样性的减少。在极轻放牧时,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不高。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;各放牧区与对照区植物群落的相似性系数与放牧强度成显著的负相关($R = -0.9205$),说明各放牧处理组植物群落朝着远离对照群落的方向演替,这也与董全民等^[11,33,40]在高寒小蒿草(*Kobresia pygmaea*)草甸和高寒人工草地上的结果一致。

4 结论

在 3 个放牧季内,植被盖度随放牧强度的增强而降低,放牧强度对放牧区植物群落盖度的影响极显著($P < 0.01$);经过连续 3 个放牧季的放牧,放牧强度与物种丰富度、多样性指数 H' 、多样性指数 D (除了第 1 年)和均匀度指数 J' (除了第 2 年)均呈显著或极显著的二次回归,各放牧区与对照区植物群落的相似性系数与放牧强度成显著的负相关($R = -0.9205$),说明各放牧区植物群落朝着远离对照群落的方向演替;经过 3 年的连续放牧,放牧强度和放牧时间对地上生物量的影响极显著($P < 0.01$),同一时期地上生物量随着放牧强度的增强逐渐减小。这说明高寒人工草地放牧生态系统在不同放牧强度下,群落的物种多样性和物种丰富度、物种组成以及多样性分布格局等方面产生响应,表现出不同的外貌特征和多样性变化,因此尚需在其作用机理方面进行更加全面、更加深入细致的研究,特别是高寒人工草地牦牛放牧生态系统的研究工作尚未全面展开,更需将各种干扰因子有机结合起来,对高寒人工草地放牧生态系统的稳定性进行系统、深入的研究。

参考文献

[1] 王刚,蒋文兰.人工草地种群生态学研究[M].兰州:甘肃科学

技术出版社,1998

- [2] 王刚,吴明强,蒋文兰.人工草地杂草生态学研究 I 杂草入侵与放牧强度之间的关系[J].草业学报,1995,4(2):75-80
- [3] 董全民,赵新全,马玉寿.江源区“黑土型”退化人工草地管理技术研究[J].草业科学,2006,24(8):9-15
- [4] McKenzie F R. Influence of grazing frequency and intensity on tiller appearance and death rates of *Lolium perenne* L. under subtropical conditions[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1997, 48:337-342
- [5] McKenzie F R. The influence of grazing frequency and intensity on the vigour of *Lolium perenne* L. under subtropical conditions[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1996, 47:975-983
- [6] Hume D E, Brock J L. Morphology of tall fescue (*Festuca arundinacea*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) plants in pastures under sheep and cattle grazing[J]. Journal of Agricultural Science, 1997, 129: 19-31
- [7] 蒋文兰,李向林.不同利用强度对混播草地牧草产量与组分动态的研究[J].草业学报,1993,2(3):1-10
- [8] 姚爱兴,王培,樊奋成,等.不同放牧处理下多年生黑麦草/白三叶草地第一性生产力研究[J].中国草地,1998,20(2):12-16, 24
- [9] 董世魁,丁路明,徐敏云,等.放牧强度对高寒地区多年生混播禾草叶片特征及草地初级生产力的影响[J].中国农业科学,2004,37(1):136-142
- [10] 董全民.放牧强度对高寒混播草地群落结构的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2007,37(2):1-3
- [11] 董全民,赵新全,马玉寿.放牧强度对混播草地群落数量特征的影响(简报)[J].草地学报,2007,15(4):394-397
- [12] 夏景新.放牧生态学与牧场管理[J].中国草地,1993,14(4):61-65
- [13] 耿文诚,马宁,马岩德,等.人工草地绵羊系统优化研究 I 人工草地初级生产力[J].草业科学,2000,17(专集):34-36
- [14] 董全民,赵新全,马玉寿,等.牦牛放牧强度对江源区混播禾草地上初级生产量及种间竞争力的影响[J].中国草地,2005,27(2):1-8
- [15] 董全民,赵新全,马玉寿,等.不同牦牛放牧强度下江源区垂穗披碱草/星星草混播草地第一性生产力及其动态变化[J].中国草地学报,2005,28(3):5-15
- [16] 汪诗平,王艳芬,陈佐忠.放牧生态系统管理[M].北京:科学出版社,2003
- [17] 汪诗平,李永宏,王艳芬,等.不同放牧强度对内蒙古冷蒿草原植物多样性的影响[J].植物学报,2001,43(1):89-96
- [18] 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
- [19] 胡民强,陈宗玉,王淑强,等.红池坝人工草地放牧强度试验[J].农业现代化研究,1990,11(5):44-49
- [20] 王启基,史惠兰,景增春,等.江源区退化天然草地的恢复及其生态效益分析[J].草业科学,2004,21(12):35-41
- [21] 马玉寿,郎百宁,李青云,等.江源区退化草地的恢复与重建技术研究[J].草业科学,2002,9(9):1-5

- [22] McNaughton S I. Ecology of grazing ecosystem: the Serengiti [J]. *Ecology Monography*, 1985, 55: 259-294
- [23] Hunt R, Nicholls R O. Stress and coarse control of growth and root-shoot parting in herbaceous plants [J]. *Oikos*, 1986, 47:149-158
- [24] Andren O, Paustian K. Barley straw decomposition in the field: a comparison of models [J]. *Ecology*, 1987, 43:1-20
- [25] 王艳芬,汪诗平. 不同放牧强度对内蒙古典型草原地下生物量的影响[J]. *草地学报*, 1999, 7(3):198-202
- [26] Ellison L. The influence of grazing on plant succession [J]. *Botanical Review*, 1960, 26:1-78
- [27] Mellado M, Valdez R, Lara L M. Stocking rate effects on goats: A research observation [J]. *Journal of Range Management*, 2003, 56:167-173
- [28] Edyy M, Argenta T. Aboveground and belowground biomass relations in steppes under different grazing conditions [J]. *Oikos*, 1989, 56:364-370
- [29] 王艳芬,汪诗平. 不同放牧率对内蒙古典型草原地上现存量 and 初级生产力的影响 [J]. *草业学报*, 1999, 8(1):15-20
- [30] 董全民, 马玉寿, 李青云, 等. 牦牛放牧率对小高草高寒草甸地上、地下生物量的影响 [J]. *四川草原*, 2004(2):20-27
- [31] 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
- [32] 张静妮, 赖欣, 李刚, 等. 贝加尔针茅草原植物多样性及土壤养分对放牧干扰的响应 [J]. *草地学报*, 2010, 18(2):177-182
- [33] 董全民, 赵新全, 马有泉, 等. 垂穗披碱草/星星草混播草地优化牦牛放牧强度的研究 [J]. *草业学报*, 2008, 17(5):16-22
- [34] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs [J]. *Science*, 1978, 199:1302-1310
- [35] Sousa W P. The role of disturbance in natural communities [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1984, 15: 353-392
- [36] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grassland [J]. *Nature*, 1994, 367:363-365
- [37] Karen R H, David C H, Robert C C, *et al.* Grazing management effects on plant species diversity in tallgrass prairie [J]. *Journal of Range Management*, 2004, 57: 58-65
- [38] 刘发央, 徐长林, 龙瑞军. 牦牛放牧强度对金露梅灌丛草地群落物种多样性的影响 [J]. *草地学报*, 2008, 16(6):613-618
- [39] 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 [J]. *植物生态学报*, 2001, 25(1):110-114
- [40] 董全民, 赵新全, 马玉寿, 等. 牦牛放牧强度与小高草高寒草甸植物群落的关系 [J]. *草地学报*, 2005, 13(4):334-338

(责任编辑 刘云霞)

2011 年共有 156 位专家为本刊审稿, 值此辞旧迎新之际 特向诸位专家表示诚挚的感谢, 并致以新年的问候和祝福!

于卓 于林清 马啸 马春晖 方程 毛培胜 王赞 王小山 王正文 王兆龙 王成章
王启基 王秀娥 王俭珍 王建光 王金胜 王俊杰 王彦荣 王显国 王晓娟 王铁娟 王赞文
包爱科 史莹华 左强 巨晓棠 王永雄 白文明 白史且 石凤翎 石旺鹏 龙明秀 刘长仲
刘国彬 刘建秀 刘录祥 刘晓辉 刘爱军 刘爱萍 吕世海 吕贻忠 孙彦 孙吉雄 孙启忠
孙洪仁 安渊 安韶山 师尚礼 戎郁萍 朱志红 朱进忠 朱慧森 毕玉芬 许庆方 邢福
闫志坚 严学兵 余建明 吴建国 张卫国 张月学 张世挺 张永明 张永亮 张岁岐 张志飞
张怀刚 张国珍 张学勇 张建国 张金屯 张恩和 张润志 张新全 张德罡 张蕴薇 李红
李唯 李连方 李英年 李青丰 李贵桐 李造哲 李菊梅 杜红梅 杜建才 杨允菲 杨春华
杨惠敏 汪诗平 沈新莲 辛国荣 辛晓平 邵涛 邵新庆 陈文峰 周华坤 周自玮 周志宇
周青平 周道玮 孟林 易津 林启美 林洁荣 林慧龙 金樑 胡良军 赵祥 赵小蓉
赵世伟 赵国琦 赵桂琴 赵萌莉 郝明德 徐瑶 徐礼根 柴琦 海棠 袁清 袁庆华
袁学军 贾玉山 贾志宽 郭凤根 郭正刚 郭仰东 郭彦军 郭振飞 郭继勋 崔建宇 崔敏龙
彩万志 梁天刚 梁宗锁 逯晓萍 黄高宝 彭燕 彭晓邦 曾会明 曾昭海 程积民 董全民
董宽虎 董晓宁 谢应忠 谢英荷 韩永伟 韩国栋 韩雪松 解新明 赖志强 漆智平 樊江文
潘学标 魏臻武

(以姓氏笔画为序)