

# 放牧干扰对祁连山高寒金露梅灌丛草甸群落的影响

盛海彦<sup>1</sup>, 曹广民<sup>2</sup>, 李国荣<sup>1</sup>, 周靖靖<sup>3</sup>, 焦文月<sup>1</sup>, 李吉鹏<sup>1</sup>, 张平<sup>1</sup>

1. 青海大学, 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:**以祁连山北支冷龙岭东段南麓的甘柴滩夏季牧场集体长期混合(藏系绵羊、牦牛)放牧的高寒金露梅 *Potentilla fruticosa* 灌丛草场为对象, 利用空间分布代替时间演替的方法, 采用方格网法取样分析调查, 对不同放牧压力梯度下金露梅灌丛群落的结构、组成、物种多样性、地上生物量进行研究, 结果表明: ①放牧居住点由远到近, 放牧压力梯度不断增加, 金露梅株高、密度、覆盖度、地上生物量和丛间草地的地上生物量均有不同程度的降低, 地上的总生物量降低幅度达 84.77%。金露梅株高与放牧压力梯度遵循对数方程; 而金露梅密度、覆盖度、丛间草地上生物量与放牧压力梯度呈幂函数关系。②随着放牧压力梯度增加, 金露梅灌丛下层群落的物种组成及其结构有显著变化。禾本科、莎草科和杂类草植物的地上生物量均有不同程度的下降, 而杂类草的地上生物量占地上草本植物总生物量的比例由 56.0% 上升到 79.69%; 莎草科生物量占地上草本植物总生物量的比例略有所上升; 禾本科的地上生物量占草本植物地上总生物量的比例由 31.2% 下降到 9.6%。

**关键词:** 金露梅灌丛; 放牧干扰; 群落

**中图分类号:** Q948

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1674-5906 (2009) 01-0235-07

高寒灌丛草甸是青藏高原高寒草地生态系统的重要组成部分之一, 金露梅 *Potentilla fruticosa* 灌丛是高寒落叶灌丛的典型代表, 全国总面积 102 469 km<sup>2</sup>[1], 金露梅灌丛草甸在青藏高原分布面积仅次于高山嵩草 *Kobresia pygmaea* 草甸, 它广布于青藏高原东部海拔 3 200 ~ 4 500 m 的山地阴坡、半阳坡、潮湿滩地及高海拔的山地阳坡。金露梅灌丛蛋白质丰富、热量高, 作为非传统饲料来源利用前景广阔[2-4], 是青藏高原主要的夏季牧场[5-6], 同时它还是我国西北和西南地区重要的水源涵养林, 它的存在及系统群落稳定对于青藏高原及相邻干旱地区的水分和热量平衡具有重要的生态学意义[1, 7]。由于长期以来受数量型畜牧业政策和当地文化传统的影响, 金露梅灌丛草甸处于严重的超载过牧状态, 草地退化严重, 有学者[8-10]以藏系绵羊进行了不同放牧强度的小区试验, 研究了金露梅生物量及其灌丛群落的变化。在高寒灌丛放牧的地区, 夏季牧场集体混合(藏系绵羊、牦牛)放牧是主要的放牧形式之一, 对在该放牧制度下放牧干扰对金露梅灌丛的影响报道很少[11], 因此, 本文通过研究该放牧制度下不同放牧梯度对金露梅灌丛群落的影响, 探索人类放牧活动对高寒露梅灌丛稳定性的影响过程, 检验放牧干扰在高寒灌丛草地退化中的重要性, 以期高寒退化草地的恢复、重建, 草地生产力的提高及持续利用和生物多样性保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站的甘柴滩进行, 地理位置为 37°39'56" ~ N37°40'26", 101°20'39" ~ 101°21'27"E, 其地形是祁连山北支冷龙岭东段南麓的洪积扇。高原大陆性气候, 冷季寒冷、干燥、漫长, 暖季凉爽、湿润、短暂。年均气温 -1.7 °C, 最暖的7月和最冷的1月平均气温 9.8 °C 和 -14.8 °C; 年降水量 580 mm 左右, 主要集中于 5-9 月, 占全年的 80%。植被为金露梅灌丛草甸, 群落总覆盖度达 60% ~ 90%。群落结构简单, 一般分为灌木和草本两层。灌木层多以金露梅为单优势种群。组成草本层的植物种类较少, 样地内平均有 20 ~ 36 种/m<sup>2</sup>, 以寒冷中生草甸植物为主。草本层覆盖度以灌木层的盖度大小而有一定的变化, 一般在 60% ~ 80%。伴生种类较多, 常见的有垂穗披碱草 *Elymus nutans*、矮蒿草 *Kobresia humilis*、珠芽蓼 *Polygonum viviparum*、草地早熟禾 *Poa prsten*、雪白委陵菜 *Potentilla nivea*、华马先蒿 *Pedicularis oedera* var. *sinensis*、圆叶毛茛 *Ranunculus indivisus* 等。土壤为高山灌丛草甸土, 有疏松的草皮层, 其下腐殖质层较厚, 有机质质量分数 9% ~ 13%。

### 1.2 试验方法

利用空间分布代替时间演替的方法[12]来研究植物群落演替动态, 最明显地表现在居民点周围相继分布的环带状变化上, 即由于长期放牧在放牧居住点周围向外放射, 沿半径方向自然构成草原群落的放牧压力梯度和相应的放牧退化等级。放牧强度

**基金项目:** 中国生态网络台站项目 (2006); 教育部“新世纪优秀人才支持计划”项目 (NCET-04-G983)

**作者简介:** 盛海彦 (1967 年生), 男, 副教授, 硕士, 主要从事资源与环境生态研究与教学工作。E-mail: xnshy26@sina.com

**收稿日期:** 2008-09-21

通过现场调查牲畜数量、土地面积调查而获得,马场二队近5 a平均放牧强度以羊单位计为5.73头·hm<sup>-2</sup>(以1头藏牦牛每天的食草量是4头藏系绵羊的食草量计<sup>[13]186-187</sup>,在本试验区域,羊和牦牛比例为9:1)。研究区域地势平缓,海拔3 380~3 450 m,在此范围内以马场二队张兴家的放牧居住点为中心(P0,次生裸地)设一条样线,由中心向南到夏秋草场(暖季草场6月1日-10月31日)边界的网围栏处,在距中心(P0)30 m处(P1)的次生杂草草地分别随机布置5块面积为50 cm×50 cm的样方,研究杂草草地植被组成、结构变化情况,然后距中心间隔150 m(P2)、300 m(P3)、450 m(P4)、600 m(P5)、750 m(P6)、900 m(P7)、1 050 m(在网围栏外作为对照P8,既无放牧,网围栏距放牧居住点1 037 m)分别设置一个面积为10 m×10 m样地,在样地内沿对角线布置5块面积为2 m×2 m的小样方,考查金露梅的株高、密度、覆盖度和植株死亡等特征值,在样地内金露梅灌丛间随机布置5块面积为50 cm×50 cm的小样方,考查草本层特征与组成、结构变化情况。在2006年8月上旬进行植物群落组成以及它们的盖度、高度和地上生物量调查,金露梅以基部的分枝计,其地上生物量只采摘当年萌发的新枝和嫩叶<sup>[14]</sup>,其它齐地面刈割,然后放在65 °C烘箱中烘干,在电子天平上称量,单位取g·m<sup>-2</sup>。

1.3 分析与统计方法

植物多样性分析各个植物种群的重要值按下计算:重要值<sup>[13]11-16</sup>=(相对盖度+相对地上生物量)/2×100。

生物多样性指数<sup>[15]</sup>的计算包括:

丰富度指数(species richness index):  $S = n$ ; “n”是样方中的物种数。

Shannon- Wiener指数(物种多样性指数):

$$H' = -\sum_{i=1}^n (P_i \cdot \ln P_i);$$

$P_i$ 是种i的相对重要值。

$$\text{Simpson指数 } D = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

表示从N个个体的n个种的集合中随机抽取两个个体属于同种的概率, D值越大,多样性越高。它对于群落中常见种的变化较敏感。

Pielou指数(均匀度指数):  $EI = H'/\ln S$ 。

相似性指数<sup>[16]</sup>按照如下公式计算:

$$R = \frac{[\sum_{i=1}^n (x_i + y_i) \cdot \ln(x_i + y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \cdot \ln x_i - \sum_{i=1}^n y_i \cdot \ln y_i]}{[(X + Y) \cdot \ln(X + Y) - \ln X - \ln Y]}$$

其中: R是样方x与样方y之间的相似性程度;  $x_i$ 和 $y_i$ 分别是植物种i在样方x和样方y中的相对重要值; X和Y分别是样方x和样方y中所有植物种相对重要值

的总和; R的变化范围在0.00到1.00之间。

对所得的试验数据,依据数理统计的原理,利用DPS数据处理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 放牧干扰对金露梅植株的影响

2.1.1 对金露梅株高和密度的影响

样地P8(无放牧,对照)金露梅株高最大,与P7之间的金露梅平均株高差异不显著( $P > 0.05$ ),而与其它样地的差异显著(图1),随着放牧压力梯度的增大,金露梅平均株高逐渐降低,平均株高由30.1 cm降低到11.47 cm,其降低趋势遵循方程:  $Y_{株高} = 10.398 \ln s - 41.037$ , ( $R^2 = 0.9778$ ,  $P < 0.01$ , s为距放牧居住点或畜圈围栏P0距离,  $150 \leq s \leq 900$  m,下同); 金露梅密度样地P8的与P7的无显著差异,而与其它样地的差异显著,由P8到P2,随着放牧压力梯度的增加,单位面积金露梅平均株数由P8的115.8株·m<sup>-2</sup>降低到P2的25.75株·m<sup>-2</sup>,降低幅度为77.89%,其降低趋势可遵循方程  $Y_{密度} = 0.4367 s^{0.803}$ , ( $R^2 = 0.9946$ ,  $P < 0.01$ )。

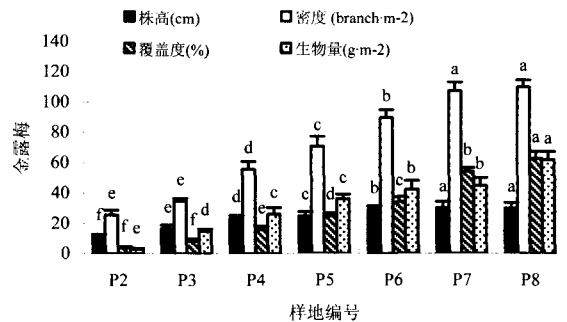


图1 不同放牧强度对金露梅的影响

Fig. 1 Influence with different grazing intensity in alpine *Potentilla fruticosa*

不同小写字母间差异显著( $P < 0.05$ ), 图2同

2.1.2 对金露梅盖度和地上生物量的影响

由样地P8到P2,随着放牧压力梯度的增加,金露梅的覆盖度由62.69%下降为3.94%,降低显著(图1),其降低趋势可用幂函数 $y_{覆盖度} = 0.0023s^{1.4581}$ 表示( $R^2 = 0.9894$ ,  $P < 0.01$ ); 样地P8与其它样地的金露梅地上新枝叶生物量有显著差异,由P7到P2随着放牧压力梯度增大,其地上新枝叶生物量有不同程度的降低(图1),其降低趋势可表示为:  $Y_{生物量} = 24.7 \ln s - 122.87$  ( $R^2 = 0.9868$ ,  $P < 0.01$ ), P4、P3、P2样地三者其生物量差异显著。

6月初放牧家畜进入草场,此时,金露梅地上嫩枝和幼叶开始形成,因其蛋白质含量高,热量高,适口性较好被家畜啃食和踩踏,影响了金露梅的光合作用及其有机物质合成,造成金露梅地上生物

量、覆盖度、密度和株高随放牧压力梯度的增加而减小，尤其是在放牧居住点（畜圈）100 m范围内无金露梅灌丛已退化为次生杂草草地。

2.2 放牧干扰对草本层植物群落的影响

2.2.1 对草本层群落物种组成和结构的影响

从P8到P1，随着放牧压力梯度的增加，金露梅灌丛下层群落的物种组成及其结构有显著的影响(表1)，在不同样地中，处于相对优势地位(重要值

大)的植物组成差别很大，未放牧样方P8以禾本科垂穗披碱草*Elymus nutans*、异针茅*Stipa aliena*、紫羊茅*Festuca rubra*、藏异燕麦*Helictotrichon tibeticum*等占优势，而在距牧居住点约30m的P1样地放牧干扰强度大，以如矮火绒草*Leontopodium nanum*、鹅绒委陵菜*Potentilla anserine*、西伯利亚蓼*Polygonum sibiricum*、兰石草*Lancea tibetica*和芥菜*Capsell bursapastoris*等少数杂草共同占优势，植被的平均

表1 不同放牧压力梯度对草本重要值的影响  
Table 1 Influence with different grazing intensity on importance value of herbage

植物种群	重要值							
	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	13.05	8.2	7.0	6.45	5.67	4.31	0.39	
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	12.43	11.34	10.6	10.5	6.85	2.5		
糙毛野青茅 <i>Deyeuxia arundinacea</i>	4.0	2.81	2.3	1.72	0.94	0.74		0.031
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>	7.29	7.02	5.5	5.34	5.1	2.7	0.17	0.19
洽草 <i>Koeleria cristata</i>	3.82	2.8	2.67	2.4	2.2	1.82	0.12	
山地早熟禾 <i>Koeleria cristata</i>	7.27	5.34	4.7	4.51	4.8	3.12		0.14
藏异燕麦 <i>Helictotrichon tibeticum</i>	11.09	7.76	5.43	3.78	3.4	3.29		0.11
青藏苔草 <i>Carex moorcroftii Falc</i>	4.91	2.35	1.93	1.4	0.52	0.2		
线叶蒿草 <i>Kobresia capillifolia</i>	6.69	5.09	4.78	3.32	0.9	0.78		
矮蒿草 <i>Kobresia humilis</i>	10.1	7.91	7.56	6.54	4.81	3.56	0.45	0.34
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	2.3	1.81	1.87	1.9	2.01	2.9	4.3	
重齿风毛菊 <i>Saussurea katochaete</i>	1.59							
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.2	0.15	0.72	2.11	2.7	2.32	3.44	0.72
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	3.49	3.87	3.8	4.2	4.5	4.31	2.27	
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>	1.42	1.65	1.45	3.51	4.53	4.09	9.78	9.43
尖叶龙胆 <i>Gentiana aristata</i>	1.67	1.81	2.32	2.52	2.92	2.96	3.23	
线叶龙胆 <i>Gentiana farreri</i>	0.26	0.51	0.49	0.78	0.69	1.62	1.69	
高山唐松草 <i>Thalictrum alp inum</i>	0.16	3.1	2.9	3.25	3.56	2.98	4.87	
青海黄芪 <i>Astragalus tanguticas</i>	1.18	2.03	0.91	1.43	1.3	1.9		
星毛委陵菜 <i>Potentilla acaulis</i>			0.05	0.21	2.7	3.12	5.41	5.54
雪白委陵菜 <i>Potentilla nivea</i>	1.11	1.17	2.04	2.35	2.34	2.75	4.28	4.05
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserine</i>				0.42	3.23	2.45	4.37	10.51
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	5.58	4.16	3.51	3.72	3.41	2.86	0.76	0.21
圆叶毛茛 <i>Ranunculus indivisus</i>	3.53	2.9	2.5	3.2	5.32	6.43	6	6.23
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	2.15							
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>	6.23	5.72	6.21	6.71	7.32	7.04	9.21	9.31
乳白香青 <i>Anaphalis lacteal</i>	2.3	2.91	2.93	3.03	3.12	3.9	4.5	
直梗唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	1.03	3.34	3.79	4.2	4.12	4.56	4.41	
宽叶羌活 <i>Notoptergium forbesiide</i>	1.34	0.62	0.56	0.72	0.25	0.15	0.05	
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>		0.88	2.2	2.7	3.4	3.59	4.9	5.3
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>		3.01	0.15					
甘青老鹳草 <i>Geranium pylzowianum</i>				0.32	0.51	0.24	2.6	3.61
獐牙菜 <i>Swertia tetraptera</i>	2.27	1.06	0.93					
海乳草 <i>Glaux maritime</i>	1.21	3.79	4.1	4.52	4.71	4.3	5.83	5.71
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>	2.7	0.9	0.54					
车前 <i>plantago asiatica</i>	2.9	3.6	4.32	4.7	2.9	3.4	5.92	6.12
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	0.35	1.32	1.65	2.61	3	2.12	3.51	6.32
小带黄 <i>Rheum pumilum</i>	0.23	0.35	0.43	1.07	1.24	1.4	1.2	1.32
芥菜 <i>Capsell bursapastoris</i>	0.21	0.29	0.41	0.34	0.78	3.5	5.35	7.2
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	2.45	3	3.3	3.3	2.9	3.4	4.2	4.78
物种数(丰富度)	36	35	36	35	35	35	28	21

高度只有2.1 cm, 并且有次生裸地出现。随着放牧压力梯度增加禾本科和莎草科植物的重要值均有不同程度的降低, 杂类草的重要值有不同程度的升高, 由样地P8到P2, 禾本科植物垂穗披碱草和莎草科植物矮蒿草 *Kobresia humilis* 的重要值由13.05和10.1降低到0.39和0.45; 杂类草的西伯利亚蓼和矮火绒草重要值由0.35和1.42升高到3.51和9.78。由样地P7到P1, 禾本科植物的株高也显著降低, 如垂穗披碱草的平均株高由8.7 cm降低到3.6 cm; 而杂草植物的覆盖度由35%升高到73%。由此可见随着放牧压力梯度, 优良牧草被典型杂类草替代。

群落的物种丰富度是群落的重要特征, 从P8到P3丰富度指数变化不明显, 物种数量维持在30种以上, 样地P8和P6物种数达36种, 样地P2离牧居住点约150 m, 放牧干扰强度大, 物种数为28种, 而在距牧居住点或畜圈围栏约30 m的P1样地, 由于放牧干扰特别严重, 禾本科、莎草科植物种类减少, 某些杂草种类如美丽风毛菊 *Saussurea superba* 未观测到, 物种数为21种, 丰富度指数明显下降(表1)。

#### 2.2.2 对草本层群落物种多样性的影响

放牧干扰对物种多样性的影响可以通过 Shannon—Wiener 指数和 Simpon 指数加以说明, 对均匀度的影响可以通过 Pilo 指数加以说明。在本研究中, 随着放牧干扰程度的增加, 由样地P8到P1, 随着放牧压力梯度的增加这3个指数都表现为单峰趋势(表2), 样地P5的 Shannon-Wiener 指数最大, 样地P3的 Simpon 指数最大, 而 Pilo 指数在样地P4达到最大值, 这3个指数均在样地P1表现出最小值。

样地P5、P4、P3的 Shannon-Wiener 指数之间无显著差异( $P > 0.05$ ), 它们与其样地的有显著差异( $P <$

0.05), 样地P1的与其样地的有显著差异( $P < 0.05$ )。对于 Simpon 指数, 样地P5、P4、P3之间的 Simpon 指数差异不显著( $P > 0.05$ ), 它们与样地P8、P2、P1的差异显著( $P < 0.05$ ), 样地P8、P7、P2之间的 Simpon 指数差异也不显著( $P > 0.05$ )。样地P5、P4、P3的 Shannon—Wiener 指数和 Simpon 指数较其他样地的高, 主要是由于未受干扰的P8及受干扰弱的样地P7大量的优势物种如垂穗披碱草、异针茅、矮蒿草等抑制了其它物种的生长, 随着放牧干扰的增强, 禾本科等不耐牧的优势物种由于被大量啃食、踩踏而受到抑制, 且草地的透光性增加, 这都为其他物种的侵入创造了条件, 同时, 又不至使一些耐牧的物种因干扰而消失, 随着放牧干扰的进一步增强, 大量物种因无法承受干扰而消失, 只有少量的耐受性较高的牲畜不喜食物种还存在, 如样地P2中矮火绒草、兰石草、西伯利亚蓼等, 且种群数量增加。对多样性指数的分析说明, 在本研究的区域内, 轻度的放牧不会对物种的多样性产生影响, 适度的放牧能够增加物种多样性, 过度放牧会降低物种多样性。

样地P3、P4、P5的 Pilo 指数差异不显著( $P > 0.05$ ), 它们与样地P1、P7、P8的差异显著( $P < 0.05$ ), 这是由于样地P1、P7、P8中优势种、次优势种及伴生种的生长, 在覆盖度、高度和地上生物量等方面均表现出很大的差异。

不同放牧压力梯度样地间植物组成的相似性系数能准确地反映各放牧强度间物种组成及其生物量分配的差异。两个处理间物种的组成及其生物量分配越接近, 其相似性系数就越大。在表3中样地P4、P3间相似性系数最大, P6、P5间次之, 而P8、

表2 不同放牧强度物种多样性和均匀度的变化

Table 2 Changes of species diversity and evenness with different grazing intensity

样地编号	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1
Shannon-Wiener 指数	3.180c	3.191c	3.228bc	3.394a	3.390a	3.373ab	3.141c	2.668d
Simpon 指数	0.946c	0.950bc	0.952b	0.955ab	0.960a	0.962a	0.943c	0.923d
Pilo 指数	0.887c	0.901c	0.907bc	0.950ab	0.954a	0.949ab	0.910bc	0.881c

注: 同行数据后标的字母无相同者表示差异达显著水平( $P < 0.05$ )

表3 不同放牧强度植物群落相似性指数的比较

Table 3 Comparison of similarity indices of plant communities in different grazing intensity

样地编号	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1
P8	1							
P7	0.862 8	1.000 0						
P6	0.841 4	0.836 4	1.000 0					
P5	0.828 9	0.935 9	0.960 8	1.000 0				
P4	0.795 7	0.879 5	0.909 7	0.950 6	1.000 0			
P3	0.661 5	0.833 7	0.873 1	0.910 1	0.965 4	1.000 0		
P2	0.396 9	0.566 5	0.645 6	0.696 3	0.783 3	0.847 5	1.000 0	
P1	0.279 7	0.388 7	0.424 3	0.486 3	0.593 3	0.644 1	0.782 9	1.000 0

P1间最小。对表3的每一列进行纵间比较，相邻两个处理间的相似性系数均大，而不同放牧压力梯度差异越大者，则其相似性系数就越小。对于P8而言，从P7到P1，相似性系数逐渐减小，同样的P7、P6、P5、P4、P3、P2都反映了这一趋势。说明放牧强度差异大的，则其植物组成的相似程度就小。

2.2.3 对草本层地上生物量的影响

由于放牧家畜的采食，无放牧的对照样地与放牧样地丛间草本植物地上生物量差异显著(图2)。样地P7、P6、P5之间地上生物量差异不显著，而与P4、P3、P2之间差异显著，其中未放牧样地P8的总生物量最大为235.53 g·m<sup>-2</sup>，而样地P1是在距放牧居住点30 m处，其地上生物量极小，仅为48.37g·m<sup>-2</sup>。丛间草本植物地上生物量与放牧压力梯度关系可用方程 $y = 13.138s^{0.4005}$ 表示，(R<sup>2</sup>=0.9813, P<0.01)。

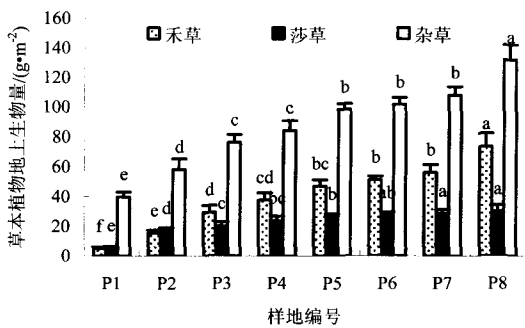


图2 不同放牧强度草本植物地上生物量

Fig. 2 Aboveground biomass of herbage in different grazing intensity

地上草本植物总生物量的比例呈下降趋势，由样地P8的31.2%下降到P1的9.6%。

随着放牧压力梯度的增加，适口性好的禾本科的垂穗披碱草、紫羊茅*Festuca rubra*和异针茅等优势种在返青期经家畜的反复啃食和践踏，光合面积减少，根系贮存的营养物质大量被消耗，生长发育被严重抑制，线叶嵩草、矮嵩草和青藏苔草，由于耐牧性较强，虽然随着放牧压力增加地上生物量逐渐减少，但在放牧压力不大时变化不显著，有些牲畜喜食但不耐践踏植物如鹅绒委陵菜和蒙古蒲公英等，也不能充分生长发育，盖度和丰富度都降低，而一些牲畜不喜食的杂类草如矮火绒草、兰石草、西伯利亚蓼、雪白委陵菜等大量增加。此外，放牧强度很大时，由于干扰过于频繁剧烈，减少了有机质向土壤中的输入，限制了土壤养分的积累，改变了植物的竞争能力，进而减少了植物种的优势度和多样性。此结果支持了中度放牧理论<sup>[17]</sup>，即中度的放牧能够增加物种多样性、增加物种均匀度。

3 讨论与结论

草地植被作为可再生最廉价的自然资源，自古以来就被人们被放牧利用，随着人口的增加，对畜产品的需求加大，放牧干扰对草地生态系统的影响就逐渐显现出来，放牧不仅可以改变地表覆被状况、草地的形态特征、生产力及草种结构，还可以影响许多生态过程、养分的循环及草场演替方式<sup>[18]</sup>，过度放牧即对草场实施了过强的放牧干扰，草场植物群落会发生逆行演替<sup>[19]</sup>。在一般放牧条件下草地植物出现变矮现象，并不发生群落的分化，在本研究中无放牧样地群落为金露梅-矮嵩草-异针茅-垂穗披碱草高寒灌丛，其与相距150~300 m放牧压力梯度小的样地金露梅株高无显著差异，灌丛下草本植物的相似性指数差异不大，物种的丰富度和多样性指数均无显著差异。随着放牧强度的增加，大量牧草被的啃食、植被覆盖度降低，光合面积减少，根系贮存的营养物质大量被消耗，导致光合产物不能满足其自身生长发育的需要，营养物质的储存减少，不仅使来年的萌发日期推迟，并且造成金露梅新生枝的大量死亡，且凋落物减少，地表的裸露程度增大，地表蒸发随之增大，土壤含水量下降，植物生长发育被严重抑制，影响了植物的光合作用及其有机物质合，地上生物量下降，归还到土壤的有机物减少，流入家畜体内的养分的以畜产品被输出系统，加速了整个草场养分的失调，进而影响了养分对植物的供给，植物生长受到严重抑制。在受到持续超载放牧干扰作用下，高寒灌丛草场表现其中草结皮层逐渐被破坏，土壤坚实度<sup>[20]</sup>、含水量逐渐下降<sup>[21]</sup>，灌丛高度显著下降，这为有害啮齿动物

草地群落中，生活型功能群的类型一般由多年生禾草类、莎草类和多年生杂类草组成。由样地P8到P1，随着放牧强度的增加，但各功能群在群落中所占的地位发生较大变化，禾本科、莎草科和杂类草植物的总量在下降，而杂草类的生物量占地上草本植物总生物量的比例呈现出上升趋势(图3)，由样地P8的56%上升到P1的79.69%；莎草科生物量占地上草本植物总生物量的比例略有增加，由样地P8的12.75%上升到P2的18.86%，但样地P1由于放牧压力大，其所占比例下降到10.7%；禾本科的生物量占

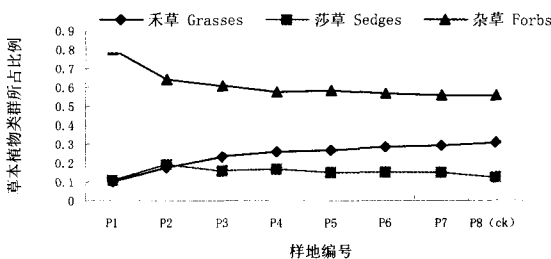


图3 不同放牧压力梯度对各类草本植物比例的影响

Fig. 3 Percentage of plant group in different grazing intensity

的蔓延滋生创造了条件,如在海北高寒灌丛草场最常见的小型啮齿动物有高原鼠兔,喜欢植物低矮视野开阔的环境,喜食高山嵩草、矮嵩草、异针茅、早熟禾、紫羊茅等优良牧草,鼠害促进草场逆行演替<sup>[22]</sup>。此外,为了解决放牧期间的燃料仍有牧民砍伐金露梅灌丛。随着超载放牧的持续,破坏性进一步累积,植物群落层次结构减少,优良牧草衰退,毒杂草增加,植物多样性下降,群落稳定性较差<sup>[23]</sup>,到一定程度后草场发生重度或极度退化,形成杂类草群落,如距居住点20~100m的地段为西伯利亚蓼+鹅绒委陵菜+矮火绒草杂类草群落,此群落的覆盖度降低,内有秃斑地块,土壤表层坚实度小,草根数量少,地表水分蒸发大。在过度放牧干扰下,草场逆行演替进一步发展,最终形成无植被的“黑土滩”。

以草定畜,适度放牧是维持草地放牧生态系统的核心,畜种和畜群结构的配置是放牧管理的重要环节。皮南林等<sup>[24]</sup>、赵新全等<sup>[25]</sup>通过高寒草场优化放牧方案和最优生产结构的研究,认为高寒草场地区藏系绵羊和牦牛的比例以3:1、藏系绵羊的适龄母畜比例为50%~60%、牦牛的适龄母畜比例为30%~40%较为合理。在本试验区域,藏系绵羊和牦牛比例为9:1,由于藏系绵羊和牦牛采食行为不同,对牧草的选择有差异,藏系绵羊不喜食的金露梅枝叶,牦牛大量啃食,且牦牛的踩踏比藏系绵羊的对植被和土壤的影响大,这可能加速了金露梅灌丛草甸的逆行演替。

在连续放牧20a夏秋草场的干柴滩,放牧强度是以羊单位计近5a平均每 $\text{hm}^{-2}$ 为5.73头藏羊,在此放牧强度下许多金露梅灌丛已退化演变杂草草地及无植被的“黑土滩”,说明,此放牧强度已超过该草场的放牧承载能力,离放牧居住点由远到近,放牧压力梯度不断增加,金露梅株高、密度、覆盖度、地上生物量和丛间草地的地上生物量均有不同程度的降低,地上的总生物量降低幅度达84.77%,金露梅株高与放牧压力梯度遵循对数方程;而金露梅密度、覆盖度、丛间草地上生物量与放牧压力梯度呈幂函数关系;随着放牧压力梯度增加,金露梅灌丛下层群落的物种组成及其结构有显著变化。植物群落层次结构减少,禾本科、莎草科和杂类草植物的地上生物量均由不同程度的下降,而杂草类的地上生物量占地上草本植物总生物量的比例呈现出上升趋势,由56%上升到79.69%;莎草科生物量占地上草本植物总生物量的比例略有所上升;禾本科的地上生物量占地上草本植物总生物量的比例呈明显的下降趋势,由31.2%下降到9.6%。群落物种的丰富度在强放牧压

力梯度时显著降低。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司. 中国草地资源数据[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 68-72.  
The Department of Animal Husbandry and Veterinary, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Chinese Grassland Resources Data[M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1994: 68-72.
- [2] 龙瑞军, 徐长林. 天祝高山草原15种饲用灌木热值及季节动态[J]. 生态学杂志, 1993, (5): 13-16.  
Long Ruijun, Xu Changlin. Calorific value and its seasonal dynamics of fodder shrub species on Tianzhu alpine grasslands[J]. Chinese Journal of Ecology, 1993, (5): 13-16.
- [3] 胡自治, 孙吉雄, 李洋, 等. 甘肃天祝高山草地的植物量及光能化率[J]. 植物生态学报, 1994, (2): 121-131.  
Hu Zizhi, Sun Jieqiong, Li Yang, et al. The characteristics of biomass and conversion efficiency of solar radiation for principal types of alpine grasslands in Tianzhu, Gansu province, China[J]. Acta Phytocologica Sinica, 1994(2): 121-131
- [4] 于应文, 胡自治, 徐长林, 等. 东祁连山高寒植被类型与分布特征[J]. 甘肃农业大学学报, 1999, 34(1): 12-17.  
Yu Yingwen, Hu Zizhi, Xu Changlin, et al. Study on the vegetation types and distribution of alpine shrubs in Eastern Qilian Mountains[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 1999, 34(1): 12-17.
- [5] 周兴民, 王质彬, 杜庆, 等. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1987: 56-57.  
Zhou Xinming, Wang Zhibing, Du Qin, et al. Qinghai Vegetation[M]. Xining, Qinghai: People's Press, 1987.
- [6] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 青藏高原金露梅灌丛的结构特征及其生物量[J]. 西北植物学报, 1991, 11(4): 333-340.  
Wang Qiji, Zhou Xingmin, Zhang Yanqing, et al. Structure characteristics and biomass of *Potentilla fruticosa* shrub in Qingzang plateau[J]. Acta Bot Boreal Occident Sinica, 1991, 11(4): 333-340.
- [7] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 北京科学出版社, 1980: 430-451.  
Chinese Vegetation Editor committee. Chinese Vegetation[M]. Beijing: Beijing Science Press, 1980: 430-451.
- [8] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 放牧对金露梅生长发育和生物量的影响[C]// 刘季科, 王祖望. 高寒草甸生态系统. (第3集). 北京: 科学出版社, 1991: 89-95.  
Wang Qiji, Zhou Xingmin, Zhang Yanqing, et al. Effect of Grazing on growing and Biomass of *Potentilla fruticosa*[C]// Liu Jike, Wang Zu-wang. Alpine Meadow ecosystem. (Fasc.3). Beijing: Science Press, 1991: 89-95.
- [9] 王启基, 周立. 放牧强度对冬春草场植物群落结构及功能的效应分析[C]// 中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站. 高寒草甸生态系统. (第4集). 北京: 科学出版社, 1995: 353-363.  
Wang Qi Ji, Zhou Li. Effect analysis about grazing intensity on the structure and function of plant community in winter and spring grassland[C]// The Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem, The Chinese Academy of Sciences. Alpine meadow ecosystem. (Fasc.4). Beijing: Science Press, 1995: 353-363.
- [10] 周华坤, 赵新全, 唐艳鸿, 等. 长期放牧对青藏高原高寒灌丛植被的影响[J]. 中国草地, 2004, 26(6): 1-11.  
Zhou Huakun, Zhao Xinquan, Tang Yanhong, et al. Effect of long-term grazing on alpine shrub vegetation in Qingzang Plateau[J]. Grasslands of China, 2004, 26(6): 1-11.
- [11] 乔有明, 王启基, 景增春. 放牧和封育条件下金露梅灌丛草地群落动态变化的研究[J]. 青海大学学报, (自然科学版), 2005, 23(5): 5-8.  
Qiao Youming, Wang Qiji, Jin Zengchun. Study on the plant community dynamic change of *Potentilla fruticosa* shrubs under grazing and

- enclosur[J]. Journal of Qinghai University, (Natural Sciences), 2005, 23(5): 5-8.
- [12] Barbour M G. Terrestrial Plant Ecology[M]. London: The Benjamin Publishing Company, 1980: 222-233.
- [13] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. Ren Jizhou. Grassland Science Research Methods[M]. Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1998.
- [14] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 青藏高原金露梅灌丛的结构特征及其生物量[J]. 西北植物学报, 1991, 11(4): 333-340. Wang Qiji, Zhou Xingmin, Zhang Yanqing, et al. Structure characteristics and biomass of *Potentilla fruticosa* shrub in Qingzang plateau[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 1991, 11(4): 333-340.
- [15] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277. Ma Keping, Huang Jianhui, Yu Shunli, et al. Plant community diversity in Dondling mountain, Beijing, China II. Species richness, evenness and species diversities[J]. Acta Ecologica Sinica, 1995, 15(3): 268-277.
- [16] HORN H S. Measurement of "overlap" in comparative oecological studies[J]. American Naturalist, 1966, 100: 419-424.
- [17] CONNELL J H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs[J]. Science, 1978, 199: 1302-1310.
- [18] 李永宏, 汪诗平. 放牧对草原植物的影响[J]. 中国草地, 1999, 21(3): 11-19. Li Yongping, Wang Shiping. Response of plant and plant community to different stocking rates[J]. Grasslands of China, 1999, 21(3): 11-19.
- [19] 周兴民. 青海省草地资源的合理利用与草地畜牧业的持续发展[C]// 中国青藏高原研究会, 青海省科学委员会. 青海资源环境与发展研讨会论文集. 北京: 气象出版社, 1996: 110-116. Zhou Xingmin. Qinghai grasslands the rational utilization of resources and the sustainable development of grassland animal husbandry [C]// China's Qingzang Plateau Research Institute, Qinghai of the Academic Committee. Branch. Qinghai, Resources and environment and Development Workshop. Beijing: Weather Press, 1996: 110-116.
- [20] 蒲小鹏, 徐长林, 刘晓静. 放牧利用对金露梅灌丛土壤理化性质的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 39(1): 39-41. Pu Xiaopeng, Xu Changling, Liu Xiaojin. Effects of different grazing levels on physical and chemical characteristics of soil under *Dasiphora fruticosa* shrubland[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2004, 39(1): 39-41.
- [21] 陈全功, 梁天刚, 卫亚星. 青海省达日县退化草地研究 II 退化草地成因分析与评估[J]. 草业学报, 1998, 7(4): 44-48. Chen Quanguo, Liang Tianguang, Wei Yaxing. Causes of grassland degradation in Dari County of Qinghai Province[J]. Acta Agrestia Sinica, 1998, 7(4): 44-48.
- [22] 肖运峰, 谢文忠, 梁杰荣, 等. 高寒草甸放牧退化演替及其与鼠害的关系[J]. 自然资源, 1982, 4(1): 76-84. Xiao Yunfen, Xie Wenzhong, Liang Jierong, et al. Grazing degradation of succession and its relationship with rodent infestation of alpine meadow[J]. Resources Science, 1982, 4(1): 76-84.
- [23] 张堰青. 不同放牧强度下高寒灌丛群落特征和演替规律的数量研究[J]. 植物生态学报, 1990, 14(4): 358-364. Zhang Yanqing. A quantitative study on characteristics and succession pattern of alpine shrub lands under different grazing intensities[J]. Acta Phytocologica Sinica, 1990, 14(4): 358-364.
- [24] 皮南林, 王启基, 赵新全. 青海高寒草甸草场优化放牧方案及提高畜牧业经济效益的研究[J]. 家畜生态, 1988, 9(1): 26-35. Pi Nanlin, Wang Qiji, Zhao Xinquan. Study on optimum grazing plan and improve the economic efficiency of animal husbandry for alpine meadow pasture in Haibei, Qinghai[J]. Ecology of Domestic Animal, 1988, 9(1): 26-35.
- [25] 赵新全, 王启基, 皮南林, 等. 青海高寒草甸草场优化放牧方案的综合评价[J]. 中国农业科学, 1989, 22(2): 68-75. Zhao Xinquan, Wang Qiji, Pi Nanlin, et al. The multifactorial evaluation of optimum grazing plan for alpine meadow pasture in Haibei, Qinghai[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1989, 22(2): 68-75.

## Effect of grazing disturbance on plant community of alpine meadow dominated by *Potentilla fruticosa* shrub on Qilian Mountain

Sheng Haiyan<sup>1</sup>, Cao Guangming<sup>2</sup>, LI Guorong<sup>1</sup>, Zhou Jingjing<sup>1</sup>, Jiao Wenyue<sup>1</sup>, Li Jipeng<sup>2</sup>, Zhan Ping<sup>1</sup>

1. Qinghai University, Xining 810003, China; 2. Northwest Plateau Institute of Biology Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China

**Abstract:** This study was carried out in collective-owned summer grassland in Ganchaitan, which is located at the south foot of eastern Lenglongling Mountain (a branch of north Qilian Mountain), with yak and Tibetan sheep miscellaneous grazed on it. The grassland type could be classified as alpine meadow, dominated by *Potentilla fruticosa* shrub (PFS). This study, under gradual grazing stress, focused on the community structure, composition, species diversity, above-ground biomass of PFS, by using pane net sampling based on spatial distribution instead of temporal succession. Results showed that: ① Grazing stress negatively related to the distance between grazing area and resident area. The height, density, coverage, above-ground biomass of PFS, and the above-ground biomass of vegetation amongst PFS were increased with the grazing distance. Total above-ground biomass in resident area decreased 84.77%, compared to that in remote area. There are relationship of logarithmic function between the height of PFS and the grazing distance. There are exponential function relationship of grazing distance to the density, coverage and above-ground biomass of vegetation of PFS; ② The species composition and structure of the lower community of PFS were also affected by grazing stress. With the increasing of grazing stress, the hierarchy of community structure and the above-ground biomass of grasses, sedges and forbs decreased, while the biomass percentage of forbs and sedges increased (from 56% to 79.69% for forbs biomass, and a little bit increase for sedges biomass). Grasses biomass took 31.2% of the total above-ground biomass at low grazing stress, and it decreased to 9.6% of the total above-ground biomass at high grazing stress.

**Key words:** *Potentilla fruticosa* Shrub; grazing disturbance; plant community