

文章编号:1673-5021(2007)01-0019-05

围栏封育对青海湖地区芨芨草草原群落特征的影响

周国英^{1,2}, 陈桂琛¹, 韩友吉¹, 李锦萍¹, 宋文珠¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:选择青海湖地区围栏内封育和围栏外自由放牧的芨芨草草地为研究对象,用样线和样方相结合的方法进行群落调查,分析了围栏内外芨芨草草地的群落特征和地上生物量特点。结果表明:多年围栏封育使围栏内外群落类型发生了变化,围栏内为芨芨草+裸花碱茅群落,围栏外为芨芨草+赖草群落,且每个小样方中的物种数围栏内大于围栏外。围栏内外芨芨草群落的相似性系数达 0.743。围栏外自由放牧区域的芨芨草种群优势地位有所加强,其重要值也大于围栏内的芨芨草。物种丰富度指数围栏外大于围栏内,多样性指数中 Shannon-winner 指数、Hill 指数和丰富度指数具有同样的趋势,而均匀度指数和 Simpson 指数则是围栏内大于围栏外。围栏封育后群落地上生物量发生变化,地上总生物量和禾草类生物量均为围栏内 > 围栏外,而杂类草和豆类毒杂草则是围栏内 < 围栏外。

关键词:青海湖地区;芨芨草草原;群落特征;围栏封育;物种多样性

中图分类号:S812.5 **文献标识码:**A

芨芨草 (*Achnatherum splendens*) 属禾本科 (*Gramineae*) 芨芨草属 (*Achnatherum*) 植物,多年生密丛性,须根粗壮坚韧,外具沙套,秆直立、坚硬、平滑^[1],具有耐寒、耐旱、耐盐、适应性广的特性。其经济价值较高,不仅是优良饲用植物、纤维植物,而且是水土保持植物^[3]。在我国主要分布在青海、西藏、四川、新疆、甘肃、内蒙古、宁夏、山西等地^[2]。芨芨草草原在青海省以青海湖盆地、共和盆地及柴达木盆地东部的广大地区较为集中^[4]。芨芨草草原不仅为草地畜牧业的发展提供不可缺少的原料和立足之地,而且在抗风固沙、保持水土等方面也起着重要作用,同时也是鸟类的重要栖息地^[5]。然而,由于地质历史演变、气候环境变化等自然原因,加之近几十年来大规模的生产开发以及人类经济活动的干扰和影响,尤其是人为开垦、过度放牧等不合理利用,使芨芨草草原遭到严重破坏,面积急剧减少。围栏封育由于投资少,见效快^[6,7],已成为当前青海湖地区退化草场恢复的重要措施之一。但是长期以来人们只注重围栏建设,而缺乏对围栏封育效果的评价。本研究选择了青海湖地区芨芨草草原做围栏封育效果评价,以期对芨芨草草地资源持续合理利用以及退化草地的植被恢复等方面提供一些科学依据。

1 研究区域概况

有关青海湖地区的自然状况和气候状况已有报

道,详见参考文献^[9]。实验样地选择青海省三角城种羊场地区的芨芨草草原,该地区芨芨草草原于 20 世纪 50 年代末期被开垦,后由于不适宜耕种而弃耕,群落自然演替成为次生芨芨草草原,并于 80 年代初开始围栏封育。

2 材料与方法

2.1 野外取样

在围栏内外的调查样地选择植物生长均匀、微地形差异较小、集中连片分布的群落,分别进行取样。每块样地放置 50 m 测绳作为基线,然后以 5 m 为间隔,以左右相间的形式取 1 m × 1 m 的小样方,每块样地共取 10 个样方。围栏内外各 1 条样带,共 20 个小样方。样方调查记录植物种类组成、种群的物候期、高度和盖度以及海拔等环境因子。测定围栏内外群落的地上生物量采用割草法^[10]。取样面积为 50cm × 50cm,采取齐地面剪割,分禾草类、杂类和豆类 3 类,5 次重复;将剪下的地上生物量分别称取鲜重后带回室内,在 65℃ 恒温箱内烘干至恒重。

收稿日期:2006-07-03;修回日期:2006-10-16

基金项目:国家中西部专项“江河源主要生态区生态恢复研究与示范”(K99-05-11)

作者简介:周国英(1974-),男,青海乐都人,在读博士,助理研究员,主要从事草地生态学和恢复生态学方面的研究。

2.2 数据处理

在室内准确鉴定植物标本,统计科、属、种及其组成。其它主要公式如下:

$$\text{重要值}(I_i) = (\text{相对频度} + \text{相对盖度}) / 2^{[11]}$$

$$\text{群落丰富度指数 } R = \frac{S-1}{\ln N}$$

群落物种多样性指数:

$$\text{Simpson 指数} = \frac{N_i(N_i-1)}{N \cdot (N-1)} \quad (\text{Simpson E H, 1949})$$

$$\text{Shannon-wiener 指数 } H = - \sum (P_i \ln P_i) \quad (\text{Shannon C E, 1949})$$

$$\text{Hill 指数 } D = e^H \quad (\text{Hill, 1973})$$

$$\text{群落均匀度指数 } E_i = \frac{H}{\ln S} \quad (\text{Pielou, 1975})$$

$$\text{相似性系数 } S_{\text{resen}} \text{ 指数: } IS_s = \frac{2C}{A+B} \quad (S_{\text{resen}}, 1948)$$

其中, S 为群落中的总物种数; N 为群落中全部种的总个体数, 由于个体数对于草本植物统计较为困难, 本文采用各物种的重要值代替个体数进行计算; N_i 为各个种的重要值; $P_i = N_i / N$; C 为围栏内外共有的物种数, A 为围栏外的物种数, B 为围栏内的物种数。

文中地上生物量均由 50cm × 50cm 换算成 1m × 1m, 均以烘干重计。

3 结果与分析

3.1 围栏内外芨芨草群落植物组成及其重要值特点

长期围栏封育和自由放牧导致该地区围栏内外芨芨草草原的群落类型发生了改变, 围栏封育区域的群落类型为芨芨草 + 裸花碱茅 (*Puccinellia nudiflora*) 群落, 主优势种为芨芨草和裸花碱茅, 围栏内样方中的植物种 7 ~ 13 种, 平均为 9.8 种; 围栏外自由放牧区域的群落类型为芨芨草 + 赖草 (*Leymus secalinus*) 群落, 样方中的植物种 4 ~ 9 种, 平均值为 7.6。围栏内样方累计总物种数为 17 种, 围栏外为 18 种, 围栏外物种数多于围栏内。

围栏内外植物群落种群的重要值发生了显著变化, 如表 1 所示。围栏内重要值大于 20 的物种有芨芨草和裸花碱茅, 无介于 10 ~ 20 的物种, 1 ~ 10 之间的有赖草、海乳草、纤杆蒿、西伯利亚蓼、草甸雪兔子、披针叶黄华、冰川棘豆、短穗兔耳草、阿尔泰狗哇花和中亚滨藜, 其余均小于 1。围栏外重要值大于 20 的只有芨芨草, 赖草介于 10 ~ 20 之间, 1 ~ 10 之间的有裸花碱茅、白茎盐生草、短穗兔耳草、垂穗披

碱草、草甸雪兔子、纤杆蒿、平车前、短花针茅、中亚滨藜、海乳草、西伯利亚蓼、披针叶黄华和二裂委陵菜。围栏外芨芨草的优势地位更加明显, 芨芨草本身具有根系发达、分蘖能力较强和株丛浓密的特性, 竞争优势明显, 另外芨芨草蓄存的立枯物较多、较硬, 牛羊的践踏和采食很难对围栏外芨芨草种群产生较大的影响, 相比较而言其它物种受到牲畜的影响更大一些。裸花碱茅草质柔软, 适口性好, 围栏外重要值大幅度下降, 而赖草和垂穗披碱草以其强烈的克隆生殖特性和较强的耐牧性, 在围栏外的重要值呈增加的趋势。杂类草中围栏外的重要值大于围栏内的物种存在如下特点: 种子量大, 如白茎盐生草、平车前等; 具有克隆繁殖的特性, 如短穗兔耳草。说明长期自由放牧使得耐牧性强的物种的适应性和竞争能力加强, 占据了较好的生态位, 而其他耐牧性弱的物种在生态位的竞争中处于劣势。可见, 围栏封育和自由放牧不仅创造了群落特定的环境, 而且对群落中种群的优势地位也产生了较大的影响。

表 1 芨芨草草原围栏内外植物群落重要值变化

Table 1 The changes of important value of plant community within and outside of fence at *Achnatherum splendens* steppes

植物种类 Species of plant	围栏内 In fenced plot	围栏外 Out fenced plot
芨芨草 (<i>A. splendens</i>)	26.15	27.16
裸花碱茅 (<i>Puccinellia nudiflora</i>)	20.56	9.20
赖草 (<i>Leymus secalinus</i>)	9.31	19.14
垂穗披碱草 (<i>Elymus nutans</i>)	4.95	5.18
海乳草 (<i>Glaux maritima</i>)	7.28	1.43
纤杆蒿 (<i>Artemisia gansuensis</i>)	6.87	3.28
西伯利亚蓼 (<i>Polygonum sibiricum</i> Maxim.)	5.50	1.43
冰川棘豆 (<i>Oxytropis glacialis</i>)	3.13	0.67
草甸雪兔子 (<i>Saussurea thoroldii</i>)	4.78	4.19
短穗兔耳草 (<i>Lagotis brachystachya</i>)	2.37	5.72
披针叶黄华 (<i>Thermopsis lanceolata</i>)	3.14	1.43
阿尔泰狗哇花 (<i>Heteropappus altaicus</i>)	2.26	0.76
独行菜 (<i>Lepidium apetalum</i> Willd.)	0.52	
中亚滨藜 (<i>Atriplex centralasiatica</i>)	1.60	2.40
多裂委陵菜 (<i>Potentilla multifida</i>)	0.55	
早熟禾 (<i>Poa pratensis</i>)	0.52	
三裂碱毛茛 (<i>Halerpestes tricuspis</i>)	0.52	
二裂委陵菜 (<i>P. bifurca</i>)		1.19
鹅绒委陵菜 (<i>P. anserina</i>)		2.14
白茎盐生草 (<i>Salicornia europaea</i>)		9.36
短花针茅 (<i>Stipa breviflora</i>)		2.51
平车前 (<i>Plantago depressa</i>)		2.82

3.2 围栏内外芨芨草群落物种的相似性分析

围栏内外芨芨草群落的群落相似性系数 (S_{rensen} 指数) 为 0.743, 群落的相似性程度较高。围栏封育和自由放牧都或多或少的改变了群落的植物种类, 但由于大多数植物种具有较强的耐牧性, 故围栏内外物种增加和减小的幅度较小, 因而它们的相似性系数高。

3.3 围栏内外芨芨草群落物种多样性特点

围栏封育和自由放牧的条件下群落物种多样性发生了明显的变化(表 2)。物种丰富度指数 R 围栏外大于围栏内, 其中禾本科牧草的种数变化不大, 主要是伴生的杂类草有变化。多样性指数中 Shannon - winner 指数 H、Hill 指数 D 和丰富度指数具有同样的趋势, 而均匀度指数 E 和 Simpson 指数 则是围栏内大于围栏外。可以看出, 长期围栏封育和较低的放牧强度(围栏内属于冬春草场, 且为产羔草场, 仅长期放牧产羔母羊和羔羊) 导致群落的丰富度和物种多样性指数皆较低; 另外, 长期围栏封育导致围栏内枯落物含量大增, 几乎是地上生物量的 3~4 倍, 从而影响了围栏内种群的更新。可见适度放牧有利于群落的更新和物种多样性的增加。均匀度指数围栏外大于围栏内, 这与围栏外种群分布格局的聚集强度增加的事实相符^[13]。

表 2 芨芨草原围栏内外物种多样性的变化

Table 2 The changes of species diversity of plant community within and outside of fence at *Achnatherum splendens* steppes

样地 Plot	丰富度指数 Richness indices		均匀度指数 Evenness indices		物种多样性指数 Diversity indices	
	R	E	H	D		
围栏内 In fenced plot	3.692	0.583	2.293	0.132	9.906	
围栏外 Out fenced plot	3.909	0.579	2.344	0.131	10.423	

3.4 芨芨草原地上生物量的变化

选择 8 月下旬地上生物量达到峰值的时期, 比较围栏内外地上生物量中的各类植物组成。按照牲畜适口性和植物功能群不同将植物分为禾草类(牲畜喜食), 包括芨芨草、裸花碱茅、短花针茅、早熟禾、赖草、垂穗披碱草等禾本科植物; 杂类(牲畜愿意采食), 包括纤杆蒿、白茎盐生草、独行菜、短穗兔耳草、草甸雪兔子、海乳草、中亚滨藜、三裂毛茛、阿尔泰狗哇花、平车前、二裂委陵菜、鹅绒委陵菜、多裂委陵菜、西伯利亚蓼等; 豆类(牲畜不采食, 该地区多为毒草), 包括冰川棘豆、披针叶黄华等。

表 3 芨芨草原围栏内外各类植物的地上生物量及其比例(g/m^2)

植物组成 Plant composition	围栏外 Out fenced plot	比例 Ratio (%)	围栏内 In fenced plot	比例 Ratio (%)
禾草类 Grasses	335.136	91.165	435.672	94.911
杂类 Forbs	24.144	6.568	19.76	4.305
豆类 Legume	8.336	2.268	3.6	0.784
总生物量 Total biomass	367.616	100	459.032	100

从表 3 可以看出, 禾草类围栏内 > 围栏外, 杂类围栏内 < 围栏外, 豆类围栏内 < 围栏外, 地上总生物量围栏内 > 围栏外。由于芨芨草植丛浓密, 冠幅宽大, 根系发达, 植株高大, 在群落中占优势, 故围栏内外禾草类在总生物量中所占比例均超过 85%。围栏内禾草类所占比例为 94.911%, 而围栏外所占比例为 91.165%。随干扰的增加禾草类的含量减少, 其所占比例下降。说明在围栏封育条件下, 有利于优良牧草比例的增加。围栏外处于自由放牧区不断受到放牧的干扰, 禾本科植物的生长受到明显的抑制, 优良牧草的比例较低。杂类和豆类的生物量比例围栏外则明显增高。该地区豆科植物多为有毒的劣质牧草, 围栏外因为家畜不喜食而避免伤害, 种群数量增加。

4 结论和讨论

4.1 连续多年的围栏封育使芨芨草原呈现出较为明显的封育效应。围栏内外群落类型发生了变化, 围栏内为芨芨草 + 裸花碱茅群落, 围栏外为芨芨草 + 赖草群落。植物种类组成也发生了变化, 特别是每个小样方中的物种数围栏封育后均有所增加。围栏内植物群落分别由 7~13 种植物组成, 平均为 9.8 种; 围栏外的植物群落分别由 4~9 种植物组成, 平均为 7.6 种。围栏内外芨芨草群落的群落相似性系数为 0.743, 相似性程度较高。

4.2 围栏内外植物群落种群的重要值发生了显著变化。围栏外自由放牧区域的芨芨草优势地位有所加强。围栏内尽管芨芨草也是主优势种, 但重要值小于围栏外。可见围栏封育和自由放牧不仅创造了群落特定的环境, 而且对群落中种群的优势地位也产生了较大的影响。

4.3 物种丰富度指数 R 围栏外大于围栏内,多样性指数中 Shannon - winner 指数 H、Hill 指数 D 和丰富度指数具有同样的趋势,而均匀度指数 E 和 Simpson 指数 则是围栏内大于围栏外。可见适度放牧有利于群落的更新和物种多样性的增加。

4.4 围栏封育后群落地上生物量也发生了变化,地上总生物量和禾草类生物量均围栏内 > 围栏外,而杂类草和豆类毒杂草则是围栏内 < 围栏外。说明在围栏封育条件下所受放牧干扰较小,有利于优良牧草比例的增加。

4.5 围栏内芨芨草草原长期为冬春草场,且为产羔草场,放牧压力较轻,导致枯落物含量增加,不利于草场的更新。适度增加放牧可有效清除枯草,削减生长冗余,不对牧草造成太大生理伤害,有利于春天萌发和超补偿性生长,符合放牧优化假说,有利于次级产品的产出^[8]。但是对这种草地类型缺乏放牧强度的配置(即每公顷合理的放牧羊单位)方面的研究,今后有待进一步加强。据调查围栏外芨芨草草原由于长期自由放牧,导致局部出现了表土裸露的秃斑地,表现出过度放牧现象,对于这些地区应进行封育处理,甚至应该考虑使用补播、施肥、建人工草地等生态治理措施,严格控制放牧干扰,才能增加植被覆盖,加速群落的恢复与重建。

参考文献(References):

- [1] 刘尚武. 青海植物志(第3卷)[M]. 西宁:青海人民出版社, 1999. 156-157.
Liu Shangwu, Flora Qinghaiica (Volume 3) [M]. Xining: Qinghai People's Publishing House, 1999. 156-157.
- [2] 吴珍兰,卢生莲. 论世界芨芨草属(禾本科)的地理分布[J]. 植物分类学报, 1996, 34(2): 152-161.
Wu Zhenlan, Lu Shenglian. On geographical distribution of *Achnatherum beauv.* (Gramineae) [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 1996, 34(2): 152-161.
- [3] 卫东,王彦荣. 芨芨草种子发芽检验方法的研究[J]. 草业科学, 1998, 15(4): 29-32.
Wei Dong, Wang Yanrong. Germination testing methods on *Achnatherum splendens* seeds [J]. *Pratacultural Science*, 1998, 15(4): 29-32.
- [4] 陈桂琛,彭敏. 青海省芨芨草草原的群落特征及其分布规律[J]. 西北植物学报, 1993, 13(2): 154-162.
Chen Guichen, Peng Min. Community characteristics and distribution laws of *Achnatherum* steppe in Qinghai province [J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.*, 1993, 13(2): 154-162.
- [5] 李迪强,蒋志刚,王祖望. 青海湖地区生物多样性的空间特征与 GAP 分析[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1): 47-53.

- Li Diqiang, Jiang Zhigang, Wang Zuwang. The spacial characteristics and GAP analyses about the biodiversity in the area of Qinghai Lake [J]. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(1): 47-53.
- [6] 周兴民,张松林. 矮蒿草草甸在封育条件下群落结构和生物量变化的初步观察[J]. 高原生物学集刊, 1986, (5): 1-6.
Zhou Xingmin, Zhang Songlin. Change state of community structure and biomass in fenced area of *Kobresia humilis* meadows [J]. *Acta Biological Plateau Sinica*, 1986, (5): 1-6.
- [7] 王启基,周兴民,沈振西. 不同调控策略下退化草地恢复与重建的效益分析[A]. 高寒草甸生态系统(第4集)[C]. 北京:科学出版社, 1995. 343-352.
Wang Qiji, Zhou Xingmin, Shen Zhenxi. Benefit analysis of reformed degeneration grassland by different control measure [A]. Alpine meadow ecosystem [C]. Beijing: Science Press, 1995. 343-352.
- [8] 周华坤,周立,刘伟. 封育措施对退化与未退化矮蒿草草甸的影响[J]. 中国草地, 2003, 25(5): 15-22.
Zhou Huakun, Zhou Li, Liu Wei. The influence of fencing on degraded *Kobresia humilis* meadows and non-degraded [J]. *Grassland of China*, 2003, 25(5): 15-22.
- [9] 周国英,陈桂琛,赵以莲. 施肥和围栏封育对青海湖地区高寒草原影响的研究. 群落特征及其物种多样性[J]. 草业学报, 2004, 13(1): 26-31.
Zhou Guoying, Chen Guichen, Zhao Yilian. Comparative research on the influence of chemical fertilizer application and enclosure at alpine steppes in Qinghai Lake Area. the structure characters and diversity of plant community [J]. *Acta Pratacultural Sinica*, 2003, 25(5): 15-22.
- [10] 木村允(姜恕译). 陆上植物群落的生产量测定法[M]. 北京:科学出版社, 1981. 5-8.
MUCUN Yun (Translated by Jiang Shu). The Measuring methods for biomass and productivity of land vegetation [M]. Beijing: Science Press, 1981. 5-8.
- [11] Kuramoto R T, L C Bliss. Ecology of subalpine meadows in the Olympic mountain, Washington [J]. *Ecol. Monogr*, 1970, 40: 317-347.
- [12] 毕润成,成亚丽,尹大泽,魏学智. 吕梁山南段白皮松的群落特征及其多样性的研究[J]. 植物研究, 2002, 22(3): 366-372.
Bi Runcheng, Cheng Yali, Yin Daze, Wei Xuezh. The study on *Pinus bungeana* community characteristics and species diversity in the south of Mt. Luliang [J]. *Bulletin Bitanical Reseach*, 2002, 22(3): 366-372.
- [13] 周国英,陈桂琛,魏国梁. 青海湖地区芨芨草群落主要种群分布格局研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(3): 0579-0584.
Zhou Guoying, Chen Guichen, Wei Guoliang. Population patterns of dominant species in *Achnatherum splendens* communities, qinghai lake area [J]. *Acta Bot. Boreal. - Occident. Sin.*, 2006, 26(3): 0579-0584.

Influences of Enclosure on *Achnatherum splendens* Steppes Community Characteristics in the Qinghai Lake Area

ZHOU Guo-ying^{1,2}, CHEN Gui-chen¹, HAN You-ji¹, LI Jin-ping¹, SONG Wen-zhu¹

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, CAS Xining, 810008, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China)

Abstract : The study was conducted on the sheep breeding pasture - land in the north bank of Qinghai Lake. The *Achnatherum splendens* steppe of abandoned field was studied as the object. Based on the plot data, *Achnatherum splendens* community characteristics were analyzed by the specific composition. The richness index, biodiversity index, the evenness and characteristic of underground biomass were compared within and out of the fence. The results were as following: Many years enclosure changed the type of plant community, the type of inside fence is *Achnatherum splendens* + *Puccinellia nudiflora* community and the type of outside fence is *Achnatherum splendens* + *Leymus secalinus* community. The number of species in the samples inside fence is higher than outside fence. Similarity indexes between *Achnatherum splendens* communities within and out of fence reaches 0.743. Dominant status of *Achnatherum splendens* is enhanced in the outside fence community. *Achnatherum splendens* is the main dominant species in the inside fence community, but its importance value is lower than outside. The richness index of *Achnatherum splendens* community inside fence is higher than out of fence. The species diversity index (Shannon - winner index H, Hill index D) of change direction is accordant. The evenness index and the species diversity index (Simpson) change direction is reversed. The total aboveground biomass and grasses of aboveground biomass within fence are higher than out of fence. But aboveground biomass of forbs and legume out of fence is higher than inside fence.

Key words : The Qinghai Lake Area; *Achnatherum splendens*; Community characteristic; Enclosure; Species diversity

【责任编辑 胡卉芳】