

封育措施对退化与未退化矮嵩草草甸的影响

周华坤¹, 周立¹, 刘伟¹, 王启基¹, 赵伟¹, 周彦艳²

(1. 中科院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001;

2. 青海大学农牧学院, 青海 西宁 810003)

摘要: 连续5年的封育处理对退化与未退化矮嵩草草甸产生了影响。研究表明,除了退化矮嵩草草甸内的均匀度指数下降不显著外,封育使两种矮嵩草草甸样地内的丰富度指数、多样性指数和均匀度指数下降都达显著水平。两种矮嵩草草甸的上下层高度均增加,其中未退化矮嵩草草甸增加显著,退化矮嵩草草甸增加不显著。两种矮嵩草草甸的枯草盖度增加显著,绿草盖度减少显著,各种群特征发生了有规律的消长。未退化矮嵩草草甸的莎草和杂类草地上生物量减少显著,枯草生物量增加显著,禾草和优良牧草的生物量以及总地上生物量增加不显著,优良牧草比例由0.57下降为0.48。退化矮嵩草草甸在封育条件下,枯草、禾草生物量增加显著,莎草、优良牧草的生物量及总生物量增加不显著,优良牧草比例则由0.29上升为0.48,达到显著水平。未退化矮嵩草草甸的草地质量指数明显下降,退化矮嵩草草甸的草地质量指数则明显上升。

关键词: 封育;退化矮嵩草草甸;未退化矮嵩草草甸;影响

中图分类号: S812 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6311(2003)05-0015-08

The Influence of Fencing on Degraded *Kobresia Humilis* Meadows and Non-degraded. ZHOU Hua-kun¹, ZHOU Li¹, LIU Wei¹, WANG Qi-ji¹, ZHAO Wei¹, ZHOU Yan-yan²
(1. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences Xining, Qinghai 810001; 2. Agricultural and Animal Husbandry College, Qinghai University, Xining, Qinghai 810003, China): *Grassland of China*, No. 5, 2003, pp. 15 ~ 22.

Abstract: 5-year treatment of fencing greatly influenced degraded and non-degraded *Kobresia humilis* meadows. Fencing made richness index, species diversity indexes and evenness indexes decreased significantly on two plots except evenness index of degraded *Kobresia humilis* meadow. The heights of plant community of top layer and bottom layer were increased, especially that on non-degraded *Kobresia humilis* meadow. The coverage of litter was increased significantly while that of live shoots was decreased significantly on two plots under the fencing treatment. The characteristics of plant population

收稿日期: 2003-02-20; 修回日期: 2003-04-11

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目课题(2001BA606A-02)、中科院海北定位站基金课题(110201665)和国家重点基础研究专题(G1998040800)。

作者简介: 周华坤(1974-), 男, 汉族, 青海乐都人, 助研, 在读博士生, 1999年硕士研究生毕业于中科院西北高原生物研究所, 主要从事草地生态学研究, 发表论文10余篇。

were influenced by fencing. On the non-degraded meadow, the above-ground biomasses of sedges and forbs were decreased significantly, the litter biomass was increased significantly, the biomasses of grass and palatable herbage were not increased significantly as well as the total above-ground biomass. On the degraded meadow, the biomasses of litter and grass were increased significantly, the biomasses of sedges and palatable herbage were not increased significantly as well as the total above-ground biomass. Influenced by fencing disturbance, the proportion of palatable herbage on non-degraded meadow was decreased from 0.57 to 0.48 while that on degraded meadow was increased significantly from 0.29 to 0.48. The index of quality of non-degraded *Kobresia humilis* meadow was decreased significantly while that of degraded *Kobresia humilis* meadow was increased significantly.

Key words: Fencing; Degraded *Kobresia humilis* meadow; Non-degraded *Kobresia humilis* meadow; Influence

草地围栏封育,即把草场划分成若干小区,使围起来的退化草地因牲畜压力的消除而自然恢复。它是人类有意识调节草地生态系统中草食动物与植物的关系以及管理草地的手段。由于其投资少、见效快,已成为当前退化草地恢复与重建的重要措施之一^[1,2]。草地围栏建设作为“四配套”建设项目之一在高原牧区大面积推广使用^[3]。近年来,青藏高原的草地出现了严重的退化现象^[4~7]。以矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸为代表的高寒草甸是青藏高原的主要植被类型之一^[8,9]。为此,我们选择了退化与未退化矮嵩草草甸做封育效果评价研究,研究封育措施对退化与未退化草地植物物种多样性、植物群落、生物量、草场质量的影响,评价其在土地利用格局、放牧管理及退化草地恢复中的地位,以期今后合理利用草地、科学经营管理、防止草地退化、发展畜牧业和改善草地生态环境提供一定的参考依据。

1 材料与研究方法

1.1 样地设置

1997 年夏季,在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位研究站(简称海北站)选择未

退化矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸和退化矮嵩草草甸建立围栏封育样地,严格控制牛羊采食与践踏,每个封育样地面积均为 $30 \times 30 \text{m}^2$, 围栏以外做为对照。有关海北站的自然状况和气候状况已有专文报道^[10,11],在此不再赘述。

1.2 测定项目

2002 年 9 月 5~10 日,即牧草生长季节末期,在退化与未退化草甸封育样地内外进行群落调查和生物量测定工作。群落调查采用样方法,样方面积为 $50 \text{cm} \times 50 \text{cm}$, 10 次重复,其中植物分盖度采用点测法,同时测定植物高度和密度。莎草和禾草的密度以分蘖计,杂类草的密度以株计。每个样方调查完毕后,采用收割法齐地面剪草,带回实验室按不同种分开,60 烘箱内烘干至恒重,称重并归为禾草、莎草和杂类草三大经济类群,另将枯草归为一类。

1.3 数据分析

各个种群的重要值 (IV) 按下式计算:重要值 = (相对盖度 + 相对地上生物量) / 2 $\times 100$ ^[12]。

生物多样性指数^[13]的计算包括:(1) $S = n$, n 是样方中的物种数 (丰富度指数); (2)

Shannon- Wiener 指数 $H = - \sum_{i=1}^s (P_i \cdot \ln P_i)$,
 P_i 是种 i 的相对重要值 (物种多样性指数);

(3) Simpson 指数 $D_1 = 1 / \sum_{i=1}^s (P_i \cdot P_i)$, $D_2 = 1 / \sum_{i=1}^s (P_i \cdot P_i)$ (物种多样性指数); (4) Pielou 指数 $E_1 = H / \ln(S)$ (均匀度指数)。

牧草质量按张大勇等^[14]和沈振西等^[15]提出的草地质量指数 (Index of Grassland Quality, IGQ) 来评价。牧草按其适口性^[14,16]划分为 5 类 (优、良、中、差、毒), 适口性值依次为 3、2、1、0、- 1。

$IGQ = \sum_{i=1}^s (i \cdot S_i)$, i 是不同种的适口性值; S_i 为样方中各个种的分盖度。

试验数据采用 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 封育措施对物种多样性的影响

物种多样性是指物种种类和数量的丰富程度, 是一个生态系统或一个生物群落内可测定的生物学特征, 是一个种群结构和内能复杂性的度量。封育措施下未退化矮嵩草草甸和退化矮嵩草草甸的物种多样性发生了明显的变化 (表 1)。优良牧草如禾草和莎草的种数没有太多减少, 只是杂类草减少明显。除了退化矮嵩草草甸内的 Pielou 均匀度指数下降不显著外, 封育使两种矮嵩草草甸样地内的丰富度指数、Shannon-wiener 多样性指数、Simpson 多样性指数和 Pielou 均匀度指数都显著 ($p < 0.05$, $n = 10$) 下降。

表 1 封育措施下物种多样性的变化

Table 1 The change of species biodiversity under fencing treatment

围栏封育样地	处理	丰富度指数 (S)	Shannon-wiener 多样性指数 (H)	Simpson 多样性指数 (D ₁)	Simpson 多样性指数 (D ₂)	Pielou 均匀度指数 (E ₁)
未退化矮嵩草草甸	对照 (禾草:莎草:杂草 = 5:3:25)	33 ^c	2.35 ± 0.09 ^{bc}	0.85 ± 0.02 ^{ab}	7.00 ± 1.33 ^{bc}	0.67 ± 0.03 ^{ab}
	封育 (禾草:莎草:杂草 = 3:3:19)	25 ^d	1.86 ± 0.25 ^c	0.76 ± 0.04 ^c	4.33 ± 0.64 ^d	0.58 ± 0.08 ^c
退化矮嵩草草甸	对照 (禾草:莎草:杂草 = 5:3:33)	41 ^a	2.55 ± 0.17 ^{ab}	0.89 ± 0.02 ^a	9.29 ± 2.18 ^a	0.69 ± 0.05 ^a
	封育 (禾草:莎草:杂草 = 5:2:30)	37 ^b	2.26 ± 0.15 ^{cd}	0.84 ± 0.02 ^b	6.78 ± 0.90 ^c	0.63 ± 0.04 ^{abc}

注:表中后五列数据为平均值 ± 标准差;各列数据右上角如有相同字母,则差异不显著 ($p > 0.05$)。

2.2 封育措施对群落结构的影响

植物群落的结构往往可以由高度和盖度加以说明^[17]。矮嵩草草甸群落的垂直结构一般分为上下两层^[4]。上层包括禾草和较高杂类草, 下层包括莎草和较低杂草类。封育使两种矮嵩草草甸的上下层高度均增加 (图 1), 其中未退化矮嵩草草甸增加显著

($P < 0.05$, $n = 10$), 退化矮嵩草草甸增加不显著 ($P > 0.05$, $n = 10$)。

封育条件下, 未退化矮嵩草草甸的总盖度仍然为 100%, 没有增加; 退化矮嵩草草甸的总盖度略有增加, 但不显著 (图 2, $p > 0.05$)。封育使两种矮嵩草草甸的枯草盖度增加显著, 绿草盖度减少显著 ($p < 0.05$, $n = 10$)。

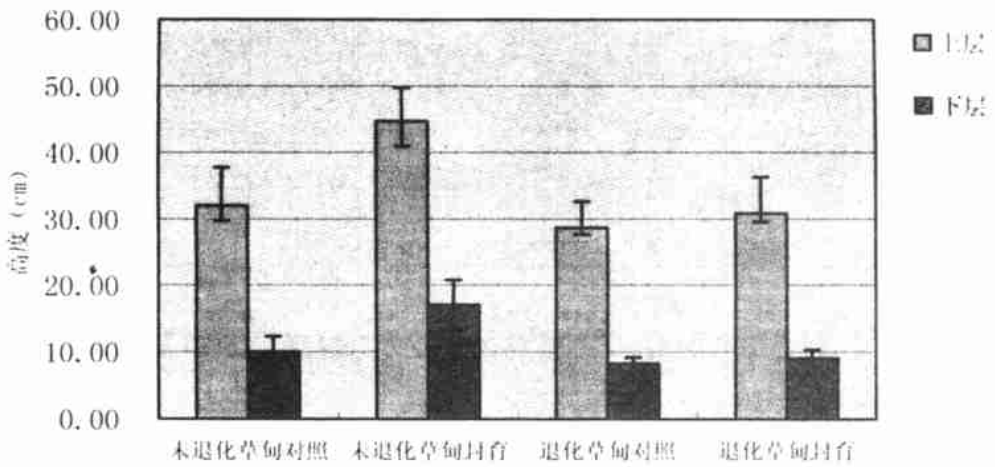


图 1 封育措施对植物群落垂直结构的影响

Figure 1 Influence of fencing on vertical structure of plant community

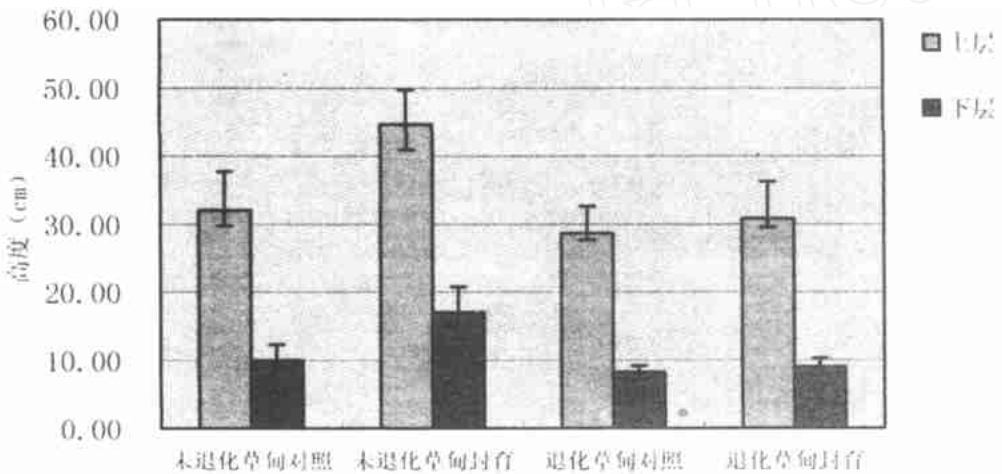


图 2 封育措施对群落盖度的影响

Figure 2 Influence of fencing on community coverage

5 年封育措施下未退化矮嵩草草甸主要植物种群的高度都有所增加(表 2); 杂类草的盖度和密度都降低, 莎草和禾草类的盖度与密度变化则不同, 一些降低, 如矮嵩草、异针茅 (*Stipa aliena*), 一些则增加, 如二柱头镰草 (*Scirpus distigmaticu*)、羊茅 (*Festuca ovina*) 和垂穗披碱草 (*Elymus nutans*); 重要值的变化呈现出杂类草大多减少、禾草种群

增加、莎草部分种群(如矮嵩草)减少、部分略有增加(如二柱头镰草)的规律。杂类草麻花苣 (*Gentiana straminea*) 的重要值变大是由其单株生物量变大所导致。

5 年封育措施下退化矮嵩草草甸主要植物种群的高度都有所增加(表 3); 杂类草的盖度和密度除了雪白委陵菜 (*Potentilla nivea*) 和摩苓草 (*Morina chinensis*) 外都降

表 2 封育措施对未退化矮嵩草草甸主要植物种群特征的影响

Table 2 Influence of fencing on characteristics of main plant populations of non-degraded Kobresia humilis meadow

种 名	高度(cm)		盖度(%)		密度(unit/0.25m ²)		重要值(IV)	
	对照	封育	对照	封育	对照	封育	对照	封育
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	7.00	7.42	11.43	4.98	124.00	40.00	7.45	3.80
二柱头镰草 <i>Scirpus distigmaticu</i>	11.67	16.40	2.53	3.52	91.32	91.20	3.30	3.36
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	31.00	42.50	26.17	29.17	306.68	382.00	29.92	39.89
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	27.17	30.17	12.33	8.50	148.00	83.32	15.73	18.27
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	29.42	34.00	11.18	14.70	112.00	142.00	9.25	16.41
花苜蓿 <i>Trigonella ruthenica</i>	7.17	7.92	5.32	2.98	33.32	20.00	3.62	2.32
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	6.75	7.33	6.12	3.10	21.32	18.68	3.92	2.57
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	8.33	8.50	3.85	1.50	11.32	4.00	3.41	0.13
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>	7.00	11.83	6.07	4.27	8.00	10.00	2.92	4.56

注:表中的数据为统计平均值(n=10)。

表 3 封育措施对退化矮嵩草草甸主要植物种群特征的影响

Table 3 Influence of fencing on characteristics of main plant populations of degraded Kobresia humilis meadow

种 名	高度(cm)		盖度(%)		密度(unit/0.25m ²)		重要值(IV)	
	对照	封育	对照	封育	对照	封育	对照	封育
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	5.38	8.33	5.55	8.50	64.00	68.00	2.47	5.69
苔草 <i>Carex spp.</i>	14.83	15.83	7.33	2.62	61.32	19.32	5.49	2.15
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	21.80	26.50	10.20	21.83	131.20	170.00	12.25	27.29
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	24.63	26.00	7.38	15.20	135.00	134.00	7.30	18.96
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	22.67	23.33	5.88	10.17	52.00	82.68	5.09	8.33
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	5.65	6.00	18.20	9.70	40.68	18.00	15.26	6.29
大通风毛菊 <i>Saussurea katochaete</i>	8.17	8.10	13.58	11.80	62.68	23.20	16.91	6.96
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	2.27	3.98	2.70	2.08	24.00	18.68	1.21	1.38
雪白委陵菜 <i>Potentilla nivea</i>	2.12	4.90	2.47	2.80	8.00	12.00	0.94	1.77
二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	3.14	4.75	2.50	1.27	12.80	4.68	2.00	0.66
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	4.12	7.50	2.42	1.00	9.32	4.00	1.52	0.17
摩苓草 <i>Morina chinensis</i>	9.43	13.80	2.92	6.26	7.32	9.60	3.58	6.14
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	0.70	2.15	5.43	4.20	15.00	11.00	2.25	1.90
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	6.38	7.63	8.22	1.45	41.60	6.00	5.00	0.58

注:表中的数据为统计平均值(n=10)。

低,禾草种群的盖度与密度都增加,莎草种群的盖度与密度变化则不同,一些降低,如苔草(*Carex* spp.),一些则增加,如矮嵩草;重要值的变化呈现出与盖度和密度一致的规律。

2.3 封育措施对地上生物量的影响

封育处理下未退化矮嵩草草甸的莎草类和杂类草的地上生物量减少显著($P > 0.05$, $n = 10$),枯草、禾草和优良牧草的生物量以及总地上生物量均增加(表4)。其中,枯草生物量增加显著($P < 0.05$, $n = 10$),其它则不

显著($P > 0.05$, $n = 10$),尽管优良牧草生物量略有增加,但由于枯草量增加较多导致优良牧草比例由0.57下降为0.48($P > 0.05$, $n = 10$)。退化矮嵩草草甸在封育条件下杂类草生物量减少显著,枯草、禾草生物量增加显著($P < 0.05$, $n = 10$),莎草、优良牧草的生物量及总生物量虽有增加,但不显著(表4, $P > 0.05$, $n = 10$),优良牧草比例则由0.29上升为0.48,达到显著水平($P < 0.05$, $n = 10$)。

表4 封育措施对地上生物量的影响(g/0.25m²)
Table 4 Influence of fencing on above-ground biomass(g/0.25m²)

围栏封样地	处理	枯草	禾草	莎草	杂草	总生物量	优良牧草	优良牧草比例
未退化矮嵩草草甸	对照	30.88 ± 13.55 ^{bc}	58.68 ± 19.88 ^{ab}	8.57 ± 3.60 ^{ab}	19.77 ± 7.31 ^{bc}	117.90 ± 27.73 ^{ab}	67.25 ± 20.09 ^a	0.57 ± 0.08 ^a
	封育	66.29 ± 11.08 ^a	64.54 ± 8.48 ^a	3.92 ± 2.12 ^c	7.34 ± 1.80 ^d	142.09 ± 23.51 ^a	68.46 ± 7.89 ^a	0.48 ± 0.05 ^{ab}
退化矮嵩草草甸	对照	20.80 ± 3.48 ^b	17.28 ± 8.32 ^d	4.28 ± 3.20 ^{bc}	31.88 ± 10.12 ^a	74.24 ± 18.60 ^c	21.56 ± 8.88 ^b	0.29 ± 0.08 ^c
	封育	38.64 ± 7.72 ^c	38.60 ± 7.64 ^c	5.08 ± 3.48 ^c	12.72 ± 4.56 ^{cd}	95.04 ± 13.48 ^{bc}	43.68 ± 10.16 ^{bc}	0.46 ± 0.07 ^b

注:表中数据为平均值 ± 标准差;各列数据右上角如有相同字母,则差异不显著($p > 0.05$)。

2.4 封育措施对草场质量的影响

5年的封育处理使未退化矮嵩草草甸的草

地质量指数明显下降,退化矮嵩草草甸的草地质量指数则明显上升(图3, $P < 0.05$, $n = 10$)。

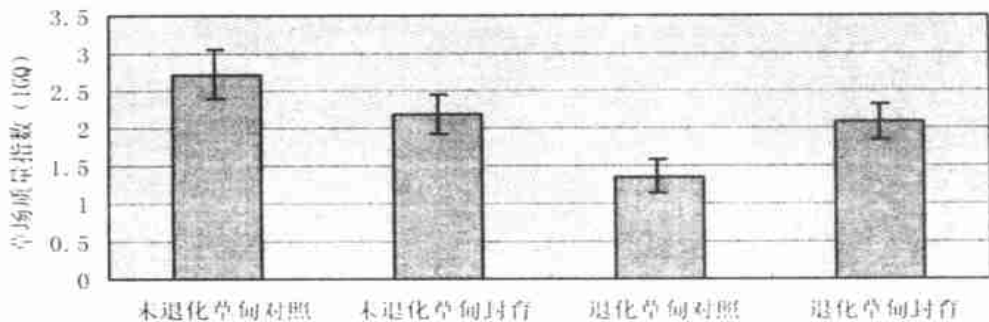


图3 封育措施对草场质量的影响

Figure 3 Influence of fencing on grassland quality

3 结论与讨论

3.1 封育对退化矮嵩草草甸的影响

5年的封育处理对退化矮嵩草草甸的恢复效应明显。除 Pielou 均匀度指数外,丰富度指数和多样性指数下降显著(表 1)。群落成层结构明显,分为上下两层,上层以禾草和高杂类草为主,下层以莎草和较低杂类草为主(图 1、表 3),封育使禾草在群落中的作用明显增强,所占比例增大,矮嵩草的优势也增强,大多毒杂草被有效抑制(表 3),残留枯草、凋落物的盖度和生物量相应增大(图 2、表 4),优良牧草比例和草地质量明显提高(表 4、图 3)。

5年的封育措施引起各类群植物特征有规律的消长,根本原因在于群落结构的变化引起群落环境发生变化所致,并与各个植物种的生态生物学特征及其对干扰的适应性有关。退化矮嵩草草甸在封育前常常处于强度放牧利用之下,禾本科牧草被牲畜反复啃食,抑制了它们的生长发育。矮嵩草等莎草科植物为地下芽短根茎植物,以营养繁殖为主,具有耐牧耐践踏的特点,在长期放牧利用下对繁殖影响不大。杂类草一般属于阳性植物,在退化矮嵩草草甸中禾草被抑制,它们占据了有用的生态空间,充分生长发育。退化矮嵩草草甸在封育处理下解除放牧压力后,禾草逐渐占据上层空间,形成群落内部的阴湿环境,导致杂类草逐渐消退。

对退化矮嵩草草甸进行封育处理,5年后草场退化趋势得到一定程度的遏止,优良牧草比例提高,毒杂草比例下降,群落成层结构明显,裸露镶嵌状斑块减少,退化信息减少,整个群落有向气候顶级群落恢复演替的趋势。但毒杂草还占一定比例,产草量不是很高,与优良的未退化矮嵩草草甸相距甚远,况且表土层营养和物理状况均不利于继续恢复演替,即到后期恢复难度加大,所以单凭封

育措施使退化矮嵩草草甸恢复难度较大,至少在短期内无法实现。建议配合使用松耙、补播、施肥、建人工草地及灭鼠等生态治理措施^[2],增加一定的资金投入,严格控制放牧干扰,方能有效快捷地恢复重建退化草地,改善草地生态环境,达到可持续发展的目的。

3.2 封育对未退化矮嵩草草甸的影响

连续 5 年的封育处理使未退化矮嵩草草甸呈现出较为明显的封育效应。丰富度指数、多样性指数和均匀度指数下降显著(表 1)。群落成层结构未发生太大变化,分上下两层结构,上层以禾草为主,下层以莎草和杂类草为主(图 1),封育使一些禾草在群落中的作用有所增强,所占比例增大,杂类草被有效抑制(表 2),但残留枯草、凋落物的盖度和生物量增大(图 2、表 4),抑制了群落生物生产潜力的发挥,优良牧草比例和草地质量下降明显(表 4、图 3),对草地的生物多样性和群落稳定性造成影响。

未退化矮嵩草草甸的对照样地为青藏高原典型的冬春牧场^[18],牧压尚未超过草场承载阈值,冬春季节的适度放牧可有效清除枯草,削减生长冗余^[18],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^[19,20],符合放牧优化假说^[21,22],有利于次级产品的产出。所以,对于未退化矮嵩草草甸,封育是不可取的,适度增加放牧压力有利于提高生物生产力,形成一个较稳定的植物群落,有助于取得较好的经济效益。根据海北站多年放牧强度优化试验的研究^[23]认为,对于高寒草甸轮牧草场放牧强度的最佳配置为夏秋草场 4.11 只藏羊/hm²,冬春草场为 3.80 只藏羊/hm²,建议以此为依据采用现代化畜牧业管理模式实行围栏划区轮牧,按时转场,制定适当的放牧强度,即草地不退化最大经营利润放牧强度,合理利用不同类型的高寒草地。

未退化的矮嵩草草甸在封育 5 年后,由

于放牧干扰被排除时间较长,所以在生长季节末(9月初)形成以针茅和羊茅等密丛型禾草为优势种的植物群落,禾草种数由5变为3,疏丛型禾草如早熟禾(*Poa* spp.)和落草(*Koeleria cristata*)等基本消失;矮嵩草等莎草科植物为耐牧惰性种,封育后尽管其功能地位下降,但不至于消失;杂类草则由于上层禾草形成的郁蔽环境和枯草的抑制,种数及其数量锐减,各植物类群的这种消长规律与周兴民等^[1,8]认为的矮嵩草草甸是长期放牧压力下进化形成的一种偏途演替顶级,即放牧演替顶级的结论一致,在放牧干扰去除后,典型草甸易向草原化草甸演替。

参考文献:

- [1] 周兴民,张松林.矮嵩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.
- [2] 王启基,周兴民,沈振西,陈波.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[C].第4集.北京:科学出版社,1995.343-352.
- [3] Limbach W E, Davis J B, Bao T A, Shi D J, Wang C F. The Introduction of sustainable development practices of the Qinghai Livestock development project[A]. Formation and Evolution, Environment Changes and sustainable development on the tibetan plateau[C]. edited by Zheng Du, Beijing: Academy Press, 2000. 509-522.
- [4] 李文华,周兴民.青藏高原生态系统及优化利用模式[M].广州:广东科技出版社,1998.
- [5] 李博.中国北方草地退化及其防治对策[J].中国农业科学,1997,30(6):1-9.
- [6] 刘伟,王启基,王溪,周立,李有福,李发吉.高寒草甸“黑土型”退化草地的成因和生态过程[J].草地学报,1999,7(4):300-307.
- [7] 周华坤,周立,赵新全,严作良,刘伟,师燕.放牧干扰对高寒草场的影响[J].中国草地,2002,24(5):53-61.
- [8] 周兴民.中国嵩草草甸[M].北京:科学出版社,2001.
- [9] 周华坤,周立,赵新全,刘伟,李英年,严作良,赵旭霞.矮嵩草草甸植物种群的物候学定量研究[J].草地学报,2002,10(4):279-286.
- [10] 周兴民,李建华.高寒草甸生态系统定位站的主要植被类型及其地理分布规律[A].高寒草甸生态系统[C].第1集.兰州:甘肃人民出版社,1982.9-18.
- [11] 李英年.中国科学院北海高寒草甸生态系统定位站气候概述[J].资源生态环境网络研究动态,1998,9(3):30-33.
- [12] 张堰青,周兴民, Cincotta R P. 鼯鼠土丘植物群落多样性和演替规律的研究[J].生态学报,1994,14(supp.):42-49.
- [13] 马克平,黄建辉,于顺利,陈灵芝.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,1995,15:268-277.
- [14] 张大勇,王刚,杜国桢.甘南山地草原人工草场的演替[J].植物生态学与地植物学学报,1990,14:103-109.
- [15] 沈振西,陈佐忠,周兴民,周华坤.高施氮量对高寒矮嵩草甸主要类群和多样性及质量的影响[J].草地学报,2002,10:7-17.
- [16] 郭本兆.青海经济植物志[M].西宁:青海人民出版社,1987.
- [17] 姜恕.草地生态研究方法[M].北京:农业出版社,1988.
- [18] 张荣,杜国桢.放牧草地群落的冗余与补偿[J].草业学报,1998,7(4):13-19.
- [19] 赵刚,崔泽仁.家畜的选择性采食对草地植物的反应[J].中国草地,1999,21(1):62-67.
- [20] 李永宏,王诗平.放牧对草原植物的影响[J].中国草地,1999,21(3):11-19.
- [21] 李文建.放牧优化假说研究述评[J].中国草地,1999,21(4):61-66.
- [22] Belsky A J. Does herbivory benefit plants: a review of the evidence[J]. American Naturalist, 1986(127): 870-892.
- [23] 周立,王启基,赵京,周琪.高寒草甸牧场最优放牧强度的研究——II 轮牧草场放牧强度的最佳配置[A].高寒草甸生态系统[C].第4集.北京:科学出版社,1995.377-390.