

# 江河源区退化天然草地的恢复及其生态效益分析

王启基<sup>1</sup>, 史惠兰<sup>1</sup>, 景增春<sup>1</sup>, 王长庭<sup>1</sup>, 王发刚<sup>2</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 青海畜牧兽医职业学院, 青海 湟源 810600)

**摘要:**根据天然草地退化程度的差异,采用松耙+补播+施肥+封育(退化较严重的草地)、封育+施肥(轻度退化草地)等措施,植物群落物种组成、多样性等特征值及其植被盖度发生明显变化。研究第2年结果表明,物种数封育+施肥处理最高(32种),对照居中(26种),补播+施肥处理最低(13种);多样性指数大小依次为封育+施肥(3.126)、对照(2.819)、补播+施肥(1.494);均匀度指数大小依次为封育+施肥(0.902)、对照(0.865)、补播+施肥(0.582);群落总盖度大小依次为封育+施肥(85.9%)、补播+施肥(79.7%)、对照(72.9%);补播+施肥+封育处理后地上生物量最大(460.65 g/m<sup>2</sup>),原生植被+封育+施肥处理居中(310.14 g/m<sup>2</sup>),对照最低(178.96 g/m<sup>2</sup>);地下生物量大小依次为封育+施肥(6 920.37 g/m<sup>2</sup>)、补播+施肥(1 458.96 g/m<sup>2</sup>)、对照(828.91 g/m<sup>2</sup>);补播+施肥+封育处理优良牧草较对照提高近50倍,杂草类减少82.81%,封育+施肥处理较对照良牧草比例提高48倍,杂草类比例减少80.46%。半人工草地通过灭除杂草和施肥相结合的示范试验表明:单纯进行灭杂,地上生物量减少,灭杂和施肥相结合不仅可提高地上生物量,而且可提高优良牧草的比例;不同处理区土壤养分含量各不相同,其中封育+施肥处理全氮、全碳、有机碳最高,对照居中,补播+施肥较低。

**关键词:**江河源区;退化天然草地;恢复;生态效益分析

**中图分类号:** S812.8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0629(2004)12-0037-05

\* 江河源区位于青海省西南部,青藏高原中部,地势起伏,平均海拔4 500 m左右,是黄河、长江和澜沧江的发源地。由青海江河源集水区平均每年提供的径流量,占长江干流总径流量的25%,占黄河干流总径流量的49%,占澜沧江总流量的15%,因而江河源区素有“中华水塔”之称。作为大江大河的发源地和主要集水区,江河源区通过长江、黄河将青海的生态环境同全国的生态环境紧密地联系在一起,江河源区生态环境的退化,将对长江、黄河和澜沧江中、下游地区的生态环境和社会经济发展产生深远的影响,因此,江河源区的生态环境对全国乃至全球生态环境有直接的影响和重大作用,是我国生态安全的战略要地。保护和建设江河源区的生态环境,实现该区域经济社会的可持续发展,不仅对青海省的可持续发展有着直接的关系,而且对实现长江、黄河流域的可持续发展有着重大的战略意义。

由于江河源区特殊地理位置和生态环境的制约,自然条件非常严酷,生态系统十分脆弱,其植被和环境一旦遭到破坏靠自然恢复需要很长的时

间,甚至不可逆转。目前,江河源区草地已呈现全面退化的态势,中度以上的退化面积占可利用草地面积的50%~60%,并有加快退化的趋势<sup>[1,2]</sup>。草地的退化改变了啮齿动物的栖息环境,引发了草原鼠害<sup>[3]</sup>。生态环境的退化和人类活动范围的不断扩大,使野生动植物的栖息环境不断恶化,江河源区濒危物种达15%~20%,高于全世界10%~15%的平均水平,生物多样性渐趋贫乏<sup>[4,5]</sup>。

通过江河源区草地退化的现状、存在的主要问题、形成机制及演化过程的研究,预测江河源区草地植被和生态环境的演变趋势,总结出退化草地生态环境的综合治理途径和植被快速恢复、重建技术,在集成、组装已有相关技术的基础上,研

\* 收稿日期:2003-07-30

基金项目:“十五”国家科技攻关计划重大项目(2001BA606A-02),中国科学院资源与生态环境研究重点项目(210126)资助

作者简介:王启基(1945-),男,青海湟源人,研究员,博士生导师。从事草地生态学和植物生态学研究。

E-mail:wqj@mail.nwipb.ac.cn

究和引进新技术,进而提出有针对性的江河源区草地生态建设和环境保护对策以及关键配套技术和模式,以促进当地的社会经济与生态环境协调发展,提高畜牧业经济效益,增加农牧民收入,使草地生态系统步入良性循环的轨道,为恢复江河源区的生态功能,提供技术支撑和示范样板。

### 1 研究区自然概况

研究区位于青海省果洛州玛沁县境内大武镇的东南部 25 km 处,格多牧委会草场,地处东经 100°26 ~ 100°41,北纬 34°17 ~ 34°25,海拔 3 980 m。属高原寒冷气候类型,年均温 - 2.6 ℃,0 年积温 914.3 ℃,日照时间 2 576.0 h,年降水量 513.02 mm,5 - 9 月降水 437.10 mm,占年降水量的 85.20%。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。在人类活动干扰和自然因素的综合作用下,草地严重退化,生产能力显著下降,土壤肥力和涵养水分的能力显著降低,毒杂草滋生,部分区域已沦为大面积次生裸地——“黑土滩”,基本丧失放牧利用价值。

### 2 材料与方法

研究于 2002 - 2003 年在青海省果洛州玛沁县大武乡进行,以生态学原理和系统科学理论为基础,紧密结合恢复生态学和可持续发展理论,采用多学科交叉,理论与实践相结合的方法,同时与正在实施的生态治理工程相配合,在现有技术和研究成果集成整合的基础上,研究开发生态建设和环境保护的实用技术以及采用生态调控为主的综合防治对策。加强草地的优化管理,树立以保护为主、治理为辅的方针,杜绝乱垦乱牧的现象。

2002 年 5 月开始,根据天然草地退化演替阶段的不同,在退化较严重的地段采用松耙 + 补播(垂穗披碱草 *Elymus nutans* 37.5 kg/hm<sup>2</sup>) + 底肥(尿素 112.5 kg/hm<sup>2</sup>,二铵 37.5 kg/hm<sup>2</sup>);在中度退化草地采用松耙 + 补播 + 防除毒杂草 + 施肥(实施第 2 年,即 2003 年 6 月中旬);轻度退化天然草地采用封育 + 施肥(2003 年 6 月中旬施尿素 150 kg/hm<sup>2</sup>)等措施(表 1),以快速恢复退化天然

草地植被和提高初级生产力,遏制“黑土滩”退化草地的发展和蔓延。

表 1 试验设计

退化演替阶段	处理	面积(hm <sup>2</sup> )
严重退化	补播(RD)	1 000
	补播 + 施肥(RF)	50
中度退化	灭除杂草 + 施肥(KFF)	15
	灭除杂草(KF)	15
轻度退化	封育 + 施肥(EF)	15
对照		10

群落结构调查:处理后第 2 年(2003 年)牧草生长旺盛期(7 - 8 月),用固定样条法测定不同处理植物群落的种类组成及特征值(分盖度、株高、频度)。将 50 cm × 500 cm 的样条分为 50 cm × 50 cm 的 10 个子样方,按顺序记录其总盖度、物种组成及其分盖度、株高、频度,2 次重复,共计 20 个子样方。

地上生物量:每年在植物群落生物量高峰期(8 月底 - 9 月初),用收割法测定植物地上生物量。每个样地随机选取 5 个 50 cm × 50 cm 样方,并按禾草类、杂草类、莎草类等主要经济类群分类,称取鲜质量后在 85 ℃ 恒温箱中烘干至恒重,文中生物量以干质量计。

物种多样性的测度,许多学者提出了各有特点的测度方法,试图反映群落物种多样性的不同特征,马克平、Ludwig 曾对这些测度方法作过详细介绍<sup>[6,7]</sup>,选择如下公式测度物种多样性和均匀度指数。

1) 物种丰富度指数:  $S$  为出现在样地上的物种数;

2) Shannon - Wiener 指数:

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

3) Pielou 均匀度指数:  $E = H / \ln s$ ;

4) 重要值 = [相对盖度(%) + 相对高度(%) + 相对频度(%) ] / 3

其中,  $P_i$  为第  $i$  种的重要值,  $s$  为物种数。

### 3 结果与分析

#### 3.1 天然草地恢复及其生态效益分析

3.1.1 不同处理植物群落结构特征 根据天然草地退化程度的差异,在退化较严重的草地采用松

耙+补播+施肥+镇压措施(简称补播+施肥, RF),轻度退化天然草地采用封育+施肥(EF)等措施,植物群落物种组成、多样性等特征值与对照相比发生明显变化(图1)。

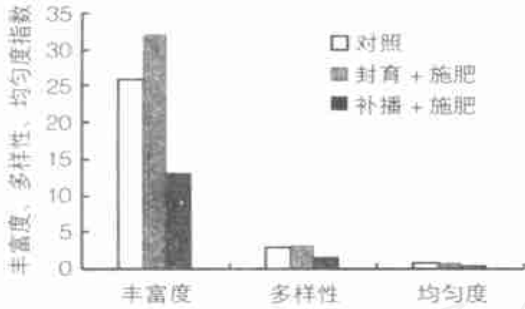


图1 不同处理物种丰富度、多样性、均匀度比较

从不同处理生长第2年(2003年)测定的结果可知,轻度退化天然草地经2年封育+施肥处理(EF),物种数最高,植物群落由32种植物组成,优势种植物为垂穗披碱草,优势度13.3%;次优势种为草原早熟禾 *Poa alpigena*, 棱子芹 *Pleurospermum* spp., 优势度分别为8.1%和7.8%;伴生种小嵩草 *Kobresia pygmaea*, 细叶亚菊 *Ajania tenuifolia*, 优势度分别为6.8%和5.4%;补播+施肥处理(RF)植物群落由13种植物组成,优势种植物有垂穗披碱草,优势度61.7%,在群落中占绝对优势;伴生种有草原早熟禾、洽草 *Koeleria cristata*, 甘肃马先蒿

*Pedicularis kansuensis* 等,优势度分别为7.9%, 8.1%, 5.4%。对照植物群落由26种植物组成,优势种植物有鹅绒委陵菜 *Potentilla anserina*, 大籽蒿 *Artemisia sieversiana*, 优势度分别为21.4%, 14.7%, 伴生种有阿拉善马先蒿 *P. alaschanica*, 垂穗披碱草等,优势度分别为7.6%, 5.6%。多样性指数依次为封育+施肥(3.126) > 对照(2.819) > 补播+施肥(1.494)。均匀度指数依次为对照(0.902) > 封育+施肥(0.865) > 补播+施肥(0.582)。

3.1.2 不同处理生物量比较 退化天然草地通过松耙、补播、施肥等改良措施,建植当年(2002年9月初)补播+施肥处理地上生物量达到116.64 g/m<sup>2</sup>, 较对照组(98.99 g/m<sup>2</sup>)提高17.83%;禾草比例达到88.60%,较对照组提高80倍;杂草类减少到11.31%,较对照组减少了87.18%(表2);总盖度达68.33%,较对照组(51.7%)提高了32.24%(图2)。

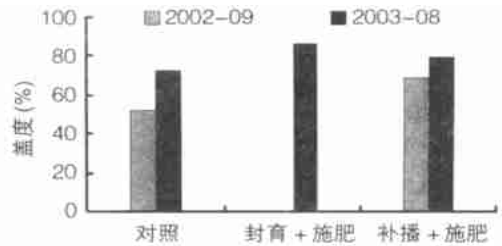


图2 不同处理植物群落盖度比较

表2 不同处理区主要植物类群生物量比例

处理	禾草类		杂草类		莎草类	
	2002年	2003年	2002年	2003年	2002年	2003年
RF	88.60	83.00	11.31	16.91	0.09	0.09
EF	-	59.37	-	19.23	-	21.40
对照	1.09	1.35	98.49	98.38	0.42	0.27

根据建植第2年(2003年8月底)的测定结果可知,通过补播、封育、施肥等恢复、改良措施后,其地上、地下生物量发生明显的变化(图3)。

由图3可知,补播+施肥(RF)处理(2003年6月底施肥)的地上生物量最大(460.65 g/m<sup>2</sup>),封育+施肥(EF)处理(2003年6月底施肥)居中(310.14 g/m<sup>2</sup>),对照最低(178.96 g/m<sup>2</sup>)。补播+施肥处理后地上生物量较对照生物量提高157.40%;封育+施肥处理较对照提高73.30%;补播+施肥处理较封育+施肥处理提高48.53%。

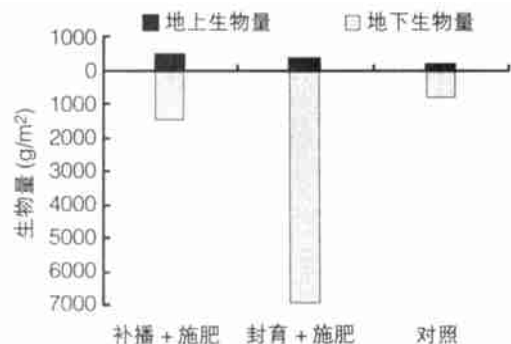


图3 不同处理地上、地下生物量比较

地下生物量依次为封育 + 施肥(6 920.37 g/m<sup>2</sup>) > 补播 + 施肥(1 458.96 g/m<sup>2</sup>) > 对照(828.91 g/m<sup>2</sup>)。地上、地下生物量比值依次为 EF 处理(22.31) > 对照(4.63) > RF 处理(3.17);群落总盖度依次为封育 + 施肥(85.9%) > 补播 + 施肥(79.7%) > 对照(72.9%) (图 2)。RF 处理第 2 年地上生物量较第 1 年提高 294.93%,其中第 2 年的禾草类生物量(382.33 g/m<sup>2</sup>)较第 1 年(103.34 g/m<sup>2</sup>)提高 266.97%。对照第 2 年地上生物量较第 1 年提高 80.78%,其中禾草类生物量(2.42 g/m<sup>2</sup>)较第 1 年(1.08 g/m<sup>2</sup>)提高 124.07%。

通过补播、施肥、封育等技术措施的实施,第 2 年不仅提高了地上生物量,而且优良牧草比例明显增加。补播 + 施肥处理后优良牧草(禾草类 + 莎草类)比例为 83.09%,封育 + 施肥处理优良牧草比例为 80.77%,而对照优良牧草比例仅占 1.62%,基本失去放牧利用价值。通过 3 种处理比较,补播 + 施肥处理后优良牧草较对照提高近 50 倍,杂草类减少 82.81%;封育 + 施肥处理较对

照优良牧草比例提高 48 倍,杂草类比例减少 80.46%;补播 + 施肥处理较封育 + 施肥优良牧草比例提高 2.87%,杂草类比例减少 12.07%。

**3.1.3 不同处理生物量空间分布格局** 补播 + 施肥处理后植物群落冠层垂直结构发生明显变化,空间生态位增大,最大冠层 80~90 cm。其中,0~10 cm 冠层中的生物量占地上总生物量的 55.92%,10~20 cm 冠层中占 12.30%,20 cm 以上的 7 层中分布有 31.78%;封育 + 施肥处理冠层最大高度小于 40 cm。其中,0~10 cm 冠层中的生物量占地上总生物量的 97.21%,10~20 cm 冠层中占 2.46%,20 cm 以上 2 层仅占 0.33%;对照冠层最大高度小于 20 cm,主要地上生物量集中在 0~10 cm 冠层中,占地上总生物量的 98.70%,10~20 cm 冠层中仅占 1.30%。高寒草甸植物群落地下生物量垂直分布呈倒金字塔模式,其地下生物量主要分布在 0~10 cm 土层中(表 3)。这是高寒草甸植物长期适应高寒气候和生态环境的结果。

表 3 不同处理地上、地下生物量垂直结构

处理	地上(cm)								地下(cm)			
	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	0~10	10~20	20~30
RF (%)	55.92	12.30	7.06	6.01	5.23	3.54	3.84	2.71	3.39	91.42	5.40	3.17
EF (%)	97.21	2.46	0.26	0.06						78.93	17.42	3.65
对照	98.70	1.30								74.44	18.25	7.30

由此可见,通过补播、施肥、封育等综合改良措施,不仅提高了退化草地生产力,而且使优良牧草比例明显增大,草地植被覆盖率和草地质量提高。

**3.2 半人工草地灭杂、施肥效益分析** 为了提高草地质量和产草量,对建植的半人工草地进行了灭除杂草和施肥相结合的示范试验。其结果表明,单纯进行灭杂其地上生物量减少,灭杂和施肥相结合不仅可提高地上生物量(图 4),而且可

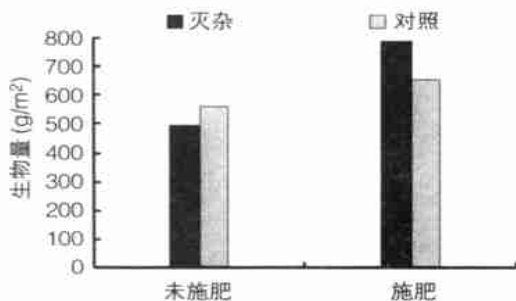


图 4 灭杂施肥、未施肥和对照生物量比较

提高优良牧草的比例(图 5)。由此可见,施肥对禾本科牧草效果明显。

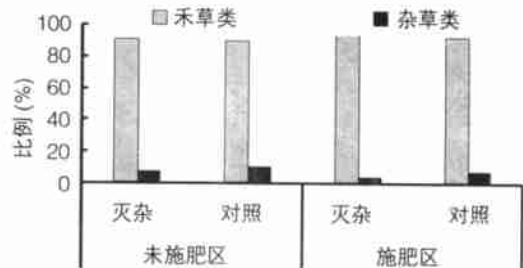


图 5 不同处理禾草类、杂草类比较

**3.3 不同处理土壤养分含量比较** 由图 6 可以看出,不同处理土壤养分含量各不相同,以 0~10 和 10~20 cm 土层中的全氮、全碳和有机碳含量的平均值计,封育 + 施肥处理(EF)全氮、全碳和有机碳含量最高,分别为 1.325,7.818,7.186;其次为对照,全氮、全碳、有机碳含量分别为 1.275,6.505,

5.680;补播+施肥(RF)较低,全氮、全碳、有机碳含量分别为1.244,5.768,5.238。由此可见,江河源区高寒草甸退化草地氮素和碳素养分缺乏,碳、氮比值失调,是导致草地退化原因之一。

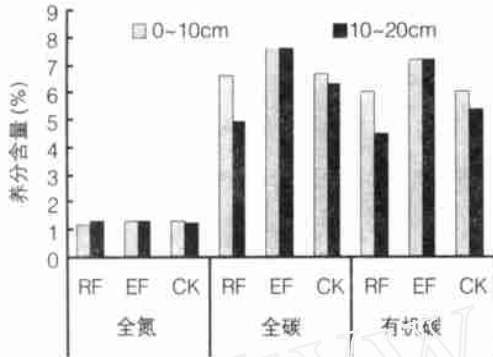


图6 不同处理土壤养分含量比较

#### 参考文献:

- [1] 王启基,景增春,王文颖,等. 青藏高原草地资源环境及可持续发展研究[J]. 青海草业, 1997, 6(3): 1-11.
- [2] 马玉寿,郎百宁,王启基.“黑土型”退化草地研究及其回顾[J]. 草业科学, 1999, 16(2): 5-9.
- [3] WANG Qiji, LIU Jianquan, ZHAO Xinquan. Patterns of Plant Species Diversity in the Northeastern Tibetan Plateau, Qinghai, China [M]. New York: The Parthenon Publishing Group, 2002. 149-153.
- [4] 王文颖,王启基. 高寒高草草甸退化生态系统植物群落结构特征及物种多样性分析[J]. 草业学报, 2001, 10(3): 8-14.
- [5] Tracy C R, Brussard P F. Preserving biodiversity: species in landscape[J]. Ecological Applications. 1994, 4: 205-207.
- [6] 马克平,黄建辉. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究: 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 268-277.
- [7] Ludwig J A. 统计生态学 - 方法和计算入门[M]. 李育中. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1990.

#### Recovery and benefit analysis of ecology on degraded natural grassland of the source region of yangze and yellow rivers

WANG Qi-ji<sup>1</sup>, SHI Hui-lan<sup>1</sup>, JING Zeng-chun<sup>1</sup>, WANG Chang-ting<sup>1</sup>, WANG Fa-gang<sup>2</sup>

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001;

2 Qinghai Animal Veterinary vocational college, Huangyuan 812100, China)

**Abstract:** According to degradation degree of natural grassland, relevant treatments were used such as scarification + reseeding + enclosure (for heavily degraded grassland), enclosure + fertilize (for lightly degraded grassland). These treatments make plant community structure and plant cover change significantly. The results after two years recovery showed that the species number represented by enclosure + fertilize treatment (32 species) > Control (26 species) > reseeding + fertilize treatment (13 species). The species diversity index had the same trend with the species number. The evenness index represented by enclosure + fertilize treatment (0.902) > CK (0.865) > reseeding + fertilize treatment (0.582). The vegetation total cover decreased from enclosure + fertilize treatment (85.9%) to reseeding + fertilize treatment (79.7%) to Control (72.9%). The aboveground biomass decreased from reseeding + fertilize treatment (460.65 g/m<sup>2</sup>) to natural grassland + enclosure + fertilize treatment (310.14g/m<sup>2</sup>) to Control (178.96g/m<sup>2</sup>). The underground biomass decreased from enclosure + fertilize treatment (6 920.37g/m<sup>2</sup>) to reseeding + fertilize (1458.96g/m<sup>2</sup>) treatment to Control (828.91g/m<sup>2</sup>). The high-quality grasses in reseeding + fertilize treatment and enclosure + fertilize treatment were 50 and 48 times higher than that in Control. Forbs in reseeding + fertilize treatment and enclosure + fertilize treatment decreased by 82.21% and 80.46% compared to that in Control. Semi-artificial grassland established by killing forbs and fertilize, The results showed that the combination of killing forbs with fertilize treatment may increase not only above-biomass but also proportion of high quality herbage. But production can not be increased at only killing forbs treatment. The soil nurture change was enclosure + fertilize treatment > Control > reseeding + fertilize treatment

**Key words:** the source region of Yangze and Yellow rivers; degraded natural grassland; recovery; Benefit analysis of ecology