

不同土地管理措施对高寒嵩草草甸植被 及土壤理化特征的影响^①

唐仲霞^{1,2}, 王文颖^{1,2}, 柯君¹, 刘泽华¹

(1 青海师范大学生命与地理科学学院, 西宁 810008; 2 青藏高原环境与资源教育部重点实验室, 西宁 810008)

摘要: 在青海玛沁地区, 选择 4 种处于不同退化阶段以及 2 种人工处理的高寒草甸为研究对象, 探讨不同放牧强度和人工干预措施下, 植被特征、土壤营养元素和土壤物理性状的变化过程, 为合理利用和提高草地生产力提供依据。结果表明: 随着退化的加剧, 高寒草甸的盖度、高度、地上生物量和种类呈下降趋势, 可食性牧草逐渐让位于杂草; 土壤 N、C 含量以及含水量逐渐降低, 体积质量逐渐增大。与重度退化草甸相比, 经人工干预处理后草甸的生物量、盖度、高度以及土壤营养元素和物理性状都有所增加提高。这些结果表明随着植被的退化演替, 土壤退化越来越严重, 土壤越来越贫瘠化。人工干预能够在一定程度上改善土壤物理特征, 提高草地的生物量。

关键词: 高寒草甸; 退化草场; 恢复重建; 土壤; 营养元素

中图分类号: Q142

在草地生态系统中植被与土壤之间构成一个相互作用、相互影响、相互制约、协调发展的统一体^[1]。植被的演替和退化会引起土壤特征的改变, 而土壤的变化同样会引起植被的改变^[1]。草甸是青藏高原的主体类型之一, 约占青藏高原面积的 33%。自 20 世纪 70 年代以来, 随着人们对畜牧产品需求的增加, 造成高寒草甸草场超载过牧, 导致草地严重退化、沙化, “黑土滩”型退化草地面积逐渐扩大, 草地生态环境日趋恶化。为保护青藏高原的生态环境, 恢复治理退化草地需要充分了解草地退化演替过程中的一些生物学和土壤学过程和特征^[2]。目前关于放牧压力对高寒草甸影响的研究主要集中在群落结构、植物多样性和演替趋势方面, 认为随着放牧强度增大, 优良牧草比例明显下降, 物种急剧减少, 牧草无性繁殖能力增强, 草地退化呈逆向演替^[3]。同时认为随着放牧强度增加, 有机质、速效 N、速效 P、速效 K 和交换性 Mn 含量都显著减少, 土壤体积质量增大^[4]。而放牧对高寒草甸土壤地表特征、物理性状的影响和土壤退化对牧草生长的反馈作用与机理研究相对较少^[3]。本试验以典型的处于不同放牧强度下的退化草地为研究对象, 探讨不同放牧强度和人工干预措施下, 植被特征、土壤营养元素和土壤物理性状的变化过程, 为减缓草甸的退化速度和恢复重建提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

该项研究在青海省果洛藏族自治州玛沁县大武乡进行, 位于青藏高原东南、青海省南部, 地处北纬 33°43' ~ 35°16', 东经 98°48' ~ 100°55'。海拔高度为 4000 m 左右。气候属高寒冷湿润性类型。雨量稳定, 日照充足。全县草地面积为 109.72 万 hm², 占总土地面积的 87.26%; 可利用草地的面积 100.98 万 hm², 占草场面积的 92%。草地类型主要以高寒草甸为主, 占全县草场总面积的 42.81%。原生植被是以小蒿草或矮蒿草为建群种的高寒草甸。土壤类型以高山草甸土和高山灌丛草甸土为主^[5]。

1.2 试验设计与方法

本研究于 2004 年植物生长季进行, 土地退化及草地恢复重建研究样地设在果洛州玛沁县大武乡格多牧委会。依据工作需要我们选择了 1998 年由中国科学院西北高原生物研究所、青海省畜牧兽医科学院组建的实验地, 共计 6 个处理样区: 原生自然高寒草甸 (OV)、轻度退化草地 (SDG)、中度退化草地 (MDG)、重度退化草地 (HDG)、1998 年封育的原生高寒嵩草草甸 (原生封育 YF) 和 1998 年重度退化草地单播穗披碱草人工草地 (单播 DB)。每个处理区设置 3 个

①基金项目: 国家自然科学基金项目 (30660120) 和三江源区科技支撑项目 (2005-SN-2) 资助。

作者简介: 唐仲霞 (1974—), 女, 青海人, 讲师, 主要从事土壤生态研究。E-mail: tzhx9831@sohu.com

50 m × 50 m 的样地。所有样地都设在滩地冬季牧场，且彼此间尽可能紧挨着，这样使它们有相近的地形、植被及土壤类型（退化前）。

人工种植处理中的重建措施如下：重度退化地首先被翻耙，然后耙磨整地，再将种子和底肥（二铵）混合撒播，再用轻型圆盘耙耙磨、最后镇压。人工撒播时，播种量 30 kg/hm²左右；播深 3 ~ 4 cm。在高寒牧区播种时期宜掌握在 5 月上旬至 6 月中旬。人工草地建植后第 1 年到第 2 年的返青期绝对禁牧，之后，所有人工草地可在冬季放牧。

1.2.1 植物群落调查 在每个处理样地，分别设置 2 条长 500 cm，宽 50 cm 的样条，然后将每个样条划分为 10 个连续分布的样方（50 cm × 50 cm）。记录每个样方中植被的总盖度及所出现的物种的种名，测定每个物种的百分盖度和高度，并计算各物种的频度。

1.2.2 生物量测定 在每个样地用收割法测定生物量，随机设置 5 个 50 cm × 50 cm 的样方，将样方中的植被沿地表剪下。根系生物量在 3 个面积为 25 cm × 25 cm，深 30 cm 的土坑中取样，土块用手弄碎过 4 mm 筛分出根系，然后将分出的根系放在 0.25 mm 的筛上用水冲洗，得到根系。所有收获的植物材料在 70℃ 的恒温箱中烘 48 h，然后称重。

1.2.3 土壤样品采集 在每个样地，随机收集 10 个土核（直径为 3.5 cm），每个土核分为 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 两部分。同一样地同一深度采集的 10 个土壤样品混合成一个样品，3 个样地为 3 个重复。用直径为 5.3 cm 的环刀分别测定 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 土壤层的土壤体积质量，同时用铝盒分 0 ~ 10 cm 和 10 ~ 20 cm 层取大约 30 g 土样测定土壤重量含水量。将野外收集的土样风干，过 2 mm 筛，移出砾石和根系并称重。从过 2 mm 筛的土样中取一半用于分离并测定各密度组分有机 C 和 N 浓度，其余部分过 0.25 mm 筛用于测定土壤有机 C 和总 N 浓度（Vario

EL III 元素分析仪）。

1.3 数据分析

植物地下根系单位面积 C (N) 含量 (g/m²) = 单位面积生物量 (g/m²) (0 ~ 30 cm 深) × 根组织 C (N) 浓度 (%)；

土壤单位面积有机 C (N) 含量 (kg/m²) = 10 × D × B × C × ((100-G)/100)，其中 D 是土壤深度 (cm)；B 是土壤体积质量 (g/cm³)；C 是 <2 mm 土壤组分有机 C 或总 N 浓度 (%)；G 是砾石百分含量 (%)；

物种多样性采用物种丰富度 (S)、多样性指数 (Shannon-Wiener index)、均匀度指数 (Pielou index) 计算。

物种丰富度指数 (S)：每个样地中的物种数。

Shannon-Wiener 指数： $H' = -\sum_{i=1}^S (P_i \times \ln P_i)$ 。

Pielou 均匀度指数： $E = H'/\ln S$ 。

各个植物种群的重要值 (IV) 按以下公式计算：
重要值 = [(相对盖度 + 相对地上生物量) / 2] × 100。

用方差分析 (ANOVA, LSD) 比较不同处理间生物量差异显著性；以上分析均在 Excel 2003 和 SPSS 11.0 统计软件上完成。

2 结果与分析

2.1 植被群落特征

本研究的选点取样代表了不同的退化演替系列。随着草地退化程度加大，植被盖度逐渐下降，以重度退化阶段“黑土滩”植被的盖度最低，由于此阶段一些局部地域有不少一年生植物及毒杂草（表 1），所以植物群落盖度 > 50%，而另一些地方则大多裸露，所以导致群落盖度的标准偏差较大（表 1）。植物群落的平均高度变化在退化各阶段没有明显的规律，整体而言都较低 (< 5 cm)，这与典型高寒草甸的特性有关。除了原生植被之外，在轻度和中度退化阶段物种数较高，这与草地退化导致大量杂类草蔓延滋生有关；重

表 1 原生和退化高寒草甸植被群落特征

Table 1 Characteristics of original vegetation and degraded grasslands

指标	原生植被	轻度退化	中度退化	重度退化	原生封育	单播
盖度 (%)	87 ± 8.73 b	96.55 ± 2.64 a	71.8 ± 7.74 c	57.5 ± 15.13 d	97.3 ± 1.65 a	88.9 ± 8.9 b
高度 (cm)	2.77 ± 2.84 c	2.72 ± 1.83 c	1.46 ± 0.92 d	1.79 ± 1.38 d	7.22 ± 8.62 b	19.2 ± 25.4 a
地上生物量 (g/m ²)	102.88 ± 37.31 bc	57.28 ± 16.05 d	56.56 ± 6.55 d	53.28 ± 21.04 d	146.40 ± 19.13 b	281.68 ± 66.50 a
地下生物量 (g/m ²)	2138 ± 245 b	2492 ± 284 a	1768 ± 520 c	1454 ± 260 d	2381 ± 527 b	1890 ± 617 c
种类	41	39	32	18	51	23
多样性指数	1.23 ± 0.15 b	1.43 ± 0.26 b	1.86 ± 0.32 a	1.18 ± 0.21 b	1.81 ± 0.31 a	1.21 ± 0.28 b
均匀性指数	0.45 ± 0.05 c	0.57 ± 0.11 b	0.71 ± 0.16 a	0.47 ± 0.13 c	0.56 ± 0.16 b	0.34 ± 0.18 c

注：同一行数值字母不同表明差异显著 (p < 0.05)。

度退化草地上, 物种数目最少, 说明了高寒草甸的大面积严重退化可导致生物多样性的丧失。

植物群落多样性指数和均匀度指数在中度退化阶段最高, 随着草甸退化程度加大, 呈单峰式曲线变化规律(表 1), 这与不同植物种群在放牧退化演替过程中的消长变化密切相关。由于牧草营养价值和采食难易程度等方面的差异, 使家畜有选择地采食某些牧草, 这种现象可显著改变植物种间竞争格局, 引起物种侵入或迁出以及群落组成变化, 这是本研究不同退化程度下高寒草甸生物多样性变化的直接原因。通过 6 年的演替变化结果表明, 不同退化演替阶段植物群落种类组成及其数量特征不尽相同。试验区共出现了 64 种植物。其中, 原生植被封育草地由 41 种植物组成, 占总种数的 64.06%。优势种为小嵩草 (*Kobresia*

pygmaea), 主要伴生种有矮嵩草 (*K. humilis*)、苔草 (*Carex* sp.)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、黑边假叶龙胆 (*Gentiana* sp.) 等。

原生封育处理结果表明植被在盖度、高度和生物量等方面有明显增加的趋势, 成效显著。单播处理的高度和地上生物量增加显著, 而种类和地下生物量却相对较小。

依据重要值的大小, 列出不同退化阶段各草甸中重要值前 5 的植物种(表 2), 可以看到高寒草甸植物种变化在退化演替系列中一般可以分为 3 类: 轻度退化草地增加种, 如嵩草、二柱头藜草、垂穗披碱草等; 中立种, 如鹅绒委陵菜、短穗兔耳草等; 重度退化草地增加种, 如西伯利亚蓼、矮火绒草、兔耳草、兰石草和细叶亚菊。

表 2 高寒草甸原生植被和不同退化阶段植被优势种的变化

Table 2 Main species of original alpine meadow and degraded meadows

种名	原生草甸	轻度退化草甸	中度退化草甸	重度退化草甸
矮嵩草 (<i>Kobresia humilis</i>)	+	+	+	
小嵩草 (<i>K. pygmaea</i>)	+			
苔草 (<i>Carex</i> sp.)	+			
二柱头藜草 (<i>Scirpus distigmaticus</i>)		+		
垂穗披碱草 (<i>Elymus nutans</i>)	+			
西伯利亚蓼 (<i>Polygonum sibiricum</i>)			+	+
矮火绒 (<i>Leontopodium nanum</i>)		+		
兰石草 (<i>Lancea tibetica</i>)			+	+
黑边假叶龙胆 (<i>Gentiana</i> sp.)	+			
细叶亚菊 (<i>Ajania tanuifolia</i>)			+	+
鹅绒委陵菜 (<i>Potentilla anserine</i>)		+		
兔耳草 (<i>Lagotis brachystachys</i>)		+	+	+
阿尔泰紫苑 (<i>Aster</i> sp.)				+

注: + 代表优势种

2.2 土壤物理机械特征

土壤体积质量是土壤紧实度的指标之一。放牧干扰对土壤体积质量的影响主要是在 0~10 cm 土层中, 随着植被退化加剧, 在 0~10 cm 土层中土壤体积质量逐渐增加(表 3)。贾树海等^[6]研究也指出, 牧压对土壤体积质量的影响仅限于 0~10 cm, 其中以 0~5 cm 最为明显。戎郁萍等^[4]对河北省承德鱼儿山牧场草地进行的研究表明, 土壤水分含量的变化与此相同。随着退化程度的加深, 土壤体积质量逐渐增大。土壤退化达到重度退化以后, 土壤其颗粒组成急剧变粗, 土壤颗粒中的细粒部分明显减少; 而在达到重度退化以前土壤水土流失不明显, 在这之前进行土壤保护和改良效果会很明

显。

2.3 土壤 C 和 N 元素含量变化

除重度退化阶段(对照组)土壤 0~10 cm 的 N 和 C 含量较低外, 其他各阶段的含量较高, 说明只是当草地完全退化为毫无放牧利用价值的次生裸地黑土滩时, C 和 N 才急剧下降, 造成 C 和 N 素的极大流失, 所以在恢复治理过程中施肥是非常有必要的(表 4)。Dormaar 等^[7]的研究表明, 土壤有机质流失是草地重度退化的主要表现。在本研究中, 随着退化程度加大, 植被覆盖度逐渐下降, 水土流失渐趋严重, 有机质含量减少明显, 其中从未退化草甸到重度退化草甸的土壤有机质含量减少明显, 而经人工施肥后的草地

减少不明显 (表 4)。

表 3 不同条件下土壤物理机械特征

Table 3 Traits of soils under different utilization pressures

处理	含水量 (g/kg)		体积质量 (g/cm ³)	
	0~10 cm	10~20 cm	0~10 cm	10~20 cm
原生封育	504.7 ± 61.6	405.0 ± 11.2	11.1 ± 0.3	12.2 ± 0.5
原生植被	491.2 ± 76.6	422.3 ± 21.4	11.1 ± 1.2	12.1 ± 0.2
轻度退化	405.8 ± 56.5	313.4 ± 63.9	11.4 ± 0.8	12.6 ± 0.6
中度退化	387.6 ± 82.2	357.4 ± 63.4	11.6 ± 1.1	13.2 ± 1.4
重度退化	331.9 ± 67.7	325.8 ± 54.1	12.1 ± 1.2	14.7 ± 1.6
单播施肥	279.4 ± 24.3	252.8 ± 25.1	11.4 ± 1.1	11.1 ± 1.4

表 4 不同土地利用条件下土壤 C 和 N 单位面积含量

Table 4 C and N contents /unit area in 0-10 cm and 10-20 cm depths under different utilization pressures

处理	土壤 N 含量 (kg/m ²)		土壤 C 含量 (kg/m ²)	
	0~10 cm	10~20 cm	0~10 cm	10~20 cm
原生封育	3.87 ± 0.56 a	2.79 ± 0.3 b	40.8 ± 6.54 a	24.6 ± 2.04 b
单播施肥	3.50 ± 0.5 a	2.89 ± 0.09 b	30.8 ± 1.5 b	26.2 ± 0.18 a
封育内对照 (重度退化)	3.04 ± 1.09 b	2.93 ± 0.5 a	28.7 ± 11.1 b	27.1 ± 6.2 a

3 小结

随着退化的加剧, 高寒草甸的盖度、高度、地上生物量和种类呈下降趋势, 可食性牧草逐渐让位于杂草; 土壤 N、C 含量以及含水量逐渐降低, 体积质量逐渐增大。与重度退化草甸相比, 经人工干预处理后草甸的生物量、盖度、高度以及土壤营养元素和物理性状都有所增加、提高。

这些结果表明随着植被的退化演替, 土壤退化越来越严重, 土壤越来越贫瘠化。人工干预能够在一定程度上改善土壤物理特征, 提高草地的生物量。在我们的研究中, 与天然原生嵩草草甸相比较, 土地退化对重建草地的土壤物理化学特性的影响仍然是明显的, 但与未恢复状态相比较, 草地恢复和重建可以增加生物量及地表覆盖度, 部分地改善土壤物理化学特性^[6]。

参考文献:

[1] 董全民, 赵新全, 李青云, 马玉寿, 王启基, 施建军, 李有福.

小嵩草高寒草甸土壤营养因子及水分含量对牦牛放牧率的响应. I 夏季草场土壤营养因子及水分含量的变化. 西北植物学报, 2004, 24(12): 2228-2236

[2] 周华坤, 周立, 赵新全. 江河源区“黑土滩”型退化草场的形成过程与综合治理. 生态学杂志, 2003, 22(5): 51-55

[3] 杜岩功, 曹广民, 王启兰, 王长庭. 放牧对高寒草甸地表特征和土壤物理性状的影响. 山地学报, 2007, 25(3): 338-343

[4] 戎郁萍, 韩建国, 王培. 放牧强度对草地土壤理化性质的影响. 中国草地, 2001, 23(4): 41-47

[5] 裴海昆. 高寒草甸黑土型退化草地土壤物理性状分析. 黑龙江畜牧兽医, 2004, 6: 61-62

[6] 贾树海, 李绍良, 陈有君. 草原退化与恢复改良过程中土壤理化性质. 草原生态系统研究(第5集). 北京: 科学出版社, 1995: 111-117

[7] Dormaar JF, Smolok S, Willms WD. Distribution of nitrogen fractions on grazed and ungrazed fescue grassland a horizons. Journal of Range Management, 1990, 43 (1): 6-9

Effects of Different Managements on Characteristics of Alpine Vegetation and Soil

TANG Zhong-xia^{1,2}, WANG Wen-ying^{1,2}, KE Jun¹, LIU Ze-hua¹

(¹ Life and Geography Department of Qinghai Normal University, Xining 810008, China;

² Key Laboratory for Environment and Resources of Qinghai-Xizang plateau, Ministry of Education, Xining 810008, China)

Abstract: In this paper we selected six kinds of degraded alpine meadows in Maqing, Qinghai, to explore the changes of the vegetation characteristics and soil nutrient elements and physical properties under the different grazing intensities and artificial management measures. The results showed that with increasing degradation of alpine meadows, the coverage, height, biomass and species of meadows decreased, weeds gradually replaced grasses, the contents of soil nitrogen, carbon and moisture decreased, soil bulk density increased. However, compared with severely-degraded grassland, artificial manipulation could improve all the above properties of the meadows and soils. It showed that soil fertility will become lower with vegetation degradation but can be improved by artificial manipulation in the alpine meadow regions.

Key words: Alpine meadow, Degraded grassland, Restoration, Soil, Nutrient element