

高寒矮嵩草草甸不同退化演替阶段 植物群落地上生物量分析

李海英¹, 彭红春¹, 王启基²

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 通过对高寒矮嵩草草甸不同退化演替阶段植物群落的研究显示, 随着退化程度的加重, 群落的组成和优势种等发生了很大的变化, 植物群落从以禾本科为主, 向以杂类草为主的群落演替。中度和重度退化样地与原生植被样地的禾草类、莎草类以及群落总生物量差异极显著 ($P < 0.01$)。随退化程度的加深, 禾草类、莎草类等优质牧草比例下降, 取而代之的是杂类草, 其比例明显升高, 在群落中占据优势地位。

关键词: 高寒矮嵩草草甸; 植物群落; 退化演替; 地上生物量

中图分类号: Q 945.79; Q 948.158; S812 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2004)05-0026-07

* 高寒草甸草地是青藏高原主要天然草地, 约有 0.7 亿 hm^2 , 占青藏高原草地面积的 49% 左右。其丰富的草地资源和珍稀动植物资源, 为青藏高原国民经济和畜牧业的发展奠定了坚实的物质基础。但是, 随着人口的增加, 畜牧业的发展, 人类活动正以前所未有的规模和强度影响并改变着生物赖以生存和发展的地球环境。加之高寒草甸草地资源长期以来缺乏科学管理, 传统落后的利用方式, 掠夺式经营, 过度放牧, 鼠虫害和气候变化的影响, 使草地严重退化, 生产力水平下降, 生态环境恶化。据不完全统计, 目前青藏高原约有 0.5 亿 hm^2 退化草地, 约占青藏高原草地总面积的 1/3, 其中严重退化的次生裸地——“黑土滩”面积约 703.19 万 hm^2 , 约占退化草地面积的 16.5%^[1]。当前退化面积仍在不断扩大, 使本来就很脆弱的生态系统的整体功能遭受严重的破坏, 鼠虫害不断蔓延, 优良牧草锐减, 毒杂草滋生, 使青藏高原草地资源的持续利用和生态环境质量受到严峻挑战, 直接威胁着青藏高原草地畜牧业的持续、稳定、协调发展和区域经济可持续发展。

有关高寒草甸生物量的研究很多, 有的学者是针对某一类型高寒草甸做的生物量的研究^[2,3], 有的学者做的是关于退化草地不同措施下恢复后的生物量分析^[4,5], 也有关于高寒草甸退化系统的研究^[6], 它们都是针对群落结构的多样性的研究, 而本研究主要针对高寒草甸草地不同退化演替阶段生物量进行研究。通过对高寒草甸草地不同退化演替阶段植物群落的研究, 为高寒草地资源的保护、更新以及持续利用和退耕还林还草战略部署的顺利进行提供科学依据和示范。

1 研究地区概况

试验地选择在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站固定样地。采用空间分布替代时间序列的方法。根据草地覆盖度, 选择了原生植被样地(矮嵩草草甸)、中度退化样地和重度退化样地, 固定样地面积 20 m × 20 m。

该站位于青藏高原东北隅, 37°20' ~ 37°45' N、101°12' ~ 101°33' E, 地处祁连山东段冷龙岭南麓。冷龙岭由西北向东南方向绵延, 长约 300 km, 宽约 30 km, 山脊海拔 4 600 m 以上, 终年积雪。定位站南侧有与冷龙岭平行走向的大板山, 海拔 4 000 m 左右。两山之间河谷纵深, 高低悬殊, 地形复杂。定位站地区海拔 3 200~ 3 400 m, 周围被低山环绕, 山势平缓, 起伏不大。

海北站海拔高, 气温低, 热量不足。降水量季节分配不均匀, 空气稀薄干燥, 日照时间长(2 629 h/a 左右), 太阳辐射强烈(634.7 $\text{kJ}/\text{cm}^2 \cdot \text{a}$ 左右), 属于高原大陆季风性气候。年均气温 - 1.7℃, 最热月(7月)平均气温

* 收稿日期: 2003-05-12

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KSCX-1-07); 国家自然科学基金项目——中国西部地区陆面同化系统研究(90202014); 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(2003102)资助

作者简介: 李海英(1975-), 女, 山东潍坊人, 在读博士生。E-mail: lhaying@ns.lzb.ac.cn

9.8, 最冷月(1月)-14.8; 相对无霜期仅 22 d, 无明显四季之分, 只有冷暖二季之别; 年降水量 590 mm, 主要集中在 5-9 月, 占年降水量的 80%, 冷季降水极为稀少。形成了暖季湿润、多雨、凉爽; 冷季干燥、少雨、寒冷等独特的气候特征。

海北站主要植被类型有矮蒿草甸(*Kobresia humilis* meadow), 金露梅灌丛(*Potentilla fruticosa* shrub) 和华扁穗草、青藏苔草沼泽化草甸(*Blysnus sinocampressus* and *Carex moorcroftii* swamp meadow), 其中以矮蒿草甸分布最广。土壤以高山草甸土、高山灌丛土和沼泽土为主, 其中以高山草甸土分布最广, 土壤有机质分解缓慢, 积累明显。本研究选择矮蒿草甸为研究对象。

2 试验材料与方法

2.1 植物群落地上生物量测定

在植物的生长季(5-9月), 每月 25 日左右用收割法测地上生物量。每个样地随机取样方 5 个, 样方面积 50 cm × 50 cm。将样方内的植物按经济类群(禾草类、莎草类、杂类草和枯枝落叶)分开, 在 70 的恒温箱内烘干至恒重后称取干重。

2.2 植物群落组成调查

于 7 月底 8 月初, 用固定样条法测定每个样地的植物群落的种类组成及其特征值(分盖度、密度、株高、频度和种群生物量)。将 250 cm × 25 cm 的样条分为 25 cm × 25 cm 的 10 个子样方按顺序记数, 2 次重复, 计 20 个子样方。

盖度: 采用估测法; 密度: 测定各样方内每种植物的植株数; 株高: 测定各样方每种植物随机取 20 株自然高度, 取平均数; 地上生物量: 采用收获法分种齐地面剪割, 在 70 烘箱烘干至恒重后称取干重。

2.3 数据分析

$$\text{Shannon 信息多样化指数}^{[7]}(H) \quad H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i) \quad (1)$$

$$\text{Pielou 的均匀度指数}^{[8]}(E) \quad E = H / \ln(s) \quad (2)$$

$$\text{重要值}^{[9]}(IV) \quad IV = \frac{RB(\%) + RC(\%) + RD(\%) + RF(\%) + RH(\%)}{5} \quad (3)$$

$$\text{物种丰富度指数} = \text{种数}(s) \quad (4)$$

式中: P_i 为第 i 种重要值, s 为样地内物种的总数, RB 为相对生物量, RC 为相对盖度, RD 为相对密度, RF 为相对频度, RH 为相对株高。

3 结果与讨论

3.1 不同退化演替阶段植物群落组成与多样性分析

3.1.1 植物群落种类组成及结构特征 原生植被样地: 植物生长茂密, 群落平均盖度为 92%。原生植被样地由 37 种植物组成(表 1), 隶属 12 科 30 属。群落以垂穗披碱草(*Elymus nutans*) 为优势种, 优势度为 13.19%。羊茅(*Festuca ovina*)、草地早熟禾(*Poa pratensis*) 和矮蒿草(*Kobresia humilis*) 为群落的次优势种, 优势度为 25.59%。主要的伴生种有: 花苜蓿(*Trigonella ruthenica*)、异针茅(*Stipa aliena*)、异叶米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia*)、高山唐松草(*Thalictrum alpinum*) 等。若以科属的重要值计算, 它们依次为禾本科(44.49) > 莎草科(12.75) > 豆科(12.72) > 毛茛科(8.24) > 蔷薇科(6.30) > 菊科(6.14), 其余 6 科 9 属重要值为 9.36。

中度退化演替阶段: 群落平均盖度为 45%, 由 39 种植物组成(表 1), 隶属 12 科 29 属。群落优势种为青海风毛菊(*Saussurea kokonorensis*), 优势度为 9.74%。次优势种有高山唐松草、柔软紫菀(*Aster flaccidus*)、垂穗披碱草, 其优势度为 19.64%。主要伴生种有鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)、雅毛茛(*Ranunculus pulchellus*)、草地早熟禾等。若以重要值计算, 它们依次为菊科(27.11) > 禾本科(20.32) > 毛茛科(16.06) > 蔷薇科(8.68) > 玄参科(5.96) > 龙胆科(5.12), 其余 6 科 9 属重要值为 16.75。

重度退化样地: 群落的平均盖度为 33%, 由 33 种植物组成(表 1), 隶属 18 科 30 属。群落优势种为细叶亚菊(*Ajania tenuifolia*), 优势度为 11.2%。次优势种有鳞茎堇菜(*Viala bulbosa*)、海乳草(*Glaux maritima*)、兰石草

(*Lancea tibetica*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)，优势度为 28.51%。主要伴生种有柔软紫菀、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、鹅绒委陵菜、西伯利亚蓼(*Polygonum sibiricum*)等。若以重要值计算，它们依次为菊科(24.46) > 禾本科(13.04) > 蔷薇科(11.94) > 玄参科(8.94) > 堇菜科(8.17) > 报春花科(7.22)，其余 12 科 15 属的重要值为 26.23。

3.1.2 植物群落物种多样性分析 由表 1 可以看出，不同退化演替阶段植物群落多样性指数依次为中度退化样地(3.3957) > 原生植被样地(3.2056) > 重度退化样地(3.1415)；均匀度指数中度退化样地最高(0.9269)，原生植被样地最低(0.8870)；物种数变化与多样性指数变化相同。

表 1 植物群落物种数及多样性指数

Table 1 The numbers of species and diversity indices of plant communities

样地 Plots	多样性指数 Diversity index	均匀度 Evenness (%)	盖度 Coverage (%)	种数 Number of species
原生植被 Undegraded	3.2056	0.8870	92	37
中度退化 Moderate-degraded	3.3957	0.9269	45	39
重度退化 Heavy-degraded	3.1415	0.9000	33	33

从以上结果可以看出：随着退化程度的加重群落结构和优势种已经发生变化。原生植被由于禾本科牧草的优势度高，均匀度降低，使物种多样性指数较低。中度退化草地由于优良牧草减少，盖度下降，群落草层中可利用空间增大，致使一些杂类草种入侵，不仅使物种增多，而且使均匀度增大，物种数和多样性指数均最大。重度退化草地虽然有较高的均匀度，但由于物种明显减少，致使多样性指数下降。

3.2 不同退化演替阶段植物群落地上生物量

3.2.1 植物群落地上生物量 由图 1~ 4 可以看出：在原生植被、中度退化和重度退化 3 个样地中无论是群落生物量还是禾草类、莎草类、杂类草生物量都随季节的变化而变化，呈现明显“S”型生长曲线。在返青期生物量较低，随着植物的生长发育生物量逐渐增加，到 8 月下旬达到最高值，随后进入枯黄期，生物量又逐渐下降。地上生物量的变化，主要取决于环境条件(温度和水分)的变化及建群种植物对环境的适应性；而环境条件的变化又是通过植物本身的生长发育反映出来。高原气候寒冷，植物返青较晚，直到 4 月底 5 月初，日平均气温达到 5℃ 时，植

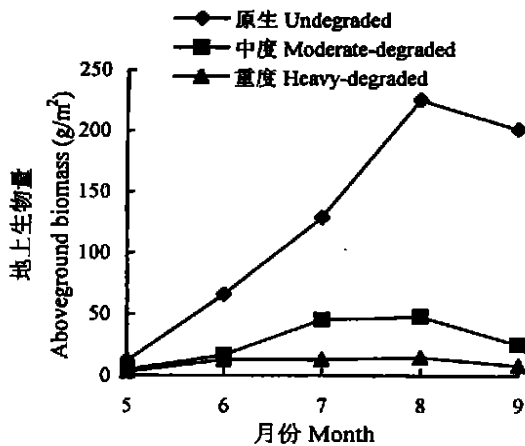


图 1 不同样地禾草类地上生物量
Fig. 1 The aboveground biomass of grasses in different plots

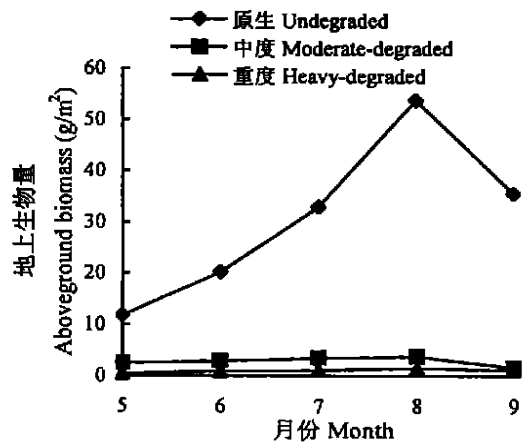


图 2 不同退化样地莎草类地上生物量
Fig. 2 The aboveground biomass of sedges in different plots

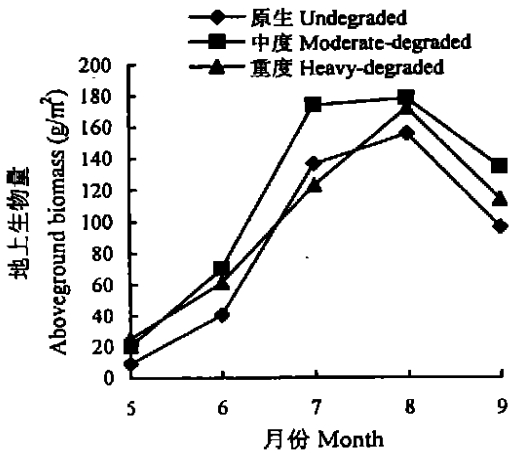


图 3 不同样地杂类草地上生物量

Fig. 3 The aboveground biomass of forbs in different plots

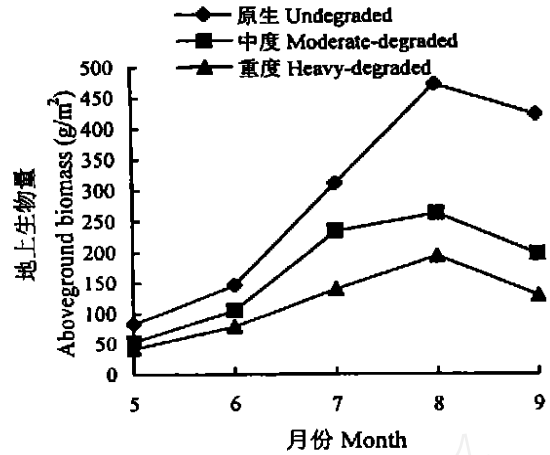


图 4 不同退化样地植物群落地上生物量

Fig. 4 The aboveground biomass in different plots

物才开始萌发生长,可见 5 是耐冷湿的高寒植物种类开始生长的阈值。植物返青后,直到 5 月底或 6 月初,气温较低且变幅较大,仍受冰雪霜冻频繁袭击,加之土壤尚未完全解冻,植物叶片很小,光合强度低,干物质积累缓慢;进入 6 月中旬后,随着气温上升和降水量的增加,水热条件协调,光合强度增强,植物生长加快,生物量积累显著;到了 7 月中旬,气温、降水条件最为有利,大多数植物进入拔节抽穗或盛花期,干物质积累迅速增加;到 8 月底,气温、降水日渐降低,植物本身也逐渐衰老,部分叶子变黄,光合强度减弱,干物质积累减慢,最后停止^[10]。

虽然 3 个样地地上生物量季节动态趋势基本一致,但是各个群落的地上生物量及其组成却有所不同。在相同的生长期禾草类、莎草类以及群落总生物量依次为原生植被样地> 中度退化样地> 重度退化样地,而杂类草有所不同,中度和重度退化样地的杂类草生物量大于原生植被样地。通过 Duncan 多重分析结果显示,在地上生物量最高的 8 月份,中度和重度退化样地与原生植被样地的禾草类、莎草类以及群落总生物量差异极显著 ($P < 0.01$),杂类草之间没有明显差异 ($P > 0.05$)。原生植被样地的地上总生物量,6-9 月主要取决于禾草类和杂类草植物的生物量,它们所占比例分别为 45.48% 和 31.78%;中度退化样地和重度退化样地其群落生物量主要取决于杂类草的生物量,其所占比例分别为 69.16% 和 85.37%,禾草类和莎草类所占比例很小,禾草类比例分别为 16.67% 和 10.20%,莎草类比例分别为 1.66% 和 0.94%,因此对群落生物量影响甚微。中度和重度退化样地与原生植被样地相比,植物地上年生物量(5—9 月)下降明显,中度退化样地与原生植被样地相比下降了 40.54%,重度退化样地下降了 59.25% (图 4)。由此可见,草地退化的明显指标是植物群落种类组成和结构变化,生物量下降,杂类草增多,优良牧草比例减少。

3.2.2 各类草在植物群落中的比例 各类草地上生物量所占总生物量的百分比因演替阶段不同和生长季节的不同而有明显的差异(图 5~7)。

原生植被样地,禾草类所占比例随生长季节推移逐渐增加,由 5 月份的 14.38% 增加到生长旺盛期的 41.39%,直到枯黄期的 47.76%;莎草类因返青较早,在返青期所占比例较大(14.29%)以后随着季节逐渐下降,生长旺盛期为 10.56%,枯黄期下降为 8.44%;杂类草所占比例先升后降,返青期为 10.94%,旺盛期为 43.84%,枯黄期为 22.77%。禾草类植物植株较高,从拔节、孕穗、抽穗到籽粒成熟,生物量相应增加较快;7 月中下旬后,一些杂类草相继开花,植株生长旺盛,生物量增加较快。莎草类植物生长稠密而低矮,返青早,6 月中旬进入盛花期,生长早期,生物量较高,后随禾草类、杂类草迅速生长,相比之下,占总生物量的比率相应下降^[11]。中度退化样地和重度退化样地,在整个生长期杂类草所占比例最高且逐渐增加,大大超过禾草类和莎草类,返青期分别占 38.41% 和 60.71%,以后逐渐增加,到最后分别占 70% 和 80% 以上,而相比之下禾草类和莎草类所占比例很小,因为这 2 个样地是退化样地,植物群落主要是由杂类草组成。

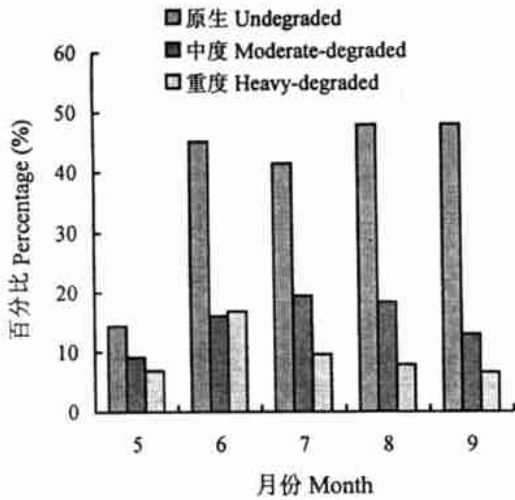


图5 不同退化演替阶段禾草类所占比例

Fig. 5 The percentage of grasses at different stages of regressive succession

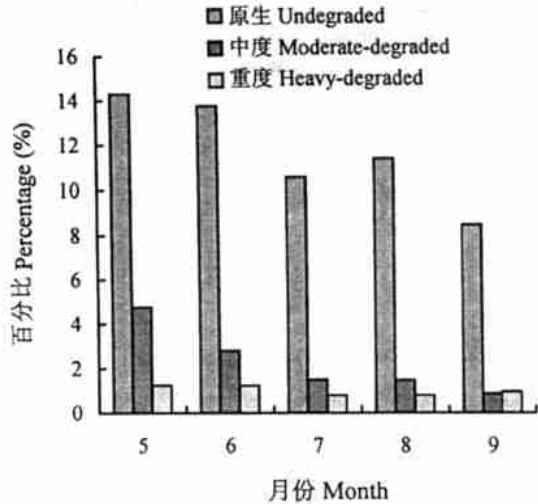


图6 不同退化演替阶段莎草类所占比例

Fig. 6 The percentage of sedges at different stages of regressive succession

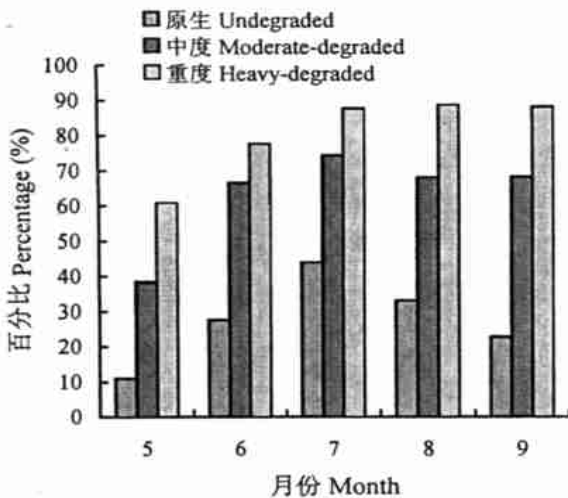


图7 不同退化演替阶段杂类草所占比例

Fig. 7 The percentage of forbs at different stages of regressive succession

3 个样地之间比较来看, 同类植物在不同样地所占比例也不同。禾草类和莎草类所占百分比依次为原生植被样地> 中度退化样地> 重度退化样地, 杂类草则恰恰相反, 重度退化样地的最高, 原生植被样地最低。通过 Duncan 多重分析结果显示, 8 月份植物类群地上生物量所占比例, 中度退化和重度退化样地与原生植被样地相比禾草类以及杂类草之间差异极显著 ($P < 0.01$), 莎草类相比中度退化与原生植被样地之间差异显著 ($P < 0.05$), 而重度退化样地与原生植被样地间差异极显著 ($P < 0.01$)。说明, 随着退化程度的加强, 禾草类、莎草类等优质牧草比例下降, 取而代之的是杂类草, 其比例明显升高, 在群落中占据优势地位, 使草地质量下降。

3.2.3 植物群落地上枯枝落叶生物量 枯枝落叶的生物量(5- 9月)季节动态与其它草类相反, 呈现高一低一

高的变化。由图 8 可知, 在返青期枯枝落叶的生物量最高, 到 7 月植物生长最旺盛时期, 枯枝落叶的生物量最低, 以后又逐渐增加。返青期枯枝落叶多主要是先年冬春季的枯枝落叶, 由于冬春季枯枝落叶被分解的甚少, 数量最多; 返青后, 气温逐渐升高, 植物活力增强, 很少形成枯枝落叶, 另外随着微生物的分解, 它的数量减少了; 秋季植物枯黄, 枯枝落叶量又再次增加。由图 9 可以看出, 枯枝落叶在群落中所占的比例, 返青期枯枝落叶所占比例很高, 随着植物的生长, 所占比例下降, 7 月最低, 以后又逐渐增加。从不同演替阶段样地中的枯枝落叶生物量和在群落中的比例来看, 原生植被群落中枯枝落叶生物量最大, 其次为中度退化样地和重度退化样地。说明草地退化严重, 土壤中有机质补充量减少, 最后导致土壤养分平衡失调, 促进草地退化和沙化。

4 小结

4.1 高寒矮高草草甸草地, 随着退化程度的加重, 群落的组成和优势种发生了很大的变化, 植物群落从以禾本科为主, 向以杂类草为主的群落演替。群落多样性指数依次为中度退化样地 (3.3957) > 原生植被样地 (3.2056) > 重度退化样地 (3.1415); 均匀度指数为中度退化样地最高 (0.9269), 原生植被样地最低 (0.8870)。

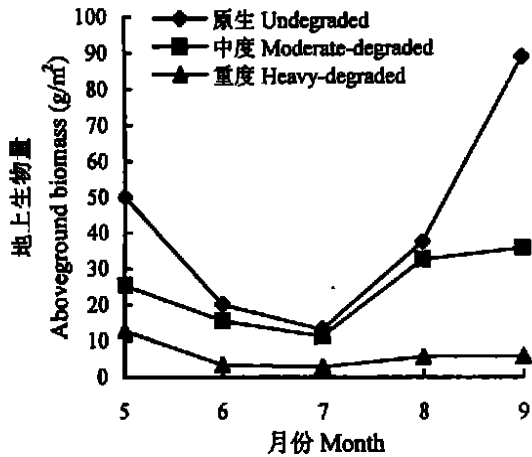


图 8 植物地上枯枝落叶生物量季节动态

Fig. 8 The seasonal dynamics of litter biomass

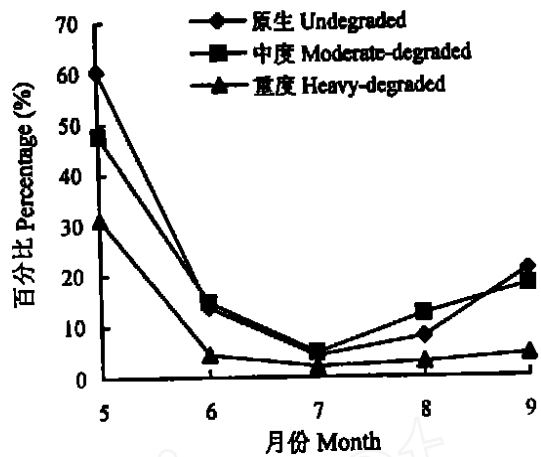


图 9 枯枝落叶所占群落总生物量比例

Fig. 9 The percentage of litter biomass

4.2 原生植被、中度退化和重度退化 3 个样地的植物地上生物量随季节的变化均呈现明显的“S”型生长曲线。其群落生物量依次为原生植被群落 > 中度退化群落 > 重度退化群落。在地上生物量最高的 8 月，中度和重度退化样地与原生植被样地的禾草类、莎草类以及群落总生物量差异极显著 ($P < 0.01$)。

4.3 植物群落地上生物量最高的 8 月各类群所占比例，中度退化和重度退化样地与原生植被样地相比禾草类以及杂类草之间差异极显著 ($P < 0.01$)，莎草类相比中度退化与原生植被样地之间差异显著 ($P < 0.05$)，而重度退化样地与原生植被样地间差异极显著 ($P < 0.01$)。随退化程度的加深，禾草类、莎草类等优质牧草比例下降，取而代之的是杂类草，其比例明显升高，在群落中占据优势地位。

参考文献:

- [1] 马玉寿, 郎百宁, 王启基 “黑土型”退化草地研究工作的回顾与展望[J]. 草业科学, 1999, 16(2): 5-9
- [2] 杨福国, 王启基, 史顺海 矮高草甸生物量季节动态与年间动态[A]. 见: 中国科学院西北高原生物研究所. 高寒草甸生态系统学术讨论会论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1989: 61-71.
- [3] 周华坤, 周立, 赵新全, 等 金露梅灌丛地下生物量形成规律的研究[J]. 草业学报, 2003, 11(2): 59-65.
- [4] 王长庭, 王启基, 沈振西, 等 模拟降水对高寒矮高草甸群落影响的初步研究[J]. 草业学报, 2003, 12(2): 25-29.
- [5] 王启基, 周兴民, 沈振西, 等 不同调控策略下退化草地植物群落结构及其多样性分析[A]. 见: 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)[C]. 北京: 科学出版社, 1995: 269-280.
- [6] 王文颖, 王启基 高寒高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.
- [7] 皮洛 E.C. 数学生态学研究方法[M]. 卢泽愚译 (2 版). 北京: 科学出版社, 1988: 308-331.
- [8] 考克斯 G.W. 普通生态实验手册[M]. 蒋有绪译. 北京: 科学出版社, 1979: 26-31.
- [9] 姜恕 草地生态研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988: 36-38.
- [10] 杨福国 高寒草甸生态系统研究定位站自然地理状况综述[A]. 见: 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 1 集)[C]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1982: 1-8.
- [11] 杨福国, 陆国泉, 史顺海 高寒矮高草甸结构特征及其生产量[J]. 高原生物学集刊, 1985, (4): 49-56.

Study on the aboveground biomass of plant communities among the stages of regressive succession in alpine *Kobresia humilis* meadow

L I Hai-ying¹, PEN G Hong-chun¹, W ang Q i-ji²

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract: The results of the study on the plant communities among the stages of regressive succession indicated that the dominants and components of the communities changed with the aggravation of degradation, and the plant communities changed from the grass family-dominant community to the forbs-dominant one. The aboveground biomass of grasses, sedges and communities among primary plot, moderate-degraded plot and heavy-degraded plot showed significant difference. The proportion of the fine forages such as grasses and sedges decreased with increase in regressive succession, that of the forbs got higher instead, and in the communities the forbs were dominant.

Key words: alpine *Kobresia humilis* meadow; plant community; regressive succession; aboveground biomass

《草食家畜》

《草食家畜》杂志系中国畜牧学类核心期刊之一, 主要介绍国内、外有关草食家畜研究领域的新成果、新理论、新技术、新信息、生产管理经验和动态等。报道内容为牛、羊、山羊、马、骆驼、家兔、鹿等草食家畜的遗传育种、繁殖技术、饲养管理、饲料营养、家畜生理、家畜卫生、畜产品生产、草原牧草、畜病防治和牧业经济等方面的科研成果、论文等。适合各级从事畜牧科研、教学和生产管理人员阅读。

本刊为季刊, 大 16 开本, 48 页, 11 万余字, 季末月 25 日出版, 定价 4.50 元, 全年 4 期, 定价 18.00 元(邮寄每期加邮资 1.00 元)。本刊代号: 58-71, 全国各地邮局均可订阅, 亦可向本刊编辑部函订。

为了促进我国兽医、畜牧、草原科学技术的进步, 本刊愿为国内、外广告客户提供有偿的发表园地。经营广告业务范围包括优良家畜品种, 牧草种子, 各种饲料添加剂, 肉、乳、蛋、毛、皮畜产品, 兽药和疫苗, 仪器设备, 牧业机械及各种情报信息。我部愿为您提供优质服务。

广告经营许可证: 新工商广字 6501034000473 号

账号: 004401040001279, 乌鲁木齐市农行友好东路分理处(亦可将款直接汇至本刊编辑部)

地址: 乌鲁木齐克拉玛依东路 21 号 新疆畜牧科学院《草食家畜》编辑部

邮编: 830000

电话: 0991- 4843824

联系人: 刘金定