

文章编号:1007-7588(2006)02-0118-07

# 江河源区高山嵩草草甸覆被变化对植物群落特征及多样性的影响

王文颖<sup>1</sup>, 王启基<sup>2</sup>, 景增春<sup>2</sup>, 李世雄<sup>2,3</sup>, 史惠兰<sup>2,3</sup>

(1. 青海师范大学生命科学系, 西宁 810008; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001;  
3. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**本研究是在青海省达日县青珍乡进行的,分析了高山嵩草草甸不同退化演替阶段覆被变化与植物群落特征、多样性关系。研究表明:轻度退化草地、中度退化草地、重度退化草地物种数分别占研究区物种数的 58.93%、73.21%、66.07%。原生植被的优势种高山嵩草随退化程度的加剧而逐渐减少,其优势度分别为 27.13%、12.37%、1.82%。物种多样性指数依次为中度退化演替阶段(3.41) > 重度退化演替阶段(3.39) > 轻度退化演替阶段(2.99);均匀度指数依次为重度退化演替阶段(0.94) > 中度退化演替阶段(0.92) > 轻度退化演替阶段(0.86)。地上生物量中度退化草地最大,轻度退化草地居中,重度退化草地最低。随着退化程度的加剧,禾草类和莎草类植物的生物量减少,而杂类草增加。轻度退化草地地下生物量明显高于退化草地。相关分析表明,植被盖度与土壤含水量之间呈极显著的正相关关系( $p < 0.01$ )。

**关键词:**江河源区;覆被变化;植物群落特征;物种多样性

高寒草甸类是在高原(高山)亚寒带和寒带寒冷而湿润的气候条件下,由耐寒多年生中生草本植物为主或有高寒灌丛参与形成,以矮草草群占优势的草地类型。它在青藏高原草地类型当中占绝对优势,约占青藏高原草地面积的 49%。根据高寒嵩草草甸对水热条件的适应以及建群种的形态、生态-生物学特性,可划分为高寒草原化草甸(Steppe kobresia meadow)、高寒嵩草草甸(Type kobresia meadow)、沼泽化草甸(Swamp kobresia meadow)等类型。以高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)为建群种的高寒草原化草甸,是三江源区分布最广、面积最大的类型之一<sup>[1]</sup>。主要分布在海拔 3 200m~5 600m 的森林带以上的高寒灌丛带和广袤的高原面上,自北而南其分布高度逐渐抬升。高山嵩草草质柔软,营养丰富,适口性强;耐放牧践踏,是一类很好的天然放牧场,适宜放牧牦牛和藏羊<sup>[2]</sup>。但是,随着人口的增加,人类活动的加剧以及严酷自然条件的侵蚀,使草地生态系统的平衡失调,大面积草地退化和沙化,环境恶化,水土流失严重,严重阻碍着高原区域社会经济的可持续发展,并直接威胁着长江、黄河流域的生态安全。目前

江河源区草地资源、生态环境的现状和发展趋势,已向人们提出严峻的挑战,引起国家领导和有关专家、学者们的极大关注。本文旨在通过江河源区嵩草草甸不同退化演替阶段草地覆被变化、植物群落结构特征及物种多样性分析,探讨草地退化的机理及生态过程,为退化草地的恢复、重建和生态保护提供科学依据。

## 1 研究区自然概况

该项研究在青海省果洛州藏族自治州甘德县青珍乡进行,试验区地处北纬 34°08.820'~34°09.181',东经 100°11.828'~100°12.148',平均海拔 4 060m。气候属典型高原大陆型气候,其特点是寒冷、少雨、日照长、太阳辐射强烈、风大。年平均气温 -2.7℃,0℃ 的积温 859℃。年降水量 492.9mm,其中 6月~9月份的降水量 373.5mm,约占全年降水量的 71.80%。年平均蒸发 1 231.7mm,相对湿度 64%。全年日照时间约 2 450.7h,日照率 55%。昼夜温差大,全年无绝对无霜期,灾害性天气较为频繁。主要植被类型为高寒嵩草草甸、高寒沼泽草甸和高寒灌丛,分别占该县可利用草地面积的

收稿日期:2005-05-20;修订日期:2005-09-29

基金项目:“十五”国家科技攻关计划重大项目(编号:2001BA606A-02)。

作者简介:王文颖(1973~),女,青海湟源县人,博士,副教授,从事生态学教学和科研工作。

通讯作者:王启基, E-mail: wqj@nwipb.ac.cn; Tel: 0971-6136412

65.04%、20.81%、14.15%。主要的土壤类型有高山草甸土、高山沼泽草甸土、高山灌丛草甸土等。

## 2 材料与方法

该项研究于 2002 年~2003 年植物生长季进行,根据天然草地不同退化演替阶段,分别在轻度退化(原生植被基本保存完好)草场、中度退化草场、严重退化草场设置 3 个调查样地,每个样地面积为 4hm<sup>2</sup> (200m × 200m)。

群落结构调查:2002 年牧草生长旺盛期(7 月),用固定样方测定不同退化演替阶段植物群落的种类组成及特征值(分盖度、株高、频度)。随机选取 7 个面积为 50cm × 50cm 的子样方,按顺序记录每个样方的总盖度,物种组成及其分盖度、株高、频度。并于 2003 年 6 月、7 月、8 月底,分别在轻度退化草场、重度退化草场测定植物群落种类组成及其特征值的季节动态,测定方法同 2002 年。

地上、地下生物量:每年在植物群落组成调查时同步测定植物群落地上、地下生物量,用收割法测定植物地上生物量。每个样地随机选取 5 个面积为 50cm × 50cm 样方,并按禾草类、杂类草、莎草类 3 个主要功能群分类,称取鲜重后在 85 °C 恒温箱中烘干至恒重。地下生物量的测定与地上生物量测定同步,在剪完地上生物量的样方内随机选取 3 个 25cm × 25cm 的小样方,并从地表开始,每 20cm 为 1 层测定其地下生物量,直至 40cm 为止。用 2mm 网眼的铁筛筛去土,拣去石头后,收集草根用清水冲洗干净,在 85 °C 恒温箱中烘干至恒重。文中生物量以烘干重计。

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,刘灿然(1998)、尚占环(2002)等人曾对这些测度方法作过详细的介绍和评价<sup>[3,4]</sup>,本文采用如下公式测度物种多样性和均匀度指数等:

(1) 物种丰富度指数:  $S$  为出现在样地上的物种数

$$(2) \text{Shannon-Wiener 指数: } H = - \sum_{i=1}^s (P_i \cdot \ln P_i)$$

$$(3) \text{Pielou 均匀度指数: } E = H/\ln(s)$$

$$(4) \text{重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对高度})/2$$

$$(5) \text{优势度} = \text{重要值} \cdot 100 \%$$

式中:  $P_i$  为第  $i$  种的重要值;  $s$  为物种数。

## 3 研究结果与分析

### 3.1 不同演替阶段植物群落组成及特征值

三江源区高山嵩草草甸草场由于长期过度放牧等人类活动、害鼠危害以及风蚀、水蚀和全球气候变暖等因素的影响,呈现全面退化趋势<sup>[5]</sup>。根据草地退化的时间和空间格局的不同可分为轻度退化、中度退化、重度退化草地(表 1)。

由表 1 可知,轻度退化草场植物群落主要由 33 种植物组成,占研究区物种数(56 种)的 58.93%,优势种为高山嵩草(*Kobresia pygmaea*),优势度为 27.13%。次优势种有钉柱委陵菜(*Potentilla nivea*)、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)、羊茅(*Festuca ovina*)等。优势度分别为 5.08%、4.46%、4.02%。该群落禾本科和莎草科植物的优势度为 45.57%,菊科为 21.92%,蔷薇科为 9.73%,豆科为 3.68%,其它 11 种植物的优势度为 19.10%。中度退化草场植物群落主要由 41 种植物组成,占研究区物种数的 73.21%,优势种为高山嵩草,优势度为 12.37%,次优势种有黑萼棘豆(*Oxytropis melanocalyx*)、黄帚囊吾(*Ligularia virgaurea*)、异针茅(*Stipa aliena*)等,优势度分别为 6.67%、6.48%、5.76%。禾本科和莎草科植物的优势度为 40.21%,菊科为 22.42%,蔷薇科为 2.36%,豆科为 8.98%,其它 19 种植物的优势度为 26.03%。重度退化草场植物群落主要由 37 种植物组成,占研究区物种数的 66.07%,优势种为高山紫菀(*Aster alpinum*)和黄帚囊吾,优势度分别为 8.63% 和 8.41%。次优势种有黄花蒿(*Artemisia annua*)、矮嵩草(*K. humilis*)、园萼刺参(*Morina chinensis*),优势度分别为 5.60%、5.09%、4.74%。禾本科和莎草科植物的优势度为 22.88%,菊科为 42.78%,蔷薇科为 1.40%,豆科为 0.79%,其它 16 种植物的优势度为 32.15%。

根据不同演替阶段植物群落结构特征的变化分析,以克隆繁殖为主的优势种植物高山嵩草<sup>[6,7]</sup>,随着退化程度的加剧,其优势度明显降低,尤其在退化严重的“黑土滩”上几乎消失。由于草地不断退化,微环境发生变化,使土壤变得疏松,为以种子繁殖为主的外来种入侵创造了条件;使有性繁殖为主的高山紫菀、黄帚囊吾、矮火绒草、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)等植物随着退化程度的不断加剧而大量侵入,其优势度逐渐升高(表 1)。

此外,从组成植物群落的主要功能群也可看出高山嵩草草甸的演替变化规律(图 1、图 2)。

表 1 高山嵩草草甸不同退化演替阶段植物群落组成及重要值

Table 1 The formation and important value of plant communities in different stage of degraded succession for Kobesia Pygmaea meadow (%)

| 种名   | 退化等级  |       |      |
|--|-------|-------|------|
|  | 轻度    | 中度    | 重度   |
| 高山嵩草 <i>Kobesia Pygmaea</i>                  | 27.13 | 12.37 | 1.82 |
| 矮蒿草 <i>K. humilis</i>                        | 1.82  | 1.59  | 5.09 |
| 二柱头薹草 <i>Scirpus distigmaticus</i>           | 3.24  | 2.71  | —    |
| 苔草 <i>Carex sp.</i>                          | —     | 1.97  | 2.69 |
| 羊茅 <i>Festuca ovina</i>                      | 4.02  | 4.96  | 3.52 |
| 异针茅 <i>Stipa aliena</i>                      | 3.95  | 5.76  | 2.48 |
| 垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>                   | 2.73  | 3.54  | 4.63 |
| 高原早熟禾 <i>Poa alpigena</i>                    | 1.24  | 1.88  | 1.66 |
| 洽草 <i>Koeleria cristata</i>                  | 1.43  | 1.72  | 0.98 |
| 紫羊茅 <i>Festuca rubra</i>                     | —     | 3.71  | —    |
| 美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>               | 4.46  | 4.14  | 2.01 |
| 星状风毛菊 <i>S. stella</i>                       | 3.74  | —     | —    |
| 青海风毛菊 <i>S. kokonorensis</i>                 | —     | —     | 1.15 |
| 乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>                 | 1.32  | 0.91  | 2.74 |
| 蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>            | 3.01  | 0.93  | 3.51 |
| 蒲公英 <i>T. mongolicum</i>                     | 2.86  | 1.66  | 1.13 |
| 黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i>              | 2.72  | 6.48  | 8.41 |
| 高山紫菀 <i>Aster alpinum</i>                    | 2.66  | 3.84  | 8.63 |
| 矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i>               | 0.29  | 1.13  | 2.96 |
| 细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>                | 0.86  | 1.32  | 2.48 |
| 臭蒿 <i>Artemisia hedini</i>                   | —     | 2.02  | 4.17 |
| 黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>                   | —     | —     | 5.60 |
| 钉柱委陵菜 <i>Potentilla nivea</i>                | 5.08  | 2.36  | 1.40 |
| 多裂委陵菜 <i>P. multifida</i>                    | 1.78  | —     | —    |
| 长叶无尾果 <i>Coluria longifolia</i>              | 2.87  | —     | —    |
| 黑萼棘豆 <i>Oxytropis melanocalyx</i>            | 2.39  | 6.62  | 0.79 |
| 异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>    | 1.29  | 2.36  | —    |
| 尖叶龙胆 <i>Gentiana aristata</i>                | 0.97  | —     | 1.58 |
| 华丽龙胆 <i>G. sinuomata</i>                     | 2.89  | 1.62  | —    |
| 匙叶龙胆 <i>G. spatulifolia</i>                  | 1.60  | 0.95  | —    |
| 湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i>            | 0.64  | —     | 2.43 |
| 三脉梅花草 <i>Parnassia trinervis</i>             | 3.66  | —     | —    |
| 青藏大戟 <i>Euphorbia altotibetica</i>           | 2.76  | —     | —    |
| 紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>                  | 0.99  | 1.32  | 0.29 |
| 长叶毛茛 <i>Ranunculus membranaceus</i>          | 1.46  | 1.49  | —    |
| 高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>              | 3.05  | 1.32  | —    |
| 直立硬唐松草 <i>Thalictrum alpinum var. elatum</i> | 0.00  | —     | 2.01 |
| 雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>             | 0.00  | 0.68  | 1.55 |
| 婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>                   | 0.47  | 0.39  | 0.87 |
| 独一味 <i>Lamiophlomis rotata</i>               | 0.60  | 1.27  | 2.69 |
| 海如草 <i>Glaux maritima</i>                    | —     | 0.13  | 0.44 |
| 兰石草 <i>Lancea tibetica</i>                   | —     | 1.20  | 0.85 |
| 园萼刺参 <i>Morina chinensis</i>                 | —     | 1.87  | 4.74 |
| 珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>               | —     | 2.27  | —    |
| 圆穗蓼 <i>P. sphaerostachyum</i>                | —     | 1.58  | —    |
| 头花蓼 <i>P. alatum</i>                         | —     | 0.81  | —    |
| 西伯利亚蓼 <i>P. sibiricum</i>                    | —     | —     | 2.12 |
| 唐古特乌头 <i>Aconitum tanguticum</i>             | —     | 2.84  | —    |
| 马尿泡 <i>Przewalskia tangutica</i>             | —     | 1.55  | 2.28 |
| 藏忍冬 <i>Lonicera tibetica</i>                 | —     | 2.00  | —    |
| 甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>          | —     | 2.30  | —    |
| 平车前 <i>Plantago depressa</i>                 | —     | 0.44  | —    |
| 紫花碎米荠 <i>Cardamine tangutorum</i>            | —     | —     | 1.69 |
| 高原鸢尾 <i>Iris collettii</i>                   | —     | —     | 3.85 |
| 西藏点地梅 <i>Androsace mariae</i>                | —     | —     | 2.78 |
| 蓬子菜 <i>Galium verum</i>                      | —     | —     | 1.98 |
| 总种数 Total species                            | 33    | 41    | 37   |

由图 1 可以看出,莎草科植物和蔷薇科植物的重要值随着退化程度的加剧而降低,禾本科和豆科植物的重要值在中度退化演替阶段最高,轻度退化演替阶段居中,重度退化演替阶段最低。菊科植物的重要值随着退化演替程度的加剧明显上升。对畜牧业生产具有重要意义的禾本科和莎草科植物生物量比例,在轻度退化演替阶段为 49.18%,中度退化演替阶段有所升高(60.23%),重度退化演替阶段显著下降,仅占总生物量的 2.13%。杂类草生物量比例与禾本科和莎草科植物生物量比例相反,轻度、中度、重度退化演替阶段的生物量比例分别为 50.82%、39.77%、97.87%(图 2)。

3.2 不同退化演替阶段物种多样性变化

物种丰富度、多样性和均匀度指数作为描述群落结构特征的测度指标,可以定量反映群落生态组织及生理-生态学特性,对认识和比较群落复杂性和资源丰富程度具有重要的意义。由表 2 可知,中度退化演替阶段植物群落的丰富度最大,重度退化演替阶段居中,轻度退化演替阶段最小。物种多样性指数依次为中度退化草地 > 重度退化草地 > 轻度

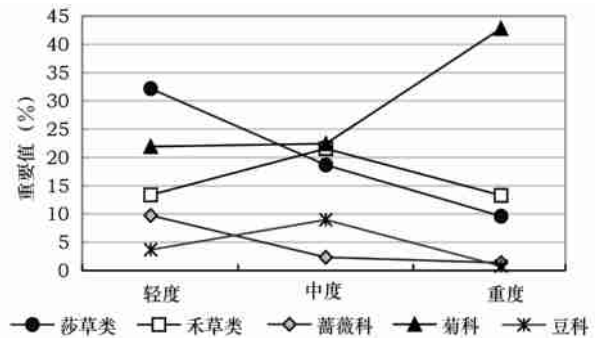


图 1 不同退化演替阶段主要类群重要值变化

Fig. 1 Change of important value of main plant group in different stage of degraded succession

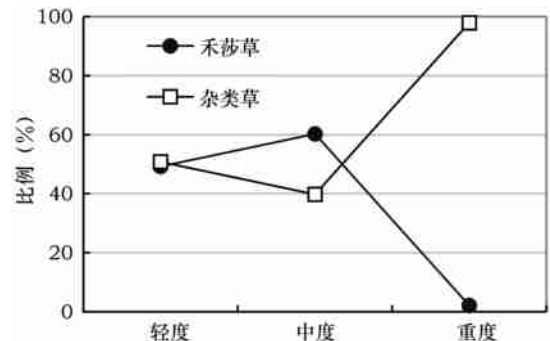


图 2 不同退化演替阶段主要类群生物量比例

Fig. 2 The biomass proportion of main plant group in different stage of degraded succession

退化草地,均匀度指数依次为重度退化草地 > 中度退化草地 > 轻度退化草地(表 2)。

表 2 不同退化演替阶段物种丰富度、多样性、均匀度指数

Table 2 The richness, diversity and evenness indices in different stage of degraded succession

|      | 丰富度 | 多样性  | 均匀度  |
|------|-----|------|------|
| 轻度退化 | 33  | 2.99 | 0.86 |
| 中度退化 | 41  | 3.41 | 0.92 |
| 重度退化 | 37  | 3.39 | 0.94 |

这种分布格局说明,轻度退化演替阶段原生植被结构和功能保存较好,高山嵩草草甸处于放牧演替顶极群落状态<sup>[8]</sup>,植物群落矮小密集,盖度较大,土壤生草层紧密、结实而有弹性,外来物种很难入侵和生存,所以物种丰富度较低,植物群落的优势种高山嵩草种群在空间占有明显的生态位优势,使群落物种均匀度指数下降,从而形成物种多样性指数较低的格局。此结果与贺金生等人(2003)的研究结果相似,认为植物群落是在一定时间和空间上由不同种类组成的组合体,因此密度增加使那些在群落中表现“弱”的物种比例减少,从而引起群落均匀度的降低,这将使群落多样性降低<sup>[9]</sup>。中度退化演替阶段,由于草地原生植被破坏,并出现斑块状次生裸地,土壤变得较为疏松,为外来物种的入侵和生长发育创造了有利的条件,特别是一些以种子繁殖为主的植物大量入侵<sup>[10]</sup>。原生植被的优势种高山嵩草生态位下降,禾本科植物的数量增加,同时退化草地的先锋植物如黄帚囊吾、甘肃马先蒿、园萼刺参、兰石草、海如草、雅毛茛、平车前等大量入侵,种群数量不断增加,该演替阶段物种丰富度和物多样性指数最高。中度退化草地在长期过度放牧,牧草经反复采食和践踏,失去休养生息和种子更新机会,杂类草大量滋生,优良牧草减少。高山嵩草种群数量明显减少,成为伴生种,高山紫菀、黄帚囊吾成为优势种植物。由于草层高度降低,导致害鼠大量迁入和繁殖,加大了草地破坏的强度,并在风蚀、水蚀、冻融等自然因素的共同作用下,造成水土流失严重,生态环境恶化,最终形成大面积的次生裸地——“黑土滩”。该演替阶段物种丰富度、多样性指数较中度退化草地有所减少,但是物种均匀度指数较轻度退化草地、中度退化草地演替阶段有所提高。

### 3.3 生物量动态变化

根据 2002 年 7 月测定的结果,在不同退化演替阶段高山嵩草草甸植物群落地上生物量依次为中度退化草地(MD) > 轻度退化草地(LD) > 重度退化草

地(HD),其生物量分别为 134.8 g/m<sup>2</sup>、107.0 g/m<sup>2</sup>、75.4 g/m<sup>2</sup>(图 3)。其中,禾本科和莎草科植物生物量依次为 52.6g/m<sup>2</sup>、81.2g/m<sup>2</sup>、1.6g/m<sup>2</sup>,杂类草生物量依次为 54.4g/m<sup>2</sup>、53.6g/m<sup>2</sup>、73.8g/m<sup>2</sup>。重度退化草地中禾本科和莎草科生物量较轻度退化草地、中度退化草地生物量分别减少 31.9 倍和 50.4 倍,而杂类草生物量增加 0.3 倍。植被总盖度依次为轻度退化草地 > 中度退化草地 > 重度退化草地,分别为 90.0%、87.0%、48.0%。

2003 年 6 月、7 月、8 月底测定的地上生物量结果(表 3)与 2002 年 7 月测定的结果相似。6 月、7 月、8 月,轻度退化草地地上生物量均大于重度退化草地地上生物量,而且禾草类生物量比例明显高于重度退化草地的比例。根据 8 月 30 日地上生物量高峰期测定的结果表明,重度退化草地地上总生物量较轻度退化草地地上总生物量减少 12.56%。其中,重度退化草地禾草类生物量较轻度退化草地减少 8.25 倍,莎草类生物量减少 3.72 倍,而杂类草增加 0.44 倍。由于高山嵩草草甸退化演替使植物群落组成发生变化,由直根系的双子叶植物替代密丛、

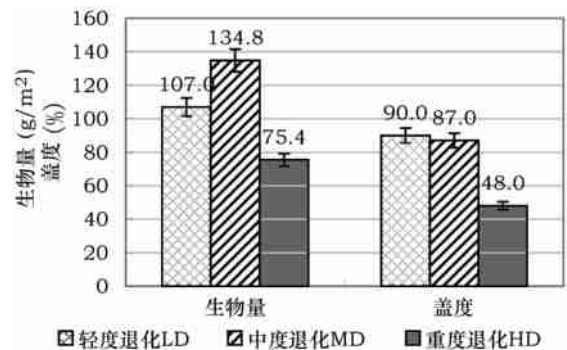


图 3 不同退化演替阶段群落生物量及盖度

Fig. 3 The biomass and coverage of communities in stage of different degraded succession

表 3 不同退化演替阶段地上生物量季节动态

Table 3 The season dynamic of aboveground biomass in stage of different degraded succession (g/m<sup>2</sup>)

| 日期   | 2003-06-26       | 2003-07-19    | 2003-08-30    |
|------|------------------|---------------|---------------|
| 轻度退化 | 禾草类 19.45(22.62) | 54.83(43.46)  | 73.24(43.68)  |
| 退化   | 莎草类 31.16(36.23) | 13.69(10.85)  | 18.42(10.98)  |
|      | 杂类草 35.38(41.15) | 57.65(45.69)  | 76.03(45.34)  |
|      | 合计 85.99         | 126.17        | 167.69        |
| 重度退化 | 禾草类 4.58(8.81)   | 3.54(2.95)    | 7.91(5.31)    |
| 退化   | 莎草类 0.86(1.64)   | 3.24(2.70)    | 3.90(2.62)    |
|      | 杂类草 46.61(89.55) | 113.30(94.35) | 137.07(92.07) |
|      | 合计 52.05         | 120.09        | 148.88        |

括号内数据为占总生物量的百分比(%)

短根茎莎草科和禾本科植物,植物群落地下生物量同时发生变化(表4)。

由于高山嵩草草甸退化演替使植物群落组成发生变化,由直根系的双子叶植物替代密丛、短根茎莎草科和禾本科植物,植物群落地下生物量同时发生变化(表4)。

由表4可知,重度退化草地地下总生物量较轻度退化草地减少1.75倍,其中0cm~20cm土层中的生物量减少1.5倍,20cm~40cm土层中的生物量减少10.7倍。轻度退化草地0cm~20cm土层中的生物量占地下总生物量的88.57%,20cm~40cm土层中的生物量占地下总生物量的11.43%;重度退化草地0cm~20cm土层中的生物量占地下总生物量的97.16%,20cm~40cm土层中的生物量仅占地下总生物量的2.82%。轻度退化草地和重度退化草地地下生物量与地上生物量比值分别为16.54和6.76。

表4 不同退化演替阶段地下生物量季节动态

Table 4 The season dynamic of underground biomass in stage of different degraded succession (g/m<sup>2</sup>)

| 日期           | 2003-06-26      | 2003-07-19      | 2003-08-30      | 平均              |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 轻度 0cm~20cm  | 1 885.00(85.03) | 3 046.80(84.54) | 2 401.90(96.15) | 2 444.60(88.57) |
| 退化 20cm~40cm | 331.80(14.97)   | 557.10(15.46)   | 96.30(3.85)     | 328.40(11.43)   |
| 合计           | 2 216.80        | 3 603.90        | 2 498.20        | 2 773.00        |
| 重度 0cm~20cm  | 1 214.70(97.00) | 1 023.60(97.88) | 694.50(96.59)   | 977.60(97.21)   |
| 退化 20cm~40cm | 37.50(3.00)     | 22.20(2.12)     | 24.50(3.41)     | 28.10(2.79)     |
| 合计           | 1 252.20        | 1 045.80        | 719.00          | 1 005.70        |

此结果与作者(1998)在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站对小嵩草草甸、矮嵩草草甸、藏嵩草草甸地下生物量垂直分布规律相似<sup>[2]</sup>,其地上、地下生物量垂直分布呈金字塔和倒金字塔模式。地下生物量主要分布在0cm~10cm土层中,分别占地下总生物量的90.43%、80.42%、45.51%。此外,张哪等人(1999)在黄土丘陵两类天然草地地下生物量的研究表明,铁杆蒿、长芒草群落的地下生物量具有明显的垂直结构,呈倒金字塔形。根系主要集中在0cm~50cm和0cm~30cm土层,6月底7月初雨季前该层根量分别占总根量的87.2%和84.7%。并指出植物根系生长发育动态和形态特征是由生态学特性和环境因素共同作用的结果,根系的生长和分布会根据土壤水分供应状况作出综合适应性反应,反应程度取决与植物种类、发育阶段、土壤条件和大气蒸发力等<sup>[2]</sup>。沈禹颖等人(1995)对河西走廊的研究结果表明,海韭菜、小灯心草和芦苇+赖草草地根系均呈“T”型,草地构成种的根系类型和分

布特点是影响草地地下生物量在空间分布规律的因素之一<sup>[13]</sup>。

由此可见,天然草地地下生物量分布格局与群落的物种组成和环境有密切关系。高寒嵩草草甸由于优势种高山嵩草生物-生态学特性,以及高寒低温和土层薄等环境特征是影响地下生物量分布在0cm~20cm土层中的主要原因。轻度退化草地优势种高山嵩草属短根茎密丛植物,根系发达、密集,地下生物量很高,并形成10cm左右的草皮层,地下、地上生物量比值较高。随着草地退化演替程度的加剧不仅使植物群落组成发生变化,而且导致草地初级生产力下降,高山紫菀、黄帚橐吾成为群落优势种,植物群落以直根系双子叶植物为主,不仅使地下生物量明显减少,而且使根系空间分布范围缩小。草地原始状态受到严重破坏,地下、地上生物量比值和草地质量显著下降,几乎失去经济利用价值和生态保护功能。

### 3.4 覆被变化对土壤含水量的影响

草地植被的覆盖率和植物群落的种类成分是保持水土、防止水土流失起积极作用的主导因素,几乎在任何条件下都有阻止水蚀和风蚀的作用<sup>[11]</sup>。

由图4可知,无论是在0cm~20cm土层,还是20cm~40cm土层轻度退化草地的土壤含水量明显高于重度退化草地土壤含水量。其中,轻度退化草地0cm~20cm土层中的含水量较重度退化草地含水量提高55.16%,20cm~40cm土层中含水量提高21.0%。

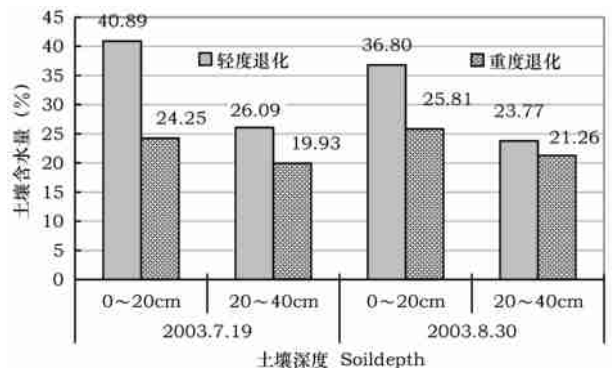


图4 不同退化草地的土壤含水量

Fig. 4 Soil moisture of different degraded grasslands

通过轻度退化草地土壤含水量与重度退化草地土壤含水量之间的方差分析表明,轻度退化草地0cm~20cm的土壤含水量与重度退化草地土壤含水量差异极显著( $F = 23.86, n = 6, p < 0.01$ ),而20cm~40cm的土壤含水量差异不显著( $p > 0.05$ ),即随

着土壤深度的增大,其相关性逐渐减弱。此外,通过相对应的植被盖度与土壤含水量之间的相关分析表明,植被盖度与土壤含水量之间存在极显著的正相关性关系( $p < 0.01$ ),其中,0cm~20cm 土层中植被盖度与土壤含水量的相关系数  $r_{n=12} = 0.8297$ ,20cm~40cm 相关系数  $r_{n=12} = 0.7523$ 。由此可见,草地植被盖度对土壤含水量的影响极大,也就是说,随着植被盖度的提高土壤涵养水分能力增大。

#### 4 小结

根据草地退化的时间和空间格局的不同可分为轻度退化、中度退化、重度退化等演替阶段。在不同退化演替阶段植物群落主要特征表现如下:

(1) 轻度退化草场植物群落主要由 33 种植物组成,占研究区物种数(56 种)的 58.93%,优势种为高山嵩草,优势度为 27.13%;中度退化草场植物群落主要由 41 种植物组成,占研究区物种数的 73.21%,优势种为高山嵩草,优势度为 12.37%;重度退化草场植物群落主要由 37 种植物组成,占研究区物种数的 66.07%,优势种为高山紫菀和黄帚橐吾,优势度分别为 8.63%和 8.41%。

(2) 在高寒嵩草草甸以克隆繁殖为主的优势种高山嵩草,随着退化程度的加剧,其优势度明显降低,尤其在严重退化的草地上几乎消失。而以有性繁殖为主的高山紫菀、黄帚橐吾、矮火绒草、垂穗披碱草等植物随着退化程度的不断加剧而大量侵入,其优势度逐渐升高。

(3) 在不同演替阶段植物群落的物种丰富度、多样性指数依次为中度退化草地 > 重度退化草地 > 轻度退化草地;均匀度指数依次为重度退化草地 > 中度退化草地 > 轻度退化草地。

(4) 在不同退化演替阶段高山嵩草草甸植物群落地上生物量依次为中度退化草地 > 轻度退化草地 > 重度退化草地。地下生物量随草地退化程度的加剧明显减少。

(5) 禾本科和莎草科植物生物量比例依次为中度退化草地(60.23%) > 轻度退化草地(49.18%) > 重度退化草地(2.13%)。而杂类草生物量比例依次为重度退化草地(97.87%) > 轻度退化草地(50.82%) > 中度退化草地(39.77%)。

(6) 轻度退化草地的土壤含水量明显高于重度退化草地土壤含水量,二者之间差异极显著( $p < 0.01$ )。植被盖度与土壤含水量之间存在极显著的

正相关性关系( $p < 0.01$ )。也就是说,随着植被盖度的提高土壤涵养水分能力增大。

#### 参考文献 (References):

- [1] 周兴民,等. 中国嵩草草甸[M]. 北京: 科学出版社,2001. 51~73. [ZHOU Xing-min, et al. Chinese Kobresia Meadow [M]. Beijing: China Science Press, 2001. 51~73.]
- [2] 王启基,王文颖,邓自发. 青海海北地区高山嵩草草甸植物群落生物量动态及能量分配[J]. 植物生态学报,1998, 27(3): 222~230. [WANG Qi-ji, WANG Weng-ying, DENG Zi-fa. The dynamics of biomass and the allocation of energy in alpine Kobresia meadow communities, Haibei Region of Qinghai Province [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22(3): 222~230.]
- [3] 刘灿然,马克平,吕延华,等. 生物群落多样性的测度方法 VI: 与多样性测度有关的统计问题[J]. 生物多样性, 1998, 6(3): 229~239. [LIU Can-ran, MA Ke-ping, LU Yan-hua, et al. Measurement of biotic community diversity: the statistical aspects of diversity measures [J]. *Chinese Biodiversity*, 1998, 6(3): 229~239.]
- [4] 尚占环,姚爱兴,郭旭生. 国内外生物多样性测度方法的评价与综述[J]. 宁夏农学院学报,2002, 23(3): 68~73. [SHANG Zhan-huan, YAO Ai-xing, GUO Xu-sheng. Evaluation and review on measurement methods of biodiversity at home and abroad [J]. *Journal of Ningxia Agricultural College*, 2002, 23(3): 68~73.]
- [5] 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. [WANG Qi-ji, JING Zeng-chun, WANG Weng-ying, et al. The study grassland resource, ecological environment and sustainable development in Qinghai-Xizang Plateau [J]. *Qinghai Prataculture*, 1997, 6(3): 1~11.]
- [6] 邓自发,谢晓玲,王启基,等. 高寒高山嵩草草甸种子库和种子雨动态分析[J]. 应用与环境生物学报,2003, 9(1): 7~10. [DENG Zi-fa, XIE Xiao-ling, WANG Qi-ji, et al. Dynamic analysis of seed rain and seed bank in *Kobresia pygmaea* meadow [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2003, 9(1): 7~10.]
- [7] 邓自发,谢晓玲,周兴民,等. 高寒草甸高山嵩草种群繁殖生态学研究[J]. 西北植物学报,2002, 22(2): 344~349. [DENG Zi-fa, XIE Xiao-ling, ZHOU Xing-min, et al. Study on reproductive ecology of *Kobresia pygmaea* population in alpine meadow [J]. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 2002, 22(2): 334~349.]
- [8] 周兴民,王质彬,杜庆. 青海植被[M]. 西宁:青海人民出版社,1987. 74~80. [ZHOU Xing-min, WANG Zhi-bing, DU Qing. The Vegetating of Qinghai [M]. Xining: Qinghai People Press, 1987. 74~80.]
- [9] 贺金生,方精云,马克平,等. 生物多样性与生态系统生产力:为什么野外观察和受控实验结果不一致[J]. 植物生态学报,2003, 27(6): 835~843. [HE Jin-sheng, FANG Jin-yun, MA Ke-ping, et al. Biodiversity and ecosystem productivity: Why is there a discrepancy in the relationship between experimental and natural ecosystems? [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(6): 835~843.]
- [10] 邓自发,王文颖,王启基,等. 高寒草甸垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 种群繁殖对策的研究[J]. 高原生物学季刊,1999, (14): 69~76. [DENG Zi-fa, WANG Weng-ying, WANG Qi-ji, et al. The study of reproductive strategies of *Elymus nutans* population in alpine

- meadow[J]. *Acta Biologica Plateau Sinica*, 1999, (14): 69~76.]
- [11] 许志信,李永强. 草地退化对水土流失的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(1): 65~68. [XU Zhi-xin, LI Yong-qiang. Influence of grassland degeneration on soil erosion[J]. *Journal of Arid Land Resource and Environment*, 2003, 17(1): 65~68.]
- [12] 张哪,梁立民. 黄土丘陵两类天然草地群落地下部生长及其与土壤水分关系的比较研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(4): 699~704. [ZHANG Na, LIANG Li-min. Comparative studies on belowground growth and its relationship with soil moisture of two kinds of natural grassland in loess hilly region[J]. *Acta Bot. Boreal-Occident. Sin*, 1999, 19(4): 699~704.]
- [13] 沈禹颖,赵银,阎顺国. 河西走廊几种盐化草地第一性生产力的研究[J]. 草业学报, 1995, 4(2): 51~57. [SHEN Yuying, ZHAO Ying, YAN Shun-guo. The primary productivity of saline pastures in Hexi Corridor The distributional features of underground biomass[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 1995, 4(2): 51~57.]

## Effects of Vegetation Cover Change of Alpine Kobersia Meadow on Plant Community Structure and Diversity in Source Region of the Yangtze and Yellow River

WANG Wen-ying<sup>1</sup>, WANG Qi-ji<sup>2</sup>, JING Zeng-chun<sup>2</sup>, LI Shi-xiong<sup>2,3</sup>, SHI Hui-lan<sup>2,3</sup>

(1. Department of Life Science, Qinghai Normal University, Xining, 810008, China;

2. Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The effect of vegetation cover change on plant community structure and species diversity of alpine Kobersia meadow was studied in Qinzhen of Gande County of Qinghai Province. The results showed that the species number is 33 on light degraded grassland, and dominant species is *Kobresia pygmaea* and subdominant species are *Potentilla nivea*, *Saussurea superba* and *Festuca ovina*. The species number is 41 on medium degraded grassland, and dominant species is *Kobresia pygmaea* and subdominant species are *Oxytropis melanocalyx*, *Ligularia virgaurea* and *Stipa aliena*. On severely degraded grassland, the species number is 37, dominant species are *Aster alpinum* and *Ligularia virgaurea*, and subdominant species are *Artemisia annua*, *K. humilis* and *Morina chinensis*. The percentage of Species number occupying total species number of study site on light, medium and severely degraded grassland are 58.93%, 73.21% and 66.07%, respectively. Dominance of *Kobresia pygmaea* decreased with the degradation of grassland. The rate of dominance is 27.13%, 12.37% and 1.82% for light, medium and severely degraded grassland, respectively. Along grassland degradation series, *Kobresia pygmaea* that reproduce by clone in an alpine environment disappears gradually while the species such as *Ligularia virgaurea*, *Aster alpinum*, *Leontopodium nanum* and *Elymus nutans* that reproduce by seeds develop rapidly due to change of soil micro-environment. Species diversity ranked as medium degraded grassland (3.41) > severely degraded grassland (3.39) > light degraded grassland (2.99). Evenness index ranked as severely degraded grassland (0.94) > medium degraded grassland (0.92) > light degraded grassland (0.86). Aboveground biomass in medium degraded grassland ranked at the top, followed by light degraded grassland and severely degraded grassland. Grass and sedge biomass decreased and herb biomass increased with grassland degradation. Belowground biomass in light degraded grassland is higher than in severely degraded grassland. Soil water content in 0~20 cm profile in light degraded grassland is significant higher than that in severely degraded grassland ( $p < 0.01$ ). Correlation analysis showed that there is a significant positive correlation between vegetation cover and soil water content. Soil water-retaining capacity increases with the increase of vegetation coverage.

**Key words:** Source region of Yangtze and Yellow river; Vegetation cover change; Plant community character; Species diversity