

# 青藏高原三江源地区藏嵩草沼泽化草地退化与植被特征的变化

邓彤彤, 李长斌\*, 孙海松, 林春英, 李希来

(青海大学农牧学院, 青海 西宁 810016)

**摘要:**【目的】探究青藏高原三江源藏嵩草沼泽化草地退化与植被特征的变化对保障三江源地区生态安全的重要意义。【方法】对青海省果洛州玛沁县、玉树州曲麻莱县样地进行调查与数据收集, 研究三江源地区藏嵩草沼泽化草地退化与植被特征的变化。【结果】1) 三江源地区藏嵩草沼泽化草地植物有15科37属54种植物, 其中地面芽植物较多, 共41种; 2) 藏嵩草(*Kobresia tibetica*)在4个不同退化草地阶段均为优势种, 群落调查指标(高度、盖度、地上生物量)受草地退化程度的影响而产生了明显的变化, 其平均高度由26.2 cm下降到11.9 cm, 盖度由76%下降到43%, 地上生物量由1 061.6 g/m<sup>2</sup>下降到196.8 g/m<sup>2</sup>; 3) 藏嵩草优势种随着草地退化程度的加剧, 所占的比例越来越低; 莎草科和禾本科生物量在重度退化草地占比最少, 其他科植物在重度退化草地中生物量占比较大; 4) 物种丰富度指数和多样性指数表现为中度退化草地与轻度退化草地物种最丰富; 均匀度指数表现为, 重度退化>中度退化>轻度退化>未退化; 优势度指数在4种不同退化阶段的草地中无明显差别。【结论】藏嵩草在4个不同退化阶段草地中始终保持着优势种的地位, 但随着草地退化程度的加剧, 其竞争能力和所占比重呈现下降的趋势, 藏嵩草的平均高度、盖度、地上生物量也明显下降。草地的退化表现在群落中的优势物种的衰退。

**关键词:**藏嵩草沼泽化草地; 退化; 植被特征; 三江源地区

**中图分类号:**S812 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)06-0199-09

**DOI:**10.13817/j.cnki.cycp.2024.06.022



三江源区地处青藏高原东南部, 是黄河、长江、澜沧江3大河流的发源地<sup>[1]</sup>, 是保障国家生态安全的一道屏障<sup>[2]</sup>。三江源地区草地生态系统既是青藏高原主要的组成部分, 也是全国最大的陆域, 该地区具有广泛的地理分布和多样化的发展环境, 在涵养水源、保护生物多样性、固碳等方面具有不可替代的功能<sup>[3]</sup>。藏嵩草(*Kobresia tibetica*)为莎草科嵩草属多年生草本

植物, 也是寒冷湿中生短根茎地下芽植物<sup>[4]</sup>。高寒沼泽化草地的藏嵩草建群种, 主要分布于青海三江源地区、川西若尔盖和藏北高原。它既是青藏高原高寒草甸类草原的重要组成部分, 又是最主要的高原湿地植物, 还是很好的牦牛可食牧草<sup>[5]</sup>。然而最近几年, 受全球气候和人类因素影响, 藏嵩草沼泽化草地的退化, 即在生境干旱的情况下, 出现了一种植被的演替, 当退化程度变得更加严重的时候, 群落结构特征与物种多样性发生了显著的变化, 引起了一系列生态环境问题<sup>[6]</sup>。目前, 很多学者就草地退化问题进行了广泛的研究, 得出的结论不尽相同。杨军等<sup>[7]</sup>通过对青藏高原高寒嵩草退化程度的调查, 结果表明: 中度退化草地具有最高的群落高度、丰富度、多样性和均匀度指数, 群落盖度和总生物量在未退化草地最大, 重度退化草地最小。王合云等<sup>[8]</sup>对大针茅草原的退化情况进

**收稿日期:**2023-11-14; **修回日期:**2024-06-21

**基金资助:**青海省自然科学基金项目(2022-ZJ-957Q); 青海大学青年科研基金项目(2021-QNY-11); 生态学世界一流学科生态系统演替与管理方向自主课题(2023-ZZ-05)

**作者简介:**邓彤彤(1998-), 女, 河北邯郸人, 硕士研究生。

E-mail:1914659932@qq.com

\*通信作者。E-mail:lichangbin900912@126.com

行了调查,发现随着大针茅草原退化的加剧,其群落结构、生产力和多样性均表现不一致,研究发现:随着草地退化程度的加剧,多样性指数逐渐增大,但 Margale 指数在中度退化样地最大,群落盖度和地下生物量在轻度退化样地最高。由此可见,草地退化与植被特征的变化一直是研究者关注的焦点,但对藏嵩草沼泽化草地退化的研究较少。藏嵩草沼泽化草地的发育、分布与退化,可视为青藏高原植被响应气候及生态环境变化的“晴雨表”,作为独特的植被和草地资源类型,对该类型草地进行研究有着重要的科学价值和实践意义<sup>[9]</sup>。

青藏高原高寒沼泽化草地对气候变化和人为扰动十分敏感,近期研究表明,青藏高原高寒沼泽化草地存在严重的退化问题<sup>[10]</sup>,但是对高寒沼泽化草地退化的监测不够深入,缺乏对高寒沼泽化草地退化演替、时空动态与遥感监测方面的研究。鉴于此,本研究选取青海省果洛州玛沁县、玉树州曲麻莱县的高寒草地为研究对象,进行样地调查和数据采集,研究三江源地区藏嵩草沼泽化草地退化与植被特征的变化。本研究将为退化高寒草地的恢复与管理提供理论基础,并为草地退化程度的诊断提供定量指标,对于保障三江源区的生态安全,促进退化高寒草地的恢复与重建,都有着十分重要的作用<sup>[11]</sup>。

## 1 材料和方法

### 1.1 研究地区自然概况

青海省玉树州的曲麻莱县位于 92°57′~98°34′ E, 33°36′~35°40′ N, 平均海拔 4 498 m, 年均降水量 400 mm, 年均气温低于 0℃, 气候寒冷干燥, 风多, 降水少。高寒草甸和高寒草原是该地区主要的草原类型, 曲麻莱县国土面积 4.7 万 km<sup>2</sup>, 被称为“江河源头第一县”。青海省果洛州的玛沁县位于 98°~100°56′ E, 33°43′~35°16′ N, 该地区属大陆性高原气候, 高寒缺氧, 自然灾害频繁。平均海拔 4 100 m, 年均降水量 566 mm, 年均气温 -4℃, 年平均日照时数 2 313~2 607 h, 气候寒冷, 气温日较差大, 降水主要集中在 5—9 月, 草地类型以高寒草甸为主, 土壤主要是高寒草甸土。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置 在曲麻莱县和玛沁县于 2019 年 6—9 月布设了样地(表 1)。根据天然草地退化、沙化和盐渍化分类指数(GB 19377—2003), 并结合藏嵩草沼泽化草地的特点和实际分布情况, 采用空间退化梯度代替时间退化演替序列的方法<sup>[12]</sup>, 依据草地退化 4 级梯度标准<sup>[13-15]</sup>, 主要依据高度、盖度、土壤水分状况、藏嵩草占地上生物量的比例和主要伴生植物指标, 选取未退化、轻度退化、中度退化和重度退化 4 个退化阶段的藏嵩草沼泽化草地为调查样地(表 2)。

表 1 样地设置

Table 1 Types and geographical position of the grassland communities

退化程度	海拔/m	地理坐标	所在地
未退化 (ND)	4 459	35°0. 977′ N, 96°22. 602′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 452	34°59. 443′ N, 96°24. 566′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 324	35°4. 892′ N, 98°45. 810′ E	玛多县花石峡乡
	3 720	34°27. 532′ N, 100°14. 810′ E	玛沁县大武乡
轻度退化 (LD)	4 471	34°58. 774′ N, 95°24. 861′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 562	34°46. 747′ N, 96°10. 502′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 242	35°4. 375′ N, 98°51. 209′ E	玛多县花石峡乡
	3 730	34°28. 375′ N, 100°51. 209′ E	玛沁县大武乡
中度退化 (MD)	4 429	35°1. 670′ N, 96°23. 401′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 495	34°58. 324′ N, 96°24. 875′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 311	34°59. 324′ N, 98°53. 103′ E	玛多县花石峡乡
	3 730	34°27. 324′ N, 100°13. 103′ E	玛沁县大武乡
重度退化 (HD)	4 637	34°59. 001′ N, 96°14. 732′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 474	34°58. 555′ N, 96°25. 141′ E	曲麻莱县麻多乡
	4 393	34°35. 919′ N, 99°7. 865′ E	玛多县四道班
	3 730	34°27. 919′ N, 100°12. 865′ E	玛沁县大武乡

1.2.2 测定内容及方法 在每一样地上随机设置1 m×1 m样方1个,3次重复,各退化等级草地总计9个。测定并记录样方内出现的植物种类、相对高度,用针刺法测定群落总盖度及种的分盖度,用样圆法测定频度,用刈割法将整个样方内全部植株的地上部分带回实验室,在80℃下烘干至恒重并测量其干重为地上生物量,并观察和记录草地生境条件。

根据丹麦植物学家 Raunkiaer(1934)所采用的植物生活型分类系统,以抗性芽位在逆境中的位置作为植物生活型的划分依据,计算藏嵩草高寒草地植物每类生活型的种数占群落总种数的百分比,绘制植物生活型谱(表4)。

1.2.3 数据处理与分析 物种优势度是衡量群落的一种综合性定量指数,采用如下公式:

$$\text{优势度: } \text{SDR}_4 = (\text{RH} + \text{RC} + \text{RB} + \text{RF}) / 4 \times 100\%$$

式中:SDR<sub>4</sub>表示优势度,RH表示相对高度,RC表示相对盖度,RB表示相对地上生物量,RF表示相对频度。

多样性指数是用来衡量物种多样性丰富程度的指标,采用如下公式:

Shannon - Wiener多样性指数:

$$H = - \sum P_i \ln P_i \quad P_i = N_i / N$$

Pielou指数(均匀度指数)  $J = H / \ln S$

Simpson指数(优势度指数):  $D = 1 - \sum P_i^2$

Margalef丰富度指数  $D_{ma} = (S - 1) / \ln S'$

式中: $P_i$ 为种*i*的相对重要值, $N_i$ 为种*i*的绝对重要值, $N$ 为种*i*所在样方的各个种的重要值之和, $S$ 为群落物种数, $S'$ 为所有物种个体总数。

采用Excel 2010和SPSS 20.0对试验数据进行处理和统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 植物种类组成及数量特征

根据样地调查数据统计:藏嵩草沼泽化草地的植物组成共调查到54种植物,分别隶属于15科37属,其中菊科(Compositae)植物12种,禾本科(Gramineae)植物5种,莎草科(Cyperaceae)植物6种,毛茛科(Ranunculaceae)植物4种,报春花科(Primulaceae)植物2种,玄参科植物(Scrophulariaceae)4种,龙胆科植物(Gentianaceae)5种,豆科(Leguminosae)植物4种,蓼科(Polygonaceae)植物、蔷薇科(Rosaceae)植物各有3种,车前科(Plantaginaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)、伞形科(Umbelliferae)、大戟科(Euphorbiaceae)、灯心草科(Juncaceae)、眼子菜科(Potamogetonaceae)植物各有1种。

藏嵩草在4个不同退化阶段的藏嵩草沼泽草地中均为优势种,但群落植物种类组成存在明显差异,轻度退化/中度退化的33种植物>未退化/重度退化的18种植物。随草地退化程度的增加,藏嵩草的性状发生了很大的变化,藏嵩草平均高度由26.2 cm下降到11.9 cm,盖度由76.0%下降到43.0%,优势度由30.2%下降到14.6%(表2,3)。

未退化的草地由优势种藏嵩草和其他伴生植物垂穗披碱草、黑褐苔草、草地早熟禾、三裂碱毛茛、华扁穗草等共18种植物组成,藏嵩草的平均高度为26.2 cm,盖度为76.0%。

表2 不同退化程度藏嵩草沼泽化草地基本特征

Table 2 Basic characteristics of *Kibetica* swamp grassland with different degrees of degradation

退化程度	藏嵩草平均高度/cm	藏嵩草平均盖度/%	土壤水分状况	藏嵩草占地上生物量的比例/%	主要伴生植物
未退化	26.2	76.0	潮湿	99.2	黑褐苔草、矮金莲花、毛柄水毛茛、沼生蒲公英
轻度退化	19.7	58.0	潮湿	94.3	黑褐苔草、青藏苔草、华扁穗草、海韭菜、矮金莲花
中度退化	15.8	57.0	湿润	61.9	矮嵩草、羊茅、黑褐苔草、花蓼、星状风毛菊、车前叶垂头菊、驴蹄草、长花马先蒿
重度退化	11.9	43.0	干燥	46.6	矮火绒草、双叉细柄茅、珠芽蓼、矮报春、长花马先蒿、垂头菊、兰石草

注:伴生植物拉丁名见表3。

轻度退化阶段的草地由优势种藏嵩草和其他伴生植物矮生嵩草、草地早熟禾、垂穗披碱草、火绒草等共33种植物组成,藏嵩草的平均高度为19.7 cm,盖度为58.0%。

中度退化阶段的草地由优势种藏嵩草和其他伴生植物草地早熟禾、矮生嵩草等共33种植物组成,藏

嵩草的平均高度为15.8 cm,盖度为57.0%。

重度退化阶段的草地由优势种藏嵩草和其他伴生植物矮生嵩草、黑褐苔草、青海黄芪、矮火绒草等共18种植物组成,藏嵩草的平均高度为11.9 cm,盖度为43.0%。

表3 藏嵩草沼泽化草地不同退化阶段植物组成和优势度变化

Table 3 Plant species composition and dominance value of *Ktibetica* swamping meadow communities under different degraded levels

植物名称	优势度/%			
	未退化ND	轻度退化LD	中度退化MD	重度退化HD
藏嵩草( <i>Kobresia tibetica</i> )	30.2	20.1	15.3	14.6
草地早熟禾( <i>Poa pratensis</i> )	7.9	6.5	6.3	3.8
垂穗披碱草( <i>Elymus nutans</i> )	7.3	5.6	5.4	4.6
黑褐苔草( <i>Carex atro-fusca</i> )	6.4	2.6	2.1	5.4
华扁穗草( <i>Blysmus sinocompressus</i> )	5.4			
三裂碱毛茛( <i>Halerpestes tricuspis</i> )	5.2	3.6		
羊茅( <i>Festuca ovina</i> )	4.2	3.7		
湿生扁蕾( <i>Gentianopsis paludosa</i> )	3.4	1.8	2.0	
花葶驴蹄草( <i>Caltha scaposa</i> )	3.2			
沼生蒲公英( <i>Taraxacum palustre</i> )	2.6			
柔软紫菀( <i>Aster flaccidus</i> )	2.4	1.4	0.8	
矮金莲花( <i>Trollius pumilus</i> )	3.2	1.0	0.7	
三脉梅花草( <i>Parnassia trinervis</i> )	2.3			
鹅绒委陵菜( <i>Potentilla anserina</i> )	1.7	1.8	3.3	18.3
高原毛茛( <i>Ranunculus tanguticus</i> )	1.8	3.6	1.6	
青藏大戟( <i>Euphorbia altotibetica</i> )	3.7	3.3		
矮生嵩草( <i>Kobresia humilis</i> )	6.7	5.6	6.7	8.4
长柱沙参( <i>Adenophora stenanthina</i> )	2.2	3.3		
火绒草( <i>Leontopodium leontopodioides</i> )		5.6	3.0	
美丽凤毛菊( <i>Saussurea superba</i> )		1.7		
青藏苔草( <i>Carex moorcroftii</i> )		2.5		
兰石草( <i>Lancea tibetica</i> )		2.5	2.2	
乳白香青( <i>Anaphalis lactea</i> )		2.1	3.6	
星状凤毛菊( <i>Saussurea stella</i> )		1.8	2.1	
洽草( <i>Koeleria litvinowii</i> )		1.7		
华马先蒿( <i>Pedicularis oederi</i> )		1.7	1.6	
青海马先蒿( <i>Pedicularis przewalskii</i> )		1.5		
高山唐松草( <i>Thalictrum alpinum</i> )		1.5		
水生龙胆( <i>Gentiana aquatica</i> )		1.5		
直梗高山唐松草( <i>Thalictrum alpinum</i> var. <i>elatum</i> )		1.3		
小花棘豆( <i>Oxytropis glabra</i> )		1.3	1.1	3.2
垫状点地梅( <i>Androsace tapete</i> )		1.2		
多裂委陵菜( <i>Potentilla multifida</i> )		1.1	2.4	
唐古特点地梅( <i>Androsace tangutica</i> )		1.0	0.6	0.8
甘肃棘豆( <i>Oxytropis kansuensis</i> )		0.9		
葛缕子( <i>Carum carvi</i> )		1.6		
西伯利亚蓼( <i>Polygonum sibiricum</i> )		2.5		3.6

续表

植物名称	优势度/%			
	未退化 ND	轻度退化 LD	中度退化 MD	重度退化 HD
银莲花 ( <i>Anemone imbricata</i> )			4.5	2.3
矮火绒草 ( <i>Leontopodium lnanum</i> )			3.5	7.9
禾叶凤毛菊 ( <i>S. graminea</i> )			3.1	
珠芽蓼 ( <i>Polygonum viviparum</i> )			3.1	3.8
二裂委陵菜 ( <i>Potentilla bifurca</i> )			3.0	
甘肃马先蒿 ( <i>Pedicularis kansuensis</i> )			2.0	4.1
盘花垂头菊 ( <i>Cremanthodium discoideum</i> )			1.9	
青海黄芪 ( <i>Astragalus tanguticus</i> )			1.4	6.5
块根紫菀 ( <i>Aster asteroides</i> )			1.3	
蒙古蒲公英 ( <i>Taraxacum mongolicum</i> )			1.0	
青藏龙胆 ( <i>Gentiana futtereri</i> )			0.5	
褐毛垂头菊 ( <i>Cremanthodium brunneo-pilosum</i> )			3.3	
细叶早熟禾 ( <i>Poa angustifolia</i> )			8.4	6.0
车前 ( <i>Plantago asiatica</i> )			0.9	
海乳草 ( <i>Glaux maritima</i> )			0.8	
异针茅 ( <i>Stipa aliena</i> )				4.5
小大黄 ( <i>Rheum pumilum</i> )				0.9

## 2.2 植物生活型谱的变化

藏嵩草沼泽化草地植物生活型谱变化比较简单,地面芽植物最多,地下芽植物次之。地面芽植物在轻度退化草地和中度退化草地两个阶段中占比较大,各有 25 种(75.75%),莲座状植物在轻度退化草地中较多(8 种),直立茎植物在中度退化草地中较多(10 种)。

在藏嵩草沼泽化草地,未退化草地中地面芽植物

共 12 种,占群落总种数的 66.75%,地下芽植物共 6 种,占群落总种数的 33.25%;轻度退化草地中地面芽植物 25 种,占群落总种数的 75.75%,地下芽植物 8 种,占群落总种数的 24.24%;中度退化草地中地面芽植物 25 种,占群落总种数的 75.75%,地下芽植物 8 种,占群落总种数的 24.24%;重度退化草地中地面芽植物 10 种,占群落总种数的 52.64%,地下芽植物 9 种占群落总种数的 47.37%(表 4)。

表 4 不同退化阶段藏嵩草沼泽化草地植物生活型谱

Table 4 The table of life-form of plant in *Ktibetica* swamping meadow

生活型	未退化 ND	轻度退化 LD	中度退化 MD	重度退化 HD
地面芽植物	12(66.75%)	25(75.75%)	25(75.75%)	10(52.64%)
密丛禾草	1(5.6%)	1(3.03%)		1(5.26%)
莲座状植物	2(11.11%)	8(24.24%)	9(27.27%)	3(15.79%)
直立茎植物	6(33.33%)	7(21.21%)	10(30.30%)	2(10.53%)
匍匐茎植物	1(5.6%)	3(9.09%)	4(12.12%)	2(10.53%)
粗壮须根状草类	2(11.11%)	6(18.18%)	2(6.06%)	2(10.53%)
地下芽植物	6(33.25%)	8(24.24%)	8(24.24%)	9(47.37%)
密丛莎草	3(16.54%)	2(6.06%)	2(6.06%)	2(10.53%)
疏丛莎草	1(5.6%)	2(6.06%)	1(3.03%)	1(5.26%)
根茎植物		1(3.03%)	2(6.06%)	3(15.79%)
根茎疏丛禾草	2(11.11%)	3(9.09%)	3(9.09%)	3(15.79%)

注:表中数字表示某种生活型植物的物种数,括号内的百分比表示某种生活型植物占群落总种数的百分比。

## 2.3 地上生物量和功能群的变化

藏嵩草沼泽化草地的地上生物量随着退化程度

的加剧呈现明显下降的趋势(图 1)。地上生物量大小排序分别为未退化草地(1 583.2 g/m<sup>2</sup>)>轻度退化草

地( $1\ 240\ \text{g}/\text{m}^2$ )>中度退化草地( $1\ 121\ \text{g}/\text{m}^2$ )>重度退化草地( $777\ \text{g}/\text{m}^2$ )。藏嵩草地上生物量大小排序分别为未退化草地( $1\ 060.7\ \text{g}/\text{m}^2$ )>轻度退化草地( $644.8\ \text{g}/\text{m}^2$ )>中度退化草地( $381.1\ \text{g}/\text{m}^2$ )>重度退化草地( $194.25\ \text{g}/\text{m}^2$ )。藏嵩草的地上生物量在未退化草地和重度退化草地间差异显著( $P<0.05$ )。

随着草地退化程度的加剧,藏嵩草在未退化、轻度退化、中度退化、重度退化草地中所占的比重逐渐下降,分别为67%、52%、34%、25%;在所研究的4个不同草地退化阶段中,藏嵩草生物量在莎草科生物量中所占的主导地位变动不大,分别为84%、88%、81%、80%;禾本科地上生物量在重度退化草地中所占比重最少,仅有5%( $37.6\ \text{g}/\text{m}^2$ );菊科植物在中度退化草地中大量出现,所占比重为39%( $153.9\ \text{g}/\text{m}^2$ );其他科植物在重度退化草地中植物量占比较大,所占比重为42%( $281.3\ \text{g}/\text{m}^2$ )。

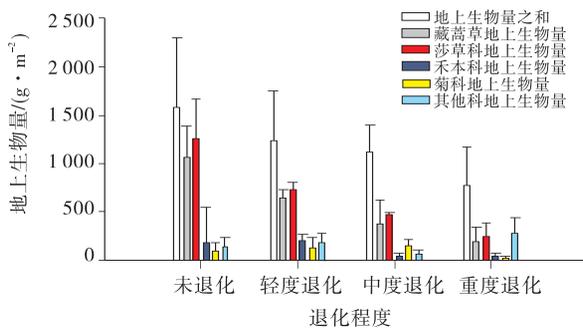


图1 藏嵩草沼泽化草地不同退化阶段地上生物量及功能群变化

Fig. 1 Above ground biomass and functional groups variation of *Kobresia tibetica* Swamping meadow communities under different degraded levels

## 2.4 植物多样性变化

草地退化程度的大小对藏嵩草沼泽化草地植物群落物种丰富度指数、均匀度指数、多样性指数和生态优势度指数均产生影响(图2)。

在藏嵩草沼泽化草地中,物种丰富度指数表现为中度退化与轻度退化草地物种最丰富,分别为7.90和8.05,未退化草地和重度退化草地的丰富度指数几乎只有最高值的一半;均匀度指数表现为,重度退化>中度退化>轻度退化>未退化,重度退化草地的均匀度指数相比未退化草地从0.866增加到0.905,提高了4.5%;多样性指数中度退化草地为3.2,达到了最大,未退化草地为2.5,达到了最小,中度退化草地的多样

性指数相比未退化草地提高了28%;生态优势度指数在4种不同退化阶段的草地中无明显差别。

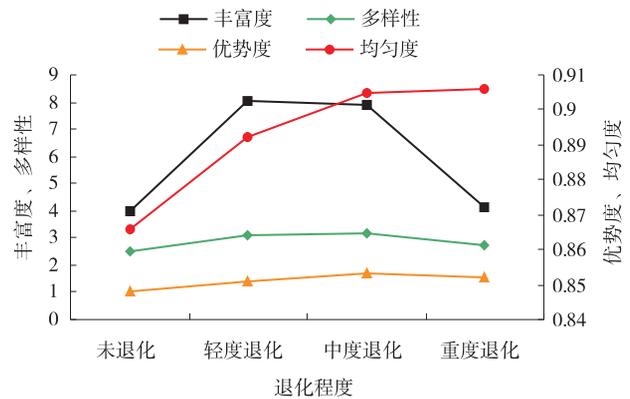


图2 藏嵩草沼泽化草地不同退化阶段群落物种多样性变化

Fig. 2 Plant diversity variation of *Kobresia tibetica* marsh meadow communities under different degraded levels

## 3 讨论

### 3.1 三江源高寒草地不同退化程度下植被特征变化

高寒沼泽化草地退化最直观的表现就是植被的退化,如群落生产力降低,群落结构恶化<sup>[16]</sup>,草地植被盖度、高度及地上生物量是评价草地生产力的主要指标<sup>[17]</sup>。本研究结果显示:随着藏嵩草沼泽化草地退化的加剧,藏嵩草的平均高度和盖度均出现了显著的下降。这与张静<sup>[16]</sup>和陈乐乐<sup>[18]</sup>的研究结果一致。这主要是因为藏嵩草在4个不同退化阶段的沼泽化草地中均为优势种,未退化草地中藏嵩草长势相对较好,平均高度和盖度最大,而随着草地退化程度的加剧,在人为、气候等因素的影响下,藏嵩草沼泽草地受到不同程度的破坏,其种群数量降低,种间竞争关系改变,少数竞争力强的物种数增加,抑制藏嵩草物种的生长<sup>[19]</sup>,导致藏嵩草平均高度和盖度显著下降。

研究表明,藏嵩草地上生物量随着退化程度的加重逐渐降低,这与张宇恒等<sup>[20]</sup>在三江源高寒草甸的研究结果一致。这主要是因为藏嵩草沼泽化草地不同退化阶段植物功能群发生了变化。不同退化阶段的草地类型中,草地植物的生活型特征、根系的发育情况都存在差异,随着草地退化的加剧,地上植物的高度和盖度逐渐降低,而杂类草等其他科植物则在草地重度退化中所占的比例较大,其地上部生物量较高,这是由于杂类草的根系较深,所以在环境恶化的情况下,它们能更好地利用深层土壤的水分和养

分<sup>[21]</sup>,因此,在草地退化过程中,对于大多数禾本科植物的须根系,杂类草能更好的适应环境的变化,群落功能群由莎草科和禾本科植物向杂类草等其他科植物转变<sup>[22]</sup>,从而导致藏嵩草的地上生物量逐渐降低。

### 3.2 三江源高寒草地不同退化程度下植物功能群变化

植物功能群是研究植物如何随着环境因素而发生变化的基本单位<sup>[23]</sup>,不同的功能群在面临环境变化或扰动时,通常会通过生长适应、生殖适应等策略来应对生态系统的退化,而这一过程又决定着群落整体的适应能力<sup>[24]</sup>。本研究发现:藏嵩草优势种随着草地退化程度的加剧,所占的比例越来越低;莎草科和禾本科生物量在重度退化草地占比最少,其他科植物在重度退化草地中生物量占比较大。造成这种情况的原因可能有:1)随着草地的退化,土壤水分含量下降,容重增大,能够适应干旱、瘠薄、盐碱环境的杂类草功能群植物取代了湿生、根系较浅的禾草功能群与莎草功能群植物<sup>[25]</sup>;2)草地退化加剧导致生境水热条件变化,形成差异化的微气候,从而降低了禾草和莎草功能群的多样性,增加了杂类草功能群的多样性,杂类草功能群对资源竞争的频率也不断增加;3)放牧是草地生态系统中最重要的人为干扰因素之一<sup>[26]</sup>。放牧强度会对植物自身产生直接的影响,进而对植物的功能群组成特征和物种的生态位发生了改变,从而在退化梯度下形成差异化的生态适应对策<sup>[27]</sup>。从未退化至重度退化草地,家畜选择性采食和践踏的双重作用,禾草类和莎草类植物的资源可利用性减弱,随着放牧强度的增加以藏嵩草的优势地位也呈现出下降的趋势<sup>[28]</sup>,造成了杂类草生长势更强,使其在群落中的地位不断提高,并最终形成以杂类草植物为主的退化草地<sup>[29]</sup>。因此重度退化草地阶段,莎草科和禾本科生物量占比最少,其他科植物占比较大。这与周华坤等<sup>[22]</sup>、马世震等<sup>[30]</sup>以及牛钰杰等<sup>[31]</sup>在高寒草地的研究结果一致。

此外,在轻度放牧或在未退化、轻度退化草地,其功能类群的种类构成最丰富且相对稳定,但在重度退化草地,莎草科和禾本科功能群的重要值显著下降,可以认为防止高寒草甸由中度退化过渡到重度退化是维持高寒草地生态系统稳定性的重要节点<sup>[32]</sup>。

### 3.3 三江源高寒草地不同退化程度下植物多样性变化

对物种多样性的综合衡量,应从物种丰富度、均匀性、生态优势度等3个角度来分析,它们是反映群落组成结构特征的定量指标<sup>[12]</sup>。因为环境条件的限制,藏嵩草沼泽化草地的群落结构与物种多样性发生了很大的变化。本研究结果表明,物种丰富度指数和多样性指数表现为中度退化草地最丰富,轻度次之;但均匀度指数随着草地退化程度加剧而升高,在重度退化草地最高。这与柳小妮等<sup>[12]</sup>研究结果相似。造成这种差异的主要原因是群落种类数目和种类之间个体分配的均匀性。群落种类数越多,多样性就越大;同样,种类之间个体分配的均匀性增加,也会使多样性提高。中度退化草地,适度放牧削弱了藏嵩草类优势种的竞争力,提高了较弱物种的入侵性和拓殖能力<sup>[33]</sup>,物种数显著增加,导致中度退化的藏嵩草沼泽化草地的物种多样性和物种丰富度显著增加。但在重度退化草地,优势物种的抑制效应明显减弱,且物种分布趋向单一化,外来物种占据优势,使均匀度上升。

生态优势度指数在4种不同退化阶段草地差别不大的可能原因是因为随着草地退化程度的加剧,藏嵩草所占的比重逐渐下降,但藏嵩草在4个不同草地退化阶段中始终保持着优势种的地位,因此生态优势度指数在草地退化过程中无明显的变化。

综上所述,藏嵩草沼泽化草地退化过程与植被特征变化是一种互动关系,随着草地退化程度的不断加剧,植被的特征发生变化<sup>[34]</sup>,反之,植被性质的变化响应了退化程度的变化。虽然藏嵩草在4个不同草地退化阶段中始终保持着优势种的地位,但随着草地退化程度的加剧,其竞争能力和所占比重却呈现下降的趋势,藏嵩草的平均高度、盖度、地上生物量也明显下降,草地群落的主要伴生植物也由禾本科、莎草科植物逐渐转变为菊科和其他科植物。这表明草地的退化很大程度上表现于群落中的优势物种的衰退。

## 4 结论

1)在4个退化阶段的藏嵩草沼泽草地中,藏嵩草均为优势种,且随着草地退化程度的加剧,藏嵩草的高度、盖度和地上生物量均出现了显著的降低。植物

功能群由莎草科和禾本科植物向杂类草等其他科植物转变。

2) 物种丰富度和多样性指数表现为中度退化草地与轻度退化草地物种最丰富,均匀度指数则在重度退化草地阶段最大,优势度指数在4种不同退化草地中无明显差别。

#### 参考文献:

- [1] 施建军,马玉寿,董全民,等. “黑土型”退化草地优良牧草筛选试验[J]. 草地学报,2007,15(6):543-549.
- [2] 王雪璐. 青藏高原三江源高寒草地生态系统土壤侵蚀研究[D]. 兰州:兰州大学,2016.
- [3] 肖海龙,周会程,姚玉娇,等. 三江源地区不同退化程度高寒草原植被与土壤特征分析[J]. 草原与草坪,2023,43(2):85-91.
- [4] 农业部畜牧兽医司. 中国草地资源数据[M]. 北京:中国农业科技出版社,1994.
- [5] 李春秀,孙海松. 青海省西藏嵩草沼泽化草甸资源及保护[J]. 草业科学,2009,26(9):77-83.
- [6] 吴海艳,马玉寿,孙小弟,等. 大武滩藏嵩草沼泽化草甸群落结构及植物量调查研究[J]. 青海畜牧兽医杂志,2007,37(2):20-22.
- [7] 杨军,刘秋蓉,王向涛. 青藏高原高山嵩草高寒草甸不同退化阶段植物群落与土壤养分[J]. 应用生态学报,2020,31(12):4067-4072.
- [8] 王合云,郭建英,董智,等. 退化程度对大针茅草原植物群落结构特征及物种多样性的影响[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(3):106-111.
- [9] Li Y Y, Dong S K, Wen L, *et al.* Three-Dimensional Framework of Vigor, Organization, and Resilience (VOR) for Assessing Rangeland Health: A Case Study from the Alpine Meadow of the Qinghai-Tibetan Plateau, China [J]. *Ecohealth*,2013,10(4):423-433.
- [10] Gao J, Li X L. Degradation of frigid swampy meadows on the Qinghai-Tibet Plateau: Current status and future directions of research[J]. *Progress in Physical Geography*, 2016,40(6):794-810.
- [11] 孙玉,杨永胜,何琦,等. 三江源高寒草甸水源涵养功能及土壤理化性质对退化程度的响应[J]. 草业学报,2023,32(6):16-29.
- [12] 柳小妮,孙九林,张德罡,等. 东祁连山不同退化阶段高寒草甸群落结构与植物多样性特征研究[J]. 草业学报,2008,17(4):1-11.
- [13] 李博. 中国北方草地退化及其防治措施[J]. 中国农业科学,1997,30(6):129.
- [14] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998. 122-136.
- [15] Barbour M G. *Terrestrial Plant Ecology* [M]. London: The Benjamin Publishing Company, 1980. 222-233.
- [16] 张静,李希来,王金山,等. 三江源地区不同退化程度草地群落结构特征的变化[J]. 湖北农业科学,2009,48(9):2125-2129.
- [17] 方玉凤,曹志伟,韩勤,等. 黑龙江省西部主要草地类型土壤和植被特征[J]. 草原与草坪,2023,43(5):129-136.
- [18] 陈乐乐,施建军,王彦龙,等. 高寒地区不同退化程度草地群落结构特征研究[J]. 草地学报,2016,24(1):210-213.
- [19] 詹瑾,李玉霖,韩丹,等. 放牧对浑善达克沙地丘间低地植被群落及土壤的影响[J]. 中国沙漠,2019,39(6):184-191.
- [20] 张宇恒. 退化程度对三江源高寒草甸地上植物多样性及地下生态过程的影响[D]. 荆州:长江大学,2022.
- [21] 李成阳,张文娟,赖炽敏,等. 黄河源区不同退化程度高寒草原群落生产力、物种多样性和土壤特性及其关系研究[J]. 生态学报,2021,41(11):4541-4551.
- [22] 周华坤,赵新全,温军,等. 黄河源区高寒草原的植被退化与土壤退化特征[J]. 草业学报,2012,21(5):1-11.
- [23] 刘晓娟,马克平. 植物功能性状研究进展[J]. 中国科学:生命科学,2015,45(4):325-339.
- [24] Liu M, Li Q, Jiang X, *et al.* Contribution of rare species to species diversity and species abundance distribution pattern in the Gannan subalpine meadow [J]. *Biodiversity Science*,2020,28:107-116.
- [25] 刘旻霞,刘成,杨春亮. 甘南高寒草甸退化对植物功能群物种多样性与物种多度分布的影响[J]. 西北植物学报,2024,44(1):142-153.
- [26] 包秀霞,廉勇,易津,等. 放牧方式对中国和蒙古小针茅荒漠草原植物功能群特征的影响[J]. 生态学杂志,2014,33(11):2966-2972.
- [27] 王婷,杨思维,花蕊,等. 高寒草原植物功能群组成对退化程度的响应[J]. 生态学报,2020,40(7):2225-2233.
- [28] 张小红,宋彦涛,乌云娜,等. 放牧强度对克氏针茅草原植物功能群的影响[J]. 草业科学,2017,34(10):2033-2041.
- [29] 李里,刘伟. 退化草地植物功能群和物种丰富度与群落生产力关系的研究[J]. 草地学报,2011,19(6):917-

- 921+999.
- [30] 马世震,彭敏,陈桂琛,等. 黄河源头高寒草原植被退化特征分析[J]. 草业科学,2004,21(10):19-23.
- [31] 牛钰杰,杨思维,王贵珍,等. 放牧强度对高寒草甸土壤理化性状和植物功能群的影响[J]. 生态学报,2018,38(14):5006-5016.
- [32] 刘育红,魏卫东,杨元武,等. 三江源区退化高寒草甸植物功能群特征[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):286-291.
- [33] 杨晓玫,姚拓,王理德,等. 天祝不同退化程度草地植物群落结构与物种多样性研究[J]. 草地学报,2018,26(6):1290-1297.
- [34] 王启基,周兴民,张堰青,等. 高寒小嵩草草原化草甸植物群落结构特征及其生物量[J]. 植物生态学报,1995(3):225-235.

## Degradation and vegetation characteristics of *Kobresia tibetica* swamp meadow in the Sanjiangyuan area

DENG Tong-tong, LI Chang-bin\*, SUN Hai-rong, LIN Chun-ying, LI Xi-lai

(College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining Qinghai 810016)

**Abstract:** [Objective] The *Kobresia tibetica* swampy meadow in the Sanjiangyuan region has undergone significant changes due to global climate change and human activities, resulting in a series of ecological and environmental issues. Exploring the degradation of *K. tibetica* meadows and changes in the vegetation characteristics is crucial for ensuring ecological security of the Sanjiangyuan region. [Method] Infield surveys and data collection were conducted in Maqin County, Guoluo Prefecture, and Qumalai County, Yushu Prefecture, Qinghai Province, to investigate degradation and vegetation characteristics of *K. tibetica* swampy meadows. [Result] (1) *K. tibetica* was the dominant species across four different stages of degradation, but its quantitative traits (height, cover, and aboveground plant volume) significantly declined with increasing degradation. Average height decreased from 26.2 cm to 11.9 cm, cover dropped from 76% to 43%, and aboveground plant volume decreased from 1 061.6 g/m<sup>2</sup> to 196.8 g/m<sup>2</sup>. (2) As degradation intensified, the proportion of *K. tibetica* grass within the plant community decreased. Plant volume contribution from Salicaceae and Gramineae were minimal under severe degradation, while other plant families contributed for a higher proportion. (3) The species richness index and diversity index showed that the most abundant species were in the middle degradation and light degradation; the evenness index ranked as heavily > moderately > lightly > non-degraded. The dominance index showed no significant differences across the four different degradation stages. [Conclusion] Although *K. tibetica* retained its status as the dominant species across all degradation stages its competitive ability and the proportional share declined with increasing degradation. The degradation of *K. tibetica* meadows is characterized by reductions in average plant height, cover, and aboveground biomass, reflecting a broader decline in the community's dominant species.

**Key words:** *Kobresia* swamp meadow; degradation; vegetation characteristics; Sanjiangyuan area

(责任编辑:靳奇峰)