

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.05.017

川西北高寒沙地草本植物群落物种组成 及多样性研究

朱欣伟¹, 勒燕飞², 张利¹, 康英¹, 任君芳¹

(1. 阿坝州林业科学技术研究所, 四川阿坝 623000; 2. 壤塘县环境保护和林业局, 四川阿坝 624300)

摘要: 高寒草地沙化严重影响了植被物种组成和物种多样性, 植被对人类和动物的生存环境起着不可替代的重要作用。本文选取了川西北高寒沙区典型沙化县若尔盖、红原、阿坝、色达、稻城、理塘等6个县的典型沙化区域为研究地, 对不同沙化程度的植被特征及物种多样性进行了研究。结果表明: 沙化进程中, 物种种类呈先升高后降低趋势, 植物群落优势种不断发生演替, 禾本科、莎草科种类数量逐渐减少, 被菊科、蔷薇科植物等替代; 物种多样性呈显著先上升后降低趋势, 露沙地和流动沙地物种多样性较低, 固定沙地和半固定沙地较高; β_T 与 C_N 呈基本相反的变化趋势, 物种组成随沙化程度的加剧差异更加明显。植物群落组成及物种多样性受沙化程度影响最大, 但最终分布是环境及生物因子共同作用的结果。

关键词: 川西北; 高寒沙地; 物种多样性

中图分类号: S718.54

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2016)05-0072-05

A Study of Species Composition and Diversity of Herbaceous Plant Communities in Alpine Sandy Land in Northwest Sichuan

ZHU Xin-wei¹ LE Yan-fei² ZHANG Li¹ KANG Ying¹ REN Jun-fang¹

(1. Aba Autonomous Prefecture Forestry Science and Technology of Institute, Wenchuan 623000, China;

2. Rangtang County Environmental Protection and Forestry Bureau, Aba 624300, China)

Abstract: The alpine grassland desertification has seriously affected the species composition of vegetation and species diversity, and vegetation plays an irreplaceable role in human and animals living environment. In this paper, the typical alpine desertification grassland areas were selected in northwest Sichuan as the research area, such as Ruergai, Hongyuan, Aba, Seda, Daocheng and Litang counties, and studies were made of their vegetation characteristics and species diversity with different desertification degree. The results showed that with the development of the desertification, the plant species also presented a trend to increase firstly and then decrease, and the dominant species displayed a continuous succession. Gramineae and Cyperaceae plants decreased gradually, and were replaced by Asteraceae and Rosaceae plants; Species diversities were lower in exposed sandy and shifting sandy land than those in half-fixed sandy land and fixed sandy land. β_T and C_N diversity index presented an opposite trend, the difference of plant communities was in different desertification stress at the beginning, but they were ultimately determined by various environmental and biological factors together.

Key words: Northwest Sichuan, Alpine desertification grassland, Species diversity

物种多样性是现代生态学研究热点问题之一^[1], 物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综

收稿日期: 2016-06-28

基金项目: 四川省科技计划项目“生态毯技术在若尔盖沙化治理中的运用与推广(2016FZ0042)”。

作者简介: 朱欣伟(1980-)男, 工程师, 主要从事生态建设与科技推广工作。

合反映,体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异^[2-3]。它是揭示植被组织水平的生态基础,可以反映生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的异质性。国内研究者对物种多样性的研究主要集中于群落在不同环境梯度下、群落在恢复演替过程中物种的多样性变化^[4-7],以及基于不同研究尺度的物种多样性研究^[8-9]等,并且这些研究多以森林群落为主。草本植物对环境和气候因子的梯度变化比较敏感^[10-11],而且植物群落组分和物种多样性的变化往往比森林群落、灌丛群落更加明显^[12]。深入研究草本植物物种多样性随环境梯度的变化,可为植被的恢复提供理论依据。

川西北高寒草地处于青藏高原东部边缘,地域辽阔,生态环境(特别是水资源环境)是对全国影响最大的区域之一,在全球气候变化的大背景之上,加之人类不合理的利用(包括过度放牧、乱采乱挖等),川西北高寒草原退化、沙化日益严重,草畜矛盾日益突出,生物群落退化、生物多样性降低、草原的生产力下降、生态功能失衡等等^[13]。生态环境的恶化,常导致草地资源丧失,严重影响社会经济的可持续发展,直接威胁到长江中下游地区的生态安全。川西北高寒沙地的植被恢复,成为川西北高寒沙地治理的首要环节。但目前关于川西北高寒沙区不同沙化类型植物物种组成及多样性特征的研究甚少,因此,本文以若尔盖、红原、阿坝、色达、理塘和稻城等6个县(典型沙化县)沙化区域草本群落为研究对象,通过系统调查不同沙化程度草本群落物种组成和物种多样性,进一步探讨不同沙化程度对草本植物群落的作用,不仅对系统地了解川西北高寒沙地沙化过程中草本植物群落组成和多样性变化规律具有一定的意义,同时也为沙化地的植被恢复、生态环境保护 and 沙化治理提供科学依据,以期为深入探讨沙化地区植被的生态恢复途径奠定基础。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

该区域生态环境极为脆弱,属高原寒温带湿润季风气候,常年无夏, $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $1\ 000^{\circ}\text{C} \sim 1\ 300^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $300^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$,年降水量约为 $600\ \text{mm} \sim 800\ \text{mm}$,年均相对湿度达60%左右。区域内海拔多在 $3\ 000\ \text{m}$ 以上。川西北高寒沙区每年9月下旬土地就开始冻结,5月中旬完全解冻,冻土最深达 $72\ \text{cm}$ 。长期以来,受气候变化和人类不

合理活动的干扰,林草植被极易遭到破坏,导致土地退化、沙化、湿地不断萎缩。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置与选取

群落调查时间为2015年7月~9月进行,沙化土地类型根据《四川省沙化监测技术操作细则》(2009年),将沙化类型划分为露沙地(有斑点状流沙出露 $< 5\%$)、固定沙地(植被覆盖度 $\geq 30\%$)、半固定沙地($10\% \leq$ 植被覆盖度 $< 30\%$)、流动沙地(植被覆盖度 $< 10\%$),每个县选取不同程度的沙化样地各两个,每个样地设置6个样方,共计252个。样方面积为 $1\ \text{m} \times 1\ \text{m}$ 。调查记录每一样方内的植物种名、各物种的个体数、分盖度、高度^[14]。

1.2.2 生物多样性指数

(1) 重要值

本文采用重要值作为多样性指数的计算依据,其计算公式如下:

$$\text{物种重要值}(Iv) = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对密度})/3 \quad (1)$$

(2) α 多样性

α 多样性测度主要采用群落物种丰富度、Shannon-Wiener 信息指数、Simpson 多样性指数和均匀度指数(Pielou 指数)等^[15-16]。

Margalef 丰富度指数:

$$R = (S - 1)/\ln N \quad (2)$$

Simpson 多样性指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad (3)$$

Shannon-Wiener 信息指数:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad (4)$$

Pielou 均匀度指数:

$$J = (- \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / \ln S \quad (5)$$

式中, N_i 为第*i*种的个体数量(物种重要值), N 为所有种的个体总数(物种重要值总和), P_i 为物种*i*的个体数量(物种重要值) N_i 占有个体总数(物种重要值总和) N 的比例,即 $P_i = N_i/N, i = 1, 2, 3, \dots, S, S$ 为物种总数?

(3) β 多样性分析

β 多样性测度方法通常可以分为两类^[17-18],即二元属性测度法和数量数据测度法。本文选用Wilson-Shmida 指数和 Bray-Curtis 指数两种测度法进行 β 多样性的二元属性数据、数量数据测度,公式如

下:

Wilson-Shmida 指数(β_T):

$$\beta_T = [g(H) + I(H)] / m_\alpha \quad (6)$$

式中: $g(H)$ ——沿生境梯度 H 而增加的物种数目;

$I(H)$ ——沿生境梯度 H 而减少的物种数目;

m_α ——样方的平均物种数。

Bray-Curtis 指数(C_N):

$$C_N = 2N_j / (N_a + N_b) \quad (7)$$

式中: N_a ——样地 A 的物种数;

N_b ——样地 B 的物种数;

N_j ——样地 A 和 B 共有种中个体数目较少者之和。

1.2.3 数据处理与分析

采用 SPSS 17.0 软件对所测数据统计分析,用平均值和标准误表示测定结果,分别对不同海拔段植物物种多样性指数值进行单因素方差分析,并用 Duncan 法对各测定数据进行多重比较;

用 Excel 软件进行数据整理,并采用 SPSS13.0 统计软件的方差分析(ANOVA)评价不同石漠化程度下植被盖度和草本群落生物多样性指数,并进行 LSD 差异显著性检验。采用 Excel 2010 制图。

2 研究结果

2.1 不同沙化类型物种组成特征

调查分析不同沙化类型物种组成结果表明,随着沙化程度的加剧植物物种数呈先升高后下降的趋势,流动沙地和露沙地上分布的植物种类大都低于 10 种。

根据不同沙化类型植物群落物种重要值(排在前 5)大小可知(见表 1),随着沙化程度的加剧,植物优势种类表现出较大差异。露沙地退化为固定、半固定沙地,优势种由莎草科、禾本科植物演替为菊科、蔷薇科、蓼科等杂草类植物,半固定沙地进一步退化为流动沙地,优势种演替为禾本科、蔷薇科植物。结果表明研究区大部分地区的植物群落出现了

退化演替。

表 1 不同沙化类型优势种重要值

沙化类型	植物种名	重要值
露沙地	高山嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i> C. B. Clarke	0.34
	青藏薹草 <i>Carex moorcroftii</i> Falc. ex Boott	0.27
	四川嵩草 <i>Kobresia setchwanensis</i> Hand. - Mazz.	0.30
	矮生嵩草 <i>Kobresia humilis</i> (C. A. Mey. ex Trautv.) Sergiev	0.37
固定沙地	草地早熟禾 <i>P. pratensis</i> L.	0.33
	黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i> (Maxim.) Matf.	0.23
	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i> L.	0.31
	细叶西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i> Laxm. var. <i>thomsonii</i> Meisn. ex Stew.	0.32
半固定沙地	淡黄香青 <i>A. flavescens</i> Hand. - Mazz.	0.35
	鹅绒委陵菜 <i>P. anserina</i> L.	0.37
	细叶亚菊 <i>A. tenuifolia</i> (Jacq.) Tzvel.	0.30
	细叶西伯利亚蓼 <i>P. sibiricum</i> Laxm. var. <i>thomsonii</i> Meisn. ex Stew.	0.40
流动沙地	二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i> L.	0.24
	赖草 <i>L. secalinus</i> (Georgi) Tzvel.	0.48
	二裂委陵菜 <i>P. bifurca</i> L.	0.30
	青藏薹草 <i>C. moorcroftii</i> Falc. ex Boott	0.54
	老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i> Linn.	0.47

2.2 不同沙化类型植物群落 α 多样性

川西北典型沙化地区,群落物种多样性指数均在土壤沙化过程中呈先上升后下降趋势(表 2),固定沙地物种多样性指数值最高,流动沙地最低。不同沙化阶段,多样性变化程度不同,从露沙地退化为固定沙地,丰富度指数从 1.420 上升到 2.078,从固定沙地退化到流动沙地丰富度指数从 2.078 下降到 0.887。除露沙地和半固定沙地物种丰富度指数差异不显著外,其余沙化类型之间相比都有显著性差异($p < 0.05$)。Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数和 Pielou 均匀度指数均随沙化程度的加剧呈显著先上升后降低的趋势($p < 0.05$)。以上结果表明在沙化发展过程中,物种组成越来越单一,原本多样化的物种逐渐被适应力更强的少数几个物种替代,并最终随着土壤的沙化,只有少数抗沙埋、耐旱的植物生存。

表 2 不同沙化程度 α 多样性指数

沙化类型	丰富度指数 Richness index	Simpson 指数 Simpsonindex	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index
露沙地	1.420 \pm 0.019a	0.655 \pm 0.010a	1.531 \pm 0.005a	0.732 \pm 0.013a
固定沙地	2.078 \pm 0.056b	0.830 \pm 0.013b	1.857 \pm 0.020b	0.915 \pm 0.007b
半固定沙地	1.712 \pm 0.005a	0.773 \pm 0.005c	1.641 \pm 0.013c	0.843 \pm 0.006c
流动沙地	0.887 \pm 0.040c	0.549 \pm 0.008d	1.200 \pm 0.004d	0.516 \pm 0.007d

注:同行不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

2.3 植物群落 β 多样性

根据不同沙化程度各草本植物群落 Wilson-Shmida 指数 (β_T) 测度,结果表明(参见表 3), β_T 指数均高于 1,说明各群落间种类组成随沙化过程及其他生境的变化非常明显。沙化过程中,露沙地和固定沙地 β_T 指数与其余沙化类型间均呈显著上升趋势($p < 0.05$)。而在露沙地草地群落中 Bray-Curtis 指数 (C_N) 与其余各沙化类型间呈先上升后下降的趋势(表 4),且差异性都达到了显著性水平($p < 0.05$)。说明草本植物群落物种组成差异随沙化程度的加剧而更加明显。

表 3 4 种沙化类型样地间 β 多样性 Wilson-Shmida 指数 (β_T) 测度结果矩阵

沙化类型	固定沙地	半固定沙地	流动沙地
露沙地	1.13 ± 0.069a	1.42 ± 0.067b	1.62 ± 0.042c
固定沙地	-	1.30 ± 0.012a	1.51 ± 0.013b
半固定沙地	-	-	1.02 ± 0.141

注:同行不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

表 4 4 种沙化类型样地间 β 多样性 Bray-Curtis 指数 (C_N) 测度结果矩阵

项目 Item	沙化类型	固定沙地	半固定沙地	流动沙地
个体数	露沙地	0.096 ± 0.023a	0.078 ± 0.032b	0.051 ± 0.008c
(C_N)	固定沙地	-	0.088 ± 0.048a	0.043 ± 0.011b
	半固定沙地	-	-	0.089 ± 0.012

注:同行不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。

由于 β_T 指数主要反映的是群落间的种类组成差异,而 C_N 反映的是群落间的相似程度,导致两类指数的变化趋势基本上相反,因此, Wilson-Shmida 指数 (β_T) 从整体上看,呈上升趋势,而 Bray-Curtis 指数 (C_N) 整体呈下降趋势,说明不同沙化程度梯度上植物物种组成差异随着沙化程度的加剧而变得显著。

3 讨论

3.1 沙化进程群落物种数量特征

植被调查结果表明,沙化进程中,物种数量呈先升高后降低的趋势,植物群落为适应其生存环境,不断发生演替,禾本科、莎草科种类数量逐渐减少,杂草和毒害植物逐渐增多,杂类草植物密度和盖度在退化过程中呈波动变化,并从草原草甸开始杂类草植物的密度高于其它功能群植物,高度和重要值呈逐渐增加趋势,表明退化过程中杂类草植物在群落中的生态地位逐渐增加。已有研究也表明草地的退

化对杂类草植物较为有利^[23,24,25]。部分物种(二裂委陵菜、细叶西伯利亚蓼等)能在不同沙化程度上生存,说明该物种生态幅较广,对环境适应能力较强,多具耐干旱、抗沙埋特征的植物。

草地生态系统退化过程中,群落物种组成发生巨大变化,而且导致物种多样性发生改变,优势物种出现更替^[20]。高寒草甸的优势种主要是多年生莎草科、禾本科植物,不仅营养价值较高,而且在保持水土方面也有极其重要的作用^[21]。在露沙地的高山嵩草、四川嵩草、垂穗披碱草等优势禾草处于群落上层,形成了茂密的草丛群落,抑制了杂草类和一些双子叶草本物种的发展,使之处于群落的下层,所以优势种突出。随着环境向旱生方向发展,群落草质退化,上层草群的优势度逐渐丧失,取而代之的是低矮的多年生杂类草、有毒植物或 1 a、2 a 生杂类草。

3.2 不同类型沙化植物群落多样性

群落的物种多样性是反映群落发育水平的重要指标之一^[19]。物种多样性分析表明,伴随着沙化程度加剧,植物群落的结构组成发生明显变化,同时植物群落外貌表现出较大的改变,植物群落层次结构减少,群落盖度逐渐降低,物种多样性降低,草本植物群落物种组成差异更加明显,物种多样性在半固定和流动沙化地下降尤为明显。因为莎草科、禾本科植物的衰退,毒杂草增加,群落稳定性下降^[22],进而影响动物群落,尤其是有害动物种群数量增加,植物多样性下降,体现在丰富度指数、均匀度指数、Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数等指数值的下降上,优势物种构成也发生较大的变化。随着沙化的进程,仅有一些耐性较强物种生存,物种丰富度和均匀度均明显下降,所以在半固定沙地和流动沙地植被样地中表现出生物多样性极低的特征。 β_T 与 C_N 呈基本相反的变化趋势,这是由于受沙化影响,植物群落的差异性增大,相似性减小,物种更替明显,从而导致各样地间的种类组成变化差异明显^[26]。

通过上述分析结果,推断出川西北草原退化沙化是自然因素和人为因素共同作用的结果。在一般放牧条件下仅出现草群变矮现象,并不发生群落分化。随着超载放牧的持续,破坏性逐渐累积,到一定程度后草场发生重度或极度退化,草地群落结构才发生分化,植被群落多样性降低,群落结构渐趋简单,物种多样性指数伴随着降低,草本植物群落物种

组成差异更加明显。虽然植被退化演替过程并不等于沙化过程,但植被退化是沙化形成的重要原因,保护现有的植被和促进已退化植被的恢复是沙化防治的根本。

参考文献:

- [1] 黄忠良,孔国辉,何道泉. 鼎湖山植物群落多样性的研究[J]. 生态学报,2000,20(2):193~198.
- [2] 郭正刚,刘慧霞,孙学刚,等. 白龙江上游地区森林植物群落物种多样性的研究[J]. 植物生态学报,2003,27(3):388~395.
- [3] 张晶晶,王蕾,许冬梅. 荒漠草原自然恢复中植物群落组成及物种多样性[J]. 草业科学,2011,28(6):1091~1094.
- [4] 杨利民,韩梅,李建东. 土壤盐碱化对羊草草地植物多样性的影响[J]. 草地学报,1997,5(3):154~160.
- [5] 齐代华,李旭光,王周平,等. 缙云山针阔混交林更新层物种多样性林隙梯度变化初探[J]. 生物多样性,2001,9(1):51~55.
- [6] 杨利民,王仁忠,李建东. 松嫩平原主要草原群落放牧干扰梯度对植物多样性的影响[J]. 草地学报,7(1):8~16.
- [7] 刘增力,郑成洋,方精云. 河北小五台山北坡植物物种多样性的垂直梯度变化[J]. 生物多样性,2004,12(1):137~145.
- [8] Kalkhan MA, Stohlgren TJ. Using multi-scale sampling and spatial cross-correlation to investigate patterns of plant species richness[J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2000, 64: 591~605.
- [9] 何志斌,赵文智,常学向,等. 荒漠植被植物物种多样性对空间尺度的依赖[J]. 生态学报,2004,24(6):1146~1149.
- [10] Byars S, Papst W, Hoffmann A A. Local adaptation and co-gradient selection in the alpine plant, *Poa hiemata*, along a narrow altitudinal gradient[J]. Evolution, 2007, 61: 2925~2941.
- [11] 任继周,梁天刚,林慧龙,等. 草地对全球气候变化的响应及其碳汇潜势研究[J]. 草业学报,2011,20(2):1~22.
- [12] Dang H, Jiang M, Zhang Y, Dang G, Zhang Q. Dendroecological study of a subalpine fir (*Abies fargesii*) forest in the Qinling Mountains, China[J]. Plant Ecology, 2009, 201: 67~75.
- [13] 史长光. 川西北退化、沙化草原植被恢复效果研究[D]. 四川师范大学, 2010.
- [14] 罗红波,魏兴琥,李森,等. 粤北岩溶山区土地石漠化过程的植被特征与多样性初步研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 335~339.
- [15] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社, 2001: 47~51.
- [16] 马克平,黄建辉,于胜利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 II. 丰富度、均匀度和生物多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 268~277.
- [17] 齐代华,王力,钟章成. 九寨沟水生植物群落 β 多样性特征研究[J]. 水生生物学报, 2006, 30(4): 446~451.
- [18] 林开敏,黄宝龙. 杉木人工林下植物物种 β 多样性的研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(2): 157~161.
- [19] Toshiya Ohkuro, et al. Vegetation distribution in Naiman, Inner Mongolia, China[C]. Shizuo Shindo and Akihiko Kondoh. The CERes International Symposium on the Role of Remote Sensing for the Environmental Issues in Arid and Semi~Arid Regions. Chiba University, 1997: 107~110.
- [20] 赵玉红,魏学红,苗彦军,等. 藏北高寒草甸不同退化阶段植物群落特征及繁殖分配研究[J]. 草地学报, 2012, 20(2): 221~228.
- [21] 星学军. 黄河源区高寒草甸不同退化阶段草地特征研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(22): 10578~10580.
- [22] 张堰寻. 不同放牧强度下高寒漠丛群落特征和演替规律的数量研究[J]. 植物生态与地植物学学报, 1990, 14(4): 358~364.
- [23] 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.
- [24] 王长庭,龙瑞军,丁路明. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响[J]. 生物多样性, 2004, 12(4): 403~409.
- [25] 唐明坤,李明富,赵杰,等. 四川若尔盖县不同退化程度高寒草地群落比较研究[J]. 广西植被, 2011, 31(6): 775~781, 848.
- [26] 吴鹏飞,华翠,魏雪. 若尔盖高寒草甸不同功能群植物数量特征对退化演替的响应[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2014, 40(3): 321~329