

喀斯特峡谷区石漠化演变中群落多样性的响应

陈亚娟^{1,2}, 周忠发^{1,2}, 闫利会^{1,2}

(1. 贵州师范大学 喀斯特研究院, 贵阳 550001; 2. 贵州省喀斯特山地生态环境国家重点实验室培育基地, 贵阳 550001)

摘 要:以喀斯特峡谷区石漠化生态系统中植物群落为研究对象,野外定点监测群落的基本特征,实验室分析石漠化不同演变阶段植物群落的多样性指数;运用空间代替时间方法,探讨了石漠化演变过程中植物群落多样性的响应,旨在为典型喀斯特地区的生态系统恢复重建提供参考。结果表明:(1)示范区内植物群落以人工植被为主;(2)在潜在和轻度石漠化阶段,重要值较高的植物群落有皇竹草(*Pennisetum sinense* Roxb.)、荩草[*Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino]等,在中度和强度石漠化阶段,重要值占据绝对优势的有花椒(*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.)、砂仁(*Amomum villosum* Lour.)、仙人掌[*Opuntia stricta* (Haw.) Haw. var. *dillenii* (Ker-Gawl.) Benson]等植物;(3)伴随着石漠化的演变,Simpson 指数表现为逐渐下降的规律,Shannon-Winner 多样性指数表现出先增大后减小的规律,Pielou 均匀度指数呈现出逐渐上升的规律,Margalef 丰富度指数呈现出先扬后抑的规律。

关键词:喀斯特峡谷区;石漠化演变;植物群落;重要值;多样性

中图分类号:Q145

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)05-0205-05

Response of Plant Community Diversity to Rocky Desertification Succession in Karst Valley Area

CHEN Yajuan^{1,2}, ZHOU Zhongfa^{1,2}, YAN Lihui^{1,2}

(1. School of Karst Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. State Key Laboratory Incubation Base for Karst Mountain Ecology Environment of Guizhou Province, Guiyang 550001, China)

Abstract: In view of plant community in Karst valley area, the diversity of plant communities at different stages of the rocky desertification was studied by field survey and laboratory analysis. Using the method of space instead of time, the response of plant community diversity in the process of rocky desertification evolution is discussed in order to provide a reference for the restoration and reconstruction of ecosystem in typical Karst area. The results show that: (1) the plant community in the demonstration area is dominated by artificial vegetation; (2) at potential and slight rocky desertification stage, the important values of *Pennisetum sinense* Roxb and *Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino are high, at moderate and high stages, the IV of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim., *Amomum villosum* Lour. and *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. var. *dillenii* (Ker-Gawl.) Benson occupy the superiority; (3) along with the evolution of Karst rocky desertification, Simpson index decreased gradually, Shannon-Winner index increased first and then decreased, Pielou index presented a gradually rising trend, Margalef index ascended slightly prior to the intensive decline.

Keywords: Karst valley area; rocky desertification; plant community; important value; diversity

石漠化是喀斯特地区严峻的生态环境问题,它不断吞噬土地,极大地影响着人们的生存环境,现与黄土高原的水土流失、西北地区的荒漠化并称为三大生态灾害。花江石漠化综合治理示范区是喀斯特干热

河谷生态环境的典型代表,是贵州省石漠化最为严重的区域之一。据统计,2013 年石漠化面积 2 786.92 hm²,占示范区总面积的 53.98%。

目前,关于喀斯特石漠化地区的生态问题已涌现

收稿日期:2015-10-27

修回日期:2015-11-17

资助项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)课题“人为干预下喀斯特山地石漠化的演变机制与调控”(2012CB723202);贵州省重大应用基础研究项目“喀斯特石漠化生态修复及生态经济系统优化调控研究”(黔科合 JZ 字[2014]200201);国家自然科学基金青年项目“喀斯特峰丛洼地地貌形态耦合模式及机制研究”(41301504);2012 年贵州省国际科际合作计划“不同生态恢复措施干预下喀斯特石漠化演变及调控研究”(黔科合外 G 字[2012]7022 号)

第一作者:陈亚娟(1991—),女,河南漯河人,硕士研究生,研究方向为 GIS 与生态环境。E-mail:1498194550@qq.com

通信作者:周忠发(1969—),男,贵州遵义人,博士生导师,教授,主要从事喀斯特生态环境研究。E-mail:fa6897@163.com

很多研究成果,喀斯特石漠化的成因研究较为深入,并且提出的相应的治理对策^[1-2];关于石漠化地区的植物群落,王圳等^[3]用空间代替时间的方式对花江喀斯特峡谷不同演替阶段的群落物种组成和多样性进行研究,结论是随着演替的正向进行,群落结构逐渐复杂并在森林群落阶段形成较为稳定的结构。而本研究以喀斯特峰丛峡谷区石漠化演变进程中植物群落为研究对象,通过对植物组成、重要值、多样性等群落学特征的调查统计,分析石漠化演变过程中植物群落多样性的响应,以期为喀斯特地区的植被恢复提供依据。

1 研究区概况

关岭—贞丰花江石漠化综合治理示范区,简称“花江示范区”,位于 105°36′30″—105°46′30″E, 25°39′13″—25°41′00″N。涉及北盘江镇的查尔岩、银洞湾和板贵乡的木工、峡谷、坝山 5 个行政村以及花江镇的法郎、干耳盘 2 个村民组。喀斯特地貌发育典型,地形破碎,基岩裸露率较高^[4],石漠化严重,生态脆弱。气候类型为亚热带湿润季风气候,年平均气温 18.4℃,年平均降水 1 100 mm,5—10 月多暴雨。土壤多为石灰土,结构不良、质地粘重、缺乏团粒。示范区内以石生性、耐旱性和喜钙性的石灰岩植被为主,自然植被主要属半湿润常绿阔叶林。

2 样地选择与试验方法

2.1 石漠化演变阶段的划分

采用 2013 年的 OLI 遥感数据,1:20 万区域水文地质图、贵州省 1:20 万土壤类型分布图、1:1 万地形图等主要基础数据。依据建立的石漠化分级指标体系,确定石漠化分类等级,将石漠化分为潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化和强度石漠化^[5]。运用空间代替时间的方法,在 ArcGIS 和 ENVI 平台交互操作获取 2013 年花江示范区石漠化演变阶段分布图(图 1)。

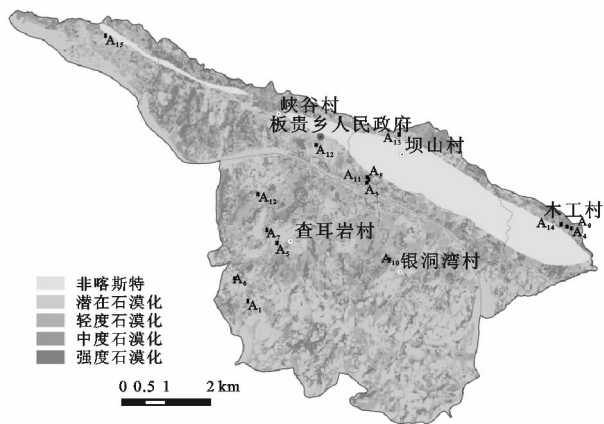


图 1 2013 年花江示范区石漠化演变阶段分布

2.2 样地的选择及评价

在对研究区详细踏查的基础上,选取石漠化演变进程中 4 个典型阶段为研究对象,共设立 15 个样地。结合遥感影像图与手持 GPS 野外测量结果,统计出各样地基本情况(表 1)。

随后运用 ArcGIS 软件中 Geostatistical Analyst 工具,对所选样地的空间位置做自相关性分析^[6]。花江示范区的植被样地在空间上具有较大的相关性,半变异图中点不是一条水平直线,说明数据存在一定的相关性。距离远的样地(X 轴右侧方向移动和 Y 轴朝上方移动),它们的方差较大,而距离近的样点(X 轴右侧和 Y 轴下部)的值具有较大的相似性,结果表明样地及属性在空间是有空间相关性的,半变异函数图点的变化规律是东北—西南方向比西北—东南方向具有更远的空间距离,且样点布置在东北—西南方向上不是一条水平线上,所以样点选取是合理的。

2.3 样地植物群落调查

在每个样地内,设置 10 m×10 m 的乔木标准样方、10 m×10 m 的灌木标准样方和 1 m×1 m 的草本标准样方,调查内容包括:(1) 调查乔木和灌木的种类、株(丛)数、平均高度、胸(基)径、盖度;草本的种类、株(丛)数、平均高度、盖度;(2) 生境因子,如海拔、岩性、土壤类型、植物配置方式、土地利用类型等。

2.4 计算方法

在植物群落学研究中优势种的确定通常以重要值的大小为重要依据^[7],计算采用宋永昌^[8]编著的《植被生态学》计算方法,将物种分乔木、灌木和草本分别计算。群落多样性的测度与尺度有很强的依赖关系,所以计算时采用 α 多样性^[9]测度方法。

2.4.1 重要值计算 以重要值(Important Value, IV)作为判定群落各层次优势种和划分群落类型的主要指标,其中:

$$\text{乔木物种} \quad IV = (RP + RD + RF) / 3 \quad (1)$$

$$\text{灌木和草本物种} \quad IV = (RD + RF + RC) / 3 \quad (2)$$

式中:RP 为相对显著度;RD 为相对密度;RF 为相对频度;RC 为相对盖度。

2.4.2 多样性计算 α 多样性的测度选用 Simpson 指数(D),Shannon-Winner 指数(H),Pielou 均匀度指数(J)和 Margalef 丰富度指数(R)^[10]4 类,相应的计算公式如下:

$$D = 1 - \sum P_i^2 \quad (3)$$

$$H = -\sum P_i \ln P_i \quad (4)$$

$$J = H / \ln S \quad (5)$$

$$R = (S - 1) / \ln N \quad (6)$$

式中: $P_i = N_i / N$, 即物种 i 的相对重要值; N_i 为第 i 个物种的重要值; N 为群落中所有物种重要值之和; S 为物种 i 所在样方的物种总数; N 为样地中的总个体数。

表 1 调查样地的基本信息

样地	地点	经纬度	海拔/ m	植被覆 盖率/%	石漠化演 变阶段	植物配置 方式	土地利用类型
A ₁	纳堕组封山育林区	105°38′16.50″E 25°38′50.46″N	973	50	轻度	桃树(<i>Amygdalus persica</i> L.)、花椒(<i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.)	封山育林
A ₂	田坝组后山风水林	105°38′23.75″E 25°40′12.49″N	750	35	中度	构树[<i>Broussonetia papyrifera</i> (Linn.) L'Hér. ex Vent.], 栎树(<i>Koelreuteria paniculata</i> Laxm.)、花椒、荆条[<i>Vitex negundo</i> L. var. <i>heterophylla</i> (Franch.) Rehd.]	撂荒地
A ₃	王家屋基组	105°39′55.84″E 25°40′20.67″N	555	35	中度	柚木(<i>Tectona grandis</i> L. F.)、花椒	经济林柚木林
A ₄	木工村村小学	105°42′22.51″E 25°39′37.08″N	782	65	轻度	栗子树(<i>Castanea mollissima</i> Blume)、臭椿[<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle]	人工栗子林
A ₅	查尔岩村蓄水池东侧	105°38′40.94″E 25°39′35.09″N	747	35	中度	花椒、砂仁(<i>Amomum villosum</i> Lour.)	坡改梯花椒林
A ₆	岩上组峰丛洼地	105°38′05.46″E 25°39′08.90″N	944	20	强度	花椒、仙人掌[<i>Opuntia stricta</i> (Haw.) Haw. var. <i>dillenii</i> (Ker-Gawl.) Benson]	坡改梯花椒林
A ₇	湾子组公路旁	105°38′32.48″E 25°39′45.12″N	777	20	强度	栎树、核桃树(<i>Juglans regia</i>)、女贞(<i>Ligustrum lucidum</i> Ait.)、花椒	坡改梯花椒林
A ₈	王家屋基组	105°39′57.24″E 25°40′23.05″N	580	20	强度	柚木、花椒	经济林花椒林
A ₉	木工村村小学	105°42′24.54″E 25°39′44.76″N	792	50	轻度	花椒、砂仁	经济林花椒林
A ₁₀	银洞湾半山坡	105°40′24.05″E 25°39′20.64″N	731	35	中度	花椒、橘子树(<i>Citrus reticulata</i>)	坡改梯花椒林
A ₁₁	王家屋基组	105°39′56.20″E 25°40′24.90″N	589	20	强度	花椒、皇竹草(<i>Pennisetum sinense</i> Roxb.)	坡改梯花椒林
A ₁₂	三家寨火龙果基地	105°39′13.93″E 25°40′49.90″N	632	50	轻度	火龙果(<i>Hylocereus undulatus</i> Britt.)、皇竹草	坡改梯火龙果
A ₁₃	王家屋基组	105°40′19.51″E 25°40′49.51″N	545	65	潜在	皇竹草、苎草[<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino]	天然草地
A ₁₄	木工村村小学	105°42′21.00″E 25°39′34.50″N	776	60	潜在	皇竹草、苎草	天然草地
A ₁₅	法郎小流域	105°36′19.74″E 25°42′14.45″N	834	60	潜在	皇竹草、苎草	天然草地

3 结果与分析

3.1 石漠化不同演变阶段植物群落调查结果

花江峡谷是典型的干热河谷气候区,其生境条件干燥、暖热,人为活动破坏严重,现存植被群落以人工植被为主。据野外调查结果统计,示范区有乔木 50 余种,灌木 30 余种,草本较少。

石漠化不同演变阶段具有不同的生境条件,这就决定了不同的植物组合类型。潜在石漠化阶段,水土流失不太明显,但坡度相对较大、土层厚度较薄,生境干燥、缺水、易旱,植物组合类型为皇竹草、苎草等。轻度石漠化阶段,坡度在 15°以上,土被覆盖 35%以

下,植物组合类型为花椒、构树等。中度石漠化演变阶段,土壤遭受严重侵蚀,土被覆盖不足 20%,且零星分布,土层的平均厚度较小,人为干扰强烈,植物组合类型为花椒、荆条、砂仁等。强度石漠化阶段,土壤侵蚀强烈,甚至无土可流,现存土壤多残留于岩石裂隙中,土被覆盖度低,坡度陡,以低矮灌丛为主,植被覆盖度低于 20%,植被组合方式主要为花椒、仙人掌等。

3.2 石漠化不同演变阶段植物群落优势种变化规律

重要值是衡量植物在群落中是否处于优势种的重要指标之一^[11-12]。根据公式(1)—(2)计算石漠化不同演变阶段植物的重要值(表 2)。

表 2 石漠化不同演变阶段植物群落物种的重要值

%

石漠化演变阶段	样地	植物	RD	RP	RF	RC	IV
潜在石漠化	A ₁₃	皇竹草	77	—	19	45	47
		荩草	23	—	31	10	21.33
	A ₁₄	皇竹草	85	—	19	55	53
		荩草	15	—	31	10	18.67
	A ₁₅	皇竹草	84	—	19	50	51
		荩草	16	—	31	10	19
轻度石漠化	A ₁	桃树	54	78	6	—	46
		花椒	46	—	63	21	43.33
	A ₄	栗子树	78	51	6	—	45
		臭椿	22	—	6	5	11
	A ₉	花椒	1	—	63	25	32.67
		砂仁	9	—	13	15	39.33
	A ₁₂	火龙果	41	—	6	25	24
		皇竹草	59	—	31	65	51.67
	A ₂	构树	2	9	6	—	5.67
		栎树	54	33	13	—	0.33
		花椒	3	—	63	35	42.67
		荆条	14	—	6	15	11.67
中度石漠化	A ₃	柚木	87	8	13	—	53.33
		花椒	13	—	63	15	30.33
	A ₅	花椒	62	—	63	1	45
		砂仁	38	—	13	46	30.67
	A ₁₀	橘子	14	15	6	—	11.67
		花椒	86	—	63	1	53
	A ₆	花椒	33	—	63	45	47
		仙人掌	67	—	6	2	31
强度石漠化	A ₇	栎树	1	1	13	—	11
		核桃树	2	5	6	—	4.33
		女贞	52	—	6	2	26
	A ₈	花椒	36	—	63	3	39.67
		柚木	87	2	13	—	40
		花椒	13	—	63	2	32
	A ₁₁	花椒	3	—	63	45	46
		皇竹草	7	—	31	15	38.67

在潜在和轻度石漠化阶段,草本植物占据优势,主要是皇竹草和荩草,其次是桃树、栗子树等乔木相对密度高,因而具有较高的重要值,花椒、砂仁等灌木的重要值相对较低,属于伴生种,藤本植物火龙果则属于偶见种;在中度和强度石漠化阶段,草本植物不再占据优势,花椒、砂仁、仙人掌相对频度高,重要值占据优势,构树、栎树等乔木的重要值有所下降,沦为偶见种。

在样方调查时发现,以花椒为代表的灌木群落,部分阶段是优势种,而在有些阶段是伴生种,这可能与该阶段的生境密切相关。随着石漠化从潜在向强度演变,基岩裸露率不断变高,土层厚度逐渐变薄,干旱更加严重,花椒随之旺盛,对群落结构和稳定性的影响明显。

3.3 石漠化不同演变阶段植物群落多样性变化规律

植被恢复是减缓喀斯特地区石漠化演变的前提,关

键是物种多样性的恢复与发展。采用 α 多样性测度方法对花江示范区的植物群落多样性按潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化和强度石漠化分别进行测度,得到石漠化不同演变阶段植物群落的多样性指数(图 2)。

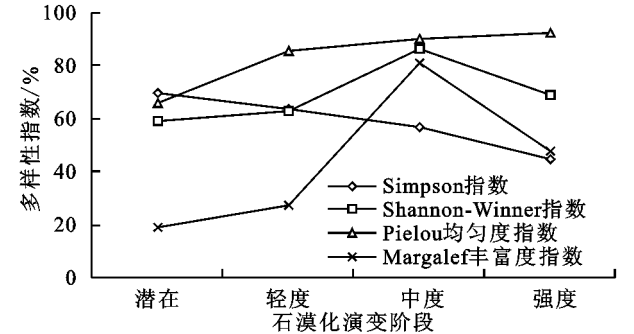


图 2 石漠化不同演变阶段植物群落多样性指数的变化

在石漠化不同演变阶段,植物群落的多样性指数

各不相同;Simpson 指数在石漠化从潜在演变到强度的过程中呈现出逐渐下降的规律;Shannon-Winner 多样性指数在石漠化从潜在演变到中度的过程中逐渐上升,从中度到强度则逐渐下降;Pielou 均匀度指数在石漠化从潜在演变到强度的过程中出现逐渐上升的规律,Margalef 丰富度指数在石漠化从潜在演变到中度的过程中上升,从中度到强度则下降。

物种多样性是生物多样性的简单度量,是衡量一定地区生物资源丰富程度的一个客观指标,可以反映出不同生境条件下植物群落多样性的变化规律。石漠化不同演变阶段植物群落 Simpson 指数、Shannon-Winner 指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数随着石漠化演变的进行而呈现出独特的变化趋势,这与近年来石漠化地区大力开展石漠化综合治理工作^[13]有关。

4 结论

在喀斯特生态系统恢复重建中,植被恢复是关键和核心,是改善生态环境的必要方法。在中度和强度石漠化阶段的地区应以保持水土为主要目标,提高植被覆盖度,增加生物多样性,选择容易存活且生态效益高的乡土植被类型,采取人工播种以促进更新,加快恢复速度。在潜在和轻度石漠化阶段的地区以水源涵养为目标,选择拥有经济效益的树种,主要采取人造林更新,结合天然更新,形成稳定乔林群落,达到保持水土和涵养水源的目的,同时要尽可能保留原有植被,形成较为稳定的环境。提高生态系统的多样性,从而可以提高喀斯特地区生态系统的稳定程度^[14]。

石漠化各类型之间的演变具有转移、多变、“此消彼长”的特点^[15],其演变过程极为复杂,采用空间代替时间的方法研究石漠化的演变过程中植物群落的响应存在一定的局限性,有待继续研究。另外,植被样地的选取方法需要进一步的完善。

参考文献:

- [1] 苏维词,杨华,李晴,等.我国西南喀斯特山区土地石漠化成因及防治[J].土壤通报,2006,37(3):447-451.
- [2] 彭晚霞,王克林,宋同清,等.喀斯特脆弱生态系统复合退化控制与重建模式[J].生态学报,2008,28(2):811-820.
- [3] 王圳,张金池,王如岩,等.喀斯特峡谷植被演替过程中的物种组成及多样性[J].林业科技开发,2010,24(6):48-51.
- [4] 才林,周忠发.喀斯特地区生态系统服务价值评估:以贵州花江示范区为例[J].江苏农业科学,2015,43(2):314-317.
- [5] 吕涛,蓝安军.喀斯特石漠化的遥感:GIS 典型研究[M].北京:地质出版社,2002.
- [6] 汤国安. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006.
- [7] 王新功,廖成章,洪伟,等.不同区域长苞铁杉群落植物组成及其区系特征的比较[J].江西农业大学学报,2003,25(1):65-68.
- [8] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [9] 刘玉明,马克平.生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,3(4):231-239.
- [10] 褚文珂,周莹莹,陈子林,等.珍稀植物华顶杜鹃群落分类和物种多样性研究[J].杭州师范大学学报:自然科学版,2013,12(3):240-244.
- [11] 杨华斌,韦小丽,党伟.黔中喀斯特植被不同演替阶段群落物种组成及多样性[J].山地农业生物学报,2009,28(3):203-207.
- [12] 穆彪,杨立美,张莉.喀斯特植被恢复过程的群落演替特征[J].西南大学学报:自然科学版,2008,30(6):91-95.
- [13] 陈圣子,周忠发,闫利会.基于网格 GIS 的喀斯特石漠化治理过程中生态系统健康变化诊断:以贵州花江示范区为例[J].中国岩溶,2015,34(3):266-273.
- [14] 刘峰,贺金生.生物多样性的生态系统功能[J].植物学通报,1999,16(6):671-676.
- [15] 白晓永,王世杰,陈起伟,等.贵州土地石漠化类型时空演变过程及其评价[J].地理学报,2009,64(5):609-618.