

# 喀斯特石漠化生态治理区结构与物种多样性研究

王代懿, 容丽, 梅再美, 龙俐

(贵州师范大学 地理与生物科学学院, 贵州 贵阳 550001)

**摘要:** 喀斯特石漠化现象已成为制约农村社会经济严重障碍, 其生态治理已成为学术界的研究热点和地方政府的迫切任务。以贵州省花江石漠化生态治理示范区人工植被为研究对象, 对人工植被的结构与物种多样性进行研究。结果得出, 示范区以花椒为主的人工植被的物种配置和空间结构都比较合理, 其物种多样性与群落结构有着密切关系, 随均匀度增大而增加, 随生态优势度的增加而递减, 并随石漠化强度的加重及海拔的升高而增加; 认为只要人工林模式的结构配置得当, 管理配套, 石漠化完全可以兼顾生态—经济效益进行治理。

**关键词:** 石漠化; 生态治理; 人工植被; 结构; 物种多样性

**文献标识码:** A      **文章编号:** 1000—288X(2005)02—0031—05      **中图分类号:** P642.25; Q948.1

## Structure and Species Diversity of Artificial Vegetation in Rocky Desertification Areas

WANG Dai-yi, RONG Li, MEI Zai-mei, LONG Li

(School of Geography and Biology Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, Guizhou Province, China)

**Abstract:** The phenomenon of rocky desertification presents a serious obstacle to rural economic development. Control of rocky desertification is drawing increasing academic attention and is an increasing urgent problem for local government. This study focused on the appropriate structure and species diversity of artificial vegetation in rocky desertification areas, established as a means of control. It was concluded that artificial vegetation with a spatial structure and species disposition dominated by pricklyash peel is suitable for desertification control, and that this assemblage has an advantageous community structure, which develops uniformly and with ecological dominance, which increases with latitude and as the rocky desertification process identities. It is proposed that rocky desertification areas can be managed, with ecological and economic benefits, with the establishment and management if such well structured artificial vegetation.

**Keywords:** rocky desertification; ecological control; artificial vegetation; structure; species diversity

中国是世界上 3 大喀斯特地貌集中分布区之一, 总面积约有  $1.37 \times 10^6 \text{ km}^2$ , 主要集中在我国的西南省区, 在广大石灰岩溶地区中, 都存在不同程度的石漠化。所谓喀斯特石漠化是指在喀斯特脆弱生态环境下, 由于人类不合理的社会经济活动而造成人地矛盾突出, 植被破坏、水土流失、土地生产力衰退丧失, 地表呈类似荒漠景观的岩石逐渐裸露的演变过程。

根据贵州省森林调查中的石山面积和省农业区划办的农业资源数据分析, 贵州省荒漠化面积从 1975 年  $8\,806.6 \text{ km}^2$  (5.0%) 发展到 1985 年的  $13\,888 \text{ km}^2$  (7.9%), 10 a 间平均每年增加  $508.2 \text{ km}^2$ ; 1999 年初已占 12.8%, 即  $22\,549.4 \text{ km}^2$ , 13 a 间平均每年增加  $666.3 \text{ km}^2$ 。据 1999 年卫星影像解译, 全省中度以上石漠化面积占到 7.49%, 标志着石漠化的程度已经相当高; 轻度以上石漠化面积占到 20.39%, 昭

示石漠化的面积已经相当大, 如再加上具有潜在石漠化的土地, 面积可以达到 45.20%, 意味着石漠化的危险性非常高<sup>[1]</sup>。

在生态治理方面, 我们旨在通过退耕还林和封山育林等措施, 达到生态、经济的共荣, 因而人工植被树种的选择都是经济林, 并在人工林的基础上进一步封山育林, 允许其上次生林的生长, 人工模拟自然立体结构, 以求在获得经济利益的同时, 确保达到最大的生态效益。因此本文所涉及的人工植被为带有自然植被的人工植被, 所作研究均包括人工林地内生长的次生林。

喀斯特石漠化地区人工植被结构与物种多样性的研究鲜见报导。本文以花江石漠化生态治理区为试点, 通过对该区人工林及其次生林的结构和物种多样性的研究, 来间接评估其生态恢复现状及环境效

应,体现群落和生态系统的结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度、生境差异等<sup>[2]</sup>,对深入探讨石漠化地区植被的生态恢复途径很有意义。

## 1 研究区概况

花江喀斯特峡谷位于贵州省西南部、关岭县以南,贞丰县以北的北盘江花江河段,是贵州省石漠化程度最严重的地区之一,其土层瘠薄,水土流失严重,经济水平低下,自我发展能力差,植被基本上已被破坏殆尽,在生态特征上具有典型的代表性。1998 年以来,我们通过执行国家“九五”和“十五”重点科技攻关项目,在示范区进行生态综合治理,绿化造林。目前所栽培人工林生长良好,景观得到很大改观。

花江石漠化生态治理区位于花江喀斯特峡谷南岸,总面积 1.60 km<sup>2</sup>,海拔 630~900 m,但大部分地区相对高度小于 200 m,气温、热量、湿度、土壤、植被都无明显垂直变化。示范区属中亚热带低热河谷,冬春温暖干旱,夏秋湿热,热量资源丰富。年均温 18.5℃,年均极端最高气温为 30.3℃,年均极端最低气温 4.7℃,积温 6542℃,年均降水量 1100 mm。

示范区土壤表现出薄、瘦、干、黏、碱特性。在红色石灰土中,发育大量钙质结核,这不仅反映土壤形成过程中岩溶碳钙循环、储积作用的强度,也反映了半湿润干热气候的成土过程特点。喜热性的芭蕉、柑橘、甘蔗、砂仁以及竹类等都能生长良好,尤宜耐旱喜暖的顶坛花椒生长,是适于建立花椒生产基地的生态环境。示范区多为次生植被,无明显的自然分带,其上为湿润常绿阔叶落叶林,黄壤石灰土带及半湿润常绿阔叶林红壤(红褐土)红色石灰土带。植被以枫香、栎树、灰毛浆果楝、榕树、楸树、滇红椿、香椿、清香木、香叶树、构树、粗糠柴、榕树、斜叶榕、酸枣、野桐、莢迷、南天竹、草叶鼠李、厚果鸡血藤、小叶鼠李、悬钩子、火棘、牡荆、仙人掌、千里光、落地生根、石苇、何首乌、地瓜、紫径泽兰等,表现出石生性、耐旱性和喜钙性的石灰岩植被种群生境。

## 2 研究方法

### 2.1 样地选择

采用设置样地的方法进行野外调查。样地面积 10 m × 20 m,共设置固定样地 23 个。其中强度石漠化样地 3 个,中度石漠化样地 7 个,轻度石漠化样地 3 个,潜在石漠化样地 10 个。

所设固定样地在空间布局上充分考虑土壤肥力、地质基础稳定性、小生境气候状况、光照、降水,土壤厚度及风向等影响因素,分别分布在在不同石漠化强

度、不同海拔高度、不同坡位、不同坡向和不同小生境上(图 1),具有一定的代表性,利于对石漠化地区不同生境作全面概括,其研究结果具有较高的准确性和普遍性。具体步骤如下:

- (1) 根据石漠化强度图初步确定样地个数;
- (2) 根据地形图初步选取不同石漠化强度、不同海拔、不同坡位样地;
- (3) 实地采点,结合地形图和遥感影像图沿途查看对照,在海拔、坡位一定的情况下,尽量选取与小班石漠化强度一致的样地;
- (4) 实际地点采用 GPS 定位,在地形图上标明样点,结合影像上坐标进行判定。



图 1 研究区及位置

### 2.2 实验观察

按季度对各样地内植株生物量进行长期动态监测,共进行了 6 次观察记载(表 1)。样地内植株大部分为 2002 年 5 月定植,花椒为 1 a 生实生苗,石榴为 2 a 生嫁接苗,金银花(红褐毛冬忍)扦插苗长度不小于 40 cm,砂仁为一级苗。样地内还包括自然进入样地的天然苗木和部分“九五”期间栽植的苗木。从 2002 年 10 月起,对每个样地的所有植物种类、株数、高度、地径和盖度进行观察记载。由于样地内的植被,尤其是草本层稀少,所以乔木、灌木、和草本的取样面积都是 10 m × 20 m,同时记录样方所在地的海拔高度、坡度、坡向及土壤类型等立地因素。

表 1 固定样地监测时间

第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次
2002 年 1005	2003 年 0123	2003 年 0501	2003 年 0901	2003 年 1201	2004 年 0501

### 2.3 物种多样性计算方法

#### 2.3.1 物种多样性

$$H = 3.3219(\lg N - \sum n_i \lg n_i / N)$$

式中:  $N$  ——个体总数;  $n_i$  ——第  $i$  种个体数。

#### 2.3.2 群落均匀度

$$J = (\lg N - \sum n_i \lg n_i / N) / \{ \lg N - [S - 1] \lg \frac{S}{S-1} \}$$

式中:  $N$  ——个体总数;  $n_i$  ——第  $i$  种个体数;  
 $S$  —— $N$  被  $S$  整除以外的余数;  $\frac{S}{S-1} = (N - 1) / S$ ;  
 $S$  ——种的数目。

#### 2.3.3 生态优势度

$$C = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s [n_i(n_i - 1)] / [N(N - 1)]$$

式中:  $N$  ——个体总数;  $n_i$  ——第  $i$  种个体数;  
 $S$  ——种的数目。

## 3 结果与分析

### 3.1 人工植被的结构分析

3.1.1 不同等级石漠化样地物种配置 在示范区内,针对不同等级石漠化强度区域,我们设计了不同的植物配置(图 2—5),除潜在石漠化样地外,其余不同等级石漠化样地内均有一定数量的天然种入侵,多

为毛椿、栾树、野桐、红背山麻杆、构树、清香木、斜叶榕、悬钩子、石岩枫、蓝楝、山蚂蝗等,但数量远远低于造林树种的保留株数。

3.1.2 直径与高生长及其冠幅 林分直径和高生长对林分恢复与生产经营有重要意义<sup>[3]</sup>。为便于分析,我们在不同等级石漠化样地内,分别取 3 个样地内 2002 年 5 月定植的植株,以第 1 次和第 4 次的生长量变化作为年生长量进行比较(表 2)。

得出结论:金银花在不同等级的石漠化样地内的生长量变化不大,且冠幅增加明显;花椒、砂仁、任豆和香椿在人工造林条件下,幼龄阶段就表现出速生趋势;花椒和任豆随石漠化强度程度的减弱,株高和冠幅年生长量明显增加,但地径变化不大。

3.1.3 树高结构 林木分层是人工林结构反映功能指标的一个重要特征。各样地内由于树种及栽植的时间不同,加上树种本身的分化,形成多层垂直结构。强度石漠化样地株高多分布在 1.3 m 和 0.8 m 处,中度石漠化样地多在 1.8 m 和 1.3 m 处,轻度石漠化样地多在 1.6 m 和 1.0 m,潜在石漠化样地多在 2.1 m 左右。从调查可知,人工植被尚处在幼龄阶段,乔木层还未分化出来,但总的来说,退耕以后,林下栾树和椿树的数量增多,任豆生长迅速,可以认为,随着林分的生长发育,林分将形成明显的层次结构。

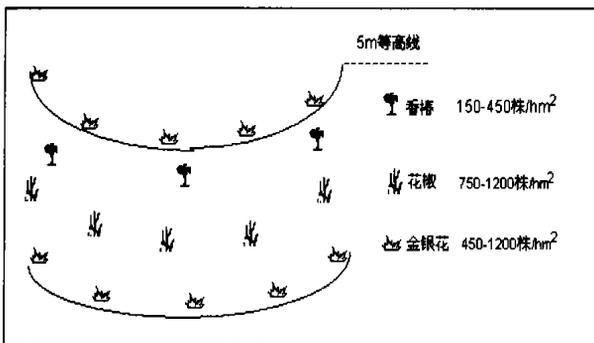


图 2 强度石漠化治理示范区的植物配置

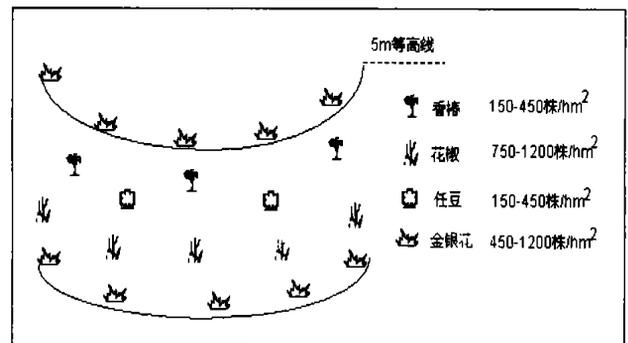


图 3 中度石漠化治理示范区的植物配置

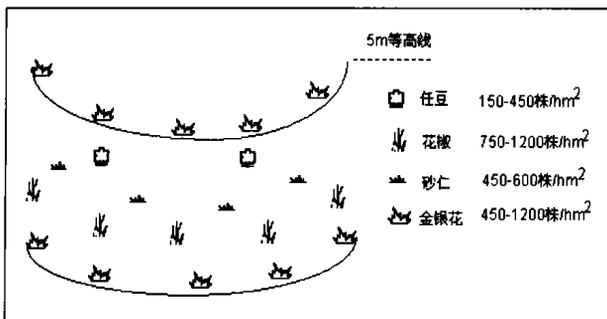


图 4 轻度石漠化治理示范区的植物配置

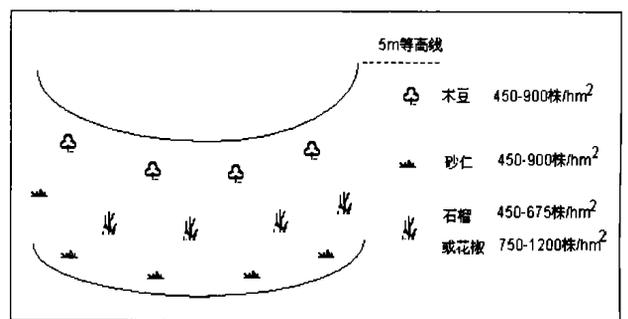


图 5 潜在石漠化治理示范区的植物配置

表 2 直径生长与高生长量表

样地	树种	植株高年生长量/m	直径年生长量/cm	冠幅/m <sup>2</sup>
强度石漠化	香椿	0.85	0.72	0.50
	花椒	0.61	0.98	1.52
	金银花	—	—	1.00
中度石漠化	香椿	0.90	1.21	0.52
	任豆	1.50	0.76	0.36
	花椒	0.80	1.11	1.75
轻度石漠化	金银花	—	—	1.18
	任豆	1.75	1.51	0.50
	花椒	0.82	1.08	1.82
潜在石漠化	金银花	—	—	1.20
	砂仁	0.57	—	0.89
	砂仁	0.60	—	1.36
潜在石漠化	花椒	0.84	1.17	1.98
	木豆	0.73	0.56	0.89
	石榴	0.79	0.93	0.75

3.1.4 垂直结构 因样地内一些高大的乔木树种还处于幼龄期,而重要值较大的花椒和构树是小乔木,且也大部分为 2~3 a 生,尚未能形成明显的乔、灌、草层次,所以本文不以树种或乔、灌、草来分层,只是简单地以样地内所有植株的高度为划分依据,将现阶段样地内植被进行分层。强度石漠化样地,第 1 层物种只有花椒幼树和构树,高约 1.4 m,占总株树的 42%左右,郁闭度约 20%。第 2 层植物种类相对较多,每一物种数量较少,最多的物种也才 11 株。主要由石岩枫、朴树、八角枫、楹树、斜叶榕、野桐、清香木等组成,大约占总株树的 38%,盖度为 19%,平均高约为 1.0 m。草本层为金银花和少量石斛、荃草等。作为乔木层配置的香椿尚为幼树,株高平均为 1.1 m,还未形成郁闭度,且每个样方不到一株。

中度石漠化样地垂直结构层次分化较为明显,第 1 层物种数为 3 种,主要由香椿、任豆和核桃等树种组成,物种个体总数平均为 5 株,高平均约 2 m,多为 1.5 a 生的幼树,郁闭度才 3%左右。第 2 层高度一般为 1~2 m,主要有花椒和构树,个体总数占总株树的 46%,盖度为 40%。草本层为金银花、悬钩子、荃草、乌荛梅和蕨类植物,盖度为 10%。

轻度石漠化样地垂直结构不明显,第 1 层为“九五”期间栽植的花椒,平均树高为 2 m 左右,郁闭度为 20%,第 2 层为花椒幼树和砂仁,平均高度为 1.22 m,盖度为 40%,草本层为金银花,数量较少,平均每个样地只有 1~2 株,但金银花为蔓延式生长,如管理得当,几年后,可以完全覆盖样方内裸露基岩。样地内的任豆长势良好,目前株高有 1.5 m,几年后,可成为样地内的主要乔木层。

潜在石漠化样地内目前垂直结构较差,只能分成 2 层。第 1 层由花椒和木豆构成,均高度 2.2 m,盖度 40%,第 2 层为砂仁,均高度 0.9 m,盖度约 40%。乔木层分化不明显,缺失草本层,作为乔木层配置的石榴目前均株高仅 1.9 m,均每个样方约 2 株。草本层的缺失主要是由于人工干扰和频繁除草造成。

### 3.2 物种多样性分析

物种多样性是认识群落的组织水平,功能状态的基础<sup>[4]</sup>。我们从示范区物种多样性现状与石漠化强度的关系、不同海拔与物种多样性的关系和物种多样性与人工林群落结构的关系等 3 个方面进行分析,以期对示范区内人工林群落性质及其主要影响因子有所认识,为该区物种多样性的保护、人工林结构模式、管理水平与持续利用提供参考或依据。以第 6 次观察值为依据计算其物种多样性,示范区不同等级石漠化强度样地人工植物群落物种多样性指数见表 3。

表 3 示范区不同等级石漠化强度样地人工植物群落物种多样性指数

样地号	石漠化等级	海拔/m	种数	总体个数	物种多样性 $H$	均匀度 $J$	优势度 $C$
009	强度	893	17	197	3.271 2	0.764 2	0.127 6
019	强度	865	13	168	2.760 7	0.746 1	0.183 0
027	强度	700	13	133	2.792 9	0.512 7	0.212 0
010	中度	820	14	322	2.843 5	0.253 0	0.230 7
022	中度	780	12	97	2.536 5	0.477 1	0.228 5
004	中度	772	12	135	2.836 8	0.485 8	0.168 7
021	轻度	787	7	108	2.051 4	0.220 0	0.304 4
003	轻度	745	5	78	2.597 0	0.280 0	0.196 5
025	轻度	721	8	89	1.922 2	0.265 9	0.329 6
018	潜在	870	8	578	1.207 0	2.124 9	0.749 1
020	潜在	797	2	56	0.676 9	0.010 0	0.701 2
012	潜在	735	5	83	1.704 2	0.178 9	0.365 7

强度和中度石漠化样地中,物种多样性和均匀度高,优势度低,反映了由多种物种组成,其优势种并不突出,且成层现象较为明显,说明花椒的个体数量不是占绝对优势,但它们在群落中所占的盖度、高度或重要值等仍比其它一般种大,因此它们仍可作群落中的优势种。轻度和潜在石漠化样地,物种多样性指数依次降低,而均匀度和优势度呈上升趋势。其中018号样地总体个数相对急剧增加,均匀度也较大,是由于样地内草本层的物种数和总体个数都较多决定的。

从上表可以看出,这些指标可以用来衡量人工林群落的类型和结构<sup>[5]</sup>,从强度石漠化样地、中度石漠化样地、轻度石漠化样地到潜在石漠化样地,多样性指数呈递减趋势,反映了物种种类、数量都在减少,优势种的明显性基本上随均匀度的递减而递增,也说明了随着石漠化程度的降低,物种组成越来越少,其优势种越来越突出,植物分布越来越不均匀,分层现象越来越不明显。高海拔地区物种多样性明显大于低海拔地区,生态优势度则随海拔的升高而下降,这是人为干扰的非自然梯度所造成,即低海拔地区人为干扰强度大于高海拔地区。

### 3 结论

(1) 花江地区人工林群落的问题,一是系统不稳定,表现在树种单一,遗传窄化;二是生物多样性低,尤其是头两年的抚育使许多早期的先锋种不能与人工植物种类一起生长<sup>[6]</sup>,在轻度和潜在石漠化样地内表现尤为明显。尽管这样,因造林植物选择的都是具有速生特性的乡土种,从植被结构的分析看来,该地区植被在恢复的速度、缩短成林时间和美学景观上都是比较成功的。随着人工林分年龄的变化,其种类成分及其演替发育状况也将随着变化,其结构和功能也将得到进一步改善。因此,建议对所设固定样地进行长期观测,得出更多信息,以对其作出全面讨论。

(2) 无论是用物种多样性指数还是用均匀度指数测度花江人工植物植被的多样性,都反映出基本一致的趋势。其多样性顺序为:强度石漠化样地 > 中度石漠化样地 > 轻度石漠化样地 > 潜在石漠化样地。同时,高海拔地区 > 低海拔地区(630 ~ 900 m)。不同海拔高度形成了不同生境,所受的人为干扰也不一样,物种多样性指数也表现出随海拔高度而变化分异的现象。强度石漠化和中度石漠化样地多分布在高海拔地区,封禁以后,其所受的人为干扰反而比靠近村寨的低海拔区的轻度和中度石漠化地区要小得多,物种多样性指数也较高,这主要是由于其上的次生林得到一定程度的恢复,草本层破坏较轻的原因。过

去,人们试图以花椒纯林来刺激经济的增长,但因生态效益欠佳,环境继续恶化,经济效益也受到影响。可见,在石漠化生态治理的方法上,在花椒人工林的基础上,人为引入有经济价值的乔木树种和草本层,并允许其上次生林的生长,形成人工—自然的复合植被系统,可改善人工植被结构,加速其正向演替进程,并兼顾生态、经济效益,达到治理的目的。轻度和潜在石漠化区物种多样性普遍较小,这在很大程度上是由于人类活动的不良影响造成。其实,轻度和潜在石漠化区土壤条件较好,管理方便,植株生长量远远高于其它两区(表2),只要改善耕作制度,增加乔木层和草本层的物种丰富度,其恢复的速度和效果理论上应比其它两区明显。因此加强项目区的管理水平,提高群众的环保意识,是治理后不可忽视的工作。

(3) 经过我们的治理,强度石漠化样地上的植物总盖度已经达到40%,物种多样性指数平均为2.9416,比其它3种类型的样地都要高得多,证明在示范区的生态条件下,强度石漠化是可以治好的,推翻了以往对强度石漠化不可治理的观点。

(4) 通过分析人工植被的结构与特征,可认为示范区人工植被物种组成虽较单一,但已越来越趋于丰富,高大乔木树种和草本的引入,使示范区初步具备了乔、灌、草立体结构的雏形,其结构总体上是比较合理的,物种多样性指数较之治理之前也有很大提高,充分体现了示范区生态治理和退耕还林的价值所在,为进一步开展石漠化治理提供了可行的方法和理论依据,为更好地保护和建设和喀斯特区奠定了基础。

致谢:本文在熊康宁教授的悉心指导下完成,并得到屠玉麟教授的热情帮助,在野外调查工作中得到吴克华、李辉、杨云生、娄玉昆等同学的大力支持,在此表示衷心的感谢。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 熊康宁,黎平,周忠发,等.喀斯特石漠化的遥感—GIS典型研究——以贵州省为例[M].地质出版社,2002.45.
- [2] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理和方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.13—36.
- [3] 杨彦承,张玉珍,赵立忠,等.海南坝王岭山地人工林林分结构与森林可持续经营指标的初步研究[J].河北林果研究,2000,15(1):6—9.
- [4] 马克平,黄建辉,于顺利,等.北京东灵山地区植物群落多样性的研究[J].生态学报,1995,15(3):268—277.
- [5] 刘创民,李昌哲,苏云良,等.北京九龙山灌丛植被的物种多样性分析[J].林业科学研究,1994,7(2):143—148.
- [6] 陈宏伟,刘永刚,冯弦,等.云南西双版纳西南桦人工林群落结构初步研究[J].广西林业科学,1999,28(3):118—126.