

云南省砚山县石漠化区域植被修复的物种配置研究

赵敏慧, 陆艳, 王婷, 陆贵文

(玉溪师范学院 资源环境学院, 云南 玉溪 653100)

摘要: [目的] 对石漠化区域人工植被恢复的物种配置方案进行研究, 为恢复石漠化地区的生态服务功能, 遏制水土流失提供技术支撑。[方法] 通过对砚山县不同等级石漠化区域的植被进行实地调查, 选取并查明无明显石漠化、潜在石漠化和轻度石漠化 3 类小区域植物群落结构特征及各物种在群落中的地位。[结果] 清香木、栓皮栎是乔木层优势种, 火棘、野花椒是灌木层优势种, 茅草为草本层优势种, 葛藤为藤本植物优势种, 它们均具有极为重要的生态价值和经济价值。[结论] 结合当地实际情况, 提出采用各层乡土优势种并结合引进物种山葡萄等进行石漠化山地乔灌木藤搭配为适合人工植被修复的物种配置方案。

关键词: 砚山县; 石漠化; 人工植被恢复; 物种配置

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)02-0319-07

中图分类号: Q89

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.02.060

Species Configuration for Vegetation Restoration of Rocky Desertification Area in Yanshan County of Yunnan Province

ZHAO Minhui, LU Yan, WANG Ting, LU Guiwen

(College of Resources and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi, Yunnan 653100, China)

Abstract: [Objective] This article aims to put forward a reasonable scheme on species configuration of artificial vegetation in rocky area, which is expected to be a technical support for restoring ecological systems and preventing water and soil loss. [Methods] According to the investigation on different grade vegetation in rocky desertification areas of Yanshan County of Yunnan Province, three types of species, which grow in the no rocky desertification, potential rocky desertification and mild desertification, are selected, and the community structure feature and their status in the community are analyzed. [Results] The dominant species in the different community are all recognized, such as *Pistacia weinmannifolia* and *Quercus variabilis* of arborous layer, *Pyracantha fortuneana* and *Zanthoxylum simulans* of shrub layer, *Thatch* of herb layer, *Pueraria lobata* of vine. They had an extremely important ecological and economic value. [Conclusion] According to the local condition, we proposed a reasonable species configuration scheme which combines the local dominant species of each layer and introduced species, such as *Vitis amurensis* by mixing mountain grass and shrub in the rocky desertification mountain.

Keywords: Yanshan County; rocky desertification; artificial vegetation restoration; species configuration

石漠化是指在热带、亚热带湿润地区、碳酸盐发育的喀斯特脆弱生态环境下, 由于人为干扰造成植被持续退化乃至丧失, 导致水土资源流失, 土地生产力下降, 基岩大面积裸露于地表(或砾石堆积)而呈现类似荒漠景观的土地退化过程^[1]。改革开放以来, 随着西南地区人口和经济的快速发展, 加快了对喀斯特地貌的人为干扰, 致使西南以石漠化为主要特征的生态环境退化日益严峻。以 20 世纪 90 年代末的遥感资料结合地面调查为依据, 滇黔桂三省区石漠化面积占总石漠化面积的 84%, 10 a 来石漠化面积从 $8.29 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增加到 $1.05 \times 10^5 \text{ km}^2$, 平均每年增加 $1\ 650.26 \text{ km}^2$, 年平均增长率为 2%^[2]。云南省文山

州砚山县 2007 年被列为国家 100 个重点石漠化治理县之一。自 20 世纪 80 年代以来, 我国一些学者^[3-6] 针对南方岩溶石漠化的内涵、成因、分类、演化和治理等方面的问题做了大量研究, 取得了许多成果。但目前石漠化治理的进展仍然比较缓慢, 究其原因, 一是石漠化环境非常脆弱, 条件差, 治理难度大; 二是石漠化的发生与发展不仅与自然条件和生态环境有关, 而且与经济发展和当地居民的生产与生活密切相关, 涉及面广, 需要科学合理的治理技术方法。本研究对砚山县石漠化区域植被进行了实地勘察, 对石漠化区域人工植被恢复的物种配置方案进行研究, 以期恢复石漠化地区的生态服务功能、遏制水土流失提供技术支撑。

收稿日期: 2014-02-17

修回日期: 2014-03-18

资助项目: 玉溪师范学院大学生创新创业训练计划项目“云南砚山县石漠化现状及植被恢复模式研究”(2012B29)

第一作者: 赵敏慧(1974—), 女(汉族), 云南省通海县人, 硕士, 副教授, 主要从事景观生态与生态恢复研究。E-mail: zmh@yxnu.net。

1 砚山县自然概况

1.1 自然概况

砚山县地处云南省东南部,隶属文山壮族苗族自治州,属北亚热带季风气候区。其特点是气候温和,冬无严寒,夏无酷暑,雨量充沛,但分配不匀,干湿季明显。全县平均气温 12.5~19℃,极端最高温 33.2℃,极端最低温 -7.8℃。平均降雨量 840~1400 mm,历年平均无霜期为 300 d^[7]。全境土壤有红壤、黄壤、紫色土、石灰岩土、水稻土等 5 个土类,11 个亚类,17 个土属,31 个土种。土壤肥力较低,有机质含量贫乏,偏酸,耕作层较浅,氮、磷、钾含量少且不协调。

1.2 砚山县石漠化现状

砚山县地处滇东南岩溶高原中部,石灰岩分布广

泛,岩石种类主要有碳酸盐岩。全县 11 个乡镇)国土总面积为 3 826.57 km²,岩溶土地面积 1 944.25 km²,其中石漠化土地面积 862.37 km²,占该县国土面积 22.5%。全县范围均有岩溶地貌分布,其中平远、阿舍、维摩、江那、盘龙、阿猛、干河等 7 个乡镇是典型的石漠化地区,石漠化面积 771.65 km²,占全县石漠化面积的 89.5%。砚山县现有水土流失面积 1 604.95 km²,占全县土地面积的 41.53%,年侵蚀总量 6.85×10⁶ t,年平均侵蚀深 1.31 mm^[7],生态建设任务十分紧迫和艰巨。

根据国家林业局《西南岩溶地区石漠化监测技术规范》,依据基岩裸露的程度、裸岩结构、植被结构和覆盖率,将石漠化划分为 6 级^[8],砚山县每个等级特征及面积情况详见表 1。

表 1 砚山县石漠化等级特征

石漠化程度分级	基岩裸露率/%	裸岩结构	植被结构	植被覆盖率/%	面积/km ²
无明显石漠化	<20		乔灌木	≥70	918.57
潜在石漠化	≥20~30	点状	乔灌木	≥50~<70	163.31
轻度石漠化	≥30~50	点状+线状	乔草+灌木	≥35~50	73.32
中度石漠化	≥50~70	线状+点状	疏草+疏灌	≥20~35	625.76
强度石漠化	≥70~90	面状	疏草	≥10~20	159.37
极强度石漠化	≥90	面状	稀少	<10	3.92

注:各等级石漠化面积数据来源于砚山县统计局。

2 研究方法

2013 年 4 月选取砚山县无明显石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化 3 种不同程度石漠化区域进行样地调查。样地形状不限,依地形而定,每个区域设置样地 3 个,共设置样地 9 个,单个面积 144 m² (12 m×12 m)。在每个样地内每木调查乔木、灌木,并分别设置面积为 1 m² (1 m×1 m) 的小样方,调查草本植物。在设置的群落样地内,用法瑞学派方法调查每个样方的植物种类、每种植物的存在度、生活型、多优度、群集度、高度及群落盖度。存在度用 I, II, III, IV, V 这 5 级表示。种的多优度用 +~5 共 6 级表示,群集度采用 1~5 级表示,生活型采用 Raunkiaer 系统表示。

然后计算存在度在 4 级以上的综合优势比,综合优势比=(盖度比+高度比)/2×100%,其中,盖度比=某一物种的盖度/样地中盖度最大的物种盖度×100%,高度比=某一物种的高度/样地中高度最大的物种高度×100%^[9]。

3 不同等级石漠化区域的群落结构及各植物种在群落中的地位

3.1 无明显石漠化区域的群落结构特征

3.1.1 无明显石漠化区域群落 由样方资料分析可

知,无明显石漠化样地植物群落乔灌木分层明显,层间有藤本植物。所调查的 3 个样地共有 47 种植物,单个样地 21~25 种(表 2—3)。从样地群落结构分析,乔木层主要由栓皮栎、榿栎、青冈栎和清香木 4 种构成,树高 5~11 m,胸径在 20~40 cm 之间,层盖度 40%~60%左右。灌木层种类组成繁多,主要由清香木幼株、青冈栎幼株、野花椒等组成,树高 0.5~3 m,层盖度为 20%~30%。草本种类较为丰富,主要由紫茎泽兰、牛筋草、毛蕨菜等组成,层高 0.1~1.2 m,层盖度 10%~20%。藤本植物物种组成较少且数量小,只有金银花、菝葜、常春藤和葛藤 4 种藤本植物,覆盖度 1%~5%左右。几乎没有附生植物。

表 2 无明显石漠化样地基本情况

样地号	无明显石漠化 1	无明显石漠化 2	无明显石漠化 3
地点	大尖山	歪头山	龙山
海拔/m	1 350	1 840	1 600
坡向	南偏东	西北	正南
坡度	22	31	38
样地面积/m ²	12×12	12×12	12×12
总盖度/%	95	90	95
植物种数/种	22	25	21

表 3 无明显石漠化各样地植物种特征

植物名称	无明显石漠化 1		无明显石漠化 2		无明显石漠化 3		存在度	盖度/ %	生活型	
	多优度— 群聚度	高度/ m	多优度— 群聚度	高度/ m	多优度— 群聚度	高度/ m				
乔木层	云南松	+ . 1	8					II	0.67	Ph
	栓皮栎	2.3	5~9	2.2	5.5~11	2.3	5~10	V	20.37	Ph
	槲栎					1.1	5~7	II	1.02	Ph
	清香木	2.2	5	2.2	5~6	2.2	5.5~7	V	13.46	Ph
	青冈栎	2.2	5~8	2.3	6~7	2.2	5.5~8	V	8.42	Ph
	糙皮桦			+ . 1	6~7			II	0.88	Ph
	臭椿	+ . 1	6					II	0.66	Ph
	堂梨树			+ . 1	2.5			II	0.61	Ph
灌木层	常绿蔷薇	+ . 1	1.5					II	0.523	Ph
	西南荀子			+ . 1	1.5			II	0.023	Ph
	山茶	1.1	1~1.5					II	1.034	Ph
	白牛胆					+ . 1	0.5	II	1.023	Ch
	橄榄			1.1	1.2			II	1.051	Ph
	密蒙花					1.1	1.5	II	0.034	Ph
	云实			+ . 1	1.7			II	0.043	Ph
	白刺花			+ . 1	1.5~2			II	0.034	Ph
	野花椒	2.2	1.5~2	2.2	0.9~1.5	2.2	1~2	V	5.627	Ph
	火棘					1.1	0.8~2	II	1.333	Ph
	平枝荀子	+ . 1	2~2.5					II	0.667	Ph
	小叶朴					+ . 1	1~1.5	II	1.667	Ph
	清香木	2.2	0.9~1.5	2.3	1~1.5	2.3	1~1.5	V	9.667	Ph
	墨荆树	+ . 1	1.4					II	0.033	Ph
	青冈栎					1.1	1~1.5	II	2.334	Ph
	糙皮桦	+ . 1	1.5					II	1.833	Ph
	麻栎			1.1	0.8~1.5			II	1.085	Ph
	小叶榕	+ . 1	1.2					II	0.032	Ph
草本层	茅草	1.1	0.2					II	0.633	Ph
	苏门白酒草			+ . 1	0.3			II	0.033	T
	黄芩					+ . 1	0.15	II	0.033	Ph
	毛蕨菜	2.2	0.25	2.3	0.3			IV	3	H
	土荆芥					+ . 1	0.2	II	0.033	Ph
	酢浆草	+ . 2	0.1	+ . 1	0.1	+ . 1	0.1	II	0.033	T
	耳草			+ . 1	0.1			II	0.033	Ph
	辣子草	+ . 1	0.3			+ . 1	0.4	II	0.533	T
	小飞蓬	+ . 1	0.25					II	0.333	T
	假臭草					+ . 1	0.35	II	0.033	T
	黄花稔			+ . 1	0.2			II	0.033	Ph
	狗牙根			+ . 1	0.3~0.5			II	0.833	Ph
	臭灵丹			+ . 1	0.2			I	0.033	Ph
	斑鸠菊			+ . 1	0.15			II	0.033	Ph
	牛筋草	3.3	0.2			3.3	0.25	IV	3.133	T
	百倍铁线蕨	1.1	0.3					II	0.833	H
	三叶悬钩子			+ . 1	0.2			II	0.033	Ph
	紫茎泽兰	2.2	0.5~1	1.1	0.5~1.2	2.2	0.4~1	V	6	Ph
	火绒草	+ . 1	0.2					II	0.033	Ph
	苔草					+ . 1	0.3~0.5	II	0.033	Ph
野古草			+ . 1	0.2			II	0.033	Ph	
藤本	金银花			1.1				II	0.083	Ph
	菝葜	+ . 1						II	0.033	Ph
	常春藤					1.2		II	0.245	Ph
	葛藤	2.3		2.2		2.3		V	1.012	Ph

注:云南松(*Pinus yunnanensis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、槲栎(*Quercus aliena*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、青冈栎(*Glauca*)、糙皮桦(*Betula utilis*)、臭椿(*Ailanto*)、堂梨树(*Pyrus pashia*)、常绿蔷薇(*Rosa longicuspis*)、西南荀子(*Chaenomeles microphyllus*)、山茶(*Camellia japonica*)、白牛胆(*Inula cappa*)、橄榄(*Canarium album*)、密蒙花(*Buddleia*)、云实(*Caesalpinia*)、白刺花(*White tattoo*)、野花椒(*Zanthoxylum simulans*)、火棘(*Pyracantha fortuneana*)、平枝荀子(*Flat sticks Xunzi*)、小叶朴(*Lobular Park*)、墨荆树(*Mexico and wattle*)、麻栎(*Acutissima*)、小叶榕(*Ficus microcarpa*)、茅草(*Thatch*)、苏门白酒草(*Sumatran fleabane*)、滇黄芩(*Scutellaria amoena*)、毛蕨菜(*Pteridium revolutum*)、土荆芥(*Wormseed*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、耳草(*Hedyotis auricularia*)、辣草(*Spicy grass*)、小飞蓬(*Small canadensis*)、假臭草(*Catarium grass*)、白背黄花稔(*Sida rhoimbiifolia*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、臭灵丹(*Laggera pterodonta*)、斑鸠菊(*Vernonia esculenta*)、牛筋草(*Eleusine*)、百倍铁线蕨(*Hundred fold maidenhair fern*)、三叶悬钩子(*Rubus delavayi*)、紫茎泽兰(*Eupatorium coelestrium*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、彩页草(*Carex callitrichos*)、野古草(*Arundinella hirta*)、金银花(*Lonicera japonica*)、菝葜(*Smilax china*)、常春藤(*Hedera nepalensis var. sinensis*)、葛藤(*Pueraria lobata*)；生活型 T, H, Ch, Ph 分别表示一年生植物、地面芽植物、地上芽植物和高位芽植物。种的多优度采用+~5 共 6 级表示。群集度采用 1~5 级表示。下同。

3.1.2 无明显石漠化样地存在度 4 级以上物种在群落中的地位 从表 2—3 可以看出,在所调查的 3 个样地中,乔木层、灌木层和草本层的物种较为丰富,多优度—聚群度大多在+.1,1.1,2.2 之间。从表 4 可以看出,存在度 4 级及 4 级以上的物种有 8 种,其中乔木层的综合优势比最高的是栓皮栎,其次是清香木

和青冈栎,灌木层的综合优势比最高的是清香木,其次是野花椒,清香木为乔木幼株。

草本层的综合优势比最高的是紫茎泽兰,其次是牛筋草和毛蕨菜。进一步得出栓皮栎是建群种,野花椒、紫茎泽兰和葛藤分别是灌木层、草本层和藤本植物的优势种。

表 4 无明显石漠化样地存在度 4 级以上物种综合优势比

植物名称	无明显石漠化 1			无明显石漠化 2			无明显石漠化 3		
	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比
乔木层									
栓皮栎	1	1	1	1	1	1	1	1	1
清香木	0.66	0.56	0.61	0.63	0.5	0.57	0.58	0.63	0.61
青冈栎	0.28	0.72	0.5	0.31	0.59	0.45	0.28	0.68	0.48
灌木层									
清香木	1	1	1	1	1	1	1	1	1
野花椒	0.78	0.58	0.68	0.214	0.4	0.307	0.158	0.5	0.329
草本层									
紫茎泽兰	1	1	1	1	1	1	1	1	1
牛筋草	0.432	0.2	0.316				0.188	0.25	0.219
毛蕨菜	0.124	0.25	0.187	0.062	0.25	0.156			

3.2 潜在石漠化区域的群落结构特征

3.2.1 潜在石漠化区域群落 由样方资料可知,潜在石漠化样地没有高大乔木生长,有乔木幼株的分布,植物群落分层呈灌、草两层及藤本植物。所调查的 3 个样地共有 29 种植物,单个样地 12~14 种(表 5—6)。从样地群落结构分析,灌木层与无石漠化地区相比物种组成较单一,主要由抗旱性较强的火棘、青冈栎、清香木等组成,树高 0.5~3 m,层盖度为 20%~30%。草本层相对较繁茂,拥有较多的物种,主要由茅草、紫茎泽兰、毛蕨菜等组成,层高 0.1~0.5 m,层盖度 10%~20%。藤本植物物种很少见,只有葛藤、常春藤和菝葜三种常见耐旱藤本,覆盖度 1%~6%左右。几乎无附生植物。

3.2.2 潜在石漠化样地存在度 4 级以上物种在群落中的地位 从表 5—6 可以看出,在所调查的 3 个样地中,潜在石漠化样地没有高大乔木的生长,灌木层相对于无石漠化样地较单一,草本层的物种较为丰富,多优度—聚群度大多在+.1,1.1,2.2 之间。藤

本植物中葛藤的优势度—群聚度和存在度最高。从表 7 可以看出,存在度 4 级及 4 级以上的物种有 7 种,其中灌木层的综合优势比最高的是火棘,其次是青冈栎和清香木,青冈栎和清香木为乔木幼株。草本层的综合优势比最高的是茅草,其次是紫茎泽兰和毛蕨菜。进一步得出在潜在石漠化样地中火棘是灌木层的优势种,茅草是草本层的优势种。

表 5 潜在石漠化样地基本情况

样地号	潜在石漠化 1	潜在石漠化 2	潜在石漠化 3
地点	小黑山	狮子山	老毛山
海拔/m	1 650	1 540	1 780
坡向	南偏西	正东	西北
坡度	22	27	31
样地面积/m ²	12×12	12×12	12×12
总盖度/%	47	45	49
植物种数/种	12	14	12

表 6 潜在石漠化样地植物种特征

植物名称	潜在石漠化 1		潜在石漠化 2		潜在石漠化 3		存在度	盖度 系数/%	生活型
	多优度— 群聚度	高度/ m	多优度— 群聚度	高度/ m	多优度— 群聚度	高度/ m			
火棘	2.2	1~3	1.1	1.5~3	2.2	1~2.5	V	11.61	Ph
青冈栎	3.3	0.7~1.5	3.3	1~15	2.3	1~1.5	V	6	Ph
清香木	1.1	0.7~1.5				1~1.5	IV	4.223	Ph
云实			+ .1	1.2			II	0.247	Ph
野花椒			1.1	0.5~1.5			II	3.403	Ph
白栎	1.1	0.9~1.5					II	1.012	Ph
小叶榕			+ .1	1			II	0.2	Ph
橄榄			1.1	1.5			II	0.833	Ph
堂梨树	+ .1	1.5					II	0.563	Ph
密蒙花					+ .1	1.5	II	0.667	Ph
黄芩	+ .1	0.2					II	0.333	Ph
毛蕨菜			1.2	0.3	1.2	0.25	IV	1.576	H
土荆芥			+ .1	0.2			II	0.533	Ph
小飞蓬	+ .1	0.5					I	0.532	T
假臭草					+ .1	0.3	II	0.033	T
黄花稔			+ .1	0.3			II	0.532	Ph
牛筋草					1.1	0.3~0.5	II	0.833	Ph
臭灵丹	+ .1	0.4					II	0.033	Ph
茅草	2.2	0.2~0.4	2.3	0.35	2.2	0.2~0.4	V	5	Ph
百倍铁线蕨			+ .1	0.35			II	1.223	H
三叶悬钩子			+ .1	0.2			II	0.033	Ph
紫茎泽兰			2.2	0.5~1.2	2.2	0.4~1	IV	3.833	Ph
火绒草	+ .1	0.2					II	0.033	Ph
苔草					+ .1	0.1~0.5	II	0.533	Ph
飞机草					+ .1	1	II	0.546	Ph
野古草	+ .1	0.2					II	0.533	Ph
葛藤	2.2				2.2		IV	1.134	Ph
常春藤			1.1				II	0.133	Ph
菝葜					1.1		II	0.823	Ph

注:有关植物学名分别为:白栎(White oak),飞机草(Odorata)。

表 7 潜在石漠化群落样地存在度 4 级以上物种综合优势比

植物名称	潜在石漠化 1			潜在石漠化 2			潜在石漠化 3		
	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比
火棘	1	1	1	1	1	1	1	1	1
灌木层 青冈栎	0.024	0.45	0.237	0.246	0.58	0.413	0.024	0.6	0.312
清香木	0.133	0.37	0.252				0.046	0.5	0.273
茅草	1	0.6	0.8	1	0.290	0.645	1	0.300	0.650
草本层 紫茎泽兰				0.020	1	0.510	0.002	1	0.501
毛蕨菜				0.064	0.25	0.157	0.042	0.250	0.146

3.3 轻度石漠化区域的群落结构特征

3.3.1 轻度石漠化区域群落 由样方资料可知,轻度石漠化样地也没有高大乔木生长,有乔木幼株的分布,植物群落分层呈灌、草两层及藤本植物,所调查的 3 个样地共有种 19 植物,单个样地 9~11 种(表 8—9)。从

样地群落结构分析,灌木层与无石漠化、潜在石漠化地区相比物种组成极为单一,主要由火棘、青冈栎、云实、清香木、野花椒等耐旱耐贫瘠的物种所组成,层高 0.8~3 m,层盖度为 10%~20%。草本种类较为丰富,主要由茅草、紫茎泽兰、肾蕨等组成,层高 0.1~

0.6 m,层盖度 5%~10%。藤本植物物种很少见,仅有葛藤和菝葜两种常见耐旱藤本,覆盖度 1%~5%左右。几乎无附生植物。

表 8 轻度石漠化样地基本情况

样地号	轻度石漠化 1	轻度石漠化 2	轻度石漠化 3
地点	墨山	白龙山	马鞍山
海拔/m	1 700	1 540	1 900
坡向	正南	南偏西	正东
坡度	22	31	38
样地面积/m ²	12×12	12×12	12×12
总盖度/%	27	25	27
植物种数/种	9	11	9

3.3.2 轻度石漠化样地存在度 4 级以上物种在群落中的地位 从表 8—9 可以看出,在所调查的 3 个样地中,轻度石漠化样地没有高大乔木的生长,灌木层相对于无石漠化样地极为单一,草本层的物种数较少,多优度—聚群度大多在 +.1,1.1,2.2 之间。藤本植物中葛藤的优势度—群聚度和存在度最高。从表 10 可以看出,存在度 4 级及 4 级以上的物种有 6 种,其中灌木层的综合优势比最高的是火棘,其次是乔木幼株清香木和青冈栎。草本层综合优势比最高的是茅草,其次是紫茎泽兰和肾蕨。进一步得出轻度石漠化样地火棘是灌木层的优势种,茅草是草本层的优势种。

表 9 轻度石漠化样地植物种特征

植物名称	轻度石漠化 1		轻度石漠化 2		轻度石漠化 3		存在度	盖度/%	生活型	
	多优度— 群聚度	高度/ m	多优度— 群聚度	高度/ m	多优度— 群聚度	高度/ m				
灌 木 层	青冈栎	1.1	1~2			1.1	1~1.5	IV	1.733	Ph
	野花椒			1.1	0.9~1.5			II	1.342	Ph
	云实					+.1	1.2	II	0.834	Ph
	火棘	2.2	1.5~3	2.3	1~2.5	2.3	1~3	V	7	Ph
	清香木	1.1	1~1.5	1.1	0.8~1.2			IV	3.667	Ph
草 本 层	黄芩	+.1	0.15					II	0.033	Ph
	肾蕨	1.1	0.4			1.1	0.3	IV	1.321	H
	土荆芥			+.1	0.25			II	0.332	Ph
	小飞蓬			+.1	0.3			II	0.033	T
	假臭草					+.1	0.3	II	0.033	T
	黄花稔			+.1	0.2			II	0.133	Ph
	牛筋草	1.1	0.2~0.3					II	0.833	Ph
	臭灵丹			+.1	0.2			I	0.133	Ph
	茅草	3.3	0.2~0.5	2.3	0.35	2.2	0.2~0.6	V	4	T
	蜈蚣蕨			1.1	0.25			II	0.833	H
	紫茎泽兰	2.2	0.5~1.2			2.2	0.4~1	IV	2.533	Ph
	火绒草					+.1	0.2	II	0.533	Ph
	藤 本	葛藤	1.1		+.1		1.1		V	1.023
菝葜				+.1				II	0.666	Ph

注:有关植物学名为:肾蕨(*Pteridium revolutum*),蜈蚣蕨(*Pteris vittata* L.)。

表 10 轻度石漠化群落样地存在度 4 级以上物种综合优势比

植物名称	轻度石漠化 1			轻度石漠化 2			轻度石漠化 3			
	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比	盖度比	高度比	综合优势比	
灌 木 层	火棘	1	1	1	1	1	1	1	1	
	清香木	0.228	0.42	0.324	0.01	0.33	0.17			
	青冈栎	0.052	0.50	0.276				0.056	0.42	0.238
草 本 层	茅草	1	0.29	0.650	1	1	1	1	0.40	0.700
	紫茎泽兰	0.060	1	0.530				0.220	1	0.610
	肾蕨	0.036	0.33	0.183				0.106	0.30	0.203

4 石漠化区域植被修复的物种配置方案

4.1 石漠化区域群落演替规律

通过对 3 种不同程度石漠化样地的群落调查可以看出,无明显石漠化群落由乔、灌、草三层及藤本植物组成,潜在和轻度石漠化群落只有灌、草两层及藤本植物,3 类群落垂直结构由复杂到简单,物种由丰富到稀少,层高度和层盖度也逐渐下降,呈现逆行演替的趋势。多年生草本植物茅草、紫茎泽兰和毛蕨菜和藤本植物葛藤作为耐旱耐贫的物种,在极强度石漠化阶段仍然保留,至到无明显石漠化阶段都属于草本层和藤本的优势种,对地被层的覆盖起着重要作用。灌木野花椒和火棘在调查的 3 类群落中一直以优势种或亚优势种的身份存在,只是所处的演替阶段不同,地位也不同。清香木和青冈栎作为无明显石漠化阶段乔木层的亚优势种,其幼株也是潜在和轻度石漠化阶段中存在度 4 级以上的物种,他们的存在对不同等级群落的构建起着重要的作用。以上这些物种除紫茎泽兰外均是研究区适生性较强的乡土物种,对决定群落动态演替起着决定性的作用,可以做为研究区人工植被恢复的物种。

4.2 植被修复方法和物种选择原则

通过对石漠化地区的调查分析发现,石漠化地区多为石灰岩山地,土层干旱瘠薄。无明显石漠化区域土层深厚,潜在石漠化和轻度石漠化区域土层相对较厚,中度、强度及极强度石漠化区域几乎被石灰岩所覆盖,只在岩石缝隙中残余有少量的土壤,只有极少耐瘠耐旱性较强的植物如(蕨类和杂草)能生长,且植株矮小。依据不同石漠化区域的环境特点,潜在石漠化区域可在封山育林的基础上任其自然修复,轻度至极强度石漠化区域应在人工覆土的基础上,实施人工造林或补种补植等人工修复。

考虑到人工修复的可操作性,及修复后的群落结构合理、物种丰富、系统稳定的成效,治理中物种选择

应遵循 6 项原则:(1) 根系发达、生长快;(2) 适应性强、抗逆性好;(3) 优先选择固氮物种;(4) 尽量选择当地优良的乡土物种和先锋物种;(5) 种源易于人工繁殖,易栽易管;(6) 物种不仅经济价值高,还具有多功能效益^[10]。

4.3 人工修复群落的物种配置方案

由于石漠化地区土地瘠薄且干旱,不利于乔木植物的快速成活生长,因此造林以根系发达的乡土灌木为主,遵循灌、草、藤混植原则。

为了提高群落物种多样性和水土保持效益,可依表 4,7,10 的分析结果及调查群落的演替规律,选用各调查群落优势种对各人工修复区域进行物种配置。(1) 对于潜在石漠化区域,该区域土层相对较厚,分布有清香木、青冈栎等乔木幼株,灌木和草本生长较繁茂,其地表还有藤本植物生长,主要实施严封严管,避免人为干扰破坏,使其自然修复。(2) 对于轻度石漠化地区,该区域土层相对更为瘠薄,植物生长稀疏且灌木物种和数量都较单一,草本植物较多。该区域可在植被较为稀疏,具有一定厚度土层的地方按照乔灌草藤分别为 20%,30%,30%,20% 的比例人工补种乔木栓皮栎、清香木、青冈栎,灌木火棘和野花椒,草本茅草、牛筋草,及藤本山葡萄、金银花、葛藤等。(3) 对于中度、强度、极强度石漠化区域,水土流失严重,土壤极度贫瘠稀少,只有岩石缝隙中有少量土壤。这几类区域的治理,可以在岩石间有土壤的地方按灌草藤分别 30%,30%,40% 的比例进行人工补种灌木火棘、野花椒,草本植物茅草和牛筋草,藤本植物山葡萄、金银花、葛藤等。在没有土壤的岩石缝隙间、地形低洼地带及坡度平缓的地方,先进行人工覆土,然后再人工种植如上灌草藤植物。对于人工更新难度较大、采用工程措施成本较大的区域实行封山育林,强封严管,同时采取人工撒播或飞播草籽以促进恢复。各等级石漠化区域植被恢复的具体物种配置方案详见表 11。

表 11 砚山县石漠化人工恢复群落物种配置

恢复区位置	乔木树种	灌木树种	草本植物	藤本植物
潜在石漠化区域	自然恢复	自然恢复	自然恢复	自然恢复
轻度石漠化区域	清香木、栓皮栎、青冈栎	火棘、野花椒	茅草、牛筋草	山葡萄、金银花、葛藤
中度、强度、极强度石漠化区域	—	火棘、野花椒	茅草、牛筋草	山葡萄、金银花、葛藤

5 结论

在众多的生态恢复措施中,植被既可以保存或恢复土壤生物肥力,固定土壤,减少对表土的破坏,避免

土壤营养盐流失污染地表水,又能改善环境,增加经济收入,体现出较强的生态、社会和经济价值,从而成为治理石漠化区域水土流失的一项根本性措施。

(下转第 331 页)

- [7] Deshon J E. Development and Application of the Invertebrate Community Index(ICI)[M]//Davis W S, Simon T P, eds. Biological Assessment and Criteria: Tools for Water Resource Planning and Decision Making. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1995:217-243.
- [8] Ohio E P A. The Use of Biocriteria in the Ohio EPA Surface Water Monitoring and Assessment Program Columbus[R]. Columbia; Ohio Environmental Protection Agency, Ecological Assessment Section, Division of Water Quality Planning and Assessments, 1990.
- [9] Ladson A R, White L J, Doolan J A, et al. Development and testing of an index of stream condition for waterway management in Australia[J]. Fresh Water Biology, 1999,41(2):453-468.
- [10] Kleynhans C J. A qualitative procedure for the assessment of the habitat integrity status of the Luvuvhu River (Limpopo system, South Africa) [J]. Journal of Aquatic Ecosystem Health, 1996,5(1):41-54.
- [11] Plafkin J L, Barbour M T, Porter K D, et al. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Rivers: Benthic Macroinvertebrates and Fish[M]//Washington DC: US Environmental Protection Agency, 1989.
- [12] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报,2002,13(1):121-125.
- [13] 杨帆,赵冬至,马小峰,等. RS 和 GIS 技术在湿地景观生态研究中的应用进展[J]. 遥感技术与应用,2007,22(3):471-478.
- [14] 张松,郭怀成,盛虎,等. 河流流域生态安全综合评估方法[J]. 环境科学研究,2012,25(7):826-832.
- [15] Campbell K R, Bartell S M. Ecological Models and Ecological Risk Assessment[M] // Newman M C, eds. Risk Assessment: Logic and Measurement. Michigan: Ann Arbor Press, 1998:69-100.
- [16] 崔保山,杨志峰. 湿地学[M]. 北京:北京师范大学出版社,2006:3-15.
- [17] 王备新,杨莲芳. 用河流生物指数评价秦淮河上游水质的研究[J]. 生态学报,2003,23(10):2082-2091.
- [18] 马陶武,黄清辉,王海,等. 太湖水质评价中底栖动物综合生物指数的筛选及生物基准的确立[J]. 生态学报,2008,8(3):1192-1200.
- [19] 李春晖,崔嵬,庞爱萍,等. 流域生态健康评价理论与方法研究进展[J]. 地理科学进展,2008,27(1):9-17.
- [20] 吴炳方,罗治敏. 基于遥感信息的流域生态系统健康评价:以大宁河流域为例[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(1):102-106.
- [21] 蒋卫国,李京,李加洪,等. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报,2005,25(3):408-414.
- [22] 中国环境科学研究院. 流域生态健康评估技术指南[R]. 北京:中国环境科学研究院,2013.
- [23] 解雪峰,吴涛,肖翠,等. 基于 PSR 模型的东阳江流域生态安全评价[J]. 资源科学,2014,36(8):1702-1711.

(上接第 325 页)

本研究通过对研究区不同等级石漠化区域进行实地调查,选取尚有相对丰富物种生长的无明显石漠化、潜在石漠化和轻度石漠化 3 类小区域做了详细群落结构调查和物种分析。结果表明,清香木、火棘、野花椒、葛藤等都是该地区抗逆性强的乡土物种,且均为各层优势种,具有极为重要的生态价值和经济价值。结合当地实际情况,用这些优势植物并结合引进物种山葡萄来进行石漠化山地乔灌草藤搭配的人工植被修复的物种配置,以逐渐恢复石漠化地区的生态服务功能,重建良性生态系统。

[参 考 文 献]

- [1] 陈志辉,徐旌,张卓亚. 文山州石漠化状况及成因分析[J]. 林业调查规划,2008,33(1):70-73.
- [2] 童立强,丁富海. 西南岩溶石山地区石漠化遥感调查研究[C]//中国地质调查局. 中国岩溶地下水与石漠化研究论文集. 广西南宁:广西科技出版社,2003:36-45.
- [3] 蔡运龙. 中国西南喀斯特区的生态重建与农林牧发展:研究现状与趋势[J]. 资源科学,1999,21(5):37-41.
- [4] Yuan Daoxian. Rocky desertification in the subtropical karst of south China[J]. Zeitschrift für Geomorphologie, 1997,12(2):108.
- [5] 袁道先. 我国西南岩溶石山的环境地质问题[J]. 世界科技研究与发展,1997,19(5):41-43.
- [6] 周德全,王世,张殿. 关于喀斯特石漠化研究问题的探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报,2003,22(2):127-132.
- [7] 胡扬. 砚山林业发展刍议[J]. 内蒙古林业调查设计,2008,31(3):122-124.
- [8] 宋维峰. 我国石漠化现状及其防治综述[J]. 中国水土保持科学,2007,5(5):102-106.
- [9] 盛连喜,冯江,王妮. 环境生态学导论[M]. 北京:高等教育出版社,2009:116-117.
- [10] 赵敏慧,杨礼攀,杨中宝,等. 抚仙湖流域磷矿开采废弃地恢复云南松群落的物种配置研究[J]. 林业实用技术 2010,98(2):3-6.