

抚仙湖流域磷矿开采废弃地恢复 竹林群落的物种配置研究^{*}

赵敏慧¹, 杨礼攀², 杨中宝¹, 王 跃¹

(1. 玉溪师范学院, 云南 玉溪 653100; 2. 云南中医学院, 昆明 650500)

摘 要:通过野外群落调查, 对抚仙湖流域磷矿开采区分布较广的经济林种竹林群落的结构特征及各物种在群落内的地位进行了分析, 制定出用美竹、滇朴、黄连木、火棘、地石榴等竹林群落各层优势种及当地耐贫瘠的乡土物种, 做磷矿开采废弃地恢复的物种配置方案, 以使恢复后的竹林群落结构合理、物种丰富、系统稳定, 尽快恢复矿区的生态和经济服务功能。

关键词:植被恢复; 竹林群落; 物种配置; 磷矿开采区; 抚仙湖流域

中图分类号: X171.4; S795

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0229-04

A Study on Species Disposition of *Phyllostachys decora* Community of the Abandoned Phosphate Mining in Fuxian Lake Watershed

ZHAO Min-hui¹, YANG Li-pan², YANG Zhong-bao¹, WANG Yue¹

(1. Yuxi Teachers College, Yuxi, Yunnan 653100, China; 2. Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650500, China)

Abstract: Based on the structural characteristics and species status in the *phyllostachys decora* community on the phosphorus mineral region in Fuxian lake watershed, the paper analyzed and developed reasonable species disposition pattern of *Phyllostachys decora* community in the abandoned phosphate mining. The plan was disposed *Phyllostachys decora*, *Celtis yunnanensis*, *Pistacia chinensis*, *Pyracantha fortuneana*, *Ficus ticoua* as dominant species in *Phyllostachys decora* community. This promoted the restored *Phyllostachys decora* community to become reasonable structure, abundant species, the biodiversity stability, and restored the ecological and economical service of the mining as soon as possible.

Key words: vegetation restoration; *Phyllostachys decora* community; species disposition; phosphorus mineral region; Fuxian Lake watershed

磷矿是抚仙湖流域的重要资源, 在澄江县具有 20 余年的开采历史。磷矿开采引发的水土流失成为抚仙湖的一个重要污染源。矿区水土流失这一面源污染的形式, 除对本区域产生影响外, 还会对更大范围内的土地利用、水文条件产生影响^[1]。矿山废弃地对土地的侵占和环境污染已成为区域社会经济发展的制约因素^[2-4], 因此磷矿开采的植被和生态恢复是该区域环境治理的主要措施。

植被所表现出的固持土壤、保持水土、净化环境

是生态建设的重要目标, 同时也产生较好的经济和社会效益, 成为矿山生态恢复和重建的核心。竹林是易栽易管的一类经济林, 在抚仙湖流域分布广泛, 生长良好, 并具有较强的水土保持效能, 可选作磷矿开采废弃地的恢复林种^[5-6]。而恢复林种内物种的配置(选择)适当与否是植被恢复工作成败的关键之一^[7]。为恢复和改善抚仙湖磷矿开采区生态环境, 提高地方民众的经济收入, 通过野外调查, 对抚仙湖流域经济效益较高的竹林群落特征及群落内物种地

^{*} 收稿日期: 2009-09-15

基金项目: 云南省科技厅应用基础研究“抚仙湖流域磷矿开采区植被恢复的林种配置与空间布局研究”(2006B0088M); 云南省教育厅科学基础研究项目“抚仙湖流域磷矿开采区植被恢复的林种配置研究”(0621248)

作者简介: 赵敏慧(1974-), 女, 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

通信作者: 杨礼攀(1974-), 男, 云南省会泽县人, 博士, 副教授, 主要从事资源植物和植物生态研究。E-mail: lipany@xtbg.ac.cn

位进行了分析, 制定了磷矿开采废弃地恢复竹林群落的最佳物种配置方案, 以使竹林在恢复中通过合理的树种配置, 增加物种多样性, 在短期内发挥最大的生态效益和经济效益。

1 研究区概况

抚仙湖磷矿开采区位于抚仙湖东北角, 玉溪市澄江县城东, 东经 $102^{\circ}56' - 103^{\circ}01'$, 北纬 $24^{\circ}37' - 24^{\circ}46'$ 。开采区面积 $7\,244.27\text{ hm}^2$, 占流域总面积的 10.28% , 总储量 4 亿 t, 品位高, 易开采。本区属亚热带高原季风气候, 干湿季节分明, 雨热同季, 年平均气温 16.5°C , 最冷月 1 月平均气温 8.3°C , 最热月 7 月平均气温 20.5°C , 年降水量 $900\sim 1\,200\text{ mm}$, 年日照时数为 $2\,141.8\text{ h}$ 。土壤有红壤、黄棕壤、水稻土, 以红壤为主。地带性植被是以壳斗科(*Fagaceae*)、樟科(*Lauraceae*)、茶科(*Theaceae*)、木兰科(*Magnoliaceae*)植物为优势种的半湿润常绿阔叶林。但该区由于开发时间较早, 人为破坏严重, 目前半湿润常绿阔叶林仅残留 39.40 hm^2 , 占整个开采区的 0.54% , 在磷矿开采区植被生态系统中的生态作用有限。目前地表植被以旱地栽培植被面积最大, 为 $2\,749.61\text{ hm}^2$, 占磷矿开采区面积 37.96% 。其次是次生植被华山松林和云南松, 两者面积合计占开采区的 31.71% , 其它植被类型均面积较小, 且呈零散分布状态。磷矿开采废弃地面积 119.70 hm^2 , 虽只占开采区面积的 1.65% , 但因常年深度剥离式的开采方式对地表植被破坏较大, 又缺乏有利的开采面恢复措施, 雨季表土随径流流失, 增加了抚仙湖的污染负荷。

2 研究方法

依分散典型取样原则, 在研究区竹林群落成片分布的地段, 选取样地进行群落调查。样地形状不限, 依地形而定, 共设置样地 3 个, 单个面积 25 m^2 ($5\text{ m}\times 5\text{ m}$)。在每个样地内每木调查乔木、灌木, 并分别设置面积为 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ 的小样方 5 个, 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Ⅺ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿ 表示。生活型采用 Raunkiaer 系统表示, 即以休眠或复苏芽所处的位置高低和保护的方式分为以下几类: 高位芽植物(Ph), 地上芽植物(Ch), 地面芽植物(H), 地下芽植物(G)和一年生植物(T)^[7]。

多优度采用+ ~ 5 六级制^[8], 即盖度- 多度级, 以盖度为主结合多度, 各等级表示样地内某种植物的种盖度大小值。各等级含义分别为: 5: 种盖度在 75% 以上者; 4: 种盖度在 $50\%\sim 75\%$ 以上者; 3: 种盖度在

$25\%\sim 50\%$ 者; 2: 种盖度在 $5\%\sim 25\%$ 者; 1: 种盖度在 5% 以下, 或数量尚多者; + : 种盖度很小, 数量也少, 或单株。根据盖度等级, 同时体现了被调查的样地总数和物种在样地的出现次数计算得到盖度系数。群聚度级采用 5 级制, 以聚生状况与盖度相结合, 各等级含义为: 5: 集成大片, 背景化; 4: 小群或大块; 3: 小片或小块; 2: 小丛或小簇; 1: 个别散生或单生。

然后计算每个物种的综合优势比, 综合优势比 = (盖度比+ 高度比) / $2\times 100\%$, 其中盖度比= 某一物种的盖度/ 样地中盖度最大的物种盖度 $\times 100\%$, 高度比= 某一物种的高度/ 样地中高度最大的物种高度 $\times 100\%$ 。

3 竹林群落特征及各植物种在群落中的地位分析

3.1 竹林群落特征

自然竹子(*Phyllostachys decora*)种群多为森林下的伴生种类, 随着原生森林的毁坏逐渐发展成林, 并能形成维持相当时间的稳定群落, 或村寨附近由人工栽培自然发展成林。研究区竹林面积合计 21.19 hm^2 , 占该区域面积的 0.29% , 多为人工种植发展而来的单优群落, 生长迅速, $3\sim 5\text{ a}$ 便可成林, 总盖度较高, 多分布于水湿条件较好的沟箐中。调查样地内竹林高 $6\sim 12\text{ m}$, 茎干粗 $1.5\sim 4\text{ cm}$, 生长茂密, 在 25 m^2 的样地内, 竹子生长整齐, 有 $62\sim 150$ 株, 每公顷可达 $18\,000\sim 45\,000$ 株。林内除建群种美竹及草本紫荆泽兰外, 其它物种均是样地四周传播进来的本地乡土种。调查样地内共有 18 种植物, 总物种数较低, 单个样地 $5\sim 12$ 种, 且各物种个体数少、多优度- 群聚度较低, 介于+ . 1~ 2.2 之间(见表 1)。竹类因具有特殊的生活型, 在植被分类中作为一个单独的植被类型(见表 1、表 2)。

3.2 竹林群落样地存在度 4 级及 4 级以上物种在群落中的地位

样地 1 有物种 9 种, 存在度 4 级及 4 级以上的 6 种, 灌木层土茯苓、滇山茶综合优势比 0.75, 巴豆藤 0.69, 在该层占相对优势, 另外有梁王茶单株出现; 草本层存在度 4 级以上的只有沿阶草 1 种出现。样地 2 总物种数 5 种, 存在度 4 级以上的除美竹外只有土牛膝 1 种以单株出现。样地 3 有物种 12 种, 存在度 4 级及 4 级以上的 7 种, 其中灌木层中巴豆藤综合优势比 1, 滇山茶 0.91, 土茯苓 0.87, 梁王茶 0.62, 优势比依次降低; 草本层综合优势比沿阶草为 1 最占优势, 其次是土牛膝 0.56。因此竹林群落中除美竹之外优势度较高的物种是: 灌木层: 土茯苓、滇山茶、梁王茶和藤本植物巴豆藤, 草本层: 沿阶草、土牛膝(见表 3)。

表 1 竹林群落样地环境

样地号		竹林 1	竹林 2	竹林 3
植物群落环境特征	地点	风口哨大陷塘	风口哨小麦冲	风口哨大陷塘
	海拔/ m	2139	2120	2280
	坡向	东北	正北	正北
	坡 度/(°)	5~ 6	25	4~ 6
	总 盖 度/ %	95	95	90
	植物种数/ 种	9	5	12
	样地内竹子数量/ 株	150	62	95

表 2 竹林群落样地物种特征

植物名称		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	存在度	盖度 系数	生活型
灌 木 层	美竹	5. 5	6~ 8	5. 5	8~ 12	5. 5	6~ 8	(Ⅸ)	87. 5	Ph
	<i>Phyllostachys decora</i>									
	土茯苓	1. 1	0. 3~ 0. 5			1. 1	0. 3~ 0. 6	Ⓔ	1. 67	Ph
	<i>Smilax glabra</i>									
	巴豆藤	1. 1	0. 3~ 0. 7			1. 1	0. 4~ 0. 7	Ⓔ	1. 67	Ph
	<i>Craspedolobium schochii</i>									
	滇山茶	+ . 1	0. 8			1. 1	0. 4~ 0. 6	Ⓔ	0. 86	Ph
	<i>Camellia reticulata</i>									
	梁王茶	+ . 1	0. 5			1. 1	0. 2~ 0. 4	Ⓔ	0. 86	Ph
	<i>Nothopanax delavayi</i>									
	山林果(幼苗)					1. 1	0. 2~ 0. 3	Ⓔ	0. 83	Ph
	<i>Crataegus scabrifolia</i>									
	白牛筋	+ . 1	1					Ⓔ	0. 03	Ph
	<i>Dichotomanhtus tristaniaeacarpa</i>									
	滇朴	+ . 1	1. 2					Ⓔ	0. 03	Ph
	<i>Celtis yunnanensis</i>									
	滇润楠	+ . 1	1. 6					Ⓔ	0. 03	Ph
	<i>Machilus yunnanensis</i>									
草 本 层	沿阶草	1. 1	0. 4~ 0. 6			2. 2	0. 4~ 0. 5	Ⓔ	5. 83	H
	<i>Ophiopogon bodinieri</i>									
	土牛膝			+ . 1	0. 65	1. 1	0. 3~ 0. 5	Ⓔ	0. 86	H
	<i>Achyranthes aspera</i>									
	山乌龟					1. 1	0. 4~ 0. 55	Ⓔ	0. 83	G
	<i>Stephania epigaea</i>									
	云南山土瓜					1. 1	0. 2~ 0. 3	Ⓔ	0. 83	G
	<i>Vigna cylindrica</i>									
	爪哇唐松草					1. 1	0. 4~ 0. 6	Ⓔ	0. 83	H
	<i>Thalictrum javanicum</i>									
	一把伞天南星			+ . 1	0. 7			Ⓔ	0. 03	G
	<i>Arisaema arubescens</i>									
	薯蓣					1. 1	0. 2~ 0. 4	Ⓔ	0. 83	G
	<i>Dioscorea melanophyma</i>									
	紫茎泽兰			+ . 1	0. 6			Ⓔ	0. 03	Ph
	<i>Eupatorium coelestrium.</i>									
	辣子草(对叶菊)			+ . 1	0. 4			Ⓔ	0. 03	T
	<i>Galinsoga parviflora</i>									

注: 为比较的方便以样地 1 作为标准进行排序。

表 3 竹林群落样地存在度四级及以上物种综合优势比

样地号		竹林 1			竹林 2			竹林 3		
	植物名称	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	美竹	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	土茯苓	1	0.5	0.75				1	0.75	0.87
	滇山茶	0.5	1	0.75				1	0.83	0.91
	巴豆藤	0.75	0.63	0.69				1	1	1
	梁王茶	0.25	0.63	0.44				0.75	0.5	0.62
	沿阶草	1	1	1				1	1	1
草本层	土牛膝				1	1	1	0.23	0.89	0.56

注:以样地 1 作为标准进行排序。

4 竹林群落内的物种配置

4.1 物种选择原则

为使恢复后的竹林群落结构合理、功能完善,物种多样性丰富,群落内物种的配置应依恢复地段的立地条件,按“乔灌草藤结合”的原则,选择既要具有固坡、防止水土流失等生态防护作用,又要有利于景观美化的树种。具体的种类选择则要考虑以下特点:(1)根系发达、生长快;(2)适应性强、抗逆性好;(3)具固氮能力;(4)当地优良的乡土树种和先锋树种;(5)种源易于人工繁殖,易栽易管;(6)树种不仅经济价值高,还具有多功能效益。

4.2 物种配置方案

竹林由于受到较多人为干扰,物种多样性低,但竹林更多是作为经济的考虑而栽培的,因此为了提高人工竹林群落的物种丰富性和稳定性,可适当配置竹林样地内存在度 4 级及以上物种。同时可在林内适当的配置滇朴、黄连木(*Pistacia chinensis*)等常绿阔叶林的优良乔木树种,火棘(*Pyracantha fortuneana*)、常绿蔷薇(*Rosa longicuspis*)等适应性较强的灌木,以及地石榴(*Ficus ticoua*)、葛根(*Pueraria lobata*)等具不定根,有较强萌生性,能在较短时间内覆盖大面积地表,护坡,护土效果良好的藤本植物。这样既可以增加竹林的物种丰富度和覆盖度,也可使作为经济林使用的竹林也不至于因竹子的砍伐而破坏群落结构。

具体的物种配置在矿区土地复垦后分 3 个地段来施行:在开采斜坡区、平台区、集水区、表土堆积区,沿等高线带状整地,选种研究区适应性强的阔叶树种和竹林群落内的美竹和优势灌木树种,以起到构建群落的作用;在开采陡坎区,选用研究区广泛分布的耐贫瘠、干旱、萌生性强、护坡,护土效果良好、生长迅速的藤蔓植物,如地石榴、葛根、巴豆藤等,以

提高土壤的保水性和快速改善干旱、贫瘠的小环境;在待恢复地段附近划出小片水肥条件较好的区域做补植区,并在其上栽种待恢复优势乔木种和成活率高、具经济价值、美化效果的火棘、常绿蔷薇做后备补充,同时在废弃平台区植入美竹、慈竹(*Affinis (Rendle) McClure*)、滇朴、黄连木。这样,通过营造乔灌草藤复层林,将对矿区生态恢复起到较好的作用。

5 结语

竹林青翠挺拔、冠形优美,生长迅速,是优良的庭院绿化树种,也是高山风景区之优良风景林树种,也是当地群众喜爱的经济林,易栽易管,具较高经济价值。同时在水源涵养、提高土壤抗蚀性和土壤营养成分含量方面效果较优。因此竹林是磷矿开采废弃地上做植被恢复的理想林种。但竹林生长需要较好的水分条件,只适宜在水分条件较好的山坳种植,而在水分条件较差的山坡上则不易成活。因此为了兼顾生态和经济效益,磷矿开采形成的低洼积水地带可选竹子做植被恢复,附近地带可依具体地段的小生境差异,配置群落和研究区优势乔灌树种及研究区耐贫瘠、干旱、萌生性强、护坡,护土效果良好、生长迅速的藤草植物。这将缩短群落从废弃地到经济林的恢复和演替时间,使恢复后的竹林群落结构合理、物种多样性丰富,生态系统稳定,以尽快发挥磷矿开采区的生态服务功能和经济效益。

参考文献:

[1] 卞正富,张国良,胡喜宽. 矿区水土流失及其控制研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(4):31-36.
[2] 蓝崇钰,束文圣,孙庆业. 采矿地的复垦[M]// 陈昌笃. 持续发展与生态学. 北京: 中国科技出版社,1993:132-138.

土壤脲酶和多酚氧化酶的峰值均出现在玉米成熟期; 大多情况下, 土壤酶活性高于播种前。这表明了作物的生长发育与土壤酶活性关系密切。

(4) 土壤酶与土壤养分因子之间具有明显相关性, 土壤酶活性的高低可以反映土壤养分转化的强弱, 揭示出了土壤蔗糖酶、脲酶和碱性磷酸酶活性可以用来作为评价土壤肥力水平的综合指标。

参考文献:

[1] 周礼恺, 张志明, 曹承绵. 土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中作用[J]. 土壤学报, 1983, 20(4): 413-417.

[2] Apsimonhm. Ammonium emissions and their role in acid deposition[J]. Atmospheric Environment, 1987, 21: 1939-1945.

[3] 袁玲, 杨邦俊, 郑兰君, 等. 长期施肥对土壤酶活性和氮磷养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(4): 300-306.

[4] 任祖淦, 陈玉水, 唐福钦, 等. 有机无机肥料配施对土壤微生物和酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(3): 279-283.

[5] 孙瑞莲, 赵秉强, 朱鲁生, 等. 长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 406-410.

[6] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.

[7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 62-142.

[8] Tarafdar J C, Meena S, Kathju S. Influence of straw size on activity and biomass of soil microorganisms during decomposition [J]. Eur. J. Soil Biol, 2001 (37): 157-160.

[9] Zantua M I, Dumenil L C, Bremner J M. Relationships between soil urease activity and other soil properties[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1977, 41: 350-352.

[10] 杜伟文, 欧阳中万. 土壤酶研究进展[J]. 湖南林业科技, 2005, 32(5): 76-80.

[11] 陈华癸, 樊庆笙. 微生物学[M]. 北京: 农业出版社,

1980.

[12] 蒋和, 翁文钰, 林增泉. 施肥十年后的水稻土微生物学特性和酶活性的研究[J]. 土壤通报, 1990, 21(6): 265-268.

[13] Castaldi P, Garau G, Melis P. Maturity assessment of compost from municipal solid waste through the study of enzyme activities and water-soluble fractions [J]. Waste Management, 2008, 28: 534-540.

[14] Bandick A K, Dick R, Field P. management effects on soil enzyme activities[J]. Soil Biol Biochem, 1999, 31: 1471-1479.

[15] Powlson D S, Brookes P C, Christensen B T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total organic matter due to straw incorporation[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1987, 19: 159-164.

[16] 赵兰坡. 土壤磷酸酶活性测定方法的探讨[J]. 土壤通报, 1986(3): 138-141.

[17] Mersi W, Schinner F. An improved and accurate method for determining the dehydrogenase activity of soils with iodonitrotetrazolium chloride [J]. Biology and Fertility of Soils, 1991, 11: 216-220.

[18] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 229-230.

[19] 邱莉萍, 刘军, 和文祥, 等. 长期培肥对土壤酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(4): 44-47.

[20] 耿玉清, 白翠霞, 赵铁蕊, 等. 北京八达岭地区土壤酶活性及其与土壤肥力的关系[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(5): 7-11.

[21] Disk R P. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health [M] // Pnkrst C, Dube B M, Gupta V V S R. Biological Indicators of Soil Health. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 1997: 121-157.

[22] Hopkins D W, Shiel R S. Size and activity of soil microbial communities in long-term experimental grassland plots treated with manure and inorganic fertilizers [J]. Biology & Fertility of Soils, 1996, 22: 66-70.

(上接第 232 页)

[3] Dudka S, Adriano D C. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26: 590-602.

[4] Wong M H. Environmental impacts of iron ore tailings, the case of Tolo Harbour, HongKong[J]. Environmental Management, 1981, 5: 135-145.

[5] 赵敏慧, 杨礼攀. 基于现状植物群落特征的东大河磷矿开采区植被恢复研究[J]. 玉溪师范学院学报, 2007, 23(8): 46-51.

[6] 张建萍, 杨树华, 王宝荣. 抚仙湖流域磷矿区主要植物群落水土保持效应研究[J]. 西部林业科学, 2004, 33(2): 76-80.

[7] 吕福军, 王晓辉, 刘成, 等. 通辽市科尔沁区适宜林种结构和树种配置的探讨[J]. 内蒙古民族大学学报: 自然科学版, 2003, 18(1): 50-52.

[8] 云南大学生态地植物研究室. 昆明西山青岗栎群丛的初步研究[C] // 云南大学学术论文集. 第五辑(生物分册). 1965.