

抚仙湖流域磷矿开采废弃地恢复灌草丛的物种配置研究

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废弃地 1~5 a 自然恢复的植被群落演替规律、特征及各物种在群落内的地位进行分析,制定出用自然恢复群落中出现的优势种滇蔗茅、波叶山蚂蝗及当地抗逆性强的其它乡土藤、灌木植物做磷矿开采废弃地灌草丛群落做恢复的物种配置方案,以改善磷矿开采废弃地恶劣的土壤环境,为后续灌木林的演替和恢复打好基础。

关键词:植被恢复; 灌草丛群落; 物种配置; 磷矿开采废弃地; 抚仙湖流域

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0169-03

A Study on Species Disposition of Shrub-grass Community on the Phosphorus Mining Wasteland 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: According to the surveys of 1~5 years recovery of natural vegetation in phosphorus-mined wasteland which was abandoned, the rule of plant community succession, character and species status in plant community were analyzed. Based on the results of surveys and analysis, a reasonable species disposition plan of shrub-grass community on phosphorus-mined wasteland was developed forward to recovery natural vegetation. The disposition species consist of *Erianthus rockii*, *Desmodium sequax* which was dominant species of nature restoration community and some strong resistance local shrub, vine species. As a result, the poor soil environment would be improved and the shrub community would be restored in phosphorus mining wasteland.

Key words: vegetation rehabilitation; shrub-grass community; species disposition; phosphorus-mined wasteland; Fuxian lake watershed

抚仙湖流域磷矿的露天开采在澄江县已有 20 余年的历史。磷矿开采所引发的水土流失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]。同时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]。

植被所表现出的固持土壤、保持水土、净化环境的功能是生态建设的重要目标,同时也产生较好的生态、经济和社会效益,成为矿山生态恢复和重建的核心。而恢复植被群落内如果物种配置不当,将使林木不易成活或树木长期生长不良,起不到森林的防护作用,使经济受到巨大损失^[5]。在土壤水分极缺乏而贫瘠的磷矿开采废弃地上做高大植物群落的人工恢复,

成活率必将不理想,也是不经济的,但做草本或灌木的恢复,可在短期内提高地表的植被覆盖率,实现对裸露地的水土截留。因此,为遏制磷矿开采对抚仙湖造成的污染,本文选取研究区 1~5 a 磷矿废弃地草本植物群落,分析其群落自然演替的形成规律和特征,研制恢复灌草丛群落的物种配置方案,为后续灌木林地的演替和恢复打好基础。

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°56' - 103°01',北纬 24°37' - 24°46'。开采区面积 7 244.27 hm²,占流域总面积的

收稿日期: 2010-03-28

资助项目: 云南省科技厅“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“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,云南通海人,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

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℃, 最冷月 1 月平均气温 8.3℃, 最热月 7 月平均气温 20.5℃, 年降水量 900~1200 mm, 年日照时数为 2141.8 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。磷矿开采废弃地面积 119.70 hm², 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

野外调查依分散典型取样原则, 在磷矿开采废弃地上, 以空间代替时间系列, 选取 1~5 a 磷矿废弃地草本植物群落设置样地。样地形状不限, 依地形而定, 共设置样地 16 个, 单个面积 25 m² (5 m×5 m)。

表 1 磷矿开采废弃地 1~5 a 自然恢复植被群落特征

年限/ a	样地 号	物种 数	总盖度/ %	群落高/ cm	优势种	亚优势种
1	1	17	60	85	牛尾蒿、细柄野芥	披散门荆、红茎马唐、革命菜、狗尾草
	2	14	85	80	牛尾蒿、土荆芥、披散门荆	细柄野芥、红茎马唐、狗尾草、革命菜
	3	10	85	50	红茎马唐、细柄野芥	金雀花、香清
	4	16	70	130	牛尾蒿、加蓬	紫茎泽兰
2	5	11	85	150	牛尾蒿、加蓬	紫茎泽兰
	6	10	90	170	牛尾蒿、加蓬	皱叶狗尾草、砖子苗、酢浆草
	7	20	85	90	紫茎泽兰、牛尾蒿	红茎马唐、加蓬、毛杆青蒿、细柄野芥
3	8	18	80	85	紫茎泽兰、牛尾蒿	牛毛毡、铁扫帚、波叶山蚂蝗、毛杆青蒿、加蓬
	9	7	95	130	牛尾蒿	加蓬、紫茎泽兰
	10	10	100	140	土荆芥、牛尾蒿、加蓬	狗尾草、红茎马唐
	11	7	100	140	土荆芥、牛尾蒿、加蓬	波叶山蚂蝗、狗牙根
	12	4	100	120	波叶山蚂蝗、牛尾蒿	紫茎泽兰、土荆芥
	13	6	100	120	波叶山蚂蝗、牛尾蒿	紫茎泽兰、土荆芥
4~5	14	15	100	150	牛尾蒿、波叶山蚂蝗、滇蔗茅	土荆芥、紫茎泽兰
	15	22	95	150	牛尾蒿、波叶山蚂蝗、紫茎泽兰	滇蔗茅、水皂角、繁缕
	16	11	90	150	牛尾蒿、加蓬	紫茎泽兰、鼠尾粟、硬秆子草、狗牙根、荩草

从表 1 可看出, 1~5 a 磷矿废弃地的 16 个样地均只有草本层一层, 但群落盖度和高度随自然恢复年限的延长而增加。1 a 废弃地有物种 10~17 种, 2 a 有 10~16 种, 3 a 有 4~20 种, 4~5 a 为 11~22 种。总的看来, 16 个样地中出现 58 种植物, 废弃 3 年以上的群落物种数略有增加, 但种类成分混杂, 物种数目变化不大, 处于由菊科、禾本科和豆科的蝶形花亚科的先锋植物为优势的草本植物阶段。根据群落优势种的不同, 废弃 1 a 的磷矿地植被为细柄野芥、红茎马唐-牛尾蒿群落, 2 a 为牛尾蒿-加蓬群落, 3 a

在设置的每个样地内, 用法瑞学派方法调查其植物种类、每种植物的存在度、多优度、群集度、高度及群落盖度。存在度用 iv、㉟、㉠、㉡ 五级表示, 种的多优度用+~5 六级表示, 生活型采用 Raunkiaer 系统表示^[6]。然后依据样地中各植物的多优度和群集度、高度及种盖度的大小确定其在群落中的优势地位, 进而分析磷矿开采废弃地自然恢复 1~5 a 的草本群落各阶段的物种结构特征和自然演替规律。

3 植物群落的自然形成及各植物种在群落中的地位分析

3.1 植物群落自然演替规律及群落特征

在磷矿开采废弃地上, 以空间代替时间系列, 选择 1~5 a 磷矿开采废弃地 16 个面积 5 m×5 m 的草本植物群落作样地调查, 分析各时间段自然恢复植被群落特征及各群落中优势种和亚优势种, 结果见表 1 (16 个样方中各物种特征见文献[7])。

为牛尾蒿-加蓬、紫茎泽兰-牛尾蒿、波叶山蚂蝗-牛尾蒿群落, 4~5 a 为牛尾蒿-波叶山蚂蝗、滇蔗茅群落等。群落演替虽为草本植物阶段, 但随着多年生草本植物如菊科的牛尾蒿(*Artemisia dubia*)、禾本科的滇蔗茅(*Erianthus rockii*), 特别是蝶形花科半灌木状的波叶山蚂蝗(*Desmodium sequax*) 的个体数量、高度、盖度的增加、群落内部环境及土壤理化性状得到进一步改善, 为下一阶段灌木的进入作好了准备。

在 1~5 a 磷矿废弃地植物群落中, 牛尾蒿从第 1 年入侵、定居、繁殖、竞争, 一直到第 5 年都占有优势,

表明抚仙湖流域磷矿废弃地 1~5 a 内植物群落的形成过程,是先锋植物的入侵定居和发展的过程,表现为喜阳耐旱植物的入侵到半灌木状波叶山蚂蝗的出现和群集。在局部淹水区出现牛毛毡(*Eleocharis asicularis*)和披散门荆(*Equisetum cliffisum*)并形成优势,这是局部小生境水湿条件所致。

3.2 各植物种在群落中的地位分析

磷矿开采和废弃过程中,土壤耕作层被破坏,夹杂较多尾矿石、保水保肥性能差,土壤微生物和动物区系多样性降低,而光照又充足,只有自然恢复的先锋草本

植物才能适应废弃地这样恶劣的生态环境。从表 2 可看出,磷矿废弃地 1~5 a 植物群落存在度 4 级及以上的植物中均包括了各群落的优势种和亚优势种,它们以 1 年生植物占优势,其次是地面芽植物,这些植物冬季以种子越冬或地上部分全枯死,以适应磷矿开采废弃地旱季土壤水分较缺乏的状况。同时大多喜光阳性,耐干旱,适生于干湿季明显,无盛暑和酷寒的气候条件,既能适应酸性及石灰性土壤,也能够适应矿山废弃地土壤贫瘠,渗透率大,水资源流失严重等环境特点。因此灌草丛是一类做矿山恢复的理想群落类型。

表 2 磷矿开采废弃地 1~5 a 自然恢复群落存在度 4 级及 4 级以上物种

恢复年限/a	物种
1	细柄野荞、红茎马唐、金雀花、早熟禾、牛尾蒿、披散门荆、狗尾草、革命菜、加蓬、紫茎泽兰、干针花、曼陀罗
2	牛尾蒿、加蓬、砖子苗、紫茎泽兰、酢浆草、七里香、白背黄花稔、绣球防风
3	紫茎泽兰、牛尾蒿、牛毛毡、铁扫帚、波叶山蚂蝗、红茎马唐、毛杆青蒿、加蓬、水皂角、黄毛草莓、狗尾草、狗屎花、地耳草、土荆芥、辣子草(牛膝菊)
4~5	牛尾蒿、紫茎泽兰、鬼针草、砖子苗、波叶山蚂蝗、滇蔗茅、加蓬、鼠尾粟、水皂角(山扁豆)、白草、狗尾草、铁扫帚、辣子草(对叶菊)、万寿菊、四棱锋

4 灌草丛群落内的物种配置

4.1 物种选择原则

灌草丛是裸地向灌木林地演替的次生植被类型,对防止水土流失起到一定的作用。在水肥极贫瘠的采伐陡坎区、平台斜坡区及尾矿石堆放区进行灌草丛的人工恢复时,应按“藤灌草结合”的原则,选择既要具有固坡、防止水土流失等生态防护作用,又有利于景观美化的物种,才可以保证恢复植被的成活率,短期内有效的提高物种多样性和地表植被覆盖度,降低水土流失量,为后续灌木林地的演替和恢复打好基础。具体选择的物种需具有以下特点:(1)根系发达、生长快;(2)适应性强、抗逆性好;(3)具固氮能力;(4)当地优良的乡土先锋物种;(5)种源易于人工繁殖,易栽易管。

4.2 物种配置方案

磷矿开采废弃地恢复灌草丛群落,理论上可选用各样地物种存在度 4 级及以上物种做恢复,但在实际人工恢复中,考虑到废弃地上出现的大多物种属于在无人干扰情况下较易自动进入废弃地的本地杂草,在物种配置中就不再考虑。

半灌木状波叶山蚂蝗和多年生草本滇蔗茅(*Erianthus rockii*),因其物种盖度和高度相对较大,对废弃地干、贫小环境的改善更为快速应被选用。同时配置在抚仙湖流域适应性较强的车桑子(*Dodonaea viscosa*)、马桑(*Coriaria Sinica*)2 种灌木,及能大面积匍匐、攀援于石头、山壁上,具旺盛的萌生能力的藤草植物,如地石榴(*Ficus ticoua*)、葛根(*Pueraria lobata*)、白

三叶(*Trifolium repens*),可快速实现对裸露土地的覆盖,提高物种多样性,加快废弃地植被恢复的进程。

具体选种的物种在矿区土地复垦后分 3 个地段来施行:一是在开采陡坎区,沿等高线带状整地,选用配置的优势藤、草物种高密度种植,以起到陡坡垂直绿化,截水保水的作用;二是在开采斜坡区,同时种植配置的藤、灌和草植物,以提高群落的物种多样性,改善恢复区干旱、贫瘠的小环境;三是在待恢复地段附近找一片水肥条件较好的区域做补植区,其上栽种待恢复群落成活率高、具美化效果的 1~2 类灌木做后备补充。这样,通过营造结构合理的藤、灌和草群落,加上后期的科学管理,为后续灌木林地的演替和恢复打好基础。具体物种配置见表 3。

表 3 灌草丛群落物种配置表

位置	灌木	藤、草
采伐陡坎区		滇蔗茅、地石榴、白三叶、葛根
采伐斜坡区	波叶山蚂蝗、	滇蔗茅、地石榴、
	坡柳、马桑	白三叶、葛根
补植区	波叶山蚂蝗、坡柳	

5 结语

磷矿开采场和尾矿石堆积场由于土壤理化性状被破坏,土层中石块多空隙大,土壤贫瘠且水土流失量大,自然恢复需要较长的时间,直接恢复森林植被成活率较低。灌草丛是裸地向灌木林地演替的过渡植被类型,对防止水土流失起到一定的作用。

(下转第 176 页)

显, 较高植被覆盖度虽有一定起伏但保持相对稳定; 川水区的中植被覆盖度减少趋势明显, 而较低植被覆盖度增加趋势显著, 较高植被覆盖度虽有一定起伏变化, 但保持基本稳定, 表明川水区的中植被覆盖度和较低植被覆盖度之间转换剧烈。

4 结论

以 2001-2009 年的 MODIS-NDVI 和地形数据为基础, 分析湟水流域基于流域和地形特征的植被覆盖度时空分布与变化。湟水流域以较高植被覆盖度、中高植被覆盖度与高植被覆盖度为主。湟水干流和大通河流域的植被覆盖度空间分布差异显著, 湟水干流以较高植被覆盖度、中植被覆盖度和高度植被覆盖度为主; 大通河流域以较高植被覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主。基于地形特征的湟水流域植被覆盖度分布地带性特点明显, 脑山区以高植被覆盖度和较高植被覆盖度为主; 浅山区以较高植被覆盖度和中度植被覆盖度为主; 川水区以中度植被覆盖度和低植被覆盖度为主。

近 9 a 来湟水流域植被覆盖度变化总体呈下降趋势, 尤其是较高植被覆盖度与高植被覆盖度之间的数量变化剧烈, 即高植被覆盖度呈明显较少而较高植被覆盖度显著增加。湟水干流的高植被覆盖度和较低植被覆盖度表现为减少, 而较高植被覆盖度明显增加; 大通河流域的高植被覆盖度减少, 明显而较高植被覆盖度增加; 脑山区的高植被覆盖度减少, 而较高

植被覆盖度增加, 浅山区的高植被覆盖度和较低植被覆盖度减少而中植被覆盖度增加, 川水区的中植被覆盖度减少, 而较低植被覆盖度增加。

参考文献:

- [1] Gitelson A A, Kaufman Y J, Stark R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80(1): 345-347.
- [2] 祁燕, 王秀兰, 冯仲科, 等. 基于 RS 与 GIS 的北京市植被覆盖度变化研究[J]. *林业调查规划*, 2009, 34(2): 1-4.
- [3] 阳小琼, 朱文泉, 潘耀忠. 基于修正的亚像元的植被覆盖度估算[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(8): 1860-1864.
- [4] 李苗苗, 吴炳方, 顾长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. *资源科学*, 2004, 26(4): 153-159.
- [5] Price J C. Comparing MODIS and ETM+ data for regional and global classification[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86(4): 1835-1852.
- [6] 李万寿, 席占平. 湟水流域水源地基本特征与保护对策[J]. *水资源保护*, 2005, 21(4): 15-21.
- [7] 李书堂. 湟水流域径流与泥沙特征的初步分析[J]. *陕西水利*, 2008(3): 64-65.
- [8] 邱玉, 周建中, 马林. 湟水流域地表水资源特征[J]. *水资源与水工程学报*, 2007, 18(6): 98-102.
- [9] Huete A, Justice C, Leeuwen W V. Modis Vegetation Index (MOD13) Version 3. Algorithm Theoretical Basis Document [EB/OL], http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf, 1999.
- [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.
- [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] 吕福军, 王晓辉. 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.
- [6] 云南大学生态地植物研究室. 昆明西山青岗栎 (*Cyclobalanopsis glaucooides*) 群丛的初步研究[C]//昆明: 云南大学学术论文集. 1965.
- [7] 杨礼攀, 王宝荣, 杨树华. 抚仙湖流域区磷矿开采废弃地植物群落演替的研究[J]. *西部林业科学*, 2004, 33(1): 94-98.

(上接第 171 页)

在磷矿开采废弃地上进行灌草丛群落的人工恢复时, 除栽种废弃地自然演替中出现的优势多年生草本植物和小灌木外, 还应配置研究区耐贫瘠、干旱、萌生性强, 护坡、护土效果良好和生长迅速的其它藤、灌植物, 以实现对裸露地的水土截留, 保证恢复植被的成活率, 短期内有效的提高物种多样性和地表植被覆盖度, 为后续灌木林地的演替和恢复打好基础。但灌草丛的土壤抗侵蚀性仍然很差, 水土流失情况仍然严重, 恢复后应进一步加强封育管理, 待土壤水肥状况改善后, 尽快增植其它乔灌木种, 以增加土壤抗侵蚀性, 恢复其森林生态系统的功能。

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.