

石漠化地区乔木种植基盘技术研究^{*}

陈洪凯, 周晓涵

(重庆交通大学 岩土工程研究所, 重庆 400074)

摘要: 中国是世界范围内石漠化最严重的国家之一, 植被恢复是治理石漠化灾害的根本途径, 而重建石漠化地区乔木-灌木-草本生态系统是一项全球性的环境科学问题。着眼于灰岩地区岩体裂隙发育且裂隙内地下水较丰富的地质环境条件, 遵循从“乔木→灌木→草本”的石漠化地区生态系统重建思路, 提出了“一个基盘一棵树”的乔木树种栽种原则, 研发了乔木种植基盘技术。乔木种植基盘包括基盘母体、汲湿根、防蒸发盖等3部分, 其中基盘母体和汲湿根内填充有保水性营养土, 通过试验遴选出了营养土的组成成分并得到优化配合比。给出了基盘技术的现场应用方法。该技术能保障基盘内所栽种乔木树苗的早期成活和后期可持续生长, 特别是汲湿根是乔木树苗根系深入岩体并可持续吸收裂隙水的良好通道。研究结果表明, 该技术实用性强, 为有效解决石漠化地区植被恢复问题找到了一条新路径。

关键词: 石漠化地区; 乔木种植; 基盘技术; 现场试验

中图分类号: S727.9; P951

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2016)02-0138-04

石漠化(Rocky desertification)是指在热带、亚热带湿润、半湿润气候条件和岩溶极其发育的自然背景下, 人为活动破坏地表植被, 造成严重水土流失, 基岩大面积裸露的土地退化现象。中国是世界范围内石漠化最严重的国家, 截止2011年底, 石漠化总面积 $12.2 \times 10^5 \text{ km}^2$, 主要集中在贵州、广西、四川、重庆、云南、湖北、湖南、广东等8个省(市、区)的455个县5575个乡, 其中贵州省石漠化面积最大, 为 $3.024 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其次为云南省, 石漠化总面积为 $2.84 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1]。产生石漠化的自然因素众多, 如碳酸盐岩石成土过程慢、高频率的极端强降雨天气易产生水土流失、土体剖面中缺乏过渡层(C层)、土石之间的粘性性能差、喜酸植物生长受制等, 而过度砍伐森林、过度开垦土地、过度放牧、大规模道路及城镇基础设施建设等人类活动则是产生石漠化的人为因素。中国科学院分别于1994年和2003年两次向国务院递交报告, 提出推进西南喀斯特地区石漠化综合治理的若干建议^[2-3]; 中国政府也在“十五”工作报告中明确提出加快推进黔桂滇岩溶石漠化的综合治理; 2008年国务院批复了《岩溶地区石漠化综合治理规划大纲》(2006—2015年), 启动石漠化综合治理试点工作, 加快了石漠化治理步伐。2012年6月, 国务院办公厅就第二次全国石漠化监测结果等情况举行发布会, 石漠化问题严重, 石漠化防治形势依然严峻。可见, 有效治理石漠化, 是国内外防治石漠化灾害的热点科技问题。国外学者更注重石漠化地区植被生长条件研究, 如Majone等人^[4]提出了岩溶地区地表径流预测模型, Ries等人^[5]研究了地中海附近半干旱喀斯特地区土壤中水分的区域性迁移特征; Donovan和Mills^[6]采用统计学方法分析了美国俄勒冈州Portland地区树木栽种可能造成的环境变化; Náfrádi等人^[7]分析了匈牙利西南部湖泊-沼泽地区近3000年来的植被环境重建问题, 发现人类活动是植被破坏的根本原因; Abesha^[8]通过现场观测分析了区域性圈地是草地再生的重要途径; Hekkala等人^[9]研究了芬兰北方森林林下植被恢复动力学问题, 发现认为火烧或风暴比认为砍树更容易恢复林下植被。国内学者更注重石漠化地区植被重建问题研究, 如戴国富和谢世友^[10]提出了石漠化地区“三埋两踩一提苗”的植被栽植技术; 温庆忠和谢云^[11]提出了在石漠化修建蓄水池来进行植被的灌溉以防治石漠化; Müller等人^[12]通过研究pH值和酶的作用以及化学反应寻找适宜喀斯特地区生存的相关植物; 来光业^[13]提出了在石漠化地区培育和栽培任豆树的方法; 陈洪凯等人^[14]提出了一种适用于灰岩石漠化地区植被生长的生长基技术。实践表明, 重建灰岩地区乔木-灌木-草本生态系统的植被恢复方法是治理石漠化的根本途径, 其中乔木树种的栽种成活及后期可持续生长是关键。本文针对石漠化地区的乔木种植问题, 在充分利用石漠化地区灰岩体内裂隙极度发育、裂隙内容易赋存地下水的地质条件基础上, 研发新技术, 研究成果对于有效解决石漠化地区树木种植这一国际化重大环境难题有着积极意义。

* 收稿日期: 2015-11-17 修回日期: 2016-01-11 网络出版时间: 2016-1-20 21:26

资助项目: 重庆市“两江学者”计划专项经费(No. 201309); 重庆高校创新团队建设计划资助项目(No. KJTD201305)

作者简介: 陈洪凯, 男, 教授, 博士, 研究方向为地貌过程减灾与环境修复, E-mail: chkcxf@163.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20160120.2126.048.html>

1 石漠化地区乔木种植基盘研发

贺祥等人^[15]在贵州花江峡谷石漠化治理中,提出了采用人工爆破成坑并在坑内安放土壤,在土壤里种植植物并依靠浇灌滴灌方式保障植物的生长,这符合挖坑、置苗(树)、培土、持续性浇水的植树造林基本程序。但是,在石漠化地区,岩石裸露,土壤贫瘠,昼夜温差大,现有植树程序效果欠佳。本研究遵循“充分利用灰岩裂隙水”和“一个基盘一棵树”的原则,保障在石漠化地区所栽种乔木的早期成活和后期可持续生长,研发了石漠化地区乔木种植基盘^[14,16],包括基盘母体、汲湿根、防蒸发盖等 3 部分(图 1、图 2),其中基盘母体和汲湿根内填充有保水性营养土,该土组成及优化配合如表 1 所示。

基盘母体解决植物初期生长缺乏养分和水分的问题,呈圆柱形状,中部设有种植孔(图 2),直径 23~28 cm,高 25~30 cm,种植孔孔径 5~10 cm,孔深 10~15 cm,满足乔木树苗栽种初期对水分和养分需求;汲湿根是该技术的核心,外面包裹土工布,直径 1~1.5 cm,长度为 10~30 cm,安设在基盘底部并深入岩体内,可从岩体裂隙内吸收地下水及其中的养分,补给基盘内所栽种的乔木树苗后期所需水分及养分,并为乔木树苗根系深入岩体裂隙提供了主要通道;防蒸发盖设置渗水孔,为微型漏斗集水器,顶部孔径 0.5~1 cm,底部孔径 0.1~0.3 cm,渗水孔可收集大气降雨,通过漏斗状集水器输送至树木种植基盘,使基盘母体减少水分蒸发并易于吸收大气降水,促进基盘内乔木树苗的早期成活。

该技术应用效果如图 3 所示,它突破了石漠化地区生态系统重建传统的“草本→灌木→乔木”自然演化模式,通过率先实现乔木恢复,保障乔木林下灌木、草本自然生长,实现石漠化地区生态系统重建。从基盘构件组成、营养土、基盘坑开挖人工费、基盘现场安设等方面对成本进行核算可知,每个基盘的造价约为 60 元。

2 现场应用

在重庆歌乐山和南山大量实地考察,选取南山老厂附近的石漠化地区作为试验场地(封二彩图 4),该区域为南山背斜槽谷内,岩层产状近于水平,为三叠纪嘉陵江组和雷口坡组灰岩,岩溶地貌发育,岩石裸露,常年无植被生长,面积约 500 m²。采用人工风枪和机械铁锤方法,在试验场地开凿了 8 个基盘坑,坑直径约 20 cm,深约 50 cm。在基盘坑的底部采用电钻风枪钻设 5~8 个根系孔,孔深 50~80 cm(图 5)。基盘坑用于安放植被生长基盘,根系孔为基盘内树木根系向岩体内部生长提供了通道。

基盘坑开凿完成后,基盘现场安设程序为:用泥浆进行坑壁护壁(图 6)→在汲湿根孔内安放已经制备的汲湿根→将基盘母体安放在基盘坑内→在基盘坑内中部安放树苗并使其直立→在基盘母体表面安放防蒸发盖。

于 2015 年 2 月 1 日在试验场地内共栽种了 8 棵树木,物种类型及相关参数如表 2 所示,栽种完成的树木如封二彩图 7 和封二彩图 8 所示。树苗栽种后从未进行人工浇水施肥,从 2015 年 4 月 20 日起,对种植树木的生长状况进行连续跟踪观测。据重庆市气象局报告,2015 年主城区及邻近地区伏旱天气严重,试验场区在 7~8 月连续 42 d 未降雨,但栽种的树木均已成活并长势良好,如 1[#] 树苗在 4 月 26 日长出新芽,6 月 9 日新芽长

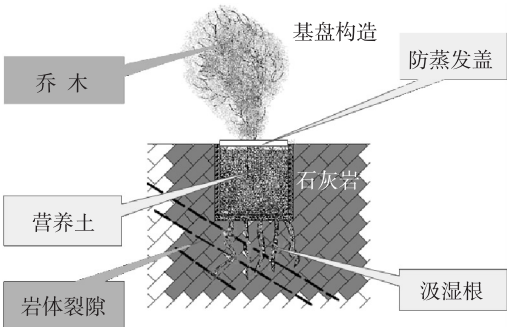


图 1 石漠化地区乔木种植基盘构造图

Fig. 1 The structure of the base plate in rocky desertification region

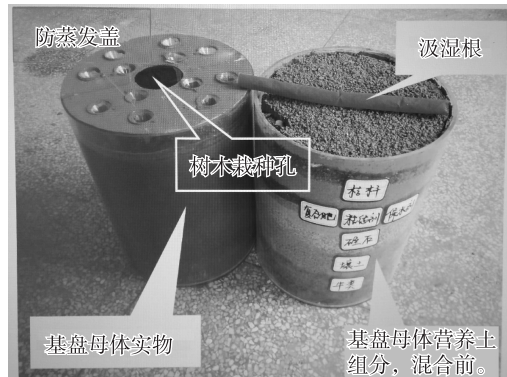


图 2 乔木种植基盘实物图

Fig. 2 The real object of baseplate for tree planting

表 1 基盘内营养土组成成分

Tab. 1 Composition of nutritional soil in baseplate

组成成分	所占比例/%	主要功能
发酵牛粪	40.0	有机肥料
壤土	32.2	土粒结构
秸秆粉	20.0	调节土壤孔隙
蛭石	6.0	保肥透气
复合肥	0.7	氮、磷、钾等生长元素
保水剂	0.6	保持水分
粘结剂	0.5	土体粘结



图 3 石漠化地区乔木种植基盘技术应用效果图

Fig. 3 The application working sketch of baseplate technique in rocky desertification area

度达到 13.6 cm,8 月 22 日达到 15 cm(封三彩图 9);7[#] 树苗 8 月 22 日新芽长度达到 16 cm,并在树干长出较多新芽(封三彩图 10)。值得指出的是,所种植树苗新芽长出后,部分新芽被山羊吃掉,如 6[#]、8[#] 树苗,这告诫人们在实施石漠化地区植被恢复期间,应禁止牲畜进入,保障树木的早期成长。



图 5 基盘坑底钻设吸湿根孔

Fig. 5 Holes drilled at the bottom to place baseplate



图 6 基坑粘土护壁

Fig. 6 Foundation pit bracing in clay

3 结论

面对石漠化地区水土流失严重、岩石裸露、缺土缺水、不利于植被恢复尤其是乔木树种成活及可持续生长的客观实际,本研究着眼于灰岩地区岩体裂隙十分发育且裂隙内地下水较丰富的地质环境条件,对石漠化地区的乔木树种栽种问题进行了研究,得到如下结论:

- 1) 遵循从“乔木→灌木→草本”的石漠化地区生态系统重建思路,重点研究乔木树种的栽种问题,提出“一个基盘一棵树”的乔木树种栽种原则,研发了乔木种植基盘技术,包括基盘研发和现场应用程序两方面。
- 2) 乔木种植基盘包括基盘母体、吸湿根和防蒸发盖共 3 部分,其中基盘母体和吸湿根内填充有保水性营养土,并得到了营养土的成分类型及其优化配合比。
- 3) 乔木种植基盘的现场应用遵循“基盘坑开凿→用泥漿进行坑壁护壁→在吸湿根孔内安放已经制备的吸湿根→将基盘母体安放在基盘坑内→在基盘坑内中部安放树苗并使其直立→在基盘母体表面安放防蒸发盖”的应用程序。
- 4) 从 2015 年 2 月至 10 月的现场试验结果表明,该技术能保障石漠化地区乔木树种栽种成活及可持续生长,如能在石漠化地区推广应用,能率先重建石漠化地区乔木-灌木-草本生态系统中的乔木植被,为灌木和草本植被的后期恢复提供必要的生长条件。

参考文献:

[1] 国家林业局. 中国石漠化状况公报[R]. 北京: 国家林业局, 2012.
The State Forestry Administration of the People's Republic of China. The bulletin of rocky desertification situation in China[R]. Beijing: The State Forestry Administration of the People's Republic of China, 2012.

[2] 中国科学院地学部. 关于推进西南岩溶石山地区持续发展与依靠科技脱贫的咨询建议[J]. 中国科学院院刊, 1994 (4): 343-345.
The Earth Division of Chinese Academy of Sciences. A proposal concerning sustainable development in the Karst stony mountain area in southwestern China[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 1994(4): 343-345.

[3] 中国科学院地学部. 关于推进西南岩溶地区石漠化综合治理的若干建议[J]. 中国科学院院刊, 2003(3): 169.
The Earth Division of Chinese Academy of Sciences. Suggestions on the promotion of the comprehensive management of rocky desertification in southwest China's Karst region[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2003 (3): 169.

[4] Majone B, Bellin A, Borsato A. Runoff generation in karst catchments: multifractal analysis[J]. Journal of Hydrology, 2004, 294(s 1/2/3): 176-195.

[5] Ries F, Lange J, Schmidt S, et al. Recharge estimation and

- soil moisture dynamics in a Mediterranean, semi-arid karst region[J]. *Hydrology Earth System Science*, 2015, 19(3): 1439-1456.
- [6] Donovan G H, Mills J. Environmental justice and factors that influence participation in tree planting programs in Portland, Oregon, U. S. [J]. *Arboriculture & Urban Forestry*, 2014, 40(2): 70-77.
- [7] Náfrádi K, Sümegi P, Jakab Gusztáv, et al. Reconstruction of the vegetation and environment during different climatic and sociotechnical conditions of the last 3000 years in southwestern Hungary[J]. *American Journal of Plant Sciences*, 2014, 5: 1557-1577.
- [8] Abesha G A. Herbaceous vegetation restoration potential and soil physical condition in a mountain grazing land of Eastern Tigray, Ethiopia [J]. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 2014, 108(1): 81-106.
- [9] Hekkala A, Tarvainen O, Tolvanen A. Dynamics of under-story vegetation after restoration of natural characteristics in the boreal forests in Finland [J]. *Forest Ecology and Management*, 2014, 330: 55-66.
- [10] 戴国富, 谢世友. 重庆市石漠化山地生态恢复与重建中的造林技术探讨—以乡土树种山桐子为例[J]. *湖北农业科学*, 2012, 51(4): 770-775.
- Dai G F, Xie S Y. Afforestation techniques for ecology resume and reconstruction in rocky desertification mountain region of Chongqing—take *Idesia polycarpa* as the example[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2012, 51(4): 770-775.
- [11] 温庆忠, 谢云. 城市近郊岩溶石漠化土地植被恢复方法[J]. *林业实用技术*, 2009(6): 57-59.
- Wen Q Z, Xie Y. Vegetation restoration method of karst rocky desertification land in the city outskirts[J]. *Practical Forestry Technology*, 2009(6): 57-59.
- [12] Müller W E G, Li Q, Schröder H C, et al. Carbonic anhydrase: a key regulatory and detoxifying enzyme for Karst plants[J]. *Planta*, 2014, 239(1): 213-229.
- [13] 来光业. 石漠化地区培育和栽培任豆树的方法: 中国, 201210527536. X[P]. 2012-12-10.
- Lai Guangye. Methods of culture and cultivating the *Zenia insignis* Chun in the rocky desertification areas: China, 201210527536. X[P]. 2012-12-10.
- [14] 陈洪凯, 吴帆, 唐红梅. 灰岩石漠化地区植被生长基及其制作方法及植被种植方法: 中国, 201410706842. 9[P]. 2014-11-27.
- Chen H K, Wu F, Tang H M. Methods of manufacture and cultivating the plant-base in the limestone rocky desertification areas: China, 201410706842. 9[P]. 2014-11-27.
- [15] 贺祥, 熊康宁, 李晨, 等. 岩溶山区石漠化生态治理的土壤质量效应研究: 以贵州省花江峡谷石漠化治理示范区为例[J]. *贵州农业科学*, 2011, 39(5): 99-102.
- He X, Xiong K N, Li C, et al. Study on soil quality effect in ecological management of rocky desertification in karst mountainous area: a case study of Huajiang canyon demonstration area of Guizhou province [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2011, 39(5): 99-102.
- [16] 周晓涵, 陈雪诺, 秦鑫, 等. 用于在石漠化地区种植树木的种植基盘: 中国, 201520222119. 3[P]. 2015-04-14.
- Zhou X H, Chen X N, Qin X, et al. Plant-base for trees in rocky desertification areas: China, 201520222119. 3[P]. 2015-04-14.

Study on the Baseplate Technique for Tree Planting in Rocky Desertification Area

CHEN Hongkai, ZHOU Xiaohan

(Institute of Geotechnical Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: China is one of countries with serious rocky desertification area in the world. Vegetation recovery is the primary approach to governance rocky desertification disasters, while it is a global environmental science problem to reconstruct the arbor-shrub-grass ecosystem. Paying attention to Geological conditions with rich rock fissures and abundant groundwater in these fissures, following the idea to reconstruct ecosystem from arbor to shrub and grass and the principle one tree in a baseplate, authors develop a baseplate technique for tree planting in rocky desertification area. The baseplate includes the parent body, the root to learn water, and the cover to prevent evaporation. Especially, there are filled in nutritional soil for the parent body and the root, and the composition of nutritional soil are selected by test in laboratory, while optimal mix ratio of the composition is obtained. Then, application method in field is put forward. The technique can guarantee survival at early stage and growth in the later for tree planting in the baseplate. In particular, the root provides a good channel to guide tree roots into fissure rock and absorb groundwater in rock. Test in field show that the baseplate technique has strong practicality in vegetation recovery of rocky desertification area in the world.

Key words: rocky desertification area; tree planting; the baseplate technique; test in field

(责任编辑 方 兴)