

不同石漠化治理模式的造林保存率及幼林生长分析* Afforestation Preserving Rate and Young Plantation Growth of Different Combating Rock Desertification Models

周晓果¹, 李隽宜², 朱宏光^{1,3,4}, 温远光^{1,3,4**}, 梁宏温¹, 尤业明^{1,3,4}, 严理¹
ZHOU Xiaoguo¹, LI Juanyi², ZHU Hongguang^{1,3,4}, WEN Yuanguang^{1,3,4},
LIANG Hongwen¹, YOU Yeming^{1,3,4}, YAN Li¹

(1. 广西大学林学院, 广西森林生态与保育重点实验室培育基地, 广西南宁 530004; 2. 南宁学院, 广西南宁 530200; 3. 广西大学林学院, 广西高校林业科学与工程重点实验室, 广西南宁 530004; 4. 广西友谊关森林生态系统定位观测研究站, 广西凭祥 532600)

(1. Breeding Base of Guangxi Key Laboratory of Forest Ecology and Conservation, College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Nanning University, Nanning, Guangxi, 530200, China; 3. Guangxi Colleges and Universities Key Laboratory of Forestry Science and Engineering, College of Forestry, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 4. Guangxi Youyiguang Forest Ecosystem Research Station, Pingxiang, Guangxi, 532600, China)

摘要:【目的】了解不同石漠化治理模式对林分造林成活率、保存率及幼林生长的影响。【方法】通过两种树种(顶果木 *Acrocarpus fraxinifolius*、降香黄檀 *Dalbergia odorifera*)、3种治理模式(顶果木纯林、降香黄檀纯林、顶果木×降香黄檀混交林)的造林试验,研究不同石漠化治理模式下林分造林成活率、保存率和幼林生长表现及适应机制。【结果】不同树种和不同治理模式林分的造林成活率和保存率存在一定的差异:纯林中,降香黄檀的平均成活率较高(93%~96%),顶果木的较低(81%~87%);混交有利于提高成活率和保存率。不同治理模式林分的平均胸径和平均树高均随着年龄的增加而增加,顶果木纯林的年平均胸径和年平均树高生长量(1.73 cm和1.87 m)显著高于降香黄檀纯林(1.26 cm和1.33 m);混交林中,顶果木的年平均胸径和年平均树高生长量分别是1.81 cm和2.07 m,高于纯林;降香黄檀的年平均胸径和年平均树高生长量相应为1.15 cm和1.39 m,胸径稍低于纯林,而树高稍高于纯林。【结论】顶果木和降香黄檀均能适应石漠化生境,顶果木的生长表现优于降香黄檀,混交可以提高林分的造林成活率、保存率及生长量。

关键词:石漠化 造林 顶果木 降香黄檀 纯林 混交林

中图分类号: S718.5 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2017)02-0175-07

收稿日期: 2016-10-24

作者简介: 周晓果(1980-), 女, 博士, 副教授, 主要从事森林生态学研究。

* 国家自然科学基金项目(31460121), 国家科技支撑计划项目(2011BAC09B02, 2012BAD22B01)和广西重大专项计划项目(1222005)资助。

** 通信作者: 温远光(1957-), 男, 博士生导师, 教授, 主要从事森林生态和森林培育学研究, E-mail: lxywenyg@163.com。

Abstract:【Objective】The objective of this study was to understand the effects of different combating rock desertification models on afforestation preserving rate and young plantation growth. 【Methods】The afforestation experiment with two tree species (*Acrocarpus fraxinifolius* and *Dalbergia odorifera*) and three combating rock

desertification models (pure *A. fraxinifolius* plantations, pure *D. odorifera* plantations and mixed *A. fraxinifolius* × *D. odorifera* plantations) was conducted to reveal the afforestation preserving rate, young plantation growth and adaptive mechanism in different combating models. **【Results】** There were some differences in the survival rate and preserving rate of afforestation in different tree species and combating models. The survival rate of *D. odorifera* was relatively higher (93% ~ 96%) and that of *A. fraxinifolius* was relatively lower (81% ~ 87%). Mixed planting could increase survival and preserving rate. Under different combating models, the mean DBH and increment of tree high increased with plantation age. The annual mean DBH and tree height increment (1.73 cm and 1.87 m, respectively) of pure *A. fraxinifolius* plantations were significantly higher than that of pure *D. odorifera* plantations (1.26 cm and 1.33 m, respectively). In mixed plantations, the annual mean DBH and tree height increment of *A. fraxinifolius* were 1.81 cm and 2.07 m respectively, which were higher than that of the pure plantations. However, the annual mean DBH and tree height increment of *D. odorifera* in mixed plantations were 1.15 cm and 1.39 m respectively. The DBH was slightly lower and tree height was slightly higher than that of the pure plantations. **【Conclusion】** *A. fraxinifolius* and *D. odorifera* could both adapt to rock desertification habitat. The growth of *A. fraxinifolius* was superior to *D. odorifera*. Mixed planting with these two tree species could increase afforestation survival rate, preserving rate and growth of the trees.

Key words: rock desertification, afforestation, *Acrocarpus fraxinifolius*, *Dalbergia odorifera*, pure plantations, mixed plantations

0 引言

【研究意义】石漠化是我国西南地区最严重的生态环境问题之一^[1-2]。实施石漠化综合治理已成为国家战略目标^[1,3]。石漠化的核心问题是生态退化,而石漠化的根治关键是植被恢复。在国家石漠化治理工程建设的推动下,全国各地开展了广泛的石漠化植被恢复工程^[4-5]。但对其造林的成活率、保存率及林分生长极少关注,以至不少地方的石漠化治理成效甚微,甚至出现年年造林不见林的状况^[6-7]。因此,对石漠化治理区域开展造林成活率、保存率及林分生长分析,对总结经验和提高治理成效具有重要的意义。**【前人研究进展】**学者们对石漠化区域的植被恢复开展了大量的研究,主要集中在石漠化的概念^[8-9]、危害性^[10-11]、成因分析^[12-13]、不同石漠化等级的植物多样性及动态^[14-15]等,对石漠化区域实施人工造林后的造林成活率、保存率及林分生长的研究不多^[16-17]。**【本研究切入点】**通过对不同树种、不同石漠化治理模式造林成活率、保存率及幼林生长的动态研究,揭示不同树种和不同治理模式对石漠化区域的适应性及生长表现。**【拟解决的关键问题】**本研究探讨和阐明两种豆科植物(顶果木 *Acrocarpus fraxinifolius*、降香黄檀 *Dalbergia odorifera*)和3种治理模式(顶果木纯林、降香黄檀纯林、顶果木×降香黄檀混交林)在石

漠化治理中的生长及适应机制,拟为石漠化综合治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 区域环境概况

研究区域为广西壮族自治区马山县(107°41'~108°29'E, 23°24'~24°2'N),属亚热带季风型气候,雨量充沛,年均降雨量1667 mm,分布不均,夏季多雨,春秋干旱;年均气温21.3℃,最高温度38.9℃,最低温度-0.7℃;岩溶区的土壤主要为石灰土,土层浅薄,土壤pH值呈弱碱性。该区森林植被属于亚热带季雨林常绿阔叶林地带、桂中石山青冈仪花青檀林区^[18]。由于人类活动的长期干扰或破坏,其原生性森林早已荡然无存。研究区境内岩溶地貌发育,生态环境脆弱,是国家首批石漠化治理重点县之一^[19]。

1.2 林分环境概况

研究林分的环境概况见表1。由表1可知,林分的海拔、土壤类型、土层厚度和坡度等环境因子基本一致。

1.3 林分调查

2010年8月,在马山县白山镇民族村,选择约50 hm²石漠化土地作为试验区。2011年2月,选择顶果木、降香黄檀2种豆科植物进行造林,分别建立顶果木纯林、降香黄檀纯林和顶果木×降香黄檀混交林。

表 1 林分环境概况

Table 1 Environmental situation of different plantations

类型 Types	树种 Species	海拔 Altitude (m)	土壤类型 Soil type	土层厚度 Soil depth (cm)	坡度 Slope degree (°)	密度 Density (individual/hm ²)
纯林 Pure plantations	降香黄檀 <i>D. odorifera</i>	270~300	石灰土 Limestone soil	30~40	25~30	1 608
纯林 Pure plantations	顶果木 <i>A. fraxinifolius</i>	290~310	石灰土 Limestone soil	30~40	20~30	1 417
混交林 Mixed plantations	降香黄檀×顶果木 <i>D. odorifera</i> × <i>A. fraxinifolius</i>	280~300	石灰土 Limestone soil	30~40	25~30	1 525

造林时顶果木的苗高为 25~30 cm,地径为 0.4~0.5 cm;降香黄檀的苗高为 60~70 cm,地径为 0.3~0.4 cm。

林分建立后,分别于 2011 年 11 月和 2013 年 12 月,对实验林分进行造林成活率和保存率调查,每种林分选择 5 个调查地点,每个点随机调查 30 个穴(株),混交林调查 60 个穴(株),记录成活(保存)株数。2012 年—2015 年选择代表性地段,建立林分调查样地,样地面积为 400 m²(20 m×20 m),每个类型 3~5 个重复。每年的 6—8 月对各样地进行林分测定,记录样地内林木的树高、胸径(2011 年为地径)等。

1.4 数据处理及统计分析

造林成活率(%)=(成活株数/造林时的总株数)×100%;

造林保存率(%)=(保存株数/造林时的总株数)×100%。

采用单因素方差分析(one-way ANOVA)分别比较不同树种和不同石漠化治理模式林分的造林成

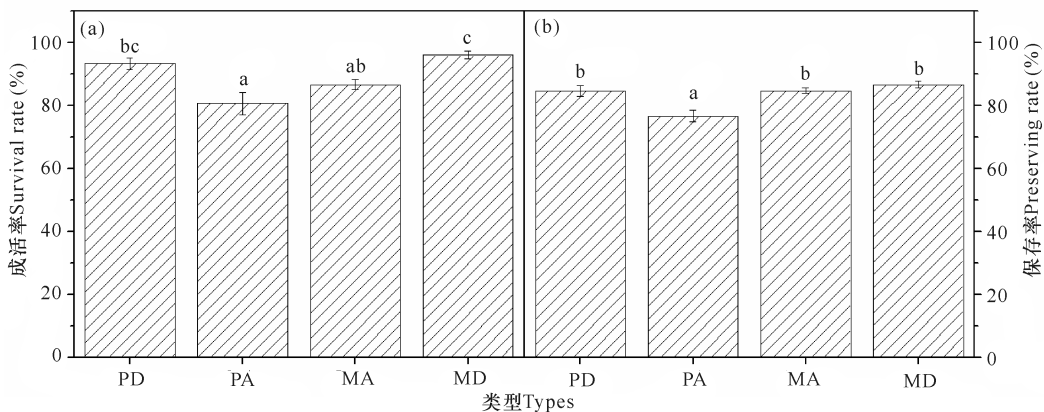
活率、保存率和幼林生长的差异程度,数据分析在 SPSS18.0 软件下完成,采用 LSD 法分析比较不同类型各均值的差异性,显著性水平设为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 造林成活率和保存率

不同树种和不同治理模式的造林成活率存在显著差异(图 1a)。从树种来看(纯林),降香黄檀的平均成活率为 93%,顶果木的平均成活率为 81%;混交林中顶果木的平均成活率为 87%,而降香黄檀的平均成活率为 96%(图 1a)。方差分析表明,混交林中降香黄檀的成活率显著高于纯林和混交林中顶果木的成活率($P < 0.05$),与降香黄檀纯林的差异不显著($P > 0.05$);纯林中的顶果木成活率与混交林中顶果木的成活率差异不显著($P > 0.05$)(图 1a)。在混交林中,无论是顶果木还是降香黄檀,其成活率均高于纯林,但差异不显著($P > 0.05$)(图 1a)。

由图 1b 可以看出,不同树种和不同治理模式的



不同小写字母表示不同石漠化治理模式间差异显著;PD:降香黄檀纯林;PA:顶果木纯林;MA:混交林中的顶果木;MD:混交林中的降香黄檀
Different lowercase letters indicate statistically significant differences between different combating models ($P < 0.05$);PD:Pure *D. odorifera* plantations;PA:Pure *A. fraxinifolius* plantations;MA: *A. fraxinifolius* in mixed plantations;MD: *D. odorifera* in mixed plantations

图 1 不同治理模式的造林成活率和保存率比较

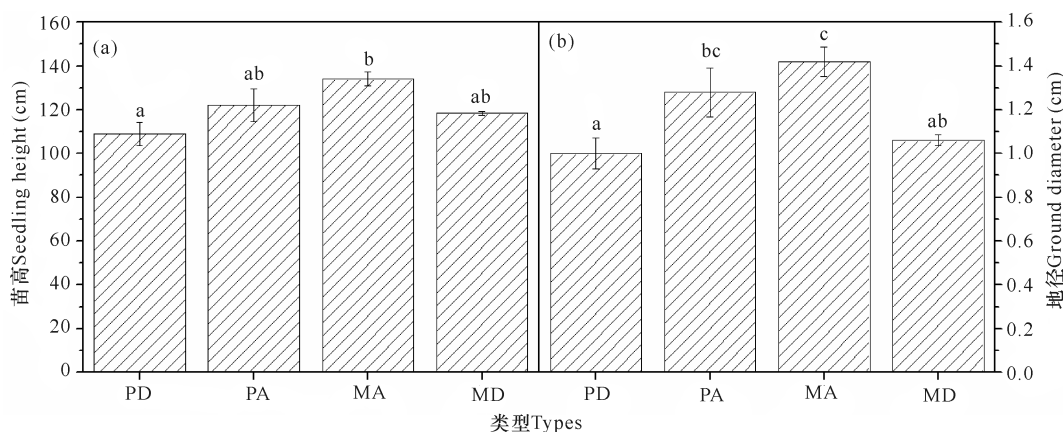
Fig. 1 The survival and preserving rate of different combating models

造林保存率,无论是纯林还是混交林,降香黄檀的平均保存率(85%、88%)均显著高于顶果木纯林(80%);混交林中降香黄檀的保存率(88%)稍高于纯林,但差异不显著,而顶果木的保存率(85%)显著高于纯林。

2.2 苗高和地径

根据2011年11月的生长量调查结果,经过9个月的生长,纯林中,降香黄檀的平均苗高为(109±5.34)cm,平均地径为(1.00±0.07)cm;顶果木的平均树高为(122±7.52)cm,平均地径为(1.28±0.11)cm;混交林中,顶果木的平均苗高为(134±3.18)cm,平均地径为(1.42±0.07)cm;降香黄檀

的平均苗高为(118.4±0.93)cm,平均地径为(1.06±0.02)cm(图2)。方差分析表明,不同树种和不同治理模式的平均苗高及平均地径生长量存在显著差异,多重比较显示,降香黄檀纯林的平均苗高与混交林中顶果木的平均苗高存在显著差异,其余两两之间差异不显著(图2a);降香黄檀纯林的平均地径与顶果木纯林和混交林中顶果木的平均地径存在显著差异,混交林中顶果木的平均地径显著高于降香黄檀,其余两两之间差异不显著(图2b)。混交在一定程度上能提高降香黄檀和顶果木的苗高和地径,但差异不显著。



不同小写字母表示不同石漠化治理模式间差异显著;PD:降香黄檀纯林;PA:顶果木纯林;MA:混交林中的顶果木;MD:混交林中的降香黄檀
Different lowercase letters indicate statistically significant differences between different combating models ($P < 0.05$); PD: Pure *D. odorifera* plantations; PA: Pure *A. fraxinifolius* plantations; MA: *A. fraxinifolius* in mixed plantations; MD: *D. odorifera* in mixed plantations

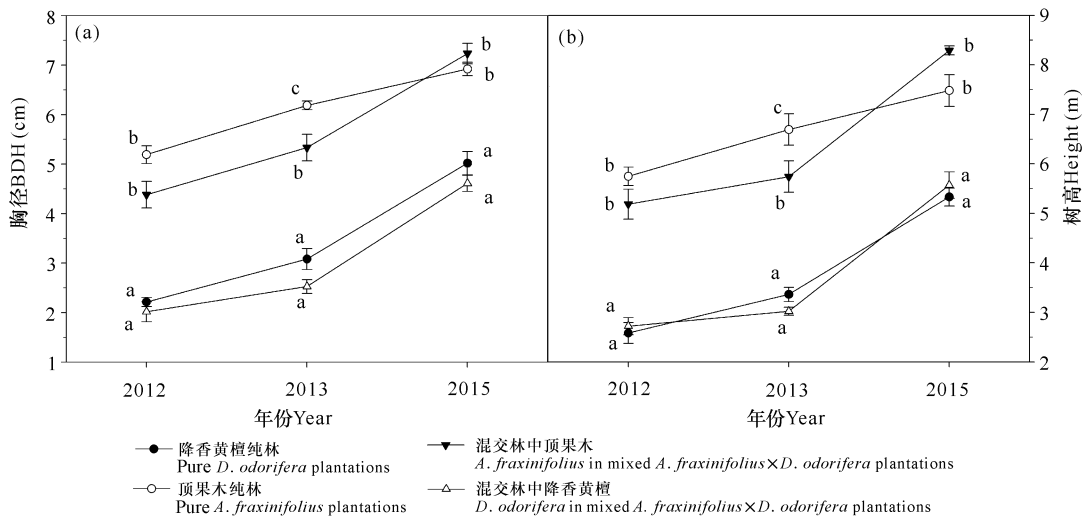
图2 不同治理模式的苗高和地径

Fig. 2 Seedling height and ground diameter of different combating models

2.3 胸径和树高

由图3可以看出,从2012年到2015年,不同治理模式林分的平均胸径和平均树高均随着年龄的增加而增加,顶果木纯林的平均胸径和平均树高由2012年的(5.19±0.18)cm和(5.75±0.19)m分别增至2015年的(6.92±0.14)cm和(7.48±0.32)m;降香黄檀纯林的平均胸径和平均树高由2012年的(2.21±0.09)cm和(2.58±0.21)m分别增至2015年的(5.02±0.24)cm和(5.33±0.18)m;混交林中,顶果木的平均胸径和平均树高由2012年的(4.38±0.27)cm和(5.19±0.30)m分别增至2015年的(7.23±0.21)cm和(8.29±0.09)m;降香黄檀

的相应由2012年的(2.02±0.20)cm和(2.72±0.17)m分别增至2015年的(4.61±0.16)cm和(5.57±0.27)m。方差分析表明,无论是纯林还是混交林,顶果木的平均胸径和树高均显著高于降香黄檀($P < 0.05$);不同治理模式相同树种进行比较,2012年和2013年顶果木纯林的平均胸径和树高大于混交林,且2013年存在显著差异,2015年为混交林大于纯林,但差异不显著。降香黄檀的平均胸径为纯林大于混交林,但差异不显著。降香黄檀的树高表现为交替变化,时而以混交林的较高,时而以纯林的较高,但两者差异不显著(图3)。



不同小写字母表示不同石漠化治理模式间差异显著

Different lowercase letters indicate statistically significant differences between different combating models ($P < 0.05$)

图3 不同治理模式林分的胸径和树高

Fig. 3 DBH and tree height of different combating models

3 讨论

3.1 不同治理模式对造林成活率和保存率的影响

造林成活率和保存率是反映造林质量和造林成效的两个重要指标,也是造林检查的重要内容^[20]。造林成活率取决于苗木生活力、种植技术和造林地土壤水分状况^[20]。在岩溶地区,由于受立地条件差和气候干旱等因素影响,导致石山区的造林成活率低,保存率更低,甚至出现年年造林不见林的状况^[5]。秦飞等^[16]对石灰岩山地造林效果调查发现,不同的造林树种成活率明显不同:火炬树(*Rhus typhina*)、女贞(*Ligustrum lucidum*)的造林成活率最高,分别为97%和94%;龙柏(*Sabina chinensis* cv. *kaizca*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、雪松(*Cedrus deodara*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、五角枫(*Acer mono*)、柿(*Diospyros kaki* var. *syivestris*)的成活率相近,分别为88%、86%、82%、84%、85%和85%;桧柏(*Sabina chinensis*)、黄连木(*Pistacia chinensis*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、苦楝(*Melia azedarach*)、石榴(*Punica granatum*)、枣(*Zizyphus jujuba*)和杏(*Prunus cerasifera*)的成活率较低,分别为64%、66%、68%、78%、59%、61%和40%。本研究表明,不同树种和不同治理模式,成活率存在一定的差异。降香黄檀的成活率较高,平均为93%,而顶果木的较低,平均成活率仅为81%。这可能与降香黄檀为大苗(苗高60 cm)栽植,而顶果木为小苗(苗高20 cm)栽植有关。这一结果与秦飞等^[16]的研究结果一致。本研究还发现,混交模式有

利于提高成活率,混交林中降香黄檀的平均成活率为96%,比降香黄檀纯林提高3个百分点;混交林中顶果木的成活率平均为87%,也比顶果木纯林的高6个百分点。

造林保存率比成活率更能反映造林成效。本研究发现,混交模式中的降香黄檀具有最高的保存率,平均为87%,而纯林中顶果木的保存率最低,平均为80%。纯林中的降香黄檀和混交林中的顶果木的平均保存率相同,均为85%,混交模式也有利用提高顶果木的保存率。

3.2 不同治理模式对幼龄林分生长的影响

卢立华等^[21]对顶果木、云南石梓(*Gmelina arborea*)、任豆(*Zenia insignis*)、银合欢(*Leucaena glauca*)、台湾相思(*Acacia confusa*)、狗骨木(*Cornus wilsoniana*)、墨西哥柏(*Cupressus lusitanica*)7个树种在石漠化地区造林效果评价时指出,所有试验树种都能在石灰岩山地正常生长且生长迅速,除狗骨木生长稍慢外,其余树种的树高、胸径年生长量都分别 ≥ 1.0 m和 ≥ 1.0 cm,尤其是墨西哥柏,其年平均树高、胸径生长量分别达到1.41 m、1.63 cm。本研究表明,从2011年到2015年,不同治理模式中树种的平均胸径和平均树高生长量均随着年龄的增加而增加,以4年时的平均生长量比较,顶果木纯林的年平均胸径和年平均树高生长量分别为1.73 cm和1.87 m;降香黄檀纯林的年平均胸径和年平均树高生长量分别是1.26 cm和1.33 m;混交林中,顶果木的年平均胸径和年平均树高生长量相应为1.81 cm和2.07 m,降香黄檀的年平均胸径和年

平均树高生长量分别为 1.15 cm 和 1.39 m。这一结果说明顶果木在混交林中生长更好,而降香黄檀在纯林和混交林中的生长无明显差异。

4 结论

不同治理模式林分的造林成活率和保存率存在一定的差异。纯林中,降香黄檀的成活率较高,顶果木的较低,混交有利于提高成活率和保存率。

不同治理模式林分的平均胸径和平均树高生长量均随着年龄的增加而增加,顶果木的生长速度明显高于降香黄檀,混交对顶果木和降香黄檀的胸径和树高生长也有一定的促进作用。

顶果木和降香黄檀都能较好地适应石漠化生境,幼林生长量均超过速生标准^[20],可以在南亚热带石漠化地区推广应用。

参考文献:

[1] QI X K, WANG K L, ZHANG C H. Effectiveness of ecological restoration projects in a karst region of southwest China assessed using vegetation succession mapping[J]. *Ecological Engineering*, 2013, 54: 245-253.

[2] WEN Y G, SUN D J, ZHU H G, et al. Changes in aboveground biomass and diversity between different stages of secondary succession of a karst vegetation in Guangxi, China [M]//HU J. *Advances in Biomedical Engineering*. Newark, USA: IERI, 2011: 420-423.

[3] JIANG Z C, LIAN Y Q, QIN X Q. Rocky desertification in Southwest China: Impacts, causes, and restoration[J]. *Earth-Science Reviews*, 2014, 132: 1-12.

[4] 周光辉, 但新球, 白建华. 新形势下石漠化问题的新认识——基于习近平同志的生态文明理论[J]. *中南林业调查规划*, 2015, 34(1): 59-64.

ZHOU G H, DAN X Q, BAI J H. A new understanding of the desertification problem under the new situation—based on the theory of ecological civilization of the XI Jinping[J]. *Central South Forest Inventory and Planning*, 2015, 34(1): 59-64.

[5] 白建华, 但新球, 吴协保, 等. 继续推进石漠化综合治理工程的必要性和可行性分析[J]. *中南林业调查规划*, 2015, 34(2): 62-66.

BAI J H, DAN X Q, WU X B, et al. The necessity and feasibility analysis of carrying on the comprehensive treatment project of rocky desertification [J]. *Central South forest Inventory and Planning*, 2015, 34(2): 62-66.

[6] 王维, 王文杰, 李俊生, 等. 基于归一化差值植被指数的极端干旱气象对西南地区生态系统影响遥感分析[J]. *环境科学研究*, 2010, 23(12): 1447-1455.

WANG W, WANG W J, LI J S, et al. Remote sensing analysis of impacts of extreme drought weather on ecosystems in southwest region of China based on normalized difference vegetation index[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2010, 23(12): 1447-1455.

[7] 国家林业局. 岩溶地区第二次石漠化监测报告[R]. 北京: 国家林业局, 2012.

State Forestry Administration. The second report of rocky desertification monitor in karst region [R]. Beijing: State Forestry Administration, 2012.

[8] 王世杰. 喀斯特石漠化概念演绎及其科学内涵的探讨[J]. *中国岩溶*, 2002, 21(2): 101-105.

WANG S J. Concept deduction and its connotation of karst rocky desertification[J]. *Carsologica Sinica*, 2002, 21(2): 101-105.

[9] 袁道先. 现代岩溶学和全球变化研究[J]. *地学前缘*, 2009, 13(1/2): 17-25.

YUAN D X. Modern karstology and global change study [J]. *Earth Science Frontiers*, 2009, 13(1/2): 17-25.

[10] 李玉辉. 喀斯特的内涵的发展及喀斯特生态环境保护[J]. *中国岩溶*, 2000, 19(3): 260-267.

LI Y H. The evolution of implication of karst and its environmental protection[J]. *Carsologica Sinica*, 2000, 19(3): 260-267.

[11] 杨汉奎. 喀斯特荒漠化是一种地质-生态灾难[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1995(3): 137-147.

YANG H K. Karst desertification and assessment of its disasters[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1995(3): 137-147.

[12] 张竹如, 李明琴, 李燕, 等. 贵州岩溶石漠化发生发展的主要原因初探[J]. *国土资源科技管理*, 2003(5): 43-46.

ZHANG Z R, LI M Q, LI Y, et al. A study of occurrence and development of karst stony desert in Guizhou Province[J]. *Management Geological Science and Technology*, 2003(5): 43-46.

[13] 苏维词, 杨华, 李晴, 等. 我国西南喀斯特山区土地石漠化成因及防治[J]. *土壤通报*, 2006, 37(3): 448-451.

SU W C, YANG H, LI Q, et al. Rocky land desertification and its controlling measurements in the karst mountainous region, southwest of China [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(3): 448-451.

[14] 李品荣, 曾觉民, 毕波, 等. 滇东南岩溶山地 3 种人工林群落林下植物群落学特征比较[J]. *热带亚热带植物学报*, 2006, 14(4): 287-293.

LI P R, ZENG J M, BI B, et al. Ecological characteristics of understory plants of three artificial forests in karst mountain area of Southeast Yunnan [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2006, 14(4): 287-293.

- [15] 王代懿,容丽,梅再美,等.喀斯特石漠化生态治理区结构与物种多样性研究[J].水土保持通报,2005,25(2):28-35.
WANG D Y,RONG L,MEI Z M,et al. Structure and species diversity of artificial vegetation in rocky desertification areas[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2005,25(2):28-35.
- [16] 秦飞,关庆伟,陈平.石灰岩山地工程造林技术设计及效果调查[J].林业科技,2009,34(4):27-31.
QIN F,GUAN Q W,CHEN P. Study on the technique of afforestation and effect at the stone quality hill[J]. Forestry Science & Technology,2009,34(4):27-31.
- [17] 蒋忠诚,李先琨,胡宝清,等.广西岩溶山区石漠化及其综合治理研究[M].北京:科学出版社,2011.
JIANG Z C,LI X K,HU B Q,et al. Study on rocky desertification and its comprehensive treatment in karst mountainous area in Guangxi [M]. Beijing: Science Press,2011.
- [18] 李治基.广西森林[M].北京:中国林业出版社,2001.
LI Z J. Guangxi forests [M]. Beijing: China Forestry Publishing House,2001.
- [19] 温远光,雷丽群,朱宏光,等.广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征[J].生态学报,2013,33(18):5723-5730.
WEN Y G,LEI L Q,ZHU H G,et al. Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county,Guangxi[J]. Acta Ecologica Sinica,2013,33(18):5723-5730.
- [20] 沈国航.森林培育学[M].北京:中国林业出版社,2001.
SHEN G F. Silviculture [M]. Beijing: China Forestry Publishing House,2001.
- [21] 卢立华,黎明,黄永标.广西马山县石灰岩溶区生态重建技术研究[J].广西林业科学,2003,32(2):88-90.
LU L H,LI M,HUANG Y B. Study on ecological reconstruction technology in limestone karst area in Mashan County of Guangxi[J]. Guangxi Forestry Science,2003,32(2):88-90.

(责任编辑:陆雁)

(上接第 174 页 Continue from page 174)

- [17] 黄小荣,何峰,庞世龙,等.广西石山人工林灌草多样性与环境因子的关系[J].生态学杂志,2015,34(11):3024-3033.
HUANG X R,HE F,PANG S L,et al. Understory biodiversity of plantations on karst mountains in Guangxi and its relation to environmental factors[J]. Chinese Journal of Ecology,2015,34(11):3024-3033.
- [18] 喻理飞,朱守谦,叶镜中,等.退化喀斯特森林自然恢复过程中群落动态研究[J].林业科学,2002,38(1):1-7.
YU L F,ZHU S Q,YE J Z,et al. Dynamics of a degraded karst forest in the process of natural restoration [J]. Scientia Silvae Sinicae,2002,38(1):1-7.
- [19] 刘京涛,温远光,周峰.桂西南退化喀斯特植被自然恢复研究[J].水土保持研究,2009,16(3):65-69.
LIU J T,WEN Y G,ZHOU F. Study on natural restoration of degraded karst vegetation in Southwest Guangxi[J]. Research of Soil and Water Conservation,2009,16(3):65-69.
- [20] 宋同清,彭晚霞,曾馥平,等.喀斯特峰丛洼地不同类型森林群落的组成与生物多样性特征[J].生物多样性,2010,18(4):355-364.
SONG T Q,PENG W X,ZENG F P,et al. Community composition and biodiversity characteristics of forests in karst cluster-peak-depression region [J]. Biodiversity Science,2010,18(4):355-364.
- [21] 李品荣,曾觉民,毕波,等.滇东南岩溶山地 3 种人工林群落林下植物群落学特征比较[J].热带亚热带植物学报,2006,14(4):287-293.
LI P R,ZENG J M,BI B,et al. Ecological characteristics of understory plants of three artificial forests in karst mountain area of Southeast Yunnan[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany,2006,14(4):287-293.
- [22] 林丽平,田大伦,闫文德,等.喀斯特城市 3 种森林类型物种多样性研究[J].中南林业科技大学学报,2011,31(5):127-134.
LIN L P,TIAN D L,YAN W D,et al. Study on species diversity of three different forest types of karst vegetation in Guiyang[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2011,31(5):127-134.
- [23] 王永健,陶建平,张炜银,等.茂县土地岭植被恢复过程中物种多样性动态特征[J].生态学报,2006,26(4):1029-1036.
WANG Y J,TAO J P,ZHANG W Y,et al. Dynamics of species diversity in vegetation restoration on Tudiling of Mao County, Southwest China [J]. Acta Ecologica Sinica,2006,26(4):1029-1036.

(责任编辑:米慧芝)