

Scientific Research of
Vegetation Restoration on Stony
Desertification Area



石漠化植被恢复 科学研究

姚小华 任华东 李 生 等 著



科学出版社

石漠化植被恢复科学研究

姚小华 任华东 李 生 等著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

我国是世界三大喀斯特地形发育最强烈的地区之一。在喀斯特脆弱的生态环境下,西南岩溶山区的石漠化是我国西部生态建设中面临的重大地域环境问题,也是西南地区实现可持续发展的主要障碍之一。本书以桂西、黔中和滇东三个典型喀斯特石漠化地区为研究对象,深入研究了石漠化山区造林树种幼苗的抗旱性、主要植被恢复模式的生态学特征和土壤特性、植被盖度的季相变化与石漠化的动态规律、不同植被恢复模式特征同水土流失规律的关系,为当地人工林的营造和当地林业的生态规划提供了理论支持,为石漠化治理提供了科学依据。

本书系统总结了自2002年以来中国林业科学研究院亚热带林业研究所主持的石漠化的科研试验结果,可供从事环境科学及其相关学科的高校师生、科研院所和政府决策部门的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石漠化植被恢复科学研究 / 姚小华等著. —北京: 科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03 035724-3

I. ①石… II. ①姚… III. ①沙漠化—植被—恢复—科学研究

IV. ①P941.73②Q948.15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 238555 号

责任编辑: 张会格 / 责任校对: 钟 峰

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京 5 黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本 787×1092 1/16

2013 年 1 月第一次印刷 印张 23 3/4 插页 2

字数 580 000

定价: 118.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



热烈庆祝

中国林业科学研究院亚热带林业研究所成立50周年

著 者 名 单

姚小华 任华东 李 生 何丙辉 杨水平

孙 凡 徐利霞 司 彬 苏 玥 徐圣旺

王开良 林 萍 曹永庆 龙 伟

本研究主要支持研究课题

1. 国家林业重点工程科技支撑项目《南方石漠化山地植被恢复技术应用示范》（林计批字 2006-3）
2. 国家十一五科技支撑计划专题《石漠化综合治理与植被恢复技术研究》（2006BAD03A0303）
3. 科技部公益项目《石漠化植被恢复技术与支持体系构建》（2005DIB3J146）
4. 国家林业重点工程科技支撑项目《喀斯特石漠化地区植被恢复与重建技术研究》（〔2003〕 88-1）
5. 国家林业局重点项目《石漠化地区植被恢复与生态重建技术试验示范》（2003-053-L53）
6. 公益性行业科研专项《生态经济型石漠化植被恢复模式构建技术研究》（201004033）
7. 国家林业局制标项目《喀斯特地区植被恢复技术规程》（2006-LY-026）
8. 中国林科院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（CAFYBB2007033）

前 言

石漠化是指在喀斯特脆弱生态环境下，人类不合理的干扰活动造成植被破坏、水土流失、岩石逐渐裸露、土地总体生产力衰退或丧失、土地利用率低、地表在视觉上呈现类似荒漠景观的演变过程，因此它是自然因素和人为因素共同作用的结果。石漠化的直接后果是水土流失严重、土层变薄、旱涝灾害频繁发生、生态环境恶化、优势资源利用率降低，严重制约着该区域的经济和社会发展，同时也危及我国经济建设和环境保护的成果。

无论是中国还是欧洲、北美，喀斯特山区的居民生活水平都低于平原或沿海地区居民的生活水平，喀斯特山区脆弱的生态环境与社会发展问题是一个国际性的问题。由于喀斯特石漠化发生在特定的区域，所以国际上对石漠化问题的研究很少，我国对石漠化问题的研究在进入 21 世纪后才得以快速发展。

进入 21 世纪以来，第九届全国人民代表大会第四次会议的“关于国民经济和社会发展第十个五年计划纲要的报告”中提出“推进岩溶地区石漠化综合治理”。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十个五年计划纲要》进一步明确提出，“推进黔桂滇岩溶地区石漠化综合治理”，把石漠化治理提到了国家目标的高度。国家发改委关于进一步做好西南石山地区石漠化综合治理工作指导意见的通知（发改地区〔2004〕1529 号），指出当前最主要的工作是编制好县级《石漠化综合治理规划》及《石漠化综合治理项目建议书》。政策的支持使喀斯特石漠化的研究获得极好的发展机遇。

自林业六大工程开展以来，如何构建生态和经济功能相结合的植被恢复模式，是实现可持续发展的重要思路。中国林业科学研究院亚热带林业研究所经济林研究团队长期以来在亚热带地区开展经济林树种培育与利用技术研究，在 2002 年开始主动投入到国家退耕还林、天然林保护等工程中，积极围绕石漠化研究的最新热点，在造林树种、植被恢复等方面做了大量的研究工作。本研究主要围绕喀斯特石漠化地区的植被恢复主题，联合多学科专业开展典型地区植被恢复技术治理示范，并就恢复过程中的关键技术开展研究。为了推动石漠化植被恢复方面科研成果的共享和交流，将近年研究成果著成了这本《石漠化植被恢复科学研究》。本书系统总结了我所主持的 2002 年以来石漠化的科研试验结果，全书分为四篇，第一篇研究了石漠化山区造林树种幼苗的抗旱性，为该地区人工林的营造提供了依据；第二篇重点对桂西、黔中和滇东三地主要植被恢复模式的主要特征进行了研究，为石漠化治理提供了理论依据；第三篇研究了滇东、黔中和桂西三个典型喀斯特石漠化地区植被的季相变化、石漠化特征、土壤特性和气象特点，揭示了植被盖度的季相变化与石漠化的动态规律，为当地石漠化治理以及林业和生态规划提供了科学依据，为生态恢复和经济发展提供了技术和理论支撑；第四篇对滇东高原石漠化典型地区的不同植被恢复模式

的特征进行了研究，为石漠化生态环境的恢复和治理提供了理论支持。本书涉及面广，内容较为丰富，对石漠化研究具有重要的信息交流和一定的参考价值。

由于时间匆忙，著者水平有限，文中疏漏和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

中国林业科学研究院亚热带林业研究所

2011年8月

目 录

前言

第一篇 石漠化山区造林树种 幼苗的抗旱性研究

第 1 章 绪论	3
1.1 干旱胁迫对石漠化山区树种种子发芽的影响	3
1.2 干旱胁迫对石漠化山区树种生长及生物量的影响	4
1.3 干旱胁迫对石漠化山区树种生理特性的影响	4
1.4 干旱胁迫对石漠化山区树种生化特性的影响	6
1.5 干旱胁迫下石漠化山区树种根系活力的变化	8
1.6 石漠化山区树种抗旱性研究展望	8
第 2 章 引言	9
2.1 研究背景	9
2.2 研究目的和意义	9
2.3 研究内容	10
第 3 章 干旱胁迫对 3 个树种种子发芽的影响	12
3.1 实验材料及预处理	12
3.2 实验方法	13
3.3 观察项目和统计方法	13
3.4 结果与分析	13
3.5 结论与讨论	18
第 4 章 干旱胁迫对 3 个树种幼苗生长、生物量及根系活力的影响	19
4.1 材料	19
4.2 方法	19
4.3 测定项目及测定方法	19
4.4 统计分析	20
4.5 结果与分析	20
4.6 结论与讨论	24
第 5 章 干旱胁迫对 3 个树种幼苗光合日变化的影响	25
5.1 材料处理	25

5.2	方法	25
5.3	结果与分析	26
5.4	结论与讨论	34
第 6 章	干旱胁迫对 3 个树种幼苗气体交换参数的影响	35
6.1	材料	35
6.2	实验处理	35
6.3	土壤含水量的测定	35
6.4	叶片气体交换参数的测定	36
6.5	结果与分析	36
6.6	结论与讨论	38
第 7 章	干旱胁迫对 3 个树种幼苗渗透调节物质的影响	39
7.1	材料	39
7.2	实验处理	39
7.3	可溶性蛋白和脯氨酸含量的测定	39
7.4	结果与分析	40
7.5	结论与讨论	42
第 8 章	干旱胁迫对 3 个树种幼苗体内膜保护酶及膜脂过氧化的影响	43
8.1	材料	43
8.2	实验处理	43
8.3	土壤水分含量的测定	43
8.4	保护酶和丙二醛含量的测定	43
8.5	结果与分析	44
8.6	结论与讨论	46
第 9 章	主要结论与讨论	47
9.1	主要结论	47
9.2	讨论	47
篇小结		49
ABSTRACT		50
参考文献		52

第二篇 典型喀斯特石漠化地区植被 恢复模式及其特征研究

第 10 章	喀斯特石漠化的研究现状、危害和对策	61
10.1	喀斯特及其研究概况	61

10.2	喀斯特石漠化概念的提出及研究进展	62
10.3	喀斯特石漠化的危害	64
10.4	喀斯特植被退化原因分析	64
10.5	喀斯特石漠化植被恢复研究概况	65
10.6	喀斯特石漠化植被恢复途径探讨	69
10.7	结语	72
第 11 章	研究区概况	73
11.1	凌云县概况	73
11.2	普定县概况	74
11.3	富源县概况	74
第 12 章	典型喀斯特地区不同植被恢复模式生态学特征研究	76
12.1	研究方法	76
12.2	凌云县喀斯特石漠化地区不同植被恢复模式的生态学特征	77
12.3	普定县喀斯特石漠化地区不同植被恢复模式的生态学特征	91
12.4	富源县喀斯特石漠化地区不同植被恢复模式的生态学特征	108
12.5	不同喀斯特石漠化地区封山育林不同演替阶段多样性分析	117
第 13 章	典型喀斯特地区不同植被恢复模式的土壤特性研究	120
13.1	材料与方法	120
13.2	凌云县不同植被恢复模式土壤特性分析	120
13.3	普定县不同植被恢复模式土壤特性分析	125
13.4	富源县不同植被恢复模式土壤特性分析	132
第 14 章	结论与展望	138
14.1	结论与讨论	138
14.2	展望	141
篇小结		142
ABSTRACT		144
参考文献		147

第三篇 典型喀斯特地区季节性石漠化与 植被盖度的动态关系研究

第 15 章	石漠化研究概况及恢复途径	155
15.1	研究现状	155
15.2	喀斯特石漠化的危害	157
15.3	喀斯特植被退化原因分析	158

15.4	喀斯特石漠化植被恢复途径探讨	159
15.5	结语	161
第 16 章	绪论	162
16.1	研究背景	162
16.2	研究内容	162
16.3	拟解决的关键问题	162
16.4	技术难点	163
16.5	预期达到的目标	163
16.6	创新点或新意预测	163
16.7	相关概念	163
16.8	技术路线	164
第 17 章	研究区概况	165
17.1	富源县概况	165
17.2	普定县概况	167
17.3	凌云县概况	168
第 18 章	典型喀斯特地区季节性石漠化与植被盖度的动态关系研究	170
18.1	材料与方法	170
18.2	滇东（富源县）喀斯特地区季节性石漠化与植被盖度的动态关系	171
18.3	黔中（普定县）喀斯特地区季节性石漠化与植被盖度的动态关系	181
18.4	桂西（凌云县）喀斯特地区季节性石漠化与植被盖度的动态关系	191
第 19 章	滇东（富源县）典型喀斯特植被生长季石漠化的动态变化研究	203
19.1	材料与方法	203
19.2	植被生长季各阶段样方盖度的动态变化规律	204
19.3	植被生长季各阶段石漠化率的动态变化规律	205
19.4	生长季植被盖度与石漠化率的动态变化关系分析	206
19.5	植被生长季枯落层盖度的变化及作用	208
19.6	讨论	210
第 20 章	典型喀斯特植被恢复区土壤理化性质	213
20.1	土壤采集及测试方法	213
20.2	滇东（富源县）典型植被恢复模式土壤理化性质分析	213
20.3	黔中（普定县）典型植被恢复模式土壤理化性质分析	215
20.4	桂西（凌云县）典型植被恢复模式土壤理化性质分析	216
第 21 章	典型喀斯特植被恢复区林内季节性气象特征	219
21.1	材料与方法	219
21.2	典型喀斯特植被恢复区林内季节性气象特征	219

21.3 滇东(富源县)降雨量	240
第 22 章 结论与展望	241
22.1 结论与讨论	241
22.2 展望	243
篇小结	246
ABSTRACT	248
参考文献	250

第四篇 滇东喀斯特石漠化地区不同植被 模式下水土流失规律研究

第 23 章 喀斯特石漠化水土流失规律研究概况	255
23.1 喀斯特石漠化概况	255
23.2 喀斯特石漠化水土流失研究进展	256
第 24 章 研究内容	258
24.1 研究区概况	258
24.2 研究方法	259
第 25 章 降雨及降雨侵蚀力规律研究	261
25.1 降雨规律研究	261
25.2 降雨侵蚀力研究	264
25.3 小结	266
第 26 章 土壤理化性质评价	267
26.1 材料与方法	267
26.2 土壤容重与孔隙度研究	272
26.3 土壤水分研究	275
26.4 不同植被恢复模式与土壤养分研究	283
26.5 不同植被恢复模式与土壤颗粒研究	286
26.6 不同植被恢复模式与水稳性团聚体研究	289
26.7 小结	290
第 27 章 喀斯特石漠化土壤径流流失规律研究	292
27.1 不同植被模式与径流流失的关系研究	292
27.2 同一模式径流流失规律	295
27.3 径流流失与降雨关系研究	296
27.4 径流量与次降雨侵蚀力、次降雨量的函数关系研究	298
27.5 径流流失量与降雨因子的灰色关联分析	299

27.6 小结	301
第 28 章 喀斯特石漠化土壤泥沙流失规律研究	302
28.1 不同模式年泥沙流失规律	302
28.2 月泥沙流失动态分布规律	303
28.3 同一模式泥沙流失规律	304
28.4 泥沙流失与土壤颗粒、水稳性团聚体的关系	305
28.5 泥沙流失与降雨的关系	309
28.6 泥沙流失量与径流量之间的关系模型研究	312
28.7 小结	312
第 29 章 滇东喀斯特石漠化土壤养分流失规律研究	314
29.1 不同模式土壤养分流失与强降雨关系研究	314
29.2 同一模式养分流失比较	316
29.3 小结	318
第 30 章 结论	319
篇小结	321
ABSTRACT	322
参考文献	323
附表	325
图版	

第一篇

石漠化山区造林树种 幼苗的抗旱性研究

第 1 章 绪 论

我国是世界三大喀斯特地形（欧洲地中海沿岸、美国东部和东亚片区）发育最强烈的地区之一。其中滇黔桂三省区是东亚片区的中心，喀斯特面积达 32.84 万 km²，占三省区总面积的 40.7%^[1]。石漠化地区的典型特征是植被覆盖率低，一般都小于 30%，岩石裸露。这些地区森林植被遭到严重破坏，年降雨量逐渐减少，蒸发量大，而且土壤渗漏性强，保水能力差，经常造成临时性的土壤干旱。可见，土壤干旱是限制该地区植被恢复的主要因子之一。因此，干旱对石漠化地区植被恢复的影响研究是该类立地植被恢复研究的热点，而树木本身的抗旱特性研究是出发点之一。树木的抗旱性是多种因素综合作用的结果，与根系及地上部形态、生理和生化特性有关。本章仅从以下 6 个方面对石漠化山区造林树种对土壤干旱的反应和适应性做一综述，并对该区树种的抗旱性研究提出了一些自己的观点。

1.1 干旱胁迫对石漠化山区树种种子发芽的影响

种子发芽一直是种子科学研究的热点。种子是种子植物所特有的延存器官。种子发芽特性直接影响植物的繁衍能力和产量。种子发芽的必需条件是有生活力的种子、适宜的温度、充足的光照、适当的水分条件，其中水分条件是种子发芽的主要限制因子。由于不同物种的种子存在自身特性的差异，所以不同种子发芽时所需要的水分条件不同，但都存在一个临界含水量，即种子发芽时最低限度的水分含量。如果种子发芽时的水分条件低于临界含水量，那么种子的发芽速度及质量就会受到限制，甚至不发芽。因此，研究水分胁迫对种子发芽的影响仍是现在的热点。目前关于水分胁迫条件下种子发芽情况的研究，都是在室内用聚乙二醇（PEG）模拟水分胁迫条件下进行的。

水分是影响种子发芽的一个关键生态因子，而且对石漠化山区植物的影响尤为重要。不同种子发芽对水分的响应存在较大的差异。近些年来国外学者已用相对分子质量为 6000 的 PEG 配成不同浓度的溶液研究同一树种，不同种源种子发芽的反应，从而揭示种子在抗旱方面的相对差异，已取得了较好的研究结果^[2,3]。但也有研究认为大分子量的 PEG 比小分子量的更适用于植物^[4]。喻方圆等^[5]用聚乙二醇溶液模拟渗透胁迫对马尾松种子活力的影响进行了研究，发现相对分子质量为 10 000 的 PEG、体积分数 20%、时间 1d 的渗透胁迫处理对马尾松种子发芽率和活力有明显的促进作用，同时还可以达到早出苗、出齐苗的目的。研究表明，随水势的下降，各树种种子的发芽速度相应减慢且各发芽始期存在差异，随着 PEG 浓度的提高，发芽期开始延后，但不同树种的种子延长期不同^[6]。多数研究认为随着水势梯度的提高，各树种种子的发芽率、发芽势、胚根和胚轴长及其比值、活力指数和发芽指数等指标均呈下降趋势^[7,8]，但也有相反的报道^[9]。