



当代
杰出青年
科学文库

热带亚热带 恢复生态学 研究与实践

彭少麟 主编



科学出版社
www.sciencep.com



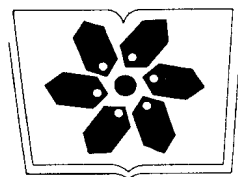
中国科学院
出版
生命科学
科学文库

热带亚热带 恢复生态学 研究与实践

陈少雄 主编



科学出版社
Science Press



中国科学院科学出版基金资助出版

当代杰出青年科学文库

热带亚热带恢复生态学 研究与实践

彭少麟 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以作者长期恢复生态学定位研究和实践的成果作为基本素材,揭示退化生态系统形成的原因,论述生态恢复的理论基础、水热过程、能量环境、种类组成的效应以及恢复的环境效应,提出植被恢复的限制因子和进行植被恢复的关键技术,并以特殊类型的退化生态系统的恢复成功范例论述生态恢复的方法和步骤及评价体系。

本书可供从事生态学、恢复生态学、生态工程学、林学、农学、自然地理学和环境科学等工作的高校师生及研究人员参考,亦可为政府有关部门进行林业和环境生态设计时提供科学参考。

图书在版编目(CIP)数据

热带亚热带恢复生态学研究与实践/彭少麟主编. —北京:科学出版社, 2003.4

(当代杰出青年科学文库)

ISBN 7-03-011080-3

I. 热… II. 彭… III. ①热带-生态环境-环境保护②亚热带-生态环境-环境保护 IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 006341 号

责任编辑:韩学哲/责任校对:朱光光

责任印制:刘士平/封面设计:黄华斌

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年4月第 一 版 开本: B5 720×1000

2003年4月第一次印刷 印张: 33 3/4

印数: 1—1 200 字数: 639 000

定价: 68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

热带亚热带恢复生态学研究与实践

Study and application of restoration ecology in tropical and subtropical China

主 编 彭少麟

编著者 (按姓氏笔画为序)

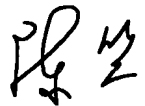
申卫军	任 海	李志安	李跃林	李健雄
李勤奋	陆宏芳	邹 碧	赵 平	柳 江
夏汉平	彭少麟	曾小平	廖崇惠	

陈 竺 序

早在 20 世纪 50 年代, 华南植物研究所就率先建立了我国第一个热带亚热带生态恢复定位实验站。长期以来, 他们扎实的研究和实践工作为恢复生态学的学科发展和区域的生态环境整治做出了重大的贡献。4 年前, 中国科学院率先启动了为建立国家创新体系而开展的知识创新工程, 在党中央、国务院的正确领导下, 在有关部委及地方政府的支持下, 经全院同志的努力, 知识创新工程试点工作已取得显著进展。中国科学院华南植物研究所彭少麟研究员主持的青年研究团队同时受到知识创新工程项目和广东省优秀团队项目的支持, 深入开展了热带亚热带退化生态系统的恢复与重建的研究与示范工作。他们的研究团队在原有雄厚积累的基础上, 根据地方社会经济发展的需求, 建立了一大批优化的生态工程模式并加以推广, 同时结合恢复生态学这一学科前沿开展了系统而深入的科学研究, 取得了明显的社会、生态和经济效益。

由彭少麟先生主编的《热带亚热带恢复生态学研究与实践》, 是在华南植物研究所多年开展恢复生态学定位研究的基础上撰写而成的。该书系统地总结了他们在中国热带和亚热带地区开展生态恢复实践的经验, 并在系统研究国内外恢复生态学进展的基础上进行理论总结, 提出了不少恢复生态学的新观点和新方法。该书的出版定能有力地提升我国热带和亚热带退化生态系统恢复与重建的研究和示范能力, 同时也能将有关知识传播到其他区域, 最终提高我国的恢复生态学研究与实践水平。

恢复生态学起源于 100 多年前的山地、草原、森林和野生生物等自然资源管理研究, 诞生于 20 世纪 80 年代, 它的发展将可能解决困扰人类生存的环境污染、植被破坏、土地退化、水资源短缺、生物多样性丧失和气候变化等问题, 但这一过程是长期的。我谨祝愿彭少麟先生及其研究团队能再接再厉, 在恢复生态学领域取得更大的成绩。



中国科学院 副院长

中国科学院 院士

2003 年元月

张新时序

在全球的生态危机中，原生生态系统尤其是森林生态系统被破坏而引起的生态平衡失调是生态领域的中心问题之一。热带亚热带森林具有巨大的生物量、高生产力和复杂的生物多样性，尤其是热带森林对当今大气二氧化碳升高具有较强的缓冲能力，对改善环境和促进良性生态平衡具有特殊意义。我国热带和亚热带地区跨越的范围相当大，是人口压力较大和经济活动非常活跃的区域，长期的过度开发和不合理利用，导致原生生态系统尤其是地带性的典型植被常绿阔叶林生态系统被破坏，水土流失和环境恶化，严重地阻碍了该地区农业生产力的提高和经济的可持续发展。恢复生态学正是针对这些问题进行研究，具有强大的社会需求和广阔的应用前景。

恢复生态学是一门年轻的学科，其理论不仅来源于传统的生物学科，还需要在生态系统以至景观水平上进行宏观大尺度的整合研究，以及微观尺度上的机制探索。生态恢复实践的成功范例更可以完善和发展生态学原有的许多理论。

本书作者彭少麟研究员及其研究团队在恢复生态学领域所做的研究工作，得到国内外同行的广泛关注和高度评价。他们长期开展恢复生态学定位研究和应用实践，承担了国家大量的重要科研课题，不但产生了巨大的社会、经济与生态效益，而且在学术上积累了极其丰富的素材，其理论与应用成果获得过多项重要奖项。在本专著里，他们将长期工作成果进行了系统总结，结合本领域的最新科学进展，通过大量第一手实测资料，创新性地提出了具有自己特色的恢复生态学理论与方法，论证了华南地区退化土地的形成与演化机制，对热带南亚热带地区不同退化生态系统提出了具体的恢复策略。我相信中国科学院出版基金资助本书的出版，将不但能促进学科理论的发展，也将对我国的生态恢复实践起重要的指导作用。



中国科学院 院士

2003 年元月

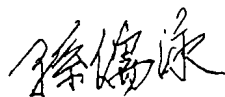
孙儒泳序

恢复生态学，顾名思义，是人类研究应用生态学原理，特别是生态系统发展与功能，使受到高度干扰的生态系统或地域得以恢复的学问。恢复生态学在早期主要重视尺度比较小的地域上的生态恢复，但是现在正转向更大尺度的地域，即景观。因此，其兴趣扩大，与景观生态学的发展密切联系。

随着人类社会、经济、科学技术的迅猛发展和人口膨胀，对资源的过度利用和破坏，大面积的土地正不断地退化，地球环境正趋于全面恶化，甚至于威胁人类自身的生存。如何阻止土地退化、拓展和改善生存疆域已成为人类面临的巨大挑战，而生态恢复正是人类应付这一挑战的最重要手段。由于高温多雨的气候资源，热带亚热带地区土地生产力极高，生物多样性非常复杂，历来是人类利用土地资源与生物资源的最重要区域，但也因之成为受破坏最严重的地区。我国热带亚热带区域约占国土面积的 1/5，承载着全国人口的 40%，在这一地区深入开展恢复生态学研究，对我国乃至世界都具有特殊的意义。

恢复生态学是随着人类现代环境意识的提高而逐渐发展起来的年轻学科，最近二十多年来，它已成为最热门的学科之一。然而，无论其学科理论，还是应用技术均还远未完善，当前，需要有大量针对各种退化类型进行恢复的实例报道，但更为需要的是系统、综合和长期研究基础上的理论总结。

本书作者彭少麟及其研究集体，以长期恢复生态学定位研究和实践的成果作为基本素材，揭示了我国南方退化生态系统形成的原因，论述了生态恢复的理论基础、水热过程、能量环境、种类组成的效应以及恢复的环境效应，提出植被恢复的限制因子和进行植被恢复的关键技术，并以一些特定类型退化生态系统恢复的成功范例为基础，论述了生态恢复的方法、步骤及评价体系。他们的研究工作瞄准我国南方经济发达地区，针对经济高速发展对物种多样性和生态环境保护、恢复与重建，以及对植物资源战略储备和可持续利用的需求，开展了艰苦而卓有成效的研究工作，并以专著的形式总结和发展恢复生态学研究的理论和方法。为此，我祝贺本专著的出版，并相信它必将促进我国生态学学科的进一步发展。



中国科学院 院士

2003 年元月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 恢复生态学的定义	1
1.1.1 恢复生态学的基本涵义	1
1.1.2 恢复生态学的主要研究内容	2
1.2 恢复生态学的历史、现状与未来	3
1.2.1 恢复生态学的发展简史	3
1.2.2 恢复生态学的发展趋势	4
1.3 恢复生态学在国民经济建设中的意义	7
1.3.1 生态系统退化的现状	7
1.3.2 恢复生态学的生态、社会与经济意义	18
第 2 章 恢复生态学的基础理论	19
2.1 退化生态系统的恢复	19
2.1.1 土地退化与生态系统退化	19
2.1.2 退化生态系统恢复的基本原则	27
2.1.3 退化生态系统恢复的程序与方法	28
2.1.4 退化生态系统恢复的方向与目标	30
2.2 退化生态系统的脆弱性理论	32
2.2.1 脆弱性的概念	32
2.2.2 研究退化生态系统的脆弱性的意义	33
2.2.3 脆弱性与其他因素的关系	33
2.3 相关生态学理论在生态恢复中的应用	41
2.3.1 与物质相关的生态原理的应用	41
2.3.2 与能量有关的生态原理的应用	42
2.3.3 与空间有关的生态原理的应用	43
2.3.4 与时间有关的生态原理的应用	45
2.3.5 与多样性有关的生态原理的应用	45
2.4 生态恢复的动态理论	48
2.4.1 自我设计与人为设计理论	48
2.4.2 演替理论	48

第3章 退化生态系统恢复过程中能量结构的恢复	61
3.1 能量生态学概念及研究概况	61
3.2 能量生态学的主要研究方法	62
3.2.1 辐射梯度的观测	62
3.2.2 小气候梯度的观测	63
3.2.3 冠层结构的测定	63
3.2.4 生物量和热值研究法	64
3.2.5 植物光合作用与呼吸作用速率研究法	65
3.3 森林生态系统恢复过程中群落的冠层结构动态	66
3.3.1 群落的冠层结构	66
3.3.2 个体结构与群体结构	69
3.4 不同群落的冠层辐射分析	70
3.4.1 林上总辐射	70
3.4.2 林上反射率	70
3.4.3 林冠吸收率	71
3.4.4 林下透射率	71
3.5 森林生态系统恢复过程中温度与湿度的变化	72
3.5.1 不同恢复阶段群落内温度的变化	72
3.5.2 不同恢复阶段群落内湿度的变化	73
3.6 森林生态系统恢复过程中群落植物光合与呼吸速率	73
3.6.1 群落植物的光合与呼吸速率变化	73
3.6.2 光合与呼吸速率研究方法探讨	75
3.7 森林生态系统恢复过程中群落的生物量研究	75
3.7.1 部分群落优势种的单株生长式	75
3.7.2 不同恢复阶段群落的生物量分布	76
3.7.3 不同恢复阶段群落的生物量年增量和净初级生产力	78
3.7.4 不同恢复阶段森林群落凋落物的比较	78
3.8 森林生态系统恢复过程中群落优势种各器官的热值	79
3.9 不同恢复阶段群落的能量现存量与净固定量	80
3.10 森林生态系统恢复过程中群落的光能利用效率	81
3.11 南亚热带森林植被的热量平衡	83
3.11.1 热量平衡理论	84
3.11.2 热量平衡的研究方法	86
3.11.3 热量平衡的月进程	86
3.11.4 热量平衡的日进程	87
3.12 气候生产力模型	88

3.12.1	气候生产力模型	88
3.12.2	生产潜力模拟结果	90
3.13	南亚热带森林生态系统的能量流动模型结构与功能探讨	91
3.13.1	数据同化与分析	91
3.13.2	不同群落的能量流动模型	92
3.13.3	鹤山马占相思人工林的能量现存量及能量流动	97
3.13.4	黑石顶常绿阔叶林能量流动模型	99
3.14	植被恢复过程中能量特征	99

第4章 热带亚热带植被生态恢复早期水热环境的变化

4.1	生态系统小气候和水文学研究的基本原理与方法	103
4.1.1	森林气象学基本原理和方法在恢复生态学研究中的应用	103
4.1.2	森林水文学基本原理和方法在恢复生态学研究中的应用	105
4.2	先锋生态系统的小气候效应	107
4.2.1	3种重建先锋森林生态系统的基本情况	107
4.2.2	先锋生态系统温湿效应的动态变化规律	109
4.2.3	不同先锋森林生态系统温湿效应的比较	122
4.2.4	森林生态系统温湿度的垂直梯度分异	125
4.3	先锋森林生态系统冠层上方的辐射能环境及蒸散量	128
4.3.1	南亚热带鹤山木荷林与湿地松林冠层上方的辐射能环境	128
4.3.2	南亚热带鹤山木荷林与湿地松林冠层蒸散量	131
4.4	先锋森林生态系统的地表径流特征	136
4.4.1	地表径流特征分析	138
4.4.2	地表径流系数的月变化	140
4.4.3	地表径流量与降雨特征的关系	140
4.4.4	地表径流产流特征分析	142
4.5	退化生态系统植被恢复过程中小气候的变化	146
4.5.1	退化生态系统与先锋森林生态系统气温的比较	147
4.5.2	退化生态系统与先锋森林生态系统土壤温度比较	151
4.5.3	退化生态系统与先锋森林生态系统空气相对湿度比较	157
4.5.4	退化生态系统与先锋森林生态系统土壤湿度比较	158

4.6	退化生态系统恢复过程中能量平衡各分量的变化	160
4.7	退化生态系统恢复过程中水量平衡各分量的变化	163
4.7.1	降水量与蒸发潜力的差异	163
4.7.2	水量平衡各分量的差异	164
4.8	基于水热的植被生态恢复机制	167
4.8.1	中国热带亚热带地区植被生态恢复的限制因子	167
4.8.2	恢复成功与否的标准	168
4.8.3	植被生态恢复的水热原理	169
4.8.4	基本原理对于恢复实践的启示	170

第5章 植物营养生态特性与植被恢复先锋种群的

选择.....	172
5.1 植物营养生态学概念	172
5.1.1 定义	172
5.1.2 研究范畴	172
5.1.3 研究意义	174
5.1.4 存在问题与前景	174
5.2 植物种群重要营养策略	175
5.2.1 植物形态及生长习性与营养适应策略	175
5.2.2 营养利用效率与影响因素	177
5.2.3 营养转移及其影响因子	180
5.2.4 植物对元素的选择吸收	183
5.2.5 营养分配与防御策略	184
5.3 南亚热带几种先锋树种的养分含量格局	184
5.3.1 枝、根养分含量与径级的关系	184
5.3.2 不同器官的养分差异	187
5.3.3 种间养分的差异	187
5.3.4 不同器官养分相似性的数学分析	190
5.4 南亚热带几种先锋种群体内元素的相关性	192
5.5 南亚热带几种先锋种群的营养转移特征	194
5.5.1 营养转移率	195
5.5.2 营养转移量	197
5.6 植物对环境营养有效性的影响	198
5.6.1 重要有机酸分子对磷吸附的影响	198
5.6.2 有机酸分子对阳离子的影响	202

5.6.3	有机酸分子对土壤铝毒性的响应	203
5.6.4	几种人工林对土壤矿质氮形态的影响	203
5.7	森林土壤铵吸附特征	204
5.7.1	植物物质对土壤吸附铵的影响	205
5.7.2	关于化学动力学	209
5.7.3	森林土壤铵吸附动力学研究	212
5.8	植物物质对环境酸碱度的影响	216
5.8.1	作用机制	216
5.8.2	几种人工林对环境酸碱度的影响	217

第 6 章 植物种类的生理生态特性对植被恢复过程的效应..... 218

6.1	植被恢复过程中种与生态系统的功能关系	219
6.1.1	种对生态功能效应的形式	220
6.1.2	生物多样性与生态系统的功能关系	224
6.1.3	种在退化生态系统功能恢复中的作用	226
6.2	演替种类组成发展趋势的理论研究	227
6.3	植被恢复中演替植物的环境特点及变化规律	229
6.3.1	演替生境的形成	229
6.3.2	演替生境的物理环境的变化趋势	230
6.4	建群种的生理生态特性对植被恢复过程的效应	235
6.4.1	华南丘陵退化荒坡先锋马占相思林的水分生态	237
6.4.2	华南丘陵退化荒坡先锋马占相思林的呼吸变化	240
6.4.3	先锋群落叶面积指数变化特点	247
6.4.4	植被恢复树种在不同实验光环境下叶片气体交换的生态适应特点	250
6.5	全球变化背景下植物生理生态响应对植被恢复演替的影响	261
6.5.1	全球变化背景下大气 CO ₂ 浓度升高与森林群落结构和功能的变化	262
6.5.2	全球变化与群落的演替	263
6.5.3	植被恢复演替植物光合作用对空气 CO ₂ 浓度增高的响应	264
6.5.4	补增 UV-B 辐射对植物羧化和电子传递速率影响	269

第7章 退化生态系统恢复过程中动物及土壤生物群落的演替与功能	275
7.1 动物群落的多样性及生物量发展与植被的恢复状况的关系	275
7.1.1 动物多样性变化过程与植被复杂化过程相一致	276
7.1.2 动物生物量随植被的恢复而增加	277
7.1.3 节肢动物群落的多样性与稳定性和植被结构的复杂性紧密相连	277
7.1.4 有害动物的发生、发展与森林植被的发展状况相关	281
7.2 退化生态系统恢复过程中动物对植物的保护与传播作用实例	283
7.2.1 大型森林蜘蛛的捕虫功能	284
7.2.2 屋顶鼠的捕虫功能	284
7.2.3 屋顶鼠传播植物种子的功能	286
7.3 土壤生物群落结构变化与植被的恢复	288
7.3.1 土壤微生物群落结构与生物量在不同植被类型下的变化	288
7.3.2 土壤动物群落在植被重建发展过程中的演替	291
7.4 土壤生物在营养循环和能量转换中的作用	299
7.4.1 土壤微生物的分解功能在植被发展过程中的变化	300
7.4.2 土壤动物在生态系统中的分解作用	302
7.4.3 土壤动物在凋落物前期分解中的作用大于土壤微生物的作用	305
7.4.4 土壤生物在土壤生态系统能量转换中的作用	307
第8章 退化生态系统植被重建的碳元素特征及土壤生态	312
8.1 退化生态系统恢复过程中碳元素相关特征	312
8.1.1 概述	312
8.1.2 土壤微生物量碳	313
8.1.3 地统计学在土壤、生态学研究中的应用	317
8.1.4 马占相思人工林地土壤有机碳的空间分布特征	321
8.1.5 马占相思人工林森林土壤 CO ₂ 排放通量及与环境因子的模拟	326
8.1.6 土壤利用方式变化对土壤碳的影响	332
8.1.7 鹤山几种不同土地利用方式的土壤碳储量	334
8.2 广东省森林土壤的碳储量估计及对全球变化的贡献	340
8.2.1 广东省森林植被及土壤碳储量估计	340

8.2.2	植被恢复对缓解全球变化的贡献	342
8.3	退化森林生态系统恢复过程的碳同位素示踪	343
8.3.1	鼎湖山森林生态系统的土壤剖面选择	343
8.3.2	鹤山森林生态系统剖面选择	344
8.3.3	土壤剖面的碳同位素测定结果	345
8.3.4	碳同位素测定结果的分析与讨论	348
8.3.5	小结	350
8.4	桉林重建林地过程中的巨尾桉养分循环特征	350
8.4.1	试验区及林分概况	350
8.4.2	研究方法	350
8.4.3	结果与分析	351
8.4.4	结论与讨论	359
8.5	桉林重建过程中土壤酶活性与微量元素含量关系	360
8.5.1	试验地区与研究方法	360
8.5.2	步骤与分析结果及讨论	362
8.5.3	结语	366
8.6	重建桉树人工林地的土壤微生物类群生态分布规律	366
8.6.1	土壤微生物的垂直分布	366
8.6.2	土壤微生物数量与生态环境	367
8.6.3	土壤微生物数量与林分生长	368
8.7	桉树重建人工林植被林地土壤肥力灰色关联分析	369
8.7.1	试验地概况	369
8.7.2	采样与测定方法	369
8.7.3	土壤肥力综合评价	370
8.7.4	土壤养分灰色关联分析结果	370
8.7.5	土壤酶灰色关联分析结果	371
8.7.6	结论	372
第9章	区域退化生态系统的恢复及生态系统管理	374
9.1	退化生态系统的定义及其特征	374
9.2	中国退化生态系统的类型与分布	374
9.3	退化生态系统恢复的目标与原则	375
9.4	退化生态系统恢复的方法与程序	376
9.5	退化生态系统恢复的机制	377
9.6	退化生态系统恢复的标准与时间	378
9.7	南亚热带森林恢复的过程与机制	380

9.8 生态系统健康评估及其在恢复生态学中的应用	380
9.8.1 生态系统健康的定义	381
9.8.2 生态系统健康的评估	382
9.8.3 生态系统健康的等级理论	389
9.8.4 生态系统健康在恢复生态学中的应用	390
9.9 生态系统管理的基本原理	390
9.9.1 生态系统管理的定义	391
9.9.2 生态系统管理的原理及其要素	392
9.9.3 热带亚热带森林的生态系统管理	395

第 10 章 矿业废弃地的生态恢复理论与中国热带

亚热带实践	399
10.1 矿业废弃地的生态环境问题	399
10.1.1 生态景观被破坏	399
10.1.2 土地遭受严重污染	399
10.1.3 土壤结构被破坏, 养分缺乏	400
10.1.4 地下水和下游水质受到影响	400
10.1.5 生物多样性锐减	400
10.2 矿业废弃地的自然恢复	401
10.2.1 植物定居与自然恢复过程	401
10.2.2 植物对矿区环境的适应性机制	402
10.3 矿业废弃地的人工恢复	405
10.3.1 矿业废弃地的人工恢复之涵义	405
10.3.2 开展人工恢复的指导思想	406
10.3.3 基质改良措施	407
10.3.4 植物种类选择	411
10.3.5 人工播种	414
10.3.6 矿山废水的生态处理	415
10.3.7 生态恢复过程与生态系统全面恢复	417
10.4 矿业废弃地成功恢复的指标体系及评价方法探讨	420
10.4.1 较早的评价体系	420
10.4.2 最近的评价体系	421
10.5 中国热带亚热带矿业废弃地的生态恢复实践	422
10.5.1 中国采矿地恢复的历史概况	422
10.5.2 典型采矿地的生态恢复实践	424

10.5.3 生态恢复效益评价.....	428
10.6 讨论.....	428
参考文献	431
名词术语	463
英文摘要	484