

S/81

桉树人工林 长期生产力 管理研究

STUDIES ON LONG-TERM PRODUCTIVITY
MANAGEMENT OF EUCALYPT PLANTATION

主编 余雪标

副主编 徐大平 王尚明

中国林业出版社

桉树人工林长期生产力管理研究

主 编 余雪标

副主编 徐大平 王尚明

中 国 林 业 出 版 社

内 容 提 要

本书为国家自然科学基金重点项目“杉木桉树人工林长期生产力保持机制研究”的子专题、国际热带木材组织(ITTO)资助项目 Ref. 018/97A、国际科学基金组织(IFS)资助项目 D/1875-2 及海南省自然科学基金项目(39507)的部分成果,共收入论文 20 篇,皆属第一手材料。主要内容有:人工林地力衰退研究现状,桉树人工林生态问题,热带人工林可持续经营理论与实践;连栽条件下桉树人工林的生长特性,生物量和生产力结构,林下植被结构,营养元素循环,土壤性质,营养诊断施肥;一些外来树种的生产力结构与养分管理,桉树人工林混交、轮作、间作系统的效应问题。

本书对人工林经营管理和生态学的教学科研及林业技术人员、大中专学生具有较大的参考价值;有关合理经营桉树人工林的建议,可供生产部门直接应用。

图书在版编目(CIP)数据

桉树人工林长期生产力管理研究/余雪标主编. —北京:中国林业出版社, 1999. 12

ISBN 7-5038-2459-X

I. 桉…

Ⅱ. 余…

Ⅲ. 桉树属-人工林-生产管理-研究

IV. S792.39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73592 号

中国林业出版社出版发行

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京市地质印刷厂印刷

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

开本:A4 印张:10

字数:302 千字 印数:1~1050 册

定价:38.00 元

《桉树人工林长期生产力管理研究》编委会

顾 问 黄宝龙 周钟毓 杨民胜

主 编 余雪标

副主编 徐大平 王尚明

编 委 (按姓氏笔画)

王尚明 龙 腾 李尚昆 李维国 余雪标 陈秋波
杨曾奖 杨国清 杨伟东 杨敬华 茶正早 莫晓勇
徐大平 彭士尧 温茂元 简 明

STUDIES ON THE LONG—TERM PRODUCTIVITY MANAGEMENT OF EUCALYPTUS PLANTATION

ADVISERS: Huang Baolong, Zhou Zhongyu, Yang Minsheng

CHIEF EDITOR: Yu Xuebiao

ASSOCIATE CHIEF EDITORS: Xu Daping, Wang Shangming

EDITORIAL BOARD:

Cha Zhenzao, Cheng Qiubo, Jian Ming, Li Shangkun,
Li Weiguo, Long Teng, Mo Xiaoyong, Peng Shirao,
Wang Shangming, Wen Maoyuan, Xu Daping, Yang Guoqing,
Yang Zengjiang, Yang Weidong, Yang Jinghua, Yu Xuebiao

序

对森林的乱砍滥伐是造成1998年长江流域和松花江、嫩江流域特大洪灾的主要原因。因此,随着我国西南、西北及东北地区实施天然林保护工程以来,木材的供需矛盾日显突出。不可能依赖于木材进口,所以,营造速生人工林尤为重要。如何经营人工林来可持续地生产木材,将是目前和将来全球林业发展和研究的重点之一。FAO(1993)预测工业用材将以每年2.7%的速度增长,其中,纸浆材的需求将以4%的速度增长。因此,热带地区速生短轮伐期人工林在整个林业生产中的作用将变得更加突出。而随着林业生产经营水平的提高和一定资金的投入,热带地区木材生产的潜力也越来越大,对热带人工林生产力持续稳定和可持续性经营的林业发展和研究就自然成为当务之急。

桉树(桃金娘科 Myrtaceae 桉属 *Eucalyptus*)是世界著名的速生树种,适应性强,材种多样,用途广泛,经济价值高,既是用材树种,又是防风林、道路及庭园绿化树种,是世界三大造林树种(松、桉、杨)之一。桉树原产于澳大利亚,引入中国已有100多年历史,现已成为我国热带及亚热带地区最重要的速生阔叶用材树种,面积已达到80万hm²,居世界第2位。随着桉树经营目标的转变,轮伐期由原来的15~18年缩短到5~10年,而多数桉树林地属多代连栽,单一人工林的多代连栽引起生产力的下降问题已成为林学界研究的热点。

1994年以来,中国热带农业科学院橡胶栽培研究所和中国林业科学研究院热带林业研究所组织有关学科和研究人员,对我国桉树人工林发展的典型地区雷州林业局及广东、海南其它典型地区进行了针对性研究,其中,一些成果可为生产部门直接参考应用,有些成果为进一步的深入研究奠定了良好的基础。

值此专著(专集)即将出版之际,爱述数语,是以为序。

周钟毓

1999年夏

前 言

人口的增长和经济的发展使森林面积特别是天然林日益减少,环境恶化,自然灾害频繁,已严重影响人类的生存环境和社会经济发展,随着采取天然林保护措施以后,我国木材供需矛盾日显突出,依赖木材进口已不可能,故人工林的发展显得更为重要,随之对热带人工林的需求压力愈来愈大。我们对人工林的研究虽为广泛,但对一些外来树种人工林系统与环境间的内部运转机制、相互作用的规律性及人工生态系统的稳定性等所知仍显不足。

桉树(桃金娘科 *Myrtaceae* 桉属 *Eucalyptus*)已成为我国华南地区很重要的速生阔叶用材树种,因其速生、丰产、抗性好、耐瘠薄、干形通直、用途广泛而被广为种植。我国引种桉树已有 100 多年历史,目前,栽培面积已达 80 万 hm^2 ,居世界第二位,而 60%~70%以上是作为短轮伐期工业用材林来经营的,其中,约有一半以上的林地是实行桉树多代连栽,因此,桉树人工林长期生产力的管理和可持续性经营就成为众多学者近年来的研究热点。

研究连栽条件下外来树种人工林生长特性,人工林生态系统的生物量和生产力结构,人工林生物多样化,营养元素循环,土壤性质变化,分析人工林生态系统的变化机制及在人工调控下的变化规律,能为人工林长期生产力维持和可持续性经营提供可靠的理论依据,也将为今后进一步的深入研究其内在机理和作用规律奠定了基础。

自 1994 年开始,中国热带农业科学院和中国林业科学研究院热带林业研究所连续获得国际、国家和省 4 个资助项目:

(1) 国际热带木材组织 (ITTO) 资助项目 ITTO Fellowship Programme Ref. 018/97A “Studies on the structure and Function and Reestablishment Mechanism of understorey vegetation in Tropical *Eucalyptus* plantation”。

(2) 国家自然科学基金重点项目 (39630240) “杉木桉树人工林长期生产力保持机制的研究”桉树专题。

(3) 国际科学基金组织 (IFS) 资助项目 D/1875—2 (1994~1997) “中国热带地区主要外来树种营养及养分循环”。

(4) 海南省自然科学基金项目 “桉树土壤肥力变化及桉树

营养诊断指导施肥的研究(39314)”和“刚果12号桉高产优质高效林分综合培育技术及机理研究(39507)”。

我们对上述四个项目进行了较为系统的研究，主要内容有以下几个方面：

(1) 理论部分 人工林地力衰退问题探讨，桉树人工林若干生态问题研究评述，热带人工林可持续经营理论探讨；热带人工林养分平衡理论探讨。

(2) 连栽桉树人工林 生长特性研究；生物量及生产力结构研究；林下植被结构研究；土壤性质研究；系统养分循环研究；混交、轮作、间作条件下人工林生长效应研究。

(3) 相思人工林 生长特性研究；生物量及生产力结构研究；林下植被结构研究；土壤性质变化和系统养分循环研究。

(4) 桉树人工林施肥效应和营养诊断施肥研究。

这些研究的部分成果整理汇集成本书。共收集了20篇论文，皆属第一手材料。我们相信，这些研究成果将对华南地区速生人工林长期生产力持续稳定和热带林的可持续性经营及进一步深入研究等方面具有一定的参考价值。论文中提出的有关合理经营热带人工林的建议，可供生产部门直接应用。

本书部分内容是作者完成的博士学位论文内容，得到导师黄宝龙先生、徐大平先生、杨民胜先生的精心指导，在此深表感谢。本书大部分内容是在雷州林业局及广东其他市县林业局、林场完成的。先后参加研究工作的有中国热带农业科学院橡胶栽培研究所生态室、生理室、土化室及分析测试中心，中国林业科学研究院热带林业研究所和雷州林业局林业科学研究所、河头林场、纪家林场、迈进林场等单位及中国热带农业科学院1998~1999两届硕士研究生，这些单位的研究人员互相支持，团结合作，坚持野外调查和室内分析工作相结合，是他们的辛勤劳动，使研究工作得以顺利开展，借此谨表谢意。中国热带农业科学院文印中心朱红梅小姐为本书的编辑出版付出了大量的辛勤劳动，在此谨致谢忱。

最后，本书不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

余雷标

1999年5月18日

目 录

前言	编者
人工林地力衰退研究与防治对策	余雪标 陈秋波 王尚明 莫晓勇 (1)
林业可持续经营需要热带人工林 热带人工林更需要可持续经营	徐大平 白嘉雨 (8)
桉树人工林若干生态问题的研究进展	余雪标 王尚明 李维国 彭仕尧 (19)
热带南亚热带短轮伐期速生树种人工林养分平衡的探讨	徐大平 (27)
巨尾桉人工林地上部分净生产力及养分循环的研究	徐大平 何其轩 杨曾奖等 (36)
刚果 12 号桉三林一号无性系树冠结构特征及地上部分生物量分配研究	李维国 余雪标 唐真正等 (43)
马占相思中龄林地上部分生物量及养分循环的研究	徐大平 杨曾奖 何其轩 (47)
连栽桉树人工林生长特性和树冠结构特征	余雪标 徐大平 龙腾等 (53)
连栽桉树人工林生物量及生产力结构的研究	余雪标 徐大平 龙腾等 (61)
桉树人工林林下植被结构的研究	余雪标 钟罗生 杨伟东等 (68)
不同连栽代次桉树木材主要性质的研究	余雪标 杨伟东 杨敬华等 (75)
不同连栽代次桉树林枯落物及其养分组成研究	余雪标 莫晓勇 龙腾等 (81)
不同连栽代次桉树人工林的养分循环研究	余雪标 白先权 徐大平等 (85)
不同连栽代次桉树人工林土壤性质的变化	余雪标 杨国清 余勇等 (94)
桉树粗果相思混交林模式及其效益研究	余雪标 肖文光等 (104)
桉树连栽林地不同间 (轮) 作方式的效益研究	余雪标 龙腾等 (116)
紫色红壤施肥对尾叶桉生长的影响	杨曾奖 徐大平 王伟民 (125)
整地施肥对尾叶桉生长及土壤性状的影响	杨曾奖 郑海水 翁启杰等 (129)
海南岛桉林土壤肥力的研究	茶正早 黎仕聪 林钊沐等 (134)
桉树 (刚果 12 号桉) 营养诊断指导施肥的研究	林钊沐 茶正早 黎仕聪等 (142)

CONTENTS

Introduction	Editor
Research on Land Degradation in Forest Plantation and Preventive Strategies	
..... Yu Xuebiao, Chen Qiubo, Wang Shangming, Mo Xiaoyong (1)	
Sustainable Forest Management Needs Tropical Tree Plantations and Tropical Tree Plantations Requir Sustainable Management	Xu Daping, Bai Jiayu (8)
Research Progress on Several Ecological Problems of <i>Eucalyptus</i> Plantations	
..... Yu Xuebiao, Wang Shangming, Li Weiguo, Peng shirao (19)	
An Approach to Nutrient Balance in Tropical and South Subtropical Short Rotation Plantations	Xu Daping (27)
Above—ground Primary Productivity and Nutrient Cycling of <i>Eucalyptus grandis</i> × <i>urophylla</i> plantation	
..... Xu Daping, He Qixuan, Yang Zengjiang (36)	
Studies on Tree Crown Ctructure and Above—ground Biomass Distribution of <i>Eucalyptus</i> 12ABL No. SamLing 1 clone	
..... Li Weiguo, Yu Xuebiao, Tang Zhengzheng (43)	
Above—ground Biomass Production and Nutrient Cycling of Middle—age Plantations of <i>Acacia mangium</i>	
..... Xu Daping, Yang Zengjiang, He Qixuan (47)	
Studies on the Growth Characteristics and the Crown Structure of <i>Eucalyptus</i> Plantations with Different Continuous—planting Rotations	Yu Xuebiao, Xu Daping, Long Teng (53)
Studies on the Biomass and Productivity Structure of <i>Eucalyptus</i> Plantation under Continuous—planting Practices	
..... Yu Xuebiao, Xu Daping, Long Teng (61)	
Studies on the Structure of Understorey Vegetation in <i>Eucalyptus</i> Plantation	
..... Yu Xuebiao, Zhong Luosheng, Yang Weidong (68)	
Study on Main Wood Properties of <i>Eucalyptus</i> 12ABL W5 with Different Continuous—planting Rotations	
..... Yu Xuebiao, Yang Weidong, Yang Jinhua (75)	
Study on Litterfall and its Nutrient Composition of <i>Eucalyptus</i> Plantation with Different Continuous—planting Rotations	
..... Yu Xuebiao, Mo Xiaoyong, Long Teng (81)	
Study on Nutrient Cycling of <i>Eucalyptus</i> Plantation with Different Continuous—planting Rotations	
..... Yu Xuebiao, Bai Xianchuan, Xu Daping (85)	
Study on the Changes of Soil Properties in <i>Eucalyptus</i> Plantation under Continuous—planting Practices	
..... Yu Xuebiao, Yang Guoqing, Yu Yong (94)	
Study on the Benifit of several Mixed Forest Models with <i>Eucalyptus</i> × <i>Acacia crassicarpa</i>	
..... Yu Xuebiao, Xiao Wenguang (104)	
Study on the Benifit of <i>Eucalyptus</i> Plantation Models with Interplanting and Rotating by crops Under continuous—planting Practices	Yu Xuebiao, Long Teng (116)
Effect of Trace Elements Application on <i>Eucalyptus urophylla</i> in Longchuan	
..... Yang Zengjiang, Xu Daping, Wang Weiming (125)	
Effect of Land Preparation and Fertilization on Growth of <i>Eucalyptus urophylla</i> and soil Properties	
..... Yang Zengjiang, Zheng Haishui, Weng Qijie (129)	
Study on Soil Fertility of <i>Eucalyptus</i> Plantation in Hainan Island	Cha Zhengzao, Li Shicong, Lin Zaomu (134)
Studies on Nutrient Diagnosis and Indicator Fertilizing of <i>Eucalyptus</i> 12 ABL	
..... Lin Zaomu, Cha Zhengzao, Li Shicong (142)	

人工林地力衰退研究与防治对策

余雪标¹ 陈秋波¹ 王尚明² 莫晓勇²

(1 中国热带农业科学院 海南 571737)

(2 雷州林业局 广东 524348)

摘要 土地退化已成为人工林发展中较严重的问题。长期维持生产力成为农林研究领域的焦点。本文分析了国内外关于人工林地力衰退的研究进展及可能的原因。并提出了若干人工林经营及防止地力衰退的对策。

关键词 人工林 地力衰退

随着人类对天然林的过度利用,生态环境受到严重破坏,木材供应也越来越紧张,因此人们集中更多注意力于发展人工林。木材生产越来越依赖于人工林,期望从人工林中获得更多的收益。虽然人工林已经给人类带来了巨大的效益,也为世界林业的发展提供了宝贵的经验,其发展速度有增无减。但与此同时在发展过程中也出现了许多弊端,其中主要是人工林地力下降影响其长期生产力保持,以及由于树种单一而引起的生态稳定性差、病虫害增加等。这些问题已成为营林科学研究的热点。而防治人工林地力衰退,维持人工林长期生产力问题,早已引起了很多国家的关注,也是解决可持续林业发展的重点研究课题。我国于1991年召开了人工林土地退化及防治技术学术讨论会,并发表了专门文献^[1]。本文就目前人工林地力衰退问题研究现状作一综述,并提出相应的防治对策。

1 国外人工林地力衰退的事例

关于人工林地力衰退问题,早在19世纪初德国第二代云杉调查时就发现了,有人称之为“第二代效应”(The second rotation problem)^[2]。那时人们为了增加林木的单位面积产量,纷纷将阔叶天然林改造为针叶人工林,特别是云杉人工林,调查发现第二代云杉产量不如第一代。在一定时期内,特别是第一代人工林收获时,这类人工针叶纯林均达到了人们的预期目标,确实得到了很高的效益。如第一代人工云杉林的蓄积量达到 $700\sim 900\text{m}^3/\text{hm}^2$ ^[3],但随着时间推移和一再重茬连栽,这类人工林表现出生产量下降、抗灾能力减弱以及地力严重衰退等问题。据报道第一代云杉人工林产量达到 $700\sim 800\text{m}^3/\text{hm}^2$,但到第二代下降为 $400\sim 500\text{m}^3/\text{hm}^2$,第三代就不到 $300\text{m}^3/\text{hm}^2$ ^[2]。至于地力衰退问题,该报告指出:“前民主德国平地针叶纯林,几乎全部有灰化现象,灰化层厚度约为 $30\sim 40\text{cm}$,有的林分在150年前原为第Ⅱ地位级,连栽二代后,现已降为Ⅳ~Ⅴ地位级^[3]。”关于灰化的原因,该文献指出:由于林中落叶酸性很强,所含蛋白质很少,使土壤中分解落叶的微生物因生活困难逐渐消失,有机质分解受到阻碍,而针叶堆积形成的粗腐殖质使土壤酸性愈来愈强,土壤结构遭到破坏,雨水将上层有用的矿物质溶洗到下层形成铁盘层,林木根系穿透不过去,同时根系分布的上层又得不到营养的补充,从而造成地力逐渐衰退^[3]。

至1923年,Weidemann报道,下萨克森地区第二代、第三代云杉林的产量严重下降。此后土地生产力退化问题,一直成为林学界关心的问题^[4]。Rosa和Kasa于40年代报道瑞士和挪威云杉人工林也有地力下降的情况,继之在印度关于柚木,在日本关于日本落叶松,在荷兰关于欧洲松,都有连续栽培导致地力下降的报道。Keevs(1966)^[5],Bednall(1968)和Boardman(1979)^[6]报道了辐射松在澳大利亚南部和新西兰等地生产力严重下降的情况。Keevs指出,尽管辐射松在澳大利亚南部第一代生长非常好,但第二代则85%的土地上生产力平均下降25%,在澳大利亚、新西兰、智利,天然植被改种为生产力很高的辐射松人工林后,都出现土壤养分过度消耗,土壤生物条件恶化及在半干旱地区土壤

水分总量下降的状况,导致了地力衰退和生产力下降^[7]。葡萄牙、南非的桉树林也出现类似情况^[8]。最近 Evans 对全世界各地人工林的生产力下降问题进行了广泛的考察,他认为世界各地所报道的第二代人工林生产力降低的实例,多半是由于气候变动,营养元素缺乏、杂草竞争、采伐中立地干扰过重,树种与立地不相适应所致。他还指出,轮伐期小于 10 年的人工林(尤其是萌芽林)更易导致地力下降的后果^[2]。

上述事例反映了人工林造成了严重的生态问题,前代造林给后代带来了难以补偿的损失。

2 我国人工林地力衰退研究现状

我国是世界上发展人工林最突出的国家,据 1993 年全国森林资源清查资料,现有人工林面积已达 3379 万 hm^2 ,比 1988 年清查时增加了 278 万 hm^2 ^[9]。其中针叶纯林约占 70%,我国南方山地,人工林中针叶纯林比重更大,达到 95% 以上。与阔叶林相比,针叶林的地力维护能力较差。据多年来的调查,发现我国杉木、落叶松、马尾松、桉树等都不同程度地存在着林地土壤退化、生产力持续下降的趋势^[1]。其中杉木经营历史长,又常多代连栽,地力衰退更为突出。据研究,杉木人工林连栽之后,生长量一代不如一代,地力逐渐衰退。方奇根据湖南 65 个林分资料统计得出,林分生长量随连栽代数增加而下降,15 年生二三耕土树高生长分别比头耕土下降 7% 与 23%,三耕土比头耕土下降两个地位级^[10]。据福建建瓯报道,第二代杉木林蓄积量比头次栽杉下降 40%。张其水等研究结果表明,成年杉木林地上部分生物量二代为一代的 83%,三代为一代的 55%,蓄积量二代比一代下降 28%,三代比一代减少 69%^[11]。而来自浙江的报告是,杉木 20 年生时的正常收获量由头茬的 $345.29\text{m}^3/\text{hm}^2$,经连栽下降到 $270.11\text{m}^3/\text{hm}^2$ ^[12]。陈乃全等在北方对落叶松林调查的结果,二代的平均树高,在好、中、差三种立地上,依次下降 12.7%,23.7% 和 29.0%^[13]。湖南、福建、江西等地还发现杉木连栽地再造杉木时成活率下降和幼林生长不正常的现象^[11]。

连栽引起的生产力下降与土壤理化性质和生化性质劣变密切相关。冯宗炜等对造林前后土壤肥力进行了比较研究,结果造林后 19 年 0~60cm 土层中 N, P, K 含量分别为造林前的 43.6%,24.3% 和 43.2%,连栽引起土壤生化性降低和香草醛的积累,不利于杉木生长^[14]。俞新妥等在闽北研究了杉木连栽地土壤化学性状指标的变化,这些指标都随着连栽代数增加而下降,二代比一代下降 10%~20%,三代比一代下降 40%~50%,土壤有机质下降,腐殖化程度降低,胡敏酸消光系数减小,结构趋于简化,以致造成土壤腐殖化能力下降^[11]。最近洪远程研究后指出,由于连栽引起土壤微量元素 B, Zn, Cu 的降低,从而导致二代幼林植株内微量元素不足,引起 Ca/B, P/Zn 的比例失调,进而影响幼树的发育和抽高生长^[11]。类似的报道很多^[15]。

盛炜彤(1992)研究表明,从常绿阔叶林采伐后栽种杉木林开始,地力衰退也就跟着开始了,随着杉木连栽代数的增加,土壤酶活性(多酚氧化酶除外)下降。土壤多数酶,如蛋白酶、转化酶、脲酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶和过氧化物酶等,在土壤有机质的分解和转化过程中,以及营养元素的供应过程中都起着关键作用,这些酶活性下降直接影响到物质的转化和养分的供应状况^[13]。许多研究都认为土壤酶活性是随连栽代数增加而降低的。欧阳泉生研究后得出杉木连栽造成有益的土壤酶被钝化,从而导致林地地力衰退,以致形成低产林^[16]。

如上所述,我国人工林地力衰退趋势亦呈非常严峻的趋势,如再得不到解决,我们将重蹈欧洲的覆辙,将遭受更严重的生态、经济双重惩罚。

3 人工林地力衰退原因探析

3.1 人工林生态系统养分循环失衡

多数研究认为,人工林生态系统养分循环失衡,是地力衰退的主要原因之一。人工林特别是短轮伐期人工林,常使土壤肥力下降。有人认为这是由于在幼龄林中,边材与心材的比例比老龄林高,树冠生物量与干材生物量的比例亦随年龄变化而增大。轮伐期短,意味着采伐取走物质中边材比例大,树

冠生物量也大^[17]。Bogle 估计, 将山杨的轮伐期由 30 年改成 10 年, 取走的营养物质 N, P, K 和 Ca 将分别为 30 年轮伐期的 345%, 239%, 234% 和 173%。而桉树在轮伐期由 57 年缩短到 18 年时, 单位木材取走的 P 数量增加 70%, 辐射松的轮伐期由 40 年缩短至 18 年时, 单位木材取走的 P 增加 50%^[18]。Davidson (1993) 指出, 桉树 7 年生时便开始形成心材, 此后木材中高达 90% 的养分贮存在边材和韧皮部可移动的鞘中, 所以 7 年生以上的树木, 边材相对较少, 单位体积的养分含量逐渐下降, 因此林木生长年限越长, 砍伐时从林地移走的养分就相对越少^[19]。

Kimmins 曾以图示模型表示立地营养储备与人工林轮伐期长短、伐木方式(树干采伐还是全树采伐)及施肥输入三因素的关系, 结果在轮伐期长, 树干采伐或者定期施肥的情况下, 当一个轮伐期结束时, 采伐取走的营养损失可恢复到原有的水平; 而在短轮伐期全树采伐或不施肥时, 则当一个轮伐期结束时, 采伐带走的营养损失恢复不到原来的水平, 因此一代连着一代, 地力日益衰竭^[20]。陈楚莹认为, 20~25 年以前, 杉木一直处于养分消耗过程, 20 年生杉木每公顷吸收的 N, P, K, Ca, Mg 分别是 41.89, 15.76, 19.65, 65.81 和 41.56kg, 而归还量仅为 18.71, 7.76, 5.79, 28.45 和 18.08kg, 归还与吸收量之比为 0.43, 0.49, 0.29, 0.35, 0.39, 土壤肥力显然会下降^[21]。

冯宗炜等研究指出, 杉木林中不同器官积累的元素量亦不同, 其平均含量是叶子>树枝>树根>树干^[22]。由于叶、枝、皮含有比干材部分更高的养分, 而它们是养分归还的主要部分, 随着轮伐期缩短和全树利用, 特别是在速生树种短轮伐期作业时, 养分归还量必然大大减少, 很明显地会消耗土壤养分, 引起地力衰退。而杉木林凋落物数量少^[23], 化学组成简单, 分解速度慢^[24], 也是使林地有机质含量下降, 营养元素日趋贫乏的原因。有不少材料表明, 阔叶树枯枝落叶数量较马尾松等针叶林多^[25, 26]。所以有理由认为针叶纯林养分元素循环中, 生物体内贮存量比例相对较大, 而分解速率又相对较少, 养分释放又相对缓慢, 最终造成人工林生态系统养分循环失衡。

3.2 生物多样性减弱

据 Evans (1987) 估计, 世界热带地区造林局限于 26 个树种: 6 个松树种和 4 个其他针叶树种, 9 个桉树种, 柚木和其他 6 个阔叶树种。造林树种单一大大不利于物种多样性的保持。即人工林破坏了生物多样性, 森林生态系统的结构失衡^[9]。有文献指出“贵州梵净山常绿阔叶林乔木层的物种丰富度(群落最小面积上出现的种数)为 30.7 ± 5.8 种, 雷公山 21.7 ± 5.8 种, 茂兰为 37.8 ± 10.6 种, 即使海拔 2100~2350m 的梵净山冷杉阔叶混交林, 其物种丰富度亦达 11.4 ± 2.8 种, 而典型杉木、马尾松人工林的物种丰富度为 1.0, 由此可见两者差异之大^[27]。另一篇文章则报道, “对湖南省朱亭林区 108 块杉木林样地调查, 这一地区的植物种类多达 4000~5000 种, 而现在灌木和草本植物总共只出现 55 种, 最多的样地也只有 5 种^[28], 可见林下植被破坏的严重程度^[28]。

一般地说, 在稳定的顶极群落中, 虽然针叶树占有不同程度的优势, 但仍有相当数量的阔叶树及灌木草本伴生。而结构简单的人工林生态系统, 特别是纯针叶单层林, 由于组成树种生长习性、吸收特性、生态位, 与外界物质和能量的交换特性高度一致, 造成系统的多样性下降, 缓冲能力弱, 反馈调节系统的构成简单, 导致某些生态因子的强度持续增强或减弱, 生态环境变化的单向累积, 引起生态系统失去相对平衡的地位。林下灌木和草本植物群落组成的多样性, 尽管它们的生物量占整个植物群落生物量的比例较小, 但是不同的植物具有不同的吸收特性, 占据着各自的生态位, 从而增加了系统的缓冲能力, 阻滞生态因子单向加强或减弱^[29]。由于人工林群落结构简单, 生物多样性减少, 其生态稳定性降低, 以致对某些自然灾害的抵抗能力降低。这在中国^[30]、菲律宾^[31]、巴西^[32]都有报道。同时也引起人工林生产力的下降。此外, 生物多样性减少, 树种单一而又缺乏良好地面植被的人工林, 会加剧水土流失。有些树种如柚木, 不但不能有效地拦截雨水, 减少其对土壤的侵蚀力, 相反树冠拦截后倾泻下来的雨水对土壤的侵蚀性更强, 因此也造成地力衰退 (Calder, 1994)^[33]。

生物多样性当然还包括动物和微生物。人工林的特殊群落结构形成了独特的林下生态环境, 由于凋落物成分和林下植被的减少, 其土壤动物和微生物种类和数量也相应减少, 反过来影响了凋落物的分解速率。土壤微生物是生态系统中的分解者, 在物质循环过程中起重要作用, 它的组成和数量的变

化影响到营养元素循环中的凋落物分解过程, 从而对营养元素生物再循环产生深刻影响。据杨玉盛等研究, 与山脊有林地松阔叶混交林相比, 杉木丰产林土壤微生物数量减少, 前者氨化细菌、硝化细菌数量比后者多, 表层土壤氨化细菌是后者的 2.28 倍, 硝化细菌是后者的 1.2 倍^[34]。

由此看出, 人工林生物多样性的减少, 使得生态系统稳定性减弱, 从而导致人工林生产力逐代下降。

3.3 水土流失

水土流失是一个世界性问题。以美国为例, 由于东北部和中部等大面积森林长期被砍伐, 致使水土流失面积达到 114 万 km², 占全国面积 12%~18%。由于水蚀, 美国每年大约要冲走土壤 40 亿 t, 还有风蚀及其他损失, 达到 63 亿 t, 1934 年的“黑风暴”, 把足以装满 100 万趟列车的地表沃土刮进大海, 美国土壤专家估计, 美国现有耕地可耕层按现有水土流失速度, 100 年内, 可能流失殆尽。前苏联在本世纪 60 年代的几次“黑风暴”袭击下, 迫使近年来大力植树。在第三世界, 情况更严重, 主要是滥伐森林。森林(包括人工林)的作用在于全球的 C、N、O 和 H₂O 的必要的再循环, 但这些作用却被忽视了。滥伐森林到处可见。据 FAO 估计, 亚洲迁移农耕(shifting plantation)的农民, 每年砍伐 850 万 hm² 森林, 相当于葡萄牙整个国家的森林, 而由此引起的土壤流失更是无法估计。我国的水土流失也是很严重的。现在已扩大到 367 万 km² (占国土 38%), 据估计, 每年被冲走的泥沙可达上百亿吨, 这些泥沙不仅淤塞河道, 而且使水库因泥沙淤积报废的数量逐年增多, 估计已有 1/3 以上报废^[35]。

土壤是养分的载体, 土壤泥沙的流失必然引起养分的丧失。对人工林土壤的强度干扰, 必然会引起养分流失。我国热带地区营造的桉树, 因全垦造林在第一个雨季即可冲刷出 1~2m 深的旱沟^[30], 由此引起的土壤肥力下降, 生产力降低是显而易见的。

3.4 人为活动的干扰

在人工林经营过程中, 人为的干扰和不合理的经营方式也会造成土壤肥力下降, 甚至是导致人工林地力衰退的最直接原因。其中主要的人为干扰活动是不合理的采伐、林地植被的清理方式、整地方式等。

对于采伐剩余物和林地植被的清理方式, 国内外最常用的方法是火烧(炼山)。经营者普遍认为这种做法有提高土壤肥力的作用。事实上, 炼山造成有机质和营养元素流失和土壤理化性质的改变, 以及土壤动物和微生物区系的改变, 最终造成林地肥力的减退。叶镜中在江西武功山的研究表明, 经炼山后, 土壤容重减小, 土壤毛管孔隙度减少, 非毛管孔隙度增加, pH 值提高, 活性有机质大幅度降低, N 含量减少, 但水解性 N 增加, 速效 P、K 和交换性 Ca、Mg 提高, 阳离子交换量和水解性酸降低, 交换性盐基总量和盐基饱和度增加^[36]。虽然在炼山初期多数土壤酶活性有不同程度的增强^[37], 即所谓的“激肥效应”, 但炼山后经过雨水冲刷, 土壤养分流失, 酶的有机载体土壤有机质减少, 这种炼山效应并不长久, 火烧所造成的负面影响会妨碍林木速生期和后期的生长, 与此同时其土壤酶活性也降低了^[16]。由此可见, 炼山对林地的影响是多方面的, 虽然炼山对林木具有短期的促进作用, 但从长期看, 由于炼山烧掉了大量有机质, 其后果可能是不利的。

Farrell (1986) 对两代辐射松林对比研究表明, 凡是第二代早期生长良好的林分都与前一代采伐剩余物的铺复有关, 平铺采伐剩余物可有效地改善土壤水分状况, 增加土壤湿度, 促进 N 的矿物化, 增加 N 和其他营养的来源^[38], 而中等强度的火烧, 地表温度可达 500℃, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe 等营养元素丧失很多, 最明显的是 N 的损失可达 72% (每公顷合计 220kg)^[38, 39]。

整地是人工林经营时常采用的措施, 目的在于减少杂草竞争, 改善土壤物理性状, 从而促进幼林生长, 但整地容易引起水土流失, 降低土壤肥力。Keeny 和 Bremnar 研究了耕作对 0~15cm 土层内 N 的变化影响, 发现耕作可使 N 损失 36%。张先仪定位研究结果表明全垦整地水土流失最多, 5 年固体径流量达 3.14t/hm²^[40]。如前所述, 在我国南方植桉区, 多数采用全垦整地, 在有坡度的地区, 有的新开垦造林地区(全垦)第一个雨季即可冲刷出 1~2m 深的旱沟, 由此造成的水土流失和养分损失是非常巨大的^[30]。在美国东南部佛罗里达州平原地区, Morris 研究了湿地松造林前整地方法对土壤物理、化

学性质和生物化学特性的影响,结果表明,通过整地,枯枝落叶层的营养储备显著改变,强度耕作(陇作)使N、P、K、Ca和Mg的含量大为降低,分别为19,1,1,8和2kg,而在未干扰的森林中和干扰很轻的人工林中,上述各种元素的含量相应高出10倍。强度耕作使有机质矿化作用加强,这是使土壤N降低的主要原因^[41]。这几个例子均可以说明人为干扰对地力下降的影响。

4 建议

纵观世界各国林业发展历史,人工林培育逐渐取代天然林,这是一种必然的趋势,因而得到很多国家的重视,其发展势头方兴未艾。但由此出现的地力衰退问题已成为林业持续发展的障碍,因此,如何实现土地的持续利用是当今林业持续发展的关键,也是国内外研究的重点。针对上述人工林地力衰退问题现状和原因的分析,提出下列防治对策。

4.1 一般森林生态系统养分收支是稳定的,但各种营林措施可能破坏这种平衡

如在人工林短轮伐期或超短轮伐期经营时,土地得不到“休息”而可能产生养分消耗过度,平衡就被打破。所以在选用高产品种造林时,不仅要适地适树,更要注意立地管理,注意人工林的养分回归。巴西在短轮伐期作业时,为了维持地力和长期的生产力,规定在采伐后3年待枝叶落地腐烂后才准许更新造林,这样一个轮伐期后,林地仅靠自身就能获得每公顷42t的有机肥料^[42]。此外通过合理施肥来弥补养分的短期欠缺和可能的损失,以维持正常的养分平衡,这是非常必要的。

4.2 增加人工林生物多样性,增加人工林群体抗性和对环境的缓冲能力

特别应重视混种某些固N植物,这在许多国家都得到重视^[43,44]。具体措施上实行混交、间作、轮作,种植固N覆盖物,通过固N作用进一步改良土壤N含量^[45,46];提倡“接近自然的林业”^[47],发展农用林业或混农林业(Agroforestry),保证土壤养分的回归与支出达到平衡;通过丰富系统的组分,增加物种多样性和多层次性,形成良好的生态系统,建立高度的有序结构。此外,要注意乡土树种的研究,因为乡土树种与外来树种可能具有同样高的生产力,而且,还可能有更好的生态环境作用。

4.3 加强人工林发展规划

根据我国人工林发展状况,70%是针叶林,其中南方山区针叶林比重达95%以上。这种比例在人工林发展过程中是危险的,所以须从宏观角度加以全面合理规划。结合发展目标,根据不同生态类型特征选择适宜的人工林种类,尽可能实现轮作制(rotation system),因为任何一个树种或二个树种连续单作,其人工群落组分是单一的,森林环境是不完整的,这种情况下,产生地力衰退也是必然的。

4.4 加强人工林生态系统管理

一切经营措施和技术的应用,必须研究其对人工林环境的能量流动、养分和水分循环及产量的影响程度,并从保持系统生态平衡的角度出发,应该保持人工林生物量及遗传因子的多样性,采伐、抚育、整地等措施,尽可能减少对土地的干扰,不使有机质、养分过度损失。开展各种人工林生态定位研究,收集土地退化的基本数据,提出更合理措施,使各种人为干扰程度减少到最小,干扰时间最短。这样,人工林生态系统就能快速复原,并能维持稳产、高产。

4.5 加强人工营林和生态环境保护立法

我国的《森林法》已对人工造林的产权、采伐以及保护做了规定,但由于人工林负面的环境生态效应,尤其是土地退化还没有引起广泛的注意,尚未从防止人工林土地退化及相关的环境生态问题方面作出相应规定。为了防止因人工林建立、抚育、采伐不当而带来的环境与资源退化,国家应尽早在这方面建立相应的法规体系并严格实施,使人工林经营符合可持续发展战略。

参考文献

- 1 中国林学会森林生态学会. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992, 1~326
- 2 Evans J. Long-term productivity of forest plantation status in 1990. IUFRO, 19th world congress 1990, 1 (1): 165~180

- 3 徐化成. 世界林业研究, 1992, 4 (3): 50~55
- 4 沈国防. 集约育林—世界林业研究的主要课题. 世界林业研究, 1991 (3): 1~6
- 5 Keevs A. Some evidence of loss of productivity with successive rotations of *Pinus radiata* in south east of Australia. Australian Forestry, 1966, 30: 51~63
- 6 Boardman R. Productivity under successive rotations of radiata pine, Australian Forestry, 1978, 41 (3): 177~179
- 7 Tuner J & Lanber M J. Soil properties as Affcted by *Pinus radiata* plantations. New Zealand Journal of Forestry Science, 1988, 18 (1): 77~91
- 8 Madeira M A V. Change in soil properties under *Eucalyptus* plantations in Portugal. in: pereira, J. S and landsberg, J. J (eds.), Biomass production by Fast growing Tress, 1989, 81~89
- 9 沈照仁. 人工造林与持续经营. 世界林业研究, 1994 (4): 8~13
- 10 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及杉木生长的影响. 林业科学, 1987, 23 (4): 389~397
- 11 俞新妥. 杉木林地持续利用问题的研究和看法. 世界林业研究, 1993 (2): 80~85
- 12 林协, 洪利兴. 杉木连栽林地质量评价的初步研究. 见: 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 267~275
- 13 盛伟彤. 我国人工林的地力衰退及防治对策. 见: 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 15~19
- 14 冯宗炜. 杉木人工林生长发育与环境相互关系的研究. 杉木人工林生态研究论文集, 中国科学院林业土壤研究所, 1980. 1~27
- 15 周学金, 罗汝英, 叶镜中. 杉木连栽对土壤养分的影响及其反馈. 见: 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 100~105
- 16 欧阳泉生. 低产林形成原因及改造措施—杉木林地土壤酶活性的研究: [硕士论文]. 南京: 南京林业大学, 1995. 1~18
- 17 徐化成. 人工林和天然林的比较评价. 世界林业研究, 1991 (3): 50~55
- 18 Raison R J, et al. Nutritional costs of shortened rotation in plantation forestry. Forest site and productivity. (ed. by Gessel), Martings Nijhoff Publishers, 1986. 117~125
- 19 John Davidson. Region expert consultation on Eucalyptns, 4~8 October 1993. FAO/RAPA, Bangkok, Thailand
- 20 J. P. Kimmins. Forest Ecology. New York Macmillan pub. Com., 1987. 68~127
- 21 陈楚莹. 提高杉木人工林的生产力和改善林地质量的研究. 应用生态学报, 1990, 1 (8): 97~106
- 22 冯宗炜. 亚热带杉木林生态系统营养积累分配循环研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 1985, 9 (4): 245~255
- 23 李昌华. 杉木人工林和阔叶林土壤养分平衡因素差异的初步研究. 土壤学报, 1981, 18 (3): 255~261
- 24 吴志东, 彭福泉, 车玉萍. 我国南亚热带几种人工林生物循环特点. 土壤学报, 1990 (3): 250~261
- 25 徐英宝. 马尾松黎蒴栲混交林养分生物循环的研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 1990, 7: 148~157
- 26 陈理飞, 朱守谦. 乌江流域不同植被—土壤系统涵养水源功能研究. 贵州农学院丛刊, 1991 (17) 见: 朱守谦, 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科技出版社, 1992. 24
- 27 朱守谦, 朱军. 人工林地力衰退的原因及解决对策. 见: 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 31~36
- 28 司洪生. 阔叶林被大量采伐, 自然生态将失去平衡. 科技日报, 1989, 9, 21
- 29 崔国发. 人工林地力衰退机理及其防止对策. 世界林业研究, 1996 (5): 61~69
- 30 余雪标, 李维国. 我国热区土地退化问题及持续发展对策. 海南大学学报 (自然科学版), 1997, 15 (3): 223~227
- 31 Sofronic C, Camacho, et al. Analysis of forestry policies and programmes vis—avis the *Albizzia falcatatia* gall diseases phil. lumberman, 1993 (3): 14~20
- 32 晓晨. 巴西蚂蚁猖獗. 国外林业动态, 1986 (21): 3~6
- 33 Calder I R. Eucalyptus water & Sustainability—A Sammary Report. ODA Forestry Series No. 6. UK, 1994
- 34 杨玉盛, 俞新妥. 杉木丰产林与松阔混交林土壤微生物和生物特性及土壤肥力差异的研究. 见: 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 317~323
- 35 许涤新. 生态经济学探索. 上海: 上海人民出版社, 1985, 168~180
- 36 叶镜中, 邵锦峰, 王佳馨等. 炼山对土壤理化性质的影响. 南京林业大学学报, 1990, 14 (4): 1~7

- 37 福建林学院杉木研究所. 炼山对杉木人工林生态系统影响的研究. 见: 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 108~126
- 38 Farrell P W. Maintenance of productivity radiata pine monocultures on sandy soils in southeast Australia. Forest site and productivity, 1986, 127~136
- 39 Woods R V. The relation between fire, nutrient depletion and decline in productivity between rotations in south Australia, proceeding, Australia Forest nutrition workshop Productivity in Perpetuity, CSIRO, Melbourne, 1981, 366~370
- 40 张先仪. 整地方式对水土保持及杉木幼林生长的影响. 林业科学, 1986, 22 (3): 225~232
- 41 Morris L A, *et al.* Effects of site preparation on *Pinus elleottii*—*Pinus palustris* flalwoods, Forest soil perperties, I-UFRO, symposium on Forest site and continuous productivity, USDA. For. Ser. Tec. Gen. Rep. PNW, 1983, 163
- 42 洪菊生. 巴西桉树人工林栽培技术. 世界林业研究, 1992, 5 (2): 61~69
- 43 David A P, *et al.* Ecosystem concepts and current trends in forest management: Time for reappraisal, Forest Ecology and Management 1989, 123~137
- 44 Julian Evans, Plantation Forestry in the tropics, Oxfod science publications, 1982, 见: 姚茂和. 人工林地力衰退研究, 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 928
- 45 Michelsen A. Growth improvement of Ethiopian acacias by addition of vesicular—arbuscular Mycorrhizal fungi or of roots of native plants to non—sterile nursery soil, Forest Ecology and Management, 1993, 59: 193~206
- 46 Michelsen A & Sprent J I. The influence of vesicular—Arbuscular mycorrhizal fungi on the nitrogen fixation of nursery—grown Ethiopia acacias estimated by the N natural abundance method. Plant and Soil, 1994, 160: 249~257
- 47 邵青还. 第二次林业革命—“接近自然的林业”在中欧兴起. 世界林业研究. 1991, 4 (4): 8~15

Research on Land Degradation in Forest Plantation and Preventive Strategies

Yu Xuebiao¹, Chen Qiubo¹, Wang Shangming², Mo Xiaoyong²

(1 Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737)

(2 Leizhou Bureau of Forestry, Zhanjiang, Guangdong 524348)

Abstract Land degradation in forest plantations has become a teething problem in forest plantation development. The ways and mechanisms to sustain a long—term productivity in established forest plantations have attracted great interests in agricultural and forestry researches worldwide. The present paper analyses the research progress, pending issues and possible reasons of land degradation in the context of global and domestic forest plantations. Some strategies are suggested to minimize or avoid land and ecological degradation in the process of forest plantation establishment, maintenance and logging as well as related human activities.

Key words Forest plantation, Land degradation, Preventive strategies

林业可持续经营需要热带人工林 热带人工林更需要可持续经营

徐大平 白嘉雨

(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)

摘要 该文从可持续经营的定义入手,重点讨论了不同层次和水平林业可持续经营的发展方向和应采取的策略。从全球范围来说,人工林取代天然林生产木材,天然林提供各种服务和保证环境方面的需求是林业可持续经营的必然结果。纸浆林的发展和木材加工技术的改进加速了这一转变,并使高生产力、高资金和技术投入、高科技含量的热带人工林在木材生产中发挥了越来越大的作用。而对于我国来说,林业的主要经营目的是为国民经济和人民的的生活提供环境改善等方面的需求,而不是生产木材。由于这一经营目的的转变,使我国的木材生产主要集中在华东的南方林区和华南沿海林区。南方林区主要生产工业用材,华南沿海主要生产纸浆材。

华南沿海林地条件和纸浆材的发展特点决定了木材生产必须走热带树种高产人工林的集约经营的道路。目前来说,制约热带高产人工林发展的主要问题是土壤肥力的可持续经营。本文探讨了热带人工林土壤肥力退化的详细过程和可持续经营的指标和标准体系,具体说明了目前条件下林地土壤肥力可持续经营应采取的经营方法和策略,为热带人工林的生产提供了土壤肥力的可持续性经营方向。

关键词 林业可持续经营 热带人工林 土壤肥力

当我们在讨论林业可持续经营时,我们需要有一个清楚的定义。目前我们还很难找到一个被大家都认同的定义,但所有的定义几乎都大同小异。为了后面讨论的需要,这里引用被国际热带木材组织(ITTO)认同的定义:“Sustainable Forest Management is the process of managing permanent forest land to achieve one or more clearly specified objectives of management with regard to the production of a continuous flow of desired forest products and services without undue reduction of its inherent values and future productivity and without undue undesirable effects on the physical and social environment.”(林业可持续经营是经营管理永久性林地以达到一个或多个已明确确定经营目的的一个过程,以便于在不降低林地本身的价值和将来的生产力,不产生对物理和社会环境不需要的负面影响的前提下不断地生产所需的林产品和提供所需的服务。)(from Duncan Poore, 1997)^[1]

首先,我们在经营每一片林分时,必须要有明确的目的。其次,林业的可持续经营必须是不断地生产社会所需的林产品和提供社会所需的服务,林业的经营不仅是生产林产品,同时也是为社会提供各种服务,包括环境、生物多样性、休憩、文化和生活方式等方面。再其次,林业生产不能降低林地本身的特性和价值,不能产生对环境和社会不需要的负面影响。这里要强调的是森林的可持续经营是一个长期的经营管理动态过程,随时间的变化而变化。今天的经营是可持续的,不等于明天也是可持续的。

在现代社会,我们每天都能听到可持续发展。在林业上,大到全球性的林业可持续发展战略,小到每个林场和一片林地的可持续经营计划。为了方便讨论,一般把林业可持续发展分为全球性的、每个国家的、区域或省的、流域的和地段性的。

1 全球性林业可持续发展策略和林业发展趋势

在过去几十年里,全球林业经营目的发生了根本性的变化。首先是林业经营的主要目的从生产林