



全球变化与地球系统科学系列
Series in Global Change and Earth System Science

气候变化挑战下的 森林生态系统经营管理

Managing Forest Ecosystems:
The Challenge of Climate Change

Felipe Bravo Valerie LeMay Robert Jandl Klaus von Gadow 编著
王小平 杨晓晖 刘晶岚 周彩贤 何桂梅 译



全球变化与地球系统科学系列
Series in Global Change and Earth System Science

气候变化挑战下的 森林生态系统经营管理

QIHOUBIANHUA TIAOZHAN XIA DE SENLIN SHENGTAI XITONG JINGYING GUANLI

Managing Forest Ecosystems:
The Challenge of Climate Change

Felipe Bravo Valerie LeMay Robert Jandl Klaus von Gadow 编著
王小平 杨晓晖 刘晶岚 周彩贤 何桂梅 译



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图字：01-2010-1388号

Translation from the English language edition:
Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change edited by
Felipe Bravo, Valerie LeMay, Robert Jandl, Klaus von Gadow
Copyright © Springer Science + Business Media 2008
All Rights Reserved

图书在版编目(CIP)数据

气候变化挑战下的森林生态系统经营管理 / (西) 布拉沃
(Bravo, F.)等编著; 王小平等译. - 北京: 高等教育出版社, 2013. 1
书名原文: Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate
Change

ISBN 978 - 7 - 04 - 036341 - 8

I. ①气… II. ①布… ②王… III. ①气候变化 - 气候影
响 - 森林生态系统 - 森林经营 - 研究 IV. ①S75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 254357 号

策划编辑	柳丽丽	责任编辑	柳丽丽	封面设计	张楠	版式设计	于婕
插图绘制	杜晓丹	责任校对	张小镝	责任印制	韩刚		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	天津新华二印刷有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm × 1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	20.75	版 次	2013 年 1 月第 1 版
字 数	390 千字	印 次	2013 年 1 月第 1 次印刷
插 页	2	定 价	49.00 元
购书热线	010-58581118		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 36341-00

审图号 GS(2012)948号
本书插图系原文原图

内容简介

通过植树造林、加强森林经营管理、减少毁林和林地退化等活动,吸收和固定大气中的二氧化碳,已被国际社会公认为应对全球气候变化最为经济、现实与有效的手段。作为 Springer 出版集团“森林生态系统管理”丛书中的一部,本书首次系统地重点总结了国际上最新的气候变化对森林环境产生的生物和经济方面的影响,以及森林经营管理活动如何通过碳汇缓解这些影响方面的研究成果,同时还介绍了全球范围内的一些实例研究。这些信息将有助于森林经营管理者和研究者深入了解气候变化及其对森林环境及林业经济活动影响,变化的气候下森林可持续经营的研究现状、发展趋势以及特定的方法等,书中所介绍的基础理论和实用技术可以为我国林业工作者、森林经营者、政治家、法规制定者以及林业管理者提供参考。

“森林生态系统管理”丛书(英文原版)简介

科学经营管理的森林是一种可再生资源,它可以在废弃物和能源消耗最小的情况下生产出人类所必需的物质。除丰富的生境和物种多样性外,森林还有助于提高生态系统的稳定性,减缓无用沉积物及其他干扰的影响,并通过维持稳定的养分和能量循环及防止土壤退化和侵蚀来保护相邻的生态系统。森林还可以为人类提供必需的休闲娱乐场地,其连续分布有利于乡村社区的稳定。

人类可以通过对森林的经营管理生产木材、保护物种和生境。我们注意到目前的森林经营正从多用途经营管理向生态系统经营管理逐渐过渡,多功能森林经营管理这一新兴的生态学领域主要是建立在生态系统多样性、稳定性和弹性以及第一性和第二性生产动态平衡原理的基础上的。

新技术的全面应用是当前森林经营管理中所面临的挑战之一。我们必须在有限的投入下获取必要的信息资源,这要求我们更好地规划资源评价的时间并改进对多源数据的利用。像任何其他经营管理活动一样,合理的生态系统经营管理取决于有效的预测和操作控制。

本套系列丛书“森林生态系统经营管理”的目的是总结当前森林经营管理实践的最新研究成果,丛书是由多位著名学者编著,丛书的每一部都定位在一个特定的专题上,主要包括:资源评价技术、同龄和异龄林可持续性评价、多目标经营管理、森林发展的预测、森林经营管理的优化、生物多样性的管理及监测、风险评价和经济分析等。

译者序

当前,全球气候变化已对世界各国的社会经济可持续发展造成了严重的影响,应对气候变化已成为国际社会的共同使命。森林作为陆地生态系统的主体,在全球碳循环中扮演着重要的角色,在应对全球气候变化进程中发挥着不可替代的作用。据政府间气候变化专门委员会(IPCC)估算,全球陆地生态系统中约储存了2.477万亿吨碳,其中1.146万亿吨碳储存在森林生态系统中。发展林业碳汇,利用森林的储碳功能,通过植树造林、加强森林经营管理、减少毁林和林地退化等活动,吸收和固定大气中的二氧化碳,被国际社会公认为应对全球气候变化最为经济、现实与有效的手段。

中国政府历来重视森林资源的保护,早在1987年颁布的《森林采伐更新管理办法》、《中华人民共和国森林法》、2000年1月29日国务院公布的《中华人民共和国森林法实施条例》及2002年12月14日发布的《中华人民共和国退耕还林条例》中,均对森林采伐、毁林和还林、森林生态补偿等进行了明确规定,这些政策被认为与当前国际社会倡导的建立REDD+(减少毁林和森林退化以及其他林业“活动”造成的温室气体排放)机制的目标是一致的。2007年5月30日,国务院发布了《中国应对气候变化国家方案》,该方案将林业作为减缓和适应气候变化的重要领域纳入其中,并提出“通过继续实施植树造林、退耕还林还草、天然林资源保护等政策措施和重点工程建设,到2010年,努力实现森林覆盖率达到20%,力争实现碳汇数量比2005年增加约0.5亿t二氧化碳”的目标。2009年11月9日,国家林业局发布了《应对气候变化林业行动计划》。该计划明确了3个阶段性目标,包括:“到2010年,全国年均造林育林面积达到400万 hm^2 以上,全国森林覆盖率达到20%,森林蓄积量达到132亿 m^3 ,全国森林碳汇能力得到较大增长;到2020年,年均造林育林面积达到500万 hm^2 以上,全国森林覆盖率增加到23%,森林蓄积量达到140亿 m^3 ,森林碳汇能力得到进一步提高;到2050年,比2020年净增森林面积4700万 hm^2 ,森林覆盖率达到并稳定在26%以上,森林碳汇能力保持相对稳定”。

作为世界上人工林面积最大的国家,从应对气候变化的角度出发,中国应在继续开展大面积人工造林的同时,加强现有人工林的经营管理工作,工作的重点主要放在如下两个方面:①加强现有林的经营管理。我国现有森林面积约为17490万 hm^2 ,其中34.1%为林龄小于30年的中幼龄人工林。通过科学的经

管管理,这些林分具有很强的碳汇潜力;② 加强土壤改良工作。土壤是森林生态系统中重要的组成部分,在系统碳平衡中扮演着重要角色,通过改良森林土壤,不仅能够提高林分的生产力,而且能够在土壤中固定更多的碳。

我们发现通过森林经营管理来减缓气候变化的影响是我国林业应对气候变化最为有效的措施之一,然而目前国内有关森林经营管理对碳平衡的影响方面的研究尚不多见,因此,我们组织了北京市园林绿化局碳汇工作办公室、中国林业科学研究院和北京林业大学从事林业碳汇研究的专家翻译了本书,目的是为国内基于碳汇的森林经营管理活动提供一些理论参考和技术支撑。本书的第一部分由王小平翻译,第二部分由王小平、杨晓晖、何桂梅翻译,第三部分由杨晓晖、周彩贤、王小平翻译,第四部分由刘晶岚、何桂梅翻译,第五部分由周彩贤、何桂梅、刘晶岚翻译,全书由王小平、杨晓晖校订。

本书由“应对气候变化的水源涵养林经营与景观恢复技术引进(2010-4-18)”项目和中关村绿色碳汇研究院科技创新项目资助完成。

鉴于译者的专业水平和英文水平有限,书中难免存在一些曲解原文作者真正含义的地方,希望得到读者的批评指正。

译者

前 言

目前我们已经从全球尺度上观测到了气候变化特别是气候变暖的趋势。在许多国家,气候方面的变化已经通过虫害疫情(如加拿大西部的山松甲虫疫情和欧洲中部次生云杉林的树皮甲虫疫情)、地中海国家水资源短缺和特大森林火灾(如 2005 年西班牙的干旱)以及异常的暴风雨活动(如 2004 年东南亚的海啸)得到了进一步证实。气候变化也会影响植被分布范围、物种迁徙、林分树种组成、林木生长速率及其死亡。政府间气候变化专门委员会(IPCC)已经对森林如何受气候变化的影响及如何利用森林缓解其影响从而减缓气候变化的速度进行了讨论。

本书介绍了当前我们所能掌握的气候变化对森林环境产生的生物和经济方面的影响,以及森林经营管理活动如何通过碳汇缓解这些影响方面的信息,同时还介绍了全球范围内的一些研究实例。这些信息有助于森林经营管理者和研究者深入了解气候变化及其对森林环境及林业经济活动的影响。

本书作为 Springer 出版集团“森林生态系统管理”丛书中的一部,重点介绍了变化的气候状况下森林可持续经营的研究现状、发展趋势以及特定的方法等,书中大量的信息可以为林业工作者、森林经营者、政治家、法规制定者以及林业管理者提供参考。全书共分五个部分,第一部分明确了本书所涉及的内容主要集中在气候变化及其对森林经营管理的影响,可持续林业对气候变化的减缓潜力以及适应性经营管理和研究等内容上;第二部分“气候变化及森林响应机制综述”对山区森林的温室气体排放、森林应对气候变化的能力以及死树在碳汇方面的角色等内容进行了全面的综述;第三部分主要介绍了监测和模拟方法,包括不同精度的森林碳储量及其变化的估算、气候变化对森林健康影响的评价方法、森林生态生理模型综述以及碳储量评价和监测技术的最新进展等;第四部分介绍了几种不同经营管理情景下的经济分析方法,包括最佳矮林轮伐体系对碳汇的影响、森林和林木产品中的碳以及气候对采伐周期和林木利用变化等林业经济因子的影响;第五部分通过实例研究分析了气候变化对欧洲、亚洲和美洲不同生态系统的影响及其减缓措施,实例研究中既包括人工林也包括热带和地中海森林。

在此我们要感谢所有审阅人对书中内容提出的建设性的批评及修改意见，感谢 Celia Redondo (University of Valladolid at Palencia) 和 Ria Kanter (Springer) 在本书的编辑和校对过程中所付出的努力。

Felipe Bravo
Valerie LeMay
Robert Jandl
Klaus von Gadow

目 录

第一部分 概述	1
第 1 章 导言	3
第二部分 气候变化及森林响应机制综述	13
第 2 章 森林应对气候变化能力的机械论观点	15
第 3 章 温带山地森林的温室气体排放	41
第三部分 监测和模拟	61
第 4 章 森林碳储量及其变化估算——模型与跨尺度数据的结合	63
第 5 章 森林生态生理模型和碳固定	81
第 6 章 气候变量对西班牙北部松林冠层状况的影响	99
第四部分 经济和管理影响	113
第 7 章 人工桉树矮林的最佳轮伐对碳汇的影响	115
第 8 章 利用森林和林木产品减缓气候变化	131
第 9 章 瑞典生物能源林与碳排放平衡	143
第 10 章 削度方程和林木产品——通过林木产品评估森林碳流	156
第 11 章 森林经营管理策略和碳汇	168
第 12 章 经营管理和气候变化条件下森林结构对碳储量和 木材制品的影响分析	183
第五部分 实例研究	209
第 13 章 地中海地区松林的碳吸收	211
第 14 章 巴塔哥尼亚西北部北美黄松林的固碳功能	234
第 15 章 气候变化背景下西班牙西北部松萎蔫病的风险评估	254
第 16 章 哥伦比亚热带原始和次生林的土壤碳动态	266
第 17 章 东南亚红树林群落的固碳潜力	280
第 18 章 地中海地区栎类林的营林及碳固定	299

第一部分

概 述

第 1 章

导 言

F. Bravo^{①*}, R. Jandl^②, K. V. Gadow^③, V. LeMay^④

1. 森林经营与气候变化

从过去气候变化的数据来看,近年来气候变化的速度是史无前例的。地球大气层内的气体浓度变异导致了气候的变化,而其浓度的变异受人类活动的影响。气候变化速率的主要贡献者是大气中的 CO₂ 含量,其他气体(如一氧化氮和甲烷)依据生态系统所在区域和类型扮演了一个更加多变的角色。目前的研究表明,大气中温室气体特别是 CO₂ 浓度的增加已经导致气候系统产生一个正向的辐射力(即辐射能量的收入和支出之差是正值),这是造成全球变暖的主要原因(IPCC, 2007; Norby 等, 2007; Raupach 等, 2007)。根据上述研究,由于温室气体吸收热量导致气候变暖即所谓的温室效应在改变地球温度中扮演了一个重要的角色。预测温度变化和其他区域尺度的气候变化包括风、降水及一些极端天气事件的变化,目前被认为是相对可靠的,在气候变化模型方面的进展使得我们能够更好地估计不同排放模式下气候变暖和其他变化的趋势并可能给出

① Joint Research Unit INIA-UVa, Department of Forest Resources, University of Valladolid, Palencia, Spain, * fbravo@pvs.uva.es

② Research and Training Centre for Forest, Landscape and Natural Hazards(BFW), Seckendorff Gudent Weg 8, A-1131 Vienna, Austria, Robert.jandl@bfw.gv.at

③ Retired Professor at the Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology at the University of Göttingen in Germany, Büsgenweg 5, D-37077, Göttingen, Germany, kgadow@gwdg.de

④ Professor with the Forest Resources Management Department, University of British Columbia, 2045-2424 Main Mall, Vancouver, BC, V6T 1Z4, Canada, Valerie.LeMay@ubc.ca

不确定性的范围。

森林在气候系统中扮演了一个十分重要的角色,树木凭借其较大的有机体通过生长储存碳并通过分解将其释放到大气中去。由于森林是重要的碳源和碳汇,因此近年来森林碳的收支评估受到了极大的关注(Apps 和 Price, 1999; IPCC, 2000, 2001, 2007)。一个共识就是人类必须改变现有土地利用方式来降低气候变化的速率从而减缓气候变化给社会、经济和环境带来的负面影响。森林碳的流失或固定可能是造林、再造林或毁林活动的结果。近期出版的一篇有关气候变化经济学方面的综述声称目前年温室气体排放总量的 18%来自于毁林(Stern, 2006)。按照 Humphreys(2006)的说法,“新自由主义(neoliberalism)”是造成森林过度采伐的主要意识形态驱动力。世界银行在促进森林保护方面所做的努力往往被其在受惠的热带森林国家所支持的违反常规、私有化和结构调整的新自由主义的范式所削弱。Humphreys 声称诸如森林指导委员会(Forest Stewardship Council)所倡导的基于市场的活动可能会弥补公共部分,但是他反对完全依靠私有化,并且对联合国森林论坛(United Nation Forum on Forest, UNFF)成员国政府在报道、实施上的较差表现以及对其他林业相关机构指导上的失误表示强烈谴责。

气候会影响到森林的生长、结构和功能(Fujimori, 2001; Penuelas 等, 2004),温度升高会导致呼吸速率的提高,而干燥条件下光合速率将会降低。气候对森林生态系统的影响将随限制树木更新和生长的因子不同而不同,例如在部分北方森林生物群系中,低温是主要限制因子,那么温度升高将会促进树木生长。然而当水分或高温是主要限制因子时,森林对病虫害的爆发具有更高的敏感性。在湿度限制区域内,如地中海的森林区域,预计降水在未来可能会进一步减少,树木的生长将会减缓而火灾的风险可能会提高。

森林除了影响大气的碳平衡外,还会影响大气中其他气体含量、水分平衡、生物多样性和土壤稳定性。例如,在目前洪水易发区域,气候变化将会影响洪水的频率和规模,然而氮的生物地球化学循环、集水区产水量和某些动物的生境不仅由自然过程所决定,而且很大程度上受人类活动影响。通过造林、保护、收获率的改变、树种选择、合理的疏伐制度以及采伐后再造林时间的缩短等措施,森林管理可以降低上述气候变化的严重程度及其影响范围。

2. 通过适应性森林管理缓解气候变化

为了评价气候变化对森林的影响及森林管理战略缓解这些影响的潜在效果,必须开展相关的监测、模拟和特定的研究项目。这些活动被明确列入《京都议定书》的 3.3 款,作为国家承诺降低温室气体排放的“负责任的行动”

(UNFCCC, 1997)。与现有森林管理相关的“附加的人类引起的行动”也在《京都议定书》的 3.4 款中提及,这些行动是指可能对全球碳平衡具有显著影响的可供选择的造林实践。

森林经营是一项缓解气候变化影响的关键因子,大量的可能采取的策略包括:① 对已经积累在森林中的碳库进行保护和维持。② 通过造林提高碳储量。③ 调整森林树种组成及径级分布。④ 推广栽植更具自我恢复能力的树种基因型。⑤ 栽植具有遮阴、固土及调整水文过程的树种以降低降水和温度变化所造成的预期影响。

原则上森林被看作是碳库,因此保护现有林并增加造林面积预计可以减少释放大气中的 CO_2 ,从而降低气候变化的速率。然而最近的研究表明在不久的将来,森林可能成为碳源而非碳汇(Kurz 和 Apps, 1999; Gracia 等, 2001; Reichstein 等, 2002)。在北半球 2003 年夏天的异常干热期,气候状况限制了森林的生长,使得森林暂时性地转变为碳源(Ciais 等, 2005)。这一效果可能通过经营措施包括森林防火、病虫害防治以及加大连续性采伐的间隔(Gracia 等, 2005)等得以逆转,例如疏伐和择伐降低了林分密度从而降低了火灾的概率和强度。除了维持现有林外,可通过在废弃农地上植树,缩短采伐后再造林时间以及推广在森林以外的区域,特别是城区植树等方法来增加林地的面积。

在维持和提高森林面积的同时,森林组成上的变化也可以增加森林的碳储量。森林碳储量随着林分种类、年龄结构以及健康状况的不同而不同(Bogino 等, 2006; Bravo 等, 2008)。例如,Bogino 等(2006)对西班牙中部的欧洲赤松(*Pinus sylvestris*)和比利牛斯栎(*Quercus pyrenaica*)纯林及两者的混交林进行了研究,结果发现欧洲赤松纯林的碳储量远高于比利牛斯栎纯林,而两者的混交林的碳储量则位于两种纯林之间。Bravo 等(2008)的结果与此相似,他们发现欧洲赤松纯林的碳储量在可比情况下通常高于海岸松(*Pinus pinaster*)林分。这种物种间差异可以用生长速率、干型及其寿命的不同来解释。

在没有森林经营措施的情况下,林分响应气候变化,通过更适宜基因型的自然选择以及更适宜的气候下种群的重建过程在组成上发生了变化,树木和其他植物通过种子扩散和其空间分布边缘的繁殖向更适宜的气候条件下迁移,植物基因型的多样性将提高其对气候变化适应的可能性。然而植物对气候的自然适应速率过于缓慢,无法抵消气候迅速变化所带来的影响。通过森林经营,可以采用更具自我恢复能力的基因型植物来加快植物对气候条件的适应。在预计温度升高降水量减少的地区可以采用耐旱和耐高温的基因型;在遮阴和降水量预计升高的地方,可采用更耐阴的基因型;在气候变化影响病虫害生活周期的地方,可引种病虫害抗性强的树种。

3. 监测和适应性经营

受气候变化的影响,一些干扰性事件发生的速率和强度将会发生变化,灾害性事件如洪水、火灾和病虫害的监测虽然是一项常规性的工作,但将变得更为重要。因此需要对更少量的灾害性事件做更详细的监测,以确定对区域气候变化特别敏感的区域。

同时必须支持开展碳平衡变化方面的监测,监测所提供的信息可以用来评价森林的社会、经济和环境效益,为经营策略的变化提供反馈意见。遥感图像也可用来降低评价的费用,然而由于树木的生物量包括地上和地下两部分,应将遥感数据和大量的地面调查数据结合起来使用。

从预测地方尺度的变化方向和速率较为困难的角度来说,必须对过去两个世纪里用于指导森林经营的一些假设进行重新验证,在过去成功的森林经营活动并不能确保在将来一样成功,对其进行周期性的评价是必不可少的工作。Nyberg(1998)建议将更多的重点放在适应性经营上,包括对过去经营活动结果的系统学习,但这种学习可能是缓慢的,因此建议采用新的森林生态系统经营范式并结合改进的模拟工具,基于目前森林资源信息对不同经营方式进行精确的预测和系统的评价。

多途径概念(multiple path concept, MPC; Gadow 等, 2007)就是这样的一个范式,它为森林景观设计提供了一个适宜的基础。该概念的数学方程被建立并在北美(Clutter 等, 1983; Hoganson 和 Rose, 1984; Bettinger 等, 1997)和北欧(Lappi, 1992; Pukkala 和 Kangas, 1993; Eid 和 Hobbelstad, 2000; Ohman, 2002)的一些数学程序模型中得到了应用,同时也被开发用于中欧(Chen 和 Gadow, 2002)、哥伦比亚(Schwichtenberg 和 Sanchez Orois, 2003)和俄罗斯(Gurjanov 和 Gadow, 2005)的一些特定条件下。MPC 假设一个森林景观是由大小和形状各不相同的空间土地聚块组成,这些地理单元通常称为林地、林分或小班,它们可以是均质的或相对异质的实体,但每一个单元都由具有特定属性和立地条件的树木种群组成,对范式的一个最基本的理解是每一林分都具有一个乃至一系列适宜的处理规划或“管理途径”,每一个林分通道均以一个连续的特定管理活动、不可预期的危险和生长系列为特征,且能够提供一定的服务价值。因此在设计一个森林景观时应包括寻找多个管理途径的结合,从而为土地所有者提供所需的服务组合。因为森林固碳被看作是降低气候变化速率的一种方法,而碳排放是可以进行交易的,因此森林设计中一个必不可少的组分就是计算供选择的管理途径的碳平衡,以便在实施前对其环境影响进行评估。按照 MPC 理论,森林的碳平衡是单一林分碳平衡的总和,在一个特定时期特定林分的碳平

衡可以通过下面这些内容来计算:①生物量的变化。②研究期内采伐树木量。③研究期内死树量。④林分中死树的分解以及⑤林分中采伐树木的分解(包括根系、采伐残留物及运出的分类木材,如果知道原木、纸浆材和薪材的平均生活期就可以对后者进行计算)。碳平衡计算时需要对所有这些内容分别进行估算,而无法利用单一的模型或简单的指数来完成。

4. 研 究

森林资源管理具有长期的环境和社会意义,因此开展跨学科森林研究已是势在必行。森林学家已经将森林研究与其他如生物、数学和社会科学相结合以确保应用新的专业化的研究成果来解决森林景观问题。这个“综合的”原则需要建立相关学科间的联系,并综合各学科特定的知识为所需的服务提供一种适宜的技术集成。正如 Sayer 和 Campbell(2004)指出的那样,这种综合可能不会产生科学上的突破,但却能帮助提供选择和解决问题。

可靠的森林管理措施通常是基于经验性的研究。19 世纪建立的早期田间试验的目的是测定不同生长区木材蓄积量对特定间伐处理的响应,其中部分试验已经连续开展了一个多世纪,为森林的长期发展提供有价值的信息(Pretzsch, 2001; Innes, 2005)。森林试验中信息的获取必须与投入估算相权衡,不仅要受到可获取资源的限制,同时也会受到时间的限制。此外一个试验的合理性和有效性还会受到试验设计和实施过程的影响。因此将重点放在田间试验的规划上是十分重要的。

Gadow 和 Kleinn(2005)将田间试验划分为两个基本类型:

(1) 操作性试验。采用调查的方法,通过在一个特定模式下建立特定的环境序列来对假设进行检验。

(2) 观测对比研究。主要包括从不同立地条件下收集和分析数据,但并未主动预先设定或改变这些条件(即没有进行任何处理)(Kuehl 1994)。

观测对比研究也称为准试验(Cook 和 Compbell, 1979)。准试验的目的之一是获取足够多的不同条件。对森林而言其目的可能是观测树木生长的变化并将这些变化与某些变量(如大气温度和 CO_2 浓度随时间的变化)联系起来。观测研究主要包括了变量间许多不同且又相互作用的关系,因此许多变异通常不能用获取到的解释性变量来解释。然而观测获取的数据经常被用于建立过程模型,甚至对假设进行检验。

田间试验通常分为纵向研究、时间序列研究或短期研究。纵向研究是一个长期的试验,需要很高的维持费用和适宜的研究基础设施。试验的目标不是总可以达到,因为样地可能过早地受到火或风破坏,最初的设定问题经常变得不再

相关。时间序列研究只是测定一次,但却包括了一个广泛的龄级和不同的生长立地,采用空间上多点的同时测量来代替时间上的重复测量;时间序列研究可能较为迅速地提供一些研究结果,但是并不能获取事物对已知初始状态响应的变化速率。一个折中方法是通过短期时间序列研究来达到,该方法又称为间隔研究,兼具纵向研究(变化速率)和时间序列研究(包括较为广泛的初始状态且对观测对象破坏最小)的特点。田间样地的测定至少要保证两次,测定的间隔要足够长以确保观测到气候波动的短期效果。

5. 本书的组织

本书的主要内容是提出气候变化对森林经营影响方面的一些科学证据,并对缓解气候变化影响的森林经营战略提出一些建议,这些内容通过如下四部分来具体介绍。

第二部分是一个总体上的综述,包括山地森林的温室气体排放,森林应对气候变化的能力,以及死树在固碳方面所扮演的角色等。

第三部分主要介绍监测和模拟方法,包括估算不同尺度上森林碳储量及其变化的方法,气候变化对森林健康影响的评估方法,以及森林生态-生理模型和碳储量的评价与监测技术的综述等。

第四部分介绍了不同管理模式下的经济分析的几种方法,包括碳固定对矮林最优轮伐期的影响,森林和木材产品中碳储量及气候对森林经济的影响,包括采伐周期的变化和木材利用的变化等。

第五部分中介绍了欧洲、亚洲和美洲气候变化对不同生态系统的影响及其减缓活动的一些实例,同时也包括了热带和地中海地区的造林实例。

本书是由来自南北美洲、欧洲和亚洲的众多作者共同完成的,因此完全称得上是一本国际性的论著。

参 考 文 献

- Apps, M. J., Price, D. T. (eds.) (1996). Forest ecosystems, forest management and the global carbon cycle. In: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop: The Role of Global Forest Ecosystems and Forest Resource Management in the Global Cycle, Banff, Canada, September 12-16, 1994. Springer, Berlin.
- Bettinger, P., Sessions, J., Boston, K. (1997). Using Tabu Search to schedule timber harvests subject to spatial wildlife goals for big game. *Ecological Modelling* 94: 111-123.
- Bogino, S., Bravo, F., Herrero, C. (2006). Carbon dioxide accumulation by pure and