



# 杉木林 可持续经营的研究

杨玉盛 等著

中国林业出版社

# 杉木林可持续经营的研究

杨玉盛 等著

中国林业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

杉木林可持续经营的研究/杨玉盛等著. —北京: 中国林业出版社, 1998. 10  
ISBN 7-5038-2117-5

I. 杉 II. 杨… III. 杉木-森林经营-研究 IV. S791.270.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 27477 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京地质印刷厂印刷 中国林业出版社发行

1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.5

字数: 406 千字 印数: 1~1150 册

定价: 36.00 元

# 前 言

杉木，主要分布在我国南方林区，是我国南方重要的用材树种之一，栽培历史悠久。据1993年全国森林资源调查表明，中国杉木林面积达911万 $\text{hm}^2$ ，约占南方林区森林面积的1/3，年产木材占全国商品材的1/5~1/4；到本世纪末，世界银行贷款营造的666万 $\text{hm}^2$ 速生丰产林中，杉木占30%~40%，杉木人工林在满足国民经济和社会发展对木材需求方面起到很大作用。但随着杉木林栽培面积的日益扩大，常绿阔叶林面积锐减，杉木连栽代数的增加和面积的不断扩大，有关杉木人工林地力衰退的报道不断增加，有识之士对杉木林能否可持续经营表现出极大的担忧。

针对杉木人工林栽培体系存在的一系列问题，“杉木林可持续经营的研究”课题组的研究人员在进行影响杉木林可持续经营因素研究的同时，选择有较大代表性的福建省对杉木林可持续经营模式进行了面上的调查分析，并在此基础上选择一些在实践中表现较好的经营模式进行深入的探讨。课题组的研究人员经过不懈努力和不断探索，历经10余年完成了对“杉木林可持续经营的研究”这一课题的研究。参加这一课题研究的人员有杨玉盛、俞新妥、黄宝龙、邱仁辉、何宗明、郑燕明、杨伦增、邹双全、张鼎华、张其水、马祥庆、郑金兴、周后盛、周新年、李振问、阮传成、林开敏、刘爱琴、游水生、丁应祥等，并由杨玉盛副教授进行系统总结、归纳、整理成书。

本书由上篇“影响杉木林可持续经营因素的研究”（共七章）和下篇“杉木林可持续经营模式及评价的研究”（共十一章）组成。全书除第一章和第六章由俞新妥教授和杨玉盛副教授，第四章由邱仁辉讲师、周新年副教授和杨玉盛副教授等共同撰写外，其余均由杨玉盛副教授撰写完成。

本书在研究和著述过程中，分别得到国家“七五”攻关课题、福建省科委重点课题、福建省自然科学基金课题、福建省教委课题、福建省林业厅课题及横向课题等科研基金的资助和福建林学院博士专著出版基金及福建省“百千万人才工程”人选培养资金的资助。福建林学院多届毕业生数十人亦参与了本课题部分外业和内业工作。福建省南平市林业委员会、建瓯市林业委员会、尤溪县林业委员会、福建林学院莘口教学林场和西芹教学林场等单位对本研究的外业调查工作予以大力支持。本书稿承蒙章浩白教授认真审阅，并提出了许多宝贵的修改意见。邱仁辉硕士和杨伦增编辑为本书出版做了大量艰苦和细致的工作。福建师范大学朱锦懋博士、福建林学院郭建钢博士和杨元梁博士亦给予多方帮助。谨此致以衷心的感谢！

由于水平和时间所限，疏误不足之处难免，敬请同行批评指正！

著 者

1997年12月30日

# 目 录

## 上篇 影响杉木林可持续经营因素的研究

|                                   |      |
|-----------------------------------|------|
| 第一章 杉木人工林经营概况 .....               | (2)  |
| 1 杉木人工林经营的历史 .....                | (2)  |
| 1.1 人工栽杉初始时期 .....                | (2)  |
| 1.2 人工成片造杉木林及出现杉材市场时期 .....       | (2)  |
| 1.3 杉木商品材基地及混农制形成时期 .....         | (3)  |
| 1.4 杉木生产鼎盛时期 .....                | (4)  |
| 1.5 杉木经营衰退时期 .....                | (5)  |
| 1.6 杉木生产经营恢复发展时期 .....            | (5)  |
| 2 杉木林可持续经营问题的提出及其相关研究 .....       | (7)  |
| 2.1 人工林地力衰退 .....                 | (7)  |
| 2.2 杉木人工林生长量下降和土壤肥力衰退 .....       | (8)  |
| 2.3 杉木人工林的营养元素循环 .....            | (10) |
| 2.4 栽培措施与地力衰退 .....               | (12) |
| 2.5 维持林地地力实现可持续经营的途径 .....        | (14) |
| 3 小 结 .....                       | (16) |
| 第二章 不同栽植代数杉木林生长特点与地力演变 .....      | (18) |
| 1 试验地选择与试验地概况 .....               | (18) |
| 1.1 试验地选择 .....                   | (18) |
| 1.2 试验地自然概况 .....                 | (19) |
| 2 研究方法 .....                      | (20) |
| 2.1 林分生物量调查 .....                 | (20) |
| 2.2 林分年凋落物量 .....                 | (20) |
| 2.3 植株样品营养元素分析 .....              | (21) |
| 2.4 杉木生长特点分析 .....                | (21) |
| 2.5 土壤肥力分析 .....                  | (21) |
| 3 结果与分析 .....                     | (22) |
| 3.1 不同栽杉代数林分生产力变化 .....           | (22) |
| 3.2 不同栽杉代数林地土壤肥力变化 .....          | (24) |
| 3.3 不同栽杉代数根际土壤肥力变化 .....          | (38) |
| 3.4 不同栽杉代数杉木林生物量及养分循环 .....       | (41) |
| 3.5 不同栽杉代数不同起源杉木生长特点 .....        | (58) |
| 4 小 结 .....                       | (69) |
| 第三章 天然阔叶林改造为人工阔叶林后群落结构和地力变化 ..... | (72) |
| 1 群落区系与结构 .....                   | (72) |
| 1.1 群落区系组成 .....                  | (72) |
| 1.2 群落生活型比较 .....                 | (73) |

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| 1.3 林分结构分析 .....                      | (73)  |
| 2 水源涵养功能 .....                        | (74)  |
| 2.1 林分地上部分的水文效应 .....                 | (74)  |
| 2.2 土壤层的持水能力 .....                    | (75)  |
| 2.3 林分持水能力 .....                      | (76)  |
| 2.4 土壤渗透性能 .....                      | (76)  |
| 3 土壤肥力 .....                          | (77)  |
| 3.1 土壤酶活性 .....                       | (77)  |
| 3.2 土壤养分 .....                        | (78)  |
| 3.3 土壤物理性质 .....                      | (79)  |
| 4 小 结 .....                           | (80)  |
| 第四章 不同采集方式对林地土壤的影响 .....              | (82)  |
| 1 不同采集方式对土壤扰动及土壤温度的影响 .....           | (82)  |
| 1.1 土壤扰动 .....                        | (82)  |
| 1.2 影响土壤的稳定性 .....                    | (82)  |
| 1.3 改变地表的温度 .....                     | (83)  |
| 2 皆伐作业不同集材方式对林地土壤理化性质的影响 .....        | (84)  |
| 2.1 试验地概况及样品采集 .....                  | (84)  |
| 2.2 土壤结构稳定性 .....                     | (84)  |
| 2.3 土壤水分状况 .....                      | (88)  |
| 2.4 土壤养分含量 .....                      | (89)  |
| 3 择伐作业人力集材对林地土壤理化性质的影响 .....          | (90)  |
| 3.1 试验地概况及样品采集 .....                  | (90)  |
| 3.2 土壤结构稳定性 .....                     | (91)  |
| 3.3 土壤的水分状况和土体构造 .....                | (91)  |
| 3.4 土壤养分含量 .....                      | (92)  |
| 4 不同采集方式对林地土壤理化性质影响的比较分析 .....        | (92)  |
| 5 小 结 .....                           | (94)  |
| 第五章 采伐剩余物不同处理方式对林地生态系统的影响 .....       | (95)  |
| 1 皆伐火烧对林分营养元素迁移及肥力的影响 .....           | (95)  |
| 1.1 试验地概况 .....                       | (95)  |
| 1.2 研究方法 .....                        | (96)  |
| 1.3 皆伐火烧对不同林分营养元素迁移的影响 .....          | (96)  |
| 1.4 火烧对不同林分土壤腐殖质和土壤肥力的影响 .....        | (99)  |
| 1.5 小 结 .....                         | (102) |
| 2 炼山对杉木幼林生态系统影响机理的研究 .....            | (103) |
| 2.1 径流场自然概况 .....                     | (103) |
| 2.2 径流小区设计和施工 .....                   | (103) |
| 2.3 定位研究项目与方法 .....                   | (104) |
| 2.4 炼山对杉木幼林地水、土、肥流失的影响 .....          | (105) |
| 2.5 影响杉木幼林地水、土、肥流失的因素分析及预测模型的建立 ..... | (110) |
| 2.6 炼山对杉木幼林生态系统土壤肥力的影响 .....          | (118) |
| 2.7 炼山对杉木幼林生长的影响 .....                | (121) |
| 2.8 炼山对杉木幼林生态系统林下植被种类的影响 .....        | (123) |

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| 2.9 结 论 .....                       | (123) |
| 3 炼山利弊及对策 .....                     | (124) |
| 3.1 炼山的不利之处 .....                   | (125) |
| 3.2 炼山的有利之处 .....                   | (125) |
| 3.3 对 策 .....                       | (126) |
| 第六章 天然杉木林群落结构与地力 .....              | (127) |
| 1 调查地区的自然概况 .....                   | (127) |
| 2 调查研究方法 .....                      | (128) |
| 2.1 天然杉木混交林群落结构特性和生长调查 .....        | (128) |
| 2.2 天然杉木混交林和天然杉木单优群落土壤肥力调查与分析 ..... | (128) |
| 3 天然杉木混交林群落结构及生长特性 .....            | (128) |
| 3.1 天然杉木混交林的分布及其类型 .....            | (128) |
| 3.2 天然杉木混交林植物区系的组成及演替 .....         | (130) |
| 3.3 天然杉木混交林的外貌和结构 .....             | (131) |
| 3.4 天然杉木林生长过程的分析 .....              | (132) |
| 3.5 小 结 .....                       | (134) |
| 4 天然杉木混交林和天然杉木单优群落土壤肥力 .....        | (134) |
| 4.1 土壤结构特征 .....                    | (134) |
| 4.2 土壤水分状况 .....                    | (136) |
| 4.3 土壤化学性质 .....                    | (136) |
| 4.4 土壤酶活性 .....                     | (137) |
| 4.5 天然杉木混交林与速生丰产林土壤肥力比较 .....       | (137) |
| 4.6 小结与讨论 .....                     | (138) |
| 5 结 论 .....                         | (139) |
| 第七章 影响杉木人工林可持续经营因素的分析 .....         | (140) |
| 1 杉木人工林分布地带土壤生态系统的脆弱性 .....         | (140) |
| 2 杉木生物学特性 .....                     | (140) |
| 2.1 杉木生长及土壤养分吸收 .....               | (140) |
| 2.2 凋落物 .....                       | (141) |
| 3 杉木人工林群落结构 .....                   | (142) |
| 4 营林措施干扰 .....                      | (144) |
| <b>下篇 杉木林可持续经营模式及评价的研究</b>          |       |
| 第八章 可持续发展与森林可持续经营 .....             | (148) |
| 1 可持续发展观念的形成 .....                  | (148) |
| 2 可持续发展的内涵 .....                    | (149) |
| 2.1 经济可持续发展 .....                   | (149) |
| 2.2 社会可持续发展 .....                   | (149) |
| 2.3 资源可持续利用 .....                   | (149) |
| 2.4 环境可持续性 .....                    | (149) |
| 2.5 全球可持续发展 .....                   | (150) |
| 3 林业可持续发展与森林可持续经营 .....             | (150) |
| 第九章 幼林郁闭前杉农复合经营模式 .....             | (152) |

|      |                              |       |
|------|------------------------------|-------|
| 1    | 复合经营模式的结构、生产力及营养元素组成变化 ..... | (152) |
| 1.1  | 复合经营模式结构特征 .....             | (153) |
| 1.2  | 复合经营模式生物量 .....              | (156) |
| 1.3  | 复合经营模式营养元素组成 .....           | (157) |
| 2    | 9年生复合经营模式林地土壤肥力 .....        | (159) |
| 2.1  | 土壤结构特性 .....                 | (159) |
| 2.2  | 土壤水分状况 .....                 | (161) |
| 2.3  | 土壤微生物组成 .....                | (161) |
| 2.4  | 土壤酶活性 .....                  | (162) |
| 2.5  | 土壤生化作用强度 .....               | (162) |
| 2.6  | 土壤养分含量及供应状况 .....            | (163) |
| 2.7  | 土壤腐殖质组成和特性 .....             | (163) |
| 3    | 2年生复合经营模式根际土壤肥力 .....        | (164) |
| 3.1  | 根际土壤养分状况 .....               | (164) |
| 3.2  | 根际土壤微生物数量及组成 .....           | (165) |
| 3.3  | 根际土壤生化活性 .....               | (165) |
| 4    | 复合经营模式短期收益 .....             | (166) |
| 5    | 复合经营模式综合效益的研究 .....          | (167) |
| 5.1  | 调查数据来源 .....                 | (167) |
| 5.2  | 综合效益评价方法 .....               | (167) |
| 5.3  | 结果与分析 .....                  | (168) |
| 6    | 小 结 .....                    | (169) |
| 第十章  | 幼林郁闭后杉农复合经营模式 .....          | (171) |
| 1    | 复合经营模式土壤肥力 .....             | (171) |
| 1.1  | 土壤微生物 .....                  | (171) |
| 1.2  | 土壤酶活性 .....                  | (172) |
| 1.3  | 土壤呼吸强度 .....                 | (173) |
| 1.4  | 土壤理化性质 .....                 | (174) |
| 2    | 复合经营模式空间利用状况及其对杉木生长的影响 ..... | (175) |
| 3    | 小 结 .....                    | (176) |
| 第十一章 | 杉阔轮栽经营模式 .....               | (177) |
| 1    | 杉阔轮栽经营模式林分生长 .....           | (177) |
| 2    | 杉阔轮栽经营模式生物量组成 .....          | (177) |
| 2.1  | 单株生物量组成 .....                | (177) |
| 2.2  | 林分生物量组成 .....                | (178) |
| 3    | 杉阔轮栽经营模式生态系统营养元素空间分布格局 ..... | (178) |
| 4    | 杉阔轮栽经营模式林地土壤肥力 .....         | (179) |
| 4.1  | 土壤水稳性团聚体组成 .....             | (179) |
| 4.2  | 土壤物理性质 .....                 | (180) |
| 4.3  | 土壤养分状况 .....                 | (180) |
| 4.4  | 土壤生化活性 .....                 | (181) |
| 4.5  | 土壤腐殖质组成及特性 .....             | (182) |
| 4.6  | 土壤腐殖结合形态 .....               | (182) |
| 5    | 杉木轮栽经营模式根际土壤性质 .....         | (183) |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 5.1 根际土壤养分状况 .....                | (183) |
| 5.2 根际土壤微生物数量及组成 .....            | (183) |
| 5.3 根际土壤酶活性 .....                 | (184) |
| 5.4 根际土壤生化作用强度 .....              | (185) |
| 6 小 结 .....                       | (185) |
| 第十二章 留杉栽阔经营模式 .....               | (186) |
| 1 留杉栽阔经营模式林木生长 .....              | (186) |
| 2 留杉栽阔经营模式生物量 .....               | (186) |
| 2.1 林木单株生物量 .....                 | (186) |
| 2.2 林分生物量 .....                   | (187) |
| 3 留杉栽阔经营模式生态系统营养元素空间分布 .....      | (187) |
| 4 留杉栽阔经营模式土壤肥力 .....              | (188) |
| 4.1 土壤水稳性团聚体组成 .....              | (188) |
| 4.2 土壤孔隙和水分组成 .....               | (188) |
| 4.3 土壤养分状况 .....                  | (189) |
| 4.4 土壤腐殖质组成及特性 .....              | (189) |
| 4.5 土壤腐殖结合形态 .....                | (190) |
| 4.6 土壤生化特性 .....                  | (190) |
| 5 小 结 .....                       | (191) |
| 第十三章 栽杉留阔经营模式 .....               | (192) |
| 1 栽杉留阔经营模式林木生长状况 .....            | (192) |
| 2 栽杉留阔经营模式群落结构和物种多样性 .....        | (192) |
| 2.1 栽杉留阔经营模式林分植物种类、相对多度和重要值 ..... | (192) |
| 2.2 栽杉留阔经营模式物种多样性和物种的营养生态位 .....  | (195) |
| 2.3 栽杉留阔经营模式的垂直结构和物种的空间生态位 .....  | (195) |
| 3 栽杉留阔经营模式中杉木生长过程分析 .....         | (196) |
| 3.1 树高生长特点 .....                  | (196) |
| 3.2 胸径(去皮)生长特点 .....              | (197) |
| 3.3 材积(去皮)生长特点 .....              | (198) |
| 4 栽杉留阔经营模式土壤肥力 .....              | (200) |
| 4.1 土壤物理性质 .....                  | (200) |
| 4.2 土壤腐殖质与土壤营养元素 .....            | (200) |
| 4.3 土壤微生物和生化活性 .....              | (201) |
| 5 小 结 .....                       | (201) |
| 第十四章 人工促进天然更新经营模式 .....           | (203) |
| 1 人工促进天然更新技术 .....                | (203) |
| 2 人工促进天然更新经营模式的研究 .....           | (204) |
| 2.1 人工促进天然更新群落组成和生产力 .....        | (204) |
| 2.2 不同群落类型土壤结构特性 .....            | (205) |
| 2.3 土壤水分状况 .....                  | (206) |
| 2.4 土壤养分状况 .....                  | (206) |
| 2.5 土壤酶活性及土壤呼吸作用强度 .....          | (207) |
| 2.6 小 结 .....                     | (208) |
| 第十五章 杉木多代连栽地营造杉阔混交林经营模式 .....     | (209) |

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 1 杉木火力楠混交林林木生长状况 .....             | (209) |
| 2 杉木火力楠混交林生物量及营养元素生物循环 .....       | (210) |
| 2.1 林分生物量组成 .....                  | (210) |
| 2.2 林分营养元素组成 .....                 | (211) |
| 2.3 林分凋落物及养分归还量 .....              | (211) |
| 2.4 林分营养元素生物循环 .....               | (212) |
| 3 10年生林木生长过程分析 .....               | (212) |
| 3.1 第四代杉木纯林平均木生长过程特点 .....         | (212) |
| 3.2 混交林中杉木与对照杉木生长过程比较 .....        | (214) |
| 3.3 混交林中杉木与火力楠生长过程比较 .....         | (216) |
| 4 杉木火力楠混交林培肥地力状况 .....             | (219) |
| 4.1 土壤物理性质 .....                   | (219) |
| 4.2 土壤养分与土壤腐殖质组成 .....             | (219) |
| 4.3 土壤微生物数量和生化特性 .....             | (219) |
| 5 小 结 .....                        | (220) |
| 第十六章 加强杉木林地管理技术的探讨 .....           | (221) |
| 1 采伐剩余物管理技术 .....                  | (221) |
| 1.1 残留物管理育林 .....                  | (221) |
| 1.2 加强土壤管理与地被物利用 .....             | (222) |
| 1.3 人工促进天然更新 .....                 | (223) |
| 2 杉木林下植被管理技术 .....                 | (223) |
| 3 杉木人工林施肥技术 .....                  | (224) |
| 第十七章 杉木林地可持续经营的评价 .....            | (226) |
| 1 林地可持续经营评价的指标 .....               | (226) |
| 1.1 林地可持续经营的评价体系 .....             | (226) |
| 1.2 林地可持续经营的评价指标 .....             | (226) |
| 2 林地可持续经营评价的过程 .....               | (228) |
| 2.1 林地可持续经营评价的内容 .....             | (228) |
| 2.2 林地可持续经营评价的过程 .....             | (229) |
| 3 林地可持续经营模式评价的探讨 .....             | (229) |
| 3.1 林地可持续经营项目评价的特点 .....           | (229) |
| 3.2 林地可持续经营投资项目的费用、效益与风险 .....     | (231) |
| 3.3 林地可持续经营投资项目的评价过程和方法 .....      | (232) |
| 3.4 实 例 .....                      | (233) |
| 4 小 结 .....                        | (236) |
| 第十八章 杉木人工林可持续经营的对策 .....           | (237) |
| 1 降低对林地干扰强度为核心,改革传统林业经营措施 .....    | (237) |
| 2 增加杉木林不同生长发育阶段群落结构复杂性和物种多样性 ..... | (238) |
| 3 以提高和恢复地力为核心的杉阔轮栽制度 .....         | (239) |
| 4 以提高林地生产力为核心的林地施肥制度 .....         | (239) |
| 5 加强宏观调控,树立林地长期利用制度 .....          | (240) |
| 6 加大良种选育和推广力度 .....                | (240) |
| 主要参考文献 .....                       | (242) |

# 上 篇

## 影响杉木林可持续经营 因素的研究

# 第一章 杉木人工林经营概况

## 1 杉木人工林经营的历史

杉木是我国历史上栽培面积最大、产量最高的优良速生用材树种。据 1993 年统计,全国杉木林面积 911 万  $\text{hm}^2$ ,蓄积量 3.42 亿  $\text{m}^3$ ,杉木商品材年产量约占全国木材总产量的  $1/5 \sim 1/4$ ,年造林面积约 40 万  $\text{hm}^2$ 。杉木生产在我国乃至世界用材林生产历史上占有重要地位。<sup>[1~3]</sup>

杉木产区人民在长期实践中,在栽培、经营、利用等方面积累了丰富的经验。随着社会文化的进步和科学技术的发展,杉木林的生产、经营技术也在不断发展。如何用现代林业的观点,分析杉木栽培经营的历史,对继承与发扬珍贵林学遗产,改进和提高杉木林经营水平,促进杉木林的可持续经营等都具有重要意义。

杉木林的造林经营历史,据文献记载,按其生产发展过程,大致可划分为以下六个时期。<sup>[4~11]</sup>

### 1.1 人工栽杉初始时期

这一时期约为公元前 2 世纪至公元 3 世纪的秦汉时期。

有关杉木最早古籍记载是公元前 2 世纪成书的我国第一部辞典《尔雅·释木》。东晋郭璞《尔雅注》有:“黏似松,生江南,可以为船及棺材,作柱埋之不腐。”东晋嵇含的《南方草木状》解释:“杉,一名桫、黏。”东汉许慎的《说文解字》所载的“桫”、“黏”的字形和音义,看出“桫”是“用刀剥树皮”,“黏”是“火烧熟物”之意。根据山区群众用杉木树皮盖屋、用火烧方法促进杉木伐苑萌芽及用火苗插条造林等生产习惯,明显看出杉木名称的由来是古代人民生活和生产实践的概括,并说明此时期已有杉木人工栽培经营的生产实践,除移植野生苗栽杉外,还创造了插条和萌芽栽杉技术。<sup>[5]</sup>

东晋葛洪《西京杂记》载:“大液池有池名弧树池,池中一洲,洲上黏树一株,大十余围。”该书还记载汉武帝修上林苑,群臣从各方献名果异树 2000 余种,其中有楔(杉木)。说明此时杉木已引种到黄河流域。<sup>[6]</sup>

### 1.2 人工成片造杉木林及出现杉材市场时期

这一时期约为公元 3~9 世纪的晋唐时期。此时期出现杉木人工成片造林更新及杉材市场流通。

侯伯鑫报道,湖南城步岩寨金南村有栽于东晋(317~318 年)的古杉群,现保存 40 株,面积 0.27  $\text{hm}^2$ ,最大的胸径为 225  $\text{cm}$ ,树高达 26  $\text{m}$ ,据立于乾隆十五年(1750 年)的石碑记载,原有 200 余株。这是目前国内仅存的栽培较早的杉木人工纯林<sup>[3]</sup>。东晋王羲之《媛安和帖》载:“自下悉佳杉上下至乖,隔十八年复得一。”反映此时杉木人工林 18 年左右即可轮伐。唐白居易(817 年)《庐山草堂记》及宋陆游(1170 年)《入蜀记》均载江西庐山东林寺有栽于晋代的大古杉。

唐代中叶,湘西南出现较大面积的杉木人工林。如唐李郢《贺州思九疑》诗描述宁远九疑山杉木“单植庠杓南,序列俨成行”……“俯观总群植,纤纤若毫芒”。清道光《桐城县志》引《太平环宇》载“唐元和八年(813年)县令韩震焚烧草木栽植松杉”。这是炼山营造杉木人工林的较早记述。云南大理苍山无为寺有一株胸径212cm,高27.2m的大古杉,据《大理府志》记载栽于唐代,史称“唐杉”,“原有20余株”,“均为香杉”。说明当时已有杉木品种的区分。唐代杉木栽培已很普遍,唐诗中记有很多栽杉活动和咏杉佳句。白居易诗“劲叶森利剑,孤茎挺端标,才高四五尺,势若干青霄”形象地指出了杉木幼林挺直向上的形态。皮日休诗云:“钱只买秋杉”,“疏杉低通滩”。刘禹锡《莫瑶歌》:“市场杂蛟人,婚姻通木客。”从“买杉”、“疏杉”、“木客”推断,此时杉木已成为商品材在市场流通。唐蔺道人《理伤续断方》记载杉木皮及杉木板固定骨折有奇效;唐苏敬《新修本草》载:杉材可治漆疮或脚气病。唐李仁实《格物总论》载:“杉树大者数围,高十余丈,纹理条直,皮粗厚,叶尖附枝生若刺针然,青青不凋,种蒔宜山窝深处。”说明此时人们已从生物学、形态学、造林经营学等角度认识和经营杉木。

### 1.3 杉木商品材基地及混农制形成时期

这一时期约为公元10~14世纪的宋元时期。此时期出现杉木商品材基地和木材市场,杉木混农制度初步形成。

宋元时期,我国政治经济中心南移,南方的建筑业、造船业空前繁荣,社会对杉木商品材的大量需求和杉木经营技术的推广普及,各地相继出现了较大面积的商品材生产基地和木材市场,杉木生产成为林区人民的重要经济来源。

宋宋祁《福严禅院种杉述》载:“福严大士……命其徒环院且百里广树杉焉,师之言曰:‘岳之隈莫杉为良’……日蒔岁营,数盈十万,顺其阴阳,蒔其上中,筑而培,灌而泽之,沿缘阪险,半散严蔽。望之离离,即之牂牁,春致其理,秋劲其肤……牙叶奋张,枝干夸肆。于是大者中梁,小者中桷,直者为椽,枝者为枅。”此文记述了湖南衡山杉木造林地选择,栽培抚育、经营技术及杉木生长采伐利用的情况。反映当时造林规模已相当可观,经营管理技术及盈利的数量都已达较高的水平。

明嘉靖《汉阳府志》载:“徐安民(1244年)知汉阳军,售松、杉、柳三万余本,植于城廓内外,谓僚佐曰,此木十年后可资官民之用也。”

宋罗愿(1175年)《新安志》记皖南山区:“山出美材,岁联为桴,下濶(浙)河者往往多取富。”反映了当时杉木商品材已成为重要经济来源。

宋朱熹《云谷书院》有“植杉绕径”的记载并作插杉诗云:“好把稚杉沿径插,待迎凉月看清华。”说明福建闽北林区盛行插杉造林。

宋刘应李《事类全书》记:“插杉,用惊蛰前后五日,斩新枝,斫坑入枝,下泥杵紧,相视天阴即插,遇雨十分生,无雨,即有分数。”

北宋末年中原大量人口涌入南方山区,土地兼并剧烈,人多地少矛盾突出,为缓和矛盾,部分粮食产地乃转移至山区,出现“田尽而地,地尽而山”的局面,随着中原人口的南迁也把先进农业技术带入山区,小麦、玉米、小米等杂粮旱作被引进南方山区,此时杉木已出现成片栽培,杉材商品市场已出现。林农栽杉积极性较高,有可能把旱作技术及套种方式应用于杉木经营过程,他们利用炼山后林地积累的肥力及幼林郁闭前的空地套种作物以达到增产粮食,以耕代抚,以短养长的目的。《建瓯县志》记载:“南宋初年,北方人口进入闽北,形

成了‘闽北走廊’，山民开始林粮间作。”可见杉农间作是南方山区群众通过长期栽杉实践及特定的社会制度下形成的适合于当时经济要求和生活需要的独特的经营模式和栽培制度<sup>[7~8]</sup>。

但从《右农书》记载来看，关于林农间作的记载出现较迟，北魏《齐民要术》曾介绍过桑农间作经验。元代官撰农书（1273年）《农桑辑要》和王贞（1313年）《农书》介绍杉木插条造林技术时并未提到间作。杉农间作的正式记载始见于明（1620年）《汝南圃史》：“如山可种，则夏种粟，冬种麦，可当耘锄。”古代的交通、信息及出版事业均不发达，书籍记载往往滞后于生产实践是可以理解的。

宋周去非《岭外代答》记载广西杉木“瑶峒中尤多，劈作大板，背负以出，与省民博易，舟下广东得息倍称。”宋洪迈《容斋三笔》载：“建玉清昭应宫，丁谓为修宫使，凡役工日至三四万，所用有潭（长沙）、柳（柳州）、明（宁波）、越（绍兴）之杉。”明《龙泉县志》（今江西遂川县）记宋治平年间“令民纳钱于官，官自市木”。宋朱辅《溪蛮丛笑》载：“五溪之蛮”“沅其故壤”“枋板皆杉木也，木身为枋，枝梢为板，又分等，则曰出等，甲头曰长，行曰刀斧，皆枋也；曰水路，曰笏削，曰中杠，皆板也，有脑子香，以文如雉者为最佳，名野鸡斑。”可见当时已有杉木商品材多种名称及分等级论价交易。

#### 1.4 杉木生产鼎盛时期

这一时期为公元14~20世纪初期的明清时期。宋元以来，南方尤其山区人口急剧增加，杉木栽培面积不断扩大，明代起开始盛行杉农间作。

据考证，明清时期大量瑶民及其他少数民族进入山区开山种粮和租地栽杉。如《岭表纪蛮》载：“蛮人食物大半仰给杂粮，而种植杂粮时一面兼种杉树。”16世纪开始，玉米、花生、甘薯、马铃薯相继引种国内，成为山区重要的杉木间种作物。加上明清时期为鼓励山民栽杉造林，采取了一些优惠政策，规定间作杂粮不交税，大大提高了农民栽杉套种杂粮的积极性。《江华县志》载：明初规定“庠水不上，任瑶民开垦种植，不交租不纳粮。”《建德县志》亦记：“植杉者先募贫民开种杂粮，不取租。”此后农民又选用3年桐早实的特性，创造了杉-桐-粮混交套种的经营模式，在杉木培育周期中，头二三年可收获农作物，4~7年收获桐籽，8年后砍桐留杉，再经10余年主伐杉木。这一套经营模式能有效地利用林地空间和时间，既可增加经济和粮食收入，以短养长，又创造了杉木适生环境条件，且有利于林地的水土保持。经过历代积累和发展，明清时期已形成一套相当完整的杉农间作技术体系。可见明清时期我国南方已进入杉木生产的鼎盛时期，产区人民经过长期实践，创造了一套包括炼山、整地、混农作业、以耕代抚、稀植、皆伐等较有特色的栽培制度，建成以南方水系流域为网络的生产运销系统，对杉木的生产、交易和木材市场繁荣起到了重要的促进作用。

这一时期有关杉木栽培经营的记载文献较多，从炼山、整地、实生苗培育、造林方法、萌芽更新、砍伐、运输及木材流通市场等都有较详细的论述<sup>[9~11]</sup>。

明《致富全书》载：“山中植杉，斩伐后烧山，驱牛耕转，则土灰压下，土气渐肥，然后插种。”《齐民要术》载：“以杖刺地作孔，插杉枝七八寸，下细土，松筑，以水浇之。”清《黟县志》载：“芒种时截嫩苗头一尺二三寸长，先用尖橛一把椿穴，勿翻转土，将苗插下一半，筑实，离四五尺成行，排密则易长，每年耘锄，勿杂他木，高三四尺则不必锄。”清《怀宁县志》载：“插杉法择山地肥者，先种芝麻，来岁正二月气盛之时截嫩苗头一尺二三寸，先用尖橛椿穴插下一半，筑实，离四五尺成行，密则长，稀则大，勿杂他木。……如山可种，则

夏种粟，冬种麦，以代耘锄。”《齐民要术》载：“以七月伐之，其椿入春丛生，一椿二株，传生无穷。”这里指的是萌芽更新。明《八闽道通志》载：“杉，永春最盛，安溪、德化次之，人生女，课种百株，木中栋梁，其女及笄，藉为奁资焉。”清《黎平府志》载：“大约栽植二三十年即可作屋材，五六十一年即可作棺具。”杉木轮伐期一般为 20~30 年，《黔东南苗族侗族自治州志》载：明代黔东南清水江都柳江农民已会杉木采种育苗，集市上有杉苗交易。此外，在杉木的砍伐、集材、运输、销售、计价等都有完备的法规，不一赘述。

1.5 杉木经营衰退时期

这一时期约发生于 20 世纪 10~40 年代的民国时期。

民国时期，由于军阀混战，日寇入侵，政府腐败及大量进口木材，使杉木生产趋于低落。如南京上新河杉木交易统计，民国 13 年（1924 年）前，每年贸易额达 1000 万元，民国 17 年（1928 年）仅 500 万元，民国 18 年（1929 年）减为 300 万元，民国 20 年（1931 年）又减为 110 万元，而同期洋松材的进口都逐年增加。又据福建有关资料统计，抗战前平均年产杉木 328 万株，民国 26 年（1937 年）减至 294 万株，民国 27 年（1938 年）又减至 258 万株，民国 28 年（1939 年）仅有 221 万株。

由于木材销路不好，林农栽杉积极性也受影响，杉木林经营粗放，面积有所下降。

1.6 杉木生产经营恢复发展时期

这一时期为建国以后的 50~90 年代。

1949 年建国以后，随着社会制度的变革，林业生产条件的改善和社会对杉材需求的增加，杉木的生产经营有了空前的发展（表 1-1）。在经营方式上由个体到集体，由林场到基地。在栽培区域上，由老产区向新产区，由中心产区向边缘产区发展。从 70 年代以来，已营造了数百片的杉木用材林基地，累计面积达 8000 万  $\text{hm}^2$  以上<sup>[10,12]</sup>。

表 1-1 全国杉木林资源历次清查变化

| 年 份       | 面积 ( $\times 10^6 \text{ hm}^2$ ) | 蓄积 ( $\times 10^8 \text{ m}^3$ ) | 单位面积产量 ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ) |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1957~1962 | 3.720                             | 2.32                             | 63.0                                |
| 1973~1975 | 6.376 (增 71.0%)                   | 1.96 (减 35.5%)                   | 30.7 (减 51.0%)                      |
| 1978~1981 | 5.919 (减 7.5%)                    | 2.25 (增 15.1%)                   | 38.1 (增 24.1%)                      |
| 1984~1988 | 7.114 (增 20.1%)                   | 2.52 (增 11.7%)                   | 35.4 (减 7.0%)                       |
| 1989~1993 | 9.110 (增 28.1%)                   | 3.42 (增 5.9%)                    | 22.8 (减 35.0%)                      |

在营林技术方面，除插条造林、实生苗造林、萌芽更新外，着重推广湖南会同的山地实生苗造林，同时在整地方法、造林密度、抚育间伐、良种推广、混交套种的方式和种类等方面都有许多创新<sup>[11,164]</sup>。

在科学研究方面，对杉木的生物学、生理生态学、生长发育规律、良种选育、生物产量、生态系统营养物质循环、产区区划、立地评价、经营数表、林地生产力的变化及林地的持续利用等都取得了一系列的重要成果。但伴随着杉木生产大发展的同时，也出现了许多新问题。主要有：

- (1) 由于造林面积扩大而对造林地立地条件的要求不得不有所降低，由于片面强调“集中连片”造杉而违背了“适地适树”原则，亦造成不少杉木林生长不良，难于成林成材；
- (2) 由于造林面积不断扩大，许多杉木采伐迹地多代连续栽杉，引起地力衰退、生产力下

降；

(3) 由于强调密植，许多中、幼林郁闭度过大又不能及时间伐，影响林木生长和林地营养元素的生物循环；

(4) 不合理地沿用过去的栽培制度和经营模式的一些措施，如大面积“炼山”，全垦整地，纯林连栽，纯林集中连片，使杉木人工林生态系统的脆弱性更为突出，导致林地生态环境的恶化和病虫害的蔓延；

(5) 在森林资源结构上，阔叶林减少，针叶林增加，特别是杉木人工林比重大，如建国初期用材林中杉木林仅占 23.9%，而 1993 年统计，南方集体林区的杉木人工林面积占人工林总面积的比重达到 56.3%。一些主要产杉省份更为突出，如湖南杉木人工林比重达 79.7%，江西达 78.7%，贵州占 67.4%，广西占 66.3%，浙江占 62.0%，福建占 61.2%（表 1-2、表 1-3）<sup>[12]</sup>。

表 1-2 南方九省（区）集体林区杉木林面积蓄积的龄级结构（1993 年）

| 地 区               | 面 积<br>( $\times 10^6 \text{ hm}^2$ ) | 蓄 积<br>( $\times 10^6 \text{ m}^3$ ) | 幼龄林 (%) |      | 中龄林 (%) |      | 近熟林 (%) |      | 成熟林 (%) |      |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
|                   |                                       |                                      | 面积      | 蓄积   | 面积      | 蓄积   | 面积      | 蓄积   | 面积      | 蓄积   |
| 全 国               | 9.111                                 | 342.6502                             | 41.2    | 12.9 | 43.2    | 54.3 | 8.8     | 16.6 | 5.5     | 13.2 |
| 浙 江               | 0.838                                 | 19.6945                              | 46.6    | 9.6  | 37.1    | 52.5 | 6.9     | 13.1 | 6.9     | 17.2 |
| 安 徽               | 0.275                                 | 10.3174                              | 39.4    | 6.3  | 37.4    | 63.9 | 9.0     | 16.8 | 9.2     | 6.4  |
| 福 建               | 1.420                                 | 82.8582                              | 48.5    | 20.4 | 42.0    | 55.2 | 5.1     | 12.7 | 4.0     | 11.1 |
| 江 西               | 1.860                                 | 59.3063                              | 38.9    | 7.3  | 47.5    | 60.2 | 7.7     | 7.0  | 4.4     | 24.4 |
| 湖 北               | 0.325                                 | 11.9018                              | 29.2    | 13.3 | 54.8    | 58.5 | 9.5     | 14.3 | 5.3     | 12.5 |
| 湖 南               | 1.653                                 | 63.7338                              | 30.2    | 7.7  | 48.8    | —    | 12.7    | 24.1 | 7.1     | —    |
| 广 东               | 0.844                                 | 24.3560                              | 44.2    | 14.1 | 46.6    | 71.0 | 7.3     | 10.8 | 1.3     | 1.7  |
| 广 西               | 0.797                                 | 28.8037                              | 56.6    | 18.5 | 18.9    | —    | 16.2    | 30.3 | 7.8     | —    |
| 贵 州               | 0.364                                 | 15.2886                              | 39.3    | 8.3  | 48.6    | 66.0 | 5.2     | 9.3  | 5.7     | 12.3 |
| 南方九省（区）<br>集体林区合计 | 8.375                                 | 316.2603                             | 41.5    | 12.8 | 43.2    | 54.6 | 8.9     | 17.0 | 5.1     | 12.6 |

表 1-3 南方九省（区）集体林区杉木人工林面积及其所占比重（1988 年）

| 地 区               | 人工林总面积<br>( $\times 10^6 \text{ hm}^2$ ) | 杉木林面积<br>( $\times 10^6 \text{ hm}^2$ ) | 比重<br>(%) | 平均产量<br>( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ) | 成熟林单产<br>( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ ) |
|-------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 浙 江               | 0.807                                    | 0.500                                   | 62.0      | 18.15                                | 57.00                                 |
| 安 徽               | 0.886                                    | 0.207                                   | 23.4      | 30.00                                | 112.20                                |
| 福 建               | 1.314                                    | 0.804                                   | 61.2      | 50.25                                | 125.40                                |
| 江 西               | 0.830                                    | 0.654                                   | 78.7      | 31.50                                | 79.50                                 |
| 湖 北               | 0.681                                    | 0.117                                   | 26.0      | 25.35                                | —                                     |
| 湖 南               | 1.197                                    | 0.954                                   | 79.7      | 31.35                                | 95.70                                 |
| 广 东               | 1.468                                    | 0.676                                   | 46.1      | 22.50                                | —                                     |
| 广 西               | 0.854                                    | 0.566                                   | 66.3      | 43.20                                | 97.50                                 |
| 贵 州               | 0.412                                    | 0.278                                   | 67.4      | 46.50                                | 66.00                                 |
| 南方九省（区）<br>集体林区合计 | 8.449                                    | 4.756                                   | 56.3      | 33.90                                | 93.00                                 |

从森林资源总体看,单一树种(杉木)比重过大,必然引起一系列问题和缺陷,如木材供需平衡问题、造林地的选择问题(不适地适树)、生态环境和林分的抗性问题等等。上述情况看出,建国以来,杉木的造林面积有了很大发展,造林营林生产事业及科学技术的研究深入开展等都取得显著成就。但也同时出现一些新问题,亟需解决。

杉木是我国最重要的用材树种之一,与国计民生关系十分密切。发展人工林并营造速生丰产林,仍然是我国今后林业发展的方向。因此如何长期保持杉木人工林持久的生产力,使大面积人工用材林基地达到持续经营的目的,即实现杉木林的可持续经营,无疑是今后我国林业发展的一个重大问题,必须予以充分重视。

## 2 杉木林可持续经营问题的提出及其相关研究

森林资源的可持续经营,归根结底在于林分高生产力和林地肥力的长期保持,杉木林也不例外。杉木林经营的现状和问题在前已有简述。其中有关杉木林生产力下降和林地地力退化问题,已引起国内科技人员和生产研究部门的特别重视,从不同角度进行了一系列的试验研究,并取得了可喜的成果,为杉木林的可持续经营提供了有益启迪和科学依据。

现将有关研究成果综述如下,作为研究杉木林可持续经营的一个引子。

### 2.1 人工林地力衰退

人工造林在提高林木生长量和解决日益增长的木材需要方面发挥了很大的作用。第二次世界大战后,全世界人工用材林面积不断扩大,我国的人工林面积发展速度快、规模大,已成为世界上人工林面积最大的国家。据调查,我国已成林的人工林面积约占世界人工林面积的 $1/3$ ,其中人工用材林面积占 $78.75\%$ 。近几年,我国人工林的营造是以每年约 $534 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 的速度发展,森林覆盖率从建国初期的 $8\%$ 提高到现在的 $13.92\%$ (1993年)。这对缓解木材供需矛盾,减轻天然林的压力,保护环境及后备森林资源的增加起到了重要作用<sup>[13~15]</sup>。与世界其他国家相比,我国人工林存在树种单调(北方以落叶松、杨树等为主,南方则以杉木、马尾松为主),针叶纯林比重大(全国占 $68.14\%$ ,南方林区占 $95\%$ 以上),质量差,单产低(全国平均 $28.27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,国外的平均 $100 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ),立地生产力下降等问题<sup>[15~17]</sup>。随着人工林的二代同树种纯林产量逐代递减的不断报道,林学家对人工林持续生产力表示了极大的担忧<sup>[13~43]</sup>。

#### 2.1.1 报道中有关地力衰退的术语

地力衰退与人类利用土地相伴随,早在800年前,我国南宋古农书亦有土地退化的记载。农业上把同一种作物连续种植,其产量和品质下降的现象称为连作障碍,农业上已对此作了大量的研究<sup>[44~46]</sup>。林业上由于长期粗放经营,加上林木轮伐期长,大规模人工造林时间短,因此人工林地力衰退问题的提出则是近百年的事,直到近十余年来才真正引起人们的重视,并作了大量研究,但在报道过程中使用多种有关术语<sup>[18,19,43~47]</sup>。

##### 2.1.1.1 土地退化

土地退化是指在不合理的土地管理下造成土地在数量和质量上的破坏。从生态学观点来看,土地退化就是植物生长条件的恶化,土地生长力的下降。土地退化的研究对象涉及所有的土地资源,土地退化往往落实到具体的土壤上来。因此,从这个意义上讲,土地退化实际上就是土壤退化。其主要类型有:①水土流失,包括土壤侵蚀(水蚀、风蚀)和荒漠化;②