

## 杉木人工林目标树经营技术参数研究

任 蕾<sup>1</sup>, 徐端妙<sup>2</sup>, 吴初平<sup>3</sup>, 焦洁洁<sup>3</sup>, 刘日林<sup>2</sup>, 朱锦茹<sup>3</sup>, 孙杰杰<sup>1</sup>, 袁位高<sup>3</sup>

(1. 浙江农林大学 林业与生物技术学院, 浙江 杭州 311300; 2. 景宁畲族自治县林业总场, 浙江 景宁 323500;  
3. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023)

**摘要:** 对浙江省杉木 *Cunninghamia lanceolata* 主要分布区 51 个不同发育阶段杉木人工林典型样地调查, 分析不同优势木高杉木人工林的径级结构, 并利用 126 株优势木数据, 建立杉木人工林优势木的胸径、树高、冠幅之间关系, 得出胸径与树高相关关系的最佳回归方程为:  $Y=0.3618X+4.4979$ , 模型的拟合度  $R^2=0.7965$  ( $X$  表示胸径,  $Y$  表示树高); 胸径和冠幅的相关关系的最佳回归方程为:  $Y=0.1379X+0.8589$ , 模型的拟合度  $R^2=0.8816$  ( $X$  表示胸径,  $Y$  表示冠幅)。通过对 3 株 50 年生杉木人工林大径级林分优势木的树干解析, 研究大径级杉木人工林优势木的胸径、树高与材积的生长规律, 结果显示生长率都呈现逐年降低趋势, 树高较为明显。树高、胸径、材积生长率最大值出现在 10 年生时分别为 5.278 7%, 15.069%, 25.895%; 而 50 年生时仅为 0.273 3%, 0.186 9%, 0.921 7%。研究提出杉木人工林目标树经营的发育阶段划分、合理密度、目标树数量等关键经营技术参数, 为杉木人工林的目标树经营提供理论依据。

**关键词:** 杉木; 目标树; 发育阶段; 人工林

中图分类号: S791.27 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2019)02-0001-06

## Study on Parameters of Target Tree in Chinese Fir Plantation

REN Lei<sup>1</sup>, XU Duan-miao<sup>2</sup>, WU Chu-ping<sup>3</sup>, JIAO Jie-jie<sup>3</sup>, LIU Ri-lin<sup>2</sup>, ZHU Jin-ru<sup>3</sup>, SUN Jie-jie<sup>1</sup>, YUAN Wei-gao<sup>3</sup>

(1. College of Forest and Biotechnology, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China; 2. Forest Farm of Jingning She Autonomous County of Zhejiang, Jingning 323500, China; 3. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Establishment of 51 typical sample plots with different aged artificial plantations of *Cunninghamia lanceolata* was carried out in Zhejiang province. 126 dominant trees and 3 sample trees were selected for determination of DBH, height and crown diameter. Analysis demonstrated that the best regression equation for relationship between DBH and height of dominants was  $Y=0.3618X+4.4979$ ,  $R^2=0.7965$ . The best regression equation for correlation between DBH and crown diameter was  $Y=0.1379X+0.8589$ ,  $R^2=0.8816$ . Stem analysis on 3 sample trees showed that the maximum tree height, DBH, and volume growth was at 10-year, respectively 5.278 7%, 15.069%, and 25.895%, and only 0.273 3%, 0.186 9%, and 0.921 7% at 50-years. Parameters such as the development stage division, reasonable density and the number of target trees of Chinese fir plantation were suggested.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; target tree; developmental stage; artificial forest

杉木 *Cunninghamia lanceolata* 属杉科 Taxodiaceae 杉木属 *Cunninghamia* 乔木, 是我国南方主要的速生用材

收稿日期: 2018-08-11; 修回日期: 2018-12-06

基金项目: 浙江省重大科技计划 (2015C02016)

作者简介: 任蕾, 硕士研究生, 从事多功能森林经营研究; E-mail: 639517500@qq.com。通信作者: 袁位高, 研究员, 博士, 从事森林生态经营与培育研究; E-mail: zfywg@126.com。

和造林树种, 由于具有优良的材质和速生性, 其造林面积居我国人工林之首<sup>[1]</sup>。然而, 随着木材需求结构的变化、劳动力资源的减少和成本提高、社会对森林生态需求的扩张, 传统的杉木速生丰产林经营模式虽然能在较短时间内提供木材资源, 但已无法满足社会对森林的多种服务功能的强大需求。

近自然森林经营 (close-to-nature forest management) 是以森林生态系统的稳定性、生物多样性和系统多功能及缓冲能力分析为基础, 以整个森林的生命周期为时间设计单元, 以目标树标记和择伐及天然更新为主要技术特征、以永久性林分覆盖、多功能经营和多品质产品生产为目标的森林经营体系<sup>[2]</sup>, 对其应用与森林经营已经有 100 多年的历史, 有效提高了目标树的生长并改善林分的生态功能<sup>[3]</sup>。近自然林“目标树经营”的许多文献里, 重点讨论了经营的技术措施, 修枝、疏伐和树种选择等, 还介绍了目标树经营的发展历史和目的<sup>[4]</sup>。关于林分空间结构的变化研究也越来越受关注, 林分空间结构重点包括树种的隔离程度、林木间的竞争与空间分布情况<sup>[5]</sup>, 它们对不同择伐方式的响应不同, 但总体而言择伐有利于林分空间结构的改善<sup>[6-7]</sup>。

目前, 关于近自然林目标树经营措施和目标树经营对空间结构的影响研究较多<sup>[4,8]</sup>, 但均未涉及如何决定目标树数量与控制指标的研究。为此, 通过对浙江省杉木人工林的胸径、树高、冠幅之间关系及以大径材为培育目的的树干解析, 以保证优势木高效生长为目标, 提出杉木人工林不同发育阶段的目标树数量, 为开展杉木人工林的近自然经营提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

浙江省地处 27°12' ~ 31°31' N 和 118° ~ 123° E, 属亚热带季风气候, 季风显著, 四季分明, 年气温适中, 光照较多, 雨量丰沛, 空气湿润, 雨热季节变化同步, 气候资源配制多样, 气象灾害繁多。年平均气温 15 ~ 18℃, 极端最高气温 44.1℃, 极端最低气温 - 17.4℃; 年平均降水量 980 ~ 2 000 mm, 年平均日照时数 1 710 ~ 2 100 h。浙江省属于我国经济发达省份, 经济高速发展及人口的增加影响了土地利用与覆盖, 对生态环境也造成了显著影响。建国初期, 由于经济发展和社会改革, 对木材的需求量增大, 20 世纪 50 年代起杉木造林面积高速增加。自 2001 年起, 伴随公益林建设工程的推进, 分布在生态保护植被恢复林区、水源涵养林区和森林生态治理区等的杉木作为公益林进行封育, 面积为 10.53 万 hm<sup>2</sup>, 占全省公益林面积的 12.8%。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地设置和调查 在开化、龙泉、庆元、遂昌等浙江省杉木主要分布区设置不同发育阶段杉木人工林典型样地 51 个, 样地面积为 20 m × 20 m, 同年每木监测树木的林龄、胸径、树高、冠径等指标, 其中林龄、胸径、树高、密度情况见表 1。

表 1 样地基本情况  
Table 1 Information of sample plots

优势木高/m	样地数/个	林龄/a	平均胸径/cm	平均株数/(株 hm <sup>-2</sup> )
<5	10	3~7	2.5~6.2	2 500~4 500
5~<10	14	5~16	8.3~16.4	1 950~4 200
10~<15	11	13~26	15.3~23.1	1 250~2 850
15~<20	9	22~40	16.9~25.9	1 375~2 400
≥20	7	35~50	18.3~29.1	812~1 625

1.2.2 试验仪器 样地调差仪器主要包括: 围尺、侧高器、测距仪、手持罗盘、生长锥、土钻、土盒等。

1.2.2 优势木选择 在 51 个典型样地中, 每个样地分别选取 2 ~ 3 株优势木共计 126 株, 研究分析其胸径、树高、冠幅之间的关系与目标树数量。

1.2.3 解析木测量 选择 50 年生的杉木人工林的优势木作为标准木, 采用收获法测定优势标准木 3 株, 按 0, 1.3 m, 3.6 m, 5.6 m, 7.6 m……区分段分别截取 2 ~ 5 cm 厚圆盘, 不足最后一段大于 1 m 小于 2 m 时, 在距上一圆盘 1 m 处截取圆盘, 在圆盘非工作面标明记号及南北向, 测定单株的每 5 a 的生长量, 计算 3 株标准木的平均生长量。

1.2.3 数据处理 采用 Forstat 22, SPSS 19.0, Origin 8.5 进行数据处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 杉木人工林优势木生长规律与发育阶段划分

对 50 年生杉木人工林优势木的树干解析结果表明(图 1, 图 2, 图 3), 胸径、树高生长大致可分为 5 个阶段, 即初始生长阶段、高速增长阶段、调整阶段、相对稳定阶段、缓慢增长阶段。初始生长阶段, 优势木高度小于 5 m, 胸径、树高、材积均显同步快速增长, 个体间无显著干扰; 高速增长阶段, 优势木高 5 ~ 10 m, 胸径、树高生长显著减慢, 个体间竞争加剧; 调整阶段, 优势木高 10 ~ 15 m, 树高生长逐渐恢复, 但胸径生长依然处于下降阶段, 个体分化加快; 相对稳定阶段, 优势木高 15 ~ 22 m, 树高、胸径生长量逐渐下降, 而材积生长量维持在高水平生长阶段, 大径级材显著增加; 缓慢增长阶段, 优势木高大 22 m, 胸径、树高、材积生长量均出现下降趋势。

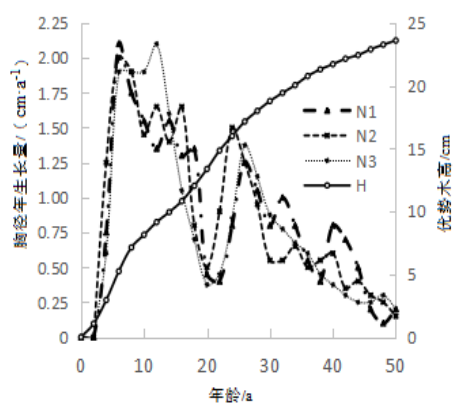


图 1 杉木人工林优势木胸径年生长量

Figure 1 Annual DBH growth of dominant wood at *C. lanceolata* plantation

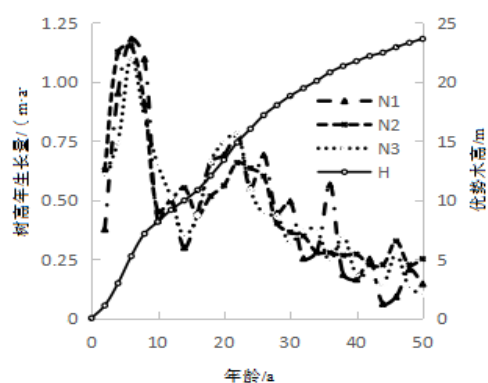
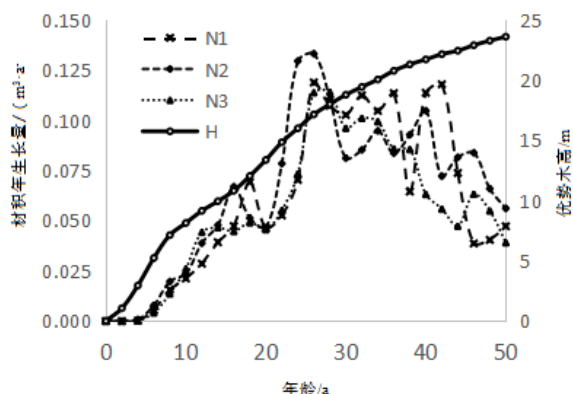


图 2 杉木人工林优势木树高年生长量

Figure 2 Annual height growth of dominant wood at *C. lanceolata* plantation



注: 图中 N1, N2, N3 分别代表优势木 1, 2, 3; H 代表年生长量。

图 3 杉木人工林优势木单株材积年生长量

Figure 3 Single volume increment of dominant wood at *C. lanceolata* plantation

### 2.2 杉木人工林径级结构比较与合理密度确定

径级分布越广泛说明个体间竞争越大, 反之, 径级结构越集中说明个体间竞争越小。由图 4 可见, 杉木人工林随着林分高生长变化, 径级差异逐渐增大。林分优势木从平均高 8 m 增长到 20 m 时, 径级分布范围也从 5.0 ~ 15.8 cm 扩大到 5.0 ~ 43.0 cm; 优势木平均高为 8 m 时, 60% 以上林木胸径在 10 cm 以下, 林分密度超过 2 500 株  $\text{hm}^{-2}$  时, 胸径 10 cm 以下林木数量接近 90%; 优势木平均高为 12 m 时, 林木胸径集中分布在 10 ~ 20 cm, 占

总数的 70%~80%，林分密度低于 2 000 株  $\text{hm}^{-2}$  时，约 50% 以上林木胸径大于 15 cm；优势木平均高为 16 m 时，径级分布区间与优势木平均高 12 m 时基本相近，但胸径大于 20 cm 的林木数量比例显著提高，林分密度在 1 500 株  $\text{hm}^{-2}$  时，胸径大于 20 cm 的接近 20%；当优势木平均高为 20 m 时，林木胸径普遍在 20 cm 以上，但林分密度对林木胸径影响较大，如林分密度为 600 株  $\text{hm}^{-2}$  时，胸径大于 20 cm 的超过 90%，大于 25 cm 的接近 60%，大于 30 cm 的接近 30%，而林分密度为 1 650 株  $\text{hm}^{-2}$  时，胸径大于 25 cm 的林木数量不足 20%，大于 30 cm 的不足 2%。

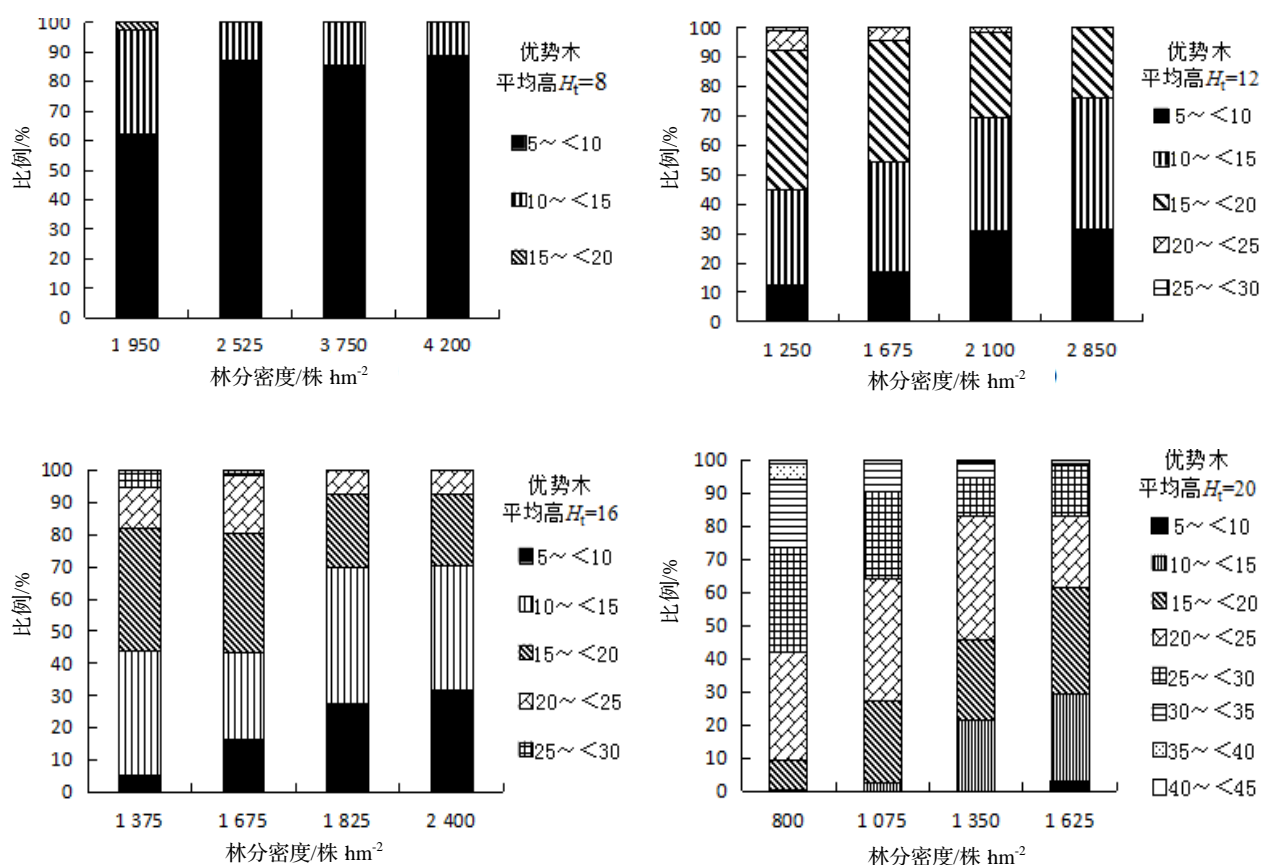


图 4 不同优势木高杉木人工林林分密度与径级结构

Figure 4 Density and diameter distribution of *C. lanceolata* plantations with different dominant wood height

### 2.3 优势木胸径、树高、冠幅之间的关系与目标树数量

以 126 株优势木为基础研究了胸径与树高冠幅之间的关系，建立以胸径与树高关系为基础的林分树高曲线<sup>[9]</sup>，并对树高曲线进行经验回归模型拟合，树高生长曲线见图 5。

从图 5 分布的散点图可以看出，杉木优势木的树高总生长量随胸径的增大而逐渐上升，近似直线。得出胸径与树高相关关系的最佳回归方程为：

$$Y = 0.3618X + 4.4979 \quad R^2 = 0.7965$$

式中， $X$  表示胸径； $Y$  表示树高。

由图 6 可知，杉木优势木的冠幅总生长量随胸径的增大而上升，前 20 a 生长聚集，随着数值的增加聚集强度逐渐减弱。在胸径最大值时冠幅达到了 7.8 m。由此得出胸径和冠幅的相关关系的最佳回归方程为：

$$Y = 0.1379X + 0.8589 \quad R^2 = 0.8816$$

式中， $X$  表示胸径； $Y$  表示冠幅。

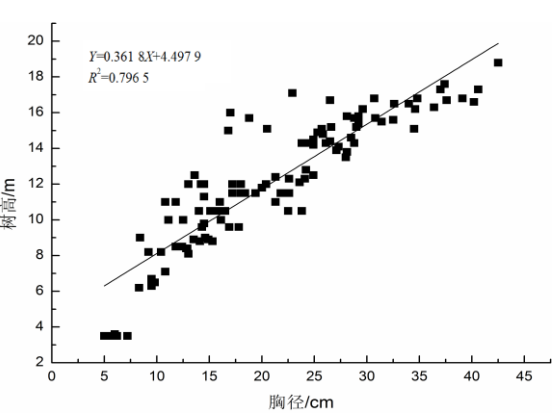


图 5 杉木优势木胸径与树高的关系

Figure 5 Relationship between DBH and height of dominant wood

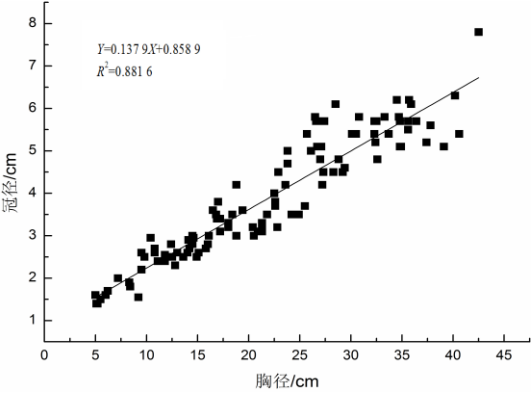


图 6 杉木优势木胸径与冠幅的关系

Figure 6 Relationship between DBH and crown breadth of dominant wood

利用优势木树高、冠径的生长模型，结合杉木优势木生长规律，确定杉木人工林各时期的合理目标树数量（表 2）。由表 2 可知，优势木胸径 10 cm，优势木树高 8.12 m，单位面积内的合理目标树为 890 株  $\text{hm}^{-2}$ 。以此类推，胸径 20 cm，25 cm，30 cm，35 cm，40 cm，45 cm，50 cm，55 cm，60 cm，优势木树高分别对应达到 11.73 m，13.54 m，15.35 m，17.16 m，18.97 m，20.78 m，22.59 m，24.40 m，26.21 m，单位面积内的合理目标树分别为 340，240，178，138，109，89，74，62，53 株  $\text{hm}^{-2}$ 。

表 2 胸径生长与树高冠径目标树数量的关系

Table 2 Relationship between target tree number with mean DBH, dominant tree height and crown diameter

胸径/cm	优势木高/m	冠径/m	胸高断面积/ $\text{cm}^2$	目标树数量/(株· $\text{hm}^{-2}$ )
10	8.12	2.24	3.93	887
20	11.73	3.62	10.27	340
25	13.54	4.31	14.57	240
30	15.35	5.00	19.60	178
35	17.16	5.69	25.39	138
40	18.97	6.37	31.92	109
45	20.78	7.06	39.20	89
50	22.59	7.75	47.22	74
55	24.40	8.44	55.99	62
60	26.21	9.13	65.51	53

3 结论

（1）杉木人工林按发育阶段可以分为 5 个阶段。森林建群阶段优势木高度小于 5 m；竞争生长阶段优势木高 5 ~ 10 m，林分合理密度 2 000 株  $\text{hm}^{-2}$  左右；质量选择阶段优势木高 10 ~ 15 m，林分合理密度 1 500 株  $\text{hm}^{-2}$  左右，目标树 240 株  $\text{hm}^{-2}$  左右；目标树生长阶段优势木高 15 ~ 22 m，林分合理密度低于 1 375 株  $\text{hm}^{-2}$ ，目标树 90 株  $\text{hm}^{-2}$  左右；大径级林分蓄积生长阶段优势木高于 22 m，林分合理密度低于 800 株  $\text{hm}^{-2}$ ，目标树 60 株  $\text{hm}^{-2}$  左右。

（2）杉木人工林按径级结构与密度分为 4 个阶段。优势木平均高 8 m，林分密度超过 2 500 株  $\text{hm}^{-2}$  时，胸径 10 cm 以下树木接近 90%，目标树 900 株  $\text{hm}^{-2}$  左右；优势木平均高 12 m，林分密度低于 2 000 株  $\text{hm}^{-2}$  时，约 50% 以上林木胸径大于 15 cm，目标树 200 株  $\text{hm}^{-2}$  左右；优势木平均高 16 m，林分密度 1 500 株  $\text{hm}^{-2}$  时，胸径大于 20 cm 的林木接近 20%，目标树 140 株  $\text{hm}^{-2}$  左右；优势木平均高 20 cm，林分密度 600 株  $\text{hm}^{-2}$  时，胸径大于 20 cm 的林木超过 90%，目标树 90 株  $\text{hm}^{-2}$  左右。

（3）杉木优势木胸径、树高、冠幅之间的关系：胸径与树高相关关系的最佳回归方程为： $Y=0.3618X+4.4979$ ，模型的拟合度  $R^2=0.7965$ ，其中  $X$  表示胸径， $Y$  表示树高。胸径和冠幅的相关关系的最佳回归方程为： $Y=0.1379X+0.8589$ ，模型的拟合度  $R^2=0.8816$ ，其中  $X$  表示胸径， $Y$  表示冠幅。

（4）经研究，杉木的树高、胸径、材积的生长率都呈现逐年降低趋势，树高较为明显<sup>[11]</sup>。树高、胸径、材

积生长率最大值出现在 10 年生时, 分别为 5.278 7%, 15.069%, 25.895%; 而 50 年生时仅为 0.273 3%, 0.186 9%, 0.921 7%。本试验用杉木的树干解析资料研究其生长率的变化规律, 其结果与蔡克孝<sup>[12]</sup>杉木幼苗生长规律的研究和俞新妥<sup>[10]</sup>杉木年生生长规律的初步观察等结果一致。

综上所述, 杉木在生长过程中生长率变化与林分郁闭度的大小密切相关, 幼林时期生长率高, 各项生长指标增长迅速, 此时, 应当加强水肥管理和适时抚育。提高杉木大径材优势木的生长量需合理的进行抚育间伐控制密度, 保障优势木的生长空间, 适时择伐是提高林木胸径、材积生长量最直接、最有效的经营措施。

#### 参考文献:

- [1] 张晓珊. 杉木优良无性系统选择研究[J]. 种子, 2007, 26(8): 24-26.
- [2] 陆元昌. 近自然森林经营理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2006, 5-12.
- [3] 陆元昌, 栾慎强, 张守攻, 等. 从法正林转向近自然林: 德国多功能森林经营在国家、区域和经营单位层面的实践[J]. 世界林业研究, 2010, 23(1): 1-11.
- [4] 詹昭宁. 对目标树作业法的思考[J]. 中南林业调查规划, 2013, 32: 1-4.
- [5] 汤孟平, 周国模, 王懿祥, 等. 森林资源管理类课程的教学改革探讨[J]. 北京林业大学学报(社会科学版), 2007(s1): 91-93.
- [6] 郝云庆, 王金锡, 王启. 柳杉纯林改造后林分空间结构变化预测[J]. 林业科学, 2006, 42(8): 8-13.
- [7] 黄利斌, 蒋春, 王磊. 南京郊区典型人工林分空间结构及间伐响应[J]. 江苏林业科技, 2010, 37(2): 1-6.
- [8] 吴建强. 干扰树间伐对杉木人工林林分生长和林分结构的影响[J]. 应用生态学报, 2015(2): 26-2.
- [9] 贺姗姗. 北京山区油松人工林林分结构与生长模拟研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [10] 俞新妥. 杉木年生生长规律的初步观察[J]. 林业科学, 1977(1): 15-18.
- [11] 康永武, 张璐颖, 林智勇, 等. 杉木与栎大杉人工林混交林杉木生长规律[J]. 西南林业大学学报, 2013(3): 57-61.
- [12] 蔡克孝. 杉木幼苗生长规律研究[J]. 浙江林业科技, 1981(1): 16-20.