

# 不同类型杉木人工混交林乔木层结构及动态分析

封磊<sup>a</sup>, 洪伟<sup>b</sup>, 吴承祯<sup>b</sup>, 宋萍<sup>b</sup>

(福建农林大学 a. 资源与环境学院; b. 林学院, 福建福州 350002)

**摘要:** 对福建省建瓯市东安林场的杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 人工混交林乔木层结构及动态进行了分析比较。结果表明, 6种混交林中杉木的长势均优于杉木纯林, 其中杉木-楠木 [*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang] 混交林中杉木的平均胸径、平均树高和平均单株净生产力均最大, 分别达到 19.5 cm、15.5 m 和 0.002 84 m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup>; 杉木-檫木 [*Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl.] 混交林中杉木的平均胸径和平均单株净生产力最小, 分别仅为 15.7 cm 和 0.001 82 m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup>; 杉木-樟树 [*Cinnamomum camphora* (L.) Presl] 混交林中杉木的平均树高最低, 仅为 14.1 m。在 6种混交林中, 除杉木-檫木混交林中杉木的功能重要值小于檫木外, 其他混交林中杉木的各项重要值均大于其混生树种, 表明杉木在与混交树种的竞争中处于优势地位。

**关键词:** 杉木; 人工混交林; 乔木层; 重要值

中图分类号: S718.54<sup>+</sup>2; S791.27.02 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2008)01-0048-06

**Analyses of structures and dynamics of tree layer in different artificial mixed forests of *Cunninghamia lanceolata*** FENG Lei<sup>a</sup>, HONG Wei<sup>b</sup>, WU Cheng-zhen<sup>b</sup>, SONG Ping<sup>b</sup> (Fujian Agriculture and Forestry University a. Resources and Environment College; b. Forestry College, Fuzhou 350002, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(1): 48-53

**Abstract:** Structures and dynamics of tree layer in different artificial mixed forests of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. in Dong'an forest farm of Fujian Province were analyzed. The results showed that the growth of *C. lanceolata* in all mixed forests was better than that in pure forest. Among six mixed forests, average value of DBH, average tree height and average net productivity per tree of *C. lanceolata* in *C. lanceolata-Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang mixed forest were the biggest, which were 19.5 cm, 15.5 m and 0.002 84 m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup> respectively. In *C. lanceolata-Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl. mixed forest, average value of DBH and average net productivity per tree of *C. lanceolata* were the smallest with quantities of 15.7 cm and 0.001 82 m<sup>3</sup> · a<sup>-1</sup> respectively, and average tree height of *C. lanceolata* in *C. lanceolata-Cinnamomum camphora* (L.) Presl mixed forest was the smallest (14.1 m). Except the function importance value of *C. lanceolata* in *C. lanceolata-S. tzumu* mixed forest was smaller than that of *S. tzumu*, all importance values of *C. lanceolata* were bigger than those of mixed tree species in the others mixed forests. It is concluded that *C. lanceolata* has a competing advantage in competition with its mixed tree species in mixed forests.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.; artificial mixed forest; tree layer; importance value

作为中国南方特有的速生用材树种, 杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 具有生长快、材质好、产量高及栽培面积广等优点, 但杉木固有的生物学特性及不合理的栽培制度和栽培措施导致了杉木林产生一系列的生态问题, 严重威胁林地的可持续利用<sup>[1-3]</sup>。选择合适的阔叶树种与杉木进行混合栽培, 可有效控制杉木人工纯林多代连栽引起的地力衰退等问题, 被认为是维持杉木人工林

长期生产力和稳定性的较好途径之一, 近年来已引起相关研究领域专家的关注和重视。

充分认识主要种类及其人工林群落的生物生态

收稿日期: 2006-11-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471385); 福建省科学技术厅重大项目(2001F007)

作者简介: 封磊(1977—), 男, 吉林通化人, 博士研究生, 讲师, 主要从事环境生态学研究。

学特性,是合理有效地营造人工林最重要的前提条件,应选择适宜的物种,以组建合理的人工林群落<sup>[4-5]</sup>。已有研究者从不同角度探讨了杉木与檫木 [*Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl.]、楠木 [*Phoebe bournei* (Hemsl.) Yang]、建柏 [*Fokienia hodginsii* (Dunn) Henry et Thomas]、樟树 [*Cinnamomum camphora* (L.) Presl]、观光木 (*Tsoongiodendron odoratum* Chun) 和拟赤杨 [*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino] 等树种的混交模式和混交效果<sup>[6-8]</sup>,但在生境一致的条件下对上述树种的生物生态学特性及群落结构和动态未见较为系统的研究报告。为此,作者选择相同的生境条件,研究了杉木与檫木、楠木、建柏、樟树、观光木和拟赤杨人工混交林乔木层的结构及动态变化,以期为更加准确地认识这些种类的生长特性和群落动态及变化奠定基础,也为杉木人工混交林的合理配置和有效管理提供一定的参考依据。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于福建省建瓯市东安林场,面积为12 hm<sup>2</sup>,地理位置为东经118°~119°、北纬26°40′~27°20′。该地区属亚热带季风湿润气候区,年平均气温18.8℃,年平均降雨量1665.7 mm,年平均降雨天数170 d,全年平均蒸发量1499.2 mm,且7月至9月的蒸发量最大,年平均相对湿度79%,年均日照总时数1829.3 h。土壤为由花岗片麻岩发育而成的红壤,腐殖质层和沉积层总厚度达20~25 cm,坡度20°~25°。林地前茬为马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 天然林,于1983年采种育苗,并于1984年建立杉木-檫木混交林、杉木-楠木混交林、杉木-建柏混交林、杉木-樟树混交林、杉木-观光木混交林、杉木-拟赤杨混交林及杉木纯林。

### 1.2 研究方法

分别选择典型的杉木-檫木混交林、杉木-楠木混交林、杉木-建柏混交林、杉木-樟树混交林、杉木-观光木混交林、杉木-拟赤杨混交林及杉木纯林进行群落学调查。每种混交林设立2个样地,样地面积为30 m×30 m,即每种混交林调查面积为0.18 hm<sup>2</sup>。在每个样地内进行每木检尺,测量立木的胸径、树高、冠幅及枝下高,并收集研究区内各样

地经营管理方面的资料。

分别按照胸径(*DBH*)和树高(*H*)对样树进行分级。胸径以3 cm为1个径级,共10个径级:Ⅰ级,3.5 cm < *DBH* ≤ 6.5 cm;Ⅱ级,6.5 cm < *DBH* ≤ 9.5 cm;Ⅲ级,9.5 cm < *DBH* ≤ 12.5 cm;Ⅳ级,12.5 cm < *DBH* ≤ 15.5 cm;Ⅴ级,15.5 cm < *DBH* ≤ 18.5 cm;Ⅵ级,18.5 cm < *DBH* ≤ 21.5 cm;Ⅶ级,21.5 cm < *DBH* ≤ 24.5 cm;Ⅷ级,24.5 cm < *DBH* ≤ 27.5 cm;Ⅸ级,27.5 cm < *DBH* ≤ 30.5 cm;Ⅹ级,*DBH* > 30.5 cm。树高以2 m为1个等级,共10级:Ⅰ级,3 m < *H* ≤ 5 m;Ⅱ级,5 m < *H* ≤ 7 m;Ⅲ级,7 m < *H* ≤ 9 m;Ⅳ级,9 m < *H* ≤ 11 m;Ⅴ级,11 m < *H* ≤ 13 m;Ⅵ级,13 m < *H* ≤ 15 m;Ⅶ级,15 m < *H* ≤ 17 m;Ⅷ级,17 m < *H* ≤ 19 m;Ⅸ级,19 m < *H* ≤ 21 m;Ⅹ级,*H* > 21 m。

### 1.3 数据处理

根据适用于本研究区域的3个材积经验公式计算各树种的材积<sup>[9]</sup>。杉木材积的计算公式为: $V_1 = 0.000\ 058\ 061\ 860D^{1.955\ 335\ 1}H^{0.394\ 033\ 04}$ ;建柏材积的计算公式为: $V_2 = 0.000\ 102\ 848\ 77D^{1.718\ 451}H^{0.901\ 355}$ ;檫木、楠木、樟树、观光木和拟赤杨材积的计算公式为: $V_3 = 0.000\ 052\ 76D^{1.882\ 161\ 1}H^{1.009\ 316\ 6}$ 。上述公式中,*D*为林木的胸径;*H*为林木的树高。

平均单株净生产力和群落净生产力<sup>[4]</sup>的计算公式分别为: $P_{ind} = V/n$ ;  $P_t = V_t/n$ ;  $V_t = V \times N$ 。其中,*V*为单株蓄积量(m<sup>3</sup>);*n*为年龄(*a*);*V<sub>t</sub>*为群落蓄积量(m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>);*N*为株数或密度(株·hm<sup>-2</sup>); $P_{ind}$ 为平均单株净生产力(m<sup>3</sup>·a<sup>-1</sup>); $P_t$ 为群落净生产力(m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>)。

采用结构重要值(structure importance value, *SIV*)、功能重要值(function importance value, *FIV*)和动态重要值(dynamic importance value, *DIV*)<sup>[4]</sup>来描述混交林群落的动态利用情况。其中,结构重要值可用于描述各种乔木种群结构的相对重要性;功能重要值可用于描述各乔木种群的功能重要性,即生产力重要性;动态重要值是*SIV*和*FIV*的综合反映,能更客观地反映群落的实际情况。上述3个重要值的计算公式分别为: $SIV = (\text{相对密度} + \text{相对胸径} + \text{相对树高})/300$ ;  $FIV = (\text{相对胸径生产力} + \text{相对树高生产力} + \text{相对材积生产力})/300$ ;  $DIV = (SIV + FIV)/200$ 。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同树种胸径的分布特征

杉木纯林及各混交林中杉木及其混交树种的胸径分布特征见表1。由表1可见,不同类型杉木混交林中各树种胸径的分布情况存在一定差异。在杉木-檫木混交林中,杉木在I~IX径级均有个体分布,且主要集中在IV~VI径级,胸径为12.5~18.5 cm;檫木则仅在IV~VI径级有个体分布,且主要为胸径18.5 cm左右的个体。杉木-楠木混交林中,杉木仅缺少径级I的个体,主要集中在V~VII径级,主要为胸径15.5~24.5 cm的个体;楠木的胸径分布范围为3.5~15.5 cm,主要为胸径3.5~6.5 cm的小树。杉木-建柏混交林中,杉木缺少I级小树和X级大树,胸径分布范围为6.5~27.5 cm,主要为胸径15.5~21.5 cm的个体;建柏则仅有II~VI级个体,胸径分布范围为6.5~18.5 cm,主要为胸径12.5~15.5 cm的个体。杉木-樟树混交林中,杉木缺少I、II和X级个体,胸径分布范围为9.5~27.5 cm,胸径21.5~27.5 cm的个体较多;樟树则缺少I、VII、IX和X级个体,胸径分布范围为6.5~24.5 cm,胸径6.5~12.5 cm的个体较多。杉

木-观光木混交林中,杉木缺少I级小树和X级大树,胸径分布范围6.5~27.5 cm,主要为胸径12.5~21.5 cm的个体;观光木则缺少I、IX和X级个体,胸径分布范围为6.5~24.5 cm,胸径12.5~18.5 cm的个体较多。杉木-拟赤杨混交林中,杉木仅缺少I级个体,胸径分布范围为6.5~30.5 cm,胸径18.5~21.5 cm的个体较多;拟赤杨则缺少I、VII、IX和X级个体,胸径分布范围为6.5~24.5 cm,胸径9.5~15.5 cm的个体较多。杉木纯林中,杉木胸径分布范围为6.5~24.5 cm,主要为胸径12.5~21.5 cm的个体。由上述分析可见,各林分中杉木的胸径分布并没有明显的区别。

由表1还可看出,6种混交林中杉木的平均胸径分别为15.7、19.5、17.5、19.3、16.1及18.8 cm,均高于杉木纯林中杉木的平均胸径(15.5 cm)。可见,各混交林中杉木个体的长势均优于纯林中的杉木个体,其中,杉木-楠木混交林中杉木的生长状况最好。从生态位的角度进行分析可知,由于在混交林中杉木与檫木的生态位重叠相对较大,竞争激烈,因此,杉木-檫木混交林中杉木的长势较差,平均胸径仅为15.7 cm;而杉木与楠木的生态位重叠最小,竞争较为缓和,因而杉木-楠木混交林中杉木的生长较好,平均胸径达到了19.5 cm。另外,与杉

表1 不同类型杉木人工混交林和杉木纯林中乔木层种类的胸径(DBH)分布特征<sup>1)</sup>

Table 1 Distribution characteristics of diameter at breast height (DBH) of tree species in tree layer of different artificial mixed forests and pure forest of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.<sup>1)</sup>

林分 Forest	种类 Species	不同径级的个体数量/株·hm <sup>-2</sup> Individual number in different classes of DBH									总株 数/株·hm <sup>-2</sup> Total	平均胸径/cm Average value of DBH
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
A	杉木	17	33	50	217	200	208	75	42	8	850	15.7
	檫木				25	58	83				166	16.6
B	杉木		8	17	42	117	175	175	125	33	700	19.5
	楠木	167	158	83	67	17					492	6.9
C	杉木		50	25	167	200	225	192	117	25	1 001	17.5
	建柏		17	67	133	158	75				450	13.6
D	杉木			33	108	83	117	158	175	42	716	19.3
	樟树		150	308	117	100	42		8		725	11.0
E	杉木		17	125	300	292	292	108	92	8	1 234	16.1
	观光木		42	58	100	200	100	67	17		584	15.1
F	杉木		17	50	83	158	250	317	108	33	1 024	18.8
	拟赤杨		42	167	175	150	67		8		609	12.5
G	杉木		42	125	333	508	375	133	17		1 533	15.5

<sup>1)</sup> A: 杉木-檫木混交林 *C. lanceolata*-*Sassafras tzumu* mixed forest; B: 杉木-楠木混交林 *C. lanceolata*-*Phoebe bournei* mixed forest; C: 杉木-建柏混交林 *C. lanceolata*-*Fokienia hodginsii* mixed forest; D: 杉木-樟树混交林 *C. lanceolata*-*Cinnamomum camphora* mixed forest; E: 杉木-观光木混交林 *C. lanceolata*-*Tsoongiodendron odorum* mixed forest; F: 杉木-拟赤杨混交林 *C. lanceolata*-*Alniphyllum fortunei* mixed forest; G: 杉木纯林 *C. lanceolata* pure forest. I: 3.5 cm < DBH ≤ 6.5 cm; II: 6.5 cm < DBH ≤ 9.5 cm; III: 9.5 cm < DBH ≤ 12.5 cm; IV: 12.5 cm < DBH ≤ 15.5 cm; V: 15.5 cm < DBH ≤ 18.5 cm; VI: 18.5 cm < DBH ≤ 21.5 cm; VII: 21.5 cm < DBH ≤ 24.5 cm; VIII: 24.5 cm < DBH ≤ 27.5 cm; IX: 27.5 cm < DBH ≤ 30.5 cm; X: DBH > 30.5 cm.

木混交的树种中, 檫木的长势最好, 平均胸径达到 16.6 cm, 优于与其混交的杉木; 长势最差的树种为楠木, 平均胸径仅为 6.9 cm, 明显低于与其混交的杉木。造成这一现象的原因可能是由于在混交林中植物的生长状况除受其他种类竞争的影响外, 还主要与自身的生物学特性有关。尽管在混交林中杉木与檫木间的生存竞争比杉木与楠木间激烈, 但由于檫木是速生树种, 生长势优于杉木; 而楠木则是生长较慢的树种, 受自身生物学特点所限, 其长势明显不如杉木。

2.2 不同树种树高的分布特征

杉木纯林和各混交林中杉木及其混交树种的树高分布特征见表 2。由表 2 可知, 6 种混交林中杉木的树高分布范围较一致; 均为 7~19 m, 但集中分布的高度不同; 而杉木纯林中杉木的树高分布范围为 5~21 m; 各混交树种的树高分布范围各异。杉木 -

檫木混交林中, 树高 13~19 m 的杉木个体较多; 檫木的树高分布范围为 13~21 m, 树高 15~19 m 的个体较多。杉木 - 楠木混交林中, 树高 15~17 m 的杉木个体较多; 楠木的树高分布范围为 3~17 m, 树高为 7~11 m 的个体较多。杉木 - 建柏混交林中, 树高为 15~17 m 的杉木个体较多; 建柏的树高分布范围为 11~17 m, 树高 13~15 m 的个体较多。杉木 - 樟树混交林中, 树高为 13~17 m 的杉木个体较多; 樟树的树高分布范围为 7~19 m, 树高 9~13 m 的个体较多。杉木 - 观光木混交林中, 树高为 13~15 m 的杉木个体较多; 观光木的树高分布范围为 9~21 m, 树高 13~17 m 的观光木个体较多。杉木 - 拟赤杨混交林中, 树高 15~17 m 的杉木个体较多; 拟赤杨的树高分布范围为 7~19 m, 树高 15~17 m 的拟赤杨个体较多。杉木纯林中, 树高 13~17 m 的杉木个体较多。

表 2 不同类型杉木人工混交林和杉木纯林中乔木层种类的树高分布特征<sup>1)</sup>

Table 2 Distribution characteristics of tree height of tree species in tree layer of different artificial mixed forests and pure forest of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.<sup>1)</sup>

林分 Forest	种类 Species	不同树高分级中的个体数量/株·hm <sup>-2</sup> Individual number in different height classes										总株 数/株·hm <sup>-2</sup> Total	平均树高/m Average value of tree height
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X		
A	杉木			17	33	58	125	292	150	175		850	14.8
	檫木						8	42	66	42	8	166	16.4
B	杉木			8	25	17	75	217	300	58		700	15.5
	楠木	25	42	167	75	67	83	8	25		492	9.0	
C	杉木			8	42	42	125	325	342	117		1 001	15.0
	建柏					42	233	158	17		450	13.2	
D	杉木			8	66	100	133	150	217	42		716	14.1
	樟树			67	158	75	225	92	100	8	725	12.1	
E	杉木			25	142	150	343	358	178	38		1 234	14.9
	观光木					8	84	117	225	125	17	584	14.4
F	杉木			8	33	50	167	358	383	25		1 024	14.8
	拟赤杨			8		35	75	225	258	8	609	15.0	
G	杉木		25	16	33	200	342	592	300	25	1 533	13.8	

<sup>1)</sup> A: 杉木 - 檫木混交林 *C. lanceolata*-*Sassafras tzumu* mixed forest; B: 杉木 - 楠木混交林 *C. lanceolata*-*Phoebe bournei* mixed forest; C: 杉木 - 建柏混交林 *C. lanceolata*-*Fokienia hodginsii* mixed forest; D: 杉木 - 樟树混交林 *C. lanceolata*-*Cinnamomum camphora* mixed forest; E: 杉木 - 观光木混交林 *C. lanceolata*-*Tsoongiodendron odorum* mixed forest; F: 杉木 - 拟赤杨混交林 *C. lanceolata*-*Alniphyllum fortunei* mixed forest; G: 杉木纯林 *C. lanceolata* pure forest. I: 3 m < H ≤ 5 m; II: 5 m < H ≤ 7 m; III: 7 m < H ≤ 9 m; IV: 9 m < H ≤ 11 m; V: 11 m < H ≤ 13 m; VI: 13 m < H ≤ 15 m; VII: 15 m < H ≤ 17 m; VIII: 17 m < H ≤ 19 m; IX: 19 m < H ≤ 21 m; X: H > 21 m.

对混交林和纯林中杉木的平均树高进行比较, 发现混交林中杉木的生长均优于杉木纯林; 杉木 - 楠木混交林中杉木的长势最好, 而杉木 - 樟树混交林中杉木的生长相对较差。6 种混交树种中, 檫木、楠木、建柏、樟树、观光木和拟赤杨的平均树高分别为 16.4、9.0、13.2、12.1、14.4 和 15.0 m, 以檫木最

高, 楠木最低。这种现象与树种本身的生长特性有关。

2.3 不同树种的生产力结构分析

杉木纯林和混交林中乔木层各树种的生产力结构特征见表 3。由表 3 可知, 杉木 - 檫木混交林、杉木 - 楠木混交林、杉木 - 建柏混交林、杉木 - 樟树混

交林、杉木-观光木混交林、杉木-拟赤杨混交林和杉木纯林中杉木的平均单株净生产力分别为0.001 82、0.002 84、0.002 26、0.002 70、0.001 84、0.002 60和0.001 731  $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ,所有混交林中杉木的平均单株净生产力均大于纯林,分别是纯林中杉木平均单株净生产力的1.05、1.64、1.31、1.56、1.62和1.50倍。各林分中杉木平均单株净生产力从大到小依次为杉木-楠木混交林、杉木-樟树混交林、杉木-拟赤杨混交林、杉木-建柏混交林、杉木-观

光木混交林、杉木-檫木混交林、杉木纯林。结合各林分中杉木胸径与树高的生长特征,判定在供试的6种混交树种中楠木是杉木理想的伴生树种。

由表3还可以看出,混交树种檫木、楠木、建柏、樟树、观光木和拟赤杨的平均单株净生产力分别为0.002 13、0.000 31、0.001 33、0.000 83、0.001 68和0.001 22  $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ,平均单株净生产力从大到小排序依次为檫木、观光木、建柏、拟赤杨、樟树、楠木,以速生树种檫木的平均单株净生产力最高。

表3 不同类型杉木人工混交林和杉木纯林中乔木层种类生产力结构的分布特征<sup>1)</sup>

Table 3 Distribution characteristics of productivity structures of tree species in tree layer of different artificial mixed forests and pure forest of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.<sup>1)</sup>

林分 Forest	种类 Species	平均胸径/cm Average value of DBH	平均树高/m Average value of tree height	材积/ $\text{m}^3$ Volume	平均单株净生产 力/ $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ Average net productivity per tree	株 数/ $\text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$ Number	林龄/a Age	群落蓄积 量/ $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ Volume of community	群落净生产 力/ $\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ Net productivity of community
A	杉木	15.7	14.8	0.036 40	0.001 82	850	20	38.0	1.90
	檫木	16.6	16.4	0.042 57	0.002 13	166	20		
B	杉木	19.5	15.5	0.056 78	0.002 84	700	20	42.7	2.14
	楠木	6.9	9.0	0.006 10	0.000 31	492	20		
C	杉木	17.5	15.0	0.045 28	0.002 26	1 001	20	57.3	2.86
	建柏	13.6	13.2	0.026 52	0.001 33	450	20		
D	杉木	19.3	14.1	0.053 90	0.002 70	716	20	50.7	2.53
	樟树	11.0	12.1	0.016 68	0.000 83	725	20		
E	杉木	16.1	14.9	0.036 76	0.001 84	1 234	20	65.0	3.25
	观光木	15.1	14.4	0.033 68	0.001 68	584	20		
F	杉木	18.8	14.8	0.051 90	0.002 60	1 024	20	68.0	3.40
	拟赤杨	12.5	15.0	0.024 46	0.001 22	609	20		
G	杉木	15.5	13.8	0.034 62	0.001 73	1 533	20	53.1	2.65

<sup>1)</sup> A: 杉木-檫木混交林 *C. lanceolata*-*Sassafras tzumu* mixed forest; B: 杉木-楠木混交林 *C. lanceolata*-*Phoebe bournei* mixed forest; C: 杉木-建柏混交林 *C. lanceolata*-*Fokienia hodginsii* mixed forest; D: 杉木-樟树混交林 *C. lanceolata*-*Cinnamomum camphora* mixed forest; E: 杉木-观光木混交林 *C. lanceolata*-*Tsoongiodendron odorum* mixed forest; F: 杉木-拟赤杨混交林 *C. lanceolata*-*Alniphyllum fortunei* mixed forest; G: 杉木纯林 *C. lanceolata* pure forest.

## 2.4 杉木人工混交林的群落动态变化分析

混交林群落的动态变化取决于乔木种群的生物学特性及群落中各乔木种群的结构和功能<sup>[6,8]</sup>。不同类型杉木人工混交林中各树种的结构重要值、功能重要值及动态重要值见表4。由表4可看出,在杉木-檫木混交林中,杉木和檫木的结构重要值分别为59.88%和40.12%,杉木的结构重要性大于檫木;杉木和檫木的功能重要值分别为47.35%和52.65%,檫木的功能重要性优于杉木;杉木和檫木的动态重要值分别为53.62%和46.38%,杉木的动态重要值略高于檫木。因此,在杉木-檫木混交林中,杉木是优势种群,檫木是伴生种群。但在杉木-

檫木混交林中,由于杉木在结构和动态重要值上的优势不明显,且檫木在功能重要值上还优于杉木,因此,杉木在该混交林中的生长相对较差。

在杉木-楠木混交林、杉木-建柏混交林、杉木-樟树混交林、杉木-观光木混交林和杉木-拟赤杨混交林中,杉木的各项重要值指标均大于其混交树种,可见,在大多数混交林中杉木在与混交树种的竞争中处于优势地位。其中,杉木-楠木混交林中杉木的各项重要值指标均明显高于楠木,表明杉木在该混交林中处于绝对优势地位,因此,在6种杉木人工混交林中,杉木-楠木混交林中杉木的长势最理想。

表4 不同类型杉木人工混交林中乔木层种类的结构、功能和动态重要值<sup>1)</sup>  
 Table 4 Importance values of structure, function and dynamic of tree species in tree layer of different artificial mixed forests of *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.<sup>1)</sup>

林分 Forest	种类 Species	结构重要值/% Structure importance value	功能重要值/% Function importance value	动态重要值/% Dynamic importance value
A	杉木	59.88	47.35	53.62
	檫木	40.12	52.65	46.38
B	杉木	69.12	75.74	72.43
	楠木	30.88	24.26	27.57
C	杉木	59.47	57.49	58.48
	建柏	40.53	42.51	41.52
D	杉木	55.79	64.68	60.24
	樟树	44.21	35.32	39.76
E	杉木	55.82	50.59	53.20
	观光木	44.18	49.41	46.80
F	杉木	57.31	59.07	58.19
	拟赤杨	42.69	40.93	41.81

<sup>1)</sup> A: 杉木-檫木混交林 *C. lanceolata*-*Sassafras tzumu* mixed forest; B: 杉木-楠木混交林 *C. lanceolata*-*Phoebe bournei* mixed forest; C: 杉木-建柏混交林 *C. lanceolata*-*Fokienia hodginsii* mixed forest; D: 杉木-樟树混交林 *C. lanceolata*-*Cinnamomum camphora* mixed forest; E: 杉木-观光木混交林 *C. lanceolata*-*Tsoongiodendron odorum* mixed forest; F: 杉木-拟赤杨混交林 *C. lanceolata*-*Alniphyllum fortunei* mixed forest.

### 3 讨论和结论

杉木是中国南方最重要的造林树种之一,喜光照、生长快,垂直分布在海拔700 m以下的中国东部地区<sup>[10]</sup>。由于本研究选择的立地条件较差,且还存在其他不理想的因素,因此,各林分中乔木层树种的生长均不理想,最佳林分中20 a生杉木的平均胸径只有19.5 cm,平均树高仅为15.5 m,与杉木生长的“三个一”相比,相差较大。

从研究结果来看,杉木人工混交林中的杉木胸径和树高均优于纯林。其中,杉木-楠木混交林中杉木的生长最好,平均胸径和平均树高分别是纯林的1.26和1.12倍。可见,在营造杉木林时,无论是从用材角度还是从维持物种多样性的角度出发,营造杉木混交林是最好的选择,同时还可以解决营造杉木纯林所带来的一些不利于生长的问题。

根据实验数据可知,在杉木-檫木混交林中,杉木的胸径和树高生长均低于檫木;而在杉木分别与楠木、建柏、樟树的混交林中,杉木的胸径和树高生

长均优于混交树种;在杉木-观光木混交林和杉木-拟赤杨混交林中,杉木的胸径生长优于混交树种,树高生长则较混交树种差。造成这一现象的因素很多,但最主要的因素是各树种具有不同的生物学生态学特性。

传统观点认为,选择生态位不重叠(如慢生与速生、针叶与阔叶、喜光与耐阴等)的树种营造混交林,可充分利用时空和光资源,既可获得最大的生物量,又有利于森林的健康发展<sup>[11-13]</sup>,本研究结果也证实了这一点。如杉木和檫木均为喜光树种,在光资源方面生态位重叠明显,竞争激烈,因而在杉木-檫木混交林中杉木的生长较差;而楠木为喜阴树种,在与杉木混交时彼此竞争较小,因此,杉木-楠木混交林中的杉木长势较好。

#### 参考文献:

- [1] 俞新妥. 杉木林地持续利用问题的研究和看法[J]. 世界林业研究, 1993, 6(2): 80-86.
- [2] 吴承祯. 杉木数量经营学引论[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [3] 封磊, 洪伟, 吴承祯, 等. 杉木人工林不同经营模式树冠的分形特征[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(5): 455-459.
- [4] 潘开文, 刘照光. 暗针林采伐迹地几种人工混交群落乔木层结构及动态[J]. 应用与环境生态学报, 1998, 4(4): 327-334.
- [5] 范少辉, 马祥庆, 陈绍栓, 等. 多代杉木人工林生长发育效应的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(4): 9-15.
- [6] 李建光. 杉木观光木混交生物量与结构研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(增刊): 42-45.
- [7] 张炜银, 郑郁善. 用AHP法筛选观光木杉木混交模式的研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(4): 331-334.
- [8] 郑郁善, 张炜银. 观光木杉木混交林水文特征研究[J]. 福建林学院学报, 1998, 18(3): 215-218.
- [9] 吴承祯, 洪伟. 杉木人工林自然稀疏规律研究[J]. 林业科学, 2000, 36(4): 97-101.
- [10] 俞新妥. 杉木人工林地力衰退和养分循环研究进展[J]. 福建林学院学报, 1992, 12(3): 254-275.
- [11] 洪伟, 吴承祯. 闽北杉木人工林密度效应新模型[J]. 浙江林学院学报, 1996, 13(1): 15-20.
- [12] 陈存及, 陈伏法. 阔叶树种栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [13] 张兴正. 福建含笑-杉木混交林的效益及机理分析[J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(3): 25-29.