

32个杉木无性系木材密度和力学性质的变异*

骆秀琴 管宁 张寿槐 陈益泰 支济伟 李恭学

摘要 32个杉木无性系间,木材密度和抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度均有较大差异;无性系内株间亦存在一定差异。木材密度与抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度间的相关极显著,相关系数分别为0.3957、0.8368和0.9020;木材密度与生长速度呈负的遗传相关。

关键词 杉木、无性系、木材密度、力学性质

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)是我国南方省区的主要造林树种^[1]。杉木的良种选育已进入无性系层次。我国学者对杉木材性进行过一些研究,但对无性系材性的研究尚未见报道。本研究对32个杉木无性系的木材密度和主要力学性质的变异性及其相关关系进行了分析,为杉木材质改良提供依据。

1 材料和方法

试验材料来自中国林科院亚热带林研所1983年3月在浙江富阳营造的试验林。该试验林为完全随机区组设计,株行距2 m×1.5 m,4株单行小区,重复6次,造林时用1.5年生扦插苗。1993年春,在8个不同种源的32个无性系中取样,每个无性系在3个重复中各取亚优势木1株,每株从胸高处向上截取60 cm长木段。每个木段避开缺陷从一个直径两端靠近树皮部位各取试条1根,每根试条取木材密度、抗弯弹性模量和抗弯强度、顺纹抗压强度试样(尺寸分别为20 mm×20 mm×20 mm,20 mm×20 mm×300 mm和20 mm×20 mm×30 mm)各一个,按国家标准GB1927—1943—91规定的方法进行试验。

2 结果与讨论

2.1 木材密度、抗弯弹性模量、抗弯强度和顺纹抗压强度的变异

各无性系的测定结果(见表1)表明:

(1)不同无性系之间,木材密度和三项主要力学性质均有较大的差异。木材密度的平均值0.286~0.408 g/cm³,抗弯弹性模量6 901~12 109 MPa,抗弯强度46.0~78.2 MPa,顺纹抗压强度24.4~38.8 MPa。

1993-10-29收稿。

骆秀琴工程师,管宁,张寿槐(中国林业科学研究院木材工业研究所 北京 100091);陈益泰,支济伟,李恭学(中国林业科学研究院亚热带林业研究所)。

*本研究系1991~1995年世界银行贷款国家造林项目科研推广计划“木材材性”课题的一部分。中国林科院木工所何建同志参加测定和计算工作。

表1 木材密度和力学性质的测定结果

无性系代号	密度 (g/cm ³)	抗弯弹性模量(MPa)	抗弯强度 (MPa)	顺纹抗压强度(MPa)
各无性系的平均值				
2-4	0.388	8 333	68.4	33.5
2-8	0.365	8 945	69.2	33.8
2-9	0.337	7 288	61.5	29.8
2-10	0.380	9 969	63.2	38.8
7-2	0.372	8 280	65.8	36.0
7-6	0.345	7 815	54.6	31.0
7-8	0.341	9 086	63.8	33.6
7-9	0.357	8 087	65.3	32.4
12-1	0.295	8 088	47.0	26.0
12-4	0.344	9 082	60.1	31.0
12-8	0.354	8 223	63.1	30.8
12-9	0.391	12 109	73.8	36.7
14-2	0.369	8 591	62.1	31.7
14-7	0.318	8 746	52.1	28.2
14-8	0.346	8 418	51.6	29.9
14-9	0.374	10 534	64.4	35.3
16-4	0.333	8 157	53.4	29.4
16-5	0.405	9 335	78.2	38.4
16-9	0.356	10 024	62.7	37.3
16-10	0.408	9 263	71.3	35.5
18-1	0.286	6 901	46.0	24.7
18-8	0.338	9 888	59.0	29.0
18-9	0.358	7 868	63.5	29.7
18-10	0.293	7 582	47.6	24.4
19-1	0.312	8 064	47.0	26.9
19-6	0.360	8 588	58.0	31.4
19-7	0.309	8 123	49.4	27.2
19-9	0.336	9 162	56.7	29.7
20-4	0.389	8 942	68.1	34.6
20-5	0.414	8 615	74.7	36.7
20-7	0.349	8 497	59.9	32.7
20-9	0.370	8 125	57.8	31.8
无性系内的株间差异				
幅度	0.004~0.087	142~1991	1.8~21.6	0.6~7.2
平均值	0.037 5	522.4	4.96	1.76
总平均值	0.352	8 677	60.5	31.7
标准差	0.032	1 016	8.387	3.669
变异系数(%)	9.209	11.710	13.859	11.572
成熟林木平均值	0.363	9 530	71.6	41.2

注:无性系代号第一个数字代表不同种源:2 广东高州,7 云南麻叶坡,12 贵州天柱,14 江西安福,16 浙江龙泉,18 广西南丹,19 四川叙水,20 福建建瓯。表中数据均为修正到含水率12%时的数值。

(2)无性系内不同株间亦存在一定差异,其幅度,木材密度 0.004~0.087 g/cm³,抗弯弹性模量 142~1 991 MPa,抗弯强度 46.0~78.2 MPa,顺纹抗压强度 24.4~38.8 MPa。此结果表明:尽管无性系不同株的基因型相同,其木材材性仍有一定的变异。各无性系的变异幅度差异甚大,说明每个无性系3株尚未能将变异幅度显示得充分。

(3)各无性系木材密度和主要力学性质的总平均值比13个不同产地的杉木成熟林木试验^[3]结果低。施季森等^[4]的试验结果表明,杉木由髓心向外至18~20 a,木材密度随年龄而增大。本试验的取样部位尚处幼龄期中,材性指标在以后的10 a左右时间内还会有一定的增大,所以,通过选育,可期望获得材质高于本试验平均水平的品种;但速生人工林杉木株内材性的不均匀性,仍是值得重视的问题。

对木材密度差异进行了单因素方差分析,组间为无性系间,组内为无性系内株间。广义遗传力

$$h_b^2 = \frac{MS_b - MS_e}{MS_b + (R - 1)MS_e} \quad (1)$$

式中,MS_b为品种的均方差,MS_e为株间均方差,R为重复次数,本试验各无性系株数不等,R按下式计算

$$R = 1/(v - 1)(\sum m_i - \sum m_i^2 / \sum m_i) \quad (2)$$

式中,v为品种数,m_i为第i个无性系的株数。

分析结果(表2)是,不同无性系间木材密度的差异极显著,广义遗传力0.631,表明木材密度受到较强的遗传因素影响,在无性

表2 无性系间木材密度变异的方差分析结果和广义遗传力

离差来源	自由度	平方和	均方	F值	F _{0.01}	h _b ²
品种	31	0.091 34	0.002 95	6.88**	2.08	0.631
株间	51	0.021 84	0.000 43			
合计	82	0.113 18				

系层次上进行材质改良是有潜力的。但是,本试验的环境差异只是不同区组间的差异,其影响是较为缓和的,若考虑在不同地点种植,环境因素影响还需作进一步考察。

2.2 木材主要力学性质与木材密度的相关性

木材力学性质与木材密度的相关性已为国内外大量树种的试验所证明^[6,7]。对本试验每个试样的木材密度与取自同一试条试样的力学性质的相关性分别进行了一元线性回归分析。结果是,木材抗弯弹性模量、抗弯强度和顺纹抗压强度与木材密度间的相关关系均极显著,相关系数分别为0.3957、0.8368和0.9020。此结果与施季森等^[4]的杉木家系试验结果基本一致,但抗弯弹性模量与木材密度的相关系数明显较小。这可能是由于本试验材料树龄较小,节子等缺陷较为严重,虽按小而无疵原则,尽量避开缺陷取样,但缺陷仍有一定影响。抗弯弹性模量比抗弯强度和顺纹抗压强度更多地表现了整个试样的材料性质。所以缺陷影响也表现得较为突出。根据以上相关分析结果,可以期望,在改进杉木无性系木材密度的同时,其力学性质可得到相应改进。

2.3 木材密度与生长速度的相关性

对样木胸径和株的平均密度的相关性进行了分析。

胸径(x)与木材密度(y)的表型、遗传和环境相关系数 $r_{\rho xy}$ 、 r_{gxy} 和 r_{exy} 的计算公式分别为:

表3 胸径和木材密度的相关分析结果

协方差分量	COV_p		COV_g		COV_e	
	-0.0297		-0.0321		0.0024	
方差分量	$\sigma_{\rho x}$	$\sigma_{\rho y}$	σ_{gx}	σ_{gy}	σ_{ex}	σ_{ey}
	1.5427	0.0374	1.3031	0.0311	0.8257	0.0207
相关系数	$r_{\rho xy}$		r_{gxy}		r_{exy}	
	-0.515**		-0.792**		0.14	

$$r_{\rho xy} = COV_p / (\sigma_{\rho x} \cdot \sigma_{\rho y}) \quad (3)$$

$$r_{gxy} = COV_g / (\sigma_{gx} \cdot \sigma_{gy}) \quad (4)$$

$$r_{exy} = COV_e / (\sigma_{ex} \cdot \sigma_{ey}) \quad (5)$$

式中 COV_p 、 COV_g 、 COV_e 分别为表型、遗传和环境协方差, $\sigma_{\rho x}$ 、 $\sigma_{\rho y}$ 、 σ_{gx} 、 σ_{gy} 和 σ_{ex} 、 σ_{ey} 分别为胸径和密度的表型、遗传和环境方差。结果(见表3)说明,胸径和木材密度存在极显著的负相关。即生长快的树木,木材密度有下降趋势。此结果与施季森等^[4]的试验结果也是基本一致的,但相关系数较大。这是因为无性系株间的差异相对较小,负相关的表现也就更为显著。材性与生长的负相关在树木改良中值得重视;但并不意味着所有生长较快的树木,密度都是较低的,一定的选择余地仍然存在;何况,在无性系层次上正好有进行此种选择的有利条件。

参 考 文 献

- 1 成俊卿,杨家驹,刘鹏. 中国木材志. 北京:中国林业出版社,1992.
- 2 中华人民共和国国家标准 GB1927-1943-91. 木材物理力学性质试验方法. 北京:中国标准出版社,1991.
- 3 中国林业科学研究院木材工业研究所主编. 中国主要树种的木材物理力学性质. 北京:中国林业出版社,1982.
- 4 黄金龙,孙其信,张爱民,等. 电子计算机在遗传育种中的应用. 北京:农业出版社,1991.
- 5 施季森,叶志宏,翁玉榛,等. 杉木生长与材性联合遗传改良研究,第四届全国林木遗传育种学术讨论会论文,1991.
- 6 成俊卿主编. 木材学. 北京:中国林业出版社,1985.
- 7 Armstrong J P, Skaar P C, deZeeuw C. The effect of specific gravity on several mechanical properties of some world woods. Wood Science and Technology 18:137~146,1984.

Variations in Wood Density and Mechanical Properties of 32 Chinese Fir Clones

Luo Xiuqin Guan Ning Zhang Shouhuai
Chen Yitai Zhi Jiwei Li Gongxue

Abstract Wood density and mechanical properties of 32 Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) were determined and analysed. The results showed that there were remarkable differences in wood density, MOE, MOR, and crushing strength among the clones, and there were also considerable intraclonal differences as well. Significant positive correlations at 0.01 level were exhibited between wood density and MOE, MOR, crushing strength with the correlation coefficients 0.395 7, 0.836 8, and 0.902 0 respectively. Wood density was negatively correlated to the diameter at breast height.

Key words Chinese fir, clones, wood density, mechanical properties

Luo Xiuqin, Engineer, Guan Ning, Zhang Shouhuai (The Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091);
Chen Yitai, Zhi Jiwei, Li Gongxue (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF).

《林业科学研究》入选最新“中国自然科学核心期刊”

中国自然科学核心期刊研究课题组不久前公布了最新的“1992~1993年中国自然科学核心期刊”300种。这是根据国家标准“GB/T13745-92”规定的学科分类标准,优选30种中国出版的各学科代表性期刊,对它们在92、93年所发表的论文,使用“引文法”进行客观统计后得到的结果。在仅占目前期刊总数4%比例的300种核心期刊中,综合性期刊及数理科学等学科期刊占28%,医药卫生期刊占28%,地学天文期刊占20%,生物农林类占24%。全部核心期刊名单及详尽评述将在国际核心期刊研究会的综合性学术期刊《科学技术学报》磁盘周刊上发表。核心期刊名次,按被引用频次从高到低的顺序排列,《林业科学研究》名列第50名,在林业系统入选期刊中排名第二。

——摘自 国际核心期刊研究会 通知
中国自然科学核心期刊研究课题组

1994年4月