

火炬松建筑材优良种源综合评定的研究*

刘昭息 徐有明 孙海菁 姜景民 吕本树

摘要 对富阳点 10 年生火炬松种源试验林的研究结果表明, 幼龄材阶段以建筑用材为目的的主要性状在种源间差异均为极显著; 其中生长性状表型变异系数为 10% ~ 30%, 木材物理力学和管胞形态特征的在 5% 左右, 变幅的极差以材积最明显, 可达 1 倍以上; 各性状受中等或中上遗传力控制。性状间的简单表型相关, 在生长与木材物理力学和管胞形态特征性状上表现出关系不密切、或者很微弱、方向各异的现象。用初级指数法评定出 RL31、RL26、RL30、RL22、CL8 共 5 个生长、材质兼优的建筑材种源, 与林分均值相比, 其平均遗传增益在材积、木材基本密度、顺纹抗压强度、抗弯强度上分别为 5.96%、5.44%、3.17%、4.87%。

关键词 火炬松 建筑材 种源 综合评定

火炬松 (*Pinus taeda* L.) 在我国南方低山丘陵地区引种成功且已大面积推广, 主要用作纸浆材和建筑材的原料。对该树种短周期定向培育建筑材方面的研究, 美国曾作过较全面系统的试验、分析, 有些引种国, 如巴西等亦有不少报道, B. J. Zobel 等^[1]曾指出: “引种树木不合产品质量需要的主要原因, 可以直接与幼龄材和引种树木种源普遍存在不适应联系起来”。在国内, 迄今这方面的报道尚不多。因此, 我们对富阳点 1983 年营造的种源试验林进行了调查、测定、分析, 期望在种源水平上为该地区今后培育高产、优质、高效的火炬松短周期建筑材原料林提供选择的依据。

1 材料与方 法

1.1 材料来源和田间设计

1983 年度火炬松种源试验林富阳点的种子由美国林务局提供, 攻关协作组统筹安排。有一般种源 31 个, 耐寒种源 21 个, 包括美国火炬松自然分布区的 13 个州、51 个产地。对照 (CK) 为湖北武昌九峰早期引种, 后改建成采种林的种子。1984 年造林, 采用随机区组设计, 12 株双行小区, 7 次重复。本研究根据总体实施方案要求, 材性方面的分析选用 31 个一般种源 (代表原分布区 12 个州、30 个产地) 和 1 个对照。其原产地的地理位置、气象因子情况及试点概况见参考文献[2]。

1.2 测定性状和方法

1992 年 10 月对种源试验林树高、胸径进行了每木实测, 并按 $V = 0.3925HD^2$ 公式计算材积, 在 5 个重复中对作材性分析的种源按小区径粗选取 2 株平均木作样木。每样木自胸高部

1997—09—18 收稿。

刘昭息研究员, 孙海菁, 姜景民, 吕本树 (中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400); 徐有明 (华中农业大学)。

* 本研究为“八五”国家科技攻关专题“湿地松、火炬松建筑、纸浆材良种选育”的重要内容之一。

位向上截取约 2.3 m 长的木段,每木段在胸高处(1.3 m)避开树节连续截取 3 个厚 3.2~3.5 cm 的圆盘,刨光截面与余下的木段一齐待用。

测定样木的物理力学性状和管胞形态值的方法,除在种源水平上进行研究外,还对株内变异的情况作了分析,因此,测定时均按单株进行,各性状取小区 2 株样木均值代表该种源在对应小区中的表现水平。因本文只涉及建筑材优良种源选择,故测定方法仅限于在种源水平上简单阐述。利用胸高盘量测年轮宽度、晚材宽度,计算晚材率。木材基本密度和顺纹抗压强度按国家标准《木材物理力学性质试验方法》^[3]中的 GB 1927—1943—91 规定进行;抗弯弹性模量按 GB 1936.2—91 测定;抗弯强度按 GB 1936.1—91 测试。木材微纤丝角测定是在胸高盘上径向按 1~3 轮、4~5 轮、6~9 轮 3 个年轮组径向分别切取小木块,用 H₂O₂ 和冰醋酸混合液处理后,在一个完整生长轮内连续切取 14~20 μm 厚的弦面切片,隔片挑选 10~30 片离析,在偏光显微镜下测定。每样木至少测量 30 个半壁管胞的 S₂ 层纤丝角,取其均值为单株值,2 株样木均值为小区平均值。在胸高盘上按 3 个年轮组各取试样进行离析,并各取 30 个完整管胞在投影显微镜下测量管胞长度、宽度、直径等,计算长宽比,取其均值,按年轮宽度加权计算 9 年生各管胞形态特征值。

1.3 统计方法

统计分析应用方差分析、相关分析方法^[4],广义遗传力计算按 $1-1/F$ 公式^[5,6]。评定建筑材优良种源采用初级指数选择法^[7],即: $I = \sum_n W_n h_n^2 P_n$ 。式中 I 为某种源的聚合性状指数值; W_n 为第 n 性状的权重($W = 1/\sigma$, σ 为标准差); h_n^2 为第 n 性状的遗传力; P_n 为第 n 性状的表型值。

2 结果与分析

2.1 性状的遗传变异

生长性状和木材的物理性能对建筑材来说始终是比较重要的性状,经调查测定,种源间在建筑材重要性状方面的遗传变异情况见表 1。

表 1 火炬松 10 年生种源试验林主要性状变异情况

性 状	性状均值	F 值	标准差	变 幅			表型变异系数(%)	广义遗传力
				最大值	最小值	极差(%)		
树高(m)	6.26	2.34**	0.71	6.87	5.55	23.78	11.34	0.573
胸径(cm)	9.38	2.99**	1.14	10.90	7.96	36.93	12.18	0.666
材积(m ³)	0.025	2.71**	0.0075	0.0346	0.0162	113.58	30.00	0.631
基本密度(g/cm ³)	0.372	3.60**	0.019	0.412	0.343	20.12	5.11	0.721
顺纹抗压强度(MPa)	26.7	2.53**	1.340	29.7	23.9	24.27	5.02	0.605
抗弯弹性模量(MPa)	5150.0	2.48**	403.295	5966.0	4808.0	24.08	7.83	0.597
抗弯强度(MPa)	53.74	2.75**	4.192	63.12	45.11	39.92	7.80	0.636
微纤丝角(°)	24.3	2.91**	0.559	25.5	23.5	8.51	2.30	0.656
管胞长度(mm)	2.541	4.03**	0.135	2.823	2.286	23.49	5.31	0.752
管胞宽度(μm)	40.938	3.21**	1.269	43.05	38.35	12.26	3.10	0.689
管胞直径(μm)	28.40	3.33**	1.335	30.70	25.99	18.12	4.70	0.700
管胞长宽比(%)	62.109	6.58**	3.602	69.15	58.03	23.42	5.80	0.848

注: $F_{0.01} = 1.86$ 。

表 1 显示, (1) 种源间在生长、材性和管胞特性等性状上均存在着极显著的差异, 变幅最大的是材积; (2) 各性状的表型变异系数, 生长性状要大于木材物理力学和管胞形态特征的, 表明在幼龄材阶段进行种源选择, 生长性状的选择潜力要比后两类性状大些; (3) 各性状的广义遗传力为中等或中偏上。

在种源间对各性状的多重比较表明, 每一性状均存在显著或极显著的差异, 而且生长性状在种源间的差异呈现出的多重性比木材物理力学性状和管胞形态特征的要强些, 这与表 1 中表型变异系数出现的情况相一致。这些现象说明, 在幼龄材阶段进行建筑材优良种源选择是具有一定效果的, 尤其是材积, 种源中最高的与最低的相比, 极差在 1 倍以上。同时也看出, 10 年生时火炬松木材物理力学和管胞形态特征性状还处于不稳定的状态, 此时进行种源选择可能会有一定的难度。另外, 对照(CK) 在生长和一些材性性状上的表现也不俗, 其种子的利用应给予重视。

2.2 性状相关

了解火炬松幼龄材在种源水平上建筑材重要性状间的相关性, 不仅为多性状选择优良种源提供依据, 而且在综合选择时对性状的取舍和选择后预估各性状的表现也有利。经对 31 个种源(包括对照) 各测定性状的简单相分析, 其结果见表 2。

从表 2 可看出, 各性状间的简单相关关系只有少数性状间达到显著或极显著的水平, 大多数性状间的关系不甚密切或很微弱, 方向亦各有异。生长性状内相互之间表现得极其密切, 系数值达到 0.8 以上; 木材物理力学性状相互之间, 除微纤丝角外, 其它性状间均呈显著或极显著的正相关, 但系数值大小差别较大, 表明相关程度上仍然有区别; 管胞形态特征各性状除管胞直径和管胞宽度两者间的系数值在 0.8 以上外, 其它各性状相互间的表现较复杂, 且相关微弱; 生长性状与木材物理力学和管胞形态特征各性状间的相关关系也呈现紧密程度不同、方向不一致的现象; 木材物理力学和管胞形态特征两类各个性状相互之间, 除管胞宽度与基本密度和顺纹抗压强度间存在显著或极显著负相关, 管胞直径与顺纹抗压强度间呈极显著正相关外, 其它两两之间均未达显著水平, 方向亦不一致。上述性状间的简单关系至少可表明, 火炬松幼龄材阶段在种源水平上, 大多数性状之间简单的相互依赖或相互制约的关系还不十分明显, 倘若将某一性状进行选择改良, 对其它性状中的大部分造成的影响还不很严重, 这给综合选择时在性状取舍方面亦提供了比较有价值的参考依据。

2.3 种源评选

培育火炬松短周期建筑材原料林与其它用材林一样, 产量始终是优先考虑的因子。由于培育周期短, 致使木材中幼龄材的比例相当高, 因此对木材物理力学指标的要求也应相对较严格, 否则培育出的林分将是高产低质林。至于管胞形态特征性状, 因某些物理力学性状的正向选择而导致不同程度的负效应, 在建筑材利用的一定范围内还是可以接受的。根据方差分析、多重比较和相关分析的结果, 以及建筑材的特殊要求来看, 生长和木材物理力学两类性状是评定建筑材优良种源较重要的指标。另外, 根据种源各性状表型平均值排序来看, 大于林分均值 1 个标准差的, 在材积中是 RL9 和 RL16, 基本密度中是 RL19、RL22 和 RL16, 抗弯强度中是 CL1、CL8、RL22 和 RL25 等种源, 由此可见, 没有一个种源能在这 4 个性状中都处于领先地位。所以, 在种源评定时利用单性状直接选择的方法来评选优良种源是得不到令人满意结果的。

在被测性状中, 材积是体现产量的具体指标, 木材基本密度、顺纹抗压强度和抗弯强度是

表 2 10 年生火炬松种源试验林生长与木材性状的简单相关系数

性状	树高	胸径	材积	基本密度	顺纹抗压强度	抗弯弹性模量	抗弯强度	微纤丝角	管胞长度	管胞宽度	管胞直径
胸径	0.8278**										
材积	0.8315**	0.9127**									
基本密度	0.0566	-0.2619	-0.1444								
顺纹抗压强度	-0.0214	-0.2416	-0.1299	0.6286**							
抗弯弹性模量	0.1074	-0.0449	-0.0169	0.4201*	0.5875**						
抗弯强度	0.1606	-0.0407	0.0398	0.5947**	0.4974**	0.8723**					
微纤丝角	-0.1786	-0.2026	-0.1352	0.1501	-0.1643	-0.0015	0.1614				
管胞长度	0.2064	-0.0047	0.0719	0.1593	0.1928	0.0923	0.0836	-0.0203			
管胞宽度	-0.0159	0.2412	0.2152	-0.3964*	-0.5266**	-0.1571	-0.1599	0.0306	0.0581		
管胞直径	-0.1001	0.0385	0.0815	0.2899	0.4983**	-0.1407	-0.1396	-0.0628	-0.0305	0.8460**	
长宽比	-0.2910	-0.2230	-0.1531	-0.1930	-0.1537	-0.1917	-0.2051	0.7219	-0.1016	0.0276	0.0980

注: $r_{0.05} = 0.349, r_{0.01} = 0.449$.

反映木材物理力学性能的重要指标,用这4个性状来综合评定种源,会使入选的建筑材料种源具有生长、材质兼优的特点。况且,在相关分析中已显示,材积与这3个物理力学性状之间虽然呈现或正或负的相关关系,但均不甚密切,而这3个物理力学性状相互之间,则都表现为显著或极显著的正相关,说明可同时获得不同程度的正向选择改良的效果。此外,当前用作建筑材的原料或半成品,在市场上一般均是以径级和材积来结算(还未达到按质论价的地步),所以对性状的经济权重在短期内尚难作出真实的定论。为了在综合选择建筑材优良种源时,不至于出现入选的种源是高材积低材质或高材质低材积占多数的现象,故在构建选择指数方程时将材积的经济权重扩大2倍(是经过扩大不同倍数比较后而决定的)以表明材积的重要性。这样,选择用的指数方程为:

$$I_i = 2 \times 84.13X_1 + 37.95X_2 + 0.45X_3 + 0.15X_4$$

式中 I_i —— 某种源聚合性状指数值; X_1 —— 某种源单株材积表型平均值; X_2 —— 某种源基本密度表型平均值; X_3 —— 某种源顺纹抗压强度表型平均值; X_4 —— 某种源抗弯强度表型平均值。

据此计算各种源的聚合性状指数值,结果见表3。按指数值排序,选择强度为1.61,评出5个建筑材优良种源,入选种源重要性状表型均值及其与31个种源相应性状总平均值相比较的表型增益和遗传增益见表4。

由表4可见,入选的5个种源除RL30在材积、RL31在顺纹抗压强度上略低于林分均值外,其余都大于林分均值。入选种源4个性状平均表型值都高于林分均值,有着不同程度的表型增益和遗传增益,因此,评选出的种源作为培育短周期建筑材原料林是具有比较明显高产优质特点的。可在与试验点相类似的生境条件下推广应用。

表 3 参试各种源重要性状及选择指数值

种源号	性 状				指数值
	材 积 (m ³)	基本密度 (g/cm ³)	顺纹抗压强度 (MPa)	抗弯强度 (MPa)	
CL3	0.017 68	0.383	29.7	57.96	35.568 7
CL2	0.016 20	0.370	26.5	53.75	36.754 8
CL8	0.025 98	0.377	28.1	59.34	40.224 5
RL1	0.021 02	0.364	27.3	50.30	38.180 6
RL2	0.019 88	0.384	25.8	55.92	37.915 8
RL3	0.026 34	0.363	27.1	49.72	37.861 3
RL5	0.021 60	0.365	26.1	53.62	37.274 2
RL6	0.026 54	0.362	26.9	53.95	38.401 0
RL8	0.020 90	0.356	24.2	50.16	35.440 8
RL9	0.034 64	0.368	26.1	49.67	38.989 6
RL11	0.023 14	0.365	25.3	46.62	36.123 3
RL12	0.025 78	0.343	27.1	48.27	36.790 1
RL14	0.031 22	0.355	25.4	48.98	37.502 3
RL20	0.029 10	0.347	25.3	55.22	37.733 0
RL16	0.032 72	0.344	25.3	48.32	37.193 3
RL17	0.022 74	0.348	23.7	45.11	34.464 3
RL18	0.020 36	0.371	26.6	53.93	39.247 3
RL19	0.023 16	0.396	27.0	52.12	38.893 1
RL22	0.025 30	0.391	28.2	57.99	40.483 9
RL23	0.028 84	0.378	26.7	52.10	39.027 7
RL24	0.021 44	0.372	25.7	56.31	37.736 4
RL25	0.029 72	0.363	26.7	61.09	39.955 0
RL26	0.029 26	0.397	28.4	54.77	40.984 9
RL27	0.023 44	0.368	27.5	56.36	38.738 6
RL28	0.027 22	0.364	26.2	54.98	38.430 8
RL30	0.022 88	0.416	29.4	54.03	40.971 5
CL16	0.020 28	0.403	28.3	56.74	39.952 2
CL17	0.018 56	0.386	26.7	54.46	37.955 6
CL21	0.024 22	0.370	27.5	56.70	38.998 8
RL31	0.031 64	0.412	26.4	63.12	42.307 1
CK	0.029 16	0.369	26.6	54.72	39.088 0
\bar{X}	0.024 68	0.372	26.7	53.74	38.346 1

表 4 入选种源及其增益情况

入选种源	性 状 表 型 值			
	材积(m ³)	基本密度 (g/cm ³)	顺纹抗压强度 (MPa)	抗弯强度 (MPa)
RL31	0.031 64	0.412	26.4	63.12
RL26	0.029 26	0.397	28.4	54.77
RL30	0.022 88	0.416	29.4	54.03
RL22	0.025 30	0.391	28.2	57.99
CL8	0.025 98	0.377	28.1	59.34
平均	0.027 01	0.399	28.1	57.85
林分(31个种源)均值	0.024 68	0.372	26.7	53.74
表型增益(%)	9.44	7.55	5.24	7.65
遗传增益(%)	5.96	5.44	3.17	4.87

3 结论与讨论

(1) 火炬松幼龄材阶段, 在种源水平上建筑材的重要性状均存在着极显著的差异, 但其中生长性状表型变异系数值较之木材物理力学和管胞形态特征性状的要大些, 种源间差异的多重性要强些。各性状受中等或中等以上广义遗传力控制。因此, 在种源间进行建筑材优良种源选择是有效果的, 生长方面的选择潜力更大些。

(2) 10 年生火炬松种源试验林生长、木材物理力学和管胞形态特征等性状的简单相关分析显示, 生长性状相互间呈现极显著的正相关; 木材物理力学性状, 除微纤丝角外, 其它两两之间表现出显著或极显著的正向关系; 管胞形态特征各性状之间相互关系比较复杂, 呈现方向不一、紧密程度有异的现象。各类性状间的简单关系, 除少数性状相互之间存在显著或极显著的关系外, 大部分性状间的关系不甚密切。这种现象可能在很大程度上与试验林仍处于幼龄材阶段有关。

(3) 选取材积、基本密度、顺纹抗压强度和抗弯强度 4 个性状作为构建初级选择指数的因子, 对材积的经济权重扩大 2 倍, 选择强度为 1.61 时评定出 RL31、RL26、RL30、RL22 和 CL8 共 5 个种源, 大多数源自墨西哥湾种源区。与林分均值相比, 上述 4 个性状的平均遗传增益分别为 5.96%、5.44%、3.17% 和 4.87%, 由此可见, 用 RL31 等 5 个种源培育短周期建筑材原料林, 具有高产、优质的特点。

(4) 进行建筑材优良种源的综合选择, 当用指数选择法时, 虽然本研究中所取用的 4 个性状作为构建初级选择指数的选择指标是比较合理的, 但如按国家建筑材各材种规定的标准^[8], 以及作者过去在火炬松种源水平上性状间相关性的研究^[9]结合起来权衡, 可能利用材积、木材基本密度、树干形率和通直度作为因子会更加合理些。因为幼龄材阶段木材物理力学性状相互间的关系呈极密切的正相关, 用基本密度这个相对重要的经济指标已可从总体上反映该种源木材物理力学性状的表现水平。另外, 形率和通直度不仅是建筑材重要的经济指标, 而且是最主要的形质指标, 更能体现原材料的商品价值, 即高效性。同时, 材积与中径间呈正向极显著相关, 理论上说材积与形率亦应表现为正相关。所以, 利用材积、基本密度、形率和通直度作为综合选择的因子选择出的优良种源培育短周期建筑材原料林, 会更加体现高产、优质、高效的特点。

参 考 文 献

- 1 Zobel B J, Buijtenen van J P. Wood variation: its causes and control. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1989.
- 2 潘志刚. 湿地松、火炬松种源试验研究. 北京: 科学技术出版社, 1992.
- 3 国家技术监督局发布. 木材物理力学性质试验方法. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- 4 马育华. 植物育种的数量遗传学基础. 南京: 江苏科学技术出版社, 1984.
- 5 沈熙环. 树木育种学. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- 6 王明麻. 林木育种学概论. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- 7 Cotterill P P, Dean C A. Successful tree breeding with index selection. CSIRO, Australia, 1990.
- 8 李景林. 木材商品知识手册. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- 9 刘昭息, 何玉友, 孙海菁, 等. 火炬松种源遗传变异研究及纸浆材优良种源评选. 性状的地理变异和相关分析. 林业科学研究, 1997, 10(3): 253 ~ 258.

Study on Provenance Selection of Loblolly Pine for Construction Timber

Liu Zhaoxi Xu Youming Sun Haiqing Jiang Jingmin Lu Benshu

Abstract The results of study on the 10 a loblolly pine provenance test in Fuyang City of Zhejiang Province showed that the distinct differences in main traits relating to the provenance evaluation of construction timber existed among provenances in juvenile wood stage, the phenotypic variation coefficients of growth traits were 10% ~ 30%, of traits of wood physic-mechanical properties and tracheid morphological features were about 5%, all of these traits were genetically controlled with above moderate broad sense heritabilities, the simple phenotypic correlations between growth traits and wood property traits were weak. The results of multitrait selection using preliminary index showed provenances of RL31, RL26, RL30, RL22, CL8 were good for construction timber, their average genetic gains of stem volume, wood density, crushing strength, modulus of elasticity were 5.96%, 5.44%, 3.17%, 4.87% respectively compared with the average value of the test stand.

Key words loblolly pine construction timber provenance test multitrait evaluation

Liu Zhaoxi, Professor, Sun Haiqing, Jiang Jingmin, Lu Benshu (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang, Zhejiang 311400); Xu Youming (Huazhong Agricultural University).