

149 个火炬松自由授粉家系的生长表现^{*}

钟伟华 周 达 何昭珩 陈炳铨 石 斌 黄少伟

(华南农业大学林学院, 广州 510642)

摘要 总结了 6 个测验年度, 5~8 年的 149 个火炬松自由授粉家系测验结果, 表明家系间材积生长有显著差异. 按水平表现法得 50 分以上的系占 46%, 它们的材积增益平均为 11.13%. 按选择目的、用途及测验持续时间长短, 将它们分为 4 组; 结果还表明, 不同来源的家系群优秀率不同, 中选家系均优于任一对照, 有力地说明选择改良的有效性.

关键词 火炬松; 自由授粉家系; 子代测验; 增益; 水平表现法

中图分类号 S722.83

引自美国的亚热带树种火炬松(*Pinus teada* L.), 自 70 年代以来, 已发展成我国亚热带地区营建速生丰产林的一个重要树种. 80 年代以来, 有组织地开展遗传改良工作, 其中选择一种子园是主要途径. 为了收到或加速这一途径的改良效果, 在选优建园的同时, 开展优树子代测定, 成为遗传改良工作的重要环节. 而优树自由授粉子代测定是既经济又快捷的方法. 若要及早了解亲本一般配合力大小的信息, 它是独占鳌头的. 当然, 种子园或无性系基因库已经建立起来, 并进入了结实阶段, 则另当别论. 火炬松在我国的遗传改良起步较晚, 自由授粉子代测定研究报道不多(钟伟华, 1992 a). 在原产地美国则做了大量的工作, 至今, 改良工作已经进入第 3 个世代, 仍坚持做自由授粉子代测定. 为了公平地评定亲本的一般配合力, 也推行互补配偶设计. 本研究是 1983 年与英德火炬松种子园建立同步开展的子代测定, 至 1990 年已先后测定 6 批, 目的是为种子园疏伐与再选择建园一级园提供信息.

1 材料与方法

1.1 材料

1983~1990 年先后测定自由授粉子代 6 批, 合计 198 个(次)家系(含年度重复测定的家系), 其中安徽省马鞍山市林场(M)78 个; 湖北省材所科、彭场林场(P)17 个; 广东省 86 个, 包括韶关市林科所(G)17 个, 水口林场(S)20 个, 英德种子园(Q)49 个; 福建省天马林场(H)3 个; 中国林业科学研究院亚热带林科所(H)2 个; CK7 个, 共参试 12 次. 其中 CK₁、CK₃ 为台山种子园母树群混合种(1933 年引种), CK₂、CK₄、CK₆ 分别为马鞍山市(1946 年引种)、彭场林场(1973 年引种)、广东韶关市林科所(1976 年引种)母树林混合种, CK₇ 为英德火炬松种子园家系混合种, CK₅ 为美国国际林木种子公司 1985 年商品种子.

1.2 方法

测定工作与英德火炬松种子园的营建同步逐步开展, 计 1983 年测定半同胞家系 32 个, 1985 年 30 个, 1987 年 41 个, 1988 年 20 个, 1989 年 49 个, 1990 年 26 个, 合计 198 个次. 其

1996-12-10 收稿, 1997-09-03 收修改稿 钟伟华, 男, 67 岁, 教授

^{*} 本文是“七·五”、“八·五”国家和广东省重点科技攻关项目.

中有 36 个家系, 年度间重复 1 次至数次, 1985 与 1989 年的测定地点有重复. 各测定点的田间试验设计均采用行式 6 株小区, 6 次重复的随机完全区组设计, 5 ~ 8 年生的年终测定数据, 采用常规方差分析(北京林学院, 1980)和水平表现分析法(Harcher, 1981), 并在 IBM 微机上处理, 按材积水平得分进行家系综合排序, 评价家系优劣, 并依此逆向和正向选择.

材积公式: $V=0.375 \times D^2 \times H/10\ 000$.

2 试验地点的自然条件

子代测定试验分别设在广东省英德火炬松种子园等 4 个地点, 其地理位置等如表 1.

表 1 试验地点的自然条件

项 目	英德火炬 松种子园	韶关市 林科所	梅州市 林科所	遂溪县林 业试验场
北纬	24° 15'	24° 48'	24° 18'	21° 25'
东经	113°	113° 35'	116° 7'	110° 15'
海拔/m	50	250	252	20
年雨量/mm	1 917. 7	1 562. 0	1 439. 2	1 175
年均温/°C	20. 7	20. 3	21. 2	22. 8
相对湿度(%)	79	76	78	82

3 结果与分析

3.1 家系间生长差异

表 2 列出各年度家系试验林的平均树高、胸径与材积, 以及单、双因素方差分析结果的均方比值. 从材积均方比值看, 除梅州和英德 1990 年的试验外, 家系间均在 5% 水准上差异显著, 表明家系间在遗传上存在差异, 可以选出较优良的家系. 从 1985 年 3 个试点看, 韶关市林科所的试验林生长最好, 分别比英德、梅州试点材积大 140% 和 302%.

表 2 不同年度试点与家系平均生长及方差分析结果¹⁾

测定项目	1983 英德	1985 英德	1985 韶关	1985 梅州	1987 英德	1988 英德	1989 英德	1989 遂溪	1990 英德
参试家系/ 个	32	30	30	30	41	20	49	4	26
年龄/ 年	8	8	8	8	6	7	6	6	5
\bar{H}/m	4. 68	5. 03	8. 16	4. 84	4. 10	3. 95	3. 94	3. 49	3. 05
\bar{D}/m	9. 68	9. 55	11. 75	6. 59	8. 33	7. 58	8. 19	7. 30	6. 29
$\bar{V}/(m^3 \cdot 株^{-1})$	0. 011 8	0. 018 4	0. 044 2	0. 011 0	0. 011 6	0. 009 2	0. 011 0	0. 008 0	0. 005 3
F_v 值(1) ²⁾	6. 95 *	3. 09 *	4. 60 *	1. 31 ^{NS}	3. 78 *	3. 99 *	1. 66 *	2. 12 *	0. 04 ^{NS}
F_v 值(2) ²⁾	—	1. 86	5. 23 *	1. 44 ^{NS}	—	3. 46 *	0. 94 ^{NS}	—	0. 90 *
F_v 临界值(1)	1. 48	1. 48	1. 48	1. 49	1. 40	1. 60	1. 35	1. 36	1. 53
F_v 临界值(2)	—	1. 54	1. 58	1. 61	—	1. 73	1. 45	—	1. 62

* 表示 5% 显著性水准; NS 表示不显著

1) 1983 与 1987 英德, 1989 遂溪, 因家系苗木数不等, 采用公共对照分组试验的办法进行, 故不能统一双因素方差分析; 2) (1)、(2) 分别为单、双因素

为便于应用与评价,根据水平表现法的理论原则,对历年受测家系材积水平的得分作统一排队列表3。从表3可知大于水平得分50分者占71个(含2个CK),占受测系47.7%。它们是较优的家系,是选择对象,是初级种子园疏伐去劣的保留对象,再建园的选择对象。

表3 71个自由授粉家系材积生长水平表现¹⁾

家系	测定次数	得分	家系	测定次数	得分	家系	测定次数	得分	家系	测定次数	得分	家系	测定次数	得分
82-56	1	84.00	81-17	1	60.23	84-51	3	56.58	82-43	3	53.44	83-77	2	51.60
82-51	1	67.90	83-19	1	60.04	82-2	6	55.89	81-40	2	53.34	82-98	3	51.49
82-22	1	67.40	84-40	3	59.80	82-53	1	55.70	86-7	1	53.07	81-37	1	51.49
82-89	1	66.90	87-4	2	59.29	83-24	1	55.53	87-1	2	53.01	81-45	3	50.98
82-4	1	65.00	83-14	4	59.18	83-76	2	54.80	83-79	2	52.76	81-13	3	50.87
82-5	1	64.70	83-22	1	58.83	83-11	4	54.74	87-17	1	52.73	83-86	2	50.56
85-35B	1	63.95	87-14	2	58.60	82-69	1	54.27	82-59	1	52.70	84-100	1	50.56
83-59	4	61.48	87-10	2	58.43	84-43	4	54.20	87-3	2	52.51	CK ₃	1	50.51
84-75	1	61.14	86-8	1	58.42	81-44	2	54.12	82-48	1	52.50	83-27	1	50.48
82-32	5	61.12	82-23	5	57.49	82-91	1	54.10	84-63	2	52.34	87-5	1	50.41
84-34	1	61.03	87-13	2	57.44	CK ₅	3	54.04	84-36	3	52.33	83-02	1	50.20
84-14	1	60.86	83-44	2	57.43	86-1	3	53.87	82-83	3	52.33			
84-6	1	60.78	85-35	1	57.37	86-4	3	53.81	83-26	1	52.09			
85-32	1	60.46	82-93	1	56.90	82-88	5	83.69	87-9	2	51.83			
82-64	1	60.40	87-5	2	56.68	82-87	3	53.59	82-52	7	51.63			

1)表中的测验次数含不同地点与不同年度;表中仅列出149个家系中水平得50分以上者

3.2 材积现实增益

对所有得50分以上的家系,按材积增益分组,并求各组的平均增益与总平均增益,结果列于表4。表中总平均增益是较高水平的增益,因为它是与总体平均值作比较下的增益,而总体平均是较高水平的对照,作者的研究曾证实了这一点(钟伟华,1994)。表中结果还证明,初级种子园必须进行去劣疏伐,才能取得更好的改良效果。

表4 大于得50分的家系分组材积增益

实现增益(%)		家系数 /个	重复测定2次以 上的家系数/个
范围	平均		
0.00~4.00	1.63	9	6
4.01~10.00	6.29	22	14
10.01~20.00	13.53	23	13
20.01~30.00	24.09	12	3
30.01~40.00	31.24	2	0
>50.00	59.91	1	0
总计	11.13	69	36

3.3 家系选择与应用

在142个家系(不含7个CK)中,大于50分的家系应属较优良的家系,对它们按选择目

的、用途以及参测次数或地点数划分类别, 以达到量优使用, 满足不同林业生产的不同要求。划分的总原则是高一级别不包含低级别中的家系, 相反, 低级别则可包含高级别中的家系, 因前者要求宽些, 后者要求严格些。如初级种子园去劣疏伐, 保留的无性系亲本可多些; 推广优良家系, 营造速生丰产林选择的优系应少些。据此原则对表 3 得 50 分以上的 69 个家划分类别, 结果列于表 5。表中 I、II、III 与 IV 类别的实现增益分别为 13.66%、15.22%、24.17% 和 11.13%。I、II、III 类测定地点分别是 3 个以上、2 个以上和 1~2 个。选择标准: 材积分别大于 10%、10% 和 15% 以上的实现增益的家系。I 类家系的增益低于 II、III 类, 主要是因为它们都是经过较多地点、多年度的测定, 因存在家系与地点交互, 是较优良稳定能推广造林的家系, 同时也考虑到多系造林能提高人工林的抗逆能力。若不考虑这一点, 仅选 2 个广谱型家系时, 增益可达 21% 以上。

表 5 优良家系按要求划分的类别

类别	家 系					入选率(%)	用 途
I	83-11	83-14	83-23	83-29	82-2	6.34	优良家系造林
	82-32	84-40	84-51	86-4			
II	83-11	83-14	83-23	83-29	86-2	11.97	逆向选择, 1.5 代建园; 互相配偶培育种群体
	82-32	84-40	84-51	86-4	87-4		
	84-5	87-10	83-44	83-76	87-13		
	87-14	85-35B					
III	82-4	82-5	82-22	82-51	82-56	11.97	中试、多点试验与再选择
	82-89	81-17	84-6	84-14	84-34		
	84-75	84-5	87-10	83-44	87-13		
	87-14	85-35B					
IV	得水平 50 分以上的 69 个家系					48.59	初级种子园去劣伐留优

3.4 对照的生产力水平分析与家系选择

在 12 个年头的 6 批 198 个(次)家系测定中, 先后采用过 7 个来源不同的生产种作对照, 其中只有 CK₃、CK₇ 使用一次, 其余都参加过 2~5 次对比试验。按各自的水平得分进行综合, 平均得分大小顺序是 CK₅→CK₃→CK₄→CK₂→CK₆→CK₁→CK₇, 大于它们的家系数(含 CK)相应为 40、67、71、92、97、137 和 148 个。可见对照决定着子代测定中优良家系的入选数量, 也决定着评判选择育种改良效果的大小。若以获得水平 50 分(相当于总平均值)为准, 则 CK 大于 50 分的有 CK₅、CK₃, 接近 50 分的有 CK₄, 即 CK₅ 生产能力最高, CK₃ 次之, CK₄ 中等, CK₂ 与 CK₆ 处于中下, 但这两个 CK 较能代表未改良种的生产水平。上述后 3 者分别是 1973、1974 与 1976 年从美国引进的商品种子营建的母树林或引种林分的混合种, CK₁、CK₃ 均采自台山种子园的火炬松树群, 只是采种年份不同。CK₁ 中大部分个体酷似湿地松, 可能是生物混杂。故在海拔较高、试验年限较长的测定林中生长较差, 表现水平特别低。CK₃ 较纯, 表现较好, 它是 1993 年引种于广州原岭南大学的火炬松子代。CK₅ 是 1985 年广东省从美国国际林木种子子公司购进的商品种子。CK₇ 是种子园所产 26 个家系种子的混合, 该试验组是种子园早期开花无性系的种子, 可能因遗传偏倚而导致偏低。综上所述可知: 第一, 大部分对照的生长量都低于参试的自由授粉子代, 说明选择改良有效; 第二, 对照良莠不

一, 1973年(CK₄)特别是1985年(CK₅)种批优于1976年(CK₆)和1946年(CK₂)种批, 但即使这样, 后两者仍有选择价值, 因为从69个获水平50分以上的家系中, 属于1946年种批的家系占47.8%。

3.5 不同来源参测家系的优劣

对198个次家系, 以水平得50分以上, 测定地点或年份表现为位居前1/3的系, 按来源(指同一种批或同一采种地点)归并, 统计各来源较优家系的数量, 以了解各来源的优劣趋势, 结果如图1。从图1可见, 各来源参测家系大于50分的比例和位居前1/3的比例是不同的。当以大于50分的家系比例作评价时, 其优劣顺序是: P、W、Q、G、M、S、CK; 以位居前1/3家系比例评价优劣顺序则为: W、P、Q、G、M、S和

CK。因此, W、P两产地种群在种子园和轮回选择工作中值得多加注意, 而对来源于S产地的家系或亲本应作更严格的选择。H是源于4个产地, 故不能论及优劣。M与Q、G产地家系相似, 得50分的家系, 比较稳定地保持在居前1/3的位置。

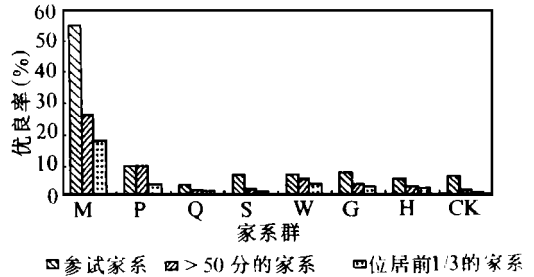


图1 不同来源家系优良率比较

4 结论与讨论

(1) 参测的149个家系在材积生长上有显著差异。这从4个地点9块试验林、5~8年生的试验材料的方差分析结果得到证实。由于有些参测家系在年度间有重复, 测点数又不相同, 初级种子园疏伐去劣又要求对亲本无性系的优劣有一科学的统一排队, 水平表现法被视为较好方法之一(Harcher, 1981)。得分大于50分是较优良的家系, 其亲本无性系有较大的一般配合力, 可在疏伐中予以保留。倘若考虑种子园第一次疏伐去劣强度不宜过大, 则可将疏伐线向下移至CK₂或CK₆以上, 即将得47.73或47.65分以下的无性系亲本伐除, 相应伐去51或58个无性系。

(2) 选出优良或较优良的家系28个, 占受测系的19.7%。其中9个经3个以上地点测定, 是较稳定的优良家系, 平均材积增益13.7%, 最大可达25.0%; 17个(9个与前1组重复)经2个以上地点测定, 其亲本可充当第一代改良(1.5代)种子园营建材料, 平均材积增益15.0%左右; 17个(有6个与第2组重复)仅经1~2次测定, 表现较突出, 可供中试或适应性试验, 经再选择后应用。诚然, 在建立第一代改良种子园时, 若亲本无性系数量不足时, 本组不包括在第2组中的无性系亲本, 亦可充作建园后备材料。

(3) 引种林分供选择改良的可能性。参加本研究测定的家系, 涉及我国自1933年与1946年引种种批的衍生后代以及1973、1976、1980年引种人工林优树子代, 采种点涉及鄂、皖、浙、闽、粤等5省(钟伟华, 1992a)。从研究结果看, 上述引种林分完全可供选择改良, 因为它们可能具有较广泛的遗传基础。美国在1950年前, 尚未建立火炬松种子园, 因此在1946年前引入我国的种批, 不是人工林的, 便是天然林的, 遗传上会不同于70年代后引入的诸种批; 同一种批, 分散在江南诸省栽植, 将起亚系化作用(Mckend, 1980), 还要经受各种人工的与自然的选择压力, 有可能造成生态遗传上的分化; 正如本研究揭示的那样, 不同来源家系, 在相同环境下表现良莠不一, 足以说明引进我国的各种批, 遗传上是有差别的, 存在选择改

良潜力。尽管种源、谱系不清, 尚能在育种上采取有效措施, 克服这些障碍, 完全能从大量的这些引种林分中育成适于我国栽培的火炬松良种, 或充当培育育种群体的遗传资源(钟伟华, 1992b)。

(4)对照与选择。一般主张有 30 个参测系的试验, 应连年采用同样的 2 个对照, 使各年度试验能在一个尺度上评价。本研究因受对照留种及贮藏条件限制, 先后使用 7 个对照, 其中较能代表 1946(CK₂)、1973(CK₁)和 1985(CK₅)年引种种批的对照, 均经 3~4 次测定, 所以它们的得分水平是真实的。当以这三者作标准选择时, 选出率(占总参测系百分率)分别为 62.0%、48.6%和 28.9%。作者曾证明总平均是水平较高的对照(钟伟华, 1994)。因此, 本研究使用的 CK 中, 以 CK₅ 最优, CK₃、CK₄ 次之, CK₂ 与 CK₆ 再次之, CK₁ 与 CK₇ 最差。CK₄ 所代表的林分是 1973 年引进种批, 值得重视。CK₃ 所代表的是 1933 年引进种林分后代, 引种数量偏少, 只能作育种资源对待。CK₂ 所代表的是 1946 年引种资源, 分散在江南若干个省份, 其中马鞍山林场保存的个体多, 可以看作大群体, 具有选种价值, 因从本研究所选的大于最优对照(CK₅)的优系中, 就有 50%左右的系属该种批的后代。

参 考 文 献

北京林学院主编. 1980 数理统计. 北京: 中国林业出版社, 175~186

钟伟华. 1992a. 湿地松、火炬松. 见: 沈熙环主编. 种子园技术. 北京: 北京科学技术出版社, 50~55

钟伟华. 1992b. 发展高世代育种需要解决的问题. 见: 游应天主编. 林木良种繁育策略. 成都: 四川科学技术出版社, 21~26

钟伟华, 何昭珩, 周 达. 1994. 火炬松自由授粉子代测定研究. 林业科学研究, 7(3): 277~285

Harcher A V. 1981. The use of progeny test data for evaluation of specific crosses and clones. In: Anon, ed. Tree improvement short course No. 30. Raleigh (N. C.); N C S U Press, 184~187

McKend S E, Beineke W F. 1980. Sublining for half-sib breeding populations of forest trees. *Silvae Genet.* (29): 14~17

GROWTH PERFORMANCE OF 149 OPEN—POLLINATED FAMILIES OF LOBLOLLY PINE

Zhong Weihua Zhou Da He Zhaoheg Chen Bingquan Shi Bin Huang Shaowei
(Forestry Faculty, South China Agric. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

This paper summarized the result of 6 testing years involving 149 open—pollinated families aged 5~8 years old of loblolly pine progeny test. It pointed out that there was significant differences among families. Forty—six percent of the families scored higher than 50 points according to the performance level analysis. The average gain of volume was 11.13 percent. The superior families were divided into 4 groups based on the objectives of selection, utilization and the duration of the testing time. The result also showed that the superior ratio differed with different sources of the family population. The selected families were superior to each of the CK. Which strongly proved the effectiveness of the selection improvement.

Key words loblolly pine (*Pinus taeda* L.); open—pollinated family; progeny test; genetic gain; performance level analysis