

# 火炬松半双列子代生长性状的配合力分析\*

刘纯鑫<sup>1</sup> 刘天颐<sup>1</sup> 曾永胜<sup>2</sup> 黄少伟<sup>1</sup>

(1. 华南农业大学林学院 广州 510642; 2. 英德市火炬松种子园)

**摘要** 对火炬松 13 年生 6×6 半双列子代进行测定,结果表明:组合间的树高、胸径、材积上的差异极显著,一般配合力效应亦然;树高生长主要受加性方差控制,而胸径和材积主要受显性方差控制;树高、胸径、材积的单株遗传力(广义和狭义)分别为介于 0.35~0.45 和 0.09~0.27,家系遗传力分别为 0.68~0.76 和 0.38~0.62;选出 2 个优良亲本和 3 个优良组合;利用优良亲本建立几个无性系的控制授粉种子园或单系种子园,是行之有效的良繁手段;而优良组合中的优良单株是入选高世代育种群体的理想材料。

**关键词** 火炬松 半双列子代 配合力

中图分类号: S791.24 文献标识码: A 文章编号: 1006-4427(2008)03-0021-06

## Combining Ability Analysis for Growth Characters of Half-Diallel Progeny in Loblolly Pine (*Pinus taeda* Linn.)

Liu Chunxin<sup>1</sup> Liu Tianyi<sup>1</sup> Zeng Yongsheng<sup>2</sup> Huang Shaowei<sup>1</sup>

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642;

2. Yingde Loblolly Pine Seed Orchard)

**Abstract** This paper studied the growth characters of 6×6 half-diallel progeny of *Pinus taeda* at the age of 13 years. The results indicated that there were extremely significant differences among the combinations for height, DBH and volume, and so did the effect of general combining ability (GCA). Height was controlled mainly by additive variance but DBH and volume were controlled mainly by dominance variance. The individual tree heritabilities (broad-sense and narrow-sense) of height, DBH and volume were between 0.35 to 0.45 and 0.09 to 0.27 respectively, and family heritabilities were between 0.68 to 0.76 and 0.38 to 0.62 respectively. Two outstanding parents and 3 outstanding combinations were selected. The outstanding parents can be used to establish the control-pollinated production orchard or the single female seed orchard. The outstanding individual of the outstanding combinations can be selected for the advanced breeding population.

**Key words** loblolly pine, half-diallel progeny, combining ability

火炬松(*Pinus taeda* Linn.)原产美国,引进我国已有 80 多年的历史,成为我国亚热带低山丘陵地区的重要速生丰产林树种。为开展火炬松多世代轮回选择,促进育种群体逐步积累期望的有益基因,就必须根据树种本身的特性、育种水平,认真开展周全的交配设计,以求双亲子代能提供更多的遗传信息、更丰富的遗传育种资源,更有利于多世代轮回选择,从而取得更大的经济效益。本文根据 13 年生火炬松 6 亲本半双列子代材料的生长性状展开研究,以探求其生长性状的遗传变异规律,为下一个世代育种提供优良亲本。

\* 基金项目:广东省科技计划项目“火炬松优良品系选育与利用”(2003C201015)和“火炬松杂交育种及杂种早期选择与快繁技术”(C20303)。

通讯作者:黄少伟,教授,博士生导师。E-mail:shwhuang@scau.edu.cn. 参加本研究的还有祝秀丽同学,特此致谢。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与田间设计

以广东省英德火炬松种子园的6个无性系,按 Griffing<sup>[1]</sup>不含自交的半双列交配设计(方法4)产生15个组合,亲本及杂交组合列在表1。

表1 6×6半双列交配亲本及杂交组合

母本(♀)	父本(♂)					
	83-42	83-6	82-72	82-62	83-56	N7
83-42		1	2	3	4	5
83-6			6	7	8	9
82-72				10	11	12
82-62					13	14
83-56						15
N7						

注:表中1~15为组合代号。

1988年3月进行控制授粉,1989年10月采收15个组合种子,1990年用塑料容器培育1年生苗,次年1月营建测定林。另以分别代表种子园(CK<sub>1</sub>)和母树林(CK<sub>2</sub>)的生产种作为对照。

试验林的田间设计,采用随机完全区组设计,4次重复,4株不连续小区。

### 1.2 试验地概况

子代试验林设在广东省英德市火炬松种子园试验区,地处24°15'N、110°15'E,年均温20.7℃,绝对最高温39℃,最低温-3.6℃,年积温6000℃,地势平坦,坡度小于3°,土壤为由砂页岩发育而成的赤红壤,pH值5左右,土层深1m以上。年降水量1918mm,属亚热带北缘区,气候温和,雨量充沛,适于火炬松生长。

### 1.3 研究性状的观测与统计分析

2003年12月对试验林进行每木树高( $H$ )、胸径( $D$ )的测量,并计算单株材积( $V$ ): $V = 0.375HD^2/10000$ 。

以单株数据为基础,采用SAS软件的GLM过程<sup>[2]</sup>作方差分析。参照Griffing等<sup>[1,3-6]</sup>介绍的方法以小区平均值作配合力方差分析和估算各项配合力值、方差分量和遗传力等。组合与对照的生长性状差异显著性检验用LSD法。

## 2 结果与分析

### 2.1 组合的差异性分析

对13年生组合的树高、胸径和材积作方差分析,结果列入表2。由表2可见,区组间除了树高差异极显著外,其他性状差异均不显著;各性状区组与家系的交互作用均不显著;而组合间差异极显著,表明组合间在生长性状上存在着一定的遗传差异和选择潜力。

对组合间进行配合力方差分析,结果列入表3。由表3可见,亲本间一般配合力(GCA)均存在极显著差异;而特殊配合力(SCA),树高差异不显著,胸径、材积差异极显著。因而进行亲本间的选择是有效的。

表2 13年生组合间各生长性状方差分析结果

变异来源	自由度	树高		胸径		材积	
		均方	F值	均方	F值	均方	F值
组合间	14	10.323	3.40**	37.781	3.07**	$1.506 \times 10^{-2}$	3.79**
区组间	3	12.995	4.28**	22.754	1.85	$6.739 \times 10^{-3}$	1.70
区组×组合	39	2.746	0.90	9.747	0.79	$3.060 \times 10^{-3}$	0.77
机误	122	3.039		12.315		$3.969 \times 10^{-3}$	

表3 组合间配合力方差分析结果

变异来源	自由度	树高		胸径		材积	
		均方	F值	均方	F值	均方	F值
GCA	5	5.902	4.75**	15.323	4.19**	$5.957 \times 10^{-3}$	5.27**
SCA	9	1.846	1.49	10.898	2.98**	$3.630 \times 10^{-3}$	3.21**
机误	39	1.243		3.657		$1.131 \times 10^{-3}$	

## 2.2 配合力的分析

2.2.1 一般配合力效应分析 各性状的一般配合力测定结果见表4。由表4可知,与组合平均(0)比较,树高、胸径和材积的一般配合力均具有正向效应的有N7和83-56两个亲本;另外,除82-72亲本树高和83-42亲本材积也具有正向效应,其余均具有负向效应。其中,树高性状N7、83-6达到极显著水平,82-62达到显著水平;胸径性状83-56、83-6达到极显著水平,N7达到显著水平;材积性状83-56、N7和83-6达到极显著水平,82-62达到显著水平。综合3个生长性状,83-56和N7亲本的一般配合力最大,由此两个亲本所产生的杂交组合(15号组合)具有较高的增产效果。根据育种理论<sup>[6-7]</sup>,一般配合力高的亲本,与多个亲本交配后代都有较好的预期表现,可利用其自由授粉子代或用于与一系列亲本杂交。

表4 生长性状的一般配合力效应值

秩次	树高		胸径		材积	
	亲本	效应值	亲本	效应值	亲本	效应值
1	N7	0.859**	83-56	1.350**	83-56	0.0242**
2	83-56	0.458	N7	0.949*	N7	0.0222**
3	82-72	0.174	83-42	-0.003	83-42	0.0004
4	83-42	-0.109	82-72	-0.274	82-72	-0.0053
5	82-62	-0.674*	82-62	-0.663	82-62	-0.0187*
6	83-6	-0.708**	83-6	-1.360**	83-6	-0.0228**

注:\*,\*\*分别表示其绝对值在5%,1%水准上大于0。

2.2.2 特殊配合力效应分析 因篇幅的关系,并考虑材积与胸径(树高特殊配合力差异不显著)有较密切相关,只对材积的特殊配合力进行分析,结果见表5。与组合平均(0)比较,材积特殊配合力具有正向效应的组合有8个,负向效应的组合有7个;其中,15、2、7和8号4个组合的特殊配合力显著高于组合平均值;而1和11号2个组合极显著低于组合平均值,13号组合显著低于组合平均值。

表5 材积特殊配合力效应值

秩次	组合号	效应值	秩次	组合号	效应值	秩次	组合号	效应值
1	15	0.0354*	6	12	0.0105	11	14	-0.0143
2	2	0.0324*	7	10	0.0078	12	9	-0.0202
3	7	0.0300*	8	3	0.0048	13	13	-0.0284*
4	8	0.0299*	9	6	-0.0025	14	1	-0.0372**
5	4	0.0113	10	5	-0.0114	15	11	-0.0482**

## 2.3 遗传方差与遗传分析

从表6可见,在13年生火炬松半双列子代中,树高生长性状的遗传变异主要受加性效应所控制,加性方差组分为77.1%;而胸径和材积性状主要受显性效应所控制,显性方差组分分别为76.6%和68.2%。

另外,各性状无论是广义遗传力还是狭义遗传力,都是家系遗传力( $h_N^2$ )明显大于单株遗传力( $h_B^2$ )。树高、胸径和材积3个性状的广义遗传力,单株遗传力介于0.35~0.45,家系遗传力为0.68~0.76;而狭义遗传力,单株为0.09~0.27,家系为0.38~0.62。

表6 生长性状方差分量及遗传力估值

项目	树高	胸径	材积
环境方差	1.243	3.657	$1.131 \times 10^{-3}$
遗传方差	0.658	2.363	$9.157 \times 10^{-4}$
表型方差	1.901	6.020	$2.047 \times 10^{-3}$
加性方差	0.507	0.553	$2.909 \times 10^{-4}$
显性方差	0.151	1.810	$6.248 \times 10^{-4}$
加性方差组分(%)	77.1	23.4	31.8
显性方差组分(%)	22.9	76.6	68.2
单株广义遗传力	0.35	0.39	0.45
家系广义遗传力	0.68	0.72	0.76
单株狭义遗传力	0.27	0.09	0.14
家系狭义遗传力	0.62	0.38	0.51

## 2.4 优良亲本及组合的选择

2.4.1 优良亲本的选择 综合比较各个亲本的一般配合力和特殊配合力的方差效应大小,能更深刻和更全面地了解亲本的育种价值,明确选择方向。从一般配合力分析结果看,83-56和N7亲本具有较高的一般配合力,是两个较好的亲本,从各亲本两种配合力方差效应比较结果(表7)可见,N7亲本的特殊配合力方差( $S_{st}^2$ )较小,表明N7亲本能较稳定地将生长性状传递给后代,是较为理想的高世代建园材料;而83-56亲本的特殊配合力方差均最大,说明在与83-56亲本配偶的组间间优劣差异很大,可能存在特优组合,同时也有低劣组合,是产生特殊速生组合的优良材料。

表7 各亲本一般配合力、特殊配合力方差效应比较

亲本	树高		胸径		材积	
	一般配合力方差	特殊配合力方差	一般配合力方差	特殊配合力方差	一般配合力方差	特殊配合力方差
83-42	-0.247⑥	-0.555③	-0.797⑥	-0.010③	$-2.351 \times 10^{-4}$ ⑥	$-1.694 \times 10^{-4}$ ④
83-6	0.242②	-0.559④	1.053①	0.441②	$2.856 \times 10^{-4}$ ②	$4.912 \times 10^{-5}$ ②
82-72	-0.228⑤	-0.326②	-0.721⑤	-0.389④	$-2.068 \times 10^{-4}$ ⑤	$4.085 \times 10^{-5}$ ③
82-62	0.195③	-0.770⑥	-0.357④	-1.220⑤	$1.144 \times 10^{-4}$ ④	$-3.498 \times 10^{-4}$ ⑥
83-56	-0.049④	-0.188①	1.027②	0.840①	$3.526 \times 10^{-4}$ ①	$5.038 \times 10^{-4}$ ①
N7	0.479①	-0.660⑤	0.105③	-1.826⑥	$2.572 \times 10^{-4}$ ③	$-3.218 \times 10^{-4}$ ⑤

注:①~⑥表示秩次

2.4.2 优良组合的选择 从组间间生长性状均值的最小差异显著性检验结果(表8)可以看出:(1)胸径与材积大于CK<sub>1</sub>的组合有10个,占组合数的66.7%,其中,组合15、8和4号胸径与材积均显著大于CK<sub>1</sub>;除组合1号胸径小于CK<sub>2</sub>外,全部组合都大于CK<sub>2</sub>,其中,显著大于CK<sub>2</sub>的胸径和材积分别有6和7个组合。(2)树高大于CK<sub>1</sub>的组合有7个,占组合数的46.7%,其中,组合15号显著大于CK<sub>1</sub>,全部15个组合都显著大于CK<sub>2</sub>。(3)因材积更能代表树木生长量,以材积作为选择的主要指标,则可以认为15、8和4号为优良组合。其材积平均值大于组合平均25.4%~64.4%,大于CK<sub>1</sub>60.9%~110.5%,大于CK<sub>2</sub>180.0%~266.3%。可见,通过选择优良亲本杂交,可以提高群体的生产力。

表8 组合间生长性状均值差异显著性检验

树高			胸径			材积		
组合号	均值(m)	检验结果	组合号	均值(cm)	检验结果	组合号	均值(m <sup>3</sup> )	检验结果
15	13.27	a	15	19.26	a	15	0.1945	a
12	11.83	ab	8	18.17	ab	8	0.1591	ab
8	11.66	bc	4	18.04	abc	4	0.1487	abc
5	11.65	bcd	12	17.08	abcd	12	0.1415	bcd
4	11.42	bed	2	16.42	abcde	5	0.1239	bcde
2	11.25	bed	5	16.04	bcde	2	0.1220	bcde
14	11.17	bed	3	15.48	bcdef	14	0.1058	cdef
CK <sub>1</sub>	10.86	bed	7	15.43	bcdef	7	0.1038	cdefg
9	10.79	bed	10	15.28	cdef	10	0.0995	cdefg
10	10.74	bed	14	15.16	cdef	3	0.0992	cdefg
11	10.36	cd	CK <sub>1</sub>	14.71	def	CK <sub>1</sub>	0.0924	defg
6	10.31	cd	11	14.70	def	9	0.0918	defg
13	10.27	cd	9	14.58	def	11	0.0907	defg
7	10.24	cd	13	14.57	def	13	0.0876	efg
3	10.19	cd	6	13.70	ef	6	0.0775	efg
1	10.19	d	CK <sub>2</sub>	12.62	f	1	0.0645	fg
CK <sub>2</sub>	8.72	e	1	12.60	f	CK <sub>2</sub>	0.0531	g

注:树高  $LSD_{0.05} = 1.4636$ , 胸径  $LSD_{0.05} = 2.8761$ , 材积  $LSD_{0.05} = 0.0512$

### 3 结论与讨论

3.1 火炬松 6×6 半双列杂交子代 13 年生组合间在树高、胸径和材积上的差异极显著,一般配合力效应亦然,特殊配合力效应除树高差异不显著外,胸径和材积的差异均极显著。

3.2 火炬松 6×6 半双列杂交子代 13 年生方差分量表明,火炬松 13 年生树高性状主要受加性方差控制,而胸径和材积性状主要受显性方差控制。

3.3 树高、胸径和材积性状家系遗传力明显大于单株遗传力。树高、胸径和材积的广义遗传力,单株遗传力介于 0.35~0.45,家系遗传力为 0.68~0.76;而狭义遗传力,单株为 0.09~0.27,家系为 0.38~0.62。遗传力估算结果与黄少伟<sup>[8-10]</sup>、钟伟华<sup>[11-13]</sup>、姜景民<sup>[14]</sup>、孙小霞<sup>[15]</sup>和阮少宁<sup>[16]</sup>等对火炬松的遗传力估算结果相近。

3.4 从一般和特殊配合力及其方差效应看,83-56 和 N7 是优良亲本,83-56 亲本的特殊配合力方差效应较大,故其传递性状的整齐性较差,但可产生特殊配合力最高的子代组合,是培育强杂交组合的亲本。以材积作为选择的主要指标,选出 83-56×N7、83-6×83-56 和 83-42×83-56 等 3 个优良组合,其大于组合平均值为 25.4%~64.4%。作为速生丰产用材树种,在火炬松良种繁育中,利用优良亲本建立几个无性系的控制授粉种子园或单系种子园,充分利用基因的显性效应,重复制种产生批量优势杂交种子用于造林,是行之有效的良繁手段。对优良组合,可从中选择优良单株作为高世代育种材料,包括入选下一代育种群体即进入育种园和入选下一代种子园。

### 参考文献

- [1] Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system[J]. Australia Journal of Biology Science, 1956, 9: 463-493.
- [2] 黄少伟,谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析[M]. 广州:华南理工大学出版社, 2001: 257-265.

- [3] 马育华. 植物育种的量遗传学基础[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1982:268-276.
- [4] Cotterill P P, Dean C A, Gvan Wyk. Additive and dominance genetic effects in *Pinus pinaster*, *P. radiata* and *P. elliottii* and some implications for breeding strategy[J]. *Silvae Genetica*,1987,36(5-6):221-232.
- [5] 王明麻. 林木育种学概论[M]. 北京:中国林业出版社,1989:228-243.
- [6] 沈熙环. 林木育种学[M]. 北京:中国林业出版社,1990:135-152.
- [7] 陈晓阳,沈熙环. 林木育种学[M]. 北京:高等教育出版社,2005:15-22.
- [8] 黄少伟,钟伟华,陈炳铨. 火炬松半同胞子代配合选择的遗传增益估算[J]. 林业科学,2006,24(4):33-37.
- [9] 黄少伟,钟伟华. 用小区平均值估算单株遗传力的方法[J]. 华南农业大学学报,1998,19(1):76-81.
- [10] 黄少伟,钟伟华,黄凯,等. 火炬松自由授粉子代多地点试验[J]. 林业科学研究,2001,14(5):509-514.
- [11] 钟伟华,石斌,何昭珩,等. 美国火炬松优良家系引种试验研究[J]. 广东林业科技,1997,13(2):1-6.
- [12] 钟伟华,石斌,陈炳铨,等. 津巴布韦火炬松遗传资源林的评价与选择[J]. 林业科学研究,2001,14(1):67-72.
- [13] 钟伟华,石斌,周达,等. 火炬松遗传资源林的生长表现[J]. 华南农业大学学报,2001,22(1):13-17.
- [14] 姜景民,孙海菁,刘昭息,等. 火炬松纸浆材优良家系多性状选择[J]. 林业科学研究,1996,9(5):455-460.
- [15] 孙小霞,梁一池,阮少宁,等. 火炬松引种家系的遗传变异及速生稳定性综合评价[J]. 华南农业大学学报,2004,25(1):33-36.
- [16] 阮少宁,孙小霞,梁一池. 火炬松速生家系的选择[J]. 广西林业科学,2003,32(4):184-187.