

文章编号: 1001-1498(2000) 02-0203-06

## 桉属树种/种源试验\*

梁 坤 南

(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东广州 510520)

关键词: 桉属树种/种源; 尾叶桉; 选择

中图分类号: S722.7 文献标识码: A

广东省江门地区为调整人工林树种结构, 提高人工林的产量和质量, 发展以阔叶树种为主的人工林。现桉树(*Eucalyptus* spp.) 已成为该市营造短轮伐期工业用材林的主要树种<sup>[1]</sup>。本试验的目的在于通过从澳大利亚引进桉属树种, 进行桉属树种/种源试验, 为江门市选出更适合当地生长的优良桉树树种和优良种源, 促进该地区桉树人工林的发展。

### 1 试验地概况

试验地位于广东省开平市镇海林场, 22°25' ~ 22°40' N, 112°15' ~ 112°45' E。属南亚热带气候, 年平均温度 22.1℃, 极端最高温度 38.3℃, 极端最低温度 1℃, 年平均降水量 1 822 mm, 多分布在 3~9 月份, 冬季水量较少。年平均湿度 80%, 有霜期 3 d。

试验地的前作为马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) 疏林。土壤属赤红壤, 有机质含量为 1.63%, 全 N 含量为 0.051%, 缓效 K、速效 K、速效 N 和速效 P 分别为 44.21、13.41、71.27、0.32 mg·kg<sup>-1</sup>, 土壤严重缺 P, 少 K, N 和有机质中下。土壤酸性, pH 值为 4.6。

### 2 试验材料和方法

#### 2.1 试验材料

参试树种 8 个, 共 21 个种源。除对照的窿缘桉外, 其余树种和种源均来自澳大利亚联邦科学与工业组织林业研究所种子中心, 其中尾叶桉种源 5 个, 包括韦塔种源<sup>[2]</sup>。参试的树种/种源除个别为新引进的种源外, 其余均为在其它点试验过的树种内生长最好的种源。树种/种源产地概况见表 1。

#### 2.2 试验方法

试验地为低山丘陵, 坡度 5~15°, 采用撩壕整地, 壕宽 40 cm, 深 35 cm, 壕间距 3 m。1992 年 3 月种植, 株距 2 m。造林时每穴施磷肥 150 g, 复合肥 50 g 作基肥。试验采用平衡不完全区组设计, 21 个处理(种源), 5 次重复, 21 个区组, 5 个小区/区组, 16(4×4) 株小区。定植后 3 个月调查成活率, 此后, 每年调查树高、胸径等指标。

收稿日期: 1998-11-16

基金项目: “八五”攻关专题“桉树纸浆材新品种选育”(85-18-01-06) 的内容之一

作者简介: 梁坤南(1962-), 男, 广西北流人, 副研究员。

\* 试验得到广东省开平市林业局和开平市镇海林场的大力支持, 部分参试种源由专题主持单位——桉树研究开发中心提供, 在此一并致谢。

百分率数据经反正弦转换后用 GENSTAT5<sup>[3]</sup> 软件进行成活率、保存率和生长指标的方差分析和邓肯多重比较等。用以下公式<sup>[4]</sup> 计算单株材积:

$$V = D_{1.3}^2 \cdot H / 3 \quad (1)$$

用以下公式进行树种/种源生长性状和保存率的综合评价,以  $P_i$  值小为优,评选优良树种/种源<sup>[5]</sup>。

$$P_i = \frac{1}{\sum_j K_j (1 - \frac{a_{ij}}{a_{0j}})^2} \quad (2)$$

式中  $P_i$  为第  $i$  个树种/种源的综合评定值;  $K_j$  为  $j$  个性状的权重系数;  $a_{ij}$  为第  $i$  个树种/种源第  $j$  个指标数据,  $a_{0j}$  为第  $j$  个指标最优的树种/种源数据。

以各性状的遗传相关矩阵,用 Jacobi 法进行矩阵的线性正交变换,求出特征根和特征向量,根据各性状在主成分中对综合指标的贡献,确定性状权重系数。

表 1 树种/种源产地概况

试验号	种批号	树 种	学 名	产 地	母树 / 株	纬度 / (°)S	经度 / (°)E	海拔 / m
1	13408	布拉斯桉	<i>E. brassiana</i> S. T. Blake	20.6 K N MUSGRAVE STN	QLD	10 14 37	143 26	270
2	13409	布拉斯桉		11.5 K NE COE	QLD	5 13 54	143 14	485
3	13415	布拉斯桉		8.8 K NE BAMAGA	QLD	10 10 56	142 27	50
4	16720	赤 桉	<i>E. camaldulensis</i> Dehnh	PETFORD AREA	QLD	101 17 24	145 02	590
5	17635	赤 桉		KATHERINE RIVER	NT	11 14 25	132 18	120
6	18276	赤 桉		LAURA RIVER	QLD	25 15 39	144 31	100
7	14422	昆士兰桉	<i>E. cloez eana</i> F. M uell	12 KM SSW CARDWELL	QLD	25 18 22	146 01	30
8	16010	斑皮桉	<i>E. maculata</i> Hook	59.4 KM NNW CHINCHILLA	QLD	5 26 16	150 33	380
9	16360	斑皮桉		SW OF WARWICK	QLD	20 28 23	151 42	750
10	14915	粗皮桉	<i>E. pellita</i> F. Muell	S OF CAEDWELL	N QLD	10 18 26	146 08	15
11	17854	粗皮桉		BUPUL-MUTING	IND	17 7 21	140 36	40
12	18149	粗皮桉		10-25K SE CARDWELL	QLD	27 18 21	146 04	15
13	18197	粗皮桉		S OF KIRIWO WP	PNG	41 8 25	141 30	45
14	15825	细叶桉	<i>E. tereticornis</i> Smith	LAURA R CROSSING PDR	QLD	13 15 44	144 41	140
15	17864	细叶桉		NORTH KENNEDY R	QLD	5 15 17	144 00	70
16	15982	尾叶桉	<i>E. urophylla</i> S. T. Blake	MT WUKO FLORES IS.	IND	14 8 33	122 35	800
17	17565	尾叶桉		LEWOTOBI	IND	49 8 32	122 48	375
18	17567	尾叶桉		MT. EGON FLORES	IND	82 8 38	122 27	450
19	17836	尾叶桉		SW OF UHAR NE WETAR	IND	20 7 39	126 29	350
20	17564	尾叶桉		MANDIRI FLORES	IND	10 8 15	122 58	410
21	CK	窿缘桉	<i>E. exserta</i> F. Muell	JIANFENG	HAINAN	- 18 45 N	109 10	80

## 3 结果与分析

### 3.1 树种/种源适应性

植后 3 个月的成活率方差分析(表 2)表明,树种/种源间的差异显著。Petford 种源的赤桉、巴布亚新几内亚种源的粗皮桉、Mt. wuko 种源的尾叶桉和对照的窿缘桉保持 100% 的成活率。除昆士兰桉成活率 81.3% 外,其余种源的成活率都在 92% 以上。昆士兰桉 14422 种源

的成活率低的原因是播床苗易得猝倒病, 出苗率低; 苗期生长又慢, 苗木比其它种源小, 根系发育不全, 植后不能很快适应立地的环境。

表 2 树种/ 种源的成活率和 4.5 年生的保存率方差分析

变异来源	自由度	成 活 率			保 存 率			$F_{\alpha}$
		离差平方和	均方	均方比	离差平方和	均方	均方比	
区 组	20	2 390.20	119.51	1.81*	2 131.61	106.58	1.28	$F_{0.05}(20, 64) = 1.74$
树种/ 种源	20	2 863.05	143.15	2.17*	8 096.71	404.84	4.85**	
误 差	64	4 229.04	66.08		5 341.56	83.46		$F_{0.01}(20, 64) = 2.18$
总 计	104	9 482.29			15 569.88			

4.5 年生的保存率的方差分析(表 2)表明, 种源间的差异极显著。主要表现在昆士兰桉保存率低, 仅 48.33%, 与其余种源差异显著至极显著。原因为造林后 5 个月连续 4 次台风对昆士兰桉的影响最大, 风倒小树, 没能及时扶正培土, 造成死亡的较多。8 个月生时调查的保存率为 51.3%, 与 4.5 年生时的保存率变化不大, 说明只要造林当年台风后抚育及时, 其保存率是会大有提高的。21 个树种/ 种源中保存率最高的为 15 号细叶桉 Kennedy 河种源, 达 97.14%, 有 14 个树种/ 种源与其差异不显著(表 3)。5 个尾叶桉种源中, 种批号为 17567(Mt. Egon 种源)的保存率最高, 为 93.57%, 而种批号 17565(Lewotobi 种源)的保存率最低, 仅为 72.44%, 两者间差异极显著。4 个种源间的粗皮桉保存率差异不显著。

### 3.2 树种/ 种源的生长分析

4.5 年生的树高、胸径和单株材积经方差分析结果表明, 树种/ 种源间和区组间的差异均极显著(表 4)。

表 3 树种/ 种源 4.5 年生的保存率的邓肯多重比较

试验号	树种	保存率/ %	0.05	0.01
15	细叶桉	97.14	a	a
6	赤 桉	95.06	a	ab
18	尾叶桉	93.57	a	ab
12	粗皮桉	93.27	a	ab
20	尾叶桉	92.68	a	ab
5	赤 桉	91.79	ab	ab
11	粗皮桉	90.89	ab	ab
10, 19	粗皮桉, 尾叶桉	90.6	ab	ab
4, 16	赤桉, 尾叶桉	90.3	ab	abc
21	窿缘桉	89.11	ab	abcd
14	细叶桉	88.51	ab	abcd
1, 13	布拉斯桉, 粗皮桉	85.54	abc	abcd
3	布拉斯桉	78.39	bcd	bcde
2	布拉斯桉	73.04	cde	cde
8	斑皮桉	72.74	cde	de
17	尾叶桉	72.44	de	de
9	斑皮桉	61.43	e	ef
7	昆士兰桉	48.33	f	f

注: 具相同字母的, 则表示它们间差异不显著, 下同。

表 4 树种/ 种源的树高、胸径和单株材积的方差分析

项目	变异来源	自由度	离差平方和	均方	均方比	$F_{\alpha}$
树高	区 组	20	1 367.507	68.375	18.97**	$F_{0.01}(20, 1374) = 1.88$
	树种/ 种源	20	3 408.957	170.448	47.29**	
	误 差	1 374(265)	4 952.715	3.605		
胸径	区 组	20	1 573.33	78.666	18.00**	$F_{0.01}(20, 1374) = 1.88$
	树种/ 种源	20	5 535.197	276.76	63.32**	
	误 差	1 374(265)	6 005.678	4.371		
材积	区 组	20	0.139 212 5	0.006 960 6	19.72**	$F_{0.01}(20, 1374) = 1.88$
	树种/ 种源	20	0.406 109 4	0.020 305 5	57.52**	
	误 差	1 374(265)	0.485 042 0	0.000 353 0		

树高生长最好的为17号尾叶桉 *Lewotobi* 种源(17565), 平均树高为13.64 m, 年平均生长量为3.03 m; 其次为20号的尾叶桉 *Mandiri* 种源, 平均树高为13.44 m, 年平均生长量为2.99 m; 而生长最差的为2号布拉斯桉种源(16363), 仅为8.38 m, 最好的是最差的1.63倍, 是对照(21号窿缘桉9.03 m)的1.5倍(表5)。5个尾叶桉种源间和4个粗皮桉种源间的高生长差异均不显著。尾叶桉的5个种源的4.5年生平均树高为12.73 m, 表现最好, 粗皮桉的4个种源次之, 为11.46 m。值得注意的是昆士兰桉的 *Cardweel* 种源27个月生树高在8个树种中的排列为倒数第二, 现已排列第四, 说明该种源后期生长快, 如在育苗和造林措施方面下功夫, 确保较高的保存率是很有发展潜力的<sup>[6]</sup>。

胸径生长最好的为20号尾叶桉 *Mandiri* 种源(17564), 平均胸径为11.45 cm, 年生长量为2.54 cm; 其次为17号的尾叶桉 *Lewotobi* 种源, 平均胸径为11.28 cm, 年生长量为2.51 cm。2号的布拉斯桉种源(5.34 cm) 仍然最差, 为最好种源的46.64%(表5)。尾叶桉和粗皮桉的种源间胸径生长差异不显著, 平均胸径都大于试验林的平均胸径(7.78 cm), 是对照窿缘桉(4.66 cm)的1.39~1.87倍。

材积生长仍然以20号的尾叶桉 *Mandiri* 种源最好, 4.5年生平均单株材积为0.0656 m<sup>3</sup>, 其次是17号的尾叶桉 *Lewotobi* 种源(0.0636 m<sup>3</sup>); 生长最差的为3号的布拉斯桉种源(0.0091 m<sup>3</sup>), 生长最好的种源是最差的7.21倍。5个尾叶桉种源间材积生长差异明显, 16号 *Mt. Wuko* 种源和19号 *Wetar* 种源略差, 与20号 *Mandiri* 种源存在显著差异; 而4个粗皮桉种源间差异不显著。5个尾叶桉种源的单株材积平均为0.0512 m<sup>3</sup>, 4个粗皮桉种源平均为0.0373 m<sup>3</sup>。

表5 21个种源4.5年生树高、胸径和单株材积生长的邓肯多重比较

试验号	树种	树高/m	0.05	0.01	试验号	胸径/cm	0.05	0.01	试验号	材积/m <sup>3</sup>	0.05	0.01
17	尾叶桉	13.64	a	a	20	11.45	a	a	20	0.0656	a	a
20	尾叶桉	13.44	a	a	17	11.28	a	a	17	0.0636	ab	ab
18	尾叶桉	12.65	ab	ab	18	10.49	ab	ab	18	0.0506	abc	abc
19	尾叶桉	12.55	ab	ab	13	9.72	abc	abc	13	0.0435	abcd	abcd
13	粗皮桉	12.15	abc	abc	11	9.48	abcd	abcd	11	0.0404	abcde	abcd
11	粗皮桉	12.00	abcd	abcd	12	9.34	abcd	abcde	16	0.0380	bcdef	abcd
12	粗皮桉	11.36	abcde	abcd	16	9.25	abcd	abcde	19	0.0380	bcdef	abcd
16	尾叶桉	11.35	abcde	abcd	19	9.12	abcde	abcde	12	0.0368	cdefg	abcd
14	细叶桉	10.92	abcdef	abcd	10	8.48	abcdef	abcde	7	0.0301	cdefg	bcd
6	赤桉	10.89	abcdef	abcd	7	8.19	bcdefg	abcde	10	0.0283	cdefg	cd
15	细叶桉	10.87	abcdef	abcd	15	6.93	cdefg	bcde	14	0.0199	defg	cd
7	昆士兰桉	10.36	bcdef	abcd	14	6.62	defg	bcde	6	0.0193	defg	cd
10	粗皮桉	10.31	bcdef	abcd	6	6.54	defg	bcde	15	0.0185	defg	cd
4	赤桉	10.06	bcdef	abcd	21	6.11	efg	cde	8	0.0156	efg	cd
1	布拉斯桉	9.69	cdef	bcd	9	6.11	efg	cde	9	0.0146	efg	d
8	斑皮桉	9.28	def	bcd	8	6.01	fg	cde	5	0.0138	efg	d
5	赤桉	9.08	ef	bcd	1	5.98	fg	cde	1	0.0136	efg	d
21	窿缘桉	9.03	ef	bcd	5	5.92	fg	cde	4	0.0131	efg	d
9	斑皮桉	8.70	ef	cd	4	5.57	fg	de	21	0.0109	fg	d
3	布拉斯桉	8.66	ef	cd	3	5.38	fg	e	2	0.0097	fg	d
2	布拉斯桉	8.38	f	d	2	5.34	g	e	3	0.0091	g	d

### 3.3 树种/ 种源综合评价

以树种/ 种源的小区生长性状的平均值、小区保存率建立性状的遗传相关矩阵, 经正交变换求出特征根和特征向量, 选择第一、第二主成分(累积贡献率 98.73%), 则求出各性状对综合指标的贡献大小(权重系数)为:

$$K_j(\text{权重系数}) = (\text{树高} \quad \text{胸径} \quad \text{单株材积} \quad \text{保存率}) = (0.180 \quad 0.264 \quad 0.267 \quad 0.289)$$

根据公式(2)计算出树种/ 种源的综合评定值(表 6)。树种/ 种源的综合评定  $P_i$  的平均值为 0.570 377, 标准差为 0.010 696。参试树种/ 种源中的  $P_i$  值小于均值加 2 个标准差值的包括了参试的 5 个尾叶桉种源和除 10 号粗皮桉种源外的其它 3 个粗皮桉种源, 为速生的优良种源, 其中又以 20 号尾叶桉 Mandiri 种源最优, 蓄积量达  $101.32 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 年生长量为  $22.52 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 其次是 18 号的尾叶桉 Mt. Egon 种源( $78.88 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ), 年生长量为  $17.53 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。而  $P_i$  值大于均值加 2 个标准差值的为慢生种源, 如参试的 3 个布拉斯桉种源、2 个斑皮桉种源、4 号和 5 号的赤桉种源和 7 号的昆士兰桉种源, 这些种源生长慢或适应性差, 不宜在该地区发展。

表 6 树种/ 种源的综合评价

试验号	树种	$P_i$ 值	名次	试验号	树种	$P_i$ 值	名次	试验号	树种	$P_i$ 值	名次
1	布拉斯桉	0.596 618	14	8	斑皮桉	0.620 538	18	15	细叶桉	0.564 789	10
2	布拉斯桉	0.636 367	21	9	斑皮桉	0.635 088	19	16	尾叶桉	0.528 799	8
3	布拉斯桉	0.635 921	20	10	粗皮桉	0.551 251	9	17	尾叶桉	0.514 160	3
4	赤桉	0.611 119	16	11	粗皮桉	0.520 350	4	18	尾叶桉	0.503 783	2
5	赤桉	0.610 762	15	12	粗皮桉	0.526 629	7	19	尾叶桉	0.523 103	6
6	赤桉	0.591 753	13	13	粗皮桉	0.521 465	5	20	尾叶桉	0.489 044	1
7	昆士兰桉	0.616 121	17	14	细叶桉	0.588 736	11	21	窿缘桉	0.591 525	12

## 4 结语与建议

(1) 参试的 21 个树种/ 种源间在树高、胸径和单株材积的生长差异极显著, 而参试的 5 个尾叶桉种源间和 4 个粗皮桉种源间除尾叶桉种源间在单株材积差异显著外, 其余均不显著。本次参试的尾叶桉和粗皮桉种源是经挑选的种源, 并未包括全分布区的种源, 尤其是高海拔尾叶桉种源, 因此, 本试验未能反映出这两个树种的种源间差异<sup>[7, 10]</sup>。

(2) 4.5 年生的结果表明, 尾叶桉 Mandiri 种源(20 号)是所有参试的种源中最好的种源, 树高、胸径和单株材积生长分别为 13.44 m、11.45 cm 和  $0.065 6 \text{ m}^3$ , 保存率也是较高的, 材积年生长量达  $22.52 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。该种源在海南琼海、临高的试验中生长表现也是最好<sup>[7-9]</sup>, 其年材积生长量分别为  $25.67$ 、 $32.32 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 因此, 可在该地区推广。鉴于该种源在多点位的生长表现极佳, 建议应针对该种源进一步引进家系, 进行多点家系测定选出最好家系进行推广, 并逐步对家系试验改造为实生种子园; 此外, 充分利用现有的资源, 选择优树建立无性系种子园或开展无性系测定, 选出优良无性系进行推广应用, 以提高该种源的遗传增益。

(3) 与尾叶桉亲缘关系密切的粗皮桉<sup>[11]</sup>在该地区生长仅次于尾叶桉的生长, 尤其是来自低纬度的 13 号巴布亚新几内亚种源, 在 4 个种源内各个生长指标均为最好, 保存率也较高, 可考虑在该地区发展。参试的 4 个粗皮桉种源中, 以低纬度的表现较好。

(4) 赤桉和细叶桉的参试种源虽抗风能力较强, 保存率较高, 但生长仍然不及尾叶桉和粗皮桉的参试种源。与海南的琼海试验<sup>[8]</sup>相比, 同一种源树龄相同的平均树高、平均胸径和材积生长明显低于琼海试验, 本试验 3 个赤桉种源中生长最好的 Laura 种源年材积生长量仅为  $6.8 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ , 而在琼海试验 14 个赤桉种源中生长最好的也是 Laura 种源, 材积年生长量达  $15.54 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。同样细叶桉 Kennedy 河种源在两地的材积年平均生长量分别为 6.64、 $13.85 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。因此, 在推广种植这两个树种的某一种源时必须坚持适地适树的原则, 不能以某一地点的种源试验结果, 在异地去推广种植。

### 参考文献:

- [ 1 ] 薛华正, 吴之扬, 陈霞, 等. 桉属树种与种源、家系比较试验[ J ]. 林业科学研究, 1997, 10( 6 ): 591 ~ 598.
- [ 2 ] Pryor L D, Williams E R, Gunn B V. A morphometric analysis of *Eucalyptus urophylla* and related taxa with descriptions of two new species[ J ]. Australian Systematic Botany, 1995, 8: 57 ~ 70.
- [ 3 ] Payne R W, Lane P W, Ainsley A E, et al. The Genstat 5 Reference Manual[ M ]. London: Oxford University Press, 1989.
- [ 4 ] Mckenney D W, Davis J, Turnbull J W, et al. The Impact of Australian Tree Species Research in China[ R ]. Canberra: ACIAR Economic Assessment Series, 1991.
- [ 5 ] 全国杉木种源试验协作组. 杉木造林区种源选择[ J ]. 林业科学研究, 1988, 1( 1 ): 1 ~ 13.
- [ 6 ] 莫启平. 桉树树种( 种源) 与施肥试验[ A ]. 广西桉树论文集[ C ]. 1990, 129 ~ 134.
- [ 7 ] 周文龙, 梁坤南. 尾叶桉种源试验[ J ]. 林业科学研究, 1991, 4( 2 ): 172 ~ 177.
- [ 8 ] 梁坤南, 周文龙. 海南岛东部地区桉树树种/ 种源试验[ J ]. 林业科学研究, 1994, 7( 4 ): 399 ~ 407.
- [ 9 ] 吴坤明, 吴菊英, 徐建民. 桉属树种造林试验[ J ]. 广东林业科技, 1992, 8( 1 ): 26 ~ 29.
- [ 10 ] R. E. 佩格, 王国祥. 粗皮桉家系试验初报[ A ]. 澳大利亚阔叶树种研究[ C ]. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [ 11 ] Pryor L D, Johnson L A S. A classification of the *Eucalyptus*[ M ]. Canberra: Australian National University Press, 1971.

## Study on Trial of *Eucalyptus* Species/ Provenance

LIANG Kun-nan

(The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520, Guangdong, China)

**Abstract:** The trial of 21 eucalyptus species/provenances at the 4.5-year-old established at Kaiping City of Guangdong Province were analyzed. The results show that there are distinct differences on the increments of height, DBH and volume at the 4.5-year-old among 8 species with different provenances, and *Eucalyptus urophylla* is the best species among 8 species. Among 5 provenances of *E. urophylla*, Mandiri provenance (Seedlot No. 17564) is the best provenance with a mean height, mean DBH, mean individual volume and volume increment of 13.44 m, 11.45 cm,  $0.0656 \text{ m}^3$  and  $22.52 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  respectively, which are respectively 1.49, 1.87, 6.02 and 6.24 times compared with that of *E. exserta* as contrast. *E. urophylla* from Mandiri is suggested to be extended in this area and carry out the genetic improvement based on *E. urophylla* from Mandiri provenance.

**Key words:** eucalyptus species/provenance; *E. urophylla*; provenance selection