

文章编号: 1001-1498(2001)02-0188-07

闽南山地桉树种/种源选择试验研究

张顺恒¹, 林星华¹, 郑文国², 洪长福³, 李宝福⁴, 吴八祥³

(1. 福建省林业厅, 福建 福州 350003; 2. 福建省漳浦中西国有林场, 福建 漳州 363000;

3. 福建省长泰岩溪国有林场, 福建 长泰 363900; 4. 福建省林业科学研究院, 福建 福州 350012)

摘要: 闽南山地引种的 19 个不同桉树种/种源对比试验研究表明, 尾巨桉、巨尾桉及广西尾叶桉属高产型树种, 年平均蓄积生长量达 $35.3 \sim 53.3 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 其山地造林后表现适应性强、树干圆满通直、林木分化程度低、林相整齐、生产力高, 经示范推广收效显著, 是闽南山地短周期工业原料林造林的首选树种, 值得大力推广引种。

关键词: 闽南山地; 桉树种; 种源; 造林试验

中图分类号: S722.7

文献标识码: A

桉树是桃金娘科(Myraceae)桉属(*Eucalyptus* L' Herit)的总称, 目前世界上有 900 多种, 是世界上著名的速生树种^[1]。近几年来广东、广西、海南等省桉树发展迅速并取得了显著的经济、生态和社会效益。而福建引种虽有百年历史, 但早期引种多数为柠檬桉(*E. citriodora* Hook.)、大叶桉(*E. robusta* Smith)、赤桉(*E. camaldulensis* Dehnh. var. *camaldulensis*)等树种, 且经营粗放, 发展缓慢。据统计, 目前福建省桉树人工林约 1.33 万 hm^2 , 仅占全国桉树造林面积的 0.86%^[2,3], 1991 年福建省从广西引进巨尾桉组培技术以来, 推动了桉树引种和优良品种选育工作, 培育出许多优良无性系, 但全省各地争相引种, 缺乏协调。因此, 系统地进行一些新种、种源、优良无性系造林对比试验研究, 筛选出适合闽南山地桉树丰产造林的优良树种或种源是一项重要的基础性工作。

1 试验点概况

试验点设在长泰岩溪国有林场, 地处 $117^{\circ}50' \text{ E}$, $20^{\circ}41' \text{ N}$, 属亚热带海洋性季风气候, 年均温 21.1°C , 最冷月月均温 12.4°C , 最热月月均温 28.5°C , 绝对最低温 -2.1°C , 绝对最高温 40.9°C , 10 有效积温 7394.7°C , 年日照时数 2037.4 h , 无霜期 328 d, 年均降雨量 1563 mm , 相对湿度 80%, 年蒸发量 1267.8 mm 。试验地原为杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]采伐迹地, 面积约 36.7 hm^2 , 海拔高度约 300 m, 土壤为花岗岩发育的红壤, 土层厚度为 80~100 cm, 腐殖质层较薄, 土壤呈酸性反应, 立地质量等级为 III 类地。试验林种植后, 未出现过冻害及病虫害。

收稿日期: 2000-09-04

基金项目: 福建省林业厅“闽南山地桉树短周期工业原料林丰产栽培关键技术研究”(闽林科 95-1-3)课题部分内容

作者简介: 张顺恒(1963-), 男, 福建永泰人, 高级工程师

2 材料与方法

2.1 试材来源

参试的种及种源共 19 个, 其中巨桉种源 7 个, 具体情况见表 1。

表 1 树种/种源对比试验参试树种/种源情况

试验号	树种/种源	学名	来源
1	尾巨桉	<i>E. urophylla</i> S. T. Blak × <i>E. grandis</i> W. Hill ex Maiden	漳州组培中心提供组培苗, 岩溪林场培育
2	巨尾桉 F ₁	<i>E. grandis</i> × <i>E. urophylla</i>	同上(杂交 1 代)
3	广西尾叶桉	<i>E. urophylla</i>	广西柳州沙塘林场购买种子, 岩溪林场培育的实生苗(广西优树混合)
4	巨尾桉 F ₂	<i>E. grandis</i> × <i>E. urophylla</i>	岩溪林场培育(杂交 1 代的天然杂交种)
5	广东尾叶桉	<i>E. urophylla</i>	中国林科院热林所实生苗(广东初级种子园)
6	巨桉 16876	<i>E. grandis</i> 16876	澳大利亚(M T M E E SF893 QLD) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
7	巨桉 16900	<i>E. grandis</i> 16900	澳大利亚(M T M E E SF QLD) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
8	巨桉 16219	<i>E. grandis</i> 16219	澳大利亚(N E O F M A L E N Y QLD) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
9	巨桉 15219	<i>E. grandis</i> 15219	澳大利亚(CHERRY TREE SF NSW) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
10	巨桉 15358	<i>E. grandis</i> 15358	澳大利亚(24KM NE A T H E R T O N QLD) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
11	巨桉 18569	<i>E. grandis</i> 18569	澳大利亚(W O N G A B E L QLD) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
12	巨桉 15236	<i>E. grandis</i> 15236	澳大利亚(30KM N C O F F S H A R B O U P N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
13	邓恩桉	<i>E. dunnii</i> Maiden	澳大利亚(M O L E T O N K A N G A R O O S F N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
14	粗皮桉	<i>E. pellita</i> F. Muell	澳大利亚(N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
15	多枝桉	<i>E. viminalis</i> Labill	澳大利亚(48KM E S C K N E N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
16	斑叶桉	<i>E. punctata</i> DC.	澳大利亚(EDUM B A V A L L E Y N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
17	异色桉	<i>E. diversicolor</i> F. Muell	澳大利亚(B R O K E N L E T R O A D W A) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
18	斑皮桉	<i>E. maculata</i> Hook. f.	澳大利亚(E W N G A R S F N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗
19	双肋蓝桉	<i>E. globulus</i> Labill subsp. <i>bicostata</i> (F. Muell) Kirkpatr	澳大利亚(N A T T O W N E C K T I D G E N S W) 种子, 岩溪林场培育的实生苗

以上试材除巨尾桉、尾巨桉为漳州组培中心提供组培无性系苗(各 1 个)外, 其它均为实生苗。

2.2 试验设计与造林

以树种(种源)为处理, 采用随机区组设计, 3 个重复, 每小区面积为 0.06 hm² (20 m × 30 m), 初植密度为 1 655 株 · hm⁻², 株行距 2 m × 3 m。林地经全翻土 10~15 cm 后, 挖穴 70 cm

×40 cm ×35 cm, 于 1996 年春造林, 造林前施钙镁磷肥 500 g · 穴⁻¹作基肥, 造林当年 7~ 8 月每株施尿素、复合肥各 100 g, 造林前投放灭蚁灵诱杀白蚁, 每公顷 375~ 450 包, 造林时每穴施放咪喃丹 5 g, 以防白蚁危害, 造林当年锄草抚育 2 次。

2.3 野外调查方法

每年调查各样地树高、胸径、冠幅, 观察风害及病虫害等情况。1999 年 4 月各样地经每木调查林分保存率及生长量各指标后, 分别取 3 株平均木, 在根径处伐倒后, 按分层切割法^[4]测定地上部各器官生物量, 并量测了平均木的胸径及树高 1/2 处的直径。

2.4 室内分析方法

因参试树种较多, 大多数树种目前国内尚无材积求算公式, 为了便于比较, 采用希费尔公式 $V = \pi \cdot D_{1.3}^2 \cdot h \cdot f_{1.3} / 4$, $q_2 = D_{1/2} / D_{1.3}$, $f_{1.3} = 0.14 + 0.66q_2 + 0.32/q_2 \cdot h^{1.5}$, 求算单株材积。单位面积蓄积量按公式 $V (\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}) = \text{保留株数} (\text{株} \cdot \text{hm}^{-2}) \times \text{单株材积} (\text{m}^3)$ 求算。

数据统计分析采用美国版 STATISTICA (简称 SAS) 5.0 统计软件包, 在计算机上完成。

3 结果与分析

3.1 不同树种/种源的适应性及抗逆性

树种/种源在同一生长环境条件及相同栽培管理措施的情况下, 造林成活率、保存率及病虫害和抗逆性(如抗风、旱、寒等)能力的大小, 基本可以反映树种/种源对环境的适应程度及遗传差异。造林当年成活率调查表明, 同为容器苗, 成活率扦插苗高于实生苗, 这是因为扦插苗较木质化, 抗蚁能力强, 而实生苗较嫩, 抗蚁能力弱。因造林后没有补植, 所以成活率与保存率的数字基本相当, 从表 2 可以看出, 不同树种/种源之间的成活率有着一定的差异, 经方差分析, 19 个树种/种源间保存率的差异达到极显著水平 ($F = 4.86$), 其中以尾巨桉、巨尾桉 F_1 、广西尾叶桉、巨桉 16900、邓恩桉及粗皮桉的保存率较高, 均在 90% 以上, 而巨桉 15236、斑皮桉、双肋蓝桉的保存率为最低, 均在 80% 以下, 其它树种/种源的保存率在 85% 左右。另据野外调查结果表明, 除斑叶桉、异色桉、斑皮桉、双肋蓝桉有少数断干倒伏外, 其它树种或种源均没出现病虫害及断干倒伏现象。在试验期间因没有出现特殊的异常气候, 为此, 参试的所有树种均未出现旱害及寒害现象。

表 2 树种/种源试验林保存率

试验号	树种/种源	保存率/%	试验号	树种/种源	保存率/%
1	尾巨桉	98	11	巨桉 18569	81
2	巨尾桉 F_1	93	12	巨桉 15236	78
3	广西尾叶桉	92	13	邓恩桉	91
4	巨尾桉 F_2	88	14	粗皮桉	90
5	广东尾叶桉	87	15	多枝桉	86
6	巨桉 16876	87	16	斑叶桉	86
7	巨桉 16900	91	17	异色桉	84
8	巨桉 16219	87	18	斑皮桉	80
9	巨桉 15219	85	19	双肋蓝桉	70
10	巨桉 15358	85			

注: 方差分析结果: $F = 4.86^{**}$ ($F_{0.05} = 1.53, F_{0.01} = 2.55$)。

3.2 不同树种/种源的生长量差异

从表3看出,不同树种/种源间的各生长量指标均存在着一定的差异,经方差分析,不同树种/种源间的树高、胸径、冠幅、单株材积及蓄积量之间差异明显。 F 值分别为172.70^{**}、452.43^{**}、135.3^{**}、351.58^{**}、409.17^{**}。各生长量指标以尾巨桉、巨尾桉F₁和广西尾叶桉为最好,3年生平均树高分别为14.80m、14.40m和13.90m,平均胸径分别达13.27cm、11.87cm和11.73cm,现存蓄积量分别为159.90m³·hm⁻²、109.82m³·hm⁻²和105.81m³·hm⁻²;其次为巨桉16876,平均树高12.33m,平均胸径为11.40cm,蓄积量达79.64m³·hm⁻²;而双肋蓝桉生长最差,平均树高为7.30m,平均胸径4.67cm,蓄积量仅为5.87m³·hm⁻²;此外,粗皮桉、多枝桉、斑叶桉、异色桉和斑皮桉的各生长量指标也较差,现存蓄积量均在30m³·hm⁻²以下。其它树种及巨桉大部分种源生长量中等。

表3 不同树种/种源试验林生长调查

试验号	树种/种源	现有株数/ (株·hm ⁻²)	平均树 高/m	平均胸 径/cm	平均冠 幅/m	单株材 积/m ³	蓄积量/ (m ³ ·hm ⁻²)	方差分析
1	尾巨桉	1 631	14.80	13.27	4.20	0.098 0	159.90	$F_{\text{树高}}=172.70^{**}$
2	巨尾桉F ₁	1 548	14.40	11.73	3.50	0.070 9	109.82	$F_{\text{胸径}}=452.43^{**}$
3	广西尾叶桉	1 532	13.90	11.87	4.00	0.067 1	105.81	$F_{\text{冠幅}}=135.3^{**}$
4	巨尾桉F ₂	1 465	11.53	9.40	3.80	0.035 0	50.98	$F_{\text{单株材积}}=351.58^{**}$
5	广东尾叶桉	1 448	11.20	10.40	4.10	0.043 2	62.50	$F_{\text{蓄积量}}=409.17^{**}$
6	巨桉16876	1 448	12.33	11.40	4.00	0.055 0	79.64	$F_{0.05}=1.93$
7	巨桉16900	1 515	9.50	10.63	3.90	0.037 5	56.80	$F_{0.01}=2.55$
8	巨桉16219	1 448	9.97	10.33	3.80	0.037 3	54.01	
9	巨桉15219	1 415	11.00	10.17	3.90	0.037 9	53.61	
10	巨桉15358	1 415	10.10	10.90	4.00	0.040 1	56.68	
11	巨桉18569	1 349	10.93	10.63	3.90	0.040 1	53.37	
12	巨桉15236	1 299	10.33	10.43	3.90	0.035 3	45.81	
13	邓恩桉	1 515	11.53	9.27	3.50	0.0363	54.99	
14	粗皮桉	1 499	9.43	8.80	3.90	0.026 8	40.20	
15	多枝桉	1 432	9.03	8.00	3.40	0.019 8	28.34	
16	斑叶桉	1 432	8.70	7.47	3.04	0.016 7	23.93	
17	异色桉	1 399	7.73	6.87	2.03	0.012 2	17.02	
18	斑皮桉	1 332	8.53	6.60	2.26	0.011 6	15.48	
19	双肋蓝桉	1 166	7.30	4.67	2.00	0.005 0	5.87	

3.3 不同树种/种源林分生物量

从表4可以看出,不同树种/种源间地上部单株生物量及林分生物量均有着较大的差异,适应性强的树种(夏雨型树种或优良无性系)其生物量也大,尤以尾巨桉、巨尾桉F₁为最高,地上部单株生物量平均在44~52kg之间,林分生物量平均为68~85t·hm⁻²之间;其次为邓恩

桉和广西尾叶桉,地上部单株生物量平均在 35~ 43 kg 之间,林分生物量平均在 54~ 65 t · hm⁻²之间,而粗皮桉、多枝桉、斑叶桉、异色桉、斑皮桉及双肋蓝桉地上部生物量均较低,平均单株生物量在 5.90~ 25 kg 之间,林分生物量在 25~ 33.5 t · hm⁻²之间;巨桉及广东尾叶桉的生物量中等,平均单株生物量在 25~ 34 kg 之间,林分生物量在 33~ 48 t · hm⁻²之间。

表 4 不同树种/种源生物量调查

树种/种源	各器官生物量/kg				地上部分单株 生物量/kg	林分生物量/ (t · hm ⁻²)
	干	枝	叶	皮		
尾巨桉	33.87	4.95	7.74	4.59	51.51	84.05
巨尾桉 F ₁	29.94	4.75	3.46	6.01	44.16	68.38
广西尾叶桉	24.57	4.05	2.48	4.42	35.52	54.41
巨尾桉 F ₂	21.41	3.53	2.93	3.50	31.37	45.96
广东尾叶桉	19.53	4.20	1.08	2.39	27.20	39.40
巨桉 16876	22.04	3.25	4.35	3.52	33.16	48.03
巨桉 16900	15.96	2.46	3.16	2.07	23.65	35.83
巨桉 16219	16.73	3.01	2.43	2.41	24.58	35.61
巨桉 15219	19.38	3.41	3.08	3.39	29.26	41.41
巨桉 15358	17.67	3.24	3.01	2.94	26.86	35.78
巨桉 18569	20.16	3.43	2.67	3.36	29.62	38.47
巨桉 15236	17.46	3.09	2.24	3.08	25.87	33.60
邓恩桉	33.91	2.60	2.21	3.85	42.57	64.50
粗皮桉	14.89	5.20	2.84	2.56	25.49	38.20
多枝桉	12.55	4.70	2.57	1.58	21.40	30.64
斑叶桉	9.74	3.43	2.72	1.17	17.06	24.43
异色桉	8.13	2.19	2.08	1.21	13.61	19.03
斑皮桉	9.84	2.43	1.98	1.12	15.37	20.47
双肋蓝桉	2.57	1.36	0.94	1.03	5.90	6.88

3.4 形质性状及林相状况

径高比、干形是重要的形质性状,是衡量林木质量好坏的主要指标。一般认为,径高比在 1.0 左右,表明径高比例适当,抗风性能较好。干形指标 $f_{1.3}$ (胸高形数) 是衡量树干圆满、出材率高的重要形质性状,一般认为 $f_{1.3}$ 越大,尖削度越小,树干越圆满,木材利用率越高^[6]。从表 5 看出,不同树种/种源中以巨桉的径高比为最大,各巨桉种源的径高比在 1.0 左右,其次为粗皮桉、广东尾叶桉及尾巨桉,它们的径高比值在 0.90~ 0.93 之间,均接近于 1.0。而斑皮桉、双肋蓝桉的径高比最小,均在 0.8 以下。据野外林相观察表明,虽然巨桉各种源的径高比均在 1.0 左右,比例较为适中,但林木大小分化严重,林相参差不齐。而尾巨桉、巨尾桉 F₁、邓恩桉、广西尾叶桉等树种其林木大小均匀,树干通直,林相整齐;巨尾桉 F₂、广东尾叶桉、粗皮桉、多枝桉等树种有少数林木开叉及大小分化,林相一般;斑叶桉、异色桉、斑皮桉及双肋蓝桉有相当一部分林木开叉且大小分化较严重,树干通直度较差,林相极差,特别是双肋蓝桉,干细且尾梢多数倒弯。

表 5 不同树种/种源试验林形质指标调查

树种/种源	径高比	$f_{1.3}$	评判排序	树种/种源	径高比	$f_{1.3}$	评判排序
尾巨桉	0.90	0.48	1	巨桉 18569	0.97	0.41	11
巨尾桉 F ₁	0.82	0.46	2	巨桉 15236	1.01	0.40	13
广西尾叶桉	0.85	0.45	3	邓恩桉	0.80	0.47	4
巨尾桉 F ₂	0.82	0.43	5	粗皮桉	0.93	0.47	14
广东尾叶桉	0.93	0.45	7	多枝桉	0.89	0.44	15
巨桉 16876	0.93	0.44	6	斑叶桉	0.86	0.44	16
巨桉 16900	1.12	0.44	8	异色桉	0.89	0.42	17
巨桉 16219	1.04	0.44	9	斑皮桉	0.77	0.40	18
巨桉 15219	0.92	0.42	12	双肋蓝桉	0.64	0.40	19
巨桉 15358	1.08	0.42	10				

从表 5 的 $f_{1.3}$ 值可以看出, 参试树种或种源中, 树干圆满度以尾巨桉、邓恩桉、粗皮桉为最好, $f_{1.3}$ 在 0.47~0.48 之间; 其次为巨尾桉、广西尾叶桉、广东尾叶桉以及巨桉的某些种源(巨桉 16876、16900、16219 等), $f_{1.3}$ 值在 0.44~0.46 之间; 而以异色桉、斑皮桉、双肋蓝桉以及巨桉的大多数种源为最差, $f_{1.3}$ 值在 0.40~0.42 之间。根据径高比、 $f_{1.3}$ 分析以及野外林相的调查结果, 对不同树种/种源的林木形质和林相状况作一综合评判, 其好坏排序为: 尾巨桉 > 巨尾桉 F₁ > 广西尾叶桉 > 邓恩桉 > 巨尾桉 F₂ > 巨桉 16876 > 广东尾叶桉 > 巨桉 16900 > 巨桉 16219 > 巨桉 15358 > 巨桉 18569 > 巨桉 15219 > 巨桉 15236 > 粗皮桉 > 多枝桉 > 斑叶桉 > 异色桉 > 斑皮桉 > 双肋蓝桉。

4 小 结

不同桉树种或种源对比造林试验研究表明, 尾巨桉、巨尾桉 F₁ 及广西尾叶桉的生长各项指标最高, 年平均蓄积生长量达 $35.3 \sim 53.3 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 这 3 个树种或无性系和优树种子培育的实生苗, 其共同特点是适应性强、树干圆满通直、林木分化程度低、林相整齐、生产力高, 是闽南山地桉树造林的首选树种。邓恩桉和巨桉 16876 的生长各项指标较高, 年平均蓄积生长量达 $20 \sim 26.5 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 山地造林后表现适应性较强, 分化程度较低, 生产力较高, 目前这两个树种引种面积较小, 今后可适当扩大引种。广东尾叶桉和巨桉大部分种源的生长各项指标中等, 年平均蓄积生长量为 $15.3 \sim 20.8 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。而多枝桉、斑叶桉、斑皮桉、异色桉及双肋蓝桉适应性差, 生产力低, 年平均蓄积生长量仅为 $2 \sim 10 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$, 不适宜作为闽南山地造林树种而应予以淘汰, 但试验林应作为基因库保留下来, 为今后人工杂交培育优良无性系提供材料。

参考文献

- [1] 祁述雄 中国桉树[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989. 1~2
- [2] 林德根 福建省桉树人工林的发展现状、问题与对策[J]. 福建林业科技, 2000, (增刊): 56~58
- [3] 刘大林 桉树丰产栽培技术推广应用[J]. 福建林业科技, 1995, 22(3): 19~23
- [4] 叶镜中, 姜志林 苏南丘陵杉木人工林的生物量结构[J]. 生态学报, 1983, 3(1): 4~13
- [5] 北京林学院 测树学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984. 42~43
- [6] 陶德生 巨桉、柳桉种源试验及其生长比较[J]. 浙江林业科技, 1997, 17(5): 8~17.

Experiment in Afforestation Trial of Eucalypt Species/Provenance on Hilly Land of South Fujian

ZHANG Shun-heng¹, LIN Xing-hua¹, ZHENG Wen-guo²,
HONG Chang-fu³, LIBao-fu⁴, WUBao-xiang³

(1. Forestry Department of Fujian Province, Fuzhou 350003, Fujian, China;

2. Zhongxi Forest Farm of Zhangpu, Fujian Province, Zhangzhou 363000, Fujian, China;

3. Yanxi Forest Farm of Changtai, Fujian Province, Changtai 363900, Fujian, China;

4. Forestry Research Academy of Fujian Province, Fuzhou 350012, Fujian, China)

Abstract: The results of a study on comparing 19 eucalypt species/provenances introduced in hilly land of south Fujian showed that *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*, *E. grandis* × *E. urophylla* and Kwangsi Timor belong to high-yielding species. The annual mean stand volume of these species reached 35.3~53.3 m³ · hm⁻² in average. Planted on hilly land, they showed the following characters: strong adaptability, straight and well-developed stem, low differentiation, tidy forest form and high productivity. It is proved that these tree species are of optimal species to meet the demand for shortrotation industrial raw material in south Fujian, and is worth to be introduced and planted widely.

Key words: hilly land in south Fujian Province; eucalypt; provenance; afforestation trial