

桉树无性系区域测定及经济效益评价^{*}

肖小芳 杨曾奖 徐大平 刘小金 张宁南

(中国林业科学研究院热带林业研究所,广东 广州 510520)

摘要 对 11 个桉树 6 a 生无性系在广东省江门市低丘台地进行了区域测定,结果表明:树高生长表现最好的前 3 名分别是广 9、DH32-29 和 196 无性系,胸径生长表现最好的前 3 名分别是 196、DH32-29 和广 9 无性系,单位面积蓄积最高的前 3 名分别是 196、广 9 和 DH32-29 无性系。综合分析结果,196 无性系在 6 a 生时,树高为 19.33 m,胸径为 13.55 cm,单位面积蓄积为 173.75 m³/hm²,单位面积木材价值为 93 831.70 元/hm²,是非常值得推广种植的无性系。

关键词 桉树无性系;生长;经济效益

中图分类号:S792.39 文献标识码:A 文章编号:1006-4427(2014)04-0048-05

Field Trails and Economic Benefits of Different *Eucalyptus* Clones

XIAO Xiaofang YANG Zengjiang XU Daping LIU Xiaojin ZHANG Ningnan

(Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The field trails and economic benefits of eleven *eucalyptus* clones (6 years old) were conducted on a low hill in Jiangmen city of Guangdong province. The results showed that:Guang 9, DH32-29 and 196 ranked in the top 3 of the plant height. 196, DH32-29 and Guang 9 ranked in the top 3 of the diameter at breast height (DBH). 196, Guang 9 and DH32-29 ranked in the top 3 of the volume per hectare which was determined by plant height, DBH and conservation rate. According to the results, 6 year-old of clone 196, the height, the diameter at breast height and the volume of per hm² were 19.33 m, 13.55 cm and 173.75 m³/hm², respectively; and its economic benefit was 93 831.7 RMB/hm². 196 was the best clone which was worth promoting in Jiangmen city of Guangdong province.

Key words *Eucalyptus* clones; growth; economic benefits

中国引进桉树(*Eucalyptus*)超过 120 a,在相当长的时期内使用实生种苗造林,上世纪 90 年代才开始更多地使用杂交桉树无性系造林^[1-2],产量和经济效益得到了较大的提高,促进了桉树的杂交育种工作^[3-4],选育的杂交桉树无性系层出不穷。但是,选育的杂交桉树无性系只有部分开展了相关试验研究^[5-10],大部分没有进行过系统的区域测定研究,在不同的种植区域其生长表现无从参考对比。广东的低丘台地是桉树种植的适宜区域,如何选择适宜的无性系以获得较好的生长量和较高的经济价值,是广大林农在实践中关注的难题。本研究于 2006 年开始在低丘台地适宜桉树种植的地区开展了多个无性系的区域测定,通过对不同无性系的树高和胸径生长、风倒率和保存率、材积以及经济效益进行分析,为本地区广大林农在种植桉树时正确选择优良无性系提供参考,具有十分重要的现实意义。

^{*} 基金项目:中央公益院基金产业化引导项目“桉树人工林可持续经营技术研究与示范”(CAFYBB2012046)。
第一作者:肖小芳(1963-),女,助理工程师,主要从事林业经济分析及城市林业研究,E-mail:13609743789@163.com。
通信作者:杨曾奖(1962-),男,副研究员,主要从事森林培育、植物营养和立地管理研究,E-mail:yzengjiang@126.com。

1 试验地概况

试验地位于广东省江门市的鹤山市共和镇獭山村,地理位置为 22°34'25"N,112°51'16"E,海拔 30 m。属南亚热带海洋性季风气候区,年均气温 22.3 ℃,10 ℃ 以上有效积温为 7 653.0 ℃,最冷月平均气温 16.7 ℃,极端最低温 2.9 ℃,常年无霜。年均降雨量 1 750.4 mm。干湿季节明显,4—10 月为雨季,占年降雨量的 85%,以南风为主。旱季为 11 月一次年 3 月,以北风为主。

试验地为低丘台地,前作为杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*),林下植被以岗松(*Baeckea frutescens*)、桃金娘(*Rhodomyrtus tomentosa*)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、野牡丹(*Melastoma candidum*)等为主。选择相对平缓地段开展本试验,土壤为花岗岩发育而成的赤红壤,孔隙度发达,渗透性、通气性较好,底土保湿性能好,抗旱能力较强。土壤暗黄色,质地为中壤,土壤肥力中等,具南亚热带地区土壤的明显特征,风化强烈,高度富铝化,强酸性,盐基不饱和,是低丘台地适宜桉树种植的代表性区域。

2 材料与方法

试验的无性系为不同研究单位新近选育的具有较大推广种植潜力的 11 个桉树无性系(表 1),采用组培苗造林,苗高 20~25 cm,苗木出圃经严格挑选,以保证苗木规格的一致。试验林于 2006 年 3 月 30 日雨后种植,造林株行距为 2 m×3 m,人工挖穴,穴规格为 50 cm×50 cm×40 cm(长×宽×深),造林基肥每穴施 500 g 桉树专用肥(有机质 23% N₆P₁₅K₈B₁₀₀₀ ppm)和 1.5 kg 白鸽粪,种植 2 个月后除草抚育 1 次,并每株追施尿素 50 g 以及 30 g 氯化钾,第二年 5 月抚育追施桉树专用肥(N₁₆P₄K₈B₂₀₀ ppm)每穴 500 g。每个无性系试验每小区 5 行,每行 15 株,面积 0.05 hm²,试验采用完全随机区组设计,4 次重复。

表 1 参试桉树无性系

编号	无性系	杂交亲本(♀×♂)	选育单位
1	广 9	<i>Eucalyptus urophylla</i> × <i>E. grandis</i>	广西壮族自治区林业科学研究院
2	184	<i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	中国林业科学研究院热带林业研究所
3	9113	<i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	中国林业科学研究院热带林业研究所
4	DH201-2	<i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	广西壮族自治区东门林场
5	9224	<i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	中国林业科学研究院热带林业研究所
6	井岗 1 号	Nature hybrid	中国林业科学研究院热带林业研究所
7	U6	Nature hybrid	国家林业局桉树研究开发中心
8	196	<i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	中国林业科学研究院热带林业研究所
9	U26	<i>E. urophylla</i> × <i>E. tereticornis</i>	中国林业科学研究院热带林业研究所
10	DH32-22	<i>E. urophylla</i> × <i>E. grandis</i>	广西壮族自治区东门林场
11	DH32-29	<i>E. urophylla</i> × <i>E. grandis</i>	广西壮族自治区东门林场

每年 4 月定期对试验林进行观测,包括树高、胸径、保存率等,遇风害等特殊情况进行补充调查,包括因造林当年 7 月中旬遇 6 级大风(热带风暴“碧利斯”),风暴后 3 d 进行风倒率调查等。树高采用每木检测,树高前期采用鱼竿实测,后期使用红外线测高测距仪(Vertex4)测量,胸径采用测树胸围尺测量。每小区观测中间 3 行,有效观测株数为 30 株。单株材积、单位面积蓄积和单位面积木材价值计算公式如下:

单株材积(m³/株)=0.42×3.14×(D/200)²×H (1)

单位面积蓄积(m³/hm²)=单株材积(m³/株)×单位面积种植株数(株/hm²)×保存率 (2)

单位面积木材价值(元/hm²)=单位面积蓄积(m³/hm²)×价格(元/m³)×出材率 (3)

式中 D 为胸径(cm),H 为树高(m);价格采用市场直接调查方法定价,出材率按 75% 计算。

采用 SPSS 18.0 软件进行显著性方差分析及 LSD 多重比较^[11]。

3 结果与分析

3.1 桉树各无性系树高和胸径生长比较

11 个桉树无性系不同林龄的树高和胸径生长调查结果见表 2。1 a 生树高生长表现最好的 3 个无性系为 201-2、184 和 DH32-22, 分别为 5.33、5.27 和 4.91 m; 树高生长表现最差的 3 个无性系为 U6、U26 和 9224, 分别为 3.61、3.61 和 3.96 m; 其余 5 个无性系介于中间; 各无性系间存在极显著的差异($P<0.01$)。6 a 生树高生长表现最好的 3 个无性系为广 9、DH32-29 和 196, 分别为 19.89、19.54 和 19.33 m。11 个桉树无性系 1 a 生的树高生长表现和 6 a 生的排序有所不同, 部分表现为早期速生(如 201-2、184 和 DH32-22), 部分表现为后期速生(如广 9、DH32-29 和 196)。

表 2 桉树各无性系的树高和胸径生长比较

无性系	树高/m				胸径/cm		
	1 a 生	2 a 生	3 a 生	6 a 生	2 a 生	3 a 生	6 a 生
广 9	4.18 C	10.88 A	14.50 A	19.89 A	9.19 A	11.25 A	13.44 A
184	5.27 A	10.94 A	14.29 A	17.56 B	9.02 AB	9.95 B	11.75 B
9113	4.26 C	9.70 C	12.82 C	16.98 B	8.30 C	9.67 BC	11.60 B
201-2	5.33 A	10.72 A	13.74 B	17.37 B	8.85 B	10.03 B	11.66 B
9224	3.96 D	9.02 D	12.40 C	17.24 B	7.61 D	9.30 C	11.83 B
井岗 1	4.38 C	9.91 C	13.63 B	17.51 B	8.48 C	10.17 B	11.36 B
U6	3.61 D	8.89 D	10.03 D	12.53 D	7.86 D	8.83 D	10.38 C
196	4.20 C	10.74 A	14.27 A	19.33 A	9.33 A	11.38 A	13.55 A
U26	3.61 D	10.34 B	12.03 C	16.50 C	8.50 C	10.38 B	13.10 A
DH32-22	4.91 B	10.89 A	14.34 A	19.18 A	9.48 A	10.92 A	13.33 A
DH32-29	4.54 C	10.71 A	14.34 A	19.54 A	9.26 A	11.15 A	13.49 A

注: 同一列数据后不同字母代表各无性系在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

6 a 生胸径生长表现最好的 3 个无性系为 196、DH32-29 和广 9, 分别为 13.55、13.49 和 13.44 cm。各无性系间差异显著($P<0.01$)。

3.2 桉树各无性系风倒率和保存率比较

2006 年风倒率、2007 和 2012 年保存率调查结果见表 3。从表 3 可知, 11 个桉树无性系的抗风性能有所差别, U26、DH32-29 和广 9 无性系的风倒率超过了 5%; 井岗 1 无性系风倒率为 4.17%; 其它无性系几乎没有风倒现象, 属于较抗风无性系。1 a 生时, 除了 9113、U26 无性系的保存率低于 90%, 其他 9 个无性系的保存率均较高, 均在 90% 以上; 6 a 生时, 以井岗 1、9224、184 和 196 无性系的保存率较高, 均超过 90%, 而 U26 和 9113 无性系的保存率最低。

表 3 桉树各无性系风倒率和保存率比较

无性系	1 a 生风倒率	1 a 生保存率	6 a 生保存率	%			
				无性系	1 a 生风倒率	1 a 生保存率	6 a 生保存率
广 9	5.40	95.83	84.20	U6	0.86	95.00	83.30
184	0	95.83	90.80	196	0.86	95.83	90.00
9113	0	87.50	69.20	U26	5.92	82.50	58.30
201-2	0	93.33	83.30	DH32-22	0	95.00	86.70
9224	0	98.33	92.50	DH32-29	5.58	90.83	85.00
井岗 1	4.17	99.17	94.20				

3.3 桉树各无性系 6 a 生材积及经济效益比较

6 a 生的各无性系材积见表 4。广 9 无性系的单株材积最大,为 0.118 5 m³/株,其次是 DH32-29 无性系,为 0.117 2 m³/株,再次是 196 无性系,为 0.117 0 m³/株。单位面积蓄积受保存率的影响,最高的是 196 无性系,达到 173.76 m³·hm⁻²,其次为广 9(164.57 m³·hm⁻²)和 DH32-29(164.43 m³·hm⁻²)无性系,第四为 DH32-22 无性系(160.74 m³·hm⁻²);这 4 个无性系间的单株材积和单位面积蓄积没有显著差异,而与其它无性系间存在极显著差异($P<0.01$)。

表 4 桉树各无性系 6 a 生材积及经济效益

无性系	单株材积 /(m ³ ·株 ⁻¹)	单位面积蓄积 /(m ³ ·hm ⁻²)	单位面积材积/(m ³ ·hm ⁻²)	价格/(元·m ⁻³)	单位面积木材价值 /(万元·hm ⁻²)
广 9	0.1185 A	164.57 A	123.43 A	720	8.89 A
184	0.0799 B	119.75 B	89.82 B	650	5.84 BC
9113	0.0753 C	86.01 C	64.51 C	680	4.39 D
201-2	0.0779 B	107.02 B	80.26 B	650	5.22 C
9224	0.0795 B	121.41 B	91.06 B	680	6.19 B
井岗 1	0.0745 C	115.80 C	86.85 B	680	5.91 B
U6	0.0445 D	61.18 D	45.88 D	680	3.12 E
196	0.1170 A	173.76 A	130.32 A	720	9.38 A
U26	0.0934 C	89.80 C	67.35 C	650	4.38 D
DH32-22	0.1124 A	160.74 A	120.56 A	720	8.68 A
DH32-29	0.1172 A	164.43 A	123.32 A	720	8.88 A

注:不同字母代表在 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著;单位面积材积按出材率按 75% 计算。

种植桉树速生丰产林的主要目的之一是收获其木材,并产生理想的经济效益。目前林农自觉种植桉树是因为其能在短期内产生很好的经济效益。不同径阶其木材收购价格不同,8 cm 径阶收购价通常为 630 元/m³,10 cm 径阶为 660 元/m³,12 cm 径阶为 700 元/m³,14 cm 以上为 750 元/m³。又因各无性系木材圆满度的不同,其木材价格有所差别,市场直接调查定价后木材价格计算结果见表 4。从表 4 可见,6 a 生的单位面积木材价值以 196 无性系为最高,达到了 9.38 万元·hm⁻²,其次为广 9 和 DH32-29 无性系,分别为 8.89 和 8.88 万元·hm⁻²,再次为 DH32-22 无性系,为 8.68 万元·hm⁻²,分别是单位面积木材价值最低的 U6 无性系(3.12 万元·hm⁻²)的300.64%、284.94%、284.62%和 278.21%。

4 小结与讨论

- 4.1 参试的 11 个桉树无性系在江门市亚热带低丘台地立地条件下生长差异显著,6 a 生时树高生长表现最好的前 3 名依次是广 9、DH32-29 和 196 无性系,分别达到 19.89、19.54 和 19.33 m;胸径生长表现最好的前 3 名依次是 196、DH32-29 和广 9 无性系,分别达到 13.55、13.49 和 13.44 cm;单位面积蓄积最高的前 3 名依次是 196、广 9 和 DH32-29 无性系,分别达到 173.76、164.57 和 164.43 m³·hm⁻²;在常规生产投入的情况下,其 6 a 生收获时的单位面积木材价值最高的前 3 名依次是 196、广 9 和 DH32-29 无性系,分别达到 9.38、8.89 和 8.88 万元·hm⁻²,分别是最低的 U6 无性系的 300.64%、284.94%和 284.62%。
- 4.2 桉树的杂交育种工作主要在广西的东门林场、广东省广州市的中国林业科学研究院热带林业研究所和湛江的国家林业局桉树研究开发中心开展,各自有所侧重,东门林场侧重其速生性,桉树研究开发中心侧重其抗风性,热带林业研究所侧重其抗寒性和抗风性,这是由于各自所处区域不同,桉树推广种植的环境不同所致。在少台风危害的地区,东门林场的 DH 系列有好的生长表现,并有理想的木材圆满度^[5,7,9,12]。但在多台风的沿海地区,选种 DH 系列无性系则需考虑其抗风性,相关试验表明,DH 系列的抗风性远不如其它研究单位推出的无性系好,种植第二年如遇 9 级以上风力,其风害率可以达到 65% 以上,造成严重的损失。
- 4.3 综合以上分析,在广东低丘台地适宜种植桉树地区,196 是表现最好的无性系,它由尾叶桉和细叶桉杂

交所得,带有细叶桉抗风性强的特性^[13]。196 无性系 6 a 生时树高为 19.33 m,胸径为 13.55 cm,单位面积蓄积为 173.76 m³,单位面积木材价值为 9.38 万元,是非常值得推广种植的无性系。

参考文献

[1] 谢耀坚. 中国桉树育种研究进展及宏观策略[J]. 世界林业研究,2011,24(4):50-54.

[2] 陈孝,欧生,梁学明,等. 杂交桉 DH 系列无性系生长比较[J]. 广东林业科技,2001,17(2):11-14.

[3] 白嘉雨. 桉树遗传育种的回顾及发展前景——桉树遗传改良是我国人工林树种改良成功的范例[J]. 广西林业科学,2006,35(4):221-226.

[4] 刘杰锋. 我国桉树研究现状与发展态势[J]. 桉树科技,2009,26(2):50-61.

[5] 卢国桓,陆钊华,徐建民,等. 尾叶桉无性系生长比较研究[J]. 广西林业科学,2004,33(1):42-44.

[6] 周顺得. 闽南丘陵山地桉树不同无性系栽培试验研究[J]. 安徽农学通报,2010,16(1):165-166,206.

[7] 秦武明,刘运华,黄世芳,等. 不同桉树无性系生长对比试验及经济效益分析[J]. 林业科技,2008,33(1):15-18.

[8] 全国栋,陈斌,徐小琚,等. 湛江地区桉树无性系早期试验研究[J]. 广东林业科技,2009,25(4):62-66.

[9] 杨成武,李宝福,黄信金,等. 桉树无性系抗风对比试验[J]. 福建林业科技,2010,37(3):41-44.

[10] 廖远立,张富元,卓福源,等. 4 个桉树无性系在梅州市引种栽培调查[J]. 广东林业科技,2013,29(6):54-57.

[11] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析:第 3 版 [M]. 北京:电子工业出版社,2006:185-266.

[12] 徐建民,李光友,陆钊华,等. 杂交桉无性系综合筛选试验研究[J]. 桉树科技,2009,26(2):1-8.

[13] 陆钊华,徐建民,白嘉雨,等. 细叶桉和赤桉种源间材性变异研究[J]. 林业科学研究,2000,13(4):370-376.