

广东郁南尾巨桉人工林密度效应*

李国新¹ 黎颖锋¹ 邓炳权¹ 龚益广¹ 杨锦昌²

(1. 广东省西江林业局 西江林场, 广东 郁南 527121;

2. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要 采用随机区组试验设计在广东省郁南县西江林场设置了4种株行距(1.7 m×4 m, 2.0 m×4 m, 2.5 m×4 m, 3.0 m×4 m)试验, 分析不同造林密度(1 470、1 250、1 000、833株·hm⁻²)对0.8~7.8 a生尾巨桉(*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*)人工林保存率、树高、胸径、单株材积和林分蓄积量的影响。结果表明: 不同造林密度对林分的保存率、树高、胸径、单株材积和蓄积量均有显著的影响; 除0.8 a生的林分保存率外, 其它年龄的林分保存率均随着造林密度的增加而降低, 1 470株·hm⁻²与其它3种密度间的林分保存率存在显著差异; 造林密度对林分平均高有一定的影响, 但差异较小; 随着造林密度的增加, 林分平均胸径和单株材积逐步递减, 1 470、1 250株·hm⁻²与其它两种密度间的平均胸径和单株材积在2.8~7.8 a生时均存在显著差异; 在7.8 a生时, 以1 250株·hm⁻²为造林密度的林分蓄积量最大, 达195.0 m³·hm⁻², 分别比造林密度为1 470、1 000、833株·hm⁻²的林分高16.28%、5.86%和14.37%。以获得较高的林分蓄积量为目标, 初步推荐1 000~1 250株·hm⁻²的造林密度。

关键词 尾巨桉; 人工林; 生长; 造林密度

中国分类号: S792.39 文献标识码: A 文章编号: 2096-2053 (2017) 04-0009-05

Density Effects on the Growth of *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* Plantation in Yunan County, Guangdong Province

LI Guoxin¹ LI Yingfeng¹ DENG Bingquan¹ GONG Yiguang¹
YANG Jinchang²

(1. Xijiang Forest Farm in Guangdong Province, Yunan, Guangdong 527121, China; 2. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract The effects of different planting densities (1 470, 1 250, 1 000, 833 trees · hm⁻²) on the preservation rate, tree height, DBH, individual tree volume and stand volume of *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis* plantation aged at 0.8 to 7.8 years in Xijiang Forest Farm of Yunan county, Guangdong province were studied by arranging a trial treated with four spacings of 1.7 m × 4 m, 2.0 m × 4 m, 2.5 m × 4 m and 3.0 m × 4 m through the randomized block experiment. The results showed that different planting densities had significant influences on the preservation rate, tree height, DBH, individual tree volume and stand volume. Except for the age of 0.8 years, the preservation rate of stand aged at other years decreased with the increasing planting density, among which there were significant differences between 1 470 trees · hm⁻² and other three types of planting density. The planting density also had eminent effects on tree height, but the difference was relatively small. The mean values of DBH and individual volume decreased gradually with the increasing of plant density, and there

* 第一作者: 李国新(1963—), 男, 工程师, 主要从事森林培育及管护工作, E-mail:7268958@163.com。

通信作者: 龚益广(1972—), 男, 高级工程师, 主要从事森林培育及管护工作, E-mail:7268399@21cn.com。

were significant differences in the two indicators between 1 470, 1 250 trees · hm⁻² and other two types of planting density for the stand aged at 2.8 to 7.8 years. At 7.8 years old, the volume of stand planted with 1 250 trees · hm⁻² was the highest with the value of 195.0 m³ · hm⁻², which increased by 16.28%, 5.86%, 14.37% compared with the planting density of 1 470, 1 000 and 833 trees · hm⁻². Therefore, the planting density between 1 000 to 1 250 trees · hm⁻² was recommended to obtain the highest stand volume of *E. urophylla* × *E. grandis* plantation.

Key words *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*; plantation; growth; planting density

尾巨桉 (*Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*) 属桃金娘科 (Myrtaceae) 高大乔木, 是以尾叶桉 (*E. urophylla*) 为母本、巨桉 (*E. grandis*) 为父本人工育成的杂交种, 具有速生丰产、抗逆性强、经济效益高等特点, 在海南、广西、广东、福建和湖南等省份广泛引种栽培, 已成为我国南方营造速生丰产林的主要造林树种之一^[1-3]。尾巨桉木材用途广泛, 是造纸、人造板、建筑和造船等的优质原料^[4]。近年来, 随着尾巨桉造林面积的不断扩大, 如何实现尾巨桉人工林速生丰产是亟需解决的问题。林分密度控制是形成林分结构的基础, 能够提高林分的质量和生产力, 是培育高产高效人工林的关键技术措施之一^[5]。关于造林密度和施肥技术对尾巨桉人工林生长影响的研究比较多^[2,4-6], 但广东省云浮市作为尾巨桉的重要产地, 关于造林密度对其生长的影响却鲜见报道。本文以广东省郁南县尾巨桉 DH32-29 无性系密度试验林为研究对象, 探讨不同造林密度对尾巨桉人工林生长的影响, 以期对广东云浮发展桉树人工林和定向培育提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广东省云浮市郁南县西江林场桂香坪工区, 地处 111°30'E、23°27'N, 属南亚热带季风气候, 干湿季节交替明显。年平均气温 21.6 °C, 最高气温 36.2 °C, 年平均降水量 1 600 mm, 年平均湿度 82%; 土壤为赤红壤, pH 值 4.0、有机质 30.11 g · kg⁻¹、全氮 1.23 g · kg⁻¹、全磷 0.16 g · kg⁻¹、全钾 18.12 g · kg⁻¹、碱解氮 79.89 mg · kg⁻¹、有效磷 6.26 mg · kg⁻¹、速效钾 30.91 mg · kg⁻¹。试验地海拔为 220~280 m, 林下植被主要有粽叶芦 (*Thysanolaena maxima*)、三叉苦 (*Evodia lepta*) 等。

1.2 造林措施

种植前人工清理杂灌, 穴状整地, 种植穴规格为 40 cm × 40 cm × 30 cm。造林所用苗木为尾巨桉 DH32-29 无性系, 苗龄 3 个月, 苗高 15~25 cm; 以桉树专用肥 (肥效 20%) 作基肥, 600 g · 株⁻¹; 2005 年 3 月份定植, 当年 9 月、2006 年 6 月和 9 月以及 2007 年 7 月各抚育 1 次; 施肥结合抚育进行, 每次施桉树专用肥 (肥效 30%) 850 g · 株⁻¹。

1.3 试验设计

采用随机区组设计, 设置 4 个密度处理, A 处理为 1 470 株 · hm⁻² (1.7 m × 4 m)、B 处理为 1 250 株 · hm⁻² (2.0 m × 4 m)、C 处理为 1 000 株 · hm⁻² (2.5 m × 4 m) 和 D 处理为 833 株 · hm⁻² (3.0 m × 4 m), 3 次重复, 共 12 个小区; 每个小区的四周均设置 1~2 行相同密度的保护行, 小区面积为 0.07~0.12 hm²。

1.4 数据采集和处理

造林后第 0.8 年在每个小区设置一块固定样地并标定观测株 60 株以上, 调查其成活率和测量树高; 造林后 1.8、2.8、4.5、5.8、6.8、7.8 a 分别对固定观测株的保存率、树高和胸径进行调查, 并按照桉树 (尾巨桉、巨尾桉) 二元材积公式计算单株材积^[7]:

$$V=0.000\ 12\ D^{1.987\ 8}\ H^{0.636\ 2}$$

其中: V 为单株材积, D 为胸径, H 为树高。

单位面积蓄积量 = 平均单株材积 × 初值密度 × 保存率, 利用 Microsoft excel 2013 和 SPSS 20.0 对数据进行统计分析和作图。不同密度之间的比较采用单因素方差分析, 当差异显著水平 $P < 0.05$, 进一步用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 造林密度对林分保存率的影响

对不同密度试验林的保存率进行调查, 其结果见表 1。从表 1 可以看出, 尾巨桉林分的保存

表 1 不同造林密度下尾巨桉林分保存率的变化

密度处理	造林密度 / (株 · hm ⁻²)	成活率 / %						
		0.8 a	1.8 a	2.8 a	4.5 a	5.8 a	6.8 a	7.8 a
A	1 470	95.9 ± 0.0	80.0 ± 0.1 b	74.4 ± 0.1 b	68.7 ± 0.1 b	68.7 ± 0.1 b	62.3 ± 0.1 c	62.3 ± 0.1 c
B	1 250	97.9 ± 0.0	89.7 ± 0.0 a	89.2 ± 0.0 a	87.1 ± 0.0 a	86.7 ± 0.0 a	83.6 ± 0.0 b	83.6 ± 0.0 b
C	1 000	96.4 ± 0.0	89.7 ± 0.1 a	89.2 ± 0.1 a	88.7 ± 0.1 a	88.7 ± 0.1 a	88.7 ± 0.1 ab	88.7 ± 0.1 ab
D	833	97.8 ± 0.0	96.3 ± 0.0 a	95.5 ± 0.0 a	93.3 ± 0.0 a	93.3 ± 0.0 a	93.3 ± 0.02 a	93.3 ± 0.0 a

注：表中数据为平均值 ± 标准误差；同列凡有 1 个相同小写字母者，表示不同密度处理间在 0.05 水平差异不显著。

率随着造林密度的增加呈降低的趋势。方差分析结果表明，1.8 a 生时，不同密度处理间的差异已达到显著水平 ($P < 0.05$)，经多重比较检验，1 470 株 · hm⁻² 保存率显著低于其他 3 种密度处理；在 6.8~7.8 a 生时，1 470 株 · hm⁻² 与其他 3 种密度，1 250 与 833 株 · hm⁻² 密度处理均有显著差异。在 7.8 a 生时，造林密度为 1 470 株 · hm⁻² 的林分保存率为 62.3%，比 1 250、1 000 和 833 株 · hm⁻² 密度处理的林分分别低 21.3、26.4 和 31.0 个百分点。在 1.8 a 生时，不同造林密度的林分保存率均有不同程度的降低，这可能是林分进入郁闭，开始出现自然稀疏。

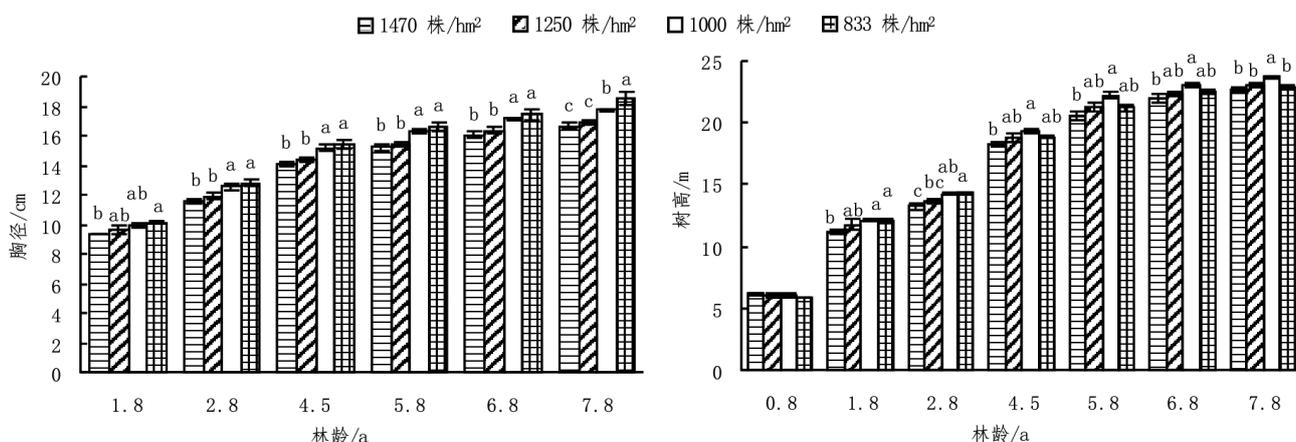
2.2 造林密度对树高生长的影响

对不同造林密度的尾巨桉林分树高生长调查分析见图 1。造林密度对林分平均高的影响随着林龄的增加而发生变化。经方差分析及多重比较表明，在 0.8 a 生时，密度间的树高差异未达到显著性水平；在 1.8~2.8 a 生时，林分的平均高随着造林密度的增加而显著增加 ($P < 0.05$)；在 4.5~6.8 a 生时，1 000 与 1 470 株 · hm⁻² 密度林分达到显著性差异 ($P < 0.05$)，而其他密度处理间无显著差

异。在 7.8 a 生时，林分的平均树高最大值出现在 1 000 株 · hm⁻² 造林密度林分，达 23.7 m，比 1 470 株 · hm⁻² 密度林分平均树高高出 1.2 m。从尾巨桉树高的生长进程来看，在 1.8 a 之前有较高的连年生长量，随后连年生长量下降，在 7.8 a 生时，不同造林密度林分的树高连年生长量不超过 1 m。总体来说，造林密度对尾巨桉树高生长有一定的影响，但是这种作用比较小。

2.3 造林密度对胸径生长的影响

从图 1 可以看出，尾巨桉林分的平均胸径随着造林密度的增加而减小。从尾巨桉胸径的生长进程来看，胸径的快速生长主要在 1.8 a 生之前，随后保持比较稳定的胸径增长。方差分析结果及多重比较表明，在 1.8 a 生时，1 470 与 833 株 · hm⁻² 密度处理间有显著差异 ($P < 0.05$)；在 2.8~6.8 a 生时，密度处理 1 470、1 250 株 · hm⁻² 与 1 000、833 株 · hm⁻² 林分之间差异显著；在 7.8 a 生时，除密度处理 1 470、1 250 株 · hm⁻² 间差异不显著外，其他密度处理间均有显著差异。在 7.8 a 生时，造林密度为 833 株 · hm⁻² 的林分平均胸径为 18.5 cm，分别比密度 1 470、1 250、1 000 株 · hm⁻² 处理的



注：图中数据为平均值 ± 标准误差；相同林龄柱子上凡有 1 个相同小写字母者，表示不同造林密度处理间在 0.05 水平差异不显著。

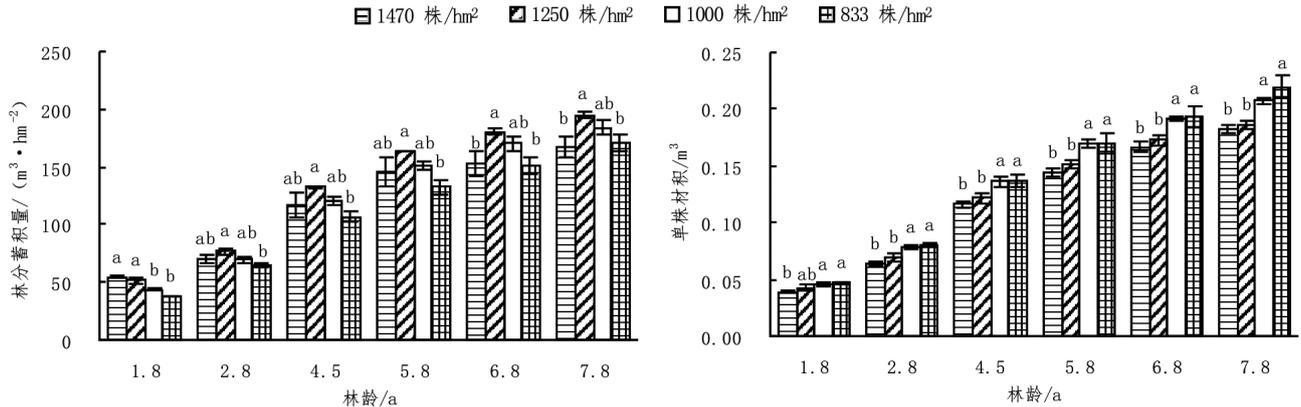
图 1 不同造林密度对尾巨桉林分树高、胸径生长的影响

林分大 10.78%、9.47% 和 4.52%。

2.4 造林密度对单株材积生长的影响

在尾巨桉密度试验林中，林木的单株材积随造林密度的减小而增大（图 2）。经方差分析表明，密度对尾巨桉林分的平均单株材积产生显著的影响（ $P < 0.05$ ）。多重比较结果表明，在 1.8 a 生时，

密度处理 1 470 株·hm⁻² 和 1 000、833 株·hm⁻² 有显著差异；在 2.8~7.8 a 生时，密度处理 1 470、1 250 与 1 000、833 株·hm⁻² 之间差异显著。在 7.8 a 生时，833 株·hm⁻² 处理的林分平均单株材积为 0.219 6 m³，分别比密度 1 470、1 250 与 1 000 株·hm⁻² 的林分大 20.13%、17.62% 和 5.73%。



注：图中数据为平均值 ± 标准误差；相同林龄柱子上凡有 1 个相同小写字母者，表示不同造林密度处理间在 0.05 水平差异不显著。

图 2 不同造林密度对尾巨桉单株材积和林分蓄积量生长的影响

2.5 造林密度对林分单位面积蓄积量的影响

根据造林密度、保存率和单株材积计算出不同造林密度林分的单位面积蓄积量见图 2。不同密度处理的蓄积量随着造林密度的增加呈先增加后减小的趋势。经方差分析及多重比较表明，在 1.8 a 生时，造林密度为 1 470、1 250 株·hm⁻² 处理和 1 000、833 株·hm⁻² 处理之间有显著性差异；在 1.8~5.8 a 生时，1 250 株·hm⁻² 与 833 株·hm⁻² 处理间有显著性差异（ $P < 0.05$ ），而其他密度处理间无显著差异；在 6.8~7.8 a 生时，1 250 株·hm⁻² 与 1 470、833 株·hm⁻² 处理的林分蓄积量有显著差异，而其他密度间的差异未达到显著性水平。在 7.8 a 生时，1 250 株·hm⁻² 处理的面积蓄积量为 195.0 m³·hm⁻²，分别比密度 1 470、1 000、833 株·hm⁻² 处理的林分大 16.28%、5.86% 和 14.37%。

3 结论与讨论

尾巨桉造林密度试验表明，不同造林密度对林分的保存率、树高、胸径、单株材积和蓄积量均有显著影响。在 1 470 株·hm⁻² 的造林密度下，由于林木竞争作用，自然稀疏的比例比较高，同时在林分生长的初期遭受台风危害的机率也会增

加，从而导致保存率显著低于其他密度处理。造林密度对林分平均高有一定的影响，但是这种作用比较小，在一定范围内差异不显著。林分的平均胸径和单株材积随着造林密度的增加呈现递减的趋势，在不同密度处理间存在显著差异。不同造林密度对林分蓄积量有显著影响，在 7.8 a 生时，以 1 250 株·hm⁻² 为造林密度的林分蓄积量最大，达 195.0 m³·hm⁻²，显著高于 1 470 和 833 株·hm⁻² 造林密度的林分。因此可认为，尾巨桉造林密度不宜过大，可选择 1 250 株·hm⁻² 左右的造林密度。

选择合适的造林密度是由经营目的和经营条件共同决定的。黄宝灵等^[8] 建议，尾叶桉人工林合理的密度范围为 1 250~2 500 株·hm⁻² 之间，短周期工业用材林的主伐年龄为 5~7 a；张金文^[9] 认为巨尾桉 (*E. grandis* × *E. urophylla*) 可采用 1 650 株·hm⁻² (2 m × 3 m) 的造林密度，在培育的过程中通过间伐来培育大径材；而唐庆兰等^[2] 的研究结果表明，不同造林密度会显著影响尾巨桉林分生长特性，进而影响林分的数量成熟年龄，宜根据不同的经营目标来选择适宜的造林密度。最适宜的造林密度需要通过人工林经济效益的综合评

价来确定^[10]。陈少雄等^[11]对广西东门林场尾巨桉不同初植密度的人工林经济效益进行分析,认为尾巨桉的造林密度不宜过大,降低造林密度可以增加大、中径材的比例,833株·hm⁻²的初植密度可获得最高的经济效益。本研究基于生长量的比较,初步认为1250株·hm⁻²的造林密度可获得最高的林分蓄积量,但不一定产生最高的经济效益。陈少雄等^[11]研究结果表明,尾巨桉林分蓄积量在9.1 a生之前总体上随着初植密度的增加(667、833、1250、1667和2222株·hm⁻²5种初植密度)而增加,但经济效益则在833株·hm⁻²的初植密度条件时达到峰值;参照此研究结果,本研究可能产生最高经济效益的造林密度是1000或833株·hm⁻²。今后,有待于继续跟踪调查本试验林的生长状况,并结合技术、经济和政策等因素^[10],对4种初植密度的尾巨桉人工林经济效益进行综合评价,最终确定最适宜于当地造林的初植密度。

参考文献

- [1] 任世奇, 陈健波, 邓紫宇, 等. 修枝对尾巨桉生长动态及单板质量的影响[J]. 北京林业大学学报, 2015, 37(3): 126-132.
- [2] 唐庆兰, 陈健波, 项东云, 等. 尾巨桉不同造林密度林分生长特性研究[J]. 广西林业科学, 2009, 38(3): 141-145.
- [3] 吴世军, 陈广超, 徐建民, 等. 巨桉种源/家系多点遗传变异及选择比较[J]. 林业与环境科学, 2016, 32(6): 10-15.
- [4] 李典云, 秦紫棋, 谭翔, 等. 不同施肥处理对尾巨桉生长量及经济效益的影响[J]. 热带农业科学, 2017, 37(3): 20-24.
- [5] FORRESTER D I, WIEDEMANN J C, FORRESTER R I, et al. Effects of planting density and site quality on mean tree size and total stand growth of *Eucalyptus globulus* plantations [J]. Canadian Journal of Forest Research, 2013, 43(9): 846-851.
- [6] 易平, 陈健波, 陈云峰, 等. 尾巨桉无性系不同造林措施林分生长调查[J]. 广西林业科学, 2012, 41(2): 141-145.
- [7] 韩培新, 冯超. 韶关市桉树(尾巨桉、巨尾桉)短周期工业原料林二元材积表的编制[J]. 林业调查规划, 2012, 37(2): 4-8.
- [8] 黄宝灵, 蒙钰钗. 不同造林密度对尾叶桉生长、产量及材性影响的研究[J]. 林业科学, 2000, 36(1): 81-90.
- [9] 张金文. 巨尾桉大径材间伐试验研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(4): 464-468.
- [10] 李方平, 高岚. 桉树人工林经济效益的影响因素分析[J]. 广东农业科学, 2014, 41(13): 205-208.
- [11] 陈少雄, 李志辉, 李天会, 等. 不同初植密度的桉树人工林经济效益分析[J]. 林业科学研究, 2008, 21(1): 1-6.