

间伐对培育桉树大径材的影响 及其经济效益分析

赵英伟, 邱炳发, 彭智邦, 陆珍先, 张广祥, 张磊*

(广西国有东门林场, 广西 扶绥 532108)

摘要: 本研究通过对9年生尾巨桉人工林进行7个不同强度的间伐处理, 分析各处理间径阶分布范围、林分生长因子、单株材积等指标, 并核算经济效益。结果表明: 间伐后3 a, 保留500、400、300、200株 hm^{-2} 处理胸径增量和单株材积增量极显著高于未间伐处理; 间伐后2、3 a, 树高增量只有保留200株 hm^{-2} 处理极显著高于未间伐处理; 皆伐利润随着间伐强度的增加呈现先增加后降低的趋势, 产值最高的为保留500株 hm^{-2} 处理, 年均产值达30 851.00元 hm^{-2} 。在大径材培育过程中, 间伐能极显著增加林分中大径材相对比例、生长量, 进一步提高经济效益。

关键词: 桉树; 大径材; 间伐; 经济效益

中图分类号: S753.51+4

文献标志码: A

Effect of Thinning on Cultivation of Large Diameter *Eucalyptus* and Analyses of Its Economic Benefits

ZHAO Yingwei, QIU Bingfa, PENG Zhibang, LU Zhenxian,

ZHANG Guangxiang, ZHANG Lei

(Guangxi Dongmen State-owned Forest Farm, Chongzuo 532108, Guangxi, China)

Abstract: In this study, 7 treatments involving different intensities of thinning were applied to a plantation of 9-year-old *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*. Differences in diameter distributions, growth and volume per tree among treatments were analyzed along with estimated economic benefit over a whole rotation of each treatment. At 3 years after thinning, in treatments that retained 500, 400, 300, or 200 trees hm^{-2} the DBH increments and also volume per tree increments were significantly higher than in the treatment with no thinning. At 2 and 3 years after thinning, only the treatment that retained 200 trees hm^{-2} had significantly higher tree height increment than the treatment with no thinning. The net profit per rotation was estimated to increase at first and then decrease with increasing intensity of thinning. The highest profit would be obtained by the treatment that retained 500 trees hm^{-2} , and this would provide an average annual income of 30 851.00 yuan hm^{-2} . In the process of cultivating large-diameter trees, appropriate thinning can help divert more of the increment of a eucalypt plantation onto larger diameter trees, and thereby improve economic efficiency.

Key words: *Eucalyptus*; large diameter timber; thinning; economic effect

桉树(*Eucalyptus*)作为世界三大速生树种之一, 在我国南方泛种植^[1]。作为纸浆材和原木的重要原料, 桉树为木材工业提供了坚实的保障。近年来, 随着国内木材市场的变化, 对大径材木材的需求日益增加, 大径材培育既是人工林定向培育的一个方向, 也是解决目前大径材木材资源紧张的有效途径之一^[2-3]。

桉树人工林间伐是培育大径材的重要措施之一^[4]。不同强度的间伐, 可以不同程度地减少林木群体间对水分、养分、光等资源的竞争, 使进入慢生长期的林木在径阶分布、胸径生长、树高生长、材积生长等方面得到显著的提升^[5]。间伐所产生的作用跟间伐的强度和间伐的时间有关^[6], 间伐强度越大胸径增幅越大, 越有利于大径材的培育。

基金项目: 国家重点研发计划课题“桉树大径材定向培育技术”(2016YFD0600502)

作者简介: 赵英伟(1993—), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事桉树良种选育与栽培技术研究, E-mail:418847773@qq.com

*通信作者: 张磊(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事桉树良种选育与栽培技术研究, E-mail:zhanglei506@163.com

目前市场上桉树木材原料主要以短皆伐期的小中径材为主, 具有生产周期短、市场需求大、经济效益明显的特点。如果延长桉树皆伐期, 培育中大径材, 有必要对桉树的造林、抚育、间伐等成本与收益进行周期性规划, 使生产资源得到优化配置, 提高林分大径材比例以及皆伐经济效益^[7]。针对间伐后大径材所产生的经济效益, 本研究进行 7 个不同间伐强度处理, 对比分析林木生长指标, 核算间伐成本、间伐收益、皆伐收益等经济指标, 以期为培育桉树大径材所创造的经济效益分析提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区位于广西国有东门林场华侨分场 24 林班 1 小班, 属亚热带大陆性季风气候, 全年光热充足, 年均气温 21.2 ~ 22.3℃, 极端最高温 41℃, 极端最低温 -4℃, 年无霜期 346 d, 年降雨量 1 000 ~ 1 300 mm, 相对湿度 74% ~ 83%, 海拔 100 ~ 200 m, 属丘陵台地, 坡度约 0° ~ 8°。2008 年 5 月造林, 种植品种为尾巨桉 DH32-28, 1 245 株 hm⁻², 株行距 2 m × 4 m, 保存率 90%, 2017 年 5 月完成间伐。

表 2 造林成本

年份	人工费							材料费		总计	
	整地	林地清理	定点	挖坑	基肥	定植补植	追肥	除草	基肥		追肥
2008	1800.00	300.00	150.00	450.00	450.00	450.00	450.00	450.00	1245	1 245	6 990.00
2009								450.00		1 245	1 695.00
2010								450.00		1 245	1 695.00
总计											10 380.00

间伐成本=平均单株材积×出材率×间伐株树×间伐人工单价+抚育人工费+肥料费

其中: 间伐人工单价为 80.00 元 m⁻³; 抚育人工费 1 725.00 元 hm⁻²; 肥料费 2 500.00 元 t⁻¹, 每株施肥 0.5 kg, 即 1.25 元 株⁻¹, 出材率 83.5%。

收益=间伐收益+皆伐收益

其中: 间伐收益=平均单株材积×出材率×间伐株树×材积单价; 皆伐收益=平均单株材积×出材率×皆伐株树×材积单价; 利润=(间伐收益+皆伐收

1.2 试验设计

本试验以保留木株数确定间伐强度, 共设置 7 个间伐强度, 不间伐为对照组(CK), 7 个不同保留密度如表 1 所示, 每个间伐处理 4 个重复, 共 32 个小区, 标记固定样地, 设固定桩。

表 1 试验设计

处理	株数/(株 hm ⁻²)	株数/(株 小区 ⁻¹)
CK	1 121	45
1	800	32
2	700	28
3	600	24
4	500	20
5	400	16
6	300	12
7	200	8

1.3 间伐原则

去“弱”留“强”, 所谓“强”和“弱”都是相对的, 是指与周边几株立木比较的强和弱。全小区分布均匀, 不能因为一群小树而集中采伐, 出现“天窗”、也不能因为一群大树集中保留而不间伐。

1.4 数据处理

单株材积公式: $V=0.000039629 \times DBH^2 \times H^{1.81}$

式中: V 为单株材积; DBH 为胸径; H 为树高。

2008 年造林成本详情见表 2, 其中肥料费为 2 000.00 元 t⁻¹, 每株施肥 0.5 kg, 即 1.00 元 株⁻¹。

益)-(造林成本+间伐成本)。

2019 年桉树木材市场价格^[7], 直径大于 20 cm, 价格为 700 ~ 720 元 m⁻³; 直径在 15 ~ 20 cm, 价格为 680 ~ 700 元 m⁻³。本研究中材积单价取平均值 700 元 m⁻³。

1.5 数据调查

于 2016 年 12 月 13 日进行试验规划并完成本地数据调查, 2017 年 6 月完成间伐工作, 2017 年 12 月 13 日、2018 年 11 月 12 日、2019 年 11 月 24 日

分别完成数据调查,调查数据包括每木胸径、树高、材积等生长情况。

1.6 数据分析

采用 EXCEL、SPSS 进行数据分析,若指标间出现显著或极显著差异,应用邓肯(Duncan's)法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 生长性状调查

间伐前及间伐后 1、2、3 a 胸径均值分别为 19.2、20.0、20.8、21.4 cm(表 3),变异范围为 17.1~22.3、17.5~23.2、18.3~24.5、18.8~25.7 cm; 树高均值分别为 26.8、28.9、29.7、30.0 m,变异范围为 24.8~28.3、26.4~31.3、27.0~32.0、27.3~32.5 m; 平均单株材积均值为 0.416、0.482、0.543、0.585 m³,

变异范围为 0.321~0.562、0.364~0.670、0.402~0.765、0.431~0.851 m³。

2.2 不同间伐强度对径阶分布的影响

由图 1 可知,除 200 株 hm⁻² 处理的胸径仅分布在 26~30 cm 径阶范围内,其他间伐强度处理的胸径在不同径阶分布呈现先增加后降低的趋势,各间伐强度下径阶的最大值分布有差异。其中,未间伐处理的最大值分布在 18~21 cm 径阶,其余 6 个不同间伐强度的最大值均分布在 22~25 cm 径阶。800、700、600、500 株 hm⁻² 处理分布在 10~30 cm 径阶范围,最大值往右偏移,400、300 株 hm⁻² 处理分布在 18~30 cm 径阶范围,最大值居中,200 株 hm⁻² 处理的胸径只分布在 26~30 cm 径阶范围,表明随着间伐强度的增加径阶分布越均匀。可见,随着间伐强度的增加,大径材的相对比例也增加。

表 3 生长性状调查

处理/(株 hm ⁻²)	DBH/cm				H/m				V/m ³			
	DBH0	DBH1	DBH2	DBH3	H0	H1	H2	H3	V0	V1	V2	V3
CK	17.1	17.5	18.3	18.8	24.8	26.4	27.1	27.3	0.321	0.364	0.402	0.431
800	18.8	19.3	20.2	20.6	26.5	28.6	29.3	29.2	0.390	0.447	0.502	0.525
700	19.1	19.6	20.6	21.0	27.0	28.8	29.6	30.0	0.412	0.469	0.528	0.566
600	19.7	20.5	21.6	22.1	27.8	30.0	30.9	31.1	0.438	0.515	0.589	0.626
500	20.9	21.7	22.7	23.4	28.0	30.6	31.5	32.3	0.491	0.583	0.656	0.717
400	21.0	21.8	22.9	23.8	28.1	30.7	31.3	32.0	0.493	0.582	0.655	0.724
300	20.7	21.6	22.8	23.8	28.4	30.6	31.4	31.9	0.486	0.571	0.648	0.718
200	22.3	23.2	24.5	25.7	28.3	31.3	32.0	32.5	0.562	0.670	0.765	0.851
平均值	19.2	20.0	20.8	21.4	26.8	28.9	29.7	30.0	0.416	0.482	0.543	0.585

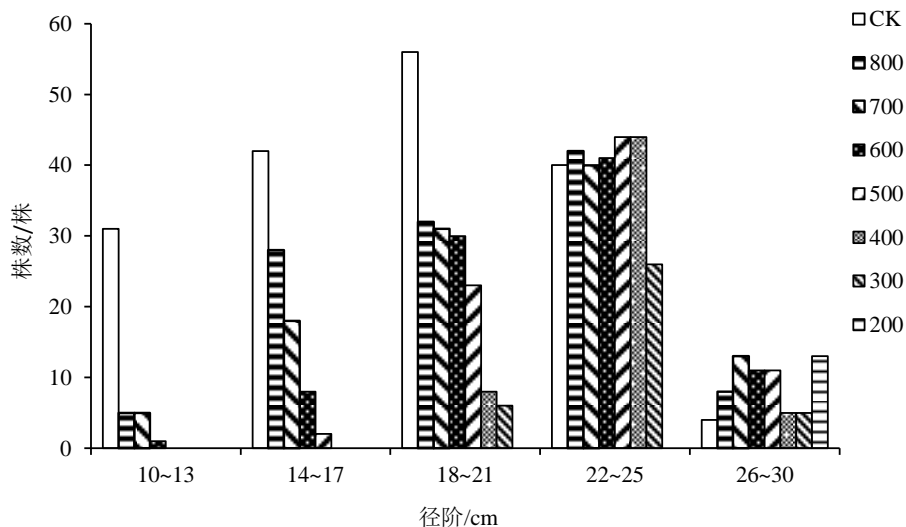


图 1 径阶分布

2.3 不同间伐强度对胸径增量的影响

由表 4 可知, 间伐后 1、2、3 a 各处理之间的胸径增量均呈极显著差异($P<0.01$)。每年的胸径增量均值分别为 0.63 ± 0.01 、 0.96 ± 0.01 、 0.59 ± 0.02 cm,

变异范围分别为 $0.45\sim 0.85$ 、 $0.73\sim 1.36$ 、 $0.43\sim 1.14$ cm, 随着间伐时间的增加, 胸径增量先增大后减小, 表明间伐能极显著的提高林木的胸径, 有利于大径材的培育。

表 4 胸径增量

处理/(株 hm^{-2})	胸径增量/cm		
	1 a	2 a	3 a
CK	$0.45\pm 0.03\text{C}$	$0.73\pm 0.03\text{E}$	$0.43\pm 0.04\text{E}$
800	$0.50\pm 0.04\text{C}$	$0.91\pm 0.03\text{D}$	$0.45\pm 0.03\text{E}$
700	$0.55\pm 0.04\text{BC}$	$0.92\pm 0.03\text{D}$	$0.49\pm 0.04\text{E}$
600	$0.67\pm 0.04\text{AB}$	$0.99\pm 0.03\text{CD}$	$0.53\pm 0.04\text{DE}$
500	$0.81\pm 0.03\text{A}$	$1.03\pm 0.04\text{CD}$	$0.70\pm 0.04\text{CD}$
400	$0.84\pm 0.05\text{A}$	$1.11\pm 0.04\text{BC}$	$0.87\pm 0.05\text{BC}$
300	$0.85\pm 0.06\text{A}$	$1.25\pm 0.07\text{AB}$	$0.99\pm 0.06\text{AB}$
200	$0.85\pm 0.05\text{A}$	$1.36\pm 0.07\text{A}$	$1.14\pm 0.05\text{A}$
平均值	0.63 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.59 ± 0.02
<i>F</i>	**	**	**

注: 1.同列数据后不同大写字母表示 $P<0.01$; 2.**表示 $P<0.01$, 下同。

间伐后胸径增量多重比较分析结果表明, 间伐后 1 a 时 600、500、400、300、200 株 hm^{-2} 处理的胸径增量要显著高于处理 1 及未处理的胸径增量, 其整体趋势基本呈现随间伐强度的增加, 胸径增量呈显著增加。间伐后 2 a 时 300、200 株 hm^{-2} 处理的胸径增量要极显著高于 800、700、600、500 株 hm^{-2} 处理及未处理的胸径增量, 800、700、600、500、400 株 hm^{-2} 处理之间的胸径增量差异不显著。间伐后 3 a 时, 300、200 株 hm^{-2} 处理的胸径增量要极显著高于 800、700、600、500 株 hm^{-2} 处理及未处理的胸径增量, 800、700、600 株 hm^{-2} 处理及未处理的胸径增量差异不显著。随着间伐时间的增长, 800、

700、600 株 hm^{-2} 处理低强度间伐所产生的胸径增幅与未处理的胸径增幅差异不显著, 表明 400、300、200 株 hm^{-2} 处理所产生的效果不显著。

2.4 不同间伐强度对树高增量的影响

间伐后 1、2、3 a 平均树高增量的统计分析结果如下(表 5)。可知, 间伐后 1 a、2 a、3 a 各处理之间的树高增量均呈极显著差异($P<0.01$)。每年的树高增量均值分别为 2.0 ± 0.07 cm、 0.8 ± 0.06 cm、 0.5 ± 0.08 cm, 变化范围分别为 $1.6\sim 2.8$ cm、 $0.5\sim 1.3$ cm、 $0.1\sim 1.1$ cm, 随着间伐时间的增加, 树高增量整体呈递减的趋势。结合胸径增长趋势表明表明间伐能极显著的提高林木的高生长。

表 5 树高增量

处理/(株 hm^{-2})	树高增量/m		
	1 a	2 a	3 a
CK	$1.6\pm 0.14\text{C}$	$0.5\pm 0.09\text{B}$	$0.1\pm 0.09\text{C}$
800	$2.0\pm 0.17\text{BC}$	$0.8\pm 0.09\text{AB}$	$0.3\pm 0.09\text{BC}$
700	$1.9\pm 0.16\text{BC}$	$0.9\pm 0.12\text{AB}$	$0.6\pm 0.11\text{ABC}$
600	$2.2\pm 0.20\text{AB}$	$0.9\pm 0.09\text{AB}$	$0.5\pm 0.10\text{ABC}$
500	$2.4\pm 0.12\text{AB}$	$0.7\pm 0.12\text{AB}$	$0.8\pm 0.40\text{ABC}$
400	$2.5\pm 0.20\text{AB}$	$0.8\pm 0.10\text{AB}$	$0.6\pm 0.11\text{ABC}$
300	$2.2\pm 0.17\text{AB}$	$0.9\pm 0.11\text{AB}$	$0.8\pm 0.09\text{ABC}$
200	$2.8\pm 0.25\text{A}$	$1.3\pm 0.40\text{A}$	$1.1\pm 0.12\text{A}$
平均值	2.0 ± 0.07	0.8 ± 0.06	0.5 ± 0.08
<i>F</i>	**	**	**

间伐后树高增量多重比较分析结果表明, 间伐后 1 a 时 600、500、400、300、200 株 hm^{-2} 处理的树高增量要极显著高于未处理的树高增量, 其整体趋势基本呈现随间伐强度的增加, 树高增量呈显著增加。间伐后 2 a 时 200 株 hm^{-2} 处理的树高增量要极显著高于其他处理的树高增量, 800、700、600、500、400、300 株 hm^{-2} 处理所产生的树高增幅与未处理的树高增幅差异不显著。间伐后 3 a 时, 200 株 hm^{-2} 处理的树高增量要极显著高于处理 1 及未处理的树高增量, 800、700、600、500、400、300 株 hm^{-2} 处理所产生的树高增幅与未处理的树高增幅差异不显著,

随着时间的增加, 只有间伐强度最大 200 株 hm^{-2} 处理树高的增幅有极显著性, 表明随时间的增加树高增量对间伐的响应减弱。

2.5 不同间伐强度对材积增量的影响

由表 6 可知, 间伐后 1、2、3 a 各处理之间的单株材积增量均呈极显著差异 ($P < 0.01$)。每年的单株材积增量均值分别为 0.065 ± 0.02 、 0.059 ± 0.01 、 $0.046 \pm 0.02 \text{ m}^3$, 变异范围分别为 $0.043 \sim 0.102$ 、 $0.036 \sim 0.102$ 、 $0.028 \sim 0.084 \text{ m}^3$, 随着间伐时间的增加, 单株材积增量呈递减的趋势, 表明间伐能极显著的提高林木单株材积, 有利于林木大径材的培育。

表 6 单株材积增量

处理/(株 hm^{-2})	单株材积增量/ m^3		
	1 a	2 a	3 a
CK	$0.043 \pm 0.002\text{C}$	$0.036 \pm 0.002\text{C}$	$0.028 \pm 0.005\text{E}$
800	$0.058 \pm 0.005\text{C}$	$0.054 \pm 0.003\text{C}$	$0.033 \pm 0.003\text{D}$
700	$0.059 \pm 0.004\text{C}$	$0.056 \pm 0.003\text{BC}$	$0.040 \pm 0.004\text{CD}$
600	$0.080 \pm 0.007\text{B}$	$0.070 \pm 0.003\text{AB}$	$0.053 \pm 0.006\text{BC}$
500	$0.083 \pm 0.004\text{AB}$	$0.072 \pm 0.004\text{AB}$	$0.061 \pm 0.005\text{BC}$
400	$0.084 \pm 0.005\text{AB}$	$0.075 \pm 0.004\text{B}$	$0.067 \pm 0.004\text{B}$
300	$0.085 \pm 0.005\text{AB}$	$0.077 \pm 0.007\text{B}$	$0.069 \pm 0.005\text{B}$
200	$0.102 \pm 0.007\text{A}$	$0.102 \pm 0.06\text{A}$	$0.084 \pm 0.006\text{A}$
平均值	0.065 ± 0.002	0.059 ± 0.001	0.046 ± 0.002
F	**	**	**

间伐后单株材积增量多重比较分析结果表明, 间伐后 1 a 时 600、500、400、300、200 株 hm^{-2} 处理的单株材积增量要极显著高于 800、700 株 hm^{-2} 处理及未处理的单株材积增量, 其整体趋势基本呈现随间伐强度的增加, 单株材积增量呈显著增加。间伐后 2 a 时 600、500、400、300、200 株 hm^{-2} 处理的单株材积增量要极显著高于 800 株 hm^{-2} 处理及未处理的单株材积增量, 700、600、500、400、300 株 hm^{-2} 处理所产生的单株材积增幅与未处理的树高增幅差异不显著。间伐后 3 a 时, 400、300、200 株 hm^{-2} 处理单株材积增量要极显著高于处理 800、700 株 hm^{-2} 处理及未处理的单株材积增量。

2.6 经济效益分析

2.6.1 成本分析

2008 年造林成本由人工费和材料肥两部分组

成(表 2), 造林后按照需要再进行两年的除草及施肥, 造林成本为 $10\ 380 \text{ 元 } \text{hm}^{-2}$ 。由表 7 可知, 各间伐强度的成本有差异, 间伐成本随着间伐强度的增加而增加。间伐后在抚育方面, 人工费在各间伐强度之间按每公顷来计算, 成本均一致; 在肥料费方面, 间伐后均施复合肥, 市场价格为 $2\ 500.00 \text{ 元 } \text{t}^{-1}$, 每株追肥 0.5 kg , 每株 1.75 元 。由此可知, 间伐后由于各间伐强度的间伐成本和肥料费用不同, 间伐后各间伐强度之间的总成本不一样, 随着间伐强度的增加而增加。

2.6.2 收益分析

由表 8 可知, 未间伐的收益为 0.00 元 , 间伐处理的收益随间伐强度的增加而增大; 2019 年皆伐收益方面, 核算得到 2019 年各间伐强度下皆伐收益, 收益随间伐强度的增加, 呈现递减的趋势, 未间伐处理的收益最高; 在总收益方面, 各间伐强度下总

收益随着间伐强度的增加, 呈现先增加后减小的趋势, 其中, 500 株 hm^{-2} 处理的总收益最高, 未间伐

处理的收益最低, 并且间伐处理的总收益均高于未间伐处理, 表明间伐能提高木材的总收益。

表 7 间伐成本

处理/(株 hm^{-2})	费用/(元 hm^{-2})						
	间伐人工	间伐总计	除萌人工	除草人工	追肥人工	肥料费	总计
CK	0.00	0.00	225.00	750.00	750.00	1 965.00	3 690.00
800	80.00	9 031.00	225.00	750.00	750.00	1 395.00	12 231.00
700	80.00	11 811.00	225.00	750.00	750.00	1 230.00	14 846.00
600	80.00	14 592.00	225.00	750.00	750.00	1 050.00	17 447.00
500	80.00	17 372.00	225.00	750.00	750.00	870.00	20 047.00
400	80.00	20 153.00	225.00	750.00	750.00	705.00	22 663.00
300	80.00	22 921.00	225.00	750.00	750.00	525.00	25 251.00
200	80.00	25 701.00	225.00	750.00	750.00	345.00	27 851.00

表 8 收益分析

年份	收益/(元 hm^{-2})							
	CK	800	700	600	500	400	300	200
2017	0.00	79 020.00	103 344.00	127 655.00	151 966.00	176 277.00	200 600.00	224 911.00
2019	283 403.00	243 949.00	233 228.00	219 538.00	207 439.00	171 380.00	125 901.00	96 994.00
总计	283 403.00	322 970.00	336 572.00	347 193.00	359 405.00	347 656.00	326 502.00	321 905.00

2.6.3 利润分析

2019 年时的利润核算如表 9 所示。通过利润核算得出各间伐强度下产值, 各间伐强度下利润均达到 290 000.00 元 hm^{-2} 以上, 其中 500 株 hm^{-2} 处理的利润值最高, 未间伐处理的利润最低, 各间伐强度的利润随着间伐强度的增加, 呈现先增加后减小

的趋势, 表明在生产中一定程度的间伐有利于提高木材的收益。年均利润方面, 间伐处理的年利润均能达到 26 000.00 元 hm^{-2} 以上, 未间伐处理的年利润为 25 428.00 元 hm^{-2} , 其中, 500 株 hm^{-2} 处理的年利润 30 851.00 元 hm^{-2} 最高。

表 9 利润分析

项目	利润/(元 hm^{-2})							
	CK	800	700	600	500	400	300	200
2019 年	279713.00	310739.00	321726.00	329746.00	339358.00	324994.00	301251.00	294054.00
年均	25428.00	28249.00	29248.00	29977.00	30851.00	29545.00	27386.00	26732.00

3 讨论与结论

(1) 大径材在整个林分中的相对比例是衡量大径材培育的重要指标之一。本研究中, 各间伐处理的大径材相对比例均高于未间伐处理, 径阶分布的最大值随着间伐强度的增加从左往中心偏移, 最后集中于一个径阶范围内。随着间伐强度的增加大径材比例增高, 小径材比例减少。与王毓靖等^[9]不同

间伐强度对桉树人工林林分生长的影响中大径材分布比例研究结果一致。

(2) 抚育间伐后林分郁闭度降低, 不同间伐强度处理下各样地的林分郁闭度也不同导致胸径增幅有差异, 因此, 间伐后林木的胸径增幅能体现不同间伐强度的间伐效果与郭万军等^[10]的研究结果一致。本研究中, 各处理间的连年胸径增量均呈现先增高后降低的变化趋势; 间伐后 2 a 间伐处理均极

显著高于未间伐处理；总体胸径增量随着间伐强度的增加而增加。

(3) 基于本次试验林分，9年生桉树林分树高增长已经进入缓慢期，平均树高为26.8 m，间伐后树高的增量能体现出间伐对整个林分林木高生长的促进情况。本研究中，不同间伐处理间的连年树高增量均呈现随着间伐时间的增加而减小的趋势，各间伐处理间随着间伐强度的增加树高增量增加。结合胸径增量来看，间伐后1 a林分郁闭度降低，林木获得更多水、光、养分等资源先开始集中高生长，次年集中于胸径增长，符合林木生长的一般规律。间伐对桉树人工林林分树高的促进作用较小，但间伐能减缓树高增量的下降速度。

(4) 材积是目前桉树大径材培育的重要指标之一^[4]。本研究中，不同间伐处理间的连年单株材积增量均呈现随着间伐时间的增加而减小的趋势，各间伐处理间随着间伐强度的增加单株材积增量增加。结合树高增量变化来看，单株材积的变化趋势和树高增量的变化趋势一样均是各间伐强度随着时间的增加而降低。

(5) 经济效益分析中，在本研究中整个造林、营林过程中投入的劳务、材料成本相同，9 a时进行不同强度的间伐，间伐成本和间伐收益有差异，皆伐利润随着间伐强度的增加呈现先增加后降低的趋势。

综上所述，在大径材培育过程中间伐能极显著提高大径材相对比例、生长量，增加年均产值，产值最高的是保留500株 hm^{-2} ，达339 358.00元 hm^{-2} ，年均产值达到30 851.00元 hm^{-2} 。

参考文献

- [1] FORRESTER, D I, Smith R G B. Faster growth of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus pilularis* in mixed-species stands than monocultures[J]. *Forest Ecology and Management*, 2012, 286: 81-86.
- [2] 卢万鸿, 杨桂丽, 林彦, 等. 桉树叶片水分状态的近红外光谱检测[J]. *林业科学*, 2017, 53(5): 16-22.
- [3] 何沙娥, 欧阳林男, 朱林生, 等. 桉树大径材培育技术研究概述[J]. *桉树科技*, 2018, 35(1): 37-43.
- [4] 陈少雄. 桉树中大径材培育理论及关键技术研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.
- [5] FORRESTER, MEDHURST J L. The effect of solid-wood silviculture on growth, form and wood properties in *Eucalyptus* plantations: an Australian perspective[R]. Melbourne, Australia: Forestry and Wood Products Australia, 2013.
- [6] SMITH R G B, BRENNAN P. First thinning in sub-tropical eucalypt plantations grown for high-value solid-wood products: a review[J]. *Australian Forestry*, 2006, 69(4): 305-312.
- [7] 张洪瀚, 李一民, 梁新威. 桉树大径材培育技术及其经济效益[J]. *江西农业*, 2019(22): 74-75.
- [8] 岑巨延, 赵泽洪, 莫祝平, 等. 广西速丰桉数表研制项目研究报告[R]. 南宁: 广西林业勘测设计院, 2005.
- [9] 王毓靖, 颜忠鹏, 李志辉. 不同间伐强度对桉树人工林林分生长的影响[J]. *桉树科技*, 2019, 36(3): 36-41.
- [10] 郭万军, 王广海, 张利民, 等. 抚育间伐对林木生长及其稳定性的影响[J]. *河北林果研究*, 2011, 26(3): 243-246.