

## 桉树薪炭林混交试验— I. 不同密度不同比例混交试验初报\*

何克军 郑海水 赖汉兴 黄世能 蔡满堂

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

**关键词** 雷林1号桉; 窿缘桉; 大叶相思; 混交密度; 混交比例

桉树在华南地区广泛分布, 是多种用途的速生用材和薪材树种。但纯林连续多代经营易引起林地土壤物理性质恶化, 地力衰退, 木材产量下降, 因而期望通过树种混交来保持和培肥地力。我们从1982年开始在琼海县阳江镇林场和上涌乡林场选择根瘤发达, 枯枝落叶量大, 具有固氮改土能力, 且幼树阶段耐一定程度庇荫的大叶相思和黑荆进行混交试验。现将3年观测结果初报如下。

### 一、试验地概况

试验地分别设于海南岛东部琼海县低丘(阳江)和沿海台地(上涌), 属热带季风气候, 年均温24℃, 极端低温5℃, 年均降雨量2070mm, 年均相对湿度86%, 干湿季明显, 降雨多集中在6—10月, 台风雨多在7—10月。试验地砂石裸露, 阳江为砂页岩发育成的薄有机质中厚层砖红壤, 有机质含量0.17%, 全N0.039%, 全P0.42%, pH4.9; 上涌为浅海沉积岩发育成的褐色砖红壤, 有机质含量0.98%, 全N0.042%, 全P0.29%, pH5.1。土壤较贫瘠, 林地前作是窿缘桉残林, 林木稀疏, 生长差, 出材率低, 10年生林分仅4—5 m<sup>3</sup>/ha。

### 二、试验材料和方法

参试树种: 雷林1号桉(*Eucalyptus leizhou* No.1)——A, 窿缘桉(*E. exserta*)——B, 大叶相思(*Acacia auriculiformis*)——C及黑荆(*A. mearnsii*)——D。试验采用随机区组排列, 3次重复, 小区面积0.09 ha。上涌乡林场进行不同树种(A、B、C、D)和不同比例(1:1和2:1)的行间混交试验。试验安排: A×C(1:1, 下同)、2A×C(2:1, 下同)、A×D、2A×D、B×C、2B×C、B×D、A和B等9种处理, 株行距1×1.5 m。阳江镇林场以窿缘桉和大叶相思进行1×1×1 m(桉树株距×行距×相思株距)、1×1.75×1.5 m、1×1.25×1 m三种密度的行间混交试验。

本文于1988年1月7日收到。

\*参加本项工作的还有李海文同志, 琼海县林业局的吴祖通、李克雄同志, 琼海县上涌乡林场的王国恩、黄开轩同志参加了部分工作, 本文承华南农业大学徐英宝副教授审阅, 在此一并致谢。

试验均用营养砖苗。苗高30 cm时出圃造林。林地清杂后机耕全垦挖穴(30×30×30 cm), 每穴施50 g磷肥和500 g土杂肥作基肥。5—6月定植, 两个月后每株撒施20 g尿素作追肥。第三年5月抚育施肥一次, 每株施70 g磷肥和30 g尿素。

### 三、试验结果与分析

#### (一) 不同树种不同比例混交试验

观测及统计分析结果列于表1、2。从表1、2看出, 不同处理的混交试验林的材积和生物量有显著和极显著差异。A×C的材积和生物量(地上部分, 下同)最高, 分别达124.7 m<sup>3</sup>/ha和96.7 t/ha, 极显著地高于其它处理; 其次是2A×C和B×C, 但两者差异不显著, 生长较差的是2A×D、A×D和B×D; 2B×C、A和B的材积和生物量居中。可见雷林1号桉、窿缘桉与大叶相思混交效果最好, 而雷林1号桉和窿缘桉与黑荆混交, 因黑荆不适应当地条件, 生长差, 因而混交效果也差。此外, 不同处理中的雷林1号桉与窿缘桉比较, 由于

表1 上桶混交林生长情况

处 理	树 种	每 公 顷 株 数			平均 胸径 (cm)	平均高 (m)	林 分 生 物 量 (t/ha)				蓄积(m <sup>3</sup> /ha)		叶面积 指 数
		造 林 株 数	保 存 株 数	保 存 率 (%)			薪 炭 材 (干、枝)	总 生 物 量	枯 落 枝 叶	年 均 生 长	总 蓄 积	年 均 生 长	
A×C	A	3 333	2 350	70.5	6.22	11.03	24.37	32.1			49.17		2.17
	C	3 333	3 149	94.5	6.35	9.80	48.40	60.5			75.53		4.05
	Σ	6 666	5 499	83.0	6.29	10.33	72.77	92.6	4.09	32.23	124.70	41.57	6.22
2A×C	A	4 444	2 979	67.0	5.34	9.67	22.52	29.1			43.18		1.94
	C	2 222	2 124	95.6	6.65	9.61	36.34	46.1			53.94		3.57
	Σ	6 666	5 103	76.6	5.89	9.65	58.86	75.20	5.00	26.74	97.12	32.37	5.51
B×C	B	3 333	2 212	66.4	5.99	9.97	18.36	24.80			32.89		3.05
	C	3 333	3 079	92.4	6.10	9.65	36.66	48.50			61.44		4.22
	Σ	6 666	5 291	79.4	6.05	9.78	55.02	73.3	6.18	26.49	94.33	31.44	7.27
2B×C	B	4 444	3 257	73.3	5.21	9.28	22.49	30.3			38.56		2.75
	C	2 222	2 053	92.4	6.27	9.28	24.20	32.5			40.60		3.51
	Σ	6 666	5 310	79.7	5.62	9.28	46.69	62.5	3.57	22.66	79.16	26.39	6.26
A×D	A	3 333	2 574	77.2	6.66	10.23	26.59	35.1			51.96		1.80
	D	3 333	1 790	53.7	2.45	4.18	4.30	5.1			11.36		—
	Σ	6 666	4 364	65.5	4.93	7.75	30.89	40.2	3.38	14.53	63.32	21.11	1.80
2A×D	A	4 444	4 014	90.3	6.23	10.00	39.10	49.0			75.96		1.85
	D	2 222	1 136	50.5	2.41	4.19	1.64	1.8			4.55		—
	Σ	6 666	5 150	77.3	5.39	8.72	40.74	50.8	3.42	18.07	80.51	26.84	1.85
B×D	B	3 333	3 076	92.3	6.12	9.41	26.64	35.8			47.44		2.40
	D	3 333	1 535	46.1	2.39	4.16	1.83	2.2			4.90		—
	Σ	6 666	4 611	69.2	4.88	7.66	28.47	38.0	2.89	13.63	52.34	17.45	2.40
B	B	6 666	5 757	86.4	5.85	9.27	47.30	62.2	2.87	21.69	83.01	27.67	6.52
A	A	6 666	5 703	85.6	6.05	9.58	45.33	62.4	3.56	21.99	87.12	29.04	6.34

表 2

上桶混交林生物量多重比较

序号	处 理	平均数	$\bar{x}-9$	$\bar{x}-8$	$\bar{x}-7$	$\bar{x}-6$	$\bar{x}-5$	$\bar{x}-4$	$\bar{x}-3$	$\bar{x}-2$
1	A×C	96.47	55.60**	52.88**	42.32**	32.32**	30.51**	30.40*	17.00*	16.27*
2	2A×C	80.20	39.33**	36.61**	26.05*	16.05	14.24	14.13	0.73	
3	B×C	79.47	38.60**	35.88**	25.32*	15.32	13.51	13.40		
4	2B×C	66.07	25.20*	22.48*	11.92	1.92	0.11			
5	A	65.96	25.09*	22.37*	11.81	1.81				
6	B	64.15	23.28*	20.56*	10.00					
7	2A×D	54.15	13.28	10.56						
8	A×D	43.59	2.72							
9	B×D	40.87								

雷林 1 号桉具杂种优势, 早期(3 年前)生长快, 因而无论是混交林还是纯林中的雷林 1 号桉均较窿缘桉生长快, 材积和生物量较高, 如 A×C、2A×C 和 A×D 林分的平均径、高、材积和生物量分别比 B×C、2B×C 和 B×D 高, 但差异不显著。而大叶相思和黑荆与雷林 1 号桉混交也比与窿缘桉混交生长好。

上述分析表明: 雷林 1 号桉、窿缘桉和大叶相思耐贫瘠, 混交效果较好, 产量高。尤其是雷林 1 号桉与大叶相思混交效果更佳, 可能与雷林 1 号桉具杂种优势, 与生长速度相当且分枝早的大叶相思混交后增强了竞争能力有关。

从参试的 4 个树种不同比例(1:1 和 2:1)混交效果看, A×C 的材积和生物量显著高于 2A×C, 平均胸径和材积也高于 2A×C, B×C 的径、高、材积和生物量高于 2B×C, 但差异不显著。A×D 的径、高、单株材积和生物量分别比 2A×D 高 7.1%、2.3%、6.9% 和 15.6%。说明混交比例 1:1 比 2:1 能更好地利用营养生长空间, 林木生长较好, 材积和生物量较高。2A×D、A×D 和 B×D 的材积和生物量比 A、B 纯林低, 其原因是黑荆生长不良所造成的。

### (二) 不同密度混交试验

阳江的窿缘桉和大叶相思不同密度混交试验结果列于表 3。

表 3

混交林生长情况及方差分析

树 种	处 理	株 行 距 (m)	造林密度 (株/ha)	保留株数 (株/ha)	林 木 生 长			生 物 量 (t/ha)			方 差 分 析 结 果
					$\bar{D}$ (cm)	$\bar{H}$ (m)	蓄 积 (m <sup>3</sup> /ha)	枯 落 物	鲜 重	干 重	
窿 缘 桉	I	1×2	5 000	3 990	3.71	6.14	18.56		30.78	11.23	$F_{鲜}=10.31^*$ $F_{0.05}=9.55$ $F_{干}=4.77$ $F_{0.05}=9.55$
	II	1×3.5	2 858	2 415	3.68	5.35	9.91		24.69	9.51	
	III	1×2.5	4 000	3 735	4.09	5.69	17.33		15.00	5.80	
大 叶 相 思	I	1×2	5 000	4 830	3.93	5.45	23.84		30.92	13.07	$F_{鲜}=74.30^{**}$ $F_{0.05}=9.55$ $F_{干}=16.64^*$ $F_{0.01}=30.82$
	II	1.5×3.5	1 905	1 605	4.41	4.90	9.07		8.26	3.64	
	III	1×2.5	4 000	3 810	2.79	4.00	6.73		24.34	11.05	
窿 × 大	I	1×1×1	10 000	8 820	3.82	5.80	42.39	3.39	61.71	24.31	$F_{鲜}=17.08^*$ $F_{0.05}=9.55$ $F_{干}=12.62^*$ $F_{0.01}=30.82$
	II	1×1.75×1.5	4 763	4 020	4.05	5.13	18.97	1.66	32.95	13.13	
	III	1×1.25×1	8 000	7 755	3.44	4.85	24.06		39.34	16.85	

表 3 显示两树种不同密度混交的径、高生长差异不大, 而材积和生物量有较大差异。混交林均数比较(表 4)表明, 处理 I 和 III、II 和 III 之间材积和生物量差异不显著, 而处理 I 的林分生物量(24.31 t/ha)显著地高于处理 II 和 III, 分别是处理 II 和 III 的 1.87、1.57 倍。说明处理 I (1 × 1 × 1 m) 是比较理想的混交密度。

表 4 混交林均数比较

窿缘桉				大叶相思				窿缘桉+大叶相思			
处理	均数	$\bar{x}-III$	$\bar{x}-II$	处理	均数	$\bar{x}-III$	$\bar{x}-II$	处理	均数	$\bar{x}-III$	$\bar{x}-II$
I	11.23	5.43	1.72	I	13.07	2.02	9.43**	I	24.31	7.46	11.18*
II	9.51	3.71		II	3.64	-7.41**		II	13.13	-3.72	
III	5.80	$Q_{0.05}=7.52$		III	11.05	$Q_{0.05}=2.28$		III	16.85	$Q_{0.05}=9.45$	

### (三) 混交林与纯林生长比较

阳江、上埔林场的试验结果表明, 雷林 1 号桉、窿缘桉和大叶相思混交林较两种桉树纯林生长好、产量高、生物量大。阳江林场的窿缘桉和大叶相思混交林的径、高、材积和生物量分别比窿缘桉纯林高 17.5%、3.8%、23.8% 和 15.9%, 枯枝落叶量亦高 35.6%。上埔林场 3 年生混交林 A × C、2A × C、B × C、2B × C 的生物量分别比雷林 1 号桉和窿缘桉纯林高 48.4% 和 50.4%、20.5% 和 25.0%、17.5% 和 23.8%、0.2% 和 3%; 而枯落物分别高 14.9% 和 4.5%、40.4% 和 74.2%、73.6% 和 115.3% 及 0.3% 和 24.8%。可见混交林与纯林比较, 不仅林分产量高, 而且枯枝落叶量大, 利于培肥地力, 改良土壤。雷林 1 号桉和窿缘桉为强阳性树种, 树干高大, 林冠稀疏, 自然整枝能力强, 而大叶相思幼林能耐一定程度的庇荫, 两者混交形成复层林冠结构, 能充分利用生长空间, 积累营养物质。大叶相思除具有固氮能力, 能自我营养外, 还可为上述两种桉树生长提供一定量的氮素, 因而能促进和稳定两桉树生长, 提高林分产量。混交林地下部分生长与地上部分近似(见表 5)。上埔试验林土层较薄, 80—90 cm 已达母质层, 影响了主根伸长, 因而 3 个树种主根生长差异不大, 但侧根生长差异较大。两种桉树根幅较窄(约 2 m), 根多集中在 0—30 cm 土层中, 而大叶相思根幅宽(约 3 m), 根密集于 0—20 cm 土层中。两者根系交错分布, 形成庞大的根系网, 能充分利用生长间隙, 促进了林木生长。

表 5 混交树种根系分布情况比较

项 目 深度(cm)	雷林 1 号桉				大叶相思					窿缘桉								
	根重 (g)	(% )	主根深 (cm)	根幅(cm)			根重 (g)	(% )	主根深 (cm)	根幅(cm)			根重 (g)	(% )	主根深 (cm)	根幅(cm)		
				东	西	南北				东	西	南北				东	西	南北
0—10	307.06	25.2	87	159	193	448.38	22.5	94	339	261	370.28	31.1	88	214	228			
11—20	448.61	36.7				1 037.21	51.9				448.05	37.6						
21—30	243.26	19.9				178.36	8.9				192.73	16.2						
31—40	56.68	4.6				108.21	5.4				53.76	4.5						
41—50	35.10	2.9				52.94	2.7				41.77	3.5						
50 以下	130.16	10.7				172.06	8.6				84.35	7.1						
Σ	1 226.87	100				1 997.16	100				1 190.94	100						

**(四) 土壤肥力变化**

如前所述，混交林枯枝落叶量比纯林大，分解后有利改良土壤。3年生混交林林地土壤肥力变化如表6。

**表6 上埔混交林土壤肥力变化**

土壤理化性状	处 理	处									
		造林前	A×C	2A×C	B×C	2B×C	A×D	2A×D	B×D	B	A
有机质(%)		1.02	1.420	1.220	1.140	1.270	1.450	1.450	1.740	1.120	1.640
全 N (%)		0.047	0.026	0.047	0.034	0.036	0.017	0.039	0.052	0.041	0.045
全 P (%)		0.292	0.022	0.018	0.006	0.012	0.027	0.026	0.030	0.013	0.045
速效P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/100g)		12.280	0.232	0.498	0.440	1.209	0.695	0.463	0.648	0.495	0.046
pH 值		5.1	4.9	5.1	4.7	5.0	4.9	5.0	4.8	4.9	5.2

表6表明，林地有机质含量均有不同程度的增加，N、P含量因林木生长消耗而减少。林地中土壤颜色显示，雷林1号桉、窿缘桉与大叶相思混交，林下枯落物多，土色较暗，表土疏松，而桉树纯林则相反。窿缘桉与大叶相思或黑荆混交林(B×C, 2B×C和B×D)土壤有机质含量分别比纯林B增加1.8%、13.4%和55.4%，而混交林B×C和2B×C的含N量比纯林B减少17.1%和12.2%，含P量减少53.4%和7.8%。其它处理土壤肥力变化不规则，其原因是附近农民采集枯落物作燃料所致。

**(五) 混交林的采伐与更新**

雷林1号桉、窿缘桉和大叶相思纯林的萌芽更新能力极强(萌芽率达100%)。但混交林的更新尚待研究。从不同比例的混交林看，3年生时早期采用机耕全垦施肥措施，促进林木生长作用已渐消失。林木生长靠土壤肥力，在贫瘠林地上桉树持续速生丰产困难，因而生势减缓，而此时大叶相思开始速生，对生长空间的竞争明显加剧(见表2)，势必影响桉树生长。为缓和种间矛盾，大叶相思在3年生时应采收利用。根据试验结果，伐桩高60cm有利于萌芽更新，萌芽率达99.2%，且萌条生长茁壮。9个月萌条平均径1.95cm，最大达2.7cm，平均高2.73m，最高4.5m。萌条与原有桉树又形成了明显复层林冠。采伐后的嫩枝叶铺于林地自然腐烂，有利于改良土壤，或者埋于林地进行培肥，提高了土壤肥力。

3年生大叶相思采伐测算结果表明，A×C可获薪材48.4t/ha，发热量相当于33.1t标准煤；2A×C为36.3t/ha，相当于24.8t标准煤；B×C为36.7t/ha，相当于25.0t标准煤；2B×C为24.2t/ha，相当于16.5t标准煤。可见经营桉树和大叶相思混交林收获快、产量高、更新效果好。在薪材奇缺、土壤贫瘠地区经营雷林1号桉、窿缘桉和大叶相思混交林，2—3年即可提供小径材和薪材。

**四、初步结论**

1. 雷林1号桉、窿缘桉和大叶相思行间混交是可行的。地上形成复层林冠结构，地下根系交错生长，紧密结合构成有机整体。大叶相思能固氮和自我营养，且枯枝落叶多，利于培肥土壤，促进桉树生长，因而混交能提高林分产量。而桉树与黑荆混交因黑荆生长不良，未取得应有效果。

2. 雷林1号桉、窿缘桉与大叶相思混交, 采用1行桉树和1行大叶相思比2行桉树和1行大叶相思效果好。

3. 贫瘠立地(阳江点)以 $1 \times 1 \times 1$  m株行距营造混交林较另两种密度更能充分利用生长和营养空间, 因而产量高、经济效益大。而立地较好的上埔林场则采用 $1 \times 1.5 \times 1$  m株行距混交亦获高产。

4. 桉树与大叶相思混交林宜在3年前采收大叶相思, 一般伐桩高60 cm, 伐后很快萌芽, 且萌芽率高, 半年左右即可恢复成林。

### 参 考 文 献

[1] 徐燕千、霍应强, 1982, 大叶相思栽培及其利用研究, 热带林业科技, (1), 21—30, (2), 1—13。

[2] 王九龄, 1986, 我国混交林营造的研究现状, 林业科技通讯, (11), 1—5。

## STUDIES ON MIXED FUELWOOD OF EUCALYPTUS I. A PRELIMINARY REPORT ON DIFFERENT MIXED SPACING AND DIFFERENT PROPORTION

He Kejun Zheng Haishui Lai Hanxing Huang Shineng Cai Mantang

(The Research Institute of Tropical Forestry CAF)

### Abstract

*Eucalyptus leizhou* No. 1, *E. exserta* and *Acacia auriculiformis*, *A. mearnsii* were planted in a 1:1 and 2:1 mixture by rows with a spacing of  $1 \times 1.5$  m at one location. Through 3 years observation, mixed stand of *E. leizhou* No. 1, and *A. auriculiformis* with an average above ground biomass of 92.6 t/ha was very successful. The production in 1:1 mixture was much more than those in 2:1 mixture and the pure eucalyptus stands. *A. auriculiformis* was cut at a stump height of 60 cm and it sprouted satisfactorily after harvest under eucalyptus. Mixed spacing experiment of *E. exserta* and *A. auriculiformis* in 1:1 mixture by rows was carried out at another location. The experimental results show that the best mixed spacing is  $1 \times 1 \times 1$  m.

**Key words:** *Eucalyptus leizhou* No.1; *E. exserta*; *Acacia auriculiformis*; mixed density; mixed proportion