

四种桉树不同种源木材基本密度和 纤维长度变异研究*

柴修武 王豁然 方玉霖 王维辉

摘要 在福建省长泰县桉树种源试验林内,采集了巨桉、柳桉、赤桉和尾叶桉共45个种源232株5年生桉树试材,进行木材基本密度和纤维长度的试验和研究。结果表明,四种桉树种间和种源间均有一定差异;巨桉、柳桉、赤桉和尾叶桉的基本密度变幅分别为 $0.407\sim 0.462$ 、 $0.427\sim 0.475$ 、 $0.498\sim 0.541$ 和 $0.471\sim 0.558$ g/cm³;纤维长度变幅分别为 $799.3\sim 904.5$ 、 $859.0\sim 937.8$ 、 $841.4\sim 924.8$ 和 $847.9\sim 945.5$ μm。尾叶桉具有最快的生长速度、最大的木材基本密度和较大的纤维长度。种源间,巨桉种源(昆士兰)14431、(巴西)14860、(南非)13365;柳桉种源(新南威尔士)14527、13029、13015;赤桉种源(昆士兰)14106、(西澳)15052和尾叶桉种源(印尼)12895、12898,具有较快的生长速度,较好的木材基本密度及纤维长度,在四种桉树45个种源中为最优种源。

关键词 桉树、种源、木材基本密度、纤维长度

桉树系世界著名速生树种,其天然分布于澳大利亚、巴布亚新几内亚、印度尼西亚群岛、新几内亚以及菲律宾群岛的棉兰岛等地。世界上许多国家和地区进行了引种和栽培,成为世界性的重要经济树种^[1]。我国亦有100多年的栽培历史,截至目前,造林遍及17个省(区),面积约67万hm²,四旁植树18亿株以上,引种栽培面积仅次于巴西,居世界引种第二位^[1,2]。国内学者虽对桉树引种、驯化、栽培、病虫害防治以及木材的性质和利用进行了一些研究^[3~6],但对桉树的地理种源、家系、无性系木材性质及其变异,至今未见报道。本文就巨桉(*Eucalytus grandis* Hill ex Maid.)15个种源,柳桉(*E. saligna* Sm.)13个种源,赤桉(*E. camaldulensis* Dehnh.)12个种源,尾叶桉(*E. urophylla* S. T.)5个种源的木材基本密度和纤维形态及其变异进行研究。为林业生产、科学研究提供依据。

1 林地概况

四种桉树45个种源概况见表1。

桉树种源林地位于福建省长泰县岩溪镇东北3 km处的丘陵地(24°40' N, 117°50' E,

1992—12—11收稿。

柴修武工程师(中国林业科学研究院木材工业研究所 北京 100091);王豁然(中国林业科学研究院林业研究所);方玉霖,王维辉(福建省漳州市林业科技推广站)。

*本文系世界银行贷款,国家造林项目科研推广计划的一部分。张寿槐、卢鸿俊、骆秀琴、刘红参加了试验和计算。

表1 桉树树种及种源

试验号	种源	树种	产地	纬度(°′)	经度(°′)	海拔(m)
1	13 431		昆士兰	16 36	145 16	840
2	14 393		昆士兰	17 06	145 33	900
3	14 849		昆士兰	17 06	145 36	1 050
4	14 420		昆士兰	17 42	145 28	860
5	14 210		昆士兰	17 50	145 33	720
6	14 838	巨	昆士兰	18 14	143 00	620
7	14 431		昆士兰	26 52	152 42	500
8	14 509		新南威尔士	28 31	152 30	600
9	13 020	桉	新南威尔士	30 10	153 01	98
10	13 019		新南威尔士	30 13	153 02	135
11	14 519		新南威尔士	31 50	152 01	230
12	14 860		巴西	00 00	100 00	0
13	14 861		巴西	00 00	100 00	11
14	13 965		南非	— —	— —	—
15	13 365		南非	— —	— —	—
1	14 429		昆士兰	23 50	149 05	780
2	15 011		昆士兰	24 51	151 01	730
3	13 263		昆士兰	24 57	148 03	1 090
4	14 435	柳	昆士兰	26 38	152 33	600
5	13 340		昆士兰	27 58	152 12	850
6	14 508		新南威尔士	28 34	152 30	600
7	14 526		新南威尔士	29 47	152 09	1 030
8	14 507		新南威尔士	30 13	152 46	640
9	14 524	桉	新南威尔士	30 39	152 08	900
10	15 054		新南威尔士	31 31	151 31	1 100
11	14 527		新南威尔士	32 00	151 50	450
12	13 029		新南威尔士	32 22	100 28	80
13	13 015		新南威尔士	35 33	150 11	30
1	15 062		北澳	14 23	132 21	290
2	14 918		昆士兰	15 34	144 27	90
3	14 540		西澳	15 48	127 53	10
4	13 941	赤	北澳	16 20	131 07	100
5	14 917		昆士兰	16 22	144 43	400
6	15 050		西澳	16 30	126 10	400
7	13 663		昆士兰	16 48	144 10	230
8	15 052		西澳	16 50	125 32	250
9	14 847	桉	昆士兰	17 10	145 15	500
10	12 187		昆士兰	17 24	145 09	680
11	14 106		昆士兰	18 00	143 00	150
12	14 518		北澳	19 34	134 13	335
1	12 895		印度尼西亚	08 15	122 58	415
2	12 898	尾	印度尼西亚	08 21	123 15	890
3	14 532	叶	印度尼西亚	08 31	122 45	398
4	12 362	桉	印度尼西亚	08 37	125 38	1 100
5	15 089		印度尼西亚	08 38	122 27	500

海拔50 m), 属亚热带气候。年均温度21.0 °C, 极端最高温度40.9 °C, 极端最低温度-2.1 °C; 年降水量1533mm; 土壤类型属赤红壤, 母质花岗岩, pH值6.4, 含N0.111%、P₂O₅0.045%、K1.64%、有机质1.40%。采用8×8方形格子设计, 16株方形小区, 5次重复, 株行距2 m×2m, 穴状整地, 规格为50 cm×40 cm×40 cm; 造林时每穴施NPK复合肥料100 g^[6]。四种桉树种源生长情况见表2。

表2 四种桉树生长情况

巨 桉			柳 桉			赤 桉			尾 叶 桉		
试验号	树高(m)	胸径(cm)	试验号	树高(m)	胸径(cm)	试验号	树高(m)	胸径(cm)	试验号	树高(m)	胸径(cm)
1	12.7	9.4	1	12.8	9.1	1	13.4	9.3	1	13.8	10.7
2	13.7	11.0	2	11.2	8.0	2	13.0	9.1	2	13.7	11.3
3	14.3	10.1	3	9.6	7.2	3	10.3	7.9	3	12.3	10.9
4	11.6	8.3	4	12.7	11.4	4	11.4	9.5	4	12.2	10.2
5	14.4	9.7	5	8.9	7.7	5	12.3	8.3	5	13.8	11.6
6	12.6	9.5	6	9.4	8.7	6	10.7	8.6			
7	12.7	9.6	7	11.5	8.9	7	12.9	8.4			
8	13.0	9.0	8	11.4	8.5	8	11.8	9.2			
9	12.7	8.5	9	11.0	7.6	9	13.5	8.0			
10	13.2	9.7	10	11.2	8.4	10	12.3	8.1			
11	13.9	10.2	11	11.7	8.9	11	13.3	8.6			
12	14.0	10.2	12	11.7	8.6	12	9.2	6.8			
13	13.0	9.0	13	11.7	10.0						
14	13.0	10.4									
15	13.0	9.6									
均值	13.2	9.6		11.1	8.7		12.0	8.5		13.2	10.9

2 试材和方法

2.1 试材

在每一个小区中, 选择1~2株生长正常的平均木, 5次重复共采5~10株。造林后由于自然和其他原因毁坏, 个别种源只采到4株。在4种桉树45个种源中采伐试材232株。每株在离地面1.3 m处截取20 cm厚的圆盘, 供测定木材基本密度及纤维形态。

2.2 方法

木材基本密度取样, 从髓心至树皮分内、外二等分, 用排水法测定; 纤维形态是按内、中、外三等分取, 纯醋酸:30%过氧化氢=1:1的离析液, 将材料投入离析液中, 置入60 °C烘箱内约2昼夜。离析后的材料置载物片上, 即可测定。纤维长度各测100根, 纤维宽度各测50根, 导管各测25根。

3 结果与分析

四种桉树及种源木材基本密度, 纤维长度形态所测结果见表3。

巨桉15个种源的木材基本密度均值为0.433 g/cm³, 其中种源13431、14431、14860为最高; 木材纤维长度均值为851.5 μm, 种源14860, 13365均达到国际木材解剖学会规定的中级长

表3 四种桉树及种源木材基本密度、纤维长度

树种	试验代号	基本密度(g/cm ³)					纤维长度(μm)						纤维宽度(μm)	纤维长宽比	导管长度(μm)
		内部	外部	均值	标准差	变异系数	内部	中部	外部	均值	标准差	变异系数			
巨桉	1	0.442	0.479	0.460	0.031	0.067	748.5	851.3	927.0	842.2	68.722	0.082	18.1	46.5	458.6
	2	0.422	0.641	0.442	0.024	0.054	696.2	815.4	886.4	799.3	47.575	0.059	18.7	42.7	438.0
	3	0.417	0.452	0.435	0.025	0.057	750.2	866.7	888.1	835.0	48.792	0.059	18.3	45.6	453.0
	4	0.415	0.438	0.427	0.039	0.092	725.0	809.7	891.1	808.6	42.260	0.053	20.0	40.4	445.6
	5	0.397	0.416	0.407	0.023	0.057	743.7	823.9	900.9	822.8	36.626	0.045	18.2	45.1	461.6
	6	0.401	0.429	0.415	0.017	0.040	707.2	829.8	880.6	805.9	48.785	0.061	18.4	43.8	443.8
	7	0.447	0.476	0.462	0.090	0.196	725.2	822.8	898.7	815.6	28.877	0.035	19.2	42.5	414.7
	8	0.413	0.455	0.434	0.033	0.076	740.2	848.5	924.3	837.7	53.741	0.054	19.3	43.4	450.2
	9	0.430	0.456	0.443	0.024	0.054	794.0	892.1	983.9	890.0	47.841	0.050	20.2	44.0	502.7
	10	0.419	0.423	0.421	0.037	0.087	771.7	873.0	973.2	872.7	45.413	0.107	19.9	43.9	461.2
	11	0.413	0.462	0.437	0.023	0.053	753.6	873.9	948.8	858.8	72.549	0.084	18.7	45.9	460.4
	12	0.424	0.476	0.450	0.019	0.042	808.5	887.5	1005.9	900.6	35.093	0.039	19.1	47.1	505.7
	13	0.407	0.483	0.422	0.028	0.066	794.3	888.8	991.1	891.4	83.484	0.094	19.0	47.0	521.5
	14	0.397	0.435	0.416	0.037	0.089	807.5	880.3	973.9	887.2	22.532	0.025	18.2	48.7	456.9
	15	0.397	0.423	0.410	0.058	0.130	788.3	930.8	994.5	904.5	31.217	0.035	18.4	49.1	490.1
均值		0.417	0.449	0.433	0.034	0.077	757.1	859.6	937.9	851.5	47.567	0.056	18.9	46.0	464.3
标准差		0.035	0.046	0.037	0.019	0.039	35.8	34.6	45.7	37.2	16.808	0.019	0.67	2.3	27.7
变异系数		0.083	0.102	0.085	0.558	0.506	0.047	0.040	0.049	0.044	0.353	0.340	0.77	0.05	0.060
柳桉	1	0.447	0.477	0.462	0.024	0.051	759.7	933.0	983.9	892.2	38.10	0.043	18.1	49.3	446.5
	2	0.389	0.445	0.422	0.055	0.129	763.4	884.0	929.5	859.0	39.909	0.046	17.4	49.5	474.6
	3	0.461	0.490	0.475	0.049	0.102	758.5	857.1	1007.8	874.5	65.398	0.075	18.3	47.8	413.1
	4	0.428	0.519	0.473	0.066	0.130	758.4	867.1	948.6	867.0	31.618	0.036	18.5	46.8	432.2
	5	0.423	0.429	0.427	0.017	0.041	808.0	884.7	910.7	867.8	25.789	0.030	17.3	50.3	446.2
	6	0.428	0.486	0.457	0.040	0.088	794.0	901.7	971.2	889.0	44.989	0.051	17.2	51.6	446.2
	7	0.431	0.501	0.466	0.053	0.115	793.6	878.7	966.5	879.7	24.730	0.028	19.1	46.0	465.5
	8	0.428	0.474	0.451	0.026	0.057	816.8	881.6	977.5	880.1	56.666	0.064	18.4	47.8	450.2
	9	0.430	0.485	0.458	0.044	0.096	793.2	890.6	988.8	896.1	48.523	0.054	18.4	48.6	467.5
	10	0.426	0.457	0.442	0.045	0.102	820.5	903.5	994.5	906.2	30.462	0.034	17.6	51.4	461.0
	11	0.442	0.500	0.471	0.023	0.050	869.4	917.8	1032.0	937.8	20.631	0.022	18.5	50.7	485.0
	12	0.435	0.492	0.464	0.016	0.036	833.8	912.1	1007.1	917.7	45.738	0.050	19.4	47.4	498.9
	13	0.428	0.488	0.458	0.034	0.074	837.3	948.8	995.2	927.1	70.780	0.076	19.2	48.2	435.5
均值		0.431	0.480	0.455	0.038	0.083	797.8	897.0	978.0	891.9	41.795	0.047	18.3	48.9	435.5
标准差		0.034	0.051	0.039	0.015	0.033	35.0	26.0	33.3	24.4	15.023	0.017	0.70	1.7	23.1
变异系数		0.079	0.106	0.085	0.395	0.398	0.044	0.029	0.034	0.027	0.359	0.362	0.78	0.04	0.053
赤桉	1	0.489	0.544	0.516	0.045	0.087	805.0	915.5	962.5	894.3	41.520	0.047	15.8	56.6	436.8
	2	0.468	0.573	0.490	0.040	0.082	724.4	858.1	914.8	841.4	31.352	0.037	17.6	48.2	407.7
	3	0.501	0.514	0.508	0.047	0.093	775.6	871.5	899.0	848.7	23.233	0.027	16.8	50.6	389.3
	4	0.474	0.525	0.500	0.049	0.098	782.6	885.6	907.3	858.5	82.312	0.096	16.9	50.8	412.3
	5	0.486	0.509	0.498	0.015	0.031	783.4	881.9	974.8	880.0	34.443	0.039	16.8	52.5	426.6
	6	0.497	0.524	0.511	0.044	0.086	799.8	863.5	929.9	864.4	47.894	0.055	19.1	35.2	396.5
	7	0.491	0.527	0.510	0.054	0.106	789.6	873.3	954.4	872.4	23.636	0.027	16.6	52.6	394.4
	8	0.508	0.573	0.541	0.028	0.052	763.4	878.1	929.1	856.8	32.000	0.037	16.4	52.1	387.1
	9	0.499	0.563	0.531	0.064	0.121	754.6	866.2	941.9	854.2	50.735	0.059	16.6	51.4	408.7
	10	0.496	0.509	0.503	0.035	0.069	759.7	845.4	936.9	847.2	50.644	0.060	16.4	51.8	425.3

续表

树 种	试验 代号	基本密度(g/cm ³)					纤维长度(μm)					纤维 宽度 (μm)	纤维 长度 比	导 管 长度 (μm)	
		内部	外部	均值	标准差	变异 系数	内 部	中 部	外 部	均 值	标准差				变异 系数
赤 桉	11	0.509	0.563	0.537	0.049	0.091	828.8	926.3	1016.8	924.0	94.465	0.102	16.1	57.4	453.1
	12	0.505	0.584	0.526	0.035	0.066	729.3	830.1	866.7	808.0	17.212	0.021	17.8	45.3	388.9
	均 值	0.493	0.534	0.514	0.042	0.082	774.7	874.6	938.4	862.5	44.121	0.051	16.9	50.4	410.8
	标 准 差	0.039	0.053	0.042	0.012	0.024	30.4	26.7	38.3	28.9	22.517	0.025	0.85	5.8	20.2
变 异 系 数	0.079	0.099	0.083	0.286	0.297	0.039	0.031	0.041	0.033	0.510	0.490	0.99	0.11	0.049	
尾 叶 桉	1	0.504	0.555	0.529	0.059	0.111	824.2	978.2	1034.0	945.5	63.490	0.067	19.5	48.4	465.1
	2	0.513	0.604	0.558	0.071	0.127	829.3	911.0	969.2	903.2	17.163	0.019	19.2	47.0	425.3
	3	0.487	0.579	0.533	0.051	0.095	785.9	878.9	932.4	865.7	89.793	0.103	19.5	44.3	426.6
	4	0.441	0.501	0.471	0.030	0.064	790.7	856.8	986.0	877.8	75.465	0.086	20.8	42.2	450.4
	5	0.481	0.549	0.515	0.052	0.101	770.4	848.9	924.3	847.98	22.292	0.026	19.8	42.8	414.6
均 值	0.487	0.553	0.520	0.053	0.100	800.2	894.8	969.2	888.0	53.641	0.060	19.7	44.9	436.4	
标 准 差	0.053	0.066	0.054	0.013	0.021	25.4	52.5	44.4	37.9	28.961	0.033	0.55	2.4	18.5	
变 异 系 数	0.109	0.119	0.103	0.245	0.210	0.032	0.059	0.046	0.043	0.540	0.550	0.62	0.05	0.042	

度(900~1600 μm)标准。15个种源的木材基本密度和纤维长度与柴修武等^[7]对13种白杨无性系(5年生)幼龄材的研究结果(气干密度0.448 g/cm³, 纤维长度850.0 μm)相接近。因而利用巨桉幼龄材制浆造纸是可行的, 当然密度大、纤维长的种源为最优者。

柳桉和巨桉常易混淆, 其实木材具有较大区别。巨桉木材微红色至红褐色, 轻软, 纹理直, 易劈裂; 柳桉木材淡红色, 坚硬, 结构粗, 耐腐¹⁾, 基本密度和纤维长度均高于巨桉, 前者均值高5.1%, 后者均值高4.7%。柳桉13个种源的基本密度以种源13263、14435、14527为最高, 纤维长度以种源14527、13015、13029为最长(表3)。从上述结果断言, 柳桉种源14527、13015、13029具有较优的木材基本密度和纤维长度, 可选为13个种源中的最佳种源。

赤桉12个种源木材基本密度均值为0.514 g/cm³, 高于巨桉和柳桉。12个种源中木材基本密度以种源15052、14847、14106为最高, 纤维长度以种源14106为最优。根据上述两项指标, 将种源14106确定为最佳种源。

尾叶桉在原产地广泛用作重型建筑和桥梁。5个种源木材基本密度和变幅为0.471~0.558 g/cm³。生长在马拉维共和国钦泰切地区的尾叶桉12个种源幼龄材(5年生)的木材基本密度变幅为0.438~0.564 g/cm³^[8]。其中3个种源变异略大于本文研究的尾叶桉5个种源的基本密度。纤维长度5个种源变幅为847.8~945.5 μm, 以种源12895、12898为最优。其木材基本密度亦是较大的, 应视为最佳种源, 可在适应地区进行推广, 扩大栽培面积。

4 结语和建议

(1) 四种桉的基本密度均值变幅为0.432~0.522 g/cm³, 纤维长度均值变幅为851.5~891.9 μm。种间差异达显著水平。尾叶桉生长速度快, 木材基本密度大。纤维较长, 应为四

1) 杰科布斯. 桉树栽培. 联合国粮食及农业组织, 罗马, 1979.

种桉树最佳种, 根据用材需要, 可作为我国适应地区定向栽培树种, 进一步扩大试验栽培面积。

(2) 四种桉树各种源间, 树木生长高度、胸径、木材基本密度、纤维长度没有明显的相关性。在进行种源选择时, 尽可能地选择生长速度、木材基本密度和纤维长度三者尽可能统一的种源, 如巨桉种源14860, 柳桉种源13015, 赤桉种源14106以及尾叶桉种源12898等。

参 考 文 献

- 1 骆振绍. 桉树种源试验小结. 广东林业科技, 1992, (2), 87~95.
- 2 蔡则谟. 雷州几种桉树木材性质的初步研究. 南京林产工业学院学报, 1981, (2), 87~95.
- 3 唐耀. 云南热带材及亚热带材. 北京: 科学出版社, 1973.
- 4 罗良才. 云南经济木材志. 昆明: 云南人民出版社, 1989.
- 5 廖品玉, 洪户清, 张大同, 等. 桉树制浆造纸性质的研究(第1报)——雷州半岛四种桉树硫酸盐法和烧碱—酶法制浆试验. 南京林产工业学院学报, 1979, (1~2), 90~101.
- 6 王豁然, 周洪, 周文龙. 巨桉种源试验及其我国适应范围的研究. 林业科学研究, 1989, 2(5), 412~419.
- 7 柴修武, 黄蕃华, 陆熙翔, 等. 集约栽培13种白杨无性系幼龄材研究. 林业科学研究, 1992, 5(1), 39~46.
- 8 Mzoma R. Ngulube. Provenance Variation in *Eucalyptus urophylla* in Malawi. Forest Ecology and Management, 1989, 26(4), 265~273.

Variation of Wood Basic Density and Fiber Length of Provenances of Four *Eucalyptus* Species

Chai Xiuwu Wang Huoran Fang Yulin Wang Weihui

Abstract Wood basic density and fiber length of 232 5-year-old plants of *Eucalyptus* (including 45 provenances of *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. camadulensis* and *E. urophylla*) were tested and analyzed, which were collected from the *Eucalyptus* Provenance Trial Forest in Changtai County, Fujian Province. The results showed that: the variation range of wood basic density of the 4 species of *Eucalyptus* (*E. grandis*, *E. saligna*, *E. camadulensis* and *E. urophylla*) were 0.407~0.462 g/cm³, 0.427~0.475 g/cm³, 0.498~0.541 g/cm³ and 0.471~0.588 g/cm³ respectively, while that of the fiber length 880.6~994.5 μm, 859.0~937.8 μm, 841.4~924.8 μm and 847.9~945.5 μm respectively. *E. urophylla* has the fastest growth speed, the biggest wood basic density and longer fiber length. Among the various provenances, Queensland 14431, Brazil 14860 and South Africa 13365 of *E. grandis*; New Wales 14527, 13029, 13015 of *E. saligna*; Queensland 14106, 15052 of *E. camadulensis*; and Indonesia 12895, 12898 of *E. urophylla* were the better ones, which had the faster growth speed, better wood basic density and fiber length.

Key words *Eucalyptus*, provenance, wood basic density, fiber length

Chai Xiuwu, Engineer (The Research Institute of Wood Industry, CAF Beijing 100091), Wang Huoran (The Research Institute of Forestry, CAF), Fang Yulin, Wang Weihui (Forest Science and Technology Extension Station of Zhangzhou City, Fujian Province).