

雷州半岛桉树无性系选择及其早期综合评价

莫晓勇, 彭仕尧, 龙腾, 陈文平, 杨小红

(中国国营林场开发总公司雷州林业局, 广东 遂溪 524348)

摘要: 通过对 27 个 3 年生不同桉树无性系的几个主要性状进行调查, 运用比较、方差分析、相关分析等方法, 分析不同无性系主要性状的种间差异以及各性状间的相互关系。结果表明: 不同地点立地条件、不同桉树无性系的年均蓄积量差异极显著, 两者之间存在极显著的交互作用。干形指标与其产量存在极显著的负相关; 树高、胸径之间存在显著的表型和遗传相关; 通过干形指标和无约束指数选择法, 综合评定了各无性系的生长表现, 选出 EC1、CH3、CH1 等 18 个表现优良的无性系。

关键词: 雷州半岛; 桉树无性系; 综合评价

中图分类号: S792.39 文献标识码: A

桉树(*Eucalyptus* spp.) 是我国热带、亚热带地区的主要造林树种之一。随着组培、扦插无性繁殖育苗的成功, 人们采用优良无性系营造的人工林在质量和产量上都比实生林有了一个突破性的飞跃。在热带和亚热带地区, 桉树的平均产量为 $20 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$, 像巴西、南非、刚果和澳大利亚的一些商业性经营的桉树人工林平均生长量都在 $30 \sim 50 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$, 但在我国的桉树人工林的平均产量仅为 $5 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。这是由于我国还未能全面推广无性系造林和无性系质量不高所导致的结果^[1]。因此, 桉树无性系的选育测定是一项重要的林业科研工作, 通过试验筛选, 可以选育出在产量上和其他重要性状上都适合于本地的优良无性系。本文试图通过桉树无性系的产量及与产量相关的主要性状的相互关系, 运用无约束指数选择法和结合干形指标对桉树无性系作出综合评价, 为桉树无性系良种选育做探索工作。

1 试验地概况

试验地设在广东省国营雷州林业局下属的龙门林场、遂溪林场和石岭林场, $20^{\circ}16' \sim 21^{\circ}55' \text{ N}$, $109^{\circ}39' \sim 110^{\circ}36' \text{ E}$, 夏长冬暖, 年平均气温 23.5° C , 全年无霜, 年均降水量 1855 mm , 蒸发量 1762.9 mm , 年均均有 4 次 7 级以上的大风, 属热带季风气候。龙门林场试点土壤类型为玄武岩砖红壤, 各种养分平均含量为: 有机质 $17.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 N $0.72 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 P $0.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 K $1.63 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、水解 N $70.80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效 P $0.75 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效 K $31.83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 遂溪林场试点为浅海沉积物砖红壤, 各种养分平均含量为: 有机质 $14.73 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 N $0.76 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 P $0.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 K $1.46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、水解 N $59.88 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效 P $3.16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、速效 K $29.68 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 石岭林场试点为花岗岩砖红壤, 各种养分平均含量为: 有机质 $13.09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全 N $0.50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、全

收稿日期: 2002-02-05

项目来源: 国家“九五”重点科技攻关项目专题“桉树纸浆用材树种良种选育及栽培技术研究”(9601103)的部分内容

作者简介: 莫晓勇(1962—), 男, 四川达县人, 高级工程师, 森林培育学博士。

P 0.16 g·kg⁻¹、全K 3.01 g·kg⁻¹、水解N 44.55 g·kg⁻¹、速效P 1.83 mg·kg⁻¹、速效K 6.16 mg·kg^{-1[2]}。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

试验用的 27 个桉树无性系是通过选优人工杂交育种和自由授粉人工林中选育出的(表 1)。

表 1 参试桉树无性系树种及来源

无性系号	亲本	无性系号	亲本	无性系号	亲本	无性系号	亲本
CH1	巨尾桉	CH4	巨尾桉	HU1	尾叶桉	H5	雷林 1 号桉
CH3	巨尾桉	CH5	巨尾桉	UT1	尾叶桉×细叶桉	MJ41	雷林 1 号桉
SH1	雷林 1 号桉	CH6	巨尾桉	W2	刚果 12 号桉	MJ43	雷林 1 号桉
W5	刚果 12 号桉	CH10	巨尾桉	Wb	刚果 12 号桉	MJ45	雷林 1 号桉
DH32-32	巨尾桉	CH11	巨尾桉	MJ53	雷林 1 号桉	MJ57	雷林 1 号桉
EC1	巨尾桉	CH15	巨尾桉	L69	雷林 1 号桉	MLA	尾叶桉
ZU6	尾叶桉	U16	尾叶桉	H1	雷林 1 号桉		

注:巨尾桉(*E. grandis* W.Hill ex Maiden × *E. urophylla* S.T.Blake);雷林 1 号桉(*E. lezhou* No. 1);刚果 12 号桉(*E. ambala* No. 12);尾叶桉(*E. urophylla* S.T.Blake);细叶桉(*E. tereticornis* Smith)

2.2 试验方法

2.2.1 试验设计 在 3 种不同土壤类型的林场各设 1 个试验点。每试验点 1.67 hm²,以 W5 无性系作对照,采用随机区组排列,3 次重复,每 1 处理为 4 行,每行 15 株,共 60 株。

2.2.2 造林措施 造林于 1997 年机耕全垦,垦深 40 cm,开定植沟,深 30 cm。株行距 1 m × 3 m,造林时每公顷林地施滤泥 9 000 kg,过磷酸钙 750 kg 作基肥,造林当年、次年各追施 2 号桉树专用复合肥 900 kg·hm⁻²。

2.2.3 测定方法 种植 3 a 后对每个无性系的树高、胸径进行每木调查,木材密度和树皮厚度的测定是在每个处理组合随机抽取 3 株进行测定取其平均值。干形指标是按 $F = V/hg$ (F 为形数, V 为树干材积, h 为比较圆柱体所取的高度, g 横断面积)和胸高形率 = $D_{1/2}/D_{1.3}$ 计算所得^[3]。在每个处理中选取一标准木,砍倒后测量其 $D_{1/2}$ 、 $D_{1.3}$ 、 h ,然后摘取全部叶片,测定单株鲜叶质量,再抽取样叶测定含水量后便可算出叶干质量,木材产量按折干吨计算。

2.2.4 分析方法 干形指标按试验均值计算。用各试点的均值进行无性系间差异分析,分析产量及与产量相关的主要性状的表型和遗传相关关系,用无约束的选择指数^[4-6]和干形指标综合评定各无性系 3 年生的生长表现。

3 结果分析

3.1 立地与无性系交互效应分析

从表 2 可看出:不同地点桉树无性系年均蓄积量差异极显著,而同一地点不同的区组间没有显著的差异。年均蓄积量最大的是龙门林场试点,达 36.25 m³·hm⁻²,最小的是石岭林场试点,仅为 21.45 m³·hm⁻²,遂溪林场点为

表 2 27 个桉树无性系在 3 种立地类型的
年均蓄积量方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F
区组	2	61.15	35.58	1.08
地点	2	11 554.96	5 777.49	198.19**
无性系	26	46 635.40	1 793.67	61.53**
地点×无性系	52	16 559.72	318.46	10.92**
误差	160	4 664.18	29.15	

注:**为 1% 的显著水平。

21. $80 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。27 个桉树无性系间年均蓄积量也存在着显著差异。地点与无性系间交互作用极其显著。

3.2 干形指标差异比较及与产量的相关分析

表 3 结果表明: 不同桉树无性系, 其胸高形率和胸高形数也不同。无性系的胸高形率越大, 其胸高形数也越大。胸高形率和胸高形数最小的是 EC1, 其值分别为 0.632 2 和 0.443 4; 最大的是 MJ43, 其值分别为 0.850 0 和 0.599 7。

表 3 参试桉树无性系胸高形率、胸高形数及产量

无性系号	胸高形率	胸高形数	产量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	无性系号	胸高形率	胸高形数	产量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	无性系号	胸高形率	胸高形数	产量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
CH1	0.671 1	0.448 5	42.223	CH6	0.668 3	0.466 7	33.843	MJ53	0.850 0	0.599 7	5.310
CH3	0.680 0	0.453 0	42.170	CH10	0.753 0	0.477 6	35.025	L69	0.799 0	0.513 9	9.791
SH1	0.759 0	0.488 1	29.753	CH11	0.750 0	0.476 9	37.230	H1	0.788 3	0.493 2	17.653
W5	0.798 0	0.503 6	14.938	CH15	0.754 7	0.477 8	31.660	H5	0.805 5	0.508 1	11.039
DH32-32	0.763 6	0.474 4	34.135	U16	0.774 1	0.498 0	27.982	MJ41	0.801 0	0.502 2	12.009
EC1	0.632 2	0.443 4	61.796	HU1	0.784 0	0.501 0	27.509	MJ43	0.850 0	0.599 7	5.310
ZU6	0.745 7	0.467 7	37.180	UT1	0.768 0	0.480 3	33.058	MJ45	0.814 8	0.583 9	10.465
CH4	0.760 0	0.480 2	32.549	W2	0.801 9	0.539 1	7.347	MJ57	0.821 0	0.587 7	9.191
CH5	0.727 2	0.475 3	39.266	Wb	0.763 8	0.488 5	27.843	MLA	0.783 0	0.491 1	26.724

分析结果表明: 3 年生桉树无性系的产量与胸高形率和胸高形数存在着极显著的负相关, 其相关系数分别为 -0.899 3 和 -0.843 9。这说明, 胸高形率和胸高形数越小的桉树无性系, 其产量越大。从形率、形数和林木生长关系方面可以预测, 形率、形数小的无性系, 其年均蓄积量将比形率、形数大的无性系的年均蓄积量大。

3.3 无性系间差异分析

对 27 个 3 年生桉树无性系的树高、胸径、叶量、树皮厚度和木材密度 5 个观测指标进行方差分析, 结果(表 4)表明, 上述性状在无性系间差异均达极显著水平; 在 5 个观测性状指标当中, 对照 W5 无性

表 4 27 个桉树无性系 3 年生性状方差分析

性状	平均值	自由度	平方和	均方	F 值
树高/m	10.903	26	330.920	12.728	9.67**
胸径/cm	7.394	26	293.021	11.270	13.77**
单株叶量/kg	1.948	26	106.333	4.089	61.41**
树皮厚度/cm	0.431	26	0.799	0.031	10.82**
木材密度/($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	0.455	26	0.066	0.003	11.96**

系的树高、胸径、单株叶量、树皮厚度、木材密度均低于均值, 分别为 9.46 m、6.26 cm、1.09 kg、0.37 cm、 $0.427 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$ 。DunCan 多重比较表明, 有 17 个无性系的高生长显著高于总体均值, 其平均树高比总体均值大 20.30%, 最差无性系为 6.49 m。在胸径生长上比均值高 18.40%, 最差无性系为 6.14 cm。单株叶量大于总体均值的无性系有 12 个, 且差异显著, 其均值比总均值大 45.11%。就树皮厚度而言, 有 14 个无性系显著高于总均值, 其平均皮厚比总均值大 19.98%。在木材密度方面, 有 10 个无性系显著高于总体木材密度均值, 其均值密度比总体均值大 18.03%。

3.4 无性系性状间的相互关系

对 27 个桉树无性系 5 个性状间的表型及遗传相关研究结果(表 5)表明: 3 年生桉树无性系性状间的树高与胸径、叶量, 胸径与叶量均存在显著的表型及遗传相关且为正相关, 特别是树高与胸径间的关系尤为紧密, 两者间的表型相关系数为 0.92, 遗传相关系数达 0.93, 树高与叶

量间的相关系数分别为 0.56 和 0.58, 说明叶量对桉树高生长有密切的正向效应。从胸径与叶量相关看出, 其表型及遗传相关系数分别为 0.44 和 0.52, 表明叶量有利于径生长。其他几个性状, 树皮厚度和胸径的表型及遗传相关较大, 但未达显著水平, 而树皮厚度与树高、叶量及木材密度与树高、胸径、叶量、树皮厚度间的表型及遗传相关系数较小, 说明这些性状间不因另一些性状的改变而发生较大的变化。

3.5 无性系综合评价

目前桉树人工林的经营主要是以生产木片为主。因此桉树无性系选育最重要的指标是木材干吨产量。遗传相关分析表明: 桉树无性系的产量与树高、胸径、单株叶量、树皮厚度及木材密度的

相关系数分别为 0.763、0.820、0.481、0.394、0.411, 均达显著差异。因此以表 6 制定一个 5 阶线性选择指数方程组, 求出选择指数函数式为:

$$I = 1.698 h + 2.281 d + 2.095 l - 0.680 b + 1.988 g$$

注: h —— 树高, d —— 胸径, l —— 单株叶量, b —— 树皮厚度, g —— 木材密度。

按上式计算各无性系的

选择指数见表 7, 所有无性系的平均指数 I 为 40.19, 标准差为 σ_I 为 10.14。 I 值超过 $I + \sigma_I$ 的有 EC1、CH3、CH1, 是 3 年生综合表现最好的无性系, 而选择指数小于 $I - \sigma_I$ 的无性系有 L69、

MJ57、MJ45、W2、MJ43、MJ53。

以选择指数大于对照 W5 为基础, 结合胸高形率和胸高形数(选取两项算术平均值小于对照 W5 的无性系), 综合选出 EC1、CH3、CH1、ZU6、CH5、CH6、CH11、CH10、UT1、CH15、DH32-32、CH4、HU1、SH1、Wb、MLA、U16、H1 共 18 个优良无性系(表 8)。选择效果表明, 其平均产量是所有无性系总体平均值的 1.32 倍, 比对照 W5 无性系大 2.30 倍。

表 5 桉树无性系性状表型及遗传相关系数

性状	树高	胸径	叶量	树皮厚度	木材密度
树高		0.92**	0.56**	0.050	0.14
胸径	0.93**		0.44*	0.36	0.014
单株叶量	0.58**	0.52**		0.052	0.026
树皮厚度	0.051	0.34	0.051		0.28
木材密度	0.014	0.015	0.025	0.30	

注: $df = 25, r_{0.01} = 0.487, r_{0.05} = 0.381$ 上三角为表型相关, 下三角为遗传相关。

表 6 桉树无性系 5 个性状的表型方差与协方差及遗传型协方差

表型方差与协方差	树高	胸径	叶量	树皮厚度	木材密度
树高	4.24	3.67	1.34	1.03×10^{-2}	8.47×10^{-4}
胸径		3.75	0.77	4.61×10^{-3}	8.05×10^{-4}
单株叶量			1.36	6.16×10^{-3}	8.74×10^{-4}
树皮厚度				1.03×10^{-2}	8.43×10^{-4}
木材密度					8.51×10^{-4}
遗传型协方差	18.373	16.397	6.878	3.55×10^{-2}	6.224×10^{-3}

表 7 各桉树无性系的选择指数

无性系号	I 值	无性系号	I 值	无性系号	I 值	无性系号	I 值
CH1	52.98	HU1	44.66	CH4	45.43	H5	30.44
CH3	53.11	UT1	47.04	CH5	47.90	MJ41	30.41
SH1	44.52	W2	25.21	CH6	47.35	MJ43	23.61
W5	33.22	Wb	43.88	CH10	47.07	MJ45	25.61
DH32-32	45.70	MJ53	23.11	CH11	47.09	MJ57	26.15
EC1	56.38	L69	28.52	CH15	45.81	MLA	43.11
ZU6	48.77	H1	35.50	U16	42.48		

表8 3年生桉树无性系选择效果

无性系号	产量 (t/hm ²)	与对照 比/%	树高 /m	与对照 比/%	胸径 /cm	与对照 比/%	叶量 /kg	与对照 比/%	皮厚 /cm	与对照 比/%	密度 (t/m ⁻³)	与对照 比/%
EC1	61.796	413.68	13.72	145.03	10.14	161.98	4.41	404.59	0.44	118.92	0.51	111.60
CH1	42.223	282.65	13.72	145.03	9.39	150.00	4.31	395.41	0.47	118.92	0.453	99.12
CH3	42.170	282.30	12.93	136.68	10.04	160.38	3.42	313.76	0.51	127.03	0.432	94.53
CH5	39.266	262.86	13.27	140.27	9.12	145.69	2.67	244.95	0.50	137.84	0.480	105.03
CH11	37.230	249.23	12.30	130.02	8.81	140.73	2.60	238.53	0.55	135.14	0.443	96.94
ZU6	37.180	248.90	12.39	130.97	8.89	142.01	3.38	310.09	0.49	148.65	0.407	89.06
CH10	35.025	234.47	12.33	130.34	8.72	139.30	2.55	233.94	0.58	132.43	0.479	104.81
CH32-32	34.135	228.51	12.53	132.45	8.86	141.53	1.94	177.98	0.48	156.76	0.442	96.72
CH6	33.843	226.56	12.29	129.92	8.60	137.38	3.01	276.15	0.55	129.73	0.487	106.56
UT1	33.058	221.30	12.27	129.70	8.70	138.98	2.45	224.77	0.54	148.65	0.451	98.69
CH4	32.549	217.89	12.68	134.04	8.66	138.34	2.07	189.91	0.61	145.95	0.439	96.06
CH5	31.660	211.94	12.30	130.02	8.69	138.82	2.25	206.42	0.51	164.86	0.431	94.31
SH1	29.253	195.83	12.23	129.28	7.90	126.20	2.25	206.42	0.29	137.84	0.450	98.47
HU1	27.509	184.15	12.42	131.29	8.04	52.62	2.87	263.30	0.57	154.05	0.464	101.53
Wb	27.843	186.39	11.64	123.04	7.86	55.16	1.76	161.47	0.45	121.62	0.470	102.84
MLA	26.724	178.90	11.38	120.30	8.24	54.69	2.10	192.66	0.44	118.92	0.415	90.81
U16	27.982	187.32	11.42	120.72	8.17	54.69	1.58	144.95	0.37	100.00	0.401	87.75
H1	17.653	118.18	11.77	124.42	6.54	43.78	1.28	117.43	0.35	94.59	0.440	96.28
CK(W5)	14.938	100	9.46	100	6.26	6.54	1.09	100	0.37	100	0.457	100

4 结论

(1) 不同地点立地条件下, 桉树无性系的年均蓄积量差异极其显著, 其两者存在显著的交互作用。

(2) 对3年生桉树无性系的干形指标(胸高形率、胸高形数)和产量的相关分析表明, 无性系的产量与其胸高形率、胸高形数存在着极显著的负相关, 说明胸高形率、胸高形数越小的无性系, 其产量越大。

(3) 桉树无性系5个主要性状的相互关系的分析表明: 3年生桉树无性系性状间的树高与胸径、叶量, 胸径与叶量均存在显著的正表型及遗传型相关, 特别是树高与胸径间的关系尤其紧密, 两者间的表型相关系数为0.92, 遗传相关系数达0.93, 而其他性状相关均未达显著水平。

(4) 以综合选择指数法选出了18个优良无性系, 其平均产量是所有无性系平均值的1.32倍, 比对照W5无性系大2.30倍。

参考文献:

- [1] 余雪标. 桉树人工林长期生产力管理研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. 13~14
- [2] 曾天勋. 雷州短轮伐期桉树生态系统研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 6~7
- [3] 蔡盛林. 中国农业百科全书[M]. 北京: 农业出版社, 1989. 20~23
- [4] 马育华. 植物育种的量遗传学基础[M]. 苏州: 江苏科学技术出版社, 1982. 334~368

- [5] Moll R H, Stuber C W. Quantitative genetics empirical results relevant to plant breeding[J]. Advances in agronomy, 1974, 26: 277- 313
- [6] Nordskog A W. Some statistical properties of an index of multiple traits[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1978, 52: 91- 94

The Variation of Main Properties of Different Eucalyptus Clones and the Synthetical Evaluation

MO Xiaoyong, PENG Shiyao, LONG Teng, CHEN Weiping, YANG Xiaohong

(Leizhou Forestry Bureau, China State owned Forest Form Development Corporation, Suixi 524348, Guangdong, China)

Abstract: The several main properties of 27 three-years-old clone of eucalyptus were investigated, which were related to the yield. In the process of analyzing the different properties which influence the yield, some methods were used, such as comparison, variation analysis and relationship analysis. The results showed that there was relationship between the yield and the main properties; there are significant difference and genetic relation among the properties, such as Height and DBH; DBH is the properties which most closely related to the yield, with the index of stem form and unlimited index choose method, the synthetical properties of respect clone were evaluated and excellent clones such as EC1 CH3 CH1 was picked out.

Key words: Leizhou; eucalyptus clones; synthetical evaluation