樟树无性系生长与形质性状早期分析*

叶振林[1] 邹国岳[1] 连辉明[2] 王明怀[2] 殷祚云[2] 蔡燕灵[2]
(1. 广东省紫金县林业科学研究所,广东 紫金 517400; 2. 广东省林业科学研究院,广东 广州 510520)

摘要 对2012和2013年种植在广东省河源市紫金县的2片樟树(*Cinnamomum camphora*)无性系林进行调查分析,结果表明,参试无性系保存率达93%以上,不同无性系间树高、地径、冠幅和干形4个性状均存在极显著差异,生长与形质性状的重复力较高,为0.807 7~0.935 4;树高、地径和冠幅3个生长性状之间极显著相关,但干形与生长指标的相关度随林龄增加呈降低的趋势。建议今后开展樟树无性系选择时应兼顾生长和形质两方面的性状。

关键词 樟树;无性系;生长;形质;早期分析
中图分类号:S792.23 **文献标识码**:A **文章编号**:1006-4427(2014)06-0057-05

Early Analyses on Growth and Form Traits of *Cinnamomum camphora* Clones

YE Zhenlin[1] ZOU Guoyue[1] LIAN Huiming[2] WANG Minghuai[2]
YIN Zuoyun[2] CAI Yanling[2]
(1. Zijin Forestry Research Institute, Zijin, Guangdong 517400, China; 2. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract Two experimental forests of *cinnamomum camphora* clones were planted in Zijin county, Guangdong province in 2012 and 2013. The growth traits, including height and ground diameter, and form traits , including canopy and stem straightness were measured. The results showed that the survival rate reached above 93%. Significant differences of 4 observed traits were found among different clones. All the traits had a high repeatability level (0.807 7~0.935 4). There were significant correlation among height, ground diameter and canopy, but the correlation between stem straightness and height, ground diameter or canopy, showed a trend of decrease along with the increase of forest age. In order to improve the efficiency of clone selection, it should be necessary to focus on the growth and form traits at the same time when selecting super clones.

Key words *Cinnamomum camphora*; clone; growth; form; early analyses

樟树(*Cinnamomum camphora*)为樟科(Lauraceae)樟属(*Cinnamomum*)常绿乔木,属国家Ⅱ级保护树种,是热带和亚热带常绿阔叶树种,分布极广,其水平分布区域在8°~30°N,88°~122°E之间,垂直分布于海拔500~600 m,在台湾中北部地区最高可分布到1 800 m[1]。樟树木材有香气,纹理致密、美观,耐腐朽、防虫蛀,是造船、箱橱、家具、工艺美术品等优良用材;其根、干、枝、叶提取的樟脑、樟油是重要的医药、化工原料,用途极广。樟树生长快、寿命长、冠形好、有芳香气味,常作为城市优良绿化树种广泛栽培,是我国南方著名

* **基金项目**:广东省林业科技创新专项项目"优良乡土阔叶树种良种选育与高效栽培技术"(2008/09/10/11KJCX001-01),国家林业公益性行业科研专项经费子项目"珍贵乡土阔叶用材树种樟树良种培育技术研究"(20110400103)。
第一作者:叶振林(1963-)男,园林工程师,主要从事森林培育和林业科技推广工作,1121244426@qq.com。
通信作者:连辉明(1973-)男,高级工程师(教授级),主要从事林木遗传育种研究,E-mail:284177320@qq.com。

的绿化树种之一[2-3]，也是浙江省宁波、金华两市，湖北省鄂州市，湖南省娄底、衡阳两市，安徽省安庆市、江西省九江市及广西壮族自治区贺州市等地的市树，同时也是南方生态林建设的一个重要树种。广东省林业科学研究院自 2001 年起开展樟树良种选育研究，2009 年获得优良家系，掌握了樟树组织培养关键技术，选育出樟树优良家系混合无性系，并在生产中推广应用[4-7]。本研究对引自广东省林业科学研究院的樟树无性系早期生长与形质性状进行调查分析，筛选早期表现优良的无性系，为樟树育种及无性系造林提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验地位于广东省紫金县紫城镇蓝坑村和瓦溪镇新龙村，23°34′02″E，115°07′04″N，海拔高 120 ~ 200 m，面积 66.67 hm^2，属南亚热带季风气候区，气候温和，光照充足，雨量充沛，夏长冬短，四季分明，年平均温度 20.9 ℃，极端最高温 38 ℃，极端最低温 -1.6 ℃，全年无霜期 300 d；年日照时数 1 970.8 h，年平均降雨量 1 752.0 mm，年均相对湿度 80%[8-11]；土壤为黄壤，成土母岩为花岗岩，林地原为马尾松（*Pinus massoniana*）疏残林地，林下植被以芒萁（*Dicranopteris dichotoma*）为主，盖度达 50%。

1.2 试验方法

试验林分别于 2012 和 2013 年的 4—5 月营造，采用穴垦方式整地，株行距 3.0 m × 2.5 m，穴规格 50 cm × 50 cm × 40 cm，每穴施基肥 1.0 kg，其中磷肥 0.5 kg，复合肥 0.5 kg。造林当年下半年全面抚育 1 次，追肥 1 次，此后 2 年每年全面抚育 2 次，追肥 2 次。2012 年参试无性系有 9 个，2013 年参试无性系有 18 个，详细情况见表 1。参试无性系苗木为广东省林业科学研究院提供的 1 a 生樟树无性系组培营养袋苗，对照（CK）为 1 a 生樟树普通实生苗。

表 1 参试无性系

造林年份/a	无性系编号	每个无性系种植株数/株	种植方式
2012	X1、X1-20、X4-1、X4-12、X4-14、X4-8、X4-9、X8、X9、CK	400 ~ 2000	块状种植
2013	XN4-9、XN4-15 、XN4-14、XN3-5、XN3-2、XN3-1、XN2-9、XN2-1、XN1-1、X8-7、X8-6、X8-18、X8-1、X8、X5-01、X4-6、X4-14、X4-12、CK	30 ~ 1680	块状种植

1.3 调查与分析方法

于 2014 年 5 月，在 2 个无性系林内 3 个相同坡向和坡位处，每处随机选择每个参试无性系 10 ~ 15 株，调查树高、胸径、干形和冠幅。树高、胸径和冠幅采用实测数据。干形指标划分为 4 个等级，其中 1 级为树干明显且严重弯曲；2 级为树干较弯曲；3 级为树干轻度弯曲，直立性好，圆满度一般；4 级为干形通直、圆满。干形得分值在分析前进行转换处理，即等级得分值加上 0.5 后再计算平方根[12]。采用 SAS 软件的 GLM 模块进行方差分析，并用 Duncan 法作多重比较的用 CORR 模块作相关分析[13]。和对照比较的各性状现实增益（△）和重复力（R）计算公式分别如下：

$$\triangle = (S/X) \times 100\% \quad (1)$$

式（1）中 S 为选择差，X 为对照均值[14]；

$$R = 1 - 1/F \quad (2)$$

式（2）中 F 为方差分析的 F 值[15]。

2 结果与分析

2.1 保存率

2013 年营造的无性系林保存率见表 2。由表 2 可知，无性系 XN3-05 和 XN4-15 的保存率较低，为 93%，无性系 XN4-6、XN4-9 和 CK 保存率为 97%，其他无性系保存率均为 100%。

2.2 生长与形质指标

2 个年度的无性系林生长与形质指标方差分析结果见表 3。由表 3 可看出，2 个年度参试无性系间 4 个

性状均差异极显著($P<0.01$),2012 年的无性系林在重复间树高差异极显著($P<0.01$),干形差异显著($P<0.05$),2013 年的无性系林各性状在重复间差异不显著。以上结果表明参试无性系间生长和形质指标在造林 1 a 后即表现出较大的差异,这为无性系的早期选择提供了良好条件。

表 2　2013 年的无性系林造林保存率　%

无性系号	保存率	无性系号	保存率	无性系号	保存率
X4-14	100	X5-01	100	X4-6	97
X8	100	X8-06	100	CK	97
X8-01	100	X8-07	100	XN4-9	97
XN1-01	100	X8-18	100	XN4-15	93
XN2-09	100	XN3-01	100	XN3-05	93
X4-12	100	XN3-02	100		
XN2-1	100	XN4-14	100		

表 3　2 个年度无性系林生长和形质性状方差分析

造林年份	变异来源	自由度	树高		地径		冠幅		干形	
			F 值	*P* 值	*F* 值	*P* 值	*F* 值	*P* 值	*F* 值	*P* 值
2012	无性系间	10	10.73	<.0001	9.26	<.0001	7.41	<.0001	6.96	<.0001
	重复间	2	5.76	0.0034	0.86	0.4237	1.36	0.2584	3.65	0.0268
2013	无性系间	18	15.30	<.0001	12.99	<.0001	13.78	<.0001	5.20	<.0001
	重复间	2	0.24	0.7893	1.52	0.2207	0.38	0.6860	0.84	0.4344

2.3　各性状的多重比较及现实增益估算

与对照相比,2012 年参试的 9 个无性系树高和地径的现实增益明显(表 4),树高增幅为 34.10% ~61.42%,地径增幅为 17.19% ~67.43%;树高年均生长量在 2.0 m 以上的无性系有 X4-12、X1-20、X1、X9、X4-9 和 X4-1,且其冠幅生长良好。2013 年参试的 18 个无性系,表现较好的无性系有 X8-6、X8-7、XN2-1、XN1-1、X4-12、XN4-15 以及 X8-18,其树高年均生长量为 1.00 ~1.22 m,树高增幅为38.09% ~68.49%,地径年均生长量达 1.47 ~2.58 cm,地径增幅为 23.37% ~115.75%,且其冠幅生长良好。

表 4　生长与形质性状多重比较结果与现实增益估算表

造林年份	无性系	树高		地径		冠幅		干形	
		均值/m	现实增益/%	均值/cm	现实增益/%	均值/m	现实增益/%	均值	现实增益/%
2012	X4-12	2.32a	61.42	4.87ab	57.24	1.48ab	32.57	1.82abcd	-3.97
	X1-20	2.31a	60.57	5.19a	67.43	1.70a	52.51	1.78cd	-6.70
	X1	2.14a	48.66	3.78bcd	22.60	1.35bc	20.57	1.90ab	-0.44
	X9	2.13a	47.67	3.63dc	17.19	1.23bc	9.95	1.83abcd	-4.02
	X4-9	2.10a	45.80	4.50abc	45.11	1.41abc	26.47	1.93a	0.93
	X4-1	2.05a	42.33	4.46abc	44.03	1.46abc	30.58	1.82abcd	-4.98
	X4-8	1.94a	34.92	4.34abc	40.10	1.53ab	36.72	1.75d	-8.55
	X4-14	1.93a	34.24	4.03abcd	30.06	1.23bc	9.75	1.86abc	-2.37
	X8	1.93a	34.10	4.50abc	45.18	1.38abc	23.98	1.80bcd	-5.79
	CK	1.44b		3.10d		1.12c		1.91ab	
	X8-6	1.22a	68.49	2.58a	115.75	0.96a	66.88	1.96ab	7.20

	X8-7	1.17ab	60.76	2.20b	84.03	0.90abc	56.14	1.99a	9.02
	XN2-1	1.10bc	51.79	1.47efghi	23.37	0.81bcde	40.51	1.98a	8.42
	XN1-1	1.07bc	48.16	1.78cdef	49.25	0.80cdef	38.43	1.92abc	4.85
	X4-12	1.07bc	47.84	2.02bc	69.56	0.95a	63.82	1.87bcde	2.42
	XN4-15	1.01cd	39.28	1.80cde	51.19	0.88abcd	52.51	1.78875ef	-2.25
	X8-18	1.00cd	38.09	1.92cbd	60.93	0.91ab	57.47	1.95ab	6.59
	XN2-9	0.94de	29.48	2.00bc	67.61	0.93a	61.74	1.91abd	4.32
	X4-14	0.93def	27.97	2.05bc	71.79	0.88abcd	52.91	1.89bcd	3.26
2013	XN4-9	0.92def	27.46	1.97bc	65.11	0.74efg	28.36	1.88bcd	2.73
	X8	0.86gef	19.04	1.71cdefg	43.68	0.74efg	28.62	1.92abc	4.85
	XN3-2	0.84efgh	16.01	1.43gfhi	20.03	0.57i	-0.52	1.91abc	4.32
	XN3-1	0.84efgh	15.55	1.61defgh	35.33	0.79def	36.06	1.99a	9.02
	X4-6	0.81efghi	12.33	1.31hi	10.58	0.66ghi	13.68	1.85cdef	0.91
	XN3-5	0.80fghi	10.44	1.37ghi	15.30	0.64ghi	10.91	1.81def	-1.13
	XN4-14	0.77ghi	6.30	1.26hij	5.84	0.79cdef	37.45	1.90abcd	3.86
	X8-1	0.70ij	-3.54	0.97j	-18.09	0.69fgh	20.02	1.88bcd	2.95
	X5-01	0.62j	-14.08	1.48efghi	24.21	0.61hi	4.96	1.77f	-3.24
	CK	0.72hij		1.19ij		0.58i		1.83cdef	

注：表中数值后的不同字母表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著。

2.4 性状的相关分析

对各无性系的生长和形质指标进行相关分析（表5），结果表明，2013年的无性系林（1 a生），树高、地径、冠幅和干形4个性状两两之间均呈极显著相关（$P<0.01$），而2012年的无性系林（2 a生），树高、地径和冠幅3个生长性状两两之间呈极显著相关（$P<0.01$），但干形只与树高极显著相关（$P<0.01$），与地径和冠幅间相关不显著。由此可见，随着林龄的增加，干形这一形质指标与生长指标间的相关度呈降低趋势。

表5 参试无性系生长和形质指标相关系数

	2012年造林			2013年造林		
	树高	地径	冠幅	树高	地径	冠幅
地径	0.743**			0.748**		
冠幅	0.665**	0.784**		0.673**	0.747**	
干形	0.166**	0.060	0.0144	0.406**	0.277**	0.235**

注："**"表示极显著相关（$P<0.01$）。

2.5 重要性状重复力的分析

2个年度的无性系林各性状的重复力估算结果见表6。由表6看出，樟树无性系生长与形质性状的重复力较高，为0.807 7～0.935 4，且2个年度无性系林的重复力测定结果相近，表明参试无性系早期的生长与形质性状具有较高的可复制性和稳定性，选择优良无性系以获得较好育种效果的潜力较大。

表6 参试无性系生长和形质性状的重复力

造林年份	树高	地径	冠幅	干形
2012	0.9039	0.8706	0.8471	0.8563
2013	0.9354	0.9227	0.9251	0.8077

3　结论与讨论

3.1　2013 年参试无性系保存率均在 93% 以上,表明参试无性系基本能适应试验地的气候和立地条件。

3.2　参试无性系间生长与形质性状均存在极显著差异,为无性系早期选择提供了良好条件。生长比较结果显示,2012 年的无性系林中,生长表现较好的无性系有 X4-12、X1-20、X1、X9、X4-9 和 X4-1,树高年均生长量在 2.0 m 以上;2013 年的无性系林中,生长表现较好的无性系有 X8-6、X8-7、XN2-1、XN1-1、X4-12、XN4-15 以及 X8-18,树高年均生长量为 1.00 ~ 1.22 m。

3.3　相关分析表明,2 个年份的无性系林,树高、地径与冠幅 3 个生长性状两两之间均呈极显著正相关关系,但干形呈现出随着林龄的增加,与生长指标间的相关度降低的趋势。这与张谦等[5]提出的樟树自由授粉家系生长与形质性状间遗传相关性很低的结论类似。建议今后在开展樟树优良家系或无性系选择时,应同时关注生长与形质两方面性状,以利于提高良种选育效率。

3.4　樟树无性系生长与形质性状的重复力均较高,为 0.807 7 ~ 0.935 4,表明参试无性系早期的生长与形质性状具有较高的可复制性和稳定性。此外,由于试验林林龄尚小,其生长、形质性状及适应性还有待进一步观测。

参考文献

[1]　曾令海,连辉明,张谦,等. 樟树资源开发利用[J]. 广东林业科技,2012,28(3):62-66.

[2]　王红花. 樟树大树移栽技术试验[J]. 福建林业科技,2005,32(3):144-145.

[3]　张新荣. 浅谈香樟在园林绿化中的应用[J]. 园林绿化,2009,4(8):125-126.

[4]　连辉明,曾令海,蔡燕灵,等. 樟树优树生长与叶果性状分析[J]. 广东林业科技,2012,28(2):9-15.

[5]　张谦,曾令海,蔡燕灵,等. 樟树自由授粉家系生长与形质性状的遗传分析[J]. 中南林业科技大学学报,2014,34(1):1-6.

[6]　周丽华,蔡燕灵,曾令海,等. 樟树优良家系的组培育苗技术研究[J]. 热带作物学报,2013,34(1):067-073.

[7]　蔡燕灵,曾令海,连辉明,等. 樟树局部种源早期选择研究[J]. 广东林业科技,2013,29(3):7-12.

[8]　蓝小红. 利用乡土树种进行乡村绿化美化[J]. 北京农业,2014(1):71.

[9]　叶钦良. 常用阔叶树种容器苗和裸根苗造林效果分析[J]. 绿色科技,2011(5):150-151.

[10]　邱少群. 紫金县珍贵树种的经营现状及发展对策[J]. 科技资讯,2013(2):214.

[11]　邓子高. 紫金县速生丰产桉基地建设现状及发展对策[J]. 农业科学,2013(1):147.

[12]　于冬梅,续九如,李悦. 非正态分布状态对林木遗传力估算的影响[J]. 北京林业大学学报,2000,22(1):25-28.

[13]　黄少伟,谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析[M]. 广州:华南理工大学出版社,2001.

[14]　郑会全,胡德活,韦茹萍,等. 杉木速生无性系选择与材质分析[J]. 中国农学通报,2012,28(10):27-31.

[15]　续九如. 林木数量遗传学[M]. 北京:中国林业出版社,2006:28-31.