

杉木优良家系区域化测定研究^{*}

郝玉宝^{1,2} 胡德活² 梁 机¹ 韦如萍² 王润辉² 晏 姝²
曾雷² 徐洪芳³ 梁仕威⁴ 何应兆⁵ 欧永忠⁶

(1. 广西大学林学院 广西南宁 530004; 2. 广东省林业科学研究院; 3. 国营同乐林场;
4. 国营大坑山林场; 5. 国营新岗林场; 6. 广东省乐昌林场)

摘要 对广东地区7年生杉木优良家系区域化测定试验林进行了实测调查与统计分析,结果表明:家系间胸径、单株材积有极显著差异,3个生长性状在地点间差异极显著,在家系×地点互作上表现为互作效应极显著,家系间生长存在遗传差异,不同家系对造林立地适应性有所不同,立地不同林分生长也不一样,说明开展区域试验是必要的。文章根据单株材积主效应、家系×地点互作效应及变异系数的统计结果,13个家系可分为速生稳定型、速生变化型、慢生稳定型和慢生变化型四种类型,对各类型家系作了应用评价。

关键词 杉木 优良家系 区域性试验 丰产性 稳产性

中图分类号: S791.27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-4427(2010)01-0001-06

A Regional Experiment on Superior Families of *Cunninghamia lanceolata*

Hao Yubao^{1,2} Hu Dehuo² Liang Ji¹ Wei Ruping²
Wang Runhui² Yan Shu² Zeng Lei² Xu Hongfang³
Liang Shiwei⁴ He Yingzhao⁵ Ou Yongzhong⁶

(1. Forestry College of Guangxi University, Nanning, 530004; 2. Guangdong Forestry Research Institute;
3. Forestry Farm of Tongle; 4. Forestry Farm of Dakengshan; 5. Forestry Farm of Xingang; 6. Forestry Farm of Lechang)

Abstract Regionalization test of 4 superior families plantation of *Cunninghamia lanceolata* was conducted, and growth performance was investigated on 7 years old. The results showed that the DBH and volume were significant different in families. Site and family × site effect were extremely significant on H, DBH and volume. Because of the genetic difference, adaptability to reforestation site of the families were different, which indicated the necessary of regionalization test. According to the main effect of plant volume, family × site interaction effect and the coefficient of genetic variation, 13 families were divided into Fast-growing stable type, Fast-growing unstable type, slow-growing stable type and slow-growing unstable type.

Key words *Cunninghamia lanceolata*, superior family, regionalization test, high-yield, stability

杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)是我国特有的重要用材树种,栽培历史悠久,生长快、材质好、产量高,是广大城乡重要的建筑和家具用材,通过加工与改性可作装饰材,还可造高档复印纸^[1]。20世纪80年代中、后期,广东省林业科学研究院经子代测定筛选出两批共42个杉木优良家系^[2-3],为了进一步了解入选家系的丰产性及适应性,在广东省内多个地点对这些杉木优良家系相继开展了区域化测定研究,以

^{*} 基金/项目:广东省林业种苗专项“杉木良种选育”、广东省林业科技创新专项“松杉良种选育和高效栽培技术与示范”(2008KJ CX005-01, 2009KJ CX007-1)。

通讯作者:胡德活, E-mail: hudehuo@163.com。

期为优良家系推广提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验点分别设于广东省同乐林场、大坑山林场、新岗林场、乐昌林场。

同乐林场地处东经 $111^{\circ}25'$ 、北纬 $23^{\circ}08'$ ，坐落在广东省郁南县西北部；场内最高海拔 1 448 m，最低海拔 723 m，相对高度 300 ~ 500 m；气候属中亚热带季风气候，年均气温 16.3°C ，最热 7 月份，平均气温 23°C ，最冷 11 月份，平均气温 7.5°C ，极端高温 34°C ，极端低温 -5.3°C ，全年日照 1 146 h，年降雨量 1 363 mm，年均相对湿度 83%。

大坑山林场地处东经 $112^{\circ}22'$ 、北纬 $23^{\circ}30'$ ，年平均气温 20.8°C ，12 ~ 2 月平均气温 12°C ，7 ~ 8 月平均气温 28°C ，年平均总日照时数 1 828.1 h，年均降水量 1 785.4 mm。

新岗林场地处 $112^{\circ}12'$ 、北纬 $24^{\circ}12'$ ，位于广东怀集县城东北部，气候温和，夏热冬凉，年有霜期 10 ~ 15 d，年平均气温 21°C ，最高日平均气温 32°C ，最低日平均气温 $3 \sim 4^{\circ}\text{C}$ ，极端最低气温 0°C ，年平均降雨量 1 800 mm，雨量集中在 4 ~ 8 月。

乐昌林场地处东经 $113^{\circ}13'$ 、北纬 $25^{\circ}09'$ ，中亚热带南岭山地的大庾岭南麓，年平均降水量 2 522.3 mm，年平均蒸发量 1 417.9 mm；年平均温度 19.6°C ，7 月平均气温 28.2°C ，极端高温 38.4°C ，1 月平均气温 9.3°C ，极端低温 -4.6°C ，年平均积温 $17\ 175^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 70% ~ 84%。4 个试验地均位于山坡中下部，海拔高同乐林场 75 m、其他林场 200 ~ 300 m，沙页岩或花岗岩成土，赤红壤，土层深 1 m 以上，肥力中上，为一代杉木林采伐迹地。

1.2 试验林建立

参试家系种子于 1989 年采自小坑林场、龙斗斜林场、信宜市林科杉木初级种子园，1990 年在上述 4 个试验点育苗。各试验点造林均采用随机区组设计，同乐林场、大坑山林场、新岗林场均是 4 株小区，重复次数分别为 7 次、8 次、6 次；乐昌林场 10 株小区，3 次重复。同乐林场、大坑山林场、新岗林场、乐昌林场参试家系（含 CK）分别为 15 个、14 个、18 个、40 个（包括 5 个采种点重复），CK 为初级种子园混合种或当地商品种，其中参加多点联合分析家系有 13 个（见表 1）。株行距均为 $2.0\text{ m} \times 2.3\text{ m}$ 。1991 年 2 ~ 3 月分别在上述 4 个试验地点造林。造林后前 3 年每年抚育 1 ~ 2 次，没有施肥。

表 1 多点分析 13 个参试家系及其家系号

家系号	家系名称	家系号	家系名称
1	GD15011	8	GD11042
2	GD11001	9	GZ10002
3	GD11007	10	GZ10001
4	GD13024	11	GX10002
5	GD12001	12	GX10001
6	GD13002	13	GD15012
7	GD13003		

1.3 试验林测量

1997 年 12 月，对各试验林进行每木树高和胸径实测。

1.4 统计分析

单点方差分析的线性模型： $Y_{ik} = \mu + \tau_i + \rho_k + \varepsilon_{ik}$ ，式中： Y_{ik} 为观测值， μ 为总平均值， τ_i 为家系效应， ρ_k 区组效应， ε_{ik} 随机误差。

多点方差分析的线性模型： $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + v_j + (\tau v)_{ij} + \rho_{jk} + \varepsilon_{ijk}$ ，式中： Y_{ijk} 为观测值， μ 为总平均值， τ_i 为家系效应， v_j 为地点效应， $(\tau v)_{ij}$ 为家系 $\times$ 地点互作效应， ρ_{jk} 为地点内区组的效应， ε_{ijk} 随机误差。

多重比较采用 DUNCAN 法。采用 SAS 软件^[4]和 EXCEL 程序进行统计分析。以小区平均值进行单点方差分析及多点方差分析。

家系主效及家系×地点互作效应估算参考莫惠栋介绍的方法^[5]。

2 结果与分析

2.1 家系生长差异分析

2.1.1 最大值与最小值比较 各试验点家系生长最大值、最小值列于表2,从表2中看出,4个试验点树高、胸径、单株材积的最大值与最小值的比值分别介于1.10~1.59、1.15~1.91、1.36~5.47,其中同乐林场最大值与最小值的比值最大,表明这批杉木优良家系在不同地点生长表现有较大差异。

表2 家系生长最大值与最小值比较

地点	树高 (m)			胸径 (cm)			单株材积 (m ³)		
	最大	最小	最大/最小	最大	最小	最大/最小	最大	最小	最大/最小
同乐林场	9.75	6.13	1.59	16.93	8.88	1.91	0.1210	0.0221	5.47
大坑山林场	7.14	6.52	1.10	12.12	10.58	1.15	0.0451	0.0333	1.36
新岗林场	11.43	8.68	1.32	11.53	9.73	1.19	0.0632	0.0409	1.55
乐昌林场	5.55	3.72	1.49	9.12	5.89	1.54	0.0203	0.0070	2.91

2.1.2 方差分析 家系生长方差分析表见表3。从表3可以看出,单点方差分析,除大坑山林场外,其他3个试验点在家系间至少有1个性状达到显著水平,其中同乐林场家系间树高、胸径、单株材积呈极显著差异,乐昌林场区组间树高、胸径、单株材积呈极显著差异。

由于每个试验点的参试家系不完全相同,乐昌林场的重复数较少,所以只在同乐林场、大坑山林场、新岗林场中选择公共的13个家系作多点分析(见表3)。多点联合分析结果:家系间胸径、单株材积呈极显著差异,树高、胸径、单株材积在地点间和地点内区组间差异极显著且家系×地点互作效应极显著。家系间生长性状为极显著差异及家系×地点互作效应极显著,这说明家系间生长存在遗传差异,不同家系对立地适应性有所不同,有些家系对某一立地条件有别于其他家系显示出较强适应性,应用这些家系需因地制宜;地点间、地点内区组间差异达到极显著,这说明各地点的气候、土壤等环境因子存在差异,导致地点间林分生产力的明显分化。

表3 家系生长方差分析

地点	变异来源	自由度	树高		胸径		单株材积	
			F 值	概率 Pr	F 值	概率 Pr	F 值	概率 Pr
同乐林场	家系	14	7.53**	<0.0001	13.64**	<0.0001	8.38**	<0.0001
	区组	6	2.99*	0.0114	2.01	0.0753	2.77*	0.0175
大坑山林场	家系	13	0.88	0.5776	1.53	0.1203	1.12	0.3543
	区组	7	0.82	0.5705	1.88	0.0815	1.87	0.0842
新岗林场	家系	17	1.78*	0.0500	0.77	0.7185	1.17	0.3123
	区组	5	1.28	0.2827	3.98**	0.0033	6.42**	<0.0001
乐昌林场	家系	37	1.53	0.0606	1.71*	0.0255	1.48	0.0768
	区组	2	236.19**	<0.0001	73.01**	<0.0001	131.45**	<0.0001
多点	家系	12	1.46	0.1456	2.87**	0.0013	3.26**	0.0003
联合	地点	2	327.03**	<0.0001	257.32**	<0.0001	186.87**	<0.0001
分析	地点内区组间	15	2.96**	0.0003	2.33**	0.0047	3.13**	0.0002
	家系×地点	24	2.26**	0.0015	2.92**	<0.0001	2.86**	<0.0001

注: *、** 分别表示在0.05、0.01水平有显著差异。

2.1.3 多重比较 对多点分析达显著差异者作多重比较,家系间胸径、单株材积多重比较结果列于表4,地点间树高、胸径、单株材积多重比较结果列于表5。从表4看出,胸径生长表现最好的为家系10号,显著高

于家系 4、6、7、8、11、12 号,但与家系 1、2、3、5、9、13 号差异不显著,家系 6 号的生长最差,显著低于家系 1、2、3、5、9、10、13 号,但与家系 4、7、8、11、12 号差异不显著;单株材积生长表现最优的同为家系 10 号,显著高于家系 4、6、7、8、11、12 号,但与家系 1、2、3、5、9、13 号差异不显著,家系 6 号的生长同为最低,显著低于 1、2、3、4、5、9、10、13 号,但与家系 7、8、11、12 号差异不显著。

表 4 家系间生长多重比较

家系号	胸径		单株材积	
	平均值(cm)	差异	平均值(m ³)	差异
1	12.49	ab	0.0641	abc
2	12.47	ab	0.0623	abc
3	12.42	ab	0.0611	abc
4	11.85	bc	0.0523	bc
5	12.47	ab	0.0625	abc
6	11.21	c	0.0454	d
7	12.12	bc	0.0575	bcd
8	12.01	bc	0.0541	bcd
9	12.43	ab	0.0594	abc
10	13.23	a	0.0724	a
11	11.93	bc	0.0563	bcd
12	11.96	bc	0.0561	bcd
13	12.85	ab	0.0667	ab

注:表中字母不同表示在 0.05 水平差异显著。

表 5 地点间林分生长多重比较

地点	树高		胸径		单株材积	
	平均值(m)	差异	平均值(cm)	差异	平均值(m ³)	差异
同乐林场	8.76	b	14.95	a	0.0876	a
大坑山林场	6.91	c	11.20	b	0.0393	c
新岗林场	10.54	a	10.66	c	0.0521	b

注:表中字母不同表示在 0.05 水平差异显著。

从表 5 看出,3 个地点间林分树高、胸径和单株材积生长彼此间均有显著差异,其中树高生长新岗林场>同乐林场>大坑山林场,胸径生长同乐林场>大坑山林场>新岗林场,单株材积生长同乐林场>新岗林场>大坑山林场。

2.2 家系丰产性及稳定性分析

统计了家系×地点互作效应($\tau\nu$)_{ij}值,结果列于表 6。从表 6 中可知,家系 4×大坑山林场显著高于家系 4×同乐林场,家系 6×新岗林场、家系 6×大坑山林场均显著高于家系 6×同乐林场,家系 10×同乐林场分别显著高于家系 10×新岗林场、家系 10×大坑山林场,其他家系×地点互作效应均不存在显著差异,表明家系 4 在大坑山林场比较适应,家系 6 在新岗林场、大坑山林场比较适应,家系 10 在同乐林场比较适应。

统计了各家系平均单株材积主效应、家系×地点互作效应方差及变异系数,结果列于表 7。从表 7 看出,单株材积主效应>0 的家系有 7 个,包括 10、13、1、5、2、3 和 11 号,其中 10 号最大,达 1.11×10^{-2} ,13 号 6.38×10^{-3} 居第 2,1 号 4.33×10^{-3} 居第 3,家系 6 号 -1.26×10^{-2} 位居最后;家系 10 与家系 8、7、9、12、4、6 有显著差异,家系 13、1、5、2、3、11、8、7 分别与 6 有显著差异。家系×地点互作方差及变异系数中家系 6 号较大,家系 10、1、4 号中等。

表6 家系×地点互作效应统计值

家系	地点		
	新岗林场	大坑山林场	同乐林场
1	0.0067	-0.0114	0.0047
2	-0.0062	-0.0018	0.008
3	0.0054	-0.0055	<0.0001
4	0.0002	0.0102	-0.0104
5	0.0015	-0.0053	0.0038
6	0.0158	0.0138	-0.0295
7	0.0017	0.0025	-0.0042
8	-0.0033	0.0027	0.0007
9	-0.0066	0.0041	0.0026
10	-0.0077	-0.0088	0.0165
11	0.0002	0.002	-0.0022
12	-0.0057	0.0002	0.0055
13	-0.0019	-0.0026	0.0045

注: $LSD_{0.05} = 0.0186$

表7 各家系单株材积丰产性与稳定性主要统计值

家系号	单株材积均值(m^3)	主效应	多重比较(0.05)	家系×地点互作		适应地区(林场)
				方差	变异系数(%)	
10	0.0693	1.11×10^{-2}	a	1.66×10^{-4}	18.60	同乐
13	0.0646	6.38×10^{-3}	abcde	-2.31×10^{-5}	0	新岗、大坑山、同乐
1	0.0626	4.33×10^{-3}	abcde	5.95×10^{-5}	12.32	新岗、同乐
5	0.0606	2.39×10^{-3}	abcdef	-1.59×10^{-5}	0	新岗、大坑山、同乐
2	0.0603	2.06×10^{-3}	abcdef	1.48×10^{-5}	6.37	同乐、新岗、大坑山
3	0.0595	1.24×10^{-3}	abcdef	-8.42×10^{-6}	0	新岗、大坑山、同乐
11	0.0588	5.96×10^{-4}	abcdef	-3.38×10^{-5}	0	新岗、大坑山、同乐
8	0.0574	-8.53×10^{-4}	bcdef	-2.89×10^{-5}	0	新岗、大坑山、同乐慎用
7	0.0564	-1.94×10^{-3}	cdef	-2.48×10^{-5}	0	新岗、大坑山、同乐慎用
9	0.0563	-1.85×10^{-3}	defg	-4.97×10^{-6}	0	新岗、大坑山、同乐慎用
12	0.0545	-3.77×10^{-3}	efg	-6.58×10^{-6}	0	新岗、大坑山、同乐慎用
4	0.0512	-7.04×10^{-3}	fg	6.73×10^{-5}	16.02	暂不推广
6	0.0456	-1.26×10^{-2}	g	6.17×10^{-4}	54.44	暂不推广

注: $LSD_{0.05} = 0.0104$

把单株材积主效应 >0 作速生型、 <0 作慢生型,家系×地点互作差异系数 $<10\%$ 作稳定型、 $>10\%$ 变化型,13个参试家系可分为4种类型:Ⅰ速生稳定型,包括13、5、2、3和11号;Ⅱ速生变化型,包括10、1号;Ⅲ慢生稳定型,包括8、7、9和12号,Ⅳ慢生变化型,包括4、6号。速生稳定型家系适合在新岗、大坑山、同乐林场大力推广应用,速生变化型家系适宜局部地域推广应用,慢生稳定型家系需作进一步观测,如生长表现还好可谨慎推广,慢生变化型家系建议暂不推广。

3 结论与讨论

3.1 广东省前期杉木子代测定入选家系作多点区域测定,7年生4个地点单点方差分析有3个地点的家系间至少有1个生长性状存在显著或极显著差异,多点联合方差分析家系间胸径、单株材积有极显著差异,家系×地点互作3个生长性状均表现为互作极显著,表明这些家系生长存在遗传差异,不同家系对造林立地适应性有所不同。这说明对入选优良材料开展区域试验是必要的,有利于合理开发利用优良造林材料。

3.2 根据单株材积主效应、家系 $\times$ 地点互作效应及变异系数统计结果,13个家系可分为速生稳定型、速生变化型、慢生稳定型和慢生变化型四种类型。速生稳定型可全面大力推广,速生变化型可在适宜区域大力推广,慢生稳定型宜进一步观测、谨慎应用,慢生变化型建议暂不推广。

3.3 广东全省两批入选家系有42个,因部分家系种未采收到而无法参加区域试验,加上采收到种子的家系各自培育试验苗数量多少不一,同一年度只有13个家系在全部试验点均有参试,对其作出丰产性与稳产性分析评价,其他家系区域性试验有待补充。

参考文献

- [1] 邹滨,胡德活,阮梓材,等. 杉木第2代种子园效果分析[J]. 华南农业大学学报,2003,24(4):13-16.
- [2] 阮梓材,胡德活,陈仲. 杉木种子园建园亲本的综合选择[J]. 广东林业科技,1994,10(2):14-19.
- [3] 阮梓材,胡德活,徐和运. 种子园优质高产技术[M]. 北京:中国林业出版社,1994:93-100.
- [4] 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,2001:68-76.
- [5] 莫惠栋. 农业试验统计[M]. 上海:上海科学技术出版社,1984:260-267.