

福建柏优树子代测定及初步选择

黄德龙

(福建省大田梅林国有林场, 福建 大田 366102)

摘要: 对福建省永安国有林场 5 年生 80 株福建柏 *Fokienia hodginsii* 优树子代测定林进行测定与分析。结果表明, 不同家系在树高、胸径和材积等指标上差异达到极显著水平, 这些差异主要由家系遗传特性决定。以材积为主要选择指标, 兼顾树高、胸径和通直度指标, 从参试子代测定林中选出 J007 和 N001 等 13 个优良家系, 其 5 年生平均树高、胸径和材积分别为 4.05 m, 5.57 cm 和 0.005 94 m³, 平均遗传增益分别为 9.36%, 16.46% 和 33.77%; 选出 Di001 和 Di002 等 35 个优良个体, 平均树高、胸径和材积分别为 4.65 m, 7.5 cm 和 0.010 66 m³, 遗传增益分别为 24.19%, 42.17% 和 146.93%。这些优良家系、优良个体表现出明显的生长优势, 可用作种子园建园材料和无性繁殖材料。表 6 参 10

关键词: 林木育种学; 福建柏; 优树; 遗传变异; 子代测定; 选择

中图分类号: S722.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)03-0449-06

Progeny testing of plus trees and selection of *Fokienia hodginsii*

HUANG De-long

(Meilin National Forest Farm of Datian, Fujian Province, Datian 366102, Fujian, China)

Abstract: In order to chose plus trees of *Fokienia hodginsii* to utilization, mensuration and analysis were conducted on 80 families of *Fokienia hodginsii* from 5-year-old progeny in the National Forest Farm of Yongan, Fujian Province, in 2005. We used balanced lattice square method with 10 replications. Results showed significant differences ($P < 0.01$) among families for tree height, diameter at breast height (DBH), and stem volume which were mainly controlled by genetic factors. According to progeny tests and based on stem volume while considering tree height, DBH, and straightness, thirteen superior families(J007, N001 etc.) and 35 superior individuals(Di001, Di002 etc.) were preliminarily selected. For 13 superior families, average tree height was 4.05 m with a 9.36% average genetic gain, average DBH was 5.57 cm and 16.46%, and average stem volume was 0.005 94 m³ and 33.77%. For the 35 superior individuals, average tree height was 4.65 m with 24.19% average genetic gain, average DBH was 7.5 cm and 42.17%, and average stem volume was 0.010 66 m³ and 146.93%. These superior families and individuals showed favorable growth traits and could be used for seed orchard or vegetative propagation. [Ch, 6 tab. 10 ref.]

Key words: forest tree breeding; *Fokienia hodginsii*; plus tree; genetic variation; progeny test; selection

福建柏 *Fokienia hodginsii* 是柏科 Cupressaceae 福建柏属 *Fokienia* 的唯一一种, 是中国特有的第一批珍稀濒危二级保护植物, 也是优良用材树种和优美观赏树种^[1-2]。近年来, 福建柏作为珍稀造林树种, 在其适生区已成为杉木 *Cunninghamia lanceolata* 二代林更新树种造林推广^[3-5]。因此, 开展福建柏

收稿日期: 2008-06-02; 修回日期: 2008-12-10

基金项目: “九五”国家科技攻关项目(96-011-03-03-02); “十五”国家科技攻关项目(2002BA515B0104(1)); “十一五”林业科技支撑计划资助项目(2006BAD01A1604)

作者简介: 黄德龙, 高级工程师, 硕士, 从事森林培育及林木育种研究与推广。E-mail: dlhuang01@163.com

的遗传改良研究,选育出优良的遗传材料供生产上推广应用,具有十分重要的意义。笔者针对福建省永安国有林场2001年春建立的80株福建柏优树子代测定林的调查研究结果,从中选出一批优良家系和个体,供生产上推广应用和作为下一代育种的研究材料。

1 材料与方 法

1.1 材料来源及子代测定林建立

参试80株福建柏优树的选择方法和优树性状表现见文献[6]。子代测定林设在福建省永安国有林场永浆工区,位于25°57'N,117°23'E;属低丘山貌,海拔195~250 m,坡度22°,东南坡向;土层厚度为50~60 cm,腐质层厚度8~9 cm,属Ⅲ类立地,前作为马尾松 *Pinus massoniana* 人工林。

试验林田间试验设计采用平衡格子(BIB)设计,参试家系81个(含对照),90个区组,10次重复。9个小区每个区组,5株每个小区,顺坡单行排列。试验林株行距为2 m×2 m,采用挖明穴、回表土整地技术,穴规格为50 cm×40 cm×30 cm;2001年2月10-15日造林(干旱天气)。2001-2004年每年年终对试验林进行树高、地径(胸径)性状的每木调查;2005年调查树高、胸径、冠幅、结果数和通直度。其中树高、胸径、冠幅、结果数按实测值,通直度按评分值。通直度按照表1中所列标准进行评分。

表1 试验林通直度评分标准

评分值	评分标准
1	主干3 m内很弯曲,有3个及以上的弯曲
2	主干3 m内轻度弯曲,有2个弯曲
3	主干3 m内基本通直,只有1个弯曲
4	主干3 m内完全通直

1.2 统计分析方法

对试验调查观测数据进行方差分析和遗传力、遗传增益估算等,为满足方差分析的正态独立和方差齐性等条件,对统计分析数据进行了平方根转换^[7-9]。方差分析模型和家系遗传力、单株遗传力以及遗传增益统计分析方法见文献[10]。

2 结果与分析

2.1 家系生长性状的遗传变异

从表2可以看出,试验林各年度生长总体良好,5年生平均树高3.53 m,胸径4.47 cm,材积0.003 8 m³;树高变幅为2.05~4.40 m,胸径变幅1.30~6.28 cm,材积变幅0.000 2~0.008 1 m³。表现最好的家系树高、胸径和材积分别是表现最差家系的2.1,4.8和36.7倍。与2年生相比,表现最好的家系发生了变化。由此可见,不但通过子代测定选择出遗传上真正优良的福建柏优树是很有必要的,而且对早期选择^[9]的结果,随着林龄的增大进行进一步选择也是很有必要的。对各年份调查的单株数据进行方差分析,并估算有关遗传参数(表3)。从表3可以看出,不同家系除2005年通直度外,其他各年各生长性状差异均达到显著或极显著的水平,家系×区组效应也大都达到显著或极显著的水平。这些差异主要由各家系本身遗传特性决定,受中等至强遗传力的控制。由此可见,从参试家系中可以选出一些遗传上真正优异的福建柏优良家系。

表2 家系的平均生长表现

Table 2 Average growth traits from different families

类目	2001年 树高/m	2002年 树高/m	2003年 树高/m	2004年 树高/m	2004年 胸径/cm	2005年 树高/m	2005年 胸径/cm	2005年 材积/m ³
平均	0.48	1.15	2.02	2.86	3.30	3.53	4.47	0.003 8
最大	0.73	1.59	2.59	3.49	4.85	4.40	6.28	0.008 1
最小	0.26	0.48	1.17	1.59	0.60	2.05	1.30	0.000 2

表 3 家系生长性状变异分析及遗传参数估算

Table 3 Analysis of variations and estimation of genetic parameters for growth traits from families

性状	均 方				家系遗传力	单株遗传力	家系分量/%
	区组	家系	家系×区组	机误			
2001 年树高	0.135 56	0.262 17**	0.040 22*	0.034 28	0.820	0.861	20.28
2002 年树高	0.512 61	1.155 80**	0.114 16**	0.081 27	0.848	0.989	34.84
2003 年树高	0.831 41	1.131 07**	0.212 79**	0.135 78	0.696	0.992	23.01
2004 年树高	1.779 12	1.547 83**	0.333 22**	0.206 34	0.651	0.939	19.21
2004 年胸径	5.541 97	6.892 37**	1.373 54**	1.027 22	0.719	0.950	21.06
2005 年树高	1.635 49	1.385 68**	0.316 73**	0.194 09	0.632	0.925	18.88
2005 年胸径	5.577 85	6.132 61**	1.577 39**	1.246 97	0.667	0.747	16.69
2005 年材积	2.076E-05	1.789E-05**	0.457E-05	0.413E-05	0.612	0.998	4.37
2005 年冠幅 1	0.407 89	0.227 99**	0.103 68**	0.083 53	0.458	0.341	7.23
2005 年冠幅 2	0.409 99	0.225 60**	0.113 29**	0.081 03	0.231	0.297	6.33
2005 年冠幅 a	0.393 34	0.217 98**	0.099 25**	0.072 49	0.420	0.353	7.41
2005 年结果数	1.037E+05	0.898E+05**	0.531E+05*	0.442E+05	0.335	0.270	6.31
2005 年通直度	0.458 28	0.303 64	0.250 69**	0.185 31	0.098	0.058	1.36

说明: *, ** 分别表示方差分析达 0.05 和 0.01 显著水平, 冠幅 1、冠幅 2 和冠幅 a 分别指左右、上下及平均冠幅。2004 年因树高和胸径生长性状值小, 材积误差大, 故材积性状没有列入分析。

2.2 优良家系选择

分别对 2~4 年生以树高为主要选择指标, 兼顾地径(胸径)指标, 对 5 年生以材积为主要选择指标, 兼顾树高和胸径指标, 选择出排名在前 13 位的福建柏优树子代测定林优良家系见表 4, 5 年生优良家系的各性状表现见表 5。

表 4 福建柏家系前 13 名生长量分年度排序表

Table 4 Ranks of the best 13 families of *Fokienia hodginsii* at growth traits

林龄/a	前 13 位的家系号												
	第 1 位	第 2 位	第 3 位	第 4 位	第 5 位	第 6 位	第 7 位	第 8 位	第 9 位	第 10 位	第 11 位	第 12 位	第 13 位
2	26	39	31	63	52	35	33	4	38	41	50	43	32
3	63	26	60	41	35	31	39	59	13	32	33	4	38
4	31	63	26	60	35	33	27	53	32	59	13	41	1
5	60	26	35	63	8	41	59	31	13	55	51	53	40

从表 4 可以看出: 家系号为 26, 31, 63, 35, 41(代号为 N001, L006, J012, L015, R003)的 5 个优良家系在 4 个年度中均排名在前 13 名, 生长性状表现比较稳定。由此证明, 早期选择确实具有一定的可靠性。通过早期选择, 可以有效缩短育种周期。这 5 个优良家系是宝贵的育种材料, 可加以重点应用。

5 年生入选家系与 2 年生时的早期选择^[12]相比较, 平均遗传增益从 24.45%(树高)提高到了 35.50%(单株材积)。2 年生初选的 13 个家系只有上述 5 个家系再度入选, 再度入选率为 38.5%; 排名顺序也分别从 2 年生时的第 1, 3, 4, 6, 10 位, 变化为第 2, 8, 4, 3, 6 位。由此说明, 在年龄很小时进行早期选择存在一定的误选风险。今后应对已建立的福建柏优树子代测定林继续进行调查观测, 以便最终决选出性状表现优异的福建柏优良家系和优良个体。

表5 优良家系及其5年生性状表现

Table 5 Superior families and their traits' values at 5 years old

名次	代号	材积		树高		胸径		冠幅/m	果实/个	通直度
		值/m ³	增益/%	值/m	增益/%	值/cm	增益/%			
1	J007	0.008 09	68.07	4.40	15.58	6.28	27.01	1.68	444	4
2	N001	0.007 06	51.61	4.22	12.35	6.06	23.73	1.61	167	4
3	L015	0.006 69	45.70	4.21	12.17	5.98	22.53	1.84	168	4
4	J012	0.005 99	34.51	4.16	11.28	5.55	16.12	1.57	269	4
5	K014	0.005 67	29.40	4.03	8.95	5.49	15.22	1.62	283	4
6	R003	0.005 62	28.60	4.01	8.59	5.58	16.56	1.57	216	4
7	J006	0.005 62	28.60	4.01	8.59	5.36	13.28	1.62	264	4
8	L006	0.005 57	27.80	4.14	10.92	5.34	12.98	1.54	162	4
9	G004	0.005 48	26.36	3.97	7.88	5.45	14.62	1.49	198	4
10	P002	0.005 39	24.93	3.84	5.55	5.59	16.71	1.49	410	4
11	J017	0.005 39	24.93	3.97	7.88	5.15	10.15	1.54	413	4
12	X004	0.005 37	24.61	3.91	6.80	5.27	11.97	1.55	343	4
13	L008	0.005 33	23.97	3.82	5.19	5.35	13.13	1.53	225	4
	均值	0.005 94	33.77	4.05	9.36	5.57	16.46	1.59	274	4
	总均值	0.003 83		3.53		4.47		1.45	212	4

说明：均值指优良家系的性状均值；总均值指试验林家系的性状均值；增益为遗传增益，冠幅指左右和上下的均值。

从表5可以看出，5年生入选优良家系不但具有明显的生长优势，而且树干通直。入选优良家系平均树高、胸径和单株材积值分别达4.05 m，5.57 cm和0.005 94 m³，其遗传增益分别达9.36%，16.46%和33.77%；表现最好的J007号家系，树高、胸径和单株材积值分别达4.40 m，6.28 cm和0.008 09 m³，其遗传增益分别达15.58%，27.01%和68.07%。这些优良家系可作为种子园建园材料和杂交育种的亲本。

2.3 优良个体选择

在选择优良家系的基础上，对5年生福建柏优树子代测定林以单株材积为主要选择指标，兼顾树高、胸径和通直度等指标，初步选择出优良个体35个(表6)。

从表6中可以看出，入选优良个体不但具有明显生长优势，而且树干通直。优良个体的平均树高、胸径和单株材积值分别达4.65 m，7.5 cm和0.010 66 m³，其遗传增益分别达24.19%，42.17%和146.93%；表现最好的Di001个体，树高、胸径和单株材积值分别达7.10 m，7.7 cm和0.018 79 m³，其遗传增益分别达85.48%，44.88%和335.29%，年均树高、胸径和单株材积生长分别达1.4 m，1.5 cm和0.003 8 m³。这些优良个体可作为无性繁殖母株推广应用。

3 小结与讨论

对福建省永安国有林场5年生80株福建柏优树单亲子代测定林进行全面测定分析的结果表明：不同家系在树高、胸径、材积、冠幅和结实等性状上的差异都达到显著或极显著水平。这些差异主要由家系本身的遗传特性决定。

以5年生单株材积为主要选择指标，兼顾树高、胸径和通直度等指标进行优良家系及优良个体选择，从参试优树子代测定林中筛选出J007和N001等13个生长量大、干型好的福建柏优良家系，其平均树高、胸径和单株材积值分别达4.05 m，5.57 cm和0.005 94 m³，遗传增益分别达9.36%，16.46%和33.77%；其中表现最好的J007家系，树高、胸径和单株材积分别达4.40 m，6.28 cm和

表 6 优良个体及其 5 年生性状表现

Table 6 The superior individuals selected from families and their growth traits' values at 5 years old

名次	代号	序号	区组	材积		树高		胸径		冠幅/m	果实/个	通直度
				值/m ³	增益/%	值/m	增益/%	值/cm	增益/%			
1	Di001	60	7	0.018 79	335.29	7.10	85.48	7.7	44.88	2.15	600	4
2	Di002	26	29	0.013 38	210.02	5.00	32.84	8.2	52.65	1.50	200	4
3	Di003	60	37	0.012 27	184.32	4.90	30.33	7.9	47.99	1.55	100	4
4	Di004	31	27	0.012 11	180.61	4.55	21.56	8.3	54.20	1.75	50	4
5	Di005	57	7	0.011 86	174.82	4.85	29.08	7.8	46.44	1.65	120	4
6	Di006	47	11	0.011 47	165.79	4.80	27.83	7.7	44.88	1.50	800	4
7	Di007	26	17	0.011 17	158.85	4.55	21.56	7.9	47.99	2.05	10	4
8	Di008	34	16	0.011 17	158.85	4.70	25.32	7.7	44.88	1.75	550	4
9	Di009	35	67	0.011 16	158.61	4.40	17.80	8.1	51.09	2.15	110	4
10	Di010	26	3	0.011 10	157.23	4.60	22.81	7.8	46.44	1.65	230	4
11	Di011	60	15	0.010 87	151.90	4.45	19.05	7.9	47.99	2.25	1000	4
12	Di012	59	14	0.010 80	150.28	4.82	28.33	7.4	40.22	1.65	100	4
13	Di013	40	30	0.010 79	150.05	4.50	20.30	7.8	46.44	1.95	50	4
14	Di014	21	12	0.010 57	144.95	4.50	20.30	7.7	44.88	2.05	0	4
15	Di015	30	34	0.010 49	143.10	4.40	17.80	7.8	46.44	2.30	100	4
16	Di016	29	4	0.010 35	139.86	4.50	20.30	7.6	43.33	1.85	250	4
17	Di017	47	71	0.010 28	138.24	4.80	27.83	7.2	37.12	1.85	320	4
18	Di018	59	7	0.010 14	135.00	4.75	26.57	7.2	37.12	1.55	300	4
19	Di019	50	14	0.010 01	131.99	4.70	25.32	7.2	37.12	1.75	250	4
20	Di020	49	63	0.009 91	129.67	4.50	20.30	7.4	40.22	1.55	290	4
21	Di021	12	2	0.009 84	128.05	4.40	17.80	7.5	41.78	1.90	100	4
22	Di022	41	28	0.009 84	128.05	4.40	17.80	7.5	41.78	2.05	100	4
23	Di023	63	18	0.009 82	127.59	4.80	27.83	7.0	34.01	1.90	800	4
24	Di024	13	2	0.009 70	124.81	4.35	16.54	7.5	41.78	1.93	0	4
25	Di025	41	67	0.009 69	124.58	4.20	12.78	7.7	44.88	1.80	0	4
26	Di026	53	48	0.009 61	122.72	4.90	30.33	6.8	30.90	1.75	50	4
27	Di027	8	53	0.009 59	122.26	4.80	27.83	6.9	32.46	1.55	150	4
28	Di028	40	26	0.009 56	121.57	4.30	15.29	7.5	41.78	1.60	120	4
29	Di029	13	70	0.009 56	121.57	4.70	25.32	7.0	34.01	1.45	300	4
30	Di030	42	15	0.009 55	121.33	4.45	19.05	7.3	38.67	1.80	250	4
31	Di031	60	15	0.009 55	121.33	4.45	19.05	7.3	38.67	1.80	700	4
32	Di032	60	49	0.009 52	120.64	4.60	22.81	7.1	35.56	1.55	270	4
33	Di033	26	23	0.009 48	119.71	4.20	12.78	7.6	43.33	2.10	300	4
34	Di034	35	17	0.009 47	119.48	4.50	20.30	7.2	37.12	1.85	300	4
35	Di035	59	26	0.009 47	119.48	4.50	20.30	7.2	37.12	1.55	100	4
	均值			0.010 66	146.93	4.65	24.19	7.5	42.17	1.80	256	4

0.008 09 m³, 遗传增益分别达 15.58%, 27.01%和 68.07%。筛选出 Di001 和 Di002 等 35 个生长量大、干型好的福建柏优良个体, 其平均树高、胸径和单株材积值分别达 4.65 m, 7.5 cm 和 0.010 66 m³, 遗传增益分别达 24.19%, 42.17%和 146.93%; 其中表现最好 Di001 个体, 树高、胸径和单株材积值分别达 7.10 m, 7.7 cm 和 0.018 79 m³, 遗传增益分别达 85.48%, 44.88%和 335.29%, 年均树高、胸径、单株材积生长分别达 1.4 m, 1.5 cm 和 0.003 80 m³。这些优良家系、优良个体是宝贵的育种材料, 其中 N001, L006, J012, L015, R003 等 5 个家系优良生长性状在 2~5 年生表现稳定, 可加以重点应用。

本研究在 2 年生时初选出的 13 个优良家系^[9], 在本次初步筛选中再度入选的优良家系数为 5 个, 再度入选率为 38.5%, 说明在年龄很小时进行早期选择存在一定的误选风险。所以, 今后应对已建立的优树子代测定林继续进行调查观测, 以便最终决选出性状表现优异的福建柏优良家系和优良个体。对本研究选择出的 13 个优良家系和 35 个优良单株可用作种子园的建园材料和杂交育种的亲本, 同时对优良单株可作为无性繁殖的母株进行推广应用, 以期提高福建柏生产力, 促进福建柏速生丰产用材林基地建设。

致谢: 参加研究的还有福建省林业科学研究院杨宗武、郑仁华和福建省永安国有林场黄秀美等同志, 谨表谢意。

参考文献:

- [1] 中国树木志编辑委员会. 中国树木志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1983: 344 - 345.
- [2] 北京林学院. 树木学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988: 54 - 61.
- [3] 盛炜彤, 薛秀康. 福建柏、杉木及其混交林生长与生态效应的研究[J]. 林业科学, 1992, 28 (5): 397 - 404.
SHENG Weitong, XUE Xiukang. Comparisons between pure stands of Chinese fir, Fukien cypress and mixed stands of these two species in growth, structure, biomass and ecological effects [J]. *Sci Silv Sin*, 1992, 28 (5): 397 - 404.
- [4] 高兆蔚. 珍贵用材树种——福建柏[J]. 福建林业科技, 1994, 21 (2): 62 - 66.
GAO Zhaowei. A precious timber species—*Fokienia hodginsii*[J]. *J Fujian For Sci Technol*, 1994, 21 (2): 62 - 66.
- [5] 杨宗武, 郑仁华, 肖祥希, 等. 珍稀树种——福建柏[J]. 林业科技通讯, 1998 (7): 21 - 22.
YANG Zongwu, ZHENG Renhua, XIAO Xiangxi, et al. Precious and rare tree species—*Fokienia hodginsii* [J]. *For Sci Technol*, 1998 (7): 21 - 22.
- [6] 郑仁华, 黄德龙, 李金良, 等. 福建柏优树选择及种实表型变异研究[J]. 福建林业科技, 2004, 31 (增 1): 1 - 6, 10.
ZHENG Renhua, Huang Delong, LI Jinliang, et al. Studies on the selection and phenotypic variations on seed and cone traits of plus-trees of *Fokienia hodginsii*[J]. *J Fujian For Sci Technol*, 2004, 31 (supp 1): 1 - 6, 10.
- [7] 王明麻. 林木遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 156 - 177.
- [8] NAMKOONG G. *Introduction to Quantitative Genetics in Forestry*[M]. London: Castla House publish, 1981: 210 - 259.
- [9] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1989: 29 - 102.
- [10] 郑仁华. 福建柏优树子代测定和早期选择[J]. 福建林学院学报, 2005, 25 (1): 22 - 26.
ZHENG Renhua. The progeny testing and early selection to pius-trees of *Fokienia hodginsii* [J]. *J Fujian Coll For*, 2005, 25 (1): 22 - 26.