

思茅松高产脂半同胞家系选育

许林红, 蒋云东, 付玉嫔, 张快富, 赵永红, 李思广*

(云南省林业科学院, 云南 昆明 650204)

摘要:为了选择高产脂的思茅松优良家系,对8年生的42个思茅松高产脂优良家系的半同胞及1个对照的产脂力、树高、胸径等进行测定。结果表明,所有家系的产脂力均大于对照,较对照产脂力平均提高达32.9%,家系间产脂力存在极显著差异。产脂力的家系遗传力为0.49。初步选择出3个脂材两用型的思茅松优良家系,其产脂力的实际增益平均为70.2%;选择出2个高产脂的优良家系,其产脂力的平均实际遗传增益为108.8%。

关键词:思茅松; 半同胞; 产脂力; 子代测定

中图分类号:S791.259

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2014)03-0109-04

Selection of Half-sib *Pinus kesiya* var. *langbianensis* with High-Resin-Yield

XU Lin-hong, JIANG Yun-dong, FU Yu-pin, ZHANG Kuai-fu, ZHAO Yong-hong, LI Si-guang*

(Yunnan Academy of Forestry, Kunming, Yunnan 650204, China)

Abstract: In order to select the superior families of *Pinus kesiya* var. *langbianensis* with high-resin-yield, the resin-producing capacity, DBH and tree height of 42 high-resin-yield families and a control (8 years old) were measured and analyzed. The results showed that the resin-producing capacity of each family was higher than that of the control, and the average resin-producing capacity was 32.9%, higher than the control. The results of analysis of variance showed that the resin-producing capacity among the families had significant differences. The family heritability was 0.49. Three superior families for dual-purpose type for resin and timber were selected, and the realized-gain of resin was 70.2%. Two superior families for high-resin-yield were selected, and the realized-gain of resin was 108.8%.

Key words: *Pinus kesiya* var. *langbianensis*; high-sib; resin-producing capacity; progeny test

思茅松(*Pinus kesiya* var. *langbianensis*)是材、脂兼用树种,具有速生、优质、高产脂和生态适应性强等特点,以大面积纯林或针阔叶混交林的形式集中分布于思茅松分布在云南西南部,集中成林分布在哀牢山西坡以西的亚热带南部(24°24'N以南、99°5'~102°30'E)^[1],即云南省思茅市的翠云、普洱、景谷、景东、镇沅、江城、墨江等县以及临沧地区和红河州的部分县。据调查,目前云南省思茅松的林地面积约 $102.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$,立木蓄积量约 $1 \times 10^7 \text{ m}^3$ ^[2-3]。2012年全省松香产量 $20 \times 10^4 \text{ t}$ (含小厂的松香),在全国排第2位,其中思茅松松香的产量占

云南省松香产量的90%以上。

近年来,思茅松天然林面积逐年下降,采脂树亦随之减少,已不能适应林产化工发展的需要,因此,选择思茅松天然林中的高产脂基因资源并加以繁殖利用,营造人工高产脂原料林已迫在眉睫,是林业可持续发展的必然趋势。近10多年来,云南省已逐步开展了高产脂思茅松的优树选择,无性系的筛选及高产脂思茅松的早期测定等方面的研究^[4-6]。随着思茅松高产脂林木遗传改良工作的深入发展,对高产脂思茅松优树自由授粉子代林的遗传性状的评定十分必要。对已建立的8年生半同胞子代林进行产脂

收稿日期:2013-09-22 修回日期:2013-12-11

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项(201304105)。

作者简介:许林红,男,助理工程师,研究方向:森林培育、森林生态。E-mail: xulinhong_hi@163.com

* 通信作者:李思广,男,副研究员,研究方向:营林及育种。E-mail: skylinerover@163.com

力测定,以期从中选出高产脂的家系进行繁殖,应用于生产,也可为进一步选择提供基本群体,并为早期选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

在云南省思茅市景谷县建立高产脂子代测定试验林,2003 年建立的高产脂思茅松半同胞子代测定林,设立了 3 个重复,42 个家系,株行距为 2 m×3 m。8 年生时进行产脂力测定,在每个家系中选取 6 株平均木进行产脂力测定,用常规下降采脂法,割脂高度为 1 m 左右。测沟夹角 70°~90°,采割深入木质部 0.3~0.4 cm,割面负荷率 45%~50%^[7]。每 2 d 加割 1 刀,连续割 3 刀后测定产脂量。

1.2 方法

通过调查获得的家系数据,采用 SPSS 软件进行方差分析、LSD 检验等,并进一步估算下列遗传参数:

$$\text{变异系数 } C: C = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: S 为标准差, \bar{X} 为平均数。

遗传方差 δ_g^2 和环境方差 δ_e^2 :

$$\delta_g^2 = \frac{1}{r} (M_1 - M_2) \quad (2)$$

$$\delta_e^2 = M_2 \quad (3)$$

式中: M_1 、 M_2 : 家系、环境均方差, r : 重复数;

表型方差 δ_p^2 和各家系遗传力 h^2 :

$$\delta_p^2 = \delta_g^2 + \frac{1}{r} \delta_e^2 \quad (4)$$

$$h^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_p^2} \times 100 = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{遗传增益}(\Delta G): \Delta G = h^2 \cdot S/\bar{X} \quad (6)$$

式中 S : 选择差, \bar{X} : 性状平均值^[8-12]。

2 结果与分析

2.1 各家系生长性状及变异分析

8 年生子代测定林生长量测定结果(表 1)可以看出,所有参试家系的平均胸径较对照的高约 19%,平均胸径最大的为 26、64 及 117 号家系,达到 12 cm 以上;较差的 2 个家系其平均胸径皆小于对照。

所有参试家系的平均树高较对照平均高度高约 15%,最大的为 26、64 及 84 号家系,平均达 7 m 以上;表现较差 8 个家系其平均树高皆小于对照的平均树高。

供试家系的平均材积较对照的高 35%左右,材积表现最好的 5 个家系其平均材积达到 0.036 6

m³,表现最差的 3 个家系的平均材积均低于对照,平均材积仅为 0.019 3 m³。

参试家系的胸径、树高及材积的变异系数的平均值皆大于对照。特别是材积的变异系数差异很大,说明在同一家系的不同个体之间生长性状也存在着较大的变异。

方差分析的结果表明各家系在胸径、树高及材积间均存在着极显著差异,表明思茅松半同胞子代测定林的生长性状间存在着丰富的变异。

表 1 家系生长情况及分析

Table 1 Growth data and analysis of Simao pine families

家系号	胸径		树高		材积	
	平均值 /cm	变异系 数/%	平均值 /cm	变异系 数/%	平均值 /cm	变异系 数/%
64	12.7	2.9	7.2	4.2	0.038 3	19.2
117	12.7	8.7	7.0	4.9	0.038 0	13.2
26	12.3	8.3	7.4	5.5	0.035 9	6.4
10	12.2	8.5	6.9	4.3	0.035 4	22.2
12	12.2	16.3	6.9	4.6	0.035 3	15.4
118	11.8	4.1	6.5	5.6	0.033 4	20.0
32	11.8	5.4	6.6	5.0	0.033 2	19.6
33	11.7	8.0	6.4	5.8	0.032 7	21.7
8	11.7	5.8	6.4	3.5	0.032 5	61.3
116	11.7	9.7	6.7	5.8	0.032 4	20.0
69	11.5	7.7	6.8	5.8	0.031 5	27.0
25	11.5	8.8	6.8	2.9	0.031 4	19.4
35	11.4	9.8	6.0	17.4	0.031 1	10.2
72	11.4	6.4	6.6	5.7	0.030 9	3.3
58	11.4	13.2	6.9	10.5	0.030 7	28.3
43	11.3	8.5	6.4	11.4	0.030 6	18.1
27	11.3	1.5	6.0	5.8	0.030 3	9.0
84	12.2	17.5	7.5	11.3	0.030 2	38.1
71	11.1	5.4	6.4	8.9	0.029 4	16.3
34	11.1	7.7	6.0	11.8	0.029 3	32.7
63	11.1	12.0	6.5	7.8	0.029 1	7.6
47	10.9	17.2	5.8	12.1	0.028 3	21.2
45	10.8	6.9	5.7	6.2	0.027 8	26.5
9	10.8	30.4	4.8	0.8	0.027 7	19.5
70	10.7	10.6	5.8	13.5	0.027 1	18.8
1	10.6	8.3	5.1	5.4	0.026 7	21.0
11	10.5	7.7	6.3	9.6	0.026 2	36.6
46	10.4	11.5	5.6	6.3	0.025 7	39.5
56	10.2	12.0	5.5	17.5	0.025 7	35.6
40	10.2	5.8	5.4	11.5	0.024 9	1.6
54	10.2	9.7	5.4	4.4	0.024 6	11.6
50	10.2	3.6	5.8	3.5	0.024 3	21.2
48	9.9	7.7	5.7	9.7	0.023 3	17.9
42	9.8	1.8	5.2	5.1	0.023 1	26.8
2	9.8	8.4	5.2	5.0	0.022 8	14.0
115	9.5	14.0	5.7	14.9	0.022 6	22.5
38	9.7	9.0	6.7	26.0	0.022 4	20.4
49	9.6	5.3	5.1	9.3	0.021 9	6.2
28	9.6	3.6	5.5	2.5	0.021 8	3.3
31	9.3	7.2	5.1	13.5	0.019 7	15.1
83	9.1	1.5	5.0	0.5	0.019 7	44.2
55	8.7	3.2	4.7	8.1	0.018 5	39.6
ck	9.1	7.1	5.3	6.8	0.020 9	9.6
总计	10.9	8.6	6.1	7.9	0.028 2	21.2
F 值	3.13 **		4.97 **		4.04 **	

注: ** 表示 $p=0.01$, 差异极显著。

2.2 产脂量分析

供试林产脂量测定结果(表 2)可以看出,所有参试的 42 个高产脂半同胞子代的校正产脂力变幅为 6.50~12.69 g,平均达 8.60 g,均大于对照的校正产脂力 6.47g。42 个参试家系产脂力的较对照提高的变幅为 0.39%~129.9%,总平均达 32.9%;理论遗传增益的变幅为 0.2%~35.4%,总平均达 11.8%。增益效果较为显著。

表 2 家系产脂力、遗传增益及多重比较

Table 2 Resin-producing capacity data,genetic gain as well as least significant difference test (LSD) of Simao pine families

家系	产脂力/(g·10 cm ⁻¹)				较对照 提高%	遗传 增益/%	显著性
	重复 I	重复 II	重复 III	平均			
42	13.08	19.28	12.27	12.69	129.9	35.4	**
54	17.65	9.33	9.47	12.15	87.8	32.4	**
64	15.56	8.48	9.20	11.08	71.3	26.3	*
69	8.37	9.59	15.02	10.99	69.9	25.8	*
117	12.51	8.06	12.32	10.96	69.4	25.6	*
48	10.45	9.83	12.31	10.86	67.9	25.0	*
9	8.35	12.12	11.98	10.82	67.2	24.8	*
56	10.91	12.70	7.93	10.51	62.5	23.0	*
83	8.47	12.02	10.10	10.20	57.6	21.3	*
11	11.25	7.87	11.12	10.08	55.8	20.6	*
10	7.99	11.31	8.86	9.39	45.1	16.6	
45	12.32	7.02	8.14	9.16	41.6	15.3	
2	8.79	7.75	10.89	9.14	41.3	15.2	
71	7.07	9.30	10.85	9.07	40.3	14.8	
118	12.35	8.65	5.93	8.98	38.7	14.3	
49	10.51	7.44	8.58	8.85	36.7	13.6	
40	9.36	10.70	6.10	8.72	34.8	12.8	
32	11.53	5.26	9.07	8.62	33.2	12.3	
34	5.37	7.66	12.67	8.57	32.4	12.0	
63	9.94	8.22	6.85	8.34	28.9	10.7	
58	8.73	9.65	5.97	8.11	25.4	9.3	
55	9.50	7.27	7.03	7.93	22.6	8.3	
38	10.86	6.69	5.46	7.67	18.6	6.8	
47	8.28	6.86	7.87	7.67	18.6	6.8	
1	8.26	8.48	6.04	7.59	17.3	6.4	
26	8.50	6.65	7.42	7.53	16.3	6.0	
8	9.28	6.63	6.57	7.49	15.8	5.8	
31	9.82	5.57	7.05	7.48	15.6	5.8	
12	7.39	5.76	9.26	7.47	15.5	5.7	
27	7.09	7.78	7.42	7.43	14.8	5.5	
46	6.80	8.39	6.95	7.38	14.1	5.2	
35	8.61	8.19	5.26	7.35	13.6	5.0	
50	9.07	7.06	5.82	7.32	13.1	4.8	
84	6.47	6.07	9.34	7.29	12.7	4.7	
70	8.22	5.44	7.74	7.13	10.2	3.8	
28	10.43	5.99	4.36	6.93	7.1	2.6	
25	5.26	6.11	9.06	6.81	5.2	1.9	
33	5.65	6.09	8.38	6.70	3.6	1.3	
72	7.19	7.61	5.21	6.67	3.1	1.1	
115	7.07	6.29	6.58	6.65	2.7	1.0	
43	5.95	5.08	8.83	6.62	2.3	0.9	
116	4.42	7.24	7.82	6.50	0.4	0.2	
ck	7.13	5.69	5.95	6.47			
平均	9.16	8.18	8.45	8.60	32.9	11.8	

注: *:p=0.05 差异显著,**:p=0.01 差异极显著。

2.3 产脂力及生物量的相关分析

生长量与产脂力相关分析结果(表 3)可以看出,产脂力与胸径、树高及材积间均呈现弱的负相关关系,说明思茅松高产脂家系的生长好的家系其产脂力并不一定高。

表 3 产脂力与生长性状的相关分析

Table 3 Correlation analysis of growth traits and Resin-producing capacity

指标	胸径	树高	材积
树高	0.84		
材积	0.99	0.82	
产脂力	-0.02	-0.15	-0.01

2.4 产脂力方差分析

供试测定林的产脂力具有极显著的统计差异(表 4),表明思茅松半同胞子代测定林的产脂力存在着丰富的变异,这些变异主要由遗传特性决定的,因此,家系间定向选择具有很大的潜力。

表 4 半同胞子代林产脂力的方差分析

Table 4 Variance analysis on resin-producing capacity of half-sib progeny test stand of Simao pine

变异来源	平方和	自由度	方差	F	F _{0.01}	方差组成
重复间	21.47	2	10.74	2.14	3.11	
家系间	400.07	41	9.76	1.95**	1.54	$\delta_c^2 + r\delta_g^2$
机误	410.75	82	5.01			δ_e^2
总变异	814.76	125				

2.5 半同胞产脂力的遗传参数

产脂力的遗传参数(表 5)表明,高产脂思茅松半同胞的家系遗传力为 0.49,具有中等遗传力,产脂力差异中遗传性因素占较大比例,入选率为 5%时的家系的理论遗传增益为 39.7%。说明通过一定强度的选择,能获得较高的遗传增益。考虑到后期育种的遗传基础不能过于狭窄,且林分处于幼林阶段,性状未完全稳定,故选择强度不能太大。

表 5 半同胞子代林遗传参数

Table 5 Genetic parameters of half-sib progeny test stand of Simao pine

环境方差	遗传方差	表型方差	家系遗传力	遗传增益
δ_e^2	δ_g^2	δ_p^2	H^2	ΔG
4.88	1.58	3.25	0.49	39.7%

2.6 高产脂优良家系的评选

经计算有 8 个家系与对照相比差异达到显著水平,占全部参试家系的 24%,但其中仅 64 号、117 号及 69 号家系的生长量分别排在第 1、2 及第 11 位,均超过家系平均生长量,平均产脂力要较对照提高 70.2%,可做为脂材两用型的思茅松优良家系;另外 5 个家系的生长量均低于家系平均生长量,83 号家系生长量小于对照生长量,因此,这 5 个家系不能做

为入选家系。有 2 个家系(42 号、54 号)产脂力与对照比达到极显著水平,占全体家系的 5%,其产脂力的平均现实增益为 108.8%,但这 2 个家系生长性状表现一般,可作为脂用型入选家系。

3 结论与讨论

林木性状间遗传相关系数可以反映性状间的相关程度,它可为林木遗传育种方案和改良策略制定提供理论参考^[13]。据各参试家系产脂力与对照产脂力选择差、实际增益和遗传增益的估算,参考参试家系的生长性状指标来选择优良家系。高产脂家系评选采用最小显著差数法(LSD),当评选指标按评选公式大于标准正态 $p=0.05$ 水平时单侧临界值 t 时的 LSD,可认为该家系显著大于对照家系^[14-17]。通过对培育 8 年生的 42 个半同胞思茅松家系的子代进行产脂力、树高、胸径的测定,结果表明:各家系的产脂力与生长性状之间呈现出微弱的负相关关系,相关性不显著。各半同胞家系间产脂力差异极显著。与对照的产脂力相比,42 个家系的产脂力平均值为 8.60 g,均大于对照的产脂力 6.47 g,其平均实际增益可达 32.9%;产脂力的家系遗传力为 0.49,表明产脂力差异中遗传性因素占较大比例。入选率为 5%时,家系的理论遗传增益为 39.7%。因此,可继续扩大高产脂思茅松的优树选择,并对现有实生子代林和初级无性系种子园,开展多层次的遗传改良工作。初步选择出产脂力、生长性状都表现材良好的脂兼用型思茅松优良家系 3 个,平均产脂力相比对照的实际增益可达 70.2%;选择出产脂力特别优异的脂用型思茅松优良家系 2 个,相比对照的实际增益可达 108.8%。可用初步选择出的 5 个优良家系进行人工林培育,以尽快实现提高思茅松的产脂量的目标,实现早期增益。

参考文献:

- [1] 吴兆录. 思茅松研究现状的探讨[J]. 林业科学, 1994, 30(2): 151-157.
WU Z L. A review of the research status of *Pinus kesia* var. *langbianensis* in southwestern China[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1994, 30(2): 151-157. (in Chinese)
- [2] 陈少瑜, 赵文书, 王炯. 思茅松天然种群及其种子园的遗传多样性[J]. 福建林业科技, 2002, 29(3): 1-5.
- [3] 蒋云东, 李思广, 杨忠元, 等. 土壤化学性质对思茅松人工幼林生长的影响[J]. 东北林业大学学报, 2006, 34(1): 25-27.
JIANG Y D, LI S G, YANG Z Y, et al. Effect of soil chemical property on growth of young *Pinus kesiya* var. *langbianensis* planted forests[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2006, 34(1): 25-27. (in Chinese)

- [4] 蒋云东, 李思广, 胡光辉, 等. 思茅松高产脂优树再选择的研究[J]. 西部林业科学, 2008, 37(3): 1-5.
JIANG Y D, LI S G, HU G H, et al. High-yield resin of plus tree selection of *Pinus kesiya* var. *langbianensis*[J]. Journal of West China Forestry Science, 2008, 37(3): 1-5. (in Chinese)
- [5] 李思广, 付玉嫔, 张快富, 等. 思茅松高产脂优良无性系选育研究[J]. 林业科技, 2008, 33(3): 8-10.
LI S G, FU Y P, ZHANG K F, et al. Study on superior clone selection of high resin-producing of *Pinus kesiya* var. *langbianensis*[J]. Forestry Science & Technology, 2008, 33(3): 8-10. (in Chinese)
- [6] 李思广, 蒋云东, 李明. 思茅松树脂道数量与产脂力回归关系研究[J]. 福建林业科技, 2007, 34(1): 59-62, 66.
- [7] 冉泽文. 影响松脂采集增产的因素[J]. 林产化工通讯, 2001, 35(2): 35-36.
- [8] 张正刚, 马建伟, 靳新春, 等. 日本落叶松自由授粉家系子代测定林分析与选择研究[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(4): 74-79.
ZHANG Z G, MA J W, JIN X C, et al. Analysis and selection of progeny test forest of the open pollinated family of Japanese larch[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(4): 74-79. (in Chinese)
- [9] 朱之梯. 林木遗传学基础[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990: 176-178.
- [10] 王明麻. 林木遗传育种学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 157 - 159.
- [11] 徐建民, 白嘉雨, 吴坤明, 等. 细叶桉家系早期试验研究[J]. 林业科学研究, 1995, 8(5): 500-505.
XU J M, BAI J Y, WU K M, et al. Preliminary study on a progeny trial of *Eucalyptus tereticornis*[J]. Forest Research, 1995, 8(5): 500-505. (in Chinese)
- [12] 刘月蓉. 高产脂马尾松优树自由授粉子代林产脂力测定[J]. 福建林学院学报, 2005, 25(3): 229-233.
LIU Y R. Determination of the rosin-producing capacity of the open pollination progeny stand from the plus trees in high-yield rosin *Pinus massoniana* forest[J]. Journal of Fujian College of Forestry, 2005, 25(3): 229-233. (in Chinese)
- [13] 董海芳, 张存旭. 栓皮栎优树自由授粉子代遗传变异研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 102-106.
DONG H F, ZHANG C X. Genetic variation of plus tree open-pollinated progenies in *Quercus variabilis*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(3): 102-106. (in Chinese)
- [14] 刘月蓉. 高产脂马尾松半同胞的产脂力优良单株的选择[J]. 林业科技, 2006, 31(3): 1-4.
LIU Y R. Selection of high-resin-yield half-sib *Pinus massoniana* single tree with superior resin-producing capacity[J]. Forestry Science & Technology, 2006, 31(3): 1-4. (in Chinese)
- [15] 李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 87-97.
- [16] 曾令海, 王以珊, 阮梓材, 等. 高脂马尾松产脂力和遗传稳定性分析[J]. 广东林业科技, 1998, 14(2): 1-6.
- [17] 邱文金, 洪永辉. 马尾松种子园单亲子代测定研究[J]. 福建林业科技, 2003, 30(3): 59-61.