

火炬松引种家系的遗传变异及速生稳定性综合评价

孙小霞¹, 梁一池², 阮少宁²

(1 福建农林大学 生命学院, 福建 福州 350002; 2 福建农林大学 林学院, 福建 南平 353001)

摘要:以国内早期引种的湿地松 *Pinus elliotii* 和福建乡土树种马尾松 *Pinus massoniana* 为对照, 对从美国种子园引种的 21 个火炬松 *Pinus taeda* 家系及国内早期引种种子园采种的 4 个火炬松家系进行遗传变异研究. 结果表明: 火炬松在福建省的总体生长表现优于对照湿地松和福建乡土树种马尾松, 树高、胸径、材积等性状在家系间差异显著, 且受中等以上遗传力所控制, 遗传变异系数多在 4.5% 以上. 火炬松生长性状 5 年生生长量的家系方差、地点方差和基因型与地点互作方差均达显著水平. 通过对生产力指数和回归系数进行二维散点图聚类分析, 最终确定 25、19、18 号家系为速生平均稳定家系, 具有广泛的适应性, 可在造林区普遍推广; 20、17、23、24、22、16 号家系为速生不稳定家系, 特别适应于优良环境.

关键词: 火炬松; 家系; 遗传变异; 速生稳定性

中图分类号: S722.5

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)01-0033-04

Evaluation of the genetic variation and fast-growth stability of loblolly pine family

SUN Xiao-xia¹, LIANG Yi-chi², RUAN Shao-ning²

(1 College of Life Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2 College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Nanping 353001, China)

Abstract: Compared with slash pine (*Pinus elliotii*) introduced early and native masson pine (*Pinus massoniana*), the research was carried out for 21 loblolly pine (*Pinus taeda*) family introduced from America and 4 loblolly pine family introduced earlier. The results showed loblolly pine grew the most quickly and most characters between family had significant differences. The heritability was quite high and the genetic variation coefficients were most above 4.5%. The growth quantity of 5 years varied significantly among sites. The effect on family and the mutual effect on gene and environment were also significant, but the mutual variance was small. From the two dimensional scatter plot of regression coefficient and productive index, No 25, 19 and 18 family not only grew quickly but also revealed mean stability. They could adapt themselves well to all kinds of habitats and be popularized widely. No 20, 17, 23, 24, 22 and 16 family only grew quickly in fine circumstances.

Key words: *Pinus taeda*; family; genetic variation; fast-growth and stability

火炬松 *Pinus taeda* 是美国南方松类中极为重要的速生建筑和纸浆用材树种^[1-2], 因其具有生长快、用途广、适应性强和地理变异多等特点, 在许多国家和地区广为引种栽培. 我国自 20 世纪 30 年代开始引种, 目前造林面积已超过 150 万 hm^2 ^[3], 是一个很有发展前途的树种. 随着火炬松引育工作的深入进行, 有必要进一步全面了解其生长变异情况, 以保证

火炬松在立地、气候变化多样的产区稳定高产.

1 材料与方法

1.1 试材来源与试点概况

21 个美国火炬松半同胞家系种子是于 1996 年从美国 8 个州 16 个火炬松 1 代种子园引进的, 同时测定的还有来自浙江的 3 个火炬松家系和来自福建

南屿林场的 1 个家系,并用来自广东仙菊湿地松种子园的湿地松 *Pinus elliottii* 和福建五一林场的当地树种马尾松 *Pinus massoniana* 家系作为对照. 试验点

分别设在福建省的顺昌洋口林场、南安五台山林场和福州南屿林场,各点的自然条件基本情况见表 1.

表 1 试验点概况
Tab. 1 General situation of testing sites

地点 site	经度 longitude	纬度 latitude	海拔 altitude/m	年均温 A. M. T./℃	年降水量 A. M. P./mm	相对湿度 relative humidity/%
洋口 Yangkou	117°53'E	26°50'N	220 ~ 280	18.5	1 880	82
南屿 Nanyu	119°20'E	26°06'N	120 ~ 180	19.5	1 370	80
南安 Nan'an	118°24'E	25°16'N	260 ~ 344	19.5	1 525	77

1.2 试验设计与统计方法

各试验地统一采用水平带整地,带宽 1 m,挖穴造林,穴的规格为 50 cm × 30 cm × 30 cm. 造林时间为 1997 年 10 月,苗木为永安林场所育容器苗. 试验设计为随机区组设计,9 株小区,6 次重复. 造林株行距为 3 m × 3 m. 1998 年扩穴培土抚育 2 次. 1999 年第 1 次采用化学除草,第 2 次全面劈草. 2001 年 10 月进行全面调查,因子有树高、胸径和冠幅等性状.

外业调查所获得的全部数据输入计算机,建立家系各性状的数据库,利用 SPSS 统计软件和福建农林大学林学院开发的“树木育种数据库计算机系统 (DPFB)”进行有关数据处理和统计分析^[4]. 马尾松的单株材积计算采用中华人民共和国林业部 1978 年颁发的马尾松二元材积表求得^[5],湿地松和火炬松的单株材积计算采用国外松二元材积的计算标

准^[6]. 遗传力、遗传变异系数、实际增益和遗传增益的计算见文献[7,8].

2 结果与分析

2.1 生长性状的遗传变异

生长性状是火炬松良种选育最主要的性状之一,良好的生长性状也反映了家系对特定环境的适应能力. 而性状选择的效果受性状的遗传力和遗传变异量两个参数的影响,且与两者成正比,性状的遗传力是反应后代保持亲本性状的能力,至于在一定强度下的选择进展如何,还要看它的遗传变异大小,当遗传变异系数大时,不仅选择效果的可靠性大,而且效益也高. 对 3 片测定林的树高、胸径、冠幅和材积的 5 年生调查数据进行方差分析和遗传参数估算见表 2.

表 2 生长性状的方差分析及遗传参数估算¹⁾
Tab. 2 The variance analysis and genetic parameters estimate of all growth traits

地点 site	性状 characters	ν	方差比重 variance component	F	遗传力 heritability	遗传变异 系数 CV/%	遗传增益 genetic gains/%	
							CK ₁	CK ₂
洋口 Yangkou	树高 height	24	0.276	3.48**	0.71	4.9	1.7	0.5
	胸径 DBH	24	0.132	2.25**	0.56	5.6	-0.1	10.9
	材积 volume	24	0.171	2.68**	0.63	12.8	4.1	22.8
	冠幅 crown	24	0.105	2.16**	0.54	4.7	-1.0	-2.6
南屿 Nanyu	树高 height	24	0.026	1.25	0.20	2.7	1.1	2.3
	胸径 DBH	24	0.088	1.78*	0.44	6.6	2.8	12.2
	材积 volume	24	0.116	2.04**	0.51	14.5	8.5	68.0
南安 Nan'an	树高 height	24	0.133	2.29**	0.56	5.8	0.2	4.2
	胸径 DBH	24	0.053	1.72*	0.42	4.6	-4.9	1.4
	材积 volume	24	0.106	1.89*	0.47	9.9	-4.7	23.5

1) CK₁ 为湿地松 *Pinus elliottii*, CK₂ 为马尾松 *Pinus massoniana*

由表 2 可知,洋口点火炬松各性状在家系间的差异均达极显著水平,树高、胸径、材积和冠幅的基因型方差比重分别为 27.6%、13.2%、17.1% 和 10.5%,各性状受中等及以上遗传力控制;南屿点火

炬松家系间的树高方差不显著,胸径在 0.05 水平上差异显著,材积则达极显著水平,家系的方差比重偏低;南安点家系间树高差异极显著,胸径、材积在 0.05 水平上差异显著,家系间胸径的方差比重偏低,

树高和材积则都在 10% 以上. 所调查性状在各参试点的变异系数多在 4.5% 以上. 又由遗传增益可知, 引种火炬松家系在洋口点和南屿点的平均生长水平优于国内早期引进树种湿地松和当地树种马尾松, 在南安点的平均生长水平低于国内早期引进树种湿地松, 但高于当地树种马尾松.

2.2 生长性状的联合方差分析

用多点方差分析的随机模型^[6]对 3 个测试点火

炬松家系 5 年生生长量的调查数据进行方差分析 (表 3) 表明, 火炬松树高、胸径和材积的家系方差、基因型与地点的互作方差均达显著水平, 地点方差则达极显著水平, 即试验中含有增、减产极显著的家系, 其增、减产程度又是随地点而不同, 参试地点间存在使所有家系都显著增产或减产的效应. 因此, 需了解各家系的生长情况和稳定性参数, 才能根据不同地点的实际情况选择不同的家系.

表 3 生长性状的多点联合方差分析结果
Tab. 3 The results of multisites variance analysis

变异来源 source of variance	ν	F			期望均方 EMS
		树高 height	胸径 DBH	材积 volume	
地点内区组 block	15	2.244 *	1.811	1.409	$\sigma_e^2 + \sigma_{ul}^2 + \sigma_v^2 + w\sigma_b^2$
家系 family	24	1.702 *	1.673 *	1.862 **	$\sigma_e^2 + \sigma_{ul}^2 + r\sigma_l^2$
地点 site	2	14.988 **	156.170 **	172.283 **	$\sigma_e^2 + \sigma_{ul}^2 + r\sigma_v^2$
地点 × 家系 site × family	48	1.475 *	1.466 *	1.459 *	$\sigma_e^2 + \sigma_{ul}^2$
误差 error	360				σ_e^2

2.3 生产力指数和稳定性参数分析

生产力指数代表各家系的生产能力, 是家系效应和环境效应的商, 生产力指数越大, 表示该家系的生长越快, 具体计算方法见文献[9].

关于稳定性参数, 由于不同的研究者侧重不同, 其测度也不同. 从而赋予“稳定性”的概念和含意的解释也不同. 本文采用 Finlay 和 Wilkinson 于 1963 年提出的回归系数作为品种稳定性的测度标准, 它不是指在不同的地点中产量保持不变的基因型, 而是指某种优良基因型在多点中始终表现出所期望的产量水平, 即“优良的缓冲性”^[10]. 该方法是用每一个地点的所有品种的某一性状平均值作为该点该性状的环境指数, 然后计算每一品种的平均产量回归于环境指数的回归系数, 并用该回归系数作为品种稳定性的测度标准, 回归系数的计算见文献[9]. $b = 1$ 时, 表示该品种具有平均稳定性; $b > 1$ 时, 表示该品种具有低的稳定性, 或在高生境下的特殊稳定性; $b < 1$ 时, 表示该品种具有高的稳定性, 或在不利生境下的适应性; $b = 0$ 时, 表示该品种具有完全稳定性, 即不管生境如何, 其产量总是稳定的.

依据材积的生产力指数 (表 4) 可知: 生长较快的前 5 位家系有 20、25、19、23、18, 它们的生产力指数分别为 0.74、0.72、0.65、0.48、0.43; 生长较慢的 5 位家系依次为 15、9、13、14、4; 其他的家系生长速度中等.

以材积生长量的回归系数 b 为测度, 可将参试的 25 个火炬松家系划分为 3 类. 第 1 类: $b > 1.15$, 为低于平均稳定性的家系, 这类家系比较适应于优越的环境, 在环境低劣的条件下生长会明显减慢; 第

2 类: $b < 0.85$, 为高于平均稳定性的家系, 这类家系在有利的环境条件下不会明显增产, 在低劣的环境

表 4 生产力指数和稳定性参数
Tab. 4 Productivity index and regression coefficient

家系 编号 No.	家系 代号 code	生产力指数 productivity index	排序 order	回归系数 regression coefficient	适宜生境 suitable habitat
1	MG-1	-0.36	18	0.64	不良
2	MG-3	-0.37	19	0.79	不良
3	MG-4	-0.43	20	0.53	不良
4	MG-5	-0.54	21	0.45	不良
5	MG-6	0.08	13	0.80	不良
6	MG-7	-0.30	17	0.67	不良
7	TX-1	-0.02	14	0.76	不良
8	TX-2	-0.15	15	0.61	不良
9	TX-4	-0.62	24	0.71	不良
10	PM-1	0.16	11	0.80	不良
11	PM-2	0.10	12	1.10	广泛
12	AL-2	-0.25	16	1.02	广泛
13	AL-3	-0.57	23	0.87	广泛
14	AL-4	-0.54	22	0.82	不良
15	AL-8	-0.68	25	0.86	广泛
16	LP-1	0.23	10	1.39	优良
17	CT-1	0.41	6	1.40	优良
18	CT-4	0.43	5	1.11	广泛
19	CT-5	0.65	3	1.05	广泛
20	CT-6	0.74	1	1.58	优良
21	NY-1	0.24	9	1.03	广泛
22	CL-96	0.29	8	1.58	优良
23	CL-95	0.48	4	1.73	优良
24	PM-3	0.36	7	1.53	优良
25	YL-1	0.72	2	1.14	广泛

条件下也不会有明显减产,故特适合于不良环境;第3类: $0.85 \leq b \leq 1.15$,属平均稳定性的家系,它们具有广泛的适应性,在多数参试点生长处于中等或中等偏上的水平.各家系的具体归属情况见表4.

2.4 速生性和稳定性综合评价

以材积的生产力指数和稳定性参数中的回归系数为计算值,采用坐标法进行2因素综合聚类分析,根据二维坐标点的自然聚集状态,可把所有参试火炬松家系分为4类(图1).第I类为速生平均稳定型家系,它相对于对照湿地松和马尾松的实际增益分别为18.3%和85.7%,具有广泛的适应性,可在造林区普遍推广;第II类为速生不稳定型家系,相对于对照湿地松和马尾松的实际增益分别为12%和77.2%,仅适生于特殊优良环境;第III类为中产稳定型家系,在各林区均表现中等,相对于对照湿地松和马尾松的实际增益分别为1.3%和58.9%;第IV类为低产稳定型家系,相对于对照湿地松和马尾松的实际增益分别为-12.6%和37.1%.

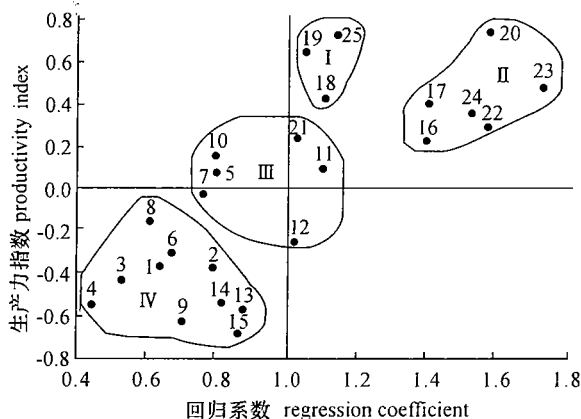


图1 生产力指数和回归系数二维分类图

Fig. 1 The two dimensional scatter plot of productivity index and regression coefficient

3 结论

(1)火炬松在洋口点和南屿点的生长明显优于采自仙菊种子园的对照树种湿地松和本省树种马尾松,但在南安点的平均表现则低于对照湿地松,但仍高于对照马尾松.这说明在福建省引种国外树种火炬松有较大的增产前景,但各地应根据其实际情况慎重选择.

(2)火炬松种内存在着丰富的遗传变异,各测试点引种火炬松家系在树高、胸径、冠幅和材积等指标上多数存在着显著差异,这些差异主要由遗传因素制约.家系的方差比重为5.3%~27.6%,各参试性状遗传变异系数在4.5%以上,经分析估算,火炬松

家系的广义遗传力为0.42~0.71,属中度至强度遗传力.上述结果在火炬松性状变异的利用及选择策略中具有重要参考价值.

(3)多点联合方差分析表明,引种火炬松的树高、胸径和材积的家系方差、地点方差和基因型与地点互作方差均达显著水平,地点的方差比重最大,各性状相应的 F 值分别为14.988、156.170和172.283.

(4)由生产力指数和稳定性参数中的回归系数可知:20、25、19、23、18号家系生长较快,11、12、13、15、18、19、21、25号家系具有广泛的适应性.依据生产力指数和回归系数进行速生性和稳定性综合评价,25、19、18号家系为速生平均稳定型家系,具有广泛的适应性,可在造林区普遍推广;20、17、23、24、22、16号家系为速生不稳定型家系,特别适应于优良环境;21、11、10、5、7、12号家系为中产稳定型家系,在各林区均表现中等.

(5)在本次的引种试验中,来自美国南卡罗来纳州的3个家系在福建省的平均生长速度均较快,采自中国次生种源的4个家系经过了一定时期的风土驯化,也表现出较好的适应性和速生性,今后有必要进一步观察其长期表现.

参考文献:

- [1] DORMAN K. The genetics and breeding of southern pines [A]. U S Department of Agriculture. Agriculture Handbook [C]. Washington D C: USA Forest Service, 1974:471.
- [2] WELLS O. Growth and fusiform rust infection of planted loblolly[J]. Geographic Variation in Survival, 1966, (11):44.
- [3] 姜景民,孙海菁. 火炬松纸浆材优良家系多性状选择[J]. 林业科学研究, 1996, 9(5):455-460.
- [4] 梁一池. 树木育种数据的计算机处理系统(DPFB系统)[J]. 福建林学院学报, 1988, 8(3):221-228.
- [5] LY208-77. 中华人民共和国农林部颁发标准[S]. 1978.
- [6] 江春梅,曾志光. 江西省湿地松、火炬松建筑、纸浆材良种选择研究[J]. 江西林业科技, 1998, (5):1-10.
- [7] 盛志廉,陈瑶生. 数量遗传学[M]. 北京:科学出版社, 1999. 109-137.
- [8] 梁一池. 树木育种原理与方法[M]. 厦门:厦门大学出版社, 1997. 115-121, 272.
- [9] 杨书文. 落叶松的遗传改良[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 1994. 12.
- [10] 沈高中. 品种稳定性的意义及测定方法(综述)[J]. 四川农业大学学报, 1986, 4(1):175-180.

【责任编辑 李晓卉】