

马尾松优树自由授粉家系的生产力评价*

秦国峰 周志春 金国庆 黄辉 方绍荣

摘要 对浙江省 5 批 7 片马尾松优树自由授粉家系子代测定林的研究表明, 5 ~ 10 年生时其高、径生长性状具有丰富的家系遗传变异, 受中度以上的遗传控制。根据连续 10 a 的测定结果, 高径和材积生长的遗传力随树龄的增加变化较小, 但遗传变异系数则随树龄的增加而逐渐减小。年度间相关分析表明, 利用 5 年生以下的树高预估 10 年生时的树高和树干材积, 精度很低, 损失的信息很大, 马尾松家系生长的初选年龄应在 5 年生以上。利用树高(为主)作为标准对所有参试家系的生产力进行评价, 从 405 个家系中选出 167 个生长大于对照 10% 的优良家系, 可作为种子园疏伐时留优的依据; 大于对照 15% 的 96 个家系, 其亲本无性系可选配为控制授粉的杂交亲本; 大于对照 20% 的生产力最高的 32 个优良家系, 可作为重建一代种子园的亲本材料, 或用于建立采穗圃, 通过规模无性繁殖最大限度地提高良种效益。

关键词 马尾松 自由授粉家系 生产力评价

马尾松(*Pinus massonia* Lamb.) 是我国南方重要的乡土造林和工业原料树种, 迄今为止全国共选择马尾松优树 5 500 株, 建立初级种子园 1 100 hm², 营建了大量的优树自由授粉家系子代测定林, 目前大多在 1/3 ~ 1/2 轮伐期。本文报道的是中国林科院亚林所在浙江省营建的 5 批 7 片优树自由授粉家系子代测定林的试验结果。在家系遗传分析的基础上, 以树高、胸径和材积作为丰产性测度对所有参试家系的生产力进行全面评价, 为种子园的去劣疏伐和未来世代育种材料的选择等提供科学依据。

1 材料和方法

从 1983 年开始, 在浙江、安徽南部和江西中北部的马尾松优良天然林和部分起源清楚的人工林内进行优树选择, 共选择优树 499 株。在无性系初级种子园建设的同时, 于浙江省两个地点连续 5 a 建立了 7 片优树自由授粉家系子代测定林, 参试家系 429 个, 因少量家系在年度间和地点间有重复, 实际参试家系数为 405 个, 占所选优树的 81.2%。各片试验林的造林年份、造林地点、参试家系数、家系来源以及造林试验设计等用表 1 简要说明。

由于 1985 年营建的 27 个自由授粉家系子代测定林, 保存最完整、林龄最大, 试验规模适宜, 因此从造林后当年起连续测定各年度树木的高、径生长, 以研究主要遗传参数随时间的动态变化和早期选择问题。其它各批试验林一般测定造林后当年、第 3、第 5、第 8 和第 10 年生等树木的高、径生长。利用部颁标准公式估算树干材积。各片试验林中都以浙江省淳安县姥山林

1996—06—26 收稿。

秦国峰研究员, 周志春, 金国庆(中国林业科学研究院亚热带林业研究所 浙江富阳 311400); 黄辉(浙江省淳安县姥山林场); 方绍荣(浙江省龙泉市林场)。

* 本文系浙江省“八五”科技攻关“杉三松工业用材良种选育”的子专题“马尾松工业用材良种选育技术研究”(计划编号为 91-025V) 成果一部分。

表 1 各批次优树自由授粉家系子代测定林基本情况

造林年份	造林地点	家系数(个)	家系来源	造林试验设计
1985	浙江淳安	27	浙江淳安、建德	完全随机区组 10 重复, 4 株小区
1986	浙江淳安	100	浙江淳安、建德、遂昌、松阳 江西婺源、德兴、分宜、安福、宜黄	完全随机区组 5 重复, 8 株小区
1987	浙江淳安 a	74	安徽太平、歙县、屯溪、休宁、黟县、祁门	完全随机区组
	浙江淳安 b	53	浙江开化、淳安、松阳、庆元、武义、永康、仙居、镇海 江西婺源、德兴、分宜、宜黄、广昌	5 重复, 8 株小区
1988	浙江淳安	69	安徽休宁、黟县、祁门	完全随机区组
	浙江龙泉	63	浙江淳安、建德、遂昌、松阳、庆元、龙泉、武义、东阳、永康、镇海	5 重复, 6~8 株小区
1989	浙江淳安	43	浙江开化、淳安、建德、遂昌、庆元、龙泉、武义、东阳、镇海	完全随机区组 5 重复, 8 株小区

场马尾松优良天然林分的种子作对照, 依据各参试家系树高和材积生长与对照的差异性来评价其生产力的大小。

子代测定材料的方差分析模型, 性状的单株和家系遗传力估算见文献[1]。根据年度间生长性状间的秩次相关和简单相关以研究早晚相关和早期选择问题。

2 结果和分析

2.1 生长性状在家系间遗传差异和性状遗传力

对 5 批 7 片子代测定林 5~10 年生测定材料的方差分析(表 2)表明, 马尾松生长性状在表 2 高、径和材积生长的遗传力和家系遗传变异系数及方差分析中的 F 值检验

造林批号	造林地点	测定年龄(a)	材积				树高				胸径			
			h_f^2	h_t^2	GCV(%)	F 值	h_f^2	h_t^2	GCV(%)	F 值	h_f^2	h_t^2	GCV(%)	F 值
1985	浙江淳安	10	0.72	0.83	15.08	3.62**	0.67	0.68	4.45	3.05**	0.70	0.77	6.25	3.38**
		8	0.78	0.99	17.33	4.48**	0.73	0.85	5.40	3.07**	0.76	0.95	7.18	4.10**
		5					0.70	0.75	5.96	3.31**				
1986	浙江淳安	8	0.48	0.63	16.91	1.94**	0.44	0.54	4.69	1.79**	0.48	0.62	7.24	1.92**
		5					0.40	0.56	5.73	1.66**				
1987	浙江淳安 a	8	0.33	0.35	10.45	1.48*	0.31	0.33	2.97	1.45*	0.29	0.30	4.59	1.40*
		5	0.27	0.27	14.93	1.36*	0.24	0.24	3.96	1.32*	0.24	0.24	3.96	1.32*
	浙江淳安 b	8	0.52	0.70	23.47	2.06**	0.45	0.55	5.49	1.80**	0.40	0.48	8.25	1.68**
		5	0.49	0.65	29.95	1.96**	0.51	0.69	8.21	2.04**	0.51	0.70	13.79	2.05**
1988	浙江淳安	8	0.64	0.99	18.98	2.78**	0.59	0.91	5.16	2.46**	0.61	0.95	7.86	2.56**
		5	0.49	0.64	23.52	1.96**	0.54	0.75	6.53	2.16**	0.44	0.54	9.69	1.78**
	浙江龙泉	8	0.63	0.99	16.96	2.72**	0.46	0.58	4.85	1.85**	0.63	0.99	7.26	2.72**
		5				0.46	0.57	5.20	1.84**					
1989	浙江淳安	5	0.53	0.73	28.28	2.12**	0.48	0.62	6.43	1.91**	0.47	0.60	10.84	1.88**
		平均	8	0.56	0.78	17.35		0.50	0.62	4.76		0.52	0.72	7.06
		5	0.45	0.57	24.17		0.47	0.59	6.00		0.42	0.52	9.57	

** 表示差异极显著; * 表示差异显著。

家系间都具有显著和极显著的差异, 5 和 8 年生树干材积的家系遗传变异系数分别高达 24.17% 和 17.35%, 树高分别为 6.00%、4.76%, 胸径分别为 9.57%、7.06%。从下页表 5、6 列出的各批次测定林树高与材积两性状的家系均值变幅中, 也同样可以看出家系间存在着的丰富的遗传变异。

由于遗传力是与特定环境条件下群体遗传结构有关的一个动态函数, 因此应利用遗传材料、立地条件、树龄等不同的各种遗传测定林来估算性状遗传力, 以获得遗传力的一般变化规律。从 5 批 7 片子代林的测定结果来看, 5~10 年生的高径和材积生长的平均家系遗传力变化在 0.42~0.56 之间, 单株遗传力在 0.52~0.78 之间, 可以认为马尾松生长性状受中度以上的遗传控制。鉴于生长性状在家系间丰富的遗传变异, 以及受较强的遗传控制, 更加证实了马尾松家系选择的巨大潜力^[2]。

2.2 主要遗传参数随时间的动态变化和年度间性状的相关分析

根据首批 27 个优树自由授粉家系子代林连续 10 年的测定结果(表 3), 发现马尾松高径和材积生长的家系和单株遗传力随年龄的变化较小, 如 6~10 年生树干材积的家系遗传力变动在 0.72~0.78 之间, 单株遗传力都大于 0.82。1~10 年生树高的家系和单株遗传力在 0.60~1.00 之间。然而生长性状的家系遗传变异系数则随着树龄的增加而减小, 从 1 年生至 10 年生树高的家系遗传变异系数由 8.37% 下降至 4.45%, 减小将近一半, 如树干材积从 6 年生至 10 年生家系遗传变异系数由 20.09% 下降至 15.08%。这说明幼龄时表现出的差异百分率不能用来推断较老年龄时的差异百分率, 在对待报道的各种遗传增益百分率数值时应持判别分析的态度, 必须考虑年龄效应。

表 3 马尾松生长性状家系遗传参数随时间的动态变化

测定年龄(a)		1	2	3	5	6	7	8	9	10
地径	均值(cm)	1.07	1.92	3.75	7.16	8.38	9.72			
	家系变异系数(%)	6.37	7.47	7.02	5.39	5.55	5.09			
	家系遗传力	0.69	0.60	0.60	0.61	0.63	0.67			
	单株遗传力	0.72	0.53	0.52	0.55	0.59	0.67			
胸径	均值(cm)					4.82	6.10	7.18	8.85	9.34
	家系变异系数(%)					8.88	7.91	7.18	5.76	6.25
	家系遗传力					0.70	0.72	0.76	0.66	0.70
	单株遗传力					0.76	0.81	0.95	0.66	0.77
树高	均值(m)	0.45	0.82	1.43	2.81	3.66	4.29	4.93	5.81	6.19
	家系变异系数(%)	8.37	6.37	5.64	5.96	5.71	5.15	5.40	4.49	4.45
	家系遗传力	0.79	0.64	0.62	0.70	0.75	0.70	0.73	0.74	0.67
	单株遗传力	0.99	0.60	0.56	0.75	0.93	0.76	0.85	0.89	0.68
材积	均值(m ³)					0.004 3	0.007 6	0.011 6	0.019 9	0.023 3
	家系变异系数(%)					20.09	18.22	17.33	14.91	15.08
	家系遗传力					0.74	0.75	0.78	0.72	0.72
	单株遗传力					0.90	0.91	0.99	0.82	0.83

早晚相关和早期选择问题虽可利用树干解析材料进行研究, 但最好的方法是利用子代测定的逐年调查材料。Squillace 等^[3]通过子代测定认为湿地松在 10 年生时选择可获得接近最高的年相对增益, Lambeth 等^[4]对火炬松子代测定研究发现, 5、10、15 年生与 20 年生时生长

的遗传相关系数常接近于 1, 在 5 年生时进行家系选择和和 5 ~ 10 年生时进行个体选择是有效的。陈益泰^[5]对国内外林木早期选择研究进展的综合评述认为以 15 ~ 25 a 为轮伐期的树种, 生长的早期选择大多在 5 ~ 10 a 内进行, 其幼成相关较高, 选择效率可达 85% 以上。

表 4 列出了树高和材积生长在年度间的秩次相关和简单相关系数。研究表明, 如利用 1 年生的树高值来预算 10 年生时的树高和材积, 仅能解释其 26% ~ 28% 的群体总变异, 将损失 70% 以上的信息。在 5 年生以下进行家系评估, 效果很差, 但随着树龄的增加, 精度将逐渐提高。当利用 5 年生以上的树高来预估时, 就能解释 69% 以上的总变异。

2.3 参试家系的生产力评价和优良家系的选择

对于小树来讲, 利用部颁标准公式估算其材积是不精确的, 树形和树皮率常随树龄的不同有很大变化, 小树材积的微小变化都将转化为很大的差异, 而这种差异百分率值

不能代表成年树的差异^[6]。比较马尾松不同家系材积和树高与对照差异的百分率(表 5, 6)发现, 两者差异很大, 材积生长的家系变异巨大。因此在较小年龄时(胸径在 10 cm 以下)评价马尾松优树自由授粉家系生产力时, 最好还是利用树高作为主要指标, 而材积作为参照指标。

表 5 各批次试验林树干材积的群体均值及参试家系与对照(CK)的比较

造林批次 和地点	评价 年龄 (a)	群体平均值(家系变幅) (m ³)	CK 值 (m ³)	大于 CK 值的家系数(个)(括号单位: %)				
				> CK	> CK 10%	> CK 15 %	> CK 20%	> CK 30%
1985 浙江淳安	10	0.023 3(0.013 7~0.023 3)	0.022 3	16(59.26)	10(37.04)	7(18.52)	5(18.52)	2(7.41)
1986 浙江淳安	8	0.010 4(0.005 0~0.018 7)	0.008 0	84(84.00)	75(75.00)	66(66.00)	62(62.00)	55(55.00)
1987 浙江淳安 a	8	0.013 5(0.007 3~0.019 1)	0.008 3	73(98.65)	72(97.26)	71(95.95)	70(94.59)	16(21.62)
1987 浙江淳安 b	8	0.013 5(0.005 0~0.020 8)	0.009 2	30(56.60)	23(43.40)	20(37.74)	17(32.08)	13(24.53)
1988 浙江淳安	8	0.013 5(0.006 5~0.022 6)	0.009 6	64(92.75)	59(85.51)	54(78.26)	51(73.91)	41(59.42)
1988 浙江龙泉	8	0.010 1(0.006 0~0.017 3)	0.006 9	60(95.24)	57(90.48)	53(82.81)	49(77.78)	45(71.43)
1989 浙江淳安	5	0.001 0(0.000 5~0.002 3)	0.000 9	29(67.44)	26(60.47)	23(53.49)	20(46.51)	15(34.88)

表 6 各批次试验林树高的群体均值及参试家系与对照(CK)的比较

造林批次 和地点	评价 年龄 (a)	群体平均值 (家系变幅) (m)	CK 值 (m)	大于 CK 值的家系数(个)(括号内单位: %)			
				> CK	> CK 10%	> CK 15 %	> CK 20%
1985 浙江淳安	10	6.19(4.56~6.95)	6.15	14(51.85)	1(3.70)		
1986 浙江淳安	8	4.49(3.76~5.29)	4.28	74(74.00)	24(24.00)	11(11.00)	3(3.00)
1987 浙江淳安 a	8	5.30(4.41~5.88)	4.67	72(97.30)	56(75.68)	34(45.95)	10(13.51)
1987 浙江淳安 b	8	4.93(4.17~6.18)	4.84	28(52.83)	8(15.09)	3(5.66)	2(3.77)
1988 浙江淳安	8	5.11(4.19~6.00)	4.89	51(73.91)	16(23.19)	5(7.25)	1(1.45)
1988 浙江龙泉	8	5.04(4.13~6.04)	4.38	60(95.24)	49(77.77)	34(53.97)	14(22.22)
1989 浙江淳安	5	2.39(1.95~2.99)	2.25	33(76.74)	13(30.23)	9(20.95)	2(4.65)

表 4 树高和材积生长在年度间的秩次相关(R_s)和简单相关(R)

树 龄	10 年生材积			10 年生树高		
	R_s	R	R^2	R_s	R	R^2
1	0.54	0.51	0.26	0.56	0.53	0.28
2	0.81	0.72	0.51	0.82	0.74	0.54
3	0.71	0.69	0.48	0.76	0.75	0.57
树	5	0.82	0.83	0.69	0.87	0.89
6	0.87	0.87	0.75	0.90	0.91	0.83
高	7	0.88	0.87	0.76	0.87	0.89
8	0.85	0.85	0.73	0.93	0.93	0.86
9	0.82	0.83	0.69	0.90	0.91	0.83
10	0.90	0.90	0.81	1.00	1.00	1.00
6	0.90	0.90	0.81	0.91	0.91	0.82
材	7	0.95	0.91	0.83	0.85	0.75
8	0.92	0.94	0.89	0.90	0.92	0.84
积	9	0.95	0.96	0.91	0.89	0.81
10	1.00	1.00	1.00	0.90	0.90	0.81

从表6中看出,以树高作较小年龄时家系生产力的评价指标,在各批次的参试家系中有65.23%(51.85%~97.30%)的家系大于对照,其中大于对照10%以上的家系平均占35.67%,大于对照15%以上的家系占20.68%,而大于对照20%以上的仅占6.94%。各批次子代测定结果表明,虽有较大比例的家系其生长量大于对照,但还有相当比例的家系其生长低于或等于对照,而效益显著的家系(大于对照10%)才占有参试家系总数1/3强,这说明天然林优树表型选择后子代测定重要性和必要性。

因各批次子代测定林年龄尚幼,性状表达不稳定,早期选择可能存在着一一定的偏差,因此选择强度不宜过大,选择强度还应根据不同目的来决定。按这一原则,本文从405个参试家系中评选出167个树高生长大于对照10%的优良家系(占参试家系的41.23%),可作为种子园疏伐时留优的依据(在具体操作时还要结合其无性系亲本的开花结实情况);对其中96个树高生长大于对照15%的优良家系,应对其主要经济性状包括生长和生长节律、形质和材性、开花结实特性等作进一步的分析和观察,利用其亲本无性系大力开展不同遗传交配设计的杂交育种工作,包括与亚热带优良无性系产地间的杂交,以获得速生、抗性强的新品种;而树高生长大于对照20%的32个优良家系,可作为重建一代种子园的亲本材料,或用于建立采穗圃,通过规模无性繁殖最大限度地提高良种效益。另外,由于浙江省马尾松种子园无性系组成主要来源于中亚热带中北部,还应根据优良种源的评选结果,从武夷山脉、罗霄山脉和南岭山脉马尾松优良种源区引进一些已经评选的优良家系和无性系,丰富浙江省马尾松遗传育种的基础。

2 讨 论

本文利用树高作为丰产性测度评价众多优树自由授粉家系的生产力水平,对于指导当前马尾松良种繁育工作具有积极的意义。浙江省马尾松种子园建于80年代中期,已开始投产。因当时是边建园,边进行子代测定,种子园并不是由为数较少的优良无性系组成,而是包含了所有的入选优树无性系,其遗传品质参差不齐,遗传效益真正显著的无性系仅占一部分,加之初级种子园定植密度较大,目前已郁闭,从而抑制树木生长和开花结实,这些都影响种子园的产量和质量。及时利用子代测定结果,进行种子园的去劣疏伐,是当今的主要任务。近年来,利用优树无性系开展了大量的双亲控制授粉的杂交育种工作。然而总的说来,盲目性较大,忽视杂交亲本的选配工作。应及时利用子代测定来评价其无性系亲本,根据培育目标选配亲本,开展双亲杂交,选育二代育种材料。由于本文中家系测定的年龄尚幼,在应用优良家系评选结果时应谨慎。与形质和适应性等性状相比,生长性状的早晚期相关往往较弱,不同家系的生长曲线可能不同,不能完全根据幼林材料来对伐期的生长作出真实的评价。再则,因子代测定林和人工林在林木竞争效应上存在着差异,子代测定林的数据只能用来评比家系间的相对优劣,而不能用来预测由种子园混系种子营建的人工林,利用测定林估算的遗传增益常较人工林的现实增益高出许多。

在子代测定中常常用一个商品性对照,以使得参试家系的评定有一个参照标准。对照应是遗传改良以前在生产上种植的材料。各批次测定林最好利用同一个对照,或者对照应相对稳定,以便在同一水平上评价各批次参试家系的优劣。但是,在生产实际中,这常为人们所忽略,有时随便选用对照,各批次对照的遗传水平差异较大,致使优良家系的评定存在一定的偏差。当所选对照的遗传水平过高,将使一些优良家系漏选;当对照遗传水平过低,将使得一些表现

中庸甚至是较劣的家系误选。从本文各批次所用对照看来, 其遗传水平也是不同的。在最终确定和应用优良家系时, 不仅要考虑参试家系与对照的相对表现, 而且还要视立地和气候条件考虑参试家系的绝对生长量。

参 考 文 献

- 1 秦国峰, 王培蒂, 周志春. 马尾松苗期生长性状遗传分析. 林业科学, 1989, 25(6): 559 ~ 563.
- 2 秦国峰, 周志春, 金国庆, 等. 马尾松遗传参数估算和优良家系评选. 林业科学研究, 1992, 5(2): 127 ~ 133.
- 3 Squillace A E, Gansel C R. Juvenile-mature correlations in slash pine. Forest Science, 1974, 20: 225 ~ 229.
- 4 Lambeth C C, van Buijtenen J P, Duke S D, et al. Early selection is effective in 20 year-old genetic tests of loblolly pine. Silvae Genetica, 1983, 32(5 ~ 6): 210 ~ 215.
- 5 陈益泰. 林木早期选择研究新进展. 林业科学研究, 1994, 7(亚林所所庆专刊): 11 ~ 22.
- 6 Zobel B J, Talbert J T. Applied forest tree improvement. Wiley, New York. 1984.

Evaluation on Productivity of Plus-tree Open-pollinated Families from Natural Stands of Masson Pine

Qin Guofeng Zhou Zhichun Jin Guoqin Huang Hui Fang Shaorong

Abstract This paper deals with the genetic variation analysis and productivity evaluation on the plus-tree open-pollinated families in a series of progeny test plantations of masson pine located in Zhejiang Province. The significant variations were found among the open-pollinated families for tree height, *DBH* and stem volume at age 5 ~ 10 which were under moderate or high genetic control. The observation results for ten years in succession showed that the heritabilities for three growth traits were stabler and their family genetic variation coefficients decreased with age. Age-age correlation analysis indicated that the tree height and stem volume at age 10 couldn't be predicted by the tree height under age 5, and the first selection age for growth traits at family level would be above age 5. In the paper, tree height was considered as a main criterion of family productivity evaluation. Among 405 families tested, 167, 96 and 32 families, whose tree heights were more 10%, 15% and 20% than the check respectively, were selected to provide the scientific basis for roguing in seed orchard and parent selecting in controlled pollination etc.

Key words masson pine open-pollinated family productivity evaluation

Qin Guofeng, Professor, Zhou Zhichun, Jin Guoqin (The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF Fuyang, Zhejiang 311400); Huang Hui (Laosan Forest Farm, Chunan, Zhejiang); Fang Shaorong (Longquan Forest Farm, Longquan, Zhejiang).