第5卷 第5期
1992年10月

林业科学研究
FOREST RESEARCH

Vol.5, No.5
Oct., 1992

湿地松种子园自由授粉子代幼年期测定及选择

何礼华 陈孝英

（中国林业科学研究院亚热带林业研究所）

李锦清 张建忠 赖发兴 陈永光

（浙江省余杭县长乐林场） （中国林业科学研究院亚热带林业实验中心） （浙江省文成县国营苗圃）

摘要 根据湿地松初级种子园14个自由授粉家系苗期和童期的材料，分析了高、径、材积及高径比等主要性状的遗传变异与遗传相关。结果表明：在苗期和童期各生长性状在家系间都有极显著差异，且呈中度至强度遗传；各家系高、径生长年度间呈正向紧密相关，各生长性状间的遗传相关也显著；家系×地点的交互作用不显著。运用指数选择法，就生长和形质两方面综合评选出三个速生且形质较优的湿地松家系。

关键词 湿地松 自由授粉子代 遗传测定 指数选择

湿地松（*Pinus elliottii* Engelm）经近60 a的引种栽培，现已成为我国南方重要的用材和造纸材树种。各地在引种推广的同时，积极开展遗传改良工作，以挖掘速生丰产潜力。70年代起，南方各省都从引种林内选出了许多优树，相继开展了种子园营建技术和子代测定的研究。通过子代测定，可为初级种子园疏伐去劣提供依据，为营建高级种子园提供优良无性系，同时也为进一步开展湿地松全同胞测定打下基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试的湿地松种子园14个自由授粉家系种子，于1984年采自广东台山红岭种子园，以亚热带林研所的母树林种子（CK_1）和广东台山甫草林场的母树林种子（CK_2）为对照，参试材料共16份。1985年分三试点进行了苗期试验，其结果已作报道[1]。1986年1月用一年生苗造林。

1.2 林地概况

造林试验也分三个试点进行：浙江余杭、江西分宜、浙江文成，三试点基本情况见表1。三块造林地均为疏林地，坡度25°～30°，土层厚60～80 cm；造林前全面整地，块状挖穴。

1991—08—30收稿。

表1　三试验点基本情况

试点	地理位置 (°)(′)N	地理位置 (°)(′)E	海拔 (m)	土壤类型	气温(℃) 最高	气温(℃) 最低	气温(℃) 年均	年降水量 (mm)	无霜期 (d)
余杭点	30 15	119 58	100	丘陵黄红壤	37.0	-7.5	15.6	1 478.6	221
分宜点	27 52	114 45	160	丘陵棕黄壤	37.3	-3.9	17.3	1 527.4	282
文成点	27 51	119 56	350	山地红黄壤	38.6	-5.4	17.0	1 708.1	255

1.3　试验设计

采用完全随机区组设计，12次重复，4株块状小区，株行距3.0 m×2.5 m。

1.4　观测和分析

造林当年统计成活率，以后每年统计保存率；每年生长期末测量树高、地径(四年生起测胸径)、抽梢次数、轮枝数及病虫害情况等。

对五年生幼龄林的树高、地(胸)径、材积及高径比进行方差分析，并对材积作新复极差测验[2]；计算各家系历年生长的自相关、试点间的相关性以及各生长性状间的遗传相关；对各家系不同性状进行遗传分析；采用指数选择法评定各家系的优劣。有关参数的估算公式[3]如下：

遗传力：$h_f^2=\delta_g^2/(\delta_g^2+\delta_e^2)\times 100$；选择响应：$R=S\cdot h_f^2$；遗传增益：$\Delta G=R/\bar{x}\times 100$；遗传变异系数：$GCV=\sqrt{\delta_g^2}/\bar{x}\times 100$；选择指数：$I=\sum_{i=1}^{n}b_i x_i=B'X$，其中：$B=COV_P^{-1}\cdot COV_G\cdot A$；又$COV_P$为表型方差—协方差矩阵，$COV_G$为遗传方差—协方差矩阵；相对经济权重$A=(a_1, a_2, \cdots, a_n)$，根据生产发展和需要而定。将各家系的选择指数$I$值，由大到小排列，评选出优良家系。

2　结果与分析

2.1　成活率和保存率

在相同立地条件下，造林成活率和保存率的差异，反映着各家系间抗逆性上的遗传差异。经统计分析，1986年底各家系的成活率(83.3 %～97.9 %)、1990年底的保存率(77.1 %～91.7%)都较高，无显著差异。

2.2　树高、胸径年相关

研究同一试点内各家系历年生长的相关，能为早期选择提供年限因素。经过三试点历年树高、地(胸)径的相关分析(表2)，分宜点和文成点的高、径与苗期不相关，只有余杭点的

表2　三试验林历年树高相关(r值)

年度	1985(苗期) 余杭	1985(苗期) 分宜	1985(苗期) 文成	1986 余杭	1986 分宜	1987 余杭	1987 分宜	1987 文成	1988 余杭	1988 分宜	1989 余杭	1989 分宜
1986	0.46	-0.17										
1987	0.37	-0.10	0.09	0 83**	0.86**							
1988	0.30	-0.03	—	0.72**	0.75**	0.90**	0.82**	—				
1989	0.36	-0.000 9	—	0.72**	0.72**	0.88**	0.74**	—	0.96**	0.95**		
1990	0.43	0.09	0.19	0.74**	0.73**	0.86**	0.74**	0.78**	0.93**	0.92**	0.97**	0.95**

注：①地(胸)径年相关r值与树高年相关r值相近似，不另列表；②$r_{0.05}=0.497$，$r_{0.01}=0.623$。

与苗期呈正相关，但也未达显著水准。而从造林第一年起，即1986年至1990年五年间的高径生长量都呈正向极显著相关，并且其相关系数 r 值稳定在0.72以上。这为湿地松单亲子代的早期选择提供了参考依据。

2.3 性状间的相关性

由表3可知，湿地松生长性状之间呈极显著的正相关，而生长性状与形质性状之间为负相关，其中高径比与材积、胸径的负相关达到显著或极显著水平。这些结果可为湿地松改良时作相关选择提供依据。

表3 湿地松各家系不同性状之相关

性 状	胸 径	树 高	高径比
材 积	0.9905**	0.9794**	-0.6078*
胸 径		0.9536**	-0.6987**
树 高			-0.4519^{NS}

2.4 家系×地点互作

由各性状方差分析的结果(表4)表明，家系间树高、胸径、材积都有极显著差异，但家系×地点互作均未达显著水平。并且经过对三试验林间1990年底各家系树高、胸径累积的相关分析，其相关性($r_H \geqslant 0.68^{**}$、$r_D \geqslant 0.72^{**}$)都达极显著水平。这说明该批湿地松单亲子代的适应性广和遗传性稳定，故可根据各家系在各点的平均表现进行选择[4]。

表4 各性状方差分析结果

变异来源	自由度	F 值				$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
		树 高	胸 径	材 积	高 径 比		
家 系	15	6.44**	5.04**	5.79**	2.47*	1.68	2.06
地 点	2	275.62**	122.21**	161.88**	15.56**	3.01	4.65
家系×地点	30	1.22	1.10	1.47	1.07	1.48	1.81

2.5 性状差异及其遗传变异信息

各家系五年生树高、胸径及材积都有极显著差异，高径比的差异也达显著水平。经过对材积的多重比较表明，材积生长量显著大于对照组的有04-25、06-20、08-16、08-9、01-1、04-23等家系，显著小于对照组的为06-11和06-17(见表6)。

根据方差分析之结果，可进一步获得不同性状遗传变异信息。由表5知：各性状的遗传变异是有所差异的，其中生长性状的家系遗传力(H_f^2)较高，而形质性状的(H_f^2)略低；同时还可看出湿地松幼龄期高生长的遗传力(H_f^2)和遗传变异系数(GCV)随年龄增大而增大，但其变

表5 湿地松各性状的遗传参数

性 状	时 期	性状值 平均数	性状值 极 差	方 差 F	遗传变异系数 GCV(%)	遗 传 力 h^2_f(%)
苗 高	苗 期	15.5	12.1～18.3	4.91**	17.43	79.6
树 高 (cm)	一 年 生	45.6	39.7～51.1	2.96**	7.46	66.2
	二 年 生	100.9	89.5～113.5	3.79**	8.21	73.6
	三 年 生	168.6	151.5～187.7	4.02**	8.62	75.1
	四 年 生	236.7	212.5～271.8	4.65**	9.28	78.5
	五 年 生	280.5	248.4～321.8	6.44**	11.02	84.5
地(胸)径 (cm)	苗 期	0.44	0.38～0.50	2.85**	26.17	64.9
	五 年 生	5.02	4.25～5.72	5.04**	11.69	80.2
材积(dm^3)	五 年 生	3.11	1.94～4.55	5.79**	13.39	82.7
高 径 比	五 年 生	55.96	53.8～58.6	2.47**	2.33	59.5

化总趋势尚待研究。表 5 还表明，不同性状在群体中的遗传变异幅度相差较大：材积(GCV = 13.39 %)为最大，高径比(GCV = 2.33 %)最小，胸径和树高(GCV)居中。根据湿地松性状的遗传控制程度及遗传变异范围大小，可以得出：在湿地松主要经济性状中，材积这一性状较易获得改良，而高径比则较难获得改良。

2.6 单性状选择及其选择效果

以上研究表明，参试的16个湿地松家系间各性状有极显著差异。由三试点五年生湿地松单亲子代林的调查材料，经联合统计分析得出：材积性状的群体平均值为3.11 dm^3，标准差 0.72 dm^3。现将参试家系划分为 3 种类型——速生型、中间型及慢生型：落在群体均值一倍标准差范围以外的家系，正向的有 04-25 等 3 个，为速生型家系；负向的有 06-11 等 2 个，为慢生型家系；其余 11 个为中间型家系(见表 6)。对上述正向的三个家系加以统计分析，则入选群体均值 $\bar{x}_S = 4.10\ dm^3$；由此可算出选择响应 $R = S \cdot h_f^2 = 0.82\ dm^3$，遗传增益 $\Delta G = R/\bar{x} \times 100\ \% = 26.37\ \%$。这三个家系的材积生长超过群体平均水平 32.0 %，超过对照组 49.5 %。其它性状依照上述方法进行分析，结果同列于表 6 。

表 6　各性状类型划分及其选择效果

类型	材积 (dm^3) 家系	材积 (dm^3) 数值	胸径(cm) 家系	胸径(cm) 数值	树高 (m) 家系	树高 (m) 数值	类型	高径比 家系	高径比 数值	选择指数 家系	选择指数 I 值
速生型 ($V \geqslant 3.83\ dm^3$; $D \geqslant 5.45$ cm; $H \geqslant 3.00$ m)	04-25	4.55 a	04-25	5.72	04-25	3.22	形质较优型 ($H/D \geqslant 57.6$)	04-28	58.6	04-25	37.28
	06-20	3.91 b	06-20	5.51				06-17	58.4	04-23	35.85
	08-16	3.84 b	08-16	5.48				08-23	58.1	01-1	35.75
								CK_1	57.8		
中间型 ($2.38 < V < 3.83\ dm^3$; $4.59 < D < 5.45$ cm; $2.61 < H < 3.00$ m)	08-9	3.65 b	08-9	5.38	06-20	2.98	中间型 ($54.4 < H/D < 57.6$)	08-18	56.9	06-20	35.23
	01-1	3.59 b	01-1	5.32	04-23	2.97		04-23	56.5	CK_1	35.06
	04-23	3.59 b	04-23	5.29	08-16	2.96		01-1	56.3	08-16	34.95
	08-7	3.38 bc	08-7	5.21	01-1	2.94		04-25	55.7	08-9	34.84
	08-10	3.22 c	08-10	5.14	08-9	2.92		08-7	55.5	08-7	34.83
	04-5	3.01 c	04-5	5.06	08-7	2.88		06-11	55.4	24-28	34.72
	CK_1	2.87 cd	CK_1	4.86	08-10	2.82		CK_2	55.1	08-23	34.61
	CK_2	2.62 d	CK_2	4.79	CK_1	2.81		08-10	54.9	08-10	34.30
	08-23	2.52 de	08-23	4.65	04-5	2.72				08-18	33.91
	08-18	2.46 de	08-18	4.64	08-23	2.70	较差型 ($H/D \leqslant 54.4$)	08-9	54.3	06-17	33.50
	04-28	2.42 de	04-28	4.57	04-28	2.68		06-20	54.1	04-5	33.37
					CK_2	2.64		08-16	54.0	CK_2	33.29
					08-18	2.64		04-5	53.8	06-11	33.16
慢生型 ($V \leqslant 2.38\ dm^3$; $D \leqslant 4.59$ cm; $H \leqslant 2.61$m)	06-11	2.17 e	06-11	4.46	06-11	2.52					
	06-17	1.94 e	06-17	4.25	06-17	2.48					
群体均值 $\bar{x}$	3.11 dm^3		5.02 cm		2.81 m		$\bar{x}$	55.96			
CK	2.74 dm^3		4.83 cm		2.73 m		CK_2	55.10			
入选群体 $> \bar{x}$	32.0 %		11.0 %		14.8 %		$> \bar{x}$	4.05 %			
入选群体 > CK	49.5 %		15.3 %		18.2 %		$> CK_2$	5.68 %			
选择响应 R	0.82 dm^3		0.44 cm		0.35 m						
遗传增益 ΔG	26.37 %		8.76 %		12.50 %						

①英文字母示数值在 $LSR_{0.05}$ 水平上的差异。

从表6还可见，在生长性状上各类型的家系号及其秩次基本相同，然而生长性状与形质性状的各类型家系号不同。据此若将速生型家系与优质型家系交配，根据独立分离法则，有可能选育出速生优质型家系[5]。

2.7 多性状选择及综合评定

湿地松生长性状彼此之间具有强烈的正相关，这表明彼此之间具有较大的代表性，而材积在生长性状中不仅是主要的经济性状，而且也是较易获得改良的性状。因此在湿地松家系的综合评定中，采用材积代表生长性状，选用高径比代表形质性状，并采用指数选择法从速生优质的角度评定优良家系[5]。

经过对湿地松五年生材积与高径比的方差—协方差分析，求得性状表型方差—协方差矩阵（COV_P）及遗传方差—协方差矩阵（COV_G）：

$$COV_P=\begin{bmatrix}0.7203 & -0.7870\\ -0.7870 & 2.8478\end{bmatrix};\qquad COV_G=\begin{bmatrix}0.5115 & -0.5738\\ -0.5738 & 1.6940\end{bmatrix}$$

湿地松性状的经济权重，经验地假定为：材积：高径比＝3：1，即 $A=(3,1)$，则 $B=\begin{bmatrix}1.8956\\ 0.5142\end{bmatrix}$，

故所求的指数方程为：$I=1.8956x_1+0.5142x_2$。

按上式评定各家系，结果同列于表6。又群体平均材积 $\bar{V}=3.11\ dm^3$，高径比均值为55.96，故群体平均选择指数 $\bar{I}=34.66$，其标准差 $\delta_I=1.08$。参试16个家系的 I 值落在群体均值一倍标准差范围以外的家系，负向的有06-17等四个，其遗传品质差，在改良时应予淘汰；正向的有04-25、04-23、01-1等三个，它们生长较快，形质较优，是遗传改良的选育对象；其余的八个家系，生长表现一般，形质居中，它们是遗传改良的参考对象，可用来丰富群体遗传基础。

在湿地松种子园营建时，应尽量提高速生优质型无性系的频率，也可配置一些中间型的无性系，以防止近交或使得群体的遗传基础变窄。

3 小 结

（1）参试的14个湿地松家系在苗期和童期各生长性状都有极显著遗传差异；五年生材积生长量显著大于对照组的家系有04-25、06-20、08-16、08-9、01-1、04-23等六个。该批湿地松家系适应性广、遗传性稳定，故可根据各家系在各点的平均表现进行选择、利用。

（2）各家系历年树高、地(胸)径与苗期不相关，而幼龄期五年间的高、径生长都呈正向紧密相关。

（3）按单性状选择，速生型三个家系的材积生长量超过群体平均水平32.0%，超过对照组49.5%，并可望获得26.37 %的遗传增益。

（4）运用指数选择法，综合评选出三个速生且形质较优的家系：04-25、04-23和01-1，它们是遗传改良的选育对象。在营建湿地松高级种子园时，应尽量提高其使用频率。

参 考 文 献

1 何礼华，陈孝英，赖发兴，等．湿地松种子园自由授粉子代苗期试验．林业科学研究，1991，4(1)：106～110．

2 张全德，胡秉民．农业试验统计模型和BASIC程序．杭州：浙江科技出版社，1985．
3 马育华．作物育种的数量遗传学基础．南京：江苏科技出版社，1982．
4 潘志刚，郑勇奇．湿地松种源试验研究．林业科学研究，1990，3(4)：314～322．
5 齐明，陈益泰，李恭学．杉木自由授粉后代测定及多性状选择．林业科学研究，1990，3(6)：537～543

A Juvenile-Stage Genetic Test on the Open-Pollination Progenies from Pinus elliottii Engelm Seed Orchard

He Lihua　Chen Xiaoying
(The Research Institute of Subtropical Forestry CAF)

Li Jinqing　Zhang Jianzhong
(Changle Forest Farm of Yuhang County, Zhejiang Province)

Lai Faxing
(The Experimental Centre of Subtropical Forestry CAF)

Chen Yongguang
(The State Nursery of Wencheng County, Zhejiang Province)

Abstract The genetic variation and genetic correlation on the main growth characters of height, diameter, volume and *H/D* of trees were analysed according to the data collected from 14 open-pollination progenies at seedling and juvenile stages from an elementary seed orchard of *Pinus elliottii* Engelm. The results of the test indicated that there were significant differences in the growth characters at the seedling and juvenile stages among the families, which were moderate or strong hereditary; there were close positive correlations in the height and diameter of all of the families among different years and the genetic correlations between the growth characters were also significant; the interaction between family and location was not significant; the volume-growth of three families which grow the fastest increased by 49.50% as compared with that of the check, and 26.37% could be reached in the genetic gain; three families of *Pinus elliottii* Engelm with fast growth and higher quality were selected through the comprehensive evaluation of their growths and qualities by the Index Selection Method.

Key words *Pinus elliottii* Engelm　open-pollination　progeny　genetic test　index selection