

文章编号: 1001-1498(2000) 03-0225-08

# 台山红岭种子园湿地松基因 资源引入效果分析\*

赵奋成<sup>1</sup>, 黄永达<sup>2</sup>, 廖树森<sup>2</sup>, 张应中<sup>1</sup>, 黄永权<sup>3</sup>, 李宪政<sup>1</sup>

(1. 广东省林业科学研究院, 广东广州 510520; 2. 广东省台山红岭种子园, 广东台山 529200;  
3. 广东省林业厅, 广东广州 510173)

**摘要:** 1989年至1996年间, 台山红岭种子园从美国、澳大利亚、津巴布韦引入湿地松基因资源种子共407份, 包括有6个种源、213个全同胞家系和188个半同胞家系。利用其中370份材料营造种源林1片、基因资源林6片, 面积共16.85 hm<sup>2</sup>。根据这7片测定林的调查数据分析了新引材料的遗传品质以及选择潜力, 并通过性状年度相关分析, 探讨早期选择的可靠性。结果表明, 新引材料普遍具有较强的适应能力, 造林保存率平均达90%以上; 在生长量方面, 有66.67%的种源、82.14%的家系优于台山湿地松初级种子园种, 所有参试材料的树高、材积平均现实增益分别为10.07%和30.45%; 在家系入选率为50%和每个入选家系内选择2株优树的前提下, 入选群体树高、材积的平均预期选择增益分别为28.51%和60.79%; 1年生的树高和3年生的树高、胸径、材积与7年生的家系生长量相关密切, 3年生时生长不良的家系到7年生时也难有突出的表现。

**关键词:** 湿地松; 种源; 家系; 生长性状; 遗传评价; 年度相关

**中图分类号:** S722.7      **文献标识码:** A

湿地松(*Pinus elliottii* Engelm)在我国是外引树种, 以在中、南亚热带低山、沿海地区表现较佳, 受到大力发展。我国于1964年首先在广东省台山县建立第一个湿地松初级种子园。至1978年, 共选择优树155株, 建园面积达120 hm<sup>2</sup>。由于建园材料多数来自我国三四十年代引种的湿地松林分, 种子来源的遗传基础较窄, 选优林分规模不大, 因此, 优树的选择强度偏低, 而且入选个体间可能存在某些亲缘关系, 致使台山湿地松初级种子园整体水平遗传品质不够高, 也不利于多世代遗传改良增益的实现。其它省份的湿地松种子园遗传品质也有类似情况。

针对以上情况, 80年代中期以来, 我国从事南方松良种选育的同仁通过多种渠道引进新的基因资源和增加育种材料, 具体的工作有: ①从我国七八十年代引种的湿地松人工林中选择优树; ②从国外引入湿地松种源、半同胞和全同胞家系种子, 开展试验与测定工作。到目前为止, 台山红岭种子园共引入湿地松种源及家系种子共407份, 利用其中370份材料营造湿地松种源试验林或基因资源林7块, 共16.85 hm<sup>2</sup>。目前, 这些试验林长势良好, 多数种源及家系表现出较强的适应性, 生长明显优于该园初级种子园种, 反映出较好的引种效果。现将其生长表现报道如下。

收稿日期: 1999-07-22

基金项目: 1992~1997年联合国援助项目“湿地松、火炬松改良种子园”的部分内容

作者简介: 赵奋成(1963-), 男, 广东海丰人, 高级工程师, 硕士。

\* 参加本项工作的还有台山红岭种子园马锡运, 广东省林业厅种苗站王华南、张民兴。中国林科院潘志刚先生提供部分种子, 谨此致谢。

# 1 材料与方 法

## 1.1 材料来源

1989~1996年,从美国、澳大利亚、津巴布韦等国家引入湿地松种源、家系种子407份,利用其中的370份育苗营建了种源试验林1块,基因资源林6块,其它种批参与自育材料的对比试验。在用于营建种源林、资源林的材料中,种源种子6份,半同胞家系种子151份,全同胞家系213份。对照(CK)统一为台山湿地松初级种子园种。此外,有2块资源林还选用台山初级园的优良家系参与评比。

## 1.2 造林地基本情况与田间设计

试验林均营建在台州市红岭种子园试验区内。该园地处22°11'N,112°49'E,属南亚热带海洋性气候,年均温21.8℃,年降水量1940mm;平均海拔30m,土壤为花岗岩发育的酸性砖红壤,pH值5.0~5.5,土层深厚。自然条件适合湿地松生长发育、开花结实。

田间造林设计的总原则是:采用随机完全区组设计,根据地形安排区组、小区大小和走向,一般每个参试种源或家系有30株以上的树木,各块试验林的田间设计见表1。

表1 湿地松种源林、基因资源林基本情况

试验林名称	造林日期 (年-月)	种子 来源	种批数量/ 个	种批性质	对照	田间设计
种源试验林	1990-02	美 国	6	湿地松天然 林种批	CK	4次重复,6×6小区,株行距 2.75m×2.75m
基因资源林1	1990-02	津巴布韦	10	半同胞家系	CK	6次重复,9株行式小区,株行 距2.75m×2.75m
基因资源林2	1990-02	澳大利亚	49	半同胞家系	CK	3次重复,10株行式小区,株行 距3m×3m
基因资源林3	1994-06	津巴布韦	55	半同胞家系	CK+ 4个优系	6次重复,6株行式小区,株行 距3m×3m
基因资源林4	1995-05	澳大利亚	7	半同胞家系	CK	5次重复,5株行式小区,株行 距3m×3m
基因资源林5	1996-08	美 国	87	全同胞家系	CK+ 3个优系	87个家系分为2组,每组10 次重复,2株小区,株行距2.75 m×2.75m。多余苗木作块状 种植
基因资源林6	1997-06	美 国	156	全同胞家系 126份,半 同胞家系 30份	CK	156个家系分为5组,组间重 复数量不等,6~15个重复,1 ~6株行式小区,株行距3m× 3m

注:种源林和资源林1、2的种子由中国林科院潘志刚先生提供,其余的种子为联合国援助项目购进。

## 1.3 数据调查与统计分析

1.3.1 生长量观测 1年生、2年生资源林每木测量树高及地径,对3年生以上的资源林、种源林每木测量树高( $H$ )、胸径( $D$ ),并据此计算单株材积( $V$ ): $V=f \times \pi \times H \times D^2/4$ ,式中, $\pi$ 为圆周率; $f$ 是形数,取0.5。

1.3.2 方差分析 采用SAS统计分析软件GLM过程对生长量数据作方差分析。单株数据统计分析的线性模型为<sup>[11]</sup>: $y_{ijk} = \mu + b_i + f_j + (bf)_{ij} + e_{ijk}$ ,式中, $y_{ijk}$ 为单株观测值, $\mu$ 为群体平均值, $b_i$ 为区组效应, $f_j$ 为种源或家系效应, $(bf)_{ij}$ 为区组与种源或家系的互作效应, $e_{ijk}$ 为误差效应。

1.3.3 遗传参数<sup>[2]</sup> 加性方差( $V_a$ ):  $V_a = V_f / F$ ; 加性遗传变异系数( $CV_a$ ):  $CV_a(\%) = 100 \times V_a / \bar{X}$ ; 家系遗传力( $h^2$ ):  $h^2 = V_f / V_{fp}$ ; 家系内单株遗传力( $h_{iwf}^2$ ):  $h_{iwf}^2 = (1/F - 1) \times V_a / V_{iwf}$ ; 合并选择增益  $\Delta G_{\text{合并}}$ :  $\Delta G_{\text{合并}} = \Delta G_{f+} + \Delta G_{iwf} = 2 \times (i_f \times h_f^2 \times s_{fp} + i_{iwf} \times h_{iwf}^2 \times s_{iwf})$ 。以上各式中,  $V_f$ 、 $V_{fp}$  和  $s_{fp}$  为家系方差、家系平均表型方差和标准差;  $V_{iwf}$  和  $s_{iwf}$  为家系内单株表型方差和标准差;  $\bar{X}$  为群体平均值;  $F$  为家系内个体间的相关系数, 对于半同胞家系  $F$  取 0.25, 对于全同胞家系  $F$  取 0.5;  $i_f$  和  $i_{iwf}$  分别为群体内家系选择强度和家系内单株选择强度, 在确定入选率的前提下, 根据选择群体的大小查表<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 生长分析

#### 2.1.1 种源林的适应性与生长表现

7 年生种源试验林的适应性和生长表现分析结果列于表 2。在包括 CK 在内的 7 个种源的对比试验中, 各种源的树木保存率在 89% ~ 96% 之间, 与 CK 相近或略高。表明所有的湿地松种源对台山的气候条件适应能力均较好, 而且基本接近。但是, 其生长量的差异则较大, 有 5 个种源的树高和 4 个种源的材积生长优于 CK, 其中, 有 3 个种源的树高和 2 个种源的材积生长显著偏大; 最优种源的树高、材积分别比 CK 大 5.64%、24.62%。同样, 与群体平均相比, CK 也较逊色, 7 个种源的平均树高、材积分别比 CK 大 3.36%、7.02%。

2.1.2 基因资源的总体评价 根据 6 块湿地松基因资源林的近期调查材料, 分析了新引基因资源与 CK 及国产湿地松优良家系(对照优系)的生长差异情况(见表 3、4)。由表 3 可见, 6 块资源林中, 除个别新引家系保存率较低(75%) 外, 大多数的家系都在 85% 以上。说明造林质量较好, 湿地松新引家系的适应能力也较强。

表 3 湿地松基因资源与台山初级园种(CK)的生长比较

资源林	家系/个	测定年龄/a	保存率/%	树高			材积		
				平均值/m	现实增益/%	大于 CK 的家系数/个	平均值/dm <sup>3</sup>	现实增益/%	大于 CK 的家系数/个
资源林 1	10	7	88.9 (100~80) <sup>①</sup>	6.43	3.62	8	37.476	12.79	9
资源林 2	49	7	93.6 (100~75)	7.06	13.71	49	45.468	36.84	48
资源林 3	55	3	95.4 (100~89)	2.30	14.26	55	1.156	52.03	55
资源林 4	7	3	100.0 (100)	2.32	10.65	6	0.962	20.15	5
资源林 5	87	2	97.9 (100~88)	1.19	14.68	83	-	-	-
资源林 6	156	2	98.0 (100~95)	1.22	3.50	98	-	-	-

注: ①括号内数据示资源林内家系间的保存率变异范围。

表 2 7 年生种源保存率及生长表现

种源	保存率/%	树高		材积	
		平均值/m	现实增益/%	平均值/dm <sup>3</sup>	现实增益/%
b-3	96.88	6.56*	5.64	41.407*	24.62
b-4	89.06	6.75*	8.70	40.850*	22.94
b-1	92.19	6.57*	5.80	36.209	8.97
b-5	90.63	6.37	2.58	33.532	0.92
b-6	96.88	6.34	2.09	32.714	-1.54
b-2	89.06	6.13	-1.29	30.983	-6.75
CK	89.06	6.21	0	33.227	0
群体平均	91.97	6.42	3.36	35.56	7.02

注: ①右下角带星号数据, 示显著大于 CK; ②现实增益(%) = [(生长量/CK) - 1] × 100。下表同。

比较资源林间的年均生长量差异可知,测定年龄越大的林分,其年生长量也越大。如2年生的资源林的年均高生长为0.60 m;3年生的资源林的树高年均生长为0.77 m,材积年均生长为0.321~0.385  $\text{dm}^3$ ;7年生的资源林的相应性状分别介于0.92~1.01 m和5.354~6.495  $\text{dm}^3$ 。这符合湿地松的生长特性,年幼树木生长较慢属正常现象。因为在广东中南部,湿地松树高和胸径生长高峰大约出现在造林后6~12 a,材积在14~20  $\text{a}^{[4]}$ 。

所有资源林的树高、材积群体均值都大于CK,树高大3.5%~14.68%,材积增值介于12.79%~52.03%之间(表3),6块资源林树高、材积的平均现实增益分别为10.07%和30.45%。除资源林1、6的群体平均与CK的差异较小外,其余资源林的树高生长均比CK大10%以上。由于CK的遗传基础基本一致,可确认资源林间的遗传差异是客观存在的,以资源林2、3、4、5的总体水平较高;新引的基因资源树高大于CK的家系有299个,占总数的82.14%。在可算材积的121个家系中,材积大于CK的家系有117个,占96.69%。

另从表4可见,在有对照优系参与评比的资源林中,对照优系的表现总体上属中下水平。如B02、B102在资源林3中材积生长分别居第32和42位,属中等偏下水平;又如B02-4、B02的树高生长在资源林5中分列31和59位,总体上属中等水平。新引优系的树高和材积生长分别比对照优系大15%和46%以上(表4)。可见这些材料对湿地松的进一步改良具有重要价值。

表4 湿地松基因资源与对照优系的生长比较

资源林	新引家系个数	对照优系	新引家系树高			新引家系材积		
			(平均值/优系)/%	(最大值/优系)/%	大于对照优系的家系数/个	(平均值/优系)/%	(最大值/优系)/%	大于对照优系的家系数/个
资源林3	55	B02	99.84	131.26	22	102.14	146.90	31
		B102	102.84	135.20	35	119.46	171.82	40
资源林5	87	B02-4	96.88	115.47	30	-	-	-
		B02	103.17	123.02	57	-	-	-

2.1.3 基因资源间生长比较 分析表5数据可知,资源林内家系间的生长量差异是明显的。6块资源林中,家系间树高生长达到显著差异的有4块;在可算材积的4块资源林中,有3块的家系间材积生长差异达到显著以上水平。7年生的资源林2中,最大家系与最小家系的树高生长差异达1.05 m,材积生长差异为27.734  $\text{dm}^3$ ;2年生的资源林6中,家系间的高生长极差为0.48 m,同样反映出明显的生长差异。

表5 基因资源间生长差异

资源林	新引家系数/个	树高		材积	
		极差/m	F-值	(极差/测定林龄)/ ( $\text{dm}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )	F-值
资源林1	10	0.84	4.35**	14.882	4.14**
资源林2	49	1.05	2.46**	27.734	2.89**
资源林3	55	0.93	1.19 <sup>ns</sup>	0.915	3.79**
资源林4	7	0.36	2.07 <sup>ns</sup>	0.348	1.76 <sup>ns</sup>
资源林5	87	0.46	8.09**	-	-
资源林6	156	0.48	7.50**	-	-

①资源林5的极差、F-值是利 用2组数据平均计算,而资源林6的则以5组数据平均获得。②F-值项数字右上角带\*\* \* 者示家系间差异达极显著水平。

## 2.2 选择群体的遗传参数与选择增益估计

2.2.1 群体的遗传参数 基因资源林树高、材积的加性方差、遗传变异系数、家系和家系内单株遗传力列于表6。群体内树高的变异系数一般为5%~6%，最大可达15%左右，材积的则一般为15%~30%，但也有低于10%的情况。总的来说，资源林5、6的树高遗传变异较大，有较大的选择潜力。

直观地说，遗传力反映育种值与表型值的回归关系<sup>[5,6]</sup>，对遗传力大的性状作选择较为可靠。6块资源林中，同一性状的家系遗传力大于家系内单株遗传力，表明家系选择比家系内单株选择更可靠、有效。树高的家系遗传力为0.13~0.84，主要集中在0.75周围，材积的家系遗传力介于0.29~0.77，主要分布于0.60附近；在家系内单株遗传力方面，树高的为0.01~0.55，主要在0.10~0.30之间；材积的为0.02~0.21，主要范围为0.15~0.21。

表6 树高、材积遗传参数估算值

资源林	家系数/ 个	树高				材积			
		$V_a$	$CV_a/\%$	$h_f^2$	$h_{iwf}^2$	$V_a$	$CV_a/\%$	$h_f^2$	$h_{iwf}^2$
资源林1(7年生)	10	1 794.0	6.59	0.73	0.20	58.60	20.43	0.77	0.21
资源林2(7年生)	49	464.97	3.06	0.23	0.06	47.56	15.17	0.50	0.15
资源林3(3年生)	55	138.70	5.13	0.13	0.01	0.11	28.85	0.54	0.16
资源林4(3年生)	7	178.20	5.75	0.29	0.10	0.01	8.02	0.29	0.02
资源林5 第1组	45	168.01	10.92	0.81	0.29	-	-	-	-
(2年生) 第2组	42	107.85	8.81	0.61	0.12	-	-	-	-
第1组	28	132.24	9.98	0.68	0.12	-	-	-	-
资源林6 第2组	34	122.65	9.05	0.72	0.14	-	-	-	-
(2年生) 第3组	30	149.61	13.85	0.84	0.28	-	-	-	-
第4组	34	182.38	10.60	0.80	0.20	-	-	-	-
第5组	30	350.09	15.44	0.79	0.55	-	-	-	-

注:① $V_a$ 、 $CV_a$ 、 $h_f^2$ 和 $h_{iwf}^2$ 分别为加性方差、加性遗传变异系数、家系遗传力和家系内单株遗传力;②表中树高加性方差为方差值 $\times 10\ 000$ 。

由表6还可见，资源林1、5、6的树高遗传变异系数和遗传力估算值较大，期望在这些群体中对高生长作选择，可取得较大的选择差和选择增益。资源林3的树高遗传参数估算值最小。表6资料同样说明，群体的遗传变异系数和遗传力不是常数，因群体内的遗传差异和田间试验设计的精细程度不同而异。就资源林5的2组材料，以及资源林6的5组材料而论，虽然资源林组间所处的立地条件是基本一致的，但还是存在较大的遗传变异和遗传力差异。可以认为，这种差异主要源于亚群体间的遗传变异。

2.2.2 群体的选择增益 本研究设定优树的选择数量与选择群体的家系数一致，采用合并选择方法选择优树，即从优良家系中选择优良单株。具体的选择过程：按50%的入选率从资源林中表现最好的家系，每个入选家系内选择2株优树。为简化计算过程，本文对每块资源林均采取相同的家系入选率，并估算了入选群体的选择效益，结果列于表7。可见在资源林中作家系以及家系内单株选择，可取得一定的选择效益。树高的选择增益为每年0.285~0.023 m，材积的为每年2.522~0.029  $\text{dm}^3$ 。结合选择群体相对于台山初级园种的现实增益，预计对这些新基因资源的选择和利用，将可使单株树高生长平均每年提高0.168 m，材积生长每年提高1.737  $\text{dm}^3$ ，树高、材积的平均相对增益(相对遗传增益-)分别为28.51%和60.79%。

仅从入选个体相对于选择群体平均值的选择增益考虑，资源林1中的入选个体的遗传增

表 7 树高、材积的选择增益

资 源 林	树 高				材 积			
	群体均 值/m	年均遗传 增益/m	相对遗传增益/%		群体均 值/dm <sup>3</sup>	年均遗传 增益/dm <sup>3</sup>	相对遗传增益/%	
资源林 1(7 年生)	6.43	0.137	14.85	18.92	37.476	2.522	47.10	65.91
资源林 2(7 年生)	7.06	0.036	3.56	17.74	45.468	1.752	26.97	73.75
资源林 3(3 年生)	2.30	0.023	2.86	17.55	1.156	0.178	46.21	72.64
资源林 4(3 年生)	2.32	0.057	7.23	19.03	0.962	0.029	8.95	30.85
资源林 5 第 1 组	1.19	0.160	26.86	48.01	-	-	-	-
(2 年生) 第 2 组	1.18	0.095	16.18	31.82	-	-	-	-
第 1 组	1.15	0.105	18.18	22.44	-	-	-	-
资源林 6 第 2 组	1.22	0.105	17.54	18.51	-	-	-	-
(2 年生) 第 3 组	1.25	0.205	32.75	36.02	-	-	-	-
第 4 组	1.27	0.145	22.88	25.85	-	-	-	-
第 5 组	1.21	0.285	47.26	57.69	-	-	-	-
总 平 均				28.51				60.79

注: ①相对遗传增益- (%) = (遗传增益/群体平均) × 100; ②相对遗传增益- (%) = {[ (遗传增益+ 群体平均)/CK] - 1} × 100。

益(相对遗传增益-)明显大于资源林 2、3、4 的选择增益(表 7)。但如果以 CK 为基础评价选择效果(相对遗传增益-), 则资源林 1 中的增益优势完全消失, 4 块资源林的选择增益极为接近, 介于 17.74% ~ 19.03%, 差异仅达 1.29%。说明要取得理想的选择效果, 不但要有较大的遗传力和选择强度, 而且要求选择群体总体水平也较高。

### 2.3 湿地松生长性状年度相关分析

根据湿地松基因资源林 2 的 1 年生、3 年生、7 年生的生长量数据作年度间相关分析, 结果表明(表 8), 两种方法计算的 1 年生、3 年生与 7 年生的生长性状间的相关系数和显著水平基本一致。1 年生、3 年生的家系平均树高与 7 年生的家系平均树高、胸径、材积的年度相关均达到显著或极显著的水平。1 年生地径与 7 年生的生长量没有相关关系, 或存在微弱的负相关。综观所有的相关系数, 可见 3 年生的材积生长与 7 年生的生长性状相关最为紧密。因此, 利用 1 年生树高和 3 年生的树高、胸径、材积预估家系在 7 年生时的生长表现, 有一定的准确性, 尤以 3 年生的材积生长指标预测效果较佳。

表 8 生长性状年度相关系数

性 状	Pearson 相关系数			Spearman 相关系数		
	<i>H</i> <sub>7</sub>	<i>D</i> <sub>7</sub>	<i>V</i> <sub>7</sub>	<i>H</i> <sub>7</sub>	<i>D</i> <sub>7</sub>	<i>V</i> <sub>7</sub>
<i>H</i> <sub>1</sub>	0.4108**	0.3962**	0.4357**	0.3259*	0.3310*	0.3812**
<i>H</i> <sub>3</sub>	0.3750**	0.5548**	0.5679**	0.4263**	0.5553**	0.5637**
<i>D</i> <sub>1</sub>	-0.1267 <sup>ns</sup>	-0.0195 <sup>ns</sup>	-0.0571 <sup>ns</sup>	-0.1855 <sup>ns</sup>	0.0396 <sup>ns</sup>	-0.0455 <sup>ns</sup>
<i>D</i> <sub>3</sub>	0.3997**	0.6913**	0.6816**	0.3355*	0.6586**	0.6315**
<i>V</i> <sub>3</sub>	0.4565**	0.6933**	0.7109**	0.4040**	0.6870**	0.6853**

注: ①自由度 *df* = 47; ②*H*、*D*、*V* 示树高、胸径、材积; 下标 1、3、7 示性状的测量年龄。

下面继续以资源林 2 的材料为依据, 研究生长量最差的 10 个家系(占总数的 20%)的秩次变化情况。结果表明, 1 年生时树高生长最差的 10 个家系(秩次为 40 ~ 49, 平均秩次为 44.5), 6 a 后的高生长秩次变化范围为 2 ~ 49, 平均秩次为 28.0; 而 3 年生时树高生长最差的

10个家系, 4 a后平均秩次变为34.0, 秩次的变动范围为22~49; 同样, 3年生时胸径、材积生长最差的10个家系, 4 a后平均秩次分别为38.0、39.7, 秩次的变动范围分别为19~49、15~49。表明根据1年生高生长评价家系后期表现误差偏大, 而利用3年生的数据效果较为理想。换言之, 3年生时生长量低的家系, 4 a后也难有突出的表现。

### 3 结论与讨论

(1) 7 a中台山红岭种子园引进湿地松基因资源407个, 利用其中370个家系或种源营建基因资源林6块、种源林1块。通过对这些种源林、资源林的调查分析, 发现新引种的基因资源中, 2/3的种源、4/5以上的家系其遗传品质相对优于台山初级园种, 树高、材积平均现实增益分别达10.07%和30.45%。

(2) 在家系入选率为50%, 入选家系内选择2株优良个体的前提下, 入选群体的子代年平均树高、材积生长将分别比台山初级园种提高0.168 m和1.737 dm<sup>3</sup>, 相对增益为28.51%和60.79%。这些优良基因的引入与利用, 拓宽了我国湿地松育种群体的遗传基础, 为继续开展湿地松多世代遗传改良提供了较为丰富的育种材料, 必将促使我国的湿地松良种水平有较大的提高。

(3) 基因资源的来源相对清楚, 有利于组建谱系清楚的育种群体, 在实际操作时, 应根据种源来源、优株间的亲缘关系合理组建亚系, 为长期育种、不断地取得较大的遗传增益奠定基础。

(4) 除1年生地径外, 湿地松生长性状的年度相关达到显著以上水平。该结果与钟伟华的研究报道<sup>[7]</sup>基本一致。分析最差家系的年度变化结果表明, 3年生时生长最差的家系, 在7年生时难有突出的表现。从林木生长的生理学角度考虑, 由于湿地松是强阳性树种, 随着林分郁闭, 个体间竞争激烈, 只有优先占领营养空间的树木才能保持良好长势。因此, 一般情况下, 早期生长不良的个体、家系, 在林分进入郁闭状态后, 便很难取得较大的生长空间和优势。上述结果与观点表明, 本文对基因资源的早期评价结论基本可信。

### 参考文献:

- [1] 马育华. 试验统计[M]. 北京: 农业出版社, 1982. 246~260.
- [2] Namkoong G. Introduction to quantitative genetics in forestry[M]. Great Britain: Castle House Publications, 1981. 67~88.
- [3] W A 贝克尔. 数量遗传学手册[M]. 区靖祥译. 北京: 科学出版社, 1987. 143~156.
- [4] 朱志淞, 丁衍畴. 湿地松[M]. 广东: 广东科技出版社, 1993. 79~84.
- [5] 马育华. 植物育种的数量遗传学基础[M]. 江苏: 江苏科学技术出版社, 1982. 294~296.
- [6] Cotterill P P, Dean C A. Successful tree breeding with index selection[M]. Melbourne: CSORI Publications, 1990. 15~21.
- [7] 钟伟华, 谭碧霞, 周达, 等. 湿地松子代测定林的早期遗传评价[J]. 广东林业科技, 1988. (6): 7~13.

## Genetic Evaluation of New Exotic Resources of Slash Pine in Taishan Hongling Seed Orchard

ZHAO Fen-cheng<sup>1</sup>, HUANG Yong-da<sup>2</sup>, LIAO Shu-sen<sup>2</sup>,  
ZHANG Ying-zhong<sup>1</sup>, HUANG Yong-quan<sup>3</sup>, LI Xian-zheng<sup>1</sup>

(1. Guangdong Forestry Research Institute, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Taishan Hongling Seed Orchard, Taishan 529200, Guangdong, China;

3. Forestry Department of Guangdong Province, Guangzhou 510173, Guangdong, China)

**Abstract:** 407 seed lots of slash pine (*Pinus elliottii*) were introduced from United States, Australia and Zimbabwe, from 1989 to 1996. Among these seed lots, there were 6 provenances, 188 half-sib families, and 213 full-sib families. One provenance trial stand, 6 gene resource stands were established with a total of 370 seed lots in Taishan Hongling Seed Orchard. And the seed lot from the primary slash pine seed orchard in Taishan was used as control (CK). The total area of these stands was 16.85 hm<sup>2</sup>. Based on data from these seven stands, the growth performance and selection potential of these new exotic materials were evaluated, and the reliability of early selection was studied. The results showed that the new materials had good adaptability and the survival rates of stands were above 90%. 66.67% provenance and 82.14% families grown better than the CK did. The realized gains were 10.07% and 30.45% respectively for height and volume growth. It was estimated that the predicted genetic gains of plus trees from these new materials would be 28.51% and 60.79% respectively for height and volume, according to the combined selection method that the top 50% families were selected from these new resources, and then 2 plus trees within each selected family. Correlation coefficients between height growth at age 1, and height, diameter breast height and volume at age 3 and the increment at age 7 were greatly significant. Those families growing poorer at age 3 could not performance very well at age 7.

**Key words:** slash pine; provenance; family; growth trait; genetic evaluation; age correlation