

湿加松在粤北山区早期生长表现初报^{*}

张应中¹, 赵奋成¹, 林军², 赖旭恩², 黄永权³, 蔡坚¹

(1 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520 2 广东省乐昌市龙山林场, 广东 乐昌 512200 3 广东省林业局, 广东 广州 510173)

摘要: 利用种植于粤北乐昌龙山林场的 6 年生湿加松测定林数据, 分析了湿地松与洪都拉斯加勒比松杂种家系 (PEE × PCH)、湿地松与巴哈马加勒比松杂种家系 (PEE × PCB)、湿地松改良代种子园自由授粉家系 (PEE (op))、洪都拉斯加勒比松 1 代种子园自由授粉家系 (PCH (op))、马尾松初级种子园混合子代 (PMA (p))、洪都拉斯加勒比松初级种子园混合子代 (PCH (p))、古巴加勒比松初级种子园混合子代 (PCC (p))、巴哈马加勒比松初级种子园混合子代 (PCB (p))、湿地松改良代种子园混合子代 (PEE (i))、湿地松 1 代种子园混合子代 (PEE (o))、湿地松初级种子园混合子代 (PEE (p))、火炬松初级种子园混合子代 (PTA (p)) 间的造林成活率、保存率及生长量差异。结果表明: 树种间及树种内类型间造林成活率、保存率存在差异, 生长量间存在极显著差异, 材积生长从大到小的顺序为: PEE × PCH > PEE × PCB > PCH (p) > PMA (p) > PCH (op) > PEE (op) > PEE (i) > PEE (p) > PCB (p) > PCC (p) > PEE (o) > PTA (p); 湿加松当年造林成活率平均达 96.2%, 6 年生时保存率平均达 87.2%; 21 个家系间生长量存在极显著差异, 从中初选出 10 个最优家系, 其平均树高、胸径、材积分别为 6.35 m、10.85 cm、0.035 48 m³, 与 PMA (p)、PCH (p)、PCB (p)、PEE (o)、PTA (p) 比较, 材积现实增益分别为 59.39%、48.76%、134.97%、162.23%、172.29%。

关键词: 湿加松; 湿地松; 加勒比松; 马尾松; 火炬松; 家系选择; 生长量; 成活率; 保存率

中图分类号: S722.3⁺4 S791.246

文献标识码: A

The Early Growth Performance of Slash Pine × Caribbean Pine F₁ Hybrids in Mountain Area of North Guangdong

ZHANG Ying-zhong¹, ZHAO Fen-cheng¹, LIN Jun², LAIXU-en², HUANG Yong-quan³, CAI Jian¹

(1. Guangdong Forestry Research Institute Guangzhou 510520, Guangdong China 2. Lechang Longshan Forestry Centre of Guangdong Province Lechang 512200 Guangdong China 3. Forestry Department of Guangdong Province Guangzhou 510173, Guangdong China)

Abstract A trial was established in 1999 in Lechang Guangdong which included 17 hybrid families of *Pinus elliottii* var *elliottii* (PEE) by *P. caribaea* var *hondurensis* (PCH), 4 hybrid families of PEE by *P. caribaea* var *bahmensis* (PCB), 9 PEE open-pollinated families (PEE (op)) and 1 PCH open-pollinated family (PCH (op)), as well as 8 seedlots from pine seed orchards in Guangdong province. These seed orchards were primary PEE seed orchard (PEE (p)) in Taishan, first-generation PEE orchard (PEE (o)) in Taishan, improved PEE seed orchards (PEE (i)) in Taishan, primary *P. caribaea* var *caribaea* seed orchard (PCC (p)) in Zhanjiang, primary PCB seed orchard (PCB (p)) in Zhanjiang, primary PCH seed orchard (PCH (p)) in Zhanjiang, primary *P. taeda* seed orchard (PTA (p)) in Yingde, primary *P. massoniana* seed orchard (PMA (p)) in Ruyuan, respectively. The trial was investigated for survival rate at the end of the planting year. And the height and diameter at breast height

收稿日期: 2006-09-08

基金项目: 国家林业局 1995 年度重点项目, “九五”、“十五”攻关项目“杂交松良种选育及丰产栽培技术”的部分内容

作者简介: 张应中 (1970—), 男, 安徽宿松人, 高级工程师。

* 参加本研究工作的还有乐昌市龙山林场的邹滨、曾繁助、李荣增、刘文珍、邓文华、李彭生, 乐昌市林业局的李芬好, 广东省林科院

王润辉、吴惠姗等, 谨此致谢!

(dbh) of individual trees were measured at age 6. Then, preserving rate and individual volume were calculated respectively. The average survival rate of 21 hybrid families was 96.2%, and preserving rate was 87.2%. There were most significant differences between all tested taxa for their increment. The order of volume between taxa was PEE PCH > PEE PCB > PCH (p) > PMA (p) > PCH (op) > PEE (op) > PEE (i) > PEE (p) > PCB (p) > PCC (p) > PEE (o) > PTA (p). Ten hybrid families were selected in the trial for their better growth performance. Their average height, dbh and volume were 6.35 m, 10.85 cm and 0.035 48 m³, respectively. Their real average gains were 59.39%, 48.76%, 134.97%, 162.23% and 172.29% for volume, respectively, compared to PMA (p), PCH (p), PCB (p), PEE (o) and PTA (p).

Key words slash pine × caribbean pine F₁ hybrids; slash pine; caribbean pine; Masson pine; lobbly pine; family selection; growth increment; survival rate; preserving rate

湿加松是指湿地松 (*Pinus elliottii* Engelman) 与加勒比松 (*Pinus caribaea* Morelet) 的杂交后代。澳大利亚于 1955 年开展了湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂交育种研究, 是目前开展湿加松杂交育种研究最早、成绩最突出的国家, 澳大利亚现已大面积采用湿加松造林并取得成功^[1, 2]。20 世纪 70—80 年代, 广东省湛江市林科所开展了湿地松与加勒比松的杂交育种工作, 并初步证实湿加松杂种优势的存在^[3, 4]; 自 1991—1992 年开始, 中国林科院林业研究所进行了杂交松的杂交制种, 并开展了杂交松的扦插繁殖研究^[5~7]; 自 1991 年以来, 广东林科院系统地开展了湿地松与加勒比松杂交育种研究, 目前已选育出一批优良杂种家系, 并通过无性扩繁在生产上推广应用^[8~11], 在广东北回归线以南地区推广较多, 但在广东北部, 马尾松生长良好的地区, 有关湿加松生长及与马尾松生长比较的报道甚少。1999 年开始, 作者有针对性地选取地处粤北的乐昌市龙山林场进行了湿加松造林试验, 并与湿地松、加勒比松、马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb)、火炬松 (*Pinus taeda* L) 等树种进行对比, 为评价湿加松良种在广东北部的推广潜力提供依据。

1 试验地概况

试验点设在龙山林场下五亩工区的竹蒿岭, 该林场位于粤北乐昌市东北部 (25° 11' N, 113° 30' E), 属中亚热带季风气候, 全年平均气温 19.6 °C, 极端最低气温 -4.6 °C, 极端最高气温 38.4 °C, ≥ 10 °C 的积温 6 386.5 °C; 年降水量 1 522.3 mm, 相对湿度 81% ~ 86%; 试验点位于山的上坡, 海拔 450 m 左右, 坡度达 35°, 西南坡向; 土壤为页岩发育的山地黄红壤, 肥力中等, 腐

殖质层厚达 15 cm; 试验地前茬是杉木 (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb) Hook)。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

参试材料共 39 份, 包括: 本协作组生产的湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂种家系 (PEE × PCH) 17 个, 湿地松 × 巴哈马加勒比松杂种家系 (PEE × PCB) 4 个, 广东台山湿地松改良种子园自由授粉家系 (PEE (op)) 9 个, 台山湿地松初级种子园、改良种子园混合子代 (PEE (p)、PEE (i)) 各 1 份, 台山湿地松 1 代种子园 11 个无性系的自由授粉混合子代 (PEE (o)) 1 份, 广东惠来南海农林场洪都拉斯加勒比松种子园自由授粉家系 (PCH (op)) 1 个, 广东湛江林业良种场洪都拉斯加勒比松、古巴加勒比松、巴哈马加勒比松初级种子园混合子代 (PCH (p)、PCC (p)、PCB (p)) 各 1 份, 广东英德火炬松初级种子园混合子代 (PTA (p)) 1 份, 广东乳源林科所马尾松初级种子园混合子代 (PMA (p)) 1 份; 以 PEE (o)、PCH (p)、PCB (p)、PMA (p)、PTA (p) 为对照。

39 份参试材料归属 5 个树种, 12 个类型: 树种为湿加松、加勒比松、湿地松、马尾松和火炬松; 树种内类型包括湿加松 2 个类型 (PEE × PCH、PEE × PCB), 加勒比松 4 个类型 (PCB (p)、PCC (p)、PCH (p)、PCH (op)), 湿地松 4 个类型 (PEE (p)、PEE (o)、PEE (i)、PEE (op)), 马尾松 1 个类型 (PMA (p)), 火炬松 1 个类型 (PTA (p)); 在类型 PEE × PCH、PEE × PCB、PEE (op) 内有若干个家系。

2.2 试验设计

试验采用随机完全区组设计, 单株小区, 40

个重复,若参试材料不足 40 株,则用苗木数量较多的家系苗木补充,株行距 3 m × 3 m,4 周种植 1 行马尾松作保护行。除马尾松和火炬松种子分别在 1999 年 2 月下旬和 1999 年 3 月下旬播种外,其余种子均在 1998 年 12 月 8 日播种。采用温室催芽,营养袋育苗,1999 年 6 月上旬造林。

2.3 数据收集与统计分析

1999 年 12 月统计各参试家系及对照的造林成活率。2004 年 11 月对试验林作全林每木调查,记录树高 (H , m)、胸径 (D , cm),并统计各参试家系及对照的保存率。利用树高、胸径计算单株材积 (V , m^3),其中马尾松的单株材积采用部颁标准计算^[12]:
 $V = 0.000062341803D^{1.8551497}H^{0.95682492}$,其它树种单株材积采用茹正忠等^[13]编制的广东省湿地松二元材积方程计算:

$$V = 0.00006883357D^{1.910992}H^{0.881691}$$

生长性状数据方差分析的线性模型为:

$$Y_{ijk} = m + S_i + T_j + F_{ijk} + B_1 + SB_{il} + TB_{ijl} + e_{jkl}$$

式中: Y_{ijk} 为单株观测值 (个别多株小区的则为小区平均值); m 为总平均数; S_i 为第 i 个树种效应; T_j 为第 i 个树种内的第 j 个类型效应; F_{ijk} 为第 i 个树种内第 j 个类型内的第 k 个家系效应; B_1 为第 1 个区组效应; SB_{il} 、 TB_{ijl} 分别为树种与区组、树种内类型与区组的交互效应; e_{jkl} 为随机误差。

采用 SAS 软件的 MEANS 过程计算平均值, GLM 过程作方差分析和多重比较 (Lsmeans 法)^[14]。

3 结果与分析

据观察,6 年来,参试的材料中 1 年生幼苗和 6 年生树在冬季均未出现冻害现象,生长正常,表现出良好的适应性。因此,本文仅以生长量作为评价指标,对参试材料进行分析。

3.1 造林成活率及保存率

从表 1 可知: 试验林当年造林成活率平均达 92.9%, 6 年生时保存率平均达 82.8%; 湿加松、湿地松、加勒比松的当年造林成活率达 94.2% ~ 97.5%, 6 年生时保存率达 83.1% ~ 87.2%; 马尾松、火炬松的当年造林成活率均为 77.5%, 6 年生时保存率则分别为 75.5%、72.5%。马尾松和火炬松当年造林成活率不高的主要原因是苗小、苗龄短 (均不足 100 d), 加上试验林在夏季营造, 气温高, 不利于幼苗的成活, 因而, 6 年生时的保存率也较低。

表 1 不同树种及树种内类型间的当年造林成活率和 6 年生时保存率

树种	树种内类型	成活率 /%	保存率 /%
湿地松	PEE (p)	92.5	80.0
	PEE (o)	92.5	92.0
	PEE (i)	95.0	80.0
	PEE (op)	96.9	87.0
	平均	94.2	84.8
湿加松	PEE × PCH	94.0	86.7
	PEE × PCB	98.4	87.6
	平均	96.2	87.2
加勒比松	PCB (p)	95.0	75.0
	PCC (p)	95.0	90.0
	PCH (p)	100.0	87.5
	PCH (op)	100.0	80.0
	平均	97.5	83.1
马尾松	PMA (p)	77.5	75.5
火炬松	PTA (p)	77.5	72.5
	总平均	92.9	82.8

对家系间的造林成活率和保存率数据 (受篇幅限制, 数据未列出) 进一步分析可知, 家系间造林成活率和保存率存在差异。PEE × PCH 家系、PEE × PCB 家系、PEE (op) 家系的造林成活率分别为 87.5% ~ 100%、97.5% ~ 100%、92.5% ~ 100%, 而 6 年生时的保存率分别为 62.5% ~ 100%、79.2% ~ 91.7%、80% ~ 95%。部分杂种家系造林成活率不足 90%, 且保存率偏低, 原因可能是: (1) 部分杂种家系种苗数量少, 家系内所有苗木 (包括弱苗) 均用于造林; (2) 杂种家系间苗木的抗逆性存在差异。

3.2 树种及类型间生长量差异比较

3.2.1 各生长性状的方差分析 由方差分析结果 (表 2) 可看出: 树种间、类型间、家系间及区组间在树高、胸径、材积生长上均达极显著差异, 尤以树种间和类型内家系间差异最显著, 表明在该地区树种间、类型间及类型内家系间存在遗传差异, 从中开展选择是有效的。

表 2 方差分析结果

变异来源	自由度	均方		
		树高 /m	胸径 /cm	材积 m^3
区组间	39	2.92**	11.09*	0.00045**
树种间	4	57.47**	197.59*	0.00816**
树种内类型间	7	2.66**	22.67*	0.00068**
类型内家系间	27	4.27**	29.66*	0.00105**
误差	1206	0.89	3.62	0.00015
总计	1283			

注: ** 表示差异达极显著水平; 区组 × 树种, 区组 × 树种内类型的交互作用效应不显著, 故并入误差项。

3.2.2 树种间生长差异比较 由表 3 看出, 树种间材积生长量从大到小的顺序为: 湿加松 > 马尾松 > 加勒比松 > 湿地松 > 火炬松; 湿加松的年均树高、胸径、材积生长量分别为 1.02 m、1.62 cm、0.0048 m³; 马尾松作为乡土树种, 也表现出较高的生长量, 其年均树高、胸径、材积生长量分别为 0.97 m、1.54 cm、0.0037 m³; 加勒比松、湿地松的生长量显著低于湿加松和马尾松, 且两者

的材积生长量差异不显著; 火炬松是本试验中生长量最小的树种, 生长量显著低于湿加松和马尾松, 其胸径和材积生长显著低于加勒比松, 但树高与加勒比松差异不显著; 此外, 除胸径显著低于湿地松外, 树高和材积与湿地松差异不显著。可见, 湿加松具有较突出的优于亲本树种的杂种优势, 是粤北山区有推广潜力的树种。

表 3 不同树种及类型间生长量及差异显著性

树种	树种间生长量及差异显著性			类型	类型间生长量及差异显著性		
	树高 /m	胸径 /cm	材积 /m ³		树高 /m	胸径 /cm	材积 /m ³
湿加松	6.10 a	9.74 a	0.02880 a	PEE × PCH	5.96 b	10.11 a	0.03089 a
				PEE × PCB	6.22 a	9.37 b	0.02671 b
马尾松	5.81 a	9.21 a	0.02226 b	PMA (P)	5.81 b	9.21 b	0.02226 bc
				PCH (p)	5.41 c	9.26 b	0.02385 bc
				PCH (op)	4.77 de	8.61 bc	0.01866 cd
加勒比松	4.92 b	8.22 b	0.01785 c	PCB (p)	4.76 e	7.51 def	0.01510 de
				PCC (p)	4.73 e	7.52 def	0.01378 de
				PEE (op)	5.23 c	7.97 cd	0.01726 d
				PEE (i)	5.22 cd	7.89 cdef	0.01683 de
湿地松	5.11 b	7.76 c	0.01593 cd	PEE (p)	5.09 cde	7.90 cde	0.01607 de
				PEE (o)	4.91 de	7.29 ef	0.01353 de
火炬松	4.83 b	7.02 d	0.01303 d	PTA (P)	4.83 de	7.02 f	0.01303 e

注: 采用 LSMEANS 检验进行多重比较, 同一生长性状内, 不同字母表示差异显著。

3.2.3 树种内类型间生长量差异分析 进一步分析各类型间的生长量 (表 3) 可知: 湿加松类型间, PEE × PCB 的树高生长显著大于 PEE × PCH 的, 但胸径和材积生长显著低于 PEE × PCH 的; PEE × PCB 和 PEE × PCH 的年均树高、胸径、材积生长量分别为 1.04 m、1.56 cm、0.0045 m³ 和 0.99 m、1.69 cm、0.0051 m³; 两者的树高、胸径和材积生长均比马尾松的大, 部分达显著水平。

加勒比松的 4 个类型间 (表 3), PCH (p) 表现较好, 其树高、胸径和材积生长均显著高于 PCC (p)、PCB (p); PCH (op) 次之, 其树高生长显著低于 PCH (p), 但与 PCC (p)、PCB (p) 差异不显著, 胸径生长与 PCH (p) 差异不显著, 但显著高于 PCC (p)、PCB (p), 材积生长与 PCH (p) 及 PCC (p)、PCB (p) 差异均不显著; PCC (p) 与 PCB (p) 的树高、胸径、材积生长的差异均不显著; 说明在粤北山区洪都拉斯变种仍然是较为速生的树种。

湿地松 4 个类型中 (表 3), 改良种子园生产的 9 个自由授粉家系 (PEE (op)), 改良种子园混合子代 (PEE (i)) 及初级种子园混合子代 (PEE

(p)) 的生长量略大; 湿地松 11 个自由授粉家系的混合子代 (PEE (o)) 生长表现略差, 树高和胸径生长显著低于 PEE (op); 4 个类型间的材积生长差异不显著, 说明湿地松类型间生长差异不大。

综合树种间及树种内类型间的生长量分析 (表 3), 结果表明: 树种间及树种内类型间生长量存在极显著差异, 材积生长从大到小的顺序为: PEE × PCH > PEE × PCB > PCH (p) > PMA (p) > PCH (op) > PEE (op) > PEE (i) > PEE (p) > PCB (p) > PCC (p) > PEE (o) > PTA (p)。

3.3 湿加松优良家系选择

3.3.1 PEE × PCH 优良家系选择 参试的 17 个 PEE × PCH 家系中, 其材积生长极显著大于 PEE (o)、PCH (p)、PMA (p) 的家系分别有 15 & 8 个。马尾松是粤北的当家树种之一, 若选择在粤北地区推广的湿加松家系, 其生长量首先要大于马尾松。因此, 从参试的 17 个 PEE × PCH 家系中挑选出材积生长量极显著大于马尾松, 同时也极显著大于其亲本树种的优良家系 8 个 (表 4), 这 8 个家系的平均

树高、胸径、材积分别为 6.31 m、11.08 cm、0.036 71 m³, 比马尾松的分别大 8.61%、20.30%、64.91%。马尾松是经过改良后的种子园种, 其遗传品质得到

较大程度的改良提高, 因此, 这 8 个家系的生长优势是比较突出的, 可考虑在粤北地区作进一步的推广试验与示范。

表 4 PEE × PCH 优良杂种家系的生长量及与对照的差异比较

优良杂种家系	生长量			相对于 PEE(o) 的增益 /%			相对于 PCH(p) 的增益 /%			相对于 PMA(p) 的增益 /%		
	树高 /m	胸径 /cm	材积 /m ³	树高	胸径	材积	树高	胸径	材积	树高	胸径	材积
A04 × ZH5	6.42	11.48	0.040 02	30.75 [*]	57.48 [*]	195.79 [*]	18.67 ^{**}	23.97 ^{**}	67.80 [*]	10.50 [*]	24.65 ^{**}	79.78 ^{**}
A06 × HQ09	6.17	11.51	0.039 45	25.66 [*]	57.89 [*]	191.57 [*]	14.05 ^{**}	24.30 ^{**}	65.41 [*]	6.20 ^{ns}	24.97 [*]	77.22 ^{**}
A02 × HL14	6.44	11.11	0.038 42	31.16 [*]	52.40 [*]	183.96 [*]	19.04 ^{**}	19.98 ^{**}	61.09 [*]	10.84 [*]	20.63 ^{**}	72.60 ^{**}
A01 × ZH5	6.15	11.29	0.037 16	25.25 [*]	54.87 [*]	174.65 [*]	13.68 ^{**}	21.92 ^{**}	55.81 [*]	5.85 ^{ns}	22.58 [*]	66.94 ^{**}
A04 × HL14	6.29	10.85	0.035 82	28.11 [*]	48.83 [*]	164.75 [*]	16.27 ^{**}	17.17 ^{**}	50.19 [*]	8.26 [*]	17.81 ^{**}	60.92 ^{**}
A01 × HQ15	6.30	11.12	0.035 73	28.31 [*]	52.54 [*]	164.08 [*]	16.45 ^{**}	20.09 ^{**}	49.81 [*]	8.43 [*]	20.74 ^{**}	60.51 ^{**}
B118 × ZH3	6.55	10.46	0.033 90	33.40 [*]	43.48 [*]	150.55 [*]	21.07 ^{**}	12.96 ^{**}	42.14 [*]	12.74 [*]	13.57 [*]	52.29 ^{**}
B118 × HQ09	6.12	10.83	0.033 21	24.64 [*]	48.56 [*]	145.45 [*]	13.12 ^{**}	16.95 ^{**}	39.25 [*]	5.34 ^{ns}	17.59 [*]	49.19 ^{**}

注: “**”、“*”、“ns”分别表示杂种家系与各对照相比, 生长量差异达到极显著、显著和不显著水平, 下同。

3.3.2 PEE × PCB 优良家系选择 由表 5 可知, 4 个 PEE × PCB 家系中材积生长极显著地大于 PEE(o)、PCB(p)和 PMA(p)的家系分别有 3.3.2 个, 从中初选出 2 个优良家系 B02 × PCB1 和 B02 × PCB4

其平均树高、胸径、材积分别为: 6.51 m、9.92 cm、0.030 57 m³, 比对照马尾松的分别大 12.05%、7.71%、37.33%。

表 5 PEE × PCB 参试杂种家系的生长量及与对照的比较

杂种家系	生长量			相对于 PEE(o) 的增益 /%			相对于 PCH(p) 的增益 /%			相对于 PMA(p) 的增益 /%		
	树高 /m	胸径 /cm	材积 /m ³	树高	胸径	材积	树高	胸径	材积	树高	胸径	材积
B02 × PCB1	6.61	10.08	0.032 04	34.62 [*]	38.27 [*]	136.81 [*]	38.87 [*]	34.22 [*]	112.19 [*]	13.77 [*]	9.45 ^{ns}	43.94 [*]
B02 × PCB4	6.40	9.75	0.029 09	30.35 [*]	33.74 [*]	115.00 [*]	34.45 [*]	29.83 [*]	92.65 [*]	10.15 [*]	5.86 ^{ns}	30.68 [*]
B08-2 × PCB1	5.94	9.21	0.024 84	20.98 [*]	26.34 [*]	83.59 [*]	24.79 [*]	22.64 [*]	64.50 [*]	2.24 ^{ns}	0.00 ^{ns}	11.59 ^{ns}
B02 × PCB2	5.92	8.43	0.020 88	20.57 [*]	15.64 [*]	54.32 [*]	24.37 [*]	12.25 ^{ns}	38.28 ^{ns}	1.89 ^{ns}	-8.47 ^{ns}	-6.20 ^{ns}

与入选的 PEE × PCH 优良家系(表 4)相比, 入选的 2 个 PEE × PCB 家系树高生长略大, 但胸径、材积生长偏小。由于这 2 个入选家系生长量极显著地大于 PMA(p), 因此, 亦可考虑在粤北地区作进一步的推广试验。

综合以上分析表明, 21 个湿地松家系间生长量存在极显著差异, 从中初选出 10 个最优家系(表 4、5), 其平均树高、胸径、材积分别为 6.35 m、10.85 cm、0.035 48 m³, 与 PMA(p)、PCH(p)、PCB(p)、PEE(o)、PTA(p)比较, 材积现实增益分别为 59.39%、48.76%、134.97%、162.23%、172.29%。

3.4 湿地松自由授粉家系生长比较

由表 6 可知: 所有参试的湿地松自由授粉家系的生长量均不如对照马尾松。结合表 3 显示的湿地松种子园混合子代(包括 PEE(i)、PEE(o)及 PEE(p))的生长量显著低于马尾松的情况, 可

认为湿地松在粤北山地推广的价值不大; 但参试的 9 个湿地松自由授粉家系中, 其生长量还是存在一定程度的变异, 有 8 个家系的材积生长量高于 PEE(o), 其中有 2 个家系的材积生长量极显著高于 PEE(o); 有 5 个家系的材积生长量高于 PEE(i), 但均未达显著以上水平。由于湿地松与加勒比松的杂交子代在本地区表现出较好的适应性和优于马尾松的生长量, 而且有研究表明, 杂交亲本无性系的一般配合力与一般杂交力有较高的相关性^[10], 因此, 可选择一般配合力较高的无性系, 通过与加勒比松杂交, 产生杂种优势突出的子代, 在生产上推广应用。基于此, 从参试的 9 个湿地松自由授粉家系中选出 2 个生长量较大的湿地松自由授粉家系——B02(op)、SS05-2(op)(表 6), 可利用其母本无性系作为杂交育种的亲本材料。

表 6 湿地松自由授粉家系的生长量及与对照的比较

自由授粉家系	生长量			相对于 PEE(o)的增益 %			相对于 EE(i)的增益 %			相对于 MA(p)的增益 %		
	树高 /m	胸径 /cm	材积 /m ³	树高	胸径	材积	树高	胸径	材积	树高	胸径	材积
SS05-2(op)	5.64	8.67	0.02125	14.87 [*]	18.93 [*]	57.06 [*]	8.05 ^{ns}	9.89 ^{ns}	26.26 ^{ns}	-2.93 ^{ns}	-5.86 ^{ns}	-4.54 ^{ns}
B02(op)	5.56	8.56	0.02098	13.24 [*]	17.42 [*]	55.06 [*]	6.51 ^{ns}	8.49 ^{ns}	24.66 ^{ns}	-4.30 ^{ns}	-7.06 ^{ns}	-5.75 ^{ns}
B08-2(op)	5.40	8.52	0.01917	9.98 [*]	16.87 [*]	41.69 ^{ns}	3.45 ^{ns}	7.98 ^{ns}	13.90 ^{ns}	-7.06 ^{ns}	-7.49 ^{ns}	-13.88 ^{ns}
B20(op)	5.21	8.08	0.01724	6.11 ^{ns}	10.80 ^{ns}	27.42 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	2.37 ^{ns}	2.44 ^{ns}	-10.33 ^{ns}	-12.30 ^{ns}	-22.55 ^{ns}
A04(op)	5.28	8.14	0.01715	7.54 ^{ns}	11.66 [*]	26.76 ^{ns}	1.15 ^{ns}	3.17 ^{ns}	1.90 ^{ns}	-9.12 ^{ns}	-11.62 [*]	-22.96 [*]
B02-4(op)	5.29	7.81	0.01658	7.74 ^{ns}	7.13 ^{ns}	22.54 ^{ns}	1.34 ^{ns}	-1.01 ^{ns}	-1.49 ^{ns}	-8.95 [*]	-15.20 [*]	-25.52 [*]
A01(op)	4.79	7.63	0.01497	-2.44 ^{ns}	4.66 ^{ns}	10.64 ^{ns}	-8.24 ^{ns}	-3.30 ^{ns}	-11.05 ^{ns}	-17.56 [*]	-17.16 [*]	-32.75 [*]
A03(op)	4.90	7.19	0.01462	-0.20 ^{ns}	-1.37 ^{ns}	8.06 ^{ns}	-6.13 ^{ns}	-8.87 ^{ns}	-13.13 ^{ns}	-15.66 [*]	-21.93 [*]	-34.32 [*]
BL18(op)	4.98	7.17	0.01351	1.43 ^{ns}	-1.65 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-4.60 ^{ns}	-9.13 ^{ns}	-19.73 ^{ns}	-14.29 [*]	-22.15 [*]	-39.31 [*]

4 小结

(1) 湿加松、加勒比松和湿地松的当年造林成活率分别为 96.2%、97.5%、94.2%，达到或基本达到营建松类速生丰产林对造林成活率的要求^[15-17]，而 6 年生时湿加松、加勒比松和湿地松的保存率均超过 83%，说明利用半年生的松树苗在该区域造林是可行的。马尾松及火炬松的当年造林成活率偏低，仅 77.5%，其主要原因是苗龄短、苗木不够健壮。

(2) 本试验林种植当年，恰逢 50 a 一遇的寒潮。试验苗在 -5℃ 的低温下未受冻害，6 a 来生长正常，显示湿加松及其亲本树种具有较强的耐寒性，在粤北低丘有推广潜力。据报道^[18]，在江西省永丰县官山林场(27°22'N, 115°E, 年平均气温 18℃, 极端低温 -9.4℃)，5 年生的湿地松年均树高 0.93 m、胸径 1.81 cm，而从澳大利亚引进的湿地松×加勒比松杂种，年均树高和胸径达 0.96 m 和 2.17 cm。湿地松和杂种均能正常生长，不受冻害。因此，湿加松在粤北低丘地区推广，低温应该不是限制因素。

(3) 参试的 5 个树种，材积生长从大到小的顺序是：湿加松 > 马尾松 > 加勒比松 > 湿地松 > 火炬松。马尾松是粤北的当家树种之一，生长表现好，其树高、胸径和材积生长均超过了马尾松速生丰产林 I 类产区的标准^[15]。因此，湿加松、马尾松是该地区可重点发展的树种。参试的 12 个类型间材积生长从大到小的顺序为：PEE × PCH > PEE × PCB > PCH(p) > MA(p) > PCH(op) > PEE(op) > PEE(i) > PEE(p) > PCB(p) > PCC(p) > PEE(o) > PTA(p)，其中湿加松 PEE × PCH 和 PEE × PCB 2 个类型以及加勒比松 PCH(p) 类型的材积生长均比马尾松高，在该地区具有推广潜力。

(4) 对于参试的湿加松两类杂种，PEE × PCB 杂种的早期高生长优势明显，PEE × PCH 杂种的胸径和材积生长更为突出。通过比较，初选出 PEE × PCH 优良杂种家系 8 个，PEE × PCB 优良杂种家系 2 个，这 10 个优良杂种家系的平均树高、胸径、材积分别为 6.35 m、10.85 cm、0.03548 m³，与 MA(p)、PCH(p)、PCB(p)、PEE(o)、PTA(p) 比较，材积现实增益分别为 59.39%、48.76%、134.97%、162.23%、172.29%，这 10 个优良杂种家系生长优势突出，可作进一步的推广试验。

(5) 在加勒比松的 3 个变种中，洪都拉斯加勒比松材积生长比马尾松略大，而且树干通直，显示出一定的推广潜力。由于加勒比松的 3 个变种都属于热带树种^[19]，到目前为止，还未见有关加勒比松在我国北回归线以北地区引种试验的报道。因此，本试验中的加勒比松能否继续保持正常的生长发育，需作跟踪、观察。

参考文献:

- [1] Nikles D G. Experience with some Pinus hybrids in Queensland Australia [A]. In Proc of Symposium on Hybrid Breeding and Genetics [C]. Noosa (QFR I/CRC-SPF), 2000: 27~ 43
- [2] Nikles D G. The first 50 years of the evolution of forestry tree improvement in Queensland [A]. In Dieters M J Matheson A C Nikles D G, et al. Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry, Proc QFR FUFRO Conf [C]. Queensland Forestry Research Institute, Gympie 1996 51~ 64
- [3] 叶荣柏. 湿地松 × 加勒比松 (古巴变种) 杂种 F₂ 代生长表现 [J]. 广东林业科技, 1990 6(3): 9~ 12
- [4] 湛江市林科所松树杂交育种课题组. 加勒比松与湿地松杂交育种试验 [J]. 广东林业科技, 1994 10(4): 23~ 27
- [5] 潘志刚, 管宁, 韦善华, 等. 我国南方杂交松生长和材性研究 [J]. 林业科学研究, 1999, 12(4): 398~ 402
- [6] 潘志刚, 陈斌. 国外松 (加勒比松杂交松、湿地松、火炬松) 扦插繁

- 殖技术和采穗圃的营建 [J]. 热带林业, 1999, 27(4): 159~161
- [7] 陈貳, 潘志刚, 黄凯. 杂种松试验研究初报 [J]. 广东林业科技, 2004, 20(2): 1~6
- [8] 李宪政, 赵奋成, 张应中, 等. 湿地松与加勒比松杂种第一代生长研究初报 [J]. 广东林业科技, 1999, 15(1): 1~7
- [9] 张应中, 赵奋成, 李宪政, 等. 湿地松扦插繁殖试验初报 [J]. 广东林业科技, 1999, 15(3): 1~8
- [10] 赵奋成, 李宪政, 张应中, 等. 湿地松与洪都拉斯加勒比松的杂交效果分析 [J]. 林业科学研究, 2006, 19(4): 409~415
- [11] 赵奋成, 张应中, 李福明, 等. 湿地松 × 加勒比松 F1 杂种的扦插苗与实生苗早期生长比较 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(3): 325~330
- [12] LY 208-1977 中华人民共和国农林部颁发标准 [S]
- [13] 茹正忠, 陈启基, 潘文, 等. 广东省湿地松二元材积表及林分蓄积量方程 [J]. 广东林业科技, 1995, 11(4): 46~48
- [14] 黄少伟, 谢维辉. 实用 SAS 编程与林业试验数据分析 [M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2001: 36~63, 233~240
- [15] LY/T 1496-1999(原 ZB B 64007-88), 马尾松速生丰产林 [S]
- [16] LY/T 1528-1999(原 ZB B 64011-89), 湿地松速生丰产用材林 [S]
- [17] DB 44/T 113-2000, 火炬松工业用材林 [S]
- [18] 江西省永丰县官山林场. 湿地松 × 加勒比松杂交种引种试验研究 [J]. 江西林业科技, 1998(2): 9~13
- [19] 朱志淞, 丁衍畴, 王观明. 加勒比松 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1986

欢迎订阅 2008 年《林业科学研究》

《林业科学研究》是由中国林业科学研究院主办的营林科学综合性学术刊物。主要任务是及时反映以中国林科院为主的营林科学最新研究成果、学术论文和研究报告、科技动态和信息等, 促进国内外学术交流, 开展学术讨论, 繁荣林业科学, 更好地为我国林业建设服务。主要内容有: 林木种子、育苗造林、森林植物、林木遗传育种、树木生理生化、森林昆虫、资源昆虫、森林病理、林木微生物、森林鸟兽、森林土壤、森林生态、森林经营、森林经理、林业遥感、林业生物技术及其它新技术、新方法, 并增加林业发展战略、学科发展趋势、技术政策和策略等, 适于林业及相关学科的科技人员、院校师生、领导和管理人员、基层林业职工等阅读。

《林业科学研究》2002 年荣获第二届国家期刊奖提名奖和国家林业局首届林业科技期刊优秀一等奖。连续被列为中国自然科学核心期刊, 入选了中国科学技术期刊文摘 CSTA 数据库(英文版), 入编了清华大学光盘国家工程研究中心《中国学术期刊(光盘版)》和中国科学引文数据库, 加入了“万方数据(ChinaInfo)系统科技期刊群”。被《中国生物学文献数据库》《中国林业科技文献库》《中国期刊全文库》《中国科技期刊文献(维普)库》《中国科技文献(万方)库》等国内检索期刊和文献库列为重要的文献源期刊。

本刊已被 A. J. V. N. I. I. (俄罗斯《文摘杂志》)、CAB(英联邦农业和生物科学文摘)、AGRIS(联合国粮农组织书目)、BA(美国生物学文摘)、ZR(英国《动物学记录》)、美国《剑桥科学文摘社网站: 土木工程文摘》(CSA: CEA)、美国《剑桥科学文摘社网站: 污染文摘》(CSA: POLLA)和 Forestry ABS.、Forest Product ABS.、Agris ABS.、GA《地质文摘》等国外大型数据库和检索性期刊收录。1992 年以来, 连续被美国《生物学文摘》收录。

本刊为双月刊, 国内外公开发行, 国内统一刊号: CN 11-1221/S 每期定价 15.00 元, 全年订价 90.00 元。需订阅者请将订费由邮局汇到: 北京 1958 信箱 中国林科院林研所《林业科学研究》编辑部, 并注明订购本刊款项; 银行汇款: 开户名: 中国林业科学研究院林业研究所; 开户银行: 北京海淀农行营业室; 帐号: 11050101040034493 港澳台及国外读者可以到中国国际图书贸易总公司订阅(北京 393 信箱, 邮箱 100044), 国外代号: BM 4102。

本刊地址: 北京 1958 信箱 中国林科院《林业科学研究》编辑部

邮政编码: 100091 电话: (010) 62889680 E-mail: xumq@caf.ac.cn

网址: <http://lykx.chinajournal.net.cn>