

文章编号: 100F 1498(2003) 0F 0116 07

加勒比松杂交育种现状及发展对策的探讨

郑勇奇

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 综述了我国引种加勒比松的情况及其杂种的生长表现, 并探讨了未来发展的对策。加勒比松杂交育种从 20 世纪 70 年代开始, 在广东湛江进行的古巴加勒比松 × 湿地松的杂交育种试验结果表明, 杂种 15 年生的材积是亲本材积的 1.66—2.88 倍, 杂种的木材基本密度和纤维长度介于两个亲本之间。20 世纪 90 年代初在福建、广东、广西和湖南等省建立了更多的杂种对比试验林, 在试验中用作对照的澳大利亚杂种松生长最快, 但易受风害。杂交组合湿地松 × 洪都拉斯加勒比松和古巴加勒比松 × 巴哈马加勒比松的杂种比组合湿地松 × 古巴加勒比松和洪都拉斯加勒比松 × 古巴加勒比松的杂种生长迅速, 杂种种子的发芽率很低 (< 30%), 而且家系之间变异很大。广东台山的试验结果表明, 湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂种的树高和材积增长为 35.8% 和 244.6%, 湿地松 × 古巴加勒比松的增长为 40.8% 和 210.9%, 同时也进行了杂交配合力的分析。无性繁殖试验表明生根率可达 85%, 但生根率在家系之间变异很大。

关键词: 加勒比松; 湿地松; 杂交育种; 杂种

中图分类号: S791.244, S722.3⁺4

文献标识码: A

加勒比松(*Pinus caribaea* Morelet) 有 3 个变种, 即古巴加勒比松(*P. caribaea* var. *caribaea*)、巴哈马加勒比松(*P. caribaea* var. *bahamensis* (Griseb.) Barr. & Golf.) 和洪都拉斯加勒比松(*P. caribaea* var. *hondurensis* (Senecl.) Barr. & Golf.)。加勒比松自然分布很广, 且不连续。纬度分布跨度 15°, 经度跨度 17°。分布区包括巴哈马群岛、古巴西部和古巴松树岛西北部、洪都拉斯北部和沿海平原及山地、危地马拉东部零星地区、洪都拉斯北部沿海一带和高地山谷地带、瓜那亚岛直到洪都拉斯和尼加拉瓜东部出海口。我国自 1964 年开始引种古巴加勒比松, 1973 年开始引入洪都拉斯加勒比松和巴哈马加勒比松。现在, 加勒比松已成为我国热带地区重要的纸浆材和用材树种。据粗略估计, 目前加勒比松及其杂种的人工林面积近 10 万 hm^2 , 预计到 2010 年栽培面积可达 10—15 万 hm^2 ^[1, 2]。加勒比松的 3 个变种中古巴加勒比松在我国引种最早, 栽培最广。

湿地松(*Pinus elliottii* Engelm.) 有 2 个变种, 即正种湿地松(*P. elliottii* var. *elliottii*) 和南佛罗里达湿地松(*P. elliottii* var. *densa* Little & Dorman)。湿地松主要集中分布在美国南方 6 个州, 27°—33° N, 80°00'—90°50' W。分布区包括从南卡罗来纳州沿海平原至佛罗里达州中部, 佐治亚州大部, 阿拉巴马州南部, 密西西比州东南、路易斯安那州东南部及德克萨斯州东南部。我国引种栽培的是正种湿地松, 最早于 1933 年开始引种。到目前, 湿地松已是我国亚热带和

收稿日期: 2001-04-25

基金项目: 国家“九五”攻关项目 9601F03184“加勒比松遗传改良”的部分内容

作者简介: 郑勇奇(1964—), 男, 湖北天门人, 研究员。

热带北部地区的重要针叶树种,其栽培面积在 1992 年有 120 万 hm^2 ^[3, 4]。这两种松树的遗传改良项目在国内始于 20 世纪 60 年代中期,开展了湿地松优树选择和初级种子园营建,引进少量古巴加勒比松种子作引种试验。目前均已建立了改良代(或 1.5 代)种子园。我国从 20 世纪 70 年代中期开始进行加勒比松杂交育种的尝试,以后陆续开展了一些试验,直到 90 年代中期才开始认识到加勒比松杂种的优势,尤其是湿地松和加勒比松的种间杂种(湿加松)具有明显杂种优势,最近几年,湿加松在生产上开始较大面积推广。在国外,如澳大利亚、南非等国家的试验也都表明湿加松具有明显的生长优势,澳大利亚已采用该杂种营建大面积人工林。本文旨在对我国的加勒比松杂交育种情况及杂种的生长表现进行回顾、总结,并探讨未来发展对策。

1 加勒比松杂交育种进展回顾

1.1 加勒比松引种与遗传改良

我国加勒比松引种驯化分为 3 个阶段,第 1 阶段为 20 世纪 60 年代早期的树种(变种)试验阶段,第 2 阶段是 20 世纪 70 年代早期至 80 年代开展的变种/种源试验,第 3 阶段是 20 世纪 90 年代的全分布区种源/子代(家系)试验,即由自由授粉的半同胞家系组成的试验并区分种源。在广西合浦县林科所、广东江门的大沙和狮山林场分别建立了三个面积较大的种源/子代试验林,包括巴哈马加勒比松的 14 个种源 121 个自由授粉家系,古巴加勒比松的 16 个种源 217 个自由授粉家系^[1],这些试验群体为这两个变种遗传改良提供了重要育种材料。

20 世纪 70 年代中期,建立了 12 个古巴加勒比松嫁接种子园(或母树林)^[1],其中有 11 处加勒比松初级种子园建在广东省各地,面积达 100 多 hm^2 ^[5]。建园材料为从 20 世纪 60 年代引种的试验林中选出的古巴加勒比松优树,但这些种子园或母树林的种子产量多数都很低,每公顷产种量为 8—50 kg。由于这些种子园多数采用从早期引种试验林选取的优树营建,它们的遗传基础比较窄,因而导致种子的遗传品质改良程度不大^[1]。早期引种的加勒比松种子产量于 20 世纪 80 年代早期达到高峰,从而促进了这一时期古巴加勒比松的大量栽植。

1987 年湛江市林业良种场营建了洪都拉斯和巴哈马加勒比松无性系种子园,面积分别为 1.3 hm^2 和 1.2 hm^2 ,所采用无性系数量均为 10 个。1988 年汕头市林科中心在惠来县营建洪都拉斯加勒比松无性系种子园 8.0 hm^2 ,建园无性系 50 多个^[5]。此外,根据子代测定结果和种子产量,于 1987、1988 年从遗传品质较好的湛江林业良种场、雷州林业局等初级种子园中筛选出优良无性系,分别在湛江林业良种场和遂溪林业试验场营建古巴加勒比松 1.5 代种子园,面积共 11.6 hm^2 。对比试验表明,建立在湛江遂溪林业试验场的 1.5 代古巴加勒比松种子园生产的种子遗传品质较好,所培育出来的植株树干通直,单株材积生长超过天然林种源 57%^[6]。

1.2 杂交育种及杂种表现

我国加勒比松的杂交育种主要是在加勒比松和湿地松之间进行,也尝试过加勒比松 3 个变种之间的杂交。湿地松和加勒比松在生长、材性和抗性性状方面都具有一定程度的优势互补性,开展湿地松和加勒比松杂交育种的目的是利用基因重组,使两个亲本树种的优良性状在杂种子代中同时得到表达。我国加勒比松杂交育种情况概括于表 1。

加勒比松杂交育种最早始于 1974 年,当时由湛江市林木良种场^[7]进行湿地松(母本)和古巴加勒比松(父本)杂交,亲本取自于 1964 年引种的 10 年生湿地松和加勒比松人工林,各选取

3个无性系进行杂交,采用单对交配设计,获得的杂种种子与亲本无性系自由授粉后代种植在一起进行比较。试验结果表明,9年生时树高和直径的杂种优势分别为21.9%和31.0%,但这次杂交育种试验的杂交组合太少,试验设计也过于简单。杂种优势采用以下公式计算:

$$H_s = (\bar{F}_1 - \bar{P}_1) / \bar{P}$$

其中 H_s 为杂种优势, \bar{F}_1 为杂种后代的平均值, \bar{P}_1 为双亲中较优良亲本的平均值, \bar{P} 为双亲的平均值。

表1 中国加勒比松杂交育种及杂种湿加松引种情况

年份	杂交组合	家系数	交配设计	试验地点	文献出处
1974	$P_{ee} \times P_{cc}$	3	单对交配	广东湛江	[7]
1979	$P_{ac} \times P_{ee}$	4	单对交配	广东湛江	[7]
1983—1984,	$P_{ac} \times P_{ee}, P_{ac} \times P_{cb}, P_{ee} \times$	> 80	不详	广东湛江	[7]
1986	$P_{db}, P_{ee} \times P_{ch}, P_{cc} \times P_{dh}$				
1991	$P_{ac} \times P_{ee}$	11	不详	广东遂溪	[8]
1992	$P_{ac} \times P_{cb}, P_{ac} \times P_{ch}, P_{ee} \times$ $P_{ac}, P_{ee} \times P_{cb}$ (昆士兰), $P_{ee} \times$ $(P_{ac} \times P_{ch}), P_{ee} \times P_{cc}$	14	不详	广东遂溪、阳江、广西七坡、 福建漳浦	[8]
1992	$P_{ee} \times P_{ch}, P_{ee} \times P_{cc}$	13, 16	因素交配	广东台山	[9]
1991—1995	$P_{ee} \times P_{ch}, P_{ee} \times P_{cc}, P_{ee} \times P_{cb}$	60	不详	广东佛山	私人通信, 1997
1993—1997	$P_{ee} \times P_{ch}, P_{ee} \times P_{cc}, P_{ee} \times P_{cb}$	104, 8, 20	不详	广东广州	私人通信, 1997
1992—1999	$P_{ee} \times P_{ch}, P_{ee} \times P_{cc}$	> 300	不详	广东台山	[5]
国外杂交松引种					
1989	F_1 of $P_{ee} \times P_{dh}$ (昆士兰)	3	进口	广西东门	[8]
1990	F_1, F_2 (昆士兰)	混合	进口	福建漳州、广东增城、广西 博白、钦廉、江西永丰	
1997—1999	F_2 (昆士兰)	混合	进口	广东四堡、古兜山、雷州、 广西东门	[4]
1999	$P_{ee} \times P_{ch}, P_{ee} \times P_{cb}$ (南非)	10(全同胞)	进口	地点未定	

注: P_{cc} 指古巴加勒比松, P_{cb} 指巴哈马加勒比松, P_{ch} 指洪都拉斯加勒比松, P_{ee} 指正种湿地松。未注明文献出处的数据来自作者的项目文件。

1979年,又分别从古巴加勒比松无性系种子园和湿地松子代测定林中各选2个6年生无性系进行杂交,古巴加勒比松作母本,湿地松作父本,并采用单对交配设计^[7]。10年生时树高和直径的杂种优势分别为26.5%和19.6%。这次杂交试验虽然采用了年龄较小的无性系作亲本,但获得的杂种优势没有超过1974年。此外,这次的杂交组合数仍然很少。

20世纪80年代早期,进行了加勒比松3个变种及其与湿地松之间的杂交试验,80多个杂交组合中,仅有少数几个组合表现了杂种优势,这几个组合多为古巴加勒比松×湿地松,仅有一个组合为古巴加勒比松×洪都拉斯加勒比松^[7]。结果表明,不同杂交组合之间的杂种优势变化很大,这种杂种优势可延续到10a,之后杂种优势就会消失。然而,潘志刚等^[8]研究表明,15年生时杂种优势仍然存在。木材基本密度和纤维长度介于两个亲本树种之间,由于当时无性繁殖困难,这些早期的杂种没有在生产上大量推广。第2批主要的杂交育种试验于20世纪90年代初开始^[8],1991年在湛江林木良种场进行了古巴加勒比松×湿地松的11个控制授粉家系的试验,并利用所获得的杂种在遂溪林业试验场建立杂种对比试验。

1992 年又用古巴加勒比松和湿地松作母本, 全部 3 个变种作父本进行了 14 个杂交组合控制授粉试验, 并在广东遂溪和阳江、广西七坡和福建漳浦 4 个不同地点建立杂种对比试验, 澳大利亚湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂种 F_1 和 F_2 在试验中用作对照。试验结果表明澳大利亚杂种生长最快, 但易受风害。在湛江试验点, 2.5 年生杂交组合湿地松 × 洪都拉斯加勒比松和古巴加勒比松 × 巴哈马加勒比松的杂种比组合湿地松 × 古巴加勒比松和洪都拉斯加勒比松 × 古巴加勒比松的杂种

生长快(表 2)。杂交种子发芽率很低, 平均发芽率低于 30%^[8]。利用这些家系的扦插苗又在广东和湖南的 3 个地点建立了对比试验。然而, 虽然这些新的杂交实验进行了较多的杂交组合, 但还是没有进行严格的交配设计, 这可能影响了分析结果的准确程度。

广东省林科院于 1992 年在台山进行了 16 个控制授粉家系的杂交制种, 用湿地松作母本, 洪都拉斯加勒比松和古巴加勒比松作父本^[9]。湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂种的树高和材积增益分别为 35.8% 和 244.6%, 湿地松 × 古巴加勒比松杂种的树高和材积增益分别为 40.8% 和 210.9%, 选出了 8 个优良杂交组合, 树高和材积的平均增益分别为 50.8% 和 349.5%。在这次杂交试验中采用了因素交配设计^[9], 通过分析杂交配合力筛选出优良亲本。1992—1999 年, 广东省林科院与台山红岭种子园等单位合作, 利用 50 多个加勒比松优良无性系与湿地松无性系交配, 共配制杂交组合 300 多个, 一些组合的子代杂种优势极为突出, 早期材积增益为亲本的 3 倍以上^[5]。随着加勒比松杂交育种研究工作的不断深入, 更多的优良杂种家系或无性系将被培育出来。

1.3 加勒比松杂种引种

20 世纪 90 年代初期, 中国林科院从澳大利亚引进湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂种 F_1 和 F_2 种子, 并在福建、广东、广西、江西等省建立了多处示范试验林(表 1)。江西永丰林场 3a 试验结果显示, 6 个 F_1 家系中有 3 个生长超过作为对照的广东台山湿地松种子园生产的湿地松^[10], 6 个 F_1 杂种家系的平均树高与对照的相同, 但混合 F_2 杂种苗高生长量最大(表 3)。

潘志刚等^[8]报道, 广西东门林场 1989 年建立的引种试验林包括从澳大利亚昆士兰引种的湿地松 × 洪都拉斯加勒比松 3 个 F_1 杂种家系和 60 个湿地松家系, 7 年生分析结果显示 3 个杂种家系的树高和直径平均值比 60 个湿地松家系的平均值分别大 10% 和 27%。

1.4 F_2 代杂种优势

为了检验杂种 F_2 代是否具有比亲本优良的杂种优势, 叶亲柏^[11]于 1985 年从 1976 年栽植的湿地松 × 古巴加勒比松杂种试验林中采集自由授粉的种子, 建立和湿地松及古巴加勒比松进行对比的试验林, 他发现杂种 F_2 代的形态特征较接近于湿地松, 2 年生时 F_2 杂种苗高比湿地松和古巴加勒比松分别大 23.1% 和 14.3%。虽然 F_2 的杂种优势不如 F_1 大, 但仍然比亲本好。很显然, 在 F_1 杂种的制种非常昂贵的情况下, 如果 F_1

表 2 遂溪林业试验场 2.5 年生不同杂交组合的生长情况

杂交组合	来源	树高/m	保存率/%
$F_1 \times Pch$	昆士兰	2.61	85.8
$Pee \times F_1$	昆士兰	3.00	97.2
$Pae \times Pcb$	昆士兰	2.88	94.3
$Pa \times Pcb$	遂溪	2.23	80.3
$Pee \times Pcc$	遂溪	2.13	88.7
$Pch \times Pa$	遂溪	2.13	88.7
$Pee \times Pcc$ (4 家系)	遂溪	2.17	89.4
$Pee \times Pch$ (2 家系)	遂溪	3.05	94.3

表 3 江西永丰林场 3 年生湿地松 × 洪都拉斯加勒比松 F_1 及 F_2 杂种树高和保存率

树种	树高/m	保存率/%
湿地松	2.08	93
F_1	2.08	88
混合 F_2	2.14	83

杂种优势不能够通过无性繁殖用于大规模生产,则 F_2 的使用就具有极其重要的现实意义。

从 1997 到 1999 年,我国从澳大利亚进口了大量的自由授

粉的 F_2 杂种,并在广东的江门、雷州建立了试验林(表 1)。雷州林业局的试验结果表明, F_2 杂种的高、径生长均显著大于作为对照的亲本树种古巴加勒比松(表 4)。

2 加勒比松杂种的无性繁殖

近几年来才开始对杂交松的无性繁殖(扦插)进行较深入地研究,张应中等^[12]进行了湿地松×洪都拉斯加勒比松杂种的扦插试验,他们采用容器实生苗建立采穗圃,对适生苗截顶以促进新枝萌发和生长,用作插穗。试验结果显示某些家系的生根率可达 85% 以上,但家系间变异极大。扦插生根率与插穗采集部位、插穗年龄和大小及扦插条件如光照、温度、湿度、消毒和使用生根剂、扦插时间、苗圃管理措施等明显相关。目前国内采用 1 年生到 2 年生加勒比松幼苗进行扦插繁殖取得较大进展,杂种湿地松可采用相似的扦插繁殖方法进行规模化生产。关于加勒比松的无性繁殖研究进展,张川红和郑勇奇^[13]曾进行过详细的描述。

3 存在问题与发展对策

(1) 加勒比松杂交组合间比较: 古巴加勒比松×湿地松以及湿地松×古巴加勒比松的 2 种杂交组合和类型的杂种都具有明显的杂种优势,广东湛江林木良种场进行的杂交试验显示前一种组合的杂种优势大于后一组合,但这一结果与澳大利亚的结果有所不同,在澳大利亚,以湿地松为母本的杂交组合的杂种表现最好。这可能与试验中所使用的亲本无性系的改良程度有关,对于湿地松×古巴加勒比松这一组合,亲本选自早期的引种试验林,而古巴加勒比松×湿地松这一组合的亲本选自无性系种子园,它们的遗传品质要比第一种组合的亲本好,从而影响杂种后代的质量。要得出准确可靠的结论还需要进行更多的杂交组合试验,进而筛选最佳的杂交组合。但是值得考虑的是,用古巴加勒比松作母本,湿地松作父本进行杂交比较困难,因为湿地松雄花花期比古巴加勒比松花期晚 1 个月,花粉采集后需储存 1 a 后,才能用来授粉,因此杂种制作成本可能会提高。试验结果表明加勒比松变种间的杂种优势不如加勒比松与湿地松之间的种间杂种优势大,因此将来的努力方向应放在测试更多的种间杂交组合,特别是湿地松和巴哈马加勒比松的杂交。

(2) 科学的试验设计: 由于栽植湿地松和加勒比松的立地条件变化很大,不同地点、不同立地的杂种表现可能不同,因此应在更多立地条件测试更多的杂交组合,使环境与基因型达到最佳的匹配。考虑到加勒比松、湿地松以及这 2 种松树的杂种适生范围较广,我国的加勒比松杂交育种需要建立一个跨地区、跨单位的研究网络,并与澳大利亚、南非等国建立良好的国际合作关系,避免重复研究,节省经费,提高效率,制定统一的评价标准。早期的加勒比松杂交育种

表 4 雷州林业局遂溪林场湿加松杂种与对照树种加勒比松的生长对比

杂(树)种	造林时间 (年-月)	树高/ m	胸径/ cm	蓄积/ ($m^3 \cdot hm^{-2}$)	蓄积年生长/ ($m^3 \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$)
湿加松杂种 F_2 (澳大利亚)	1998-05	5.9	9.9	29.92	7.48
加勒比松对照(本局采种)	1998-05	4.5	8.2	16.19	4.08
湿加松杂种 F_2 (澳大利亚)	1999-05	3.6	5.5	6.46	2.15
加勒比松对照(本局采种)	1999-05	2.6	3.1	1.63	0.54

注:2000年6月观测。

虽然进行了许多杂交组合试验,但在交配设计上都过于简单,绝大多数杂交试验都没有采用合适的交配设计和造林试验设计,导致统计分析困难或分析精度降低,比如,很多杂交试验难以进行一般配合力、特殊配合力等遗传参数的计算,因而有些试验结果的准确性也受到影响。以后的杂交试验,在可能情况下,一定要制定出详细的交配设计和田间试验设计之后,再开展控制授粉的工作和建立田间试验,以确保试验结果的科学性。此外,用于杂交育种的亲本应是经过选育的优良育种材料。

(3) 杂交亲本的遗传改良:值得注意的是杂交育种项目必须与亲本树种的遗传改良项目平行地开展,只有用优良的亲本进行杂交才能获得优良的杂种后代,使控制重要性状的优良基因集中到同一个体中来。我国的加勒比松改良已经打下了很好的基础,收集到全世界唯一最齐全的遗传资源并建立起试验林,根据这些试验的结果,尽早建立加勒比松种子园,或对早期建立的种子园进行改建,补充新的优良育种材料,一方面可生产加勒比松良种,促进加勒比松的遗传改良,另一方面,也可以用来开展加勒比松杂交育种试验,不断创造新的优良杂种。遗憾的是目前用于加勒比松遗传改良的经费减少,给继续开展加勒比松遗传改良带来很大压力。湿地松的改良目前需要对现有的种子园进行评价和选择,并补充新的优良遗传材料,建立第二代种子园。

(4) 杂种优势的利用:湿地松和加勒比松杂种优势的利用有 3 种方式,一是控制授粉生产杂交种子,可以选择少数湿地松、加勒比松优良无性系建立杂交种子园,专门生产 F_1 杂种;二是自由授粉生产 F_2 代种子,从 F_1 中选择优良无性系,建立种子园,利用自由授粉生产 F_2 代种子;三是根据国外 F_2 代在我国的表现,选择优良无性系建立采穗圃,进行扦插繁殖。杂交制种要解决单无性系种子园营建以及自交不育、花期去雄等技术问题比较困难。澳大利亚目前采用的技术是建立小规模单无性系杂交种子园,采用人工去雄或套袋授粉获得杂交种子,然后利用这些全同胞家系种子进行子代测定,同时建立实生苗采穗圃,进行无性系测定。根据子代测定和无性系测定的结果对采穗圃随时进行调整,选择优良家系进行扩大繁殖。因加勒比松杂种种子产量极低,生产成本非常高,因此无性繁殖技术将是推广优良杂种的重要手段,但是,无性繁殖技术目前仍然是制约加勒比松优良杂种在生产上大面积应用的主要因子,虽然 1—2 年生幼苗的扦插繁殖技术水平提高了,但大龄苗甚至成熟树木的扦插繁殖成功率很低,未来应加强在这方面的研究。由于目前生产上只能采用幼龄(2 年生以下)苗进行扦插,如何利用这些幼龄苗建立采穗圃以及如何保持采穗母株的幼态也是需要开展深入研究的方面。

(5) 栽培措施及木材、松脂方面的研究:应加强湿加松杂种栽培措施的研究,开展多地点试验,分析湿加松基因型与环境的交互作用,比较不同立地的不同的栽培模式,寻求基因型、环境和栽培措施三者之间的最佳组合。对湿加松木材及其林副产品的研究也应随之加强,把研究目标直接定位于生产上的实际问题,面向市场需求。湿加松除了生长方面的优势外,在松脂生产上也有很大的潜力,因此,应根据不同培育目的开展定向改良,比如改良湿加松木材的材性,提高木材密度,提高杂交松的纸浆产量和杂交松松脂产量等,以满足市场的不同需求。

参考文献:

- [1] Wang H R, Malcom D C, Fletcher A M. *Pinus caribaea* in China: introduction, genetic resources and future prospects [J]. *Forest Ecology and Management*, 1999, 117: 1—15
- [2] Zheng Y Q. Genetic studies and tree improvement of *Pinus caribaea* [D]. Edinburgh, United Kingdom: Edinburgh University, 1996

- [3] 潘志刚, 游应天. 湿地松、火炬松、加勒比松引种栽培[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1994
- [4] 郑勇奇. 湿地松×洪都拉斯加勒比松和刚松×火炬松杂种松树引种概况[A]. 见: 王豁然, 江泽平, 傅紫岐, 等. 林木引种驯化与森林可持续经营[C]. 北京: 中国环境出版社, 1999. 199-203
- [5] 黄永权, 赵奋成. 广东省加勒比松遗传改良策略的探讨[J]. 广东林业科技, 2000, 16(1): 9-13
- [6] 潘志刚, 宋云民, 黄凯. 加勒比松种源试验[J]. 广东林业科技, 1997, 13(4): 14-18
- [7] 松树杂交育种课题组. 加勒比松与湿地松的杂交试验[J]. 广东林业科技, 1994, 10(4): 23-27
- [8] 潘志刚, 管宁, 韦善华. 南方松杂种生长表现和木材材性分析[J]. 林业科学研究, 1999, 12(4): 398-402
- [9] 李宪政, 赵奋成, 廖树森, 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
- [10] 吕鹏信, 潘志刚, 向胜国. 加勒比松变种及种源选择的研究[J]. 林业科学研究, 1990, 3(5): 454-460
- [11] 叶亲柏. 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
- [12] 张应中, 赵奋成, 李宪政, 等. 杂种松扦插繁殖试验初报[J]. 广东林业科技, 1999, 15(3): 1-8
- [13] 张川红, 郑勇奇. 加勒比松及其杂种的无性繁殖[J]. 世界林业研究, 2001, 14(5): 14-21

Progress of Hybrid Breeding of *Pinus caribaea* and Strategy for Future Development

ZHENG Yong-qi

(Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: This paper reviews the hybrid-breeding activities of *Pinus caribaea* that have been carried out in China up to date and proposes the strategy for future development of hybrid pine. *Pinus caribaea*, including 3 varieties of var. *caribaea*, var. *hondurensis* and var. *bahamensis*, is an important softwood species for pulp and timber in the tropics of China. Hybrid breeding of the species started in the later 1970s. Analysis of a 15-year old trial of *Pcc* × *Pee* hybrids established in 1981 showed that volume of the best hybrids was as large as 1.66-2.88 times of the parental species while the average basic wood density and fiber length were between the two parental species. In the early 1990s, more trials were established in Fujian, Guangdong, Guangxi and Hunan Provinces. The Australian hybrid used as control grew fastest but was more susceptible to wind break. A 2.5 year old trial established in Zhanjiang showed that the hybrids of *P. elliotii* × *P. caribaea* var. *hondurensis* and *P. caribaea* var. *caribaea* × *P. caribaea* var. *bahamensis* displayed superior growth over hybrid of *P. elliotii* × *P. caribaea* var. *caribaea* and *P. caribaea* var. *hondurensis* × *P. caribaea* var. *caribaea*. The germination rates (averaged less than 30%) of the hybrid seeds were low and variable among families. The results from a trial at Taishan showed that height and volume increases were 35.8% and 244.6% for *Pee* × *Pch* and 40.8% and 210.9% for *Pee* × *Pcc* respectively. Analysis of combining abilities was conducted. Australian hybrids of *Pee* × *Pch* including both F₁ and F₂ hybrid seeds were imported and introduced to Fujian, Guangdong, Guangxi and Jiangxi for pilot trials. Although the superiority of the F₂ hybrid was not as high as that of the F₁, the average growth was still better than that of the local seed sources. Studies of vegetative propagation by cuttings revealed that the rooting rates could reach above 85% although they were highly variable among families. More crosses of *Pee* × *Pcb* need to be tested in future.

Key words: *Pinus caribaea*; *Pinus elliotii*; breeding; hybrid