

中国引种加勒比松

I. 引种与遗传改良

王豁然 王琦

摘要 1963年中国首次从古巴引种加勒比松古巴变种,10 a后又从危地马拉引种加勒比松洪都拉斯变种和加勒比松巴哈马变种,而变种与种源结合进行的多点试验却始于1983年。加勒比松3个变种现已进入系统的种源与子代测定阶段。目前,应用多群体育种策略建立复合实生育种种子园,这种途径不仅能将遗传测定、选择育种和种子生产结合起来,而且也考虑到基因保存和未来的长期育种需求,可能是当前加勒比松引种改良的最佳选择。

关键词 加勒比松、树木引种、基因保存、遗传改良

外来树种在我国的人工林建设和环境保护方面起着非常重要的作用。目前,我国已引入松属(*Pinus*)、落叶松属(*Larix*)、合欢属(*Acacia*)、木麻黄属(*Casuarina*)、桉属(*Eucalyptus*)、杨属(*Populus*)和刺槐属(*Robinia*)等约700个树种,估计外来树种的人工林面积超过200万公顷,约占全国人工林总面积的 $1/4$ ^[1]。加勒比松(*Pinus caribaea* Morelet)现已成为我国南方人工林重要的外来树种之一。

加勒比松是热带低地人工林的一个主要树种,很多专家都对其进行过较为深入的研究,Lamb^[2]1973年曾报道世界上约50个国家或地区引种加勒比松的情况,并对其命名、生态、造林和遗传改良进行了详细的阐述。Plumptre^[3]1984年对加勒比松的木材及其利用特性进行了研究。此后,许多国家主要对速生的洪都拉斯变种的遗传改良、育种策略和造林等方面进行了较多的研究。1982年Gibson^[4]对加勒比松国际种源试验进行了综合分析,着重于评价在不同地区的生长情况及其基因型与环境的交互作用。

我国引种加勒比松虽然已有30余年的历史,但是正式报道的文献很少。本文综述我国加勒比松的引种和选育,并对遗传改良策略进行探讨。

1 种质资源引进与新的环境

1.1 命名和分布

加勒比松正式命名于1851年,当时尚包括湿地松(*P. elliotii* Englem.)在内。Little和Dorman^[5]于1952年把湿地松作为独立种分离出来,从此,加勒比松作为分类群的概念就仅指中美洲和加勒比地区的松树群体。1962年Barrett和Golfari^[6]进一步把加勒比松划分成3个变种:

1995—05—13 收稿。

王豁然研究员,王琦(中国林业科学研究院林业研究所 北京 100091)。

加勒比松古巴变种(*P. caribaea* Morelet var. *caribaea*);

加勒比松巴哈马变种(*P. caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barr. and Golf.);

加勒比松洪都拉斯变种(*P. caribaea* Morelet var. *houdurensis* Barr. and Golf.)。

Lamb(1973)、Gibson(1982)、Robbins和Hughes(1983)等^[7]对加勒比松的自然分布情况进行过详细的描述。古巴变种主要分布于古巴西部和松树岛,巴哈马变种主要分布于巴哈马和凯科斯岛,洪都拉斯变种主要分布于美洲大陆的危地马拉、尼加拉瓜和洪都拉斯。巴哈马变种分布区可延伸到 27°N,洪都拉斯变种垂直分布到海拔 800~1 000 m,在此高度以上即被卵果松(*P. oocarpa* Schiede)替代。总的来看,3个变种呈不连续分布状态。

1.2 引种地区自然条件

我国引种加勒比松的地域较广,包括热带和南亚热带地区,约从 18°55'~24°15'N,除云南南部海拔 1 060 m 外,其它试验地几乎均在海拔 100 m 以内的海岸台地或低丘地区。立地土壤一般为砖红壤或黄红壤,pH4.5~5.5,发育母质多为浅海沉积物、花岗岩、玄武岩或砂岩。土质坚实,侵蚀严重,有机质含量一般低于 10 g/kg。年平均温度为 19~24℃,10年积温 8 000~8 316℃,绝对最高和最低温度分别为 36.8~38.1℃和-1.0℃。年平均降水量 1 527~2 253 mm,多集中在 6~9月。表 1 列出了我国适于引种加勒比松的地域及立地气候条件。加勒比松在巴哈马可分布到 27°N 地区,而在我国却不能引种到这个纬度,主要原因是这一地区受大陆性气候的影响,冬季气温可降到 0℃以下,有时长达数天,这是我国不能大面积引种栽培的主要限制因子。

表 1 加勒比松自然分布区与我国引种区的生态环境因子比较

变种	纬度 (°)N	海拔 (m)	年均温 (°C)	最低温 (°C)	年均雨量 (mm)	土壤 pH
原产地						
巴哈马变种	21 45~27 00	0~50			1 200~1 500	
古巴变种	21 35~22 50	40~350	21.2~27	5.0	1 060~1 794	5.0~8.5
洪都拉斯变种	12 13~18 00	0~800			1 200~3 000	
中国						
巴哈马变种	18 55~21 40	20~100	22.3~24			
古巴变种	18 55~24 15	20~200	~24	-0.7	1 527~2 253	
洪都拉斯变种	18 55~23 02	20~1 060	19.8~24	-0.7		4.5~5.5

1.3 遗传材料的引进

我国于 1961 年首次从古巴引进加勒比松古巴变种,并于 1963 年种植于福州树木园^[8,9]。1963 年第二次从古巴引进加勒比松古巴变种,分别种植于广东和广西。在广东布置的 10 处试验分别位于雷州半岛、汕头、肇庆和省林科所,试验面积共 1.6 hm²,约 3 000 株左右,其中一半保留至今;在广西布置的 6 处试验分别位于南宁、合浦和玉林等地^[10~13],1975 年它们又被引种到云南南部的西双版纳^[14],该地没有自然分布的松属树种。

其它两个变种于 1973 年首次引入我国两广地区,一年后洪都拉斯变种又引种到海南。洪都拉斯变种来源于危地马拉,巴哈马变种种子则由牛津林研所提供,试验面积前者为 440 hm²,后者为 5 hm²。这些试验林从 1979 年开始陆续结实,1982~1983 年进入大量结实期。随后进入较大规模的加勒比松人工林营建阶段,仅雷州半岛就已超过 3 500 hm²,其中 90%是古巴变种。据报道^[15,16],从 1973~1988 年,我国共进口加勒比松种子 6 000 kg,同期建立的加勒比松人工林面积约 29 700 hm²。估计目前我国加勒比松人工林的总面积超过 40 000 hm²。

2 变种与种源试验

2.1 变种与种源试验

从 1973 年以来,我国就开始了 3 个变种的种源试验,但是变种与种源相结合的多点试验工作则始于 1983 年^[17-19]。最近,我国对代表巴哈马变种全分布区的自然群体和驯化种群的种源与家系进行了系统试验^[20]。

中国林业科学研究院 1983 年和 1984 年分别与丹麦和英国合作进行了加勒比松变种与种源试验,由丹麦林木种子中心和英国牛津林研所分别提供的 8 个和 14 个种批均布置在海南和雷州半岛两地的 4 个试验点上,两地除年均温略有差异外,其它环境因子基本相同。据吕鹏信等^[21]报道,在 4~5 年生时,3 个变种间及其与对照湿地松间均存在着显著生长差异,巴哈马变种和古巴变种在雷州试验点的树高分别为 5.9 m 和 4.6 m,而且对松梢螟(*Dioryctria aiterna-tus*) 都表现出较强的抗性;而洪都拉斯变种和湿地松的树高则分别为 3.8 m 和 3.6 m,尤其是洪都拉斯变种的顶端生长遭受不同程度的虫害。在海南的试验表明,巴哈马变种和洪都拉斯变种的生长优于古巴变种,而且前两个变种的不同种源在生长上还各存在显著的遗传差异。

在巴哈马变种中,来源于阿巴科群岛的两个种源在所有的试验点均表现最优,来自昆士兰拜菲尔德的一个驯化种群次之;而洪都拉斯变种的洛斯利莫内斯和圣克拉拉两个种源却不如湛江那些早期引入的表现最好的种批。据此有人认为,变种内种源间存在着明显的基因型与环境的交互作用^[21],作出这样的结论时应当十分慎重,因为 4 个试验点除纬度因子外,其它生态因子基本相似,试验数据也仅仅来自 4~5 年生的试验林,且只有直径表现出显著差异。

在考虑古巴变种内的遗传变异程度时,应用这些初期试验数据可能还难以作出群体间无显著差异、以及强调个体选择而非群体选择的结论。由于仅用 1983 年和 1984 年布置的两个种批(也可能是一个)的试验数据进行分析是不完全的,而且这两个种批均来源于古巴西部松树省的马巴吉它(22 48 N, 82 57 W)相邻的自然分布区。要真实说明这个变种内的遗传变异量的大小,还必须引入代表全分布区的材料进行评价。

1984 年在广西合浦建立的变种与种源试验表明,5 年生时巴哈马变种的安德罗斯岛种源表现最好,树高和地径分别为 4.5 m 和 11.2 cm,而作为对照的马尾松(*P. massoniana* Lamb)的相应性状分别为 2.1 m 和 7.5 cm。巴哈马变种所有种批都表现出速生性,树高和地径平均比马尾松分别提高了 100%~114.3% 和 55.5%~74.1%。古巴变种的生长仅次于巴哈马变种^[18]。

生态条件与上述试验点差异较大的是设置在云南普洱的洪都拉斯变种与种源试验,该试验点位于 23 02 N 和 101 03 E,海拔 1 060 m,年均温 19.8℃,绝对最低温度-0.7℃,年降水量 1 393.8 mm,属亚热带气候,栎类(*Quercus*) 为当地优势植被。来自洪都拉斯、伯利兹、危地马拉和尼加拉瓜 4 个国家的 13 个种批在 8 年生时在材积生长方面无显著差异,但洪都拉斯的米西奥拉种源、埃尔希奥特种源、圣克鲁角阿种源和危地马拉的波普顿种源在生长上均超过当地的乡土树种思茅松(*P. kesiya* var. *langbianensis* Gaussen)。尽管如此,由于当地松树乡土树种资源丰富,也不会采用该变种进行造林。

2.2 种源与子代测定

中国林业科学研究院于 1990 年在广西合浦建立的巴哈马变种种源与子代试验林,应用英

国牛津林研所提供代表全分布区的种子,共 14 个种源 121 个自由授粉家系,每种源 3~10 个家系不等。试验采用平衡拉丁方设计,4 株方形小区,6 次重复,初植密度为 $3\text{ m} \times 3\text{ m}$,经营目标为育种种子园^[22,23]。4 年生时平均树高、胸径和冠幅分别为 3.4 m、5.3 cm 和 2.0 m,分别地区(岛)、种源、家系和个体水平上的分析表明,来自阿巴科群岛和新普罗维登斯岛的种源生长最快,安德罗斯种源生长最慢;北部种源的生长一般快于南部种源;阿巴科群岛种源可能是适合我国条件的优良种源,这一点与早期试验结果相同。同时该项研究还建立了用于基因保存和长期育种的基因库。应当指出,巴哈马变种遗传改良应首先进行种源选择,然后在最优种源内进行家系选择,这样可获得更大的遗传增益;子代测定林在 6 年生时可进行首次选择。

加勒比松变种与种源和家系的试验表明,尽管有些试验缺乏全面考虑,且试验重复不足,甚至所得出的个别结论还为时尚早,但可以断言,加勒比松无论在遗传上还是在生态上都适合我国的热带和亚热带地区。当然不同变种或地理群体也表现出明显的差异,巴哈马变种和古巴变种在我国大陆表现得最为成功,而洪都拉斯变种对热量环境因子更敏感,在海南表现出更大的速生潜力。

3 遗传改良和种子生产

3.1 遗传改良

表 2 说明了我国加勒比松引种与遗传改良的现状和发展过程,概括起来可划分为 3 个明显的阶段,即树种试验 变种与种源评价 种源与子代测定,整个过程经历大约 30 a 左右的时间,恰恰 2 个育种周期。

表 2 加勒比松引种及改良历程

项 目	年份	变种/种源/家系	来 源	产 地
树种测定	1963	古巴变种		古巴
	1964	古巴变种		古巴
	1973	洪都拉斯变种		危地马拉
	1973	巴哈马变种	牛津林研所	
变种与种源测定	1983	洪都拉斯变种/5		洪都拉斯,危地马拉,尼加拉瓜
		古巴变种/2	丹麦种子中心	巴哈马(Andros)
		巴哈马变种/2		古巴(Marbajita)
	1984	洪都拉斯变种/7		伯利兹,洪都拉斯,危地马拉,尼加拉瓜,中国
		古巴变种/3	牛津林研所	古巴(Marbajita, Pinar)
		巴哈马变种/7		巴哈马,中国*, 昆士兰*
	1984	洪都拉斯变种/2		危地马拉,尼加拉瓜
		古巴变种/1		古巴
		巴哈马变种/1		中国(湛江)
	1984	洪都拉斯变种/5		洪都拉斯,危地马拉,尼加拉瓜
种源与子代测定		古巴变种/2		古巴(Marbajita, Pinar)
		巴哈马变种/2		巴哈马(Andros), 中国*
	1984	洪都拉斯变种/13	美国爱达荷大学	伯利兹,洪都拉斯,危地马拉,尼加拉瓜,中国
	1990	巴哈马变种/14/121	牛津林研所	巴哈马(Abaco, Andros, Grand, New Providence)
	1995	古巴变种/16/220	中英合作项目	古巴(Isle of Pines), 巴西*, 中国*

* 者为驯化种群。

加勒比松杂交育种的潜力很大。据报道^[24],湛江林科所 1974 年成功地获得了湿地松 × 加

勒比松古巴变种的第二代杂种, 但是如何获得第一代杂种却未见描述。从湿地松 35 号单株 × 古巴变种 256 号单株得到的一株 F_1 , 经自由授粉得到 F_2 , F_2 代中约有 20% 的个体在种子和苗木性状上与古巴变种相似, 杂种的高生长也明显地大于两个亲本, 表明 F_2 仍具有一定的杂种优势, 由于 F_1 代杂种数量很少, 至今难以应用于生产。

我国先后于 1983 年和 1990 年两次从澳大利亚昆士兰引进了湿地松 × 加勒比松洪都拉斯变种的 F_1 和 F_2 , 在我国南方已获得初步结果^[25], 具有明显的早期速生性。我国也已计划实施包括加勒比松在内的松树杂交育种项目。

3.2 种子生产

为了解决加勒比松种子的长期供应问题, 我国在广东建立了 11 个种子园或母树林, 总面积约 70 hm^2 , 嫁接砧木为湿地松或马尾松。这批建园材料都是从我国首次引种的约 3 000 个个体中选择的^[26], 因而遗传基础很窄。表 3 说明了这种选择群体小、入选率高所导致的遗传增益很低的情况。南兴种子园母树材料的入选率高达 1/10, 湛江林木良种繁育场母树材料的入选率最低, 也仅达到 1/60^[27]。由于南兴种子园的种子年产量约占总产量的 70%, 这就意味着相应比例的人工林采用了这种遗传品质低的种子。此外, 对这些种子园从未进行过遗传品质评价, 足以说明一些造林项目对种子的遗传品质重视不够。

对加勒比松的开花结实调查表明(图 1, 2), 雌花早于雄花几天, 花期可持续一个月以上, 但结实率很低, 且随年份变化很大, 每公顷结实量约 8 ~ 50 kg ^[26]。我国目前年产古巴变种的种子约 1 000 kg (图 3), 不能满足当前造林的需求, 因此, 每年还需进口 500 ~ 1 000 kg 的种子。

表 3 广东加勒比松古巴变种 11 个无性系种子园(母树林)的基本情况

地 点	纬度(°)N	嫁接年份	无性系数	面积(hm^2)	株行距(m × m)
南兴, 雷州林业局	22 50	1974 ~ 1976	268	16.7	5 × 5
海康林业研究所	20 50	1973 ~ 1975	60	6.6	6 × 6
河头, 雷州林业局	21 00	1974 ~ 1976	100	7.5	6 × 6
湛江林业研究所	21 16	1975 ~ 1977	10	0.7	5 × 5
湛江树木良种场	21 25	1974 ~ 1978	49	9.2	4 × 8, 5 × 5
电白林业研究所	21 30	1974 ~ 1975	58	9.0	6 × 6
河唇, 雷州林业局	21 43	1974 ~ 1976	100	3.3	6 × 6
高州	21 47	1975 ~ 1976	48	8.4	6 × 6
阳江林场	21 50	1978	50	3.6	6 × 6
佛山林业研究所	23 06	1975 ~ 1976	27	16.7	6 × 6
韩江试验站	24 01	1975	10	1.3	6 × 6

3.3 1.5 代种子园

钟伟华等^[25]报道我国已建立了一个 1.5 代(此处只借用这一概念)古巴变种种子园, 目的在于改进加勒比松种子园种子的遗传品质。该种子园是在 1985 年和 1987 年对 49 个无性系进行部分子代测定的基础上, 入选 18 个无性系建成的。然而在选择过程中, 由于过分地强调个体的结实量而忽视生长性状, 因而导致材积生长的遗传增益为 -3.6%。采用这种方式经营和管理种子园失去了良种繁育的意义。此外, 这样的种子园可能还存在着近交风险, 将进一步导致人工林生产力下降, 这潜在地影响着种子的广泛使用。

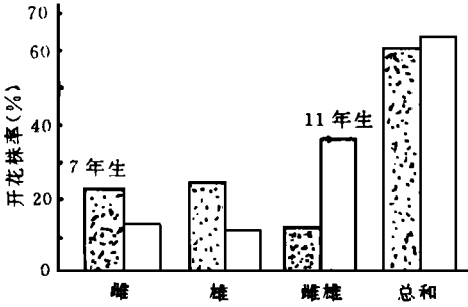


图1 不同年龄加勒比松开花情况

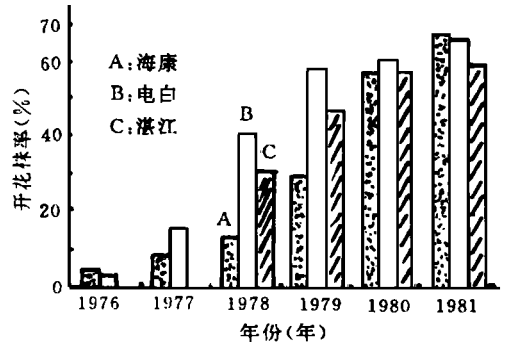


图2 不同地点, 不同年龄加勒比松嫁接种子园植开花情况

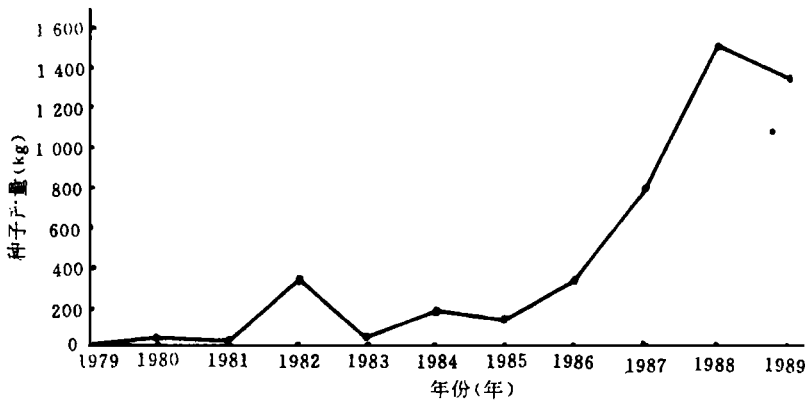


图3 加勒比松古巴变种在中国历年的种子产量

4 结 语

中国林科院林研所应用古巴变种的这些材料和多群体育种策略^[22, 23, 28-30]于1995年初在广东建立了其全分布区的子代测定林。所谓多群体是指由主群体(完全群体)和亚群体(不完全群体)构成,主群体由220个家系组成,代表原产地全分布区天然林分、种子园材料及巴西和我国的一些引种驯化群体,它作为育种种子园,具有遗传测定、育种选择和种子生产功能;6个亚群体依据地理种源与种子来源划分而成,分别由16~75个不等的家系组成,它们主要为长期育种项目提供材料,进行遗传测定、选择和基因保存。

目前,应用同工酶分析对古巴变种群体遗传结构的研究已取得进展,为制定我国加勒比松长期育种策略提供更多的理论依据。

新的树木改良和育种程序将不可避免地面临着如何利用新引进的基因资源。早期的树木改良程序对此缺乏全面的考虑,且有些试验设计也不尽合理,从而给数据分析带来了很大的困难,这也反映依据早期的试验设计制定长期育种策略是困难的。如果在设计这些试验时能从环境方面加以考虑并对试验设计加以改进,有些结论可能更具有意义,对确定今后育种策略也可能具有重要的参考价值。

参 考 文 献

- 1 Wang Huoran. Tree introduction, breeding and improvement with exotic species in China. In invited paper presented to Asia-Pacific Symposium on Forest Genetic Improvement, 1994.
- 2 Lamb A F A. *Pinus caribaea* Vol. 1, Tropical Forestry Papers, No. 6, Oxford Forestry Institute, 1973, 112.
- 3 Plumtre R A. *Pinus caribaea*, Vol. 2, Wood Properties, CFI, University of Oxford, Tropical Forestry Paper, 1984, (17): 148.
- 4 Gibson G L. Genotype-environment interaction in *Pinus caribaea*, Commonwealth Forestry Institute, 1982, 112.
- 5 Little E L, Dorman K W. Slash pine: its nomenclature and varieties. J. For., 1952, 50: 918 ~ 213.
- 6 Barrett W H G, Golfari L. Description de dos Nuevas variedades del Pino de Caribe. Carb. For., 1962, 23: 59 ~ 71.
- 7 Robbins A M J, Hughes C E. Provenance regions for *Pinus caribaea* and *P. oocarpa* within the Republic of Honduras, Tropical Forestry Papers No. 18, University of Oxford, 1983.
- 8 李玉科, 张方. 福建引种松树总结. 福建林业科技, 1991, 18(3): 30 ~ 36.
- 9 梁坤南, 周文龙. 加勒比松在海南东部和西北部的早期表现. 林业科学研究, 1991, 4(4): 374 ~ 379.
- 10 钦州林科所. 国外树种引种 10 年(145 个国外树种在我所的栽培表现及发展意见). 钦州林业科技, 1985, 1: 21 ~ 34.
- 11 朱志淞, 丁衍畴, 王观明. 加勒比松. 广州: 广东科学技术出版社, 1986. 228.
- 12 陈明荣. 汕头市引种加勒比松的调查报告. 广东林业科技, 1989, 6: 29 ~ 45.
- 13 王惠英. 加勒比松、火炬松在广西引种成功, 在适生地区应大力发展. 广西林业, 1990, 1: 11 ~ 12.
- 14 马信祥. 七种松树引种适应性的初步观察. 热带植物研究, 1984, 26: 46 ~ 50.
- 15 潘志刚, 游应天. 中国外来树种. 北京: 中国林业出版社, 1991. 194.
- 16 吴中亨, 叶亲柏. 加勒比松(本种)生长过程初步分析. 海南林业科技, 1992, 2: 7 ~ 11.
- 17 王观明, 叶亲柏. 加勒比松地理种源试验小结. 广东林业科技, 1989, 1: 23 ~ 27, 4.
- 18 凌昌发. 加勒比松种源试验初报. 林业科技通讯, 1991, 7: 15 ~ 17.
- 19 罗方书, 皮文林, 万国荣, 等. 加勒比松地理种源试验. 云南植物研究, 1992, 14(3): 301 ~ 306.
- 20 Zheng Yongqi, Richard Ennos, Wang Huoran. Provenance variation and genetic parameters in a trial of *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barr. and Golf., Forest Genetics, 1994, 1(3): 165 ~ 174.
- 21 吕鹏信, 潘志刚, 向胜国. 加勒比松变种及其种源选择研究. 林业科学研究, 1990, 3(5): 454 ~ 460.
- 22 Barnes R D. A multiple population breeding strategy for Zimbabwe. In Provenance and Genetic Improvement of Tropical Forest Trees, Mutare, Zimbabwe, April 1984.
- 23 Barnes R D, White T L, Nyoka B L. The composite breeding seedling orchard, CRC for Temperate Hardwood Forestry-IUFRO, Hobart, 1995, 188 ~ 285.
- 24 叶亲柏. 湿地松 × 火炬松杂交第二代(F_2)生长情况初报. 广东林业科技, 1990, 3: 9 ~ 12.
- 25 王琦, 王豁然. 湿地松 × 洪都拉斯加勒比松杂种的引种试验研究. 植物引种驯化集刊. 北京: 科学出版社, 1995, 10: 98 ~ 104.
- 26 钟伟华. 本种加勒比松 1.5 代种子园营建研究. 广东林业科技, 1993, 4: 17 ~ 20.
- 27 吴中亨, 叶亲柏. 加勒比松种子园开花结实情况调查. 海南林业科技, 1993, 1: 48 ~ 53.
- 28 Brodie A W. Final report on the seed collection of *Pinus caribaea* in Cuba. University of Edinburgh, 18 June-30 August 1994, 91.
- 29 Namkoong G, Barnes R D, Burley J. A philosophy of breeding strategy for tropical forest trees. Tropical Forestry Papers, No 16, CFI, University of Oxford, 1980, 67.
- 30 White T. Advanced-generation breeding populations: size and structure. In Proceedings of a Conference on Breeding Tropical Trees, IUFRO, 1992.

Introduction and Cultivation of *Pinus caribaea* in China

. Introduction and Genetic Improvement

Wang Huoran Wang Qi

Abstract *Pinus caribaea* var. *caribaea* from Cuba was introduced to southern China in 1963 with *P. caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and var. *bahamensis* following in 1973. However, it was not until 1983 that combined variety/provenance testing was established on several sites with a range of provenance. The combined provenance/progeny trials were also established with the three varieties in 1990 using seeds representing the whole distribution range. A breeding seedling orchard of var. *caribaea* has been established using a multiple population breeding strategy. The strategy is conceived to combine the functions of genetic testing, selection breeding and seed production. At the same time it both permits gene conservation and provides long-term flexibility for advanced-generation breeding.

Key words *Pinus caribaea* Morelet, introduction, gene conservation, genetic improvement