

# 我国柚木的遗传改良\*

邝炳朝 郑淑珍

(中国林业科学研究院热带林业研究所)

**摘要** 本文论述我国柚木基因资源分布的特点、遗传变异和改良的策略及途径。

我国有悠久的柚木栽培历史, 基因资源分布于南方7省46个县(市), 其生长情况与原产地相当。从1973年起, 我们对柚木进行系统的改良, 已取得较好的成果, 种源选择和无性系测定的两项效益均超过原改良方案的估计。在此基础上制订了我国柚木长期系统的改良方案, 采取与我国柚木基因资源分布特点、具体情况相适应的策略以及改良途径。

**关键词** 柚木; 遗传改良; 策略

柚木(*Tectona grandis* L. f.)的遗传改良, 始于30年代初, Wind, Thorenaar (1930), Coster (1931), Gnesses (1932), Esser (1932), Eidman (1934), Beekman (1949), Loekito (1959), Darjadi (1959), Vaclav (1971), Persson (1971), Seth et al. (1958, 1981)分别研究过柚木的变异类型, H. Keiding (1973, 1977, 1986), T. Delanray (1977), L. C. Egenti (1977), J. Piot等(1977), H. Wellendorf和E. B. Lauridsen(1986)分别报道了柚木种源试验; T. Hedegart(1974), H. Wellendorf等(1988)分别论述过柚木的育种方式与遗传改良<sup>[2,3,5,6]</sup>。

我国柚木比较系统的改良工作始于1973年, 邝炳朝、白嘉雨、吴坤明等人(1980)分别报道过柚木选择育种、子代测定和种子园的研究结果, 至1989年已建成较广泛遗传基础的基因库, 选出一批优良种源及其无性系。本文是在上述研究工作的基础上进一步阐明我国柚木的改良策略与途径, 为长期、系统的遗传改良工作提供理论依据。

## 1 我国柚木基因资源的分布与特点

### 1.1 分布范围

我国柚木人工林分布于南部7省的46个县(市), 面积4600 ha以上。东起台湾省台中县经福州、平远、梧州、百色、保山, 西迄盈江的铜壁关一线以南, 位于 $18^{\circ}12' \sim 26^{\circ}35' N$ ,  $96^{\circ}40' \sim 121^{\circ}40' E$ 。其中以台湾、海南、云南三省南部栽培面积最大(图1)。

### 1.2 主要特点

1.2.1 无天然分布 至于盈江县西部羯羊河畔的小片柚木混交林, 是天然的、抑或早期缅甸和尚引种, 仍有待考证。

本文于1990年5月22日收到。

文中所引资料, 未注明的均为作者与罗明雄、林明平等多年实验和调查所得。

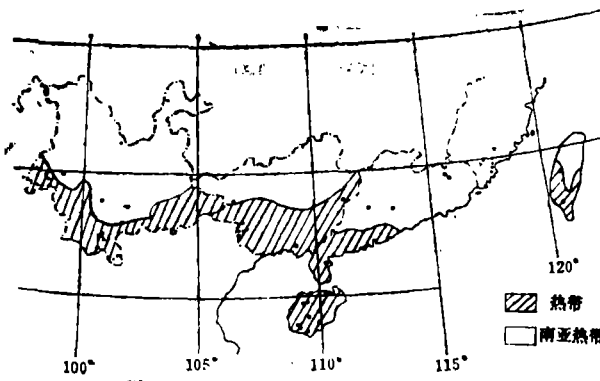


图1 我国柚木基因资源分布示意

1.2.2 引种历史悠久,遗传基础较宽 早期引种历史,应追溯到19世纪初期。有记载的历史为:1900年种于台湾省高雄,1914年种于广州,1925年引入厦门集美,1938年种于海南儋县等<sup>[1]</sup>。由于华侨从柚木原产国带种子、苗木回祖国种植,70年代初又开始了系统的国内外柚木基因资源的清查、收集,建成了具较广遗传基础的基因库,包括了11个国家72个地理种源(表1)。

表1 已收集的柚木地理种源

来源	国别										
	印度	印度 尼西亚	泰国	老挝	缅甸	越南	马来 西亚	新加坡	尼日 利亚	波多 黎各	中国
丹麦林木种子中心	8	1	9	1	0	0	0	0	1	0	0
早期引入中国的	1	4	4	2	20	5	2	1	0	1	12

注:除来自前面的5个原产国的种源外,其余均为次生种源。

1.2.3 资源分布面广,自然条件复杂 分布范围跨北纬8个纬度,东西跨25个经度,包括热带雨林、热带季风、南亚热带季风和中亚热带季风4个气候带。各气候带的柚木年平均生长量没有很大的差别,仅南亚热带北缘的兴梅盆地常有寒害,树高生长有降低趋势(表2)。

表2 各气候带柚木基因资源的生长情况

地名	气候带及气候小区 <sup>①</sup>	年平均生长量					
		10年生		20年生		40年生	
		树高 (m)	胸径 (cm)	树高 (m)	胸径 (cm)	树高 (m)	胸径 (cm)
海南省	热带季风气候带; 1.琼中潮湿气候区	1.1	1.4	0.8	1.1	—	—
	2.琼雷西部半干燥气候区	(4)	(4)	(14)	(14)	—	—
云南省南部	热带季雨林气候带	0.9	1.0	0.7	1.0	0.5	0.9
		(3)	(3)	(9)	(9)	(3)	(3)
广东、广西与 福建省南部	南亚热带季风气候带; 1.粤中湿润气候区	1.0	1.8	0.7	0.7	0.4 <sup>②</sup>	1.0 <sup>②</sup>
	2.戴云山博平岭南部气候区	(4)	(4)	(3)	(3)	(2)	(2)
广东省梅县与 平远县	中亚热带季风气候带, 粤北湿润气候区;						
	1.兴梅盆地半湿润严重寒害基本无风害小区	—	—	—	—	0.4 <sup>②</sup> (1)	1.0 <sup>②</sup> (1)
	2.粤北山地严重寒害基本无风害小区	—	—	0.6 (1)	1.9 (1)	—	—
缅甸、印度	热带季风气候带;	1.2	1.2	1.0	1.1	—	—
	季风雨林气候; 季风型热带草原气候	—	—	—	—	0.6	0.9~1.6

①据广州地理所1962~1963年资料; ②为行道树数据。括号内数据为标准地数目。

1.2.4 基因资源分布超出天然分布的生态范围 中国柚木栽培已超出天然分布北界 $[25^{\circ}36' N(\text{Troup}, 1921)]1^{\circ}$ , 因受寒潮影响, 生态条件与天然分布有很大的不同。而引种又是多自低纬区向高纬区引种, 可能遇上了“长生长期+长日照=高同化效率”规律, 虽然林地条件较差, 但往往仍能获得“可以适应的高生产力”, 致使各气候区的柚木生长与原产地的相比很接近(表2)。

此外, 由于人口多而土地少, 存在着橡胶与柚木林争地的矛盾, 这是制定柚木改良策略须加以考虑的因素。

## 2 遗传变异

柚木是高度异花授粉树种, 自花不孕率达96%~100%; 花期不一。已发现柚木3个月龄开花和27年生未见开花<sup>[4]</sup>, 开花期7月中旬至11月下旬的各种植株(T. Hedegart, 1976; 吴申明等, 1980); 天然分布广、又多不连续; 分布区自然条件复杂; 加上引种范围广, 引种历史悠久, 经历了自然的与人工的选择, 这是柚木遗传结构多变性的主要原因。下面仅以1973~1989年的研究资料, 阐述其变异概况。

### 2.1 群体变异

柚木天然分布区的群体之间在数量性状与质量性状上存在很大的遗传变异, 印度次大陆是世界柚木的变异中心<sup>[4]</sup>, 对缅甸分布区的群体变异, 深入研究的资料甚少。

(1) 分布区的地理变异。不同分布区的种源之间在抗旱、抗锈病及形态等性状的差异明显, 如印度分布区与泰国、缅甸分布区的显著差别(图2)。

(2) 印度分布区的群体变异相当复杂, 如来自迈索尔邦( $15^{\circ}12' N$ )以南的3074、3072、3071、3070号种源, 叶片具有特殊的形态结构(表3), 在我国海南省南部长得最好; 抗旱、抗病能力很强(图2), 其中3071号是著名的“泰利品系(Teli-race)”, 而马哈拉斯特拉邦的3005号种源的生长与抗锈病能力表现很差。

(3) 来自泰国的种源, 形态结构未见显著变异, 生长与抗旱、抗锈病较为一致(图2)。木材尚能辨别的4种材性“变种”(T. Hedegart, 1976), 在我国的云南省和海南省南部种

表3 柚木种源主要形态结构与适应性状的遗传变异

种源号及国名 主要性状	3070	3072	3005	8012	3054	8014	7402
	印 度	印 度	印 度	緬 甸	老 挝	泰 国	越 南
叶背颜色	银灰	灰白	绿	绿	绿	绿	绿
叶背针状毛数量 <sup>①</sup>	0	1.1	35	48	44	—	20
叶背角质化鳞状细胞层 <sup>②</sup>	10	8.6	0	0	0	0	0
叶片厚度( $\mu$ )	38.82	42.80	39.66	27.99	37.41	29.33	36.67
栅状组织厚度( $\mu$ )	17.45	18.81	13.89	10.99	15.33	9.99	14.94
叶柄维管束断面面积( $\text{mm}^2$ )	19.35	18.60	—	10.81	—	7.73	—
叶片上层角质层厚度( $\mu$ )	1.73	1.98	1.83	0.97	1.58	1.44	1.42
早害的早情指数(%)	5.63	9.89	—	97.9	—	92.9	—
病害的病情指数(%)	1.51	3.42	58.30	41.33	35.23	—	36.41
木材的黑丝纹理发生率(%)	0	0	0	0	0	36.7	0

①以160倍显微镜视野的相对数量; ②以指数10表示最发达, 0表示没有。

子来源于泰国的人工林分中，分别找到其中的“黑丝金柚木”类型，并在不同的子代林分中发现近似的黑丝纹理发生率，可认为此性状主要受遗传所控制。

(4) 老挝的巴色(Pakse)3054号和芒市/缅甸的7794号种源具有较强的耐酸性土能力(pH=4.5~5.5时仍能缓慢生长)，如对此性状加以改良，可在酸性红壤上推广栽培。

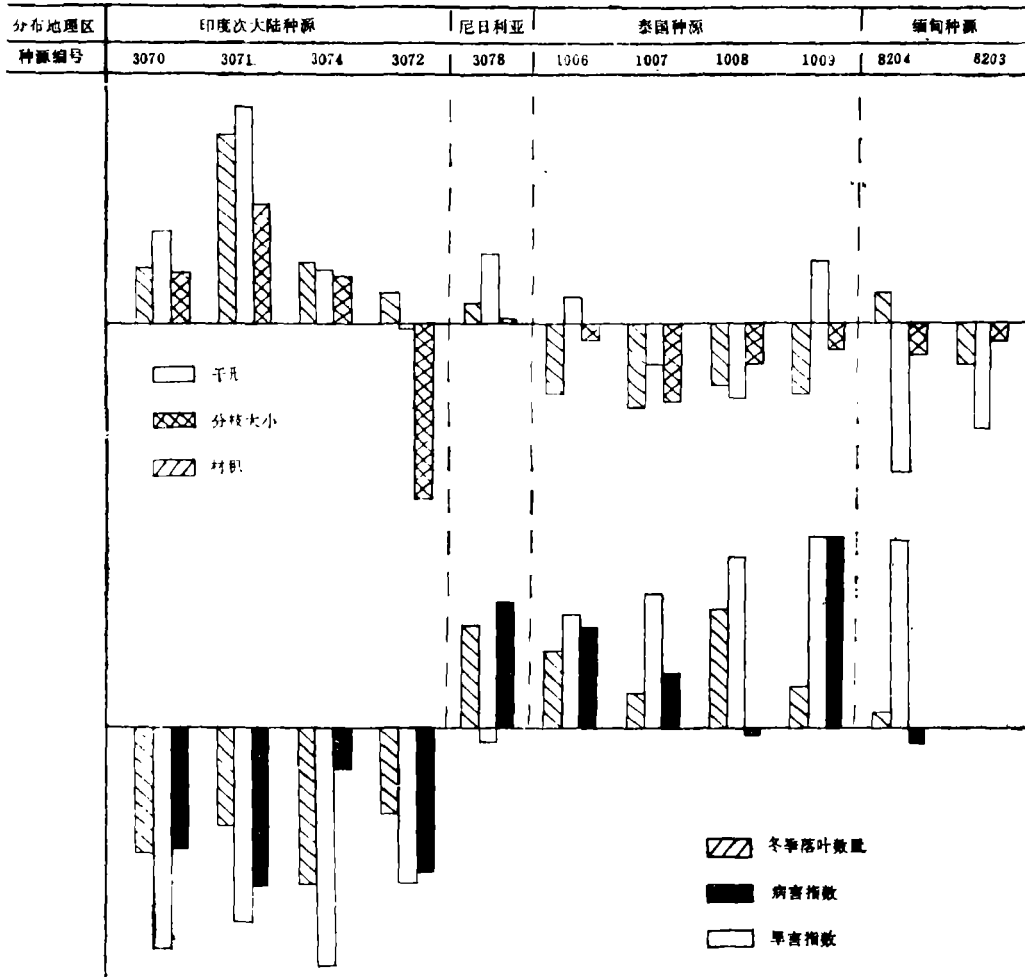


图2 示TP 8306 海南省尖峰岭试验点柚木种源主要性状

### 2.2 个体遗传变异

1973~1982年，对选自缅甸、泰国种源的120株优树的60%(有40%采不到种子)进行了半同胞子代测定，1983~1989年对100多个家系进行了种源/家系试验，从中窥测到柚木个体遗传变异的初步结果。

(1) 同一种源群体内不同个体之间在生长性状上存在显著或特别显著的差异，但一般小于分布地理区(区系种源)间的差异；与同一分布地理区内不同种源间的差异相比时，则情况较为复杂，有大于种源间的差异(如缅甸北部的种源和泰国的种源)，亦有小于种源间的差异(图3)。

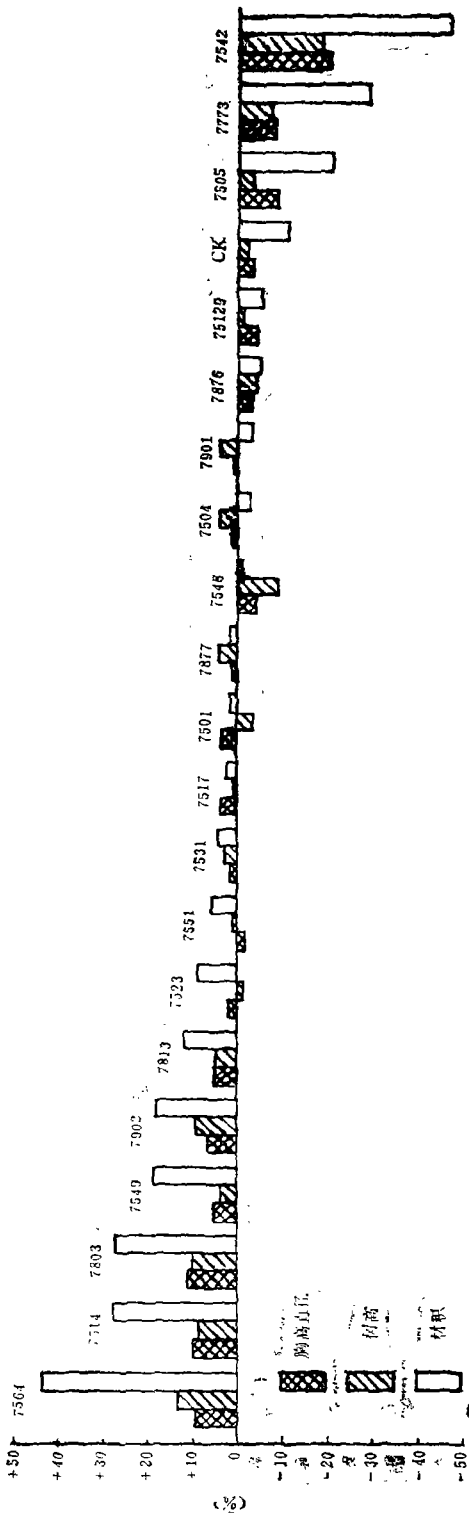


图 3 示 TP<sub>8205</sub> 海南省尖峰岭试验点柚木缅甸种源中家系的生长

(2) 对于适应性状, 如抗旱, 抗柚木锈病 (*Olivea tectonae* Thirum), 家系间的差异比种源间的差异与区系种源间的差异小得多。

(3) 结实年龄与开花期迟早的家系间差异, 大于种源间的差异。幼龄期开花结实, 导致主干过早分权, 影响立木生长。

(4) 在泰国的种源内(如8014号种源), “黑丝金柚木类型”的黑丝纹理密度与发生率, 在个体之间存在很大的差异。心材的每 8 个生长轮中出现 1 圈黑丝纹理的个体占总立木的 22.5%, 出现 2 圈的占 13%, 出现有 3 圈以上的(可称“典型的黑丝金柚木类型”)约占 1.2%。

(5) 在印度、缅甸、泰国的诸多种源中, 常在苗期、幼林或伐根的萌芽条中出现有 3 子叶、4 子叶或 3 叶片、4 叶片轮生的个体变异, 但性状很不稳定, 未见其实用价值。

### 3 遗传改良目标

根据我国柚木基因资源遗传变异状况及自然环境, 柚木改良的主要目标应是:

(1) 以速生性状为主, 年平均生长量达 10~20 m<sup>3</sup>/ha, 同时主干无损高度 (Persistence of axis)、干形、发育期要达到一定要求。

(2) 对黑丝纹理等材性性状进行改良, 选育出密纹的“黑丝金柚木类型”。

(3) 近期着重于抗病、抗旱适应性状的改良, 长期则以耐酸性土壤和抗寒性为改良方向, 以适应于在南亚热带广大山区的栽培。

### 4 改良的策略与程序

#### 4.1 改良策略

根据改良目标及我国具体情况, 可采取如下策略。

4.1.1 全面规划, 制订长期系统的改良方案 依气候、土壤及改良目标的要求, 划为

3个柚木改良栽培区(台湾省另外):

I区: 海南省和云南省的红河自治州及西双版纳地区。该区属热带季风与热带季雨林气候带, 水热资源丰富, 以速生丰产及“黑丝金柚木类型”为改良目标; 可建立面积达2万公顷以上的商品材基地。

II区: 同安、广州、南宁、元江、保山、盈江一线以南、I区以北。气候可以满足柚木生长要求, 但土壤较贫瘠、粘重且pH值较低, 宜以改良耐酸、耐瘠薄土壤的品系为主, 但需要较长时间。目前仅可择土层深厚、肥沃、 $\text{pH} \geq 5.7$ 的局部地块作少量栽培。

III区: 福州、平远、百色及四川渡口等局部地区以南、II区以北。虽有柚木零星种植, 但苗木、幼树常受寒害, 有待育出抗寒品系, 才可扩大栽培。

#### 4.1.2 建立各种林木群体

(1) 种质资源保存: 我国无柚木天然林, 为使遗传改良进程始终具有广泛的遗传基础, 必须做好两项工作: 一是继续从原产地(特别是印度分布区)广泛收集基因资源加以长期保存; 二是对现有优良种源作较大面积(5 ha以上)的隔离保存, 可同时作良种生产基地。

(2) 育种群体: 它上接种质资源保存群体输入的基因资源, 经过基因频率的调整与基因的重组, 向下输出经过遗传改良的繁殖材料, 是改良方案的核心。1973~1989年, 已建立种源/家系、子代测定等林分63.7 ha, 但远未能满足长期改良的需要。

(3) 繁殖群体与生产群体: 包括生产性种子园、采穗圃和人工林分, 前两者是当前的薄弱环节。

4.1.3 加强柚木改良的国际联系、合作和技术交流, 通过多种途径收集柚木基因资源。

4.1.4 采取多途径多层次的改良方法 利用地理区系/种源/家系的遗传差异, 在种源选择的基础上进行多家系的群体改良; 重视配合力(一般的与特殊的)的测定; 重视有性育种与无性系育种相结合的改良方向。

## 4.2 改良的程序

总结以往经验, 提出如下改良程序。

4.2.1 种源/家系试验 一是从原产地(特别是印度和缅甸)引入更多的种源/家系继续试验; 其次是对已评选出来的优良种源作如下途径的进一步改良。

(1) 回到种源原产地作单株选择采种(通过国际合作途径), 作多家系(400个以上)的群体改良; 并作优良种源的隔离保存与优良种源的种子生产基地。

(2) 在种源试验林内对优良种源汰劣后作采穗嫁接(注意选择树冠上部枝条), 建立无性系种子园, 无性系数量要求达300个以上(可分年度建立), 不同种源的无性系种子园要彼此隔离。并以子代测定结果为依据进行疏伐或新建1.5代种子园。

(3) 在最优种源、家系中选择单株(300株以上), 无性系化后直接进入增殖圃, 营造无性林分的同时作无性系测定, 择优增殖, 营造高产无性系林分。

4.2.2 特殊配合力测定 亲本要经过种源/家系与单株选择; 因生长好的种源与单株, 多在15年生以上(少数达27年)才开始结实, 故选择15年生以上开始结实的立木, 采用嫁接无性系建立测交圃。并按分布地理区与遗传距离分组, 组间交配。其中的优良种源与家系可作为核心交配群体。因自交不孕率很高, 测交工作可考虑不用去雄, 直接用机械喷射花粉悬浮液进行授粉。根据测定结果, ①建立双系或多系(嫁接的)种子园, 生产具高特殊配合力的种子;

②对全同胞子代进行选择，生产具特殊配合力的高产无性系苗木(图 4)。

4.2.3 适应性状改良 对适应性状(如抗旱、抗寒、抗病及耐酸性土壤等)的改良，则与生长性状的改良途径并行，只在评价指标与方法上有别。同时辅以试验室的分析、测定。对于适于干旱地带与裸露山脊的汉弥顿柚木(*T. hamiltoniana*)、菲律宾柚木(*T. philippinensis*)资源给予充分注意，采取种间杂交，列入种源、家系间分组(群)交配的改良途径。

4.2.4 “黑丝金柚木”的改良 在种源/家系选择的基础上选择黑丝纹理密度高的个体，主要通过无性系育种的途径进行。

4.2.5 多世代改良程序 对多世代改良程序中的每一代育种群体，都要从遗传保存群体中(主要为天然林)不断补充新的基因资源，并同时从生产群体中选出新的遗传变异返回基因库。1973~1988年，已完成第一代育种群体的改良，遗传增益估计为15%~25%，1988年以后进入第二世代的改良，预计遗传增益可达25%~35%。

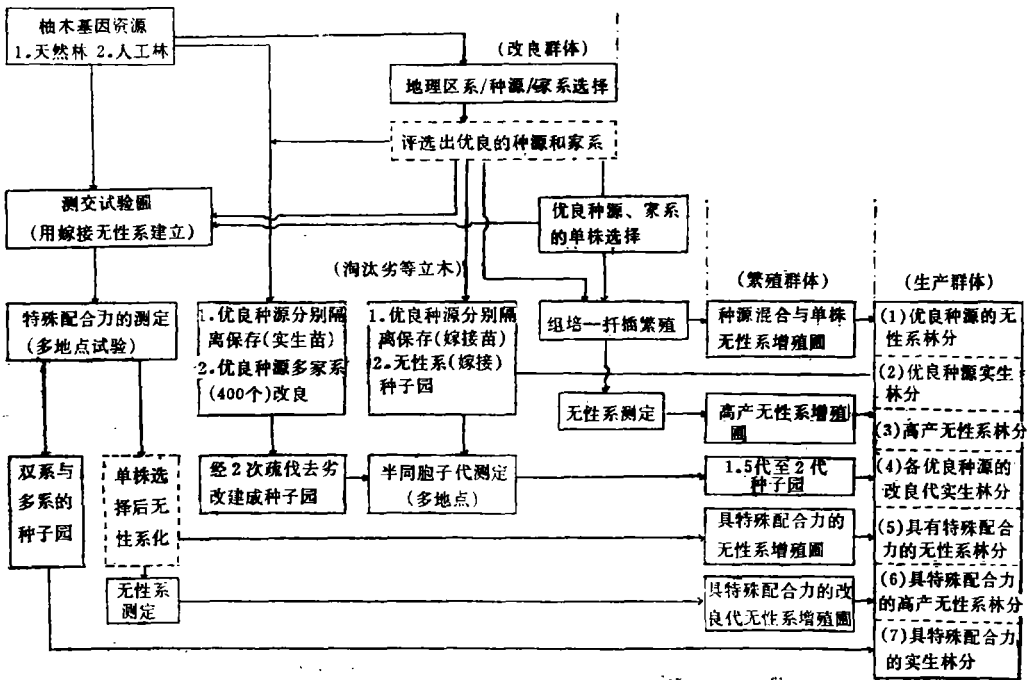


图 4 柚木的遗传改良程序

## 参 考 文 献

- [1] 杨民权, 1986, 我国柚木引种及其发展前景, 热带林业科技, (4), 15~21.
- [2] Rgookiti Toda, 1974, *Forest Tree Breeding in the World*.
- [3] Keiding, H., 1977, Five-year progress report on international provenance trial of teak (*Tectona grandis* L. f.), *Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Tree*, 761~783.
- [4] Hedegart, T., 1976, Breeding systems variation and genetic improvement of teak (*Tectona grandis* L. f.), *Tropical Trees Variation, Breeding and Conservation*, 1976, 109~121.
- [5] Keiding, H. et al., 1986, Evaluation of an international series of teak provenance trials. DANIDA Forest Seed Centre.
- [6] Wellendorf, H. et al., 1988, Teak improvement strategy in Thailand, *Forest Tree Improvement*, 21.

*Genetic Improvement of Teak (Tectona grandis) in China*

Kuang Bingchao    Zheng Shuzhen

(The Research Institute of Tropical Forestry CAF)

**Abstract** This paper describes the distribution characteristics of teak germplasm in China and their genetic variation. A strategy and the way for teak improvement are also put forward in this paper.

Teak has been cultivated in China for more than 100 years. The genetic resources distributed in 46 counties/cities of 7 southern provinces. The growth appearance is very close to that in the natural distribution areas of India, Burma and other countries. Satisfactory results on teak improvement have been obtained since we started systematic teak breeding and improvement programme in China. The benefits from both the provenance selection and the clones of superior provenances overpassed the estimation of the original improvement plan. A strategy and the way for teak improvement were worked out according to the past improvement experiences, the characteristics of China's teak germplasmic distribution, and other related situations.

**Key words** teak; genetic improvement; strategy