林业科学研究 2003, 16(6): 768~773
*Forest Research*

文章编号: 1001-1498(2003)06-0768-06

# 我国柚木的研究与发展

马华明, 梁坤南, 周再知
(中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要: 国内在柚木的引种、育苗、造林和遗传改良等方面进行了40多年的探索与研究, 并在建立种质资源收集圃、繁殖和栽培实用技术等方面取得了很大成就, 本文主要从引种驯化与遗传改良研究、柚木的人工栽培区划、种子处理、育苗和苗木贮藏、速生丰产栽培和经济技术等方面进行了综述, 并提出了今后的研究方向, 诸如林分结构功能、抗性机理、扦插无性繁殖技术、木材材质及利用率等。

关键词: 柚木; 引种; 遗传改良; 栽培; 繁殖
中图分类号: S792.159 文献标识码: A

柚木(*Tectona grandis* L.f.)属马鞭草科柚木属半落叶性大乔木, 高可达35~45 m, 直径0.9~2.5 m, 兼具生长迅速、纹理美观、耐腐抗虫和易于加工等优良特性, 在国际上被誉为最重要的热带用材树种之一, 与松类、桉类、杨类并列为世界上针阔树种人工林中栽培最普遍的树种之一。它用途广, 可制造高级家具、单板、胶合板; 用于造船、车辆、枕木、电杆; 仪器箱盒, 钢琴及风琴外壳等[1~3]。由于我国无天然柚木林, 20世纪60年代初中国林科院热带林业研究所(以下简称"热林所")在收集国内资源的基础上, 陆续进行柚木引种造林技术研究, 20世纪70年代初开展了柚木遗传改良的系统研究, 随后柚木研究相继被列入"六五"国家攻关项目、"八五"林业部重点课题、"九五"和"十五"国家攻关项目、国家林业局推广项目、国家"948"引进项目以及天然林保护工程科技支撑项目。至今, 国内在柚木的采种、育苗、造林和遗传改良等方面进行了40多年的探索与研究, 并取得了可喜的进展, 建立了种质资源收集圃, 研究和发展了繁殖和栽培实用技术, 其中"柚木栽培技术"、"柚木良种选育及配套技术"和"柚木无性系组培快繁与栽培技术"等多项成果已得到推广应用。然而, 较之国内外的主要用材树种, 柚木的研究起步较晚, 许多基础理论, 诸如林分结构和功能等研究尚未开展, 从而限制了柚木种植业的进一步发展。本文旨在综述近10多年来国内柚木研究的现状、重点与进展, 提出这一领域的研究和发展趋势。

## 1 柚木资源概况

就原产地而言, 柚木分布于南自8°45′S的爪哇岛、北至25°33′N的印度中部偏东北地区和缅甸北部800 m以下的低山丘陵及平原地带。目前, 世界柚木天然林面积约2 793万 $hm^2$, 其中缅甸约占60.5%, 其次为印度达31.2%。自1850年柚木在热带地区作为人工林种植, 其人工栽培范

收稿日期: 2003-03-25
基金项目: "十五"国家攻关子专题"柚木良种选育与高效栽培技术研究(2002BA515B0203)"
作者简介: 马华明(1977—), 男, 福建连城人, 研究实习员, 硕士.

围已扩大到东西非洲、中南美洲和澳洲的 57 个国家, 总面积达 161 万 $hm^2$, 其中以印度尼西亚人工林面积最大, 达 67.6 万 $hm^2$, 占世界柚木人工林面积的 42.3%[3]。在地理纬度上, 已远超过 25°33′ N 的原产分布北缘, 达到喜马拉雅山麓和巴基斯坦 32° N 左右的拉合尔一带[1]。

我国早在 1820 年就引种于云南边境寺庙作庭园绿化[3]。台湾于 1900 年在高雄等地试种, 广东、广西、海南引种也有 70 多年, 福建、湖南、江西、浙江等地已有少量引种[1]。目前我国柚木种植范围遍及 18°~ 26°35′ N、97°~ 122° E 的 7 个省(区) 100 多个县(市)[1], 其中台湾面积最大, 约 1.1 万 $hm^2$[3], 但我国无柚木天然林分布, 人工林多为 20 世纪 60 年代营造, 且大多数已砍伐, 目前保存的人工林多为萌芽更新的幼林。

柚木传统出口国的泰国、印度、印度尼西亚自 20 世纪 80 年代以来, 已相继停止了柚木原木出口。缅甸是目前仅有的柚木原木出口国, 从 1984—1988 年, 平均每年出口原木约 20 多万 $m^3$, 锯材与单板 13 万多 $m^3$。但 1989—1990 年已急剧下降, 原木出口只有 5 万 $m^3$, 锯材与单板合计仅为 9 000 $m^3$, 1995 年后原木出口量略有上升。据预测[4], 柚木的国际市场很大, 本世纪初期, 国际柚木原木与锯材市场容量约为 500 万~ 1 000 万 $m^3$, 而目前市场占有量仅约 5 万 $m^3$, 2010 年中国木材消费量(不含薪材) 为 3.6 亿 $m^3$, 而国内供应量仅为 1.8 亿 $m^3$, 缺口达 50%, 若以柚木材消费量占木材总消费量的 2% 计算, 则柚木材市场容量可达 0.07 亿 $m^3$, 而目前的市场供应量远远满足不了这个需求。

## 2　研究现状

### 2.1　引种驯化与遗传改良研究

早期引种历史应追溯到 19 世纪初期, 华侨从柚木原产国把种子、苗木带回祖国种植, 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[5]。20 世纪 70 年代初, 开始了系统的国内外柚木基因资源的清查、收集和保存; 80 年代, 热林所[6~8]报道过柚木选择育种、子代测定和种子园的研究结果, 1989 年已选出一批优良种源及其无性系; 90 年代初, 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[9], 并进行了柚木抗病、抗旱、抗风优良性状的改良与筛选, 为扩大柚木的栽培范围奠定基础。期间, 邝炳朝等[10]报道了柚木种源抗风与抗锈病选择育种的研究结果, 而在柚木抗旱育种方面, 郑淑珍等[11]认为, 叶片与叶柄的主要形态及解剖性状在种源间存在显著差异, 柚木叶片厚度、大小及其比值、叶背的角质化鳞状细胞层和叶柄维管束数量及其构造可作为抗旱育种与早期预测的指标, 该研究成果对抗旱育种具有重要的指导意义; 20 世纪 90 年代后期我国的柚木栽培区域已遍及热带和南亚热带, 引种成功的有南方 7 个省(区) 的 70 多个县(市)。同期, 潘一峰等[12]开展了柚木无性系耐酸性和耐铝(Al) 毒性的测定工作, 分别在酸性(pH5.5~6.0) 与强酸性(pH4.0~ 4.5)、低浓度 Al 与高浓度 Al 的条件下选出 17 个耐酸、6 个耐 Al 的无性系, 并由此引发了选育耐酸性土壤的基因型和土壤改良的研究, 以适应南亚热带广大山区的栽培; 截至 2001 年, 已完成对引入我国的柚木基因资源的全面普查, 查清了 100 多年来柚木在我国的引种分布及其来源, 收集和保存了几乎所有分布国家的柚木 102 个种源, 245 个家系和 372 个无性系, 在海南、广西、广东、云南等地营造了各种试验林和基因库、种子园等 68 个, 为各地区选出速生、抗性强和材质优良的种源 67 个、家系 89 个及无性系 98 个, 其中 4 个种源、19 个无性系兼具有抗病、抗旱、抗风和速生等多种优良性状[3,13], 为发展柚木生产打下良好基础。

**2.2** 柚木人工栽培区划的初探

柚木引种工作开展后,杨民权[5]从引种的角度,根据柚木的生态特性及我国热带地区自然地理特征的差异,将我国柚木引种区分为二个区域:1. 最适引种区为海南、云南南部和台湾一带不连续的低山、丘陵和台地平原。2. 引种试种区为保山、元江、河口、夏石、南宁、梧州、郁南、广州和同安一线以南,这是对我国柚木栽培的最早区划。随着我国柚木引种驯化工作的发展,柚木引种已超出原产地的最北界(25°33′ N),在福州(26°05′ N)和四川的渡口(26°35′ N)成年大树也可越冬。邝炳朝[9]认为,可以依气候、土壤及改良目标的要求,划为3个柚木改良栽培区(台湾省除外):Ⅰ区为海南省和云南省的红河自治州及西双版纳地区,该区可发展速生丰产及"黑丝金柚木类型"的商品材;Ⅱ区为同安、广州、南宁、元江、保山、盈江一线以南、Ⅰ区以北,宜以经改良的耐酸、耐瘠薄土壤的品系为主,可在土层深厚、肥沃、pH值≥5.7的局部地块作少量栽培;Ⅲ区为福州、平远、百色及四川的渡口等局部地区以南、Ⅱ区以北,该区虽有柚木零星种植,但苗木、幼树常受寒害,有待育出抗寒品系,才可扩大栽培。这对今后柚木栽植与发展具有很好的指导意义。

**2.3** 种子处理、育苗和苗木贮藏技术的研究

由于柚木种子种核骨质,富含单宁,被有毡状绒毛,不易透气,发芽比较困难,传统育苗方法发芽率低(只有5%)且往往持续数月,因而,对柚木种子的催芽技术的探讨成为整个育苗技术的研究重点。早在1942年,就有人试验促进柚木种实的萌发[14]。在我国,先后曾研究或在生产上使用过的预处理方法很多,如白蚁窝中埋藏法、铺于稻草层上烧烤法、火焰枪烧焦法、池水浸泡后交替干湿法、溪水浸泡法、林地坑内层积法、石灰浆浸后去皮法、交替浸晒法、硫酸处理法、γ射线法等[15,16],其中较为常用的是石灰浆浸后去皮法和浸晒法,但这些方法繁琐,且效果不佳。1985年后,宋学之等[17]开始了较系统的种实萌发生理的研究,认为柚木种实萌发困难的主要原因在于中果皮和内果皮存在巨大的机械束缚力,因而要求高温、变温及良好的通气状况三项主要萌发条件,并提出了砂床露播的催芽技术[18]。近年来,刘文明等[19]研究认为,赤霉素能提高柚木种实发芽率(80%以上),且操作简便,目前已广泛用于生产实践中。

在柚木育苗上,近年来作者尝试添加沸石和接种VA菌根,效果较好,不失为培育壮苗的新方法。通过试验发现,添加沸石能显著提高苗木生长量,苗高生长量是不添加沸石的2倍;苗木接种VA菌根也能使苗高、地径、根长和生物量极显著地增加,菌种接种的最好的苗高和地径生长量是不接种的4.1倍和4.3倍,接种效果好。

在造林前提前起苗进行贮藏,很早就为温带林业较先进的国家所常用。20世纪70年代初研究的柚木小棒槌苗造林前贮藏的技术对泰国的林业生产发展起了很大的作用。20世纪80年代初邝炳朝[20]引进并加强了小棒槌苗培育和贮藏技术,达到了小棒槌苗贮藏19个月、造林成活率达75%~90%的效果[3],解决了"抢雨造林"与"突击起苗"的劳力矛盾及纬度较高地区柚木苗的越冬防寒问题,为柚木在我国热带、亚热带地区的推广和发展提供了更为有利的条件。目前,包括柚木种子处理、育苗、苗木贮藏等技术已达到国际同类研究水平。

**2.4** 速生丰产栽培和经营技术的研究

作为珍贵阔叶用材树种,它的造林技术在很多文献中均有叙述[1,3]。20世纪60年代开始,面对国际柚木资源锐减,国内资源缺乏,热林所进行了柚木栽培技术的研究[15],并根据树种生态、生物学特性及与立地条件的关系,提出了一套较为实用规范的栽培技术。20多年来,

柚木的栽培技术, 包括种子处理、苗木培育、林地选择、造林措施、营林模式等已较为成熟, 基本可以适应生产发展的需要, 但在林分结构和功能方面研究尚有欠缺。在生产中, 一些生产单位结合自已的实际, 对柚木造林技术作了进一步充实与发展, 段其武等[21]提出了"柚木+ 菠萝→柚木+ 绿肥"的混农林模式, 这种模式较早见于东南亚及非洲一些国家, 实践效果较好。此外, 陶国祥[22]编制了柚木人工林地位指数表, 为预测林木生长、评定立地质量、检验经营效果提供了科学依据。

值得一提的是, 酸性土壤条件下的平衡施肥问题一直是困扰我国柚木速生丰产的技术瓶颈之一。近年来, 作者开展了多点的大田柚木施肥试验, 以 N、P、K 为主要施肥因素, 加施沸石和石灰, 发现施 P 越多的处理树高生长和胸径生长越好, 高 P 水平树高生长和胸径生长分别是低P 水平的 2.5 倍和 5.2 倍, 而N、K、Ca 水平间差异不显著; 是否施用沸石, 生长差异亦显著, 即施用沸石, 能显著提高柚木树高生长量。此试验结果为合理施肥提供了可靠的依据。

**2.5**　柚木组培快繁技术的研究

柚木种子萌发率极低, 而生产柚木种子的种子生产区和无性系种子园产种量也很有限, 为了满足种植计划的需要, 组织培养技术开始应用于优良种植材料的大量生产。1980 年, 柚木的组织培养在印度用于商业化生产[23]。同年, 印尼 Noerhadi 等[24]也报道了柚木的组织培养工作。1987 年在泰国, 柚木组织培养成功地用于优良母树的商业化生产[25]。在国内, 柚木组织培养研究工作进展迟缓, 20 世纪 80 年代始, 热林所[26, 27]率先开展了这方面的研究工作, 但在随后的若干年, 由于种种原因, 该项目研究曾一度中断。1997 年才被重新列入国家"九五"攻关项目, 并取得了显著成果, 此成果较为系统地研究了柚木无性系组培的外植体消毒、丛芽诱导与增殖培养、苗圃移植与管理技术, 初步形成了适合规模化生产的成熟的组培快繁工艺技术[28, 29]。目前热林所研究的整套柚木组织培养技术已在生产中推广应用。

**2.6**　木材的研究

对柚木木材研究的报道, 仅散见于有关专著[30,31]及汇编[32]。1994 年蔡则谟[33]就柚木的木材性质作了较为详实的阐述, 研究了国产(海南) 柚木木材比重及纤维长度的某些特性及测定标准物理力学性质, 讨论了影响纤维长度轴向变异的主要因素, 提出了标准物理力学性质。在活立木材积计算上, 陶国祥[34]编制了柚木人工林二元材积表, 提出了柚木材积回归模型: $V = 0.000\,089\,72\ D^{2.303\,794\,47}\ H^{0.308\,753\,609}$, 将之应用于估算柚木林蓄积量, 可为生产单位和种植户经营柚木提供方便。

## 3　柚木研究与发展的几点思考

(1) 栽培技术的深化研究　酸性土壤( pH< 4.0) 会限制柚木的生长[35], 但 pH 值是影响柚木生长的直接原因还是间接原因, 其作用机理何在, 国内外一直未见报道, 这是今后柚木栽培亟待解决的重要问题, 否则将影响柚木的扩大栽培和推广, 因为我国南方地区多为酸性土壤, 施石灰只能解决短期生长的问题。

柚木要求较好的土壤肥力条件, 是"高投入高产出"的树种之一, 如何做到高效施肥是个关键问题。长期以来, 尚未在施肥技术方面开展系统的研究, 因此, 酸性土壤栽培技术, 尤其是施肥技术的研究, 也是今后研究的重点之一。

柚木地下部分包括根系生长规律、地下部分与地上部分的相关性以及土壤养分、微生物和

酶活性状况等诸多方面, 目前研究甚少, 有待加强。地下部分的系统研究, 可为合理利用土壤, 科学造林提供依据。

此外, 在印度已经有柚木人工林出现地力衰退的现象[36], 而营造混交林具有更好的经济、社会和生态效益。目前, 除了少数学者进行了柚木农林复合经营模式尝试外, 柚木混交林的探讨甚少, 今后将着重于柚木伴生树种的选择、林分结构与功能以及柚木立体种植配套技术的研究。

(2) 柚木抗性的研究　抗性研究包括抗病、抗旱、抗风、耐酸性土壤和抗寒方面的研究, 提高抗性是柚木适应我国南亚热带广大山区栽培的必然要求; 而解决这些问题, 主要有两种方式: 通过遗传改良, 选择出具有较高抗性的种源, 这在前期的研究工作已取得一定进展, 但尚需深入进行选优及子代测定; 作为更长期的目标, 可以考虑进行抗性生理机理的研究, 寻求提高柚木抗性的人工措施。

(3) 无性繁殖技术的研究　组培技术已经突破, 但比组培更廉价更实用的扦插技术在泰国比较成功, 使用较多, 国内却未见报道。今后应加速扦插技术的研究, 从而便于柚木的推广和发展。

(4) 加强种质资源保存　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, 乃柚木地理种源中心[37]) 引进较多的基因资源并加以长期保存; 二是对现有优良种源作较大面积(5 $hm^2$ 以上) 的隔离保存, 同时可作良种生产基地, 加速良种生产。

(5) 木材材质及利用率　柚木国内外市场紧俏, 供不应求。在此形势下, 势必面临着产业化问题, 这就要求做好柚木生产区划, 同时加强提高柚木木材品质及利用率的新技术、新方法的研究。

参考文献:

[1] 陈存及, 陈伙法. 阔叶树种栽培[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000. 315
[2] 刘鹏, 杨家驹, 卢鸿俊. 东南亚热带木材[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 280
[3] 周铁锋. 中国热带主要经济树木栽培技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001. 288~ 291
[4] 张轲. 植树造林成了招商好题材[N]. 市场报, 2002-07-29(7)
[5] 杨民权. 我国柚木引种及其发展前景[J]. 热带林业科技, 1986(4): 15~ 21
[6] 邝炳朝. 柚木地理种源抗风试验及抗风选择育种[J]. 热带林业科技, 1981(2): 1~ 8
[7] 白嘉雨, 聂淑兰. 柚木子代鉴定的研究[J]. 热带林业科技, 1983(3): 34~ 40
[8] 吴坤明, 罗明雄. 柚木种子园工作初报[J]. 热带林业科技, 1983(3): 40~ 47
[9] 邝炳朝, 郑淑珍. 我国柚木的遗传改良[J]. 林业科学研究, 1991, 4(2): 139~ 146
[10] 邝炳朝, 郑淑珍. 抗锈病 3070、3072 柚木种源的选择[J]. 林业科学研究, 1992, 5(3): 290~ 297
[11] 郑淑珍, 邝炳朝. 柚木种源抗旱性形态及解剖的研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(2): 124~ 130
[12] 潘一峰, 邝炳朝, 刘文明. 柚木无性系耐酸性和耐铝(Al) 毒性的测定[J]. 林业科学研究, 1999, 12(2): 152~ 159
[13] 李运兴, 吕广阳. 柚木家系试验[J]. 广西林业科学, 2001, 30(1): 50~ 52
[14] Banerjee H P. An attempt on quick germination of *Tectona grandis*[J]. Ind Jour of For, 1942, 63: 240~ 244
[15] 李炎香. 柚木的造林技术[J]. 热带林业科技, 1985(2): 1~ 9
[16] 吴菊英. 柚木苗木与育苗技术[J]. 热带林业科技, 1986(1): 14~ 21
[17] 宋学之, 刘文明, 邱坚锋. 柚木种实萌发生理的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(5): 471~ 478
[18] 宋学之, 刘文明, 邱坚锋. 柚木种实预处理及催芽技术的研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(6): 616~ 621

[19] 刘文明, 梁坤南, 潘一峰. 赤霉素对柚木种实发芽率的影响[J]. 林业科学研究, 2001, 14(1): 41~ 46
[20] 邝炳朝. 柚木小棒槌苗的贮藏技术和造林效果[J]. 热带林业科技, 1986 (4): 53~ 57
[21] 段其武, 刘宏茂. 菠萝、柚木间种模式经济效益分析[J]. 云南林业科技, 1994(1): 52~ 53, 66
[22] 陶国祥. 柚木人工林地位指数表的编制[J]. 云南林业调查规划设计, 1997, 84(4): 27~ 31
[23] Gupta P K, Mascarenhas A L, Jagannaihan V. Tissue culture of forest trees, clonal multiplication of *Tectona grandis* L.f. by tissue culture[J]. Plant Sci Lett, 1980, 17: 259~ 268
[24] Noerhadi E, Wirjodarmodjo. Vegetative propagation of *Tectona grandis* and *Pinus merkusii* using tissue culture [J]. Duta Ramba Inst of Technology, Bandung Indonesia, 1980, 6(42): 167~ 172
[25] Knosaard A, Apavatjrut P, Paralasilpin T. Teak tissue culture[A]. In: Knosaard A, Proceeding of his majesty's fifth cyle commemorative conference of USAID science research[C]. Bangkok: Science Publication, 1987. 201~ 206
[26] 王宝生, 曹月华, 黄良胜. 柚木茎尖的培养[J]. 植物学报, 1980, 22(2): 200~ 201
[27] 曹月华. 柚木培养中诱导生根和移栽成活率的研究[J]. 热带林业科技, 1981, 23(6): 434~ 440
[28] 国家林业局科学技术司编. "九五"国家重点科技攻关林业项目重大成果汇编(工业用材林)[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001
[29] 裘珍飞, 曾炳山, 刘英. 柚木组培苗移植技术研究[J]. 广东林业科技, 2001, 17(4): 1~ 5
[30] 成俊拜, 李　, 孙成志, 等. 中国热带及亚热带木材[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 502~ 503
[31] 唐耀. 云南热带材及亚热带材[M]. 北京: 科学出版社, 1973. 241~ 243
[32] 中国林业科学院木材工业研究所主编. 中国重要树种的木材物理力学性质[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982. 76
[33] 蔡则谟. 海南岛柚木的木材性质[J]. 林业科学研究, 1994, 7(6): 548~ 555
[34] 陶国祥. 柚木人工林地位指数表的编制[J]. 云南林业调查规划设计, 1997, 83(1): 7~ 10
[35] Kaosaard A. Teak (*Tectona grandis* L. f.) ——its natural distribution and related factors[J]. Natural History Bulletin of The Siam Society, 1981, 19: 55~ 74
[36] 陈代喜, 莫泽莲. 人工林地力衰退研究进展[J]. 广西林业科学, 2000, 29(3): 115~ 118, 121
[37] Hedegart T. Breeding systems variation and genetic improvement of teak (*Tectona grandis* L. f.) [J]. Tropical Trees Variation, Breeding and Conservation, 1976, 21: 109~ 121

# Research and Development of Teak in China

*MA Hua-ming*, *LIANG Kun-nan*, *ZHOU Zai-zhi*
(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong China)

**Abstract**: For forty years, the systematic study of teak(*Tectona grandis*) had been conducted in China, and the research on seed orchard, introduction, seeding raising, propagation, silviculture and genetic improvement for teak was fruitful and successful. In the paper, a overview of teak research during recent years on introduction and domestication, culture regionalization, seed treatment, seeding raising and seeding store, silviculture in China was summarized. The developmental prospect and research direction of teak in China were presented, which refered to further research on stand structure and function, resistance mechanism, cutting technique, wood properties and utilization percent, etc.

**Key words**: *Tectona grandis*; introduction; genetic improvement; silviculture; propagation