

文章编号: 1001-1498(2001)06-0587-08

# 华南地区桉树可持续遗传改良与育种策略

徐建民, 白嘉雨, 陆钊华

(中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

**摘要:** 从华南地区发展桉树工业纤维用材林对高产、优质、抗逆新品种需求的迫切性出发, 分析了桉树引种成功之后遗传改良现状和存在问题, 提出要实现华南桉树人工林可持续经营, 必须建立和完善桉树长期可持续遗传改良体系, 坚持以多世代群体遗传改良为基础, 种间杂交无性转化利用为突破, 加快育种增益转化为生产力的育种思路; 强调新世纪桉树育种要重视常规育种与分子遗传研究相衔接, 通过群体、个体、细胞和分子多层次多育种方式的相互交叉, 充分利用各层次的遗传变异, 提高育种效率。

**关键词:** 桉树; 育种策略; 可持续改良; 纸浆用材林; 华南地区

**中图分类号:** S722.3

**文献标识码:** A

桉树属(*Eucalyptus* L' Herit.) 属桃金娘科(Myrtaceae), 在世界热带、亚热带地区广泛引种栽培, 目前桉树人工林面积超过 1 000 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。我国桉树栽培面积为 154.7 万  $\text{hm}^2$ , 仅广东省已达 43.3 万  $\text{hm}^2$ , 但人工林产量依然较低, 仅为  $9\sim 12 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。80 年代后, 我国与澳大利亚国际农业研究中心合作开展了多期有关桉树的引种与栽培研究项目, 使我国桉树引种和遗传改良工作进入了一个新时期, 并获得了全面系统的引种成果。从国外新引进了 100 多个桉属树种, 557 个种源, 3 380 个家系, 引种试验区覆盖了我国南方的亚热带和热带地区, 主要省(区)有浙江、云南、四川、广西、广东、福建和海南等。从中选出了尾叶桉(*E. urophylla* S. T. Blake)、细叶桉(*E. tereticornis* Smith)、巨桉(*E. grandis* W. Hill ex Maiden)、亮果桉(*E. niten* Maiden) 和史密斯桉(*E. smithii* R. Baker) 等优良树种<sup>[2~6]</sup>, 这些优良的树种、种源和家系来源清楚, 且具有宽广的遗传基础, 是我国桉树遗传育种的基石。

华南桉树育种工作起步之初, 有关育种工作存在的问题, 白嘉雨先生等进行过深入的调查和分析, 提出了制定桉树育种策略和育种计划的重要性<sup>[7]</sup>。近 10 a, 随着对桉树有性和无性两个方面选育工作的深入和对新树种遗传规律的进一步了解, 同时国外在桉树系统发育和分类研究方面已取得较大进展, 许多分类群相继发表, 发现了大量新种和提出了桉树遗传多样性的变异模式<sup>[8~10]</sup>。这些研究已对桉树遗传学、育种与改良、基因资源保存和引种驯化等理论研究和生产实践产生了广泛而深远的影响。

当前桉树改良育种存在只关注个体改良忽视群体改良的倾向, 致使大量引进的种质资源正在消失, 后续育种工作面临育种资源短缺的危机。新世纪华南地区桉树可持续遗传改良应怎样开展? 特别是面对该地区立地、气候特点和人工林生产力下降、地力衰退严重的现实, (1) 采取何种有效的遗传改良策略, 才能兼顾育种增益和维持遗传多样性, 实现可持续育种? (2) 通过何种选育途径, 在种源、家系和个体多层次上建立桉树高效有性育种和无性系选育两大体系?

收稿日期: 2001-03-22

基金项目: FRDPP 项目“桉树速生丰产林培育技术的研究与推广”; “九五”项目“桉树纸浆材树种良种选育及栽培研究”

作者简介: 徐建民(1964-), 男, 云南禄丰人, 副研究员, 在职博士研究生

(3) 如何处理常规育种与分子遗传工程的关系? 这些问题是许多林业同行和生产单位所关注的。本文就此提出一些想法和思路, 供同行们参考。

## 1 Hill & Johnson 新的桉树分类系统对引种和遗传改良的影响

掌握和熟悉桉树分类系统, 在理论上有助于理解桉树属的生物系统学, 在实践上可以指导桉树引种和驯化、遗传育种和林木改良。1971年, Pryor & Johnson 发表的桉树分类系统, 人们称之为 Pryor & Johnson 分类系统, 桉树属被划分为 7 个亚属 19 个组和若干个系或亚系, 包括 529 个分类群<sup>[11]</sup>。1981年, Pryor & Johnson 提出了桉树复合属的广义概念, 并用图解形式表现属内系统发生的亲缘关系, 而狭义的桉树属 (*Eucalyptus* s. str. suballiance) 则只限于单期盖亚属 (*Monocalyp tus*)。

新的 Hill & Johnson 桉树分类系统, 将桉树正式划分为 3 个属, 即杯果木属 (*Angophora* Car.)、伞房属 (*Corymbia* K. D. Hill & L. A. Johnson) 和桉树属 (*Eucalyptus* L. Herit.)。从系统发生和亲缘关系划分为 2 个进化系, 即杯果木属进化系 (*Angophora* clade) 和桉树属进化系 (*Eucalyptus* clade), 前者包括杯果木属和伞房属, 后者只包括桉树属。新的 Hill & Johnson 分类系统, 是把 1981年 Pryor & Johnson 提出了桉树复合属概念进一步具体化, 将旧系统中的伞房亚属提升为属, 并将布莱克亚属 (*Balakella* Pryor & Johnson) 作为组归并到伞房属。从广义讲, 桉树泛指杯果木属、伞房属和桉树属的树种, 包括截至 1998 年底得到承认的桉树 808 个种和 137 个亚种或变种, 共计 945 个分类群。与以前的概念相比, 现在的桉树属只包括杯果木属和伞房属之外的桉树, 仍然划分为 7 个亚属, 其中新拟小帽桉亚属 (*Nothocalyp tus*) 和赤道桉亚属 (*Telocalyp tus*)<sup>[12]</sup>。

新的 Hill & Johnson 分类系统的建立和发表, 由于属与亚属、种与亚种分类系统与位置的变化以及新种的划分, 将对华南地区引种、基因资源保存和遗传改良产生影响。涉及树种有:

柠檬桉 [*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson]、斑皮桉 [*Corymbia maculata* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson] 和托里桉 [*Corymbia torelliana* (F. Muell.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson] 是早期华南桉树人工林引种栽培的主要树种。因属的变更而重新命名。

尾叶桉 (*E. urophylla* S. T. Blake) 自 80 年代在华南地区开展种源/家系试验以来, 已成为这一地区的主要栽培树种。1995 年 Pryor 等在群体变异研究基础上命名出高山尾叶桉 (*E. orophila* Pryor) 和维塔尾叶桉 (*E. wetarensis* Pryor) 2 个新种, 尾叶桉自然分布区限于小翼他群岛中的 6 个岛屿, 垂直分布在 300 ~ 1100 m。高山尾叶桉主要分布在帝汶岛, 垂直分布在 2200 m 以上。维塔尾叶桉分布在维塔岛, 垂直分布 250 ~ 1900 m, 叶形为窄披针形, 基部开角小, 方径。维塔尾叶桉和高山尾叶桉是 90 年代初引进我国并开展了种源/家系试验, 这两个尾叶桉近缘种对华南地区桉树遗传改良具有重要意义。

赤桉包括赤桉 (*E. camaldulensis* Dehnh. var. *camaldulensis*) 和钝盖赤桉 (*E. camaldulensis* Dehnh. var. *obtusata* Blakely) 两个变种, 即在蒴盖形态上具有区别的南北两个种源, 赤桉在澳大利亚是分布最广的桉树, 水平分布 123° ~ 38° S, 114° ~ 152° E, 垂直分布在 20 ~ 700 m, 除塔斯马尼亚外, 其它州均有分布。大量研究发现和报道昆士兰北部存在赤桉与其近缘种细叶桉 (*E. tereticornis* Smith.) 的天然杂种群<sup>[13]</sup>, 蒴盖形态介于两种之间, 现在作为亚种命名为昆北赤桉 (*E. camaldulensis* Dehnh. subsp. *simuata* Brooker & Kleining), 包括速生和干形良好的 Pertford, Laura, Kennedy River<sup>[14]</sup>。这些种源的家系基因资源在 1986 年由中国林科院热林所引入海南、广东等地, 其生长表现在产量上略低于尾叶桉, 但抗风抗病能力优于尾叶桉, 且干形通直, 耐干旱耐瘠薄, 是改良尾叶桉抗风抗病能力, 培育尾赤桉杂交新品种难得的育种材料。

## 2 当前遗传改良方向和急需解决的育种问题

制约桉树人工林产量提高的因素较多, 良种缺乏和良种更新换代的滞后是最主要的原因。两广和海南有较长的桉树栽培历史, 长期多代经营桉树人工林, 其林地土壤有机质含量和 P 普遍偏低, 养分失衡、土壤板结和严重沙化, 地力出现了退化, 由于没有新的良种替代, 继续沿用过去的品种其产量出现了逐年下降的趋势<sup>[15-17]</sup>。其次, 是华南局部地区的生态条件比较复杂, 特别是近年来因气候变化, 热带北缘和南亚热带地区的桉树人工林寒害、霜冻时有发生, 且发生的频率和危害程度比过去越趋严重<sup>[18]</sup>。此外, 雷州半岛和海南岛西部、西北部地区的干旱也越趋严重。除沿海多台风危害外, 台风之后有的地方时常发生毁灭性的青枯病 (*Pseudomonas solanacearum* E. F. Smith) 危害。因此, 以提高产量为主开展桉树遗传改良时, 必须考虑本地区的抗风、抗旱、抗寒和抗病(抗青枯病)选育与改良。

华南地区的桉树人工林, 将在“十五”和今后 10 a 我国林业生产力布局实行战略性调整中占居重要地位, 其发展将以工业纤维用材为主, 兼顾建筑用材和沿海防护林体系的建设。因此, 本区桉树遗传改良必须紧扣制浆造纸和纤维板生产为核心的产业化主题和方向, 重点解决如下几个问题: (1) 加大以提高单位面积产量为主的良种选育力度, 将两广、海南桉树主要栽培区的人工林产量提高到  $30\sim 45\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。(2) 在提高两广、海南桉树人工林主要栽培区产量的同时, 必须解决这一区域良种的适应性, 特别是抗风、抗旱和抗病能力的问题。(3) 粤北、桂北和福建等省区, 在提高产量的同时, 必须解决这一区域良种的抗寒、抗旱问题。(4) 在丰富重点树种基因资源的基础上, 利用亲缘关系清楚的遗传材料建立重要树种育种群体(包括主群体和核心群体), 完善长期高效的可持续育种体系建设。

## 3 改良与育种策略

适合华南地区桉树遗传改良与育种的策略是以多世代群体遗传改良为依托, 种间杂交无性转化利用为突破, 加快育种增益转化为生产力。

(1) 多世代群体遗传改良, 是通过不断地选择与配合, 经多个世代育种群体的轮回改良, 提高群体遗传增益的决策。其核心是对育种循环四大群体的管理。为避免近交衰退, 保持多世代亲本间的远缘关系, 不断选育出超强优势纯种新品系, 育种群体采用亚系化模式, 在种源/家系试验的基础上, 淘汰不良种源家系, 丰富优良种源家系, 将最优种源的优良家系组建成核心群体, 将优良种源/家系/无性系按生长或地域相似性, 划分为多个亚群体, 田间排列均按种子园要求设计, 在完成育种群体功能后, 即可转化为优良家系/无性系种子园。

(2) 种间杂交无性转化利用, 是以群体遗传改良为基础, 利用多世代群体改良选育出的超强优势纯种新品系, 选择能将互补的目标性状可靠遗传给子代的优良无性系作为杂交亲本, 开展种间杂交育种。在  $F_1$  杂种子代家系中, 筛选出超亲优势强的优良杂种家系的优良单株, 利用组培扩繁或扦插繁殖迅速转化为无性系, 并开展区域性测定。在无性系区域测定基础上, 选出适宜本区域、易扦插繁殖的优良杂种无性系推广应用, 使之迅速转化为生产力。

(3) 充分利用改良育种阶段性成果, 解决良种短缺的其它途径有: 在分析与评价早期桉树树种/种源基础上, 对适生树种的优良种源, 以原种形式建立初级种子生产基地或经无性繁殖建立初级无性系种子园, 短时期内可为生产提供造林用种。对具备良好隔离条件的优良种源示范林, 采取适当的去劣留优的间伐, 将优良种源示范林改建成采种母树林。利用桉树种间易杂交、普遍存在天然杂种的特点, 选择具有超强优势的天然杂种, 经无性繁殖测定后用于生产。优良种源的家系/无性系试验林, 在取得试验数据和种质材料得以保存的前提下, 进行去劣留优的间伐, 使之改造成为初级实生种子园。充分利用现有树种/种源、家系和无性系试

验林中的优良单株个体, 进行人工杂交育种的同时, 采用环割方式获取材料建立采穗圃和基因库, 以补充和丰富基因资源。

遗传改良和育种策略的实施需要一个稳定的育种机构和一定的资金、人力和物力作保证。由于多世代的改良育种, 其周期相对较长, 需要制定一个长期而周密的育种计划。

### 4 长期可持续育种体系的建立

#### 4.1 育种群体的管理

改良与育种全过程由四大群体构成, 它们和基本群体、育种群体、繁殖群体和生产群体, 群体间的关系如图 1 所示。

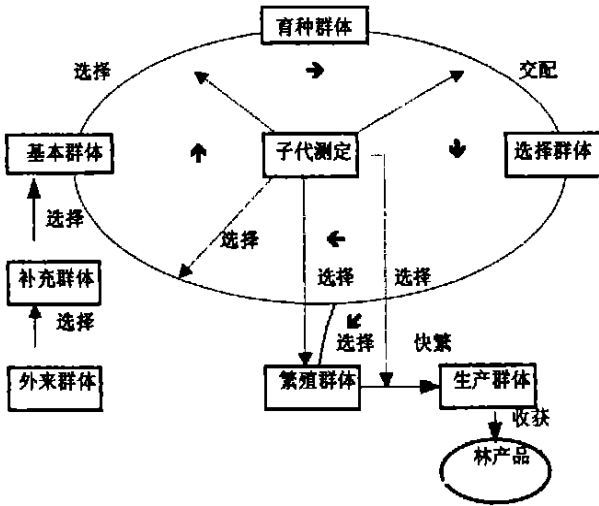


图 1 桉树遗传改良和育种循环示意图(仿 Eldridge 等, 1993)

各群体基因丰富度分别为: 基本群体 > 育种群体 > 繁殖群体 > 生产群体, 依次呈金字塔形。从图中可以看出, 整个群体遗传改良是一个不断输入与输出的多世代循环过程。随着遗传改良与育种的深入及世代的循环, 必须重视外来群体的补充和基本群体的保存, 否则整个遗传改良过程将难以正常运行。

#### 4.2 育种群体的分解

对桉树长期持续遗传改良和育种极为重要, 能有效地控制近亲繁殖, 最大限度地减少自交的出现。适合华南地区发展的尾叶

桉、巨桉、细叶桉和赤桉等重要树种, 在原产地具有庞大的地理种群和众多种源<sup>[19]</sup>, 在现有引种、测试的基础上, 系统地在国内前期各类试验林中收集大量优树资源的同时, 还需继续积极地从国外原产地引入优良种源的家系。按地理种群相同或相似的种源家系化归一个亚群体, 将最优种源的优良家系单独组建成一个核心群体。这样, 每个重要树种的育种群体大致分解为 10~ 20 个亚群体, 亚群体数量取决于育种资源的可利用度、改良目标和华南局部地区生境和气候的特异性。

#### 4.3 亚群体与种子园的关系

亚群体育种的核心任务是随改良世代的递增, 通过不断的选择、交配和测定, 从每个亚群体中精选出 1~ 2 个最优的无性系或家系作为育种材料, 建立高世代种子园和开展杂交育种活动, 实现育种群体向繁殖群体的转化。并对每个亚群体进行评估选择, 再选出 30 株最好的单株, 收集它们的天然授粉种子建立下一世代的亚群体。

由于选择有前向和逆向两种方式, 亚群体育种与种子园建立就有两种截然不同的改良方法。图 2 是采用前向选择方式的亚群体与种子园营建改良方法; 图 3 是采用逆向选择方式的亚群体与种子园营建改良方法。

亚群体的建立最好选在四周设有安全隔离带地段, 田间排列按种子园要求进行设计, 以无性系形式建立。而种子园可采用实生种子园(SSO)和无性系种子园(CSO)两种形式来建立, 无论哪种形式建立种子园主要考虑的是建园材料遗传品质, 即选择一般配合力高的家系或无性



系,可获得较好的遗传增益。采用无性系形式建立种子园,关键是中选家系优树个体能否顺利进行无性繁殖,是实生苗产种多还是无性系产种多。对种植在华南地区的多数热带桉树,采用实生种子园形式建园,成本低,采种母树冠幅大,产种量高,其经济效益显著。而采用无性系形式建立种子园,有时因中选家系优树在嫁接、扦插和组培繁殖过程中常因一时繁殖不成功而损失一些优良无性系。

此外,以优良种源最优家系建成的核心群体,除进行一般配合力测定外,其主要育种功能是开展种内特殊配合力的选配和种间杂交新品种的育种开发,为培育超强优势种内、种间新品种的开发提供育种材料。核心群体在完成一个世代的育种功能后,可转化为优良家系实生种子园。

### 5 多层次建立有性育种和无性系选育两大体系

以适合华南地区栽培和发展的优良桉树为主,在现有引种、测试的基础上,系统地国内前期各类试验林、示范林中广泛收集大量优树资源,同时继续从国外原产地引进优良种源家系资源,以补充和丰富基因资源。对收集的优树资源和引进的优良种源家系资源,按图 4 所示分别进入有性育种和无性系选育两大系统,形成一个有序的管理体系。

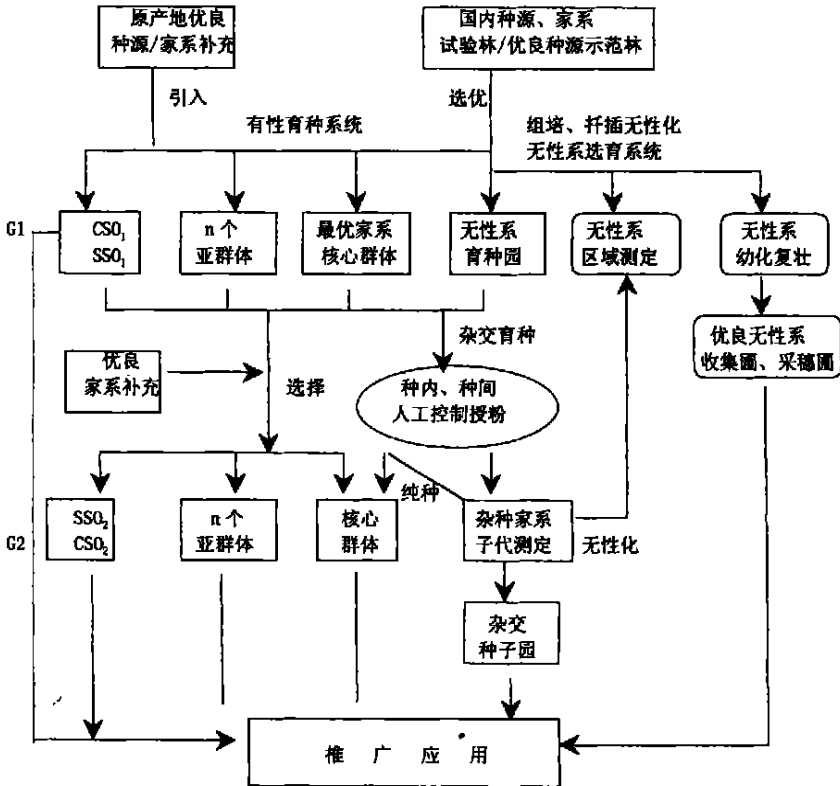


图 4 有性育种和无性系选育系统循环流程图

有性育种 关键是创造性地培育出超强优势新品种和选育出高配合力的育种材料,建立种子园。同时,有性育种及其改良活动是一个动态进程,一方面按既定的遗传改良方向和目标深入开展改良和育种活动,另一方面要随市场变化进行阶段性评估,要解决人工林发展进程中新出现的育种问题。为实现有性育种的动态调整和持续轮回改良,在完成一个世代改良进入下

一世代的改良时, 必须不断地补充新的优良种源/家系基因资源。杂交选配及其育种是有性育种体系的核心, 种间、种内不同育种材料间的选配, 可获得许多遗传信息, 如育种材料间的可配性、配合力大小及其子代增益效果等, 进而为开辟新的育种途径提供新思路。此外, 选出的优良杂种家系个体是无性系选育重要的优良基因型来源, 这些优良新品种通过无性转化、区域测定, 即可投入规模化无性系林业生产。

**无性选育与利用** 对选出的优树, 首先通过环割采条和嫁接成无性系, 一方面进行无性系筛选试验, 另一方面通过组培和扦插扩大繁殖, 掌握好幼化和复壮技术。在此基础上, 开展无性系区域试验和建立无性系林业。对进入无性系育种园的育种材料, 采用嫁接方式无性转化, 能有效缩短开花期, 以尾叶桉为例, 嫁接后第 2 年的枝条即可开花进行杂交育种。对进入优良无性系收集圃和扦插采穗圃的繁殖材料, 快捷转化方式是通过环割取条进行组培繁殖, 组培扩增系数大、幼化程度高, 建立的采穗圃萌枝容易扦插成苗, 能满足大规模发展无性系林业的需要。

## 6 桉树分子遗传工程研究

“九五”结束, 我国已成功地进行了杨树、松树和桉树等树种的遗传转化, 系统掌握了各树种遗传转化技术体系, 为开展转基因工程的实际应用奠定了基础<sup>[20]</sup>。继杉木、马尾松和杨树之后, 利用 RAPD 分子标记构建了尾叶桉、细叶桉遗传图谱<sup>[21]</sup>, 开展了两个树种生长、木材密度和生根等性状的 QTLs 定位分析研究。此外, 尾叶桉及其杂种的抗青枯病转基因研究正在进行。

审视常规育种与分子遗传工程研究现状, 从长远看, 即使在新育种技术充分发达的未来, 常规育种仍然是新技术育种基础和长期目标, 新世纪中国林木育种工作战略重点之一<sup>[22]</sup>, 是优先发展以基因工程和细胞工程为主体的生物技术, 积极开展“种子卫星”航天搭载育种。就桉树而言, 应当重视常规育种与分子遗传工程研究的衔接与配合, 通过群体、个体、细胞和分子多层次多育种方式的相互交叉, 充分利用各层次的遗传变异, 提高育种效率。常规育种培育的 F<sub>1</sub> 杂交子代及其 F<sub>1</sub> 回交后代是开展分子遗传工程研究理想的作图群体和材料, 必须加以保存。桉树分子遗传工程要以应用基础研究为主, 紧扣制浆造纸解决常规育种难以解决的新理论、新技术和新方法。近期开展的工作重点有:

(1) 尾叶桉、细叶桉和巨桉等重要树种数量性状位点 QTLs 的定位和分析, 建立重要性状 QTLs 作用的时空表达模型和 QTLs 之间的互作模型, 进而利用这些标记进行早期选择和组建新的育种群体。

(2) 木材品质形成的分子机理及调控机制的研究, 与桉树制浆造纸有关的是控制木质素合成的基因的分离、克隆及其遗传转化的研究。

(3) 利用差异显示、图谱定位等方法, 抓紧开展桉树抗逆性基因的分离及功能鉴定, 细叶桉、赤桉对青枯病菌具有极高的天然抗性, 这两个树种抗青枯病基因的标记、分离及遗传转化研究的突破, 将为尾叶桉、巨桉及其杂种抗青枯病育种带来光明的前景。

## 参考文献

- [1] FAO. State of the world's forests[M]. Rome: FAO, 1997. 200
- [2] Bai Jiayu. Genetic improvement of tropical *Eucalyptus* tree species in China[A]. Australian Tree Species Research in China ACIAR Proceedings No. 48[C]. Canberra, 1994. 32~49
- [3] Liang Kunan, Zhou Wenlong, Zhong Chonglu et al. Trail of *Eucalyptus* species and provenances in the eastern region of Hainan Island[A]. Australian Tree Species Research in China ACIAR Proceedings No. 48[C]. Canberra, 1994. 77~85
- [4] Wu Kunming, Wu Juying, Xu Jianmin. Research on species and provenances of *Eucalyptus* in tropical savanna of southwest Hainan Island[A]. Australian Tree Species Research in China ACIAR Proceedings No. 48[C]. Canberra,

- 1994 86~ 87.
- [5] Wang Huoran, Zheng Yongqi, Yan Hong, et al Introduction and provenances trail of *Eucalyptus nitens* and its potential in plantation forestry in China[A]. Australian Tree Species Research in China ACIAR Proceedings No. 48 [C]. Canberra, 1994 50~ 55
- [6] Zheng Yongqi, Wang Huoran, Zhang Ronggui, et al Trails of *Eucalyptus smithii* and other eucalypt species in Yunnan Province, China[A]. Australian Tree Species Research in China ACIAR Proceedings No. 48[C]. Canberra, 1994 116 ~ 122
- [7] 白嘉雨 华南地区桉属树种改良工作存在问题及对策[J]. 林业科学研究, 1992, 5(5): 574~ 580
- [8] Wilcox M. D. A catalogue of the *eucalypts*[M]. Auckland: Groomer Poyry Ltd, 1997. 6~ 87.
- [9] Pryor L. D., Williams E. R., Gunn B. V. A morphometric analysis of *Eucalyptus urophylla* and some related taxa, with descriptions of two new species[J]. Australia Syst Bot, 1995, 8(1): 57~ 70
- [10] Moran G. F. Patterns of genetic diversity in Australian trees species[A]. In: Adams W. T., Strauss S. H., Copes D. L., et al Genetics of Forest Trees[M]. Kluwer Academic Publishers, 1992 49~ 66
- [11] 王豁然, Brooker M. I. H. 中国桉树检索表[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 4~ 8
- [12] 王豁然 桉树遗传资源与引种驯化[R]. 第十四届全国桉树专业委员会会议暨学术交流会议材料 湛江, 1999
- [13] Eldridge K., Davidson J., Garwood C., et al Eucalypt domestication and breeding[M]. Oxford: Clarendon Press, 1993 288
- [14] Brooker M. I. H., Klein G. D. A. Field guide to eucalypts [M]. Melbourne: Northern Australia Inkata Press, 1994 (3): 383
- [15] 余雪标, 李维国, 王尚明, 等 桉树人工林若干生态问题的研究进展[A]. 见: 余雪标等 桉树人工林长期生产力管理研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000 19~ 26
- [16] 徐大平 热带亚热带短轮伐期速生树种人工林养分平衡的探讨[A]. 见: 余雪标等 桉树人工林长期生产力管理研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000 27~ 35
- [17] 余雪标, 白先权, 徐大平, 等 不同连栽代次桉树人工林的养分循环[A]. 见: 余雪标等 桉树人工林长期生产力管理研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000 85~ 93
- [18] 曾令海, 李小川, 殷祚云, 等 广东省林业寒害情况调查报告[J]. 广东林业科技, 2000, 16(4): 26~ 33
- [19] 白嘉雨 中国热带桉树遗传改良试验综述[A]. 澳大利亚阔叶树研究[C]. 北京: 中国林业出版社, 1993 35~ 48
- [20] 施季森, 王晓燕 现代生物技术与 21 世纪林业可持续发展[J]. 林业科技开发, 2001, 15(1): 3~ 6
- [21] 甘四明, 施季森, 白嘉雨, 等 尾叶桉和细叶桉无性系的 RAPD 指纹图谱构建[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(1): 11 ~ 14
- [22] 祝列克 新世纪中国林木遗传育种发展战略[J]. 南京林业大学学报, 2001, 25(1): 3~ 8

## Some Sustainable Strategies of Improvement and Breeding for Eucalyptus Tree Species in Southern China

XU Jianmin, BAI Jia-yu, LU Zhao-hua

(Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China)

**Abstract:** Depend upon the large amount demand for new varieties with high quality, productive, resistant and stability of eucalyptus for developing industrial pulpwood and timber plantation in southern China, some existing problems and issues relating to improvement and breeding of eucalyptus are discussed. It is important that the success of sustainable management of eucalyptus plantation depends on a powerful genetic improvement system for long-term breeding, and which is hold on implement population genetic improvement for many generations and enhance the studies on interspecific hybridization within the promising species and developing promising hybrid clones in large scale. Emphasis will be put on the utilization of biotechnology by means of gene engineering for future marker assisted selection using in traditional breeding of eucalyptus. It is also important that increasing efficiency of improvement and breeding should be considered genetic variations among provenances, families, single trees, and even cells and molecules in future.

**Key words:** *Eucalyptus*; breeding strategy; sustainable improvement; pulpwood plantation; southern China