



生物技术在竹藤资源利用中的应用前景分析

李雪平^{1*} 高志民¹ 王慧娣²

(1 国际竹藤网络中心 北京 100102; 2 河北省滦南县林业局 滦南 063500)

摘要: 竹藤是世界上重要的非木质森林资源。回顾了国内外竹藤资源利用的现状, 分析了制约竹藤资源利用的因素, 提出了包括离体培养和基因工程技术在内的生物技术在竹藤资源利用中的应用前景。
关键词: 生物技术; 竹; 藤; 应用前景

Application Prospects of Biotechnology in Bamboo and Rattan Resources Utilization

Li Xueping; Gao Zhimin; Wang Huidi

Abstract: Bamboo and rattan are important non-wood forest resources in the world. The paper reviews the situation of the national and international utilization of bamboo and rattan resources, analyzes the factors that restrict the utilization, and discusses the application prospects of biotechnology in bamboo and rattan resources utilization, including *in vitro* culture and genetic engineering technique.

Key Words: biotechnology; bamboo; rattan; application prospect

竹类和棕榈藤类植物(简称竹藤)是世界上重要的非木质森林资源, 集经济效益、生态效益和社会效益于一身, 在发展区域经济中起着重要作用。随着社会和经济的发展, 人们对木材的需求越来越大, 木材的供应已十分紧张。竹藤作为仅次于木材的森林资源, 是对木材的有益补充, 受到了前所未有的重视。1999年成立了世界竹藤组织, 并把总部设立在中国首都北京, 中国政府高度重视, 在压缩事业单位编制的情况下破例新成立了专门从事竹藤科学技术与研究的非盈利科研事业单位国际竹藤网络中心, 旨推动竹藤事业的全面发展。

1 国内外竹藤资源利用现状

从全世界范围来讲, 欧美等发达国家由于缺乏资源, 在竹藤加工利用方面的研究不多, 没有工业化的竹藤产业。日本和韩国对竹材化学综合利用的研究较深入, 特别是竹炭竹醋液方面有一定的产业规模。而印度的竹资源比较丰富, 其竹浆造纸规模暂居世界第一。中国的竹藤产业从70年代末开始起步, 经过数十年的发展, 已经形成了一个由竹人造板系列产品、竹浆

造纸、竹藤笋系列食品、竹炭、竹醋液为代表的新兴产业, 产业规模居于世界首位。

1.1 竹资源利用现状

从全球来看, 世界上有竹类植物70余属, 1200余种。竹林主要分布于东亚及其邻近地区, 少数分布于非洲和南美洲等国家^[1]。中国是竹子的主要分布区之一, 享有“竹子王国”的美誉, 有竹类植物40余属500余种, 占世界竹种的42%, 位居世界第一位。主要分布区为长江流域及其以南地区, 集中在南方15个省(市、区), 包括福建、江西、浙江、湖南、广东、四川、重庆、安徽、广西、台湾、湖北、云南、贵州、海南、上海^[2]。

随着社会经济的发展, 人类对资源的需求越来越大, 许多资源都面临着枯竭, 威胁到人类的生存, 其中木材短缺就是目前的主要问题之一。而竹子作为一种生长快, 再生能力强的森林资源, 是木材的一种很好的补充, 在许多方面都发挥了其特有的优势。

竹子自古以来就受到人们的喜爱, 被做成了竹筏、竹椅、竹篮等多种日常生活用品, 但基本上没有什么技术含量。现在, 除了这些传统的用途之外, 竹子已被做成竹地板、竹人造板等, 广泛应用于家装及建筑等行业。竹

* 基金项目: 国际竹藤网络中心基本科研业务费专项(618-13), 国家林业局重点林业科学技术研究项目(2007-01)



材造纸技术也日益成熟, 数个大型企业已投产或正在建设中, 年生产量可达到几十万吨。竹子的化学利用也有了长足的发展。竹炭、竹醋液在广泛推向市场。竹炭是利用竹材及加工剩余物进行热解而获得的主产品, 而竹醋液是副产品。竹炭有筒炭、片炭、棒炭、颗粒炭、粉炭等不同形状, 用途极为广泛, 如净化、保鲜、除臭、改良土壤、保健、电磁屏蔽、护肤以及食品等。竹醋液的成分相当复杂, 可用于饲料、消毒、制药、除虫等多个方面。目前, 竹叶有效成分的利用也已兴起, 如竹叶啤酒和竹叶饮料。竹药品及保健品得到开发, 如竹叶黄酮有抗衰老、增强免疫力的功效。竹笋更是人们非常喜爱的一种营养价值很高的食品, 目前需求很大, 不同口味、不同包装的各种竹笋产品都很走俏。竹纤维是我国继大豆蛋白纤维后的又一具有自主知识产权的纺织用材料, 具有透气、吸汗、柔软和抗紫外线的特点, 受到人们的普遍青睐。竹林生态旅游是目前的一大热点, 竹林以其独特的美吸引了无数观光者的脚步。

目前, 全世界对于竹资源的利用发展迅速, 约有一半的人口涉及竹产品, 年贸易额超过 85 亿美元。我国竹产业发展迅速, 2005 年竹业年产值即达 598 亿元, 年增长率在 20% 以上, 从业人员超过 560 万, 竹产品出口创汇达 10.5 亿美元。

1.2 藤资源利用现状

全世界有棕榈藤植物 13 属 600 余种, 全球 3500 万 hm^2 的天然林中有棕榈藤分布, 主要分布在亚洲和非洲的一些国家, 但各个藤种的分布范围不均。我国有棕榈藤 3 属 40 种 21 变种, 约占全世界总属数的 23%^[1], 主要分布于云南、海南、广东和广西, 其中以云南西双版纳和海南省为 2 个分布中心^[2]。

藤类植物是一种可再生资源, 也是一种重要的非木材林业产品。目前全球有 7 亿人涉及藤产品的生产和消费, 藤产品贸易额达 40 亿美元。中国天然藤资源面积约有 30 万 hm^2 , 年产野生藤 4 000~5 000 t, 最高年产量达 6 500 t。但相对于竹子来说, 藤的用途较窄, 一是应用于日常生活, 如做篮子、筐等; 二是做藤家具和工艺品。藤家具一直被认为是较高档的商品, 受到

全世界人们的喜爱, 也是我国传统的出口创汇产品之一。中国拥有藤家具和藤工艺品上万种, 是藤工业利用的主要形式。

中国藤业历经多年的发展, 技术工艺水平不断提高, 直接参与藤业生产的从业人员已超过 15 万人, 藤业在促进区域经济发展中发挥了重要作用。但是, 我国生产上较大规模营造的棕榈藤林仍以较容易采集种子的中、小茎藤—黄藤和白藤为主, 林分生长量相应比较低。因此, 加强棕榈藤资源的人工培育已经势在必行。

2 制约竹藤资源利用的瓶颈

中国的竹藤产业虽然有了长足的发展, 但相对其它产业来说, 还是处于相当落后的地位, 主要表现在以下几个方面。

2.1 竹藤优质种苗匮乏, 繁殖材料少

在中国丰富的竹藤资源中蕴藏着许多优良的种质, 如笋用、材用、笋材两用的竹种, 笋用、药用的藤种。但是, 竹子开花周期长, 且花期不一致, 很难产生大量的、有生命力的种子, 目前主要以无性繁殖为主, 繁殖系数较低; 同样棕榈藤快繁技术的研究成果尚未进入工厂化育苗的阶段, 因此竹藤优质种苗数量少, 没有进行批量的开发, 导致无法大规模的培育和经营, 从而制约了竹藤产业的发展。

2.2 林地平均生产力偏低, 工业化利用竹藤资源总量供应不足

虽然中国的竹林面积很大, 但长期以来, 竹资源管理粗放, 经营技术成果推广和应用不够, 导致我国三分之二面积的竹林属于低产竹林, 无法满足大规模工业化生产对原料的需求, 形成了供不应求的局面。中国藤制品在国际市场上占 10% 的份额, 每年创汇数亿元, 在区域经济发展中起到极其重要的作用, 但因国内藤资源培育未受到应有的重视, 滥砍滥伐严重, 致使野生棕榈藤资源急剧减少, 一些优良藤种已濒临灭绝, 藤产业原材料进口不断增加。因此, 保护好现有资源, 大力发展优质竹藤种苗培育技术, 提高竹藤林地的平均生产力已非常迫切。



2.3 工业化的竹藤产品种类少, 科技含量普遍不高, 附加值低

竹藤企业规模小, 分散经营, 产品技术含量低, 许多企业还没有经过质量认证体系的认证。除了各种竹藤工艺品外, 工业化的竹藤产品主要包括各种形式的竹质人造板、竹笋类食品等。其中竹质人造板主要应用于家具、竹地板、车辆车厢底板、集装箱底板、建筑混凝土模板等低端领域, 产品附加值不高, 社会影响有限。

2.4 竹材加工的生产效率低、材料利用率低、生产成本较高

竹材的结构和化学组成与木材有很大差异。一方面, 竹材壁薄中空、直径小、尖削度大, 导致其出材率低、加工剩余物多, 大型结构材及超薄装饰材加工存在技术瓶颈, 其生产效率和材料利用率远低于木材, 大大增加了生产成本, 严重限制了竹材大规模工业化利用。另一方面, 竹材内含淀粉、蛋白质等营养成分, 易为菌虫侵袭, 不加处理, 其耐久性不如木材; 不当的运输、储存和使用方式会加速竹材的生物降解。

2.5 竹藤资源地区分布不均

由于气候条件(温度、湿度、土壤等)的限制, 中国竹藤资源分布不均, 竹藤(尤其是藤)主要生长在长江以南, 竹产业已成为南方产区发展林业经济的优势产业。藤的利用也主要集中在南方。但对于长江以北的广大地区来说, 要发展竹藤产业, 就需要从南方运输原料或成品, 进行异地生产或销售, 这无疑增加了生产成本, 因此, 扩大竹藤的栽培范围是非常必要的。通过生物技术的手段提高竹藤对于温度、湿度、土壤的适应性, 扩大栽培面积, 是解决这一问题的一种很有前途的方法。

3 生物技术在竹藤资源利用中的应用前景

目前, 竹藤产品的技术含量都处于较低的水平, 利用率差, 效益低。生物技术对于加快竹藤资源的开发利用是一个有力的工具, 它不仅能够在短时间内提供大量的优质种苗, 还可用于竹苗新品种的定向培育。

3.1 优质种苗生产的工厂化

利用细胞工程技术对优良品种进行大量的快速无性繁殖, 实现工厂化生产, 该项技术又称为植物微繁殖技术。它主要利用植物细胞的全能性在试管中培养细胞, 生成愈伤组织。愈伤组织有很强的繁殖能力, 可在试管中大量繁殖。在一定的植物激素作用下, 愈伤组织可以分化出根、茎、叶, 成为一株小苗。国内外比较系统地开展竹子离体培养工作始于20世纪80年代, 相关的研究报道很多^[3-12]。印度、中国台湾、新加坡、马来西亚、泰国等国家和地区先后对刚竹属(*Phyllostachys*)、牡竹属(*Dendrocalamus*)、麻竹亚属(*Subgen. Sinocalamus*)、赤竹属(*Sasa*)、泰竹属(*Thysostachys*)和刺竹属(*Bambusa*)等20余属70多个竹种开展了组织或细胞培养研究^[13]。相对于竹子, 藤类的离体培养还很落后。我国学者庄承纪^[14]首先报道了云南省藤(*Calamus yunnanensis*)和倒卵果省藤(*C. obovoideus*)的植株再生, 热带林业研究所的张方秋^[15]亦开展了棕桐藤组培研究, 成功地培育出黄藤(*Daemonorops margaritae*)、白藤(*C. tetradactylus*)和单叶省藤(*C. simplicifolius*)组培苗, 并移植成功, 但一些关键技术尚未完全突破。与此同时曾炳山等^[16-19]也开展了藤种质离体保存技术、种苗快繁工艺等方面的研究。80年代末菲律宾、新加坡、马来西亚和泰国就已对马尼拉藤、玛瑙省藤、西加省藤、鞘省藤、玛雷利藤进行了组培繁殖研究, 开辟了通过组织培养方法繁殖优良藤种的途径^[20]。

离体培养在竹藤资源利用方面有广泛的应用前景。一是实现竹藤种苗的快速、大量繁殖, 为生产提供充足的繁殖材料。如通过繁殖芽的方法, 在人工培养条件下, 直接产生大量再生植株, 受到商业化生产者的注意。张光楚等^[21-22]以麻竹、苏麻竹、泰国龙竹等为材料通过组培快繁的途径实现了竹苗在试管里的大量繁殖, 部分试管苗已用于造林。张春霞等^[23]对菲白竹的微繁殖技术进行了研究, 为菲白竹的大规模生产提供指导。对于那些珍稀的濒危竹藤种, 利用试管快繁技术迅速扩大其数量, 对于保护物种的多样性非常重要。李在留等^[24]研究了珍稀竹种



巨龙竹的组织培养技术, 希望能够解决生产上对其种苗的迫切需求。运用离体快繁、组织和细胞培养技术对竹藤进行快速大量的繁殖, 加速品种推广应用, 建造人工林, 推动竹藤产业化的进程。二是杂交育种。多数竹子开花周期长, 同时开花的机率很小, 通过杂交获取种子非常困难, 因此, 通过有性杂交进行竹子新品种选育几乎是不可能的。在组织培养的基础上, 对竹子进行开花诱导的成功使竹子杂交育种成为可能。这对于实现竹子种苗生产的工厂化具有重要的现实意义。三是进行基因工程育种。组织和细胞培养的成功可以使我们方便地将有用的基因导入需要改良的竹藤材料中, 再经过一系列的筛选, 最后获得转基因植株, 进而得到功能改良的竹藤新品种。

3.2 优质竹藤种苗的定向培育

组织和细胞培养的成功可以使我们方便地将有用的目的基因导入需要改良的竹藤材料中, 再经过一系列的筛选, 最后获得转基因植株, 进而得到品质改良的竹藤新品种。这是将来竹藤育种的一个趋势。

基因工程在植物上的应用主要包括以下几个方面: 一是改良品质, 二是提高抗逆性, 包括生物逆境和非生物逆境, 三是改善发育状况^[25]。

3.2.1 培育高品质专用品种

根据用途不同, 竹子可分为材用竹、笋用竹、纸浆用竹和观赏竹等。通过基因工程培育品质优良的专用竹种将是今后竹子培育的主要目标。竹子相对树木来说, 生长快、产量高, 这对于竹材的利用非常有利。当前, 中国产竹各省区竹材的利用已步入了工业化生产的阶段, 各种竹地板、胶合板等产销量很大, 在一定程度上缓解了人们对木材资源的依赖性。藤材的利用也很普遍, 是林产工业中的重要一支。但由于竹藤材特殊的结构特点, 还存在利用率低、不易加工等缺点, 这也是今后竹藤育种要解决的主要问题。另外, 竹藤单位林地的生产力偏低, 这在很大程度上限制了竹藤产业化发展。无性系选育虽然能在一定程度上选出生长快的品系, 但周期长, 速度慢, 不能及时满足生产的需要。通过基因工程技术获得品质优良的竹藤新品种将是解决这些问题的有利手

段, 前途非常广阔。目前本实验室正在研究与竹子光合作用有关的基因, 目的在于如何提高竹子的光合速率, 从而加快其生长速度。在优良笋用竹品种研究方面, 进一步加强笋用竹品种的改良、繁育的研究, 培育出产量高、口感好, 营养价值高的新品种。藤类植物的笋也可食用, 而且营养丰富, 但它的笋相对较小, 还没有受到人们的重视。竹材纤维细长结实, 可塑性好, 含量较高, 是制造中高级纸张的适宜原料。我国目前木材纸浆原料缺口大, 大力发展竹浆造纸, 可以缓解木材的供需矛盾。与造纸相关的另一个指标就是木质素的含量, 从分子水平找到降低竹子木质素的途径, 有效降低竹材木质素的含量, 对于竹材造纸业的发展意义重大^[26]。随着竹林生态旅游的发展, 观赏用竹的需求也日益增长, 外形美观、适于观赏的竹种, 越来越受到人们的喜爱。

3.2.2 培育抗逆性新品种

抗逆性包括生物逆境和非生物逆境, 生物逆境指各种病害、虫害。非生物逆境中, 以干旱胁迫、盐胁迫、低温胁迫对植物的影响尤为突出。随着生物技术的不断发展, 人们对植物抗逆机制的研究已从生理水平进入分子水平, 不仅从分子水平上解释植物适应逆境的机制, 而且更希望获得各种抗逆基因, 用于植物的抗逆育种。目前获得的与抗逆性有关的基因很多, 为植物抗逆性的基因工程提供了可靠的理论依据和实践基础。抗逆性的研究在农作物上已经很成熟, 通过对植物基因进行转移, 培育出具有抗寒、抗旱、抗盐、抗病虫害等抗逆性及品质优良的作物新品系, 但在竹藤方面基本上还是空白。竹藤抗逆的研究具有很重要的现实意义, 尤其对于“南竹北移”工程的实现将起到巨大的推动作用。通过基因工程技术使喜欢湿热多雨的竹藤类植物能在干旱寒冷的北方广大地区正常生长是一项具有挑战性的工作, 也是多年来竹藤科研工作者的美好愿望, 对于推动竹藤资源的工业化利用是非常有利的。

3.2.3 改善发育状况

竹子主要以无性繁殖为主。但长期无性



繁殖会导致竹种退化。竹子育种工作的一个难点就是开花困难，如果能够让竹子像其它植物一样每年开花，就能利用杂交技术获得具有杂种优势的新品种。因此，找到控制竹子开花的基因具有十分重要的现实意义。田波等^[27]从诱导开花的麻竹幼穗中克隆到一个与开花相关的MADS基因，将其转入拟南芥后，在CaMV35S启动子下表达，转基因拟南芥表现出叶卷曲、植株矮小、开花时间提前、花聚生于花序顶端等性状。另外，竹子与树木的显著区别就是壁薄中空，没有形成层，在生长过程中直径不能有效增长，导致其出材率低、加工剩余物多。一些解剖学家试图从竹材结构上发现竹子形成这种特殊构造的机理，但是结果并不理想。从分子水平解决这一问题许多竹子科研工作者的希望。如果能够找到与这一性状相关的调控基因，就有可能从根本上改变竹子的发育结构状况，获得理想的竹材，提高加工利用率，降低生产成本，从而推动竹材工业化利用的发展。

虽然目前利用基因工程进行竹藤育种的研究还处于起步阶段，但不久的将来，这必将成为竹藤育种工作的一个热点。利用基因工程进行竹藤育种，获得优质、高产、抗性强的竹藤新品种是非常有希望的。

总之，从全世界范围来讲，竹藤资源的利用都处于较低的水平，既有环境方面的因素，也有技术方面的原因。生物技术作为20世纪兴起的一项新技术在植物研究的多个方面都显示了强大的生命力，在竹藤产业化发展中也必将发挥显著的作用，前途非常广阔。

参考文献

- 1 张新萍. 世界竹藤发展趋势[J]. 世界林业研究, 2003, 16(1): 26~30
- 2 江泽慧. 世界竹藤[M]. 沈阳: 科学技术出版社, 2002, 3
- 3 Nadgir A L, Phadke C H, Gupta P K, et al. Rapid Multiplication of bamboo by tissue culture[J]. Silvae Genetica, 1984, 33(6): 219~223
- 4 Yeh M L, Chang W C. Plant regeneration through somatic embryogenesis in callus culture of green bamboo (*Bambusa oldhamii* Munro) [J]. Theor Appl Genet, 1986, 73(2): 161~163
- 5 Huang L C, Huang B L, Cheng W L. Tissue culture investigation of bamboo. IV. Organogenesis leading to adventitious shoots and plants in excised shoot apices[J]. Environ Exp Botany, 1989, 29(3): 307~315
- 6 Tasy H S, Yeh C C, Hsu J Y. Embryogenesis and plant regeneration from anther culture of bamboo (*Sinocalamus latiflora* Munro McClure) [J]. Plant Cell Rep, 1990, 9(7): 349~351
- 7 Wood S H, Phillips G C, Woods J E, et al. Somatic embryogenesis and plant regeneration from zygotic embryo explants in Mexican weeping bamboo, *Otatea acuminata* aztecorum[J]. Plant Cell Rep, 1992, 11(5-6): 257~261
- 8 Chang W C, Lan T H. Somatic embryogenesis and plant regeneration from root of bamboo (*Bambusa beecheyana*) [J]. J Plant Physiol, 1995, 145: 535~538
- 9 厥国宁, 诸葛强. 黄竹细胞悬浮培养和原生质体分离[J]. 林业科学研究, 1994, 7(1): 44~47
- 10 张桂和. 麻竹茎尖培养及离体快繁研究[J]. 海南大学学报, 1997, 15(4): 298~303
- 11 吴益民, 边红武. 竹子悬浮细胞系的建立和组织培养试管苗移栽观察[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 19(1): 52~56
- 12 张光楚, 王裕霞, 谭源杰, 等. 丛生竹的组培快繁技术[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(1): 13~20
- 13 卓仁英. 竹子生物技术育种研究进展[J]. 浙江林学院学报, 2003, 20(4): 424~428
- 14 庄承纪, 周建葵. 省藤组织培养的植株再生[J]. 云南植物研究, 1991, 13(1): 97~100
- 15 张方秋. 棕榈藤组培技术研究[J]. 林业科学研究, 1993, 6(5): 486~492
- 16 曾炳山, 许煌灿, 刘英, 等. 棕榈藤组培苗移植技术研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(6): 563~569
- 17 曾炳山, 许煌灿, 刘英, 等. 棕榈藤组培苗根的诱导研究[J]. 林业科学研究, 1998, 11(3): 260~264
- 18 曾炳山, 许煌灿, 刘英, 等. 短叶省藤种质离体培养保存研究[J]. 广西植物, 1999, 19(3): 255~259
- 19 曾炳山, 刘英, 许煌灿, 等. 长嘴黄藤离体快繁研究[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 169~171
- 20 杨华, 尹光天, 甘四明. 棕榈藤育种研究进展[J]. 广西植物, 2004, 24(4): 354~358
- 21 张光楚, 陈富枢. 麻竹离体快速繁殖技术的研究[J]. 竹子研究汇刊, 1993, 12(4): 7~15
- 22 张光楚, 王裕霞, 谭源杰, 等. 丛生竹的组培快繁技术[J]. 竹子研究汇刊, 2004, 23(1): 13~20
- 23 张春霞, 王福升, 黄月英. 菲白竹组培繁殖技术研究[J]. 林业科技开发, 2006, 20(5): 31~33
- 24 李在留, 辉朝茂. 珍稀竹种巨龙竹组织培养研究[J]. 林业科学, 2006, 42(2): 43~49
- 25 祝沛平, 许琳, 张林芝, 等. 生物技术在竹子研究中的应用前瞻[J]. 浙江林业科技, 2000, 20(2): 66~69
- 26 李雪平, 高志民, 彭镇华, 等. 绿竹咖啡酸-O-甲基转移酶基因(COMT)的克隆及相关分析[J]. 林业科学研究, 2007, 20(5): 722~725
- 27 田波, 陈永燕, 严远鑫, 等. 一个竹类植物MADS盒基因的克隆及其在拟南芥中的表达[J]. 科学通报, 2005, 50(2): 145~151

