

橡胶综述

王惠君, 王文泉*, 杨子贤, 王海燕, 李杰, 付瑜华

(中国热带农业科学院热带生物技术研究所热带作物生物技术国家重点实验室, 海南海口 571101)

摘要 阐述了橡胶树生态环境和我国植胶区的特点及各种因素对橡胶树生长的影响。比较了天然橡胶与合成橡胶的特性、用途, 突出了天然胶的优点。描述了主要产胶国状况及全球天然橡胶消费行情和市场供求情况, 进一步说明我国市场的供应与需求。重点指出我国在橡胶树科研方面所做的工作, 以及在分子水平上对橡胶树的研究。提出了今后橡胶的研究方向。

关键词 天然橡胶; 合成胶; 生态习性; 市场供求; 研究进展

中图分类号 Q944.62 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)13-3049-04

1 橡胶树生态习性

1.1 橡胶树 (*Hevea brasiliensis*) 生态习性 大戟科橡胶树属高大乔木。又名巴西橡胶树、三叶橡胶树, 俗称胶树。所分泌胶乳的加工品橡胶, 是重要的工业原料。在已知的产胶植物中以橡胶树的产胶量最高, 质量最好。植株高达 30 m, 经济寿命可达 30 年左右。目前世界上使用的天然橡胶, 绝大部分由橡胶树生产。

橡胶树原产于南美洲北纬 5° 至南纬 15°, 西经 48° 至 78° 的亚马逊河流域的巴西、秘鲁、哥伦比亚、委内瑞拉和圭亚那等国。亚马逊河流域分布着广阔的热带雨林, 其生态特点是: 全年温度高, 变幅小; 雨量丰富, 雨日多, 旱期短; 风速微弱; 日照适中。植物种类繁多, 无数的乔木、灌木以及草本、藤本、附生植物, 组成多层次的郁闭雨林, 橡胶树混杂其中。橡胶树长期生长在上述生态环境中, 逐步适应并形成了自身独特的生态习性: 要求气温较高, 湿度较大, 降水丰沛且分布均匀以及微风的气候环境; 土壤条件为热带雨林或季雨林下的红壤或砖红壤, pH 值 3.5 ~ 7.0, 有机质含量高、疏松、肥沃的土壤; 幼苗期橡胶树比较耐荫; 树干脆, 材质疏松, 易风折; 具有较强的生态适应性。除在高温多湿的地区能生长茂盛外, 在距赤道稍远的较干旱地区也能生长^[1]。目前除亚马逊河流域的国家种植以外, 天然橡胶主要种植国家还包括泰国、印尼、马来西亚、越南等东南亚国家和中国、印度、斯里兰卡等少数亚洲国家和尼日利亚等少数非洲国家。

1.2 橡胶树的生长发育阶段 苗期。从播种、发芽到开始分枝, 大概需要 1.5 ~ 2 年的时间(1.5 ~ 2 龄); 幼树期。从分枝到开割, 大概要 4 ~ 5 年(5 ~ 7 龄); 初产期。橡胶树从开割到产量趋于稳定的阶段, 需要 3 ~ 5 年的时间(9 ~ 11 龄); 旺产期。从产量稳定到产量明显下降, 大约持续 20 ~ 25 年(30 ~ 40 龄); 降产衰老期。30 ~ 40 龄树到失去经济价值。

2 影响橡胶树生长的因素

2.1 温度 温度直接影响到橡胶树的生长、发育、产胶以至存亡, 是限制橡胶树地理分布的主要因素。橡胶树速生、高产、光合作用的适应温度 18 ~ 28 °C, 最适温度 25 ~ 28 °C。在适温范围内积温值越高, 橡胶树的生长期及割胶期则越长。而我国植胶区, 由于纬度较高(北纬 18° ~ 24°), 每年都

有不同程度的低温影响。

2.2 水分 橡胶树的一切生理活动都需要水分, 如光合作用、蒸腾作用、有机无机养料的运输、有机物质的合成和分解等。适宜橡胶树生长和产胶的降水指标, 以年降雨量在 1 500 mm 以上为宜。年降雨量 1 500 ~ 2 500 mm, 相对湿度 80% 以上, 年降雨日 > 150 d, 最适宜橡胶的生长和产胶。

2.3 光 日光是绿色植物进行碳素同化作用不可缺少的能量要素。橡胶树是一种耐阴性植物, 但在全光照下生长良好。橡胶幼苗即使在 50% ~ 80% 的荫蔽度情况下也能正常生长, 但随着树龄增长而逐渐要求更多的日光。光照条件充足, 植株高度差异不明显, 茎粗增长较快, 有利于原生皮和再生皮的生长, 其乳管列数相应增多, 产胶能力强。适宜的光照条件有利于橡胶树的抗逆力。

2.4 风 性喜微风, 惧怕强风。微风可调节胶林内空气, 特别是促使空气交换, 增加二氧化碳浓度, 有利其进行光合作用, 但当风速超过一定限度时, 就会吹皱叶片, 加剧蒸腾, 造成水分失调, 使橡胶树不能正常生长。如冬季的寒潮风、沿海的台风和局部地区的阵性大风, 都对橡胶树的生长和产胶有着不同程度的破坏和抑制作用, 强风还会吹折、刮断橡胶树, 造成严重损害。

2.5 土壤 橡胶树对土壤条件的适应性是比较广的, 但良好的土壤条件是速生高产的重要因子。由于橡胶树根系庞大, 呼吸量大, 需氧多, 因此种植橡胶树的土壤, 必须是土层深厚, 排水良好而又保水力强的土壤, 以季雨林下砖红壤为最好。一般要求土层厚 1 m 以上、有机质丰富、结构疏松、吸水排水良好的肥沃酸性土壤。

2.6 割胶 合理割胶是达到高产稳产的重要环节, 通常决定于开割标准、割线斜度和长度、开割高度、树皮消耗量、割胶深度、割胶制度等。在新林段的芽接树干离地 100 cm 处或实生树干离地 50 cm 处, 当茎围达 50 cm 的株数占林段总株数 50% 以上时, 即达开割标准。割胶多在胶树体内膨压最高的清晨进行。

2.7 病害 危害橡胶树嫩叶、幼苗的病害主要是白粉病、炭疽病和麻点病, 常导致嫩叶凋落, 嫩梢干枯; 而条溃疡则侵染新割口, 是引起溃疡的主要病害, 均可用化学药剂防治。在中国根病主要有紫根病、红根病、褐根病、臭根病和黑根病等。预防方法是在开垦林地时挖净或毒杀树头; 初次发现时, 挖开根部土壤曝晒, 并切除病根烧毁; 也可用根颈保护剂保护。害虫主要有为害幼苗根部的大头蟋蟀和金龟子幼虫(蛴螬等)。遭受风害和条溃疡病的树其暴露的木质部分还

作者简介 王惠君(1981-), 男, 山西原平人, 硕士研究生, 研究方向: 橡胶的遗传图谱构建。* 通讯作者, 研究员, 博导, E-mail: wquanw@hainan.net。

收稿日期 2006-03-29

易受小蠹虫蛀蚀,可用化学药剂防治。

3 当今世界橡胶生产的特点及用途

3.1 天然橡胶 天然橡胶是由人工栽培的三叶橡胶树分泌的乳汁,经凝固、加工而制得,其主要成分为聚异戊二烯,含量在90%以上,此外还含有少量的蛋白质、脂及酸、糖分及灰分。

3.1.1 天然橡胶的性能和用途。天然橡胶生胶的玻璃化温度为-72℃,胶流温度130℃,开始分解温度200℃,激烈分解温度270℃。当天然橡胶硫化后,其温度上升,也再不会发生粘流。天然橡胶的弹性。其生胶及交联密度不太高的硫化胶的弹性是高的;天然橡胶的强度。在弹性材料中,天然橡胶的生胶、混炼胶、硫化胶的强度都比较高。天然橡胶机械强度高的原因在于它是自补强橡胶,当拉伸时会使大分子链沿应力方向取向形成结晶。天然橡胶的电性能。天然橡胶是非极性物质,是一种较好的绝缘材料。当天然橡胶硫化后,因引入极性因素,如硫黄、促进剂等,从而使绝缘性能下降。天然橡胶的耐介质性能。天然橡胶是一种非极性物质,它溶于非极性溶剂和非极性油中。天然橡胶主要用途。天然橡胶因其具有很强的弹性和良好的绝缘性、可塑性、隔水隔气、抗拉和耐磨等特点,广泛地运用于工业、农业、国防、交通、运输、机械制造、医药卫生领域和日常生活等方面,其中轮胎的用量要占天然橡胶使用量的一半以上。

3.1.2 品种分类及质量标准。天然橡胶按制造工艺和外形的不同,分为烟片胶、颗粒胶、绉片胶和乳胶等。但市场上以烟片胶和颗粒胶为主。烟片胶是经凝固、干燥、烟熏等工艺而制得,我国进口的天然橡胶多为烟片胶;颗粒胶则是经凝固、造粒、干燥等工艺而制得,我国国产的天然橡胶基本上为颗粒胶,也称标准胶。烟片胶一般按外形,分为特级、一级、二级、三级、四级、五级等共6级,达不到五级的则列为等外胶;颗粒胶则一般按国际上统一的理化效能、指标来分级,这些理化性能包括杂质含量、塑性初值、塑性保持率、氮含量、挥发物含量、灰分含量及色泽指数等7项。其中以杂质含量为主导性指标,依杂质之多少分为5L、5、10、20及50等共5个级别。

3.2 合成橡胶

3.2.1 种类。丁苯橡胶。热稳定性、电绝缘性和抗老化性好。可制轮胎、电绝缘材料、一般橡胶制品等。顺丁橡胶。弹性好,耐低温,耐热。可制轮胎、传送带、胶管等。

氯丁橡胶。耐日光、耐磨、耐老化、耐酸碱、耐油性好。可制电线包皮、传送带、化工设备的防腐衬里、胶粘剂等。

3.2.2 我国合成橡胶的生产。合成橡胶所需原料主要是乙烯,石油化工工业的高速发展为合成橡胶所需原料的供给奠定了基础,中国合成橡胶工业起始于20世纪50年代末,经过40多年的发展,开发了处于世界先进水平的镍系聚丁二烯橡胶(N-R)、丁苯热塑性弹性体(SBS)、溶聚丁苯橡胶(SSBR)等成套工业生产技术,已形成7大产品系列、年产量超过百万吨的重要产业。目前,合成橡胶总消费量约占国内橡胶消费总量的57%,随着南京扬子-巴斯夫60万t/a乙烯石化联合装置、上海赛科石化公司90万t/a乙烯石化联合装置、壳牌和中海油的80万t/a乙烯石化联合装置的陆续建成以及福

建、镇海、天津等大型乙烯装置建设计划的陆续实施,合成橡胶的需要量会加大。

合成橡胶主要是依靠消耗不可再生的石油资源,而天然橡胶可以再生、无污染、还可以提供木材并且有不可估计的生态学效应,随着现代科学技术的发展还可以作转基因的生物反应器等,因而,天然橡胶资源的地位突显出来了。

4 全球天然橡胶消费供求及走势预测

4.1 全球天然橡胶产胶国状况

4.1.1 泰国。在北部和东北部地区进行了橡胶种植推广,使泰国橡胶种植面积增加了0.74%。作为全球最大的产胶国,天然橡胶一般通过3个渠道进行:一是通过国际市场,例如新加坡RAS市场、日本TOCOM市场、伦敦市场以及纽约市场等;二是通过橡胶出口商和橡胶使用者之间的直接贸易;三是通过对销贸易。泰国生产的烟片胶主要以RSS3(占81%)和RSS4(占16%)为主;生产的标准胶以STR20(占70%)和STR10(占10%)为主,还有STRXL、STR SL、STRS,恒粘级别STR CV70、CV60、CV50,低粘级别STR CVS、CV10、CV20。

4.1.2 印尼。印尼农业部长Bungaran Sarag h表示,一些重要经济作物的产量在2005年有所增长,产量增长源于再种植计划,通过加大植胶区面积来满足不断攀升的国内需求。

4.1.3 马来西亚。据马来西亚官方统计局公布的数据,2003年天然橡胶产量达70万t,但2004年1~9月天然橡胶产量就已达90万t,平均月产胶量10万t。历史上,马来西亚年最高产胶量不超过150万t。20%为乳胶,马来西亚占世界天然橡胶总产量的7.93%;马来西亚生产的标准胶主要品种为SMR10和SMR20,恒粘级别SMR CV60和SMR CV50,低粘级别SMR CV10和CV20。马来西亚还是全球最大的乳胶手套生产商,占全球乳胶手套市场份额约55%。

4.1.4 印度。2000年以来天然橡胶产量增长幅度一直在3%左右。

4.1.5 中国。中国受制于地理位置、种植面积和品种等因素,增产幅度不大。

4.1.6 越南。2002年橡胶种植面积为35万hm²,2005年扩大到50万hm²,2010年将扩大到70万hm²。越南天然橡胶产量将从2002年的32万t增加到2005年的50万t,估计2010年将达100万t。另据报道,越南橡胶总公司进一步拓展在世界范围内的销售市场,除了销往主要的国际市场,诸如中国、新加坡、德国、韩国、日本和俄罗斯之外,还开拓了北美和南美市场。此外,越南橡胶总公司将在美国开设办事处,并且向美国市场出口了3万t天然橡胶。

另外,还有科特迪瓦、利比里亚、菲律宾、危地马拉、斯里兰卡、尼日利亚、缅甸、巴西等国也有少量的橡胶出口^[2]。

4.2 全球天然橡胶的消费供求行情

4.2.1 天然橡胶消费情况。由于中国近几年汽车业的迅猛发展带动了轮胎产量和消费的大幅增加,目前已经取代美国成为全球最大的天然胶消费国。同时因供需缺口不断扩大使进口量迅猛增长。从世界天然胶市场历史供求统计和预测供求数据对比看,相对于美国、日本欧洲等传统橡胶消费大国的需求萎缩,真正的需求亮点来自于中国。世界橡胶协

会预计中国的橡胶需求将以超过每年10%的速度增长,以中国占世界总需求的15%~20%测算,世界总体需求将以超过每年1.5%~2.0%的速度增长。

4.2.2 市场供求情况及主要产胶国的出口行情及预测。国际市场上天然橡胶的供应完全控制在泰国、马来西亚、印尼等少数几个国家手中。而天然橡胶的使用大国美国、日本等则不生产天然橡胶,完全依赖进口,其对天然橡胶的价格支持也显而易见。我国既是世界上第五大产胶国,也是世界上最主要的天然橡胶进口国,对国际胶价的影响也较直接。我国天然橡胶生产的数量、成本直接关系到国内胶市的价格。同时,国内天然橡胶使用量的变化和加工企业对天然橡胶价格的接受能力也作用于天然橡胶的价格水平^[3]。

4.2.3 国际市场交易行情。天然橡胶已经成为国际上一种典型的热带商品期货品种,在远东和东南亚的期货交易中占有一定的份额。目前,从事天然橡胶期货交易的主要有:东京工业品交易所(TOCOM)、大阪商品交易所(OME)、新加坡RAS商品交易所、吉隆坡商品交易所(KLCE)。其中东京和新加坡交易的影响最大,由于所占市场份额较大,因此能反映出世界胶市行情基本动态。

4.2.4 我国市场的供应与需求。我国现在已经成为世界上最大的橡胶消费国,年国内消费227万t左右,而我国的生产量只有50多万t,将近2/3的需求要从国外进口。我国大约有2/3的橡胶使用在有关汽车工业方面。入世谈判后,许多跨国公司都把生产厂转向中国,2002年中国橡胶消费量已经是全球第1的位子,中国在不久的将来将成为世界橡胶加工厂,进口和消费都将成为世界橡胶市场的主宰,中国将成为国际橡胶价格的决定地。特别是山东地区,以青岛为中心辐射周边的烟台、威海、济南等地区占了我国现在消费总量的50%左右,将是一个重要价格的参考地。由于气候和胶树本身的特点,我国的产胶旺季在6~10月份,其他月份为产胶淡季。我国天然橡胶的种植面积约53.3万hm²。生产胶种为标胶80%,烟片5%~6%,乳胶10%,其他占4%~5%。

4.3 2005年天然橡胶走势及2006年预测 2005年,正是持续恶劣气候的不断影响使得原先各类机构预测供应过剩并未实现,成为市场反转的最重要原因。ISRC2005年末报告指出,2005年全球产量878.3万t,较原先预计的900万t减少了22万t。2005年泰国由于天气干旱、南部暴乱等因素,直接导致天然橡胶产量减少30万~40万t。我国主产区海南与新崛起的橡胶生产国越南,也出现了由于干旱而导致的减产现象。2005年全球天然橡胶整体供应将会在830万t左右,而需求则达到870万t,供需缺口大约在40万t左右。

对于2006年世界气候,笔者倾向于较2005年走好。预测2006年世界天然橡胶单产将恢复到2004年的高位水平,随着连年种植和收获面积的扩大,产量将获得大幅增长,而需求将维持平稳增长,整体将处于供大于求格局。但由于世界范围的历史性低库存带来的补充各类储备库存、商业库存需求将部分抵消新胶供过于求的压力,整体供需将得到平衡,价格具备维持相对高位区间运行的基础。同时,各个天然橡胶主产国联合组建并积极运作的国际橡胶合作集团对国际天然橡胶市场的潜在干预效应将是价格维持相对高位

区间运行的坚实力量。

5 我国在橡胶树科研方面的贡献

5.1 中国植胶区生态环境特点和在植胶上所做的努力 中国植胶区地处热带和南亚热带地区,水热条件充沛,具有发展橡胶树的一定条件,特别是海南、云南的西双版纳等地,常年基本无霜,年均日照时数达到1700~2400h,年均气温在19.5~23.0℃,最冷月均温也在15.0℃以上;年降雨量1500~2500mm,但干湿季节明显,11月至翌年4月为旱季,5~10月为雨季,降雨量占全年的60%~90%,相对湿度在80%以上,由于中国植胶区位于赤道以北18°~24°,大大超过了世界植胶的热带地区(赤道以南10°至赤道以北15°)的界限,是公认的不宜植胶地,主要问题是台风和低温两大自然灾害,对橡胶树的影响带来了一系列的问题^[1]。中国试种橡胶树始于20世纪初,1904年云南率先从新加坡引入胶苗8000株试种成功,以后台湾、海南岛、雷州半岛等地也相继引种,至1950年全国约有110万株实生胶树,其中有60万株割胶,主要分布在海南岛;1952年海南岛、湛江和云南南部开始发展橡胶种植,广西、福建南部和广东汕头地区也有少量栽培;此后又经30多年的努力,选育出多个抗风、耐寒品种,制订了因地制宜的抗风防寒栽培措施,终于在北纬18°~24°地区大面积植胶成功。

5.2 我国天然橡胶的引种和选育种研究 1981年RRDB组织有关成员国到原产地巴西亚马逊河流域丛林收集、引进野生新种质7581个。为了选育适合我国独特自然环境条件,具有产量高、抗性强的新品种,先后开展了杂交育种和新技术育种的研究,其中橡胶树产量苗期预测方法,橡胶花粉、花药植株的培养和橡胶稳定三倍体的培育方法均达到世界领先水平,已培育出适合我国不同垦区种植的橡胶树品种。近几年来在橡胶树体细胞诱导纯多倍体无性系、橡胶树自根幼态无性系的试管微繁、利用橡胶转移酶活性苗期预测橡胶产量及利用RAPD技术鉴定橡胶树抗白粉病等研究都取得了可喜的进展。

5.3 胶园土壤农化研究 胶园土壤管理是橡胶田间管理的中心任务,种胶后能否速生、高产,土壤管理和施肥则成为主导因素。先后进行了肥料试验、覆盖等保水保肥研究,对矿质营养诊断进行了主要营养要素、施肥技术和施肥制度的研究,进行了多种微量元素、稀土和复合肥料的开发应用以及配方施肥的研究,使橡胶产量不断提高。营养诊断配方施肥,目前已做到以场或作业区(分场)测土施肥。

5.4 割胶与生理生化的研究 割胶生理研究始于1954年,初期在老实生树上进行,随后开展刺激割胶研究;1954~1958年通过双、单割线制度试验,研究了采胶与生长的关系;1958~1959年开展幼龄胶树开割标准和割胶制度试验;1956~1959年应用2,4-D和2,4,5-T作刺激剂对成龄胶树进行刺激增产试验,研究了刺激剂在增产上的作用机制;80年代以来针对施用乙烯利产生副作用的问题,研究了各种剂型的乙烯利复方,取得明显效果,各种复方一般比单用乙烯利增产10%左右,为当今的割制改革打下了基础。

随着乙烯利在现有推广品种不同割龄胶树中的全面应用,其对胶乳的性质、非胶组分等有否影响,由此引发的胶乳

生理生化的进一步深入研究已着手进行。

5.5 病害防治研究 随着橡胶树北移到我国大面积种植后,病害防治成为生产中一个不可忽视的问题。我国橡胶树病害约有65种,尤以真菌病害为主。当前较为重要的病害有白粉病、炭疽病、条溃疡、季风性落叶病、褐皮病、根病、麻点病等。

我国对橡胶树主要病害的防治技术,特别是对白粉病和条溃疡的流行规律、预测预报及防治技术进行了系统的研究。近年来对炭疽病的流行、预测预报及防治也取得显著进展。

5.6 天然橡胶初产品加工研究 我国的天然橡胶初产品加工技术在20世纪50年代末和60年代初橡胶树陆续大批开割时,已掌握了主要产品烟片、皱片和浓缩胶乳的加工技术,建立了尽管规模较小但技术上已和国外水平相当的加工厂。从70年代后期开始了块状胶加工工艺与设备的研究。80年代和90年代,我国在环氧化橡胶,不同高聚物与橡胶共混,粘土母炼胶、子午线专用胶等的研制方面取得显著成果。橡胶加工设备进入国际市场^[4]。

5.7 分子生物学在橡胶树上的应用 生物技术作为遗传育种的重要手段是十分活跃的领域。我国将分子标记运用于橡胶的基础性研究,在分子标记特异性状标记的筛选^[5]、种质资源遗传多样性分析^[6]、遗传图谱构建方面的研究已逐步展开。

6 橡胶树的研究进展及展望

6.1 研究进展 巴西在橡胶树产胶形态结构上分析了乳管系统与产量的相关性^[7]及生理学上研究了橡胶生物合成途径中调节关键的机制^[8],在产胶分子生物学上发现与橡胶合成相关的基因及与植物防卫相关基因在胶乳中的表达及乳管存在特异表达基因^[9];研究了在割胶及乙烯刺激对产胶的影响^[10],同时在排胶机制方面也有研究^[11];从90年代开始,随着分子生物学研究发展,从橡胶树中克隆的基因或cDNA也不断增多,主要是与橡胶生物合成相关基因^[12-14],抗性相关基因^[15,16]、一般功能基因^[17,18]、胶乳过敏原基因^[19,20]等。进而研究了胶乳中基因表达的一些组成型基因在乳管中的差异性表达^[21];在橡胶基因表达中,研究农杆菌转化的几个重要因素,vir基因诱导^[22]胶树对农杆菌的胁迫忍耐^[23]编码mRNA的基因在5'端含有特别调控序列对组织特异性表达的必要性^[24];在组织培养中包括花药培养、未授粉胚珠培养、子房培养、体细胞植株的克隆增值、茎尖及嫩茎培养、悬浮细胞培养和原生质培养的培养方面也有进展^[25]。

6.2 展望 随着采胶技术的革新和植胶观念的转变,选育适合皮下采胶、机械化采胶以及胶乳、木材且高产、能适合于不同环境和经营目标的品系将是橡胶选育种的方向。应用转基因技术对高产无性系的培育,插入SOD基因的额外拷贝可能增强对死皮的抗性,来提高产量^[26]。通过组织培养获得单倍体植株然后再加倍,获得遗传纯合的育种材料,有望大幅度提高干胶的产量、品质和胶树的抗性。应用组织培养和常规育种相结合的方法选出遗传稳定、性状优良的三倍体植株,来提高生长速度、增加产量、增强抗逆性。木材的开发利用越来越受到各植胶国的重视,将利用橡胶木与生产胶乳

结合起来,土地利用会更有效,马来西亚已育成胶木兼优的新品系。橡胶树具有特殊的乳管系统,通过割胶获得大量的胶乳,把其作为一种天然反应器,使其表达具有高效益的外源蛋白质,探索从橡胶树胶乳中获取与人类生命有关的产品^[4]。橡胶事业在今后的20年中是很有前景的事业。

参考文献

- [1] 蒋菊生,王如松.中国热带北缘橡胶种植生态工程[C]//中国科协2004年学术年会海南论文集.2004:50-54.
- [2] 付丰海.2005年天然橡胶市场预测[J].市场信息,2004,21(6):15-17.
- [3] 黄循精,王强.世界天然橡胶的最新进展和我国天然橡胶的发展现状(1)[J].中国橡胶,2003,20(20):8-20.
- [4] 蒋菊生,周钟毓.世纪之交的我国天然橡胶科技发展[C]//中国热作学会.种子技术面向新世纪学术年会论文集.1998:748-753.
- [5] 黄贵修.利用差异显示探索橡胶死皮病病因研究[D].儋州:华南热带农业大学,1999.
- [6] 罗安定.橡胶树优异种质的AFLP指纹图谱研究[D].儋州:华南热带农业大学,2000.
- [7] HAOBZ, WUJ L. Latifer differentiation in *Hevea brasiliensis* induction by exogenous jasmonic acid and linderic acid[J]. Ann Bot, 2000, 85:37-43.
- [8] DALZAC J, PREVOT J C, J C, et al. The regulation of cis-polyisoprene production. Resent Res[J]. Hart Physiol, 1997, 1:273-331.
- [9] HAN K H, SHIN D H, YANG J M et al. Genes expressed in the latex of *hevea brasiliensis*[J]. Tree Physiology, 2000, 20:503-510.
- [10] AMALON Z, BANGRAIZ J, CHRESIIN H. Ethel induced increase in the adenylated pod and transtomplast pH with latex cells[J]. Hart Physiol, 1992, 981:270-276.
- [11] GIDROL X, CHRESIIN H, TAN HL, et al. Hevein, a lectin-like protein from *Hevea brasiliensis* (rubber tree) is involved in the coagulation of latex[J]. J Biol Chem, 1994, 269:9278-9283.
- [12] CHYE M, TAN CT, CHUA NH. Three genes encode HMG CoA reductase in *Hevea brasiliensis*: hmg1 and hmg3 are differentially expressed[J]. Hart Mil Bd, 1991, 16:567-577.
- [13] ADI WLAGA KUSH A. Cloning and Characterization of cDNA encoding FDP synthase from rubber tree[J]. Hart Mil Bd, 1996, 30:935-946.
- [14] OH SK KANG H, SHIN DH, et al. Isolation, characterization and functional analysis of novel cDNA clone encoding a small rubber particle protein from *Hevea brasiliensis*[J]. J Biol Chem, 1994, 274(24):17132-17138.
- [15] MAO Z, GAYNOR J J. Molecular cloning, characterization and expression of Mn SOD from *Hevea brasiliensis*[J]. Hart Mil Bd, 1993, 23(2):267-277.
- [16] SVASUBRAMANAM S. Characterization of HEVER, a novel stress-induced gene from *Hevea brasiliensis*[J]. Hart Mil Bd, 1995, 29(10):173-178.
- [17] RENISCH D, GORLACH J, VOGT E, et al. The tonoplast-associated citrate binding protein (CBO) of *hevea brasiliensis*[J]. J Biol Chem, 1995, 270(51):30525-30531.
- [18] HASSLACHER M, SCHALL M, HAYN, et al. (S)-hydroxy-nitrile lyase from *Hevea brasiliensis*[J]. Ann N Y Acad Sci, 1996, 709:707-712.
- [19] SLAIER J E, VEDVICK T. Identification, cloning and sequence of major allergen (Hev b5) from natural latex[J]. J Biol Chem, 1996, 271(41):25394-25395.
- [20] ROZYNEK P, PCSCHA, BAUR X. Cloning, expression and characterization of the major allergen protein[J]. Clin Exp Allergy, 1998(21):1418-1426.
- [21] KUSH A, GOYVAERIS E, Chye ML, et al. Latifer-specific gene expression in *Hevea brasiliensis*[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1990, 87:1787-1790.
- [22] ALT MORBE J, KUHLAMANN H, SCHRODER J. Differences in induction of Ti-Hasmid vir-ulence genes virG and virD and continued control of virD expression by four external factors[J]. Mol Hart-Nforbe Interact, 1989, 2:301-308.
- [23] ACRKARAJ P, JONES H, JAAFAR H, et al. CaMV 35S promoter directs -glucuronidase expression in the latiferous system of transgenic *Hevea brasiliensis* (rubber tree)[J]. Hart Cell Reports, 1998, 17:621-625.
- [24] TAVAZZA R, TAVAZZA M, ORDAS R J, et al. Genetic transformation of potato *Solanum tuberosum*. An efficient method to obtain transgenic plants[J]. Part Science, 1988, 59:175-181.
- [25] 谭德冠, 张家明. 巴西橡胶树的组织培养[M]//中国热带生物资源研究与利用. 海口:海南出版社, 2005:430-437.
- [26] CHRESIIN H. Biochemical aspects of bark dryness induced by overstimulation of rubber tree with Ethel[M]//AUZAC J D, JACOB J L, CHRESIIN H. Physiology of Rubber Tree Latex. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1989:431-441.