

文章编号: 1008-8857(2010)04-0219-06

# 能源橡胶草的综合利用研究

梁素钰, 王文帆, 刘滨凡, 刘铁男, 卢中波, 刘广菊

(黑龙江省森林工程与环境研究所, 哈尔滨 150081)

**摘要:** 橡胶草是世界主要产胶植物之一, 其胶的品质与巴西橡胶树类似。着重论述了橡胶草综合利用目的及意义, 指出从橡胶草获得战略橡胶的同时, 可以得到清洁能源乙醇和保健品菊糖。橡胶草不仅可以作为产胶模式植物, 进行胶乳相关基因的研究, 而且其橡胶乳管可作为植物生物反应器生产稀缺药用蛋白。指出了如何利用循环经济与低碳经济的发展理念开发植物资源, 进行综合利用研究。

**关键词:** 橡胶草; 橡胶; 乙醇; 乳管; 生物反应器; 菊糖

中图分类号: S7

文献标识码: A

橡胶草<sup>[1, 2]</sup>(*Taraxacum kok-saghyz* Rodin)是菊科(Compositae)蒲公英属(*Taraxacum*)多年生宿根草本植物(图 1), 适生于东经 79°~80°30', 北纬 40°20'~43°20'N, 海拔 1 800~2 000 m 地区。橡胶草原产于哈萨克斯坦共和国天山山谷和中国新疆特克斯河流域, 苏联中亚地区和欧洲也有分布, 我国的新疆、甘肃、陕西、河北、东北、华北、西北等地均有栽培。橡胶草适应性 强, 干旱、盐碱地等仍可良好生长, 平原、高山、坡地都能见到它的身影。



图 1 橡胶草

Fig. 1 *Taraxacum kok-saghyz* rodin

橡胶草根内含有橡胶, 胶乳性能略次于巴西橡胶树的胶乳, 在进行萃取橡胶的同时可以获得大量乙醇。

收稿日期: 2010-07-30

作者简介: 梁素钰(1970-), 女(汉), 博士、副研究员, lsylsy80@hotmail.com

基金项目: 黑龙江省森工总局应用基金(sgzjY2010020); 黑龙江省财政专项基金(Hczh2010-11)

由于橡胶草是草本的产胶植物,生长周期短,易于遗传转化,橡胶草的乳管也可作为天然植物反应器和进行产胶功能基因鉴定,所以,橡胶草不仅在工业应用上具有很高的经济价值,而且在植物生物技术研究领域具有深远的科学意义<sup>[3]</sup>。

## 1 橡胶草与天然橡胶

### 1.1 天然橡胶

天然橡胶<sup>[4,6]</sup>与钢铁、石油、煤炭并称为四大工业原料,现在世界主要的天然橡胶90%以上是来自热带、亚热带环境下生长的巴西橡胶树(*Hevea Brasiliensis* Muell.Arg)。我国自2001年起天然橡胶的进口已超过美国成为世界第一进口国,自产的橡胶已远不能满足国内需求,而我国的地理位置决定了只有海南、云南及广东三省可以种植巴西橡胶树,且种植面积有限。所以,寻找开发新的可用胶资源,已经迫在眉睫。

第二次世界大战期间,亚洲出产的天然橡胶供应紧张,世界各国加快了对其它天然橡胶资源的研究步伐。橡胶草首先于1931年在前苏联被发现并研究。美国也曾在明尼苏达及密歇根等州试种橡胶草。中国在20世纪50年代初,轻工业部组织调查团对新疆的大面积野生橡胶草进行全面考查与研究,主要目的是解决国内天然橡胶供应不足。后由于战争结束,天然橡胶价格回落,橡胶草的研发被束之高阁。

目前,亚洲出产的天然橡胶日趋短缺,而且价格猛涨,使得人们再一次将目光锁定除巴西橡胶树之外的其它产胶植物,并进行基因工程研发,橡胶草再次登上历史舞台。

### 1.2 橡胶的品质

橡胶分子是产胶植物体内类异戊二烯物质代谢的终产物之一。橡胶的品质与胶乳的浓度、相对密度、分子量、粘度、PH值和表面张力有关。

橡胶草内的橡胶常呈溶胶的状态存在于乳管中,有时也呈凝集状态存在于老根部分。这种白色液体名橡胶浆,其成分为水、碳氢化合物、树脂、油脂、蛋白质、糖、无机盐和生橡胶,凝固后成为弹性、韧性很强的橡胶。

### 1.3 橡胶草胶乳提取及加工设备

天然胶乳(NR)是可再生天然资源,其湿凝胶强度高,成膜性好,制品弹性大,拉断力和拉断伸长率高,蠕变小,在胶粘剂领域得到广泛应用。但由于天然胶乳中含有相当数量的蛋白质,增加了NR制品的吸湿性、导电性、生热性和过敏性,因此必须对NR进行改性,拓展其应用领域,这对发展橡胶工业有着重要意义。

一般情况下,常用折断法对橡胶草类含胶植物进行含胶量确定。橡胶草的根干燥之后,乳管中的橡胶逐渐凝固,折断后,凝固橡胶可被拉成丝状,根据胶丝的多少及拉长的抵抗力决定。橡胶草中的胶乳可以采用碱煮法和提取法。碱煮法是根据碱可以破坏其它物质而使橡胶分离出来的原理进行的。提取法是根据氯仿、乙醚、石油醚、苯等有机溶剂可以溶解橡胶,而不溶解糖类和蛋白质,将橡胶从样品中提取出来。

橡胶草生胶集中于根部皮中的乳汁内,约占8%~10%。工业用生胶,一般含橡胶烃80%~86%、树脂10%~11%,铁和锰较高,易老化,贮藏前应先加入防老剂。

由于目前对天然橡胶加工利用得最多的是巴西橡胶树的橡胶,可以借鉴现有成熟的巴西橡胶的制取加工工艺。

橡胶草内的橡胶和巴西橡胶树中的橡胶物理机械性能略有不同, 两种天然胶虽然在加工工艺上会有差异, 但加工橡胶的工艺装备如压延机、密炼机等都是一样的<sup>[7, 8]</sup>。

## 2 橡胶草与生物燃料乙醇

生物质能源是仅次于煤炭、石油和天然气而居世界能源消费总量第四位的能源, 其中乙醇可以通过生物质的生物转化的方法生产。每 kg 乙醇完全燃烧时约能放出 30 000 kJ 的热量, 是一种优质的液体燃料。目前, 各国将燃料乙醇列为环保的清洁能源, 我国 2000 年国家计委指导完成汽油醇的车驾试验, 汽油中添加 10%~15% 的无水乙醇, 2001 年《变性燃料乙醇》和《车用乙醇汽油》两项产品国家标准出台, 2004 年国家对燃料乙醇生产企业补贴政策出台, 补贴 1 000~1 700 元·t<sup>-1</sup>。我国鼓励采用非粮食资源生产乙醇技术<sup>[9, 10]</sup>。

橡胶草除含胶乳外, 还含有纤维素、糖等成分, 在生产加工橡胶的同时, 通过萃取工艺可以获得副产品乙醇<sup>[11]</sup>。如今, 美国俄亥俄州立大学俄亥俄农业研发中心负责改良橡胶草品种、提高产量、育种等工作, 德尔塔公司已建立半自动化的萃取加工厂, 用橡胶草生产橡胶并同时获取清洁能源乙醇。

## 3 橡胶草与植物基因工程

### 3.1 橡胶草——研究橡胶与萜类合成的模式植物

现在已经成为模式植物研究对象的有拟南芥、大豆、水稻、大麦等。橡胶草作为草本产胶植物, 生长周期短, 易进行繁殖, 虽然性喜冷凉环境, 但在亚热带和温带都可以生长, 作为产胶植物, 所产天然胶乳的品质性状不及巴西橡胶树, 但从产胶的分子生物学来看, 有相似之处, 从研究植物的萜类代谢来看, 橡胶草更是研究的好材料, 所以以橡胶草为模式植物, 进行橡胶的产胶功能基因等研究, 具有很高的科学应用价值和意义。

### 3.2 橡胶草组织培养

植物组织培养成为生物科学的一个广阔领域, 除了在基础理论的研究上占有重要地位以外, 在农业生产中也得到越来越广泛的应用。如快速繁殖种苗、体细胞无性系变异和新品种培育、无病毒苗的培养、单倍体育种、种质保存和遗传转化等<sup>[12, 13]</sup>。

由于橡胶草是草本植物, 进行组织培养比木本植物容易。在组织培养的基础上, 也容易建立遗传转化体系。

### 3.3 橡胶草乳管——产胶功能基因鉴定平台的建设

研究橡胶乳管系作为生物反应器生产外源稀缺蛋白或药物等, 橡胶草组培的成功, 只是第一步, 要想使橡胶草作为功能基因鉴定的平台和植物生物反应器, 就必须建立遗传转化受体系统。保证外源基因可以转入橡胶草并在乳管系内进行表达, 通过筛选可以识别已经转化的抗性植株并对产物进行分离纯化。

#### 3.3.1 橡胶草遗传转化受体系统的建立

建立橡胶草遗传转化体系, 实际上就是用基因工程的方法, 进行转化方案的设计。要有适用的启动子和基因表达调节顺序(顺式作用元件和反式作用因子)。植物的转化要有合适的表达载体质粒, 包括独立的复制起始位点、多克隆位点、在细菌中的筛选标记、报告基因、植物筛选标记基因、合适的启动子及终止子、目的基因片段, 另外, 如果该质粒用于农杆菌转化, 还要具有 T-DNA 的左右边界序列<sup>[14]</sup>。

为了建立橡胶草的遗传转化体系,我们实验室已将含有 GUS 基因的植物表达载体 PCAMBIA3301 采用农杆菌介导的方法转入橡胶草,对农杆菌的浸染浓度、浸染时间以及抗生素的使用浓度作了初步研究。

### 3.3.2 产胶相关基因分子生物学研究

随着分子生物学的发展,人们已经掌握了影响巴西橡胶树产胶的相关基因,并进行了克隆<sup>[15]</sup>。因为控制胶质量和产量的基因有很多,这些基因不断地被发现,但是如何更有效地确定哪些与产胶真正相关,就需要建立一个功能基因鉴定平台。在这个平台里,可以将新发现的产胶相关基因转化平台宿主,观察是否会使胶乳的产量增加。

### 3.3.3 胶乳乳管——产胶功能基因鉴定平台建设

天然橡胶是产胶植物体内类异戊二烯物质代谢的终产物之一。天然橡胶存在着顺式—聚异戊二烯和反式—聚异戊二烯 2 种同分异构体。巴西橡胶树的天然橡胶是顺式—聚异戊二烯,它的生物合成是一种典型的植物类异戊二烯的次生代谢途径<sup>[16, 17]</sup>。而橡胶草的胶乳也是在橡胶乳管中,所以,可以用橡胶草的乳管作为一个平台,来研究巴西橡胶树与产胶有关的基因。

目前,已经从橡胶树(*Hevea brasiliensis* Muell.-Arg.)凝集因子(Hevein)和橡胶延伸因子 REF(Rubber Elongation Factor)中,通过基因克隆技术将启动子克隆出来。经过胶乳体外瞬时转化技术,认为这二种启动子与产胶有关。为进一步断定与产胶的相关性,可以用这些启动子建立植物表达载体,转化橡胶草检测是否可以增加胶乳的产量,从而构建一个功能基因鉴定平台。

## 3.4 橡胶草乳管——天然植物生物反应器

植物生物反应器就是利用植物这个系统,包括植物细胞、组织器官。以及整株植物作为工厂来生产具有商业价值的生物制品包括疫苗、抗体、药用蛋白等。目前,已用于生物反应器的植物有烟草、拟南芥、大豆、小麦、水稻、玉米、油菜、马铃薯、西红柿等。而且在植物生物反应器中表达抗体、生产疫苗和药用蛋白都已经实现。

植物生物反应器<sup>[18]</sup>实际上就是植物基因工程中的一种,主要包括以下几个环节:目的基因的克隆、工程质粒的构建、受体植物的组织培养、遗传转化、转基因植物的再生鉴定以及转基因植物后代的分析、筛选和选育等一系列环节。其中受体植物的组织培养和遗传转化体系要完备,所选植物生长周期短,人工培养成本相比要低,转基因植物的再生鉴定以及转基因植物后代的分析、筛选和选育等比较重要,还有一个更主要的环节就是对外源基因的高效表达和表达产物的分离与纯化。植物生物反应器一般由表达系统、转化系统和纯化加工系统部分组成,每一个环节出现问题,都会导致实现目标的失败。转基因植物表达外源基因策略,外源基因在植物中的稳定整合和高效表达。高效分离纯化的下游加工体系。

### 3.4.1 橡胶草植物生物反应器表达系统的建设

利用植物系统作为工厂来生产有价值的生物制品,是利用 DNA 重组技术和转基因技术进行的,整体过程可参见图 2。

其中,表达系统主要有两种:一是稳定表达系统,利用农杆菌和基因枪等转化方法将外源基因转入植物基因组中,然后在组织培养过程中,将阳性的转染细胞选择出来导入植物受体,即可得到能稳定整合的转基因植物;另一是暂态表达系统,这是一种以病毒为载体的瞬时表达系统,即将外源基因插入到植物病毒基因组形成重组病毒,然后通过注射接种到植物叶片上,重组病毒能在宿主植物中迅速增殖,同时外源蛋白在病毒颗粒表面表达。

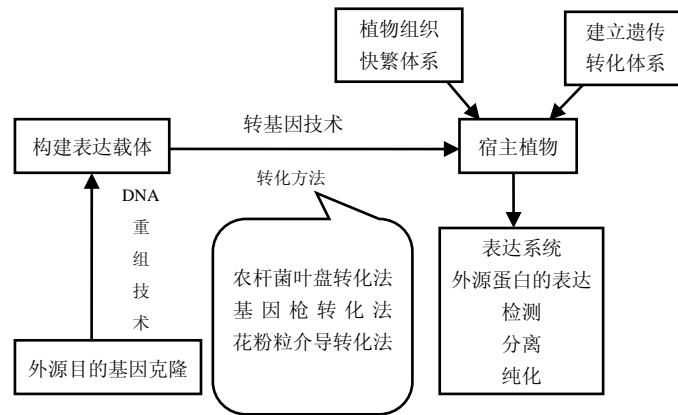


图2 植物生物反应器形成示意图

Fig. 2 Schematic of biological reactions of plants

### 3.4.2 橡胶草乳管系作为植物生物反应器的建设

橡胶草乳管系作为外源功能基因的表达宿主，需要构建带有胶乳启动子的特殊植物表达载体。通过转基因技术将带有外源基因的植物表达载体转入橡胶草，经过转基因植株的筛选，对橡胶草的胶乳进行分离，检测，将表达的外源功能基因产物从胶乳中分离出来，进行提纯再加工。

## 4 橡胶草与菊糖

菊糖 (Inulin) 1984 年被德国科学家发现，之后命名为“菊糖”，又称菊粉、土木香粉，是一种生物多糖，具有低聚果糖的功能特性<sup>[19]</sup>。在欧洲的许多国家，菊糖作为天然的食品配料被广泛地应用。众多研究表明，菊糖与果糖一样可促进人体内双歧杆菌和乳酸杆菌的增殖而抑制病原菌如大肠杆菌、梭状芽胞杆菌和沙门氏菌的生长。

橡胶草是蒲公英属植物，菊糖则存在于蒲公英属蒲公英的全草中。菊糖的含量在橡胶草结实期的六月份达到最高峰。如何开发一种新型工艺，在提取橡胶草根中橡胶的同时，尽可能将菊糖分离出来以达到更大的利用效率也是目前正待解决的工艺关键。

## 5 从橡胶草的研究论现代植物资源的开发利用趋势

综上所述，研究工艺适当，不仅可以从橡胶草中获得战略资源橡胶，还可以获得清洁能源乙醇和保健品菊糖。但此资源综合开发利用工程涉及到多个学科领域，所以笔者总结出现代植物资源开发利用的几个趋势：① 研究趋向系统化多单元操作：系统统筹性的发展，集合各领域的专项技术，做到单技术高质量的开发，确保各链结之间的平衡协调，才能使一项技术能真正地从实验室走向工业化应用。② 遵循循环经济的环保可持续性发展：我国传统经济运行方式是单向流动的开放式线性经济，一般以“资源消耗—产品工业—污染排放”为模式，而循环经济是以生态学规律为指导，通过生态经济综合规划设计社会经济活动，使不同企业之间形成共享资源和互换副产品的产业共生组合，使上游生产过程中产生的废弃物成为下游生产过程的原料，实现废物综合利用，达到产业之间资源的最优化配置，使区域的物质和能源在经济循环中得到可持续利用，从而实现产品清洁生产和资源可持续利用的环境和谐型经济模式。

③ 纵观全局,合理利用资源,并进行资源管理与经济效益分析评价。④ 需要政府相应的法规政策支持与扶持。⑤ 为解决研究中遇到问题,会产生需求制定新的标准与技术规范等<sup>[20]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 成言. 橡胶草[J]. 化学世界, 1950, 5(5): 10-11.
- [2] 罗士华. 橡胶草[J]. 科学大众, 1952, 7(5): 121-122.
- [3] 梁素钰, 王述洋. 新型能源战略植物——橡胶草的开发与利用[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2008.
- [4] 黄先明. 从天然橡胶产业安全角度看中国与东盟的合作[J]. 黑龙江对外经贸, 2006, 20(3): 14-15.
- [5] 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(一)[J]. 中国橡胶, 2000, 16(20): 8-11.
- [6] 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(二)[J]. 中国橡胶, 2000, 16(21): 7-8.
- [7] 于清溪. 橡胶混炼设备使用现状与工艺发展[J]. 橡塑技术与装备, 2007, 33(5): 6-16.
- [8] 黄绍敏. 我国橡机行业发展现状与展望[J]. 橡塑技术与装备, 2003, 29(1): 19-25.
- [9] 秦耀宗. 酒精工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [10] 张晓阳. 国际燃料乙醇工业发展概况[J]. 玉米科学, 2003(专刊): 88-91.
- [11] 许凤, 孙润仓, 詹怀宇. 木质纤维原料生物转化燃料乙醇的研究进展[J]. 纤维素科学与技术, 2004, 12(10): 45-54.
- [12] 陈汝民. 实用图解植物技术[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1994.
- [13] 李俊明. 植物组织培养教程[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1998.
- [14] JAYASHREE R., REKHA K., VENKATACHALAM P, et al. Genetic transformation and regeneration of rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) transgenic plants with a constitutive version of an anti-oxidative stress superoxide dismutase gene[J]. *Plant Cell Rep*, 2003, 22: 201-209.
- [15] 刘卫平, 王敏杰, 韩玉珍. 天然橡胶的生物合成机制[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(4): 382-388.
- [16] 罗明武, 邓柳红. 巴西橡胶树产胶与排胶机制研究进展[J]. 林业科学, 2006, 42(9): 127-130.
- [17] CORNISH Katrina. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species[J]. *Phytochemistry*, 2001, 57: 1123-1134.
- [18] 张明洲, 应华冠. 转基因植物生物反应器的研究进展[J]. 中国计量学院学报, 2005, 16(3): 242-246.
- [19] 胡蝶, 邓钢桥, 彭伟正, 等. 菊糖提取工艺的研究[J]. 湖南农业科学, 2005, 16(6): 71-72.
- [20] 刘军利, 蒋剑春. 论生物质能源标准体系(II)——生物质燃料乙醇准化研究进展[J]. 生物质化学工程, 2006, 40(5): 53-57.

## Study on the comprehensive utilization of the *Taraxacum kok-saghyz* Rodin

LIANG Suyu, WANG Wen-fan, LIU Bin-fan, LIU tie-nan, LU Zhong-bo, LIU Guang-ju

(Forest Engineering and Environment Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150000, China)

**Abstract:** *Taraxacum kok-saghyz* Rodin is one of the primary laticiferous plants of the world and the quality of rubber produced from *Taraxacum kok-saghyz* Rodin is similar to that from *Hevea*

(转 236 页)

