

# 能源植物小桐子的研发现状及展望

李振华, 郭予琦, 麻德平, 王 松, 田曾元\*

(郑州大学 生物工程系, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 介绍了开发能源植物的意义, 着重阐述了能源植物小桐子的生物学特性、主要用途和近年来国内外的研发现状, 并对其利用前景和存在的问题进行了分析和讨论。

**关键词:** 能源植物; 小桐子; 研究现状; 开发利用

**中图分类号:** Q949.93    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1004-3268(2007)07-0010-03

能源危机和生态危机是当今世界面临的巨大挑战。与发达国家一样, 我国也同样面临着能源短缺和环境污染的巨大挑战。我国石油储量占世界的 2%, 消费量居世界第二。未来 10~15 年内, 我国石油进口依存度近 40%。为了保证国民经济的快速发展和人民生活水平的提高, 走可持续发展道路, 我国能源和环境问题的解决必须积极依靠可再生绿色能源的系统研究与开发利用。

我国现已查明的油料植物有 151 科 697 属 1554 种, 其中, 种子含油量在 40% 以上的植物有 154 种。但分布广、适应性强、能利用荒山、沙地等宜林地进行造林, 建立起规模化的良种供应基地的生物质燃料油木本植物仅 10 种左右。其中小桐子是一种耐干旱贫瘠的油料作物, 生长在热带、亚热带和雨量稀少、条件恶劣的干热河谷地区, 分布于我国云南、贵州、四川、广东、广西、海南等地。小桐子全身是宝, 种仁含油率高达 61.5%, 可作为生物柴油的原料; 茎、叶、果实可作为抗菌杀毒生物制药、生物农药的原料; 脱毒后的油渣可作饲用蛋白粉和复合肥料等<sup>[1]</sup>。

## 1 小桐子的生物学特性

### 1.1 植物学性状

小桐子(*Jatropha curcas*, L) 又名麻疯树、黑皂树、木花生等, 属大戟科麻疯树属, 为落叶灌木或小乔木。小桐子株高 2~5 m, 叶互生, 幼叶背面脉上有柔毛, 叶柄长达 16 cm。聚伞花序腋生或顶生, 由若干黄绿色的小花组成; 花单性、雌雄同株, 雄花多、雌花少(约占 5% 左右)。肉质蒴果卵圆形, 长 3

~4 cm, 直径 2.5~3 cm; 成熟时呈黄色, 每果一般具 3 枚种子, 少数 2 枚; 花期 5 月, 果期 10 月。种子长椭圆形, 黑色, 单粒重 0.5~0.7 g, 一般每千克干籽有 1 800 粒<sup>[2~4]</sup>。种子宜在果黑开裂时采收, 种子重量占果重的 1/2 稍多。种仁含油率 50%~61.5%, 机榨出油率 45%, 种子的经济性状依产地不同而有差异。

### 1.2 生态习性 & 分布

野生小桐子主要分布于热带和亚热带地区, 可在年降水量 480~2 380 mm, 年平均气温 18.0~28.5℃的环境下生存。其有一定的耐寒性, 能忍耐 -5℃ 的短暂低温。通常生于海拔 700~1 600 m 的平地、丘陵坡地及河谷荒山坡地。一般栽培于园边作绿篱, 也有半野生状态, 多生于平地路旁的灌木丛中, 以散生形式分布。小桐子性喜高温和花期干旱的地方, 在雨量较多的湿热地区结实较少。小桐子不择土壤, 能在十分贫瘠的荒地生长, 在印度被称为“坚强的植物”。开花结实以肥沃疏松的土壤生长好、结实多。小桐子可用于点播造林, 其萌芽性强, 也可进行扦插繁殖<sup>[5]</sup>。用种子繁殖的可生长出典型的主根和 4 条侧根, 而扦插繁殖的则不能生长出主根<sup>[6]</sup>。一般情况下, 3 年可长成 3 m 左右的植株。种子繁殖 3~4 年后可结果, 扦插繁殖 1 年左右。

小桐子原产热带美洲, 现广泛分布于世界热带地区。非洲的莫桑比克、赞比亚等国, 巴拿马、波多黎哥及美国佛罗里达的奥兰多地区, 美洲巴西、斐济、洪都利亚的昆士兰及北澳地区和亚洲的印度、巴基斯坦都有分布<sup>[7]</sup>。在我国分布于云南、四川、广东、广西、海南等地, 以云南最多, 四川次之。在云南

收稿日期: 2007-02-11

作者简介: 李振华(1982-), 女, 河南浚县人, 在读硕士研究生, 研究方向: 生化与分子生物学。

通讯作者: 田曾元(1972-), 男, 河南内乡人, 副教授, 博士, 硕士生导师, 主要从事植物生化与分子生物学研究。

广泛分布于全省炎热地区,以干热河谷最为常见,常集中于河岸、宅旁、路边;因茎叶有毒,牲畜不吃,故常用作绿篱栽培;用作菜地、农耕地的生物栅栏<sup>[1,8]</sup>。

## 2 小桐子的主要用途

### 2.1 作为生物能源 替代柴油

小桐子油是一种半干性油,色泽淡黄。油的理化性质:比重  $D_{40}^{40}$  0.914,折光  $D_{40}^{40}$  1.4629,酸值16.82,碘值93.79,皂化值192.2,不皂化物0.787%。其脂肪组成主要为油酸和亚油酸,油酸含量为47.5%,亚油酸含量为30.3%。与轻柴油比较,小桐子油的十六烷值低(30),黏度大(77.35Cst, 20℃),馏程偏重(馏出50%的测定值为398℃),闪点高(124℃),因而蒸发性差;当环境温度较低时,冷机启动性能差。另外,小桐子油发热值较低(低于轻柴油11%),工作耗油率高(比轻柴油高16.3%)<sup>[5]</sup>。

小桐子种仁含油量一般在50%以上,超过油菜和大豆等油料作物。小桐子油作为能源,在农村可用于照明等。最早进行小桐子油代替农用柴油机燃料油试验研究的是泰国工业财团,试验结果表明,小桐子是一种极为适宜的生物能源<sup>[5]</sup>。我国商业部野生植物研究所(南京)和云南省农机研究所对不同机型的柴油机使用小桐子油作燃料油进行了研究,结果表明,均无异常现象。试验对X195柴油机采用60%轻柴油与40%小桐子油的混合油,其启动性能有明显的改善,油耗率有所降低。进行的道路试验和田间作业试验结果也表明,在不改变机械任何结构的情况下采用混合油是基本可行的。最近,我国科学工作者从小桐子的种子中成功提取并加工成与柴油相似但更加环保的新型燃油——生物柴油。贵州大学精细化工中心的试验结果显示,这种新型燃油适用于各种柴油机,如农用发电机、拖拉机和汽车等;在闪点、凝固点、硫含量、一氧化碳排放量、颗粒质等方面均优于国内零号柴油。目前该中心利用小桐子油加工生物柴油的工艺已使其产品达到欧洲II号排放标准。小桐子油与柴油、汽油、酒精的掺合性好,掺合后不易分离;对环境无害,比传统的柴油更清洁和高效。因此,作为生物燃料资源,小桐子具有广阔的开发利用前景<sup>[9,10]</sup>。

### 2.2 生物防治

小桐子是开发生物农药的理想资源。其植株的提取物及过滤小桐子油后的滤渣、油饼,主要含有小桐子毒蛋白,其具有良好的抗病与杀虫效果,可用于

研制生物农药、杀虫剂、杀菌剂等<sup>[11,12]</sup>。

### 2.3 开发新药

小桐子种子和种子油可作为泻药和催吐剂,也用于治疗皮肤病。经溶剂稀释的小桐子油可作慢性风湿病的涂抹剂。树浆用于治疗疥疮、湿疹和金钱癣很有效。根皮煎剂用于治风湿病,外用治无名疮毒。近30年来,国内外学者陆续报道了小桐子及其提取物的抗肿瘤效应、抗微生物、抗利什曼原虫、抗寄生虫、治疗创伤、终止妊娠、防治糖尿病、抗疟疾等<sup>[13~15]</sup>。

另外,小桐子油还可制作肥皂、染料等产品。油枯可做肥料,叶子可饲养家蚕等。

## 3 小桐子的国内外研究、开发现状

### 3.1 国外研究及开发现状

自上世纪80年代以来,美国、巴西、印度等国开展了能源油料植物的选用、富油植物的引种栽培和遗传改良研究,开展“柴油林林场”方面的研发工作。1998年联合国《生物多样性公约》第二十条款中专门提出了“小桐子油可作为极好的柴油替代品”,应当大力推广。其栽培和提炼技术也有相当的进步,已开始大规模种植,比我国成熟很多。目前国外对小桐子的开发利用研究主要集中在3个方面。

3.1.1 提炼技术改进 德国是生物柴油利用最广泛的国家。德国戴姆勒—克莱斯勒公司研究所和豪亨海姆大学动植物产品研究所在印度实施的“土壤生产生物燃料项目”就是利用小桐子提炼生物柴油的新尝试。美国和欧洲均建有年产万吨的生物柴油工厂。2006年,DLOils公司在印度Chennai建立它的第1个以小桐子为原料的生物柴油炼油厂。目前,生物柴油在欧洲已占成品油的5%。

3.1.2 原料解决 联合国已将小桐子种植作为生态建设和扶贫项目,广泛用于热带地区(如乌干达、马里、加纳等国家)。到目前为止,世界上已有20多个国家种植发展小桐子。仅在2005年,布基纳法索、加纳、印度、尼加拉瓜、尼泊尔和其他国家就宣布了鼓励农民种植小桐子的新举措。

3.1.3 新药开发 在中南美洲,民间很早就用小桐子治疗肿瘤、炎症、病毒及毒蛇咬伤。现已广泛用于杀灭钉螺,防治血吸虫病等。近年来,陆续报道了小桐子提取物的药用价值,在抗肿瘤、抗寄生虫、治疗创伤、糖尿病等方面的药理实验研究已取得很大成果,并有相关药物上市。

### 3.2 国内研究及开发现状

我国近 30 年来关于小桐子的研究主要集中在以下几个方面: 小桐子植物资源研究概况, 小桐子种子抗真菌蛋白及相关基因的分离、表达研究, 小桐子毒蛋白(curcin)的分离纯化、基因克隆作用机理研究, 小桐子快繁及药用植物网络数据库的构建等<sup>[16~18]</sup>。

在经过了国家“八五”、“九五”和“十五”计划后, 我国生物质能源的研发已取得了较大的成绩。近年来, 随着我国能源短缺问题的凸现, 小桐子的开发已引起了广泛关注。2004 年, 科技部将“生物质燃料油技术开发”列为“十五”国家重点科技攻关计划项目。四川大学进行的多年研究取得了重要成果。湘潭大学和湖南林业科学院也进行了小桐子油提取技术的研究。如今, 我国不仅建立了西南地区能源植物数据库, 筛选出 8~9 份优良的小桐子品种。在攀枝花地区建立了 133.3 hm<sup>2</sup> 的种苗基地和小桐子优质高产种植技术体系, 而且建立了新型小桐子车用生物柴油生产工艺和小桐子车用生物柴油的企业标准。小桐子提取生物柴油已完成试验阶段, 其产品通过成都公交公司的试用, 完全可以用于汽车发动机。但是我国油料植物的生产和开发利用刚刚起步, 对一些能源作物油的提取、加工仍处于初试阶段。

### 4 存在的问题及展望

我国小桐子燃料油的研究和生产与发达国家相比尚有较大的差距, 许多研究单位和企业开展了卓有成效的研发, 但仍处于发展的初级阶段, 未能实现产业化。开发利用存在诸多问题: (1)小桐子原料资源匮乏。长期以来对能源植物的研究、开发缺乏重视, 致使资源培育不够, 生物柴油原料林短缺, 生产力不高。(2)小桐子油自身存在的缺点, 限制了其应用程度。小桐子油油脂的分子较大, 黏度较高。(3)生产工艺改进和高碳脂肪酸的降解, 原料的栽培技术和生物技术、油脂加工技术系统组装以降低成本等问题。(4)许多与小桐子燃料油商业化应用相关的问题亟待解决, 如减税或免税的优惠政策。

实现生物质液体燃料油产业化, 需要丰富的可再生生物质原料的供应。因此, 今后应加强小桐子作为能源植物的基础研究和应用研究, 特别是解决原料匮乏问题。

参考文献:

[1] 何文淑, 肖荣贵, 杨晓琼, 等. 麻疯树在贫困地区农村发

展和生态建改中的开发前景[J]. 中国中医药信息杂志, 2002, 9(10): 33—36.

- [2] 中国油脂植物编写委员会. 中国油脂植物[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 丘华兴. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [4] 中国科学院华南植物研究所. 海南植物志(第二卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
- [5] 施宗明, 李云, 罗玉兴. 能源植物小桐子的开发利用和栽培研究[J]. 云南师范大学学报, 1992, 12(2): 31—38.
- [6] 林娟. 麻疯树植物资源研究概况[J]. 热带亚热带植物学报, 2004, 12(3): 285—290.
- [7] Openshaw K. Review of *Jatropha curcas*: An oil plant of unfulfilled promise[J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 19(1): 1—15.
- [8] 陈冀胜, 郑硕. 中国有毒植物[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [9] Ouedraogo M, Ayers P D, Linden J C. Diesel engine performance tests using oil from *Jatropha curcas*[J]. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 1991, 22(4): 25.
- [10] Foidl N, Foidl G, Sanchez M, et al. *Jatropha curcas* as a source for the production of biofuel in Nicaragua[J]. Bioresource Technology, 1996, 58(1): 77—82.
- [11] 张无敌. 小桐子开发与元谋县生态环境保护[J]. 云南师范大学学报, 2001, 21(5): 37—42.
- [12] 费世民. 国内外能源植物资源及其开发利用现状[J]. 四川林业科技, 2005, 26(3): 21—26.
- [13] Iedhopf R M, Trumbull E R, Cole J R. Antitumor agents from *Jatropha acrorhiza* isolation and characterization of *Jatropha*[J]. Pharm Sci, 1973, 62(7): 1206—1208.
- [14] Abdu-Aguye I. Acute toxicity studies with *Jatropha curcas* L[J]. Hum Toxicol, 1986, 5(4): 269—273.
- [15] Gupta M P, Monge A, Karikas G A. Screening of panamanian medicinal plants for brine shrimp toxicity, Clown gall tumor inhibition, cytotoxicity and DNA—intercalation[J]. Inter Pharmacognosy, 1996, 34(1): 19—27.
- [16] 林娟, 颜钊, 唐琳, 等. 麻疯树核糖体失活蛋白的分离纯化和作用机制研究[J]. 高技术通讯, 2002(11): 36—40.
- [17] 陈钰, 魏琴, 唐琳, 等. 麻疯树营养器官和种子的蛋白质组成及对水分和温度胁迫的反应[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(4): 98—104.
- [18] 陆伟达. 麻疯树快繁及方差分析和四川药用植物网络数据库的构建[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 11(2): 136—186.