

能源植物的研究现状及发展建议^{*}

吴国江¹ 刘 杰² 姜治平² 康 乐²

(1 中国科学院华南植物园 广州 510650)

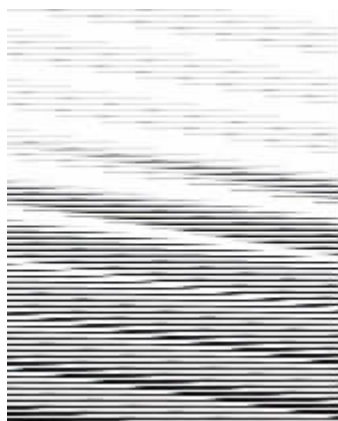
2 中国科学院生命科学与生物技术局 北京 100864)

摘要 能源危机是人类即将面临的巨大挑战,生物质能源的开发利用已成为当今国际上的一大热点。本文简要介绍了国内外能源植物的研究现状,并对如何发展我国能源植物提出了几点建议。

关键词 能源植物,麻疯树,生物能源



中国科学院



吴国江研究员

一 发展生物质能源的紧迫性和必要性

能源是现代社

会赖以生存和发展的基础,安全、可靠的能源供应和高效、清洁的利用能源是我国实现经济可持续发展的基本保证,也是国家战略安全保障的基础之一。在过去的20年里,我国的能源消费总量随着经济的发展已经翻了一番,超过了13亿吨标准煤,成为世界上仅次于美国的能源消费大国。能源短缺和能源消费所引起的环境问题已经成为制约我国可持续发展的瓶颈之一。目前我国人均一次性能源的消费量不到美国的1/18,仅为世界平均水平的1/3。与世界一次性能源构成不同的是我国以煤为主,煤占一次性能源的比例为74.2%,原油15.2%,天然气

2.9%,水电7.7%(国家统计局2003)。由于煤的高效、洁净利用难度较大,使用过程中已对人类的生存环境带来严重的污染。另一方面我国人均能源资源严重不足,人均石油储量不到世界平均水平的1/10,人均煤炭储量仅为世界平均值的1/2。近年来,我国石油消费逐年增长,2004年石油消费量达2.92亿吨,进口石油1.23亿吨,原油对外依存度已达42.1%(国家统计局2004)。而2005年9月份达到每桶65美元。根据国家发展和改革委员会能源研究所预测,2020年中国石油的需求量将为4.5亿—6.1亿吨,届时国内石油产量估计为1.8亿吨,进口量将为2.7亿—4.3亿吨,进口依存度将达到60%—70%。过分依靠进口原油不仅使国民经济蒙受较大的损失,也会给我国的战略安全构成潜在的威胁。大量消费化石能源所排放的SO₂和CO₂已严重威胁人类赖以生存的生态环境。同时不可再生的化石能源正面临枯竭的危险。矿物燃料的日趋枯竭和生态环境的日渐恶化,使人们日益重视研究和利用新能源,以可再生能源来替代有限的石化资源成为必然。筛选和种植优质、高效的能源植

^{*} 收稿日期:2006年1月4日

物,并将之转化为气体或液体燃料,不但可以弥补化石燃料的不足,缓解过分依赖大量进口石油的被动局面,实现我国能源安全战略,而且通过发挥其植被的碳库,水土保持和对低效土壤的改良有助于达到保护和建设生态环境的目的。

二 国内外能源植物研究现状

20 世纪,国际上出现了两次石油危机,给世界经济带来巨大影响。2005 年人们又在油价猛涨中度过,使得替代化石能源的研究倍受关注。不少植物学家试图用植物油脂替代石油来作为对能源日益膨胀需求量的对策之一。自从诺贝尔奖获得者、美国加州大学的化学家卡尔文于 1986 年在加州福尼亚种植了大面积的油脂植物获得成功以来,在全球迅速掀起了一股开发研究油脂植物的浪潮,在世界各地相继发现了一些“柴油树”、“酒精树”和“蜡树”。目前,发达国家用于规模生产生物柴油的原料有大豆(美国)、油菜籽(欧共体、加拿大)、棕榈油(东南亚)。日本、爱尔兰等国用植物油下脚料及食用回收油作原料生产生物柴油。欧美许多国家结合本国特点制定了生物柴油发展纲要,在推广使用上出台了相关的优惠政策推动生物柴油生产。许多国家对投放市场的生化柴油都采取了免税政策和低税率政策以鼓励民众推广和使用生物柴油,保护生态环境。

我国是利用能源植物较早的国家,但基本上局限在直接燃烧、制碳等初级的阶段,热能利用率很低,造成了植物资源的极大浪费,而且也造成了比较严重的环境污染。“七五”期间,四川省计划委员会能源办公室下达了“野生植物油作柴油代用燃料的开发应用示范”项目,四川省林业科学研究院等单位对攀西地区野生小桐子(麻疯树)的适生立地环境、栽培技术、生物柴油提取与应用等进行了较为深入的研究,利用野生小桐子

树果实提取生物柴油也获得了成功。中科院“八五”重点项目“燃料油植物的研究与应用技术”,完成了金沙江流域燃料油植物资源的调查研究,建立了小桐子栽培示范区。湖南省在“八五”期间,完成了光皮树制取甲脂燃料油的工艺及其燃烧特性的研究;“九五”期间完成了国家重点科研攻关项目“植物油能源利用技术”,同时,还从南非、美国和巴西引进了能源树种绿玉树(*Euphorbia tirucalli*)优良无性系,开展了“能源树种绿玉树及其利用技术的引进”研究。研究内容涉及油脂植物的分布、选择、培育、遗传改良等及其加工工艺和设备。

我国政府对生物燃料也非常重视,并制定了多项指导性政策促进其发展。在国民经济和社会发展“十五”纲要中提出了发展各种石油替代品,将发展生物液体燃料确定为国家产业发展方向。2005 年 2 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会通过了《可再生能源法》。2005 年 1 月 28 日,中国工程院第 35 次工程科技论坛“2005 中国生物质工程论坛”在人民大会堂召开,讨论了生物液体燃料及生物化工制品在我国的可行性;2005 年 5 月 27—28 日以“生物能源的现状和发展战略”为主题的东方科技论坛第 56 次学术研讨会在上海举行。2005 年 5 月 31 日香山科学会议召开了主题为“生物质能源的利用潜力与前景”学术讨论会。上述连续 3 次的会议充分体现了政府和学术界对生物质能源研发的重视。可以预计,在未来几年,我国在该领域的研究将会有重要进展,有些技术可达到实用水平。

三 开发能源植物的优势及可行性

(1)资源丰富:我国幅员辽阔,地域跨度大,水热资源分布多样,能源植物资源种类丰富多样,约有 3 万种维管束植物,仅次于印尼和巴西,其中有经济价值的植物约 15 000

种,具有能源开发价值约 4 000 种。

(2)可再生性:能源植物通过光合作用固定二氧化碳和水,将太阳能以化学能形式储藏在植物中,这种能量形式是可再生的。

(3) 二氧化碳零排放:“酸雨”、“温室效应”等已给人们赖以生存的地球带来了严重的后果。生物质能燃料燃烧所释放出的 CO_2 大体上相当于其生长时通过光合作用所吸收的 CO_2 ,几乎没有 SO_2 产生。因此使用大自然馈赠的生物质能源,几乎不产生污染,这是气、油、煤等常规能源所无法比拟的。

(4)种植面积大:我国南方约有 3 亿亩荒山荒坡,北方有 15 亿亩盐碱地,利用荒山荒坡和盐碱地、荒滩、沙地种植能源植物既不占用宝贵的耕地资源,又可提供大量的生产原料,还有利于改善生态环境、增加农民收入。

四 具有开发潜力的能源植物

——麻疯树

能源植物是指直接用于提供能源为目的的植物。广义的能源植物包含所有的陆地和海洋的植物。狭义的能源植物指能量富集型的植物。据估计,地球上每年植物光合作用固定的碳达 $2 \times 10^{11} \text{ t}$, 含能量达 $3 \times 10^{21} \text{ J}$ 。能源植物通过光合作用固定二氧化碳和水,将太阳能以化学能形式储藏在植物中。除直接燃烧产生热能外,还可转化成固态、液态和气态燃料。按照化学成分能源植物分为三类:

(1)富含碳水化合物的能源植物:其中富含糖的能源植物,如菊芋、甘蔗、甜高粱等;富含淀粉的能源植物,如木薯、玉米、甘薯;富含纤维的能源植物,如芒果、桉树等。利用这些植物可得到生物柴油、燃料乙醇和燃气。

(2)富含油脂的能源植物,如油菜、向日葵、棕榈、花生等。这类能源植物既是人类食

物的重要组成部分,也是工业用途非常广泛的原料。

(3) 富含类似石油成份的能源植物,如麻疯树、油楠、续随子、绿玉树、古巴香胶树等,可直接产生接近石油成份的植物,其主要成分是烃类,如烷烃、环烷烃等,富含烃类的植物是植物能源的最佳来源,通过脱脂的处理可作为柴油使用。

在三类能源植物中,富含油脂和高糖或高淀粉的能源植物,因其多数本身既是人类的食物来源,又是重要的化工原料,种植这些能源植物都需要大量的耕地,而我国人多地少,大规模利用耕地来生产能源植物不现实。因此,筛选能量富集型的野生或半野生状态的能源植物并通过生物工程改良和培育良种能源植物是开发能源植物的关键。目前中科院知识创新工程重要方向项目“高蓄能植物优良种质繁育”以能源植物麻疯树(*Jatropha curcas* L.)为研究材料正在进行资源收集和品质改良的研究。麻疯树作为生产生物柴油的原材料是正在被开发利用的重要能源植物之一,最有可能成为未来替代化石能源的具有巨大开发潜力的树种^[1,2]。

麻疯树,又名小桐子等,为大戟科麻疯树属落叶大灌木/小乔木,树高 2—7 m,分枝多。原产于热带非洲,现分布于世界热带地区。在我国云南、四川、贵州、广西、广东、海南等地均有分布,麻疯树多用于非耕地的土壤保持、农田和住宅的生物围栏、传统中药材、生物农药、肥皂制造、有机高氮肥和燃料油。

麻疯树适应范围广,能在十分贫瘠的荒地生长。性喜光,宜在暖热气候生长。小桐子在气温较高的地区一般年开花结实 2 次,第 1 次花期在 4—5 月,8—9 月果熟;第 2 次花期在 7—8 月,12—1 月果熟,在环境好的地方可常年开花。麻疯树易繁育,种子直播发



中国科学院



扦插繁殖



种植繁殖



一年生树木



花序



未成熟种子



成熟种子

图 麻疯树的生长及繁育状况

芽率接近 100%, 同时也可扦插繁殖。在华南植物园和西双版纳植物园种植试验结果表明, 种植当年可开花结果。一般种植 3—4 年的麻疯树年亩产种仁可达 300 公斤, 在印度人工栽培灌溉的条件下种植 6 年的麻疯树亩产达 800 公斤种子^[3]。种仁含油率在 40%—60%。其油脂主要成分为油酸、亚油酸和棕榈酸。油酸含量约 40%, 亚油酸含量约 30%, 棕榈酸含量约 20%^[4]。麻疯树油脂通过化学或生物学转换可得到优于目前 0# 柴油的生物柴油。此外, 麻疯树的种子含有多种活性成分, 有着重要的农药和医药价值, 是一种极有综合开发价值的生物能源植物材料^[5]。在分子生物学研究方面近年来建立了 DNA, RNA 提取的方法并成功地克隆了几种功能基因。同时建立了植物再生和转基因体系^[6,7]。因此, 麻疯树作为能源植物研究的模式植物具有非常好的前景。

五 能源植物的发展策略几点建议

大规模培育、推广种植和利用能源植物需要政府、科研机构和社会的共同参与。鉴

于目前我国能源植物发展的问题提出以下几点建议:

(1) 在现有植物品种详细系统调查资料的基础上, 根据生物质能源转换的方式(汽化液化燃料、燃料酒精、生物柴油、生物制氢, 藻类产甲烷等), 重点收集、引种和筛选产业化前景好的国内外能源植物种质资源, 如麻疯树, 建立迁地保育基地和能源种质资源圃, 评估潜在能源植物的生物学性状和经济参数。(2) 根据能源植物的分布和地域要求及其特点, 组织整合国内相关研究力量, 建设相关的研究条件和试验基地, 选择重点研究材料实施重点突破。开展规模化种植和规范化种植能源植物的关键技术研究 and 生产生态评价。建立我国能源植物研究平台。(3) 研究能源植物代谢网络和合成机制, 阐明能源植物的能量转化、富集和分配的分子调控机理。(4) 在已有的基因组学研究基础上, 利用现代生物技术手段通过调控功能基因(组)的表达进行产量品质(油脂、淀粉、木质素、纤维素、半纤维素)和抗性(耐盐性、耐

干旱和耐寒性等)的定向改良,达到降低生产能耗(减少营养、水和土地需求),提高物质产量和扩大能源植物适应环境的目的。(5)加强能源植物的遗传转化、生态安全评价、能源植物营造与退化生态系统恢复耦合机理的研究。建立与发展“能源农(林)场”的新型农村经济模式。(6)国家尽早制定相关政策,鼓励清洁的可再生能源产业的发展。鼓励生物质能的研究和开发,而且给予适当的财政支持,刺激其发展。如加强立法,通过税收及其它经济手段,将能源的外部社会成本和环境成本计入能源成本中,以增强生物质能源的竞争力;加强协调农业、生态环保和生物质能利用之间的平衡和谐。

致谢 本工作得到中科院“百人计划”和“中科院知识创新工程重要方向项目”的支持。

主要参考文献

- 1 Foidl N G Foil, M Sanchez, M Mittelbach *et al.*
Jatropha curcas L. as a source for the production of
biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technology*,

1996, 58:77-82.

- 2 Shah, S A Sharma, M N Gupta. Extraction of oil
from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combina-
tion of ultrasonication and aqueous enzymatic oil
extraction. *Bioresource Technology*, 2005, 96(1):
121-123.
- 3 Juliane Wiesenhütter. Use of the physic nut
(*Jatropha curcas* L.) to combat desertification and
reduce poverty published by deutsche GTZ, 2003.
- 4 贾良智,周俊主编.中国油脂植物.北京:科学出版
社, 1987.
- 5 Grimm C. Evaluation of damage to physic nut
(*Jatropha curcas*) by true bugs. *Entomologia
Experimentalis et Applicata*, 1999, 92:127-136.
- 6 Sujatha M, N Mukta. Morphogenesis and plant
regeneration from tissue cultures of *Jatropha
curcas*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 1996,
44: 135-141.
- 7 李美茹,李洪清,吴国江.影响农杆菌介导的麻疯
树基因转化的因素研究.实验生物学报(已接受).

Development of energy plant: Progress and suggestions

Wu Guo-Jiang¹ Liu jie² Lou Zhi-Ping² Kang Le²

(1 South China Botanical Garden, CAS, 510650 Guangzhou

2 The Bureau of Life Science and Biotechnology, CAS, 100864 Beijing)

Energy crisis is the huge challenge that mankind will be faced with the exploitation of biological energy has become a hot point in the present world. This paper gives a brief view to the domestic and international current situation and prospect in energy plants. Some suggestions on the future development of energy plant are proposed.

Keywords Energy plant, *Jatropha curcas* L., Bio-Energy

吴国江 中国科学院华南植物园研究员,博士生导师。1997年在日本东京大学获得理学博士学位之后,分别在东京大学、日本国立生物资源研究所等单位从事研究工作。2004年回国,入选中科院“百人计划”。研究方向为功能基因的克隆及调控机理与能源植物的品质改良。



中国科学院