

Exploitation and Development of Non-food Biofuel Plants for Low-carbon Economy

Yingming CHEN¹, Zhifei ZHU², Yong JIANG³, Zuyu CHEN¹

¹School of Environment & Urban Construction, Wuhan Textile University, Wuhan, China

²Department of Environment and Life Science, Putian University, Putian, China

³Construction Engineering Group Co., Ltd, Wuhan Iron and Steel Corporation, Wuhan, China

Email: chen_yingming@126.com

Abstract: For reducing carbon delivery capacity and developing the low-carbon economy, non-food biofuel energy plants should be exploited vigorously according Chinese national conditions. The non-food biofuel plants were classified to four kinds by components and function. The questions of Chinese development on non-food biofuel plants were analyzed by summarizing the current status all over the world. At last, the reasonable and constructive suggestions were offered for deep development of non-food biofuel energy plants.

Keywords: non-food; biofuel plant; bioenergy; high-carbon energy; low-carbon economy

开发非粮能源植物，发展新型低碳经济

陈英明¹，朱智飞²，江勇³，陈祖玉¹

¹武汉纺织大学环境与城建学院，武汉，中国，430073

²福建莆田学院，莆田，中国，351100

³武汉钢铁公司建工集团，武汉，中国，430081

Email: chen_yingming@126.com

摘要:为了降低碳排放量，发展低碳经济，在进行高碳能源低碳化利用同时，根据人多地少的国情，我国要大力开发利用非粮能源植物。通过对非粮能源植物的分类系统研究，结合世界各国利用现状，指出了我国在非粮能源植物开发利用上的问题，并针对性的提出了合理的建议和意见。

关键词: 非粮；能源植物；生物能源；高碳能源；低碳经济

1 引言

低碳经济(Low-Carbon Economy 或 Low-Fossil-Fuel Economy)是指一个经济系统只有很少或没有温室气体排出到大气层，或指一个经济系统的碳足印接近于或等于零。低碳经济是指以低能耗、低污染、低排放为基础的一种经济发展模式^[1-3]。这是人类社会继农业文明、工业文明之后的又一次重大进步。低碳经济实质是高能源利用效率和清洁能源结构问题，核心是能源技术创新、制度创新和人类生存发展观念的根本性转变。需要在发展中排放最少的温室气体，同时获得整个社会最大的产出。人们耳熟能详的新能源、清洁能源、生物质能源、可再生能源等等概念也被看作是低碳经济格局中的一部分。以工业化为主要特征的现代社会已经深深地依

基金项目：武汉纺织大学校科研基金(20090905)，湖北省教育厅人文社科研究项目(2010d040)，湖北省建设厅科技项目(200926023)

赖于廉价的化石燃料，即煤炭、石油和天然气等这些增加二氧化碳浓度并最终引起气候变暖的能源资源，它们已经构成了世界经济和社会发展的关键物质基础。直到今天，各国能源战略的重点仍在于确保充足的能源供应，而较少考虑能源开发利用对环境 and 气候的负面影响。这便是高浓度二氧化碳社会下的能源经济模式。低碳经济要求是每一单位的经济活动所产生的温室气体排放量大大低于目前的水平，目前正处于概念完善阶段，尚无明确的经济模式，大部分策略都集中于清洁和可再生能源的开发、矿物燃料的脱碳及碳汇管理上，具体措施包括：能源效率及节约（交通、建筑和工业上）；燃料使用的转变，从煤炭转为天然气；发电厂和氢工厂的碳捕捉；可再生能源（包括生物质能、风能、潮汐能、太阳能、地热能）；原子裂变；森林和土壤中碳的固存。

由于化石燃料的碳是固化在燃料中，他们的燃料导致额外的 CO₂ 的排放，破坏了地球圈的 CO₂ 浓度平衡。在进行高碳能源资源低碳化利用的同时，减少化石燃料的使用量，开发和利用可再生循环的、不影响碳平衡的生物质能是一个有效的措施和方法^[4-6]。

生物质能在工业化生产利用中，最大的瓶颈是原料问题，主要是因为现今为止大多数生物质能的原料都是粮食作物，如玉米、小麦、高粱、大豆油、菜籽油等，因此国家制定了“不与人争粮，不与粮争地”开发原则，生物量大、抗性强的非粮能源植物将成为重要的原料资源^[7,8]。

2 非粮能源植物种类

非粮能源植物种类繁多，生态分布广泛，分类方式也多样化。本文按使用功能和转化为替代能源的化学成分将非粮能源植物分为四类^[8-11]：

2.1 富含类似石油成分

又称为“石油植物”，如大戟科、夹竹桃科、桑科、山榄科植物等。现已发现的大量可直接生产燃料油的植物，如绿玉树、三角戟、续随子等。这些石油植物能生产低分子量碳氢化合物(烃类)，加工后可合成汽油或柴油的代用品。据专家研究，有些树在进行光合作用时，会将碳氢化合物储存在体内，形成类似石油的烷烃类物质。如巴西的苦配巴树，树液只要稍作加工，便可当作柴油使用。

2.2 富含高糖、高淀粉和纤维等碳水化合物

这类植物主要是草本作物，如豆科、壳斗科、禾本科、棕榈科植物等，可供提取乙醇的原料，它们的茎秆和果实中含有大量的淀粉和纤维素等糖类物质，通过生物和化学方法处理后，就可以得到乙醇和沼气等高燃烧值的能源。现在得到广泛应用的有甜高粱、甘蔗、甜菜、木薯和菊芋等。

1.2.3 富含油脂

这类植物主要为樟科、大戟科、山茶科、豆科、十字花科植物等。它们体内含有大量的多种脂肪酸的混合甘油酯，其主要成分化学是甘油三酸酯，油脂中所含的脂肪酸大多属于不饱和脂肪酸，是生产生物柴油的重要原料。我国就有含油率高的非粮含油植物上千种，现今重点开发利用的油料植物有小桐子、油

桐、黄连木、沙蒿、蓖麻、油莎草、红花等。

1.2.4 速生丰产薪炭

这类植物有杨柳科、桃金娘科桉属、豆科相思属、金合欢属、银合欢属等。这类植物主要提供薪柴和木炭，可以用来气化制合成气和发电。目前世界上较好的薪炭树种有加拿大杨、意大利杨、美国梧桐、红桉木、桉、松、刺槐、冷杉、柳、沼泽桦、乌柏、梓树、火炬树、大叶相思、牧豆树等。近年来芒草经研究也是一种优质原料。

3 非粮能源植物开发利用现状^[12-15]

许多国家都制定了相应的非粮能源植物开发研究计划，如日本的新阳光计划、印度的绿色能源工程、美国的能源农场和巴西的酒精能源计划等。

巴西是世界上燃料酒精发展先驱，早在 20 世纪 70 年代中期，巴西利用种植甘蔗的优势，制定了以甘蔗为主要原料的酒精燃料发展计划，研发酒精燃料。经过近 30 年的努力，巴西现已培育了多个高产的能源甘蔗品种，成为酒精生产大国。此外，巴西还大力开发甜高粱，先后育成许多优良品种，并开展了“国家甜高粱试验”。现巴西以糖蜜或甘蔗汁为原料，年产燃料酒精居世界第一。美国自 20 世纪 80 年代，就进行了能源植物的选择，富油树的引种栽培、遗传改良以及建立“柴油林林场”等方面的工作与研究。科学家还在海藻中提炼油脂制备燃油。欧洲各国也开展了能源植物方面的研究，如法国主要以甜菜为原料生产燃料酒精，德国是以谷物和马铃薯为主生产酒精。东南亚各国主要是用棕榈油为原料生产生物柴油，重点研究了油棕和合欢树作为能源植物的栽培和加工技术。在澳大利亚发现了两种可以提取石油的多年生野草-桉叶藤和牛角瓜，这些野草生长速度极快，研究人员用溶解法从这两种野草的茎叶中提炼出一种白色汁液，可以制取石油。

我国非粮能源植物的研究与开发工作起步较晚，主要集中在用于生产生物柴油和生物醇类燃料两类上。其中燃料乙醇的原料北方主要以甜高粱和甜菜为主，南方主要以木薯和甘蔗为主。目前，我国用于生产生物柴油的主要非粮植物有小桐子、乌柏、油桐、光皮树、黄连木，续随子、绿玉树和油楠等。国家科技基础性工作专项“非粮柴油能源植物与相关微生物资源的调查、收集与保存”重点项目，由科技部 2008

年批准立项。项目组织了全国能源植物与相关微生物方面的优势力量,调查包括全国30个省(区)约1200种非粮柴油能源植物,是我国首次对全国非粮柴油能源植物与相关微生物资源进行全面而系统的调查与评价。

4 我国非粮能源植物开发利用存在的问题

有人预计,再过不太长的时间,全球能源模式将发生重大变化,各种可再生能源将迅速取代化石型能源。到2015年,全球总能耗将有40%来自于生物能源。但目前我国利用植物能源还存在一系列问题,据了解,目前能源植物转化石油的成本约为普通石油的两倍。

4.1 资源不清,数据陈旧

总体上我国非粮能源植物资源总量较大,利用时间早,但是对其缺乏长期、系统、深入地研究,因此获得自主知识产权的项目较少,资源评估相对滞后。目前,我国对非粮能源植物资源分布情况还未完成系统全面调查,也没有权威性的相关普查统计资料。很多资料都是区域性的,而且都有几十年的历史,一些品种已经退化、变异和消失,不利于整体性开展资源的开发利用。

4.2 品种良莠不齐,缺乏稳定高品位种质资源

能作为人类绿色能源的非粮能源植物的资源相当丰富。但是,目前可规模化利用的植物种类、品种不多,人工栽培面积小且分布零散,很多优良的植物品种尚处于野生状态,未被驯化栽培。同一品种随地理位置和气候的变化差异大,质量不统一,品质不稳定。要想收集大量的原料作为商业能源利用比较困难,成本费用较高。如产油能源植物含油量不高、达不到大规模生产的要求,同时转化率低、转化成本高,提制的植物石油分子量较大、粘度高、价格较高,质量与化石型燃料相比,尚有一定的差距。

4.3 利用方式单一,效益不高

非粮能源植物的主体部分用来制造燃料乙醇、生物柴油、固体燃料和合成气,残剩的余料大多简单处理或丢弃,没有合理综合利用,缺乏联产化生产,影响了经济效益

4.4 缺乏标准规范,没有形成规模效应

对于什么样的植物属于高品质种质,什么样的非粮植物值得作为能源植物开发和利用,同一品种的适宜种植范围是什么,迄今为止,还没有比较统一和规范的标准和规则,这就导致了开发的盲目性和急功近利。在没有做出科学调查和论证情况下,一哄而上,不根据区域特点做出选择,到处上马能源林建设。一旦遇到问题或收益低时,就马上停止,造成资金和人力的极大浪费。

5 非粮能源植物开发利用对策

我国能源植物资源丰富,非粮产油植物就有400余种。能源植物的开发利用方面,就总体水平而言,与国外相比差距很大,仍处初级阶段。根据《新能源和可再生能源发展纲要》的框架,应采取相应的对策和措施加大对非粮能源植物的开发。

5.1 资源普查,摸清家底

在决策规划方面,为了将来实现工业化规模开发能源植物,需要对全国绿色能源植物资源进行普查,摸清家底。首先要了解非粮能源植物的资源及其分布状况;其次对目前可利用的优良品种进行统计,很多尚处在自生自灭的野生状态,未被驯化栽培要特别注意。要在弄清本国非粮能源植物资源的基础上,依据植物的生态地理空间分布格局,筛选、培育出多种与之相适应的、环境友好的高效非粮能源植物,并优化非粮能源植物配置和生产格局,建立能源植物专类生产区,这对于能源植物种质资源的保存、繁殖推广和开发利用,具有深远的意义和现实价值。

5.2 培育品种,提升品质

通过筛选或引进含量丰富的种,或通过遗传改良手段人工选育速生或生物量高的种。通过培育生长周期短、收获期长的速生型品种,增强如耐旱、抗严寒、耐高温等对环境的适应能力,适应在干旱地带、盐碱地等环境恶劣、瘠薄的土地上和铁路、高速公路、灌溉渠道等的边缘地带生长。这样可充分利用非农业用地和荒地,不用与农作物和农田竞争土地和肥料,对于进行规模开发非常有利,也便于管理。

5.3 提高工艺,综合利用

进行非粮能源植物燃料的基础研究和开发研究,包括能源植物燃烧特性,提炼工艺及综合利用和开发。

应加大研究提取工艺的力，寻求最简便易行的方法，进行技术改进以提高转化率，降低生产成本，走上商业化、产业化、规模化经营的良性发展之路。

5.4 规范标准，科学开发

根据特性和功能，制定出非粮能源植物的评价标准，确定适合区域发展的品种资源，为科学开发利用提供科学知道技术标准。比如可以根据地理分布特征、资源量、生态生物学特性、最适生长区、单位面积“目标生物量”、种子含油量、油脂化学特性等指标，建立生物柴油用非粮能源植物的标准。进而可知分析在长江中下游一带值得开发的非粮能源油料植物为油桐、乌桕，而南方亚热带和热点区域为小桐子树，北方地区则为沙棘、黄连木等。

5.5 政策引导，政府支持

能源植物只有大规模种植，产业化开发才能满足工业化生产需求，降低生产成本，和常规石化燃料比才更有竞争优势。因此政府必须在政策上进行引导，提供合理优惠政策，提高农户对种植非粮能源植物的信心和积极性，主动参与到开发利用来。在资金、原材料、技术和销售上给予支持，让种植者有经济利益获得，实现产业的良性循环发展。

References (参考文献)

- [1] Jiang Bing, Sun Zhenqing, Liu Meiqin. China's energy development strategy under the low-carbon economy[J], *Energy*, in press.
- [2] Dagoumas A.S, Barker T.S. Pathways to a low-carbon economy for the UK with the macro-econometric E3MG model[J], *Energy Policy*, 2010, 38(6), P3067-3077.
- [3] Nader S. Paths to a low-carbon economy—The Masdar example[J], *Energy Procedia*, 2009, 1(1), P3951-3958.
- [4] Azam M.M, Waris A, Nahar N.M. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India[J], *Biomass and Bioenergy*, 2005, 29(5), P293-302.
- [5] Yamamoto H, Matsumura Y. Evaluation of supply potential of enemy crops in Japan considering cases of improvement of crop productivity [J], *Biomass and Bioenergy*, 2005, 29(5), P355-359.
- [6] Venendaal R, Jorgensen U, Forsters C.A. European energy crops: a synthesis[J], *Biomass and Bioenergy*, 1997, 3(3), P145-185.
- [7] Wu Guojiang, Liu Jie, Lou Zhiping, et al. Development of energy plant: progress and suggestion[J], *S&T and Society*, 2006, 21(1), P53-57(Ch).
吴国江, 刘杰, 娄治平等. 能源植物的研究现状及发展建议[J], *科技与社会*, 2006, 21(1), P53-57.
- [8] Chen Yingming, Xiao Bo, Chang Jie. Development and application on resources of energy plant[J], *Amino Acids & Biotic Resource*, 2005, 27(4), P1-5(Ch).
陈英明, 肖波, 常杰. 能源植物的资源开发与应用[J], *氨基酸和生物资源*, 2005, 27(4), P1-5.
- [9] Song Yongfang, Progress of exploitation and utilization on energy plant[J], *Biomass Chemical Engineering*, 2006, 40(6), P51-53(Ch).
宋永芳. 能源植物的开发与利用进展[J], *生物质化学工程*, 2006, 40(6), P51-53.
- [10] Borrero M.A.V, Pereira J.T.V, Mirand A.E.E. An environmental management method for sugar cane alcohol production in Brazil [J], *Biomass and Bioenergy*, 2003, 25(3), P2872-2899.
- [11] Calvin M. Petroleum plantation for fuel and materials[J], *Bio-science*, 1979, 29(9), P533-538.
- [12] Calvin M. New sources for fuel and material[J], *Science*, 1983, 219(4580), P24-26.
- [13] Dai L. The development and prospective of bioenergy technology in China[J], *Biomass and Bioenergy*, 1998, 15(2), P181-186.
- [14] Shah, Sharma S.A, Gupta M.N. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction[J], *Bioresource Technology*, 2005, 96(1), P121-123.
- [15] Xu Ying, Liu Hongyan. Development and expectation of the energy plant[J], *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25(3), P297-300(Ch).
徐颖, 刘鸿雁. 能源植物的开发利用展望[J], *中国农业通报*, 2009, 25(3), P297-300.