DOI:10.15933/j.cnki.1004-3268.2006.09.017

选育高油高产油菜品种,大力发展油菜生物柴油

张书芬,朱家成,王建平,文雁成,赵 磊
(河南省农业科学院棉花油料作物研究所,河南 郑州 450002)

摘要:生物柴油具有空气污染物排放少、润滑性好、生物降解完全等优点,但生物柴油的成本高是制约其发展的瓶颈。根据柴油和菜籽油的脂肪酸组成特点,结合我国国情对油菜在生产上的地位和发展前景进行分析,认为油菜的种植面积和总产量居世界第一,且油菜资源丰富、适应范围广、原料充足,是我国发展生物柴油的理想原料。按照当前技术,利用植物油脂原料生产生物柴油,原料成本占生产总成本的 70%~90%,油脂原料是决定生物柴油价格的最主要因素。所以,关键是培育出高产或者高产油量的油菜品种,以降低生产成本。

关键词:生物柴油;油菜;高油品种;油脂原料;可再生能源
中图分类号:S565.4 文献标识码:A 文章编号:1004-3268(2006)09-0052-04

生物柴油于 1988 年诞生,由德国聂尔公司发明,它是以油脂为原料,通过分解、酯化而得到的长链脂肪酸甲酯,是一种可以替代普通柴油的环保燃油,是资源永续的可再生能源。由于其具有突出的环保性和可再生性,引起了世界发达国家,尤其是资源贫乏国家的高度重视。生物柴油的油脂原料可以是植物油脂(大豆油、玉米油、菜籽油、棕榈油等)、动物油(动物脂肪)以及废食用油等[1]。西方国家为

收稿日期:2006-05-09
作者简介:张书芬(1965-),女,河南唐河人,研究员,博士,主要从事油菜遗传育种和杂种优势研究工作。

3.2 大豆耐旱相关的根系性状指标

大豆品种之间存在极大的生态、发育差异,直接比较品种间的根系性状未发现与耐旱性有关的指标,而采用相对值法便找到了 3 个相关的根系性状。这与 Hudak[8] 利用农艺性状相似的 2 个耐、感品种比较其根系性状所得结论相一致。因此,在根系研究中,相对值法是特别有意义的。

大豆起源于我国,品种资源极为丰富,充分利用现有资源,从整体水平提高大豆的抗旱性对我国大豆生产的发展有着重大的意义。

参考文献:

[1] 李原园,李英能,苏人琼,等. 中国农业水危机及其对策[M]. 北京:科学出版社,1997.52-54.
[2] 刘学义. 大豆抗旱性评定方法探讨[J]. 中国油料,1986(4):23-26.
[3] Sloane R J, Patterson R P, Carter T E. Field drought tolerance of soybean plant introduction[J]. Crop Science, 1990, 30: 118-123.
[4] Liu F L, Andersen M N, Jacobsen S E, *et al*. Stomatal control and water use efficiency of soybean (*Glycine max* L. Merr.) during progressive soil drying[J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 54: 1-8.
[5] Hudak C M, Patterson R P. Vegetative growth analysis of a drought-resistant soybean plant introduction[J]. Crop Sci, 1995, 35: 464-471.
[6] Garcia A, Gonzalez M C. Morphological markers for the early selection of drought-tolerant rice varieties[J]. Cultivate Tropical, 1997, 18(2): 47-50.
[7] Liu F L, Andersen M N, Jensen C R. Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development[J]. Field Crops Research, 2004, 85: 159-166.
[8] Hudak C M, Patterson R P. Root distribution and soil moisture depletion pattern of a drought-resistant soybean plant introduction[J]. Agron J, 1996, 88: 478-486.
[9] Hoogenboom G M, Huck C M, Peterson R P. Root growth rate of soybean as affected by drought stress[J]. Agron J, 1987, 79: 607-614.
[10] Garay A F, Wilhelm W W. Root system characteristics of two soybean isolines undergoing water stress conditions[J]. Agron J, 1983, 75: 973-977.
[11] 张正斌. 作物抗旱节水的生理遗传育种基础[M]. 北京:科学出版社,2003.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

发展生物柴油，在行业规范和政策鼓励下采取了一系列积极措施。为了便于推广使用，美、德、意等国都制定了生物柴油技术标准，完善生物柴油的产业化条件，并且政府实行积极鼓励的方式，在生物柴油的价格上给予一定的补贴。据美国能源部和世界能源理事会预测，全球石化类能源的可开采年限分别为：石油 39 年、天然气 60 年、煤 211 年，而其分布主要在美国、加拿大、俄罗斯和中东地区。德国等欧洲国家制定了在柴油中强制性添加一定比例的生物柴油的规定，以减轻机动车的废气污染。美国自 20 世纪 90 年代初就开始将生物柴油投入商业性应用，最近 2 年已形成规模。而加拿大、巴西、日本、澳大利亚、印度等国也都在积极发展这项产业。

1 发展生物柴油的意义及其优点

2003 年，我国消费柴油 8 307 万 t，汽油 4 016 万 t，分别比 2002 年增长 8.7%和 7.2%。虽然近年来我国炼化企业的柴汽比不断提高，但仍不能满足消费柴汽比的要求。目前，生产柴汽比约为 1.8，而消费柴汽比在 2.0 以上。随着我国农业机械化进程和世界范围内车辆柴油化趋势的加快，未来柴油的供需矛盾将更加突出，而柴油的前身——石油资源又异常紧张。据报道，占国内石油产量约 1/3 的我国最大石油生产基地——大庆油田，2003 年和 2004 年原油产量已连续 2 年低于 5 000 万 t，到 2010 和 2020 年，大庆油田原油产量将分别降到 3 000 万 t 和2 000万 t 级水平。因此，在现有的勘探和开采技术条件下，大庆油田有面临枯竭的危险[3]。大庆油田的状况虽然只是一个侧面，但它折射出我国石油资源的总格局。2004 年全国石油消费量突破 3 亿 t，其中进口 1.23 亿 t，进口量占我国石油总消费量的 40%以上。预计到 2010 年，我国石油消费总量将达 4 亿 t，而国内目前的生产能力仅为 1.6 亿 t 到 1.7 亿 t，供需缺口巨大[2]。

据国际能源机构预测分析，到 2015 年，我国原油供给进口依存度将由现在的 30%递增到 50%以上。在我国的石油产品格局中，柴汽消费比大于 2。因此，我国能源安全的核心是石油安全，而石油安全的关键在于柴油安全。分析证明，生物柴油是矿物柴油的良好替代品[3]。在我国发展生物柴油产业，不仅是应对日益严峻的能源形势所必需，也是舒缓能源消费结构矛盾的客观要求，还可促进我国环境保护和农业产业结构调整[1]。

为防止能源短缺引发的灾难性局面出现，我们必须寻找石化柴油的良好替代品。将植物油转化为生物柴油，是我国油料产业发展的潜力和希望所在。永不枯竭的生物柴油，必将是未来石化柴油的良好替代品。大力发展生物柴油，既有利于保障我国的燃油安全，关乎国家能源战略，又有利于发挥其对我国油料产业的市场拉动作用，从而促进农民的就业和增收，还有利于环境保护[1-4]。我国最著名的农业科学家、中国科学院院士、中国工程院院士石元春日前提出，发展石油替代行业有利于解决“三农”问题，让我国农民种出“绿色大庆”。生物能源关系国家的能源战略、科技战略、“三农”问题和生态环境问题，因此，它直接关系中国的长远发展。

与传统的柴油相比，生物柴油具有以下突出优点：可再生性，生物柴油是通过植物的光合作用将太阳能转化为生物能，再加工制成的，是取之不尽用之不竭的。优良的环保特性，由于生物柴油硫含量低，SO_2 和硫化物的排放量很少。生物柴油的生物降解性高，而且无毒，其遗漏不易造成环境污染，废气对人体损害低于矿物柴油。具有较好的安全性能，由于闪点高，在运输、储存、使用方面的安全性能突出；使用生物柴油原有的引擎、加油设备、储存设备、保养设备等基本不需进行改动。生物柴油润滑性能好，使喷油泵、发动机缸体和连杆的磨损率低，使用寿命长。生物柴油十六烷值高，使其燃烧性好于柴油。良好的替代性能，它既可以作为燃料使用，也可以作为添加剂与普通柴油以任意比例混合。现有的柴油机和柴油配送系统可基本不作调整即可利用。因此，生物柴油发展前景十分广阔，在石油能源的替代战略中具有核心地位。

2 生物柴油对油脂组成的要求

生物柴油是一类脂肪酸甲酯，是植物油脂脱甘油后经过甲酯化而获得的一种环保燃料。低芥酸菜油的脂肪酸碳链组成为 16～18 个碳，与柴油分子（15 个左右的碳链）碳数相近[2-4]。因此，以低芥酸菜油为原料所制取的生物柴油是矿物柴油的理想替代品。在欧洲，各国政府通过免税等优惠政策的扶植，使得以低芥酸菜油为原料制取生物柴油已经规模化，并已经成为其能源安全战略的重要组成部分。2004 年欧共体国家以低芥酸菜油为原料生产了生物柴油约 160 万 t，占欧共体国家同期生物柴油生产总量的 80%，有效地缓解了其柴油紧缺的局面。到 2010 年，欧共体国家预期将以低芥酸菜油生产生物柴油 340 万 t 以上。

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 发展生物柴油的瓶颈

国内外的研究表明，原料价格和充足的原料供应已经成为制约生物柴油发展的关键，是发展生物柴油的瓶颈，只有破解了这两大难题，我国生物柴油才可望走上产业化发展的道路。按照当前技术，利用动植物油脂原料生产生物柴油，原料成本占生产总成本的 70％～90％，所以油脂原料是决定生物柴油价格的最主要因素[3,5]。如何降低生物柴油原料油的价格最为关键。我国是植物油脂资源短缺国家，现有油料作物年产油脂在 1 000 万 t 左右，尚不足以满足国内食用油消费市场需求。近几年油脂进口量逐年递增，2004 年超过 700 万 t，成为全球最大食用油进口国。据农业部公布的数据，2005 年上半年，我国仅食用植物油进口就达 290 万 t，进口食用油籽 1 200 多万 t。

4 油菜是我国发展生物柴油最理想的原料来源

目前，世界各国纷纷根据本国国情选择合适的油脂原料生产生物柴油。欧洲各国，尤其是德国，大规模种植油菜，采用菜籽油生产生物柴油，并建立了相应的产品标准。美国主要利用高产转基因大豆，发展以大豆油为原料的生物柴油产业。

发展生物柴油，我国有十分丰富的原料资源。我国幅员辽阔，地域跨度大，水热资源分布各异，能源植物资源种类丰富多样，主要的科有大戟科、樟科、桃金娘科、夹竹桃科、菊科、豆科、山茱萸科、大风子科和萝摩科等[6～8]。尽管许多木本油料都可以加工为生物柴油，但规模有限。大豆、花生等草本油料作物也可以作为生物柴油的原料，但由于它们与我国的主要粮食作物如水稻、玉米等争地，扩大面积的潜力有限。而作为生物柴油的理想原料的油菜，则具有其独特的优势[4]。油菜是我国值得推广的生物柴油作物。油菜属十字花科，芸薹属，越年生或一年生作物，主要有白菜型油菜、芥菜型油菜和甘蓝型油菜三大类。其中甘蓝型油菜种子含油量较高，一般在 40％左右，高的达 50％以上。油菜抗性强，耐寒、耐湿、耐肥，产量高而稳定，增产潜力较大。我国长江流域和黄淮地区的冬油菜，仅利用耕地的冬闲季节生长，基本上不消耗地力，不影响主要粮食作物生产，不与主要粮食作物争地，是非常具有发展潜力的作物[2,4]。我国杂交油菜品种处于世界领先水平，油菜的种植面积及总产量居世界第一，且油菜籽资源丰富，用来开发生物柴油原料充足。油菜作为生物柴油原料的优势主要表现在：(1) 适应范围广，发展潜力大。我国长江流域、黄淮地区、西北和东北地区都适宜油菜生长，其适宜区域的耕地面积在 1 亿 hm^2 以上，仅长江流域和黄淮地区适宜于冬季种油菜的稻田面积就有 0.2 亿 hm^2 以上，是我国发展潜力最大的能源油料作物。(2) 化学组成与柴油很相近。低芥酸菜油的脂肪酸碳链组成与柴油很相近，是生物柴油的理想原料。目前，德国的生物柴油标准就是以低芥酸菜油为原料制订的。(3)可较好地协调我国粮食安全与能源安全的矛盾。长江流域和黄淮地区的油菜为冬油菜，仅利用耕地的冬闲季节生长，在品种改良后并不影响水稻(包括双季稻)等主要粮食作物的生产。(4) 培肥地力，增加后茬作物产量。油菜营养生长旺盛，叶面积系数高，且叶片在油菜收获前都归还了土壤，油菜根系分泌的硫甙物质还可控制土传病害，因此，油菜是用地养地作物，种植油菜后不但不消耗地力，其后茬作物(如水稻) 还可增产 15％左右[2]。(5) 可增加高蛋白饲料资源。菜籽饼粕的蛋白质含量高达 38％～40％，且含硫氨基酸的含量高于大豆，是良好的高蛋白饲料资源，因此，大力发展能源油菜还可有力地促进我国畜牧业的发展。(6) 为农民增收开辟新途径。

5 选育和发展高油高产油菜品种，促进油菜生物柴油的产业化

根据我国作物种植分布情况，大幅度地扩大播种面积的潜力非常有限。所以，培育出高产或者高产油量的油菜品种，大幅度提高油料作物产量，降低生产成本，具有非常重要的意义。故今后应致力于加速高油育种技术和杂种优势利用研究，培育出超高油和高产油菜新品种。

5.1 选育和发展高油油菜品种

油料作物生产的首要目的是获取油脂。油菜的平均含油量为 40％，每提高 1 个百分点的含油量，相当于籽粒产量提高 2.5％，利用生物技术提高油料作物种子含油量，是油料作物生物技术产业发展的关键，也是油脂品质改良的基础。目前，我国在高油油菜育种方面已取得了可喜的进展，陈锦清等首次提出的底物竞争调控籽粒蛋白质/ 油脂含量比率的反义 PEP 技术路线，使更多碳源流向油脂合成途径，并利用反义 PEP 基因转化甘蓝型油菜，提高了种子含油量，获得的转基因油菜品系超油 1 号、超油 2 号籽粒含油量分别高达 47.8％和 52.7％[9,10]。中国农业科学院油料作物研究所日前已培育出含油量

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

高达 51.9%的油菜品系;河南省农业科学院棉花油料作物研究所利用聚合育种和小孢子培养技术选育出高油油菜新品系 T057, 2004 年经农业部油料及制品质量监督检验测试中心(武汉)分析, 其含油量高达 52.38%,"用聚合育种和小孢子培养技术选育高油油菜品种的方法"已经申请了国家专利(200410060555.1), 并已经通过实审。以上研究成果为我国"油菜生物柴油计划"的实施带来了曙光。

5.2 利用杂种优势提高油菜产量

众所周知, 杂种优势是提高作物产量的最有效途径。油菜具有杂种优势强, 繁殖系数高, 杂种制种技术简便等特点, 因此, 在油菜上利用杂种优势具有十分重要的理论和实践意义。而我国油菜杂种优势利用在国际上处于领先水平。油菜杂种优势利用研究途径很多, 主要有细胞质雄性不育系(Cytoplasmic male sterile, CMS)杂种、细胞核雄性不育系(Genic male sterile, GMS)杂种、化学杀雄杂种(CHA)、自交不亲和系(SI)杂种等。

国内外推广的油菜杂交种中, 大多数是利用细胞质雄性不育系统。CMS 系统的最大优点是容易三系配套, 制种程序简单。在我国, 目前生产上利用的比较多的是波里马 CMS, 波里马 CMS 是傅廷栋教授 1972 年在甘蓝型油菜品种"波里马(Polima)"中发现的天然细胞质雄性不育。由于 polCMS 不育性的相对稳定性和易实现三系配套, 被国际上公认为是最有实用价值的细胞质类型。目前, 国内外审定的细胞质雄性不育三系杂种中, 大多数是用 pol CMS 不育系配制而成的[1]。

我国是世界上第 1 个大面积应用杂交油菜的国家, 目前杂交油菜发展较快, 面积约占我国油菜总面积50%, 欧洲平均约为 21%, 德国为 45%(傅廷栋, 2004 年上海中国作物学会油料作物专业委员会上的讲话)。因此, 选育高产油菜杂交种, 发展生物柴油, 我国具有明显的优势, 应加快研究, 尽早实现油菜生物柴油的产业化生产。

根据有关专家[4] 对油菜发展的经验和油料科技进步的情况分析, 到 2020 年, 我国每年可依靠能源油菜生产 6 000 万 t 的生物柴油(其中 4 000 万 t 来源于菜油、2 000 万 t 来源于油菜秸秆的加工转化, 相当于建造 1.5 个永不枯竭的绿色大庆油田。同时, 每年还可生产高蛋白饲料 4 000 万 t, 可为农民增加产值 2 000 亿元以上。值得一提的是, 油菜种植时每生产 1 t 菜籽将产生 2t 秸秆。规模化种植时, 如果能结合微生物油脂发酵技术, 充分利用油菜秸秆资源, 不仅可以使单位耕地面积得油率提高 70%以上, 而且具有显著的环境效益[3], 发展前景十分广阔。

参考文献:

[1] 闵恩泽, 唐忠, 杜泽学, 等. 发展我国生物柴油产业的探讨[J]. 中国工程科学, 2005, 17(4): 1—4.

[2] 王汉中. 发展油菜生物柴油的潜力、问题和对策[J]. 中国油料作物学报, 2005, 27(2): 74—76.

[3] 赵宗保, 华艳艳, 刘波. 中国如何突破生物柴油产业的原料瓶颈[J]. 中国生物工程杂志, 2005, 25(11): 1—6.

[4] 王汉中. 实施油菜生物柴油计划 建造永不枯竭绿色油田[J]. 中国农村科技, 2005(10): 40—41.

[5] 王涛. 中国主要生物质燃料油木本能源植物资源概况与展望[J]. 科技导报, 2005, 23(5): 12—14.

[6] 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 Bioenergy, 2005, 29: 293—302.

[7] 林娟, 周选国, 唐克轩, 等. 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.

[8] 李昌珠, 蒋丽娟, 李培旺, 等. 野生木本植物油—光皮树油制取生物柴油的研究[J]. 生物加工过程, 2005, 3(1): 42—44.

[9] 陈锦清, 郎春秀, 黄锐之, 等. 反义 PEP 基因调控油菜籽粒油脂蛋白质含量比率的研究[J]. 农业生物技术学报, 1999, 7(4): 316—320.

[10] 陈锦清, 黄锐之, 郎春秀. 油料作物生物技术产业化若干热点展望[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(6): 335—338.

[11] 傅廷栋. 杂交油菜的育种与利用(第 2 版)[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2000.

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net