

能源农业技术体系的构建研究^{*}

冯永忠¹, 杨改河¹, 毛玉如², 任广鑫¹

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国环境科学研究院, 北京 100012)

[摘 要] 能源问题是当前以及今后我国乃至世界经济发展所面临的主要问题之一。研究针对能源农业在解决能源问题方面的优势, 在综合分析国内外生物质能发展现状的基础上, 界定了能源农业的概念及特征, 系统构建了能源农业发展的技术体系, 该技术体系包括能源作物种植业、能源林业、能源畜牧业和以沼气工程、酒精发酵工程、秸秆汽化技术及能源转换装置为主的能源农业加工业。

[关键词] 能源农业; 技术体系; 农业能源开发利用; 能源作物; 能源林业; 能源畜牧

[中图分类号] S210.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)01-0030-05

农业是最古老的产业, 在人类漫长的历史进程中, 农业为人类不仅提供了粮食、衣物, 而且也提供了大量的生活能源。当今, 在发展中国家的广大农村, 农业仍然是生活能源的主要来源。1991、1995 和 1998 年我国农作物秸秆能源潜力分别相当于 16 412.6、15 092.38 和 11 996.77 万 t 标准煤, 分别占当年能源消耗的 16.35%、12% 和 8.96%^[1]。预计到 2010 年, 我国农作物秸秆产量将达到 7.26 亿 t, 可为生物质能的生产提供大量的原料。

农业作为第一性的物质生产部门, 在当前人类和平利用核能和高效利用太阳能技术水平受到限制的情况下, 仍然是人类解决能源问题首选的方法之一。尽管在国内外已经出现了诸如燃料乙醇、农作物秸秆气化、生物柴油等方面转化利用的报道以及比较成熟的技术, 但是长期以来, 人类只重视化石燃料和石油天然气等不可再生能源开发利用技术的研究^[2], 而对农业在解决能源问题方面, 特别是石油替代产品研发方面的基础研究还很薄弱。因此, 系统地开展农业在解决能源问题方面的基础研究, 显得十分重要。本研究在系统分析国内外能源农业相关领域研究的基础上, 根据能源农业的内涵及其发展方向, 初步构建了能源农业的技术体系, 以期为我国能源农业的发展提供具有战略意义的指导。

1 能源农业的概念及发展现状

1.1 能源农业概念的提出及特征

国内外均已开展了一些与能源农业相关的研

究, 并取得了一些进展。但能源农业作为一个完整的概念, 国内外只有为数不多的几篇文献可供参考, 在互联网上有“开创能源农业新时代”^[3]和“乙醇汽油为‘能源农业’^[4]破题”的报道。在正式出版的文献中, 2003 年姚向君^[5]发表的“浅论中国能源农业的发展”和 2005 年冯永忠等^[6]发表的“中国能源农业发展必要性与对策研究”等, 均探讨了能源农业的概念, 认为能源农业是以提供能源资源及其转换产品为主要目的的农业生产及相关活动。农业为人类提供能源这一特定功能, 还仅处于农作物秸秆和薪柴资源的原始燃烧利用阶段。在农业现代化建设过程中, 能源农业对解决我国乃至世界的能源问题, 尤其在解决石油危机方面的潜力和重要意义, 尚未被社会各界认识到。随着石油问题国际化的凸现和石油储量的下降, 农业在解决能源方面的优势将会逐渐显现出来。结合前人研究的基础和农业在解决能源问题方面的特殊作用, 笔者认为, 能源农业就是能源型绿色作物利用光合作用固定太阳能, 将其转变为有机能储存在植物体内, 在一定的技术条件下, 再转换为人类能够直接利用的能源的农业生产活动。由此可以看出, 能源农业具有如下几方面的特点。

(1) 从其概念的内涵而言, 能源农业仍然属于农业领域。传统农业主要是通过人类的农事活动, 为人类提供衣、食、住等丰富的生活资源, 而能源农业在生产程序和耕作技术体系上, 同传统的种植业一样, 也是通过土地来对农作物进行加工和利用, 故仍然属于农业范畴。

^{*} [收稿日期] 2005-04-04

[基金项目] 国家科技攻关项目(2003BA870C); 西北农林科技大学专项基金项目(04ZM 040)

[作者简介] 冯永忠(1972-), 男, 甘肃渭源人, 讲师, 在读博士, 主要从事资源与环境生态方面的研究。

(2) 能源农业主要面向人类的能源需求。能源农业是从农业生产的角度来解决目前日益严重的能源问题, 它所提供的能源不同于传统的煤炭、石油和天然气等耗竭性能源, 而是通过绿色植物的光合作用, 固定太阳能并将其转化为有机能而储存在农作物体内, 属于可再生能源。

(3) 能源农业必须与一定的加工技术相结合。能源农业生产的产品并不能直接利用, 而需在一定的技术条件下, 经过加工才能被人类利用。因此, 能源农业并不是传统的秸秆或薪柴的直接燃烧利用。

(4) 能源农业是一项系统的生产活动。能源农业包括能源作物的栽培管理, 能源作物种质资源的筛选培育, 能源农产品的加工技术、加工工艺及使用设备的设计研发等一系列生产和研究活动。

(5) 能源农业的生产过程, 主要是能源农作物固定大气中的 CO_2 的过程, 而其利用过程主要释放 CO_2 和 H_2O 的过程, 从生态系统能量流动和物质循环的角度上来讲, 这一过程并没有增加大气中 CO_2 的排放量。因此, 发展能源农业有利于控制大气中温室气体的浓度, 对于防止地球表层温度的升高、保持地球生态系统的碳平衡具有重要意义。

1.2 能源农业在国内外的发展现状

能源农业作为一个概念才刚刚被提出, 但其中的一些技术和措施在国内外已有不同程度的发展。我国现在正在进行的以沼气为核心, 旨在解决农村能源问题的生态富民工程计划, 主要利用农村畜禽粪便通过微生物厌氧发酵制取沼气; 美国和欧洲主要表现在燃料乙醇的生产和使用上, 美国燃料乙醇产量从 1979 年的 3 028 32 万 t 迅速增加到 1990 年的 36 34 亿 t, 此后增加更快, 1999 年达到 45 42 亿 t, 2003 年达到 96 9 亿 t; 欧洲的生物燃油也从 1992 年的 8 万 t 增加到 1998 年的 47 万 t。利用高产植物或农作物发展生物能源得到联合国的高度重视, 1999~2000 年联合国委托中国科学院植物研究所主持国际甜高粱品种区域试验。在首届全国甜高粱会议上, 中国科学院植物所研究员黎大爵说: “假如甜高粱的酒精产量为 4 t/hm^2 , 那么, 20 万 hm^2 甜高粱的酒精总产量为 80 万 t, 相当于 1994 年中国原油总产量的 54%”^[7]。无论是发酵沼气、燃料乙醇还是生物柴油, 都是通过能源农作物将太阳能转化为有机能而成为替代能源。因此, 系统构建能源农业技术体系, 无论对农业本身还是我国能源战略研究都具有重要意义。

2 能源农业技术体系

广义农业包涵农、林、牧、副、渔各业, 从技术体系的角度来看, 能源农业所包涵的也应该是一个很大的范围, 结合农业各行业和能源的相关关系, 能源农业技术体系从原料来源角度看, 包涵能源农作物种植业、能源林业、能源畜牧业和能源农业加工业 (图 1)。其中能源作物种植业和能源林业属于能源农业中植物性产品的生产范畴; 能源畜牧业属于动物性产品的生产范畴; 能源农业加工技术包涵动物性产品中油脂的提取技术和植物性产品中植物性油脂、糖料和淀粉的提取加工技术以及这些原料转化成燃料酒精、生物柴油和沼气等可燃气体的转换技术。

2.1 能源农作物种植业技术体系

能源农作物种植业技术体系包括能源农作物的筛选、培育和标准化栽培管理制度等基础性研究。所谓能源农作物就是专门为解决能源问题而种植的农作物, 主要包括短期轮伐林木、草本作物、糖料作物、植物性油料作物和制取碳氢化合物的植物。按狭义农业的概念可划分为能源型农作物和能源型林木。我国地域广阔, 生物多样性异常丰富, 自然界分布着大量的生长速度快, 产量、含油量高, 含糖量和含淀粉量高的农作物资源, 据研究^[8], 有诸如甜菜、甘蔗、甜高粱、芒属作物、甜玉米、豆类、花生、棉花、葵花、油菜、棕榈、蓖麻等, 大约 40 多种作物可以作为能源农作物种植。研究人员应尽快对野生及现在已经种植的作物品种, 从发展替代能源的思想角度上进行科学筛选, 以筛选出油含量、糖含量和淀粉含量丰富, 可利用价值较高的种质资源, 并在此基础上, 利用基因工程技术和现代育种技术, 对这些优良品种进行驯化、培育和改良, 使其在产量和品质方面具有更高的使用价值。同时, 对现在已有的优良豆类、油菜等高油农作物, 按照能源农业的要求开展标准化栽培制度建设的研究。

应重视能源农业区域发展规划的制定。我国地域辽阔, 域内气候、地形地貌、土壤、水资源和光热等农业生产环境因子差异很大。北方地区, 地域广阔, 人口相对稀少, 光热资源极其丰富, 若水资源短缺问题得到科学的解决, 在农业结构调整的过程中, 在满足国家粮食安全的前提下, 应适当规划能源农作物的种植面积, 发展能源农业。因此, 政府应根据不同地区农业发展的水平和条件, 科学制定我国能源农业区域发展战略。

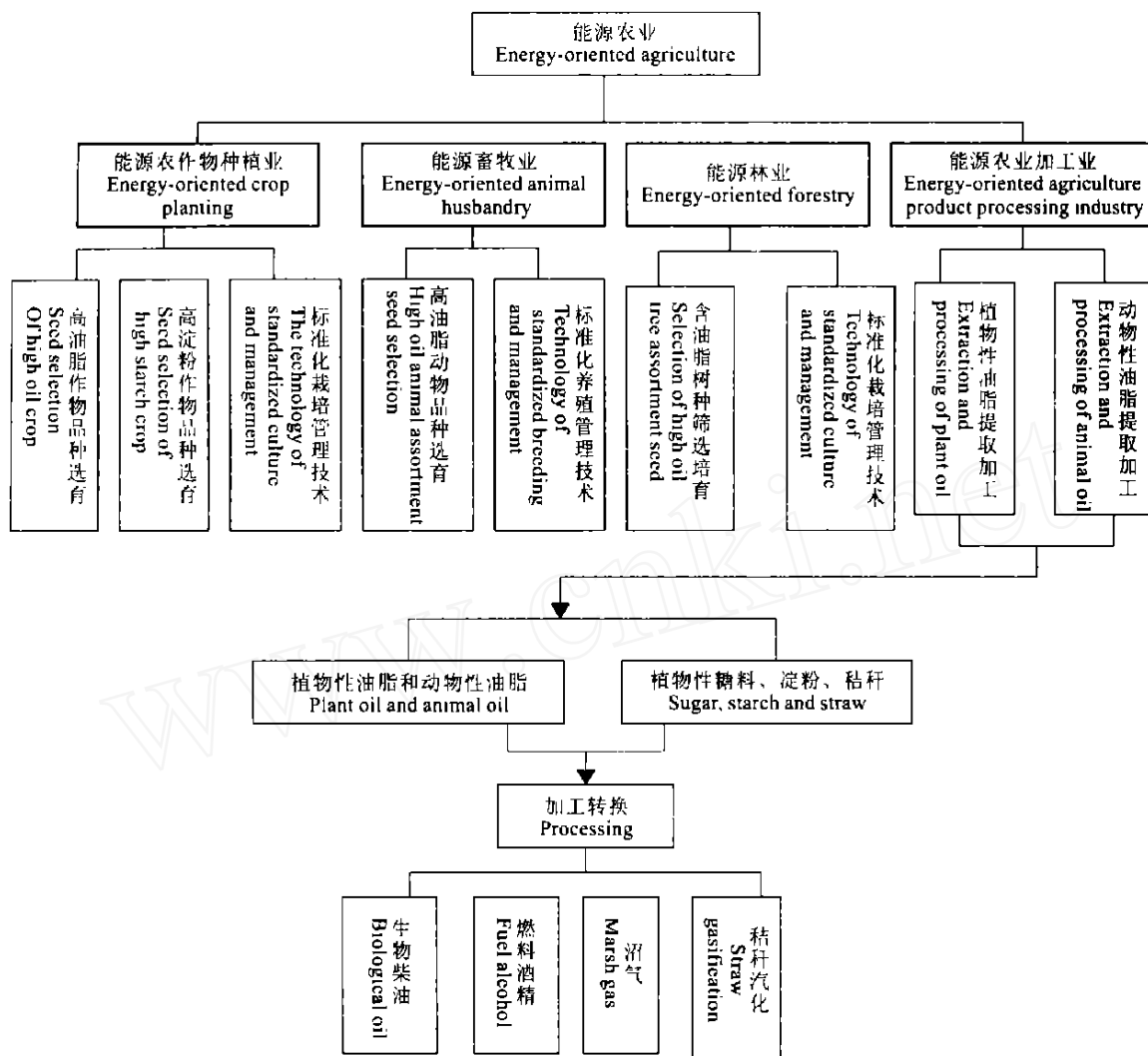


图 1 能源农业技术体系

Fig 1 Technology system of energy-oriented agriculture

2.2 能源林业

近年来随着林业科学的发展,速生林树种因具有生长速度快、产量高、经济回报率显著等特点,而成为人工造林的首选。据报道^[9],热带天然林生物质的年生长量为 $0.9 \sim 2 \text{ t/hm}^2$ 石油当量;美国试验的杨树林每年的生物质产量为 5.8 t/hm^2 石油当量。速生林生长较快,年净生产量比较高,固定太阳能的能力较强,其材质完全可以成为生物质能的原料。除此之外,在森林种质资源中,还有一些树种本身能够通过光合作用将太阳能转化为类似石油的物质。1977年,美国科学家从一种叫“霍霍巴”的野生常绿灌木植物的乳汁中,首次成功地提取出了一种宛如汽油的液体燃料,经试用表明,它完全可以作为石油的代用品;马来西亚橡胶园中有一种三叶橡胶树,从其切口中流出的胶浆去掉水分后,最终物质就是一

种油液;在澳大利亚发现的阔叶棉木,其枝、叶都可提炼油类,是目前世界上产油率最高的植物^[10]。这些树种均是发展能源林业的良好种源。

我国森林树种资源丰富,据现代的采集研究^[11],中国种子植物达 2 万余种(分属 300 多科,2 000 多属),其中乔木树种 2 000 余种,材质优良、经济价值较高的将近 1 000 种,其中不乏有含油量高的树种,如油松(*P. tabulaeformis* Carr)等除了树干、枝叶和树叶中含有大量的油份外,其种子的含油量也相当高,如偃松(*P. pumila*),种子含油量达 70% 以上。因此,利用现代育种技术和森林培育技术,搜集、整理、繁育和开发野生森林种质资源,对能源和食品工业具有重要的作用。能源林业技术体系的主要技术包括能源型速生树种和野生林木种质的选育、栽培和加工技术。

2.3 能源畜牧业

能源畜牧业主要是指利用畜禽脂肪及其粪便作为原料来进行能源生产的活动。能源畜牧业包括两方面的内容,一方面是指通过饲养牛、羊、猪等动物,提取其脂肪,加工成可作为能源利用的油脂,以解决能源不足问题;另一方面是利用畜禽粪便发酵生产沼气。近十年来,我国集约化畜禽养殖业生产发展迅速,每个大中型畜禽养殖场日可排放上百吨粪水,严重地危害养殖场周围的环境卫生,同时也成为阻碍养殖业持续稳定发展的重要因素。猪粪水既是优质的有机肥(早先融合于传统农业生产中,进入良性生态循环),又是一种良好的生物质能资源,通过沼气池发酵生产沼气,已为人们熟识,而且发酵过程不仅能够保持粪水的肥料成份,而且还可以增进肥料的速效化和腐殖化。

因此,发展能源型畜牧业,不仅可以提供丰富的肉食品,而且还可以提供动物性脂肪,沼气以解决农村居民的生活供能问题,是一举双赢的产业。能源畜牧业主要的技术措施包括能源型猪、牛、羊、禽类的育种技术,养殖管理技术,饲料技术,油脂转换成燃油的技术和沼气工程技术等。

2.4 能源农业加工业技术

能源农业加工业是一项涉及面十分广泛的系统工程,涉及到沼气工程、酒精发酵工程及农作物秸秆汽化技术和生物柴油应用技术等方面。

2.4.1 沼气工程产业化 农村户用小型沼气技术已经比较成熟,该技术一方面可以从农村的人粪尿和畜禽粪便中获得清洁的能源,给农业生产提供优质的肥料,另一方面也间接地保护了生态环境。但是,当前农村户用沼气池的发展主要以国家相关鼓励政策为主,而且以砖混结构为主的沼气池存在着建池速度慢,推广效率低,建池技术要求高,建池质量很难保障等一系列缺点^[12]。因此,加快以新型材料为主的沼气发生装置的研制和开发,对促进用沼气工程来解决我国农村能源问题,具有重要的意义。

2.4.2 酒精发酵工程 酒精是由碳、氢、氧3种元素组成的有机化合物,是一种清洁能源。少量使用可代替四乙基铅和乙基叔丁基醚作为汽油的防爆剂。大量使用则可与汽油混合制造汽油醇作为汽车燃料。汽油醇燃料可减少汽油燃烧对大气的污染,还可

增加汽油辛烷值,提高燃烧效率。利用酒精发酵工程将我国富裕的淀粉转化为酒精,有望解决我国当前车用汽油不足的问题。

2.4.3 秸秆汽化技术 秸秆气化广义上又称“生物质气化”,是指生物质在缺氧状态下燃烧,使生物质发生化学反应,生成高品位、易输送、利用效率高的气体燃料。生物质由碳氢化合物组成,在气化的过程中,生物质经过热解、燃烧和还原反应,转化为一氧化碳和氢等可燃气体。经估算,2003年我国粮食、油料、棉花、麻类、糖类、烟草等农作物秸秆产量分别为54 584 95, 5 086 6, 1 458, 85 3, 9 641.7和112 85万t,合计为70 969.4万t^[13],资源潜力巨大。因此,加快秸秆汽化技术的开发和推广,对解决我国能源问题尤其是农村能源问题意义重大。

2.4.4 能源使用设备的能源转换效率和转换机制研究 在沼气、燃料乙醇、生物柴油等生物质能源转化设备的研制方面,国内外已经取得了很大的成就,沼气发动机和沼气发电机已经问世,但是这些设备的能源转化效率比较低,能量转化成本较高。同时现在能源转化设备,如汽油发动机、柴油发动机等内燃机,大都是以汽油或柴油的燃烧性能为依据设计制造的,而能源农业提供的能源产品基本上是以发酵产生的乙醇和生物柴油为主,其燃烧性能不同于汽油或柴油。因此,根据生物能源的燃烧性能和转化机制对现有的能源转化设备进行研究、改造,设计出对生物能燃烧彻底、转化效率高的转化设备,是能源农业技术体系的重要组成部分。

3 结 论

能源农业可以解决目前人类所面临的能源危机问题,能源农作物种植业、能源林业和能源畜牧业以及能源农业相关的加工业,构成了能源农业的技术支撑体系,同时这些交叉领域的提出,无论是对农业、畜牧业和林业本身的发展,还是对能源问题的解决,都具有较大的挑战。

农业不仅仅具有解决人类衣、食、住等的基本功能,还具有解决人类所面临的能源短缺问题的功能,能源农业将丰富目前以粮食、经济、饲料作物种植为主的农业经济结构。同时,能源农业的发展将直接促进我国能源加工业及相关领域的发展。

[参考文献]

[1] 国家统计局工业交通统计司. 中国能源统计年鉴 1991~1996[M]. 北京: 中国统计出版社, 1998: 17-19.

[2] 杨正虎, 袁益超, 刘聿拯, 等. 生物质能系统研究及发展[J]. 上海理工大学学报, 2004, 26(1): 35-41.

- [3] 寻求不竭的动力——世界燃料乙醇发展动态[EB/OL]. [2004-07-13]. 中国技术创新信息网
- [4] 乙醇汽油为“能源农业”破题[EB/OL]. [2002-66-19]. <http://www.nmagri.gov.cn/new s/about asp? id= 12548>
- [5] 姚向君. 浅论中国能源农业的发展[J]. 中国农业工程学报, 2003, 19(增刊): 6-9
- [6] 冯永忠, 杨改河, 任广鑫, 等. 中国能源农业发展必要性与对策研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(4): 344-347.
- [7] 潘 锋. 甜高粱孕育节能新希望[EB/OL]. [2003-11-13]. <http://www.ntem.com.cn/kjx2/0703-kj.htm>.
- [8] 北京市科学技术协会. 明天的新能源——能源作物[BE/OL]. [2004-07-09]. <http://www.bjke.gov.cn/gkjy/nykx/k10906-05.htm>.
- [9] 陈振金. 生物质能[J]. 福建环境, 2003, 20(4): 64
- [10] 文明世界的动力[EB/OL]. <http://www.jss.edu.net.cn/pfsk/7/gljx/ts007044.pdf>
- [11] 霍虎渠, 钟甫宁, 路 明. 农业概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 282-298
- [12] 冯永忠, 杨世琦, 任广鑫, 等. 双重背景下发展沼气产业的机遇和挑战[J]. 中国沼气, 2005(3): 33-34; 43
- [13] 中国畜牧业年鉴编辑委员会. 2003 中国畜牧业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 306-311.

Constructing technology system of energy-oriented agriculture

FENG Yong-zhong¹, YANG Gai-he¹, MAO Yu-ru², REN Guang-xin¹

(¹ College of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

² Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Energy is one of the main problems in the economic development of China and the other countries at present and in the future. In the article, according to the advantage of agriculture in solving the energy problem and based on the current domestic and international situation biomass energy is analyzed synthetically, and the concept and characteristic of energy-oriented agriculture is defined. On this basis, its technology system is constructed, which includes the technology of energy-oriented crop planting, energy-oriented forestry, energy-oriented animal husbandry and their products processing industry. It relied mainly on the marsh gas project, fermentation engineering of alcohol, straw vaporizing technology and the development of the energy conversion device.

Key words: energy-oriented-agriculture; technology system; development and utilization of the agricultural energy; energy-oriented crop; energy-oriented forestry; energy-oriented animal husbandry