

内蒙古锡林河流域 生物质能源研究

NEIMENGGU XILINHE LIUYU SHENGWUZHI NENGYUAN YANJIU

高 凯 朱铁霞 著



内 蒙 古 出 版 集 团
内 蒙 古 科 学 技 术 出 版 社

内蒙古锡林河流域生物质能源研究

高 凯 朱铁霞 著

内蒙古出版集团
内蒙古科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

内蒙古锡林河流域生物质能源研究 / 高凯, 朱铁霞
著. —赤峰: 内蒙古科学技术出版社, 2012. 9
ISBN 978-7-5380-2197-4

I. ①内… II. ①高… ②朱… III. ①生物能源—研
究—内蒙古 IV. ①TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 231161 号

出版发行: 内蒙古出版集团

内蒙古科学技术出版社

地 址: 赤峰市红山区哈达街南一段 4 号

邮 编: 024000

电 话: (0476) 8224848 8226867

网 址: www.nm-kj.com

组织策划: 张继武

责任编辑: 高晓丽

封面设计: 永 胜

印 刷: 赤峰富德印刷有限责任公司

字 数: 176 千

开 本: 880 × 1230 1/32

印 张: 7

版 次: 2012 年 9 月第 1 版

印 次: 2012 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

前 言

随着社会的发展和人类的进步,人们对能源和环境问题越来越重视。国家主席胡锦涛同志 2009 年分别在上海合作组织成员国元首理事会第九次会议和联合国气候变化问题首脑会议的发言中多次提到“能源”和“气候变化”问题,突显其重要性。另外,中国分别在 2009 年发布的“国务院办公厅 2009 年节能减排工作安排”和“绿色 DGP 和生态环境”中分别重点阐述了节能减排及保护生态环境,明确指出节能减排和保护环境已经成为中国社会发展和社会主义现代化建设环节之一,且势在必行。而且对于中国和世界其他国家来说,能源、发展和污染这三者均是密不可分的。社会要发展,人类要进步必然需要消耗大量的能源,尤其是经济高速发展的当代社会,能源已经成为限制社会进步、人类发展的瓶颈。

在高速发展的中国,这些问题也显得很突出,它充分表现在经济发展、社会生活、能源储量变化、环境变化等一系列问题上。例如,中国国民经济生产总值从 1949 年的 466 亿元到 2006 年的 300670 亿元。中国经济的高速发展,是以高能耗为基础。(无论是发展中国家还是发达国家,高速发展和能源消耗都是同步的)

根据我国《煤炭信息》周刊提供的数据表明,我国煤炭资源开采和利用情况为:在 1 万多亿吨查明资源储备量中,已被利用约 3500 亿吨,尚未被利用资源量约 6700 亿吨。尚未利用资源储量中,可供新井建设利用的精查资源储量 300 亿吨左右。据专家预测,2010 年和 2020 年我国煤炭需求量将分别达到约 23 亿吨和 28 亿吨。我国现有煤矿有保障的年生产能力约为 13 亿吨,在建规模约 4 亿吨左右,到 2010 年和 2020 年,现有煤矿有保障的生产能力

将分别下降到约 12.4 亿吨和 11.7 亿吨;到 2010 年新增生产能力约 2.4 亿吨。由此可见,若不采取有效措施,我国煤炭供应能力将严重不足,煤炭资源保障程度将会出现危机,在 2020 年我国煤炭资源储量缺口将达到 1900 亿吨。同样中国石油资源利用前景也不容乐观,虽然最近我国油气资源有大发现,但是还不能从根本上缓解国内油气资源的短缺现状。例如,南堡油田石油储量即使按照 80% 的采收率计算,仅能维持中国 2 年左右的石油需求量或者 5 年的原油进口需求,更何况我国采收率最高也不过 60%。中国能源紧张、短缺的趋势并不会因为大油田的发现得到有效解决,能源对进口的依赖日益加剧的趋势也不会因此扭转。能源的不足已经暗示了中国必须寻找新型能源,来补充能源缺口。

从另一个角度考虑,随着人民生活水平的不断提高,其对环境的要求也越来越高,这也成为人类寻找清洁型能源的加速器。其实煤炭、石油等能源物质开发和利用对环境的影响已经是一个老生常谈的问题。例如:煤炭在开采过程中需要破坏大量的原生植被,引起局部环境的迫害,并最终影响到一个区域甚整个地区的环境。在内蒙古的鄂尔多斯和霍林河等地煤炭均是当地的主要经济支柱,虽然煤炭的开发、利用给当地带来了巨大的经济收入,在很大程度上提高了当地人民物质生活水平,但是在高经济收入背后却是惨重的环境代价;还有与人们生活密切相关的交通运输业所用的汽车,其动力来源于汽油或者柴油,其在燃烧过程中会产生大量的尾气,其中含有 150 ~ 200 种不同的化合物,主要有害成分为:未燃烧或燃烧不完全的 CH_4 、 NO_x 、 CO 、 CO_2 、 SO_2 、 H_2S 以及微量的醛、酚、过氧化物、有机酸和含铅、磷汽油所形成的铅、磷污染物等。其中 CH_4 、 NO_x 是产生光化学烟雾的污染源。发生在 20 世纪 60 年代。令世人瞩目的洛杉矶烟雾正是汽车尾气所造成的空气污染的典型实例。酸性气体 SO_2 、 NO_x 经过云内成雨过程还会导致酸雨的形成,而 CO_2 是最重要的温室气体,对地球环境造成了一系列

的连锁反应。另外还有调查表明:中国城市中 10.45% 的儿童血铅水平超标,而儿童通过呼吸从大气中摄入的铅有 50% 是来自于汽车尾气;与此同时,明显上升的呼吸系统疾病发病率及不断增加的肺心病和肺癌患者死亡率与严重的大气污染密不可分。这正是石化燃料在其生产使用过程中所引起的空气污染向人类自身健康亮出的黄牌警示。

综合上述原因,寻找煤炭和石油替代品已经成为急需解决的问题。在这种情况下,很多国家的人们把目光投向了生物质能源。早在 1892 年德国工程师 Rudolf Diesel 发明内燃机之初就曾设想用花生油作为驱动燃料;而诞生于 1908 年 9 月 27 日的第一辆福特 T 型车的最初设计是由乙醇驱动的。从那时起人类就揭开了生物燃料研究的篇章。当今社会出现的能源市场紧缺和化石产品对环境的危害,使人们对新型清洁型能源的渴望更加强烈。同样我国两院院士石春元提出“中国石油需求急增,可开采储量与年需求量之间的矛盾愈发明显,其进口依存度接近 50%,石油替代品的研究已迫在眉睫,最佳替代途径是生物燃料,而不是风能、太阳能和核能,这是个‘绕不过去的坎’和回避不了的问题”。

针对人类对清洁型、可再生能源的迫切需求,在“不与人争粮”和“不与粮争地”的基本原则的指引下,本书通过对内蒙古中西部地区栽培的野生植物资源调查、取样、化学成分分析,对其能源价值和生态效应进行综合评价,寻找具有地方特色的能源植物种类,来丰富我国能源植物的多样性,促进我国可再生能源发展。其研究结果具有重大的推广意义,通过对能源植物的进步开发和利用,可以进一步降低我国能源的进口依赖性,同时还可以丰富地方经济作物,带动地方经济发展。因此,该项研究具有重要的生态和经济意义。

本书的研究成果得到国家自然科学基金(31201844)、中国科学院创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-G-036; KSCX-YW

-Z-1022)、内蒙古绿色草业发展关键技术集成研究示范(20101405)、内蒙古不同草原类型固碳减排技术集成示范(20091403)、草地固碳与减排技术集成与研究示范(20089BAD95B03)、内蒙古草地生态系统固碳现状、速率、机制和潜力(XDA05050402)、内蒙古民族大学创新团队资助、内蒙古民族大学博士科研启动基金等相关课题资助。在专著撰写和内容研究过程中得到了中国科学院植物研究所生态中心王其兵副研究员,内蒙古农业大学韩国栋教授、赵萌利教授,内蒙古民族大学张永亮教授以及谢中兵博士、赵小光硕士、徐苏铁硕士的大力帮助。在书稿付梓之际,谨向项目资助的部门和参加试验的有关人员表示衷心的感谢!

作者

2012年6月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 生物质能源	1
第二节 栽培生物质能源——菊芋研究现状	8
第三节 野生草本生物质能源研究现状	18
第二章 能用潜力评价指标——热值	21
第一节 热值研究现状	21
第二节 基于大尺度条件探讨若干因素对植物热值的 影响	23
第三节 讨论与结论	28
第三章 生境对锡林河流域植物热值的影响	31
第一节 试验设计与测定方法	31
第二节 生境对植物个体热值的关系	33
第三节 生境对主要植物灰分含量的影响	36
第四节 不同种植物矿质元素含量	37
第五节 沙地生境条件下植物能量分配规律研究	39
第六节 羊草草原主要植物能量分配规律研究	41
第七节 大针茅草原主要植物能量分配规律研究	44
第八节 热值、灰分及矿质元素相关性分析	45
第九节 讨论与结论	46
第四章 群落能用潜力研究	51
第一节 试验设计与测定方法	51
第二节 生境与生物量之间关系	52
第三节 群落生物量与能量动态变化	53
第四节 生境与利用方式对群落热值的影响	54
第五节 生境与利用方式对群落能量积累的影响	55
第六节 讨论与结论	57

第五章 羊草——大针茅典型草原主要植物热值特征	59
第一节 试验设计与测定方法	60
第二节 植物个体热值分析	61
第三节 植物个体灰分含量	63
第四节 矿质元素、灰分与热值相关分析	63
第五节 讨论与结论	64
第六章 围封对植物热值的影响	68
第一节 试验设计与测定方法	69
第二节 围封对主要植物热值的影响	69
第三节 围封对群落热值的影响	71
第四节 围封对单位面积能量积累的影响	72
第五节 讨论与结论	72
第七章 内蒙古锡林河流域羊草草原主要建群植物热值及灰分动态变化研究	75
第一节 试验设计与测定方法	75
第二节 主要建群种干重热值及月变化	76
第三节 主要建群种灰分含量及月变化	77
第四节 主要建群种干重热值与灰分相关性分析	78
第五节 主要建群种去灰分热值月变化	78
第六节 讨论与结论	79
第八章 锡林河流域栽培能源植物菊芋生态适应性研究	81
第一节 试验设计与测定方法	81
第二节 水肥处理对菊芋株高的影响	84
第三节 水肥处理对菊芋生长速率的影响	85
第四节 水肥与收获时间对生物量的影响	88
第五节 水肥处理对菊芋块茎数量的影响	91
第六节 茎、叶、块茎、根系生物量相关性分析	92
第七节 水肥处理对菊芋水肥利用效率的影响	93
第八节 讨论与结论	95
第九章 锡林河流域栽培生物质能源植物不同水肥管理模式下能用潜力研究	98

第一节	试验设计与测定方法	98
第二节	水肥处理对菊芋地上茎、叶含水量的影响	100
第三节	不同水肥处理对块茎含水量的影响	101
第四节	水肥与收获时间对菊芋热值的影响	102
第五节	水肥与收获时间对菊芋灰分含量的影响	104
第六节	水肥处理对菊芋全碳含量的影响	106
第七节	热值及其影响因素相关性分析	108
第八节	讨论与结论	111
第十章	氮肥对菊芋生物量、热值及灰分含量的影响	115
第一节	试验设计与测定方法	116
第二节	氮肥对菊芋生物量的影响	117
第三节	氮肥对菊芋热值含量的影响	118
第四节	氮肥处理对根、茎、叶及块茎能量积累的影响	120
第五节	氮肥处理对根、茎、叶及块茎灰分含量的影响	121
第六节	讨论与结论	122
第十一章	水、氮对不同收获时间菊芋株高和物质分配规律的影响	125
第一节	试验设计与测定方法	126
第二节	水肥处理对菊芋株高的影响	127
第三节	水肥处理对菊芋个体物质积累的影响	128
第四节	水肥处理对菊芋生物物质分配格局的影响	129
第五节	讨论与结论	131
第十二章	生境对菊芋能用价值的影响	134
第一节	试验设计与测定方法	134
第二节	生境条件对菊芋块茎的热值、C、N、灰分含量的影响	136
第三节	生境条件对菊芋光合和蒸腾速率的影响	140
第四节	讨论与结论	143
参考文献	145
附录 1	162
附录 2	锡林河流域湿地、草地主要野生植物名录	202

第一章 绪 论

第一节 生物质能源

一、生物质能源的相关概念

人类在对生物质能源研究的过程中,“生物燃料”、“生物能源”、“生物质”及“能源植物”等相关术语是必不可少的。实际上对于人类来说这些术语并不陌生,可以说从钻木取火那一刻开始,人类就已经把各种“生物质”作为燃烧材料用于生产、生活当中(如煮饭、取暖等)。当然这种原始的利用方式具有燃烧不彻底、利用效率低等缺点,且生物质原材料在燃烧过程中会产生多种有毒有害的污染物质(如、硫化物、一氧化碳等)。然而,这种利用方式在人类发展历史上持续了相当长的一段时期,直到科学高度发达的近代,人类才开始逐渐通过先进的方法及各种各样的加工工艺来改进对生物质原材料的利用方式,并根据各自的特征对“生物燃料”进行了细致的科学研究,以充分发挥生物质能源的功能,造福人类和推动社会进步,同时也缓解人类社会的发展过程中对化石燃料的依赖性。

所谓“生物燃料”(Biofuel),是指所有以农业产品、林业产品及其副产品、生活垃圾、工业废弃物等生物有机体以及其新陈代谢的排泄物作为原材料来制取的有机燃料(包括生物乙醇、生物汽油、生物柴油及沼气等)。

“能源植物”(Energy Plant)是生物燃料生产过程中的重要供给原材料,从广义上讲包括通过光合作用,在太阳能照射条件下将二氧化碳和水转化为碳水化合物,同时将日光能转化为化学能贮藏于植物体内的一切植物资源;一般意义上讲,能源植物又称为石

油植物、柴油植物或者生物燃料油植物,通常是指那些能够高效地利用光能,具有合成较高还原性烃的能力,可产生接近石油成分或可以替代石油使用产品的植物以及富含油脂、糖类、淀粉类、纤维素等的植物。

“生物质”(Biomass;生态学中译为生物量)是在讨论生物能源(Bioenergy)时常用的一个重要术语,主要是指地球上所有活的和死的生物有机体以及其新陈代谢产物的总称。具体来说,生物质资源(Biomass Resources)包括:所有动物、植物及其新陈代谢过程的排泄物、农业生产和林业生产过程中的全部废弃物、食品加工和林产品加工过程的下脚料、餐饮业的残羹、城市固体废弃物、生活中的污水及工业中排放的废水等。据不完全统计,整个地球上每年所产生的各种生物质总量为1400亿吨至1800亿吨(以干物质计)。生物质作为储存太阳能的独特单元,其内部蕴含着巨大的来源于自养型生物(主要是植物)光合作用的生物质能(Biomass Power)。同时生物质作为地球上唯一可再生碳源,兼具低碳排放、硫含量低和易于进行生物降解等环境友好型以及价格低廉的众多优点,这使得生物质能源成为世界各国竞相发展的、重要的可再生能源之一。

二、生物质能源研究现状

可再生能源问题是当前科研工作者的研究热点问题之一,从其研究内容来看,主要集中在两大方面:1. 转化途径,主要针对各种各样生物质供给原材料进行深加工,使其转化为人类所期望的生物能源(例如:生物乙醇、生物柴油、生物汽油或者其他形式的燃料)而能够直接用于生产、生活。通过对其生产工艺及加工过程的研究来探讨如何进一步提高其转化效率和产品质量,这是“可再生生物质能源”的主要研究内容之一。2. 能源植物,通过引种、选育及野生植物调查、驯化等来不断丰富能源植物的种类,并选择出更多适合于各地区、各种生境条件的能源植物品种,为各种生物产品的加工提供优质的原材料。这个方向的研究属于基础研究,主要是为下一步的生产加工提供服务的。同样对能源植物的研究也是

生物质能源研究的重点课题之一。

1. 转化途径

能源植物到生物燃料(生物乙醇、生物柴油等)的转化途径是一个复杂的工业过程,是人类对生物质资源利用的一次质的飞跃,是从原始的利用方式向现代利用方式的转化。人类通过各种转化途径,能大幅度提高对生物质原材料的利用效率,减少利用过程中对环境的破坏,并且最终逐渐降低人类对各种化石燃料的依赖程度。生物质能源供给料到生物燃料的转化途径主要有3种形式:物理转化途径、生物化学转化途径和热化学转化途径。

物理转化途径就是指通过特定的机械对原材料进行破碎压缩或者整株压缩等物理方法,将各种生物质原材料转化为块状、棒状、圆柱状、颗粒状等各种规则形状的固体燃料。这种物理转化方式在生物燃料转化过程中是一种比较简单而实用的转化利用方式,被广泛应用于现实生产中。并且各种生物质原材料通过转化后更加便于运输、贮藏,同时也在很大程度上提高了各种生物质原材料在燃烧过程中的利用效率。这种物理转化方式的原理主要是通过提高生物质原材料的密度和能量密度,最终达到单位体积的燃料在燃烧过程中获得更高的温度和热量的目的。

生物化学转化途径是将各种化学方法应用到生物质转化过程中。这类转化包括两种主要的化学转化方式:(1)生物发酵法。这种化学转化方式比较原始,转化过程中仅仅通过发酵作用,将植物的茎秆及农、林业废弃物等原材料转化为沼气。该项技术的发明和推广,从很大程度上提高了农村的作物秸秆及农、林业废弃物的利用效率,也在一定意义上提高了农村的环境质量,改善了农村的生活条件,促进了农业循环经济的快速发展。随着科学技术的高速发展,发酵技术不断改进,先后出现了发酵制生物丁醇技术和发酵制氢技术。其中氢作为最清洁的生物能源,关于氢菌发酵工艺的研究备受关注,并取得了一定的研究成果,相关产氢菌种的筛选和遗传改造等成为发酵工艺研究过程中的热点内容。(2)酯交换反应法。该方法最早由德国拜耳公司通过酯交换反应制备生物柴油。该方法实质就是从油类植物中提取植物油,使其与油类物质

混合,在特定催化剂的作用下发生酯交换反应,最终生成生物柴油。

热化学转化途径共包括四种方法:直接燃烧技术、直接液化技术、热解技术和气化技术。生物质直接燃烧技术是指将木材、草本植物等生物质原材料直接送入特殊的燃烧室内让其充分燃烧,利用燃烧过程中产生的热气流或高压蒸汽来发电或供暖。这种直接燃烧技术是一种较为直观的、原料处理系统比较简单的、投资较少的转化方法。而且是比较接近原始利用方式的一种能源转化途径。但是直接燃烧生物质原材料过程中,容易产生各种对人体有害的颗粒状物质。而且,由于生物质自身的特点(例如含水量、各种营养物质含量等),常常导致燃烧过程中大量的热量被损失掉,从而大大降低了生物质的利用效率,浪费了大量热能。

生物质原材料直接液化技术包括超临界萃取液化技术、高压液化技术和液化技术。超临界萃取液化技术是用达到超临界状态的流体作为反应介质萃取生物质,使其液化得到生物油燃料的工艺。该工艺具有两个特点:第一,不需要还原剂和氧化剂。第二,由于超临界流体具有较高的溶解能力,可以从反应区快速除去生成木炭的中间反应产物,从而减少了木炭的生成,提高了热传递效率。高压液化技术首先在液压容器中将原材料软化成糊状,然后在液化,经脱羧处理和去氧后获得生物原油。这项技术的优点是:第一,不受原材料含水量的影响或者影响较小,其可以直接对一些含水量较高的生物质原材料进行加工处理,从而大幅度降低生物质燃料转化过程的成本支出。第二,这种加工处理后所得到的生物油,质量相对较高,并且在经过特定的催化工艺处理后可获得较高质量的生物汽油或者粗汽油。热解技术实质上就是在某些特定环境条件下,利用热能将生物质中的大分子键切断,从而获得较小分子的过程。热解可以获得不同的产物,其主要通过控制反映过程中的温度和时间达到热解的目的。气化是将固体物质转化为小分子气体的转化途径,是指生物质燃料通过裂解后,在氧化剂作用下发生不完全燃烧的能量转化途径。通常情况下氧化剂的类型将影响到最终反应的产物种类,而且也会对其热值产生一定的影

响。气化产物可以直接通过二次燃烧用于发电、供热等,也可以进一步处理得到液体燃料。通过此项技术可以得到甲醇、生物乙醇、生物合成燃油以及液态氢和液态的二甲醚等生物燃料。热化学转化技术的优点包括转化效率高、成本低和产品多样性。就目前发展情况来看,气化途径因其能提供更高的燃烧效率而备受青睐,但快速热解途径的研究仍处于起步阶段。

2. 能源植物

太阳能是一切生物在地球上赖以生存的能量源泉,而人类对太阳能的主要利用方式便是通过对各种绿色植物有机体的吸收、利用和转化来实现的。绿色植物通过其特有的绿色加工厂“叶绿体”,在光照的条件下,将二氧化碳和水转化为碳水化合物的形式贮藏在植物的根、茎、叶等营养器官中,同时也将光能转化为化学能并贮存于各种营养物质当中。人们对绿色植物的利用方式多种多样,如采食果实、柴薪及作为各种工业原材料等。而随着社会的发展和科学的需要,植物出现了一种特殊的利用方式,那就是生物质能源。通过各种物理、化学方法将各种绿色植物转化为相应的生物能源,如生物乙醇和生物柴油等,来进一步提高生物质能源的利用效率。而目前全世界主要利用的生物质能源(包括森林和草本植物),其产量非常可观,据统计,每年生物量相当于 600 亿吨 ~ 800 亿吨石油,为目前世界石油开采量的 20 ~ 27 倍。

在生物质能源的发展过程中,无论从生物质能源的加工工艺还是从生物质能源产品方面考虑,美国、巴西、欧盟及加拿大一直处于世界的领先水平,有统计显示,上述几个地区和国家生物质能源总产量约占全球生物质总量的 90%。近年来全球生物燃料生产总量不断增加,从生产所用的原材料来看,仍然以农作物为主,如玉米、甜菜、大豆和油菜等。在各种能源植物的选择和对比方面的研究中,学者们主要集中于对不同生物质原材料的产量、糖和淀粉含量、酒精产率等方面的研究,同时结合植物的生态适应性的研究,最终选择适合当地自然条件的能源作物。

在对各种能源作物的研究过程中,产量及其含糖量是研究的重点内容,并且取得了一定的研究成果,为生物质原材料的选择提

供了一定的参考标准。大量研究得出甘蔗产量为 70t/ha y, 其含糖量为 12.5%, 酒精产率为 70L/t; 木薯产量为 40t/(ha y), 其含糖量为 25%, 酒精产率为 150L/t, 甜菜产量为 45t/(ha y), 其含糖量为 16%, 酒精产率为 100L/t, 甜高粱产量为 35t/ha y, 其含糖量为 14%, 酒精产率为 80L/t, 玉米产量为 5t/ha y, 其含糖量为 69%, 酒精产率为 410L/t, 小麦产量为 4t/ha y, 其含糖量为 66%, 酒精产率为 390L/t; 水稻产量为 5t/ha y, 其含糖量为 75%, 酒精产率为 450L/t 等。这些研究均为能源植物的初步选择提供了基本理论参考。在选择能源植物时候, 除了产量、含糖量等一些基本性质外, 还需对其某些化学成分的含量进行研究。例如植物中 K、Ga、Na、Mg、Al、Cl、S、Si 等元素的含量, 尤其是其中碱金属的含量。因为这些化学成分在热化学转化过程中容易产生大量残渣及一些腐蚀性物质, 对仪器设备造成损坏。这些将给生产造成一定的困难, 同时也提高了能源产品生产加工的成本。因此人们在选择能源植物之后, 会在研究过程中通过栽培和品种选育等手段来降低植物中这些不利的矿质元素含量, 提高其糖类物质或者纤维类物质的含量。这样能够进一步提高其能源植物潜力的发挥。

人们在对能源植物的研究过程中, 一般根据植物的化学成分及其用途, 将能源植物分为五大类: 第一, 含糖量较高的能用植物, 主要包括甜高粱、甘蔗、菊芋等, 这类植物主要用于生物乙醇的生产加工。第二, 淀粉含量较高的能源植物, 主要包括马铃薯、木薯、玉米、甘薯等栽培粮食作物和魔芋、野百合、橡子、葛根等野生植物, 这类植物主要用于生产生物乙醇。第三, 纤维类含量高的能源植物, 主要包括柳枝稷、桉树、芒草等, 这类植物用于生产生物柴油和燃气(甲烷)。第四, 油脂含量较高的能源植物, 主要有花生、油菜、向日葵、大豆、棕榈等, 这类植物用于生产生物柴油。第五, 石油型植物, 主要包括绿玉树、古巴橡胶树、麻风树、油楠等, 这类植物主要用于生产生物石油和生物柴油。

在生物质能源发展过程中, 从地区角度考虑, 世界各国在能源植物开发和利用过程中, 尤其是那些能源植物研究较早和生产加工技术比较成熟的国家, 都有具备本国特色的能源植物及其对应

的成熟的生物能源生产加工工艺。如美国,作为世界上最大的生物燃料生产国和使用国,在 2000 年到 2006 年期间,生物乙醇生产量从 76 亿升增加至 199 亿升,增长了将近 162%。2006 年生物乙醇的产量达到世界总生物乙醇产量的 38.7%。其生产生物乙醇的主要原材料是玉米,生产生物柴油的主要原材料是大豆。目前,美国是世界上利用玉米生产生物乙醇规模最大的国家。联合国粮农组织 2008 年 2 月发表的《作物前景和粮食形势》报告显示,2007—2008 年度全球约有 9500 万吨玉米用于生产生物乙醇,其中仅美国就使用了 8100 万吨;作为世界生物乙醇生产的先行者,巴西到目前为止有 80 多年的生产历史,截至 2004 年,巴西生物乙醇的年产量一直稳居世界第一。目前,巴西仍然是仅次于美国的生物乙醇生产和使用大国。据调查表明,2000 年到 2006 年期间,巴西生物乙醇的产量从 106 亿升增至 178 亿升,增长了 68%,2006 年巴西生物乙醇的产量占世界总产量的 34.7%。巴西生产生物乙醇的原材料主要以甘蔗为主,同时也利用大豆、蓖麻等为原材料进行生物柴油的生产。目前生物乙醇产业在巴西生物燃料产业中仍然占据着重要地位,截至 2005 年,巴西共建有甘蔗加工生物乙醇厂约 320 个,每年加工甘蔗的总能力超过 4.3 亿吨,生产蔗糖 3000 万吨,生产生物乙醇 180 亿升,但是近几年巴西的生物柴油产业也有了较大的发展。

由于国际原油价格的持续上涨,以及履行《京都议定书》温室气体减排义务等原因,欧盟在过去 10 年里大力发展生物燃料(特别是生物柴油)产业。2005 年,欧盟的生物燃料总产量达到 390 万吨,其中生物柴油作为欧盟最重要的生物燃料。从 2000 年以来,欧盟生物柴油产量以每年 28.2% 的速度快速增长,其中德国一直保持着世界生物柴油产量第一的位置,2006 年德国生物柴油产量占欧盟生物柴油总产量的 52.4%。欧盟生产生物柴油的主要原料是油菜籽,约占生物柴油原料总量的 80%,其他原料包括大豆油和葵花子油。

随着能源的紧缺及节能减排等的需要,我国也开始大力发展生物能源,如我国现在利用小麦、玉米、木薯、大米、甜菜等进行生