

· 理论探讨 ·

甘肃省发展非粮原料产燃料乙醇初探

张庭瑞, 李志忠

(兰州理工大学生命科学与工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要 以甘肃省燃料乙醇非粮原料丰富的资源优势为依托, 从乙醇得率、原料产量、地理环境、政策优势等因素考虑, 通过实验、调研和统计等方法, 对甘肃发展燃料乙醇的非粮原料资源情况进行了探索分析, 证明了甘肃具有自然环境适宜、非粮资源丰富、政策制度优先、企业单位重视、基础产业发展较早等特点, 为甘肃省今后在非粮原料燃料乙醇的资源开发利用方面提供了参考依据。

关键词 甘肃省 燃料乙醇 非粮原料 评价

世界乙醇的66%用于燃料。在世界石油资源加速枯竭、国内粮食阶段性过剩、环境污染日益严重的背景下, 巴西、美国和欧盟等许多国家和地区日益重视生物燃料的发展, 通过努力取得了显著成效^[1]。燃料乙醇计划给巴西带来三大收益: 一是减轻了进口化石能源依赖, 节省了大量外汇; 二是促进了生物燃料及相关产业发展, 扩大了社会就业; 三是带来了显著的环境效益, 大大减少了巴西温室气体排放^[2]。目前, 许多农业资源国如英国、荷兰、德国、奥地利、泰国、南非政府均已制定规划, 积极发展燃料乙醇工业^[3]。2007年, 我国提出“不与人争粮, 不与粮争地”的生物能源发展策略, 停止了以粮食为原料的燃料乙醇项目的审批建设, 鼓励“非粮原料”生产乙醇及下游产品。我国可开发利用的非粮生物质能源主要包括糖质原料、淀粉质原料和纤维类原料三大类, 其中, 我国仅纤维素类原料中的秸秆、薪柴、垃圾和粪便4项资源总计约相当于6158亿t标准煤, 若能利用这些资源的50%, 就相当于建设一座年产5000万t的“绿色油田”^[4]。未来中国燃料乙醇发展更多依靠的是非粮食原料。

甘肃省土地总面积4533万hm², 居全国第7位, 未利用土地约1933万hm², 占总土地面积的42.05%, 其中荒草地1210万hm², 盐碱戈壁680万hm²。甘肃深居西北内陆, 绝大部分地区为温带气候, 昼夜温差大, 光照充足, 光能资源丰富, 年日照时数1700~3300小时, 各地年降水量36.6~734.9mm, 除甘南高原等小部地区外, 无霜期普遍较长。利用这种特有的气候特点和地理环境, 开发种植耐干旱、耐贫瘠、适种范围广的非粮经济作物发展燃料乙醇产业, 潜力巨大。除此之外, 甘肃省还具有政策制度优先、企业单位重视、非粮原料资源丰富、基础产业发展较早等特点。因此, 该课题的研究, 对于甘肃省进一步发展生物质能新能源, 尤其是进一步开发利用非粮原料生产燃料乙醇, 具有重要的现实意义。

1 原料选择

原料选择的主要生物学依据是单位质量原料乙醇产量和原料产量。根据甘肃省地理环境、气候特征、发展基础、政策条件等因素, 以产量丰富、分布广泛、具代表性、适宜生长或收集为选取标准^[5], 课题组在实验室对原料进行了初选, 并对初选原料进行了乙醇产量测定^[6-9], 实验结果见表1。

表1 单位质量各原料乙醇产量

原料分类	乙醇产率(%, g/g)
糖类类	废糖蜜 64.20, 甜高粱 8.41, 过期果汁饮料 4.24
淀粉质类	菊芋 9.12, 白瓢甘薯 3.58, 红瓢甘薯 3.36, 紫番薯 1.81, 马铃薯 1.49
农业废弃物	玉米秸秆 8.22, 葵籽壳 7.15, 花生壳 6.47, 玉米芯 1.58, 小麦秸秆 1.47, 麦麸 1.47
工业废弃物	杨木 2.17, 柳树 1.84, 松木 0.41
林业废弃物	槐树叶 5.26, 草 0.43, 松树叶 0.39
城市生活废弃物	西瓜皮 74.97, 蜜瓜皮 68.55, 烂苹果(含核) 16.45 废甘肃日报 11.85, 废兰州晨报 10.41, 废兰州晚报 8.65

2 原料支撑分析

2.1 甜高粱

甜高粱是高产 C4 作物, 具有极高的光合速率, 茎秆含糖高达 18%~24%, 可直接用于榨取糖分进行乙醇发酵, 加工工艺比淀粉乙醇简单, 加工成本比玉米乙醇约低 30%。每公顷产 3~7.5t 的籽粒和 60~90t 茎秆, 每 16~18t 甜高粱茎秆可生产 1t 乙醇, 每公顷产甜高粱可生产乙醇达 5.6t。甜高粱制取乙醇仅用其茎秆, 籽粒仍可作为粮食使用, 废渣可制取生物柴油。甜高粱既被人们称作“作物中的骆驼”, 又被人们称作“高能作物”和“地上油田”。因此, 在《可再生能源发展“十一五”规划》中, 甜高粱被列为生物液体燃料的第一个来源^[6]。

甜高粱对土地条件要求低, 抗旱、耐涝、耐盐碱, pH5.0~8.5 能很好生长, 分布地理范围广泛^[10], 气候要求日照丰富、冬寒夏热、昼夜温差大, 甘肃省正为其生长提供了有利条件。目前, 国家发改委已将甘肃省作为西北地区唯一定点生产甜高粱燃料乙醇的省份, “十一五”期间已建立起 2.667 万 hm² 甜高粱种植基地和年产 10 万 t 的燃料乙醇厂。中科院近代物理所以甘肃省白银市的中科院产业园为基地, 开展了甜高粱燃料乙醇联产产业化研究, 并对甜高粱进行了品种改良, 单产乙醇达 400kg/667m² 以上。白银、金昌、临夏、武威、天水 and 庆阳等市州的有关企业, 还提出了合计超过 10 亿元的项目规划, 将大力发展甜高粱开发利用产业。甘肃省在甜高粱生产燃料乙醇方面已经迈出了坚实的步伐, 在甘肃更广大地域内种植、生产和发展以甜高粱燃料乙醇产业具有极大空间。

2.2 菊芋

菊芋俗称洋姜, 新鲜块茎约含 10%~20% 菊粉, 水分 80.8%, 蛋白质 2.4%, 膳食纤维 4.3%, 其中碳水化合物的 78% 为果糖低聚糖^[11]。菊芋生物量极大, 每公顷可产菊芋块茎 30~75t, 每 13~17t 菊芋可生产 1t 乙醇, 每公顷产菊芋可生产乙醇达 5.8t^[12]。菊芋块茎在 -25~-40℃ 的冻土层内能安全越冬, 具有耐寒、耐旱、耐贫瘠、耐盐碱、繁殖力强、管理粗放、防风固沙、保持水土等特点, 能使数千万公顷盐碱、滩涂、荒漠、坡地得到开发利用。因此, 菊芋是一种极具开发潜力的半野生资源, 是我国燃料乙醇产业规模化发展可供选择的理想原料之一。

目前, 甘肃省包括白银、定西、张掖、庆阳、酒泉、武威等多个市、州在内的十几家企业都在进行菊芋的种植、生产和加工经营, 总投资已达 4 亿多元, 种植面积近 1 333hm²。其中, 甘肃白银熙瑞生物工程公司发展经营较具代表性, 以菊芋产业化深加工为突破点, 采用“公司+基地+农户”订单农业的原料经营模式, 形成了集生态效益、社会效益、经济效益于一体的可持续发展的良性循环, 产品已销往全国市场和国际市场, 受到来自世界各地的好评与青睐。因此, 在甘肃发展菊芋燃料乙醇产业具有现实意义。

2.3 马铃薯

马铃薯又名土豆、洋芋等, 皮层和淀粉层富含丰富含氮物质, 可供酵母菌养料, 所以马铃薯是天然良好的培养基。从淀粉结构上看, 马铃薯淀粉分子中含有亲水性较强的磷酸基, 淀粉颗粒较大, 平均粒径在 30~40μm, 微结晶结合力较弱, 结构松散, 吸水膨胀力大, 易于糊化^[13]。因此, 马铃薯可作为燃料乙醇生产的理想原料。薯块、碎块、剔除的、未成熟的和受伤的马铃薯及马铃薯废弃物等均可被转化成乙醇^[14~16]。马铃薯每公顷产量约 25~45t, 每 7.3t 马铃薯可生产 1t 乙醇, 每公顷产马铃薯可生产乙醇达

6.2t^[17]。

鲜马铃薯淀粉含量一般为9%~25%，达到25%即为高淀粉含量品种^[18]，甘肃省大规模推广种植的工业型马铃薯淀粉含量可达30%左右，开发利用生产燃料乙醇具有较高价值。甘肃省马铃薯主要集中在种植区域年降水量420~650mm，主要集中在7~9月份，这种降水分布特点与马铃薯生长需水规律正好吻合，适宜于甘肃省大部分市州种植，这些地区生产的马铃薯块大、干物质含量高，在国内市场上享有盛誉，是国内重要的优质马铃薯产区之一。以“中国马铃薯之乡”甘肃省定西市为例，马铃薯种植面积占甘肃一半以上，已成为全国马铃薯三大主产区之一，当地农民从马铃薯产业中获得的收入占到年人均纯收入的30%以上^[19]。目前，甘肃省已基本建成包括中东部、河西、陇南、二阴山区在内的四大马铃薯生产基地，种植面积达到66.67万hm²以上，鲜薯总产量达到1500万t。甘肃省较为成型的马铃薯加工相关企业已达到90余家，万吨以上马铃薯加工企业37家，其中年销售收入3亿元的大型龙头企业3家，年销售收入1亿元以上的骨干龙头企业5家。政策扶持方面，甘肃省将马铃薯作为“农业名片”，并下发了《甘肃省人民政府办公厅批转省农牧厅关于进一步加快发展马铃薯产业意见的通知》，制定了《马铃薯产业发展规划（2006~2010年）》，颁布了《中共甘肃省委甘肃省人民政府关于启动六大行动促进农民增收的实施意见》，要求各级政府要把发展马铃薯产业摆在重要位置，针对马铃薯产业发展政府专门制定政策，这在全国都具有一定代表性。

2.4 甘薯

甘薯又名红芋、红薯等，薯类原料中，甘薯乙醇的产量仅次于木薯^[20]。甘薯是喜光作物，耐旱力较强，蒸腾系数较小，吸肥力强，在瘠薄的土地上也可获得相当产量。以甘薯为原料生产乙醇具有诸多好处：一是每公顷产量为75t左右，最高可达120t以上，淀粉含量可达25%以上；二是乙醇转化率高，每2.8~3t薯干可生产1t乙醇，8.5t鲜薯可生产1t乙醇，每公顷产甘薯可生产乙醇达14t，蒸馏后的废液可生产沼气，每生产1t乙醇的废液可产出沼气150~220m³，作为二次清洁能源；三是甘薯是典型的抗瘠薄、抗干旱、抗病虫的农业先锋作物，既可以利用农业边际性土地扩大种植规模，也可间种在幼龄果园、茶园、林木中，还可与西瓜、烤烟等作物套种，充分提高农用土地的利用率；四是种植一般不使用农药、化肥，不会对土壤和环境造成污染，藤蔓广泛覆盖地面，可有效防止水土流失；五是广大农村有种植甘薯的历史和习惯，发动农民大规模种植比较容易^[21]。2007年4月7日，国家发改委发布公告称，利用薯类作为燃料乙醇生产原料，符合国家“非粮替代”、“不与人争粮”的要求，标志着甘薯原料非粮化项目已进入产业化阶段。

甘肃省甘薯主产区主要分布在陇南、天水、庆阳、平凉、临夏、白银、兰州等地，产量十分丰富，其他地区的自然气候条件一定程度上限制了甘薯高产潜力的发挥，但通过近几年甘肃地膜覆盖栽培技术的大力支持和大规模开发利用，已经可以起到延长生长时间、增加有效积温的作用，结薯早、大薯率高，而且比陆地栽培增产30%~55%，可提早收获上市，并且起到调整农户种植结构、增加农民收入的作用，为燃料乙醇发展提供了充分的条件^[22]。

2.5 纤维素类——非粮化的关键

纤维素是地球上贮藏量最丰富的有机物质，1t纤维素的乙醇理论产量为0.5679t。其来源包括：（1）农业废弃物，如小麦秸秆、玉米秸秆、玉米芯、麦麸、坚果壳等；（2）工业废弃物，如制浆和造纸厂的纤维渣、锯末等；（3）林业废弃物，如树叶、杂草等；（4）城市生活废弃物，如废纸、包装纸、分类垃圾等。据报道，每年地球上由光合作用生成的植物体总量达 2.2×10^{11} t，其中40%是纤维素，内含 3×10^{21} J的能量，相当于 6.1×10^{11} t~ 8.0×10^{11} t石油，这些都是取之不尽的天然能源。如果将如此巨大的植物体系所含的能量全部释放出来，则相当于地球上总能耗的10倍以上^[23]。因此，纤维素是一种十分丰富的可再生资源，以纤维素为原料的生物燃料乙醇是决定未来大规模替代石油的关键。

2.5.1 甘肃发展纤维素原料燃料乙醇优势

（1）相关部门和地方政府已采取相关优惠政策继续加大科研和生产投入，尤其是对近几年来在纤维乙

醇研究领域有基础、有特色的科研院校和生产单位给予了重点扶持。

(2) 积极整合全省的相关科研资源,对既有理论基础又有实践经验的纤维乙醇领域的研究人员进行了一定组织整合,部分科研单位和企业之间已经建立了联合攻关机制。

(3) 围绕环境资源优势,重点扶持了几家有发展潜力的企业和科研单位,集中优势建立较大规模的纤维乙醇试验开发生产基地,进一步优化了纤维乙醇的整体匹配工艺。

(4) 由政府牵头,科研单位、相关企业全力配合,围绕纤维乙醇研究开发、技术应用和大规模生产的大环境已经形成,并且正在努力向高效、集约型产业化方向协调发展。

2.5.2 甘肃纤维素原料产量

根据表2,以8月兰州本地采集的各种原料为例进行测定得出(以玉米为例):一株玉米中,玉米粒约占总重量的24%,玉米芯占12%,玉米秸秆占64%,由此得出,收获1t玉米粒约产生0.5t玉米芯和2.6t玉米秸秆。同理得表3。

表2 几种典型纤维素原料的组成^[24-25]

原料	纤维素(质量分数,%)	半纤维素(质量分数,%)	木质素(质量分数,%)
农业废弃物			
玉米秸秆	36	28	29
玉米芯	45	35	15
小麦秸秆/麦麸	30~36	28~50	15~22
葵籽壳	25~30	25~30	30~40
花生壳	25~30	25~30	30~40
工业废弃物			
硬木	40~55	24~40	16~25
软木	43~50	25~35	25~35
林业废弃物			
槐树叶	15~20	80~85	0
松柏树叶	12~25	75~78	0
草	25~40	25~50	10~30
城市生活废弃物			
新闻纸	40~55	25~40	18~30
废纸	85~99	0	0~15
包装纸	62	16	21

表3 各种废弃物原料产量^[6,29]

收获物	可利用废弃物	1t收获物产生的可利用废弃物的量(t)	2008年甘肃省收获物产量(万t)	2008年甘肃省产生的可利用废弃物总量(万t)	对应的纤维素粗算总量(万t)	理论乙醇产量(万t)
玉米	玉米芯	0.5	265	135	563	320
	玉米秸秆	2.6		701		
小麦	麦麸	0.2	268	54		
	小麦秸秆	1.5		402		
花生仁	花生壳	0.7	0.2	0.14		
向日葵籽	葵籽壳	1.3	0.046	0.06		
西瓜	西瓜皮	0.46	37	17		
蜜瓜	蜜瓜皮	0.44	43	19		

结合实验测定,通过大量调研和统计估算,发现其他纤维素类原料除正常的生产、生活和工农业使用外,均有一定量的资源浪费,结果如表4。

表4 可回收利用废弃物原料产量情况^[6,28,30]

收获物	2008年甘肃省		对应的纤维素 粗算总量 (万 t)	理论乙醇产量 (万 t)
	收获物产量 (万 t)	未利用/可回收率 (%)		
各种水果 (含果核)	248	21		
纸浆纸	1.4	100		
新闻纸	2.7	100		
机制纸及纸板	14.1	100		
箱纸板	2.3	100	85	48
瓦楞纸箱	7.4	100		
各类木头	4.5	35		
草	61	50		
树叶	5.1	90		

纤维素类物质结构复杂,水解难度大,预处理成本高,废水处理压力大,原料分散体积大,运输贮藏费用高等因素,目前仍然是纤维素原料产业化生产燃料乙醇的难点。

4 结论

随着国际石油价格的不断飙升和国内石油需求量的急剧增加,各国在走能源多元化道路方面已形成广泛共识。从我国提出“不与人争粮,不与粮争地”的政策以来,非粮乙醇研究已经成为目前生物质液体燃料研究工作的重要内容之一,尤其是纤维素乙醇研究工作更是重中之重。

目前,甘肃省能源多元化已经步入高速发展时期,在大力发展风能、太阳能等新能源的同时,更应该发展符合新型工业化要求的高载能产业,充分发挥甘肃在非粮燃料乙醇领域的突出优势,就地消纳一部分绿色能源,在《国务院办公厅关于进一步支持甘肃经济社会发展的若干意见》等政策的大力支持下,整合资源,强强联合,坚持走科研产一体化的道路,使甘肃在全国非粮原料生产燃料乙醇的工业化道路上更进一步。

参考文献

- 1 杨军,仇焕广,黄季煜.生物液体能源发展对我国农业发展和粮食安全的影响.中国农业资源与区划,2008,29,(4):1~4
- 2 夏芸,徐萍,江洪波,等.巴西生物燃料政策及对我国的启示.生命科学,2007,5,(19):482~485
- 3 刘新华,聂周荣,余凤鸾.广东发展燃料乙醇产业的原料资源支撑分析.中国热带农业,2007,1:10~11
- 4 刘军,郭浪.我国燃料乙醇原料非粮化探讨.山东食品发酵,2008,3:44~48
- 5 国家统计局.甘肃年鉴2009.北京:中国统计出版社,2009
- 6 Todor Nikolov, Nadka Bakalova, Svetla Petrova, et al. An effective method for bioconversion of delignified waste—cellulose fibers from the paper industry with a cellulase complex. Bioresource Technology, 2000, 71: 1~4
- 7 侯金淑.废报纸同步糖化发酵生产燃料乙醇.2007,4
- 8 张惟杰.糖复合物生化研究技术.杭州:浙江大学出版社,1999
- 9 张恩铭.甜高粱茎秆汁液制取燃料乙醇的试验研究及技术经济评价.2005,(06)
- 10 徐锐明.甜高粱制燃料乙醇前景广阔.中国科技投资,2006,(12):51~52
- 11 丁红梅,董全,谭晓琼.菊芋的综合利用及发展前景.四川食品与发酵,2006,5,(42):5~8
- 12 周正,曹海龙,朱豫,等.菊芋替代玉米发酵生产乙醇的初步研究.西北农业学报,2008,17(4):297~301,305
- 13 于天峰,夏平.马铃薯淀粉特性及其利用研究.中国农学通报,2005,21(1):55~58
- 14 Mann P, Siewert S, Totter J. Fermenting potato peels and chips into ethanol. Biocycle, 2002, 43: 12, 38~40
- 15 Marihart J. Production of ethanol from starch industry by—products, especially potato pulp. Starch, 1982, 34: 290
- 16 Mohamed M, Abouzied C. Adinarayana reddy. direct fermentation of potato starch to ethanol by cocultures of *Aspergillus niger* and *Saccharomyces cerevisiae*. Applied and Environmental Microbiology, 1986, 52, (5): 1055~1059
- 17 苏小军,熊兴耀,谭兴和,等.马铃薯生产燃料乙醇的性能分析.湖南农业科学,2007,(6):171~174
- 18 孙传伯,李永丽,李云,等.云南省马铃薯产燃料乙醇的可行性研究.安徽农业科学,2009,37,(1):310~311,315
- 19 王淑新.定西马铃薯产业发展研究——基于种植、流通、加工的成本收益分析.兰州:兰州大学,2009:7
- 20 冯献,詹玲.广西木薯产业化发展模式实证研究.中国农业资源与区划,2009,30,(4):70~74

- 21 黄光文, 傅中雄, 谢飞, 管天球, 等. 甘薯燃料乙醇的开发和创新. 湖南科技学院学报, 2008, 10, (29): 102~104
- 22 刘明慧, 朱俊光. 甘薯地膜覆盖高产高效栽培技术. 甘肃农业, 2004, (5): 38
- 23 Zaldivar J, Nielsen J, Olsson L. Fuel ethanol production from lignocelluloses: a challenge for metabolic engineering and process integration. Applied Microbiology and Biotechnology, 2001, 56 (1/ 2): 17~34
- 24 于斌, 齐鲁. 木质纤维素生产燃料乙醇的研究现状. 化工进展, 2006, 25. (3): 244~249
- 25 国家统计局. 2009 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2009

PRELIMINARY EXPLORATION ON DEVELOPING THE NON—GRAIN RAW MATERIAL TO PRODUCE THE FUEL ALCOHOL IN GANSU PROVINCE

Zhang Tingrui, Li Zhizhong

(School of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China)

Abstract Taking the superiority of abundant resources of the non—grain raw material for producing fuel alcohol as the support in Gansu Province. Considering of the factors from the output rate of alcohol, production of raw material, geographical environment, policy advantage and so on. The methods of experiment, investigation and statistics and so on, were used to analyze the situation of non—grain raw material resources for developing fuel alcohol in Gansu. The results proved that there were suitable natural environments, rich resources of non—grain raw material, priority policies and systems, and so on in Gansu. It will provide the reference for developing and using the non—grain raw material resources to produce fuel alcohol in Gansu Province.

Keywords Gansu Province; fuel alcohol; non—grain raw material; analysis

· 征订启事 ·

欢迎订阅 2011 年《中国农业资源与区划》杂志

《中国农业资源与区划》杂志(双月刊)是中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、全国农业资源区划办公室、中国农业资源与区划学会联合主办的指导性与学术性相结合的综合性刊物,主要宣传农业资源开发利用与保护治理、农业计划、农业发展规划、农业投资规划、农村区域开发、商品粮基地建设等方面的方针政策;介绍农业资源调查、农业区划、区域规划、区域开发、农村产业结构布局调整、农村经济发展战略研究、持续农业等方面的经验、成果和国外动态,以及新技术、新方法的应用,探讨市场经济发展和运行机制与农业计划、农业资源区划的关系和影响,推动农业计划和农业资源区划学术理论发展,普及有关基础知识。本刊面向从事农业资源调查和区划、农业发展计划、规划的干部、科技人员、大专院校师生及广大农村干部。

《中国农业资源与区划》杂志为双月刊、国内外公开发行,大16开本,80页。每册定价8.00元,全年每套48元。订阅读款可通过邮局汇寄《中国农业资源与区划》发行组,地址:北京海淀区中关村南大街12号中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,邮编:100081。或可通过银行汇款,开户行:农行北京北下关支行,帐号:050601040011896,单位名称:中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。电话:(010)82109628 82109637 传真:82109628 82109637。

Email: quhuabjb0141@sina.com 邮发代号: 2—732, 也可通过网上进行订阅, 网址: www. cjarrp. com.