

利用马铃薯生产燃料乙醇的可行性分析

李清明¹, 谭兴和¹, 熊兴耀², 周红丽¹, 张 喻¹, 胡亚平¹

(1.湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 探讨马铃薯生产燃料乙醇对解决我国面临的能源危机、三农问题、粮食安全和环境问题上的作用, 以及其在可持续发展和循环经济中的地位, 认为利用马铃薯生产燃料乙醇能兼顾粮食安全和能源安全, 具有重要战略意义, 生产过程对环境的负面影响在现有的环保技术条件下可以得到克服。

关键词: 燃料乙醇; 能源安全; 粮食安全; 马铃薯

中图分类号: TS262.2; TS261.2 文献标识码: B 文章编号: 1001- 9286(2007) 11- 0125- 03

Feasibility Analysis of Fuel Ethanol Production from Potato

LI Qing-ming¹, TAN Xing-he¹, XIONG Xing-yao², ZHOU Hong-li¹, ZHANG Yu¹ and HU Ya-ping¹

(1.College of Food Science and Technology, Changsha, Hu'nan 410128; 2.Horticulture and Landscape College, Hu'nan Agriculture University, Changsha, Hu'nan 410128, China)

Abstract: The roles of fuel ethanol production from potato in China in solving the problems of energy crisis, issues concerning agriculture and countryside and farmers, food security and environmental pollution, and its status in sustainable social development and cyclic economy were introduced in this paper. China could use such technique to secure both food security and energy security and it is of important strategic significance. Besides, the negative impact on environment in fuel ethanol production from potato could be overcome by the use of present environmental protection techniques.

Key words: energy security; food security; fuel ethanol; potato

随着化石能源的日益枯竭和环境污染的日益严重, 利用能源作物生产生物液体燃料受到了世界各国的高度重视。美国、巴西、欧盟等国家和国际组织的发展经验表明, 以玉米、甘蔗、薯类、甜高粱等为原料生产燃料乙醇, 对于建立持续发展的能源系统, 促进社会经济的发展 and 生态环境的改善都具有重大意义。巴西燃料乙醇原料是甘蔗, 美国燃料乙醇原料是玉米, 欧洲用得比较多的是马铃薯^[1]。在加拿大, 燃料乙醇原料是玉米、小麦、大麦, 部分地区使用马铃薯作为原料^[2]。

马铃薯是重要的粮菜兼用作物和工业原料。我国 2005 年马铃薯种植面积 488.09 万公顷, 约占世界面积的 25%, 产量 7086.5 万吨^[3], 约占全世界总产量的 19% 和亚洲的 70%, 居世界首位。目前, 我国马铃薯的工业化加工转化率不到 5%, 如果利用马铃薯作为燃料乙醇原料, 能极大地带动我国马铃薯产业的发展。发展马铃薯产业正成为我国农业种植结构调整、增加农民收入的战略选择之一。

在我国能源供需缺口不断扩大的情况下, 利用南方

冬闲田种植马铃薯, 以马铃薯为原料发展燃料乙醇有着独特的优势, 既不冲击我国的粮食市场, 也不占用粮食耕地, 必要时还可作为粮食, 同时可大幅度增加农民收入, 调动农民的生产积极性, 是我国南方地区最有发展前景的能源作物。

1 马铃薯燃料乙醇技术可行性分析

在我国, 80% 的乙醇是利用淀粉质原料生产的。发酵方法制乙醇在我国有悠久的历史, 发酵技术已经很成熟。我国乙醇行业的出酒率已接近世界水平, 淀粉利用率达到 85%~92%; 淀粉出酒率为 53%~55%。随着生物酶技术的发展, 糖化酶、淀粉酶技术和高效酵母菌使淀粉出酒率和原料利用率有很大提高。

鲜马铃薯含水量为 68%~85%, 淀粉含量为 9%~25%, 粗蛋白 0.7%~3.67%, 灰分 0.5%~1.87%。马铃薯淀粉颗粒大小范围为 15~100 μm , 平均约 65 μm , 为常见淀粉粒中最大, 容易糊化。糊化温度 59~64 $^{\circ}\text{C}$, 直链淀粉含量为 25%^[4]。马铃薯作为一种优良的淀粉质

基金项目: 湖南省科技计划重点项目“利用马铃薯生产燃料酒精的关键技术研究”资助。

收稿日期: 2007-07-16

作者简介: 李清明(1973-), 男, 湖南涟源人, 讲师, 在读博士生, 从事食品工程与机械方面的教学与研究。

原料,利用其生产燃料乙醇技术是成熟的。

如在湖南可以种植春、秋和冬三季马铃薯,另外,在湖南西部有大量的山区,每年有近200万亩的红薯种植面积,上市时间在10月份,可以保证4个月的红薯原料供应,因此利用马铃薯为主要原料,以红薯等为补充原料生产燃料乙醇,能较好的保证原料的供应。马铃薯和红薯在收获后,由各种植户就地晒干,工厂以收购薯干为主,这样有利于原料的贮藏,降低原料运输成本。

2 利用马铃薯生产燃料乙醇的意义

2.1 利用马铃薯生产燃料乙醇与我国粮食安全

根据《中国环境状况公告》和《中国土地资源公告》披露的资料,1995~2003年我国耕地面积由19.51亿亩减少为18.51亿亩,8年共减少1亿亩,年均减少1250万亩。随着城镇发展、道路与厂矿建设、灾毁耕地以及生态建设的退耕等多方面原因,我国耕地减少局面还将持续。根据粮食单产提高的幅度、耕地资源和粮食占总播比例等多因素分析和预测,到2010年粮食缺口达3500万t^[9]。作为一个人口巨大的国家,保证粮食安全是第一位的。

国家发改委、农业部、税务总局、林业局近期印发的《关于发展生物质能源和生物化工财政扶持政策》中,将“坚持不与粮争地,促进能源与粮食‘双赢’”放在三原则的首位。同时,国家发改委12月18日下发的《关于加强玉米加工项目建设管理的紧急通知》明确提出,我国将“坚持非粮为主,积极稳妥推动生物燃料乙醇产业发展”。这些均表明,国家对新上粮食燃料乙醇项目不再鼓励,并进行严格控制。

我国南方可利用的冬闲田就有3亿亩左右,仅湖南省有4000万亩冬闲田,通过发展冬种马铃薯,改变了过去纯水稻的单一生产结构,变双季稻为“稻-稻-薯”或“稻(菜)-菜(稻)-薯”的生产结构,以在南方推广5000万亩计算,每年马铃薯产量可增加1亿t以上,可以生产出燃料乙醇1000万t左右,足以满足我国燃料乙醇的需求。利用冬闲田种植马铃薯,既提高了土地利用率,同时也形成了水稻与马铃薯良好的水旱轮作体系,既减轻了农作物病虫害的发生,改善了土壤结构,而且马铃薯收获后的茎叶又可作为下一季绿肥回田,有利于提高土壤肥力,对后季水稻及马铃薯具有明显的增产效果,既提高了经济效益,又符合农业可持续发展战略,具有显著的经济效益和社会效益。

马铃薯既能满足粮食安全的需要,又是很好的能源作物。同时,还与粮食作物具有极强的互补性,与发达国家相比,我国马铃薯产量还有很大的增产潜力。如果粮食丰收,马铃薯可用于制作燃料乙醇和进行深加工。如果粮食欠收,可将马铃薯转为粮食作物。

中国北方马铃薯主产区种植马铃薯季节基本一致,造成马铃薯供应旺季和淡季十分明显,南方冬种马铃薯

收获时间正好是全国马铃薯供应的淡季,是中国马铃薯生产的重要补充。在我国南方利用冬闲田发展马铃薯生产具有明显的优势,开发前景广阔,潜力巨大,有较好的经济效益,对促进我国冬季农业产业结构调整,增加农民收入,发展农村经济具有十分重要的意义。利用南方冬闲田种植马铃薯,发展燃料乙醇,在保证粮食安全、能源安全和促进新农村建设等方面具有重要战略意义。

2.2 利用马铃薯生产燃料乙醇与我国新农村建设

我国南方可利用的冬闲田就有3亿亩,以推广1000万亩计,每年至少可以为农民增加50亿元收入。

利用马铃薯等可再生性淀粉质资源作为原料生产燃料乙醇,还对增加农民收入、拓宽农业渠道,具有重要的现实意义,可解决乡、镇大批剩余劳动力就业。这样的农副产品转化是一种高科技和高附加值的转化,有利于国家,也有利于农民,有利于我国农业经济的振兴。

如果同时提供科学的种植方式和顺畅的销售渠道,则能提高农户种植马铃薯的积极性,达到增产增收的目的。

再者,发展燃料乙醇需要大量的原料,这样必将为我国长期发展落后的农业发展注入新的活力。研究表明,与石油、煤炭、天然气、核能等传统能源产业相比,生物质能产业能创造更多的就业机会。在工业化国家中,陆上石油业(包括开采、冶炼和销售)生产每百万吨标准油的能源需要的工作岗位为959个,煤炭业为925个,天然气业为430个,而生物质固体燃料业为3000~5000个,生物乙醇业为18000~28000个^[9]。发展燃料乙醇能极大地缓解当今的就业压力。

2.3 利用马铃薯生产燃料乙醇经济性分析

利用马铃薯生产燃料乙醇,其加工与流通成本与玉米、小麦基本相同,因此原料成本是最大的成本因素,通过培育高产和高淀粉含量的专用马铃薯,就可大幅度降低原料成本。另外,由于利用冬闲田种植马铃薯,不占用耕地,不影响粮食生产,发展潜力巨大。

南方如若大力发展利用马铃薯生产燃料乙醇项目,应当努力降低生产成本,尤其是生产原料的成本。据联合国粮农组织报告,欧美发达国家平均单产2~3t^[7],而我国马铃薯平均亩产不到1t,其种植品种老化和栽培技术落后,马铃薯综合利用率较低。湖南农业大学的一项研究成果表明,南方冬闲田马铃薯产量可达到2t/亩。目前,南方冬种马铃薯成本在每亩300元左右,若每吨原料价格每降低1元,燃料乙醇生产成本便会降低10元,这无疑会大大提高其市场竞争力。

中国农业大学李十中教授指出,发展“能源农业”,首要的是改进能源作物的培育方法,提高能源作物的热质和淀粉含量,除常规技术外,还应大力采用生物技术。如,在培育糖类物质时,将细菌的ADP葡糖焦磷酸化酶基因转入马铃薯,可以使淀粉含量提高60%^[9]。南方马

表1 产乙醇作物生产乙醇的成本比较^[11]

原料类型	产量 (t/亩)	市场售价 (元/t)	产值 (元/亩)	发酵成分含量 (%)	乙醇产率 (%)	原料乙醇产量 (kg/t)	乙醇需原料成本 (元/t)	乙醇所需成本 (元/t)
甘蔗	5.00~8.00	150~180	750~1440	蔗糖 12~13	53.83	80~86.13	1742~2250	1996
甜高粱茎秆	2.50~3.50	150~180	375~630	蔗糖 12~14	53.83	64.80~75.43	1989~2777	2383
鲜木薯	1.50~2.50	300~400	450~1000	淀粉 22~28	56.82	125.33~159.20	1884~3192	2538
鲜红薯	1.50~2.50	250~350	375~875	淀粉 15~26	56.82	85.33~147.60	1965~4102	3034
甜菜	2.00~3.00	200~300	400~900	蔗糖 14~16	53.83	75.50~86.00	2326~3975	3151
马铃薯	1.80~2.50	250~350	450~875	淀粉 12~25	56.82	68.33~142.00	1760~5121	3441
玉米	0.30~0.35	1400~1500	420~525	淀粉 62~70	56.82	353.33~397.14	3276~4245	3761
大米	0.50~0.55	1500~1700	750~935	淀粉 70~75	56.82	398.00~425.45	3525~4267	3896
小麦	0.25~0.30	1500~1700	375~510	淀粉 65~70	56.82	368.00~396.67	3780~4624	4202
高粱籽粒	0.25~0.35	1400~1600	350~560	淀粉 59~68	56.82	336.00~385.71	3640~4768	4204

铃薯淀粉含量一般在 15 % 左右, 如通过专用品种选育, 将淀粉含量提高到 20 % 左右, 则每吨乙醇原料成本将下降 33 %, 发展潜力极大。转基因技术应用于能源作物和能源微生物上, 不像食物那样要受基因标识的限制, 因而可以广泛推广^[9]。

每吨马铃薯可生产出 110 L 燃料乙醇^[10], 利用马铃薯生产燃料乙醇的成本低于玉米和小麦生产燃料乙醇的成本(见表 1), 马铃薯的生产成本主要是原料成本, 其余生产成本与其他淀粉类原料乙醇生产成本接近。如果通过运用科学技术降低马铃薯的种植成本、提高产量和淀粉含量则能降低燃料乙醇的生产成本, 从而极大地提高利用马铃薯生产燃料乙醇的经济效益。

3 马铃薯生产燃料乙醇的环境影响分析

马铃薯生产燃料乙醇的环境影响。首先是种植方面, 我国在马铃薯种植的环境保护方面已有多年的成熟经验; 其次是工厂加工环节, 据监测马铃薯加工的排出物对环境的影响不大, 稍加治理便可达到排放标准, 或者实现循环利用。

3.1 废水

马铃薯生产燃料乙醇的废水, 主要是蒸馏车间的二次蒸汽的冷凝水及压榨机、气轮机发电机等设备的冷却水。这些废水符合环保一级排放标准, 可直接排放。另有部分精馏塔的低浓度废水, COD、BOD 等的含量均符合环保排放标准, 对环境污染很小。

3.2 酒糟

薯类乙醇糟液具有污染物浓度高, 尤其体现在悬浮物和 COD 上^[12]。马铃薯糟液中含有大量的蛋白质、糖类物质、纤维素、灰分和淀粉等, 是一种很好的家畜饲料。酒糟可以经离心脱水后干燥生产 DDG 饲料, 也可以进行沼气发酵。马铃薯酒糟化学成分组成见表 2。

4 总结

综合考虑利用马铃薯生产燃料乙醇的技术、经济和环境可行性, 可以初步得出结论: 随着技术的进步, 利用马铃薯生产燃料乙醇有着可预见的良好的技术、经济前景, 对中国增加替代燃油供应和开拓农业产品深加工空

表2 马铃薯酒糟化学成分组成^[12] (%)

项目	指标	项目	指标
水	95.5	五碳糖	0.45
干物质	4.5	半纤维素	2.3
可溶性干物质	2.1	纤维素	0.3
还原糖	0.30	氮	0.17
淀粉	0.4	灰分	0.50

间具有重要战略意义, 在环保设施得到落实的前提下, 不会对环境造成威胁, 并且还有利于 CO₂ 的减排。因此, 国家“车用乙醇汽油”计划的下一步推广应该充分考虑我国南方冬闲田的优势, 发展马铃薯燃料乙醇产业, 以促进农业和能源的可持续发展。

参考文献:

- [1] 徐芬芬, 叶利民, 王爱斌. 我国的淀粉、糖类和纤维植物资源及其用于乙醇发酵的探讨[J]. 中国林副特产, 2006, (3): 63-65.
- [2] (S&T)2 Consultants and Meyers Norris Penny LLP (2004). Economic, Financial, Social Analysis and Public Policies for Fuel Ethanol - Phase1[EB/OL]. <http://www.ghgenius.ca/reports/nrcanethanolphase1>.
- [3] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计年鉴[M]. 北京: ????, 2006.
- [4] 姚汝华, 赵继伦. 酒精发酵工艺学[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1999.
- [5] 黄诗铿. 我国粮食供求态势与燃料乙醇原料选择[J]. 中国食物与营养, 2006, (4): 36-38.
- [6] 张希良, 岳立, 柴麒麟, 等. 国外生物质能开发利用政策[J]. 农业工程学报, 2006, (10): 4-7.
- [7] 汲河. 我国马铃薯产业化存在的问题与应对策略[J]. 沈阳农业大学学报(社会科学版), 2006, 8(2): 202-204.
- [8] 吴强华. 发展生物质能应兼顾, 粮食与能源双重安全[J]. 中国高校科技与产业化, 2005, (10): 46-47.
- [9] 路明. 开发生物质能, 发展能源农业[J]. 求是, 2005, (5): 58-60.
- [10] Linoj Kumar, Prabha Dhavala, Anandajit Goswami. Liquid Biofuels in South Asia Resources and Technologies[J]. Asina Biotechnology and Development Review, 2006, 8(2): 31-49.
- [11] 曾麟, 王革华. 中国甘蔗燃料乙醇生产的技术、经济和环境可行性分析[J]. 可再生能源, 2006, (4): 46-49.
- [12] 王涛. 薯类酒精糟液处理及综合利用技术研究[J]. 中国酿造, 2005, (9): 34-37.