

利用甜高粱茎秆提取乙醇的实验报告(第 报)

——不同品种乙醇提取量的实验

刘 杰, 郑士梅, 李原有, 王世范, 刘永莉, 张占金, 冯铁英, 张 岩, 庞春梅
(吉林市农业科学院, 吉林 132101)

摘 要: 以甜高粱品种九甜粱 1 号和九甜杂 1 号为材料, 采用简易固态发酵法, 对其茎秆提取乙醇进行了实验。实验证明, 甜高粱茎秆是提取乙醇极佳的生物质能源。九甜粱 1 号茎秆可提取 50 %vol 粗乙醇 9.26 t/ hm², 折 99.6 %vol 的无水乙醇 3.96 t/ hm²。九甜杂 1 号茎秆可提取 50 %vol 粗乙醇 8.76 t/ hm², 折 99.6 %vol 的无水乙醇 3.75 t/ hm²。单位面积甜高粱茎秆乙醇提取量明显高于单位面积玉米籽实的乙醇提取量。但不同的甜高粱品种茎秆乙醇的提取量有明显的差异, 要科学的选用甜高粱品种。

关键词: 提取乙醇; 甜高粱茎秆; 九甜粱 1 号; 九甜杂 1 号

中图分类号: TS262.2; TS261.4; S216.2 文献标识码: A 文章编号: 1001- 9286(2007) 05- 0051- 03

Experimental Reports on Ethanol Production from Sweet Sorghum Stems ()

—— Experiments on Ethanol Production from Different Species

LIU Jie, ZHENG Shi-mei, LI Yuan-you, WANG Shi-fan, LIU Yong-li,
ZHANG Zhan-jin, FENG Tie-ying, ZHANG Yan and PANG Chun-mei
(Jilin City Academy of Agricultural Sciences, Jilin Jilin 132101, China)

Abstract: Experiments on ethanol production from stems of sweet sorghum Jiutianliang #1 and Jiutianza #1 using solid fermentation were reported here. The results showed that the sweet sorghum stem was a great source of bioenergy. We produced 9.26 tons and 8.76 tons of 50 %vol crude ethanol (3.96 tons and 3.75 tons of 99.6 %vol anhydrous ethanol) from each hectare of the Jiutianliang #1 and Jiutianza #1 species, respectively. Ethanol production from sweet sorghum stems is significantly higher than that from corn seeds based on each unit area. In addition, ethanol production from sweet sorghum stems is significant different from species to species. Therefore, we should select the right sweet sorghum species for ethanol production.

Key words: ethanol, sweet sorghum stem, production, Jiutianliang #1, Jiutianza #1

随着石油燃料日趋紧张, 价格不断上涨和环境污染的严重, 利用可再生资源作为石油的代用品变得越加重要。2000 年我国开始启动乙醇汽油项目, 已取得初步成效。但是, 燃料乙醇原料主要以玉米陈化粮为主, 从长远看存在着粮食安全问题。因此, 必须寻求不与粮争地、不与人争粮、不与牲畜争饲料、不与其他产业争原料的新型乙醇生产原料。目前, 利用农作物秸秆, 特别是利用甜高粱茎秆提取乙醇已成为生物质能源领域中的重要研究课题之一。2006 年, 我院采用简易固态发酵法, 对甜高粱茎秆提取乙醇进行了初步实验, 现将结

果报告如下。

1 材料与方法

1.1 甜高粱品种

本实验选用的品种为我院选育的九甜粱 1 号和九甜杂 1 号(均通过吉林省农作物品种审定委员会审定)。其中九甜粱 1 号种植面积 0.28 hm², 九甜杂 1 号种植面积 0.1 hm²。

1.2 工艺流程

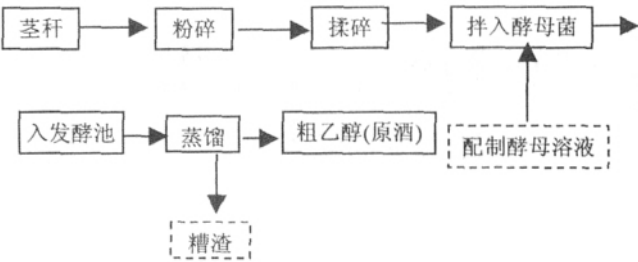
本实验采用简易固态发酵法提取粗乙醇(原酒)。其

基金项目: 国家发改委投资项目 20062518)。

收稿日期: 2007- 04- 03

作者简介: 刘杰(1963-), 男, 大学本科, 研究员, 吉林市农科院院长, 吉林市农学会理事长, 利用甜高粱茎秆提取乙醇项目的主持人, 获省一等奖 3 项, ‘吉林省有突出贡献的专业技术人才’, ‘吉林市十大杰出青年’, 发表论文 10 余篇。

工艺流程为:



1.3 主要设备

粉碎机: 93ZP- 1.8 型铡草机, 辽宁省风城市奥运机械厂生产。揉碎机: 改装, 由 5.5 kW 电机带动。蒸酒锅、过汽管、冷却器均为自制。蒸酒锅容量为 1 t 料。发酵池: 室外挖池, 用彩条苫布和塑料布防渗漏和挥发。

1.4 酵母菌种与用量

安琪牌酒用酵母: 安琪酵母股份有限公司生产, 用量为茎秆重的 1‰。

1.5 蒸馏

采用我国传统的蒸酒方法。每次蒸 1 t 茎秆的发酵料, 每个品种重复 2 次。

1.6 乙醇浓度的测定与折算

利用酒精计对蒸馏出的粗乙醇(原酒)进行测定, 并校正为 20 ℃ 时的乙醇浓度(体积分数), 然后按下列公式折算所需乙醇浓度的重量。

高浓度折为低浓度:

折后的乙醇质量(kg)= $\frac{W_1}{W_2}$ ×原乙醇质量(kg)

式中: W_1 ——原乙醇质量分数;
 W_2 ——调整后乙醇浓度质量分数。

低浓度折为高浓度:

折后的乙醇质量(kg)= $\frac{W_2}{W_1}$ ×欲折低度乙醇质量(kg)

式中: W_2 ——欲折低度的乙醇质量分数;
 W_1 ——折为高度乙醇的质量分数。

2 结果与分析

2.1 品种的生物产量和含糖量

经实测, 每公顷九甜梁 1 号平均产茎秆 59.3 t, 籽实产量 2875 kg, 茎秆汁液锤度为 18.61 %, 总糖为 15 %。每公顷九甜杂 1 号平均产茎秆 75 t, 籽实产量为 5950 kg, 茎秆汁液锤度为 14.86 %, 总糖为 12.25 %(见表 1)。

2.2 品种间乙醇提取量差异极显著

将 2 个品种每吨茎秆乙醇提取量列入表 2。

表 1 生物产量与含糖量

品种名称	茎秆产量 (t/hm ²)	籽实产量 (kg/hm ²)	茎秆汁液锤度 (%)	总糖* (%)
九甜梁 1 号	59.3	2875.0	18.61	15.00
九甜杂 1 号	75.0	5950.0	14.86	12.25

* 总糖含量为吉林省轻工业设计院发酵所分析的结果。

从实际结果可以看出, 2 个品种的乙醇提取量相差很大, 九甜梁 1 号每吨茎秆平均提取 50 %vol 粗乙醇 156.2 kg, 提取 50 %vol 粗乙醇率为 15.62 %。九甜杂 1 号每吨茎秆平均提取 50 %vol 粗乙醇 116.8 kg, 提取 50 %vol 粗乙醇率为 11.68 %, 每吨茎秆九甜梁 1 号比九甜杂 1 号多提取 50 %vol 粗乙醇 39.4 kg, 高 3.94 个百分点。经测定, 2 个品种提取 50 %vol 粗乙醇量差异极显著。

提取出粗乙醇后, 可经精馏为无水乙醇。本实验通过科学统计, 九甜梁 1 号每吨茎秆可提取 99.6 %vol 无水乙醇(即燃料乙醇浓度, 以下简称无水乙醇) 66.80 kg, 每公顷茎秆可提取无水乙醇 3.96 t, 提取 1 t 无水乙醇需茎秆 14.97 t, 无水乙醇提取率为 6.68 %。九甜杂 1 号茎秆每吨可提取无水乙醇 49.95 kg, 每公顷茎秆可提取无水乙醇 3.75 t, 提取 1.0 t 无水乙醇需茎秆 20.02 t, 无水乙醇提取率为 4.995 %。2 个品种无水乙醇提取率相差 1.685 个百分点, 即同样 1 t 茎秆, 九甜梁 1 号比九甜杂 1 号多提取乙醇 16.85 kg。

2.3 品种间乙醇提取量显著差异的主要原因

目前, 我国乙醇企业所采用的物料大部分是玉米, 我国传统蒸酒方法的物料是玉米或其他粮食。其共同的特点是将其物料中的淀粉分解成糖, 再将糖转化为乙醇。本实验的物料是甜高粱茎秆, 将其茎秆汁液的糖分直接转化为粗乙醇。从表 1 我们可以看出, 九甜梁 1 号茎秆汁液锤度为 18.61 %, 总糖含量 15 %。九甜杂 1 号茎秆汁液锤度为 14.86 %, 总糖含量 12.25 %, 二者总糖含量相差 2.75 个百分点。这是造成两个品种乙醇提取量和提取率差异的主要原因。按含糖量计算, 乙醇提取量和提取率要高于本实验结果。这主要是由于发酵程度、蒸料火候、蒸料过程的乙醇挥发和在发酵过程要消耗一定数量的糖分所致。发酵程度和蒸料火候也是造成本实验重复间略有差异的原因。经测验, 重复间的差异不显著, 表明重复间的差异是实验允许的误差。

2.4 甜高粱单位面积乙醇提取量显著高于玉米

目前, 我国燃料乙醇主要是以玉米籽实为主要原料, 利用玉米秸秆生产乙醇的技术尚未成熟, 技术设备

表 2 乙醇提取量

品种名称	粗乙醇*(kg)			粗乙醇 提取率 (%)	茎秆提取 粗乙醇量 (t/hm ²)	折无水乙醇** (kg)			无水乙醇 提取率 (%)	每 t 无水乙醇 所需茎秆量 (t)	茎秆提取无 水乙醇量 (t/hm ²)
	重复 I	重复 II	平均			重复 I	重复 II	平均			
九甜梁 1 号	151.45	160.95	156.20	15.62	9.26	64.77	68.83	66.80	6.680	14.97	3.96
九甜杂 1 号	114.94	118.65	116.80	11.86	8.76	49.15	50.74	49.95	4.995	20.02	3.75

* 粗乙醇浓度为 50 %vol 的原酒。 ** 无水乙醇浓度为 99.6 %vol。

表 3 单位面积甜高粱和玉米无水乙醇提取量的比较

(t/hm²)

作物品种	茎秆		籽实	合计			甜高粱茎秆和籽实 与玉米籽实比	
	数量	甜高粱与玉米比		数量	甜高粱与玉米比	甜高粱比玉米提高百分率(%)	数量	提高百分率(%)
九甜梁 1 号	3.96	+2.53	0.96	4.92	+0.49	11.06	+1.92	64.00
九甜杂 1 号	3.75	+2.32	1.98	5.73	+1.30	29.35	+2.73	91.00
玉米	1.43	0.0	3.00	4.43	0.0	0.0	0.0	0.0

复杂, 成本高, 仅 1 t 纤维素酶需人民币 10 万元左右。一般 3 t 多玉米籽实产 1 t 无水乙醇, 按每公顷产玉米籽实 9 t, 3 t 籽实产 1 t 无水乙醇计, 每公顷玉米籽实产 3 t 无水乙醇。每公顷九甜梁 1 号茎秆可提取无水乙醇 3.96 t, 每公顷产籽实 2.88 t, 按 3 t 籽实提取 1 t 无水乙醇计, 可提取无水乙醇 0.96 t, 合计每公顷九甜梁 1 号可提取无水乙醇 4.92 t。每公顷九甜杂 1 号茎秆可提取无水乙醇 3.75 t, 每公顷产籽实 5.95 t, 按 3 t 籽实产 1 t 无水乙醇计, 可提取无水乙醇 1.98 t, 合计每公顷九甜杂 1 号可提取无水乙醇 5.73 t。当前有的单位正在开展利用玉米秸秆提取乙醇的试验。一般每公顷玉米产含水量小于 20 % 的玉米秸秆 10 t, 按 7 t 茎秆产 1 t 无水乙醇计, 每公顷可产无水乙醇 1.43 t。每公顷玉米籽实和秸秆合计生产无水乙醇 4.43 t (见表 3)。

综上所述, 每公顷九甜梁 1 号和九甜杂 1 号茎秆和籽实合计比玉米籽实多产无水乙醇 1.92 t 和 2.73 t, 分别比玉米籽实提高 64.0 % 和 91.0 %; 比玉米茎秆和籽实分别多产无水乙醇 0.49 t 和 1.30 t, 分别提高 11.06 % 和 29.35 % (表 3)。利用甜高粱茎秆和籽实提取乙醇的经济效益分析另有报告。

2.5 糟渣是优质饲料

提取粗乙醇后, 九甜梁 1 号和九甜杂 1 号糟渣的干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、粗灰分、初水分分别是 92.85 %、7.96 %、3.50 %、33.78 %、7.24 %、84.26 % 和 92.93 %、6.68 %、2.31 %、34.90 %、12.44 %、82.89 % (见表 4)。

表 4 糟渣主要成分 *

(%)

品种名称	干物质	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰分	水分
九甜梁 1 号	92.85	7.96	3.50	33.78	7.24	84.26
九甜杂 1 号	92.93	6.68	2.31	34.90	12.44	82.89

* 由吉林省农科院牧畜分院分析。

从分析结果来看, 2 个品种的糟渣都是牛羊的优质饲料, 粗蛋白的含量高于一般青贮玉米 (粗蛋白含量为 4 % ~ 5 %)。在供试的 2 个品种中, 九甜梁 1 号糟渣的饲料成分优于九甜杂 1 号。从我们现场喂饲情况看, 当槽中同时放玉米秸和糟渣, 牛首先选饲糟渣。此外, 糟渣也是造纸的好原料, 压制纤维板材的极佳原料, 同时可利用酸法、酶法将其糟渣再次转化为乙醇。

2.6 两个品种的综合分析

九甜梁 1 号 1 t 茎秆可提取无水乙醇 66.80 kg, 比九甜杂 1 号的 49.95 kg 多提取 16.85 kg。由于九甜杂 1

号单位面积茎秆产量比九甜梁 1 号高 15.7 t, 故单位面积提取无水乙醇量二者相差并不大, 九甜梁 1 号仅比九甜杂 1 号多提取无水乙醇 210 kg。尽管九甜杂 1 号的籽实产量比九甜梁 1 号高 1 倍多, 每公顷多产籽实 3075 kg。但由于九甜杂 1 号茎秆产量高, 增加了运输和提取乙醇等的费用。为了粮食安全, 在不考虑籽实提取乙醇的情况下, 扣出增加的成本和考虑糟渣质量, 两个品种的效益基本相差无几。

3 小结

3.1 甜高粱是极佳的生物质能源, 在收获一定粮食的同时, 利用茎秆提取乙醇, 可以解决石油燃料紧张、价格上涨、环境污染严重和利用玉米提取乙醇存在粮食安全的一大隐患。

3.2 本实验所采取的固态发酵法, 工艺简捷, 设备简单, 投资少, 见效快, 易操作, 对操作人员的技术水平要求不太高, 便于推广。适宜农村种植甜高粱后, 就地加工提取粗乙醇, 然后将粗乙醇集中到乙醇企业精加工成为无水乙醇。

3.3 利用甜高粱茎秆提取乙醇技术路线已基本成熟, 利用玉米秸秆提取乙醇技术路线尚未成熟。无论从甜高粱茎秆提取乙醇, 还是加上籽实提取乙醇, 单位面积甜高粱的乙醇提取量明显高于玉米。

3.4 不同的甜高粱品种提取乙醇量有很大差异, 要选择含糖量高、茎秆产量高、籽实产量高, 适于本地种植的甜高粱。目前我国选育和引进的甜高粱品种熟期较长, 在我省霜前籽实不能正常成熟, 千万不要盲目地选择甜高粱品种。九甜梁 1 号是我国目前提取乙醇量较高的品种之一, 九甜杂 1 号是我国目前粮食产量较高的品种之一。该两个品种适于我省大部分地区种植, 近几年在新疆等地种植表现也十分优良, 用户可根据不同需要选用。

3.5 提取粗乙醇后的糟渣是牛羊的优质饲料, 同时还可以开展多方位的综合利用。

参考文献:

- [1] 黄平. 生料酿酒技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003.
- [2] 辽宁省农业科学院. 中国高粱栽培学[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [3] 刘杰. 关于用甜高粱茎秆加工乙醇的建议[A]. 吉林市农业委员会. 种植甜高粱, 发展燃料乙醇材料汇编[C]. 吉林: 吉林市农业科学院, 2006.