

中国甜高粱 研究与利用

李桂英 涂振东 邹剑秋 主编



中国农业科学技术出版社

中国甜高粱 研究与利用

李桂英 涂振东 邹剑秋 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国甜高粱研究与利用/李桂英, 涂振东, 邹剑秋主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2008. 10

ISBN 978 - 7 - 80233 - 703 - 9

I. 中… II. ①李…②涂…③邹… III. ①甜高粱 - 栽培 - 文集②甜高粱 - 综合利用 - 文集 IV. S566.5 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140984 号

责任编辑 张孝安

责任校对 贾晓红 康苗苗

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)

(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82109709

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 889 mm × 1 194 mm 1/16

印 张 32.5

字 数 850 千字

版 次 2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

定 价 120.00 元

中国甜高粱研究与利用

编 委 会

主 编

李桂英 涂振东 邹剑秋

副主编

杜瑞恒 张福耀 谢光辉 郭中校 顿宝庆 谷卫彬

编 委

(按姓氏笔画排序)

王 鼎 张志鹏 张福耀 张 璞 李桂英 杜瑞恒
肖明松 谷卫彬 邹剑秋 侯升林 赵威军 涂振东
郭中校 顿宝庆 谢光辉

中国甜高粱研究与利用

资助出版

科技部“十一五”科技支撑计划项目（2006BAD07A04）和
公益性行业（农业）科研专项经费项目（nyhyzx 07-011）

内容提要

自从 1995 年和 1997 年分别召开第一届、第二届全国甜高粱会议以来，我国的科技人员对甜高粱的研究取得了不少成果，甜高粱燃料乙醇产业化方面也在积极探索实践之中。近年来，甜高粱作为能源作物更加受到国内外广泛关注，我国有关部委也将甜高粱研发列入相关计划。为了全面总结近 10 年甜高粱研究与开发所取得的成果，促进各科研单位、高等院校、企业间的交流与合作，密切产学研的联系，中国农业科学院生物质能源研究中心、作物科学研究所和北京雅津伟业信息中心于 2007 年 10 月 11 ~ 12 日举办了第三届全国甜高粱会议暨第一届甜高粱产业发展论坛。本书收集了这次会议交流的论文，并在征得原作者的基础上，全面收集了我国近 10 年有关公开发表的甜高粱论文，将这些论文认真整理如下：甜高粱总论与综述；甜高粱资源与遗传育种；甜高粱栽培、生理和生态；甜高粱综合利用四部分，以供有关人员的参考。

前 言

甜高粱是普通高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 的一个变种，以其茎秆多汁富含糖分特点，一般汁液含糖 8° (BX) 以上。甜高粱是多用途作物，籽粒可食用、饲用、酿酒；茎秆可作优质饲料、酿酒（酒精）、制饮料、糖浆等；秆渣可造优质纸浆、纸板等。

虽然甜高粱有着悠久的栽培历史，但其发展可谓一波三折。历史上甜高粱主要用作甜秆嚼食，至今在南非或我国的崇明岛仍作为甜食广泛种植，甜高粱糖浆是美国传统食品，产品供不应求。但在国际上，甜高粱的大发展始终与食糖和石油市场的变化以及畜牧业的发展密切相关。

巴西自 1975 年、美国自 1978 年就开始种植甜高粱用于生产酒精研究。20 世纪 90 年代，乌拉圭仿效巴西，每年种植 65 万公顷甜高粱用于制作酒精燃料。欧共体经过多年研究表明，甜高粱是最适合欧洲大陆种植的能量作物，并认为是欧共体能源的希望所在。俄罗斯、印度、日本和中国也做了大量研究。但甜高粱迄今未能像甘蔗和玉米一样大规模用于生产燃料乙醇，其主要原因是甜高粱收获季节较短。目前，美国正在探索甜高粱田间转化乙醇的技术，并创造出甜高粱乙醇新词汇 Sorganol®。

我国在 20 世纪 70 年代，从美国大量引进甜高粱品种，当时主要目的是生产食用糖和青贮饲料。后来，甜高粱在生物质能利用方面的潜力愈来愈受到关注。我国生产条件与美国、巴西等国不同，优良耕地资源基本开垦殆尽。发展能源作物只能利用盐碱、干旱等生产条件较差的备用土地。正是在这一背景下，我国甜高粱的发展才受到了前所未有的重视，迎来了良好的发展机遇。20 世纪 80 年代 UNDP 资助了中国北方生物质能源综合利用项目，研究了利用甜高粱生产乙醇的可行性，开发了固定化酵母发酵快速生产乙醇的专利技术。2001 ~ 2003 年联合国资助了中国“Development of Sweet Sorghum for Grain, Sugar, Feed, Fiber, and Value-added By-products in the Arid and Saline-alkaline Regions”项目。近年，国家科技部连续将甜高粱新品种选育与能源利用列入“十五”、“十一五”重点科技计划。

自从 1995 年和 1997 年分别召开第一届、第二届全国甜高粱会议



以来,我国的科技人员对甜高粱的研究取得了不少成果,甜高粱燃料乙醇产业化方面也在积极探索实践之中。为了全面总结近10年我国甜高粱研究开发所取得的成果,促进各科研单位、高等院校、企业间的交流与合作,密切产学研的联系,中国农业科学院生物质能源研究中心、作物科学研究所和北京雅津伟业信息中心于2007年10月11~12日举办了第三届全国甜高粱会议暨第一届甜高粱产业发展论坛。本书收集了这次会议交流的论文,并在征得原作者同意的基础上,全面收集了我国近10年有关公开发表的甜高粱论文,将这些论文认真整理如下四大部分,具体是,第一部分:甜高粱总论与综述;第二部分:甜高粱资源与遗传育种;第三部分:甜高粱栽培、生理和生态;第四部分:甜高粱综合利用等,以方便有关人员的参考。

甜高粱毕竟还是个小作物,研究远不如其他主要作物,不同作者接触时间不同、对其理解深度有深有浅,因此,在一些文章中的观点难免偏颇,希望读者能够仁者见仁、智者见智。

本论文集是所有论文作者的共同成果,若能对我国生物质产业的发展有所贡献,将归功于所有作者。

本课题组博士生刘洋同学、硕士生岳美琪同学和赵香娜同学参与了资料的收集和整理,特此表示感谢。

编者

2007年10月



目 录

第一部分 甜高粱总论与综述

甜高粱——大有发展前途的作物	朱翠云 (3)
浅谈甜高粱的利用价值	刘晓辉 高士杰 杨 明等 (7)
甜高粱的用途及其发展前景	王艳秋 朱翠云 卢 峰等 (10)
开发甜高粱产业, 解决能源、粮食安全及三农问题	黎大爵 (14)
甜高粱: 高效太阳能转化器	谷卫彬 黎大爵 (18)
我国甜高粱产业发展前景分析	石龙阁 (21)
国内外甜高粱研究现状及应用前景分析	闫鸿雁 付立中 胡国宏等 (25)
加快实现甜高粱产业化	王阿平 陈 明 卢庆善 (29)
调整种植业结构, 发展甜高粱生产	王兆木 涂振东 (32)
加快甜高粱科研和生产开发	石永顺 王艳秋 王立新等 (37)
应对甜高粱生产发展的新形势	曹文伯 (40)
发展甜高粱生产, 开拓利用能源新途径	曹文伯 (43)
发展甜高粱生产, 开创能源农业新时代	康志河 杨国红 杨晓平等 (45)
新疆甜高粱开发利用研究	王兆木 涂振东 贾东海 (49)
黑龙江省甜高粱的开发利用	范 晶 陈连江 陈 丽等 (55)
黑龙江省能源作物——甜高粱的研究与发展	王黎明 (59)
河北省发展甜高粱产业前景广阔	张凤荣 李联习等 (62)
广西发展甜高粱初探	覃守贵 莫识美 梁文育 (65)
山西省甜高粱的发展与展望	刘贵锋 赵建武 郑香萍等 (69)
吉林省甜高粱的开发与利用	王 鼎 郭中校 刘洪欣等 (74)
黄河三角洲甜高粱产业一体化综合开发探索	赵景阳 米庆华 (78)
甜高粱在黄淮海盐碱地区推广种植的潜力分析	曹文伯 (84)
能源作物甜高粱及其可供应性研究	赵立欣 张艳丽 沈丰菊 (87)
甜高粱研究进展	卢庆善 (92)
甜高粱研究进展	葛江丽 姜闯道 石 雷等 (96)
可再生能源作物——甜高粱的开发利用	张志鹏 杨 镇 朱 凯等 (101)
发展能源作物甜高粱, 促进生态文明建设	张 璞 李桂英 顿宝庆等 (105)
关于利用盐碱荒地发展能源作物甜高粱产业的情况简介	黄骅市农业局 (109)



第二部分 甜高粱资源与遗传育种

甜高粱资源

- 我国甜高粱种质资源鉴定及利用概况 曹文伯 (113)
- 中国甜高粱资源与利用 高士杰 刘晓辉 李玉发等 (117)
- 国内外甜高粱种质资源主要性状遗传多样性及相关性
分析 赵香娜 李桂英 刘洋 陆平 顿宝庆 岳美琪 张璞 (120)
- 陕南山区甜高粱种质资源特性分析 刘明慧 高秋侠 刘孟君 (129)

甜高粱引种

- 陇西县甜高粱引种(栽培)试验 马文福 (133)
- 内蒙古锡林郭勒盟引种甜高粱试验报告 王丽萍 建原 (135)
- 甜高粱引种试种及综合利用研究初报 杨秀坚 陈朝贵 韦少忠 (138)
- 甜高粱品种的引种及品比试验研究 阿依古丽·艾买提 依再提姑·阿布都克里木 (142)

甜高粱遗传育种

- 新型绿色可再生能源作物——甜高粱及其育种策略 邹剑秋 宋仁本 卢庆善等 (146)
- 主成分分析在甜高粱育种中的应用 李继洪 刘晓辉 李淑杰等 (149)
- 利用外源 DNA 导入技术创新甜高粱种质 王黎明 阴秀卿 焦少杰等 (153)
- 在甜高粱上利用杂种优势的探讨 曹文伯 (156)
- 甜高粱茎秆糖锤度配合力的测定 曹文伯 (162)
- 甜高粱主要农艺性状遗传参数估计 高明超 王鹏文 (167)
- 甜高粱茎秆含糖量研究 籍贵苏 杜瑞恒 侯升林等 (170)
- 纬度对甜高粱营养生长和籽粒产量的影响 宋广巍 黎大爵 (174)
- 甜高粱杂交组合主要性状(海南·北京)两地表现的比较
——加快育种速度的探讨 孙宏 曹文伯 谢奎龙 (180)
- 能源作物甜高粱培育及能量转换技术研究 孙宏 (183)
- 饲糖能多用甜高粱优良品种 黎朝晖 (187)
- 生物质能源甜高粱“新高粱 2 号”选育报告 刘翔宇 王新勇 加帕尔等 (189)
- 能源用甜高粱“辽甜 1 号”选育报告 张志鹏 邹剑秋 朱凯等 (193)
- 能源作物甜高粱新品种“辽甜 1 号”产业化的前景展望 张志鹏 杨镇 邹剑秋等 (196)
- 能饲兼用型甜高粱杂交种“辽甜 2 号”选育 张志鹏 邹剑秋 朱凯等 (200)
- 优质饲用甜高粱新品种“原甜 1 号”的选育及栽培技术 李桂英 苏益民 张保明 (204)
- “天农青饲 1 号”饲用高粱 孙守钧 (206)
- 饲用高粱杂交种“辽饲杂 3 号”选育报告 张志鹏 朱翠云 宋仁本等 (208)
- “辽饲杂 3 号”高粱经济效益和社会效益研究 张志鹏 朱凯 王艳秋 (212)
- 饲用高粱杂交种“辽饲杂 4 号”选育报告 张志鹏 王艳秋 朱凯 (215)
- A₃CMS 在甜高粱育种中的可行性研究 赵威军 张福耀 程庆军等 (219)

第三部分 甜高粱栽培、生理和生态

- 甜高粱的发展、利用及高产栽培管理技术 于萍 段有厚 张志鹏等 (227)



甜高粱不同播期对主要生育指标影响的研究	张志鹏 朱 凯 王艳秋等 (232)
播种期对各生育时期甜高粱叶片性状的影响	周绍东 周宇飞 黄瑞冬 (236)
不同种植时期对甜高粱主要生物性状及成糖的影响	沈 飞 刘荣厚 (240)
甜高粱茎秆中糖分消长规律的研究	刘贵锋 赵建武 孟春刚等 (244)
甜高粱不同节间与全茎秆锤度的相关性分析	周宇飞 黄瑞冬 许文娟等 (248)
种植密度对饲用甜高粱生长发育及产量的影响	刘丽华 吕艳东 李红宇等 (253)
种植密度对杂交甜高粱“甜格雷兹”生长、品质及产量 的影响	郑庆福 李凤山 杨恒山等 (257)
杂交甜高粱——甜格雷兹生长及营养品质动态	杨恒山 曹颖霞 郑庆福等 (263)
N、P、K 肥配施对杂交甜高粱草产量及效益的影响	郑庆福 杨恒山 刘 晶等 (267)
施肥量对饲用杂交甜高粱生长发育及产量的影响	吕艳东 牛志伟 李红宇等 (274)
铅胁迫对甜高粱种子活力的影响	王 云 宋艳霞 孙海燕等 (278)
石油污染土壤上氮磷钾配施对甜高粱总糖和生物量 的影响	孙 清 袁振宏 李金洋等 (283)
甜高粱抗盐性研究初报	李新举 张志国 (287)
甜高粱盐碱地高产栽培技术及开发利用	赵永红 陈 茜 王惠滨 冯爱丽 (290)
饲用甜高粱的栽培与利用	张苏江 董志国 杨金宝 (292)
饲用甜高粱规范化栽培技术	刘明慧 郭亚茹 曹俊峰 (295)
无公害“M-81E”甜高粱生产技术规程	关宗祥 王宝财 杨连丽等 (297)
“能饲一号”甜高粱栽培技术	魏志敏 杜瑞恒 籍贵苏等 (301)
高效环能作物盐碱地甜高粱高产栽培技术及利用	徐效俊 朱淑仙 (303)
甜高粱糖分积累动态、生物量积累的数学模型	周鸿飞 陈志斌 关 欣 (306)
黑龙江省甜高粱生产潜力分析	陈连江 陈 丽 赵春雷 (310)
“天农青饲一号”高粱—“苏丹草”杂交种栽培与应用	王 云 孙守钧 张云华等 (319)
甜高粱可持续农业生态系统研究	黎大爵 (322)
甜高粱主要病害的发生与防治技术	张凤芸 张建梅 任 涛 (328)

第四部分 甜高粱综合利用

专论

甜高粱综合开发利用现状与前景	王同朝 郭红艳 李新美等 (333)
我国高能作物甜高粱综合开发利用	曹玉瑞 曹文伯 王孟杰 (337)

甜高粱茎秆储藏

甜高粱茎秆贮存性状变化的观察	曹文伯 (344)
----------------------	-----------

甜高粱茎秆生产燃料乙醇 评述

发展甜高粱乙醇汽油产业前景广阔、意义非凡	王汝芳 (346)
亟待开发的甜高粱酒精燃料	黎大爵 (349)
生物质能未来的绿色油田——甜高粱茎秆制取燃料乙醇产业化前景分析	王孟杰 (354)
调整产业结构，发展甜高粱酒精燃料产业	黎大爵 (356)
甜高粱制燃料乙醇前景广阔	徐铨明 (361)



甜高粱生物能源——未来能源的希望	李兆庆 李 达 王曙文等 (363)
利用甜高粱秸秆加工乙醇存在的问题及建议	刘 杰 李源有 郑士梅等 (366)
甜高粱茎秆制取燃料乙醇产业纵向合作模式调查分析	翁炫伟 刘广青 陈优生等 (371)
甜高粱茎秆制燃料乙醇工程路线探讨	张管生 (377)
甜高粱等茎秆固态发酵生产燃料乙醇研究	
进展综述	涂振东 叶 凯 再吐尼古丽·库尔班 (383)

甜高粱固体发酵

甜高粱茎秆固体发酵造酒技术	张浩明 (388)
甜高粱茎秆固体发酵制取乙醇产业化示范工程	肖明松 杨家象 (390)
甜高粱秆固态发酵制取酒精的研究	宋俊萍 陈洪章 马润宇 (396)
利用甜高粱茎秆提取乙醇的实验报告——不同品种	
乙醇提取量的实验	郑士梅 刘永莉 张占金等 (401)
甜高粱茎汁酒精发酵研究与应用进展	王 莹 张峰龙 贾茹珍等 (406)
甜高粱茎秆汁液酒精发酵及其经济可行性研究	王 锋 成喜雨 吴天祥等 (412)
甜高粱秆生产燃料乙醇技术	王瑞明 (418)
甜高粱秸秆榨汁发酵实验研究	费立发 赵福升 张 鹏等 (419)
甜高粱茎秆汁液酒精发酵条件的初步研究	关志炜 陆晓滨 董贝磊等 (423)
甜高粱汁酒精发酵条件初步研究	曹俊峰 高博平 谷卫彬 (427)
防腐剂对甜高粱茎秆汁液贮存及酒精发酵的影响	汪彤彤 刘荣厚 沈 飞 (432)
营养盐对甜高粱茎秆汁液酒精发酵的影响	张思铭 刘荣厚 孙 清等 (437)
不同温度条件对甜高粱茎秆汁液酒精发酵的影响	金 慧 刘荣厚 (442)
甜高粱茎秆汁液固定化酵母酒精发酵的研究	刘荣厚 沈 飞 梅晓岩 (446)
固定化酵母粒子强化及其对甜高粱茎秆汁液乙醇发酵的影响	沈 飞 刘荣厚 (453)
发酵甜高粱汁耐高浓度酒精酵母菌的选育	曹俊峰 姚培鑫 马小魁 (461)
甜高粱茎秆汁液酒精发酵高产菌株的选育	张晓霞 王 莹 刘长江 (465)

甜高粱饲喂技术

初产母羊补饲青贮甜高粱秸秆的生产性能试验	李 兵 (471)
青贮甜高粱饲喂肉牛效果试验	鲁振民 (474)
甜高粱青贮与玉米秸秆青贮喂奶牛对比试验	王占锁 李 波 李建峰等 (476)
饲用甜高粱引种及其饲喂肉牛效果试验	马文健 刘洪贵 杨广营 (479)

其他

甜高粱秸秆汁发酵生化黄腐酸液肥工艺条件的研究	刘 陶 宋 鹏 杨 赛等 (483)
甜高粱茎秆残渣生产蛋白饲料的研究	孙 清 敖永华 葛 雯等 (488)
甜高粱茎秆酿制食醋	张晓东 张克信 苏银梅等 (495)
高酶活力甜高粱秸秆纤维分解菌株的筛选	杨 静 袁振宏 易维明等 (497)
预处理甜高粱茎秆残渣的热解动力学研究	陈东雨 刘荣厚 蔡均猛 (501)

第一部分

甜高粱总论与综述





甜高粱——大有发展前途的作物

朱翠云*

(辽宁省农业科学院高粱研究所 沈阳 110161)

摘要:甜高粱为普通高粱的一个变种,它具有生物产量高,茎秆多糖多汁,抗逆性强,适应性广等多种优越性,并具有广泛的用途,它作为一种优良的粮食、饲料、糖料和能源作物已被国内外研究广泛证实,甜高粱是一种大有发展前途的作物,它将会为我国乃至世界各国经济的发展起到积极的促进作用。

关键词:甜高粱 青贮饲料 制糖 生物能源

甜高粱或糖高粱,在我国亦称芦粟、甜秆或甜秫秆等,为普通高粱的一个变种,它除具有普通高粱的一般特征外,其茎秆含有大量的汁液和糖分,是近年来新兴的一种糖料作物、饲料作物和能源作物。

甜高粱属高光效 C_4 植物,它具有穗和茎两个生物量贮藏库,并且有强大的杂种优势,生物产量潜力很大,一般茎秆产量 $45\,000 \sim 75\,000\text{kg}/\text{hm}^2$,还可产 $3\,000 \sim 6\,000\text{kg}/\text{hm}^2$ 的籽粒。甜高粱具有较强的抗黑穗病和叶病的能力,黑穗病很少发生,叶病轻,到成熟时仍青枝绿叶。甜高粱的根系发达、入土深、分布广、从土壤中吸收水分能力强,同时茎叶表面有一层白色蜡粉,有减少蒸腾作用的能力,所以甜高粱有很强的抗旱能力。甜高粱的耐涝性也很强,尤其在生长后期遇到连续降雨,泡在水里几天甚至十几天,大水退后仍能恢复生长,产量不会有太大影响。甜高粱具有较强的抗盐碱的能力,在 pH 值为 5~8 的土壤中均能生长良好。因此只要 10°C 以上的积温达到 $1\,500 \sim 2\,500^\circ\text{C}$,选择合适的品种,南起海南岛,北至黑龙江省,东至山东省,西至新疆维吾尔自治区,我国一般耕地、草原、轻盐碱地均可种植甜高粱。

甜高粱的茎秆富含糖汁,含糖锤度多在 13%~20%,榨汁率可达 60%~70%。甜高粱全身是宝,它的籽粒可食用、饲用、酿酒;茎秆可做饲料,制糖、酿酒、做饮料、提炼酒精等产品,秆渣还可制纸、纸板、人造纤维等。近年来,甜高粱已经引起世界各国的重视,许多国家相继开展了甜高粱的研究与开发。我国对甜高粱的研究与开发利用也在兴起。

1 国外甜高粱研究进展

甜高粱在世界各国早有栽培,美国、前苏联为最多,澳大利亚、新西兰、巴西、印度、印度尼西亚及欧洲许多国家都有栽培。

早在 19 世纪中期,我国的甜高粱品种“琥珀”引入美国并推广后,甜高粱的糖浆生产年产量达 11 356 万 L。1965 年美国选育出“丽鸥”甜高粱品种,在此之后又先后选出了“洛马 (Roma)”、“拉马达 (Ramada)”、“雷伊 (Wray)”、“凯勒 (Keller)”、“M-81E”、“贝利 (Baily)”、“考利 (Cowley)”和“史密斯 (Smith)”等品种在生产上大面积推广。因甜高粱汁液中含有淀粉

* 作者简介:朱翠云,女,副研究员,从事饲用高粱研究工作。本文曾发表于《国外农学—杂粮作物》1999,19(2):29~32。



和乌头酸，影响糖的结晶，1969 年 Smith 发明了一种简便的清除甜高粱汁液中淀粉和乌头酸的方法，成功地生产出结晶糖，从而促进了高粱制糖业的发展。20 世纪 80 年代美国路易斯安那州一家糖厂用日加工能力为 2 000t 的现代化机械进行甜高粱的压榨试验并获得成功。美国能源部还将甜高粱列为制取酒精的主要作物，他们计划要用甜高粱逐渐取代玉米生产酒精。到 2000 年拟种植 566.7 万 hm^2 甜高粱，生产 314 亿 L 酒精，到那时加上用甘蔗和其他谷物生产的酒精总量可达 416 亿 L，所有的内燃机将使用掺有 10% 的酒精混合燃料。美国内布拉斯加州立大学试验农场开展了“利用甜高粱制酒精作为代用燃料”和“利用生产酒精过程中所产生的余热供温室采暖，所产生的二氧化碳促进温室中的蔬菜增产”等 7 个研究及推广项目。该示范农场已使每公顷土地所消耗的柴油由原来的 19L 减少到 8L，取得明显的效果。

前苏联早在 1958 年甜高粱的种植面积已达 7.3 万 hm^2 ，并划定了 10 个甜高粱品种的栽培区，其中包括推广汁液糖分高达 16% ~ 18% 的 7 个高粱品种。他们认为，甜高粱是耐旱作物，在不适应种植其他糖料作物的干旱地区种植甜高粱很有前途，特别是对那些非产糖地区，可以大规模地种植甜高粱，以满足该地区对食糖的需求。科研部门还选育出早熟、耐旱、高产、高糖分的品种，以扩大甜高粱的种植面积。

澳大利亚是畜牧业比较发达的国家，甜高粱已成为一种重要的饲料作物。他们以甜高粱作牧草、青饲料、青贮饲料和干草。1976 年饲用甜高粱面积已达 10.3 万 hm^2 ，产量也很高。

巴西已制定了一个发展酒精汽车燃料工业计划，最初预算产量为每年生产约 320 亿 L 酒精，现在的计划为每年约 112 亿 L。他们在对 17 个甜高粱品种的比较试验中，“BR505”的茎秆产量达 92 805 kg/hm^2 。

欧洲对甜高粱的研究与开发也十分重视，从 1982 年开始，在欧共体的支持下，欧洲开展了甜高粱的研究，首先估价甜高粱作为一种有潜力的工业和能源作物的可能性，并经过生物质能源的多年试验，结果表明，甜高粱是欧洲未来最有希望的再生能源。1991 年欧共体内又成立了“甜高粱网”，在不同国家里分工开展甜高粱研究。如意大利、法国、德国、西班牙、英国和葡萄牙等国都相继开展了甜高粱的生产能力试验、遗传试验、光合能力、水分胁迫以及收获和贮藏处理等方面的研究。现在已在甜高粱的生长发育、遗传改良、灌溉施肥、收获、糖的分离提取、糖汁浓缩和糖渣干燥等方面研究取得了富有成果的进展。欧共体已研究出无环境污染的糖渣生产纸浆技术，用甜高粱生产出优质纸。研究表明，用甜高粱还可生产出 2 ~ 3 种商品，从而降低成本。投入与产出之比可达到 1/5。甜高粱汁液提取是甜高粱开发利用的关键因素之一。一种甜高粱汁液提取新机器已在意大利设计完成并已在试验中应用。

印度尼西亚对甜高粱的栽培及其利用也进行了研究，认为从它的汁液中获取酒精比甘蔗容易，甜高粱生产酒精前途是光明的。在制糖方面，因甜高粱的汁液中含有的淀粉妨碍糖的结晶，他们建议用 20% 的甜高粱和 80% 的甘蔗混合提取结晶糖效果良好。

印度的研究表明甜高粱在热带和亚热带地区是一种理想的粮食、饲草和能源作物。

此外，新西兰、阿根廷、波多黎各等国也在积极开展甜高粱的引种栽培及加工工艺的研究，以解决食糖和能源问题。

2 国内甜高粱的研究进展

我国的甜高粱栽培历史虽久，但种植的老品种籽粒小、颖壳大、单宁含量高、品质差、产量低。长期以来，人们只是把它种植在宅旁院内，作为甜秆生吃，种植面积不大。自 20 世纪 70 年代以来，我们从美国引进了甜高粱品种“丽欧（Rio）”、“洛马（Roma）”、“雷伊（Wray）”、“拉马



达 (Ramada)”等品种后产量大幅度提高,种植面积迅速扩大。全国各地先后进行了制糖、酿酒、制醋等不同规模的生产,同时甜高粱也大量用作牲畜饲料。

甘蔗糖业科学研究所较早地进行了甜高粱育种的研究,他们于20世纪70年代中期就育成了“7418”高粱蔗等品系,主要分布在陕西、湖北、四川等省。与此同时,中国科学院植物研究所从美国引进的“丽欧”、“洛马”等甜高粱品种经生产上试验后,尤以丽欧综合性状较好,在生产上表现为产量高、农艺性状稳定、适应性广、茎秆中汁液多、含糖量高等优点。很快传播到河北、河南、天津、宁夏、湖北、安徽、云南、广东等许多省、市、自治区。其中以河北省、河南省最多。1978年天津工农联盟农场种植“丽欧”甜高粱661.3hm²,平均产量33510kg/hm²,约为玉米产量的2.5倍。1980年南效农场畜牧分场种植217.5hm²“丽欧”甜高粱,平均产量56475kg/hm²,为玉米产量的1.92倍。随着甜高粱种植面积的扩大,除中国科学院植物研究所外,中国农业科学院原子能利用研究所、辽宁省农业科学院高粱研究所、沈阳农业大学、黑龙江省农业科学院作物研究所、吉林省农业科学院作物研究所、新疆吐鲁番地区农业科学研究所等科研院校都相继开展了甜高粱的研究工作。并先后选出了“辽饲杂一号”、“辽饲杂二号”、“沈农甜杂一号”、“沈农甜杂二号”、“龙饲杂一号”、“吉甜一号”等甜高粱杂交种。这些杂交种在生产上表现出强大的杂种优势,产量高、品质好、茎秆多糖多汁,综合利用价值高。它们的平均产量一般为45000~75000kg/hm²,还可产3000~4000kg/hm²的籽粒。

目前,甜高粱的种植面积已扩大到全国24个省、市、自治区,但多以饲料为主。用甜高粱作饲料又以青贮饲料为多。因甜高粱比玉米青贮产量高,成熟时茎叶鲜绿,茎秆多汁多糖,许多地方都改变了过去的传统习惯,由种植青贮玉米改为种植甜高粱进行青贮。天津市工农联盟农场用甜高粱作青贮饲料成本比玉米降低25%,而且奶牛喜食,产奶率高。经化验分析,甜高粱青贮料中粗蛋白、粗脂肪、无氮浸出物分别比青贮玉米高0.78%,1.26%和5.06%。饲喂试验表明甜高粱“辽饲杂一号”的饲料成本比喂青贮玉米可下降25%,饲喂奶牛增产奶重0.55kg/(头·d),乳脂率提高0.12%,经济效益较明显。甜高粱与玉米秸混贮能弥补青贮玉米水分和糖分的不足,青贮的质量好,营养丰富,易于消化吸收。

在第2次全国甜高粱会议期间,与会代表参观了北京的北郊农场和南郊牛奶公司,他们主要以甜高粱作为青贮饲料,从播种、施肥、中耕、喷药、收割、粉碎、装料、入窖等全部实行机械化作业,而且青贮效果十分理想。南郊牛奶公司有10个国营养牛场,26个集体养牛场,奶牛全群10200头,年产鲜奶2800万kg,占北京市鲜奶产量的1/5,是全国最大的奶牛饲养基地,每年需青贮饲料3500万kg。他们说种植甜高粱解决了他们饲料不足问题,既经济方便、饲喂效果又好。目前北京、天津、河南、上海等省、市甜高粱种植面积较大。

甜高粱的制糖始于20世纪70年代,当时全国食糖供应十分紧张,随着甜高粱从美国的引进,甜高粱制糖引起了许多省、市有关部门的重视,先后开展了制糖试验。进行制糖试验成功的有河北省乐亭县糖厂、广东省甘蔗糖业科学研究所、广西壮族自治区昭平县糖厂、湖北省中州皖农场糖厂、天津大中农场糖厂和山东省莘县糖酒厂等。河北省乐亭县糖厂用甜高粱制糖单位面积的纯收入远高于小麦,经济效益显著,受到专家及群众的好评。广东省甘蔗糖业研究所改进原有设备进行机械化制糖,该工艺设备简单,操作容易,效益明显,为甜高粱制糖技术的改进提供了新途径,为现代化糖厂加工甜高粱生产食用糖积累了经验。

我国用甜高粱生产食用酒也已显示出了广阔的前景。1982年河南省商丘平台酒厂种植6.9hm²甜高粱,生产60°白酒22100kg,质量完全符合国家标准,其中甲醇含量远低于甘薯干和一般粮食制成的白酒。他们改革并完善了直接用切碎的茎秆发酵的制酒工艺流程,节省了原料,提高了出酒率。该种制酒工艺已被辽宁省的沈阳、营口,河北省的遵化市、江苏省盐城市采用。