

中国高技术研究与发展计划（“863”计划）资助的研究成果

糖料作物

遗传改良与高效育种

张木清 王华忠 白 晨 等 编著

 中国农业出版社

中国高技术研究与发展计划(“863”计划)资助的研究成果

糖料作物遗传改良与高效育种

张木清 王华忠 白晨 等 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

糖料作物遗传改良与高效育种/张木清等编著. —北京:
中国农业出版社, 2005. 10
ISBN 7 - 109 - 10217 - 3

I. 糖... II. 张... III. 糖料作物—遗传育种—研
究—中国 IV. S566.032

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 101392 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 林珠英

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 29 插页: 1

字数: 686 千字

定价: 58.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



张木清

农业部甘蔗生理生态与遗传改良重点实验室主任, 博士生导师, 中国作物学会甘蔗专业委员会秘书长, 《中国糖料》编委会副主任, 《Sugar Tech.》编委。1966年生于福建省周宁县, 1994年博士毕业于福建农林大学, 师从余松烈院士和陈如凯教授, 主修作物生理遗传与分子育种, 1999年赴美主攻作物生物技术。主持国家“863”、国家攻关、国家自然科学基金以及福建省重大项目等研究, 曾获教育部科技进步二等奖1项, 鉴定、验收成果8项, 申请国家发明专利5项, 发表论文70多篇、专著2部, 主讲《高级作物生理学》、《生物信息学》等博、硕士生课程, 已指导博士10名、硕士23名。



王华忠

研究员, 辽宁省西丰县人, 1982年毕业于沈阳农业大学农学系, 硕士生导师, 在读博士, 中国农业科学院甜菜研究所所长助理, 黑龙江大学农学院系主任, 中国作物学会甜菜协会常务理事, 中国农业科学院跨世纪学科带头人, 国务院政府特殊津贴专家。从事甜菜多倍体和单胚雄性不育品种的选育研究20余年。现担任国家“863”计划糖料新品种选育项目甜菜育种课题主持人。主持和参加国家和省部级科研项目20余项, 撰写论文40余篇, 译文10余篇, 参加撰写专著和讲义各一部。获国家科技进步三等奖2项, 省部级科技进步奖4项, 育成甜菜新品种7个。

封面设计：林志铨 郭 莺



RNA₃

RNA₃+
RNA₅
接种

RNA₃+
RNA₅
病土



彩图4 BNYVV 不同 RNA₅ 组合突变株接种后甜菜产生的丛根症状



红甜菜为父本，各被测品系为母本，种子单收

利用红色基因做标记性状，F₁ 幼苗胚轴及叶片呈红紫色

彩图5 甜菜品系一般配合力测定专用测验种——红甜菜





(a) 紫外光激发时的部分
(转化愈伤观察结果)



(b) 绿光激发时的部分
(转化愈伤观察结果)

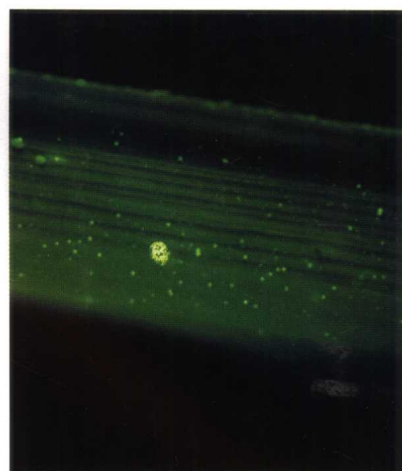


(c) 蓝光激发时的部分
(转化愈伤观察结果)

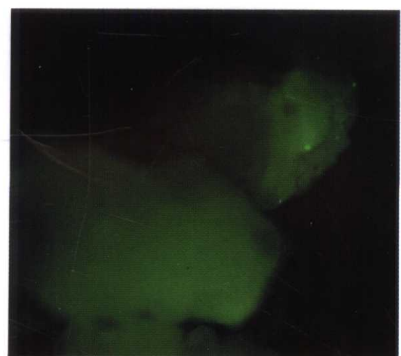


(b) 蓝光激发时的部分
(非转化愈伤观察结果)

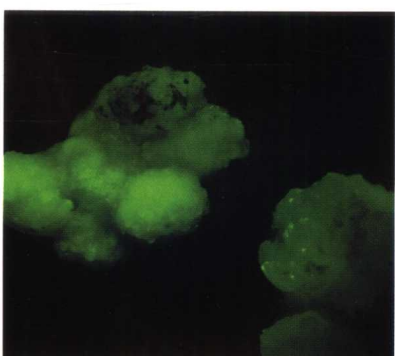
彩图 1 不同光激发的 gfp 表达效果



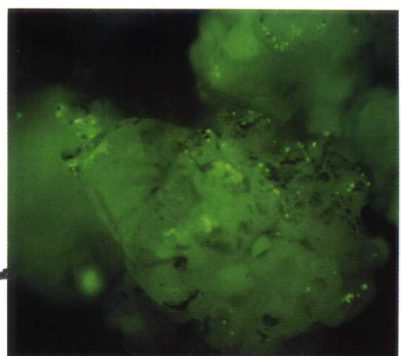
(a) PCR 阳性植株叶片检测结果



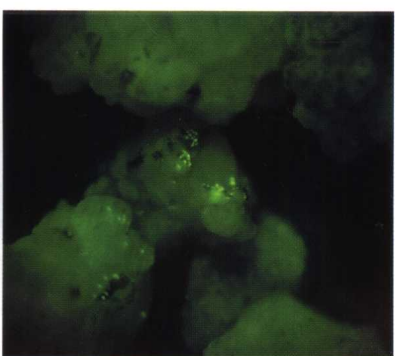
(a) 24h 的观察结果



(b) 48h 的观察结果

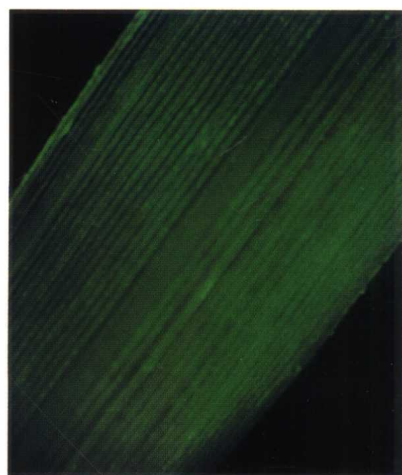


(c) 72h 的观察结果



(b) 96h 的观察结果

彩图 2 不同时间的 gfp 表达效果



(b) PCR 阴性植株叶片检测结果

彩图 3 转 gfp 基因的荧光检测结果



甘蔗篇·编写人员

主 编 张木清

编著者 张木清 邓祖湖 陈如凯 张 华
周 会 陈义强 姚 伟 谭裕模
李奇伟



甜菜篇·编写人员

主 编 王华忠

编著者 王华忠 白 晨 李 文 马龙彪
张惠忠 陈 丽 王红旗 于嘉林
朱东顺 何 群 孙燕杰 王清发
王秀荣 王燕飞 张少英 井 玉

序

甘蔗、甜菜是我国最重要的糖料作物。中国是世界上为数不多的既种植甘蔗，又种植甜菜的国家。新中国成立以来，我国糖业取得突飞猛进的发展，成为继巴西、印度之后的世界第三大食糖生产国。这些成就的取得与糖料作物遗传改良和高效育种技术的进步密不可分。

培育遗传异质性高、适应不同生态区的高产、优质、多抗的糖料作物新品种是糖业发展的核心，开发利用甘蔗、甜菜的遗传多样性、创新优异新种质是糖料作物育种的基础，而常规育种技术与现代生理生化、生物技术和数量遗传分析技术的有机结合，创建高效育种技术创新体系、提高育种效率是糖料作物育种的关键，也是国家“863”计划《糖料新品种选育》课题的核心研究内容和目标。《糖料作物遗传改良与高效育种》著作是这一课题研究成果的全面总结，凝聚了项目组 15 个参加单位和 100 多名研究人员的集体智慧。本著作在全面分析我国糖料作物的国际竞争力和比较优势的基础上，针对我国甘蔗、甜菜生产存在的问题提出糖料作物育种的目标和遗传改良策略。在育种目标上，糖料甘蔗育种拓展到能源甘蔗育种，多胚甜菜育种到单胚甜菜育种；在高效育种技术方面，突出高新技术与常规育种技术的结合；在种质创新方面，强调甘蔗近缘属植物斑茅的创新以及红甜菜测验种利用等。通过育种目标的拓展、育种技术的完善和优异种质的创新等论述，重点突出了高新技术（现代生理生化、生物技术、数量遗传等）的理论和方法在糖料作物遗传改良和高效育种中的应用，尤其是抗旱的生理鉴定、抗病的分子检测、重要功能基因的克隆和转导、光合性能遗传分析等，这些内容在以前甘蔗、甜菜育种专著中很少涉及，对于提升糖料作物常规育种水平、实现高效育种、加快种质创新和新品种选育具有重要的意义。

序

——糖料作物遗传改良与高效育种

本书在编章布局方面特色明显，与“863”研究内容密切配合，围绕一条主线（加强高效育种技术研究）、一个核心（快速选育优异亲本和品种）和一项重点（优良品种产业化和基地建设）进行撰写，共分三篇、十三章，其中甘蔗、甜菜篇各六章，引言为单独一篇，突出新颖、内容丰富、实用性强、宏观与微观兼容并蓄，是面向广大糖料作物育种、生产科研工作者的一部最新著作，不仅在糖料作物遗传改良的理论和研究方法上具有重要的理论意义，而且提出的高效育种技术和新育成的品种对糖料作物育种和生产栽培也具有重要的应用价值。

本书两位主编张木清教授、王华忠研究员是课题组的组长，也是国家“九五”重点科技攻关的主持人，长期从事甘蔗、甜菜育种和生物技术研究工作，取得多项研究成果，具有丰富的理论和实践经验，同时也具有较高的写作水平，是两位难得的中青年科技工作者。我有幸作为国家“863”计划现代农业技术主题专家组组长，了解糖料作物育种取得的进展，并阅读了有关目录、前言和部分样稿，深感是一本优秀著作。在此我愿意向国内外同行们推荐这本专著，作为大专院校和科研单位作物遗传育种和作物栽培与耕作等专业类的博士、硕士研究生的参考书，以及从事糖料作物生产和科研的工作者参考。

中国农业科学院棉花研究所所长
国家“863”计划现代农业技术主题专家组组长



2005年10月

前言

甘蔗、甜菜是我国最重要的糖料作物。中国是世界上为数不多的既种植甘蔗，又种植甜菜的国家。甘蔗主要分布在北纬 $18.5^{\circ} \sim 32^{\circ}$ 、东经 $92^{\circ} \sim 122^{\circ}$ 的南部地区，而甜菜则分布在北纬约 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 、东经 $80^{\circ} \sim 130^{\circ}$ 的北部地区。新中国成立以来，我国糖料生产取得了辉煌的成就，糖料种植面积从 1949 年的 12.41 万 hm^2 发展到 2003 年的 137.1 万 hm^2 ，其中甘蔗 115.7 万 hm^2 （占 84.4%），甜菜 21.4 万 hm^2 （占 15.6%）；糖料年产量从 283.3 万 t 发展到 8 330.7 万 t，其中甘蔗 7 148.5 万 t，甜菜 1 182.2 万 t；全国食糖总产新中国建国初期仅 26.1 万 t，2003/2004 榨季全国产糖 1 063.7 万 t，成为继巴西、印度之后的世界第三大食糖生产国。这些成就的取得与糖料作物优良品种发挥的作用密切相关，据估计贡献率达 30%~50%。但是，迄今为止，国内外尚无一部全面系统总结糖料作物育种成果和经验的专著，只在少数论著、教材中进行论述。因此，本书在全面分析国内外糖业发展现状、比较我国糖业的国际竞争力和糖料作物科研、生产、加工等方面存在问题的基础上，紧密结合国家“863”计划、“糖料新品种选育”课题的研究内容，系统总结了“十五”期间我国糖料作物遗传改良和高效育种技术的基础理论和实际应用研究方面的现状和取得的进展。同时利用多年来参加国内、国际学术会议的机会，广泛收集有关文献资料，力求较全面、系统地反映国内外糖料作物遗传改良和育种技术的进展。

本书分三篇十三章，其中第一篇（第一章）论述我国糖业的国际竞争力及糖料作物（甘蔗、甜菜）遗传改良的策略；第二篇（甘蔗篇）（第二到第七章）主要从甘蔗种质资源的评价利用、甘蔗高贵化育种与数量遗传分析评价、甘蔗育种程序与新品种选育、甘蔗光合遗传与能源甘蔗育种、甘蔗抗逆育种、生物技术在甘蔗遗传改良上的应用；第三篇（甜菜篇）（第八章到第十三章）主要从甜菜单胚雄性不育及其利用、甜菜抗丛根病育种、甜菜育种策略与育种技术的综合利用、甜菜性状遗传与应用、生物技术在

甜菜育种上的应用以及“十五”期间育成甜菜品种的特性与育种程序等。在高效育种技术方面,重点阐述现代生理生化、生物技术和数量遗传等理论和技术在糖料作物遗传改良上的应用,如甘蔗的分子标记、转基因、抗逆鉴定、早期光合鉴定技术等,甜菜的单胚雄性不育系及保持系同步快速改良技术、利用二环系技术对甜菜单胚雄性不育系的改良和制种技术等,突出高新技术与常规育种技术的结合以建立糖料作物高效育种的技术和方法。在育种目标上,糖料甘蔗育种拓展到能源甘蔗育种,多胚甜菜育种到单胚甜菜育种,从降低生产成本和保护环境角度强调甘蔗的抗旱、抗花叶病、抗黑穗病育种以及甜菜的抗丛根病育种。在种质创新方面,强调甘蔗近缘属植物斑茅的创新以及红甜菜测验种利用等。

本书是编者主持的国家“863”计划课题的研究成果,集中了全国糖料界15个研究单位和企业、100多位科技工作者的集体智慧,所有的资料都是当前糖料作物遗传改良和高效育种的最新研究成果,在以前甘蔗、甜菜育种专著中很少涉及,是面向广大糖料作物育种、生产、科研工作者的一部最新著作,不仅在糖料作物遗传改良的理论和研究方法上具有重要的理论意义,而且提出的高效育种技术和新育成的品种对糖料作物育种和栽培也具有重要的应用价值。

在本书编写过程中,始终得到我国著名甘蔗育种专家陈如凯教授、甜菜育种专家杨炎生研究员的热情关怀和大力支持,喻树迅研究员、杨炎生研究员和谭中文教授花费了许多时间和精力对本书进行了全面细致的审阅,从内容体系到写作方法都提出了许多宝贵意见,这些意见对提高本书的质量起了重要作用。项目参加单位福建农林大学、中国农业科学院甜菜研究所、内蒙古自治区农业科学院甜菜研究所、广州甘蔗糖业研究所、广西甘蔗研究所、农业部甘蔗生理生态与遗传改良重点实验室、广东湛江大华糖业有限公司、吉林省农业科学院、中国农业大学、内蒙古制糖工业研究所、内蒙古农业大学、包头华资实业、新疆维吾尔自治区农业科学院、新疆石河子甜菜研究所等单位的同行们均予以热情帮助,提供有关资料和照片。阮妙鸿博士、张积森博士等协助收集文献资料。谨在此表示衷心的感谢。

编写本书只是一种尝试,加之编者的知识和经验有限,书中难免存在不妥和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编著者

目 录

序 前言

□ 第一篇 糖料作物竞争力分析与高效育种	1
第一章 糖料作物国际竞争力分析与高效育种	3
第一节 糖料作物的国际竞争力和比较优势分析	4
第二节 甘蔗育种现状与改良策略	21
第三节 甜菜育种现状与改良策略	30
□ 第二篇 甘蔗	43
第二章 甘蔗种质资源评价与利用	45
第一节 甘蔗及其近缘属植物对甘蔗遗传改良的贡献	45
第二节 斑茅种质资源的开发利用	64
第三节 甘蔗亲本的选择与评价	83
第四节 主要甘蔗育种亲本介绍	87
第三章 甘蔗高贵化育种与评价技术	93
第一节 甘蔗育种的潜力与限制	93
第二节 甘蔗高贵化育种技术	97
第三节 甘蔗育种的量遗传分析与评价技术	102
第四章 甘蔗育种程序及高产、高糖新品种选育	115
第一节 我国甘蔗育种方法与程序	115
第二节 其他主要甘蔗育种国家和地区的育种程序	134
第三节 甘蔗高产、高糖新品种选育	143
第五章 甘蔗光合遗传与能源甘蔗育种	154
第一节 甘蔗光合遗传与高光效育种	154
第二节 能源甘蔗的遗传与选择技术	165
第三节 能源甘蔗新品种选育	176
第六章 甘蔗抗逆育种	181
第一节 甘蔗抗旱育种	181
第二节 甘蔗抗黑穗病育种	196
第三节 甘蔗抗花叶病育种	209

第七章 生物技术在甘蔗遗传改良上的应用	224
第一节 甘蔗的分子分类与进化	225
第二节 甘蔗基因组分析和重要基因的克隆	229
第三节 甘蔗基因工程研究	243
第四节 分子标记在甘蔗遗传改良上的应用	252
□ 第三篇 甜菜	277
第八章 甜菜单胚雄性不育及其利用	279
第一节 建立甜菜单胚品种高效育种技术平台	279
第二节 甜菜单胚雄性不育研究进展	283
第三节 甜菜一年生雄性不育系鉴定 O 型系技术	286
第四节 甜菜雄性不育系选育及利用	290
第五节 甜菜单胚不育系及 O 型系同步改良技术	298
第九章 甜菜抗丛根病育种	303
第一节 甜菜丛根病的研究状况	303
第二节 甜菜抗(耐)丛根病品种常规选育技术	307
第三节 甜菜抗丛根病育种的生物技术和生理基础研究	312
第十章 甜菜育种策略与育种技术的综合应用	320
第一节 预选种理论与甜菜种质资源的搜集利用	322
第二节 甜菜营养生长与生殖生长的调节技术	327
第三节 配合力测定与高配合力品系选育技术	341
第四节 试验田与采种圃管理及品质分析技术	352
第五节 甜菜四倍体诱变及镜检技术	358
第六节 甜菜优良品种繁育技术	364
第十一章 甜菜性状遗传与应用研究	374
第一节 甜菜质量性状的基因与遗传	374
第二节 甜菜数量性状遗传研究与应用	377
第三节 甜菜下胚轴颜色与多种性状的相关研究	398
第四节 甜菜产质量性状与土壤环境的相关研究	404
第十二章 生物技术在甜菜育种上的应用	408
第一节 甜菜工程技术育种	408
第二节 RAPD 分子标记技术及其在甜菜上的研究进展	419
第三节 甜菜属近缘野生种与栽培种细胞器基因组 RFLP 分析	421
第十三章 “十五”期间育成甜菜品种简介	433
第一节 遗传单胚型甜菜品种	433
第二节 多胚型甜菜品种	439
第三节 抗丛根病甜菜品种	444



第一篇

糖料作物竞争力 分析与高效育种

第一章

糖料作物国际竞争力分析与高效育种

制糖工业是基础产业,它包括糖料生产、制糖加工和综合利用三部分。制糖副产品不仅可作为饲料,而且又是造纸、发酵、化工、建材等多种产品的原料。糖料作物是世界上单位面积产热量最高的作物,比其他作物高1倍以上,达到 $9\,313.6\text{万 kJ/hm}^2$,种植面积 $2\,660\text{万 hm}^2$ 。中国是世界第三产糖大国,也是最早开始制糖的国家。

我国种蔗制糖的历史源远流长,但是在清代以前我国食糖生产基本上处在土制食糖阶段。一般的方法是用人力、畜力或水力推动石榨辊,集其汁,以锅煮之,加以石灰液,掠去糖泡,凉糖浆于草席之上,板结切片乃成。民国初年才有机械化生产白糖。但由于进口糖的冲击,我国民族制糖工业一直萎靡不振。1919年全国产糖 22.5万 t ,其中四川 15万 t ,广东 3.75万 t ,江西 1.5万 t ,广西 1万 t ,其他省 1.25万 t 。1921年在国内食糖产量略增,糖价下降之际,菲律宾、爪哇等地的外国白糖大量倾销我国,年进口糖量达 35万 t ,1929年进口糖高达 89万 t 。

1949年新中国成立后,中国糖业有了长足的发展。1965年广东产糖 70.84万 t ,较1950年增长了5倍;福建 16.03万 t ,增长7倍;四川 8.11万 t ,云南 8.22万 t ,广西 10.53万 t ,均增长了2倍多。我国甘蔗机制糖厂由1949/1950年榨季仅有的广东顺德、东莞2个全套进口的日榨量不到 $1\,000\text{t}$ 的小型糖厂发展到1997/1998年榨季的400家,建立了从甘蔗生产到蔗糖加工和食糖销售的完整糖业体系。全国现有制糖职工35万人,每年糖料播种面积130多万 hm^2 ,成为粮食、棉花、油料之后的重要的大宗经济作物。

中国改革开放以来,国家实行售糖奖粮政策,从根本上解决了长期以来困扰中国糖业发展的糖粮矛盾问题。制糖工业依靠科技进步,研究推广甘蔗旱坡地高产高糖良种及早地栽培技术,开辟了发展糖料生产的途径,打破了过去依靠水田、良田种植甘蔗的局面,进一步解决了糖粮争地的矛盾,保证了糖料生产的稳定。同时中国政府根据经济规律和自然条件,适时调整了糖业的区域布局结构,重点发展了广东湛江、广西、云南、新疆等产糖地区,成功地实现东糖西移,北糖南移的糖业结构大调整,形成了新的糖业基地。这些地区的产糖量占全国产量的70%以上,成为全国大幅度增产食糖的支柱力量,使中国糖业从1991年开始实现了低水平的自给,并开创了我国食糖出口创汇参与国际市场竞争的新局面,1992年中国出口食糖 185万 t ,创汇6.7亿美元;2002年中国产糖 781万 t 。截至2005年3月底,2004/2005制糖期全国已累计产糖 887.8万 t (2003/2004制糖期同期产糖 884.5万 t),其中,甘蔗糖 827.5万 t (2003/2004制糖期同期 825.8万 t),甜菜糖 60.3万 t (2003/2004制糖期同期 58.7万 t)。