



热带亚热带

蔗田

REDAI YAREDAI
ZHE TIAN
PINGHENGSHIFEIJISHU

平衡施肥技术

© 张新明 等 编著

热带亚热带蔗田平衡施肥技术

张新明 赵兰凤 编著
陈火君 刘小锋 官利兰

内 容 简 介

本书从应用角度出发,阐述了热带亚热带栽培的甘蔗营养特性、蔗田土壤肥力特征、蔗田肥料资源状况、蔗田平衡施肥技术等内容,另外对甘蔗生产概况及甘蔗平衡施肥技术需进一步研究问题的展望进行了介绍。

本书可供从事农业,特别是甘蔗生产、科研和教学的科技人员参考,也可作为相关专业本科生和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

热带亚热带蔗田平衡施肥技术/张新明等编著.

—北京:气象出版社,2012.12

ISBN 978-7-5029-5633-2

I. ①热… II. ①张… III. ①热带-甘蔗-施肥
②亚热带-甘蔗-施肥 IV. ①S566.106.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 288376 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:蔺学东 方益民

封面设计:博雅思企划

责任校对:华 鲁

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:163 千字

版 次:2012 年 12 月第 1 版

定 价:25.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68406961

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:6.5

印 次:2012 年 12 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

前 言

甘蔗为禾本科甘蔗属作物,学名:*Saccharum. -ficinarum* L,多年生草本植物。一般认为,甘蔗有三大起源中心:一是印度(印度种);二是中国(芦蔗);三是南太平洋诸岛(热带种)。甘蔗在定向培育中形成了两大种类:一类主要用于制糖,其纤维较为发达,利于压榨,糖分较高,一般为12%以上,出糖率高,故又称其为糖(料)蔗;另一类主要作为水果食用,其纤维较少,水分充足,糖分较低,一般为8%左右,故又称其为果蔗或肉蔗。

甘蔗原产于热带、亚热带地区,有喜高温光照、需水量大、吸肥多、生长期长的特点,是一种高光效的植物,目前在北纬33°至南纬30°之间的范围均有分布,其中以南北纬25°之间面积比较集中,是世界最主要的糖料作物之一。主要产糖国家有巴西、印度、中国、澳大利亚、泰国、美国等。

我国是世界第三大产糖大国和食糖消费大国,产糖量、消费量均占世界食糖总产量和总消费量的7%左右。甘蔗是我国最重要的糖料作物,我国甘蔗主要分布在北纬24°以南的热带、亚热带地区,包括广东、台湾、广西、福建、四川、云南、江西、贵州、湖南、浙江和湖北11个省、自治区,其种植面积占我国糖料种植面积的85%以上,蔗糖产量占食糖总产量的90%以上。

国内外开展甘蔗平衡施肥技术研究已有多年的,总结出了适合于当地气候和生产条件的科学施肥措施。国内主要开展了田间肥料效应试验,包括自2005年以来大规模开展的田间“3414”肥效试验,取得了很多有价值的的数据,但由于各地品种、栽培模式、管理措施等差异,得到的施肥指标体系难以大面积推广。而且糖蔗和果蔗栽培所处土壤生态条件差异很大,致使相应的施肥指标体系不能通用。因此,有必要通过总结甘蔗(糖蔗和果蔗)的各种研究资料,提出较为结合生产需求的合理施肥范围及施用模式。

本书将主要综合国内外(主要是国内)的资料,分章论述甘蔗营养特性、蔗田土壤肥力特征、蔗田肥料资源状况、蔗田平衡施肥技术等内容,另外,对甘蔗生产概况及甘蔗平衡施肥技术需进一步研究问题的展望进行介绍。本书由张新明、赵兰凤、陈火君、刘小锋和官利兰编写,第一章由陈火君执笔,第二章和第四章由刘小锋执笔,第三章由赵兰凤执笔,第五章和第六章由张新明执笔,全书由张新明和官利兰统稿。

本书内容涉及面较广,但参与编写的人员主要从事土壤与植物营养学的研究

工作,所以本书重点突出土壤肥力特性、甘蔗营养特性与平衡施肥等内容。本书作者近年来从事甘蔗测土配方施肥指标体系的建设工作,愿将工作中的收获奉献给有关甘蔗生产第一线的工作者,供参考和借鉴。如果本书对甘蔗栽培的有关研究和生产有所裨益,即达到了笔者的主要目的。

由于专业知识范畴所限,书中不妥之处在所难免,敬请各位同行和读者批评指正!此外,因为在书中引用了国内外同行发表的各种载体上的文献资料,虽力求全部列出,但难免有疏漏的地方,敬请原作者谅解,并对有关作者表示衷心的感谢!

本书文稿得到华南农业大学资源环境学院农业资源利用学科带头人二级教授李华兴和农学院著名甘蔗栽培专家梁计南教授的斧正,特表谢忱!

本书出版得到广东省省级农用地测土配方施肥补贴项目(粤财农[2010]519号、粤财农[2011]320号)的资助。

作 者

2012年8月于华南农业大学

目 录

前 言

第 1 章 甘蔗概述	(1)
1.1 世界甘蔗生产概况	(1)
1.2 我国甘蔗发展概况	(2)
1.3 甘蔗品种	(6)
1.4 甘蔗的工业利用	(9)
参考文献	(11)
第 2 章 甘蔗营养特性	(13)
2.1 甘蔗吸收营养元素的规律	(13)
2.2 甘蔗对大量营养元素的吸收	(14)
2.3 甘蔗对中量营养元素的吸收	(18)
2.4 甘蔗对微量营养元素的吸收	(23)
2.5 甘蔗对稀土元素的吸收	(25)
2.6 甘蔗主要营养元素的缺素症状	(26)
参考文献	(32)
第 3 章 蔗田土壤肥力特征	(35)
3.1 蔗田土壤生态条件	(35)
3.2 蔗田土壤酸碱度	(37)
3.3 蔗田土壤有机质含量	(38)
3.4 蔗田土壤中大量元素	(39)
3.5 蔗田土壤中量元素	(43)
3.6 蔗田土壤中微量元素	(45)
3.7 蔗田土壤中稀土元素	(49)
3.8 高产蔗田土壤肥力特征	(50)
3.9 低产蔗田土壤肥力特征及其改良措施	(52)
参考文献	(54)
第 4 章 蔗田肥料资源	(58)
4.1 有机肥料资源	(58)
4.2 无机肥料资源	(62)
4.3 广东省甘蔗施肥状况调查与分析	(69)

4.4 其他省(区)甘蔗肥料资源状况	(72)
参考文献	(75)
第5章 蔗田平衡施肥技术	(76)
5.1 平衡施肥技术的理论基础	(76)
5.2 以土壤测试为主的蔗田平衡施肥技术	(78)
5.3 以肥料效应函数为主的蔗田平衡施肥技术	(84)
5.4 以植物营养诊断为主的蔗田平衡施肥技术	(87)
5.5 其他蔗田平衡施肥技术	(89)
参考文献	(90)
第6章 展望	(92)
6.1 与其他作物间(套)作条件下的平衡施肥技术的研究	(92)
6.2 有机肥对甘蔗平衡施肥的影响研究	(92)
6.3 甘蔗有机栽培中的平衡施肥技术研究	(92)
6.4 滴灌条件下的甘蔗平衡施肥技术研究	(92)
6.5 甘蔗的平衡施肥指标体系需要深入探讨	(93)
6.6 甘蔗高产优质高效栽培的中微量元素平衡施肥指标体系研究	(93)
6.7 适于甘蔗的植物营养诊断新方法的探讨	(93)
6.8 关于甘蔗专用控释肥平衡施肥技术的研究	(93)
6.9 关于有效养分测定方法的改进研究	(94)
6.10 甘蔗养分资源综合管理专家系统的研制与应用	(94)
参考文献	(94)

第1章 甘蔗概述

甘蔗为禾本科甘蔗属作物,学名:*Saccharum. -ficinarum* L,多年生草本植物。一般认为,甘蔗有三大起源中心:一是印度(印度种);二是中国(芦蔗);三是南太平洋诸岛(热带种)。甘蔗最早生长在东南亚和印度,约在公元前327年是印度次大陆的一种重要作物,大约于公元647年引进埃及,约一个世纪后引进西班牙(公元755年),并从此,甘蔗的种植延伸到热带和亚热带的所有地区。

甘蔗在人们的定向培育中形成了两大种类:一类主要用于制糖,其纤维较为发达,利于压榨,糖分较高,一般为12%以上,出糖率高,故又称其为糖料蔗,或称为原料蔗;另一类主要作为水果食用,其纤维较少,水分充足,糖分较低,一般为8%左右,故又称其为果蔗,或称为肉蔗。甘蔗是主要的糖料作物,其种植面积约占世界糖料作物的57%,产糖量占70%以上。世界上有90多个国家或地区种蔗制糖,中国是世界上种蔗制糖最早的国家之一。当今生长的甘蔗大部分是热带种(*S. officinarum*)和其他品种的杂种,并具有野生的特性。

1.1 世界甘蔗生产概况

全球每年食糖消费大约为1.24亿t,每人年均消费食糖21kg。近年来,全球食糖消费以1%~2%的速率递增,在世界食糖总产量中,蔗糖约占65%,甘蔗是重要的食糖原料。世界上有121个产糖国家和地区,蔗糖产量常年占食糖总产的70%以上。甘蔗分布地区很广,主要在南美洲、加勒比海地区、大洋洲、亚洲、非洲的大多数发展中国家和少数发达国家(徐雪2006;尹兴祥等2009)。其中巴西、印度和中国甘蔗的面积和产量排在世界前三位(李如丹等,2009)。据相关部门统计:全球每年甘蔗产量约为10.6亿t,每公顷产蔗量为67.5t,蔗糖分14%~15%,每公顷产糖量约为9t。从2007—2008年世界主产蔗国家巴西、印度、中国、澳大利亚、美国甘蔗生产情况可以看出,种植面积以巴西、印度居前两位,均在400万hm²以上,其中巴西播种面积最大,达671万hm²,第三是中国,为100万hm²以上,其后的澳大利亚、美国均达35万hm²以上;甘蔗总产量以巴西居首,约为5.1亿t,其次是印度为3.5亿t,第三是中国,约为1.1亿t;澳大利亚、美国均在2700万~3700万t;公顷产蔗量则以澳大利亚和中国居首,均在85t以上,美国和巴西在76~78t,印度为72.5t(张智广2009)。

甘蔗原产于热带、亚热带地区,有喜高温光照、需水量大、吸肥多、生长期长的特点,是一种高光效的植物,目前在北纬33°至南纬30°之间的范围均有分布,其中以南北纬25°之间面积比较集中,是世界最主要的糖料作物之一(王英2007)。据农业部统计:2008—2009年世界食糖总产量为1.50亿t,蔗糖产量为1.175亿t,占食糖总产的78.33%,其中主要产糖国家有巴西、印度、中国、澳大利亚、泰国、美国等。

1.2 我国甘蔗发展概况

我国是世界第三大产糖大国和食糖消费大国,产糖量、消费量均占世界食糖总产量和总消费量的 7% 左右。甘蔗是我国最重要的糖料作物,主要分布在北纬 24° 以南的热带、亚热带地区,包括广东、台湾、广西、福建、四川、云南、江西、贵州、湖南、浙江和湖北 11 个省、自治区,种植面积常年占我国糖料种植面积的 85% 以上,蔗糖产量占食糖总产的 90% 以上(柳琪 2009)。据国家统计局相关资料:2008—2009 榨季甘蔗种植面积为 174.36 万 hm^2 ,占糖料种植面积 199.01 万 hm^2 的 87.61%,甘蔗产量为 12 415.24 万 t,单产为 71.2 t/ hm^2 ;广西、云南、广东、海南 4 省(区)是我国最主要的甘蔗生产区,2008—2009 年广西、广东、云南、海南植蔗面积分别为 109.01 万 hm^2 、14.97 万 hm^2 、30.97 万 hm^2 和 7.86 万 hm^2 ,这 4 省(区)甘蔗总种植面积占全国的 93.38%;其中广西最大,占全国植蔗面积的 62.52%。据糖业协会统计,我国 2008—2009 榨季累计产糖量为 1 243.12 万 t,其中蔗糖产量为 1 152.99 万 t,占我国食糖总产的 92.75%。我国食糖自给能力达 80% 以上,而 20% 以下的进口原糖将作为国内食糖市场平衡的杠杆,起调节国内市场供求的作用。蔗糖业在我国农业经济中占有重要地位,仅次于粮食、油料、棉花,居第 4 位(赵玉田 2005)。甘蔗产业已成为我国主产蔗区经济发展的重要支柱,是蔗区财政税收和农民增收的主要来源。

1.2.1 甘蔗糖业的发展

(1) 发展历程

新中国成立以来,我国甘蔗糖业在这 60 年中的发展情况主要有如下 5 个方面(罗凯 2010):

① 布局向区域化、优势化方向发展 区域化、优势化指的是甘蔗糖业在布局上相对集中于一定的区域,特别是相对集中于农业自然资源具有优势的一定区域,即甘蔗糖业遵循农业资源区域分异规律,相对集中地分布于农业自然资源具有优势的一定区域。在 60 年的历程中,我国甘蔗糖业虽一度出现“北移”的现象,但总的来说,在布局上仍是向区域化、优势化方向发展,先在珠江三角洲地区大力发展,再扩展到雷州半岛,然后在雷州半岛巩固的基础上,向广西、云南迅速发展,并将这一发展推向极致。的确,这一区域是我国甘蔗资源的优势区域,年均气温为 19.8~23.1℃,年均雨量为 612.6~2784.4 mm,土壤有机质含量为 1.8%~2.5%。据统计,广西、云南和广东 3 个省(区)的 18 个地市 48 个县,即甘蔗优势区域糖蔗种植面积为 93.40 万 hm^2 ,占全国糖蔗种植面积的 62.4%。

② 品种向多样化、优良化方向发展 多样化、优良化指的则是甘蔗糖业在甘蔗品种上追求多种多样、高产高糖,如果甘蔗品种的优良化是甘蔗糖业对甘蔗品种的一般要求和共性要求,那么,甘蔗品种的多样化则是甘蔗糖业对甘蔗品种的区域要求和个性要求。20 世纪 50 年代,广东在前中期甘蔗品种以爪哇 2878 为主,占甘蔗面积的 73.69%,后期以台糖 134 为主,占 75%;广西以竹蔗为主,占 15%~30%;20 世纪 60—70 年代,两省(区)均以台糖 134 为主,广东占 53%~96.5%,广西占 70%~80%;80 年代,开始甘蔗品种多样化,广东推广粤糖 63—237、64—396、71—210 和桂糖 11 号等,最多的粤糖 63—237 也只占 43.78%,广西推广桂糖 11 号、选二、粤糖 63—237 和桂糖 1 号,最多的桂糖 11 号也只占约 50%;90 年代后,甘蔗品种

逐步实现多样,全国蔗区呈现新台糖系列、粤糖系列和桂糖系列三足鼎立的态势,并且凸现高原生态型品种,也就是以云蔗系列为主的品种,如云蔗 64—24、云蔗 84—FB5、云蔗 71—388、云蔗 81—173 和云蔗 73—159 等,同时,单个品种所占面积比例均在 35% 以下。至于优良化问题,则从新中国成立初期的甘蔗单产 15 t/hm^2 多、蔗糖含量 11% 分别提高到现在的 $105\sim 150\text{ t/hm}^2$ 、12%~15% 以上,如新台糖 16 号、22 号、26 号和园林 3 号等品种。

③栽培向规范化、科学化方向发展 即甘蔗生产在栽培上强调规范、科学。栽培规范化指的是将成熟、先进的栽培技术统一地、标准地、规范地推广应用到甘蔗生产上。栽培科学化指的是根据不同地区、不同资源和不同品种,在甘蔗生产上采取相应的、行之有效的栽培技术。显然,通过栽培的规范化、科学化,就能实现在全国各地蔗区成功地推广先进的栽培技术。在实践上,全国各蔗区均结合当地的实际,先后研究和推广了一系列甘蔗栽培技术,如甘蔗合理密植技术、育苗移栽技术、早栽技术、轮作技术、间套种技术、测土配方施肥技术、地膜覆盖技术、深松耕技术、耐氨固氮菌施用技术、旱地高产综合栽培技术、规范化栽培技术、病虫害防治技术和化学除草技术等。20 世纪 90 年代后,全国各地更是大力推广“吨糖田”栽培技术,从田园建设到良种推广,再到技术应用,都采用了一套行之有效的方法,使全国蔗区大面积实现亩^①产吨糖。

④目标向高产化、高糖化方向发展 即将高产、高糖作为甘蔗生产的主要目标和努力方向,并将蔗产量和糖产量这一对矛盾解决于其统一之中,以实现用尽可能少的资源生产尽可能多的食糖的目的,生产能满足人们消费需求食糖的目的。20 世纪 60 年代以来,在这一发展历程中,尽管有起有落,但总体上说,仍朝着健康的方向发展。新中国成立初,甘蔗单产为 24.45 t/hm^2 ,蔗糖分为 11% 左右,每公顷产蔗糖为 2.4 t/hm^2 ,现已分别发展到 75 t/hm^2 、14%、 7.2 t/hm^2 ,分别增长 207%、27.3% 和 200%。特别是“吨糖田”从 20 世纪 90 年代开始建设,并日益成为甘蔗生产的主流。“吨糖田”每公顷产甘蔗为 $105\sim 150\text{ t}$,蔗糖分为 12%~15%,每公顷产蔗糖为 15 t 以上。

⑤机制向理性化、市场化方向发展 理性化、市场化指的是甘蔗糖业朝着本身应遵循的规律运行。具体地,在市场经济的框架下,遵循市场经济规律进行运行,即沿着市场经济的运行轨道,理性地发展。在甘蔗种植上,由过去政府计划、组织蔗农种蔗,改为现在的由政府指导,蔗农根据市场、依据资源、结合自身种蔗;在甘蔗制糖上,由过去政府兴办甘蔗糖厂、组织生产,改为现在的由业主兴办甘蔗糖厂、组织生产,将甘蔗制糖的责、权、利统一于业主之中;在收购价格上,糖价由过去政府统一制定改为现在的由市场自由调节,蔗价由过去政府统一制定,改为现在的由政府根据市场制定指导价、具体由市场调节。由此,使甘蔗糖业完全市场化,从而极大地促进了甘蔗糖业的发展。

(2) 中国食糖的产区分布及产量

中国食糖主要包括甘蔗糖与甜菜糖两大类,甘蔗糖生产主要集中在以广西、广东、云南为主产区的中国南方地区,其中,广西、广东和云南为甘蔗主产区,2009—2010 年榨季广西、广东和云南甘蔗种植面积分别占全国甘蔗种植面的 70%、9% 和 17% (中国农产品商品年鉴 2011)。

表 1.1 和表 1.2 分别为 2000/2001—2009/2010 年度中国甘蔗分省(区)种植面积和甘蔗

① $1\text{ 亩}\approx 666.67\text{ m}^2$ 。

分省(区)产量。

表 1.1 “2000/2001—2009/2010”年度中国甘蔗分省(区)产量(千吨)

时间(年/年)	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
广东	12 532	12 130	13 155	11 341	11 104	11 142	13 112	11 807	11 988	12 535
广西	29 379	36 533	45 934	48 618	50 039	51 547	59 248	77 375	82 156	75 094
海南	3 389	3 208	3 748	4 021	4 179	2 789	3 855	4 058	5 188	4 792
云南	14 203	14 811	17 334	16 950	16 885	14 155	16 787	14 911	18 987	17 613
其他	8 777	8 981	9 936	9 305	7 642	7 005	6 780	4 800	5 833	5 552
总计	68 280	75 663	90 107	90 235	89 849	86 638	99 784	112 951	124 152	115 587

(中国农产品商品年鉴 2011)

表 1.2 “2000/2001—2009/2010”年度中国甘蔗分省(区)种植面积(千公顷)

时间(年/年)	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
广东	178	164	172	156	151	148	166	148	150	152
广西	509	575	671	709	724	748	838	1,012	1,090	1,060
海南	62	61	65	69	70	60	67	63	79	75
云南	260	269	297	292	281	255	287	265	310	296
其他	176	180	189	183	153	144	137	97	115	115
总计	1,185	1,248	1,393	1,409	1,378	1,354	1,495	1,586	1,744	1,698

(中国农产品商品年鉴 2011)

1.2.2 促进甘蔗生产发展的对策

(1)加快品种改良、更新和推广

大面积种植台糖 22 号(未脱毒)产生一系列负面影响已经呈现,特别是品种适应性和种性退化问题,必须引进抗逆性强和高产、高糖的甘蔗新良种来替代。通过适应性试验,新台糖 22 号(已进行脱毒)、新台糖 28 号、园林 6 号、粤糖 93/159 等品种,在农场主要蔗区表现较好。因此,制糖企业要加大良种推广力度,制定优惠政策对蔗农进行良种补贴,建立种苗繁殖基地,保证种苗供应。同时,要和甘蔗专业研究机构进行合作,做好后备替代品种的储备,使制糖企业和蔗农真正从中获益。

(2)加强基础建设投入

由于农场主要蔗区的道路水利等基础设施条件较差,政府要加大扶农力度,以政府投入为主,制糖企业和种植大户投入为辅,加大对蔗区道路、水利设施等农田基础设施的投入,解决农场丘陵山地的灌溉问题。

(3)提高科学施肥水平

要提高甘蔗肥水管理水平,需利用测土配方施肥,即对土壤肥力进行测定,根据肥力高低进行合理施肥,多施有机肥,逐步改善地力状况,提高甘蔗产量,降低生产成本,彻底改变农场蔗田普遍存在的偏施化肥现象。同时,探讨立体种植模式,通过套种豆类、花生和西瓜等短期作物来提高土壤肥力,提高土地的生产附加值,增加蔗农收入。

(4)深耕深松、增施有机肥、早种、早管

深耕深松能有效改善土壤结构,提高抗旱能力,增加甘蔗产量。播种前进行蔗地机械深耕

深松,耕地深度为42 cm以上,深耕深松是夺取甘蔗高产的基础,深耕后的蔗地保肥保水能力较强,而且深耕1年,收益2~3年。实践证明,经过机械深耕深松的蔗田年平均增产1.6 t/亩、增收750元,增产增糖效果明显。在甘蔗施用基肥时增施各种农家肥如猪牛粪、土杂肥以及沼气池的废渣、糖厂滤泥、废液等。同时提早种植,在2月底就要完成新植蔗种植,并做好地膜覆盖和蔗叶还田,及早进行查苗补苗,保证足够的亩有效茎,同时要尽早进行杀虫除草,确保没有草荒或病虫害为害的现象。

(5) 提高产业水平

传统的家庭甘蔗种植方式,面积小,管理水平差,以致种植甘蔗经济效益差,蔗农种植性不高。为提高蔗农的收益,应把蔗农有限的土地资源集中起来,组成多个甘蔗种植专业合作社,由甘蔗种植大户带头,蔗农以资金入股,由合作社统一安排甘蔗的种植、技术管理和砍收。部分蔗农作为劳力参与其中,也可以解放一部分蔗农劳动力从事其他行业,年终按股分红。专业合作社可以更好地进行良种应用和机械化推广,科学种蔗,降低生产成本,提高甘蔗种植效益,使广大蔗农都能从中收益。通过试点推广,最终使家庭单一生产逐步向合作社集中生产转变。

1.2.3 我国甘蔗生产竞争力分析

当前我国甘蔗总产、单产、产糖率均已进入世界中上水平,但我国糖业的制糖成本却居高不下。据广西农业厅糖料处提供的有关数据显示:2007—2008榨季我国广西制糖成本高达3 328.62元/t,普遍高于巴西、澳洲、印度和泰国等国0.8~1.0倍,还不具备国际市场竞争力,因此降低制糖成本是我国糖业刻不容缓的问题。我国制糖企业的成本构成中,原料蔗成本占制糖总成本的70%左右(国外主产蔗国家不到50%),可见我国甘蔗生产与国外发达主产蔗国家之间存在很大差距(司伟等2004)。面对这样的国际形势,加之近年来我国农资价格上涨过快和人工费用大幅上涨等原因,使得植蔗成本大幅上升,蔗农植蔗效益也随之降低(吕欣2008)。

由于多方面因素的限制,我国甘蔗生产除耕整地和运输作业摆脱人畜劳作外,其他环节仍主要依靠人工生产,特别是甘蔗种植和收获等劳动量最大的环节还停留在原始的纯人工生产模式下,普遍存在管理粗放、劳动强度大、生产效率低、农时延误等现象,已无法满足现代甘蔗生产的要求(刘保行2001;游建华等2008;廖伟2008)。因此,改变我国甘蔗传统的生产模式已迫在眉睫。世界上发达的产蔗国家(如澳大利亚、美国、巴西等),由于土地平坦、广阔、肥沃,甘蔗种植规模大,有利于机械化作业。同时,由于劳动力稀缺,发达的产蔗国家高度重视机械化生产的发展,追求最高的生产效益。如澳大利亚、美国等发达国家的甘蔗生产已实现了耕、种、管、收全程机械化;2005年巴西甘蔗生产机械化水平已达到80%;泰国、印度、巴基斯坦、古巴等发展中国家甘蔗生产也均实现达10%以上的机械化水平(梁兆新2003;廖维政2006)。

收获环节是甘蔗生产最大的环节,也是最为艰辛的环节,以粤西蔗区为例:甘蔗人工收获劳动量占总劳动量的50%,人工收获成本约占生产成本的20%,一个技术熟练的工人一天工作8 h收获约1 t甘蔗,而湛江农垦引进的一台CASE 7000切段式甘蔗联合收割机的实际工作效率为35.82 t/h,其效率约为人工收获的300倍,且机械吨蔗总收获成本仅为人工收获的65.12%,节约22元/t,机械化生产的效益是显而易见的(王光炬等2007;陈超平等2009)。

我国蔗农约为2 000万人,自实行家庭联产承包责任制以来,我国甘蔗产业取得了巨大的发展,但伴随着劳动负荷不断增大、人工费用大幅上涨、植蔗效益降低等现象,我国甘蔗产业正

面临严峻的国内外形势,降低我国甘蔗的生产成本已势在必行。国外先进产蔗国家的生产经验和我国甘蔗机械化生产的示范试验表明:推广甘蔗生产机械化不仅可以有效地降低劳动强度、释放劳动力、提高生产效益,还可以有效地促进蔗区的土地整合,达到规模经营和科学管理的目的。因此,普及甘蔗生产机械化技术是我国甘蔗产业可持续发展和提高国际竞争力的必然要求。实现甘蔗生产机械化,降低甘蔗的生产成本,对促进我国甘蔗生产的持续发展和提高我国糖业产业在国际上的竞争能力都具有重要的现实意义。

1.3 甘蔗品种

良种是获取甘蔗高产、高糖,实现甘蔗生产高效益的根本途径。一个甘蔗品种是否优良,主要反映在其农艺性状、经济性状、抗逆性和适应性等品种特性的综合表现上。“高、大、硬、强、脱”是当前生产水平下甘蔗引种、选种的目标(徐建云等 2005)。

1.3.1 主要糖料蔗品种简介

(1) 粤糖 60 号(粤糖 03—393)

早熟、高糖、丰产品种,中大茎至大茎,易脱叶(适合人工收获),萌芽快而整齐,出苗率较高,植株高,有效茎数较多,宿根性较好,抗旱性强。

2009—2010 年参加国家甘蔗品种第 7 轮区域试验,2 年新植 1 年宿根平均蔗茎产量为 120 t/hm^2 ,平均含糖量为 17.4 t/hm^2 ,11—12 月平均蔗糖分为 14.53% ,1—3 月平均蔗糖分为 15.92% ,全期平均蔗糖分为 15.3% 。

栽培要点:①适宜中等或中等以上地力的田地种植,以每公顷下种量 49 500~52 500 段左右双芽苗为宜;②植株高大,宜深沟种植、浅覆土,提高培土质量;③以冬、春植较为适宜,采用地膜覆盖栽培;④前、中期母茎生长较快,建议适当推迟培土,以利分蘖苗的成茎;⑤收获时低斩,早进行宿根处理;⑥注意氮、磷、钾合理配施,适当增施有机肥及磷肥;⑦宜在榨季前、中期收获;⑧加强蓟马防治。

(2) 粤糖 55 号(粤糖 99—66)

高产稳产、早中熟品种,萌芽率高,分蘖力强,宿根性好,生势好,整体生长均匀,很适合机械化栽培。

2006—2007 年参加广东省区域试验,新宿蔗茎平均单产为 125.7 t/hm^2 ,平均蔗糖分为 15.12% 。1 月份蔗糖分达 15.93% 。平均产糖量为 18.9 t/hm^2 。高抗嵌纹病,中抗黑穗病。该品种在越南表现很好。

栽培要点:①宜在地力中等或以上的旱坡地或水旱田种植;②冬植或春植,植后采用地膜覆盖;③萌芽率高、分蘖率较强,以每公顷下种量 45 000 段双芽苗左右为宜;④宿根发株早、分蘖快,宜早开垄,早施肥管理;⑤对蔗田常除草剂中度敏感,芽后喷施除草剂时,尽量避免蔗叶接触到除草剂;⑥宜在榨季的中期至后期收获。

(3) 粤糖 93—159

特早熟高糖丰产品种,中至中大茎,萌芽率高,分蘖力强,生长快,有效茎多,茎径均匀,宿根性强,抗黑穗病,对嵌纹病免疫。11 月蔗糖分达 14.65% ,成熟高峰期蔗糖分达 17% 以上。

1999—2001 年参加广东省品种区域试验,平均单产蔗为 112.5 t/hm^2 ,产糖量为 16.98 t/hm^2 ,

平均蔗糖分为 15.44%。该品种在云南德宏州表现突出,是当地最重要的栽培品种之一。

栽培要点:①宜在地力中等或以上的旱坡地或水旱田种植;②冬植或春植,植后采用地膜覆盖;③萌芽率高,分蘖力旺盛,宜适当疏植,以每公顷下种量 45 000 段左右双芽苗左右、有效茎数控制在 75 000 条/hm² 左右较为适宜。④宿根发株早、分蘖快,宜早开垄、早施肥管理;⑤对蔗田常除草剂中度敏感,芽后喷施除草剂时,尽量避免除草剂药液溅到蔗叶上;⑥注意氮、磷、钾肥配施,宜适当增施磷肥;⑦本品种特早熟,进入成熟期后不退糖,适宜收获期长,四五月份仍可保持高糖分、高纯度。宜在榨季前、中期收获,但也可根据优化原料蔗计划的需要,适当安排在榨季后期收获。

(4) 粤糖 00—236

特早熟高糖、高产稳产品种。萌芽好,分蘖力强,全期生长稳健,植株中高,有效茎数多,宿根性好,适宜机械化栽培;高抗嵌纹病,中抗黑穗病。

2006—2007 年参加广东省区试,新宿蔗茎平均产蔗量为 108.45 t/hm²,平均蔗糖分为 16.62%,1 月份蔗糖分达 17.30%。平均产糖量为 18.0 t/hm²。

栽培要点:①适宜在地力中等或中等以上的旱坡地、水旱田和水田种植;②本品种萌芽率高,分蘖力强,宜适当疏植,每公顷下种量为 40 500~45 000 段双芽苗,有效茎数控制在 75 000 条/hm² 左右较为适宜;③本品种前期生长稍较慢,以冬植盖地膜栽培为宜;④宿根发株早而多,应早防虫、早施肥管理;⑤本品种对磷肥有较好的反应,宜适当增施磷肥,配施氮、钾肥;⑥宜在榨季前、中期收获。

(5) 86—368

中迟熟丰产品种。中大茎,实心,蔗茎均匀,萌芽、分蘖好,抗风抗倒,耐旱,宿根性好。平均产蔗量为 91.5 t/hm²,每公顷产糖量为 11.43 t,平均蔗糖分为 12.64%。该品种在榨季前期糖低,2 月下旬后进入成熟期,糖分可达 14% 以上,原料蔗耐转化性佳,适宜在榨季后期收获。在干旱蔗区表现出特强的抗旱性。该品种在越南部分蔗区产量达 285 t/hm²。

栽培要点:①耐旱性强,适宜中等肥力的旱坡地种植;②春节前下种为宜,加强幼苗期施肥等田间管理,促进根系生长;③保宿根的蔗田宜安排在晴天土壤干爽时进行收获,收获后早清园、早开垄、早防虫、早施肥管理;④宜在 2 月下旬后收获。

1.3.2 果蔗主要品种

果蔗是供鲜吃的食用甘蔗,是一种单产高、经济价值也较高的农作物,主要在长江以南诸省份、自治区(如福建、浙江、广东、广西、江西、四川、云南等)种植,是我国冬春季节深得广大消费者欢迎的果品之一。果蔗风味独特,具有水分多(75%~80%)、糖分高(11%~15%)、纤维含量低(6%~8%)的特点;营养丰富,富含钙、磷、铁、维生素 B₁、B₂、B₆ 和维生素 C,以及大量的人体必需而又不能自身体内合成的 10 种游离氨基酸。另外,果蔗的药用价值也较高,据《本草纲目》记载:蔗甘主治下气和中,助脾气、利大小肠,消痰止咳,除胸烦热,解酒毒,止呕啰。现代医学研究证明:蔗汁可充饥解渴,有醒脑提神等功效。

由于果蔗是直接鲜吃,因此对品质要求很高,主要是皮薄、茎嫩、松脆易断,组织充实,没有空心 and 绵心,人口咬落成块,嚼之汁多酥软,品味清新甜口,风味醇厚,最好带有冰糖清味,无咸酸味。果蔗的品质主要决定于蔗茎中的水分、糖分和纤维三者含量的高低。水分多、糖分高而纤维含量低的果蔗,品质较好,其中尤以纤维对果蔗品质影响最大。纤维要少而细,咬之松脆

爽口,嚼后蔗渣结团不易散碎。另外,优质的果蔗,外观上要求应达到“粗、平、匀、净”的标准。即茎型粗大、平直、上下均匀一致,节间长度较长;节要平净整齐;蔗茎充实沉重;茎色鲜艳悦目,没有水裂、气根、木栓斑块和虫蛀病节等。

近年来,随着种植业结构的调整,人们消费需求扩大,果蔗种植面积迅速增加,有些省份种植面积甚至超过了糖蔗。然而,长期以来,由于计划经济的影响,研究工作主要在糖蔗方面,而果蔗的系统研究几乎为空白。现实生产中存在的有关品种选育、栽培管理、无公害生产、周年供应、产品深加工技术等问题阻碍着果蔗生产的发展,影响着果蔗的经济效益。

我国各地种植的果蔗品种繁多,主要有外引果蔗、地方果蔗和糖果兼用果蔗3种。现将部分主要果蔗品种介绍如下:

(1)引进果蔗品种

①拔地拉(Bačila) 即黑皮果蔗,单茎重为1.5~2.0 kg,是20世纪30年代由国外引进的热带型果蔗品种。近十几年来,在南方各省区,如广东、广西、福建、浙江、江西种植面积大,已占果蔗栽培面积的70%(汤浩 2001)。其特点是茎色紫黑,茎圆筒形,蔗茎粗大,节间较长,水裂少,芽卵圆形,芽沟浅,叶片大,叶鞘背茸毛较多,茎皮较厚,蔗肉香脆感较差,纤维分含量较高,植株直立,生长旺盛,产量高,不易倒伏,不需木条作支柱,节省成本,蔗茎抗寒力强(田素华等 2001),种植管理简单省工、效益高(广西甘蔗栽培编组 1991)。黑皮果蔗既可生食(皮脆、去皮茎含水分多、还原糖较高、营养丰富),又是加工蔗汁饮料、冰糖、味精等的轻工原料,蔗渣是造高档纸的好原料。黑皮果蔗富含糖类,糖类由蔗糖、葡萄糖、果糖3种成分构成,还含有己酸、柠檬酸、己醇酸、甘氨酸、琥珀酸及10多种氨基酸等(陈萍等 2010)。甘蔗多糖具有免疫性的抗癌、抗病毒作用及抗高血脂作用。黑皮果蔗是我国目前栽培面积最大的品种。

②日本蜜蔗 1994年由中国农业科学院从日本引进,该品种茎节粗长,皮薄,质地松脆,多汁少渣,适口性好。具有较强的抗旱、抗涝、抗倒伏能力,较适宜北方地区种植,目前我国山西、河北、河南、陕西、山东等地有一些种植面积。

(2)地方果蔗品种

①同安果蔗 主产于厦门市郊及同安县。该品种的茎色黄绿,节间倒圆锥形,蔗茎粗大,节间较长。水裂少,芽三角形,芽沟深,叶鞘背无茸毛。茎皮薄,蔗肉松脆、充实,纤维含量低,适口性佳。游离氨基酸总量较低,产量高,含糖分较低。缺点是在生长后期,即越冬时节,蔗梢侧芽容易萌发。

②大田雪蔗 主要在福建的大田、永安、南安等县种植。茎皮绿色,节间圆锥形、粗大,叶鞘背无毛。茎皮软,纤维含量较低,含糖分较高,食用时松脆清甜,口感佳。它生长快,蔗茎产量高。

③白玉蜜蔗 在广西的桂东南有较大面积栽培。该品种生长很快,蔗株高,中茎,茎径未能达3 cm。未剥叶的蔗茎呈淡黄绿色,剥叶见光后,茎色变绿,且多水裂。节间长、圆筒形,有芽沟,芽较大。含糖分高,含纤维分低,松脆爽口,口感佳。生长前期的分蘖苗很多,结果有效茎也多,产量很高。栽培管理工作要注意及时时间苗。又由于生长快,茎较细,后期易倒伏,宜采取穴丛植,丛中插入支柱,逐步把枯老叶片绕捆成束,以防倒伏并保持较佳的茎色。

④罗汉蔗 在云南、贵州及四川部分地区有栽培。该品种茎色绿中带紫,茎圆筒形,蔗茎较粗大,节间较短,水裂少,芽卵圆形,芽沟明显,叶片中大,叶鞘背茸毛少,茎皮较薄,蔗肉松脆,纤维分含量低,游离氨基酸总量特低,产量中等,含糖分较高。它在生长前期分蘖苗特多,最后的亩有效茎数可达7 200条,但茎径仅2.6 cm。

⑤东乡果蔗 产于江西东乡。该品种茎绿色,节间腰鼓形,芽卵圆形,芽沟明显,叶鞘背茸毛少。茎粗大,皮薄,纤维分低,仅6%,酥脆爽口。生长快,株形微散,较易倒伏。

⑥上湖青 产于杭州市郊区,又称杭州青皮蔗。蔗茎绿色、粗大,节间圆筒形,芽卵形、较大、超过生长带,芽沟浅,蜡粉不明显。叶鞘背有毛群。茎皮薄,质脆,汁多味甜,品质较好。

⑦潭州白蔗(腊蔗) 原产于广东珠江三角洲番禺市潭州及江门市郊一带。蔗茎粗,茎绿色或绿中略带黄,蜡粉多,节间圆筒形至纺锤形,节间长。皮肉松脆,清甜多汁,纤维细、短、少。芽尖卵形,有芽沟,叶片短而阔大。高产稳产,亩产可达7~8 t,高的达10~13 t,蔗糖分一般,纤维分低。

(3)糖果兼用果蔗品种

①华南54—11(沱江红) 该品种是由中国农业科学院华南农业科学研究所育成的杂交品种。亲本为台糖108X台糖134。该品种中大茎,节间圆筒形,红皮微紫色,节间长,蔗株高,叶片青绿而长。它比一般糖蔗松脆、多汁、爽口,品质不及果蔗,纤维粗糙些,鲜味略差。但高产稳产,较耐粗放栽培,市场销路好,颇受蔗农欢迎。

②雷州果蔗 雷州果蔗产于广东雷州半岛。蔗株直立,特高大,茎径3.8~4.0 cm,茎色绿带紫,节间长,圆筒形,芽卵圆形、小,不超过生长带,芽沟不明显,叶鞘背无毛。产量很高,蔗糖分略低,纤维分较高,达8%左右,酥脆爽口性较差。

③黄皮蔗 即粤糖54—474。在珠江三角洲有较大面积栽培。上市供作果蔗的茎特粗大,茎色黄绿,节间圆筒形而微带腰鼓形,蔗汁清、水分多、甜度高,压榨性能高,含糖分较高,含纤维分也较高,松脆性尚可。

④温岭果蔗 产于浙江温岭,但目前很少栽培。该品种茎色深绿,节间呈腰鼓形,芽卵圆形、小,芽沟明显,叶鞘背毛多且硬。生长很快,茎也粗大,节间长,有效茎数多,茎皮较硬,不适于咬嚼,纤维分含量高,游离氨基酸总量特高,产量特高,含糖分较高,蔗汁清甜,尤其适于供榨汁饮用。

⑤闽选703 该品种1975年由福建省农业科学院甘蔗研究所选育而成,近年在福建漳州郊区以秋植栽培供作果蔗。它的特点是生长快,产量高,节间长,糖分较高,每年7—8月份就可上市供应,汁多清甜,纤维分较高(达11.20%),缺乏松脆感,但供小型榨汁机压榨,蔗汁清鲜可口,确是暑夏的上佳饮品。

⑥川蔗14号 四川省糖料研究所选育的一个甘蔗品种,该品种茎色淡紫色,节间扁圆形,植株直立,芽倒卵形。蔗肉松脆,汁多味甜,口感较好,耐寒耐旱,在四川、江西、湖南有一定种植面积。

1.4 甘蔗的工业利用

1.4.1 蔗汁生产燃料乙醇

现代工业的迅速发展导致的能源紧缺和环境污染问题,使得燃料乙醇作为替代石油能源的绿色可再生能源日益受到人们的青睐。燃料乙醇是可再生能源,属于“绿色汽油”,作为一种清洁能源,其抗爆性能好,用作车用燃料时燃烧更完全,减少尾气排放量,降低对环境的污染(Beer 2003)。甘蔗是热带和亚热带地区广泛种植的糖料作物,如我国的广东、广西、云南和海

南等省区都大规模地种植甘蔗。甘蔗被认为是中国发展生物能源最有潜力的作物,利用甘蔗生产燃料乙醇具有良好的发展前景(何淑芳 2005)。近年来国际油价大幅度上涨,能源问题又彰显其重要性。

20 世纪后期,由于受食糖市场高度不稳定和石油危机的影响,最大的甘蔗生产国巴西因石油短缺,开始把目光投向该国丰富的甘蔗资源,投资 39.6 亿美元的巨额资金实施了“生物能源计划”,巴西建立糖酒联产机制,开发蔗汁直接生产燃料乙醇工艺。目前,该国有 2/3 的甘蔗用来生产燃料乙醇,已经有燃烧纯乙醇的车辆投入使用,摆脱了石油长期受制于人的局面,被誉为“绿色能源之国”。

据巴西国家能源平衡年度报告提供的数字(李忠东 2009),2007 年巴西可再生能源所占比例为 46.4%,而经济合作与发展组织(OECD)国家的可再生能源所占比例仅为 5.2%,美国可再生能源所占比例只有 7%。2007 年巴西乙醇等可再生能源占全国能源产量的 16%,比上年增加 10%;水电能源所占比例为 14.7%,比上年降低 0.1%。2007 年巴西的能源需求增加 5.9%,高于 5.4% 的经济增长率。巴西热带地区光照充足,具备种植甘蔗的优异条件,成为世界上最大的甘蔗种植国。在巴西每年的甘蔗产量中,一半用来制造白糖,另一半用来加工成乙醇(酒精),来代替汽油作为机动车行驶的燃料。如今,与其他竞争燃料相比,巴西的乙醇燃料在价格上已具有竞争性。巴西是世界上用甘蔗生产乙醇燃料最成功的国家,生产能力和出口量均位居世界第一,2006 年乙醇总产量为 177 亿升,乙醇燃料占 76%,2012 年乙醇总产量将达到 360 亿升,其中约 100 亿升将用于出口。用甘蔗提取乙醇是目前巴西生物质能源的主要构成部分,约占全国能源总量的 13.9%。巴西广泛使用乙醇燃料,极大地缓解了石油能源价格危机。特别值得称道的是,作为清洁能源的燃料乙醇,不但能有效弥补传统能源的不足,而且对环境污染小,所以乙醇燃料的价格大大低于汽油价格,而驱动能力与汽油相仿,因此乙醇燃料很有竞争力,被广泛应用。

1.4.2 甘蔗渣的综合利用

(1) 制浆造纸

由于在进行制浆之前还要进行除髓的工序(杨征月 1997),所以利用甘蔗渣制浆造纸在经济效益上没有优势。但随着环保意识的增加,现有的资源相对贫乏,用甘蔗渣造纸将会得到重视,具有良好的发展前景。

(2) 生产人造板

这是目前利用甘蔗渣最直接有效的途径,加工方向为中密度纤维板和刨花板。由于甘蔗渣原料集中,成本低,所以用甘蔗渣生产中密度纤维板和刨花板不仅充分利用再生资源,节约大量木材,且能给企业带来明显的经济效益。

(3) 生产绿色餐具及包装材料

以甘蔗渣为主要原料的餐具及其包装材料,优于以稻草、玉米秆、花生壳等基料的其他植物纤维生产的快餐具,使用后可通过生物分解或风化降解,可回收再利用作为原料、饲料和肥料。但由于它的成本仍然比泡沫塑料餐具要高,所以目前仍没有完全替代泡沫塑料餐具。

(4) 用于发电

甘蔗渣发电具有全球意义,如果全世界的甘蔗渣都能用来发电,预计总发电量可达到 310 亿 kW/h,但到目前为止,全世界用甘蔗渣生产的电量只有 13 万 kW/h(Beeharry 2001)。目