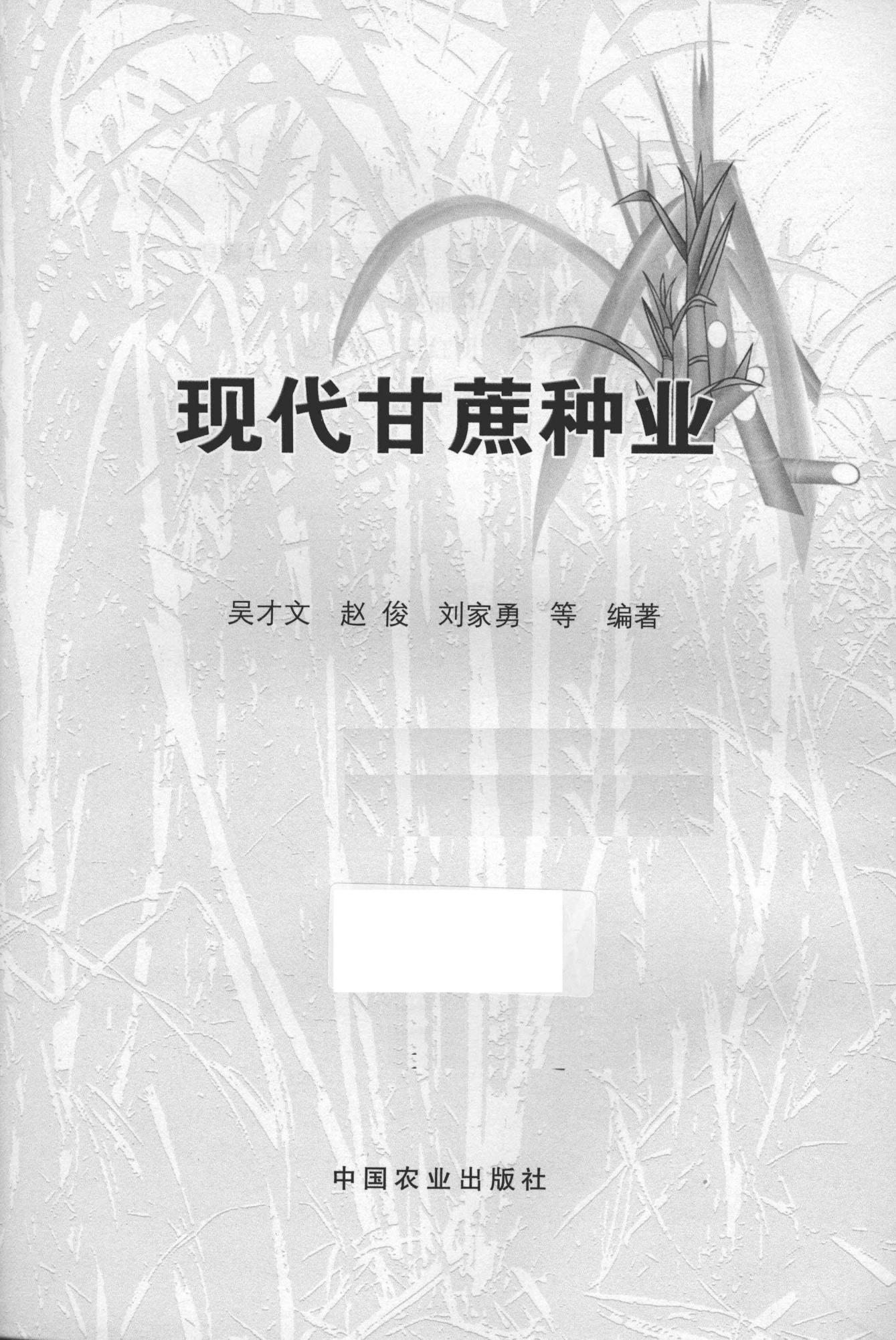


吴才文 赵俊 刘家勇 等 编著

XIANDAI GANZHE ZHONGYE

# 现代甘蔗种业





# 现代甘蔗种业

吴才文 赵俊 刘家勇 等 编著

中国农业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

现代甘蔗种业/吴才文等编著. —北京: 中国农业出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-109-18760-3

I. ①现… II. ①吴… III. ①甘蔗—作物育种 IV. ①S566.103

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 310137 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 100125)  
责任编辑 魏兆猛 张洪光

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.5 插页: 2  
字数: 300 千字  
定价: 50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

杨洪昌 赵丽萍 李纯佳 姚 丽

赵培方 夏红明 陈学宽 杨 昆

吴转娣 漆丽萍 覃 伟 陈建国

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 杨洪昌 | 赵丽萍 | 李纯佳 | 姚 丽 |
| 赵培方 | 夏红明 | 陈学宽 | 杨 昆 |
| 吴转娣 | 漆丽萍 | 覃 伟 | 陈建国 |



## 前言

我国以农为本，农以种为先。种子是农业生产最基础、最重要的生产资料，是农业科技的先导和载体，是提高农产品产量和质量的物质基础。促进现代甘蔗种业的发展是确保食糖安全的重要战略举措之一。发展现代甘蔗种业，加速甘蔗良种的选育、繁殖和提高良种病虫害的抗性水平是促进甘蔗生产最直接、最有效的途径；满足广大蔗区对甘蔗生产用种需求，有利于甘蔗生产的稳定发展，确保蔗农收入的持续增加。现代甘蔗种业是由新品种培育和引进、良种的繁殖、健康种苗的生产、良种的选用和高产栽培等环节组成的一个系统工程，有利于实现育、繁、销一体化，不断促进蔗糖产业持续稳定的发展。

蔗糖产业发达的国家和地区甘蔗品种更新速度快，良种的使用周期一般约为10年，而我国平均为20年，甚至超过30年。我国蔗区面积大，种苗的市场需求大。按30年更新一次、亩\*平均用种量按0.8吨、种植一次可收获3年计，全国2300万亩甘蔗面积，每年种苗需求量就在20万吨以上。云南省甘蔗种植面积520万亩，每年种苗需求量达5万吨以上。随着全球化进程的加快、育种方法的进步、生物技术和检验检疫技术的提高，我国甘蔗种业面临新的机遇和挑战。保障国家食糖安全和建设现代农业，对我国甘蔗种业的发展提出了更高要求。但目前我国甘蔗种业发展仍处于初级阶段，商业化的甘蔗种业科研体制机制尚未建立，科研与生产脱节，创新能力不强；种业企业数量少、规模小、研发能力弱；供种保障政策不健全，良种繁育基础设施薄弱，繁育方法落后，高效防治病虫害能力较低等，这些问题严重影响了我国甘蔗种业的健康发展，制约了甘蔗产业的可持续发展。

为切实促进甘蔗种业的发展，在国家甘蔗产业技术体系的支持和指导下，云南省农业科学院甘蔗研究所组织相关专家，认真总结了近年来甘蔗新品种培育、引进、良种繁殖、健康种苗生产、高产高糖栽培、病虫害防治、良种的选择与应用等方面的科研成果和宝贵经验，并结合国内外甘蔗科研新成果、新技术，编写了《现代甘蔗种业》一书。

\* 亩为非法定计量单位，1亩=1/15公顷，下同。——编者注



全书共十二章，分别是甘蔗产业的发展与品种改良、中国主要蔗区及其种业发展、甘蔗开花杂交育种及新品种的选育、甘蔗辐射育种、甘蔗生物技术育种现状、甘蔗引种和检疫、甘蔗健康种苗的生产、甘蔗良种的繁殖、甘蔗种苗病虫害的防治、甘蔗良种的选择与应用、甘蔗的生物学特征及良种的高产栽培、甘蔗种业与种业企业。

本书可作为甘蔗生产人员、技术人员、管理人员的参考用书。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏与不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2013年10月

## 目 录

## 前言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一章 甘蔗产业的发展与品种改良 .....     | 1  |
| 第一节 甘蔗品种改良与种植区域 .....      | 1  |
| 第二节 世界蔗糖生产概况 .....         | 3  |
| 第三节 我国甘蔗产业的发展 .....        | 6  |
| 第四节 能源甘蔗与甘蔗燃料乙醇生产 .....    | 8  |
| 第五节 良种的育成及对甘蔗产业发展的贡献 ..... | 11 |
| 主要参考文献 .....               | 13 |
| 第二章 中国主要蔗区及其种业发展 .....     | 15 |
| 第一节 中国甘蔗生产发展历程 .....       | 15 |
| 第二节 广西壮族自治区 .....          | 17 |
| 第三节 云南省 .....              | 20 |
| 第四节 广东西部、海南北部蔗区 .....      | 23 |
| 第五节 贵州省 .....              | 26 |
| 主要参考文献 .....               | 27 |
| 第三章 甘蔗开花杂交育种及新品种的选育 .....  | 29 |
| 第一节 甘蔗杂交育种的作用 .....        | 29 |
| 第二节 甘蔗杂交育种亲本的选择 .....      | 29 |
| 第三节 甘蔗杂交育种的目标 .....        | 32 |
| 第四节 甘蔗开花杂交技术 .....         | 33 |
| 第五节 甘蔗杂交育种后代选择的程序 .....    | 36 |
| 第六节 选择的方法及影响选择的因素 .....    | 39 |
| 主要参考文献 .....               | 47 |
| 第四章 甘蔗辐射育种 .....           | 49 |
| 第一节 辐射育种的概念 .....          | 49 |
| 第二节 辐射育种方法 .....           | 50 |
| 第三节 甘蔗辐射育种简史 .....         | 55 |



|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第四节 我国甘蔗辐射育种成效 .....           | 59  |
| 主要参考文献 .....                   | 61  |
| 第五章 甘蔗生物技术育种现状 .....           | 63  |
| 第一节 分子标记技术在甘蔗育种上的应用 .....      | 63  |
| 第二节 转基因技术在甘蔗育种上的应用 .....       | 69  |
| 第三节 甘蔗细胞工程概述 .....             | 72  |
| 第四节 甘蔗分子标记辅助育种 (MSA) .....     | 74  |
| 主要参考文献 .....                   | 74  |
| 第六章 甘蔗引种和检疫 .....              | 79  |
| 第一节 甘蔗引种程序及方法 .....            | 79  |
| 第二节 甘蔗引种审批及检疫 .....            | 81  |
| 第三节 云南甘蔗引种现状与回顾 .....          | 84  |
| 主要参考文献 .....                   | 88  |
| 第七章 甘蔗健康种苗的生产 .....            | 90  |
| 第一节 培育和推广使用甘蔗健康种苗的意义和必要性 ..... | 90  |
| 第二节 国内外发展现状和趋势 .....           | 91  |
| 第三节 甘蔗健康种苗的生产方法 .....          | 92  |
| 第四节 甘蔗脱毒种苗生产体系的建立 .....        | 96  |
| 主要参考文献 .....                   | 97  |
| 第八章 甘蔗良种的繁殖 .....              | 99  |
| 第一节 甘蔗种茎快繁技术 .....             | 99  |
| 第二节 甘蔗组织培养快繁技术 .....           | 108 |
| 第三节 甘蔗机械化与甘蔗良种繁育 .....         | 114 |
| 主要参考文献 .....                   | 120 |
| 第九章 甘蔗种苗病虫害防治 .....            | 122 |
| 第一节 甘蔗种苗主要病害及其防治 .....         | 122 |
| 第二节 甘蔗种苗主要虫害及其防治 .....         | 128 |
| 第三节 甘蔗种苗杂草害及其防治 .....          | 132 |
| 主要参考文献 .....                   | 140 |
| 第十章 甘蔗良种的选择及应用 .....           | 142 |
| 第一节 甘蔗良种的基本概念 .....            | 142 |
| 第二节 选择甘蔗良种的标准 .....            | 145 |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 第三节 影响甘蔗种苗质量的因素 .....              | 147        |
| 第四节 留种 .....                       | 148        |
| 第五节 甘蔗主要栽培品种及新品种 .....             | 150        |
| 主要参考文献 .....                       | 167        |
| <b>第十一章 甘蔗的生物学特征及良种的高产栽培 .....</b> | <b>169</b> |
| 第一节 形态特征 .....                     | 169        |
| 第二节 生育期 .....                      | 170        |
| 第三节 甘蔗生长与环境条件的关系 .....             | 171        |
| 第四节 甘蔗良种的高产栽培 .....                | 175        |
| 主要参考文献 .....                       | 188        |
| <b>第十二章 甘蔗种业与种业企业 .....</b>        | <b>189</b> |
| 第一节 我国甘蔗种业发展概况 .....               | 189        |
| 第二节 我国甘蔗种业现状 .....                 | 190        |
| 第三节 甘蔗种业企业存在的问题 .....              | 191        |
| 第四节 甘蔗种业发展建议 .....                 | 192        |
| 主要参考文献 .....                       | 193        |
| 附件 1 我国育成甘蔗品种信息（不包含台湾省） .....      | 194        |
| 附件 2 甘蔗优良品种 .....                  |            |
| 附件 3 甘蔗病虫草害 .....                  |            |



# 第一章 甘蔗产业的发展与品种改良

## 第一节 甘蔗品种改良与种植区域

甘蔗 (*Saccharum* L.) 原产于热带和亚热带, 栽培适应分布也以这一区域为主, 分布区域主要在南、北纬  $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ , 而生产最集中、产量较高的是南、北纬  $23.5^{\circ}$  左右, 即南、北回归线两侧, 而在赤道附近则种植较少 (图 1-1)。北回归线附近甘蔗产区主要分布在亚洲、北美洲和中美洲; 南回归线附近甘蔗产区主要在南美洲、大洋洲和非洲。据报道, 北回归线附近甘蔗种植最集中的区域主要在亚洲, 2007 年甘蔗种植面积达 100 万公顷的国家有 4 个, 分别为印度、中国、巴基斯坦和泰国, 上述四国占整个北回归线附近甘蔗面积的 70%; 南回归线附近甘蔗种植主要集中在南美洲的巴西, 巴西一个国家的栽培面积约占整个南回归线附近甘蔗总面积的 70% (表 1-1)。但随着野生资源的不断成功杂交和回交利用, 甘蔗品种的不断改良和栽培技术的改进, 目前甘蔗种植区域已延伸到北纬  $38^{\circ}$  (西班牙) 和南纬  $33^{\circ}$  (澳大利亚), 我国甘蔗种植区域也达到北纬的  $33^{\circ}$  (陕西汉中), 接近北界的边缘。我国地处北半球, 甘蔗分布南至海南岛, 北至北纬  $33^{\circ}$  的陕西汉中地区, 地跨纬度  $15^{\circ}$ ; 东至台湾东部, 西至西藏东南部的雅鲁藏布江, 跨越经度达  $30^{\circ}$ , 其分布范围之广, 为其他国家所少见。甘蔗的垂直分布, 也在不断挑战新高, 我国云南省的元江、保山、开远、普洱和宾川等县, 有不少蔗区分布在海拔 1 400~1 600 米的高原地

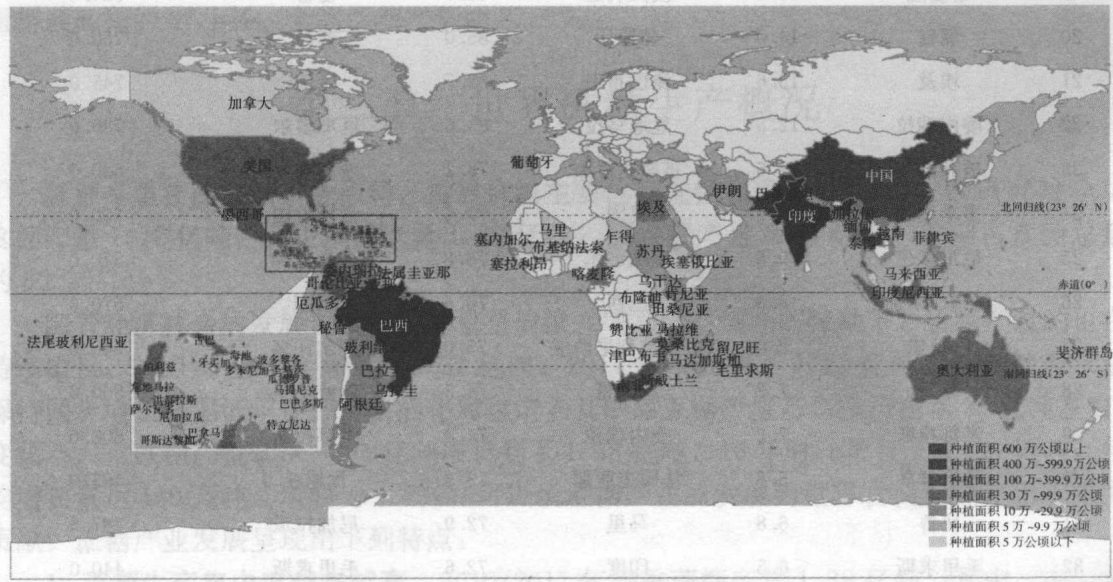


图 1-1 世界蔗糖产量分布图



带，个别蔗区甚至到达 2 000 米。在这些高海拔蔗区，甘蔗仍表现良好。

表 1-1 2007 年世界甘蔗主产国（地区）甘蔗收获面积、单产和总产排序

| 位次 | 收获面积   |       | 单产      |       | 总产     |          |
|----|--------|-------|---------|-------|--------|----------|
|    | 国家（地区） | 万公顷   | 国家（地区）  | 吨/公顷  | 国家（地区） | 万吨       |
| 1  | 巴西     | 671.2 | 秘鲁      | 121.7 | 巴西     | 51 408.0 |
| 2  | 印度     | 490.0 | 坦桑尼亚    | 119.6 | 印度     | 35 552.0 |
| 3  | 中国     | 123.6 | 埃及      | 119.6 | 中国     | 10 631.6 |
| 4  | 巴基斯坦   | 102.9 | 塞内加尔    | 116.1 | 泰国     | 6 436.6  |
| 5  | 泰国     | 101.0 | 马拉维     | 108.7 | 巴基斯坦   | 5 475.2  |
| 6  | 墨西哥    | 68.0  | 苏丹      | 104.2 | 墨西哥    | 5 068.0  |
| 7  | 哥伦比亚   | 45.0  | 赞比亚     | 104.2 | 哥伦比亚   | 4 000.0  |
| 8  | 澳大利亚   | 42.0  | 布基纳法索   | 100.0 | 澳大利亚   | 3 600.0  |
| 9  | 南非     | 42.0  | 乌干达     | 100.0 | 美国     | 2 775.1  |
| 10 | 古巴     | 40.0  | 乍得      | 100.0 | 菲律宾    | 2 530.0  |
| 11 | 菲律宾    | 40.0  | 埃塞俄比亚   | 98.8  | 印度尼西亚  | 2 520.0  |
| 12 | 美国     | 35.8  | 斯威士兰    | 94.3  | 南非     | 2 050.0  |
| 13 | 印度尼西亚  | 35.0  | 尼加拉瓜    | 93.2  | 阿根廷    | 1 920.0  |
| 14 | 阿根廷    | 29.0  | 萨尔瓦多    | 90.2  | 危地马拉   | 1 880.0  |
| 15 | 越南     | 28.5  | 哥伦比亚    | 88.9  | 埃及     | 1 620.0  |
| 16 | 危地马拉   | 22.5  | 肯尼亚     | 88.4  | 越南     | 1 600.0  |
| 17 | 莫桑比克   | 18.0  | 伊朗      | 87.7  | 古巴     | 1 110.0  |
| 18 | 孟加拉国   | 15.0  | 中国      | 86.1  | 委内瑞拉   | 930.0    |
| 19 | 喀麦隆    | 14.3  | 澳大利亚    | 85.7  | 秘鲁     | 824.6    |
| 20 | 缅甸     | 14.0  | 葡萄牙     | 85.0  | 苏丹     | 750.0    |
| 21 | 埃及     | 13.6  | 津巴布韦    | 83.7  | 缅甸     | 745.0    |
| 22 | 委内瑞拉   | 12.5  | 危地马拉    | 83.6  | 厄瓜多尔   | 730.0    |
| 23 | 玻利维亚   | 11.6  | 哥斯达黎加   | 78.2  | 玻利维亚   | 620.0    |
| 24 | 多米尼加   | 9.6   | 美国      | 77.6  | 孟加拉国   | 600.0    |
| 25 | 厄瓜多尔   | 9.5   | 厄瓜多尔    | 76.8  | 多米尼加   | 570.0    |
| 26 | 马达加斯加  | 8.3   | 巴西      | 76.6  | 伊朗     | 570.0    |
| 27 | 巴拉圭    | 8.0   | 法属玻利尼西亚 | 75.0  | 萨尔瓦多   | 540.0    |
| 28 | 苏丹     | 7.2   | 墨西哥     | 74.5  | 斯威士兰   | 500.0    |
| 29 | 洪都拉斯   | 7.2   | 委内瑞拉    | 74.4  | 洪都拉斯   | 500.0    |
| 30 | 斐济群岛   | 6.8   | 法属圭亚那   | 73.3  | 肯尼亚    | 495.0    |
| 31 | 秘鲁     | 6.8   | 马里      | 72.9  | 尼加拉瓜   | 487.5    |
| 32 | 毛里求斯   | 6.5   | 印度      | 72.6  | 毛里求斯   | 440.0    |
| 33 | 伊朗     | 6.5   | 留尼旺     | 72.3  | 哥斯达黎加  | 430.0    |

(续)

| 位次 | 收获面积   |     | 单产     |      | 总产     |       |
|----|--------|-----|--------|------|--------|-------|
|    | 国家(地区) | 万公顷 | 国家(地区) | 吨/公顷 | 国家(地区) | 万吨    |
| 34 | 尼泊尔    | 6.4 | 布隆迪    | 72.0 | 津巴布韦   | 360.0 |
| 35 | 萨尔瓦多   | 6.0 | 印度尼西亚  | 72.0 | 巴拉圭    | 340.0 |
| 36 | 肯尼亚    | 5.6 | 塞拉利昂   | 70.0 | 圭亚那    | 325.0 |
| 37 | 哥斯达黎加  | 5.5 | 瓜德罗普   | 69.6 | 斐济群岛   | 320.0 |
| 38 | 斯威士兰   | 5.3 | 洪都拉斯   | 69.4 | 坦桑尼亚   | 275.0 |
| 39 | 圭亚那    | 5.3 | 马提尼克   | 69.4 | 马达加斯加  | 270.0 |
| 40 | 尼加拉瓜   | 5.2 | 毛里求斯   | 67.7 | 莫桑比克   | 265.0 |

资料来源:《农业展望》2009年第3期。

与其他作物一样,甘蔗的生长需一定的自然条件。在甘蔗的栽培过程中,温度、雨量和日照等都是影响甘蔗生长、成熟极为重要的气象因素。高温、高湿和充足阳光,有利于甘蔗的快速生长,世界蔗区的适应温度界限是平均气温 17~18℃等温线,而以平均温度 24~25℃为最适宜,年降水量应在 1 500~2 000 毫米,其中 2/3~3/4 的水量降于生长期为适宜,如年降水量不足或分布不均,则需进行灌溉,在成熟期冷凉、干燥和强光照等气候有利于糖分的积累。

我国北纬 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、湖南等南方地区。20 世纪 70 年代广西、云南的蔗糖产量仅占全国的 10%,80 年代中期以来,我国的蔗糖产区迅速向广西、云南等西部地区转移,1981 年(全国蔗糖产量 317 万吨,广西、云南两地合计 68.12 万吨)占 21.5%,80 年代末期占 60%,90 年代末期达 70%,至 21 世纪以来广西、云南两地的蔗糖产量已占全国的 80% 以上,2010/2011 年榨季两地植蔗面积 1 976.62 万亩、蔗糖产量 848.97 万吨,分别占全国植蔗面积的 87.5%、全国蔗糖产量的 87.9%。

第二节 世界蔗糖生产概况

甘蔗是重要的制糖工业原料。世界食糖主要包括蔗糖和甜菜糖,2010/2011 年度全球食糖产量 1.72 亿吨,其中蔗糖产量 1.38 亿吨,甜菜糖产量 0.34 亿吨,蔗糖占食糖总量的 80.1%。

随着经济社会的发展,食糖需求量呈波浪式增加,在需求的拉动下,食糖产量的也在持续增长。2001 年全球食糖产量 1.31 亿吨,2011 年增加到了 1.72 亿吨,与食糖需求量保持同步增长,保证了食糖价格的相对稳定,其中甜菜糖产量基本维持在 0.35 亿吨左右,变化不大;蔗糖产量却从 0.94 亿吨增长到了 1.38 亿吨,10 年时间增长了 4 400 万吨,年均增长量达 440 万吨,增幅为 4.7%,可以说蔗糖产业的发展为世界食糖安全作出了重大贡献。蔗糖产业发展呈现出下列特点:

1. 蔗糖生产集中度越来越高 2010/2011 年榨季蔗糖产量 1.38 亿吨,其中,南、北回归线附近超过 80%,北回归线附近蔗糖产量略多于南回归线。其中,北回归线附近产

糖大国有印度、中国、泰国、美国、墨西哥、巴基斯坦、危地马拉、埃及、印度尼西亚、菲律宾和古巴等，蔗糖产量 7 000 万吨；南回归线附近蔗糖生产大国有巴西、澳大利亚、南非和阿根廷，蔗糖产量 4 980 万吨；哥伦比亚和肯尼亚是地处赤道上的蔗糖生产大国，年蔗糖产量 280 万吨。世界上甘蔗种植面积最大和蔗糖产量最高的国家是巴西，其次是印度，然后是中国和泰国。2010/2011 年榨季，巴西生产蔗糖 4 165.1 万吨，印度产蔗糖 2 717 万吨，中国生产蔗糖 966 万吨，泰国生产蔗糖 999.7 万吨。其他蔗糖生产大国还有墨西哥、澳大利亚、美国、印度尼西亚、南非、哥伦比亚、菲律宾和古巴等，蔗糖产量分别为 554.3 万吨、362 万吨、370 万吨（美国食糖产量 743.9 万吨，其中蔗糖和甜菜糖约各占 50%）、244.5 万吨、225 万吨、227 万吨、217.4 万吨和 129 万吨，上述 12 个蔗糖主产国家蔗糖产量达 1.1 亿吨，约占世界蔗糖总产量的 80%。

近 5 年来，世界蔗糖产量从 1.106 亿吨提高到 1.378 亿吨，蔗糖产量快速增长的国家 4 个，为巴西、印度、泰国和中国（表 1-2），蔗糖产量从 2005/2006 年榨季的 6 132 万吨，增加到 2010/2011 年榨季的 8 848 万吨，5 年时间净增了 2 715 万吨，增幅达 44.3%。这些国家不仅蔗糖产量高，而且增长速度快。作为世界最大的蔗糖生产国，2005/2006 年榨季巴西蔗糖产量为 2 882.7 万吨，到 2010/2011 年榨季已增加到 4 165.1 万吨，增加了 1 282.4 万吨，增幅为 44.5%；而相同时间印度蔗糖产量从 1 926.1 万吨增加到 2 717 万吨，5 年时间增加了 790.9 万吨，增幅 41.1%；中国蔗糖产量为 800 万吨，增加到 966 万吨，5 年时间增加了 166 万吨，增幅 20.8%；泰国蔗糖产量从 522 万吨增加到 999.7 万吨，增加了 442 万吨，增幅为 91.5%。而其他主要蔗糖生产国则蔗糖产量则维持在一个较为稳定的水平，虽然有所波动，但幅度不大。

表 1-2 世界主要蔗糖生产国甘蔗单产变化（吨/公顷）

| 国家    | 1975 年 | 2001 年 | 2007 年 |
|-------|--------|--------|--------|
| 巴西    | 45.15  | 67.51  | 76.59  |
| 印度    | 49.80  | 67.40  | 68.50  |
| 中国    | 38.55  | 62.10  | 76.00  |
| 泰国    | 47.55  | 57.73  | 63.71  |
| 巴基斯坦  | 31.50  | 45.39  | 53.21  |
| 毛里求斯  | 53.99  | 74.32  | 67.69  |
| 菲律宾   | 42.45  | 69.18  | 63.25  |
| 墨西哥   | 71.70  | 76.15  | 74.53  |
| 阿根廷   | 53.25  | 56.60  | 66.21  |
| 印度尼西亚 | 68.10  | 69.12  | 72.00  |
| 埃及    | 86.25  | 116.58 | 119.56 |

注：资料来源于公开发表的数据。

我国的蔗区，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、湖南等南方地区。至 21 世纪以来广西、云南两地的蔗糖产量已占全国的 80%以上，最高时接近 90%。2007/2008 年榨季广西甘蔗种植面



积 1 517.8 万亩，原料蔗产量 7 612.32 万吨，蔗糖产量 941 万吨，出糖率 12.36%，蔗糖产量不断创新高；2008/2009 年榨季云南甘蔗种植面积 457.22 万亩，原料蔗产量 1 742.28 万吨，蔗糖产量 223.53 万吨，出糖率 12.83%，出糖率和蔗糖产量均创历史最高纪录。

2. 甘蔗单产不断提高，糖分不断增加 随着甘蔗品种的不断改良，在甘蔗种植海拔高度和纬度等范围不断取得突破的同时，甘蔗单产也在不断增加，表 1-2 列出了世界 11 个主要新兴蔗糖生产国甘蔗单产变化情况。1975—2001 年 26 年间，年均单产增加最快的国家有埃及、菲律宾、中国、巴西、毛里求斯和印度，年均甘蔗每公顷单产增加 1 吨以上；2000 年以来甘蔗单产增加最快的国家主要有中国、阿根廷、巴西、巴基斯坦和泰国，年均甘蔗每公顷单产增加也在 1 吨以上，甚至高达 2 吨以上。2007 年全球蔗糖产量 1.357 亿吨（表 1-3），而 11 个新兴蔗糖生产国的蔗糖产量达 1.025 亿吨，占世界蔗糖产业的 75.5%，为甘蔗产业的发展奠定了重要基础，为世界蔗糖产业的持续稳定发展作出了重要贡献。

表 1-3 近年来世界主要蔗糖生产国蔗糖生产量（万吨）

| 国家    | 2005/2006 年<br>榨季 | 2006/2007 年<br>榨季 | 2007/2008 年<br>榨季 | 2008/2009 年<br>榨季 | 2009/2010 年<br>榨季 | 2010/2011 年<br>榨季 | 地理位置 |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
| 印度    | 1 926.70          | 2 836.10          | 2 635.60          | 1 453.80          | 1 891.20          | 2 717.00          | 北半球  |
| 中国    | 800.80            | 1 074.52          | 1 367.91          | 1 152.99          | 1 013.83          | 966.04            | 北半球  |
| 泰国    | 522.00            | 737.00            | 835.00            | 763.70            | 737.70            | 999.70            | 北半球  |
| 墨西哥   | 573.50            | 577.60            | 600.10            | 538.70            | 525.20            | 554.30            | 北半球  |
| 美国    | 268.10            | 311.90            | 311.30            | 301.00            | 307.30            | 287.90            | 北半球  |
| 印度尼西亚 | 211.80            | 250.70            | 266.10            | 280.40            | 250.00            | 244.50            | 北半球  |
| 菲律宾   | 199.00            | 235.40            | 266.30            | 228.20            | 236.90            | 217.40            | 北半球  |
| 古巴    | 130.50            | 118.10            | 141.30            | 153.50            | 118.10            | 129.00            | 北半球  |
| 哥伦比亚  | 250.00            | 234.50            | 209.30            | 267.40            | 236.20            | 225.80            | 赤道   |
| 巴西    | 2 882.70          | 3 216.60          | 3 352.20          | 3 364.00          | 3 566.10          | 4 165.10          | 南半球  |
| 澳大利亚  | 542.40            | 497.20            | 482.70            | 461.40            | 478.90            | 362.00            | 南半球  |
| 南非    | 275.25            | 240.30            | 245.70            | 246.70            | 239.00            | 225.00            | 南半球  |
| 蔗糖总量  | 11 063.30         | 13 100.30         | 13 571.10         | 11 879.50         | 12 307.20         | 13 788.50         | 全球   |

注：资料来源于公开发表的数据。

3. 蔗糖产量不断增长、在食糖中的比重不断提高 食糖是人类生活的必需品，目前世界上生产白糖的原料主要有甘蔗和甜菜。进入 21 世纪以来，世界食糖生产总的发展趋势是甘蔗糖产量大幅度增加（图 1-2），所占的比重大幅上升，甜菜糖产量一直在 0.35 亿吨左右徘徊，所占的比重不断下降（表 1-4）。

20 世纪 60 年代世界食糖平均年产量为 6 160 万吨，21 世纪初增加到 1.314 亿吨（2000/2001 年榨季），其中蔗糖产量从 3 480 万吨增加到 9 440 万吨，所占比重从 56.5% 上升为 71.8%；到 2010/2011 年榨季世界食糖总产量增加到 1.722 亿吨，其中蔗糖产量

为 1.378 亿吨，所占比重已达到 80.1%；在食糖需求快速增加大环境下，甘蔗产业较甜菜产业发展快，主要得益于甘蔗较甜菜单产高、产值大；其次甘蔗机械化的快速发展，使甘蔗种植的劳动强度下降，对甘蔗产业的发展也起到了很大的促进作用。

表 1-4 不同历史时期蔗糖产业在世界食糖产业中的地位

| 年度   | 食糖总产量（亿吨） | 蔗糖产量（亿吨） | 甜菜糖产量（亿吨） | 蔗糖所占比重（%） |
|------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 1960 | 0.616     | 0.348    | 0.268     | 56.5      |
| 1970 | 0.819     | 0.493    | 0.326     | 60.2      |
| 1980 | 1.018     | 0.639    | 0.379     | 62.8      |
| 1990 | 1.184     | 0.810    | 0.374     | 68.4      |
| 2001 | 1.313 64  | 0.943 73 | 0.369 91  | 71.8      |
| 2002 | 1.360 49  | 1.030 3  | 0.330 19  | 75.7      |
| 2003 | 1.488     | 1.120 3  | 0.372 91  | 75.3      |
| 2004 | 1.42      | 1.087    | 0.343     | 76.5      |
| 2005 | 1.424     | 1.082    | 0.363     | 76.0      |
| 2006 | 1.485 59  | 1.106 33 | 0.379 26  | 74.5      |
| 2007 | 1.676 89  | 1.310 03 | 0.366 86  | 78.1      |
| 2008 | 1.706 16  | 1.357 11 | 0.349 05  | 79.5      |
| 2009 | 1.510 97  | 1.187 95 | 0.323 02  | 78.6      |
| 2010 | 1.573 72  | 1.230 72 | 0.343 0   | 78.2      |
| 2011 | 1.721 69  | 1.378 85 | 0.342 84  | 80.1      |

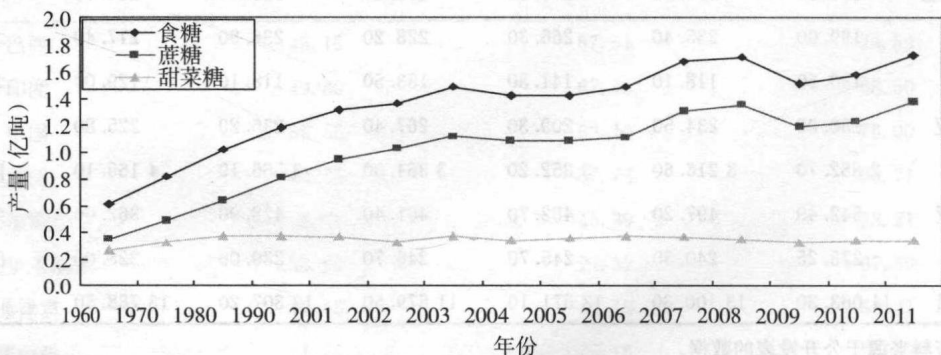


图 1-2 不同历史时期蔗糖产业在世界食糖产业中的发展趋势

### 第三节 我国甘蔗产业的发展

我国《甘蔗优势区域布局规划（2008—2015 年）》（农业部种植业管理司，2008）指出，甘蔗是我国主要的糖料作物，其面积占我国常年糖料面积的 85%以上，产糖量占食糖总产的 90%以上，甘蔗产业已成为我国主产区经济发展的重要支柱和蔗农增收的主要

来源。2003 年，农业部颁布实施了《“双高”甘蔗优势区域布局规划（2003—2007）》，促进了我国甘蔗优势产区的快速形成和蔗糖产业的快速发展，优势产业带建设成效显著，目前已经形成了广西、云南、广东和海南 4 大甘蔗优势产区。我国蔗糖产业发展表现出下列特点：

1. 生产集中度显著提高 2006 年，优势区域甘蔗种植面积 1 401 万亩、甘蔗总产 7 103 万吨、产糖 868 万吨，分别占全国的 62.4%、71.2%和 80.7%，集中度比规划实施前的 2002 年分别提高了 5%、6.6%和 15.8%。表 1-5 列出了 20 世纪以来，我国甘蔗优势产区蔗糖产量的变化情况，2000/2001 年榨季优势产区蔗糖产量占全国蔗糖产量的 96%，2010/2011 年开始，集中度已提高到了 99%以上。

表 1-5 “十五”以来全国及优势产区蔗糖产量生产情况 (万吨)

| 蔗糖<br>产量 | 2000/<br>2001 年<br>榨季 | 2001/<br>2002 年<br>榨季 | 2002/<br>2003 年<br>榨季 | 2003/<br>2004 年<br>榨季 | 2004/<br>2005 年<br>榨季 | 2005/<br>2006 年<br>榨季 | 2006/<br>2007 年<br>榨季 | 2007/<br>2008 年<br>榨季 | 2008/<br>2009 年<br>榨季 | 2009/<br>2010 年<br>榨季 | 2010/<br>2011 年<br>榨季 | 2011/<br>2012 年<br>榨季 | 2012/<br>2013 年<br>榨季 |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 全国       | 550.6                 | 747.0                 | 939.6                 | 943.6                 | 857.1                 | 800.8                 | 1 074.5               | 1 367.9               | 1 153.0               | 1 013.8               | 966.0                 | 1 051.0               | 1 198.3               |
| 广西       | 300.0                 | 443.0                 | 561.0                 | 588.0                 | 532.0                 | 537.7                 | 708.6                 | 937.2                 | 763.0                 | 710.2                 | 672.8                 | 694.2                 | 791.5                 |
| 云南       | 130.0                 | 143.5                 | 189.0                 | 195.0                 | 159.2                 | 141.3                 | 183.2                 | 216.3                 | 223.5                 | 177.2                 | 176.2                 | 201.4                 | 224.2                 |
| 广东       | 75.3                  | 104.4                 | 116.5                 | 98.5                  | 112.1                 | 92.2                  | 127.9                 | 145.4                 | 105.9                 | 85.8                  | 87.2                  | 114.9                 | 121.3                 |
| 海南       | 24.8                  | 30.4                  | 42.0                  | 40.8                  | 38.5                  | 17.8                  | 37.5                  | 51.7                  | 46.2                  | 31.8                  | 22.6                  | 30.9                  | 49.8                  |

2. 生产能力显著提升 规划实施以来，优势区域甘蔗生产水平显著提高，2006 年平均单产 76 吨/公顷、蔗糖分 14.2%、产糖 9.3 吨/公顷，分别比 2002 年提高了 4.5%、1%（绝对值）和 20.8%，优势区域公顷产蔗、产糖量比全国平均高 13.9%和 29.2%。在优势区域带动下，2006 年全国甘蔗种植面积比 2002 年增长 7.3%，总产提高 10.7%，制糖期延长 30 天左右，蔗糖产量增加 14.3%，成为世界第三产糖大国。

3. 食糖加工节能降耗成效显著 规划的实施显著促进了资源优化配置，随着甘蔗生产逐渐向优势区域集中，加工业集聚效应也逐渐显现出来。2006 年全国共有甘蔗制糖企业 212 家，90%以上位于优势区域内；制糖企业数量比 2002 年减少了 128 家，但加工能力明显增强，甘蔗制糖业日处理能力达 78 万吨，比 2002 年提高了 18.2%。全国现有南华糖业、广西农垦、凤糖生化、英茂糖业、湛江农垦等 17 家日加工能力超万吨、具有较强竞争力的大型企业集团。制糖业节能增效显著，2006 年制糖业百吨甘蔗标煤耗（4.97 吨）为历史最低水平，比 2002 年下降 20.5%，吨蔗耗电量（30.86 千瓦时）比 2002 年下降 2.7%，等折白砂糖产率（12.23%）比 2002 年提高 1.28%。

4. 食糖需求拉动科技进步的动力日益增强 食糖是人类生活的必需品，进入新世纪以来，我国食糖消费出现了快速增长的势头。目前，我国每年新增人口约 1 000 万，相当于每年净增市场需求 10 万吨，同时，由于经济的发展，生活水平的提高，我国以年平均增长 1.5%的速度测算每年新增的食糖消费需求在 20 万吨以上。然而我国土地资源有限，糖蔗种植面积不可能无限增加，因此在食糖需求不断增加、食糖缺口无法弥补的情况下，通过科技进步提高糖分和单产、增加总产是我国甘蔗产业发展的方向。

5. 工农业收益同步增长 2006 年，全国甘蔗总产值 269 亿元，比 2002 年增加





125 亿元, 增长 86.8%, 全国蔗农人均增收 520 元, 甘蔗糖销售收入 398 亿元, 同比增加 143 亿元, 增长 56.1%; 甘蔗制糖业税收 32 亿元, 利润 64.5 亿元, 同比提高 35.6% 和 6.86 倍, 近年来, 随着食糖价格的上涨, 甘蔗原料和蔗糖价格已在较高水平上波动, 工农业产值和国家税收同步增加, 甘蔗产业的发展促进了农民增收、企业增效和国家增税。

#### 第四节 能源甘蔗与甘蔗燃料乙醇生产

世界上甘蔗汁酿酒技术已有千年历史, 但是, 商业化、规模化、工业化甘蔗燃料乙醇生产仅 30 余年。进入新世纪以来, 甘蔗燃料乙醇在世界生物质燃料乙醇生产中一直占据着半壁江山。据 USDA 统计, 1975 年世界生物燃料乙醇产量仅 5 亿升, 均为甘蔗乙醇。2001 年总产达 200 亿升, 2006 年 400 亿升, 其中巴西甘蔗乙醇 160 亿升, 美国玉米乙醇约 140 亿升, 其余为印度、泰国和中国的糖蜜乙醇, 欧洲和中国的玉米、小麦等谷物淀粉乙醇。据 F. D Licht 统计, 2008 年, 世界生物质燃料乙醇总产 750 亿升, 其中甘蔗燃料乙醇达 307.3 亿升, 占 40.9%; 各种淀粉类的作物生产的燃料乙醇为 442.7 亿升, 占 59.1%。在世界燃料乙醇总产中, 美洲和拉丁美洲占 75%、亚太地区占 15%、欧洲占 9%、非洲占 1%。其中, 美国的燃料乙醇大部分以玉米作为原料, 而巴西燃料乙醇则以甘蔗作为原料 (陈如凯等, 2008)。

从贸易格局来看, 甘蔗燃料乙醇的发展主要得益于甘蔗产业的发展、能源甘蔗品种的培育及推广应用。巴西是燃料乙醇出口量最大的国家, 巴西甘蔗原料约 45% 用于生产蔗糖, 55% 用于生产甘蔗燃料乙醇。2005 年巴西燃料乙醇出口量达到 25 亿升, 远远高于美国 and 南非。由于巴西燃料乙醇出口量非常大, 因此, 巴西燃料乙醇出口在世界生物质燃料乙醇贸易中所占比重非常高。据 F. Lchd 统计, 2006 年世界乙醇总贸易量为 58 亿升, 其中燃料乙醇占 77%、饮用乙醇占 15%、工业乙醇占 8%。2007 年世界乙醇贸易总量增至 65 亿升, 其中仅巴西甘蔗乙醇的出口量就达到 35 亿升, 创历史新高。巴西甘蔗乙醇出口地区中, 美国占 24.11%、欧盟占 29.06%、CBI 占 23.71%、日本占 10.69%。据国际权威机构预测, 到 2015 年, 世界乙醇贸易总量将达到 130 亿升, 其中巴西乙醇出口量将达到 70 亿升。

##### 一、能源甘蔗的优势

美国植物生理学家 Alexander (1985) 最早对能源甘蔗进行定义, 即能源甘蔗是利用甘蔗属的热带种与热带杂草杂交育成的高生物量、高可发酵糖的一种非食用甘蔗新品种。能源甘蔗的生物产量大大高于目前的甘蔗品种, 抗逆性比糖料甘蔗强, 是一种利用甘蔗渣来生产甘蔗乙醇或发电的能源作物。事实上, 世界上甘蔗乙醇生产大国——巴西选育和推广的甘蔗品种都是糖能兼用型品种, 既可生产蔗糖, 也可生产乙醇, 甘蔗渣还可用来发电 (Matsuoka et al., 2009)。

近年来, 甘蔗乙醇占世界生物质乙醇总量的 41%~47%, 是生物质乙醇的最重要的组成部分。这主要因为甘蔗作为燃料乙醇原料具有较强优势, 成为最有竞争力的燃料乙醇原料作物 (陈如凯等, 2008)。大量的研究表明, 与其他作物相比, 能源甘蔗作为能源作