

ZF

农民致富路路通

编著 陈志辉 黄虎兰 李立 陈松林

玉米栽培与利用

实用技术



YUMIZAIPEI YU LIYONG SHIYONG JISHU



中南大学出版社

www.csupress.com.cn



中国农业大学出版社

100191 北京 中国农业大学

玉米栽培与利用

实用技术



YUANZHUANPEIYU LIYONG SHIYONG JISHU



中国农业大学出版社

玉米栽培与利用实用技术

编 著 陈志辉 黄虎兰
李 立 陈松林



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

玉米栽培与利用实用技术/陈志辉等编著.

—长沙:中南大学出版社,2011.8

ISBN 978-7-5487-0289-4

I. 玉... II. 陈... III. ①玉米-栽培技术②玉米-综合利用

IV. S513

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第098161号

玉米栽培与利用实用技术

编著 陈志辉 黄虎兰
李立 陈松林

责任编辑 彭亚非

责任印制 文桂武

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙利君漾印刷厂

开 本 880×1230 1/32 印张 8.25 字数 203千字 插页

版 次 2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-0289-4

定 价 16.50元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

玉米属禾本科玉米属，学名玉蜀黍。俗名很多，如苞米、苞谷、玉茭、玉麦、棒子及珍珠米等。

玉米是一种平凡而又奇特的作物。说它平凡，因为它常被人们称为“杂粮”，处于不受重视的地位。说它奇特，是由于20世纪30年代开始利用玉米杂种优势，造成了种子行业的兴起，推动了饲料工业和动物饲养业的发展，促进了传统种植业向现代农业的转化。

玉米是高产、稳产作物。20世纪80年代以来，随着高产杂交种选育、新技术应用和化肥施用量的增加，中国玉米发展迅速并在世界上居于举足轻重的地位。2007年全国玉米播种面积为2947.8万 hm^2 ，平均单产 $5167\text{kg}/\text{hm}^2$ ，总产量1523亿 kg ，占当年全国粮食作物播种面积的23.2%，总产量的29.4%。

世界玉米单产高于水稻、小麦，居粮食作物之首。我国玉米单产虽低于水稻，但它是20年来单产增加最快的作物。玉米的单产潜力还很大，世界玉米高产纪录：春玉米为 $23220\text{kg}/\text{hm}^2$ （美国，1985），夏玉米为 $16440\text{kg}/\text{hm}^2$ （中国，1989年），而据有关资料，2002年美国F. 查尔兹（Francis Childs）使用“先锋34N44”品种，创造了 $27000\text{kg}/\text{hm}^2$ 的高产纪录，而我国现有的两系超级杂交稻单产纪录也只有 $15000\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右。

玉米是粮饲兼用型作物，是高能量的饲料作物，素有“饲料之王”的美誉，玉米的发热量为3650大卡，稻谷仅仅2800大卡，玉米与稻谷比可消化能高44.0%，代谢能高59.5%。从饲养效果看，100 kg 玉米相当于130 kg 以上的稻谷，与糙米相当。玉米

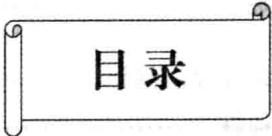
加工业发展快，市场潜力大。除饲料加工以外，玉米的工业用途十分广泛，可以加工成淀粉、淀粉酶、变性淀粉、酒精、酶制剂、调味品、药用、化工用等八大系列数百种产品。变性淀粉是近几年来新发展的产品，用途十分广泛，国外已开发出 3000 多个品种，而我国目前只开发出 50 多个品种。燃料乙醇汽油在我国的试点推广使用，将形成一个长期、稳定、可控的玉米消费市场。

为了加速发展湖南及我国南方玉米生产，促进玉米高产高效轻简栽培技术的推广应用，达到扩大面积与提高单产并举，玉米生产与综合高效利用同步的目标，我们编写了此书。本书分 3 章，在玉米栽培基础上，阐述了玉米生产发育规律、产量形成基础和病虫害防治等内容；在玉米综合利用中，阐述了青贮玉米生产、鲜食玉米加工技术，并收录了以玉米为主的饲料配方；玉米技术问答，将玉米生产与加工技术等以简明扼要的形式列出，达到适于本书的读者主要为基层农业技术人员及农民阅读的目的。本书编写过程中，参考了国内外大量的玉米论文和专著，在此，向这些论文和专著的作者致以衷心的感谢。同时，由于编写人员的水平有限，加之时间仓促，错漏之处实属难免，深切期望广大读者批评指正！

陈志辉

本书所用计量单位、符号及换算标准

类别	名称	符号	换算标准
长度单位	米	m	1 米 = 10 分米 1 分米 = 10 厘米 1 厘米 = 10 毫米
	分米	dm	
	厘米	cm	
	毫米	mm	
面积单位	亩		1 公顷 = 10000 平方米 1 公顷 = 15 亩 1 亩 = 666.67 平方米
	平方米	m ²	
	公顷	hm ²	
体积单位	立方米	m ³	1 米(长) × 1 米(宽) × 1 米(高) = 1 立方米 1 立方米 = 1000 升 1 升 = 1000 毫升 1 毫升 = 1000 微升
	升	L	
	毫升	mL	
	微升	μL	
时间单位	年	a	1 年 = 365 天 1 天 = 24 小时 1 小时 = 60 分钟 1 分钟 = 60 秒
	天	d	
	小时	h	
	分钟	min	
	秒	s	
重量 (质量) 单位	吨	t	1 吨 = 1000 公斤(千克) 1 千克 = 1 公斤 = 2 斤 1 两 = 50 克 1 千克 = 1000 克 1 克 = 1000 毫克
	公斤	kg	
	千克		
	克	g	
	毫克	mg	
浓度单位	百万分比浓度	ppm	1 ppm = 1 mg/kg 或 1 mg/L
	微摩尔每克	μmol/g	
温度	(摄氏)度	℃	
角度	度	°	一周角分为 360 等份, 每份为 1 度(1°)



目录

第一章 玉米栽培基础	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 玉米的生长和发育	(17)
第三节 玉米器官形态特征与生理功能	(22)
第四节 玉米雌雄穗的分化过程	(50)
第五节 玉米的类型	(60)
第六节 玉米生长的土壤基础	(64)
第七节 玉米的矿质营养与施肥	(73)
第八节 灌溉与排水	(91)
第九节 合理密植	(100)
第十节 播种和田间管理	(114)
第十一节 玉米育苗移栽与地膜覆盖技术	(127)
第十二节 玉米病虫害防治及防灾减灾技术	(140)
第二章 玉米综合利用	(161)
第一节 青贮玉米生产技术	(161)
第二节 鲜食甜糯玉米加工技术	(168)
第三节 玉米饲料配方	(175)

第三章 玉米技术问答	(187)
第一节 宏观政策和经济问题	(187)
第二节 品种和种籽	(191)
第三节 耕作、管理与施肥	(199)
第四节 防治病虫害	(221)
第五节 农业机械	(234)
第六节 贮藏、加工	(236)
参考文献	(252)



第一章

玉米栽培基础

第一节 概 述

一、玉米生产的基本情况

(一)玉米的起源

玉米为禾本科，黍亚种，玉米属，一年生草本植物。染色体数 $2n=20$ 。美洲大陆是玉米的起源地。但是，关于起源中心有几种观点：

华德生、瓦维洛夫等认为，玉米起源地在中美洲的墨西哥、危地马拉和洪都拉斯。因为直到现在那里还有很多地方可以找到玉米的野生祖先——大刍草，而且考古学家还曾在墨西哥古迹中发现野生玉米大刍草的花粉化石以及众多的玉米植株和果穗遗体。

达尔文、第康道尔等认为，玉米的起源地在南美洲的秘鲁和智利沿岸的半荒漠地带，因为考古学家曾在那里的古墓中发掘出不少史前玉米化石以及与玉米有关的文物。这些早期玉米品种的果穗比较小而整齐，穗轴和籽粒很像爆裂型玉米。达尔文还在高出海平面的秘鲁海岸上，发现过许多和贝壳埋在一起的古代玉米果穗。

韦瑟伍克斯、曼格尔斯多夫等认为，玉米有两个起源中心。初生起源中心在南美洲的亚马逊河流域，包括巴西、玻利维亚、阿根廷等地，因为植物学家曾在那里的很多地区发现了玉米的野

生种，例如加马草、大刍草等。而中美洲的墨西哥和秘鲁则是第二起源中心，包括从墨西哥向南沿安第斯山麓的狭长地带。

布卡索夫等认为，玉米有多个起源中心：粉质型玉米的起源中心在秘鲁和哥伦比亚；硬粒型玉米的起源中心在秘鲁；马齿型和爆裂型玉米的起源中心在墨西哥；甜质型和有稃型玉米的起源中心在巴拉圭。其中粉质型玉米是最原始的玉米类型。

近代考古学家在中美和南美的古代遗址中发掘出玉米穗轴，经测定，距今已有 5000—7000 年。根据这一证据可把玉米最早被驯化的地区缩小到从美国南部经墨西哥直到秘鲁、智利、沿安第斯山麓的狭长地带。

关于玉米的传说有很多。中美洲印第安人阿兹特克族 (Aztec) 最崇敬的特拉洛克神就是玉米神，许多印第安部落都以玉米或其他作物命名，如“玉米族”、“青玉米族”等。部落之间发生战争或远征时，都将焙干的玉米粉或炒熟的玉米籽粒装在携带的革囊中，作为主要给养。所以玉米收成的丰歉，常常是决定战争胜负的一个因素。曾经在墨西哥尤卡坦半岛昌盛一时的玛雅文化，又被称为“玉米文化”；“秘鲁”这个词在印第安纳语言中就是“玉米之仓”的意思。这些都说明古代阿兹特克人、玛雅人、印加人不仅对玉米十分重视，而且栽培技艺高。关于玉米传播，从公元 1492 年哥伦布到达美洲大陆后，才开始正式有了关于玉米的文字记载。哥伦布在航海日记中记述：“我发现了一种奇异的谷物，它的名字叫马希兹，甘美可口，焙干，可做粉。”继哥伦布之后接踵而至的欧洲航船，每到新大陆一个地方，都曾谈到当地印第安人种植玉米的情况。由此可以相信，在哥伦布到达新大陆之前，南北美洲大部分地区就都早已开始种植玉米了。

(二) 促进玉米生产发展的主要因素

第一，确立了玉米在饲料中的主导地位。长期以来，我国实行人畜共粮，粮饲混用。在人们为填饱饥肠而从事社会经济活动

时,人畜共粮甚至饲料供粮的传统有历史的合理性。但在人民生活水平越过温饱线以后,食物需求的增量除精细主食外,主要是对畜禽产品数量和质量的追求。据有关部门研究,如果按人均口粮 200kg 计算,到 2000 年全国 13 亿人有 2600 亿 kg 细粮就足够了。实际上,从 1984 年以后,我国稻谷和麦类的总产量基本上每年都达到或超过这一水平(即人均口粮 200kg),加上薯类和豆类更是富富有余。农业承受的压力和瓶颈,不是食用粮短缺而是转化为肉、奶、蛋的饲料粮不足。20 世纪 90 年代玉米发展成为粮食、饲料、经济兼用作物,全国生产的玉米 70% 以上供作饲料,确立了玉米在饲料中的主导地位,全国种植业基本上形成粮食—饲料—经作三元结构。中国发展玉米生产的历史表明,认识玉米的重要经济价值需要一个过程。一个国家,一个民族,在粮食不够吃的时候,很重视大抓产量高的玉米;当粮食刚刚够吃饱的时候,往往又忽视或扬弃玉米;当进一步富裕起来又想吃好的时候,才真正认识到抓好玉米生产对改善人民生活的重要性。

第二,科技进步在玉米增产中起重要作用。现代科学技术为玉米持续增产开辟了新天地。概括起来可以归纳为 6 项,即种(良种)、密(密植)、肥(施肥)、水(灌溉)、盖(地膜)、改(改制)。但对扩大玉米面积和提高单产起重要作用的最主要有两项:一是紧凑叶型玉米或称耐密型玉米的选育和推广。耐密型玉米表现为株型紧凑,叶片斜举,茎基坚韧,节间长、适宜密植。与平展叶型玉米比较,每 hm^2 可增加密度 1.5 万~2 万株,一般每 hm^2 种植 6 万~7.5 万株,每 hm^2 产量 0.9 万~1.2 万 kg。紧凑型玉米为持续高产和两作(小麦—玉米、水稻—玉米等)每 hm^2 产 15t 粮创造了条件。二是玉米覆膜栽培技术的快速推广,在高纬度、高海拔地区有明显的增温保墒、增产增收的效果,一般每 hm^2 增产 30%~60%,高的在 1 倍以上。全国玉米覆膜栽培面积目前已发展到 220 万 hm^2 。

第三,化肥、农药等物质增加进一步发挥农业措施效益。现代新兴科学技术应用之前,普遍存在着关键性的物质投入水平较低,随着物质投入增加,使产出效益通过新技术转向高水平,特别是价格政策调动农民种粮的积极性。例如玉米价格上扬,出口数量增加,尽管农用生产资料价格偏高,但玉米种植技术简便,操作易行,投产比适宜。据安徽省阜阳地区农业技术推广站(1995年)对主要农作物投产比调查分析,水稻投入受益比为1:3.3,小麦为1:2.8,玉米为1:5.7。种玉米的收益是最高的。农民积极增加物质投入,特别是增加化肥、农药的投入,对玉米持续增产起重要作用。许多地区还建立种植—饲料—养殖一条龙服务体系,保证玉米销售和配合饲料价格稳定,农民从种植业和养殖业中受益。

(三)玉米持续增产的潜力和发展预测

在21世纪,中国发展玉米生产有挑战也有机遇,有潜力也有难题,特别是在国际经济一体化的形势下,正确地评价玉米生产形势和预报2010—2015年玉米生产前景,可为采取调控策略和农业措施增加预见性。

玉米增产潜力分析:

1. 自然生态条件

我国疆域位于温带、暖温带、亚热带,自然条件优越,光、热、水资源丰富,特别是东北和华北玉米产区,光热水资源与玉米生长进程同步。据科研单位估算,东北地区春玉米光温生产力每 hm^2 为3万~3.3万 kg ,黄淮海平原夏玉米每 hm^2 为1.5万~2.1万 kg ,很多地区小面积玉米高产田单产已接近估算理论值下限。例如,新疆农垦七师73.5 hm^2 春玉米,平均每 hm^2 产1.6万 kg ;山东省莱州市约1 hm^2 夏玉米,产量达1.5万 kg ,预示了提高单产的可能性。

2. 产量增长速度

1952—1957年,全国玉米每 hm^2 产量增加 90kg; 1957—1965年,每 hm^2 增加 75kg; 1965—1975年,每 hm^2 增加 1035kg; 1975—1985年,每 hm^2 增加 1065kg; 1985—1990年,每 hm^2 增加 1005kg; 1990—1998年,每 hm^2 增加 645kg。这表明玉米单产是稳定持续增长的,有 10 个省(区)的玉米产量超过这一增长速度。

3. 物质投入状况

统计资料表明,化肥、农药、地膜价格持续走高,使玉米的物质投入偏低,满足不了增产的需要。特别是化肥投入量很低,除东北和华北部分高产区施肥稍高外,在间套复种的夏玉米、秋玉米和旱作玉米区很少施肥。只要重视科技和物质投入,特别是在玉米中产区和低产区增施化肥,玉米产量可以显著增长。但必须根据玉米需肥规律保证肥料供应,同时注意解决互补性物资要素短缺的问题。如玉米对氮、磷、钾三要素之比应为 1:0.4:0.9,但生产实际中磷肥不足,钾肥更缺,降低了肥料利用率。

4. 玉米分布地区

中国玉米生产长期存在地区间不平衡问题,东北和华北 6 个省玉米面积占全国的 58%,总产量占全国的 64%。而南方 8 个省(市)玉米面积小,总产量少,长期依靠从北方远途调运玉米以解决饲料供应不足的问题,路途远,成本高。南方(指东南 9 省市)地区应该有重点地适当扩大玉米种植面积,排开主次,因地制宜。即重点扩大冬种玉米,适当发展稻田复种,因地制宜推广间套种玉米,沿海地区大力开发蔬果玉米。

(四) 玉米生产的现状

1. 世界玉米生产概况

玉米是世界上分布较广的作物之一,从北纬 58° 通过热带到达南纬 $35^\circ \sim 40^\circ$ 的地区,均有大量栽培。20 世纪 80 年代以来,随着高产杂交种的培育、新技术的应用和化肥用量的增加,世界

玉米生产发展迅速。

(1) 世界玉米生产和变化情况

从世界玉米生产与发展历史来看,总产量、播种面积和单产不断上升。在1961—2007年的46年间,虽然在某些年份有所波动,但是世界玉米总产量不断上升。世界玉米总产量由1961年的2.05亿t提高到2007年的7.85亿t,在41年间增长282.8%,年均增幅达2.7%。在此期间,玉米播种面积也不断增加,由1961年的1.05亿公顷增长为2007年的1.58亿公顷,在41年间增长49.7%。这些变化反映了全球经济发展对玉米需求的快速增长。由玉米总产量和播种面积的变化可以得出:世界玉米产量的快速增长主要来自单产水平的迅速提高,由1961年的1.9t/hm²提高为2007年的5.0t/hm²,在46年间增长16倍。由此可预见,未来世界玉米产量的进一步提高也将主要依靠单产的不断增长。

表1-1 世界玉米产出、播种面积和单产在不同时期的变化(%)

时间	不同时期总增长幅度			不同时期年均增长幅度		
	产出	面积	单产	产出	面积	单产
1961—1970	29.7	7.2	21.0	3.6	0.9	2.7
1971—1980	26.5	6.4	18.8	3.6	0.9	2.7
1981—1990	8.2	2.7	5.3	1.1	0.7	0.4
1991—2000	19.9	4.2	15.0	2.5	0.6	1.9
2001—2007	27.5	13.4	12.5	4.1	1.9	2.2
1961—2007	282.8	49.7	155.8	2.7	0.7	2.0

数据来源:根据世界粮农组织(FAO)数据计算

(2) 世界玉米生产分布

世界玉米生产比较集中。根据世界粮农组织(FAO)的统计数据,按照产量由大到小的顺序,前10个国家分别是美国、中国、巴西、墨西哥、阿根廷、印度、法国、印度尼西亚、意大利和加拿大,其产量占世界玉米总产分别为40.0%、19.9%、5.9%、2.9%、2.6%、2.1%、1.8%、1.7%、1.4%和1.3%。虽然全世界有165个国家生产玉米,但是世界玉米的产出却非常集中于少数几个国家。其中,美国和中国的玉米产量约占世界总产量的60%;世界前10个生产国的玉米总产占世界玉米产量的约80%。

相对而言,世界玉米的播种面积却较为分散。玉米生产居世界前10位的国家分别为美国、中国、巴西、墨西哥、阿根廷、印度、法国、印度尼西亚、意大利和加拿大,其玉米播种面积分别占世界玉米播种面积的20.5%、17.6%、8.5%、5.1%、5.0%、2.3%、1.7%、1.1%、0.8%和0.8%。虽然美国和中国的玉米产量约占世界的60%,但其播种面积仅占世界的38.1%。产量占世界玉米总产80%的前10个国家的播种面积也仅占世界玉米总播种面积的63.4%。导致玉米产量比较集中,而播种面积较为分散的主要原因是各国在玉米单产上的巨大差异。

(3) 世界玉米单产及区域差异

各国玉米单产存在明显差异,其中发达国家的玉米单产显著高于发展中国家。美国、意大利、法国、加拿大的玉米单产居于世界10大玉米生产国的前列,其单产在2003—2007年的平均水平分别为9.4、8.8、8.4和8.2t/hm²。阿根廷和中国的玉米单产虽然低于这四个发达国家,但是高于世界平均水平,其单产分别为6.8和5.2t/hm²。巴西、印度尼西亚、墨西哥和印度的玉米单产低于世界平均水平,分别为3.5、3.4、2.9和2.0t/hm²。由上述数据可明显看出,发达国家的玉米单产显著高于发展中国家。例如:美国玉米单产约是印度单产的4.7倍。虽然我国玉米单产



高于世界平均水平,但是相对于美国而言,还有很大的差距,仅是美国玉米单产的55%。单产的显著差异表明未来世界玉米还有较大的增产潜力。如果发展中国家能够采用发达国家较为先进的新品种和生产种植技术,提高玉米单产的发展空间仍然很大。

总体上,经济发展导致饲料需求和工业需求快速增长决定了全球玉米需求将持续增长的基本格局,而近期以玉米为原料的生物燃料乙醇的迅速扩张,使本来偏紧的供求状况更加严峻。全球玉米需求增长强劲,供求矛盾突出,全球玉米供求紧张将是未来中长期内的常态。

2. 我国玉米生产的现状与分布

(1) 我国玉米生产的历史、现状及其发展趋势

根据统计,随着科学技术的进步和生产管理水平的提高,我国玉米单产水平不断提高,已由新中国成立初期的每亩64kg提高到目前的360多kg。然而,我国玉米的单产水平与世界先进水平相比仍有较大差距。我国玉米单产排在世界第21位,是单产排在前10位国家平均水平的67%。与美国等发达国家的平均亩产600多kg相比,差距更大。目前,虽然我国玉米的最高试验亩产已达1300kg,许多高产地块达到1000kg以上,但全国平均单产只有360kg左右。因此,我国玉米单产水平的提高仍有较大潜力。

自2004年以来,我国玉米播种面积和总产逐年稳定增加,2007年我国玉米面积已超过水稻,成为第一大作物。2007年玉米总播种面积4.386亿亩,总产量1.523亿t。2007年,我国玉米消费总量达1.49亿t,产需基本平衡。2009年全国玉米播种面积达4.61亿亩,较上年增加1300万亩,创造了历史最高水平,总产量约在1.55亿t。

(2) 国内玉米需求状况

从近几年发展态势来看,我国玉米市场供需基本平衡。从消费结构来看,我国食用、饲用玉米总量稳定增长,但相对比例逐