



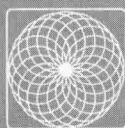
YUMI YINGYANG YU
JIAGONG JISHU

玉米营养 与加工技术

卢晓黎 陈德长 主编



化学工业出版社



YUMI YINGYANG YU
JIAGONG JISHU

玉米营养 与加工技术

卢晓黎 陈德长 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

玉米是具有极高的食用价值、营养价值、使用价值和药用价值的农作物。以玉米为原料加工的食品深受消费者喜爱。本书在阐述玉米种植与加工概况、玉米成分与人类健康的基础上,详细阐述了玉米的物理特性、化学特性及加工特性,介绍了膨化方便玉米粉、增筋玉米粉、专用玉米粉等玉米粉质食品的生产技术,并注意反映生产技术方法的实用性。本书是在组织编写单位多年生产实践的基础上编写完成的,同时吸取了近年来国内同类图书的优点,参考了国内外在该领域内的最新应用技术和研究成果,使其更加贴近我国玉米食品加工业实际与科研需要。

本书可供从事玉米食品研发、生产与管理、安全监管等领域的科研、技术及管理人员阅读、参考,同时也可作为相关行业的职业培训参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

玉米营养与加工技术/卢晓黎,陈德长主编. —北京:化学工业出版社, 2015. 10
ISBN 978-7-122-24947-0

I. ①玉… II. ①卢…②陈… III. ①玉米-食品加工 IV. ①TS213.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 195275 号

责任编辑:赵玉清
责任校对:边涛

文字编辑:周 倜
装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市胜利装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张15½ 字数430千字 2015年10月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

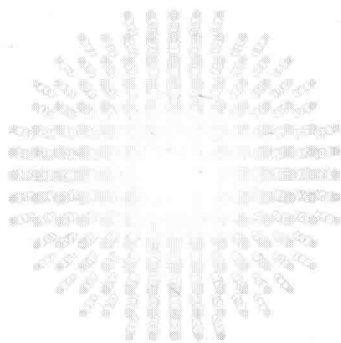
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 65.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



我国是玉米的种植及消费大国，玉米与稻谷、小麦并列为三大粮食作物。玉米籽粒含有丰富的蛋白质、脂肪、维生素、微量元素、纤维素及多糖等多种营养物质，还含有大量的油酸、亚油酸、叶黄素、谷胱甘肽、植物甾醇、 γ -氨基丁酸等功能性因子，膳食中经常食用对人体健康大有裨益。随着人们对科学合理膳食认识的提高，玉米粉质食品因食用方便，食用方法多样，已成为与人们一日三餐联系最紧密的产品形式；而以不同种类的玉米籽粒为原料、采用不同的加工技术、按照不同人群的需要进行科学配方研发、生产玉米粉质食品，也已成为重要的发展方向。

本书是在总结四川省旌晶食品有限公司从事玉米食品科研、生产三十年积累的实践经验的基础上，结合四川大学食品学科取得的科研成果，应同行企业及相关单位的要求而组织编写的。本书编写体现了以下特点：①介绍了国内外玉米种植与加工现状、玉米的类型及籽粒结构、玉米成分对人类健康的作用以及玉米在不同领域的综合利用等内容；②重点阐述了玉米的加工工艺特性，包括玉米的物理特性、化学特性及加工特性，为玉米食品的开发研究铺垫了必要的专业基础知识；③详细阐述了玉米粉质食品的加工技术及设备，包括膨化方便玉米粉、增筋玉米粉、专用玉米粉等，并注意反映玉米食品加工领域的最新科技成果。

参加本书编写的人员具有多年从事玉米食品研究或生产的工作经历，在科研和生产中积累了较丰富的经验，使本书的内容更具有实用性。其中，部分关键、核心技术是第一次公开。本书的出版，旨在反映我国对玉米营养研究与加工技术的最新成果，为同行科技工作者，特别是玉米食品生产企业从事研发、生产、管理与销售人员提供一本有较大参考、借鉴作用的科技书。

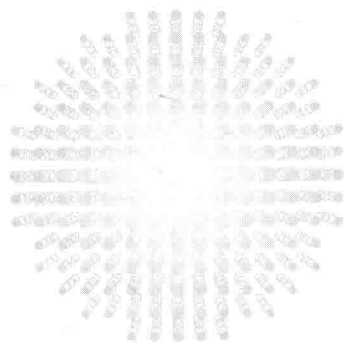
本书由四川省旌晶食品有限公司组织编写，四川大学卢晓黎教授、四川省旌晶食品有限公司陈德长董事长任主编。第1章由四川大学高颖编写；第

2 章由四川大学段飞霞编写；第 3 章由四川大学吕远平编写；第 4 章由四川大学高颖，四川省旌晶食品有限公司曾珍、王浦琪编写；第 5 章由四川大学卢晓黎编写；第 6 章由四川大学段飞霞，四川省旌晶食品有限公司康福建、龙文玲、熊利萍编写；四川大学陈丽兰绘制了部分插图。全书的统稿和审定由卢晓黎完成。对在本书中被引用的各类资料的作者，在此一并深表敬意。

由于编者水平所限，书中不足之处，恳请读者及同行批评指正。

编者

2015 年 7 月



目录

CONTENTS

1 玉米种植与加工概况 / 1

1.1 玉米的种植面积和产量 / 1

1.1.1 玉米在我国的种植面积和产量 / 1

1.1.2 玉米在世界其他国家的种植面积和产量 / 7

1.2 玉米食品加工现状 / 10

1.2.1 玉米原料粉 / 12

1.2.2 玉米方便食品 / 15

1.2.3 玉米胚芽油 / 17

1.2.4 其他玉米食品 / 19

1.3 玉米在相关领域的综合利用 / 21

1.3.1 以玉米为原料制造食品添加剂 / 21

1.3.2 玉米在医药方面的应用 / 23

1.3.3 玉米在畜牧养殖业中的应用 / 24

1.3.4 玉米在其他领域的应用 / 24

参考文献 / 25

2 玉米成分与人类健康 / 27

2.1 玉米的类型及籽粒结构 / 27

2.1.1 玉米的籽粒结构 / 27

2.1.2 玉米的类型及其特点 / 29

2.2 玉米化学成分 / 41

2.2.1 玉米的化学成分 / 41

2.2.2 玉米化学成分的特点 / 47

2.3 玉米营养成分对人类健康的影响 / 48

2.3.1 对眼睛的保护作用 / 48

2.3.2 对心血管的保健作用 / 49

- 2.3.3 延缓衰老 / 51
- 2.3.4 排毒减脂 / 51
- 2.3.5 改善记忆与健脑作用 / 51
- 2.3.6 提高免疫力 / 52
- 2.3.7 防止皮肤老化 / 52
- 2.3.8 调节血糖 / 53
- 2.3.9 抗肿瘤作用 / 53

参考文献 / 54

3 玉米的加工工艺特性 / 58

3.1 玉米的物理特性 / 58

- 3.1.1 玉米淀粉的物理特性 / 58
- 3.1.2 玉米粉的物理特性 / 74
- 3.1.3 玉米浸渍液的物理特性 / 75
- 3.1.4 其他玉米粗制品的物理特性 / 76

3.2 玉米的化学特性 / 79

- 3.2.1 玉米淀粉的水解 / 79
- 3.2.2 玉米淀粉的氧化 / 81
- 3.2.3 玉米淀粉的酸变性 / 88
- 3.2.4 玉米淀粉的交联 / 94
- 3.2.5 玉米淀粉的 α 化 / 98
- 3.2.6 玉米淀粉的酯化 / 101

3.3 玉米的加工特性 / 111

- 3.3.1 玉米的干燥特性 / 111
- 3.3.2 玉米储存特性 / 113
- 3.3.3 玉米纤维的持水力 / 114
- 3.3.4 玉米淀粉的溶解度 / 114
- 3.3.5 玉米淀粉的溶胀 / 115
- 3.3.6 玉米的酶解特性 / 117
- 3.3.7 玉米淀粉的冻融稳定性 / 121

参考文献 / 123

4 膨化方便玉米粉 / 126

4.1 玉米膨化加工特征 / 126

- 4.1.1 膨化工艺的特点 / 126

- 4.1.2 膨化工艺对玉米营养成分和质构的影响 / 132
- 4.2 挤压膨化方便玉米粉的生产 / 142
 - 4.2.1 方便玉米粉定义 / 142
 - 4.2.2 挤压膨化方便玉米粉的加工工艺 / 142
 - 4.2.3 方便玉米粉质量指标 / 143
- 4.3 方便玉米粉的前景和产品拓展 / 155
 - 4.3.1 方便玉米粉的前景 / 155
 - 4.3.2 方便玉米粉发展中遇到的问题 / 155
 - 4.3.3 方便玉米粉的产品拓展 / 156
- 参考文献 / 159

5 增筋玉米粉 / 161

- 5.1 增筋玉米粉的技术原理 / 161
 - 5.1.1 不同改性方法对玉米粉理化性质的影响研究 / 161
 - 5.1.2 制粉工艺对玉米粉抗老化性质的影响研究 / 161
 - 5.1.3 添加成分对增筋玉米粉性质的影响研究 / 162
- 5.2 增筋玉米粉的原料 / 162
 - 5.2.1 玉米品种 / 162
 - 5.2.2 谷朊粉 / 163
 - 5.2.3 聚丙烯酸钠 / 166
 - 5.2.4 酵母 / 168
 - 5.2.5 黄原胶 / 171
 - 5.2.6 其他辅料及功效 / 175
- 5.3 增筋玉米粉的生产工艺技术 / 176
 - 5.3.1 增筋玉米粉生产工艺 / 176
 - 5.3.2 增筋玉米粉生产工艺技术说明 / 176
 - 5.3.3 增筋玉米粉质量标准 / 177

参考文献 / 179

6 专用玉米粉 / 180

- 6.1 原料玉米微粉 / 180
 - 6.1.1 粒度分布 / 180
 - 6.1.2 主要成分、散落性及白度 / 181
 - 6.1.3 玉米微粉的流变性能 / 182
 - 6.1.4 生产工艺及设备 / 183

- 6.1.5 玉米微粉的应用 / 185
- 6.2 自发酵玉米粉 / 192
 - 6.2.1 自发酵玉米粉的起源 / 192
 - 6.2.2 发酵原理 / 193
 - 6.2.3 自发酵玉米粉的特点 / 193
 - 6.2.4 生产工艺及设备 / 194
 - 6.2.5 自发酵玉米粉的应用 / 201
- 6.3 营养强化玉米粉 / 203
 - 6.3.1 营养强化玉米粉的概念及分类 / 203
 - 6.3.2 生产工艺及设备 / 206
 - 6.3.3 营养强化玉米粉的营养价值 / 210
 - 6.3.4 营养强化型玉米粉的发展前景和应用 / 215
- 参考文献 / 215

附录

- LS/T 3302—2014 方便杂粮粉 / 218
- LS/T 3302—2014 方便玉米粉 / 227
- 质量铸就企业长足发展的根基 / 235

1

玉米种植与加工概况

1.1 玉米的种植面积和产量

玉米是世界上最主要的三大粮食作物之一，也是种植范围最广的作物，单位面积产量位居第一。并且，玉米是可加工程度最高、产业链最长的粮食品种，人类对玉米的加工利用程度远远超过了水稻和小麦。玉米种植南界是南纬 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 的南非、智利、澳大利亚、阿根廷等地区，北界为北纬 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 的英国、德国、波兰等欧洲地区，哈萨克斯坦北部、俄罗斯南部、中国东北部等亚洲地区，加拿大南部等北美洲地区，青贮玉米还可延伸到北纬 $58^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 地区。从低于海平面 20m 的中国新疆吐鲁番盆地直到海拔 4000m 的青藏高原都有玉米种植。目前，世界上约有 165 个国家和地区种植玉米，其中美国、中国、巴西、印度、墨西哥的玉米种植面积位居前 5 位。随着玉米种植面积的增加和生产技术水平的不断提高，世界玉米总产量也在不断增加。2006~2010 年，世界玉米总产量排在前 10 位的国家和地区有美国、中国、欧盟、巴西、墨西哥、东南亚、阿根廷、独联体、北非、加拿大。其中，中国、印度、墨西哥、巴西、阿根廷等国家的总量增加较快。

1.1.1 玉米在我国的种植面积和产量

我国是玉米的消费大国，播种面积、总产量、消费量仅次于美国，居世界第二位。自 20 世纪 80 年代以来，玉米在我国农业生产中的地位日益凸显，播种面积和总产量上升迅速。玉米是我国列于稻谷之后的第二种主要粮食作物，也是种植面积的第一大作物。玉米在我国分布很广，南自北纬 18° 的海南岛，北至北纬 53° 的黑龙江省黑河以北，东起台湾和沿海省份，西到新疆及青

藏高原都有一定的种植面积。我国 31 个省（自治区、直辖市）都有玉米种植，但分布不均衡，从东北平原起，经黄淮海平原，至西南地区形成一条“中国玉米带”，为我国的玉米主产区。

我国的主要粮食作物包括谷物、豆类及薯类，其中谷物指的是稻谷、小麦和玉米。2013 年我国玉米的播种面积达到 36318 千公顷^①，总产量达 21848.9 万吨，占全国粮食总产量的 36.3%，是我国第一大粮食品种。玉米在粮食安全战略中的地位越来越突出，特别是进入 21 世纪以来，我国玉米生产大跨步发展，2013 年播种面积 3631.8 万公顷，总产量达 21848.9 万吨，占全国粮食总产量的 36.3%。

玉米的种植面积是保证供给的前提条件，自 2000 年来，玉米的种植整体处于逐年增长的趋势，即使在 2003 年玉米的绝对种植面积稍有回落，其在谷物粮食作物种植面积中的比例仍是增长趋势。尤其在 2008 年之后，玉米种植面积呈直线增长趋势。2000~2013 年我国玉米种植面积及其在粮食作物和谷物中的占比情况见图 1-1 和表 1-1。

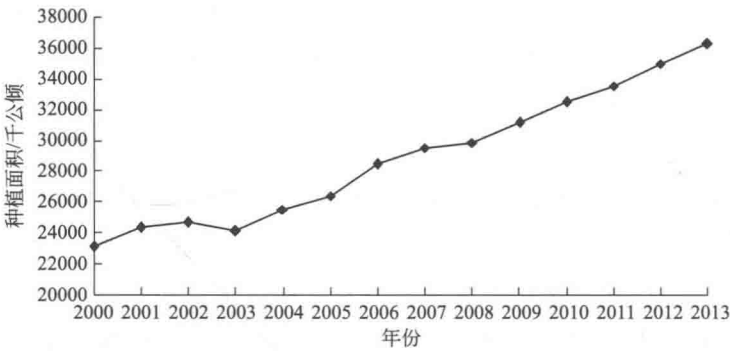


图 1-1 2000~2013 年我国玉米种植面积趋势

表 1-1 2000~2013 年我国玉米种植面积及其占比情况 千公顷

年份	粮食作物	谷物	玉米	玉米种植面积在谷物种植面积中的占比/%
2000	108463	85264	23056	27.0
2001	106080	82596	24282	29.4
2002	103891	81466	24634	30.2

① 1 公顷 (hm²) = 10⁴ m²。

续表

年份	粮食作物	谷物	玉米	玉米种植面积在谷物种植面积中的占比/%
2003	99410	76810	24068	31.3
2004	101606	79350	25446	32.1
2005	104278	81874	26358	32.2
2006	104958	84931	28463	33.5
2007	105638	85777	29478	34.4
2008	106793	86248	29864	34.6
2009	108986	88401	31138	35.2
2010	109876	89851	32500	36.2
2011	110573	91016	33542	36.9
2012	111205	92612	35030	37.8
2013	111956	93769	36318	38.7

注:数据来源于《中国统计年鉴 2014》。

我国玉米种植在区域布局上具有相对集中的特征,主要集中在华北、东北地区。其中,东北地区的黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古是春播玉米的集中种植地区,一年一熟制,常年播种面积占全国的 35% 左右。华北黄淮地区的河北、河南、山东、江苏和安徽等省区是夏播玉米的集中种植地区,一年两熟制,常年玉米播种面积占全国的 34% 左右。2013 年我国各地区玉米种植面积情况见表 1-2 和图 1-2。

表 1-2 2013 年我国各地区玉米种植面积及其占比情况

千公顷

地区	粮食作物	谷物	玉米	玉米种植面积在谷物中的占比/%	地区种植面积在全国的占比/%
黑龙江	11564.4	8795.9	5447.5	61.9	15.0
吉林	4789.9	4372.9	3499.1	80.0	9.6
河南	10081.8	9276.1	3203.3	34.5	8.8
内蒙古	5617.3	4250	3170.6	74.6	8.7

续表

地区	粮食作物	谷物	玉米	玉米种植面积在 谷物中的占比/%	地区种植面积在 全国的占比/%
河北	6315.9	5883.8	3108.8	52.8	8.6
山东	7294.6	6881.7	3060.7	44.5	8.4
辽宁	3226.4	3013.3	2245.6	74.5	6.2
山西	3274.3	2763.5	1670	60.4	4.6
云南	4499.4	3273.2	1505.1	46.0	4.1
四川	6469.9	4758.3	1378	29.0	3.8
其他地区	48821.8	40500	8029.6	19.8	22.2

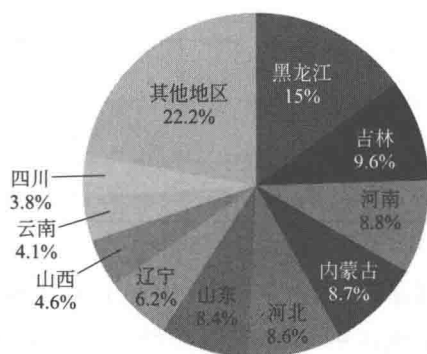


图 1-2 2013 年我国玉米种植面积分布

玉米播种面积增加的主要原因，是由于玉米种植收益高于大豆。以黑龙江省为例，2010 年种植玉米的收益在每亩^① 240 元以上，而大豆每亩收益仅为 104 元。为此农民改种玉米的意愿强烈，再加上“增玉米、增水稻、减大豆”两增一减政策引导，导致黑龙江省玉米种植面积增长迅速，产量已超过吉林省，成为中国玉米产量最高省份。

1996 年以来，我国玉米产量一直保持波动性增长的趋势。据国家统计局公布数据显示，“十一五”期间以来玉米产量从 2006 年的 1.52 亿吨增长到 2013 年的 2.18 亿吨，累计增长 43.4%，年均增长 5.4%。我国玉米主要用于饲料粮和工业用粮，两项相加占玉米总需求量的约 90%。2010 年前，我国一

① 1 亩=666.67m²。

直是全球玉米市场上重要的出口国，特别是 1997~2007 年期间，我国共出口 7869 万吨玉米，年均出口 715 万吨。然而，2008 年开始，我国玉米出口骤然下降，2010 年开始进口玉米。这说明，随着我国城乡居民食物消费模式的变化，动物性食物消费量将进一步上升，饲料粮的需求将会迅速增长。同时，随着玉米工业用途的增加，工业用玉米需求量也将会呈现加速增长态势。因此，玉米将会成为我国需求量最大、需求增长最快的粮食品种。2000~2013 年我国玉米总产量及其占比情况见表 1-3，总产量趋势见图 1-3。

表 1-3 2000~2013 年我国玉米总产量及其占比情况 万吨

年份	粮食	谷物	玉米	玉米产量在谷物 产量中的占比/%
2000	46217.5	40522.4	10600.0	26.2
2001	45263.7	39648.2	11408.8	28.8
2002	45705.8	39798.7	12130.8	30.5
2003	43069.5	37428.7	11583.0	31.0
2004	46946.9	41157.2	13028.7	31.7
2005	48402.2	42776.0	13936.5	32.6
2006	49804.2	45099.2	15160.3	33.6
2007	50160.3	45632.4	15230.0	33.4
2008	52870.9	47847.4	16591.4	34.7
2009	53082.1	48156.3	16397.4	34.1
2010	54647.7	49637.1	17724.5	35.7
2011	57120.8	51939.4	19278.1	37.1
2012	58958.0	53934.7	20561.4	38.1
2013	60193.8	55269.2	21848.9	39.5

玉米的总产量走向与种植面积基本一致，说明种植面积的扩大是玉米产量增长的重要因素之一。我国玉米良种研发和其他技术进步，对玉米产量的大幅度提高起到了促进作用。

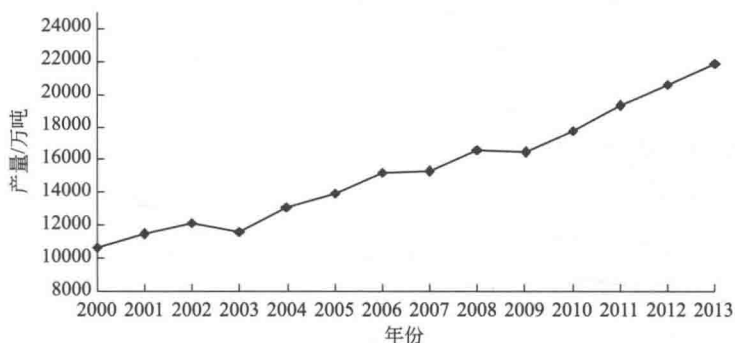


图 1-3 2000~2013 年我国玉米总产量趋势

我国玉米消费主要集中在华北黄淮和东边地区，消费决定了其种植和产量，同样具有区域性特点。2013 年东北地区玉米的产量约为 9625 万吨，占全国玉米总产量的 44%，即仅东北地区的玉米总产量就达到了近全国玉米总产量的一半；华北黄淮地区玉米产量约为 6423 万吨，占全国玉米总产量的 29.4%；其他地区玉米产量占全国玉米总产量的 26.6%。如表 1-4 和图 1-4 所示。

表 1-4 2013 年我国各地区玉米产量及其占比情况

万吨

地区	粮食	谷物	玉米	玉米产量在谷物 产量中的占比/%	地区产量在全国 产量中的占比/%
黑龙江	6004.1	5495.9	3216.4	58.5	14.7
吉林	3551	3443.8	2775.7	80.6	12.7
内蒙古	2773	2433.6	2069.7	85.0	9.5
山东	4528.2	4297.1	1967.1	45.8	9.0
河南	5713.7	5522.7	1796.5	32.5	8.2
河北	3365	3221.8	1703.9	52.9	7.8
辽宁	2195.6	2122.7	1563.2	73.6	7.1
山西	1312.8	1246	955.5	76.7	4.4
四川	3387.1	2815.3	762.4	27.1	3.5
其他地区	27363.5	24670.5	5038.4	20.4	23.1

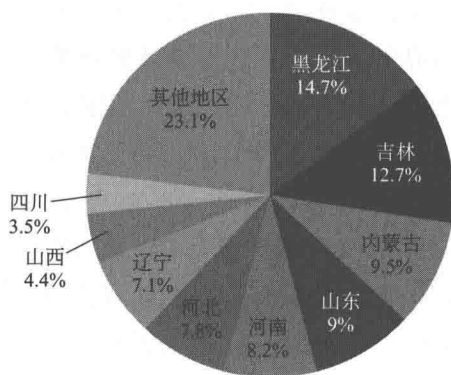


图 1-4 2013 年我国玉米产量分布

虽然中国玉米种植历史较短，但发展速度较快。近 20 年来，种植面积和总产量都呈持续增长趋势。21 世纪中国玉米种植面积扩大，受益于政策、气候、品种和技术。在国务院一系列扶持粮食生产的政策下，玉米种植面积逐年增加，2005 年种植面积就恢复到 1999 年的水平。2011 年达 3354 万公顷，超过了水稻和小麦的种植面积，其种植面积和总产在粮食作物中均居首位。玉米在国家粮食安全中的地位逐渐增强，成为保障粮食安全的重要经济作物。

据预测，未来 10 年我国粮食作物播种面积将保持基本稳定，但受耕地面积减少的影响以及蔬菜、水果及经济作物播种面积不断提高的挤压，粮食作物播种面积将出现小幅下降。但随着我国居民消费水平提高，对肉蛋奶等动物性食品需求的增长，饲料玉米需求将逐步扩大；同时玉米深加工也将快速发展，玉米加工需求将急剧扩张，这种变化不但会改变玉米与大豆、小麦、稻谷等农产品的比价关系，而且会使玉米的供应趋向紧张，玉米价格随供求关系的变化而上涨，玉米种植比较收益也将相应提高。因此，预计未来 10 年在市场和政策的双重作用下，我国玉米播种面积仍将基本稳定在 3500 万公顷以上的水平。分地区看，东北地区玉米种植面积将逐渐增长，西北、西南等地区有望上升为主产区，以满足南方地区饲料养殖需求的增长。在产量方面，预计未来 10 年我国玉米年产量将保持年均 6% 以上的增长速度，到 2020 年我国玉米总产量可达 32853 万吨。

1.1.2 玉米在世界其他国家的种植面积和产量

全球有两大著名玉米生产黄金带，分别位于美国和中国。美国玉米黄金带位于中北部五大湖以南的艾奥瓦、伊利诺伊、内布拉斯加、明尼苏达等州，

东部和南部沿海也有少量玉米种植。北美洲玉米种植面积最大，亚洲、非洲和拉丁美洲次之。全世界每年玉米产量占全球粮食总量的 35% 左右，主产于美国、中国、欧洲、巴西、阿根廷、墨西哥等国家和地区。

世界主要的玉米生产国是美国和中国，两国的收获面积合计约占到世界的 40%，而产量超过世界总产量的一半。2012 年，美国玉米的收获面积为 3536 万公顷，占世界玉米总收获面积的 20.21%；总产量 2.74 亿吨，占世界总产量的 32.08%。中国玉米收获面积为 3503 万公顷，占世界玉米总收获面积的 20.02%；总产量为 2.06 亿吨，占世界总产量的 23.58%。目前巴西已成为世界第三大玉米生产国，其玉米收获面积 1420 万公顷，产量为 7110 万吨。其次是欧盟、阿根廷、墨西哥、印度，其中印度玉米收获面积的增长比较快，但其产量提高不多。玉米的单产基本能体现出玉米的生产技术水平。美国玉米单产最高，为 7.75t/hm²，是印度玉米单产的 3 倍。这说明不同国家的技术应用水平、生产管理水平和存在很大的差异，发达国家的技术应用水平高，其玉米的单产也比较高。2000~2012 年世界主要生产国的玉米种植面积情况见表 1-5，玉米产量情况见表 1-6 和图 1-5。

表 1-5 2000~2012 年世界主要生产国的玉米种植面积

千公顷

年份	世界	美国	中国	巴西	墨西哥	印度 尼西亚	阿根廷	印度
2000	139682	29434	23056	11710	8661	3402	2976	6500
2001	137597	27846	24282	10500	7280	3305	2745	6552
2002	138755	28050	24634	11871	7180	3292	2419	6200
2003	142685	28789	24068	12935	7781	3355	2323	7000
2004	145143	29668	25446	12437	8000	3353	2081	6800
2005	147577	30395	26358	11469	8000	3504	2740	7400
2006	144377	28590.0	28463	12602.7	7337.9	3346.4	2447.2	7590.0
2007	157874	35022.3	29478	13827.5	7800.0	3450.7	2838.1	7770.0
2008	161017	31825.6	29864	14445.3	7353.9	4003.3	3412.2	8300.0
2009	159531	32209.3	31138	13791.3	7200.0	4160.7	2337.2	8400.0