

玉米高产开发
原理与技术

山东科学技术出版社

主 编	张起君	黄舜阶	刘绍棣	李新政
执 笔	张起君	黄舜阶	刘绍棣	李新政
	罗广金	李登海	徐庆章	邹积华
	叶修祺	高学曾	范贻山	蒋石宝
	曲召令	于根亭	刘培利	刘成业
	姚有才			
统 稿	张起君	黄舜阶	徐庆章	
特邀审稿	孙小平			
封面题字	王建功			

前 言

玉米是山东省的主要粮食作物之一,现常年播种面积占粮食作物总播种面积的 28%以上,总产量占 35%以上。特别在秋粮中,面积一般占 60%,总产占 65%以上。经验证明,抓好玉米生产,对实现秋粮生产新突破,推动全省粮食产量上新台阶具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

近年来,全省乃至全国对玉米生产越来越重视,广泛开展了玉米高产开发活动,一个由低产变中产、中产变高产和高产更高产的开发热潮正蓬勃兴起。为适应形势,服务生产,我们特编写了《玉米高产开发原理与技术》一书。

本书的写作着眼点是立足山东,面向全国。主要内容包括高产开发原理、现有成功经验及新技术,良种繁育与水肥科学运筹,大面积亩产过 500 公斤与小面积亩产超吨粮的最新技术经验,玉米高产的生物学基础,玉米产量波动的气候分析,生产中科学管理与产后综合加工利用等。读者对象包括各级分管玉米生产的行政领导干部和从事玉米教学、科研、技术推广的专业工作者,以及具有初、高中以上文化程度的农民技术员等,也可作为农业院校在读学生的参考书。

本书融理论与实践、领导与生产、科研与推广为一体,力求内容新颖、不落俗套,语言流畅,通俗易懂,图文并茂,引人入胜。但由于水平所限,加之写作仓促,不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者于济南

1991 年 10 月

目 录

第一编 玉米高产开发的基本原理	1
第一章 玉米生产概况	1
第一节 世界玉米生产发展趋势	1
第二节 世界玉米生产的基本经验	8
第三节 我国玉米生产的现状及前景	11
第四节 我国玉米科技工作的发展及其作用	24
第五节 山东玉米生产经验及今后发展设想	27
第二章 玉米高产开发的原理与方法	38
第一节 开发的概念及其意义	38
第二节 开发的基本指导思想	40
第三节 玉米高产开发的范畴	42
第四节 高产开发的条件	50
第五节 开发要遵循的技术规律	53
第六节 高产开发的选题原则与条件	56
第七节 课题论证评审与决策	58
第八节 总结与评估	60
第三章 玉米开发的领导与决策	67
第一节 决策的概念和原则	67
第二节 决策的类型与方法	72
第三节 对策论	84
第四节 决策与预测	94
第四章 玉米高产开发田间设计原则与资料分析	103
第一节 提高开发研究水平的思维方法	103

第二节	田间试验设计原则与步骤	107
第三节	品种选择与研究方法分析	113
第四节	密度的确定及其研究方法	129
第五节	施肥技术及其研究方法	134
第六节	玉米产量与产量结构因素的关系分析	141
第七节	用于生物学分析的 Logistic 方程	146
第八节	产量验收中的数据统计	148
第五章	农艺措施的组装配套方法	151
第一节	零散农艺措施的组装配套	151
第二节	五元二次正交旋转回归设计的实施和应用	161
第三节	二次饱和 D-最优设计	186
第六章	山东玉米高产开发技术规范	200
第一节	技术模式	200
第二节	田间管理规程	206
第二编	玉米高产的理论基础	210
第七章	玉米的起源与发展	210
第一节	玉米的起源与传播	210
第二节	玉米的演化	220
第三节	未来的玉米	242
第八章	玉米高产的生物学基础	251
第一节	玉米营养器官与生长	251
第二节	玉米雄、雌穗的形态与建成	272
第三节	玉米籽粒的建成与发育	279
第四节	玉米器官之间的相互关系	285
第五节	玉米生长发育与环境条件	289
第九章	玉米高产的群体结构与控制方法	301
第一节	玉米群体光能利用概况	301
第二节	玉米高产的群体结构与光合性能	305

第三节	玉米种植密度与产量构成因素	319
第四节	合理密度的理论依据与种植方式	324
第十章	同化源的性能与产量潜力	332
第一节	光合作用	333
第二节	光合面积	348
第三节	光合时间	353
第四节	光合产物向籽粒的运输与经济系数	356
第五节	增库促源高产栽培理论及增穗保叶高产栽培法	360
第十一章	玉米籽粒库的性能与生产潜力	369
第一节	玉米雌穗小花的分化发育过程	369
第二节	籽粒败育时期及原因	373
第三节	粒数、粒重与环境关系及控制措施	377
第十二章	光热资源与玉米生产潜力	384
第一节	光热资源及其利用	384
第二节	株型结构与群体叶面积指数的合理范围	394
第三节	叶面积的动态过程与生产潜力	403
第三编	玉米高产技术	408
第十三章	玉米产量的波动与分析	408
第一节	玉米产量波动的研究方法	408
第二节	中国玉米产量波动分析	410
第三节	玉米产量波动的主要原因	419
第四节	气候变化对玉米产量的影响	426
第五节	未来气候变化对玉米生产的可能影响	445
第六节	减轻玉米产量波动的对策	449
第十四章	玉米高产施肥	461
第一节	玉米的营养特性	461
第二节	玉米养分吸收利用的影响因素	470
第三节	玉米高产施肥技术	477

第十五章 高产玉米合理灌溉	487
第一节 玉米需水规律	487
第二节 玉米灌溉制度	493
第十六章 玉米旱作栽培技术	503
第一节 旱作的意义	503
第二节 抗旱的技术措施	507
第十七章 玉米杂交种的利用	515
第一节 杂交种的应用现状	515
第二节 杂交种的选配与繁育	520
第三节 杂交种的防杂保纯	524
第四节 主要杂交种介绍	529
第十八章 玉米主要病虫害及防治	546
第一节 主要病害及防治	546
第二节 主要虫害及防治	550
第三节 玉米田间主要杂草及防治	561
第十九章 山东玉米的高产典型	565
第一节 李登海夏玉米亩产过吨的经验	565
第二节 桓台县玉米高产开发过 500 公斤的经验	570
第二十章 玉米的综合利用	578
第一节 玉米的结构与组成成分	578
第二节 玉米淀粉	584
第三节 玉米的发酵加工	592
第四节 玉米制糖	593
第五节 玉米油	601
第六节 玉米食品	603
第七节 玉米饲料	606
附录	611
一、世界历年玉米面积、产量	611

二、世界玉米主产国面积、产量	613
三、全国历年玉米面积、产量	615
四、各省(市、自治区)玉米面积、产量	617
五、山东省历年玉米面积、产量	620
六、1990 年山东各市(地)玉米面积、产量	622

第一编 玉米高产开发 的基本原理

第一章 玉米生产概况

长期以来,玉米在世界粮食生产中,一直享有很高的地位和声誉,许多生产国都把发展玉米生产作为解决粮食问题的重点作物去抓,并取得了很大成就。分析各国重视玉米生产的原因,必须从玉米自身说起。首先,玉米是C₄植物,光呼吸极低,有着较高的光合效率和生产潜力;第二,玉米是一种粮、饲兼用作物,不仅在人类的口粮中占有重要地位,而且也是发展畜牧业的重要物质条件;第三,杂交优势的利用比其他作物都早;第四,玉米的适应性广,从南纬35°~40°线到北纬45°~48°线的范围内,无论是高山或平原都可种植。有关资料统计,美洲玉米面积最大,为55915千公顷;其次是亚洲,为33956千公顷;欧洲为15912千公顷;大洋洲104千公顷。从气候角度考察,世界玉米主要分布在北半球的暖温带,即7月份等温线在20~27°C、无霜期在140~180天的范围内。

第一节 世界玉米生产发展趋势

一、生产现状

据联合国粮农组织统计,1950年世界玉米种植面积为12.4

亿亩,1986 年发展到 19.7 亿亩。在不足半个世纪的时间里,面积增加了 59.6%;单产由 104 公斤提高到 244 公斤,约增长了 1.35 倍;总产增长了 2.74 倍(见表 1-1)。

表 1-1 1950~1986 年世界玉米面积和产量变化

年 份 \ 项 目	面积(万亩)	总产(万吨)	单产(公斤/亩)
1950	123600	12840	104
1955	136950	15470	113
1960	163350	22420	137
1965	149040	22781	155
1970	160860	26132	162
1975	170775	32467	190
1980	194140	39405	204
1981	196290	45203	230
1982	188355	44830	238
1983	177525	34782	196
1984	190200	45275	238
1985	193425	48832	231
1986	197205	48060	244

在 1980~1985 年的 5 年中,世界谷物产量增长 18.61%,而在同期内小麦增长 17.5%,水稻增长 20.24%,玉米增长 20.71%,高于上述两种作物。

据 1986 年统计,在世界玉米生产国中,面积以美国为最大,达 4.2 亿亩,占世界总面积的 21.3%;其次是中国,为 2.8 亿亩,占 14.6%;第三是巴西,为 1.8 亿亩,占 9.5%。就单产而论,希腊居世界第 1 位,为 591 公斤;其次是法国,为 388 公斤;南斯拉夫为 351 公斤;罗马尼亚为 314 公斤;我国居第 5 位,为 250 公斤。总产的位次排列情况是,美国第 1,为 2.7 亿吨,占世界总产的 43.6%;中国第 2,为 7000 万吨,占 13.6%;依次是巴西、

南斯拉夫和苏联(见表 1—2)。

表 1—2 世界各国玉米生产情况

年 份 项 目 国家	1950			1986			1986 比 1950 增 长(倍)
	面积 (万亩)	总产 (万吨)	单产 (公斤/亩)	面积 (万亩)	总产 (万吨)	单产 (公斤/亩)	
美 国	49665	7767	157	42000	20963	499	3.18
中 国	18849	1685	89	28685	7086	250	2.81
巴 西	7017	579	91	18698	2051	110	1.21
墨 西 哥	6000	750	41	10227	1215	119	2.90
印 度	4590	121	37	8850	800	90	2.43
苏 联	6576	575	87	7754	1250	161	1.85
罗马尼亚	4634	250	54	6375	2000	314	5.81
阿 根 廷	3600	260	72	5027	1240	247	3.43
南斯拉夫	3317	209	63	3564	1250	351	5.57
泰 国	51	3	53	2684	420	156	2.94
法 国	487	40	83	2783	1079	388	4.67
意 大 利	1862	192	103	1299	656	506	4.91

二、发展特点

由于受诸多因素的影响,世界各玉米产区、各生产国之间,虽然均有不同之处,但亦表现出许多共同特点,归纳起来主要有以下几个方面。

1. 提高单产是发展玉米生产的唯一途径

从世界范围看,玉米面积已发展到 19 亿多亩,扩大面积的可能性已经不大,提高单产是玉米发展的唯一途径。如美国 1950 年玉米面积为 4.97 亿亩,70 年代减为 3.75 亿亩,1986 年又回升到 4.2 亿亩,单产每 10 年增加 100 公斤。南斯拉夫 30 年来,玉米面积一直稳定在 3000 多万亩,单产由 63 公斤提高到现在的 351 公斤,平均每年增加 8 公斤。目前,我国的情况亦如此,以稳定面积、提高单产水平作为发展玉米生产的战略方针。法国

是唯一扩大面积,同时又提高单产的国家,1950年只有487万亩玉米,单产83公斤,1986年达到2783万亩,单产达到388公斤,面积和单产每年均以10%的速度增长。

2. 玉米在粮食生产中的比重逐步增加

1951年全世界玉米播种面积占谷物总面积的14.3%,总产量占19.3%;1986年玉米播种面积上升到17.8%,总产量在粮食中所占比重上升到25.8%。

3. 玉米单产的增长幅度最大

1951年世界玉米单产为105公斤,1986年达到245.7公斤,增长1.35倍。而同期水稻单产分别为107.5公斤和214.7公斤,增长99.7%;小麦在这一期间单产由67.5公斤上升到147.8公斤,增长1.19倍;高粱由53.5公斤上升为102.9公斤,增长35.4%。从表1—3中可以看出,在几种主要谷物中,玉

表 1—3 世界主要粮食增长(公斤/亩)

作 物 年 份	粮 食	玉 米	稻 谷	小 麦	高 粱
1951	78	104.5	107.5	67.5	76.0
1971	123.5	182.5	153.0	109.0	79.5
1972	103.5	186.0	150.5	107.5	77.0
1973	127.0	188.5	159.0	113.5	75.0
1974	122.5	172.0	157.0	108.0	79.5
1975	123.5	190.0	168.0	103.5	79.5
1976	131.5	190.5	163.5	118.0	81.0
1977	130.5	197.0	171.0	111.0	84.5
1978	140.5	206.0	176.5	127.0	87.5
1979	136.5	220.5	173.0	118.5	89.0
1980	141.4	200.5	184.0	125.5	82.5
1981	147.0	220.0	189.0	126.0	99.5
1985	156.7	245.7	214.7	147.8	102.9
34年增长(%)	100.0	135.1	99.7	119.0	35.4

注:引自佟屏亚《世界玉米生产概况和栽培技术特点》。

米的单产提高最快,增长幅度最大。这种情况曾引起许多国家的重视,把发展玉米作为振兴自己农业的重要措施。如法国 1950 年全国玉米面积仅 488 万亩,占粮食总播种面积的 3.3%,总产量只占粮食总产的 2.4%。到 1986 年,玉米面积迅速发展到了 2783 万亩,占粮食总播种面积的 18.6%;玉米总产由 40.4 万吨增加到 1079 万吨,增长 26.7 倍,占粮食总量的 21.7%。50 年代初期,法国人均占有粮食为 300 公斤,80 年代达到 1000 公斤。按 36 年计算,仅玉米一项平均每年为法国每人提供了 207.7 公斤的粮食。由于玉米的发展,带动了该国畜牧业的发展。50 年代初期,畜牧业在农业总产值中只占 25%,到 80 年代畜牧业总产值上升到 60%。现在,法国不仅是世界玉米重要出口国,而且也是畜产品的主要出口国。

4. 玉米生产向专业化和区域化发展

许多国家,特别是发达国家专业化程度尤为明显。美国 4 亿多亩玉米集中在中西部 5 个州,成了世界上有名的玉米带,其面积和产量均占全国的 80%。法国、意大利、德国等也基本上实现了专业化和区域化。由于专业化的发展,进一步发挥了技术及机械化的优势,使单位面积产量迅速提高。

5. 玉米生产向机械化和化学化迈进

在一些发达国家,玉米生产基本上实现了机械化和化学化。美国从 1940~1975 年,每亩玉米产量从 100 公斤增至 350.5 公斤,每生产 50 公斤玉米从用工 2.1 个减至 0.1 个,劳动效率提高了 20 多倍。60 年代有玉米农场 396.3 万个,平均每个农场面积 1800 亩;70 年代减至 281.8 万个,每个农场面积增至 2300 亩。

三、玉米在世界粮食生产中的地位

随着生产的发展,人们的生活水平不断提高。现在许多国家把人均占有的玉米量作为衡量一个国家的生活标准,因为玉米的占有量与畜牧业的发展有直接关系。根据联合国粮农组织资料,1986年世界人口平均占有玉米 98.4 公斤,美国 870.6 公斤,我国人均约为 66 公斤(见表 1—4)。

表 1—4 世界玉米生产国玉米占粮食比重和人均玉米数量
(1986)

国别	玉米总产(万吨)	占谷物粮食比例 (%)	人均玉米量 (公斤)
世界	48360	25.8	98.4
美国	20963	66.2	870.6
法国	1097	21.7	194.8
巴西	2051	26.6	148.2
意大利	656	34.9	114.7
罗马尼亚	2000	65.8	874.1
南斯拉夫	1250	68.0	537.4
苏联	1250	6.3	44.6
南非	808	74.1	243.1
中国	7086	20.1	66.1

注:引自张桐《中国和外国农牧渔业经济统计资料及其对比》。

另据统计资料,1984年中国畜牧业产值占农业总产值的 14%,而同期世界人均占有肉类 30 公斤、乳制品 49 公斤。其主要国家人均肉类和乳制品占有量见表 1—5。

表 1—5 世界主要国家畜产品人均占有量 (公斤/人,1984)

国别	肉 类	乳 制 品
美国	109	260
法国	102	606
苏联	61	4
中国	15	2

如果到 2000 年,中国的畜牧业产值提高到 30%,则需 1500 亿公斤粮食作饲料。根据预测,那时的全国玉米产量只有 1000 亿公斤。所以,玉米生产在我国将是一项长期而又艰巨的任务,也是一项关系到发展经济、增加供给、改善生活的重要产业。

世界上有许多国家把发展玉米作为发展自己农业的重要手段。美国的农业,实际上是以玉米为支柱,1985 年美国粮食总产 4.09 亿吨,其中玉米 2.2 亿吨,占 55.06%。罗马尼亚玉米占粮食总产的 55.29%,南斯拉夫占 59.36%,我国为 16.8%。由于美国占据玉米产量上的优势,所以 70 年代出口量占世界总出口量的 70%,控制了整个世界粮食市场。第二次世界大战之后,世界粮食市场日趋紧张,刺激了美国的玉米生产,并长期把粮食作为重要战略物资,对一些国家实行控制。法国的农业也是从抓玉米开始的,二次大战后,法国是一个粮食进口国,1950 年法国的玉米分布于地中海沿岸,面积为 487 万亩,随着早熟品种的选育成功,玉米种植范围推进到巴黎以北,使玉米面积迅速扩大到 2700 万亩,单产由 1950 年的 83 公斤发展到 1986 年的 388 公斤,战后 20 年的时间,由粮食进口国变为粮食出口国。苏联在“十月革命”后,国内生物学界米丘林遗传学派取得了统治地位,因而对玉米自交系育种持否定态度,60 年代初,为了摆脱国内粮食生产的困境,广泛从美国引进玉米杂交技术,使苏联农业出现了新的生机。还有许多国家,也把发展玉米列为本国农业的发展战略。如泰国,原是以水稻生产为主的国家,近年针对国际市场状况,也积极发展玉米。

第二节 世界玉米生产的基本经验

在世界玉米生产中,各国条件虽然不同,但高产技术却有共同的一面。

一、增施肥料,培肥地力

西方一些玉米高产国家,土壤肥力一般高于我国。以美国的伊利诺斯州为例,全州 6000 万亩玉米,平均单产 500 公斤以上。该州 1.2 亿亩土地,平均有机质含量为 3~5%,高的达 8~11%。他们的化肥用量,每 10 年翻 1 番,并重视全量施肥。1984 年世界平均施用化肥(N、P、K 纯量)为 85.3 公斤/公顷,我国为 174 公斤/公顷,美国为 104.1 公斤/公顷(美国为一年一作);但按人均消费量,世界平均为 26.8 公斤,中国为 16.8 公斤,美国为 84.3 公斤。

西方一些发达国家,畜牧业已从种植业分离出去,所以农田一般不施用农家肥,因此,为了保持土壤肥力,他们十分重视秸秆还田。据资料介绍,每施入 1 吨秸秆,可增产玉米 100 公斤左右。由于长期实行秸秆还田,并大量施用化肥和微肥,所以土壤比较肥沃。美国的伊利诺斯州土壤离子交换量为 24.61 毫克/100 克,速效氮为 5.34 公斤/亩,速效磷为 3.24 公斤/亩,有机质为 3%以上。

他们的科学施肥还表现在配方施肥上,每块地应该施什么肥,施用数量,都是经过化验后决定的,农户只要把土样送到当地化验中心,几天后,对土壤的需肥量、土壤供肥能力、应施入量都会得到满意答复。然后,化肥公司根据化验结果进行配方施肥。

美国的农业基本上还是雨养农业,全国的灌溉面积仅占1%。以伊利诺斯州为例,全年降雨量为750~1000毫米,主要分布在3~6月份4个月,不如我国的雨热同季。但由于土壤物理性状好,蓄水能力强,基本上可以满足玉米的水分要求。

二、利用杂交优势,严格种子检验制度

玉米高产技术也体现在品种良种化、施肥科学化、管理机械化上,在这“三化”之中,良种是核心。西方玉米高产国家的种子法十分严格,种子繁育、检验都有专门机构。种子出售之前,必须经过种子部门的严格检验,由种子部门发给合格证书方可出售。除此之外,检验部门还随时、随地抽样检验。各种子公司为了在竞争中求得发展,本身对种子的质量也是严格要求的,出售的种子必须经过精选、拌药,并按粒数装袋(每袋8万粒)。袋上注明品种名称、栽培特点、种子质量指标等。凡是达不到播种要求的,种子子公司负责赔偿。由于种子分级包装(8级),所以种子大小一致,出苗十分整齐。

美国非常重视玉米种子质量,这除了有种子法的严格约束外,资本家的竞争意识也迫使他们提高质量。另外,正确有效的自交系原种繁育程序,保证了种子纯度。我国长期对自交系的保纯缺乏一套繁育程序,而错误地以所谓“提纯复壮”来代替自交系的保纯技术。几十年的实践证明,对异花授粉的玉米来说,生物学的混杂是无法提纯的。过去采用的提纯方法,实际上是选择相似的二环系。

美国自交系原种的繁育也有一套严格的方法,第一年把自交系种植在繁育圃(至少1亩地的面积),于抽穗前在繁育圃按自交系的典型性状选株套袋约10公斤种子的株数,收获后即即为原种。第二年再将10公斤原种的一半扩大繁殖作生产用亲本种