

# 玉米

## 育种技术与实践

◎ 刘治先 等著



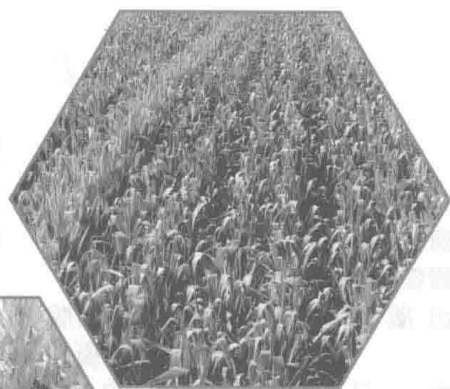
中国农业科学技术出版社

非外借

# 玉米

## 育种技术与实践

◎ 刘治先 等著



## 图书在版编目(CIP)数据

玉米育种技术与实践 / 刘治先等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2019. 6

ISBN 978-7-5116-4185-4

I. ①玉… II. ①刘… III. ①玉米—作物育种 IV. ①S513.03

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第088644号

责任编辑 崔改泵 李 华  
责任校对 贾海霞  
出版者 中国农业科学技术出版社  
北京市中关村南大街12号 邮编: 100081  
电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109702 (发行部)  
(010) 82109709 (读者服务部)  
传 真 (010) 82106650  
网 址 <http://www.castp.cn>  
经销者 各地新华书店  
印刷者 北京建宏印刷有限公司  
开 本 787mm×1 092mm 1/16  
印 张 14.25 彩插4面  
字 数 318千字  
版 次 2019年6月第1版 2019年6月第1次印刷  
定 价 89.00元

◀ 版权所有·翻印必究 ▶

# 《玉米育种技术与实践》

## 著者名单

主 著：刘治先

副主著：杨 菲 齐世军 李文才

著 者：（按拼音排序）

曹 冰 高新学 郭庆法 李 霞 李杰文

李文才 李文兰 李宗新 刘 朋 刘 霞

刘长虹 刘治先 鲁守平 马 兰 孟昭东

穆春华 齐世军 孙 琦 孙浩洋 汪黎明

薛艳芳 杨 菲 于彦丽 张 华 张发军

赵 勐 赵丽萍

审 稿：刘治先 李文才 杨 菲

# 前 言

玉米为禾本科，黍亚种，玉蜀黍属，一年生草本植物。染色体数 $2n=20$ 。玉米学名为*Zea mays* L.，英文名称maize或corn，中文名称较多，旧称玉蜀黍、苞谷等，现通称玉米。

关于玉米的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。考古学家曾在墨西哥古迹中发现野生玉米大刍草的花粉化石以及玉米植株和果穗遗体，直到在那里仍有很多地方可以找到玉米的野生祖先——大刍草（Teosinte）。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，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。而近代考古学家在中美和南美的古代遗址发掘出玉米穗轴，经 $^{14}\text{C}$ 测定，距今已有5 000~7 000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都早已开始种植玉米了。此后传播到世界各地，经过长期的自然和人工选择，逐渐演变成为世界范围内重要的农作物之一。

16世纪玉米从美洲传入中国，历经500年左右的发展和演变，在中国农业生产中的地位越来越突出。18世纪后玉米开始大面积种植，至抗日战争前的1936年面积已达693万 $\text{hm}^2$ ，总产1 010万t。随着育种、栽培、植保等技术的引进改良及创新，玉米的产量得到大幅度提升。20世纪50年代玉米种植已经遍布全国各省、自治区、直辖市，发展为仅次于稻麦的第三大粮食作物。1956年玉米播种面积扩大到1 766万 $\text{hm}^2$ ，至1980年已扩大到2 035万 $\text{hm}^2$ 。2007年玉米播种面积达到2 948万 $\text{hm}^2$ ，已经超过水稻2 892万 $\text{hm}^2$ 和小麦2 372万 $\text{hm}^2$ ，成为中国播种面积最大的粮食作物。2012年玉米总产量达到20 561万t，已经超过水稻20 424万t和小麦12 102万t，成为中国总产量最高的粮食作物。2015年玉米播种面积已达到4 497万 $\text{hm}^2$ ，

单产5 890kg，总产量达到26 499.2万t，成为历史新高。显而易见，目前，玉米不仅是中国播种面积最大的粮食作物，也是总产量最高的粮食作物，其在国民经济发展中的作用举足轻重，年际间的丰歉直接影响到国家粮食安全及畜牧养殖业和玉米加工业的发展。

一粒种子可以改变一个世界，一个品种可以造福一个民族。玉米品种可以说是玉米产业的“芯片”。纵观百年中国玉米品种的发展、演变史，也是遗传改良史。在推动玉米产量提高，产业进步的诸因素中，玉米品种遗传改良的作用是第一要素。中国玉米品种的遗传改良历史先后经历了农家品种评选、品种间杂交种、双交种、三交种和单交种的几个发展阶段。

20世纪30年代，为现代玉米育种的启蒙时期。玉米品种的遗传改良主要是对农家品种的评选和引进改良为主，并开始探索杂交玉米育种工作。20世纪40—50年代，特别是中华人民共和国成立后，玉米品种的遗传改良研究进入了现代玉米育种时期，从对农家品种的评选和引进改良转为选育品种间杂交种。先后评选出以金皇后、金顶子和白马牙等为代表的40余个优良农家品种应用于生产，在此基础上选育出坊杂2号、春杂1号和百杂1号等一批品种间杂交种开始大面积推广应用。20世纪60年代，则进入以选育推广双交种为主的阶段。利用玉米杂种优势技术，选育推广玉米杂交种带来的增产作用十分显著。农业农村部委托山东省农业科学院、中国农业科学院和北京农业大学等单位举办玉米杂交育种培训班，加大杂交玉米的推广力度。先后育成推广了双跃3号、春杂5号和豫双1号等一批双交种，在生产中发挥了重要作用。特别是双跃3号在20世纪70年代推广面积达到200万 $\text{hm}^2$ 以上。同时，育种家们开始玉米单交种的选育工作。河南省新乡农业科学研究所张庆吉等选育的新单1号，曾创造公顷产量9 120kg的记录。新单1号的育成标志着中国玉米育种研究工作从选育双交种开始转向选育单交种。20世纪70年代，为了充分发挥玉米杂种优势的增产作用，选育与利用玉米单交种已势不可挡。育成推广了鲁三9号、中单2号和郑单2号等一批三交种、单交种。至20世纪70年代末，中国杂交玉米播种面积近1 500万 $\text{hm}^2$ ，其中玉米单交种的覆盖面积占70%以上。20世纪80年代，玉米品种的遗传改良研究进入单交种时代，玉米生产进入产业化发展阶段。随着玉米产业在国民经济中的地位日益提高，玉米育种研究越来越受到重视。

21世纪以来，随着现代玉米育种理论和技术的不断完善、创新，外来种质的引进利用导致玉米遗传多样性日益增多，国内核心种质持续得到改良和提高。在商业化育种理念的推动下，玉米品种的数量和种类呈现迅速增长的势头，优良品种不断涌现，有力推动了玉米产业的健康发展。然而，当前玉米产业依然面临着许多问题和挑战。气候变化带来的适应性压力，新的病、虫、草害产生的生物逆境，耕作方式和农机、农艺结合对品种的需求压力，全民生活水平提高对玉米的商品品质和卫生品质改善压力，生产成本的提高与市场价格较低造成种植效益较低的压力等，都

需要通过持续不断地进行玉米遗传改良来解决。

玉米遗传改良的基础是种质的改良和创新，关键是育种理念的创新、育种技术的不断进步和杂种优势模式的创新利用，核心是持续创制符合产业需求的玉米杂交种。这是一个继往开来、循序渐进、经验累积和不断创新的过程。目前，玉米育种综合性和品种介绍类书刊较多，但现代玉米育种技术的发展应用，优良玉米品种的育种实践等专业性书籍尚少。山东省农业科学院玉米研究所刘治先研究员，从事玉米遗传育种研究近40年，在普通玉米、糯玉米、甜玉米、优质蛋白玉米育种技术与实践方面做了一些研究工作，先后育成和发放了齐205、齐3925和齐2839等多个玉米优良自交系，育成鲁玉13、鲁单7045、鲁单718和鲁糯7087等10余个审定的优良杂交种，并得到大面积推广应用。对现代玉米育种技术的发展、种质的改良和创新、自交系和杂交种的选育技术等方面有独到之处，在专业学术刊物上公开发表多篇研究论文。这些论文不单是刘治先研究员及其团队育种经验的积累和工作实践的总结、思考的过程记录，更是集体智慧的结晶，是玉米产业的一笔宝贵财富。

为了珍惜这笔财富，加强研究成果的交流与推广，让更多从业者得惠于此。同时，也为了感谢刘治先研究员及其团队的辛勤付出，营造更加浓厚、活跃的学术氛围，激励更多年轻人积极投身于玉米育种事业，养成善于思考、总结和交流的习惯，更好地树立玉米育种理念，完善创新设计、提升创新技能，助推中国玉米产业的发展。山东省农业科学院玉米研究所部分中青年专家，在搜集、整理、浓缩、贯通刘治先老师及其团队公开发表的部分研究论文的基础上，成功编写了《玉米育种技术与实践》一书。本书得到了“十三五”国家重点研发计划项目“黄淮海玉米种质改良及强优势杂交种创制”课题（2016YFD0101205）、山东省重点研发计划项目“基于云计算的玉米品种及其亲本系谱追溯分析”课题（2015GNC110028）等项目的支持，也得到了山东省农业科学院玉米研究所有关领导和相关单位的大力支持，许多业内同行提供了宝贵建议，在此一并致谢！

本书共分5章。第一章以育成的玉米自交系和杂交种为实例，概括介绍了育种思路和选育玉米新品种的策略；第二章介绍了现代玉米育种新技术；第三章介绍玉米种质资源的改良、创新、利用方法和经验，以及热带、亚热带玉米种质改良研究进展和世界主要玉米复合种质改良利用的状况；第四章介绍了玉米新品种综合评价方法和新品种保护的现状与对策；第五章简要介绍了国内外玉米产业的发展策略。从本书中可以看出研究者留下的足迹，展现了不同的创新思路和研究设计，这是值得倡导和发扬的。著者把刘治先研究员及其团队不同时期公开发表在各种杂志的文章汇在了一起，应该说文章涉及的面比较宽，也有一些比较深入的研究结果。这些文章是作者多年辛勤汗水之所得，有的已经退休了，这本书的出版也是一个很好的纪念。

承担本书撰写任务的中青年专家学者，本着强烈的敬业精神和浓厚责任感，耐

心搜集、查阅、分析、整理了刘治先老师及其团队公开发表的部分研究论文，紧密结合实践经验，尽量全面展现刘老师及其团队的育种经验和工作业绩，力求做到本书编写的科学性、系统性、实用性和创新性。由于篇幅和著者水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，恳请各位专家、学者及同行给予批评、指正。

衷心献给长期关注和支持山东省农业科学院玉米研究所健康发展，致力于玉米产业的人士和从事玉米遗传改良研究的同行。

著者

2019年5月

# 目 录

<b>第一章 玉米新品种选育策略</b> .....	1
第一节 山东省玉米育种成绩斐然 .....	1
第二节 玉米杂交种鲁单718的选育策略 .....	6
第三节 超高产玉米新品种鲁单7045选育的创新思路 .....	11
第四节 高产·多抗玉米新品种天益青7096的选育与启示 .....	16
第五节 鲜食糯玉米新品种鲁糯7087的选育及栽培技术要点 .....	19
第六节 优质蛋白玉米鲁玉13号选育研究 .....	23
第七节 优质蛋白玉米自交系齐205的选育研究 .....	28
<b>第二章 玉米品种选育技术</b> .....	32
第一节 玉米育种新技术 .....	32
第二节 玉米Stock6的遗传特性及其在玉米育种上的应用 .....	36
第三节 玉米单倍体诱导材料的鉴定和快速选系技术研究 .....	41
第四节 玉米单倍体高效加倍技术规范 .....	47
第五节 玉米油和优质油玉米育种 .....	52
第六节 高油酸玉米突变体的诱导和遗传分析 .....	56
第七节 玉米胚乳蛋白质及氨基酸遗传控制的研究现状 .....	61
第八节 美国玉米自交系的种质基础分析 .....	69
第九节 美国甜玉米生产概况 .....	74
<b>第三章 玉米种质资源研究与创新利用</b> .....	81
第一节 山东省玉米种质资源的研究与利用 .....	81
第二节 山东省玉米杂交种的种质基础 .....	84
第三节 山东省玉米杂种优势利用和种质创新研究 .....	89
第四节 山东省玉米主要育成推广杂交种系谱分析 .....	95
第五节 玉米育种核心种质的构建与有效利用 .....	99

第六节	热带、亚热带玉米种质的导入和改良创新研究 .....	109
第七节	热带、亚热带玉米种质的改良研究进展 .....	113
第八节	热带、亚热带玉米种质的利用研究进展 .....	120
第九节	优质蛋白玉米种质的导入与利用 .....	125
第十节	国外玉米种质资源的研究和利用进展 .....	128
第十一节	世界主要玉米复合种质的研究和利用 .....	135
<b>第四章</b>	<b>品种保护与评价 .....</b>	<b>144</b>
第一节	我国植物新品种保护与创新 .....	144
第二节	我国植物新品种保护创新指数状况和发展建议 .....	151
第三节	玉米区试参试种的模糊综合评判 .....	156
第四节	用模糊数学评价玉米区试种的探讨 .....	160
第五节	不同类型玉米自交系籽粒脱水速率研究 .....	164
<b>第五章</b>	<b>国内外玉米产业的发展策略 .....</b>	<b>170</b>
第一节	世界玉米经济展望 .....	170
第二节	世界玉米经济的现状和发展趋势 .....	173
第三节	美国玉米经济的发展策略 .....	179
第四节	借鉴美国经验科学发展我国的玉米产业 .....	182
第五节	山东省玉米生产现状与科技对策 .....	188
第六节	建设山东玉米强省的指标体系和战略对策 .....	192
第七节	优质专用玉米生产的目标和对策 .....	196
第八节	我国优质专用玉米的发展策略 .....	202
第九节	世界转基因农作物的应用现状和发展趋势 .....	208
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>213</b>

# 第一章 玉米新品种选育策略

## 第一节 山东省玉米育种成绩斐然

### 一、玉米品种的更新和育种技术的发展

新中国成立以来，山东省玉米生产水平随着科学技术不断进步，育种技术逐步完善和提高，种植面积由1949年的94.9万 $\text{hm}^2$ ，发展到1990年的240.5万 $\text{hm}^2$ ，增加1.53倍；平均单产由930 $\text{kg}$ 提高到5 205 $\text{kg}$ ，增加4.60倍。41年间平均每年每公顷增产104.3 $\text{kg}$ 。特别是开始采用玉米自交系间杂交种的1962—1990年28年间，平均每年每公顷增146.7 $\text{kg}$ ，比美国1960—1985年25年间平均每年每公顷增116.4 $\text{kg}$ 高26.0%。实践证明，玉米生产的发展与杂交种的选育和利用密切相关。分析国内外资料表明，玉米杂交种在单产增长中一般占30%左右。所以，利用玉米杂种优势是最有效的增产措施。

#### （一）品种的更新和生产水平的提高

山东省玉米育种经历了筛选、评优、示范推广农家品种、选育推广品种间杂种，自交系间双交、三交和单交种的发展历程。

##### 1. 20世纪40年代末，以筛选、评优、示范推广农家品种为重点

先后选育推广了小粒红、大粒红等农家品种；引进推广了金皇后、华农2号等。比当时的地方品种一般增产10%以上，为山东省玉米生产的发展和育种工作的提高奠定了基础。

##### 2. 20世纪50年代初，山东省开展了玉米品种间杂交种的选育

山东省立坊子农场选育出我国第一个品种间杂交种坊杂2号。与此同时，莱杂7号、齐玉24号、齐玉26号等也相继被选育出来，取代了当时推广的农家品种，第一次更新了山东省的玉米品种。品种间杂交种比农家品种一般增产20%~30%，在省内外得到迅速推广。如坊杂2号最大年种植面积3.3万 $\text{hm}^2$ （1959年），累计推广

100万 $\text{hm}^2$ 。1953年获华东农林部科技成果三等奖。

### 3. 20世纪50年代中期，山东省开展了玉米自交系间杂交种的选育

先后选育出双跃3号、80号和烟双545等一批高产、抗病的双交种，取代了品种间杂种，第二次更新了山东省的玉米品种。双交种比品种间杂种一般增产20%以上。促进了山东省玉米面积的扩大和单产的提高。种植面积由1955年的127万 $\text{hm}^2$ ，扩大到1965年的135.6万 $\text{hm}^2$ ；单产由1 380kg提高到1 747.5kg。10年间面积增加6.8%，单产提高了26.6%。特别是双跃3号，高产、稳产、适应性强，在全国19个省（区）种植，山东省最大年种植面积26.7万 $\text{hm}^2$ （1966年），全国最大年种植面积53.3万 $\text{hm}^2$ （1966年）。累计推广面积22 617万 $\text{hm}^2$ 。1978年获全国科学大会奖。

### 4. 20世纪50年代中期，山东省加强了玉米自交系间三交种、单交种的选育

先后选育出威风322、原武02等配合力较高的自交系；引进利用了Mo17、自330、黄早4等优良自交系。选育推广了烟三6号、鲁三9号等三交种，鲁原单4号、单交36号和鲁单号系列单交种等；引进推广了群单105，郑单2号和丹玉6号等优良单交种。取代了双交种，是山东省的第三次品种更新。三交种、单交种比当时推广的双交种一般增产20%左右，对山东省玉米生产的发展发挥了重要作用。种植面积由1966年的153.3万 $\text{hm}^2$ ，扩大到1979年的213.6万 $\text{hm}^2$ ，增长37.5%；单产由1 965kg提高到3 420kg，提高74.0%。尤其是鲁三9号、鲁原单4号，山东省最大年种植面积分别为26.3万 $\text{hm}^2$ （1979年），37.6万 $\text{hm}^2$ （1982年），全国累计推广面积分别为140.4万 $\text{hm}^2$ 和206.7万 $\text{hm}^2$ 。1978年鲁三9号获全国科学大会奖；1979年鲁原单4号获农业部技术改进一等奖。

5. 20世纪80年代初期，为了使玉米高产再高产，山东省以选育推广高产、优质、多抗、紧凑型玉米单交种为主

选育出掖107、潍矮141等高配合力的自交系和烟单14、鲁玉号系列单交种应用于生产。引进推广了中单2号、丹玉13号等大穗型玉米单交种。取代了三交种、单交种，实现了第四次品种更新。这些杂交种比当时推广的三交种、单交种一般增产15%左右。

### 6. 20世纪90年代中期，山东省以选育紧凑大穗型玉米单交种为主

先后选育出U8112、H21和齐310等株型紧凑、多抗性强的优良自交系，选育推广了掖单4号、鲁玉10号和鲁玉11号等一批株型紧凑、农艺性状更为优良的单交种；引进推广了沈单7号等大穗型单交种，大幅度提高了玉米产量，由1985年的4 500kg提高到1990年的5 205kg，5年间平均每年每公顷增产141kg。

## （二）育种技术的发展过程

山东省玉米遗传育种技术的发展大致可分4个阶段。

### 1. 农家品种的筛选评优阶段

20世纪40年代中至50年代初，主要是搜集、整理农家品种，进行鉴定、评优、推广利用。

### 2. 单纯的常规育种阶段

20世纪50年代初至60年代末，主要是利用常规育种手段，以优良农家品种为基础材料，用系谱法选育自交系，培育品种间杂交种、双交种。此期是育种技术从起步到完善的时期。

### 3. 以常规育种为主，辐射育种、化学诱变为辅阶段

20世纪70年代初到80年代初，主要是应用常规育种技术，以顶交种、单交种等为基础材料，用系谱法、回交法选育二环系或多环系。同时，加强<sup>60</sup>Co辐射、化学诱变等新技术的探索应用，并利用冬季南繁进行南北穿梭育种等手段。特别重视了国外种质的研究和利用。这一阶段是育种技术从完善到提高、发展的时期。

### 4. 多种技术并用，积极探索新技术

除重点应用常规育种、优良种质导入、辐射育种、花药培养等多种技术外，积极探索孤雌生殖、同工酶和激光处理等技术，开拓育种新途径，以期获得突破性进展。

40多年来的育种实践表明，结合生产实际市场需要，正确制定育种目标，是育种工作成功的关键；充分利用现有种质，积极引进和利用国外种质是育种工作的物质基础；以常规育种为主，多种技术并用是育种工作的主要途径；专业队伍稳定、多部门多学科协作是加速育成种推广的有效措施。

## 二、紧凑型育种研究居国内领先地位

### （一）理论基础和选择指标

紧凑型育种在20世纪60年代中期业已提出，它是遗传学和栽培生理学相结合的产物。以增加密度，提高光合面积和光能利用率为前提，选育株型紧凑的玉米杂交种为手段，依靠群体创高产。但是，忽视杂交种是以杂种优势获得增产的主导作用，而试图以叶片直立紧凑来加大种植密度，扩大“叶面积工厂”获得突破性高产的“唯株型论”，那将使紧凑型育种走入困境。经多年努力，山东省育种工作者对紧凑型育种的株型标准提出了科学的选择指标：株高中等或中等偏上；果穗下部叶片平展，上部叶片短而上冲；茎叶夹角 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，整个植株叶片分布呈塔形。最大叶面积系数 $5 \sim 6$ ；经济系数 $0.5$ 以上，雄穗小、花粉量大；雌雄穗花期协调；茎

秆坚韧，根系发达，高抗倒伏倒折；抗多种玉米病害，活秆成熟等。

## （二）紧凑型育种的成果及应用

根据上述指标，20世纪70年代末至80年代初，山东省先后选育出烟单14号、鲁玉2号等一批紧凑型玉米杂交种应用于生产，表现了较高的生产潜力，使山东省紧凑型育种达到国内领先地位。具有代表性的是烟单14号，1981年在龙口市创下了公顷产量14 155kg的高产纪录。1981—1982年烟台地区6个县2 000hm<sup>2</sup>高产示范田，平均单产7 603.5kg，这是紧凑型品种首次大面积过7 500kg大关，并获得农牧渔业部高产二等奖。1981—1990年山东省累计推广面积近400万hm<sup>2</sup>，全国累计推广近800万hm<sup>2</sup>，成为全国种植面积最大的杂交种之一。1985年获部级科技进步二等奖。

20世纪80年代中末期，又选育推广了鲁玉10号、鲁玉11号以及苗头杂交种掖单12号、掖单13号等综合性状更为优良的紧凑型玉米杂交种。

紧凑型育种从倡导到20世纪90年代中期，经历近30年的历程。从小面积高产示范到大面积高产开发，都获得了成功，其原因就是根据生态条件和生产需要，正确制定育种目标，摆正了株型与群体的库源关系、单株生产与群体生产力的关系。通过对株型的改革，提高了光合叶面积和光能利用率，充分发挥群体的生产潜能，为我国玉米高产育种开拓了一条新途径。

## 三、抗病育种研究达到世界先进水平

### （一）玉米病害的为害和防治研究

我国地理气候复杂，耕作制度多样，玉米多种病害的发生和流行对玉米生产造成了严重威胁。20世纪70年代末，玉米大、小斑病曾大流行。据北方8省调查估计，受害面积达667万hm<sup>2</sup>，减收玉米17亿kg。山东省泰安市玉米矮花叶病曾大流行，年受害面积达2.4万~2.7万hm<sup>2</sup>，损失玉米1 000万kg以上。20世纪80年代以来，玉米青枯病在局部地区危害严重。

为了防治病害，减少损失，山东省先后对玉米大小斑病、矮花叶病和青枯病等病理机制、遗传规律进行了研究。提出以选育抗病品种为主的综合防治方法，使玉米各种病害基本得到控制。

### （二）抗病育种的成果及应用

实践表明，通过选育抗病品种防治玉米病害，是最经济有效的方法。玉米病害往往混合发生，一个品种只抗一种病害是难以立足的，生产上迫切需要兼抗或多抗品种。经多年努力，山东省抗病育种取得了满意的进展。先后选育出鲁玉号系列、掖单号系列等一大批具有兼抗或多抗特性的杂交种应用于生产，成为玉米高

产稳产的重要保证。如鲁玉2号,经多年推广应用表明,该杂交种高抗玉米大、小斑病,抗青枯病等。1982—1990年山东省累计推广面积334万 $\text{hm}^2$ ,全国累计推广667万 $\text{hm}^2$ ,成为全国种植面积最大的杂交种之一。1987年以来,山东省先后向日本出口掖单4号、掖单13号等玉米种,其抗病性和生物产量均优于美国先锋种子公司的P3352杂交种,受到外国友人的好评,表明山东省抗病育种研究已达到世界先进水平。

#### 四、特用玉米品质育种研究有了重大突破

山东省玉米品质育种起步较晚,“六五”和“七五”期间列入国家攻关项目。选育研究的范围是高赖氨酸玉米、糯玉米、甜玉米和笋玉米等。

##### (一) 高赖氨酸玉米选育研究获得重大突破

山东省高赖氨酸玉米的选育始于1982年,比国外晚20年,比国内晚10年。1985—1986年育成半硬质胚乳高赖氨酸玉米杂交种鲁单201、鲁单202,分别于1987年、1988年通过国家级区试。而后,选育出半硬质胚乳高赖氨酸玉米杂交种鲁单203,1988—1989年在济南春、夏播4次试验,平均公顷产量7 500kg以上,比对照种烟单14号增产25.5%。1990—1991年参加全国区试,分别公顷产量8 325kg和8 367kg,比对照种中单2号分别增产21.84%和18.45%,两年平均公顷产量8 347kg,比对照中单2号增产20.15%,居第一位。同期参加山东省普通玉米杂交种区试,分别公顷产量8 040kg和8 125kg,比对照种鲁玉2号分别增产4.3%和6.37%,两年平均公顷产量8 083kg,比对照种增产5.4%,居第二位。1991年河北省藁城市农业科学研究所用鲁单203作养鸡(京白鸡)试验,饲养30d,喂鲁单203的鸡比喂掖单4号(CK)的鸡产蛋率提高26.82%,产蛋量提高26.71%,每只鸡增加效益0.84元,表明鲁单203作为优质饲料,具有较高的生物效应和经济效益。

##### (二) 专用玉米育种研究取得较大进展

糯玉米育种研究起步较早。20世纪70年代末烟台地区农业科学研究所首次育成白糯玉米杂交种烟单5号。1986年山东省农业科学院玉米研究所选育出黄糯玉米杂交种糯玉1号等应用于生产,并于1989年7月通过审定,定名为鲁糯玉1号。该品种公顷产量6 750~7 500kg,比对照种烟单5号增产24.9%,与普通玉米烟单14号产量相当。籽粒淀粉全都为支链淀粉,粗蛋白含量11.63%,赖氨酸含量0.37%。其籽粒皮薄,香味纯正。用作青食玉米每年公顷收入达1.5万元以上。在大、中城郊发展种植糯玉米,对促进旅游业和玉米综合加工利用有着重要作用。

甜玉米、笋玉米育种研究始于20世纪80年代初。山东农业大学率先培育出鲁甜玉1号、鲁甜玉2号甜玉米;烟台市农业科学研究所培育出鲁笋玉1号笋玉米,均通过省级审定,并投入种子生产。

## 五、种质资源的改良创新研究进一步深入

对山东省玉米杂交种所含亲本自交系进行的分析结果表明,骨干自交系数目呈减少趋势。1981年种植面积0.67万 $\text{hm}^2$ 以上的杂交种31个,含有23个自交系。1989年种植面积0.67万 $\text{hm}^2$ 以上的杂交种11个,含有12个自交系。9年间杂交种减少20个,自交系减少11个。1989年山东省玉米面积81.7%的杂交种含有黄早4、Mo17、E28和掖107。表明生产用种种质基础狭窄,具有潜在的危险性。如果一个骨干自交系某个抗性丧失了,就会对玉米生产造成重大影响。这一问题引起了育种工作者的高度重视,加强了育种基础材料的研究。采用群体改良,远缘杂交,外源DNA导入等方法,创造新种质,丰富现有材料的遗传基础,取得了进展。山东省农业科学院玉米研究所把热带、亚热带玉米种质按不同比例导入我国现有材料中,在配合力、抗性和品质方面有所突破。目前,培育的优良自交系齐205、齐206等都含有热带玉米种质。

## 第二节 玉米杂交种鲁单718的选育策略

玉米高产是永恒的育种方向,多抗是永远不变的育种目标,优质是提升技术竞争力的关键,广适是培育“大品种”的基本要求,易制种是快速推广应用的基础。基于这样的育种理念,2005年山东省农业科学院玉米研究所自育自交系齐3925和黄572杂交或反交,2006年选育成一代优良玉米杂交种鲁单718(曾用名鲁单7055或LD7055)。2008年获得植物新品种权公告(公告号:CNA005187E),2010年经第七届四川省农作物品种审定委员会第一次会议审定通过(审定号:川审玉2010006)。

### 一、选育策略

美国玉米遗传育种和生产水平居世界领先地位,早已形成了以瑞德黄马牙 $\times$ 兰卡斯特为主的基本杂种优势模式,曾造成玉米生产上种质相对集中,潜在风险增加等现实问题。为此,1995年美国启动了玉米种质扩增(GEM)计划,旨在拓宽美国玉米育种和生产用种质基础,增强品种和技术创新能力,提高新品种的产量、品质、抗病性和抗逆性水平。20世纪90年代以来,我国玉米生产用骨干种质主要有瑞德、兰卡斯特、唐四平头、旅大红骨和以78599为代表的PB种质五大类群。利用的杂种优势模式主要是瑞德、兰卡斯特或PB $\times$ 唐四平头、瑞德 $\times$ 旅大红骨或PB等。

黄淮海夏玉米区生产用骨干种质主要有瑞德、唐四平头和PB三大种质类群。杂种优势模式主要是瑞德或PB×唐四平头、瑞德×PB等。种质基础狭窄导致的潜在危险性逐年增大，加之环境恶化，自然灾害频发，如1997年的旱灾和风灾，2002年的涝灾，1995年、1996年以及近年大流行的玉米粗缩病，1998年以来的玉米南方锈病等，都给玉米生产造成了严重影响。

我国玉米产业总体水平与世界发达国家（美国）相比存在较大差距。除干旱、涝害等自然因素外，品种生育期偏长、耐肥水、生产成本较高，株型结构不理想，适应性、稳产性差，抗病抗倒能力弱，籽粒脱水慢、商品品质差等主要限制因素。因此，通过反复思考和验证，形成了从拓宽玉米育种的种质基础，丰富遗传多样性入手，来改良育成品种的适应性；把国内种质良好的丰产性与富含抗病、抗倒及耐旱等优良基因的热带、亚热带种质融合在一起，提高育成品种的抗病抗倒能力和稳产性能；把成熟早、灌浆快、配合力高、株型紧凑的唐四平头种质与丰产、大穗的旅大红骨种质融合在一起，挖掘育成品种的丰产潜力，改善商品品质等的创新策略。确立“高产、优质、多抗、广适和易制种”为育种目标，结合单倍体快速选系等技术；成功选育出配合力高、抗病抗倒能力强、适应性广的优良自交系齐3925和黄572，杂交育成高产、优质、多抗玉米新杂交种鲁单7055，审定命名为鲁单718。

## 二、选育过程

### （一）自交系选育

优异丰富的原始材料是育种工作的基础，而种质基础的宽窄和遗传多样性的丰缺，则是玉米育种取得突破性进展的关键。鲁单718的正交母本齐3925是以（齐319<sup>3</sup>×齐205）BC<sub>2</sub>为选系基础材料，用改良stock6作诱发系，经单倍体诱导、自然加倍和二倍系（DH）评价等，于2003年选育而成的配合力高、抗病抗倒、品质优良的自交系。齐3925的选系思路是由于齐319（L群）×Lx9801（H群）和齐205（L群，含25%的热带种质）×Lx9801（H群）表现优良，具有较强的杂种优势。基于“群内改良、群间组配、保优补缺、性状互补”的基本理念，1999年组配齐319×齐205作选系基础材料，目标是保留齐319抗病抗倒、抗旱耐涝、品质优良和齐205配合力高、适应性广、穗大粒多等优点，弥补齐205抗病抗倒性差等缺陷。以齐319为轮回亲本连续回交2代。为加快选系速度，用改良stock6作诱发系，经单倍体诱导，自然加倍和DH系评价等选育出（齐319<sup>3</sup>×齐205）BC<sub>2</sub>-2121优良稳定穗行，2003年命名为齐3925。

黄572是以〔（黄早4/掖502×昌7-2）×鲁系9311〕为选系基础材料，经单倍体诱导、自然加倍和二倍系（DH）评价等，于2004年育成配合力高，生长势较强，