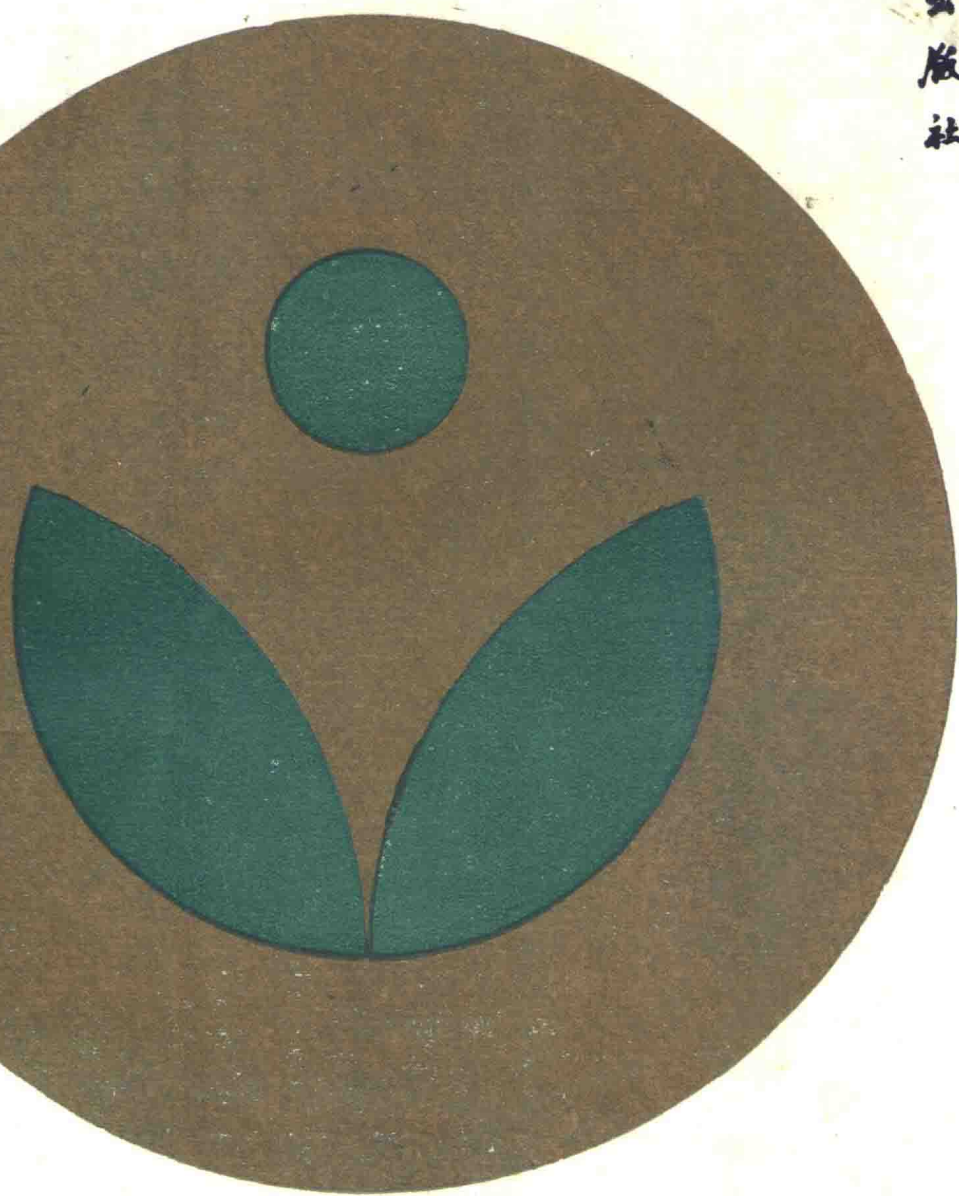


玉米育种研究进展

李竞雄 主编

科学出版社



玉米育种研究进展

李竞雄 主编

(京) 新登字 092 号

内 容 简 介

本书为国家科委“六五”和“七五”科技攻关课题“玉米新品种选育技术研究”的论文集,也包括3篇1980—1982年间发表的有关玉米遗传育种的有代表性的重要文献。基本上反映了我国80年代玉米遗传育种的最新研究进展和学术水平。全书分四个部分:(1)遗传与育种;(2)玉米育种的种质基础;(3)玉米抗病育种;(4)特殊营养品质育种。本书特点是内容广泛,理论联系实践。内容包括杂种优势、自交系选育、雄性不育、抗病遗传与育种、外来种质导入、群体改良、组织培养新技术和筛选有益突变体、优质蛋白玉米、高油玉米、甜玉米、糯质玉米,以及良种繁育等方面,涉及我国玉米育种界当前所关心的主要问题,对今后进一步开展玉米育种研究具有重要参考价值。

本书可供各级农业院校师生、农业科研工作者,以及各级农业技术和种子部门的科技人员参考。

玉米育种研究进展

李竞雄 主编

责任编辑 潘秀敏 彭克里

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

北京市朝阳区东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年4月第一版	开本:787×1092 1/16
1992年4月第一次印刷	印张:14
印数:1—1380	字数:317 000

ISBN 7-03-002852-X/S·80

定价:13.30元

玉米育种研究进展

主 编 李竞雄

副主编 石德权 吴景锋
潘才暹 张世煌

RECENT ADVANCES IN MAIZE BREEDING

Editor-in-Chief Li Jingxiong

Vice Editors-in-Chief Shi Dequan

Wu Jingfeng

Pan Caixian

Zhang Shihuang

前 言

在“七五”科技攻关的中后期，玉米育种专家组的同志们时常提到一个问题：在完成某个时期的攻关任务、为国家提供了一批适于生产用的新品种（组合）以后，到下阶段我们还有什么后备材料、什么新方法、新技术可以奉献给农民，使粮食能够登上新台阶。这是涉及到科技人员本身才能的提高、材料和技术贮备，以及理论基础需要加强和更新的问题。这种想法逐渐变为一种行动，那就是1990年8—9月间我们组织了一次西南玉米考察，结合现场观摩，在昆明、贵阳两地举办了选育玉米高配合力自交系的学术研讨会。会上收到了不少论文，听到了许多好经验，也增进了很多新见识。于是就有编印一本论文集的想法，有人还建议把近年来散见于各种刊物上的育种研究著作一并选收进来。经过一段时间的酝酿，征得了各方面的赞助以后，才使我们这些自告奋勇的筹备人和责任编辑有可能不顾本身工作的重荷，毫无难色地接受了大家的委托。这样，编写这本《玉米育种研究进展》的计划就算落实了下来。

现在，全国正在学习“科学技术是生产力，而且是第一生产力”的光辉思想。这对于进一步鼓励科技工作者更加奋发有为，为实现社会主义现代化经济建设的第二个战略目标献计出力，是一种极大的推动力。以我们多年从事玉米育种工作的人来说，对此既有深切体会，又有借东风以促进科技事业的渴望。在这里，我们毋须重申玉米杂种优势利用对提高玉米生产力所起的显著作用。大家知道，今天我国3亿亩¹⁾玉米的总面积上每年就有2.4亿亩以上种了各地育种工作者所提供的杂交种。追根溯源，应当把它归功于科学技术的进步和有效的组织推广体系。我所指的，前者是遗传学、生物统计、数量遗传学，以及植物生理、生化、植保、昆虫、土壤甚至农业工程等科学；后者是杂交种子的生产和经营管理，也就是近代化的种子企业。玉米育种的历史经验告诉我们，育种新方法和新成果的形成正是这些基础科学和应用基础科学的进步，以及与育种学科相配合和结合的结果。没有理论学科的先导，就不可能建立新的育种技术，从而使科研成果变为生产力。反过来讲，实践与理论脱节之时，或仅仅满足于一时的科技成果，而忽视了对根源的培植，到头来将使生产力停滞不前，科技事业丧失了竞争能力，就无法立足于世界经济强国之林。回顾过去，我国玉米育种工作者常年奔波于试验田间和野外基地，受着时间、精力、条件和社会要求的限制，无法分身到深一层的理论研究之中，以致系统性的著作和论文寥寥无几，或是水平一般。这样，要求一个科技工作者做到出成果、出理论、出人才，通常是很难实现的。美国从40年代中期开始，在玉米育种事业中形成了理论与实践分工的格局，大学重点搞遗传理论和育种资源研究，因而源源不断地涌现出高质量的理论性文章，使育种水平领先于世界之首。种子公司则专门从事育种实践，兼管种子生产和经营推广工作，并经常注意学术动态，遇有新理论、新方法出现，很快就能加以试用。公司还从种子经营所得利润中，提取一部分作基金或专款形式来补贴大学

1) 1亩=666.7平方米。

教师所需的科研费用。就整体来说,这就形成了一种理论联系实际、研究与开发相得益彰的良性循环,从而促进了生产力和科技事业的发展。美国多年来以多余的玉米出口,占到全世界玉米出口总额的90%以上。我国在今后的深化经济改革中将要进行科研体制的改革,有可能触及农业科技界感到困惑的这类问题。我在撰写本书前言的时候提出这些粗浅的看法,目的在于求得共识,进而争取到有所改进,使科技事业能够沿着提高生产力的大道顺利前进。

我原来估计玉米育种方面的学术论文不像其他主要作物那样丰富多采,暂时还不能达到出类拔萃的水平,可能是时常囿于自己狭窄的小天地之中,看不到广大中青年科技工作者的飞跃进步所致。改革开放以来,由于国家政策上的鼓励以及有基础、有才能的科技工作者的迅速成长,加上世界新科技信息的传入,过去那种只愿动手,不想动脑的单打一做法已经大为改变,一批热爱专业、悉心钻研的后继人也已拿出了有数量、有质量的科研成果和论著。这样,我们这些负责征文、选稿的编辑人员就不愁稿源的难得,我国玉米育种研究的水平和动向就可以凭借这本“研究进展”反映出来了,这也是编写本书的一个主要目的。

本书是一本论文集,所以取名为《玉米育种研究进展》,是考虑到选入本书文章的性质应以反映近十年来从事系统研究、有原始实验资料、在科学上有一定进展的为主;只有极少几篇综述性报道涉及全国范围内有关历史发展内容的,是为了给读者以全面宏观的概念。选入的研究论文,有的已经发表,现在把它集中汇编起来,并容许作少量修改,以便于读者查阅,还能与同类性质的文章作比较,了解研究进展的过程。那些没有发表过的文章是经过原作者的核查和修改,再由编者精选而收进的。文章的作者并不以是否参加国家攻关项目为限。根据以上原则,本书一共选入文章30篇,共计30余万字,分为遗传与育种、种质基础,抗病育种和品质育种四部分。每类包括文章的篇数不等。这些门类代表了“六五”以来全国玉米育种协作攻关所实施的主要专题研究领域。从“八五”攻关的论证内容初稿看来,这些专题还要继续深入下去,所以是带有长期性的。我们计划,在事隔多年以后,根据我国玉米育种事业的不断发展,还有继续出版本书的必要和可能。从这个意义上说来,我们将寄厚望于今天中青年玉米育种工作者的奋起和拼搏。

在编印这本“研究进展”的过程中,获得各位作者的奉献和协助,以及科学出版社的大力支持,在此深表谢忱。张世煌同志为本书的顺利问世,倾注了大量心血,值得予以称赞。

本书是初次编成,我们又非熟手,谬误不当之处,在所难免,希望读者不吝指正。

李 竞 雄

1991年6月于北京

目 录

第一部分 遗传与育种

玉米杂种优势研究回顾与展望	李竞雄 (1)
我国玉米育种的进展与成就	李竞雄 石德权 (8)
玉米过氧化物酶和酯酶同工酶与杂种产量的关系	戴景瑞 罗美中 韩雅娜 (15)
不同类型测验种测定玉米育种材料配合力效果的比较研究	白玉玲 汪茂华 (23)
玉米br-2矮生基因利用的研究	崔绍平 孙世珍 徐 有 郑积德 李洪杰 (31)
玉米细胞质雄性不育性的生化和恢复性的遗传测定	
.....	曾孟潜 杨太兴 魏建昆 崔汝镜 (37)
玉米Mo17姊妹种及改良单交的性状分析和效益估算	
.....	李远春 黄宜祥 田守均 (49)

第二部分 种质基础

我国主要玉米杂交种种质基础评述	吴景锋 (54)
中国玉米杂交种的种质基础	曾三省 (62)
我国60—80年代50个常用玉米自交系的遗传分析及利用	
.....	刘新芝 思 杨 杨太兴 段章雄 (71)
玉米种质的配合力分析	李 丹 曹镇北 张宗文 许 燕 (76)
对两个玉米群体进行特殊配合力轮回选择的研究	陈彦惠 汪茂华 (81)
对两个玉米综合种的三轮相互轮回选择研究	
.....	郭文辉 刘俊屏 董桂芳 刘兴貳 檀国庆 (87)

第三部分 抗病育种

玉米对大斑病单基因抗性与多基因抗性互作效应的研究	
.....	李建生 刘纪麟 (94)
印度尼西亚农家品种“柏拉玛地”选系对玉米大斑病抗性遗传的研究	
.....	徐尚忠 刘曙东 熊秀珠 刘纪麟 (103)
高赖氨酸玉米对串珠镰刀菌穗腐病抗性遗传的初步研究	
.....	黄长玲 郑长庚 (111)
抗玉米小斑病C小种的体细胞无性系变异的筛选	
.....	戴景瑞 梁根庆 谢友菊 (119)
玉米体细胞培养筛选突变体的研究 I. 影响培养效果的因素	
.....	沈菊英 史晓榕 刘允晶 (125)
Ht ₁ 基因与玉米杂交种的产量和抗病性表现	冯芬芬 谢道宏 (132)
玉米大斑病的病斑反应型、病斑数量及大小的遗传研究	高宪章 姜明玉 (137)

第四部分 品质育种

高赖氨酸玉米杂交种的选育·····	李竞雄 石德权 吴秀琴 常碧影(143)
硬质胚乳高赖氨酸玉米的选育研究·····	石德权 李竞雄(151)
高赖氨酸玉米自交系的遗传潜势及其利用·····	
·····孔繁玲 张树光 韩立新 苏胜宝 胡新生 郑长庚(158)	
高赖氨酸玉米品种稳定性分析·····	罗成凯 石德权 孔繁玲 卢宗海(169)
高赖氨酸玉米主要品质性状的配合力分析·····	
·····汪黎明 石德权 刘仁东 白 丽(178)	
高赖氨酸玉米的选育和利用·····	
·····郑长庚 许启凤 吴显荣 梁鸿秋(186)	
高赖氨酸玉米的生化与生物效应研究·····	杜鸣奎(193)
含油量的选择与玉米 (<i>Zea mays</i> L.) 籽粒的品质改良·····	
·····宋同明 孙 哲 D.E.亚里山大(200)	
我国糯质玉米的亲缘关系·····	曾孟潜(206)
制罐(糊状)甜玉米的采收期·····	李庆富 王惠英(211)

Contents

Part I Maize Breeding and Genetics

Retrospect and Prospect of Hybrid Maize Research.....	Li Jingxiong (7)
Recent Advances in Maize Breeding in China.....	Li Jingxiong and Shi Dequan (14)
Studies on the Relationship Between Isozymes and Heterosis in Maize	Dai Jingrui et al. (22)
Comparative Studies on Different Types of Testers for Evaluating Combining Ability of Maize Inbred Lines.....	Bai Yuling and Wang Maohua (30)
Utilization of Brachytic Gene br-2 in Maize Breeding.....	Cui Shaoping et al. (36)
Determinations of the Biochemistry for Cytoplasmic Male-Sterility and the Genetics for Their Restoration in Maize (<i>Zea mays</i> L.)	Zeng Mengqian et al. (48)
Performance and Profit Analysis for a Sib-Cross of Mo17 and Its Modi- fied Hybrids.....	Li Yuanchun et al. (53)

Part II Germplasm for Maize Breeding

A Review on the Germplasm Bases of the Main Corn Hybrids in China.....	Wu Jingfeng (61)
The Maize Germplasm Base of Hybrids in China.....	Zeng Sanxing (70)
Genetic Variance Analysis for 50 Maize Inbreds Available in 1960s to 1980s.....	Liu Xinzhi et al. (75)
Studies on the Combining Ability of Maize Germplasm from Tem- perate and Tropical or Subtropical Zones.....	Li Dan et al. (80)
Studies on Half-Sib Recurrent Selection for Specific Combining Abili- ty in Two Maize Populations	Chen Yanhui and Wang Maohua (86)
Three Cycles of Reciprocal Recurrent Selection in Two Synthetic Populations of Maize.....	Guo Wenhui et al. (93)

Part III Breeding for Disease Resistance

Study on the Interaction of Monogenic and Polygenic Resistance to <i>Helminthosporium turcicum</i> in Maize (<i>Zea mays</i> L.)	Li Jiansheng and Liu Jilin (102)
--	----------------------------------

- A Study on Inheritance of Resistance in the Selection from the Indonesian Farmer's Variety Bramadi of Maize to Northern Leaf Blight (*Helminthosporium turcicum*) Xu Shangzhong et al.(110)
- A Preliminary Study on the Inheritance of the Resistance of Opaque-2 Maize to Ear Rot Caused by *Fusarium moniliforme*..... Huang Changling and Zheng Changgeng(118)
- Selection of C-Cytoplasm Maize Mutants Resistant to *Bipolaris maydis* Race C Pathotoxin..... Dai Jingrui et al.(124)
- Studies on Selecting Mutant in Maize Somatic Cell Culture.I.Factors Influencing Culture Effect Shen Juying et al.(131)
- Studies on the Grain Yield and Resistance to Northern Leaf Blight of Maize Hybrids with Ht₁ Gene..... Feng Fenfen and Xie Daohong(136)
- Inheritance of Lesion Types, Lesion Number and Size of Northern Leaf Blight in Maize..... Gao Xianzhang and Jiang Mingyu(142)

Part IV Breeding for Nutritious Types

- Breeding Maize Hybrids for High Lysine Content..... Li Jingxiong et al.(150)
- Studies on High Lysine Maize with Hard Endosperm..... Shi Dequan and Li Jingxiong(156)
- Genetic Potential and Its Utilization of Opaque-2 Maize in North China..... Kong Fanling et al.(168)
- Stability Analyses of High-Lysine Maize Varieties..... Luo Chengkai et al.(177)
- Studies on Combining Ability of High Lysine Maize..... Wang Liming et al.(185)
- The Breeding and Utilization of High Quality Protein Maize..... Zheng Changgeng et al.(192)
- Studies on the Biochemical Analysis and the Biological Effect of High Lysine Corn..... Du Minglan(199)
- The Oil Content Selection and Corn (*Zea mays* L.) Kernel Quality Improvement..... Song Tongming et al.(205)
- Origin of Chinese Waxy Maize (*Zea mays sinensis*) Zeng Mengqian(210)
- Proper Harvesting Time for Canning (Creamy) Sweet Corn(*Zea mays* L.) Li Qingfu and Wang Huiying(214)

第一部分 遗传与育种

玉米杂种优势研究回顾与展望*

李竞雄

(中国农业科学院作物育种栽培研究所, 北京 100081)

摘 要

本文回顾了玉米杂种优势利用的历史, 讨论了玉米杂交种发展的成功因素和技术投入, 以及近期育种目标的有关问题。

关键词: 玉米; 杂种优势; 育种目标

杂种优势的遗传理论概念早在 1910 年前后提出显性学说和超显性学说时已基本形成, 后来靠了数量遗传学的发展, 才使育种方法的创新和演化有了深厚的根基。遗传理论与育种实践的密切结合和相互促进, 在玉米中体现得更为突出。由于杂种优势首先在玉米中起到了巨大的增产作用, 现在我国对稻、麦、粟、棉、油菜、大白菜杂种一代的利用掀起了新的研究高潮。

一、简史回顾

当欧洲人早期到北美开始殖民时, 他们带着印第安人培育的“北方硬粒种”玉米向内地迁移, 在中西部一带与另一个“南部马齿种”相串粉, 经过选择, 产生了玉米带现代的马齿品种, 其生长势和生产力都比亲本种显著提高^[1]。达尔文(1876)曾以自己的实验结果, 首先报道了自交和异交对玉米生长的明显差别。1880年W. J. Beal最早用隔离区和摘除雄穗的方法产生了玉米品种间杂交的种子, 观察到一代杂交种的产量有比亲本品种高出51%的情况, 但始终没有在生产上得到应用。1896年C. G. Hopkins采用穗行选择法来提高玉米籽粒的蛋白质和含油量。伊利诺州大学的这项著名研究一直继续到今天, 两种籽粒成分确有很大的改变, 但穗行选择无助于产量的提高^[2]。

G. H. Shull在纽约冷泉港进行了玉米粒行数的遗传研究, 先后于1908年和1909年发表了两篇文章, 揭示玉米自交导致衰退、杂交产生生长优势的现象, 从而奠定了近代玉米育种方法的基础, 并提出超显性学说。与此同时, E. M. East在康涅狄格州开展了玉米自交系选育, 也支持超显性学说。而显性学说的首创人是A. B. Bruce(1910年)和D. F. Jones(1917)。由于自交系亲本产量偏低, 杂交种子的生产成本过高, 根据D. F. Jones(1918)的建议, 在生产上改用了双交种子, 把玉米杂种优势利用引向蓬

*原载:植物遗传理论与应用研讨会文集(1990, 3, 5—8, 南京), 1—7页。

勃发展的道路^[1]。美国许多农业试验农场以及少数种子公司从那时起开展了玉米自交系和杂交种的选育计划。到30年代初,第一批商用杂交种开始问世,很快被农民所接受。以主产玉米的衣阿华州和伊利诺州而言,杂交种的种植面积从1933年不足全州玉米土地的1%发展到1943年的接近100%。到了1960年,玉米杂交种几乎在全美普及了。

解放初期,我国受遗传学争论的干扰,搞过一段时期的玉米品种间杂交。仅少数农业院校在艰苦条件下从事自交系的选育。50年代末,自选的第一批双交种在山西、山东、北京、河北等地试验,表现出生长整齐,抗倒增产,远比农家品种金皇后、白马牙优越,受到农民的普遍欢迎。一批苏制双交种同时引入新疆和华北推广,也有良好表现^[3]。以山西而言,从1960年起开始引种示范、繁殖制种和培训技术,经过5年功夫,全省推广玉米双交种达到500万亩,占到玉米总面积的一半。到了60年代末,由于自交系产种量有所提高,生产上应用的玉米双交种逐渐改成单交种。此后,随着研究工作的加强,全国玉米杂交种的种植面积不断扩大,到了今天已发展到2.4亿亩之多,占全国3亿亩玉米总面积的80%上下,其中大部分是单交种。

二、成功因素

1. 增产作用

杂交种替代了原有的农家品种后,玉米生产面貌就发生了惊人的变化,无论哪个国家都是如此。以刚刚发展杂交种的1931年为基础,美国在3760万公顷的土地上生产了5664万吨玉米,每公顷平均1.536吨。到了大丰收的1982年,玉米面积降到2960万公顷,比50年前减少了21%,但总产达到2.13亿吨,为1931年的3.8倍,平均单产7.21吨/公顷,为原来的4.7倍^[1]。这些增产数值可能会引起误解,因为其中还有栽培措施的改进,如增施肥料,加大种植密度,机械化操作以及病虫、杂草的防治等。所以,应把前面提到的产量增益与纯粹由杂交种带来的“遗传增益”区别开来。但实测结果因人因比较对象而异。L.L.Darrah(1973)曾以1930—1970年间衣阿华州南部玉米试验中杂交种平均单产的总增益99公斤/(公顷·年)减去对照品种的相应增益66公斤/(公顷·年)作为遗传增益计算,以百分率表示,恰好为33%。D.N.Duvick(1984)以代表1934—1978年的47个商用杂交种和30年代所用的天然授粉品种进行了3年试验(1978—1980),估算出50年的平均遗传增长值为92公斤/(公顷·年),相当于同时全州总产年增长数103公斤/公顷的89%。再根据单交种双列杂交试验中得到的另一遗传增长率72公斤/(公顷·年)作比较,则为衣阿华州总产量增益的70%^[4]。

我国无法精确估算玉米杂交种的遗传增益,只有它的产量增益数据,通常则以30—40%作为诸种增产因素中杂交种所占的比重。表1汇总我国几个时期推广玉米杂交种获得的增产效益。如以玉米面积、单产和总产相比,我国与美国还有很大差距,但以产量的年增长率来说,则我国仍有一定的发展速度,在最近10年内,甚至超过了美国高产州总产量的年增长率。

从经济效益考虑,玉米杂交种的产出与投入之比是高于其他农业科学技术的,特别是在它的发展初期。玉米杂种优势利用在美国方兴未艾之时,L.J.Standler于1945年10月22—26日应召到美国参院军事委员会一次听证会上为说明纯科学对社会的贡献时提

到：“联邦农业部和州立农业试验站在1920—1945年的25年内为玉米育种付出的总支出接近于500万美元……这一投资所得的报酬，根据每蒲士耳玉米的农场价格计算，是20亿美元。也就是产出为投入的400倍。”

表 1 我国玉米杂交种推广的增产效益

年 份	年 距	玉米总面积 (100万公顷)	杂交种占有面积 (%)	平均单产 (公斤/公顷)	年增长率 (公斤/公顷)
1952—1965	13	15.67	4.00	1 588	12.6
1975	10	18.59	55.00	2 535	94.7
1980	5	20.35	70.00	3 075	108.0
1987	7	20.21	80.00	3 945	124.2

2. 数量遗传学的发展

数量遗传学是在经典遗传学基础上逐渐发展起来的。当分离世代涉及大量基因座时，它的合子和配子种类基本上呈常态分布，变异呈连续性，单个基因的效应无法予以鉴别和分开。所以育种家只能依靠自交系或杂交种 F_1 水平上的平均效应或是用群体水平上的平均效应及其方差和协方差来作评选。随着试验设计的发展，数量遗传学为玉米育种和测试方法提供了合理的模式，并能估算不同基因作用的相对重要性。从概念上来说，加性效应可用 $aa \rightarrow Aa$ 和 $Aa \rightarrow AA$ 基因替代的平均值来估算。在实际情况下，加性效应可以通过基因频率的适当求算以及表型值与理论基因频率的回归来估算。在专门设计的试验中可以估算加性(A)效应、显性(D)效应以及 $A \times A$ 、 $A \times D$ 和 $D \times D$ 的互作效应。

玉米育种方法的进步和创新是与理论概念的发展分不开的。例如，M.T.Jenkins (1935) 从不同自交世代配制的单交 F_1 产量比较中提出了“自交系很早就从它们的自交过程中获得了作为测交亲本的个别性”概念，以后由 G.F.Sprague (1946) 加以发展，提出早代选择法，到50年代就演变成为现在熟知的群体改良。从一系列双列杂交的杂种方差中可以分解出一般配合力和特殊配合力，它们的效应与育种材料的选择有关。研究查明，在亲本早已经过选择的单交试验中，特殊配合力（非加性）的效应较大，而在以前未经选择过的材料中则以一般配合力为主。由此推论，顶交可以测定加性效应，但把产量不高的自交系淘汰以后，区分加性效应的功能就将减少，而非加性效应的重要性就会加强。以选择自交系的基本材料来说，从天然授粉品种中完成了一批自交系后，再要从中选出好系的把握性不大，所以现在都采用二环系的方法。对此，F.H.Hull (1945, 1952) 深为失望，认为是超显性效应或其他非加性基因在起主导作用的缘故。但是，最近一二十年来各国都在大量应用杂交种作基本材料来选育二环系，并获得配合力较高的优良系，供生产利用。

1) 1蒲士耳约为35升。

3. 种子生产工业化

玉米自交系间杂交种的育种和种子生产,从基础材料选株自交开始,到自交系的繁殖和杂交一代种子的配制以及清选加工,无一不在人为的隔离和控制条件下完成的。从生产大田看到整齐一致的杂交种植株,就可以联想到种子生产管理的严格程度,是以种子质量第一、符合商品生产要求的结果。美国从30年代起就有玉米种子企业的建立,以后随着种植面积的扩大,种子公司的数量和经营业务越加扩充,至今大约有600家。大的公司自己还收集种质资源,单独从事规模很大的育种工作。这样,就做到了种子生产专业化、种子质量标准化、经营商品化、大田作业机械化等要求。

三、技术投入

玉米杂种优势的成功应用,不仅需要育种本身的技术进步,而且必须得到其他学科的配合支持。

1. 抗病育种

我国开始铺开玉米双交种的1966年,玉米大斑病在北方突发流行,造成各类杂交种和品种的严重减产,全国上下从此重视抗病育种。70年代初,抗大斑病的单交种推广伊始,又罹受丝黑穗病的危害。综观各地玉米病害繁多,除夏玉米的小斑病外,还有常见的青枯病,片点分布的病毒病以及籽粒上出现的穗粒腐病等。了解玉米对这些病害的抗性遗传、控制基因的多少和等位性、病菌小种的分化和危害专一性以及有关的育种技术,是抗病育种的成败关键。通过育种攻关,我国正在开展协作研究,并发现了针对不同病害的高抗材料。在强调多抗性的策略指引下,我们自选的中单2号玉米证明能高抗大斑病、小斑病和丝黑穗病,12年来已累计推广2.33亿亩^[5]。

招致大面积玉米重大损失的教训是1970年美国小斑病T小种对T型性不育胞质杂交种的侵袭。后来只好重新用人工方法来生产正常型胞质的杂交种子。接着又改用C型胞质的雄性不育,却因魏建昆发现了C小种的存在而不得不暂时放弃使用这种雄性不育特性。从这些事例中,我们一方面理解了自然界出现的相生相克现象,另一方面感到抗病育种的重要性和艰巨性。

2. 雄花不育性的应用

针对玉米雄花不育特殊细胞质容易感染专一性病害的问题,科学家设想了不少对策,包括这里要简述的基因雄性不育的利用。其中一个方案是E.B.Patterson(1973)所创设,即利用玉米染色体易位与其断点密切连锁的雄性不育基因相配合,在选定的自交系背景下,依靠细胞遗传技术,选出缺失、重复染色体和雄性不育基因的“双杂合体”,作为保持系使用。根据1975年以来我们自己研究的结果,以Mo17自交系为背景的“保持系”,写成 $10 \cdot 10^9 / 9ms2 \cdot 9ms2$ 的遗传结构,对母本 $ms2 \cdot ms2$ 授粉,由于带有缺失、重复体和 $ms2^+$ 显性基因的雄配子生活力较差,不能与带有结构正常的 $10 \cdot 9ms2$ 配子竞争授精,所以其下代全部长成雄性不育株,我们在这样的测交后代342株中只找到

2株散粉株。但这种“保持系”本身有生理缺陷，株型偏小，雌雄不调，花粉呈50%的准败育，勉强自交后，穗小粒少，有大小粒之分，只有小籽粒才能长成“保持系”植株。我们分析了3个“保持系”株的自交后代182株，获得雄不育117株，“保持系”55株，未抽穗或受虫害的10株。这说明在实际生产上是无法经济地利用这类“保持系”的。

从1982年起，我们又利用第6染色体上的雄不育基因 *ms1* 与白色胚乳 *y* 的密切连锁材料，设计进行了若干自交系的回交转育方案。每次回交均选用白粒雄性不育 *yms1* 为母本，以双杂合体 *yms1/Yms1* 为父本，然后用目力挑选出白粒种子，种成下年繁殖用的母本，再从黄白分离的穗上选出黄粒，种成下年的父本，将呈能散粉的植株。我们从转育群体中查得 *y* 与 *ms* 之间的重组交换值为27/472，即5.72厘摩 (centi Morgan)，比最近季良越转育 F546 自交系时的数值 5.22略大。尽管这样，我们认为仍可在转育过程中和大田生产杂交种子时放心应用，因为在抽雄散粉初期抓紧拔除5—6%的雄穗是完全不费事的。1986年孟山都公司的 P.N.Macia等用 *y-l10* (黄苗)-*ms·si* (雄穗不育多花丝，很接近 *ms1*)-*ms1* 的三点测交求得 *y-ms1* 的平均交换值为 1.61cM。但需指出，用这种连锁材料只能把黄粒系转成白粒雄性不育系，而且在实用时还必须购置电子分光仪器，将黄、白两种籽粒分开。但在配制杂交种时，任何高配合力的白粒系因都带有 *ms1* 基因，均可作为父本之用。

3. 群体改良

自交系是杂种优势利用的重要基础。为了选取配合力较高、抗病、优质的自交系，必须丰富育种素材的种质基础，提高优良基因的频率。这就是各国育种家共同瞩目于轮回选择方法，持续进行群体改良的道理^[6]。原始群体的建立应符合育种需要，把目标性状和高配合力材料组装进去，通过基因重组而产生新类型的个体。然后采取有效的测选手段，把优良家系选出，再行重组，进入下一轮选择。如此循环往复，随着群体中有关基因频率的提高，群体的平均产量和性状选择的效应就能增长。一般每轮选择的产量增益在3—5%上下，经过3—4轮选择，总增长就相当可观。这种改良方案是长期见效和多功能的。到了多轮选择时，既可以从中提炼自交系，又可在生产上直接利用，以代替原来的农家品种，并毋需年年制种。从事数量遗传学研究的人们，现在仍然运用轮回选择的方法不断深入探讨理论问题，寻找更加有效的育种方法和材料^[6]。从育种策略来说，过分集中地使用少数优良系，如我国常用的黄早四和 Mo17 的情况，难免发生遗传脆弱性的危险。因此，要求自交系的多样化和多元化，运用群体改良可以起到事半功倍的作用。我国玉米群体改良研究起步较晚，还没有从中选出更好的优良自交系，故而有集中使用少数骨干系的现象，这也是科技界短期任务思想的产物。从事品种资源研究的也必须通过群体改良手段，把某一品种的优良特性发掘出来，把其中伴有的不良性状去除掉，才能对育种工作作出更大的贡献。

四、近期展望

1. 高密度下的育种

我国玉米平均单产目前只有264公斤/亩，与技术发达国家相比，还有很大差距。从

遗传投入上看则还有一定潜力。过去玉米栽培上最大的变革是种植密度的加大和施肥水平的提高,在水肥地区更为明显。今后如继续采取这种增产途径,则育种目标就要有所改变,应当调整过去那种高株大穗的习惯喜好,要研究群体与个体的协调关系。在加大了种植密度以后,必须加强茎秆直立株、中棵上向叶以及中大匀均果穗的选育。美国多年来一直把直立不倒作为选择的第一位性状,以便于机器收获。W.A.Russell (1974)和D.N.Duvick(1977)指出,衣阿华州新选玉米杂交种的直立性、耐旱性以及产量潜力均已提高,而高密度是新选杂交种获取最高产量的必要条件。我国将在“八五”攻关期间开展高密度下的玉米育种,应注意下述三点:①这类育种研究应针对肥力水平较高地区,不适于在干旱贫瘠条件下进行;②育种目标应超脱群众历来习惯,改大穗为中大匀均穗,伴随着抗倒性的选择;③从育种用的基础材料开始,在自交的不同世代以至对杂交种的评价鉴定都要在预先设计好的高密度下进行。

2. 抗病、抗旱育种研究

继续加强抗病育种工作是确保今后玉米稳产高产的重要课题。从全球性气候变化来看,近年“温室效应”给中高纬度地区带来频发的干旱和高温,对粮食生产和人民生活已产生很大影响。1983年和1988年美国两次高温干旱天气,使玉米、大豆都减产四成上下。近年我国西南连续干旱损失大者也是玉米。玉米分布于我国山区丘陵土地上约占60—70%。抗旱育种是农业科研中一个薄弱领域,田间试验设施尚少置备,抗旱的品种资源有待发掘,只凭自然干旱条件下杂交种产量的高低来作评选显得粗放。所以,抗旱育种远不如抗病育种那样有工作基础。但是目前对青枯病那样普遍发生的病害,连病原菌种类、抗性来源及其遗传行为、转育方法等都需要加强研究。由此可见,作物杂种优势的利用效益不能脱离生长环境和与病源的关系来衡量,在特定条件下环境和病源又会起着决定性作用。

3. 品质育种

玉米不仅是粮食作物,而且还是重要的饲料作物,适于加工和深加工之用。在商品化生产的前提下,有重视品质育种的必要。近年用奥帕克-2(o2)基因可把玉米籽粒蛋白质的赖氨酸成分提高一倍,用这种玉米养猪,证明有加速生长、节省饲料中的豆类、改进肉质等效果。我国自选的高赖氨酸玉米杂交种,目前仅推广不足50万亩,在当前粮饲紧缺的情况下,具有加速发展的前景。利用修饰基因的作用把o2基因表达的软籽粒性状改变为硬粒性状,同时保持赖氨酸的高含量,将在今后数年内解决。玉米油是一种高营养食油,是国际市场上的热品,高油玉米还是家畜的好饲料。由一系列控制籽粒淀粉含量基因如su、se、sh2、bt1、bt2等决定的不同甜玉米已成为一种出口商品,育种工作正方兴未艾,需要加强品质性状的选育,今后将扩大国内外市场。为此,需要加强甜玉米的选育。此外,青饲、青贮玉米育种也要跟上去。

4. 改进育种方法,提高育种效率

为了改变自交系选育的爬坡状态以及过于集中使用现象,今后应当从群体改良工作着手,选出遗传基础广泛、配合力更高的优良系是完全可以做到的。必要时还可以采用

亚热带种质的导入利用。在选育方法上应加强测验种的选用,改进测试方法,增加不同地点的考验。现在育种单位内的比较试验、省级和全国的区域试验规模均感不足,应予扩大,以增强试验的准确性。在生产上单一应用单交种的方法,无法降低杂交种子的生产成本。现在四川采取姊妹种配制改良单交的做法^[7]是一种技术进步,今后有仿效扩大的可能,甚至可改为三交种。科研单位与种子推广部门的分离脱节应当通过最近提出的科研生产联合体形式进行协调合作,才能把种子事业看成一个整体。总之杂种优势利用是一项行之有效的科学技术,它能否对社会起到应有的增产增益作用,关键在于宏观经济的指导和支持。

参 考 文 献

- [1] Sprague, G.F. and Dudley, J.W., (eds.). Corn and Corn Improvement, Third edition, Number 18 in the Series AGRONOMY, ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 1988, 463—564.
- [2] Dudley, J.W., (ed.) Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize, Crop Sci. Soc. of Am., Madison, Wis., 1974, 181—212.
- [3] 李竞雄, 积极推广玉米双交种, 红旗, 1961, (21—22): 26—34.
- [4] Duvick, D.N., Genetic contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. In Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop plants. (ed. by Fehr, W.R.) ASA, CSSA, Madison, 1984, 15—47.
- [5] 李竞雄等, 多抗性丰产玉米杂交种中单二号, 中国农业科学, 1987 (专辑), 27—29.
- [6] Hallauer, A.R. and Miranda, J.B., Quantitative Genetics in Maize Breeding, Iowa State University Press/Ames, 1981, 159—265, 407—462.
- [7] 李远春等, 玉米Mo17姊妹种及改良单交的性状分析和效益估算, 西南农业学报, 1989, 2(1): 6—10.

Retrospect and Prospect of Hybrid Maize Research

Li Jingxiong

(Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract

This paper summarized the history of heterosis in maize breeding, and discussed the factors leading to the successful development of maize hybrids and the effects of technical-input in agricultural development. The short-term breeding objectives and relevant problems were also included in the discussion.

Key words: Maize; Heterosis; Breeding objectives