

河南科技大学学术著作出版基金资助出版

玉米 杂交制种的 理论与实践

张泽民 主编



 中国农业出版社

河南科技大学学术著作出版基金资助出版

玉米杂交制种的 理论与实践

张泽民 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

玉米杂交制种的理论与实践/张泽民主编. —北京: 中国农业出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-109-12651-0

I. 玉… II. 张… III. 玉米-杂交育种-研究 IV. S513.035.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 066964 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 黄 宇

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

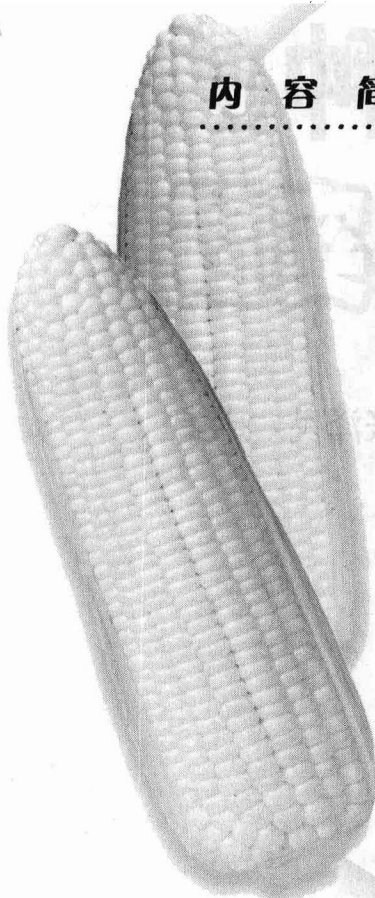
2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.25

字数: 450 千字 印数: 1~800 册

定价: 50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

Two ears of corn are shown on the left side of the page, one slightly behind the other, both pointing towards the top left. They are rendered in a detailed, shaded style.

内 容 简 介

编者在查阅和筛选大量文献资料基础上,结合多年玉米杂交制种的实践,编写了《玉米杂交制种的理论与实践》一书。本书共分 11 章,首先通过引入生物杂交优势理论和群体基因变异理论作为玉米杂交制种的理论基础,从理论上阐述了玉米杂种优势的来源、表现、玉米杂交制种同杂种优势的关系;然后根据玉米杂交制种的内在规律,从实践出发系统地介绍了玉米杂交制种的质量控制、高产技术、病虫草害的防治、质量检验以及储藏加工等相关的最新技术。本书最后还特别编入了国家、地方有关法律和标准作为附录,供读者参考。

在涉及范围和结构体系上从理论到技术,由共性到个性,思路清晰,环环相扣,读者在阅读过程中不仅得到理论上的升华,而且能系统地掌握实用的技术。对我国玉米“双高”目标的实现具有重要的实践价值和社会意义。

本书文字通俗易懂、内容详实、论述清楚,理论与实践相结合,深入浅出,可读性强。本书既可供玉米育种和杂交制种工作者参考,也可满足基层玉米制种技术人员及农业院校大学生的需要。

主 编 张泽民

副主编 王黎明 赵法成

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 彬 刘素云 李雪英

陈明灿 郑跃进 郭 岩

当生物学家达尔文于1876年在《植物界杂交和自交授粉的影响》一书中，首次揭示玉米杂交和异交不同的时候，他万万没有想到，他的这一发现对整个人类的贡献是多么的重大！由于玉米杂种优势的利用，提高了玉米产量，扩大了玉米种植区域，缓解了全世界粮食馈缺的危机；促进了畜牧业、医药工业、淀粉工业、食品工业、制糖工业、酿造工业的发展；而且使世界范围内重要农业企业——种子公司的迅猛崛起。从20世纪50年代美国科学家华莱士博士创立的先锋种子企业到今日遍布中国的种子企业的发展、壮大，无不与玉米、水稻、油菜等作物杂种优势利用有着密切的关系。在中国玉米带，玉米杂交种子已成为种子公司的拳头产品和支柱经营项目。

玉米作为我国重要的粮食、饲料和工业原料作物，玉米杂种优势利用普及率在90%以上，如何提高玉米杂种优势利用效率，关键在于玉米的杂交制种。首先，杂交制种的质量直接关系到育种家精心培育的杂种优势的再现，只有实现了准确的再现，才能在大田中表现出该品种的高产、优质、抗逆和广泛的适应性。其次，杂交制种产量直接关系到种子的成本、制种农民的收益以及种子企业的效益。所以，玉米杂交制种的质量和产量同时也关系到我国玉米生产的效益，玉米杂交制种的理论和实践问题日益成为制约玉米发展的核心问题。然而，目前鲜见有专门针对玉米杂交制种理论和实践的学术专著，尽管国内有一些撰写作物杂种优势利用专著，里面涉及一部分相关内容，但涉及的内容大都不系统，不具体，针对性不强。基于此，我们组织编写了《玉米杂交制种的理论与实践》这本学术专著。

编写本书的指导思想是：既突出科学性，更突出实用性；既考虑整个玉米杂种优势利用原理的一般规律，又考虑本地区的特殊技术要求。

本书力求突出以下几个特点：

1. 重新构思玉米杂种优势利用的新体系 在以往作物杂种优势利用的有关书籍中（实际上目前还没有专门论述玉米杂种优势利用的专著）人们的目光往往只注意了杂种优势利用的基础理论。例如，杂种优势的表现、玉米杂

种优势的特点以及杂交种的选配等方面，而未进一步向读者揭示玉米杂种优势利用的实践性和技术性。该书独具匠心地将玉米杂种优势利用的理论与实践有机地结合在一起。读者从目录中不难看出其整体性和系统性。细读全书，读者自会发现，任何真理只有也只能在实践中才显示其力量。玉米杂种优势利用的不平凡的历史，玉米杂种优势利用高深的理论，辛勤耕耘的育种家们要付出8年、10年甚至毕生的心血，只有经过玉米杂交制种看似平凡，实则伟大的过程才能发挥作用，才能开花、结果。作者的这一提法并不着意于夸大制种的作用，实则对于玉米杂种优势利用来说，遗传理论、育种、引种和杂交制种是一个不可分割的有机整体。

2. 突出玉米杂种优势利用的关键环节——杂交制种 玉米杂种优势利用理论和实践的关键是为玉米大田生产服务。从20世纪30年代玉米杂种优势的发现开始，科学家、农艺学家们孜孜以求的是提高玉米产量。玉米杂交种子的质量是保证杂种优势再现的决定因素，杂交制种的产量则是保证杂种优势推向大田的物质基础。因此，任何有利于增加农民的耕作效益，任何有利于产量突破的优良杂交种出圃，任何杂交制种技术的进步都会引起人们的极大关注。惟有此才是玉米杂种优势利用的关键。本书与以往同类书籍的重大区别就在于动用大量笔墨来描述玉米杂交制种的理论和技术。除三章是专门论述的章节外，可以说杂交制种是整书的构思主线。读者随时都会看到笔者的良苦用心——为玉米产量的增加而努力。

3. 道有所出，术有所据 本书作为一本学术专著，所叙述的基本理论都是历经千锤百炼的真道理。笔者无非是从这浩瀚的知识海洋中撷取其精华和具有特色的理论来为全书服务。决不照搬，那样没有新意，没有精神；也不瞎拼，那样就不能为后述章节铺路垫阶，就不能达到“术有所据”的宗旨。玉米杂交制种在国内外已有几十年历史，所憾的是，至今无人为其正名、扶位，以至于人们一般认为：育种是高尚的事业，制种只不过为他人做嫁衣裳。本书将从理论上为玉米杂交制种奠定坚实牢固的基础，使其在科学的殿堂上占领它应有的位置。事实上，这并不是作者的创新，而只不过是重新发现而已。事实本来如此，实事求是才是科学的态度。

本书编写任务主要是由河南科技大学农学院从事教学、科研的教师以及长期从事玉米种子生产的技术人员编写而成。具体分工如下：前言、第一章由张泽民、赵法成编写；第二章由张泽民、王彬编写；第三、四章由王彬编写；第五章由李雪英、刘素云编写；第六章由陈明灿编写；第七、八、九章由王黎明编写；第十章由郭岩、张泽民编写；第十一章由郑跃进、张泽民编

写；附录由张泽民、陈明灿、赵法成编写。各章编写完成后，主编最后完成对全书的审稿、校对、定稿。

本书在编写过程中，得到了河南科技大学学术著作出版基金资助。另外，本书引用有关同仁的研究资料以及参考出版的有关专著，因涉及人员较多，恕不能一一列出，尽可能把所用相关文献列入书后的参考文献。在此向所有关心、支持本书的相关专家、被参阅文献的有关作者以及河南科技大学出版基金一并表示感谢。

由于时间仓促，加之编者的水平有限，书中不当之处或谬误之处在所难免，恳请读者批评指正。

张泽民

2008年2月

目 录

前言

第一章 玉米杂种优势研究和利用概况	1
第一节 世界玉米杂种优势研究和利用概况	1
第二节 我国玉米杂种优势研究和利用概况	4
第二章 玉米杂种优势产生的原因	8
第一节 玉米细胞分裂	8
第二节 玉米质量性状遗传	11
第三节 玉米数量性状遗传	19
第四节 杂种优势的概念	22
第五节 杂种优势的遗传假说	23
第六节 近交衰退与杂种优势	25
第三章 玉米杂种优势的表现	29
第一节 玉米根系及其杂种优势的表现	29
第二节 玉米茎及其杂种优势的表现	33
第三节 玉米叶及其杂种优势的表现	37
第四节 玉米种子及其杂种优势的表现	43
第五节 玉米杂种优势在其他性状方面的表现	46
第四章 玉米杂交种的选育	52
第一节 玉米自交系的选育	52
第二节 玉米自交系的改良	64
第三节 玉米杂交种的选配	68
第五章 玉米杂交种的引进和利用	76
第一节 玉米引种	76
第二节 玉米杂交种的合理利用	82
第六章 玉米杂交制种概述	87
第一节 玉米杂交制种的任务和特点	87
第二节 玉米杂交制种的体制	89
第三节 玉米杂交制种的方法	97
第四节 常用的玉米杂交种	102
第七章 玉米杂交制种的质量控制	111
第一节 玉米杂交制种质量控制的意义和原理	111

目 录

第二节 亲本自交系纯度的鉴定与控制	114
第三节 玉米杂交制种田隔离质量的控制	125
第四节 玉米杂交制种田去雄质量的控制	129
第五节 玉米杂交种子的质量检验及签证	131
第八章 玉米杂交制种的高产技术	138
第一节 提高玉米杂交制种产量的意义和原理	138
第二节 玉米杂交制种田的花期调控	142
第三节 利用姊妹系配制玉米杂交种	154
第四节 玉米杂交制种高产栽培技术	156
第五节 玉米杂交制种田双亲的行比	160
第九章 玉米雄花不育的利用	162
第一节 玉米雄花不育的研究概况	162
第二节 玉米雄花不育的分类	164
第三节 细胞质雄花不育恢复性的遗传	170
第四节 细胞质不育性的利用原理和方法	177
第五节 玉米细胞核不育的利用	186
第十章 玉米制种 F_1 的病虫草害及其防治	191
第一节 玉米制种田主要病害及防治	191
第二节 玉米制种田主要虫害及防治	208
第三节 玉米制种田主要草害及防治	221
第十一章 玉米种子的加工与贮藏	223
第一节 玉米种子的加工与贮藏概述	223
第二节 玉米种子的干燥	225
第三节 玉米种子的清选与分级	228
第四节 种子的包衣	232
第五节 种子的包装	237
第六节 玉米种子的安全贮藏	241
附录	260
附录一 玉米种子质量国家标准	260
附录二 玉米种子质量国家检验标准	261
附录三 中国玉米的国家标准	264
附录四 玉米杂交种四级种子生产技术操作规程（河南省地方标准）	267
主要参考文献	276

第一章

玉米杂种优势研究和利用概况

第一节 世界玉米杂种优势研究和利用概况

虽然玉米并不是被利用杂种优势的第一种作物，但是由于玉米杂种优势在大田生产中表现出的极大的增产作用，以及由于杂种优势利用增强了玉米品种的适应性，扩大了玉米的种植区域，从而促进了粮食作物（如水稻、小麦等）、经济作物（棉花、麻类等）、油料作物（油菜等）、蔬菜作物（辣椒、大白菜等）以及瓜类作物（西瓜、甜瓜等）杂种优势的研究和利用。杂种优势的遗传学概念只是在孟德尔规律重新发现、显性学说和超显性学说提出之后才基本形成，而人类对于玉米杂种优势的发现和利用的时间则要早得多。

一、玉米杂种优势的发现

伴随着欧洲人早期的北美殖民活动，原由印第安人培育的“北方硬粒种”玉米同另一个“南部马齿种”发生“串粉”（杂交），其后代经过自然和人工选择，产生了在美国玉米带的新的马齿型品种，也就是我们现在所称之为“马齿型”的新类型。由于“北方硬粒种”同“南部马齿种”遗传基础的差异，使得新产生的马齿型品种，在生长势和生产力等方面都比原亲本种显著提高，于是人类在玉米中不自觉地利用了杂种优势。

被称为“杂交玉米之父”的生物学家达尔文，最早揭示了生物“杂种优势”的奥秘，并以自己的实验结果，首次报道了玉米自交后代和异交后代生长的差异。在生产力方面，他发现自交使后代的生长势减弱，产量降低。但自交后代的种子，当再次进行杂交时又会使其生长势和生产力得到显著增强。据此，达尔文指出：“异花授粉一般对后代是有益的，而自花授粉往往对后代是有害的。”他认为两个玉米材料杂交产生的生长势、生产力增强的现象是不同遗传成分的有机体杂交的结果，是“亲本性因素某种程度的分化”。这就是生物学家达尔文基于对玉米的研究最早发现并提出的生物杂种优势的概念。

1880年美国植物学家比尔首次采用隔离区的技术和摘除母本雄穗的方法生产出了玉米品种间杂交种子，并且观察到 F_1 的穗粒产量超出亲本的20%以上，最高的达到51%。比尔是从达尔文的研究结果中得到启发的，当他还在大学读书的时候，就曾尝试控制杂交授粉的方法进行玉米杂交试验研究（1870年）。为了能重复达尔文的试验结果，他设计了

第一章 玉米杂种优势研究和利用概况

一项玉米品种自交和杂交的试验方案。在研究过程中，他特别重视进行杂交的两个亲本的差异性。他从各地收集到在形态和生理各方面均具有较明显差异的玉米品种，在一个不受其他玉米花粉干扰的地区，将这些品种隔行交错种植，除一个作父本的品种保留雄穗外，其余各品种全部在散粉前拔除雄穗，并分别给各品种的雌穗套袋，有目的地将选定的花粉投给雌穗，从而准确地获得了 F_1 杂交种子。比尔的工作决不仅仅是发现了玉米杂种优势，并且为以后的玉米杂交种子生产程序提供了基本思路。

二、世界玉米杂种优势研究概况

由于达尔文和比尔的开拓性贡献，为玉米杂种优势的研究打下了比较稳固的基础。1905 年美国遗传学家谢尔在纽约州着手研究玉米的遗传性。他将各地的白马牙玉米品种种在自己的试验田里，散粉时严格进行人工套袋自交，并且统计了每个果穗上的籽粒数量，在连续进行了多年的自交后代单株上，授以其他品种的花粉以杂交，并获得了杂交种子。再把这些杂交种子种下去，进行果穗籽粒统计后，详细分析了玉米近亲繁殖后代生活力减退和杂种后代优势表现的数量指标。几乎在同一时期，美国伊里诺斯大学的伊思特在自己的研究中发现，虽然自交使玉米的生长势和生产力明显下降，但却使后代种子越来越趋向于纯合化。在 1908 年 1 月举行的“美国育种者协会”年会上，两位科学家分别介绍了几乎是完全相同的玉米研究结果。他们一致认为，自交使玉米的植株长势减弱和籽粒产量降低。虽然自交代数越多，籽粒产量愈低，但自交后代的植株群体却逐渐趋向整齐一致，从而形成“自交系”。如果将那些来源不同的“自交系”进行杂交，就会产生极其强烈的杂种优势，表现为植株生长旺盛，根系发达，果穗大，籽粒产量高。他们给这种现象命名为“杂种优势”。

在他们二人的研究基础上，还向农民推荐了几个杂种优势特别强大的杂交组合。尽管这些杂交种在大田中表现十分突出，远远超过当时的应用品种，但由于自交系长势瘦弱，种子生产量太少，而使杂交种子生产产量低，成本高，农民不能从“杂种优势”中得到增产效益。甚至在谢尔和伊恩特论文发表以后的 20 几年里，这个难题一直没能得到解决。

1918 年，伊思特的学生琼斯在多年的研究和探索，终于提出了在生产上推广用两个单交种配制的双交种而代替用两个自交系配成的单交种的建议。他的研究表明，用两个生长势很强的单交种彼此进行杂交，不仅可以保持部分杂种优势，而且可以生产出更多的杂交种子，降低种子成本，从而为杂交玉米在生产上的广泛应用提供了可能性。琼斯的工作宣告一个新的玉米杂种优势利用方法的诞生，使玉米杂种优势的研究又向前推进了一大步。1921 年，他发表了关于玉米杂种优势在生产上利用新途径的研究报告，同时向社会推荐了美国第一个商业玉米双交种——“白磨石×利民”。“白磨石×利民”在康涅狄格州的示范结果表明，单位面积籽粒产量超过当时应用的任一个玉米品种，创造了玉米籽粒产量的最高记录。

杂种优势是生物界一种普遍的现象，它是指由两个遗传基础不同的亲本杂交，其后代在生长势、生活力、繁殖力、抗逆性、产量和品质等方面都优于亲本的现象。早期比尔、谢尔和伊思特让不同材料自交的工作，实际上就是让玉米“近亲繁殖”。不同材料的多代近亲繁殖，可使混杂个体的后代群体中纯合体增加，杂合体减少，其结果使个体内隐性的

不利性状纯合而表现出来，即人们可以从群体中将这些不利的性状剔除，使群体性状得以改育，又由于纯合体增加，使后代遗传性状趋于稳定。所以说，近亲繁殖虽然使植株生长势减退，繁殖力降低，抗逆性减弱，但因为可以使后代性状纯合、稳定，并趋于优良，所以近亲繁殖是杂种优势利用的基础。

玉米杂种优势利用，首先要通过严格的近亲繁殖自交培育出优良的自交系，然后让自交系杂交，就可以产生比普通品种高出 20%~30% 的籽粒产量。此外，玉米杂种优势还表现在植株生长繁茂，雌雄穗发育较快，叶、茎、根生长茁壮，杂交种的抗逆性和适应性增强，不仅高产，而且稳产。

玉米杂种优势产生的原因，是许多科学家所关心的问题。1910 年布鲁斯首次提出解释杂种优势的显性基因互补假说，后经琼斯等人补充以连锁和加性的基因效应而形成了显性假说。显性假说认为，植物的各种优良性状是受多个基因连锁群中的显性基因所控制，不利的隐性基因能被有利的显性基因所控制，植物自交时，由于隐性基因纯合，使不利作用得以表现，导致自交植株生长势减退，自交代数愈多，生长势减退愈明显。但多基因型不同的两个自交系杂交时，双亲的显性基因抑制了对方的隐性基因，大量有利的显性基因在杂交后代中累积起来，决定产量及其他性状的有利基因就充分地表现出来，结果表现为杂种优势。

1936 年，伊思特根据自己对多种植物杂种优势现象的深入研究，创立并提出了等位基因异质结合假说，也称超显性假说。该假说认为，等位基因间没有显隐性的区别，当它们处于杂合状态时，能表现出比纯合状态大得多的杂种优势，并且进一步指出，在一定范围内杂合体的等位基因差异愈大，产生的杂种优势也就愈强。

显性假说和超显性假说都试图以各自的理论来阐明杂种优势的原因，但实际上它们均可能同时在生物体内对杂种优势起作用。因为，它们都认为杂种优势是建立在杂种基因型内各对基因的全面杂合的基础上的，优势的强弱取决于两个亲本基因型的差异程度。

三、世界玉米杂种优势利用概况

世界玉米杂种优势利用的先驱者，是美国的华莱士，他在推广玉米杂交种方面做出了极大的贡献，是世界上玉米杂交种的第一个商业生产者和推广者。1924 年，他自己培育出了自交系间双杂交种“库伯”，并以此玉米杂交种为基础，创立了美国首家杂交玉米种子公司——先锋种子公司。他指出，作物杂种优势是可以和原子能相提并论的现代科学技术，为了推广杂交玉米，华莱士在农业杂志上宣传杂交玉米比普通玉米增产的原因，在许多州设置玉米高产示范田，通过许多高产记录，使农民认识到杂交玉米的增产潜力，尽管杂交玉米种子的价格要比普通玉米高出许多，但农民从增加的玉米产量中仍可获得较大的收益。由于华莱士的不懈努力，在不到 10 年的时间里，伴随着杂交玉米的推广，化肥的应用以及新的栽培技术的采纳，美国玉米产量得到大幅度的提高。

杂交玉米种进入大田应用后，世界玉米生产发生了惊人的变化。例如，1931 年美国在 3 760 万 hm^2 的土地上生产出了 5 664 万 t 玉米，每公顷平均为 1 536 kg。1982 年，虽然玉米面积下降到 2 960 万 hm^2 ，但总产却达到 2.13 亿 t，为 1931 年的 3.8 倍，平均每公顷 7 210 kg。玉米产量的大幅度提高，当然还有化肥、新的栽培技术以及病虫害的防

第一章 玉米杂种优势研究和利用概况

治等作用。德鲁(1973)曾以1930—1970年间,玉米产量试验中杂交种平均单产的总增益减去对照品种的相应增益,来估计纯粹由杂交玉米自身所增加的效益值,以百分率表示,计算结果为33%。从产生和投入比的经济效益来看,玉米杂交种的技术投入是高于其他农业科学技术的。据统计:美国农业部和各州农业试验站在1920—1945年的25年间为玉米育种付出的总支出接近于500万美元,而这一支出的报酬,根据当时玉米的农场价格计算,是20亿美元,也就是说,美国玉米杂交种优势利用的产生、投入效益比为400:1。目前,美国已成为世界上最大的玉米生产国和出口国。美国的玉米总产量占世界的1/2,美国人把西起内布拉斯加,东至宾夕法尼亚,南起密苏里,北至威斯康星的玉米带称为“金色的谷仓”。

法国也是世界上最早种植玉米的国家,但最初的种植并不是作为粮食作物,而是作为宫廷花园里的观赏植物。直到20世纪40年代,法国种植玉米的面积只有33.3万 hm^2 左右。由于杂交玉米的抗逆性和适应性更强,加之法国玉米育种家培育出的适合本国种植的早熟、抗寒玉米育种家培育出的适合本国种植的早熟、抗寒玉米杂交种,玉米种植面积20世纪80年代已达到146.67万 hm^2 ,单产也提高了4倍,从而使谷类粮食作物总产量增加了2倍,人均粮食占有量也增加了2倍。使法国从原来的粮食进口国变为粮食出口国。此外,因为玉米产量的大幅度提高,为法国的畜牧业发展提供了良好的饲料条件。畜产品大幅度增长,不仅能满足本国人民的需求,还出口欧洲其他国家。反过来,畜牧业的发展又为种植业提供了大量的厩肥,为培肥地力,保证玉米持续增产奠定了基础。

此外,墨西哥、意大利、匈牙利、阿根廷以及亚洲的泰国、朝鲜等国家都从推广、利用杂交玉米中获得巨大效益。目前,全世界玉米种植面积常年保持在1.3亿 hm^2 左右,其中2/3采用杂交种,据美国农业经济学家格列希斯研究,美国、墨西哥、秘鲁等国用于研究和推广杂交玉米的投资和收益比,大部分在35%~55%或更高些。目前,世界农业研究中,已把杂交玉米的推广和利用,看做是农业现代化的重要标志之一。

第二节 我国玉米杂种优势研究和利用概况

一、我国玉米杂种优势研究概况

1921年美国玉米双交种育成并利用后,我国也先后开展了玉米自交系选育和杂种优势利用的研究工作。1934年,著名遗传育种学家丁振麟发表了《近代玉米育种法》,最早向国内介绍了玉米杂种优势利用的理论与方法。文章指出,利用自交系配制玉米杂交种是提高玉米产量的重要措施之一。

1939年吴绍骥通过多年的研究后指出,亲缘相近的两个自交系组成的单交种在产量及其农业性状上都不如没有亲缘关系的自交系间的以及仅存有一个共同亲本的单交种表现优良。同时,他还提出在生产上利用通过组合两个以上亲本的好性状选育改育自交系,即“二环系”的建议。这对以后我国玉米杂种优势利用中克服亲本自交系乃至杂交种遗传基础狭窄等问题起了重要的指导作用。

1941年戴松恩在《农报》上发表题为《抗建期中玉米杂交种之推广问题》,根据3年

的试验结果,他指出在我国直接利用美国双交种,由于其适应性差,所以增产效果不显著,建议利用当地玉米材料选育自交系,再与外来自交系杂交配制出双交种。戴松恩的这一观点,对我国玉米杂种优势的研究和利用一直起着指导作用。

新中国成立后,由于党和政府对农业生产的高度重视,玉米杂种优势利用工作得到了长足的发展。1949年12月,农业部召开全国农业生产会议,国内知名专家学者都应邀参加。玉米育种家吴绍骥在大会上做了题为“利用杂种优势,增进玉米产量”的发言。吴老在发言中,着重提出发展我国玉米生产当前和长远的策略和措施,他指出玉米杂种优势利用有两个途径:一是利用自交系间杂交,增产显著,但需时间长;二是品种间杂交,技术简单,需时间短。前者是利用杂种优势的最基本途径。从目前实际出发,后者有立竿见影的效果。吴绍骥的建议受到中央领导的重视,农业部于1950年2月召开玉米工作座谈会,邀请著名玉米专家参加,制定了《全国玉米改良计划》。这项研究计划包括:玉米去雄选种,即在大田玉米抽雄后,去掉 $1/3 \sim 1/2$ 的雄穗,一般可使玉米增产 $2\% \sim 3\%$ 。培育品种间杂交种,一般可增产 $20\% \sim 30\%$ 。培育玉米综合品种,由于综合品种既集中了多数有利性状,又是一个自然授粉的混杂群体。在保持基因平衡的条件下,杂种优势可保持4~5代。培育玉米双交种,这种自交系间的双交种,杂种优势强,比普通玉米品种增产 35% 以上,但是由于技术复杂,需要较长时间,可作为玉米杂种优势利用的长远发展战略。

1964年,刘仲元在《玉米育种的理论与实践》一书中,系统总结了我国玉米育种工作者关于玉米引种的研究结果。根据我国地域辽阔,气候悬殊大,远距离引种会引起玉米生育期和产量性状等的变化的特点,总结出我国玉米引种的三个规律:①从高纬度北方向低纬度南方引种时,生育期缩短,反之则有延长的趋势。而在相同纬度上的引种,则变化不大。②随着海拔增高,同一玉米品种的生育期延长,株高增加,果穗变长,粒重变大。③播种期早晚对同一玉米品种的生育期、株高、穗长和粒重均有一定影响,晚熟品种夏播时,生育期缩短,株高、穗长和粒重均降低;早熟品种春播时,生育期则延迟,株高、穗长、粒重均增加。

玉米杂种优势利用的研究,由于受一年只能种植一季的影响,而使育种进程慢,或者育成的新杂交种因其种子少而无法满足不同大田需要。1956—1959年,在吴绍骥教授的组织下,开展了玉米异地培育的研究,异地培育在国内外都是具有开创性的研究,为了解决玉米异地培育的可行性问题,吴绍骥认为首先必须解决三个方面的问题,一是在北方种植的玉米材料到南方种植是否能正常生长发育;二是在南方培育的自交系,移植到北方能否正常生长;三是自交系的配合力是否会因种植地的改变而改变。

为了奠定异地培育的理论基础,吴绍骥、程剑萍和陈汉芝等人选出了20个玉米材料共208个果穗作为供试对象。经过四年的异地种植试验,圆满回答了上述的三个基本问题。北方玉米材料可以在南方良好地生长发育,并能选育出自交系,将来引种到北方仍能正常发育。异地培育的方法,不仅能增加玉米繁殖世代,而且不影响自交系的性状,并能使自交系的配合力继续保持下来,用异地培育的自交系配制的杂交种在不同地区种植均表现显著增产。1960年,吴绍骥等人合作发表了题为《异地培育对玉米自交系的影响及在生产上利用可能性的研究》的学术论文。1961年12月在湖南省长沙市召开的中国作物学

第一章 玉米杂种优势研究和利用概况

会第一次代表大会上,吴绍骥在《对当前玉米杂交育种工作的三点建议》的发言中,正式提出“异地培育”的建议。他指出,“南北协作进行玉米自交系的异地培育,不仅有利于北方缩短自交系选育的年限;同时,通过协作,也丰富了南方的玉米自交系资源,从而为配制出更多的高产杂交种创造了有利条件。”

异地培育的理论对我国玉米杂种优势研究的推动作用巨大的。从1959年起,我国北方的农业科研部门先后都开展了玉米自交系选育的北种南育工作。一般一年可对自交系进行两代选择鉴定。从而大大缩短了玉米育种的年限,提高了杂种优势利用的效率。20世纪70年代在我国玉米杂种优势利用中大量采用的骨干自交系矮金525、自330、获白等,20世纪80年代的骨干系,如8112、黄早4等都是经过异地培育成功的,它们所配制的杂交种在生产上的推广面积都在6.67万 hm^2 以上。70年代后,异地培育理论已从玉米扩展到其他作物,从北种南繁,发展到南种北育,由吴绍骥创立的异地培育理论及实践,对我国作物育种研究起到了极大的促进作用。

在玉米杂种优势利用中,采用姊妹种配制改良单交的方法又是一项重要的技术进展。姊妹种代替原母本自交系用以生产杂交种子具有许多优点,据河南农业大学陈伟程教授和四川的李远春等人的研究,改良单交种表现丰产、稳产,群体植株整齐度好,并且用姊妹种进行杂交制种较原母本系增产30%以上。虽然在制种中多了一道工序,但由于姊妹种抽雄集中,制种田抽雄用工少,并且由于姊妹种长势好,穗粒性状优良,制种产量高,其增产效益是十分显著的。此外,我国玉米杂种优势研究工作者,在雄花不育的研究利用、玉米抗病育种以及群体改良、品质育种等多个领域取得了许多重大进展,从而保证了我国玉米杂种优势利用工作的健康发展。

二、我国玉米杂种优势利用概况

(一) 早期的玉米杂种优势利用

20世纪30年代初成立的中央农业试验所,根据近代玉米育种的特点,实行统一制订玉米育种计划,统一搜集育种材料的措施,以提高玉米育种的速度。中央农业试验所还特聘美国康奈尔大学作物育种家洛夫讲授“生物统计学在作物育种中的应用”。1936年还分别邀请英国剑桥大学韦适博士及美国玉米育种家海斯讲授现代生物统计学和作物育种方法。这些新理论、新技术的引入,使我国玉米杂种优势利用建立在现代遗传学坚实的基础之上,并利用统计学手段,提高试验的精确性。燕京大学的卢纬民于1935年首次将我国最早配制的258个玉米测交组合进行产量比较试验,其籽粒产量优势超过对照品种40%~50%,并在北京地区扩大试种。

抗日战争期间,我国玉米杂种优势研究工作并没有停止,尽管条件非常艰苦,但我国玉米育种的先驱们仍坚持探索,杨允奎等人在四川农业改进所先后育成双404等双字号杂交种,在四川成都等地试种,比当地农家品种增产24%~30%。还有许多在美国学习的中国留学生费尽周折把美国的优良材料引进中国。1939年,原在美国攻读博士学位的吴绍骥,归国时带回40多份玉米原始材料,在贵阳农业改进所繁育种植。抗日战争胜利后,全国各农业研究部门先后开始了玉米自交系间的杂交选配工作。1946年蒋彦士从美国带回40余份材料,在北平农事试验场种植,并先后两次从美国引回玉米双交种。1947年吴

绍骥在南京金陵大学，开始了玉米品种间杂交育种工作，他根据远缘亲本材料间产生杂种优势的理论，用本地硬粒玉米与外来马齿玉米杂交，培育出玉米品种间杂交种，比双亲增产 20% 以上，比当时大面积推广品种“二郎早”显著增产。1948 年，杨允奎、张连桂等在四川从地方品种和外引品种中自交分离出 300 多个较稳定的自交系，其中优良自交系，如可 36、多 39 等。曾用于配制杂交种，选育出的优良玉米综合种川大 201，增产显著。

虽然我国的玉米育种家们在极艰苦的条件下，对玉米杂种优势利用做出了具有开创性的贡献，但由于国民党腐败政府对农业研究漠不关心，所以无法大量繁殖、推广利用。事实上，育种家们的研究成果几乎没有发挥任何作用。在解放区，由于党和政府的支持，除大力推广如金皇后等优良品种外，还开展了杂种优势利用工作，如山东解放区的坊子农场育成的场杂 2 号优良杂交种，产量高、适应性强。新中国成立后，该品种在生产上得到了大面积的推广应用。

（二）品种间杂交阶段

20 世纪 50 年代初期，我国在农业生产上推广的去雄选种技术，是杂种优势利用的初级阶段。据刘泰、刘仲元的研究，在连续四年的试验中，用华农 1 号作材料，去雄当年增产 11.6%，下年增产 9.8%，增产的主要原因，不但是由于去雄可以节省雄穗开花所消耗的大量养分，而供向雌穗，更在于通过部分去雄可以减少玉米自交，增加异交，获得品种内杂交种子，以提高后代产量。

在大面积远距离引种的基础上，我国还开展了优良品种的评选工作。从评选出的优良农家种中，又开展了选育品种间杂交种和自交系间杂交种工作。