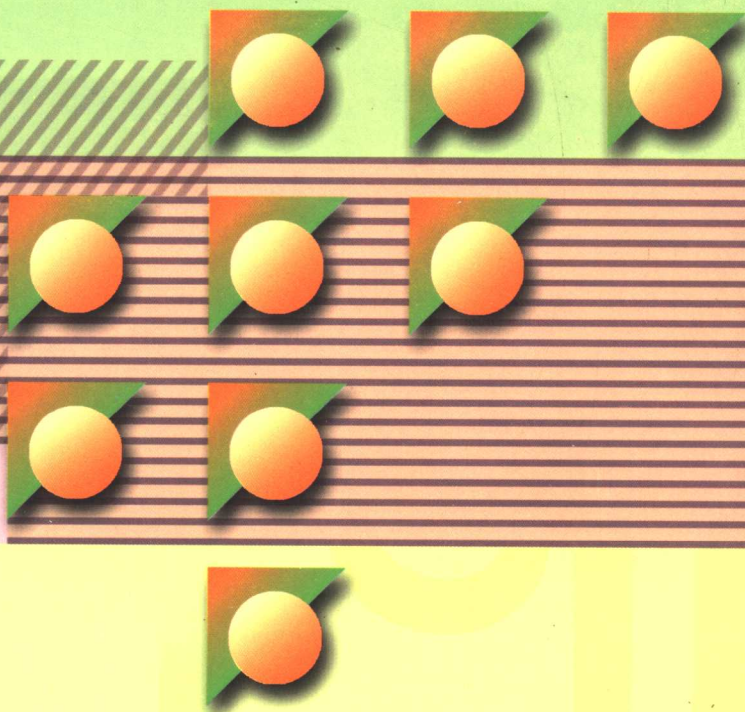


农作物杂种优势

卢庆善 孙 毅 华泽田 主编



中国农业科技出版社

农作物杂种优势

卢庆善 孙 毅 华泽田 主编

中国农业科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农作物杂种优势/卢庆善等主编. -北京: 中国农业
科技出版社, 2002.1

ISBN 7-80167-033-7

I. 农… II. 卢… III. 作物-杂种优势-基本知识
IV. S334.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 52815 号

责任编辑
责任校对
出版发行

经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

冯凌云

马丽萍

中国农业科技出版社

地址: 北京海淀区中关村南大街 12 号

电话: 68919709; 68919703 邮编: 100081

新华书店北京发行所

北京印刷学院印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张: 31.75

1~2000 册 字数: 760 千字

2002 年 1 月第 1 版, 2002 年 1 月第 1 次印刷

88.00 元

《农作物杂种优势》编委会

主 编	卢庆善	孙 毅	华泽田		
副主编	王呈祥	张福耀	张志学	邹吉承	郝 铠
编著者	(以姓氏笔画为序)				
	王玉文	王彦荣	王随保	王满富	
	牛永章	白志良	平俊爱	田森林	
	孙学斌	闫喜梅	李 洪	杨 伟	
	宋仁本	苗桂珍	赵丑玲	赵廷昌	
	徐兆飞	徐忠成	高 勇		

内 容 简 介

《农作物杂种优势》全书 16 章，分为两部分：前 7 章从杂种优势利用的历史发展入手，论述了杂种优势的理论基础、杂种优势利用的途径、杂种优势利用与雄性不育、杂种优势利用与群体改良、杂种优势固定与无融合生殖以及杂种优势的生物学等；后 9 章分别叙述了玉米、高粱、水稻、小麦、谷子、大豆、向日葵、油菜、蔬菜和棉花等农作物杂种优势利用的历史、现状、成就、技术特点和育种方法等。本书编著资料取材丰富，吸收了杂种优势利用的最新研究成果，内容翔实，论述新颖，系统性强，理论与实际紧密结合，是一部具有较高学术水平和实用价值的专著。

本书可供农业科技工作者，农业、师范、生命科学院校师生参考。

前 言

我一生从事高粱杂种优势利用的育种研究工作，亲眼目睹了两亲本杂交后代强大的杂种优势表现，株高、穗长、粒数、粒重等性状几成或成倍增加。高粱是这样，玉米也是这样；禾谷类作物是这样，蔬菜、果树作物也是这样；植物是这样，动物也是这样。可以说，杂种优势是生物界普遍存在的现象。人们利用杂种优势创造出不可估量的社会经济效益，为人类造福。

1866年，孟德尔在《植物的杂交试验》一文里，提出了豌豆的质量性状；1876年，达尔文在《植物界异花受精和自花受精的效果》一文中，提出了植物株高、结实等数量性状，并发现了杂种优势。自此以后，作物品种改良经历了两个主要阶段。第一个阶段是以约翰逊（1857~1927）的纯系学说为理论依据的纯系品种阶段，其主要特点是利用基因重组、互补，基因渐渗等手段，培育遗传性状相对稳定，种子可以连续使用的作物品种。这一阶段历史悠久，直到今天仍然在进行中。第二阶段是杂种优势利用的阶段，其主要特点是利用特定的父、母本杂交，产生具有强大优势的杂交种，只能利用杂种一代，生产上要年年制种。

杂种优势利用以其旺盛的生命力迅速发展起来，一方面使作物的产量因杂种优势的利用而不断提高，另一方面是杂种优势利用近乎面向所有的农作物，包括粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、花卉等，几乎成了杂种优势利用的“一统天下”。

虽然杂种优势得到了广泛的研究和利用，但是杂种优势又是一个十分复杂的问题。首先，在杂种优势的理论，尚不是很明确，需进一步深入研究；其次，在杂种优势的利用上，由于作物种类繁多，千差万别，授粉和受精方式又有异交、常异交和自交之分。因此，在杂种优势的利用上又各有特点，各有不同，需要总结和提高。

鉴于目前杂种优势利用处于发展的高峰期，科研工作又处于攻关期，为了把杂种优势利用的成果科学化、系统化，以比较完整的框架和思维提供给从事这一工作的诸位，我邀请了几位从事不同作物杂种优势利用研究的同事，共同编写了《农作物杂种优势》这本书。仁者见仁，智者见智，试图从理论的高度，从理论与实践的结合上论述杂种优势利用的有关问题。但是，由于编著者水平所限，书中错谬难免，敬请读者指正。

卢庆善

2000年5月于辽宁省农业科学院
(沈阳 110161)

目 录

前 言	(1)
第一章 农作物杂种优势利用研究概述	(1)
第一节 杂种优势利用研究简史	(1)
第二节 杂种优势的概念	(5)
一、杂种优势概念的由来	(5)
二、杂种优势概念的分类	(6)
三、杂种优势的度量	(7)
第三节 杂种优势现象和表现	(8)
一、杂种优势现象	(8)
二、杂种优势的表现	(9)
三、杂种优势表现的特点	(14)
第四节 杂种优势的生理表现特点	(18)
一、营养吸收的杂种优势	(18)
二、光合速率的杂种优势	(18)
三、呼吸作用的杂种优势	(21)
四、物质合成的杂种优势	(22)
主要参考文献	(24)
第二章 杂种优势的理论基础	(27)
第一节 杂种优势的遗传原因	(27)
一、显性理论	(27)
二、超显性理论	(30)
三、显性和超显性理论讨论	(32)
四、遗传平衡理论	(32)
五、异质结合理论	(34)
六、有机体生活力理论	(34)
第二节 杂种一代性状的遗传表现	(35)
一、玉米	(35)
二、高粱	(40)
三、小麦	(46)
第三节 杂种优势的研究方法	(49)
一、数量遗传学研究法	(49)
二、群体遗传学研究法	(57)
三、分子数量遗传学研究法	(59)
主要参考文献	(61)

第三章 杂种优势利用的途径	(63)
第一节 杂种优势利用的前提条件	(63)
一、杂种优势利用的基本原则	(63)
二、作物繁殖方式和杂种优势利用	(64)
三、杂种优势利用的途径	(65)
第二节 亲本系(自交系)的选育和改良	(67)
一、亲本系(自交系)的选育	(68)
二、亲本系(自交系)的改良	(70)
第三节 亲本系配合力测定	(71)
一、配合力的概念	(71)
二、配合力的分类	(72)
三、配合力的测定	(72)
第四节 配合力育种方法	(82)
一、杂交种的类型	(82)
二、亲本选配	(83)
三、育种方法	(85)
四、自交系的改良方法	(87)
主要参考文献	(88)
第四章 杂种优势利用与雄性不育	(90)
第一节 雄性不育在杂种优势利用中的作用	(90)
第二节 雄性不育研究概况	(90)
第三节 雄性不育的特征和遗传	(93)
一、雄性不育的特征	(93)
二、雄性不育的遗传	(96)
第四节 雄性不育的细胞学基础	(98)
第五节 雄性不育系及其保持系的创造和选育方法	(100)
一、雄性不育系的创造	(100)
二、核质互作型雄性不育系及其保持系选育方法	(101)
三、核型雄性不育系的选育	(104)
第六节 雄性不育的利用	(105)
一、细胞质雄性不育杂交种	(106)
二、细胞核雄性不育杂交种	(108)
第七节 其他类型杂交种的研究和应用	(110)
一、自交不亲和系的选育和利用	(110)
二、化学诱变雄性不育的研究和利用	(117)
第八节 雄性不育恢复系的创造和选育	(119)
一、雄性不育恢复系的创造	(120)
二、雄性不育恢复系选育方法	(120)
主要参考文献	(121)

第五章 杂种优势利用与群体改良	(124)
第一节 群体改良在杂种优势利用中的作用.....	(124)
第二节 群体改良与轮回选择.....	(125)
一、群体改良的提出和效果.....	(125)
二、群体改良的原理.....	(127)
三、轮回选择的作用.....	(129)
四、轮回选择法.....	(129)
第三节 雄性不育在群体改良中的作用.....	(139)
一、雄性不育方便轮回选择.....	(139)
二、隐性细胞核雄性不育系在群体改良中的应用.....	(139)
三、显性细胞核雄性不育系在群体改良中的应用.....	(142)
第四节 杂交群体的组成和改良.....	(144)
一、复合杂交群体的组成.....	(144)
二、高粱随机交配群体的组成.....	(145)
三、综合种群体的组成.....	(148)
主要参考文献.....	(149)
第六章 杂种优势的生物学	(151)
第一节 杂种优势与酶.....	(151)
一、杂种优势与氧化酶.....	(151)
二、杂种优势与同工酶.....	(153)
三、基因—酶—杂种优势.....	(155)
第二节 杂种优势与激素.....	(157)
一、杂种优势与赤霉素.....	(157)
二、杂种优势与酵母活素物质.....	(158)
第三节 杂种优势与线粒体.....	(159)
第四节 杂种优势与叶绿体.....	(163)
第五节 杂种优势与生物技术.....	(167)
一、杂种优势与 RFLP	(167)
二、杂种优势与 DNA 含量	(168)
三、杂种一代中的基因表达与杂种优势.....	(172)
四、基因网络体系与杂种优势.....	(173)
主要参考文献.....	(174)
第七章 杂种优势固定与无融合生殖	(177)
第一节 杂种优势衰退的原因.....	(177)
一、杂种二代杂种优势的衰退现象.....	(177)
二、杂种优势衰退的原因.....	(178)
第二节 杂种优势固定的方法和途径.....	(179)
一、无性繁殖法.....	(179)
二、多倍体法（双二倍体法）.....	(180)

三、染色体易位法·····	(181)
四、组织培养法·····	(182)
五、无融合生殖法·····	(182)
第三节 无融合生殖·····	(182)
一、无融合生殖概述·····	(182)
二、无融合生殖胚囊形成的细胞学·····	(185)
三、无融合生殖的起源和遗传基础·····	(188)
四、无融合生殖系获得的方法与鉴定技术·····	(191)
五、无融合生殖在作物育种中的应用·····	(196)
六、无融合生殖研究前瞻·····	(200)
主要参考文献·····	(200)
第八章 玉米杂种优势利用·····	(202)
第一节 玉米杂种优势利用概述·····	(202)
一、国外玉米杂种优势利用的历史发展·····	(202)
二、我国玉米杂种优势利用简况·····	(202)
第二节 玉米杂种优势的表现·····	(203)
一、产量及其组分的优势表现·····	(203)
二、植株性状的优势表现·····	(204)
三、品质性状的优势表现·····	(205)
四、生理性状的优势表现·····	(205)
第三节 玉米自交系选育及其配合力测定·····	(207)
一、自交系选育·····	(207)
二、自交系配合力·····	(216)
第四节 玉米雄性不育性的利用·····	(221)
一、玉米雄性不育性的种类·····	(221)
二、雄性不育系和雄性不育恢复系选育·····	(223)
三、雄性不育性的利用·····	(227)
第五节 玉米杂种优势的利用·····	(228)
一、玉米杂交种选育·····	(228)
二、强优势杂交组合选配·····	(233)
三、杂种优势预测·····	(236)
主要参考文献·····	(237)
第九章 水稻杂种优势利用·····	(240)
第一节 杂交水稻研究的历史回顾·····	(240)
第二节 水稻杂种优势的表现·····	(241)
第三节 水稻杂种优势利用的途径·····	(242)
一、三系法水稻杂种优势利用育种·····	(242)
二、两系法水稻杂种优势利用育种·····	(250)
三、化学杀雄法利用水稻杂种优势·····	(257)

第四节 水稻籼粳亚种间杂种优势利用·····	(258)
一、栽培稻演化和分类·····	(258)
二、水稻广亲和品种及广亲和基因·····	(259)
三、籼粳亚种间杂种优势的表现·····	(259)
四、籼、粳稻遗传差异及其杂种优势·····	(259)
五、籼粳亚种间杂种优势的利用途径·····	(261)
第五节 水稻杂种优势利用展望·····	(261)
一、超级杂交水稻育种·····	(261)
二、水稻杂种优势固定——系法杂交水稻·····	(262)
三、生物技术在杂交水稻研究中的应用·····	(263)
四、杂交水稻的品质改良·····	(264)
主要参考文献·····	(266)
第十章 小麦杂种优势利用·····	(269)
第一节 小麦杂种优势利用的价值·····	(269)
一、小麦杂种优势研究概述·····	(269)
二、小麦杂种优势的表现·····	(270)
第二节 小麦杂种优势的遗传生理基础·····	(272)
一、杂种性状的显隐性表现·····	(272)
二、雄性不育小麦的细胞学特点·····	(273)
第三节 小麦雄性不育系类型、遗传和应用·····	(274)
一、细胞质雄性不育系·····	(274)
二、核不育类型雄性不育系·····	(277)
三、光温敏雄性不育系·····	(279)
四、化学杀雄产生不育系·····	(282)
第四节 小麦杂种优势利用的途径·····	(284)
一、小麦杂种优势利用的基本原则·····	(284)
二、优势组合的选配·····	(285)
三、小麦雄性不育系和恢复系的选育·····	(285)
四、杂种小麦的制种技术·····	(286)
主要参考文献·····	(289)
第十一章 高粱杂种优势利用·····	(290)
第一节 高粱杂种优势的表现·····	(290)
一、籽粒和生物学产量优势·····	(290)
二、生理性状优势·····	(293)
三、籽粒品质性状的杂种优势·····	(296)
第二节 高粱“三系”及其在杂种优势利用中的作用·····	(299)
一、高粱杂种优势利用的早期尝试·····	(299)
二、细胞核—质互作型雄性不育系的发现及其表现·····	(299)
三、高粱核质互作型雄性不育系的类型及其意义·····	(302)

四、雄性不育系在杂种优势利用中的应用·····	(304)
五、无融合生殖与杂种优势固定·····	(305)
第三节 杂种优势利用的途径·····	(306)
一、雄性不育系及其保持系的选育·····	(306)
二、雄性不育恢复系选育·····	(308)
三、高粱群体改良·····	(311)
四、雄性不育系和恢复系的配合力测定·····	(311)
第四节 高粱杂交种的组配、鉴定和繁育·····	(313)
一、杂交亲本系选配的依据·····	(313)
二、杂交种产量鉴定·····	(313)
三、杂交种制种技术·····	(315)
第五节 生物技术在高粱杂种优势利用中的应用·····	(317)
一、利用同工酶和 DNA 技术分析种质资源多态性·····	(317)
二、利用分子标记测定杂种优势·····	(319)
三、分子标记辅助育种方法简介·····	(319)
主要参考文献·····	(321)
第十二章 油菜杂种优势利用·····	(324)
第一节 油菜杂种优势利用概述·····	(324)
一、油菜类型及其分布·····	(324)
二、油菜杂种优势利用的历史发展·····	(325)
第二节 油菜杂种优势的表现·····	(327)
一、产量等性状的杂种优势表现·····	(327)
二、生理性状的杂种优势表现·····	(330)
第三节 油菜类型和雄性不育性·····	(334)
一、不同类型油菜的主要繁殖方式·····	(334)
二、油菜自交的亲和性和不亲和性·····	(336)
三、油菜杂交的亲和性和不亲和性·····	(337)
四、油菜雄性不育性·····	(339)
第四节 油菜杂种优势的利用·····	(344)
一、油菜主要性状遗传·····	(344)
二、自交系选育方法·····	(352)
三、油菜杂种优势利用的途径·····	(353)
主要参考文献·····	(358)
第十三章 棉花杂种优势利用·····	(361)
第一节 棉花杂种优势研究概述·····	(361)
第二节 棉花杂种优势的表现·····	(362)
一、棉花杂种优势的综合表现·····	(362)
二、品种间和种间杂交种的杂种优势表现·····	(364)
第三节 棉花分类及主要性状遗传·····	(367)

一、棉花的起源和分类·····	(367)
二、棉花主要性状遗传·····	(372)
第四节 棉花杂种优势利用的途径·····	(383)
一、人工去雄杂交法·····	(383)
二、化学杀雄杂交法·····	(384)
三、雄性不育系杂交法·····	(384)
第五节 棉花杂种优势利用的关键技术·····	(387)
一、强优势杂交组合选配·····	(387)
二、提高杂交制种效率技术·····	(389)
三、杂种优势的多代利用·····	(390)
四、高产栽培技术·····	(391)
主要参考文献·····	(391)
第十四章 谷子杂种优势利用 ·····	(393)
第一节 谷子杂种优势利用概述·····	(393)
一、谷子杂种优势利用简况·····	(393)
二、谷子杂种优势表现·····	(394)
三、谷子杂种优势利用途径·····	(394)
第二节 谷子雄性不育性的类型及生物学基础·····	(396)
一、谷子雄性不育的类型及遗传·····	(396)
二、谷子雄性不育的细胞学特征·····	(398)
第三节 谷子雄性不育系的选育·····	(400)
一、谷子雄性不育的主要来源·····	(400)
二、谷子核质互作雄性不育系及保持系的选育·····	(402)
三、“Ch 型”显性核不育的发现与利用·····	(403)
四、谷子核隐性高度雄性不育系的选育·····	(405)
五、光(温)敏核不育系的选育·····	(406)
第四节 谷子雄性不育恢复系的选育·····	(407)
一、优良恢复系的标准·····	(407)
二、优良恢复系的来源及选育途径·····	(408)
三、恢复系的选育方法·····	(408)
第五节 谷子杂交种组配及繁制种技术·····	(410)
一、谷子杂交种亲本选配原则·····	(410)
二、谷子杂交制种技术·····	(410)
三、谷子雄性不育系繁育技术·····	(411)
主要参考文献·····	(412)
第十五章 大豆、向日葵杂种优势利用 ·····	(413)
第一节 大豆杂种优势利用·····	(413)
一、大豆杂种优势表现·····	(413)
二、大豆主要性状遗传表现·····	(417)

三、大豆雄性不育性的类型·····	(420)
四、大豆杂种优势利用需要解决的主要技术问题·····	(423)
第二节 向日葵杂种优势利用·····	(424)
一、向日葵杂种优势利用概述·····	(424)
二、向日葵杂种优势的表现·····	(427)
三、向日葵分类和主要性状遗传·····	(431)
四、向日葵雄性不育性·····	(437)
五、向日葵杂交种的选育·····	(444)
主要参考文献·····	(449)
第十六章 蔬菜杂种优势利用·····	(453)
第一节 蔬菜杂种优势利用概况·····	(453)
一、国外蔬菜杂种优势利用概述·····	(453)
二、我国蔬菜杂种优势利用概述·····	(454)
第二节 大白菜杂种优势利用·····	(456)
一、大白菜杂种优势表现·····	(456)
二、大白菜杂种优势利用途径·····	(456)
三、大白菜强优势杂交种选配·····	(460)
四、大白菜高产制种技术·····	(461)
第三节 甘蓝杂种优势利用·····	(462)
一、甘蓝杂种优势表现·····	(462)
二、甘蓝自交不亲和系的选育和利用·····	(463)
三、甘蓝雄性不育系选育·····	(466)
四、甘蓝优良杂交种选配及其制种技术·····	(468)
第四节 萝卜杂种优势利用·····	(469)
一、萝卜杂种优势表现·····	(469)
二、萝卜雄性不育系选育和利用·····	(470)
三、萝卜自交不亲和系和指示性状利用·····	(473)
四、萝卜优良杂交种选配及其制种技术·····	(474)
第五节 番茄杂种优势利用·····	(475)
一、番茄杂种优势表现·····	(475)
二、番茄雄性不育系选育和利用·····	(476)
三、番茄优良杂交种选配·····	(479)
四、杂交种制种技术·····	(480)
第六节 黄瓜杂种优势利用·····	(481)
一、黄瓜杂种优势表现·····	(482)
二、黄瓜雌性系的选育和利用·····	(483)
三、强优势杂交种选配和人工杂交制种·····	(485)
第七节 辣椒杂种优势利用·····	(486)
一、辣椒杂种优势表现·····	(486)

二、辣椒雄性不育系的选育·····	(486)
三、辣椒杂交制种技术·····	(489)
主要参考文献·····	(491)

第一章 农作物杂种优势利用研究概述

第一节 杂种优势利用研究简史

杂种优势 (hybrid vigor, heterosis) 是生物界普遍发生的一种现象。杂种优势是指两个遗传性不同的品种、品系或自交系进行杂交, 所产生的杂交种, 在生活力、生长势、抗逆性、适应性以及产量、品质等方面超过其双亲的现象。

人们在长期的生产实践中, 很早就发现了杂种优势现象。中国早在1 400多年前的后魏时期, 贾思勰在所著的《齐民要术》一书中就记载了马与驴杂交产生骡的现象。骡体大健壮, 与双亲马和驴比较, 更耐粗食和强役, 生命力更强, 表现出强大的杂种优势。1637年, 在中国出版的《天工开物》中记载了桑蚕品种间杂交获得杂种优势的事例。

植物杂种优势利用研究最早始于欧洲。德国学者 Kölreuter 在 1761 ~ 1766 年间利用早熟的普通烟草 (*N. tabacum*) 与比较晚熟的心叶烟烟草 (*N. glutinosa*) 进行种间杂交, 育成了早熟、品质优良的种间杂种烟草。同时, 他还建议在生产上利用杂交一代。Mendel (1865) 在豌豆杂交试验中, 也观察到杂种优势现象, 并首次提出杂种活力 (hybrid vigor) 这个术语。

Darwin (1877) 是杂种优势理论的奠基人。他利用 10 年 (1866 ~ 1876) 的时间, 仔细观察了植物界异花受精和自花受精的变异, 搜集并研究了共 30 个科 52 个属 57 个物种及其许多变种的不同植物亲本与其杂交后代 (包括杂种一代) 在种子发芽率、株高、生活力和结实率等方面的差异, 提出了“异花受精对后代有利和自花受精对后代有害”的结论。并第一个指出玉米杂种优势现象。

在 Darwin 研究工作的影响下, 许多学者对玉米做了一系列研究, 尤其是美国的一些玉米育种家做了很多理论和应用工作, 终于使玉米成为第一个在生产上大规模利用杂种优势的代表性作物。Beal 从 1876 年开始进行玉米品种间杂交研究。他组配并测验了一系列玉米品种间杂交种, 最好的杂交组合比亲本的平均值增产 50%。Sanborn (1890) 和 McClure (1892) 的研究证实了 Beal 早期的报道, 并证实品种间杂交种的优势超过双亲平均值的普遍性。Morrow 和 Gardner (1893) 制定了生产玉米杂交种子的程序。他们还指出, 地理远缘的品种间杂交种比同一地区亲本类型间杂交种产量大大增加的事实。

此后, Shamel (1898 ~ 1902)、Shull (1902 ~ 1909)、East (1908) 和 Collins (1910) 等先后进行了玉米自交系选育与杂种优势的研究。Shull 和 East 几乎同时在研究玉米自交与杂交的作用。他们先后指出, 玉米自交后表现衰退, 植株变小, 而植株整齐度随自交代数的增加逐渐变得整齐一致, 生长势却大大降低了; 相反, 自交系间杂交产生的杂种一代生长优势却比一般品种间的杂种一代大得多。这样一来, 他们就从遗传理论上和育种模式上为玉米自交系间的杂种优势利用奠定了基础。但是, 由于当时玉米的自交系产量低, 生产商用杂交种子的成本高, 致使玉米单交种未能投入生产。到 1918 年, Jones 提出了利用玉米双交种的建议, 才使玉米自交系间的杂种优势利用得以实现。接着, 在玉米生产上相

继采用双交种、三交种、顶交种和综合种。据统计, 1934 年美国玉米杂交种只占玉米种植面积的 0.4%, 到 1944 年玉米杂交种面积已占 56%, 而在美国玉米带各州杂交种面积已达 90%; 到 1956 年, 全美国已普及了玉米杂交种。20 世纪 50 年代末期, 由于自交系产量得到提高, 从 1963 年以后开始推广玉米单交种, 使 Shull 1909 年提出的在生产上应用单交种的建议得以实现。值得一提的是, 从 20 世纪 20 年代中后期以来, 由于玉米杂交种的成功, 美国开始创建了种子产业化行业——种子公司, 即生产和经销玉米商用杂交种种子的科技行业。这些种子公司既获得了丰厚的利润, 又促进了玉米杂交种的迅速推广。

玉米杂交种的成功应用, 推动了其他作物杂种优势利用的研究和发展。高粱杂种优势现象的发现差不多与玉米是同时, 但由于玉米是雌雄同株异花, 而高粱是雌雄同株同花的常异交作物, 在生产杂交种种子时不能像玉米那样采取手工抽雄的办法, 因此, 高粱的杂种优势利用比玉米晚了 25 年, 直到继洋葱之后在高粱上发现了细胞质雄性不育时, 高粱的杂种优势利用才得以实现。

1948 年, Stephens 在美国得克萨斯州齐立柯斯农业试验站用“矮生黄迈罗”与“得克萨斯黑壳卡佛尔”作正反交, 发现并育成了细胞质雄性不育系, 即产生雄性不育的细胞质来自矮生黄迈罗, 而雄性不育核基因则存在于得克萨斯黑壳卡佛尔中, 也即细胞核—细胞质互作型的雄性不育性。到 1953 年, Stephens 已获得了几个康拜因卡佛尔雄性不育株系 (CK60A, 即后来繁殖的 Tx3197A)。细胞质雄性不育使高粱杂种优势利用迅速推广开来, 到 20 世纪 50 年代后期, 美国已基本上普及了高粱杂交种。以高粱“三系”(雄性不育系、雄不育保持系和恢复系) 为基础的杂交种体系完美、稳定、实用、高效, 开创了常异交和自交授粉作物杂种优势利用的范例。

水稻杂种优势利用研究最早是日本, 1958 年胜尾清育成藤坂 5 号雄性不育系, 1966 年新成长友育成 BT 型台中 65 雄性不育系, 但是未能育成强优势杂交种。中国水稻杂种优势利用研究代表了国际领先水平, 最早始于 1964 年。袁隆平 (1966) 在《水稻雄性不育性》一文中, 报道了发现雄性不育株。1970 年李必湖找到了野败不育株。此后经过近 10 年的大量研究, 于 20 世纪 70 年代前、中期相继完成了籼型和粳型水稻的“三系”配套。使水稻杂交种种植面积在中国的南北方迅速推广开来。从 1976 ~ 1995 年, 全国杂交水稻种植面积累计 $1.87 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 增产粮食 $2.8 \times 10^8 \text{ t}$ 。近年来, 全国每年种植杂交水稻面积为 $1\,500 \times 10^4 \sim 1\,600 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占水稻总面积的 50% 左右, 产量则占稻谷总产量的 57%。

1986 年以来, 我国水稻杂种优势利用研究从“三系”法转向“两系”法。两系法杂交水稻是中国继三系法杂交稻之后又一居国际领先水平的重大成果。两系法杂交稻的核心技术是选育光敏或光温敏雄性不育系, 这一技术的解决必将使水稻杂种优势利用达到更高的水平。

小麦杂种优势利用的研究开始于 20 世纪 50 年代初。木原均 (1951) 将普通小麦的细胞核导入尾形山羊草 (*Ae. caudata*) 的细胞质中, 产生了雄性不育性。1962 年, 以提莫非维小麦 (*T. timopheevii*) 为母本, 普通小麦 Bison 为父本杂交, 然后以 Bison 为轮回亲本连续回交获得提型 (T 型) 细胞质不育系和 Bison 小麦保持系。同年, 利用提莫非维的恢复基因育成普通小麦 Marquis 恢复系, 实现了三系配套。这种核质互作型雄性不育系为小麦在生产上利用杂种优势奠定了基础。