

新编玉米育种学

崔俊明 主编

中国农业科学技术出版社

新编玉米育种学

崔俊明 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

新编玉米育种学/崔俊明主编. —北京:中国农业科学技术出版社,2007.7

ISBN 978-7-80233-333-8

I. 新… II. 崔… III. 玉米—作物育种 IV. S513.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 103950 号

内 容 提 要

本书是一部编者从事玉米新品种遗传育种工作近 30 年来,将玉米遗传学、生理生化学、病理学等相关学科理论与实际玉米育种的具体研究方法、技术、程序有机地结合起来,在玉米新自交系的选育理论、途径、技术、种质资源的创新研究、新杂交种的筛选和鉴定等方面进行了全面总结的专著。该书理论联系实际,内容翔实、新颖,可供农业科技人员及大专院校师生参考与使用。

责任编辑 沈银书 贺可香

责任校对 贾晓红

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) 68919704 (发行部) (010) 62189014 (编辑室)

(010) 68919703 (读者服务部)

传 真 (010) 68975144

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京华正印刷有限公司

开 本 889 mm × 1 194 mm 1/16

印 张 14.25

字 数 400 千字

插 页 4

版 次 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

定 价 60.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——



目 录

第一章 概 论

第一节 玉米育种学的发展	1
一、玉米的起源	1
二、玉米杂交育种的演变	2
第二节 专用玉米的研究与进展	6
一、优质蛋白玉米	7
二、高油玉米	7
三、甜玉米	8
四、糯玉米	8
五、爆裂玉米	8
第三节 生物技术在玉米遗传育种上的研究与应用	9
一、应用 RAPD 技术检测自交系和杂交种的纯度	9
二、玉米种质遗传多样性分析	10
三、构建基因图谱	10
四、基因的定位和分离	10

第二章 玉米质量性状遗传及选择

第一节 玉米质量性状的选择原理	12
第二节 玉米质量性状基因定位	12
一、玉米色素基因定位	13
二、控制玉米籽粒类型的有关基因	15
第三节 玉米质量性状遗传的分离现象	15
一、玉米一对基因控制的质量性状的遗传规律及应用	15
二、玉米两对基因控制的质量性状的遗传规律及应用	16

第四节 玉米质量性状连锁互换遗传	19
一、玉米质量性状的完全连锁和不完全连锁	19
二、玉米质量性状连锁互换遗传规律在育种上的应用	19

第三章 玉米数量性状理论研究与实践

第一节 玉米数量性状遗传与育种的关系	21
一、玉米数量性状遗传的特征	21
二、玉米数量性状的育种研究方法及应用	23
三、玉米数量性状的遗传机制	23
第二节 遗传力理论及在玉米育种中的运用	24
一、遗传力的概念	24
二、遗传力的估计方法	26
三、遗传力在玉米新自交系选育方面的应用	29
第三节 应用选择指数培育新自交系筛选强优势组合	34
一、选择指数的计算	34
二、选择指数法在实际运用中注意的问题	37
第四节 列联系数在玉米育种上的应用	38
一、列联系数的概念和计算方法	38
二、应用列联系数研究玉米穗部经济性状与产量性状的关系	39
第五节 EL-5100S 进行多元回归分析——逐步回归在玉米育种上的应用	41
一、EL-5100S 逐步回归分析的原理和方法	41
二、应用 EL-5100S 程序进行逐步回归分析	45
第六节 通径分析在玉米遗传育种上的应用	54
一、通径系数的概念和意义	54
二、通径系数的计算	55
三、通径分析和通径链	57
四、应用举例	57

第四章 玉米种质资源创新

第一节 玉米种质资源创新的重要性	60
一、玉米种质资源的涵义	60
二、世界玉米种质资源研究概况	60
三、我国玉米种质资源研究利用概况	61
四、我国现代主要利用的玉米种质类群	64

第二节 玉米种质创新的途径	65
一、从相对稳定遗传的群体中发现变异株	65
二、从地方农家品种×外来种质杂合体中筛选优良基因型	65
三、从自然授粉品种群体中选择优良基因重组类型	66
四、从半外来玉米种质选育新自交系	67
五、热带、亚热带玉米种质导入温带玉米进行种质创新	67
第五章 玉米新自交系选育	
第一节 玉米新自交系的概念	68
一、玉米自交系的涵义	68
二、优良玉米自交系的标准	69
第二节 玉米新自交系的选育途径	70
一、常规选育法	70
二、相同雄亲交叉遗传设计选育自交系	70
三、相互交替亲本回交设计选育新自交系	72
四、轮回选择法	73
第三节 玉米自交系选育应注意的事项	75
一、基础材料遗传基因组成复杂, 种植株数要多, 反之则少	75
二、严格掌握早代穗行及单株选择原则及标准	75
三、合理利用适度近交方式, 提高基因重组频率	76
四、勤观察, 多比较, 提高选择的准确率	76
五、分析自交衰退现象的原因	76
六、注意选育条件, 增加选择压力和强度	77
第四节 应用相同雄亲交叉设计方法选育的优良新自交系	78
一、昌 7-2	78
二、246	79
三、146	80
四、A3566	80
五、A23	81
六、189	82
七、E56	82
八、D059	83
九、E066	84
十、D088	85
十一、A41	85
十二、E048	86
十三、H092	87



第五节 相互交替亲本回交法选育的新自交系	87
一、A28	87
二、H290	88
三、A106	89
四、A12	90
五、A33	90
六、A16	91
七、Vs11	92

第六章 玉米群体改良的理论及应用

第一节 玉米群体改良的理论方法	93
一、玉米群体的遗传特点	93
二、玉米群体改良理论的提出和发展	94
三、玉米轮回选择的理论依据	96
第二节 玉米群体改良原始基础材料及选择	97
一、玉米群体改良的取材问题	97
二、组配群体时的交配方法	97
三、玉米群体改良的程序	98
第三节 群体改良在玉米育种上的应用	100
一、半姊妹轮回选择方法的应用	100
二、针对特殊配合力轮回选择方法的应用	101

第七章 普通玉米新杂交种的选育

第一节 亲本选配原则	104
一、双亲配合力高	104
二、双亲地理、血缘关系相对远	105
三、育种目标性状优良并能互补	105
四、双亲自身产量高，花期相近	105
第二节 普通玉米杂交种的选育类型	106
一、普通玉米单交种的选育	106
二、普通玉米三交种、双交种的选育	107
第三节 普通玉米杂交种选育目标	108
一、制定育种目标的重要意义	108
二、制定育种目标的理论依据	108
第四节 普通玉米杂交种的合理利用	111
一、根据不同的气候条件选择适宜的杂交种	111



二、根据当地产量水平合理选用杂交种	111
三、良种良法配套	112
第五节 安玉系列玉米新杂交种的选育	113
一、豫玉 23 号	113
二、豫玉 24 号	116
三、豫玉 14 号	118
四、安玉 6 号	119
五、安玉 9 号	120
六、安玉 12 号	122
七、安玉 13 号	124
八、安 2001	126
九、Ay316	127
第八章 专用玉米新杂交种的选育与应用	
第一节 专用玉米的基本特性和分类地位	129
一、专用玉米与普通玉米的区别	129
二、专用玉米的分类地位	130
第二节 专用玉米杂交种的选育	131
一、优质蛋白玉米的遗传与育种	131
二、高油玉米杂交种的选育	139
三、甜玉米育种	147
四、糯玉米遗传育种	154
五、笋玉米育种及栽培	159
六、爆裂玉米遗传育种及栽培	162
第三节 专用玉米的加工与利用	165
一、专用玉米的专门用途	165
二、专用玉米的加工利用	167
第九章 玉米同工酶	
第一节 玉米同工酶的涵义	173
第二节 玉米同工酶的研究与发展	173
第三节 同工酶在玉米育种及种子生产上的应用	176
第四节 影响玉米同工酶合成的遗传基因	178

第十章 玉米分子遗传理论及应用

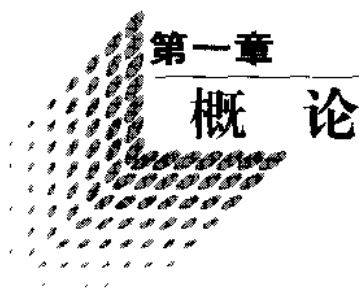
第一节 玉米分子遗传的理论	185
一、玉米染色体组结构	188
二、玉米遗传分子标记	190
三、玉米遗传基因标记	191
第二节 玉米分子遗传理论在育种上的应用	192
一、鉴别玉米自交系的遗传特征特性	193
二、玉米数量性状基因图谱构建及应用	194
三、应用玉米分子遗传方法存在的问题	197

第十一章 玉米种子繁育制种

第一节 玉米种子繁育原则	199
一、亲本自交系、杂交种配套繁育	199
二、繁育面积	199
三、隔离区的设置	200
第二节 亲本自交系的防杂保纯	202
一、自交系防杂保纯的重要性	202
二、自交系混杂退化的原因	203
三、防止自交系混杂退化的措施	204
第三节 自交系原种的繁殖	205
一、繁殖原种自交系的重要性	205
二、繁殖原种自交系的标准	205
三、自交系选优提纯的方法	206
第四节 提高自交系繁殖制种产量的措施	208
一、提高播种质量	209
二、增加密度，提高群体产量	209
三、选用紧凑大穗高产型自交系	209
四、合理增施肥水，一促到底	209
五、人工辅助授粉	209
六、割除父本，提高制种产量和质量	210

主要参考文献	211
--------------	-----





第一节 玉米育种学的发展

一、玉米的起源

玉米是禾本科 *Zea* 属中仅有的一个 *mays* 种，目前，在 *mays* 中又分为 9 个亚种。

玉米原产于拉丁美洲的墨西哥和秘鲁一带。据地质考古发现，当地的印地安人栽培玉米的历史，可以追溯到 7 000 多年以前。玉米从野生状态被选育、改造成为目前的栽培类型，大约也接近 4 500 年了。Beadle 1981 年研究认为，据地质年代在墨西哥城地下发现玉米籽粒和花粉粒化石进行推测，玉米存在的时间距今大约在 8 万年以前，此外，从 20 世纪 40 年代末，在美国亚利桑那州到危地马拉等地区也都相继发现了玉米穗轴和花粉化石。其中在 Tehuacan 山谷的坑洞中发现了 20 364 个玉米穗轴和 3 822 个玉米的片段，有 75 个穗轴大约来自公元前 5000 年到公元前 3500 年的 Coxtatlan 最早栽培时期。但是，由于现在已经找不到玉米的野生祖先了，所以至今对玉米的起源和进化始终处在争议阶段。因而对玉米原始祖先特征、特性的描述和玉米进化过程的想法各持己见，但是可以肯定：玉米现有的各种亚种，都是长期的人工选择、培育和自然进化的结果，因此可以说玉米是典型的人工改造产物。

玉米是 1492 年哥伦布发现美洲大陆后，见到了名为 Mahiz 的玉米，1494 年他把玉米带回西班牙，以后逐渐传播到世界各地。17 世纪玉米已在西班牙、意大利、葡萄牙、奥地利等几乎所有的南欧国家种植。然后又传入保加利亚、罗马尼亚、塞尔维亚和匈牙利等国家种植。18 世纪从加拿大和美国传到法国、英国、荷兰和德国，此后又传到捷克、奥地利、波兰、克罗地亚等地。

玉米传入我国的途径和年代尚没有明确的结论。我国现已查到最早记载玉米的古籍是 1551 年（明嘉靖三十年）的河南《襄阳县志》，在田艺衡的《留青日札》、李时珍的《本草纲目》中都有关于玉米栽培的记载。可见玉米传入我国的时间至少在 1551 年以前，最早引入我国的玉米都是硬粒型的品种。据科考发现，1760 年以前，在我国云南省的元江等地区种植的玉米经自然变异和人工选择形成了糯质型的品种，使之成为世界糯玉米的起源中心。一直到 20 世纪 20 年代后，才开始引入马齿型品种。在长期的自然栽培条件及人工选择进化过程中，原来玉米的一些特征特性发生了遗传变异，逐渐形成了许多变种、亚种和特用型玉米品种。

玉米在世界各地的种植范围很广，从北纬 45°~58°到南纬 35°~40°之间都可种植，无论是低于海

平面 20m 的盆地，还是海拔 4 000m 的高原，玉米都可以生长。世界上北美洲的玉米种植面积最大，我国玉米的种植主要分布在黄淮海夏玉米区，西南玉米区以及东北、西北春玉米区。

二、玉米杂交育种的演变

(一) 玉米杂交优势利用及发展

1952 年以前，我国种植的玉米品种全部是农家品种，产量低，不能适应玉米生产发展的需要。1953 年河南农业大学（原河南农学院）吴绍骥教授首先提出了“玉米杂交优势利用”的理论，并与河南省洛阳地区农业试验站合作选育出玉米综合种混选 1 号。随后又选育出了洛阳 81 和洛阳 85 等综合品种。河南农学院也相继选育出了豫综 1 号、豫综 2 号等。这批综合杂交种在全国种植面积达 200 多万亩。

1959 年河南省新乡地区农业科学研究所选育出了新双 1 号 [(矮 154×小金 131) × (W59e×W153r)] 玉米双列杂交种。很快推广应用到全国种植，成为我国第 1 个种植面积最大的玉米双列杂交种。

1963 年，新乡地区农业科学研究所又选育出了新单 1 号（混 517×矮金 525）优良单交种。也是我国育成和利用的第一个玉米单交种，使我国的玉米育种水平跃上了一个新高度，玉米亩产量的潜力已经可以达到 400kg 左右。20 世纪 70 年代初在全国种植面积 5 000 万亩左右。还被引种到欧洲等一些国家种植。

1969 年河南省农业科学院培育出郑单 2 号（塘四平头×获白），在 1973 年河南省玉米区域试验中平均亩产 394kg，比对照种新单 1 号增产 24.3%，株型紧凑，叶片上举，茎秆坚韧，在全国 10 多个省、市种植面积达 $0.1 \times 10^9 \text{hm}^2$ 。1970 年河南农学院选育出豫农 704（二南 24×矮金 525），表现高产、稳产、抗病、优质。在 1974~1975 年河南省玉米区域试验中平均亩产量 471kg，比对照种新单 1 号增产 28.2%，这两个玉米单交种 1978 年均获全国科学大会奖。1971 年河南省博爱县金城原种场选育出博单 1 号（获白×白 525），在 1974~1975 年河南省玉米区域试验中比对照种新单 1 号增产 23.8%，这 3 个玉米单交种被称为当时河南省的 3 个当家品种，对我国玉米生产发展起到了增产作用。

1981 年山东省莱州市掖县农民育种家李登海育成中早熟玉米新杂交种掖单 2 号（掖 107×黄早四）；山东省农业科学院原子能研究所选育出鲁原单 4 号（原武 02×威风 322）；山东省烟台地区农业科学研究所选育出烟单 14 号（Mo17×黄早四）；河南省商丘地区农业科学研究所选育出商单 3 号（商 27-263×黄早四）；辽宁省丹东市农业科学院选育出稀植大穗晚熟玉米杂交种丹玉 13 号（Mo17×E28）；中国农业科学院作物科学研究所选育出中单 2 号（Mo17×330），至今中单 2 号在我国西北一带地区仍有种植。这一阶段我国玉米杂交育种有了较大的突破，品种类型有中、早、晚熟，株型有紧凑、半紧凑和松散型，玉米单产潜力已提高到 500kg 左右。20 世纪 80 年代末，我国著名农民育种家李登海又选育出了掖单 12 号（478×515）、掖单 13 号（478×丹 340）、掖单 19 号（478×52106），这些杂交种一直到 20 世纪 90 年代中、后期长时期位居我国玉米生产的主导地位（表 1-1）。

1991~1992 年河南省安阳市农业科学研究所育成玉米优良杂交种安玉 5 号（478×昌 7-2）、安玉 8 号（246×昌 7-2）。1995 年河南省农业科学院选育出郑单 958（郑 58×昌 7-2），中国农业大学许启凤教授选育出农大 108。1997 年安玉 5 号通过河南省农作物品种审定，被命名为豫玉 23 号，1999 年又通过了四川省农作物品种审定委员会审定，2000 年又通过全国农作物品种审定委员会审定。该杂交种的育成使我国的玉米育种水平又爬升了一个新台阶，解决了长期以来玉米品种不抗大斑病、

表 1-1 1987~1993 年种植玉米杂交种的面积 (单位: 10^4hm^2)

杂交种	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
丹玉 13	224.9	304.4	350.1	300.8	312.3	218.1	197.0
中单 2 号	171.5	193.7	228.9	206.7	185.1	198.6	142.0
烟单 14	180.2	151.6	143.9	120.6	101.1	103.5	105.5
四单 8 号	97.2	80.6	62.5	34.1	20.5	48.6	3.0
掖单 2 号	92.2	115.7	138.5	137.2	156.8	142.5	151.2
掖单 4 号	3.1	17.1	49.7	124.4	119.0	92.4	90.5
掖单 12	—	—	—	—	12.1	57.1	71.6
掖单 13	—	—	—	—	11.8	98.1	142.0
总计	769.1	863.0	973.6	823.8	918.7	959.4	903.2
占总面积 (%)	38.1	43.8	47.8	38.5	42.6	45.6	43.6

注: 资料来源于全国农作物主要品种推广情况统计表 (农业部)。

小斑病、青枯病的突出问题。1998 年该杂交种被列入“九五”国家科技成果重点示范推广项目及河南省“星火”计划项目, 并获“九五”国家科技攻关新品种后补助二等奖。被农业部推荐为全国重点推广的 5 个玉米杂交种之一。1997 年被列入河南省农科系统侧重示范推广项目, 1999 年在中国国际农业博览会展出。1997 年以来一直被作为河南省玉米杂交种区域试验和生产试验的对照种和我省玉米生产上第 6 次品种更新换代的接班品种。该杂交种株型紧凑、抗逆性强、适应范围广、结实性好、果穗无秃尖、出籽率高。成熟时青枝绿叶, 该品种已在全国近 10 个省、市累计推广 5 850 万亩, 新增玉米 $34.16 \times 10^4 \text{kg}$, 新增纯社会经济效益 29.02 亿元。

安玉 5 号、郑单 958、农大 108 这 3 个优良玉米新杂交种在“九五”末和“十五”、“十五”期间仍然是我国玉米生产上的主推品种。

(二) 玉米自交系选育研究

我国在 1950 年就开始了玉米自交系选育研究, 选育的基础材料全部是农家品种, 即从农家品种中经过连续进行自交纯合选育一环系, 但是, 在 1952 年秋, 苏联农学家伊凡诺夫来我国讲学, 他批判了美国和我国的玉米自交系和杂交种的选育工作, 各地玉米自交系选育工作都被迫停止, 大批经多年心血培育的优良自交系被束之高阁或混杂处理, 1953 年河南省新乡农业科学研究所顶着社会的压力, 又开始了玉米自交系的选育工作, 并育成优良自交系矮 154 和小金 131, 又利用这两个自交系培育出了我国第一个优良玉米单交种新单 1 号。20 世纪 50 年代至 70 年代末我国主要是以农家品种为原给材料选育玉米自交系。20 世纪 80 年代主要开展了以优良玉米单交种作为原给材料选育二环系。无论是以优良农家品种为原给材料选育一环系, 还是以优良单交种作为原给材料选育二环系, 育种方法都是采用常规育种系谱法选育。这一时期, 我国各地育成的玉米新品种其双亲 90% 以上都是二环系, 生产上推广应用的玉米杂交种 95% 以上都是单交种。

随着我国玉米生产上种植单交种的普及, 从 20 世纪 80 年代初期到 90 年代初期, 全国各个育种单位在选育玉米新自交系方面, 基本上都是利用丹玉 13 号、中单 2 号、烟单 14 号、掖单 2 号、掖单 4 号、掖单 12 号、掖单 13 号、掖单 19 号这些生产上大面积种植的主栽杂交种, 以及 Mo17、黄早四、自 330、E28、丹 340、478、8112 这几个骨干自交系为主导的格局。据统计, 1987 年, 在年



种植面积 150 万亩以上的杂交种中,以骨干自交系 Mo17、黄早四、自 330、E28 为亲本组成的杂交种数占 73.5%,在亲本中所占的比例为 65.6%。各个育种单位选育的玉米新自交系在主要农艺性状,特别是配合力和产量性状等方面都是大同小异,只是在外部形态上有所不同而已,遗传基础狭窄成了我国玉米育种及生产上的主要问题。我国从 20 世纪 70 年代末至 80 年代末一直没有选育出配合力和主要农艺性状明显超过 Mo17、黄早四、自 330 和 E28 这 4 个自交系的新材料,致使我国玉米育种长期处于“爬坡”阶段的局面。

20 世纪 90 年代初、中期,我国把玉米新杂交种选育研究列入了“八五”、“九五”国家科技攻关项目。玉米育种工作者越来越认识到玉米种质资源的重要性,开始拓宽育种思路和对玉米种质创新理论的研究和实践,在玉米育种选育技术方面大胆改进常规选育方法,在选育基础材料上将热带、亚热带玉米种质导入温带玉米种质,人工创造新的种质变异,从而选育高配合力、综合农艺性状优良的新自交系和组配强优势杂交组合。农民育种家李登海育成高配合力自交系 478、515、52106。河南农业大学陈伟程教授也通过热导的方法,选育出优良自交系 87-1,并育成豫玉 22 号(综 31×87-1),2003 年获河南省科技进步奖一等奖。四川农业大学教授荣廷昭导入热带玉米种质 Suwan-1 选育出 S37、S30、S29、48-2 等高配合力、抗病、综合农艺性状优良的自交系。S37、48-2 获 1996 年度国家发明奖二等奖和四川省科技进步奖。河南省安阳市农业科学研究所崔俊明研究员在国内首先提出并运用“相同雄亲交叉巢式遗传设计”的玉米新自交系选育技术,导入亚热带玉米种质 S901,经南北两地 8 个世代交替选育,成功地培育出高配合力、高抗玉米多种病害、综合农艺性状优良的 YW-S 血缘新自交系昌 7-2、246、A28、S101、A41、3566、V11、146、Jm68 等。到目前,全国育种单位利用昌 7-2 已育成豫玉 23 号、豫玉 24 号、豫玉 26 号、浚单 18 号、浚单 20、郑单 508、郑单 518、郑单 18 号、济单 7 号、郑单 958 等玉米新杂种 20 多个,特别是郑单 958,据 2006 年不完全统计,在全国年种植面积已达国内玉米总播种面积的 1/3 以上。

(三) 玉米繁殖制种技术研究

20 世纪 70 年代以后,全国玉米单交种种植面积迅速扩大,但是,由于单交种制种产量低,严重影响着玉米的生产效益,并且玉米是天然异花授粉作物,雄穗发达,居于植株顶端,花粉量大,极易借风力传播相互串粉,造成种子纯度低、质量差。据 1981 年河南省安阳、开封、洛阳、周口、新乡、焦作等地市的种子对比试验,玉米杂交种纯度仅有 70%~80%,亩产相差 50~100kg,玉米减产相当严重。为了彻底解决玉米杂交种子严重混杂退化的问题,各级科研单位和种子部门先后开展了玉米杂交制种方法、技术及自交系繁育保纯技术和方式的研究,如 1988 年河南省种子分公司提出:对生产上所用的玉米杂交种实行由选育单位每年向种子管理部门提供一定数量的原种自交系,由省种子管理部门统一组织繁殖,统一供应制度,种子制种和生产实行合同制,并加强技术借导和检验,从而初步扭转了生产上玉米种子质量差的局面。

为了提高玉米杂交制种产量,降低种子生产成本,河南省玉米高、稳、优、低协作组对提高玉米制种产量进行了研究,提出了适当扩大母本行比,适当增加母本株数,提高播种质量,加强田间管理,适时进行辅助授粉,提高结实率,及时防治玉米病虫害,适时收获,防治烂穗、烂籽等一整套制种技术措施。这样大大提高了制种产量,增加了经济效益。



(四) 玉米南繁北育

育成一个新的玉米自交系最快也要 4~6 个选择世代，而我国主要玉米种植区东北、华北、黄淮海地区，无论是春播还是夏播，在自然环境下 1 年内只能进行 1 个选择世代。1956 年我国著名玉米育种家吴绍骥教授首先提出了玉米自交系异地培育研究，目的是为了缩短培育年限，加快育种速度。利用“人工气候室”或者“天然温室”，例如在海南岛，云南省西双版纳、元江，广西等地开展异地培育，对促进我国玉米育种事业的发展起到了积极的作用。1960 年 1 月吴绍骥教授又发表了“异地培育对玉米自交系的影响及其在生产上利用可能性”的研究论文，并提出了玉米自交系南育过程中的性状选择的两个标准：①对于南北种植性状变化不大的性状，可采用相同的选择材料；②对于因地理纬度、光周期反应较敏感的一些性状，例如成熟期、抗病性应放黄选择标准。从 1956 年到 1962 年河南农业大学（原河南农学院）和广西柳州农业试验站协作，经 6 年的研究和实践，证明异地培育是可行的。它能利用南方冬季温暖的气候条件，为北方加速玉米自交系的选育，缩短玉米自交系的选育年限。1958 年以后，我国大部分省、市先后到广西、广东、海南岛、云南省西双版纳进行玉米自交系南繁，并由玉米发展到水稻、谷子、高粱、大豆、西瓜、黄瓜、辣椒、棉花等作物。异地培育不仅可以通过加代使早代自交株系加速纯合，而且可以增加选配新组合、鉴定杂交种和加快优良自交系和杂交种的繁殖，从而大大缩短了育种年限。同时由于异地培育在当地和异地经历不同的生态环境，能够增加自然变异的频率，有助于对性状的多方面选择和鉴定，从而提高了育种的质量和效果。到目前为止，全国主要玉米种植区的育种单位和种子公司几乎每年都要进行玉米南育工作，中国北方地区目前生产上推广应用的杂交种和自交系无一不是经过南繁加代选育成功的。研究还得出：北方玉米材料拿到海南岛异地培育后，其植株性状，如株型、粒型、穗型等变化不大，但株高、穗位高、雄穗长度、花粉光周期敏感程度、多育性、生育期等对环境条件反应比较敏感的数量性状容易发生不遗传的变异，而回到北方种植后性状又得到恢复。北方玉米种到南方后，由于短日照，植株有变矮的趋势，生育期大多数变短，对于这些性状，均可根据其表现型进行选择。一般来说，抗病性在南方和北方的表现是一致的，即在北方抗病的种到南方也抗病，在北方感病的种到南方也感病。但也有例外，在北方抗病的自交系种到南方却表现感病，但返回到北方种植时，又恢复抗病性能。这可能是由于南北两地的病原菌或者生理小种不同所致。所以，在异地培育对玉米的抗病性进行选择时，既要注意到抗病性的一般表现，也要考虑其特殊表现，灵活地进行选择。同时还得出异地培育对玉米配合力的大小没有影响，也就是玉米自交系配合力的高低，不因南北地区和环境气候的差异为转移。今日的海南岛已被确定为我国农作物品种的育种和繁殖基地。

(五) 玉米雄性不育的研究

随着玉米杂交种在农业生产上的广泛种植，杂交种种子的生产面临着质量和数量的严峻挑战。在玉米制种过程中，母本行都必须人工去雄，这不仅要占用大量劳动力，更为重要的是如果去雄不及时、不彻底，便会影响制种质量，导致减产。因此，如何利用雄性不育系（制种时母本行不用抽天纓），确保玉米杂交制种的质量和数量，既省工省时又高效，成为世界玉米育种领域的研究热点。1971 年 Beckett 根据恢复基因的专化性原理和不同细胞质对 T 小种小斑病的专化抗性反应，把雄花不育细胞质分成了 3 个主要类群。1982 年，我国的郑用铨等人根据恢复基因的专化性原理，建立了我



国自己的细胞质分类体系。根据国内外研究结果,已发现的不育胞质类型几乎没有超出 T.S.C 类型范围的。随着生物技术的发展,20 世纪 80 年代以来,雄性不育胞质的研究已上升到分子育种水平。Pring 等应用线粒体 DNA、叶绿体 DNA 限制性内切酶片断分析技术,把 C 型雄性不育胞质分为 3 个亚组,即 C1、C2 (RB.BB.E) 和 C3 (ES)。

我国 1973 年从加拿大引进了 C 型不育系 (CMSW182B) 之后,中国农业科学院、河南农业大学、四川省农业科学院等单位先后利用其转育了新的不育系材料,育成了 C 中单 2 号、C 豫农 704、C73 单交、C 郑单 2 号等三系配套的杂交种。1985 年新乡市农业科学研究所刘学汉副研究员育成了 C 掖单 2 号、C 烟单 14、C 新三 8 号 3 系配套的杂交种,并在生产上推广应用。1990 年新乡市农业科学研究所又利用 CMS8112 作母本,478 自交系作父本,采用成对授粉法进行杂交,选留不露花药、不散粉不育性稳定的后代及其相应的自交系作保持系,南北异地连续成对进行多代回交选育,1992 年育成了农艺性状与 478 保持系表现一致、不育性稳定、并且能稳定遗传的 C478 不育系。1995 年,河南省引进了美国迪卡布公司利用不育系制种生产的玉米杂交种 DK46。

1993 年以来,中国农业大学宋同明教授利用不育杂交种生产高油玉米,研究结果表明:不育单交种在授以高油亲本的花粉后,与人工自交的正常同型种相比较,在产量、穗长、粒重等农艺性状上均无显著差异,但含油量显著提高,这表明玉米雄性不育性在品质育种方面也是可以应用的。1996 年,汪志纯、王京兆、曾孟潜等进行了玉米多胞质雄性不育系 mtDNA 的 RAPD 分析。多胞质雄性不育系泛指包含多种雄性不育胞质的同核异质材料,多胞质雄性不育系及其保持系由于具有几乎完全相同的细胞核,为细胞质的遗传研究提供了一种新的研究模型。在作物改良和育种实践中,科学地运用玉米多胞质雄性不育系可以解决因应用单一细胞质所造成的严重减产问题。玉米细胞质雄性不育性是由线粒体基因组控制的细胞质遗传现象。20 世纪 90 年代中期以来,用内切酶图谱和限制性片段长度多态性 (RFLP) 对 DNA 进行了较详细地分析研究,并利用 RAPD 的优点结合内切酶和 RFLP 方法对生产上应用较多的不育系和多胞质雄性不育系进一步分析,从而确定了多胞质雄性不育系及其保持系之间 mtDNA 水平上的亲缘关系是充分利用细胞质不育性这一理论基础的。

第二节 专用玉米的研究与进展

专用玉米是指具有专化性和特殊用途的各种玉米的总称。专用型玉米在生物学性状植物学性状,栽培生理等方面与普通玉米差别不大,最重要的在于专用型玉米通常具有某种独特的利用价值。例如,甜玉米和糯玉米都是普通玉米的自然变异类型,其独特的用途是鲜食,其深加工产品都围绕一个鲜字做文章。优质蛋白玉米、高油玉米用于发展畜牧业作饲料比普通玉米好。高淀粉玉米用于工业和医药比普通玉米好。爆裂玉米用于作膨爆食品比普通玉米好,随着我国农业种植业结构的不断调整,玉米生产逐渐向多元化方向发展,我国从“九五”计划以来,就把选育专用型玉米新品种列入国家科技攻关“重中之重”项目,专用型玉米杂交种在生产上的应用正在逐渐发展。目前,我国生产上应用的专用型玉米主要有以下几种类型。



一、优质蛋白玉米

我国优质蛋白玉米的选育和研究工作是从 20 世纪 70 年代开始的, 中国农业大学、中国农业科学院先后开展了这项工作。优质蛋白玉米主要指的是籽粒蛋白质中的赖氨酸含量高, 一般指“玉米籽粒赖氨酸含量达到 4% 以上的玉米品种, 即高赖氨酸玉米。高赖氨酸玉米新杂交种的选育主要是将含有奥柏克 2 或弗洛里 2 基因的玉米自交系与普通玉米自交系作为亲本杂交产生的杂交一代种子。高赖氨酸玉米自交系的选育一般都是采用常规系谱法, 通过杂交、回交、自交、混合授粉等方式, 从品质上分析筛选出高赖氨酸玉米自交系材料。但是, 从遗传的角度来看, 凡是含有 o_2 、 fl_2 基因的优质蛋白玉米自交系和杂交种在抗病性方面均表现较差, 特别是不抗玉米穗粒腐病。赖氨酸含量越高, 抗病性表现越差, 呈负相关反应。同时单位面积产量也较普通玉米杂交种偏低。但是 o_2 、 fl_2 基因与产量和抗病基因连锁遗传, 在选择过程中, 很难将其分离出来, 因此, 仅仅是通过常规系谱自交或回交纯合培育高赖氨酸自交系的途径而期望获得优良高赖氨酸种质的选择概率是极小的。正是由于选育优质蛋白玉米存在的这些很难克服的问题, 因此到目前为止, 优质蛋白玉米杂交种几乎还没有一个在产量上能够超过生产上推广应用的任何一个普通玉米杂交种。1980 年以来, 中国农业大学、中国农业科学院、山东农业科学院、新疆农业科学院、新疆农垦科学院作物所、辽宁农业大学等单位相继培育出了一批优质蛋白玉米新杂交种, 如中单 206、中单 9325、中单 9409、农大 120、农大 103、农大 107、鲁玉 13、鲁单 204、鲁单 205、新玉 2 号、新玉 5 号、新玉 6 号、高玉 1 号、高玉 3 号等。

二、高油玉米

高油玉米是在普通玉米育种的人工选择下的微效多基因连续积累的结果, 普通玉米籽粒含油量达到 5% 以上的, 就可称之为是高油玉米品种。高油玉米是一种高营养、高能量的粮经兼用作物。高油玉米的育种工作是从 20 世纪 40 年代末开始的。早期高油玉米育种的主要问题在于其种质资源的过分单一, 所有高油自交系的转育几乎都是使用同一基因供体-IHO 群体, 由于近亲交配严重, 因此, 选择后代农艺性状差, 育成的新高油自交系配合力低、不抗病, 生产上难以推广应用。1956 年, 由于核磁共振技术的引入, 美国出现了厄板纳 (UHO) 高油玉米群体的选择, UHO 高油群体不仅开创了高油玉米的历史, 更重要的是奠定了高油玉米育种的遗传基础。应用 UHO 高油群体培育出许多优良高油玉米杂交种在生产上推广应用, 并且种植面积逐年扩大。

玉米育种学家在注重玉米油分提高的同时, 也开始重视了玉米油质的改良。近年来已开展了玉米油脂脂肪酸成分的遗传研究。国际小麦玉米改良中心 (CIMMYT) 的育种家还试图将优质蛋白质群体改良和高油玉米育种结合起来, 他们通过轮回选择的方法, 已使优质蛋白质群体的含油量有了很大的提高。

我国高油玉米的育种工作起步于 20 世纪 70 年代, 1983 年中国农业大学 (原北京农业大学) 开展了高油玉米杂交种的选育工作。以宋同明教授为首的课题组, 经过艰苦努力, 成功地育成了高油 1 号、高油 2 号、高油 3 号、高油 4 号、高油 5 号、高油 6 号、高油 7 号、高油 8 号、高油 9 号、高油 10 号、高油 115 等高油玉米杂交种。这些高油玉米杂交种农艺性状好, 产量水平与普通玉米杂交种相近, 含油量在 6%~10%, 比美国目前推广应用的高油玉米品种含油量还要高。

三、甜玉米

甜玉米最早是由美洲的印第安人发现和培育出来的。早在哥伦布发现新大陆之前，印第安人已经知道用甜玉米做点心和酿造原始的啤酒。1834年，世界上出现了第1个甜玉米品种，1924年，美国育成世界上第1个甜玉米杂交种，1931年加工出第1筒甜玉米罐头。由于甜玉米的鲜食特性，种植范围迅速扩大，人们很快把甜玉米当作水果、蔬菜食用。1959年，世界上出现了第1个超甜玉米杂交种。

我国研究和利用甜玉米的时间开始于20世纪60年代。1968年育成了第1个甜玉米品种北京白砂糖。东北农业大学1979年育成东甜2号，1980年上海农业科学院李庆富先生育成农梅1号，华中农业大学育成华甜1号，中国农业科学院李竞雄院士选育出超甜玉米甜玉2号，中国农业大学相继育成甜单1号、甜单8号、甜单10号等。近年来，河南省农业科学院铁双贵博士利用分子育种技术选育出的超甜玉米郑甜2号、郑甜3号、郑甜H5039已通过国家和省级农作物品种审定委员会审定。

四、糯玉米

据考古发现，我国云南省是糯玉米的起源中心。至少在1760年以前，糯玉米在我国就有了一定面积的栽培。由于糯玉米籽粒淀粉全部为支链淀粉组成，煮熟后柔软细腻，甜黏清香，皮薄无渣，适口性好，营养丰富，采收贮藏期长，特别适于鲜食，还可深加工成玉米面粉、生产出独具特色的糕点。20世纪80年代以前，我国各地种植的糯玉米都是农家品种，果穗小，产量很低，品质也相对较差。近年来，随着人民生活水平的不断提高，农业种植业结构的不断调整，糯玉米的选育和利用已经受到育种家的普遍关注。20世纪80年代以来，我国相继育成了一批糯玉米新杂交种，如山东农业科学院玉米研究所育成的糯玉1号、鲁糯2号，江苏省沿江地区农业科学研究所育成的苏玉糯1号、糯综1号；中国农业大学宋同明教授育成的紫糯3号、油糯58号；中国农业科学院育成的“中糯1号”。

2002年以来河南省农业科学院铁双贵博士运用分子遗传育种新技术育成的郑白糯918、郑黄糯928等糯玉米杂交种分别通过省、国家审定。

五、爆裂玉米

爆裂玉米也是玉米中起源最早的栽培种之一。除北美地区以外，世界所有玉米栽培地区都有爆裂玉米分布，爆裂玉米是与硬粒玉米同时引入我国的。爆裂玉米主要有两种类型：一类为米粒型；一类是珍珠型。爆裂玉米的植物学特点是多枝、多穗，但抗病、抗倒伏性差。爆裂玉米作为商品进入我国消费市场是从20世纪80年代开始的。党的十一届三中全会以来，我国政治经济形势都发生了翻天覆地的变化，人民生活水平普遍提高，人们的膳食结构随之也发生了根本变化，人们已不满足于只是吃饱肚子，而是要求吃得好，吃得精，吃得科学，所以爆裂玉米一上市，便很快受到消费者的青睐，自然也促进了我国爆裂玉米育种工作的发展。目前，国内许多农业科研单位和大专院校都开展了爆裂玉米育种，并先后育成了沈爆1号、沪爆1号、太爆1号、鲁爆1号、石爆2号、石爆3号等爆裂玉米新杂交种。