

建国以来我国玉米育种技术的发展与成就

徐艳霞, 李旭业, 王晓春, 李晓波

(黑龙江省畜牧研究所, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

摘要: 玉米产业的快速发展与科技进步尤其是玉米育种研究方法的快速发展密不可分。综述了我国玉米常规育种技术、生物技术及诱变技术的发展与成就, 并简要分析了存在的问题, 总结经验, 为我国玉米育种工作提供参考。

关键词: 玉米育种技术; 发展; 成就

中图分类号: S513 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2009)06-0165-04

Achievement and Development of Maize Breeding in China after the Establishment of PRC

XU Yan-xia, LI Xu-ye, WANG Xiao-chun, LI Xiao-bo

(Animal Science Institute of Heilongjiang Province, Qiqihar, Heilongjiang 161005)

Abstract: The rapid development of maize industry is inseparably related with the scientific and technological progress especially with the methods of maize breeding. The development and achievements on routine technique, biotechnology and mutagenesis technology were introduced in this paper. Then briefly analyzed the problems and summed up experience in order to provide reference for maize breeding work in our country.

Key words: method of maize breeding; development; achievement

玉米 (*Zea mays* L.) 是目前世界上产量最高的谷类粮食作物, 也是禾谷类作物中增产潜力最大的作物之一, 在我国粮食及饲料作物生产中占有重要地位。随着人口的增加和经济的发展, 玉米的需求量不断上升。耕地面积的减少, 环境变化的加剧使生产上对高产、优质、抗逆性强的玉米新品种的需求日趋迫切, 但我国玉米的育种水平及生产水平还远远低于美国等农业发达国家, 育种工作中仍有许多薄弱环节与不足, 我国玉米产业的快速发展与科技进步尤其是玉米育种技术的快速发展密不可分。简要论述了我国玉米育种研究方法的的发展及取得的成就, 总结经验, 开拓创新, 为我国玉米育种工作提供有益的借鉴。

1 常规育种方法的发展与成就

过去, 我国一直种植农家品种。1926年王绶等人开始进行自交系选育和组配杂交种用于教学。解放以后我国玉米育种工作发展迅速, 首先开展了群众性的良种评选运动。1949年12月吴绍燮教授提出“利用杂种优势增进玉米产量”的倡议。1950年, 中央农业部颁发了“全国玉米改良计划”, 其中以推广方法简便, 见效

较快的玉米去雄选种法为主。去雄选种结合人工辅助授粉先后在全国各地普遍开展。

在群众性评选良种的基础上, 进一步提出选育品种间杂交种, 并以此作为推广自交系间杂交种前的一种过渡方法。1952年以后, 优良的品种间杂交种相继育成和推广, 如山东省的坊杂号、齐玉号, 河南省的百杂号及其它地区的一些优良组合, 都发挥了不同程度的增产作用。随着生产的发展, 对玉米杂交种的选育提出了更高的要求。1958年, 各地相继育成我国自选的第一批优良双交种和综合杂交种, 如春杂号、农大号、双跃号、新双号等, 双交种和混选1号综合杂交种陆续推广, 逐步取代品种间杂交种, 开创了我国玉米杂交育种的新纪元, 使玉米生产水平发生了巨大变化^[1]。20世纪60年代中后期, 由于育成和引入了一批优良自交系, 组配了一批玉米杂交种。1971年2月, “全国两杂育种座谈会”提出“杂交玉米的选育和应用以单交种为主, 充分发挥玉米的杂种优势增产作用”。从此开辟了我国玉米单交种选育和应用的新篇章^[2]。1975年杂交种植面积占玉米总面积的50%左右。此后, 随着玉米杂交育种研究技术的发展, 全国玉米杂交种的种植面积不断扩大。在产量上, 给其它国家也都带来了同样的增产效果。

2 生物技术在玉米育种中的应用

常规的育种技术育种周期长、优良亲本自交系选

收稿日期: 2009-04-13

第一作者简介: 徐艳霞(1981-), 女, 黑龙江省方正县人, 硕士, 研究实习员, 主要从事玉米育种方面的研究。E-mail: xuyanxia0214@163.com.

择效率低,很难在短时间内选育出生产所需要的品种。近年来,单倍体育种、基因工程育种、分子标记辅助育种等生物技术手段的应用,提高了玉米育种的效率,开辟了玉米育种的新途径。

2.1 单倍体育种技术的发展与成就

玉米单倍体的选育技术是加速培育玉米自交系的一种有效方法。与传统育种方法相比,该技术是选育玉米自交系的一种最快、最简便、经济和直接的方法。基本原理是含配子体染色体组成的植物个体,通过人工诱导单倍体植株并使之纯合,称为单倍体技术。目前在玉米育种领域,常用的单倍体技术有:花药培养、遗传诱导 Stock6 单倍体技术、化学诱导孤雌生殖技术等^[3]。我国最早开展此项研究的是 1975 年中国科学院遗传研究所,他们通过采用孤雌生殖技术,育成 3000 多个孤雌生殖纯系,可直接或间接用于育种的近 350 个,育成的遗单 6 号、科玉 10 号、秦单 5 号已经在生产上进行推广^[4]。1991 年,航玲^[5]等人先后培育出玉米花培杂交种桂花 1 号和桂三 1 号。1993 年张铭堂博士用 Stock6 作父本,与杜邦公司的高油玉米杂交种杂交,获得 300 多个纯系^[6]。1995 年杨宛民^[7]利用玉米花培纯系选育出优良杂交种花单 1 号。2000 年刘志增^[8]等从单倍体诱导 Stock6 与高油玉米群体 BHO 的杂交后代中经过不断的测交和选择,育成了我国第一个孤雌生殖的单倍体诱导系-农大高诱 1 号,农大高诱 1 号的育成缩小了我国在该领域与先进国家的差距。2006 年吉林省农业科学院玉米研究所对单倍体诱导 Stock6 进行改良,从 Stock6 与 M278 的杂交后代中连续 6 代测交和选择,育成了高频率单倍体诱导系吉高诱 3 号^[9]。

目前,单倍体技术在玉米育种中的应用前景广阔,已经成为自交系选育的重要手段,与种质扩增和育种材料的改良有机结合起来,可应用于遗传图谱的构建、基因定位及克隆。

2.2 转基因育种

近年来,基因工程备受各国遗传育种者的青睐。其基本原理是将外源基因导入受体系统,使其整合到受体基因组 DNA 上,并得以表达^[9]。植物基因工程育种与其它育种途径相比具有能够定向培育新品种、创造新类型等优点,它可以打破物种界限、克服有性杂交障碍,快速有效地创造遗传变异,大大缩短新品种育成年限。我国从 1986 年开始投入力量研究转基因技术,在 1999 年正式启动实施了“国家转基因植物研究与产业化专项”项目,玉米转基因中试与产业化基地在吉林建成,已经具备了一定的生产能力^[10]。在玉米转基因育种中比较成功的方法有农杆菌介导法、基因枪法和花粉管通道法。在农杆菌介导方面:1999 年中国科学院上海植物生理研究所黄璐^[11-12]等首次报道农杆菌转化玉米杂交种,获得转基因玉米苏玉 1 号。2001 年,张荣等^[13]利用该方法获得了 P9-10 转基因玉米自交系。2005 年,关淑艳等^[14]应用农杆菌介导法将淀粉支链基因反义表达载体转入玉米自交系“综 31”和“P12”,得到

了转化植株的种子。在基因枪法方面:1999 年张秀君等^[15]用基因枪法将富含赖氨酸的马铃薯花粉特异水溶性蛋白的 cDNA 转入玉米,种子(干重)赖氨酸含量提高到 10%以上。2005 年刘丹梅等^[16]报道了利用基因枪轰击花粉粒再授粉的基因转化途径,将豇豆胰蛋白酶抑制剂基因(CPTI)成功导入玉米受体中,饲虫实验结果表明,转化植株具有较强的抗虫性。花粉管通道技术是中国科学家周光宇先生于 1978 年首创并推广的,并首先应用在棉花基因转移上^[17]。玉米由于花丝较长,一般操作较难成功。据有关报道显示杨利国等经过探索创造出一套较好的操作方法,并于 1996 年成功运用此法将广谱无毒抗病基因 PHY157 转入玉米自交系^[18]。同年,祁永红^[19]用该方法将大豆 DNA 转移到玉米材料中。2006 年,周柱华等^[20]将大刍草的 DNA 导入玉米自交系黄早四中,筛选出抗小斑病、黄斑病、黑粉病的后代变异株系。目前基因枪法应用最多;花粉管通道技术最简单、最方便;农杆菌介导虽然不及基因枪法用得得多,但它最有发展前途。

2.3 分子标记育种

1985 年在人体遗传研究中发展起来一种先进的遗传标记法-DNA 分子标记,他是 DNA 水平上遗传多态性的直接反应^[21]。对农业生产有重要经济价值的性状的遗传均比较复杂,受微效多基因控制,环境影响明显,利用转基因方法难以取得显著效果。分子标记技术的出现,使控制数量性状的微效基因在染色体上精确定位成为可能。目前 DNA 分子标记类型已有几十种,其中应用比较广泛的是 SSR(Simple Sequence Repeats,缩写 SSR)和 AFLP 技术^[22]。它们可用于种质亲缘鉴定、资源种群划分、杂交和纯度检测以及识别和分离目的基因等。这些研究成果为育种者选育强优杂交组合提供了理论依据。

2.3.1 SSR 标记 简单序列重复又叫微卫星 DNA 标记,1991 年由 Moore 等创立^[23]。通常是指基因组中存在的由 2~5 个核苷酸为重复单位组成的短序列串联重复多次构成的 DNA 片段。其重复次数的不同产生了等位基因之间的多态性^[24-25]。赵久然^[26]、高文伟等^[27]、李汝玉^[28]均利用 SSR 分析了玉米种子的纯度。吴渝生等^[29]利用 SSR 标记技术,通过聚类分析将云南糯玉米分为 3 个类群和 5 个亚群,云南爆裂玉米分为 3 个类群和 4 个亚群。王铁固等^[30]以 6 个玉米群体为材料,利用 SSR 标记分析其遗传多样性并进行聚类分析,表明在 6 个玉米群体中检测到了丰富的遗传变异,依据 SSR 标记的遗传距离将供试材料分为四大类。刘世建等^[31]利用 SSR 标记技术研究了四川地方玉米种质和辽宁省主要玉米自交系遗传多样性,表明分类结果与系谱来源基本一致。

2.3.2 AFLP 标记 AFLP 即扩增的酶切片断长度多态性,1992 年荷兰科学家 Zebeau 等利用 PCR 检测 DNA 多态性的一项分子标记技术。其基本原理是基因组 DNA 用限制性内切酶消化产生大小不等的 DNA

片段,经添加接头和 PCR 选择扩增、电泳形成丰富 DNA 标记^[32]。AFLP 技术稳定可靠,重复性好,方便快捷。因而,非常适合于品种指纹图谱的绘制,遗传图谱的构建、品种鉴定及遗传多样性的研究。但不足之处是费用比较昂贵,且方法需经多步操作,统计分析困难,对 DNA 的纯度和内切酶的质量要求很高。我国学者吴敏生等^[33]2000 年利用该技术研究了 17 个玉米优良自交系的遗传多样性,将 17 个优良自交系聚为 6 群,该划分与自交系谱亲缘关系基本一致,说明 AFLP 技术可以用于玉米自交系的遗传多样性的研究和优势群划分。杜金友等^[34]2006 年报道了 AFLP 标记在玉米种质资源鉴定中的应用,指出来源美国先锋的 Pioneer 系列中有很多材料与瑞得种群有亲缘关系。

分子标记技术的发展已经有 20 多年的时间,虽然利用分子标记辅助育种已成为各国科学家的共识,但是国内外的生物技术发展水平很不平衡。我国的生物技术平台多集中在国家重点的大专院校和科研院所。并且多数研究仍仅停留在基因定位上,还未在真正意义上利用这些分子标记开展辅助育种的应用研究^[10,21]。但就目前来说,分子标记育种技术仍主要局限于基础研究领域,不能脱离常规育种技术而单独使用,与实践结合较少,还有一定的局限性。但随着分子标记技术的深入发展,分子标记技术将成为玉米育种的重要途径之一。

3 诱变育种

我国诱变育种始于 1956 年,诱变技术产生的突变率是自然突变率的 100~1 000 倍,并且可以产生自然界尚未出现和很难出现的基因型,所以加强诱变技术在玉米育种中的应用不失为扩大玉米种质基础的一种快速高效的育种方法^[35]。目前,在玉米育种上应用最多和效果最好的方法主要是电离辐射、化学诱变和空间诱变育种。

3.1 电离辐射诱变育种

1957 年中国农业科学院建立了我国第一个原子能农业利用研究室,1961 年发展成研究所,随后各省、自治区、直辖市也相继成立了原子能利用研究室(所),初步形成了全国性研究体系。应用的射线以 γ 射线和 β 射线较多^[35]。山东农业科学院原子能研究所用 Co 射线处理玉米自交系武 105 和多 229 的 F_1 种子,后代自交选育出优良自交系原武 02^[36]。以其作亲本配置的杂交种,如鲁原单 4 号(原武 02 \times 威风 322)是 20 世纪 70 年代末 80 年代初山东省推广的主要夏播杂交种之一^[37]。丹东市农业科学院周宝林等用普通玉米骨旅 9 号和野生近缘属有稃玉米杂交,自交一代后的 S_1 种子用钴 60- γ 射线照射,经自交选择育成优良玉米自交系丹 340 和丹 360,是目前国内玉米生产上应用最广泛的自交系之一^[38]。其中掖单 13(掖 478 \times 丹 340)在 1996 年全国种植面积超过 133 万 hm^2 ,名列各品种榜首^[39]。2006 年,祁永红^[40]报道了用钴 60- γ 射线 105Gy 剂量照

射杂交组合铁 13 \times C103 F_1 干种子,用系谱法选育出配合力高、抗病性强、早熟质佳的玉米自交系辐 746。用辐 746 作亲本育成龙辐玉 1 号、龙辐玉 2 号、龙高 1 号等玉米杂交种。

3.2 化学诱变育种

化学诱变育种是利用化学诱变剂诱发作物发生突变,再通过多世代选择和鉴定,直接或间接地培育出生产上能利用的农作物新品种。目前在玉米上使用最广泛和效果最好的化学诱变剂是甲基磺酸乙酯(EMS)^[41]。1966 年,Coel 发现玉米花粉可以在石蜡油中悬浮几个小时仍保持授精能力^[42]。经过不断改进和完善,目前 EMS-石蜡油这项技术已经成为公认的最有效的玉米化学诱变方法^[43]。刘治先^[44]用 EMS 花粉诱变技术筛选出 2 类高油酸玉米突变体,10 个高赖氨酸、8 个高蛋白、7 个高油和 4 个高亚油酸突变体,为特用玉米育种和遗传研究提供了可贵的材料。但是,任何一种化学诱变剂都或多或少存在挥发性和对人身体的伤害性,利用化学诱变育种仍然受到一定限制,因此,研究出一种低挥发性、低伤害性诱变剂是未来化学诱变育种的方向之一。

3.3 空间诱变育种

太空诱变育种又称航天育种,指利用太空所特有的强宇宙射线、真高空、重离子、微重力、交变磁场等对农作物的诱变作用,从中定向选择培育出优良新品种的技术。它具有变异幅度大,多因素综合诱变和有益变异多,稳定快,周期短,有利于加速育种进程、改良品质等特点^[45]。我国 20 世纪 80 年代开始太空诱变育种研究。1991 年,丘运兰^[46]研究指出太空环境对玉米种子发芽率无影响,但发现部分飞行种萌发后存在生长抑制现象。四川农业大学玉米研究所从 1996 年卫星搭载川单 9 号玉米种子的后代中获得了单基因控制的隐性核不育突变体。2003 年在神舟 4 号飞船上搭载的 4 份玉米自交系酒玉 3 号、昌 7-2、郑 58 和 K12 风干种子,李玉玲等^[47]从中获得了两份雄性不育突变体昌 7-2 和郑 58。

诱变技术应用在玉米育种中,能够提高突变率,扩大突变谱;能够有针对性地克服优良自交系的个别缺陷,从而改良和创造自交系;能够诱发已有抗性基因的等位基因和新的抗性基因类型,从而筛选出抗性突变体;通过化学诱变还可诱发大量的数量性状突变。充分利用诱变技术,特别是空间诱变技术和我国应用较少的 EMS 石蜡油直接处理花粉技术,将会创造出更多的突变种质资源和突变品种。诱变技术是改变我国玉米种质遗传基础狭窄现状的有效手段之一。

4 问题与展望

综上所述,建国以来我国玉米育种技术经历了近 60 a 的发展历程,从最初的播种农家种到杂交种的大规模选育和普及,从常规育种技术到生物技术、诱变育种相结合,展示了我国玉米育种技术的蓬勃发展。但

是每一种育种技术的应用发展都存在一定的局限性。常规育种技术操作简便,但耗时耗力;生物育种技术加快了育种速度,但一般费用昂贵,很难普及。使得多数地方科研院所等研究机构的育种水平仍然停留在基础的常规选育阶段,与国际育种水平差距甚大。这就要求国家、各研究单位加大力度,促进科研人员国内、国外的交流与合作,使育种技术相互渗透、互惠互利,共同发展。另外,育种程序中准确地鉴别合乎需要的基因型,扩增积累遗传资源,是育种研究成败的关键。育种技术的不断进步,测试手段的不断完善,都是为了更准确地鉴定表现型而推测其基因型,加强遗传资源的积累。尽管如此,许多性状的鉴定技术仍然很不可靠,易受环境影响,效率很低。21世纪,是生命科学的时代,相信将传统遗传育种与现代生物技术相结合,从分子水平上认识玉米遗传变异机理,充分发掘、利用玉米现有基因库遗传资源,同时,利用分子技术导入其它物种的有利基因,利用诱导技术提高诱导率,必将创造出遗传变异更为丰富、性状更加优良、生产性能更好的玉米新品种。

参考文献:

[1] 赵洪璋.作物育种学[M].北京:农业出版社,1978:394-399.
 [2] 董海合,李风华,朱秀珍.我国玉米育种的历程与玉米育种现状[J].天津农业科技,2005(4):22-24.
 [3] 刘洁.生物技术在玉米育种中的应用[J].2005,15(2):144-145.
 [4] 中国科学院遗传研究所.诱导玉米花粉植株的初步研究[J].遗传学报,1975,2(2):138-143.
 [5] 杭玲,卢卫山,罗毓喜,等.玉米花培杂交种桂花1号和桂三1号的选育及其利用[J].广西农业科学,1991(4):149-151.
 [6] 王宏伟,邢志远,史振声.生物技术在玉米育种中的应用[J].安徽农业科学,2007,35(12):3487-3489.
 [7] 杨宛民,李素珍,陆杨朝,等.利用玉米花培纯系选育杂交种花单1号[J].作物学报,1995,21(3):314-318.
 [8] 刘志增,末同明,滕文涛,等.玉米孤雌生殖诱导系的选育方法研究[J].中国农业大学学报,2000,5(3):51-57.
 [9] 姚文华,陈洪梅,谭静,等.生物技术在玉米遗传育种中的应用[J].西南农业学报,2006(B09):475-479.
 [10] 曹士亮,王成波.生物技术在玉米育种中应用现状和展望[J].黑龙江农业科学,2008(3):14-17.
 [11] 黄璐,卫志明.农杆菌介导的玉米遗传转化[J].实验生物学报,1999,32(4):381-389.
 [12] 黄璐,卫志明.不同基因型玉米的再生能力和胚性与非胚性愈伤组织DNA的差异[J].植物生理学报,1999,25(4):332-338.
 [13] 张荣,王国英,张晓红,等.根癌农杆菌介导的玉米遗传转化体系的建立[J].农业生物技术学报,2001,19(1):45-48.
 [14] 关淑艳,王丕武,马义勇,等.应用农杆菌介导法将淀粉分支酶基因反义表达载体转入玉米自交系的研究[J].吉林农业大学学报,2005,27(5):498-502.
 [15] 张秀君,刘俊起,赵倩.用基因枪将高赖氨酸基因导入玉米及转基因植株的检测[J].农业生物技术学报,1999,7(4):363-367.
 [16] 刘丹梅,杨君.基因枪轰击成熟花粉粒转化玉米的研究[J].玉米科学,2005,13(3):25-27,31.
 [17] 周光宇.农业分子育种[J].中国农业科学,1988,21(3):1-6.
 [18] 常利芳,王立新,王省芬,等.花粉管通道转基因技术研究进展

[J].河北农业科学,2003,7(1):45-50.
 [19] 祁永红.大豆DNA直接导入玉米自交系的研究[J].玉米科学,2000,8(1):34-36.
 [20] 周柱华,张凤云,徐立华,等.玉米自交系外源DNA导入后性状变异的初步探讨[J].玉米科学,2006,14(2):6-9.
 [21] 陈洪梅,徐春霞,谭静,等.DNA分子标记及其在玉米遗传育种中的应用[J].西南农业学报,2006,19(Z1):1-7.
 [22] 吴永升,莫伟健,谭华,等.生物技术在玉米育种中的应用[J].广西农业科学,2006,37(2):104-107.
 [23] 王伟,杨文鹏,戴保威,等.DNA指纹图谱技术及其在玉米遗传育种上的应用[J].种子,2008,27(1):46-50.
 [24] 方宣钧.作物DNA标记辅助育种[M].北京:科学出版社,2001.
 [25] 杨留启,杨文鹏.SSR标记技术在玉米遗传育种中的应用[J].贵州农业科学,2008,36(2):5-7.
 [26] 赵久然,刘龙洲,王凤格,等.利用杂交玉米F₁种子果皮组织鉴定母本真实性的SSR研究[J].玉米科学,2004,12(3):6-8,12.
 [27] 高文伟,李晓辉,田清震,等.利用SSR标记快速鉴定玉米杂交种农大108和豫玉27的种子纯变[J].种子,2004,23(5):32-33.
 [28] 李汝玉,李群,谭振馨,等.利用SSR标记鉴定玉米杂交种纯度技术规程[J].种子,2005,24(9):54-56.
 [29] 吴渝生,郑用珪,孙荣,等.基于SSR标记的云南糯玉米、爆裂玉米地方种质遗传多样性研究[J].作物学报,2004,30(1):36-42.
 [30] 王铁固,库丽霞,陈彦惠,等.利用SSR分析玉米群体的遗传变异[J].华北农学报,2005,20(5):13-16.
 [31] 刘世建,荣廷昭,杨俊品,等.四川地方玉米种质的SSR聚类分析[J].作物学报,2004,30(3):221-226.
 [32] 鞠方成.DNA分子标记技术及其在玉米育种中的应用[J].安徽农业科学,2008,36(2):451-781.
 [33] 吴敏生,王守才,戴景瑞.AFLP分子标记在玉米优良自交系优势群划分中的应用[J].作物学报,2000,26(1):9-16.
 [34] 杜金友,靳占忠,徐兴友,等.AFLP标记在玉米种质资源鉴定中的应用[J].西北植物学报,2006,26(5):927-932.
 [35] 张旭,杨兆顺.诱变技术在玉米育种中的应用[J].天津农业科学,2004,10(4):25-27.
 [36] 王秀梅.山东省玉米辐射诱变育成杂交种的系谱分析[J].山东农业科学,1992(4):9-12.
 [37] 刘录祥.植物诱变育种新技术研究进展[J].核农学通报,1997,18(4):187-190.
 [38] 邱景煜.玉米"旅系"群选育的回顾与探讨[J].辽宁农业科学,1993(5):43-45.
 [39] 马惠平,赵永亮,杨光宇.诱变技术在作物育种中的应用[J].遗传,1998,20(4):48-50.
 [40] 祁永红.辐射诱变培育玉米自交系辐746及其应用[J].核农学报,2006,20(3):174-176.
 [41] 焦杨,陈志斌,刁钰婵,等.玉米EMS诱变后代变化趋势的研究[J].安徽农业科学,2007,35(26):8143-8144.
 [42] 薛守旺,周洪生.利用化学诱变创造玉米自交系的研究[J].作物杂志,1998(6):6-8.
 [43] 张铭堂.诱变[J].科学农业,1996,44(1/2):37-52.
 [44] 刘治先.玉米育种新技术[J].玉米科学,1995,3(4):12-15.
 [45] 周章印.玉米诱变育种研究进展[J].河北农业科学,2008,12(7):54-57.
 [46] 丘运兰,梅曼彤,何运康,等.加速重离子辐射对玉米的诱变效应[J].华南农业大学学报(自然科学版),1991,12(1):48-54.
 [47] 李玉玲,余永亮,刘艳霞,等.两份太空诱变玉米雄性不育突变体的遗传研究[J].遗传,2007,29(6):738-744.