

文章编号: 1005-0906(2010)01-0001-05

我国玉米育种科技创新问题的几点思考

戴景瑞, 鄂立柱

(中国农业大学 / 国家玉米改良中心, 北京 100193)

摘要: 总结了 60 年来我国玉米育种成功的主要经验, 指出玉米育种水平的提高对玉米生产的发展做出了巨大贡献。从玉米消费量的增长、资源环境的制约和气候的变化以及国际竞争对玉米育种的挑战, 分析了我国玉米育种科技存在的问题, 提出依靠科技进步, 提高我国玉米育种水平和育种创新能力的举措。

关键词: 玉米; 育种; 科技创新

中图分类号: S513.03

文献标识码: A

Scientific and Technological Innovation of Maize Breeding in China

DAI Jing-rui, E Li-zhu

(China Agricultural University / National Maize Improvement Center, Beijing 100193, China)

Abstract: This paper summed up the main successful experiences of China's maize breeding in the past 60 years, point out the great contribution of maize breeding level on the production. And analyzed the current problem of maize breeding science and technology in China, proposed the initiatives with relying on scientific and technological progress, improve the level of China's maize breeding and the breeding innovation capability base on the growth in maize consumption, constraints on resources and environment, the variation of climate, and the international competition.

Key words: Maize; Breeding; Scientific and technological innovation

2008 年, 跨国公司选育的玉米品种先玉 335 年种植面积居 500 多个品种的第 4 位, 年种植面积为 54.4 万 hm^2 , 实际上可能超过 66.6 万 hm^2 , 2009 年可能达到 133 万 hm^2 , 表明我国玉米育种的水平在国内的优势地位即将被跨国公司所取代。在这历史转折的关头, 有必要认真地审视我国玉米育种的过去、现在和未来。

1 60 年来我国玉米生产取得飞速发展

玉米作为我国三大作物之一, 自新中国成立以来的近 60 年间, 在解决温饱问题、保障粮食和饲料安全、发展国民经济以及缓解能源危机等方面发挥了重要作用。从 1949 年到 2008 年, 我国玉米单产从 961.5 kg/hm^2 提高到 5 556 kg/hm^2 , 增幅为 477.8%,

年均增加 77.8 kg/hm^2 ; 总产由 0.124 亿 t 提高到 1.659 亿 t, 增加了 12.36 倍, 其中单产贡献率占 68.4%, 种植面积扩大的贡献率为 31.6%; 人均玉米占有量增加 3.89 倍, 高于稻谷的 0.44 倍和小麦的 1.98 倍。1996 年, 我国玉米总产和单产超过小麦而跃居禾谷类作物的第 2 位。2006 年玉米种植面积突破 2 666 万 hm^2 , 2009 年已经超过水稻成为我国种植面积最大的作物。特别是改革开放以来(1979 ~ 2008 年)的近 30 年间, 玉米在谷物增产中的贡献更加突显, 这期间我国粮食总产增加 1.965 9 亿 t, 其中玉米产量增加额为 1.058 8 亿 t, 占粮食增产总额的 53.86%, 远高于稻谷的 24.49% 和小麦的 25.30%。进入本世纪以来, 我国玉米生产依然保持着较为强劲的上升势头, 2004 年到 2008 年我国玉米总产分别为 1.303 亿、1.394 亿、1.455 亿、1.523 亿、1.659 亿 t, 占粮食总产的比重依次为 27.75%、28.79%、29.24%、30.36%、31.38%。预计在今后很长一段时间内玉米作为我国粮食增产第一主力的地位难以撼动。

收稿日期: 2010-01-30

作者简介: 戴景瑞, 院士, 从事玉米遗传育种研究。

2 玉米育种水平的提高对玉米生产的发展做出了巨大贡献

在玉米单产增长的诸因素中,遗传改良的作用大约占 35%~40%。新中国成立以来,经过几代科学工作者的共同努力,玉米育种事业取得了举世瞩目的成绩。从 1949 年到 1965 年,我国玉米育种经历了地方品种评选、品种间杂交种的选育、选育双交种、三交种、顶交种到应用单交种的典型发展历程。从 60 年代中后期开始推广单交种以来,我国育种家先后选育出一大批在生产上大面积应用的优良自交系,如自交系黄早四、自 330、丹 340、E28、478、郑 58 等,它们的特点是应用面积大、组配组合多、应用时间长、潜在利用价值大。用这些自交系先后育成一大批在生产中发挥重大作用的优良杂交种,如丹玉 6 号、中单 2、丹玉 13 和掖单 13 等,这些品种推广面积大,应用时间长,增产效果明显。丹玉 13 在 1989 年种植了 350 万 hm^2 ,占当年玉米种植面积 17.2%,其种植比例为我国杂交种推广历史之最。中单 2 持续推广 20 多年之久,年种植面积仍保持 66.6 万 hm^2 以上。进入 20 世纪 90 年代,掖单号玉米因其株型紧凑、耐肥、耐密而连续 8 年播种面积占全国第一。20 世纪末农大 108 以高产优质多抗和适应性广的绝对优势迅速在全国 20 多个省(市)推广。随着国外跨国公司的进入,我国民族种业面临极大的竞争压力,郑单 958 的选育推广提升了我国玉米种业的竞争力,为民族种业的发展壮大赢得了时间。2006 年种植面积达到 387.6 万 hm^2 ,成为建国以来年种植面积最大的玉米品种。这些优良的育种成果对我国玉米单产和总产的提高,保障粮食安全做出了突出贡献。

3 60 年来我国玉米育种成功的主要经验

3.1 选育单交种是主要的应用形式

玉米是农作物中利用杂种优势的典范。70 年代以前我国玉米杂种优势利用以推广品种间杂交种、双交种等为主,70 年代以后单交种因其杂种优势强、田间表现整齐加之亲本繁殖系数提高等因素而迅速成为杂种优势利用的主要形式,一大批优良单交种的相继育成与推广为玉米产量不断提高及品种更新换代做出了重要贡献。目前我国生产上应用的杂交种绝大多数都是单交种。

3.2 系谱法、回交法、复合杂交、轮回选择等传统杂交方式是主要的育种手段

优良自交系的选育是成功组配高产优质多抗杂交种的前提,常规的系谱法是几十年来选育自交系的主要方法,并且取得了很大成效。同时,回交法、复合杂交、轮回选择也成为改良自交系的重要手段。

3.3 引进外国杂交种作为原始材料是育种材料的主要来源

我国不是玉米起源地,对国外种质有相当大的依赖性。从外引杂交种中直接选育自交系成为通常的做法,且成效显著。1978 年农业部从美国先锋公司引进 24 个杂交种,从中选出 5003、5005(来自 3147)以及 8112、7922 和郑 32(来自 3382)等优良自交系,后期育成的掖 478、郑 58 等优良自交系也都与这批引进的材料密切相关。1986 年美国先锋公司在中国设立试验站并进行杂交种多点试验,从这批材料中育成 178、P138、齐 319、丹 599、沈 137、18-599 等一大批优良自交系,拓宽了我国玉米种质的遗传基础,对品种更新换代发挥了重要作用。进入本世纪以来,各育种单位又开始大规模从进入我国市场的国外优良杂交种中选育自交系,有些已经组配出新的耐密植杂交组合。新一轮的引进与改良行动,对进一步缩小我国玉米种质与国外的差距必将产生重要的作用。

3.4 选育和改良我国本土化自交系发挥了重要作用

玉米传入我国后,几百年来在全国各地复杂的生态条件下长期种植,逐渐形成了多种多样的地方品种。利用地方种质是解决适应性问题的重要途径。我国育种家通过挖掘地方品种资源、渗入外来种质、组建和改良群体以及向温带玉米导入低纬度种质等手段,不断丰富育种的原始材料,有效地缓解了玉米种质遗传基础狭窄的矛盾,为自交系的选育和杂交种的选配奠定了坚实的基础。典型例子是 E28、丹 340、黄早四、昌 7-2 等的选育与利用。事实证明,充分发挥我国地方品种的特点,有计划地进行遗传改良是我国玉米种质创新的重要基础。

3.5 庞大的育种队伍和广泛的地理分布以及相应的地区适应性的选择是成果形成的主要原因

由于科研体制及历史沿革等原因,我国玉米育种从业人员的数量十分庞大,从中央到各省、市的农科院(所)、农业院校都有专门从事玉米育种的研究队伍。近 20 年来由于市场经济的发展,许多企业和个人也相继加入玉米育种的行列,从而形成了广泛分布于玉米产区的庞大的育种队伍,根据各自的实力开展多种形式的育种工作,从而保障了在各个不同生态区的不同时段都有玉米品种的更新换代。

3.6 抗病性、抗倒性、耐密性的增强是玉米杂交种水平提高的重要原因

抗病性、抗倒性杂交种的选育是降低因病害流行及倒伏引起产量、品质降低最直接有效的途径,因而始终被育种家作为我国重要的育种目标,并选育出以中单 2、丹玉 13 等为代表的抗病品种。经过几十年的实践,育种家逐渐认识到发达的根系、坚韧的茎秆、短窄直立的叶片及其适当的空间分布对于提高种植密度、提高光合效率、抵抗倒伏和病虫害危害的重要性,选育出以掖单系列杂交种为代表的耐密型品种,引领了株型育种的革命。进入本世纪后耐密品种的选育已经成为玉米育种的主流,并极大地推动了农民种植习惯的改变。

3.7 对杂种优势模式的探索和进步是中国玉米育种技术进步的重要标志

为了降低育种的盲目性,提高育种效率,我国育种者开展了杂种优势群划分及杂优模式创建方面的探索性研究。先后建立了旅大红骨、塘四平头、改良瑞德群、改良兰卡斯特群等多个各具特色的杂种优势类群,并在上述材料基础上构建了各类群间的杂种优势模式,从而充分有效地利用了这些材料的遗传潜力,大大地提高了育种效率。伴随分子技术的应用和低纬度种质的引进,我国玉米杂优模式的创建和优势群的划分不断向明晰、简化和创新方向发展,预计在未来育种工作中将发挥更大的作用。

3.8 开发建设海南育种基地,实施北种南育和南繁加代为提高育种效率做出了巨大贡献

自上个世纪 50 年代开始,我国育种家就在广东、广西等省开展了异地繁育方面的研究。经过几十年的探索实践,北种南育已经成为玉米育种程序中非常重要的环节。近 20 多年来越来越多的育种单位及企业在素有天然温室之称的海南省建立了长期稳定的育种基地,开展一年 2~3 季的选育工作,为加快新品种培育及成果转化速度做出了贡献。

3.9 分子标记辅助育种、转基因育种和单倍体育种等高新技术的研究和进展为新一轮育种成果的涌现奠定了初步的基础

未来的种业竞争焦点必然集中到现代育种技术上,只有实现育种技术的升级才能在将来的竞争中占有一席之地。这方面虽然起步较晚,但还是取得了可喜进展。目前抗病分子标记辅助育种、抗虫转基因育种、单倍体育种已经接近或进入到实用阶段,这些现代育种技术的成果有望在“十二五”期间在生产中发挥作用。

3.10 对玉米育种的高度重视、支持和有效的管理是我国玉米育种事业壮大发展的根本保证

玉米育种一直以来受到政府的重视,并通过科技攻关、“863”、“973”、支撑计划等科技计划予以大力支持,对稳定育种队伍、提升育种水平起到了重要保障作用。近期启动的转基因重大专项则更加彰显了通过现代生物技术手段提升育种水平、赶超世界先进水平的决心。

4 面临的挑战

4.1 玉米消费量的增长不可逆转,对单产提高的压力越来越大

近 10 年来,世界玉米产量和消费量不断增长,玉米的供给量和贸易量也持续增加。从消费趋势看,我国畜产品消费市场具有较大的增长潜力。国内畜产品生产的刚性增长必将导致饲料玉米的需求量不断增加。随着我国玉米深加工产品种类进一步增多和生产量的增大,将进一步促使我国工业玉米消耗快速增长。在我国粮食作物播种面积很难继续增加、化肥的增产潜力已十分有限、气候变暖和水资源短缺不可逆转条件下,充分发掘玉米遗传资源的巨大潜力,在育种技术升级的基础上,培育高产高效的玉米新品种,提高单位面积的产量是保障我国粮食安全的战略选择。2008~2020 年我国玉米单产年均递增 188.7 kg/hm^2 才能保证未来玉米消费需求,大大超过(1980~1996 年)16 年间玉米单产年均增长 132.9 kg/hm^2 的历史最快水平,提高玉米单产依然面临巨大压力。

4.2 资源环境的制约和气候变化的影响对玉米品种改良的要求越来越高

受自然条件变化、温室效应等的影响,干旱、高温、强风、冷害等自然灾害时有发生,水资源短缺问题越来越突出,同时农药、化肥的过度使用使得土壤环境进一步恶化。选育耐受各种逆境胁迫、资源高效利用以及环保型品种对玉米科技水平的提升提出更加严峻的考验。

4.3 基因资源的国际竞争,跨国公司资本、技术、运营策略和营销手段的本土化对我国玉米育种造成巨大的压力

加入 WTO 后,跨国公司大举进入中国种业市场,在带来先进的技术成果和经营理念的同时,给我国脆弱的民族种业造成较大冲击。美国先锋公司育成的先玉 335 以其脱水快、容重高、出籽率高、商品品质好、稳产、适合机械化收割等特点深受广大农民

欢迎,年推广面积上升势头迅猛,预计在未来3~5年内很有可能成为我国种植面积最大的品种。孟山都公司在生物技术方面更是居于世界绝对领先地位,世界上50%以上的转基因产品属于该公司。这些跨国公司在基因资源、技术、资金等方面的强大优势加上实行人才本土化战略,迫使我国育种工作已无任何退路,只有迎头赶上,别无他途。

5 我国玉米育种科技存在的问题

5.1 对国外育种资源过分依赖,育种材料的改良和创新基础十分薄弱

虽然利用国外材料选育自交系曾经极大地推动了我国育种事业的发展,但也同时反映出对国外种质的过分依赖。目前我国育种材料创新力度十分不足,综合性状优良的骨干亲本材料相当匮乏。荣廷昭院士调查2001年全国玉米区域试验、预备试验西南组和四川省区域试验参试组合亲本情况,75.5%的亲本均与78599、Y7865等杂交种有密切关系。近几年各育种单位更是纷纷以先玉335等为材料选育二环系,或者对其亲本稍加改良即行利用,使我国玉米种质遗传基础趋同化和对外的依赖性进一步加剧。

5.2 缺乏长期稳定的有连续性、继承性的强大研究团队和科学的研究计划与研究实践,研究工作存在极大的盲目性,成果的出现常常表现为偶然性

分析曾经获得过国家科技大奖的成果可以发现,绝大多数的成果分属于不同的育种单位,没有任何一家育种单位能够连续产出影响重大的科技成果,所取得成果有些并未经过科学的设计,甚至得益于偶然的发现。重要杂交种中两个亲本为同一个育种单位育成的事例极少。有些发挥重大作用的自交系是来源于意外的天然杂交,如黄早四、郑58等。在肯定这些成果所做出的贡献同时,不能不引起更加深刻的反思。

5.3 规模小、研究力量分散、低水平重复、短期行为严重、无序竞争、知识产权保护薄弱

这些问题实际上已经存在了很长时间,但是限于政策、体制等方面的原因,一直没有得到彻底解决,反而有愈演愈烈之势。想方设法窃取其他单位的亲本材料、市场上大量套牌种子的出现等现象已是公开的秘密。长此下去,必将严重制约我国种业科技的持续、健康发展。

5.4 传统育种技术与现代高新技术结合不够,分子育种技术研究严重滞后

近年来,虽然分子育种技术取得一定进展,但是

目前仍处于起步阶段,与常规育种技术的结合还需进一步加强,具有重要应用前景的目的基因及相关分子标记不足。转基因技术有待进一步完善,在功能基因、调控基因、转化载体以及转化技术等方面原创能力亟待加强。在重要经济性状形成的生物学基础及调控机制,品质、产量与抗性协调改良以及非生物逆境与作物发育的相互作用机理等研究能力薄弱,分子设计育种的理论建模和软件开发工作尚需深入。

5.5 研究设施、测试手段相对落后,育种效率不高

随着国家经费投入的增加,各主要育种单位在基础设施建设、研究条件等方面有了很大改观,但仍然有相当多的小型育种机构仍然停留在较为原始的阶段。即使是国家级育种机构,也与跨国种子公司存在较大差距。

5.6 育种科技创新的主体向企业的转移滞后

从长远发展看,企业是商业化育种的主体,公益性研究单位主要从事材料创新或技术创新。但短期内还难以实现这种转变。目前很多企业的产品主要来源于与科研院所甚至个体育种者的合作,即使有些企业在从事育种研究,但受资金、技术、人才等方面的限制成效不显著,竞争力不强。国内大部分企业还停留在简单的种子生产和经营上。中国种子企业中拥有新品种研发能力、投入足够资金进行新品种选育的公司寥寥无几,企业没有稳定的育种队伍,缺乏自主知识产权的品种,规模经营水平低,抵御风险的能力弱。

5.7 育种研究的管理体制和运行机制以及科研成果评价体系的某些不足,必须加速改革

我国的科研体制尚存在许多弊端,造成条块分割、结构分散、机构重叠、任务重复,缺乏合理分工,研究内容雷同,导致科学研究在试验规模、科研投入、基础条件、资源共享(育种资源、数据信息资源)、队伍建设等方面与跨国种业公司存在巨大差距。

6 依靠科技创新,提高我国玉米育种水平

先玉335在我国玉米品种年种植面积排行榜中位居前列将持续若干年,我国玉米育种队伍必须急起直追,迎难而上,争取跨越式发展,迅速提升育种科技创新的水平,为建设我国强大的玉米种业做出贡献。就玉米育种的科技创新而言,以下几方面应引起高度关注:

(1) 玉米自身的基因组具有十分丰富的遗传潜

力,种内基因重组仍然是创新优良育种材料的主要手段。

(2)分子育种技术是挖掘和聚合优良基因的高效手段,必须强化这个领域的研究水平并加速与传统育种技术紧密结合,实现育种技术的全面升级。

(3)转基因育种是利用外源基因改良玉米特定性状的有效途径,必须把安全、稳定、高效表达的有利基因转到最好的品种中才能发挥其特定的功能。建立上、中、下游紧密结合的运行机制是转基因重大专项成功的关键。

(4)探索 and 建立稳定的具有中国特色的杂种优势模式仍然是亟待着力的研究命题。

(5)在特定杂种优势模式基础上构建和持续改良稳定的具有丰富遗传潜力的对应的杂种优势群是克服盲目性、短期行为并不断地、连续地育成优良杂交种的必要条件。

(6)针对抗病性、抗倒性、耐密植等一切重要目标性状,加大选择压力是改良成功的关键措施。

概括而言,选定一个特定的杂优模式,不断改良两个对应的优势群体,一年三季连续选择,在4个生态区内进行多点的全面测试,针对5个器官的特定性状的持续改良,是一个成熟的育种创新团队要取得成功必须遵循的重要原则。

7 提高我国玉米育种创新能力的举措

(1)把增强育种创新能力问题提升到国家发展战略的高度,全国一盘棋,统一规划,全面实施。

(2)改革现有体制和机制弊端,明确产、学、研的分工,加快育种科技创新主体向大型种子企业转移。在过渡期内,加强产学研的紧密合作与联合,组建种业科技创新的战略合作联盟,发挥各自的优势,利益共享,风险共担,探索中国特色的种业科技发展道路。

(3)鼓励和支持大型国营非农企业兼并或投资种子产业,融合资金、技术、市场等资源的优势,迅速使种子企业强大起来。

(4)国家投资为主和多元化融资,引进和培养科技创新和企业管理的高端人才。设立重大和重点科研项目,打造新兴战略型种子产业。

(5)加强知识产权保护,净化种子市场,改进新品种选育、区试、审定和产业化多环节的管理,为快出品种、出好品种、快进市场、进大市场开辟快速通道。

(注:本文是在中国博鳌农业科技创新论坛上的发言稿基础上补充修改而成)

(责任编辑:李万良)