

文章编号: 1005-0906(2006)04-0001-03

玉米种质创新和商业育种策略

张世煌

(中国农业科学院作物科学研究所玉米中心, 北京 100081)

摘要: 种质扩增、改良与创新是玉米育种技术发展的基础,其目标是促进新品种选育。分子标记辅助选择技术正趋向于成熟,将大规模地推向育种应用。发展商业育种要明确产量与杂种优势的关系,还要分析自交系的一般配合力与亲本之间特殊配合力的关系以及它们对产量增长的相对贡献率。在这些因素的综合影响下,玉米商业育种要实行循环育种策略。

关键词: 玉米; 育种; 种质创新; 循环育种

中图分类号: S513.024

文献标识码: A

Germplasm Development and Commercial Maize Breeding Strategy

ZHANG Shi-huang

(Maize center, Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Germplasm enhancement, improvement and development found the bases of maize breeding program, which aims at the promotion of development of lines and hybrids. Molecular marker assisted selection technology tends to be utilized in commercial maize breeding programs. The relationship between yield increases and heterosis level is getting looser, and yield increase relies heavily on non-heterotic factors such as tolerance to abiotic and resistance to biotic stresses. The relative contribution of GCA and SCA respectively to yield increase is important consideration for commercial maize breeding efforts when breeders make breeding strategy. Breeders should adopt recycling strategy in commercial maize breeding programs.

Key words: Maize; Breeding; Germplasm development; Recycling breeding strategy

在过去五十多年里,我国玉米育种能力和育种技术取得了很大进步,正逐步追赶世界先进水平,但与美国相比还有很大差距。特别是在最近十几年里,玉米育种的学科建设和研究结构均扩大了与美国的差距。

面对严峻的形势,我们在 10 年前提出了种质扩增、改良与创新的研究方向,立刻得到许多专家的积极响应。这是历史经验和教训的总结,是科研与生产形势迫使我们不得不做出的历史选择,其战略目标就是要扭转玉米育种进展缓慢的势头。这是一个突破口和继续发展的历史机遇,取得的主要进展是在“十五”期间初步建立了我国玉米遗传育种的创新体系,为产业发展奠定了基础。

当前,玉米遗传育种创新体系概括为三个方面:①种质扩增、改良与创新是基础、核心;②新品种选育是落脚点、研发重点;③分子育种技术走实用化、产业化道路。

1 种质扩增、改良、创新是玉米育种的核⼼问题

我国玉米种质的遗传基础比较薄弱。现在,我国玉米育种体系依赖 5 个骨干种质,除了旅大红骨的遗传基础比较丰富以外,其他 4 个种质基本上来自少数几个杂交种。要缩短与国际先进水平的差距,关键是提高种质创新能力。最近几年,有些地方参加区试的品种 75% 以上包含 PB 种质,而我国使用的该种质基本上来自美国先锋公司的两个类似杂交种。Lan 种质基本上来自 Mo17 的改良系,塘四平头和 PA 两个种质则分别源自系谱不明的两个杂交种,可见我国玉米育种的种质基础的贫乏程度。这种情况约束了玉米育种的创新能力,是我国玉米种业无法

收稿日期: 2006-04-20

作者简介: 张世煌(1948-),男(满族),北京市人,博士,研究员,从事玉米育种、种质改良和分子生物学辅助育种研究。

Tel: 010-68918596 Fax: 010-68918566

E-mail: zhangshh@mail.caas.net.cn

与大的跨国公司竞争的内在原因之一。现在摆在我国玉米科研工作者面前的历史机遇已经不多,如果再拿不出创新性的育种成果,就将痛失发展机遇。我们应担负起种质扩增、改良与创新的重任,为种业健康发展创造基础条件。

从不同的角度研究玉米种质的遗传基础,发现我国地方种质的遗传基础也很薄弱,甚至不如加拿大早熟综合种的遗传基础广泛。研究表明我国玉米群体和地方品种的遗传多样性指数和配合力水平普遍较低,这反映出我们对地方种质缺乏系统改良,没有为长远的育种发展奠定坚实的种质基础。

解决问题的途径是从多样性中心系统地引进优良种质。多样性中心的地方品种缺点也很多,经过系统改良以后,才比较适合商业育种使用。美国地方品种经过一、二百年改良,已成为很多国家玉米育种所借鉴的种质基础。热带和亚热带地方种质,经过CIMMYT系统改良,农艺性状、抗逆性和产量水平有很大改进。此外,欧洲和加拿大也有适合商业育种使用的较丰富的种质资源。

引进外来种质的改良和利用,关键是杂种优势模式。

石德权曾对商业育种作了精辟的概括:玉米育种首先要有一个好的思路,才会有一个好的设计,然后才会有好的产品。

玉米育种的基本思路就是对国内外的种质按照统一的标准概括杂种优势模式,在此基础上施行循环育种。Reid \times non-Reid 是各国育种家所熟知的温带模式,标准测验种分别是 B73 和 Mo17。Tuxpeno \times ETO 是热带模式。现在, Hallauer 把两个模式统一为两个杂种优势列之间的一个模式,即: Reid-Tuxpeno \times non-Reid-non-Tuxpeno。这里两个非字(non-)是建立统一模式的关键,体现了实用主义的哲学基础,于是我们能够顺利地进行种质扩增、改良与创新。

本来没有规定杂种优势模式,只是玉米育种利用杂种优势,需要一个评价种质资源的基本标准。大家依照这个标准做。它是一个相对概念,不能搞得绝对化。所谓相对性就表现在特殊配合力(SCA)上。这里的关键是不要绝对化地看问题。要去掉绝对化带来的信息噪音。杂种优势模式虽说是主观需要的产物,但研究方法要科学、严谨、规范。总之,有了统一的杂种优势模式,才能对自交系和品种进行设计。

2 强调创新能力,加强新品种选育

培育新品种是种质扩增、改良与创新的落脚点,但要强调创新能力。我们在这方面与发达国家之间有一定的差距,包括育种的理论、技术、方法、材料和发展思路等。

2003年11月在一次会议上讨论了玉米育种目标和发展思路问题,引起了广泛共鸣。这两年的品种试验有很大改观,但仍暴露出一些缺陷,反映出我国玉米育种的整体水平与发达国家相比仍有很大差距,尤其是一些急功近利、急于求成的倾向仍较普遍,这是导致新品种市场风险和技术风险的主要原因。

我国施行《植物新品种保护条例》和《种子法》以来,企业研发新品种的积极性空前高涨。但是在新形势下,育种公司不如科研单位的育种思路调整得快,暴露出大多数公司没有足够的材料储备,缺少最基本的创新能力。多数公司只是趁着社会转型和技术转移的机会,从科研单位零零星星地搜集了一些现成的育种材料,很不系统,甚至不了解材料的遗传属性,更没有经过系统的分析与积累,因此缺乏创新能力。相比较而言,一些科研单位具有较丰富的材料储备和知识积累,能够很快调整育种目标,但还没有完全从计划经济的育种思路中调整出来,关键是缺乏创新性的育种材料。

发展商业育种,需要澄清几个易被误解的基本概念:

2.1 杂种优势与产量的关系

杂交种是提高玉米产量的技术载体。杂交种推广以来,玉米产量的增长速度很快,但与杂种优势的增长呈负相关。进一步分析发现玉米产量的增长与自交系的 GCA 增长趋势平行,与亲本自交系之间的 SCA 呈负相关,即 SCA 呈相对下降趋势。

2.2 非杂种优势的遗传原因与产量的关系

非杂种优势的遗传是推动玉米产量的大幅度和快速增长的原因。

对大量品种按照历史序列进行分析,发现玉米产量的持续提高与新品种增强了抗逆性密切相关,例如耐密植、抗倒伏、耐低温、抗各种生物逆境等。这些研究得出结论,只有在逆境下,杂种优势才与产量的增长呈正相关。如研究光合能力,在抽象环境中研究光合速率没有育种意义,高光效育种要在逆境(例如高温、低温、干旱和土壤胁迫)环境下筛选基因型或筛选逆境胁迫解除后生理活性恢复能力强的基因型。许多试验结论启示我们,研究杂种优势要同逆境胁迫联系在一起才有育种意义,因此继续提高产量

潜力应在提高抗逆性上下工夫。用这些结论来衡量,就不难看出“零缺陷品种”和“超级玉米”是一个相对的概念,是育种家永恒追求的理想化目标。今后要提倡高密度育种,即利用非杂种优势的遗传原因继续提高杂交种产量。从品种管理的角度,适应高密度是今后品种审定的标准;而从育种技术的角度,实行高密度管理是继续提高产量潜力、增强抗逆性和适应性、降低风险的简单而有效的育种手段。

李竞雄院士早在 1990 年就曾深刻地强调在高密度下育种,高瞻远瞩地指出“育种目标要有所改变,应当调整过去那种高株大穗的习惯喜好。要研究群体与个体的协调关系。在加大了种植密度以后,必须加强茎秆直立株、中大均匀果穗的选育”。郑单 958 和农大 108 就是体现这一思路的成功产物。

2.3 GCA 与 SCA 的关系和育种策略

改良自交系的关键是提高 GCA。在推广杂交种的初期,GCA 效应只占 30%,SCA 约占 70%;到了八十年代,GCA 就占到 80%,而 SCA 只占 20%。杂交稻历史还很短,但北方杂交粳稻中的 GCA 效应已经占 60%。SCA 所占的比例越来越小,但很重要,它奠定了种质评价的相对标准,也是育种思路的基础。

今后玉米育种的基本思路是循环育种策略。简单来说,就是以杂种优势模式为基础,开展群体之间的相互轮回选择和自交系之间的二环系育种策略。这意味着以提高杂种优势群内的 GCA 为主,但也要保持或提高群间的 SCA。因此强调在群体之间开展相互轮回选择,我们现有的优良群体包括 PA 种质的豫综 5 号、塘四平头种质的中综 5 号和 Suwan1。

循环育种意味着选育二环系与相互轮回选择是同一个原理。既要在杂种优势列(杂种优势群或亚群)内进行杂交,又要注意使用不同的材料,即两个或若干个亲本之间有合理的遗传距离,才能提高二环系的 GCA。但由于是在杂种优势列之间培育杂交种,所以保持或提高了 SCA 效应,有利于获得较高的产量。但杂种优势是相对的,越是生产水平高,越要依靠非杂种优势的遗传原因继续提高产量。李登海曾强调的群体配合力的概念,就是综合考虑上述非杂种优势因素对产量增长的贡献、GCA 与 SCA 的相对关系和育种策略形成的具有实践意义的育种理念。

我国有一类 PA 种质,可能是 Reid 与相近种质杂交的产物。而 PB 种质可能是两个 non-Reid 自交系杂交的产物,很可能含有 ETO 或 Suwan1 类似种质,因此选到很多好用的自交系。今后,如果继续从

国外杂交种分离二环系,应注意两个问题:一是系统地进行早代测验,尽早判断每个家系在杂种优势模式中的地位;二是早代选育二环系。概括起来说,就是向两个方向推开的育种策略,定向选育二环系。

要系统地进行早代测验,一个很关键的课题是研究标准测验种。国际上通用的标准测验种是 B73 和 Mo17,而我国曾经有 5~6 个之多。现在已经初步确定我国两个最佳测验种是掖 478 和黄早四,它们分别对应国外的 Reid 和 non-Reid。在从国外杂交种分离二环系的早代,用这两个(或相同系列)自交系测验,如果多数家系偏向某一个方向,就向该测验种的方向选育新二环系。

3 分子育种技术要推向实用化

分子育种技术要解决实际问题。种子产业发展,迫切需提高技术竞争力。分子育种是必然趋势,但不应看成是独立学科,而是玉米遗传育种体系的一个环节。目前,我国对玉米重要性状的分子标记 QTL 定位研究还比较落后,低水平重复较多,创新性不足,实用性差,还没有在育种上广泛应用。实用化的关键是组织全国玉米分子育种协作网和搭建技术平台,使分子标记辅助育种成为“傻瓜”技术,让大家很容易操作和应用。

建立分子育种技术平台的目的是提高研究起点和节省资源,加快产业化步伐。为此,我们将推出 3 个永久作图群体和数据库共享。3 个永久群体是:黄早四 × 掖 107,黄早四 × Mo17,B73 × X178。两年内,还将建立一个更大规模的掖 478 × 黄早四群体和一个大规模临时群体。与此配套的还有 2 000 份近等基因导入系集团(Bulk)。

玉米的商业育种,需要改革的不仅是管理体制、运行机制、育种研究的技术方向、学科建设,研究结构和思路、方法等也需要改变。郑单 958 已经走出一条新路,一些企业都在积极探索今后的育种思路。今后要以改革和创新的思路,推进科技创新,发展我国玉米育种事业和产业。

参考文献:

- [1] 全国农业技术推广服务中心. 国家玉米高新技术及产业化研究进展[Z]. 国家玉米品种试验技术培训班教材, 2003.
- [2] 李竞雄. 玉米杂种优势研究回顾与展望[A]. 植物遗传育种理论与应用研讨会文集[C]. 北京: 科学出版社, 1992: 1-7.
- [3] Duvick D N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). 2005, 86: 83-145.
- [4] Duvick D N. Developing Drought- and Low N- Tolerant Maize. Proceedings of Symposium, 1996: 332-335. (下转第 6 页)

(上接第 3 页)

- [5] Duvick D N. Genetic contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, Genetic Contributions to Yield Gains of Five Major Crop Plants. CSSA, Madison, Wisconsin.1984.
- [6] Hallauer A R. Introgression of Elite Subtropical and Tropical Germplasm with U.S. Corn Belt Germplasm. NCR-167 North Central Regional Corn Breeding Meetings Program. 2003.
- [7] Hallauer A R, Miranda J B. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press/Ames., 1988: 468.
- [8] Tollenaar M, J Wu. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. *Crop Sci.*, 1999, 39: 1597-1604.
- [9] Vasal S K, H. Cordova, S. Pandey, Srinivasan G. Tropical Maize and Heterosis, 1999: 363-374.
- [10] Vasal S K, Srinivasan G, Gonzalez F C, Han G C, Pandey S, Beck D L, Crossa J. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical × subtropical maize germplasm. *Crop Sci*, 1992 (32): 1483-1489.
- [11] Ying J, Lee E A, Tollenaar M. Response of maize leaf photosynthesis to low temperature during the grain-filling period. *Field Crop Research*. 2000, 68: 87-96.
- [12] Zhang S H, Li X H, Peng Z B, Yuan L X. Heterotic groups and exploitation of heterosis -the methodology, strategy, and use in hybrid maize breeding in China. Proceedings of the 8th asian regional maize workshop. 2002: 64-68.