

文章编号: 1005-0906(2007)02-0001-04

引入美国种质对我国玉米育种的影响

石 雷

(中国农科院作物科学研究所, 北京 100081)

摘 要: 我国育种者从美国商业杂交种中分离了许多二环系, 逐渐形成了 PA(Reid) 和 PB(non-Reid) 两大种质群, 并利用这些二环系改良国内种质, 取得了明显成效。PA 种质是目前我国玉米育种利用的主要 A 类种质, 在很大程度上稳定了我国玉米育种的杂种优势模式。而 PB 种质在引入抗病、耐逆基因的同时, 倾向于破坏我国玉米杂种优势模式的稳定性和集中性, 瓦解了我国的玉米杂种优势模式, 同时也造成对热带种质的盲目利用, 使得玉米育种的技术路线和杂种优势模式变得复杂化。目前直接对商业杂交种的分离选系在很大程度上造成育种思路与杂种优势模式的混乱。正确利用国外商业杂交种选育二环系和改良种质, 对于制定今后玉米育种的技术路线和指导产品创新具有重要的实践意义。

关键词: 玉米种质; 育种; 种质改良

中图分类号: S513.024

文献标识码: A

The Impacts of US Germplasm on Maize Breeding Efforts in China

SHI Lei

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

Abstract: The germplasm derived from US commercial hybrids has contributed a lot to maize breeding efforts in China. Two opposite heterotic groups, PA(Reid) and PB (non-Reid), were developed from US commercial hybrids, and the germplasm was also used in the improvement of domestic germplasm. PA is of the typical and leading germplasm of heterotic group A, and it has an important impact on heterotic patterns and breeding efforts in China. In the meantime of introduction of genes for disease resistance and stress tolerance, PB tends to break up the stability, and disorganize the heterotic patterns. This breeding practice also brings forth the overemphasis of tropical germplasm utilization, and therefore disturbs the breeding technique and strategy. The inbreds development directly from US hybrids or other commercial hybrids have disarranged the heterotic patterns and breeding strategy to a great extent. Therefore, it is of great importance to guide the technique in germplasm enhancement with the commercial hybrids from aboard and other sources.

Key words: Maize germplasm; Breeding; Germplasm enhancement

1 美国种质的引进与利用

引进和利用外来优良种质是我国近代玉米育种的基本方法之一。美国种质利用率每增加一个百分点, 玉米平均产量增益约 10 kg/hm²; CGIAR 种质利用率每增加一个百分点, 产量增益约 25 kg/hm²。我

国近代引入美国玉米杂交种大致经历了三次过程。

上世纪 80 年代从美国引入杂交种, 并以其为基础分离二环系组配杂交种, 成效显著。如沈阳市农科所从 P3147 选育出沈 5003; 铁岭农科所从 P3382 选育出铁 7922; 莱州市农科所从美国商品玉米选育出 U8112 等。这些材料大多表现 Reid 类群的配合力反应, 且株型紧凑、茎秆坚韧、子粒偏马齿, 称之为改良 Reid。在此基础上, 进一步用这些自交系杂交, 培育出以掖 478 为代表的一批优良自交系, 如掖 107、掖 832、DH3189、DH4866、DH872、郑 58、郑 29、郑 32、冀 815、鲁原 92 和独 321 等。此外, 还有东北地区选育的 C8605-2、丹 446、辽 2345、辽 5114 等。这类自

收稿日期: 2006-11-28; 修回日期: 2007-02-27

作者简介: 石雷, 中国农科院作物所玉米中心综合写作小组使用的笔名。

张世煌为本文通讯作者。Tel: 010-68918566

E-mail: chinamaize@yahoo.com.cn

交系成为目前我国玉米育种利用的主要 A 类种质。

80 年代到 90 年代, 美国商业杂交种 P78599、P78698、P78641、P87001 等由于遗传基础丰富, 具有抗病、抗倒、保绿度好、活秆成熟等优点, 育种单位从中选育了一大批优良自交系, 如齐 319、X178、P138、多黄 29、沈 137、沈 135、豫 87-1、陕 89-1、早 21 和川 18599 等, 其中从 P78599 选育的自交系数最多, 类型最丰富。这些种质株型半紧凑, 子粒偏硬质, 国内称作 PB 群。该类群自交系含有热带遗传背景, 植株、穗位较高, 雄穗发达, 持绿性好, 生育期偏晚, 耐旱, 抗倒伏, 百粒重和容重较高, 品质优良, 高抗多种病害和玉米螟, 在提高玉米抗病性和子粒商品性上带来新突破。但也存在果穗结实性差、出籽率低、自身产量较低等缺点, 具有不同程度的光周期敏感性, 主要反映在株高、穗位高、雌雄开花节律和雄穗分枝数等方面。

近些年来, 一些跨国公司在我国投资玉米育种研究, 许多商业杂交种被用来分离二环系, 其中不乏一批优良自交系, 如山东选育的 Lx00-6、Lx01-2; 四川农大的 R08、08-641; 中国农大的 M7、W499; 北京奥瑞金的 OSL044; 辽宁农科院的辽 3180、辽 5324、铁 97005、铁 98042 和丹 11-2 等。这些自交系基本介于 A 类和 B 类种质之间, 与国内种质之间均能产生一定的杂种优势。

2 美国种质对我国玉米育种的影响

PA 种质的应用引起了我国紧凑型玉米育种的革命。PB 种质则在引入抗病耐逆基因的同时, 干扰了玉米商业育种的基本思路和杂种优势的利用模式。另外, 盲目从商业杂交种分离二环系, 在一定程度上造成了我国玉米育种思路的混乱。

2.1 PA 种质促进了我国紧凑型玉米育种的发展

PA 自交系适应性广, 株型紧凑, 穗位低, 茎秆坚韧, 根系发达, 耐密植, 抗倒伏。90 年代以来, PA 自交系广泛用于杂交种的选育, 组配并审定的杂交组合多达几十个, 开创了我国紧凑型玉米育种的新局面。从此, PA 种质成为我国玉米育种的骨干杂种优势群。掖单 2 号、掖单 4 号、掖单 12 等系列杂交种的选育, 实现了叶面积指数、经济系数和种植密度的突破, 提高了群体光能利用效率和产量潜力。近年来郑单 958 的成功推广, 更是把紧凑型高产玉米育种推向新高潮。

PA 种质的成功应用使育种家认识到, 育种目标应在注重单株产量的同时, 更注重群体产量, 通过选

育紧凑型杂交种提高群体密度是实现这一目标的唯一选择。紧凑型玉米品种强调群体产量, 以较低的植株高度和中大穗型(200 g 左右)为主, 果穗均匀, 但对自交系的抗病性、抗倒性提出了更高要求。

近年来, 随着经济发展和农村劳动力转移, 耐密植品种的推广使简约化栽培管理方式成为可能。随着玉米收获向机械化方式改变, 会进一步促进玉米育种向耐密植和抗逆境方向发展。

2.2 PB 种质对我国玉米育种的影响

2.2.1 PB 种质对我国玉米育种的贡献

90 年代后期, PA 种质的病害呈上升趋势, 如病毒病、小斑病、黑粉病、弯孢菌叶斑病、纹枯病、穗粒腐病等。从 P78599 等杂交种选育出 PB 类自交系, 成功地解决了玉米生产上最紧迫的抗病问题, 其持绿性好, 活秆成熟, 子粒品质优良, 因而备受青睐。由于 PB 与国内其它种质亲缘关系较远, 与国内 4 大种质都有较高的配合力, 组配的杂交种具有高产、优质、根系发达、耐旱、抗倒折等优点, 高抗多种病害。PB 种质得到广泛应用。

2.2.2 PB 种质干扰了紧凑型 and 耐密植育种的思路

实践证明, 合理密植能够最大限度地提高单位面积的群体产量, 是现代育种的发展趋势。先锋公司对 1930 ~ 1990 年玉米杂交种的研究表明, 现代品种只有在高密度环境下, 依靠突出的耐逆性才能显示出产量潜力方面的优越性。1999 ~ 2000 年在 15 个州 66 个环境下的试验表明, 杂交种的密度达到 88 950 株 /hm², 能获得 11 295 kg/hm² 的产量。Childs 在 2002 年美国玉米高产竞赛中, 用先锋杂交种 34N44 创造了 27 750 kg/hm² 的高产纪录, 其种植密度达到 108 360 株 /hm², 最高种植密度达到 123 555 株 /hm²。登海种业于 2005 年用 DH3719 创下 19 350 kg/hm² 的夏玉米高产纪录, 其密度也接近 105 000 株 /hm²。

密植和大穗反映了群体和个体之间的矛盾。在过去十几年里, 我国培育了许多高秆大穗晚熟型品种, 单株产量很高, 但生产上的实际产量却很低, 这种高风险品种在我国特定的体制下得到保护和蔓延。农民在手工收获时从感观上认同高秆大穗品种, 种子公司推波助澜, 使这类品种一度成为生产上的“主角”, 育种人员则尾随其后, 寻求捷径, 也热衷于高秆大穗型品种。

在密植条件下, 由于个体之间对资源的竞争, 只能通过中穗或中小穗来提高群体产量。所谓的“紧凑型大穗型”或“密植大穗型”品种, 从实际结果来看, 越来越倾向于高秆大穗型, 密度限制在 60 000 株 /hm²

以下,很难进一步提高产量潜力。

PB 种质的应用干扰了紧凑型育种的技术路线,助长了近年来晚熟高秆大穗型品种的蔓延。生产上推广的这类品种多与 PB 种质有关。含 PB 的杂交种大多表现为高秆大穗、株型繁茂、贪青晚熟等。1998 年以来,我国玉米单产一直徘徊在 4.5 t~5.5 t 之间,虽然审定了不少这类品种,但在产量上没有突破。

郑单 958 较好地协调了高产与稳产的关系,引导育种家改变策略,强调抗逆性和适应性,重新提倡密植育种方法,阻止了依靠延长生育期和增加植株高度提高产量潜力的育种技术路线,使中穗型和耐密植再次成为玉米育种的主流,育种技术路线重新回到正确的轨道上来。

2.2.3 PB 种质干扰了商业育种的杂种优势模式和基本策略

高效率的玉米育种方案需要简单有效的杂种优势模式。美国玉米杂种优势模式概括为 Reid $\times$ 非 Reid,或者用另一种表达方式 SS $\times$ NSS。我国有紧凑型 PA 种质和早熟半紧凑型四平头种质,在实践中探索出一条通过密植获得高产的新途径。实践证明,PA $\times$ 四平头是黄淮海地区商业育种的典型杂种优势模式。该模式优点多、缺点少、适应性广、制种产量高,适合黄淮海夏播区种植。郑单 958 则进一步巩固了这一本土化的杂种优势模式。

PB 种质遗传背景丰富,具有一定的中间性,与我国主要种质类群之间都有明显的杂种优势,这就使育种家对种质的评价和利用趋于复杂化。虽然 PB 种质改善了我国玉米抗病和耐旱育种的遗传基础,但 PB 种质在杂种优势模式中的地位不如四平头清晰明确,如果在使用过程中陷入盲目性,就很容易使育种方向偏离我国本土化的育种模式。

原本选自低风险型杂交种的 PB 种质,却导致我们凭借该种质去追求高秆、大穗、晚熟的高风险型品种,而且使我们对本土杂种优势模式发生动摇与误解,导致复杂化的局面。

分析外来种质的底线是巩固本土化的杂种优势模式。这个本土化的模式必须与国际接轨,但又必须是很容易被基层育种家理解和接受的简单形式。这样做的结果是把全世界 200~300 个玉米种质分成两个杂种优势群,或者叫做两个杂种优势列。这是学者们的严谨方法,目的是在持续提高育种材料一般配合力的同时,充分利用和提高两个杂种优势列之间的特殊配合力。但是,作为企业的商业育种行为,则要划分成母本群和父本群,这样才便于管理和实

践。

在一定时期内,PB 出现在我国玉米的遗传背景下,导致育种思路发生混乱。克服的方法就是以 Reid 和 non-Reid 杂种优势模式为模板,以本土化的杂种优势模式为底线,外来种质都以我们自己的种质基础为核心,采取向两边推开的循环育种策略,而不是被中间型外国种质拖着乱转。PB 虽然具有中间性质,但它在我国玉米遗传背景下的杂种优势反应基本上偏向于 B。因此,今后要进一步把它推向 B 的方向,即推向父本群,才能使该种质在育种上发挥更积极的作用。

2.2.4 PB 种质造成对热带种质的盲目利用

10 年来,种质扩增研究已经从中国和美国延伸到许多国家,也包括发展中国家,成为全球多种农作物的共同行动计划,成为植物育种研究的创新方向之一。玉米种质扩增就是要利用热带、亚热带和温带外来种质丰富的遗传变异,如抗病虫、抗逆和生态适应性等,对现有的育种材料进行改良和创新,拓宽遗传基础,增加育种群体的遗传变异和产量潜力。我国一些突破性的新品种,如农大 108、郑单 958 等,都不同程度地含有热带和亚热带种质。

PB 种质在一定程度上造成了对热带种质的盲目利用和误解。最明显的后果是许多杂交种株高增加,生育期延长,灌浆缓慢和对光周期变化敏感,影响了品种的适应性和制种技术。我们应该思考,利用外来种质要解决什么,我们在技术上有哪些疏忽,今后如何利用外来种质特别是如何利用来自低纬度的外来种质等问题。

P78599 含有相当多的热带种质成分,但分离二环系仍采取南繁北育的技术路线,这就完全忽略了光周期敏感性的影响,导致我们选育的很多 PB 自交系对光周期变化比较敏感。今后应吸取教训,从热带种质(含商业杂交种)分离二环系,至少在较早世代不要采取南繁北育的技术路线,防止分离的家系朝着适应短日照的方向发展。

3 对国外种质的正确使用

PA 是我国 A 类种质的主要来源,它的利用方式有 PA $\times$ 四平头、PA $\times$ PB 和 PA $\times$ 旅大红骨等模式。PA $\times$ 四平头是我国代表性的杂种优势模式,在黄淮海应用普遍,典型杂交种有郑单 958、掖单 2 号、掖单 4 号、掖单 12、登海 1 号和中科 11 等。PA 与旅大红骨组合不多,品质较差,但丰产性好,如掖单 13 和沈单 7 号。PA $\times$ PB 模式的丰产性和适应性

比较好,典型品种有农大 108、鲁单 50、登海 3 号、金海 5 号等。从发展趋势看,今后 PA 仍然是我国玉米育种必不可少的 A 类种质,可以用 Reid、BSSS、Tuxpeño 或旅大红骨种质对其进行改良。

PB 与我国几大类群都有杂种优势。PB 与四平头群的典型组合有鲁单 981、沈单 10、沈单 16、中原单 32 等。PB 与旅大红骨的组合有郑单 19、丹玉 30、丹玉 35、丹玉 46 等。与 PA 的组合很突出,有农大 108、登海 3 号、金海 5 号、鲁单 50、川单 13 等。用 PB 种质改良国内种质,一个引人注目的例子是丹 598,结合了旅大红骨高配合力及 PB 和四平头抗逆性强的优点。但根据分子标记分析,该自交系中 A 类种质占 60.2%,B 类种质占 39.7%,这显然是一个交叉育种的产物,不宜效仿。PB 应与四平头、Lancaster、Suwan 1、ETO 和古巴硬粒等 B 类种质相互改良,寻求与 A 类种质的特殊配合力。

利用国外种质,应以我国玉米种质为基础,向本土化的杂种优势模式靠拢。近年来,我国玉米杂种优势模式已经迅速地向国际接轨,即向 Reid-Tuxpeno 和非 Reid-非 Tuxpeno 两个杂种优势列发展。在黄淮海地区,旅大红骨和 Lancaster 逐渐退出,种质基础以 PA、四平头和 PB 为主导。相应地 PA $\times$ 四平头、PA $\times$ PB 将是今后的主要模式。如果将四平头推向 B,则二者可归结为 A $\times$ B 模式,这符合 Reid-Tuxpeno 和非 Reid-非 Tuxpeno 两个杂种优势列的发展模式。

我国玉米种质基础薄弱,从遗传基础丰富和农艺性状优良的国外杂交种分离二环系,不受商业限制,不失为一项可取的育种策略。以往分离二环系,一般是小群体自交到底,不符合群体遗传学和杂种优势的原理。P78599 的遗传背景恰好含有较多的硬粒型种质成分,在我国当代玉米背景下,这种选系方法侥幸获得成功。还有一种方法是用商业杂交种合成综合种,然后分离一环系。这种方法除了能一定程度上打破不利连锁和保持较丰富的变异外,解决不了种质利用方向的实质问题。从国外杂交种分离二

环系,应系统地进行早代测验,判断每个家系在杂种优势模式中的地位,然后根据杂种优势模式原理,采取向两边推开的循环育种策略,尽早对新选的二环系进行改良,使它朝着正确的方向发展。这是针对以往连续自交分离的二环系而提出的不得已的方法。今后,我们建议从一开始就把未知杂交种分别对 A 和 B 两个杂种优势群的测验种(目前最好的是掖 478 和黄早四)各进行一次或多次杂交,人为地扩大两个方向之间的遗传距离,然后再根据育种目标进行选择系。

立足现有的种质基础,通过系谱法选育二环系,这样目的性明确,比从商业杂交种分离二环系的效率更高,而且更容易掌控。这种策略需要配合恰当的育种技术。目前应着重推广密植育种法。我们有信心,立足现有种质,采取正确的育种思路和技术路线,开展具有中国特色的自主创新。

参考文献:

- [1] 李海明,胡瑞法,张世煌.外来种质对中国玉米生产的遗传贡献[J].中国农业科学,2005,38(11):2189-2197.
- [2] 李登海.从事紧凑型玉米育种的回顾与展望[J].作物杂志,2000(5):1.
- [3] Duvick D N, Smith J S C, Cooper M. Long-term selection in a commercial hybrid maize breeding program[A]. In J. Janick, Ed. Plant Breeding Reviews. Vol. 24, Part 2, Long term selection: Crops, Animals, and Bacteria[M]. John Wiley & Sons. New York. 2004.
- [4] Paszkiewicz S, Butzen S. Corn hybrid response to plant population[A]. Crop Insights, Vol.11, No.6. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Johnston[M]. Iowa.
- [5] 张世煌.郑单 958 带给我们的创新思路和发展机遇[J].玉米科学,2006,14(6):4-6.
- [6] Hallauer A R. Introgression of Elite Subtropical and Tropical Germplasm with U.S. Corn Belt Germplasm[A]. NCR-167 North Central Regional Corn Breeding Meetings Program[M]. www.agron.iastate.edu/corn/NCR167/Abstracts/2003/Hallauer_2003_Abstract.pdf 2003.
- [7] 张世煌.玉米种质创新和商业育种策略[J].玉米科学,2006,14(4):1-3.

(责任编辑:李万良)