

文章编号: 1005-0906(2004)03-0003-03

# 培育伴侣品种实现玉米杂交种间优势利用

陈绍江

(中国农业大学国家玉米改良中心,农业部作物基因组与遗传改良重点实验室,北京 100094)

**摘要:** 基于当代优势和花粉直感的特点,宋天明教授提出了普通玉米高油化三利用生产模式并已在生产上取得了成功。为配合这一优质化高产模式的推广,应该强化三利用模式中配套单交种的筛选,选育当代杂种优势和花粉直感效应均高的伴侣型杂交种,形成伴侣型玉米生产系统,从而可以充分利用当代杂种优势和品质性状的花粉直感效应,实现玉米的高产和优质化生产。在此基础上,提出了高油化后的普通玉米直接作为种子进行跨代利用的设想。

**关键词:** 玉米;杂种优势;花粉直感;伴侣型杂交种

**中图分类号:** S513.035.1

**文献标识码:** A

## Partner Hybrid Breeding for Heterosis Utilization of Inter-hybrid in Maize

CHEN Shao-jiang

(National Maize Improvement Center of China & Key Laboratory of Crop Genome and Genetic Improvement, Agricultural University of China, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Inter-hybrid heterosis is an important part of maize heterosis. Based on the obvious xenia effects of high oil and heterosis, a technique called TEU (three-effect-utilization) was developed to pyramid the cytoplasm male sterile effect, heterosis and xenia of oil content into a production system, which has patented in China. The system has been used in practical production successfully. For better use of TEU, the author suggested that a high efficient partner-hybrid production system should be developed by screening and matching normal hybrid and high oil pollinator based on their heterosis, xenia and other traits. Further more, high-oilized normal corn could also be used as seed in high oil corn production.

**Key words:** Maize; Heterosis; Xenia; Partner-hybrid

### 1 当代杂优是玉米杂种优势利用的方向之一

玉米是最早大规模利用杂种优势的重要农作物。从 20 世纪 20 年代开始,玉米杂种优势利用经历了综合种、双交种、三交种、单交种阶段,每一次利用方式的改变都使玉米生产的水平得到了很大的提高。目前单交种已成为玉米生产的最主要的杂种优势利用方式之一。但最近的研究表明,玉米杂种优势的提高已经趋缓。因此,如何提高杂种优势的潜力,发展新的高产玉米生产系统成为玉米育种的重要课题之一。

提高玉米杂种优势的途径主要有两种:一是继续提高自交系间杂种优势水平,对此国内外已多有研究;二是利用杂交种间优势,也就是通过杂交种间的混种或套种,杂交种再杂交,利用杂交当代的优势,这样可以避免单交种单独种植由于子粒自交带来的衰退现象,实现高产优质化生产。自交系和杂交种接受外来花粉时,杂交当代杂合优势的主要表现是提高当代子粒的粒重。大量研究表明,杂交当代子粒比自交子粒增重 5%~20%,甚至更高,单交种混种植比清种增产可达 10%以上,可见杂交种间的优势还是十分明显的。

品质性状的花粉直感效应是杂交种间又一重要的遗传效应,如子粒油分、蛋白质和淀粉等品质性状。其中最有价值的是油分的花粉直感效应。Letchworth 等(1998)进行花粉亲本对子粒中油分、蛋白质、淀粉的效应试验,发现杂交种中子粒含油量有母性

收稿日期: 2003-09-16

作者简介: 陈绍江(1963-),男,博士,教授,国家玉米改良中心高油玉米项目负责人,主要从事遗传学教学与玉米遗传育种研究。Tel:010-62892333 E-mail:shaohj@cau.edu.cn

效应和花粉效应，蛋白质和淀粉含量则表现母性效应。Lambert 等(1998)也报道了类似结果。宋同明等(1991)根据高油和低油玉米自交系和杂交种的一系列正反交试验,估计出花粉直感效应值为 0.35,也就是说,高油授粉者油分每提高 1 个百分点,则普通玉米油分可以提高 0.35 个百分点。另外,由于高油分和蛋白质、V<sub>E</sub>、赖氨酸等存在着一定的正向相关关系,因此,接受高油花粉的普通玉米在其它一些品质性状上也会有所改善。据测算,油分每提高 1 个百分点,蛋白质提高 0.1 ~ 0.3 个百分点,赖氨酸增加 0.007 个百分点。

## 2 普通玉米高油化三利用技术是杂交种间优势利用的重要途径

杂交当代明显的杂合优势和花粉直感效应为其利用提供了条件。基于对玉米粒重和油分当代杂交效应的系统研究,宋同明教授于上世纪 90 年代提出了普通玉米高油化三利用技术(Three effects utilization,简称 TEU),该技术已获得国内专利。三利用技

术的核心是通过不育化普通玉米杂交种与高油授粉者相间种植,由于普通玉米没有花粉,花粉来自于高油杂交种,而油分具有明显的花粉直感效应。因此,在杂交当代就可以使普通玉米所结子粒成为高油玉米。这一方式实际上利用了杂交当代所产生的三个遗传效应,即玉米油分的花粉直感效应、粒重的杂交增重效应和不育胞质的增产效应,所以称为普通玉米高油化三利用技术。

由于玉米油分的花粉直感效应一般在 0.3 ~ 0.4,所以,可根据父母本含油量估计杂交当代子粒含油量,如普通玉米含油量为 4%,高油授粉者含油量为 10%,其差值为 6%,则产生的花粉直感效应为 1.8% ~ 2.4%,使普通玉米含油量提高到 5.8% ~ 6.4%,基本上达到了高油玉米的标准。反之,根据目标含油量,也可推测授粉者油分含量,如果目标含油量为 8%,油分直感效应值为 0.4,则普通玉米含油量为 3% ~ 5%时,高油授粉者的含油量应达到 15.5% ~ 12.5%,授粉者的类型应为含油量>10%的超高油类型(表 1)。

表 1 杂交当代不同含油量水平对授粉者类型及其含油量水平的选择

目标含油量(%)	直感效应	母本含油量(%)	授粉者含油量(%)	选择授粉者类型
6	0.4	3.0 ~ 5.0	10.5 ~ 7.5	普通高油或超高油
	0.3	3.0 ~ 5.0	13.0 ~ 8.3	普通高油或超高油
7	0.4	3.0 ~ 5.0	13.0 ~ 10.0	普通高油或超高油
	0.3	3.0 ~ 5.0	16.3 ~ 11.7	超高油
8	0.4	3.0 ~ 5.0	15.5 ~ 12.5	超高油
	0.3	3.0 ~ 5.0	19.7 ~ 15.0	超高油

不育化胞质增产效应来自于雄性不育普通玉米的雄穗能量消耗减少所导致的产量增加。目前应用的不育胞质多为 C 型,增产幅度在 5%左右,加上杂交种再杂交所产生的当代优势,就形成了集三种主要遗传效应于杂交当代子粒的一种新型高产优质生产模式。

普通玉米高油化三利用技术易于操作,只需将不育化的普通玉米杂交种和适当的高油授粉者按一定比例套种或混种即可实现普通玉米的高油化。因此,该技术是实现玉米优质化生产的快捷途径。国内从 1998 年开始试验此生产模式,目前已证明效果较好的配套杂交种为不育农大 3138×高油 115、不育农大 368×高油 115、不育豫玉 22×高油 202 等。

## 3 选配伴侣型杂交种是实现杂交种间优势利用的关键

所谓伴侣杂交种,从广义来讲,是指任何两个或两个以上适于配套种植的杂交种都可以称为伴侣杂

交种。具体到普通玉米优质化三利用模式,伴侣杂交种是指构成三利用技术模式并在杂交当代具有一定优势的优良普通玉米杂交种和高油或高蛋白玉米等类型的授粉者。

普通玉米高油化三利用模式理论上是成熟的,但实际上仍有许多问题需要解决。特别是高油授粉者的选育和伴侣杂交种的选配等方面仍不够完善。例如目前的高油授粉者少,难以与众多的普通玉米配套种植。另外,有些高油玉米花粉的油分直感效应虽然明显,但增产效应在不同普通玉米杂交种上的表现有较大差异,有些增产,有些不增产甚至减产。所以,大面积推广普通玉米高油化技术迫切需要开展伴侣杂交种选配研究,筛选既增油又增产的伴侣杂交种。由于国内绝大多数育种单位均集中在普通玉米的选育上,普通玉米品种多种多样,可以满足生产需要。鉴此,目前的工作应集中在两个方面:一是加快高油授粉者的选育,二是优化伴侣杂交种。

### 3.1 高油授粉者的选育

以提供花粉为目的的高油授粉者选育是玉米育种的新领域。根据目前高油授粉者较少的情况, 近期应以高油授粉者的系列化和多样化为目标。生产上推广的玉米杂交种很多, 生育期和栽培方式等均不相同。授粉者选育的重点应集中选育一批生育期不同, 生态适应性较广的超高油、高油单交种、三交种乃至双交种等不同类型的授粉者, 如此才易于实现高油玉米与普通玉米的高效配套, 便于三利用技术的组装; 授粉者长期发展的目标是选育更加高效的专用授粉者, 结合蛋白质、高赖氨酸等品质性状的花粉直感效应, 使多种优良性状在杂交当代得到聚合, 达到营养富集, 高能高效。

3.2 伴侣系统的优化

三利用技术的效果主要取决于高油授粉者和普通玉米的配合程度。最好的普通玉米和最好的高油授粉者混合种植未必能够产生最好的效果。因此, 选择配套的伴侣杂交种对三利用模式的推广具有重要作用。从生产角度来看, 好的伴侣杂交种应该具备以下特点: ①普通玉米和高油授粉者之间具有当代杂交优势, 粒重不降低, 油分和品质明显提高; ②伴侣杂交种播期相同, 生育期接近, 光温敏感性较弱, 便于播种和收获, 同时普通玉米吐丝期与高油授粉者散粉期吻合; ③高油玉米生长势强, 花粉量大, 散粉期长且植株高度应略高于普通玉米以便于花粉传播; ④普通玉米不育彻底, 结实性好; ⑤伴侣杂交种间不同时感染重要病害; ⑥高油授粉者产量不能明显低于普通玉米。

表 2 优良伴侣型杂交种性状

性 状	普通玉米	高油玉米
产 量	高产	高产
品 质	优质或中等	品质特殊 (高油、高蛋白等)
雄 花	不育或小	大
散粉期	—	长
吐丝期	集中	—
株 高	—	略高于普通玉米
杂交当代子粒	当代优势强, 花粉直感效应高	—
生长势	强	强
抗 性	好	好

当然, 伴侣型玉米优质化系统并不是一对一的关系, 很可能同一普通玉米杂交种可以有不同的高油授粉者伴侣; 反之, 一个高油授粉者也可以与多个普通玉米杂交种配套成为伴侣杂交种。除此之外, 栽培方式也是优化伴侣杂交种的重要方面, 特别是伴侣杂交种之间的配比、播种方式(如套播或混播)等均在一定程度上影响着伴侣杂交种的选择。

4 发展思路

作为三利用技术专利的持有者, 国家玉米改良中心为迅速推广该技术, 正在强化伴侣型杂交种的选择和优化研究。目前工作主要有以下几个方面: ①东华北、西北、黄淮产区的伴侣杂交种筛选。通过不同地点和环境条件的筛选, 可以了解普通玉米和授粉者之间的配合程度, 从而达到筛选出合适的杂交种伴侣。从目前的试验结果来看, 农大 3138 与高油 115、鲁单 50 和高油 115、豫玉 22 和高油 202、吉单 180 和高油 298 等均是较好的伴侣杂交种组合。②普通玉米不育化。普通玉米不育化是三利用模式有效利用的条件之一。为加快主推普通玉米不育化进程, 国家玉米改良中心已完成部分大面积推广的杂交种进行转育工作。③授粉者选育和花粉直感效应的稳定性。在筛选伴侣型杂交种的同时, 花粉直感效应稳定性也是三利用模式推广的一个重要因素, 对此最近已进行了一系列研究并取得了一定进展。④高油化普通玉米种子的跨代利用。在三利用模式中, 高油化的普通玉米子粒实际上是双交种或复交种, 理论上讲其产量潜力可以达到单交种水平, 其抗性则可能超过单交种, 因此, 高油化普通玉米作为种子进行直接利用应该是可行的, 这也将是高油玉米生产的一个新的方式。如果筛选出高油化普通玉米后代表现好的伴侣组合, 就可实现其跨代利用。特别是在遇到种子紧缺的情况下, 高油化普通玉米作为种子加以利用, 将在一定程度上缓解生产用种问题。⑤三利用模式推广基地建设。普通玉米高油化三利用技术是玉米高产优质化生产的一个重要进展, 目前类似技术在美国已经大规模推广, 但在国内面积仍然很小。其原因主要是生产分散、产业化水平低和对该模式的认识不足等, 因此要实现该模式的大规模利用, 就需要在不同的主产区建立示范基地, 探索适于我国的三利用技术推广应用模式。

参考文献:

[1] 宋同明. 高油玉米[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992.

[2] 宋同明. 雄花不育、单交种再杂交、花粉直感与高产优质高油玉米生产, 全国作物育种学术讨论会论文集[C]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1998.

[3] 宋同明, 苏胜宝, 陈绍江, 等. 高油玉米前途光明[J]. 玉米科学, 1997, 5(3): 73-77.

[4] Letchworth M B and Lambert R J. Pollen parent effect on oil, protein, and starch concentration in maize kernels. Crop Science, 1998, (41): 363-367.

[5] Lambert R J, Alexsander D E and Han Z J, et al. A high oil pollinator enhancement of kernel oil and effects on grain yields of maize hybrids. Agronomy Journal, 1998, (90): 211-215.