

玉米育种新技术

刘治先

(山东省农业科学院玉米研究所, 济南 250100)

New Techniques of Maize Breeding

Liu Zhixian

(Maize Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract: The Stock6 hoploid technique is one of the most efficient and fastest method of selecting maize inbred lines. Genetic variability which is fundamental to success in crop breeding may be greatly increased through induced mutation. Chemical mutagenesis is possibly the most effective mutagenizing technique. One such chemical agent is the alkylating compound Ethyl Methane Sulfonate (EMS), which has been used in treatment of maize pollen for producing new mutant forms. Ga (Gametophyte) gene can maintain effectively seed purity and product quality of maize hybrids. It is main purpose of this paper to introduce development and application of these new techniques of maize breeding.

Key words: Maize breeding; New technique

摘要 研究表明, Stock6 单倍体技术、EMS 诱变技术等是玉米育种的实用技术, 业已成为当今玉米育种的重要工具。Ga 配子体基因对保持玉米自交系和杂交种纯度, 确保其产品品质具有重要作用, 可有效地促进甜玉米、糯玉米和优质蛋白玉米的推广应用。

关键词 玉米 育种 育种技术

玉米育种、种子生产和销售是一个开放竞争的市场。如何能尽快选育出高配合力的自交系和强优势的杂交种, 加速种子生产, 尽早应用到玉米生产中去, 是育种家们梦寐以求的。虽然, 基础材料在玉米育种中占有举足轻重的地位^①, 但在现有材料的基础上, 采用有效的育种技术和方法, 则是决定育种成效的关键。目前, 尽管国内外 95% 以上的育种力量用在系谱法、回交法等常规育种方法上, 但几种方法相互结合, 采用新技术育种等越来越受到育种家的青睐。其次, 玉米品种的多、乱、杂给玉米生产造成严重损失的事件屡见不鲜。如何从遗传角度上, 加强优良自交系和杂交种纯度的遗传保护, 确保产品品质, 是

当今玉米育种工作的新课题。本文介绍几种国外常用的选育玉米自交系, 保证种子纯度及产品质量的新技术。仅供参考。

1 Stock6 单倍体技术

1950 年 Edward H. Coe Jr. 博士从 Charles Burnham 处获得一个紫色糊粉层自交系。该系来自 Northrup king 种子公司。其基础材料为墨西哥晚熟淀粉用玉米。胚乳白色, 糊粉层紫色, 粉质胚乳。Coe 发现该系自交后代中, 可产生约 2.52% 的单倍体植株。为便于鉴定, 1956 年 Coe 在“玉米遗传通讯”

上,将该系命名为 Stock6⁽²⁾。

由于 Stock6 的紫色糊粉层不能协助鉴定单倍体胚和胚乳。Coe 利用回交法将 C-1 基因导入 Stock6。C-1 基因可抑制糊粉层紫色的形成。如果用紫色糊粉层玉米作母本,Stock6C-1 作父本,F₁ 单倍体胚及胚乳均为紫色。就可用种子分析法计算单倍体的发生频率。但是,玉米市场需求黄色玉米,Stock6C-1 在育种上应用,必须使用黄色玉米作母本。而 C-1 对胡萝卜素的形成没有影响。所以,不能用 C-1 作为鉴定单倍体的标识基因。尔后,Coe 把 R-nj 基因导入 Stock6。R-nj 基因可使种子胚芽、胚乳的顶端带紫色。若用黄色玉米作母本,Stock6 R-nj 作父本,F₁ 单倍体胚及胚乳不带紫色,仅胚芽和胚乳顶端为紫色。这样,R-nj 就成了 Stock6 产生单倍体的标识基因。

1987 年张铭堂博士(英国 ICI 种子公司)用普通玉米优良杂交种作母本,Stock6 R-nj 作父本进行杂交。F₁ 代检验杂交穗籽粒,从 250000F₁ 籽粒中,获得 2650 个(1.06%)单倍体籽粒。这些单倍体胚较正常胚小而呈三角形。1988 年种于田间,开花期检查,发现 318 株(12.0%)已自然加倍。收获时得到 200 多个单穗,即 200 多个纯系。这些纯系,经过限制性酶 DNA 片段的多形性(RFLP)分析,发现父母本基因频率为 1:1。证明单倍体的发生是一种完全随机的现象。

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,F₁ 代果穗上挑选到 4600 个单倍体籽粒。1994 年种于田间,在成株期检查,发现 600 多株(约 13.0%)已自然加倍。散粉期检查花粉育性,并进行自交。共获得 300 多个自交穗,即 300 多个纯系。

stock6 单倍体技术选育自交系,速度快,效果好。若一年种 2~3 季玉米,一年内就可育出新系。所要指出的是,stock6 与基础材料杂交时,必须用 stock6 作父本。杂交穗数要多一些。一般 100 穗以上,以保证单倍体的

发生率。不同的材料和环境,单倍体发生率有所不同。一般为 1%~5%;自然加倍率为 10%左右。

2 EMS 化学诱变技术

EMS(Ethyl Methane Sulfonate)是甲基磺酸乙酯的简称。60 年代曾应用于植物的诱变遗传育种研究。当时主要用 EMS 水溶液浸泡作物种子。虽然获得成功,但不少科学家对诱变结果产生了怀疑。问题的关键是诱变率过低;突变体难以辨别。因为胚细胞在成熟的种子中,被许多有生命的细胞包围;加上细胞膜的双透性,阻碍了 EMS 进入胚细胞,导致诱变率低。其次,即使处理有效,对植株的生长发育也是有害的。产生的基因突变也难以固定。因为胚细胞在分化配子体以前,要经过许多次的细胞分裂和分化,一些突变因子在染色体无数次的复制过程中,不易表达而丢失。所以,EMS 化学诱变技术一度未能在作物遗传育种上广泛应用。

1978 年,Neuffer(美国米苏里大学)等人^(3,4)发现玉米花粉可在轻质石蜡油中短时间贮存的特性,使 EMS 化学诱变技术获得重大突破。1986 年高士德种子子公司(Garst Seed Co.),用 EMS 处理优良自交系的花粉,然后,涂抹在花丝上进行自交。用这种方法获得 9 株抗杀草剂突变体,可忍受 10 倍杀草剂的致死剂量。经 RFLP 鉴定,此抗性基因为单一核苷酸改变,对杀草剂的有效成分 Imidazolinone 不具反应,所以,提高了抗性。1988 年,此项成果申请了国际专利⁽²⁾。

1987 年春,John A. Greaves 等人(英国 ICI 种子子公司)用 0.0667%EMS 轻质石蜡油溶液,处理优良自交系的花粉,授粉 3000 株,收获 2635 穗,产生近 250000M₁ 诱变籽粒。1987 年秋种植 2000M₁ 籽粒,收获 1485 个 M₂ 果穗。经检查,获得 1044 个籽粒突变体和 573 个植株突变体。其中,糯质突变 3 个;甜质突变 3 个,突变率均为 0.2%。

1991 年张铭堂博士利用 EMS,先后处

理 12 个优良自交系,其中 4 个自交系已获得结果,另 8 个系的诱变后代,尚未稳定。发现糯质基因(Wx)的诱变频率(表 1)为 0.2%左右。Victor Raboy(蒙坦拿大学)博士从 EMS 后代中,选出两个高油突变体。1992 年 Allen Wright(依阿华大学)博士用 EMS 处理 B73 自交系的花粉,从 M₃ 后代中选育出 10 个高赖氨酸(0.41%~0.53%)、8 个高蛋白(13.0%~15.4%)、7 个高油(8.5%~12.6%)、4 个高亚油酸(67.5%~70.2%)、3 个高油酸(35.6%~67.8%)和 9 个低棕榈酸(9.0%以下)突变体。表明了 EMS 化学诱变技术的成功应用。

表 1 糯质基因(Wx)的诱变结果及突变率

自交系	来 源	M ₂ 果穗 Wx 突变	突变率%	
A	兰卡斯特	615	1	1.63×10^{-3}
B	依阿华茎秆	1273	2	1.57×10^{-3}
C	LH82	1487	3	2.02×10^{-3}
D	依阿华茎秆	1525	3	1.97×10^{-3}

目前,EMS 化学诱变技术已成为创造玉米新种质、改良农艺性状的常用方法。许多科学家认为 EMS 是最成功、最有效的化学诱变技术之一^[2-4]。其主要优点是诱变率高,突变体稳定快。对于隐性基因控制的性状,如糯质、甜质和高赖氨酸等,尤为有效。因为 EMS 处理玉米花粉,直接与核 DNA 发生作用,影响核苷酸的组成,造成核苷酸对的改变。常见的是使 G:C 变为 A:T。其次,玉米的花粉粒是三核孢子体,即使其中一个精核发生致死突变,将不影响另一个精核和营养核的有效性。

3 自交系和杂交种纯度及品质的遗传保护

玉米杂种优势的利用,很大程度上取决于种子纯度。但是,玉米杂交种纯度不高,是个较普遍的问题。主要是母本去雄不彻底,自交污染造成的(表 2、3)。随着工业的发展,玉米的多元利用和人民生活水平的提高,特用

玉米的发展前景广阔。但是,特用玉米的种植往往需要隔离,才能保持其产品品质。在一定程度上限制了特用玉米的推广应用。

表 2 美国某些市售杂交种自交污染数量和比率

种 名	杂交株	母本自交株	自交污染%
爱国 6122	2430	132	5.43
爱国 6142	2430	24	0.99
爱国 6152	2430	41	1.69
先锋 3287	2430	24	0.99
先锋 3372	3490	88	2.59

表 3 我国部分市售杂交种自交污染数量和比率(1991)

种 名	杂交株	母本自交株	自交污染%
鲁玉 2 号	50	2	4.0
鲁玉 10 号	50	3	6.0
丹玉 13 号	50	2	4.0
沈单 7 号	50	2	4.0

Oliver E. Nelson(威斯康星大学)等人^[2]在研究独立性状基因时,发现 Ga(Gametophyte)配子体基因位于玉米第 4 条染色体上,是一个控制花粉竞争力的基因。隐性的 ga 不能与显性 Ga 竞争,呈现某种程度的不亲和性。利用 Ga 花粉比 ga 花粉的优势关系,可以有效的保持玉米自交系及杂交种的纯度和产品品质。如果把 Ga 配子体基因导入甜玉米、糯玉米或优质蛋白玉米自交系中,这些自交系的繁殖田勿用严格隔离,就能保持其纯度和应有的品质特性。生产的杂交种,可放弃隔离的限制条件,也能排除外来花粉的污染而造成品质降低的问题。

目前,国外多数种子公司,均把 Ga 基因导入新选育的优良自交系,作为首要的育种目标(表 4)。1990 年以来,ICI 种子公司先后把 Ga 基因导入 4 个糯玉米自交系、8 个甜玉米自交系,获得成功。培育的 Ga 糯玉米杂交种和甜玉米杂交种,在大田种植,毋用隔离,仍能保持其糯质和甜质的优良特性。

表 4 英国 ICI 种子公司的玉米育种目标

1. 所有的特用玉米自交系, 必须导入 Ga 因子, 确保特用玉米种子纯度和品质。
2. 加强种子色泽(胚乳和果皮)的改善, 纯黄或纯白, 满足食品市场需求。
3. 改善籽粒的物理特性, 包括大小, 厚度, 重量, 密度和硬度等。
4. 改善淀粉的物理和化学特性, 包括甜、糯、高淀粉玉米。
5. 改善淀粉的合成速率, 增加产量。
6. 改变籽粒的蛋白质、油分及其组分含量, 增加必需氨基酸, 不饱和脂肪酸含量, 提高附加价值。
7. 提高抗病、虫性能, 产品不具病虫害污染。
8. 杂交种要高产, 稳产, 具有广泛适应性。

4 结 语

玉米育种的成功很大程度上取决于选育技巧和选择的精确性。国外诸多实例^[2-4]证实, stock6 单倍体技术, EMS 诱变技术, Ga 配子体基因等是有效的、成熟的新技术。不仅速度快, 成功率亦高。业已成为当今玉米育种, 尤其是甜玉米、糯玉米、优质蛋白玉米和高油玉米育种的重要工具。希望这些新技术, 能早日在我国玉米育种事业中发挥出应有的作用。

参 考 文 献

- [1] 张世煌等, 系统引进和利用外来玉米种质, 《作物杂志》, 1995, 43(1): 7-9
- [2] 张铭堂, 40 年来玉米遗传研究进展, 《科学农业》(台湾), 1992, 40(1-2): 53-80
- [3] Neuffer, M. G. et al., 1989 Induced Mutations in Biological and Agronomic Research, "Science for plant Breeding", 16: 165-178
- [4] Neuffer, M. G. et al., 1978 Induction of Genetic Variability, "Maize Breeding and Genetics", D. B. Walden (ed), New York, John Wiley & Sons, Inc. 579-600