

硬胚乳高赖氨酸玉米选育方法的研究

王河成 段运平

(山西省农业科学院作物遗传研究所, 太原)

摘 要

以 O_2 基因为遗传背景的高级氨酸玉米(简称 O_2 玉米)比普通玉米同型种一般产量低7—15%, 这是粉质胚乳导致子粒容重降低的结果。育种上解决的途径是利用硬胚乳修饰基因选育子粒容重较高的硬胚乳或半硬胚乳 O_2 自交系。不同类型玉米携带的硬胚乳修饰基因贫富悬殊很大, 只有筛选利用较丰富的亲本材料, 通过自交或自交与姊妹交相结合的二环系选育方法, 以早代子粒出现“角帽”和“角圈”为选择目标, 才能有效地育成硬胚乳或半硬胚乳 O_2 玉米交系。

关键词 硬胚乳 O_2 玉米 育种

一、 O_2 玉米存在的问题及原因

O_2 玉米子粒蛋白质赖氨酸含量比普通玉米增加一倍左右, 经国内外多次试验表明, 对人或单胃动物具有大致相当于普通玉米二倍的营养效果, 对发展养猪养禽事业有着重要意义。 O_2 玉米的缺点是子粒产量较低, 一般比普通玉米同型种减产7—15%, 这是当前 O_2 玉米育种上存在的主要问题。

近年来国内外都相继育成一些产量较高的 O_2 玉米杂交种和综合种, 在一些国家已大量推广使用。中国农科院作物所育成的 O_2 玉米单交种中单206, 具有抗病、抗旱衰、适应性广等优点, 子粒产量与普通玉米推广种中单2号相接近, 赖氨酸产量提高一倍左右。尽管如此, O_2 玉米比其普通玉米同型种低产的事实是不能否认的, 其原因尚需进一步研究。因此, 我们以普通玉米自交系M₀17及其同型系M₀17/ O_2 为材料, 对子粒容重和百粒重等做了比较测定, 其结果见表1。

表1 O_2 玉米和普通玉米容重等比较

自交系	容重 (g/ml)	%	百粒重 (g)	%	百粒体积 (ml)
M ₀ 17	1.06	100	20.1	100	19.0
M ₀ 17	0.98	92.45	18.7	93.03	19.1

注: 表中M₀17 M₀17/ O_2 均为1986年冬季在云南繁殖的材料

表1指出, M_o17 与其同型系 M_o17/O_2 的百粒体积十分接近, 子粒的差别只表现在由组份结构疏密决定的容重和由容重决定的百粒重上。 M_o17/O_2 的容重和百粒重比它的普通玉米同型系 M_o17 分别减少7.55%和6.07%, 这与 O_2 玉米在生产上表现的减产情况基本一致。因此可以初步断定, 子粒容重较低是 O_2 玉米比普通玉米减产最主要的原因(也可能是唯一的原因)。玉米子粒容重的大小除与淀粉粒结构有关外, 与胚乳蛋白中胶蛋白的数量有着更为密切的关系。普通玉米胚乳蛋白中胶蛋白约占60%, 子粒呈透明状态, 而 O_2 玉米胚乳蛋白中缺乏胶蛋白, 代之以结构较疏松的非胶质蛋白类型, 因此子粒呈不透明状态, 这是我们当前 O_2 玉米育种上外观选择的唯一标志。

子粒胚乳呈不透明粉质状是 O_2 玉米的重要特征, 但不是所有粉质胚乳玉米赖氨酸含量都高, 说明不同粉质玉米遗传背景是不同的。在 O_2 玉米育种中, 只有在 O_2 基因背景下所表现的粉质胚乳才能作为高赖氨酸的重要标志。 O_2 玉米的粉质胚乳是单隐性 O_2 基因纯合状态下, 在提高胚乳赖氨酸含量的同时产生双向或多向遗传效应的结果。因此, O_2 子粒产量低的根本原因, 是 O_2 基因抑制胶蛋白的形成以至完全消失所致。

二、 O_2 玉米的高产途径与选育方法

显然, 要提高 O_2 玉米的产量, 最重要的是改善其胚乳的物理性状, 使其在粉质结构的基础上形成一定程度角质结构的胶蛋白, 适当提高子粒容重和百粒重。要达到这个目的, 在育种上必须寻找和利用一套配合基因, 其条件是既能控制 O_2 玉米胚乳中有一定程度胶蛋白的形成和稳定存在, 又不致使 O_2 基因高赖氨酸遗传表达受到大的影响。通过育种实践, 中国农科院作物所李竞雄、石德权等人利用某些普通玉米自交系和 O_2 玉米自交系杂交, 经连续选择自交, 已育成中系012/ O_2 、中系011/ O_2 等半硬胚乳 O_2 自交系, 为提高 O_2 玉米育种水平创造出一些较好的材料。

目前, 国内外公认利用墨西哥国际玉米小麦改良中心所发现的硬胚乳修饰基因, 是选育硬胚乳或半硬胚乳 O_2 玉米的有效方法, 该中心利用硬胚乳修饰基因已成功地把高赖氨酸同角质胚乳起合起来, 选育出几个硬胚乳 O_2 玉米(QPM)改良群体, 在热带、亚热带一些国家试种推广。但关于硬胚乳修饰基因在不同玉米中的分布差异以及差异大小等情况, 目前尚未见正式报道。

针对以上问题, 我们于1982年选用不同类型的四个玉米自交系, 即长宽(普通玉米、硬粒型)、 M_o17 (普通玉米、马齿型)、80C566(O_2 玉米、硬粒型、半硬胚乳)、80C129(O_2 玉米、马齿型、粉质胚乳)组配成10个正、反交单交组合, 对自交一代(S_1)分离出的 O_2 子粒作了考查分析, 结果见表2。

分析表2资料, 可初步得出以下四点结论:

- 1、在二环系选育方式中, 双亲至少有一个为硬胚乳修饰基因较丰富的亲本(硬粒型最好)组合, 自交一代才会分离出硬胚乳 O_2 子粒。如第7第8两个组合双亲均为马齿型, 自交一代分离出的 O_2 子粒全部呈粉质状; 而其余八个组合每个均有硬粒型亲本, 自交一代也都分离出硬胚乳 O_2 子粒, 只是在不同组合中硬胚乳 O_2 子粒的角质程度和分离比例不同而已。角质程度最高的为角质面积约占全子粒面积的75%, 最低的约为25%; 角质粒占分离出的 O_2

表 2

10个单交组合 S_1 代 O_2 子粒性状

编号	单 交 组 合 (S_1)	O_2 子 粒 总 数	角质面 为75 % 粒 数	角质面 为50 % 粒 数	角质面 为25 % 粒 数	粉 质 粒 数	角质粒 比 总粒数	百 粒 重(g)
1	长 ₁ 宽×80c566/ O_2	127	127	0	0	0	100	21.4
2	80c566/ O_2 ×长 ₁ 宽	109	109	0	0	0	100	20.8
3	长 ₁ 宽×80c129/ O_2	143	0	109	34	0	100	24.6
4	80c129/ O_2 ×长 ₁ 宽	151	0	107	44	0	100	24.2
5	80c566/ O_2 ×Mo17	168	0	0	23	145	13.69	34.9
6	Mo17×80c566/ O_2	174	0	0	17	157	9.77	34.4
7	Mo17×80c129/ O_2	139	0	0	0	139	0	35.4
8	80c129/ O_2 ×Mo17	154	0	0	0	154	0	34.9
9	80c566/ O_2 ×80c129/ O_2	127	0	0	29	98	22.83	32.8
10	80c129/ O_2 ×80c566/ O_2	136	0	0	27	109	19.85	33.5

子粒总数的比例最高为100%，最少为9.77%。

2、在只有一个硬粒型亲本的二环系选育中，以硬粒型作母本马齿型作父本的组合比其反交在 S_1 出现硬胚乳 O_2 子粒的机率要大一些。如第5第6组合，正交 S_1 代硬胚乳 O_2 子粒为 O_2 子粒总数的13.69%，反交为9.77%；第9第10组合正交为22.83%，反交为19.85%。

3、以双亲均为硬粒型的二环系选育组合， S_1 出现的 O_2 子粒角质程度最高，如第1第2组合 S_1 分离出的 O_2 子粒角质覆盖面积全部达到75%左右，而只有一个硬粒型的组合均未出现这样高角质程度的子粒。

4、在只有一个硬粒型为亲本的二环系选育中，以普通玉米硬粒型作亲本的， S_1 硬胚乳 O_2 子粒不仅比硬胚乳 O_2 硬粒型作亲本的出现的多，而且角质程度也高。如第3第4组合硬胚乳 O_2 子粒为100%，角质覆盖面积大部分为50%；而第9第10组合只出现22.83%和19.85%角质覆盖面积为25%的子粒，大部分为粉质粒。

以上4点结论说明，选育硬胚乳 O_2 玉米二环系，两个亲本中至少应有一个是硬胚乳修饰基因较丰富的材料，在当前马齿型硬胚乳 O_2 玉米种质缺乏的情况下，采用两个均为马齿型亲本选育二环系，要育成硬胚乳 O_2 玉米是有很大困难的。而在表2第1第2组合中，由于双亲均为硬粒型，虽然 S_1 硬胚乳 O_2 子粒多，角质程度也最高，但子粒太小，百粒重只有21.4g和20.8g，实用价值也不大。因此应采用硬粒型和马齿型各有一个的二环系选育方法，尤以硬粒型作母本效果为好。在硬粒型作母本马齿型作父本的二环系选育中，以普通玉米硬粒型作母本效果最佳，不仅硬胚乳 O_2 子粒可达100%，而且大部分子粒角质覆盖面积达到50%。我们找到了硬胚乳修饰基因较丰富的种源，采用这种方法近几年已单育成600余份半硬胚乳 O_2 玉米高代材料。目前有21个新育成的优良硬胚乳 O_2 自交系已投入组配单交组合，正在测定其配合力表现。

三、马齿型硬胚乳 O_2 玉米选育初探

根据玉米杂交种组配原则,一个高产单交种的亲本中,至少有一个是马齿型自交系,但我们在表 2 所得到的硬胚乳 O_2 子粒全部是硬粒型的。为了探索选育马齿型硬胚乳 O_2 玉米自交系途径,我们于 1983 年对以子粒直观表现角质程度较高的普通玉米半马齿型 8052 为母本、高赖氨酸粉质胚乳马齿型 80C129/ O_2 为父本的 S_1 代 O_2 子粒作了不同选择研究:第一种是选用马齿型 O_2 子粒植株进行自交;第二种是进行姊妹交;第三种是选用子粒顶端稍有角斑的 O_2 子粒植株自交。成熟后的结果是:第一种子粒仍呈马齿型粉质状态,第二种在马齿子粒的中上部出现极薄的一层角质圈;第三种角质程度明显增加,由原来的“角斑”状变成了“角帽”状。以后又进行两代自交选择,到 1985 年第一种仍表现典型的粉质状,第三种虽然角质程度达到 25 % 左右,但全部呈硬粒型,只有第二种得到较好的结果,子粒较大,呈马齿型,薄角层覆盖面积达到 50 % 左右。1986 年定名为太系 6/ O_2 。现将太系 6/ O_2 与其亲本 8052 和 80C129/ O_2 在子粒容重上作一比较,见表 3。

表 3 太系 6/ O_2 与其亲本子粒性状比较

自交系	容 重 g/ml	百粒重 g	百粒体 积 ml	容重百 分 比
太系 6/ O_2	1.150	31.0	26.96	94.57
8052 ♀	1.216	23.1	19.00	100
80C129/ O_2 ♂	1.076	18.3	17.00	88.49

上表指出,在子粒容重上,马齿型 O_2 自交系太系 6/ O_2 为 1.15 g/ml,介于双亲之间,比母本普通玉米半马齿型 8052 减少 5.43 %,比父本马齿型粉质 O_2 玉米 80C129/ O_2 提高 6.08 %,这充分说明太系 6/ O_2 虽然是马齿型 O_2 玉米自交系,但子粒物理性状比它的 O_2 型亲本马齿型自交系 80C129/ O_2 有明显改善,同时从外观透明度上看,太系 6/ O_2 也确实是一个马齿型半硬胚乳 O_2 自交系。据测定,太系 6/ O_2 全子粒赖氨酸含量为 0.48 %,高于全国公认 0.40 % 的标准,比母本 8052 提高 0.92 %,比父本 80C129/ O_2 降低 0.15 %。

四、讨 论

1、选育硬胚乳 O_2 玉米对增加子粒容重、以至提高 O_2 玉米杂交种的产量是很重要的,但我们认为提高角质程度要控制在一定限度之内,并不是角质程度越高越好因为 O_2 基因所以能使胚乳赖氨酸含量提高,与它具有抑制含赖氨酸极低的胶蛋白形成和促进含赖氨酸丰富的一些非胶质蛋白的形成有密切关系,因此盲目追求高角质胚乳,势必会造成赖氨酸含量降低,以至失去 O_2 玉米应有的高赖氨酸遗传特征。

2、选育硬胚乳 O_2 玉米不只要适当提高胚乳角质程度,还要注意提高胚乳粉质结构的

密度,因为粉质结构的疏密对子粒容重也有很大影响。从我们选育的一些高代材料来看,虽然胚乳外围角质程度较高,但内部和基部呈现结构疏松的粉质状态,不但容重得不到提高,反而比一些结构较紧密的粉质材料有所降低。

3、选育硬胚乳 O_2 玉米应以子粒上部呈现的“角帽”、“角圈”为目标,通过自交或姊妹交不但可使角质程度得以加强,而且可以稳定遗传。对于子粒中、下部呈现嵌合的“角点”、“角块”等材料不宜选择采用,因为这种材料自交各代都有分离,很不容易稳定,而且分离出的子粒大部分呈粉质状,从未获得“角帽”和“角圈”类型。

4、对于利用修饰基因贫乏的亲本选育硬胚乳 O_2 自交系,如普通玉米半马齿型或马齿型 \times 马齿型粉质胚乳 O_2 玉米的二环系选育,应在早代(S_0 或 S_1)进行多株成对姊妹交或混合姊妹交,这样做对硬胚乳修饰基因贫乏但株间稍有差异的后代比自交提供了更多的表现机会,一旦在 O_2 子粒上找到这种表现,就可通过连续选择自交或自交与姊妹交交替进行的方法,使硬胚乳修饰基因得到逐步累加,选到薄角质马齿型 O_2 材料。但这种累加的程度是有限的,还需要再次选择合适的普通玉米半马齿型或马齿型为母本,以新选薄角质马齿型 O_2 材料为父本,按照上述步骤和方法进行第二轮选育,根据需要还可作第三轮或第四轮选育,这样才有育成真正马齿型硬胚乳 O_2 自交系的可能性。

参 考 文 献

- (1)李竞雄等:高赖氨酸玉米杂交种选育,《中国农业科学》,1980(1),23—29
- (2)石德权等:硬质胚乳高赖氨酸玉米杂交种的选育,《中国农业科学》,1982(1),1—5
- (3)石德权:高赖氨酸玉米的选育和利用,《作物杂志》,1985(2),9—10
- (4)刘杰龙等:高赖氨酸玉米子粒微观形态的研究(一),《新疆八一农学院学报》,1984(3),50—60
- (5)L. Wesel—Beaver and R. J. Lambert: Genetic Control of Modified Endosperm Texture in Opaque—2 Maize, 《Crop Science》, 22(6), 1982, 1095—1098
- (6)Zuber, M. S. and Darrah, L. L. 1979. U. S. corn germplasm base. Proceedings of the Thirty-fifth annual Corn & Sorghum industry research conference, 1980, 234—249

A STUDY ON METHODS OF SELECTION AND BREEDING OF HARD ENDOSPERM AND HIGH LYSINE CORN (MAIZE)

Wang Hecheng, Duan Yunping

(Crop Genetics Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan)

ABSTRACT

O₂ (Opaque No. 2) corn generally yields 7—15% less than common corn of the same type, due to reduced kernel volume weight caused by starch endosperm. The way to solve this problem in breeding is to use the hard endosperm modifier(gene) and to select hard or semi-hard O₂ inbred lines with higher kernel volume weight. Since different types of corn carry different amount of hard endosperm modifiers, only by screening and utilizing parent materials rich in hard endosperm modifiers, through the breeding method of self-cross or a combination of selfing and sib-mating with the selection objective of showing "corny cap" and "corny ring", can hard endosperm or semi-hard endosperm O₂ corn inbred lines be effectively bred.

Key words: Hard endosperm; O₂ corn; Breeding