

## 高赖氨酸玉米品种的选育研究现状

赵永锋<sup>1</sup>, 宋占权<sup>2</sup>, 冯宝俭<sup>3</sup>, 祝丽英<sup>1</sup>, 黄亚群<sup>1</sup>, 陈景堂<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>河北农业大学农学院, 国家玉米改良中心河北分中心, 河北保定 071000; <sup>2</sup>保定学院, 河北保定 071000;

<sup>3</sup>辛集市农业综合执法大队, 河北辛集市 052360)

**摘要:** 此研究对中国优质蛋白玉米育种研究进展、育种方法及存在的问题进行了分析和探讨, 指出常规育种方法是当前高赖氨酸品种选育的普遍方法。研究认为, 目前的研究方法和鉴定手段是影响高赖氨酸玉米研究的主要因素, 有效地利用现代分子生物学手段和利用现代分析仪器是选育高赖氨酸玉米品种的有效方法。

**关键词:** 玉米; 高赖氨酸; 研究现状

中图分类号: S513

文献标志码: A

论文编号: 2010-2668

### Research Actuality of Breeding High-lysine Variety in *Zea mays*

Zhao Yongfeng<sup>1</sup>, Song Zhanquan<sup>2</sup>, Feng Baojian<sup>3</sup>, Zhu Liying<sup>1</sup>, Huang Yaqun<sup>1</sup>, Chen Jingtang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Hebei Sib-center of National Maize Improvement Center, Agronomy College,

Agricultural University of HeBei, Baoding Hebei 071000;

<sup>2</sup>Baoding University, Baoding Hebei 071000;

<sup>3</sup>Xinjin Agriculture Supervising organization, Xinji Hebei 052360)

**Abstract:** The high-quality protein maize breeding, and the breeding methods, problems are analyzed and discussed in the research, the conventional breeding method is the generally methods in high lysine variety breeding. This paper suggests that impactful utilize the modern molecular biology and analytical instruments were the effective measure in high lysine varieties breeding of the maize.

**Key words:** maize(*Zea mays*); high lysine; research actuality

## 0 引言

高赖氨酸玉米(又称优质蛋白玉米 quality protein maize, 简称 OPM), 其籽粒蛋白质中赖氨酸和色氨酸含量较高, 比普通玉米高 70% 以上, 玉米籽粒中蛋白质含量一般为 10% 左右, 其中 50%~60% 是醇溶胶蛋白, 营养价值极低的, 缺乏人或单胃动物营养所必需的氨基酸, 特别是赖氨酸和色氨酸。因而改变玉米籽粒品质, 提高赖氨酸含量, 对于提高玉米利用率具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。

## 1 高赖氨酸玉米品种选育研究

### 1.1 国外高赖氨酸玉米研究

玉米蛋白质的品种选育始于 19 世纪末, 美国

Hopkins 等人<sup>[1]</sup>率先发起, 选用玉米品种“Burriss White”作基础材料, 通过连续多代自交和混合选择法, 以期达到提高玉米籽粒蛋白质含量的目标, 经过近一个世纪, 五代人的不懈努力, 取得了巨大的进展, 遗憾的是所增加的玉米蛋白质大部分是醇溶蛋白(醇溶蛋白中的赖氨酸、色氨酸含量低, 分别只有 0.2% 和 0.1%), 其营养利用价值较低, 同时研究认为籽粒的蛋白质含量与产量间的负相关, 成为高蛋白质玉米育种一大障碍。因而提高玉米籽粒的营养价值, 既要提高玉米蛋白质含量, 更要对其蛋白质成分进行改良, 尤其是营养价值较大的赖氨酸的含量<sup>[1-2]</sup>。

Mertz 等人<sup>[3]</sup>通过大量的生化研究, 首次报道了隐

**基金项目:** 转基因生物新品种培育科技重大专项(2008ZX003-002), 河北省教育厅指导项目(Z2008115)。

**第一作者简介:** 赵永锋, 男, 1979 年出生, 硕士, 从事玉米遗传育种。通信地址: 071000 河北省保定市河北农业大学农学院, E-mail: zhaoyongfeng@hebau.edu.cn。

**通讯作者:** 陈景堂, 教授, 硕士生导师, 从事玉米育种和教学工作, 通信地址: 071000 河北省保定市河北农业大学农学院, 电话: 0312-7528108, E-mail: jtchen@hebau.edu.cn。

**收稿日期:** 2010-09-10, **修回日期:** 2010-10-08。

性突变基因 *opaque-2*(简称 *o2*), 研究认为纯合(*o2o2*)能使胚乳中的赖氨酸含量提高70%, 与普通玉米相比, 籽粒的赖氨酸含量能够增加1倍, 色氨酸含量也比普通玉米高1倍以上。随后相继报道了 *fl2*、*fl3*、*o6*和 *o7*、*o16*等隐性突变基因, 但这些突变体存在严重缺陷, 难于应用于实践。随后 Paez<sup>[4]</sup>、Vasal<sup>[5]</sup>等人分别通过大量的研究, 相继报道了胚乳修饰基因的存在, 可以积累这些基因, 把 *o2*玉米的软质胚乳变成不同程度的硬质胚乳修饰型的 *o2*籽粒, 粉质胚乳变半硬、硬质胚乳, 胚乳结构的变化使其与有关的不良性状一一被克服, 促进了高赖氨酸玉米育种的发展。

## 1.2 中国玉米高赖氨酸品质研究

20世纪70年代, 中国部分科研院所展开了玉米蛋白质品质改良研究。最初的研究主要是利用引进的 *o2*基因源, 以普通自交系为受体亲本, 外引的 *o2*材料为供体, 通过连续回交, 选育出含有 *o2*基因的新自交系, 与此同时也利用“二环系法”进行选育。早期研究模式一直采用 QPM 育种模式即: QPM×QPM, 许启凤<sup>[6]</sup>打破常规思路, 采用 QPM×常规自交系的新模式进行研究, 并培育出优良玉米品种‘农大108’, 解决了优质和高产的矛盾, 使中国在这一领域的研究居国际领先水平。

胡建涛等<sup>[7]</sup>对两个不同遗传背景的回交六代材料 A、B 两个群体的遗传进行了考察, 研究认为玉米 *o2*基因能够显著提高籽粒中的赖氨酸、色氨酸含量, 但胚乳质地松软。高树仁<sup>[8]</sup>用普通玉米自交系和 *o2*玉米自交系进行双列杂交进行研究, 认为以普通玉米与 *o2*玉米自交系组配杂交种是一种值得探讨的高赖氨酸玉米选育方法。

目前高赖氨酸玉米研究已经取得显著的成绩, 通过不同的方法先后育成了一批优良高赖氨酸杂交种, 与普通玉米杂交种相比, 产量基本上持平, 甚至超过了普通玉米, 胚乳实现由完全软质型发展到半硬质或全硬质<sup>[2]</sup>。

## 2 高赖氨酸玉米品种的选育方法

进行高赖氨酸品种选育首要的任务是筛选赖氨酸含量高的基础材料, 对这些资源进行改良, 使其在农艺性状和产量上有更大突破。目前主要有以下两种措施: 一是采用回交兼轮回选择法; 二是选育高赖氨酸玉米基因库, 即把不同来源的硬胚乳 *o2*家系混合起来, 用轮回选育方法加以改良。这样既保存了遗传多样性, 又促进了基因重组, 有利于从中选拔优良的家系, 组成高代群体<sup>[9]</sup>。

### 2.1 杂交选育方法

吴方勇等<sup>[10]</sup>以纯合(*o2o2*)基因源材料与普通玉米材料杂交, 通过自交, 挑选不透明且带有角质斑块的半硬质胚乳的籽粒播种进行自交, 通过进行单株选择和多代自交, 优良家系间混合授粉, 实现有利基因的重组, 从而选育优良自交系, 并育成优质的‘丰禾2号’。

### 2.2 轮回选择育种法

朱伯等<sup>[11]</sup>研究认为赖氨酸含量遗传效应是以累加方式进行的, 即是由多基因控制的数量性状, 轮回选择是提高赖氨酸含量有效的方法之一。以新选育的含量较高的赖氨酸的种质材料为基础材料, 通过轮回选择, 实现基因聚合和累加, 从而获得赖氨酸含量高, 胚乳结构较好的优质蛋白玉米自交系。

### 2.3 回交育种法

以优良自交系作受体亲本, 硬质 *o2*种质为供体亲本, 通过连续回交和自交, 将半硬质或硬质 *o2*的性状转育到优良自交系中。高赖氨酸玉米研究表明, 回交转育是扩展优质蛋白质育种资源的主要途径之一, 其主要是因为 *Opaque-2* (*o2*)基因虽然能够显著提高玉米中的赖氨酸和色氨酸含量<sup>[1]</sup>, 但是育种资源相对贫乏, 很难直接组配单交种。因此育种家们大多运用高赖氨酸的玉米种质, 通过回交转育手段将普通玉米自交系转化成高赖氨酸的近等基因系<sup>[12-14]</sup>, 这是拓宽高赖氨酸玉米遗传基础的有效方法。

### 2.4 分子标记辅助选择

现代分子生物学理论和技术的发展为玉米育种尤其是质量性状改良提供了新的技术, Ribaut<sup>[15]</sup>、Toojin-da<sup>[16]</sup>等人以及 Pioneer 公司和 Missouai 大学等单位先后克隆了 *o2*基因序列分析, 并设计出相关 SSR 引物, 能够有效地检测植株是否含有 *o2*基因。田清震等<sup>[2]</sup>对 *phio57* 和 *phill2* 分子标记的研究发现, *phio57* 为共显性标记, 而 *phill2* 为显性标记, 同时应用 *phio57* 和 *phill2* 两对标记进行检测, 其结果的可靠性更高。Yang W P<sup>[17]</sup>, 方明镜<sup>[18]</sup>等对 *opaque-16(o16)* 进行定位, 发现 *o16* 位于 *umc1141* 和 *umc1121* 两个分子标记之间, 离 *umc1141* 分子标记 5 cM 以内的位置。方明镜等人<sup>[18]</sup>利用分子标记辅助选择技术对‘华玉4号’进行了蛋白质改良。

## 3 高赖氨酸玉米育种存在问题

### 3.1 种质基础狭窄

目前种质基础狭窄是 QPM 育种乃至整个玉米育种的突出矛盾。丰富的基础材料, 是选育优良的新自交系的关键所在。国家小麦玉米改良中心提供的育种材料大多含有热带、亚热带种质, 不适应中国北方种

植,其表现是植株高大,经济系数偏低,生育期延长,甚至不能正常成熟,很难直接利用,而目前主要的种质资源主要来源于这些种质,目前利用较多的是‘中群13’、‘中群14’等少数改良材料<sup>[7-10]</sup>。

### 3.2 方法手段落后,育种效率低

传统的“回交转育”、“二环系”等育种程序需要多年的时间,花费较大,准确的测定籽粒中赖氨酸含量是进行赖氨酸育种的关键之一,利用化学方法测定,需要破坏籽粒,而通过目测,有较大误差。因而探索有效的方法是进行高赖氨酸品种选育的重要环节<sup>[11-10,18-21]</sup>。

## 4 展望

充分挖掘利用各地的玉米资源,防止已有基因退化。并在对基础理论研究的基础上进行生化分析技术改进,加强 *o2* 基因与蛋白质遗传机制的研究。使玉米在蛋白质品质、经济产量、农艺性状上得到进一步的改善。

目前,分子标记辅助选择是现代分子生物技术与育种实践相结合的新技术,对于简单基因控制的性状改良是有效地。利用分子标记跟踪选择可将 *o2* 基因转移到优良自交系中,从而能够在较短的时间内,实现蛋白质的改良。这样,可以充分利用现有的杂种优势群和模式,培育优质蛋白玉米杂交种<sup>[20]</sup>。同时利用分子标记辅助选择和转基因技术创造新的种质源以及挖掘新的种质源<sup>[21]</sup>。

探索新的检测方法。目前选育 QPM 种质需要进行大量种质材料的赖氨酸含量检测,由于经费有限大大限制此项工作,只能结合育种者的经验进行目测判断或作有限的检测分析,效率较低难以适应需求,近年来,近红外测试仪器的发明和利用,为检测赖氨酸含量提供了新的方法和手段。

## 参考文献

- [1] 杨晓辉,韩晓清,崔书会.中国优质蛋白玉米育种研究进展[J].北京农学院学报,2005,20(1):71-75.
- [2] 张丽颖.高赖氨酸玉米的发展前景[J].杂粮作物,2004,24(6):361-362.
- [3] 朱永平.优质蛋白质玉米的研究现状和利用价值[J].种子,2003(1):36-38.
- [4] Paez A V, Helm J L, Zuber M S. Lysine content of opaque-2 maize kernels having different phenotypes[J]. Crop Sci,1969,9:251-252.
- [5] Vasal S K. Specialty Corns[M]. Boca Raton :CRC Press,c2001:85-129.
- [6] 许启凤.优质、高产玉米新品种农大108的选育与推广[J].中国农业大学学报,2003,8(1):25-26.
- [7] 胡建涛,王友华,祁玉良等.硬质 *o2* 玉米的选育方法研究[J].现代农业科技,2006(11S):105-106,115.
- [8] 高树仁.普通玉米和 *o2* 玉米自交系间杂交种子粒赖氨酸含量及子粒性状的分析[J].玉米科学,2005,13(1):36-38.
- [9] 丁占生.优质蛋白玉米遗传育种研究进展[J].中国农业科学,2000,33(21):80-86.
- [10] 吴芳勇,吴芳义,刘亚凤,等.高产赖氨酸玉米新品种丰禾2号的选育[J].黑龙江农业科学,2008(1):120-121.
- [11] 张丽颖,刘志新,王金军,等.浅谈高赖氨酸玉米育种技术路线与方法[J].辽宁农业科学,2005(1):33.
- [12] 周洪生.玉米种子大全[M].北京:中国农业出版社,2000:260-289.
- [13] 史桂荣.*o2* 基因的转入对玉米形态性状的影响[J].玉米科学,2002,10(3):27-28.
- [14] 杨引福,谢恩魁,师公贤,等.优质蛋白玉米籽粒品质性状组间典型相关性研究[J].中国生态农业学报,2006,14(1):28-33.
- [15] Ribaut J M, Hoisington D. Marker-assisted selection: New tools and strategies[J]. Trends Plant Science,1998,3(6):236-239.
- [16] Toojinda T, Baird E, Booth A, et al. Introgression of quantitative trait loci (QTLs) determining stripe rust resistance in barley :an example of marker- assisted line development[J]. Theor Appl Genet, 1998,96:123-131.
- [17] Yang W P, Zheng Y L, Zheng W T, et al. Molecular genetic mapping of a high-lysine mutant gene(opaque-16)and the double recessive effect with opaque-2 in maize[J]. Molecular Breeding, 2005,15(3):257-269.
- [18] 方明镜,丁冬,杨文鹏,等.两个玉米回交一代群体中 opaque2 基因单侧连锁累赘[J].作物学报,2005,31(10):1359-1364.
- [19] 杨留启,杨文鹏,牛素贞,等.玉米 *o2* 和 *Wx* 基因内及 *o16* 基因连锁 SSR 位点的等位变异研究[J].玉米科学,2009,17(3):10-14.
- [20] 宋敏,田清震,李新海,等.分子标记在优质蛋白玉米育种中的应用[J].新疆农业大学学报,2005,28(3):4-5.
- [21] 田清震,李新海,李明顺,等.优质蛋白玉米的分子标记辅助选择[J].玉米科学,2004,12(2):108-110,113.