

低植酸作物品种的选育与展望

赵 伟

(黑龙江省农业科学院 玉米研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:该文系统地论述了不同作物中植酸的含量及其分布、植酸的生物合成和在种子发育中的作用等生物学特性;阐述了研发低植酸作物品种在饲养业饲料利用率、人类食品营养、保护环境的重要意义;并指出了低植酸作物的3个育种途径:种质筛选、诱变育种和基因工程。同时,对低植酸作物育种的前景进行了展望。

关键词:低植酸;作物;品种选育;营养

中图分类号:S33

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)03-0012-03

植酸(六磷酸酯环己六醇)是植物中磷的主要储存形式,广泛存在于作物的果实和种子中,植酸含磷量占其干重的1%~4%,占总磷的65%~80%。植酸常与金属离子结合,形成难于溶解的络合物。由于人和单胃动物缺少能分解植酸和植酸盐的酶,降低了食物和饲料中营养元素的吸收,排出的富含磷的粪便污染了环境,又因土壤缺乏能分解植酸及其盐类的微生物,粪便中的大量磷素不能被植物吸收利用,造成了磷素资源的浪费。因此,研发低植酸作物是解决这些问题的有效途径,因其具有重大的经济效益和生态效益,已受到各国的广泛重视。

1 植酸的生物学特征

1.1 不同作物的植酸含量及其分布

不同作物植酸含量及其所占全磷量的比例不同,玉米植酸占全磷量的75%~80%,大麦植酸占全磷量的60%~75%,水稻植酸占全磷量的70%左右,大豆植酸占全磷量的60%~77%^[1-2]。不同作物植酸在种子的分布也不相同,谷类作物植酸一般存在于胚芽和糊粉层中,玉米中90%的植酸贮存在盾片中,10%的植酸贮存在糊粉层中,豆类作物的籽实中植酸分布在胚乳和子叶中,另外,植酸还可以在花粉、根和块茎中积累,用以在代谢过程中参加再分配^[2-3]。

1.2 植酸的生物合成

植物体内植酸的合成经历了一系列的酶促反应,其过程可分为2个阶段。一是光合产物葡萄糖-6-磷酸在1-磷酸肌醇合成酶或3-磷酸肌醇合成酶的作用下转化为肌醇-3-磷酸或肌醇-1-磷酸;

此产物在3-肌醇磷酸酶的作用下转化为肌醇。二是肌醇在一系列肌醇激酶的作用下转化为1,3,4,5,6-五磷酸肌醇,最后在1,3,4,5,6-五磷酸肌醇-2-激酶或植酸-ADP-磷酸转移酶的作用下,将其转化为植酸。真核细胞中伴随植酸的形会产生高磷酸肌醇(7或8-磷酸肌醇),其代谢过程与ATP产生有关^[4]。

1.3 植酸在种子发育中的作用

植酸是P、Mg、Ca、Mn、Fe、Ba、Zn等元素的贮藏库,在种子发育和成熟过程中,植酸的存在,使这些成分得以积累,在维持植物正常代谢上起到了重要作用。植酸从内质网向蛋白体的转送速率与Mg/K、Ca/K的比率呈正相关。随着种子的发育成熟,K离子的植酸盐迅速减少,而二价和三价离子的植酸盐则显著增加,可见植酸可以调节离子的分布和浓度。在种子萌发时,植酸盐在植酸酶的作用下被分解,金属离子和磷素得以释放,以满足种子萌发过程中对营养元素的需要^[5]。另外,植酸还参与了细胞内的信号传导、ATP合成、DNA的损伤修复以及RNA转运等过程^[6]。

2 研发低植酸作物的意义

2.1 提高饲料的利用率,节约养殖成本

以普通谷物品种作饲料时,为了提高其有效磷含量,一般都要在饲料中加入骨粉或磷酸盐(如磷酸钙等)或加入植酸酶制剂,这样无疑增加了养殖成本,尤其是植酸酶价格昂贵,养殖户很难承受。低植酸谷物饲料由于可利用的磷素含量很高,无需添加别的磷素便可满足畜禽生长发育的需要,降低了养殖成本。

2.2 提高食品的营养价值,改善人们的健康状况

普通谷物品种制成的食品存在游离的植酸,在消化过程中还会与其它来源的金属元素(如Fe、Zn等)及蛋白质结合形成植酸盐,阻碍了人体对营养元素的吸收利用,造成微量元素缺乏症,尤

收稿日期:2011-01-06

基金项目:黑龙江省自然科学基金资助项目(C201011)

作者简介:赵伟(1971-),男,黑龙江省依兰县人,硕士,副研究员,从事玉米遗传育种研究。E-mail:zhw710810@163.com。

其对孕妇、儿童和老人的影响更为明显^[7]。临床试验表明,食用低植酸作物品种的人群吸收利用的 Fe 比食用普通品种的人群高 50%^[8],而 Zn 则高出 76%^[9]。可见,低植酸作物品种对提高人们的健康水平有重要作用。

2.3 减轻环境污染,发展绿色农牧业

由于土壤中缺乏能分解植酸及其盐类的微生物,粪便施入土壤后,磷素不能被作物吸收利用,不仅造成了磷素资源的浪费,还造成了环境污染。据测算,目前全球每年生产的农作物和果品中含有植酸 3 500 万 t,其中磷素含量约 990 万 t,大约是全球磷肥施用量的 65%。由于植酸的存在,还使 1 250 万 t 钾、350 万 t 镁被固定,与植酸结合成为 5 100 万 t 不能被有效吸收利用的植酸盐。因此,研发低植酸谷物品种可大大降低施肥量^[10]。

3 低植酸作物品种的选育

如何解决用普通谷物品种作饲料时,由于植酸含量高而带来的诸多问题,已成为目前研究的热门课题。但实践表明,选育低植酸作物品种是最为有效的途径。

3.1 从已有种质资源中筛选低植酸材料

同一作物的不同品种间植酸含量存在差异,油菜种子植酸含量的变化范围大约为 10~40 mg^[11],赵建军等^[12]对 100 份甘蓝型油菜种质进行研究发现,种子中无机磷含量最高和最低值相差 8 倍以上。冬小麦不同品种间植酸含量也有一定差异^[13]。可见,不同品种间植酸含量存在广泛的自然变异,从中筛选出低植酸材料是完全可行的。王晖等^[14]已从 20 份玉米自交系中筛选出了低植酸自交系齐 319,并用该自交系作亲本选育出了低植酸玉米新品种鲁单 50、鲁单 981 和泰玉 2 号等。

3.2 利用诱变育种技术选育低植酸突变体

诱变育种是作物种质改良和新品种选育的重要手段,利用理化因素进行诱变突变对单基因或由少数基因控制的性状更为有效。王雪艳等^[15]利用 200 Gy 的⁶⁰Co 射线处理农大 108 的双亲自交系黄 C 和 X178 的风干种子,从后代中分别选出了 4 个和 2 个高无机磷、低植酸含量的突变体。突变体 H-Lpa1、H-Lpa2 和 X-Lpa1 植酸磷分别降低了 79.09%、66.06%和 70.00%,无机磷分别增加了 11.22、9.91和 6.43 倍。突变体 H-Lpa3、H-Lpa4 和 X-Lpa2 植酸磷分别降低了 47.58%、43.94%和 48.28%,无机磷分别增加了 7.04、6.03和 4.33 倍。王玉华等^[16]用⁶⁰Co 射线处理粳稻协青早 B 和珍汕 97B 的干种子,又用⁶⁰Co 射线与化学诱变剂 NaN₃相结合的方法处理秀水 110

干种子,按育种程序进行田间种植,用钼蓝染色法从后代中筛选高无机磷(HIP)突变株,最后从协青早 B 和秀水 110 的变异后代中分别选出了 HI-Pi1 和 HIPj1 两个突变体。对 HIPi1 糙米中各种磷素定量分析表明,突变体中植酸磷含量较对照下降约 35%,无机磷含量上升约 3.5 倍,而总磷基本不变。袁凤杰等^[17]利用⁶⁰Co 射线处理大豆种子获得了 LPA-4297 和 LPA-1216 两个低植酸突变体,通过对植酸和无机磷的测定发现,两个突变体无机磷的增加幅度不同,应属于不同的突变类型。

3.3 利用基因工程获得低植酸转基因系

研究发现,植物自身存在内源性植酸水解体系,植酸在植酸酶的作用下,可分解成肌醇和磷酸。如果能在作物中导入植酸酶基因,使其表达产生植酸酶,便能降解植酸,减少种子中的植酸含量。Henrik 等研究认为,利用转基因技术获得低植酸转基因系是完全可行的^[13]。外国一些学者利用转基因技术已获得了具有植酸酶基因的水稻和油菜新品系,使种子中的植酸含量显著降低;南开大学的植物分子生物学实验室利用转基因技术成功地获得了低植酸玉米转基因系,其植酸含量较受体下降 30%~66%^[18]。林文竹等^[19]在进行的植酸酶转基因研究中,构建成了多个玉米表达载体,已成功转化玉米,其植酸酶基因高度表达,经选育获得了转基因玉米纯合系。据报道,我国的转植酸酶基因玉米已通过安全评估^[20]。

4 展望

低植酸作物在改善谷物营养状况、提高磷素利用率和保护环境等方面具有重要作用。低植酸作物育种已成为当前的热门课题,诱变育种在培育低植酸作物品种上占据重要地位。但大量研究表明,低植酸突变体的产量性状变劣,产量明显下降。在玉米中发现 Lpa1 型突变减产 8%~23%,Lpa2 型突变减产 4%~6%^[1]。当植酸含量下降 90%~98%时,作物生长会受到严重影响^[21]。造成这种情况的原因,可能是由于无机磷的提高,抑制了淀粉合成过程中的关键酶 APPGLC 焦磷酸化酶的活性,从而使淀粉的合成受阻;也可能还与肌醇磷酸盐的代谢及其相关的营养生长因素有关^[1]。显然,选育磷酸含量低、生长发育正常且相对产量较高的品种是今后研究的方向。为此,目前应有三方面的研究内容:一是研究低植酸突变机理、作用方式以及植酸调节离子的分布和浓度,维持正常代谢的关系。二是利用基因工程对关键基因进行改造和修饰,将无机磷代谢与淀粉合成

累积分离,调整与作物产量形成的代谢过程。三是进一步完善育种技术。在诱变育种选材时,尽量选取农艺性状优良的纯系作试材,并采取多种诱变因素相结合的方法处理种子,以便提高诱变频率。对有一定缺点的低植酸突变体,应尽快利用杂交、回交等方法,剔除不良基因。

将植酸酶基因导入玉米培育低植酸玉米转基因系已获得成功。转基因育种已成为选育低植酸作物品种的新途径。但构建的植酸酶基因表达载体中通常含有抗生素基因或抗除草剂基因,这就为转基因谷物的应用带来食品安全和环境安全等问题。因此在转基因育种研究上,在继续完善转基因技术,提高转基因育种成效的同时,开展无标记转基因技术、标记基因剔除技术的研究势在必行。

谷类作物籽粒中植酸含量与其它营养成分的含量关系密切,降低植酸含量会影响其营养品质和加工品质^[21-22]。因此研究低植酸品种的品质性状及其与其它抗营养因子的关系也很重要,这也将成为今后的研究重点。

参考文献:

- [1] Raboy V, Gerbasi P F, Young K A, et al. Origin and seed phenotype of maize low phytic acid1-1 and low phytic acid2-1[J]. Plant Physiology, 2000, 124: 355-368.
- [2] O Dell B L, de Boland A R. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1972, 20: 718-721.
- [3] Raboy V. Seed for a better future: Low phytate grains help to overcome malnutrition and reduce pollution[J]. Plant Sci., 2000, 26: 458-462.
- [4] Lowus F A, Murthy P P N. Myo-Inositol metabolism in plants[J]. Plant Sci., 2000, 150: 1-9.
- [5] Strother S. Homeostasis in germinating seeds[J]. Ann. Bot. London., 1980, 45: 217-218.
- [6] Voglmaier S M. Purified inositol hexakisphosphate kinase in an ATP Synthase: diphosphoinositol pentakisphosphate as a high energy phosphate donor[J]. Proc Natl Acad Sci. USA, 1996, 93: 4305-4306.
- [7] Harland B F, Morris E R. A good or a bad food component[J]. Nutr. Res., 1995, 15: 733-754.
- [8] Mendoza C. Effect of genetically modified, low-phytic acid maize on absorption of iron from tortillas[J]. Am J Clin Nutr., 1998, 68: 1123-1128.
- [9] Adams G. The effect of low-phytic acid corn mutants on Zinc absorption[J]. FASEB J., 2001, 73: 80-85.
- [10] Larson E R, Rutger J N. Isolation and genetic mapping of a non-lethal rice low phytic acid mutation[J]. Crop Sci., 2000, 40: 1397-1405.
- [11] Lickfett T B, Mattha V S, Velusion L, et al. Seed yield, oil and phytate concentration in the seeds of two oilseed rape cultivars as affected by different phosphorus supply[J]. European Journal of Agronomy, 1999, 11: 293-299.
- [12] 赵建军, 许泽水, 方小平, 等. 甘蓝型油菜种子无机磷含量变异的初步分析[J]. 中国油料作物学报, 2002, 24(2): 79-81.
- [13] Henrik R P, Lisbeth D S, Preben B H. Engineering crop plants getting a hand on phosphate[J]. Trends in Plant Sci. 2002, 7(3): 118-125.
- [14] 王晖, 陈景堂, 刘丽娟, 等. 低植酸玉米自交系的筛选与遗传机理的初步研究[J]. 作物学报, 2008, 34(1): 95-99.
- [15] 王雪艳, 王忠华, 梅淑芳, 等. 高无机磷低植酸含量玉米突变体筛选初报[J]. 核农学报, 2006, 20(1): 15-18.
- [16] 王玉华, 任学良, 刘庆龙, 等. 水稻高无机磷突变体的筛选和培育技术研究[J]. 中国水稻科学, 2005, 19(1): 47-51.
- [17] 袁凤杰, 任学良, 刘庆龙, 等. 大豆籽粒高无机磷突变体的选育和特性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2355-2359.
- [18] 李兴林, 张学新. 种子植酸及其低植酸作物品种选育的研究进展[J]. 种子, 2006, 25(12): 51-53.
- [19] 杨文竹, 蒲凌奎, 张琪, 等. 转基因玉米中植酸酶蛋白在模拟消化液中的稳定性研究[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(S1): 86-89.
- [20] 马有志, 徐兆师, 陈明, 等. 转基因植物研究进展[C]. 第六届全国小麦遗传育种学术讨论会文集. 北京: 中国农业科学院作物科学研究所, 2010.
- [21] 周勇, 宋国涛, 居超明, 等. 水稻品种植酸含量与稻米碾磨外观品质的关系[J]. 湖北大学学报, 1997, 19(1): 89-93.
- [22] 李春喜, 马宁臣, 姜丽娜, 等. 小米籽粒中植酸、戊聚糖含量及其与相关性状的初步研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(4): 706-710.

Crop Breeding and Prospect for Low Phytic Acid Varieties

ZHAO Wei

(Maize Research Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: This paper systematically discusses the content and distribution of phytic acid in different crops, biosynthesis of phytic acid and the role in seed development of biological characteristics; Then discusses the development of crop varieties with low phytic acid utilization in the farming industry, human food and nutrition, the importance of protecting the environment; Finally discusses three ways of the breeding low phytate crops: genetic screening, mutation breeding and gene project. Meanwhile, crop breeding for low phytic acid was prospected.

Key words: low phytic acid; crop; breed of variety; nutrition