

文章编号: 1005-0906(2009)06-0015-05

不同玉米品种子粒植酸磷及其他形态磷含量的相关性研究

卞芬茹¹, 高小宽², 黄亚群², 马文奇¹

(1. 河北农业大学资源与环境学院, 河北 保定 071001; 2. 河北农业大学农学院, 河北 保定 071001)

摘要: 以 50 个自交系和 24 个杂交种为材料, 测定其总磷、植酸磷、无机磷含量, 分析不同基因型玉米子粒中植酸磷及其他形态磷含量的差异性和相关性。结果表明: 不同自交系和杂交种间 3 种磷形态的含量均存在显著差异, 植酸磷与总磷间呈正相关, 与无机磷间呈弱度正相关。在低植酸玉米选育时, 应该同时采用植酸磷和无机磷两个指标作为选择标准。自交系丹黄 02 是选育较低植酸磷、高无机磷含量杂交种的优良亲本材料。

关键词: 玉米; 植酸磷; 无机磷; 基因型

中图分类号: S513.03

文献标识码: A

Correlative Study on Phytic Phosphorus and Other Phosphorus Composition of Maize Seeds from Different Genotypes

BIAN Fen-ru¹, GAO Xiao-kuan², HUANG Ya-qun², MA Wen-qi¹

(1. College of Resources and Environmental Science, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001;

2. College of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: The concentration of total P, phytic acid P and inorganic P in 50 inbred lines and 24 hybrids seeds were studied, and then the difference and relationships among these P indices were analyzed. The results showed that there were significant differences in inorganic P, phytic acid P and total P among 50 inbred lines and 24 hybrids, and phytic acid P was positively correlated with total P. However, there was not obvious relation between phytic acid P and inorganic P in 50 inbred lines. Phytic acid P and inorganic P were suggested as both indicators when maize varieties with low phytic acid P and high inorganic P were developed. Among inbred lines, Dan Huang 02 was a better variety with low phytic acid P and high inorganic P content.

Key words: Maize; Phytic acid P; Inorganic P; Genotype

磷既是动植物生长发育所必需的营养物质,也是环境污染因子。近年来,随着畜牧业的发展,动物排泄磷数量大幅度增加,由此带来了严重的环境污染问题。为了防止动物生产中磷的污染,必须提高动物磷利用率以减少磷的排泄,其中很重要的一个途径就是降低饲料中植酸磷的含量和增加无机磷的比例。因为植酸磷是植物产品最主要的磷存储形式,如

玉米子粒中 65%~80%的磷以植酸磷存在,而单胃动物体内缺少分解植酸的酶,食用的磷有 80%~85%以粪尿形式排放到环境中。通过育种手段,改变饲用植物中磷的组成比例,选育低植酸磷含量的品种成为国内外的研究热点。本文利用 50 个自交系和 24 个杂交种为试验材料,分析了植酸磷及其他形态磷的基因型差异,探讨了各种磷组分的关系,利用植酸磷和无机磷作为指标对供试材料进行了分类,为低植酸磷玉米育种提供材料和选择依据。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

2006 年春在河北农业大学第一教学试验场进行试验,按行长 5 m、行距 60 cm、每行播种 17 株(密

收稿日期: 2009-02-18

基金项目: 河北省科学技术研究与发展计划项目(04820125D)

作者简介: 卞芬茹(1981-),女,河北鹿泉人,在读硕士,主要从事玉米营养遗传研究。Tel: 0312-7528220

E-mail: luluru77@126.com

黄亚群为本文通讯作者。E-mail: hyqun@hebau.edu.cn

度为 60 000 株 /hm²播种 50 份自交系,在吐丝前套袋并人工自交,成熟时按行收获子粒以测定各种磷组分。播种前施用磷酸二铵 375 kg/hm²。同时以 24

个常见的适于华北、黄淮海等地区的玉米品种作为供试材料,每个品种称重 250 g。供试自交系和杂交种名称及编号见表 1。

表 1 供试自交系和杂交种名称及编号

Table 1 The name and code of maize hybrids and inbred lines used in the experiment

自交系编号 Code of inbred lines	自交系名称 Name of inbred lines	自交系编号 Code of inbred lines	自交系名称 Name of inbred lines	杂交种编号 Code of hybrids	杂交种名称 Name of hybrids
1	472	26	丹黄 02	1	鲁单 9002
2	9058	27	9718	2	浚单 20
3	郑 58	28	吉 853	3	冀玉 9 号
4	87-1	29	农系 85	4	豫玉 23
5	黄粉 -1	30	SN-11	5	蠡玉 9 号
6	平引 97	31	1154	6	西玉 3 号
7	FR218	32	L1154	7	郑单 958
8	P53	33	大 K12	8	登海 11
9	PA53	34	Mo17	9	登海 3 号
10	8112	35	9712	10	农大 108
11	K24-1	36	543	11	沈单 16
12	秀清 73-1	37	齐 318	12	金海 5 号
13	212	38	辽单 29	13	鑫丰 3 号
14	49-1	39	三北 6	14	平玉 5 号
15	K303	40	H78	15	登海 3622
16	97-1	41	G4	16	辽单 565
17	BM	42	CN165	17	永玉 2 号
18	丹 340	43	S0073	18	浚单 22
19	244	44	L9801	19	永研 1 号
20	原黄 81	45	2105	20	永研 4 号
21	三北 8	46	BS110	21	高农 901
22	陕 811	47	廊系	22	泰玉 2 号
23	G2	48	平引 94	23	高优 1 号
24	79028	49	589	24	登海 9 号
25	型 K36	50	137		

1.2 实验方法

1.2.1 样品的制备

将玉米子粒去杂选净,放入烘箱中烘干 12 h,用四分法分出 50 g 左右在粉碎机中粉碎,过 60 目筛后放入干燥器中低温干燥保存。

1.2.2 玉米各种磷组分含量的测定

总磷测定采用浓硫酸—双氧水消煮、钒钼黄比色法测定;植酸磷测定采用 GB/T 5009.153-2003 植物性食品中植酸的测定方法;无机磷测定采用 James 所用的无机磷测定方法。

1.2.3 数据统计分析

采用 SPSS 13.0 软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同基因型玉米子粒中磷组分含量的变化

从表 2 的分析结果看,50 个自交系植酸磷含量平均为 1.97 mg/g,其中最低为 1.33 mg/g,与最高的相差 1 倍;总磷含量平均为 3.33 mg/g,最小值和最大值分别为 2.60 mg/g 和 4.23 mg/g;无机磷含量平均为 0.69 mg/g,变幅为 0.43 ~ 1.15 mg/g。可见,玉米自交系植酸磷及其他形态磷的含量存在较大的基因型差异。植酸磷平均占总磷含量的 59.1%,最低为 42.5%,最高达到 72.0%,说明植酸磷是玉米自交系磷的主要形态;无机磷平均占总磷含量的 20.8%,变幅为 13.3% ~ 34.5%。

24 个杂交种各种磷含量的变化与自交系一样,也表现了显著差异,总磷含量平均为 2.95 mg/g;植酸磷含量为 1.81 mg/g,占总磷含量的 61.5%;无机磷

含量为 0.60 mg/g, 占总磷含量的 20.5%。两套材料的结果均说明玉米子粒中各种磷含量均存在较大的基因型差异。

由自交系各磷组分含量次数分布图(图 1)和表 2 分布形状描述统计量可以看出, 总磷、无机磷和植酸磷含量均不完全符合正态分布。总磷偏度系数为

0.51, 说明玉米子粒中总磷含量偏向于低值, 有一个较长的右尾; 峭度系数为 -0.01, 表明总磷含量低于标准正态分布的峰。子粒中无机磷、植酸磷也均表现为右尾分布, 其分布峰值均高于标准正态分布。总磷在 3.00 ~ 3.50 mg/g、植酸磷在 1.75 ~ 2.25 mg/g、无机磷在 0.60 ~ 0.80 mg/g 的品种较多。

表 2 玉米自交系子粒中各种磷组分含量及分布形状有关的参数

Table 2 The statistical parameters about the distribution of the P composition on inbred lines and hybrids

材料 Materials	项目 Items	磷形态参数 Phosphorus parameters				
		总磷 Total P(TP)	植酸磷 Phytate P(PA-P)	无机磷 Inorganic P(IP)	植酸磷占总磷(%) PA-P/TP	无机磷占总磷(%) IP/TP
自交系	平均数(mg/g)	3.33	1.97	0.69	59.09	20.82
	最小值(mg/g)	2.60	1.33	0.43	42.50	13.30
	最大值(mg/g)	4.23	2.67	1.15	72.00	34.50
	标准差	0.36	0.28	0.15		
	偏度系数	0.51	0.20	0.89		
	峭度系数	-0.01	0.08	1.04		
杂交种	平均数(mg/g)	2.95	1.81	0.60	61.50	20.50
	最小值(mg/g)	2.44	1.50	0.47	52.50	16.80
	最大值(mg/g)	3.83	2.30	0.74	73.80	25.80
	标准差	0.29	0.18	0.08		
	偏度系数	0.93	0.63	0.31		
	峭度系数	2.99	1.29	-0.49		

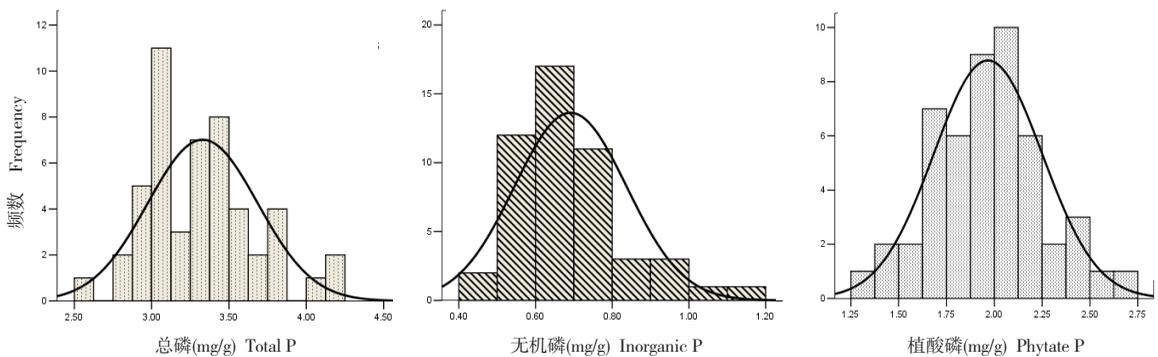


图 1 自交系各磷组分含量的次数分布

Fig.1 Frequency of the P composition on maize inbred lines

2.2 各种磷组分之间的关系

表 3 结果表明, 植酸磷和总磷含量间有显著的正相关关系, 两套材料的相关系数均达到 0.7 以上。表明总磷高的玉米基因型一般植酸磷的含量也高, 选择低植酸磷的基因型时可以参考其总磷的含量。从植酸磷和无机磷之间线性相关关系看, 在 50 个自交系中两者相关系数很低, 在 24 个杂交种中两者存在弱度的正相关, 相关系数为 0.419(与零值差异达到显著水平)。这一结果说明, 植酸磷含量对无机磷含量影响不大, 选择低植酸磷的基因型时, 其无机磷

含量并不一定高, 并且有可能比较低。从无机磷和总磷之间的相关关系看, 两者也存在弱度的正相关, 自交系的相关系数为 0.325(与零值差异没有达到显著水平), 而杂交种的相关系数为 0.498(与零值差异达到显著水平), 说明总磷含量的增加对无机磷的含量影响不大。从植酸磷占总磷比例、无机磷占总磷比例和总磷、植酸磷、无机磷的相关关系看, 植酸磷占总磷比例只与植酸磷含量存在显著正相关, 无机磷占总磷比例也只与无机磷含量存在显著正相关, 说明这两个比例决定于植酸磷和无机磷的绝对含量, 如

果用植酸磷和无机磷作为选择指标时,可以不考虑这两个比例指标。相关分析结果说明,在进行低植酸玉米选育的时候,如果单独采用上述任何一个指标

作为选择依据时很难得到比较理想的植酸磷低、无机磷较高的基因型。因此,建议同时采用植酸磷和无机磷两个指标作为选择标准,以提高选择效率。

表3 不同基因型玉米各种磷指标之间的相关性

Table 3 Relationships among the indices of the P composition in the different genotypes maize

磷指标 1 P index 1	磷指标 2 P index 2	自交系 Inbred lines	杂交种 Hybrid	磷指标 1 P index 1	磷指标 2 P index 2	自交系 Inbred lines	杂交种 Hybrid
植酸磷	总磷	0.719*	0.739**	无机磷	植酸磷占总磷比例	-0.243	-0.104
植酸磷	无机磷	0.075	0.419*	无机磷	无机磷占总磷比例	0.876*	0.708**
植酸磷	植酸磷占总磷比例	0.666*	0.382	总磷	植酸磷占总磷比例	-0.036	-0.338
植酸磷	无机磷占总磷比例	-0.286	-0.130	总磷	无机磷占总磷比例	-0.163	-0.258
无机磷	总磷	0.325	0.498*	植酸磷占总磷比例	无机磷占总磷比例	-0.241	0.163

2.3 供试玉米的植酸磷和无机磷含量双指标分类

根据生物统计学原理,对于连续性变量资料可以基于正态分布的 3σ 法则或 z 分数方法对数据资料进行分类,但这样分类前提是数据服从正态分布。因此,对于不完全符合正态分布的数据资料,由于其均值和标准差的耐抗性极小,异常值本身会对其产生较大影响,分类标准不能以计算数据的均值和标准差为基础,而应以四分位数和四分间距为标准。

四分位数具有一定的耐抗性,多达25%的数据可以变得任意远而不会很大地扰动四分位数;同时它依靠实际数据,不需要事先假定数据服从特定的分布形式,没有对数据作任何限制性要求,能真实直观地表现数据形状的本来面貌。因此,本文将供试材料分类标准定义为小于下四分位数 $-1.5 \times$ 四分间距或大于上四分位数 $+1.5 \times$ 四分间距的值各为一类,处于两者之间的为一类(表4)。

表4 供试玉米自交系和杂交种按植酸磷和无机磷含量双指标标准进行分类

Table 4 The standard classification in the phytic acid P and inorganic P the maize inbred lines and hybrid used in the experiment

统计量 Statistics	自交系 Inbred lines			杂交种 Hybrid		
	总磷 TP	植酸磷 PA-P	无机磷 IP	总磷 TP	植酸磷 PA-P	无机磷 IP
下四分位数	3.04	1.78	0.58	2.79	1.7	0.56
上四分位数	3.52	2.14	0.78	3.11	1.9	0.65
四分位间距	0.48	0.36	0.20	0.32	0.2	0.09
分类下限	2.33	1.25	0.27	2.31	1.4	0.43
分类上限	5.85	3.39	1.05	5.42	3.3	1.08

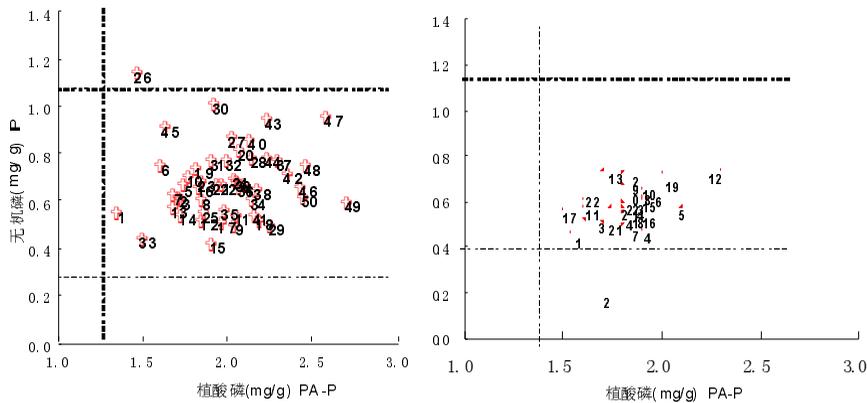


图2 自交系(左)与杂交种(右)植酸磷、无机磷含量双向图和分类情况

Fig.2 The bidirectional figure and the classification based on the content of the phytic acid P and inorganic P of the inbred lines (left) and the hybrid (right)

按表 4 将供试自交系和杂交种进行分类如图 2 所示。由图 2 可以看出,50 个自交系只能分出 2 类,并没有出现低植酸磷同时高无机磷的类型,说明所用材料中还不存在严格意义上的低植酸磷材料。丹黄 02 属于子粒高无机磷材料,而其植酸磷含量也相对较低(1.44 mg/g),接近分类下限 1.25 mg/g,说明丹黄 02 自交系是比较优异的选育低植酸磷、高无机磷杂交种的亲本材料。供试 24 个杂交种在上述分类标准下只能分成 1 类,没有表现极端的高植酸磷和低植酸磷类型,也没有高无机磷和低无机磷类型。这一结果表明我国急需开展低植酸磷、高无机磷含量的玉米新品种培育工作。

3 讨 论

不同基因型玉米子粒在植酸磷和无机磷含量上存在比较大的差异,并且也存在植酸磷含量相对较低和无机磷相对较高的材料,说明从现有玉米自交系和杂交种中进行低植酸磷和高无机磷材料的筛选是可行的。目前国内外均把低植酸磷品种选育的重点放在了突变体的培育上,但选育的低植酸突变体有时候会降低作物产量,而常规育种的应用还不多见。如果能够利用和改造现有的植酸磷含量相对较低的玉米骨干亲本进行杂交种组配,育种的起始平台高,农艺性状优异,获得植酸磷含量较低且产量较高的杂交种的机会就大。

本文选用了目前育种上广泛使用的 50 份骨干自交系,虽然样本容量相对来说较少,但还是选出丹黄 02 这样一个植酸磷含量较低、无机磷含量高、农艺性状较为优异的自交系。因此,在目前大量的玉米品种资源中进行低植酸磷和高无机磷自交系的筛选是开展低植酸磷玉米育种的重要途径之一。在供试的 24 份杂交种中,发现鑫丰 3 号植酸磷含量较低、无机磷含量较高。

在低植酸磷品种的选育中,不仅要植酸磷含量低,同时无机磷含量还要高。目前在实际育种工作中,低植酸磷品种的评价指标还不统一,有的就直接利用植酸磷,有的利用无机磷,也有的建议前期用无机磷、后期同时用无机磷和植酸磷。从本文的相关分析结果可以看出,植酸磷和无机磷之间在自交系上

不存在相关,在杂交种上存在弱度正相关,也就是说植酸磷低,无机磷有可能也低,很难保证无机磷是高的,反过来也是一样。因此,单独利用植酸磷或无机磷都很难保证获得植酸磷含量较低、无机磷含量较高的材料,建议应该同时利用这两个指标。

参考文献:

- [1] 张福锁,马文奇,陈新平,等. 养分资源综合管理理论与技术概论[M]. 北京:中国农业大学出版社,2006.
- [2] 许俊香,刘晓利,等. 中国畜禽粪尿磷素养分资源分布及利用状况[J]. 河北农业大学学报,2005,28(4):5-9.
- [3] Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, et al. Livestock's long shadow: environmental issues and options[J]. Rome: Food and Agriculture Organization of United Nations: 2006: 124-179.
- [4] 王雪艳,王忠华,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.
- [5] Raboy V, Young K A, Dorsch J A, et al. Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid[J]. Plant Physiol., 2001, 158: 489-497.
- [6] 赵建军,许泽永,方小平. 作物低植酸育种研究进展[J]. 中国油料作物学报,2003,25(2):94-98.
- [7] 任学良,舒庆尧. 低植酸作物的研究进展及展望[J]. 核农学报, 2004,18(6):438-442.
- [8] 薛吉全,任建宏. 发挥玉米经济优势 促进农业结构调整[J]. 陕西农业科学,2001(5):35-38.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [10] 刘胜杰,曲宁,元晓梅,等. 植物性食品中植酸的测定[S]. GN/T 5009.153-2003,2003.
- [11] James R, Wilcox, Raboy V, et al. Isolation of high seed inorganic P, low-phytate soybean mutants[J]. Crop Science, 2000, 40(6): 1601-1605.
- [12] 袁凤杰,舒庆尧,付旭军,等. 不同基因型和生态型大豆子粒中磷组分含量研究[J]. 浙江农业学报,2006,18(4):226-229.
- [13] 孙振球,徐勇勇. 医学统计学(供研究生用)[M]. 北京:人民卫生出版社,2001.
- [14] Ertl D, Young K A, Raboy V. Plant genetic approaches to phosphorus management in agricultural production[J]. J. Environ. Qual., 1998, 27: 299-304.
- [15] 刘坤,高华,张东峰,等. 不同植酸测定方法的对比分析[J]. 青岛医学院学报,1997,33(3):191-192.
- [16] 王海青,刘克为,于兹东,等. 农产品中植酸含量测定方法的比较研究[J]. 青岛大学学报,1999,14(3):37-39.
- [17] 何欣,计成,丁丽敏,等. 植酸及其测定方法[J]. 中国饲料, 1998(3):30-32.
- [18] 张宣. 测定植酸含量的流动注射分析法研究[J]. 开封医学学报,1995,14(3):177-179.

(责任编辑:张英)