

文章编号: 1005-0906(2004)02-0013-03

玉米子粒铁含量的基因型差异

米国华, 陈范骏, 刘向生, 春 亮, 宋建兰

(农业部植物营养与养分循环重点实验室, 中国农业大学资源环境学院植物营养系, 北京 100094)

摘 要: 铁是影响动物及人类健康的重要微量元素之一。玉米作为重要的粮、饲兼用作物, 其子粒铁含量是决定其子粒营养价值的一个重要指标。调查了 24 个杂交种及 78 个玉米自交系的子粒铁营养状况。结果表明, 杂交种子粒铁含量在 $(40.1 \pm 5.0) \text{ mg/kg}$, 变异幅度较小。其中 W5017、唐抗 5 号和高油 115 的子粒铁含量较高。自交系子粒的铁含量在 $(32.9 \pm 7.4) \text{ mg/kg}$, 变异幅度较大。其中鲁原 92 子粒的铁含量较高, 达到 61.4 mg/kg 。子粒铁含量与产量之间相关性很低, 说明通过选育既高产、铁含量又高的新品种是可行的。

关键词: 玉米; 子粒; 铁营养; 基因型**中图分类号:** S513.01**文献标识码:** A

Genotypic Difference in Iron Concentration in Grain of Maize

MI Guo-hua, CHEN Fan-jun, LIU Xiang-sheng, CHUN Liang, SONG Jian-lan

(Lab of Plant Nutrition and Nutrient Cycling, MOA, Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Iron is one of the most essential nutrients in both animal and human health. Iron concentration is a important indicator of the nutritional value of maize, a major crop for both food and feed. The iron concentration in grains of 24 hybrids and 80 inbreds was investigated. It was showed that iron concentration in grains of the hybrids did not vary too much, with a mean of 40.1 mg/kg and a stand error of 5.0 mg/kg . Iron concentration of W5017, Tangkang 5 and Highoil 115 were higher than iron concentration of the other hybrids. Iron concentration of inbreds varied a lot, with an average of 32.9 mg/kg and a standard error of 7.4 mg/kg . Luyuan 92 had the highest grain iron concentration with the value of 61.4 mg/kg . No correlation was found between iron concentration and grain yield, suggesting that breeding for high yielding hybrids with high iron concentration in grain is feasible.

Key words: Maize; Grain; Iron concentration; Genotypic

在过去的 50 年中, 育种的主要目标是增加产量, 以满足人口日益增长的需求。玉米作为我国重要粮、饲、药、化工多用途作物, 种植面积已达到 0.25 亿 hm^2 (超过小麦), 单产已由 50 年代的 $1\,270 \text{ kg/hm}^2$ 增长到目前的 $4\,917 \text{ kg/hm}^2$ (吴景峰, 于香云, 1998)。在此基础上, 随着城乡生活水平的提高及畜牧业的发展, 提高玉米的营养品质日益变得重要。因此, 特种玉米如高蛋白、高赖氨酸、高油、甜玉米等的育种工作方兴未艾。

临床医学的研究表明, 微量元素, 尤其是铁在人体保健中具有重要意义, 然而在世界范围内, 食物中

的铁普遍不足。据统计, 全世界有 20 亿人处于潜在性缺铁, 其中儿童和孕妇受威胁最大, 缺铁能使孕妇和儿童出现贫血, 从而导致难产、分娩死亡率升高及婴儿体重不足 (Graham, et al. 2001)。在我国及许多发展中国家, 谷类作物依然是人体铁的主要来源, 而目前解决食物中铁供应不足的主要方法是铁添加剂 (Florentino & Pedro, 1998)。玉米作为粮、饲兼用作物, 其子粒及秸秆的铁含量直接或(通过影响动物生长)间接地影响人类健康, 但有关玉米子粒铁含量的种质资源情况了解不多。张效梅等 (1998) 报道, 普通玉米杂交种农大 60 的铁含量为 28 mg/kg , 而黑玉米太黑 1 号的则达到 35 mg/kg 。本文调查了我国主要自交系及普通玉米杂交种子粒的铁含量。

1 材料与方法

收稿日期: 2003-09-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30170551)

作者简介: 米国华 (1965-), 男, 博士, 教授, 河北万全人, 从事植物营养生理与遗传学研究。E-mail: miguohua@cau.edu.cn

选用 80 个玉米自交系和 24 个北京地区商用杂交种，杂交种试验在中国农业大学昌平试验站进行,5 行区,重复 3 次。播种期 2002 年 6 月 18 日,密度 60 000 株/hm²。试验地肥力中上等，施纯氮 270 kg/hm², 纯磷 67.5 kg/hm², 肥料品种为尿素和磷酸二铵。

自交系试验在北京农学院农学系农场进行,单行种植，重复 3 次。2001 年 4 月 25 日播种，密度 60 000 株/hm²。试验地土壤为潮土,肥力上等,施纯氮 150 kg/hm²,未施磷钾肥。

生育期间按常规高产田管理，成熟期测定子粒产量。取子粒样品，用不锈钢磨粉碎,干灰化后,用原子吸收法测定铁含量。文中数据为 3 次重复的平

均值。

2 结果与分析

2.1 杂交种子粒的铁含量

在本试验田条件下，玉米杂交种的子粒铁含量变化在(40.1±5.0)mg/kg 之间 (表 1),变异幅度较小。其中 W5017、唐抗 5 号和高油 115 的子粒铁含量较高,分别为 55.6、49.8 和 47.2 mg/kg,而金海 5、中单 3217、改良掖单 2 号及中单 9409 的子粒铁含量较低,在 33.5 ~ 35.2 mg/kg。

总体而言，玉米杂交种子粒产量与子粒铁含量之间无相关性(相关系数仅为-0.1830),子粒铁含量高与熟相之间也无必然联系。

表 1 玉米杂交种子粒铁含量

杂交种	子粒铁含量 (mg/kg)	子粒干重 (g/株)	熟相	杂交种	子粒铁含量 (mg/kg)	子粒干重 (g/株)	熟相
农大 1236	37.4	103.1	中绿	中单 3217	34.6	107.4	中
W5017	55.6	101.3	中绿	改良掖 2	34.8	72.8	黄
高优 1 号	39.6	100.8	中	唐单 9 号	41.3	62.3	黄
农大 80	40.1	81.2	中黄	户单 2000	42.6	110.0	中绿
沈试 29	38.6	117.2	中黄	高油 298	37.3	67.8	绿
唐抗 5 号	49.8	79.8	黄	中单 9409	35.2	101.3	中黄
农大 3138	37.7	77.5	黄中	唐玉 10	41.7	92.8	中黄
农大 0638	37.4	115.1	中	莱单 1 号	42.3	77.0	黄
唐抗 1 号	41.1	80.1	黄中	中单 14	38.8	83.1	黄
郑单 958	40.1	109.5	中绿	中玉 4 号	37.0	108.2	中
高油 115	47.2	91.3	中绿	农大 108	39.3	109.6	绿
金海 5	33.5	129.7	绿	平均值	40.1	94.4	
农大 5018	39.5	86.5	黄	标准差	5.0	17.5	

2.2 自交系子粒的铁含量

自交系子粒的铁含量在(32.9±7.4)mg/kg(表 2),变异幅度较大。其中鲁原 92 子粒的铁含量较高,达到 61.4 mg/kg; 其它子粒铁含量较高的自交系还包括河农 6、Oh43、0-2-1-3-1-3-1、北-3-1-2-1-1、天 20-1-1-1-1、1154、许 5、白磁等,达到 40 mg/kg 以上;

二黄的子粒铁含量最低,仅为 17.2 mg/kg。进一步分析结果表明，子粒铁含量与百粒重及单株穗粒重的相关系数很低,分别为 0.087 9 和-0.010 1,与杂交种中表现的规律基本相同。这说明产量性状与子粒铁营养性状之间没有必然联系,在提高产量的同时,也可以提高子粒的铁含量。

表 2 玉米自交系子粒的含铁量

自交系	铁含量 (mg/kg)	百粒重 (g)	单株粒重 (g/株)	自交系	铁含量 (mg/kg)	百粒重 (g)	单株粒重 (g/株)	自交系	铁含量 (mg/kg)	百粒重 (g)	单株粒重 (g/株)
478	28.8	27.7	64.1	鲁原 92	61.4	25.6	79.8	5237	39.1	30.3	60.0
5003	39.6	30.9	63.9	1029	30.3	34.8	51.0	8001	23.4	20.4	69.2
北黄 4	34.6	21.2	46.1	A12/鲁 14	26.6	38.1	76.8	白野 42	48.7	20.7	45.5
8112	32.0	27.4	69.5	3189	24.7	29.2	84.2	齐 319	32.2	26.6	41.4
340	31.1	28.4	64.9	488	28.1	30.7	47.1	K303	39.1	20.5	54.8
502	29.3	30.4	69.0	综 31	28.3	23.9	65.0	中系 032(02)	39.9	17.4	48.9
H21	31.9	19.4	61.1	罗希 31	27.3	25.8	72.4	白磁	40.4	24.5	70.9
旅九宽	32.6	23.0	124.5	2199 ⁺	24.4	31.8	31.2	太支 4	34.2	15.3	25.4
丹 330	34.2	29.5	96.5	双 741	24.2	19.1	40.0	小白磁	31.7	13.8	35.5
沈 125	29.5	19.8	56.0	原黄 81	38.1	25.4	93.3	民黄	29.4	14.6	41.7
原引 1 号	24.0	24.8	64.0	武 313	29.6	26.4	80.8	二黄	17.2	17.2	45.5
CA270	31.5	19.5	58.4	齐 215	36.8	24.5	86.7	1154	43.3	27.8	79.6
CA200	41.4	32.4	67.2	河农 4	26.1	24.6	78.1	1151	28.5	25.2	35.2
CA170	37.3	23.8	70.1	河农 6	44.3	26.3	58.5	1150	33.2	24.1	43.8

续表 2

自交系	铁含量 (mg/kg)	百粒重 (g)	单株粒重 (g/株)	自交系	铁含量 (mg/kg)	百粒重 (g)	单株粒重 (g/株)	自交系	铁含量 (mg/kg)	百粒重 (g)	单株粒重 (g/株)
CA186	38.1	27.2	76.2	河农 9	28.1	29.6	125.4	7250	32.5	29.8	32.0
CA192	26.1	25.7	55.1	803	28.6	28.6	62.2	1139	37.6	24.3	44.7
多 07-1	28.9	22.3	46.0	冀 53	36.1	30.6	43.3	改良 502	25.4	20.0	51.3
HP2x2	29.5	23.5	77.1	选 46	23.2	17.8	47.9	Oh43	43.5	23.8	120.1
陈 94-11	30.5	29.9	36.1	HY4-2	30.6	22.0	52.2	原齐 722	31.8	20.5	53.1
东 3	27.5	31.3	139.5	211	25.0	32.6	81.7	588-1	41.5	24.9	55.3
1011	42.4	25.5	69.3	94-1	34.0	17.0	18.3	5003x 菲 B	39.1	26.3	42.6
8703-2	29.2	19.5	40.6	刘早	27.9	25.3	95.5	天 20-1-1-1-1	43.1	27.1	52.0
P9-10	40.7	22.5	36.6	黄 219	22.8	20.4	106.0	0-2-1-3-1-3-1	47.2	24.1	70.7
黄野 4	31.4	21.9	36.3	1104	24.7	20.4	92.7	北-3-1-2-1-1	45.5	30.5	65.6
515	26.8	26.2	47.3	BE811	27.4	30.1	106.9	许 3	33.2	30.7	43.5
832	29.6	28.6	77.6	云 145	29.0	24.2	51.5	许 5	42.1	32.1	60.1

3 讨 论

玉米子粒是目前畜牧业生产的重要精饲料, 因而其铁元素等微量营养的作用不可忽视。从分析结果看, 当前推广的玉米杂交种间子粒的铁含量差异不大, 但也存在如 W5017、唐抗 5 号和高油 115 这些子粒铁含量相对较高的品种, 由于铁、锌等微量元素之间常有较高的连锁(Graham, et al. 1997), 因此, 这些杂交种的微量营养价值应该较高。我国自交系资源丰富, 子粒铁含量这一性状的变异幅度也较大, 重要的是这一性状与子粒产量之间的连锁关系较小(相关系数很小), 这有助于将子粒铁营养这一性状融入高产玉米品种中, 从而提高玉米子粒的饲用价值。在本研究中, 农家种的子粒铁含量并没有明显的优势, 既有子粒铁含量较高的白磁(40.4 mg/kg), 又有很低的二黄(17.2 mg/kg), 这说明现代玉米育种并未使子粒铁营养性状丢失, 在铁营养育种中不一定要重新从农家种中寻找资源。

日本已经有人将大豆铁蛋白基因转入水稻, 从

而显著提高了水稻子粒的铁含量(Goto, et al. 1999)。玉米子粒铁含量的遗传特点和生理控制机制还不是很清楚, 深入研究这一问题, 有助于促进玉米子粒铁营养高效育种。

参考文献:

[1] 吴景峰, 于香云. 2020 年我国玉米种质改良的战略目标[J]. 作物杂志, 1998, (2): 6-10 .

[2] Graham R D, Welch R M, Bouis H E. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles perspectives and knowledge gaps. Advances in Agron., 2001, 70: 77-141 .

[3] Florentino R F, Pedro M R. A. Update on rice fortification in the Philippines. Food and Nutrition Bulletin. 1998, 19: 149-153 .

[4] 张效梅, 穆志新, 刘金玉. 黑子粒的营养成分分析[J]. 作物杂志, 1998, (1): 16-17 .

[5] Graham R D, Senadhira D, Ortiz-Monasterio I. A strategy for breeding staple-food crops with high micronutrient density. Soi Sci. Plant Nutr., 1997, 43: 1153-1157 .

[6] Goto F, Yoshihara T, Shigemoto N, Toki S, Takaiwa F. Iron fortification of rice seeds by the soybean ferritin gene. Nature Biotech., 1999, 17: 282-286 .