

山东小麦地方品种资源铁和锌含量分析

樊庆琦 楚秀生 李玉莲 隋新霞 李根英 黄承彦

(山东省农业科学院作物研究所 济南 250100)

摘要: 利用等离子体发射光谱仪,对426份山东小麦地方品种资源进行了铁和锌微量元素含量的测定,摸清了山东省小麦地方品种资源铁和锌含量的分布情况。结果表明,山东小麦地方品种资源铁含量的分布范围为5.2~44.1mg/kg,锌含量的分布范围为6.2~50.4mg/kg。铁含量最高的种质是土耳其和落麦,分别为44.1mg/kg和41.8mg/kg;锌含量最高的种质是大青芒,为50.4mg/kg。利用这些铁锌含量高、子粒商品性及面制品口味好的小麦地方品种作育种亲本,对培育子粒中富含铁锌微量元素的高营养小麦新种质,具有十分重要的意义。

关键词: 小麦资源; 地方品种; 子粒; 铁锌含量; 分析

Iron and Zinc Contents in Shandong Wheat Landrace

FAN Qing-qi, CHU Xiu-sheng, LI Yu-lian, SUI Xin-xia, LI Gen-ying, HUANG Cheng-yan

(Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100)

Abstract: Wheat germplasm is a key factor in sustainable wheat breeding. In this study, the iron and zinc contents in flour of 426 Shandong wheat landraces were determined by inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES). The results showed that the iron and zinc distribution ranges of Shandong wheat landraces are 5.2 ~ 44.1 and 6.2 ~ 50.4mg/kg, respectively, the landraces with the highest iron content 44.1mg/kg and 41.8mg/kg respectively are "Tuerqi" and "Luomai", and the landrace with the highest zinc content 50.4mg/kg is "Daqingmang". Using the selected wheat landraces with high iron and zinc contents also good grain and food quality as cross parents, it may be very important significance to breed new wheat varieties with high nutrient, and to investigate the genetic mechanism of iron and zinc accumulation in the grain.

Key words: Wheat germplasm; Landrace; Grain; Iron and zinc contents; Analysis

铁和锌是人体和植物所必需的微量元素,具有重要生理功能^[1-2]。人体缺铁即贫血是普遍的微量元素缺乏症^[3]。人体缺锌会引起侏儒症、糖尿病等许多疾病^[4]。植物缺铁和锌,则对农作物生长发育及品质、产量等产生不同程度的影响,铁和锌在作物子粒中含量的多少还会直接或间接地影响子粒的营养品质和加工品质^[5]。

小麦是我国主要粮食作物之一,在高产、优质、抗病、广适小麦育种基础上,培育子粒富含铁锌微量元素的高营养小麦新种质,对改善食物营养状况、克服微量元素缺乏症具有重要意义。研究表明,植物

微量元素吸收和积累过程主要受遗传因素控制,可通过选择和杂交等常规手段选育高铁、锌含量的作物品种,但目前国际上小麦铁、锌营养品质的改良工作刚刚起步^[6]。CIMMYT发现硬粒小麦和栽培二粒小麦种子具有较高的铁、锌含量,而一些高产品系铁、锌含量比常规品种高出50%~100%^[7]。张勇等^[8]筛选出优选14子粒的铁含量为65.6mg/kg,山农435001的锌含量为43.9mg/kg。何一哲等^[9]育出铁、锌含量分别高达749mg/kg和135mg/kg的小麦特异种质秦黑1号。宋奇超^[10]发现小麦子粒铁含量在30~60mg/kg之间的品种数量最多,而锌含

收稿日期: 2011-09-01 修回日期: 2011-11-05

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(30871515); 山东省农业良种工程项目“泰山学者”建设工程; 国家及山东省小麦产业体系项目

作者简介: 樊庆琦, 在读博士, 助理研究员, 主要从事小麦遗传育种研究

通讯作者: 楚秀生, 博士, 研究员。E-mail: xschu2007@sina.com

黄承彦, 研究员。E-mail: sdhey@163.com

量则大多介于 20 ~ 50mg/kg 之间。

小麦种质资源是育种取得突破和持续发展的关键。山东小麦地方品种除具有子粒商品性好、馒头及面条等面制品口味好等优点外,存在千粒重低、植株普遍过高、不抗倒伏等缺点,给繁种带来麻烦。如何全面评价这批种质资源,从中筛选出优异种质为育种服务显得十分必要。近年来,对其谷蛋白亚基^[11]、子粒硬度^[12]以及面粉色泽等品质性状的基因位点进行了分子检测,并筛选出品质优异的种质;利用白粉病和叶锈病等抗性基因的分子标记,对其进行了抗性基因的分子检测,筛选出 40 份含有效抗性基因的种质^[13];但对其铁、锌等微量元素含量的分布情况则缺乏相应的研究和调查。本文对 426 份山东小麦地方品种子粒进行了铁、锌含量的测定,旨在摸清山东省小麦地方品种资源中铁、锌微量元素含量的分布情况,并从中挖掘铁、锌含量较高的小麦种质,为小麦育种提供杂交亲本,对培育子粒中富含铁、锌微量元素的高营养小麦新种质,探讨铁、锌微量元素累积的遗传机制以及对保存小麦优异种质资源的发掘利用具有十分重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

426 份山东小麦地方品种资源按库存编号于 2007-2008 年度种植于山东省农科院作物所第 13 条试验田的北头,每品种种植 4 行,每行行长 4m,行宽 33cm,每行 80 粒,点播机播种。田间管理按常规方法进行。小麦成熟后,人工收获小麦穗头,并于尼龙袋中晾晒;人工脱粒后,于尼龙袋中晒干;所用样品子粒的平均千粒重为 31g,非常饱满。但为了尽可能减少样品子粒饱满度及千粒重可能对面粉铁含量的影响,称取子粒饱满度一致的各样品 200g,用一定量去离子水浸润 18h,如硬质麦水分调节到 15.5%,软质麦调节到 14%,使样品质地软化,便于磨碎,减少子粒硬度大的样品与磨接触的次數,从而尽可能减少铁对样品的污染。用德国 Brabender JUNIOR 型磨磨粉,使每个样品的磨粉时间保持一致,出粉率保持在 60%,然后过 80 目筛,混匀的面粉置于封口塑料袋中于阴凉处保存。用塑料勺称取每品种面粉 3g,装于 5ml 塑料离心管中备用。

1.2 方法

1.2.1 主要仪器和试剂 美国 PerkinElmer 公司 Optima 5300 型等离子体发射光谱仪;优级纯硝酸、高

氯酸(上海试剂四厂)。铁、锌标准溶液(1mg/ml)购自国家标准物质中心,临用时用 5% 硝酸配制成混合标准溶液。小麦粉成分分析国家标准物质(GBW08503b),其标准值:铁为 37.7 ± 9.4 mg/kg; 锌为 20.6 ± 1.7 mg/kg。

1.2.2 试样消解 精确称取 0.8g(精确至 0.0001g)小麦粉试样于 150ml 锥形瓶中,加 15ml 混合酸[硝酸~高氯酸(4+1)],置于电热板上低温缓缓加热,待作用缓和,再升温继续消解。若消解液剩余约 5ml 时仍有未分解物质或色泽变深,取下稍冷,补加硝酸 3~5ml,再消解至 5ml 观察,如此重复至无上述现象,注意避免炭化。继续加热至冒白烟,消解液呈无色透明或略带黄色即消解完全。加少量水,加热以除去多余的硝酸,待锥形瓶中液体接近 2~3ml 时,取下冷却。加 2ml 硝酸稍加热,将试样分解液洗入 25ml 容量瓶中,用水多次洗涤锥形瓶,洗液并入容量瓶中,并稀释至刻度。每个试样 2 次重复。以水代替样品,按同一操作方法同时做试剂空白试验。

1.2.3 测定

1.2.3.1 仪器条件 RF 功率 1500W;载气流速 15L/min,辅助气流速 0.2L/min,雾化气流速 0.8L/min;观测方式:轴向观测;读数方式:自动积分;特征谱线:铁 238.20nm、锌 206.20nm。

1.2.3.2 标准曲线的绘制 混合标准使用液中铁、锌浓度分别为:铁 0、0.50、1.00、1.50、2.00mg/L; 锌 0、0.10、0.20、0.50、0.80mg/L。将混合标准溶液依次导入等离子体发射光谱仪,仪器分别以铁、锌浓度为横坐标,仪器强度值为纵坐标,自动绘制铁、锌标准曲线。

1.2.3.3 样品测定 测定完成标准系列溶液后,将试样消解液和试剂空白液导入等离子体发射光谱仪,仪器自动给出试样分解液中铁和锌的浓度值,同时自动扣除试剂空白。根据测得的铁、锌的浓度计算出试样中铁、锌含量。实验以小麦粉成分分析国家标准物质(GBW08503b)为质控样,小麦粉成分分析标准物质测定结果均在允许误差范围内。

2 结果与分析

2.1 山东小麦地方品种资源中铁含量的分布情况

铁含量在山东小麦地方品种资源中的分布范围为 5.2 ~ 44.1mg/kg,其中,分布范围为 5.2 ~ 9.9mg/kg 占 13.38%,10.1 ~ 14.8mg/kg 占 59.15%,15.0 ~ 19.8mg/kg 占 19.95%,20.0 ~ 24.9mg/kg 占

4.69% 而铁含量超过 25mg/kg 的山东小麦地方品种资源只有 9 个,仅占 2.1% (图 1) 表明山东小麦地方品种资源的铁含量水平相对较低。在山东小麦地方品种资源中,铁含量水平最高的种质是土耳其和落麦,分别为 44.1mg/kg 和 41.8mg/kg (表 1) 而有 9 个小麦种质的铁含量低于 7mg/kg,其中红秃子头和小红芒的铁含量水平最低,分别为 5.2mg/kg 和 5.3mg/kg。在山东小麦地方品种资源中,高铁小麦种质与低铁小麦种质的铁含量相差约 7.5 倍。

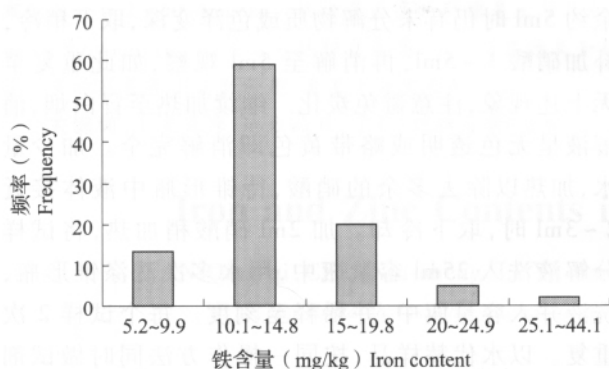


图 1 山东小麦地方品种铁含量分布频率

Fig. 1 Distribution frequency of iron content in Shandong wheat landrace

表 1 铁含量相对较高的山东小麦地方品种

Table 1 Wheat landrace with higher iron content

地方品种 Landrace	保存号 Storage No.	铁 (mg/kg) Fe	锌 (mg/kg) Zn
小样麦	10	25.1 ± 0.6	15.1 ± 0.1
小麦	352	25.1 ± 0.3	30.2 ± 1.5
二秃头	244	25.2 ± 3.7	22.1 ± 1.7
摇头红	426	26.5 ± 1.6	18.4 ± 2.1
二大麦	20	27.4 ± 2.1	15.5 ± 0.0
紫秸白麦	25	30.3 ± 2.7	16.6 ± 1.1
白穗红	406	31.6 ± 0.9	20.5 ± 0.1
落麦	84	41.8 ± 0.3	23.6 ± 1.6
土耳其	444	44.1 ± 2.0	38.0 ± 1.1

2.2 锌含量的分布情况

在山东小麦地方品种资源中,锌含量的分布范围为 6.2 ~ 50.4mg/kg,其中,分布范围为 6.8 ~ 10.9mg/kg 占 9.2%,11.0 ~ 15.9mg/kg 占 35.4%,16.0 ~ 20.9mg/kg 占 42%,21.0 ~ 25.4mg/kg 占 11.5%,26.6 ~ 50.4mg/kg 占 1.9% (图 2),由此看出,77.4% 的山东小麦地方品种资源锌含量的分布范围为 11.0 ~ 20.9mg/kg,而仅有 2.1% 的山东小麦地方品种资源锌的含量水平超过 25mg/kg,说明山东小麦地方品种资源锌含量的总体水平也相对较低。

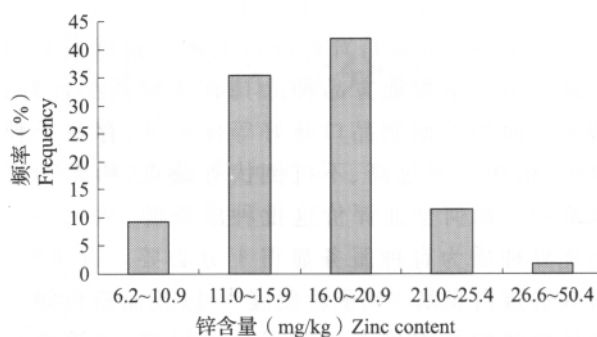


图 2 山东小麦地方品种锌含量分布频率

Fig. 2 Distribution frequency of zinc content in Shandong wheat landrace

在山东小麦地方品种资源中,有 5 个种质的锌含量水平超过 6 省区 240 个小麦品种和高代品系锌含量的平均水平,其中,有 2 个种质的锌含量水平大大超过中国小麦核心种质锌含量的平均水平。锌含量水平最高的种质是大青芒,为 50.4mg/kg (表 2),而有 9 个小麦种质的锌含量低于 8mg/kg,其中锌含量水平最低的小麦种质是梧桐芒和洋小麦,均为 6.2mg/kg。在山东小麦地方品种资源中,高铁小麦种质与低锌小麦种质的锌含量相差 7 倍之多。

表 2 锌含量相对较高的山东小麦地方品种

Table 2 Wheat landrace with higher zinc content

地方品种 Landrace	保存号 Storage No.	锌 (mg/kg) Zn	铁 (mg/kg) Fe
小白穗	38	25.4 ± 0.1	16.8 ± 0.0
脖子青	326	26.6 ± 0.8	20.1 ± 0.1
白迎春小麦	258	27.5 ± 1.8	18.0 ± 0.2
小白秃头	260	28.3 ± 1.1	13.7 ± 0.1
火麦	431	29.4 ± 0.8	24.1 ± 0.1
小麦	352	30.2 ± 1.5	25.1 ± 0.3
大红芒	114	31.7 ± 1.1	22.4 ± 0.7
土耳其	444	38.0 ± 1.1	44.1 ± 2.0
大青芒	5	50.4 ± 2.8	11.7 ± 0.5

2.3 子粒质地与铁锌含量的关系

由表 3 可以看出,大多数角质、半角质和粉质子粒资源的铁含量分布在 10.0 ~ 15.0mg/kg 的范围内。角质子粒资源中约有 60% 铁含量分布在 10.1 ~ 14.8mg/kg 的范围内,半角质子粒资源中约有 60% 铁含量分布在 10.5 ~ 14.6mg/kg 的范围内,粉质子粒资源中 58% 铁含量分布在 10.4 ~ 14.6mg/kg 的范围内;在角质子粒资源中有 2.4% 铁含量分布在 25.1 ~ 44.1mg/kg 的范围内,但在半角质、粉质子粒资源中

没有发现较高的铁含量分布情况。锌含量的分布情况在角质、半角质和粉质子粒资源中略有不同。角质质子粒资源中约有 55% 锌含量分布在 16.0 ~ 25.4mg/kg 的范围内,半角质质子粒资源中 50% 锌含量分布在 16.8 ~ 20.3mg/kg 的范围内,而粉质子粒资源中 54% 锌含量分布在 11.0 ~ 15.7mg/kg 的范围内,仅

有 20% 锌含量分布在 16.1 ~ 25.4mg/kg 的范围内,说明粉质子粒资源中锌含量相对较低。在角质质子粒资源中有 2.1% 锌含量分布在 26.6 ~ 50.4mg/kg 的范围内,但在半角质、粉质子粒资源中没有发现较高的锌含量分布情况。上述结果表明,由于种质资源粒质的不同,角质质子粒资源中铁、锌含量相对较高。

表 3 山东小麦地方品种资源不同粒质铁锌含量分布情况

Table 3 Distribution range and frequency of iron and zinc contents in Shandong wheat landraces with different grain quality

粒质 Grain quality	铁含量(mg/kg) Iron content		锌含量(mg/kg) Zinc content	
	范围 Range	频率(%) Frequency	范围 Range	频率(%) Frequency
角质 Cutin	5.2 ~ 9.9	13.2	6.2 ~ 10.9	8.7
	10.1 ~ 14.8	59.7	11.1 ~ 15.9	34.2
	15.0 ~ 19.8	19.7	16.0 ~ 20.9	43.2
	20.0 ~ 24.9	5.5	21.0 ~ 25.4	11.8
	25.1 ~ 44.1	2.4	26.6 ~ 50.4	2.1
半角质 Semi-cutin	5.3 ~ 9.7	22.7	11.4 ~ 14.9	36.4
	10.5 ~ 14.6	59.1	16.8 ~ 20.3	50.0
	15.1 ~ 17.8	18.2	21.0 ~ 23.4	13.6
粉质 Powder	6.6 ~ 8.3	16.7	6.2 ~ 10.9	25.0
	10.4 ~ 14.6	58.3	11.0 ~ 15.7	54.2
	15.4 ~ 18.4	25.0	16.1 ~ 17.2	16.7
			21.0 ~ 25.4	4.2

2.4 不同区域来源的山东小麦地方品种资源铁、锌含量的差异

由表 4 可以看出,来自山东 13 个地区的小麦地方品种资源铁、锌含量存在明显差异。小麦地方品种资源中铁平均含量最高的地区为青岛地区,为 14.4mg/kg,其次为泰安地区,为 14mg/kg; 铁含量最高的种质源自潍坊地区,含量为 41.8mg/kg,其次为来自

济宁和泰安地区的种质,其铁含量分别为 31.6 和 30.3mg/kg。小麦地方品种资源中锌平均含量最高的地区为莱芜地区,为 18.7mg/kg,其次为泰安地区,其种质中锌的平均含量为 17.3mg/kg; 锌含量最高的种质来自德州地区,含量为 50.4mg/kg,其次为来自临沂和烟台地区的种质,锌含量分别为 31.7 和 30.2mg/kg。

表 4 不同来源山东小麦地方品种资源铁、锌含量分布情况

Table 4 Distribution range of iron and zinc contents in wheat landrace from different regions of Shandong province

区域 Region	品种数量 Landrace No.	铁含量(mg/kg) Iron content		锌含量(mg/kg) Zinc content	
		范围 Range	平均值 Mean value	范围 Range	平均值 Mean value
烟台	76	7.3 ~ 25.2	13.38	7.0 ~ 30.2	16.96
青岛	34	6.6 ~ 24.9	14.40	8.3 ~ 26.6	17.01
潍坊	43	5.6 ~ 41.8	13.26	6.2 ~ 25.4	16.90
临沂	33	6.8 ~ 22.4	12.61	6.2 ~ 31.7	15.60
淄博	36	8.1 ~ 27.4	13.96	9.6 ~ 22.2	15.99
济南	37	5.8 ~ 24.1	13.12	6.9 ~ 29.4	16.41
泰安	29	6.3 ~ 30.3	14.00	7.7 ~ 7.5	17.33
济宁	45	6.9 ~ 31.6	13.51	6.5 ~ 24.4	16.22
德州	24	5.2 ~ 23.6	12.50	8.7 ~ 50.4	16.88
聊城	23	7.9 ~ 17.0	12.95	11.2 ~ 23.0	16.92
菏泽	25	5.3 ~ 19.5	13.82	7.9 ~ 23.4	16.95
滨州	7	10.2 ~ 18.1	13.79	10.8 ~ 20.7	16.20
莱芜	4	9.4 ~ 18.3	12.65	17.2 ~ 21.4	18.70

3 讨论

本研究表明,山东小麦地方品种资源子粒中铁含量分布范围为 5.2~44.1mg/kg, 锌含量的分布范围为 6.2~50.4mg/kg。铁锌含量在小麦地方品种资源间出现明显差异,其中,铁含量水平最高的种质是土耳其和落麦,分别为 44.1mg/kg 和 41.8mg/kg; 锌含量水平最高的种质是大青芒,为 50.4mg/kg。张勇等^[8]对来自北京、河北、河南、山东、山西、陕西等 6 省区的 240 个小麦品种和高代品系铁、锌含量的测定结果表明,铁的平均含量为 41.9mg/kg、锌的平均含量为 29.3mg/kg; 宋奇超^[10]对 952 份中国小麦核心种质库材料的子粒测定表明,小麦子粒中铁的平均含量为 57.3mg/kg、锌的平均含量为 36.5mg/kg。山东小麦地方品种资源锌的平均含量为 16.6mg/kg,与其分别相差约 0.8 倍和 1 倍多,而山东小麦地方品种资源铁平均含量仅为 13.5mg/kg,与其分别相差 2 倍和 3 倍之多,但较其他作物如我国水稻地方品种铁含量(平均铁含量为 11.5mg/kg^[14])要高 2mg。山东不同生态区域的小麦地方品种资源铁、锌含量出现差异的现象与前人的研究结果相一致。张勇等^[8]对来自 6 省区的小麦品种和高代品系进行的铁锌含量测定结果表明,不同来源小麦品种铁锌含量出现明显差异。如北京和山东地区的品种铁平均含量最高,分别为 42.2mg/kg 和 42.8mg/kg,而河北和河南品种铁的平均含量最低,分别为 39.6mg/kg 和 39.2mg/kg; 北京品种锌的平均含量最高,为 30.7mg/kg,而河南品种锌的平均含量最低,为 25.7mg/kg。山东小麦地方品种资源中铁、锌含量之所以出现较大的差异,可能与山东省小麦生态类型多样性有关。山东省境内山地、平原、丘陵、山间盆地、盐碱涝洼等地貌类型复杂,地域分异规律明显,光、温、水、土等主要生态因子有较大差异,形成了小麦不同生态类型区,包括胶东丘陵冬性晚熟类型区(又分为半岛东南部丘陵冬性特晚熟亚区),鲁西北平原冬性、半冬性中晚熟区(又分为鲁北滨海平洼盐碱冬性晚熟亚区),鲁中山丘川半冬性、冬性中熟区和鲁西南平原湖洼半冬性早熟区(又分为鲁南山前平洼丘半冬性早、中亚熟区)^[15]。山东小麦地方品种在各自不同的生态区域中,经过长期的进化演变,就形成了稳定遗传的不同资源类型。

前人研究表明,不同来源小麦品种子粒铁锌含量间差别的主要原因可能在于品种间的遗传背景不同^[8]。子粒中的低铁含量并不是由于运输中存在

可利用铁浓度低的原因,而是由于品种子粒中缺乏铁的累积能力,不同品种子粒累积铁锌的能力存在巨大的基因型差异^[16]。Gregerio^[17]认为铁、锌等微量元素的状况在不同的环境中是可以保持稳定的,而且同时获得作物高微量元素含量与高产也是可行的。Distelfeld 等^[18]发现小麦子粒的铁、锌含量在 5 个不同的环境中具有一致的表现,没有出现环境效应。本研究对种植在同一地块上的山东小麦地方品种子粒进行了铁锌含量的测定,消除了环境因素对子粒铁锌含量的影响,品种间的测定结果具有可比性。因此,山东小麦地方品种子粒铁锌含量的差异,可能主要由品种自身遗传因素决定的。张勇等^[8]对子粒中铁锌含量较高的几个小麦品种进行系谱分析发现,小麦子粒中铁锌含量高的品种间存在明显的亲缘关系。高小宽等^[19]对玉米自交系子粒中铁和锌含量的配合力进行了分析,遗传参数分析表明子粒铁、锌元素含量以非加性方差为主。另有研究表明,植物微量元素的吸收和累积过程主要受遗传因素控制^[6],小麦子粒中铁锌浓度存在正相关性^[20]。利用子粒铁锌含量较高的优异种质作育种杂交亲本,有可能同时提高小麦子粒中铁锌的含量,培育铁锌含量高的优质小麦新品种,从而丰富人们的膳食营养、提高人们的健康水平。

参考文献

- [1] 孙远明,余群力. 食品营养学[M]. 北京: 中国农业大学出版社 2002: 73-78
- [2] 陆景陵. 植物营养学(第二版)[M]. 北京: 中国农业大学出版社 2003: 77-79
- [3] Welch R M, Graham R D. A new paradigm for world agriculture: meeting human needs-productive, sustainable, and nutritious[J]. *Field Crop Res*, 1999, 60: 1-10
- [4] 刘建臣,唐志华. 微量元素与人体健康[J]. *广东微量元素科学* 2000, 7(9): 7-9
- [5] 张睿,郭月霞,南春芹. 不同施肥水平下小麦子粒中部分微量元素含量的研究[J]. *西北植物学报* 2004, 24(1): 125-129
- [6] 刘正辉,刘大钧. 小麦铁锌营养品质研究进展[J]. *麦类作物学报* 2007, 27(1): 172-175
- [7] CGIAR. Breeding crops for better nutrition [DB/OL]. [2005]. <http://www.harvestplus.org>
- [8] 张勇,王德森,张艳,等. 北方冬麦区小麦品种子粒主要矿物质元素含量分布及其相关分析[J]. *中国农业科学* 2007, 40(9): 1871-1876
- [9] 何一哲,宁军芬. 高铁锌小麦特异新种质“秦黑 1 号”的营养成分分析[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版* 2003, 31(3): 87-90
- [10] 宋奇超. 籽粒高铁锌小麦品质的筛选及环境影响[D]. 北京: 中国农业大学 2007: 1-49
- [11] Li Y I, Huang C Y, Sui X X, et al. Genetic variation of wheat glutenin subunits between landraces and varieties and their contributions to wheat quality improvement in China[J]. *Euphytica* 2009, 169: 159-168

(下转 162 页)

色, 并已作为治疗糖尿病的新药进行开发^[19-20]。有关南瓜果实中肌醇的积累规律和遗传机制尚待进一步研究。

参考文献

- [1] Oyebiodun G L, Gabriel O F, Babatunde L F. Nutritional value of the fluted pumpkin (*Telfaria occidentalis*) [J]. J Agric Food Chemistry, 1983, 31: 898-992
- [2] Fahmim A T, Fattan E I. Effect of pumpkin seed oil on the level of free radical scavenger induced during adjuvant arthritis in rats [J]. Pharmacol Res, 1995, 31: 73-79, 52
- [3] 黄黎慧, 黄群, 于美娟. 南瓜的营养保健价值及产品开发 [J]. 现代食品科技, 2005, 21(3): 176-179
- [4] 卢运超, 黄兆峰. 南瓜粉冲剂的研制及临床应用 [J]. 时珍国药研究, 1997, 8(3): 264-265
- [5] 白学敏, 张雪萍. 复方南瓜粉对糖尿病模型小鼠肾脏的保护作用 [J]. 健康和医学, 2006, 25(7): 616-618
- [6] 李全宏, 田泽, 蔡同一. 南瓜提取物对糖尿病大鼠降糖效果研究 [J]. 营养学报, 2003, 25(1): 35-37
- [7] Fu C L, Tian H J, Cai T Y, et al. Some properties of an acidic protein-bound polysaccharide from the fruit of pumpkin [J]. Food Chemistry, 2007, 100(3): 944-947
- [8] 熊学敏, 石扬. 南瓜多糖降糖有效部位的提取分离及降血糖作用的研究 [J]. 中成药, 2000, 8(22): 563-565
- [9] 徐国华, 韩志红, 吴永方, 等. 南瓜多糖的抑制瘤作用及对红细胞免疫功能的影响 [J]. 武汉市职工医学院学报, 2000, 28(4): 1-4
- [10] 张拥军, 姚惠源. 南瓜活性多糖的降糖作用及其组分分析 [J]. 无锡轻工业大学学报, 2002, 21(2): 173-175
- [11] 孔庆胜, 王彦英, 蒋滢. 南瓜多糖的分离、纯化及降血脂作用 [J]. 中国生化药物杂志, 2000, 21(3): 130-132
- [12] Brautigan D L, Brown M, Grindrod S, et al. Allosteric activation of protein phosphatase 2C by D-chiro-inositol-galactosamine, a putative mediator mimetic of insulin action [J]. Biochemistry, 2005, 44(33): 67-73
- [13] Richard E, Ostlund J R, Janet B, et al. D-chiro-inositol metabolism in diabetes mellitus [J]. Medical Sci, 1993, 90: 9988-9992
- [14] Tao X, Qin W. D-chiro-inositol found in *Cucurbita ficifolia* (Cucurbitaceae) fruit extracts play the hypo-role in streptozocin-diabetic rats [J]. J Pharm Pharmacol, 2006, 58(11): 1527
- [15] 夏涛, 刘华奇. 一种具有降糖降脂作用的含苦瓜、南瓜提取物的产品, 03115121. 3 [P/OL]. [2003-01-23]. <http://www.wanfangdata.com.cn/>
- [16] 杨红娟, 宋荣浩, 马坤, 等. 南瓜果实发育中肌醇、多糖和葡萄糖含量的变化 [J]. 园艺学报, 2008, 35(1): 127-130
- [17] 杨红娟, 顾卫红, 唐庆久, 等. 富肌醇南瓜种质资源的筛选与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(1): 94-98
- [18] 孙灵霞, 陈锦屏. 肌醇生产、应用研究及前景展望 [J]. 粮食与油脂, 2004(1): 5-8
- [19] 曹文明, 张燕群, 苏勇. 荞麦手性肌醇提取及其降糖功能研究 [J]. 粮食与油脂, 2006(1): 22-24
- [20] 巴建明, 李江源. 新型胰岛素增敏剂右手性肌醇作用机理及临床应用 [J]. 实用糖尿病杂志, 2007, 3(2): 4-5

(上接第 142 页)

- [12] Li G Y, He Z H, Lillemo M, et al. Molecular characterization of allelic variations at Pina and Pinb loci in Shandong wheat landraces, historical and current cultivars [J]. Cereal Sci, 2008, 47: 510-517
- [13] 张林, 樊庆琦, 隋新霞, 等. 山东小麦品种抗白粉病基因的分子鉴定 [J]. 麦类作物学报, 2008, 28(5): 905-911
- [14] 蔡建成, 曹桂兰, 束爱萍, 等. 水稻地方品种铁含量的差异评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(1): 55-59
- [15] 陆懋曾. 山东小麦遗传改良 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 8-14
- [16] Holm P B, Kristiansen K N, Pedersen H B. Transgenic approaches in commonly consumed cereals to improve iron and zinc content and bioavailability. Symposium: Plant Breeding: A New Tool for Fighting micronutrient malnutrition [J]. J Nutri, 2002, 132(S): 514-516
- [17] Gregerio G B. Progress in breeding for trace minerals in staple crops [J]. J Nutri, 2002, 132(S): 500-502
- [18] Distelfeld A, Cakmak I, Pelega Z, et al. Multiple QTL effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations [J]. Physiol Plant, 2007, 129: 635-643
- [19] 高小宽, 黄亚群, 陈景堂. 玉米自交系籽粒中锌和铁含量的配合力分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 1672-1810
- [20] Welch R M. Breeding strategies for biofortified staple plant food to reduce micronutrient malnutrition. Globally Symposium: Plant Breeding: A new tool for fighting micronutrient malnutrition [J]. J Nutri, 2002, 132(S): 495-499

(上接第 156 页)

- [5] 朴永浩, 曲柏宏, 代志国, 等. 梨花粉贮藏特性与授粉能力的研究 [J]. 北方园艺, 2002(5): 54-55
- [6] 张绍铃, 平伸. 梨花柱 S 糖蛋白对离体花粉萌发及花粉管生长的影响 [J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 251-256
- [7] 林真二. 果树栽培生理新書·梨 [M]. 日本: 朝倉書店, 1960: 35
- [8] Norman F, Childers. Modern Fruit Science [M]. Gainesville Florida: Horticultural publications, 1978: 243-244
- [9] 王强生, 石荫坪. 大鸭梨的组织学和细胞学研究 [J]. 中国农业科学, 1994(4): 33-38
- [10] 何天明, 张琦. 新梨 7 号小孢子败育的解剖学观察 [J]. 果树学报, 2002, 19(2): 94-97
- [11] 边卫东, 邓艳华, 朱育贤, 等. 黄金梨胚珠、花粉发育及花粉败育过程的显微观察 [J]. 果树学报, 2006, 23(2): 290-292
- [12] 胡静静, 赵静, 沈向. 黄金梨雄性不育的细胞学研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(2): 185-188
- [13] 袁德义, 谭晓风, 张琳, 等. 新高系梨雄性不育的鉴定 [J]. 园艺学报, 2007, 34(2): 289-294
- [14] 王钦丽, 卢龙斗, 吴小琴. 花粉的保存及其生活力测定 [J]. 植物学通报, 2002, 19(3): 365-373
- [15] 孙爱芹, 韩斌, 彭建营, 等. 不同枣品种花粉生活力及贮藏方法研究 [J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 166-168
- [16] 陈延惠, 李洪涛, 翟玉勤, 等. 猕猴桃花粉生活力及其贮藏性的研究 [J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(2): 175-177
- [17] 杨磊, 廖康, 许正, 等. 新疆野苹果花粉活力的研究初报 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(23): 335-338
- [18] 廖康, 李会芳, 许正, 等. 野生樱桃李花粉活力与授粉结实特性初报 [J]. 新疆农业科学, 2008, 45(3): 393-397