

富铁锌彩粒小麦营养品质与开发利用研究

何一哲¹, 雷小刚², 张成东¹, 贾振江³, 王怡¹, 宁军芬¹

(¹西北农林科技大学农学院, 杨凌 712100; ²陕西省商洛市丹凤县种子管理站, 丹凤 726200; ³陕西省商洛市农业局, 商洛 726000)

摘要: 目前与微量营养元素缺乏的有关疾病日趋严重, 尤其是铁、锌、维生素 A 等的缺乏现状不容乐观。食品的多样化并不能有效解决铁、锌缺乏的问题; 在食品中添加化学营养元素或化学强化往往存在着安全性的担忧。因此, 发展富含天然铁、锌等微量营养元素的粮食新品种及其功能食品才是根本的目标。本项研究在对富铁锌彩粒小麦秦黑 1 号(血麦) 已有分析测定结果的基础上, 通过对富铁锌彩粒小麦秦黑 1 号(血麦) 营养品质的某些理化指标的测定、对比分析, 根据其特有的性状和功能可开发出相关系列产品, 探讨通过传统食物安全、有效而经济地防治人类缺铁少锌病症的新途径。

关键词: 富铁锌彩粒小麦; 隐性饥饿; 营养品质; 开发利用

Research of Nutritional Quality and Utilization of Iron Zinc-Rich Colored Wheat

HE Yi-zhe¹, LEI Xiao-gang², ZHANG Cheng-dong¹, JIA Zhen-jiang³, WANG Yi¹, NING Jun-fen¹

(¹College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling 712100; ²Danfeng Seed Management Station, Shaanxi Provinces, Danfeng 726200; ³Shangluo Bureau of Agriculture, Shaanxi Provinces, Shangluo 726000)

Abstract: The related diseases, which are more and more serious recently, especially, the lack of iron, zinc and vitamins is worse. It can not improve the level of iron and zinc in body by diversification of food, therefore, increasing the contents of micro-nutrients which could be well absorbed is necessary. This research is based on analysis results of Qinhei 1, a iron zinc-rich colored wheat, the purpose is to create a series of products which can effectively and economically prevent human beings from diseases caused by lack of iron and zinc through the analysis and comparison of the standards of the nutritional quality of Qinhei 1.

Key words: Iron and zinc-rich wheat; Hidden hunger; Nutritional quality; Utilization

随着社会经济的发展, 人类对食品的要求逐渐由温饱型向营养、医疗保健功能型转变。彩粒小麦以其天然性、营养性、功能性和科学性的“四重性”, 愈来愈受到人们的关注, 成为食品工业研究的新热点之一。人体缺乏微量营养元素的现象被国内外学者称之为“隐性饥饿(Hidden Hunger) ”^[1], 富铁锌彩粒小麦作为彩色小麦家族中的重要组成部分, 以其独特的营养特点成为人类食品的新宠, 将为解决人类“隐性饥饿”问题提供

切实可行的途径。

1 富铁锌彩粒小麦的研究背景

1.1 人体微量营养元素(Fe、Zn 等矿物质) 的缺乏现状

世界范围内的绿色革命虽然促进了水稻、小麦、玉米和豆类等作物全面高产, 提高了人类食物的数量。但这些农作物往往面临着营养品质下降的难

收稿日期: 2011-09-10

基金项目: 国家航天育种工程项目(2006HT10-0058); 国家星火计划项目(2005EA850062); 西北农林科技大学植物育种专项(06YZ001); 西北农林科技大学唐仲英育种基金项目

作者简介: 何一哲, 副研究员, 硕士, 主要从事小麦远缘杂交遗传育种、特异质小麦营养功能育种及其开发利用研究工作。E-mail: heyizhe@163.com

题表现最为突出的是这些高产作物本身矿质元素含量降低,导致人们对矿质元素尤其是微量元素铁、锌等营养成分摄入量大幅度下降。缺铁性贫血(IDA)和缺锌引发的营养不良、生长发育迟缓、免疫力下降、智力低下和内分泌、心脑血管疾病等一系列与微量元素缺乏有关的疾病日趋严重,尤其是在婴幼儿、妇女和老年人群中,此类病症已相当普遍。目前,全球约有30亿人不同程度存在微量元素缺乏问题,这个数字仍有上升趋势,其中有21.5亿人(占世界人口的32.2%)缺铁,尤其是发展中国家的妇女和儿童缺铁问题尤为突出。

目前,中国的微量营养元素缺乏(铁、锌、维生素A等)现状比较严重,特别是贫困人群的微量营养元素缺乏问题更为突出。铁缺乏位居全球三大“隐性饥饿”之首,缺铁性贫血已成为仅次于结核病的全球患病率最高、耗资最大的公共卫生问题^[2-3]。2002年8-12月,由卫生部、科技部和国家统计局共同领导,由卫生部组织开展了“第四次中国居民营养与健康状况调查”。此次调查结果显示,微量营养素缺乏无论是覆盖面,还是缺乏率表现都很突出。由于中国居民膳食结构大都以植物性食物为主,铁的吸收率很低,导致贫血患病率较高。2002年中国居民贫血患病率为20.1%,男性为15.8%,女性为23.3%。其中2岁以内婴幼儿和60岁以上老年人贫血患病率较高,分别为31.1%、29.1%;育龄期妇女也是贫血高危人群,贫血患病率达19.9%;成年男性贫血患病率虽较育龄期妇女低,但也达到了10.9%。城市居民贫血患病率为18.2%(男性13.4%,女性21.5%),农村贫血患病率为20.8%(男性16.7%,女性24.0%)^[4-5]。缺锌问题也很突出,49%的人群锌摄入量不足。锌作为人体必需的微量元素之一,在人体内的含量以及每天所需摄入量都很少,但在人体的生长发育中起着很重要的作用,被称为“生命之花”。目前,许多国家的儿童和青少年都出现过锌元素缺乏的现象,中国也不例外。根据北京、杭州、郑州等20多个城市的调查,发现约有60%的儿童体内缺锌,尤其是农村地区,因膳食中锌的生物利用率低,缺乏现象更为普遍^[6]。维生素A的缺乏人口占总人口的45.1%。

中国是世界上隐性饥饿人数最多的国家之一,微量营养元素缺乏对社会经济和人类自身发展具有巨大的破坏作用。隐性饥饿给人体健康带来危害,进而可以造成严重的人力资源损失。根据世界银行的研究结果推算,中国2007年GDP总额为21.19

万亿元,因营养不良遭受的劳动力损失就达5500亿~9000亿元。隐性饥饿不但对中国国民素质和健康是一个巨大威胁,而且也是对公费医疗体系和医疗保险事业的严峻挑战,缓解隐性饥饿所带来的危害迫在眉睫^[7]。中国疾病预防控制中心陈春明教授指出,中国微量营养元素缺乏(尤其是铁、锌、维生素A等)现状不容乐观,某些地方的缺铁性贫血高达20%以上。据此测算,中国由缺铁性贫血所导致的经济损失相当于国民生产总值的3.6%(成人占0.7%,儿童占2.9%)。陈春明教授进一步指出,如果中国缺铁性贫血患病率在10年内得不到显著改善,今后10年由于成年人缺铁性贫血造成的生产能力下降而导致的经济损失将达到7020亿元;如果使缺铁性贫血患病率降低30%,其所产生的经济价值将达到1070亿元,净产值相当于2001年GDP的0.73%;如果儿童的缺铁性贫血状况得不到改善,所造成的损失将达21787亿元,相当于2001年GDP的2.9%^[8]。由此可见,营养问题不仅影响国民的健康状况,也制约着国家的经济发展。陈教授还特别强调,食品的多样化并不能有效解决中国人的铁缺乏问题,提高食品中人体可吸收的天然营养元素含量才是目标。因此,在食品中进行补充或强化是必需的。

1.2 国内外微量营养研究现状

国际食物政策研究所(IFPRI)于20世纪末制定了“矿物质强化谷物研究开发计划”和“富含铁、锌等微量营养元素的谷物品种培育计划”,要求重点研究培育铁、锌及其他矿质微量元素含量显著高于普通谷物的特种谷物品种,并专门组织了12个国家的专家联手开展合作研究。IFPRI的研究员、国际生物强化(Harvest Plus)项目负责人Howarth Bouis指出,此类品种无论对富有还是贫穷国家的人们来说都是理想健康食品的来源,选育铁、锌等矿物质强化特种谷物的计划是解决营养发育不良问题最经济有效的途径。

中国食品、营养和医学界对微量营养元素研究在20世纪上半叶开始有零星报道,但主要的研究起始于20世纪70-80年代,现已发展成为现代生命科学和现代医学的前沿学科之一;从20世纪90年代开始中国一些农作物遗传育种工作者开始进行富含铁、锌、硒、钙等微量和常量营养元素的特异质高营养作物新品种探索性育种工作,并在短期内取得了较大进展,引起了国内外广泛关注。

1.3 国际生物强化(Harvest Plus)与中国生物强化(Harvest Plus-China)项目进展

培育富含微量营养元素的功能性粮食作物新品种作为 21 世纪一项新的研究领域已经引起了国内外相关科研机构和专家学者的高度关注。国际农业研究协作组织(CGIAR)、国际热带农业研究中心(CIAT)与国际食物政策研究所已于 2004 年 1 月发起、组织了一项全球性的旨在通过育种手段提高现有农作物中微量营养元素含量的“国际生物强化项目”(Harvest Plus, HP 项目),并作为国际“粮食与水挑战计划”的一个主要部分。2004 年 1 月,国际生物强化项目进入实施阶段。该计划第一阶段的目标作物是水稻、小麦、玉米、木薯、甘薯和大豆等,目标元素是铁、锌、维生素 A 等(即 6 类作物 3 种元素);第二阶段将扩大到大麦、香蕉、高粱、花生、马铃薯等作物。旨在通过生物强化即通过传统育种和现代生物技术相结合等途径,培育富含微量营养元素的优新作物品种,提供给低收入人群,供他们种植和食用,试图有效地解决广大发展中国家贫困人口的微量营养元素缺乏问题。

中国生物强化项目(Harvest Plus-China, HP-C 项目)于 2004 年 5 月开始启动,专家组成员由 3 位国际生物强化项目专家和中国一些著名的作物遗传育种专家、营养学专家等组成,并建立了 HP-C 项目办公室。首期设立了 8 个资助课题,包含 4 种作物,分别是水稻(4 个课题)、玉米(2 个课题)、小麦(1 个课题)和甘薯(1 个课题)。希望通过 3~5 年的研究,初步解决中国一定地区、一定人群(低收入人群)中营养缺乏问题(铁、锌、维生素 A),并获得一些科学数据。项目组在云南、贵州和四川等贫困地区完成了目标人群的营养状况分析,筛选出了微量营养元素严重缺乏的人群,为利用这些生物强化培育的新型作物进行人体营养试验奠定了基础。

2 富铁锌彩粒小麦研究的目的意义

2.1 目的

缺铁性贫血和边缘性缺锌的防治已成为世界性的难题,但国内外防治此类疾病仍主要采用无机或有机化合物药品,即化学强化仍然是最主要、最普遍的应用手段。目前,各类强化的微量营养元素产品种类繁多,亦多为化学强化产品。食品品种主要有铁强化面粉、铁强化大米、铁强化酱油、强化婴儿奶粉、含铁桔粉、含锌糖等食品。这些强化食品虽然充

斥于市,但是对于贫困人群,它们也属于“奢侈品”。由于添加的微量元素非天然以及不够经济,且有效性和毒副作用一直是人们担忧的焦点,所以无法得到普及,很难作为改善隐性饥饿状况的可行手段。随着牛奶添加“三聚氰胺”问题所产生的深远影响^[9],米、面中添加任何化学营养素都会带来一系列的质疑,谁敢保证类似“三聚氰胺”的问题不会在化学强化米、面粉中出现?因此,在人类对化学物质的认识水平和应用技术、工艺等均存在着较大局限性的情况下,应该严格控制化学强化粮食营养素的规模和数量。因而迫切需要培育和发展富含天然微量营养元素的粮食作物品种。

西北农林科技大学特异质小麦育种研究课题组通过总结多年的研究结果认为,现有常规粮食作物品种从生产方面长期以来追求的是高产再高产,从人们食用面粉的习惯上追求的是白上加白,致使微量营养元素在食物中的含量显著降低,在现有常规粮食作物品种中已很难筛选出微量营养元素含量较高的品种。受到微量营养元素化合物或大分子络合物多具有特征性颜色的启发,该课题组将研究目标定位在紫黑粒、蓝粒等特异质彩粒小麦的育种与微量营养元素含量分析研究方面。自 1993 年开始通过连续 16 年的彩粒小麦特异种质资源普查、搜集和种间远缘杂交育种研究,证实一些紫黑粒、蓝粒等彩粒小麦是极佳的富含铁、锌等天然微量营养元素的珍稀种质资源,奠定了开展富铁锌彩粒小麦研究的工作基础。

2.2 意义

现代医学、营养学对人体补充铁、锌等微量营养元素的深入研究表明,只有通过食用富含天然铁、锌等微量元素的功能性食物或生物药品,才是解决缺铁性贫血和边缘性缺锌问题的安全、有效的方法。富铁锌彩粒小麦是天然微量营养元素的良好来源,其开发利用主要特点为:生产简单,易于推广;消费者食用方便、安全;受益人群广泛;最为经济有效。所以研究开发富含铁、锌等微量营养元素的彩粒小麦品种,既是经济和易于推广的途径,也是解决人体缺铁少锌等隐性饥饿问题的最为根本的途径^[10]。

3 富铁锌彩粒小麦秦黑 1 号营养品质特性分析

3.1 生物学特征

西北农林科技大学特异质小麦育种组育成的高

铁锌小麦秦黑 1 号属半冬性,分蘖力极强,一般单株分蘖 20~30 个。茎粗 2~3mm,茎壁厚,近于实心,基部茎秆壁厚近 1mm。幼苗基部分蘖节处呈紫黑色,起身拔节期叶耳、叶舌呈紫黑色。抽穗后灌浆期颖壳亦呈现紫黑色,至成熟期颖壳紫黑色逐渐消褪转白。株高 90cm,穗长方形,穗长 14~15cm,芒长 14~16cm(具与穗等长或超长的特长芒),每穗小穗数 23 个,小穗为分枝状,小穗轴长 2cm,每小穗有 5~7 朵小花,小花间隔 3~5mm,呈互生排列。子粒紫黑色,长条形,粒长 8mm、宽 3mm,近似黑米。千粒重 40g,胚乳琥珀色,硬质。这些生物学特性与一般普通小麦、黑小麦品种有明显差异(图 1~图 2)。

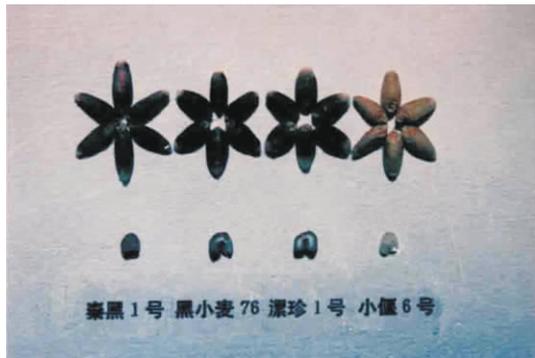


图 1 秦黑 1 号与黑小麦 76、漂珍 1 号、小偃 6 号子粒比较
Fig. 1 Comparison among Qinhei No. 1, Heixiaomai 76, Luozen No. 1 and Xiaoyan No. 6 in grain



图 2 秦黑 1 号与小偃 6 号芒长比较
Fig. 2 Comparison between Qinhei No. 1 and Xiaoyan No. 6 in length of awn

3.2 品质性状

秦黑 1 号的品质性状测定结果表明:其粗蛋白、面筋、赖氨酸、淀粉、干物质等品质指标均高于优质

普通小麦小偃 6 号,分别高 3.71%、1.99%、7.7%、10.9%、0.16%;而粗脂肪比小偃 6 号低 44.2%。

表 1 高铁锌小麦秦黑 1 号与普通小麦小偃 6 号品质特性比较

品种 Variety	粗蛋白 Protein	面筋 Gluten	赖氨酸 Lys	粗脂肪 Fat	淀粉 Starch	干物质 Dry matter
秦黑 1 号	153.9	120.3	3.9	11.6	680.7	891.0
小偃 6 号	148.2	117.9	3.6	20.8	606.3	889.5

3.3 营养成分^[11]

3.3.1 秦黑 1 号微量元素和其他品种对比 由表 2 可以看出,高铁锌小麦秦黑 1 号微量元素铁、锌含量是普通小麦小偃 6 号的 19.2 倍和 4.1 倍;是普通小麦冀麦 37 的 17.6 倍和 13.3 倍;是普通黑小麦漂珍 1 号的 10.6 倍和 4.9 倍。而钠含量分别是普通小麦小偃 6 号和冀麦 37 的 5% 和 2.7%;是黑小麦漂珍 1 号的 6.7%,即高铁锌小麦秦黑 1 号还具有低钠的显著特性。

表 2 高铁锌小麦秦黑 1 号与普通黑、白粒小麦营养素含量对比

品种 Variety	铁 Fe	锌 Zn	钠 Na
黑粒			
秦黑 1 号	749.0	135.0	3.3
漂珍 1 号	70.6	27.6	49.2
白粒			
小偃 6 号	39.0	33.2	66.0
冀麦 37	42.63	10.18	121.0

3.3.2 秦黑 1 号不同地域微量元素分析 高铁锌小麦秦黑 1 号的铁锌含量较高,但是不同的地域其铁锌含量亦有所不同(表 3)。由表 2、表 3 可以得出:高铁锌小麦秦黑 1 号的铁锌含量较高,但地域不同含量也有所差异。因此粮食作物的铁、锌含量应由两个因素共同决定:一是品种(内因),品种应具备较高的对铁、锌等微量营养元素的吸收转化能力;二是地域性土壤(外因),土壤中应具备较高的微量营养元素含量。只有将具备较高的对铁、锌等微量营养元素吸收转化能力的品种种植于具备较高微量

营养元素含量的土壤中,才能实现较高的微量营养元素含量。当然,品种起决定性作用,在相同地域土壤条件下,具备较高的对铁、锌等微量营养元素吸收转化能力的品种其微量营养元素含量明显高于普通品种。

表 3 富铁锌小麦秦黑 1 号不同地域铁锌含量对比

Table 3 Nutrient content of Qinhei No. 1 in different region (mg/kg)

地域 Region	铁 Fe	锌 Zn	钠 Na	测定单位 (Test Unit)
秦巴山区	749.0	135.0	3.3	A
秦巴山区	603	42.0	—	B
关中地区	414.0	29.2	—	C

A: 西北农林科技大学质量检测中心,1997; B: 美国康奈尔大学农学与生命科学院食品科学系,1999; C: 农业部谷物品质监督检测测试中心,2006

A: Quality Inspection Center, Northwest A&F University, 1997

B: Department of Food Science, College of Agriculture and Life Science, Cornell University, 1999

C: Inspection and Testing Center for Quality of Cereals, Ministry of Agriculture, P. R. China, 2006

3.3.3 秦黑 1 号和西农 979 部分品质比较 灰分的主要成分即为微量元素。从表 4 可以看出: 秦黑 1 号的灰分含量是西农 979 的 3.4 倍, 这从另一个角度说明秦黑 1 号的微量营养元素含量较高。另外, 秦黑 1 号的脂肪含量低于西农 979, 而可降低血糖和胆固醇的粗纤维(膳食纤维)是西农 979 的 2.2 倍。

表 4 秦黑 1 号和西农 979 部分品质比较

Table 4 Comparison between Qinhei No. 1 and Xinong 979 in terms of quality (%)

品种 Variety	灰分 Ash Content	脂肪 Fat	粗纤维 Fibre
秦黑 1 号	1.55	0.6	0.64
西农 979	0.455	0.7	0.29

4 富铁锌彩粒小麦的开发利用

4.1 富铁锌彩粒小麦开发利用途径

富铁锌彩粒小麦作为一类具有特殊用途的农作物新品种,在农业生产中具有巨大的应用价值。传统农业发展到今天,可开发利用的农业资源已相当匮乏,发掘新、优、特资源已成为传统农业向现代农

业转型、发展特色农业的最重要因素。事实表明,特色农业具有显著促进农民增收、农业、农村发展的作用。因此,在十届全国人大三次会议上,温家宝总理在有关“三农”问题方面,特别提出要“推进农业区域化布局、专业化生产和产业化经营,大力发展特色农业”。富铁锌彩粒小麦属于专用特用农作物新品种,正是它所具备的专用、特用价值,才为开展规模化、专业化生产和产业化经营提供了契机。

通过多年来富铁锌彩粒小麦开发利用工作的实践,项目组切身体会到要真正通过食物强化来解决国民微量营养元素缺乏问题,则必需是政府行为,而且必需是由相关的政府部门与生产企业共同合作建立良好的“公”(政府)“私”(企业)伙伴关系,才能使食物强化项目可持续和有效发展。高铁锌小麦秦黑 1 号作为一种具有特殊用途的农作物新品种,在农业生产中也具有巨大的推广应用价值。所以要建立“政府+企业+基地+农户”的模式^[12],产加销一条龙的特用小麦产业化体系,形成“科研—企业—农户”产业链。尽快实现产业化、规模化、商品化,充分体现特用小麦的高附加值,使生产者、加工者、经营者都受益。

高铁锌小麦秦黑 1 号属于专用特用农作物新品种,正是由于它所具备的专用、特用价值,所以涉农企业应进行专利化开发。利用该品种核心育种技术新近获得国家发明专利授权的契机,建立以“公司+农技部门+基地+农户”的绿色、有机生产模式^[13],从而提高富铁锌彩粒小麦的产业化程度,实现产业集聚化、规模化、标准化、品牌化,提高投入产出比率,实现切实增加农民收入、促进涉农企业高效发展的目的。

4.2 富铁锌彩粒小麦适宜开发利用的产品类型

富铁锌彩粒小麦食品具有天然性、营养性、功能性和科学性,具备开发功能性食品的条件。富铁锌彩粒小麦作为一种特优谷物,目前尚未得到充分利用。因此,将富铁锌彩粒小麦加工成各种专用面粉、特用面粉,并转化为各种功能性食品,消费者才能深入了解富铁锌彩粒小麦的高营养价值,才能很快接受天然富铁锌系列功能性食品。

虽然富铁锌彩粒小麦可开发产品种类很多,通过多年来科研人员对相关产品的分析、研究,认为目前适宜开发生产的产品类型如下:天然铁锌营养面粉,包括天然铁锌超细全麦粉、超微麦麸粉;天然铁锌营养食品,包括天然铁锌饼干、麦通、血麦片;天然铁锌营养饮品,包括血麦胚芽饮、血麦芽饮料、血麦

草饮料;天然铁锌营养保健品,包括天然铁锌胚芽粉(片)、胚芽油。

5 展望

富铁锌彩粒小麦作为一种理想的优质天然食品新资源,以其高 Fe、富 Zn、低 Na、高纤维的独特营养特点和多种保健功能,具有广阔的开发前景。目前,国内外一些科研单位对彩粒小麦的研究主要局限于遗传育种、制粉技术及其初级制品的开发(如麦片、膨化食品、面制品等)方面。而对彩粒小麦的深加工产品、所含活性成分的营养价值、保健价值及其功能性食品的开发方面研究力度和深度还远远不够。建议国内一流的科研单位应加快对富铁锌彩粒小麦及其副产品的研究,以提高富铁锌彩粒小麦的利用价值和附加值,切实增加农民收入,促进人民的身体健康。与此同时,应加大富铁锌彩粒小麦营养保健功能的宣传力度,加快富铁锌彩粒小麦的推广种植,使富铁锌彩粒小麦的生产加工尽快形成产业化发展模式。

另外,防治碘缺乏病的最根本措施是食盐加碘,这是近 1 个世纪被证明的各种补碘方法中的最佳方法,不仅安全、有效、经济和易于推广,且符合微量元素长期和生活化的要求。食盐加碘防治碘缺乏病是从 20 世纪初开始,作为政府行为强制性推广使用^[14]。因此,借鉴国际上的食盐加碘(碘酸钾)的经典案例,对普通面粉通过政府行为强制实行按一定比例添加天然铁锌血麦粉(面粉加天然铁锌),甚至也可在普通小麦种植时直接均匀混种适量血麦种

子,生产富天然铁锌混合小麦,将是解决人类缺铁少锌等隐性饥饿问题的新途径。富铁锌彩粒小麦(血麦)的产业化、规模化、国际化开发利用,有可能成为继食盐加碘国际化行动之后解决人类微量营养素缺乏问题的第二个成功范例。

参考文献

- [1] 何志谦. 主动预防慢性疾病: 林县营养干预研究的启示 [R]. 北京 2005
- [2] World Health Organization. 2002 年世界健康报告 [EB/OL]. [2011-08-25]. <http://www.who.int/whr/2002/en/index.html>
- [3] 岳向峰,张健,黄承钰. 生物强化谷物铁营养状况评价及品种筛选 [J]. 现代预防医学 2008, 35(5): 862-865
- [4] Piao J H, Lai J Q, Yin S A, et al. Study on the Anemia Status of Chinese Population [J]. Acta Nutr Sinica 2005, 27(4): 268-275
- [5] Fu Z Y, Jai F M, He W, et al. The statue of anemia in children under 5 and mothers in China and its factor analysis [J]. Acta Nutr Sinica 2003, 25(1): 70-73
- [6] 考希宾,王治伦,高艳. 微量元素锌和人体健康 [J]. 中国地方病防治杂志 2007, 22(3): 192-194
- [7] 张春义. 农业与公众营养——未来我们吃什么 [EB/OL]. 2008-12-04 [2011-09-10]. <http://tech.sina.com.cn/2008-12-04/15182625653.shtml>
- [8] 范云六. 隐性饥饿与中国生物强化 [N]. 光明日报, 2007-02-27
- [9] 蔡基松. 三元逐“鹿” [J]. 中国农垦 2009, 4: 5-9
- [10] 石荣丽,邹春琴,张福锁. 籽粒铁、锌营养与人体健康研究进展 [J]. 广东微量元素科学 2006, 13(7): 1-8
- [11] 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
- [12] 赵建武,邱海杰,杨慧勇,等. 特用玉米生产现状及发展对策 [J]. 山西农业科学 2009, 37(3): 3-6
- [13] 杨毅哲,赵正阳. 绿色食品与陕西农业发展 [J]. 陕西农业科学 2009, 55(1): 193-195
- [14] 齐全. 食盐加碘的优势和意义 [J]. 中国社区医师, 2004, 20(9): 11