

不同地区、不同品种(系)小麦锌、铁和硒含量分析*

鲁璐 季英苗 李莉蓉 李竹林 吴瑜**

(中国科学院成都生物研究所 成都 610041)

摘要 采用微波消解ICP-AES法和原子发射荧光光谱测定不同地点小麦中的锌、铁、硒含量。发现不同小麦品种(系)以及姊妹系之间微量元素含量存在差异;不同地点土壤环境中种植的小麦微量元素也有差异;小麦对各种元素的吸收会相互影响,对锌、铁两种元素的吸收互相促进,锌、铁与硒互相拮抗。结果表明基因型和土壤均影响小麦的微量元素含量。研究基因型差异并筛选富含微量元素的小麦品种成为今后小麦遗传育种的一项重要工作。表7 参22

关键词 小麦;微量元素;锌;铁;硒;相关性

CLC S512.103.3

Analysis of Fe, Zn and Se Contents in Different Wheat Cultivars (Lines) Planted in Different Areas*

LU Lu, JI Yingmiao, LI Lirong, LI Zhulin & WU Yu**

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract The microelement contents of zinc (Zn), iron (Fe) and selenium (Se) in 62 wheat samples grown in different areas were determined by ICP-AES and atomic emission fluorescence spectrometry. The results showed that the Fe, Zn and Se contents were different in different wheat cultivars (lines) planted in different areas. Absorptions of the three elements by wheat affected one another. Zn and Fe promoted each other, while mutual inhibition was found between the absorptions of Zn/Fe and Se. It is concluded that both wheat genotypes and soil affected elements contents. Selecting microelement-rich genotypes is an important work for further wheat breeding. Tab 7, Ref 22

Keywords wheat; microelement; Fe; Zn; Se; correlation

CLC S512.103.3

铁(Fe)、锌(Zn)、硒(Se)是人体和植物必需的微量元素,在生物体内具有重要的生物学功能^[1],生物体不能自身合成,必须从外界(食物或土壤)吸收,含量过多或过少,都将导致人体或植物产生生理疾病^[2-4]。小麦(*Triticum aestivum* L.)是重要的粮食作物,如何借助农艺措施改进或进行作物遗传改良,生产出营养富集、益于健康的粮食来满足人类营养与健康的需要,已成为当今国际作物科学研究的一个新领域^[5]。瑞典曾在其全国范围内对其土壤和小麦中微量元素含量进行过长达36 a的长期调查研究,其中所有小麦样品中的硒含量均低于人体和动物所需的最低值,铁和锌的含量同样也很低^[6]。但其研究结果还仅限于测定分析阶段。而国际上小麦铁、锌营养品质的遗传改良工作才刚刚起步。CIMMYT已在高铁、锌种质材料的筛选和杂交利用上开展了初步的工作^[7];印度和巴基斯坦等发展中国家也在国际研究机构的资助下启动了相关研究。可喜的是在遗传机制方面,已在小麦中发现一个调节衰老的NAC基因能够提高谷物中蛋白质含量和锌、铁含量,并利用RNA干扰实验进行了证明^[8]。

目前,国内在微量元素方面,尤其是微量元素与土壤之间的关系,富含微量元素的小麦选育及遗传改良等方面的研究很少。在微量元素缺乏症较为普遍的我国西部地区,小麦铁、锌、硒营养改良工作对于改善居民营养状况具有重要意义^[9],因此我们对小麦的微量元素含量进行研究,以期了解品种及姊妹系间微量元素含量的差异,以及与土壤微量元素含量之间的关系,为小麦营养品质研究及其筛选和栽培奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验用小麦品种(系)川育12、川育14、川育16、川育20、06G197等62份材料由中国科学院成都生物研究所提供。其中川育12、川育14、川育16、川麦32、川麦36等5份材料于2006年分别种植于双流、西昌、荣县3个地区,其余材料均种植于双流育种基地,收获后对其子粒和种植土壤进行测定。

1.2 仪器及试剂

实验仪器采用美国热电公司IRIS Advantage1000型全谱直读等离子体发射光谱仪;意大利Milestone Ethos 900微波消解系统。Zn、Fe标准溶液(质量分数1 000×10⁻⁶)由国家标准物质研究中心提供,以4%的HNO₃溶液稀释配制铁、锌混合标准工作液,制成小麦样品测定的标准曲线;以5%的HNO₃和HClO₄的混合液(体积比为0.5:5)稀释配制铁、锌混合标准工作液,制成土壤样品测定的标准曲线。微波消解条件参数见表1。

收稿日期:2010-04-15 接受日期:2010-05-06

*“十一五”国家科技支撑计划重大项目(No. 2008BAD98B03-05)、中国科学院知识创新工程项目(No. KSCX1-YW-03)、“西部之光”人才计划和四川省农作物育种攻关项目(No. 2006YZGG-3)资助 Supported by the Key Sci-tech Project of the 11th “5-year Plan” of China (No. 2008BAD98B03-05), the Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences (No. KSCX1-YW-03), the West Light Talent Training Program of the Chinese Academy of Sciences and the Crop Breeding Research Project of Sichuan, China (No. 2006YZGG-3)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: wuyu@cib.ac.cn)

表1 微波消解条件参数
Table 1 The parameters for microwave digestion

步骤 Step	t/min	微波功率 (P/W) Microwave power	θ/℃	p/MPa
1	10	750	140	2.0
2	5	750	140	2.0
3	5	0	0	0

1.3 样品处理

每个小麦品种随机选取正常子粒约10 g烘干、磨粉机打粉、120目过筛。土壤样品研磨粉碎、干燥后120目过筛。取3次样品重复。准确称取干燥后的样品各0.5 g置于微波消化罐中,加入6 mL HNO₃ (优级纯)及2 mL H₂O₂ (分析纯)。将消化罐放入Milestone微波消解系统中,消解至完全呈均匀溶液,冷却,消解液移入100 mL容量瓶。小麦样品以4%HNO₃ (体积比)稀释至刻度。土壤样品以5%的HNO₃和HClO₄的混合液(体积比为0.5:5)定容,稀释至刻度。同时平行做空白实验待用。

表2 光谱仪工作条件
Table 2 The working condition of ICP

RF功率 (P/W)	雾化压力 (p/MPa)	辅助气流量 (v/mL min ⁻¹) Assistent gas flow	样品提升量 (v/L min ⁻¹) Quantity of specimen	积分时 (t/s) λ<265 nm λ>265 nm
1150	0.172	0.5	2.0	20 8

表3 不同小麦品种(系)锌、铁、硒含量(w/mg kg⁻¹; 地点:双流)
Table 3 Contents of Fe, Zn and Se in wheat cultivars (lines) (w/mg kg⁻¹; Area: Shuangliu)

品种(系) Cultivars (lines)	元素 Element			品种(系) Cultivars (lines)	元素 Element		
	Fe	Zn	Se		Fe	Zn	Se
川育5 Chuanyu5	28.68	21.55	0.042	06G197	43.54	25.85	0.072
川育6 Chuanyu6	24.66	20.63	0.035	G207	30.29	24.75	0.027
川育7 Chuanyu7	21.82	20.35	0.034	06G215	33.31	31.05	0.026
川育8 Chuanyu8	27.04	19.10	0.037	06G216	43.26	35.25	0.039
川育9 Chuanyu9	32.85	33.86	0.028	06G217	35.02	34.55	0.053
川育10 Chuanyu10	18.55	14.50	0.029	06G261	39.88	34.71	0.025
川育11 Chuanyu11	39.67	45.36	0.049	06G272	39.32	47.70	0.062
川育13 Chuanyu13	27.86	22.70	0.030	G273	35.16	26.60	0.038
川育17 Chuanyu17	26.87	41.85	0.045	G286	26.78	21.65	0.029
川育18 Chuanyu18	23.73	27.81	0.032	G287	32.99	18.45	0.031
川育19 Chuanyu19	26.92	25.90	0.031	G289	29.52	31.50	0.028
川育20 Chuanyu20	32.03	32.50	0.033	G290	28.40	17.55	0.066
川麦107 Chuanmai107	25.43	13.45	0.025	G357-3	27.99	30.25	0.045
绵阳26 Mianyang26	24.12	17.65	0.022	G749	22.17	23.00	0.034
绵农4 Miannong4	21.55	17.90	0.026	41058	23.82	19.10	0.050
2003A4-5	37.30	38.35	0.043	53337	38.80	41.75	0.047
Sw3243	25.98	20.45	0.016	30389	34.91	31.00	0.041
周88114 Zhou88114	31.28	27.10	0.037	31520	30.76	25.25	0.031
遗61694 Yi61694	25.46	31.00	0.044	31526	25.03	16.35	0.031
遗61713 Yi61713	29.31	31.55	0.023	32880	39.77	41.85	0.041
遗61717 Yi61717	23.18	28.60	0.060	32882	48.23	37.40	0.046
PP紫麦 PPzimai	25.82	15.45	0.026	32884	33.79	36.15	0.040
06D9	22.89	15.80	0.037	31488-6	30.52	14.70	0.024
06E5	30.84	25.60	0.023	34756	35.23	36.20	0.036
06E11	23.72	23.45	0.029	42155	19.15	15.65	0.032
06G14	40.00	32.60	0.025	55871	21.62	19.70	0.029
G19	37.86	41.65	0.034	80978	31.56	33.43	0.029
G49	33.39	60.15	0.028	88081	35.65	36.27	0.032
G180	34.52	33.70	0.032	川育16 Chuanyu16	38.83	40.88	0.037
川育12 Chuanyu12	25.33	14.54	0.033	川麦32 Chuanmai32	42.27	34.90	0.034
川育14 Chuanyu14	28.48	20.51	0.026	川麦36 Chuanmai36	40.83	35.30	0.030

1.4 样品测定

将光谱仪调至最佳状态(表2),混合标准工作液为高浓度标准,以二次去离子水调零,绘制标准曲线,然后进行样品测定,重复3次,取平均值。

锌、铁元素应用微波消解 ICP-AES法测定,硒元素应用原子发射荧光光谱测定,由本所和四川省农业科学院品质测试中心同时测定。

1.5 统计分析

用SPSS 11.5软件进行方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同小麦品种(系)小麦锌、铁、硒含量分析

不同小麦品种(系)的微量元素含量存在差异(表3)。其中,含铁量最高的是32882,为48.23 mg kg⁻¹,含铁量最低的是川育10号,为18.55 mg kg⁻¹,相差29.68 mg kg⁻¹,变异系数为0.221。

含锌量最高的小麦品种是G49,为60.15 mg kg⁻¹,含锌量最低的是川麦107,为13.45 mg kg⁻¹,相差46.70 mg kg⁻¹,变异系数为0.347。

含硒量最高的小麦品种是06G197,为0.072 mg kg⁻¹,含硒量最低的是Sw3243,为0.016 mg kg⁻¹,相差0.056 mg kg⁻¹,变异系数为0.309。

进一步对表3中7组姊妹系品种的锌、铁、硒含量进行比

表4 姊妹系单样本t检验结果
Table 4 Result of *t*-test of sister lines

组 Group	姊妹系 Sister lines	元素 Element	平均值 Average (w/mg kg ⁻¹)	标准差 S	变异系数 CV
1	06G215, 06G216, 06G261	Fe	36.21	6.6477	0.1836
		Zn	29.64	8.2731	0.2791
		Se	0.039	0.0191	0.4897
2	06G217, 06G272	Fe	37.17	3.0406	0.0818
		Zn	41.13	9.2985	0.2261
		Se	0.0395	0.0191	0.4833
3	06G286, 06G287, 06G289, 06G290	Fe	29.42	2.6309	0.0894
		Zn	22.29	6.3887	0.2866
		Se	0.039	0.0184	0.4718
4	31520, 31526, 31488	Fe	28.77	3.2412	0.1127
		Zn	18.77	5.675	0.3023
		Se	0.029	0.004	0.1379
5	32880, 32882, 32884	Fe	40.60	7.2554	0.1787
		Zn	38.47	2.996	0.0779
		Se	0.042	0.0032	0.076
6	42155, 55871	Fe	20.39	1.7466	0.0857
		Zn	17.68	2.8638	0.162
		Se	0.031	0.0021	0.0677
7	Chuanguyu 20, 2003A4-5	Fe	34.67	3.7265	0.1075
		Zn	35.43	4.1366	0.1168
		Se	0.038	0.0071	0.1868

较, 结果也存在差异. 单样本 t 检验(表4)结果表明, 第5组姊妹系即32880、32882、32884的铁含量平均值最高, 达到40.60 mg kg⁻¹; 第2组姊妹系即06G217和06G272的锌含量平均值最高, 为41.13 mg kg⁻¹; 硒含量平均值也是第5组最高. 说明姊妹系即32880、32882、32884是富含铁硒的优良材料, 姊妹系06G217和06G272是富含锌的优良材料.

第1组姊妹系铁含量的变异系数最大, 为0.183 6; 第4组姊妹系锌含量的变异系数最大, 为0.302 3; 第1、2、3组姊妹系的硒含量的变异系数都很大, 均达到0.4以上, 说明1、2、3组中的姊妹系硒含量差别较大.

目前, 常规杂交育种依然是小麦品种选育的主要方法, 而亲本选配是品种选育的基础, 一个优势组合有可能选育出多个优良品种, 从一个组合高代株系中亦可以分离出性状相近的优良姊妹系^[10-11]. 在自交系选育过程中有目的地分离自交系已成为目前选育重点^[12]. 一般姊妹系之间性状表现大同小异, 但也有些姐妹系差别较大. 本实验选取的姊妹系差别就有大有小, 微量元素含量变异系数从0.067 7到0.489 7不等. 本研究作为培育富含微量元素的营养型小麦品种进行了材料准备, 进一步的结果有待于子代种植群体的扩大培养和更深入的研究.

2.2 不同地点土壤及小麦微量元素含量比较

对不同地点土壤及小麦中微量元素含量比较结果(表5)表明, 3个地区土壤的含铁量不存在显著差异, 西昌土壤含锌量显著高于其它两地, 双流土壤含硒量显著高于另外两地. 双流和西昌两地种植小麦的铁含量和硒含量均有显著差异, 西昌和荣县种植的小麦锌含量有显著差异. 双流种植小麦的硒含量最高, 西昌种植小麦的铁和锌含量最高.

对双流种植的不同小麦品种比较结果(表6)表明, 川麦

表5 不同地点土壤及小麦中锌、铁、硒含量(w/mg kg⁻¹)
Table 5 Contents (w/mg kg⁻¹) of Fe, Zn and Se in wheat and soil in different areas

样品 Sample	元素 Element	地点 Area		
		双流 Shuangliu	荣县 Rongxian	西昌 Xichang
土壤 Soil	Fe	3.24a	3.13a	3.76a
	Zn	2.2a	2.19a	6.51b
	Se	0.083a	0.067b	0.06b
小麦 Wheat	Fe	29.83a	30.57ab	35.53b
	Zn	29.23ab	25.56a	30.69b
	Se	0.032a	0.028ab	0.026b

同一行中字母不同表示5%水平上差异显著. 下同

Different letters in the same line mean significant difference at 5% level. The same below

表6 5个小麦品种微量元素含量的差异比较(w/mg kg⁻¹)

Table 6 Comparison of microelement contents (w/mg kg⁻¹) among five wheat cultivars

元素 Element	品种 Cultivar				
	川育12 Chuanyu 12	川育14 Chuanyu 14	川育16 Chuanyu 16	川麦32 Chuanmai 32	川麦36 Chuanmai 36
Zn	14.72a	25.85b	32.90c	35.08c	33.90c
Fe	25.30a	31.23ab	36.04bc	55.56d	40.37c
Se	0.031a	0.027a	0.028a	0.027a	0.025a

32的铁含量、锌含量显著高于其余4个品种. 5个品种的硒含量没有显著差异.

上述分析结果表明, 小麦中微量元素含量的差异主要由两方面因素决定: 一方面是品种自身因素决定. 本研究中的川麦32在不同地区土壤中生长, 铁含量都很高, 说明自身对铁吸收和转化的能力较强. 另一方面是地区差异, 受土壤微量元素含量影响, 土壤中的微量元素是小麦中微量元素的来源.

2.3 小麦与土壤微量元素含量相关性分析

对小麦与土壤微量元素含量的相关性分析结果(表7)表明, 小麦中的锌、铁含量与土壤中的锌、铁含量呈显著正相关, 土壤中铁与土壤中的锌含量呈极显著正相关, 小麦中铁与小麦中的锌含量也呈极显著正相关. 说明铁含量高的地区, 锌含量也高, 小麦对两种元素的吸收也是互相促进. 土壤中的硒含量与土壤中的锌、铁含量呈负相关, 小麦中硒含量也与锌、铁含量呈负相关. 说明含铁、含锌量高, 含硒量就少; 反之含硒量高, 含铁、含锌量就少. 同样小麦对锌、铁元素的吸收与对硒元素的吸收也是互相拮抗.

表7 小麦与土壤微量元素含量的相关性

Table 7 Relationship of microelement contents between wheat and soil

	土壤Fe Fe in soil	土壤Zn Zn in soil	土壤Se Se in soil	小麦Fe Fe in wheat	小麦Zn Zn in wheat
土壤Zn Zn in soil	0.800**				
土壤Se Se in soil	-0.324	-0.471			
小麦Fe Fe in wheat	0.648*	0.479	-0.145		
小麦Zn Zn in wheat	0.800**	0.686*	-0.118	0.679**	
小麦Se Se in wheat	-0.377	-0.464	0.03	-0.072	-0.028

*和**分别表示差异达到5%和1%显著相关水平

* and ** mean significant difference at 5% and 1% level

3 讨论

3.1 不同小麦品种(系)间铁、锌、硒含量的差异

中国小麦品种间铁、锌含量差异大^[13]. 本研究对部分小

麦新品种(系)测定分析表明,不同小麦品种及其姊妹系间铁、锌、硒含量均存在差异.不同地区种植的小麦品种铁、锌含量差异较大,而硒含量没有显著差异,推测与土壤硒含量太低有关,四川地区属缺硒区^[14].有研究表明外施可以提高作物含硒量^[15].小麦中微量元素的含量主要由两方面因素决定,一方面遗传因素,另一方面是环境因素,如土壤中的微量元素含量.植物对无机元素的吸收积累,与环境中无机元素水平有关,这在其他植物上已经得到证实,如生长在盐碱环境的奎奴亚藜种子中Ca、My、Zn、Mn的含量显著高于生长于中性土壤的植株中元素含量^[16];此外,还与这种元素对植物的有效性、土壤的pH值及其它理化性质、各种元素之间的作用(如拮抗作用和协同作用等)以及其它生态因子如光、温度、湿度等有关^[17].Purves D指出,当土壤pH值增大时,大多数微量元素的有效性降低,因此在进行小麦对微量元素吸收和富集机制的研究中,还应当综合考虑上述多种因素^[18].有研究表明微量元素的含量主要受作物自身遗传性状的控制^[19-20].本研究结果与之一致.本研究中的川麦32在不同地区土壤中生长,铁含量都很高,说明自身对铁吸收和转化的能力较强.说明可以通过品种改良,提高微量元素含量,从而有利于功能性小麦新品种选育.至于土壤对小麦中微量元素含量的影响有多大,作物自身遗传性状又是如何控制微量元素的吸收及含量分布,还有待于更深入的研究和探讨.

3.2 3种微量元素含量相关性分析

本研究发现小麦中的锌与铁含量成正相关,小麦对两种元素的吸收会互相促进.所以铁、锌肥混合施用更利于肥效的发挥,利于铁、锌含量的提高^[21].土壤中的硒含量与锌、铁含量呈负相关,小麦中硒含量同样与锌、铁含量呈负相关.说明小麦对锌、铁元素的吸收与对硒元素的吸收会互相拮抗.其相关遗传及生理机理,还有待进一步研究.前人曾系统阐述过人体内各种微量元素的相互影响^[22],其中人体对锌与对铁和硒的吸收都会互相抑制,与本研究小麦中的相互作用不同,推测是因为植物与动物体对微量元素具有不同的吸收机制.

对小麦微量元素含量的研究尚处起步阶段,本研究仅就3种微量元素、3个地点、1 a的结果进行了分析.以前也多是单一的分析结果,如四川盆地土壤硒的状况及其有效性^[14],但并没有在双流、西昌、荣县取样,也未见小麦与土壤中微量元素含量相关性的报道.如何提高小麦中的微量元素含量,有待深入研究.

References

- 1 陈国树.微量元素学科研究进展.环境与开发, 1995, 4: 1~3
- 2 Yan SM (颜世铭), Li ZX (李增禧), Xiong LP (熊丽萍). Essentials of trace element medicine I. Physiological role and balance of trace elements in human body. *Trace Elements Sci* (广东微量元素科学), 2002, 9 (9): 17~18
- 3 Combs GF. Selenium in Biology and Medicine. New York, USA: Van Nostrand Reinhold Co, 1987
- 4 Whanger PD. A country with both selenium deficiency and toxicity: some thoughts and impressions. *J Nutr*, 1989, 119: 1236~1239
- 5 Welch RM, Graham RD. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. *J Exp Biol*, 2004, 55: 353~364
- 6 Kirchmann H, Mattsson L, Eriksson J. Trace element concentration in wheat grain: Results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environ Geochem Health*, 2009, 31: 561~571
- 7 CGIAR. Breeding crops for better nutrition. <http://www.harvestplus.org>, 2007
- 8 Uauy C, Distelfeld A, Fahima T, Blechl A, Dubcovsky J. A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science*, 2006, 314: 1298~1301
- 9 Liu ZH (刘正辉), Liu DJ (刘大均). Research progress on nutritional quality of iron and zinc in wheat. *J Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2007, 27 (1): 172~175
- 10 Solomon A, Beer S, Waisel Y. Effects of NaCl on the carboxylating activity of rubisco from *Tamarix jerdanis* in the presence and absence of proline-related compatible solutes. *Physiol Plant*, 1994, 90: 198~204
- 11 Van Rensburg L, Kruger CHJ, Kruger H. Proline accumulation as drought-tolerance selection criterion: It's relationship to membrane integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum*. *J Plant Physiol*, 1993, 141: 188~194
- 12 Smirnov N, Cumbe JQ. Hyaroxyl radical scavenging activity of compatible solutes. *Phytochem*, 1989, 28: 1057~1060
- 13 He ZH (何中虎), Yan YM (晏月明), Zhuang QS (庄巧生), Zhang Y (张艳), Xia XC (夏先春), Zhang Y (张勇), Wang DS (王德森), Xia LQ (夏兰芹), Hu YK (胡英考), Cai MH (蔡民华), Chen XM (陈新民), Yan J (阎俊), Zhou Y (周阳). Establishment of quality evaluation system and utilization of molecular methods for the improvement of chinese wheat quality. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2006, 39 (6): 1091~1101
- 14 Huang JG (黄建国), Yuan L (袁玲). Selenium status and availability in purple soil of Sichuan Basin. *Acta Pedol Sin* (土壤学报), 1997, 34 (2): 152~159
- 15 Zhou YP (周逸品). Research of using fly ash as selenium fertilization to raise the selenium contents of food crops. *J Shihezi Agric Coll* (石河子农学院学报), 1994, 12 (3~4): 57~62
- 16 Karyotis TH, Iliadis C, Noulas CH, Mitsibonas TH. Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline-sodic soil. *J Agron & Crop Sci*, 2003, 189: 402~403
- 17 LU L (鲁璐), Wu Y (吴瑜). Advance in study of effects of three trace elements on wheat. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2010, 16 (3): 435~439
- 18 David P. Trace Element Contamination of the Environment. Amsterdam, New York, USA: Elsevier, 1977
- 19 Li F (李峰), Tian XH (田霄鸿), Chen L (陈玲), Li SX (李生秀). Effect of planting model, N fertilization and planting density on concentration and uptake of Zn, Fe, Mn and Cu in grains of winter wheat. *Soil & Fertil* (土壤肥料), 2006, 2: 42~46
- 20 Lü JY (吕金印), Huang YB (黄亚冰), Liu J (刘军). Selenium absorption, distribution and translocation in wheat seedling. *Acta Agric Nucl Sin* (核农学报), 1996, 10 (1): 54~56
- 21 胡玉香, 翟长庚, 于聚然. 锌铁微肥对小麦良种增产作用. *中国种业*, 2003, 2: 25
- 22 Yan SM (颜世铭), Li ZX (李增禧), Xiong LP (熊丽萍). Essentials of trace element medicine I. Physiological role and balance of trace elements in human body. *Trace Elements Sci* (广东微量元素科学), 2002, 9 (9): 17~18