文章编号：1009-6094(2008)01-0119-04

中国部分市售大米中Cd、Zn、Se的含量及其食物安全评价*

甄燕红，成颜君，潘根兴，李恋卿
(南京农业大学农业资源与生态环境研究所，南京 210095)

摘　要：随机抽取国内部分市场的精米样品(44个籼米和47个粳米样品)，分别测定样品中Cd、Zn和Se的含量并分析籼米与粳米中Cd、Zn和Se含量的差异及其相互关系。结果表明，91个样品中Cd含量超标(食品卫生质量标准)的达10%左右。若以USEPA推荐的成人R_fD(Cd)值计算摄取量，则70%的大米潜存着Cd食物暴露风险问题。稻米的Zn、Se含量偏低，不能满足正常的膳食摄取需要。稻米的Cd含量与Cd/Zn(Cd含量/Zn含量)之间、Se含量与Se/Zn(Se含量/Zn含量)之间均存在显著的正相关，这表明稻米中Zn的积累强度低于Cd和Se。90%的样品中Cd/Zn未超出美国学者提出的建议临界值0.015，且Cd超标与Cd/Zn超标可能不同时出现。籼米的Cd、Se含量明显高于粳米的，且90%的籼米潜存着Cd健康风险，这表明食用籼米时的Cd食物安全风险远大于粳米。我国稻米的重金属元素含量及相互关系应在环境与人类健康研究中予以关注。

关键词：农业环境安全；大米；健康风险；农产品市场；Cd；Zn；Se
中图分类号：X836　　**文献标识码**：A

0 引　言

食物摄取是人类对环境重金属暴露的主要途径[1]。农产品重金属元素含量与人类健康的关系属于环境与公共卫生问题，一直倍受关注。随着土壤环境重金属污染的加剧，农产品中重金属含量水平及其食物暴露风险的评价成为近10多年来土壤与农业环境学研究的热点[2]。Cd是一种对人体危害极大的重金属元素，长期暴露会导致骨痛病[3]。我国农田的Cd污染问题日益严重，上世纪末受Cd污染的农田面积可能超过400万ha[3]，市售农产品的Cd超标问题引人关注。上世纪末对农产品Cd健康问题研究的重要进展之一是Cd对Zn、Cd对Se的颉颃作用对人体中Cd毒性的制约[4]。高浓度的Cd会导致Cd摄入过量而Zn摄入不足，体内Zn/Cd(Zn含量/Cd含量)下降，这是高Cd导致肾衰竭的病因之一[5]。Zn是人体的必需生命元素，缺Zn会导致各种疾病。Se是人类必需营养元素之一，而我国72%的土地出现不同程度的缺Se现象[6,7]，膳食补Se已经成为大众食物营养的主要调控途径。分析农产品中Cd、Zn、Se的含量及其相互关系，对正确认识和解决Cd污染及由其引起的食物安全问题具有重要意义。

水稻是我国产量最多的粮食作物，也是对土壤Cd吸收最强的大宗谷类作物之一[1]。全国65%以上的人口以稻米为主食[1]，这更增加了Cd的食品健康风险。我国正推广的高产杂交水稻特别是超级稻对土壤Cd的吸收能力明显高于常规稻[8,9]，并且在相同的土壤环境条件下，杂交稻籽粒的Zn含量明显低于常规稻[9]。水稻对Cd的吸收还表现为对Zn吸收的排斥[9]，籽粒高Se对Cd的积累也有明显的抑制作用[10]。目前，对市场大米中Cd、Zn、Se含量及其相互关系的研究报道很少。

本研究抽取部分市场的籼米和粳米样品，分析样品中Cd、Zn、Se含量及其相互关系，比较籼米与粳米间Cd、Zn、Se含量的差异，为科学认识当前稻米的食物安全问题提供依据。

1 材料与方法

1)大米来源。

在全国6个地区(华东、东北、华中、西南、华南、华北)县级以上市场随机采购大米样品91个，其中粳米样品44个，籼米样品47个。

2)样品处理。

将购得的大米样品用不锈钢粉碎机粉碎(天津泰斯特FW80)，过60目筛，装袋备用。

3)样品消煮与待测液制备。

Cd、Zn待测液的制备采用HNO_3-$HClO_4$(体积比为4∶1)消化法[11]。称取粉碎后的大米样品1～2 g(精确至0.000 1 g)，置于100 mL高脚烧杯中，加入10 mL体积比为4∶1的HNO_3-$HClO_4$混合酸，冷消化过夜。第2天，将烧杯置于电热板上，在165～175 ℃下砂浴消化。消化时不断向溶液中滴加混合酸，直至溶液变为无色并冒白烟。蒸发溶液至2 mL左右，冷却，用25 mL容量瓶定容。

Se待测液的制备采用HNO_3-$HClO_4$-HCl消化法。称取粉碎的大米样品1 g(精确至0.000 1 g)，置于100 mL高脚烧杯中，用HNO_3-$HClO_4$混酸消煮，消化步骤同上。待溶液蒸发至2 mL左右时，冷却，并在120 ℃下用5 mL的HCl(体积比为1∶1)溶液还原，直至溶液冒白烟，冷却，用25 mL容量瓶定容。

4)样品中Cd、Zn、Se含量的测定。

待测液中Cd、Zn含量用原子吸收分光光谱仪测定(北京普析TAS986)。以国家标准物质GBW 07605(灌木枝叶标准，Zn含量为(26.3±2.0)mg/kg)、GBW 08511(大米镉标准物质，Cd含量为(0.50±0.02)mg/kg)为内标控制分析质量，测定Zn的回收率为96.77%～110.72%，Cd为94.30%～109.17%。

待测液中Se含量用原子荧光分光光谱仪测定(北京瑞利AF－610A)。以国家标准物质GBW(E) 080684(大米粉，Se含量为(0.045±0.015)mg/kg)为内标控制分析质量，测定其回收率为93.33%～117.78%。

5)数据处理与统计分析。

数据处理采用Microsoft Excel 2003和SPSS 11.0统计软件。

2 结果与讨论

2.1 样品中Cd、Zn、Se含量

表1给出了供试大米中Cd、Zn、Se含量的变化范围。91个大米样品中Cd、Zn、Se含量的变异系数(标准差/平均值×100%)分别为128.86%、19.83%和65.63%。Cd含量的变化幅度最大，其最大值是最小值的412倍，Se为28倍，Zn仅为3.6倍。

大米中Cd、Zn、Se含量的样本频率分布如图1所示，Cd含量呈非正态分布且大部分集中在0.003～0.150 mg/kg；Zn、Se含量则遵循正态分布，Zn含量多为10～22 mg/kg，Se含量多为0.01～0.04 mg/kg。

中国食品卫生标准(GB 15201－2002)和农业部“无公害

* 收稿日期：2007-07-30
作者简介：甄燕红，硕士研究生，从事土壤－农产品重金属与食品安全研究；潘根兴(通讯作者)，教授，博士，从事土壤学与环境学研究，pangenxing@yahoo.com.cn。
基金项目：教育部高等学校博士点专项研究基金项目(B200613)

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

食品—大米”标准(NY 5115—2002)规定,大米中Cd含量的最大允许值为0.2 mg/kg,Se为0.3 mg/kg。供试的91个大米样品中,12个样品的Cd含量超过了最大允许值(超标率为13%),含量最高的甚至超标6倍多。这表明即使87%的市场大米处于Cd安全水平,但是部分样品的高超标量也是不容忽视的问题。USEPA推荐的 R_fD(Cd)(参照摄入量)为1 $\mu g \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$,据此计算我国稻米中Cd含量的允许值仅为0.053 mg/kg[10],这样有70%的供试样品的Cd含量超过允许值,Cd含量最高的超标20多倍。若按上述标准衡量,大部分供试大米样品仍存在Cd的健康风险问题。就地消费的人群,长期食用Cd含量高的稻米会带来严重的健康风险。

尽管Se对人体有潜在的毒性,但对人和动物缺Se的报道却远多于因Se过量而中毒的。仅3.3%的样品中Se含量达到了0.06 mg/kg的食物临界Se含量,表明供试的大米中96.7%的样品存在缺Se问题,而其中28.6%的样品Se含量低于0.02 mg/kg,属严重缺Se。若食用供试大米,人均Se摄入量12.4~20.7 μg/d,明显低于中国营养协会推荐的成人日均Se摄入量50~200 μg。除Se含量较高的4个大米样品外,食用其他样品时,人均Se摄入量都远低于中国营养协会推荐的成人最低日摄入量40 μg。因此,我国市场的大米可能普遍存在缺Se问题,若只食用大米,人均Se的摄入水平偏低。

中国营养协会推荐成年人人均日摄入谷物食品为300~500 g。人类对食物中Zn的吸收率为30%[12]。若谷物食品全为大米,则每人日均由谷物摄入的Zn为1.4~2.3 mg,远低于日膳食Zn摄入量的推荐值15 mg[12,13]。若以Zn含量最高的样品计算,Zn的人均日膳食摄入量也仅为2.7~4.5 mg。可见,大米中的Zn不能满足摄入需求,需从其他食物中补充。

表1 91个样品中Cd、Zn、Se含量的变化范围

Table 1 Variation of Cd, Zn and Se contents of the 91 samples

	Cd	Zn	Se
最大值/($mg \cdot kg^{-1}$)	1.235	30.166	0.111
最小值/($mg \cdot kg^{-1}$)	0.003	8.320	0.004
平均值/($mg \cdot kg^{-1}$)	0.121	15.429	0.029
标准差/($mg \cdot kg^{-1}$)	0.156	3.060	0.019
变异系数/%	128.86	19.83	65.63

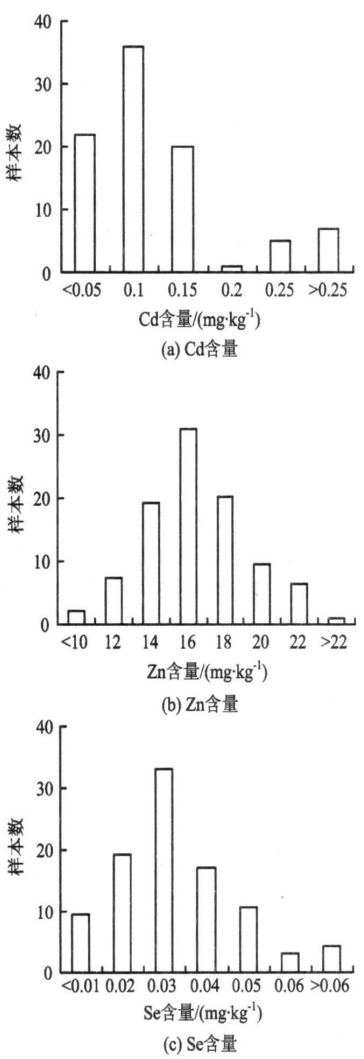

图1 样品中Cd、Zn、Se含量的样本分布

Fig.1 Distribution of observations of Cd, Zn and Se contents of the samples

2.2 大米中Cd、Zn、Se含量的关系

大米样品中Cd、Zn、Se含量间相互关系见图2。大米中Cd含量与Cd/Zn(Cd含量/Zn含量)呈显著的正相关,含Cd量高的大米其Cd/Zn比值高。龚伟群等[14]和周启星等[15]通过盆栽试验研究了不同Cd处理对水稻籽粒中Zn含量的影响,即用Cd处理后水稻籽粒的Zn含量低于未用Cd处理的,这表明水稻在吸收Cd的同时对Zn吸收有排斥作用。Simmons等[16]将泰国大部分被工矿污染的土壤中的水稻与大豆进行对比,揭示了水稻籽粒对Cd、Zn吸收的差异。水稻籽粒的Zn含量并未随土壤中Cd、Zn浓度的增加而增加;同等生长条件

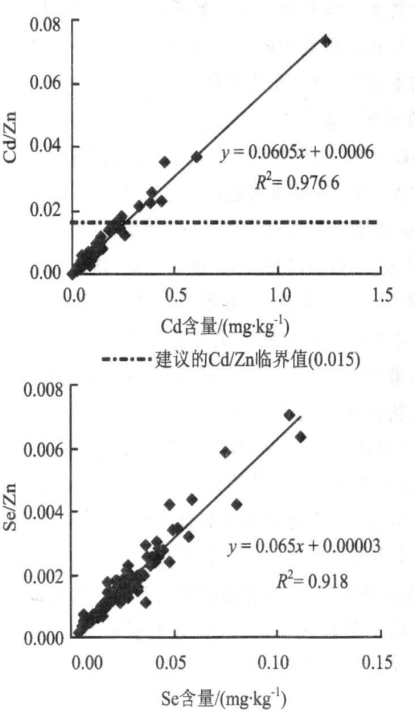

图2 大米样品中Cd含量与Cd/Zn、Se含量与Se/Zn的关系

Fig.2 Correlation of Cd content with Cd/Zn, Se content with Se/Zn of the rice samples

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

下的大豆籽粒则相反，其 Zn 积累能力很强，这表明水稻籽粒吸收 Cd 的同时排斥 Zn 的吸收。10%的供试大米中 Cd/Zn 超出建议临界值 0.015，这表明 Cd 含量超标的样品其 Cd/Zn 不一定高。Chaney 等[17]指出，食物中 Cd 的潜在毒性不但与 Cd 含量有关，而且还取决于其 Cd/Zn。

大米中 Se 含量与 Se/Zn 也存在显著正相关。这表明水稻在吸收 Se 的同时，Zn 并不是同比增加，因此 Se/Zn 趋向提高。一些盆栽和田间试验也表明，施用外源 Se 会使稻米子粒中 Zn 含量降低[18,19]。供试大米中 Se、Zn 含量的关系表明了水稻对 Se、Zn 吸收的特殊性，这可能对稻米中 Se、Zn 的同步补充造成困难。

2.3　粳米和籼米中 Cd、Zn、Se 含量的差异

供试大米样品包括 44 个粳米和 47 个籼米。分别对两种大米的 Cd、Zn、Se 含量进行统计(表 2)。籼米和粳米中 Cd 含量的平均值分别为(0.17±0.20)mg/kg 和(0.07±0.04)mg/kg，其变异系数分别为 116.85%和 61.19%。籼米中 Cd 含量明显高于粳米，其最大值和最小值分别是粳米的 5.3 和 9.7 倍，这表明籼米中 Cd 含量随产地和品种的变化幅度远大于粳米。李坤权等[20]研究表明，不同品种的水稻糙米对土壤中 Cd 的积累能力为籼型＞新株型＞粳型。刁维萍等[21]比较了同种土壤中的 46 个籼型和 39 个粳型水稻的 Cd 含量，结果表明籼型水稻精米、米糠和糙米的 Cd 含量均高于粳型水稻相应部分的 Cd 含量，而稻壳中则相反。杨居荣等[22]采用组织化学及溶剂提取法研究了受污染的水稻和小麦籽实中 Cd、Cu、Pb 的分布及存在形态，结果表明籽实中 Cd、Cu、Pb 主要以蛋白质结合态存在。许嘉林等[23]的研究表明，植物体内的 Cd 多集中在蛋白质部分。因此，籼米中 Cd 含量高于粳米可能与其蛋白质含量较高[24]有关。

供试大米中籼米的 Se 含量显著高于粳米。Se 是生物体内多种酶和蛋白质的重要成分[25]，且以硒氨基酸的形式掺入到蛋白分子中[26]。同一地区食物中蛋白含量的高低，可作为衡量食物 Se 含量高低的指标[27]。籼米中 Se 含量高于粳米可能与其蛋白质含量较高有关。籼米和粳米中 Zn 含量没有显著差异。籼米和粳米间不同的 Cd、Se 含量关系还需进一步研究。

12 个 Cd 超标样品中 11 个为籼米样品，而粳米样品仅 1 个，同时 Cd/Zn 高于 0.015 的样品全为籼米(表 3)。这表明籼米的健康风险远大于粳米，尤其是以酸性水稻土为主的南方籼稻[28]。

3　结　论

1)供试的全国部分市售大米中约 10%的样品中 Cd 含量超标，根据 $R_f D$ 得出这些大米潜在 Cd 暴露风险。供试大米的 Zn、Se 含量普遍偏低，不能满足日常膳食需求。

2)供试大米中 Cd 含量与 Cd/Zn 之间、Se 含量与 Se/Zn 之间均存在显著的正相关。稻米中 Zn 的积累强度低于 Cd 和 Se，10%的供试大米中 Cd/Zn 超出建议临界值 0.015。

3)籼米和粳米的 Zn 含量没有显著差异，但籼米中 Cd、Se 含量明显高于粳米。籼米样品中 Cd 的潜在暴露风险较粳米高且普遍，因此籼米的 Cd 食物安全风险更值得注意。

表 2　两类大米样品中 Cd、Zn 和 Se 含量的变化范围 $mg \cdot kg^{-1}$

Table 2　Variation of Cd, Zn and Se contents of the two types of rice grains

样品	元素	最大值	最小值	均值±标准差	变异系数/%
粳米	Cd	0.232	0.003	0.07±0.04b	61.19
	Zn	30.166	8.320	14.86±3.65a	24.55
	Se	0.106	0.006	0.023±0.016b	69.57
籼米	Cd	1.235	0.029	0.17±0.20a	116.85
	Zn	21.177	11.192	15.96±2.30a	14.40
	Se	0.111	0.004	0.034±0.019a	56.84

注：a、b 表示差异显著性组别($p<0.01$)。

表 3　两类大米中 Cd 含量及 Cd/Zn 超标率分布

Table 3　Frequency distribution of the samples with Cd content and Cd/Zn exceeding the guideline values

类型	样本数	Cd 超标率(＞0.20 $mg \cdot kg^{-1}$)	Cd/Zn 超标率(＞0.015)
粳米	44	2%(1)	0
籼米	47	23%(11)	19%(9)
总计	91	13%(12)	10%(9)

注：括号内数字为超标的样本数。

References(参考文献)：

[1] CHANG A C, PAN Genxing, PAGE A L, et al. *Development human health－related chemical guidelines for reclaimed water and sewage sludge applications in agriculture* [EB/OL]. [2007-09-26]. http://www.envisci.ucr.edu/downloads/chang/WHO-report.pdf.

[2] DUDKA S, MILLER W P. Accumulation of potentially toxic elements in plants and their transfer to human chain[J]. *J Environ Sci and Health*, 1999B, 84(4): 681-708.

[3] CAO Renlin(曹仁林), JIA Xiaokui(贾晓葵), ZHANG Jianshun(张建顺). Study on the controlling cadmium pollution in rice soil[J]. *Farming and Forestry in Tianjin* (天津农林科技), 1999, 12(6): 12-17.

[4] REEVES P G, CHANEY R L. Marginal nutritional status of zinc, iron, and calcium increases cadmium retention in the duodenum and other organs of rats fed rice－based diets[J]. *Environmental Research*, 2004, 96: 311-322.

[5] CHANEY R L, REEVES P G, RYAN J A, et al. An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks[J]. *Biometals*, 2004, 17: 549-553.

[6] HU Qiuhui(胡秋辉), PAN Genxing(潘根兴), AN Xinxin(安辛欣), et al. Effect of Se－enriched tea on antioxidative function of rat[J]. *Journal of Tea Science* (茶叶科学), 2001, 21(1): 44-47.

[7] JIANG Chuan(江川), WANG Jinying(王金英), XIE Dongrong(谢冬容). Research on the importance of selenium to human and selenium nutrition of rice[J]. *Rice and Wheat Technology in Fujian* (福建稻麦科技), 2005, 23(1): 36-38.

[8] WANG Kairong(王凯荣), GONG Huiqun(龚慧群). Comparative studies on the difference of the uptake and redistribution of environmental Cd by two genic rice[J]. *Agro－environmental Protection* (农业环境保护), 1996, 15(4): 145-149, 176.

[9] GONG Weiqun(龚伟群), PAN Genxing(潘根兴). Issues of Cd uptake and the potential health risk of rice production sector of China[J]. *Science & Technology Review* (科技导报), 2006, 24(5): 43-47.

[10] LI Zhengwen(李正文), ZHANG Yanling(张艳玲), PAN Genxing(潘根兴), et al. Grain contents of Cd, Cu and Se by 57 rice cultivars and the risk significance for human dietary uptake [J]. *Environmental Science* (环境科学), 2003, 24(3): 112-115.

[11] LU Rukun(鲁如坤). *The methods of soil and agricultural chemistry analysis* (土壤农业化学分析方法)[M]. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2000: 205-226.

[12] Chinese Nutrition Society(中国营养学会). *The Chinese dietary reference intakes* (中国居民膳食营养素参考摄入量)[M]. Bei-

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

jing: China Light Industry Press, 2000: 207-208.

[13] GAO Liang(高梁), XIA Rongji(夏荣基). *Zinc nutrition and crop harvest* (锌素营养与作物丰收)[M]. Tianjin: Tianjin Technology Translation Publisher, 1993: 19-20.

[14] GONG Weiqun(龚伟群). *Cd uptake by hybrid rice and Cd－Zn correlation in grains in two paddy soils－interactive effect of soil type and cultivars* (杂交水稻对土壤中Cd的吸收与籽粒Zn积累－土壤和品种的交互影响)[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2006.

[15] ZHOU Qixing(周启星), WU Yanyu(吴燕玉), XIONG Xianzhe(熊先哲). Compound pollution of Cd and Zn and its ecological effect on rice plant[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1994, 5(4): 438-441.

[16] SIMMONS R W, PONGSAKUL P, CHANEY R L, et al. The relative exclusion of zinc and iron from rice grain in relation to rice grain cadmium as compared to soybean: Implications for human health [J]. *Plant and Soil*, 2003, 257: 163-170.

[17] CHANEY R L, ANGLE J S, MCINTOSH M S, et al. Using hyper－accumulator plants to phytoextract soil Ni and Cd[J]. *Z Naturforsch*, 2005, 60c: 190-198.

[18] LIU Qin(刘勤). Influences of application of phosphate fertilizer and selenium in paddy soil on absorption of selenium, calcium, zinc and sulphur in rice[J]. *Microelement Science of Guangdong* (广东微量元素科学), 2003, 10(3): 20-24.

[19] WANG Jinying (王金英), JIANG Chuan (江川), ZHENG Jingui (郑金贵). Study on the effect of Se and Zn fertilizer on rice field and mineral nutrition in brown rice [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (中国农学通报), 2006, 22(2): 207-210.

[20] LI Kunquan (李坤权), LIU Jianguo(刘建国), LU Xiaolong(陆小龙), et al. Uptake and distribution of cadmium in different rice cultivars[J]. *Journal of Agro-Environment Science* (农业环境科学学报), 2003, 22(5): 529-532.

[21] DIAO Weiping (刁维萍). *Genotypic differences on cadmium accumulation in rice plants (Oryza sativa L.) and the mechanisms* (水稻不同基因型吸收积累镉的差异及其机理研究)[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2002.

[22] YANG Jurong(杨居荣), CHA Yan(查燕), LIU Hong(刘虹). The distribution and chemical forms of Cd, Cu and Pb in polluted seeds [J]. *China Environmental Science* (中国环境科学), 1999, 19(6): 500-504.

[23] XU Jialin(许嘉林), BAO Ziping(鲍子平), YANG Jurong(杨居荣), et al. Chemical forms of Pb, Cd and Cu in crops[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1991, 2(3): 244-248.

[24] WANG Genqing(王根庆). A study on differences between grain protein and amino acid content in different rice varieties [J]. *Acta Agriculturae Boreali－Sinica* (华北农学报), 1991, 6(2): 7-12.

[25] ZHANG Wenju(张文举), QING Guoping(青国萍). Selenium and human health[J]. *Environment and Health*(环境与健康), 1994, 22(8): 47.

[26] TAN Zhouci(谭周磁). Study on application of selenium (Se) in rice Ⅱ. The effect of Se on increasing resistance and improving the setting character of rice seeding[J]. *Acta Sci Nat Univ Norm Hunan* (湖南师范大学自然科学学报), 1995, 18(4): 58-61.

[27] TAN Zhouci (谭周磁), CHEN Ping (陈平), CHEN Jiaqin(陈嘉勤), et al. Applied research of Se on rice Ⅲ. Research of influence on rice－production and quality of Se content of background and Se fertilizer application[J]. *Acta Sci Nat Univ Norm Hunan* (湖南师范大学自然科学学报), 1997, 20(3): 62-65.

[28] PANG Qianlin(庞乾林). Rice overview[J]. *China Rice* (中国稻米), 2004(3): 44-47.

Cd, Zn and Se content of the polished rice samples from some Chinese open markets and their relevance to food safety

ZHEN Yan-hong, CHENG Yan-jun, PAN Gen-xing, LI Lian-qing

(Institute of Resources, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: This paper is aimed at reporting its investigation over the content of heavy metals in different sorts of rice so far available on the Chinese markets by sampling 91 sorts of rice including 47 of *Japonica* and 44 of *Indica*. The motive of our research is closely related to the health hazards due to food exposure for Chinese people. It is well known that rice has been a predominant diet source in our country. The samples of ours have just been randomly chosen from some open markets over China in 2005. Their respective content rates of Cd, Zn and Se are then determined by using atomic absorption spectrometry (AAS) and atomic fluorescence spectrometry (AFS) individually with the mutual relationship among these elements analyzed. The results of our investigation show that about 10% of the samples had a Cd content beyond the State Food Security Standards ($0.2\ mg \cdot kg^{-1}$), while 70% of the above samples is likely to exert potential health hazards due to the exposure of Cd if the $R_f D$ (USEPA, 2000) value is taken as a reference. In addition, the content levels of Zn and Se in the rice samples prove generally rather low, failing to meet the health need regulation through the regular dietary intake. On the other hand, it is found from our research that there indeed exists positive correlation between the content of Cd and that of Zn, as well as between Se content and that of Zn ratio, which indicates a slight accumulation of Zn in relation to Cd and Se. However, on the whole, 90% of the rice samples has a lower Cd/Zn ratio than the critical value of 0.015 proposed by the American standard. In addition, samples with high Cd content may not be necessarily beyond the regular high Cd/Zn ratio. The fact is that the rice samples of *Indica* may imply much higher Cd and Se content level than that of *Japonica*, with the former suggesting a far higher Cd exposure hazard than the latter. Therefore, the present research can be used as a valuable reference to further studies for the potential effects of the toxic heavy metal content in rice on the human health as well as their relation to the soil-crop-food security.

Key words: agro-environment safety; polished rice; health risk; agro-product market; Cd; Zn; Se

CLC number: X836 **Document code**: A

Article ID: 1009-6094(2008)01-0119-04

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net