

洪湖市某地区农水产品重金属含量特征 及其安全性分析^{*}

郑雄伟¹, 王俊锋¹, 郑国权¹, 胡 青¹, 谭 园², 唐诗群¹, 胡瑞春¹

(1 湖北省地质局地球物理勘探大队, 武汉 430056)

(2 武汉侏罗纪技术开发有限公司, 武汉 430073)

摘要:基于洪湖市某地区水土地质环境特点和农产品特色进行农作物和水产品样品的布置和采集。根据样品的汞、镉、铅、砷、铬等元素含量测试结果,分析研究区农水产品中主要重金属元素含量分布特征,利用富集系数探讨根系土和底积物重金属含量异常的生态效应,参照相应食品重金属安全指标限值评价农水产品的安全性。结果表明:该区重金属生态危害较大,具有一定程度的污染;不同种类的农水产品内重金属含量顺序不同,说明不同农水产品对重金属的累计存在差异,稻谷和螃蟹的重金属含量一般高于鱼、藕带、莲子;生物对 Cr 和 Pb 的富集能力高于对 As、Cd 和 Hg 的富集能力,这与生物体对重金属元素的主动吸收和代谢有关。

关键词:重金属;农水产品;安全性分析;洪湖市

中图分类号:X131.3

文献标识码:A

文章编号:2096-1871(2016)04-300-06

近年来,虽然我国农水产品产量不断上升,但农水产品的质量安全问题却日益严重^[1],这不但危害身体健康,且影响我国农水产业的可持续性发展,农水产品安全性研究已成为生态学和环境科学的热点之一^[2-3]。湖泊受外部自然因素和内部持续作用不断演变,具有一定的特殊性和复杂性,目前对湖泊中农水产品的安全性研究不多^[4-9]。本文在对测试数据详细分析的基础上,对洪湖市农水产品中的重金属含量分布和安全性进行研究,为该区生态环境评价提供依据。

1 研究区概况

洪湖市位于湖北省南部(东经 113°07′~114°05′,北纬 29°39′~30°12′)。本次研究所涉及的“洪湖市某地区”指洪湖市两镇一区(黄家口镇、汉河镇、小港管理区),总面积 308 km²,其中小港管理区 25 km²,黄家口镇 137 km²,汉河镇 146 km²,研究区具体范围见图 1。

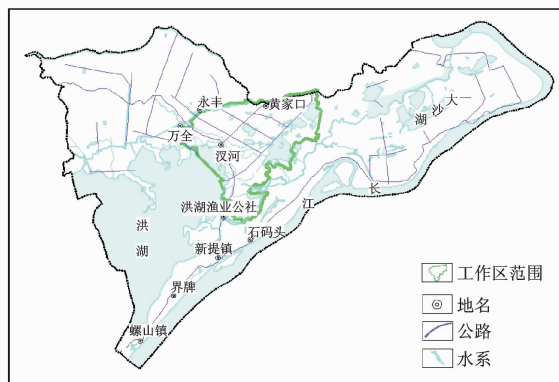


图 1 研究区交通位置图

Fig. 1 Map showing the traffic location of the studied area

2 材料与方法

2.1 采样布置

选定采样的品种为水稻、藕带、莲子、鱼和螃蟹,在不同地貌类型或不同土壤类型共采集样品 91 件(含重复样),其中水稻样 35 件,藕带样 18 件,莲子样 7 件,鱼样 25 件,螃蟹样 6 件。研究区农水产品

^{*} 收稿日期:2015-12-19 改回日期:2016-01-13 责任编辑:汪建宁

基金项目:湖北省“金土地”工程——高标准基本农田地球化学调查项目(任务书编号:洪土资发[2014]13号)。

第一作者简介:郑雄伟,1986年生,男,研究生,助理工程师,矿产普查与勘探专业,主要从事矿产勘查及农业地质调查工作。

样点和品种分布见图 2。

2.2 样品采集与加工

样品采集后,立即将采集的植株样品按根、茎、叶、籽粒等分开,以免养分转移。样品较多时,在测产和考查产量指标后,送样前用四分法缩分至所需样品重量。

2.3 采样记录

调查和记录农作物种植田块的地理地貌、地下水、成土母质成因、土壤类型等;对采样点农作物的品种、生长情况(播种、移植、抽穗、扬花、收割等时期和长势)、田间管理情况(灌溉、施肥、除草)、耕作制度等农田管理制度作详细调查和记录。

2.4 样品送样

采集农作物灌浆期的样品,将样品及时装入保鲜袋中并作好标签。样品带回室内后,先用自来水冲洗,后用蒸馏水冲洗,放在干燥通风处晾干。用于监测的样品立即送往实验室作湿剂分析。当天不能处理或分析的样品,暂放在冷箱内冷藏^[10]。

2.5 样品测试分析

在国土资源部武汉综合岩矿测试中心对农作物样品进行测试分析,分析项目为 As、Cd、Pb、Hg、

Cr。分析测试过程中的质量控制严格按照中国地质调查局《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》[DD2005-01]执行^[11]。

3 农水产品中的重金属含量特征

参照农(水)产品食品安全评定指标^[12],以主要重金属有害元素汞、镉、砷、铅、铬作为评价对象。结果显示,评价区内以稻谷、鱼为主的各类农(水)产品中主要重金属有害元素的含量均值分别为:汞 0.0077 mg/kg、镉 0.0424 mg/kg、砷 0.119 mg/kg、铅 0.172 mg/kg、铬 0.220 mg/kg,依次排序为铬>铅>砷>镉>汞。

农水产品稻谷中各元素的含量区间分别为:砷 0.094~0.286 mg/kg、汞 0.001~0.0035 mg/kg、镉 0.0097~0.4085 mg/kg、铅 0.055~0.398 mg/kg、铬 0.147~0.645 mg/kg;鱼类中各元素的含量区间分别为:砷 0.004~0.057 mg/kg、汞 0.0029~0.077 mg/kg、镉 0.0005~0.0028 mg/kg、铅 0.005~0.02 mg/kg、铬 0.11~0.22 mg/kg。两类农水产品中各重金属有害物质在生物体内的富集程度存在较大差异,其余农水产品中重金属含量区间值见表 1。

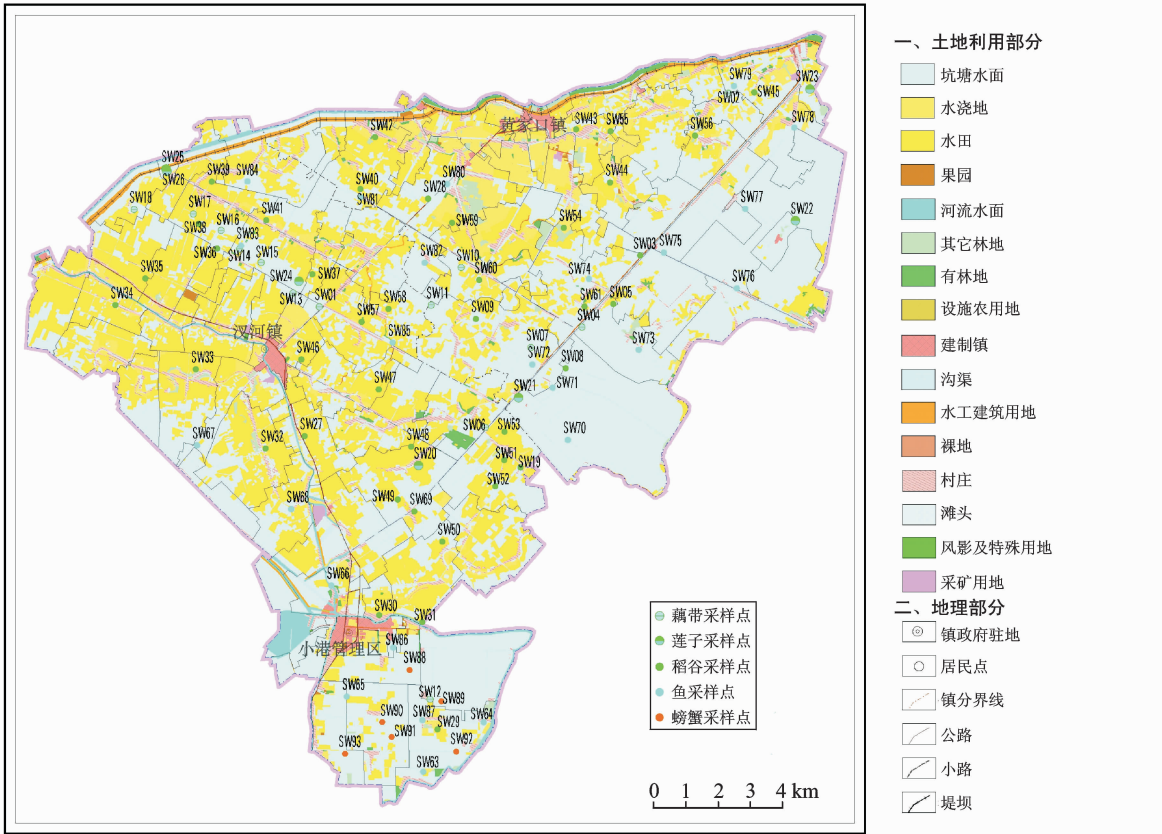


图 2 研究区农水产品样点和品种分布图

Fig. 2 Distribution map of sampling positions and varieties of agricultural products and aquatic products in the studied area

表 1 农水产品干样中可食部分重金属元素含量特征参数 (mg/kg)

Table 1 Characteristic parameters of heavy-metal element contents in the edible parts of dried samples from agricultural aquatic products

样类	元素	As	Hg	Cd	Pb	Cr
全部样品	平均值	0.119	0.0077	0.0424	0.172	0.220
	最大值	0.455	0.0772	0.4085	1.228	1.062
	最小值	0.004	0.0001	0.0005	0.005	0.082
藕带	平均值	0.023	0.0001	0.0065	0.427	0.240
	最大值	0.066	0.0002	0.0111	1.228	1.062
	最小值	0.004	0.0001	0.0037	0.080	0.082
莲子	平均值	0.094	0.0016	0.1011	0.125	0.318
	最大值	0.140	0.0030	0.2104	0.176	0.421
	最小值	0.077	0.0010	0.0409	0.092	0.215
稻谷	平均值	0.195	0.0023	0.0788	0.120	0.238
	最大值	0.286	0.0035	0.4085	0.398	0.645
	最小值	0.094	0.0010	0.0097	0.055	0.147
鱼	平均值	0.016	0.0161	0.0012	0.009	0.151
	最大值	0.057	0.0772	0.0028	0.020	0.220
	最小值	0.004	0.0029	0.0005	0.005	0.111
螃蟹	平均值	0.287	0.0336	0.0338	0.050	
	最大值	0.455	0.0547	0.0647	0.084	
	最小值	0.188	0.0257	0.0146	0.025	

3.1 水稻对主要重金属有害物质的累积效应

共采集研究区各类土壤 13 件,包括水稻根、茎叶、籽实三个部位的样品,对其重金属蓄积尺度用生物富集系数表达,其数值等于农作物中重金属含量与对应土壤中重金属含量之比,该系数是衡量土壤重金属被农作物吸收难易程度的指标^[13](表 2),由表 2 可知:

表 2 水稻重金属元素生物富集系数统计 (%)

Table 2 Statistics of the biological enrichment coefficients of heavy metal elements in rice

样品数(件)	根(13)	茎叶(13)	籽实(13)
汞	数值区间	22.7~98.6	21.87~54.72
	平均值	45.1	33.51
镉	数值区间	35.77~317.5	5.19~75.02
	平均值	117.5	21.32
砷	数值区间	46.29~1029.9	1.86~39.9
	平均值	424.56	15.95
铅	数值区间	7.2~33.19	0.88~7.88
	平均值	14.65	2.92
铬	数值区间	5.64~24.61	2.42~9.63
	平均值	11.54	4.85

(1)镉在水稻的根、茎叶和籽实中均有较高含量,生物富集系数分别为 117.5、21.32 和 13.08,反映镉在所有重金属中活性度最高,生物活性度最大,

是农业安全最需关注的元素。

(2)砷在水稻的根系中高度富集,生物富集系数高达 424.56,而茎叶、籽实迅速降低,生物富集系数分别为 15.95 和 1.36,水稻对砷的蓄积效应是其对砷的生物学嗜好,目前尚不清楚该嗜好如何影响水稻的生长。

(3)汞、铅在水稻的根和茎叶富集,生物富集系数分别为:根部汞 45.1,铅 14.65;茎叶汞 33.51,铅 2.92;在籽实中汞、铅含量迅速降低,富集系数分别为:汞 3.89,铅 0.19。

(4)按照各重金属生物富集尺度,水稻生长过程对重金属蓄积响应的顺序为,根:砷>镉>汞>铅>铬;茎叶:汞>镉>砷>铬>铅;籽实:镉>汞>砷>铬>铅。

3.2 水稻重金属蓄积对土壤的选择

根据土壤酸碱度表对水稻 13 件样品进行分类统计,计酸性土(pH 值<6.5)1 件,中性土(pH 值 6.5~7.5)6 件,碱性土(pH 值>7.5)6 件,包括镉、铅、砷、汞四项(表 3)。

镉:酸性土水稻根镉平均 817.32 ng/g,茎叶平均 116.5 ng/g,籽实平均 85.85 ng/g;中性土根镉平均 614 ng/g,茎叶平均 123.81 ng/g,籽实平均 61.34 ng/g;碱性土根镉平均 343.4 ng/g,茎叶平均 54.41 ng/g,籽实平均 45.55 ng/g。可知镉在酸性土中最具蓄积能力,在碱性土中的蓄积能力最低。无论酸性土镉本底含量多低,水稻都会对镉产生偏高量蓄积,且该蓄积存在于水稻的整个生长过程。

砷:酸性土水稻根砷平均 87.88 mg/kg,中性土根砷平均 77.23 mg/kg,碱性土根砷平均 36.48 mg/kg;酸性土籽实砷平均 0.21 mg/kg,中性土籽实砷平均 0.2 mg/kg,碱性土籽实砷平均 0.17 mg/kg,水稻根砷在酸性土中偏高。依据砷在稻谷根、茎、叶中的富集系数变化可知,籽实、茎叶中砷的富集系数相对于根系几乎下降两个数量级,反映不同的土壤环境下,水稻生长对砷的吸收态势(表 4)。

铅、汞:两者在水稻中的蓄积特征相似,各类土壤中均为根部具有较高的蓄积度,至茎叶、籽实逐步下降。

3.3 水产品(鱼)主要重金属有害物质累积效应

研究区内鱼体汞、镉、砷、铅、铬的平均含量分别为 0.016 mg/kg、0.0012 mg/kg、0.016 mg/kg、0.009 mg/kg和 0.151 mg/kg(表 1)。研究区各产地鱼中的主要重金属含量分布特征见图 3,镉在各产地鱼体中的含量均较低;汞在汉河、小港区鱼中的

表 3 水稻在不同酸碱度土壤中生物富集系数统计

Table 3 Statistics of the biological enrichment coefficients of rice in soils with different acidity and alkalinity

样品	土壤类型	铬		镉		铅		砷		汞	
		含量 (mg/kg)	富集系数/%	含量 (mg/kg)	富集系数/%	含量 (mg/kg)	富集系数/%	含量 (mg/kg)	富集系数/%	含量 (mg/kg)	富集系数/%
根系	酸性土	19.93	21.05	817.32	157.48	10.79	33.19	87.88	606.1	45.57	63.29
	中性土	7.98	8.33	614	135.75	5.62	16.07	77.23	509.5	24.91	36.43
	碱性土	11.74	13.18	343.38	92.62	3.02	10.14	36.48	309.37	26.35	50.78
茎叶	酸性土	4.45	4.7	116.46	22.44	1.49	4.59	5.67	39.12	39.4	54.72
	中性土	4.61	4.99	123.81	27.8	0.9	2.56	2.97	19.45	20.08	29.23
	碱性土	4.22	4.75	54.41	14.66	0.89	3	1.06	8.59	18.43	34.25
籽实	酸性土	0.15	0.16	85.85	16.54	0.05	0.15	0.21	1.47	2	2.78
	中性土	0.21	0.22	61.34	13.63	0.07	0.21	0.2	1.37	2.42	3.54
	碱性土	0.3	0.32	45.55	11.96	0.05	0.17	0.17	1.34	2.33	4.41

表 4 农水产品食品安全质量评价结果

Table 4 Assessment results of food safety for agricultural and aquatic products

农水产品	样本数	汞		镉		砷	
		超标数	合格率/%	超标数	合格率/%	超标数	合格率/%
藕带	18	0	100	0	100	0	100
稻谷	35	0	100	3	91.4	0	100
鱼	25	0	100	0	100	0	100
螃蟹	5	0	100	0	100	0	100

农水产品	样本数	铅		铬		
		超标数	合格率/%	超标数	合格率/%	
藕带	18	1	94.4	1	94.4	7 件莲子中参考蔬菜标准有 1 件镉超标。
稻谷	35	1	97.1	0	100	
鱼	25	0	100	0	100	
螃蟹	6	0	100	0	100	

含量最高,其中小港区鱼体中的最高含量达 0.077mg/kg;砷在各产地鱼体中的含量普遍较高。全部样品中主要重金属元素汞、镉、砷、铅、铬的富集系数值依次为:汞>镉>铬>砷>铅;各产地鱼对汞的蓄积程度依次为:小港>汉河>小汉湖渔场>黄家口>形斗湖渔场>里湖渔场。各产地鱼对砷、镉、铅、铬的富集蓄积效应见图 4。

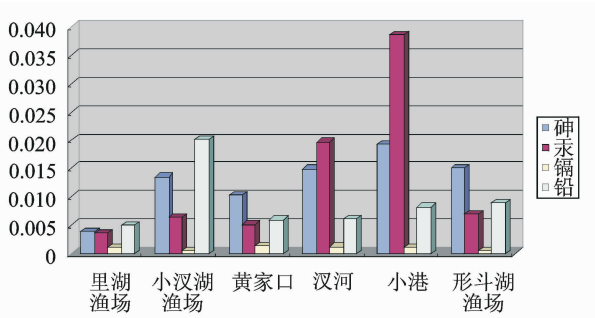


图 3 研究区鱼中重金属元素含量对比图

Fig. 3 Content comparison of heavy metal elements in fish in the studied area

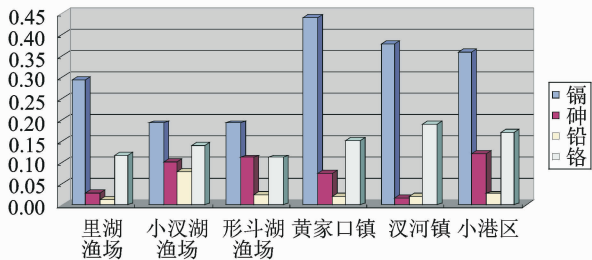


图 4 研究区鱼中主要重金属元素富集系数值对比图

Fig. 4 Enrichment coefficients comparison of main heavy metal elements in fish in the studied area

3.4 塘藕(藕带)中主要重金属有害物质累积效应

根据当地实际农业产业结构分布特点布置采集 18 件水生蔬菜藕带(塘藕)样品,重金属元素汞、镉、砷、铅、铬的含量均值分别为 0.0001 mg/kg、0.0065 mg/kg、0.023 mg/kg、0.43 mg/kg 和 0.24 mg/kg (图 5)。调查发现藕带中汞、镉、砷、铅等各主要重金属元素的蓄积量最高的为铅,平均值为 0.43 mg/kg,最大值为 1.23 mg/kg,分别高出稻谷含铅量的 3.3

倍,高出鱼体内含铅量的 47 倍。藕带中汞、砷、铅等重金属有害物质的富集系数排序为:镉>铅>铬>汞>砷,显然生物体对元素的吸收能力及蓄积量值并不完全取决于土壤母体中的本底量值,而与其本身的生物效应、元素在土壤中的赋存状态、活化、迁移能力及土壤氧化还原环境等多种因素有关(图 6)。

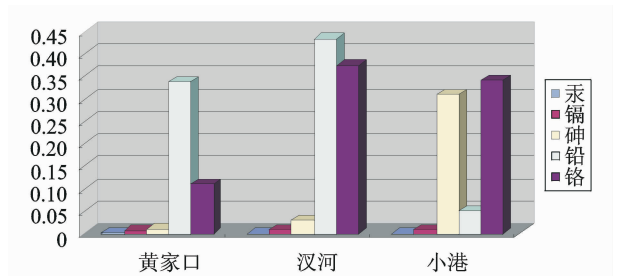


图 5 研究区藕带中重金属元素含量对比图
Fig. 5 Content comparison of heavy metal elements in lotus in the studied area

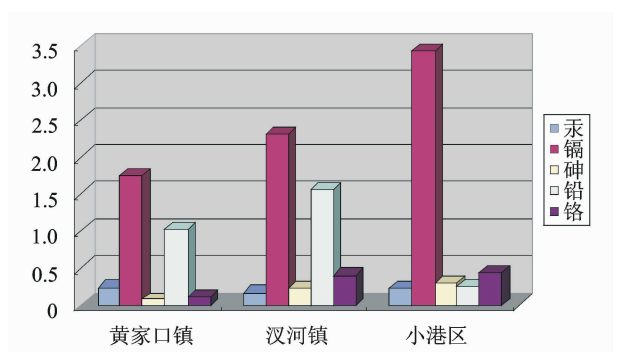


图 6 研究区各水产品产地藕带中重金属元素富集系数值对比图
Fig. 6 Enrichment coefficients comparison of heavy metal elements in lotus in different aquatic production areas

4 安全性分析

依照食品(干样)安全性评价执行标准^[14-17],样本总合格率为 94.5%。其中藕带 1 件铅超标,1 件铬超标;稻谷 3 件镉超标,1 件铅超标;鱼和螃蟹达标;莲子 1 件镉超标(表 4)。将稻谷镉、铅超标样品投于地球化学背景图(图 7),可知:

(1)稻谷镉与镉本底地球化学背景无直接关系,镉超标主要与酸性土壤环境有关,2 个超标样点根系土的 pH 值分别为 HHSW49(6.5)、HHSW50(6.8),均为酸性、中酸性土壤区,该区水稻土养分欠缺、阳离子交换量低,在养分不足条件下,水稻对养分的“饥渴”需求导致吸收成分上的无序,镉更多进入作物中,造成稻谷品质降低,该区优质水稻种植非适宜区。其它土壤高镉背景区采集的稻谷未见任何超标。

(2)对比于全区土壤背景,稻谷铅超标样品采集

点处于铅的低背景、低量分布区,与铅的本底地球化学背景无关,土壤为中偏酸性,阳离子交换量低,土壤环境综合等级偏低,使得铅在稻谷生长中在吸取养分的同时更易进入作物体内,该样品产地处在洪湖—仙桃省道东侧,极易受机动车含铅尾气污染,造成稻谷铅超标。

(3)18 件藕带、7 件莲子中分别有 1 件铅超标、1 件铬超标,1 件镉超标,与稻谷中个别超标大致相似。

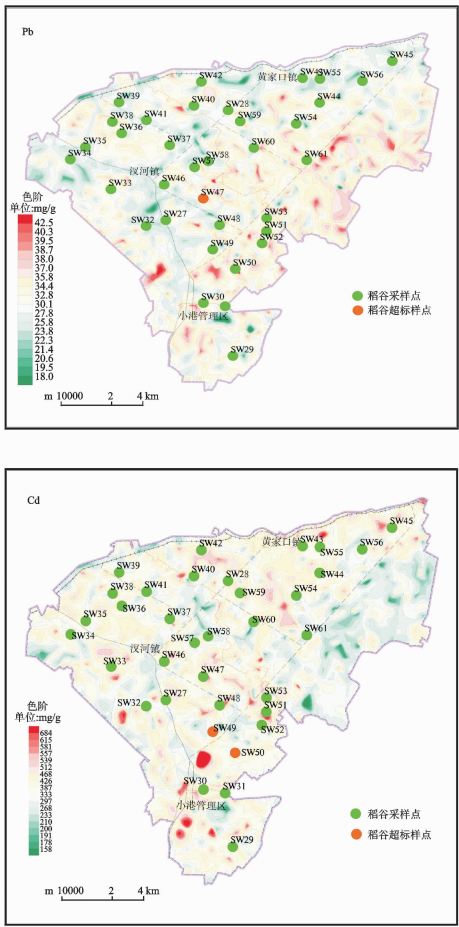


图 7 稻谷样品与区域土壤本底含量关系对比图
Fig. 7 Comparison maps showing the concentration relationship between rice samples and soil background

5 结论

该区重金属生态危害较大,具有一定程度的污。不同农水产品对重金属的累计存在差异,稻谷和螃蟹的重金属含量一般高于鱼、藕带、莲子。生物对 Cr 和 Pb 富集能力高于 As、Cd 和 Hg,与生物体对重金属元素的主动吸收和代谢因素有关。

参考文献

[1] 武少兴,龚子同,黄标. 我国土壤中的溶态硒含量及其

- 与土壤理化性质的关系[J]. 中国环境科学 1997, 17 (6):43-46.
- [2] 王军,陈振楼,王初,等. 上海崇明岛蔬菜地土壤重金属含量与生态风险预警评估[J]. 环境科学, 2007, 28(3): 647-653.
- [3] 余涛,杨忠芳. 重金属元素摄入总量与健康安全评估[J]. 地质通报, 2008, 27(2):196-202.
- [4] 乔胜英,蒋敬业,向武,等. 武汉地区湖泊沉积物重金属的分布及潜在生态效应评价[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3):353-357.
- [5] 唐阵武,程家丽,岳勇,等. 武汉典型湖泊沉积物中重金属累积特征及其环境风险[J]. 湖泊科学, 2009, 21 (1):61-68.
- [6] 胡国成,许振成,赵学敏,等. 高州水库表层沉积物重金属污染特征及生态风险评价[J]. 环境科学研究, 2011, 24(8):949-957.
- [7] 黄清辉,王磊,王子健. 中国湖泊水域中磷形态转化及其潜在生态效应研究动态[J]. 湖泊科学, 2006, 18(3): 199-206.
- [8] 毛志刚,谷孝鸿,陆小明,等. 太湖东部不同类型湖区底泥疏浚的生态效应[J]. 湖泊科学, 2014, 26(3): 385-392.
- [9] 马振东,张德存,闭向阳,等. 武汉沿长江、汉江 Cd 高值带成因初探[J]. 地质通报, 2005, 24(8):740-743.
- [10] 谢洪忠,杨世瑜. 三江并流带旅游地质资源环境现状及保护[J]. 资源调查与环境, 2003, 24(2):131-136.
- [11] 奚小环. 生态地球化学与生态地球化学评价[J]. 物探与化探, 2004, 28(1):10-15.
- [12] 环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB15618-1995 土壤环境质量标准[S]. 北京:环境保护部,1995.
- [13] 赵天石. 地质环境要素的层次分析方法——以辽宁省下辽河平原为例[J]. 资源调查与环境, 2003, 24(1):1-6.
- [14] 国家标准化管理委员会,国家质量监督检验检疫总局. GBT22499-2008 中国国家标准富硒稻谷[S]. 北京:环境保护部,2008.
- [15] 卫生部. GB2762-2012 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S]. 北京:卫生部,2012.
- [16] 农业部. NYT842-2004 中国农业行业标准 绿色食品淡水鱼[S]. 北京:农业部,2004.
- [17] 农业部. NY5064-2005 中国农业行业标准 无公害食品淡水蟹[S]. 北京:农业部,2005.

Characteristics of the concentrations of heavy metals of agricultural and aquatic products in a certain area of Honghu City and its security analysis

ZHENG Xiong-wei¹, WANG Jun-feng¹, ZHENG Guo-quan¹, HU Qing¹,
TAN Yuan², TANG Shi-qun¹, HU Rui-chun¹

(1 Hubei Institute of Geophysical Exploration, Wuhan 430056, China)

(2 Wuhan Jurassic Technology Development co., LTD, Wuhan 430073, China)

Abstract: On the basis of hydrogeologic characteristics of soil and water environment and variety of agricultural and aquatic products in Honghu City, this study conducted comprehensive analysis on distribution and characteristics of agricultural and aquatic products. The contents of heavy metals such as Hg, Cd, Pb, As and Cr were used to analyze the distribution features of these elements in agricultural and aquatic products. Meanwhile, the ecological effect of the abnormal heavy-metal concentrations in the root soil and sediments at bottom was discussed using enrichment coefficients and the security of agricultural and aquatic products in this area has also been evaluated by reference to the allowable maximum values of heavy metals in corresponding foods. The results show that concentrations of heavy metals have imposed ecological influence on this area to some extent. The sequences of the concentrations of heavy metal elements vary with types of agricultural and aquatic products, indicating that different agricultural and aquatic products differ in the accumulation of heavy metal elements. The concentrations of heavy metal elements in rice and crab are generally higher than that in fish, lotus root and lotus seed. Enrichment capability of creatures for chromium and lead is higher than that for arsenic, cadmium and mercury, which might be related to the creatures' active absorption for heavy metal elements and metabolic factors.

Key words: heavy metals; agricultural and aquatic products; security analysis; Honghu City

