# 湖北省不同区域土壤与农作物硒相关性研究

闫加力,徐春燕,杨 军,项剑桥,赵 敏,黄 彬 (湖北省地质科学研究院,湖北武汉 430034)

**摘要** [目的]探究不同区域3种农作物水稻、玉米和小麦籽实硒含量与其根系土硒含量的相关性。[方法]通过收集湖北省"金土地"工程土壤及农作物数据,根据区域地貌特征划分为鄂西山区、鄂北岗地和沿江平原,研究不同区域3种农作物硒含量与其土壤硒含量的相关性。[结果]不同区域的土壤硒背景值为:鄂西山区0.88 mg/kg,鄂北岗地0.33 mg/kg,沿江平原0.34 mg/kg。鄂西山区农作物的籽实硒含量与其根系土硒含量相关性最好,鄂北岗地次之,沿江平原相关性最弱甚至不相关。[结论]鄂西地区富硒土壤最多,最易生产出富硒农作物,沿江平原富硒土壤广泛分布,在适宜条件下也易生产出富硒农作物。

**关键词** 相关性;硒含量;不同区域;土壤;农作物
**中图分类号** S158.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517 – 6611(2018)06 – 0121 – 03

**Correlation Study between Crop Selenium and Its Soil Selenium in Different Regions of Hubei Province**

**YAN Jia-li, XU Chun-yan, YANG Jun et al** (Hubei Institute of Geosciences, Wuhan, Hubei 430034)

**Abstract** [Objective]To explore the correlation between crop(rice, maize and wheat) selenium content and its soil selenium content in different regions. [Method] By collecting soil and crop data of the "Golden Land" project in Hubei Province, according to the regional geomorphic characteristics, the research area was divided into western Hubei mountainous area, northern Hubei downland and riparian plain, and then correlation between three different crops selenium content and its soil selenium content was researched in different regions. [Result]The soil selenium content background in different regions was 0.88 mg/kg in western Hubei mountainous area, 0.33 mg/kg in northern Hubei downland and 0.34 mg/kg in riparian plain. The correlation of crop selenium content and its soil selenium content in western Hubei mountainous area was the best ,the next was northern Hubei downland, the riparian plain was the worse. [Conclusion] In western Hubei mountainous area, there are most rich selenium soil, and selenium-rich crops are the easiest to produce. However, in riparian plain, rich selenium soil is wide distribution, and selenium-rich crops are easily produced under suitable conditions.

**Key words** Correlation;Selenium content;Different regions;Soil;Crop

硒是生态系统中重要的微量元素之一[1]。研究发现,硒与人体的许多疾病都有关,如心血管疾病、大骨节病、克山病以及一些癌症等[2]。我国有70%以上地区1亿人口缺硒[3],通过食物补硒来保障人体健康早已成为众多学者关注的焦点[4]。我国低硒地区目前一般是通过人为补充外源硒来提高农作物的硒含量,但是这种方式可能存在安全用量和环境污染的问题[5],所以在天然富硒区加强富硒农产品的生产开发是目前的研究趋势。有研究表明,农作物的富硒水平与土壤背景值具有一定的相关性[6-7],土壤中硒的分布、赋存状态均影响农作物对硒的吸收和迁移转化。湖北省硒资源丰富,具有硒资源总量大、分布广、品质优的特点,开发这些资源不仅可以生产出大量的富硒农产品,还能满足人们补硒的需求[8]。

选取湖北省大宗农作物水稻、玉米、小麦为研究对象,收集湖北省"金土地"工程——高标准基本农田地球化学调查的土壤及农作物数据,研究湖北省不同区域土壤与农作物硒的相关性,从而为湖北省富硒土壤的评价提供科学依据。

## 1 研究区概况

湖北省位于108°21′42″ ~ 116°07′50″E、29°01′53″ ~ 33°16′47″N,地势西高东低,东、西、北三面环山,中间低平,略呈向南敞开的不完整盆地,海拔20 ~ 3 000 m。全省总面积18.59 $km^2$,其中山地占56%,丘陵岗地占24%,平原湖区占20%。江汉平原地势平坦,是全国重要的粮、棉、油、水产品生产基地。近年来,湖北省发现了大面积的富硒土壤资源,土壤性状良好有利于富硒作物和产品的生产,有利于农业和非农业的开发。恩施州被誉为"世界硒都",拥有全球唯一的独立硒矿床和广泛的富硒土壤,硒资源集多样性、丰富性于一身,在发展富硒特色产业和富硒旅游业方面具有得天独厚的条件。

研究区根据富硒土壤资源分布,兼顾特色农业产业发展区域,按地貌特征及区域分布位置划分为沿江平原区、鄂北岗地—汉江夹道区和鄂西山区3个区域。沿江平原区是指沿长江和汉江平原地带,地形平坦,河渠湖泊发育,海拔一般为20 ~ 40 m。鄂北岗地—汉江夹道区是指秦岭—大别山与江汉平原过渡的丘陵 – 岗坡地带,地形波状起伏,海拔一般为50 ~ 300 m。鄂西山区指鄂西部山区地带,岩溶发育,山谷纵深,海拔一般为500 ~ 3 000 m。

## 2 研究方法

该研究收集湖北省"金土地"工程——高标准基本农田地球化学调查土壤数据共62 900余个以及农作物及其根系土数据4 800余个。依据富硒土壤资源分布,按地貌特征及区域分布位置将土壤总数数据划分为沿江平原区、鄂北岗地—汉江夹道区(以下简称鄂北岗地)和鄂西山区3部分;同时将农作物及其根系土壤数据除按照区域划分外,还按照农作物类型水稻、小麦、玉米分类提取,进行土壤背景值求取和相关性研究。

根据中国地质调查局《土壤地球化学基准值与背景值研究若干要求》计算各区域的土壤硒含量背景值。首先根据SPSS正态检验和频数直方图判定数据是否服从正态分布,若不服从则对数据进行剔除,直至得到样本数据。得到的样本数据若呈正态分布,则土壤背景值用算术平均值表示,若

**基金项目** 湖北省国土资源厅2016年科技发展项目(ETZ2016A14)。
**作者简介** 闫加力(1988—),女,山西朔州人,工程师,硕士,从事农业地质研究。
**收稿日期** 2017 – 12 – 15

呈对数正态分布,则土壤背景值用几何平均值表示,若呈偏态分布,则土壤背景值用中位值或算术平均值表示。

应用 SPSS 统计分析软件进行相关性分析,同时采用 Excel 软件绘制表征线性关系的散点图,采用 Pearson 相关系数表征 2 个因素的相关程度。

## 3 结果与分析

**3.1 不同区域土壤硒背景值** 将收集的"金土地"工程 62 900余个数据按照鄂西山区、鄂北岗地和沿江平原区分区整理统计,根据 SPSS 正态检验和频数分布(图 1)分析可知,鄂西山区土壤硒含量呈对数正态分布,其土壤硒含量背景值由几何平均值代替,为 0.88 mg/kg;鄂北岗地土壤硒含量呈偏态分布,其土壤硒含量背景值由算术平均值代替,为 0.33 mg/kg;沿江平原区土壤硒含量数据呈正态分布,其土壤硒含量背景值由算术平均值代替,为0.34mg/kg,具体见表 1。总体土壤硒含量背景值由高到低为鄂西山区、沿江平原、鄂北岗地,表明鄂西山区是极为富硒的地带,沿江平原也有一定量的富硒土壤资源,鄂北岗地硒资源相对较少,这与目前的研究情况一致。

**表 1 不同区域土壤硒含量背景值**

**Table 1 Background value of soil selenium in different regions** mg/kg

| 地区 Area | 分布类型 Distribution type | 算术/几何平均值 Arithmetic/geometric mean | 土壤硒背景值 Soil selenium background value |
|---|---|---|---|
| 鄂西山区 Western Hubei mountain area | 对数正态 | 0.88 | 0.88 |
| 鄂北岗地 Northern Hubei downland | 偏态 | 0.33 | 0.33 |
| 沿江平原 Riparian plain | 正态 | 0.34 | 0.34 |

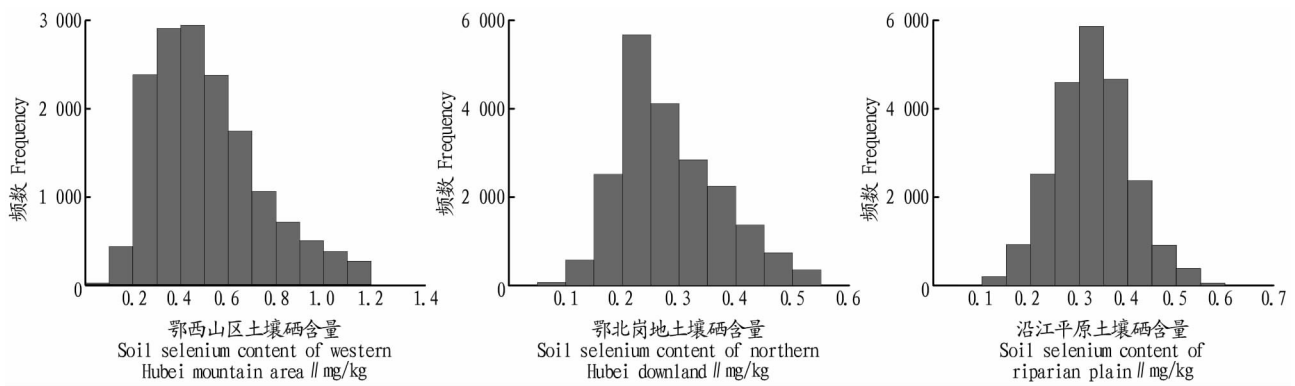



**图 1 不同区域土壤硒含量频数分布**

**Fig. 1 The frequency distribution of selenium content in different regions**

**3.2 不同区域土壤与农作物硒相关性**

**3.2.1** 鄂北岗地土壤与农作物硒相关性。以鄂北岗地农作物籽实硒含量为纵坐标,对应土壤硒含量为横坐标,对不同种类农作物分别绘制散点图(图 2)。由图 2 可知,鄂北岗地小麦籽实硒含量与其土壤硒含量线性关系良好,$R$ 值为 0.314;水稻和玉米籽实硒含量与其土壤硒含量线性关系也较好,表现有一定的趋势性,但是由于离散点间距较大使得 $R$ 值较小。说明鄂北岗地土壤与农作物硒相关性小麦最强,水稻次之,玉米最弱。

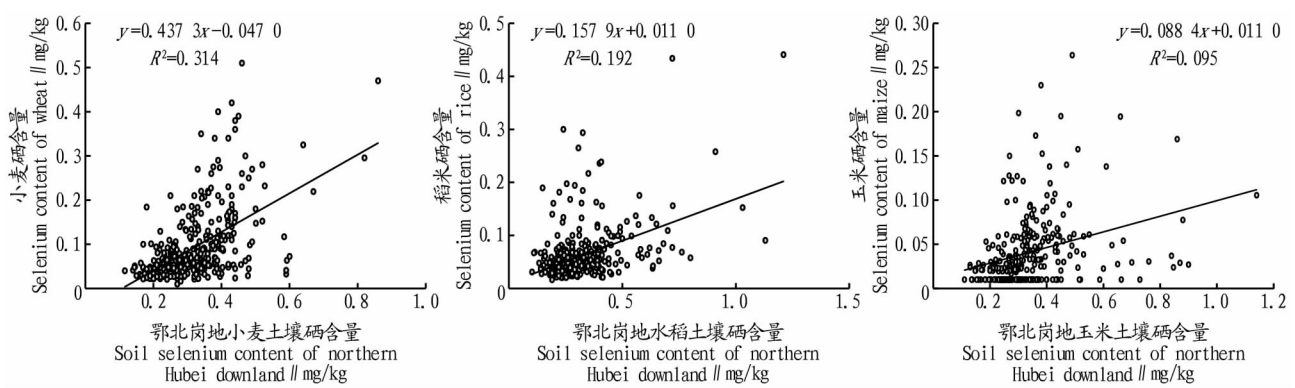



**图 2 鄂北岗地不同农作物硒含量与其根系土硒含量线性关系**

**Fig 2 The linear relation of different crops selenium content and its soil selenium content in northern Hubei downland**

同时,对水稻、小麦和玉米硒含量及其根系土硒含量做 Pearson 相关性分析,结果如表 2 所示。水稻、小麦和玉米籽实硒含量与其土壤硒含量均在 0.01 水平显著相关,且小麦硒含量与其根系土硒含量的相关性最高,$P$ 值为 0.560,水稻和玉米次之,$P$ 值分别为 0.438 和 0.309。与前面散点图的线性关系表征一致,说明鄂北岗地土壤硒对小麦硒含量的影响比水稻和玉米强。

**3.2.2** 鄂西山区土壤与农作物硒相关性。由于鄂西山区小

麦种植较少,数据样本不足,因此该研究没有考虑小麦,仅分析水稻和玉米这 2 种农作物。分别以水稻和玉米籽实硒含量为纵坐标,对应土壤硒含量为横坐标绘制散点图(图 3),由图 3 可知,鄂西山区水稻和玉米籽实硒含量与其土壤硒含量线性关系均表现良好,$R$ 值分别为 0.686 4 和 0.431 9。

同时,对水稻和玉米籽实硒含量与其根系土硒含量做 Pearson 相关性分析,结果显示水稻和玉米的籽实硒含量与其土壤硒含量均在 0.01 水平显著相关,且水稻 $P$ 值为 0.828、玉米 $P$ 值为 0.657,说明鄂西山区水稻和玉米的籽实硒含量与其根系土硒含量呈显著正相关关系,籽实硒含量随着根系土硒含量的增加而升高。这是因为鄂西山区大多是二叠系残坡积土壤,土壤硒含量高,使得很多农作物硒含量也较高。

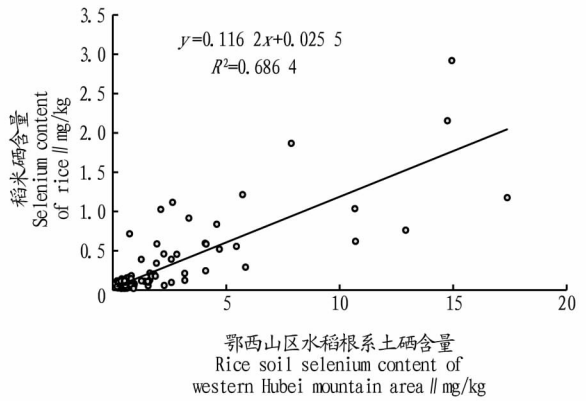
**表 2　鄂北岗地不同农作物硒含量与其根系土硒含量相关性**

**Table 2　The correlation between different crops selenium content and soil selenium content in northern Hubei downland**

| 作物 Crop | 样本数量 $N$ Sample//个 | $P$ 值 $P$ value |
|---|---|---|
| 水稻 Rice | 434 | 0.438** |
| 小麦 Wheat | 374 | 0.560** |
| 玉米 Maize | 287 | 0.309** |

注:** 表示在 0.01 水平(双侧)显著相关

Note : ** stands for significant correlation at 0.01 level (double side)



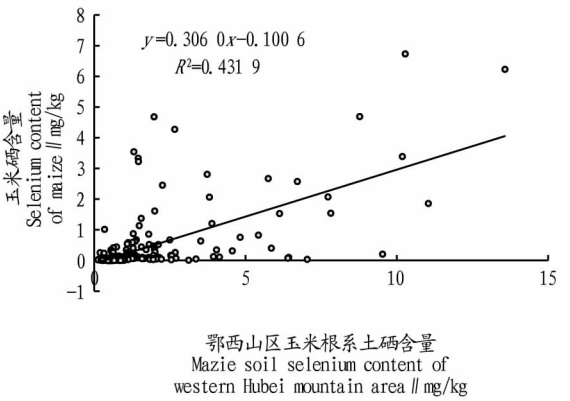




**图 3　鄂西山区不同农作物硒含量与其根系土硒含量线性关系**

**Fig. 3　The linear relation of different crops selenium content and its soil selenium content in western Hubei mountainous area**

**3.2.3**　沿江平原土壤与农作物硒相关性。以沿江平原农作物籽实硒含量为纵坐标,对应土壤硒含量为横坐标,对不同种类农作物分别绘制散点图(图 4),由图 4 可知,沿江平原水稻、小麦和玉米的籽实硒含量与其土壤硒含量线性关系不好,$R$ 值均较小。

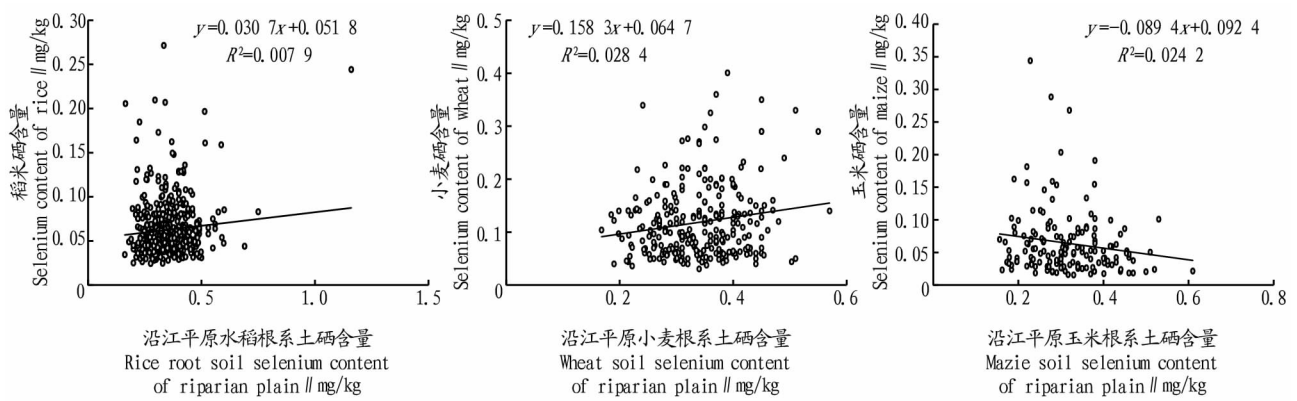



**图 4　沿江平原不同农作物硒含量与其根系土硒含量线性关系**

**Fig. 4　The linear relation of different crops selenium content and its soil selenium content in riparian plain**

## 4　结论

不同区域土壤硒含量背景值由高到低为鄂西山区、沿江平原、鄂北岗地,与目前的调查研究情况一致。鄂西山区土壤大多是二叠系残坡积发育,土壤硒含量高,而沿江平原区土壤大多是第四系冲积湖积物形成,土壤硒来源复杂,农作物硒含量受土壤理化性质等因素的综合影响,从而使不同区域农作物籽实硒含量与其根系土硒含量的相关性表现为:鄂西山区最强,鄂北岗地次之,沿江平原最弱。可见鄂西地区富硒土壤最多,最易生产出富硒农作物;沿江平原富硒土壤广泛分布,在适宜条件下也易生产出富硒农作物。

## 参考文献

[1] 齐玉薇,史长义. 硒的生态环境与人体健康[J]. 微量元素与健康研究,2005,22(2):63 - 66.

[2] 余光辉,温琰茂,张磊,等. 广州市蔬菜中硒含量特征分析[J]. 农业环境科学学报,2007,26(3):1045 - 1048.

[3] 谭伟中,王志勇,马纯英,等. 隆回县天然富硒茶开发前景初探[J]. 茶叶通讯,2005,32(3):15 - 16.

(下转第 138 页)

表 8 8 种农药在 4 种蔬菜中的消解动态

Table 8 Decline dynamics of 8 kinds of pesticides in 4 kinds of vegetables

| 农药 Pesticide | 作物 Crop | 回归方程 Regression equation | 相关系数 ($r$) | 半衰期($t_{1/2}$) Half-life//d |
|---|---|---|---|---|
| 吡虫啉 | 甘蓝 | $y=0.111e^{-0.498x}$ | 0.971 1 | 1.4 |
| Imidacloprid | 辣椒 | $y=0.260\ 7e^{-0.082x}$ | 0.974 1 | 8.4 |
| | 黄瓜 | $y=0.076\ 2e^{-0.275\ 2x}$ | 0.979 8 | 2.5 |
| | 茄子 | $y=0.043e^{-0.103x}$ | 0.882 1 | 6.7 |
| 氟啶虫酰胺 | 甘蓝 | — | — | — |
| Flonicamid | 辣椒 | $y=0.087\ 7e^{-0.039x}$ | 0.923 5 | 17.7 |
| | 黄瓜 | $y=0.070\ 6e^{-0.195x}$ | 0.978 2 | 3.6 |
| | 茄子 | — | — | — |
| 氯虫苯甲酰胺 | 甘蓝 | $y=0.140\ 8e^{-0.225x}$ | 0.904 7 | 3.1 |
| Chlorantraniliprole | 辣椒 | $y=0.372\ 2e^{-0.110\ 0x}$ | 0.926 6 | 6.3 |
| | 黄瓜 | $y=0.048\ 6e^{-0.245x}$ | 0.899 7 | 2.8 |
| | 茄子 | $y=0.022\ 7e^{-0.053x}$ | 0.904 3 | 13.1 |
| 茚虫威 | 甘蓝 | — | — | — |
| Indoxacarb | 辣椒 | $y=0.085\ 5e^{-0.056x}$ | 0.897 2 | 12.4 |
| | 黄瓜 | — | — | — |
| | 茄子 | $y=0.020\ 1e^{-0.183x}$ | 0.867 5 | 3.8 |
| 螺虫乙酯 | 甘蓝 | $y=0.078\ 8e^{-0.093x}$ | 0.898 6 | 7.5 |
| Spirotetramat | 辣椒 | $y=0.215\ 6e^{-0.137x}$ | 0.952 1 | 5.1 |
| | 黄瓜 | — | — | — |
| | 茄子 | — | — | — |
| 氟啶虫胺腈 | 甘蓝 | — | — | — |
| Sulfoxaflor | 辣椒 | $y=0.717\ 2e^{-0.046\ 0x}$ | 0.931 9 | 15.1 |
| | 黄瓜 | — | — | — |
| | 茄子 | $y=0.058\ 2e^{-0.125\ 4x}$ | 0.956 0 | 5.5 |
| 乙基多杀菌素 | 甘蓝 | — | — | — |
| Spinetoram | 辣椒 | $y=0.057\ 7e^{-0.177\ 4x}$ | 0.914 2 | 3.9 |
| | 黄瓜 | — | — | — |
| | 茄子 | — | — | — |

注:—为残留量低于检出限,不能满足一级动力学方程要求

Note:"—"indicated that the residues were less than detection limit,and couldn't satisfy the demand of first order kinetic equation

通过田间试验 1 次施药的方法研究了 8 种杀虫剂在 4 种蔬菜上的田间残留消解情况,烯啶虫胺施药 2 h 后,在 4 种作物上的残留量参照日本茄子上 MRL 值,满足安全使用要求;螺虫乙酯、氟啶虫酰胺、茚虫威、乙基多杀菌素施药 2 h 后在 4 种作物上依据欧盟最大残留限量标准,满足安全使用要求;氟啶虫胺腈施药 2 h 后在 4 种作物上依据 CAC 最大残留限量标准,满足安全使用要求;氯虫苯甲酰胺施药 2 h 后在 4 种作物上依据我国最大残留限量标准,满足安全使用要求,消解速度快,药后 2 h 残留量在安全范围,符合替代使用的要求。在实际应用时,应注意不同药剂之间的轮换使用、控制施药剂量和次数,在必须加大用药量的情况下,可依据该试验结果提供的残留消解数据进行计算,合理使用。

## 参考文献


[1] 李海屏,成四喜,李敏,等. 新烟碱类杀虫剂烯啶虫胺述评[J]. 世界农药,2013,35(1):20-23,36.

[2] 谢文,吴青君,徐宝云,等. 螺虫乙酯对烟粉虱的防治效果评价[J]. 中国蔬菜,2011(14):69-73.

[3] 闫潇敏,宁斌科,王列平,等. 新型邻酰胺基苯甲酰胺类杀虫剂氯虫苯甲酰胺的合成与应用[J]. 世界农药,2009,31(6):20-23.

[4] 世凯威,汤丛峰,李薇,等. 新型农药氟啶虫酰胺在苹果中的残留消解及膳食风险评估[J]. 农药,2015,54(9):674-677.

[5] 李富根,艾国民,李友顺,等. 茚虫威的作用机制与抗性研究进展[J]. 农药,2013,52(8):558-560.

[6] 陈国,朱勇,赵健,等. 乙基多杀菌素在稻田水、土壤和水稻植株中的残留及消解动态[J]. 农药学学报,2014,16(2):153-158.

[7] 曲春鹤,王彭. 氟啶虫胺腈对桃蚜的室内杀虫活性及田间防治效果[J]. 农药,2017,56(3):216-218.

[8] 农药最大残留限量数据库[DB/OL]. (2012-05-29)[2016-03-02]. http://202.127.42.84/tbt-sps/mrlsdb/mrlsdb.do.

[9] 国家卫生和计划生育委员会,中华人民共和国农业部. 食品中农药最大残留限量:GB 2763—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

[10] 农业部农药检定所,山西省农药重点实验室. 农药残留试验准则:NY/T 788—2004[S]. 北京:中国农业出版社,2004.

[11] 农业部农药检定所,环保部南京环境科学研究所. 化学农药环境安全评价试验准则 第 2 部分水解试验:GB/T 31270.2—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2015.


(上接第 123 页)


[4] 潘柳波,黄薇,王舟,等. 深圳市中心城区居民膳食硒营养水平评估[J]. 职业与健康,2013,29(20):2603-2605.

[5] 赵妍,宗良纲,曹丹,等. 江苏省典型茶园土壤硒分布特性及其有效性研究[J]. 农业环境科学学报,2011,30(12):2467-2474.

[6] 周小娟,张嫣,祝莉玲,等. 武汉市侏儒-消泗地区农田系统中硒的分布特征及有效性研究[J]. 地质科技情报,2016,35(4):158-163,171.

[7] 付豪,徐宏林,胡绍祥,等. 仙桃市西南部土壤与农作物中硒的分布特征[J/OL]. 资源环境与工程,2017-12-05[2017-12-10]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1736.P.20171205.1312.028.html.

[8] 项剑桥,胡瑞春,张元培,等. 湖北省江汉流域经济区土壤硒资源分布特征及利用前景[J]. 资源环境与工程,2015,29(4):431-435.