

doi: 10.11720/wtyht.2014.6.30

杨志强,李杰,郑国东,等.广西北部湾沿海经济区富硒土壤地球化学特征[J].物探与化探,2014,38(6):1260-1264,1269.http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.6.30

Yang Z Q, Li J, Zheng G D, et al. Geochemical characteristics of selenium-rich soil in Beibu Gulf coastal economic zone of Guangxi[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2014, 38(6): 1260-1264, 1269. http://doi.org/10.11720/wtyht.2014.6.30

广西北部湾沿海经济区富硒土壤地球化学特征

杨志强,李杰,郑国东,陈彪 钟晓宇

(广西地质勘查总院,广西南宁 530023)

摘要:通过对广西北部湾沿海经济区土壤硒含量调查,研究了土壤总硒含量的分布特征、成因来源及其与土壤理化性质的关系。研究表明,表层土壤总硒含量为 $(0.06\sim 0.90)\times 10^{-6}$,平均值为 0.44×10^{-6} ,深层土壤总硒含量为 $(0.07\sim 0.92)\times 10^{-6}$,平均值为 0.44×10^{-6} ,研究区表层和深层土壤分别有 62.2%和 64.5%属于富硒土壤。表层土壤总硒对深层土壤总硒具有一定的继承性,土壤总硒主要受控于成土母质。相关分析表明,土壤中总硒含量与 C、OrgC、 Al_2O_3 、 TFe_2O_3 等呈显著性正相关,说明土壤中有有机碳、铁锰氧化物对硒的地球化学行为有重要影响。研究区生态环境质量优良,具有开发富硒农产品的潜力。

关键词: 北部湾沿海经济区;土壤环境调查;土壤地球化学;硒

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2014)06-1260-05

硒是人体和动物所必需的一种微量元素,能提高人体抗癌、抗衰老能力^[1]和动物机体免疫力^[2],对镉、砷、汞、银等重金属毒性具有明显的拮抗作用^[3]。缺硒会引起人体和动物发生白肌病、克山病、大骨节病等多种疾病^[4-6]。人体需要的硒主要通过食物链从土壤获取。因此,土壤中硒含量高低、迁移转化规律、存在形态及其影响因素一直都是国内外学者研究的热点^[7-10]。笔者采用网格化方法,首次系统采集了广西北部湾沿海经济区的高密度表层和深层土壤样品,分析了土壤全硒含量的地球化学分布特征、成因来源及其影响因素,为广西北部湾沿海经济区提升土地利用价值和开发富硒产品提供依据。

1 研究区概况

本次工作范围选取以北海市、钦州市、防城港市为中心的北部湾沿海经济区,覆盖面积约为 4 200 km²,地跨北纬 108°5′~109°43′,东经 21°31′~22°4′。研究区地处亚热带季风气候,以河流冲积平原、海积平原和丘陵为主,是广西重要的工农业经济区。成土母质主要为冲洪积砂砾岩、碎屑岩、侵入岩和硅

质岩。主要土壤类型为赤红壤、紫色土、水稻土、砖红壤、酸性硫酸盐土、滨海盐土、火山灰土。

2 材料和方法

2.1 样品采集与处理

采用双层网格化方法采样。表层土壤样的采样密度为 1 个/km²,采样深度为 0~20 cm,在采样小格中沿路线 3~5 处多点采集组合形成 1 个样品,1 个/4 km² 组合分析。深层样采样密度为 1 个/4 km²,采样深度为 150~200 cm(当遇土层发育较薄,4 km² 范围内多次试探挖不到 150 cm 厚的土层时,采集地表 120 cm 以下的土柱),1 个/16 km² 组合分析。共采集到表层组合样 1 084 个,深层组合样 327 个。采样点一般布设于农田、园地、林地、草地及山地丘陵等土层较厚地带,采样时避开新近搬运的堆积土、垃圾堆和局部污染明显的地区;老城区在历史较长的公园、林地以及其他空旷地带采样;新城区(或开发区)在尚未开发利用的农用地中采样。采集的样品充分晾干后过 200 目筛,按要求组合成每个样 400 g,送样测试分析。组合样点成土母质类型以单点类型所占比例最多的一类作为其类型,当 4 个单

究区水稻根系土的平均值^[14]。

国内外学者对富硒土壤已经做了很多研究报道,但对富硒土壤的含量界定还没有统一的标准。谭见安^[15]通过研究我国硒缺乏地方病,划分出硒的生态景观类型为:硒不足($<0.125 \times 10^{-6}$)、潜在硒不足($(0.125 \sim 0.175) \times 10^{-6}$)、足硒($(0.175 \sim 0.40) \times 10^{-6}$)、富硒($(0.4 \sim 3.0) \times 10^{-6}$)、硒中毒($\geq 3.0 \times 10^{-6}$)。依据这种划分,分别对表层和深层土壤总硒含量做等值线分布(图1)。可以看出,表层土壤总体上属于富硒土壤(占62.23%),足硒、潜在硒不足和硒不足土壤面积分别占总面积的37.13%、0.34%和0.31%;深层土壤对应的富硒、足硒、潜在硒不足和硒不足土壤面积分别占64.54%、35.03%、0.43%和0.01%。从空间分布上看,表层和深层土壤总硒含量具有高度的空间一致性,说明表层土壤硒对深层硒有一定的继承性。研究表明,硒在土壤中的分布受成土母质、成土过程、生物过程以及硒的地球化学性等多种因素影响,呈现出同一地层不同采样点或不同地层中土壤总硒含量存在一定的差异。总体上,研究区大部分土壤面积属于富硒和足硒土壤,缺硒地区主要分布在东兴市沿珍珠港一端。

3.2 富硒土壤成因分析

成土母质是岩石经过风化作用后,就地残积或

搬运再积在地壳表层的,可形成未来土壤的疏松堆积物。笔者依据不同形成时代和岩性划分了研究区的成土母质,以深层土壤(150~200 cm)元素含量表征成土母质元素含量,统计了不同成土母质的硒含量(表1)。硒含量由高到低依次为:二叠系内源沉积岩>志留系陆源碎屑岩>三叠系陆源碎屑岩>泥盆系陆源碎屑岩>志留系中—酸性侵入岩>侏罗系陆源碎屑岩>古近系陆源碎屑岩>第四系陆源碎屑岩>白垩系陆源碎屑岩>二叠系中—酸性侵入岩>泥盆系内源沉积岩。由于母岩种类、物质来源、物质组成以及不同地层年代气候、生物、地形、构造运动等的差异,使得研究区不同成土母质的总硒含量呈现出一定的差异性。在样品数相当的情况下,总硒含量随着沉积时代由新到老有增高的变化趋势,如志留系陆源碎屑岩硒含量高于第四系陆源碎屑岩,泥盆系陆源碎屑岩硒含量高于白垩系陆源碎屑岩。

表2统计了全区以及分布面积最广的3种成土母质对应的表层和深层总硒含量的对比情况。表层土壤总硒含量与深层土壤总硒含量均达到显著相关,表明表层土壤总硒含量总体上受控于深层土壤总硒含量。不同成土母质对应的表层土壤总硒含量富集贫化趋势不同(图2)。总体上,研究区表层土壤硒富集作用不明显。这与研究区气候属于亚热带

表1 北部湾沿海经济区不同成土母质硒含量统计

成土母质	最小值/ 10^{-6}	最大值/ 10^{-6}	平均值/ 10^{-6}	样品数	标准偏差	变异系数
二叠系内源沉积岩	0.54	0.58	0.56	2	0.02	4.41%
志留系陆源碎屑岩	0.13	0.90	0.53	106	0.16	30.52%
三叠系陆源碎屑岩	0.47	0.51	0.49	3	0.02	4.10%
泥盆系陆源碎屑岩	0.28	0.81	0.48	18	0.15	30.55%
志留系中—酸性侵入岩	0.43	0.43	0.43	1		
侏罗系陆源碎屑岩	0.23	0.92	0.42	25	0.14	32.31%
古近系陆源碎屑岩	0.11	0.66	0.38	37	0.14	36.93%
第四系陆源碎屑岩	0.07	0.85	0.38	115	0.14	37.00%
白垩系陆源碎屑岩	0.18	0.48	0.33	9	0.10	28.89%
二叠系中—酸性侵入岩	0.28	0.28	0.28	1		
泥盆系内源沉积岩	0.17	0.37	0.27	4	0.10	39.15%

表2 北部湾沿海经济区不同成土母质形成的表层与深层土壤总硒含量对比

成土母质	土壤深度	均值/ 10^{-6}	相关系数	样品数
全区	表层	0.44	0.455 **	1071
	深层	0.44		
志留系陆源碎屑岩	表层	0.51	0.439 **	366
	深层	0.53		
古近系陆源碎屑岩	表层	0.36	0.308 **	141
	深层	0.38		
第四系陆源碎屑岩	表层	0.42	0.380 **	374
	深层	0.38		

注:**表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

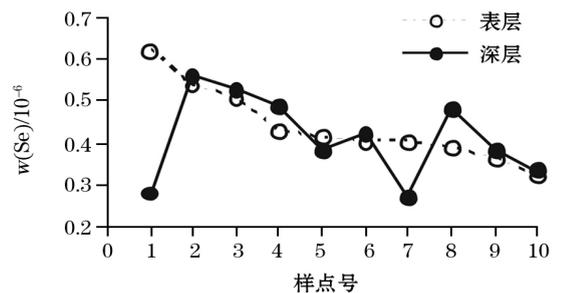


图2 北部湾沿海经济区表层与深层土壤总硒散点分布

海洋性季风气候,风化作用强烈,降雨量大,土壤中硒多以易淋失的阴离子盐存在,与铁铝化合物、粘土矿物一起淋失向下迁移,造成表层土壤硒富集程度不明显有关。

由图1看出,研究区缺硒地区主要分布在东兴市沿珍珠港一端,成土母质主要为第四系陆源碎屑岩,而同一母质发育的中部和东南端,同在沿海地区却是富硒土壤,其主要原因是缺硒地区的土壤类型为滨海盐土,富硒地区土壤类型为砖红壤。滨海盐土偏碱性,土壤淋滤作用强,硒主要以硒酸盐形式存在,容易发生迁移淋溶和被植物吸收,而砖红壤普遍硒含量高。可见气候因素在一定程度上造成同一母质发育形成的不同土壤类型,其硒含量会有差异。

综上所述,研究区地处海洋性季风气候,成土母质风化强烈,易造成土壤总硒的风化流失和气体挥发,王子健等^[16]对低硒带土壤硒的挥发过程研究表明,增加湿度有利于土壤硒的挥发,但在土壤湿度进一步增加时(>35%),硒的挥发受到抑制,在适合微生物生长的湿度范围内,升高温度对硒的挥发有利。但通过调查发现,研究区表层土壤总体上属于富硒土壤。以往研究表明,质地细的粒级具有富集硒的

特性,与铁、铝、钙相关关联的化合物,特别是氧化物和次生矿物对土壤保留硒具有非常重要的作用,对土壤总硒的贡献率随海拔高度降低而增加,至平原区最大^[17]。研究区地处冲积平原区,高硒成土母质岩性主要以灰色含砾砂岩、细砂岩、粉砂岩为主,并且深层铁铝氧化物相对富集,土壤淋溶物、胶体黏粒及有机体在深层土壤大量累积,这些因素使得硒能够在土壤中固定下来,进一步说明研究区土壤硒可能与高硒岩层有关。

3.3 土壤硒含量与土壤性质、组分的关系

表3为表层土壤各元素及pH值与硒的相关系数。从统计结果可以看出,研究区土壤硒与C和OrgC具有显著的正相关关系($p < 0.01$),表明有机质对硒具有一定的吸附和固定作用,硒能够以腐殖质缔合的形态存在并在土壤中固定下来。以往研究表明,有机质通过静电吸附大量硒,阻止了硒向植物的迁移,造成有机质虽然增加了土壤硒含量,但抑制了植物对硒的吸收^[18-19]。李杰等^[14]通过水稻与根系土富集程度研究,说明了富集系数与根系土有机质含量成负相关。

表3 北部湾沿海经济区表层土壤总硒含量与其他元素含量的相关性

元素	C	OrgC	N	P	CaO	pH	Mn	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃
相关系数	0.628**	0.578**	0.608**	0.350**	-0.078*	-0.258**	0.132**	0.606**	0.538**
元素	S	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	Ni
相关系数	-0.114**	0.272**	0.100**	0.547**	0.221**	0.102**	0.177**	0.182**	0.316**

注:**表示在0.01水平(双侧)上显著相关;*表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

研究区土壤硒与N和P呈显著正相关关系($p < 0.01$),说明土壤中大量N、P的存在不利于土壤硒向植物迁移转化。赵文龙等研究发现小白菜对磷酸盐的选择性吸收要强于亚硒酸盐,且高浓度磷能抑制硒由小白菜的地下部向地上部转运^[20]。研究表明,磷灰石易吸附Se⁴⁺,而几乎不吸收Se⁶⁺,说明研究区土壤中的硒主要以亚硒酸盐形式存在^[18]。

硒与CaO($p < 0.05$)和pH($p < 0.01$)呈显著负相关,这主要因为硒在酸性和中性条件下主要以亚硒酸盐形式存在,迁移淋溶较弱,生物有效性低;在碱性条件下主要以硒酸盐形式存在,容易迁移且易被植物吸收利用^[21]。硒与Al₂O₃、TFe₂O₃和Mn呈显著正相关($p < 0.01$),表明在富铁、锰和铝的环境中,硒易于富集。研究表明,在湿润和酸性土壤中,硒主要以亚硒酸盐形式存在,且倾向于与铁、锰、铝的半倍氧化物形成较难溶的配合物和化合物,或被金属氢氧化物捕获^[18]。随着土壤风化程度增加,硒含量随之增加。相关系数大小差异,可能是由于铁、锰、

铝氧化物对硒的亲力和吸附力不同引起。

硒与S、As、Cd、Cu、Hg、Pb和Zn呈显著正相关($p < 0.01$),这与它们属于亲硫元素,具有相似的地球化学性质有关。硒与Cr和Ni呈显著正相关($p < 0.01$),表明硒主要来源于成土母质,这是由于Cr和Ni属于亲铁元素,研究认为土壤Cr、Ni主要受控于成土母质^[22]。

3.4 硒的生态效应评价

在研究区采集70件水稻样品,发现59件样品为天然富硒水稻,有6件样品Cd、As和Pb呈现不同程度的超标^[14]。依据土壤环境质量标准(GB156-1995),对研究区表层土壤环境质量进行评价,研究区I、II类土壤面积占到总面积的98%,III类土壤面积占总面积的近2%,IV类土壤面积极少。可见,研究区土地质量良好,为开发富硒农产品提供了有利条件。研究区土壤普遍呈酸性且富铁、铝,易于硒在土壤中固定下来。为了使硒更好地向植物中迁移,在日常施肥过程中,应合理施肥,改良土壤酸碱

性,控制 C、N、P 等大量进入农田,增加植物对土壤硒的吸收。

4 结论

(1)研究区表层和深层土壤总硒平均含量均高于 0.4×10^{-6} ,高于全国土壤 A 层平均含量 0.29×10^{-6} ,土壤总体上属于富硒土壤(62.23%)和足硒土壤(37.13%)。

(2)表层土壤受控于深层土壤,成土母质中二叠系内源沉积岩和志留系陆源碎屑岩硒含量最高,总硒含量随着沉积时代由新到老有增高的变化趋势。缺硒地区土壤类型为滨海盐土,受气候条件的影响,造成硒易迁移淋溶。考虑到母岩种类、物质来源、物质组成以及不同地层年代、气候及土壤化学组分等对土壤硒含量分布特征的影响,初步推断土壤硒主要来源于富硒岩层。

(3)硒与土壤中 C、OrgC、N、P、 Al_2O_3 、 TFe_2O_3 、Mn、S、As、Cd、Cu、Hg、Pb 和 Zn 呈显著正相关,与 CaO 和 pH 呈负相关。研究区土壤环境质量优良,土壤富铁、铝,硒易于在土壤中固定下来,且发现天然富硒水稻,具有开发富硒农产品的潜力。

参考文献:

[1] Kolachi N F, Kazi T G, Wadhwa S K, et al. Evaluation of selenium in biological sample of arsenic exposed female skin lesions and skin cancer patients with related to non-exposed skin cancer patients[J]. *Sci Total Environ*, 2011, 409(17):3092-3097.

[2] Ben A I, Troudi A, Garoui E, et al. Protective effects of selenium on methimazole nephrotoxicity in adult rats and their offspring[J]. *Exp Toxicol Pathol*, 2011, 63(6):553-561.

[3] Jarzynska G, Falandysz J. Selenium and 17 other largely essential and toxic metals in muscle and organ meats of Red Deer (*Cervus elaphus*)—consequences to human health [J]. *Environ Int*, 2011, 37(5):882-888.

[4] 谭见安,朱文郁. 克山病与环境硒等生命元素的关系[J]. *中国*

地方病学杂志, 1991, 10(5):269-274.

[5] 何锦,安永会,贾小丰,等.阿坝州饮水中硒和氟元素与大骨节病关系研究[J]. *地下水*, 2012(2):9-10.

[6] 刘晓庆,王斌,雷艳霞.硒、碘、氟与大骨节病关系的研究进展[J]. *国外医学:医学地理分册*, 2012, 33(2):83-85.

[7] 黄淇,成杭新,陈出新,等.北京市房山区富硒土壤调查与评价[J]. *物探与化探*, 2013, 37(5):889-894.

[8] 王增辉,张华平,王存龙,等.山东省章丘富硒大葱产地土壤地球化学环境及适宜性研究[J]. *物探与化探*, 2013, 37(1):122-127.

[9] 蔡子华,宋明义,胡艳华,等.湖沼相富硒土壤的发现及其生态学意义[J]. *物探与化探*, 2011, 35(2):248-253.

[10] 魏然,侯青叶,杨忠芳,等.江西省鄱阳湖流域根系土硒形态分析及其迁移富集规律[J]. *物探与化探*, 2012, 35(1):109-113.

[11] Lisk D J. Trace Metals in Soils, Plants, and Animals [G]//N. C. B. *Advances in Agronomy*, Academic Press, 1972:267-325.

[12] 刘铮. *中国土壤微量元素* [M]. 南京:江苏科学技术出版社, 1996.

[13] 李杰,杨志强,刘枝刚,等.南宁市土壤硒分布特征及其影响因素探讨[J]. *土壤学报*, 2012(05):1012-1020.

[14] 李杰,郑国东,杨志强,等.广西北部湾沿海经济区水稻及根系土硒含量特征[J]. *地球与环境*, 2013(03):226-232.

[15] 谭见安. *中华人民共和国地方病与环境图集* [M]. 北京:科学出版社, 1990.

[16] 王子健,赵利华,彭安.低硒带土壤中硒的挥发过程研究[J]. *环境化学*, 1989(02):7-11.

[17] 侯少范,李德珠,王丽珍,等.暖温带地理景观中土壤硒的分异特征[J]. *地理学报*, 1992(01):31-39.

[18] 杨忠芳,余涛,侯青叶,等.海南岛农田土壤 Se 的地球化学特征[J]. *现代地质*, 2012(05):837-849.

[19] 王子健.中国低硒带生态环境中硒的环境行为研究进展[J]. *环境化学*, 1993, 12(3):237-243.

[20] 赵文龙,胡斌,王嘉薇,等.磷与四价硒的共存对小白菜磷、硒吸收及转运的影响[J]. *环境科学学报*, 2013(07):2020-2026.

[21] 朱建明,梁小兵,凌宏文,等.环境中硒存在形式的研究现状[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2003, 22(1):75-81.

[22] Rodríguez Martín J A, Arias M L, Grau Corbí J M. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations [J]. *Environmental Pollution*, 2006, 144(3):1001-1012.

Geochemical characteristics of selenium-rich soil in Beibu Gulf coastal economic zone of Guangxi

YANG Zhi-Qiang, LI Jie, ZHENG Guo-Dong, CHEN Biao, ZHONG Xiao-Yu

(Guangxi Geological Exploration General Institute, Nanning 530023, China)

Application research on dipole method leakage detection

YANG Ping¹, KONG Bo², JIANG Yu-Xiang¹, WANG Yan-Ni¹

(1. School of Information, Beijing Union University, Beijing 100101, China; 2. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of China, Beijing 100088, China)

Abstract: Dipole method can be used to detect the leakage on the impermeable membrane. The thickness of the medium on the impermeable membrane and the distance from the detection point to the membrane will influence the sensitivity of dipole detection. Based on the principle of high voltage DC leakage detection method, the authors analyzed the influence of medium's thickness on the detection. The results show that it is difficult to detect the leakage by moving the dipole on the medium surface when the thickness of the medium increases, but if the dipole can approximate the membrane, the dipole can detect the obvious potential abnormalities when it is approaching the leak.

Key words: impermeable membrane; leakage detection; dipole

作者简介: 杨萍(1974-),女,河南新县人,副教授,博士,主要从事信息采集与环境监测方面的研究。

上接 1264 页

Abstract: Based on geochemical investigation of soil in the study area, the authors studied characteristics of selenium distribution, sources and physical-chemical properties of soil in the Beibu Gulf coastal economic zone of Guangxi. The results show that the total selenium content in surface soil is from 0.06×10^{-6} to 0.90×10^{-6} , with the average value of 0.44×10^{-6} . The total selenium content in deep soil is from 0.07×10^{-6} to 0.92×10^{-6} , with the average value of 0.44×10^{-6} . The total selenium content in the surface soil to a certain extent has inherited the selenium from the parent materials. The correlation analysis indicates that the total selenium content in soil has a significant positive correlation with carbon, organic carbon, aluminum oxide and total iron oxide, indicating that organic carbon, iron and manganese oxides in the soil and the weathering and leaching extent play important roles in the geochemical behaviors of selenium. The ecological quality of the study area is excellent with the potential of developing selenium-rich agricultural products.

Key words: Beibu Gulf coastal economic zone of Guangxi; soil environment survey; soil geochemistry; selenium

作者简介: 杨志强(1963-),男,教授级高级工程师,本科,地球化学专业,主要研究方向为矿产资源勘查和勘查地球化学。E-mail: zyyangzq@163.com