

曹容浩. 福建省龙海市表层土壤硒含量及影响因素研究[J]. 岩矿测试, 2017, 36(3): 282 - 288.
CAO Rong-hao. Study on Selenium Content of Surface Soils in Longhai, Fujian and Its Influencing Factors[J]. Rock and Mineral Analysis, 2017, 36(3): 282 - 288. 【DOI: 10. 15898/j. cnki. 11 - 2131/td. 201606130084】

福建省龙海市表层土壤硒含量及影响因素研究

曹容浩

(福建省地质调查研究院, 福建 福州 350013)

摘要: 在龙海市土壤地球化学调查数据基础上, 开展土壤硒含量特征、影响因素分析等项研究工作, 可为研究区富硒土地资源开发提供依据。本文通过采用原子荧光光谱法(AFS)对福建省龙海市表层土壤4394件样品硒含量进行了分析测试, 结果表明: 龙海市表层土壤的硒含量为0.031~2.361 mg/kg, 平均值为0.354 mg/kg, 足硒、富硒土壤面积占全地区面积的88.69%。同时发现, 成土母质、土地利用方式、土壤pH、有机质含量以及海拔高度是影响龙海市土壤硒含量的重要因素。火山凝灰岩区、花岗岩区成土母质发育的土壤硒含量较高; 在不同土地利用方式中, 林地土壤的硒含量最高, 园地、耕地土壤的硒含量适中; 土壤硒含量与有机质含量、海拔高度呈正相关, 与pH呈负相关, 说明在酸性、富含有机质的土壤环境中硒元素易于富集, 尤其是高海拔的山地丘陵区土壤中硒的富集作用更加明显。本研究成果对龙海市土地的合理规划利用、富硒产业的科学发展具有重要价值。

关键词: 表层土壤; 硒含量; 影响因素; 福建沿海

中图分类号: S151.93; O613.52 **文献标识码:** A

硒是被世界卫生组织和国际营养组织确认的人类与动物体内必须的微量元素之一, 具有调节并提高人体免疫力以及抗肿瘤的功能, 其主要机理是通过与蛋白质特别是酶蛋白结合发挥抗氧化作用, 同时对砷、汞等重金属毒性有显著的拮抗作用。缺硒会导致大骨节病和地方性克山病等疾病的发生^[1-4]。人类和动物获取硒的主要途径是食物, 而食物中硒的来源是土壤, 因此土壤是硒生态循环中至关重要的环节。针对土壤硒含量及其影响因素的研究已成为当今社会关注的热点问题, 前人对不同地区土壤的研究均表明土壤中硒含量受多方面因素的制约。章海波等^[5]对香港土壤的研究表明, 成土母质、土壤pH、黏粒、有机质和Fe、Al含量是影响土壤硒元素含量的重要因素; 李杰等^[6]通过研究南宁市土壤, 提出影响土壤硒的因素主要是土壤类型、成土母质以及土壤pH、总有机碳(TOC)、全氮(TN)等; 杨忠芳等^[7]对海南省表层土壤硒元素的研究表明, 土壤Fe₂O₃、MnO₂、

Al₂O₃含量是影响表层土壤硒含量的重要因素; 龚河阳等^[8]对吉林西部土壤的研究表明, 土壤铁锰结合态硒与土壤pH呈显著正相关, 土壤强有机结合态硒与土壤pH呈显著负相关, 土壤残渣态硒、强有机结合态硒、水溶态硒与土壤有机质含量、土壤腐植质含量和土壤阳离子交换量呈显著正相关。可见, 土壤硒含量及影响因素因地区的不同呈现出较大的区域差异性。

龙海市是福建省重要的农业区, 关于该地区土壤微量元素方面的研究, 特别是硒元素的研究, 对于提升当地农产品品质发挥着关键作用。目前, 有关龙海市土壤元素的调查研究多集中在铅、镉、砷、汞等重金属元素^[9-10], 而关于硒元素含量及影响因素的研究未见相关报道。本文利用龙海市表层土壤4394件样品硒含量的分析测试结果, 调查了龙海市土壤硒含量特征和富硒土壤的分布范围, 具体分析了影响土壤硒含量的各种因素, 为今后科学开发当地富硒土地资源提供了地球化学依据。

收稿日期: 2016-06-13; 修回日期: 2017-04-25; 接受日期: 2017-05-04
基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项经费(201411091)
作者简介: 曹容浩, 硕士, 工程师, 主要从事生态地质与基础地质的研究工作。E-mail: crhcjd@126.com。

1 研究区概况

福建省龙海市位于福建省东南沿海经济带,地处九龙江下游冲积平原,是福建省地势相对平缓的地区之一,境内北部、西部、南部三面环山,中部为平原,其中山地和丘陵是福建重要的林区和经济作物产区,平原则是重要的粮食产区。

研究区位于闽东火山断拗带南段,以晚中生代陆相酸性、中酸性火山岩以及燕山期花岗岩类大面积分布为主,除此之外还发育着新近纪玄武岩、第四纪沉积地层等。土壤类型主要为赤红壤、红壤,还见有水稻土、潮土、滨海风砂土和滨海盐土。龙海市土壤的形成受岩石类型影响极大,由于母质分布的区域性不同,导致不同区域土壤变化过程具有明显的差异,加上长期以来自然因素和人为因素的作用,形成了土壤类型的多样性。

2 实验部分

2.1 表层土壤样品的布设与采集

表层土壤采样点布设以龙海市1:5万土地利用现状图的地块图斑为底图,同时综合考虑地形地貌、土壤类型等因素。样品布设密度为每平方公里4个采样点,共布设4394件样品(图1)。采样时去除地表杂物,自地表垂直向下20 cm连续均匀采集样品,采集的样品弃去动植物残留体、砾石、肥料团块等,原

始样品质量约1 kg。为提高每个采样点上样品的代表性,要求在采样点周围50 m范围内3~5处多点采集组合样品。在采集样品的同时,收集采样点成土母质类型、海拔高度、土地利用方式等信息。

2.2 样品处理和测定方法

2.2.1 样品前处理

表层土壤样品的加工和分析测试是由福建省地质测试研究中心完成。测试前先将每一个原始土壤样品仔细挑出根、茎及各种新生体和侵入体,烘干后重新混合均匀,经无污染加工至20目,混匀缩分出一部分作为pH的检测,然后将其余样品进行无污染加工至200目(粒径0.074 mm),以供化学测试。其中,X射线荧光光谱法测试样10 g,原子荧光光谱法(AFS)测试样5 g,其他项目测试样20 g,余样作为副样保留。为防止样品污染,工作场所应与加工其他地质矿产样品严格隔离。每加工完一个样品,均须彻底清洗所有机具,玛瑙罐、玛瑙球等须用水清洗、烘干(或风干),刚玉罐、刚玉球等须用草酸浸洗,立式、卧式刚玉质磨盘粉碎机须用石英砂或待加工样品磨洗,清洗完成后方可进行下一个样品加工。

2.2.2 样品测试和质量监控

根据中国地调局地质调查技术标准DZ/T 0258—2015《多目标区域地球化学调查规范(1:25万)》对测试方法检出限的要求和工作区的元素背景值,参考中国地质调查局区域化探样品质量检查

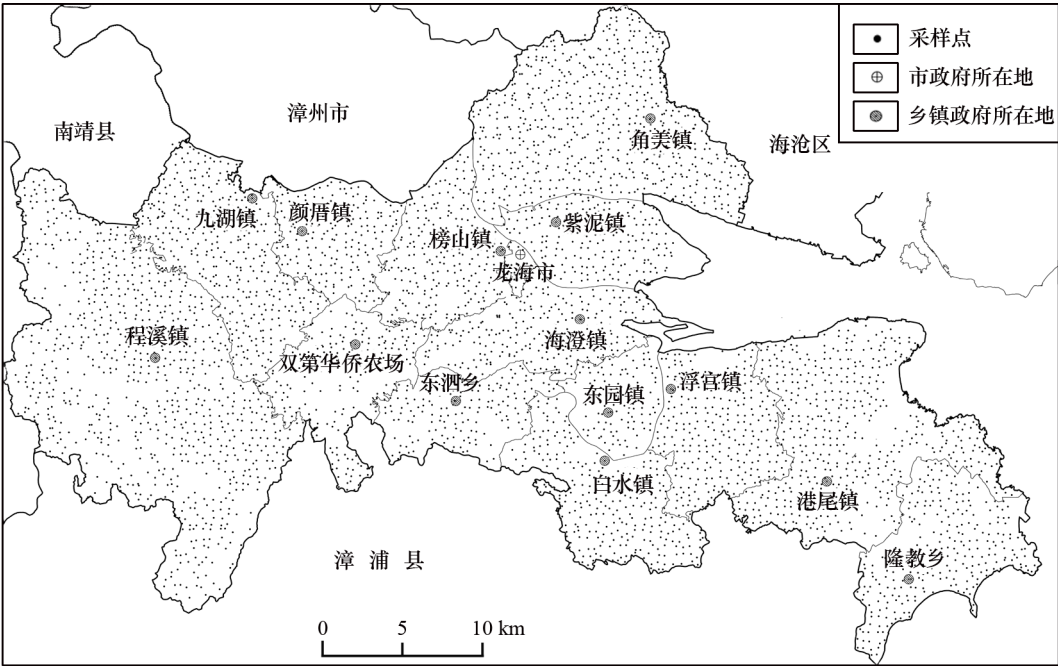


图1 龙海市采样布点图

Fig.1 Map of sampling sites distributed in Longhai city

组建议的最佳测试配套方案,硒元素全量采用 AFS 法测定。具体测试方法为:称取 0.25 g 样品于 25 mL 聚四氟乙烯坩埚中,用少量水润湿,加入 5 mL 氢氟酸、10 mL 硝酸、1 mL 高氯酸,置于电热板上加热分解;蒸至刚冒尽白烟,用约 5 mL 水冲杯壁,加入 10 mL 盐酸,置于低温电热板加热 10 min;取下冷却后加入 2.5 mL 铁盐溶液,用水转移至 25 mL 聚乙烯试管中并稀释至刻度;摇匀、澄清后,于原子荧光光谱仪上,按仪器工作条件参数上机测量。此外,pH 采用离子选择电化学法 (ISE) 测定;土壤有机质用定量的重铬酸钾硫酸溶液,在电砂浴加热条件下,使用氧化还原容量法 (VOL) 测定。

在样品分析测试过程中,采用国家一级标准物质和重复样监控分析质量。经检查,各质量参数均达到 DZ/T 0258—2015 的要求。其中硒元素全量的分析方法检出限达到了此规范要求的检出限 (0.01 mg/kg),报出率为 100%;准确度监控超差个数为 0,合格率为 100%;精密度监控超差个数为 0,合格率为 100%;重复样测试合格率为 100%。测试质量参数均达到规范要求,成果数据真实、可靠。

3 结果与讨论

3.1 土壤硒含量分布特征

福建省沿海经济带 1:25 万多目标区域地球化学调查成果表明,福建沿海地区是中国土壤硒地球化学高背景区,区域内土壤硒含量平均值为 0.31 mg/kg,是全国土壤硒含量平均值的 1.55 倍。本次研究表明,龙海市表层土壤的硒含量范围在 0.031~2.361 mg/kg 之间,平均值为 0.354 mg/kg (剔除 ± 3 倍标准差),标准离差为 0.18,变异系数为 0.5。龙海市土壤硒平均含量是全国土壤硒含量背景值 (0.20 mg/kg) 的 1.77 倍,总体上高于福建沿海地区平均水平。

参照《土地质量地球化学评价规范》(2014 年 12 月报批稿)和谭见安^[11]的划分标准,对龙海市土壤硒元素含量进行丰缺划分。由表 1 可以看出,龙海市无硒过量土壤,大部分地区土壤的硒含量范围介于 0.175~0.4 mg/kg,硒含量等级属适量等级,为足硒土壤;硒含量等级为高 (0.4~3 mg/kg) 的地区占比也比较大,面积约占全市总面积的 36.23%,这些地区的土壤均为富硒土壤;足硒、富硒土壤面积占全市总面积的 88.69%。缺硒、少硒土壤的地区较少,仅占全市总面积的 11.31%。总体来看,龙海市富硒土地资源较为丰富。

表 1 土壤硒丰缺划分界限值

Table 1 Abundance and deficiency demarcation value of soil selenium

硒含量范围 (mg/kg)	含量等级	土壤富硒水平	龙海土壤硒含量 累积 (%)
<0.125	缺乏	缺硒土壤	3.64
0.125~0.175	边缘	少硒土壤	7.67
0.175~0.4	适量	足硒土壤	52.46
0.4~3.0	高	富硒土壤	36.23
>3.0	过剩	过量硒土壤	0

3.2 土壤硒含量的影响因素

土壤是母质、母岩在生物、气候、地形等综合影响作用下形成的自然综合体,成土过程及土壤的基本性质直接影响着元素在土壤中的含量水平^[5,8,12]。为探究研究区富硒土壤的来源和成因,本次研究探讨了不同成土母质、海拔高度、土壤 pH 和有机质含量以及土地利用方式等因素对龙海市土壤硒含量的影响。

3.2.1 成土母质的影响

岩石风化物在不同地质背景中堆积形成土壤母质层,该母质层自表层到深层经历进一步的风化和淋溶作用,原生矿物被破坏分解形成次生黏土矿物、铁铝氧化物和可溶性及亚溶性矿物,构成土壤的主要成分。因此,成土母质母岩是土壤硒的最主要来源,成土母质母岩的硒含量较高是高硒土壤形成的重要条件。王美珠等^[13]对中国部分地区高硒低硒土壤的形成原因研究表明了母质母岩类型是导致土壤含硒量高低的主要原因,而生物、气候、地形等对土壤含硒量也有一定影响。

龙海市地区发育的成土母质有花岗岩风化物、火山凝灰岩风化物、冲洪积物、海积物以及少量玄武岩风化物 and 沉积岩风化物。通过对比不同成土母质发育土壤的硒含量 (表 2),发现火山凝灰岩成土母质发育的土壤硒含量最高,花岗岩母质发育的土壤硒含量次之,为典型的火山岩型富硒土壤^[14],这是因为这类地质背景区常有各类金属硫化物和金属矿床分布,而硒地球化学性质和硫相似,易与硫形成类质同象而存在于硫化物矿物中^[15],加上矿化作用的影响,致使火山岩区硒的背景值较高,而研究区岩石类型则以此类花岗岩和中酸性、酸性火山岩为主,成为研究区土壤硒元素的主要来源。海积物和冲、洪积物母质发育的土壤硒含量较低。研究区不同成土母质发育的土壤硒含量具有明显差异,也再次印证了成土母质是土壤硒含量的重要影响因素,在成土

表 2 龙海市不同成土母质发育土壤的硒含量

Table 2 The selenium content in soil with different types of parent materials

主要成土母质类型	硒含量范围 (mg/kg)	硒平均含量 ^① (mg/kg)	样本数
花岗岩	0.066 ~ 1.050	0.360 ± 0.178	1707
火山凝灰岩	0.103 ~ 1.400	0.472 ± 0.166	249
冲、洪积物	0.126 ~ 0.623	0.255 ± 0.115	84
海积物	0.058 ~ 0.691	0.259 ± 0.081	286

注:①平均值 ± 标准差。

母质的基础上,其他环境条件再使地表硒进行重新分配。

3.2.2 土壤 pH、有机质的影响

pH 和有机质含量是土壤重要的理化指标。龙海市是中国典型的红壤区,土壤以酸性的赤红壤、红壤为主。本实验对龙海市表层土壤硒含量与 pH、有机质含量进行相关性分析,结果表明,土壤硒含量与土壤 pH 呈显著负相关($r = -0.377, p < 0.01$),而与土壤有机质含量呈显著正相关($r = 0.314, p < 0.01$)。其相关性矩阵见表 3。

表 3 龙海市表层土壤硒含量与 pH 值、有机质的相关性 ($n = 4394$)

Table 3 Correlationship between selenium content in surface soil and pH, organic matters

项目	硒	pH	有机质
硒	1		
pH 值	-0.377 *	1	
有机质	0.314 *	-0.115 *	1

注:“*”为显著性水平($p < 0.01$)。

土壤中硒的存在形式主要有硒化物、有机硒化物、元素硒、亚硒酸盐和硒酸盐。而 pH 则是影响硒存在形式的主要因素,因为 pH 决定了土壤中亚硒酸盐和硒酸盐之间的转化。亚硒酸盐在酸性、中性的土壤中普遍存在,与吸附质的亲和作用较强,易与土壤中金属氧化物和有机质结合而稳定存在;而在碱性土壤中,硒的存在形式以硒酸盐为主,硒酸盐溶解性好且不易被金属氧化物固定,与吸附质的亲和力较弱。因此,pH 越高,土壤中的硒元素越容易被淋失,导致硒含量减少。除此之外,较高的 pH 也影响着土壤硒的甲基化程度,在一定范围内土壤硒的甲基化随着 pH 的增加而加强^[12],导致土壤硒的移动和流失。

土壤有机质不仅可以表征土壤肥力水平,而且

对元素地球化学行为具有显著影响。已有研究表明,土壤中约 80% 的硒与有机质结合,在福建典型的酸性且富含有机质的土壤中,亚硒酸盐通过微生物的还原作用大部分被地表土所固定,硒优先进入低分子量的腐植质组分中,呈现与金属腐植质复合体的无机复合状态^[16-18],因此有机质对土壤硒起明显的吸附和固定作用,使硒易于富集在土壤中。相对应的,土壤有机质含量的降低大多源于有机质分解,土壤有机质在自身的分解过程中会将已结合的部分硒释放出来,其腐解过程中产生的中间产物或其他新产物也可能促进硒的活化,导致土壤硒含量的下降。许多研究认为有机质与土壤硒含量密切相关^[5,7,8,19-21],本研究也证实了此观点,有机质含量与土壤硒含量呈现出显著的正相关关系,随着土壤有机质的增加,土壤硒含量也会增加。

3.2.3 海拔高度的影响

本实验分别选取海拔高度在 0 ~ 20 m、20 ~ 40 m、40 ~ 60 m、60 ~ 80 m、…区间内的表层土壤硒含量的平均值进行研究,分析海拔高度与土壤硒含量的相关性,得出线性回归方程为 $y = 0.0003x + 0.319 (R^2 = 0.513, p < 0.01)$ 。可见,龙海市表层土壤硒含量随着海拔升高而明显增加,说明土壤硒含量与海拔高度具极显著的正相关关系。这与商靖敏等^[12]在研究洋河流域土壤硒元素分布时,发现表层土壤硒与海拔高度呈极显著的正相关关系的结论是一致的。究其原因,本研究认为是随着海拔升高,气温降低,土壤有机质分解减缓,这不利于有机复合态的硒向水溶态的硒转化^[5],使得土壤中被淋溶和被冲刷的硒含量也相应地减少,进而富集、累积下来,呈现出明显的垂直分布特征。

3.2.4 土地利用方式的影响

土地利用类型对土壤元素含量的影响是多方面综合的结果,主要体现为人类活动对土壤的干扰。不同土地利用方式下的土壤硒含量差异较大,从表 4 统计结果可以看出:龙海市林地土壤中的硒含量最高,这是由于在森林生态系统中,富硒母岩经风化堆积作用转化为土壤硒源,经植物吸收后存在于枯枝败叶中返回地表,再经过腐植化过程和有机质矿化过程,形成土壤—植物—土壤的反复循环^[22-23],进而累积、富集在地表土壤中,再加上林地土壤受人类开发活动的影响较小,导致林地土壤硒含量升高;草地土壤中硒含量最低,只达到林地土壤硒含量平均值的一半,可能主要的原因是福建地区山火焚烧加速了土壤中有机结合态硒的分解,导致硒元素大

量流失;建设用土壤硒含量较低的原因是由于人工开挖、填土等人为建设活动造成了硒的流失;园地和耕地土壤的硒含量适中,这是因为二者均为开发程度较高的土壤,表层土壤经长期耕作种植使得土壤有机质在人为干扰下分解速度加快,进而使有机结合态的硒发生迁移和被吸收,造成土壤硒含量不高,这种情况在耕地农田中体现得尤为明显。但农田表层成熟度较高的耕种层中的硒更利于植物的吸收^[16],具有较好的生物有效性,因此可选取部分土壤硒含量较高的农田地块开展富硒农产品种植试验,为进一步的开发利用提供支撑。此外,耕地土壤的硒含量范围波动较大,这可能是由于部分农田受到施肥和灌溉水的影响导致其极值较高。

表4 不同土地利用方式下龙海市表层土壤硒含量
Table 4 Selenium content in surface soil under different land use patterns in Longhai city

主要土地利用方式	硒含量范围 (mg/kg)	硒平均含量 ^① (mg/kg)	样本数
耕地	0.047~2.361	0.314±0.155	952
林地	0.057~1.433	0.435±0.193	561
园地	0.088~1.866	0.367±0.185	1713
草地	0.031~0.791	0.222±0.210	11
建设用地	0.039~0.671	0.277±0.131	116

注:①平均值±标准差。

综上所述,在成土母岩的基础上,龙海市酸性的红壤、赤红壤以及相对较高的有机质含量是其土壤富硒的重要原因,特别是在海拔较高的森林区,人为干扰较少,积累了更多的有机质,使得土壤硒大量累积下来,形成富硒土壤。但杨忠芳等^[7]研究发现,土壤有机质含量增加虽然可以提高硒含量水平,但在有机质含量较高的土壤中,由于硒通常与腐植质缔合的形态存在,硒的生物有效性反而会下降。宋明义等^[14]研究也表明,火山岩型的富硒土壤呈强酸-酸性,富含铁铝质和铁锰质,多发育在山地、丘陵地区,其中硒含量很高,但这类富硒土壤的种植适应性却很窄,仅适宜种植杨梅等木本植物。而本研究区的园地、农田土壤的硒含量适中,虽然不及林地土壤含量高,但凭借着较好作物的吸收利用率,也是开发富硒农产品的重要资源。因此,在对研究区土壤硒的生物有效性进行进一步实验验证的基础上,今后有必要对龙海市富硒土壤的开发利用开展科学、合理的规划。

4 结论
本文通过研究福建省龙海市表层土壤样品的分析测试成果,查明了龙海市表层土壤硒含量和影响因素。结果表明龙海市表层土壤硒含量较为丰富,其平均值达到了0.354 mg/kg,是全国土壤硒背景值的1.77倍,富硒土壤面积较广。成土母质类型、土壤pH和有机质、海拔高度、土地利用方式是影响土壤中硒元素富集的重要因素。本研究成果为龙海市富硒土壤资源的开发利用提供了技术和数据支持。

5 参考文献

[1] Fernandes A P, Gandin V. Selenium compounds as therapeutic agents in cancer [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*,2015,1850(8):1642-1660.

[2] Semnani S, Roshandel G, Zendehbad A, et al. Soils selenium level and esophageal cancer: An ecological study in a high risk area for esophageal cancer [J]. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2010,24(3):174-177.

[3] 董国力. 微量元素铁、锌、碘、硒、氟与人体健康的相关性探究[J]. *中国当代医药*,2013,20(6):183-184.
Dong G L. Correlation analysis of trace elements iron, zinc, iodine, selenium and fluoride and human health [J]. *China Modern Medicine*,2013,20(6):183-184.

[4] Qin H B, Zhu J M, Liang L, et al. The bioavailability of selenium and risk assessment for human selenium poisoning in high-Se areas, China [J]. *Environment International*,2013,52:66-74.

[5] 章海波, 骆永明, 吴龙华, 等. 香港土壤研究 II. 土壤硒的含量、分布及其影响因素 [J]. *土壤学报*,2005,42(3):404-410.
Zhang H B, Luo Y M, Wu L H, et al. Hong Kong soil researches II. Distribution and content of selenium in soils [J]. *Acta Pedologica Sinica*,2005,42(3):404-410.

[6] 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, 49(5): 1012-1020.
Li J, Yang Z Q, Liu Z G, et al. Distribution of selenium in soils of Nanning city and its influencing factors [J]. *Acta Pedologica Sinica*,2012,49(5):1012-1020.

[7] 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*,2012,26(5):837-849.
Yang Z F, Yu T, Hou Q Y, et al. Geochemical characteristics of soil selenium in farmland of Hainan island [J]. *Geoscience*,2012,26(5):837-849.

[8] 龚河阳, 李月芬, 汤洁, 等. 吉林省西部土壤硒含量、形

- 态分布及影响因素[J]. 吉林农业大学学报, 2015, 37(2): 177-184.
- Gong H Y, Li Y F, Tang J, et al. Content, form distribution and influencing factors of soil selenium in western Jilin Province [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2015, 37(2): 177-184.
- [9] 王腾云, 周国华, 孙彬彬, 等. 福建沿海地区土壤-稻谷重金属含量关系与影响因素研究[J]. 岩矿测试, 2016, 35(3): 295-301.
- Wang T Y, Zhou G H, Sun B B, et al. The relationship between heavy metal contents of soils and rice in coastal areas, Fujian Province, including influencing factors [J]. Rock and Mineral Analysis, 2016, 35(3): 295-301.
- [10] 陈穗玲, 李锦文, 邓红梅. 福建沿海地区农田土壤理化性质与重金属含量的关系[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(13): 3025-3029.
- Chen S L, Li J W, Deng H M. The relationship between physical and chemical properties of soil and heavy metal content in Fujian coastal farmland [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2014, 53(13): 3025-3029.
- [11] 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, 1989: 39.
- Tan J A. The Atlas of Endemic Diseases and Their Environments in the People's Republic of China [M]. Beijing: China Science Publishing, 1989: 39.
- [12] 商靖敏, 罗维, 吴光红, 等. 洋河流域不同土地利用类型土壤硒(Se)分布及影响因素[J]. 环境科学, 2015, 36(1): 301-308.
- Shang J M, Luo W, Wu G H, et al. Spatial distribution of Se in soils from different land use types and its influencing factors within the Yanghe watershed, China [J]. Environmental Science, 2015, 36(1): 301-308.
- [13] 王美珠, 章明奎. 我国部分高硒低硒土壤的成因初探[J]. 浙江农业大学学报, 1996, 22(1): 89-93.
- Wang M Z, Zhang M K. A discussion on the cause of high-Se and low Se soil formation [J]. Journal of Zhejiang Agricultural University, 1996, 22(1): 89-93.
- [14] 宋明义, 黄春雷, 董岩翔, 等. 浙江富硒土壤成因分类及开发利用现状[J]. 上海地质, 2010, 31(增刊): 107-110.
- Song M Y, Huang C L, Dong Y X, et al. Genetic classification and utilization situation of selenium-rich soil in Zhejiang Province [J]. Shanghai Geology, 2010, 31(Supplement): 107-110.
- [15] 贾十军. 安徽省富硒土壤评价标准及富硒土壤成因浅析[J]. 资源调查与环境, 2013, 34(2): 133-137.
- Jia S J. Evaluation standards and genesis of selenium-rich soil in Anhui Province [J]. Resources Survey and Environment, 2013, 34(2): 133-137.
- [16] 陈显著, 李就好. 广州市土壤硒含量的分布及其影响因素研究[J]. 福建农业学报, 2016, 31(4): 401-407.
- Chen X Z, Li J H. Concentration, distribution, and influencing factors on soil selenium in Guangzhou [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2016, 31(4): 401-407.
- [17] 全双梅, 连国奇, 秦趣, 等. 贵州省开阳县土壤硒含量及其制约因素研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2013, 48(2): 105-109.
- Tong S M, Lian G Q, Qin Q, et al. Study on the selenium contents level and restriction factors in the soil in Kaiyang of Guizhou [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2013, 48(2): 105-109.
- [18] 赵西强, 张贵丽. 章丘地区土壤硒的含量分布及影响因素[J]. 山东国土资源, 2015, 31(3): 46-49.
- Zhao X Q, Zhang G L. Distribution and content of selenium in soil and its influence factors in Zhangqiu area [J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(3): 46-49.
- [19] 戴慧敏, 龚传东, 董北, 等. 东北平原土壤硒分布特征及影响因素[J]. 土壤学报, 2015, 52(6): 1356-1364.
- Dai H M, Gong C D, Dong B, et al. Distribution of soil selenium in the Northeast China plain and its influencing factors [J]. Acta Pedologica Sinica, 2015, 52(6): 1356-1364.
- [20] 方金梅. 福州市土壤硒形态分析及其迁移富集规律[J]. 岩矿测试, 2008, 27(2): 103-107.
- Fang J M. Selenium speciation analysis and its transformation and enrichment in soils of Fuzhou city [J]. Rock and Mineral Analysis, 2008, 27(2): 103-107.
- [21] 黄春雷, 宋明义, 魏迎春. 浙中典型富硒土壤区土壤硒含量的影响因素探讨[J]. 环境科学, 2013, 34(11): 4405-4410.
- Huang C L, Song M Y, Wei Y C. Study on selenium contents of typical selenium-rich soil in the middle area of Zhejiang and its influencing factors [J]. Environmental Science, 2013, 34(11): 4405-4410.
- [22] Gustafsson J P, Jacks G, Stegmann B, et al. Soil acidity and adsorbed anions in Swedish forest soils-long term changes [J]. Agriculture, Ecosystem & Environment, 1993, 47(2): 103-115.
- [23] Gustafsson J P, Johnsson L. Selenium retention in the organic of Swedish forest soils [J]. Soil Science, 1992, 43: 461-472.

Study on Selenium Content of Surface Soils in Longhai, Fujian and Its Influencing Factors

CAO Rong-hao
(Fujian Institute of Geological Survey, Fuzhou 350013, China)

Highlights

- There are abundant selenium resources in Longhai City, the area of selenium-rich accounts for 35% of the total area of the city.
- Tuff is the main source of selenium-rich soils in Longhai City.
- The land use types, pH of soil, organic matter and altitude are the important factors affecting soil selenium content in Longhai City.

Abstract: Based on the data of geochemical soil surveys in Longhai, selenium content in soils and its influencing factors were investigated, which will provide information for the development of selenium-rich land resources. The total selenium contents of 4394 surface soil samples in Longhai, Fujian were analyzed by

Atomic Fluorescence Spectroscopy (AFS). Results show that the total selenium concentrations in soils range from 0.031 to 2.361 mg/kg and the geometric mean is 0.354 mg/kg. The soil area of selenium-sufficient and selenium-rich accounts for 88.69% of Longhai City area. The results also indicate the parent materials, land use patterns, soil pH, organic matter and altitude were important influencing factors for selenium content. The contents of selenium in tuff and granite soils were higher than those in alluvium, diluvium and marine deposit. In different land use patterns, forest soils had the highest selenium content, and orchard soils and plough soils had moderate selenium content. The selenium content in surface soil had a significant positive correlation with altitude and organic matter and had a significantly negative correlation with soil pH, indicating that the selenium is enriched easily in acidic and organic matter-rich soils, especially in high altitude areas such as hilly areas with the obvious enrichment of selenium. This research provided valuable information for rational utilization of land and scientific development of the selenium-enriched industry.

Key words: surface soil; content of selenium; influencing factors; coastal areas in Fujian

