

# 浔郁平原富硒土壤成因及其影响因素研究<sup>①</sup>

刘永贤<sup>1</sup>, 陈锦平<sup>1</sup>, 潘丽萍<sup>1</sup>, 吴天生<sup>2</sup>, 杨彬<sup>3</sup>, 邢颖<sup>1</sup>, 廖青<sup>1</sup>, 梁潘霞<sup>1</sup>, 江泽普<sup>1</sup>

(1 广西农业科学院农业资源与环境研究所/广西富硒农业研究中心, 南宁 530007; 2 广西地质调查院, 南宁 530023;

3 广西贵港市富硒农产品开发领导小组办公室, 广西贵港 537100)

**摘要:**富硒土壤是发展富硒产业的前提条件。以浔郁平原 1:50 000 土地质量地球化学调查和多年定位试验结果为基础, 分析了浔郁平原富硒土壤比例, 并初步探讨了富硒土壤成因及影响因素。结果表明, 浔郁平原的覃塘、桂平、平南和港南等 4 个县(市、区)的土壤硒含量明显高于全国平均水平(0.29 mg/kg), 最高的覃塘区达到 0.77 mg/kg。覃塘、桂平、平南 3 区县硒含量 $\geq 0.4$  mg/kg 的土壤均超过 50%, 其中覃塘区高达 88.5%。桂平市的土壤对成土母质元素具有明显的继承性。土壤 pH 与土壤硒呈明显负相关关系, pH<5 的土壤硒含量高达 0.58 mg/kg。林地、草地、果园和水田的土壤硒含量依次降低, 水田土壤硒含量只有林地的 65.45%。因此, 浔郁平原土壤硒资源丰富, 成土母质、土地利用方式及土壤 pH 是影响土壤硒水平的重要因素。

**关键词:**浔郁平原; 富硒土壤; 成因; pH

**中图分类号:** S158.5; S159.2 **文献标识码:** A

硒(Se)是一种人体所必需的微量元素, 环境硒水平与人和动物的健康密切相关<sup>[1]</sup>。对于缺硒人群, 通过饮食摄入补硒是最主要的补硒途径之一<sup>[2]</sup>。天然富硒作物被认为是目前最安全有效的人体补硒来源<sup>[3]</sup>, 而作物硒含量则主要取决于土壤的硒背景值<sup>[4]</sup>。土壤中的硒主要来源于成土母质及人为因素, 其中成土母质是最重要的来源<sup>[5]</sup>。迟凤琴等<sup>[1]</sup>关于黑龙江省土壤硒的研究及李杰等<sup>[6]</sup>关于南宁市土壤硒的研究都印证了这一观点。此外, 土壤有机碳含量、黏粒含量、pH、铁锰氧化物、土壤类型等因素对土壤硒富集的影响也不容忽视<sup>[1,7]</sup>, 各种因素的共同作用决定了土壤硒的丰缺。研究发现, 中国土壤硒元素背景值为 0.290 mg/kg, 大多数土壤中的硒平均含量为 0.20 mg/kg, 约 72% 的市(县)存在不同程度的缺硒现象<sup>[8-9]</sup>。硒在表生环境中的分布极不均一<sup>[10]</sup>。可见, 加大调查力度以发掘更多适合作物生产的富硒土壤资源具有重要的现实意义。

浔郁平原位于广西中南部, 是浔江平原和郁江平原的合称。该区土壤肥沃, 素有广西“鱼米之乡”的美誉, 极其适宜农业生产。据广西地矿部门早期对南

宁、钦州、北海和贵港 4 个区域的调查结果, 富硒土壤面积高达  $2.12 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>, 为目前全国圈定出的特大连片富硒土壤分布区域<sup>[11]</sup>。浔郁平原作为其中一个重要组成部分, 其土壤硒资源值得进一步挖掘和开发。秦勇新和陈彪<sup>[12]</sup>对贵港地区富硒土壤的地球化学特征进行分析发现, 该区土壤不仅富含硒元素, 同时还富含其他多种微量元素; 此外, 从硒与各元素相关性的角度研究得出, 该区富硒土壤一方面得益于成土母岩的高硒性, 另一方面离不开海洋物质的补充。但浔郁平原各行政区县土壤的具体富硒情况、富硒土壤形成的其他影响因素等仍需进一步探讨。为此, 本文以在浔郁平原开展的 1:50 000 土地质量地球化学调查数据及笔者课题组在该平原多年的定位试验数据为基础, 总结分析该平原不同行政区县天然富硒土壤资源的分布情况, 兼以讨论富硒土壤的成因和影响因素, 为该区富硒产业的发展提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

浔郁平原位于广西中南部(22°30' ~ 23°21'N,

基金项目: 广西科技重大专项项目(桂科 AA17202026)、广西重点研发计划项目(桂科 AB16380207)、广西农业重点科技计划项目(201604)、广西富硒特色作物试验站项目(桂 TS2016011)、广西农业科学院基本科研业务专项项目(桂农科 2017YZ03)和广西农业科学院科技发展基金项目(2017JM07)资助。

作者简介: 刘永贤(1981—), 男, 湖南邵阳人, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为农业资源高效利用与土壤环境生态修复。E-mail: liuyx27@163.com

109°03' ~ 110°03'E), 包括贵港市港南区、覃塘区、平南县及桂平市 4 个县(市、区), 土壤质量地球化学调查面积 3 600 km<sup>2</sup>。该区年均气温 21.5 , 年均降雨量 1 600 mm。研究区土壤肥沃, 经济发达, 是广西重要的商品粮、糖、果、茶、菜和禽畜、水产生产基地, 盛产优质大米、白砂糖、荔枝、龙眼等特色农产品, 素有广西“鱼米之乡”、“中国糖城”的美誉。

研究区在大地构造上属南华活动带的西南部, 为 NE(北偏东)向展布的十万大山构造盆地与 NW(北偏西)走向的南丹-昆仑关褶皱带东南端的复合区。主要出露寒武系、泥盆系、石炭系、白垩系、第三系、第四系地层。岩性主要有灰岩、白云岩、白云质灰岩、硅质岩、紫红色砾岩、砂岩夹砂质泥岩、泥岩、页岩以及砂砾石等<sup>[12]</sup>。

### 1.2 数据来源

研究区样品来源于广西《土地质量地球化学评价》项目成果及长期定位试验, 涵盖贵港市港南区、覃塘区、平南县及桂平市的研究成果。广西《土地质量地球化学评价》项目样品采集根据《地球化学普查规范(1 50 000)》(DZ/T 0011—2015)<sup>[13]</sup>进行; 定位试验样品以梅花形多点采样法采样, 垂直采集地表至 20 cm 深处的土柱, 保证上下采集均匀, 去除草根、砾石、砖块等杂物, 混匀并用四分法取约 2 kg 土样。采用原子荧光法测定硒, pH 计电极法测定土壤 pH。

### 1.3 数据处理

数据统计分析及作图均采用 Microsoft Excel 2013 软件。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤硒的分布特征

硒元素广泛分布于各种介质中, 且在不同介质中的硒含量差异较大。土壤作为硒的重要储存库之一, 在环境硒的迁移转化过程中具有举足轻重的作用, 更是硒通过植物进入食物链的重要物质基础。虽然土壤硒的形态和价态对其有效性和迁移转化具有重要影响, 但总体来看, 土壤硒含量高, 所生产出来的农产品硒含量也高<sup>[14]</sup>。土壤总硒的丰缺往往是决定一个地区环境与生物是否缺硒的重要指示指标<sup>[15]</sup>, 因此将土壤按硒含量的多少划分等级是辨别一个地区缺硒或者富硒的重要标准。按硒含量将土壤分类, 在我国应用比较多的是谭见安<sup>[16]</sup>和李嘉熙<sup>[17]</sup>的划分标准, 两者虽然有所差异, 但大体上相近, 尤其是在富硒(高硒)土壤的划定上, 都以 0.4 mg/kg 为界限。基于此, 本文按硒含量 0.4 mg/kg 为界限将浔郁平原土

壤分为富硒土壤( $Se \geq 0.4 \text{ mg/kg}$ )和非富硒土壤( $Se < 0.4 \text{ mg/kg}$ )两种类型进行统计。结果发现, 该平原具有丰富的富硒土壤资源, 覃塘、桂平和平南 3 个县(市、区)硒含量  $\geq 0.4 \text{ mg/kg}$  的土壤均超过 50%, 其中最高的覃塘区富硒土壤比例达 88.5%, 而最低的港南区富硒土壤比例也接近 40%(图 1) 这一比例相对约 72% 的市(县)存在缺硒的中国来说是非常高的。

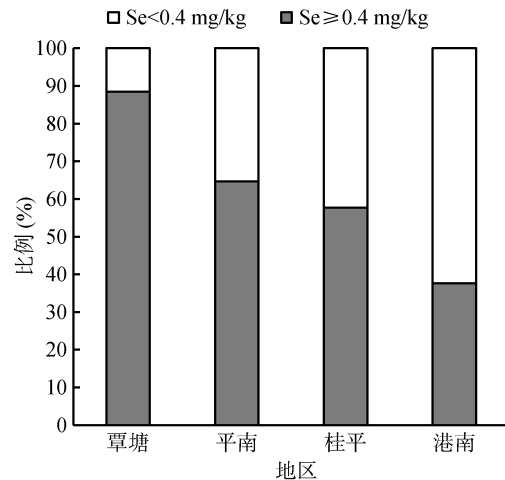


图 1 浔郁平原不同地区富硒土壤比例

Fig. 1 Proportions of selenium-rich soils in different areas of Xunyu plain

浔郁平原 4 个县(市、区)土壤  $Se \geq 0.4 \text{ mg/kg}$  的比例由大到小的顺序依次是覃塘区>平南县>桂平市>港南区(图 1), 各个县(市、区)的土壤硒含量平均值也依此顺序逐渐下降(表 1), 其中覃塘区土壤硒含量平均值最高, 达 0.77 mg/kg, 港南区最低, 为 0.41 mg/kg(表 1), 但均明显高于魏复盛等<sup>[8]</sup>研究得出的全国土壤硒含量背景值 0.290 mg/kg, 也高于 Tan 等<sup>[18]</sup>对我国土壤硒含量调查得出的平均值(0.239 mg/kg)。此外, 仅从土壤硒含量平均值来看, 与我国其他天然富硒地区相比, 如湖北恩施州(0.6 mg/kg)<sup>[19]</sup>、陕西安康市(0.568 mg/kg)<sup>[20]</sup>、贵州乌蒙山区(0.42 mg/kg)<sup>[21]</sup>等, 浔郁平原的天然富硒资源优势更为明显。可见, 在全国范围内, 浔郁平原富硒土壤的比例处于较高水平, 为富硒产业的发展提供了宝贵资源和基础。

表 1 浔郁平原不同地区土壤硒含量

地区	平均值(mg/kg)	最小值(mg/kg)	最大值(mg/kg)
覃塘区	0.77	0.01	6.1
平南县	0.53	0.05	4.23
桂平市	0.473	0.06	10.12
港南区	0.406	0.05	20
全国 <sup>[8]</sup>	0.290	0.006	9.13

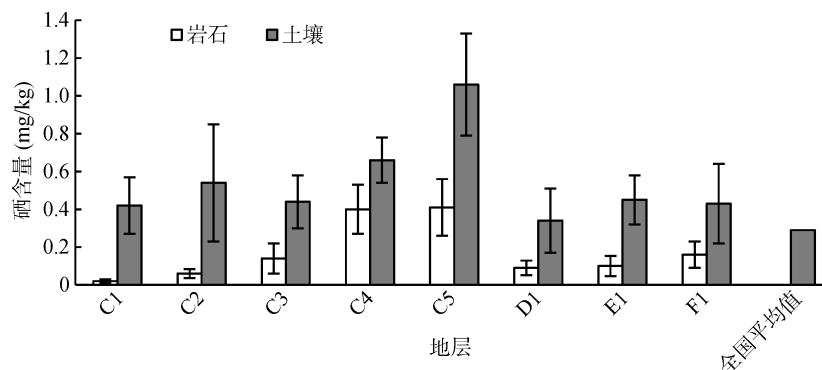
## 2.2 土壤硒的成因分析

**2.2.1 成土母质** 硒在环境中的分布受多种自然和人为因素的影响,包括成土母质、成土过程、土壤质地、土壤理化性质和人类活动等<sup>[22]</sup>,其中成土母质的性质和组成在很大程度上决定了土壤硒的含量<sup>[23]</sup>。研究发现,硒在地壳中的丰度为0.05~0.09 mg/kg,在地表的地质地理分布极不均匀,其中碳酸盐岩以及磷酸盐岩中的硒含量相对较高,范围依次是0.1~675 mg/kg和1~300 mg/kg<sup>[24]</sup>。

位于浔郁平原的桂平市不同地层间的硒含量差异较大,硒含量由大到小依次是:泥盆系>第四系>古近系>白垩系>全国背景值(图2)。同时研究也发现,泥盆系地层岩性中部和下部均为碳酸盐岩、砂岩及页岩,上部为碳酸盐岩、硅质岩,可见,硒高值区主要

与碳酸盐系有关。

整体来看桂平市岩石硒的分布与硒在岩石中的富集趋向相符。成土母质中元素的含量对形成的土壤中该元素的含量具有重要的决定性作用,因此母质中的硒含量对所形成土壤的硒含量的贡献也极大。对桂平市各地层岩石样品及相应地层内表层土壤样品硒元素的平均值进行对比后发现,岩石硒含量最高的泥盆系形成的土壤硒含量也最高,并且包括其他地层在内的各岩石与相应土壤硒含量的大小变化具有近似一致的关系,各个地层的土壤硒含量均高于对应地层的岩石硒含量(图2)。表明硒的物质来源与特定的地层有关,硒在岩石-土壤系统中具有较为明显的物质继承性。成土母质对土壤硒的主要决定作用也得到了王子健<sup>[24]</sup>、王美珠和章明奎<sup>[25]</sup>的证实。



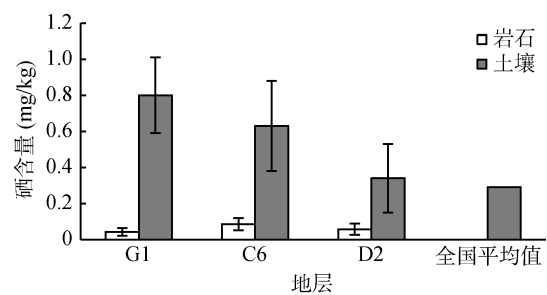
(图中误差线为标准差,下同;C1:泥盆系桂林组、东村组、额头村组并层;C2:泥盆系莲花山组;C3:泥盆系郁江组;C4:泥盆系榴江组、五指山组并层;C5:泥盆系榴江组;D1:白垩系新隆组;E1:第四系桂平组;F1:古近系邕宁群)

图2 不同地层中岩石及土壤硒含量的比较(桂平市)

Fig. 2 Selenium contents in rocks and soils in different strata (Guiping City)

**2.2.2 其他** Sun等<sup>[26]</sup>将我国土壤硒含量分布图与土壤母质母岩图进行直观比较后发现,土壤硒含量分布和母质分布并不完全一致。岩石在成土后土壤中的硒有可能发生比较大范围的迁移行为。本研究也发现,港南区采集的泥盆系莲花山组-那高岭组并层、石炭系大埔组-黄龙组并层和白垩系新隆组岩石硒含量和对应土壤硒含量没有明显的相关性,岩石硒含量最低的石炭系大埔-黄龙组并层所对应的土壤硒含量反而最高,土壤中的硒含量远大于其所在母岩中的硒含量(图3)。可见该地层区的土壤硒含量受母岩的影响较小,其土壤富硒主要得益于母岩之外的硒补充。

已有研究发现,土壤硒的形成也和风化、淋溶作用的强弱有关<sup>[24]</sup>,生物、气候和地形等对土壤硒含量的消长具有一定的作用<sup>[25]</sup>。在生物地球化学循环中,降雨是导致硒元素输入土壤系统的重要过程之一,大气中的硒容易伴随雨水进入土壤。中国降水中的硒含量的实测结果表明,降水中的硒含量为0.03~



(G1:石炭系大埔组-黄龙组并层;C6:泥盆系莲花山组-那高岭组并层;D2:白垩系新隆组)

图3 不同地层中岩石及土壤硒含量的比较(港南区)

Fig. 3 Selenium contents in rocks and soils in different strata (Gangnan District)

0.59 μg/L,一般为0.1~0.2 μg/L,硒含量的大小受到人类活动、风沙、海洋及土壤微生物等因素不同程度的影响<sup>[27]</sup>。浔郁平原位于我国东南部,降水量大,因此降雨所带来的硒沉降也是该地区土壤高硒分布的重要影响因素之一<sup>[26,28]</sup>。另一方面,降雨在对土壤

带来硒沉降输入的同时,也能够对土壤进行淋溶,造成土壤硒的迁移流失,下游低洼地区土壤则能通过固持水体带来的硒而相对富硒<sup>[29]</sup>。

综上所述,浔郁平原中桂平市的土壤硒对成土母质硒元素具有明显的继承性,而港南区部分富硒土壤的形成受母岩影响较小,其富硒土壤的形成得益于其他过程所带来的硒的补充。

### 2.3 土壤硒的影响因素分析

成土母质经风化沉积形成土壤主体后,土壤中的硒元素较岩石更为活跃,其富集和贫化趋势与所处区域的自然和人为作用过程密不可分。一般情况下,硒在土壤的迁移转化过程受到多方面的影响,包括气候与降雨、土壤理化性质、微生物、植物和人为活动等。研究表明,气候是决定一个地区降雨特征的最主要因素,也是影响硒在环境中迁移转化的最重要因素之一,由气候决定的降雨、干旱、蒸散作用等因素均是驱动土壤硒变化的重要因子<sup>[30-31]</sup>。此外,不同的土壤类型和理化性质,对于硒在土壤的迁移行为的影响也极为明显。王五一等<sup>[32]</sup>研究发现,不同土壤类型的硒淋溶率大小顺序为:紫色土>褐土>暗棕壤>黑钙土>黑土>红壤、砖红壤>灰钙土;同时,土壤 pH、黏粒含量、 $Al_2O_3$  等倍半氧化物、土壤硒的吸附系数和有机质等理化性质对土壤硒的淋溶迁移也具有重要的影响,其中与土壤 pH 呈正相关关系,即 pH 越小,土壤硒的淋溶率越低。

**2.3.1 土壤 pH** 土壤 pH 是体现土壤酸碱度的指标,可以通过影响土壤中硒的形态和价态间接改变土壤硒的迁移转化能力,再经其他生物、降雨等作用过程最终改变土壤硒含量。桂平市的调查结果表明,不同 pH 土壤中硒的平均含量存在明显差异,pH 越低土壤硒的平均含量越高,在  $pH < 5$  的强酸性环境下硒的平均含量高达 0.58 mg/kg,而在  $pH > 8.5$  的碱性条件下硒平均含量低至 0.11 mg/kg(图 4)。黄春雷等<sup>[33]</sup>研究也发现,浙中典型富硒土壤区的旱地土壤 pH 与硒含量呈现显著的负相关关系。已有研究表明,酸性条件下土壤在增加  $H^+$  的同时,减少了土壤表面的负电荷,使得以阴离子形式存在的硒酸根更容易发生吸附作用,从而降低硒的有效性和迁移性,使其更稳定地固着在土壤中,最终影响土壤的硒含量<sup>[34]</sup>。但值得一提的是,若外来输入的硒对土壤起的补给作用较大,足以抵消其他作用过程造成的土壤硒的流失量,那么即使在碱性的土壤条件下,土壤也能很好地富集硒。

**2.3.2 土地利用方式** 植物是土壤硒在生物圈循环的重要枢纽,对土壤硒的迁移转化也具有重要影

响。植物除了能吸收转化土壤中的生物有效硒外,对土壤还具有提供遮阴的作用,可有效减少土壤硒元素的流失<sup>[35]</sup>。因此,土壤表面植被的不同可能会造成土壤硒较大的差异<sup>[36]</sup>。港南区的研究结果表明,林地、草地、园地和水田的土壤硒含量依次下降,水田土壤硒含量只有林地的 65.45%(表 2)。这可能与水稻较高的硒吸收能力及其每年两茬的收割处理有关,由此可造成水田土壤的硒长期受到水稻植株的吸收移除。

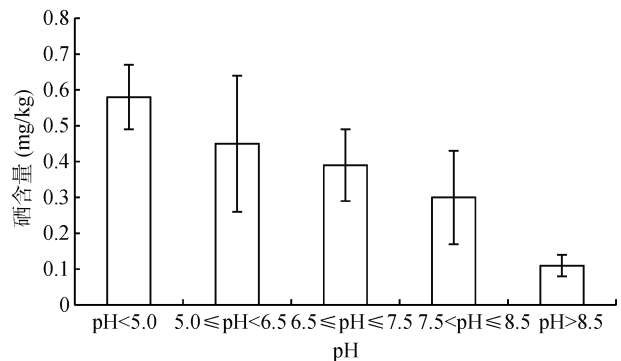


图 4 不同 pH 土壤中硒含量比较

Fig. 4 Selenium contents in soils with different pH values

表 2 不同土地利用方式土壤的硒含量

土地利用方式	平均值(mg/kg)	最小值(mg/kg)	最大值(mg/kg)
林地	0.55	0.09	7.29
草地	0.44	0.08	3.5
果园	0.42	0.09	5.07
水田	0.36	0.06	3.22

此外,人类的耕作活动对于硒在地表的迁移循环同样具有重要影响<sup>[37]</sup>。煤的燃烧和铜矿的冶炼等可能会增加空气中粉尘的量以及硒含量,并最终经降雨过程转移到土壤中,增加土壤硒含量。其次人们特殊的耕作施肥方式也不容忽视,含硒肥料的施用有时候也会成为改变土壤硒含量的最主要因素。由此可见,只有综合考虑气候、土壤、生物和人为活动等因素,才能更好地达到调控土壤硒元素、提高作物及人体硒含量的目的,实现富硒土壤资源的可持续发展利用。

## 3 结论

浔郁平原的覃塘、桂平、平南和港南 4 个县(市、区)的土壤硒含量均明显高于全国平均水平(0.29 mg/kg),最高的覃塘区达到 0.77 mg/kg。覃塘、桂平、平南 3 个县(市、区)硒含量 0.4 mg/kg 的土壤均超过 50%,覃塘区最高,达到 88.5%,可见该平原具有很好的富硒土壤资源,在发展富硒产业上极具优势。

比较发现,桂平市土壤对成土母质硒元素具有明显的继承性。土壤 pH 对土壤硒影响较大, pH 越低, 硒含量越高, pH < 5 的土壤硒含量高达 0.58 mg/kg。林地、草地、果园和水田的土壤硒含量依次降低, 水田土壤硒含量只有林地的 65.45%。

综上,潯郁平原土壤硒含量极为丰富,具有发展富硒产业的土壤资源。成土母质、土地利用方式及土壤 pH 是影响土壤硒水平的重要因子。

#### 参考文献:

- [1] 迟凤琴, 徐强, 匡恩俊, 等. 黑龙江省土壤硒分布及其影响因素研究[J]. 土壤学报, 2016 (5): 1262-1274
- [2] Steinnes E. Soils and geomedicine[J]. Environmental Geochemistry and Health, 2009, 31(5): 523-535
- [3] Rayman M P. Food-chain selenium and human health: Emphasis on intake[J]. British Journal of Nutrition, 2008, 100(2): 254-268
- [4] Durán P, Acuña J J, Jorquera M A, et al. Enhanced selenium content in wheat grain by co-inoculation of selenobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi: A preliminary study as a potential Se biofortification strategy[J]. Journal of Cereal Science, 2013, 57: 275-280
- [5] 王锐, 余涛, 曾庆良, 等. 我国主要农耕地土壤硒含量分布特征, 来源及影响因素[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 359-366
- [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
- [7] 戴慧敏, 宫传东, 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
- [8] 魏复盛, 杨国治, 蒋德珍, 等. 中国土壤元素背景值基本统计量及其特征[J]. 中国环境监测, 1991, 7(1): 1-6
- [9] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990
- [10] 秦海波, 朱建明. 中国典型高硒区硒的环境地球化学研究进展[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 367-373
- [11] 邓萍. 广西几多“硒”, 再摸“富”家底——我区对“长寿元素”硒开展再调查纪事[N]. 广西日报, 2014-01-15: 011
- [12] 覃勇新, 陈彪. 广西贵港地区富硒土壤地球化学特征及成因探讨[J]. 南方国土资源, 2013(8): 36-37
- [13] 中华人民共和国国土资源部: 地球化学普查规范 (1: 50 000): DZ/T 0011-2015[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015
- [14] 徐聪, 刘媛媛, 孟凡乔, 等. 农产品硒含量及与土壤硒的关系[J]. 中国农学通报, 2018, 34(7): 96-103
- [15] Salhani N, Boulyga S F, Stengel E. Phytoremediation of selenium by two helophyte species in subsurface flow constructed wetland[J]. Chemosphere, 2003, 50(8): 967-973
- [16] 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
- [17] 李家熙. 人体硒缺乏与过剩的地球化学环境特征及其预测[M]. 北京: 地质出版社, 2000
- [18] Tan J, Zhu W, Wang W, et al. Selenium in soil and endemic diseases in China[J]. Science of the Total Environment, 2002, 284(1/2/3): 227-235
- [19] 郭宇. 恩施地区硒的地球化学研究及富硒作物栽培实验研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2012
- [20] 王浩东, 张建东, 谢娟平, 等. 安康地区土壤硒资源分布规律研究[J]. 安康学院学报, 2013, 25(6): 8-11
- [21] 何邵麟, 陈武, 莫春虎, 等. 贵州乌蒙山区土壤-农作物体系硒-锌分布特征研究[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 557-562
- [22] 赵少华, 宇万太, 张璐, 等. 环境中硒的生物地球化学循环和营养调控及分异成因[J]. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1197-1203
- [23] 陈俊坚, 张会化, 余炜敏, 等. 广东省土壤硒空间分布及潜在环境风险分析[J]. 生态环境学报, 2012, 21(6): 1115-1120
- [24] 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
- [25] 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
- [26] Sun G X, Meharg A A, Li G, et al. Distribution of soil selenium in China is potentially controlled by deposition and volatilization?[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 20953
- [27] 朱发庆, 谭见安. 我国降水、降尘中硒、碘、氟的研究[J]. 环境科学学报, 1988(4): 428-437
- [28] 孙国新, 李媛, 李刚, 等. 我国土壤低硒带的气候成因研究[J]. 生物技术进展, 2017, 7(5): 387-394
- [29] 童建川. 重庆紫色土区硒分布特征研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2016, 41(3): 170-175
- [30] Jones G D, Droz B, Greve P, et al. Selenium deficiency risk predicted to increase under future climate change[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2017, 114(11): 2848-2853
- [31] El-Ramady H, Abdalla N, Alshaal T, et al. Selenium in soils under climate change, implication for human health[J]. Environmental Chemistry Letters, 2015, 13(1): 1-19
- [32] 王五一, 王大成, 王卫中, 等. 我国土壤中硒的淋溶[J]. 地理研究, 1992, 11(2): 34-40
- [33] 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
- [34] Li J, Peng Q, Liang D, et al. Effects of aging on the fraction distribution and bioavailability of selenium in three different soils[J]. Chemosphere, 2016, 144: 2351-2359
- [35] Ravi S, Breshears D D, Huxman T E, et al. Land degradation in drylands: Interactions among hydrologic-aolian erosion and vegetation dynamics[J]. Geomorphology, 2010, 116(3/4): 236-245
- [36] Guignardi Z, Schiavon M. Biochemistry of plant selenium uptake and metabolism[M]//Pilon-Smit S E, Winkel L, Lin Z Q. Selenium in plants. Cham, Switzerland: Springer, 2017: 21-34
- [37] Bailey R T. Selenium contamination, fate, and reactive transport in groundwater in relation to human health[J]. Hydrogeology Journal, 2017, 25(4): 1191-1217

## Studies on Causes and Influential Factors of Selenium-rich Soil in Xunyu Plain

LIU Yongxian<sup>1</sup>, CHEN Jinping<sup>1</sup>, PAN Liping<sup>1</sup>, WU Tiansheng<sup>2</sup>, YANG Bin<sup>3</sup>, XING Ying<sup>1</sup>,  
LIAO Qing<sup>1</sup>, LIANG Panxia<sup>1</sup>, JIANG Zepu<sup>1</sup>

(1 *Agricultural Resources and Environment Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Selenium Enriched Agriculture Research Center of Guangxi, Nanning 530007, China*; 2 *Geological Survey Institute of Guangxi, Nanning 530023, China*; 3 *Leading Group Office for Se-enriched Agricultural Products R&D, Guigang, Guangxi 537100, China*)

**Abstract:** Selenium (Se)-rich soil is the precondition of selenium-rich industry. Based on the 1 : 50 000 geochemical survey of soil environmental quality and long-term positioning observation, the proportion of Se-rich soil and the causes and influential factors of Se-rich soils in Xunyu plain were studied. The results showed that soil Se contents in Qintang, Guiping, Pingnan and Gangnan were higher than national average (0.29 mg/kg). Se content in Qintang was the highest (0.77 mg/kg). The proportion of the soils with Se content more than 0.4 mg/kg in Qintang, Guiping and Pingnan all exceeded 50%, highest in Qintang (88.5%). Topsoil Se in Guiping was mainly inherited from parent material. Soil Se content was negatively related to pH. Se contents reached 0.58 mg/kg in soils with pH<5. Soil Se content was in an order of forest land > grassland > garden plot > paddy field. Soil Se content in paddy field was 65.45% of the forest land. These results indicate that the soils in the Xunyu plain are rich in Se, soil parent material, land use type and soil pH are important influential factors on soil Se content.

**Key words:** Xunyu plain; Selenium-rich soil; Causes; pH