

南宁市土壤硒分布特征及其影响因素探讨*

李杰¹ 杨志强^{1†} 刘枝刚¹ 郑国东¹ 王英辉² 陈彪¹

(1 广西地质勘查总院, 南宁 530023)

(2 广西大学环境学院, 南宁 530004)

摘要 以南宁市土壤为对象,系统采集了2 767个表层土壤(0~20 cm)和711个母质样(150~200 cm)。用AFS原子荧光光谱法进行了样品全硒含量质量分数分析;研究了南宁市土壤全硒含量的分布特征及其与成土母质、土壤类型和土壤理化性质的关系。结果表明,南宁市土壤全硒含量变幅为0.09~1.34 mg kg⁻¹,算术平均值为0.57 mg kg⁻¹。土壤类型中,新积土全硒含量最高,平均为0.89 mg kg⁻¹;紫色土全硒含量最低,平均为0.37 mg kg⁻¹。成土母质中,全硒含量以二叠系碳酸盐岩母质发育土壤为最高,平均为0.79 mg kg⁻¹;以下白垩系紫红色碎屑岩母质发育土壤为最低,平均为0.39 mg kg⁻¹。影响南宁市土壤硒含量的主要因素是成土母质,土壤pH、有机碳及铁和铝的含量对土壤全硒含量的富集与分布也有一定影响。

关键词 南宁土壤;硒;分布特征

中图分类号 O163.52;X131 **文献标识码** A

硒(Se)为硫族非金属元素,稀少地分布于地壳之中,全球地壳中平均丰度为0.13 mg kg⁻¹[1]。硒是人体和动物必需的一种微量元素,具有改善动物机体免疫能力[2],对镉、砷、汞、银等重金属毒性具有明显的拮抗作用[3],能提高人体抗癌抗衰老能力[4-5]。缺硒可引起人体和动物发生白肌病、克山病、大骨节病等多种缺硒病[6-7]。据统计,我国有72%的地区处于缺硒和低硒状态,由于饮食是动物和人体获取硒的主要途径[8],如果膳食中硒摄入不足,将严重影响缺硒地区居民的身体健康。而土壤是食物硒来源的库。至今,有关南宁市土壤富硒情况尚未见报道。本文利用南宁市多目标区域地球化学调查结果,评价了南宁市富硒土壤资源分布特征,为成功开发富硒农产品和提升南宁市农产品在东盟自由贸易区竞争力提供了强有力的科技支撑。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区(南宁市)位于广西南部、北部湾经济区北部(22°13'~23°33'N,107°45'~108°03'E),面积

11 000 km²,包括南宁市六个城区及市辖武鸣县、横县部分地区,属南亚热带季风气候。该市地处桂西北低山丘陵向桂南丘陵平原的过渡带,海拔65~500 m,总体以那龙-邕宁-苏圩洪-冲积平原及武鸣盆地为中心,环绕丘陵低山的丘陵景观;局部为碳酸盐岩地区的岩溶孤峰(丘)平原~峰丛洼地景观。研究区大地构造属南华活动带西南部,西与加里东期扬子板块相邻。该地区经历了早古生代加里东期冒地槽沉积和褶皱回返隆起剥蚀、晚古生代华力西期地台沉积、中生代印支右江盆地边缘再生地槽沉积-燕山期陆内断陷盆地沉积,以及新生代喜马拉雅期断陷盆地湖泊相-间歇性抬升准平原化沉积等地质发展阶段,区内成土母质复杂。研究区地带性土壤为赤红壤;其间还有紫色土、石灰岩土、富钙红黏土等地带性土壤分布;非地带性土壤主要有水稻土和新积土等。

1.2 样品采集和处理

南宁市多目标区域地球化学调查采集了表层土壤样和母质样。表层土壤样的采样密度为1个km⁻²,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

* 广西自然科学基金项目(2010GXNSFE013001)和中国地质调查局国家专项“全国土壤现状调查及污染防治”-广西壮族自治区南宁市地区多目标地球化学大调查项目(GZTR20060115)资助

† 通讯作者,E-mail:zyyangzq@163.com

作者简介:李杰(1983—),男,陕西富县人,硕士研究生,工程师,主要研究方向生态地球化学。E-mail:ljwisdom@163.com

收稿日期:2011-11-01;收到修改稿日期:2012-04-01

(4 km²)⁻¹组合分析。母质样为 1 个 (4 km²)⁻¹ 采集, 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)⁻¹ 组合分析。共采集到 2 767 个表层组合样, 711 个母质组合样。采样点一般布设于农田、园地、林地、草地及山地丘陵土层较厚地带, 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 400 g, 送样测试分析。组合样点土壤类型和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 个单点样为不同类型时, 根据区域土壤类型和成土母质的变化趋势, 判定组合样所属类型。

1.3 分析测定

土壤样品分析由安徽省地质试验研究所承担, 并严格按照《多目标区域地球化学调查规范》(DD2005-1) 进行, 采用 AFS 原子荧光光谱法测定土壤全硒, 检出限为 0.008 μg g⁻¹; 等离子体发射光谱法测定土壤中的 K₂O、Na₂O 和 MgO, 对应检出限分别为 0.01% (质量分数)、0.02% (质量分数) 和 0.02% (质量分数); X 射线荧光光谱 (XRF) 测定土壤中的 Al₂O₃、Fe₂O₃ 和 TiO₂, 对应的检出限分别为 0.01% (质量分数)、0.01% (质量分数)、5% (质量分数); 容量法测定土壤中的有机碳 (C_{org}) 和全氮 (TN), 对应的检出限分别为 0.05% (质量分数)、15% (质量分数); pH 计电极法测定土壤 pH, 检出限为 0.08。元素分析方法实际检出限、准确度、精密密度等分析方法各项质量指标达到或优于《多目标区域地球化学调查规范》(DD2005-1) 的要求。每 500 个样品中密码插入 12 个国家一级标准物质 (土壤) 进行分析, 每种元素的每次分析结果单独计算测定值与标准值之间的对数差 (ΔlgC); 每小批约 50 个样品中密码插入不同含量的 4 个国家一级标准物质 (土壤), 用于衡量样品分析精密密度。含量范围在检出限三倍以内对数差 (ΔlgC) ≤ 0.12, 对数标准偏差 ≤ 0.17; 检出限三倍以上对数差 (ΔlgC) ≤ 0.1, 对数标准偏差 ≤ 0.15; 1% ~ 5% 对数差 (ΔlgC) ≤ 0.07, 对数标准偏差 ≤ 0.10; > 5% 对数差 (ΔlgC) ≤ 0.05, 对数标准偏差 ≤ 0.08。

1.4 数据处理

统计前对所有数据进行异常值剔除, 采用 MapGIS 软件中 Kring 泛克里格法网格化模型绘制全硒

含量分布图, 数据统计分析采用 SPSS18.0 和 Excel 软件处理。

2 结果与分析

2.1 表层土壤的硒含量

国内外学者对土壤硒状况已经做了很多研究报道, 但对富硒土壤的含量界定尚没有统一的标准。李家熙等^[9] 曾将土壤中的硒按质量分数高低划分为低硒土壤 (0.1 ~ 0.2 mg kg⁻¹)、中硒土壤 (0.2 ~ 0.4 mg kg⁻¹)、富硒土壤 (> 0.4 mg kg⁻¹)。依据这种划分, 对 2 670 个土壤样品的硒含量制作了等值分布图 (图 1)。可以看出, 研究区 7 964 km² 面积属于富硒土壤, 占研究区总面积的 72.2%。富硒土壤主要分布于江南区-青秀区以北地区, 武鸣县的全部行政区域内土壤几乎均属于富硒土壤。对 2 767 个土壤样品的全硒质量分数按平均值加减 3 倍标准偏差剔除了异常值, 统计的 2 670 个样品的平均值为 0.57 mg kg⁻¹, 是富硒土壤的临界值的 1.43 倍, 高于世界及我国大部分地区土壤平均值 (表 1)。从土壤全硒含量的平均值来看, 南宁市土壤总体上属于富硒土壤, 但不同地区全硒含量有较大变化, 最高值达 1.34 mg kg⁻¹, 最低值为 0.09 mg kg⁻¹, 相差达 1.25 mg kg⁻¹, 分布相对不均匀, 变异系数为 46%。

2.2 不同类型土壤的硒含量变化

表层土壤中的硒含量除与成土母质有关外, 还与气候、风化淋失、土壤质地、地力耗竭等有关^[17]。根据全国第二次土壤普查资料, 研究区土壤类型主要为水稻土、新积土、赤红壤、富钙红黏土、石灰岩土、紫色土等。按土壤类型分别统计了土壤的全硒含量 (表 2)。可以看出, 不同类型土壤的全硒含量大小顺序为: 新积土 > 石灰岩土 > 富钙红黏土 > 赤红壤 > 水稻土 > 紫色土。新积土和石灰岩土的全硒含量相对较高, 平均值分别为 0.89 mg kg⁻¹ 和 0.78 mg kg⁻¹; 富钙红黏土、赤红壤和水稻土全硒含量次之, 平均值分别为 0.69 mg kg⁻¹、0.64 mg kg⁻¹ 和 0.61 mg kg⁻¹; 紫色土最低仅为 0.37 mg kg⁻¹。其中, 新积土和石灰岩土全硒含量远高于研究区的平均值, 仅有紫色土全硒含量平均值低于研究区平均值, 其余土壤类型的全硒含量略高于研究区平均值。

新积土是流水新近堆积物上形成的一种初育土, 主要形成于洪积物质上, 由于成土时间短, 生物

表 1 全球和我国部分地区土壤硒状况

Table 1 Soil Se in some regions of China and the world

地区 Region	质量分数 Mass fraction(mg kg^{-1})	资料来源 Data source
香港 Hong Kong SAR	0.76	[10]
海南 Hainan Province	0.765	[11]
贵州 Guizhou Province	0.39	[12]
浙北嘉善 Jiashan, Zhejiang Province	0.33	[8]
西藏 Xizang Autonomous Region	0.15	[13]
福州 Fuzhou City	0.426	[14]
全国 China	0.29	[15]
世界 World	0.20	[16]
地壳丰度 Crustal Abundance	0.13	[1]

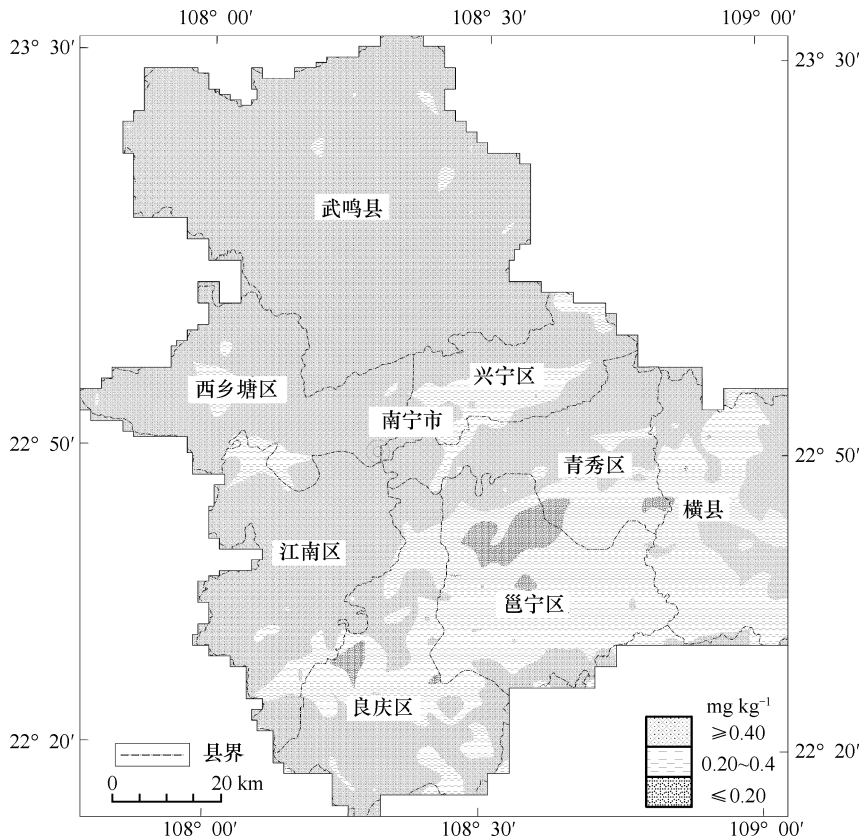


图 1 南宁市表层土壤硒分布图

Fig. 1 Distribution of selenium in the surface soils of Nanning

表 2 南宁市不同类型土壤的全硒含量

Table 2 Statistics of Se contents in different types of soils in Nanning

土壤类型 Soil types	样品数 Samples number	质量分数 Mass fraction(mg kg ⁻¹)			标准偏差 Standard deviation	变异系数 CV(%)
		最大值 Max	最小值 Min	平均值 Average		
		水稻土 Paddy soil	239	1.34		
新积土 New alluvial soil	17	1.32	0.48	0.89	0.26	29
赤红壤 Laterticred soil	1 510	1.34	0.13	0.64	0.25	39
富钙红黏土 Calcium-rich red clay	25	1.1	0.28	0.69	0.17	25
石灰岩土 Limestone soil	126	1.33	0.34	0.78	0.24	31
紫色土 Purple soil	753	0.8	0.09	0.37	0.12	32
研究区 Study area	2 670	1.34	0.09	0.57	0.26	46

作用弱,母质特征明显,其物质组成反映了上游山地岩石特点,其全硒含量可能与上游岩石组成组成有关系^[18]。石灰岩土和富钙红黏土的质地黏重,大部分为轻黏至重黏土,对硒的吸附作用远大于淋溶作用。因此全硒含量也比较高。而紫色土主要由下白垩系紫红色碎屑岩母质发育形成,深受母岩性质的影响,由下文可知白垩系紫红色碎屑岩母质全硒含量很低,因此该类土壤的全硒含量也是所有土壤中最底的。并且紫色土容易发生水土流失,也可能是其全硒含量较低的一个原因。

为了反映硒元素在各类土壤类型中的离散程度,以标准差与平均值的比值作为变异系数的值。依据变异系数大小粗略分级规律^[19],硒元素在各类土壤类型中的变异系数为中等变异~强变异,变异系数范围为25%~49%,各类土壤类型的变异系数的大小顺序为:水稻土>赤红壤>紫色土>石灰岩土>新积土>富钙红黏土。全硒含量在水稻土变化幅度最大,这主要是由于水稻土的形成既受人为活动作用,也受气候、母质、地形和人文条件等的影响。经过水耕熟化和氧化还原过程,成土母质组分和理化性状差别明显,造成全硒含量在研究区不同地域的水稻土中的含量差异明显。

2.3 不同成土母质的硒含量变化

统计了不同成土母质的全硒含量(表3)。可以

看出,除下白垩系紫红色碎屑岩母质的全硒含量低于0.4 mg kg⁻¹外,其余成土母质的全硒含量均超过富硒土壤的临界值。不同母质全硒含量由高至低的顺序为:二叠系碳酸盐岩母质>寒武系碎屑岩母质>第四系冲积红土母质>三叠系碎屑岩母质>石炭系碳酸盐岩母质>泥盆系碳酸盐岩母质>中生代中酸性侵入岩母质>上白垩系火山碎屑岩母质>古近系堆积岩组母质>侏罗系碎屑岩母质>下白垩系紫红色碎屑岩母质。研究区出露地层复杂,由于不同地层年代气候、生物、地形、构造运动和古地理条件等的差异,使得研究区不同成土母质全硒含量表现出较大的差异性。

图2是成土母质全硒含量的等值分布图,从图1和图2对比可以看出,成土母质的全硒含量与表层土壤的全硒含量具有非常好的套合性。对表层土壤中全硒含量与母质中的全硒含量进行了Pearson相关分析,结果表明在它们之间存在显著相关($r=0.494, p<0.01$),这表明南宁市富硒土壤主要是由高硒的岩层引起的。二叠系碳酸盐岩和寒武系碎屑岩母质等高硒成土母质主要岩性为灰岩夹硅质岩、变质砂岩夹板岩;第四系冲积红土和三叠系碎屑岩等母质的主要岩性为砂砾石黏土层、砂质黏土细砂岩、泥岩、粉砂岩互层。

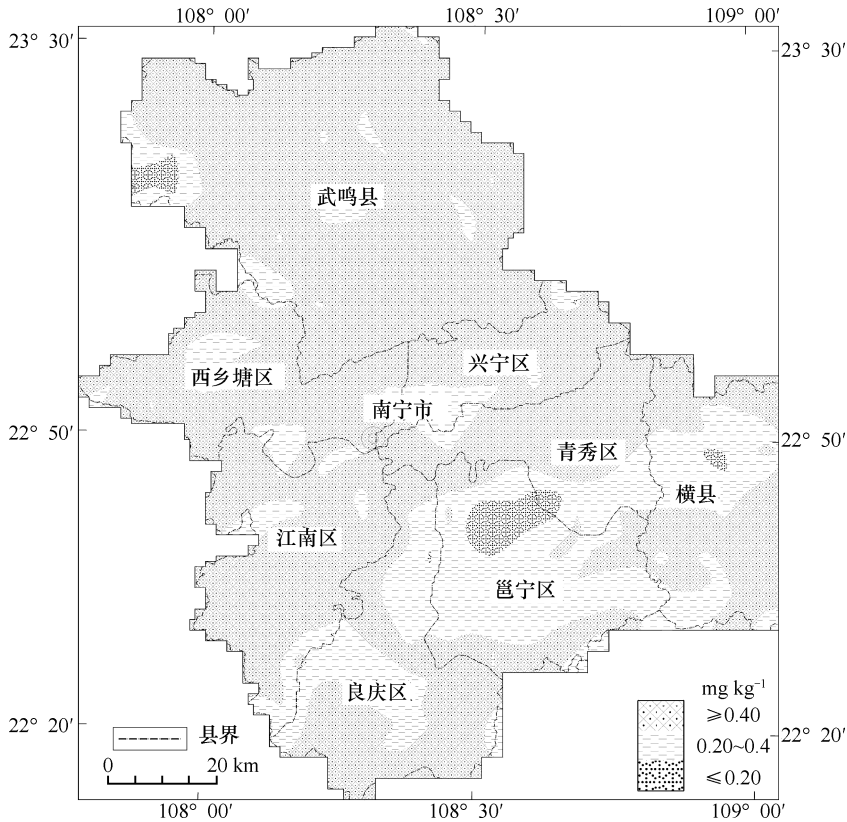


图2 南宁市成土母质硒分布图

Fig. 2 Distribution of selenium in soil parent materials in Nanning

2.4 表层土壤中硒的富集程度

表层土壤硒的富集程度可用富集系数(k)来表示,即:

$$k = \frac{\text{表层土壤硒含量} / \text{表层土壤 TiO}_2 \text{含量}}{\text{成土母质硒含量} / \text{成土母质 TiO}_2 \text{含量}}$$

其中,每 4 km² 的表层土壤样和其所处的 16 km² 单元格中母质样相对应。分别以 $1.0 \leq k < 1.5$ 、 $1.5 \leq k < 2.0$ 和 $k \geq 2.0$ 作为土壤硒弱富集、中富集和强富集的划分依据^[20]。南宁土壤中硒的富集系数平均值为 1.33,变化范围为 0.22 ~ 13.91,标准离差为 0.87,变异系数达 65%,属于强变异。富集系数平均值属于弱富集,表明表层土壤中硒的富集程度相对较低,强变异反映了不同地段富集程度差异较大。硒强富集区主要位于以古生代碳酸盐和新生代松散堆积层岩组和下白垩系紫红色碎屑岩为母质的土壤区(图 3 中大于等于 2 的区域)。

2.5 土壤硒含量与土壤性质和组分的关系

表 4 为表层土壤全硒含量与 pH 及其他元素的相关性。南宁土壤中全硒含量与 pH 显著相关($r =$

$-0.068, p < 0.01$)。章海波等^[10]、胡艳华等^[8]的研究结果也表明土壤全硒含量与 pH 呈负相关关系,但相关程度有所差异,体现了不同区域的地理环境导致硒在土壤中赋存状态的差异。与土壤硒相关性较高的土壤性质和组分还有有机碳、全氮、Al₂O₃、Fe₂O₃;土壤全硒含量与全硫也有显著相关($p < 0.01$),但相关系数较低,为 0.214。以往的研究者也发现有机碳与土壤全硒含量存在相关性^[21]。硒在酸性和中性(pH = 4 ~ 8)条件下主要以亚硒酸盐形式存在,迁移淋溶作用较弱;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^[22-24]。因此,高有机质含量和大面积酸性土壤是南宁土壤中硒易累积的重要因素。

土壤 Fe 与 Se 的相关性要略强于 Al 与 Se 的相关性。这可能是由于铁铝氧化物对硒的亲力和吸附能力不同引起的。同时,铁铝氧化物对硒的吸附易受到土壤 pH 的影响,最大吸附量出现在 pH 为 4 ~ 6 之间^[15]。另一方面,土壤中被盐基离子淋失后的 Fe 和 Al 相对富集,这些因素形成了有利于土壤硒富集的地球化学环境。

表 3 南宁市不同成土母质硒质量分数统计表

Table 3 Statistics of Se contents in different soil parent materials in Nanning

母质 Parent material	样品数 Samples number	质量分数 Mass fraction(mg kg ⁻¹)			标准偏差 Standard deviation	变异系数 CV(%)
		最大值 Max	最小值 Min	平均值 Average		
		中生代中酸性侵入岩 Mesozoic acid intrusive rocks	12	0.84		
寒武系碎屑岩 Cambrian clastic rocks	64	1.33	0.14	0.76	0.24	32
泥盆系碳酸盐岩 Devonian carbonate	101	1.32	0.16	0.59	0.27	46
石炭系碳酸盐岩 Carboniferous carbonate	39	1.25	0.14	0.6	0.29	48
二叠系碳酸盐岩 Permian carbonate	35	1.3	0.21	0.79	0.29	37
三叠系碎屑岩 Triassic clastic	52	1.17	0.17	0.66	0.25	38
侏罗系碎屑岩 Jurassic clastic rocks	34	0.99	0.18	0.43	0.19	44
下白垩系紫红色碎屑岩 Cretaceous clastic rocks under the purple	182	1.07	0.08	0.39	0.16	41
上白垩系火山碎屑岩 Cretaceous volcanic rocks	33	0.8	0.18	0.46	0.15	33
古近系堆积岩组 Accumulation of paleogene rocks group	53	0.92	0.18	0.45	0.2	44
第四系冲积红土 Quaternary alluvial clay	97	1.27	0.23	0.67	0.23	34
研究区 Study area	702	1.33	0.08	0.56	0.26	46

表 4 南宁市表层土壤中全硒含量与其他元素含量间的相关性

Table 4 Correlation coefficients between selenium and other elements in concentration in the surface soils of Nanning

	C _{org}	pH	Al ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	N	Na ₂ O	S	Fe ₂ O ₃
Se	0.561 **	-0.068 **	0.574 **	-0.117 **	-0.355 **	0.553 **	-0.359 **	0.214 **	0.697 **

注: ** 在 0.01 水平(单侧)上显著相关; * 在 0.05 水平(单侧)上显著相关

Note: ** denotes significant correlation at the 0.01 level (one side); * significant correlation at the 0.05 level (one side)

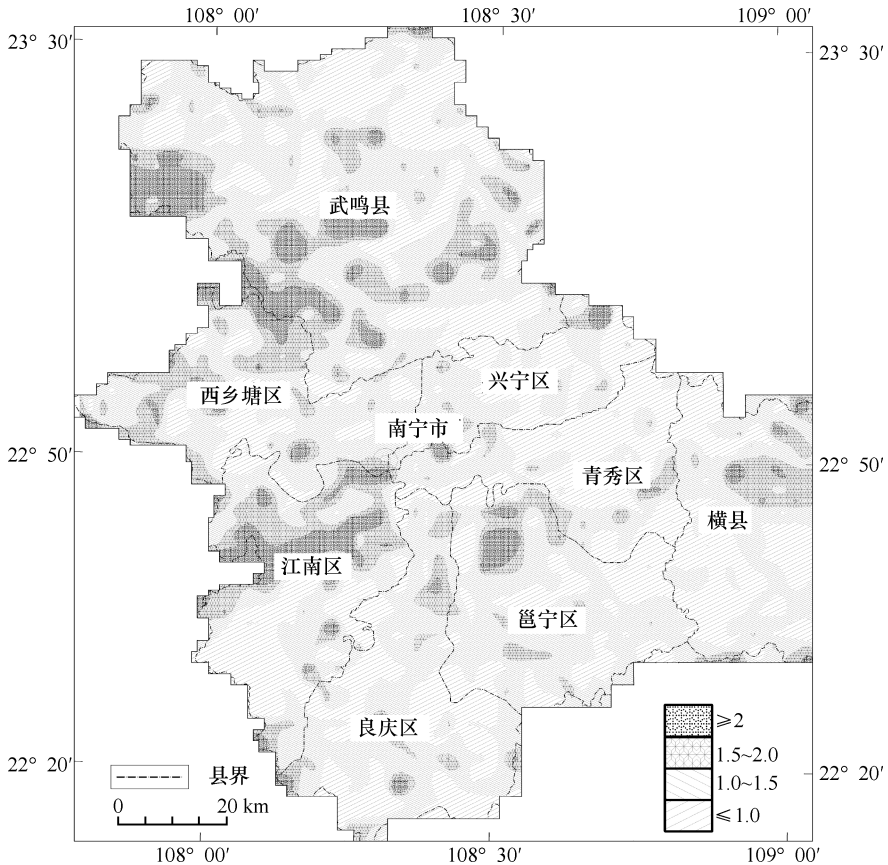


图3 南宁市表层土壤硒富集系数

Fig.3 Enrichment coefficient of selenium in the surface soils of Nanning

3 结论

研究表明南宁市土壤总体上属于富硒土壤。不同土壤类型中新积土硒含量最高,紫色土最低;成土母质以二叠系碳酸盐岩母质发育土壤为最高,下白垩系紫红色碎屑岩母质发育土壤为最低。土壤中全硒含量在南宁市区域分布上差异明显,主要与岩层、土壤 pH、有机碳、Fe 以及 Al 的含量有关。

参考文献

[1] Rudnick R L, Gao S. Composition of the continental crust//Holland H D, Turekian K K. Treatise on geochemistry. Amsterdam: Elsevier, 2003: 1—64

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

[3] Jarzyńska 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*, 2011, 37(5): 882—888

[4] 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. *Science of the Total Environment*, 2011, 409(17): 3 092—3 097

[5] Heath J C, Banna K M, Reed M N, et al. Dietary selenium protects against selected signs of aging and methylmercury exposure. *Neurotoxicology*, 2010, 31(2): 169—179

[6] 谭见安. 环境生命元素与克山病. 北京: 中国医药科技出版社, 1996. Tan J A. Environmental life elements and keshan disease (In Chinese). Beijing: China Medical Science Press, 1996

[7] 张丽珊, 朱岩. 东北大骨节病区主要土壤腐殖酸硒与大骨节病关系的研究. *应用生态学报*, 1990, 1(4): 333—337. Zhang L S, Zhu Y. Study on relations between kaschin-beck disease and content of selenium bounded by humic acids in soil in Northeast China (In Chinese). *Journal of Applied Ecology*, 1990, 1(4): 333—337

[8] 胡艳华, 王加恩, 蔡子华, 等. 浙江嘉善地区土壤硒的含量、分布及其影响因素初探. *地质科技情报*, 2010, 29(6): 84—88. Hu Y H, Wang J E, Cai Z H, et al. Content, distribution and influencing factors of selenium in soil of Jiashan area, northern Zhejiang Province (In Chinese). *Geological Science and Technology Information*, 2010, 29(6): 84—88

[9] 李家熙, 张光弟, 葛晓立, 等. 人体硒缺乏与过剩的地球化

- 学环境特征及其预测. 北京:地质出版社, 2000. Li J X, Zhang G D, Ge X L, et al. Prediction and geochemical environmental character of human selenium imbalances (In Chinese). Beijing: Geographic Press, 2000
- [10] 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. 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 (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(3): 404—410
- [11] 徐文, 唐文浩, 邝春兰, 等. 海南省土壤中硒含量及影响因素分析. 安徽农业科学, 2010, 38(6): 3 026—3 027. Xu W, Tang W H, Kuang C L, et al. Analysis on content of Se in soil of Hainan province and its influencing factors (In Chinese). Journal of Anhui Agri Sci, 2010, 38(6): 3 026—3 027
- [12] Wang G, Jiang J, Zhu X. Study on the background level of selenium in soils and its sources, Guizhou Province. Chinese Journal of Geochemistry, 2008, 27(2): 178—182
- [13] 张晓平, 张玉霞. 西藏土壤中硒的含量及分布. 土壤学报, 2000, 37(4): 558—562. Zhang X P, Zhang Y X. Content and distribution of selenium in soils of Tibet (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2000, 37(4): 558—562
- [14] 方金梅. 福州市土壤硒形态分析及其迁移富集规律. 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 (In Chinese). Rock and Mineral Analysis, 2008, 27(2): 103—107
- [15] 刘铮. 中国土壤微量元素. 南京:江苏科学技术出版社, 1996. Liu Z. Trace element in Chinese soil (In Chinese). Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1996
- [16] Donald J L. Trace metals in soils, plants, and animals. Advances in Agronomy, 1972, 24: 267—325
- [17] 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. 生态学杂志, 2005, 24(10): 1 197—1 203. Zhao S H, Yu W T, Zhang L, et al. Biogeochemical cycling of selenium nutrition adjustment and differentiation cause in environment (In Chinese). Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(10): 1 197—1 203
- [18] 王世纪, 吴小勇, 刘军保. 湖北地区土壤硒元素特征及其生态环境效应评价. 中国地质, 2004, 31(增刊): 118—125. Wang S J, Wu X Y, Liu J B. Characteristics of elemental selenium in soils and evaluation of eco-environmental effects in northern Zhejiang (In Chinese). Geology in China, 2004, 31(Suppl): 118—125
- [19] 王天阳, 王国祥. 昆承湖水质参数空间分布特征研究. 环境科学学报, 2007, 27(8): 1 384—1 390. Wang T Y, Wang G X. Spatial distribution of water quality parameters in Lake Kuncheng (In Chinese). Acta Scientiae Circumstantiae, 2007, 27(8): 1 384—1 390
- [20] 郇逸根, 董岩翔, 郑洁, 等. 浙江富硒土壤资源调查与评价. 第四纪研究, 2005, 25(3): 323—330. Li Y G, Dong Y X, Zheng J, et al. Selenium abundant soil survey and assessment in Zhejiang (In Chinese). Quaternary Sciences, 2005, 25(3): 323—330
- [21] Shand C A, Balsam M, Hillier S J, et al. Aqua regia extractable selenium concentrations of some scottish topsoils measured by ICP-MS and the relationship with mineral and organic soil components. J Sci Food Agric, 2010, 90(6): 972—980
- [22] 朱建明, 梁小兵, 凌宏文, 等. 环境中硒存在形式的研究现状. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(1): 75—81. Zhu J M, Liang X B, Ling H W, et al. Advances in studying occurrence modes of selenium in environment (In Chinese). Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2003, 22(1): 75—81
- [23] 杨林章, 周鑫斌, 施卫明. 富硒与非富硒水稻品种对硒的吸收分配的差异及机理. 土壤, 2007, 39(5): 731—736. Yang L Z, Zhou X B, Shi W M. Genotypical differences and characteristics of Se uptake and accumulation in rice (In Chinese). Soils, 2007, 39(5): 731—736
- [24] Zhang L, Shi W, Wang X. Difference in selenium accumulation in shoots of two rice cultivars. Pedosphere, 2006, 16(5): 646—653

DISTRIBUTION OF SELENIUM IN SOILS OF NANNING CITY AND ITS INFLUENCING FACTORS

Li Jie¹ Yang Zhiqiang^{1†} Liu Zhigang¹ Zheng Guodong¹ Wang Yinghui² Chen Biao¹

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

(2 School of Environmental Studies, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract The main objective of this paper is to study characteristics of selenium distribution in soils and their relationships to genesis and physio-chemical properties of the soils in Nanning City. A total of 2 767 samples of surface soils (0~20 cm) and 711 of parent materials were collected for analysis of total soil selenium with atomic fluorescence spectrometry and soil properties with various methods. Results of the analysis show that concentration of total selenium in the surface soils ranged from 0.09 mg kg⁻¹ to 1.34 mg kg⁻¹ and averaged 0.57 mg kg⁻¹. Among the different types of parent

materials, the lowest and highest concentrations were recorded in Permian carbonate was the highest in total Se content, averaging 0.79 mg kg^{-1} and Cretaceous purplish clastic rocks the lowest, averaging 0.39 mg kg^{-1} , while among the different types of soils, Alluvial soil was the highest, averaging 0.89 mg kg^{-1} and purple soil the lowest averaging 0.37 mg kg^{-1} . Obviously soil parent material is the major factor that influences selenium concentration and distribution in the soils in Nanning, whereas soil pH, and contents of organic matter, iron and aluminum are also factors of certain significance.

Key words Nanning soil ; Selenium (Se) ; Distribution characteristics

新书《土壤红外光声光谱原理及应用》介绍

中国科学院南京土壤研究所杜昌文著的《土壤红外光声光谱原理及应用》一书已于 2012 年 5 月由科学出版社出版。全书 41.0 万字, 318 页, 每册定价 88 元, 共分五章。

土壤分析是土壤学研究中的常规性工作, 现代农业对土壤信息的需求量十分巨大, 传统的化学分析方法很难适应海量的土壤数据获取(土壤数字化), 而仪器分析的方法则为海量土壤信息的获取提供了可能。近 20 年来, 在仪器分析方法中, 红外光谱在土壤分析中显示出了独特的优势, 具有重要的应用潜力。

传统红外光谱(透射光谱和反射光谱)在 20 世纪 50 年代就已应用于土壤分析, 但由于方法本身的原因, 在土壤定性或定量分析中均受到一定的限制。红外光声光谱是光声理论的重要应用, 尽管光声理论发现于 1880 年, 但由于软硬件的限制, 在红外光谱上的应用却延后了 100 年, 直至 1980 年才开始商业化应用。红外光声光谱与传统红外光谱的本质差别在信号获取的方式上, 即红外光声光谱采用了光声转换理论, 这种信号获取方式赋予了其原位和逐层扫描的功能, 同时也摆脱了高吸收样本的限制, 更加适合于土壤分析, 具有广阔的应用前景。杜昌文研究员率先将红外光声光谱应用于土壤分析, 取得了一系列研究进展, 历经三载的撰写、修改和补充, 完成本书。

本书采用红外光谱的手段, 以数学模型为支撑, 分析土壤性质、结构和组成, 并研究了土壤中物质与能量的转化过程, 首次提出了土壤红外光谱属性的概念, 并分析了红外光谱属性和土壤理化属性以及土壤空间属性间的关系, 是目前国内外唯一一本论述红外光声光谱在土壤学中应用的专著。本书呈现典型的多学科交叉的性质, 从物理、化学、仪器、设备、软件到数学等均有涉及, 但核心点是土壤学, 是红外光谱在土壤学研究中的最新应用, 并将基础研究和相应技术开发相结合, 具有较好的理论和应用价值。此外, 本书还附带了土壤主要组成(有机物和无机物)、我国典型农田土壤以及我国典型生态系统土壤的红外光声光谱图, 具有重要的参考意义。

本书由三部分内容组成: 第一部分(第一、二章)是光谱分析基础, 分别介绍了红外光声光谱的原理和用于光谱数据分析的 Matlab 软件基础, 旨在为土壤学研究者提供相关知识背景, 以便更好地分析和理解红外光谱在土壤学中的应用, 熟悉红外光谱和 Matlab 软件的读者可以略过此部分。第二部分(第三、四、五章)是红外光声光谱在土壤学研究中的应用, 基于 Matlab 软件并结合化学计量学的方法, 利用红外光声光谱进行土壤分类与鉴定、土壤肥力评估, 既而构建土壤红外光声光谱信息系统, 提出了土壤光谱属性的概念; 基于红外光声光谱原位和逐层扫描分析功能, 初步探讨了土壤中有机无机复合物的组成、结构及其相互作用。第三部分内容为附录, 包括土壤黏土矿物中红外光声光谱图、土壤有机物中红外光声光谱图、我国典型农田土壤中红外光声光谱图以及我国不同生态系统土壤中红外光声光谱图, 为土壤学有关研究提供参考。