

贵州省万山区耕地土壤硒元素分布特征与相关性分析

涂飞飞,洪万华,余万泽,潘昌红,蒋天锐,陈浩星,杨秀超

(贵州省地质矿产勘查开发局 103 地质大队,贵州 铜仁 554300)

[摘要] 硒是环境中重要的生命元素,缺硒和硒过剩都将引起生物及人体的不良反应。本文以贵州省万山区耕地土壤为研究对象,通过系统采样及化验分析耕地土壤硒含量,结果发现万山区耕地土壤硒含量在 0.05~8.01 mg/kg,平均值为 0.50 mg/kg,总体上达到富硒区标准,富硒土壤面积 22.78 万亩,占万山区耕地总面积的 77.43%,硒元素高值区分布在万山区东部的熬寨乡。同时,对影响万山区耕地土壤硒元素含量的相关性进行研究,得知影响土壤硒含量的主要因素是成土母岩、土壤类型,土地利用方式,土壤硒含量只与 Hg、Cd、Mo、SOM 呈弱相关性,与其余元素均无相关性。本研究成果对万山区土地合理规划利用,富硒产业的科学发展具有重要价值。

[关键词] 万山区;硒元素;土壤;分布特征;相关性分析

[中图分类号] S159;P632;O613.52 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2021)04-0487-05

1 引言

硒为硫族非金属元素,化学性质活泼,是环境中重要的生命元素,多年研究证实,硒有抗癌、抗衰老、抗氧化、增强人体免疫力、调节维生素的吸收与利用、调节蛋白质的合成、增强生育功能等多种功能,同时也是肌肉功能的重要成分,硒在人体不能合成,必须靠外界摄入,饮食是人体获取硒的主要途径,如果膳食中缺少硒摄入会严重影响人体的身体健康,同时硒过剩也会引起人体的不良反应(张庆华等,2019;赵成义,2004)。硒主要来源于土壤,并稀少的分布于地壳之中,在地壳中平均丰度为 0.13 mg/kg(李杰等,2012),据统计,我国有 72% 的地区处于缺硒和低硒状态(张宁飞等,2017)。耕地质量地球化学调查评价是一项系统性、综合性、技术性很强的工作,开展耕地质量地球化学调查评价是实现耕地社会价值、经济价

值和生态价值的先决条件(侯现慧等,2015)。贵州省万山区于 2017 年开展 1:50000 耕地质量地球化学调查评价发现,万山区表层土壤硒含量较高,面积较大,具有较大的富硒耕地开发潜力。本文以《贵州省万山区耕地质量地球化学调查评价》项目为支撑,从耕地土壤成土母岩、土壤类型、土地利用方式及等方面对土壤硒元素分布规律及相关性进行深入研究,研究成果为万山区农业产业规划和农产品种植结构调整提供了理论支持。

2 研究区概况

万山区位于贵州省铜仁市城区南东部,行政面积 842 km²,包括谢桥街道、茶店街道、鱼塘乡、大坪镇、万山镇、高楼坪镇、熬寨乡、下溪乡、黄道乡 9 个乡镇。万山区属于亚热带湿润季风气候,冬无严寒,夏无酷暑,年均气温 13.7℃。万山区以喀斯特岩溶地貌为主,全境地势东低西高,中部隆

[收稿日期] 2020-06-09 [修回日期] 2021-05-08

[基金项目] 贵州省万山区耕地质量地球化学调查评价项目(黔地矿耕调 2017-09)。

[作者简介] 涂飞飞(1989—),男,工程师,研究生,从事地球化学勘查工作。E-mail:527459788@qq.com。

[通讯作者] 洪万华(1980—)男,高级工程师,长期从事地球化学勘查、农业地质、区域地质调查等工作。

起。境内的地层从东到西,依次出露有板溪群、震旦系、寒武系、奥陶系地层,局部地方覆盖有第四系,岩性以白云岩、灰岩为主,其次为碎屑岩、变质岩,海拔高度在 270~1 149.2 m。

研究区土壤主要分为黄壤、红壤、粗骨土 3 个地带性土壤和石灰土、水稻土 2 个非地带性土壤,土壤面积 196.12 km²,占土地总面积的 23.30%。

3 样品采集及分析方法

由于万山区多山地,地形较为复杂,耕地较少、散,研究组依据耕地分布、地形以及相关布点原则,共布设表层土壤样 1507 件,采样密度为 7.79 件/km²,并于 2017 年 10 月—2018 年 1 月完成所有样品的采集。样品采集时以野外实际确定的采样点为中心,根据采样地块确定子样的分布形状,本次表层土壤样品子样多以“S”形和“X”形为主,连续采集 0~20 cm 表层土壤样品,采用多点均匀组合,充分混匀后,组合成一件样。样品经阴干或风干后,全部过 10 目尼龙筛,后按四分法留取土样 500 g,200 g 送测试中心进行检测,剩余 300 g 装入副样瓶送副样库留底。

本次土壤全量分析工作由湖北省地质实验测试中心完成,为确保表层土壤样品分析质量,根据不同分析方法的质量水平,本项目土壤中 Co、Cu、Zn、Mo、Cd、Pb、Ge 元素采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS);Mn、Ni、V 元素采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-OES);K₂O、Cr、P 采用 X 射线荧光光谱法(XRF);As、Hg、Se 采用原子荧光光谱法(AFS),土壤有机质采用重铬酸钾容量法(VOL),土壤 pH 值采用电位法测定,本配套方案兼顾了多种大型仪器方法的准确度、灵敏度

和精密度各自优势,特殊元素选用有针对性的专用分析方法,以满足项目成图要求和圈找土壤地球化学异常的目的。

4 数据处理及制图方法

本次调查研究,数据处理均采用样点实测数据,按照调查区范围、成土母质、乡镇行政区划及土壤类型分别统计了土壤样品中 23 种元素或指标的算术平均值、几何平均值、算术标准偏差、变异系数、最大值、最小值等参数,以±3S 剔除原始数据中的离群值后,计算各元素的平均值作为背景值。

本次调查以全国第二次土地调查图斑为差值对象,对有实际采样点的图斑,以实测数据的平均值直接赋值该图斑。多年的勘查地球化学实践已经证实,元素自然背景的空间分布是一个连续变化的曲面,为此利用已有调查数据构建元素含量连续变化的数学表达模型进行插值,本次采用中国地质调查局发展研究中心研发的《土地质量地球化学评价管理与维护(应用)子系统》软件进行插值,对所有未采样的二调图斑进行赋值,作为其评价数据。

5 研究区土壤硒元素分布特征

依据《贵州省耕地质量地球化学调查评价总体设计》,将万山区表层土壤划分为 7 个区,细化富硒土壤等级分别为特级、一级、二级、三级富硒土壤,同时将<0.4 mg/kg 以下分为“低硒、含硒”两个段,将>3.0 mg/kg 分为“过剩”,划分标准见表 1。

表 1 土壤硒等级划分及图示

Table 1 Classification and diagram of soil selenium grade

指标	低硒	含硒	三级	二级	一级	特级	过剩
标准值	≤0.2	0.2-0.4	0.4-0.5	0.5-0.8	0.8-1.2	1.2-3.0	>3.0
颜色							

对研究区 1507 个耕地土壤样品中硒含量进行统计表 2。

表 2 万山区土壤硒元素含量参数表

Table 2 Soil selenium content parameters in Wanshan district

样品数	最小值(mg/kg)	最大值(mg/kg)	平均值(mg/kg)	标准离差	变异系数
1507	0.05	8.01	0.50	0.36	0.31

从表2中看出,万山区耕地表层土壤硒含量范围在0.05~8.01 mg/kg,平均值为0.50 mg/kg,是中国A层土壤背景值(0.29 mg/kg)(魏复盛等,1991;李洪奎等,1990)的1.72倍,总体上达到富硒区标准,说明在一定区域,土壤中硒含量有着明显的累计效应。整个万山区富硒区耕地面积22.78万亩,占万山区耕地总面积的77.43%,主

要分布在鱼塘乡、大坪乡、茶店街道办事处,含硒区及低硒区面积仅6.64万亩,占万山区耕地总面积的22.57%。万山区各乡镇的平均硒含量如图2所示,各乡镇的硒元素平均含量均高于富硒标准值,其中硒元素高值区分布在万山区东部的熬寨乡,而在西部的大坪乡、鱼塘乡,东南部黄道乡土壤硒元素含量相对较少。

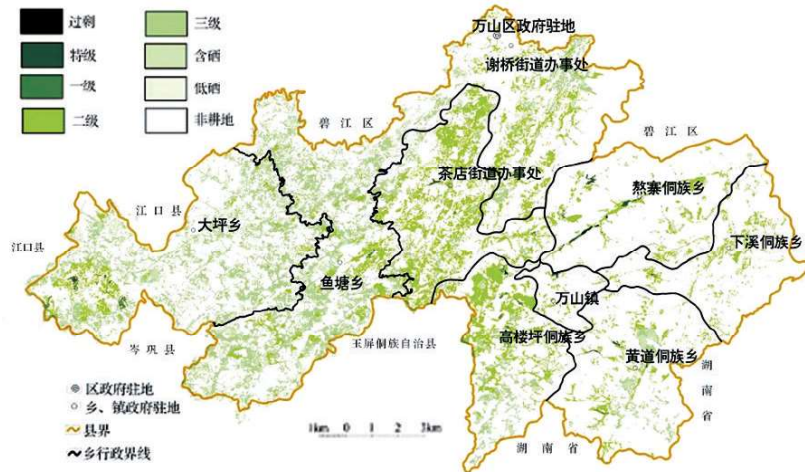


图1 万山区耕地土壤硒元素分布图

Fig. 1 Soil selenium distribution of the cultivated land in Wanshan district

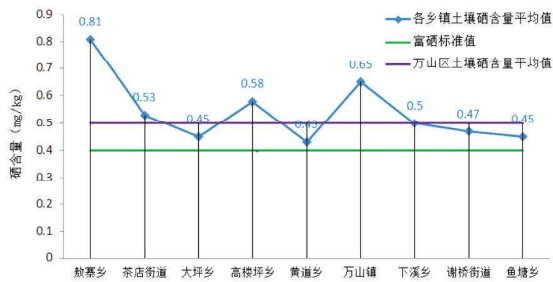


图2 万山区各乡镇耕地土壤硒元素平均含量

Fig. 2 The average content of selenium in cultivated soil of towns in Wanshan district

5.1 不同成土母岩区土壤硒含量

土壤是成土母岩经风化形成,万山区基本以中高山地为主,母岩风化搬运距离较近,坡积及残坡积土壤分布,更多的继承了母岩的元素地球化学特征,成土母岩直接制约着硒含量及其分布(邓军等,2019),万山区的成土母岩主要为白云岩、灰岩、白云质灰岩、碎屑岩、变质岩,其风化形成的土壤中硒含量情况见表3。从表3中可以看出,总体上不同成土母岩形成的土壤中硒含量均达到富硒标准,不同岩性形成的土壤硒含量存在差异,表现为白云岩>碎屑岩>白云质灰岩>灰岩>变质岩。

表3 万山区不同成土母岩区土壤中硒元素含量

Table 3 Selenium content in different soil forming rock in Wanshan district

成土母岩	样品数	最小值	最大值	平均值	Se 含量≥0.4		
					样品个数	平均值	占比
白云岩	644	0.06	7.94	0.53	516	0.57	80.12
灰岩	443	0.05	3.10	0.47	305	0.53	68.85
白云质灰岩	47	0.25	1.01	0.48	36	0.52	76.60
碎屑岩	253	0.16	8.01	0.51	139	0.71	54.94
变质岩	120	0.20	1.56	0.44	53	0.60	44.17

注:1. 含量单位为 mg/kg;2. 样品个数为件;3. 占比单位为%。

5.2 不同土壤类型硒含量

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

(王梅珠等,1996),根据全国第二次土地调查资料,本次万山区采集的土壤样主要集中在黄壤、红壤、石灰土、粗骨土、水稻土,按土壤类型分别统计了不同土壤类型的硒含量(表4)。

表4 万山区不同土壤类型中硒元素含量

Table 4 Selenium content in different soil types in Wanshan district

土壤类型	样品数	最小值	最大值	平均值	Se 含量≥0.4		
					样品个数	平均值	占比
黄壤	818	0.05	7.94	0.49	560	0.56	68.46
红壤	15	0.28	0.69	0.43	9	0.49	60.00
石灰土	6	0.29	0.68	0.55	5	0.60	83.33
粗骨土	18	0.22	0.73	0.38	6	0.54	33.33
水稻土	650	0.16	8.01	0.51	460	0.59	70.77

注:1. 含量单位为 mg/kg;2. 样品个数为件;3. 占比单位为%。

从表4中可以看出,不同类型土壤的硒含量大小顺序为:石灰土>水稻土>黄壤>红壤>粗骨土。石灰土、水稻土、黄壤、红壤总体上均达到了土壤富硒标准,其中石灰土、水稻土土壤硒含量较高,均高于万山区耕地土壤硒含量平均值,含量分别为0.55

mg/kg、0.51 mg/kg。粗骨土硒含量最低,总体未达到土壤富硒标准,平均含量仅为0.38 mg/kg。

5.3 不同土地利用类型土壤硒含量

表5 万山区不同土地利用类型中硒元素含量

Table 5 Selenium content in different land utilization type in Wanshan district

土地利用类型	样品数	最小值	最大值	平均值	Se 含量≥0.4		
					样品个数	平均值	占比
旱地	717	0.06	7.94	0.49	475	0.57	66.25
水田	657	0.16	8.01	0.51	462	0.59	70.32
果园	41	0.25	0.85	0.47	32	0.52	78.05
茶园	7	0.41	0.97	0.70	7	0.70	100
其他园地	25	0.29	0.71	0.46	18	0.51	72.00
林地	48	0.05	0.82	0.49	38	0.55	79.17
裸地	12	0.22	0.86	0.49	7	0.61	58.33

注:1. 含量单位为 mg/kg;2. 样品个数为件;3. 占比单位为%。

万山区不同地类土壤中硒含量参数见表5,总体来看,万山区表层土壤硒元素平均含量茶园>水田>旱地=林地=裸地>果园>其他园地。硒元素在各土地利用类型土壤中总体上均达到了富硒标准,其中在旱地、水田中的变幅较大,极差分别达到了7.88 mg/kg、7.85 mg/kg,在其余地类极差均在1 mg/kg以内。

6 土壤全量 Se 相关性统计

按照相关系数值分为强相关、中强相关、中等相关、弱相关、不相关、负相关6个级别,各元素在万山区显示出的基本相关性见表6。

表6 土壤Se回归方程一览表
Table 6 List of soil Se regression equation

对象	样品数	相关系数	回归方程
Se-As	1 507	0.035 4	$y = 0.001x + 0.474 8$
Se-B	1 507	0.103 3	$y = 0.001 4x + 0.384 4$
Se-Cd	1 507	0.231 0	$y = 0.225 5x + 0.394 1$
Se-Co	1 507	-0.020 2	$y = -0.001 2x + 0.522 5$
Se-Cr	1 507	0.005 9	$y = 0.000 1x + 0.489 3$
Se-Cu	1 507	0.152 6	$y = 0.005x + 0.318 4$
Se-F	1 507	0.070 5	$y = 9E-05x + 0.426 3$
Se-Ge	1 507	-0.057 0	$y = -0.070 8x + 0.607 4$
Se-Hg	1 507	0.351 7	$y = 0.020 8x + 0.469 1$
Se-I	1 507	-0.008 0	$y = -0.001 2x + 0.502$
Se-Mn	1 507	-0.106 2	$y = -8E-05x + 0.559 8$
Se-Mo	1 507	0.219 8	$y = 0.033 6x + 0.403 4$
Se-N	1 507	-0.004 5	$y = -5E-05x + 0.498 8$
Se-Ni	1 507	0.041 2	$y = 0.001 1x + 0.454 3$
Se-P	1 507	-0.005 2	$y = -0.000 2x + 0.498 8$
Se-Pb	1 507	0.065 6	$y = 0.000 6x + 0.461 3$
Se-Tl	1 507	0.191 3	$y = 0.255 5x + 0.283 5$
Se-V	1 507	0.105 1	$y = 0.001 2x + 0.352 5$
Se-Zn	1 507	0.103 0	$y = 0.000 7x + 0.403 7$
Se-K	1 507	0.105 7	$y = 0.004 4x + 0.411$
Se-SOM	1 507	0.200 2	$y = 0.006 3x + 0.332 2$
Se-pH	1 507	0.040 6	$y = 0.013x + 0.416 8$

强相关性的元素($R \geq 0.8$):无。

中强相关性的元素($R = 0.6 \sim 0.8$):无。

中等相关性的元素($R = 0.4 \sim 0.6$):无。

弱相关性的元素($R = 0.2 \sim 0.4$): Hg、Cd、Mo、SOM。

不相关元素($R = -0.2 \sim 0.2$): As、B、Co、Cr、Cu、F、Ge、I、Mn、N、Ni、P、Pb、Tl、V、Zn、K。

负相关元素($R < -0.2$):无。

上述统计结果,反映万山区土壤中硒元素与各元素之间的关系,按照拟合程度比较,硒与大部分元素之间不具有相关性,硒与SOM呈弱正相关性,表明有机质丰富的情况会促使硒的富集。硒与Hg、Cd、Mo呈弱正相关性,这种元素相关组合属于黑色岩系标志性组合,反映了冲积带硒的来源,由于地层长期受到构造抬升风化剥蚀,地表水及地下水结合将富硒母质(特别是寒武系黑色岩

系)向下游搬运,并不断富集,最终形成硒富集区。

7 结论

(1)通过万山区耕地质量地球化学调查评价项目研究,万山区耕地表层土壤硒含量平均值为0.50 mg/kg,总体上达到富硒区标准。

(2)对全国第二次土地调查图斑通过《土地质量地球化学评价管理与维护(应用)子系统》软件进行插值估算,发现万山区富硒耕地土壤资源丰富,万山区富硒耕地面积22.78万亩,占万山区耕地总面积的77.43%,主要分布在鱼塘乡、大坪乡、茶店街道办事处。

(3)不同成土母岩、土壤类型、土地利用类型土壤中硒含量存在一定的差异,在成土母质为白云岩的土壤中硒含量最高,变质岩形成的土壤硒

含量最低;土壤类型为石灰土中硒含量最高,粗骨土中硒含量最低;土地利用方式为茶园的土壤中硒含量最高,其他园地土壤中硒含量最低。

(4)万山区土壤中硒元素与大部分全量其他元素之间不具有相关性,与Hg、Cd、Mo、SOM呈弱相关性,表明有机质丰富的情况会促使硒的富集,富硒岩层尤其寒武系黑色岩系的风化沉积是影响土壤硒含量的重要因素。

[参考文献]

邓军,师华定,赵健,等. 2019. 遵义市土壤硒元素分布及其影响因素[J]. 中国土壤与肥料,19(3):15-23.
侯现慧,王占岐,杨俊. 2015. 富硒区耕地质量评价及利用分区研

究-以福建省三元区为例[J]. 资源科学,37(7):1367-1375.
李洪奎等,著. 1990. 中国土壤元素背景值[M]. 北京:中国环境科学出版社.
李杰,杨志强,刘枝刚,等. 2012. 南宁市土壤硒元素分布特征及其影响因素探讨[J]. 土壤学报,49(5):101-106.
魏复盛,杨国治,蒋德珍,等. 1991. 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,(第一期)3-8.
王梅珠,长明奎. 1996. 我国部分高硒低硒土壤的成因初探[J]. 浙江农业大学学报,22(1):86-93.
赵成义. 2004. 土壤硒的生物有效性研究[J]. 中国环境科学,24(2):184-187.
张宁飞,许涛,张自于,等. 2017. 凤山县耕地土壤资源调查与分析[J]. 现代农业科技,(第二十二期)159-161.
张庆华,李丙霞. 2019. 贵州发展富硒农产品的潜力分析及展望[J]. 天津农业科学,25(6):61-67.

Distribution characteristics and correlation analysis of selenium element of cultivated land soil in Wanshan District, Guizhou Province

TU Fei-fei, HONG Wan-hua, YU Wan-ze, PAN Chang-hong,
JIANG Tian-rui, CHEN Hao-xing, YANG Xiu-chao

(103 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development of, Tongren, 554300, Guizhou, China)

[Abstract] Selenium is an important element of life in the environment. Both the lack of selenium and the excess of selenium will cause adverse reactions in biology and human body. In this paper, it takes the cultivated land soil in Wanshan district of Guizhou province as the research object. Through systematic sampling and laboratory analysis of the selenium content in cultivated land, it was found that the selenium content in cultivated land in Wanshan ranged from 0.05 to 8.01 mg/kg, with an average of 0.50 mg/kg. In general, it meets the standard of selenium-rich area. The selenium-rich soil area is 227 800 mu, accounting for 77.43% of the total cultivated land area in Wanshan district. The high value area of selenium is distributed in Aozhai township in the east of Wanshan district. At the same time, the correlation of soil selenium content in cultivated land in Wanshan was studied, and it was found that the main factors affecting soil selenium content were soil forming rock, soil type and land utilization type. Soil selenium content was only weakly correlated with Hg, Cd, Mo and SOM, but not with other elements. The research results have important value for the rational planning and utilization in Wanshan district and the scientific development of selenium-enriched industry.

[Key Words] Wanshan; Selenium content; Soil; Distribution characteristics; Correlation analysis