贵州省长顺县耕地土壤硒元素分布及其影响因素分析

令狐燕艳,李大吉,张雪梅

(贵州省有色金属和核工业地质勘查局物化探总队,贵州 都匀 558004)

[摘 要]耕地质量地球化学调查表明,长顺县表层土壤硒含量为 0.06～5.68 mg/kg,均值为 0.64 mg/kg,硒地球化学等级中等偏上;空间分布呈弱分异型,高值区整体呈南北向带状分布;垂向上土壤硒含量随深度增加;区内不同土壤类型、土地利用类型硒含量差异较小;富硒土壤分布与易风化的碳酸盐岩,特别是含煤岩系地层及硅质岩的地层分布一致;土壤 Se 含量与 V、Cr、Cu、Mo、Ni 金属元素以及有机质含量具有显著正相关性,与土壤 pH 呈负相关,与铁氧化物及硅铝氧化物皆有线性相关性。

[关键词]耕地土壤;硒元素;分布;影响因素;长顺县;贵州

[中图分类号]P652;S159;O613.52 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2020)-04-0512-06

1 引言

硒为土壤养分元素,对植物的生长及人体健康具有重要影响(袁思莉 等,2014;万海英 等,2014,Rayman,2005)。我国土壤硒元素分布极不均匀,表层土壤硒平均含量为 0.217 mg/kg(王锐等,2017),近 3/4 的国土为缺硒、低硒地区(Wang et al.,2001;王幻麒 等,2020)。整体上看,贵州属于表层土壤硒含量较高地区(廖金凤,1990;童建川,2009;蔡大为 等,2020),背景值为 0.298 4 mg/kg(中国环境监测总站,1990),其中,黔南州硒含量平均值为 0.495 mg/kg,远高于全国表层土壤硒平均含量。土壤中硒的来源广泛,成土母质是其主要来源(陆枫,2010)。前人已对土壤中硒的影响因素进行了多角度多层次的研究(陈显著等,2016;章海波 等,2005;徐强 等,2015),成土母质、土壤 pH 及有机质是主要影响因素,此外,土壤理化性质、土壤类型及土地利用方式、大气湿沉降等因素对土壤硒的含量也造成不同程度的影响(蔡立梅 等,2019;李杰 等,2012;陈杜军,2012)。

参照《DZ/T 0295-2016 土地质量地球化学评价规范》(全国国土资源标准化技术委员会,2016)要求,耕地质量地球化学调查评价结果显示,长顺县分布大面积富硒土壤,占全县耕地面积的 85.89%。依托该项目,结合贵州省多个县市硒元素研究成果(胡秋 等,2020;麻杰磊 等,2020;张钟华 等,2020;周文龙 等,2020;田文明 等,2020),有效利用耕地质量地球化学调查成果,多角度分析长顺县土壤中的硒分布特征及影响因素,为长顺县土地资源规划、管理和开发等提供了地球化学参考依据。

2 研究区概况

长顺县位于贵州省中南部,地处黔中两级剥夷面向广西丘陵倾斜的斜坡面上,苗岭山系横亘县北部;整体地势北高南低,中间高,两边低,从而形成三级阶梯,相对高差 937.5 m;地貌以溶蚀-侵蚀地貌为主。研究区属中亚热带季风湿润气候区,年平均气温 16℃左右,相对湿度 81%左右;年平均降雨量 1 303.2 mm,全年 84.86%的降水量集中在 4 月到 9 月。

区内出露地层有泥盆系、石碳系、二叠系、三

[收稿日期]2020-05-06 [修回日期]2020-07-03

[基金项目]贵州省耕地质量地球化学调查评价项目。

[作者简介]令狐燕艳(1994—),女,地质工程,硕士,主要从事岩溶水文地质及生态修复工作。

叠系及白垩系。以石碳系(C)碳酸盐岩出露最广,约占全县总面积的 50%;次为页岩和砂岩等。构造复杂,以南北构造为主,地层走向大致与主要构造方向一致。长顺县耕地利用类型主要为茶园、果园、裸地、旱地、水浇地、水田等六类,旱地及水田占比最大;土壤类型以岩成土壤石灰土为主,占耕地面积 48%,其次为地带性土壤黄壤(24.07%)和水耕熟化形成的水稻土(18.7%);其它土壤少量分布,棕壤分布面积最小。

3　数据来源及处理

3.1　数据来源

长顺县耕地质量地球化学调查评价面积约为 426 km^2,运用“3S”技术以及现代生态地球化学理论和方法采集表层土壤样品 3960 件(含 76 件重复样),元素异常成因调查样 200 件,土壤垂向剖面样 60 件,成土母岩样 20 件,灌溉水样 23 件,大气干湿沉降物 3 件,农作物及配套根系样 75 件,土壤有机农药残留样 3 件,并选择多种分析方法配套完成样品分析测试,数据可靠。

3.2　数据处理

采用中国地质调查局发展研究中心《土地质量地球化学评价管理与维护(应用)子系统》10.0 及对应 ArcGIS10.0 软件联合处理绘制耕地质量地球化学评价图件,在 MapGIS 中完成地球化学图的绘制,利用 SPSS19.0、Oringin2017 和 Excel2016 完成样品 23 项化学指标数据统计分析。

4　硒含量及分布特征

4.1　土壤硒含量

统计区内 3960 件表层土壤样品硒含量,绘制统计频数分布图(图 1)。结果显示,表层土壤 Se 含量范围为 0.06 mg/kg～5.68 mg/kg,算术平均值为 0.64 mg/kg,中值为 0.56 mg/kg,标准差为 0.35 mg/kg;计算变异系数,可知长顺县 Se 空间分布呈弱分异型,Se 背景值为 0.58 mg/kg。大部分样品硒含量介于 0.2～1.32 mg/kg,按富硒土壤标准(谭见安,1989;李嘉熙,2000),硒缺乏和潜在硒不足的样品仅 31 件,长顺县整体属富硒地区。

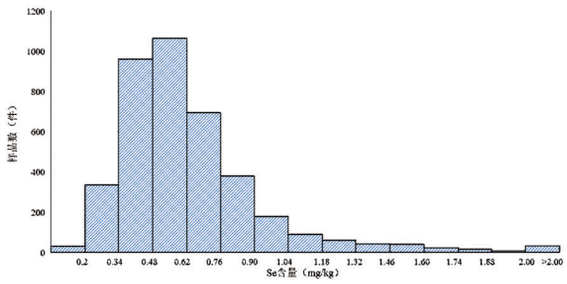

图 1　长顺县表层土壤 Se 含量频数分布图

Fig. 1　Frequency distribution chart of surface soil Se in Changshun county

不同成土母岩土壤的 Se 平均值含量变化差异相对较小,整体来看,碎屑岩中硒含量(0.73 mg/kg)略高于碳酸盐岩硒含量(0.60 mg/kg)。不同耕地利用类型裸地、旱地、水田中硒平均含量差别较小,分别为 0.62 mg/kg、0.63 mg/kg、0.65 mg/kg。不同耕地利用类型中 Se 平均值含量变化差异相对较小,黄壤 Se 含量最高(0.69 mg/kg),其次为水稻土(0.67 mg/kg),石灰土与粗骨土含量相同(0.59 mg/kg)。此外,酸性土壤硒含量明显高于碱性土壤中硒含量。

4.2　空间分布特征

统计计算长顺县各乡镇 Se 含量平均值,结果显示各乡镇 Se 含量变化差异相对较小;在硒含量划分标准的基础上,结合研究区表层硒含量范围,将本区土壤硒含量细化为过剩、特级、一级、二级、三级、含硒、低硒 7 等(表 1);联合 ArcGIS 和 GeoIPAS 绘制表层土壤 Se 地球化学图(图 2)。

由表 1 可知,区内存在土壤硒过剩(硒中毒)区域,但分布面积极小,仅占全区土壤面积的 0.04%;足硒及富硒地区占全区土壤面积的 85.88%。由图 2 可知,高值区主要分布在新寨乡-广顺、摆所-中坝-鼓扬、代化-睦化一带,Se 含量高于背景值 0.58 mg/kg,富硒土壤整体呈南北向带状展布,可能与安顺组($T_{1-2}a$)、大冶组(T_1d)、祥摆组、上司组(C_1x-sh)、茅口组(P_2m)、吴家坪组、长兴祖(P_3w+c)、望城坡组、五指山组(D_3w+wz)地层有关;低值区主要集中在南部代化-交麻一带呈东西向展布,其次为长顺县北部、威远镇南部一带,可能与惠水组(K_2h)、边阳组(T_2b)、新苑组(T_2x)、摆佐组(C_1b)地层有关。

表 1　土壤 Se 含量分级面积

Table 1　Classification area of soil Se

含量分级	过剩	特级	一级	二级	三级	含硒	低硒
面积/公顷	14.949	1636.297	5844.51	20955.55	8179.807	5179.422	827.818
占比/%	0.04	3.84	13.71	49.15	19.18	12.15	1.94

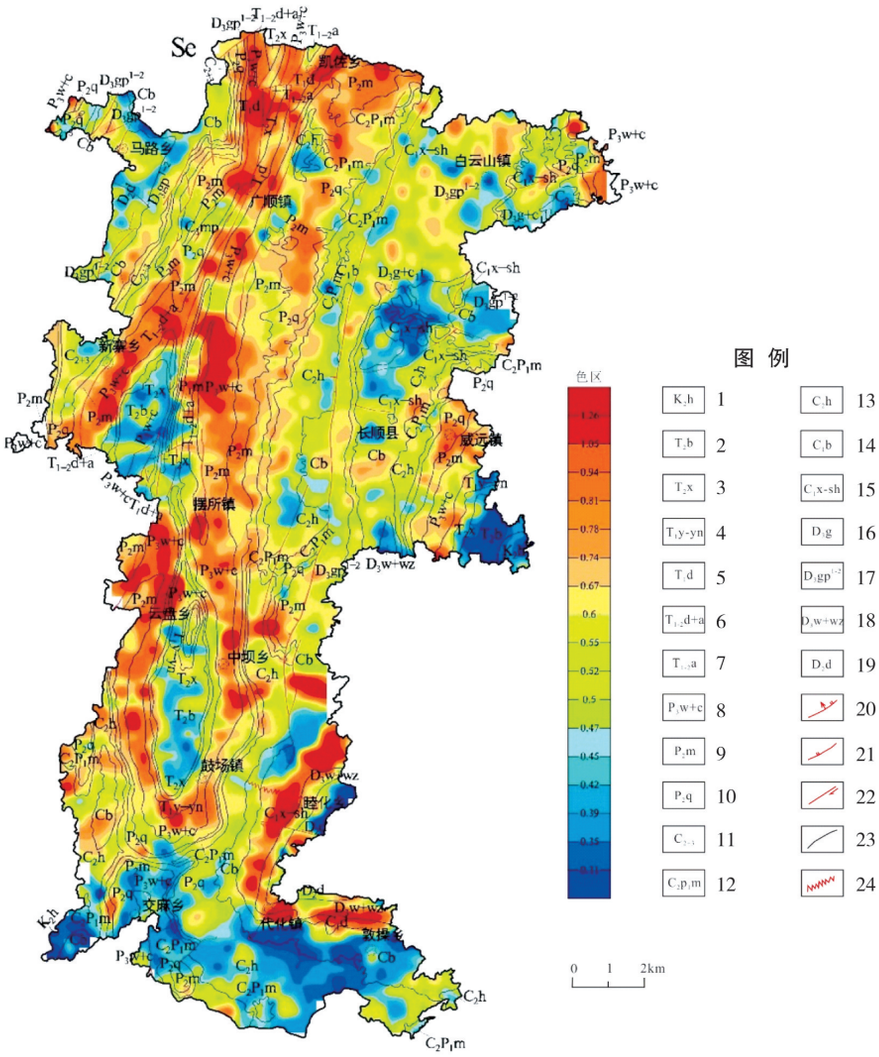

图 2　耕地土壤硒(Se)地球化学图

Fig. 2　Se geochemical map of cultivated land

1—惠水组;2—边阳组;3—新苑组;4—夜郎组、永宁镇组;5—大冶组、安顺组;7—安顺组;8—吴家坪组、长兴组;9—茅口组;10—栖霞组;11—马坪群、黄龙群合并;12—马坪组;13—黄龙组;14—摆佐组;15—祥摆组、上司组;16—高坡场组;17—高坡场组第一至二段;18—望城坡组、五指山组;19—独山组;20—正断层;21—不明断层;22—平移断层;23—地质界线;24—岩相变化

4.3　垂向分布特征

利用垂向剖面样品硒含量数据绘制土壤垂向剖面,反映 Se 元素在 A1 层→A2 层→B 层→C 层→基岩的垂向变化规律。图 3 表明,Se 主要富集在耕作层(A 层),随深度增加土壤层中 Se 元素含量逐渐减少,采集的基岩中 Se 元素含量低于土壤层含量。

5　硒含量的影响因素

土壤中硒含量及其变化和分布是因素复杂多样。长顺县不同土壤类型和土地利用类型中表层土壤硒含量差异较小,本文着重从以下三个方面分析。

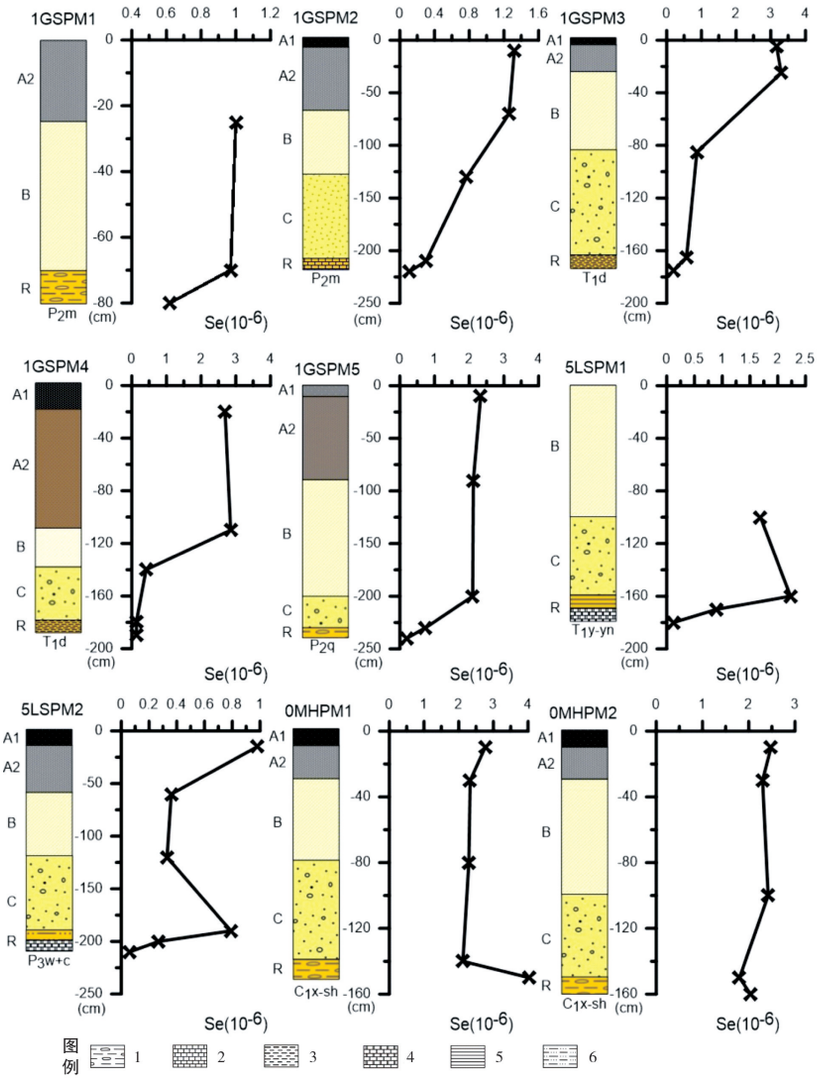

图 3　土壤垂向剖面 Se 元素含量变化

Fig. 3　Se variation in the vertical soil section

1—泥岩夹碎屑;2—灰岩;3—泥岩;4—灰岩夹白云岩;5—页岩;6—泥质砂岩

5.1　成土母质

成土母岩是土壤硒元素的主要物质来源,是土壤形成的基础。硒属于亲硫元素,土壤硒主要来源于富硒岩石、煤系岩层(李嘉熙,2000)和具有高硒背景的炭质页岩、硅质岩(宋明义,2009;杨良策等,2015)。3960 件表层土壤样品硒含量与土壤其它组分含量做相关性分析,相关系数统计见表 2。

结果显示,长顺县土壤 Se 含量与土壤金属元素(V、Cr、Cu、Mo、Ni)含量具有显著正相关性($P<0.01$)。长顺县硒含量浓集中心岩性以碳酸盐岩为主,岩石中硒含量较低,但碳酸盐岩易受沉积环境影响发生风化、淋滤等作用,利于硒元素富集;其中,P_3w+c 地层岩性为灰岩、燧石灰岩,夹硅质岩和煤层,C_1x-sh 地层岩性为含煤系页岩,结合图 3 中剖面 0MHPM1 和 0MHPM2 基岩(C_1x-sh)硒含量,区域上与富硒土壤分布区一致。低值区岩性以粘土岩、砂岩为主,表层土壤样品 Se 含量与成土母岩无明显相关性,不能片面地得出碎屑岩区土壤硒含量高于碳酸盐岩地区硒含量的结论。

表 2　长顺县表层土壤 Se 含量与土壤其它组分相关系数统计

Table 2　Related coefficient statistics of surface Se and other component in Changshun county

元素	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Ge	Hg	I	Mn	Mo	Ni	P	Pb	Tl	V	Zn	N	有机质	K	pH
相关系数	0.179	-0.002	-0.061	0.123	0.22	0.345	0.13	0.276	0.044	0.094	-0.053	0.589	0.245	0.208	0.012	0.104	0.572	0.072	0.236	0.393	0.068	-0.093

5.2 有机质

结合异常查证数据,区内广顺镇、摆所、睦化一带 Se 元素异常主要是次生富集形成,分布平坝区或者谷地,有利于土壤或者其他物质保存,同时叠加人类活动,对于土壤耕作层中物质成分有一定程度的影响,如有机质等。研究区土壤中氧化物成分主要由 Si、Al 和 Fe 组成,根据垂向剖面中有机质、pH、Fe_2O_3、Si 和 Al 矿物含量与土壤 Se 含量做相关性分析,见图 4。

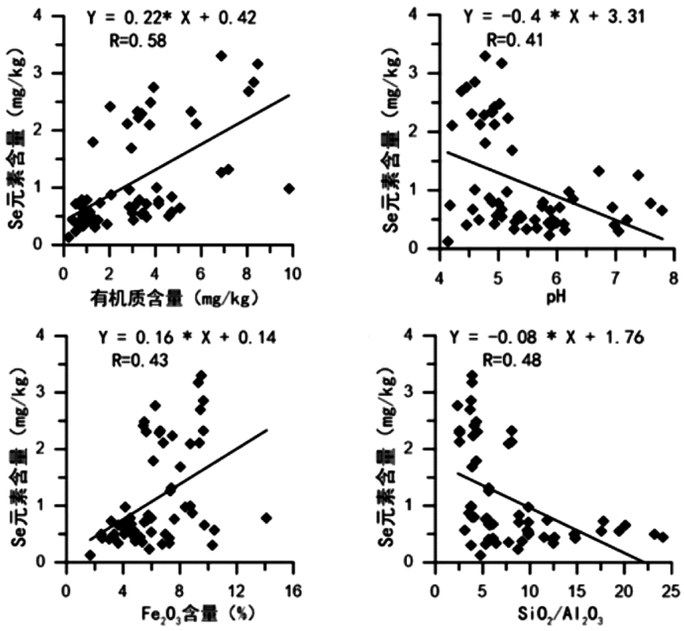

图 4　土壤垂向剖面有机质、理化性质与 Se 元素的相关性

Fig. 4　Correlation of organic matter, physicochemical property and Se in vertical soil section

长顺表层土壤有机质含量最小值为 3.60 mg/kg,最大值为 161.19 mg/kg,平均值为 34.81 mg/kg。表 2 结果显示土壤有机质含量与硒含量的相关系数为 0.393,呈显著正相关($P<0.01$)。而不同土壤类型中水稻土有机质平均含量最高,为 38.63 mg/kg;棕壤有机质平均含量最低,为 23.79 mg/kg;与对应土壤类型中 Se 元素含量变化相符。说明熟化土壤中有机质丰富,有利于土壤吸附硒元素,从而使得水稻土中硒含量最高。

5.3 土壤理化性质

土壤 pH、Fe_2O_3 以及 Si 和 Al 矿物含量与 Se 含量关系呈线性相关(图 4),一定程度上影响着硒含量变化。

长顺县表层土壤样品中 pH 值范围 4.08～8.37,平均值为 5.83,酸性土壤($5.0\leqslant pH\leqslant 6.5$)占全县土壤面积的 70.78%,强酸性土壤占 12.22%,酸性及强酸性土壤分布与区内土壤硒含量分布基本吻合。土壤 Se 含量与 pH 呈线性负相关($P<0.01$)(图 4),相关系数为-0.093(表 2)。酸性条件下,土壤 Se 元素主要以亚硒酸盐的形式赋存,迁移能力较弱,利于硒元素富集。由图 4 可知,铁氧化物与 Se 含量显著正相关,是土壤中重要的吸附剂,酸性环境下,表现出强吸附性,从而减少硒的溶解与淋失(刘铮,1996);SiO_2/Al_2O_3 比值高低反映土壤粘粒含量高低,与 Se 含量呈负相关。

6 结论

(1)长顺县表层土壤 Se 含量范围为 0.06 mg/kg～5.68 mg/kg,平均值为 0.64 mg/kg,空间分布呈弱分异型。

(2)足硒及富硒地区占全区土壤面积的 85.88%,分布较为集中,高值区主要分布在新寨乡-广顺、摆所-中坝-鼓扬、代化-睦化一带,整体呈南北向带状展布;垂向上整体随深度增加 Se 含量逐渐减少,且基岩内 Se 元素含量低于地表耕作层 Se 元素含量。

(3)空间上,富硒土壤分布与易风化的碳酸盐岩,特别是含煤系地层及硅质岩的地层分布一致。

(4)长顺县土壤 Se 含量与土壤金属元素(V、

Cr、Cu、Mo、Ni)、有机质含量具有显著正相关性,与土壤 pH 呈负相关,与铁氧化物及硅铝氧化物皆有线性相关性。

[参考文献]

蔡立梅,王硕,温汉辉,等. 2019. 土壤硒富集空间分布特征及影响因素研究[J]. 农业工程学报,35(10):83-90.

蔡大为,李龙波,蒋国才,等. 2020. 贵州耕地主要元素地球化学背景值统计与分析[J]. 贵州地质,37(3):233-239.

陈杜军. 2012. 若盖尔地区硒地球化学特征[D]. 成都:成都理工大学,硕士学位论文.

陈显著,李就好. 2016. 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,31(4):401-407.

胡秋,卫永华,温金奎,等. 2020. 贵州省龙里县耕地土壤硒含量分布特征及影响因素分析[J]. 贵州地质,37(3):329-333,297.

刘铮. 1996. 中国土壤微量元素[M]. 南京:江苏科学技术出版社.

廖金凤. 1998. 海南省土壤中的硒[J]. 地域研究与开发,17(2):66-69.

李家熙,张光弟,葛晓立,等. 2000. 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.

李杰,杨志强,刘枝刚,等. 2012. 南宁市土壤硒分布特征及其影响因素探讨[J]. 土壤学报,49(05):174-182.

麻杰磊,史宝平,陈群,等. 2020. 贵州省金沙县耕地土壤硒含量特征及其影响因素分析[J]. 贵州地质,37(3):378-383.

全国国土资源标准化技术委员会. 2016. DZ/T 0295-2016 土地质量地球化学评价规范[S]. 北京:中国标准出版社.

宋明义. 2009. 浙西地区下寒武统黑色岩系中硒与重金属的表生地球化学及环境效应[D]. 合肥:合肥工业大学.

谭见安. 1989. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京:科学出版社.

童建川. 2009. 重庆紫色土硒分布、迁移富集及影响因子研究[D]. 重庆:西南大学,硕士学位论文.

田文明,牟军,唐婷婷,等. 2020. 贵州省赤水市耕地富硒土壤地球化学特征[J]. 贵州地质,37(3):305-312.

万海英,向极钎,杨永康,等. 2014. 植物对硒的吸收、转化及生理功能研究综述[J]. 安徽农业科学,42(21):6923- 6925.

王锐,余涛,曾庆良,等. 2017. 我国主要农耕区土壤硒含量分布特征、来源及影响因素[J]. 生物技术进展,7(05):359-366.

徐强,迟凤琴,匡恩俊,等. 2015. 方正县土壤硒的分布特征及其与土壤性质的关系[J]. 土壤通报,46(3):597-602.

袁思莉,余垚,万亚男,等. 2014. 硒缓解植物重金属胁迫和累积的机制[J]. 农业资源与环境学报,31(06):545-550.

杨良策,李明龙,杨廷安,等. 2015. 湖北省恩施市表层土壤硒含量分布特征及其影响因素研究[J]. 资源环境与工程,29(06):825-829+848.

张钟华,季国松,王小洪,等. 2020. 贵州省桐梓县表层土壤硒地球化学特征及影响因素分析[J]. 贵州地质,37(3):289-297.

周文龙,张涛,吴昭阳,等. 2020. 黔南荔波地区耕地土壤中硒的分布特征及影响因素分析[J]. 贵州地质,37(3):313-319.

中国环境监测总站. 1990. 中国土壤元素背景值[M]. 北京:中国环境科学出版社.

章海波,骆永明,吴龙华,等. 2005. 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,42(3):404-410.

Wang Z, Gao Y. 2001. Biogeochemical cycling of selenium in Chinese environments[J]. Appl. Geochem, 16(11):1345-1351.

Rayman M P. 2005. Selenium in cancer prevention: A review of the evidence and mechanism of action[J]. Proceedings of the Nutrition Society, 64(4):527-542.

Analysis on Soil Selnium Distribution and Its Influencing Factors in Changshun County, Guizhou Province

LINGHU Yan-yan, Li Da-ji, Zhang Xue-mei

(*General geophysical and geochemical team of guizhou province nonferrous metal andnuclear industry geoexploration bureau, Duyun* 558000, *Guizhou, China*)

[**Abstract**] The cultivated land quality geochemical survey shows that the selenium content of the surface soil ranged from 0.06 mg/kg to 5.68 mg/kg, with an average value of 0.64 mg/kg. Selenium geochemistry grade is medium to above in Changshun county The spatial distribution is weakly differentiated, and the high-value area is spread in north-south direction. The content of selenium in vertical soil increased with the depth. The difference of selenium content among different soil types and land use types was small. The distribution of selenium-rich soils is consistent with that of easily weathered carbonate rocks, especially the coal-bearing strata and siliceous rocks. The content of Se in soil was positively correlated with the content of V, Cr, Cu, Mo, Ni and organic matters, negatively correlated with the pH of soil, and linearly correlated with iron oxides and Si-Al oxides.

[**Key Words**] Cultivated soil; Selenium; Distribution; Iinfluence factors; Changshun county