

贵阳市表层耕地土壤硒的地球化学特征

王金元,袁 颖,何承真,郭永福,盘福常,王 栋

(贵州省煤田地质局 159 队,贵阳 550081)

[摘 要]通过贵阳市耕地质量地球化学调查获得的数据,发现全部 24114 件表层耕地土壤硒含量区间为 0.08~8.96 mg/kg,硒含量均值 0.62 mg/kg,硒含量大于 0.4 mg/kg 占比为 79.32%,硒背景值为 0.56 mg/kg;贵阳市富硒耕地(硒含量大于 0.4 mg/kg)面积为 330.44 万亩,占贵阳市耕地面积的 83.92%;硒含量高低呈带状分布,元素来源和地层相关。

[关键词]贵阳市;耕地质量;硒;地球化学

[中图分类号]P632;S159;O613.52 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2020)-03-0334-06

1 引言

硒元素是人体及植物必需微量元素之一,极度缺乏硒的地区易引起地方病如克山病、大骨节病(谭见安等,1989),经常食用含硒过量食物易引起硒中毒(杨光圻等,1982)。硒在地球表面分布极不平衡,我国约有 2/3 的地区缺硒,全国约有 7 亿多人口的膳食结构中硒含量不足(谭见安等,1989),目前我国已发现湖北恩施、陕西紫阳、贵州开阳等富硒地区,上述富硒地区富硒农产品得到广泛认同。由于硒是人体必需微量元素之一,多年研究取得了硒的来源、分布及其迁移等取得诸多成果。贵州省地质复杂多样,为土壤提供了丰富的元素来源,其中研究者(何亚琳,1996;王甘露等,2003)发现贵州省土壤硒含量高的特征,开阳县系统完成 1:25 万耕地硒资源调查工作(汪静仁等,2001),发现开阳县土壤硒含量范围 0.012~2.43 mg/kg,均值为 0.61 mg/kg,硒的主要来源于母岩。贵阳市土壤其成土地质地层多与开阳县相似,而对土壤中硒的含量多少、如何分布等不清楚。在此情况下,贵州省 2017 年开展了耕地质量地球化学调查评价项目,系统调查表层耕地土壤元素地球化学特征并进行评价,为贵阳市农业发

展提供依据。

2 样品采集、处理与分析

2.1 样品采集

贵阳市国土面积 7 864.62 km²,耕地土壤面积 2 625.10 km²,占比为 33.38%。

设计采用“网格加耕地图斑”,以 1 km² 网格(正方形大格)为编号单元,按大格方里网内分成 333.3×333.3 m 的 9 个正方形布设采样小格,主要布设在耕地地块上,兼顾园地。样品布设原则为代表性、一致性、均匀性。每个表层土壤采样采用五点组合法,点与点距离一般大于 20 m,且严禁在不同土地利用类型中去取样,每个点采集 0~20 cm 的连续土柱组成混合土壤样品,采样时挑出根系、秸秆、石块、虫体等杂物,留取 2~3 kg 装入样品袋。采样方法参照《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)中 1:50000 土地质量地球化学评价采样要求。贵阳市表层耕地土壤采样时间为 2017 年 10 月—2018 年 3 月,采用手持 GPS 与手机奥威互动地图找点(张海等,2018),共采集了 24114 件基本表层土壤样,平均采样点密度约 9.19 件/km²。

[收稿日期]2020-04-05 [修回日期]2020-05-24

[基金项目]黔地矿耕调 2017-01、黔地矿耕调 2017-02 项目资助。

[作者简介]王金元(1991—),男,硕士;从事地质地球化学调查工作。

2.2 样品处理与分析

土壤样品经过自然晾干后用木棍进行碾压,剔除植物残体、石块,将碾压的土样全部通过200目筛,采用四分法取300g左右土样送至实验室进行分析测试。贵阳市表层耕地土壤样品全部由成都综合岩矿测试中心分析检测,硒测定为原子荧光光谱法(AFS),检出限为0.01 mg/kg,为确保分析的质量,选用国家一级标准物质GBW07401—GBW07408,GBW07425—GBW07428共进行了12次重复试验,其分析方法的准确度(100%)、精密度(100%)各项技术指标均满足检测要求,硒元素重复检查合格率均为97.3%,硒元素异常样检查合格率均大于91.7%,满足本次评价需求。

3 土壤硒的地球化学特征

3.1 土壤硒的分布

采样分析和统计了贵阳市表层土壤样品24114件,硒含量区间为0.08~8.96 mg/kg,硒含量均值0.62 mg/kg;踢出离群数据(平均值正负3倍标准离差)后,剩余22777件,样品硒含量集中于0.2~1.2 mg/kg,贵阳市表层耕地土壤硒背景值为0.56 mg/kg,比贵州省硒的背景值0.39 mg/kg(王甘露等,2003)高,略低于2010年完成的

贵阳市1:25万多目标区域地球化学调查表层土壤硒含量背景值0.64 mg/kg(何邵麟等,2015);服从标准正态分布,其峰态为0.19,贵阳市表层土壤硒含量正态分布见图1。

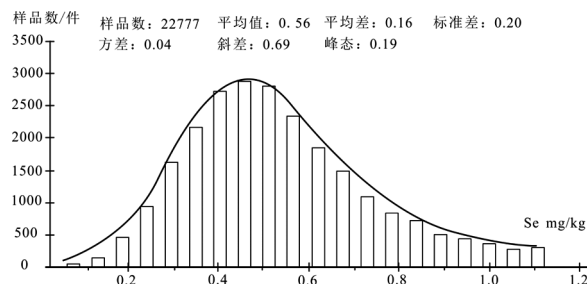


图1 贵阳市表层耕地土壤硒正态分布图

Fig. 1 Normal distribution of selenium in the surface soil of Guiyang

贵阳市各区县表层土壤硒背景值均高于0.4 mg/kg(表1),均高于中国土壤A层(中国环境监测总站,1990)与贵州省土壤硒的背景值(王甘露等,2003),低于恩施渔塘坝土壤(硒含量大于300 mg/kg)(朱建明等,2008)与紫阳(土壤硒含量均值17.63 mg/kg)(赵成义等,1993)硒中毒区域的土壤硒含量。其中硒背景值最高为观山湖区,含量达到0.87 mg/kg,硒背景值最低的为息烽县,含量为0.43 mg/kg,硒的背景值大于0.6 mg/kg的区县有观山湖区、花溪区、清镇市、云岩区。上述特征表明贵阳市表层土壤硒含量明显高于除存在硒中毒区域外的其他地区。

表1 贵阳市各区县表层土壤硒含量特征统计

Table 1 Statistics of selenium content in topsoil of Guiyang

区县名称	原始参数							剔除离群样品统计		K1	K2
	样品数	极大值	极小值	平均值	中位值	标准离差	变异系数	剩余样品数	背景值		
贵阳市	24 114	8.96	0.08	0.62	0.55	0.37	0.59	22 777	0.56	1.93	1.00
白云区	510	4.19	0.14	0.66	0.57	0.33	0.51	461	0.58	2.00	1.04
观山湖区	396	3.28	0.15	0.95	0.84	0.48	0.51	375	0.87	3.00	1.55
花溪区	2 494	8.96	0.11	0.74	0.62	0.54	0.73	2 367	0.66	2.28	1.18
开阳县	6 702	7.38	0.09	0.59	0.53	0.33	0.56	6 363	0.53	1.83	0.95
南明区	343	1.67	0.19	0.43	0.41	0.13	0.29	334	0.42	1.45	0.75
清镇市	4 613	8.62	0.09	0.72	0.61	0.44	0.61	4 302	0.63	2.17	1.13
乌当区	1 926	3.21	0.17	0.57	0.53	0.24	0.43	1 851	0.54	1.86	0.96
息烽县	3 030	3.76	0.08	0.46	0.42	0.22	0.48	2 908	0.43	1.48	0.77
修文县	4 037	4.03	0.11	0.64	0.57	0.32	0.49	3 874	0.59	2.03	1.05
云岩区	61	2.49	0.11	0.7	0.61	0.45	0.64	59	0.61	2.10	1.09

注:K1=背景值/中国A层(0.29 mg/kg)(中国环境监测总站,1990);K2=背景值/贵阳市背景值(0.56 mg/kg)。

3.2 土壤硒等级的划分

《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)按照多目标区域地球化学调查获得的表层土壤分析数据统计基础上,参照国内外相应研究成果,给出耕地土壤硒含量标准。该标准第一次出现《中华人民共和国地方病与环境图集》(谭见安等,1989)对我国生态景观表土硒含量的分等划级,而后全国耕地质量调查的过程中,多地区也参照此标准划分土壤硒的等级。在贵州省表层耕地土壤样品全部完成分析测试时,发现贵州省表层耕地土壤硒含量背景值相对较高,为更好的展现贵州省耕地土壤硒含量特征,结合《土地质量地球化学评价规范》对硒的分级标准制定了贵州省硒土壤评价标准(试行)(表2)。

贵阳市表层耕地土壤样品硒含量以二级、三级和含硒为主,共占样品数的81.09%,三者所占比例

分别为41.19%,20.18%,19.72%;样品硒含量大于0.4 mg/kg共19128件,占样品比为79.32%。

贵阳市表层耕地土壤硒地球化学等级图制作由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》及ArcGIS 10.2软件完成。结果显示,贵阳市共有393.77万亩耕地(贵阳市第二次耕地调查图斑),耕地硒等级以二级和三级为主,占贵阳市耕地面积的66.62%,耕地土壤硒含量大于0.4 mg/kg的耕地面积为330.44万亩,占贵阳市耕地面积的83.92%。贵阳市表层耕地土壤硒含量大于0.8 mg/kg的过剩、特级、一级相伴出现,呈条带状分布于修文县、清镇市、观山湖区、花溪区、开阳县等地;表层耕地土壤硒含量在0.4~0.8 mg/kg的二级、三级成片出现,贵阳市各区县均有大面积分布;表层耕地土壤硒含量低于0.4 mg/kg的含硒、低硒主要集中分布于息烽县、南明区、云岩区,贵阳市富硒耕地分布见图2。

表2 贵阳市表层耕地土壤硒等级划分

mg/kg

Table 2 Classification of selenium in topsoil of Guiyang

区县	等级	一等	二等	三等	四等	五等	六等	七等	合计
		过剩	特级	一级	二级	三级	含硒	低硒	
	范围	Se>3.0	1.2~3.0	0.8~1.2	0.5~0.8	0.4~0.5	0.2~0.4	Se<0.2	
贵阳市	样品/件	69	1 171	3 089	9 933	4 866	4 755	231	24 114
	占比/%	0.29	4.86	12.81	41.19	20.18	19.72	0.96	100
	面积/万亩	0.50	15.81	51.78	182.78	79.57	61.80	1.51	393.77
	占比/%	0.13	4.02	13.15	46.42	20.21	15.69	0.38	100.00
白云区	面积/万亩	0	0.25	1.96	5.82	2.25	0.78	0.01	11.08
	占比/%	0.01	2.23	17.7	52.58	20.35	7.08	0.05	100
观山湖区	面积/万亩	0.02	1.86	4.43	3.14	0.55	0.03	0.02	10.06
	占比/%	0.16	18.52	44.07	31.21	5.51	0.32	0.2	100
花溪区	面积/万亩	0.18	3.71	8.19	15.54	6.13	6.62	0.20	40.59
	占比/%	0.45	9.15	20.18	38.30	15.10	16.32	0.50	100
开阳县	面积/万亩	0.12	2.54	9.22	52.18	24.11	16.16	0.17	104.49
	占比/%	0.11	2.43	8.83	49.94	23.07	15.46	0.16	100
南明区	面积/万亩	0	0	0.03	1.06	3.36	2.36	0	6.81
	占比/%	0	0	0.45	15.61	49.31	34.61	0.02	100
清镇市	面积/万亩	0.11	4.86	12.78	41.52	10.75	3.47	0.05	73.54
	占比/%	0.15	6.61	17.38	56.46	14.62	4.72	0.07	100
乌当区	面积/万亩	0	0.36	2.51	15.87	6.74	4.95	0.03	30.46
	占比/%	0.01	1.17	8.24	52.11	22.13	16.25	0.09	100
息烽县	面积/万亩	0	0.33	2.1	13.15	12.85	20.68	0.87	49.98
	占比/%	0	0.66	4.2	26.32	25.71	41.38	1.74	100
修文县	面积/万亩	0.06	1.82	10.28	33.95	12.68	6.25	0.13	65.17
	占比/%	0.08	2.8	15.78	52.1	19.46	9.59	0.19	100
云岩区	面积/万亩	0	0.08	0.28	0.55	0.15	0.49	0.03	1.59
	占比/%	0	5.3	17.55	34.74	9.7	30.68	2.04	100

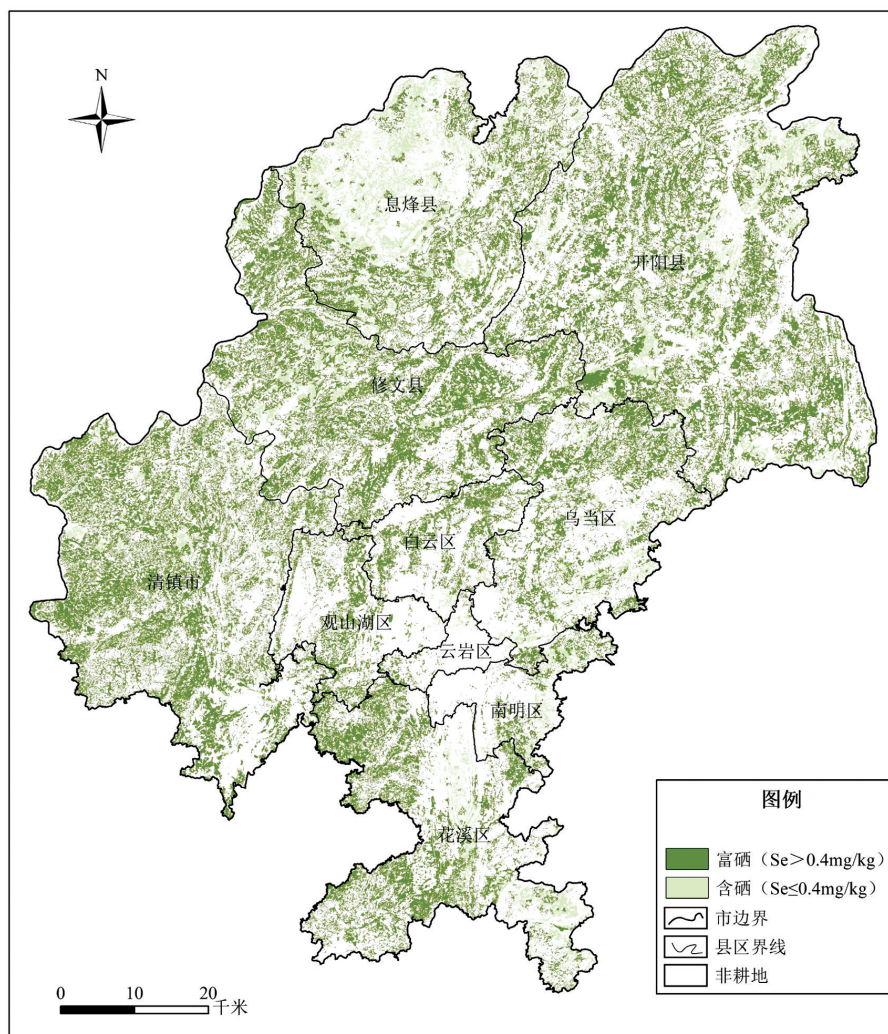


图2 贵阳市富硒耕地分布图

Fig. 2 Distribution map of selenium-enriched cultivated land in Guiyang

表3 贵阳市表层土壤类型硒含量均值统计

Table 3 Statistics of selenium content of surface soil types in Guiyang

统计项	粗骨土	水稻土	黄壤	黄棕壤	石灰土	石质土	紫色土
样品比例/%	12.96	16.95	41.62	1.50	22.73	2.84	1.42
硒含量均值/mg/kg	0.67	0.64	0.66	0.69	0.53	0.62	0.46

将贵阳市表层土壤采样数据与贵阳市土壤类型相交分析发现,硒在粗骨土、水稻土、黄壤、黄棕壤、石质土中的含量均值大于0.6 mg/kg,在石灰土及紫色土中硒含量相对较低,均值分别为0.53 mg/kg、0.46 mg/kg(表3)。

3.3 土壤硒的制约因素

土壤专指地层表面的一层疏松物质,由各颗粒状矿物质、有机质、水分、空气及微生物组成,且能生长植物。土壤中的各矿物质颗粒主要由岩石风化而来,土壤中的元素主要继承于地层岩石。将贵阳市表层土壤取样测试数据与贵阳市1:5万

地质图相交分析发现,表层土壤硒含量高低与地质界线吻合度相对较高,指示硒元素的可能主要来源为地层岩石。

地层岩石是土壤的基础来源,不同地层岩石发育的耕地土壤硒含量有较大的差别(表4)。其中,龙潭组、吴家坪组、长兴组、峨眉山玄武岩、茅口组、陡山沱组(P_3l 、 P_3w+c+d 、 P_{2-3em} 、 P_2m 、 Zdy 、 Pt_3^3d)地层岩石发育的表层耕地土壤硒含量均值大于0.8 mg/kg,达到一级富硒,且龙潭组、峨眉山玄武岩(P_3l 、 P_{2-3em})发育的土壤均值最高含量超过1 mg/kg;二桥组、志留系、奥陶系、南沱组(T_2e 、 S 、 O 、 Pt_3^2n)发育的地层硒含量为0.3~0.4 mg/

kg;仅自流井组、沙溪庙组($J_{1-2}zl, J_2s$)发育的地层
 硒含量低于 0.3 mg/kg,其他地层发育的表层土壤
 硒含量均值均高于 0.4 mg/kg。研究发现,贵州省
 的 $P_3l, \epsilon_{1-2}n$ (李娟等,2004;陈武等,2015)及开阳
 县的 Zdy (任海利等,2012)是富硒岩层,开阳县的

$\epsilon_{1-2}n, \epsilon_2q, \epsilon_2m, \epsilon_{3-4}ls, K_2m, P_2q, P_2l$ 发育的土壤
 多为富硒土壤(汪静仁等,2001)。综上,研究结果
 与前人研究成果相符,耕地土壤硒元素与地层岩
 石有直接的关系,同时还和土壤所处的表生环境
 及硒的迁移过程有关。

表 4 贵阳市不同地层中发育的表层土壤硒含量统计

Table 4 Selenium content statistics of developed topsoil in different strata in Guiyang

地层	主要岩石	样品比例/%	均值/mg/kg	富硒/%	含硒/%
Q	松散堆积物:沙、砾石、黏土	0.15	0.58	79.49	20.51
K_2m	紫红色砂泥岩及页岩	0.70	0.46	59.66	40.34
$J_{1-2}zl, J_2s$	紫红色砂岩、粉砂岩、黏土岩	1.16	0.28	12.93	87.07
T _{1e}	砂岩、粉砂岩、黏土岩	2.10	0.37	29.38	70.62
T_3s	砂岩、页岩夹灰岩	0.10	0.49	64.00	36.00
$T_{2-3}g$	白云岩	1.09	0.45	53.09	46.91
T_2gy	白云岩	1.33	0.64	93.45	6.55
T_2sh	白云岩、灰岩	0.29	0.61	91.89	8.11
T_2s	灰岩、泥岩	0.97	0.46	51.63	48.37
T_2h	白云岩、灰岩	1.84	0.61	91.40	8.60
T_2q	灰岩、白云岩	0.67	0.52	68.24	31.76
T_2g	白云岩	4.28	0.42	48.38	51.62
$T_{1-2}a$	白云岩	3.12	0.61	83.38	16.62
$T_{1-2}j$	灰岩、白云岩	6.13	0.51	78.00	22.00
T_1d	泥灰岩、灰岩	6.30	0.62	88.07	11.93
T_1g	灰岩	0.49	0.55	61.60	38.40
T_1m	灰岩、白云岩	5.34	0.57	89.19	10.81
T_1y	页岩、灰岩	9.80	0.58	80.23	19.77
P_3l	黏土岩、砂岩、夹煤层	5.41	1.00	96.35	3.65
P_3w+c+d	页岩、黏土岩、砂岩、灰岩	5.48	0.98	96.32	3.68
$P_{2-3}em$	玄武岩	0.51	1.09	92.31	7.69
P_2m	灰岩	4.58	0.83	94.47	5.53
P_2q	灰岩	2.61	0.74	91.35	8.65
P_2l	砂岩	1.89	0.75	92.89	7.11
C_2hn	灰岩夹白云岩	0.30	0.52	75.32	24.68
C_1b	白云岩、灰岩	0.96	0.42	47.11	52.89
C_1d	砂岩、页岩、灰岩	1.55	0.59	74.30	25.70
C_{1j}	白云岩、含铝黏土岩	0.30	0.69	89.61	10.39
D	砂岩、白白云岩、灰岩	0.53	0.45	68.89	31.11
S	页岩、砂岩、黏土岩	0.24	0.31	14.75	85.25
O	白云岩、灰岩	0.21	0.38	35.85	64.15
$\epsilon_{3-4}ls$	白云岩	11.40	0.58	89.14	10.86
$\epsilon_{3-4}g+s$	白云岩	6.06	0.61	89.16	10.84
ϵ_2q	白云岩	3.82	0.60	85.73	14.27
ϵ_2j	砂岩、页岩	3.57	0.49	54.09	45.91
ϵ_2m	黏土岩、砂岩、灰岩	2.18	0.49	53.72	46.28
$\epsilon_{1-2}n$	黑色钙质黏土岩、粉砂岩	0.41	0.67	76.92	23.08
Zdy	白云岩	1.15	0.80	86.55	13.45
Pt_3^3d	白云岩	0.10	0.84	100.00	0
Pt_3^2n	变余砂砾岩	0.21	0.39	37.04	62.96
Pt_3^1q	变余凝灰岩	0.64	0.59	24.84	75.16

4 结论

(1) 贵阳市采集表层土壤样品 24114 件, 硒含量区间为 0.08 ~ 8.96 mg/kg, 主要集中分布于 0.2 ~ 1.2 mg/kg, 硒含量均值 0.62 mg/kg, 贵阳市表层耕地土壤硒背景值为 0.56 mg/kg, 表层土壤样硒含量大于 0.4 mg/kg 占比为 79.32%, 样品硒含量服从标准正态分布。

(2) 贵阳市共有 393.77 万亩耕地, 根据贵州省硒土壤评价标准(试行), 耕地硒等级以二级和三级为主, 占贵阳市耕地面积的 66.62%; 耕地土壤硒含量大于 0.4 mg/kg 的耕地面积为 330.44 万亩, 占贵阳市耕地面积的 83.92%。

(3) 贵阳市表层耕地土壤硒元素与所处的地层相关性强, 表层土壤硒含量均值低于 0.4 mg/kg 的地层背景仅有二桥组、志留系、奥陶系、南沱组、自流井组、沙溪庙组; 其他地层发育的硒含量均值均大于 0.4 mg/kg, 龙潭组、吴家坪组、长兴组、峨眉山玄武岩、茅口组、陡山沱组岩石发育的表层耕地土壤硒含量均值大于 0.8 mg/kg。

[参考文献]

陈武, 朱生亮, 等. 2015. 贵州省富硒地层及其农业地质应用[J].

贵州科学, 33(5): 27-32.

何邵麟, 陈武, 刘应忠, 等. 2015. 贵阳市土壤地球化学背景与生态环境分析[J]. 地球与环境, v. 43; No. 308(6): 57-67.

何亚琳. 1996. 贵州省土壤含硒量及其分布[J]. 土壤学报, 033(004): 391-397.

李娟, 龙健, 汪境仁. 2004. 贵州开阳地区土壤中硒的地球化学特征[J]. 土壤通报, 35(5): 579-582.

任海利, 高军波, 龙杰, 等. 2012. 贵州开阳地区富硒地层及风化土壤地球化学特征[J]. 地球与环境, 40(2): 161-170.

谭见安, 等著. 1989. 中华人民共和国地方病与环境图集[M]. 北京: 科学出版社, 40-118.

汪静仁, 李廷辉著. 2001. 贵州开阳硒资源开发研究[M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社, 62-80.

王甘露, 朱笑青. 2003. 贵州省土壤硒的背景值研究[J]. 环境科学研究, 16(1): 23-26.

杨光圻, 周瑞华, 孙淑庄, 等. 1982. 人的地方性硒中毒和环境及人体硒水平[J]. 营养学报.

张海, 郭佩佩, 王彪. 2018. 奥维互动地图在贵州耕地质量地球化学调查评价中的应用研究[J]. 贵州地质, v. 35; No. 134(01): 57-61.

赵成义, 任景华, 薛澄泽. 1993. 紫阳富硒区土壤中的硒[J]. 土壤学报, 253-259.

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, 86-87.

朱建明, 左维, 秦海波, 等. 2008. 恩施硒中毒区土壤高硒的成因: 自然硒的证据[J]. 矿物学报, 28(4): 397-400.

The Geochemical Characteristics of Cultivated Land Selenium in the Topsoil of Guiyang City

WANG Jin-yuan, YUAN Ying, HE Cheng-zhen, GUO Yong-fu, PAN Fu-chang, WANG Dong

(Team 159, Guizhou Bureau of Coalfield Geology, Guiyang 550081, Guizhou, China)

[Abstract] Based on the data obtained from the geochemical survey of cultivated land quality in Guiyang city, it is found that the range of selenium content in the soil of all 24114 surface cultivated land is 0.08 ~ 8.96 mg/kg, the mean value of selenium content is 0.62 mg/kg, the proportion of selenium content greater than 0.4 mg/kg is 79.32%, and the background value of selenium is 0.56 mg/kg. The area of selenium-rich cultivated land in Guiyang City (the content of selenium is greater than 0.4 mg/kg) is 3.344 million mu, accounting for 83.92% of the cultivated land area in Guiyang; The selenium content is distributed in bands, and the source of the elements is related to the stratum.

[Key Words] Guiyang; Quality of cultivated land; Selenium; Geochemistry