贵州省镇宁县耕地土壤地球化学背景值研究

钟方德,肖　鸿,肖　晓,郄汝兵,何锡花

(贵州煤矿地质工程咨询与地质环境监测中心,贵州　贵阳　55008)

[摘　要]采用正态法和对数正态法,对研究区 4620 件耕地表层土壤样品进行分析,首次获得了耕地土壤养分、环境等 23 项指标的地球化学特征及背景值。研究区地球化学特征及背景值受酸碱度、成土母质、气候、环境、土壤类型、耕作轮次、施肥强度等影响,导致元素含量在空间上分布不均,碳酸盐岩类母质成因的耕地土壤环境元素含量普遍高于碎屑岩类母质成因耕地土壤。通过对其背景值研究,为土壤质量评价,耕地资源保护(治理)、定量研究特色农业等提供依据。研究区内有益元素 Se、Ge 背景值较高,表明耕地土壤中 Se、Ge 元素含量范围较高,富 Se、富 Ge 耕地资源丰富。对比其背景值,发现多数元素土壤背景值高于中国、美国大陆、日本及英国等土壤背景值;其背景值与贵阳市表层土壤和贵阳市城市土壤相比,背景值有所变化,但变化不大。

[关键词]镇宁县;成土母质;土壤类型;耕地土壤;地球化学背景值

[中图分类号]P652;S159.2　[文献标识码]A　[文章编号]1000-5943(2020)-04-0471-12

土壤是地表连接大气、水、生物和岩石等圈层的重要界面,也是人类赖以生存的生态环境(何邵麟 等,2015)。耕地土壤是人类通过耕作、施肥、灌排、土壤改良等生产活动影响、改造和自然因素综合作用形成的适应于农作物生长发育的土壤。地球化学背景值是反映耕地表层土壤地球化学背景特征的基本指标,也是耕地土壤养分、环境、质量等评价和土地开发利用、特色农场产品开发的重要依据,具有生态、环境、农业、地方病等多学科研究价值。是当前发展生态农业、特色农产品等普遍关注的热点(何邵麟等,2004,2015;张秀芝 等,2006;成杭新 等,2014)。通过对耕地土壤背景值研究,了解其成土母质(母岩)、表生环境(土壤酸碱度、土壤类型、地形地貌等)、人类活动等对土壤元素分布的影响,了解其元素地球化学分分布特征,摸清耕地质量现状,为基本农田建设、耕地资源保护(整治)、土地资源合理利用等提供依据(鲍丽然 等,2015;庞绪贵 等,2019)。

1　研究区概况

研究区位于贵州黔中高原西南部,地理坐标为东经 105°35′10″～106°00′50″,北纬 25°25′19″～26°10′32″。辖城关镇、丁旗镇、大山乡、扁担山乡、朵卜陇乡、黄果树镇、革利乡、江龙镇、募役乡、马厂乡、本寨乡、打帮乡、沙子乡、六马乡、良田乡、简嘎乡等 16 个乡镇,总面积 1 717.30 km^2。地势北高南低,相对高差 1 322 m,海拔高程大体上是自北向南递减,岩溶地貌占 60%以上,是贵州省岩溶地貌发育最典型的地区之一,按照高程和相对高程可以分为低丘、低山、低中山、浅中丘、深中丘、中盆地、中山等地貌类型。

研究区位于珠江水系与长江水系分水岭处,平均水资源总量为 10.62 亿立方米,水资源可利用率为 31.9%,属亚热带湿润季风气候,跨南亚热带、中亚热带、北亚热带及南温带等多个气候带。气候独特,具有地域性温差较大,雨热同季,湿暖

[收稿日期]2020-04-22　[修回日期]2020-07-23

[作者简介]钟方德(1982—)男,高级工程师,工学学士,主要从事煤炭勘探,水文地质、工程地质,环境地质,灾害地质,土壤地球化学等方面工作。

共节等特点。年平均气温 15.0℃,年平均降水量 1 330 mm。区内耕地多分布在山坡、沟谷及地势低洼地带,主要成因类型为残坡积物和冲洪积物,土壤类型以黄壤为主要,石灰土次之,再次为红壤,黄棕壤、棕壤、石质土、水稻土等土壤类型零星分布(图 1)。

大地构造位于都匀南北向隔槽式褶皱变形区(Ⅳ-4-2-3(1))和望谟北西向构造带(Ⅳ-4-2-2(2))之间。出露的地层有泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、上白垩统及第四系。泥盆系以海相碳酸盐岩及碎屑岩为主,石炭系以海相碳酸盐岩及碎屑岩为主,二叠系以海相碳酸盐岩及海相-陆相碎屑岩为主,早、中三叠世以海相碳酸盐岩为主,晚三叠世以陆相碎屑岩为主,上白垩统为山间盆地沉积,第四系为内陆山地多成因松散堆积。区内煤、铅锌、重晶石、建筑用砂石、制砖用页岩等矿产资源丰富。

2　研究方法

2.1　样品采集与处理

研究区拥有耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域、水利设施用地及其他用地等地类,依据《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295-2016)、《多目标区域地球化学调查规范(1∶250000)》(DZ/T 0258-2014)、《地球化学普查规范(1∶50000)》(DZ/T 0011-2015)》针对区内的 80.84 万亩耕地(旱地、水田、水浇地、果园、茶园、其他园地)(表 1)进行地球化学调查。

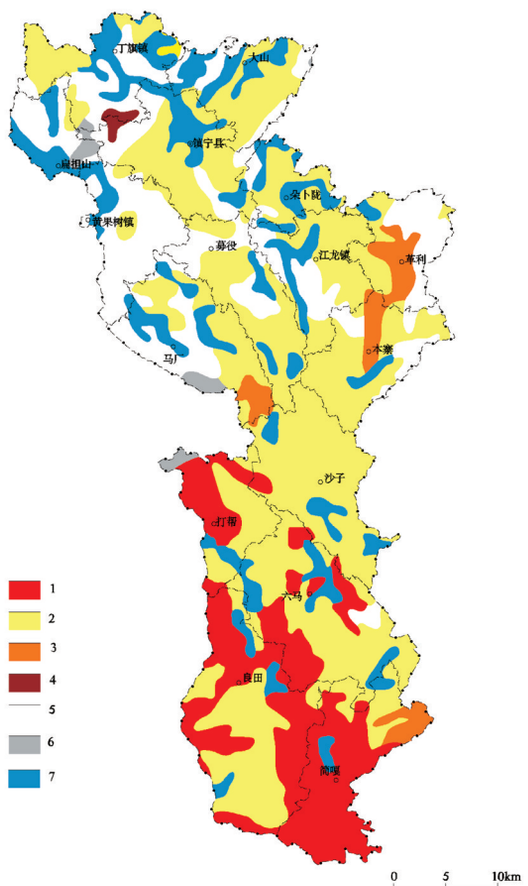


图 1　镇宁县土壤类型分布图(据贵州省土壤图,1992,清绘)

Fig. 1　Soil Types in Zhenning county

1—红壤;2—黄壤;3—黄棕壤;4—棕壤;5—石灰土;6—石质土;7—水稻土

表 1　镇宁县耕地利用现状统计表(单位:万亩)

Table 1　Statistics of cultivated land utilization in Zhenning county unit:10 000 mu

乡　镇	旱地	水田	水浇地	果园	茶园	其他园地	总　计
合　计	59.06	20.21	0.005	1.05	0.12	0.40	80.84
本寨乡	4.40	0.89	-	0.01	-	0.003	5.29
扁担山乡	1.63	0.94	-	0.03	-	-	2.60
城关镇	4.80	2.22	0.002	0.09	0.000 4	0.001	7.11
打帮乡	3.34	0.28	-	0.002	-	-	3.62
大山乡	2.35	2.16	0.000 8	0.01	-	0.01	4.53
丁旗镇	4.48	2.83	0.002	0.10	-	-	7.41
朵卜陇乡	2.13	0.80	-	0.02	0.001	-	2.95
革利乡	4.17	0.71	-	0.003	-	-	4.88
黄果树镇	1.79	0.93	-	0.34	-	0.001	3.07
简嘎乡	4.07	0.63	-	-	-	0.03	4.73
江龙镇	3.87	1.27	-	0.03	0.12	0.002	5.28
良田乡	7.13	0.71	-	0.05	-	0.18	8.06

续表

乡　镇	旱地	水田	水浇地	果园	茶园	其他园地	总　计
六马乡	5.35	1.20	0.000 2	0.08	-	0.13	6.76
马厂乡	4.03	1.85	-	0.13	-	-	6.02
募役乡	3.00	1.06	-	0.12	-	0.000 2	4.18
沙子乡	2.53	1.74	0.000 2	0.03	-	0.04	4.35

采用“网格加耕地图斑”,以 1 km^2 网格(正方形大格)为编号单元,按大格方里网内分成 333.3 m ×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,平均样品密度为 9.07 点/ km^2。利用 GPS 导航进入设计样点区域,在 50 m 范围内合理选取采样位置并定位。采用“S”、“X”或“棋盘”形状法 5 点组合采集样品,点距为 20～50 m,采样深度为 20 cm。记录、标记、保存航迹并拍照。样品重量>1 000 g,采样时注意样品的代表性、一致性、均匀性。共采集耕地表层土壤样品 4620 件。

样品充分干燥后,将风干后的样品平铺在制样板上,用木棍或塑料棍碾压,并将植物残体、石块等侵入体和新生体剔除干净,细小已断的植物须根,采用静电吸附的方法清除。将压碎的土样全部通过 2 mm 孔径筛,未过筛的土粒重新碾压过筛,直至全部样品通过 2 mm 孔径筛为止。过筛后的样品称重后混匀,采用四分法按分析样和副样分别装于纸袋和塑料瓶中,并加入内、外标签,分析样重量>200 克,副样约 500 克。

2.2　样品制备与分析

土壤样品测试由四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心完成,实验室接受样品后,按照 50 件左右的样品划分分析批次,并按照分析批次,编写样品分析号,样品分析号和样品一一对应,具有唯一性。将所送-20 目土壤样品混匀后直接缩分出部分样品用于 pH 测试,其他样品采用行星式玛瑙球磨机研磨至-200 目(-0.074 mm)测试其有机质、N、P、K_2O、B、Mn、Zn、Cu、Mo、Se、Ge、I、F、As、Cd、Cr、Hg、Pb、Co、Ni、V、Tl 等全量测试。其配套测试方法(张勤,2005; 况云所 等,2020)见表 2。为确保分析方法的可行性和可靠性,经过 12 次分析国家一级标准物质 GBW07401-GBW07408, GBW07425-GBW07428 (GSS1-8, GSS11-14)系列样品,分别统计各被测元素测定平均值与标准值之间的对数误差($\Delta\lg\overline{C}$)和相对标准偏差(RSD%)进行重复测定。

表 2　土壤样品分析配套方案

Table 2　Supporting scheme for soil sample analysis

序号	处理方法		测定方法	分析项目
1	5.0 g 样品	粉末压片法	X 射线荧光光谱法(XRF)	Co,Cr,Cu,Mn,Ni,Pb,V,Zn,P,K_2o
2	0.050 0 g 样品 硝酸、氢氟酸、高氯酸三酸溶样	定容 25 ml 后直接测定	电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)	Mo、Cd、Ge、Tl
3	0.100 0 g 样品王水溶样 0.500 0 g 样品硝酸、高氯酸溶样	KBH4 还原、氢化法	原子荧光光谱法(AFS)	As、Hg、Se
4	0.070 0 g 样品	垂直对电极摄谱法	发射光谱法(ES)	B
5	0.500 0 g 样品碱熔分解、水浸取	pH(6.8-7.2)、柠檬酸-三乙醇胺	离子选择电极法(ISE)	F
6	0.500 0 g 样品硫酸分解	重铬酸钾氧化	氧化还原容量法(VOL)	Corg
7	1.000 0 g 样品	硫酸分解-加浓碱蒸馏	酸碱滴定容量法(VOL)	N
8	0.500 0 g 样品艾氏卡试剂半熔,水浸取	氯胺 T-四碱体系	催化光度法(COL)	I
9	10.0 g 样品,水浸取	直接测定	pH 计电极法(ISE)	pH

2.3　数据统计与分析

本文数据统计采用 Microsoft Office Excel、Mapgis、SPSS 等相结合,统计、分析耕地土壤中的 23 项地球化学指标数据。图件的数据处理和表达是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 软件联合处理完成。

对于符合或近似符合正态分布的元素，连续剔除至无异常值为止，用算术平均值（$\overline{X}$）表示背景（魏复盛 等，1991；蔡大为 等，2020）。对于非正态分布或包含异常值的地球化学数据集，平均值是最差的平均值（位置估计值），广泛使用的几何平均值，虽然允许偏差分布，但同样容易受到异常值的影响，地球化学数据的特征应至少包含中间值和组距（Nicholas M. S. Rock，1988）。

本文以不同成土母岩、不同土壤类型、不同耕地类型、不同乡镇等要素分别统计耕地表层土壤样品中的氮（N）、磷（P）、钾（K）、硼（B）、锰（Mn）、锌（Zn）、铜（Cu）、钼（Mo）、硒（Se）、锗（Ge）、碘（I）、氟（F）、砷（As）、镉（Cd）、铬（Cr）、汞（Hg）、铅（Pb）、钴（Co）、镍（Ni）、钒（V）、铊（Tl）等指标的最大值（max）、最小值（min）、中位数（Xme）、平均值（$\overline{X}^1$）、标准离差（S）、变异系数（Cv）、背景值（$\overline{X}^2$）等地球化学特征。结果表明，元素的变异系数、中位数、平均值、剔除后的算数平均值能更好地反映耕地土壤地球化学背景，以表层土壤统计参数表示其耕地土壤地球化学背景值（鲍丽然 等，2015）。其背景值与人类活动密切相关，能反映耕地土壤现实环境，元素变异系数大，表明存在大量高含量带分布，元素分布在空间上变化明显。

3 耕地土壤地球化学背景值及特征

3.1 耕地土壤地球化学环境

研究区耕地土壤 pH 值在 3.90～8.45 之间，平均值为 6.27，耕地土壤有酸性土，也有碱性土，总体以酸性土壤为主。在人为耕作和自然迁移双从作用影响下，pH>7.5 的碱性耕地土壤分布较少，占研究区面积 9.39%；pH 值在 6.5～7.5 之间的中性耕地土壤分布较广，占研究区面积 28.81%；pH 值在 5.0～6.5 之间的酸性耕地土壤分布最广，占研究区面积 54.60%；pH≤5.0 的强酸性耕地土壤零星分布，占研究区面积 7.20%。一般以石灰岩，白云岩等纯碳酸盐岩类为成土母岩的耕地土壤环境呈中至碱性，对重金属有钝化作用；以砂泥质岩、泥质灰岩等不纯碳酸盐岩、碎屑岩类为成土母岩的耕地土壤环境呈酸性，对重金属有活化作用，人为耕作、施肥活动对耕地土壤环境影响大（何邵麟 等，2015）。研究区内有一半以上耕地表层土壤呈酸性，可能引起重金属活化增加风险，威胁区域生态环境安全（杨林 等，1998；何邵麟 等，1998，2012，2015）。

3.2 耕地土壤地球化学背景值的计算方法

土壤地球化学背景值是指在未受或少受人类活动影响的土壤中元素的含量，受人为活动和自然迁移转化影响，自然环境的化学成分和含量水平发生了明显的变化，是一个相对概念（庞绪贵 等，2008）。土壤地球化学背景值反映的是成土母质在表生环境条件下，经过人类活动与自然改造所形成的表层土壤（第Ⅱ环境）元素地球化学平均含量，以表层土壤（0～20 cm）地球化学调查元素含量表征。其经长期风化、淋溶作用和人类生产生活等活动的改造，表层土壤地球化学特征已发生一定的迁移演变。背景值是土壤环境质量评价、土地管护和合理利用、土壤改良和平衡施肥、农业种植规划、土壤生态环境保护决策的基础依据。

成土母质是土壤地球化学背景值浓度的重要控制因素，所处的气候条件、构造单元不同，地质背景差异极大，勘查地球化学家通过对地球化学数据的正态或对数正态分布的检验来计算地球化学背景值，数据不服从正态或对数正态分布时，通过反复剔除算数平均值加或减 3 倍标准离差的离群值后使之服从正态或对数正态分布（成杭新等，2014）。剔除的元素异常值在找矿地球化学中通常表达为找矿信息异常，在环境地球化学中通常表达为污染信息异常，在不同成土母岩、不同土壤类型、不同耕地类型、不同乡镇等环境中，剔除异常数据的方法不能客观表达实际数据的真实含义。因此，对耕地表层土壤样本（n=462 0）的正态或对数正态分布检验中，大部分元素如 Cd、Mo、Se 等服从正态分布（图 2），以平均值（$\overline{X}^1$）加或减 3 倍标准离差剔除原始数据中的离群值后获得的土壤元素平均值作为背景值（张秀芝 等，2006）。

3.3 耕地土壤地球化学背景值

通过对研究区 4620 件耕地表层土壤样品的有机质（SOM）、氮（N）、磷（P）、钾（K）、硼（B）、锰（Mn）、锌（Zn）、铜（Cu）、钼（Mo）、硒（Se）、锗（Ge）、

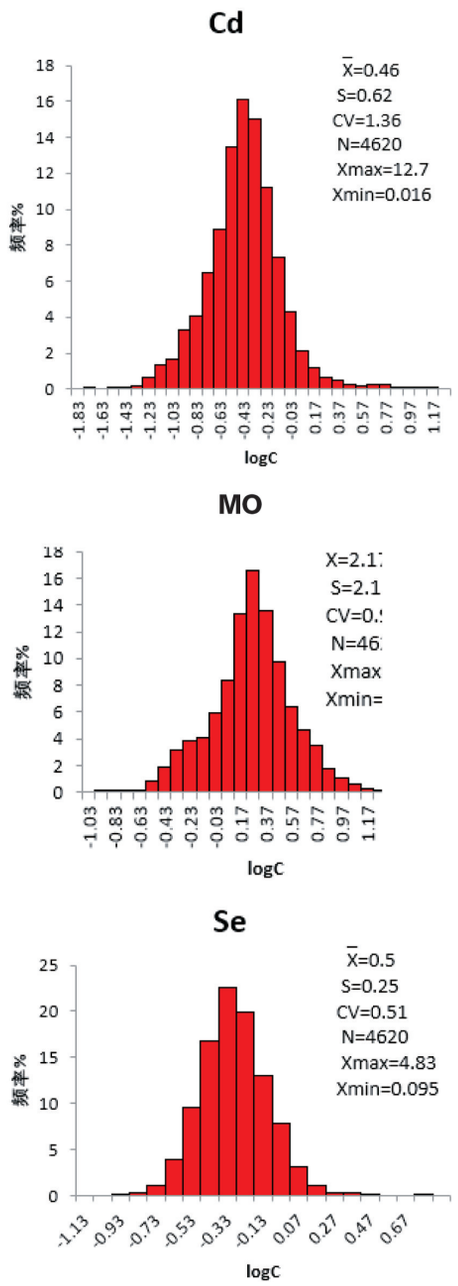


图 2　耕地表层土壤样本中元素频率分布图

Fig. 2　Frequency distribution of elements in surface soil samples of cultivated land

碘(I)、氟(F)、砷(As)、镉(Cd)、铬(Cr)、汞(Hg)、铅(Pb)、钴(Co)、镍(Ni)、钒(V)、铊(Tl)等指标的分析研究,用于表达耕地土壤地球化学特征。Cd、Hg、Mo 元素变异系数大,表明存在大量高含量带分布,元素分布在空间上变化明显,Ge 元素变异系数小,表明其在空间上含量变化较小。部分数据变化大,与变异系数变化吻合,表明存在异常区,受人类活动(生活习惯、耕作轮次、施肥强度、采矿活动等)影响严重。耕地表层土壤中的养分元素、微量元素、微量营养元素、环境元素的含量差异共同综合构成镇宁县耕地土壤地球化学背景(表 3、表 4、表 5、表 6)

3.4　耕地土壤地球化学背景值特征

(1)N、P、K、SOM 地球化学特征(图 3)

N、SOM、P 在碎屑岩类成土母质耕地土壤中含量较低,在石灰岩、白云岩类成土母质中农含量相似。K 在不同成土母质地类耕地中含量相当。

N、SOM 在旱地和园地类耕地土壤中含量相当,在水田地类耕地土壤中含量最好。P、K 在不同耕地利用类型耕地土壤中含量相当。

N、P、SOM 在红壤类型耕地土壤中含量最低,在其他土壤类型耕地土壤中含量相近呈波动变化。K 在不同土壤类型耕地土壤中含量相当,呈波动变化。

N、P、SOM 在丁旗、大山、城关、扁担山、黄果树、马厂、募役、朵卜陇、江龙、革利、本寨、沙子等乡镇耕地土壤中含量相对丰富,呈波动变化;在打帮、六马、良田、简嘎等乡镇耕地土壤中含量相对中等,呈波动变化,变化幅度小。K 在各个乡镇耕地土壤中含量较丰富,呈波动变化。

耕地土壤养分含量随着土壤厚度、耕作轮次、施肥强度等增加其含量增加(莫光员　等,2020)。

(2)B、Co、Mn、Mo、V 地球化学特征(图 4)

B 在白云岩类成土母质耕地土壤中含量较高。Co、Mn、Mo、V 等在碎屑岩类成土母质耕地土壤中各含量较低,在碳酸盐岩类成土母质耕地土壤中含量相当。

B 在水田地类耕地土壤中含量较高。Co、Mn、Mo、V 等在旱地、园地类耕地土壤中各含量相当。

B 在不同土壤类型耕地土壤中含量呈波动变化。Co、Mn、Mo、V 等在红壤类耕地土壤中含量较低,在其他土壤类型耕地土壤中各含量相近,呈波动变化。

B 在各乡镇耕地土壤中含量呈波动变化。Co、Mn、Mo、V 等在丁旗、大山、城关、扁担山、黄果树、马厂、募役、朵卜陇、江龙、革利、本寨、沙子等乡镇耕地土壤中各含量相对较高,呈波动变化;在打帮、六马、良田、简嘎等耕地土壤中各含量相对较低,呈波动变化。

(3)Se、I、F、Ge 地球化学特征(图 5)

表 3 镇宁县耕地土壤地球化学背景值统计

Table 3 Statistics of soil geochemical background values of cultivated land in Zhenning county

元素	变化区间	中位值（Xme）	平均值（$\overline{X}_1$）	标准离差（S1）	变异系数（Cv1）	背景值（$\overline{X}_2$）	标准离差（S2）	变异系数（Cv2）
N	0. 24～6. 96	1. 92	1. 98	0. 69	0. 35	2. 19	0. 49	0. 22
P	2. 22～2. 80	0. 92	0. 94	0. 4	0. 43	0. 94	0. 39	0. 42
K	2. 32～39. 66	15. 27	15. 96	5. 69	0. 36	15. 71	5. 34	0. 34
SOM	4. 10～149. 66	32. 81	34. 46	13. 76	0. 4	33. 39	11. 8	0. 35
B	10. 00～250. 00	70. 00	71. 22	30. 52	0. 43	69. 92	28. 45	0. 41
Mo	0. 11～38. 20	1. 60	2. 17	2. 1	0. 97	1. 72	0. 95	0. 55
Mn	59. 50～9 799. 00	914. 00	1 094. 41	807. 91	0. 74	1 022. 47	668. 48	0. 65
Co	2. 50～112. 80	21. 00	26. 47	13. 89	0. 52	26. 31	13. 58	0. 52
V	37. 40～570. 00	164. 00	186. 9	83. 33	0. 45	184. 67	79. 58	0. 43
Se	0. 10～4. 83	0. 47	0. 50	0. 25	0. 51	0. 50	0. 17	0. 33
I	0. 11～26. 53	2. 50	3. 57	3. 04	0. 85	3. 11	2. 3	0. 74
F	169. 59～6 297. 00	861. 00	1 043. 04	570. 96	0. 55	993. 83	485. 5	0. 49
Ge	0. 21～3. 42	1. 50	1. 50	0. 26	0. 18	1. 52	0. 21	0. 14
As	2. 22～170. 00	12. 00	16. 51	13. 46	0. 81	13. 49	7. 01	0. 52
Cd	0. 02～12. 70	0. 36	0. 46	0. 62	1. 36	0. 36	0. 19	0. 53
Cr	33. 70～773. 90	107. 00	124. 05	54. 68	0. 44	120. 44	45. 44	0. 38
Cu	8. 30～311. 50	42. 00	59. 1	36. 75	0. 62	58. 13	34. 8	0. 60
Hg	0. 02～22. 13	0. 10	0. 14	0. 46	3. 42	0. 10	0. 05	0. 46
Ni	7. 22～148. 40	42. 00	0. 64	23	0. 47	49. 18	22. 58	0. 46
Pb	8. 45～206. 40	25. 00	30. 16	12. 46	0. 41	28. 34	9. 03	0. 32
Tl	0. 08～2. 12	0. 60	0. 64	0. 27	0. 42	0. 63	0. 26	0. 41
Zn	34. 80～476. 40	103. 00	108. 01	36. 13	0. 33	115. 97	27. 56	0. 24

注：N、P、K、有机质为 g/kg，其它为 mg/kg。

表 4 镇宁县不同成土母质、耕地利用类型耕地土壤地球化学背景值统计

Table 4 Statistics of soil geochemical background values of cultivated land with different parent materials and cultivated land use types in Zhenning county

元素	石灰岩	白云岩	碎屑岩	旱地	水田	园地
N	2. 10	2. 34	1. 61	1. 74	2. 24	1. 74
P	1. 06	1. 02	0. 74	0. 88	1. 02	0. 84
K	15. 06	16. 01	16. 58	16. 16	15. 38	16. 20
SOM	36. 27	41. 67	26. 05	29. 40	39. 05	30. 44
B	69. 19	84. 45	66. 82	66. 10	74. 29	62. 75
Mo	2. 12	2. 03	1. 26	1. 69	1. 77	1. 40
Mn	1 201. 13	1 171. 57	754. 90	1 148. 09	900. 27	1 073. 50
Co	29. 46	26. 35	21. 92	26. 99	25. 59	24. 88
V	204. 96	192. 84	153. 09	185. 75	183. 66	180. 81
Se	0. 50	0. 43	0. 40	0. 47	0. 47	0. 49

续表

元素	石灰岩	白云岩	碎屑岩	旱地	水田	园地
I	3. 84	3. 67	2. 46	4. 48	1. 72	5. 87
F	1 142. 07	1 406. 88	622. 20	915. 44	1 089. 34	982. 73
Ge	1. 53	1. 51	1. 51	1. 55	1. 48	1. 61
As	16. 50	20. 57	9. 30	12. 41	14. 05	12. 13
Cd	0. 42	0. 43	0. 23	0. 31	0. 40	0. 29
Cr	134. 15	132. 48	88. 13	119. 21	122. 24	111. 61
Cu	64. 61	59. 83	48. 35	59. 17	57. 11	57. 79
Hg	0. 11	0. 21	0. 07	0. 09	0. 14	0. 08
Ni	55. 61	49. 81	40. 08	49. 90	48. 43	50. 42
Pb	30. 39	38. 20	24. 69	26. 98	30. 15	26. 50
Tl	0. 62	0. 79	0. 61	0. 64	0. 63	0. 64
Zn	115. 87	112. 72	93. 04	106. 13	108. 63	100. 85

注: N、P、K、SOM 为 g/kg,其它为 mg/kg。

表 5　镇宁县不同土壤类型耕地土壤地球化学背景值统计

Table 5　Statistics of soil geochemical background values of different soil types in Zhenning county

元素	红壤	黄壤	黄棕壤	石灰土	石质土	水稻土
N	1. 30	1. 99	1. 90	2. 16	2. 16	2. 02
P	0. 47	0. 96	1. 17	1. 09	1. 04	0. 93
K	16. 70	16. 06	18. 80	14. 54	16. 99	15. 31
SOM	21. 46	33. 44	32. 08	38. 22	39. 63	36. 09
B	70. 99	67. 90	56. 55	67. 69	53. 53	80. 51
Mo	0. 90	1. 63	1. 76	2. 39	1. 74	2. 27
Mn	456. 41	1 034. 15	1 545. 91	1 295. 15	1 241. 79	983. 46
Co	13. 93	27. 52	36. 45	30. 35	31. 55	23. 62
V	103. 03	191. 30	219. 51	210. 59	214. 42	177. 24
Se	0. 34	0. 50	0. 45	0. 49	0. 40	0. 44
I	2. 28	3. 19	4. 27	4. 42	5. 10	2. 94
F	547. 76	919. 72	1 025. 26	1 192. 69	1 048. 45	1 170. 71
Ge	1. 46	1. 53	1. 56	1. 53	1. 50	1. 50
As	8. 26	12. 08	12. 96	20. 85	18. 77	17. 67
Cd	0. 17	0. 36	0. 45	0. 42	0. 39	0. 38
Cr	75. 25	121. 03	143. 46	142. 12	147. 97	119. 33
Cu	26. 68	62. 08	77. 49	67. 29	74. 30	51. 42
Hg	0. 05	0. 09	0. 12	0. 13	0. 10	0. 10
Ni	27. 39	51. 34	64. 51	56. 33	65. 64	44. 75
Pb	24. 42	25. 64	25. 81	34. 97	32. 70	33. 37
Tl	0. 65	0. 58	0. 56	0. 69	0. 70	0. 72
Zn	76. 04	107. 75	126. 39	120. 04	118. 86	103. 40

注: N、P、K、SOM 为 g/kg,其它为 mg/kg。

表 6　镇宁县各乡镇耕地土壤地球化学背景值

Table 6　Soil geochemical background values of cultivated land in towns of Zhenning county

元素	丁旗	大山	城关	扁担山	黄果树	马厂	募役	朵卜陇	江龙	革利	本寨	沙子	打帮	六马	良田	简嘎
N	2. 24	2. 51	2. 27	2. 38	2. 36	2. 28	2. 21	1. 86	1. 76	1. 99	1. 74	2. 20	1. 21	1. 50	1. 26	1. 45
P	1. 26	0. 95	1. 19	1. 07	1. 01	1. 09	1. 06	0. 89	0. 95	1. 26	1. 04	0. 73	0. 48	0. 55	0. 48	0. 49
K	15. 37	18. 48	16. 30	16. 21	15. 24	14. 83	11. 51	16. 70	16. 07	15. 41	16. 70	12. 49	16. 83	16. 99	17. 42	16. 96
SOM	39. 77	46. 93	41. 16	43. 25	40. 71	41. 94	36. 76	32. 73	30. 83	34. 07	29. 56	33. 43	19. 07	24. 92	20. 50	23. 84
B	62. 51	118. 74	66. 72	56. 71	69. 71	80. 58	56. 80	71. 09	60. 48	46. 13	60. 12	84. 29	69. 79	71. 79	75. 80	71. 67
Mo	3. 34	2. 51	1. 99	2. 09	1. 67	1. 85	1. 63	1. 38	2. 23	2. 09	2. 05	1. 46	1. 29	0. 99	0. 68	0. 96
Mn	1 165. 48	1 005. 66	1 271. 08	1 200. 51	991. 52	1 318. 40	1 133. 17	1 041. 29	1 100. 20	1 836. 46	1 597. 50	609. 72	476. 99	548. 71	475. 00	522. 09
Co	33. 05	18. 25	33. 97	33. 43	26. 22	32. 40	30. 27	25. 97	27. 38	38. 25	35. 56	19. 30	12. 60	14. 36	14. 23	17. 25
V	235. 93	160. 79	226. 41	205. 96	188. 53	225. 55	219. 48	170. 29	183. 87	239. 82	230. 57	158. 89	103. 31	108. 56	100. 54	112. 79
Se	0. 49	0. 44	0. 49	0. 43	0. 36	0. 47	0. 58	0. 46	0. 52	0. 67	0. 55	0. 72	0. 41	0. 35	0. 32	0. 34
I	4. 15	2. 90	4. 56	3. 24	2. 22	4. 09	3. 29	3. 00	3. 92	6. 46	4. 15	1. 40	2. 24	2. 04	2. 73	2. 00
F	1 170. 18	2 041. 52	1 117. 69	1 060. 87	1 441. 93	1 253. 59	749. 04	1 045. 78	978. 34	1 059. 42	997. 75	784. 42	670. 16	555. 44	526. 18	523. 06
Ge	1. 60	1. 47	1. 57	1. 53	1. 44	1. 54	1. 40	1. 54	1. 44	1. 60	1. 53	1. 41	1. 48	1. 49	1. 46	1. 45
As	20. 06	20. 26	17. 73	15. 58	15. 53	21. 86	11. 77	11. 23	11. 81	16. 99	16. 50	13. 89	8. 72	8. 36	8. 50	8. 66
Cd	0. 33	0. 48	0. 38	0. 36	0. 36	0. 46	0. 46	0. 33	0. 41	0. 57	0. 59	0. 42	0. 21	0. 20	0. 16	0. 18
Cr	159. 03	99. 67	149. 56	150. 76	125. 16	151. 42	134. 33	104. 36	121. 73	140. 17	158. 80	102. 21	75. 98	76. 50	71. 01	74. 27
Cu	79. 71	31. 48	81. 42	74. 16	52. 00	75. 12	75. 61	56. 81	59. 65	78. 74	71. 52	44. 29	24. 33	29. 75	26. 45	32. 17
Hg	0. 14	0. 11	0. 11	0. 12	0. 08	0. 10	0. 10	0. 09	0. 11	0. 14	0. 13	0. 09	0. 05	0. 06	0. 06	0. 06
Ni	62. 86	32. 80	64. 57	60. 47	46. 12	59. 33	55. 45	47. 31	51. 68	66. 56	64. 74	43. 95	30. 51	29. 89	25. 34	29. 52
Pb	38. 46	36. 58	39. 47	31. 06	30. 02	38. 94	19. 29	28. 36	24. 60	24. 50	25. 95	22. 80	23. 47	25. 20	25. 26	24. 99
Tl	0. 73	0. 86	0. 68	0. 63	0. 61	0. 69	0. 31	0. 67	0. 57	0. 49	0. 51	0. 47	0. 64	0. 66	0. 69	0. 64
Zn	125. 38	95. 82	125. 43	123. 80	99. 53	120. 35	115. 52	101. 72	105. 50	132. 33	123. 24	100. 57	72. 30	85. 51	73. 54	82. 34

注：N、P、K、SOM 为 g/kg，其它为 mg/kg。

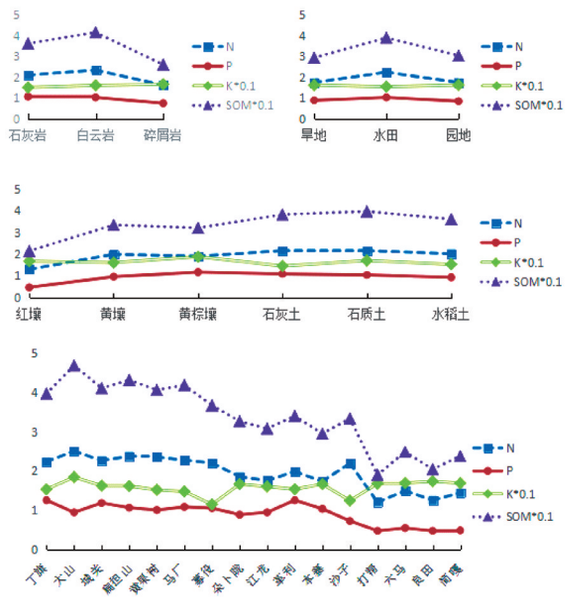


图 3　养分元素在不同类型耕地土壤中地球化学背景值含量图

Fig. 3　Eochemical background values of nutrient elements in different types of cultivated soil

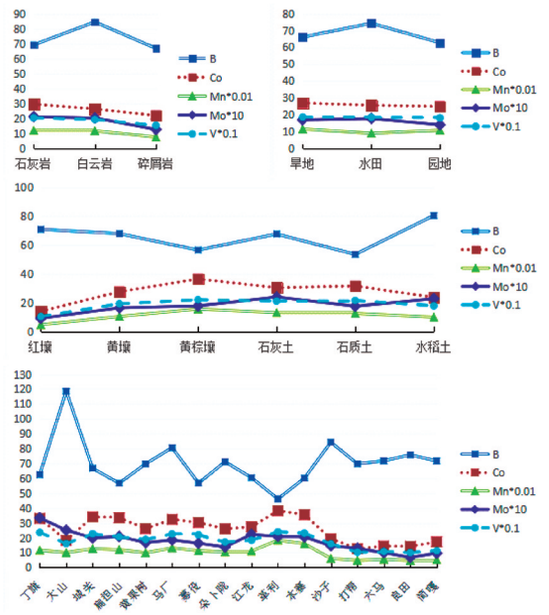


图 4　微量元素在不同类型耕地土壤中地球化学背景值含量图

Fig. 4　Geochemical background values of trace elements in different types of cultivated soil

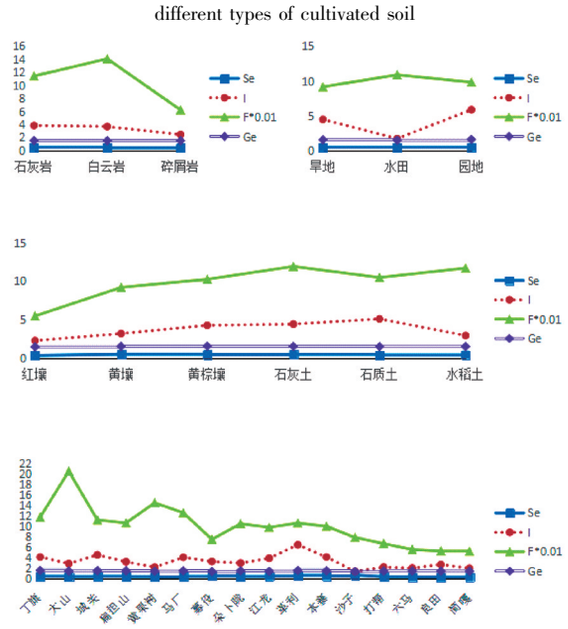


图 5　微量营养元素在不同类型耕地土壤中地球化学背景值含量图

Fig. 5　Geochemical background values of micronutrients in different types of cultivated soil

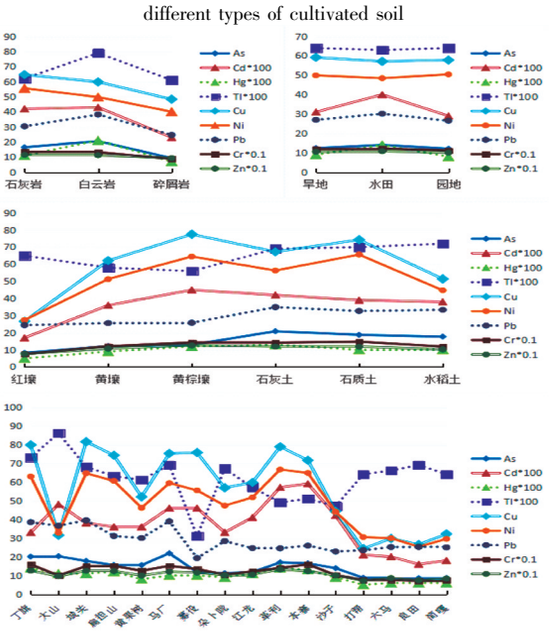


图 6　环境元素在不同类型耕地土壤中地球化学背景值含量图

Fig. 6　Geochemical background values of environmental elements in different types of cultivated soil

F 在碳酸盐岩类成土母质耕地土壤中含量相对过剩,在碎屑岩类耕地土壤中含量相对较高;Se、I、Ge 在不同成土母质耕地土壤中各含量相近。

F 在不同耕地利用类型耕地土壤中含量相对过剩,但在水田类耕地土壤中相对较高;I 在水田类耕地土壤中含量相对较适量,在旱地和园地类土壤中相对较高;Se、Ge 在不同耕地利用类型土壤中各含量相近。

F 在水稻土中含量相对较高,在其他土壤类型耕地土壤中含量呈波动变化;I 在石质土中含量相对较高,在其他土壤类型耕地土壤中含量呈波动变化;Se、Ge 在不同耕地利用类型土壤中各含量相近。

F 在大山乡耕地土壤中含量较高,在其他乡镇

耕地土壤中含量呈波动变化;I 在革利乡耕地土壤中含量相对较高,在其他乡镇耕地土壤中含量呈波动变化;Se 在沙子乡耕地土壤中含量相对较高,在其他乡镇耕地土壤中含量呈波动变化,变化较小;Ge 在丁旗镇、革利乡耕地土壤中含量相对较高,在其他乡镇耕地土壤中含量呈波动变化,变化较小。

F 含量受成土母质、土壤类型和土地利用等影响,F 含量在碳酸盐岩类、水田类耕地土壤中含量相对较高。

(4)As、Cd、Hg、Tl、Cu、Ni、Pb、Cr、Zn 地球化学特征(图 6)

Tl、Hg、Pb 等在白云岩类成土母质耕地土壤中各自含量相对较高;As、Cd、Cu、Ni、Cr、Zn 等在碎屑岩类成土母质耕地土壤中含量相对较低。

Cd、Pb 等在水田类耕地土壤中含量相对较高;As、Hg、Tl、Cu、Ni、Cr、Zn 等在不同耕地利用类型中各自含量相近。

Tl、Pb 含量在不同土壤类型耕地土壤中含量走势一致;Cd、Cu、Ni 含量在不同土壤类型耕地土壤中含量走势一致,在红壤类耕地土壤中含量相对较低;As 含量在石灰土类耕地土壤中含量相对较高;Cr、Hg 、Zn 含量在不同土壤类型耕地土壤中含量走势一致,呈波动变化。

As 在马厂乡耕地土壤中含量相对较高;Cd、Cu、Ni 含量在各乡镇耕地土壤中含量走势一致;Tl、Pb 含量在各乡镇耕地土壤中含量走势大体一致,Tl 在大山乡耕地土壤中含量相对较高,Tl、Pb 在募役乡耕地土壤中含量相对较低;Cr、Hg 、Zn 含量在不同土壤类型耕地土壤中含量走势一致,呈波动变化。

受成土母质、土地利用、耕作方式等影响,碳酸盐岩母质类型耕地土壤环境元素含量高于碎屑岩母质类耕地土壤。

(5)与毗邻区土壤背景值比较(表 7、图 7)

养分元素 N、P 背景值均大于贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值,与人为使用 N、P 肥料有关;微量元素 Mn、V 背景值均高于贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值,B、Mo、Co 背景值变化不大;微量营养元素 I、F、Ge 背景值均小于贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值,Se 背景值介于两者之间;环境元素 As、Hg、Pb、Tl 背景值均小于贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值,Cd、Cu、Ni、Zn 背景值介于两者之间,Cr 背景值大于贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值。

表 7　镇宁县耕地表层土壤地球化学背景值与贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值对比统计

Table 7　Comparison and statistics of surface soil geochemical background values of cultivated land in Zhenning county with surface soil and urban soil background values of Guiyang city

元　素	镇宁县耕地表层土壤		贵阳市表层土壤		贵阳市城市土壤	
	背景值	标准离差	背景值	标准离差	背景值	标准离差
N	2. 19	0. 49	1. 99	0. 41	0. 77	0. 23
P	0. 94	0. 39	0. 81	0. 20	0. 51	0. 16
K	15. 71	5. 34	15. 76	6. 14	20. 25	6. 72
SOM	33. 39	11. 8	-	-	-	-
B	69. 92	28. 45	87. 18	25. 37	81. 00	15. 00
Mo	1. 72	0. 95	2. 39	1. 06	2. 10	1. 70
Mn	1 022. 47	668. 48	1 181. 00	600. 80	974. 00	236. 00
Co	26. 31	13. 58	21. 09	8. 11	23. 00	5. 00
V	184. 67	79. 58	167. 10	42. 77	187. 00	35. 00
Se	0. 50	0. 17	0. 64	0. 22	0. 46	0. 24
I	3. 11	2. 3	4. 03	1. 94	4. 30	1. 60
F	993. 83	485. 5	1 077. 00	350. 20	1 791. 00	775. 00
Ge	1. 52	0. 21	2. 54	0. 27	1. 70	0. 10
As	13. 49	7. 01	20. 44	9. 38	25. 00	2. 00
Cd	0. 36	0. 19	0. 45	1. 76	0. 30	2. 26
Cr	120. 44	45. 44	101. 00	26. 23	109. 00	25. 00
Cu	58. 13	34. 8	41. 70	19. 91	61. 00	30. 00
Hg	0. 10	0. 05	0. 21	0. 08	0. 20	0. 10

续表

元　素	镇宁县耕地表层土壤		贵阳市表层土壤		贵阳市城市土壤	
	背景值	标准离差	背景值	标准离差	背景值	标准离差
Ni	49. 18	22. 58	34. 83	11. 83	51. 00	1. 00
Pb	28. 34	9. 03	40. 14	11. 22	37. 00	8. 00
Tl	0. 63	0. 26	0. 70	0. 18	0. 80	0. 20
Zn	115. 97	27. 56	98. 05	27. 76	291. 00	59. 00

注: N、P、K、SOM 为 g/kg,其它为 mg/kg;贵阳市表层土壤背景值(何邵麟 等,2015);贵阳市城市土壤背景值(成杭新 等,2014)。

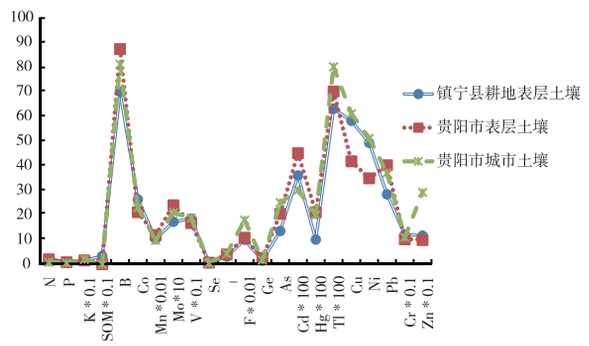


图 7　镇宁县耕地表层土壤地球化学背景值与贵阳市表层土壤、贵阳市城市土壤背景值对比图

Fig. 7　Comparison of the geochemical background values of the surface soil of cultivated land in Zhenning county with the surface soil of Guiyang city and the urban soil of Guiyang

镇宁县耕地土壤地球化学背景值与中国土壤背景值相比较,其环境元素(As、Cd、Cr、Cu、Hg 、Ni、Pb、Tl、Zn)背景值均高于中国土壤;与美国大陆土壤背景值相比较,其环境元素(As、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn)背景值均高于美国大陆土壤;与日本土壤背景相比较,其环境元素(As、Cd、Cr、Cu、Ni、Pb、Zn)背景值均高于日本土壤;与英国土壤背景值相比较,其环境元素(As、Cr、Cu、Hg 、Ni、Zn)背景值均高于英国土壤,Cd、Pb 背景值均低于英国土壤(魏复盛 等,1991)。

4　结论与建议

通过对镇宁县耕地表层土壤 23 项元素(指标)测试数据分析研究,首次获得研究区耕地土壤地球化学背景值,为土壤质量评价、耕地资源保护(治理)、土壤改良和平衡施肥、农业种植规划、定量研究区内山地特色农业提供依据。

背景值与成土母质(母岩)、表生环境(土壤酸碱度、土壤类型、地形地貌等)、人类活动(耕作轮次,施肥强度等)密切相关,能反映耕地土壤现实环境,元素变异系数大,表明存在大量高含量带分布,元素分布在空间上变化明显。元素变异系数小,表明其在空间上含量变化较小。

研究区有益元素 Se、Ge 背景值较高,表明耕地土壤中 Se、Ge 含量范围较高(李艳 等,2020),富 Se、富 Ge 特色耕地资源丰富。

耕地土壤养分含量随着土壤厚度、耕作轮次、施肥强度等增加其含量增加,土壤养分丰富;碳酸盐岩母质类型耕地土壤环境元素含量普遍高于碎屑岩母质类耕地土壤。

对比其背景值,发现多数元素土壤背景值高于中国、美国大陆、日本及英国等土壤背景值;其背景值与贵阳市表层土壤和贵阳市城市土壤相比,背景值有所变化,但变化不大,表明本文获得的背景值可靠。

[参考文献]

鲍丽然,龚媛媛,严明书,等. 2015. 渝西经济区土壤地球化学基准值与背景值及元素分布特征[J]. 地球与环境,43(1):31-40.

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.

成杭新,李括,李敏,等. 2014. 中国城市土壤化学元素的背景值与基准值[J]. 地学前缘,21(3):1-42.

况云所,贾立宇,杨刚,等. 2020. 贵州省耕地质量地球化学调查分析样品测试方法与质量控制——以遵义市、毕节市为例[J]. 贵州地质,37(3):240-243.

何邵麟. 1998. 贵州表生沉积物地球化学背景特征[J. 贵州地质,15(2):149-156.

何邵麟,龙超林,刘应忠,等. 2004. 贵州地表土壤及沉积物中镉的地区化学与环境问题[J]. 贵州地质,21(4):245-250.

何邵麟,李朝晋,潘自平,等. 2012. 贵阳市红枫湖湖泊沉积物地球化学与环境质量评价[J]. 物探与化探,36(2):273-276.

何邵麟,陈武,刘应忠,等. 2015. 贵阳市土壤地球化学背景值与生态环境分析[J]. 地球与环境,43(6):642-652.

李艳,鄢兴旭,姜再菊,等. 2020. 贵州省普定县耕地土壤 Se 分布特征[J]. 贵州地质,37(3):372-377.

莫光员,李丕鹏,袁盛博,等. 2020. 贵州安龙县耕地表层土壤营养元素地球化学特征[J]. 贵州地质,37(3):396-403.

庞绪贵,代杰瑞,徐春梅,等. 2008. 平阴县土壤地球化学基准值与

背景值研究[J]. 山东国土资源,24(1):21-25.
庞绪贵,代杰瑞,陈磊,等. 2019. 山东省 17 市土壤地球化学背景值[J]. 山东国土资源,35(1):46-56.
魏复盛,陈静生,吴燕玉,等. 1991. 中国土壤环境背景值研究[J]. 环境科学,12(4):12-19.
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,3-8.
杨林,何邵麟. 1998. 贵州省表生地球化环境质量分析[J]. 地质实验室,14(4):257-260.
张勤. 2005. 多目标地球化学填图中的 54 种指标被套分析方案和分析质量监控系统[J]. 第四纪研究,25(3):292-297.
张秀芝,杨志宏,马忠社,等. 2006. 地球化学背景与地球化学基准[J]. 地质通报,25(5):626-629.
中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0258-2014,多目标区域地球化学调查规范(1:250000)[S]. 北京:中国标准出版社.
中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0011-2015,地球化学普查规范(1:50000)[S]. 北京:地质出版社.
中华人民共和国国土资源部. DZ/T 0295-2016,土地质量地球化学评价规范[S]. 北京:地质出版社.
Nicholas M. S. Rock. 1988. Summary Statistics in Geochemistry: A Study of the Performance of Robust Estimates[J]. Mathematical Geology,20(3):243-275.

Study on Soil Geochemical Background Value of Cultivated Soil of Zhenning County, Guizhou

ZHONG Fang-de, XIAO Hong, XIAO Xiao, QIE Ru-jun, HE Xi-hua

(*Guizhou Coal Mine Geological Engineering Advisory and Geological Environment Monitoring Center, Guiyang* 550081, *Guizhou, China*)

[**Abstract**] In this paper, the normal method and lognormal method were used to analysis the surface soil samples of 4 620 cultivated land in the research area, and the geochemical characteristics and background values of 23 indicators such as cultivated land soil nutrients and environment were obtained for the first time. The geochemical characteristics and background values of the study area are affected by ph, parent material, climate, environment, soil type, rotation of cultivation, fertilization intensity, etc., resulting in uneven distribution of element content in space. The content of environmental elements in the cultivated land of carbonate rock parent material is generally higher than the cultivated land of clastic rock parent material. studying the background value of the research area, it provide the basis for soil quality evaluation, protection of cultivated land resource , and quantitative research on characteristic agriculture.The higher background values of beneficial elements Se(Selenium) and Ge(Germanium) in the study area indicate that the contents of Se and Ge elements in cultivated soil are higher, the cultivated land resources of rich Se and rich Ge are adequate. It found that the soil background values of most elements are higher than those of China, continental United States, Japan and Britain. Compared with the surface soil of Guiyang and the urban soil of Guiyang, the background value changed slightly.

[**Key Words**] Zhenning county; Soil parent material; Soil type; Cultivated soil; Geochemical background value