

贵州省七星关区耕地质量地球化学评价成果及意义

王小洪,张钟华*,王华斌,肖波,刘浩,王艇,吴鹏,潘有良

(贵州省地矿局117地质大队,贵州 贵阳 550018)

[摘要]根据贵州省七星关区1:5万耕地质量地球化学调查,获取了区内耕(园)地表层土壤、农作物与根系土等介质中多项元素或指标的高精度分析数据。开展了研究区耕地表层土壤养分丰缺及有害元素风险评价,以及部分农产品的安全性和富硒评价,结果显示,研究区耕地土壤养分综合质量以较丰富以上为主,土壤环境综合质量以安全利用类为主,耕地土壤综合质量整体较好,评价为中等及以上等级耕地190.08万亩,占全区评价面积的94.33%。全区富硒耕地资源丰富,达到优先保护、安全利用类土壤环境质量要求,且富硒的耕地165.89万亩,占全区评价面积的82.33%。在500亩以上坝区,达到优先保护、安全利用类土壤环境质量要求,并富硒的耕地1.52万亩,占坝区评价面积的93.14%。已发现玉米、萝卜、白菜、马铃薯4类农产品富硒。

[关键词]耕地质量;地球化学;富硒耕地;富硒农产品;七星关区

[中图分类号]S159;P632 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2020)-03-0251-07

1 引言

土地是人类赖以生存和发展的物质基础,是宝贵的不可再生的自然资源。随着我国城市化、工业化进程不断快速发展,土地质量问题日益凸显(王立胜等,2012;岳蛟等,2019;张妍等,2018),当前绿色生态农业和社会可持续发展战略对土地质量提出了更高的要求,开展土地质量评价工作已势在必行。目前全国已有多个省份陆续开展了土地质量调查工作(黄钊等,2017;陈玉茹等,2019)。土地质量地球化学调查是以土壤有益元素、环境元素等指标为基础,通过其对土地基本功能的影响程度而进行系统研究,对土地质量进行等级划分,达到科学量化土地质量的目的(贺灵等,2019;马逸麟等,2015;陶春军等,2014)。

七星关区地处乌蒙山区,国土面积3 414.91 km²,其中耕地面积1 343.33 km²(约201.50万亩),占全区国土面积的39.37%。500亩以上坝区11个,耕

地面积约1.64万亩,主要分布在七星关区中部各乡镇,是区内重要的粮食蔬菜基地。区内属于生态环境脆弱的岩溶山区,山多地少、人口众多,是我国十四个集中连片特殊困难地区之一,也是全国新一轮扶贫攻坚的六大片区之一(何邵麟等,2017)。2017—2018年,按照土地质量地球化学调查评价规范(DZ/T 0295-2016)的要求,在七星关区开展了1:5万土地质量地球化学调查,评价耕地及园地面面积201.50万亩,系统采集了表层土壤样、农作物与根系土样。本文以该数据对七星关区表层土壤养分、环境元素进行了统计分析和评价,圈定了富硒耕地资源,对农产品安全性、特色性进行了评价,为该区发展特色山地高效农业提供依据。

2 研究区概况

2.1 自然地理概况

研究区位于贵州省西北部川、滇、黔三省交汇

[收稿日期]2020-04-10 **[修回日期]**2020-07-23

[基金项目]贵州省耕地质量地球化学调查评价项目(黔地矿耕调2017-14)。

[作者简介]王小洪(1992—),男,工程师,长期从事地球化学、地质调查工作。

[通讯作者]张钟华(1985—),男,工程师,长期从事地球化学、地质调查工作。

处,地处东经 $104^{\circ}51' \sim 105^{\circ}55'$, 北纬 $27^{\circ}03' \sim 27^{\circ}46'$ 之间。地势西高东低, 海拔在 $470 \sim 2\,217\text{ m}$ 之间, 平均海拔 $1\,511\text{ m}$ 。属于亚热带湿润气候, 常年平均年降水量 954.0 mm 。全区土壤类型以黄壤为主, 占全区面积 43.27% , 其次为黄棕壤、粗骨土、石灰土、水稻土和紫色土。土地利用类型以林地为主, 占全区国土面积的 43.87% , 其次为耕地。农作物种植以玉米、水稻、马铃薯为主, 经济作物主要为刺梨、中药材、茶叶与蔬菜等。

2.2 区域地质概况

研究区大地构造位置位于上扬子地块—黔北隆起区—毕节弧形褶皱带(图1)。区内地层发育寒武系、奥陶系、志留系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系及第四系,主要发育近北东向构造。岩性主要为碳酸盐岩与碎屑岩,少量峨眉山玄武岩分布。

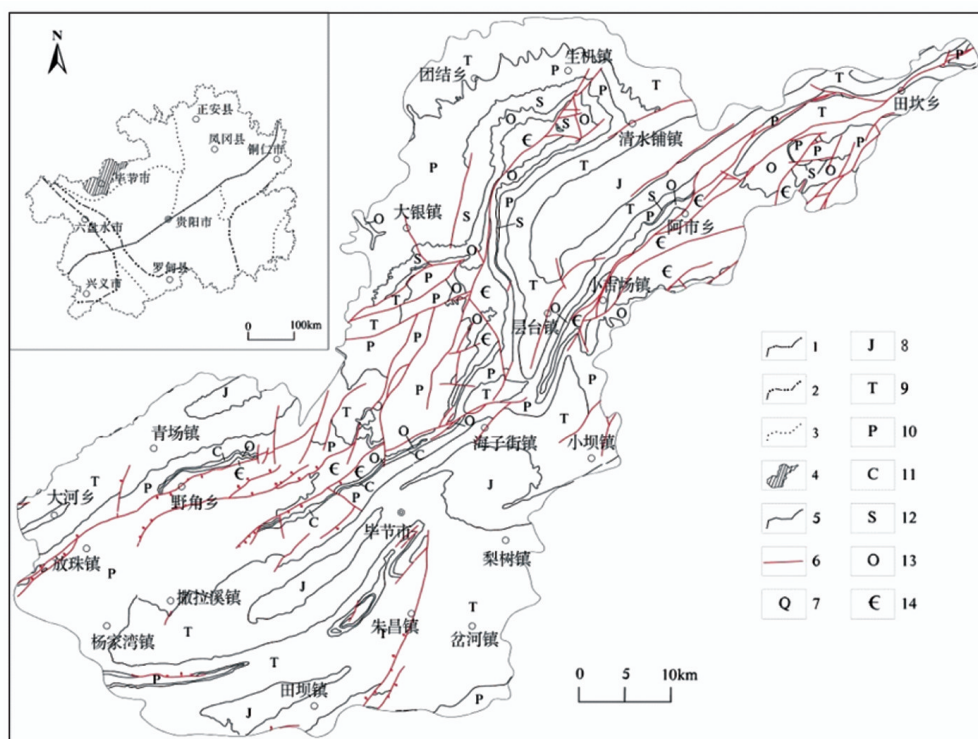


图1 研究区地质简图(据中国区域地质志 贵州志修改)

Fig. 1 Geological sketch of the study area

1—三级构造单元线;2—四级构造单元线;3—五级构造单元线;4—研究区位置;5—地层界线;6—断层;7—第四系;8—侏罗系;9—三叠系;10—二叠系;11—石炭系;12—志留系;13—奥陶系;14—寒武系

3 研究方法

3.1 样品采集

研究区以耕地和园地为采样对象,采用网格化布点,以 1 km^2 为 1 个采样大格,1 个采样大格平均分成 9 个采样小格,在每个采样小格中,选择最大块的耕地或园地进行采样,平均采样密度 9.39 件/km^2 ,采样深度 $0 \sim 20 \text{ cm}$,为增加样品代表性,以主样点为中心,向四周 $20 \sim 50 \text{ m}$ 同一地类中采集 4 个子样点,主、子样点样品等量组合成 1 件样品,重量 $\geq 1 \text{ kg}$ 。共采集表层土壤样 12878

件,其中重复样 270 件。

农作物样依据区内农业种植及分布情况,在其收获盛期进行采集,共采集了农作物 116 件(玉米 36 件、萝卜 21 件、白菜 21 件、马铃薯 19 件、四季豆 19 件)。以 0.1~0.2 公顷为采样单元,根据农作物分布情况采用棋盘法、梅花点法、蛇形法等选取 5~9 个样品多点取样,组合为 1 件样品,重量大于 500 g。玉米样品大致均匀分布在全区,萝卜与白菜在朱昌镇及阿市乡两个省级高效农业示范园区采集,马铃薯在撒拉溪镇采集,四季豆在田坝镇、层台镇和小吉场镇的 500 亩以上坝区采集。采集农作物样时,同时采集根系土样 116 件。

3.2 分析测试

全部样品送贵州省地质矿产中心实验室分析测试,表层土壤样分析测试N、P、K等23项指标,根系土分析测试N、P、K等29项指标,农产品分析测试Se、Cd等7项指标。土壤样中Se采用原子荧光分光光度法(AFS)测定,Cu、Zn、P等元素采样电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-OES)测定,Cd等元素采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定,农作物中Se、Cd等元素采用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定。以国家一级标准物质(GWB系列)进行准确度和精密度监控,以重复样和重复分析进行重复性检验和分析误差评定。结果表明,全部样品的报出率为100%,准确度与精密度合格率均为100%,全部元素(指标)重复样双差合格率在87.41%~99.63%之间,满足≥85%要求。样品分析质量符合规范DZ/T 0295-2016中样品处理与分析的规定,分析质量可靠。

3.3 数据处理

评价软件采用中国地质调查局发展研究中心开发的土地质量地球化学调查与评价数据管理与维护(应用)子系统软件。

4 表层土壤地球化学评价

4.1 土壤酸碱度

按照DZ/T 0295—2016给出的土壤酸碱度分级标准,对全区表层土壤pH分级结果表明见表1,

全区表层土壤以酸性为主,酸性土壤面积127.64万亩,占比63.35%;其次为中性土壤,面积39.81万亩,占比19.76%;碱性土壤面积25.19万亩,占比12.28%;强酸性土壤及强碱性土壤占比较小,分别为4.58%、0.03%。

表1 七星关区耕地酸碱度等级统计
Table 1 Statistics of pH level of cultivated land in Qixingguan district

含量分级	pH	耕地面积 (万亩)	全县占比 (%)
强酸性	<5.0	9.24	4.58
酸性	5.0~6.5	127.64	63.35
中性	6.5~7.5	39.81	19.76
碱性	7.5~8.5	25.19	12.28
强碱性	≥8.5	0.07	0.03

4.2 土壤养分质量等级

以有机质、N、P、K等元素(指标)全量作为评价指标,对其进行单指标丰缺等级划分(表2),在N、P、K单指标地球化学等级划分基础上,按N、P、K权重系数分别为0.4、0.3和0.3划分土壤养分地球化学综合等级。

土壤中有有机质、N、P以较丰富及以上等级为主,K中等及以上等级面积占比58.97%,较缺乏、缺乏等级面积占比41.03%。

土壤养分综合质量以较丰富及以上等级为主,占比63.43%,中等等级面积占比31.46%,较缺乏及缺乏等级面积占比5.11%。总体上区内土壤养分综合质量较好,应继续加强测土施肥配方,做好“控氮、稳磷、增钾”工作。

表2 七星关区耕地养分地球化学等级评价统计表

Table 2 Evaluation statistics of nutrient geochemical grade of cultivated land in Qixingguan district

元素 或指标	丰富(一等)		较丰富(二等)		中等(三等)		较缺乏(四等)		缺乏(五等)	
	面积	占比	面积	占比	面积	占比	面积	占比	面积	占比
N	69.22	34.35	101.72	50.48	27.07	13.43	2.62	1.30	0.87	0.43
P	61.24	30.39	52.88	26.24	51.61	25.61	28.88	14.33	6.89	3.42
K	28.81	14.30	35.59	17.66	54.43	27.01	42.47	21.08	40.20	19.95
有机质	45.47	22.57	87.54	43.45	58.01	28.79	9.96	4.94	0.51	0.25
养分综	7.49	3.72	120.31	59.71	63.39	31.46	10.02	4.97	0.28	0.14

注:以上指标等级划分标准来自DZ/T 0295—2016,面积单位为万亩,占比为百分比。

4.3 土壤环境质量等级

土壤中Cd、Hg、As、Pb、Cr对照GB15618—

2018中的筛选值和管制值将土壤风险程度分为优先保护类、安全利用类、严格管控类;Cu、Ni、Zn对照GB15618—2018中的筛选值将土壤风险程度

分为优先保护类、安全利用类。

在单指标划分的基础上,土壤环境综合等级为各单指标划分出的最差等级叠加。结果表明(表 3),全区 Cr、Cu、Ni、Zn、Hg、As、Pb7 种环境元素以优先保护类为主;Cd 以安全利用类为主,面积为 171.39 万亩,占全区耕地面积的 85.06%,优先保护类、严格管控类面积分别为 19.11 万亩、11.00 万亩,分别占全区评价面积的 9.48%、5.46%。

表 3 七星关区耕地环境地球化学等级评价统计表

元素或指标	优先保护类		安全利用类		严格管控类	
	面积	占比	面积	占比	面积	占比
Cd	19.11	9.48	171.39	85.06	11.00	5.46
Hg	201.44	99.97	—	—	0.06	0.03
As	195.47	97.01	5.95	2.95	0.08	0.04
Pb	200.06	99.29	1.44	0.71	—	—
Cr	148.52	73.71	52.98	26.29	—	—
Cu	116.85	57.99	84.65	42.01	—	—
Ni	153.62	76.32	47.88	23.68	—	—
Zn	198.38	98.45	3.12	1.55	—	—
环综	16.30	8.09	174.05	86.38	11.15	5.53

注:面积单位为万亩,占比为百分比

4.4 土壤综合质量等级

土壤综合质量等级由 GB15618—2018 评价确定的土壤环境综合等级与 DZ/T 0295—2016 评价确定的土壤养分综合等级叠加产生,划分标准见表 4。

表 4 土壤综合质量等级划分标准

土壤综合质量		土壤环境综合等级		
		优先保护类	安全利用类	严格管控类
土壤养分综合等级	丰富	优质	中等	劣等
	较丰富	优质	中等	劣等
	中等	良好	中等	劣等
	较缺乏	中等	中等	劣等
	缺乏	差等	差等	劣等

结果表明(表 5),全区耕地土壤综合质量以中等为主。中等耕地面积为 177.88 万亩,占全区耕地面积的 88.28%;优质和良好耕地分别为 4.91 万亩、7.30 万亩;分别占全区评价面积的 2.43%、3.62%,其分布零星、分散,主要集中在分布

表层土壤环境综合质量以安全利用类为主,面积 174.05 万亩,占全区评价面积的 86.38%,优先保护类、严格管控类面积分别为 16.30 万亩、11.15 万亩,分别占全区评价面积的 8.09%、5.53%。

整体而言,区内环境元素中,Cd 元素平均含量较高,形成原因应与成土母质有关,高背景区主要分布在寒武系、二叠系碳酸盐岩成土母岩区。

在区内北东部靠近赤水河流域的生机、清水铺镇一带。

表 5 七星关区耕地质量地球化学综合等级

Table 5 Comprehensive geochemical grade of cultivated land quality in Qixingguan district					
等级	优质	良好	中等	差等	劣等
面积/万亩	4.91	7.30	177.88	0.27	11.15
占比/%	2.43	3.62	88.28	0.14	5.53

5 富硒耕地

按照 DZ/T 0295—2016 对区内硒元素进行等级划分(表 6),将评价等级为二等的耕地作为富硒耕地(0.4~3 mg/kg),同时将土壤环境综合质量等级评价为优先保护类、安全利用类的富硒耕地作为安全富硒耕地。

结果表明(图 2),七星关区富硒耕地面积 177.02 万亩,占总评价面积的 87.85%,安全富硒耕地面积为 165.89 万亩,占总评价面积 82.38%,表明七星关区富硒资源分布广,面积大。

表 6 土壤硒养分等级统计			
Table 6 Statistics of soil selenium nutrient levels			
含量分级	总硒含量 (mg/kg)	耕地面积 (万亩)	全县占比 (%)
过剩	>3.0	0.01	0.00
高	0.4-3.0	177.02	87.85
适量	0.175-0.4	23.32	11.57
边缘	0.125-0.175	1.02	0.51
缺乏	≤0.125	0.13	0.07

表 7 七星关区 500 亩以上坝区富硒耕地统计表				
Table 7 Statistics of selenium rich cultivated land in flatland over 500 mu in Qixingguan district				
大坝编号	富硒耕地	占比 (%)	安全富 硒耕地	占比 (%)
374	619	99.38	619	99.38
430	5 221	97.44	5 203	97.10
437	695	76.00	695	76.00
446	802	100	802	100
501	8	1.26	8	1.26
503	2 151	100	2 151	100
601	1 911	100	1 911	100
604	993	100	993	100
614	1 294	100	1 294	100
626	974	100	876	89.99
633	696	100	696	100
合计	15 364	93.85	15 249	93.14

6 500 亩以上坝区富硒耕地

坝区富硒耕地资源见表 7,全区 500 亩以上坝区富硒耕地面积 1.54 万亩,占坝区面积 93.85%,安全富硒耕地面积 1.52 万亩,占坝区面积 93.14%,除 501 号坝区富硒耕地较少外,其余 10 个坝区富硒耕地占比较高,坝区位置详见图 2。

注:面积单位为亩

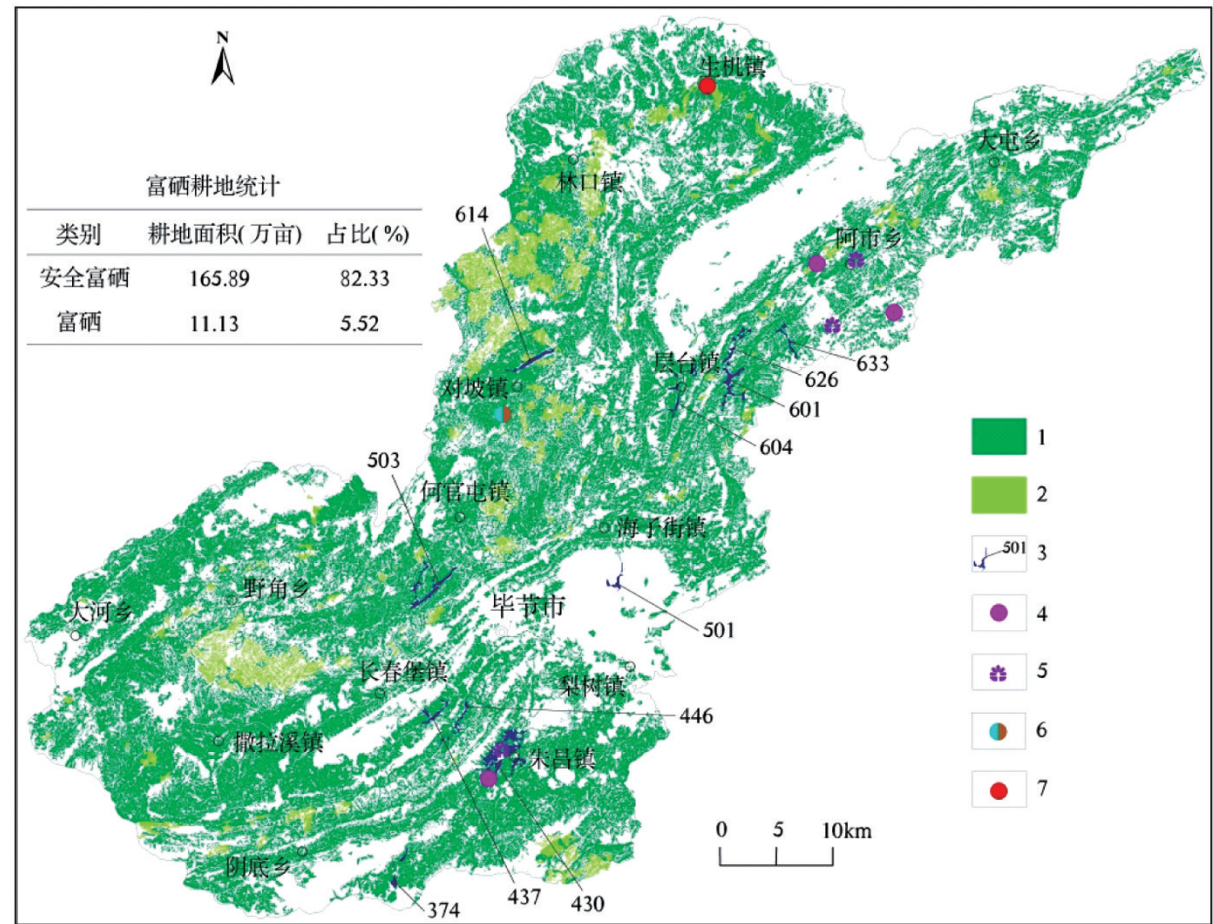


图 2 七星关区富硒耕地及富硒农产品分布图

Fig. 2 Distribution of selenium rich cultivated land and agricultural products in Qixingguan district

1—安全富硒耕地;2—富硒耕地;3—坝区位置与编号;4—富硒萝卜;5—富硒白菜;6—富硒马铃薯;7—富硒玉米

7 农产品安全性及富硒评价

全区共采集玉米、萝卜、白菜、马铃薯和四季豆共 5 类农产品,由表 8 可知,5 类农产品重金属的平均含量较低,依据 GB 2762—2017 标准,全部农产品中铅、汞、砷、铬含量均未超标,仅 1 件玉米与 3 件马铃薯镉含量轻度超标。

采集的农作物中 8 件样品达到富硒标准(表 9),其中白菜 3 件,富硒率 14.29%;萝卜 3 件,富硒率 14.29%;马铃薯 1 件,富硒率 5.26%;玉米 1 件,富硒率 2.78%。从对应采集的根系土样来看,除 1 件四季豆、2 件白菜与 4 件玉米的根系土硒含量 $<0.4\text{ mg/kg}$ 外,其余农作物样对应的根系土含

量均 $\geq 0.4\text{ mg/kg}$ 。土壤总硒含量整体较高,但农产品富硒率偏低,建议在今后的科研工作中加强土壤-农作物硒的吸收富集规律研究。

表 8 七星关区农产品重金属平均含量

Table 8 Average content of heavy metals in agricultural products in Qixingguan district

农产品种类	样本数	Pb	Cd	Hg	As	Cr
玉米	36	0.05	0.018	ND	0.025	0.13
萝卜	21	0.03	0.026	ND	0.02	0.11
白菜	21	0.05	0.055	0.002	0.022	0.06
马铃薯	19	0.05	0.058	ND	0.01	0.12
四季豆	19	0.02	0.003	ND	0.008	0.13

注:含量单位: $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,ND:未检出

表 9 七星关区耕地富硒农作物参数统计表

Table 9 Statistical parameters of selenium rich crops in cultivated land of Qixingguan district

农作物样品编号	农作物 Se(mg/kg)	根系土 Se(mg/kg)	生物富集 系数(%)	农作物种类	富硒率(%)	富硒标准 (mg/kg)
1BJNZ15BC	0.012	0.95	1.21	白菜		
1PYNZ04BC	0.017	0.79	2.15	白菜	14.29	0.01~0.10
1PYNZ09BC	0.011	0.33	3.33	白菜		
1BJNZ24LB	0.012	0.80	1.50	萝卜		
1PYNZ10LB	0.012	0.52	2.21	萝卜	14.29	0.01~0.10
1PYNZ02LB	0.027	1.49	1.81	萝卜		
1ZZNZ01YM	0.388	1.87	20.73	玉米	2.78	0.15~0.50
1HZNZ01ML	0.018	1.34	1.34	马铃薯	5.26	0.015~0.15

注:表中白菜、萝卜、玉米富硒标准来自广西地方标准(DB45/ T1061—2014),马铃薯富硒标准来自中华人民共和国农业行业标准(富硒马铃薯 NY/T 3116—2017)

8 结论

- (1)全区表层土壤养分综合质量以较丰富及以上等级为主,占比 63.43%。有机质、氮、磷以较丰富及以上等级为主,钾中等及以上等级面积占比 58.97%,较缺乏、缺乏等级面积占比 41.03%,区内在今后的农业生产中,应根据具体情况科学施肥。
- (2)全区表层土壤以酸性为主,面积 127.64 万亩,占比 63.35%,土壤环境地球化学综合等级以安全利用类为主。镉元素等级评价以安全利用类为主,严格管控类面积 11.00 万亩,占全区评价面积的 5.46%,同时采集农产品中已有 1 件玉米、3 件马铃薯镉含量轻度超标,今后应进一步加强土壤-农作物中镉元素迁移富集规律的研究。
- (3)全区表层土壤耕地质量以中等等级为主,

中等等级耕地面积为 177.88 万亩,占全区评价面积的 88.28%;优质和良好等级耕地分别为 4.91 万亩、7.30 万亩,分别占全区评价面积的 2.43%、3.62%,其分布较为零星分散,主要集中在区内东北部靠近赤水河流域的生机、清水铺镇一带。

(4)区内表层土壤富硒耕地 177.02 万亩,占全区评价面积的 87.85%,安全富硒耕地 165.89 万亩,占全区评价面积的 82.33%,500 亩以上坝区安全富硒耕地面积 1.52 万亩,占坝区评价面积 93.14%,全区富硒耕地资源丰富。采集的农产品中已发现 1 件玉米、3 件萝卜、3 件白菜及 1 件马铃薯富硒,开发富硒特色产业前景广阔。

致谢:本文撰写过程中得到何邵麟、曾昭光研究员的悉心指导,以及七星关区耕地质量地球化学调查评价项目部全体同仁的帮助,在此表示衷心感谢!

[参考文献]

- 陈玉茹,胡江龙,胡绍祥,等. 2019. 随州北部土地质量地球化学评价及空间分布研究[J]. 资源环境与工程, 33(增刊): 22-26.
- 贵州省地质调查院. 2017. 中国区域地质志 贵州志[M]. 北京:地质出版社. 947-950.
- 何邵麟,陈武,莫春虎,等. 2017. 贵州乌蒙山区土壤—农作物体系硒—锌分布特征研究[J]. 生物技术进展, 7(5): 557-562.
- 黄钊,肖高强,张小兵,等. 2017. 云南开展土地质量地球化学调查评价的必要性[J]. 云南大学学报(自然科学版), 39(S2): 371-378.
- 贺灵,刘占元,周国华,等. 2019. 土地质量地球化学评价成果与若干问题探讨:以浙江省金华市汤溪镇为例[J]. 现代地质, 33(1): 152-160.
- 马逸麟,谢长瑜,胡晨琳,等. 2015. 江西省吉泰盆地土地质量评价[J]. 物探与化探, 39(2): 387-395.
- 陶春军,贾十军,梁红霞,等. 2014. 安徽省滁州地区土地质量地球化学评估研究[J]. 地质调查与研究, 37(1): 61-66.
- 王立胜,汪媛媛,余涛,等. 2012. 土地质量地球化学评估与绿色产能评价研究:以吉林大安市为例[J]. 现代地质, 26(5): 879-855.
- 岳蛟,叶明亮,杨梦丽,等. 2019. 安徽省某市农田土壤与农产品重金属污染评价[J]. 农业资源与环境学报, 36(1): 53-61.
- 张妍,盛奇,潘涵香,等. 2018. 河南商丘地区土地质量地球化学评价[J]. 矿产勘查, 9(7): 1460-1467.

Geochemical Evaluation Results and significance of Cultivated Land Quality in Qixingguan District, Guizhou Province

WANG Xiao-hong, ZHANG Zhong-hua*, WANG Hua-bin, XIAO Bo, LIU Hao, WANG Ting, WU Peng, PAN You-liang

(117Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] According to the 1:50000 cultivated land quality geochemical survey in Qixingguan area, Guizhou Province, the high-precision analysis data of many elements or indexes in the medium of cultivated (Garden) surface soil, crop and root soil were obtained. The results show that the comprehensive quality of soil nutrients in the study area is more than rich, the comprehensive quality of soil environment is mainly safety utilization, the overall quality of soil is better, and the evaluation is 1.908 million mu of cultivated land of medium and above grade Accounting for 94.33% of the assessed area. The area is rich in selenium rich cultivated land resources, meeting the requirements of priority protection and safe use of soil environment quality, and the selenium rich cultivated land is 1.658 9 million mu, accounting for 82.33% of the assessed area. In the flat ground area of more than 500 mu, the environmental quality requirements for priority protection and safe utilization of soil are met, and 15 200 mu of selenium rich arable land accounts for 93.14% of the assessed area of the flat-land. Four kinds of agricultural products, corn, radish, cabbage and potato, have been found to be rich in selenium.

[Key Words] Cultivated land quality; Geochemistry; Selenium rich cultivated land; Selenium rich agricultural products; Qixingguan District