

贵州省沿河县耕地土壤元素地球化学特征及其特色耕地利用建议

石 睿, 张锡贵

(贵州省地矿局 101 地质大队, 凯里 556000)

[摘 要] 本文基于沿河土家族自治县耕地质量地球化学调查评价项目野外调查数据资料, 分析了耕地土壤元素在不同成土母岩及不同土壤类型的地球化学特征。在摸清耕地土壤地球化学特征的基础上, 利用 SPSS 统计分析软件, 对全县表层土壤样品 22 个元素(指标)进行因子分析, 得到有代表性的 7 个因子成分, 分析不同元素组合的区域分布基于何种因素, 并对各主因子进行了地质解释: F1 主因子代表的变量与地质背景密切相关; F2 主因子代表的变量与土壤中的 As、Mo、Se 与有机质易形成络合物有关; F3 主因子代表的变量与区域上常形成与矿产有关的地球化学异常有关; F4 主因子代表的变量可能与人工施肥及植被有关; F5 主因子代表的变量与铜矿床有关; F6 主因子代表的变量与分布的地层岩性有关; F7 主因子代表的变量与萤石矿有关。根据全县富硒、富锗特色耕地分布特征及农产品优势, 建议优先开发塘坝镇、新景镇等 4 个区域, 为沿河县调整农业种植结构、发展现代山地特色优质农产品提供地球化学依据。

[关键词] 土壤; 地球化学特征; 因子分析; 特色耕地; 贵州沿河

[中图分类号] S159; P632 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2020)-03-0266-07

1 引言

历年来, 前人在沿河县地质、农业、土地、环境等方面均开展了一定的基础性调查工作, 但在土壤地球化学方面仅有贵州省第二次土壤普查、贵州省耕地土壤测土配方施肥调查和贵州省土壤污染状况调查等。

然而对于不同地质背景、不同类型耕地中土壤化学元素组成、有益有害元素分配、特色元素分配等地球化学特征还没有形成较为全面的调查成果, 难以满足指导沿河县耕地资源的管理与保护、农业种植结构的调整及山地特色农业发展规划等方面的需求。

沿河县为国家级深度贫困县。本次运用土壤地球化学调查方法, 以高质量地球化学分析数据为依据, 科学评价和摸清沿河县耕地的地球化学含量特征和空间分布规律, 可以加快发展现代山地特色高效农业, 助推沿河县脱贫攻坚。为耕地

资源管理、农业产业结构调整 and 特色山地农业发展提供科技支撑, 为沿河县农业现代化和全面建成小康社会提供服务。

2 概述

2.1 地层

区内出露地层从老到新有震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、二叠系、三叠系及第四系。其中震旦系地层仅出露于夹石镇侯家沱一带; 寒武系和奥陶系地层广泛分布于县境中部和北部, 呈北北东向展布; 志留系地层主要分布于县境中南部, 呈北东向、北北东向展布; 二叠系、三叠系地层主要分布于县境中南部, 呈北东向展布; 第四系零星分布于河谷两岸及地势较低洼地带。出露的地层以碳酸盐岩为主, 次为碎屑岩。震旦系灯影组、寒武系清虚洞组、石冷水组、平井组、毛田组, 寒武-奥陶系毛田组, 奥陶系桐梓组、红花园组、湄潭组中部、十字铺

[收稿日期] 2020-04-26 [修回日期] 2020-07-28

[作者简介] 石睿(1987—), 男, 地质工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。E-mail: 629678495@qq.com。

组底部、宝塔组、五峰组,志留系石牛栏组,二叠系梁山组、栖霞组、茅口组、合山组,三叠系夜郎组、嘉陵江组、巴东组以碳酸盐岩为主。震旦-寒武老堡组,寒武系牛蹄塘组、明心寺组上部、金顶山组,奥陶系湄潭组上部,奥陶-志留系龙马溪组,志留系新滩组、松坎组、韩家店组以碎屑岩为主。

2.2 土壤类型及成土母岩

根据贵州省沿河县第二次土地调查资料及本次调查,全县土壤类型有高山黄棕壤、黄壤、石灰土、紫色土、潮土、水稻土 6 个土类。土壤类型以黄壤面积最大,面积为 248.218 6 万亩,占土地总面积的 66.63%;其次为石灰土,面积为 106.611 8 万亩,占土地总面积的 28.62%;水稻土面积为 16.654 7 万亩,占耕地总面积的 4.47%;紫色土面积为 0.716 4 万亩,占土地总面积的 0.19%;潮土面积为 0.175 7 万亩,占土地总面积的 0.05%。主要成土母岩为碳酸盐岩、碎屑岩(图 1)。

2.3 矿产资源概况

沿河县矿产资源较为丰富,已发现各类矿床(点)60 余处。初步查明了煤、萤石、重晶石、铁、铜、铜、水泥用灰岩、地热等优势矿种的资源储量及分布特点。煤矿主要分布在谯家、土地坳、泉坝、中寨、沙子、中界、思渠等乡镇。萤石矿主要分布的板场、塘坝、客田、后坪等乡镇,初步探明储量为 150 万吨。重晶石矿主要分布在泉坝、官舟、后坪、塘坝、客田等乡镇,含量约 200 万吨。铅锌矿主要分布在官舟、思渠、黑水、淇滩、谯家、甘溪等乡镇,储量 65 万吨。铜矿主要分布在沙子镇,储量为 36 万吨(图 1)。

2.4 土壤环境酸碱性

沿河县耕地土壤 pH 值范围 3.99~8.80,中位值为 5.84,主要呈酸性(表 1),其次为中性,碱性、强碱性和强酸性土壤较少。全区土壤酸化严重。

表 1 沿河县耕地土壤酸碱度等级表

Table 1 Classification of cultivated land pH value of Yanhe county

酸碱度	pH 值范围	面积(万亩)	百分比(%)
强碱性	≥8.5	0.0228	0.02
碱性	7.5~<8.5	7.3574	6.18
中性	6.5~<7.5	20.6317	17.31
酸性	5.0~<6.5	86.6052	72.71
强酸性	<5.0	4.4991	3.78
合计		119.1162	100.00

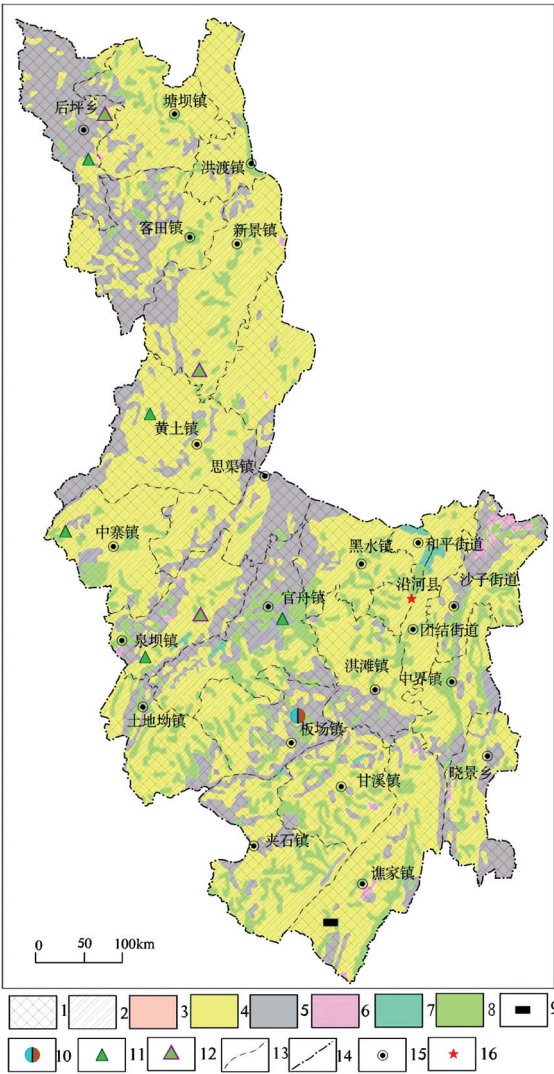


图 1 沿河县土壤类型、成土母岩类型及主要矿点分布图
Fig. 1 Soil type, soil forming rock type and major ore occurrence distribution of Yanhe county

1—碳酸盐岩;2—碎屑岩;3—黄棕壤;4—黄壤;5—石灰土;6—紫色土;7—潮土;8—水稻土;9—煤矿;10—铅锌矿;11—重晶石;12—萤石矿;13—乡镇界线;14—县界;15—乡镇驻地;16—县政府驻地

2.5 特色农产品

全县水稻、蔬菜主要分布于中南部的官舟镇、黑水镇、板场镇、甘溪镇及北部塘坝镇金竹一带,著有金竹贡米和毛田粮仓。茶叶、烤烟主要分布于北部后坪乡—客田镇—新景镇—塘坝镇和南部谯家镇和晓景乡等,其中客田镇黄家村、冯家村,谯家镇谯家铺村、韩家村、耳当村一带是沿河县优质烟叶产区;新景镇姚溪一带的茶叶(姚溪贡茶)为沿河县地方优良茶种,以茶味清香醇厚、耐泡为特点。经果林(空心李)主要分布于沙子镇、中界

镇及和平街道等区域,以沙子街道和中界镇产量多、质量好,著有“中国空心李之乡”。

3 研究方法

3.1 样品采集与测试分析

耕地表层土壤采样平均点密度为 9.67 点/km²,采样深度 20 cm,在不跨图斑的同时在主坑 20~50 m 范围内向四周辐射确定 4~6 个取样点,等份组合成一个混合样。采样地块为长方形时,采用“S”形布设子样点;采样地块近似正方形时,采用“X”形布设子样点。

样品测试工作由湖北省地质实验测试中心完成,按照多目标区域地球化学调查样品分析方法完成,分析测试数据已通过评审。

3.2 研究方法

3.2.1 数据处理

本文先对数据进行正态分布检验,在剔除三倍方差后直至所有数据均服从正态分布为止。

3.2.2 因子分析

因子分析是将多个错综复杂的因子归结为数量较少的几个综合因子,即通过对大批观察计算数据,用有代表性的因子来说明由多个变量所反

应的信息(赵少卿等,2012)。通过因子分析将原来在高维空间中分析的问题转变为在较低维空间中分析,使问题简化,即降维。因此我们可以借助因子分析法对土壤耕地地球化学元素进行分解和组合,进而对地质地球化学现象进行分析(郭涛等,2008)。

4 耕地土壤地球化学特征

4.1 不同成土母岩耕地土壤元素背景值特征

碎屑岩成土母岩区土壤 K 元素背景值高于碳酸盐岩区的背景值(表 2)。

土壤 N、P、Mo、Zn、Mn、Cu、Co、V、Pb、Zn、Cd、Hg 元素背景值总体上碳酸盐岩成土母岩分布区高于碎屑岩成土母岩分布区。

土壤 Ge 元素背景值在碎屑岩成土母岩分布区高于碳酸盐岩成土母岩分布区。

土壤 Se 元素背景值在碳酸盐岩成土母岩分布区高于碎屑岩成土母岩分布区。Se 元素背景值在谯家镇一带含量特别高,分析认为谯家镇 Se 异常一方面受二叠系合山组灰岩高背景值及成土作用 Se 富集影响,另一方面由于该区域煤矿富集,腐质层 Se 元素含量显著增加。

表 2 沿河县各成土母岩耕地土壤地球化学参数表(平均背景值)

Table 2 Geochemical parameters of each soil forming rock cultivated land of Yanhe county (average background value)

成土母岩	采样个数	Mn	F	V	Zn	Cr	B	Pb	Ni
碳酸盐岩	4 850	2 458.95	1 918.92	227.52	226.14	184.28	149.06	98.49	72.03
碎屑岩	3 328	2 114.67	1 670.63	212.39	184.81	169.6	144.22	72.05	73.61
成土母岩	采样个数	Cu	有机质	As	Co	K	I	Mo	N
碳酸盐岩	4 850	57.28	49.09	40.62	40.09	37.44	6.96	4.50	3.05
碎屑岩	3 328	52.58	44.44	16.17	35.71	54.61	3.71	1.94	2.98
成土母岩	采样个数	Ge	Tl	P	Cd	Se	Hg		
碳酸盐岩	4 850	2.85	1.59	1.25	1.19	0.78	0.56		
碎屑岩	3 328	3.26	1.79	1.21	0.63	0.64	0.36		

注:N、P、K、有机质单位为 g/kg,其它元素单位为 mg/kg。数据来源于:贵州省地矿局 101 地质队,2019. 贵州省沿河土家族自治县耕地质量地球化学调查评价报告[R]。

4.2 不同土壤类型耕地土壤元素背景值特征

本次采样主要针对耕地土壤,由于黄棕壤分布在海拔 1 400 m 以上的困龙山、龙头岩等山顶地带,潮土沿溪河两岸断续分布,所以本次采样没

有涉及到这两种土壤类型的采集。

N、P、K、B、有机质背景值在水稻土中相对较高;Zn、Se、Ge 元素背景值在黄壤中相对较高;Mo、Mn、Cu、Co、V、I、F 元素背景值在石灰土中相对较高;Mo、Mn、Co、V、Se、I、F 背景值在水稻土中相对较低;N、P、有机质背景值在黄壤中相对较低;K、

B、Zn、Ge 背景值在石灰土中相对较低(表3)。

从不同土壤类型元素的变异系数分布(图2)看,大多数元素的变异系数都在0.5以下,说明它们在各种类型的土壤中分布较均匀。其中As、Hg、I、Mo、Mn在水稻土、紫色土和黄土的变异系数>0.5,一方面受成土母岩影响,还受铅锌矿(点)及人为因素影响,导致这几种元素在不同土壤类型中分布不均匀。F元素区域上含量变化大,是由于沿河县萤石矿资源丰富,萤石矿的开采、选矿及氟化学工业不可避免产生较多萤石碎屑,这些碎屑直接或间接参与了土壤的形成发育,同时F元素及易迁移,所以造成区域上的分布不均。

表3 沿河县各土壤类型耕地土壤地球化学参数表

Table 3 Cultivated land geochemical parameters of each soil type of Yanhe county									
土壤类型	样点个数	N	P	K	有机质	B	Mo	Zn	Mn
黄壤	5 412	1.42	0.59	22.49	21.90	72.61	1.79	106.30	1 313.13
水稻土	2 225	1.72	0.62	24.29	27.20	72.95	1.29	99.55	642.13
石灰土	516	1.49	0.60	17.50	24.82	71.18	2.07	94.03	1 384.21
紫色土	25	1.26	0.54	28.96	17.76	80.38	0.75	99.28	1 120.68
土壤类型	样点个数	Cu	Co	V	Ge	Se	I	F	
黄壤	5 412	28.84	20.27	115.85	1.55	0.38	3.23	923.68	
水稻土	2 225	28.97	17.35	109.41	1.53	0.33	1.12	850.81	
石灰土	516	29.38	20.96	124.43	1.40	0.43	4.29	991.17	
紫色土	25	30.03	20.26	115.43	1.72	0.23	2.06	802.16	

注:N、P、K、有机质单位为g/kg,其它元素单位为mg/kg。数据来源于:贵州省地矿局101地质队,2019.贵州省沿河土家族自治县耕地质量地球化学调查评价报告[R]。

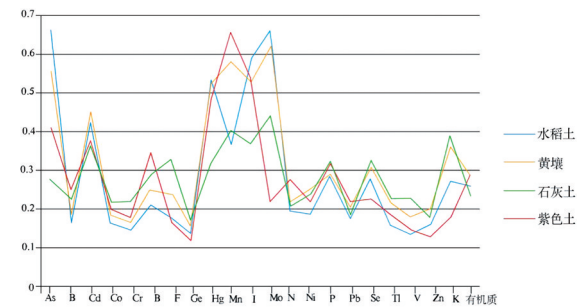


图2 不同土壤类型表层土壤元素(指标)变异系数

Fig. 2 Soil element (indicator) variable coefficients of different soil type

4.3 元素组合因子分析

本文利用SPSS统计分析软件,首先对全县表层土壤样品22个元素(指标)进行行KMO和Bartlett检验,经验证,KMO值为0.684>0.5,显著性水平(sig.)为0<0.05,说明原始变量适于进行因子分析。然而由于测试数据变量数目大于独立条件数及初始因子解的不确定性,在理论上存在着无穷多组彼此等值的因子与已知实测的相关矩阵相对应。所以初始因子组合并不能够满足以最少的因子反映变量特征的原则(余金生,1985),各因子的典型代表不突出,因此必须对因子加以旋转。本文采用最大方差法进行旋转,判断出7个因子与表层土壤22项元素或指标的对应关系,并

从中分析出究竟何种因素对不同元素或指标组合的区域分布起着支配作用,从而得到旋转后的成分矩阵(表4)。

(1)F1主因子代表的变量组合为:Co、Cr、Cu、Ni、V等铁族元素地球化学性质相近,它们都具有亲铁、亲硫和亲氧三重性。从地质背景分析,这5种元素属于深源元素。这些元素属于难以迁移的元素,它们在氧化、弱酸或中性条件下,其风化物以各种次生矿物的形式存在,因此F1因子与地质背景密切相关。

(2)F2主因子代表的变量组合为:As、Mo、Se主要为亲植物元素。F2因子可能是因为土壤中的As、Mo、Se与有机质易形成络合物有关。

(3)F3主因子代表的变量组合为:Cd、Hg、Pb、Zn,从元素组合来看,这些元素大多是成矿热液元素,与铅锌矿床有关,高值区主要分布在官舟及淇滩镇一带,在区域上常形成与矿产有关的地球化学异常。

(4)F4主因子代表的变量组合为:N、有机质,主要为植物所需的营养元素。可能与人工施肥及植被有关。

(5)F5主因子代表的变量组合为:Tl,主要以化合物形态产于少数铜矿物中,全县主要在沙子街道南东部较高,这里分布有大漆铜矿点,可能与这里的铜矿床有关。

表 4 因子分析正交旋转因子载荷矩阵

Table 4 Orthogonal rotation factor loading matrix of factor analysis

元素指标	旋转后的成分矩阵						
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
As	0.020	0.678	0.242	-0.136	-0.168	0.250	0.158
B	0.209	-0.082	0.147	-0.249	-0.192	-0.435	-0.115
Cd	0.139	0.127	0.743	0.243	-0.104	-0.016	-0.006
Co	0.753	0.059	0.068	-0.168	-0.109	0.455	-0.005
Cr	0.705	0.106	0.021	0.029	-0.418	-0.075	-0.015
Cu	0.816	0.071	0.055	0.135	0.159	0.012	0.035
F	0.058	0.004	0.062	0.058	-0.001	-0.043	0.913
Ge	0.483	-0.320	0.086	-0.030	0.421	-0.022	-0.233
Hg	-0.037	0.126	0.644	-0.049	-0.098	0.000	0.094
I	0.053	0.416	0.087	0.011	-0.400	0.451	0.208
Mn	0.144	0.104	0.066	-0.261	-0.026	0.818	-0.036
Mo	0.141	0.899	0.067	0.054	0.144	-0.048	-0.077
N	0.087	-0.014	0.040	0.857	0.048	0.029	0.106
Ni	0.846	0.000	0.012	0.067	0.326	0.072	0.119
P	0.070	-0.119	0.020	0.344	0.019	0.569	-0.160
Pb	-0.009	0.108	0.827	-0.002	0.073	0.100	-0.062
Se	0.173	0.680	0.114	0.454	-0.088	0.021	-0.111
Tl	0.140	0.139	0.031	-0.062	0.862	0.032	0.105
V	0.702	0.516	-0.027	0.092	0.103	-0.127	-0.017
Zn	0.046	-0.056	0.702	-0.017	0.099	-0.042	0.026
K	0.100	-0.510	-0.070	-0.079	0.598	0.001	-0.149
有机质	0.010	0.162	0.053	0.882	-0.166	0.000	-0.020

(6)F6 主因子代表的变量组合为:Mn、P,其背景值在碳酸盐岩地层中较高,在奥陶系和志留系碎屑岩地层背景值较低,与该地层的岩性关系密切。

(7)F7 主因子代表的变量组合为:F,元素含量较高的区域为洪渡镇西北部、黄土镇西部、沙子街道东北部、夹石镇北部。F 含量平均值为 907.74 mg/kg,高于土壤氟养分一等(丰富)标准(>700 mg/kg),数据分布较分散。元素含量较高区域主要分布有重晶石矿和萤石矿,故 F 元素含量较高区域与重晶石矿和萤石矿有关。

4.4 富硒、富锗特色耕地开发建议

前述已对沿河县耕地硒、锗的地球化学特征

及成因作了较为全面的分析及总结,对于全县富硒、富锗特色耕地开发建议有一定的指导意义。硒是人体必需微量元素,也是动植物的必需微量元素之一。随着社会的发展和进步,人们对硒营养元素重要作用认识的提高,富硒农产品的市场需求将越来越大。因此本次针对沿河县富硒、富锗特色耕地的开发对沿河县特色农产品的布局规划具有重要意义。

本次耕地调查发现富硒水稻有 8 件,其中有 6 件对应土壤也是富硒的(图 3)。因此沿河县应坚持现有农作物种植基础,扩大对富硒、富锗农作物面积,重点发展空心李、水稻、茶叶及蔬菜等特色农作物。建议优先开发塘坝镇 1 区等四个区域的富硒、富锗特色耕地。

表 5 沿河县特色耕地开发建议优选区块统计表 (单位:万亩)

Table 5 Statistics of suggested special cultivated land developing area of Yanhe county

区块号	坐落位置	富硒面积	富锗面积	特色耕地面积	优选特色农产品
1 区	塘坝镇	0.561 2	2.279 9	2.841 1	金竹贡米种植区
2 区	新景镇	1.133 3	1.445 0	2.578 3	姚溪贡茶种植区
3 区	官舟镇	1.897 9	0.534 3	2.432 3	精品蔬菜种植区
4 区	沙子街道	0.395 6	0.000 0	0.395 6	空心李种植区

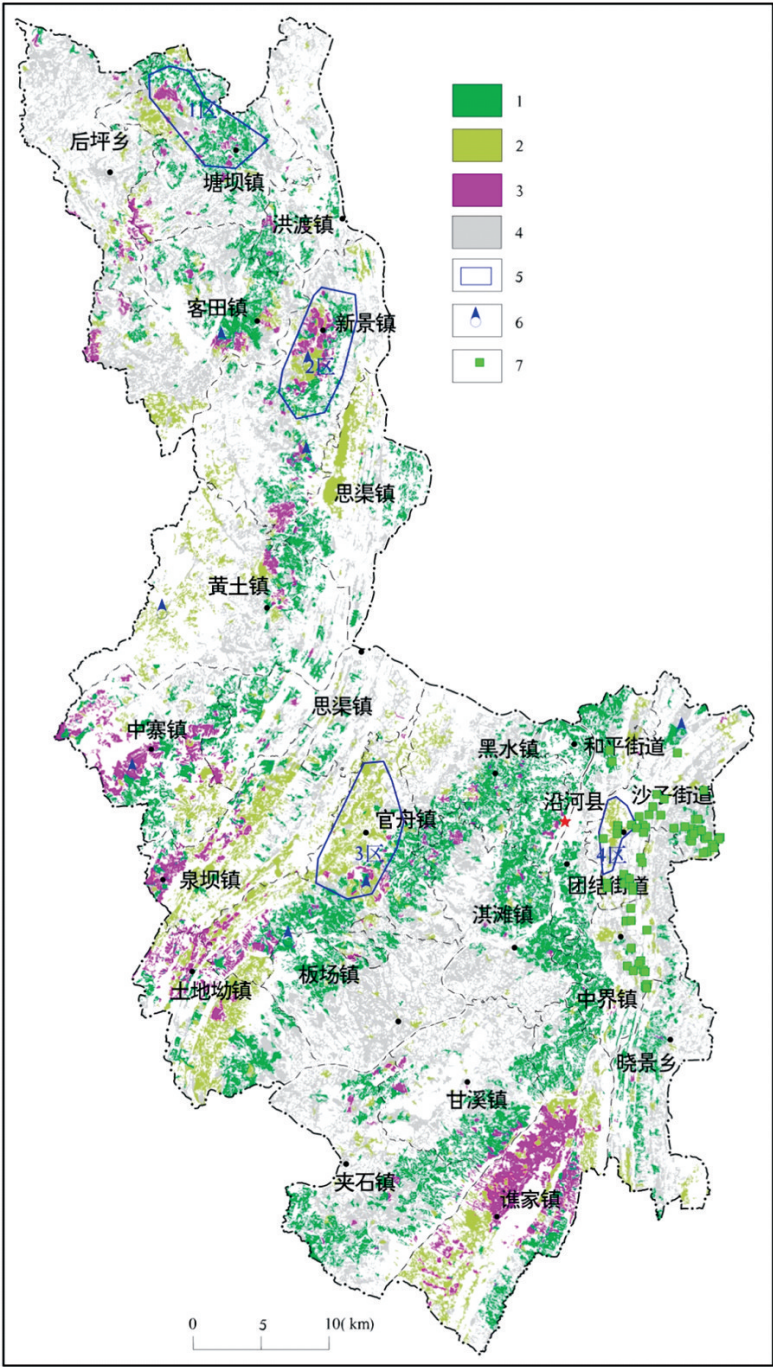


图 3 沿河县特色耕地开发利用建议图

Fig. 3 Suggestion of special cultivated development of Yanhe county

1—富镉耕地;2—富硒耕地;3—富硒且富镉耕地;4—其它耕地;5—建议优先开发的特色耕地区;6—富硒水稻采集位置;7—空心李采集位置

5 结论

(1)分析了不同成土母岩区耕地土壤元素地球化学特征,土壤 N、P、Mo、Zn、Mn、Se、Cu、Co、V、Pb、Zn、Cd、Hg 元素含量总体上看碳酸盐岩成土母岩分布区较高,在碎屑岩成土母岩分布区含量

相对较低。而 Ge 元素含量在碎屑岩成土母岩分布区较高,在碳酸盐岩成土母岩分布区背景值相对最低。

(2)分析了不同土壤类型耕地土壤各元素含量的富集特征,P、K、B、有机质含量在水稻土中相对较高;Zn、Se、Ge 元素背景值在黄壤中相对较高;Mo、Mn、Cu、Co、V、I、F 元素背景值在石灰土中

相对较高;Mo、Mn、Co、V、Se、I、F 背景值在水稻土中相对较低;N、P、有机质背景值在黄壤中相对较低;K、B、Zn、Ge 背景值在石灰土中相对较低。

(3)通过因子分析方法对耕地土壤地球化学元素进行了成因分类组合分析,对各主因子进行了地质解释,有利于表层土壤元素引起的异常进行总结。

(4)总结分析了沿河县富硒、富锗特色耕地分布特征,并对该县如何布局富硒、富锗农作物提出建议。

[参考文献]

- 郭涛,邓军,吕古贤,等. 2008. 焦家金矿矿化元素因子分析[J]. 地质找矿论丛,23(2):107-111.
- 余金生,李裕伟. 1985. 地质因子分析[M]. 北京:地质出版社.
- 赵少卿,魏俊浩,高翔,等. 2012. 因子分析在地球化学分区中的应用;以内蒙古石板井地区 1:5 万岩屑地球化学测量数据为例[J]. 地质科技情报,31(2):27-34.
- 张与伦,夏瑞,石睿,等. 2019. 贵州省沿河土家族自治县耕地质量地球化学调查评价报告[R]. 贵州省地质矿产勘查开发局 101 地质大队.

Geochemical Characteristics of Cultivated Soil Elements and Utilization Suggestions of Its Special Cultivated Land of Yanhe County, Guizhou Province

SHI Rui, ZHANG Xi-gui

(101 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and
Development, Kaili 556000, Guizhou, China)

[Abstract] In this paper, according to the field investment information of the cultivated land quality geochemical survey and assessment project in Yanhe, the geochemical characteristics of cultivated soil element in different ore forming rock and different soil type are analyzed. For the geochemical characteristics of cultivated soil are known, the factor analysis is done for the 22 element associations in the surface soil samples of the county, 7 typical factors achieved. The reason of distribution area for different element association is analyzed, the geological interpretation is finished for each major factor. The representative variate of F1 has deep relation with the geological background, the representative variate of F2 has relation with As, Mo, Se in the soil and the organic matter easy to form complex compounds, the representative variate of F3 has relation with geochemical anomaly of mineral regionally, the representative variate of F4 has relation with artificial fertilization and vegetation, the representative variate of F5 has relation with copper deposit, the representative variate of F6 has relation with stratum lithology, the representative variate of F7 has relation with fluorite. According to the special Se-rich, Ge-rich cultivated land and distribution characteristics of cultivated land security type of the county, it's suggested to develop Tangbazhen, Xinjingzhen and other 2 area. It will afford geochemical accordance for crop structure adjustment and modern mountain high quality agricultural product development.

[Key Words] Cultivated land; Soil; Geochemical characteristics; Factor analysis; Special cultivated land; Yanhe Guizhou