

## 贵州安龙县耕地表层土壤营养元素地球化学特征

莫光员<sup>1,2</sup>, 李丕鹏<sup>1</sup>, 袁盛博<sup>1</sup>, 黎富当<sup>1</sup>, 吴启美<sup>3</sup>

(1. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局二总队, 六盘水 553004; 2. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局核资源地质调查院, 贵阳 550005; 3. 贵州师范大学, 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵阳 550001)

**[摘 要]**在安龙县耕地质量地球化学调查评价的基础上,通过对不同成土母岩、不同土壤类型和不同耕地地类表层土壤中有机质、N、P、K、Mn、B、Cu、Mo、Zn 等营养元素进行分析研究。研究表明:(1)营养元素平均含量由高到低依次为:有机质>K>N>Mn>P>Zn>B>Cu>Mo,其中P、Mn、Mo、Cu、Zn 平均含量高于贵州和全国背景值;有机质、N、B 平均含量高于全国背景值、低于贵州背景值;K 平均含量低于贵州和全国背景值。有机质、N、P、K、B、Cu 变异系数小于0.60,含量变化幅度相对较小;Mn、Mo、Zn 变异系数在0.91~1.10间,含量变化幅度相对较大。(2)不同成土母岩土壤表层营养元素中,有机质与N、B,N与B,Mn与Zn在0.01水平上显著正相关。P与K在0.01水平上显著负相关;Cu与有机质、N、B在0.05水平上显著负相关。(3)不同土壤类型营养元素主要呈微-弱富集或微-弱贫化,仅石灰土中Mn为中等富集、红壤中Cu为中等贫化。耕地表层土壤营养元素富集与贫化受成土母岩、土壤类型和耕地地类影响,成土母岩为主要影响因素。

**[关键词]**耕地;营养元素;地球化学特征;安龙;贵州

**[中图分类号]**P632;S159.1;S153.1 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2020)-03-0396-08

### 1 引言

受成土母岩、气候、地形地貌、植被等条件及人类活动的影响,安龙县土壤类型复杂多样。前人从土壤的形成条件、分类、分布规律、改良、侵蚀作用及农业利用等方面,对贵州土壤开展了系统的研究,与安龙县土壤相关的研究,主要有土壤的形成条件、土壤分布规律及土壤侵蚀作用等(贵州省农业厅和中国科学研南京土壤研究所,1980)、土壤地球化学特征(陈武等,2010)、土壤微量营养元素(何亚琳,1995;唐志坚,1996)、农业气候(陈林,2012)以及水文地貌(谭明,1992)等。此外,广大学者对该区地质、矿产以及矿山地质环境等方面开展了大量研究(廖铸敏等,

2014;刘建中等,2014;刘远辉和廖莉萍,2015;康云杰等,2016;李志成等,2016;达伟和罗朝坤,2018),而针对安龙县耕地表层土壤研究相对薄弱。本文在安龙县耕地质量地球化学调查评价的基础上,分析研究不同成土母岩、不同土壤类型和不同耕地地类耕地表层土壤营养元素地球化学特征,以期为区内农业产业规划及耕地施肥方案提供科学依据。

### 2 研究区域概况

安龙县位于贵州省西南部,地处云贵高原向广西丘陵过渡的地带,地形总体呈西北高东南低,属亚热带季风湿润气候区。主要出露三叠系地层,岩性以石灰岩、白云岩、碎屑岩为主;二叠系仅

**[收稿日期]**2020-03-13 **[修回日期]**2020-04-08

**[资助项目]**贵州省耕地质量地球化学调查评价(黔耕调2017-03)。

**[作者简介]**莫光员(1982—),男,水族,学士学位,高级工程师,主要从事地质调查评价及矿产资源勘查与研究工作。E-mail:2583992358@qq.com。

出露于北西角的洒雨-海子一带,岩性主要为石灰岩和含煤碎屑岩。全县土地总面积为1 975.08 km<sup>2</sup>,其中耕地面积447.69 km<sup>2</sup>(占22.67%)。耕地可分为旱地、水田和水浇地,其中旱地面积278.26 km<sup>2</sup>(占62.16%);水田面积169.37 km<sup>2</sup>(占37.83%);

水浇地面积0.06 km<sup>2</sup>(占0.01%)。耕地土壤主要由石灰土、黄壤、水稻土以及少量红壤和紫色土组成。旱地全县均有分布,水田主要分布于山间盆地的坝区,水浇地仅分布于龙山镇,全县耕地总体分布较为零碎(见图1)。

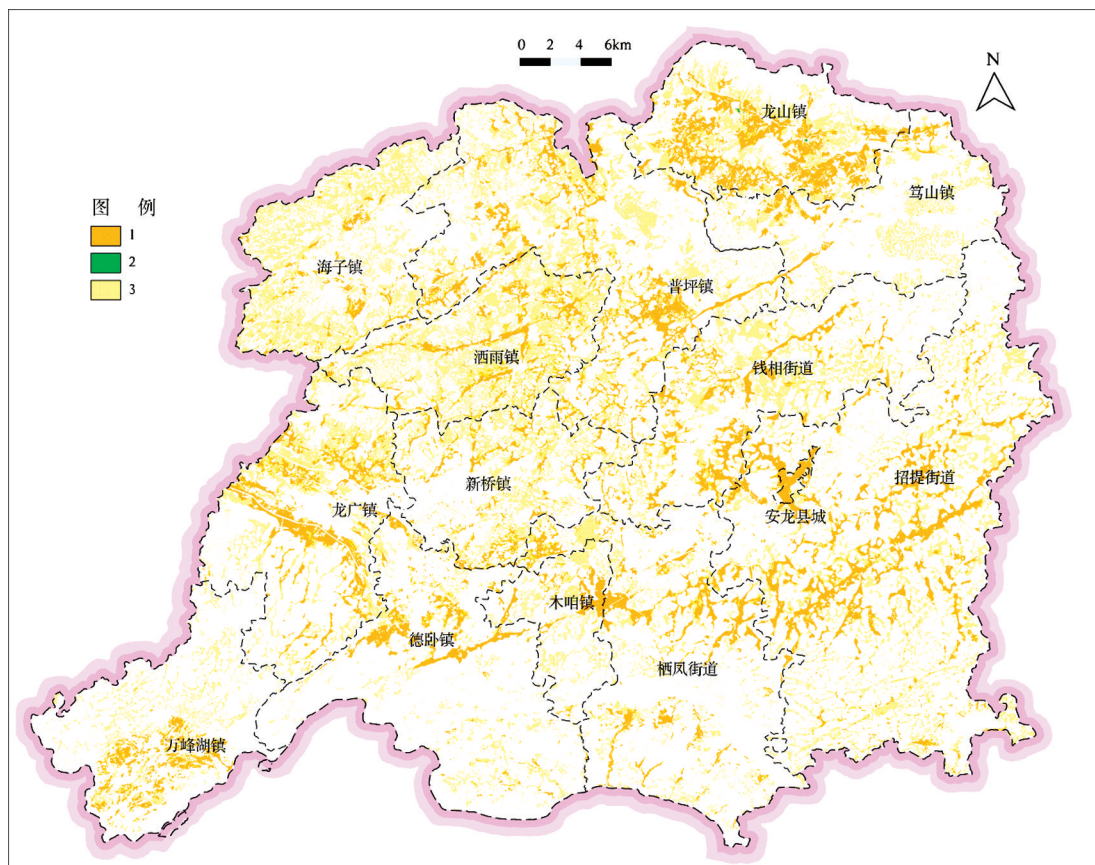


图1 安龙县耕地分布略图(据李丕鹏等,2019,修改)

Fig. 1 Distribution map of cultivated land in Anlong county

1—水田;2—水浇地;3—旱地

### 3 研究方法

本次耕地表层土壤样品根据“全国第二次土地调查”图斑进行采集,耕地采样面积447.69 km<sup>2</sup>,样品5282件,平均样品密度为12件/km<sup>2</sup>。采样深度为0~20 cm,由4个~6个子样等量混合组成1件样品,经三级质量检查,样品采集合格率为100%。样品由四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心分析测试,分析项目为有机质、N、P、K<sub>2</sub>O、Mn、B、Mo、Cu、Zn等营养元素,其中有机质采用氧化还原容量法分析,N采用酸碱滴定容量法(VOL)分析,P、K<sub>2</sub>O、Mn、Cu、Zn采用X射线荧光光谱法(XRF)分析,B采用发射光谱法(ES)分析,Mo采用电感耦合等离子体质谱法

(ICP-MS)分析。经过国家一级土壤标准物质(GBW)系列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( $\Delta \lg$ )和相对标准偏差(RSD%),各元素合格率均大于90%。

### 4 结果

#### 4.1 耕地表层土壤营养元素总体特征

据耕调成果(李丕鹏等,2019)统计(见表1),耕地表层土壤营养元素平均含量由高到低为:有机质>K>N>Mn>P>Zn>B>Cu>Mo,其中有机质含量为3.80~170.60 g/kg(平均33.45g/kg);N含量为0.51~9.54 g/kg(平均2.09 g/kg);P

含量为 0.26 ~ 3.73 g/kg(平均 1.10 g/kg);K 含量为 0.50 ~ 47.04 g/kg(平均 12.96 g/kg);Mn 含量为 39.00 ~ 25 172.00 mg/kg(平均 1 591.17 mg/kg);B 含量为 6.03 ~ 226.00 mg/kg(平均 65.31 mg/kg);Mo 含量为 0.20 ~ 47.10 mg/kg(平均 3.36 mg/kg);Cu 含量为 2.60 ~ 183.00 mg/kg(平均 57.40 mg/kg);Zn 含量为 22.60 ~ 10 038.00 mg/kg(平均 140.20 mg/kg)。有机质、

N、P、K、B 和 Cu 变异系数均小于 0.60,含量变化幅度相对较小; Mn、Mo、Zn 变异系数在 0.91 ~ 1.10 间,含量变化幅度相对较大。与贵州和全国的土壤(A 层)背景值(中国环境监测总站,1990)比较,安龙耕地表层土壤营养元素 P、Mn、Mo、Cu、Zn 均高于贵州和全国背景值;有机质、N、B 高于全国背景值、低于贵州背景值;K 低于贵州和全国背景值。

表 1 安龙县耕地表层土壤营养元素

Table 1 Nutrient elements in surface soil of cultivated land in Anlong county

元素	最小值	中位数	最大值	平均值	标准离差	变异系数	贵州背景值	全国背景值
有机质	3.80	35.49	170.60	33.45	41.10	0.37	42.60	31.00
N	0.51	1.95	9.54	2.09	0.77	0.37	2.14 <sup>①</sup>	0.64 <sup>②</sup>
P	0.26	1.07	3.73	1.10	0.45	0.41	0.68 <sup>①</sup>	0.52 <sup>②</sup>
K	0.50	12.03	47.04	12.96	5.64	0.44	15.60	18.60
Mn	0.04	1.14	25.17	1.60	1.45	0.91	0.79	0.58
B	6.03	66.50	226.00	65.31	31.18	0.48	72.80	47.80
Mo	0.20	2.30	47.10	3.36	3.30	0.98	2.40	2.00
Cu	2.60	47.30	183.00	57.40	32.60	0.57	32.00	22.60
Zn	22.60	128.00	10 038.00	140.20	153.60	1.10	99.50	74.20

注:有机质、N、P、K、Mn 单位为 g/kg;B、Mo、Cu、Zn 单位为 mg/kg。贵州和全国背景值中,①据陈旭晖,2001;②据张妍等,2019;其余元素据中国环境监测总站,1990。

#### 4.2 不同成土母岩耕地表层土壤营养元素特征

安龙县耕地表层土壤成土母岩有灰岩(占 6.2%)、白云岩(占 11.0%)、灰岩和白云岩混合岩(占 46.7%)、灰岩夹碎屑岩(占 22.5%)、碎屑岩(占 8.3%)和含煤碎屑岩(占 5.3%)。前三类成土母岩属碳酸盐岩(占 63.9%),显示成土母岩以碳酸盐岩为主(见表 2)。区内大面积分布的碳酸盐岩为土壤的形成提供了丰富的物质来源(王世杰等,1999;龙健,2005)。与碎屑岩相比,碳酸盐岩形成的耕地表层土壤相对高有机质、N、P、Mn、Zn、B、

Mo,相对低 K 和 Cu;灰岩夹碎屑岩形成的耕地表层土壤相对高有机质、N、P、B、Mo、Cu,相对低 K、Mn 和 Zn;含煤碎屑岩形成的耕地表层土壤相对高有机质、N、P、B,相对低 K、Mn、Mo、Cu 和 Zn。营养元素在不同成土母岩耕地表层土壤的分布特征,显示有机质、N、P、B 主要来自碳酸盐岩和含煤碎屑岩, Mn 和 Zn 主要来自碳酸盐岩,Mo 主要来自碳酸盐岩和灰岩夹碎屑岩,Cu 主要来自碎屑岩和灰岩夹碎屑岩,K 主要来自碎屑岩。相关性分析表明有机质与 N、B,N 与 B,Mn 与 Zn 在 0.01 水平上显著正相关。P 与 K 在 0.01 水平上显著负相关;Cu 与有机质、N、B 在 0.05 水平上显著负相关(见表 3)。

表 2 不同成土母岩耕地表层土壤营养元素平均含量

Table 2 Average content of nutrient elements in surface soil of cultivated land in different parent rocks

成土母岩	样品数	有机质	N	P	K	Mn	B	Mo	Cu	Zn
灰岩	357	32.49	2.12	1.43	9.94	3.65	59.4	4.05	51.47	221.17
白云岩	626	37.29	2.25	1.26	10.62	2.39	70.85	5.77	48.69	179.84
混合岩	2 671	39.22	2.28	1.09	13.67	1.66	78.10	3.80	48.88	144.22
灰岩夹碎屑岩	1 289	30.22	1.72	1.12	12.47	0.96	42.58	5.14	104.52	108.37
碎屑岩	476	24.81	1.60	0.51	17.38	1.04	40.75	1.56	82.46	120.10
含煤碎屑岩	303	41.40	2.37	1.29	10.10	0.48	71.52	1.18	23.27	79.57

注:样品单位为件;有机质、N、P、K、Mn 单位为 g/kg;B、Mo、Cu、Zn 单位为 mg/kg

表3 不同成土母岩耕地表层土壤营养元素相关性系数

Table 3 Correlation coefficient of nutrient elements in surface soil of cultivated land with different parent rocks

	有机质	N	P	K	Mn	B	Mo	Cu	Zn
有机质	1	0.954**	0.670	-0.658	-0.029	0.932**	0.044	-0.812*	-0.073
N		1	0.723	-0.707	0.224	0.964**	0.050	-0.910*	0.177
P			1	-0.973**	0.480	0.570	0.424	-0.514	0.393
K				1	-0.397	-0.523	-0.346	0.549	-0.309
Mn					1	0.187	0.508	-0.162	0.991**
B						1	0.078	-0.855*	0.170
Mo							1	0.302	0.548
Cu								1	-0.111
Zn									1

注:\*\*在0.01水平(双侧)上显著相关。\*在0.05水平(双侧)上显著相关

### 4.3 不同土壤类型营养元素特征

安龙县耕地表层土壤类型有石灰土(占44.7%)、黄壤(占38.8%)、水稻土(占12.1%)、红壤(3.2%)和紫色土(1.2%),以石灰土和黄壤为主。不同土壤类型营养元素平均含量差异较大(见表4),有机质和N平均含量依次为:水稻土>石灰土>紫色土>黄壤>红壤;P平均含量依次为:紫色土>石灰土>黄壤>水稻土>红壤;Cu平均含量依次为:紫色土>黄壤>石灰土>水稻土>红壤;Mn和Zn平均含量依次为:石灰土>紫色土>黄壤>水稻土>红壤;Mo平均含量依次为:石灰土>黄壤>水稻土>紫色土>红壤;K平均含量依次为:红壤>紫色土>黄壤>水稻土>石灰土;B平均含量依次为:红壤>水稻土>石灰土>黄壤>紫色土。总体上水稻土相对高有机质和N;紫色土相对高P和Cu,相对低B;石灰土相

对高Mn、Zn和Mo,相对低K;红壤相对高K和B,相对低有机质、N、P、Cu、Mn、Mo和Zn。

据安龙耕地表层土壤背景值计算富集系数(见表5),不同土壤类型营养元素主要呈微-弱富集(富集系数1.02~1.54)或微-弱贫化(贫化系数0.5~0.98),仅石灰土中Mn为中等富集(富集系数2.03)、红壤中Cu为中等贫化(贫化系数0.45)(富集与贫化系数划分据何邵麟等,2015)。

与全国同类土壤(A层)背景值(中国环境监测总站,1990)相比,石灰土中营养元素相对高有机质、K、Mn、B、Cu、Zn,低Mo;黄壤中营养元素相对高Mn、B、Mo、Cu、Zn,低有机质和K;水稻土中营养元素相对高有机质、Mn、B、Mo、Cu、Zn,低K;红壤中营养元素相对高K、Mn、B、Cu、Zn,低有机质和Mo;紫色土中营养元素相对高有机质、Mn、Mo、Cu、Zn,低K和B。

表4 耕地表层不同土壤类型营养元素平均含量

Table 4 Average content of nutrient elements in different soil types on the surface of cultivated land

土壤类型	样品数	有机质	N	P	K	Mn	B	Mo	Cu	Zn
石灰土	2 549	38.14	2.27	1.21	12.36	2.33	73.97	3.83	47.41	167.20
黄壤	2 216	31.49	1.83	1.04	13.11	1.06	50.96	3.21	74.70	122.50
水稻土	691	41.68	2.47	1.01	12.99	0.85	75.70	3.00	44.64	112.30
红壤	182	23.77	1.41	0.56	18.21	0.57	87.61	0.93	25.80	76.50
紫色土	69	34.64	1.91	1.22	14.97	1.23	39.26	2.36	85.99	136.10
石灰土背景值	96	32.70	-	-	9.90	1.01	51.10	6.30	33.00	139.20
黄壤背景值	207	35.70	-	-	17.60	0.45	50.20	2.20	21.40	79.20
水稻土背景值	336	30.70	-	-	16.40	0.42	56.80	2.60	25.30	85.40
红壤背景值	449	25.40	-	-	17.50	0.44	44.40	5.30	24.40	80.10
紫色土背景值	92	12.90	-	-	20.00	0.50	52.80	0.50	26.30	82.80

注:样品单位为件;有机质、N、P、K、Mn单位为g/kg;B、Mo、Cu、Zn单位为mg/kg。不同土壤类型背景值据中国环境监测总站,1990。

表5 耕地表层不同土壤类型营养元素富集系数

Table 5 Enrichment index of nutrient elements in different soil types on the surface of cultivated land

项目	有机质	N	P	K	Mn	B	Mo	Cu	Zn
石灰土	1.12	1.14	1.12	0.98	2.03	1.14	1.54	0.83	1.26
黄壤	0.93	0.92	0.96	1.03	0.92	0.79	1.29	1.31	0.92
水稻土	1.23	1.24	0.94	1.03	0.74	1.17	1.20	0.78	0.84
红壤	0.70	0.71	0.52	1.44	0.50	1.35	0.37	0.45	0.58
紫色土	1.02	0.96	1.13	1.18	1.08	0.61	0.95	1.51	1.02

#### 4.4 不同耕地地类营养元素地球化学特征

本次样品采自旱地和水田,分析成果显示旱地相对富含P、K、Mn、Mo、Cu和Zn,水田相对富含有机质、N和B(见表6)。与安龙背景值相比,水

田相对微富集有机质、N、P、K、B和Mo,富集系数为1.01~1.17;微贫化Mn、Cu和Zn,贫化系数为0.90~0.95。旱地相对微-弱富集P、K、Mn、Mo、Cu和Zn,富集系数为1.02~1.71;微贫化有机质、N、B,贫化系数为0.94~0.97。

表6 不同耕地地类表层土壤营养元素平均含量

Table 6 Average content of nutrient elements in surface soil of different cultivated land types

耕地地类	样品数	有机质	N	P	K	Mn	B	Mo	Cu	Zn
旱地	3 071	32.90	1.93	1.11	12.88	1 959.99	61.20	3.62	61.91	149.30
水田	2 211	39.59	2.34	1.10	12.75	1 076.23	69.64	2.81	51.48	126.70
安龙背景值	5 727	34.02	2.00	1.08	12.67	1 146.75	64.79	2.49	57.10	132.90

注:样品单位为件;有机质、N、P、K、Mn单位为g/kg;B、Mo、Cu、Zn单位为mg/kg

## 5 讨论

### 5.1 成土母岩对营养元素富集与贫化的影响

土壤元素的迁移富集受成土母岩(质)、成土过程、元素地球化学性质、土壤质地、地形地貌、土壤pH值、人类活动等多种因素影响(刘希瑶,2019),成土母岩(质)在很大程度上决定了土壤营养元素的含量(陈旭晖和陈湘燕,2003;陈武等,2010;黄琪等,2013;黄子龙等,2018;张妍等,2019)。据安龙不同成土母岩耕地表层土壤营养元素分布特征,显示有机质、N、P、B主要来自碳酸盐岩和含煤碎屑岩,Mn和Zn主要来自碳酸盐岩,Mo主要来自碳酸盐岩和灰岩夹碎屑岩,Cu主要来自碎屑岩和灰岩夹碎屑岩,K主要来自碎屑岩,表明耕地表层土壤营养元素富集明显受成土母岩控制。不同成土母岩耕地表层土壤中,具有显著正相关的营养元素主要来自同一成土母岩(如有机质与N、B,Mn与Zn),而具有显著负相关的营养元素明显来源于不同的成土母岩(如P与K,Cu与有机质、N、B),表明耕地

表层土壤营养元素明显受成土母岩影响(刘秀明等,2004)。安龙土壤剖面显示,同类成土母岩的土壤A层多数营养元素含量随D层呈正增长关系,但仍有少数营养元素(如P)表现为负增长关系(见表7),表明营养元素富集除受成土母质控制外,还受其他因素影响,如元素的迁移能力以及部分外源物质补偿(陈武等,2010)。因此耕地表层土壤营养元素的富集主要受成土母岩影响,同时还受其他因素影响。

### 5.2 土壤类型对营养元素富集与贫化的影响

土壤类型是土壤元素分布的主要控制因素之一,不同土壤类型的元素含量差异十分显著(唐将等,2005)。区内水稻土相对高有机质和N;紫色土相对高P和Cu,相对低B;红壤相对高K和B,相对低有机质、N、P、Cu、Mn、Mo和Zn;石灰土相对高Mn、Zn和Mo,相对低K;表明营养元素的富集受不同土壤类型的影响。不同土壤类型营养元素主要呈微-弱富集或微-弱贫化,仅Mn在石灰土中等富集,Cu在红壤中等贫化,表明不同土壤类型对营养元素的富集有影响,但不是主要影响因素。

表7 安龙县土壤剖面营养元素特征

Table 7 Characteristics of nutrient elements in soil profile of Anlong county

剖面编号	土壤层	有机质	K <sub>2</sub> O	N	P	Mn	B	Mo	Cu	Zn	成土母岩
TYS51	A层	40.5	19.2	2.06	1.17	1.24	38.00	1.34	81.10	141.00	
	D层	28.9	19.0	1.07	0.93	1.16	29.90	1.35	81.40	139.00	碳酸盐岩
LYS21	A层	27.1	7.10	1.47	0.49	0.35	61.20	5.37	26.00	77.70	
	D层	17.4	14.50	1.03	0.59	0.86	58.80	5.17	54.50	122.00	碳酸盐岩
PYS11	A层	22.0	17.30	1.96	1.57	1.99	50.60	2.98	133.00	147.00	
	D层	11.4	16.70	1.51	1.13	0.45	37.50	1.96	101.00	183.00	碎屑岩
TYS41	A层	27.9	14.90	1.21	1.36	1.96	39.60	1.42	90.60	139.00	
	D层	22.7	13.90	1.26	1.30	2.26	35.10	1.48	88.90	145.00	碎屑岩

注:有机质、N、P、K、Mn单位为g/kg;B、Mo、Cu、Zn单位为mg/kg。

### 5.3 耕地地类对营养元素富集与贫化的影响

土壤耕作后,作物需要消耗大量营养元素使土壤退化、营养缺乏(龙健等,2002;范成五等,2014),而区内P等营养元素平均含量高于贵州和全国背景值,这可能与大量施肥相关。据实地访问了解,区内多使用有机肥(3 000 kg/ha)、氮肥(450~900 kg/ha)、磷肥(600~750 kg/ha)及其复合肥(750~900 kg/ha),因此,施肥应是区内土壤营养元素富集的影响因素之一(陈武等,2010)。不同的耕地属性决定其不同的利用方式和不同的管理措施,这均会对土壤营养元素的富集造成影响(龙健等,2002;范成五等,2014)。区内耕地主要为水田与旱地,其表层土壤营养元素平均含量差异明显,不同的耕作方式和施肥管理措施是其影响因素之一。因此营养元素富集与贫化主要受成土母岩影响,同时耕地地类影响。

## 6 结论

(1)安龙县耕地表层土壤营养元素平均含量由高到低依次为:有机质>K>N>Mn>P>Zn>B>Cu>Mo,其中P、Mn、Mo、Cu、Zn均高于贵州和全国背景值;有机质、N、B等高于全国背景值、低于贵州背景值;K低于贵州和全国背景值。有机质、N、P、K、B、Cu变异系数小于0.60,含量变化幅度相对较小;Mn、Mo、Zn变异系数在0.91~1.10间,

含量变化幅度相对较大。

(2)与碎屑岩相比,碳酸盐岩形成的耕地表层土壤相对高有机质、N、P、Mn、Zn、B、Mo,相对低K和Cu;灰岩夹碎屑岩形成的耕地表层土壤相对高有机质、N、P、B、Mo、Cu,相对低K、Mn和Zn;含煤碎屑岩形成的耕地表层土壤相对高有机质、N、P、B,相对低K、Mn、Mo、Cu和Zn。相关性分析表明有机质与N、B,N与B,Mn与Zn在0.01水平上显著正相关。P与K在0.01水平上显著负相关;Cu与有机质、N、B在0.05水平上显著负相关。

(3)不同土壤类型中,水稻土相对高有机质和N;紫色土相对高P和Cu,相对低B;石灰土相对高Mn、Zn和Mo,相对低K;红壤相对高K和B,相对低有机质、N、P、Cu、Mn、Mo和Zn。与安龙背景值相比,不同土壤类型营养元素主要呈微-弱富集或微-弱贫化,仅石灰土中Mn为中等富集、红壤中Cu为中等贫化。

(4)旱地相对富含P、K、Mn、Mo、Cu和Zn,水田相对富含有机质、N和B。与安龙背景值相比,不同耕地地类营养元素主要呈微-弱富集或微贫化。

(5)耕地表层土壤营养元素富集与贫化受成土母岩、土壤类型和耕地地类的影响,成土母岩为主要影响因素。

### [参考文献]

- 陈林. 2012. 安龙县农业气候资源分析及利用[J]. 现代农业科技, (3): 308-310.  
陈武,任明强,芦正艳,等. 2010. 贵州典型喀斯特区土壤地球化学特征研究[J]. 中国岩溶, 29(3): 246-252.

- 陈旭晖,陈湘燕. 2003. 贵州土壤钾素状况与钾肥施用问题[J]. 西南农业大学学报, 25(2): 157-163.
- 陈旭晖. 2001. 贵州土壤养分含量的变化与施肥管理[J]. 植物营养与肥料学报, 7(2): 121-128.
- 达伟,罗朝坤. 2018. 贵州安龙县石灰窑锰矿地质特征及找矿标志[J]. 云南地质, 37(4): 477-482.
- 范成五,罗益,王文华,等. 2014. 不同管理措施对黄壤坡耕地径流氮输出的控制效果[J]. 农业环境科学学报, 33(10): 1948-1955.
- 贵州省农业厅,中国科学院南京土壤研究所主编. 1980. 贵州土壤[M]. 贵阳:贵州人民出版社, 1-206.
- 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, 43(6): 642-652.
- 何亚琳. 1995. 贵州土壤中的锰[J]. 贵州科学, 13(4): 20-23.
- 黄琪,成杭新,陈出新,等. 2013. 北京房山区富硒土壤调查与评价[J]. 物探与化探, 37(5): 889-894.
- 黄子龙,林清梅,范汝海. 2018. 广西全州县富硒土壤地球化学特征[J]. 物探与化探, 37(5): 889-894.
- 康云杰,王刚,彭成名,等. 2016. 浅析贵州省龙广镇绿豆岩地化数据[J]. 科技创新与应用, (24): 176-177.
- 李志成,申娴达,何其才,等. 2016. 贵州省晴隆-安龙金矿矿山环境污染调查分析[J]. 地球与环境, 44(2): 249-254.
- 李丕鹏,袁盛博,魏爱志,等. 2019. 贵州省安龙县耕地质量地球化学调查评价报告[R].
- 廖铸敏,马路遥,陶平. 2014. 黔西南龙潭组微量元素地球化学特征与金矿成矿物质来源研究[J]. 贵州地质, 31(1): 10-20.
- 刘建中,夏勇,陶琰,等. 2014. 贵州西南部 SBT 与金锑矿成矿找矿[J]. 贵州地质, 31(4): 267-272.
- 刘希瑶. 2019. 辽宁南部地区土壤地球化学特征及评价[J]. 地质与资源, 28(5): 470-476.
- 刘秀明,王世杰,冯志刚,等. 2004. 石灰土物质来源的判别-以黔北、黔中几个剖面为例. 土壤, 36(1): 30-36.
- 刘远辉,廖莉萍. 2015. 黔西南地区 Au、S 成矿与找矿方向探讨[J]. 贵州地质, 32(3): 163-170.
- 龙健,黄昌勇,李娟. 2002. 喀斯特山区不同土地利用方式对土壤质量演变的影响. 水土保持学报[J]. 16(1): 76-80.
- 龙健. 2005. 贵州喀斯特地区土壤障碍因素分析及其调控对策[J]. 土壤通报, 36(5): 795-798.
- 谭明. 1992. 安龙地区海子(坡立谷)水文地貌成因分析[J]. 中国岩溶, 11(2): 149-154.
- 唐将,李勇,邓富,等. 2005. 三峡库区土壤营养元素分布特征研究[J]. 土壤学报, 42(3): 473-478.
- 唐志坚. 1996. 贵州土壤微量元素状况及微肥的应用[J]. 耕作与栽培, (6): 55-56.
- 王世杰,季宏兵,欧阳自远,等. 1999. 碳酸盐岩风化成土作用的初步研究[J]. 中国科学(D辑), 29(5): 441-449.
- 张妍,李玉嵩,盛奇,等. 2019. 河南省商丘地区土壤地球化学特征[J]. 现代地质, 33(2): 305-314.
- 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. 1-501.

## Geochemical Characteristics of Nutrient Elements in Surface Soil of Cultivated Land in Anlong County, Guizhou Province

MO Guang-yuan<sup>1,2</sup>, LI Pi-peng<sup>1</sup>, YUAN Sheng-bo<sup>1</sup>, LI Fu-dang<sup>1</sup>, WU Qi-mei<sup>3</sup>

(1. The 2nd team of Guizhou Nonferrous Metal and Nucleus Industry Geological Exploration Bureau, Liupanshui 553004, Guizhou, China; 2. Nuclear Institute of Geological Survey, Guozhou Nonferrous Metals and Nuclear Industry Geological Exploration Bureau, Guiyang 550005, Guizhou, China; 3. Key Laboratory for Information System of Mountainous Area and Protection of Ecological Environment of Guizhou Province, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, Guizhou, China)

[Abstract] Based on cultivated land quality geochemical investigation and evaluation in Anlong county, the organic matter, N, P, K, Mn, B, Cu, Mo, Zn in the surface soil of cultivated land with different parent rock, soil type and cultivation was studied. The results showed: (1) the general trend of 9 nutrient element concentrations was as follows: Organic matter > K > N > Mn > P > Zn > B > Cu > Mo, the contents of P, Mn, Mo, Cu and Zn exceeded the soil element background of People's Republic of China and Guizhou province, the

levels of organic matter; N and B exceeded the soil element background of People's Republic of China, less than the soil element background of Guizhou province; the concentrations of K was lower than the soil element background of Guizhou province. The variable coefficient of organic matter, N, P, K, B, Cu was lower than 0.6, which showed the range of concentration change is relatively small; The variable coefficient of Mn、Mo、Zn ranged from 0.91 to 1.10, indicating the range of concentration change is relatively large. (2) Among the nutrient elements of different parent rock, at 0.01 levels, organic matter show a significant positive correlation with N, B, N, B, and a significant positive relationship between Mn and Zn. P show a significant negative correlation with K ( $P < 0.01$  levels), Cu show a significant negative correlation with organic matter, N and B ( $P < 0.05$  levels). (3) Compared with soil background value of cultivated land of Anlong county, the most of nutrient elements in different soil type were mainly micro-weakly enriched or micro-weakly depleted, Mn in limestone soil was moderately enriched, Cu in red soil is moderately depleted. The enrichment and depletion of nutrient elements in surface soil of cultivated land are influenced by parent rock, soil type and cultivated land type.

[ **Key Words** ] Cultivated land; Nutrient elements; Geochemical characteristics; Anlong county; Guizhou Province

---

(上接第 395 页)

County cultivated land, the data collected in this paper were screened by the method of 3 times standard deviation of mean, the characteristic values and conversion rates of the total element contents of seven available states, namely, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium, available Boron, available molybdenum, available zinc, and cation exchange capacity, were analyzed statistically, the abundance degree of available micronutrient in different land use types, soil parent rocks, soil types and towns was evaluated. It provides reference basis for land use adjustment, land use planning and fertilization in Anlong county.

[ **Key Words** ] Arable soil; Available state; Conversion rate; Abundance and Deficiency; Anlong county