

贵州省贞丰县耕地表层土壤养分元素有效量和有效度分析

赵 敏, 谭玉梅, 兰永文, 王洪雨, 吴 鹏

(贵州省有色金属和核工业地质勘查局五总队, 贵州 安顺 561000)

[摘 要] 通过在贞丰县域开展全面 1:50000 耕地质量地球化学调查工作, 获得了区内耕地表层土壤元素含量或指标的高精度分析数据。为分析区内营养元素有效量和有效度的影响因素, 选用了 N、P、K、B、Mo、Zn 元素及 pH 值、有机质含量、CEC 数据进行分析。贞丰县表层土壤元素全量是其有效量的重要控制因素; pH 值与 K 元素有效度呈正相关关系, 与 N、Mo、Zn 元素有效度呈负相关关系; 有机质与 K、B 元素有效度呈正相关关系, 与 Mo 元素呈负相关关系; 阳离子交换量与 K、B 元素有效度呈正相关关系, 与 P、Mo 元素呈负相关关系。

[关键词] 耕地表层土壤; 养分元素; 有效量; 有效度; 贞丰县

[中图分类号] P632; S159.1; S153.1 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2020)-03-0384-07

土壤是维持矿物质循环体系的基础, 是营养元素的主要供给者。(何振立等, 1994) 土壤中养分元素含量是评价土壤可利用性的重要因子, 包括土壤中的植物营养元素及有益元素。(徐宏林等, 2017) 土壤中植物营养元素的全量和有效态含量都能反映养分元素的丰缺。(周国华等, 2005) 土壤元素全量是指该元素在土壤中总的含量; 土壤中元素有效量是土壤元素有效态的含量, 指以相对活动态存在于土壤中, 能被植物直接吸收利用的那部分元素含量。土壤中某元素的有效度是指土壤中该元素有效量与其全量的百分比。(袁可能, 1983) 就植物营养的角度而言, 营养元素的有效量较之全量更为重要。(李春亮, 2012) 有效量和有效度的研究能够反映不同地球表生环境下土壤中元素有效态的特征和影响因素。(唐丽静等, 2014) (张智等, 2016) (周小娟等, 2016)

1 调查区概况

贞丰县位于贵州省西南部, 介于东经 105°25′~105°56′, 北纬 25°07′~25°44′之间, 海拔 324~1 966.8 m, 属北亚热带、高原季风湿润气候, 年平均气温 16.6°, 年降雨量 1 000~1 400 mm, 低

山丘陵、岩溶盆地、低中山河谷山地等多样地貌。土壤类型主要有黄壤、红壤、水稻土、石灰土等。出露地层有石炭系、二叠系、三叠系和第四系, 其中三叠系分布广泛, 出露完整, 主要岩性为碳酸盐岩和碎屑岩。

2 样品采集与分析

2.1 样品采集与加工

2017—2018 年, 在全县范围内开展了 1:50000 耕地质量地球化学调查, 采用网格化布点。有效态样品采样密度 1.09 件/km², 采集半径 50 m 范围内 0~20 cm 的 5 点以上组合样品, 有效量样品重量约 2 000 g。采样注重样品的代表性、均匀性和控制性, 避开人为施肥、污染和近期堆积土。土壤样品经自然晒干过 20 目筛后送实验室 500 g, 副样保留 300 g。

2.2 检测与分析方法

样品分析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。有效量分析方法见表 1。

[收稿日期] 2020-03-09 [修回日期] 2020-05-24

[作者简介] 赵敏(1985—), 男, 工程师, 主要从事固体矿产勘查、地球化学等工作。E-mail: 179212878@qq.com。

表 1 有效态项目分析配套方法

Table 1 Matched methods of available program analysis

序号	测定方法	指标	检测依据
1	容量法	碱解氮	LY/T 1228-2015
2	极谱法	有效钼	LY/T 1232-2015
3	容量法	阳离子交换量	LY/T 1234-2015
4		速效磷	LY/T 1258-1999
5	标准溶液同介质,高盐雾化器等离	有效硼	LY/T 1259-1999
6	子体光谱法(ICP-AES)直接测定	有效锌	LY/T 1261-1999
7		速效钾	LY/T 1243-1999

测定了土壤元素全量和有效量,以及与土壤有效度相关的酸碱度、有机质含量、土壤阳离子交换量。有效量指标包括:碱解氮、速效钾、速效磷、有效硼、有效锌、有效钼 6 项。测试样本数 616 件。

测试结果经贵州省耕地质量地球化学调查评价办公室指派的区域化探样品分析质量检查组验收合格。

3 有效量及有效度特征统计

3.1 有效态含量和有效度

从表 2 可以看出,表层土壤元素全量与有效量总体顺序一致,顺序为 K>N>P>Zn>B>Mo,反映了土

壤元素全量对有效量的制约作用。有效度由大到小依次为:N>Mo>Zn>K>P>B,从 N 元素有效度 7.78%到 B 元素有效度 0.46%,各元素有效度差异明显,显示元素表生地球化学性质对有效度的影响。

3.2 有效态含量分级统计

按照《土地质量地球化学评价规范》,(中华人民共和国国土资源部,2016)将有效量测试结果进行分级统计,分级结果见表 3。

分级结果表明,N、K、Zn 元素有效量主要为丰富-较丰富,中等以上等级分别达到 97.44%、94.69%、99.95%;Mo 元素有效量较缺乏与缺乏共占比 33.29%,其中较缺乏占比 26.33%;P、B 元素有效量缺乏,缺乏占比分别为 75.05%、84.43%。

表 2 表层土壤有效量与有效度统计表

Table 2 Statistics of available content and validity in surface soil

统计项	全量							有效量						有效度(%)		
	最大值	最小值	中值	平均值	标准离差	变异系数		最大值	最小值	中值	平均值	标准离差	变异系数	中值	最大值	最小值
N	4 892	695	1 813	1 730	550	0.33		333	34.7	141.00	145.37	46.384	0.34	7.78%	20.02%	1.93%
P	2 510	298	933	820	430	0.46		98.29	0.2	5.80	8.13	5.268	1.13	0.62%	11.60%	0.01%
K	47 734	2740	15 606	14 700	4 920	0.36		1 193.07	47.8	152.45	177.02	65.063	0.59	0.98%	7.98%	0.23%
B	202	11.3	69.35	59.48	26.78	0.44		2.49	0.12	0.32	0.22	0.102	0.59	0.46%	3.39%	0.14%
Mo	60.4	0.38	1.77	1.76	0.97	1.61		4.51	0.03	0.14	0.37	0.138	1.54	7.68%	24.71%	0.73%
Zn	459	33.9	111.5	109.69	46.91	0.42		12.2	0.1	2.04	2.33	1.275	0.68	1.83%	8.82%	0.03%

注:表中数据单位为(mg/Kg)。

表 3 表层土壤有效态含量分级表

Table 3 Classification of available content in surface soil

指标	分级	一级	二级	三级	四级	五级
	含义	丰富	较丰富	中等	较缺乏	缺乏
碱解氮	分级	>150	120~150	90~120	60~90	≤60
	比例	41.79%	26.06%	29.59%	2.54%	0.02%
碱解氮	分级	>40	20~40	10~20	5~10	≤5
	比例	0.03%	0.94%	23.98%	55.36%	19.69%

续表

指标	分级 含义	一级 丰富	二级 较丰富	三级 中等	四级 较缺乏	五级 缺乏
速效钾	分级	>200	150~200	100~150	50~100	≤50
	比例	25.96%	17.07%	51.66%	5.30%	0.01%
有效锌	分级	>3	1~3	0.5~1	0.3~0.5	≤0.3
	比例	16.89%	81.75%	1.31%	0.02%	0.03%
有效硼	分级	>2	1~2	0.5~1	0.2~0.5	≤0.2
	比例	0.01%	0.18%	15.38%	80.32%	4.11%
有效钼	分级	>0.3	0.2~0.3	0.15~0.2	0.1~0.15	≤0.1
	比例	15.04%	26.41%	25.26%	26.33%	6.96%

3.3 不同成土母岩中元素有效量与有效度

分布情况,将主要的成土母岩分为灰岩、白云岩、粘土岩、砂岩 4 个类别分析其与元素有效度的关系,分析结果见表 4。

为使分析结果更具代表性,根据贞丰县地层

表 4 不同成土母岩表层土壤中有效量与有效度

Table 4 Available content and validity in the surface soil of different soil forming rock

	全量/(mg·Kg ⁻¹)				有效量/(mg·Kg ⁻¹)				有效度/%			
	灰岩	白云岩	粘土岩	砂岩	灰岩	白云岩	粘土岩	砂岩	灰岩	白云岩	粘土岩	砂岩
样品数	236	189	123	66	236	189	123	66	236	189	123	66
N	1 875.89	2 231.14	1 682.83	1 365.3	157.63	165.69	109.21	111.6	8.40%	7.43%	6.49%	8.17%
P	1 059.74	1 213.16	695.7	517.68	7.2	10.19	6.7	8.22	0.68%	0.84%	0.96%	1.59%
K	16 859	14 752	17 499	16 524	188.1	214.05	123.27	127.64	1.12%	1.45%	0.70%	0.77%
B	63.35	77.05	61.38	73.62	0.38	0.5	0.25	0.21	0.59%	0.65%	0.41%	0.29%
Mo	2.53	4.79	1.38	0.97	0.22	0.32	0.15	0.11	8.54%	6.78%	10.72%	11.15%
Zn	124.59	152.01	102.81	71.58	2.63	2.59	1.77	1.6	2.11%	1.70%	1.72%	2.23%

从上表可见:在碳酸盐岩系的灰岩和白云岩中,元素有效量普遍高于碎屑岩系的粘土岩和砂岩中有效量。N 元素在灰岩中有效度最高,为 8.40%,在粘土岩中有效度最低,为 6.49%;P、Mo 元素在粘土岩、砂岩中的有效度高于灰岩、白云岩中的有效度;K、B 元素在灰岩、白云岩中的有效度高于粘土岩、砂岩中的有效度;Zn 元素有效度在砂岩中最高,为 2.23%,在白云岩中最低,为 1.70%。

3.4 各土壤类型中元素有效量与有效

土壤是成土母质、地形地貌、气候、植被与时间等多种因素综合作用的产物,不同类型土壤有着其独得的理化性质、元素含量和元素分配特征,从而决定土壤元素有效量及有效度。(王雪梅等,2015)

根据贞丰县的土壤类型及其分布情况,将土壤元素有效度按红壤、黄壤、石灰土、水稻土 4 个主要类型进行分析,见表 5。

从表 5 可以看出:N 元素有效量在水稻土中最高,Zn 元素有效量在黄壤中有效量最高,P、K、B、Mo 元素有效量在石灰土中最高。N、K、B、Zn 元素有效度在水稻土和黄壤中最高,在红壤中最低;P、Mo 元素有效度在红壤中明显高于其余三种土壤类型。

4 有效量和有效度的影响因素分析

4.1 全量与有效量的关系

对于土壤中元素有效量来说,元素全量是影响有效量高低的一个因素,它作为有效量的补给或贮备,二者间具有一定的相关性。(陈凤珍等,1996)

将全量与有效量测试结果进行皮尔森相关分析,得到相关系数:N 为 0.667,P 为 0.283,K 为 0.185,B 为 0.274,Mo 为 0.811,Zn 为 0.349。从分析结果看出,元素全量和有效量之间存在明显的

表 5 不同土壤类型有效量与有效度
Table 5 Available content and validity of different types

	全量/(mg·Kg ⁻¹)				有效量/(mg·Kg ⁻¹)				有效度/%			
	红壤	黄壤	石灰土	水稻土	红壤	黄壤	石灰土	水稻土	红壤	黄壤	石灰土	水稻土
样品数	172	163	219	40	172	163	219	40	172	163	219	40
N	1 501.57	2018.87	2 045	1 992.45	104.77	162.02	159.37	167.36	6.98%	8.03%	7.79%	8.40%
P	640.42	1 137.95	1 081.76	1 056.25	6.98	8.46	8.76	8.65	1.09%	0.74%	0.81%	0.82%
K	18 387.31	14 881.56	16 324.74	13 411.05	126.09	192.3	203.33	178.53	0.69%	1.29%	1.25%	1.33%
B	69.67	62.59	72.42	59.84	0.24	0.41	0.44	0.39	0.34%	0.66%	0.60%	0.66%
Mo	1.85	3.05	3.34	3.46	0.18	0.23	0.27	0.21	9.62%	7.42%	7.97%	6.00%
Zn	96.37	123.12	139.07	119.1	1.67	2.73	2.5	2.46	1.73%	2.22%	1.80%	2.07%

正相关关系,其中 N、Mo 元素全量与有效量呈显著正相关关系。

4.2 元素有效度与土壤理化环境的关系

土壤中有效量的含量除受全量的制约外,通常还与土壤酸碱度、有机质含量及阳离子交换量有很大关系(徐宏林等,2017)。在计算各元素的有效度之后,将有效度与上述参量进行相关分析,分析结果见表 6。

4.2.1 土壤 pH 值对元素有效度的影响

将样品 pH 值与元素有效度关系制作散点图,见图 1。

统计分析表明,K 元素有效度与 pH 值存在正相关关系,相关系数 0.198,随 pH 值增大,K 元素有效度增大;N、Mo、Zn 元素与 pH 存在负相关关系,相关系数分别为-0.304、-0.280、-0.169,其有效度随 pH 值的增大而减小;P、B 元素有效度与

pH 值相关性弱。

4.2.2 土壤有机质对元素有效度的影响

将样品有机质含量与元素有效度制作散点图,见图 2。

从图 2 可见:K、B 元素有效度与有机质含量存在正相关关系,相关系数分别为 0.368、0.235;Mo 元素有效度与有机质含量存在负相关关系,相关系数为-0.378;N、P、Zn 元素有效度与有机质相关性弱。

4.2.3 土壤阳离子交换量对元素有效度的影响

将样品阳离子交换量与元素有效度关系制作散点图,见图 3。

统计分析表明:K、B 元素有效度与阳离子交换量存在正相关关系,相关系数分别为 0.252、0.328;P、Mo 元素有效度与阳离子交换量有负相关关系,相关系数分别为-0.132、-0.214;N、Zn 元素有效度与阳离子交换量相关性弱。

表 6 各元素有效度与土壤理化参数相关系数

Table 6 Available content of each element and relative ratio of soil chemical and physical parameter

相关系数	N	P	K	B	Mo	Zn	阳离子	SOM	pH
N	1								
P	-0.014	1							
K	0.061	0.090*	1						
B	.224**	-.159**	.492**	1					
Mo	.107**	-0.041	-.236**	-.082*	1				
Zn	.188**	.117**	.148**	.187**	.182**	1			
阳离子	-0.052	-.132**	.252**	.328**	-.214**	-.099*	1		
SOM	-0.038	0.006	.368**	.235**	-.378**	0.066	.536**	1	
pH	-.304**	0.048	.198**	0.009	-.280**	-.169**	.423**	.493**	1

注: ** 为置信度 a=0.01 水平上显著相关, * 为 a=0.05 水平上显著相关。

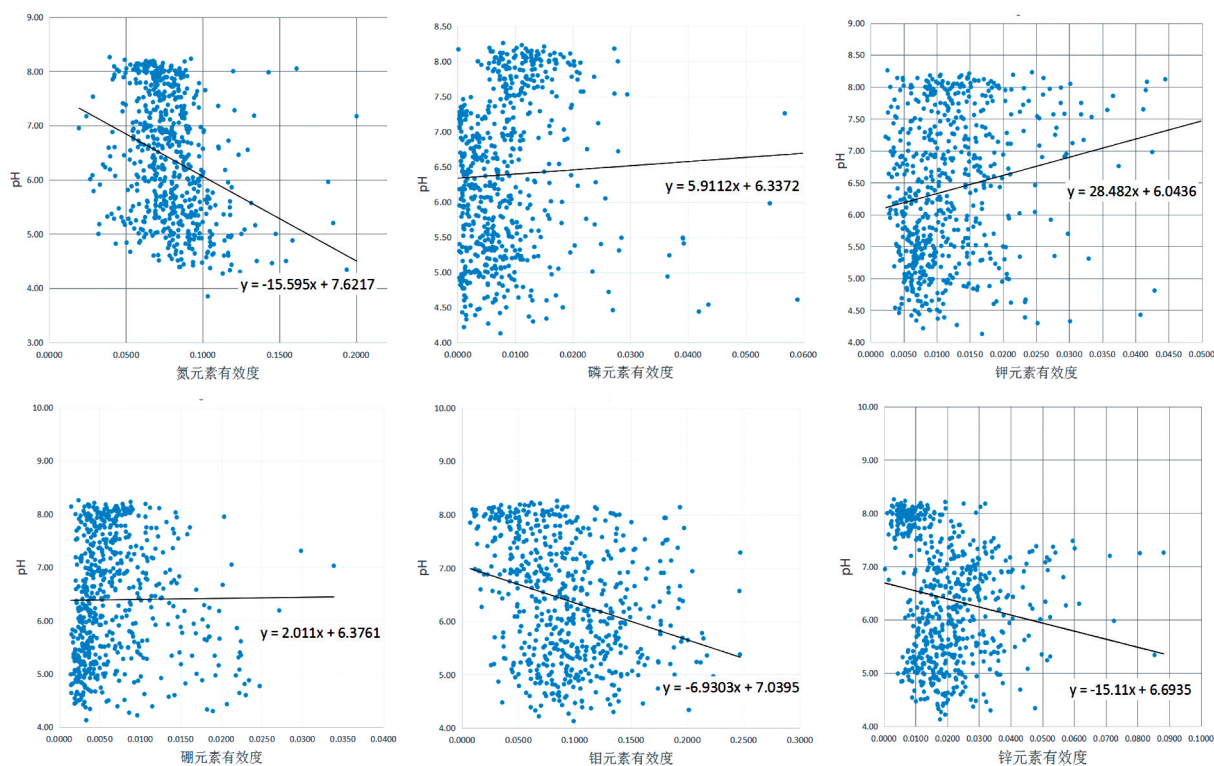


图 1 pH 值与元素有效度散点图

Fig. 1 Scatter diagram of pH value and effect validity

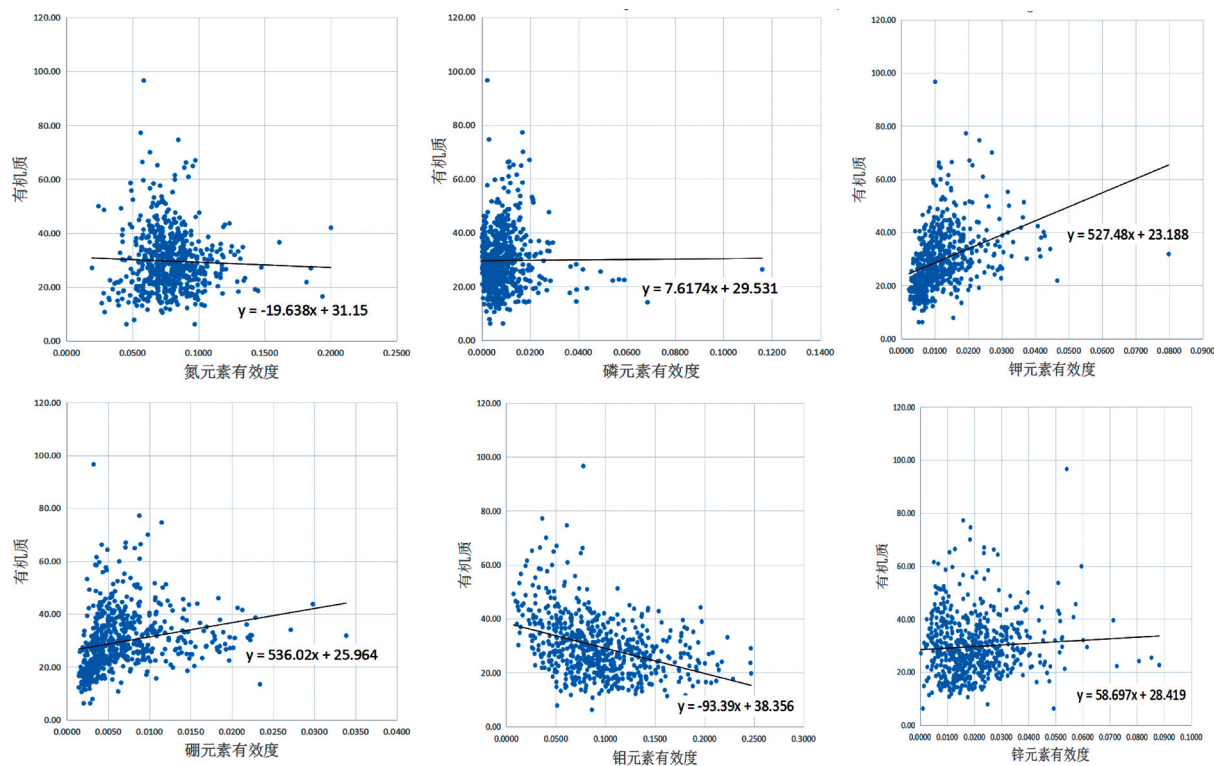


图 2 有机质与有效度散点图

Fig. 2 Scatter diagram of organic matter and validity

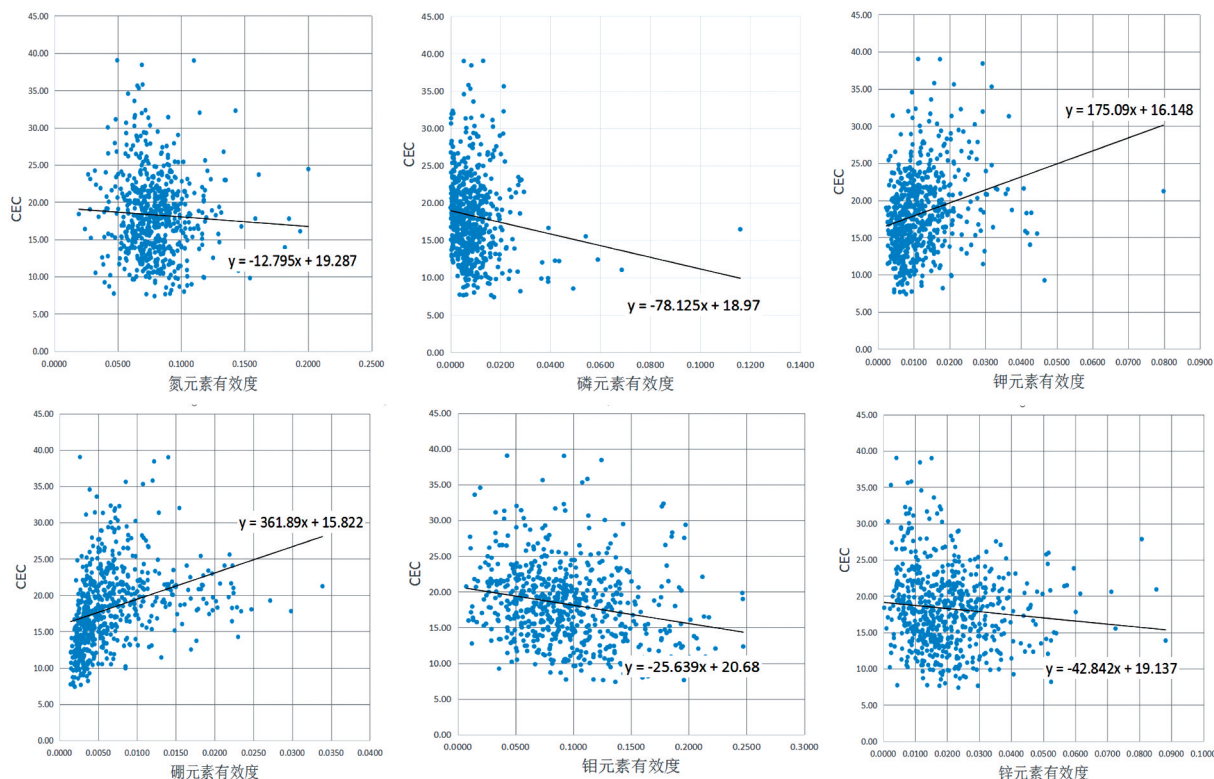


图3 阳离子交换量与元素有效度散点图

Fig. 3 Scatter diagram of cation exchange capacity and element validity

5 结论

(1) 贞丰县耕地表层土壤 N、Zn 元素有效量等级主要为丰富-较丰富, 分别占比 67.85%、98.64%; K 元素有效量主要等级为中等, 占比 51.66%; Mo 元素有效量有 33.29% 为较缺乏和缺乏等级, P、B 元素有效量主要为缺乏等级, 分别占比 75.05%、84.43%。

(2) 土壤元素全量是其有效量的重要控制影响因素。各元素全量与有效度均呈正相关关系, 其中 N、Mo 元素为显著正相关关系。

(3) 土壤 pH 值、有机质含量、阳离子交换量对土壤有效量及有效度有重要影响。随 pH 值的增大, K 元素有效度增加, 而 N、Mo、Zn 有效度减小; 随有机质含量增大, K、B 元素有效度增大, Mo 元素有效度减小; 随阳离子交换量的增大, K、B 元素有效度增大, P、Mo 元素有效度减小。

[参考文献]

陈凤珍, 李学刚. 1996. 黑龙江省土壤元素有效量及其与农作物的

关系初探[J]. 长春地质学院学报, 4: 15-16.

何振立, 章明奎, 黄昌勇, 等. 1994. 岷县几种主要土壤硒的状况及有效度评价[J]. 生态学报, 14(1): 51-56.

李春亮. 2012. 兰州-白银地区表层土壤中营养元素有效态分布特征[J]. 甘肃科技, 25(5): 22-26.

唐丽静, 王冬艳, 宋诚亮, 等. 2014. 山东省沂源县耕层土壤营养元素有效态含量及其影响因素研究[J]. 山东农业科学, 46(8): 71-74.

王雪梅, 柴仲平, 毛东雷, 等. 2015. 不同质地耕层土壤有效态微量元素含量特征[J]. 水土保持通报, 35(2): 189-192.

徐宏林, 付豪, 叶岛, 等. 2017. 仙桃市西南部耕层土壤中养分元素有效量和有效度研究[J]. 资源环境与工程, 31(3): 278-283.

徐宏林, 周小娟. 2017. 武汉市蔡甸区耕层土壤中植物营养元素有效量和有效度研究. 资源环境与工程, 31(增刊): 42-46.

袁可能著. 1983. 植物营养元素的土壤化学[M]. 科学出版社.

周国华, 吴小勇, 周建华, 等. 2005. 湖北地区土壤元素有效量及其影响因素研究[J]. 第四纪研究, 25(3): 316-322.

张智, 任意, 鲁剑巍, 等. 2016. 长江中游农田土壤微量养分空间分布特征[J]. 土壤学报, 53(6): 1489-1496.

周小娟, 张嫣, 祝莉玲, 等. 2016. 武汉市休儒-消泗地区农田系统中硒的分布特征及有效性研究[J]. 地质科技情报, 35(4): 158-163.

中华人民共和国国土资源部. 2016. 土地质量地球化学评价规范: DZ/T0295—2016[S]. 北京: 地质出版社.

(下转第 357 页)

8. 35 mg/kg. According to the evaluation standard of soil selenium-rich soil, shiqian county has defined a total of 243 410 mu of selenium-rich areas and 240 401.29 mu of clean selenium-rich areas. Mainly concentrated in this zhuang, longtang, longjing, qingyang, shigu, jufeng, heba and other seven towns, The main parent rocks in the clean selenium-rich area are the limestone of the wujiaping formation of Permian, the coal shale and the carbon shale soil of the niuitang formation of Cambrian. According to the traffic location, soil environment, fertility, selenium - rich intensity and other parameters four se-rich priority development zones are divided into longtang-longjing se-rich tea and tea mountain sightseeing park, shankou ao-yonghe se-rich tea, se-rich fruit priority development zone, matun - jufeng se - rich rice, vegetables, tea priority development zone, and chaoyang new-rich se-rich fruit planting zone.

[**Key Words**] Shiqian; Soil; Clean and rich in selenium; Suggestion

(上接第 344 页)

prehensively analyzed, the geochemical grade of selenium in the whole region was evaluated by geochemical indexes. The results show that: The average content of selenium was 0.71 mg/kg, the distribution of selenium is closely related to stratum, land use type and soil type, the cultivated land area rich in selenium is 410 466 mu, accounting for 86.65% of the cultivated land area in Tibet, Cultivated land rich in selenium is rich in resources. The research results can provide important data for the development of characteristic cultivated land rich in selenium, it is applied to the optimization of the agricultural industry structure and the improvement of the quality of agricultural products in the region, to drive local economic development, we will help implement the poverty alleviation and rural revitalization strategies in the region.

[**Key Words**] Huaxi district; Distribution characteristics of selenium; The geochemical; The soil of cultivated land; Selenium resources

(上接第 389 页)

Analysis on Effective Amount and Degree of Nutrient Elements in Surface Soil in Cultivated Land in Zhenfeng County, Guizhou Province

ZHAO Min, TAN Yu-mei, LAN Yong-wen, WANG Hong-yu, WU Peng

(The 5th Team of Guizhou Nonferrous Metal and Nucleus Intustry Geological ExplorationBureau, Anshun 561000, Guizhou, China)

[**Abstract**] By the 1:50000 cultivated land quality geochemical survey in Zhenfeng county, the high-precision analysis data of the content or index of surface soil elements in the cultivated land were obtained. In order to analyze the factors affecting the effective amount and degree of elements in the region, N, P, K, B, Mo, Zn, pH value, organic matter content and CEC data were selected for analysis. The total surface soil element in Zhenfeng county is an important controlling factor of its effective amount. The pH value is positively correlated with K, and negatively correlated with N, Mo and Zn. The organic matter was positively correlated with K and B, and negatively correlated with Mo. The cation exchange volume was positively correlated with the efficiency of K and B elements, and negatively correlated with P and Mo elements.

[**Key Words**] Cultivated land surface soil; Nutrient element; Effective dose; Effective degrees; Zhenfeng county