

河南商丘地区土壤元素基准值与背景值研究

王春松¹, 盛奇², 裴瑞亮¹ (1.河南省地质调查院, 河南郑州 450000; 2.河南省地质科学研究所, 河南郑州 450000)

摘要 中国地质调查局2013—2015年对河南商丘地区部署开展了1:25万多目标区域地球化学调查, 结果表明: 河南商丘地区土壤元素基准含量普遍偏低; 不同土壤类型背景值差异明显; 区内大部分地区与农业生产有关的营养元素P等偏高及重金属Cr、Hg低, 适合发展绿色农业; 受人类活动影响, 城市周边P、Cd、S、Br、Hg、N、Se、Corg等表生富集作用明显。

关键词 河南商丘; 土壤背景值; 土壤基准值

中图分类号 S153 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)12-0001-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.12.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Study on Soil Element Reference Value and Background Value in Shangqiu Region of Henan Province

WANG Chun-song¹, SHENG Qi², PEI Rui-liang¹ (1. Henan Geological Survey, Zhengzhou, Henan 450000; 2. Henan Institute of Geological Sciences, Zhengzhou, Henan 450000)

Abstract From 2013 to 2015, the China Geological Survey conducted a geochemical survey of 1:250 000 multitarget region in Shangqiu Area of Henan Province. The results showed that the soil element reference content in Shangqiu Area of Henan Province was generally low, the background values of different soil types were significantly different. The nutrient elements related to agricultural production were high in P and low in heavy metals, such as Cr and Hg, which were suitable for the development of green agriculture. Under the influence of human activities, the supergene enrichment effects of P, Cd, S, Br, Hg, N, Se, Corg around the city were obvious.

Key words Shangqiu, Henan; Soil background value; Soil reference value

河南商丘地区位于河南省东部, 属黄淮冲积平原的一部分, 北部与山东省相邻, 东部及南部与安徽省接壤, 面积约10 000 km²。属暖温带半湿润大陆性季风气候, 一般春旱秋雨, 夏热冬寒, 四季分明。年平均气温为13.9~14.3℃, 年平均日照时数为2 204.4~2 427.6 h, 无霜期平均为207~214 d。区内地势相对平坦, 总体表现为西北高东南低, 海拔为20~60 m, 坡度1/5 000~1/7 000。由于历史上黄河多次泛滥、决口和改道, 加之长期雨水、风力作用及人们生产活动的影响, 区内形成了许多沙丘、滩地、湖洼地、槽形地和蝶形洼地, 相互交替分布, 构成了较为复杂的平原地貌。总体可分为决口扇、洼地、泛流平地、低缓平原和极少量残丘5种地貌类型。区内土壤类型以潮土为主, 碱土次之, 砂姜黑土分布在永城市南部, 草甸风砂土仅在岗地极少量零星分布。“河南商丘地区多目标地球化学调查”项目是由中国地质调查局组织, 中央财政出资开展的一项基础性、公益性、多目标国土资源与环境调查工程, 旨在通过系统采集, 分析研究区土壤等介质中有益、有害元素含量的分布及分配状况, 进而全面掌握河南商丘地区土地质量状况, 挖掘土地资源潜力, 为国土开发与环境保护提供可靠的基础地质学资料。

1 样品采集及测试方法

按照中国地质调查局的工作部署, 2013—2015年对河南商丘地区开展了1:25万多目标区域地球化学调查。

此次土壤样品分别采自0~20 cm表层土壤和150~200 cm深层土壤。根据中国地质调查局《多目标区域地球化学调查规范(1:25万)》(DZ/T 0258—2014)要求, 利用标准

地形图(1:10万)的方里网, 将工作区按1 km×1 km规格划分为网格状, 基本网格为1 km², 野外调查时以基本网格为单元采集表层土壤样品与深层土壤样品。

1.1 样品采集 表层土壤样品采集方法: 每个基本网格内采集有代表性样品1件, 采集0~20 cm连续土柱, 样重1.0 kg, 点间距50 m以上, 以最大限度地代表基本网格内土壤的地球化学特征, 共采集土壤样品10 447件。根据多目标地球化学调查规范要求, 将相邻的2 km×2 km大格内的4个基本网格内的野外采集原始样品自然风干过20目尼龙筛后等重量缩分^[1], 组合成1件分析样品(200 g), 分析土壤全量元素含量, 共分析表层土壤样品2 597件。深层样品采集方法: 每4个基本网格内取1件, 用洛阳铲垂直下挖采集150~200 cm土壤岩芯, 共采集土壤样品2 688件。根据规范(DZ/T 0258—2014)要求, 将相邻的4 km×4 km大格内的4个基本网格内的野外采集原始样品自然风干过20目尼龙筛后等重量缩分, 组合成1件分析样品(200 g), 分析土壤全量元素含量, 共分析深层样品674件。

1.2 分析测试 样品分析测试由河南省岩矿测试中心完成。此次工作采用以X荧光、ICP-OES为主, GF-AAS、ES、AFS、POL等方法相配合的54种元素的配套分析方案(表1)。样品分析各项质量参数均达到《生态地球化学评价样品分析技术要求》(DD 2005-03)的要求。

2 土壤元素基准值与背景值研究

2.1 深层土壤地球化学基准值 土壤地球化学基准值^[2]指未受人类影响并能反映土壤原始沉积环境的地球化学元素含量。地球化学元素含量如满足正态分布, 统计采样单元的土壤地球化学基准值可以用本单元的地球化学元素背景均值表示。并规定统一采用区域地球化学调查中的深层土壤样品作为土壤地球化学基准值统计的样品。商丘土壤基准

基金项目 国土资源部中国地质调查局地质调查项目([2013]02-001-019)。

作者简介 王春松(1965—), 男, 河南禹州人, 高级工程师, 从事区域化探、农业地质、地质矿产调查工作。

收稿日期 2019-01-24; **修回日期** 2019-02-15

值是指将整个调查区 10 000 km² 范围内所有深层土壤样品分析数据进行统计。首先对深层土壤样品(深度≥150 cm)地球化学数据进行正态分布检验,按算术平均值加减 2 倍标准离差($\bar{X}\pm 2S$)经循环剔除特高及特低值后所取得的背景均值作为该单元土壤地球化学基准值(表 2)。

与全国土壤元素含量^[3]相比较,商丘地区土壤元素基准值含量普遍偏低,Se、Hg、Br、N 含量小于全国的 0.5 倍,其中生命必需元素 Se 含量较缺乏,含量仅为全国含量的 0.28 倍,S、I、Mo、Corg、Bi 含量位于 0.50~0.75 倍。高于全国含量的有 Sn、Be、Ni、Sb、F、MgO、P、Sr、Na₂O、B、Cl、CaO 等,其中最高的为 CaO,为全国含量的 1.96 倍,其次是 Cl,为 1.50 倍,反映出中原地区干旱、偏碱性土壤的地球化学特点。与河南省黄淮平原基准值^[4]相比,元素含量总体差别不大,高于河南省基准值的元素有 MgO、P、Cl、C、CaO,低于河南省基准值的有 Au、Zr、W、Nb、Sn、Hg、Rb 等元素。深层土壤 54 项地球化学

参数详细情况见表 2。

表 1 元素的分析方法

Table 1 Analysis method of elements

分析方法 Analysis method	元素数 Element number	分析元素 Analysis element
X 荧光	26	SiO ₂ 、Al ₂ O ₃ 、Ga、Rb、Nb、P、Ti、Zr、Ba、Sr、Pb、CaO、Cr、Y、Zn、C、S、Cl、Br、TFe ₂ O ₃ 、MgO、Mn、Na ₂ O、K ₂ O、Th、V
ICP-OES	8	Be、Ce、La、Li、Cu、Co、Ni、Sc
GF-AAS	2	Tl、Cd
ES	4	Ag、Sn、B、Au
HG-AFS	6	As、Sb、Bi、Hg、Se、Ge
LF	1	U
ISE	2	F、pH
POL	2	W、Mo
COL	1	I
VOL	2	Corg、N

表 2 商丘地区土壤基准值

Table 2 Soil baseline values in Shangqiu Region

项目 Item	Be	Ce	Co	Cu	La	Li	Ni	Sc	U	As	Sb	Bi	Hg	Se	Ge	Cd	Tl	W
调查区基准值 Baseline value of survey area	1.85	68.3	10.45	19.1	35.3	29.8	26.5	10.3	2.30	9.42	0.830	0.230	16.1	0.055	1.28	0.090	0.520	1.62
河南省基准值 Baseline value of Henan Province	2.05	68.6	12.10	21.1	36.3	33.0	29.2	10.9	2.12	10.30	0.889	0.279	21.9	0.075	1.34	0.098	0.544	1.76
全国土壤丰度 Soil Abundance in China	1.80	72.0	13.00	24.0	38.0	30.0	26.0	11.0	2.60	10.00	0.800	0.300	40.0	0.200	1.30	0.090	0.600	1.80
K ₁	0.90	1.00	0.86	0.91	0.97	0.90	0.91	0.94	1.08	0.91	0.93	0.82	0.74	0.73	0.96	0.92	0.96	0.92
K ₂	1.03	0.95	0.80	0.80	0.93	0.99	1.02	0.94	0.88	0.94	1.04	0.77	0.40	0.28	0.98	1.00	0.87	0.90
项目 Item	Mo	F	Ag	Sn	B	I	Corg	Au	Cl	S	C	N	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P	K ₂ O
调查区基准值 Baseline value of survey area	0.530	523	0.058	2.58	50.6	1.3	0.245	1.14	102.0	0.009 4	1.290	0.028 4	1.907	2.00	11.47	63.90	602	2.19
河南省基准值 Baseline value of Henan Province	0.523	514	0.061	2.95	53.0	1.6	0.237	1.54	62.4	0.011 0	0.949	0.034 0	1.480	1.77	12.72	65.04	496	2.30
全国土壤丰度 Soil Abundance in China	0.800	480	0.080	2.50	40.0	2.2	0.350	1.40	68.0	0.015 0	—	0.064 0	1.600	1.80	12.60	65.00	520	2.50
K ₁	1.01	1.02	0.95	0.87	0.95	0.81	1.03	0.74	1.63	0.85	1.36	0.82	1.29	1.13	0.90	0.98	1.21	0.95
K ₂	0.66	1.09	0.73	1.03	1.27	0.59	0.70	0.81	1.50	0.63	—	0.43	1.19	1.11	0.91	0.98	1.16	0.88
项目 Item	CaO	Ba	Ti	V	Cr	Mn	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Br	Pb	Th	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	pH
调查区基准值 Baseline value of survey area	6.26	474	3 863	74.4	56.9	504	3.75	57.5	13.8	1.45	18.5	11.0	87.8	199	23.0	233	13.5	8.60
河南省基准值 Baseline value of Henan Province	4.05	514	4 017	80.1	67.9	599	4.40	58.3	15.2	2.04	20.8	12.1	97.4	165	25.2	263	14.9	8.2
全国土壤丰度 Soil Abundance in China	3.20	500	4 300	82.0	65.0	600	4.60	68.0	17.0	3.50	23.0	12.5	100.0	170	23.0	250	16.0	—
K ₁	1.55	0.92	0.96	0.93	0.84	0.84	0.85	0.99	0.91	0.71	0.89	0.91	0.90	1.21	0.91	0.89	0.91	1.05
K ₂	1.96	0.95	0.90	0.91	0.88	0.84	0.82	0.85	0.81	0.41	0.80	0.88	0.88	1.17	1.00	0.93	0.84	—

注:氧化物、C、N、S、Corg 为%; Au、Hg 为 $\times 10^{-9}$; 其余元素为 $\times 10^{-6}$; pH 无量纲; K₁ 为调查区土壤基准值/河南省土壤基准值; K₂ 为调查区土壤基准值/全国土壤丰度

Note: Oxygen, C, N, S and Corg are %; Au and Hg are $\times 10^{-9}$; other elements are $\times 10^{-6}$; pH is dimensionless; K₁ is the soil reference value of the survey area/Henan Province; K₂ is the soil reference value of the survey area/the national soil abundance

商丘地区地貌主要为泛流平原、决口扇、洼地、低缓平原^[5]4类,各地貌单元的地球化学基准值特征如下:泛流平原区约占调查区总面积50%,土壤类型以壤质潮土、黏质潮土、砂质潮土为主。与河南省基准值及商丘地区基准值相比,泛流平原区主要表现为高Cl、CaO、C,低Br、Se、Hg的特征,其元素分布特点与该区成土物质来源为黄河冲积物有关,高Cl、CaO与地势低洼元素易迁移有关,Se、Hg含量低可能与该区有色金属加工业分布较少有关。区内分布多个决口扇,以民权县和商丘北部最为明显,决口扇的物质主要为近代黄河冲积物,与河南省土壤基准值相比,总体表现为高Corg、MgO、Sr、P、Na₂O、C、CaO、Cl,低I、Br、Se、Hg、Au、Bi。与全区相比,土壤基准值变化不大,总体表现为低I、Bi、Al,高Si、S、Ag、Zr、Cd、B、Cl、Corg。洼地主要分布在民权至商丘一带,近东西向展布,与黄河故道分布一致。该区地势低洼,地下水位浅,土壤类型以碱土为主。与河南省土壤基准值相比,Br、Hg、S、I、Bi、Au、Co、N、Se、Sn、Fe₂O₃、Cr、Mn偏低,pH、Mo、U、MgO、Sr、P、C、Na₂O、CaO、Cl偏高,其中最低Br为0.60倍,其次Hg为0.69倍,最高Cl为1.78倍,CaO次之为1.56倍。洼地元素基准值总体反映出,洼地由于富含各种盐类,造成区内K₂O、CaO、Na₂O含量相对偏高,同时洼地的地势低洼,造成易溶、易迁移的Cl含量偏高。调查区低缓平原主要分布在永城市南部,地势较为平坦低洼,成土物质

属湖沼相沉积,土壤类型为砂姜黑土。表2统计了区内54项指标基准值情况,与河南省一期土壤基准值相比,总体表现为Se、S、Hg、Mo、P偏低,Al₂O₃、Ni、V、I、MgO、Sb、F、Li、U、As、Sc、Au偏高,其中最低Se为0.47倍,其次S为0.63倍,最高为As、Sc、Au,均为1.21倍,其次Li、U为1.18倍。与此次调查区土壤基准值相比,除P、Se、Cl、CaO、Mo、Na₂O、S、C、Sr、Cd、pH、Corg、SiO₂、Hg、K₂O偏低外,其他均偏高,其中最低为P、Se、Cl,均为0.64倍,其次CaO为0.71倍,最高的为Au,为1.64倍。

2.2 表层土壤地球化学背景 环境背景值^[6]一般指在不受污染的情况下,环境组成要素(大气、水体、土壤、岩石、河流沉积物和植物等)的平均化学成分。由于人类活动及现代工业污染的影响十分普遍,严格意义上的土壤自然背景已很难确定。土壤环境背景值只是一个相对的概念,即土壤在一定自然历史时期,一定地域内元素的丰度^[7]。此次以区域地球化学调查中的表层土壤样品作为环境背景值统计的样品,统计计算方法同地球化学基准值。

2.2.1 全区土壤背景特征。商丘地区土壤背景值总体表现为低Hg、Zr、Au、Cr,高Sr、F、Cl、Na₂O、C、MgO、P、CaO、S,卤族元素含量高与商丘地区地势低洼、地下水位浅有关,重金属Hg、Cr含量低与区内70%的土壤属农业种植区、工业活动影响小有关。与全省土壤背景值(表3)对比,主要表现如下特

表3 商丘地区土壤背景值
Table 3 Soil background values in Shangqiu Region

项目 Item	Ag	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	C	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cu	F	Ga	Ge
背景值(Xhn) Background value	0.068	10.5	1.33	50.3	494	1.95	0.30	2.84	1.89	0.163	67.1	84.9	11.8	59.65	22.7	589	13.9	1.29
样数(n) Number of samples	2 020	1 874	2 022	2 082	2 024	2 088	2 010	2 238	2 013	2 052	2 087	1 829	2 208	2 139	2 005	2 057	2 004	1 951
全省背景值 Provincial background value	0.067	10.0	1.55	53.6	502	1.98	0.32	2.73	1.54	0.147	68.8	70.1	11.6	67.60	22.0	514	14.7	1.33
<i>K</i> *	1.01	1.05	0.86	0.94	0.98	0.98	0.94	1.04	1.23	1.11	0.98	1.21	1.02	0.88	1.03	1.15	0.95	0.97
项目 Item	Hg	I	La	Li	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr
背景值(Xhn) Background value	34.7	1.91	35.3	33.2	569	0.536	0.091	13.5	28.9	999	22.3	92.4	0.018	0.94	11.1	0.190	2.89	187
样数(n) Number of samples	1 873	2 049	2 126	2 091	1 856	2 098	2 121	2 168	1 997	2 163	2 084	2 109	2 179	2 053	2 067	1 942	1 923	1 879
全省背景值 Provincial background value	45.0	1.75	36.6	32.1	572	0.573	0.090	14.9	27.6	701	23.6	93.1	0.020	0.90	10.5	0.201	3.12	164
<i>K</i> *	0.77	1.09	0.96	1.03	0.99	0.94	1.01	0.91	1.05	1.43	0.94	0.99	0.9	1.04	1.06	0.95	0.93	1.14
项目 Item	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Corg	pH
背景值(Xhn) Background value	11.2	3 928	0.540	2.27	80.1	1.69	23.4	67.2	217	63.2	12.1	4.09	2.13	5.93	1.79	2.29	0.85	8.16
样数(n) Number of samples	1 909	1 828	2 178	2 000	1 991	2 127	1 867	2 082	2 141	2 066	1 950	2 045	2 133	1 817	2 000	1 887	2 200	2 180
全省背景值 Provincial background value	11.8	4 047	0.525	2.37	77.5	1.76	25.0	61.5	276	65.6	12.2	4.14	1.73	3.92	1.48	2.25	0.86	7.72
<i>K</i> *	0.95	0.97	1.03	0.96	1.03	0.96	0.94	1.09	0.79	0.96	0.99	0.99	1.23	1.51	1.21	1.02	0.99	1.06

注:氧化物、C、N、S、Corg为%;Au、Hg为 $\times 10^{-9}$;其余元素为 $\times 10^{-6}$;pH无量纲;*K**为黄河流域河南段土壤基准值/全省土壤丰度

Note: Oxygen, C, N, S and Corg are %; Au and Hg are $\times 10^{-9}$; other elements are $\times 10^{-6}$; pH is dimensionless; *K** is the reference value of soil in Henan section of the Yellow River Basin/soil abundance in the whole province

征:①明显偏高的元素($K^* \geq 1.10$) Cd、Sr、F、Cl、Na₂O、C、MgO、P、CaO,其中CaO最高,为全省的1.51倍,其次是P,为1.43倍;②偏低的有元素($K^* \leq 0.95$) Hg、Zr、Au、Cr、S、Nb、Sn、B、Bi、Mo、Pb、Y、Ga、Se、Th,其中Hg为全省的0.77倍,Zr为0.79倍;③稍偏低的元素($0.95 < K^* < 1.00$) La、U、W、SiO₂、

Ge、Ti、Ba、Be、Ce、Mn、Rb、Al₂O₃、Fe₂O₃;④稍偏高的元素($1.00 < K^* < 1.10$) Ag、N、Co、K₂O、Cu、Li、Tl、V、Br、Sb、As、Ni、Sc、pH、I、Zn。总之区内与农业生产有关的营养元素P等偏高,重金属Cr、Hg低,适合发展绿色农业。

表4 商丘地区不同土壤类型元素背景值

Table 4 Background element contents of different soil types in Shangqiu Region

土壤类型 Soil type	Ag	As	Au	B	Ba	Be	Bi	Br	C	Cd	Ce	Cl	Co	Cr	Cu	F	Ga	Ge
壤质潮土 Loamy fluvo-aquic soil	0.067	10.22	1.27	50.5	489	1.91	0.29	2.85	1.85	0.159	66.4	85.7	11.45	58.9	21.6	575	13.7	1.29
黏质潮土 Clayey fluvo-aquic soil	0.071	12.30	1.55	49.7	506	2.07	0.34	2.89	2.04	0.180	69.8	84.3	13.34	63.2	25.3	644	15.1	1.30
砂质潮土 Sandy fluvo-aquic soil	0.057	8.23	1.03	45.5	492	1.67	0.22	2.35	1.52	0.136	61.6	83.6	8.90	55.3	16.9	472	12.1	1.27
石灰性砂浆黑土 Calcareous mortar black soil	0.077	10.50	1.73	53.6	548	2.22	0.36	2.29	1.28	0.163	75.4	92.7	11.70	71.5	26.0	598	14.7	1.37
碱土 Alkaline soil	0.066	10.47	1.27	50.9	491	1.90	0.28	3.10	1.87	0.156	65.9	86.3	11.35	59.2	21.3	578	13.7	1.28
全区背景值 Background value of the whole region	0.068	10.50	1.33	50.3	494	1.95	0.3	2.84	1.89	0.163	67.1	84.9	11.80	59.65	22.7	589	13.9	1.29
土壤类型 Soil type	Hg	I	La	Li	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Sc	Se	Sn	Sr
壤质潮土 Loamy fluvo-aquic soil	35.4	1.87	35.03	31.78	555	0.523	895	13.39	27.79	1 015	21.21	90.34	177	0.91	10.7	0.19	2.88	187
黏质潮土 Clayey fluvo-aquic soil	35.6	1.95	36.21	37.08	670	0.583	967	13.67	32.48	963	23.84	99.46	195	1.05	12.2	0.20	2.97	186
砂质潮土 Sandy fluvo-aquic soil	30.1	2.35	33.12	24.46	471	0.471	697	12.35	21.96	1 002	18.58	81.14	153	0.78	8.8	0.14	2.39	193
石灰性砂浆黑土 Calcareous mortar black soil	26.8	1.70	38.67	38.85	563	0.385	1 139	13.79	33.22	952	25.79	106.73	163	0.92	12.1	0.19	3.41	144
碱土 Alkaline soil	33.8	2.10	34.81	31.62	558	0.537	852	13.40	27.98	1 011	21.14	89.99	178	0.93	10.6	0.18	2.88	191
全区背景值 Background value of the whole region	34.7	1.91	35.30	33.20	569	0.536	910	13.50	28.90	999	22.30	92.4	180	0.94	11.1	0.19	2.89	187
土壤类型 Soil type	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Corg	pH
壤质潮土 Loamy fluvo-aquic soil	11.05	3 914	0.53	2.26	77.7	1.65	23.23	65.90	223	64.0	11.9	3.95	2.08	5.82	1.83	2.27	0.84	8.18
黏质潮土 Clayey fluvo-aquic soil	11.91	3 957	0.58	2.31	88.5	1.77	24.35	73.66	197	60.6	12.9	4.57	2.32	6.57	1.63	2.47	0.88	8.11
砂质潮土 Sandy fluvo-aquic soil	9.95	3 610	0.47	2.01	65.9	1.45	21.61	52.69	264	67.4	10.9	3.25	1.70	5.30	1.97	2.21	0.69	8.20
石灰性砂浆黑土 Calcareous mortar black soil	13.07	4 290	0.6	2.31	89.3	1.81	25.85	65.88	242	63.8	14.1	4.71	1.87	1.96	1.41	2.08	0.98	7.83
碱土 Alkaline soil	11.03	3 913	0.53	2.30	77.5	1.67	23.17	62.64	219	63.7	11.9	3.96	2.08	5.97	1.82	2.28	0.81	8.17
全区背景值 Background value of the whole region	11.20	3 928	0.54	2.27	80.1	1.69	23.40	67.20	217	63.2	12.1	4.09	2.13	5.93	1.79	2.29	0.85	8.16

注:氧化物、C、N、S、Corg为%; Au、Hg为 $\times 10^{-9}$;其余元素为 $\times 10^{-6}$; pH无量纲

Note: Oxygen, C, N, S and Corg are %; Au and Hg are $\times 10^{-9}$; other elements are $\times 10^{-6}$; pH is dimensionless

2.2.2 主要土壤类型元素背景值。将商丘地区 5 个主要土壤类型元素背景值列于表 4,其中分布最广的是潮土,其次是石灰性土。

2.2.2.1 壤质潮土类型土壤背景特征。商丘地区潮土主要包括壤质潮土、砂质潮土和黏质潮土 3 类,分布在冲积平原区,土壤 pH 大于 8,表现为碱性土壤。潮土中除亲石元素与卤族元素 Cl、Sr、Ca、Ba、Br、C、Cd、F、I、Mo、P、S、Zn、Mg、Na、K 等含量较高外,多数元素背景值低于全区土壤背景均值。这种特点除与以冲洪积物质为成土母质的土壤多数元素易溶失有关外,还反映出黄淮冲洪积平原成土母质受到来自上游成熟度较高的黄土物质的稀释,使多数元素含量较低。

2.2.2.2 盐碱土类型土壤背景特征。盐碱土主要呈点状分布于黄河故道间的背河洼地中,面积不大,土壤 pH 8.17。盐碱土中大部分亲铁、亲硫元素低于区域背景值,尤以 N、Se、Zr、Crog 等含量较低;含量较高的有 Cl、Ca、Br、C、S、Sr、Mg 及 As、Cr、F、I、Li、Mo、Ni、P、Sb、Sc、Na、K 等卤族元素及碱土金属元素,尤以富集 Cl、Ca 及 Br、C、S、Sr、Mg 等为显著特征,这与盐碱土形成环境中排水不畅的地貌条件及干旱的气候环境有关。

2.2.2.3 石灰性砂姜黑土型土壤背景特征。石灰性砂姜黑土主要分布于永城市西南部,分布面积不大,土壤 pH 7.87。该土壤绝大部分指标高于区域背景值,尤其以富 Br、Cd、Se、Ca 和高 B、Bi、C、F、Hg、I、Li、Mo、Pb、S、U、Fe、Mg、Corg 等为特点。Sr、Na、Ba、Nb、P、Zr、Si 等含量较低。这与成土母质地球化学特征近似。

2.3 基准值与背景值比较 土壤地球化学基准值和背景值分别反映深层、表层 2 类土壤的地球化学环境^[8],两者之间存在一定的联系及差异。为了更加直观地表述某一地区表层土壤中元素(指标)相对于该区深层土壤中的含量差异,用表生富集系数^[9]这一概念来描述它,定义为(某地某元素的)表生富集系数=(该地该元素)背景值/基准值。

由表 5 可以看出,全区 Zr、Sr 等元素(指标)富集系数在 0.90~<1.10,说明这些指标基本保持了原生背景状态,受表生环境影响后,含量变化不大;而 Sn、Co 等指标,比值在 1.10~<1.50;P、Cd、S、Br、Hg、N、Se、Corg 这 8 项指标表生富集作用最强。表生富集现象较为明显的元素大致分为 2 组,其一为 N、P、C、Corg 等,主要是受人类农业生产(生活)活动影响所致;其二为 Hg、Cd、Bi、S 等,与工业污染关系密切。这也充分印证了这样一个事实,即强烈的且无处不在的人类生产以及生活活动已经成为引起表层土壤中某些元素(指标)出现富集或异常的主要原因。尤其是人类活动产生的某些难溶重金属元素在表土环境中不断累积富集,而土壤具有较强的吸附离子的能力^[10],离子不易解析,最后可能产生灾难性后果。目前,全区表层土壤环境中 Hg 元素富集已达到基准值的 2 倍以上,局部地区更高,该元素富集(污染)可能造成的危害应引起人们的高度重视。

3 结论

黄淮海平原地区干旱、偏碱性土壤的地球化学性质决定

了商丘地区土壤元素基准含量普遍偏低,Se、Hg、Br、N 含量小于全国的 0.5 倍,其中生命必需元素 Se 全量较缺乏,含量仅为全国平均含量的 0.28 倍,S、I、Mo、Corg、Bi 含量位于 0.50~0.75 倍。高于全国含量的有 Sn、Be、Ni、Sb、F、MgO、P、Sr、Na₂O、B、Cl、CaO 等,其中最高的为 CaO,为全国含量的 1.96 倍,其次是 Cl,为 1.50 倍。

表 5 土壤背景值与基准值比值

Table 5 Ratio of soil background value to reference value

等级 Level	表生富集系数 Supergeneenrichment coefficient	元素 Element
低 Low	<0.90	Cl
略低 Slightly low	0.90~<1.00	Zr、Sr、Na ₂ O、CaO、pH、 Ce、B、U、SiO ₂ La、Nb、Ga、Ge、Mo、Th、 Ti、Y、Ba、Tl、W、Be、Cr、 Rb、Al ₂ O ₃ 、K ₂ O、MgO、Sc、 V、Ni、Fe ₂ O ₃ 、As、Li
正常 Normal	1.00~<1.10	
略高 Slightly high	1.10~<1.50	Zn、Co、F、Mn、Sb、Ag、Au、 Sn、Cu、Pb、Bi、Cl
高 High	≥1.50	P、Cd、S、Br、Hg、N、Se、 Corg

商丘地区土壤背景值总体表现为低 Hg、Zr、Au、Cr,高 Sr、F、Cl、Na₂O、C、MgO、P、CaO、S,重金属 Hg、Cr 含量低与区内 70% 的土壤属农业种植区,工业活动影响范围小有关。区内与农业生产有关的营养元素 P 等偏高,重金属 Cr、Hg 低,适合发展绿色农业。

石灰性砂姜黑土绝大部分指标高于区域背景值,以富 Br、Cd、Se、Ca 等为特点。Sr、Na、Ba、Nb、P、Zr、Si 等含量较低;盐碱土中大部分亲铁、亲硫元素低于区域背景值,以 N、Se、Zr、Crog 等含量较低为特点;砂质潮土中元素含量普遍偏低,且元素含量变化较剧烈,以富 Br、Cd、Se、Ca 等为特点。

受人类活动影响,P、Cd、S、Br、Hg、N、Se、Corg 这 8 项表生富集作用明显,其中 Hg、Cd、Bi、S 等与工业污染关系密切,尤其是难溶重金属元素在表土环境中不断累积富集,全区表层土壤环境中 Hg 元素富集已达到基准值的 2 倍以上,商丘市城区周边土壤背景明显高于其他地区,该元素富集(污染)可能造成的危害应引起高度重视。

参考文献

- [1] 赵奇.成都市多目标地球化学调查和双层采样的效果[J].中国地质,2002,29(2):186-191.
- [2] 奚小环,陈国光,张德存,等.多目标区域地球化学调查规范(1:250000);DZ/T 0258—2014[S].北京:中国标准出版社,2014.
- [3] 迟清华,鄂明才.应用地球化学元素丰度数据手册[M].北京:地质出版社,2007:82.
- [4] 盛奇,王恒旭,胡永华,等.黄河流域河南段土壤背景值与基准值研究[J].安徽农业科学,2009,37(18):8647-8650,8668.
- [5] 任圆圆,张学雷.河南省地形、土壤和地表水体多样性格局特征[J].土壤学报,2017,54(3):590-600.
- [6] 戎秋涛,翁焕新.环境地球化学[M].北京:地质出版社,1990.
- [7] 董岩翔.浙江省土壤地球化学背景值[M].北京:地质出版社,2007:149.
- [8] 陈兴仁,陈富荣,贾十军,等.安徽省江淮流域土壤地球化学基准值与背景值研究[J].中国地质,2012,39(2):302-310.
- [9] 廖启林,金洋,吴新民,等.南京地区土壤元素的人为活动环境富集系数研究[J].中国地质,2005,32(1):142-147.
- [10] 邢光熹,朱建国.土壤微量元素和稀土元素化学[M].北京:科学出版社,2003:254.