

水文地质环境地质

日照市土壤地球化学元素分布规律及成因探讨

庞绪贵¹, 宋娟娟², 代杰瑞¹, 喻超¹, 张华平¹, 陈磊¹, 任天龙¹, 王红晋¹

(1.山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2.五莲县国土资源局, 山东 五莲 262300)

摘要:在日照市开展多目标区域地球化学调查, 获取了表层土壤和深层土壤地球化学数据, 通过对获得的地球化学参数进行统计分析, 确定了日照市土壤地球化学基准值和背景值, 认为日照市除部分元素或指标外, 大部分元素或指标土壤地球化学基准值和背景值与全省土壤地球化学基准值和背景值接近。研究发现, 日照市 As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 等 8 种重金属元素背景值含量低于国家土壤环境质量的土壤一级标准限值, 日照市土壤质量基本保持自然背景水平; 而受工业化生产和城市化建设等后期人为活动影响, 日照市表层土壤中 Cd, C, Hg, N, P, S, Se, Corg 等元素或指标出现明显富集, 应引起重视。

关键词:成土母质; 土壤类型; 地球化学特征; 土壤质量; 自然背景; 日照市

中图分类号: P258 **文献标识码:** B

引文格式: 庞绪贵, 宋娟娟, 代杰瑞, 等. 日照市土壤地球化学元素分布规律及成因探讨[J]. 山东国土资源, 2018, 34(4): 43-49. PANG Xugui, SONG Juanjuan, DAI Jierui, etc. Study on the Distribution Law and the Origin of Soil Geochemical Elements in Rizhao City[J]. Shandong Land and Resources, 2018, 34(4): 43-49.

日照市是一座新兴的沿海港口城市, 地处中国大陆沿海中部、山东半岛南翼, 东临黄海, 西靠沂蒙山, 北连青岛、潍坊, 南接江苏连云港, 既是鲁南地区的直接出海口, 又是亚太经济和欧洲经济的重要结合点, 具有得天独厚的区位优势。境内地貌类型多样, 有平原、山丘、水域、湿地、海洋等丰富多样的自然景观。地势背山面海, 中部高四周低, 略向东南倾斜, 山地、丘陵、平原相间分布。位于北温带季风区, 海洋性气候明显: 空气湿润, 雨量适中, 温度适宜, 夏无酷暑, 冬无严寒, 年平均气温 12.7℃, 年平均湿度 72%, 年平均日照 2 533 h, 年均降水量 870 mm。适宜的气候环境为农、渔业发展提供了优越的自然条件。

1 地质概况

日照市处于华北板块和秦岭—大别—苏鲁造山带 2 个一级构造单元的交会部位, 以五莲—青岛断裂为界, 其北西侧为华北板块, 南东侧为秦岭—大别—苏鲁造山带。区内地层发育较为齐全, 太古宇、元古

宇、古生界、中生界及新生界均有不同程度的分布, 尤其是中生界发育较为完整。调查区跨两个 I 级大地构造单元, 由于经历了长期发展演化的历史及沂沭断裂带、五莲—青岛断裂带、近岸断裂带等深大断裂多期活动的切割改造, 致使区内构造形态复杂, 区内各地质单元的分布及主干构造线的展布总体呈现出一种以沂沭断裂带为主干的树枝状格局。岩浆岩分布广, 从太古代、元古代、中生代到新生代都有岩浆活动的踪迹, 以元古代及中生代侵入岩最发育, 其岩性从超基性—基性—中性—酸性岩皆有, 以酸性岩为主。

土壤位于风化壳最表层的地带, 是在风化产物(母质)的基础上经过成土作用逐步发育形成的。根据全国土壤普查暂行技术规程和《山东省第二次土壤普查土壤工作分类暂行方案》, 日照市土壤类型共分为棕壤、石质土、粗骨土、褐土、砂浆黑土、潮土、滨海盐土、水稻土等 8 个土类。依其各自的发育程度、附加成土过程和土壤属性, 可进一步分为棕壤、潮棕壤、棕壤性土、白浆化棕壤、酸性石质土、钙质粗骨土、中性粗骨土、酸性粗骨土、溶淋褐土、潮褐土、褐

收稿日期: 2017-11-01; 修订日期: 2018-01-02; 编辑: 曹丽丽

基金项目: 山东省地质勘查专项“山东省东部地区农业生态地球化学调查”(鲁国土资字(2006)709号)资助

作者简介: 庞绪贵(1962—), 男, 山东五莲人, 研究员, 主要从事地球物理地球化学勘查技术应用和管理研究; E-mail: sdsddygb@sohu.com

土、褐土性土、砂浆黑土、潮土、滨海盐土、淹育水稻土等 16 个亚类^[1]。

2 方法技术

2.1 土壤样品采集

土壤地球化学调查样品采集严格按照《多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)》执行,采集的样品包括表层和深层土壤,样点布设采用网格法布置在农田、菜地、果园、林地中。表层土壤样品采样密度为 1 个点/km²,采样深度 0~20 cm;深层土壤样品采样密度为 1 个点/4km²,采样深度 150~200 cm。表层土壤组合分析样密度为 1 件/4km²,深层土壤组合分析样密度为 1 件/16km²,组合分析样送样重量为 200 g。日照市表层土壤组合分析样 1 349 件,深层土壤组合分析样 347 件。

2.2 测试元素与指标

表层、深层土壤测量依据中国地质调查局地质调查技术标准《多目标区域地球化学调查规范(1:25 万)》的规定,分析测试 Ag, As, Au, B, Ba, Be 等 54 元素或指标^[2]。样品测试由湖北省地质实验研究所承担,采用等离子体发射光谱法、X 射线荧光光谱法、发射光谱法、原子荧光光谱法、石墨炉原子吸收法等一整套配套方法测试。样品测试质量由中国地质调查局区域地球化学分析质量监督检查组进行监控,经评审样品分析质量为优秀。

2.3 数据处理

对取得的表层土壤、深层土壤 Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, C, Cd, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, F, Ga, Ge, Hg, I, La, Li, Mn, Mo, N, Nb, Ni, P, Pb, Rb, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, Corg, pH 值等 54 元素或指标分析数据进行整理,分离出采样点数据、重复样数据和质量监控样数据,进行包括样品数、最小值、最大值、中位数、算术平均值、几何平均值、标准离差、变异系数等地球化学参数统计分析。

3 主要成果

3.1 土壤地球化学基准值特征

土壤地球化学基准值^[3-12]指未受人类活动影响的,反映土壤原始沉积环境(第 I 环境)的地球化学

元素含量,即地质意义上(自然条件下)的地球化学背景特征,也称为土壤元素本底值,以深层土壤地球化学调查元素含量表征。其控制因素主要是地质背景、沉积物来源和类型,以及地貌气候条件等。它是研究表生元素地球化学行为(次生富集或贫化)的重要参比值,也是评判表层土壤污染程度(此处“污染程度”特指相对于原始地球化学背景含量)的重要依据,是圈定矿致元素异常、评价土壤元素丰缺、成土母质环境质量、农产品品质与安全性及防治对策等研究的基本参考值。

日照市土壤地球化学基准值参数统计见表 1。由表 1 可见,日照市土壤地球化学基准值与山东省土壤平均值(C 层,54 项指标)和 1990 年国家环境保护局、中国环境监测总站测定的中国土壤元素平均值(C 层,13 项指标)对比明显不同,且不同元素间变异系数也有较大差别,调查区土壤元素基准值有如下特征:

(1)与山东省土壤平均值(C 层)对比,日照市土壤中 Ba, La, Se, Sr, K₂O, Na₂O, Corg 等指标基准值明显高于山东省土壤平均值(C 层),均超过 1.2 倍,特别是 Ba 元素基准值是山东省土壤平均值(C 层)的 1.8 倍,主要与日照市地处沿海有关;As, Au, B, Bi, C, Cl, S, Sb, W, MgO, CaO 等元素或指标基准值则明显低于山东省土壤平均值(C 层),均不到山东省土壤平均值(C 层)的 80%,As 元素低说明区内土壤环境基础好,MgO, CaO 等指标低与区内大部地区分布岩浆岩有关;而 Ag, Be, Ce, Co, Mn, Br 等大部分元素基准值基本接近山东省土壤平均值(C 层)。

(2)与中国土壤元素平均值(C 层)对比,日照市土壤中除 Cd, Mn, Pb 外,重金属元素 Hg, As, Cu, Ni, Zn 和有益元素 Se, Co 等均低于全国土壤平均值,特别是 Hg 元素含量仅为全国土壤值的 36%、Se 元素含量仅为全国土壤值的 48%,一方面说明调查区大部分区域土壤环境质量较好,但另一方面也会造成微量营养元素不足,这些营养元素在土壤中原始储备量的不足,是调查区土壤出现缺素的根本原因。

(3)变异系数是表征元素基准值的一个基本参数。从深层土壤元素含量变异性可以看出,As, B, Ba, Br, C, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Li, Ni, P, Sr, SiO₂, MgO, CaO, Corg 等大部分元素或指标的变异系数

表1 日照表层、深层土壤地球化学参数统计

项目	表层土壤			山东省 (A层)	中国 (A层)	深层土壤			山东省 (C层)	中国 (C层)	K 值
	背景值 (X)	离差 (S)	变异系数 (C)			基准值 (X)	离差 (S)	变异系数 (C)			
Ag	0.063	0.016	0.25	0.068	0.132	0.058	0.014	0.24	0.059		1.09
As	5.4	1.6	0.29	8.6	11.2	5.8	2.1	0.36	8.7	11.5	0.93
Au	1.12	0.27	0.24	1.53		1.14	0.26	0.23	1.54		0.98
B	25.4	9.4	0.37	42.7	47.8	23.5	9.0	0.38	41.4		1.08
Ba	999	319	0.32	550	469	1018	304	0.30	564		0.98
Be	2.02	0.29	0.15	1.94	1.95	2.06	0.31	0.15	1.99		0.98
Bi	0.21	0.05	0.26	0.27	0.37	0.19	0.05	0.29	0.24		1.11
Br	2.69	0.68	0.25	3.99	5.4	2.55	0.92	0.36	3.09		1.05
C	0.73	0.21	0.28	1.28		0.39	0.16	0.40	0.86		1.87
Cd	0.114	0.035	0.31	0.132	0.097	0.085	0.032	0.37	0.092	0.084	1.34
Ce	83.6	22.5	0.27	66.8	68.4	81.4	22.4	0.28	68.3		1.03
Cl	72	19	0.26	100		59	15	0.25	97		1.22
Co	12.1	3.5	0.29	11.9	12.7	12.7	3.8	0.30	12.5	13.4	0.95
Cr	57.1	21.1	0.37	62.0	61	57.0	20.9	0.37	62.6	60.8	1.00
Cu	19.2	6.20	0.32	22.6	22.6	18.0	5.6	0.31	21.3	23.1	1.07
F	461	113	0.25	521	478	480	117	0.24	508	507	0.96
Ga	17.23	2.01	0.12	15.77	17.5	17.42	2.08	0.12	16.08		0.99
Ge	1.33	0.15	0.11	1.30	1.7	1.38	0.18	0.13	1.32		0.96
Hg	0.026	0.009	0.36	0.031	0.065	0.016	0.005	0.31	0.016	0.044	1.63
I	1.79	0.42	0.24	1.96	3.76	1.93	0.46	0.24	1.76		0.93
La	44.08	11.89	0.27	34.20	39.7	43.09	10.91	0.25	34.66		1.02
Li	22.59	6.42	0.28	30.28	32.5	25.12	8.97	0.36	31.29		0.90
Mn	608	133	0.22	576	583	675	177	0.26	590	597	0.90
Mo	0.64	0.18	0.28	0.58	1.7	0.62	0.18	0.29	0.57		1.03
N	0.079	0.020	0.25	0.089		0.040	0.011	0.29	0.03		71.98
Nb	14.8	2.3	0.15	13.5		14.9	2.4	0.16	13.6		0.99
Ni	24.3	9.1	0.37	27.1	26.9	26.0	9.3	0.36	27.9	28.6	0.93
P	695	221	0.32	824		495	209	0.42	492		1.40
Pb	26.8	4.7	0.17	23.6	26	25.0	4.6	0.18	21.4	24.7	1.07
Rb	97.4	13.5	0.14	94.7	111	99.0	12.8	0.13	95.5		0.98
S	163	39	0.24	211		103	25	0.24	134		1.58
Sb	0.52	0.12	0.22	0.75	1.21	0.56	0.15	0.26	0.79		0.93
Sc	9.1	2.4	0.27	10.2	11.1	9.1	2.5	0.27	10.5		1.00
Se	0.16	0.03	0.19	0.18	0.29	0.12	0.03	0.25	0.10	0.25	1.33
Sn	2.4	0.4	0.19	2.8	2.6	2.2	0.4	0.19	2.5		1.09
Sr	261	95	0.36	203	167	253	95	0.37	197		1.03
Th	10.7	2.7	0.25	10.7	13.75	10.6	2.9	0.27	10.8		1.00
Ti	3838	619	0.16	3704	3800	3818	628	0.16	3745		1.01
Tl	0.58	0.10	0.17	0.59	0.62	0.57	0.09	0.16	0.60		1.02
U	1.90	0.39	0.21	2.16	3.03	1.81	0.50	0.28	2.12		1.05
V	74.7	18.5	0.25	75.6	82.4	78.4	19.2	0.24	78.7	84.3	0.95
W	1.11	0.31	0.28	1.50	2.48	1.18	0.30	0.26	1.53		0.94
Y	24.7	4.1	0.17	22.8	22.9	24.9	3.7	0.15	23.2		0.99
Zn	64.6	16.4	0.25	63.3	74.2	62.4	14.9	0.24	58.6	71.1	1.04
Zr	322	58	0.18	255	256	294	57	0.19	247		1.10
Al ₂ O ₃	13.67	0.99	0.07	12.96	12.51	14.12	0.90	0.06	13.20		0.97
CaO	1.35	0.47	0.35	3.36	2.15	1.32	0.46	0.35	3.59		1.02
MgO	1.19	0.44	0.37	1.59	1.29	1.25	0.44	0.35	1.58		0.95
K ₂ O	2.96	0.38	0.13	2.47	2.24	2.93	0.41	0.14	2.42		1.01
Na ₂ O	2.65	0.45	0.17	2.04	1.37	2.56	0.49	0.19	2.00		1.04
SiO ₂	65.57	3.57	0.05	63.29		64.17	3.31	0.05	62.75		1.02
Fe ₂ O ₃	4.16	0.95	0.23	4.31	4.2	4.37	0.93	0.21	4.36		0.95
OrgC	0.73	0.20	0.28	0.79	1.8	0.35	0.14	0.38	0.26		2.09
pH	6.22	0.93	0.15	7.32	6.7	7.12	0.76	0.11	8.01		0.87

注:含量单位 C, N, OrgC 和氧化物为 10⁻², Au 为 10⁻⁹, pH 无量纲, 其余为 10⁻⁶。

大于等于0.30,其中C,P等元素大于0.4,反映了2元素的含量变化幅度较大、空间分布差异明显;Ag,Au,Be,Bi,Ce,Cl,F,Ga,Ge,I,La,Mn,Mo,N,Nb,Pb,Rb,S,Sb,Sc,Se,Sn,Th,Ti,Tl,U,V,W,Y,Zn,Zr,SiO₂,Al₂O₃,Fe₂O₃,Na₂O,K₂O,pH值等元素或指标的变异系数小于0.30,其中Be,Ga,Ge,Nb,Pb,Rb,Sn,Ti,Tl,Y,Zr,SiO₂,Al₂O₃,Na₂O,K₂O,pH值的变异系数小于0.2,反映了这些元素或指标含量变化小,空间分布均匀。

3.2 土壤地球化学背景值特征

土壤地球化学背景值^[13-18]是指自然应力和人类活动共同作用影响下(第Ⅱ环境)区域表层土壤的含量值,实际上是成土母质组成、成土过程中元素迁移重分配、人为扰动污染等各种因素长期综合作用的结果,以表层土壤地球化学调查元素含量表征。它与土壤基准值有着密切继承关系,总体受土壤基准值的控制,但由于经长期风化、淋溶作用和人类生产生活等活动的改造,表层土壤地球化学特征已发生一定的演变,导致两者之间存在一定的差异。土壤元素地球化学背景值是土壤环境质量评价、土壤肥力和营养水平分级、土地管护和合理利用、土壤改良和平衡施肥、农业种植规划、土壤生态环境保护决策的基础依据。

日照市土壤元素地球化学背景值参数统计见表1。由表1可见,日照市土壤元素地球化学背景值与山东省土壤元素背景值(A层,54项指标),1990年国家环境保护局、中国环境监测总站测定的中国土壤元素平均值(A层,46项指标)对比明显不同,且不同元素间变异系数也有较大差异,调查区土壤元素背景值有如下特征:

(1)与山东省土壤背景值(A层)对比,日照市土壤中Ba,Ce,La,Sr,Zr,Na₂O,K₂O,等指标背景值明显高于山东省土壤平均值(A层),均超过1.2倍;As,Au,B,Bi,Br,C,Cl,Li,S,Sb,W,MgO,CaO,等元素或指标背景值则明显低于山东省土壤平均值(A层),均不到山东省土壤平均值(A层)的80%,As元素低说明区内土壤环境基础好,MgO,CaO等指标低与区内大部地区分布岩浆岩有关;而Ag,Be,Cd,Co,Cr,Cu,F,Ga,Ge,Hg,I,Mn,Mo,N,Nb,Ni,P,Pb,Rb,Sc,Se,Sn,Th,Ti,Tl,U,V,Y,Zn,SiO₂,Al₂O₃,Fe₂O₃,Corg,pH值等大部分元素

背景值基本接近山东省土壤平均值(A层)。

(2)与全国土壤平均值(A层,46项指标)对比,Ag,As,B,Bi,Br,Ge,Hg,I,Li,Mo,Sb,Se,Th,U,W,CaO,Corg等元素或指标的背景值明显偏低,均不到全国土壤平均值(A层)80%,其中Ag,As,Hg,I,Mo,Sb,W,Corg等元素或指标的背景值极低,不到全国土壤平均值(A层)50%,As,Hg等元素背景值低,说明日照市土壤环境质量良好,而B,I,Mo,Se,Corg等元素或指标背景值明显偏低,说明日照市土壤中营养微量元素缺乏,应引起重视。Ba,Ce,Sr,Zr,K₂O,Na₂O等指标背景值明显高于全国土壤平均值(A层),均超过1.2倍其余元素或指标与全国土壤均值基本接近。

(3)研究日照市As,Cd,Cr,Cu,Hg,Ni,Pb,Zn等8种重金属元素背景值含量发现,与山东省土壤背景值对比,除Pb,Zn元素略高于山东省土壤背景值外,其他元素均低于山东省土壤背景值;与全国土壤背景值对比,除Cd,Pb元素略高于全国土壤背景值外,其他元素均低于全国土壤背景值;与国家土壤环境质量标准对比,日照市As,Cd,Cr,Cu,Hg,Ni,Pb,Zn等8种重金属元素背景值均低于土壤一级标准限值(图1),Hg元素最低,为一级标准限值的17.3%,Pb元素最高,也仅为一级标准限值的76.6%,其他元素均低于一级标准限值的70%,日照市土壤为Ⅰ类土壤,土壤质量基本保持自然背景水平。

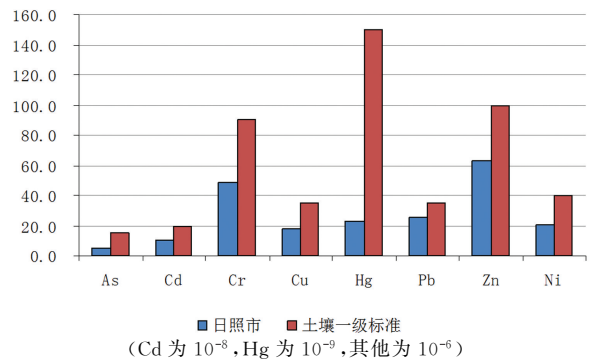


图1 日照市土壤重金属元素背景值与土壤环境质量标准对比

3.3 基准值与背景值参数对比

基准值和背景值分别为深层土壤(第Ⅰ环境)和表层土壤(第Ⅱ环境)元素含量值,背景值与基准值的比值(*k*值)代表各指标在表层土壤中的富集程度。表层、深层土壤是在同一成土母质基础上发育而成,土壤地球化学含量特征理应一致,但表层土壤

在成土过程中,受自然风化淋滤作用和人为扰动如后期工业“三废”、增施肥料、污灌和农药等因素影响,使其含量特征产生明显差异。因此,表层土壤中的元素含量,除受母岩风化成土作用的控制外,还受

到人为活动的影响。土壤地球化学背景值与基准值统计结果(表 1)可以看出,背景值与基准值分布是不均匀的,两者之间既有联系又有区别^[19-23]。分段统计 k 值如表 2 所示。

表 2 日照市土壤背景值与基准值比值(k)对比统计

比值(k)	0.7 < k ≤ 0.95	0.95 < k < 1.05	1.05 ≤ k < 1.3	1.3 ≤ k < 1.6	k ≥ 1.6
程度	略偏低	基本接近	略偏高	明显偏高	显著偏高
元素或指标	Co, I, Li, Mn, Ni, Sb, V, W, MgO, Fe ₂ O ₃ , pH 值	As, Au, Ce, Cr, F, Ga, Ge, La, Mo, Nb, Rb, Sc, Sr, Th, Ti, Tl, Y, Zn, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , CaO, Na ₂ O, K ₂ O	Ag, B, Bi, Br, Cl, Cu, Pb, Sn, U, Zr	Cd, P, S, Se	C, Hg, N, Corg

(1)As, Au, Ce, Cr, F, Ga, Ge, La, Mo, Nb, Rb, Sc, Sr, Th, Ti, Tl, Y, Zn, SiO₂, Al₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O 等大部分元素或指标的 k 值在 0.95~1.05 之间,表层土壤的背景含量与土壤成土母质的平均含量基本一致,反映了该分段的元素或指标在深层和表层土壤之间的继承性均较好,两者联系性紧密,表层土壤保持了成土母质的原始状况,后期人类活动对其影响较小或未受影响。

(2)Co, I, Li, Mn, Ni, Sb, V, W, MgO, Fe₂O₃, pH 值等元素或指标的 k 值在 0.7~0.95 之间,表层土壤的背景含量略低于深层土壤背景值,可能是由于表层土壤在风化成壤作用与人类活动作用中有少量被迁移带出,农作物吸收或溶淋至土壤深层所致;pH 比值为 0.87,反映了在人类活动如燃煤、汽车尾气、污水灌溉等影响下,导致表层土壤 pH 降低,有酸化趋势。

(3)Ag, B, Bi, Br, Cl, Cu, Pb, Sn, U, Zr 等元素的 k 值在 1.05~1.30 之间,表层土壤的背景含量略高于深层土壤背景值,这些元素受土壤成土母质和后期人为活动的双重影响,在表层土壤中趋于弱富集状态,可能由少量外源物质的迁入所致。

(4)Cd, P, S, Se 等元素的 k 值在 1.3~1.6 之间,表层土壤的背景含量明显高于深层土壤背景值,元素在表层土壤中出现明显富集,而从元素种类来看,这可能与燃煤(S 和 Se)、施肥(P)、工业粉尘(Cd)等人为活动所致。

(5)C, Hg, N, Corg 等元素或指标的 k 值大于 1.6,表层土壤的背景含量显著高于深层土壤背景值,表明这些元素或指标在表层土壤中已趋于显著富集,N 的富集主要与土地耕作层的人工施肥有关,表明农业生产中氮肥的使用已使该区表层土壤 N 元素的地球化学含量显著提升;OrgC, C 的富集除

与人类的农业生产过程中大量有机肥料的使用有关外,更重要的是与植物不断地把枯枝落叶或者残体埋入土中,使土壤中的有机质增加有关;Hg 元素主要与工业化生产和城市化建设产生了大量的工业、生活污水,污水灌溉有关。

3.4 元素在表层和深层土壤中的变异程度对比

由于表层土壤在成土过程中元素的活化迁移重新分配等自然作用及人为叠加扰动的影响,不同元素的含量变化幅度较大,空间分布差异明显,标准偏差与平均值的比值即通常称的变异系数(指用原始地球化学数据统计得到的变异系数)与深层土壤相比差异较大(表 3)^[24-30]。表层与深层土壤变异系数比值大于 1 的多为与人类活动关系密切的元素,如 Bi, Cd, Cu, F, Hg, Mo, Pb, pH, S 等,说明人类生产生活已对元素的分布分配产生影响。变异系数在深层、表层土壤中均大于 0.3 以上的元素有 Ag, As, Au, B, Ba, Bi, Br, C, CaO, Cd, Ce, Cl, Cr, Cu, Hg, La, Li, MgO, Mo, Ni, OrgC, P, Pb, S, Se, Sr, Th, W, Zn。特别是 Hg 元素,表层土壤中的变异系数高达 2.73,深层土壤中为 2.39,这可能与调查区表层土壤中 Hg 元素受到较强烈的人为活动有关,即由于调查区内各地经济发展不平衡,工业排污程度不同,造成了表层土壤中 Hg 的分布差异更大。S 和 Cd 元素情况与此类似,在表层土壤中的变异系数分别为 1.1, 1.12, 在深层土壤中降低为 0.83, 0.99。Au 元素表层和深层变异系数均较大,但深层土壤 Au 变异系数明显较大,这可能是因为调查区出现矿点,在地质体单元分布不均,表层由于冲刷淋滤以及人为扰动等作用,Au 元素发生分布再分配。CaO 和 MgO 等元素在表、深层土壤中的变异系数均大于 0.3,说明这类元素在不同地质体中的含量差异明显。如碳酸岩中 CaO 含量可达 50% 以上,而在硅酸盐中的

含量小于5%。元素在土壤表、深层变异系数小于0.3的有 Al₂O₃, Be, F, Fe₂O₃, Ga, Ge, K₂O, Na₂O, Nb, pH, Rb, Sc, SiO₂, Sn, Ti, Tl, V, Y, Zr, 尤其是

其中的 Al₂O₃ 和 SiO₂, 变异系数小于0.1, 说明这些元素在土壤中的分布均一性较好。

表3 日照市表层和深层土壤元素变异系数对比

指标	变异系数		比值	指标	变异系数		比值	指标	变异系数		比值
	表层	深层			表层	深层			表层	深层	
Ag	0.66	0.61	1.08	Hg	2.73	2.39	1.14	Th	0.45	0.41	1.10
As	0.40	0.40	1.00	I	0.30	0.43	0.70	Ti	0.17	0.21	0.81
Au	1.91	3.71	0.51	La	0.38	0.39	0.97	Tl	0.19	0.19	1.00
B	0.47	0.47	1.00	Li	0.36	0.38	0.95	U	0.29	0.31	0.94
Ba	0.36	0.42	0.86	Mn	0.24	0.40	0.60	V	0.27	0.26	1.04
Be	0.19	0.19	1.00	Mo	0.78	0.48	1.63	W	0.45	0.43	1.05
Bi	0.61	0.55	1.11	N	0.28	0.39	0.72	Y	0.18	0.18	1.00
Br	0.43	0.45	0.96	Nb	0.22	0.21	1.05	Zn	0.31	0.31	1.00
C	0.46	0.54	0.85	Ni	0.54	0.59	0.92	Zr	0.22	0.24	0.92
Cd	1.12	0.99	1.13	P	0.37	0.49	0.76	Al ₂ O ₃	0.08	0.07	1.14
Ce	0.35	0.38	0.92	Pb	0.51	0.42	1.21	CaO	0.47	0.50	0.94
Cl	2.05	2.20	0.93	Rb	0.16	0.17	0.94	MgO	0.44	0.38	1.16
Co	0.30	0.35	0.86	S	1.10	0.83	1.33	K ₂ O	0.13	0.15	0.87
Cr	0.49	0.56	0.88	Sb	0.27	0.32	0.84	Na ₂ O	0.18	0.20	0.90
Cu	0.61	0.50	1.22	Sc	0.28	0.28	1.00	SiO ₂	0.06	0.05	1.20
F	0.29	0.26	1.12	Se	0.37	0.32	1.16	Fe ₂ O ₃	0.23	0.22	1.05
Ga	0.12	0.12	1.00	Sn	0.26	0.20	1.30	OrgC	0.37	0.49	0.76
Ge	0.13	0.13	1.00	Sr	0.39	0.39	1.00	pH	0.15	0.11	1.36

4 结论

(1)通过对获得的表层和深层土壤地球化学数据统计,确定了日照市土壤地球化学基准值和背景值,研究各元素或指标土壤地球化学基准值和背景值的分布分配特征,认为日照市除部分元素或指标外,大部分元素或指标土壤地球化学基准值和背景值与全省土壤地球化学基准值和背景值接近。

(2)日照市 As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 等8种重金属元素背景值含量除 Pb, Zn 元素略高于山东省土壤背景值外,其他元素均低于山东省土壤背景值,除 Cd, Pb 元素略高于全国土壤背景值外,其他元素均低于全国土壤背景值;与国家土壤环境质量标准对比,日照市 As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn 等8种重金属元素背景值均低于土壤一级标准限值,日照市土壤为Ⅰ类土壤,土壤质量基本保持自然背景水平。

(3)Cd, C, Hg, N, P, S, Se, Corg 等元素或指标在表层土壤的背景含量明显高于深层土壤,元素在表层土壤中出现明显富集,从元素种类来看,可能与工业化生产和城市化建设产生了大量的工业、生活污水,污水灌溉等人为活动有关,特别是 Cd, Hg 等

重金属元素在表层土壤中的富集应引起重视。

这些成果为地方政府进行农业区划、环境保护和国土资源管理提供了基础地球化学资料和科学依据。

参考文献:

- [1] 阎鹏,徐世良,曲克健,等.山东土壤[M].北京:中国农业出版社,1994:54-63.
- [2] 中国地质调查局.多目标区域地球化学调查规范(1:25万)(DD2005-1)[S].2005.
- [3] 魏复盛,陈静生,吴燕玉,等.中国土壤元素背景值[M].北京:中国环境科学出版社,1990:1-91.
- [4] 鄢明才,顾铁新,迟清华,等.中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征[J].物探与化探,1997,21(3):161-167.
- [5] 庞绪贵,代杰瑞,董健,等.山东省土壤地球化学基准值[J].山东国土资源,2017,33(11):43-47.
- [6] 庞绪贵,高宗军,刘中业,等.沾化冬枣产地的土壤地质地球化学背景研究[J].安徽农业科学,2011,39(2):1081-1084.
- [7] 代杰瑞,庞绪贵,喻超,等.山东省东部地区土壤地球化学基准值与背景值及元素富集特征研究[J].地球化学,2011,40(6):577-587.
- [8] 庞绪贵,李肖鹏,王炳华,等.山东黄河冲积平原区土壤地球化学特征[J].山东国土资源,2008,24(11):26-29.
- [9] 王世进,庞绪贵,战金成,等.山东省黄河下游流域生态地球化学调查主要成果[J].山东国土资源,2008,24(11):21-25.
- [10] 代杰瑞,崔元俊,庞绪贵,等.山东省生态地球化学调查与评价

- 综述[J].山东国土资源,2011,27(5):1-7.
- [11] 庞绪贵,代杰瑞,徐春梅,等.平阴县土壤地球化学基准值与背景值研究[J].山东国土资源,2008,24(1):21-25.
- [12] 奚小环.土壤污染地球化学标准及等级划分问题讨论[J].物探与化探,2006,30(6):471-474.
- [13] 庞绪贵,代杰瑞,胡雪平,等.山东省土壤地球化学背景值[J].山东国土资源,2018,34(1):39-43.
- [14] 刘现明,徐学仁,张笑天,等.大连湾沉积物中的有机氯农药和多氯联苯[J].海洋环境科学,2001,20(4):40-44.
- [15] 庞绪贵,陈钰,刘汉栋,等.山东半岛蓝色经济区土壤地球化学基准值与背景值[J].山东国土资源,2014,30(8):21-26.
- [16] 瞿程凯,祁士华,张莉,等.福建戴云山山脉土壤有机氯农药残留及空间分布特征[J].环境科学,2013,34(11):4427-4433.
- [17] 庞绪贵,曹秀华,代杰瑞,等.山东省平阴县土壤地球化学元素含量特征与污染评价[J].上海地质,2011,31(增刊):114-132.
- [18] 付允,孙玉川,毛海红,等.地下河流域土壤中有机氯农药分布及来源分析[J].中国环境科学,2012,32(3):517-522.
- [19] 黄焕芳,祁士华,瞿程凯,等.福建鹭峰山脉土壤有机氯农药分布特征及健康风险评估[J].环境科学,2014,35(7):2691-2697.
- [20] 马晓东,孙雨沁,孙斌,等.胶东埠上金矿煌斑岩地球化学特征及成因[J].山东国土资源,2016,32(1):13-20.
- [21] 于林松,李世勇,张斌,等.大柴旦行委超立本陶勒盖地区化探异常特征及找矿方向[J].山东国土资源,2016,32(2):33-41.
- [22] 魏印涛,邱成贵,张斌,等.区域化探方法试验探讨——以胶东半岛莱阳幅1:20万水系沉积物测量为例[J].山东国土资源,2015,31(12):33-40.
- [23] 代杰瑞,庞绪贵,宫玉鑫,等.山东威海农业生态地球化学调查与评价[J].地质通报,2010,29(9):1391-1398.
- [24] 庞绪贵,代杰瑞,王红晋.山东省东部地区农业生态地球化学调查与评价[J].山东国土资源,2011,27(5):1-7.
- [25] 代杰瑞,庞绪贵,曾宪东,等.山东省土壤有机碳密度的空间分布特征及其影响因素[J].环境科学研究,2015,28(9):1449-1458.
- [26] 赵西强,庞绪贵,王增辉,等.利用原子荧光光谱—电感耦合等离子体质谱法研究济南市大气干湿沉降重金属含量及年沉降通量特征[J].岩矿测试,2015,34(2):245-251.
- [27] 郭瑞朋,庞绪贵,李秀章,等.焦家断裂带紫罗姬家以南的延伸问题探讨[J].山东国土资源,2014,30(11):1-4.
- [28] 王存龙,曾宪东,刘华峰,等.烟台市土壤环境质量现状及重金属元素分布迁移规律[J].中国地质,2015,42(1):317-330.
- [29] 代杰瑞,祝德成,庞绪贵,等.济南市土壤元素地球化学特征及环境质量[J].中国地质,2015,42(1):308-316.
- [30] 曹霏霏,杨丽原,庞绪贵,等.山东南四湖沉积物中汞的污染现状及迁移研究[J].环境科学,2015,36(5):1615-1621.

Study on the Distribution Law and the Origin of Soil Geochemical Elements in Rizhao City

PANG Xugui¹, SONG Juanjuan², DAI Jierui¹, YU Chao¹, ZHANG Huaping¹, CHEN Lei¹, REN Tianlong¹, WANG Hongjin¹

(1. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Wulian Bureau of Land and Resources, Shandong Wulian 262300, China)

Abstract: Based on the multi-objective regional geochemical survey in Rizhao city, geochemical data of the surface and deep soil have been obtained. Through statistical analysis of obtained geochemical parameters, geochemical reference value and background value of the soil in Rizhao city have been calculated. It is showed that geochemical reference value and background value of most elements or indicators in Rizhao city are similar to the geochemical reference value and background value of Shandong province. The background value of As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn and other heavy metal elements in Rizhao city are lower than the first class of the national soil environmental quality standards, which shows that the soil of Rizhao city are still in the position of a natural background. However, in the late stage of industrial production and urbanization construction, the elements or indicators of Cd, C, Hg, N, P, S, Se, Corg and so on in the surface soil of Rizhao city are significantly enriched, which should be paid more attention.

Key words: Parent material; soil types; geochemical characteristics; soil quality; natural background; Rizhao city