

doi: 10.11720/wtyht.2016.5.08

魏振山,涂其军,唐蜀虹,等.天山北坡乌鲁木齐至沙湾地区富硒土壤地球化学特征及成因探讨[J].物探与化探,2016,40(5):893-898.http://

doi.org/10.11720/wtyht.2016.5.08

Wei Z S, Tu Q J, Tan S H, et al. A discussion on the geochemical features and origin of selenium-rich soil on the northern slope of the Tianshan Mountains from Urumqi to Shawan County[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(5): 893-898. http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.5.08

天山北坡乌鲁木齐至沙湾地区富硒土壤 地球化学特征及成因探讨

魏振山^{1,2}, 涂其军^{3,4}, 唐蜀虹¹, 王化兵¹, 赵雪娇¹, 白金启¹

(1.新疆地矿局 第一水文工程地质大队,新疆 乌鲁木齐 830091; 2.新疆大学 地质与矿业工程学院,新疆 乌鲁木齐 830047; 3.新疆维吾尔自治区地质调查院,新疆 乌鲁木齐 830000; 4.中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院,北京 100083)

摘要:通过开展多目标区域地球化学调查,发现新疆天山北坡乌鲁木齐至沙湾地区分布大面积的富硒土壤,硒含量水平较高,且富硒土壤中多种肥力元素含量较丰富。研究发现硒主要富集在表层土壤中,与有机质含量呈正相关关系;认为硒主要来源于成土母质,但决定硒富集的主控因素是当地典型河湖沉积相的表生地球化学环境。

关键词:天山北坡;富硒土壤;地球化学特征;河湖沉积相

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2016)05-0893-06

硒被国内外医药界和营养学界尊称为“生命的火种”,享有“长寿元素”、“抗癌之王”、“心脏守护神”、“天然解毒剂”等美誉。我国人群硒摄入普遍不足,补硒已经成为当下追寻健康的一种潮流,且通过食用富硒农产品补硒是最为安全有效的补硒方法之一^[1-2]。富硒土壤是培育和种植生产天然富硒农产品的宝贵资源基础,自 1999 年以来,全国多目标区域地球化学调查与生态地球化学评价工作得到全面实施^[3-4],各地陆续发现大面积富硒土壤分布,其中浙江、江西、海南、青海等地区富硒土壤的开发利用非常成功,已取得了良好的社会效应和经济效益。

跟随着全国多目标区域地球化学调查评价的战略脚步^[3-4],自 2008 年起,新疆天山北坡乌昌地区、呼图壁—沙湾地区陆续开展了多目标区域地球化学调查工作,通过调查发现新疆天山北坡乌鲁木齐至沙湾地区(以下简称乌沙地区)存在大面积的富硒土壤。乌沙地区是新疆重要的经济区,也是农业经济大区,富硒土壤的发现对当地农业经济发展具有重要的推动作用。笔者旨在对乌沙地区富硒土壤地球化学特征及成因进行初步分析和探讨,为当地富

硒土壤开发利用提供科学依据。

1 自然地理与地质背景

研究区位于新疆维吾尔自治区北部、天山北坡经济带中部、乌鲁木齐市至沙湾县沿线地区,是新疆经济发展的核心区域,是第二座欧亚大陆桥的交通枢纽。研究区地处欧亚大陆腹地,远离海洋,属典型的大陆性干旱半干旱气候,夏季酷热,冬季严寒,降水稀少,蒸发强烈,气温变幅大,日照时间长,土地光热等自然资源极其丰富。区内地表水系主要包括乌鲁木齐河、头屯河、三屯河、呼图壁河、塔西河、玛纳斯河、金沟河、八音沟河等河流,均源于山区,受冰雪融水补给,河水出山口后多被引入渠道灌溉农田或汇入平原水库。研究区地貌景观主要为绿洲平原区。地表出露地层主要为第四系冲洪积、冲湖积、风积物,主要是砂砾石、黏土、粉质黏土、粉土、粉细砂等。土壤类型主要包括棕钙土、灰漠土、灌淤土、潮土、水稻土、盐土、风沙土等。土地资源利用情况主要为农用水浇地、城镇住宅用地、盐碱地、沙地、草地等。农田区大宗农作物种类主要有棉花、玉米、小

收稿日期: 2016-01-08

基金项目:中国地质调查局“新疆维吾尔自治区多目标区域地球化学调查(乌鲁木齐—昌吉地区)”项目(GZTR20070117);“新疆呼图

壁地区多目标区域地球化学调查”项目(1212011087071、1212011220604)

万芳数据

麦、葡萄、番茄、辣椒、水稻、甜菜等。

2 样品采集与分析

2.1 样品采集

野外调查采取双层网格化采样,采集表层土壤样品和深层土壤样品。表层土壤采样密度一般为 1 件/ km^2 ,多坑点采集 0~20 cm 表层土壤组合而成;深层土壤采样密度一般为 1 件/ 4 km^2 ,根据土壤厚度实际情况,采集地表 100 cm 以下 10~50 cm 的土柱。采样物质为采样单元内主要类型土壤,采样时避开明显的点状污染地段、垃圾堆及新近堆积土、田埂等。采集的样品晾晒干燥后,充分过 20 目筛,表层样品 1 件/ 4 km^2 组合,深层样品 1 件/ 16 km^2 组合,密封包装后送检分析。

2.2 检测分析

由新疆矿产实验研究所采用以 XRF(X 射线荧光光谱法)、ICP-MS(等离子体质谱法)、ICP-OES(等离子体光学发射光谱法)为主,以 AFS、ES、Ch-ES、HG-AFS、COL 等分析方法相配合的配套分析方案进行检测分析,其中硒全量检测分析方法为 HG-AFS(氢化物—原子荧光光谱法),检出限为 0.010×10^{-6} 。样品测试的准确度、精密度和数据报出率等均符合《多目标区域地球化学调查规范》[DD2005-1]质量要求,分析质量可靠,分析数据准确。

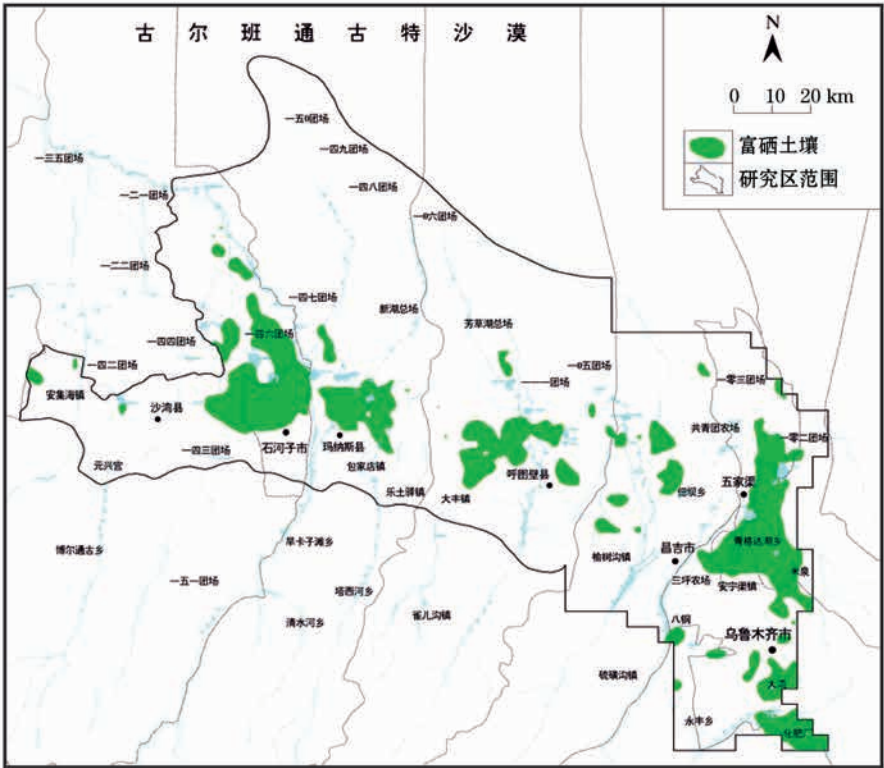
3 富硒土壤地球化学特征

3.1 富硒土壤标准

富硒土壤是一个相对性的概念,目前并无权威性的规范或者标准给出明确的定义。自 20 世纪以来,通过开展地球化学调查,国内各个地区在了解掌握区域土壤硒含量、土壤有效硒含量、富硒农产品分布等情况的基础上,普遍形成了表层土壤硒含量高于 $0.3\times 10^{-6}\sim 0.4\times 10^{-6}$ 时即为富硒土壤的认识,只是具体的划分标准有着微小的出入。我国西北地区,地处偏远,农田耕作历史较短,土壤肥力较低,富硒土壤下限标准主要为 0.3×10^{-6} 。新疆地处祖国西北,绿洲平原区表层土壤硒含量背景值较低,但新疆地区碱性土和氧化环境致使土壤中有效硒含量较高,利于农作物吸收,故将表层土壤硒含量 $\geq 0.3\times 10^{-6}$ 的地区视为富硒土壤。

3.2 富硒土壤分布特征

通过乌沙地区多目标区域地球化学调查圈出富硒土壤面积约 1960 km^2 (约 294 万亩),主要位于乌鲁木齐、昌吉、呼图壁、玛纳斯、石河子及沙湾等地带的北部农田区(图 1),硒含量均值约 0.63×10^{-6} ,最大值约 8.7×10^{-6} 。富硒土壤地区地貌单元主要为冲湖积、冲洪积平坦土质平原区,土壤类型主要为灌溉土、潮土、水稻土等,土地利用主要为农用地,农作物主要为棉花、小麦、玉米、辣椒、番茄、水稻等。



万方数据

图 1 乌沙地区富硒土壤分布

3.3 富硒土壤硒含量分布特征

3.3.1 表层土壤硒含量特征

富硒土壤区与整个调查区元素含量平均值相比,含量较高(比值在1.0~1.5之间)的元素指标有Se(比值1.99)、Corg(比值1.81)、N(比值1.59),这主要是由于富硒区位于中部的冲湖积、冲洪积平原区,土壤黏重,有机质含量高,大多数元素易于富集。含量相对较低(比值<0.95)的指标有Cl(比值0.87)、Na₂O(比值0.90)、SiO₂(比值0.93),这主要是由于调查区北部分布着大面积的盐渍化地区和沙化地区,易溶盐分Na、Cl含量以及土壤砂粒相关

的SiO₂含量显著偏高,相比之下,富硒土壤所在的中部平原区,这些元素含量就相对偏低。

乌沙地区富硒区多数元素含量平均值与全国土壤背景值^[5]的比值在0.9~1.5之间(表1),其中含量显著偏高的主要是Cl、S、CaO、MgO(比值>3),相对较高的主要有Se、N、Al₂O₃、Fe₂O₃(比值在1.5~3之间),相对较低的主要有Pb、I(比值<0.8),显著偏低的主要是Hg(比值为0.49)。

总体上,富硒区Cl、S、Ca、Mg、Se、N、Al、Fe等含量较高,其他各种肥力元素含量也相对较为丰富。Pb、I等含量较低,尤其是Hg背景较低。

表1 乌沙地区富硒区主要元素含量与全国土壤背景值对比

指标	均值	标准差	最大值	全国土壤A层背景值 ^[5]	比值	指标	均值	标准差	最大值	全国土壤A层背景值 ^[5]	比值
As	13.0	4.16	56.6	11.2	1.16	Se	0.63	0.32	8.7	0.29	2.17
Cd	0.186	0.047	0.94	0.097	1.92	Corg	1.25	0.75	4.35	1.8	0.70
Cr	56.2	7.05	80.6	61	0.92	B	65.3	14.6	138	47.8	1.37
Cu	32.0	10.4	238	22.6	1.42	Mo	1.92	1.29	10.6	2	0.96
Hg	0.032	0.025	0.279	0.065	0.49	Mn	847.4	150.8	2486	583	1.45
Ni	27.4	4.46	43.9	26.9	1.02	Co	11.97	2.34	50.3	12.7	0.94
Pb	19.2	2.77	42.7	26	0.74	Al ₂ O ₃	12.2	1.23	15.7	6.62	1.84
Zn	83.1	12.5	216	74.2	1.12	CaO	7.22	2.42	20.52	1.54	4.69
F	679.3	196	3890	478	1.42	Fe ₂ O ₃	4.61	0.68	9.18	2.94	1.57
I	2.66	1.01	7.8	3.76	0.71	K ₂ O	2.57	0.27	3.38	1.86	1.38
Cl	654.7	953	7548	68	9.63	MgO	3.03	0.78	7.4	0.78	3.89
S	2645.1	3135.6	24485	287.93	9.19	Na ₂ O	2.09	0.3	3.2	1.02	2.05
N	1159.8	604.4	4202	625.6	1.85	SiO ₂	56	4.5	66.9	59.9	0.94
P	1031.6	174.8	1804	836.1	1.23	Ph	8.16	—	9.5	—	—

注:pH值无量纲,氧化物、Corg含量单位为10⁻²,其他元素含量单位为10⁻⁶

3.3.2 深层土壤硒含量特征

研究区深层土壤富硒区域面积约200 km²,主要分布在乌鲁木齐市青格达湖乡北部、石河子市北部,与表层土壤富硒区域基本对应,体现了表层土壤富硒的继承性和持久性。以往研究表明^[6-9],硒多表现为在表层土壤中富集。乌沙富硒区土壤中硒含量垂向分布见图2。从图中可以看出,硒含量自表层至深层,总体趋势为递减,1 m以下土壤元素含量变化幅度相对较小。总体上,乌沙地区表层土壤硒较之深层土壤有一定程度的富集;同时,在表层土壤硒富集区,深层土壤中硒也呈现富集分布特征。

3.4 富硒土壤硒含量水平

目前国内富硒土壤含量排在前列的主要为湖北恩施、陕西紫阳、安徽石台、江西宜春、广西巴马等地(其含量均值在1×10⁻⁶~15×10⁻⁶),其次是海南定安、贵州开阳、浙江瑞安、青海西宁等地(其含量均值在0.4×10⁻⁶~1×10⁻⁶)。全国土壤硒背景值约0.3×10⁻⁶,新疆天山北坡土壤硒背景值约0.2×10⁻⁶,乌鲁木齐至沙湾一带富硒

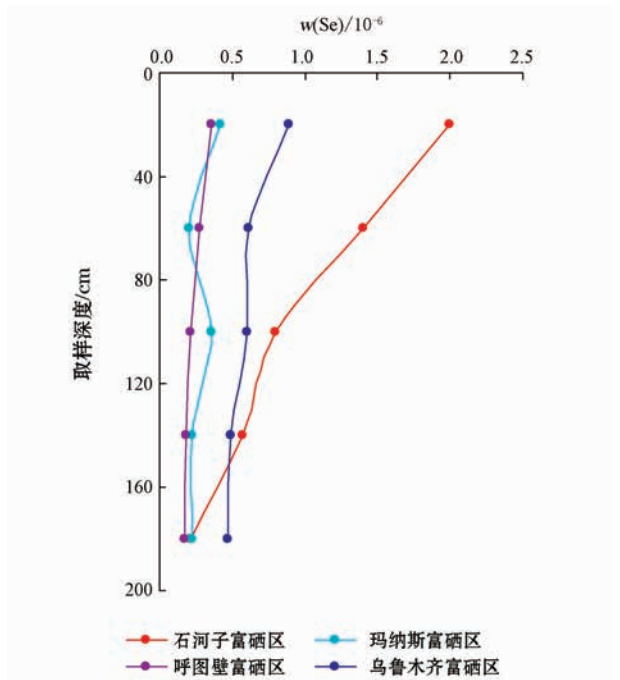


图2 乌沙地区富硒区硒含量垂向变化趋势

土壤地区硒含量均值约 0.63×10^{-6} ,最大值约 8.7×10^{-6} ,与国内部分富硒地区硒含量对比情况见图 3。总体上,新疆乌沙地区富硒区硒含量较高,属中上等富硒水平,其中乌沙地区各富硒区硒含量对比情况见表 2,富硒含量较高区域主要在乌鲁木齐北部青格达湖乡地区和石河子北部农田区。

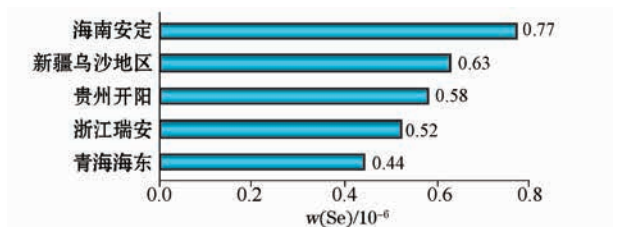


图 3 国内部分富硒地区硒含量对比

表 2 乌沙地区富硒区硒含量对比

富硒地区	乌鲁木齐	石河子	沙湾	呼图壁	玛纳斯	昌吉	合计
面积/km ²	785	338	205	280	224	128	1960
样品数	479	837	160	135	135	36	1782
均值/10 ⁻⁶	0.71	0.71	0.53	0.40	0.39	0.37	0.63
最大值/10 ⁻⁶	8.7	8.2	3.4	2.5	3.2	0.5	8.7

4 富硒成因探讨

已有许多专家学者围绕富硒土壤成因进行了大量的探讨研究。总的认为,富硒土壤的形成除了与成土母质有关外,还与表生环境中硒的迁移循环过程有关。在硒的来源方面,除了成土母质外,还有大气沉降、灌溉水、人工加硒等^[6-9]。

4.1 成土母质

成土母质是土壤形成的物质基础和大多植物矿物质养分元素的最初来源,成土母质元素含量是决定土壤元素含量的重要因素。由于成土母质成因及其化学组成的差别,导致土壤中部分元素含量存在显著的差异性^[10]。相关研究表明,成土母质中硒含量与岩石的岩

性和形成时代有关,从变质岩到岩浆岩和沉积岩,硒丰度下降;在岩浆岩系列中由酸性岩至基性岩硒含量递增;硒的另一重要来源是富硒的沉积岩层,如中生代的黑页岩和煤层等^[9-10]。如石河子地区地处天山北坡的玛纳斯河流域,地势南高北低,地表水结合地下水将富含硒的母质源源不断的向下游搬运,在地势低洼的湖泊和细土平原沉积下来,并不断富集,最终形成了硒富集区。

4.2 表生地球化学环境

虽然,土壤硒主要来自成土母质,但是表生地球化学环境是影响土壤硒富集的关键因素。研究区内的富硒区所处地貌单元主要是冲湖积、冲洪积平原(图 4),属典型的河湖沉积相地貌,这些地区地势低洼、土壤肥

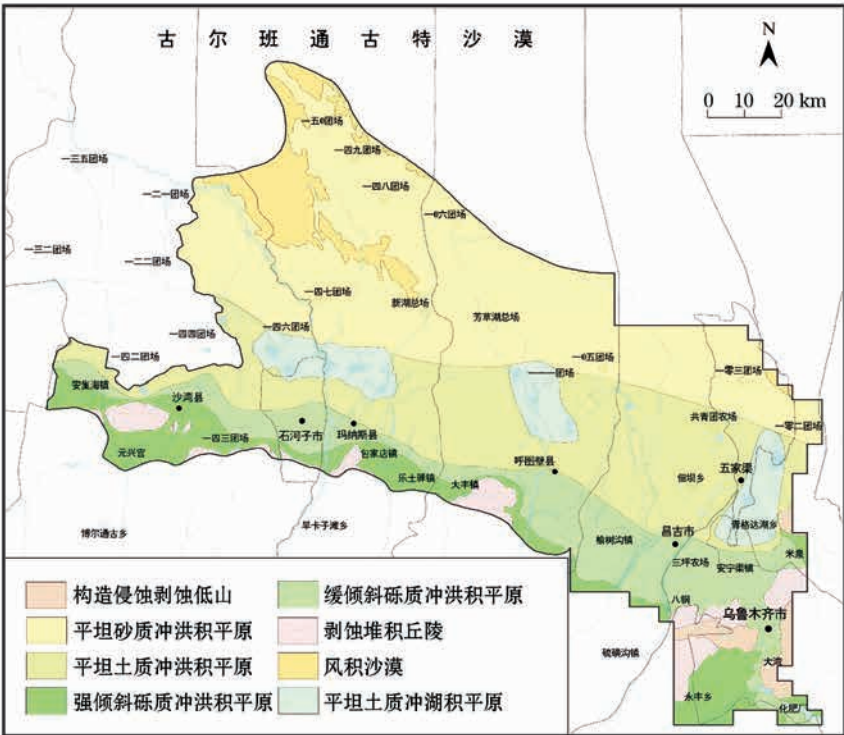


图 4 乌沙地区地貌分布

沃,几十年前主要为地下水的溢出带,后因农田开荒耕作,水库、水渠、灌溉水井等水利设施大力修建,古河道逐渐缩小,地下水位逐渐下降,苇湖地带逐渐干涸,开发成为农田。因此从地质背景上,这些地区主要属静水沉积区,土壤黏重,地表水系及地表径流携带的物质得以在此聚集。同时在生物作用及还原性条件下,有机质也易积累,随着积水蒸发、淤积物增厚,其中富含的物质则留存在洼地内。在后期的成土作用中,由于沉积物颗粒较细,同时富含有机质等吸附载体,使先期积累的元素及后期加入的元素不易淋失而继续在洼地富集^[11-12]。此外,新疆特殊的干旱、偏碱性、氧化环境也有利于硒富集^[10]。

相关研究表明,硒多富集于表层土壤中,主要与表层土壤有机质(80%~90%为腐殖质)丰富有关,说明土壤硒在很大程度上赋存于土壤腐殖质中^[10]。对乌沙富硒区的聚类分析表明,Se 与 Corg、N 相关性较为密切,从有机质(Corg)与 Se 含量散点图(图 5)可以看出,两者呈明显正相关关系,说明有机质对 Se 具有强烈吸附和固定作用^[8-12],而有机质丰富正源于特殊的表生地球化学环境。

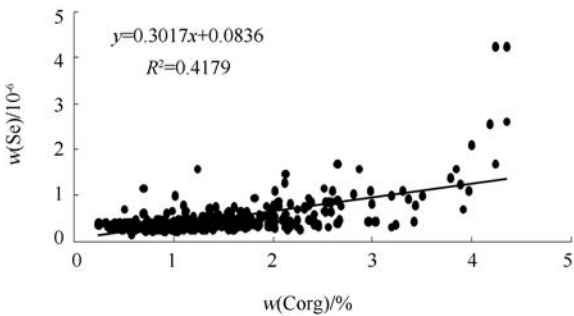


图 5 乌沙地区富硒区 Se 与 Corg 含量相关性分析

4.3 人类活动

除了基础地质背景条件以外,人类活动对硒的富集也有一定的影响作用。根据研究区大气降尘数据分析显示,大气降尘中硒含量比对应点土壤中元素含量要高出 2~8 倍左右,其中城镇居民区大气降尘中硒含量衬度值要更高,农田区则相对较小,体现出人类活动集中区对大气降尘中硒含量贡献更高一些,总体也说明人类活动引起的降尘硒富集对土壤硒含量有一定的输入贡献;此外,农业活动和大量施肥对硒富集也有着或多或少的间接影响^[9-12]。

5 结论

1) 初步查明乌沙地区富硒土壤面积约 1 960 km²,主要位于乌鲁木齐、昌吉、呼图壁、玛纳斯、石河子及沙

湾等地带的北部农田区。

2) 乌沙富硒土壤地区多种元素含量均相对富集,尤其是 Se、Corg、N 等;而相对于全国 A 层土壤背景值,乌沙富硒区 Cl、S、Ca、Mg、Se、N、Al、Fe 等含量较高,其他各类肥力元素含量也较为丰富,仅 Pb、I 等含量相对缺乏,尤其是 Hg 含量较低。

3) 全国土壤硒背景值约 0.3×10⁻⁶,新疆天山北坡土壤硒背景值约 0.2×10⁻⁶,乌沙富硒区硒含量均值约 0.64×10⁻⁶,最大值约 8.7×10⁻⁶,与国内报道的富硒地区土壤硒含量对比,新疆乌沙地区富硒区土壤硒含量较高,属中上等富硒水平,主要分布在乌鲁木齐北部青格达湖乡地区以及石河子北部地区。

4) 通过初步研究,乌沙地区硒富集的原因主要是该区处于典型河湖沉积相的表生地球化学环境,其来源主要是成土母质,人类活动对硒的富集也有一定的贡献作用。

致谢:在研究过程中得到中国地质调查局、中国地质调查局西安地质调查中心、中国地质科学院、中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所、中国地质大学(北京)、新疆维吾尔自治区地质调查院、新疆地矿局第一水文工程地质大队相关领导和专家的悉心指导,以及新疆乌鲁木齐—昌吉地区、呼图壁—沙湾地区多目标区域地球化学调查项目组的大力支持,样品检测数据由新疆矿产实验研究所分析提供,在此一并表示衷心的感谢!

参考文献:

[1] 李家熙,张光第,葛晓云,等.人体硒缺乏与过剩的地球化学环境特征及预测[M].北京:地质出版社,2000:5-8.
[2] 陈亮,李桃.元素硒与人体健康[J].微量元素与健康研究,2004,21(3):58-59.
[3] 奚小环.多目标的地质大调查——21 世纪勘查地球化学的战略选择[J].物探与化探,2007,31(4):283-288.
[4] 杨忠芳,奚小环,成杭新,等.区域生态地球化学评价与对策[J].第四纪研究,2005,25(3):275-284.
[5] 中国环境监测总站.中国土壤元素背景值[M].北京:中国环境科学出版社,1990.
[6] 黄琪,成杭新,陈出新,等.北京房山区富硒土壤调查与评价[J].物探与化探,2013,37(5):889-894.
[7] 尹宗义,王会锋,任蕊,等.陕西省石头河一带土壤及植物富硒特征[J].物探与化探,2014,38(2):349-353.
[8] 邢润华,贾十军.安徽省 XX 地区富硒土壤地球化学评价[J].安徽地质,2008,18(3):202-206.
[9] 宋明义,刘建新,黄春雷,等.浙北富硒土壤地球化学特征与生物学效应[J].广东微量元素科学,2012,19(3):32-38.
[10] 郦逸根,董岩翔,郑洁,等.浙江富硒土壤资源调查与评价[J].第四纪研究,2005,25(3):323-330.

[11] 刘铮.中国土壤微量元素[M].南京:江苏科学出版社,1996. (1):43-46.
[12] 杨兰芳.土壤中的硒[J].湖北民族学院学报:自然科学版,2000, 18

A discussion on the geochemical features and origin of selenium-rich soil on the northern slope of the Tianshan Mountains from Urumqi to Shawan County

WEI Zhen-Shan^{1,2}, TU Qi-Jun^{3,4}, TANG Shu-Hong¹, WANG Hua-Bing¹, ZHAO Xue-Jiao¹, BAI Jin-Qi¹

(1. No.1 Hydrology & Engineering Geology Department, Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Urumqi 830091, China; 2. School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830047, China; 3. Xinjiang Institute of Geological Survey, Urumqi 830000, China; 4. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the multi-purpose regional geochemical survey, the authors discovered a large area of selenium-rich soils on the north slope of the Tianshan Mountains in Xinjiang from Urumqi to Shawan County. The selenium content is relatively high, and a variety of fertile elements are rich. The study shows that the selenium is mostly distributed in the surface soil and exhibits the positive correlation with the organic content. It is indicated that the selenium originates in parent soil materials while the enrichment state of selenium depends on the supergene geochemical circumstance of local fluvio-lacustrine deposits.

Key words: northern slope of Tianshan Mountains; selenium-rich soils; geochemical characteristics; fluvio-lacustrine deposits

作者简介: 魏振山(1985-),男,新疆伊犁人,2007年毕业于成都理工大学,2015年获得新疆大学工程硕士学位,现从事水文地质、工程地质、环境地质专业技术工作。E-mail:xjweizs@163.com