

次仁旺堆, 多吉卫色, 索朗次仁, 等. 西藏山南市乃东区土壤硒分布特征及影响因素[J]. 岩矿测试, 2022, 41(3): 427-436.
Cirenwangdui, Duojiweise, Suolangciren, et al. Distribution Characteristics and Influencing Factors of Soil Selenium in Naidong District, Shannan City, Tibet[J]. Rock and Mineral Analysis, 2022, 41(3): 427-436.
【DOI: 10.15898/j.cnki.11-2131/td.202201100006】

西藏山南市乃东区土壤硒分布特征及影响因素

次仁旺堆, 多吉卫色*, 索朗次仁, 尼玛次仁, 边巴次仁, 平措朗杰
(西藏自治区地质矿产勘查开发局地热地质大队, 西藏 拉萨 850000)

摘要: 硒是动物和人体所必需的微量元素之一, 其丰缺与人和动植物的健康有着密切关系。近年来研究成果表明西藏缺硒土壤主要分布在雅鲁藏布江(简称“雅江”)以北地区, 而雅江以南存在土壤全硒含量较高且面积较大区域。西藏山南市乃东区位于青藏高原中南部雅江流域, 为雅鲁藏布江流域重要的农业区, 也是西藏粮仓之一。本文以西藏山南市乃东区为研究对象, 采用原子荧光光谱法(AFS)等方法测定了研究区 1022 件表层土壤、30 组青稞籽实样及根系土壤样品中的硒等元素含量; 同时对西藏山南市乃东区雅江两侧农用地及周边牧草地、林地表层土壤硒的分布特征和影响因素进行了研究。结果表明: 雅江北侧土壤硒含量算术平均值为 0.14mg/kg, 接近西藏土壤硒含量平均值 0.15mg/kg; 雅江南侧土壤硒含量算术平均值为 0.30 mg/kg, 高于西藏土壤硒含量平均值的一倍, 略高于中国土壤硒含量平均值 0.29mg/kg。乃东调查区不同土地利用类型土壤硒含量的平均值由大到小为: 耕地(0.24mg/kg) > 牧草地(0.22mg/kg) > 林地(0.19mg/kg)。研究结果显示乃东调查区雅江两侧土壤硒含量差异较大; 土壤硒元素含量除了受地质背景影响外, 还与土壤酸碱度(pH)、有机质等因素有关。随着土壤中有机质含量上升, 土壤硒含量明显升高; 而随着土壤酸碱度的升高, 土壤硒含量变低。此外雅江南侧存在富硒土壤, 建议当地充分利用富硒土壤, 研究不同品种的农作物对硒的吸收特征, 通过农田养分管理, 提高土壤中硒的有效性, 促进当地发展富硒产业。
关键词: 西藏山南市乃东区; 土壤; 硒; 原子荧光光谱法; 影响因素; 土地利用类型

要点:
(1) 乃东调查区雅江南侧土壤全硒含量平均值远高于北侧, 主要受地质背景影响。
(2) 雅江两侧土壤全硒含量影响因素主要为有机质含量及土壤酸碱度(pH)。
(3) 乃东调查区不同土地利用类型中硒含量为: 耕地 > 牧草地 > 林地。

中图分类号: S151.93; O657.31 **文献标识码:** A

硒是动物和人体所必需的微量元素之一, 对人体和动物健康有着极其重要的作用。硒具有抗氧化、抗肿瘤、抗衰老等多种生物学功能, 人和动物体缺硒会导致人类克山病、大骨节病^[1-2], 动物的白肌病等疾病的产生, 因此对于土壤硒含量及其影响因素的研究一直是热点。

已有研究表明土壤硒含量受多方面因素制约,

不同地区土壤硒含量的影响因素有所不同。迟凤琴等^[3]对黑龙江省土壤研究发现, 影响土壤硒的主要因素为土壤有机碳、pH 等。人体获取硒的主要途径是通过食物, 而食物中所含的硒主要来源于土壤, 土壤中硒元素的丰缺往往决定了动物和人体的硒摄入水平, 从而直接影响动物和人体健康^[4]。中国是缺硒大国, 中国约 72% 的市(县)的土壤处于严重缺硒

收稿日期: 2022-01-10; 修回日期: 2022-02-20; 接受日期: 2022-03-02
基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“西藏乃东—扎囊—贡嘎—江孜—白朗—墨脱—察隅县优选耕地区 1:5 万土地质量地球化学调查”(DD20160313-22)
第一作者: 次仁旺堆, 工程师, 从事生态地球化学研究。E-mail: 329312887@qq.com。
通信作者: 多吉卫色, 工程师, 从事生态地球化学及作物富硒方面研究。E-mail: 549229277@qq.com。

或低硒状态^[5]。王学求等^[6]研究发现北东向分布的低硒带总体上是存在的,但呈不连续的片状分布在西藏—新疆南部—青海西南部—内蒙古东部和内蒙古中部3个片区,是从内蒙古东部到青藏高原,而不是从东北三省至云贵高原。西藏缺硒土壤主要分布在雅鲁藏布江(简称“雅江”)以北地区,而雅鲁藏布江以南存在土壤全硒含量较高且面积较大区域^[7],这与杨林生等^[8]研究结果认为西藏大骨节病主要分布在山南地区北部,而山南地区南部和日喀则地区南部为非病区的结论基本一致。

西藏山南市乃东区位于青藏高原中南部雅江流域(该流域包括乃东区、扎囊县、贡嘎县等),为一江两河(雅江、年楚河、拉萨河)流域重要的农业区之一,也是西藏粮仓之一。本次以乃东区作为研究对象,在研究区采集1022件表层土壤样、30组青稞籽实样及根系土壤样,采用原子荧光光谱法(AFS)等方法测定了土壤中的硒等元素含量,同时对雅江两岸耕地、牧草地及林地硒含量空间分布特征及影响因素进行研究,分析并评价了乃东区农作物硒含量特征,为乃东区特色土地资源的开发利用提供科学依据。

1 研究区概况

1.1 研究区地理概况

乃东区位于西藏自治区中南部为山南市政府所在地,雅鲁藏布江横穿中部,将全区分割为南北两部份;全区地形狭长,南北长93.6km,东西宽47.5km,地势中部低,南北两端高,两侧分别向雅鲁藏布江倾斜。区内平均海拔3551.7m,最高点在南部的亚拉香波峰,海拔6635.8m;最低点在区内雅江段出口江面处,海拔3520m,区内相对高差多达3115.8m。全区由极高山、高、中山、河谷、湖泊、冰川及砂丘等诸地貌单元组成,西南角尚有保存较好的高原面,山脉及河谷均沿南北走向延伸;南部山体褶皱强烈,基岩裸露,地表疏松,沟蚀严重,山麓坡前洪积扇与坡积群广布;北部高山耸峙,河谷深切,山顶冰川刃脊发育,冰蚀湖众多,中部河谷多系断裂发育,地表堆积物松散,地形平坦,土层深厚,多风沙地貌。

1.2 研究区地质概况

1.2.1 地层

乃东调查区以雅鲁藏布江为界,雅鲁藏布江以南主要以浅层次的增生杂岩体出露,在乃东一带混杂岩少量分布,雅鲁藏布江以北主要出露为冈底斯地层区。研究区北侧出露的地层老到新依次为白垩

系下统楚木龙组(K_1c)、塔克那组(K_1t)、古新统典中组(E_1d)。其中楚木龙组及塔克那组出露面积小,主要出露在结巴乡北西侧;典中组主要出露在索珠乡西侧,主要岩性为灰绿、灰色安山岩、夹英安质火山角砾岩、集块岩及凝灰岩。研究区南侧主要出露的地层为三叠系朗杰学岩群、侏罗纪—白垩纪地层有嘎学岩群(JKG.)、泽当洋内弧岩群(JKZ.)、罗布莎蛇绿岩群(JKL.),朗杰学岩群由宋热岩组、江雄岩组、姐德秀岩组构成(图1)。此外研究区内均分布大面积的第四系(Qh)。

1.2.2 侵入岩

侵入岩主要分布在研究区北侧,晚白垩世黑云母二长花岗岩($\eta\beta K_2$)及早白垩世($\gamma\delta K_1$)花岗闪长岩。其中黑云母二长花岗岩主要出露在索珠乡北侧,出露面积大;花岗闪长岩主要出露在结巴乡南东侧,分布面积相对较大。调查区南侧未见侵入岩出露。

2 实验部分

2.1 采样方法及加工

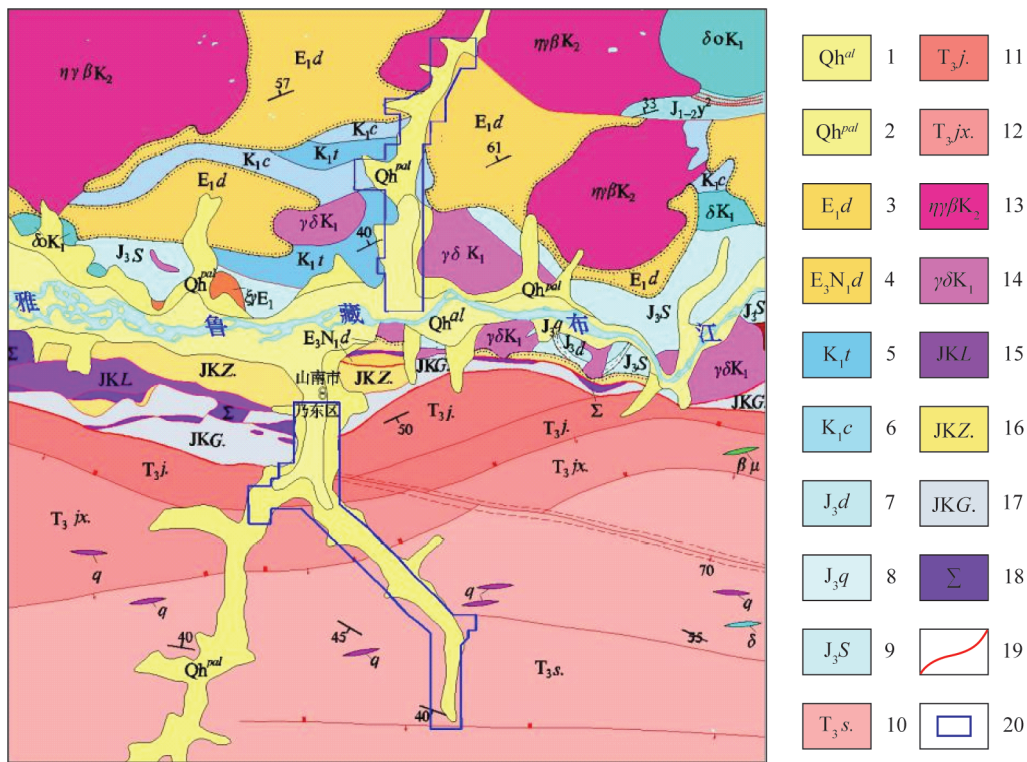
本次表层土壤采样密度范围为4~16点/ km^2 ,样点采用网格+土地利用现状图斑的方式布设。本次西藏乃东区优选耕地区1:5万土地质量地球化学调查面积为116.09 km^2 ,共采集表层土壤样1045件样品,其中重复样23件,平均密度为9点/ km^2 。土壤样品采样深度0~20cm。本次采样按照《土地质量地球化学评价规范》要求进行采集,土壤样品原始质量不小于1kg。

农作物及根系土壤样采集时间为农作物收获盛期,采用对角线法进行多点取样,等量混匀组成一个样品,采集品种有青稞等,共采集30件农作物及根系土壤样品。

样品确保干燥后用尼龙筛截取-10目以下部份,样品过筛时将所采集的样品全部过筛,未分解的黏土颗粒尽量使其分解过筛,粘在小石子上的土壤也尽量使其剥落过筛,完全过筛后称重记录,保证过筛后的样品筛上物质量<1g,正样质量不低于200g。

2.2 样品分析测试

土壤样品分析指标有砷、铅、锌、铜、钼、镉、铬、硒、pH、碱解氮、速效钾、有机质、有效磷等共25项。本次分析测试由湖北省地质实验测试中心(国土资源部武汉矿产资源监督检测中心)完成。土壤样品在过20目尼龙筛后取10g,采用离子电极法(ISE)测定pH值;另取60g左右样品用无污染的行星球



1—第四系冲积物; 2—第四系冲洪积物; 3—大竹卡组; 4—典中组; 5—塔克那组; 6—楚木龙组; 7—多底沟组; 8—却桑温泉组; 9—桑日群; 10—宋热岩组; 11—姐德秀岩组; 12—江雄岩组; 13—黑云母二长花岗岩; 14—花岗闪长岩; 15—罗布莎蛇绿岩群; 16—泽当岩群; 17—嘎学岩群; 18—超基性岩块; 19—断层; 20—乃东调查区范围。

图 1 西藏乃东区区域地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Naidong area, Tibet

磨机粉碎至 200 目粒度后,取 10g 试样装至玻璃瓶于 45℃ 烘 2h 后采用原子荧光光谱法 (AFS) 测定 Se、As、Hg^[9-10];容量法 (VOL) 测定有机质含量。土壤样硒元素检出限为 0.01mg/kg,农作物硒元素检出限为 0.005mg/kg;有机质检出限为 0.03%;用离子选择电极法测量 pH 值;本次共采集 23 件重复样,得到硒重复样合格率为 100%。

2.3 分析数据质量控制

样品测试选定的分析方法符合《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295—2016)、《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》(DZ/T 0258—2014)、《地球化学普查规范(1:50000)》(DZ/T 0011—2015)、《生态地球化学评价样品分析技术要求(试行)》(DD2005-03)、《生态地球化学评价样品分析技术要求补充规定》要求。本项目测试任务过程中,同步测试的国家一级标准物质、监控样分析的对数标准偏差合格率全部达到了 100%,每组监控样的标准差(λ)均满足“规范”要求,准确度和精密度监控样合格率均为 100%,报出率为 100%,分析数据质量符合规范要求。

2.4 数据来源及处理

本次乃东调查区土壤及农作物样品数据有:西藏乃东—扎囊—贡嘎—江孜—白朗—墨脱—察隅县优选耕地区 1:5 万土地质量地球化学调查成果。

参数统计通过地球化学勘查数据一体化处理系统 (Geochem Studio 4.0) 软件中的常用参数统计分析进行统计。而相关性分析使用 Excel 2007 软件进行分析处理。

3 结果与讨论

3.1 乃东调查区土壤硒描述性统计

乃东调查区以耕地为主,少量的牧草地及林地进行调查。根据 1022 件样品分析结果(表 1)显示,乃东调查区表层土壤硒含量平均值为 0.23mg/kg,中位数 0.21mg/kg,最大值 0.71mg/kg,最小值 0.08 mg/kg。张晓平等^[7]的研究显示,西藏土壤全硒含量平均值为 0.15mg/kg,仅为中国表层土壤全硒含量背景值 0.29mg/kg^[11]的一半,总体处于缺硒带,但本次调查成果显示乃东调查区硒含量明显高于西藏平均值。从变异系数来看,研究区土壤硒含量的

变异系数为0.47,属于中等变异,说明研究区土壤硒分布较为均匀。

乃东调查区以雅鲁藏布江为界可分两个地质背景不同的调查区,即雅江南侧及雅江北侧,雅江南侧主要为变质岩为主,雅鲁北侧出露为岩浆岩及沉积岩等。从土壤样品硒元素参数统计显示(表1),雅江北侧451件表层土壤硒含量平均值为0.14mg/kg,中位数为0.13mg/kg,接近西藏土壤硒平均含量值0.15mg/kg;雅江南侧571件表层土壤硒含量平均值为0.3mg/kg,中位数为0.30mg/kg,远高于雅江北侧土壤硒含量平均值,并且高于西藏土壤平均含量的一倍,略高于中国土壤硒的平均含量值0.29mg/kg;这与西藏缺硒土壤主要分布在雅江以北区域^[12]结论一致。从变异系数来看,雅江南侧土壤硒含量的变异系数0.29小于雅江北侧土壤硒含量的变异系数0.33。从富集系数来看,雅江南侧土壤富集系数4.90,大于雅江北侧富集系数2.28,显示雅江南侧土壤硒更容易富集。综上所述,雅江南侧土壤硒含量远高于北侧,土壤硒含量明显受地质背景的控制^[13-15],与前人研究结果变质岩、岩浆岩到沉积岩,硒的含量逐步下降^[16]一致。本次研究结果表明乃东区雅江南侧存在面积较大的富硒区域。

表1 调查区土壤样品硒元素含量参数统计

Table 1 Se content parameter statistics of soil samples in the investigation area

调查区部位	样本数量 (件)	硒含量(mg/kg)					富集系数	变异系数
		最小值	最大值	平均值	中位数	标准离差		
乃东调查区	1022	0.08	0.71	0.23	0.21	0.11	3.74	0.47
雅江北侧	451	0.08	0.44	0.14	0.13	0.05	2.28	0.33
雅江南侧	571	0.1	0.71	0.30	0.31	0.09	4.90	0.29

根据《土地质量地球化学评价规范》(DZ/T 0295—2016)中规定:土壤中硒含量>3.0mg/kg,表示土壤硒过剩;硒含量介于0.4~3mg/kg,表示土壤硒高(富硒);硒含量介于0.175~0.4mg/kg,表示土壤硒适量;硒含量介于0.125~0.175mg/kg,表示土壤硒较缺乏;硒含量≤0.125mg/kg,表示土壤硒缺乏。从表2可见,雅江北侧451件样品中仅有1件样品达到富硒标准,硒适量的样数为81件,占雅江北侧样数的17.96%,硒缺乏及较缺乏的样数369件,占雅江北侧样数的81.82%,与袁宏等^[17]研究指出拉萨河沿岸农用地土壤主要为缺硒含量范围结果一致;雅江南侧571件样品中达到富硒标准的

样数为62件,占雅江南侧样品的10.83%,硒适量的样品数量474件,占雅江南侧样数的83.01%,土壤硒缺乏及较缺乏的样品仅有35件,占雅江南侧样品总数的6.16%。可见雅江南侧存在面积较大的富硒土壤,与西藏存在部分全硒含量较高的土壤,主要分布在雅江以南区域^[7]结果一致。

表2 调查区土壤样品富硒样品数量情况统计

Table 2 Statistics of soil samples riched in selenium in the investigation area

硒含量指标 (mg/kg)	乃东调查区		雅江北侧		雅江南侧	
	样数 (件)	比例 (%)	样数 (件)	比例 (%)	样数 (件)	比例 (%)
过剩(>3.0)	0	0	0	0	0	0
高(0.40~3.0)	63	6.16	1	0.22	62	10.83
适量(0.175~0.40)	555	54.31	81	17.96	474	83.01
边缘(0.125~0.175)	198	19.37	168	37.25	29	5.06
缺乏(≤0.125)	206	20.16	201	44.57	6	1.10

3.2 乃东调查区不同用地类型土壤硒含量特征分析

根据不同土地利用类型参数统计(表3)显示,乃东调查区耕地土壤硒含量平均值为0.24mg/kg,牧草地土壤硒含量平均值为0.22mg/kg,林地土壤硒含量平均值为0.19mg/kg,不同用地类型硒含量大小为:耕地>牧草地>林地。从雅江两岸不同土地利用类型硒含量平均结果来看,雅江北侧耕地、牧草地及林地土壤硒含量平均值均为0.14mg/kg,这可能与雅江北侧耕地主要为梯田且地质背景较复杂有关;而雅江南侧耕地土壤硒含量平均值均为0.31mg/kg,牧草地及林地硒含量平均值为0.28mg/kg,耕地>林地、牧草地;雅江南侧耕地区土壤养分较丰富,耕地较连片且主要位于河谷地带,反映了土壤硒含量一定程度上受海拔影响,低海拔区耕地硒含量相对高于高海拔区牧草硒含量,这与前人研究结论^[18-20]基本一致。

3.3 土壤硒元素影响因素分析

3.3.1 有机质

《土地质量地球化学评价规范》中土壤有机质等级划分为五级,分别为:丰富(>40mg/g)、较丰富[大于(30~40)mg/g]、中等[大于(20~30)mg/g]、较缺乏[大于(10~20)mg/g]及缺乏(≤10mg/g)。调查区1022件样品进行统计,结果显示调查区内有机质丰富的样品为7件,占调查区样品总数的0.68%;较丰富的样品为53件,占调查区样品总数

表3 调查区不同用地类型土壤硒含量特征参数统计

Table 3 Statistics of characteristic parameters of soil selenium content in different land utilization types

土地利用类型	调查区范围	样品数量 (件)	硒含量(mg/kg)					富集系数	变异系数
			最小值	最大值	平均值	中位数	标准离差		
耕地	乃东调查区	709	0.08	0.64	0.24	0.24	0.1	3.92	0.43
	雅江北侧	291	0.08	0.44	0.14	0.13	0.04	2.31	0.3
	雅江南侧	418	0.13	0.64	0.31	0.32	0.07	5.04	0.24
牧草地	乃东调查区	186	0.08	0.71	0.22	0.18	0.12	3.48	0.54
	雅江北侧	85	0.08	0.30	0.14	0.12	0.06	2.27	0.4
	雅江南侧	101	0.1	0.71	0.28	0.26	0.12	4.5	0.42
林地	乃东调查区	127	0.08	0.64	0.19	0.17	0.11	3.14	0.55
	雅江北侧	75	0.08	0.28	0.14	0.12	0.05	2.19	0.34
	雅江南侧	52	0.10	0.64	0.28	0.27	0.11	4.51	0.41

的5.19% ;中等样品为472件,占调查区样品总数的46.18% ;较缺乏及缺乏样品分别为382件及108件,分别占调查区样品总数的37.38%、10.57%。从雅江两岸土壤有机质等级划分样品分布情况(图2中a、b)来看,雅江北侧有机质以缺乏及较缺乏为主,两者占雅江北侧样数的70%,而雅江南侧土壤有机质含量缺乏及较缺乏仅占雅江南侧样数的30%,与土壤全硒含量雅江南侧远高于雅江北侧研究结果一致。雅江南侧土壤有机质含量明显高于雅

江北侧,可见土壤有机质的丰缺对土壤全硒含量起重要作用,这与韩笑等^[21]研究结果一致。

雅江北侧(图3a)与雅江南侧(图3b)土壤硒含量与有机质进行线性相关分析,结果显示雅江两侧土壤硒含量与土壤有机质含量呈显著的正相关性^[21-23]($P < 0.01$),其中雅江北侧相关系数为0.37,雅江南侧相关系数为0.51,随着土壤有机质含量的逐渐下降,土壤中Se平均含量明显下降,说明有机质是形成富硒土壤的有利因素^[24]。

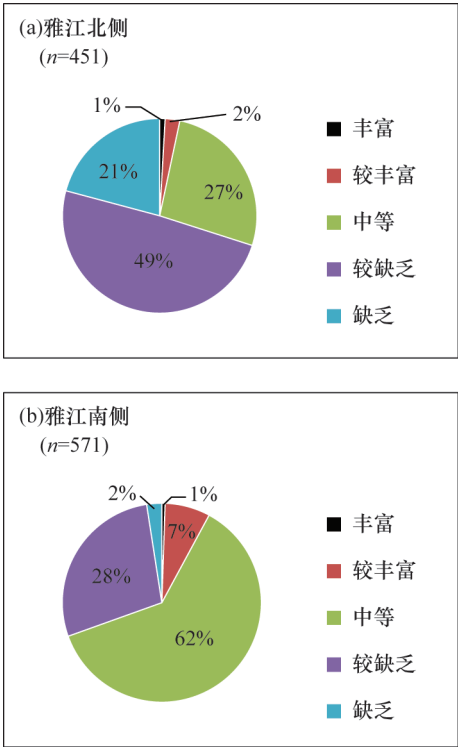


图2 雅江两岸土壤不同等级有机质样品数量所占比例
Fig. 2 Proportion of samples with different grades of organic matter in the two sides of Yajiang River

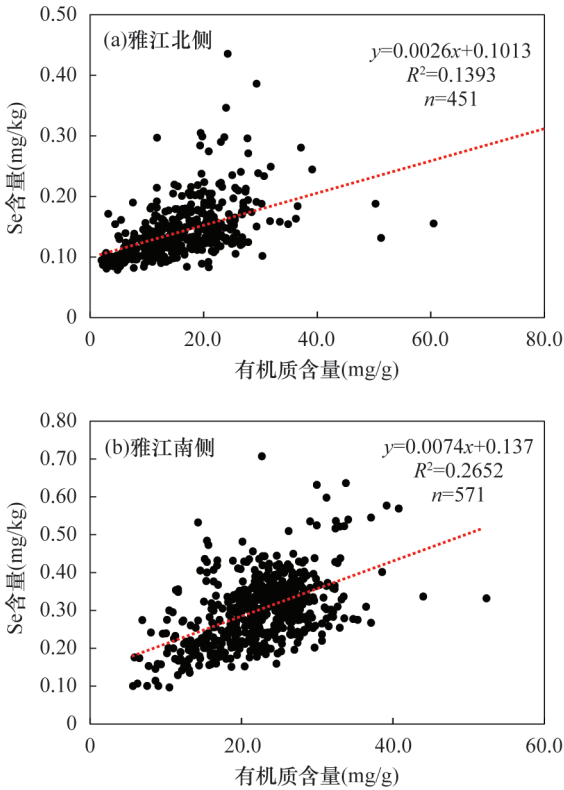


图3 调查区土壤硒含量有机质相关性分析
Fig. 3 Correlation analysis between selenium content and organic matter of soil in the investigation area

3.3.2 土壤 pH

土壤 pH 是影响土壤中硒含量的重要因素之一^[25],本次乃东调查区土壤 pH 最高为 9.08,最低为 5.74,平均值为 7.79。据土壤酸碱度分级标准: pH≥8.5 为强碱性,7.5 < pH < 8.5 为碱性,6.5 < pH < 7.5 为中性,5.0 < pH < 6.5 为酸性,pH < 5.0 为强酸性。调查区 1022 件样品中,强碱性样数为 55 件,占调查区总样数的 5.38%;碱性样数为 684 件,占调查区总样数的 66.93%;中性样数为 275 件,占调查区总样数的 26.91%;酸性样数为 8 件,占调查区总样数的 0.78%;调查区土壤未见强酸性样品,总体呈碱性为主。根据雅江两侧土壤硒含量与 pH 相关性分析可见,土壤硒与 pH 具有一定的线性相关,其中雅江北侧土壤硒与 pH 两者呈线性负相关(图 4a), $R^2=0.1438(n=451,P<0.01)$;雅江南侧土壤硒与 pH 相关性较差(图 4b), $R^2=0.0384(n=571,P<0.01)$;雅江两侧随着土壤 pH 值升高,土壤硒平均含量逐渐减小,这与杨志忠等^[26]和李晓慧等^[27]研究认为随着酸碱度的升高,土壤硒含量变低的结果一致,可见土壤酸碱度也是影响土壤硒含量的重要因素之一^[28]。

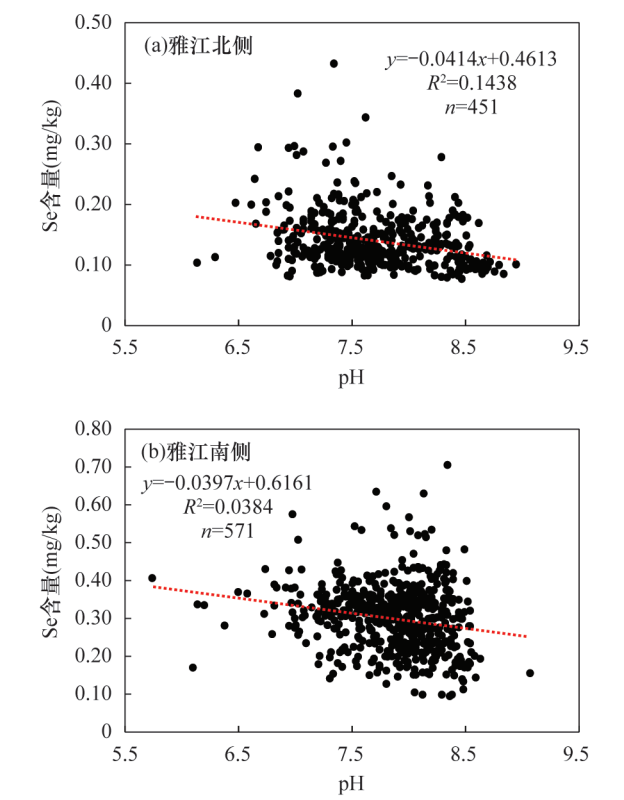


图4 雅江两岸土壤硒含量与 pH 相关性分析
Fig. 4 Correlation analysis between selenium content and pH of soil in the two sides of Yajiang River

3.4 根系土壤样硒与青稞籽粒硒含量特征分析

西藏居民的主要粮食作物为青稞,因此本次主要采集青稞样品,共采集青稞籽粒及根系土壤样品各 30 件,其中雅江北侧 11 件,雅江南侧 19 件。根据根系土壤样品分析结果显示,雅江北侧硒含量为 0.11~0.17mg/kg,平均值为 0.14mg/kg,而雅江南侧硒含量为 0.19~0.39mg/kg,平均值为 0.30mg/kg,可见雅江南侧硒含量明显高于雅江北侧。根据青稞籽粒样品分析结果显示,雅江北侧 11 件青稞籽粒样品中检出限以下的样品数为 8 件,约占雅江北侧样数的 72.73%,仅有 3 件样品硒含量大于检出限,其中 2 件分布在雅江河谷地带,硒含量分别为 0.014mg/kg、0.032mg/kg;雅江南侧 19 件青稞籽粒样品中仅有 2 件样品硒含量低于检出限,其余均在检出限以上,检出限以上样品占雅江南侧样数的 89.47%,检出限以上样品的硒含量范围为 0.006~0.058mg/kg,平均值为 0.013mg/kg。雅江北侧不仅土壤缺硒,青稞籽粒也严重缺硒,而雅江南侧土壤硒含量适量,但青稞籽粒处于低硒水平,这与曲航等^[4]和顾涛等^[29]研究表明即使是在硒含量适量的土壤地区产出的青稞籽粒硒含量也较低的结果一致。从雅江两侧青稞籽粒硒含量结果来看,雅江北侧青稞籽粒硒含量远低于雅江南侧,这与雅江流域大骨节病区主要分布于雅江北岸,而雅江南岸基本未发现病区^[30]结论相同。根据雅江南侧检出限以上 17 件样品的根系土壤样及青稞籽粒硒含量进行线性相关分析,土壤硒与籽实硒存在一定的相关性^[25],相关系数为 0.11 ($P<0.01$),可见青稞籽实中的硒主要来源于土壤^[6]。

4 结论

根据西藏山南市乃东区优选耕地区 1:5 万土地质量地球化学调查成果显示,雅江北侧土壤硒含量平均值为 0.14mg/kg,接近西藏土壤硒含量平均值 0.15mg/kg;而雅江南侧土壤硒含量平均值为 0.3mg/kg,远高于雅江北侧及西藏土壤硒含量平均值 0.15mg/kg,略高于中国土壤硒含量平均值 0.29mg/kg。这与西藏缺硒土壤主要分布在雅江以北区域,而富硒土壤主要分布在雅江南侧结论基本一致。从调查区不同土地利用类型的土壤硒含量显示,调查区内耕地 > 牧草地 > 林地。但从雅江两侧分布来看,北侧耕地、林地及牧草地硒含量接近,这可能与雅江北侧耕地主要为梯田且雅江北侧地质背景复杂有关,需要进一步研究;雅江南侧耕地分布连

片且相对高差较小,因此土壤硒平均含量为:耕地 > 林地、牧草地,反映了土壤硒含量在一定程度上受海拔影响,低海拔区硒含量相对高于高海拔区。

研究发现土壤硒含量主要受雅江南北两侧完全不同的地质背景影响,还受 pH 及有机质的影响,土壤硒与有机质进行相关性分析显示,随着土壤中有有机质含量上升,土壤硒含量明显升高;而土壤硒含量与 pH 呈负相关,随着土壤酸碱度的升高,土壤硒含量变低。根据青稞籽粒及根系土壤的硒含量显示,乃东调查区青稞籽粒硒含量明显受根系土壤硒含量影响,雅江北侧青稞籽粒硒含量明显低于雅江南侧,而西藏大骨节病也主要在雅江北侧发现,这与青稞缺硒是否有关需要进一步研究。此外,从硒适量区采集的青稞籽粒硒含量来看,青稞籽粒硒含量不仅受根系土壤硒含量影响,还可能与青稞品种有关。因此,建议当地充分利用雅江南侧的富硒土壤区域,通过种植不同品种的农作物及农田养分管理,提高农作物对硒的吸收,科学发展富硒产业。

5 参考文献

[1] 吕瑶瑶,余涛,杨忠芳,等. 大骨节病区硒元素分布的调控机理研究——以四川省阿坝地区为例[J]. 环境化学,2012,31(7):935-944.
Lyu Y Y, Yu T, Yang Z F, et al. The regulation mechanism of selenium distribution in Kaschin-Beck disease area: A case study in Aba area, Sichuan Province [J]. Environmental Chemistry, 2012, 31(7): 935-944.

[2] 熊咏民,杨晓莉,张丹丹,等. 硒的生物学效应与环境相关性疾病的研究进展[J]. 土壤,2018,50(6):1105-1112.
Xiong Y M, Yang X L, Zhang D D, et al. Research progress in biological function of selenium and environmentally associated diseases[J]. Soils, 2018, 50(6): 1105-1112.

[3] 迟凤琴,徐强,匡恩俊,等. 黑龙江省土壤硒分布及其影响因素研究[J]. 土壤学报,2016,53(5):1262-1274.
Chi F Q, Xu Q, Kuang E J, et al. Distribution of selenium and its influencing factors in soils of Heilongjiang Province [J]. Acta Pedologica Sinica, 2016, 53(5): 1262-1274.

[4] 曲航,尼玛扎西,韦泽秀,等. 西藏青稞产区土壤和籽粒硒含量调查研究[J]. 麦类作物学报,2020,40(7):890-896.

Qu H, Ni M T S, Wei Z X, et al. Investigation on selenium content in soil and Hulless Barley grains in Tibet [J]. Journal of Triticeae Crops, 2020, 40(7): 890-896.

[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,1990:371.
Environmental Monitoring in China. Background values of soil elements in China [M]. Beijing: China Environmental Press, 1990: 371.

[6] 王学求,柳青青,刘汉粮,等. 关键元素与生命健康: 中国耕地缺硒吗? [J]. 地学前缘, 2021, 28(3): 421-423.
Wang X Q, Liu Q Q, Liu H L, et al. Key elements and human health: Is China's arable land selenium-deficient? [J]. Earth Science Frontiers, 2021, 28(3): 421-423.

[7] 张晓平,张玉霞. 西藏土壤中硒的含量及分布[J]. 土壤学报,2000,37(4):558-562.
Zhang X P, Zhang Y X. Content and distribution of selenium in soils of Tibet [J]. Acta Pedologica Sinica, 2000, 37(4): 558-562.

[8] 杨林生,吕瑶,李海蓉,等. 西藏大骨节病区的地理环境[J]. 地理科学,2006,26(4):466-471.
Yang L S, Lyu Y, Li H R, et al. Features of geographical environment of Kaschin-Beck Disease (KBD) affected region in Tibet [J]. Scientia Geographica Sinica, 2006, 26(4): 466-471.

[9] 钱薇,唐昊治,王如海,等. 一次消解土壤样品测定汞、砷和硒[J]. 分析化学,2017,45(8):1215-1221.
Qian W, Tang H Y, Wang R H, et al. Determination of mercury, arsenic and selenium in soils by one-time digestion [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2017, 45(8): 1215-1221.

[10] 李蕾,苏园,程楚国,等. 微敞开体系快速石墨消解-原子荧光法测定食品及土壤中的硒[J]. 环境化学,2020,39(4):1098-1104.
Li L, Su Y, Chen C G, et al. Fast determination of selenium in food and soils by micro-open graphite digestion-atomic fluorescence spectrometry [J]. Environmental Chemistry, 2020, 39(4): 1098-1104.

[11] 王琪,刘禹含,杨景娜,等. 新疆伊犁土壤硒资源分布及与土壤性质的关系分析[J]. 农业资源与环境学报,2014,31(6):555-559.
Wang Q, Liu Y H, Yang J N, et al. Analysis on the distribution of selenium resources and its relationships with soil properties of Ili District, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2014, 31(6): 555-559.

- [12] Li S J, Li W, Hu X, et al. Soil selenium concentration and Kashin - Beck disease prevalence in Tibet, China [J]. *Frontiers of Environmental Science and Engineering in China*, 2009, 3(1): 62 - 68.
- [13] 刘冰权, 沙琨, 谢长瑜, 等. 江西赣县清溪地区土壤硒地球化学特征和水稻根系土硒生物有效性影响因素[J]. *岩矿测试*, 2021, 40(5): 740 - 750.
- Liu B Q, Sha M, Xie C Y, et al. Geochemical of soil selenium and influencing factors of selenium bioavailability in rice root soils in Qingxi area, Jiangxi Province[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2021, 40(5): 740 - 750.
- [14] 杨妍萍, 刘晓端, 刘久臣, 等. 川西高原地区岩石中硒的地球化学和影响因素[J]. *岩矿测试*, 2020, 39(1): 115 - 126.
- Yang Y P, Liu X D, Liu J C, et al. Geochemical characteristics of selenium in rocks from the western Sichuan Plateau[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2020, 39(1): 115 - 126.
- [15] 周国华. 富硒土壤资源研究进展与评价[J]. *岩矿测试*, 2020, 39(3): 319 - 336.
- Zhou G H. Research progress of selenium - enriched land resources and evaluation methods[J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2020, 39(3): 319 - 336.
- [16] 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.
- Wei Z S, Tu Q J, Tang 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.
- [17] 袁宏, 赵利, 王茂丽, 等. 西藏拉萨至曲水拉萨河沿岸农用地土壤硒锗空间分布与评价[J]. *土壤*, 2020, 52(2): 427 - 432.
- Yuan H, Zhao L, Wang M L, et al. Spatial distribution and evaluation of selenium and germanium in farmland soils from Lhasa to Qushui along the Lhasa River in Tibet[J]. *Soils*, 2020, 52(2): 427 - 432.
- [18] 曾庆良, 余涛, 王锐. 土壤硒含量影响因素及富硒土地资源区划研究——以湖北恩施沙地为例[J]. *现代地质*, 2018, 32(1): 105 - 112.
- Zeng Q L, Yu T, Wang R. The influencing factors of selenium in soils and classifying the selenium - rich soil resources in the typical area of Enshi, Hubei [J]. *Geoscience*, 2018, 32(1): 105 - 112.
- [19] 陈娟, 宋帅, 史雅娟, 等. 富硒农业生产基地土壤硒资源空间分布特征及评价[J]. *环境化学*, 2015, 34(12): 2185 - 2190.
- Chen J, Song S, Shi Y J, et al. Spatial distribution and assessment of selenium in soils of a Se - enrich agricultural production base [J]. *Environmental Chemistry*, 2015, 34(12): 2185 - 2190.
- [20] 李明伟, 黄飞岳, 胡蔚红. 恩施茶园土壤硒含量及与茶叶吸收量的相关关系[J]. *湖北农业科学*, 2010, 49(4): 832 - 834.
- Li M W, Huang F Y, Hu W H. Correlations on Se content of tea plantation's soil and Se absorption of tea leaves in Enshi Autonomous Prefecture [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2010, 49(4): 832 - 834.
- [21] 韩笑, 周越, 吴文良, 等. 富硒土壤硒含量及其与土壤理化性状的关系: 以江西丰城为例[J]. *农业环境科学学报*, 2018, 37(6): 1177 - 1183.
- Han X, Zhou Y, Wu W L, et al. Selenium contents of farmland soils and their relationship with main soil properties in Fengcheng, Jiangxi [J]. *Journal of Agro - Environment Science*, 2018, 37(6): 1177 - 1183.
- [22] 周墨, 陈国光, 张明, 等. 赣南地区土壤硒元素地球化学特征及其影响因素研究: 以青塘—梅窖地区为例[J]. *现代地质*, 2018, 32(6): 1292 - 1301.
- Zhou M, Chen G G, Zhang M, et al. Geochemical characteristics and influencing factors of selenium in soils of South Jiangxi Province: A typical area of Qingtang—Meijiao [J]. *Geoscience*, 2018, 32(6): 1292 - 1301.
- [23] 饶孝沛, 王明琼, 冉露, 等. 利川市耕地硒资源分布研究[J]. *安徽农业科学*, 2016, 44(13): 201 - 206.
- Rao X P, Wang M Q, Ran L, et al. Distribution of selenium resources in cultivated land of Lichuan City [J]. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2016, 44(13): 201 - 206.
- [24] 周殷竹, 刘义, 王彪, 等. 青海省囊谦县农耕地土壤硒的富集因素[J]. *地质通报*, 2020, 39(12): 1952 - 1959.
- Zhou Y Z, Liu Y, Wang B, et al. Influence factors of soil selenium in cultivated area of Nangqian County, Qinghai Province [J]. *Geological Bulletin of China*, 2020, 39(12): 1952 - 1959.
- [25] 冯辉, 张学君, 张群, 等. 北京大清河流域生态涵养区富硒土壤资源分布和来源解析[J]. *岩矿测试*, 2019, 38(6): 693 - 704.
- Feng H, Zhang X J, Zhang Q, et al. Distribution characteristics and sources identification of selenium - rich soils in the ecological conservation area of the Daqinghe River Watershed, Beijing [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2019, 38(6): 693 - 704.

[26] 杨志忠,周文龙,罗勇军,等. 贵州镇远县耕地土壤中硒的分布特征及控制因素[J]. 现代地质,2021,35(2):434-442.

Yang Z Z,Zhou W L,Luo Y J,et al. Distribution of soil selenium of the cultivated land and its controlling factors in Zhenyuan of Guizhou Province[J]. Geoscience,2021,35(2):434-442.

[27] 李晓慧,高宁,赵万伏,等. 宁夏青铜峡农耕土壤硒含量分布特征及其影响因素分析[J]. 农业资源与环境学报,2018,35(5):422-429.

Li X H,Gao N,Zhao W F,et al. Distribution characteristics of selenium in cultivated soil and its influencing factors in Qingtongxia City of Ningxia[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment,2018,35(5):422-429.

[28] 谢邦廷,贺灵,江官军,等. 中国南方典型富硒区土壤硒有效性调控与评价[J]. 岩矿测试,2017,36(3):273-281.

Xie B T,He L,Jiang G J,et al. Regulation and evaluation of selenium availability in Se-rich soils in southern China[J]. Rock and Mineral Analysis,2017,36(3):273-281.

[29] 顾涛,赵信文,雷晓庆,等. 珠江三角洲崖门镇地区水稻田土壤-植物系统中硒元素分布特征及迁移规律研究[J]. 岩矿测试,2019,38(5):545-555.

Gu T,Zhao X W,Lei X Q,et al. Distribution and migration characteristics of selenium in the soil-plant system of paddy fields in the Pearl River Delta,Yamen Town[J]. Rock and Mineral Analysis,2019,38(5):545-555.

[30] 郭亚楠,李海蓉,杨林生,等. 雅鲁藏布江两岸环境硒分布特征及与大骨节病发病的关系[J]. 中华地方病学杂志,2017,36(7):494-497.

Guo Y N,Li H R,Yang L S,et al. The relationship between environment selenium characteristics and distribution of Kaschin-Bebk disease in the Yarlung Zangbo River Banks [J]. Chinese Journal of Endemiology,2017,36(7):494-497.

Distribution Characteristics and Influencing Factors of Soil Selenium in Naidong District, Shannan City, Tibet

Cirenwangdui, Duojiweise*, Suolangciren, Nimaciren, Bianbaciren, Pingcuolangjie
(Geothermal and Geological Party, Tibet Bureau of Mineral Resource Exploration and Development, Lhasa 850000, China)

HIGHLIGHTS

- (1) The average soil total selenium content on the southern side of the Yajiang River in the Naidong survey area was much higher than that on the northern side, which was mainly affected by the geological background.
- (2) The main influencing factors of soil total selenium content on both sides of the Yajiang River were organic matter and soil pH.
- (3) The content of selenium in different land utilization types in the Naidong survey area was cultivated land > pasture land > forest land.

ABSTRACT

BACKGROUND: Selenium is one of the essential trace elements for animals and humans, and its abundance is closely related to the health of humans, animals and plants. Selenium deficiency is common in Chinese soil, especially in Tibet. Research results in recent years have shown that the selenium – deficient soils in Tibet are mainly distributed in the north of the Yarlung Zangbo River (referred to as “Yajiang”), while there are areas with high total selenium content and a large area in the south of the Yajiang River. Naidong district is located in the Yajiang River valley in the central and southern parts of the Tibet Plateau. It is one of the important agricultural areas in Tibet and one of the granaries of Tibet.

OBJECTIVES: To investigate the distribution characteristics and influencing factors of soil selenium in different areas and different land utilization types on both sides of the Yajiang River in Naidong District, Shannan City, Tibet.

METHODS: The contents of selenium and other elements in 1022 topsoil, 30 groups of highland barley seed samples and root soil samples in the Naidong District were determined by atomic fluorescence spectrometry (AFS). Correlation analysis was used to study the influencing factors of soil selenium.

RESULTS: The data showed that the arithmetic mean of selenium content in the soil on the north side of the Yajiang River was 0.14mg/kg, which was close to the mean value of selenium in the soil of Tibet (0.15mg/kg). The arithmetic mean of selenium content in the soil on the southern side of the Yajiang River was 0.30mg/kg, which was twice the mean value of soil selenium content in Tibet, and slightly higher than the mean soil selenium content in China (0.29mg/kg). The average selenium content in different land utilization types in the Naidong survey area was cultivated land (0.24mg/kg) > pasture land (0.22mg/kg) > forest land (0.19mg/kg). The research results showed that the soil selenium content on both sides of the Yajiang River in the Naidong survey area was quite different, and there was selenium – rich soil on the south side of the Yajiang River. The factors controlling soil selenium content were not only affected by geological background, but also related to soil pH, organic matter and other factors. Soil Se content increased significantly with the increase of soil organic matter content, but decreased with the increase of soil pH.

CONCLUSIONS: It is suggested to make full use of the selenium – enriched soil in Naidong District, and study the absorption of selenium by different crops to improve the availability of selenium in the soil through farmland nutrient management, and promote the development of the local selenium – enriched industry.

KEY WORDS: Naidong District; soil; Se; atomic fluorescence spectrometry; influencing factors; land utilization type