

湖沼相富硒土壤的发现及其生态学意义

蔡子华, 宋明义, 胡艳华, 黄春雷, 王加恩

(浙江省地质调查院, 浙江 杭州 311203)

摘要:通过对浙北平原土壤调查与研究,发现一种新类型富硒土壤,其特征为环太湖周边断续出现。土壤硒全量为 $(0.084 \sim 1.296) \times 10^{-6}$,平均值为 0.399×10^{-6} ,标准离差为0.037,变异系数为0.094;土壤有效硒与有机质关系密切,与土壤pH不相关;在土壤有机质丰富和氧化条件下,稻米、玉米、豆类 and 叶菜类等农产品富硒效果较好。进一步研究表明,该富硒土壤的形成与湖沼相沉积有关,据此提出湖沼相富硒土壤新类型。

关键词:湖沼相;土壤母质;富硒土壤;基本特征;浙北平原

中图分类号: P632

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2011)02-0248-06

浙北平原区地处长江三角洲南岸,属于长江汇入东海的河口三角洲南翼,北接江苏太湖,东连上海。这里土壤肥沃,气候适宜,物产富饶,经济发达,是我国著名的鱼米之乡。该区为河湖相、湖沼相和滨海相沉积平原,地势低平,平均海拔约3 m,湖泊星罗,水网密布,比降平缓,属古太湖收缩遗留产物。第四系为巨厚的湖沼相沉积物,沉积物主要为灰褐、灰黑色亚黏土,夹层状泥炭,软塑,发育水平层理^[1-2],有机质含量高。土壤中硒含量一般不高,长期以来,一直被较多的研究者认为是缺硒地区,并且部分地区大肠癌发病率高^[3-7]。2008年,浙江省地质调查院在浙北地区开展基本农田质量调查过程中,首次在嘉善县中部干窑一姚庄一带发现富硒土壤,面积57 km²。通过对富硒土壤的专项调查,系统采集了土壤、水和农产品等样品。在上述调查研究的基础上,笔者补采了纵向和横向剖面上的样品,进行硒的形态分析,深入研究富硒区土壤地球化学特征,追索硒源,探讨富硒土壤的成因,并在理论上取得了新的认识。

1 样品测试与分析

1.1 土壤样品采集

采样点一般布设于水田、旱地中。表土样按网格法布样,采样密度16点/km²,由多坑点采集0~20 cm表层土壤组合而成。土壤剖面一般部署在硒的高含量区,在垂向剖面上按土壤发生层次采集,每个层次取一个样品,形态分析样主要在典型剖面的表层土壤中采取。采样时避开新近搬运的堆积土和

局部污染区。全县共采集土壤样品1 904件,其中富硒区土壤样297件进行了重金属含量测试。富硒区调查面积57 km²,开挖土壤剖面20个,采集土壤硒分析样品779件,剖面样80件,形态分析样2件。土壤样品晾干后过20目筛,外送分析。

1.2 分析测试方法

采用X荧光光谱法测定土壤硒全量,检出限为 0.05×10^{-6} ;原子荧光法测定土壤硒有效量,检出限为 0.005×10^{-6} 。土壤硒有效量的浸提方法为:酸性与中性土壤用稀硝酸浸取,碱性土壤用DTPA浸取。土壤硒形态的提取参照Tessier等^[5]提出的六步萃取法,顺序为:MgCl₂提取交换态,NaAc提取碳酸盐态,Na₄P₂O₇提取腐殖酸结合态,NH₂OH、HCl提取铁锰氧化态,H₂O₂提取强有机质结合态(其中包括部分硫化物),HCl提取残渣态。

经检验,上述各类分析方法正确,依据充分。检测过程中,插入国家一级标样、重复样、监控样以保证质量,分析的准确度、精密性、检出限、报出率等均符合相关规定和要求。

2 土壤地质地球化学特征

富硒区土壤类型为青紫泥田、黄斑田等,土体深厚,剖面中下部常出现腐泥层或泥炭层,质地黏重,主要为黏壤土。土壤自上而下,pH值逐渐升高,从微酸性至中性;盐基饱和度和有效阳离子交换量逐步增高。区内地势平坦,传统农业以稻米为主,其次为玉米、大豆和蔬菜。

经地球化学剖面追索,结合浙江省农业地质环

境调查资料^[8]发现,由嘉善向西至湖州、长兴等地断续出现与嘉善特征相似的富硒土壤,主要沿太湖南岸呈带状出现。土壤剖面研究表明,研究区土体发育,剖面深度 1.0~3.5 m,未见底,表层发生层分化明显,向深部过渡为成土母质,可见深灰色淤泥层 2~3 层,成分主要为腐泥质,单层厚达 30~50 cm。

从成土母质的元素组成来看,湖沼相土壤中 Si、Al、Fe、Mg、Ca、OrgC、Cl、P、Mn、Cu、Se 含量与河道相、滨海相土壤相比属于中等水平,但 Na、N、S、Zn、B 表现为高含量,而 Mo 含量较低。重金属 Cd、Cr、As、Ni 含量一般,但 Hg 含量较高。

2.1 土壤全硒含量特征

嘉善富硒区自西向东呈带状分布,可进一步划分为陶庄、西塘、洪溪、干窑—姚庄、杨庙 5 个次一级富硒区,其中以干窑—姚庄富硒区为主体。现结合富硒区全硒含量、有效硒含量,对富硒土壤特征进行阐述。

硒全量平均值最高为杨庙富硒区,平均含量为 0.424×10^{-6} ,其次为洪溪富硒区,平均值 0.416×10^{-6} ,最低值分布在陶庄富硒区,仅为 0.379×10^{-6} 。有效硒含量以杨庙富硒区为最高,平均值为 0.024×10^{-6} ,其次为干窑—姚庄富硒区,平均值为 0.019×10^{-6} 。在富硒区 778 个样品中,硒全量($0.3 \sim 0.5$) $\times 10^{-6}$ 的样品数最多,占总样数的 90.63%;全量大于 0.4×10^{-6} 的样品数为 350 个,占总样数 44.93%,标准离差 0.037,变异系数 0.094,且含量较为稳定,表明嘉善富硒区土壤硒含量总体不高(图 1)。

富硒区与全县土壤硒含量对比结果表明,全县富硒区全硒含量在 $(0.065 \sim 1.296) \times 10^{-6}$,平均值 0.330×10^{-6} ;富硒区全硒含量在 $(0.084 \sim 1.296) \times 10^{-6}$,平均值 0.389×10^{-6} ,明显高于嘉善全县范围的平均值,表明富硒区的土壤地质条件与外围有较大的差别。

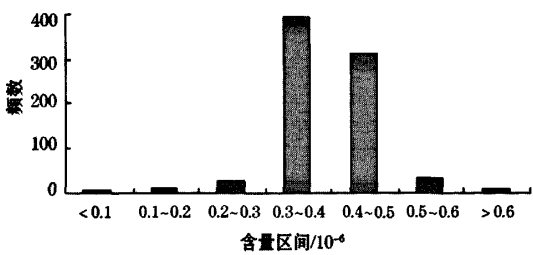


图 1 嘉善县富硒区表层土壤硒含量对比

从土壤类型来看,小粉田 Se 含量最高,均值达 0.41×10^{-6} ,其次为黄斑田,均值 0.395×10^{-6} ,半青紫泥田均值 0.391×10^{-6} ,最低的为青紫泥田,均值 0.373×10^{-6} 。统计结果显示,表层土壤硒含量与土壤类型有一定联系。嘉善土壤类型主要为水稻土,水稻土中黏粒和有机质含量高,对硒的吸附性较好,是一种较容易富硒的土壤类型^[9-10]。

2.2 土壤有效硒含量特征

不同土壤类型有效硒含量统计结果见表 1,按照均值加减 2 倍离差剔除离群样品。富硒区样品有效 Se 均值 0.018×10^{-6} ,最大值 0.05×10^{-6} ,最小值 0.002×10^{-6} ,其中 265 件样品有效硒达到 0.02×10^{-6} 以上。

从统计结果看,富硒区青紫泥田与半青紫泥田有效硒含量高于黄斑田与小粉田,所有样品平均值均明显高于浙北水稻土的平均值,也高于对照区龙游县富硒区土壤有效硒的平均值。

2.3 富硒区土壤重金属含量特征

在嘉善富硒区 297 件表层土壤中,重金属元素 Pb、Zn、Cu、Ni、Cr、As、Hg、Cd 等含量都较低。除个别样点土壤 Hg 含量达到三级外,总体上均未超出二级土壤环境质量标准(表 2)。

通过形态分析,土壤汞以残渣态为主,占全量的 60.5%。据马生明等^[12]研究,土壤中 Hg 与 S 反应,多生成辰砂(HgS)矿物,易进入作物的离子交换态

表 1 嘉善富硒区不同土壤类型有效硒统计

土壤类型		原始样品数/个	统计样品数/个	平均值/ 10^{-6}	极大值/ 10^{-6}	极小值/ 10^{-6}
富硒区	黄斑田	234	222	0.017	0.045	0.004
	小粉田	28	27	0.017	0.05	0.012
	青紫泥田	144	135	0.019	0.035	0.004
	半青紫泥田	373	353	0.018	0.046	0.002
	全区	778	705	0.018	0.05	0.002
浙北地区水稻土 ^[10]				0.013	0.081	0.001
龙游县富硒区 ^[11]		532	449	0.016	0.062	0.002

表 2 嘉善富硒区土壤重金属含量特征

元素	样品数/个	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	Hg	Cd	pH
含量	297 件	35.35	112.6	47.14	38.15	85.01	8.72	0.27	0.26	5.88
二级标准(≤)		250	200	50	40	250	30	0.3	0.3	<6.5

和水溶态 Hg 所占比例较小,生态风险不大。采集富硒区农作物样,经检测均在食品安全标准以内,无重金属超标。

3 富硒土壤成因

郇逸根等^[13-14]在对浙江省富硒土壤资源进行调查与评价时指出,土壤硒除了受成土母质的直接影响外,还与表生环境中硒的迁移循环过程有关,如大气降尘等。总之,土壤中的硒有多种来源,如成土母质、化学肥料、大气沉降(包含燃煤烟尘)、灌溉水、污泥、农用石灰、人工加硒等。由于嘉善地区无基岩出露,其富硒土壤成因机制值得探讨,到底是与成土母质有关,还是由人类活动造成?下面从地质环境、表生地球化学作用、人类活动与硒富集的关系等方面探讨嘉善地区的富硒土壤的成因。

3.1 地质环境与硒的富集

地球陆壳中,硒是微量元素,其丰度为 $(0.05 \sim 0.09) \times 10^{-6}$ ^[15]。李家熙等^[16]认为高硒土壤主要继承富硒岩石和煤层,页岩的硒含量通常较高,是高硒土壤形成的重要条件,如美国西部平原高硒土壤发育于富硒的黑色页岩分布区;我国恩施地区的高

硒土壤则主要继承了炭质页岩富硒特征。王美珠等^[17]对我国部分地区高硒、低硒土壤的形成原因作了初步探讨,认为母质(母岩)类型是导致土壤含硒量高低的主要原因,生物、气候、地形等对土壤含硒量的消长也起着一定作用。

3.1.1 硒地质高背景

从区域上看,浙北表层土壤硒具有较高的地球化学背景,高于浙中地区和浙东地区。长江三角洲地区,表层土壤中硒的地球化学分布特征也有相似的结果(图2)。而从深层土壤硒的分布特征看,浙北地区处于一个相对高值区,深层土壤硒含量相对较高,特别是干窑—姚庄一带,表明嘉善地区表层土壤富硒在很大程度上来源于成土母质^[18]。

然而,在嘉善其他地区硒含量均较低,反映出富硒区独特的土壤理化性质。硒与其他重要指标间的相关系数列于表3。由表看出,与Se相关性较好($r > 0.2$)的指标有C、N、S、Pb、Zn、Cu、Cl、Cd、Mo。其中与Se相关性最好的是C和S(图3),说明Se在表层土壤中的富集与含碳物质关系密切。而土壤中有有机质是C最大的载体,从图4可以看出,有机碳(OrgC)与Se的相关性更好,说明土壤中有有机质对

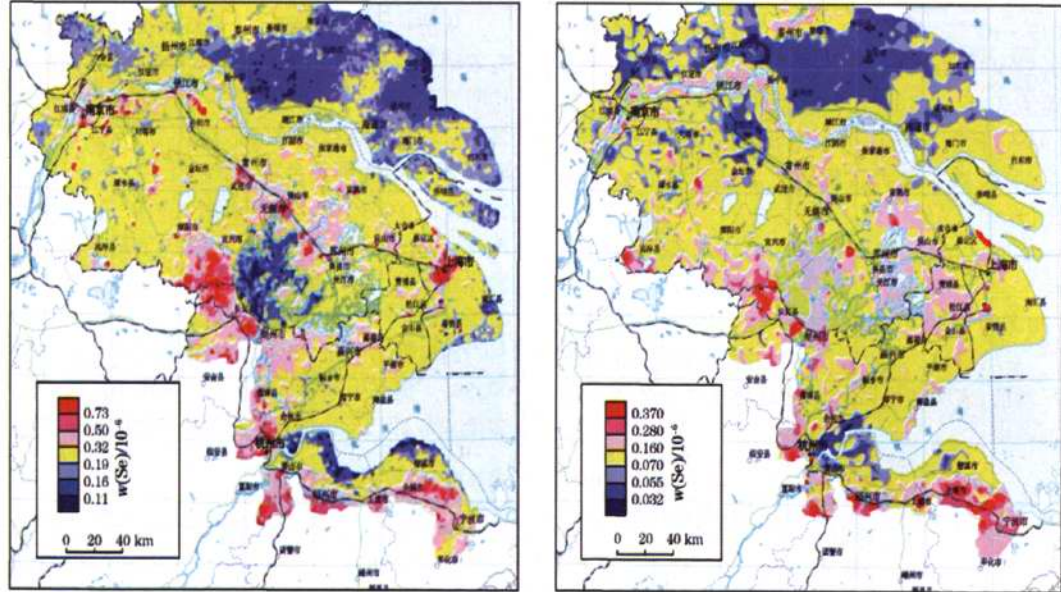


图2 长江三角洲地区表层、深层土壤硒地球化学分布

表3 Se 与其他指标的相关系数

pH	C	N	F	S	MgO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	P	Pb
-0.117	0.534	0.499	-0.05	0.456	-0.167	0.02	-0.018	-0.15	0.055	-0.094	0.078	0.258
Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Cl	Se	As	Hg	B	Cd	I	Mo
0.277	0.203	0.078	-0.088	0.135	0.221	1	0.063	0.144	0.039	0.301	-0.113	0.224

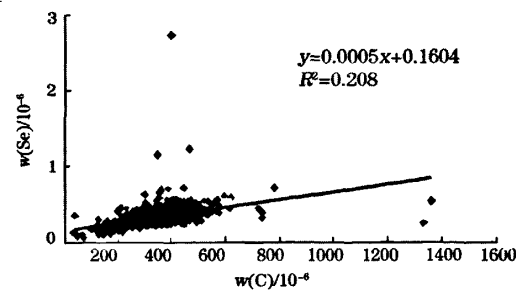


图3 Se 与 C 的相关性图解

Se 具有强烈的吸附与固定作用,这与嘉善 Se 的表生富集现象是吻合的。

以 0.4×10^{-6} 为界线,将嘉善的表层土壤分为两种类型,分别统计它们的 OrgC 含量(表 4)。

表 4 不同硒含量样品 OrgC 含量比较

土壤硒含量/ 10^{-6}	OrgC 含量平均值/%
$Se \geq 0.4$	2.36(样品数 78 件)
$Se < 0.4$	1.88(样品数 394 件)

可以看出,富硒土壤($Se \geq 0.4 \times 10^{-6}$)样品具有比非富硒土壤样品高的 OrgC 含量,再次说明嘉善表层土壤硒的富集与有机质关系密切。有机质含量与土壤硒含量之间的关系前人已做过研究。王金达等^[19]在研究黄土高原土壤硒的地球化学行为时指出,土壤硒含量与有机质含量呈正相关关系,硒在土壤中的地球化学受控于土壤中的有机质含量与气候条件。

嘉善农耕历史悠久,土壤熟化程度高,尤其中部地区干窑—姚庄一带有机质含量较丰富。由于有机质对硒具有较强的吸附能力,加上较高硒含量的成土母质,因此有机质吸附作用对干窑—姚庄一带富硒土壤的形成起了至关重要的作用。

3.1.2 土壤硒的形态

嘉善县富硒区两个表层土壤样品 JS10 与 JS11 的硒全量分别为 0.531×10^{-6} 和 0.507×10^{-6} 。对样品进行形态分析,从 7 种形态分析结果看(图 5),JS10 样品有机结合态(46%)>腐植酸态(28%)>残渣态(20%)>水溶态(2%)=碳酸盐态(2%)>离子交换态(1%)=铁锰氧化态(1%),JS11 样品有机结合态(52%)>腐植酸态(27%)>残渣态(14%)>水溶态(3%)>碳酸盐态(2%)>离子交换态(1%)=铁锰氧化态(1%)。两个样品中硒均以有机结合态和腐植酸态为主要赋存状态,二者比例占全硒总量的 80% 左右,尤其是腐殖酸结合态对活性硒的贡献最大。

上述分析表明,土壤中硒的赋存形态与有机质

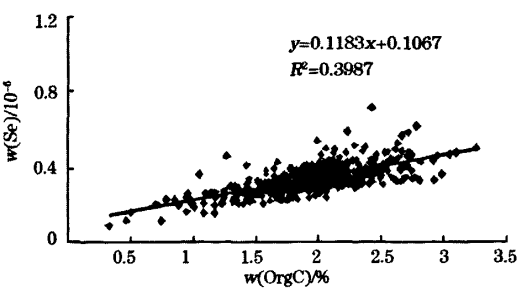
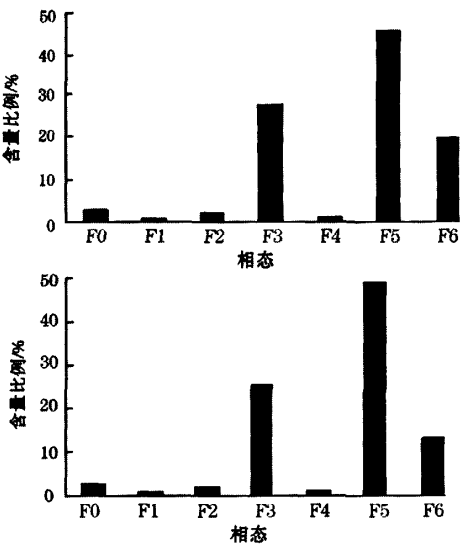


图 4 Se 与 OrgC 相关性图解



F0—水溶态;F1—离子交换态;F2—碳酸盐态;F3—腐殖酸态;F4—铁锰氧化态;F5—有机结合态;F6—残渣态

图 5 富硒区土壤样品硒形态含量的结构类型密切相关,说明有机质吸附是嘉善地区土壤富硒的主要原因。

3.1.3 土壤有效硒与 pH 的关系

对 778 件土壤样品进行土壤有效硒含量测定,以有效硒含量 0.02×10^{-6} 为界线对嘉善富硒土壤 pH 值作分段统计,统计结果见表 5。

表 5 不同有效硒范围表层土壤 pH 值统计

有效硒含量范围	pH 值区间	频数	所占比例/%
$< 0.02 \times 10^{-6}$	< 5	10	1.8
	5~5.5	60	11.1
	5.5~6	202	37.3
	6~6.5	181	33.5
	6.5~7	58	10.7
	> 7	30	5.5
$> 0.02 \times 10^{-6}$	< 4.5	1	0.42
	4.5~5	4	1.69
	5~5.5	37	15.61
	5.5~6	85	35.86
	6~6.5	80	33.76
	6.5~7	20	8.44
	> 7	10	4.22

从统计结果来看,无论有效硒含量小于 0.02×10^{-6} 的土壤,还是有效硒含量高于 0.02×10^{-6} 的土壤,pH 变化范围均很大,且在 5.5 ~ 6.5 频数所占比例最大。由此看来,嘉善地区表层土壤有效硒含量与 pH 值之间无明显的相关关系。

3.1.4 土壤氧化还原电位

土壤氧化还原反应能改变离子的价态,影响有机物质的分解速度和强度,同时也影响土壤中硒的释放、转化、迁移和循环。硒在高价态时形成络合一螯合离子的配位离子,在土壤溶液中活性增强,还原条件下则被还原为低价离子,进一步被水解沉淀。

研究认为,旱地土壤 E_h 值在 200 mV ~ 700 mV,土壤养分供应较为正常。在嘉善富硒区,杨庙乌溪漾、南油车港、乌泾塘、新桥头、东龙港、姚庄镇、沙下泾一带, E_h 值大于 300 mV ~ 450 mV,农产品富硒情况尚好;在范泾、上南浜、南叶湾、石家湾、清凉塘、网埭港等地, E_h 值大于 450 mV,农产品富硒程度较高;而 E_h 值大于 700 mV,或小于 200 mV 的样点较少,分布零散,未采集相应农产品分析样。

3.1.5 土壤机械组成

土壤质地对土壤肥力及各营养元素的含量均有重要影响。嘉善土壤类型主要为脱潜型水稻土,质地为黏壤土,由于粉砂级—黏粒级颗粒丰富,对硒的吸附作用较为明显。

土壤容重数值大小受密度和孔隙影响,而后者影响更大,土壤容重小,反映土壤疏松多孔。嘉善富硒区表层土壤容重在 $0.84 \sim 1.32 \text{ g/cm}^3$ 之间,平均为 1.11 g/cm^3 ,嘉善表层土壤容重偏小,反映其土壤疏松多孔,也有利于硒的吸附,因此,富硒区土壤的质地及容重对其土壤富硒也起了一定作用。

3.2 人类活动影响

20 世纪 80 年代,嘉善地区在魏塘等局部地段进行过人工喷硒试验,但由于用量少(1 g/亩)、次数少(仅 1 次)、远离富硒区等,对富硒区硒含量高低不造成影响^[1];民国时期千窑一带建窑烧砖具有一定规模,但因使用水稻秸秆做燃料,对土壤硒的贡献不明显^[20]。

可以看出,人工加硒试验对研究区土壤硒无贡献,窑厂烟尘对富硒土壤贡献不明显;土壤有效硒与 pH 没有相关性,土壤硒主要以腐植酸态、有机态形式存在。嘉善富硒土壤中硒主要来自成土母质,即在成因上与古太湖在第四纪湖泛期形成的湖沼相沉积作用密切相关,并在土壤理化性质、地球化学特征上与浙江龙游等地石煤型高硒土壤有着显著区别。

4 富硒区硒储量计算

土壤中硒是有限资源,土壤中硒储量多少直接影响到富硒农产品可持续开发问题。

通过对富硒区 20 个剖面数据采用内插法,计算表层 20 cm 处到深层 120 cm 处硒含量,然后计算每层土壤硒的平均值,并以此拟合出嘉善富硒区土壤硒含量随深度变化曲线(图 6)。结果显示,嘉善富硒区硒含量与土壤深度构建成较好的指数函数。

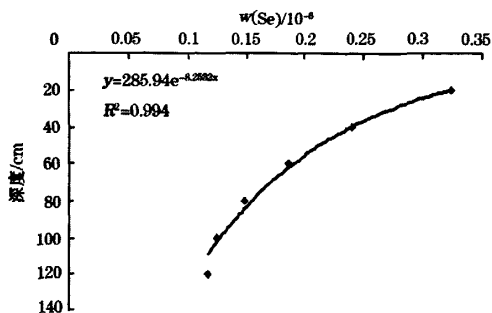


图 6 富硒区土壤硒含量随深度变化

假设表层土壤硒含量在上图曲线上对应的点为 A,深层土壤(深度 = 120 cm)中硒含量在上图曲线上对应的点为 B,曲线 AB 与坐标轴围成图形面积为 S_1 ,表层土壤硒含量为长、表层 20 cm 深度为宽的长方形面积为 S_2 ,则嘉善富硒区(以 57 km^2 计算)表层土壤(0 ~ 20 cm)硒储量 $T_{表}$ 和深层土壤(0 ~ 120 cm)硒储量 $T_{深}$ 分别为

$$T_{表} = 57 \times S_2 \times 104 \times \rho = 5.75 (\text{t}),$$

$$T_{深} = 57 \times S_1 \times 104 \times \rho = 19.24 (\text{t}),$$

其中 ρ 为土壤容重,以嘉善二次普查土壤平均容重 1.1 t/m^3 为标准。

5 生态学意义

嘉善发现富硒土壤,具有重要的生态学意义。一是通过数学拟合,计算出表层土壤硒储量 5.75 t,深层土壤 19.24 t,在一定程度上缓解了杭嘉湖地区土壤和农产品的缺硒现状;二是通过科学开发,可生产出优质富硒大米、富硒蔬菜等,供应上海市场,增加缺硒人群的硒摄入量,提高人民健康水平;三是湖沼相富硒土壤类型的提出,将为全国类似地区开展富硒土壤调查和评价,起到示范和借鉴作用。

6 结论与建议

嘉善富硒土壤产于第四系,成土母质为湖沼相沉积物,是一种新的富硒土壤类型。土壤呈酸性,质

地为黏壤土,有机质丰富,土壤中重金属总体含量较低,硒含量较高。相关分析表明,土壤硒与有机碳关系密切,与土壤 pH 不相关;在土壤有机碳丰富和氧化条件下,农产品富硒效果好。

建议根据本区富硒土壤的特殊性质,结合不同植物种类吸收硒的差异性,科学规划和调整农业种植结构,合理、高效、持续的开发富硒土壤。

参考文献:

- [1] 蔡子华,宋明义.浙江省基本农田质量调查试点总结研究报告[R].浙江省地质调查院,2010.
- [2] 朱朝辉,邬祥林,陈小友,等.浙江省农业地质背景调查研究报告[R].2006.
- [3] 姚鼎炎,杨春雄,严强,等.嘉善县水稻土和稻米的硒含量状况及提高稻米硒水平的研究[J].科技通报,1992,8(6):358-362.
- [4] 王美珠,章明奎.我国部分高硒低硒土壤的成因初探[J].浙江农业大学学报,1996,22(1):89-93.
- [5] 顾金秋.浙江省恶性肿瘤的环境地球化学研究[J].浙江地质,1999,15(1):68-72.
- [6] 周国华,董岩翔,刘占元,等.杭嘉湖地区土壤元素时空变化研究[J].中国地质,2004,31(Z1):72-79.
- [7] 王世纪,吴小勇,刘军保.浙北地区土壤硒元素特征及其生态环境效应评价[J].中国地质,2004,31(Z1):118-125.
- [8] 陈忠大,顾明光.杭嘉湖平原第四纪地质研究报告[R].浙江省地质调查院,2004.
- [9] 徐碧辉.硒资源及其开发利用[M].北京:中国科学技术出版社,1993.
- [10] 刘英俊,张光弟,葛晓云,等.人体硒缺乏与过剩的地球化学环境特征及其预测[M].北京:地质出版社,2000.
- [11] 宋明义,冯雪外,周涛发,等.浙江典型富硒区硒与重金属的形态分析[J].现代地质,2008,22(6):960-979.
- [12] 马生明,朱立新,王之峰.城镇区土壤中 Hg 环境地球化学异常查证及评价新思路[J].地质与勘探,2004,40(3):82-85.
- [13] 候少范,李德珠,王丽珍.我国土壤中结合态硒的含量和分布规律[J].地理研究,1990,9(4):17-25.
- [14] 张艳玲,潘根兴,李正文,等.土壤—植物系统中硒的迁移转化及低硒地区食物链中硒的调节[J].土壤与环境,2002,11(4):388-391.
- [15] 姚林波,高振敏,龙洪波.分散元素硒的地球化学循环及其富集作用[J].地质地球化学,1999,27(3):62-67.
- [16] 郦逸根,徐静,李琰,等.浙江富硒土壤中硒赋存形态特征[J].物探与化探,2007,2(31):95-98.
- [17] Gustafsson J P, Johnsson L, 王美珠.瑞典森林土壤中有有机质对硒的吸持作用[J].土壤学进展,1995,23(2):43-49.
- [18] 董岩翔,郑文,周建华,等.浙江省土壤地球化学背景值[M].北京:地质出版社,2007.
- [19] 王金达,于君宝,张学林.黄土高原土壤中硒等元素的地球化学特征[J].地理科学,2000,20(5):469-473.
- [20] 萧家仪,郭平,王丹,等.太湖平原全新世中晚期古植被、古环境与古文化——以苏州绰墩遗址为例[J].南京大学学报,2004,27(2):91-97.

THE DISCOVERY OF LAKE FACIES SELENIUM-RICH SOIL AND ITS ECOLOGICAL SIGNIFICANCE

CAI Zi-hua, SONG Ming-yi, HU Yan-hua, HUANG Chun-lei, WANG Jia-en

(Zhejiang Institute of Geological Survey, Huangzhou 311203, China)

Abstract: Based on geochemical study of soil, the authors discovered a new type of selenium-rich soil in northern plain of Zhejiang, which occurs discontinuously around the Taihu Lake. The content of selenium in soil is from 0.084×10^{-6} to 1.296×10^{-6} , with the average value being 0.399×10^{-6} , the standard deviation being 0.094, and the variation coefficient being 0.037. Studies show that the soil organic matter is closely related to selenium, but not related to soil pH. Under the conditions of rich organic matter and oxidation, content of selenium in such agricultural products as rice, corn, leafy vegetables, and beans is high. Further studies show that the source of selenium-rich soil is related to lake facies. On such a basis, a new type of selenium-rich soil is put forward.

Key words: lake facies; soil parent material; selenium-rich soil; basic characteristics; northern plain of Zhejiang

作者简介: 蔡子华(1975-),男,硕士,高级工程师,主要从事农业地质、资源与信息技术研究。