

## 嵊县几种主要土壤硒的状况及有效度评价\*

何振立 章明奎 黄昌勇

(浙江农业大学土化系, 杭州, 310029)

夏卫平 潘建明 刘小涯

(国家海洋局第二海洋研究所海化室)

竺陆春

(浙江省嵊县南山区农业技术站)

S154.7

A

**摘要** 测定了嵊县6种主要类型土壤剖面的全硒, 有效硒, 粘粒组分中的硒以及表土的有机态硒。土壤全硒变化在65—898 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 有机态硒为8—143 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 约占全硒13%—27%。有效硒(Olsen法浸提)29—153 $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 占全硒21%—52%。粘粒中硒含量一般比相应土壤高1.15—10.09倍, 影响土壤中硒含量、剖面分布及有效度的因素主要是有机质、粘粒及土壤交换性酸, 嵊县不同土壤间硒的有效度变异很大, 反映了母质、景观和生物等因素的深刻影响。

**关键词** 土壤, 硒, 有效度, 地方病。

嵊县某些乡镇常发生原因不明的家畜(猪为典型)水肿病和白肌病。极端情况下, 仔猪因水肿病死亡率可高达30%, 补硒对这些疾病有显著的防治效果<sup>[1]</sup>。对饲料及粮食分析表明, 其硒含量属低硒水平<sup>[1, 2]</sup>。人畜必需的硒素主要通过食物链从土壤中得到供应。家畜贫硒显然与土壤供硒水平密切相关。据报道, 我国病因未明的克山病、大骨节病及动物白肌病均与环境低硒有关<sup>[3, 4]</sup>。因此, 可以设想嵊县出现的白肌病, 水肿病与土壤供硒不足有关。但是, 前人的工作表明, 根据土壤、粮食及毛发硒水平可将我国划分为3个带, 即东南足硒带, 以棕褐土系列为轴心的东北—西南走向的不连续低硒带和西北富硒带<sup>[3]</sup>。嵊县隶属浙江省绍兴地区, 位于东经120°27'23"—121°06'55", 北纬29°19'45"—29°49'55"属于中北亚热带季风气候过渡带。根据上述划分, 应属东南足硒带内。嵊县出现的水肿病及白肌病是否与环境硒状况有关? 高硒带有无可能出现局部的低硒环境? 因此, 研究嵊县土壤中硒的状况和有效度, 对于探索其局部地区出现的以缺硒为特征的家畜地方病的原因, 以及了解我国低硒环境及其机理关系均具有重要意义。

### 1 材料与方 法

供试土壤为嵊县境内分布最为广泛的6种代表土壤, 代表该地区70%左右的耕作土壤。这些土壤分别发育于不同母质、景观和植被条件, 供试样品采取整个土壤剖面。其中1号剖面采自西白山海拔800m的废弃天然草场, 土壤的自然草被覆盖良好, 有机质丰富, 为发育较好的山地黄壤。2号剖面为玄武岩母质上发育的典型红壤, 景观为低丘缓坡, 采样点为菜园地。3号剖面采自山坡林地, 母质为熔结凝灰岩。4、5、6号剖面的采样点均发生过程度不同的猪水肿病, 及少量猪、牛白肌病, 其中4号剖面采自山地自然剖面, 母质为凝灰岩; 5号剖面采自山坡脚桔园, 母质为紫砂岩; 6号剖面采自缓坡旱地, 母质为流纹岩。土壤基本性质见表1。土壤交

\* 国家自然科学基金资助项目, 承蒙朱祖祥教授, 袁可能教授, 谭见安教授指导, 特致谢意。

本文于1992年7月10日收到, 修改稿于1992年11月30日收到。

1) 嵊县甘林农技站。推广硒对猪水肿病防治情况报告。内部资料, 1988. 12。

2) 嵊县甘林农技站。补硒防治畜缺硒症的试验。内部资料, 1988. 6。

换性酸用 1mol/L KCl 淋洗法测定。粘粒提取采用超声波分散,分散前土壤悬液的 pH 用稀 NaOH 溶液调到 7.0,未经其他任何化学处理。土壤及粘粒样品均通过 100 目筛供测定全硒和有效硒。土壤全硒含量的测定采用  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  (3:2) 消化。有效硒用 0.5mol/L  $\text{NaHCO}_3$  (pH8.5) 浸提(土液比为 1:20,平衡 2h),用  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  消化使其中的有机态硒全部转化为无机硒,土壤有机态硒的测定在另文中作了较详细的讨论<sup>(4)</sup>。简言之,用 0.1mol/L NaOH—0.1mol/L  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  连续浸提。取一部分浸提液,用活性炭分离去除有机质后,供测定无机硒;另取一份浸提液经  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  消化后,测定其全硒含量。全硒含量与无机硒含量之差为浸提出的有机态硒。然后根据有机碳的浸提率计算土壤有机态硒含量<sup>(4)</sup>。

溶液中硒的浓度用 DAN-荧光分光光度法测定<sup>(5)</sup>。经过全国 12 种比较具代表性的土壤样品进行回收试验,上述  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  消化,DAN-荧光分光光度法测定对硒的回收率变幅为 85.4%—118%,平均为 99.9%。

表 1 有关的土壤性质

Table 1 Some related properties of soils

土壤 Soil	剖面 Profile No	采样地点 Location	采样深度 Depth (cm)	pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )	有机碳 Org. C (g/kg)	交换性酸 Exch. acidity (me/kg)	粘粒含量 Clay cont. (g/kg)
山地黄泥土 Mountain yellow soil	1	西白山 (废弃天然 草场)	0—45	4.6	64.9	33.5	195
			45—100	4.2	44.9	76.3	215
			100—150	4.4	19.5	60.6	220
红粘土 Red clayey soil	2	友谊 (菜园地)	0—8	4.2	11.6	41.5	586
			8—35	4.3	6.9	56.0	561
			35 以下	4.2	4.1	69.8	501
石砂土 Stony sand soil	3	甘林 (山坡林地)	0—30	4.3	17.7	42.0	125
			30—65	4.2	5.0	39.0	105
			65—85	4.7	3.3	25.5	165
黄泥砂土 Yellowish red loamy soil	4	新山 (山地)	0—35	4.6	12.9	7.9	135
			35—55	5.3	4.4	6.8	175
			55—160	5.3	2.7	21.5	285
紫砂土 Purplish sand soil	5	太平 (桔园)	0—13	5.3	10.3	3.0	101
			13—38	4.9	8.8	33.8	136
			38 以下	4.9	6.4	53.8	116
黄泥土 Yellowish red soil	6	中爰 (缙城旱地)	0—30	5.1	13.3	38.5	285
			30—55	5.0	19.9	17.0	275
			55—160	5.2	7.6	10.8	185

\* 土壤为土属名称,按浙江省第二次土壤普查土壤分类系统命名。

## 2 结论与讨论

### 2.1 土壤全硒含量、剖面分布特征及影响因素

我国表层土壤硒含量范围为 6—9130 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,算术平均值为 290 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。嵊县表层土壤全硒含量为 65.0—898.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (表 2,图 1),平均 321 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,略高于全国平均值。但土壤间硒含量差异很大,山地黄泥土高达 895.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,其次是红粘土 391.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。其余 4 种土壤在 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$  以下。其中紫砂土只有 65 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。采自水肿病区(太平、新山和中爰)的 3 种土壤(紫砂土、黄泥砂土和黄泥土)全硒含量在 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$  以下。根据杨光忻等人的报道克山病区土壤硒含量一般都低于 100—150 $\mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>(6)</sup>。可见,嵊县水肿病区土壤含硒量恰好都落在临界水平以下,水肿

病的发生可能与土壤硒含量偏低有关。

表 2 岷县 6 个土壤剖面粘粒组分含硒量与土壤全硒的比较

Table 2 Selenium distribution in the clay fraction and whole soil of six profiles in Shengxian

土壤 Soil	剖面 Profile No	采样地点 Location	采样深度 Depth (cm)	硒含量( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) Se content		粘粒硒/土壤硒 Clay Se/soil Se ratio
				土壤 Whole soil	粘粒组分 Clay fraction	
山地黄泥土 Mountain yellow soil	1	西白山 (废弃天然 草场)	0—13	898.5	1313.7	1.46
			13—38	891.5	1224.4	1.37
			38 以下	620.2	714.5	1.15
红粘土 Red clayey soil	2	友谊 (菜园地)	0—8	391.8	587.2	1.50
			8—35	346.7	557.4	1.64
			35 以下	314.7	386.1	1.23
石砂土 Stony sand soil	3	甘林 (山坡林地)	0—30	198.9	386.2	1.94
			30—65	182.1	383.3	2.10
			65—85	136.8	211.0	1.54
黄泥砂土 Yellowish red loamy soil	4	新山 (山地)	0—35	151.7	276.3	1.82
			35—55	181.0	243.2	1.43
			55—150	47.0	474.3	10.09
紫砂土 Purplish sand soil	5	太平 (桔园)	0—45	65.0	406.0	6.25
			45—100	91.0	425.2	4.67
			100—150	132.0	397.2	3.01
黄泥土 Yellowish red soil	6	中爰 (缓坡旱地)	0—30	136.8	240.8	1.76
			30—55	131.3	282.7	2.15
			55—160	114.0	190.2	1.67

土壤剖面硒的分布在一定程度上反映了土壤发育和生物学过程对土壤中硒的平衡的影响。从表 2、图 1 可见,除紫砂土外,其余剖面的表土和亚表层的硒含量明显高于母质层;表土硒含量一般又比亚土层高(只有黄泥土例外)。这表明在成土过程中硒的相对含量是趋向增加的。紫砂土采自残积景观,在成土过程中土壤处于冲刷状态,风化释出的硒以及对硒起稳定作用的粘粒淋失严重,故其剖面上部硒含量反而低于亚表层和底表层,黄泥土硒含量以亚表层最高,可能与粘粒在亚表层淀积以及农作物吸收消耗表层土壤中的硒有关。山地黄泥土硒含量很高,显然与生物富集作用有关。良好的自然草被阻止了硒的淋失,地上部及草根年复一年地归还至表土及亚表层,导致硒在剖面上部强烈富集。

影响土壤全硒含量的因素主要是土壤有机质含量和交换性酸。前者与生物作用有关,后者与土壤发育密切联系。统计分析表明,表层土壤全硒与土壤有机质的相关系数为 0.9823,若所有剖面层次包括在内,则两者的相关系数为 0.8694,达极显著水平。各剖面层次全硒与交换性酸的相关性  $r=0.5646$ ,达显著水平。可见,在成土过程中,生物作用对土壤中硒的平衡的影响仍占主导地位。

## 2.2 土壤有机态硒和有效硒及其剖面分布特性

表土有机态硒含量变幅 8.24—143 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,占全硒含量的 13%—30%(图 2)。虽然有机态硒绝对含量以山地黄泥土最高,但相对于全硒的百分比则以石砂土最高,紫砂土最低。总的来说,土壤有机态硒占全硒的比例不太高,但这部分硒水溶性好,可能是土壤有效硒的重要来源<sup>[7]</sup>。土壤有效硒常用 0.2mol/L  $\text{K}_2\text{SO}_4$  水,0.5mol/L  $\text{NaHCO}_3$  (pH8.5),醋酸盐溶液,EDTA 或 DTPA 溶液等方法浸提<sup>[7]</sup>。其中 0.5mol/L  $\text{NaHCO}_3$  (pH8.5) 浸提的硒与植物吸收硒

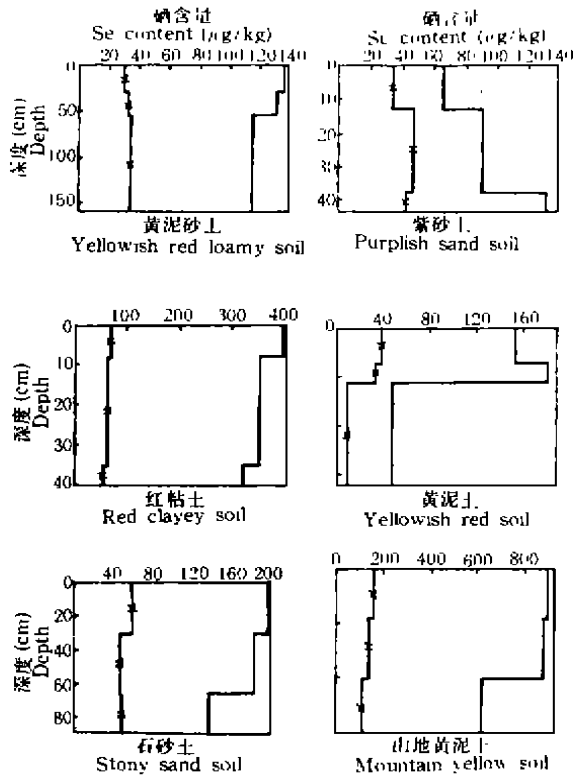


图1 岷县几种土壤中有有效硒(\*)和全硒(—)含量的剖面分布

Fig. 1 Distribution of total and available Se on profile of some soils in Shengxian

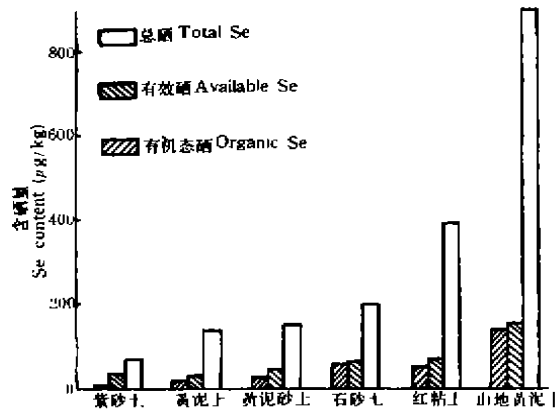


图2 几种形态的硒在土壤中的分布

Fig. 2 Distribution of selenium forms in soils

之间的相关性最好<sup>(9)</sup>。NaHCO<sub>3</sub> 浸提的硒包括水溶态硒,交换态硒及部分有机态硒。供试土壤有效硒含量变化在  $30 \times 10^{-9}$ — $150 \times 10^{-9}$  左右,占全硒含量的 17%(山地黄泥土)到 50%(紫砂土)。有效硒含量一般都高于或接近于土壤有机态硒,与克山病区的土壤比较,岷县土壤有效硒占全硒的比例是比较高的,说明土壤中硒的活性较高,这在一定程度上能够弥补全硒含量的不足。根据 6 个土壤剖面 18 个层次分析,土壤有效硒与土壤全硒呈正相关(图 3),两者的相关系数达到 0.9775,可见,土壤全硒含量对硒的有效性具有一定的支配作用。6 个表层土壤有效硒含量变化依次为:山地黄泥土>红粘土>石砂土>黄泥土>紫砂土>黄泥砂土。有效硒的剖面的分布与全硒有所不同(图 1)。黄泥土,山地黄泥土和红粘土,由上至下土壤有效硒递减,这与有机质在剖面上的分布(表 1)一致,说明这些土壤中有机质对硒的有效性有重要影响。紫砂土和石砂土剖面有效硒的分布比较特殊,前者以亚表层最高,后者则以亚表层最低。这可能与硒的形态分布有关。在紫砂土中有机质含量极低(表 1),无机态硒占绝对优势,有效硒含量主要受粘粒含量的支配,其亚表层粘粒含量最高(表 1),有效硒含量也高。石砂土中有机态硒的比例很高,有效硒中包含较多的有机态硒。因此石砂土硒的有效性跟粘粒含量和有机质都有联系。石砂土亚表层中有机质含量显著低于表层,而略高于底土;但粘粒含量则以亚表层最低,底土层最高(表 1)。故其有效硒含量以亚表层最低。

### 2.3 土壤中硒的地球化学迁移和平衡

硒是分散元素,因性质相似常与硫共生。Goldschmidt 曾根据硒硫共生规律,推导出地壳中硒的丰度为  $90 \mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>(9)</sup>。我国主要岩石含硒量均值为  $58 \mu\text{g}/\text{kg}$ 。大大低于我国主要土壤

类型硒含量均值( $290 \mu\text{g}/\text{kg}$ ),说明在岩石风化和成土过程中硒是趋向相对积累的。对岷县 6 种土壤的母岩的分析表明,除玄武岩硒含量较高外,其余几种岩石硒含量均低于全国均值(表 3)。夏卫平等人曾提出将我国岩石硒含量背景的阈值下限定为  $46 \mu\text{g}/\text{kg}$ <sup>(10)</sup>,根据这个标准,

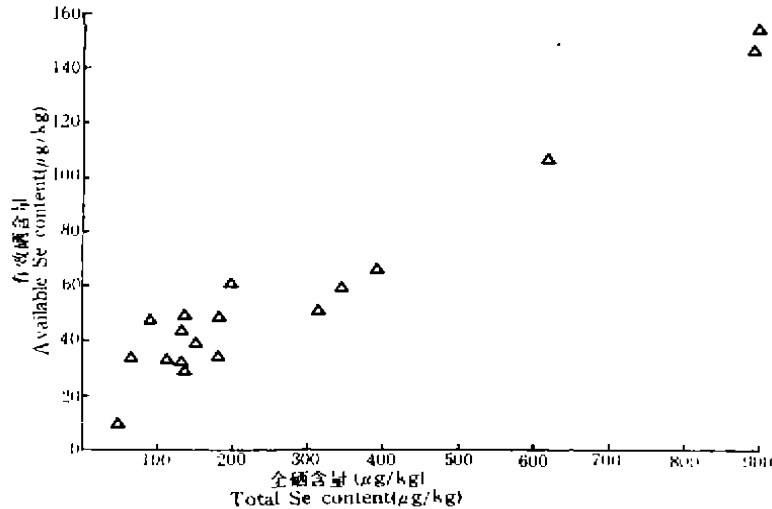


图3 土壤中有有效硒和全硒含量的关系

Fig. 3 Relationship between available Se and total Se

表3 岷县几种土壤的母质硒含量

Table 3 Selenium content of parent materials

土壤 Soil	剖面 Profile No	采样地点 Location	母质类型 Parent material	母质含硒量(μg/kg) Se content of parent rock
山地黄泥土 Mountain yellow soil	1	西白山 (废弃天然草场)	晶析凝灰岩 Crystalline tuff	24.8
红粘土 Red clayey soil	2	友谊(菜园地)	玄武岩 Basalt	74.4
石砂土 Stony sand soil	3	甘林 (山坡林地)	熔结凝灰岩 Melted tuff	10.0
黄泥砂土 Yellowish red loamy soil	4	新山 (山地)	凝灰岩 Tuff	13.6
紫砂土 Purplish sand soil	5	太平 (桃园)	紫砂岩 Purplish sandstone	38.7
黄泥土 Yellowish red soil	6	中爰 (缓坡旱地)	流纹岩 Rhyolite	12.4

岷县的流纹岩、紫砂岩和凝灰岩类(包括晶析凝灰岩和熔结凝灰岩)均属于低硒岩类。因此,母质低硒可能是该地区发生贫硒生态效应的根本原因之一。当然,生物和景观因素也是不可忽视的。例如在良好草被影响下,含硒量很低的晶析凝灰岩母质上发育的山地黄泥土都是高硒的;相反,紫砂岩含硒量比流纹岩和凝灰岩都高,但由于长期受冲刷,其发育的土壤的硒含量却是最低的。表2列出了岷县6种土壤剖面各层次土壤和粘粒中硒的含量,可以看出粘粒部分硒含量都明显高于相应土壤含硒量,说明在成土过程中,硒逐渐在粘粒组分发生相对富集。富集系数(粘粒含硒量/全土含硒量)变化在1.15—10.09之间。土壤质地愈粗,如紫砂土、石砂土,粘粒组分的富集就愈强烈,即具有较高富集系数,对于粗骨土,粘粒淋失将意味着硒的极大损失。我国紫砂土地区常发生严重缺硒生态效应,与其长期遭受严重土壤侵蚀,导致土壤缺硒密切相关。因此,从土壤地球化学分析,减少土壤侵蚀将是紫砂土区防止或治理环境低硒的长远措施。

总之,嵊县家畜水肿病和白肌病的发生与土壤供硒不足有关。病区土壤含硒量一般都低于100—159 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,处于我国克山病发生带土壤含硒量的临界水平以下。但由于土壤中硒的有效度较高,缺硒生态效应还没有克山病区那么严重。嵊县土壤贫硒主要与低硒母质有关。这些母质包括凝灰岩,流纹岩和紫砂岩等,此外还与容易遭受侵蚀的地貌景观相联系。

### 参 考 文 献

- [1]金文芳,沈文江.浙江省嵊县良种繁育场补硒、 $\text{V}_E$ 的试验报告.中国兽医杂志,1986,(1)
- [2]环境与地方病组.我国土壤表层硒含量的地理分布及其与人畜硒反应病的关系.地理研究,1984,3(4),39—47
- [3]谭见安. Chemicogeographical features of some life element and endemic diseases in China. *International Symposium on Environmental Life Element and Health*. Beijing, 1988, 14
- [4]何振立等.我国代表性土壤中的有机态硒及其分布特征.环境科学学报,1993,13(3),281—287
- [5]Page A C ed *Methods of Soil Analysis*. Part I. 2nd Edn ASA, Madison, WI. 1986, 492—498
- [6]杨光祈等.硒与克山病.环境医学.天津,天津科学技术出版社.1987,197—202
- [7]Thornton I et al. Geochemical aspects of selenium in British soils, and implications to animal health. In *Trace Substances in Environmental Health-XH: A symposium*. Hemphill D D, ed. University of Missouri Columbia. 1983, 391—398
- [8]侯军宁,李继云. Study on the available Se in soils and its relation to the soil properties. *International Symposium on Environmental Life Elements and Health*. Beijing, 1988
- [9]Goldschmidt V M. *Geochemistry*. Oxford University Press. New York. 1954
- [10]夏卫平,谭见安.中国一些岩类中硒的比较研究.环境科学学报,1990,10(2),125—131

## STUDIES ON THE STATUS AND AVAILABILITY OF SELENIUM IN SOILS IN SHENXIAN, ZHEJIANG PROVINCE

He Zhenli Zhang Mingkui Wang Changyong  
(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029)

Xia Weiping Pan Jianming Liu Xiaoya Zuo Luchun  
(The Second Research Institute of Oceanography, Hangzhou) (Nanshan Agricultural Technology Station, Shengxian, Zhejiang)

Profiles of six important types of soil, representing about 70% of the cultivated soil area in Shengxian, were collected to study the status and availability of selenium and its implications for some Se deficiency related diseases in animals in this region.

Total Se content in this region varied greatly from soil to soil. However, the total Se content of soils from white muscular disease area is generally lower than the critical value (Se 100 to 150  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) found in soils from a Keshan disease region in China.  $\text{NaHCO}_3$ -extractable Se contents, ranging from 29—153  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , accounted for 21%—52% of the total Se. The percentage of available Se of total Se is higher than the value (5%—10%) commonly observed in soils from the Keshan disease region. Factors affecting Se availability in soils included organic matter content, clay content and exchangeable acidity. Low Se soils in this region were mainly associated with low Se content in parent material or with loss of selenium during soil development.

**Key words:** soil, selenium, availability, endemic diseases.