

# 土壤中硒的形态连续浸提方法的研究

吴少尉<sup>1,2</sup> 池 泉<sup>1</sup> 陈文武<sup>1</sup> 汤志勇<sup>1</sup> 金泽祥<sup>1</sup>

(1 中国地质大学材料科学与化学工程学院 武汉 430074; 2 湖北民族学院化学与环境工程学院 恩施 445000)

**摘 要** 通过改进的连续浸提实验, 将富 Se 土壤中 Se 的赋存状态分成 5 种形态: 水溶态、可交换态、酸溶态 (碳酸盐及铁锰氧化物结合态)、有机物结合态、残渣态, 并用 HG-AFS 法检测了各形态 Se 和总 Se, 结果表明, 该提取方法的精密度和准确度好, 简便、可靠易行。

**关键词** 连续浸提; 富 Se 土壤; Se 形态; HG-AFS 法

**中图分类号** S153.61

硒是人体必需的一种微量元素, 人和动物 Se 主要来源于土壤, 土壤中的 Se 通过食物链供给人和动物。Se 在环境中的迁移转化规律、生物效应及其毒理不仅取决于其总浓度, 还依赖于其存在的具体化学形态。Tessier 连续浸提方法<sup>[1]</sup>已用于 Se 的形态研究, Chao 等<sup>[2]</sup>提出了土壤中 Se 的 5 个组分的连续提取方案, 并对方案的有效性和实用性作了研究; Martens 等<sup>[3]</sup>用不同的提取剂, 提出了一个 3 步提取方案。国内张忠<sup>[4]</sup>、瞿建国<sup>[5]</sup>等科学工作者提出了土壤 Se 的形态分析方案。

本文在 Martens 方法的基础上, 改进后建立了土壤中 Se 的连续浸提形态分析方法。用 0.1 mol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  缓冲溶液和 0.1 mol/L  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  分别作土壤可交换态和有机物结合态 Se 的提取剂, 国内尚未见报道。应用连续浸提技术将土壤中 Se 划分为 5 种形态: 水溶态、可交换态、酸溶态 (碳酸盐及铁锰氧化物结合态)、有机物结合态、残渣态, 并用 HG-AFS 法检测了各形态 Se 和总 Se, 该浸提方法的精密度和准确度好, 简便可靠易行。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器和试剂

AF-610 型原子荧光光谱仪 (北京瑞利分析仪器有限公司), 硒高强空心阴极灯 (北京市朝阳区天宫仪器厂); 电热恒温水浴锅; 康式振荡器; 台式离心机。所用水为二次蒸馏水。

Se ( ) 标准储备液 (1 mg/ml, 1 mol/L HCl 介质): 准确称取 0.2190 g  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  (优级纯) 溶于适量

水中, 转移至 100 ml 容量瓶, 加入浓 HCl (A.R) 8.3 ml, 定容, 于 4℃ 保存。标准工作溶液 (100 µg/L) 由标准储备液逐级稀释配制, 现用现配。

Se ( ) 标准储备液 (1 mg/ml, 1 mol/L  $\text{HNO}_3$  介质): 准确称取 0.2393 g  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  (优级纯) 溶于适量水中, 转移至 100 ml 容量瓶, 加入浓  $\text{HNO}_3$  (A.R) 6.7 ml, 定容, 于 4℃ 保存。标准工作溶液 (100 µg/L) 由标准储备液逐级稀释配制, 现用现配。

0.1 mol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  溶液: 称取 1.70 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (A.R) 和 2.85 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (A.R) 溶解于适量水中, 稀释定容至 250 ml。此溶液含  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{HPO}_4$  各 0.05 mol/L。0.1 mol/L  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液: 称取 6.75 g  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  (A.R) 溶解后稀释定容至 250 ml。50 g/L  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液: 称取 5 g  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , 溶解后稀释定容至 100 ml。3 mol/L HCl 溶液; 2 mol/L HCl (载流)。

### 1.2 实验方法

1.2.1 样品制备 供试样品为湖北恩施山区富 Se 土 (1#) 和湖北地质实验研究所提供的高 Se 土 (2#), 土壤样品粗碎后于 40℃ 烘箱中干燥, 然后用玛瑙研钵研磨至 100~120 目, 室温干燥贮存。

1.2.2 连续浸提操作流程 将土壤中的 Se 选择性地连续提取到 5 个“操作定义”的相态中, 如图 1 所示。

(1) 水溶态: 称取 1.000 g 土壤样品于 10 ml 离心管中, 加入蒸馏水 10 ml, 加盖, 平放于康式振荡器上, 室温下振荡 1 h, 然后以 4000 r/min 转速离心 30 min, 取出上层清液, 定容至 10 ml, 检测。

(2) 可交换态: 在上述含有残渣的离心管中,

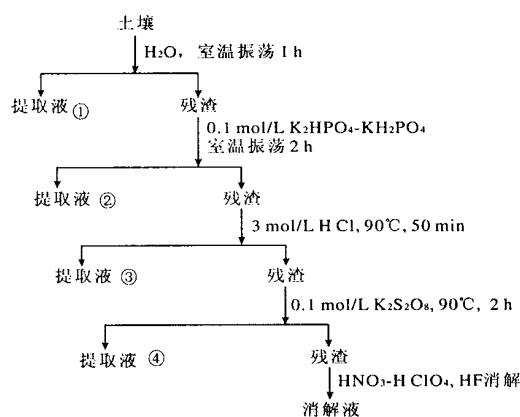


图1 土壤中Se的连续浸提流程

Fig. 1 Sequential extraction process for selenium in soil

加入 0.1 mol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  溶液 10 ml, 室温下同法振荡 2 h, 以 4000 r/min 转速离心 30 min, 取出上层清液, 定容至 10 ml, 待测。

(3) 酸溶态: 在 (2) 含有残渣的离心管中, 加入 3 mol/L HCl 10 ml, 于 90 °C 的恒温水浴中加热 50 min, 并间歇振荡, 然后以 4000 r/min 转速离心 30 min, 取出上层清液, 定容至 10 ml, 待测。

(4) 有机物结合态: 在 (3) 含有残渣的离心管中, 加入 0.1 mol/L  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  10 ml, 于 90 °C 的恒温水浴中加热 2 h, 并间歇振荡, 然后以 4000 r/min 转速离心 30 min, 取出上层清液, 定容至 10 ml, 待测。

(5) 取出残渣, 烘干, 重新研磨。以下操作同总 Se 的测定。

1.2.3 提取液中 Se 的测定 移取提取液 2.5 ml, 加入 0.5 ml 的 5%  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液, 于沸水浴 (90 ~ 100 °C) 中加热 30 min, 将低价态 Se 氧化成  $\text{SeO}_4^{2-}$ , 同时除去有机质 ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  的提取液免除此步)。然后再加入浓 HCl 2 ml (HCl 的提取液中只加入 1.5 ml 浓 HCl) 定容至 5 ml, 同样于沸水浴中加热 20 ~ 30 min, 再将  $\text{SeO}_4^{2-}$  还原成  $\text{SeO}_3^{2-}$ 。冷却后用氢化物发生-原子荧光光谱法 (HG-AFS) 进行测定各形态 Se 含量。

1.2.4 总 Se 的测定 称取 0.2 ~ 0.5 g 土壤样品于聚四氟乙烯坩埚中, 用少量水润湿, 加入 5 ml 浓  $\text{HNO}_3$ 、2 ml  $\text{HClO}_4$  和 2 ml HF, 于低温电热板上加热, 至冒白烟, 蒸至小体积。视情况补加酸, 再蒸至近干 (切勿蒸成干渣)。冷却, 用 10 ~ 15 ml 5 mol/L HCl 浸取, 转移至 25 ml 比色管中, 加入 2 g/L  $\text{Fe}^{3+}$  盐溶液 1 ml, 再用 5 mol/L HCl 定容。取适量的溶液,

于沸水浴中加热 20 ~ 30 min。冷却后用 (HG-AFS) 进行测定。

1.2.5 各形态 Se 测定的加标回收实验 分别准确移取水溶态、可交换态、酸溶态、有机物结合态提取液各 0.5 ml 于 4 支 20.00 ml 定量管中, 在水溶态和可交换态两管中加入等浓度 100  $\mu\text{g/L}$  的  $\text{Se}(\text{IV})$  和  $\text{Se}(\text{VI})$  溶液 1 ml, 在酸溶态和有机物结合态两管中加入等浓度 100  $\mu\text{g/L}$  的  $\text{Se}(\text{IV})$  和  $\text{Se}(\text{VI})$  溶液 2 ml。加入 0.5 ml 5%  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  溶液后, 于沸水浴中加热 30 min (有机物结合态免除此步)。然后再加入浓 HCl 8 ml (酸溶态管中只加入 7.5 ml), 定容至刻度。同样于沸水浴中加热 30 min, 将  $\text{Se}(\text{VI})$  还原成  $\text{Se}(\text{IV})$ , 冷却后用 HG-AFS 法进行测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 浸提剂和浸提条件的选择

2.1.1 水溶态 土壤和沉积物中水溶态 Se 主要是  $\text{SeO}_4^{2-}$ 、部分  $\text{SeO}_3^{2-}$  和可溶性有机 Se。一些文献采用中性盐溶液作提取剂, 如  $\text{KCl}$  [2,5]、 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  [6] 等, 认为纯水使样品发生胶溶现象, 影响分离效果, 而中性盐溶液具有较大的离子强度, 可防止胶溶作用, 提高溶液的缓冲能力。但使用盐溶液, 由于离子交换作用, 必定有一部分土壤或沉积物表面弱吸附的  $\text{SeO}_4^{2-}$ 、 $\text{SeO}_3^{2-}$  进入溶液, 使得这一部分含水溶性及部分交换态 Se (即非专性吸附的 Se) 受到影响。本实验直接用蒸馏水作提取剂, 浸提时间达 1 h 后高速离心分离, 浸提率趋于稳定。

2.1.2 可交换态 可交换态 Se 中主要是  $\text{SeO}_3^{2-}$ , 因  $\text{SeO}_4^{2-}$  比  $\text{SeO}_3^{2-}$  更易溶解而较难被吸附, 大部分  $\text{SeO}_4^{2-}$  在水溶态中已被提取。 $\text{SeO}_3^{2-}$  吸附在水合氧化物、粘土及腐殖质表面, 这一部分含非专性吸附和专性吸附的 Se, 通常采用  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  [2,4,5]、 $\text{NaHCO}_3$  [7] 的水溶液来提取。研究表明 [8], 阴离子交换剂对土壤中  $\text{SeO}_3^{2-}$  的解吸能力为:  $\text{PO}_4^{3-} > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  可迅速取代  $\text{SeO}_3^{2-}$ 。本文试验了不同提取剂的提取效果,  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  的浸提率较高,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  的居中,  $\text{KCl}$ 、 $\text{NH}_4\text{Ac}$  的较低。但  $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{K}_2\text{HPO}_4$  的水溶液呈碱性,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  的水溶液呈酸性, 都使提取液中不仅仅只含有可交换的 Se。改进用呈中性的  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  缓冲溶液来提取则避免了上述问题。本实验用 0.1 mol/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{K}_2\text{HPO}_4$  缓冲溶液, 室温下振荡 2 h, 浸提率趋于稳定。

2.1.3 酸溶态（碳酸盐及铁锰氧化物结合态）

NH<sub>2</sub>OH·HCl 能破坏土壤中 Fe 和 Mn 的水合氧化物<sup>[9]</sup>，但文献[5]指出 NH<sub>2</sub>OH·HCl 具较强还原性，可将 SeO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和 SeO<sub>3</sub><sup>2-</sup>还原为元素态 Se，且还原能力随 HCl 浓度和 NH<sub>2</sub>OH·HCl 浓度的增加而增强，导致浸提效率随 NH<sub>2</sub>OH·HCl 浓度的增加反而下降。HCl 能溶解碳酸盐以及 Fe、Mn 的水合氧化物。水浴温度、HCl 浓度及浸提时间对 Fe、Mn 氧化物结合态 Se 浸提率有重要影响。由图 2 和图 3 可知：温度太低、HCl 浓度较低、浸提时间较短都不足以使 Fe、Mn 氧化物溶解而影响了浸提率；温度太高、HCl 浓度过大、浸提时间较长都又可使部分 Se 挥发损失，造成浸提率下降。实验选用 3 mol/L HCl 在 90 °C 间歇振荡 50 min 来浸提土壤和沉积物中铁锰氧化物结合态 Se。

2.1.4 有机物结合态 对这一部分 Se 的提取报

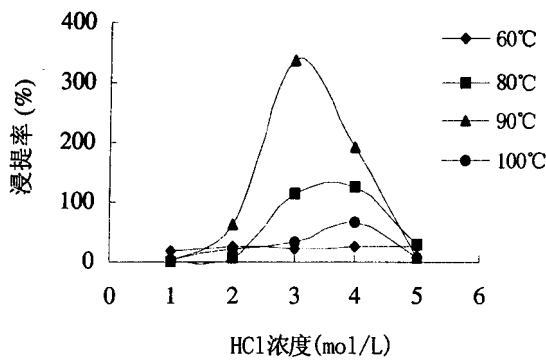


图 2 HCl 浓度和浸提温度对浸提率的影响（时间 50 min）

Fig. 2 Effects of HCl concentration and temperature on extraction

道的提取剂有 KClO<sub>3</sub>+HCl<sup>[2]</sup>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub><sup>[9]</sup>、Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>[4]</sup>、等。K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 具较强的氧化性，可分解溶液中的有机 Se 和有机质<sup>[10,11]</sup>。瞿建国等<sup>[5]</sup>报道了用 K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>+HNO<sub>3</sub> 作有机物 - 硫化物结合态及元素态 Se 的提取剂，几乎同时，Martens 等<sup>[3]</sup>也报道了直接用 K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 作有机物结合态 Se 的提取剂。本实验按 Martens 方法，用 0.1 mol/L K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 作提取剂，而不考虑硫化物结合态，对浸提温度和时间作条件优化试验，结果表明在 90 °C 下间歇振荡 2h 来提取土壤和沉积物有机物结合态 Se，效率较高且稳定。

2.1.5 残渣态 残渣态 Se 取决于矿物的天然组成，包括与硫化物矿等共生的 Se 以及处于硅酸盐矿物中的 Se，在自然条件下难以释放利用。硫化物矿能被氧化性强酸溶解，HF 可破坏硅酸盐结构。实验选用 HNO<sub>3</sub>+HClO<sub>4</sub>+HF 消化法浸提残渣态 Se，操作条件同总 Se 的测定。

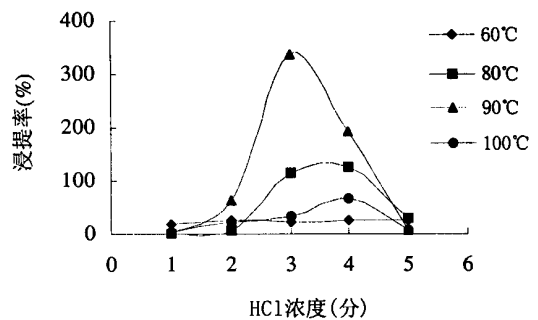


图 3 浸提时间对浸提率的影响（温度 90°C HCl 3 mol/L）

Fig. 3 Effect of duration on extraction

2.2 精密度及加和准确性

按上述选定的条件进行平行测定，测定结果见

表 1。各形态 Se 浸提的相对标准偏差（RSD）基本在 10 % 以内，总回收率（5 种形态的加和与总 Se

表 1 土壤样品 Se 形态分析测定结果（μg/g）

Table 1 Selenium speciation in soil

| 样品  | 水溶态     | 可交换态  | 酸溶态   | 有机物结合态 | 残渣态   | 加和    | 总 Se  | 回收率(%) |
|-----|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1 # | 1       | 0.115 | 0.405 | 0.598  | 0.856 | 1.450 | 3.424 | 99.3   |
|     | 2       | 0.100 | 0.410 | 0.582  | 0.898 | (平均)  | 3.440 | (平均)   |
|     | 3       | 0.112 | 0.403 | 0.576  | 0.892 |       | 3.433 |        |
|     | 4       | 0.102 | 0.400 | 0.554  | 0.896 |       | 3.402 |        |
|     | 平均      | 0.107 | 0.404 | 0.578  | 0.886 |       | 3.425 |        |
|     | RSD (%) | 6.9   | 1.0   | 3.2    | 2.2   |       | 0.5   |        |
|     |         |       |       |        |       |       |       |        |
| 2 # | 1       | 0.060 | 0.702 | 1.248  | 1.658 | 2.688 | 6.356 | 96.5   |
|     | 2       | 0.072 | 0.715 | 1.220  | 1.706 | (平均)  | 6.401 | (平均)   |
|     | 3       | 0.060 | 0.685 | 1.198  | 1.758 |       | 6.389 |        |
|     | 4       | 0.072 | 0.680 | 1.142  | 1.810 |       | 6.392 |        |
|     | 平均      | 0.066 | 0.696 | 1.202  | 1.733 |       | 6.384 |        |
|     | RSD (%) | 10.5  | 2.3   | 3.7    | 3.8   |       | 0.3   |        |
|     |         |       |       |        |       |       |       |        |

的比值) 在 96 % 以上。因此, 采用上述连续浸提技术测定土壤和沉积物中 Se 形态的分析方法是可靠的。

### 3 加标回收试验

表 2 各形态 Se 的加标回收测定结果 (  $\mu\text{g/L}$  )

Table 2 Recovery rates of different forms of labeled selenium

| 形态    | 样品  | 测定值  | 加入量<br>(Se( ):Se( )=1:1) | 加标后<br>测定值 | 回收率<br>(%) |
|-------|-----|------|--------------------------|------------|------------|
| 水溶态   | 1 # | 5.8  | 10                       | 15.5       | 97         |
|       | 2 # | 3.6  | 10                       | 13.9       | 103        |
| 可交换态  | 1 # | 21.5 | 10                       | 31.9       | 104        |
|       | 2 # | 35.8 | 10                       | 46.8       | 110        |
| 酸溶态   | 1 # | 27.7 | 20                       | 49.6       | 109.5      |
|       | 2 # | 59.9 | 20                       | 80.5       | 103        |
| 有机结合态 | 1 # | 44.8 | 20                       | 66.1       | 106.5      |
|       | 2 # | 90.5 | 20                       | 110.5      | 100        |

### 4 结 论

综合以上讨论, 可得到如下结论:

土壤 Se 的形态只是“操作定义的形态”, 各形态之间很难严格区分, 特别是水溶态、可交换态、碳酸盐结合态这几种形态。欧洲标准局 (BCR) 推荐用 0.11 mol/L 的 HAc 作第一步提取, 提取物包括这 3 种形态, 方法值得借鉴。

连续浸提的结果将恩施高 Se 地区土壤 Se 分为水溶态、可交换态、碳酸盐及铁、锰氧化物结合态、有机物结合态、残渣态 5 个部分, 分别占总 Se 的 3.1 %、11.7 %、16.7 %、25.7 % 和 42.0 %。从两个样品来看, 各形态 Se 的量与全 Se 量相关。

各种 Se 形态中, 水溶态 Se 最容易被植物吸收利用, 是有效态 Se; 残渣态 Se (包括硫化物 Se) 是最不容易被植物吸收的 Se; 交换态 Se 可被植物利用, 但受到一定条件限制; 酸溶态和有机态 Se 是在强酸、强氧化性条件下释放出来的 Se, 一般不被植物吸收, 只有在某些特定条件下才可转化为供植物吸收的形态。

### 参考文献

- 1 Tessier A, Campbell PGC, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal Chem*, 1979, 54: 844 ~ 851
- 2 Chao TT, Sanzalone RF. Fractionation of soil selenium by sequential partial dissolution. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1989, 53: 385 ~ 392
- 3 Martens DA, Suarez DL. Selenium speciation of soil/sediment determination with sequential extractions and hydride generation atomic absorption spectrophotometry. *Environ. Sci. Technol.*, 1997, 31: 133 ~ 139
- 4 张忠, 周丽沂, 张勤. 地球化学样品中硒的循序提取技术. *岩矿测试*, 1997, 16(4): 255 ~ 261
- 5 瞿建国, 徐伯兴, 龚书椿. 连续浸提技术测定土壤和沉积物中硒的形态. *环境化学*, 1997, 16(3): 277 ~ 283
- 6 Yamada H, Hattori T. Forms of soluble selenium in soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 1989, 35(4): 553 ~ 563
- 7 王子健. 土壤样品中硒的结合态分析. *中国环境科学*, 1988, 8(6): 51 ~ 54
- 8 瞿建国, 徐伯兴, 龚书椿. 上海不同地区土壤中硒的形态分布及其有效性研究. *土壤学报*, 1998, 35(3): 398 ~ 403
- 9 Ure AM, Quevauviller P, Muntau H, Griepink B. Speciation of heavy metals in soils and sediments. An account of the improvement and harmonization of extraction techniques undertaken under the auspices of the BCR of the commission of the European communities. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.*, 1993, 51: 135 ~ 151
- 10 Ornemark U, Petterson J, Olin A. Determination of total

(下转第 103 页)

对各形态 Se 的测定作加标回收试验, 结果见表 2。从结果来看, 各形态 Se 的回收率在 97 % ~ 110 % 之间, 说明测定方法是可靠的。

## 参考文献

- 1 高祥照, 胡克林, 郭焱等. 土壤养分与作物产量的空间变异特征与精确施肥. 中国农业科学, 2002, 35 (6): 660 ~ 666
- 2 黄绍文, 金继运, 杨俐平等. 粮田土壤养分的空间格局及其与土壤颗粒组成之间的关系, 中国农业科学, 2002, 35 (3): 297 ~ 302
- 3 宁运旺, 徐宝琪. 滨海县临淮乡土壤肥力现状分析与合理施肥建议. 江苏农业科学, 1998, (2): 48 ~ 50
- 4 高树青, 韩英群, 辛江等. 辽宁省苹果园土壤肥力及树体养分状况与施肥对策. 第三届中国国际农业科技年会. 519 ~ 522
- 5 刘昌梅, 得隆超. 贵州省水稻土的肥力分级与其理化性质. 贵州科学, 1999, 19 (3): 215 ~ 220
- 6 苏永中. 甘肃省耕地土壤钾素变化及钾肥肥效的初步研究. 土壤, 2001, 33 (2): 73 ~ 76, 101
- 7 曹凑贵, 张光远, 王运华等. 鄂南丘陵区棕红壤磷的分布和迁移. 土壤学报, 2001, 38 (1): 96 ~ 103
- 8 中国土壤学会农业化学专业委员会编. 土壤农业化学常规分析方法. 北京: 科学出版社, 1983

## DISTRIBUTION OF SOIL ORGANIC MATTER, AVAILABLE PHOSPHORUS AND AVAILABLE POTASSIUM IN SOILS OF YANGZHOU

XU Jun-bing

(Station of Soil and Fertilizer of Yangzhou, Jiangsu Province, Yangzhou 225002)

**Abstract** Results of the research show that the soil organic matter content and soil available phosphorus content, both are generally moderate towards low, and the soil available potassium content is generally moderate in Yangzhou area, Jiangsu province. Over 90 % of the soil has soil organic matter ranging between 10 to 40 g/kg in content, soil available phosphorus between 2 to 29 mg/kg, and soil available potassium between 25 to 125 mg/kg. Within the range, soil organic matter and soil available phosphorus appear in deviated normal distribution, and soil available potassium in normal distribution. Among these soil nutrients, variation coefficient of soil available phosphorus is the highest, and that of soil available potassium is the lowest. Among different counties, soil fertility is relatively higher in Baoying county and Gaoyu county.

**Key words** Soil organic matter, Available phosphorus, Available potassium

(上接第 95 页)

selenium in water by atomic absorption spectrometry after hydride generation and pre-concentration in a cold trap system. Talanta. 1992, 39(9): 1089~1096

- 11 瞿建国, 徐伯兴, 龚书椿. 氢化物发生 - 无色散原子荧光光度法测定土壤中有效态硒和总硒. 土壤通报, 1998, 29(1): 47~封三

## SEQUENTIAL EXTRACTION – A NEW PROCEDURE FOR SELENIUM OF DIFFERENT FORMS IN SOIL

WU Shao-wei<sup>1,2</sup> CHI Quan<sup>1</sup> CHEN Wen-wu<sup>1</sup> TANG Zhi-yong<sup>1</sup> JIN Ze-xiang<sup>1</sup>

(1 Faculty of Materials Science and Chemical engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2 Faculty of chemistry and environmental engineering, Nationalities Institute for Hubei, Enshi 445000)

**Abstract** A modified sequential extraction procedure for Selenium of different forms in soil was developed. By the procedure, Selenium in soil was divided into five fractions: (1) Water soluble, (2) exchangeable, (3) acid soluble, (4) organic compound and (5) residual. All the five forms of Selenium and total Selenium were determined with HG-AFS, showing that the method is precise, accurate, reliable and easy to operate..

**Key words** Sequential extraction, Soil rich in Selenium, Selenium speciation, HG-AFS