

香港土壤研究 ⑦ 土壤硒的含量、分布及其影响因素*

章海波^{1, 3} 骆永明^{1, 3} 吴龙华^{1, 3} 张甘霖^{1, 3} 赵其国^{1, 3} 黄铭洪²

(1 中国科学院南京土壤研究所与香港浸会大学土壤与环境联合开放研究实验室, 土壤与

环境生物修复研究中心, 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京 210008)

(2 香港浸会大学裘撻环境科学研究所, 香港九龙塘)

(3 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要 基于香港地区 51 个剖面土壤和 44 个表层土壤中总硒量的分析, 对香港土壤硒含量、分布及其影响因素进行研究。分析结果表明, 香港土壤总硒量变幅在 $0.07 \sim 2.26 \text{ mg kg}^{-1}$, 平均含量为 0.76 mg kg^{-1} , 在湿润铁铝土中的硒含量最高, 平均为 1.05 mg kg^{-1} , 含量最低的为旱耕人为土, 平均为 0.45 mg kg^{-1} ; 在土壤剖面中硒主要分布在心土层和底土层。林地土壤硒含量 (1.36 mg kg^{-1}) 较高, 农业土壤较低 (0.36 mg kg^{-1})。影响香港土壤硒含量及其分布的因素主要是成土母质。土壤 pH 值、有机质、粘粒和 Fe、Al 的含量也是影响土壤硒富集与分布的因素。

关键词 香港土壤; 硒; 分布; 影响因素

中图分类号 S153.6 文献标识码 A

香港地处珠江三角洲的东岸, 气候上受亚热带季风和热带海洋气团影响, 有明显的干湿季节之分。香港的城区面积只占 1/4 左右, 其余为山地丘陵^[1, 2]。香港土壤微量元素的调查研究已经有过一些报道, 但都是集中在一些有毒重金属元素, 如 Cu、Zn、Pb、Cd、Cr 和 Ni 等^[3, 4], 对土壤硒 (Se) 元素的含量和分布缺乏研究, 未见报道。

硒是人和动物必需的微量元素。缺硒会导致动物产生数十种疾病, 如白肌病和胰肝纤维病变等, 人类的克山病、大骨节病等都与缺硒密切相关^[5]; 此外, 硒还具有抗癌的作用^[6]。但是, 环境中的高硒又会使人和动物产生毒害, 例如动物的蹒跚病, 人的毛发脱落, 指甲褪色、变脆等^[5, 7]。硒对植物的必需性虽然目前尚无定论, 但在许多研究中都发现适量的硒肥对许多作物具有明显的增产效果, 对作物的品质也有所改善, 还发现低浓度的硒对重金属如 As、Cd、Pb、Hg 和 Ag 的毒性具有拮抗作用^[8]。在硒的生态循环中, 土壤是至关重要的环节, 人体和动物所需的硒主要来自于土壤, 因为植物硒含量与土壤中的总硒含量有显著的相关性, 在某些地区玉米、小麦、水稻硒含量和土壤总硒含量的相关系数达到了

0.81、0.73 和 0.72^[5, 8, 9], 因而, 对土壤硒的研究已经引起了世界各国的重视。

香港是中国珠江三角洲地区社会经济高速发展地区之一, 其社会经济发展与自然环境质量及生命健康的关系日益引起人们的重视。开展香港地区土壤与健康质量元素硒的含量、分布及其影响因素的调查与研究, 揭示 Se 元素环境地球化学过程与土壤环境健康质量的关系, 具有明显科学价值和现实指导意义。

1 材料与方法

根据香港地区的成土母质、海拔高度、坡向、植被类型和土地利用方式等因素, 在香港全境郊野土壤, 包括新界、九龙、香港岛和最大的离岛——大屿山, 共采集 51 个土壤剖面, 并按自然发生层取样, 同时还采集 44 个表层 (0~15 cm) 土样, 具体采样点的定位参见图 1。研究区内的成土母质主要是凝灰岩、花岗岩、砂岩和沉积物, 植被覆盖主要为人工次生林和风水林、岗松和竹子等灌木群落以及芒萁等草地生态群落。研究区土地的利用方式, 主要为郊

* 国家重点基础研究发展规划项目 (2002CB410810/09)、中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KIC×3-SW-429)

- 通讯作者, E-mail: ymto@mail.isas.ac.cn

作者简介: 章海波 (1977~), 男, 浙江临安人, 硕士生, 主要从事区域土壤污染与环境质量评价研究

收稿日期: 2004-06-02; 收到修改稿日期: 2004-11-16

野公园和自然保护区, 有一小部分为农用地和荒地, 还有一处红树林湿地。采集的样品运回南京风干

后, 过不同孔径的尼龙筛, 室温避光保存, 供土壤组成和性质分析用。

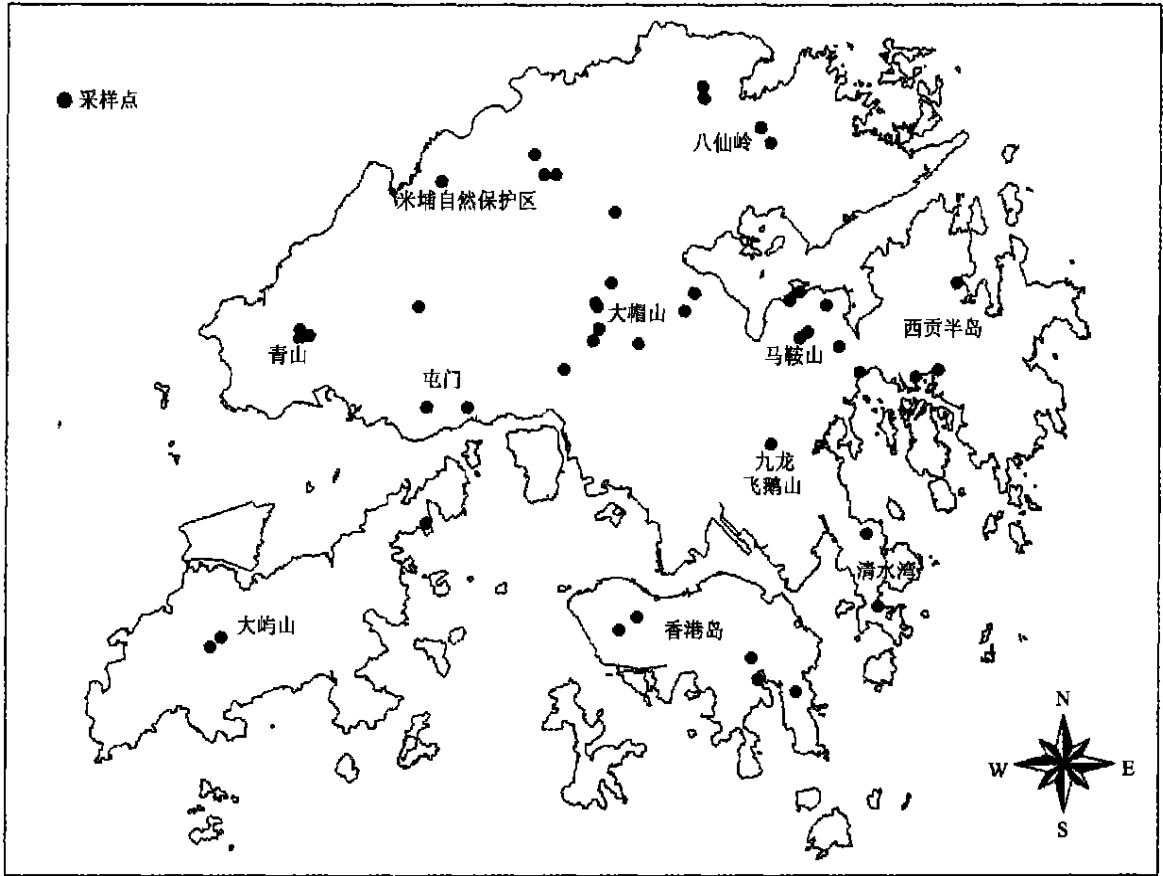


图 1 采样点分布图

Fig. 1 Map of sampling sites

本研究的土壤全量 Se 的测定采用硝酸-高氯酸消煮-环己烷萃取-荧光光度计测定的方法^[21]; 土壤 Fe 和 Al 的全量采用盐酸-硝酸-高氯酸-氢氟酸消解-ICP 测定方法。其他的土壤常规分析采用《土壤农业化学分析方法》中的有关方法^[10]。数据分析和作图采用 SPSS 和 SigmaPlot 等软件。

2 结果与讨论

2.1 香港土壤的基本性质

按照中国土壤系统分类标准, 香港地区的土壤类型主要有富铁土、铁铝土、淋溶土、锥形土和人为土, 其中凝灰岩和花岗岩发育的富铁土是境内主要的土壤资源^[11]。绝大多数的土壤酸性较强, 有机质含量较高; 土壤粘粒 (< 0.002 mm) 含量变幅很大, 质地以壤土为主。土壤的盐基离子大量被淋溶, 铁、铝

相对富集(表 1)。

表 1 香港土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of the soil in Hong Kong

土壤基本性质 Soil properties	平均值 Average value	最小值 Min.	最大值 Max.	变异系数 CV
pH (H ₂ O)	5.09	4.20	9.17	16.1
有机质 O. M. (g kg ⁻¹)	35.6	2.50	83.9	55.8
粘粒 Clay (%)	24.5	0.20	45.4	40.3
Fe (g kg ⁻¹)	22.4	1.50	62.9	49.1
Al (g kg ⁻¹)	69.1	11.70	122.0	34.8

2.2 香港土壤的硒含量

中国土壤中硒含量的空间分布很不均匀, 谭见安等^[12]从我国克山病带和低硒环境的研究出发, 划分出我国硒元素生态景观的界限值, 其中土壤总硒小于 0.125 mg kg⁻¹ 的为缺硒土壤, 0.125 ~ 0.175 mg kg⁻¹ 的为少硒土壤, 0.125 ~ 0.450 mg kg⁻¹ 的为

足硒土壤, 0.450~2.000 mg kg⁻¹的为富硒土壤, 2.000~3.000 mg kg⁻¹的为高硒土壤, 大于3.000 mg kg⁻¹的为过量硒土壤。根据这种划分, 从图2和表2都可以看出, 香港地区绝大多数土壤属于富硒土壤, 整个地区的平均含量要比同为华南地区的海南

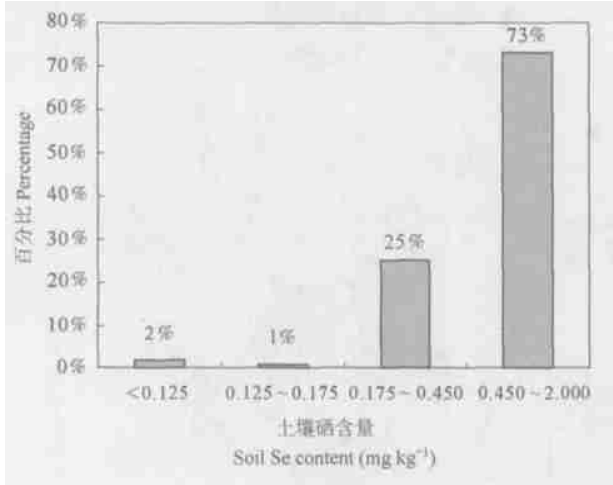


图2 香港土壤硒含量频度分布图

Fig. 2 Frequency of soil selenium content in Hong Kong

表2 中国香港与贵州、海南和中国内地的土壤硒含量比较

Table 2 Average selenium contents (mg kg⁻¹) of the soils in Hong Kong, Guizhou Province, Hainan Province and in the Mainland, China

地区 Regions	平均值 Mean	中位数 Median	变异系数 CV (%)	范围 Range	克拉克值 Clarke
中国香港 Hong Kong SAR	0.76	0.74	54.8	0.07~2.26	
贵州 Guizhou Province	0.37	—	59.6	0.06~1.33	
海南 Hainan Province	0.30	—	—	0.04~0.79	0.082
中国内地 Mainland China	0.29	0.21	87.9	0.05~0.99	

表3 香港地区不同土壤类型的硒含量差异

Table 3 Average selenium contents (mg kg⁻¹) of soils different in type in Hong Kong

土壤类型 Soil suborder	Se 含量范围 Range	平均 Se 含量 ¹⁾ Average content	样本数 Sample numbers
湿润富铁土 Udic Ferrisols	0.22~2.26	0.84±0.39	83
湿润铁铝土 Udic Ferral soils	0.84~1.41	1.05±0.25	4
湿润淋溶土 Udic Luvisols	0.46~1.55	0.99±0.37	11
湿润雏形土 Udic Cambisols	0.07~1.59	0.47±0.41	28
旱耕人为土 Orthic Spodosols	0.25~0.72	0.45±0.23	5

1) 平均值±标准差 Mean±SD

土壤^[18]和贵州土壤^[22]中的平均硒含量高1~2倍, 与我国内地土壤^[13]的平均硒含量相比, 也要高出2倍多, 同时也是地壳平均丰度^[13]的9倍左右。因此, 从土壤总硒水平来看, 香港土壤属于富硒土壤。

2.3 香港土壤中硒的分布

2.3.1 硒在不同土壤类型中的分布 不同类型的土壤之间硒的含量分布有差异(表3)。参照中国土壤系统分类法, 可以将香港地区的土壤分为湿润富铁土、湿润铁铝土、湿润淋溶土、湿润雏形土和旱耕人为土等, 其中以湿润富铁土和湿润铁铝土的面积较大。从表2可以看出, 湿润铁铝土、湿润富铁土和湿润淋溶土的硒含量较高, 平均在1.0 mg kg⁻¹, 最高值为2.26 mg kg⁻¹, 出现在湿润富铁土中; 而湿润雏形土和旱耕人为土的硒含量较前三种土壤类型为低, 但仍然高出中国内地土壤硒含量平均水平的1倍左右, 并且湿润雏形土中的硒含量的变异很大, 最大值和最小值相差了23倍, 其原因可能是湿润雏形土的发育时间较短, 受母质的组成和性质影响较大。

2.3.2 硒在土壤剖面中的分布 硒在土壤剖面中的分布受多因子的影响而表现出多样性。大致可以归为如下几类^[13]: (1) 表聚性, 即随着土壤深度的增加而降低, 干旱、半干旱地区的土壤属于此类; (2) 心土层聚集类, 这类土壤由于心土层有粘粒或铁氧化物等聚集, 从而与硒结合发生聚集, 南方铁铝土和富铁土一般属于此类; (3) 均匀分布类; (4) 随土壤深度的增加而增加的类型。图 3 是香港土壤剖面中硒的分布情况。从图 3 中可以看出, 除湿润富铁土以外, 其他几种类型的土壤的表层硒含量都要小于下面层次的内容。其原因可能是表层土壤处于氧化条件, 有利于硒的向下迁移^[14]。在向下迁移的过程中又在心土层或底土层发生聚集, 构成香港土壤剖面中硒含量的心土层聚集型或底聚型。

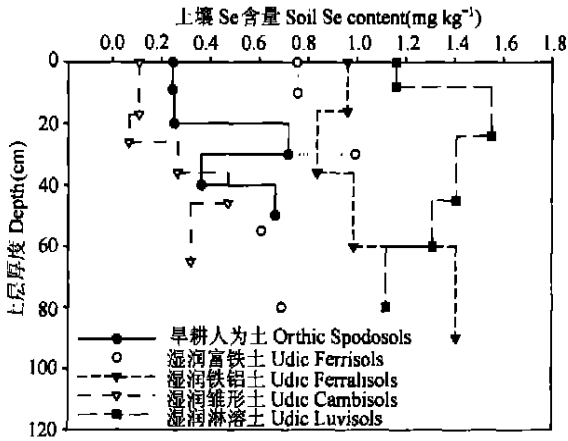


图 3 香港土壤剖面中硒的分布

Fig. 3 Soil selenium content distribution in Hong Kong soil profiles

2.3.3 香港土壤硒的垂直分布 香港地区的地势起伏较大, 有沿海岸线平坦的低地, 也有海拔 300~ 400 m 的丘陵, 最高峰为海拔 931 m 的大帽山。对采自不同海拔高度的香港表层土壤中的硒与对应的海拔高度作相关性分析表明, 表层土壤的硒含量随着海拔高度的增高而极显著地增加 ($R^2 = 0.567$, $p < 0.01$) (图 4)。张晓平和张玉霞^[15] 在研究西藏土壤的硒元素时, 也观察到硒含量在高原土壤上明显的垂直分布特征。其原因可能为, 随着海拔高度的上升, 气温下降, 土壤有机质的分解减缓, 因而与有机质结合的有机复合态的硒向水溶态的硒转化就减少^[23], 从而土壤中被淋溶和植物吸收的硒的含量也相应的减少, 使土壤硒得以富集^[24]。

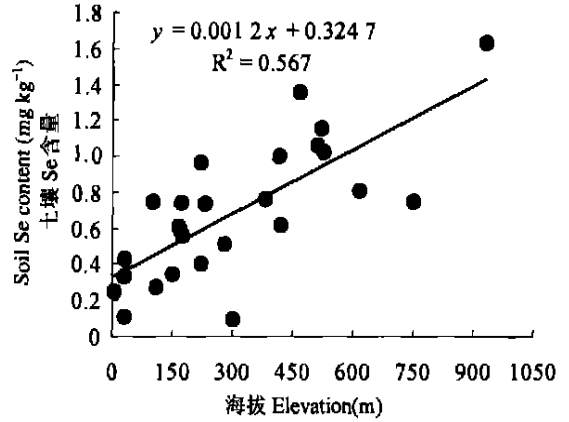


图 4 香港地区表层土壤 Se 含量与海拔高度的相关性
Fig. 4 Correlation between surface soil Se content and elevation in Hong Kong

2.4 影响香港土壤中硒含量及其分布的因素

2.4.1 成土母质的影响 香港地区主要的成土母质为凝灰岩和花岗岩风化物, 还有一些砂岩风化物 and 冲积物母质。表 4 的结果显示, 凝灰岩母质发育的土壤具有较高的硒水平, 花岗岩和砂岩发育的土壤的硒含量相当, 而冲积母质发育的土壤的硒含量最低。不同母质发育的土壤硒含量具有极显著的差异 ($p < 0.01$), 成土母质对土壤中硒含量的影响是主要的。母岩富硒的地区, 其土壤的硒含量也会很高^[13]。

表 4 不同母质类型发育土壤的硒含量

Table 4 Average selenium contents (mg kg^{-1}) of soils developed from different parent materials

母质类型 Parent materials	Se 含量范围 Range	平均 Se 含量 ¹⁾ Average content	样本数 Sample numbers
花岗岩 Granite	0.25- 1.41	0.55 ± 0.32	18
凝灰岩 Tuff	0.18- 2.26	0.87 ± 0.40	94
砂岩 Sandstone	0.10- 1.04	0.48 ± 0.34	14
冲积物 Alluvial deposit	0.07- 0.47	0.25 ± 0.16	5

1) 平均值 ± 标准差 Mean ± SD

2.4.2 土壤 pH、粘粒和有机质的影响 香港地区表层土壤的硒含量与土壤 pH、粘粒和有机质的相关性分析表明, 土壤硒含量与土壤 pH 呈极显著的负相关 ($r = -0.539$, $p < 0.01$), 而与土壤粘粒 ($< 0.002 \text{ mm}$) ($r = 0.570$, $p < 0.01$) 和有机质 ($r = 0.514$, $p < 0.01$) 的含量呈极显著的正相关。其相关性矩阵见表 5。

表5 香港地区表层土壤 Se 含量与土壤 pH、有机质和粘粒的相关性

Table 5 Correlation matrix between Se content and pH, OM and clay content in surface soil

	Se	pH (H ₂ O)	有机质 O. M.	粘粒 Clay
Se	1.000			
pH (H ₂ O)	-0.539**	1.000		
有机质 O. M.	0.514**	-0.228	1.000	
粘粒 Clay	0.570**	-0.589**	0.029	1.000

** 显著性水平 ($p < 0.01$) * * Significance level ($p < 0.01$)

土壤 pH 是控制亚硒酸盐和硒酸盐之间转化的主要因素,酸性和中性的土壤中亚硒酸盐(SeO_3^{2-})普遍存在,而在通气良好的碱性土壤中,硒主要以硒酸态(SeO_4^{2-})存在^[16]。一般而言, SeO_3^{2-} 与吸附质间的亲和力较强,受粘粒矿物和倍半氧化物固定,而 SeO_4^{2-} 与吸附质的亲和力较弱,溶解度大,因此 pH 越高,土壤中的硒越容易遭淋失^[13]。此外,土壤 pH 对土壤 Se 的甲基化也有影响,在一定范围内土壤 Se 的甲基化随着 pH 的增加而加强,而甲基化使硒的移动性和从表土中溢出的可能性增加^[17]。土壤粘粒对硒有吸附作用,廖金凤^[18]在对海南土壤硒的研究时也发现粘粒($< 0.001 \text{ mm}$)含硒量为土壤平均含硒量的 4 倍,这说明粘粒对硒具有显著的富集作用。土壤有机质对土壤硒的影响具有二重性:当它作为有机-无机复合体的一部分并且吸附阴离子时,可能有利于硒的循环;当它作为阴离子的环境物质时,则可能成为屏障从而影响硒的传输^[17]。实验结果证实,后者占主导地位,即有机质对硒的影响主要表现为固定^[19]。

因此,香港地区的强酸性和酸性土壤,以及相对较高的有机质和粘粒含量是香港土壤中硒易累积的重要因素,尤其在海拔较高的地区,相对较低的温度,较大的湿度和较多积累的有机质,土壤硒的富集更明显,如在海拔 931 m 的大帽山顶表层土壤硒的含量达到了 1.63 mg kg^{-1} ,明显高于整个香港地区土壤的平均水平(0.76 mg kg^{-1})。

2.4.3 土壤 Fe、Al 的作用 从图 5 的相关分析可以看出,香港土壤中的 Se 含量与土壤中的 Fe、Al 含量之间都有极显著的相关性($p < 0.01$),决定系数(r^2)分别为 0.532 和 0.520 (图 5),土壤 Fe 与 Se 的相关性要略强于 Al 与 Se 的相关性。这可能是由于不同的氧化物对硒的亲和力和吸附能力不同引起的。氧化铁吸附硒的过程中,是硒进入表面配位层产生专性吸附,当对亚硒酸根吸附时,易形成“双齿”配位的亚硒酸铁复合物,呈极稳定的六元环结构,且

能在常见的 pH 值范围内发生,因此它所吸附的 SeO_3^{2-} 极难被解析下来;而氧化铝对硒的吸附一方面氧化铝可以带正电,通过静电引力吸附硒,另一方面是置换氢氧基,这是主要的方面,但它是一种“单齿”配位的专性吸附,易于被解析下来^[13]。

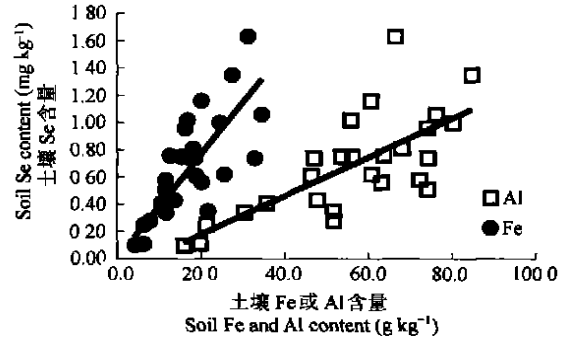


图5 香港地区土壤 Se 含量与土壤 Fe 和 Al 含量的相关性
Fig. 5 Correlation between soil Se contents and Fe or Al contents in Hong Kong surface soil

铁铝氧化物对硒的吸附强烈地受到土壤 pH 的影响,其最大吸附量出现在 pH(H₂O) 为 4~6 之间^[13]。香港土壤的平均 pH(H₂O) 在 5.1 左右;另一方面,土壤中的 Fe 和 Al 在盐基离子被淋失后相对富集,这些因素构成了有利于土壤硒富集的地球化学吸附垒。

2.4.4 土地利用方式对土壤硒含量的影响 土地利用方式对土壤硒含量的影响是多方面综合的结果。从表 6 中可以看出,农业土壤由于受到的人为干扰较大,土壤逐渐趋于中性,表层的有机质在人为干扰下分解加快,积累减少,这些都会导致土壤中的硒含量减少;而香港的草地土壤的硒含量比林地土壤低 1 倍左右,其原因可能是由于香港地区在每年的 10 月到次年的 4 月的干季是香港山火的多发时节,香港的草地生态系统可以说是山火环境影响后的极点群落^[21],山火燃烧后会使得土壤的有机质分解加快^[20],从而可能使有机结合态的硒被释放而损失^[23]。

表6 不同土地利用方式下香港表层土壤的 Se 含量

Table 6 Selenium contents (mg kg^{-1}) in surface soil under different land use patterns in Hong Kong

土地利用方式	Se 含量范围	平均 Se 含量 ¹⁾	样本数
Land use	Range	Average content	Sample numbers
林地 Woodland	0.58~1.85	1.36 ± 0.41	7
草地 Grassland	0.10~1.29	0.67 ± 0.28	23
公园绿地 Country park	0.41~1.00	0.80 ± 0.24	5
农业用地 Farmland	0.07~0.74	0.36 ± 0.25	8

1) 平均值±标准差 Mean±SD

3 结 论

香港土壤的硒含量变幅在 $0.07 \sim 2.26 \text{ mg kg}^{-1}$, 平均为 0.76 mg kg^{-1} , 总体上属于富硒土壤。湿润铁铝土和湿润富铁土的硒含量较高, 旱耕人为土的硒含量相对较低。大多数类型的土壤剖面中表层土壤硒的含量明显低于底下层次的含量, 硒分布呈现心土层聚集型和底聚型。香港土壤硒的垂直地理分布特性明显。成土母质对土壤 Se 含量及分布的影响突出, 土壤 pH、有机质、粘粒以及 Fe、Al 的含量也影响土壤硒的含量及其分布。

致谢 香港浸会大学基金的资助; 中国科学院南京土壤研究所吴胜春助理研究员、南京大学城市与资源学系的周生路副教授和原香港浸会大学生物系的叶志鸿博士、马英博士和 Fung Ka Fai 先生协同采集香港土壤样品, 在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] Census & Statistics Department, Hong Kong SAR. Hong Kong Statistics Reports on 2001~ 2002. 2002
- [2] 彭琪瑞编著. 香港、澳门地区地理. 北京: 商务印书馆, 1991. Peng Q R. ed. Geography of Hong Kong and Macao (In Chinese). Beijing: The Commerce Press, 1991
- [3] Li X D, Poon C S, Liu P S. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. Applied Geochemistry, 2001, 16: 1361~ 1368
- [4] Chen T B, Wong J W C, Zhou H Y, et al. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soil of Hong Kong. Environmental Pollution, 1997, 96(1): 61~ 68
- [5] 廖金凤. 土壤环境中的硒对人和动物健康的影响. 广东微量元素科学, 2002, 9(3): 20~ 23. Liao J F. Effect of selenium in soil on health of human beings and animals (In Chinese). Guangdong Weiliang Yuansu Kexue, 2002, 9(3): 20~ 23
- [6] 陈以水, 熊红. 硒与癌症. 广东微量元素科学, 2002, 9(10): 44~ 46. Chen Y S, Xiong H. Cancer and selenium (In Chinese). Guangdong Weiliang Yuansu Kexue, 2002, 9(10): 44~ 46
- [7] 蒋彬, 李志刚, 叶正钱, 等. 硒从土壤向食物链的迁移. 土壤通报, 2002, 33(2): 149~ 152. Jiang B, Li Z G, Ye Z Q, et al. The transfer of selenium from soil to food chain (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2002, 33(2): 149~ 152
- [8] 赵中秋, 郑海雷, 张春光, 等. 土壤硒及其与植物硒营养的关系. 生态学杂志, 2003, 22(1): 22~ 25. Zhao Z Q, Zheng H L, Zhang C G, et al. Advances in the studies on selenium in soil and selenium biological effect (In Chinese). Chinese Journal of Ecology, 2003, 22(1): 22~ 25
- [9] 吴永尧, 卢向阳, 彭振坤, 等. 硒在水稻中的生理生化作用探讨. 中国农业科学, 2000, 33(1): 100~ 103. Wu Y R, Lu X Y, Peng Z K, et al. Effect of Selenium on physiological and biochemical characters of paddy rice (In Chinese). Scientia of Agricultura Sinica, 2000, 33(1): 100~ 103
- [10] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. Lu R K. ed. Analytical Methods of Soil and Agricultural Chemistry (In Chinese). Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1999
- [11] 龚子同. 香港土壤和土壤学科特点. 土壤, 1998, 3: 121~ 124. Gong Z T. Hong Kong soil and its characters of soil science (In Chinese). Soils, 1998, 3: 121~ 124
- [12] 谭见安. 环境生命元素与克山病. 北京: 中国医药科技出版社, 1996. Tan J A. Chronic Keshan Disease and Environmental Elements of Life (In Chinese). Beijing: Chinese Medicine Science and Technology Press, 1996
- [13] 刘铮主编. 中国土壤微量元素. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996. Liu Z. ed. Trace Element in Chinese Soil (In Chinese). Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1996
- [14] 龚子同主编. 土壤环境变化. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. Gong Z T. ed. Environment Change of Soil (In Chinese). Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1992
- [15] 张晓平, 张玉霞. 西藏土壤硒的含量与分布. 土壤学报, 2000, 37(4): 558~ 562. Zhang X P, Zhang Y X. Content and distribution of selenium in soil of Tibet (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2000, 37(4): 558~ 562
- [16] 朱建明, 梁小兵, 凌宏文, 等. 环境中硒存在形式的研究现状. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(1): 75~ 81. Zhu J M, Liang X B, Ling H W, et al. Advances in studying on occurrence modes of selenium in environment (In Chinese). Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2003, 22(1): 75~ 81
- [17] 李永华, 王五一. 硒的土壤环境化学研究进展. 土壤通报, 2002, 33(3): 230~ 233. Li Y H, Wang W Y. Process on the study soil environmental chemistry of selenium (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 2002, 33(3): 230~ 233
- [18] 廖金凤. 海南省土壤中的硒. 地域研究与开发, 1998, 17(2): 65~ 68. Liao J F. Selenium in soil of Hainan Province (In Chinese). Area Research and Development, 1998, 17(2): 65~ 68
- [19] 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. 土壤学进展, 1995, 23(2): 43~ 49. Gustafsson J P, Johnsson L, Wang M Z. Sorption of selenium to soil organic matter in Sweden forest soil (In Chinese). Progress in Soil Science, 1995, 23(2): 43~ 49
- [20] Marafa L M, Chau K C. Effect of hill fire on upland soil in Hong Kong. Forest Ecology and Management, 1999, 120: 97~ 104
- [21] 杨广杏, 陈瑞英. 土壤中硒的分析方法及其分布特征研究. 光谱仪器与分析, 1999, 1: 1~ 3. Yang G X, Chen R Y. Research on analytical methods of soil selenium and distribution characters of selenium in soil (In Chinese). Spectrum Instrument and Analysis, 1999, 1: 1~ 3
- [22] 何亚林. 贵州土壤含硒量及其分布. 土壤学报, 1996, 33(4): 391~ 397. He Y L. Se content and distribution in soils of Guizhou Province (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1996, 33(4): 391~ 397
- [23] 武少兴, 龚子同, 黄标. 我国土壤中的溶态硒含量及其与土

壤理化性质的关系. 中国环境科学, 1997, 17(6): 522~ 525.
 Wu S X, Gong Z T, Huang B. Water-soluble selenium in main soil
 types of China and in relation to some soil properties (In Chinese).
 China Environmental Science, 1997, 17(6): 522~ 525

[24] 王五一, 王大成, 王卫中, 等. 我国土壤中的硒的淋溶. 地
 理研究, 1992, 11(2): 34~ 40. Wang W Y, Wang D C, Wang W
 Z, *et al.* Leach characters of selenium in main soil types of China (In
 Chinese). Geography Research, 1992, 11(2): 34~ 40

HONG KONG SOIL RESEARCHES

⊕. DISTRIBUTION AND CONTENT OF SELENIUM IN SOILS

Zhang Haibo^{1,3} Luo Yongming^{1,3} Wu Longhua^{1,3} Zhang Ganling^{1,3} Zhao Qiguo^{1,3} Wong Minghung²

(1 Soil and Environmental Bioremediation Center of Institute of Soil Science, CAS, Soil and Environment Joint Open Laboratory,

Key State Laboratory of Soil and Agricultural Sustainable Development, Nanjing 210008, China)

(2 Croucher Institute for Environmental Science, Hong Kong Baptist University, Kowloon Tong, Hong Kong, China)

(3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract The main objective of this project is to study distribution and concentration of selenium (Se) and its affecting factors in Hong Kong soils. Soil samples were collected from fifty-one soil profiles and 44 surface soil layers at 44 sampling sites throughout Hong Kong for analysis of total Se with the aid of the inductively coupled plasma spectrophotometry. The results indicate that Se was mainly distributed in B and C horizon. Concentrations of total Se in all the soil samples ranged from 0.07 mg kg⁻¹ to 2.26 mg kg⁻¹ (dry wt.), with the lowest and highest concentrations recorded in Orthic Anthrosols (average 0.45 mg kg⁻¹, dry wt.) and Udic Ferralists (average 1.05 mg kg⁻¹, dry wt.) respectively. In terms of land use, the highest and lowest concentrations were recorded in forest soil (average 1.36 mg kg⁻¹, dry wt.), and agricultural soil (average 0.36 mg kg⁻¹, dry wt.) respectively. The main factor that influences Se concentration and distribution in Hong Kong soils was the parent material. Other soil factors such as soil pH, organic matter, clay fraction, iron and aluminum also played relatively important roles.

Key words Hong Kong soil; Selenium (Se); Distribution; Influencing factors