

长江三角洲地区土壤环境质量与修复研究

III 农业土壤不同粒径组分中菲和苯并[a] 芘的分配特征*

倪进治 骆永明[†] 张长波

(土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

(中国科学院南京土壤研究所土壤与环境生物修复研究中心, 南京 210008)

摘要 持久性有机污染物在土壤环境中的行为在很大程度上取决于土壤有机质对它们的吸附作用, 粒径分组通常用来区分具有不同有机质组成和周转速率的有机质库。本研究利用菲(Phe) 和苯并[a] 芘(Bap) 作为多环芳烃(PAHs) 低、高环组分的代表物质, 研究了它们在污染区 9 个农业表层土壤(0~ 20 cm) 不同粒径组分(粘粒、细粉粒、粗粉粒、细砂粒和粗砂粒) 中的分配特征。结果表明, Phe 在不同粒径组分中的平均含量大小顺序为粗砂粒> 细砂粒> 粘粒> 细粉粒> 粗粉粒, Bap 为粗砂粒> 细砂粒> 粗粉粒> 细粉粒> 粘粒。Phe 和 Bap 在不同粒径组分中的含量与粒径组分中有机质的含量均呈显著性正相关($p < 0.01$)。不同粒径组分中的有机质对 Phe 富集能力的大小顺序为粗粉粒> 细粉粒> 细砂粒> 粗砂粒> 粘粒, 对 Bap 的富集能力为粗粉粒> 粗砂粒> 细粉粒> 细砂粒> 粘粒。

关键词 多环芳烃; 土壤; 粒径组分; 分配特征

中图分类号 X53 文献标识码 A

土壤是多环芳烃(PAHs) 等持久性有机污染物的一个主要的陆地储存库, 随着国家或区域工业化的发展, 农业土壤中 PAHs 含量有增加的趋势^[1, 2]。由于 PAHs 的疏水性, 它们对土壤有机质有较高的亲和力。当 PAHs 及其代谢物与大分子土壤有机质以共价键结合后, 只有通过土壤有机质的周转才能使 PAHs 矿化^[3]。土壤有机质通常可以分成具有不同化学组成和周转速率的有机质库^[4], PAHs 在这些有机质库中的分配特征可能是影响它们在土壤中的生物有效性和反应活性大小的关键因素, 进而影响到它们对整个生态系统可能的危害。已有研究表明, 土壤粒径大小不同的颗粒组分中有机质库的周转速率不同^[4, 5]。砂粒组分中的有机质主要包括新鲜的或轻度分解的植物残体和碎屑, 它们的碳水化合物含量较高, 容易被分解^[6], 而粉粒和粘粒组分中的有机质腐殖化程度较高, 主要由芳香和脂肪结构组成^[7], 通常是微生物难降解的^[8]。此外, 不同粒径组分中 PAHs 生物有效性还表现在土壤中有些生物

如蚯蚓(*Lumbrus terrestris*) 等会有选择性地以粒径较小的土壤颗粒组分为食物^[9, 10]。因此, 研究 PAHs 在污染土壤不同粒径组分中的分配特征, 对了解土壤中 PAHs 的生物有效性及其在土壤环境中的迁移转化都具有重要的意义。

有关 PAHs 在土壤不同粒径组分中分配特征的研究, 国际上仅有少量报道^[11, 12], 而国内关于此方面的研究还未见报道。长江三角洲地区是我国经济快速增长的地区之一, 随着工业化、城市化和农业集约化的进程加快, 大量的微量毒害污染物如 PAHs 进入了表层土壤。据我们的调查研究, 长江三角洲部分地区已遭受 PAHs 的污染^[1]。菲(Phe) 是低环多环芳烃中易挥发和易被生物降解的组分, 苯并[a] 芘(Bap) 是高环多环芳烃中难挥发和难降解的强致癌物质。本研究中利用长江三角洲污染地区的农业土壤, 研究了 PAHs 的代表物 Phe 和 Bap 在土壤不同粒径组分中的分配特征及其与土壤性质之间的关系, 为 PAHs 污染的风险评估和修复提供理论依据。

* 国家自然科学基金重点项目(40432005)、国家重点基础研究发展规划项目(2002CB4108010)、中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-429)、江苏省博士后科研资助计划项目和中国科学院王宽诚博士后工作奖励基金资助

[†] 通讯作者, E-mail: ymluo@issas.ac.cn

作者简介: 倪进治(1971~), 男, 安徽无为, 博士, 主要从事土壤有机污染化学方面的研究

(1) 平立凤. 长江三角洲地区典型土壤环境中多环芳烃污染、化学行为和生物修复研究. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2005

收稿日期: 2005-06-14; 收到修改稿日期: 2005-10-25

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试 9 个土样采自浙江省台州地区农业土壤

(土壤类型为普通潮湿冲积新成土) 表层土(0~ 20 cm), 1、3 号土壤上种植的作物为甘蔗, 2、5、8、9 号土壤上为水稻, 4、7 号土壤上为葡萄, 6 号土壤上为蔬菜。新鲜土样过 2 mm 筛, 自然风干后保存。土壤的一些基本性质见表 1。

表 1 供试土壤性质

Table 1 Selected properties of the tested soils

土样号 Soil No	pH (H ₂ O)	总有机碳	全氮	菲	苯并[a] 芘	粗砂粒	细砂粒	粗粉粒	细粉粒	粘粒
		TOC	TN	Phe	Bap	Coarse sand	Fine sand	Coarse silt	Fine silt	Clay
		(g kg ⁻¹)		(μg kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)				
1	4.8	22.5	2.44	13.5	3.9	147.3	129.8	84.0	393.2	245.7
2	5.0	23.0	2.57	43.5	8.0	72.0	114.9	40.3	459.8	313.0
3	4.6	23.3	2.46	37.3	38.9	121.8	122.0	64.6	434.5	257.1
4	4.8	24.3	2.88	29.9	3.9	103.9	87.6	46.1	474.0	288.4
5	5.4	25.8	2.71	26.0	11.6	139.0	96.4	96.3	426.6	241.7
6	4.6	27.0	3.07	90.4	11.2	81.7	145.0	40.4	396.6	336.3
7	5.1	27.9	3.11	15.6	2.2	132.5	176.7	68.5	374.3	248.0
8	6.1	35.0	3.35	41.5	13.8	72.2	105.0	134.6	426.2	262.0
9	5.2	37.2	4.24	39.1	14.0	49.0	120.8	71.3	505.4	253.5

1.2 研究方法

1.2.1 土壤理化性质的测定 土壤总碳和全氮含量采用元素分析仪测定(德国 ELEMENTAR 公司), 土壤 pH 值用玻璃电极测定, 土水比为 1: 2.5^[13]。

1.2.2 土壤粒径分组 供试土样均分成粘粒(< 2 μm)、细粉粒(2~ 20 μm)、粗粉粒(20~ 54 μm)、细砂粒(54~ 105 μm)和粗砂粒(> 105 μm)五个组分^[6]。称取 250 g 风干土样, 置于 600 ml 高型烧杯中, 加蒸馏水淹没土样, 用玻棒将土水混合物搅拌均匀后, 放入槽型超声波清洗槽中, 在 40 kHz 下超声 30 min。分散后的土样大于 54 μm 的组分用湿筛法分离, 小于 54 μm 的组分按照 Stokes 定律用虹吸法分离^[14], 所有的粒径组分冷冻干燥后称重, 计算出质量含量(表 1)。

1.2.3 多环芳烃的测定 供试土壤及其不同粒径组分用二氯甲烷索氏抽提 24 h, 提取液于旋转蒸发器上浓缩至干, 用环己烷定容至 2 ml, 取 0.5 ml 转移至装有 1.0 g 硅胶的预处理柱中, 再用正己烷/二氯甲烷(1: 1)混合液洗脱, 弃去第一组分 1 ml 洗脱液, 收集 2 ml 第二组分的洗脱液, 氮气吹干, 乙腈定容至 1 ml, 待 HPLC 分析^[15]。提取液用岛津 10A-HPLC 荧光检测器测定, 菲的激发波长为 270 nm, 发

射波长为 350 nm; 苯并[a] 芘的激发波长为 296 nm, 发射波长为 404 nm。

1.3 统计分析

数据制图和统计分析均采用软件 Origin 7.5 进行, 未检测出 Bap 的粒径组分在统计分析时不计。

2 结果与讨论

2.1 土壤粒径分组的质量回收率和 PAHs 总量的变化

土壤在进行粒径分组之后, 质量回收率为 96.6%~ 99.2%, 表明分组过程中土壤损失较少。各粒径组分中菲(Phe)的含量总和是原土中 Phe 含量的 63.5%~ 240.8%, 苯并[a] 芘(Bap)在各粒径组分中的含量总和是原土中 Bap 含量的 37.6%~ 222.6%。大部分土壤在粒径分组之后, 各粒径组分中菲和苯并[a] 芘的含量总和均高于原土中菲和苯并[a] 芘的含量, 可能的原因是粒径分组之后, 增加了土壤颗粒与提取溶剂的接触面积^[16], 很多锁定在土壤中的 PAHs 在原土中未被提取出, 而在粒径分组之后被提取出。Müller 等^[11]的研究也表明, 一些土样在粒径分组之后各粒径组分中 PAHs 的含量总和要高于原土中 PAHs 的含量。

2.2 粒径组分中的碳、氮含量

由于供试土壤的 pH 值最大的只有 6.1(表 1), 表明土壤中不含有 CaCO_3 , 因此可以将土壤总碳的含量近似看作总有机碳(TOC)的含量。由表 2 可知, 不同粒径组分中有机碳的平均含量大小顺序为: 粗砂粒 > 细砂粒 > 粘粒 > 细粉粒 > 粗粉粒。这与文献中报道的粗砂粒(2 000~ 250 μm) \leq 细砂粒(250~ 20 μm) < 粉粒(20~ 2 μm) < 粘粒(< 2 μm) 的

结果不一致^[11, 12], 主要是本实验中未分离出土壤轻组有机质, 土壤中的植物残体和碎屑主要分配在粗砂粒和细砂粒两个组分中, 造成了这两个组分中有机碳含量较高。粒径组分中 C/N 比的平均值除细砂粒外, 均随着粒径的减小而降低, 与文献中报道的结果基本一致^[6, 17]。粒径较小的组分中 C/N 比值较低, 表明了这个组分中有机质的腐殖化程度较高^[4]。

表 2 土壤不同粒径组分中总有机碳、全氮和碳氮比的平均值和标准偏差($n=9$)

Table 2 Means and standard deviations of TOC, TN and C/N ratios in the soil particle-size separates ($n=9$)

粒径组分 Particle-size	总有机碳 TOC (g kg^{-1})	全氮 TN (g kg^{-1})	C/N
粗砂粒 Coarse sand	67.0 \pm 50.5 a	5.0 \pm 3.5 a	13.4 \pm 1.3 a
细砂粒 Fine sand	39.1 \pm 10.5 ab	4.5 \pm 1.2 a	8.7 \pm 0.7 b
粗粉粒 Coarse silt	9.7 \pm 10.6 b	1.1 \pm 1.3 b	10.9 \pm 2.9 c
细粉粒 Fine silt	14.6 \pm 4.9 b	1.8 \pm 0.7 b	8.2 \pm 1.0 b
粘粒 Clay	35.9 \pm 5.5 ab	4.7 \pm 0.6 a	7.7 \pm 0.3 b

注: 同列中不同字母表示显著性差异($p < 0.05$) Note: Different letters in the same column indicate significant at $p < 0.05$

2.3 PAHs 在不同粒径组分中的分配特征

由表 3 可知, PAHs 在不同粒径组分中的分配很不均匀, 除粗粉粒和细粉粒外, PAHs 的最高含量在其他粒径组分中都会出现。从图 1 可以看出, Phe 在粗粉粒中的平均含量最低, 为 $26 \mu\text{g kg}^{-1}$, 随着粒径的增加或降低, Phe 的平均含量向粒径最大和最小两极逐步升高。Bap 在各粒径组分中的分配特征与 Phe 不同, 平均含量随着粒径的减小而下降, 其中

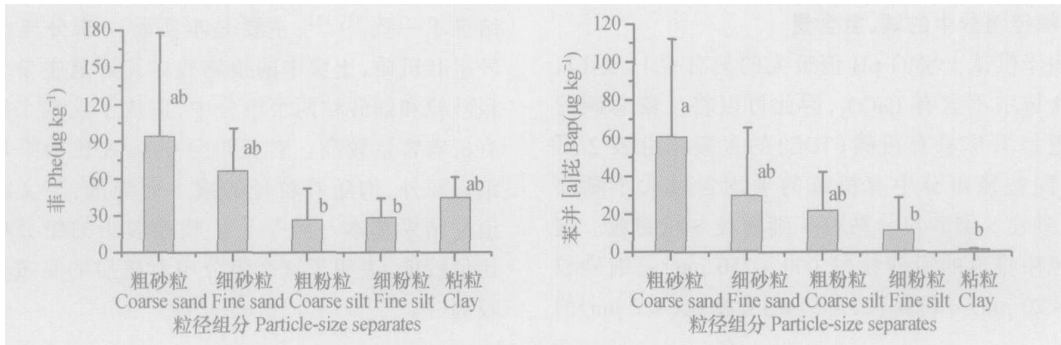
粘粒组分近一半的样品中都未检测出 Bap。Phe 和 Bap 在粗砂粒和细砂粒两个组分中的含量较高, 可能是因为这两个组分中的植物残体和碎屑较多, 有机质含量较高的原因。Müller 等^[11]的研究表明, 土壤粒径分组过程中分离出的悬浮组分(主要是一些植物残体和碎屑)虽然在土壤中的含量小于 1.2 g kg^{-1} , 但却富集了较高浓度的 PAHs, 平均浓度为 $2.548 \mu\text{g kg}^{-1}$ 。

表 3 土壤不同粒径组分中菲和苯并[a] 芘的含量

Table 3 Contents of Phe and Bap in the particle-size separates of soils

土样号 Soil No.	菲 Phe ($\mu\text{g kg}^{-1}$)					苯并[a] 芘 Bap ($\mu\text{g kg}^{-1}$)				
	粗砂粒 Coarse sand	细砂粒 Fine sand	粗粉粒 Coarse silt	细粉粒 Fine silt	粘粒 Clay	粗砂粒 Coarse sand	细砂粒 Fine sand	粗粉粒 Coarse silt	细粉粒 Fine silt	粘粒 Clay
1	15.1	47.2	4.0	18.5	66.4	8.8	6.9	1.3	2.6	0.5
2	151.8	99.3	71.6	62.3	56.2	51.8	15.7	37.3	1.6	1.3
3	72.9	66.3	29.2	36.8	34.3	88.1	99.8	62.1	55.1	nd
4	49.4	39.6	24.0	13.0	20.6	67.0	3.6	12.6	1.4	nd
5	19.2	38.8	3.5	18.0	53.7	6.7	10.4	3.3	4.0	1.4
6	170.8	64.0	63.5	40.5	43.0	74.6	10.9	22.5	8.4	nd
7	11.8	16.0	4.1	17.8	21.5	2.0	2.1	0.5	1.6	nd
8	98.6	92.7	8.1	19.8	37.2	81.5	43.2	10.4	15.7	0.7
9	254.7	125.5	24.8	26.0	63.5	164.0	76.3	26.8	14.0	1.6

注: “nd” 表示未检测出 Note: “nd” indicates below detection limit



注: 不同字母表示有显著性差异 ($p < 0.05$); 粘粒组分中苯并[a]芘平均含量的样本数为 5

Note: Different letters indicate significant difference at $p < 0.05$. The sample number of the average contents of Bap in clay separates was 5

图 1 不同粒径组分中菲和苯并[a]芘的平均含量 ($n = 9$)

Fig 1 Average contents of Phe and Bap in the soil particle-size separates ($n = 9$)

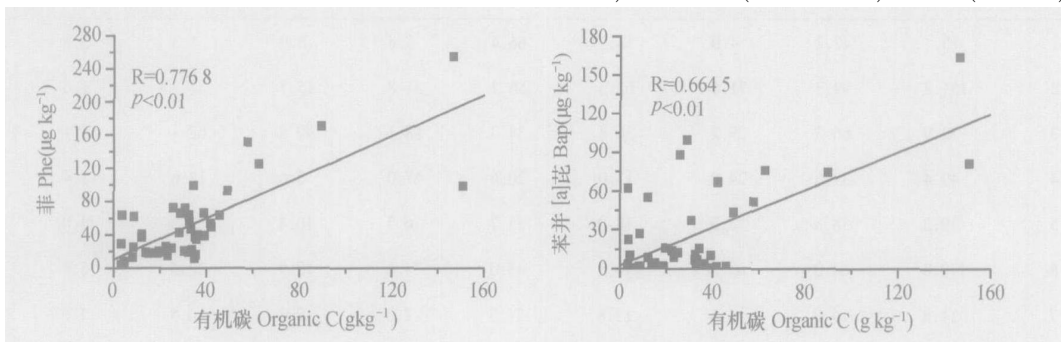
Krauss 等^[12]对 11 个城市土壤(0~ 5 cm)不同粒径组分中 PAHs 的分配特征研究表明, 大多数土壤中 PAHs 的含量按下列次序降低: 粉粒(20~ 2 µm) > 粘粒(< 2 µm) > 细砂粒(250~ 20 µm) > 粗砂粒(2 000~ 250 µm)。Sequaris 等^[18]用模拟实验研究了苯并[a]芘在耕地表层土壤(0~ 1 cm)不同粒径组分中的分配, 结果表明, 苯并[a]芘在不同粒径组分中的绝对含量大小按 > 20 µm、20~ 2 µm、2~ 0.05 µm 和 < 0.05 µm 的顺序递减。本研究中 PAHs 在土壤粒径组分中的分配特征与文献的报道有所不同, 可能与土壤质地和取样深度有关。本试验中的土壤质地较文献中的要粘重一些, 且采样深度为 0~ 20 cm, 而文献中土壤采样深度均未超过 5 cm。另外, PAHs 在土壤粒径组分中的分配特征还与进入土壤中的 PAHs 污染源的颗粒大小组成有关^[12]。

2.4 不同粒径组分中有机质对 PAHs 富集能力比较
土壤有机质是土壤中疏水性有机污染物如 PAHs 的一个最重要的吸附剂。已有的报道表明, 土壤对 PAHs 的吸附量与土壤有机质含量有较好的相

关性^[19, 20]。将本实验中各粒径组分中有机碳含量与 Phe 和 Bap 的含量进行了相关分析, 结果表明, Phe 和 Bap 的含量与粒径组分中有机质含量都存在极显著的正相关(图 2)。其他的研究还表明, 多环芳烃在土壤中的含量和分配不仅与土壤有机质的总量有关, 而且还与有机质的质量有很大关系^[21]。

我们用每千克有机碳(OC)中 PAHs 的含量来讨论土壤不同粒径组分有机质对 Phe 和 Bap 的富集能力, 它能在一定程度上反映土壤有机质的质量对 PAHs 在粒径组分中分配的影响。由图 3 可知, 不同粒径组分有机质对 Phe 富集能力的大小顺序为粗粉粒 > 细粉粒 > 细砂粒 > 粗砂粒 > 粘粒, 对 Bap 的富集能力为粗粉粒 > 粗砂粒 > 细粉粒 > 细砂粒 > 粘粒。粗粉粒有机质对 Phe 和 Bap 的富集能力最强, 粘粒有机质对 Phe 和 Bap 的富集能力最弱。

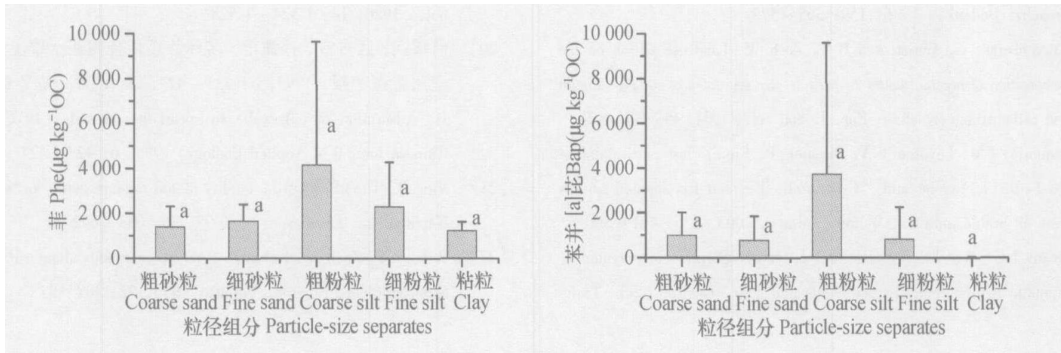
Krauss 等^[11]研究表明, 在轻度污染(20 种 PAHs 含量之和小于 7 200 µg kg⁻¹)的土壤中, 土壤有机质对 PAHs 的富集能力按下列次序降低: 粉粒(20~ 2 µm) = 细砂粒(250~ 20 µm) > 粘粒(< 2 µm) > 粗砂粒



注: 菲和苯并[a]芘的样本数分别为 45 和 41 Note: The sample number of Phe and Bap were 45 and 41, respectively

图 2 不同粒径组分中菲和苯并[a]芘的含量与有机质含量的相关性

Fig 2 Correlations between the contents of Phe, Bap and organic C in soil particle-size separates



注: 相同字母表示没有显著性差异 ($p < 0.05$); 粘粒组分中苯并[a] 芘平均富集能力的样本数为 5

Note: Same letters indicate no significant differences at $p < 0.05$. The sample number of the average contents of Bap normalized to organic C in clay separates was 5

图 3 不同粒径组分中有机质对菲和苯并[a] 芘的平均富集能力 ($n = 9$)

Fig. 3 The average contents of Phe and Bap normalized to organic C in soil particle-size separates ($n = 9$)

(2 000~ 250 μm)。Müller 等^[10]的研究也表明, 粉粒 (20~ 2 μm) 和细砂粒 (250~ 20 μm) 对 PAHs 的富集能力要高于粘粒 (< 2 μm) 和粗砂粒 (2 000~ 250 μm)。这与本研究结果基本一致, 粉粒对 PAHs 来说是一个优先的吸附剂, 可能是因为这个组分中有机质含有丰富的芳香结构对 PAHs 有较高亲和力的缘故^[22]。

3 结 论

Phe 和 Bap 在土壤不同粒径组分中分配很不均匀。Phe 的平均含量在粗粉粒中最低, 随着粒径的增加或降低, 它的平均含量向粒径最大和最小两极逐步升高; Bap 在不同粒径组分中的分配特征与 Phe 不同, 平均含量随着粒径的减小而下降, 其中粘粒组分近一半的样品中都未检测出 Bap。不同粒径组分中 Phe 和 Bap 的含量与粒径组分中有机质的含量呈显著性正相关。粗粉粒有机质对 Phe 和 Bap 富集能力最强, 粘粒有机质对 Phe 和 Bap 的富集能力最弱。

参 考 文 献

- [1] Jones K C, Stratford J A, Waterhouse K S, *et al.* Increase in the polynuclear aromatic hydrocarbon content of an agricultural soil over the last century. *Environ. Sci. Technol.*, 1989, 23: 95~ 101
- [2] 张天彬, 杨国义, 万洪富, 等. 东莞市土壤中多环芳烃的含量、代表物及其来源. *土壤*, 2005, 37(3): 265~ 271. Zhang T B, Yang G Y, Wan H F, *et al.* Concentration, indicators, and origin of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surface soil in Dongguan (In Chinese). *Soils*, 2005, 37(3): 265~ 271
- [3] Johnsen A R, Wick L Y, Hams H. Principles of microbial PAH-degradation in soil. *Environ. Pollut.*, 2005, 133: 71~ 84
- [4] Christensen B T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle-size and density separates. *Adv. Soil Sci.*, 1992, 20: 1~ 90
- [5] Elliott E T, Cambardella C A. Physical separation of soil organic matter. *Agric. Ecosys. Environ.*, 1991, 34: 407~ 419
- [6] Amelung W, Zech W, Zhang X, *et al.* Carbon, nitrogen, and sulfur pools in particle-size fractions as influenced by climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1998, 62: 172~ 181
- [7] Guggenberger G, Zech W, Haumaier L, *et al.* Land-use effects on the composition of organic matter in particle size separates of soils: II. CPMAS and solution ¹³C NMR analysis. *Eur. J. Soil Sci.*, 1995, 46: 147~ 158
- [8] Baldock J A, Oades J M, Waters A G, *et al.* Aspects of the chemical structure of soil organic material as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. *Biogeochem.*, 1992, 16: 1~ 42
- [9] Shiptalo M J, Protz R. Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. *Geoderma*, 1989, 45: 357~ 374
- [10] Zhang H, Schrader S. Earthworm effects on selected physical and chemical properties of soil aggregates. *Biol. Fertil. Soils*, 1993, 15: 229~ 234
- [11] Müller S, Wilcke W, Kanchanakool N, *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in particle size separates of urban soils in Bangkok, Thailand. *Soil Sci.*, 2000, 165: 412~ 419
- [12] Krauss M, Wilcke W. Sorption strength of persistent organic pollutants in particle-size fractions of urban soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2002, 66: 430~ 437
- [13] 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 12~ 19. Lu R K. ed. Analytical Methods of Soil and Agricultural Chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999. 12~ 19
- [14] 熊毅, 等. 土壤胶体(第二册). 北京: 科学出版社, 1985. 1~ 19. Xiong Y, *et al.* Soil Colloids (2nd book) (In Chinese). Beijing: Science Press, 1985. 1~ 19
- [15] 丁克强, 骆永明, 刘世亮, 等. 黑麦草对土壤中苯并[a] 芘动态变化的影响. *土壤学报*, 2004, 41(3): 348~ 353. Ding K Q, Luo Y M, Liu S L, *et al.* Dynamics in benzo[a]pyrene concentrations in soil as influenced by ryegrass plants (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(3): 348~ 353
- [16] Guggenberger G, Pichler M, Hartmann R, *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in different forest soils. Mineral horizons. *Z. Pflanzen-*

- emaehr. Bodenk., 1996, 159: 565~ 573
- [17] Guggenberger G, Christensen B T, Zech W. Land-use effects on the composition of organic matter in particle size separates of soil: I. Lignin and carbohydrate signature. *Eur. J. Soil Sci.*, 1994, 45: 449~ 458
- [18] Sequarisa J M, Lavorentib A, Burauela P. Equilibrium partitioning of ¹⁴C-benzo(a) pyrene and ¹⁴C-benzoln between fractionated phases from an arable topsoil. *Environ. Pollut.*, 2005, 135: 491~ 500
- [19] Means J C, Wood S G, Hassett J J, *et al.* Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. *Environ. Sci. Technol.*, 1980, 14: 1 524~ 1 528
- [20] 何耀武, 区自清, 孙铁珩. 多环芳烃化合物在土壤上的吸附. *应用生态学报*, 1995, 6: 423~ 427. He Y W, Ou Z Q, Sun T H. Adsorption of polycyclic hydrocarbons on soils (In Chinese). *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1995, 6: 423~ 427
- [21] Xing B. The effect of the quality of soil organic matter on sorption of Naphthalene. *Chemosphere*, 1997, 35: 633~ 642
- [22] Wilcke W, Zech W, Kolza J. PAH-pools in soils along a PAH-deposition gradient. *Environ. Pollut.*, 1996, 92: 307~ 313

SOIL ENVIRONMENTAL QUALITY AND REMEDIATION IN YANGTZE RIVER DELTA REGION III DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF PHENANTHRENE AND BENZO [a] PYRENE IN PARTICLE-SIZE SEPARATES OF AGRICULTURAL SOILS

Ni Jinzhi Luo Yongming[†] Zhang Changbo

(State Key Laboratory of Soil and Agricultural Sustainable Development, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(Soil and Environment Bioremediation Research Centre, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract The behavior of persistent organic pollutants in soil environment largely depends on their adsorption to soil organic matter. Particle-size fractionation is usually used to differentiate organic matter pools with different composition and turnover rates. In this research, phenanthrene (Phe) and benzo[a] pyrene (Bap) were used as representatives of low- and high-ring polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), respectively. The distribution characteristics of them in different particle size separates (clay, fine silt, coarse silt, fine sand and coarse sand) of nine agricultural topsoils (0~ 20 cm) from a contaminated district were studied. The results showed that the average contents of Phe in different particle-size separates decreased in the order coarse sand > fine sand > clay > fine silt > coarse silt, and those of Bap in the order coarse sand > fine sand > coarse silt > fine silt > clay. In the different particle-size separates, the contents of both Phe and Bap had significantly positive correlations with that of organic matter ($p < 0.01$). The enrichment ability of organic matter for Phe in different particle-size separates decreased in the order coarse silt > fine silt > fine sand > coarse sand > clay, and for Bap in the order coarse silt > coarse sand > fine silt > fine sand > clay.

Key words Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs); Soil; Particle-size separates; Distribution characteristics