

# Characteristics of the Soil Heavy Metal Cadmium in Shanghai Binjiang Forest Park

Jing Zhou<sup>1</sup>, Zhe Wang<sup>2</sup>, Guolin Gu<sup>3</sup>, Yujie Han<sup>2</sup>, Chunjiang Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Forestry Station, Shanghai

<sup>3</sup>Fengxian Forestry Station, Shanghai

Email: [enripa@qq.com](mailto:enripa@qq.com)

Received: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2014; revised: Jul. 14<sup>th</sup>, 2014; accepted: Jul. 18<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

Shanghai Binjiang Forest Park was investigated as the main study area based on the characteristics of distribution and divisions of functional area. This area was divided into 5 districts which were *Cinnamomum camphora* stands, *Magnoliagrاندiflora* stands, Ornamental plants, Southwest area and Southeast area. We used ICP-MS to analyze the Cadmium (Cd) concentrations, and analyzed the data with SFPI (Single Factor Pollution Index methods) to evaluate the pollution situation of the heavy metal Cd in the soil of these areas. The results showed that the soil concentrations of Cd at 0 - 10 cm in *C. camphora* stands, *M. grandiflora* stands, Ornamental plants, Southwest area and Southeast area were 0.351 mg/kg, 0.321mg/kg, 0.327 mg/kg and 0.309mg/kg, respectively. The values of Cd concentrations gradually declined with the depth of soil raised. Compared with the national standard of soil quality category, the background values (0.261 mg/kg) of soil Cd concentrations in Binjiang forest park were at the range of national standard of soil quality II which indicated that there were no significant effects on vegetation and environment. The results of SFPI showed that these areas were at the contaminative critical state compared with the Shanghai background level.

## Keywords

Heavy Metal Cadmium, Shanghai Binjiang Forest Park, Soil Heavy Metal

## 上海滨江森林公园土壤镉元素含量分布特征

周菁<sup>1</sup>, 王哲<sup>2</sup>, 顾国林<sup>3</sup>, 韩玉洁<sup>2</sup>, 刘春江<sup>1</sup>

<sup>1</sup>上海交通大学农业与生物学院, 上海

<sup>2</sup>上海市林业总站, 上海

<sup>3</sup>上海市奉贤区林业署, 上海

Email: [enripa@qq.com](mailto:enripa@qq.com)

收稿日期: 2014年6月23日; 修回日期: 2014年7月14日; 录用日期: 2014年7月18日

## 摘要

以上海滨江森林公园为研究对象, 按照公园空间分布特征和功能区域划分, 将研究区域划分为香樟林、广玉兰林、特色植物观赏区、西南区和东南区5个片区, 对每个片区的土壤层进行分层取样(0~10、10~20、20~30、30~50、50~100 cm), 使用等离子电感耦合质谱仪(ICP-MS)分析土壤中重金属元素镉(Cd)的元素含量在园区内的分布状况, 根据单项污染指数法对各片区的污染状况进行了评价。研究结果表明: 滨江森林公园各片区的表层土壤0~10 cm重金属元素Cd的含量分别为香樟林0.351 mg/kg, 广玉兰林0.321 mg/kg, 特色植物观赏区0.327 mg/kg, 西南区0.317 mg/kg, 东南区0.309 mg/kg。随着土层深度增加, 土壤中Cd元素含量呈逐渐下降趋势。该地区的土壤各层(0~10、10~20、20~30、30~50 cm) Cd元素含量均值分别为0.323 mg/kg、0.267 mg/kg、0.244 mg/kg和0.210 mg/kg。该地区土壤中Cd元素背景值为0.261 mg/kg, 与国家土壤环境质量标准相比, 该地区Cd含量处于国家土壤质量II类标准范围。单因子污染指数法的计算结果表明, 该地区Cd元素含量与上海市土壤重金属Cd含量背景值相近, 处于污染临界值。

## 关键词

重金属Cd, 上海滨江森林公园, 土壤重金属

## 1. 引言

随着我国城市化水平的不断发展, 土壤重金属污染日趋严重。重金属污染物一旦进入土壤就难以降解排除, 并且在土壤中滞留的时间较长, 导致农作物的可食用部位积累过量后经食物链直接威胁到人类的生存健康问题[1] [2]。因此, 关于土壤中重金属元素的累积问题逐渐成为科学家研究的热点问题之一。森林是城市自然生态系统的重要组成部分, 森林乔木层生物产量高, 占有的空间大, 巨大的根、茎、叶面积对污染物有一定的吸收、转化和累积作用, 使污染物在短期内不释放到环境中, 而其自身生长良好, 又能充分发挥其改善环境的生态功能[3]-[5]。

上海是我国经济最发达的城市之一, 人口密度大, 工业发展水平高, 土壤重金属污染情况亦不容乐观。有关研究表明, 上海世博园区内浦东工业区 0~5 cm 的表土层中砷、镉、镍、铜、铅、锌的浓度均高于土壤的背景值。其中镉的生态毒性最高的, 其生态风险达到严重及以上级别的区间比例达 86.5%(李胤等人于 2008 年的研究)。林啸等人测定了上海市区(浦西)0~2 cm 的表层土壤中铬、铜、铅、锌的含量。结果表明, 杨浦区和普陀区的东部及北部的铬含量相对较高, 为背景值的 10~50 倍。铅和锌的污染浓度显著高于铬, 在杨浦区东部和延安路与轨道交通二号线附近的浓度为背景值的 100~500 倍。土壤中铅的潜在生态危害指数为 244.69, 达到中等生态危害水平[6]-[8]。根据庞金华等人持续十几年对于上海土壤中的 Cd 等 8 种元素的研究, Cd 等 7 个元素基本上处于稳定状态, 年际变化不大, 但同时 Cd 是威胁上海土壤的主要污染元素[9] [10]。史贵涛等人对于上海市区公园土壤重金属含量的研究表明, 浦东新区的外环线内 9 家公园灰尘中 Cd 的含量平均值为 1.75, 超过背景值 5.5 倍[3] [11]。

上海滨江森林公园位于浦东新区高桥镇,于上世纪 50 年代采取吹泥成陆的办法围垦形成。公园总面积约 2000 亩,是上海森林覆盖率最高的郊野森林公园。近年来,随着公园开发力度和人为干扰程度的增加,园区土壤受到重金属污染的状况还未有研究[12][13]。本文的研究目的是通过对上海滨江森林公园土壤重金属元素 Cd 的含量分布特征及污染状况进行研究,为掌握该园区土壤污染状况提供数据支撑,也为今后上海地区土壤重金属污染修复提供科学依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 样品布点与采集

本研究以上海滨江森林公园为研究对象,通过设置调查区域、采集土壤样品(按 0~10、10~20、20~30、30~50、50~100 cm 进行分层采集)进行室内测定分析了解该区域 Cd 元素分布特点。根据滨江森林公园功能区域分布以及植被的差异,将公园分为 5 个片区进行布点采样,即香樟林,广玉兰林,特色植物观赏区(杜鹃观赏区),西南区和东南区。每个区域按照网格法,分别设置 8 至 10 个取样点,每个取样点按层次划分进行取样,一般每层土壤样品取 500 g 左右,将每个取样点的同层次样品混合后,得到每个区域每个层次的土壤混合样品,共得到土壤样品 25 个。

### 2.2. 样品测试与分析

土壤样品在采集完成后,带回实验室,在实验室自然晾干,过 0.149 mm 土壤筛,并装入自封袋中保存。样品过筛后,采用酸溶法( $\text{HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$ )在电热板上加热消解。消解后的样品定容后,在等离子电感耦合质谱仪 ICP-OES (Thermo Fisher Scientific, USA)上测定 Cd 元素含量。为了加强实验过程的质量控制,每批样品做一个试剂空白和一个标准样品进行样品含量校准。

### 2.3. 评价方法

对于污染状况的评价,本文采用农业部《农田土壤环境检测技术规范》对于所获得的测定数据(0~100 cm 土层数据)进行了相应的统计、分析以及评价[14]。其中对于土壤重金属 Cd 的污染评价,采用单因子污染指数法来进行。单因子污染指数法计算公式:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中,  $P_i$  为土壤环境中污染物  $i$  的单项污染指数,  $C_i$  为土壤环境物  $i$  的实测数据,  $S_i$  为污染物  $i$  的评价标准值。如果计算结果  $P_i \leq 1$  为非污染,  $1 < P_i \leq 2$  为轻污染,  $2 < P_i \leq 3$  为中污染,  $P_i > 3$  为重污染。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 不同功能区土壤 Cd 元素含量

表 1 为滨江森林公园不同功能区土壤不同层次 Cd 元素含量。由表 1 可知滨江森林公园各区域的土壤表层重金属 Cd 元素含量香樟林 0~10 cm 含量最高,为 0.351 mg/kg,而 0~10 cm 土层中西南区土壤 Cd 含量最小,为 0.317 mg/kg。随着土壤深度加深,土壤 Cd 含量呈逐渐下降趋势。以香樟林土壤 Cd 元素变化为例,在土壤 10~20 cm 中, Cd 元素含量为 0.277 mg/kg; 20~30 cm 土层中 Cd 元素含量为 0.251 mg/kg; 30~50 cm 土壤深度时, Cd 元素含量仅为 0.224 mg/kg; 由于土壤 50~100 cm 的 Cd 元素含量在测定检测限以下,未检出,因此表 1 中无此土壤层数据。

香樟林、广玉兰林和特色植物区的 0~10 cm 土层中 Cd 含量略高于西南区和东南区,可能是由人为干扰剧烈造成的,并且 0~10 cm 土层植物根系的生长对于土壤表层重金属 Cd 的迁移有一定的影响。在香樟林,广玉兰林,距离园区中心较远,开发程度相对较低,且人为活动相对较少,区域内林分栽植密度

较大, 导致地上部分地被植物较少, 土壤 0~10 cm 层次中植物根系不多, 因此土壤表层的土壤状况较为稳定, Cd 的迁移受到环境影响不大。而在西南和东南区域, 采样点设置在公共草坪, 因此人的活动对于土壤的稳定性的影响较大, 而且由于草坪的浅根系的吸收和迁移作用, 可能对于土层的 Cd 在土壤中的含量产生了影响。

在不同的区域中, 种植不同的植物品种, 对不同土壤深度的 Cd 含量的影响也不同。根据表 2 的结果, 可认为由于香樟和广玉兰的根系对于 Cd 的吸收和迁移的作用, 因此, 在 10~50 cm 的土层中, 香樟和广玉兰林下的土壤中的 Cd 小于其他区域, 以 10~20 cm 的土层最为显著。而由于根系分布深度的不同, 香樟林下的土壤在 20~50 cm 的深度的 Cd 含量减小程度大于广玉兰林下的土壤。

### 3.2. 滨江森林公园土壤 Cd 元素含量分布特征

图 1 为滨江森林公园土壤各层 Cd 元素含量均值。由图 1 可知, 随着土壤深度增加, 土壤 Cd 元素含量逐渐减小。Cd 元素水平在土壤空间垂直分布无显著差异, 并且基本符合上海市土壤背景值(0.261 mg/kg)[15], 处于污染临界值。

### 3.3. 滨江森林公园土壤 Cd 污染指数

通过单因子污染指数法分析, 得到表 3。表 3 数据表明, 滨江森林公园不同功能区污染指数大小不一。该地区 Cd 元素含量都处于轻微污染或污染状态临界。其中广玉兰林污染指数最小, 为 0.97, 而香樟林由于林分生长旺盛, 乔木根系庞大, 土壤表层 0~10 cm 的 Cd 元素含量较高(0.351 mg/kg), 因而对于土壤重金属积累作用强烈, 其污染指数最大, 达 1.06。与上海市土壤重金属 Cd 含量背景值相比, 滨江森林公园的土壤 Cd 元素含量处于污染临界值。

Table 1. The soil concentration of Cd (mg/kg) by depth and function areas in Binjiang Forest Park.

表 1. 滨江森林公园不同功能区不同深度土壤 Cd 元素含量(mg/kg)

| 土层(cm)  | 香樟林   | 广玉兰林  | 特色植物观赏区 | 西南区   | 东南区   | 土壤背景值 |
|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| 0~10    | 0.351 | 0.321 | 0.327   | 0.317 | 0.309 | 0.323 |
| 10~20   | 0.277 | 0.245 | 0.274   | 0.280 | 0.265 | 0.267 |
| 20~30   | 0.251 | 0.234 | 0.245   | 0.245 | 0.251 | 0.244 |
| 30~50   | 0.224 | 0.218 | 0.214   | 0.209 | 0.216 | 0.210 |
| 50~100* | -     | -     | -       | -     | -     | -     |
| 均值      | 0.276 | 0.254 | 0.265   | 0.263 | 0.260 | 0.261 |

\*表示土壤 Cd 元素含量在检测限下, 未检出。

Table 2. The soil concentration of Cd (mg/kg) by depth and function areas in Binjiang Forest Park.

表 2. 不同土壤深度 Cd 含量相对于 0~10 cm 土层的百分比(%)

| 土壤(cm)  | 香樟  | 广玉兰 | 特色植物观赏区 | 西南区 | 东南区 |
|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
| 0~10    | 100 | 100 | 100     | 100 | 100 |
| 10~20   | 77  | 77  | 87      | 88  | 86  |
| 20~30   | 71  | 75  | 75      | 77  | 81  |
| 30~50   | 64  | 68  | 68      | 66  | 70  |
| 50~100* | -   | -   | -       | -   | -   |

\*50~100 土壤 Cd 元素含量未检出。

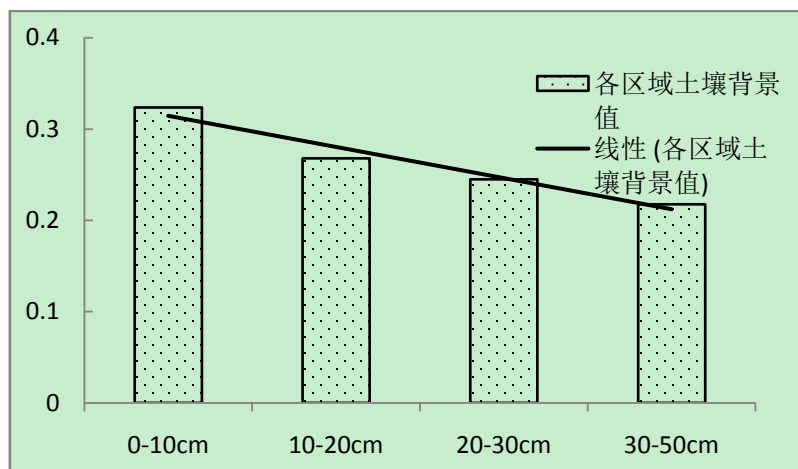


Figure 1. The background soil concentration of Cd in Binjiang Forest Park.  
图 1. 滨江森林公园土壤 Cd 元素背景值

Table 3. The soil concentration of Cd (mg/kg) in different function areas in Binjiang Forest Park.  
表 3. 滨江森林公园不同功能区域土壤 Cd 元素含量(mg/kg)

| 区域      | 含量(mg/kg) | 背景值(mg/kg) | 污染指数 |
|---------|-----------|------------|------|
| 香樟林     | 0.276     | 0.261      | 1.06 |
| 广玉兰林    | 0.254     | 0.261      | 0.97 |
| 特色植物观赏区 | 0.265     | 0.261      | 1.02 |
| 西南区     | 0.263     | 0.261      | 1.01 |
| 东南区     | 0.260     | 0.261      | 1    |

#### 4. 结论

本文根据单因子污染指数法的计算结果表明,该地区 Cd 元素含量与上海市土壤重金属 Cd 含量背景值相近,与国家土壤环境质量标准相比,该地区 Cd 含量处于国家土壤 II 类标准范围,说明该地区土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。

随着土壤深度的加深, Cd 含量均呈现出逐层降低的趋势,在 50~100 cm 未有检出,这个状况也说明了本地区土壤重金属 Cd 污染状况不明显。

通过与史贵涛等人对于浦东新区外环线以内 9 家公园的灰尘中 Cd 的含量的研究相对比(平均值为 1.75 mg/kg)[3] [11],本文在滨江森林公园内的土壤 Cd 含量测定数据小于上述研究数据。分析其原因,可能是由于在史贵涛等人的研究中,土壤取样点在公园门口靠近道路边缘,因此受到人为干扰、浮尘和汽车尾气等外来因素的影响较大,而本文研究的取样点均位于公园的中心地带,受到周边环境影响较弱,导致数据差别较大。

#### 5. 研究展望

通过本文研究,获得了滨江森林公园中土壤重金属 Cd 在公园的空间分布特征、垂直分布规律以及土壤重金属 Cd 的污染状况一手数据。这对于了解滨江森林公园的土壤 Cd 的背景值调查和分布规律,并且对于今后该地区基于土壤污染防治的森林经营具有重要意义。同时,本文仅对滨江森林公园的土壤 Cd 元素污染状况进行了调查研究,但是基于林分防污染隔离机制的相关研究仍是本文今后的重点研究方向。

## 项目基金

上海市科技兴农重点攻关项目(沪农科攻 2010 第 6~1 和沪农科攻 2011 第 1~6)和上海市绿化和市容管理局局管项目 G141208 资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 卢瑛, 龚子同 (2002) 城市土壤的特性及其管理. *土壤与环境*, **2**, 206-209.
- [2] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖 (2004) 南京城市土壤重金属含量及其影响因素. *应用生态学报*, **1**, 123-126.
- [3] 史贵涛, 陈振楼, 王利 (2006) 上海城市公园灰尘重金属污染及其潜在生态风险评价. *城市环境与城市生态*, **4**, 40-43.
- [4] 俞聪, 殷杉, 周丕生 (2008) 上海浦东新区公园绿地土壤重金属的分布特征及其评价. *环境与健康*, **10**, 891-894.
- [5] 陶宝先 (2011) 南京近郊主要森林类型对土壤重金属的吸收与累积规律. *环境科学*, **2**, 447-453.
- [6] 林啸, 刘敏, 侯立军, 等 (2007) 上海城市土壤和地表灰尘重金属污染现状及评价. *中国环境科学*, **5**, 613-618.
- [7] 巫和听, 胡雪峰 (2004) 上海市宝山区土壤重金属含量及其分布特征. *上海大学学报(自然科学版)*, **4**, 400-405.
- [8] 叶荣, 胡雪峰 (2007) 上海宝山城市表土重金属累积的空间分布规律. *土壤*, **3**, 393-399.
- [9] 施婉君 (2009) 上海市土壤重金属污染研究进展. *上海环境科学*, **2**, 72-75.
- [10] 王利, 陈振楼 (2007) 上海市延安高架道路沿线绿地土壤中重金属的分布与评价. *土壤通报*, **1**, 203-205.
- [11] 史贵涛, 陈振楼 (2006) 上海市区公园土壤重金属含量及其污染评价. *土壤通报*, **3**, 490-494.
- [12] 柳林, 许世远 (2000) 上海滨岸带潮滩表层沉积物中重金属的空间分布与环境质量评价. *上海地质*, **1**, 1-5.
- [13] 尹骏, 柳云龙 (2010) 上海市郊土壤重金属空间分布及其污染评价. *现代农业科技*, **10**, 251-255.
- [14] 农业部 (2000) 农田土壤环境质量检测技术规范. NY/T 395-2000.
- [15] 王云 (1992) 上海市土壤环境背景值. 中国环境科学出版社, 北京, 37.