

# 城市绿地土壤理化性质和 Pb、Cd 含量空间分布 ——以重庆市北碚区为例

武玲珍, 傅瓦利, 杨红英, 詹永锋, 王 建, 郑荣静

(西南大学 地理科学学院, 重庆 400715)

**摘 要:**城市绿地土壤作为城市生态系统的重要组成部分,对城市的可持续发展有重要的意义。为了更好地了解城市绿地土壤、充分发挥其功能,该文对重庆市北碚城区土壤容重、pH、有机质、CEC 等理化性质和 Cd、Pb 含量的空间分布特征进行了分析。结果表明:西南部的土壤容重和 pH 值高于东北部;有机质整体偏高,且东北部高于西南部;西南部地区绿地土壤 CEC 含量略高于东北部;东北部地区土壤 Cd 和 Pb 含量高于西南部地区。绿地土壤在短时间内受到人为干预较为显著,但随着绿地土壤利用年限的增加,有向其所在地自然土壤特性发展的趋势。与土壤环境质量标准(GB15618—1995)相比,Pb、Cd 含量均以二级标准为主,虽然其对人类和环境的危害性现在还没有体现出来,但随着时间推移,其危害性会逐渐体现出来,应引起我们的高度重视。

**关键词:**城市绿地土壤;理化性质;Pb;Cd;反距离权插值法;重庆市北碚区

中图分类号:S153;X53

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0171-04

## Analysis of Spatial Variability of Pb, Cd and Urban Soil Physical and Chemical Properties — A Case Study of Beibei in Chongqing City

WU Ling-zhen, FU Wa-li, YANG Hong-ying, ZHAN Yong-feng, WANG Jian, ZHENG Rong-jing

(School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:**As an important part of urban biogeocenose ecosystem, the urban green space soil has a significant meaning to the urban development. To better understand the soils of urban green space and to give full play to its functions, in this paper, we studied the spatial variations of physical and chemical properties of urban green soil in the northeast and southwest parts of Beibei City and also gave a sample urban soil quality evaluation. The soil bulk density, pH, organic matter concentration, CEC, Pb and Cd concentrations of all the soil samples from both parts of Beibei City were tested, and also the spatial variations of these properties were analyzed. The results showed that: (1)the soil bulk density and pH in the southwest area were higher than those from northeast area; (2)both the two parts had high organic matter concentrations, and the organic matter concentrations of northeast area were slightly higher than those from the southwest area; (3)the values of CEC in the southwest area were slightly higher than those in the northeast area; (4)the values of Pb and Cd concentrations in the northeast area were higher than those of the southwest area. In a short time period view, human activities had comparatively larger influences on the urban green soil properties than the natural evolution effects. However, the soil properties tended to back to the natural conditions as using time goes by. Compared with soil environmental quality standard (GB 15618—1995), the Pb and Cd concentrations' levels were dominated by the second level. Even though the healthy risk of such high heavy metal concentrations had not shown up yet, they do have high potential risk to trigger health hazards.

**Key words:**urban green soil; physical and chemical property; Pb; Cd; inverse distance to a power; Beibei region in Chongqing City

城市是人类文明的产物,是人们利用自然物质创造出来的一种“人工环境”,某种意义上说也是对自然

环境的破坏过程。而城市绿地土壤作为其重要一员,为植被提供了生存的自然基地和养分,在城市生态系

统的调控中起着重要作用。城市绿地土壤是指出现在城市和城郊地区的、受多种人为活动方式强烈影响的、原有继承特性得到强度改变的土壤,包括农林牧业生产用地及园林用地等用以生长植物的土壤。虽然城市绿地土壤来源于自然土壤或半自然土壤,但其性质、发生、发展、用途不同,在成土环境、成土过程、剖面发育形态、物质组成及养分循环途径等方面均与自然土壤和农业土壤有较大的区别<sup>[1]</sup>。从形成与性质上讲,城市绿地土壤本质上就是一种泛域的人为土或人为新成土<sup>[2]</sup>。城市绿地与人们的生活息息相关,城市绿地土壤重金属元素可通过吞食、吸入和皮肤吸收等主要途径进入人体并且土壤环境一旦受到污染,其治理和恢复的难度非常大<sup>[3]</sup>。

虽然国内外关于土壤养分空间分布的研究很多,大多研究都是以某一种元素为例,具体研究其理化机理,很少有对某个区域多个因素的空间分布及影响因素做整体研究。随着城市化的推进,城市绿地土壤已成为城市生态系统中不可或缺的部分,绿地土壤的研究成果将能够迅速运用到新一轮城市绿地系统规划中去,促进城市总体结构科学规划。因此,本文将以北碚城区为例,进行城市绿地土壤理化性质和重金属 Pb、Cd 含量空间分布的研究。

## 1 研究区概况

北碚区属重庆市主城九区之一,全区面积 735 km<sup>2</sup>,总人口 64.72 万人,是重庆市的小型动力机械和玻璃制品生产基地。其城区被誉为重庆市的“后花园”,位于温汤峡(又称温塘峡)背斜和观音峡背斜之间的北碚向斜。气候上属于亚热带季风性湿润气候。主要土壤类型为紫色土类灰棕紫泥土属,该土属土壤含有机质 1.13%~1.70%,全氮 0.057%~0.103%,碱解氮 44~111 mg/kg。土壤呈微酸性至中性反应。土壤质地大多较适中,土层较疏松,保水保肥能力较强<sup>[4]</sup>。

北碚区城市绿地率为 38.8%,绿化覆盖率为 42%,人均公共绿地 12 m<sup>2</sup>。可分为公园绿地、居民区绿地、公路绿地、广场绿地、工厂绿地、校园绿地等类型,各占总面积的 22.28%,11.97%,3.73%,0.1%,33.88%,28%。

## 2 数据来源与分析方法

### 2.1 采样点的设置与样品采集

根据重庆市北碚区城市绿地土壤的分布,分别在公园绿地、居民区绿地、公路绿地、广场绿地、工厂绿地、校园绿地采样。采取设置样点分层取样的方法,不同绿地类型各设 5 个或 5 个以上的样点,每个采样点在 1 m<sup>2</sup> 范围内,以三角形布设 3 个样点,在各点处

取表层 0—15 cm 及下层 15—25 cm 的土壤,把三个取样点取得的土壤一部分装入塑料袋并充分混合(约 1 kg)均匀放入取土布袋取回,自然晒干待测各项指标;另一部分用已知重量的环刀取回测定土壤样品容重。共计 42 个样本点,84 个样本。土壤样品的采样时间为 2008 年 10 月初。

### 2.2 样品分析

土壤样品分析项目包括容重、有机质、pH 值、CEC、Pb 和 Cd。容重用环刀法测定,有机质用丘林法测定,pH 值用酸度计测定法测定,CEC 用氯化钡—硫酸法测定<sup>[5]</sup>。重金属的测定方法为:采用普通酸分解法对样品进行前处理,用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP—OES)进行土壤 Pb 和 Cd 的测定<sup>[6]</sup>。样品测定在西南大学地理科学学院土壤实验室和同位素实验室完成。

### 2.3 数据处理

数据统计分析主要采用 SPSS 13.0 分析软件和 GIS 软件。SPSS 13.0 分析软件主要进行各项指标的描述性统计;并采用 GIS 软件中的反距离权插值法(Inverse Distance Weighted, IDW),从空间上利用研究区域已有的采样点的基本理化性质和重金属 Pb、Cd 含量数据,来预测区域内除样点外的任何位置的值,利用插值图表征它们在研究区内的空间分布范围。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤理化性质和 Pb、Cd 含量空间分布特征分析

本研究选取 42 个样点的表层样,测定表层土壤 pH、容重、有机质、CEC、Pb 和 Cd 含量,用 SPSS 进行描述性统计分析,对北碚新老城区 42 个表层样本点做反距离权差值分析,做出北碚区城市绿地土壤容重、pH、有机质、CEC、Pb 和 Cd 含量分布图。

#### 3.1.1 土壤理化性质和 Pb、Cd 含量常规统计分析

变异系数是土壤性质的内在反映,能够区别不同土壤理化性质对外界条件的敏感性。变异系数大小可以反映土壤理化性质空间分布的离散程度,离散程度大致可分为三个等级。 $C_v > 100\%$  表示强变异,  $10\% \leq C_v \leq 100\%$  表示中等变异,  $C_v < 10\%$  表示弱变异。分析结果表明:城市绿地土壤中有有机质、CEC、Cd 和 Pb 的变异系数较大,均在 60% 以上,差异最小的是 pH,为 4.23%。这说明土壤有机质、CEC、Cd 和 Pb 相对其均值离散程度较高,观测数据差异性较大;土壤 pH 相对其均值离散程度较低,观测数据差异性较小。通过分析结果说明有机质、CEC、Cd 和 Pb 受环境因子(植被、人类活动等)影响较大。

表 1 重庆市北碚区新老城区土壤理化性质统计特征值

指标	最大值	最小值	中值	均值	标准差	$C_v/\%$
容重/( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	1.76	0.91	1.47	1.44	0.19	13.22
有机质/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	89.80	4.04	18.96	24.12	18.76	77.79
pH	8.50	6.97	7.99	7.94	0.34	4.23
CEC/( $\text{cmol kg}^{-1}$ )	55.58	0.53	22.29	23.60	14.48	61.37
Cd/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	18.87	0.00	0.89	3.09	4.26	137.81
Pb/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	1013.49	37.16	190.63	310.70	295.90	95.24

3.1.2 城市绿地土壤理化性质和 Pb、Cd 含量空间分布特征 从图 1 中可知,北碚区城市绿地土壤表层容重以面状为主,总体表现出西南部高于东北部的趋势。东北部地区绿地土壤容重大于  $1.5 \text{ g/cm}^3$  的面积百分数为 24%,西南部地区绿地土壤容重大于  $1.5 \text{ g/cm}^3$  的面积百分数为 64%。容重的高值中心出现在西部,以工厂和公路为高值中心,其低值中心出现以公园为中心的。

北碚区城市绿地土壤表层 pH 同样呈现出以面状为主的特征。所有样本点的 pH 均大于 7,西南部地区的绿地土壤 pH 大于 8 的面积百分比为 70.58%,而东北部为 36%,北碚区城市绿地土壤趋于碱性,总体表现出西南部地区高于东北部地区的趋势。其高值中心出

现在以公路、工厂和居民区为中心的西南部地区,低值中心位于东北部的公园和校园绿地。

北碚区城市绿地土壤表层有机质同样呈现出以面状为主的特征,且整体上东北部地区高于西南部地区。有机质以东北部地区的公园为高值中心,而最低值多出现在公路、工厂里。

北碚区城市绿地土壤 CEC 含量呈面状分布,西南部地区绿地土壤 CEC 含量略高于东北部。相对于北碚区自然土壤的 CEC 值( $10 \sim 20 \text{ cmol/kg}$ )整个区域 CEC 含量普遍偏高,CEC 高于  $20 \text{ cmol/kg}$  的面积百分比为 59%。同时 CEC 小于  $10 \text{ cmol/kg}$  的面积百分比为 12%,绿地土壤 CEC 含量差异较大。

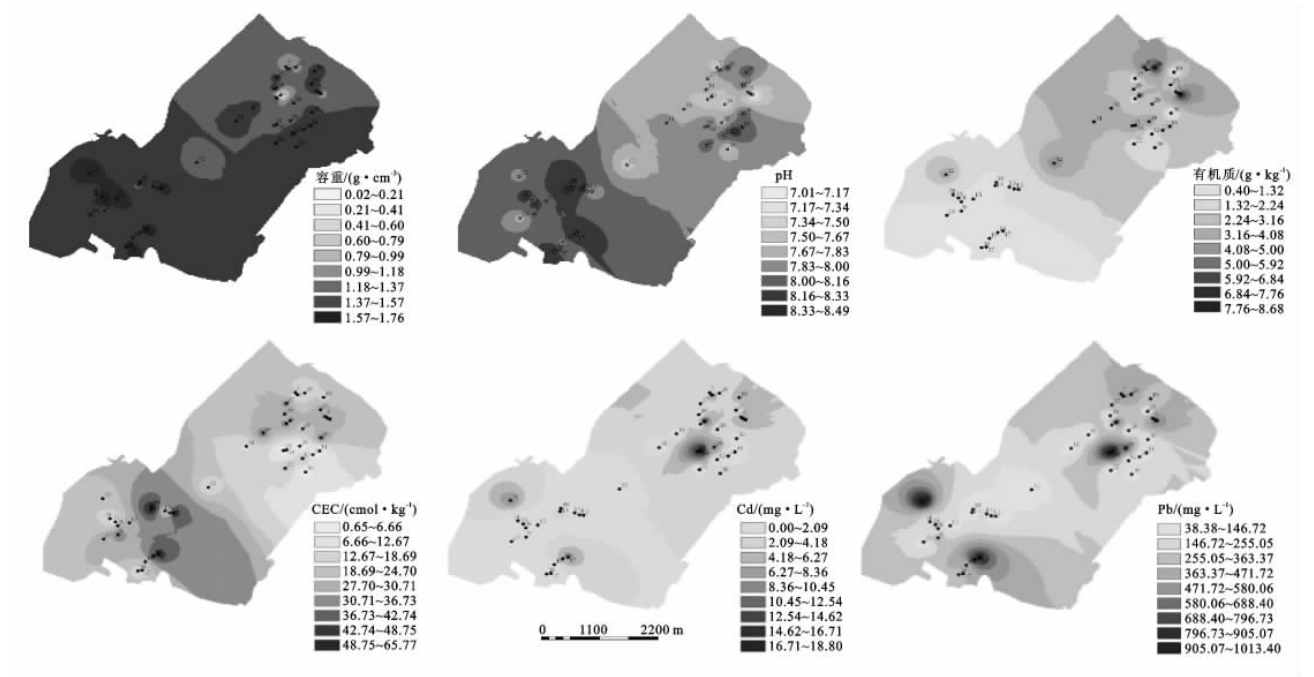


图 1 采用 IDW 法预测北碚城市绿地土壤中不同指标的空间分布

北碚区城市绿地土壤 Cd 含量表现出东北部高于西南部的趋势,Cd 污染程度大于西南部。东北部形成以工厂为中心的高值区域,而西南部形成以公园为中心的低值区域。西南部高于国家二级标准( $0.6 \text{ mg/L}$ )的面积百分比为 35.29%,东北部为 72%。

北碚区城市绿地土壤 Pb 的分布主要以面状为主,其高值中心主要集中在三个区域,并且主要位于北碚区东北部,形成以工厂、公园、公路为中心的高值

区域。东北部高于国家二级标准( $350 \text{ mg/L}$ )的面积百分比为 48%,西南部为 23.5%。在东北部,以公园、工厂和公路为高值中心;西南部公园绿地受 Pb 污染较东北部小,以公路和工厂为高值中心。

结合 Pb 和 Cd 的 IDW 插值图可以看出,北碚区城市绿地土壤 Pb 和 Cd 的分布大致相同,二者的高值中心与低值中心大致重合。在 Pb 的高值中心公路和工厂绿地,也同时出现了 Cd 的高值中心。

### 3.2 空间分布特征的影响因素及生态后果分析

3.2.1 影响因素 土壤作为历史自然体,受气候、生物、母质、地形、成土时间及人类活动等因素的影响。而绿地土壤由于人为干预较自然土壤的程度高,受人类活动影响更为显著。

(1)自然因素。北碚区自然土壤类型为紫色土类灰棕紫泥土属为主,受亚热带季风性湿润气候影响,该区应生成的土壤有机质含量较高,土壤呈微酸性至中性,土壤质地大多较适中,土层较疏松,保水保肥能力较强。由于该地有机质对CEC的影响不显著,因此该地CEC主要受土壤黏粒的影响。

(2)人类活动影响。北碚城市西南部地区绿地土壤容重明显高于东北部地区可能是因为建筑与人为活动而受到强烈扰动及压实,北碚城区绿地土壤pH值呈现东北部向西南部地区增大的趋势,可能是由于西南部地区为城市新建区,受建筑废弃物、水泥、砖块和其它碱性混合物中钙释放的影响较大。有机质是东北部高于西南部,可能是由于人为扰动土层、人工施肥、枯枝落叶保留较好以及乔灌木植被类型结合较好且绿地利用时间较长。绿地土壤中的Cd、Pb含量主要来自于人类活动的影响,特别是在工厂、公路等地区。CEC以北碚城区中心为高值中心与土壤颗粒有关。

(3)时间尺度。从时间方面来看,东北部的老城区与西南部新城区相比,绿地土壤随着利用年限的增加,容重降低、pH偏向中性、有机质含量增加,城市绿地土壤有向其所在地自然土壤特性发展的趋势,绿地功能得到较好发挥。而Cd、Pb随城市绿地土壤利用年限的增加,表现为在土壤表层富集的趋势。

3.2.2 生态后果分析 通过对重金属Pb和Cd的空间分布分析,可以看出,随着城市绿地土壤利用年限的增加,Cd、Pb在土壤表层有富集的趋势,与国家背景值;与土壤环境质量标准(GB15618—1995)相比,Pb、Cd含量均以二级标准为主,高值中心主要集中于工厂和公路附近。Pb是对人体危害极大的一种重金属,它对神经系统、骨骼造血功能、消化系统等均有危害。特别是大脑处于神经系统敏感期的儿童,对铅有特殊的敏感性。Cd能抑制体内各种巯基酶系统,

使组织代谢发生障碍,也能损伤局部组织细胞,引起炎症和水肿。

## 4 结论

北碚城市绿地土壤有机质、CEC、Cd和Pb差异性较大;土壤pH差异性较小。城市绿地土壤空间分布上,容重和pH值都是从西南部地区向东北部地区递减,其低值中心位于东北部的公园;有机质整体偏高,且东北部地区高于西南部地区,高值以东北部公园为中心;CEC含量西南部地区绿地土壤略高于东北部;Cd和Pb以东北部地区高于西南部地区。

绿地土壤在短时间内受到人为干预较自然土壤的程度高,使得土壤容重值偏高,pH值偏碱性,但绿地土壤随着利用年限的增加,容重降低、pH偏向中性、有机质含量增加,城市绿地土壤有向其所在地自然土壤特性发展的趋势,绿地功能得到较好发挥。

与国家背景值比较,所有样本点的Pb、Cd含量均高于国家背景值;与土壤环境质量标准(GB15618—1995)相比,Pb、Cd含量均以二级标准为主,高值中心主要集中于工厂和公路附近。虽然它们的危害现在还没有体现出来,但随着时间推移,其对人类和环境的危害性会逐渐体现出来,应引起我们的高度重视。

### 参考文献:

- [1] 章家思,徐琪.城市土壤的形成特征及其保护[J].土壤,1997,29(4):189-193.
- [2] 卢瑛,龚子同,张甘霖.南京城市土壤特性及其分类的初步探究[J].土壤,2001,33(1):47-51.
- [3] Bilos C, Colombo J C, Skorupka C N, et al. Distribution and variability of airborne trace metals in La Plata City area, Argentina [J]. Environmental Pollution, 2001,111:149-158.
- [4] 重庆市北碚区地方志编撰委员会.北碚自然地理[M].重庆:西南师范大学出版社,1986:163-164.
- [5] 傅瓦利.土壤地理学实验实习指导书[M].重庆:西南大学,2006:15-24.
- [6] 赵庆令,李清彩.电感耦合等离子体发射光谱法同时测定土壤样品中54种组分[J].岩矿测试,2011(1):75-78.
- [7] 中国标准出版社第二编辑室.中国环境保护标准汇编[M].北京:中国标准出版社,2000:96-98.