

道路绿地土壤重金属含量水平分布特征

陈祥^{1,2}, 胡艳燕^{1,2}, 包兵^{1,2}, 徐福银^{1,2}, 朱本国^{1,2}

(1. 重庆市风景园林科学研究院, 重庆 401329; 2. 重庆市城市园林绿化工程技术研究中心, 重庆 401329)

摘要 [目的] 研究道路绿地对交通重金属污染的防护作用。[方法] 在重庆市五黄路乔草混交林绿地和草坪绿地两种样地内, 分别采集距离道路一定梯度的表层土壤样品, 测定样品中重金属 Pb、Cd、Cr、Mn、Hg、As、Cu、Zn、Fe 含量, 分析两种配置模式下绿地土壤重金属含量的水平分布特征。[结果] 9 种重金属在道路绿地土壤中的水平分布特征表现各异, 其中 Cd、Pb、Cr、Zn 是交通对绿地土壤污染的主要重金属因子。与草坪绿地相比, 乔草混交林绿地在同一水平距离的土壤 Pb、Cd、Cr、Cu、Zn 含量水平、含量峰值均明显降低, 其中 Pb、Zn 含量峰值降幅最大。随着与道路距离的增加, 主要重金属含量总体呈下降趋势。草坪绿地重金属污染带主要集中在距离道路 1~80 m 的范围内, 乔草混交林绿地的重金属污染带主要集中在距离道路 1~30 m 的范围内。[结论] 栽植乔木可以提高绿地对交通重金属污染的防护作用。

关键词 重金属污染; 道路绿地; 土壤; 水平分布特征

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)14-06409-03

Horizontal Distribution Characteristics of Heavy Metals in the Soil of Road Green Spaces

CHEN Xiang et al (Chongqing Institute of Landscape Gardening, Chongqing 401329)

Abstract [Objective] The study aimed to discuss the effects of road green spaces on heavy metal pollution. [Method] Surface soil samples were collected from a green lawn and a green space with trees and grasses on Wuhang Road in Chongqing City, and the contents of Pb, Cd, Cr, Mn, Hg, As, Cu, Zn and Fe in the soil were measured to analyze the horizontal distribution characteristics of heavy metals in the soil of two road green spaces. [Result] The horizontal distribution characteristics of 9 heavy metals in the soil of the two road green spaces were different, and the main factors for heavy metal pollution were Cd, Pb, Cr and Zn. Compared with the green lawn, the contents and peaks of Pb, Cd, Cr, Cu and Zn in soil of the green space with trees and grasses decreased significantly, and the peaks of Pb and Zn dropped greatest. In addition, the contents of major heavy metals went down with the increase of the distance from a sampling point to the road. Heavy metal pollution of the green lawn mainly appeared at a distance of 1–80 m, while that of the green space with trees and grasses distributed at a distance of 1–30 m. [Conclusion] Planting trees can improve the effects of green spaces on heavy metal pollution.

Key words Heavy metal pollution; Road green spaces; Soil; Horizontal distribution characteristics

我国的城市环境污染问题已经成为制约城市可持续发展的主要障碍, 随着城市重工业等重污染行业的迁离, 道路交通成了城市主要的环境污染源之一^[1-2]。道路交通对绿地土壤的重金属污染是其环境污染的一个重要方面。而在道路交通附近有限的空间内, 道路绿化是交通重金属污染最直接的屏障^[3-4]。相关研究表明, 道路绿地对道路的重金属污染具有防护效应^[1,4-6]; 绿地对路旁土壤重金属污染的防护作用存在明显的有效范围, 随着距离的增加, 防护效果减弱^[7]; 路旁土壤重金属污染的宽度与绿地的组成结构类型、生长状况、林地管理方式等因素密切相关, 尤其是绿化林带的高度和密度对缩小重金属污染范围影响很大^[5,8-10]。但是, 一方面, 大多研究主要集中在 Pb、Cd、Cr 等少数重金属的范围, 缺少对 9 种重金属 Pb、Cd、Cr、Mn、Hg、As、Cu、Zn、Fe 的全面性研究; 另一方面, 由于地域特征、道路类型、绿地结构的差异等因素, 道路绿地对路旁土壤重金属分布特征的影响也会有很大差异。因此, 针对具体道路进行实例研究具有重要意义。笔者在重庆市主干道五黄路江州立交段设置样带, 在乔草混交林和草坪两种样地内按照水平距离梯度采集绿地内土壤样品, 测定土壤样品中重金属 Pb、Cd、Cr、Mn、Hg、

As、Cu、Zn、Fe 含量, 研究 9 种重金属在道路绿地土壤中的水平分布特征, 以期了解道路交通重金属污染对绿地土壤生态的影响, 为道路绿地建设提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 五黄路江州立交段位于重庆市江北区, 为城市主干道, 双向 6 车道, 是重庆市区车流量最集中的城市干道之一, 通行车辆以客车、小轿车、小货车为主。五黄路江州立交段绿地为重庆市江北区具有代表性的道路绿地之一, 绿带平均宽度 110 m, 最大宽度达 220 m, 绿地坡度小于 5°, 其主要的绿化结构为乔草混交林绿地, 另外有部分草坪绿地。分别选择草坪绿地、乔草混交林绿地两个样地, 每个样地面积均大于 1 hm², 草坪绿地植物为结缕草; 乔草混交林为单树种高密度型结构, 绿地郁闭度 0.7~0.9, 乔木为天竺桂, 高 4~5 m, 冠幅 3 m×5 m~4 m×6 m, 胸径 10~17 cm, 地被植物为麦冬。

1.2 样品采集 在草坪绿地、乔草混交林绿地两个样区内分别按距道路 1、5、15、30、50、80、110 m 的水平梯度采集 5~30 cm 的土壤样品, 在不同的水平梯度线上分别采集 7 组水平梯度样品, 每组样品的间距 5~10 m。单个样品按“四分法”充分混合, 取 1 kg 土样装入塑料袋, 统一编号带回实验室。

1.3 测定方法 土壤样品经自然风干、研磨后, 分别过 1、0.15 mm 尼龙筛后待测。采用原子吸收分光光度法测定土壤中 Pb、Cd、Cr、Mn、Cu、Zn、Fe 的含量, 原子荧光法测定土壤中 Hg、As 的含量。

基金项目 重庆市建设科技计划项目(2011110); 重庆市科技计划项目“科技平台与基地建设”(cstc2011pt-gc80019)。

作者简介 陈祥(1984-), 男, 云南宣威人, 工程师, 本科, 从事城市土壤质量研究, E-mail: cxyx@foxmail.com。

收稿日期 2013-04-13

2 结果与分析

2.1 样地内土壤基本特征分析 由于城市绿地土壤大多来自客土,而城市绿地可能存在多个施工方多个标段的情况,所以同一路段的绿地土壤可能存在不同土壤类型的复杂情况。研究区所选样地内土壤均为沙溪庙组石灰性紫色土,无明显的土壤剖面,土壤质地均为重壤土;对样地内所有土壤样品的 pH(7.8 ± 0.3)和 EC(可溶性盐浓度)值(0.280 ± 0.031 mS/cm)进行显著性 *T* 检验,结果表明,样地内土壤的 pH 和 EC 值的差异均不显著。由此,可以推测样地内的土壤来源于同一区域的土体,可以忽略土壤来源的影响。

2.2 草坪绿地土壤重金属含量水平分布特征 随着与道路距离的增加,绿地土壤中 Cd、Cr 含量呈下降趋势,Pb、Cu、Zn

含量呈先增加后下降的趋势,Mn 含量总体上呈上下波动的趋势,Hg、As、Fe 含量总体上无明显变化趋势。表层土壤中 Cd、Cr 的含量在距离道路 80 m 的范围内均呈下降趋势,其峰值分别出现在 1.5 m 处,分别为 3.440、72.0 mg/kg。Pb 含量在距离道路 30 m 的范围内上升趋势,峰值为 53.0 mg/kg,在距离道路 30~80 m 的范围内呈明显下降的趋势,在距离道路 80~110 m 的范围内无明显变化;Cu 含量在距离道路 30 m 的范围内呈上升趋势,距离道路 30 和 50 m 的含量无明显差异,在距离道路 50 m 处出现峰值 50.0 mg/kg,其后 Cu 含量呈下降的趋势;Zn 含量在距离道路 50 m 的范围内呈上升趋势,其后呈明显下降的趋势,峰值为 100.0 mg/kg。

表 1 草坪绿地土壤重金属含量

距离//m	Pb//mg/kg	Cd//mg/kg	Cr//mg/kg	Mn//g/kg	As//mg/kg
1	38.0 ± 0.7a	3.440 ± 0.315a	71.8 ± 8.9a	0.830 ± 0.079a	8.00 ± 0.91a
5	47.7 ± 1.8bd	3.300 ± 0.270a	72.0 ± 7.6a	0.587 ± 0.037b	6.30 ± 0.77b
15	50.5 ± 1.9bc	2.790 ± 0.311b	68.6 ± 5.3b	0.464 ± 0.042c	6.80 ± 0.53b
30	53.0 ± 1.4c	2.850 ± 0.278b	70.0 ± 6.2ab	0.830 ± 0.065a	8.00 ± 0.62a
50	44.0 ± 0.5d	2.420 ± 0.219b	69.0 ± 5.1ab	0.630 ± 0.051bd	9.80 ± 0.59a
80	28.6 ± 0.8e	1.650 ± 0.178c	57.1 ± 4.2c	0.440 ± 0.027c	7.50 ± 0.47b
110	28.2 ± 0.3e	1.600 ± 0.193c	53.3 ± 5.5c	0.580 ± 0.038b	9.10 ± 0.85a

距离//m	Hg//mg/kg	Cu//mg/kg	Zn//mg/kg	Fe//g/kg
1	0.061 ± 0.005a	41.1 ± 3.5a	89.2 ± 7.3a	34.5 ± 3.6a
5	0.065 ± 0.007a	46.3 ± 5.6b	90.0 ± 6.2a	32.4 ± 3.5a
15	0.053 ± 0.005a	46.0 ± 5.7b	92.3 ± 8.5a	34.8 ± 3.9a
30	0.059 ± 0.006a	49.5 ± 4.3b	99.7 ± 9.1b	31.0 ± 2.1a
50	0.063 ± 0.011a	50.0 ± 6.2b	100.0 ± 8.9b	32.9 ± 4.4a
80	0.054 ± 0.003a	39.4 ± 3.2a	92.3 ± 5.5a	31.7 ± 3.7a
110	0.050 ± 0.004a	40.0 ± 3.7a	72.5 ± 5.3c	31.5 ± 3.8a

注:同一列不同小写字母表示差异性显著($\alpha=0.05$)。

2.3 乔草混交林绿地土壤重金属含量水平分布特征 随着与道路距离的增加,表层土壤中 Pb、Cd、Cr、Zn 含量呈下降趋势,As、Cu、Fe 含量总体上呈上下波动的趋势,Mn、Hg 含量总体上无明显变化趋势。在距离道路 30 m 的范围内,表层土壤中 Cd、Cr 的含量明显下降,其峰值均出现在 1 m 处,峰值

分别为 2.598、65.8 mg/kg;Pb、Zn 含量先增加后减少,其峰值均出现在 15 m 处,分别为 39.1、86.6 mg/kg;在 50~110 m 处,表层土壤中 Cd、Cr、Pb 含量无明显差异。与草坪绿地相比,乔草混交林绿地土壤 Pb、Cd、Cr、Cu、Zn 含量的峰值均有明显降低,其中 Pb、Zn 含量降幅最大,可见乔草混交林对土

表 2 乔草混交林绿地土壤重金属含量

距离//m	Pb//mg/kg	Cd//mg/kg	Cr//mg/kg	Mn//g/kg	As//mg/kg
1	30.6 ± 0.3a	2.598 ± 0.297a	65.8 ± 7.5a	0.519 ± 0.059a	6.28 ± 0.72a
5	31.4 ± 0.6a	2.273 ± 0.260a	62.3 ± 7.1b	0.587 ± 0.067ac	8.26 ± 1.07b
15	39.1 ± 0.8b	1.635 ± 0.192b	50.2 ± 3.8c	0.464 ± 0.035b	6.80 ± 0.29a
30	23.7 ± 0.3c	1.515 ± 0.173b	42.7 ± 3.1d	0.476 ± 0.034b	6.35 ± 0.46a
50	22.2 ± 0.4c	0.880 ± 0.101c	41.8 ± 4.8d	0.630 ± 0.072c	5.70 ± 0.58c
80	21.1 ± 0.5cd	0.812 ± 0.061c	39.7 ± 4.7d	0.530 ± 0.061a	7.50 ± 0.86ab
110	19.4 ± 0.2d	0.776 ± 0.056c	39.1 ± 4.5d	0.546 ± 0.064a	6.90 ± 0.72a

距离//m	Hg//mg/kg	Cu//mg/kg	Zn//mg/kg	Fe//g/kg
1	0.059 ± 0.007a	34.0 ± 3.9a	85.2 ± 9.8a	27.7 ± 3.2a
5	0.059 ± 0.006a	43.4 ± 3.1b	85.6 ± 4.0a	31.8 ± 3.6b
15	0.054 ± 0.004a	44.6 ± 3.4b	86.6 ± 6.5a	34.8 ± 2.6c
30	0.053 ± 0.004a	38.1 ± 2.8ab	80.2 ± 5.8b	31.0 ± 2.2b
50	0.058 ± 0.007a	4.24 ± 3.5c	76.7 ± 8.8b	32.9 ± 3.8b
80	0.056 ± 0.006a	41.2 ± 3.0c	73.4 ± 8.4b	31.7 ± 3.6b
110	0.055 ± 0.006a	38.0 ± 4.5c	68.7 ± 4.8b	31.5 ± 3.7b

注:同一列不同小写字母表示差异性显著($\alpha=0.05$)。

壤中 Pb、Cd、Cr、Cu、Zn 的含量具有一定的降低作用。与草坪绿地相比,乔草混交林绿地 Cu、Zn 含量峰值均由距离道路 50

m 处缩短至 15 m 处,Pb 含量峰值由距离道路 30 m 处缩短至 15 m 处。乔草混交林绿地和草坪绿地土壤 Pb、Cd、Cr、Zn 含

量的最低值均出现在距离道路 110 m 处,但是在距离道路 110 m 处草坪绿地土壤 Pb、Cd、Cr、Zn 含量分别相当于乔草混交林绿地距离道路 30、15、10、80 m 处的含量。可见,乔草混交林对 Pb、Cd、Cr、Zn 的污染扩散具有有一定的阻挡作用。

3 结论与讨论

(1) 调查样地土壤 Pb、Cd、Cr、Mn、Hg、As、Cu、Zn、Fe 的含量在距离道路两边的水平分布特征表现各异,Cd、Pb、Cr、Zn 是交通对绿地土壤污染的主要重金属因子。但是,根据《土壤环境质量标准》,9 种重金属中仅有 Cd 出现超标的情况。Cd 污染的来源可能与调查样地所在路段通行的车辆以客车、小轿车为主等因素有关。与草坪绿地相比,乔草混交林绿地在同一水平距离的土壤 Pb、Cd、Cr、Cu、Zn 含量水平、含量峰值均明显降低,其中 Pb、Zn 含量峰值降幅最大。不同重金属分布特征表现各异,反映出道路交通带来的重金属污染源的成分和浓度等差异造成其对绿地土壤的污染差异。

(2) 随着与道路距离的增加,主要重金属含量总体呈下降趋势,草坪绿地重金属污染带主要集中在距离道路 1~80 m 的范围内,乔草混交林绿地的重金属污染带主要集中在距离道路 1~30 m 的范围内。与草坪绿地相比,乔草混交林绿地 Cu、Zn 含量峰值均由距离道路 50 m 处缩短至 15 m 处,Pb 含量峰值由距离道路 30 m 处缩短至 15 m 处。可见,乔草混交林能降低绿地土壤主要重金属含量和缩短绿地土壤主要重金属的扩散距离。假设几种重金属含量的最小值为土壤背景值,从污染程度也可以看出污染区内道路绿地土壤的重金属污染主要来源于道路交通。然而,草坪绿地和乔草混交林绿地土壤重金属分布的差异,反映出道路绿地土壤的重金属含量还与重金属污染物扩散等特征有关^[11-12]。

(3) 道路绿地土壤重金属主要来源于大气颗粒物,大气颗粒物是大气中组成最复杂的污染物之一,其移动扩散也较复杂。绿地内植物对大气颗粒物具有阻挡作用,植物的阻挡可使风速减小,而且可直接阻挡空气中的粗颗粒、细颗粒或被枝叶截留,或为枝叶和树枝吸附^[13-14]。大气颗粒物中的重金属一部分被植物吸收,另一部分可通过自然沉降和雨水淋溶作用进入土壤中。大量研究表明,绿地植物可阻挡交通降尘的扩散,乔木的滞尘效应较草本植物强,这也说明道路绿地土壤重金属水平分布特征与绿地的滞尘效应相

关^[15-17]。可以推测,对于交通重金属防护作用的贡献,植物对大气颗粒物的物理阻挡作用是其首要的贡献。所以,道路绿地的宽度、郁闭度、乔木高度、植物配置等与物理阻挡作用密切相关的指标,对交通重金属污染的防护作用具有显著的影响。在绿地建设时,综合考虑这些因素与景观等常规因素,对发挥绿地的生态效益具有积极的作用。

参考文献

- [1] 曹秀春,孟庆繁.城市道路绿化对大气污染的防护效能[J].东北林业大学学报,2007(10):20-21,36.
- [2] 徐永荣,冯宗炜,王春夏,等.绿带对道路两侧土壤重金属含量的影响研究[J].湖北农业科学,2002(5):75-77.
- [3] 曹秀春,孟庆繁.城市绿化带对大气污染的防护效能[J].东北林业大学学报,2007,35(10):20-21,36.
- [4] ALBASEL N, COTTENIE A. Heavy metal construction near major highways, industrial and urban area in Beigian Grassland [J]. Water Air Soil Pollution, 1985, 24: 103-109.
- [5] 王成, 郝光发, 杨颖, 等. 高速路林带对车辆尾气重金属污染的防护作用 [J]. 林业科学, 2007(3): 1-7.
- [6] ADACHI K, TAINOSH Y. Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust [J]. Environment International, 2004, 30: 1009-1017.
- [7] ECHEISTER H G, HOHEN W D, RISS A, et al. Variations in heavy metal concentrations in the moss species *Abietinella abietina* (Hedw.) Fleisch, according to sampling time, within site variability and increase in biomass [J]. Sci Total Environ, 2003, 301: 55-65.
- [8] 马建华, 李剑, 宋博. 郑汴路不同运营路段路旁土壤重金属分布及污染分析 [J]. 环境科学学报, 2007, 27(10): 1734-1743.
- [9] 杜振宇, 邢尚军, 宋玉民, 等. 山东省高速公路两侧土壤的铅污染及绿带的防护作用 [J]. 水土保持学报, 2007(5): 175-179.
- [10] 阮宏华, 姜志林. 城郊道路两侧森林类型铅含量及分布规律 [J]. 应用生态学报, 1996, 10(3): 362-364.
- [11] 金振星, 李百战, 郑洁. 重庆市交通尾气污染的影响因素及污染防治 [J]. 重庆建筑大学学报, 2006, 28(2): 103-106, 114.
- [12] 张辉, 马东升. 道路重金属污染的形态特征及其解吸、吸附能力探讨 [J]. 环境化学, 1998(6): 564-568.
- [13] 陈学泽, 谢耀坚, 彭重华. 城市植物叶片金属元素含量与大气污染的关系 [J]. 城市环境与城市生态, 1997, 10(1): 45-47.
- [14] 陈志骞. 长期大气污染对园林树木叶片生理生化指标的影响 [J]. 沈阳农业大学学报, 1989, 3(8): 1002-1007.
- [15] 赵勇, 李树人, 严志平. 城市绿地的滞尘效应及评价方法 [J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(6): 582-586.
- [16] 庞博, 张银龙, 王丹. 城市不同功能区区内叶面尘与地表灰尘的粒径和重金属特征 [J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1312-1317.
- [17] 殷杉, 蔡静萍, 陈丽萍, 等. 交通绿化带植物配置对空气颗粒物的净化效益 [J]. 生态学报, 2007(11): 4590-4595.
- [18] 李吉锋. 渭南地区公路沿线土壤重金属污染及潜在生态危害 [J]. 渭南农业科学, 2012(18): 41-42, 45.
- [19] 骆斌, 罗晓梅, 张美, 等. 城市绿地重金属污染模糊综合评价 [J]. 西南农业学报, 2011(3): 1009-1012.

(上接第 6351 页)

次污染问题,生物技术及组合技术是当前景观水处理技术的研究开发热点。在条件允许的情况下,校园水景设计可以采用微生物-生态强化技术、人工湿地、生物浮岛+曝气的方式,组成一定规模的污水处理系统,具有治本性、经济性、有效性和一定的时间性等特点。

3 结语

在当前环境污染问题很严重的形势下,水景生态化设计是景观设计的一个重大趋势,校园水景设计应与城市河道的生态治理接轨,同样具有非常大的重要性,也会产生很高的教育价值。

参考文献

- [1] 葛佩琳,段渊古,杨雪,等.高校校园水景设计理念及方法浅析[J].西北林学院学报,2012,27(6):221-225.
- [2] 闫晓云,段广德,金娟,等.人的亲水性分析及其与水景设计关系的研究[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2001,22(4):97-100.
- [3] 巩英,杜洁,温璃,等.基于节水型园林的北方城市水景设计探讨[J].安徽农业科学,2007,35(34):11094-11095.
- [4] 梁华,查尔斯·诺里斯,梁乔.现代人居环境中的水景设计——以重庆左海湾为例[J].中国园林,2011,27(4):52-56.
- [5] 俞孔坚,胡海波,李健宏.水位多变情况下的亲水生态护岸设计——以中山岐江公园为例[J].中国园林,2002,18(1):37-38.
- [6] 童宇军,潘军标,赵绮.常用园林生态水处理技术的研究[J].中国园林,2011,27(8):21-24.