



朱本国,杨丽军,胡艳燕,等.重庆城市快速路中分带土壤 Pb 污染评价和富集情况分析[J].黑龙江农业科学,2020(4):44-46,52.

# 重庆城市快速路中分带土壤 Pb 污染评价和富集情况分析

朱本国,杨丽军,胡艳燕,何 琴,王丽娟,陈 祥

(重庆市风景园林科学研究院/重庆市城市园林绿化工程技术研究中心/重庆市园林土壤质量检测中心,重庆 401329)

**摘要:**为促进快速路中分带土壤 Pb 污染的日常管护和防治,采用地质累积指数和富集指数两种评价方法分析重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 的污染程度和富集情况。结果表明:重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 含量在  $31.9 \sim 86.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,平均值为  $(50.3 \pm 12.7) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;富集指数最小值 1.36,最大值 3.66,平均值 2.14。重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 污染程度相对于重庆土壤背景值来说属于轻度污染,但是富集情况达到中度富集的水平;重庆城市快速路中分带绿地土壤可能受到汽车尾气等外界干扰,造成严重的土壤 Pb 富集,并未造成土壤环境污染,均符合绿化种植土壤标准值 II 级标准。

**关键词:**城市快速路;中分带;Pb 污染;地质累积指数;富集指数

重庆城市快速路构建了重庆城区大容量快速干道系统,承担着重要的交通运输功能。城市快速路周围的绿地土壤因车流量大、流动性好、扩散面广等特点造成一定的污染。通过研究表明,城市快速路两侧土壤重金属污染主要以 Pb 污染为主<sup>[1]</sup>,交通运输是城市快速路绿地土壤 Pb 污染的一个重要来源,汽车尾气排放、轮胎添加剂中的重金属元素均可影响到土壤中 Pb 的含量,且这些元素的积累量都与道路的交通量、汽油铅含量、风速风向、沉降量和天气等条件有关<sup>[2-5]</sup>。Pb 是汽车尾气中重要污染物之一,是一种慢性和积累性有毒有害重金属,它的毒性比较持久<sup>[6]</sup>。本文主要分析重庆城市快速路土壤 Pb 污染程度和富集情况,为以后的日常管护和污染防治提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

样品来自重庆市城市快速路(内环快速路整条环线及陈上段、机场快速路段、渝遂高速公路高青段)中央分隔带绿地土壤,全路段长达 120 km。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 样品采集

根据重庆城市快速路中央分

隔带绿地的分布特点、植物类型和长势情况等条件确定具有代表性的样点,每个样品根据现场的具体情况采用蛇形或梅花型布 6~8 个点,土样采集于绿地土壤的表层,采样深度为 0~30 cm,每个取样点等量采集完毕后,将土壤均匀混合在一起,按照四分法去掉多余的土壤,直至最后保留 1 kg 左右的土壤混合样后装袋。本研究共采集了 33 个样品。

**1.2.2 样品处理** 将采集的土壤样品自然风干,剔除植物残体和石块后按四分法进行制样,样品经磨碎后分别过 10 目和 100 目尼龙筛,制成 2.00 mm 和 0.15 mm 土壤样品装入自封袋,备用。

**1.2.3 样品的检测方法** 样品的消解方法采用四酸法消解(浓盐酸-浓硝酸-氢氟酸-高氯酸),最后消解溶液采用石墨炉原子吸收分光光度计法测定土壤中 Pb 的含量。

**1.2.4 评价方法** 本文采用地质累积指数和富集指数两种评价方法对重庆城市快速路中分带绿地土壤进行评价分析。

地质累积指数<sup>[7]</sup>( $I_{\text{geo}}$ ),是充分考虑了自然地质过程造成土壤背景值的影响和人为活动对土壤重金属污染的影响,是区分人为活动对土壤重金属污染影响的重要参数指标。

地质累积指数公式为:  $I_{\text{geo}} = \log_2 [C/(k \times B)]$ ,式中  $C$  为土壤样品中 Pb 的浓度; $B$  是土壤

收稿日期:2019-12-30

基金项目:重庆市科研院所绩效激励引导专项(cstc2018jxjlX0002);重庆市集成示范计划项目(cstc2015jcsf20003);重庆市科技计划项目(cstc2011pt-gc80019)。

第一作者:朱本国(1986-),男,园林工程师,从事土壤资源、土壤质量评价研究和土壤检测分析。E-mail: zbg1986@163.com。

中 Pb 的地球化学背景值; $k$  为修正指数(一般取值为 1.5)。

Forstner 等将地质累积指数划分为 7 个级别,即 0~6 级,表示污染的程度由无污染至严重污染; $I_{geo}<0$ ,污染级别为 0 级,表示无污染; $0\leq I_{geo}<1$ ,污染级别为 1 级,表示轻度污染; $1\leq I_{geo}<2$ ,污染级别为 2 级,表示偏中度污染; $2\leq I_{geo}<3$ ,污染级别为 3 级,表示中度污染; $3\leq I_{geo}<4$ ,污染级别为 4 级,表示偏重污染; $4\leq I_{geo}<5$ ,污染级别为 5 级,表示重污染; $I_{geo}\geq 5$ ,污染级别为 6 级,表示严重污染。

富集指数法<sup>[8-11]</sup>是通过计算重金属污染物的富集程度来评价重金属污染情况的方法,是单因子指数法的另一种表达方式,是以重金属含量实测值和当地背景值相比除去量纲来计算。富集指

数的公式为: $P_i=C_i/S_i$ ,式中  $P_i$  为重金属元素 Pb 的富集指数; $C_i$  为重金属 Pb 含量实测值; $S_i$  为当地土壤环境 Pb 背景值。土壤重金属富集程度分级标准如下: $P_i\leq 1$ ,表示无富集; $1<P_i<2$ ,表示轻度富集; $2<P_i\leq 3$ ,表示中度富集; $P_i>3$ ,表示重度富集。

1.2.5 评价标准 重庆市土壤中重金属背景值<sup>[12]</sup>、中国土壤背景值<sup>[13]</sup>和 CJ/T 340-2016 绿化种植土壤<sup>[14]</sup>标准值见表 1。

1.2.6 质量控制 为了保证检测数据的可靠性,检测过程中采用标准物质 GBW-07404(GSS-4)、平行样和空白加标样 3 种方式进行质量控制,控制样品的平行样相对标准偏差不超过 10%,加标回收率为 95%~105%。

表 1 土壤重金属不同标准值  
Table 1 Different standard values of soil heavy metals (mg·kg<sup>-1</sup>)

土壤重金属 Heavy metal in soil	重庆土壤背景值 Chongqing soil background value	中国土壤背景值 Chinese soil background value	绿化种植土壤标准值 Planting soil for greening standard value		
			I 级	II 级 (pH>6.5)	III 级 (pH>6.5)
			85	300	400
Pb	23.5	38.4			

1.2.7 数据处理 数据处理采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 污染评价

由表 2 可以看出,重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 含量在 31.9~86.0 mg·kg<sup>-1</sup>,平均值为(50.3±12.7)mg·kg<sup>-1</sup>;变异系数为 25.2%,土壤 Pb 被污染的程度并不统一,空间分布差异性较大,在重庆城市快速路堵点<sup>[15]</sup>附近土壤 Pb 含量较高;分析的 33 个样本中土壤 Pb 含量均超过了重庆土壤背景值,78.8%的样品超过了中国土

壤背景值,97%的样品在绿化种植土壤标准值 I 级标准范围内,全部样品均符合绿化种植土壤标准值 II 级标准,符合 CJ/T 340-2016 绿化种植土壤的要求。

由表 3 可以看出,重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 地质积累指数最小值为-0.14,最大值为 1.29,平均值在 0.47,级别在 0 级无污染的污染频率在 6.06%,级别在 1 级轻度污染的污染频率在 87.88%,级别在 2 级偏中度污染的污染频率在 6.06%,通过分析 33 样本的数据可以得出整体污染程度为轻度污染。

表 2 城市快速路中分带绿地土壤 Pb 含量  
Table 2 Pb content in greenbelt soil median zone in urban expressway

区域 Region	平均值 Average	范围值 Range	变异系数 Coefficient of	>重庆土壤背景 值样品占比 >Chongqing soil	>中国土壤背景 值样品占比 >China's soil	>绿化种植土壤标准 值 I 级样品占比 >Planting soil for
	value/ value/	value/ value/	variation/%	background value	background value	greening standard value
	(mg·kg <sup>-1</sup> )	(mg·kg <sup>-1</sup> )		sample ratio/%	sample ratio/%	ratio of sample I/%
城市快速路 中分带绿地	50.3±12.7	31.9~86.0	25.2	100	78.8	3.0

表 3 城市快速路中分带绿地土壤 Pb 地质积累指数

Table 3 Pb geological accumulation index of green space of median zone in urban expressway

区域 Region	$I_{geo}$			污染频率 Pollution frequency/%			污染程度
	最小值	最大值	平均值				Degree of
	Minimum	Maximum	Average	$I_{geo} < 0$	$0 \leq I_{geo} < 1$	$1 \leq I_{geo} < 2$	pollution
城市快速路中分带绿地	-0.14	1.29	0.47	6.06	87.88	6.06	轻度污染

2.2 富集情况分析

由表 4 可以看出,重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 富集指数最小值 1.36,最大值 3.66,平均值 2.14;33 个样本中有 42.42%为轻度富集,

51.52%为中度富集,6.06%为重度富集,通过分析 33 个样本的数据可以得出整体富集水平为中度富集。

表 4 城市快速路中分带绿地土壤 Pb 富集指数

Table 4 Pb enrichment index of green space of median zone in urban expressway

区域 Region	富集指数 Enrichment index			富集指数占比 Ratio of enrichment index/%				富集水平 Enrichment level
	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Average	$P_i \leq 1$	$1 < P_i < 2$	$2 < P_i \leq 3$	$P_i > 3$	
城市快速路中分带绿地	1.36	3.66	2.14	0	42.42	51.52	6.06	中度富集

3 结论

通过地质积累指数和富集指数分析得出,重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 被污染的程度并不统一,空间分布差异性较大,在重庆城市快速路堵点附近土壤 Pb 含量较高;重庆城市快速路中分带绿地土壤 Pb 污染程度相对于重庆土壤背景值来说属于轻度污染,但是富集情况比较严重,达到中度富集的水平;重庆城市快速路中分带绿地土壤可能受到汽车尾气等外界干扰,造成了严重的土壤 Pb 富集,但并未造成严重的土壤环境污染,土壤 Pb 均符合绿化种植土壤标准值Ⅱ级标准的要求。

参考文献:

[1] 阮宏华,姜志林.城郊公路两侧主要森林类型铅含量及分布规律[J].应用生态学报,1999,10(3):362-364.

[2] 朱本国,胡艳燕,包兵,等.城市新老城区绿地土壤铅积累情况浅析——以重庆市沙坪坝区大学城为例[J].中国园艺文摘,2016,32(2):110-112.

[3] 刘廷良,高松武次郎,佐濑裕之.日本城市土壤的重金属污染研究[J].环境科学研究,1996.9(2):47-51.

[4] 菲尔汗·汉杰尔,潘丽英,陈勇,等.汽车废气中的铅对城市土壤污染状况调查[J].干旱环境监测,2002,16(3):154-161.

[5] 黄勇强,厉晶晶.高速公路路域土壤重金属污染及植物修复

研究进展[J].安徽农业科学,2009,37(7):3216-3218.

[6] 朱成.重庆市典型搬迁企业土壤污染现状及健康风险评估[D].重庆:西南大学,2008.

[7] Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine river[J]. *Geojournal*,1969,2(3):108.

[8] 朱本国,何琴,包兵,等.重庆市主城区道路土壤重金属空间分布与富集情况分析[C].深圳:中国环境科学学会,2015:4297-4302.

[9] 马宏瑞,张茜,季俊峰,等.长江南京段近岸沉积物中重金属富集特征与形态分析[J].生态环境学报,2009,18(6):2061-2065.

[10] 陈洪.重庆市主城区城市绿地土壤质量评价研究[D].重庆:西南大学,2013.

[11] 徐福银,胡艳燕.重庆市不同功能区城市绿地土壤重金属分布特征与评价[J].土壤通报,2014(2):227-231.

[12] 西南师范学院环境科研组.重庆地区土壤 11 种元素背景值的数据处理与结果表示[J].重庆环境科学,1982(4):18-34.

[13] 中国环境监测总站.中国土壤元素背景值[M].北京:中国环境科学出版社,1990.

[14] 中华人民共和国住房和城乡建设部.绿化种植土壤标准 CJ/T 340-2016[S].北京:中国标准出版社,2016.

[15] 王芳,矫成武,狄胜德,等.重庆内环快速路交通环境对公交客运安全性影响研究[J].南京工程学院学报(自然科学版),2011(9):61-67.

(下转第 52 页)

的高产高效栽培及病害综合防控技术,有效遏制病害的暴发流行,减轻病害带来的损失,保障黑龙江省玉米生产安全。

参考文献:

[1] 杨红旗,路凤银,郝仰坤,等. 中国玉米产业现状与发展问题探讨[J]. 中国农学通报,2011,27(6):368-373.  
[2] 孙德全,李绥艳,林红,等. 黑龙江省玉米主要病害发生原因

分析及抗病育种对策[J]. 作物杂志,2009(2):90-93.  
[3] 王粟,史风梅,裴占江,等. 气候变化对黑龙江省玉米病虫害发生的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(6):20-26.  
[4] 陶烨,王丽娟,刘可杰,等. 玉米种质对玉米大斑病抗性鉴定与评价[J]. 中国植保导刊,2015,35(4):21-24,14.  
[5] NY/T 1248-2016,玉米抗病虫害性鉴定技术规范[S]. 北京:中国农业出版社,2016.

Identification and Evaluation of Resistance to Four Diseases of Maize Varieties in Different Accumulated Temperature Zones of Heilongjiang Province

LIU Chun-lai, YANG Fan, WANG Shuang, LIU Liang, JIANG Xi-feng, LIU YU, LI Xin-min  
(Plant Protection Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Scientific Observing and Experimental Station of Crop Pest in Harbin, Ministry of Agriculture, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to guide better distribution of resistant varieties of maize, we carried out the repeated resistance identification of maize varieties to northern leaf blight, *Fusarium* stalk rot, gray leaf spot, *Fusarium* ear rot by identification method of artificial inoculation in the field for 2 years. The results showed that different varieties had different resistance to the same disease. 19 maize varieties showed medium resistance to northern leaf blight and *Fusarium* stalk rot by the repeated resistance identification, among them Fuer No. 1, Fuyuan No. 2, Longdan 38, Beidan No. 3 and Jinqing 707 was multi resistant varieties. On the basis of medium resistance to northern leaf blight and *Fusarium* stalk rot, 18 maize varieties showed resistance to *Fusarium* ear rot, 5 maize varieties showed resistance to gray leaf spot.  
**Keywords:** maize varieties; accumulated temperature belt; identification of resistance; double resistant variety; multi-resistant variety

(上接第 46 页)

Pollution Evaluation and Enrichment Analysis of Pb in Central Separation Zone Soil of Chongqing Urban Expressway

ZHU Ben-guo, YANG Li-jun, HU Yan-yan, HE Qin, WANG Li-juan, CHEN Xiang  
(Chongqing Landscape and Gardening Research Institute, Chongqing City Garden Greening Engineering Technology Research Center, Chongqing Garden Soil Quality Testing Center, Chongqing 401329, China)

**Abstract:** In order to promote the daily management and control of Pb pollution in central separation zone soil of urban expressway, two evaluation methods, geological accumulation index and enrichment index, were used to analyze the pollution degree and enrichment of soil Pb in the greenbelt of Chongqing urban expressway. The results showed that the Pb content of greenbelt in Chongqing urban expressway ranges from 31.9 to 86.0 mg·kg<sup>-1</sup>, with an average of (50.3±12.7)mg·kg<sup>-1</sup>. The enrichment index had a minimum of 1.36, a maximum of 3.66, and an average of 2.14. The Pb pollution degree of greenbelt in the urban expressway of Chongqing was mildly polluted compared with the background value of Chongqing soil, but the enrichment level reaches the level of moderate enrichment; the greenbelt soil in the urban expressway of Chongqing may be Due to external disturbances such as automobile exhaust, it caused serious soil Pb enrichment and did not cause soil environmental pollution, which meets the requirements of the Planting soil for greening II standard.  
**Keywords:** urban expressway; the central reserve; Pb pollution; geological accumulation index; enrichment index