

哈尔滨交通干道两侧土壤重金属潜在生态危害评价

任 伟, 张思冲, 王春光, 张立会, 崔可瑜

(哈尔滨师范大学 地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要:以哈尔滨市公滨路、香成路、哈腰堡路 3 条交通干道两侧的土壤为主要研究对象, 用原子吸收光谱法分析土壤中重金属 Cu、Cd、Pb、Zn、Cr、Ni 含量, 采用松嫩平原土壤重金属背景值作为参比值, 应用地质累积指数法和潜在生态危害评价法对重金属污染进行评价, 以研究公路交通引起的土壤中重金属污染以及潜在的生态危害。结果表明: 研究区土壤中 Cu、Cd、Pb、Zn、Cr、Ni 的含量显著高于背景值。Cd 和 Pb 为中等污染, 土壤对重金属元素的污染程度: $Zn > Pb > Cd > Cr > Ni > Cu$ 。污染源主要为机动车燃料、轮胎、机械中所含微量重金属成分。

关键词:重金属; 交通干线两侧; 土壤污染; 哈尔滨

中图分类号:S 731.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)06-0141-03

土壤污染, 特别是交通路段附近的土壤重金属污染近年来尤为突出。交通运输是经济发展的“先行官”, 它已经成为保证国民经济发展的基础之一。然而, 在推动经济发展的同时, 交通运输带给生态环境的一系列负面影响也日益突出, 它包括公路建设和运营活动所产生的重金属污染。土壤重金属污染不但会对土壤上生长着的农作物产生一定的危害, 而且也会间接危害到人类。交通污染是指交通运输中, 尤其是车辆运输中所排出的尾气中含有重金属, 导致周边土壤环境受到的重金属污染。汽车使用的柴油和汽油中一般含有重金属 Pb, 随尾气的排放, 会在公路两侧土壤和大气中造成铅污染^[1]。目前对交通污染的研究也多限于对重金属 Pb 的研究, 缺少了对燃油中 Hg 和 Ni 等其它重金属的污染状况和潜在的生态危害评价的研究, 公路两侧的土壤特别是农田受到交通运输活动和公路建设所排放出来的多种重金属长时间的富集, 土壤的污染状况和潜在的生态危害程度更不容忽视。

哈尔滨市是黑龙江省的省会城市, 市区内交通运输网络密集, 车流量随着交通运输活动在主要的交通路段释放出大量的重金属, 例如 Zn、Pb、Cd、Cr、Ni、Cu 等, 这些重金属都具有污染范围大、不易降解、污染持续时间

较长等特点, 已经成为研究公路系统生态环境安全的热点问题。因此, 开展对哈尔滨市土壤环境质量的监测与研究, 对其现状及时间和空间演变趋势进行深入细致的调查研究, 分析重金属的污染状况和分布规律, 并提出相应的改良措施和防治方法, 为哈尔滨市生态环境的修复和保护、农业产品基地的选址和规划建设、社会经济的可持续发展、人与自然的和谐共处提供更加科学的依据^[2]具有十分重要的历史意义和实际意义。由此可见, 关于开展哈尔滨市交通干道两侧土壤重金属污染研究迫在眉睫。

该研究以哈尔滨市 3 条交通干道(公滨路、香成路、哈腰堡路)两侧的土壤为主要研究对象, 综合考虑全市各个方向、各个功能区的代表性, 布设了 58 个采样点, 在监测大量数据和查阅相关资料的基础上, 对数据进行统计分析, 并运用层析分析法、模糊综合评判等方法, 对哈尔滨市交通干道两侧土壤中重金属的总量进行现状的评价, 并且还对哈尔滨市交通干道两侧土壤中的重金属的潜在生态风险进行了评价, 对不同道路沿线的土壤重金属含量的统计分析和污染等级进行了对比分析, 并且做相关性分析, 分析污染源, 并在此基础上提出针对性的恢复措施。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

采样时间为 2010 年 5~9 月。以哈尔滨公路交通干线 3 个公路段(哈腰路腰堡乡路段、公滨路、香成路)土壤为研究对象, 沿公路两侧, 垂直公路 2 m 范围内, 画 1 条与公路平行长约为 200 m 的采样线, 按线型布点, 共采集 58 个表层(0~30 cm)土壤样本。3 个采样区的面积占整个哈尔滨交通干道的 3.28%。

第一作者简介:任伟(1986-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 在读硕士, 研究方向为生态环境。E-mail: renwei_105@163.com。

责任作者:张思冲(1962-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 教授, 现主要从事生态环境研究工作。E-mail: zsc1108@yahoo.com.cn。

基金项目:黑龙江省科技厅科技攻关计划资助项目(GC07C212); 哈尔滨市科技局科技创新人才专项资金资助项目(2008RFXXS011); 哈尔滨师范大学科技发展预研资助项目(08xky06); 黑龙江省研究生创新科研基金资助项目(YJSCX2011-402HLJ)。

收稿日期:2012-01-10

1.2 样品的处理

根据哈尔滨市的实际情况,在实验室中将采回的土样摊开,挑出植物根系、砾石等侵入物,然后自然阴干,避免阳光直接照射^[3]。对土样进行研磨,分别过 20 目和 200 目筛子。对过 20 目的土样做土壤理化性质的试验,对过 200 目的土样做测定重金属试验。

1.3 指标测定

pH 采用酸度计法;有机质采用丘林法;土壤颗粒组成采用比重计法;重金属全量采用 $\text{HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$ 消煮,火焰原子分光光度法;重金属形态采用 Tessier 五步法。

1.4 土壤重金属污染评价方法及标准

1.4.1 地质累积指数法 地质累积指数法(Index of geoaccumulation, I_{geo})通常称为 Muller 指数^[3]。计算公式为:

$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right)$ 。式中: C_n 为样品中第 n 种元素的重金属的含量(mg/kg); B_n 为第 n 种元素的背景值(mg/kg);1.5 为修正指数; I_{geo} 为地质累积指数。地质累积指数的污染程度级别划分标准见表 1。

表 1 地质累积指数法污染程度级别划分标准

地质累积指数(I_{geo})	分级	污染程度
<0	0	无污染
0~1	1	轻度污染至中度污染
1~2	2	中度污染
2~3	3	中度污染至强度污染
3~4	4	强度污染

1.4.2 潜在生态危害评价 潜在生态风险评价是目前一种应用比较广泛的重金属污染评价的方法之一,也比较流行。试验采用的是瑞典学者 Hakanson 提出的潜在生态危害指数(The Potential Ecological Risk Index)法,它是通过测定土壤中主要重金属的含量,计算污染系数和生态危害指数,进而对土壤的生态安全进行评价。此评价方法不仅考虑到重金属的污染程度,还考虑到了重金属元素对生物体的危害程度。所以,这种评价方法是一种相对稳定、比较快速、简便和标准的方法^[4]。由于样品来自于哈尔滨,属于北方土壤,又在东北地区,所以试验采用松嫩平原的土壤环境背景值作为评价标准值^[5]。具体评价方法为:单一重金属污染系数(生态危害指数)定义为: $C_f = C_n / C_n^0$,式中 C_f 为某一种重金属的污染系数, C_n 为土壤中重金属含量的实测值, C_n^0 为评价标准值,由于样品来自于北方土壤,又在东北地区,所以试验采用松嫩平原的土壤环境背景值作为评价标准值^[5]。单一的重金属的潜在生态危害系数 E_i^* 定义为重金属毒性响应系数 T_i^* 与单一重金属污染系数 C_f 的乘积,说明潜在生态危害指数 E_i^* 与土壤重金属元素污染程度 C_f 呈正相关关系: $E_i^* = T_i^* \times C_f$ 。归纳起来可以得到多种重金属元素的潜在生态危害指数 RI 就是实测的

各种单一重金属元素潜在生态危害指数之和: $RI = \sum_{i=1}^n E_i^*$ 。瑞典学者 Hakanson 曾根据单个重金属元素的潜在生态危害指数和多种重金属的潜在生态危害指数^[6],对 6 种重金属元素污染系数与污染程度的关系做了详细划分(表 2)。

表 2 潜在生态危害指数污染程度分级

C_f	E_i^*	RI	污染程度等级
	≤ 40	≤ 150	轻微
≤ 1	40~80	150~300	中等
1~3	80~160	300~600	强
3~6	160~320	> 600	很强
> 6	> 320		极强

2 结果与分析

2.1 土壤重金属积累状况

研究区中 58 个土壤样品的重金属元素的含量范围、平均值、变异系数、标准差等特征参数参见表 3。样地土壤中的 Cd 平均含量高于其背景值 2.638 倍;Cr 的平均含量高于其背景值 2.300 倍;Ni 的平均含量高于其背景值 1.552 倍;Pb 的平均含量高于其背景值 5.505 倍;Cu 的平均含量高于其背景值 1.983 倍;Zn 远远高于其背景值,它的平均含量高于其背景值 11.962 倍,此结果说明 Zn 有外源进入,且进入量较大。

6 种重金属的标准差只有 Cd 比较小,Cr 标准差为 33.08,Ni 标准差为 7.78,Pb 标准差为 42.80,Cu 标准差为 10.67,Zn 标准差为 15.87。从总体上看,6 种重金属的分布是不均匀的,有的重金属分布甚至极不均匀。变异系数最大的为 Cd,其次为 Pb,分别为 0.74 和 0.36,说明 Cd 和 Pb 受人为活动干预强烈。

表 3 土壤重金属含量的统计特征值

元素	范围值	平均值	标准差	变异系数	背景值
Cd	0.03~0.78	0.19	0.14	0.74	0.072
Cr	10.23~157.34	98.45	33.08	0.34	42.80
Ni	29.16~67.72	37.88	7.78	0.21	24.40
Pb	21.06~194.00	117.81	42.80	0.36	21.40
Cu	11.32~58.80	36.30	10.67	0.29	18.30
Zn	23.64~107.27	64.12	15.87	0.25	5.36

2.2 地质累积指数评价结果

Cd、Cr、Zn、Ni、Pb 和 Cu 的地累积指数见表 4。哈尔滨交通干道两侧的土壤中 Zn 的污染程度在所有指数中是最严重的,已经达到了中度污染至强度污染的临界水平;其次是 Pb 污染程度也很严重,达到中度污染水平;其它 4 种重金属均属于轻度污染至中度污染水平。6 种重金属的污染程度顺序依次为:Zn>Pb>Cd>Cr>Ni>Cu。

2.3 潜在生态危害评价结果

由表 5 可知,除数值最高的 Cd 的 E_i^* 达到中等生态危害程度外^[7],其它 7 种重金属的 E_i^* 均在轻微生态危害程度的范围内。 RI 值达到 140.94,处于轻微生态危

表4 交通干道两侧土壤中6种重金属的地质累积指数与级别

元素	地质累积指数(I _{geo})	级别
Cd	0.81	1
Cr	0.61	1
Ni	0.04	1
Pb	1.86	2
Cu	0.014	1
Zn	2.99	3

害程度。

潜在生态危害评价的结果与单因子和内梅罗综合因子指数评价的结果存在较大差异的原因是因为在潜在生态危害评价的过程中,对于不同的重金属的毒性做了区别,即给重金属污染的危害加入权重因子的影响,所以,潜在生态危害评价结果比单因子和内梅罗综合因子指数评价的结果更合理可信。

因此,运用地质累积指数法得出的重金属污染顺序为:Zn>Pb>Cd>Cr>Ni>Cu;而运用潜在生态危害指数法得出的重金属污染顺序为: Cd>Pb>Zn>Cu>Ni>Cr。

表5 样地土壤重金属潜在生态危害评价结果

元素	C _h	C ₀	T _f	E _f	RI
Cd	0.19	0.072	30	79.17	
Cr	98.45	42.8	2	4.60	
Ni	37.88	24.4	5	7.76	140.94
Pb	117.81	21.4	5	27.53	
Cu	36.30	18.3	5	9.92	
Zn	64.12	5.36	1	11.96	

3 结论与讨论

哈尔滨交通干道两侧的土壤中 Cd、Cr、Ni、Pb、Cu、Zn 含量分别达到土壤背景值的 2.638、2.300、1.552、5.505、1.983、11.962 倍,且有外源进入。

综合地质累积指数评价法和潜在生态危害指数评价法,哈尔滨市交通干道两侧的土壤有轻微生态危害水平,但是前景不容乐观,其污染水平已经非常接近中度生态危害水平,重点危害元素主要是 Cd 和 Pb,其中 Cd 的变异系数最大,说明 Cd 受人为活动影响强烈。其它元素基本上出于轻微生态危害的程度。

哈尔滨市交通干道两侧的土壤重金属污染源的种类复杂,主要还是由于交通运输带来的汽车尾气的污染。所以建议对被交通尾气所污染的土壤应该采取一些改良修复等措施进行综合治理,如采取限制车流量、单双号限行等政策,对汽车尾气加以处理,以确保生态环境及人类健康的不受重金属的危害影响。

由于哈尔滨的交通路段比较复杂,交通线路较为庞大,从某种程度上来讲试验采集的样地的指标不能代表整个哈尔滨市交通干道两侧土壤重金属污染的现状,但是在以后的研究工作中希望能多做研究来弥补此方面的不足。

参考文献

- [1] 冯光,张昌全,史学正.土地资源持续利用与技术[M].北京:中国大地出版社,1998:33-37.
- [2] Rouyat R V, McDonnell M J. Heavy metal accumulations in forest soils along an urban gradient in southeastern[J]. Water, Air and Soil Pollution, 1991,57(8):797-807.
- [3] Forstner U. Lecture notes in earth sciences (contaminated sediments) [M]. Berlin: Springer -Verlag, 1989:107-109.
- [4] 王薇.大庆市主要城区土壤重金属污染研究[D].哈尔滨:哈尔滨师范大学,2007:38-39.
- [5] 沈志勇.南京市郊土壤重金属形态特征及生物积累研究[D].南京:河海大学,2007.
- [6] 李仰征.高速公路路旁土壤重金属污染及其林带防护效应分析-以连霍高速中牟段为例[D].开封:河南大学,2007.
- [7] 尼中伟.不同季节镉污染土壤镉运移规律的研究[D].大连:大连交通大学,2009.

The Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals on Both Sides of the Harbin City Road

REN Wei, ZHANG Si-chong, WANG Chun-guang, ZHANG Li-hui, CUI Ke-yu
(College of Geographical Sciences, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150080)

Abstract: With the soil which on the sides of the Harbin City road (Gongbin road, Xiangcheng road, Ha-Yaopu road) as the main research object. The heavy metal content in each of the soil sample Cu, Cd, Pb, Zn, Cr and Ni were determined by using flame atomic absorption spectrometry. Using the index of geoaccumulation law and potential risk as well as Songnen plain background value ratio as a parameter, assessed the heavy metals on the sides of the Harbin City road. The evaluation highway traffic in the soil caused by heavy metal pollution and potential ecological harm were studied in this paper. The results showed that content of the Cu, Cd, Pb, Zn, Cr and Ni was significantly higher than the background value. Cd and Pb reached secondary pollution level. The order of heavy metals pollution was Zn>Pb>Cd>Cr>Ni>Cu. The main pollution sources were heavy metals of the motor vehicle fuel, tires, mechanical contain trace elements.

Key words: heavy metals; both sides of the road; soil pollution; Harbin