

西安城市路边土壤重金属粒径效应与污染水平*

陈景辉 卢新卫**

(陕西师范大学旅游与环境学院, 西安, 710062)

本文以西安城市路边表层土壤样品为基础, 通过机械筛分实验, 对不同粒径土壤中重金属的污染状况进行了分析和评价, 试图了解不同的粒径效应对土壤重金属污染的影响, 为改善城市的环境规划和保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集

根据西安城市道路网主骨架特征, 选择东西和南北方向各两条交通主干道, 在其绿化带中用不锈钢铲采集 0—15 cm 表层土壤, 每个点采集 3—5 处混合样品约 1 kg。将采集好的样品装入聚乙烯塑料袋中带回实验室, 使其在通风、避光、室温的条件下自然风干, 然后破碎(不破坏原始颗粒组成)。所有样品过 20 目(0.9 mm)的尼龙筛, 剔除大的可见杂物, 然后将样品封存。

1.2 实验方法

准确称取过 0.9 mm(20 目)尼龙筛的土壤样品 1000.0 g, 放在由大到小孔径叠落排列在一起的尼龙筛上, 盖上尼龙筛盖, 打开电动振荡器(振荡 20—30 min)进行连续 2 个粒径(250 和 350 目, 即 0.063 和 0.050 mm)的筛分实验。收集每一个尼龙筛上的样品并用天平精确称重, 筛分后将 250 目以上的土壤样品使用磨样仪细磨过 0.075 mm 的尼龙筛, 称取 4 g 待测样品, 放入模具内, 拨平, 用硼酸衬底镶边, 于 30 t 压力下, 经压样机压成圆形片状待测样品, 使用 X-Ray 荧光光谱仪测定重金属元素含量。实验过程采用 GSS-1 和 GSD-12 标准物质同时进行质量控制, 使相对标准差(RSD)均小于 10%。

1.3 评价模型

单项污染指数法计算公式 $P_i = C_i / S$, 内梅罗综合污染指数法计算公式为 $P_N = \{ [(P_{i\text{ave}}^2) + (P_{i\text{max}}^2)] / 2 \}^{1/2}$ 。其中 P_i 为单项污染指数; C_i 为某污染物实测指数; S 为某污染物的评价标准。本研究采用陕西省土壤背景值, 对于 As、Co、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb 和 Zn 分别为 11.1、10.6、62.5、21.4、557.0、28.8、21.4 和 69.4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [1]; $P_{i\text{ave}}$ 为平均单项污染指数; $P_{i\text{max}}$ 为最大单项污染指数。单项污染指数和内梅罗综合污染指数的评价标准见参考文献[2]。

2 结果与讨论

2.1 土壤粒径特征

土壤粒径筛分结果显示, 西安城市路边土壤粒径质量分布有所差异, 但是总体分布趋势相似。土壤样品中 0.9—0.063 mm、0.063—0.050 mm 和 <0.050 mm 颗粒分别占 75.4%、17.8% 和 6.66%。城市路边土壤粒径分布的差异性可能与土壤的来源、城市人类活动以及生物因素等有关, 具体形成机制需要进一步研究。

2.2 不同粒径土壤中重金属含量水平

不同粒径土壤中重金属含量有所差异, 0.9—0.063 mm 粒径范围内 As、Co、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb 和 Zn 的平均含量分别为 11.4、19.2、110.6、41.9、637.7、33.2、51.4 和 125.3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别是陕西土壤背景值的 1.03、1.81、1.77、1.96、1.14、1.15、2.40 和 1.81 倍; 在 0.063—0.050 mm 粒径范围内这 8 种元素的平均含量分别为 11.0、12.0、107.1、44.8、613.7、34.1、55.0 和 148.7 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 除过 As, 其余 7 种元素分别是背景值的 1.13、1.71、2.09、1.10、1.18、2.57 和 2.14 倍; 在 <0.050 mm 粒径范围内这 8 种元素的平均含量分别为 12.4、12.7、88.2、45.3、636.6、35.6、52.2 和 162.9 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 分别是背景值的 1.12、1.20、1.41、2.12、1.14、1.24、2.44 和 2.35 倍。

根据不同粒径土壤中重金属元素的分布状况, 可以将这 8 种重金属元素分为 4 类。第一类为 As、Co 和 Mn, 这些元素呈现 V 型变化趋势, 即在 0.063—0.050 mm 粒径范围内的含量较低, 在 0.9—0.063 mm 和 <0.050 mm 的粒径范围中含量较高; 第二类为 Cu、Ni 和 Zn 元素, 其分布特点是在细小颗粒上含量明显偏高, 即小粒径高含量, 说明在较小粒径范围内这 3 种元素的富集程度最高; 第三类为 Pb 元素, 其浓度含量出现倒 V 型变化, 较大值出现在 0.063—0.050 mm 粒径范

2011 年 3 月 25 日收稿。

* 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-05-0861)项目和中央高校基本科研业务费专项资金项目(GK200901008)资助。

** 通讯联系人, E-mail: luxinwei@snnu.edu.cn

围中,较小值出现在 0.9—0.063 mm 和 <0.050 mm 范围内;第四类为 Cr 元素,在大粒径上出现高含量的变化趋势,在小粒径范围上富集程度反而较弱。

重金属在较小粒径和较大粒径存在的差异充分说明元素在土壤中的分布不仅与土壤粒度有关,还与土壤矿物组成有关。从物理吸附来看,细小颗粒会比大颗粒吸附更多的重金属,也更容易受到外界环境的影响。但在粗颗粒中,所含原生矿物成分不同,更多的反映了沉积环境原始的地球化学组成,同时原生矿物中本身含有金属元素,因此并不一定总出现重金属在最小粒径范围含量最高的现象。从对西安城市路边土壤重金属在不同粒径的赋存情况来看,该研究区域土壤重金属在 0.063—0.050 mm 和 <0.050 mm 的粒径上富集程度较高。

2.3 不同粒径土壤中重金属的空间分布特征

0.9—0.063 mm 粒径范围内,As 在城墙内、二环内、三环外的含量差异不大,分别为 12.0、11.8 和 11.3mg•kg⁻¹,在二环外的含量(10.7 mg•kg⁻¹)较低,低于陕西土壤背景值;Co 在城墙内、二环内、三环外的含量差异不大,在二环外的含量较高,为 20.2 mg•kg⁻¹,是背景值的 1.9 倍;Cr 在城墙内、二环外和三环外的含量差异不大,在二环内的含量较小,为 98.2 mg•kg⁻¹,是背景值的 1.57 倍;Cu 和 Pb 在城墙内、二环内、二环外和三环外的含量依次减少;Mn 和 Ni 在不同区域内含量差异不大;Zn 在二环外的含量(131.4 mg•kg⁻¹)较大,是背景值的 1.89 倍,在城墙内和三环外的含量差异不大。

0.063—0.050 mm 范围内,As 在二环内和二环外的值均低于背景值,在城墙内(11.6 mg•kg⁻¹)和三环外(11.2 mg•kg⁻¹)的含量稍高于背景值;Co 在二环外的含量(12.3mg•kg⁻¹)较高,是背景值的 1.16 倍,在城墙内、二环内和三环外的含量差异不大;Cr 在二环外的含量较高,为 137.2 mg•kg⁻¹,是背景值的 2.19 倍,在城墙内、二环内的含量较低;Cu、Mn 和 Ni 在不同区域内的含量差异不大;Pb 在二环外的含量(61.7 mg•kg⁻¹)高于三环外(42.7 mg•kg⁻¹),分别是背景值的 2.88 倍和 1.99 倍;Zn 在二环外的含量(166.19 mg•kg⁻¹)高于其它区域。

<0.050 mm 粒径下,As 和 Co 在不同区域内含量变化差异不大,但是高于 0.9—0.063 mm 和 0.063—0.050 mm 范围内相同区域的含量;Cr 在二环外的含量(93.5 mg•kg⁻¹)高于其他区域;Cu 在城墙内(47.6 mg•kg⁻¹)、二环内(46.8 mg•kg⁻¹)、二环外(43.8 mg•kg⁻¹)和三环外(42.5 mg•kg⁻¹)的含量依次减小;Mn 和 Ni 在不同区域内的含量变化趋势不明显;Pb 和 Zn 的高值都出现在二环外,分别为 57.4 和 181.0 mg•kg⁻¹,分别是背景值的 2.68 倍和 2.61 倍。

2.4 污染评价结果

单项污染指数及内梅罗污染指数法的评价结果见表 1。可以看出,As 在 0.9—0.063 mm 和 <0.050 mm 粒径内都是二级,属于轻污染,而在 0.063—0.050 mm 粒径的污染等级是一级,属于清洁;Co、Cr、Mn 和 Ni 在不同粒径范围内的污染等级都是二级,属于轻污染;Cu 和 Zn 在 0.9—0.063 mm 粒径范围内属于轻污染,在 0.063—0.050 mm 和 <0.050 mm 范围内都属于中污染;Pb 在不同粒径内都属于中污染。

表 1 重金属元素单项污染指数及内梅罗污染指数

粒径/mm	As	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	P _N
0.9—0.063	1.03	1.81	1.77	1.96	1.14	1.15	2.40	1.81	2.05
0.063—0.050	0.99	1.14	1.71	2.09	1.10	1.18	2.57	2.14	2.15
<0.050	1.12	1.20	1.41	2.11	1.14	1.24	2.44	2.35	2.07

不同粒径范围内各重金属元素的单项污染指数排序如下:在 0.9—0.063 mm 粒径土壤颗粒中 Pb > Cu > Zn = Co > Cr > Ni > As;在 0.063—0.050 mm 粒径土壤颗粒中 Pb > Zn > Cu > Cr > Ni > Co > As;在 <0.050 mm 土壤颗粒中 Pb > Zn > Cu > Cr > Ni > Co > As。从内梅罗综合污染指数来看,西安城市路边土壤重金属在不同粒径范围内都属于中污染。

3 结论

- (1) 西安城市路边土壤在 0.9—0.063 mm、0.063—0.050 mm 和 <0.050 mm 粒径范围内颗粒分别占 75.4%、17.8% 和 6.66%;重金属元素主要集中在较小粒径范围内,即 0.063—0.050 mm 和 <0.050 mm 土壤颗粒中。
- (2) 内梅罗综合污染指数评价结果显示,西安城市路边土壤重金属在不同粒径范围内都属于中污染。

参 考 文 献

[1] 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: 330-381

[2] 康丹,卢新卫,罗大成,等. 西安市公园土壤重金属粒径分布特征与污染水平[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2010,38(4): 104-108