

# 乌鲁木齐市土壤中铜的污染现状研究

王亚宇<sup>1,2</sup>, 钱翌<sup>2\*</sup>, 朱建雯<sup>1</sup>, 王灵<sup>1</sup>

(1.新疆农业大学草原与环境科学学院, 新疆乌鲁木齐 830052; 2.青岛科技大学环境与安全工程学院, 山东青岛 266042)

**摘要** [目的]研究乌鲁木齐市土壤中 Cu 的污染现状。[方法]采取 Tessier 连续提取法,对乌鲁木齐市 6 种不同功能区表层土壤中 Cu 的含量及其化学形态分布进行了研究。[结果]不同功能区中,不同形态的 Cu 分布有较大的差异。其中,工业区、交通密集区和商业区的土壤中活性态重金属所占比例较高,居民区、风景区和文教区的土壤中的重金属以残渣态为主。[结论]乌鲁木齐市各功能区土壤中存在不同程度的 Cu 污染。

**关键词** 乌鲁木齐市; Cu; Tessier 连续提取法; 活性; 功能区

**中图分类号** X53 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2008)11-04680-02

## Study on the Pollution Situation of Cu in Urban Soil of Urumqi

WANG Ya-yu et al (College of Grasslands and Environment, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

**Abstract** [Objective] The study aimed to study the pollution situation of Cu in urban soil of Urumqi. [Method] The concentration and the chemical speciation of Cu in urban soils of Urumqi were studied by using Tessier sequential extraction procedures. [Result] The results indicated that there were big difference in different Cu patterns at different function areas. The proportion of active fraction of heavy metal was very high in the soil of industry area, traffic area and business area. Heavy metal were dominated by the residual fraction in culture and education area, living area and scenic spot soils. [Conclusion] There were different degree pollution of Cu in different function areas soil of Urumqi.

**Key words** Urumqi city; Cu; Tessier sequential extraction procedure; Activity; Function area

铜(Cu)作为一种重金属元素对人体健康有很大的影响。医学研究发现,Cu 经呼吸道吸入,主要被肺吸收,皮肤吸收 Cu 是很少的。人体缺 Cu 会引起 Cu 不足血症,婴儿因缺 Cu 也会得营养病。但人体 Cu 过量会引发贫血、Wilson 氏症,在作业现场,吸入青铜和黄铜微细粉尘会引发急性 Cu 中毒。

重金属 Cu 的生物有效性不仅与其总量有关,更主要由其存在的形态和各形态的比例决定。进入土壤中的 Cu 通过一系列物理、化学和生物变化可转化成不同形态的 Cu,与土壤各组分相联系,表现出不同的生物活性和毒性,影响土壤的正常功能。研究表明,可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态稳定性差,容易被植物吸收利用,是 Cu 有效或较为有效的形态,对环境的潜在危害较大<sup>[1-3]</sup>。而在氧化条件下,有机结合态部分有机物分子会发生降解作用,导致部分金属元素溶出,对环境可能造成一定的影响。残渣态稳定性强,不易释放到环境中。为此,笔者以乌鲁木齐市土壤中 Cu 为研究对象,研究 Cu 在不同功能区土壤中的空间分布特征,分析不同功能区不同化学形态铜的来源,旨在为改善城市环境质量,保障人民健康提供科学依据。

### 1 研究区概况

乌鲁木齐市地处天山以北,三面环山,是世界上距离海洋最远的内陆城市。地理坐标为 86°38'~88°58'E,42°45'~44°08'N,气候干燥,属于干旱区,全市土地总面积 12 000 km<sup>2</sup>,城市功能规划面积 1 600 km<sup>2</sup>,城市化程度较高,以集中型为主<sup>[4]</sup>。乌鲁木齐市处于一狭长盆地中,北面开阔,市区全年盛行北风和西北风,南有水泥厂、化肥厂,北有钢铁厂等重点污染源,植被覆盖率低。工业“三废”、车辆排放的尾气及生活垃圾、生活污水的增加都给乌鲁木齐市土壤理化性质带来了很大的影响,加速了土壤中重金属元素如铅、镉、铜、锌

等的积累。

### 2 试验方法

**2.1 样点分布及采集方法** 将乌鲁木齐市已建城区,按不同的土地利用类型和背景差异,分为 6 个不同功能区分别为:风景旅游区、文教区、居民生活区、商业区、工业区、交通密集区。不同功能区的样地均选择在受污染时间比较长的代表性地段,且回避人工填充物和近期扰动土,目的是使重金属元素 Cu 在土壤中处于相对稳定的状态。

样品的采集时间是 2006 年 9 月,采集方法为功能区布点并兼顾市区内样点均匀分布。样点单元采用十字交叉法布点,由 4~5 个点的 0~10 cm 的表层土壤均匀混合,用四分法逐次弃去多余部分,最后将剩余的 1 kg 左右的平均样品装入样袋,带回实验室,同时用 GPS 定位,并记录样点四周环境,共采样 63 个(图 1)。土壤样品经风干后,用研钵研磨,过 1.00、0.25 mm 土壤筛后备用。

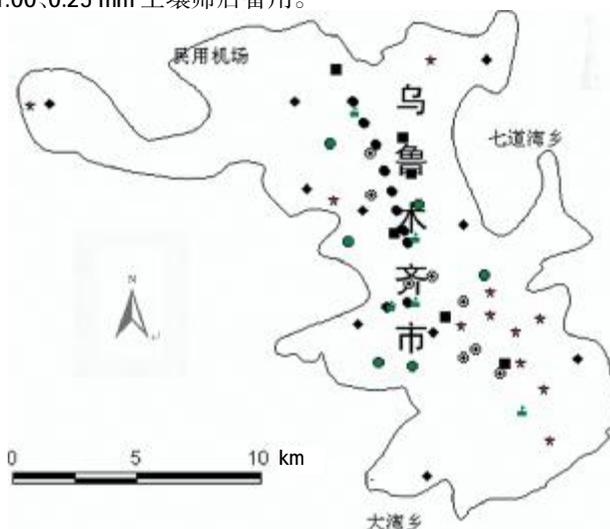


图 1 采样点分布

Fig. 1 Distribution of sampling sites

**基金项目** 青岛科技大学科研启动基金;新疆高校科学研究计划重点项目(XJEDU2005108)。

**作者简介** 王亚宇(1977-),女,河南偃师人,硕士研究生,从事环境生态学的研究工作。\* 通讯作者,硕士生导师,教授。

**收稿日期** 2008-01-28

**2.2 分析方法** 重金属 Cu 的全量浸提用 HNO<sub>3</sub>-HF-HClO<sub>4</sub>

3 酸消解;不同形态分析采用 Tessier 等提出的 5 步连续提取法,主要可分为可交换态(exchangeable),碳酸盐结合态(carbonates),铁锰氧化物结合态(Fe-Mn oxides),有机物、硫化物结合态(organic),残渣态(residual)<sup>[4]</sup>;pH 值测定采用 1:2.5 水土比浸提法;重金属元素含量采用 TAS-990 原子吸收分光光度计法测定。在测定元素时,每 10 个测定样品间用标准样检测结果,以确保测定精度。以上分析均设 2 次重复。

### 3 结果与分析

**3.1 乌鲁木齐市不同功能区土壤中 Cu 的含量** 从 Cu 在不同城市功能区的分布(表 1)来看,商业区含量最高,达到 60.3 mg/kg;其次是居民区和交通密集区,分别为 52.2、51.3 mg/kg;其他各功能区 Cu 含量依次为,工业区 50.4 mg/kg,文教区为 36.2 mg/kg,风景区为 33.4 mg/kg。乌鲁木齐市土壤中 Cu 的平均值为 47.99 mg/kg,低于国家土壤二级标准的含铜量(50~100 mg/kg)<sup>[5]</sup>,是乌鲁木齐市土壤(A 层)背景值<sup>[6]</sup>24.0 mg/kg 的 2 倍。

表 1 乌鲁木齐市土壤中 Cu 的含量

Table 1 Cu content in soil of Urumqi City mg/kg

功能区 Functional area	Cu
风景区 Scenic spot	33.4±8.0
工业区 Industrial area	50.4±13.8
交通密集区 Heavy traffic area	51.3±20.7
商业区 Business district	60.3±29.6
文教区 Education area	36.2±7.6
居民区 Residential area	52.2±36.1
背景值 Background value	24
pH 值 pH value	8.26

表 2 城市土壤中不同形态的 Cu 所占的比例

Table 2 Proportion of different forms of Cu in urban soil %

功能区 Functional area	可交换态 Exchangeable form//%	碳酸盐结合态 Carbonate bound form//%	铁锰结合态 Iron manganese oxide//%	有机态 Organic form//%	残渣态 Residual form//%
工业区 Industrial area	0.97	0.93	4.10	58.18	35.81
居民区 Residential area	0.75	0.81	5.08	14.71	78.65
风景区 Scenic spot	1.25	1.35	8.14	17.51	71.74
商业区 Business district	0.83	1.11	4.23	35.80	58.03
文教区 Education area	0.88	1.44	7.02	14.95	75.71
交通密集区 Heavy traffic area	1.07	1.09	6.26	39.43	52.14

文教区和居民区所占比例较接近,分别为 14.95%、14.71%。居民区残渣态 Cu 所占比例最高为 78.65%;文教区和风景区所占比例较相近,分别为 75.71%、71.74%;商业区 58.03%;交通密集区为 52.14%;工业区为 35.81%。在乌鲁木齐市各功能区土壤中,Cu 的金属活性表现为:工业区>交通密集区>商业区>风景区>文教区>居民区。

### 4 结论

(1)乌鲁木齐市土壤中 Cu 的平均值为 47.99 mg/kg,是乌鲁木齐市土壤(A 层)背景值 24.0 mg/kg 的 2 倍。城市交通和工业化程度加速了 Cu 在土壤中的积累速度,同时也造成了 Cu 在不同功能区的分布差异。

(2)乌鲁木齐市土壤中 Cu 以残渣态和有机结合态为主,具有较大生物有效性的可交换态和碳酸盐结合态平均含量较低,铁锰氧化结合态的含量居中,非残渣态的 Cu 在不同的功能区分布差异较大。其中,在工业区、交通密集区和商业区的潜在危害较大,风景区、文教区和居民区土壤中重金

**3.2 城市土壤中 Cu 的化学形态及分布** 从表 2 可以看出,乌鲁木齐市不同功能区的城市土壤中,Cu 以残渣态和有机结合态为主,分别占总量的 62.0%(35.81%~78.65%)和 30.1%(14.7%~58.2%),可交换态最低,为 0.96%(0.75%~1.25%),铁锰氧化物结合态和碳酸盐结合态分别为 5.81%(4.10%~8.14%)和 1.12%(0.81%~1.44%)。Cu 元素的化学形态总的分布趋势大致为:残渣态>有机结合态>铁锰氧化物结合态>碳酸盐结合态>可交换态。这与邵孝侯等测定中国主要类型的土壤中 Cu 的形态分配比率<sup>[7]</sup>相一致。乌鲁木齐市土壤 pH 值较高,这是造成可交换态较低的因素之一。研究发现,土壤中交换态重金属随 pH 值升高而减少,呈极显著负相关。同时,空气降尘和灰尘也是影响 Cu 元素的化学形态分布的因素之一。研究表明,空气降尘和道路灰尘中 Cu 含量高,以有机结合态为主,它们进入城市土壤中改变了土壤中 Cu 的形态分布<sup>[8]</sup>。

不同功能区土壤中不同形态 Cu 所占比例差别很大。可交换态 Cu 在风景旅游区所占比例最大为 1.25%;居民区最低为 0.75%。碳酸盐结合态 Cu 在不同的功能区中所占的比例大小依次为:文教区(1.44%)>风景区(1.35%)>商业区(1.11%)>交通密集区(1.09%)>工业区(0.93%)>居民区(0.81%)。风景区、文教区和交通密集区铁锰氧化态所占比例最高,分别为 8.14%、7.02%和 6.26%;其他功能区所占比例依次为:居民区(5.08%)>商业区(4.23%)>工业区(4.10%)。工业区土壤中有机结合态 Cu 所占比例最高为 58.18%;交通密集区为 39.43%;商业区为 35.80%;风景区为 17.51%;

属元素 Cu 在正常自然条件下相对比较稳定。

### 参考文献

- [1] 张维碟,林琦,陈英.不同 Cu 形态在土壤-植物系统中的可利用性及其活性诱导[J].环境科学学报,2003,23(3):376-381.
- [2] 马运宏,范瑜,胡维佳,等.重金属在土壤-作物系统中迁移分布规律的分析[J].江苏环境科技,1995(1):8-10.
- [3] 杨德刚,李秀萍,韩剑萍,等.新疆城市化过程及机制分析[J].干旱区地理,2003,26(1):50-57.
- [4] TESSIER A,CAMPBELL P G C,BLOSSON M.Sequential extraction procedure for the Speciation of particulate trace metals [J].Anal Chem.1979,51(7):844-850.
- [5] 杨智宽,韦进宝.污染控制化学[M].武汉:武汉大学出版社,2002:495.
- [6] 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.
- [7] 邢光喜,朱建国.土壤微量元素和稀土元素化学[M].北京:科学出版社,2003,216-218.
- [8] 刘霞,刘树庆,王胜爱,等.河北主要土壤中重金属镉、形态与土壤酶活性的关系[J].河北农业大学学报,2002,25(1):5-6.
- [9] 高连存.不同粒径降尘中痕量金属元素 Cu、Zn、Pb、Cr 的形态分析[J].环境科学研究,1995,8(4):35-39.