

长春市郊区不同土地利用类型土壤重金属 Pb 的分布特征及其生态风险

苏伟, 陈明辉, 沈贵生 (吉林省环境科学研究院, 长春吉林 130012)

摘要 以长春市郊区农田土壤重金属 Pb 为研究对象, 采用野外调查和室内分析相结合的方法, 分析长春市郊区不同农田土地利用类型土壤 Pb 的含量、空间分布特征及其生态风险。结果表明, 长春市郊区农田土壤中 Pb 的含量范围为 18.85 ~ 41.34 mg/kg, 90% 的土壤 Pb 含量高于吉林省背景值, 农田土壤中 Pb 含量的空间分布具有明显的地域特征, 呈现西南和东北高, 且高含量地区相对集中, 自高分布岛状区中心向其周围含量逐渐降低; 旱田、水田和菜地土壤的 Pb 含量与背景值差异不显著, 在 3 种土壤中累积不明显。不同土地利用类型土壤中 Pb 含量表现为菜地 > 旱田 > 水田。Pb 污染均处于较低水平, 所有采样点土壤 Pb 污染均属于轻度污染; 不同土地利用类型土壤中 Pb 平均潜在生态风险由高到低为菜地 > 旱田 > 水田。

关键词 长春市郊区; 农田土壤; 重金属 Pb; 分布特征; 生态风险

中图分类号 S152.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611(2013)31 - 12303 - 03

Pb Distribution Characteristics and Its Ecological Risk in Different Farmland Soils of Changchun Suburb

SU Wei et al (Jilin Provincial Academy of Environmental Science, Changchun, Jilin 130012)

Abstract Pb in the farmland surface soil of Changchun suburb was taken as the main research object. The field research and laboratory analysis were used to investigate the soil Pb content and spatial distribution characteristics and its ecological risk of different farmlands. The results showed that soil Pb contents of Changchun suburb farmland were in the range of 18.85 - 41.34 mg/kg, and 90% of the samples of the soil Pb contents were higher than the background value of Jilin Province. The spatial distribution of Pb contents in farmland soil had obvious geographical features, which presented that southwest and northeast soils were higher, and the high content areas were relatively concentrated and gradually reduced from the high content areas to its surroundings. The soil Pb contents in paddy field, dry field and vegetable field had insignificant difference with the background value, which indicated that Pb accumulations in dry field, paddy field and vegetable field were not significant. The order of Pb contents in different land use types was showed as follows: vegetable field > dry field > paddy field. Pb pollution was low and all samples belonged to light pollution. The average potential ecological risk of soil Pb in different land use types were vegetable field > dry field > paddy field.

Key words Changchun City suburb; Farmland soil; Heavy metal Pb; Distribution characteristic; Ecological risk

近年来,随着经济的发展,人们越来越注重生活质量的提高,尤其重视农产品的质量和安全。作为城市居民新鲜农产品最直接和最重要来源的郊区农田的污染问题越来越受到关注^[1-2]。很多研究表明,随着城市化进程的加快,城市功能区域的重新调整和布局以及城郊农田周围长期工矿业活动已经导致土壤受到不同程度的重金属污染。我国部分城市郊区农田的重金属污染已发展到较严重的程度^[3]。作为东北工业发展的重要基地之一,长春市城郊农田土壤是否存在重金属污染问题,不同区域土壤中污染呈现何种特征以及是否存在生态风险,是否已威胁到农产品安全,目前未见有较详细的相关研究报道。土壤中的重金属不能为微生物所分解,易于累积,从而危害农产品质量安全,并且通过农产品进入食物链,并在生物体内累积放大,对人类和其他生物产生极大的危害^[4-5]。通过对长春市郊区不同土地利用类型农田土壤 Pb 含量和空间分布特征的研究以及 Pb 的累积差别、生态风险评估,可为制定合理的土地利用规划和种植规划提供依据,避免由于“食物链放大”作用所带来的环境、健康风险。

1 材料与方法

1.1 样品采集 选取长春市郊区农田为研究区,范围为长春市三环到高速公路之间(N43°45' ~ 44°2', E125°8' ~ 125°22')。采样点位如图 1 所示。根据长春市郊区农田土地利用类型及周边环境特点设置采样点。采集样品分为旱田、水田和菜地土壤 3 类。在 2010 年 4 月,沿长春市郊区环状布

点,城市下风向加密布点,共设置采样点 60 个,其中旱田 31 个,水田 9 个,菜地 20 个。采样地选择在开阔地,避免周围环境的干扰,用塑料铲采集表层 0 ~ 20 cm 土壤,将样品中动、植物残留体、砾石等团块杂物剔除,均匀混合后采用四分法留取 500 g 土壤样品。将采集的样品装入 zip-lock 聚乙烯袋中密封,注明采样地点、日期、编号等带回实验室。采样时,描述并记录周围景观、环境状况。

1.2 样品分析 将采集的土壤样品放在阴凉、干燥、通风、无灰尘污染的室内自然风干,经磨碎,过 100 目筛,密封待测。采用 H₂SO₄-HNO₃-HClO₄ 消解法对土壤样品进行消解,以电感耦合等离子-质谱(ICP-MS)测定样品中 Pb 含量;采用半方差函数和简单克里格插值法,运用 ArcGIS 软件,绘制长春市郊区农田土壤中 Pb 空间分布图^[6];以吉林省土壤背景值为基准,采用 Muller 地累积指数法分析 Pb 污染程度^[7];采用 Hakanson 潜在生态危害指数法^[8],评价 Pb 污染的潜在生态风险^[9]。

2 结果与分析

2.1 长春市郊区农田土壤 Pb 含量分布特征 由图 2 可知,长春市郊区农田土壤 Pb 的含量范围为 18.85 ~ 41.34 mg/kg, 90% 采样点 Pb 含量高于吉林省土壤中 Pb 背景值(22.16 mg/kg)^[10],平均含量为 26.03 mg/kg,为背景值的 1.45 倍。有 53.3% 的采样点土壤中 Pb 含量在 23.0 ~ 28.0 mg/kg 范围内。

旱田土壤 Pb 含量范围为 18.85 ~ 32.93 mg/kg,有 74.2% 的采样点土壤 Pb 含量在 22.00 ~ 25.00 mg/kg 范围内。旱田土壤 Pb 平均含量为背景值的 1.16 倍,最低含量低于背景值,表明旱田受 Pb 的影响较小。水田土壤 Pb 含量范围为 21.45 ~

基金项目 吉林省科技发展计划项目(20110403)。

作者简介 苏伟(1979 -),女,吉林长春人,高级工程师,博士,从事环境污染治理技术方面的研究。

收稿日期 2013-05-30

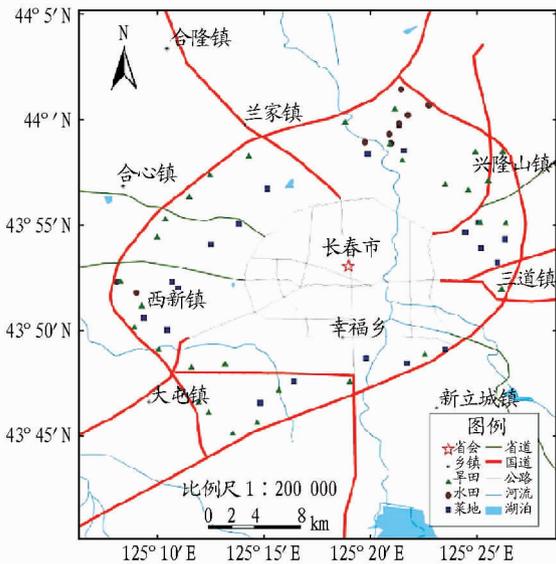


图1 采样点分布

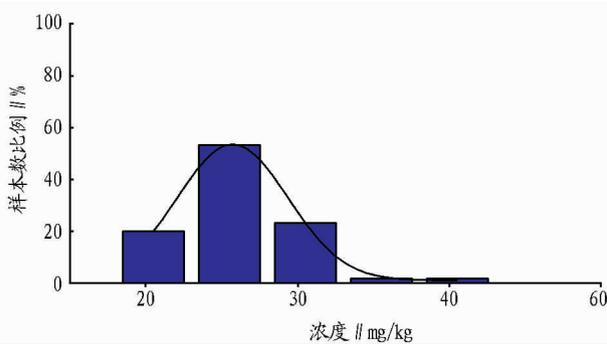


图2 长春市郊区农田土壤Pb的正态分布特征

33.42 mg/kg,有88.9%的采样点土壤Pb含量在23.00~27.00 mg/kg范围内。Pb平均含量为背景值的1.14倍,个别监测点基本接近背景值。菜地土壤中Pb的含量范围为22.01~41.34 mg/kg,均高于背景值,有95.0%的采样点土壤Pb含量在22.00~27.00 mg/kg范围内,平均含量为背景值的1.22倍,具有一定的累积效应。菜地土壤Pb含量平均值高于其他2种土地利用类型,且数据的标准差最大,表明菜地土壤Pb含量的差别相对较大,分布不均匀,表明Pb在个别菜地土壤中相对累积较多。这可能与不同地区的菜地施肥、耕作等经营管理方式不同有关^[11]。不同土地利用类型土壤中Pb含量表现为菜地>旱田>水田。各土地利用类型Pb含量有一定的差别。每种土地利用类型内也具有一定程度的变异,但变化不大。由表1、2可知,旱田、水田和菜地土壤Pb含量与背景值差异不显著,在旱田、水田和菜地3种土地中累积不明显。

同一区域相同土地利用类型土壤Pb含量进行对比,发现近高速公路采样点土壤Pb含量比远高速公路采样点土壤Pb含量高,其中交通运输产生的扬尘和汽车尾气的排放会产生Pb污染,主要来自于含铅汽油的燃烧、汽车轮胎磨损产生的粉尘等,其分布呈条带状,以公路和铁路为轴向两侧逐渐减弱,造成在近高速公路土壤中Pb累积^[12]。在同一区域相同土地利用类型中灌溉水体的水质差别也会导致Pb含量

不同,如采用伊通河水灌溉的水田土壤Pb含量为33.42 mg/kg,而采用井水灌溉的土壤Pb含量仅为21.45 mg/kg。水质监测结果表明,伊通河水体中具有较高的Pb含量。相关研究也表明,灌溉水体中的Pb是农田土壤中Pb污染的主要来源之一^[13]。另外,处于主导风向不同方位的农田土壤中Pb含量也有明显的差异,处于主导风向向下风向的采样点农田土壤中Pb含量明显高于处于主导上风向的采样点农田土壤中Pb含量。由大气运输产生的Pb污染运移也是导致农田土壤中Pb污染的主要来源之一^[14]。

表1 不同土地利用方式土壤Pb含量特征

土地利用类型	样本数/个	分布类型	含量//mg/kg		超出背景值的百分率//%
			平均值	标准差	
旱田	31	正态分布	25.64	2.90	93.55
水田	9	正态分布	25.33	3.919	66.67
菜地	20	正态分布	26.95	4.18	95.00

表2 不同土地利用方式土壤Pb含量方差分析

显著性检验	旱田	水田	菜地
旱田	-	0.309	-1.309
水田		-	-1.618
菜地			-

2.2 长春市郊区农田土壤Pb空间分布特征 重金属在土壤中分布的不均一性、人类活动或自然变化均能引起土壤重金属的时空变化,导致其时空属性数据的复杂化。地统计学能够较准确地同时描述地质变量的随机性和结构性变化,最大限度地利用野外调查所提供的各种信息,利用稀疏的或无规律的空间数据,且估计出的量一般比传统方法更精确^[6]。

由图3可知,长春市郊区旱田土壤Pb含量的空间分布地域特征明显,东北部最高,西南部较高,各样点含量均高于当地土壤Pb的背景值。而长春市东南、西北方向的含量均较低,部分样点低于背景值。东北高点区主要集中在长吉、长哈线铁路线周边。该区域是长春市东北部物资集散地,大型车辆集中,Pb排放量相对较高,而且该区域处于长春市常年主导风向,大气运移输送的污染较集中,形成局部高含量区,Pb浓度范围在32.63~41.34 mg/kg之间,具有明显的增加趋势。长春市西南局部区域含量达28.73~32.64 mg/kg,主要是由于长春市汽车产业集中于该区域,企业制造、运输过程对土壤造成一定程度的污染。而长春市东南、西北方向含量均较低,在18.85~25.31 mg/kg之间,表明受人类活动的影响较弱。长春市郊区水田主要分布在长春市东北部和西部部分区域。由图4可知,东北部水田土壤Pb含量在21.45~33.42 mg/kg之间,大部分水田采用伊通河水灌溉,土壤中Pb含量较高,均高于土壤Pb的背景值;西部水田采用西湖水或井水灌溉,土壤中Pb含量较低。水质监测结果表明,东北部伊通河水体中Pb浓度比西湖水体高。灌溉水体中的Pb浓度不同是导致水田空间分布特征的主要原因之一。由图5可知,长春市郊区菜地均有分布,但对于主要集中分布区,东北部最高,Pb浓度范围为32.63~41.34 mg/kg,具有明显的升高趋势,向其周围地区逐渐降低,且研究区域

中各采样点含量均高于当地土壤 Pb 的背景值。Pb 含量较高,在东南净月社区和西部屯山菜地也出现岛状区域高点,在 28.73 ~ 32.64 mg/kg 之间。而长春市西南、西北方向含量均较低,在 18.85 ~ 25.31 mg/kg 之间,有 2 个斑块区域低于背景值,表明长春市部分地区还没受到 Pb 污染的影响。

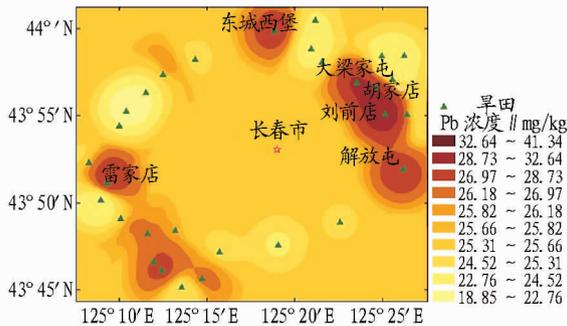


图3 长春市郊区旱田土壤 Pb 的空间分布

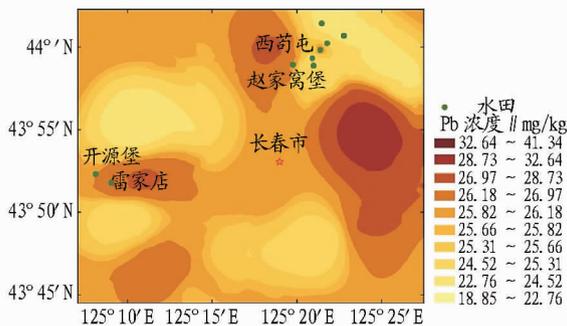


图4 长春市郊区水田土壤 Pb 的空间分布

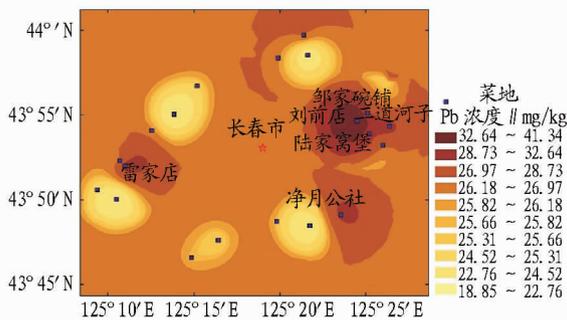


图5 长春市郊区菜地土壤 Pb 的空间分布

Pb 含量的分布具有明显的地域特征,除个别点以外,呈现西南和东北高特征,且高含量地区相对集中,表现为几个岛状区含量自岛状区中心向其周围逐渐减小。Pb 含量的空间分布特征呈现区域性,主要与长春市的产业分布、灌溉水质有关。东北地区是长春市物资集散地,大型车辆集中,Pb 排放量相对较高。而西南地区是长春市第一汽车厂的主要位置,在企业制造、运输过程对土壤形成一定程度的污染。同时,由于大部分菜地位于公路两侧,极易受到 Pb 排放的污染,同时受到该区域主导风向的影响。总体上,目前长春市郊区农田土壤 Pb 含量处于一个较低水平。

2.3 长春市郊区农田土壤 Pb 污染程度 地累积指数法可反映重金属分布的自然变化特征,还可判别人为活动对环境的影响,是区分人为活动影响的重要参数。计算长春市郊区农田土壤 Pb 不同污染等级,可得 Pb 的地累积指数均介于

0 ~ 1 之间,为轻度污染,可知长春市郊区农田土壤受到 Pb 污染的程度较轻。旱田、水田、菜地土壤 Pb 的地累积指数分别为 0.17 ~ 0.30、0.20 ~ 0.30、0.20 ~ 0.37。整体上,不同类型土壤 Pb 污染均处于较低的水平,属于轻度污染。旱田、水田和菜地土壤 Pb 的平均地累积指数分别为 0.23、0.22 和 0.24。因此,不同土地利用类型土壤 Pb 平均污染程度由高到低为菜地 > 旱田 > 水田。

2.4 长春市郊区农田土壤 Pb 潜在生态风险 Hakanson 潜在生态风险指数法不仅考虑土壤重金属含量,而且将重金属的生态效应、环境效应与毒理学联系在一起,采用具有可比的、等价属性指数分级法进行评价。长春市城郊 Pb 潜在生态风险指数均低于 30,全部介于 4.25 ~ 9.33,处于无生态风险级别,说明长春市郊区农田土壤中 Pb 污染没有形成明显的生态风险,尚未对食品安全构成威胁。旱田、水田和菜地土壤中 Pb 的潜在生态风险指数最高值分别为 7.54、7.43 和 7.54,平均潜在生态风险指数分别为 5.79、5.49 和 6.08。不同土地利用类型土壤中 Pb 平均潜在生态风险由高到低为菜地 > 旱田 > 水田。

3 结论

(1) 长春市郊区农田土壤中 Pb 的含量范围为 18.85 ~ 41.34 mg/kg,90 % 的采样点土壤中的 Pb 含量高于吉林省背景值。土壤 Pb 含量分布受到公路分布、工业区分布、灌溉水质及所处的主导风向的显著影响。

(2) 旱田、水田和菜地土壤的 Pb 含量与背景值差异不显著,在旱田、水田和菜地 3 种土壤中累积不明显。不同土地利用类型土壤 Pb 含量表现为菜地 > 旱田 > 水田。土壤 Pb 含量的空间分布具有明显的地域特征,呈现西南和东北高,且高含量地区相对集中,含量自高分布岛状区中心向其周围逐渐降低。

(3) 在长春市郊区 60 个农田土壤采样点中,Pb 污染均处于较低水平,属于轻度污染;不同土地利用类型土壤 Pb 无明显生态风险,其平均潜在生态风险由高到低为菜地 > 旱田 > 水田。

参考文献

- [1] 李丽光,何兴元,曹志强,等.土壤-作物系统中铅的研究进展[J].生态学杂志,2004,23(1):78-82.
- [2] 王新,周启星.土壤重金属污染生态过程、效应及修复生态科学[J].2004,23(3):278-281.
- [3] 王守经,胡鹏,杜方岭.我国城郊地区农用地重金属污染与农产品质量安全[J].中国食物与营养,2010,7:8-10.
- [4] NASEEM R,TAHIR S S. Removal of Pb(II) from aqueous-acidic solutions by using bentonite as an adsorbent [J]. Water Research,2001,35:3982-3986.
- [5] 顾继光,林秋奇,胡朝,等.土壤-植物系统中重金属污染的治理途径及其研究展望[J].土壤通报,2005,36(1):128-133.
- [6] 高远,赵玉杰,杨海松.普通克里格评估土壤污染物空间分布精度控制研究[J].农业环境科学学报,2009,28(5):871-876.
- [7] 刘永华,王五一,杨林生,等.湘西多金属矿区汞污染土壤的环境质量[J].环境科学,2005,26(5):187-191.
- [8] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach[J]. Water Research,1980,14:975-1001.
- [9] 方晓明,刘哲,刘中志,等.沈阳市丁香地区土壤重金属污染生态风险评价[J].环境与生态,2005,130(31):45-47.
- [10] 孟宪奎,李生智.吉林省土壤元素背景值研究[M].北京:科学出版社,1995,101-102.
- [11] 张庆利,史学正,黄标,等.南京城郊蔬菜基地土壤有效态 Pb、Zn、Cu 和 Cd 的空间分异及其驱动因子研究[J].土壤,2005,37(1):41-47.
- [12] 张慧峰,钱枫,宋洋,等.城市交通对道路周边土壤重金属污染影响的研究[J].河北科技大学学报,2010,31(1):57-60.
- [13] 郑喜坤,鲁安怀,高翔,等.土壤中重金属污染现状与防治方法[J].土壤与环境,2002,11(1):79-84.
- [14] 曾希柏,李莲芳,梅旭荣.中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J].中国农业科学,2007,40(11):2507-2517.