

# 芜湖城市郊区土壤重金属污染危害 及其对策研究\*

阎 伍 玖

(安徽师范大学地理系, 芜湖 241000)

吕 成 文

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

陈 飞 星

(北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100875)

## A PRELIMINARY STUDY ON SOIL POLLUTION OF HEAVY METALS AND STRATEGY AGAINST ITS HARM IN THE SUBURBS OF WUHU CITY

Yan Wu-jiu

(Department of Geography, Anhui Normal University, Wuhu 241000)

Lu Cheng-wen

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Chen Fei-xing

(State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control,  
Beijing Normal University, Beijing 100875)

**关键词** 重金属污染, 农田土壤, 作物, 城市郊区, 安徽省芜湖市

**中图分类号** S151.9

城市和典型农业区之间的过渡区域, 即城市郊区, 是一类比较特殊的自然地域。它虽然是从乡村演变而来, 但其在结构与功能方面已不同于一般的乡村。城市郊区具有很强的开放性, 其主要功能是向城市提供鲜活的禽、蛋、鱼、肉、蔬菜、水果以及部分粮油作物等农副产品。现在, 由于市区的工业污染物质和生活废弃物的大量输入, 城市郊区环境质量

\* 本研究获北京师范大学环境模拟与污染控制国家重点联合实验室开放基金资助(项目编号: 9704)

收稿日期: 1999-01-28; 收到修改稿日期: 1999-09-15

受到严重影响;同时,城市郊区环境质量的优劣,尤其是区域土壤环境质量的好坏,反过来又直接影响到向城市供应的各种农副产品的质量<sup>[1]</sup>。因此,研究城市郊区区域土壤环境质量,具有特别重要的意义。

本文通过对芜湖市城市郊区土壤—作物的实地调查,分析了芜湖城市郊区各调查区域土壤—作物中几类主要重金属污染物的残留污染状况及其原因,根据各区域重金属污染的特征,提出了芜湖城市郊区土壤环境质量改善与管理的对策。

## 1 芜湖市环境背景概况

### 1.1 自然环境特征

芜湖市位于安徽东南部,青弋江、裕溪河与长江汇合处,东南邻芜湖县,西隔长江毗邻和县、无为县,北接当涂县,地理座标为  $118^{\circ}20' E$ ,  $31^{\circ}20' N$  左右。根据 1993 年土地详查资料,全市土地总面积  $242.25\text{km}^2$ ,其中城市建成区及郊区居民点、工矿用地面积  $61.47\text{km}^2$ ,占 25.37%;交通用地  $3.96\text{km}^2$ ,占 1.63%;耕地面积  $96.28\text{km}^2$ ,占 39.74%;林地面积  $1.75\text{km}^2$ ,占 0.72%;园地  $0.24\text{km}^2$ ,占 0.10%;水域面积  $71.17\text{km}^2$ ,占 29.38%;未利用土地  $7.39\text{km}^2$ ,占 3.06%。

本区气候为北亚热带湿润性季风气候,冬冷夏热,春暖秋爽,四季分明,雨量充沛,光照充足,年平均气温  $15.7\sim 16.0^{\circ}\text{C}$ ,年平均降水量  $1198.1\sim 1413.2\text{mm}$ ,年日照时数 2075h,无霜期 219~240d。本区地形属长江下游冲积平原,平均海拔  $6\sim 10\text{m}$ ,东北高,西南低,地势低洼,沟塘纵横,零星山丘散落分布。本区土壤类型复杂多样,自然土壤有黄壤、棕壤,耕作土壤有水稻土和潮土。植被属北亚热带落叶—常绿阔叶混交林地带,由于人为的影响,天然植被已荡然无存,多为次生林和人工林,以人工林为主。

### 1.2 社会经济状况

芜湖市襟江近海,得长江黄金水道之便,历代为皖南和皖江地区最大的商品集散地,是安徽省近代工业、交通、文教、科技、卫生等事业发展较早的地区,现为安徽省省辖市。芜湖市目前已发展成为一个综合性的沿江港口城市,1982 年被国务院列为全国 16 个中等明星城市之一,1992 年国务院批准芜湖为沿江对外开放城市,1993 年批准设立国家级芜湖经济技术开发区。截止 1993 年底,全市人口 58.15 万人,其中城市非农业人口 44.83 万人,郊区农业人口 13.32 万人。

芜湖市为皖江开发开放的龙头,皖江经济带的中心城市,长江沿岸第四大港口,现拥有轻纺、机械、电子、化工、新型建材、汽车、造船等门类齐全的工业体系。市郊区主要农作物有水稻、小麦、油菜和各种蔬菜、瓜果,畜牧业有猪、牛、羊和各类家禽,水产资源尤为丰富,盛产鱼、虾、蟹、鳖,其中鲥鱼、刀鱼、中华绒蟹以“三鲜”之称盛名中外。

## 2 芜湖市城市郊区土壤重金属污染调查与研究

### 2.1 调查方法

本次调查范围为芜湖城市郊区各乡镇,调查对象为农业耕作土壤,调查内容是土壤重

金属 As、Hg、Pb、Cd、Zn、Cr 等的残留量及部分农产品中重金属残留量。

考虑到不同的土地利用类型与所在区域的代表性,并兼顾布点的均匀性,本次调查我们分别在四山、西江、鸠江、马塘 4 个调查区进行土壤样品的监测分析。采样点选在比较开阔的大田中,采取对角线采样法,三点等距取样,点距 20~30m,分别采集 0~20cm 深度土样 1000g 左右混合成一个子样,三个子样组成一个点位样品,每个调查区按行政区域取多点土样混合后制备混合土样进行化验分析。对应采集调查区早稻谷、双晚稻谷、蔬菜(春甘蓝)等主要作物样品,分析各样品中重金属含量。

样品分析由安徽省地质矿产实验研究所中心化验室承担。采集的土样在室内自然风干,剔除动植物残体、碎石,经研细并过 100 目筛,参照国家环境污染物分析标准方法,用不同的消化方法处理土壤样品,分析所用的仪器为:ABS-100 电化学分析仪、VV-165 紫外可见分光光度计、WFX-IF2 原子吸收分光光度计、LEEMAN LABS INC 等离子体发射光谱仪。

考虑到本研究地区与南京市相距仅 90km 左右,且两地自然条件非常相似<sup>[2]</sup>,故我们

表1 芜湖郊区土壤重金属污染监测结果(mg/kg)

监测项目	四山	西江	鸠江	马塘
As 实测值	19.00	11.70	12.70	10.80
污染指数	1.792	1.104	1.198	1.019
Hg 实测值	0.091	0.085	0.172	0.115
污染指数	0.758	0.708	1.433	0.958
Pb 实测值	42.00	33.00	77.00	53.00
污染指数	1.694	1.331	3.105	2.137
Cd 实测值	0.330	0.430	0.330	0.510
污染指数	1.737	2.263	1.737	2.684
Zn 实测值	136.00	115.00	89.00	122.00
污染指数	1.771	1.497	1.159	1.589
Cr 实测值	84.00	83.00	62.00	64.00
污染指数	1.424	1.407	1.051	1.085

表2 芜湖郊区作物重金属污染监测结果(mg/kg)

监测项目	四山	西江	鸠江	马塘
As 早稻谷	0.360	0.390	0.520	0.420
双晚稻谷	0.640	0.310	—	0.240
春甘蓝	0.125	0.022	0.131	0.046
Hg 早稻谷	0.017	0.015	0.018	0.015
双晚稻谷	0.030	0.029	0.014	0.014
春甘蓝	0.0265	0.0165	0.0253	0.0016
Pb 早稻谷	2.170	0.840	1.590	0.760
双晚稻谷	0.290	0.070	0.090	0.180
春甘蓝	0.040	0.075	0.033	0.123
Cd 早稻谷	0.030	0.020	0.050	0.030
双晚稻谷	0.130	0.120	0.030	0.010
春甘蓝	0.003	0.004	0.017	0.006

参照中国科学院土壤背景值调查协作组 1979 年提出的南京地区自然土壤中重金属元素自然含量的平均值: As 10.60mg/kg、Hg 0.12mg/kg、Pb 24.80mg/kg、Cd 0.19mg/kg、Zn 76.80mg/kg、Cr 59.00mg/kg 作为评价标准, 分别计算出各调查区土壤单因子污染指数, 见表 1。主要作物样品分析结果见表 2。

## 2.2 研究方法 with 结果分析

采用对应因子分析技术<sup>[3]</sup>, 研究各调查区土壤重金属污染的特征。首先, 编制对应因子分析的 BASIC 程序并输入计算机, 用 DATA 语句输入表 1 中各调查区土壤单因子污染指数数据, 取精度为 1E-6, 临界概率为 0.95, 运行此计算程序, 得出 4 个调查区域和 6 种重金属元素的第一、二主因子的载荷:

变量	第一主因子载荷	第二主因子载荷	样品	第一主因子载荷	第二主因子载荷
As	-0.04240	0.07830	四山区	-0.07300	0.08400
Hg	0.08110	0.00002	西江区	-0.08700	-0.03200
Pb	0.12900	0.00660	鸠江区	0.15000	0.02200
Cd	-0.04600	-0.08700	马塘区	0.00085	-0.07400
Zn	-0.06700	0.00670			
Cr	-0.06100	0.01800			

由此可见, 芜湖市城市郊区土壤重金属污染存在一定的空间分异特征。从各类土壤重金属污染水平的对应分析结果来看, 重金属元素 Pb、Hg 的污染以鸠江区相对比较突出, 其土壤污染指数分别达 3.105 和 1.443, 尤其是 Hg, 除鸠江之外, 其余各研究区污染指数均在 1.0 以下; Cd 的污染以西江、马塘相对较为严重, 其污染指数分别为 2.263 和 2.648; 其他重金属元素 Zn、Cr、As 在各研究区的污染水平差异不大, 但其污染指数都在 1.0~1.8 之间, 普遍超过本区自然土壤中重金属元素含量的平均值。

从芜湖市城市郊区主要农作物早稻谷、双晚稻谷和蔬菜(春甘蓝)样品中重金属含量分析结果来看, 各调查区域的污染水平也存在一定的差异。根据中华人民共和国食品卫生标准来分析评价, 早稻谷样品中 Pb 污染比较明显, 超标倍数最高的四山区达 2.17, 鸠江区也达 1.59; 双晚稻谷中 Hg 的含量较高, 四山区、西江区超标倍数分别达 1.50 和 1.45; 春甘蓝蔬菜样品中 Hg 的含量也较高, 四山区、鸠江区、西江区超标倍数分别达 2.65、2.53 和 1.65。其它主要农作物样品中重金属含量都较低, 普遍低于国家食品卫生标准, 农产品质量较好。调查分析结果还显示, 芜湖市城市郊区土壤重金属污染与区域主要农作物的重金属污染具有一定的相关关系。

在分析重金属污染的原因时我们发现, Pb 污染受芜湖冶炼厂、化工厂工业废气影响较为突出, 尤其是冶炼厂排出的废气中 Pb 的含量较高, 其排放量达 2.68t/a, 工业废气中的 Pb 随降尘沉降到地表进入农田土壤, 使土壤中的 Pb 含量异常升高, 并引起较为明显的后果。同时, 根据土壤与作物 Pb 污染水平的分析结果我们认为, 作物 Pb 污染除了受土壤污染的影响外, 还与机动车辆尾气的排放有关。例如, 由于土壤的 Pb 污染以及机动车辆尾气排放引起的 Pb 污染, 使得鸠江区早稻谷中 Pb 的含量达 1.590mg/kg, 超过国家食品卫生标准 1.0mg/kg 的限值, 每年生产 Pb 米约 470t。

土壤 Hg 的污染主要受凤凰造漆厂、东方纸版厂等工业废水的影响, 据不完全统计, 仅

工业废水中 Hg 的流失量就达 113kg/a。土壤 Hg 的污染在局部地区也已造成一定的危害。例如, 鸠江区叶用春甘蓝蔬菜样品中 Hg 的含量达 0.0253mg/kg, 大大超过了国家食品卫生标准规定的 0.01mg/kg 限值。

土壤 Cd 的污染主要受发电厂、冶炼厂、5720 工厂排放的工业废水影响, 根据对污染源的监测结果, 仅芜湖发电厂排放的废水中 Cd 的总量就达 55kg/a, 但从主要农作物含 Cd 量的检测结果来看, 目前土壤 Cd 污染尚没有引起明显的危害。

其它土壤重金属元素 Cr、As、Zn 含量异常, 主要也是受城市工业“三废”的污染所致, 并已不同程度的造成影响。例如, 根据作物监测结果, 四山区双晚稻谷中 As 的含量达 0.640mg/kg, 已接近国家食品卫生标准规定的 0.70mg/kg 限值。

### 3 芜湖市城市郊区土壤重金属污染的调控与防治

#### 3.1 采取有效措施, 控制城市工业企业“三废”排放

芜湖城市郊区土壤重金属的污染, 与城市工业企业废水、废气、废渣的排放有着直接的关系。因此, 控制城市工业企业“三废”的排放, 是防止郊区土壤环境污染的最根本的措施。当前, 要结合城市环境综合整治与工业企业技术改造工作, 积极推广清洁工艺, 发展技术含量高、环境污染负荷小的高新技术产业。改造现有老企业, 切实抓好芜湖发电厂、冶炼厂、钢铁厂、东方纸版厂、化工厂、凤凰造漆厂等重点污染源的治理, 实行污染物排放总量控制。

#### 3.2 调整工业结构, 实行企业的合理兼并与优化组合

芜湖市工业部门结构较为齐全, 但以中小型企业为主, 数量较多。在主要工业企业中, 有建材工业企业 20 家, 冶金企业 23 家, 轻工企业 96 家, 纺织企业 33 家, 机械工业 50 家, 化学工业 18 家, 电子工业 18 家, 医药工业企业 5 家等。这些主要的工业企业大都布置在长江路、四褐山、赭山、大砩坊、河南 5 个老工业区和新兴的芜湖经济技术开发区等城市的近郊区, 同时也是主要污染物排放大户, 对郊区环境的影响最大, 造成的环境污染纠纷也最多。因此, 结合城市工业结构的调整, 实行企业的合理兼并与优化组合, 组建几个较大的专业企业集团, 既有利于经济效益的提高, 也有利于对污染物的集中统一治理。例如, 通过对全市电镀行业的专业调整, 建立了电镀中心, 对电镀污水集中治理, 取得了较好的经济效益与环境效益。

#### 3.3 合理组织农田灌溉, 防止污灌造成的污染

农田灌溉用水必须符合标准才能用于农灌, 这是防止土壤重金属污染及其重要的措施。国内外的实践都已证明, 绝大多数地区土壤重金属的污染都与不恰当的污灌有着直接的关系<sup>[4]</sup>。芜湖市城市郊区农田灌溉用水主要是境内的河、湖、塘、坝、沟、渠水, 这些水域也是部分城市工业企业和郊区乡镇企业工业废水的纳污水体。据调查, 本区农灌水水质中 As 及其化合物、六价 Cr 及其化合物等指标普遍超过国家农田灌溉水质标准 GB5084-85 二类标准。因此, 要及时掌握农田灌溉水质及其变化, 避免盲目取水灌溉引起土壤重金属污染。

### 3.4 提高土壤环境容量, 控制重金属进入食物链

土壤环境具有一定的缓冲作用和较强的自然净化能力。对于重金属污染程度较轻的土壤, 可以采取增施有机肥、改良土壤性状、合理施用改良剂、加强田间土壤水分管理等措施, 增加土壤环境容量, 减少土壤溶液中重金属的活性, 抑制农作物对土壤重金属的吸收, 特别是减少重金属在农作物可食部分的累积量, 从而达到控制或切断重金属进入食物链的目的。

### 3.5 加强土壤环境及其农产品质量的监测

为了及时掌握土壤环境及其农产品中重金属含量是否超过容许标准, 并为污染防治与管理提供依据, 必须加强对土壤环境及其农产品质量的监测。对于土壤重金属污染严重的局部区域, 例如冶炼厂、钢铁厂、化工厂等周围农田, 已不适于农耕, 应坚决弃耕或辟为绿化苗木繁育基地; 对重金属含量超过国家食品卫生标准的农产品, 如 Hg 米、Pb 米, 应禁止食用或作为饲料出售, 予以销毁或作为工业原料使用, 防止污染危害。

**致 谢** 在调查与研究工作中, 芜湖市农业环境保护工作站给予了大力支持并提供有关资料。

### 参 考 文 献

1. 李天杰, 宫世国, 潘根兴等. 土壤环境学. 北京: 高等教育出版社, 1995, 102~138
2. 阎伍玖, 方元升, 章新可. 安徽省芜湖市区域农业生态环境质量的综合研究. 自然资源, 1995, (2): 39~45
3. 张孟威, 康德梦. 环境问题的数学解法及计算机应用. 北京: 中国环境科学出版社, 1989, 48~84
4. Gimeno-Garcia E. Heavy metals incidence in application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. Environ. Pollut., 1996, 92(1): 19~26