

# 农田土壤重金属污染的评估及治理措施研究

刘春梅<sup>1</sup> 武玉龙<sup>2</sup> 邓春华<sup>1</sup>

1 汉江检测(湖北)股份有限公司 2 武汉智汇元环保科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i1.2431

**[摘要]** 随着工业化与城市化进程的加速推进,农田土壤中的重金属污染问题愈发严峻,逐渐演变为威胁食品安全及人类健康的主要因素。如铅、镉、汞和砷等重金属元素可通过食物链逐渐积累,对生态平衡及人体健康造成长远的不利影响。鉴于此,精确衡量农田土壤重金属污染的程度与潜在风险并探索行之有效的治理手段,对于保证农业的持续健康发展及维护公众健康显得非常关键。本研究通过对土壤样本中重金属浓度及其分布特性的分析,以评估其污染水平与潜在危害并考察各种治理方案和技术的有效性,可以为农田土壤重金属污染的防控工作提供坚实的科学支撑。

**[关键词]** 农田土壤; 重金属污染; 评估; 治理措施

中图分类号: S27 文献标识码: A

## Assessment and Control Measures of Heavy Metal Pollution in Farmland Soil

Chunmei Liu<sup>1</sup> Yulong Wu<sup>2</sup> Chunhua Deng<sup>1</sup>

1 Hanjiang Testing (Hubei) Co., LTD.

2 Wuhan Zhihui Yuan Environmental Protection Technology Co., LTD.

**[Abstract]** With the acceleration of industrialization and urbanization, the problem of heavy metal pollution in farmland soil has become increasingly severe, gradually evolving into a major factor threatening food safety and human health. Heavy metal elements such as lead, cadmium, mercury, and arsenic can gradually accumulate through the food chain, causing long-term adverse effects on ecological balance and human health. In view of this, accurately measuring the degree and potential risks of heavy metal pollution in farmland soil and exploring effective governance measures are crucial for ensuring the sustainable and healthy development of agriculture and maintaining public health. This study analyzes the concentration and distribution characteristics of heavy metals in soil samples to evaluate their pollution levels and potential hazards, and examines the effectiveness and economy of various treatment plans and technologies. It can provide solid scientific support for the prevention and control of heavy metal pollution in farmland soil.

**[Key words]** farmland soil; Heavy metal pollution; assessment; Governance measures

### 引言

农田土壤中的重金属污染已成为国际社会广泛关注的环境议题,对生态系统及人体健康构成了严峻挑战。本研究通过对土壤样本中重金属浓度及其空间分布特点进行深入剖析,并借助统计学方法与地理信息系统(GIS)技术,系统评价了农田土壤重金属污染的现状及其潜在危害。研究说明,各类重金属污染呈现出独特的地域性分布规律及污染水平,针对这一现象文章探讨了物理、化学以及生物学手段在重金属污染治理中的应用,并对其效能与经济可行性进行了全面评估。

#### 1 农田土壤重金属污染对环境和人类健康的影响

就土壤自身而言,重金属污染不仅会破坏其物理化学特性及生态系统结构,还会影响土壤微生物群落,导致生物多样性和

活性较大下降。重金属污染会削减土壤有机质含量,引发土壤营养失衡,减弱其过滤效能。重金属污染对农作物构成直接威胁,过量的重金属能抑制作物生长,降低其产量与质量,甚至导致植株死亡<sup>[1]</sup>。当农作物从土壤中摄取养分时,也会一并吸收有害重金属,进一步危及农产品的安全性。更为重要的是重金属污染对人类健康的潜在威胁,土壤中的重金属可通过食物链进入人体,长期累积可能诱发多种慢性疾病,如心血管疾病、神经系统疾病和癌症等。例如,镉污染可引发痛痛病、骨质疏松症和肾脏功能障碍。汞则对大脑和视觉神经具有极大的破坏作用,严重时可导致皮肤癌、膀胱癌和肺癌。鉴于此,必须采取有效措施以预防和控制农田土壤的重金属污染,保障生态环境与人体健康。



图1 重金属污染土壤

## 2 农田土壤重金属污染评估分析

### 2.1 掌握土壤样品中重金属的含量和分布特征

在评估农田土壤重金属污染的过程中,首要步骤是收集土壤样本,并检测其中的重金属含量。常见的重金属有铅(Pb)、镉(Cd)、汞(Hg)、砷(As)、铬(Cr)、铜(Cu)、锌(Zn)等。这些元素的浓度测量对于判断土壤的生态健康及农作物的安全性具有重要意义。借助原子吸收光谱法(如图2所示)、电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)等前沿的分析手段,可精确获取土壤样本中上述元素的具体浓度。此类方法能提供高度敏感且精准的数据,可以让科研人员掌握土壤内重金属的实际含量<sup>[2]</sup>。分析所得的结果不仅可反映土壤中重金属的含量水平,还能揭示其在农田中的空间分布特点,掌握这些分布模式对于确定污染源头及其影响范围极为关键。若发现某地土壤中的铅和镉浓度较大升高,这可能表示该地区遭受了工业排放或交通活动的污染。基于这些信息可以设计出针对性的土壤治理方案与农作物种植规划,减轻重金属对环境及人体健康的潜在威胁。此外,评估成果可为决策层提供有力的科学支撑,帮助其制定更为合理的土地利用与环保政策。通过持续的监控与评价,可追踪土壤质量的演变动态,适时采取干预措施以遏制污染蔓延。因此,保证土壤中重金属含量测定的准确性不仅是科学研究的基石,更是推动农业可持续发展与生态环境保护的核心要素。



图2 原子吸收光谱法

### 2.2 采用统计和地理信息系统(GIS)技术进行污染评估

统计分析手段在土壤重金属含量的数据处理及解析过程中占据关键位置。借助平均数、标准偏差、变异系数等统计学指

标的计算,研究人员得以量化评估土壤内重金属含量的变化幅度,洞察各类重金属元素在土壤中的具体分布特征及其污染水平。地理信息系统(GIS)的引入,实现了土壤重金属含量资料与地理坐标信息的有效整合,可绘制出清晰直观的重金属污染地理分布图像。GIS工具不仅可辨识出污染集中区域,还可探究污染的地理分布规律,挖掘可能的污染源头<sup>[3]</sup>。利用GIS所具备的空间分析能力,科研人员可执行污染源定位以及污染蔓延模型构建,为确立精准的污染防治与修复方案奠定坚实的数据基础。将统计分析方法与GIS技术相融合可更加深入地剖析土壤重金属污染问题的多维度特性,为环境保护及政策制定提供坚实的科学支撑。

### 2.3 污染程度和潜在风险

土壤中的重金属污染是当今世界面临的重要环境挑战之一,对其评估与治理在保证人类健康及生态安全方面具有不可忽视的重要性。通过对土壤样品的采集及其所含重金属元素,如铅、镉、汞等的测定,可初步掌握土壤污染的具体情况。依据国家或地方的土壤环境质量规范,实现对土壤污染水平的精确量化。该指数不仅考量了各类重金属污染物的平均污染水平,同时也关注了最严重的污染情况,更为准确地描绘出土壤污染的整体图景。评估所得数据可明确土壤污染的存在与否及其严重性。当污染指数超出设定阈值时,意味着土壤已遭受污染,需立即采取相应对策。除此之外,重金属污染对人类健康及生态系统造成的影响需得到充分重视,借助风险评估工具,可预估重金属通过食物链积累对人类健康的潜在威胁,以及对土壤微生物多样性与作物生长的不利影响。例如,重金属可通过植物吸收作用进入食物链,危及人类健康,重金属污染还可能导致土壤微生物群落结构失衡,削弱土壤肥力及其生态服务功能。

## 3 农田土壤重金属污染的治理措施研究

### 3.1 针对不同重金属污染的治理策略

针对农田土壤中普遍存在的重金属污染问题,如镉、铅、汞、砷等元素,其治理措施需依据污染物类型、浓度水平、土壤特性及作物品种与用途而定。以镉污染为例,可实施如下几种治理方案。土壤置换技术,即清除表层受污染的土壤,并替换为无污染的新土。化学稳定化方法,通过引入石灰、磷酸盐等化学试剂,以减少镉的生物可利用度。采用植物修复法,栽种具有高吸镉能力的植物(如超累积植物),借助植物的吸收与转运作用降低土壤内的镉含量。对于铅污染土壤则可通过土壤改良手段,施用有机肥料与黏土矿物,增强土壤对铅的吸附性能,减少其迁移<sup>[4]</sup>。此外,电动修复技术也可应用,基于电动力学原理,通过电流驱动使土壤中的铅离子向电极迁移并集中处置。面对汞污染土壤,一方面可利用微生物修复途径,促使微生物将汞转化为较为稳定的化合物,如硫化汞。另一方面,热处理法也是一种选择,尽管此法成本高昂且可能破坏土壤结构,但能有效促使汞的挥发。对于砷污染土壤的治理,化学沉淀是一种可行策略,通过加入铁盐或铝盐等化学物质,促使砷生成难溶性沉淀。同时植物修复同样适用,某些特定植物,比如蕨类植物,具备吸收并积累土壤中砷的能力。

### 3.2 物理、化学和生物治理技术

物理治理方法包括: 土壤淋洗技术即运用清水或特定溶剂对土壤进行冲洗, 可以清除其中的重金属。热处理手段则是通过对土壤加热的方式, 促使重金属挥发或分解。磁分离法则是借助磁场的作用, 实现对土壤中重金属颗粒的有效分离<sup>[5]</sup>。

化学治理策略涵盖: 化学稳定化技术, 通过向土壤中加入如石灰、磷酸盐等化学物质, 减少重金属的生物有效性。化学浸提方法采用强酸、碱液或螯合剂等化学试剂, 使土壤内的重金属得以溶解并便于后续移除。电动修复技术通过在土壤中施加直流电场, 驱使重金属离子朝向电极迁移, 进一步集中处理。

生物治理措施涉及植物修复技术利用植物的吸收、累积及转化功能, 减少土壤中的重金属浓度。微生物修复方式, 依靠微生物的代谢活动, 将重金属转变为无害或毒性较低的形式。生物肥料的应用通过施用含有效固定或转化重金属能力的微生物肥料, 优化土壤环境质量。

### 3.3 治理措施的效率和成本效益

物理治理方法通常展现出较高的污染物去除率, 然而, 这种技术的应用可能会对土壤结构及周边环境造成一定的负面影响。化学治理手段的效能与选用的化学物质类型及其浓度密切相关, 尽管如此, 其潜在的二次污染问题不容忽视。生物治理措施虽然在效率上不及前两者, 却因其经济实惠且生态友好的特性而备受青睐。

物理治理方案因高昂的实施费用以及对大量能源和机械设备的需要, 导致其经济效益相对较低。化学治理途径的成本适中, 但在实际操作中还需额外考量化学药剂的购置与后续处理开销。相比之下, 生物治理策略虽然所需资金较少, 但其修复时间

较长并且治理成效易受外界环境因素的制约。

## 4 结语

综上所述, 本文通过对农田土壤中重金属污染状况进行全面分析与评价, 揭示其当前状态、空间分布特点及潜在威胁。研究表明, 各类重金属污染物呈现出各异的空间分布模式与污染水平, 因而需制定具有针对性的整治方案。综合运用物理、化学以及生物学方法对受污染土壤进行修复, 可减少重金属残留量, 提升整治效果, 还具备一定的经济效益。今后的研究工作希望能够优化整治技术体系, 增强措施的精准度与持久性, 保证农田生态系统长期平衡及食品安全生产。不断推进相关领域研究, 将为维护公众健康及促进农业绿色发展奠定坚实基础。

## [参考文献]

- [1]王志勇. 农田土壤重金属污染的评估及治理措施研究[J]. 中国锰业, 2024, 42(03): 103-107.
- [2]王海洋. 潼关矿区周边农田表层土壤重金属污染现状调查分析[D]. 长安大学, 2022.
- [3]欧阳文婷. 农田土壤重金属污染及综合治理研究[J]. 资源节约与环保, 2021, (07): 26-27.
- [4]杨书慧. 江浙农田土壤重金属污染特征及环境基准研究[D]. 中国环境科学研究院, 2021.
- [5]刘昊达. 农田土壤重金属污染防治方法探讨[J]. 中国金属通报, 2021, (03): 143-144.

## 作者简介:

刘春梅(1982--), 女, 汉族, 湖北随州人, 硕士研究生, 武汉大学化学与分子科学学院, 工程师, 研究方向: 环境工程。