

土壤重金属污染的监测与风险评估

程群凯 陈佳凤 张冬未 柴海琴 汪佳奇

海宁万润环境检测有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i2.2505

[摘要] 土壤重金属污染已成为全球性的环境问题,严重威胁着生态安全和人体健康。本文从多角度探讨土壤重金属污染监测与风险评估的重要性,剖析当前存在的主要问题,并提出切实可行的防控对策。通过建立科学完善的土壤重金属污染监测体系,开展系统全面的风险评估,采取源头控制、过程阻断、修复治理等综合措施,形成多部门协同联动的风险管控机制,可有效防范化解土壤重金属污染风险,保障农产品质量安全和人体健康。

[关键词] 土壤; 重金属; 污染监测; 风险评估; 防控策略; 协同联动

中图分类号: Q938.1+3 文献标识码: A

Monitoring and risk assessment of soil heavy metal pollution

Qunkai Cheng Jiafeng Chen Dongwei Zhang Haiqin Chai Jiaqi Wang

Haining Wanrun Environmental Testing Co., Ltd

[Abstract] Soil heavy metal pollution has become a global environmental problem, seriously threatening ecological security and human health. This paper explores the importance of heavy metal pollution monitoring and risk assessment from multiple perspectives, analyzes the main problems existing at present, and proposes feasible prevention and control strategies. By establishing a scientific and soil heavy metal pollution monitoring system, carrying out systematic and comprehensive risk assessment, and taking comprehensive measures such as source control, process blocking, and remediation, a multidepartment collaborative risk control mechanism can be formed to effectively prevent and resolve soil heavy metal pollution risks and ensure the quality and safety of agricultural products and human health.

[Key words] soil; heavy metal; pollution monitoring; risk assessment; prevention and control strategy; synergistic linkage

引言

近年来,随着工业化和城市化进程不断加快,重金属在生产生活中的广泛应用,导致土壤重金属污染日益加剧,对农产品质量安全、生态环境健康和人体健康构成了严重威胁,已引起各国政府和国际组织的高度关注。加强土壤重金属污染监测,开展风险评估,采取有效防控措施,实施农用地分类管理和建设用地分级防控,已成为保护土壤环境,维护公众健康的重要任务。本文将从监测、评估、防控等角度系统探讨土壤重金属污染监测与风险评估领域的重要性、存在问题及相关策略,为加强土壤污染防治,建设生态文明提供决策参考。

1 土壤重金属污染监测与风险评估的重要性

1.1 保障农产品质量安全的需要

全面系统开展农用地土壤重金属污染状况详查,精准掌握土壤重金属含量分布、超标情况及其空间差异,是切实保障农产品质量安全的基础性工作。土壤与农产品质量密切相关,土壤环

境质量直接影响农作物的品质和食用安全。重金属离子极易被作物根系吸收,随体液运输至植株各器官,在可食用部位持续富集,并沿食物链逐级放大,最终会对人体健康造成严重危害。鉴于我国部分地区农田土壤中镉、汞、砷等有毒重金属含量超标情况较为突出,及时实施农用地重金属污染的监测预警,开展土壤环境容量和承载力评估,科学判别污染程度和环境风险等级,是有效防范农产品质量安全风险、保障食品安全的重要前提和关键举措。

1.2 维护生态环境健康的需要

土壤重金属污染会显著改变土壤理化性质,破坏土壤团聚体结构,降低土壤肥力,导致土壤质量下降和生态功能退化。重金属离子还会通过淋溶、径流等途径迁移转化,进入地表水和地下水环境,污染水体,危害水生生物,影响整个生态系统的稳定性。开展系统的土壤重金属污染监测与风险评估,揭示污染现状、溯源解析成因、预测污染趋势,是预警重金属污染生

态风险,制定土壤和水体污染协同治理、统筹推进生态修复的科学依据。

1.3 防范人体健康风险的需要

土壤重金属进入人体的途径多样,包括经口摄入、皮肤接触、呼吸吸入等,可能引发急性中毒或慢性中毒。铅、镉、汞、砷等重金属在体内蓄积,即使是微量持续暴露,也会对神经、造血、消化等系统产生严重损害,具有较强的致癌、致畸、致突变作用。儿童、孕妇等敏感人群的健康风险更高。因此,以居住区、学校、公园等为重点,加强土壤重金属污染监测,评估人体暴露水平和健康风险,识别污染热点区域和高风险人群,是及时采取污染阻断、健康防护等措施,最大限度降低人体健康危害的关键^[1]。

2 土壤重金属污染监测与风险评估存在的主要问题

2.1 监测网络不健全,数据质量有待提高

我国尚未建成全国统一的土壤重金属污染监测网络,各地开展的监测工作缺乏顶层设计和统筹协调,存在系统性、连续性和可比性不足等问题。部分地区监测点位布设不尽科学合理,数量偏少,难以准确全面地反映区域土壤污染状况和动态变化。土壤重金属监测尚未建立统一的采样、制样、分析测试等技术规范和质量管理体系,不同监测主体间的方法、流程、仪器设备等存在差异,导致监测数据的可靠性、准确性和权威性有待进一步提高。此外,土壤环境基础数据库建设滞后,本底调查不足,背景值缺失,历史监测数据积累不系统,尚不能有力支撑土壤污染成因机理解析、污染归因溯源和长期趋势预测预警^[2]。

2.2 评估方法不统一,风险表征不准确

土壤重金属污染风险评估领域尚未形成统一规范的技术方法体系和配套管理标准。不同地区、不同部门采用的风险评估模型、参数和判定标准不尽相同,评估结果缺乏可比性,难以开展交叉验证和综合集成应用。当前的风险评估多聚焦于单一重金属污染物浓度超标的生态风险或健康风险,尚未充分考虑多种重金属复合污染的协同毒理效应和生物有效性影响。评估过程中对不同类型土壤特性、区域环境条件、关键暴露参数的敏感性和差异性分析不够,风险表征的针对性和准确性有待提高。对于复杂、高度不确定的风险评估问题,定性定量分析和多情景分析有待加强,评估结果的不确定性和可变性及主要影响因素的敏感性亟需深入揭示。

2.3 部门协调不足,风险管控措施落实不到位

土壤重金属污染具有成因复杂、风险隐蔽、治理修复周期长等特点,是一个涉及环保、农业、自然资源、水利、卫生健康等多个部门的综合性问题。但目前部门间在监测、评估、管控等方面的信息共享和工作联动不够顺畅,职责边界划分不清晰,缺乏常态化协调机制,影响了土壤重金属污染防治战略、规划、标准、措施等的系统制定和有效落实。针对不同风险等级的农用地和建设用地,尚未建立系统完善的分区分类、分级分步的风险管控技术措施库,土壤环境管理、土地利用规划、城乡建设、农业生产等政策的统筹衔接有待加强,风险管控与修复治理项

目推进较为缓慢,综合效益不够显著。政府主导、企业主体、公众参与的土壤污染风险管理责任体系尚不健全,法律法规与标准规范的制修订滞后,公众对土壤污染状况和风险的知情权、参与权有待进一步保障^[3]。

3 土壤重金属污染监测与风险评估的策略

3.1 建立健全土壤环境质量监测网络

以国家土壤环境质量监测网络建设为统领,围绕监测点位、监测项目等关键要素,科学规划、合理布局、统筹整合各级各类土壤监测资源,加快构建起全国统一、点位布局合理、功能定位明确、运行高效协同的土壤重金属污染监测网络体系。抓紧研究制定涵盖土壤样品采集、现场预处理、实验室分析检测等全过程的技术规程和标准化操作流程,加快建立健全覆盖土壤监测各个环节的质量管理与质量控制体系,切实强化监测过程的规范化管理,显著提升土壤重金属监测数据的规范性、可靠性、准确性和可比性。加快推进国家土壤环境基础信息管理平台建设,充分整合污染源普查、详查,土地利用现状调查、规划,农产品产地分布等多源异构数据资源,夯实土壤环境大数据基础,强化数据深度挖掘与关联分析,为精准开展土壤污染成因机理解析、风险预警预报、管控决策提供坚实的信息化、数字化支撑。

3.2 完善土壤环境质量标准体系

立足土壤重金属等无机污染物的环境风险特征,兼顾不同功能用地的暴露特点,加快构建以保障人体健康、维护生态安全为核心导向的分用途、分区域土壤环境质量标准体系。充分考虑我国不同区域的土壤类型、污染特征及其对农作物吸收和人体暴露的差异性特点,因地制宜、分类指导,科学合理确定农用地土壤和建设用地土壤重金属污染的风险筛选值和风险管控值,引导分区分类实施精准管控。聚焦稻米、小麦、蔬菜等典型农产品易于富集镉、铅、汞、砷等重金属污染物的特点,加快制定农田土壤-农产品质量安全风险管控的协同标准,强化两者风险管控的一致性与协同性。充分考虑不同地区城镇发展布局、国土空间规划、土地利用规划和供地政策导向,因地制宜合理制定与规划布局、用地政策相匹配的地方性、差别化、阶段性土壤环境质量标准,引导形成区域分类、分步实施土壤风险防控的良性机制。

3.3 建立统一规范的风险评估技术方法

立足土壤重金属污染的实际特点,系统梳理、科学集成土壤重金属污染对生态系统和人体健康风险评估的一般原理、基本程序、核心要素和关键环节,加快构建统一规范、逻辑清晰的土壤污染风险评估总体技术框架。积极借鉴国际通行做法和最佳实践经验,抓紧制修订覆盖风险识别、暴露评估、毒性评估、风险表征等全过程的统一规范的土壤污染风险评估技术导则,系统明确各个评估步骤的主要内容、基本流程、数据来源、参数选取、不确定性分析等关键技术要求。针对不同类型土壤重金属污染的生态风险、健康风险评估需求,加快开发一系列具有针对性、差异化的评估模型,加强模型参数的动态更新和本土化验

证,强化对我国不同区域气候、水文、地形、土壤类型等关键影响因素的定量刻画,切实提升评估模型对国内风险管控实际需求的适应性,显著提高风险评估过程的科学性、评估结果的准确性^[4]。

3.4 开展土壤重金属污染风险等级评估与区划

依托第二次全国土壤污染状况调查成果,深入分析、精准查明全国土壤环境背景值的空间分布格局和区域分异规律,科学评判土壤重金属超标分布的区域差异性特征,客观准确摸清农用地、建设用地等不同土地利用类型下土壤重金属污染的基本状况和总体程度。针对农用地和建设用地的重金属污染特点,分类实施具有很强针对性和可操作性的重点调查监测与分级分类风险评估,精准识别风险管控类型,科学合理划分污染风险等级,系统查明关键污染物种类、主要污染来源、重点管控区域的时空分布特征。聚焦农用地集中连片区,综合评估农田土壤重金属污染对农产品质量安全、生态系统服务功能、人体健康的叠加影响和综合风险,在此基础上科学划定特定农产品禁止生产区、限制生产区、安全利用区,为分类实施农用地安全利用和风险管控提供精准分区指引。

3.5 实施分类分级、协同联动的风险管控措施

坚持预防为主、保护优先,立足农用地和建设用地重金属污染的风险等级差异,因地制宜、分类施策,实施差别化、精准化风险管理策略,构建多措并举、联防联控的风险防范体系。切实加强农用地土壤环境分类管理,优先保护未污染和轻微污染耕地,严格管控各类可能导致新增污染的农事活动;大力推进轻度和中度污染耕地的安全利用,通过深化农艺调控、科学替代种植等措施,有效阻断重金属进入农作物食用部分的暴露途径;强化重度污染耕地的用途管控,因地制宜采取种植结构调整、退耕还林还草等严格管控措施,坚决遏制农田污染持续恶化。科学开展建设用地准入管理,优先开发利用未污染地块,从源头防范工业企业、市政设施选址不当导致土壤新增污染;系统开展污染地块风险评估与修复效果评估,以风险阻断和暴露途径切断为重点,因地制宜合理确定再开发利用的方式和强度,综合运用工程与非工程措施,最大限度消减土壤污染地块对人居环境安全的不利影响。大力推进重点行业涉重金属废水、废气、废渣等污染物的源头削减、过程控制和末端治理,切实加强企业土壤污染

防治的主体责任,促进其加大污染防治投入、强化环境管理、提升治理水平。

4 结语

加强土壤重金属污染监测与风险评估是保护土壤环境、保障农产品质量安全和人体健康的重要基础性工作,事关国计民生和美丽中国建设大局。通过建立健全全国统一的土壤环境监测网络、系统完善土壤环境质量标准、规范统一风险评估技术方法、因地制宜实施分级分类风险管控措施等一系列系统工程和重大举措,可切实提高土壤重金属污染防范化解能力,有效遏制土壤环境质量持续恶化趋势,着力维护土壤生态系统健康,牢牢守住农产品质量安全底线和人体健康红线。这项事关长远的重大任务,离不开党委政府高位推动、部门齐抓共管、企业守法承责、公众广泛参与,共同形成土壤污染风险管理的法治化、常态化、系统化长效机制,为服务生态文明建设、推进绿色发展、促进人与自然和谐共生贡献力量。

【参考文献】

- [1] 张中桥.土壤重金属污染监测技术及其数据处理方法探究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(21):93-95+107.
- [2] 刘小龙.土壤重金属污染监测及治理措施探究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(19):89-91.
- [3] 李云霞.农田土壤重金属污染监测技术[J].农业工程技术,2024,44(05):47-48.
- [4] 武昊,高丽星,李子雁.农业土壤重金属污染监测技术分析[J].河北农机,2024,(01):97-99.

作者简介:

程群凯(1994-),男,汉族,海宁人,本科,助理工程师,研究方向:生态环境监测与分析。

陈佳凤(1995-),女,汉族,海宁人,大专,助理工程师,研究方向:生态环境监测与分析。

张冬未(1993-),女,汉族,海宁人,本科,工程师,研究方向:生态环境监测与分析。

柴海琴(1984-),女,汉族,海宁人,本科,工程师,研究方向:生态环境监测与分析。

汪佳奇(1993-),男,汉族,海宁人,大专,助理工程师,研究方向:生态环境监测与分析。