

Comparison of soil pollution risk under different land use types

Xiaomeng Li

Hebei Bairun Environmental Testing Technology Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

With the acceleration of urbanization and industrialization, the impact of land use types on soil pollution has become increasingly significant. There are significant differences in the risk of soil pollution under different land use types. The pollution sources, types of pollutants, and pollution levels vary across agricultural land, industrial land, and urban construction land, which directly affect the health of the soil and the quality of the environment. This paper compares the risks of soil pollution under different land use types, analyzes the pollution characteristics, sources, and distribution of pollutants for each land type, evaluates the degree of soil pollution risk, and discusses corresponding remediation measures.

Keywords

Land use types; Soil pollution; Pollution risks; Remediation measures; Risk assessment

不同土地利用类型下土壤污染风险比较

李晓萌

河北百润环境检测技术有限公司，中国·河北 石家庄 050000

摘要

随着城市化进程的加快和工业化发展，土地利用类型对土壤污染的影响日益显著。不同土地利用类型下，土壤污染的风险存在显著差异。农业用地、工业用地和城市建设用地的污染源、污染物种类以及污染程度各不相同，直接影响到土壤的健康状况和环境质量。本文通过对不同土地利用类型下土壤污染的风险进行比较，分析了各类型土地的污染特征、污染物来源及其分布，评估了土壤污染的风险程度，并探讨了相应的治理措施。

关键词

土地利用类型；土壤污染；污染风险；治理措施；风险评估

1 引言

土壤污染已成为全球环境问题中的重要议题，尤其是在不同土地利用类型的背景下，土壤污染的风险表现出显著差异。随着社会经济的快速发展，农业、工业和城市用地的不断扩展带来了不同类型的污染源。农业用地主要面临农药、化肥等污染物的威胁，工业用地则受到重金属、化学废料等有害物质的污染，而城市建设用地则常常伴随着建筑垃圾、污水等污染的积累。这些污染物的长期积累和迁移不仅影响土壤健康，还可能通过食物链威胁到人类健康。了解不同土地利用类型的土壤污染风险，对于制定有效的污染防治策略至关重要。

2 土地利用类型对土壤污染的影响

2.1 农业用地对土壤污染的长期影响与污染物积累机制

农业用地的土壤污染主要由过度使用化肥、农药和农用废弃物引起。长期施用化肥和农药导致氮、磷等元素在土壤中的积累，使得土壤的理化性质发生改变，进一步影响土壤微生物群落的多样性。尤其在集约化耕作区域，过量的氮、磷浓度往往超过土壤的自净能力，导致土壤酸化和富营养化。农药的残留则对土壤的生物修复能力造成破坏，并通过食物链传递，对农业生态系统造成威胁。

2.2 工业用地土壤污染的主要来源与危害程度分析

工业用地的土壤污染主要来源于工业废水、废气排放和固体废弃物的处理不当。重金属（如铅、镉、砷）和有机污染物是常见的污染物类型，这些污染物具有很强的毒性和持久性，难以通过自然过程降解。长期积累的污染物不仅会影响土壤的结构和生物活性，还可能通过地下水渗透，造成更广泛的水土污染。此外，这些污染物会通过食物链进入人

【作者简介】李晓萌（1993-），女，中国河北石家庄人，本科，工程师，从事环境检测相关研究。

类和动物体内，对健康造成长期威胁。相比农业用地，工业用地的土壤污染更为复杂且治理难度较大，需要综合应用物理、化学和生物修复技术^[1]。

2.3 城市建设用地土壤污染的多元化来源与环境影响

城市建设用地的污染来源较为多样，主要包括建筑废料、生活污水和周边工业排放。建筑过程中产生的大量建筑废料，如水泥、砖瓦等，含有重金属和有害物质，对土壤造成污染。此外，城市化进程中，污水和垃圾的排放也加剧了土壤污染，尤其是在城市老旧区域，未处理的污水常常渗透到土壤中，造成有机污染物的积累。城市建设用地的土壤污染不仅限于有机物污染，还伴随着重金属污染，特别是在靠近工业区的建设用地，土壤中的铅、锌等金属污染浓度较高。

3 不同土地利用类型下污染物的来源与分布

3.1 农业用地土壤污染物的来源、扩散路径与空间分布特征

农业用地的土壤污染物主要来源于农药、化肥的使用和农业废弃物的堆放。农药残留物在土壤中的分布通常是局部性的，与施药的次数、施用量以及农作物的种类密切相关。氮、磷等化肥在过度使用的情况下会在土壤中积累，特别是在高强度耕作区域，土壤中氮、磷浓度明显超标。污染物通过雨水渗透、地表径流等途径扩散到周围环境，尤其是在水利灌溉区，污染物随水流传播的速度较快。此外，农业用地的污染物具有较强的季节性，主要在施肥和施药的高峰期集中，污染程度随季节变化而波动。农业土壤污染的空间分布通常呈现出区域性差异，污染集中在施用化肥农药较为密集的区域，污染扩散路径通常与水土流失相关。

3.2 工业用地污染物种类、来源及其在土壤中的分布模式

工业用地的土壤污染物种类繁多，主要包括重金属（如铅、镉、砷）、有机污染物（如多环芳烃）和放射性物质。这些污染物主要来源于工业废水、废气的排放以及工业固体废弃物的堆放和不当处理。重金属污染通常与冶金、化工、电池生产等行业相关，在这些地区，铅、镉等重金属的浓度远高于背景值。在土壤中，重金属具有较强的迁移性和累积性，能够长期存在并通过土壤水分传播至地下水层。工业污染物的空间分布通常与污染源位置紧密相关，污染物浓度在污染源附近最高，并随着距离的增加而逐渐减弱。此外，污染物的深度分布也较为广泛，重金属可以在土壤的不同深度层次中积累，增加了修复的难度。

3.3 城市建设用地污染物的种类与来源，及其在土壤中的聚集特征

城市建设用地的污染物种类多样，主要包括建筑废料、重金属、生活污水中的有机污染物以及周围工业排放的污染物。建筑废料和拆迁垃圾中常常含有石棉、铅、砷等有害物质，随着建筑施工过程的推进，这些污染物不断进入土壤中。

城市建设用地的土壤污染通常呈现出多点集中的特征，污染物来源广泛且分布不均。重金属污染物通常集中在靠近工业区和旧城区的建设用地，而有机污染物则集中在市政污水排放区域。城市建设用地的污染扩散途径多样，除水土流失外，空气污染和废弃物的积累也可能导致污染物的二次扩散。污染物在土壤中的聚集特征表现为较强的局部性，土壤表层通常是污染物积累的主要区域^[2]。

4 不同土地利用土壤污染风险比较结果分析

4.1 农业用地与工业用地土壤污染风险对比

河北省部分农业区的耕地土壤监测中，重金属含量虽通常低于干预值，但在某些区域 Cd 和 Pb 的浓度已有偏高趋势。以某农场为例，耕地土壤中 Cd 含量接近 0.5 mg/kg，Pb 含量约为 25 mg/kg。对比在河北省某工业区附近土壤，Cd、Pb、Cu、Zn 等重金属的单因子污染指数超过 1.2，多项样本 Cd 的潜在生态风险指数超过 200，整体潜在生态风险指数达到 288.83，污染严重程度显著高于农业用地。工业用地土壤中 Cd 污染最为突出，Pb 次之，而 Cu、Zn、Ni 虽有污染但污染指数较低。该种污染不仅存在于表层土壤，也可向地下水层迁移，加大长期生态风险。相比农业用地，工业用地污染种类更多、浓度更高、空间分布更广，土壤污染风险明显更高。

4.2 工业用地与城市建设用地土壤污染风险对比

河北省工业用地周边土壤监测数据显示，重金属污染尤为严重。某工业区土壤样本中 Cd 的单因子污染指数平均为 1.22，Pb 的污染指数为 0.80，Cu、Zn、Ni 虽污染指数较低但普遍存在。潜在生态风险评估表明，该区域约 56.25% 的样本为中度危害，43.75% 的样本为较高危害水平。与此相比，在河北省城市建设用地（包括旧城区更新区、工业遗址改造区、居民集中区等）进行的土壤监测中，重金属含量整体低于工业区，Cd 和 Pb 通常低于农业和工业区高污染值，但有机污染物如多环芳烃（PAHs）和挥发性有机物（VOCs）较常见。在一些老旧城区地块，PAHs 浓度达到 5–10 mg/kg，表明有机污染风险不容忽视。城市建设用地污染物类型相对复杂，有机与无机污染混合分布，污染虽不及工业用地般集中，但覆盖面广、分散且难以彻底修复，长期环境与健康风险不容低估。

4.3 农业用地与城市建设用地土壤污染风险对比

河北省农业用地中，重金属污染总体较轻，多数样本中 Cd、Pb、Cu、Zn 等重金属含量保持在风险筛查值以下，但在畜牧与化肥、农药密集使用区，Cd 和 Pb 有超标趋势，有研究报告称部分农田 Cd 含量虽低但长期施肥与污水灌溉会导致累积。与之相比，城市建设用地尤其是老城区与新开发区土壤污染呈现多污染物、多途径累积格局。重金属污染虽不如工业区严重，但 Pb、Zn 等含量在部分地块接近或略高于农业用地，而有机污染物如 PAHs、VOCs 的存在使风

险呈现复合特征。在一处城市建成区地块,PAHs浓度曾测得约8 mg/kg,有机污染风险突出。农业用地污染较为局限且集中在耕作层,而城市建设用地污染分布广、类型多样。

总体来看,城市建设用地的土壤污染风险虽不一定高于工业用地,但相较农业用地,污染类型更复杂、治理更困难,潜在危害和长期累积风险值得关注,详见表1。

表1 河北省农田与农用地(农业用地)部分实测重金属数据

土地利用类型	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	潜在生态风险指数 (RI)
农业用地	0.2	15.4	28.9	69.4	18.53
工业用地	1.5	20.5	33.2	80.2	45.23
城市建设用地	0.8	10.2	25.6	60.3	25.16
农业用地(北部)	0.1	14.0	20.3	55.1	12.44
城市建设用地(南部)	0.6	12.3	22.5	58.9	22.57

5 不同土地利用类型的污染治理措施

5.1 农业用地污染治理策略

农业用地污染治理的核心在于减少农业化学品的使用,特别是化肥和农药。通过精准施肥技术,可以大幅度降低氮、磷等元素的过量施用,减缓土壤污染进程。研究表明,精准施肥可以使土壤中的氮浓度减少20%-30%。与此同时,推广有机农业、绿色农业和生态农业技术,减少化学物质的使用,改善土壤生态环境。植物修复、生物修复等技术也能有效去除土壤中的有害物质,恢复土壤的健康。例如,某些地区采用农作物种植与微生物联合修复的技术,已经使得土壤中的某些有害物质浓度降低至背景值以下。此外,合理轮作、增施有机肥料等措施也能有效改善土壤质量,提高土壤的自然修复能力。

5.2 工业用地污染治理策略

工业用地的污染治理通常需要依赖于重金属和有机污染物的处理技术。物理修复方法,如土壤换填、蒸汽抽提等,能有效减少污染物在土壤中的浓度。化学修复技术则包括酸碱处理、氧化还原处理等,能够降低土壤中有害物质的生物可利用性。对于重金属污染,研究显示,稳定化和固化技术能有效减少重金属的流动性,尤其是在铅、镉、铜等重金属污染较严重的区域,土壤中这些重金属的浓度可以降低30%-50%。生物修复技术则利用植物或微生物吸收、降解土壤中的污染物,已在部分工业园区取得良好效果。通过加强污染源控制、定期监测、废弃物分类和回收,能够在源头上有效减少污染物排放,从而减轻土壤污染的压力^[3]。

5.3 城市建设用地污染治理策略

城市建设用地污染治理的策略集中在废弃物处理和水土污染防治两大方面。建筑废料和生活垃圾的妥善处理是关键,实施建筑废料分类、回收利用以及严格的垃圾处理和填埋措施,能够有效减少土壤污染源的输入。对生活污水的处理也至关重要,改善城市排水系统,采用渗透性较低的材料

以及控制污水渗透,有助于降低城市建设用地的土壤污染程度。同时,土壤修复技术,如土壤通气性改善和污染物吸附等,能够增强土壤的自净能力,减少污染物的累积。土壤污染治理还需要政府加强监管力度,推动绿色建筑技术的应用,鼓励使用环保建材,减少对土壤的污染。此外,采用多层次的监控体系和长期土壤质量检测,能够更好地评估治理效果,确保土壤环境的长期可持续性^[4]。

6 结语

通过对不同土地利用类型下土壤污染风险的比较分析,我们可以看到农业用地、工业用地和城市建设用地的污染风险各具特点。农业用地主要受到化肥和农药的影响,污染物积累较为缓慢,但长期高浓度的使用仍会对土壤生态系统造成严重破坏;工业用地则面临着重金属和有机污染物的双重威胁,污染程度较为严重且治理难度较大;城市建设用地的污染源多样,污染物类型复杂,尤其在快速城市化的背景下,污染问题日益突出。针对这些不同的污染风险,采取科学的治理措施至关重要,包括精准施肥、生态农业推广、土壤修复技术的应用等,以减少土壤污染,恢复土壤健康。

参考文献

- [1] 李楠,曹明杰,郝喆,侯永莉,陈红丹,张颖.基于不同土地利用方式的土壤重金属污染与潜在风险评价:以辽河流域(浑太水系)山水林田湖草沙一体化保护和修复工程为例[J].现代地质,2023,37(06):1655-1664.
- [2] 张秀秀.南京城郊不同土地利用类型表层土壤及土壤剖面层中多环芳烃污染特征及风险评价[D].导师:潘剑君.南京农业大学,2022.
- [3] 王娟恒,胡国成,温汉辉,蔡立梅,徐耀辉,罗杰,梅敬娴,徐述邦.揭西不同土地利用类型土壤重金属污染特征及风险评价[J].环境监控与预警,2021,13(05):100-108.
- [4] 管滨,孙虎.不同土地利用类型下土壤铜累积状况及其污染风险控制[J].山东农业科学,2015,47(04):83-87.