

耕地土壤重金属污染修复方法研究

宋如

河南广电计量检测有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i8.7116

[摘要] 随着工业、农业等及城市的快速发展，耕地土壤重金属污染问题日益严重，进而引发耕地质量下降、土地利用效率降低、国家粮食安全等一系列问题。开展重金属污染耕地的土壤修复研究，对于有效保障粮食安全、促进生态可持续发展具有重要意义。本文主要针对耕地土壤重金属污染成因、修复的重要性及修复方法进行阐述，以为后续改善我国耕地土壤污染、土壤修复方法创新与改进提供参考，保障粮食安全，促进农业可持续发展。

[关键词] 重金属；耕地土壤；修复方法

Research on remediation methods for heavy metal pollution in cultivated soil

Song Ru

Henan Radio and Television Metrology and Testing Co., Ltd.

[Abstract] With the rapid development of industry, agriculture and cities, the problem of heavy metal pollution in cultivated land soil is becoming more and more serious, which in turn leads to a series of problems such as the decline of cultivated land quality, the reduction of land utilization rate, and national food security. This paper mainly expounds the causes, importance and remediation methods of heavy metal pollution in cultivated land soil, so as to provide reference for the subsequent improvement of cultivated land soil pollution and the innovation and improvement of soil remediation methods in China, so as to ensure food security and promote the sustainable development of agriculture.

[Key words] heavy metals; arable soil; Fixes

引言

土壤是国家发展建设的重要资源，是人类赖以生存和发展的物质基础，对于经济建设发展具有重要作用。在当前我国社会发展过程中，存在着不同程度及类型的土壤污染问题，造成土壤土地资源变质、土壤养分降低等情况，影响后续农业及环境发展，其中土壤重金属污染尤为突出。重金属污染是指土壤中有毒的重金属元素含量过高，例如镉、汞、砷、铅、铬等，目前我国镉污染较为严重。耕地土壤污染对人居生活稳定、人体健康及粮食安全产生巨大威胁。因此，耕地土壤重金属污染耕地修复方法进行研究对于农业和环境可持续发展具有重要意义。

一、耕地土壤重金属污染修复的重要性

（一）保障农业生产和食品安全

土壤重金属污染造成土壤环境质量下降，影响作物生长，且会造成农产品重金属超标。重金属会通过食物链进入人体，

对人体健康产生危害。因此，对重金属污染耕地进行土壤修复是十分必要的。土壤修复可有效减少土壤中重金属含量和有效态含量，恢复土壤肥力，促进农作物产量和品质的提升。这不仅有助于保障农业生产的稳定性和可持续性，还能确保食品安全，进而降低重金属对人体健康的潜在威胁。

（二）促进环境保护和可持续发展

土壤修复可以恢复土壤的自然属性和生态功能，提高土壤的生物多样性和生态服务功能。这有助于改善土壤环境质量，提高土地资源的利用效率和可持续利用水平，为未来的农业生产和生态环境保护提供有力支撑。

二、耕地重金属污染原因

（一）工业排放

随着前期工业化进程的加快，粗放的管理方式，各种工业活动产生的废气、废水和固体废物等含有重金属的污染物排放到环境中，最终通过大气沉降、地表径流和地下水渗透等途径

进入土壤及水体，造成土壤中重金属含量超标。

(二) 农业生产

农药和化肥的使用是农业生产中不可或缺的一环，但过量或不当使用会导致重金属污染。农药和化肥中含有重金属元素，如砷、铅、镉等，长期大量使用会使这些重金属在土壤中积累。农药和化肥的使用还会改变土壤的物理化学性质，影响土壤中重金属的形态和迁移转化。畜禽养殖业的发展带来了大量的畜禽粪便，处理不当这些粪便中的重金属会通过施肥进入土壤。畜禽饲料中含有一定量的重金属，这些重金属在动物体内不能完全代谢，最终随粪便排出。当这些粪便作为有机肥施用到农田时，其中的重金属就会在土壤中积累。

(三) 生活垃圾与污水

生活垃圾中含有多种重金属，主要来源于废弃的电子产品、电池、油漆、化妆品等。生活垃圾被随意堆放或填埋时，其中的重金属会随着雨水冲刷渗入土壤，或者通过垃圾渗滤液污染地下水，进而影响土壤质量，一些地区的生活垃圾焚烧也会产生含有重金属的烟尘，这些烟尘在风力作用下可以扩散到周边地区，污染土壤。污水未经处理或处理不完全直接排放到河流、湖泊或地下，就会通过灌溉或渗透污染农田土壤。

三、耕地土壤重金属污染土壤修复方法

(一) 农艺调控类技术

1. 石灰调节技术

石灰调节技术作为提高土壤 pH 值的常用方法，对于改善土壤环境和促进作物生长具有显著作用。在偏酸性的镉污染稻田中土壤酸性的存在不仅限制了作物的正常生长，还增加了重金属镉的活性，使得作物容易吸收这些有害物质。石灰的施用通过中和土壤中的酸性物质，有效提高了土壤的 pH 值。这一变化降低了重金属镉的活性，减少了作物对镉的吸收，从而保证了作物的安全生产。此外，石灰的加入还能改善土壤的结构，增加土壤的通气性和保水性，有利于作物的根系生长和养分吸收。值得注意的是，石灰调节技术并不适用于所有类型的稻田，特别是存在砷超标风险的稻田，因为石灰会提高土壤中砷的溶解度，使得作物更容易吸收砷元素，增加了作物的安全风险。此方法主要适用于轻中度重金属污染耕地治理。

2. 优化施肥技术

优化施肥技术通过科学合理施用化肥，降低了土壤中重金属的活性，减少了对作物生长的不良影响。在农业生产中化肥的施用是保障作物生长和产量的重要手段，过量使用化肥不仅会增加生产成本，还会导致土壤污染和作物品质下降。优化施肥技术通过精确控制化肥的施用量和种类，确保作物获得足够的养分供应，同时减少了化肥对土壤和环境的负面影响。在

优化施肥过程中需要根据作物的生长需求、土壤的营养状况和气候条件等因素进行科学决策，通过合理施肥降低土壤中重金属的活性，减少对作物生长的不良影响。优化施肥技术还可以提高作物的产量和品质，增加农民的经济收入，促进农业可持续发展。

3. 品种调整与水分调控

针对可食部分重金属富集能力较弱的作物品种进行推广种植，是降低作物对重金属吸收的有效方法。这些作物品种通常具有较强的重金属耐受性和较低的富集能力，能够在重金属污染较轻的土壤中正常生长，并降低重金属在作物可食部分的积累，从而提高食品的安全性。科学调控灌溉时间和水量可以影响土壤的 pH 值，降低重金属的活性，适量的水分供给能够维持土壤的正常结构和功能，促进作物的根系生长和养分吸收。合理的灌溉还能够调节土壤中的酸碱平衡，降低重金属离子的活性和毒性，减轻对作物生长的不良影响。在实际生产中农民应根据作物品种、土壤类型和气候条件等因素，制定科学的灌溉方案，合理调控灌溉时间和水量。通过有效的水分管理提高作物的抗逆性和产量，同时降低重金属在作物中的积累，提升农产品的品质和安全性。

(二) 物理修复方法

物理修复措施主要包括换土、客土、深耕等，其中客土法指在重金属污染耕地土壤中添加物理性质良好、未受污染的土壤；换土法是将被污染的耕地土壤全部或者部分替换；深耕则是通过机械手段打散土壤以达到稀释目的。因此，物理工程措施是一种比较经典的修复技术，具有操作简单、修复彻底等优点，但容易导致土壤肥力下降和污染土壤的二次处理问题，仅适用于小面积和污染更严重的土壤的处理，并不是理想的修复技术，不推荐使用。

(三) 化学修复方法

化学修复方法主要包括化学淋洗和钝化剂修复。

(1) 化学淋洗是指在污染土壤中添加化学淋洗剂，在淋洗剂的冲洗作用下将土壤中的重金属从土壤固相分离到淋洗液中，并进行固液分离。常用的化学淋洗剂包括无机盐、无机酸、有机酸、螯合剂及表面活性剂等。化学淋洗法可以将重金属从土壤中分离，用时短，可以较快速度达到清洁污染土壤的目的，但是化学淋洗法对土壤理化性质破坏较大，容易造成土壤营养元素的流失和加大渗透液污染地下水的风险，且化学淋洗之后的废水处理起来工程量巨大，导致相应的成本增加，因此，化学淋洗法不适用于大范围内重金属污染耕地土壤的修复[

(2) 钝化剂修复。钝化修复技术指通过调节土壤理化性

质以吸附、沉淀、离子交换、腐殖化、氧化-还原等一系列反应，将土壤中的有毒重金属固定起来，或者将重金属转化成化学性质不活泼的形态，降低其生物有效性，从而阻止重金属从土壤通过植物根部向农作物地上部的迁移累积，以达到治理污染土壤的一种修复技术。钝化不一定改变污染物及其污染土壤的物理、化学性质，是通过加入某种试剂（通常磷酸盐、硫化物和碳酸盐等都可以作为污染物钝化剂）来降低污染物的溶解性、流动性和毒性，即通过降低污染物的生物有效性，实现其无害化或者降低其对生态系统危害性的风险。

钝化技术通常不破坏污染物，只是阻止这些物质进入环境危害人体健康，利用化学、物理或热力学过程使有害废物无毒害化，将特殊添加剂或试剂与污染土壤混合以降低污染物的物理、化学溶解性或在土壤中的活泼性。在农田土壤修复中多采用原位钝化技术。原位技术不需要将污染土壤从污染场地挖出，而是直接将修复物质添加到污染土壤中进行相互混合，这时需要利用农业耕翻，混合处理后的土壤留在原地，这一过程节约了运输费用。

（四）生物修复方法

生物修复是指利用特定的生物吸收、转化、清除或降解环境污染物质，实现环境净化、生态效应恢复的生物措施，主要包括植物修复、微生物修复和动物修复。该方法因具有成本低、操作简单、无二次污染、处理效果好且能大面积推广应用等优点，是被认为最有发展前景的污染修复技术。

1. 植物修复

植物修复是一种不破坏土壤生态环境情况下治理重金属污染的新途径，是利用绿色植物来转移、容纳或转化污染物使其对环境无害。这种方法通过种植特定的植物（称为超积累植物），利用植物的吸收、积累和转化能力来减少土壤中的重金属含量。植物修复通常适用于处理轻度至中度污染的土壤，尤其是大面积的污染区域。在实施植物修复时选择适合当地环境条件且对特定污染物具有高吸收能力的植物种类，这些超积累植物能够将土壤中的重金属吸收到根部，并通过植物体转运到地上部分。随着植物的生长，重金属在植物体内积累，最终可以通过收割植物地上部分的方式将重金属从土壤中移除。植物修复的优点包括环境友好、成本相对较低、能够改善土壤结构和肥力，以及在视觉上美化污染区域。

2. 微生物修复

微生物修复是利用微生物，如细菌、真菌、放线菌和原生动物的生命代谢活动富集、分解或清除生长介质中的污染物。是利用活性微生物对重金属吸附或转化为低毒产物，从而降低重金属污染程度微生物包括细菌、真菌和藻类等，它们能够通

过氧化还原、甲基化、脱氯等生物化学反应改变污染物的化学形态，从而降低其毒性和迁移性。微生物修复适用于处理有机污染物和某些重金属污染的土壤。在实施微生物修复时对土壤中的污染物进行分析，确定适合的微生物种类和修复策略。通过添加特定的微生物菌剂、提供适宜的营养物质和环境条件来促进微生物的生长和代谢活动。微生物通过与污染物接触并发生生物化学反应，将污染物转化为无害或低毒性的物质，或者将其固定在土壤中，减少对环境的危害。

（五）综合修复方法

联合修复就是采用两种或两种以上的修复技术对污染土地进行修复，可以克服传统单项修复技术存在的缺点，对污染土地有更好的修复效果 [12]。目前较为常见的联合修复方法是将物理和化学修复方式结合、物理和生物修复方式结合以及化学和生物修复方式结合。联合修复技术存在与多个修复技术有效融合的可能性，是目前的研究热点之一，但联合修复技术还处于实验模拟阶段，其操作成本以及联合修复之间是否会产生不良影响、是否能切实大规模应用于污染土地治理修复等问题还有待进一步研究。

结束语

总之，重金属污染耕地的土壤修复是一个复杂而艰巨的任务，需要综合运用多种修复方法和技术手段。未来，应加强对土壤修复技术的研究和创新，提高修复效率和质量，同时加强政策引导和支持，推动土壤修复产业的发展；还需要加强公众对重金属污染耕地问题的认识和重视，共同推动生态环境的保护和可持续发展。

[参考文献]

- [1]袁静, 刘丽, 王小茹. 重金属污染土壤的修复技术与方法研究[J]. 农业开发与装备, 2022, (12): 107-108.
- [2]欧莉莎. 土壤有机磷农药污染及其修复方法研究进展[J]. 乡村科技, 2022, 13(23): 156-158.
- [3]余锡军. 污染土壤的修复方法在生态环境保护中运用分析[J]. 科学技术创新, 2022, (36): 10-13.
- [4]周炜强. 污染土壤修复系统和修复污染土壤的方法[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(21): 134-136.
- [5]张健. 浅谈重金属污染土壤的修复技术及修复方法[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(20): 123-125.
- [6]郭青. 生态保护视域下土壤污染与土壤修复问题探讨[J]. 资源节约与环保, 2022, (10): 25-28.
- [7]鞠雪峰. 土壤重金属污染修复方法研究[J]. 资源节约与环保, 2022, (10): 121-124.