

Soil Environmental Quality Assessment and Ecological Restoration Strategy

Kemeng Xu Dongdong Zhou

Wuhan Zihuiyuan Environmental Protection Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

As a vital component of terrestrial ecosystems, soil environmental quality is crucial for ecological security and sustainable development. Recent human activities have exacerbated soil pollution, posing threats to agricultural productivity, ecosystem stability, and public health. This study systematically examines major soil contamination types and their causes, analyzes current environmental conditions, and highlights the primary impacts of heavy metals and organic pollutants. By evaluating existing assessment standards and changes in soil physicochemical properties, the research proposes scientific evaluation frameworks and underscores the importance of establishing comprehensive indicator systems and monitoring networks to enhance management practices. The paper synthesizes ecological restoration theories, evaluates typical remediation technologies (including plant-based, microbial, and physicochemical approaches), clarifies their applicability and effectiveness, and discusses critical considerations for ecological function restoration and long-term management mechanisms. Findings indicate that rigorous evaluation and integrated remediation strategies are essential for safeguarding soil resources and advancing green development.

Keywords

soil environmental quality; ecological restoration; soil pollution; evaluation system; restoration technology

土壤环境质量评价及其生态修复策略

徐克猛 周栋栋

武汉智汇元环保科技有限公司, 中国 · 湖北 武汉 430000

摘要

土壤作为陆地生态系统重要基质, 其环境质量关乎生态安全与可持续发展。近年来, 人类活动使土壤环境污染问题凸显, 威胁农业生产、生态系统稳定及人类健康。本文梳理了主要土壤污染类型及成因, 分析土壤环境质量现状, 强调重金属、有机污染物等对土壤环境质量的主要影响。依据现行评价标准与土壤理化性质变化, 探讨科学评价思路, 指出综合指标体系及监测网络建设对提升管理水平的重要性。归纳生态修复理论基础, 分析植物、微生物、物理化学等典型修复技术, 阐明适用条件与效果, 论述修复中需关注的生态功能恢复及长期管理机制。研究表明, 强化评价、综合运用修复策略是保障土壤资源安全、促进绿色发展的关键。

关键词

土壤环境质量; 生态修复; 土壤污染; 评价体系; 修复技术

1 引言

土壤作为陆地生态系统的基础, 对生态安全、农业生产及环境健康起着不可替代的支撑作用。然而, 中国生态环境部数据显示, 近年来全国土壤污染形势严峻, 多地重金属和有机污染物超标问题突出, 直接威胁粮食安全与公众健康。工业化和城市化的快速推进, 叠加人为排放污染物、过度使用农药化肥、随意丢弃废弃物等行为, 导致土壤质量持续恶化。尽管国内外学者致力于构建融合合理化指标、生物特

征与污染物含量的综合评价体系, 但指标选取、监测点布局及评价技术仍存在明显短板, 值得优化。

2 土壤环境质量现状与主要污染类型

2.1 土壤环境质量的现状及生态意义

土壤是陆地生态系统极为重要的一部分, 土壤环境的优劣会极大地影响整个生态系统能否稳定运行, 以及能否正常发挥作用, 伴随工业的迅猛发展城市规模的愈发庞大, 加之农业生产方式欠缺科学合理性, 土壤污染问题愈发严峻土壤质量显著降低, 这给农业生产生态平衡人类长远发展均带来了极大威胁^[1]。当下众多区域土壤内部有害有毒物质愈发积聚远超安全标准, 污染范围持续扩大, 土壤原本具备的肥力, 以及净化环境储存水分等功能均被极大破坏, 健康土壤

【作者简介】徐克猛 (1994-), 男, 中国湖北武汉人, 硕士, 工程师, 从事土壤及地下水环境保护, 生态环境研究及规划研究。

既是农作物能够长好长壮最根本物质基础，又是水分循环养分循环储存碳元素这些关键过程主要场所，它在保护物种多样性调节全球气候方面发挥着别人替代不了至关重要作用。土壤环境质量要是恶化了那肯定会给生态平衡造成长久的影响，并且也会给粮食安全和人类健康形成隐性的威胁，精准监测土壤质量加上严密管理，已经成为生态保护和资源可持续利用的最重要课题。

2.2 主要土壤污染类型及成因分析

土壤污染种类主要涵盖重金属污染，有机污染物聚集以及多种污染物混合侵害状况，重金属污染大部分源于工厂废气废水排放，矿山挖掘活动以及化肥农药过度喷洒使用，这些物质的特点是极难降解且易大量堆积，直接破坏土壤颗粒结构同时严重减少微生物种类数量，有机污染物主要源于农田喷洒大量农药，原油管道破裂泄漏以及垃圾随意掩埋填埋场。这些物质的特点是容易随水流四处扩散流动，对土壤保肥能力以及整个生态系统正常运转的破坏极为严重，多种污染物混合侵害情形不但涵盖不同化学物质彼此间相互反应而形成新的危害，还会出现细菌病毒等生物污染迅速传播且加重破坏的联合效应，给整个生态系统的稳定状态带来更为持久且广泛的损害。污染主要是因为人类活动太频繁强度太大，加上资源被过度开采开挖造成的，经济发展和环境保护没有好好平衡协调导致污染情况越来越严重，长期没有有效治理进一步严重损害了土壤的环境质量，要想真正将土壤污染治理好最为关键的基础工作，便是把各类污染类型及其主要原因彻底弄明白且搞准确。

2.3 土壤污染对生态系统与人类健康的影响

土壤污染通过破坏土壤结构以及理化性质对植物生长和微生物群落动态产生影响，致使生态系统功能出现紊乱，有毒物质的累积以及迁移对食品安全和水资源质量形成威胁，使得人类罹患疾病的风险增加并危害公众健康。

3 土壤环境质量评价体系与技术进展

3.1 土壤环境质量评价标准与指标体系

土壤环境质量评价标准与指标体系是污染防控和管理的关键基础^[2]。当前评价标准主要依据土壤污染物浓度背景值、生态系统类型及健康风险制定，涵盖环境基准值、风险阈值及适用场景分类等核心要点，对保障生态功能、粮食安全及居住环境健康至关重要。指标体系建立需综合考虑污染物性质、生态敏感度及区域环境特点，涉及重金属、有机污染物、土壤酸碱度等关键指标。新技术如土壤样品分析、多源数据融合及地理信息系统空间评估技术，能清晰呈现污染现状及演变趋势，推动评价体系不断完善，显著提升评价的精确性与可靠性，为土壤监测与修复实践提供强有力的技术支撑。

3.2 评价过程中关键理化性质的变化及意义

在整个污染评估过程当中土壤肥力特征的变化一直存

在着，对于判断污染的轻重程度以及选择治理方法来讲发挥着关键的作用，土壤有机质酸碱度重金属含量以及养分分布情况等数据，能清晰显示土壤是否健康及污染严重程度，土壤有机质的数量直接决定着微生物的活跃程度和养分的转化速度，一旦数量减少就会导致土壤能力下降。重金属含量增加就说明已经出现毒害危险，土壤酸碱度变化明显影响养分能否被植物吸收，及微生物能否正常工作，通过怎样持续跟踪这些重要肥力特征的变化，能够为准确判断土壤环境的好坏提供扎实的数据支持，让修复技术用得更准更有效，从而让土壤管理变得更加科学更加全面。

3.3 土壤环境质量监测网络与信息化建设

土壤环境质量监测网络和信息化建设，对保护土壤资源实现可持续发展有极大的助力，构建一套高质量的监测体系能更为迅速地把握土壤污染的最新情形，为剖析问题与拟定对策给予可靠的数据支撑，利用信息化平台能够促使数据整理与共享的速率加快，使不同地区及部门间的合作管理更为通畅并且增强土壤污染的预先警示和紧急处置能力，最终达成土壤环境的精准检测与智慧化管理。

4 生态修复理论基础与主要修复技术

4.1 生态修复的基本理论与流程

生态修复以生态系统理论为依据通过人工干预促进受损生态系统自身修复的过程，其核心体现在修复土壤生态系统的功能，及可持续性方面，土壤生态修复务必遵循系统性、适应性以及协同性这三大原则，着重于自然生态过程的基础之上实现污染物去除和生态功能恢复这两大目标，修复流程一般包含污染评价和诊断目标设定，技术选取与实施以及效果监测这四个阶段^[3]。修复的起点是污染评价与诊断，它通过解析土壤污染的成分性质和分布为后续技术选择提供依据，修复目标设定必须融合环境管理标准以及区域生态特征，保证技术选择的适宜性，在技术实施过程中需着重对改良修复条件予以重视，并且要实现资源的高效能运用，效果监测承担着证实修复效率，以及指引长期管理的功能。生态修复的理论框架加上规范流程，为各种修复技术的实际操作提供了系统可靠的科学依据和指导支撑。

4.2 植物修复微生物修复及物理化学修复技术

植物修复、微生物修复与物理化学修复是当前土壤生态修复的常用技术，各有独特优势与适用场景。植物修复通过筛选超积累重金属的特殊植物，吸收或固定土壤中的重金属，或分解有机污染物，具有环境友好、成本较低的特点；微生物修复利用土壤中原有的细菌和真菌，通过新陈代谢将污染物分解或转化为无害物质，尤其适用于有机污染治理；物理化学修复则采用化学药剂如改良剂、淋洗剂，或物理手段如高温加热固化封存污染物，直接降低其活性或清除污染源。三种技术联合应用，可在不同污染场地实现协同增效，为成分复杂、污染多样的土壤提供切实可行、操作性强的修

复方案。

4.3 各类修复技术的适用性及应用效果

各种修复技术在实际运用时其效果与适用范围皆存在差异,植物修复适合污染比较轻的土壤,植物根系把污染物吸走慢慢把土壤清理干净,花费少而且对环境很友好,微生物修复主要用于处理有机污染物和部分重金属污染,其降解污染物的速度快且效果好,但对温度酸碱度等环境条件要求很高。物理化学修复对于污染极为严重的土壤颇为适宜,能够运用吸附抑或冲洗之类的手段极为迅速地将污染物予以去除,然而其耗费巨大,并且在使用化学药剂之后极易把土壤原本的结构以及肥力予以破坏,到底选哪种修复技术必须根据这片土壤具体污染情况来决定,同时一定要重点考虑修复完很多年以后对生态环境会不会还有坏影响。

5 土壤生态功能恢复与环境管理对策

5.1 土壤生态功能恢复需要关注的问题

土壤生态功能恢复是土壤污染治理与长期利用的关键,需重点关注生态结构完整性、生物多样性及土壤理化性质平衡^[4]。污染物会损害土壤微生物活性与养分循环,降低生态功能,影响修复效果。修复时应精准定位受损关键功能,针对性修复,并促使养分循环与微生物系统恢复平衡。修复措施可能改变土壤性质,如酸碱度、有机质含量等,需全面评估其长期影响。同时,连接周围景观、重建生态系统服务功能也至关重要,应作为功能修复的主要部分。根据当地实际,灵活结合多种修复技术,并确保技术与自然环境条件相匹配,是彻底修复土壤生态功能的可靠途径。

5.2 修复过程中的长期管理与政策机制

加强制度保证对保证土壤生态功能恢复能够长期保持下去十分重要,科学管理需格外注重对已修复区域展开实时监测以及效果评估,迅速把控土壤物理化学性质和生态状况究竟产生了何种变化,如此方可持续优化修复手段,制度保证需大力推进污染责任制度及生态补偿制度的切实落地施行,强化致使污染的单位或个人的整治责任意识与修复责任担当。必须全面优化土壤环境保护的相关法律法规,构建多部门协同合作的工作机制强化修复项目的实际执行效率与监管力度,在制度的制定过程当中一定要着重把财政资金支持以及市场化运作方式纳入其中,给修复技术研发以及大规模推广给予充足的资金支撑,管理高效与制度配合相结合便

能切实推动土壤修复工作全面展开,实现生态功能长期稳定恢复的目标。

5.3 生态修复策略的综合选择与实践路径

选择生态修复策略应依据污染种类土壤特性及周边环境条件予以确定,同时要全面考量污染物的来源扩散途径与最终期望达成的修复目标,科学合理地制定多种技术的组合方案,植物修复微生物修复物理化学修复这些方法得依照各自最为适宜的情形联合运用,才能够达成又快又好的修复成效,同时使土壤的生态功能真正恢复至正常状态。可以建立一些区域性的修复示范工程来强化各种技术的整合和实时效果评估,从而促进修复策略真正落地实施,要全力完善政府企业科研单位等多方协同参与的合作机制,将土壤生态监测以及后期管理的全部内容,统统纳入其中,把土壤修复工作和整个生态治理工作紧密地结合在一起,最终促使土壤环境质量获得持久的改善达成可持续发展的目标。

6 结语

本文聚焦土壤环境质量评估与生态修复规划,剖析了重金属、有机物污染及酸化、盐碱化等污染类型,指出其源于工业废弃物、农药化肥滥用等,危害农作物、地下水及人体健康。通过梳理现行土壤环境标准与风险管控指标体系,探讨布点采样、实验室检测等监测评价方法,提升了土壤环境管理能力。修复方案选择上,分析了植物、微生物及物理化学修复技术,明确其适用场景、成本、周期及效果,强调生态与生物多样性恢复的重要性。建立长期监测等管理制度可确保修复效果持久。本研究为修复技术选择与评价体系完善提供理论支撑,也为土壤保护政策法规指明方向。但土壤修复仍面临污染物复杂、方法适配难等挑战,未来需攻克联合防控难题,建设智能监测平台,推动技术与产业融合,为国家生态文明建设提供坚实科学基础。

参考文献

- [1] 乔瑞娟,阮海英,袁朕辉,郑飞.土壤环境质量评价与类别划分研究[J].区域治理,2020,(38):0110-0110.
- [2] 程洪亮.土壤环境监测技术规范中的土壤环境质量评价问题[J].区域治理,2020,(29):0176-0176.
- [3] 张渐.探讨土壤环境监测技术规范中的土壤环境质量评价问题[J].建材发展导向,2020,18(14):93-93.
- [4] 陈海燕.土壤环境监测技术规范中的土壤环境质量评价分析[J].节能与环保,2020,(09):45-46.