

土壤污染来源及其危害与防治简析

陈 创*, 陈方伟, 曾 剑, 汤恒佳, 郭 军

中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南 长沙

收稿日期: 2022年6月1日; 录用日期: 2022年6月29日; 发布日期: 2022年7月6日

摘 要

土壤是人类生产关系中的核心关系, 国民经济各行业的发展离不开土壤。近年来, 随着人口的迅速增加, 工农业蓬勃发展, 土壤污染问题日益凸显, 已经严重影响到了食品安全与农业可持续发展, 本文概述了我国土壤污染现状及危害, 分析了造成土壤污染的主要原因, 对土壤污染保护和修复提出了合理的建议和对策, 对我国土地资源保护及生态文明建设具有促进作用, 同时对提高人类社会可持续发展具有重要意义。

关键词

土壤, 污染, 来源, 危害, 防治

A Brief Analysis of Soil Pollution Sources and Their Hazards and Prevention

Chuang Chen*, Fangwei Chen, Jian Zeng, Hengjia Tang, Jun Guo

China Geological Survey Changsha Natural Resources Integrated Survey Center, Changsha Hunan

Received: Jun. 1st, 2022; accepted: Jun. 29th, 2022; published: Jul. 6th, 2022

Abstract

Soil is the core relationship in human production relations, and the development of various industries in the national economy cannot be separated from soil. In recent years, with the rapid increase of population and the flourishing of agriculture and industry, the problem of soil pollution has become increasingly prominent, which has seriously affected food safety and sustainable agricultural development. This paper outlines the current situation and hazards of soil pollution in China, analyzes the main causes of soil pollution, and puts forward reasonable suggestions and coun-

*第一作者。

termeasures for soil pollution protection and remediation, which is of great significance to the protection of land resources and ecological civilization construction in China, as well as to the improvement of sustainable development of human society.

Keywords

Soil, Pollution, Sources, Hazards, Prevention

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

土壤为植物提供必需的营养和水分，而且也是土壤动物赖以生存的栖息场所，因此人类从土地中得到赖以生存的衣食住行的基本条件。土壤孕育万物，是中华民族世代赖以生存和发展的基础，它的重要性不言而喻。但是近年来，随着人口的迅速增加，工业蓬勃发展，城市固体废物、工业废水及大气中有害废弃等污染物不断向土地中渗入，严重阻碍了土地正常功能，影响了土地的生物多样性，降低农作物产量和质量，并通过食物链进一步影响人体健康。那么土壤污染程度及其危害有多大？土壤污染来源有哪些？对于日趋严重的土壤污染问题我们应该怎么做呢？国外早在 70 年代就已经对大气重金属干湿沉降开展了研究，只不过当时重视不够，90 年代后虽然土壤污染得到了有效治理，可是部分地区土壤重金属污染浓度却不断在增加。我国在 20 世纪 90 年代开展了一些土壤重金属污染的初步研究，2000 年后开始研究城市土壤重金属，现在已有多个省份进行了土壤重金属污染状况的调查研究，取得了一些有意义的结果，2006 年国家环保局主持开始全国土壤污染状况调查工作。总体而言这方面的研究正处于上升期，今后将更为人关注，研究也会更加深化。通过本文，可以基本了解我国土壤污染危害和来源及防治措施，但是由于工农业的逐步发展，土壤污染也会相应发生变化，应该纠正“先污染后治理”的做法，提倡预防为主污染防治模式，对促进土壤良性发展具有重要意义。

2. 土壤污染危害不可低估

当前，我国土壤环境的总体情况形势依然严峻，而且部分地方污染越来越明显，已成为全面建设小康社会的明显短板之一。2005 年 4 月至 2013 年 12 月，从我国开展的初次全面土壤污染现状调查资料来看[1]，我国的土壤环境状况不容乐观，尤其是工矿山废弃地的环境问题。据统计，全国土壤污染总量超过 16.1%。根据污染的严重程度，其中重污染、中度污染、轻污染点位分别占 1.1%、1.5%和 2.3%。根据污染类型，土壤污染类型以无机污染为主，有机污染次之，复合污染最少。其中，无机污染类型占主要污染类型，占总量 82.8%。从污染分布情况看，南方土壤污染重于北方；另外，长江三角洲、珠江三角洲和东北老工业基地等一些地区的土壤环境问题也比较严重[2]。据统计，全国每年有大约 1200 万吨粮食受到重金属污染，损失约为 200 亿人民币。其中天津市的污染率最高，超过 70%，见图 1，主要是由于农田土壤中的污水灌溉比例很高。湖南省、广西壮族自治区、贵州省和广东省的污染率分别为 55.93%、36.25%、38.75%和 30.80% [3]。湖南的粮食受重金属污染也比较严重，主要原因是湖南是中国的“有色金属之乡”，也是中国最大的水稻生产地，湘江流域的矿业开采和冶炼对流域的水体、土壤、农作物产生了严重的污染，尤其是衡阳水口山和株洲清水塘冶炼区重金属污染十分严重[4]，对农业生产和人民的身体健康构成了极大的威胁。2013 年的湖南“镉米”事件更是让人恐慌，湘江流域污染治理已成为湖南省的燃眉之急。

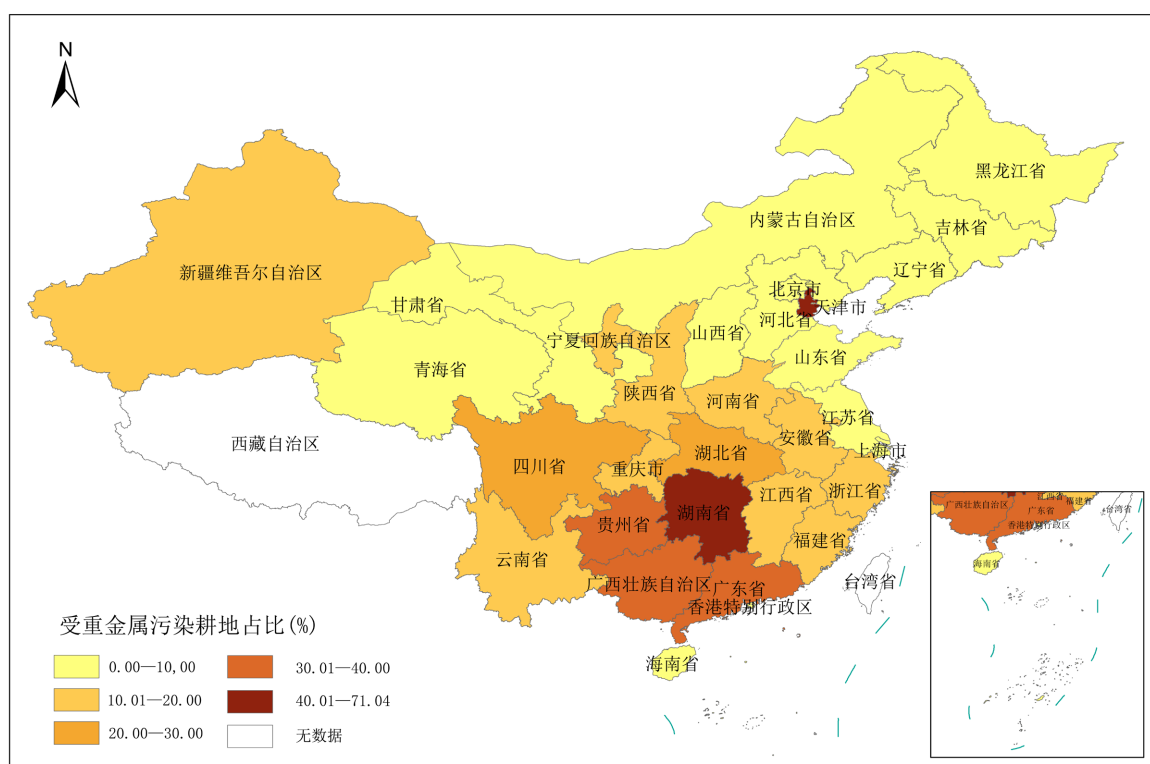


Figure 1. Rate of heavy metal contamination of arable land by province (data source “Impact of heavy metal contamination of soil on food safety in China”)

图 1. 各省耕地受重金属污染率(数据来源《土壤重金属污染对中国食品安全的影响》)

2.1. 对植物的危害

土壤中的重金属可引起植株高度、主根长度、叶面积等一系列生理特性的变化。这主要是由于植物体内的重金属能诱导其体内产生某些对酶和代谢具有毒害作用和不利影响的物质，这些物质会对人体的酶和代谢造成不良的影响，例如 H_2O_2 (过氧化氢)、 C_2H_2 (乙炔)等。在一定程度上，重金属对植物体内的钙、镁等矿物元素的吸收、运输具有明显的抑制作用。施用镉后，小麦幼苗叶片和根系生长均有显著的抑制作用，茎叶和叶片中镉含量增加，铁、镁、钙、钾等养分含量降低。

2.2. 对土壤动物的危害

由于各种重金属元素在泥土中的富集，对土壤动物的生存繁殖带来了严重威胁。土壤重金属含量对蚯蚓、线虫等无脊椎动物数量、丰富度、生物数量和群体构成等有直接影响。经调查发现沙质平原土壤蚯蚓数量明显高于受重金属污染的疏浚底泥土壤的蚯蚓数量。

2.3. 对土壤酶的危害

另外，作为一种生物催化剂，可以作为一个敏感的生物指数来反应土壤的肥力，它可以更好地反映其强度和方向。土壤酶活力受到土壤物理、化学和生物活性的影响，而环境污染对土壤酶活力影响很大，所以在某种意义上能反映出土壤的环境条件。

2.4. 对人体健康的危害

研究发现，土壤污染会导致土壤有机质的下降，对生物造成一定的影响，会引起一系列的连锁反应

进一步对环境造成污染。从而使得污染物流入到食物链中。土壤特别是地表土壤中的重金属很容易侵入人体内，对人类的健康构成直接的危害[5]。比如：被污染的土地向地下水中渗透，这些污染物在植物中积累，然后被草食动物和禽类吸收，最后被人类吃掉。如果摄取或吸入过量的镉，就会引起骨质疏松、骨折的发生几率[6]。如果血液中的铅质量比为 600 ug/g~800 ug/g 时，会引起多种动物的生殖功能下降，免疫力下降，出现头晕、头疼、记忆力减退、腹部疼痛等一系列症状。长期摄入含铬食物，人体会发生不同程度的皮肤、呼吸道损害，甚至会产生溃疡、发炎等症状。长期吸入镍会导致鼻癌、肺癌、接触性皮炎、肺炎等疾病。当汞进入人体后，会与身体中的很多具有负电性的基团(例如巯基)结合，从而影响能量生成、蛋白质和核酸合成，阻碍细胞的正常发育和功能发挥。土壤、地下水、食物链等污染物质能引起多种疾病，导致人类死亡率过高，其短期的急性影响包括中毒或腹泻，长期的慢性影响包括癌症。癌症的产生和发展与土壤环境中锡元素质量分数有关，居住在锡元素质量分数高的地区的人群癌症死亡率较高。由此可见，土壤重金属污染对人体产生的危害极大！

3. 土壤污染来源多样令人担忧

杀虫剂、肥料不合理使用，大气污染物和固体废物排放等是导致土壤污染的主要原因见图2。当前，我国农药生产量居全球第二位，但商品结构不合理，质量较低，商品中杀虫剂占 70%，致使农药残留，带来严重的土壤污染。工业生产排放的各种废气、废水和废渣富含放射性元素，不可避免地随天然沉降、雨水冲刷和废弃物堆积而污染土壤。土壤一旦被放射性物质污染就很难自行消除，只能天然衰变为安稳元素，还可能通过食物链进入人体。此外，石油、多环芳烃、多氯联苯、甲烷、有害微生物等，也是土壤中常见的有机污染物。



Figure 2. Industrial wastewater discharge
图 2. 土壤重金属污染

3.1. 滥用农用物资

土壤有机污染物主要是化学农药。当前很多运用的化学农药约有 50 多种，包富含有机氯农药、机磷农药、氨基甲酸酯类、苯氧羧酸类、苯酚、胺类。据国家统计局数据表明，全世界年均农药使用量超过一百八十万吨，其中作物利用量只占了百分之三十到百分之四十之间，其余主要在土壤中积累。在肥料利用方面，全世界每年化肥超过六千万吨，约占全球总量的百分之三十以上，但很多地方肥料的使用率却只有百分之三十五左右，每年有一千万吨氮素转变为进入土壤环境中的污染物。肥料使用过多会造成氮素过剩，不但会造成水污染和大气污染，最终还会损害土地的土壤生态系统。同时，随着当前规模化

牲畜养殖业的疾速发展，牲畜粪便和垃圾的排放量也在迅速增加。这里还含有大量的致病菌、重金属，且常年作为有机肥施用，对耕地土壤形成了巨大污染。大量的家畜饲养、养殖场有机肥施用以及污水灌溉对土壤环境造成影响，导致部分农田土地的砷、镉、铜、锌等重金属浓度严重超标，对人类身体健康的影响很大。

3.2. 大气污染物排放

大气污染物排放主要来源于石油化工、煤气高温焚烧、工业重金属冶炼、机动车废气污染等有害物质，主要包括镉、铅、铬、锌、钴等重金属，此外还有二氧化硫、氟化物、氮氧化物、多环芳烃、杂环化合物等。它们以降尘及伴随降雨的形式流入农田，造成污染。在特定的大气环流背景下，即使不使用任何大气污染物沉降，一些地方也会受到周围空气的影响，工矿和马路旁的农田几乎每天都遭受降尘污染，导致土壤污染的不断恶化。



Figure 3. Industrial wastewater discharge
图 3. 工业废水排放

3.3. 固体废弃物堆放与处置

固体废物污染主要来自农业生产加工垃圾、城乡生活垃圾以及工业废水见图 3 和生活污水等。除占用土壤以外，还会累积大量的固体污染，形成大量氨氮、硫化物等危险废气和酸、碱有机废水，再经过大气迁移、扩散、沉降、降水、地表径流等综合作用，逐渐转变为毒性液体，并渗入土壤污染严重的农田[7]。另外，在拆解、回收使用过程和处置中对废弃电器设备及垃圾的不当处置，也会产生大量重金属、多氯联苯和芳香烃类化合物等有机污染物直接进入土壤并造成污染。

4. 土壤污染防治利泽千秋

土壤污染是一种无形的污染，已经引起国家的高度重视。2018 年 3 月 31 日十三届全国人大常委会第五次会议表决通过的《中华人民共和国土壤污染防治法》是我国首次制定专门的法律来规范防治土壤污染。土壤污染防治法的出台实施，是贯彻落实党中央有关土壤污染防治的决策部署，也有助于完善生态环境保护，更为开展土壤污染防治工作，扎实推进净土保卫战提供法治保障。土壤污染防治法明确了坚持预防为主、保护优先、分类管理、风险管控、污染担责、公众参与的原则。

4.1. 对个人来说

作为普通人，我们应该积极参与，选择可持续方式生产的食品，妥善回收电池等危险物品，养成环

保的生活习惯。比如少用一些不被降解的塑料袋等物品,多买一些环保的食物,让生产者减少使用化肥、杀虫剂,从而降低土壤的污染;不要乱砍滥伐,破坏原有的植被和土壤;生活垃圾具体分类,减少土壤的污染。提高自身保护意识,少食富含重金属单质的食品,如松花蛋(含铅)等,尽量避免饮用被土壤中重金属污染的食物和饮用水;注重于餐具的选择;减少使用带有重金属成分的化妆品;减少在重金属污染地方的工作时间等,在一定程度上能降低重金属进入人体。此外,从更广泛的角度来说,即我们自己生活的圈子,我们应该倡导可持续的农作方式。再通过网络、书籍等载体,进一步了解土壤的基本情况。如若发现有破坏环境、危害土壤的违法行为,可以通过 12369 热线向环境保护机构进行举报,维护生态环境,为全人类创造一块“净土” [8]。

4.2. 预防和治理

加强对土壤的综合防治,严控工矿“三废”污染,提高城市垃圾分类堆放和矿区尾矿库的防渗入、抗渗漏等能力,避免污染物直接流入水体、大气和土壤,减少对土壤的腐蚀和毁坏等破坏损害;增强对农业生产过程的环保监督管理,加强对化肥、杀虫剂、农膜使用过程的环保安全监督管理,鼓励农民秸秆还田;大力提倡科学施药,健全农药及包装容器等的垃圾处理制度;加强粪便综合利用与处理设备配套,强化灌溉水水质监测,争取达到“零排放” [9]。

4.3. 进行土壤修复

采取土壤修复。土壤修复是使被污染的土壤通过一定的科学方法恢复至以前好的状态,从而满足植物生长的环境需求,同时也保障了人们的食物安全等[10]。根据土壤污染程度,选择合适的方法进行土壤污染治理,通过物理、化学以及生物等修复方式使得土壤中的有害物质分解、转化、吸收降解至最低,达到可种植作物的目的[11]。

4.3.1. 物理修复

物理修复[12]是指利用不同的物理方法,把被污染的土地从被污染的地方挖出,然后在原来的场地上对污染土壤进行修复,比如将污染的土壤盖上新土,这样直接避免了污染物的扩散或被结果作物吸收被人们进食;还有如热力学修复就是利用高温来使得土壤中的有毒物质发生一些物理或者化学反应达到从土壤中除去或分离出污染物的技术见图 4。



Figure 4. Before and after soil remediation in a metal mine in Guizhou

图 4. 贵州某金属矿土壤修复前后对比

4.3.2. 化学修复

化学修复是在被污染的土地上,直接进行修复或处理,而不会将被污染的土地直接移走。将化学成分添加到土壤中,让这些药剂和污染物发生化学反应,使土壤中的污染物减少达到去除毒性的效果。

4.3.3. 生物修复

生物修复其基本原理是通过生物对有毒、有害物质进行分解, 从而实现对土壤中污染物的降解, 包括微生物修复、植物修复、动物修复、动物生物联合修复, 例如引进蚯蚓、培育超级富集植物等[13]。

5. 结语

在不被污染的情况下, 形成 1 米厚的土壤大约需要 18000 年。也就是说, 在我们有生之年, 我们不能再制造出更多的土地了。土壤会影响我们的饮食, 饮水, 呼吸的空气, 我们的健康, 以及地球上的一切生命。由于人为的污染, 土壤正在承受巨大的压力, 土地退化的速度已经危及到子孙后代的生存和发展。如果没有肥沃的土地, 我们就不能种植谷物, 我们的 95% 的食物都是直接或间接来自土地, 良好的土壤是保证食品安全和人类可持续发展的关键, 它可以帮助维持粮食生产, 减缓和适应气候变化, 过滤水源, 提高抵御洪涝和旱灾的能力。面对日益严重的土壤污染严峻形势, 相关部门应该高度重视, 针对土壤污染专项立法, 对工矿行业的排污情况加以控制, 倡导以预防为主污染控制模式, 并通过网络广泛宣传, 提高人们对土壤污染严重性和危害性的认识。促进土壤污染的防治、恢复土壤健康、确保环境可持续发展, 给子孙后代留下天蓝、地绿、水净的美好家园。

基金项目

本文由中国地质调查局“岳阳市耕地区土地质量调查(编号: DD20200871)”项目资助。

参考文献

- [1] 环境保护部. 国土资源部联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》[EB]/OL. http://www.gov.cn/govweb/foot/2014-04/17/content_2661768.htm, 2014-04-17.
- [2] 刘腾飞, 杨代凤, 谢修庆, 焦云, 毛健. 我国耕地污染状况、成因及对策建议[J]. 环境与可持续发展, 2017, 42(3): 129-132. <https://www.doi.org/10.19758/j.cnki.issn1673-288x.2017.03.037>
- [3] Zhang, X.Y., Zhong, T.Y., Liu, L. and Ouyang, X.Y. (2017) Impact of Soil Heavy Metal Pollution on Food Safety in China. *PLOS ONE*, **10**, e0135182. <https://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0135182>
- [4] 王云昊. 长株潭地区耕地土壤重金属污染现状和治理措施[J]. 南方农业, 2018(26): 174-175+182.
- [5] 杨忠芳, 刘斯文. 对土壤重金属污染说“不”! [J]. 国土资源科普与文化, 2015(1): 17-22.
- [6] 綦崢, 齐越, 杨红, 张铁林, 凌娜. 土壤重金属镉污染现状、危害及治理措施[J]. 食品安全质量检测学报, 2020(7): 2286-2294.
- [7] 章艳红, 唐玉红, 陈俊华, 孙凯璇, 刘斌. 某工业废渣堆放场地重金属污染特征与健康风险评估[J]. 有色金属工程, 2021(2): 120-126.
- [8] 宋玉婷, 彭世逞. 我国土壤重金属污染状况及其防治对策[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 2018(5): 71-76.
- [9] 王小琨. 浅析土壤重金属污染及其防治措施[J]. 资源节约与环保, 2021(9): 36-37.
- [10] 闫晓强, 李汉杰, 周辉, 杨泽明, 张亚利, 陈晓光. 农田土壤重金属污染的危害及修复技术[J]. 南方农业, 2022, 16(2): 24-26.
- [11] 董玉梅, 李燕. 浅析土壤重金属污染与防治修复[J]. 农业与技术, 2020(23): 125-127.
- [12] 刘磊, 王宇峰, 丁文, 黄燕, 杜耀, 王松岳, 卓未龙. 浅析我国农田土壤重金属污染修复现状[J]. 科技创新导报, 2019(15): 131-135.
- [13] 李威. 土壤重金属污染危害及微生物修复[J]. 现代农村科技, 2021(8): 99-100.