

# Status of Heavy Metal Copper Pollution in Soil

Na Wang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

Email: 1370199046@qq.com

Received: Jun. 5<sup>th</sup>, 2019; accepted: Jun. 25<sup>th</sup>, 2019; published: Jul. 2<sup>nd</sup>, 2019

---

## Abstract

This paper reviews the distribution of copper pollution in China, the main sources of pollution and its pollution hazards (the harm to animals and plants, the damage to soil microbes and enzymes, the combined pollution of copper and other pollutants), pointing out that copper is essential for the human body. Trace elements, but high copper poses a threat to the entire ecosystem; secondly, the mechanism of action of copper with different composite pollutants or the same complex pollutants on animals and plants is different. Therefore, this paper provides a corresponding theoretical basis for the selection of copper composite pollution control measures.

## Keywords

Heavy Metal Copper, Composite Pollution, Influence

---

# 土壤重金属铜污染现状分析

王 娜<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

Email: 1370199046@qq.com

收稿日期: 2019年6月5日; 录用日期: 2019年6月25日; 发布日期: 2019年7月2日

---

## 摘 要

本文综述了我国铜污染的分布情况, 主要污染来源以及其污染危害(对动植物危害、对土壤微生物及酶的危害、铜与其他污染物复合污染危害), 指出铜虽然是人体必不可少的微量元素, 但是高铜对整个生态系统均构成了威胁; 其次, 铜与不同复合污染物或同一复合污染物对动植物的作用机理都不尽相同。因此,

文章引用: 王娜. 土壤重金属铜污染现状分析[J]. 土壤科学, 2019, 7(3): 181-185.

DOI: 10.12677/hjss.2019.73022

本文为铜复合污染治理措施的选取提供了相应的理论依据。

## 关键词

重金属铜, 复合污染, 影响

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

近年来, 随着电镀、化工、矿产等行业的快速发展, 环境中重金属污染日益增加, 土壤中含铜量已超过土壤背景值的几倍甚至几十倍[1]。这已经远远超出土壤环境的承受能力, 这不仅对植物、动物和土壤中的微生物构成威胁, 甚至对整个生态系统的稳定和人类的安全构成了一定的威胁。虽然, 铜是人体必需的微量元素之一, 但是铜含量过高, 对动植物及人体均产生不利影响。因此, 本文就我国铜污染现状进行论述, 以期能为土壤铜污染防治和修复提供可靠的理论依据。

## 2. 我国铜污染现状

空间上重金属分布会出现连片的高值区或低值区, 对于重金属铜而言, 在湖南与广东的交界处, 四川和云南北部地带均存在着连片的铜的高值区, 除此之外, 在安徽的南部与湖北交界处、甘肃中部等也有部分面积铜污染的高值区。但是在我国山西、河南、山东及河北的南部等地带也出现了铜污染的低值区。表1是我国主要土壤铜含量。

Table 1. The total amount of copper in China's main soil [2]

表1. 我国主要土壤全铜量[2]

土壤名称	W(Cu)/(mg/kg)		土壤名称	W(Cu)/(mg/kg)	
	全铜量	平均		全铜量	平均
端土	14.4~50.3	23.0	褐土	5.8~115.0	24.3
娄土	18.3~32.1	24.9	暗棕壤	5.6~82.8	17.8
黑垆土	7.5~39.3	20.5	棕色针叶林土	6.3~33.5	13.8
翼土	11.6~29.6	20.8	灰色森林土	6.1~26.0	15.9
日浆土	10.6~174.0	20.1	栗钙土	5.5~53.7	18.9
黑钙土	3.4~49.3	22.1	棕钙土	7.0~6.7	21.6
潮土	3.4~116.6	24.1	灰钙土	8.1~24.5	20.3
水稻土	2.8~208.9	26.0	草甸土	2.5~137.5	19.8
砖红壤	2.0~98.7	20.0	沼泽土	2.6~51.7	20.8
靛壤	1.0~177.0	24.4	盐土	0.3~78.4	23.3
黄壤	2.4~79.9	21.4	碱土	11.1~34.1	18.7
黄嫁壤	5.0~144.6	23.4	石灰(岩)土	5.7~94.5	33.0
棕壤	1.0~272.0	22.4	紫色土	5.0~102.5	26.3

### 3. 土壤重金属铜污染来源

自然界中的铜主要以两种形式存在，一种是硫化物矿，另一种是氧化物矿。铜污染的来源包含以下两个方面：1) 背景值较高，这种现象主要是生物地球化学异常造成的，即土壤自身铜污染风险就比较高[3]；2) 外源铜加入，例如在矿山开采中排放的废水及废矿石的堆存，这些露天堆放的废弃物在风化、酸化及降雨等作用下不断向周边土壤中扩散，从而导致含铜物质进入土壤。除此之外，铜在土壤中的毒性持续时间长，且在生态系统中不断累积，这就导致了生态系统的不断恶化。矿区的开采导致周边土壤极度贫瘠，植物生长受阻。例如在安徽铜陵尾矿矿区，由于重金属的污染，土壤中有机质含量仅为 2.6~5.8 g/kg，重金属铜的含量高达 809.30~1395.54 mg/kg，严重抑制了植物生长。

### 4. 土壤重金属铜的危害

#### 4.1. 对动植物的危害

一般而言，土壤铜含量范围为 2~200 mg/kg。我国土壤铜的含量约为 3~300 mg/kg，均值为 33 mg/kg。土壤中铜形态有交换态、有机态、碳酸盐结合态、铁锰结合态及矿物态。铜在水中的溶解量随着 pH 的升高而降低。铜污染主要集中在植物的根部，其直接导致植物根系生理作用紊乱，进而对植物产生毒害作用。有关研究表明，过量的铜会引起细胞质膜两侧产生浓度差，膜脂过氧化作用变大，透性增强，导致植物所需的钾离子流出细胞膜外，从而损伤植物根系细胞质膜[4]；除此之外，铜含量过高还会抑制植物生长所需的氨基酸的合成[5]；受铜毒害的植物由于其代谢作用受到影响导致根系无法伸长，叶片失绿并发黄[6]。

众所周知，铜是动物生长发育必须的微量元素，过量铜的摄入对动物体会造成一定的伤害，铜对动物的危害途径主要是通过食物链进入动物体内。当动物体内铜含量过高时，很容易对动物体的肝和胆造成危害。此器官出现问题时，动物体正常的代谢就会紊乱，进而导致动物体出现其他不良症状。有研究表明，人、羊、猪对铜中毒的剂量分别为 20~30 mg/kg、25 mg/kg 和 300~500 mg/kg，牧地长期施用高铜量的粪便会引起牧草铜含量超标，从而引起牛、羊等发生铜中毒[7]。亦有研究表明[8]，对老鼠食用 15 mg/kg 铜，其肝脏形态和功能上会出现中毒症状，肝细胞变形，组织破坏，Cu-Zn SOD 活力下降从而导致线粒体功能不良，最终使肝细胞死亡。

#### 4.2. 对土壤微生物及酶的危害

土壤微生物在土壤生态系统物质循环和养分转化过程中扮演着重要的角色。土壤微生物一方面可以通过多种方式影响重金属的活性，从而影响重金属的生物有效性；另一方面土壤微生物能够吸附和转化重金属及其化合物。当 Cu 含量过高时，土壤微生物的生长就会受到限制，主要表现在数量、种群结构的改变。有研究表明，受 Cu 污染的土壤其微生物量碳氮往往会比较低[9]。Choudhary 等[10]研究发现，在 Cu 等重金属的胁迫下，藻青菌的生长因脯氨酸、丙二醛和超氧化物歧化酶的量上升而受到抑制。

土壤酶是表征土壤质量变化的重要指标之一。土壤中的 Cu 破坏了土壤酶的活性及其空间结构，从而导致土壤酶活性降低；除此之外，Cu 等重金属抑制了土壤中微生物的活动，影响了微生物体内酶的合成和分泌。通常情况下，土壤中脲酶、硝酸还原酶、过氧化氢酶、纤维素酶、磷酸酶和水解酶的变化等都与 Cu 污染有很大关系。例如，王秀丽等研究表明，土壤过氧化氢酶和磷酸酶活性都会因 Cu 污染而出现不同程度的抑制。亦有研究表明，当 Cu<sup>+</sup>浓度达到 200 mg/kg 时，脲酶和硝酸还原酶活性受到抑制[10]。

#### 4.3. 铜和其他污染物的复合污染

多种重金属复合污染对植物的毒害作用比单一重金属元素的污染复杂很多。土壤中 Cu 和其他重金属

元素的交互作用主要表现为协同作用、加和作用及拮抗作用，这种交互作用与重金属在土壤中的浓度、作物种类、土壤类型等有关。当土壤中外加 Cu 含量为 100 mg/kg 和 150 mg/kg 时，铜锌的交互作用会增加，有效态的重金属浓度升高而使重金属毒性增大，植物的生物量会明显减少。王友保等[11]研究表明，Cu、As 复合污染时影响黄豆种子的萌发生长，但是这种复合作用在一定程度上能减轻和缓解单一 Cu、As 污染对黄豆产生的影响。王丹等研究发现[12]，高浓度的铜对植株根系的胁迫作用，刺激酸性根系分泌物的大量释放，增加了土壤中的有机络合剂的含量，促使铬由交换态向有机结合态转化。罗虹等[13]复合重金属污染对土壤酶活性的影响，研究表明，复合重金属 Cd、Cu、Ni 对土壤酶活性影响效应有差异，在复合污染的情况下 Cu 对脲酶、脱氢酶、蛋白酶、过氧化氢酶、转化酶均表现出显著的抑制作用，但是对过氧化氢酶和转化酶抑制不明显，但是对磷酸酶具有很强的激活作用。张旸等[14]研究了氯氰菊酯与铜复合污染对土壤微生物的影响，研究表明，将低浓度的铜与高浓度氯氰菊酯复合污染时土壤微生物量碳和土壤呼吸率都会增加，微生物群落的结构也会受到一定的影响。孟庆俊等[15]研究了重金属复合污染对小麦幼苗生长的毒性效应，研究表明，Cu-Zn 复合污染时在高浓度区对小麦幼苗叶绿素合成产生显著的抑制作用，且 Cu-Zn 之间具有明显的拮抗作用；Cu-Cd 具有一定的协同作用；Cu-PB 具有相加作用。朱红霞等[16]研究发现，Cu-Cd 复合污染对小麦幼苗鲜重产生明显抑制作用；但是对小麦叶内蛋白质的影响不明显。能够显著促进丙二醛含量的升高，使 SOD、POD 活性升高。由此可见，同一混合污染物对不同作物的同一指标其联合作用的类型和产生的效果也不尽相同。黄峥等[17]研究“铜离子与铜镉离子复合污染对稻田土壤酶活性的影响研究”，结果显示 Cu<sup>2+</sup>单一污染对稻田土壤酶的抑制效应顺序为磷酸酶 > 脲酶 > 过氧化氢酶，与铜镉复合污染的抑制效应顺序为脲酶 > 磷酸酶 > 过氧化氢酶，脲酶和磷酸酶对铜镉复合污染反应较敏感，其活性与 Cu<sup>2+</sup>浓度和铜镉复合浓度均呈显著负相关，铜镉复合污染对脲酶表现出协同抑制的特征；对过氧化氢酶和磷酸酶的毒性表现出不同程度的拮抗作用。可见同一联合类型其作用机理也不完全相同。

## 5. 结语

随着工业企业的不断壮大，土壤重金属污染日益严重，铜是人体及植物必须的微量元素，但是过量的摄取会危及人类健康。铜污染主要有两方面，一是土壤背景值含铜量较高，二是外源铜的加入。铜与其他重金属一样，对植物及生物均有一定的危害，且铜复合多种重金属的污染对植物及生物毒害远大于单一铜的毒害。掌握铜污染状况、来源及其危害对铜污染修复技术能够提供可靠地的理论依据。

## 参考文献

- [1] Brun, L.A., Maillat, J., Hinsinger, P., *et al.* (2001) Evaluation of Copper Availability to Plants in Copper-Contaminated Vineyard Soils. *Environmental Pollution*, **111**, 293-302. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(00\)00067-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00067-1)
- [2] 王萌, 李杉杉, 李晓越, 等. 我国土壤中铜的污染现状与修复研究进展[J]. 地学前缘, 2018, 25(5): 311-319.
- [3] 徐瑞松, 马跃良, 何在成. 遥感生物地球化学[M]. 广州: 广东科技出版社, 2003.
- [4] Baryla, A., Laborde, C., Montillet, J.L., *et al.* (2000) Evaluation of Lipid Peroxidation as a Toxicity Bioassay for Plants Exposed to Copper. *Environmental Pollution*, **109**, 131-135. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(99\)00232-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(99)00232-8)
- [5] Webber, M.B., Schat, H. and Ten-Bookum-Van, D.M.W.M. (1991) The Effect of Copper Toxicity on the Contents of Nitrogen Compounds in *Silene vulgaris* (Moench) Gorcke. *Plant Science*, **133**, 101-109. <https://doi.org/10.1007/BF00011904>
- [6] 倪吾钟. 主要农作物铜素失调症[M]//马国瑞, 石伟勇. 农作物营养失调症原色图谱. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [7] 陈贵英, 李维, 陈顺德, 等. 环境铜污染影响及修复的研究现状综述[J]. 绿色科技, 2011(12): 125-128.
- [8] Dijendra, N.R., Samir, M., Garggi, S. and Tuli, B. (2009) Superoxide Anion Mediated Mitochondrial Dysfunction Leads to Hepatocyte Apoptosis Preferentially in the Periportal Region during Copper Toxicity in Rats. *Chemico-Bio-*

*logical Interactions*, **182**, 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2009.08.014>

- [9] 王秀丽, 徐建民, 谢正苗, 等. 重金属铜和锌污染对土壤环境质量生物学指标的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 28(2): 190-194.
- [10] Choudhary, M., Jerley, U.K., Khan, M.A. *et al.* (2007) Effect of Heavy Metal Stress on Proline, Malondialdehyde, and Superoxide Dismutase Activity in the Cyanobacterium *Spirulina platensis*-S5. *Ecotoxicolog Y and Environmental Safety*, **66**, 204-209. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2006.02.002>
- [11] 王友保, 刘登义, 张莉, 等. 铜、砷及其复合污染对黄豆(*Glycine max*)影响的初步研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 117-120..
- [12] 王丹, 魏威, 梁东丽, 等. 土壤铜、铬(VI)复合污染重金属形态转化及其对生物有效性的影响[J]. 环境科学, 2011, 32(10): 3113-3120.
- [13] 罗虹, 刘鹏, 宋小敏. 重金属镉、铜、镍复合污染对土壤酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 94-96.
- [14] 张旸, 朱嵬, 孙成, 等. 氯氰菊酯与铜复合污染对土壤微生物群落的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(4): 673-679.
- [15] 孟庆俊, 袁训珂, 冯启言, 等. 重金属复合污染对小麦幼苗生长的毒性效应[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(1): 122-124.
- [16] 朱红霞, 陈效民, 葛才林. 重金属复合污染对小麦幼苗生长的影响[J]. 生态环境, 2006, 15(3): 543-546.
- [17] 黄峥, 闵航, 吕镇梅, 等. 铜离子与铜镉离子复合污染对稻田土壤酶活性的影响研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2006, 32(5): 557-562.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;  
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-7255, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjss@hanspub.org](mailto:hjss@hanspub.org)