

# 植物修复土壤石油污染的研究进展

王 娜<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

Email: Na0113@126.com

收稿日期: 2020年9月7日; 录用日期: 2020年9月18日; 发布日期: 2020年9月25日

---

## 摘 要

石油在开采、加工及运输的过程中对生态环境带来了严重污染, 尤其是对土壤的污染, 植物修复具有修复成本低, 污染物去除效率高等优点, 这已经成为去除石油污染首选的技术方案。本文综述了土壤石油污染、植物修复的研究进展及其修复机理, 以期为土壤石油污染修复技术提供理论支撑。

## 关键词

植物修复, 石油污染, 土壤, 研究进展

---

# Research Progress on Phytoremediation of Soil Petroleum Pollution

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

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

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

Email: Na0113@126.com

Received: Sep. 7<sup>th</sup>, 2020; accepted: Sep. 18<sup>th</sup>, 2020; published: Sep. 25<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Petroleum has brought serious pollution to the ecological environment in the process of mining, processing and transportation, especially soil pollution. Phytoremediation has the advantages of low repair cost and high pollutant removal efficiency. This has become the first choice for removing petroleum pollution. This article reviews the research progress of soil petroleum pollution and

文章引用: 王娜. 植物修复土壤石油污染的研究进展[J]. 农业科学, 2020, 10(9): 761-764.

DOI: 10.12677/hjas.2020.109116

## phytoremediation and its remediation mechanism, in order to provide theoretical support for soil petroleum pollution remediation technology.

### Keywords

Phytoremediation, Petroleum Pollution, Soil, Research Progress

Copyright © 2020 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/>



## 1. 土壤石油污染

石油是一种复杂的多组分混合物,其主要组成是烃类(烷烃、环烷烃和芳香烃),其次是数量不多的非烃组分(含氧化合物、含硫化合物、含氮化合物、胶质和沥青质)。有的石油样品可含 200~300 种烃类,分子量从 16 至 1000 左右,其物理状态包括气体、挥发性液体、高沸点液体以及固体。石油对土壤的污染主要是在勘探、开采、运输以及储存过程中引起的,油田周围大面积的土壤一般都受到严重的污染,石油对土壤的污染多集中在 20 cm 左右的表层[1]。

随着世界经济的发展,石油已经是人类越来越不可或缺的能源,同时其造成的污染已经严重影响到动、植物以及人类的生活,石油类物质进入土壤,可引起土壤理化性质的变化,如堵塞土壤孔隙,改变土壤有机质的组成和结构,引起土壤有机质的碳氮比(C/N)和碳磷比(C/P)的变化;引起土壤微生物群落、微生物区系的变化。目前石油污染已经成为世界性的环境问题之一[2]。中国作为拥有 960 万平方公里国土的发展中国家,对石油以及衍生产品的利用率更是排在世界前列。在中国有超过 480 万平方千米的土地被石油污染,在一些高浓度污染地区,石油含量已经超过 500 mg/kg 的临界值[3]。石油具有很强的粘附性,很容易附着在土壤颗粒中,并且很难移除,被石油附着的土壤透气性低,疏水性增强,使土壤易发生板结[4],甚至石油还会附着在植物根系表面形成一层油脂薄膜,降低植物呼吸和吸收养分的能力,久而久之使植物根系发生腐烂,甚至死亡[5]。对于一些可以在石油污染环境中正常生长的植物,其自身吸收的石油成分被动物摄入体内,通过毒性的级联放大,最终影响人类的生命安全。

## 2. 植物修复研究进展

目前,土壤石油污染现有的修复方式包括物理修复、化学修复和生物修复等,传统物理及化学修复方法成本较高且易导致二次污染的发生,石油污染土壤的植物修复技术以其处理成本低、无二次污染、自然美观等特点,正逐步成为未来石油污染治理研究的一个重要方向。植物不仅能够释放分泌物和酶,刺激根区微生物的活性和生物转化作用,并且能够增强根区的矿化作用。Sun 等[6]研究了植物根系分泌物对贫瘠土壤中菲和葱的去除效果,得到根系分泌物的添加对菲和葱的去除分别增加了 15.5%和 21.3%,说明植物根系所产生的分泌物增强了土壤中多环芳烃的去除。也有研究表明植物根系分泌物中的有机酸、氨基酸等物质在根系和环境中微生物之间起到关键作用[7]。如柠檬酸和草酸,可以通过将污染物从土壤基质上解吸下来提高污染的生物利用度[8]。

吲哚乙酸(IAA)作为自然界中普遍存在的植物激素,是植物体自身合成的用以调控植物生长发育的重要物质,通过刺激细胞分裂和伸长来促进器官的分化和形成[9]。此外,IAA 可以提高植物抗逆性,促进植物体根系和叶片生物量的增加,开始被用于污染土壤的植物修复。特别是在重金属污染修复领域,IAA

应用较多,研究表明,IAA的添加可以缓解重金属及其螯合物对植物的胁迫作用,从而促进植物的生长,提高植物修复效果[10]。Leinhos等[11]发现IAA的添加可以缓解干旱胁迫对植物的影响,并解释其机理可能是外源添加的IAA改变了植物体形态来减轻外界干扰对植物体的胁迫作用,并指出IAA可以在植物修复领域。Fassler等[12]通过研究证实,植物激素(包括吲哚乙酸)不仅可以减缓Pb和Zn对植物生长的毒性,而且还可以增加植物修复效应。Liphadzi等[13]研究也发现,适当浓度的IAA促进植物在重金属污染土壤中的生长。

卢丽丽等[14]的研究表明在7000 mg/kg, 10,000 mg/kg污染浓度下,蚕豆、红小豆、玉米均有较好的修复效果,其中玉米处理的石油烃降解率分别达到49.05%, 50.37%,红小豆处理的降解率则为49.61%、44.82%,其修复效果仅次于玉米,两种植物均具有较强的去除污染物的能力。彭胜巍[15]研究了紫茉莉、凤仙花、牵牛花对石油污染土壤的修复,三种花卉植物经过127 d的修复后,土壤中石油污染浓度及多环芳烃浓度含量明显降低。亦有研究表明[16],芦苇、沙枣、怪柳经过80 d的修复,石油烃去除率可达到26.50%~31.27%,其中饱和烃去除效果最好,可达39.34%~46.18%。韩妮等[17]的研究表明,不同植物对原油的响应不同,当原油浓度小于5 g/kg时能刺激玉米的生长,玉米地上部生物量增加显著;通过对石油的降解率来看,当原油浓度小于等于10 g/kg时,狗牙根对原油污染土壤中石油烃的降解率是最高的。

### 3. 植物修复机理

植物修复是根据某种特定植物对环境污染物的吸收、累计、降解、迁移转化等特性,修复例如重金属污染、有机污染等的一项绿色技术。植物能够通过多种途径修复石油污染土壤,主要包括植物吸收、植物降解、植物根际分泌物降解、植物刺激,其中植物吸收是植物体内直接将吸收的污染物转运迁移至植物的地上可收割的部分,相关研究指出植物吸收是去除土壤有机污染最直接有效的途径之一。焦杏春等[18]研究了水稻根系中多环芳烃的动态变化,研究表明水稻根系的多环芳烃浓度随着水稻的生长不断变化,呈现出初期逐渐升高,到成熟期趋于稳定的一般趋势,随着水稻的成熟,水稻土多环芳烃含量逐渐降低,而5、6环化合物的比例逐渐增加。水稻根系和水稻土中的多环芳烃含量之间存在明显的负相关关系。植物降解就是植物通过体内的代谢将污染物转化为毒性较低或非植物毒性的代谢物,有研究显示植物能够降解多环芳香族烃类,大豆可降解 $^{14}\text{C}$ -蒎、苯并芘,叶片和根系具有同化烷烃的能力[19]。植物刺激主要是通过植物根部分泌了大量有机质,这些有机质为微生物生长提供了培养基质,微生物数量和质量的增多也增强了其对石油烃的降解能力,根际微生物数量和质量的增加不仅降解了有机物,同时也降低了石油烃对植物的毒害,达到了双赢的目的,另外植物根际分布的酶能够直接参与降解土壤中的有机物。

### 4. 展望

植物修复技术涉及广泛,不同植被类型对石油污染土壤修复效果不同,为了达到更高效的修复目的,在进行修复之前,首先要筛选出最适宜的植物种类、原油污染浓度等;再者,不同的农艺措施对植物修复石油污染土壤也有一定的影响,因此,通过优化农艺措施,增加植物生物量,提高植物对污染物的降解和吸收。土壤污染修复是一项漫长而艰巨的任务,在以后的修复技术中,要尽可能地采取修复效率高、时效短的技术方法。

### 基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2020-21)。

## 参考文献

- [1] 杨斌, 侯新村, 范希峰, 等. 石油污染土壤的植物修复研究进展[J]. 环境工程, 2012(S2): 406-411.
- [2] 孙庆峰, 余仁焕. 石油污染土壤处理技术研究的进展[J]. 国外金属矿选矿, 2002(12): 4-9.
- [3] 刘五星, 骆永明, 滕应, 李振高, 吴龙华. 我国部分油田土壤及油泥的石油污染初步研究[J]. 土壤, 2007, 39(2): 247-251.
- [4] 罗洪君, 王绪远, 赵骞, 等. 石油污染土壤生物修复技术的研究进展[J]. 四川环境, 2007, 26(3): 104-109.
- [5] 任磊, 黄廷林. 土壤的石油污染[J]. 农业环境科学学报, 2000, 19(6): 360-363.
- [6] Sun, T.-R., Cang, L., Wang, Q.Y., Zhou, D.M., Cheng, J.M. and Xu, H. (2010) Roles of Abiotic Losses, Microbes, Plant Roots, and Exudates on Phytoremediation of PAHs in a Barren Soil. *Journal of Hazardous Materials*, **176**, 919-925. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.11.124>
- [7] Tanimoto, E. (2005) Regulation of Root Growth by Plant Hormones-Roles for Auxin and Gibberellin. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **24**, 249-265. <https://doi.org/10.1080/07352680500196108>
- [8] An, C., Huang, G., Yu, H., Wei, J., Chen, W., et al. (2010) Effect of Short-Chain Organic Acids and pH on the Behaviors of Pyrene in Soil-Water System. *Chemosphere*, **81**, 1423-1429. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.09.012>
- [9] 吕剑, 喻景权. 植物生长素的作用机制[J]. 植物生理学通讯, 2004, 40(5): 624-628.
- [10] 周建民, 党志, 陈能场, 等. 3-吡啶乙酸协同螯合剂强化植物提取重金属的研究[J]. 环境科学, 2007, 28(9): 2085-2088.
- [11] Leinhos, V. and Bergmann, H. (1995) Influence of Auxin Producing Rhizobacteria on Root Morphology and Nutrient Accumulation of Crops, pt. 2: Root Growth Promotion and Nutrient Accumulation of Maize (*Zea mays* L.) by Inoculation with Indole-3-acetic Acid (IAA) Producing Pseudomonas Strains and by Exogenously Applied IAA Under Different Water Supply Conditions. *Angewandte Botanik*, **69**, 37-41.
- [12] Fassler, E., Evangelou, M.W., Robinson, B.H. and Schulin, R. (2010) Effects of Indole-3-acetic Acid (IAA) on Sunflower Growth and Heavy Metal Uptake in Combination with Ethylene Diamine Disuccinic Acid (EDDS). *Chemosphere*, **80**, 901-907. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.04.077>
- [13] Liphadzi, M., Kirkham, M.B. and Paulsen, G.M. (2006) Auxin-Enhanced Root Growth for Phytoremediation of Sewage-Sludge Amended Soil. *Environment Technology*, **27**, 695-704. <https://doi.org/10.1080/09593332708618683>
- [14] 卢丽丽. 石油污染土壤的植物修复研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
- [15] 彭胜巍. 石油污染土壤的花卉植物修复研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 南开大学, 2009.
- [16] 董亚明, 赵朝成, 蔡芸, 赵东风, 崔超越. 新疆石油污染土壤植物修复特性研究[J]. 干旱区研究, 2013, 30(1): 162-165.
- [17] 韩妮, 朱新萍, 贾宏涛, 等. 新疆原油污染土壤的植物修复效果初步研究[J]. 环境工程, 2013(6): 104-107.
- [18] 焦杏春, 陶澍, 卢晓霞, 等. 水稻根系中多环芳烃的动态变化[J]. 环境科学学报, 2007, 27(7): 1203-1208.
- [19] Parrish, Z.D., White, J.C., Isleyen, M., et al. (2006) Accumulation of Weathered Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) by Plant and Earthworm Species. *Chemosphere*, **64**, 609-618. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.11.003>