

Waste-Based Biochar for Remediation of Benzene-Contaminated Soil

Gang Li^{1,2,3,4,5}

¹Shaanxi Key Laboratory of Land Consolidation, Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

⁵Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

Email: 454923994@qq.com

Received: May 3rd, 2019; accepted: May 14th, 2019; published: May 21st, 2019

Abstract

Benzene series pollutants have persistent or refractory chemical properties, which lead to serious soil pollution problems. Developing an economical and applicable repair technology has become a hot and difficult research topic in the current field. After comparing physical remediation, chemical remediation, microbial remediation and phytoremediation techniques, we found that there are some defects in these technologies. Biochar has become an environmentally friendly alternative remediation agent due to its advantages of easy combination with organic pollutants, soil improvement and easy manipulation of remediation capacity. Deeply studying the reaction behavior and regulation mechanism of biochar and organic pollutants is of great significance for the remediation of organic contaminated soil.

Keywords

Benzene-Contaminated, Biochar, Remediation Technology

废物基生物炭用于苯系物污染土壤修复

李 刚^{1,2,3,4,5}

¹陕西省土地整治重点实验室, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

⁵陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

文章引用: 李刚. 废物基生物炭用于苯系物污染土壤修复[J]. 农业科学, 2019, 9(5): 363-366.

DOI: 10.12677/hjas.2019.95054

Email: 454923994@qq.com

收稿日期: 2019年5月3日; 录用日期: 2019年5月14日; 发布日期: 2019年5月21日

摘要

苯系污染物因具有持久性或难降解的化学特性, 导致严重的土壤污染问题。开发一种经济适用的修复技术成为当前领域内的研究热点和难点。经过对物理修复、化学修复、微生物修复和植物修复技术进行比较, 发现四种技术均存在一定程度的缺陷。生物炭因具有易与有机污染物结合且能够改良土壤, 修复能力易于操控等优点, 成为环境友好型替代修复剂。深入研究生物炭与有机污染物的反应行为与调控机制, 对于有机污染土壤的修复具有重要意义。

关键词

苯系污染物, 生物炭, 修复技术

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

土壤是人类赖以生存的物质基础, 土壤和水、大气、生物等环境要素间有着密切的联系[1], 土壤环境作为一个开放系统, 既是“汇”也是“源”。工业生产过程所产生的废气物、污水可以致使土壤污染, 而土壤污染也会直接造成大气和水体污染[2][3], 近年来, 由于人口基数大和工农业的高速发展, 导致越来越多的城市用地受到有机污染物的污染[4][5], 不但造成了巨大的经济损失, 还严重威胁我国生态安全和人民群众健康, 因此对土壤有机污染物的修复已经成为亟待解决的严重问题。根据2014年4月环境保护部与国土资源部联合发布的《全国土壤污染状况调查公报》, 我国土壤环境状况总体不容乐观, 总的点位超标率为16.1%, 而耕地的超标率更是高达19.4%, 修复污染土壤、持续改善土壤环境质量迫在眉睫, 已经成为我国当前极为突出的民生问题之一。

2. 废物基生物炭用于苯系物污染土壤修复

苯系污染物是一种以苯、甲苯、乙苯、二甲苯四类为代表性物质, 且含有多环芳烃(PAHs)、多氯联苯(PCBs)、多氯联萘(PCNs)等物质的复杂复合有机物[6]。具有持久性或难降解性质, 都属于挥发性和半挥发有机污染物[6][7]。土壤中苯系污染物由于其难降解、毒性大等特性, 其污染土壤修复技术已经成为当今污染土壤修复技术领域的研究热点和难点[7]。经过多年的研究和实践, 国内外已形成的针对以苯系污染物为主的有机污染土壤修复的方式主要有物理修复、化学修复、微生物修复和植物修复[7][8]。其中物理修复主要包括溶剂洗脱、热脱附、气象抽提等[9]-[14]; 化学修复主要包括化学氧化和还原、光催化氧化、电化学修复、微波分解技术等[15][16]; 微生物修复技术所利用的微生物有土著微生物、外来微生物和基因工程菌等三类[17]; 植物修复主要是利用植物的生长吸收、转化、转移污染物而修复土壤, 主要包括三种机制: 植物直接吸收并在植物组织中积累非植物毒性的代谢物、植物释放酶到土壤中, 促进土壤生物化学反应、根际-微生物的联合代谢作用[18][19]。

土壤中苯系污染物由于其难降解、毒性大等特性,其污染土壤修复技术已经成为当今污染土壤修复技术领域的研究热点和难点[8]。经过多年的研究和实践,国内外已形成的针对以苯系污染物为主的有机污染土壤修复的方式主要有物理修复、化学修复、微生物修复和植物修复[8] [13]。其中物理修复主要包括溶剂洗脱、热脱附、气象抽提等;化学修复主要包括化学氧化和还原、光催化氧化、电化学修复、微波分解技术等;微生物修复技术所利用的微生物有土著微生物、外来微生物和基因工程菌等三类;植物修复主要是利用植物的生长吸收、转化、转移污染物而修复土壤,主要包括三种机制:植物直接吸收并在植物组织中积累非植物毒性的代谢物、植物释放酶到土壤中,促进土壤生物化学反应、根际-微生物的联合代谢作用。随着对土壤苯系污染物认识的深入和对环境保护以及人类健康要求的提高,对土壤修复提出了更高的要求[20]。传统的物理修复方法工程量极大、修复成本高;化学修复方法对水体中苯系污染物修复研究较为成熟,修复试剂易于回收,而对于土壤中苯系污染物的修复应用目前局限于试验室,难以规模化应用,其修复剂也难以回收,极易造成二次污染;微生物虽然对于苯系污染物修复效率高,但其对环境条件要求较高,且高污染水平的有机污染会导致微生物难以生存,规模化应用难度较大;植物修复则需要较长的周期。因此,寻找可与有机污染物结合、具备改良土壤特质、修复能力易于操控的环境友好型替代修复剂,深入研究其与有机污染物的反应行为与调控机制,对于有机污染土壤的修复具有重要意义。

生物炭(biochar)是生物质在缺氧条件下,经过高温(温度 < 700℃)裂解形成的一类难溶的、结构稳定的、富含碳元素的物质,其原材料包括农作物,粪便、污泥及木材等[21] [22] [23]。根据生物质材料的不同,生物炭可以被分为木炭、竹炭、秸秆炭、稻壳炭和畜禽粪便炭等类型。生物炭可用来改良生物炭具有较大的比表面积和微孔结构,表面官能团丰富,能对重金属和有机污染物产生吸附作用,从而降低污染物的生物有效性和环境风险[24] [25] [26]。

自1963年Hilton等人[27]观察到土壤中生物黑炭对非草隆等农药良好的吸附效果之后,关于生物炭对污染物质的吸附作用以及机理的研究成为热点。一方面,生物炭具有疏松多孔的结构特征和较大的比表面积;其次,生物炭表面富含羟基、酚羟基、酸酐等官能团,使生物炭具有良好的吸附特征,能够对土壤环境中包括苯系物在内的有机污染物产生强烈的吸附作用。Yang等[28]研究发现小麦和水稻秸秆制成的生物炭对有机农药的吸附作用是一般土壤的400~2500倍,而且土壤中添加少量的生物炭即可使有机污染物的吸附容量显著增强,对于苯系物效果一致。此外,生物炭可以提升土壤质量,例如其可以提高土壤养分含量(N、P、K 养分含量),促进作物生长;提高碳利用效率;提高土壤含水量及作物水分利用率等[29] [30]。近年来,作为一种新型的环境功能材料,生物炭的应用和研究引起了全球学者的广泛关注,它在土壤改良、温室气体减排以及污染土壤修复方面都显现出极大的应用潜力。尤其是,生物炭在用于改良土壤后不会造成二次污染,改良后的土地不易发生反弹,因此将生物炭作为新型的土壤改良剂是目前世界范围内的研究热点。

3. 研究展望

越来越多的研究表明生物炭在包括苯系物在内的有机污染修复领域具有极为广阔的应用前景,其主要特性和理论依据是生物炭强烈的吸附能力。但是由于生物炭本身的异质性导致所获得的生物炭在吸附效果、过程和机理上都存在着一定的差异,因此还具有很大的研究潜力。

基金项目

陕西省土地整治重点实验室开放基金资助(2019-JC05)。

参考文献

- [1] 张甘霖, 吴华勇. 从问题到解决方案: 土壤与可持续发展目标的实现[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 124-134.

- [2] 骆永明, 滕应. 我国土壤污染的区域差异与分区治理修复策略[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(2): 145-152.
- [3] 方亚蓉, 郭彦炳. 铜基非贵金属异相催化剂在环境修复中的应用(英文)[J]. 催化学报, 2018, 39(4): 566-582.
- [4] 张凯, 孙红文. (可降解)微塑料颗粒吸附有机污染物及对其生物有效性的影响[J]. 环境化学, 2018, 37(3): 5-12.
- [5] 梁照凤, 陈文波, 郑蕉. 南昌市中心城区土地集约利用水平对主要大气污染物的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(5): 1705-1714.
- [6] 李梅, 万红友. 多环芳烃污染土壤的微生物修复[J]. 环保科技, 2008, 14(4): 35-37.
- [7] 倪宇洋, 李荣河. 苯系物降解菌的筛选及改进补料策略的 PHA 生产[J]. 环境科学与技术, 2018, 41(5): 11-16.
- [8] Tang, H.X. (2003) Environmental Nano-Pollutants (ENP) and Their Micro-Interfacial Processes on the Aquatic Particles. *Acta Scientiae Circumstantiae*, **23**, 146-155.
- [9] 王腾, 孟昭福, 谢婷, 等. BS-12+DAS 复配修饰膨润土对苯酚、菲的不同吸附模式和机理[J]. 土壤学报, 2018, 55(3): 683-694.
- [10] 庄绪亮. 土壤复合污染的联合修复技术研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4871-4876.
- [11] 程国玲. 矿物油污染土壤的菌根生物修复研究[D]: [博士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2004.
- [12] 郭江峰, 孙锦荷. 污染土壤生物治理的研究方法[J]. 环境工程学报, 1995, 3(5): 62-68.
- [13] 李永涛, 吴启堂. 土壤污染治理方法研究[J]. 农业环境科学学报, 1997(3): 118-122.
- [14] 李章良, 孙珮石. 有机物及重金属污染土壤的生物修复[J]. 广州环境科学, 2003(2): 3-6.
- [15] 顾传辉, 陈桂珠. 石油污染土壤生物修复[J]. 重庆环境科学, 2001, 23(2): 42-45.
- [16] Dibble, J.T. and Bartha, R. (1979) Effect of Environmental Parameters on the Biodegradation of Oil Sludge. *Applied and Environmental Microbiology*, **37**, 729-739.
- [17] 高彦征. 土壤多环芳烃污染植物修复及强化的新技术原理研究[D]: [博士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [18] 张克华. 化工磷石膏制备石膏胶凝材料研究及应用[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2008.
- [19] 姚德明, 许华夏, 张海荣, 等. 石油污染土壤生物修复过程中微生物生态研究[J]. 生态学杂志, 2002, 21(1): 26-28.
- [20] 张海荣, 李培军, 孙铁珩, 等. 四种石油污染土壤生物修复技术研究[J]. 农业环境科学学报, 2001, 2(2): 78-80.
- [21] 刘世亮, 骆永明, 曹志洪, 等. 多环芳烃污染土壤的微生物与植物联合修复研究进展[J]. 土壤, 2002, 34(5): 257-265.
- [22] 胡岚. 苯系物污染土壤修复初步研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2010.
- [23] Inyang, M.I., Gao, B., Yao, Y., Xue, Y., Zimmerman, A., Mosa, A., Pullammanappallil, P., Ok, Y.S. and Cao, X. (2016) A Review of Biochar as a Low-Cost Adsorbent for Aqueous Heavy Metal Removal. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **46**, 406-433. <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1096880>
- [24] Houben, D., Evrard, L. and Sonnet, P. (2013) Beneficial Effects of Biochar Application to Contaminated Soils on the Bioavailability of Cd, Pb and Zn and the Biomass Production of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Biomass and Bioenergy*, **57**, 196-204. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.07.019>
- [25] Liang, J., Yang, Z., Tang, L., Zeng, G., Yu, M., Li, X., Wu, H., Qian, Y., Li, X. and Luo, Y. (2017) Changes in Heavy Metal Mobility and Availability from Contaminated Wetland Soil Remediated with Combined Biochar-Compost. *Chemosphere*, **181**, 281-288. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.04.081>
- [26] Jiang, S., Huang, L., Nguyen, T.A.H., Ok, Y.S., Rudolph, V., Yang, H. and Zhang, D. (2016) Copper and Zinc Adsorption by Softwood and Hardwood Biochars under Elevated Sulphate-Induced Salinity and Acidic pH Conditions. *Chemosphere*, **142**, 64-71. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.079>
- [27] Hilton, H.W. and Yuen, Q.H. (1963) Soil Adsorption of Herbicides, Adsorption of Several Pre-Emergence Herbicides by Hawaiian Sugar Cane Soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **11**, 230-234. <https://doi.org/10.1021/jf60127a023>
- [28] Yang, Y. and Sheng, G. (2003) Enhanced Pesticide Sorption by Soils Containing Particulate Matter from Crop Residue Burns. *Environmental Science & Technology*, **37**, 3635-3639. <https://doi.org/10.1021/es034006a>
- [29] Jeffery, S., Verheijen, F.G.A., Kammann, C. and Abalos, D. (2016) Biochar Effects on Methane Emissions from Soils: A Meta-Analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, **101**, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.07.021>
- [30] Wu, H., Lai, C., Zeng, G., Liang, J., Chen, J., Xu, J., Dai, J., Li, X., Liu, J., Chen, M., Lu, L., Hu, L. and Wan, J. (2017) The Interactions of Composting and Biochar and Their Implications for Soil Amendment and Pollution Remediation: A Review. *Critical Reviews in Biotechnology*, **37**, 754-764. <https://doi.org/10.1080/07388551.2016.1232696>

知网检索的两种方式：

1.打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>

下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询

2.打开知网首页 <http://cnki.net/>

左侧“国际文献总库”进入，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：hjas@hanspub.org