

生物炭在土壤污染修复中的应用

李 燕^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 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

Email: liyan_hhu@163.com

收稿日期: 2020年9月3日; 录用日期: 2020年9月16日; 发布日期: 2020年9月23日

摘 要

健康的土壤环境是城市发展、农业生产、宜居人居环境建设的重要基础,也是保障区域生态环境安全的重要前提。城市快速发展和经济结构转型升级过程中产生大量污染土地,对土壤、空气等人居环境和人体健康产生不可忽视的影响,污染土壤修复治理是有限土地资源高效利用的必要选择。生物炭作为一种在土壤改良、能源生产、废物利用、污染物治理等方面具有积极作用的多孔吸附性物质,在土壤污染修复领域具有重要应用价值。

关键词

生物炭, 土壤改良, 土壤修复

Application of Biochar in Soil Pollution Remediation

Yan Li^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., 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

Email: liyan_hhu@163.com

Received: Sep. 3rd, 2020; accepted: Sep. 16th, 2020; published: Sep. 23rd, 2020

文章引用: 李燕. 生物炭在土壤污染修复中的应用[J]. 农业科学, 2020, 10(9): 746-750.
DOI: 10.12677/hjas.2020.109113

Abstract

The healthy soil environment is an important foundation for urban development, agricultural production, and the construction of a livable human settlement environment, as well as an important prerequisite for ensuring the safety of the regional ecological environment. The rapid development of cities and the transformation and upgrading of the economic structure produce a large amount of contaminated land, which has a non-negligible impact on the soil, air and other human settlements and human health. Remediation of contaminated soil is a necessary choice for the efficient use of limited land resources. Biochar as a porous absorbent material with positive effects in soil improvement, energy production, waste recovery, pollutant treatment, etc., has important application value in the field of soil pollution remediation.

Keywords

Biochar, Soil Improvement, Soil Remediation

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/>



Open Access

1. 引言

生物炭是一种利用木材、秸秆、坚果壳等生物质材料在缺氧或厌氧环境中热化学转换制备的多孔富碳固体材料,具有高比表面积、强电子交换性、多孔性和丰富的碳质组分等独特结构,是性能优良的污染土壤修复材料[1]。研究表明,生物炭的理化特性决定其应用价值,对土壤有机污染物吸附效率与有机污染物的极性、芳香性和分子大小等相匹配,才能更好地实现吸附固定[2]。此外,不同的污染物性质、生物炭施用量以及吸附环境如吸附介质、pH 等因素也对吸附机制和吸附效果产生一定的影响[3]。目前生物炭主要应用于改良土壤性质,降低土壤中重金属和有机物含量,减少其在土壤和植物中的迁移性和累积性,提高农作物产量及粮食安全。

2. 生物炭对土壤的改良效应

生物炭改良土壤质量的效应研究是环境与农业生产领域的热点。生物炭对土壤的改良主要有土壤酸碱性、有机质、水分养分、容重等理化性质改良与土壤微生物群落结构、生物多样性、土壤酶活性等生物学特性。如表 1 所示,酸碱性是土壤性质、肥力、植物生长的关键影响因子,施加适量的生物炭能够很好的提高酸性土壤的 pH,缓解土壤酸化,更可促进土壤中重金属的沉淀与吸附。此外,生物炭对土壤养分保持具有重要作用,可明显提高耕作层土壤肥力,增加土壤有机碳含量、提高碳氮比,对稳定土壤碳库量以及氮、磷、钾等营养因子的含量均具有积极作用。

生物炭施加影响土壤酸碱性、含水量、透气性与温度等,从而对土壤微生物新陈代谢产生一定影响(见表 1)。生物炭的类型、性质以及施加量等因素直接影响土壤微生物群落结构、多样性及酶活性。如外源生物炭为土壤提供丰富的碳源供土壤中微生物代谢用,使土壤中微生物数量与种类增加,明显提高含有化肥和生物肥的农田土壤中微生物数量、丰富度和 Shannon 指数[4]。

Table 1. Analysis of the effect of biochar on soil improvement**表 1.** 生物炭对土壤改良作用分析表

土壤质量		作用效应
土壤性质	土壤酸碱性	增加酸性土壤 pH，具有良好的中和改良作用，对中性、碱性土壤影响不明显
	土壤有机质	显著提高土壤有机碳含量，提高碳氮比，改良土壤质量，提高生产力。改良效应与生物炭性质及用量相关
	土壤水分	促进土壤营养物质循环，有利于土壤保水持水
	土壤养分	固碳减排，减少土壤养分流失，具体受生物炭性质、种类及新鲜度影响
	土壤容重	生物炭容重及添加量与土壤容重成反比，与土壤总孔隙度、毛管孔隙度成正比[5]
	微生物种群结构	优化细菌群落结构，生物炭种类与添加量对土壤微生物种类及群落影响差异较大
土壤微生物	微生物多样性	丰富物生物多样性，增加细菌数量、丰富度、Shannon 指数
	土壤酶活性	抑制土壤过氧化氢酶活性，提高蔗糖酶活性，可溶性有机碳提高[6]

目前，因不同区域土壤制定、理化性质与生物炭种类和性质差异大，生物炭对土壤养分、土壤微生物等方面的作用效应研究结论尚不统一。整体上，添加生物炭可提高土壤碳氮稳定固持能力，减少土壤养分流失，但具体的定量关系还有待进一步研究探讨。另外，不同种类、不同量的生物炭对土壤微生物群落及多样性的影响作用不同，如施加一定量的生物炭对可丰富微生物多样性，但长期施用却不利于土壤真菌和革兰氏细菌的累积[7]。

3. 生物炭修复污染土壤机制

生物炭能够明显改良土壤养分、水分、透气性、酸碱性等基础特性，其自身的多孔性和吸附性能明显改善土壤持水能力和孔隙度，从而影响土壤微生物生存环境和新陈代谢特性；生物炭也通过其强吸附性、反应性与污染物直接作用，最终实现修复污染土壤的目的。如表 2 所示，生物炭通过静电吸附和离子交换、表面官能团等与土壤中的重金属离子发生生化反应而降低重金属毒性或有效态含量[8]。同时，生物炭自身富有一定的碱性，可提高土壤阳离子亲和性，促进土壤中重金属稳定化/固定化，降低重金属生物有效性，减少重金属向作物中的迁移富集。

生物炭多孔性和超大比表面积使其具备较强的吸附性，可将土壤中有机物吸附聚集于生物炭表面、填充于生物炭孔隙中，从而降低土壤中有机物污染物[9]。另外，作为土壤重要组成部分，生物炭多孔结构与吸附性可有效促进微生物新陈代谢，从而降低土壤中有机污染物的毒性和含量。

Table 2. Mechanism of biochar remediation of contaminated soil**表 2.** 生物炭修复污染土壤机理

分类	作用机理
直接修复	重金属 静电吸附、离子交换、表面官能团，氧化还原、沉淀、络合反应
	有机污染物 线性吸附、非线性吸附、空隙填充
间接修复	提高土壤 pH，增强阳离子亲和性，提高有机质含量、保持土壤养分，提高作物产量 改变土壤微生物群落结构、微生物多样性，促进微生物对有机污染物的代谢降解，降低有机污染物毒性

4. 生物炭对污染土壤的修复效应

生物炭多与其他材料复合修复污染土壤。如表 3 所示，生物炭对酸性土壤重金属污染修复效果明显，可优先降低重金属的生物有效性，降低其在土壤和农作物中的迁移与富集累积。诸多研究表明，生物炭添加其他复合材料后在土壤污染修复中效果良好。如生物炭(小麦秸秆) & 纤维素 & FeS 能够较好的稳定/

固定土壤中铬,且当三者 1:1:1、pH 为 5.5 时吸附效果最佳(130.50 mg/g) [10]。

相对于成熟的重金属污染修复,生物炭在有机物污染土壤修复应用研究较少,主要集中在农药、抗生素、多环芳烃等有机物。其中,在农业生产农药污染治理中应用较多,主要抑制农药迁移、转化,减少农药在土壤中的淋溶性和迁移性[11]。因不同生物炭及其复合材料吸附性能存在一定差异,且受环境温度、湿度等条件影响,生物炭对有机污染土壤修复效应还待在具体修复工程中进一步试验验证。

Table 3. Analysis of the effect of biochar on remediation of contaminated soil and its influencing factors

表 3. 生物炭修复污染土壤作用及其影响因素分析

污染物	修复作用	影响因素
重金属	吸附	土壤类型、质地、pH, 种植作物种类, 生物炭施加量、种类、性质以及复合材料的组成 土壤生物多样性、酶活性 有机污染物种类、性质、迁移性、可降解性 生物炭吸附容量、施加比例
有机污染物	吸附、填充	土壤类型、质地、pH 等理化性质, 环境温度、湿度 生物炭复合材料种类、性质、配比

5. 结论与展望

生物炭修复污染土壤是目前研究的热点,重点在于生物炭、重金属(有机污染物)、土壤改良等领域,且多为实验室研究,缺乏具体的中试研究和具体的工程化应用。对于生物炭在污染土壤中的应用研究还需进一步完善。

- 1) 基于实验室研究成果,开展生物炭修复长期效果以及具体的修复工程化应用尚待进一步发展。
- 2) 深入研究生物炭的自身性质、制备工艺等因素对污染土壤修复效果的影响。
- 3) 生物炭施加在土壤中,改良土壤质量、降低土壤重金属和有机物污染的同时,对土壤生态系统产生的潜在负面影响也需进行研究探讨。
- 4) 对复杂条件下生物炭的吸附能力及修复效应受多因素综合影响进行定量分析,为生物炭在土壤污染修复领域的工程化应用提供理论支撑。

参考文献

- [1] 石丽芳. 生物炭固定化微生物对石油烃污染土壤的生物修复研究[D]: [硕士学位论文]. 抚顺: 辽宁石油化工大学, 2019.
- [2] 李晓娜, 宋洋, 贾明云, 等. 生物质炭对有机污染物的吸附及机理研究进展[J]. 土壤学报, 2017, 54(6): 1313-1325.
- [3] 谢剑, 李发生. 中国污染场地修复与再开发[J]. 环境保护, 2012(2): 15-23.
- [4] 韩锐, 魏红, 康璐一, 等. 外源生物炭对黑土土壤微生物功能多样性的影响[J]. 东北林业大学学报, 2016, 44(5): 67-69.
- [5] 孟李群. 施用生物炭对杉木人工林生态系统的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [6] 王娟, 黄成真. 生物炭对土壤改良效果的研究进展[J]. 水资源与水工程学报, 2020, 31(3): 246-253.
- [7] 陈坤, 徐晓楠, 彭靖, 等. 生物炭及炭基肥对土壤微生物群落结构的影响[J]. 中国农业科学, 2018, 51(10): 1920-1930.
- [8] Zhu, X.M., Chen, B.L., Zhu, L.Z., *et al.* (2017) Effects and Mechanisms of Biochar-Microbe Interactions in Soil Improvement and Pollution Remediation: A Review. *Environmental Pollution*, **227**, 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.032>
- [9] He, L.Z., Fan, S.L., Muller, K., *et al.* (2018) Comparative Analysis Biochar and Compost-Induced Degradation of Di-(2-ethylhexyl) Phthalate in Soils. *Science of the Total Environment*, **625**, 987-993. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.002>

- [10] Lyu, H., Zhao, H., Tang, J., *et al.* (2017) Immobilization of Hexavalent Chromium in Contaminated Soils Using Biochar Supported Nanoscale Iron Sulfide Composite. *Chemosphere*, **194**, 360-369.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.182>
- [11] 蒲生彦, 上官李想, 刘世宾, 石清清, 王晓科, 张颖. 生物炭及其复合材料在土壤污染修复中的应用研究进展[J]. 生态环境学报, 2019, 28(3): 629-635.