

生物炭对土壤有机污染物迁移行为影响研究进展

杨 芳

息烽县永靖镇农业服务中心, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年12月20日; 录用日期: 2023年1月21日; 发布日期: 2023年1月30日

摘 要

本文就生物炭吸附有机污染物的机制, 运动、迁移、沉积、释放机理, 对有机污染物生物有效性的影响进行了综述, 并简要分析了当前生物炭应用存在的一些问题和今后的发展方向, 为生物炭的应用和推广提供理论参考。

关键词

生物质炭, 有机污染物, 迁移

Research Progress on the Effect of Biochar on the Migration Behavior of Soil Organic Pollutants

Fang Yang

Agricultural Service Center of Yongjing Town, Xifeng County, Guiyang Guizhou

Received: Dec. 20th, 2022; accepted: Jan. 21st, 2023; published: Jan. 30th, 2023

Abstract

This paper reviews the mechanism of adsorption of organic pollutants by biochar, the mechanism of movement, migration, deposition and release, and the impact on the bioavailability of organic pollutants, and briefly analyzes some problems in the current application of biochar and the future development direction, so as to provide a theoretical reference for the application and promotion of biochar.

Keywords

Biochar, Organic Pollutants, Migration

Copyright © 2023 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

生物炭是生物质在全部或部分缺氧条件下热解而得到的高碳、高度芳香化的物质，其本质是黑碳的一种[1]。它的组成元素主要包括碳(60%以上)、氢、氧等，还有灰分[2]。碳的含量和灰分的含量会随着热解温度的升高而增加，灰分的组成还与植物生长的地质条件有关[3]。生物炭大量积累于土壤的有机质和黑炭中，并对土壤中有机污染物的迁移转化和生物有效性产生重大影响[4]。生物炭在改善土壤质量、增加土壤碳汇、减少大气 CO₂ 浓度、修复污染环境、提高土壤肥力及维持土壤生态系统平衡意义重大[5][6]。生物炭还能吸附土壤中的重金属、除草剂、石油烃类、农药等有机污染物，促进土壤中农药的降解，避免污染物随淋滤作用而污染地下水；同时，减少农作物对污染物残留的富集，达到降低农产品安全风险的作用，在治理非点源污染上有很大的应用前景[7][8][9][10][11]。

2. 生物炭吸附有机污染物的机制

如表 1 所示，生物质炭吸附有机污染物的原理有分配作用、表面吸附作用、微观吸附机制等[12]。施用生物炭显著提高土壤对有机污染物的吸附能力，能使有机污染从易解吸位点向难解吸位点转变，明显降低土壤溶液中污染物浓度。其吸收机理随制备生物炭的温度的不同也会不同[13]。

Table 1. Adsorption of common biochars on organic pollutants

表 1. 常见生物炭对有机污染物的吸附作用

污染物	热解温度	作用机理	文献
多环芳烃	400°C、600°C、800°C	吸附和生物降解	[14]
菲	—	在微孔和间隙孔捕捉	[15]
泰乐菌素	—	吸附	[16]
抗生素	450°C~500°C	π - π 键	[17]
磺胺甲噁唑	300°C、700°C	π - π 键、离子交换	[18]
大肠杆菌	450°C~500°C	π - π 键、离子交换	[19]

3. 生物炭在土壤中运动迁移机理和沉积释放

生物炭在土壤介质中的运动迁移和沉积释放的模型主要有胶体过滤模型和流弥散方程(CDE)两种。土壤中生物炭颗粒以胶体颗粒形式迁移，其迁移主要包括颗粒沉积和再释放，扩散、沉积、吸附、惯性、拦截等都是生物炭与土壤表面作用机制[10]。研究发现，当各种作用力达到平衡时，生物炭颗粒在土壤孔隙中，若改变土壤溶液的化学条件，破坏平衡时，滞留的生物炭颗粒会解吸回溶液中[20]。其迁移途径如图 1 所示。

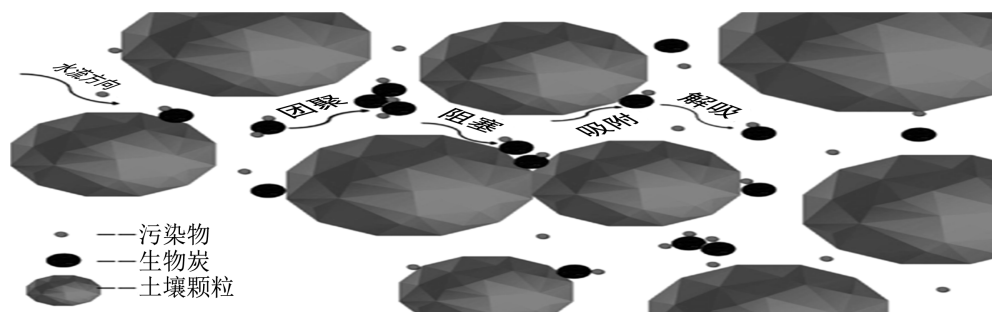


Figure 1. Migration mechanism of biochar particles in soil media [20]

图 1. 生物炭颗粒在土壤介质中的迁移机理[20]

4. 生物炭对土壤中有有机污染物生物有效性的影响

表 2 中的研究发现, 生物炭对阿特拉津的吸附能力要比土壤强 800~3800 倍[21]。生物炭的添加降低植物、动物对有机污染物的吸收以及微生物的降解作用。植物的根系可以吸收土壤溶液中的有机污染物并将其一部分迁移积累到地上部分, 蚯蚓等土壤动物通过真皮吸收以及肠吸收的方式吸收疏水有机化合物。生物炭对有机污染物具有较强吸附能力, 使得氯苯在土壤中的生物有效性下降[27]。

Table 2. Effect of biochar on the bioavailability of organic pollutants

表 2. 生物炭对有机污染物生物有效性的影响

生物种类	污染物	实验结果	参考文献
青菜和胡萝卜	多氯联苯(PCBs)	添加2%生物炭后两种植物中总的和地上部分PCBs浓度都显著降低。	[22]
大葱	毒死蜱和呋喃丹	两种农药在地上部分和地下部分的残留量都减少, 且在根中的富集系数随生物炭用量增加而降低。	[23]
玉米幼苗	菲	加入3种不同含水率炭后, 玉米幼苗对菲的吸收量分别降低了11.97%、21.28%和38.10%。	[24]
赤子爱胜蚓	氯虫苯甲酰胺	CAP浓度为10 mg·kg ⁻¹ 时, 对照组土壤中蚯蚓体内残留量为9.65 mg·kg ⁻¹ , 添加BC450则残留量下降到4.05 mg·kg ⁻¹ , 添加BC850就下降到0.59 mg·kg ⁻¹ 。	[25]
土壤微生物	敌草隆	培养10周后, 添加0.5%的生物炭土壤中敌草隆的残留量<40%, 对照组残留量为55%。	[26]

5. 展望

目前, 生物炭在土壤环境中的迁移转化及其归趋方面的研究均在起步阶段, 待大量深入研究。对生物炭施入土壤引起的长期环境效应的研究也很少, 应该大力拓展生物炭应用领域。当前, 在制备缓释农药[28]中有人使用了生物炭, 缓释肥料[29]也有相应的例子, 修复环境[30]中也有相关人员使用负载微生物的生物炭。针对已经被污染的土壤, 可以通过测土配方施用生物炭, 这样既避免浪费, 也能起到改善土壤的效果。可以加强生物炭吸收污染物的最适范围的研究, 找到热点污染物最适的吸收量。然而, 只有经过大批量的田间试验, 证实生物炭的施用能提高产量和修复土壤, 那么才有可能大规模推广到农业生产中。因此, 大量的田间试验方面还待加强。

参考文献

[1] 谢祖彬, 刘琦, 许燕萍, 等. 生物炭研究进展及其研究方向[J]. 土壤, 2011, 43(6): 857-861.

- [2] 何绪生, 耿增超, 余雕, 等. 生物炭生产与农用的意义及国内外动态[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 1-7.
- [3] 林肖庆, 吕豪豪, 刘玉学, 汪玉瑛, 杨生茂. 生物质原料及炭化温度对生物炭产率与性质的影响[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(7): 1216-1223.
- [4] 周丹丹. 生物炭对有机污染物的吸附作用及机理调控[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [5] 石红蕾, 周启星. 生物炭对污染物的土壤环境行为影响研究进展[J]. 生态学杂志, 2014, 33(2): 486-494.
- [6] 刘玉学, 刘微, 吴伟祥, 等. 土壤生物质炭环境行为与环境效应[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 977-982.
- [7] 张鹏. 生物炭对西唯因与阿特拉津环境行为的影响[D]: [博士学位论文]. 天津: 南开大学, 2013.
- [8] 张彩霞. 生物炭对五氯酚钠和克百威在黄土中吸附行为影响的研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2014.
- [9] 陈晓博. 生物炭环境效应和在农业面源污染防治中的作用[J]. 北方环境, 2013(6): 66-68.
- [10] 佟雪娇, 李九玉, 姜军, 等. 添加农作物秸秆炭对红壤吸附 Cu(II)的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2011, 27(5): 37-41.
- [11] 甘文君, 何跃, 张孝飞, 等. 秸秆生物炭修复电镀厂污染土壤的效果和作用机理初探[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28(3): 305-309.
- [12] 王道京, 桑文静, 周雪飞, 等. 生物炭在土壤中的运动迁移及其对土壤污染物影响研究进展[J]. 广东农业科学, 2015, 42(19): 122-129.
- [13] 陈宝梁, 陈再明, 陈文远, 周丹丹, 方远. 有机污染物与生物炭的相互作用: 吸附模型、机理和热力学[C]//中国化学会环境化学专业委员会, 中国环境科学学会环境化学分会, 中国毒理学会分析毒理专业委员会. 第六届全国环境化学大会暨环境科学仪器与分析仪器展览会摘要集. 北京: 中国化学会, 2011: 849.
- [14] 王宁. 生物炭对复合污染土壤植物修复效果的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2012.
- [15] 吴成, 张晓丽, 李关宾. 黑炭制备的不同热解温度对其吸附菲的影响[J]. 中国环境科学, 2007, 27(1): 125-128.
- [16] 章明奎, 顾国平, 徐秋桐. 生物质炭降低蔬菜吸收土壤中抗生素的作用[J]. 农学报, 2016, 6(1): 42-46.
- [17] 郑浩. 芦竹生物炭对农业土壤环境的影响[D]: [博士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [18] Vithanage, M., Rajapaksha, A.U., Tang, X.Y., et al. (2014) Sorption and Transport of Sulfamethazine in Agricultural Soils Amended with Invasive-Plant-Derived Biochar. *Journal of Environmental Management*, **141**, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.02.030>
- [19] Mohanty, S.K. and Boehm, A.B. (2014) *Escherichia coli* Removal in Biochar-Augmented Biofilter: Effect of Infiltration Rate, Initial Bacterial Concentration, Biochar Particle Size, and Presence of Compost. *Environmental Science & Technology*, **48**, 11535-11542. <https://doi.org/10.1021/es5033162>
- [20] Bradford, S.A., Torkzaban, S. and Walker, S.L. (2007) Coupling of Physical and Chemical Mechanisms of Colloid Straining in Saturated Porous Media. *Water Research*, **41**, 3012-3024. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.030>
- [21] 吴蓓蓓. 生物炭增强土壤吸附阿特拉津的作用及机理[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2016.
- [22] Wang, Y., Wang, Y.J., Wang, L., et al. (2013) Reducing the Bioavailability of PCBs in Soil to Plant by Biochars Assessed with Triolein-Embedded Cellulose Acetate Membrane Technique. *Environmental Pollution*, **174**, 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.12.004>
- [23] 王茜, 唐翔宇, 关卓, 刘琛. 生物炭对土壤中农药的吸附-解吸行为和生物有效性的影响综述[J]. 世界科技研究与发展, 2015(2): 200-205.
- [24] 史明, 胡林潮, 黄兆琴, 等. 生物质炭的加入对土壤吸附菲能力以及玉米幼苗对菲吸收量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(5): 912-916.
- [25] 王廷廷. 黑碳对土壤中氯虫苯甲酰胺吸附及生物有效性的影响[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2012.
- [26] 余向阳, 应光国, 刘贤进, 等. 土壤中黑碳对农药敌草隆的吸附-解吸迟滞行为研究[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 650-655.
- [27] 宋洋, 王芳, 杨兴伦, 等. 生物质炭对土壤中氯苯类物质生物有效性的影响及评价方法[J]. 环境科学, 2012, 33(1): 169-174.
- [28] 赵军. 生物质炭基氮肥对土壤微生物量碳氮、土壤酶及作物产量的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2016.
- [29] 高海英, 何绪生, 陈心想, 张雯, 耿增超. 生物炭及炭基硝酸铵肥料对土壤化学性质及作物产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(10): 1948-1955.
- [30] 丁文川, 曾晓岚, 王永芳, 杜勇, 朱庆祥. 生物炭载体的表面特征和挂膜性能研究[J]. 中国环境科学, 2011, 31(9): 1451-1455.