

生物炭在土壤农药修复中的应用研究进展

杨晨曦^{1,2,3,4}, 王迎国^{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

收稿日期: 2022年10月16日; 录用日期: 2022年11月15日; 发布日期: 2022年11月22日

摘要

农药因其可以积累到人类和其他生物体内而受到了人们的关注, 为了探究生物炭在农药修复中的作用, 本文阐述了生物炭用于修复持久性有机农药的作用, 并针对农药的种类及其对生命形式的危害详细介绍了生物炭的生产、特点及应用。通过向农药中添加生物炭具有以下优点: (a) 提高土壤持水能力; (b) 改善土壤中的通气条件; (c) 为微生物的生长提供栖息地, 从而促进微生物群落的代谢活动和农药降解。本文还阐述了利用生物炭修复农药存在的问题及今后的研究方向。

关键词

生物炭, 农药, 土壤, 污染, 修复

Application of Biochar in Soil Pesticide Remediation

Chenxi Yang^{1,2,3,4}, Yingguo Wang^{1,2,3,4}

¹Shaanxi Earth Construction Engineering Technology Research Institute Co. Ltd., Xi'an Shaanxi

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

³Key Laboratory of Degradation and Unused Land Remediation, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

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

Received: Oct. 16th, 2022; accepted: Nov. 15th, 2022; published: Nov. 22nd, 2022

Abstract

Pesticides have attracted people's attention because they can be accumulated in human beings

and other organisms. In order to explore the role of biochar in pesticide remediation, this paper expounds the role of biochar in the remediation of POPs, and introduces the production, characteristics and application of biochar in detail according to the types of pesticides and their harm to life forms. Adding biochar to pesticides has the following advantages: (a) improving soil water holding capacity; (b) improving aeration conditions in the soil; (c) providing habitat for the growth of microorganisms, so as to promote the metabolism of microbial community and pesticide degradation. In addition, the problems and future research directions of biochar for pesticide remediation were also discussed.

Keywords

Biochar, Pesticide, Soil, Pollution, Remediation

Copyright © 2022 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

由于人为活动、环境污染日益严重、食品需求迅速增长等因素,在过去的几十年里,大量农药等污染物在环境中释放[1] [2] [3]。基于此,污染修复技术成为了目前的研究热点。

无机重金属污染物和农药作为持久性有机污染物,可以通过生物炭、微生物、堆肥、植物和其他生化修复技术进行修复[4] [5]。生物炭是在限制氧浓度条件下对生物残留物进行高温处理的产物,生物炭是一种具有高保水性的多孔材料,它能促进土壤中微生物生长同时促进农药降解[6] [7]。生物炭在土壤中的使用会引起土壤性质的变化,这种变化也会增加微生物生物量和活性、酶活性和微生物群落结构。因此,生物炭作为土壤改良材料可以提高土壤肥力、增加作物产量、减少碳排放与退化土地恢复[8] [9]。

由于生物炭具有多种优异的性能,因此使用生物炭进行土壤中农药污染修复具有重要的意义。本综述旨在阐述农药的类型与使用生物炭应用于土壤农药污染修复,此外在本文中介绍了农药的种类及其对生命形式的危害,并在最后讨论了未来利用生物炭修复土壤农药污染所需要解决的问题。

2. 农药类型

农药通常可分为有机农药和无机农药,在结构上,有机农药除碳结构外,还包括氧、磷、氯、硫和氟。无机农药是由铜、硫和其他元素等化合物构成的,基于这些功能群,杀虫剂主要分为三类:(a)有机氯农药(OCPs), (b)有机磷农药(OPPs)和(c)氨基甲酸酯。根据作用方式,每种杀虫剂都有一个特定的目标位点。

2.1. 有机氯农药

有机氯农药通常由碳、氢和氯组成,其中大多数有机氯农药是杀虫剂,例如,六氯化苯(BHC)、二氯二苯三氯乙烷(DDT)及其类似物、艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、氯丹和硫丹等化合物。有机氯农药表现是白色结晶状并易溶于有机溶剂和脂肪,这些杀虫剂因其半挥发性的特征,因此可在环境和粮食作物中形成聚集体,同时由于其高毒性和潜在的原因环境污染,因此其中一些农药在过去并逐渐被其他杀虫剂取代[10] [11]。

2.2. 有机磷农药

有机磷农药通常是磷酸酯, 它能提高农业生产中作物的质量, 然而这些杀虫剂也同样会造成环境污染, 例如对硫磷、马拉硫磷、毒死蜱、磷酰胺和杀螟松等。由于有机磷农药能提高农作物的产量, 因此其使用率较高。但是有机磷农药对人体具有急性毒性作用, 并且有机磷农药通过使乙酰胆碱酯酶的不可逆失活而发挥作用, 而这种酶对于人类及其他动物必需的[12] [13]。

2.3. 氨基甲酸酯

氨基甲酸酯是从氨基甲酸盐中提取的除草剂。通常氨基甲酸酯类农药主要有涕灭威、呋喃丹、炔诺酮、恶戊醇和灭多威。在使用过程中, 它们通常以喷雾或诱饵的形式减少害虫。由于氨基甲酸酯对人类的毒性较小, 因此其使用较为广泛, 然而由于氨基甲酸酯的高水溶性, 它们很容易被植物根系吸收, 对于后续食物链具有潜在风险[14] [15]。

3. 农药对生命形式的危害

由于农药是一类重要的有机污染物, 并且在使用过程中被分散在周围环境, 如水生生态系统、土地、水甚至食物产品, 因此它们的浸出和土壤中的堆积物对环境和人类都是一种威胁健康。

基于农药等污染物在农田中被过度使用, 部分农药会影响土壤微生物, 如莠去津、艾氏剂、氮氧司特罗宾, 硫丹、氯氰菊酯等, 它们的浸出和土壤中的堆积对环境和人类都是一种威胁。据报道有机氯农药阿特拉津、二氯二苯三氯乙烷(DDT), 硫丹、六氯化苯(BHC)和林丹等常见农药, 其致死浓度被分类为: (a) 剧毒, (b) 中度毒性, 和(c) 轻微至相对无毒。农药在土壤中的取决于各种环境过程, 如吸附-解吸、蒸发、浸出、生物积累、转移以及转化和生态毒性, 在这些过程中, 当农药被吸附引入土壤中时会影响其生态效应。

4. 生物炭的生产、性能及应用

生物炭是由有限氧气条件下利用各种各样的热转化技术, 例如热解、气化、水热碳化、热解等方法生产生物炭, 其中裂解技术是由生物质在相对较低的温度(300°C~900°C)下不含氧加热制备生物炭时。热解可分为两大类类型: 慢速热解和快速热解, 根据不同加热速率, 可得到不同的生物炭[16] [17]。

5. 生物炭修复农药

近十年来, 生物炭以其高孔隙率高表面积收到研究人员青睐, 许多学者在生物炭应用领域进行了大量的研究, 此外, 生物炭被报道为潜在的碳源和无机物的来源微生物的营养和微量元素。这些效应会刺激微生物的活动及其代谢, 因此, 它也影响着与有机物降解有关的微生物过程。生物炭的存在增加了土壤的通气性和保水性, 降低了堆肥堆的容重, 进而影响微生物群落。此外, 转换生物炭作为土壤改良剂提供了一个双赢的解决方案土壤修复与农业废弃物利用。

5.1. 环境应用

生物炭因其优异的吸附性能可作为环境修复的材料, 例如生物炭可作为降低农药生物利用度材料, 同时增加土壤肥力。通常, 使用生物炭增加农药在土壤中的吸附会降低人类接触农药的风险, 并降低对环境的污染。目前, 许多学者研究生物炭对无机物和有机物的吸附性能, 包括染料、重金属、多环化合物芳香烃(PAHs)与有机农药等[18]。

生物炭能影响农药在土壤环境中的行为, 一方面, 由于它的多孔结构和大比表面积, 因此生物炭的吸附作用降低了农药的生物利用度。另一方面, 生物炭通过提供可用碳和其他营养物质, 提高了微生物

活性并最终加速了农药在土壤中的生物降解。因此, 生物炭的应用在农药吸附与修复领域机理尚需进一步研究。

生物炭对土壤中农药污染物最终去向取决于生物炭的类型和性质, 而生物炭又会受到原料、热解条件等所制备材料影响。生物炭被认为是一种有效的处理植物或动物排泄物的方法, 因此其可以减少环境污染, 利用废弃物生产生物炭既经济又有益产生绿色能源。

5.2. 农业应用

生物炭改良剂可通过改变土壤微生物群落, 从而调节土壤 pH、氮水平、溶解有机质和磷水平, 同时生物炭在土壤可以增强其吸附杀虫剂生产能力, 基于这种能力, 生物炭对土壤的改良可通过多种途径影响农药的转化。首先, 生物炭可以影响土壤微生物活性、微生物群落组成和酶活动, 这些特性有助于增强农药的生物降解, 同时提高土壤肥力和作物产量。其次, 使用生物炭会改变土壤的理化性质, 理化性质的变化可能会改变土壤微生物群落的组成, 这可能归因于微生物功能活性的提高可改变土壤理化性质的组成, 并且由于生物炭通常含有大量芳香化合物, 因此不易被微生物降解, 可持久性加强土壤生态系统的固碳作用[19]。

6. 结论与展望

农药污染已成为一个全球性的问题, 然而, 这些污染物可通过生物炭有效地降解。基于此, 可通过在环境中利用吸附作用来减少农药对土壤的危害, 或是将毒性大的农药转化为毒性较小的化合物。目前, 生物炭在土壤中的应用可以提高土壤肥力、固碳作用和生物能源生产。然而, 目前对于生物炭应用于农业仍有潜在的负面影响, 因此未来, 需进行生物炭的全面研究:

- 1) 研究生物炭老化对养分释放的影响机制, 即生物炭的长时间活性。
- 2) 开展生物炭对土壤肥力长期影响的研究以及作物生产力。
- 3) 探讨生物炭在不同条件下的酶活性/反应土壤类型和气候。
- 4) 制定生物炭质量标准, 探索长期温室气体减排潜力和不同土壤类型和土壤中生物炭的固碳潜力气候条件。

基金项目

陕西省重点研发计划(2022NY-082), 中央高校基本科研业务费资助项目(300102292504), 陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2021-22)。

参考文献

- [1] 彭开富. 农药污染现状与环境保护措施[J]. 南方农业, 2017, 11(23): 108+110.
- [2] 王宣, 黄涛珍. 农药污染问题及对策研究[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(10): 108-111.
- [3] 赵玲, 滕应, 骆永明. 中国农田土壤农药污染现状和防控对策[J]. 土壤, 2017, 49(3): 417-427.
- [4] 王秋华. 壳聚糖-甘蔗渣活性炭的制备及其处理有机农药污染物的性能研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2018.
- [5] 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]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北师范大学, 2014.
- [6] 李赛君, 吕金红, 李建法. 生物炭对农药的吸附及土壤中环境行为的影响[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(8): 1793-1797.
- [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] 张又弛, 李会丹. 生物炭对土壤中微生物群落结构及其生物地球化学功能的影响[J]. 生态环境学报, 2015, 24(5):

898-905.

- [9] 李江舟, 娄翼来, 张立猛, 王一丁, 张丽敏, 张庆忠. 不同生物炭添加量下植烟土壤养分的淋失[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(4): 1075-1080.
- [10] 孙玉川. 有机氯农药和多环芳烃在表层岩溶系统中的迁移、转化特征研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [11] 张原. 有机氯农药中氯同位素分析技术研究及其环境意义[D]: [博士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2013.
- [12] 陈宗保. 土壤中有机农药残留分析及有机磷农药降解行为研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌大学, 2006.
- [13] 王娜. 有机磷农药对水华藻的毒性及干扰效应[D]: [硕士学位论文]. 广州: 暨南大学, 2012.
- [14] 施国兰, 郑博福, 白英臣, 吴丰昌, 吴代赦. 荧光猝灭滴定法研究土壤腐殖质与氨基甲酸酯类农药相互作用[J]. 环境科学研究, 2012, 25(12): 1404-1409.
- [15] 沈军, 刘双燕, 赵勇强, 沈贤德, 岡本佳男. 多糖类氨基甲酸酯衍生物的区域选择性合成及其手性识别[J]. 高分子学报, 2013(3): 293-299.
- [16] 张芹. 羟基硫酸铁污泥基生物炭的制备及对 As⁻³⁺的吸附研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津理工大学, 2017.
- [17] 张婉春. 生物质碳基复合电极的制备及性能研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 中国科学技术大学, 2017.
- [18] 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.
- [19] 王欣, 尹带霞, 张凤, 谭长银, 彭渤. 生物炭对土壤肥力与环境质量的影响机制与风险解析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(4): 248-257.