

生物质废弃物转化为生物炭用于土壤修复的效果分析

陈海钰

福建中盟环保有限公司 福建福州

【摘要】本文探讨了生物质废弃物转化为生物炭用于土壤修复的效果。通过实验研究，分析了生物炭对土壤理化性质、微生物群落结构及重金属有效性的影响。结果表明，生物炭可显著改善土壤结构，提高土壤肥力，降低重金属生物有效性，促进微生物多样性。该研究为生物质废弃物的资源化利用和土壤修复提供了理论依据，具有重要的环境和经济意义。

【关键词】生物质废弃物；生物炭；土壤修复；重金属；微生物

【收稿日期】2025 年 2 月 24 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 28 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250118

Analysis of the conversion of biomass waste into biochar for soil remediation

Haiyu Chen

Fujian Zhongmeng Environmental Protection Co., Ltd., Fuzhou, Fujian

【Abstract】 This paper explores the effect of converting biomass waste into biochar for soil remediation. Through experimental studies, the effects of biochar on soil physical and chemical properties, microbial community structure and the availability of heavy metals were analyzed. The results showed that biochar could significantly improve the soil structure, improve soil fertility, reduce the bioavailability of heavy metals and promote microbial diversity. This research provides a theoretical basis for the resource utilization and soil remediation of biomass waste, which is of important environmental and economic significance.

【Keywords】 Biomass waste; Biochar, Soil remediation; Heavy metals; Microbes

引言

随着工业化和城市化的快速发展，土壤污染问题日益突出，对生态环境和人类健康构成严重威胁。生物质废弃物作为一种可再生资源，将其转化为生物炭用于土壤修复，不仅实现了废弃物的资源化利用，还为土壤污染治理提供了新途径。本研究旨在探讨生物质废弃物生物炭在土壤修复中的应用效果，以期为土壤修复技术的发展提供参考。

1 生物炭的制备与特性

生物质废弃物是一种丰富的可再生资源，其来源广泛且种类繁多。农作物秸秆是农业生产中产生的大量废弃物之一，包括稻草、麦秸、玉米秸秆等。这些秸秆在传统处理方式中往往被焚烧或丢弃，不仅造成资源浪费，还可能引发空气污染等问题。林业废弃物如树枝、树皮、木屑等也是生物质废弃物的重要组成部分。这些废弃物在林业加工过程中产生，通常被堆积或丢

弃，占用大量土地资源。畜禽粪便也是生物质废弃物的重要来源之一。随着畜牧业的发展，畜禽粪便的产生量不断增加，其处理和利用问题日益受到关注^[1]。这些生物质废弃物如果能够得到有效利用，将具有巨大的经济和环境价值。

通过热解技术，可以将生物质废弃物转化为生物炭，这是一种具有独特物理和化学性质的碳材料。生物炭的制备过程涉及将生物质废弃物在无氧或低氧条件下加热分解，从而生成富含碳的固体产物。这种生物炭具有高孔隙率，其内部的微孔和介孔结构为土壤中的水分和空气提供了良好的通道。高孔隙率的生物炭能够显著改善土壤的通气性和保水性，使土壤更加疏松，有利于植物根系的生长和发育。生物炭表面富含大量的官能团，如羟基、羧基和酚羟基等。这些官能团赋予生物炭良好的吸附性能，使其能够吸附土壤中的重金属离子和有机污染物。生物炭可以与重金属离子发生

化学吸附作用,形成稳定的络合物,从而降低重金属在土壤中的生物有效性,减少其对植物和环境的危害^[2]。生物炭的表面官能团还可以吸附土壤中的有机污染物,如多环芳烃和农药残留等,降低其在土壤中的迁移性和生物可利用性,从而减轻土壤污染。

生物炭的孔隙结构和表面官能团是其在土壤修复中发挥重要作用的关键因素。在土壤生态系统中,生物炭的高孔隙率不仅改善了土壤的物理性质,还为土壤微生物提供了良好的栖息环境。微生物可以在生物炭的孔隙中繁殖和生长,从而促进土壤中有机的分解和养分的循环。生物炭表面的官能团通过吸附作用固定土壤中的重金属和有机污染物,减少了这些污染物对土壤生态系统的危害。生物炭的加入还可以调节土壤的酸碱度,使其更接近中性,从而为植物生长创造更有利的条件。将生物质废弃物转化为生物炭并应用于土壤修复,不仅可以实现废弃物的资源化利用,还可以有效改善土壤质量,促进生态系统的可持续发展。

2 生物炭对土壤理化性质的影响

生物炭施用于土壤后,对土壤的物理性质产生了显著的积极影响。土壤的结构和质地是影响其肥力和生态功能的关键因素。生物炭具有高孔隙率和较大的比表面积,这些特性使其能够有效地改善土壤的物理结构。具体而言,生物炭的加入可以降低土壤容重,这意味着土壤变得更加疏松,孔隙度增加。这种变化对于土壤的通气性和保水性至关重要^[3]。良好的通气性有助于植物根系的呼吸作用,促进根系的生长和发育;而增强的保水性则能够使土壤在干旱条件下保持更长时间的湿润状态,减少水分蒸发,提高水分利用效率。生物炭的多孔结构还为土壤中的微生物和小动物提供了栖息空间,有利于土壤生物多样性的维持和生态系统的稳定。

在化学性质方面,生物炭对土壤的改良作用同样显著。生物炭富含碳元素,其施用能够显著提高土壤的有机碳含量。有机碳是土壤肥力的核心指标之一,它不仅是植物生长所需养分的重要来源,还能改善土壤的物理和化学性质。生物炭表面含有大量的含氧官能团,如羧基、酚羟基等,这些官能团赋予了生物炭良好的阳离子交换能力。通过提高土壤的阳离子交换量,生物炭能够增强土壤对养分的保持能力,减少养分流失,从而提高土壤肥力。生物炭的加入还可以调节土壤的酸碱度,使其更接近中性^[4]。许多土壤由于长期的农业活动或环境污染而呈现出酸化或碱化的趋势,这会对植物生长和土壤微生物活动产生不利影响。生物炭的酸碱

缓冲能力能够改善土壤的酸碱平衡,为植物和微生物创造更适宜的生长环境,进而促进植物的生长和土壤生态系统的健康。

生物炭对土壤的改良作用不仅体现在短期的物理和化学性质变化上,还具有长期的环境效益。由于生物炭的稳定性较高,其在土壤中的存在时间较长,能够持续发挥改良土壤的作用。生物炭的施用还能够减少温室气体排放。在土壤中,生物炭可以作为碳汇,固定大气中的二氧化碳,从而减缓气候变化。通过提高土壤肥力和改善土壤结构,生物炭能够促进植物生长,增加植物对二氧化碳的吸收和固定。这种协同作用不仅有助于土壤质量的提升,还对全球碳循环和气候变化应对具有重要意义。生物炭作为一种可持续的土壤改良剂,具有广阔的应用前景。

3 生物炭对土壤微生物群落的影响

土壤微生物在土壤生态系统中扮演着极为关键的角色,它们是土壤中物质循环和能量转换的核心驱动力。微生物通过分解有机物质,将复杂的有机物转化为简单的无机营养物质,从而为植物提供养分。微生物还参与土壤结构的形成,通过分泌胞外聚合物,改善土壤的团聚性和通气性。土壤微生物还能够抑制病原菌的生长,增强植物的抗病能力。土壤微生物的多样性和活性直接关系到土壤的健康和生态系统的稳定性。

生物炭的添加对土壤微生物群落结构产生了显著的影响。研究表明,生物炭具有高度的孔隙结构和较大的比表面积,这为微生物提供了理想的栖息场所^[5]。微生物可以在生物炭的孔隙中躲避外界环境的不利影响,如干旱、高温和化学胁迫。生物炭本身富含碳元素,这些碳元素以多种有机官能团的形式存在,为微生物提供了丰富的碳源。微生物利用这些碳源进行代谢活动,从而促进了自身的生长和繁殖。随着微生物数量的增加和种类的丰富,土壤微生物群落的结构逐渐优化,形成了更加复杂和稳定的生态网络。这种优化的微生物群落结构不仅有助于土壤中有机的分解和养分循环,还能进一步增强土壤的生态功能和稳定性,为土壤生态系统的健康和可持续发展提供了有力支持。

优化后的微生物群落结构对土壤肥力的提升具有重要意义。多样化的微生物群落能够加速土壤中有机物的分解,将植物残体、动物粪便等有机废弃物转化为可供植物吸收利用的营养物质。一些微生物能够分解木质素和纤维素,释放出其中的碳、氮、磷等元素。微生物的代谢活动还能够促进土壤中养分的循环,将固定态的养分转化为可溶态,提高养分的利用率。微生物

群落的优化还能够改善土壤的物理性质, 增强土壤的保水性和通气性, 为植物根系的生长创造良好的环境^[6]。生物炭通过改变土壤微生物群落结构, 间接地提升了土壤的肥力, 为农业可持续发展提供了有力支持。

4 生物炭对土壤重金属有效性的影响

重金属污染是当前土壤污染的重要类型之一, 对生态环境和人类健康构成了极为严重的威胁。土壤中的重金属主要包括铅、镉、汞、砷等, 这些元素具有难以降解的特性, 能够在土壤中长期存在, 并且迁移性强, 容易通过各种途径进入周边环境^[7]。这些重金属能够通过植物的根系吸收, 进入植物体内, 并随着食物链的传递不断富集, 最终进入人体, 对人体健康产生潜在的威胁, 如导致神经系统损伤、肾脏疾病等。近年来, 生物炭作为一种新兴的土壤改良剂, 因其独特的物理化学性质, 逐渐受到了广泛关注^[8]。生物炭表面还含有大量的官能团, 如羧基、酚羟基等, 这些官能团可以与重金属离子发生化学反应, 形成稳定的络合物, 进一步增强了生物炭对重金属的固定能力。

实验结果表明, 生物炭对土壤中的重金属具有显著的固定效果。生物炭的高比表面积和丰富的孔隙结构使其能够吸附大量的重金属离子, 从而降低其在土壤溶液中的浓度。生物炭表面的官能团(如羧基、酚羟基等)能够与重金属离子形成络合物, 进一步增强其固定能力。研究表明, 添加生物炭后, 土壤中铅、镉等重金属的有效性显著降低, 其在植物体内的富集量也明显减少。在一项针对镉污染土壤的研究中, 添加生物炭后, 土壤中镉的有效性降低了约 60%, 植物体内镉的含量减少了约 70%。

生物炭的应用不仅能够有效修复重金属污染土壤, 还具有显著的环境效益。生物炭的制备过程可以利用生物质废弃物, 如农作物秸秆、林业剩余物等, 实现了废弃物的资源化利用, 减少了因废弃物处理不当带来的环境污染。生物炭在土壤中具有较长的稳定性, 能够持续发挥修复作用。生物炭还能够改善土壤结构, 提高土壤肥力, 促进植物生长, 具有多重生态效益。未来, 生物炭在土壤重金属污染修复中的应用前景广阔, 但仍需进一步优化其制备工艺和施用方法, 以提高其修

复效率和降低成本, 为土壤污染治理提供更加可持续的解决方案。

5 结语

生物质废弃物转化为生物炭用于土壤修复具有显著效果, 可改善土壤理化性质, 促进微生物生长, 降低重金属有效性。未来应进一步优化生物炭的制备工艺, 探索其在不同类型土壤和污染条件下的应用潜力, 为土壤修复和环境保护提供更有效的解决方案。

参考文献

- [1] 胡莹. 废弃生物质热化学转化为生物燃料的研究[D]. 南昌大学, 2022.
- [2] 汪洋. 几种农业废弃物生物炭的制备及其超级电容器性能研究[D]. 华中农业大学, 2020.
- [3] 王春雨. 农业废弃物中微量元素的赋存形态及其在生物炭中的富集和生物可利用性研究[D]. 华东理工大学, 2020.
- [4] 刘哲, 罗欢, 欧阳鹏, 等. 根系分泌物与植物有益菌在重金属污染土壤修复中的协同作用机制与应用前景 [J/OL]. 微生物学通报, 1-17[2025-04-01].
- [5] 李林记, 曹宁宁, 张霞, 等. 有机肥复合钝化剂修复土壤 Pb+Cd+Cu 污染研究 [J]. 生态产业科学与磷氟工程, 2025, 40 (03): 99-106.
- [6] 刘春香. 互联网时代初中语文写作课堂教学的探索与思考 [J]. 中国新通信, 2024, 26 (12): 158-160.
- [7] 胡莹. 废弃生物质热化学转化为生物燃料的研究[D]. 南昌大学, 2022.
- [8] 汪洋. 几种农业废弃物生物炭的制备及其超级电容器性能研究[D]. 华中农业大学, 2020.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

