

生物质炭改良土壤研究进展

江秋菊¹, 刘京², 张跃强³

(1. 遵义职业技术学院, 贵州 遵义 563000; 2. 贵州省烟草公司遵义市公司, 贵州 遵义 563000; 3. 西南大学资源环境学院, 重庆 北碚 400716)

摘要: 综述了生物质炭的生产原料和基本性质, 分析了生物质炭对改善土壤理化性质的作用、改善土壤微生物环境的作用、土壤重金属和有机污染的修复作用等原理及应用, 并对其在土壤改良中的应用进行了展望。

关键词: 生物质炭; 土壤性质; 改良效果

中图分类号: X142 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)06-0068-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.06.023

Research Progress on Improvement Soil by Biochar

JIANG Qiuju¹, LIU Jing², ZHANG Yueqiang³

(1. Zunyi Vocational and Technical College, Zunyi Guizhou 563000, China; 2. Zunyi Tobacco Corporation of Guizhou province, Zunyi Guizhou 563000, China; 3. College of Resources and Environment, Southwest University, Beibei Chongqing 400716, China)

Abstract: This review summarized the research progress on the raw materials of production and basic properties of biomass carbon, analyzed to improve soil physical and chemical properties, improve soil environment effect, soil heavy metals and organic pollution remediation action principle and application of biomass carbon. It has great potential for soil improvement, while large-scale applications for soil improvement need further research.

Key words: Biochar; Soil properties; Improvement effect

生物质炭是指木材、秸秆和果壳等生物有机材料(生物质)在低氧甚至低氧环境下经过高温裂解碳化后的固体产物。生物质炭有较高pH, 较高吸附能力和一定养分等性质^[1]。近年来, 生物质炭改良土壤, 在提高土壤肥力的方面的研究越来越受到青睐, 且在农业领域有所应用^[2]。土壤的改良一直是土壤学科研究的重点, 生物质炭作为新型土壤改良剂, 国内外在生物质炭对土壤改良方面做了大量的研究, 也取得一定的进展^[3-5]。生物质炭作为土壤改良剂, 可通过显著改善土壤物理化学性质, 增加土壤营养养分含量, 从而提高作物的产量。生物质炭由于具有发达的孔隙结构、巨大的比表面积、极强的吸附性能、呈碱性等特

性, 施入土壤不仅可以改善土壤微生物多样性、修复污染土壤, 提高土壤肥力, 还可改善土壤微生物生态环境, 修复土壤重金属和有机污染, 显著降低重金属和农药、除草剂等植物体内的聚集, 消除农业污染, 提高作物的品质, 改善食品安全等问题。因此, 生物质炭作为土壤改良剂的应用已成为近年来在土壤改良方面研究的热点。尽管如此, 目前生物质炭的应用仍有争议。我们回顾生物质炭在改良土壤方面的研究, 并期待以后的应用发展。

1 生物质炭的生产原料和基本性质

制备生物质炭的原料很多, 诸如秸秆、粪便、草、木材等^[6]。不同种类原料生产出的生物质炭

收稿日期: 2017-03-14

基金项目: 重庆市基础与前沿研究计划(cstc2014jcyjA50014)、中国博士后基金(2013M542244)资助。

作者简介: 江秋菊(1990—), 女, 四川达县人, 助教, 硕士, 主要从事土壤肥料植物养分方面的研究。E-mail: jiangqiuju1990@126.com。

通信作者: 张跃强(1982—), 男, 河北保定人, 副研究员, 博士, 主要从事植物营养、施肥与作物品质方面的研究。E-mail: zhangyq82@swu.edu.cn

性质不同,所有富含碳的有机质物均可被利用制备成生物质炭,但鉴于成本问题,利用废弃生物质生产生物质炭成为研究者近年的集中研究方向,是废物资源化的良好途径。这不仅可形成一种新的能源,变废为宝,还避免了环境污染。废弃生物质是指在农林生产过程的废弃剩余物,如农作物秸秆、木屑、果皮、废枝、种壳等初级农林生产剩余物,以及甘蔗渣、果渣、菜籽等次级农林生产剩余物。生物质炭的原料如发酵渣、畜禽粪便、菌菇栽培废基质等废弃物资源丰富,用废弃生物质生产生物质炭不仅有利于获得生物质炭资源,还有助于解决废弃生物质的利用和管理,有利于解决废弃生物质随意排放、弃置、焚烧等不合理处理方式所引起的环境污染问题。据报道,我国每年生产农田秸秆 8 亿 t^[7],利用这些有机废弃物制作的生物质炭含有一定的营养成分,包括钾、钠、磷、钙、镁等,经过高温制备后呈现的基本性质包括具有碱性、巨大的比表面积、强大的孔隙结构,有极强的吸附能力。

2 生物质炭改良土壤的原理及应用

2.1 生物质炭对改善土壤理化性质的作用

生物质炭巨大的比表面积、强大的孔隙结构可以改善土壤的物理性质。一般情况下,良好的土壤必须要有良好的通气功能和持水能力,而生物质炭巨大的比表面积恰好可吸附更多的水分,发达的孔隙结构可使得土壤的孔隙度增加,容重减小,提高土壤的田间持水量^[8],所以生物质炭的施入能够显著增强土壤的持水通气能力。生物质炭的多孔结构改善土壤的疏松状况,因此农田施用生物质炭有助于解决土壤由于长期施用化肥所带来的板结的问题,可降低土壤容重,增加土壤团粒结构,改善土壤的物理性质,提高土壤的生产能力。

生物质炭呈碱性,施入土壤可以提高土壤的 pH。相关研究表明,施用生物质炭碱量与土壤的 pH 呈直线相关^[9],即生物质炭的总碱量决定了土壤的酸度程度。生物质炭还含有丰富的碳酸盐和有机官能团,它能与酸性土壤中的 H⁺ 发生缔合反应,降低 H⁺ 浓度,提高土壤 pH^[10]。研究表明,生物质炭有机官能团的数量随着制备温度的升高而降低,而碳酸盐则相反,碳酸盐对生物质炭的

贡献率随着制备温度的升高而升高^[11]。所以生物质炭可以作为土壤改良剂显著改良南方的中低产田,特别是肥力低下、pH 偏低的土壤。酸性土壤限制作物生长的一个主要因素是交换性铝过高对作物产生毒害,生物质炭通过提高土壤酸度可以使得土壤交换性铝显著降低,从而减轻铝的毒害作用。

生物质炭的主要元素组成有 C、H、O,其中 C 含量可达 65% 以上,它具有较高的稳定性,施入土壤可以提高土壤的有机碳含量。研究表明,在草甸黑土上施入不同量的生物质炭后,土壤的有机质含量随生物质炭的施用量增加而明显提高。生物质炭不仅改变土壤有机碳含量,还能改变土壤的有机质组成。研究表明^[12],在红壤上残留的黑炭和胡敏素等相对比较稳定组分会随着施入生物质炭含量增加而显著增加,胡敏酸和富里酸等活性较高组分比例在下降。所以学术界认为施用生物质炭提高土壤肥力很重要的原因是土壤的有机质含量得到提高。

生物质炭的原料有机物料中含有养分元素,这些有机物料在制备过程中原有营养元素得到浓缩和富集,所以它本身就含有一定的养分,施入土壤在一定程度上提高了土壤的矿物养分含量。生物质炭经过高温制备后,其养分含量往往比较低,施入贫瘠土壤上或缺素土壤上可以提高养分有效含量,但是对养分含量丰富土壤或高肥力土壤则效果不佳^[13]。生物质炭还含有巨大表面积和多孔结构,可以吸附和保持土壤的营养元素,有效增强土壤对氮素的吸附保持能力,从减少氮素随水的流失,提高土壤中有效氮的含量,减缓氮素对水环境的污染。生物质炭可提高土壤 pH,减轻磷的固定量,从而提高土壤的有效磷含量,如周桂玉等发现,施用生物质炭能明显提高土壤的有效磷、钙、镁等^[12],生物质炭对土壤微量元素也有影响,施用生物质炭可有效提高土壤硼、钼等微量元素的含量。

2.2 生物质炭对改善土壤微生物环境的作用

土壤中施用生物质炭,可以为微生物的繁殖和生长提供良好的环境,改变土壤的微生物活性,同时保存了微生物的多样性,保护有益微生物^[14]。据报道^[15],细菌能够被生物质炭吸附,可以减少

土壤淋洗对它的影响,从而使得土壤中的细菌数量增加。但是一般微生物附着生物质炭有一定的孔径要求,孔径大小大约在2~5倍效果最佳,较大或较小的孔径对其附着力都会减少,而孔径的大小又与其制备密切相关,所以生物质炭对细菌的附持能力与生物质炭灰分、孔径等密切相关。研究还发现,添加生物质炭,能够有效增加丛枝菌根真菌含量。所以,无论是细菌还是真菌,生物质炭在一定程度上能够改善其生存环境,保护其免受竞争影响。

土壤微生物的生态环境受土壤的理化性质影响,土壤环境的不同都可能导致某些微生物群体迅速繁殖增加,例如土壤水分、pH,营养养分等,都易引起微生物群落的组成变化,如用生物质炭改良亚马逊黑色土壤,可减少真菌的多样性,增加土壤细菌多样性,也改变了其他菌落的组成结构和多样性。Anderson^[16]指出,土壤中供植物和微生物利用的碳源有植被中的纤维素,富马酸、丙酸酯等,而生物质炭的施入可以带来其它的不稳定炭,包括部分酸类、酯类、醛类和碳氢化合物等,所以这些新产生的碳源可供部分微生物利用,从而影响其生长速度和繁殖数量。

Khodadad等^[17]研究了不同生物质炭对微生物群落结构变化的影响,指出在低温和高温状态下制备的生物质炭都会降低土壤整体的微生物多样性,原因可能是低温下生物质炭含有丰富的碳,可为微生物提供易利用的碳源;高温下生物质炭具有丰富的比表面积,为微生物的生存生长提供有利的环境。

2.3 生物质炭对土壤重金属和有机污染的修复作用

生物质炭作为土壤改良剂,能够修复受污染的土壤。生物质炭表面丰富的含氧官能团和它的多孔结构能使其对重金属及其它有机有毒物质具有较强的吸附力,并通过吸附固定作用减少这些有毒物质在土壤中的含量,从而降低它的毒性,修复受到污染的土壤。研究表明,生物质炭对土壤中的铜、汞、镍、铬等重金属都有一定的吸附能力^[18-20]。生物质炭除了能吸附这些有毒物质,还可以通过升高土壤pH来降低重金属的有效含量,

从而降低其污染能力,减轻对植物的伤害^[21]。也有相关研究表明,针对不同类型的重金属污染,生物质炭的效果也不尽相同,除了重金属,生物质炭能够吸附土壤中的微量元素,对调节土壤的微量元素含量也有一定影响。

生物质炭的巨大比表面积和多孔性质影响土壤中的微生物多样性,微生物活性被激活,加快了微生物对有机污染物的代谢速度,另外,生物质炭还能够吸附一定的有机污染物,减少它在土壤中的浓度,减轻它的毒性。生物质炭对有机物质的亲和力强,能够有效去除这些污染物质^[22]。基于这些原理,生物质炭修复有机污染物的研究已经取得了不少成果。研究表明,施用一定的生物质炭,降低了土壤对农药的解吸能力,提高了农药的吸附能力,因此生物质炭施入土壤可以影响农药在土壤中的持续时间和其降解的速度。生物质炭对有机污染的吸附,可以在很大程度上减少其随水径流或渗漏对地表水和地下水的影响,在土壤中加入生物质炭后,降低了土壤水分多环芳烃一半以上的浓度^[23],所以在过量农药污染的土壤上施用生物质炭,可吸附大部分农药有机物,从而阻止了其迁移对水的污染,有效修复农药污染土壤。另有研究表明,生物质炭对杀虫剂的修复能力极强,甚至是土壤修复的2000倍^[24]。

生物质炭修复土壤有机物污染的效果与其添加量密切相关。研究表明,在有农药污染的土壤中添加的生物质炭,土壤对农药的吸附量与生物质炭添加量、添加时间呈正相关,这种对农药的吸附作用有效降低了农药的生物利用性和移动性。生物质炭修复土壤的效果直接受有机物老化时间影响,添加生物质炭后,土壤中生物有效性显著降低,并且这种降低效果随氯苯老化时间延长而提高^[25]。

3 展望

越来越多的研究表明,生物质炭对于改善土壤理化性质、提高土壤肥力以及维系土壤生态系统平衡意义重大。但是,目前生物质炭对农田土壤改良利用研究在我国尚处于起步阶段,系统解释生物质炭改良土壤的理论体系还未完全建立,有待深入探讨。生物质炭的土壤改良效果受诸多因素影响,而且它的施用是否会对农田生态系统

产生负效应都还待进一步观察,所以它改良土壤效果的不确定性较大。另外,由于生物质炭的改良研究周期太短,有很多试验结果出现相互矛盾现象。所以生物质炭作为土壤改良剂的合理施用及长期效应还有待研究,而且我国土壤类型众多,不同类型的土壤施用不同的生物质炭的效果不一,所以,生物质炭对土壤的改良及大规模应用还需要更多的理论研究支撑。

参考文献:

- [1] 孔丝纺,姚兴成,张江勇,等. 生物质炭的特性及其应用的研究进展[J]. 生态环境学报, 2015(4): 716-723.
- [2] 陈心想,耿增超. 生物质炭在农业上的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2013(2): 167-174.
- [3] 尹云锋,高人,马红亮,等. 稻草及其制备的生物质炭对土壤团聚体有机碳的影响[J]. 土壤学报, 2013(5): 909-914.
- [4] 田冬,高明,黄容,等. 油菜/玉米轮作农田土壤呼吸和异养呼吸对秸秆与生物质炭还田的响应[J]. 环境科学, 2017(7): 1-16.
- [5] 王丽渊,丁松爽,刘国顺. 生物质炭土壤改良效应研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2014(3): 1-6.
- [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(4): 977-982.
- [7] 毕于运,高春雨,王亚静,等. 中国秸秆资源数量估算[J]. 农业工程学报, 2009(12): 211-217.
- [8] 王典,张祥,姜存仓,等. 生物质炭改良土壤及对作物效应的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2012(8): 963-967.
- [9] YUAN J H, XU R K. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(3): 3488-3497.
- [10] 袁金华,徐仁扣. 生物质炭对酸性土壤改良作用的研究进展[J]. 土壤, 2012(4): 541-547.
- [11] 黄超,刘丽君,章明奎. 生物质炭对红壤性质和黑麦草生长的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2011(4): 439-445.
- [12] 周桂玉,窦森,刘世杰. 生物质炭结构性质及其对土壤有效养分和腐殖质组成的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011(10): 2075-2080.
- [13] 王典,张祥,姜存仓,等. 生物质炭改良土壤及对作物效应的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2012(8): 963-967.
- [14] 丁艳丽,刘杰,王莹莹. 生物质炭对农田土壤微生物生态的影响研究进展[J]. 应用生态学报, 2013(11): 3311-3317.
- [15] SAMONNIN V V, ELIKOVA E E. A study of the adsorption of bacterial cells on porous materials[J]. Microbiology, 2004, 73: 696-701.
- [16] ANDERSON C R, CODRON T J, *et al.* Biochar induced soil microbial community change: Implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus[J]. Pedobiologia, 2011, 54: 309-320.
- [17] KHODADAD C L M, ZIMMERMAN A R, GREEN S J, *et al.* Texas-specific changes in soil microbial community composition induced by pyrogenic carbon amendments [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2011, 43: 385-392.
- [18] 张小凯,何丽芝,陆扣萍,等. 生物质炭修复重金属及有机物污染土壤的研究进展[J]. 土壤, 2013(6): 970-977.
- [19] 张爱莉,朱义年,纪锐琳,等. 竹炭对氨氮的吸附性能及其影响因素的研究[J]. 环境科学与技术, 2008(6): 19-21.
- [20] 马建伟,王慧,罗启仕. 电动力学-新型竹炭联合作用下土壤镉的迁移吸附及其机理[J]. 环境科学, 2007(8): 1829-1834.
- [21] 袁金华,徐仁扣. 生物质炭的性质及其对土壤环境功能影响的研究进展[J]. 生态环境学报, 2011(4): 779-785.
- [22] 郭彦蓉,曾辉,刘阳生,等. 生物质炭修复有机物污染土壤的研究进展[J]. 土壤, 2015(1): 8-13.
- [23] BEESLEY, MORENO-JIMÉNEZ E, GOMEZ-EYLES J L. Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil[J]. Environmental Pollution, 2010, 158(6): 2282-2287.
- [24] WANG H L, LIN Z N, LIN K D, *et al.* Sorption of the herbicide terbuthylazine in two New Zealand forest soils amended with biosolids and biochars[J]. Soils Sediments, 2010(10): 283-289.
- [25] 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(1): 169-174.