

生物炭对土壤肥力及作物生长的影响探究

刘馨悦

东北农业大学资源与环境学院,黑龙江 哈尔滨 150036

摘要:生物炭是一种新型的土壤改良剂,由于其功效、环保成分和对各种环境问题的低成本解决方案,近年来在农业可持续发展中受到广泛关注。研究显示,生物炭的施用能够有效改善土壤的理化性质,提升土壤碳含量以及促进植物的生长。然而,生物炭对土壤肥力及作物生长的具体影响机制较为复杂,仍需进行更为深入的研究。为此,梳理了当前国内外生物炭对土壤结构、化学性质及其对作物生长影响的研究进展,在系统分析生物炭提高土壤肥力及作物生长的机制基础上,对生物炭的应用潜力进行了展望。

关键词:生物炭;土壤肥力;作物产量

中图分类号:S158.3

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2024.05.013

0 引言

生物炭作为一种新兴的土壤优化材料,在改善土壤构造和提升土壤养分含量方面发挥着重要作用,同时促进作物生长和品质的提升。生物炭是一种由生物质经过热解或气化制得的含碳材料,具有多孔性、高比表面积和良好的吸附性能。这些性质使得生物炭在农业中具有广泛的应用前景^[1]。

生物炭可以优化土壤构成,以增强其水分和养分的保持能力,同时还可以提高土壤中养分的有效性,促进作物的生长和养分吸收。生物炭还具有高吸附和化学反应等特性,能够优化肥料缓释效果,提升肥料利用效率。这些特性使得生物炭在提高作物产量和品质方面具有显著优势。

1 研究目的

(1)提升土壤品质:生物炭的土壤改良应用,通过其多孔性和官能团,改善土壤结构,增加有机质,提高保水和肥力,促进植物生长。

(2)提高作物产量:生物炭的应用改善土壤环

境,从而提高产量。其富含多种矿质营养元素,包括钙、钾、氮、磷等,增加土壤养分,进一步促进作物生长和产量提升。

(3)研究最佳应用方式:本研究旨在深入探究生物炭对土壤肥力和作物产量的具体影响。找出最佳应用方式,包括施加量、时间和方式,以达到最佳土壤改良和增产效果。

(4)推动环保和农业可持续发展:生物炭制备减少温室气体排放,应用促进农业废弃物资源化利用,减少排放,推动环保和农业可持续发展。

2 生物炭的性质及其对土壤肥力的影响

2.1 生物炭的理化性质

生物炭的化学性质包括抗碱性、吸湿性、耐酸碱性等(表1)。其具备有效中和酸性土壤、提升土壤pH值的能力,全面提升土壤肥力。此外,其富含的有机碳成分,能够显著增加土壤中的有机碳含量,为土壤中的微生物提供充足的能量,进一步促进微生物的生长与代谢活动,从而实现对土壤肥力的进一步提升^[2]。

表1 生物炭的化学性质

化学性质	描述	相关应用
抗碱性	生物炭具有较高的碱度,能够抵抗和对抗碱	在碱性土壤中应用,中和土壤酸碱度
吸湿性	生物炭具有很强的吸湿性,可以吸附大量的水分	在干旱地区或干燥季节增加土壤水分保持
耐酸碱性	生物炭对弱酸弱碱有很好的耐受性	在不同土壤类型中应用,适应不同pH值的土壤环境

生物炭的物理性质包括多孔性、比表面积和密度等(表2)。生物炭的多孔性增加土壤通气性和保水性,有助于植物根系生长和抑制水分蒸发。其大

比表面积具有强大吸附能力,可吸附和储存有机和无机物质。这些性质使生物炭成为有效的土壤改良剂,促进作物生长和发育,提高土壤肥力。

表 2 生物炭的物理性质

物理性质	描述	相关应用
多孔性	生物炭具有丰富的孔隙结构和较大的比表面积	提高生物炭的吸附能力和表面反应活性
比表面积	生物炭的比表面积较大,通常在数百至数千平方米每克之间	影响生物炭的吸附性能和反应活性
密度	生物炭的密度通常较低,在 1.2~2.0 g/cm ³ 之间	生物炭在土壤中的分散性和对土壤重力的影响

2.2 生物炭对土壤有机质的影响

生物炭是由生物质热解或气化得到的炭材料,具有多孔和大比表面积,可吸附固定土壤中的有机物,提升有机质含量。此外,生物炭为土壤微生物提供了理想的附着和生长环境,从而极大地促进了微生物的活性。这些微生物通过分解有机物,提供必要的营养,有助于其吸收和利用。生物炭的强吸附能力和自身所携带的养分,有效减少了土壤养分的流失,这不仅为植物的生长提供了坚实的保障,还显著提升了作物的产量和品质。

生物炭具有酸碱缓冲能力,可调节土壤酸碱度,使其更适宜作物生长。在酸性土壤中,生物炭能中和酸性物质,提高 pH 值,有利于作物生长。在碱性土壤中,生物炭能吸附碱性物质,降低 pH 值,避免土壤盐碱化。酸化处理能为生物炭表面引入酸性官能团,增强其化学老化过程,增大表面孔隙度,增强对钠离子的吸附能力,降低表面净负电荷,促进土壤絮凝与团聚体的形成,减少土壤水分和养分的流失。

综上,生物炭对土壤有机质的影响主要体现在增加含量、促进微生物活性和改善酸碱度等方面。这些作用有助于改善土壤环境,提高肥力,促进作物生长和发育。

2.3 生物炭对土壤养分的影响

生物炭的施用可以增加土壤氮、磷的吸附效率。如 Tang 等^[3]在盐碱地中施用 5% 的生物炭的 50 d 后显著提高了土壤有机质含量和速效磷含量,分别提高了 353.96% 和 232.09%。研究认为生物炭通过静电吸引、沉淀、阴离子交换等方式增强对磷酸盐的吸附。同时施用的生物炭制备条件不同,对土壤磷的有效性有着重要影响。Xiao 等^[4]发现生物炭的施用会减少土壤氨氮的淋溶流失;DeLuca 等^[5]研究认为,生物炭的施用会吸附酚类化合物,进而提高土壤硝酸根浓度。生物炭的中小孔结构和表面特性使其在吸附养分离子方面发挥关键作用,增加养分在土壤中的停留时间和含量。其表面富含含氧团,具有强大的离子吸附交换能力,能吸附土壤中的铵态氮、硝态氮等关键养分,对土壤养分的保持与提升有积极作用。

生物炭作为营养缓释载体,可减缓水溶性营养离子的迁移,减少养分损失,并在土壤中缓慢释放,

维持土壤养分。此外,生物炭本身富含氮、磷、钾等元素,能补充土壤养分。因此,生物炭对土壤养分循环的影响多样,可提高土壤对养分的吸附效率,同时作为营养缓释载体并补充养分。这些特性使生物炭在农业土壤管理中具有巨大潜力。

3 生物炭对作物生长的影响

3.1 生物炭对作物生长量的影响

生物炭对作物生长的影响复杂多样。生物炭具有高度的孔隙性和吸附性,能提供良好的土壤微环境,改善土壤通气性和水分保持能力。其丰富的有机碳和矿物质为微生物提供营养,促进土壤生物活动,如氮循环和磷释放。此外,生物炭作为植物养分的载体和稳定剂,通过官能团与肥料养分结合,延长养分释放时间,使作物持续获得养分。生物炭也可以通过增加土壤的 pH 值来提高土壤中养分的有效性。在番茄栽培中,应用不同比例的生物炭,可显著促进生长。与对照相比,生物炭处理下的番茄茎粗、株高显著增加,干物质重量明显提升^[6]。此外,壮苗指数、根冠比和根系活力均显著提高^[7],显示更强的生长潜力和养分吸收能力。同时,叶片数量增多,叶轴长度延长,叶面积增大^[8],进一步证实生物炭对番茄生长的积极影响。

3.2 生物炭对作物生理特性的影响

生物炭可以提供良好的土壤微环境,促进土壤微生物的活动,从而提高土壤中有效氮和磷的含量,进而促进作物的光合作用。生物炭本身也具有较高的比表面积和吸附能力,可以吸附和固定大气中的二氧化碳,并将其转化为有机物质,进一步促进作物的光合作用。

生物炭还具有提高土壤 pH 值和稳定土壤温度等特性,这些特性都有助于改善作物的生长环境,提高其光合效率。例如,生物炭能够通过提高土壤 pH 值来增加土壤中养分的有效性,从而促进作物的生长发育和光合作用。同时,生物炭还可以通过稳定土壤温度来减少作物遭受极端温度的影响,从而有利于其光合作用的进行。

3.3 生物炭对作物种植收益的影响

戴皖宁等^[9]的实验结果揭示,生物炭的应用能显著提升玉米的产量,并且这种提升随着生物炭施

用量的增加而更加明显。然而,在 4~12 t/hm² 的生物炭处理之间,并未观察到显著的差异。另外,有学者在研究中发现,生物质炭基肥能有效改善土壤生物酶的活性,从而随着土壤肥力的提高,蔬菜品质也相应得到提升^[10-11]。

生物炭能够提高作物的产量和品质,进而增加农民的收入。生物炭能够改善土壤结构,提高土壤的通气性和保水性,减少水分流失和养分流失,从而减少农民的投入成本。此外,生物炭还具有提高土壤 pH 值和增加土壤中养分的有效性等特性,这些特性都有助于改善作物的生长环境,提高其抗病性和抗逆性,进而减少农药的使用量和投入成本。同时,生物炭还可以通过促进作物根系发育和养分吸收等途径来提高作物的抗逆性和适应性,进而提高其产量和品质,增加农民的收入。

4 生物炭应用中存在的问题与前景展望

4.1 生物炭的环境风险与可持续性问题和应对策略

生物炭是由生物质原料在限制性条件下热解生成的固体炭,广泛用于农业和环保领域。但随其大规模生产和应用,环境风险及可持续性问题的逐渐凸显。主要环境风险为重金属污染和有机物污染,源于热解过程中的重金属元素富集和不完全燃烧产生的有机污染物。可持续性问题的则涉及资源消耗、生态破坏和碳排放。

针对这些问题,可采取多种应对策略,如优化生产工艺、促进技术创新、推广循环经济和加强公众教育。通过提高技术水平、制定严格法规、纳入循环经济体和提高公众认识,有望降低生物炭的环境风险并提高其可持续性。

4.2 生物炭在未来农业可持续发展中的潜力与前景展望

生物炭在未来农业可持续发展中具有巨大潜力,主要表现在以下方面:

(1) 土壤改良:生物炭可改善土壤结构,提高通气性和保水性,减少水分和养分流失。同时,提高土壤 pH 值,促进作物生长和光合作用,提高产量和品质,增加农民收入。

(2) 减少化肥使用:生物炭作为吸附剂,可减少重金属和有机污染物的危害,降低化肥使用量和成本。同时,促进作物养分吸收,提高抗病性和抗逆性,减少农药使用。

(3) 提高水资源利用效率:生物炭增强土壤吸

水能力,减少水分流失,提高水资源利用效率,对水资源短缺地区尤为重要。

(4) 增加作物产量:生物炭改良土壤,提高作物产量和品质,提高农民收入和生活水平。

生物炭在农业可持续发展中有广阔前景,但面临生产工艺优化、监管管理加强、技术创新和推广等挑战。通过科研机构、企业和公众共同努力,克服挑战,实现生物炭广泛应用,为农业可持续发展作出贡献。

参考文献:

[1] 岑睿. 不同改良剂对河套灌区典型土壤理化特性及作物生长影响机理试验研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2017.

[2] Kumari K G, Moldrup P, Paradelo M, et al. Soil properties control glyphosate sorption in soils amended with birch wood biochar[J]. Water, Air, Soil Pollution, 2016 (6):174.

[3] Tang J, Zhang S, Zhang X, et al. Effects of pyrolysis temperature on soil-plant-microbe responses to *Solidago canadensis* L. -derived biochar in coastal saline-alkali soil[J]. Science of the Total Environment, 2020 (731):138938.

[4] Xiao L, Meng F. Evaluating the effect of biochar on salt leaching and nutrient retention of yellow river delta soil [J]. Soil Use and Management, 2020, 36(4):740-750.

[5] DeLuca T H, MacKenzie M D, Gundale M J, et al. Wildfire-produced charcoal directly influences nitrogen cycling in ponderosa pine forests[J]. Soil Science Society of America Journal, 2006(70):448-453.

[6] 王爱华, 曹帆. 不同基质配比对番茄幼苗生长的影响[J]. 现代农业科技, 2013(5):95, 97.

[7] 夏亚真, 田利英, 李胜利, 等. 生物炭对番茄幼苗生长及养分吸收的影响[J]. 中国蔬菜, 2018(5):32-35.

[8] 张瑞花, 兰超杰, 刘雯, 等. 生物炭对反季节露地樱桃番茄生长及产量品质的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17 (14):4831-4839.

[9] 戴皖宁, 王丽学, Ismail K, 等. 秸秆覆盖和生物炭对玉米田间地温和产量的影响[J]. 生态学杂报, 2019, 38 (3):719-725.

[10] 高进华, 周丽, 解学仕, 等. 一种脲醛缓释植物源生物肥料及其制备方法:CN110981611A[P]. 2020-04-10.

[11] 杨芳芳. 菌肥不同配比对油茶生长及土壤养分的影响[D]. 福州:福建农林大学, 2013.

作者简介:刘馨悦,女,2003年生。研究方向为农业资源与环境。