

纳米生物炭对大豆产量提高的影响机制

张恒 廉菲*

河北工业大学

DOI:10.12238/as.v8i3.2822

[摘要] 纳米生物炭(NBC)作为一种新型农业纳米材料,在改善土壤肥力和促进作物生长方面展现出潜在优势。然而,其对植物产量及氮代谢的具体影响仍需深入研究。本研究探讨了不同施用浓度(1、5和25mg/kg)及不同热解温度(400° C和700° C)的NBC对大豆产量及氮代谢相关酶活性的影响。结果表明,NBC(25 mg/kg)施用显著促进了大豆的产量。在400° C热解温度下生产的NBC使籽粒数量增加了44%,籽粒重量增加了37%;而在700° C热解温度下生产的NBC使籽粒数量增加了57%,籽粒重量增加了33%。此外,NBC处理显著提高了大豆根系中谷氨酰胺合成酶、谷氨酸合成酶和谷氨酸脱氢酶的活性,表明其能够增强大豆的氮代谢能力。综上所述,NBC通过提升氮代谢相关酶活性,增强了大豆对氮素的同化,从而增加产量,为其在可持续农业中的应用提供了科学依据。

[关键词] 纳米生物炭; 氮代谢相关酶; 氮素同化; 农业纳米材料

中图分类号: K477 文献标识码: A

Effect Mechanism of Nano-Biochar on Soybean Yield Improvement

Heng Zhang Fei Lian*

Hebei University of Technology

[Abstract] Nano-biochar (NBC), as a novel agricultural nanomaterial, has shown potential advantages in improving soil fertility and promoting crop growth. However, its specific effects on plant yield and nitrogen metabolism require further investigation. This study explored the impact of different application concentrations (1, 5, and 25 mg/kg) and pyrolysis temperatures (400 °C and 700 °C) of NBC on soybean yield and nitrogen – metabolism-related enzyme activities. The results indicated that the application of NBC (25 mg/kg) significantly enhanced soybean yield. NBC produced at 400 °C increased the grain number by 44% and grain weight by 37%, while NBC produced at 700 °C increased the grain number by 57% and grain weight by 33%. Additionally, NBC treatment significantly improved the activity of glutamine synthetase, glutamate synthase, and glutamate dehydrogenase in soybean roots, suggesting that it can enhance nitrogen metabolism in soybeans. In conclusion, NBC enhances nitrogen assimilation by increasing the activity of nitrogen – metabolism-related enzymes, thereby increasing soybean yield, providing scientific evidence for its application in sustainable agriculture.

[Key words] Nano-biochar; Nitrogen-metabolism-related enzymes; Nitrogen assimilation; Agricultural nanomaterials

引言

纳米生物炭(NBC)在陆地生态系统中广泛存在,因其具有优异的物理化学特性,如高表面积、良好的吸附能力和生物相容性,在农业领域展现出重要的应用潜力。近年来,NBC作为土壤改良剂已被广泛关注,尤其是在提高土壤肥力、改善土壤结构以及促进作物生长方面表现出显著效果^[1]。NBC的施用能够有效改善土壤的水分保持能力,通过促进根系生长来提高作物的抗逆性和产量^[2]。此外,氮素是植物生长的限制性元素之一,其代谢途径对作物生长具有重要影响。谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酸合成

酶(GOGAT)和谷氨酸脱氢酶(GDH)是氮代谢中的关键酶,它们在氮同化过程中起着至关重要的作用^[3]。

然而,尽管已有研究表明NBC对作物生长具有积极影响,其对根系生长及氮代谢的具体机制仍然存在较大争议。施用不同浓度的、不同热解温度下生产的NBC对植物根系生长和氮代谢的影响尚未得到充分的研究。因此,本研究旨在探讨不同浓度(1、5、25mg/kg)和不同热解温度(400° C与700° C)下施用NBC对大豆产量及氮代谢相关酶活性的影响。

1 材料与方法

1.1 NBC的制备

采用玉米秸秆粉末在400℃和700℃下进行高温炭化,以制备不同热处理温度下的合成生物炭(BC)产物。所得产物分别命名为NBC400(400℃炭化产物)和NBC700(700℃炭化产物)。将一定质量的BC粉末与去离子水混合,超声处理30min,使生物炭颗粒逐步分散至溶液中。所得悬浮液通过0.7 μm预烧玻璃纤维膜过滤,以去除未溶解的大颗粒固体残渣。滤液经冷冻干燥处理,得到NBC,并在4℃避光条件下储存。实验所用土壤来自中国天津市某农田(北纬39°23',东经117°05')。

1.2 大豆种植

实验开始前,将大豆种子用5%次氯酸钠溶液消毒5min,随后在去离子水中浸泡8小时。浸泡后,将种子置于25℃、相对湿度50%的黑暗环境中培养3天,确保均匀萌发。

实验土壤分别与NBC400和NBC700充分混合,使其最终质量浓度分别达到1、5和25mg/kg,设对照组(未添加NBC)。为确保NBC与土壤的充分作用,移栽前将处理过的土壤在25℃、相对湿度50%的自然条件下平衡7天,期间保持土壤含水量在70%。实验采用完全随机区组设计,每个处理设3次重复。每盆填充1kg土壤,并移栽2株筛选后的大豆幼苗。将大豆幼苗置于人工气候培养箱中,培养箱内日/夜温度设定为25℃/18℃,相对湿度50%,并定期灌溉保持土壤含水量70%。

1.3 大豆根系和氮代谢相关酶分析

培养90天后收获植株测量籽粒的数量和重量。使用试剂盒测定了根系的GS、GOGAT和GDH的活性。

2 结果与讨论

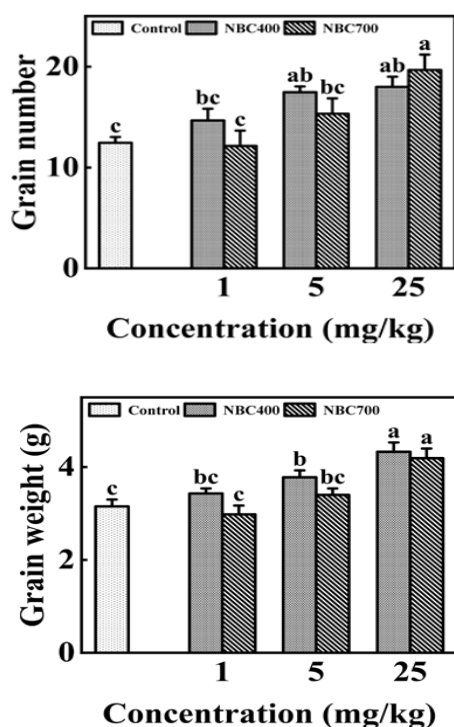


图1 籽粒数量和重量

2.1 NBC对大豆产量的影响

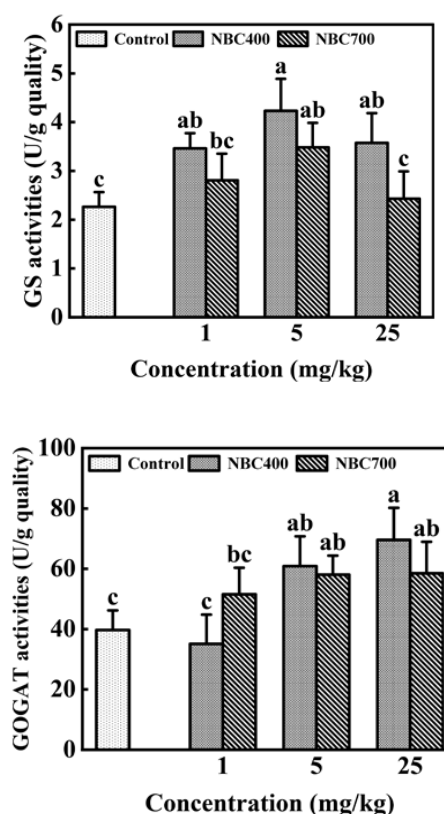
为了探究施用NBC后对大豆产量的影响,测定了大豆籽粒的数量和质量。如图1所示,与对照组相比,NBC400和NBC700处理显著提高了大豆籽粒的数量和重量。25mg/kg的效果最为显著,NBC400使籽粒数量增加了44%,籽粒重量增加了37%;NBC700使籽粒数量增加了57%,籽粒重量增加了33%。结果表明,NBC处理能够有效促进大豆的生长发育,提高大豆的产量,在农业生产中具有肥料或生长促进剂的应用潜力。

2.2 氮代谢相关酶的测定

在大豆生长过程中,氮素同化是氮营养利用的关键环节,而根部中的关键酶活性直接影响氮的吸收、转运和代谢效率。本研究测定了大豆体内参与氮同化的三种关键酶,谷氨酰胺合成酶(GS)、谷氨酸合成酶(GOGAT)和谷氨酸脱氢酶(GDH)的活性。GS通过催化 NH_4^+ 与谷氨酸生成谷氨酰胺^[4],在氮同化过程中起重要作用。GOGAT则催化谷氨酰胺与 α -酮戊二酸反应生成谷氨酸^[5],而GDH主要催化 NH_4^+ 与 α -酮戊二酸生成谷氨酸^[6],促进氮的再利用。

研究表明,NBC处理在根部均对这些酶的活性表现出普遍的促进作用。其中,高剂量NBC处理对GS、GOGAT和GDH活性的提升作用更为显著。例如,在25mg/kg的浓度下与对照组相比,NBC400处理使GS的活性提高56%,NBC700处理使GS的活性提高8%,结果表明,NBC的施用增强了大豆的氮同化过程,提高大豆的氮素利用效率,从而促进大豆产量的提升。

3 结论



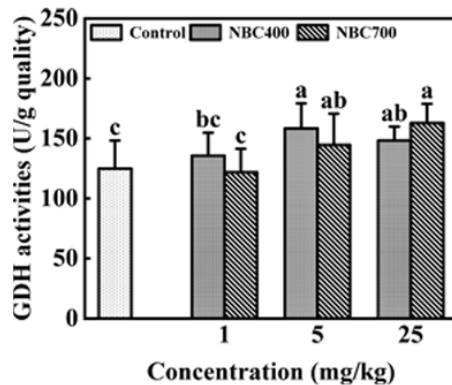


图2 根中GS、GOGAT和GDH酶的活性

本研究探讨了NBC400和NBC700对大豆产量及氮代谢相关酶活性的影响。结果表明,NBC400和NBC700的施用显著提高了大豆产量,两种处理均表现出不同程度的促进效果。NBC的施用显著提高了大豆根中GS、GOGAT和GDH的活性,增强了大豆对氮素的同化能力,进一步提升了大豆的氮代谢能力,为其在可持续农业中的应用提供了理论依据。未来的研究可以进一步探讨NBC在不同作物及不同土壤条件下的应用效果,为农业生产提供更多的实践指导。

[参考文献]

[1] LIU M, TAN X, ZHENG M X, et al. Modified biochar/humic substance/fertiliser compound soil conditioner for highly efficient improvement of soil fertility and heavy metals remedia-

tion in acidic soils [J]. Journal of Environmental Management, 2023,325.

[2] SULTAN H, LI Y S, AHMED W, et al. Biochar and nano biochar: Enhancing salt resilience in plants and soil while mitigating greenhouse gas emissions: A comprehensive review [J]. Journal of Environmental Management, 2024,355.

[3] WANG Y Y, ZHANG P, LI M S, et al. Alleviation of nitrogen stress in rice (*Oryza sativa*) by ceria nanoparticles [J]. Environmental Science-Nano, 2020,7(10):2930-40.

[4] HAGHIGHAT N. Estrogen (17β -estradiol) enhances glutamine synthetase activity in C6-glioma cells [J]. Neurochemical Research, 2005,30(5):661-7.

[5] DEL PILAR CORDOVILLA M, PEREZ J, LIGERO F, et al. Partial purification and characterization of NADH-glutamate synthase from faba bean (*Vicia faba*) root nodules [J]. Plant Science, 2000,150(2):121-8.

[6] WEN J F, GONG M, LIU Y, et al. Effect of hydrogen peroxide on growth and activity of some enzymes involved in proline metabolism of sweet corn seedlings under copper stress [J]. Scientia Horticulturae, 2013,164:366-71.

作者简介:

张恒(1996—),男,汉族,张家口人,河北工业大学,研究生,研究方向:纳米生物炭应用研究。