

陈红卫,代琳,冯露,等. 生物质炭对沙壤土根系土壤氮素转化强度及无机氮含量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):284-286.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.070

生物质炭对沙壤土根系土壤氮素转化强度及无机氮含量的影响

陈红卫¹,代琳²,冯露²,李晓庆²,孟雨田²

(1. 河南科技学院,河南新乡 453003; 2. 东北农业大学,黑龙江哈尔滨 150030)

摘要:通过大田试验的方法,研究不同生物质炭施用量 0(CK)、10(B_1)、20(B_2)、30(B_3) t/hm^2 对旱作农田玉米根际土壤氮素转化强度及无机氮素含量的影响。结果表明:随生育期的推进,固氮作用强度呈先上升后逐渐降低的趋势,且在乳熟期 B_2 处理下达到最大值。氨化作用强度在苗期、拔节期和乳熟期各处理与 CK 均有显著差异($P < 0.05$),20 t/hm^2 生物质炭处理的氨化作用强度均明显高于 CK 处理。在苗期和拔节期, B_1 和 B_2 处理下的根际土壤硝化作用强度与 CK 处理差异显著($P < 0.05$)。生物质炭的施入在玉米不同生育期对铵态氮和硝态氮含量具有一定促进作用,在乳熟期和成熟期铵态氮含量仅 B_2 处理与 CK 相比差异显著,根际土壤铵态氮含量分别比 CK 处理提高了 35.71%、41.79%。在成熟期各处理间硝态氮含量差异不显著,但在拔节期和乳熟期, B_2 、 B_3 处理与 CK 差异显著,分别提高了 32.86%、37.93% 和 52.41%、49.90%。

关键词:生物质炭;沙壤土;氮素转化;无机氮素

中图分类号: S156.2; S153.6⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)15-0284-03

氮素是作物生长发育的必需营养元素,土壤氮素可利用性与土壤氮素转化过程密切相关^[1]。近些年来,农业生产中氮肥的使用量逐年上升,而氮素综合利用效率处于较低水平,国际上氮肥利用率仅为 33% 左右^[2],我国氮肥作物利用率平均约为 35%,损失率约为 45%^[3],过量施用氮肥不仅导致肥料利用率下降,且未被作物吸收利用的氮素会对环境造成不同程度的污染,与之相关的环境污染、土壤退化等问题正引起人们的广泛关注。

生物质炭应用于农业生产和研究,为提高氮肥利用率提供了新的思路和方法。生物质炭是有机质高温热裂解的产物,具有丰富的孔隙结构和极强的吸附力,将其施入土壤不仅能够使土壤孔隙结构得到改善,还可以提高肥料利用率、减少养分淋失、增加土壤碳库量,进而通过影响营养物质转化(如氮的有效性)提升土壤肥力,对作物生长产生影响^[4]。郭伟等指出,生物质炭施入土壤后可有效提高土壤全氮含量^[5-6],对作物的氮素吸收有一定促进作用^[7]。因此本试验采用玉米秸秆生物质炭,探讨添加该生物炭对沙壤土根际土壤氮素转化强度及无机氮含量的影响,旨在为秸秆生物质炭的合理利用提供理论基础和实践依据,对于肥料的高效利用以及促进农业生态环境的可持续发展具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

收稿日期:2017-03-17

基金项目:国家自然科学基金(编号:51509085)。

作者简介:陈红卫(1966—),男,河南博爱人,博士,副教授,主要从事作物养分水分高效利用与推广方面的研究。E-mail:chw27@qq.com。

试验地点位于河南省河南科技学院试验田,供试土壤质地为沙壤土,地势平坦。土壤基本的理化性质:pH 值 7.17,阳离子交换量(CEC)19.11 $cmol/kg$,全氮含量 1.19 g/kg ,全磷含量 2.82 g/kg ,有机质含量 21.24 g/kg ,土壤容重 1.23 g/cm^3 。本试验所用生物质炭是以玉米秸秆为原料,由沈阳隆泰生物工程有限公司于 500 $^{\circ}C$ 高温热裂解制得的。生物质炭理化性质:pH 值 9.57,CEC 18.4 $cmol/kg$,比表面积 186.7 m^2/g ,有机碳含量 277.2 g/kg 。

1.2 试验设计

本试验于 2016 年 4 月开始,采用大功率旋耕机将生物质炭翻入土壤中,平均深度 20 cm 左右,每个小区面积 20 m^2 ,长 \times 宽为 4 $m \times 5 m$;生物质炭设 4 个处理,其中空白对照(CK)生物质炭投加量为 0 t/hm^2 ,处理 1(B_1)投加量为 10 t/hm^2 ,处理 2(B_2)投加量为 20 t/hm^2 ,处理 3(B_3)投加量为 30 t/hm^2 ,每个处理 3 次重复。玉米(品种为农华 101)播种时间为 2016 年 5 月 6 日,采用手提式穴播机人工播种(播种密度为 1~3 粒/穴)。施肥量为底肥(尿素)100 kg/hm^2 ,磷酸二铵 75 kg/hm^2 ,钾肥 25 kg/hm^2 ,追肥(尿素)80 kg/hm^2 。整个生育期无人工灌溉,田间管理保持一致并于 2016 年 10 月 9 日收获。

1.3 样品采集

分别于苗期(5 月 26 日)、拔节期(6 月 24 日)、乳熟期(8 月 5 日)和成熟期(10 月 2 日)采集土壤样品。每个处理采集长势相同的 3 株玉米植株,以抖落法收集根际土壤,装袋后带回实验室。将采回的新鲜土样置于无污染洁净的室内风干,研磨并过 10、20、100 目筛后保存,供土壤理化性质测定。

1.4 测定方法

土壤氮素转化细菌强度的测定。固氮作用强度:采用土壤培养法^[8]测定,固氮菌采用改良的阿须贝无氮培养基,于

培养箱 28 ~ 30 °C 条件下避光培养 7 d, 测定自生固氮菌含量。

氨化作用强度: 将 10 g 鲜样土壤置于三角瓶中, 加 5 mL 已灭菌的 0.2% 蛋白胨并调节土壤水分含量至最大持水量的 50% 左右, 于 28 °C 培养 7 d, 采用比色法进行测定。硝化作用强度: 采用培养基接种土壤悬液法测定, 吸取 1 mL 稀释度为 1 : 10 的土壤悬浮液, 加至已灭菌的 30 mL 亚硝酸盐培养基中, 于 28 °C 恒温箱中培养 15 d, 加入对氨基苯磺酸溶液, α -萘胺溶液和 20% 醋酸钠溶液, 于波长 520 nm 处比色, 培养后剩下的亚硝酸根含量表示硝化作用强度。铵态氮 ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) 和硝态氮 ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) 含量均通过流动分析仪测定^[9]。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007、OriginPro 8、SPSS 19.0 软件进行数据的统计分析并作图, 显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 生物质炭对根系土壤固氮作用强度的影响

如图 1 所示, 生物质炭的施入对根系土壤固氮作用具有一定的促进作用, 固氮作用强度在乳熟期达到最大值, 此后呈逐渐降低的趋势。在苗期, B_1 、 B_2 、 B_3 处理下根际土壤固氮作用强度与对照 (CK) 处理相比分别显著提高了 41.67%、58.33%、29.17%。在拔节期, B_1 、 B_2 处理下根际土壤固氮作用强度分别比 CK 处理显著提高了 13.51%、43.24%。在乳熟期, B_1 、 B_2 处理下根际土壤固氮作用强度分别比 CK 处理显著提高了 15.56%、42.22%。成熟期 B_1 、 B_2 处理与 CK 差异不显著。

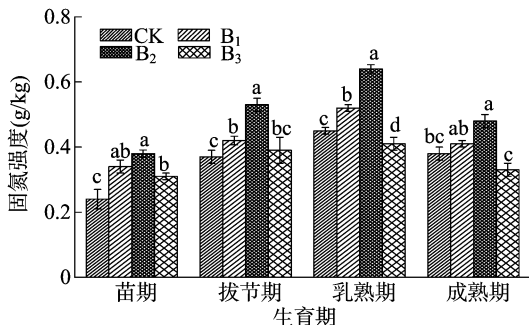


图1 生物质炭在玉米不同生育期对根系土壤固氮作用强度的影响
同一生育期不同处理间标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

2.2 生物质炭对根系土壤氨化作用强度的影响

由图 2 可以看出, 整个生育期氨化作用强度大致呈先上升后下降趋势, 且各生育期氨化作用强度均在生物质炭施入量为 20 t/hm² 的条件下达到最大值, 总体表现为 B_2 处理 > B_1 处理 > B_3 处理。在苗期, B_1 、 B_2 、 B_3 处理下根际土壤氨化作用强度比 CK 处理分别提高了 61.33%、90.67%、22.67%。在拔节期, B_1 、 B_2 、 B_3 处理下根际土壤氨化作用强度比 CK 处理分别提高了 38.24%、70.59%、29.41%。在乳熟期, B_1 、 B_2 、 B_3 处理下根际土壤氨化作用强度比 CK 处理分别显著提高了 16.26%、56.10%、23.58%。综上所述, 生物质炭可以在一定程度上提高玉米各生育期根际土壤氨化作用强度, 但不同处理间效果有所不同。

2.3 生物质炭对根系土壤硝化作用强度的影响

由图 3 可以看出, 在整个生育期 B_2 处理下的根际土壤硝化作用强度均高于其他处理。总体来看, 硝化作用强度由高到

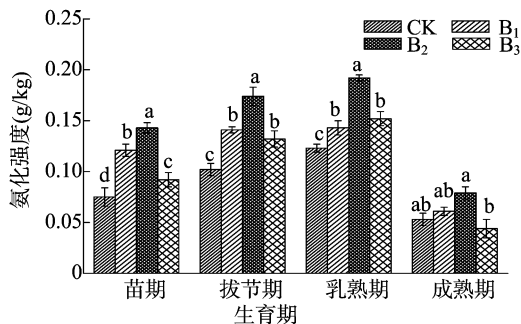


图2 生物质炭在玉米不同生育期对根系土壤氨化作用强度的影响

低排序为 B_2 处理 > B_1 处理 > B_3 处理, 且在拔节期达到最大值。在玉米生长的苗期和拔节期, B_1 和 B_2 处理下的根际土壤硝化作用强度与 CK 处理差异显著, 苗期、拔节期分别提高了 41.74%、73.07% 和 23.94%、77.73%。在乳熟期和成熟期 B_2 处理与 CK 差异显著, 分别提高了 26.89%、25.57%。综上所述, 生物黑炭在一定程度上能提高根际土壤硝化作用强度。

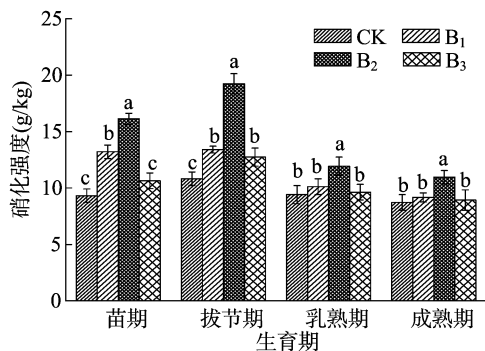


图3 生物质炭在玉米不同生育期对根系土壤硝化作用强度的影响

2.4 生物质炭对根系土壤无机氮素的影响

如图 4 所示, 各处理条件下土壤铵态氮和硝态氮含量在整个生长期有略微波动, 在苗期铵态氮含量达到最大值。由图 4 还可知, 同一时期不同处理之间的差异不同。在苗期, B_1 、 B_2 、 B_3 处理下的根际土壤铵态氮含量比 CK 处理分别提高了 60.95%、68.07%、52.32%。在拔节期 B_1 、 B_2 、 B_3 处理下的根际土壤铵态氮含量, 与 CK 相比分别提高了 16.39%、36.81%、31.00%。在乳熟期和成熟期, 只有 B_2 处理与 CK 的铵态氮含量差异显著, 根际土壤铵态氮含量比 CK 处理分别提高了 35.71%、41.79%。从整个生育期来看, 生物质炭对铵态氮含量的增加起到了促进作用, 表明各处理能在一定程度上延缓铵态氮向硝态氮的转化。由图 4 - b 可以看出, 在苗期 B_1 、 B_2 、 B_3 处理下的根际土壤硝态氮含量与 CK 处理相比分别提高了 42.74%、47.49%、42.93%; 拔节期和乳熟期均表现为 B_2 、 B_3 处理与 CK 差异显著, 分别提高了 32.86%、37.93% 和 52.41%、49.90%, 但成熟期各处理间差异不显著。

3 讨论

3.1 生物质炭对根系土壤氮素转化强度的影响

对于生物质炭在土壤氮素转化方面的影响, 已有的研究结果尚不统一^[10-11]。本试验表明, 生物质炭能有效提高根系土壤的氮素转化强度, 这可能是由于生物质炭丰富的碳含量有效改变了土壤的碳氮比 (C/N), 同时其丰富的孔隙结构有

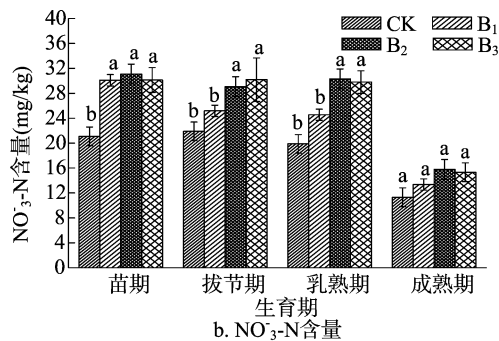
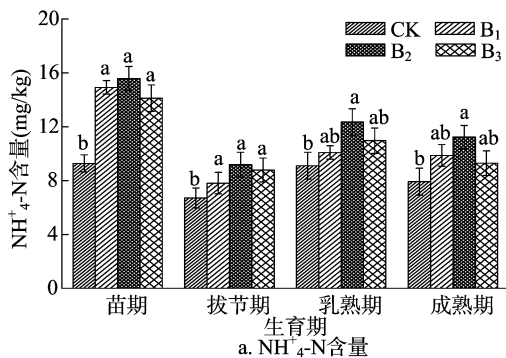


图4 生物质炭在玉米不同生育期对根际土壤铵态氮和硝态氮含量的影响

效提高了根系土壤微生物量,促进了土壤微生物对根茬的降解,从而提高了土壤有机质含量^[12-13]和土壤氮素转化强度^[14]。本试验结果表明,生物质炭对根际土壤生物固氮作用具有促进作用,在苗期、拔节期和乳熟期与 CK 处理间均存在显著差异。其中,在 B₁、B₂ 处理下,玉米整个生育期氮化作用强度均明显高于 CK 处理;在玉米生育苗期和拔节期,生物炭处理组根际土壤硝化作用强度与 CK 处理显著差异,而在乳熟期和成熟期,仅 B₂ 处理与 CK 处理差异显著,比 CK 分别提高了 26.89%、25.57%。本试验从转化强度来看,生物质炭对土壤生化强度的影响具有阶段性差异,同时可以看出,过高地施入生物质炭不利于氮素的转化。

3.2 生物质炭对根系土壤无机氮素含量的影响

土壤铵态氮含量受作物品种、温度、水分等多种因素影响^[15],一般是施肥点表层和作物苗期的含量最高。本试验结果表明,在整个玉米生育期生物质炭的各处理均有效提高了土壤铵态氮含量,总体呈现先降低后上升趋势。这主要受作物生长对养分的大量需求和降水的影响;但是与 CK 处理相比,在整个玉米生育期生物质炭处理的土壤均保持较高含量的无机氮素,这确保了玉米在苗期到乳熟期对氮肥的需求,有效改善了土壤氮素的流失并提高了氮肥利用效率。郭伟等研究结果表明,生物质炭丰富的孔隙结构可有效改善土壤呼吸状况,抑制反硝化作用,进而提高土壤氮素含量^[16];同时生物质炭表面大量的官能团以及较高的阳离子交换量可有效提高对铵态氮和硝态氮的吸附能力^[17],进而降低土壤氮素的损失及提高作物生长所需的氮素含量,本试验结果与 Lehmann 等的研究结果一致^[18]。

4 结论

生物质炭的适量施入可有效改善玉米根际土壤固氮作用和氮化作用强度,提高根系土壤的铵态氮含量,在一定程度上延缓了铵态氮向硝态氮的转化,对于提高根系土壤氮素的利用率和综合利用效果具有一定的促进作用。综合本试验结果,建议北方旱作农田生物质炭施用量为 20 t/hm²,但目前受制炭工艺、原料来源、供试作物、土壤性状等因素影响,今后针对不同类型土壤和不同种类的生物质炭及其施入量有待进一步研究和丰富。

参考文献:

[1] Li H B, Han X Z, Wang F, et al. Impact of soil management on organic carbon content and aggregate stability[J]. Communications in

Soil Science and Plant Analysis, 2007, 38 (13/14): 1673 - 1690.
 [2] Raun W R, Johnson G V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production[J]. Agronomy Journal, 1999, 91 (3): 357 - 363.
 [3] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. 土壤学报, 2008, 45 (5): 778 - 783.
 [4] 陈温福, 张伟明, 孟 军, 等. 生物炭应用技术研究[J]. 中国工程科学, 2011, 13 (2): 83 - 89.
 [5] 郭 伟, 陈红霞, 张庆忠, 等. 华北高产农田施用生物质炭对耕层土壤总氮和碱解氮含量的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20 (3): 425 - 428.
 [6] 张哈芝, 黄 云, 刘 钢, 等. 生物炭对玉米苗期生长、养分吸收及土壤化学性状的影响[J]. 生态环境学报, 2010, 19 (11): 2713 - 2717.
 [7] 曲晶晶, 郑金伟, 郑聚峰, 等. 小麦秸秆生物炭对水稻产量及晚稻氮素利用率的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2012, 28 (3): 288 - 293.
 [8] 李振高, 骆永明, 滕 应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
 [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
 [10] 郭 伟, 陈红霞, 张庆忠, 等. 华北高产农田施用生物质炭对耕层土壤总氮和碱解氮含量的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20 (3): 425 - 428.
 [11] Ding Y, Liu Y X, Wu W X, et al. Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns[J]. Water, Air, & Soil Pollution, 2010, 213 (1/2/3/4): 47 - 55.
 [12] 周桂玉, 窦 森, 刘世杰. 生物质炭结构性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, 30 (10): 2075 - 2080.
 [13] Thies J E, Rillig M C. Biochar for environmental management[M]. London: Earthscan Publications Ltd, 2009.
 [14] 刘志华, 李晓梅, 姜振峰, 等. 生物黑炭与化肥配施对大豆根际氮素转化相关功能菌的影响[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45 (8): 11 - 19.
 [15] Lehmann J, da Silva J P, Steiner C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and a ferralsol of the central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. Plant and Soils, 2003, 249 (2): 343 - 357.
 [16] 郭 伟, 陈红霞, 张庆忠, 等. 华北高产农田施用生物质炭对耕层土壤总氮和碱解氮含量的影响[J]. 生态环境学报, 2011, 20 (3): 425 - 428.
 [17] Liang B, Lehmann J, Solomon D, et al. Black carbon increases cation exchange capacity in soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 2006, 70 (5): 1710 - 1730.
 [18] Lehmann J, da Silva J P, Steiner C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a ferralsol of the Central Amazon Basin: fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. Plant and Soil, 2003, 249 (2): 343 - 357.