

不同秸秆生物炭对土壤质量及油莎豆生长的影响

刘佳遥, 王占海, 魏尊苗, 程艳, 闫吉, 王靓, 龙威, 牟忠生*

(吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033)

摘要:为研究不同秸秆生物炭对海南农田土壤酸度、养分及油莎豆生长指标及产量的综合动态影响, 试验设置6个处理: 空白(CK)、水稻秸秆生物炭(RN1)、玉米秸秆生物炭(RN2)、小麦秸秆生物炭(RN3)、油莎豆秸秆生物炭(RN4)、竹炭(RN5)。生物炭按5%的浓度施入, 测定施用前后土壤理化性质、酶活性、微生物群落丰度及油莎豆生长指标及产量。结果表明, 添加适量生物炭显著提高土壤pH、有机质含量、铵态氮含量、硝态氮含量、速效钾含量、速效磷含量, 显著降低土壤电导率, 改变土壤微生物群落丰度, 显著提高油莎豆分蘖数目以及产量, 其中水稻秸秆生物炭和油莎豆秸秆生物炭在改良土壤和提高油莎豆产量方面效果显著。总之, 添加生物炭可有效缓解土壤酸化, 调节土壤养分循环, 改变根际土壤生态环境, 促进油莎豆增产增收。

关键词: 油莎豆; 不同秸秆生物炭; 土壤微生物; 土壤酶活性

中图分类号: S565.9

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)02-0072-06

Effects of Different Straw Biochars on the Growth and Soil Quality of *Cyperus esculentus*

LIU Jiayao, WANG Zhanhai, WEI Zunmiao, CHENG Yan, YAN Ji, WANG Liang, LONG Wei, MU Zhongsheng*

(Economic Botany Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033)

Abstract: In order to study the comprehensive dynamic effects of different straw biochars on the soil acidity, nutrients and oil and *Cyperus esculentus* growth and yield of farmland in Hainan. The experiment set up six treatments: blank (CK), rice straw biochar (RN1), corn straw biochar (RN2), wheat straw biochar (RN3), *Cyperus esculentus* straw biochar (RN4), bamboo charcoal (RN5). Biochar was applied at a concentration of 5%, the physical and chemical properties of soil, enzyme activity, microbial community abundance, growth index and yield of oil *Cyperus esculentus* were measured before and after application. The results show that adding appropriate amount of biochar can significantly increase soil pH, organic matter content, ammonium nitrogen content, nitrate nitrogen content, available potassium content, available phosphorus content, significantly reduce soil electrical conductivity, change soil microbial community abundance, and significantly increase *Cyperus esculentus*. The number and yield of stalk tillers, of which rice straw biochar and *Cyperus esculentus* stalk straw biochar have significant effects in improving soil and increasing *Cyperus esculentus* stalk yield. In short, the addition of biochar can effectively alleviate soil acidification, regulate soil nutrient circulation, and promote the increase of yield and income of *Cyperus esculentus* and other crops.

Key words: *Cyperus esculentus*; Different straw biochar; Soil microorganism; Soil enzyme activity

秸秆生物炭是将秸秆置于500~700℃厌氧条件下热解产生的含碳产物, 秸秆生物炭有特殊的孔隙结构, 可直接为作物提供丰富的有机质和营

养元素, 改善土壤养分分布, 改变土壤微生物群落结构、丰度和土壤酶活性, 进而促进作物高产^[1-4]。农业生产中的废弃物秸秆、果壳等制成生物炭加以应用, 对保护环境和土壤可持续利用具有重要意义。添加生物炭可提高土壤养分利用率和土壤保水能力, 添加生物炭的作用效果与秸秆、土壤、作物种类、环境条件、管理模式等息息相关^[5-7]。近年来, 大量添加生物炭的研究局限于玉米、水稻等大田作物, 对于油莎豆等经济作物鲜有涉及, 海南独特气候条件下添加生物炭的研究也未涉及^[8-10]。本

收稿日期: 2020-04-26

基金项目: 吉林省农业科学院创新团队项目(CXGC2021TD013); 吉林省创新平台(基地)和人才专项(20220508108RC); 吉林省科技厅创新发展战略研究项目(20210601122FG)

作者简介: 刘佳遥(1995-), 男, 研究实习员, 硕士, 主要从事油莎豆栽培育种及蔬菜生理生态研究。

通讯作者: 牟忠生, 男, 硕士, 副研究员, E-mail: muzs@163.com

研究开展5种不同生物炭比较试验,探讨了不同秸秆生物炭对海南油莎豆生长及土壤质量的影响,旨在为缓解土壤酸化、秸秆生物炭的开发利用以及油莎豆栽培生产应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试油莎豆品种为非洲大粒油莎豆(*Cyperus esculentus* L.),2019年8月从吉林省农业科学院油莎豆种植基地采收。将水稻秸秆、玉米秸秆、小麦秸秆、油莎豆秸秆和竹子分别置于500℃热解3 h,分别制得水稻秸秆生物炭(RN1)、玉米秸秆生物炭(RN2)、小麦秸秆生物炭(RN3)、油莎豆秸秆生物炭(RN4)、竹炭(RN5),其含碳量分别为:58.57%、51.55%、51.87%、60.45%、70.44%。试验于2020年1~4月在海南省油莎豆种植基地大田进行。

1.2 试验设计

试验采用桶栽(栽培桶直径30 cm,高25 cm)模式,共设6个处理:空白(CK)、添加水稻秸秆生物炭(RN1)、添加玉米秸秆生物炭(RN2)、添加小麦秸秆生物炭(RN3)、添加油莎豆秸秆生物炭(RN4)、添加竹炭(RN5),生物炭按总质量比5%与土壤混匀,供试土壤均为砂壤土,取自吉林省农业科学院南繁基地,取土地块前茬种植作物为豆角,每桶装鲜土13 kg,每处理设3次重复,每重复20桶。在播种前需将种子浸泡24 h,每桶2粒种子。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 生长指标及产量的测定

播种后60 d测定油莎豆株高、分蘖数及产量,油莎豆成熟时按照区组进行单株计产。

1.3.2 土壤化学性状及酶活性的测定

供试土壤pH为5.5,EC值为0.28 mS/cm,有机质含量为24.5 g/kg,铵态氮含量为42.23 mg/kg,硝态氮含量为32.12 mg/kg,有效磷含量为29.93 mg/kg,速效钾含量为312.32 mg/kg。

于油莎豆结豆末期采集土体土壤,每个区组随机选取3个点,将采集的土壤过2 mm筛后移至实验室,于4℃和-80℃储藏。

土壤铵态氮、硝态氮(2 mol/L的氯化钾浸提)和有效磷含量(0.5 mol/L碳酸氢钠浸提)均采用SKALAR流动分析仪(荷兰,Skalar San++)测定;土壤速效钾含量(醋酸铵溶液浸提)用火焰分光光度计测定;土壤pH和EC值(土水比为1:5浸提)用pH计和电导仪测定^[11]。

土壤蔗糖酶采用水杨酸比色法测定;土壤脱

氢酶采用TTC染色法测定;土壤脲酶采用苯酚-次氯酸钠比色法测定^[12]。

1.3.3 土壤微生物荧光定量PCR

细菌荧光定量PCR引物为338F和518R,定量PCR反应程序为:95℃30 s,30个循环:95℃5 s,60℃30 s,50℃30 s;真菌荧光定量PCR引物为ITS1F和ITS4,定量PCR反应程序为:95℃5 min,28个循环:95℃1 min,58℃1 min,72℃45 s;其扩增片段分别为230 bp和750 bp,PCR产物用1%琼脂糖凝胶电泳检测^[13]。

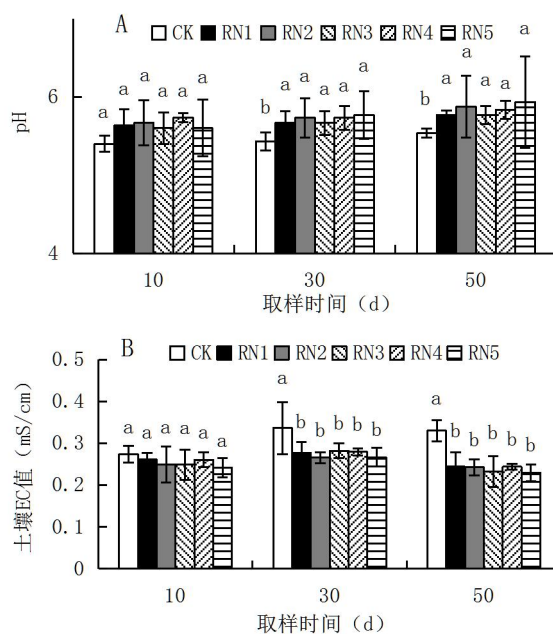
1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2003、Origin 8.6和SAS 9.1.3软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同秸秆生物炭对土壤pH和EC值的影响

30 d和50 d添加生物炭的油莎豆土壤pH显著高于对照处理,EC值显著低于对照处理($P<0.05$)(图1)。



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同

图1 不同秸秆生物炭对土壤pH和EC值的影响

2.2 不同秸秆生物炭对土壤有机质含量的影响

10 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)和油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤有机质含量显著高于其他处理,30 d和50 d添加生物炭土壤有机质含量显著高于对照处理($P<0.05$)(图2)。

2.3 不同秸秆生物炭对土壤铵态氮和硝态氮含量的影响

添加生物炭处理的土壤铵态氮含量显著高于

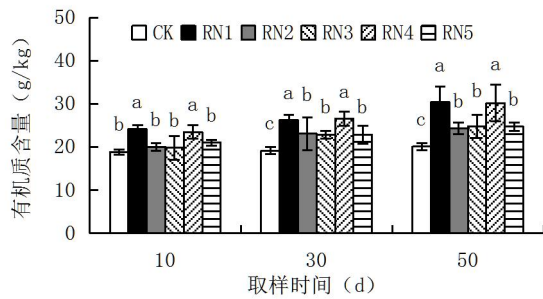


图2 不同秸秆生物炭对土壤有机质含量的影响

对照处理($P < 0.05$)(图3A)。30 d和50 d添加生物炭土壤硝态氮含量显著高于对照处理,50 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)和油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤硝态氮含量显著高于其他处理($P < 0.05$)(图3B)。

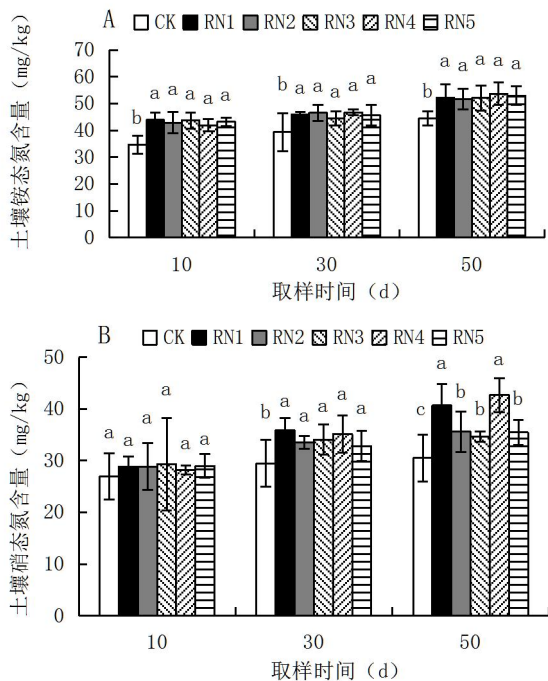


图3 不同秸秆生物炭对土壤铵态氮和硝态氮含量的影响

2.4 不同秸秆生物炭对土壤速效磷和速效钾含量的影响

30 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)和油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤速效磷含量显著高于对照处理,略高于其他处理,50 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)的土壤速效磷含量显著高于对照处理,略高于其他处理($P < 0.05$)(图4A)。

30 d和50 d添加生物炭的土壤速效钾含量显著高于其他处理($P < 0.05$)(图4B)。

2.5 不同秸秆生物炭对土壤酶活性的影响

不同处理土壤过氧化氢酶活性无显著差异(图5A)。

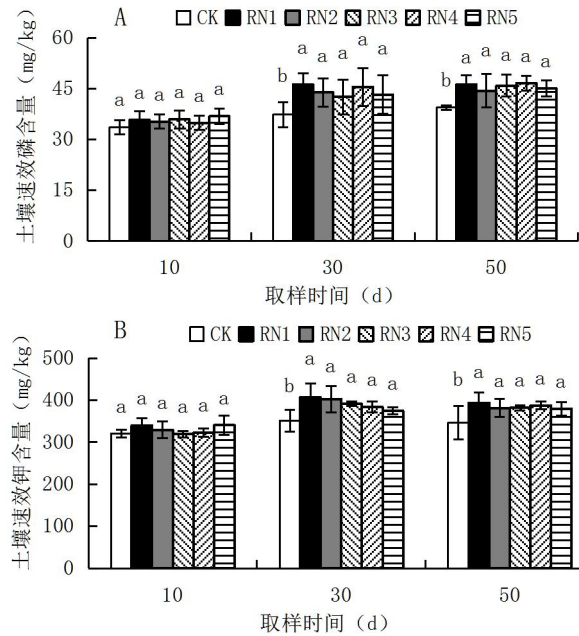


图4 不同秸秆生物炭对土壤速效磷和速效钾含量的影响

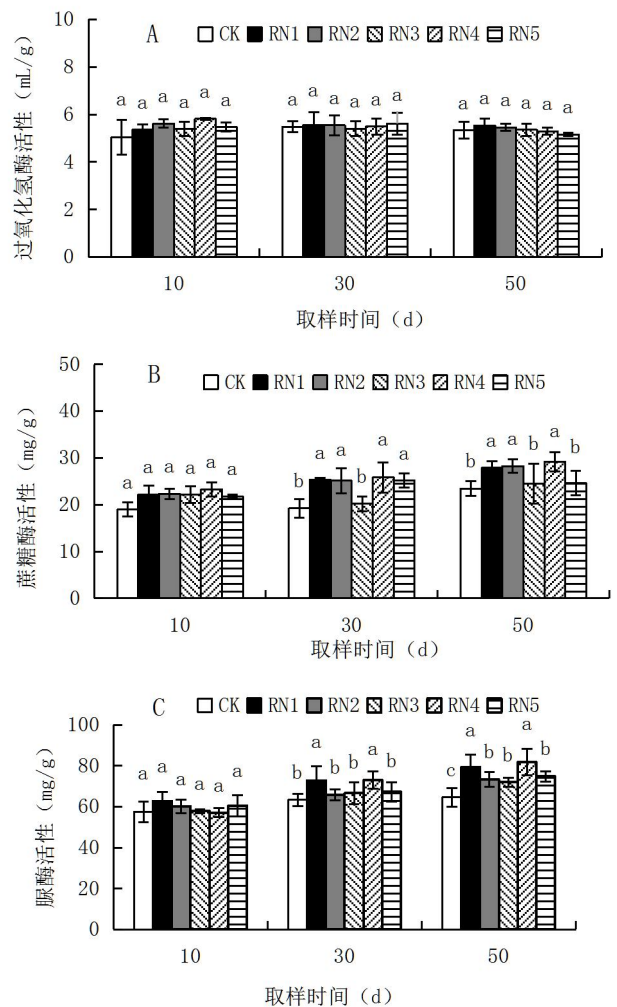


图5 不同秸秆生物炭对土壤酶活性的影响

30 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)、玉米秸秆生物炭(RN2)、油莎豆秸秆生物炭(RN4)、竹炭

(RN5)的土壤蔗糖酶活性显著高于对照处理,50 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)、玉米秸秆生物炭(RN2)、油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤蔗糖酶活性显著高于对照处理($P<0.05$)(图5B)。

30 d和50 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)和油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤脲酶活性显著高于其他处理($P<0.05$)(图5C)。

2.6 不同秸秆生物炭对土壤微生物群落丰度的影响

30 d和50 d添加生物炭的土壤细菌群落丰度显著高于对照处理($P<0.05$)(图6A)。

30 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)、玉米秸秆生物炭(RN2)、油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤真菌群落丰度显著高于对照处理,50 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)、玉米秸秆生物炭(RN2)、小麦秸秆生物炭(RN3)、油莎豆秸秆生物炭(RN4)的土壤真菌群落丰度显著高于对照处理($P<0.05$)(图6B)。

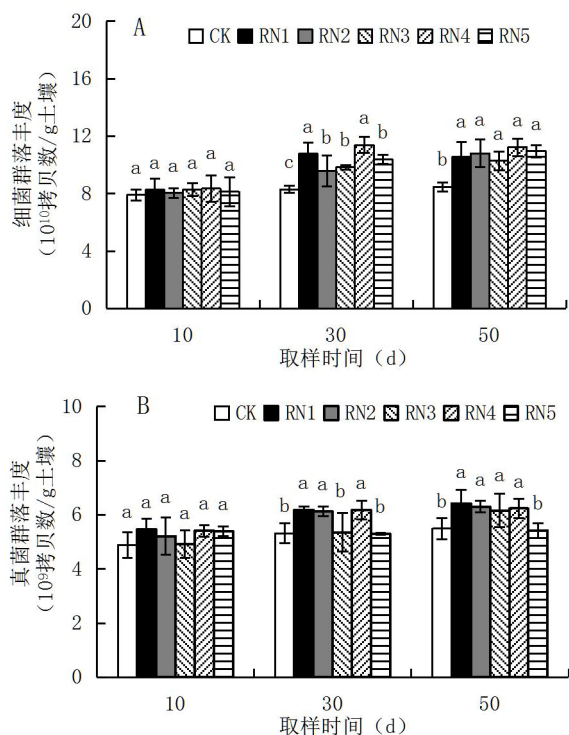


图6 不同秸秆生物炭对土壤微生物群落丰度的影响

2.7 不同秸秆生物炭对油莎豆株高和分蘖数的影响

40 d和50 d添加生物炭处理的油莎豆株高显著高于对照处理(图7A)。

30 d和40 d添加生物炭处理的油莎豆分蘖数显著高于对照处理,50 d添加水稻秸秆生物炭(RN1)和油莎豆秸秆生物炭(RN4)的植株分蘖数

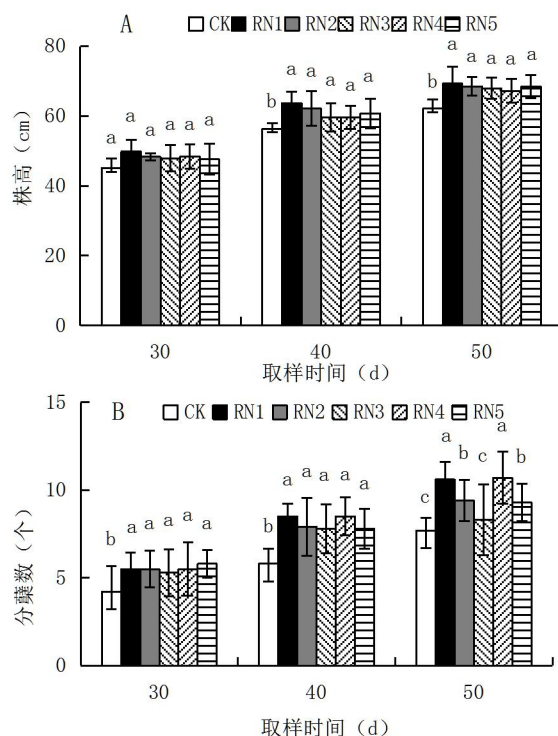


图7 不同秸秆生物炭对油莎豆株高和分蘖数的影响
显著高于其他处理($P<0.05$)(图7B)。

2.8 不同秸秆生物炭对油莎豆单株产量的影响

添加生物炭的油莎豆单株产量显著高于对照处理,添加水稻秸秆生物炭(RN1)和油莎豆秸秆生物炭(RN4)的油莎豆单株产量显著高于其他处理($P<0.05$)(图8)。

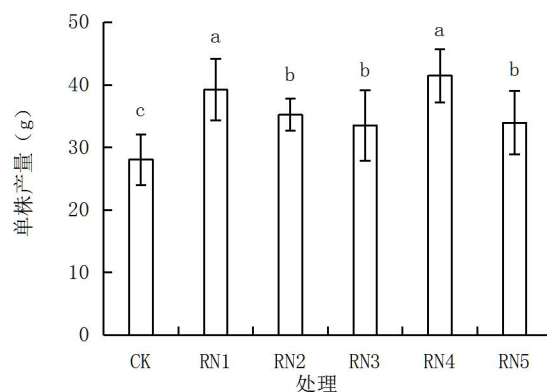


图8 不同秸秆生物炭对油莎豆单株产量的影响

3 讨论

秸秆生物炭含有多种营养元素,利用废弃秸秆生产生物炭既可保护环境,还可增加土壤养分含量,提高土壤有益微生物群落丰度^[14-15],本试验发现,生物炭在改良土壤和提高油莎豆产量方面效果显著,其中水稻和油莎豆秸秆生物炭效果尤为明显,其作用机理在于生物炭具有很强的吸附

性,对硝态氮、铵态氮等速效养分进行吸附和截留,一定程度上阻止养分流失,提高利用率,秸秆生物炭在调节土壤pH时,微生物群落结构和丰度也随之发生变化^[16-17]。添加秸秆生物炭提高了土壤有机碳和土壤养分含量,与本试验结果一致;但也有研究表明,添加秸秆生物炭对土壤有效磷和pH均无显著影响^[18-20],这可能是由于秸秆生物炭热解温度也是重要影响因素,裂解温度不同,营养元素富集状态、表面吸附性及孔隙度等均发生变化,这对添加效果会产生影响。本试验发现添加秸秆生物炭显著影响土壤微生物群落丰度,可能原因是土壤微生物直接或间接参与土壤养分循环及转化过程,添加的生物炭有丰富的孔隙结构,吸附的水肥为土壤微生物提供生存环境和养分,不同种类生物炭往往被不同种类微生物群体利用,这是添加不同秸秆生物炭造成微生物群落结构变化差异的根本原因^[21-23]。近年来,我国可用耕地面积减少,研究发现增加盐基离子是改良酸性土壤的有效途径之一,秸秆生物炭营养丰富,偏碱性,在补充盐基离子的同时,一定程度上还缓解土壤酸化^[16,24-25]。本试验结果显示,不同秸秆生物炭缓解土壤酸化效果无差异,这可能与试验多种因素(气候、作物、根系分泌物等)有关,添加生物炭提高了土壤有机质和交换性盐基含量,进而提高养分的有效性,总之,生物炭对酸性土壤具有修复效应,但因生物炭材料及组成不同,改良效果也有所差异^[26-28]。

本试验发现几种秸秆生物炭含碳量均高于50%,较高的含碳量显著提高了土壤有机质含量,不同种类秸秆生物炭作用效果不同,水稻秸秆和油莎豆秸秆作用效果最优,其原因可能是不同秸秆生物炭碳化程度不同,导致其孔隙度及离子交换量等指标均不相同,本试验发现生物炭可改良土壤酸性条件,促进含矿物的转化,释放磷素等养分,改变微生物群落丰度和土壤酶活性,作物的生长发育状况也受到影响,添加水稻秸秆生物炭和油莎豆秸秆生物炭对油莎豆的增产效果最明显,原因可能是生物炭在提供土壤养分的同时,还改善了土壤团粒结构,有效截留水分和养分,提高土壤肥力^[29],土壤性质的改良对农业生产具有积极影响,有效促进作物产量和作物品质的提升。大量研究结果表明,添加秸秆生物炭后,土壤阳离子交换量增加,氮、磷、钾等养分吸收能力增强,这与本试验结果一致,添加秸秆生物炭对土壤养分等均有促进效果,秸秆生物炭使用量以

及与其他肥料配施的作用效果是本试验所忽视的。本试验发现添加秸秆生物炭能减少土壤养分流失,可能原因是秸秆生物炭本身具有吸附性,施入后在土壤中形成团聚体,吸引大量土壤养分离子的附着^[30-31]。研究发现施入生物炭后土壤微生物群落丰度增加,间接使养分的缓冲能力提高,生物炭富含大量碳和矿质养分,在其降解后改变微生物群落结构,促进了养分在作物和土壤中的循环和利用,生物炭的投入可使作物增产,在不施氮肥的情况下,生物炭的投入也可提高作物产量,说明秸秆生物炭有提高肥料利用率的作用^[32-33]。在环境和栽植作物不同的条件下,生物炭的作用效果也发生变化,所以某一特定地区特定作物生物炭最佳施用量也不相同,本试验为了能使秸秆生物炭在油莎豆种植中得到充分应用,分别从土壤养分和作物生长方面与其他秸秆生物炭进行比较,发现油莎豆秸秆生物炭在提高土壤养分含量和增产方面效果显著。总之,添加秸秆生物炭有效改善了土壤环境,提高了土壤养分含量,但试验也存在一定缺陷,结论是开展一年试验得出的,为了探究更深层次的生物炭作用机制,需要进行长期试验,下一步试验应重点研究油莎豆秸秆生物炭用量对土壤和作物影响机理,同时增加土壤微生物群落结构及功能变化的测试指标。

4 结 论

本试验结果表明,添加不同秸秆生物炭均有效缓解土壤酸化,调节土壤养分循环,提高土壤养分含量,达到增产效果,但作用效果随施用时间下降,其中,水稻秸秆生物炭和油莎豆秸秆生物炭在改良土壤和提高油莎豆产量方面效果显著,总之,生物炭不但缓解土壤酸化、改善土壤养分分布,还提高微生物群落丰度及酶活性,提高油莎豆产量,生物炭用量及与其他肥料配合施用等还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 乔光,洪怡,田田,等.生物炭对玛瑙红樱桃土壤微生物和养分的影响[J].华中农业大学学报,2017,36(3):51-56.
- [2] 王幼奇,包维斌,白一茹,等.生物炭对黑垆土土壤水分运移特征参数影响[J].排灌机械工程学报,2020,38(3):292-297.
- [3] 刘术新,李汉美,丁枫华.生物炭对土壤环境质量的影响研究进展[J].甘肃农业科技,2020(Z1):84-91.
- [4] 张晗芝,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.
- [5] 彭启超, 刘小华, 罗培宇, 等. 不同原料生物炭对氮、磷、钾的吸附和解吸特性[J]. 植物营养与肥科学报, 2019, 25(10): 1763-1772.
- [6] Cai Z, Wang B, Xu M, et al. Nitrification and acidification from urea application in red soil (*Ferralsol cambisol*) after different long-term fertilization treatments[J]. Journal of soils and sediments, 2014, 14(9): 1526-1536.
- [7] 王毅, 张俊清, 况帅, 等. 施用小麦秸秆或其生物炭对烟田土壤理化特性及有机碳组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(2): 285-294.
- [8] 张伟明. 生物炭的理化性质及其在作物生产上的应用[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2012.
- [9] 黄剑. 生物炭对土壤微生物量及土壤酶的影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.
- [10] Song D, Tang J, Xi X, et al. Responses of soil nutrients and microbial activities to additions of maize straw biochar and chemical fertilization in a calcareous soil[J]. European Journal of Soil Biology, 2018, 84: 1-10.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 30-103.
- [12] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274-338.
- [13] Bokulich N A, Mills D A. Improved selection of internal transcribed spacer-specific primers enables quantitative, ultra-high-throughput profiling of fungal communities[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2013, 79(8): 2519-2526.
- [14] 李明, 李忠佩, 刘明, 等. 不同秸秆生物炭对红壤性水稻土养分及微生物群落结构的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(7): 1361-1369.
- [15] 侯晓娜, 李慧, 朱刘兵, 等. 生物炭与秸秆添加对砂姜黑土团聚体组成和有机碳分布的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(4): 705-712.
- [16] 徐国鑫, 王子芳, 高明, 等. 秸秆与生物炭还田对土壤团聚体及固碳特征的影响[J]. 环境科学, 2018, 39(1): 355-362.
- [17] 张杰. 秸秆、木质素及生物炭对土壤有机碳氮和微生物多样性的影响[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [18] 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, 30(10): 2075-2080.
- [19] 周桂玉. 生物质炭的结构特征及其对土壤腐殖质和植物生长的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2011.
- [20] 张晗芝. 生物炭对土壤肥力、作物生长及养分吸收的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [21] 张千丰, 王光华. 生物炭理化性质及对土壤改良效果的研究进展[J]. 土壤与作物, 2012, 1(4): 219-226.
- [22] 侯云鹏, 孔丽丽, 李前, 等. 不同施肥模式对水稻养分吸收利用及土壤养分平衡的影响[J]. 东北农业科学, 2018, 43(1): 1-8.
- [23] 勾芒芒, 屈忠义. 生物炭对改善土壤理化性质及作物产量影响的研究进展[J]. 中国土壤与肥料, 2013(5): 1-5.
- [24] 韩光明. 生物炭对不同类型土壤理化性质和微生物多样性的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013.
- [25] 赵军, 耿增超, 尚杰, 等. 生物炭及炭基硝酸铵对土壤微生物量碳、氮及酶活性的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(8): 2355-2362.
- [26] 杨倩, 李登科, 王永斌, 等. 秸秆生物炭及秸秆对大豆生长及土壤微生物活性的影响[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2016, 42(6): 591-597.
- [27] 刘国玲. 生物炭和秸秆还田对玉米生长发育和氮素吸收与利用的影响[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [28] 王道涵, 邢聪慧, 梅傲雪, 等. 生物炭改良风沙土对土壤团聚体稳定性的影响[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2018, 37(5): 816-823.
- [29] 李晓梅. 秸秆生物炭对黑土碳库的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015.
- [30] 侯建伟, 邢存芳, 邓晓梅, 等. 不同秸秆生物炭对黄壤理化性质及综合肥力的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(11): 49-59.
- [31] 刘方明, 高玉山, 孙云云, 等. 干旱胁迫条件下高吸水性树脂对玉米出苗和生长的影响[J]. 东北农业科学, 2018, 43(4): 1-4.
- [32] 殷大伟, 金梁, 郭晓红, 等. 生物炭基肥替代化肥对砂壤土养分含量及青贮玉米产量的影响[J]. 东北农业科学, 2019, 44(4): 19-24.
- [33] 周玉祥, 宋子岭, 孔涛, 等. 不同秸秆生物炭对露天煤矿排土场土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 环境化学, 2017, 36(1): 106-113.

(责任编辑:王昱)

(上接第41页)

- [17] 冯金胜. 等离子体处理种子对冬小麦生育特性的影响[J]. 现代农业科技, 2016(13): 28-29.
- [18] 张丽华, 边少锋, 方向前, 等. 等离子体种子处理对水稻生物学性状及产量的影响[J]. 吉林农业科学, 2007, 32(2): 16-18.
- [19] 张海军, 栗奕, 宿丽丽, 等. 吉林省“十二五”期间等离子体种子处理技术推广情况概述[J]. 种子世界, 2015(12): 8-9.
- [20] 程升, 郭沛荣, 刘国庆, 等. 定点等离子体处理胡麻种子初探[J]. 农业技术与装备, 2018(4): 12-14.
- [21] 谢晓宇, 尹美强, 温银元, 等. 等离子体处理苦参种子的生物学效应[J]. 山西农业科学, 2019, 47(4): 568-572.
- [22] 童家赟, 唐诗韵, 汤小婷, 等. 等离子体处理对不同含水量穿心莲种子萌发的影响[J]. 种子, 2019, 38(1): 54-59.
- [23] 葛永群, 王明俊, 周志丹, 等. 等离子体种子处理技术抗逆性研究[J]. 农业科技推广, 2013(7): 44, 46.

(责任编辑:王丝语)