

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2015)03-0153-05

土壤肥料

干旱条件下生物炭施用量对马铃薯块茎形成期 土壤速效养分含量的影响

刘志华^{1,2}, 丛 聪², 智嘉禾², 王嘉翼², 李晓梅², 孙彦坤^{2*}, 张丽莉³, 石 瑛³, 李 瑶²

(1. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 江苏 南京 210008; 2. 东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 以玉米炭为材料, 研究干旱条件下生物炭对种植马铃薯的土壤中速效养分的影响。结果表明, 与足量水分相比, 干旱条件下生物炭对土壤速效养分的影响与施用量有关, 添加1%生物炭对土壤速效养分含量无显著性影响, 添加10%生物炭的土壤速效氮、速效磷显著降低, 速效钾含量升高, 说明生物炭对干旱条件下土壤速效养分产生影响, 其机制有待于进一步研究。

关键词: 生物炭; 干旱; 马铃薯

Effects of Biochar Application Rate on Available Nutrient Content Under Drought Condition During Potato Tuber Formation

LIU Zhihua^{1,2}, CONG Cong², ZHI Jiahe², WANG Jiayi², LI Xiaomei², SUN Yankun^{2*}, ZHANG Lili³, SHI Ying³, LI Yao²

(1. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences), Nanjing, Jiangsu 210008, China; 2. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 3. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Biochar produced from maize straw was added to soil to investigate its effects on soil available nutrient content when potatoes were planted under drought stress. The results showed that under drought condition, effects of biochar on available nutrients in soil were correlated to application rate compared to at full water level. Furthermore, no significant difference was observed for soil available nutrients when 1% biochar was applied, while contents of available nitrogen and phosphorus were significantly decreased and potassium content increased when biochar was applied at the rate of 10% under drought condition. The above results suggested that biochar application could affect available nutrient under drought condition, but the details is not clear yet.

Key Words: biochar; drought; potato

气候变暖诱导产生的水分变化将威胁干旱区农业水资源情况^[1]。干旱是农业常见的环境胁迫之一, 会严重威胁粮食安全^[2]。马铃薯是对水分较为敏感的作物, 短期干旱和长期干旱均会对马铃薯生长甚至产量造成影响。

生物炭是秸秆等有机质在高温无氧条件下的裂解产物, 表面积大、结构疏松, 具有保水保肥等特性^[3]。本研究以玉米秸秆制备的生物炭为材料, 研究不同程度干旱条件下生物炭施用量对马铃薯速效养分的影响, 为马铃薯高产栽培模式建立提供科学依据。

收稿日期: 2015-05-06

基金项目: 国家自然科学基金(41301316); 土壤与农业可持续发展重点实验室开放基金(Y412201418); 黑龙江省博士后科研启动金。

作者简介: 刘志华(1979-), 女, 副教授, 博士, 主要从事生物炭应用研究。

*通信作者(Corresponding author): 孙彦坤, 教授, 博士, 主要从事农业生态研究, E-mail: yk_sun@163.com。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验采用的是东北黑土，生物炭是由辽宁省生物炭工程技术研究中心提供，基质为玉米秸秆，供试作物为马铃薯品种 东农311，供试生物炭与土

壤理化性质见表1。

试验为盆栽试验，在东北农业大学马铃薯研究所防雨棚内进行。水分处理设3个水分梯度，即土壤最大持水量的60%、50%和40%，分别记为足量(F)、半量(H)和干旱(D)。生物炭处理设0%、1%、5%、10%(质量比)4个水平，分别记为C0、

表1 供试生物炭与土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical characteristics of biochar and soil

样品 Sample	有机质(g/kg) Organic matter	全氮(g/kg) Total nitrogen	全磷(g/kg) Total phosphorus	碱解氮(mg/kg) Available nitrogen	速效磷(mg/kg) Available phosphorus	速效钾(mg/kg) Available potassium	pH
黑土 Black soil	48.31	1.92	0.21	173.15	18.24	208.62	6.91
生物炭 Biochar	716.23	6.88	10.26	—	—	25.99	9.89

注：— 未检出。 Note: "—" undetected.

C1、C2和C3。2014年5月1日播种。

每盆装土10 kg，每个处理15次重复。盆钵下层放置2 cm高石块，插管浇水。每天监测土壤水分情况，于马铃薯块茎形成期进行取样，采用抖落法取根际土，每次取土3盆。

1.2 试验方法

土壤pH采用水土比1:1、PHS-2F型数字酸度计(上海第二仪器厂生产)测定，土壤速效氮采用碱解扩散法，土壤速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法，土壤速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度计测定的方法，具体操作参照鲁如坤^[4]的方法。

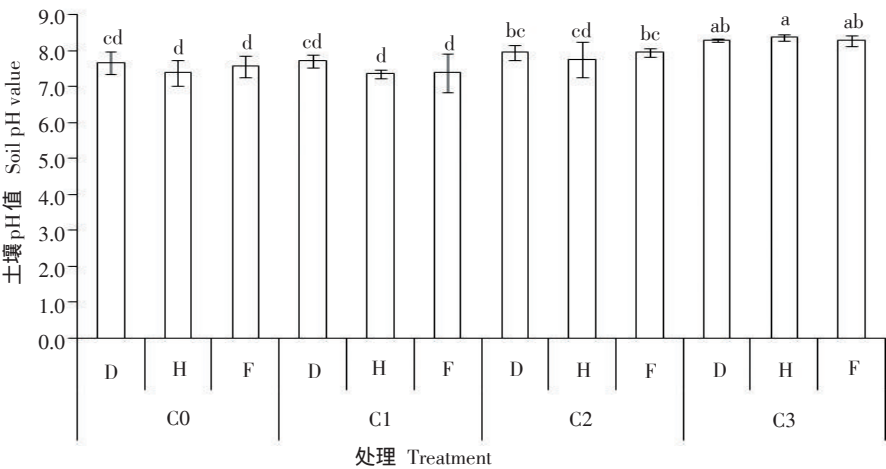
1.3 数据分析

试验数据采用Excel 2007和SPSS 11.0软件分析处理。采用单因素方差分析，多个均值间的差异性比较采用Duncan's新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同水分条件下生物炭对土壤pH值的影响

从图1可以看出，不同水分条件下生物炭对土壤pH值的影响不同。足量(F)水分条件下，与未添加生物炭(C0)处理比较，1%生物炭添加(C1)对土壤pH值未有显著性影响($P>0.05$)，随着生物炭添



图中数据为平均值±标准差，不同处理间无相同字母者表示经统计检验差异达显著水平($P<0.05$)，下同。
Bars marked by the same letter(s) are not significantly different at $P<0.05$ according to Duncan's Multiple Range Test. The same below.

图1 不同水分条件下生物炭对马铃薯块茎形成期土壤pH值的影响

Figure 1 Effects of biochar on soil pH value under different moisture conditions during potato tuber formation

加量的增加, 5%生物炭添加(C2)和10%生物炭添加(C3)土壤pH值显著增加($P < 0.05$); 半量(H)水分条件下, 与C0处理比较, C1处理和C2处理对土壤pH值未有显著性影响($P > 0.05$), C3处理显著增加土壤pH值($P < 0.05$); 干旱(D)条件下, 与C0处理比较, 仅C3处理显著增加土壤pH值, 其余2种生物炭添加对土壤pH值的影响不显著($P > 0.05$)。

相同生物炭添加量条件下, 水分条件的不同并未影响土壤pH值变化, 各处理间均未达到显著性水平($P > 0.05$), 说明土壤pH值的变化仅受生物炭影响, 与水分处理无关。

总的来看, 生物炭对土壤pH值的影响与生物炭的添加情况有关, 10%生物炭添加显著增加土壤pH值。

2.2 不同水分条件下生物炭对土壤速效氮含量的影响

从图2可以看出, 生物炭对土壤速效氮含量的影响与水分情况有关。F水分条件下, 与C0处理比较, 仅C3处理土壤速效氮含量显著降低, 其余处理间土壤速效氮含量无显著性差异($P > 0.05$); H水分条件下, 与C0处理比较, C1处理土壤速效氮含量显著增加($P < 0.05$), 其余生物炭处理对土壤速效氮含量无显著性影响($P > 0.05$); D水分条件下, 与C0处理比较, C1处理对土壤速效氮含量无显著性影响, C2处理和C3处理土壤速效氮含量显著降低($P < 0.05$)。

相同生物炭添加处理间比较, C2处理与C3处理土壤速效氮含量变化与土壤水分条件无关(图2)。C1

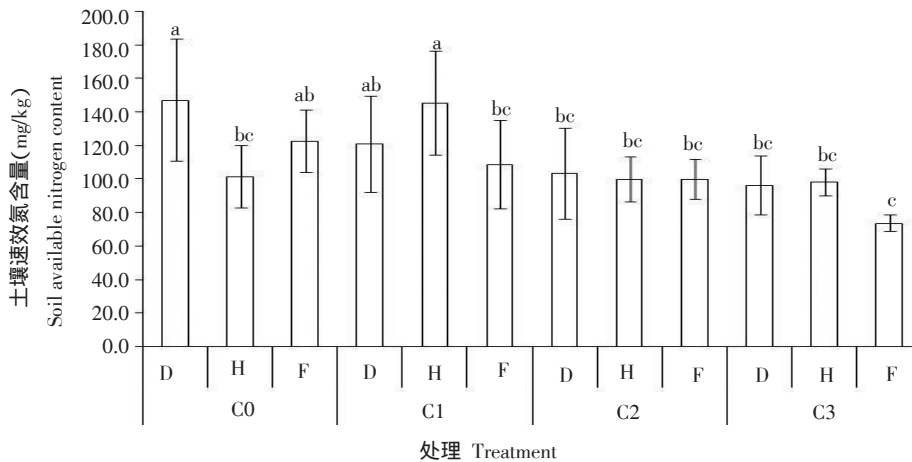


图2 不同水分条件下生物炭对马铃薯块茎形成期土壤速效氮含量的影响

Figure 2 Effects of biochar on soil available nitrogen content under different moisture conditions during potato tuber formation

条件下, D处理土壤速效氮含量与F处理、H处理无显著性差异, 但H处理土壤速效氮含量与F处理土壤速效氮含量间差异显著($P < 0.05$)。

综上所述可以看出, 生物炭添加对土壤速效氮含量的影响存在剂量效应, 随着生物炭添加量的增加, 土壤速效氮含量显著降低, 这可能是由于生物炭添加促进干旱条件下马铃薯对土壤速效氮的吸收。

2.3 不同水分条件下生物炭对土壤速效磷含量的影响

土壤速效磷含量的变化较土壤速效氮含量的变化更为复杂, 受到土壤水分和生物炭的双重影响(图3)。F水分条件下, 与C0处理比较, 仅C2处理土壤速效磷含量显著增加, 其余生物炭添加处理

对土壤速效磷含量均无显著性影响($P > 0.05$); H水分条件下, 生物炭添加对土壤速效磷的影响较为复杂, 与C0处理比较, C1处理土壤速效磷含量显著增加($P < 0.05$), C2处理土壤速效磷含量无显著性差异($P > 0.05$), C3处理土壤速效磷含量显著降低($P < 0.05$); D水分条件下, 与C0处理比较, C1处理对土壤速效磷无显著性影响($P > 0.05$), C2处理土壤速效磷含量显著增加($P < 0.05$), C3处理土壤速效磷含量显著降低($P < 0.05$)。

相同生物炭添加条件下, 与足量水分相比, 其他水分条件下土壤速效磷含量的差异达到显著性水平(图3)。C1条件下, 与F水分条件相比, H和D水分条件下土壤速效磷含量显著增加; C2和C3条

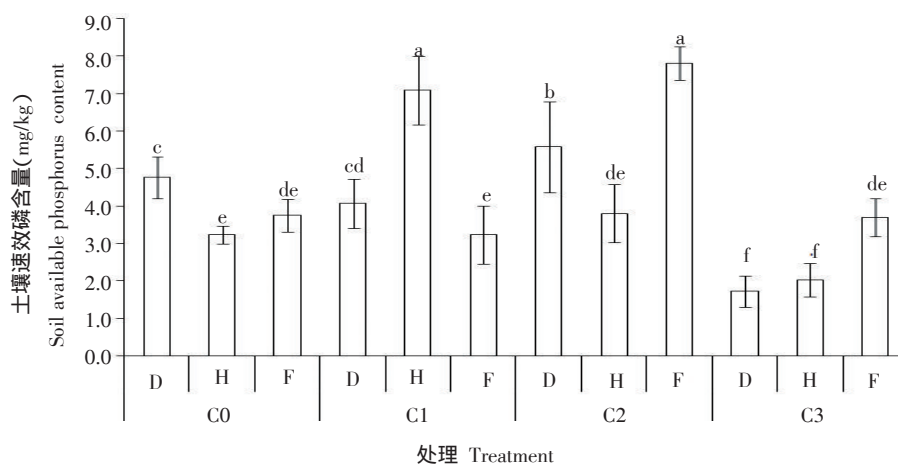


图3 不同水分条件下生物炭对马铃薯块茎形成期土壤速效磷含量的影响

Figure 3 Effects of biochar on soil available phosphorus content under different moisture conditions during potato tuber formation

件下, 与F水分条件相比, H和D水分条件下土壤速效磷含量显著降低($P < 0.05$)。

总的来看, 生物炭添加对土壤速效磷含量的影响与土壤水分情况有关, 干旱条件下10%生物炭添加土壤速效磷含量显著降低。

2.4 不同水分条件下生物炭对土壤速效钾含量的影响

从图4可以看出, 相同生物炭添加条件下, 不同水分处理间无显著性差异($P > 0.05$), 而水分条

件相同生物炭添加量不同对土壤速效钾含量的影响不同。与C0处理比较, F处理和H处理条件下, C1和C2处理对土壤速效钾含量无显著性影响, C3处理土壤速效钾含量显著增加; D处理条件下, C1处理对土壤速效钾含量无显著性影响, C2处理与C3处理显著增加土壤速效钾含量。

综上, 生物炭对土壤速效钾的影响存在剂量效应, 5%和10%生物炭添加显著增加土壤速效钾含量。

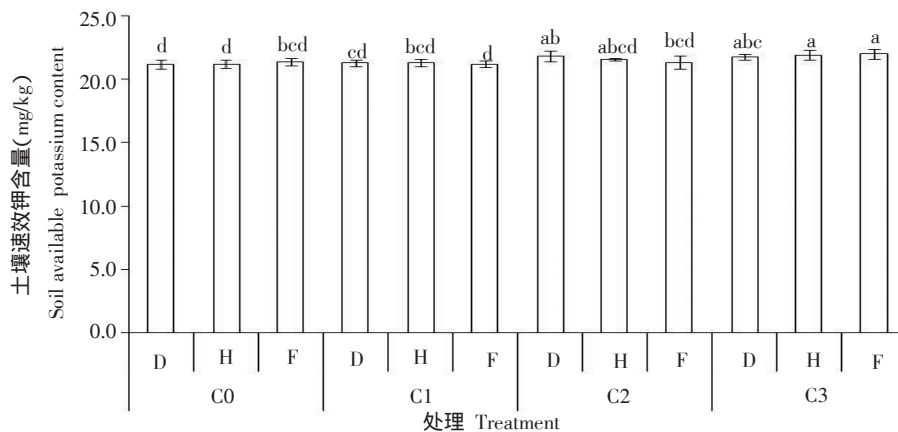


图4 不同水分条件下生物炭对马铃薯块茎形成期土壤速效钾含量的影响

Figure 4 Effects of biochar on soil available potassium content under different moisture conditions during potato tuber formation

3 讨论

生物炭添加对土壤速效养分的影响一直存有争议, 结论不一^[5-8]。刘志华等^[5]采用大田试验研究表

明, 高量生物炭添加显著降低土壤速效氮、速效磷和速效钾含量; 高海英等^[6]用盆栽试验研究显示, 施用竹炭、木炭降低土壤有效氮含量。但傅秋华等^[7]研究表明, 施过竹炭颗粒的土壤, 其理化性能得到了

改良, 水解氮、有效磷、速效钾、交换性钙和镁等元素含量均明显提高; 张晗芝^[8]将生物炭施于水稻土壤中, 12 t/hm²和48 t/hm²的用量对土壤全磷、有效磷和pH没有显著影响。造成结果不一的原因可能在于采用的生物炭施用数量^[9]及环境条件^[10]不同, 本研究中, 添加生物炭显著改变干旱条件下土壤速效养分含量, 5%生物炭添加处理土壤速效氮含量显著降低, 土壤速效磷含量显著增高; 10%生物炭添加的处理土壤速效氮、速效磷含量均显著降低。刘世杰和窦森^[11]研究结果表明, 黑炭促进玉米对氮磷的吸收; 另一方面, 由热解产生的生物炭与原来的生物质相比, 具有比表面积大、表面含有大量含氧基团如羰基、酚基和醌基^[12]等特点, 这种特点使生物炭应用过程中具有良好的吸附氮、磷物质的能力^[13], 作物吸收旺盛及生物炭自身的吸附双重作用可能是导致土壤速效氮、速效磷显著降低的原因, 任少勇^[14]利用生物炭为基质做成炭基肥开展对马铃薯生长的影响研究结果表明, 炭基肥具有显著降低土壤速效氮、速效磷含量的作用, 这也侧面验证生物炭添加会降低土壤速效氮、速效磷含量。本研究中, 5%和10%生物炭添加显著增加干旱条件下土壤速效钾含量, 这与前人研究结果不同^[6,8,14], 造成这一结果的原因可能在于土壤水分条件不同, 有研究表明, 生物炭对土壤速效养分的影响与环境^[15]有关, 其机制有待于进一步研究。

生物炭自身的吸附能力一定程度上促进土壤团聚体的含量^[16], 可以起到一定保水作用。本研究结果表明, 不同生物炭施用数量对干旱胁迫下土壤养分的影响不同, 存在一定剂量效应^[9], 王浩等^[17]采用不同数量生物炭研究相对含水量45%条件下对高粱苗期生长的影响, 结果表明, 生物炭的施用数量不同对土壤养分及作物生长的影响不同, 这与本研究的结果一致。本试验中, 干旱条件下, 1%生物炭对土壤速效养分的影响未达到显著水平, 5%和10%生物炭添加处理速效养分显著变化, 但马铃薯生长未受到显著影响(未发表数据), 说明生物炭一定程度上能缓解土壤水分胁迫。Mulcahy等^[18]以30%(体积比)生物炭添加到西红柿土壤中可以提高西红柿抗旱能力, 并具有很高的经济价值, 这为马铃薯高产栽培提供了新的思路。

[参 考 文 献]

[1] 康 蕾, 张红旗. 我国五大粮食主产区农业干旱态势综合研究 [J]. 中

国生态农业学报, 2014, 22(8): 928–937.

- [2] Schewea J, Heinke J, Gertena D, *et al.* Multimodel assessment of water scarcity under climate change [J]. PNAS, 2014, 111(9): 3245–3250.
- [3] Ventura M, Sorrenti G, Panzacchi P, *et al.* Biochar reduces short-term nitrate leaching from a horizon in an apple orchard [J]. J Environ Qual, 2013, 42:76–82.
- [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [5] 刘志华, 李晓梅, 盖兆雪, 等. 生物黑炭对马铃薯块茎形成期根际物理性状及速效养分的影响 [J]. 中国马铃薯, 2014, 28(3): 159–165.
- [6] 高海英, 陈心想, 张雯, 等. 生物炭和生物炭基氮肥的理化特征及其作物肥效评价 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2013, 41(4): 69–79.
- [7] 傅秋华, 张文标, 钟泰林, 等. 竹炭对土壤性质和高羊茅生长的影响 [J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(2): 159–163.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Jeffery S, Meinders M B J, Stoof C R, *et al.* Biochar application does not improve the soil hydrological function of a sandy soil [J]. Geoderma, 2015, 251–252:47–54.
- [11] 刘世杰, 窦森. 黑炭对玉米生长和土壤养分吸收与淋失的影响 [J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 79–82.
- [12] Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, *et al.* Black carbon in soils: the use of benzene carboxylic acids as specific markers [J]. Organic Geochemistry, 1998, 29(4): 811–819.
- [13] 刘玮晶, 刘烨, 高晓荔, 等. 外源生物炭对土壤中铵态氮素滞留效应的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(5): 962–968.
- [14] 任少勇. 炭基肥对马铃薯生育及土壤特性的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2014.
- [15] Ojeda G, Mattana S, Àvila A J, *et al.* Are soil–water functions affected by biochar application [J]. Geoderma, 2015, 249–250: 1–11.
- [16] 李昌见, 屈忠义, 勾芒芒, 等. 生物炭对土壤水肥利用效率与番茄生长影响研究 [J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(11): 2187–2193.
- [17] 王浩, 焦晓燕, 王劲松, 等. 生物炭对土壤水分特征及水胁迫条件下高粱生长的影响 [J]. 水土保持学报, 2015, 29(2): 253–259.
- [18] Mulcahy D N, Mulcahy D L, Dietz D. Biochar soil amendment increases tomato seedling resistance to drought in sandy soils [J]. Journal of Arid Environments, 2013, 88: 222–225.