

基施生物质炭对菜用大豆植株营养吸收及土壤养分供应初报

王冬冬,徐琪,杨洋,孙珊珊,郭伟

(黑龙江八一农垦大学农学院,寒地作物种质改良与栽培重点实验室,黑龙江大庆163319)

摘要:在盆栽条件下,距土壤表面15 cm分别按照土壤总重量的0%、1%、2%、3%和4%基施生物质炭,研究了生物质炭对0~10 cm土壤矿质养分供应能力以及菜用大豆对矿质养分吸收的影响。结果表明,基施生物质炭降低了土壤碱解氮含量,但未达显著水平($P>0.05$);随生物质炭比例的提高,土壤有效磷和速效钾含量显著增加。基施生物质炭对菜用大豆氮素吸收能力无显著影响,但降低了植株的全磷、钾含量以及地上部分生物量。经分析初步认为,基施生物质炭对土壤的供氮能力和植株的氮素吸收没有显著影响,但改善了土壤的有效磷、钾供应。

关键词:生物质炭;矿质养分;菜用大豆

中图分类号:S153

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2013)01-0072-04

Effect of Biochar Application as Basal Fertilizer on Nutrition Absorption and Soil Nutrient Supply of Vegetable Soybean

WANG Dong-dong, XU Qi, YANG Yang, SUN Shan-shan, GUO Wei

(Agriculture College, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Key Laboratory of Crop Germplasm Improvement and Cultivation in Cold Area, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

Abstract: Pot experiment of vegetable soybean was performed outdoors, and basal biochar from 1% to 4% was applied to the 15 cm depth of soil. The effect of biochar on soil mineral nutrient supply capacity between 0 and 10 cm and nutrient absorption of vegetable soybean were studied. Biochar decreased the content of alkali-hydrolytic nitrogen in soil, however, the content of available phosphorous and potassium in soil significantly increased with the increasing of biochar proportion. Biochar had no significant effect on nitrogen absorption ability of vegetable soybean, however, decreased total phosphorus and potassium of plant and aboveground biomass. Therefore, lamination biochar had no significant influence on nitrogen supply capacity of soil and nitrogen absorption of plant but improved the supply of available phosphorous and potassium of soil.

Key words: Biochar; Mineral nutrient; Vegetable soybean

中国作为农业大国产生大量的作物秸秆,除一部分作为饲料外,每年燃烧掉的秸秆超过 2×10^8 t,损失的氮、磷、钾相当于全国化肥总产量的60%左右,并产生一系列诸如大气污染、火灾等环境与社会问题^[1]。因此,采取秸秆发电、沼气发酵、堆肥等方法对作物秸秆进行综合利用,减少农业面源污染十分必要。

生物质炭是作物秸秆在限氧条件下经低温热解炭化而成,具有高度的稳定性,将生物质炭施入土壤可以起到良好的固碳减排效应^[2]。另外,生物质炭具有很强的离子吸附交换能力,可以增加土壤的离子交换量^[3],吸附养分并将养分滞留在土壤中供植物吸收利用^[4],提高肥料养分利用率^[5-7]。据报道,土壤中施用 $500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的生物质炭可以使大豆的产量增加50%左右^[8,9],但当施炭量增加到5 000和15 000 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,大豆产量则分别降低至原产量的63%和29%^[8]。曲晶晶等^[10]研究了施用

生物质炭对水稻产量的影响,发现不同试验地点的结果不一致。Major等^[11]在哥伦比亚热带草原氧化土中施用生物质炭后,发现除第1年外,后3年玉米产量连续提高。可见,在土壤中施用生物质炭,对不同地区不同作物的影响存在差异,且有一定的时效性。

上述研究均为土壤与生物质炭混合施用,但农业生产中施肥多采用基施方式,目前对于在耕层中基施生物质炭的研究鲜有报道。本文研究了盆栽菜用大豆基施不同比例的生物质炭,对表层土壤营养供应能力及作物矿质养分吸收的影响,以为生物质炭的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2012年在黑龙江八一农垦大学校园试验区进行。选用的生物质炭为水稻等农作物秸秆

收稿日期:2012-10-12

基金项目:黑龙江省高等教育教学改革项目(JG2012010454);黑龙江省教育厅教育科学规划项目(GBD1211046);黑龙江八一农垦大学博士启动金(校启2012DB-02)。

第一作者简介:王冬冬(1988-),女,本科,农学专业。E-mail:1051115712@qq.com。

通讯作者:郭伟(1977-),男,博士,副教授,主要从事作物生理生态与栽培技术研究。E-mail:agrigw@163.com。

通过不完全燃烧得到的秸秆炭,碳含量 60% 左右;供试材料为日本菜用大豆;试验用土壤为草甸黑钙土。土壤的基本养分情况为:碱解氮 $63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷 $16.42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $114 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质 $21.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

试验采用盆栽方式进行,选用直径 30 cm × 高 40 cm 塑料圆桶,土壤过筛后,每盆填装 20 cm 左右厚度的等重量土壤;然后按照每盆总土重量的 0%、1%、2%、3%、4% 施用生物质炭,再填装 10 cm 左右厚度的等重量土壤;将经过浸种消毒的大豆种子播于土表;然后覆盖 4 cm 左右厚度的等重量土壤;等量浇灌,全部浸透土壤;生育期内等重量定量浇灌。每个处理 2 盆,3 次重复。

1.2 测定项目及方法

于大豆始花期取地上部茎叶测定植株干重、全氮、全磷、全钾含量;土壤取 10 cm 以内表土混样测定土壤的碱解氮、有效磷、速效钾含量。

将植株在 105°C 下烘箱杀青 30 min, 80°C 下烘干至恒重,电子天平(精度为 0.01)测定植株干重。

土壤中的速效氮采用碱解扩散法^[12];有效磷采用钼锑抗比色法^[12];速效钾采用火焰光度法^[12]测定。

植株中的全氮采用凯式定氮法^[13];全磷采用钼锑抗比色法^[13];全钾采用火焰光度法^[13]测定。

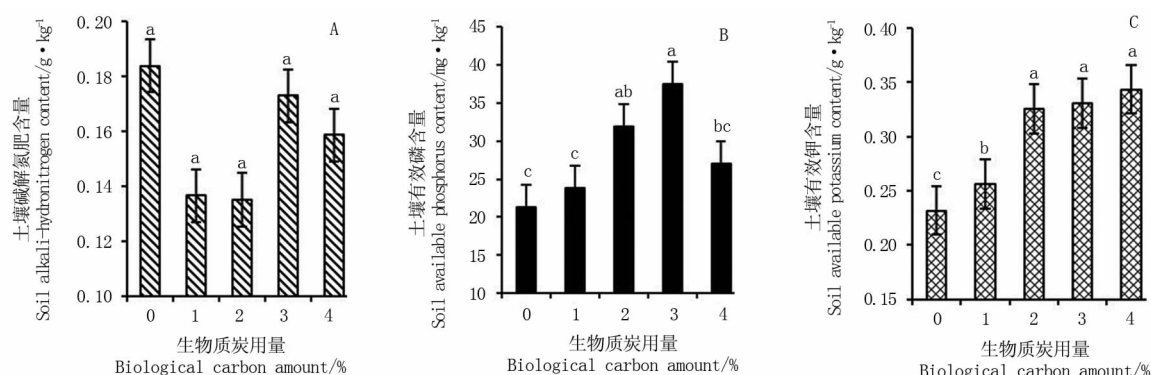
1.3 数据分析

采用 Excel 2003 进行处理数据和绘图;采用 SAS 9.2 进行方差和相关性分析,并用 Duncan 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 基施生物质炭对土壤矿质养分的影响

由图 1 可知,生物质炭不同施用量对土壤碱解氮含量影响不显著,但生物质炭处理的土壤碱解氮含量均低于对照,且高比例生物质炭处理的土壤碱解氮含量具有高于低比例生物质炭处理的趋势;土壤有效磷含量随生物质炭施用比例的提高呈先增加后降低的趋势,并在生物质炭比例为 3% 时达峰值;土壤速效钾含量随生物质炭施用比例的提高而增加,但高比例(2%~4%)生物质炭处理间差异不显著。



不同小写字母代表 0.05 水平差异显著,下同。

Different letters indicate significant difference at 0.05 probability level, the same below.

图 1 生物质炭对土壤氮磷钾含量影响

Fig. 1 Effect of biological carbon on nitrogen, phosphorus and potassium content of soil

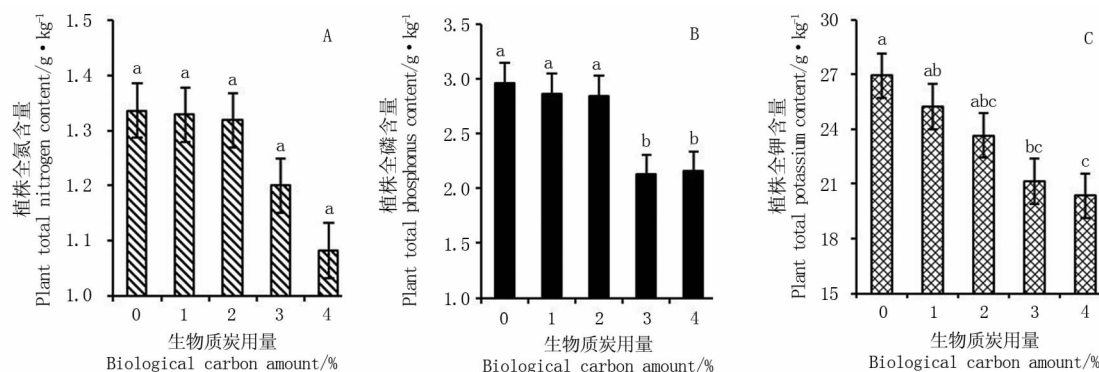


图 2 生物质炭对植株氮磷钾含量影响

Fig. 2 Effect of biological carbon on nitrogen, phosphorus and potassium content of plant

2.2 基施生物质炭对菜用大豆植株营养吸收的影响

由图2可知,基施生物质炭处理间大豆植株全氮含量差异不显著,但均低于对照,且有随生物质炭比例增加而减少的趋势;植株全磷含量随生物质炭施用比例的提高而降低,3%和4%生物炭用量处理的植株全磷含量显著低于其他处理;植株全钾含量变化与有效磷相似,随生物质炭施用比例的提高而降低。

2.3 基施生物质炭对大豆植株干物质积累的影响

由图3可知,植株地上部物质积累有随生物质炭比例的提高而降低的趋势,但处理间差异不显著。

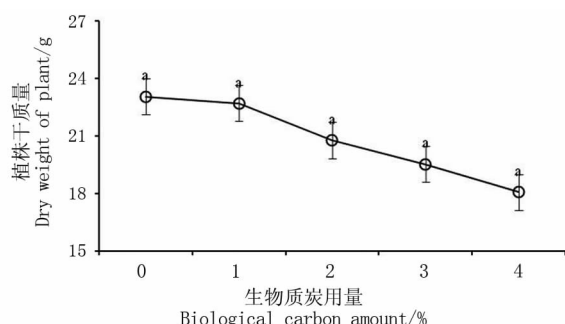


图3 生物质炭对大豆植株干重的影响

Fig. 3 Effect of biological carbon on dry weight of soybean plant

表1 生物质炭与作物养分吸收及土壤养分供应间相关分析

Table 1 Correlation analysis between biological carbon and crop nutrient absorption, soil nutrient supply

因子 Factor	植株全氮 Plant-N	土壤碱解氮 Soil-N	植株全磷 Plant-P	土壤有效磷 Soil-P	植株全钾 Plant-K	土壤速效钾 Soil-K	干重 Dry weight
生物质炭比例 Bio-C ratio	-0.906 **	-0.272	-0.904 **	0.566	-0.994 **	0.936 **	-0.200
植株全氮 Plant-N		-0.078	0.937 **	-0.242	0.896 **	-0.713 *	0.211
土壤碱解氮 Soil-N			-0.103	-0.357	0.233	-0.445	-0.027
植株全磷 Plant-P				-0.486	0.930 **	-0.748 *	0.107
土壤有效磷 Soil-P					-0.622	0.753 *	-0.011
植株全钾 Plant-K						-0.931 **	0.168
土壤速效钾 Soil-K							-0.228

* 和 ** 分别代表显著和极显著相关。

* and ** indicate significant and very significant correlation, respectively.

3 讨论

生物质炭具有很强的吸附性物理结构及巨大的表面积,可以改变土壤的离子吸附交换能力,提高土壤养分的有效性,进而提高了作物养分吸收效率^[14]。本研究发现,基施生物质炭有降低土壤表层碱解氮含量,减少菜用大豆氮素吸收的趋势,但影响均不显著。这与施入生物质炭提高土壤有效性氮的研究结果有所不同^[15]。可能是由于本试验是

2.4 基施生物质炭条件下土壤养分供应与大豆植株养分吸收关系

结合图1和图2分析可知,基施生物质炭条件下,植株全氮含量与土壤碱解氮含量相反相成,即土壤碱解氮含量高的处理,植株全氮含量低。可见,基施生物质炭具有滞留土壤氮素,限制植株氮素吸收的作用。

植株的磷和钾含量从3%生物质炭用量处理开始显著降低,而土壤的磷钾含量从2%生物质炭用量处理开始显著升高。可见,基施生物质炭通过对土壤有效磷和速效钾的束缚,而减少了大豆对磷素与钾素的吸收。

基施生物质炭改变了土壤的养分供应,进而影响了大豆植株对养分的吸收和干物质积累。相关分析(表1)表明,生物质炭比例与植株的氮、磷、钾含量极显著负相关;与土壤速效钾含量极显著正相关;而土壤速效钾与土壤有效磷含量显著正相关;且植株氮、磷、钾含量间也呈显著正相关。土壤中基施不同比例的生物质炭对菜用大豆地上部干物质积累无显著影响,但显著限制了植株对大量矿质元素的吸收;促进了土壤速效钾的释放;进而导致土壤有效磷含量的增加;同时,植物的氮、磷、钾元素间具有协同吸收效应。

在作物花期前取样,且只是一年的试验结果,生物质炭与土壤作用时间短,且表面氧化反应不足,对铵盐的吸附有效性差^[16];另外,生物质炭的施入提高了土壤碳氮比,降低了土壤中微生物对土壤中有有机氮的矿化速率^[17]。

生物质炭提高土壤肥力的原因,在于生物质炭本身具有较高的速效养分^[9],以及增加土壤微生物作用,从而提高土壤的保肥性能^[18]。从本研究来看,土壤中有有效性矿质元素含量的增加,并未直接

导致植株矿质元素吸收量的增加,大豆的全磷、钾含量随生物质炭的增加而降低。可能与生物质炭与土壤的作用时间和施用方式有关,本试验是在大量基施生物质炭的条件下进行的,并在大豆花前取样测定。一方面,生物质炭作用时间有限,养分的释放不足;另一方面,施用的生物质炭层密度大,改变了土壤的物理性质,尤其是透气性,从而影响了土壤微生物区系和活性,改变了大豆苗期土壤的供肥能力,限制了根系的生长和养分吸收。因此,还应进一步研究生物质炭的施入对作物根系建成,以及根系吸收能力和土壤微生物活动、土壤酶活性等影响。

本研究中大豆的地上部生物量有随生物质炭施用量的增加而降低的趋势,但未达到显著水平。由于只研究了一种土壤条件下植株花期的生物质炭效应,未对作物产量及其对后茬作物进行研究,因此,无法判断生物质炭对不同土壤类型的长期施用效应。有研究认为,通常生物炭对低有机质含量土壤的增产效果显著,但对于有机质含量高的土壤作用不明显^[18];或在施用生物质炭同时配施化肥,才能起到增产作用^[19]。此外,生物质炭施用量过高也会导致作物生长受抑制^[20],甚至减产^[8]。同时,植株对矿质元素的吸收还与生物炭的施用量,以及土壤原有养分含量关系密切。张万杰等^[21]对盆栽菠菜的研究也证明了这一点。

参考文献

- [1] 花莉,张成,马宏瑞,等. 秸秆生物质炭土地利用的环境效益研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(10): 2489-2492. (Hua L, Zhang C, Ma H R, et al. Environmental benefits of biochar made by agricultural straw when applied to soil[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(10): 2489-2492.)
- [2] Gaunt J L, Lehmann J. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production[J]. Environmental Science and Technology, 2008, 42(11): 4152-4158.
- [3] Cheng C H, Lehmann J, Thies J E, et al. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes[J]. Organic Geochemistry, 2006, 37(11): 1477-1488.
- [4] 马莉,吕宁,冶军,等. 生物炭对灰漠土有机碳及其组分的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 976-981. (Ma L, Lv N, Ye J, et al. Effects of biochar on organic carbon content and fractions of gray desert soil[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(8): 976-981.)
- [5] Novak J M, Busscher W J, Laird D L, et al. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil[J]. Soil Science, 2009, 174(2): 105-112.
- [6] 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): 1719-1730.
- [7] Smernik R J, Kookana R S, Skjemstad J O. NMR characterization of ¹³C benzene sorbed to natural and prepared charcoals[J]. Environmental Science and Technology, 2006, 40(6): 1764-1769.
- [8] Kishimoto S, Sugiura G. Charcoal as a soil conditioner[J]. International Achievements for the Future, 1985, 5: 12-23.
- [9] Iswaran V, Jauhri K S, Sen A. Effect of charcoal, coal and peat on the yield of moong, soybean and pea[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1980, 12(2): 191-192.
- [10] 曲晶晶,郑金伟,郑聚锋,等. 小麦秸秆生物质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. (Qu J J, Zheng J W, Zheng J F, et al. Effects of wheat-straw-based biochar on yield of rice and nitrogen use efficiency of late rice[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2012, 28(3): 288-293.)
- [11] Major J, Rondon M, Molina D, et al. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a colombian savanna oxisol[J]. Plant and Soil, 2010, 333(1): 117-128.
- [12] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999. (Lu R K. Soil agricultural chemical analysis method[M]. Beijing: China Agriculture Press. 1999.)
- [13] 叶喜文, 马德全. 测土配方施肥技术手册[M]. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2008. (Ye X W, Ma D Q. Technical manual of soil testing and formulated fertilization[M]. Harbin: Harbin Map Publishing House, 2008.)
- [14] 王典, 张祥, 姜存仓, 等. 生物质炭改良土壤及对作物效应的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(8): 963-967. (Wang D, Zhang X, Jiang C C, et al. Biochar research advances regarding soil improvement and crop response[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(8): 963-967.)
- [15] 宋延静, 龚骏. 施用生物质炭对土壤生态系统功能的影响[J]. 鲁东大学学报(自然科学版), 2010, 26(4): 361-365. (Song Y J, Gong J. Effects of biochar application on soil ecosystem functions[J]. Ludong University Journal(Natural Science Edition), 2010, 26(4): 361-365.)
- [16] Singh B P, Hatton B J, Singh B, et al. Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils[J]. Journal of Environmental Quality, 2010, 39: 1224-1235.
- [17] 王常慧, 邢雪荣, 韩兴国. 草地生态系统中土壤氮素矿化影响因素的研究进展[J]. 应用生态学报, 2004, 15(11): 2184-2188. (Wang C H, Xing X R, Han X G. Advances in study of factors affecting soil N mineralization in grassland ecosystems[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(11): 2184-2188.)
- [18] 黄超, 刘丽君, 章明奎. 生物质炭对红壤性质和黑麦草生长的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2011, 37(4): 439-445. (Huang C, Liu L J, Zhang M K. Effects of biochar on properties of red soil and ryegrass growth[J]. Journal of Zhejiang University(Agric. & Life Sci.), 2011, 37(4): 439-445.)
- [19] Asai H, Samson B K, Stephan H M, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos; 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. Field Crop Research, 2009, 111: 81-84.
- [20] Schmidt M W I, Noack A G. Black carbon in soils and sediments: analysis, distribution, implications, and current challenges[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2000, 14(3): 777-793.
- [21] 张万杰, 李志芳, 张庆忠, 等. 生物质炭和氮肥配施对菠菜产量和硝酸盐含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(10): 1946-1952. (Zhang W J, Li Z F, Zhang Q Z, et al. Impacts of biochar and nitrogen fertilizer on spinach yield and tissue nitrate content from a pot experiment[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2011, 30(10): 1946-1952.)