

生物炭施用对夏填闲糯玉米磷素吸收及土壤磷素层间运移影响研究

乔亚振, 王大风, 卢树昌*, 李夏雯, 谭婷婷, 陈霖, 林子欣, 郭蓉

天津农学院, 农学与资源环境学院, 天津
Email: 1240244826@qq.com, *lsc9707@163.com

收稿日期: 2021年2月15日; 录用日期: 2021年3月16日; 发布日期: 2021年3月24日

摘要

华北设施农田磷淋失的问题严重, 本文通过不同用量生物炭配合糯玉米, 即CK (0%)、C1 (0%)、C2 (0.5%)、C3 (2%)、C4 (4%)、C5 (8%), 研究在夏季如何阻控和缓解磷淋失以及减少磷累积的问题。结果表明, 随着生物炭用量增加, 填闲糯玉米生物量以及吸磷量均出现先增加后减小的特点, 其中C2 (0.5%)处理最大, 土壤全磷及水溶性磷均有减少, C2 (0.5%)为最优处理, 其全磷降低了2.68%, 水溶性磷0~30 cm表层下降了37.8%, 90~120 cm土层下降幅度达到85.3%。因此, 在本试验条件下得出0.5%~2%生物炭施用水量为最佳用量范围, 即添加185~750 kg·hm⁻²最有利于阻控和缓解磷素的淋失问题。

关键词

生物炭, 磷素吸收, 层间运移, 设施土壤

Effects of Biochar Application on Phosphorus Absorption of Summer Catch Glutinous Maize and Phosphorus in Soil Interlayer Transport

Yazhen Qiao, Dafeng Wang, Shuchang Lu*, Xiawen Li, Tingting Tan, Lin Chen, Zixin Lin, Rong Guo

Tianjin Agricultural University, Tianjin
Email: 1240244826@qq.com, *lsc9707@163.com

Received: Feb. 15th, 2021; accepted: Mar. 16th, 2021; published: Mar. 24th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 乔亚振, 王大风, 卢树昌, 李夏雯, 谭婷婷, 陈霖, 林子欣, 郭蓉. 生物炭施用对夏填闲糯玉米磷素吸收及土壤磷素层间运移影响研究[J]. 农业科学, 2021, 11(3): 231-236. DOI: 10.12677/hjas.2021.113034

Abstract

The problem of phosphorus leaching from protected farmland in North China is serious. This paper studied how to control and alleviate phosphorus leaching and reduce phosphorus accumulation in summer by using different amounts of biochar combined with waxy corn, *i.e.*, CK (0%), C1 (0%), C2 (0.5%), C3 (2%), C4 (4%), C5 (8%). The results showed that the biomass and phosphorus uptake of waxy corn increased with the increase of biochar C2 (0.5%) was the best treatment, and its total phosphorus decreased by 2.68%, water-soluble phosphorus decreased by 37.8% in 0~30 cm soil layer, and decreased by 85.3% in 90~120 cm soil layer. Therefore, under the experimental conditions, 0.5%~2% biochar application level is the best dosage range, that is, adding 185~750 kg·hm⁻² is the best way to solve the problem of phosphorus resistance control and alleviate phosphorus leaching.

Keywords

Biochar, Phosphorus Absorption, Interlayer Transport, Facility Soil

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

华北设施农田的磷素淋失问题严重,不合理施肥导致土壤磷素过量累积,并通过地表径流、侵蚀、淋溶和农田排水进入地表和地下水,从而给环境造成巨大威胁[1]。过量的磷不利于设施土壤的继续种植,对作物生长和养分吸收产生不利影响[2]。由于气温与降水的影响,在夏季磷素淋失的问题上更为突出[3],降低磷素环境污染的关键,需要提高磷素的资源利用率,同时控制菜田土壤磷素累积,降低其移动性[4]。针对该问题有研究者提出,在夏季休闲期种植玉米可作为缓解和阻控设施菜田土壤磷面源污染的有效途径[5],尤其是对 0~30 cm 的浅层设施土壤中有效磷和水溶性磷具有良好的淋失阻控效果[6]。除此之外,生物炭作为一种土壤调理剂,具有多孔结构、比表面积大且吸附性强,能够增加土壤中的磷素容量,控制磷素的运移,改善土壤的物理性状,利用生物炭解决磷面源污染问题也是研究的热点。Laird 等[7]报道,在土壤中施用 20 g/kg 橡木和山核桃混合生物炭后,可溶性全磷(Total Dissolved Phosphorus, 简称 TDP)的淋失量减少了 69%,可以阻控和缓解磷的淋洗。考虑填闲与生物炭施用都分别在磷淋失的问题上起到了有益的作用,但单一研究效果有限,只能解决部分问题,所以将二者结合是我们研究的主要方向。赵思文等[8]研究,生物炭与甜高粱的配合使用有利于土壤改良,但现阶段的报道中对生物炭用量的研究较少且不深入,缺乏对最佳施用量的研究。基于此,本文研究与填闲配合作用下生物炭最佳用量,旨在为控制设施土壤磷素面源污染、降低磷环境风险提供参考依据。

2. 材料与方法

2.1. 供试材料

供试作物:糯玉米,品种为澳早 60。生育期为 65~68 d,高 191.0 厘米,穗位 74.1 厘米,穗长 18.2 厘米,穗粗 4.8 厘米,秃尖长 1.8 厘米,穗行数 16.4,行粒数 30.7,籽粒白色,穗轴白色,每亩适宜密度 3500~4000 株。产量表现:2017 年天津市鲜食糯玉米区试,平均亩产鲜果穗 804.6 千克。

供试调理剂：木本生物炭(果木炭)。

供试土壤：来自天津市武清区大孟庄镇后幼庄村集约化设施菜田。土壤质地为中壤土。

2.2. 试验处理

在试验棚中设计五个处理，分别为 C1 (生物炭 0%)、C2 (生物炭 0.5%)、C3 (生物炭 2%)、C4 (生物炭 4%)、C5 (生物炭 8%)。其百分比根据每亩耕层土重中生物炭的质量折算所得。试验时间为 2020 年 6~8 月，每个处理重复三次。试验小区面积 0.067 亩。

2.3. 采样与分析方法

每一处理同一土层取三钻土进行混合，共取四层，分别为 0~30、30~60、60~90、90~120 cm，收获时，将小区糯玉米植株分为地上部与根部，分别称重，并随机抽取处理中具有代表性的植株和根系，测定含水量，以计算干生物量。

糯玉米吸磷量：分别将糯玉米样株地上部样品与根部样品烘干后经粉碎过筛，利用浓硫酸 - 双氧水法消解后，用钒钼黄比色法测定出各部位全磷含量。

土壤全磷含量：将土壤样品过筛，浓硫酸 - 高氯酸消解后，利用钼蓝比色法测定。

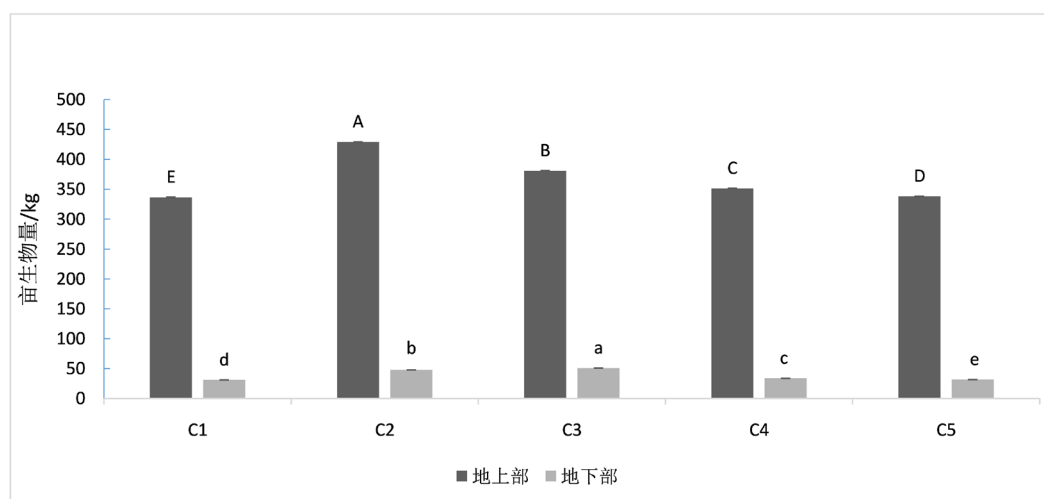
土壤有效磷：碳酸氢钠浸提，钼蓝比色法比色。

试验数据采用 WPS 方法进行处理，采用 SPSS17.0 软件进行统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 不同用量生物炭处理糯玉米干生物量状况

由图 1 可知生物量由大到小分别是 C2 > C3 > C4 > C5 > C1。不同处理间显著性差异明显随着施炭量的增加，生物量先增加后减少，C2 为五个处理中的最大值，达到了 428.95 kg。最小值为 C1，其生物量为 336.52 kg。地下根系生物量情况与地上部相似，生物量也是先增大后减少，最大值为 C3 达到了 50.78 kg，最小值为 C1，其生物量为 31.01 kg。地上部生物量在 0.05 水平上存在显著性差异，根部情况与地上部情况相同，都在 0.05 水平上存在显著性差异。



注：图中不同大、小写字母均表示差异达 5% 显著水平，图 3 同。

Figure 1. The total dry biomass of waxy corn in different treatments

图 1. 不同处理糯玉米总干生物量状况

总干生物量状况 C2 > C3 > C4 > C5 > C1，其变化趋势与地上部干生物量相同，先增大后减少在 C2 时达到最大值，即 476.9 kg。最小值为 C1，其总干生物量为 367.53 kg。综合考虑地上部与地下部其最优处理为 C2。

3.2. 不同用量生物炭处理糯玉米磷素吸收状况

由表 1 可知，地上部的最优为 C2，最差为 C1，从大到小排列 C2 > C3 > C4 > C5 > C1。而根部最优为 C3，根部最差为 C1。从大到小排列 C3 > C2 > C4 > C5 > C1。总体趋势先增加后减少在 C2 处理时到达最大值。

Table 1. Phosphorus absorption status of waxy corn in different treatments (kg/667 m²)

表 1. 不同处理糯玉米磷素吸收状况(kg/667 m²)

处理	地上部	根部	总植株
C1	1.405 ± 0.014D	0.065 ± 0.005c	1.470 ± 0.019d
C2	2.010 ± 0.015A	0.207 ± 0.009ab	2.217 ± 0.021a
C3	1.673 ± 0.051B	0.208 ± 0.018a	1.881 ± 0.056b
C4	1.463 ± 0.026C	0.153 ± 0.030c	1.616 ± 0.054c
C5	1.411 ± 0.013D	0.071 ± 0.025d	1.482 ± 0.030d

注：同列数值后不同字母均表示差异达 5%显著水平，表中数值表示平均值 ± 标准偏差。

3.3. 种植前后不同用量生物炭处理土壤水溶性磷状况

由图 2 可知，从图中可以发现水溶性磷主要存在于 0~60 cm 土层中，种植填闲糯玉米后土壤中各层水溶性磷的含量在种植前后均有所下降，其中下降最多的为 C2，其 0~30 cm 表层水溶性磷下降了 37.8%。下降幅度最大的为 90~120 cm 土层，其下降幅度达到了 85.3%。下降幅度最小的为 C1，其 0~30 cm 土层的水溶性磷仅下降了 22.5%，90~120 cm 土层的下降幅度为 34.3%。综合各层土壤中水溶性磷含量，在抑制水溶性磷累积和降低其层间运移的能力上，C2 是最优。

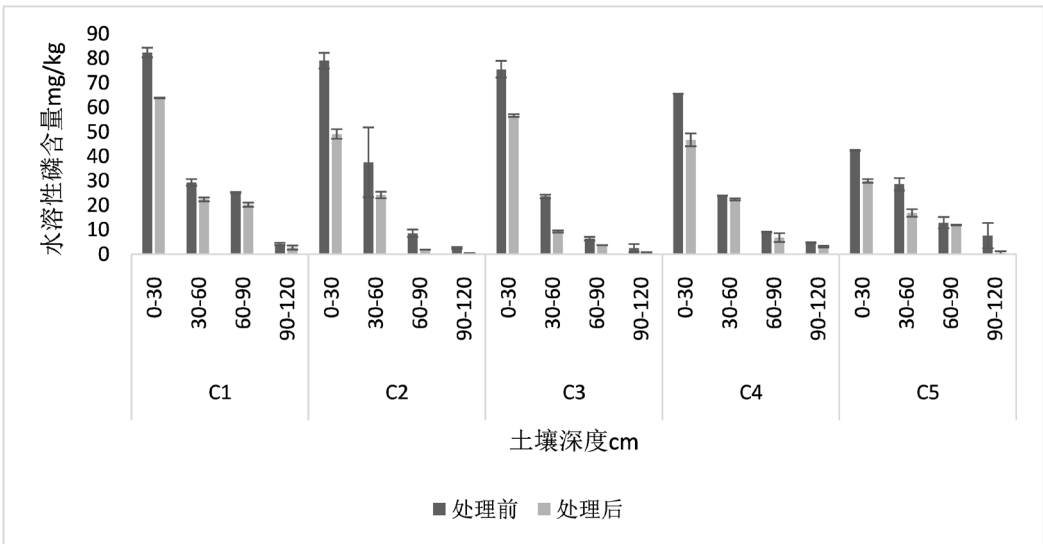


Figure 2. The water-soluble phosphorus status of different soils under different treatments

图 2. 不同处理土壤不同土层水溶性磷状况

3.4. 种植前后不同用量生物炭下土壤全磷状况

由图3可知,土壤全磷整体先增大后减小。C2减少了2.68%,而C1处理减少了0.95%。减少量从大到小的顺序是C2 > C3 > C4 > C5 > C1。从土壤全磷来看处理效果最好的为C2,而处理效果最差的为C1。

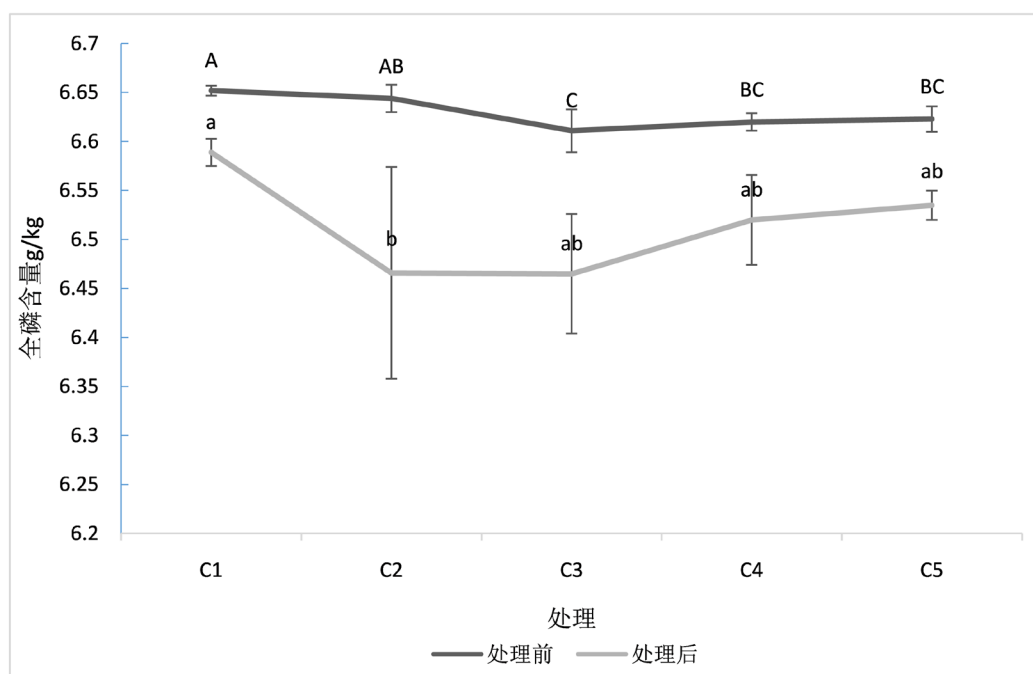


Figure 3. The total phosphorus status of different soil layers

图3. 不同土层土壤全磷状况

4. 讨论和结论

最佳用量与其他人的不同,张雪莲等[9]研究,其生物炭的最佳用量范围为750~2250 kg·hm⁻²,其试验地点位于北京通州区与武清区接近具有可比性,考虑其种植作物为结球生菜且种植时间非夏季,因此与本研究最佳用量范围存在差异。郭帅等[10]研究表明,1%生物炭最有利于土壤养分含量累积,土壤有效磷的增幅为15.5%,最佳用量范围类似,其试验地点较为贫瘠且为红壤,所以导致与本试验在生物炭的最佳用量上出现轻微区别。黄雁飞等[11]研究,生物炭最佳施用量为4.5%时降幅最大,与本试验有明显不同,这可能与土壤质地、种植作物不同有关,其供试土壤类型为第四纪红土母质发育形成的潴育性水稻土,且种植作物为水稻。

与吴荣等[12]磷素水平不同,最大影响因素可能是该试验地点长期进行定位试验,长期不同施肥方式下有效磷呈显著或极显著正相关,因此可以认为起始磷素的不同是由长期定位试验引起的。

生物炭作为土壤调理剂并不是越多越好,刘超等[13]研究,过量施加生物炭则会抑制玉米的生长发育,导致减产,同时也降低了玉米的日耗水量、全生育期耗水量及水分利用效率。这与本试验相符,生物炭在施加量不断增加的过程中土壤改善效果先增大后减少。

在生物炭0.5%处理下的糯玉米植株生物量最高,且养分吸收情况最好,生物炭2%的处理仅次于0.5%生物炭。0.5%的生物炭处理下的土壤全磷和水溶性磷含量降低量均最大,2%的生物炭处理为次之。综合考虑植株生长以及阻控和缓解土壤磷的实际效果,确定生物炭最佳施用量水平为187.5~750 kg·hm⁻²,该

范围内既能促进填闲糯玉米生长, 与此同时还阻控和缓解了土壤磷素的淋失。但是此次试验得出的适宜范围太宽, 还需进一步试验, 得出更精确的生物炭施用水平。

基金项目

天津市大学生创新训练计划项目(202010061095);
天津市重点研发计划科技支撑重点项目(19YFZCSN00290)。

参考文献

- [1] 庄远红. 蔬菜地土壤磷素状况及其淋失风险研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2006.
- [2] 李志伟. 氮磷过量对植物生长的影响及有机肥的调控作用[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [3] 姜佳燕, 吴颖琦, 顾国平, 章明奎. 亚热带低丘区氮磷流失浓度和化学形态的季节性变化特点[J]. 现代农业科技, 2020(2): 159-161+165.
- [4] 严正娟. 施用粪肥对设施菜田土壤磷素形态与移动性的影响[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2015.
- [5] 王大凤, 王思瑶, 侯琨, 余晨, 张宇, 裴志强, 卢树昌. 夏填闲作物不同密度种植对设施土壤磷素的吸收与磷风险阻控[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(11): 286-289.
- [6] 裴志强, 卢树昌, 侯琨, 张宇, 王素君. 基于不同夏填闲作物及种植密度的设施土壤磷素吸收与淋失阻控研究[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(4): 398-401.
- [7] Laird, D., Fleming, P., Wang, B.Q., et al. (2010) Biochar Impact on Nutrient Leaching from a Midwestern Agricultural Soil. *Geoderma*, **158**, 436-442. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.05.012>
- [8] 赵思文, 王茜, 卢树昌, 张宇. 腐植酸和生物炭配施对饲用甜高粱氮素吸收与土壤氮变化影响研究[J]. 中国农学通报, 2020, 36(18): 93-96.
- [9] 张雪莲, 廖洪, 李昌伟, 文方芳, 刘自飞, 张梦佳, 杜晓玉, 高飞, 刘继远, 金丽华, 李权辉, 王学霞. 田间条件下生物炭与化肥配施对土壤氮磷纵向迁移、结球生菜产量品质及土壤微生物数量的影响[J]. 环境科学学报, 2021, 41(1): 21-28.
- [10] 郭帅, 杨梢娜, 黄芳晨, 贺敏, 吴志荣, 徐秋芳. 不同生物炭配比对小青菜生长及土壤改良效果的影响[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(7): 1295-1297.
- [11] 黄雁飞, 陈桂芬, 熊柳梅, 刘斌, 黄玉溢, 刘永贤, 唐其展. 不同作物秸秆生物炭对水稻镉吸收的影响[J]. 西南农业学报, 2020, 33(10): 2364-2369.
- [12] 吴荣, 刘善江, 孙昊, 李亚星, 马良, 白杨. 长期定位不同施肥方式对土壤肥力和微生物的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2020(4): 12-18.
- [13] 刘超, 魏永霞. 秸秆生物炭对寒地黑土区玉米生长发育及耗水规律的影响[J]. 中国农村水利水电, 2015(4): 5-8.