

查金花,应立忠,宋玉平,等. 竹粉和竹炭对水稻土壤理化性质及其产量的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(17):292-295.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.17.058

竹粉和竹炭对水稻土壤理化性质及其产量的影响

查金花¹, 应立忠², 宋玉平², 马建义¹

(1. 浙江农林大学林业与生物技术学院, 浙江杭州 311300; 2. 杭州银帆环境科技有限公司, 浙江杭州 313300)

摘要:为探讨竹粉和竹炭作为水稻土壤条件的有效性,设立 2 组对比试验共 10 个处理区进行研究,将竹粉和竹炭以质量比为 7 : 3 的比例混合后,分别以 0、10%、20%、30%、40%、50% 的质量比加入到原始土壤。将竹粉和竹炭分别按照质量比为 10 : 0、7 : 3、5 : 5、3 : 7、0 : 10 混合后,以原始土壤质量的 30% 添加到原始土壤中。结果表明,竹材料的添加对土壤化学性质会产生不同程度的影响,可明显提升土壤的 pH 值、EC 值和可交换 K⁺ 浓度。同时,竹材料的添加有望减轻苗箱的质量并增加最大含水量。竹材料的添加对水稻的幼苗生长和产量没有显著影响。

关键词:竹材料;土壤 pH 值;土壤碳储存;水稻产量;土壤化学性质

中图分类号: S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)17-0292-04

近年来,生物炭引起全球环境学家、土壤学家和农学家越来越多的关注^[1]。将生物炭施入到土壤中,也被认为是对陆地生态系统中 CO₂ 长期碳汇作用的新方法^[2]。但从总体上来看,对于不同生物炭输入土壤后带来的效果研究仍然处于持续探索的阶段。竹炭是竹材热裂解后生成的一种生物炭,由于竹材质有区别于其他生物质原料在形态结构、养分组成和生长特性上的特点,让竹炭成为一类具有独特性能的生物炭^[3]。本研究从新的角度出发,以竹粉+竹炭+原土的不同试验方式,研究其对水稻育苗土壤理化性质、生长情况和产量的改良效果,探索竹炭在农林土壤环境中有效应用的新途径^[4]。

1 材料与方法

1.1 试验材料

竹材料由浙江宁波奉化某木炭厂提供,将干燥的竹材料粉碎并过 20 目筛(0.85 mm)来获得竹粉,并用简单的炭化装置将相同的竹材料炭化并粉碎,过 20 目筛获得竹炭。竹炭的燃烧温度为 600 ~ 700 ℃。竹粉、竹炭的理化性质见表 1。试验中用于水稻育苗箱的与竹粉和竹炭混合的原土为木炭厂

周边的灰色低地土壤,原土的粒度组成为沙 43.7%、淤泥 35.8%、黏土 20.5%,土壤为沙土。

表 1 竹粉和竹炭理化性质

供试材料	pH 值	电导率 (dS/m)	总碳含量 (g/kg)	总氮含量 (g/kg)	碳氮比 (C/N)
竹粉	6.16	3.11	454	2.21	206
竹炭	9.87	6.74	331	2.24	148

1.2 试验设计

为了全面阐明竹粉和竹炭对水稻幼苗生长的影响,本研究设置 10 个处理区(表 2):(1)为了检验竹粉与竹炭添加比例的影响,将竹粉和竹炭以质量比为 7 : 3 的固定比例混合后,以 0、10%、20%、30%、40%、50% 的质量百分比加入到原始土壤中。(2)为了检验竹粉和竹炭比例的影响,竹粉和竹炭分别按照质量比为 10 : 0、7 : 3、5 : 5、3 : 7、0 : 10 混合后,再将竹粉、竹炭混合物与原始土壤混合以质量比为 3 : 7 混合。试验每个处理区的土壤栽培在各自的条件下进行,通过添加等量的 50 mL/kg 乙酸乙烯酯作为黏合剂制备混合竹粉、竹炭、原土,并添加适当的水搅拌,造粒直径为 3 ~ 5 mm,不添加化肥。处理区 3 与处理区 7 为相同的处理。

1.3 测定对水稻育苗箱土壤理化性质的影响

为了解土壤的理化性质,测定土壤的 pH 值,采用 105 ℃烘干土壤,过 20 目筛后与无离子水以质量比为 1.0 : 2.5 混合搅拌 10 min 后静置 30 min,用 pH 计电位法测定上清液 pH 值;通过干燃烧法测量总碳含量和总氮含量,并计算 C/N;用 1 mol/L 乙酸铵溶液提取,浸出液蒸干后用 HNO₃ 挥氨,在盐酸介

收稿日期:2018-09-18
基金项目:浙江省三农六方科技协作项目(编号:CTZB-F170623LWZ-SNY1-28)。
作者简介:查金花(1994—),女,江苏南通人,硕士,主要从事生物农药与生物炭对土壤改良研究。E-mail:2431727960@qq.com。
通信作者:马建义,博士,研究员,主要从事生物农药与竹木材化学研究。E-mail:3309038510@qq.com。

表 2 苗箱土壤处理区概况

处理区 (竹粉、竹炭质量比为 7:3)	竹材料占比 (%)	原土占比 (%)
CK	0	100
1	10	90
2	20	80
3	30	70
4	40	60
5	50	50
6	100	0
7	70	30
8	50	50
9	30	70
10	0	100

质中同时测定土壤中交换性钙、镁、钾、钠的浓度;用氯化钡法测定土壤中阳离子交换量(CEC)。

1.4 测定水稻幼苗生长及其产量的影响

水稻幼苗生长指标测量:在培养 30 d 后统计各试验组水稻培苗株高。干物质量的测定:先测定株高,再采集样品,将植株按茎、叶、根系分开采集,称鲜质量后,在鼓风干燥恒温箱中于 105 ℃ 条件下杀青 30 min 后,再在 80 ℃ 烘干至恒质量,用 1/10 000 电子天平称质量,3 次重复。

1.5 数据处理

采用 Excel 2010 进行试验数据的整理和作图,使用 SPSS 20.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 对水稻育苗箱土壤化学性质的影响

由表 3 可知,在处理区 1 至处理区 5 的 pH 值、EC 值、总碳含量、总氮含量、碳氮比、可交换 Mg^{2+} 浓度、可交换 K^{+} 浓度、可交换 Na^{+} 浓度、CEC,与对照组(CK)相比,均存在显著性上升($P < 0.05$)。可交换 Ca^{2+} 浓度基本存在显著性下降($P < 0.05$)。

在处理区 6 至处理区 10 中,pH 值、EC 值、可交换 K^{+} 浓度、可交换 Na^{+} 浓度随着竹炭添加率的上升大体呈上升趋势,特别是在处理区 9、处理区 10 中,pH 值分别上升至 8.89、9.38,远高于 CK 的 pH 值。可交换 Mg^{2+} 浓度与 CK 相比显著下降($P < 0.05$)。在处理区 7 至处理区 9 中,总碳含量和可交换 Ca^{2+} 浓度无显著性差异($P > 0.05$)。

2.2 对水稻育苗箱土壤物理性质的影响

由表 4 可知,在处理区 1 至处理区 5 中,随着竹

材料添加率的上升,苗箱的培土质量和分层培土质量百分比显著下降($P < 0.05$),即未添加竹材料的处理区 CK 的培土质量为 6.38 kg,而竹材料添加率为 30% 的处理区 3 的培土质量为 4.35 kg,添加率为 50% 的处理区 5 的培土质量几乎减半至 3.19 kg。结果表明,使用竹材料栽培苗箱对于减轻苗箱的质量十分有效。

在处理区 1 至处理区 5 中,育苗箱的最大含水量随竹材料的添加率上升总体呈上升趋势。结果表明,竹材料的添加有助于增加苗箱的最大含水量。但是,处理区 4 和处理区 5 在加水的初期表现出拒水性,因此,如果使用大量的竹材料,则应在播种前进行初步渗透以抑制拒水性。

在处理区 6 至处理区 10 中,随着竹炭添加比例的上升,苗箱的培土质量和分层培土质量百分比明显上升。即仅用竹粉的处理区 6 中的培土质量为 3.65 kg,而仅用竹炭的处理区 10 中的培土质量为 4.97 kg。仅用竹粉的处理区 6 中的含水量最大,为 1.09 L/kg,仅用竹炭的处理区 10 中的含水量为 0.75 L/kg。因此,仅考虑减轻苗箱的质量和增加苗箱的最大含水量,使用竹粉比竹炭更有效。

2.3 对水稻幼苗生长及其产量的影响

由表 5 可知,在处理区 1 至处理区 5 中,竹材料添加比例为 10%、30% 的处理区 1、处理区 3 的水稻幼苗的株高与 CK 相比显著上升。竹材料添加比例为 20%、40% 的处理区 2 和处理区 4 的干物质量和水稻产量与 CK 相比显著上升($P < 0.05$)。即收获期稻田的平均干物质质量为 18.8 t/hm²,处理区 2 为平均值最高 21.6 t/hm² 水稻平均产量为 9.4 t/hm²,处理区 2 的平均值最高,为 11.1 t/hm²。但从总体趋势来看,处理区 2 和处理区 4 被认为适合优化水稻幼苗的生长及产量。总之,在本试验竹材料添加比例(0~50%)条件下,在水稻幼苗或其生长中均未观察到由于添加竹材料而产生的显著的生长抑制作用。

在处理区 6 至处理区 10 中,水稻幼苗的株高随着添加的竹炭率上升呈下降趋势。处理区 9、处理区 10 的幼苗高度显著低于其他处理地块。因此,可判断竹材料中的竹炭的比例最高应限制在 50%。而竹炭含量超过 50% 的处理区的生长抑制作用主要是由于化学降解,例如,pH 值高达 9 左右下的微量元素缺乏以及 EC 值超过 1 dS/m 导致的渗透压升高所致。此外,竹粉和竹炭比例对水稻地上干物

表 3 竹粉和竹炭添加比例对苗期土壤化学性质的影响

处理区	竹粉与竹炭质量比	添加比例 (%)	pH 值	EC 值 (dS/m)	总碳含量 (g/kg)	总氮含量 (g/kg)	C/N
CK(原土)	7 : 3	0	7.68 ± 0.03c	0.23 ± 0.01f	3.38 ± 0.03f	0.22 ± 0.03f	15.10 ± 0.10f
1	7 : 3	10	7.82 ± 0.03b	0.45 ± 0.01e	53.9 ± 0.30e	0.74 ± 0.02e	73.30 ± 0.30c
2	7 : 3	20	7.81 ± 0.02b	0.67 ± 0.02d	95.5 ± 0.10d	1.18 ± 0.11d	80.80 ± 0.52a
3	7 : 3	30	7.83 ± 0.02b	0.92 ± 0.02c	114 ± 0.87c	1.50 ± 0.10c	75.90 ± 0.53b
4	7 : 3	40	7.98 ± 0.03a	1.25 ± 0.01b	130 ± 0.53b	1.84 ± 0.02b	70.80 ± 1.39d
5	7 : 3	50	7.97 ± 0.05a	1.55 ± 0.01a	155 ± 1.00a	2.33 ± 0.05a	66.30 ± 0.10e
6	10 : 0	30	7.36 ± 0.10e	0.42 ± 0.01c	138 ± 1.00a	0.77 ± 0.03c	179.40 ± 0.46a
7	7 : 3	30	7.83 ± 0.05d	0.92 ± 0.02b	114 ± 1.00b	1.50 ± 0.05a	75.90 ± 0.69c
8	5 : 5	30	8.39 ± 0.02c	0.77 ± 0.01b	121 ± 0.50b	0.92 ± 0.02b	131.20 ± 0.20b
9	3 : 7	30	8.89 ± 0.02b	0.94 ± 0.02b	111 ± 0.60b	0.86 ± 0.02b	130.00 ± 0.20b
10	0 : 10	30	9.38 ± 0.03a	1.43 ± 0.01a	101 ± 0.87c	0.78 ± 0.03c	129.70 ± 0.06b

处理区	竹粉与竹炭质量比	添加比例 (%)	可交换性 Ca ²⁺ 浓度 (cmol/kg)	可交换性 Mg ²⁺ 浓度 (cmol/kg)	可交换性 K ⁺ 浓度 (cmol/kg)	可交换性 Na ⁺ 浓度 (cmol/kg)	CEC (cmol/kg)
CK(原土)	7 : 3	0	7.77 ± 0.04a	0.50 ± 0.02e	0.71 ± 0.01f	0.30 ± 0.01c	13.10 ± 0.06c
1	7 : 3	10	6.41 ± 0.03c	1.34 ± 0.01d	4.57 ± 0.01e	0.39 ± 0.01b	10.20 ± 0.01f
2	7 : 3	20	7.77 ± 0.03a	1.51 ± 0.01c	7.35 ± 0.01d	0.40 ± 0.01b	11.30 ± 0.02e
3	7 : 3	30	7.17 ± 0.01b	1.51 ± 0.00c	8.49 ± 0.02c	0.34 ± 0.01c	12.70 ± 0.01d
4	7 : 3	40	6.47 ± 0.01c	2.04 ± 0.01b	17.8 ± 0.15b	0.41 ± 0.01a	16.00 ± 0.09b
5	7 : 3	50	5.17 ± 0.02d	2.21 ± 0.01a	18.5 ± 0.06a	0.42 ± 0.01a	18.20 ± 0.02a
6	10 : 0	30	6.57 ± 0.01b	2.04 ± 0.01a	2.93 ± 0.02e	0.31 ± 0.01d	10.50 ± 0.02b
7	7 : 3	30	7.17 ± 0.01a	1.51 ± 0.00c	8.49 ± 0.02d	0.34 ± 0.01d	12.70 ± 0.01a
8	5 : 5	30	6.84 ± 0.02a	1.66 ± 0.02c	9.58 ± 0.01c	0.40 ± 0.01c	10.80 ± 0.03b
9	3 : 7	30	7.05 ± 0.01a	1.87 ± 0.01b	11.60 ± 0.06b	0.50 ± 0.02b	10.80 ± 0.02b
10	0 : 10	30	6.48 ± 0.02b	1.60 ± 0.45c	14.70 ± 0.01a	0.57 ± 0.01a	10.80 ± 0.02b

注:相同试验同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。表 4、表 5 同。

表 4 竹粉与竹炭添加比例对苗期土壤物理性质的影响

处理区	竹粉与竹炭质量比	添加比例 (%)	培土质量 (kg)	分层培土质量百分比 (%)	最大含水量 (L/kg)
CK	7 : 3	0	6.38 ± 0.03a	100 ± 0.58a	0.20 ± 0.05d
1	7 : 3	10	5.30 ± 0.10b	83 ± 1.00b	0.64 ± 0.05c
2	7 : 3	20	4.85 ± 0.44b	76 ± 0.58c	0.60 ± 0.02c
3	7 : 3	30	4.35 ± 0.15c	68 ± 0.58d	0.76 ± 0.03b
4	7 : 3	40	3.82 ± 0.54d	60 ± 0.00e	0.77 ± 0.05b
5	7 : 3	50	3.19 ± 0.02e	50 ± 0.58f	0.93 ± 0.05a
6	10 : 0	30	3.65 ± 0.45c	57 ± 1.00c	1.09 ± 0.16a
7	7 : 3	30	4.35 ± 0.15b	68 ± 0.58b	0.76 ± 0.05b
8	5 : 5	30	4.46 ± 0.07b	70 ± 1.53b	0.82 ± 0.03b
9	3 : 7	30	4.85 ± 0.56a	76 ± 1.00a	0.75 ± 0.02b
10	0 : 10	30	4.97 ± 0.41a	78 ± 0.58a	0.75 ± 0.01b

注:表中分层培土质量百分比是将处理区 CK 的质量作为 100% 时的相对比例。

表 5 竹粉和竹炭添加比例及其对幼苗生长和水稻产量的影响

处理区	竹粉与竹炭质量比	添加比例 (%)	株高 (cm)	干物质量 (t/hm ²)	水稻产量 (t/hm ²)
CK	7 : 3	0	19.28 ± 0.03b	17.60 ± 0.03c	8.90 ± 0.02b
1	7 : 3	10	23.70 ± 0.26a	17.60 ± 0.40c	8.60 ± 0.03b
2	7 : 3	20	19.80 ± 0.72b	21.60 ± 0.20a	11.10 ± 0.07a
3	7 : 3	30	23.20 ± 0.26a	16.10 ± 0.10c	7.90 ± 0.02b
4	7 : 3	40	19.80 ± 0.66b	20.50 ± 0.10a	10.30 ± 0.02a
5	7 : 3	50	20.40 ± 0.10b	19.10 ± 0.10b	9.60 ± 0.02b
6	10 : 0	30	19.70 ± 0.30a	16.30 ± 0.10a	7.90 ± 0.02a
7	7 : 3	30	23.20 ± 0.20a	16.10 ± 0.17a	7.90 ± 0.02a
8	5 : 5	30	17.20 ± 0.20a	16.50 ± 0.35a	8.10 ± 0.02a
9	3 : 7	30	14.40 ± 0.20b	17.10 ± 0.10a	8.60 ± 0.02a
10	0 : 10	30	12.90 ± 0.17c	18.30 ± 0.10a	8.80 ± 0.02a

质量和水稻平均产量的影响不明显,不存在显著性差异($P > 0.05$)。结果表明,苗箱的环境对水稻幼苗株高的增加、干物质量和水稻平均产量无显著影响。

3 讨论

本研究发现,当竹材料加入土壤的比例为 20% ~ 30% (处理区 2、处理区 3),竹炭率在 50% 以下 (处理区 6、处理区 7、处理区 8) 时效果较优。由此可见,混合竹粉、竹炭、原土在农林土壤中的应用会具有许多益处,包括增加土壤 pH 值、CEC、聚集体稳定性和有机碳储量,同时降低土壤容重和土壤温室气体排放量。对于有机碳含量低的种植土壤^[5],生物炭在农林土壤中的应用可以带来相当大的好处。此外,生物炭的应用也被认为是修复受重金属和有机化合物污染土壤的重要实践^[6]。本试验考察的是竹粉和竹炭在水稻育苗箱土壤中的施用效果,其结果可提供参考与借鉴。然而一些问题仍未得到解决,生物炭应用影响土壤过程的机制尚不清楚^[7],须要进一步研究。生物炭在改善土壤物理、化学和生物特性方面具有相当大的优势。然而,仅靠生物炭的施用不足以满足作物生长的营养需求。因此,对新肥料基质的研究可能是减轻土壤有机碳库消耗和大量营养需求的有效方法。大多数关于生物炭施用对土壤性质影响的研究都是通过短期试验进行的,这些试验持续时间大多不到 3 年^[8]。生物炭中的碳主要由芳香碳分子组成,其土壤停留时间可超过 10 年甚至 100 年。因此,研究生物炭添加对土壤性质和温室气体排放的长期影响也是至关重要的^[9],这对生物炭在土壤中的有效应用具

有重要意义^[10]。评估生物炭应用的成本和效益很复杂,目前,生物炭应用的成本超过肥料应用的成本,但不能仅考虑生物炭的营养价值,生物炭还有许多其他好处,包括改善土壤性质和减少温室气体排放等^[11],长期的化学施肥对土壤性质和碳固存具有负面影响。

参考文献:

- [1] 袁金华,徐仁扣. 生物炭对酸性土壤改良作用的研究进展[J]. 土壤,2012,44(4):541-547.
- [2] 李玉平. 不同更新方式杉木林土壤有机碳与土壤呼吸的动态研究[D]. 福州:福建农林大学,2010.
- [3] 宿贤超,胡杨勇,赵薇,等. 添加竹炭对土壤化学性质和重金属有效性及水稻生长的影响[J]. 浙江农业学报,2014,26(2):439-443.
- [4] 钟哲科,李伟成,刘玉学,等. 竹炭的土壤环境修复功能[J]. 竹子学报,2009,28(3):9-13.
- [5] Thomas S C, Gaie N. Biochar and forest restoration: a review and meta-analysis of tree growth responses[J]. New Forests, 2015, 46(5/6):931-946.
- [6] Zhang X K, Wang H L, He L Z, et al. Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants[J]. Environmental Science & Pollution Research, 2013, 20:8472-8483.
- [7] 赵建坤,李江舟,杜章留,等. 施用生物炭对土壤物理性质影响的研究进展[J]. 气象与环境学报,2016,32(3):95-101.
- [8] Nguyen T T, Xu C Y, Tahmasbian I, et al. Effects of biochar on soil available inorganic nitrogen: a review and meta-analysis[J]. Geoderma, 2017, 288:79-96.
- [9] 许婧. 生物炭对春玉米土壤性质及温室气体排放的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [10] 曹焯. 生物炭添加对亚热带森林土壤特性及植物养分和生长的影响[D]. 上海:华东师范大学,2016.
- [11] 张明月. 生物炭对土壤性质及作物生长的影响研究[D]. 泰安:山东农业大学,2012.