

生物碳对枳容器苗生长的促进效果

谢玉明^{1,2a,3}, 李荣华^{2a,3,4}, 谢桂先^{2b}, 谢斯临^{2c}, 邓子牛^{2a,3*}

(1.广东省农业科学院农业科研试验示范场, 广东 广州 510640; 2.湖南农业大学 a.园艺园林学院, b.资源环境学院, c.东方科技学院, 湖南 长沙 410128; 3.国家柑橘改良中心长沙分中心, 湖南 长沙 410128; 4.湘南脐橙综合试验站, 湖南 宜章 424200)

摘要:以枳幼苗为试材, 采用容器育苗法, 按体积比配制5种基质: A(CK1), $V_{\text{河沙}}:V_{\text{锯木屑}}=1:2$; B(CK2), $V_{\text{河沙}}:V_{\text{锯木屑}}:V_{\text{草炭}}=1:2:1$; C, $V_{\text{河沙}}:V_{\text{锯木屑}}:V_{\text{生物碳}}=1:2:0.1$; D, $V_{\text{河沙}}:V_{\text{锯木屑}}:V_{\text{生物碳}}=1:2:0.3$; E, $V_{\text{河沙}}:V_{\text{锯木屑}}:V_{\text{生物碳}}=1:2:0.5$, 研究基质中添加生物碳对枳生长的影响。结果表明, 生物碳呈碱性, pH值高达8.96, 可用于提高基质的pH值, 生物碳中含P、K较为充足, N较少; 生物碳能有效提高基质的持水量、pH值、矿质元素含量, 降低基质的容重, 增加非毛管孔隙度, 但对基质的电导率及阳离子交换量影响不明显; 将枳砧幼苗移植到添加生物碳的基质中, 研究发现添加一定浓度的生物碳对枳砧株高有一定的促进作用, 与对照(CK1、CK2)比较, 差异不显著, 根系鲜质量与干质量均高于添加草炭的基质配方。

关键词: 枳; 生物碳; 容器育苗; 基质; 生长

中图分类号: S666.9

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2016)03-0161-05

Effect of bio-charcoal on growth of *Poncirus trifoliata* with container nursery

XIE Yuming^{1,2a,3}, LI Ronghua^{2a,3,4}, XIE Guixian^{2b}, XIE Silin^{2c}, DENG Ziniu^{2a,3*}

(1. Agroinnovative Demonstration Base Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China; 2.a.College of Horticulture and Landscape, b. College of Resources and Environment, c. College of Orient Science & Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 3.Changsha Branch of National Citrus Improvement Centre, Changsha 410128, China; 4.Comprehensive Experimental Station of Navel Orange in Xiangnan, Yizhang, Hunan 424200, China)

Abstract: In this experiment, five substrate formulas with sand, sawdust, peat and bio-charcoal were conducted to study the effect of bio-charcoal on the growth of *Poncirus Trifoliata* (L.) Raf. with container nursery. The results showed that the bio-charcoal was alkaline, its pH was as high as 8.95 and could be used to improve pH of mix substrates. It was rich in P and K and lack of N. The bio-charcoal could effectively improve the water holding capacity, pH and mineral elements content, reduce bulk density and increase the capillary porosity in mix substrates of container nursery, but the impact on conductivity and cation exchange capacity were not obvious. The substrate formula with bio-charcoal had obvious effect on *Poncirus trifoliata* growth, its plant height was higher than CK1, CK2, but the difference between them was no significance. The root fresh weight and dry weight were higher than CK2 as well.

Keywords: *Poncirus trifoliata*; bio-charcoal; container nursery; substrates; growth

柑橘容器苗生产成本高是限制容器苗大面积推广应用的重要原因。有研究^[1]表明, 育苗基质成本占柑橘容器苗育苗直接生产成本的30%以上。草

炭是一种常见的育苗基质。草炭来源于森林及湿地, 长期开采草炭会对生态环境造成不良影响, 同时草炭资源有限, 其价格逐年升高, 且草炭基质消

收稿日期: 2016-06-11

修回日期: 2017-03-10

基金项目: 国家现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项(CAR-27); 国家公益性行业(农业)科研专项(201303095-12); 湖南省大学生研究性学习和创新性实验计划项目(DFCXS201405)

作者简介: 谢玉明(1977—), 女, 湖南冷水江人, 博士, 副研究员, 主要从事果树栽培生理研究, xym9366@163.com; *通信作者, 邓子牛, 教授, 主要从事果树种质资源利用与研究, deng7009@163.com

毒困难,种植柑橘砧木易感染立枯病及根腐病^[2],因此,筛选新的基质作为草炭替代材料迫在眉睫^[3-5]。生物碳是一种新型的生物质材料,可用生物残体(主要是植物)为材料,在亚高温(低于700℃)缺氧条件下缓慢热解成的一类难熔、稳定、高度芳香化、富含碳素的固态物质^[6]。由于生物残体经亚高温分解后以碳的形式稳定存在,所以残体变成生物碳的过程也比直接分解成CO₂排放少,因而更加环保^[7]。实践表明,生物碳可改良土壤,培肥土壤肥力,提高农作物产量,促进土壤可持续利用和农业可持续发展^[8-9]。土壤中施用生物碳能够提高辣椒、水稻等作物的生物量及产量^[10-11]。生物碳呈碱性,能提高土壤的pH值,富含有机质及矿质元素,且对土壤微生物生长有益^[12-13]。本研究以枳砧幼苗为试材,将生物碳按照一定比例与河沙、锯木屑、草炭等传统柑橘育苗基质混配,作为枳砧的育苗基质,分析其理化性状,探讨传统柑橘育苗基质中添加生物碳后的育苗效果,以期筛选优质柑橘容器育苗基质提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用枳幼苗为2013年10月底采自湖南洞口的枳果实播种后获得的实生苗。基质材料包括河沙、锯木屑、草炭、生物碳,其中,生物碳的制备以柑橘枝条为原料,利用辽宁金和福农业开发有限公司开发的THL-II-B生物碳炉制备生物碳。

1.2 试验设计

将河沙、锯木屑、草炭、生物碳4种单个基质按照体积比配制,设5个处理:A(CK1), $V_{河沙} : V_{锯木屑} = 1 : 2$;B(CK2), $V_{河沙} : V_{锯木屑} : V_{草炭} = 1 : 2 : 1$;C, $V_{河沙} : V_{锯木屑} : V_{生物碳} = 1 : 2 : 0.1$;D, $V_{河沙} : V_{锯木屑} : V_{生物碳} = 1 : 2 : 0.3$;E, $V_{河沙} : V_{锯木屑} : V_{生物碳} = 1 : 2 : 0.5$ 。将配成的基质混匀,分装在高25cm,内径25cm的育苗桶内,每个处理装3桶,共15桶。2014年6月,移栽高15~18cm的枳苗,每桶移栽5株,放置于网室大棚内。移栽后每30d每个育苗桶浇灌质量分数为0.1%的NPK复合肥(N、P、K质量比16:16:16)溶液1L,土壤干旱时每个育苗桶淋水1L。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤理化性质

土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、固相和大小孔隙比等物理性质测定参照《土壤物理性质测定法》^[14]。基质的pH、有机碳、全氮、碱解氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾等的测定参照《土壤农业化学分析方法》^[15]。

1.3.2 不同基质配方保水力的测定

装桶前每种混匀后的基质配方用500mL烧杯量取一整烧杯基质,充分晾干后装入小营养钵(营养钵底座下湿润滤纸并称量),称重后往基质上缓慢加入250mL清水,清水不流出后再次称重,计算含水量,于6、18、48、72h之后分别称重,计算含水量。

1.3.3 枳的农艺性状测定

移栽后约1个月(7月3日),每个处理选择15株枳测定农艺性状,用直尺测定各处理下枳的株高(地表距生长点的高度),用游标卡尺测定枳茎粗(距地表10cm高度的茎粗度),每10d测定1次。当枳苗基部达到嫁接粗度时,分别取出每个育苗桶内的枳砧木苗(将桶内基质轻轻刨松后,倒出基质与枳砧木)。用清水洗干净砧木苗上的杂质,测定不同基质每个育苗桶枳幼苗整株的鲜质量、根粗、根鲜质量,计算根冠比(地下部分干质量与地上部分干质量之比)。

1.4 数据处理

所有数据采用Excel 2003整理,运用SPSS 17.0进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 单个基质的理化性质

配比前单个基质的理化性质列于表1。由表1可知,生物碳的物理性质与草炭较为相近,但大小孔隙比比草炭高,生物碳非毛管孔隙度高于草炭,毛管孔隙度低于草炭,表明生物碳更能透气透水。与锯木屑相比,生物碳容重高于锯木屑,总孔隙度与锯木屑相当,毛管孔隙度略低,而非毛管孔隙度则高于锯木屑。由此可知生物碳具备较好的物理性质,容重适中,总孔隙度较大,大小孔隙度配比较好,既能保水,又具有较好的透气性能。

表 1 单个基质的物理性质

Table 1 The physical properties of nursery substrates

基质	容重/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	毛管持水量/%	大小孔隙比
河沙	1.350	50.69	42.83	7.86	26.40	0.18
锯木屑	0.155	83.54	74.90	8.65	74.18	0.12
草炭	0.358	81.48	71.60	9.89	54.81	0.14
生物碳	0.329	81.24	61.35	19.89	57.09	0.32

从表 2 可知,生物碳呈碱性,pH 达 8.96,河沙、锯木屑、草炭均呈弱酸性,因此,生物碳是提升基质 pH 值的优良材料。生物碳含有较多的有机

质,表现为速效 P、速效 K 含量丰富,但碱解 N 较为缺乏。

表 2 单个基质的化学性质

Table 2 The chemical properties of nursery substrates

基质	pH	有机质含量/(g·kg ⁻¹)	全 N 含量/(g·kg ⁻¹)	碱解 N 含量/(mg·kg ⁻¹)	全 P 含量/(g·kg ⁻¹)	速效 P 含量/(mg·kg ⁻¹)	全 K 含量/(g·kg ⁻¹)	速效 K 含量/(mg·kg ⁻¹)
河沙	5.33	14.2	0.1	5.0	0.2	5.1	21.1	34.1
锯木屑	5.00	423.8	1.0	55.5	0.2	22.7	5.7	71.5
草炭	4.66	362.6	9.2	611.4	1.3	14.2	12.0	132.8
生物碳	8.96	905.9	9.9	86.5	1.5	362.4	14.8	2 196.7

2.2 不同育苗基质的理化性质

2.2.1 不同育苗基质的物理性质

结果(表 3)表明,生物碳具有降低基质配方容重的作用,基质中生物碳比例越高,容重越低;能提升育苗基质的持水量,生物碳比例越高,饱和持水量及毛管持水量越高。生物碳能改善基质的孔隙结构,提升毛管孔隙度;添加生物碳(基质 C)后,非毛管孔隙度及总孔隙度都比不添加生物碳略低,但

随着生物碳的量加大,非毛管孔隙度及总孔隙度随之上升。同草炭相比,生物碳比草炭含量少,饱和持水量高,毛管持水量略低,生物碳比草炭更具备持水能力;添加生物碳到 0.3 个体积(基质 D)后,非毛管孔隙度比添加草炭的基质高,总孔隙度略低,说明生物碳对改善非毛管孔隙度有很好的作用,对基质的透气性作用更大。

表 3 不同育苗配方基质的物理性质

Table 3 The physical properties of different nursery substrates

配方基质	容重/(g·cm ⁻³)	饱和持水量/%	毛管持水量/%	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	大小孔隙比
A(CK1)	0.67	80.8	34.3	30.8	22.3	53.1	1.38
B(CK2)	0.56	106.1	51.9	27.3	28.2	55.5	0.97
C	0.58	91.0	45.4	24.6	26.6	51.1	0.93
D	0.57	98.1	46.6	29.0	25.5	54.5	1.14
E	0.54	106.5	48.5	29.6	26.0	55.7	1.14

2.2.2 生物碳对育苗基质化学性质的影响

结果(表 4)表明,添加生物碳的基质对提高基质的 pH 值,增加基质的矿质元素(大量元素)有积极的作用。生物碳比例越高,基质 pH 值越高,且矿质

元素含量越高,尤其对配方基质中速效 K 的增加更为明显。阳离子交换量则没有表现出显著的增加作用。3 个添加生物碳的配方基质电导率为 0.76~1.40,而添加草炭降低了基质的电导率。

表4 不同配方基质的化学性质

配方基质	pH	碱解N含量/ (mg·kg ⁻¹)	速效K含量/ (mg·kg ⁻¹)	速效P含量/ (mg·kg ⁻¹)	阳离子交换量/ (cmol·kg ⁻¹)	电导率/ (ms·cm ⁻¹)
A(CK1)	5.25	94.05	350.11	44.03	11.32	0.97
B(CK2)	4.92	164.95	414.66	47.52	21.76	0.53
C	5.49	110.70	415.80	64.60	11.20	1.03
D	5.59	124.08	590.74	77.68	10.46	0.76
E	5.86	132.94	907.86	89.74	13.29	1.40

2.3 不同育苗基质保水力的比较

结果(表5)表明,添加草炭能增加每克培养土的最大含水量。添加生物碳也能增加培养土的含水量,生物碳含量越高,培养土的含水量越高。从表5可以看出,C、D、E初始含水量比不添加草炭的A(CK1)分别高16.4%、34.3%、17.1%,处理C、E比添加草炭B(CK2)分别低11.5%、0.8%,而处理D比添加草炭配方B(CK2)高6.4%。从水分随时间的流失情况看,各个配方均未表现出水分含量急剧下降的情况,保水能力均较高。

表5 不同配方基质的含水量

配方基质	含水量/%				
	0 h	6 h	18 h	48 h	72 h
A(CK1)	14.00	13.81	13.24	9.97	7.52
B(CK2)	41.88	41.61	40.93	36.86	33.18
C	30.43	30.52	29.80	26.69	22.81
D	48.26	46.50	45.48	42.86	40.23
E	41.09	39.56	39.54	35.97	33.25

2.4 不同育苗基质对积生长的影响

结果(表6)表明,株高生长量最大的配方基质是E,比A(CK1)及B(CK2)分别高7.9 cm和6.3 cm;其次是C、D,分别比A(CK1)高3.2、2.0 cm,比添加草炭的B(CK2)分别高1.6、0.4 cm,各配方积株高生长量没有显著差异。C处理茎粗的生长量最大,比A(CK1)及B(CK2)分别大0.13、0.49 mm,D及E处理分别比A(CK1)小0.07、0.05 mm,但分别比添加草炭的处理B(CK2)大0.29、0.31 mm。C、D处理的积根系(地下部分)鲜质量比添加草炭的配方B(CK2)分别大2.9、2.8 g,E和CK2的地下部分鲜质量相当;C、D、E处理的地下部分鲜质量均低于A(CK1),添加生物碳的地下部分鲜质量优于添加草炭的。C、D、E处理的地上部分鲜质量低于A(CK1),但高于添加草炭的配方B(CK2)。加生物碳各处理地下部分及地上部分干质量高于加草炭配方B(CK2),但低于配方A(CK1)。此外,这5种育苗基质对积壳根冠比的影响较小,各处理之间差异不显著。

表6 不同基质配方积的生长情况

基质	株高生长量/ cm	茎粗生长量/ cm	鲜质量/g		干质量/g		根冠比
			地上	地下	地上	地下	
			A(CK1)	38.6±0.7	(2.39±0.14)a	(60.4±5.6)a	
B(CK2)	40.2±7.0	(2.03±0.11)b	(43.4±3.6)b	(33.0±0.1)c	(21.3±1.9)c	(14.9±0.4)c	0.71±0.02
C	41.8±5.1	(2.52±0.07)a	(49.8±0.9)b	(35.9±1.6)b	(26.3±0.4)b	(18.9±1.2)b	0.75±0.06
D	40.6±7.5	(2.32±0.18)a	(47.6±5.7)b	(35.8±1.1)b	(25.2±3.2)bc	(16.4±1.4)c	0.68±0.06
E	46.5±4.3	(2.34±0.12)a	(47.3±2.1)b	(33.0±2.4)c	(26.2±1.1)bc	(18.7±0.4)b	0.70±0.06

同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

本试验结果表明,添加生物碳与添加草炭均能增加基质的含水量,但添加生物碳对保水能力的提高作用不显著。添加生物碳对积的株高有一定的促

进作用,同时不影响根系的生长,根冠比正常。

本研究结果表明,生物碳有良好的理化性质。容重、总孔隙度及固相与草炭相当,非毛管孔隙度较高,透气性良好;pH呈碱性,较适合改良酸性土壤或基质;有效P及有效K含量高,对补充矿质

元素有很好的作用。在配制不同基质的过程中,生物碳对提高基质的 pH 有很明显的效果。由于生物碳 pH 高,为 8.96,河沙、锯木屑、草炭 3 种基质的 pH 分别为 5.33、5.00、4.66,而适宜柑橘生长的 pH 约为 5.5–6.5^[16–17],因此,生物碳与这些基质进行配比时应控制使用量,否则易导致基质 pH 过高。生物碳对积生长量有促进作用,对环境友好,可以作为草炭替代品用于柑橘容器育苗。生物碳在育苗基质中的作用,如它的保肥性、对微生物的影响、对矿物质营养的吸收利用等方面还需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 李荣华. 积优株筛选及柑橘育苗基质和容器的改良[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2014.
- [2] GRAHAM J H, TIMMER N H. Peat-based media as a source of *Thielaviopsis basicola* causing black root rot on citrus seedlings[J]. *Plant Disease*, 1991, 75(12): 1246–1249.
- [3] LARCHER F, SCARIOT V. Assessment of partial peat substitutes for the production of *camellia japonica*[J]. *Hort Science*, 2009, 44(2): 312–316.
- [4] 李晓强, 卜崇兴, 郭世荣. 菇渣复合基质栽培对蔬菜幼苗生长的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2006, 37(3): 517–520.
- [5] 李卫, 张树锋, 许龙, 等. 烤烟漂浮育苗土壤替代基质研究[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2015, 41(3): 247–251.
- [6] 张文玲, 李桂花, 高卫东. 生物质炭对土壤性状和作物产量的影响[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(17): 153–157.
- [7] 李力, 刘娅, 陆宇超, 等. 生物碳的环境效应及其应
- 用的研究进展[J]. *环境化学*, 2011, 30(8): 1411–1421.
- [8] 何绪生, 耿增超, 余雕, 等. 生物碳生产与农用的意义及国内外动态[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(2): 1–7.
- [9] 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(1/2): 117–128.
- [10] GRABER E R, HAREL Y M, KOLTON M, et al. Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media [J]. *Plant and Soil*, 2010, 337(1/2): 481–496.
- [11] NOGUERA D, RONDON M, LAOSSI K R, et al. Contrasted effect of biochar and earthworms on rice growth and resource allocation in different soils [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42(7): 1017–1027.
- [12] ZWIETEN L V, KIMBER S, MORRIS S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility [J]. *Plant and Soil*, 2010, 327(1/2): 235–246.
- [13] KIMETU J M, LEHMANN J, KRULL E, et al. Stability and stabilisation of biochar and green manure in soil with different organic carbon contents [J]. *Australian Journal of Soil Research*, 2010, 48(7): 577–585.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [15] 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.
- [16] 李长林, 杨守坤, 金莉, 等. 柑橘容器育苗基质配方筛选试验研究[J]. *湖北林业科技*, 2010, 6(10): 18–19.
- [17] 马文涛. 不同柑橘实生砧木的抗旱性[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007.

责任编辑: 尹小红
英文编辑: 梁和