

DOI:10.11937/bfyy.201709003

# 稻壳炭对不同品种苹果容器大苗生长的影响

孙燕霞<sup>1</sup>, 李慧峰<sup>2</sup>, 宋来庆<sup>1</sup>, 张勇<sup>2</sup>, 唐岩<sup>1</sup>, 姜中武<sup>1</sup>

(1. 山东省烟台市农业科学研究院, 山东 烟台 265500; 2. 山东省果树研究所, 山东 泰安 271000)

**摘要:**以1年生“2001富士/八棱海棠”“太平洋嘎啦/八棱海棠”“脱毒烟3号/T337”苹果苗为试材,研究了不同稻壳炭添加量对不同苹果品种容器大苗生长的影响。结果表明:与对照相比,盆栽基质中添加稻壳炭可有效提高3个品种容器大苗生物量、百叶质量、根系生长量和光合性能,而且10%稻壳炭添加量的容器大苗各指标的提高程度要大于5%稻壳炭添加量的处理;相同稻壳炭添加量的容器大苗,各品种间指标差异无明显规律。

**关键词:**稻壳炭;苹果;砧木;光合作用;叶绿素

**中图分类号:**S 661.104<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)09-0014-04

近年来,生物炭作为一类新型环境功能材料引起广泛关注,其在土壤改良、温室气体减排、废弃生物质资源化以及受污染环境修复方面都展现出应用潜力<sup>[1-5]</sup>。由于生物炭具有一定含量的矿质养分、较高的pH、特殊的孔径结构、一定的阴离子吸附交换能力,在作为土壤改良剂、肥料缓释载体等方面也有很多研究<sup>[6]</sup>。如生物炭可以促进茶树<sup>[7]</sup>和紫荆树<sup>[8]</sup>等的生长,提高菜豆<sup>[9]</sup>、高羊茅草<sup>[10]</sup>、玉米<sup>[11]</sup>、水稻<sup>[12]</sup>、萝卜<sup>[13]</sup>等作物的生物量,是有发展前景的土壤改良剂。

我国已经成为世界上最大的苹果栽培国<sup>[14]</sup>,2014年烟台苹果种植面积超过18.15万hm<sup>2</sup>,总产量411.4万t<sup>[15]</sup>。苹果产业的快速发展激发了广大果农栽树建园的积极性,加快了老果园更新换代的步伐,但是果园土壤的衰退成为了苹果产业可持续发展的瓶颈<sup>[16]</sup>。生物炭对作物生长或产量的影响因生物炭类型而异,其中稻壳炭由于来源广泛、具有良好的疏松结构、较高的钾、硅含量等特点,在土壤改

良中得到了一定的应用<sup>[17-21]</sup>。

该试验以盆栽1年生“2001富士/八棱海棠”“太平洋嘎啦/八棱海棠”“脱毒烟富3号/T337”为试材,研究不同稻壳炭添加量对不同苹果品种的净光合速率、蒸腾速率、百叶质量、叶绿素含量、植株生长量及根系生长状况的影响,以期为新建果园苗木定植过程中稻壳炭的施用水平提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为1年生“2001富士/八棱海棠”“太平洋嘎啦/八棱海棠”“脱毒烟富3号/T337”,苗木均来自烟台农科院苗木繁育基地。2015年3月进行盆栽,盆栽材质为无纺布袋,规格为25cm×40cm,盆栽基质为果园土壤分别添加不同比例的稻壳炭和珍珠岩,苗木水分、肥料和病虫害管理同一般盆栽苹果苗木管理。

### 1.2 试验方法

3个苹果品种各选取生长状况良好的株型整齐一致的苗木60株,并对苗木根系进行修剪,保证根系大小及构型基本一致。盆栽基质均按体积比设置2个处理:稻壳炭:果园土壤1:19和1:9,分别配制成5%和10%稻壳炭添加量的盆栽基质,每处理20株幼苗;以添加同比例的珍珠岩为对照,每处理10株幼苗,各处理幼苗定植后均于1.0m处定干。

### 1.3 项目测定

2015年秋天植株停长后测定不同处理的植株株高、茎粗及枝条生长量等指标;冬季从20个重复

**第一作者简介:**孙燕霞(1980-),女,山东烟台人,硕士,农艺师,研究方向为苹果育种与栽培。E-mail:44439010@sina.com

**责任作者:**姜中武(1960-),男,山东烟台人,博士,研究员,现主要从事果树栽培育种及分子生物学等研究工作。E-mail:jiangzhongwu@163.com

**基金项目:**国家现代苹果产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-28);山东省农业科学院院地科技合作引导计划资助项目(2015YDHZ51)。

**收稿日期:**2016-12-19

中选择长势一致、健康的 5 株大苗进行破坏性取根,清除根际杂物,测量植株根系的鲜质量、干质量及根数量;2016 年 6 月中旬利用美国 Li-cor 公司生产的 LI-6400 型便携式光合测定仪测定不同品种苹果叶片的净光合速率和蒸腾速率;利用电子天平称百叶质量;利用手持式叶绿素计 SPAD-502 plus 测量叶片中叶绿素的相对含量,每处理测定 50 片叶子。

#### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2013 软件对试验数据进行统计分析。

表 1

稻壳炭对不同品种苹果容器大苗生长的影响

Table 1 Effect of rice husk char on the growth of different varieties apple container seedlings

品种 Variety	配比 Ratio	苗高 Seedling height/cm	茎粗 Stem diameter/cm	生长量 Growth increment/cm	百叶质量 Hundred-leaf weight/g
“2001 富士/八棱海棠”	10%稻壳炭	199.0	7.7	444.6	72.0
“2001 Fuji/Octagonal Begonia”	CK	184.0	6.5	415.0	61.4
“太平洋嘎啦/八棱海棠”	10%稻壳炭	211.0	6.4	478.4	90.0
“Pacific Gala/Octagonal Begonia”	CK	178.2	5.3	295.0	63.6
“脱毒烟富 3 号/T337”	10%稻壳炭	186.2	6.5	258.4	82.4
“Virus-free Fuji No. 3/T337”	CK	161.0	5.5	145.0	67.6
“2001 富士/八棱海棠”	5%稻壳炭	187.6	6.8	436.4	68.4
“2001 Fuji/Octagonal Begonia”	CK	180.0	6.0	364.0	62.8
“太平洋嘎啦/八棱海棠”	5%稻壳炭	181.6	6.0	457.0	78.0
“Pacific Gala / Octagonal Begonia”	CK	176.0	5.2	359.0	60.0
“脱毒烟富 3 号/T337”	5%稻壳炭	165.8	5.7	228.8	75.2
“Virus-free Fuji No. 3/T337”	CK	160.0	5.0	148.0	70.0

#### 2.2 稻壳炭对不同品种苹果容器大苗根系生长的影响

由表 2 可知,土壤中添加稻壳炭的 3 个品种的容器大苗与对照相比,其植株根系的鲜质量、干质量均明显提高,且 10%稻壳炭添加量的根系鲜质量和干质量均高于 5%稻壳炭添加量的植株,其中以

表 2

稻壳炭对不同品种苹果容器大苗根系生长的影响

Table 2 Effect of rice husk char on the root growth of different varieties apple container seedlings

品种 Variety	配比 Ratio	鲜质量 Fresh weight/g	干质量 Dry weight/g	根直径 Root diameter/mm		
				0~2	2~5	>5
“2001 富士/八棱海棠”	10%稻壳炭	81.2	36.0	218	15	2
“2001 Fuji/Octagonal Begonia”	CK	56.4	22.3	126	9	12
“太平洋嘎啦/八棱海棠”	10%稻壳炭	58.2	25.0	400	13	12
“Pacific Gala/Octagonal Begonia”	CK	28.1	15.6	125	16	19
“脱毒烟富 3 号/T337”	10%稻壳炭	55.9	28.8	366	12	5
“Virus-free Fuji No. 3/T337”	CK	30.8	20.6	165	12	9
“2001 富士/八棱海棠”	5%稻壳炭	58.5	24.9	177	6	17
“2001 Fuji/Octagonal Begonia”	CK	48.2	19.6	72	11	9
“太平洋嘎啦/八棱海棠”	5%稻壳炭	35.6	18.9	148	6	6
“Pacific Gala/Octagonal Begonia”	CK	26.5	14.7	108	12	10
“脱毒烟富 3 号/T337”	5%稻壳炭	38.6	21.8	295	10	8
“Virus-free Fuji No. 3/T337”	CK	26.4	19.6	137	14	13

如图 1 所示,以“2001 富士/八棱海棠”容器大苗为例,10%稻壳炭添加量的植株根系毛根数量较多,而 5%稻壳炭添加量的植株根系中毛根数量较少,稻

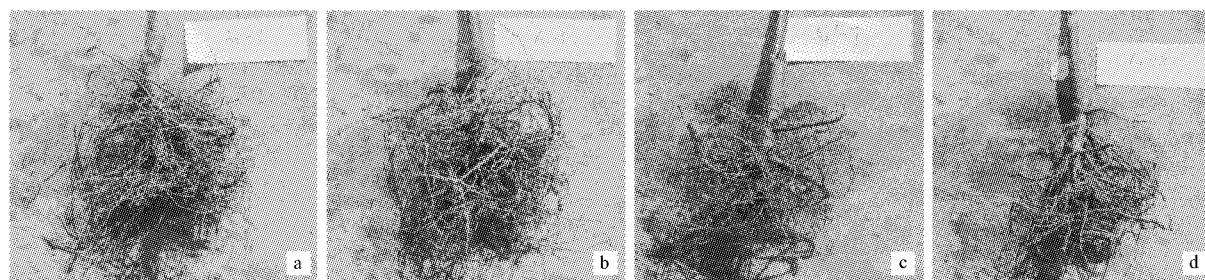
## 2 结果与分析

### 2.1 稻壳炭对不同品种苹果容器大苗生长的影响

如表 1 所示,不同稻壳炭添加量处理与对照相比,均在一定程度上提高了容器大苗生长。3 个品种 10%稻壳炭添加量处理的容器大苗,其苗高、茎粗、生长量、百叶质量均高于 5%稻壳炭添加量的处理,以“太平洋嘎啦/八棱海棠”为例,10%较 5%稻壳炭添加量处理的植株相比,苗高、茎粗、生长量、百叶质量分别增加了 29.4 cm、0.4 cm、21.4 cm 和 12.0 g。

10%稻壳炭添加量的“2001 富士/八棱海棠”提高的最多,分别比对照提高了 24.8、13.7 g;各处理植株 10%稻壳炭添加量的植株根系中直径 0~2 mm 的根数量远大于 5%稻壳炭添加量的植株,其中“太平洋嘎啦/八棱海棠”平均拥有 400 根直径 0~2 mm 的毛根。

### 壳炭对根系类型的影响可能与其本身疏松的孔径结构有关。



注:a,b为添加10%稻壳炭的植株根系;c,d为添加5%稻壳炭的植株根系。

Note:a,b present plant roots of 10% rice husk char;c,d present plant roots of 5% rice husk char.

图1 不同配比稻壳炭对“2001富士/八棱海棠”容器大苗根系生长的影响

Fig.1 Effect of different ratio of rice husk char on the root growth of ‘Fuji 2001/Octagonal Begonia’ container seedlings

### 2.3 稻壳炭对不同品种苹果容器大苗叶片光合性能的影响

虽然生物炭的化学结构不同于有机质或土壤腐殖质,但是生物炭与有机质或腐殖质一样可以改良培肥土壤<sup>[22]</sup>。由表3可以看出,添加稻壳炭的处理可有效提高植株的光合速率,蒸腾速率也随之稍有提高,且10%稻壳炭添加量的植株光合速率

高于5%的处理,3个品种10%稻壳炭添加量比5%稻壳炭添加量的净光合速率分别高1.12、0.73、1.85  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;叶绿素相对含量测定显示,10%稻壳炭添加量的植株叶片叶绿素相对含量高于5%的处理,二者均高于对照处理,3个品种10%稻壳炭添加量比5%稻壳炭添加量的叶绿素相对含量分别高4.9、2.6、0.2个SPAD单位。

表3 稻壳炭对不同品种苹果容器大苗叶片光合性能的影响

Table 3 Effect of rice husk char on leaf photosynthetic characteristics of different varieties apple container seedlings

品种 Variety	配比 Ratio	光合速率 Photosynthetic rate/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	蒸腾速率 Transpiration rate/ $(\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	叶绿素相对含量 Chlorophyll relative content/SPAD
“2001富士/八棱海棠”	10%稻壳炭	12.76 $\pm$ 0.68	1.70 $\pm$ 0.06	63.3 $\pm$ 1.2
‘2001 Fuji/Octagonal Begonia’	CK	10.65 $\pm$ 0.23	1.53 $\pm$ 0.02	57.1 $\pm$ 0.6
“太平洋嘎啦/八棱海棠”	10%稻壳炭	12.75 $\pm$ 0.96	1.98 $\pm$ 0.05	60.3 $\pm$ 0.8
‘Pacific Gala/Octagonal Begonia’	CK	10.18 $\pm$ 0.55	1.38 $\pm$ 0.03	54.9 $\pm$ 0.3
“脱毒烟富3号/T337”	10%稻壳炭	13.69 $\pm$ 1.12	2.10 $\pm$ 0.08	60.7 $\pm$ 0.5
‘Virus-free Fuji No. 3/T337’	CK	10.37 $\pm$ 0.25	1.25 $\pm$ 0.07	57.6 $\pm$ 0.2
“2001富士/八棱海棠”	5%稻壳炭	11.64 $\pm$ 0.53	2.08 $\pm$ 0.05	58.4 $\pm$ 0.4
‘2001 Fuji/Octagonal Begonia’	CK	9.87 $\pm$ 0.63	1.78 $\pm$ 0.09	57.0 $\pm$ 0.3
“太平洋嘎啦/八棱海棠”	5%稻壳炭	12.02 $\pm$ 0.96	1.06 $\pm$ 0.02	57.7 $\pm$ 0.8
‘Pacific Gala/Octagonal Begonia’	CK	10.34 $\pm$ 0.025	3.08 $\pm$ 0.11	50.6 $\pm$ 0.6
“脱毒烟富3号/T337”	5%稻壳炭	11.84 $\pm$ 0.42	1.75 $\pm$ 0.03	60.5 $\pm$ 1.2
‘Virus-free Fuji No. 3/T337’	CK	9.95 $\pm$ 0.03	1.47 $\pm$ 0.03	57.4 $\pm$ 0.6

### 3 讨论与结论

生物炭能明显提高作物叶片净光合速率,促进干物质积累,提高产量和品质<sup>[23]</sup>。杨剑超等<sup>[21]</sup>研究表明,株施稻壳炭2.50 kg处理可以有效地改善富士苹果叶片的光合利用率和蒸腾强度,明显增加叶绿素含量。该试验结果同样证明,盆栽基质中添加稻壳炭可提高不同品种容器大苗的地上生物量、百叶质量和光合性能,首先可能是由于稻壳炭烧制后,稻壳内的钾元素从有机体中分离出来,另外稻壳炭中含有大量的硅<sup>[24]</sup>,钾肥具有光合增效和稳定蒸腾作用,硅肥一直被作为良好的抗蒸腾剂<sup>[25]</sup>。其次,稻壳炭能够改善土壤pH,还含有作物生长所需的氮、磷、

钾、硫等营养元素和矿质元素<sup>[26]</sup>。再次,稻壳炭的吸附能力能够对肥料起到缓释作用<sup>[27]</sup>,这些因素在一起,让稻壳炭表现出了不同于有机肥和复合肥的肥料性能。

土壤类型和土壤颗粒大小以及不同类型的栽培容器等均可改变苹果根系的形态构型和根系吸收特性<sup>[28-29]</sup>。该试验中,土壤中添加稻壳炭的3个品种的容器大苗与对照相比,其植株根系的鲜、干质量均明显提高,且10%稻壳炭添加量的根系鲜质量和干质量均高于5%稻壳炭添加量的植株;添加10%稻壳炭的处理,根系类型中毛根数量的增多,这可能与稻壳炭本身具有疏松的孔状结构有关,它能够改变容器中的土壤类型,增加土壤空隙的同时还能够保

持养分、水分,使得根系能够更多的吸收营养,促进了地上部的植株生长<sup>[26]</sup>。

### 参考文献

- [1] ROBERTS K G, GLOY B A, JOSEPH S, et al. Life cycle assessment of biochar systems: estimating the energetic, economic, and climate change potential[J]. *Environ Sci Technol*, 2010, 44(2): 827-833.
- [2] EMMA M. Black is the new green[J]. *Nature*, 2006, 442: 624-626.
- [3] LEHMANN J, JOSEPH S. Biochar for environmental management: Science and technology[M]. London: Earthscan, 2009: 1-29, 107-157.
- [4] GAUNT J L, LEHMANN J. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production[J]. *Environ Sci Technol*, 2008, 42(11): 4152-4158.
- [5] CAO X D, MA L, GAO B, et al. Dairy-manure derived biochar effectively sorbs lead and atrazine[J]. *Environ Sci Technol*, 2009, 43(9): 3285-3291.
- [6] 何绪生, 耿增超, 余雕, 等. 生物炭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.
- [7] HOSHI T. Growth promotion of tea trees by putting bamboo charcoal in soil[C]. *Proceedings of 2001 International Conference on Ocha (Tea) Culture and Science, Session I (Production)*, 2001: 147-150.
- [8] KIMETU J M, LEHMANN J, NGOZE S O, et al. Reversibility of soil productivity decline with organic matter of differing quality along a degradation gradient[J]. *Ecosystems*, 2008, 11(5): 726-739.
- [9] YAN G Z, SHIMA K, FIJOWARA S, et al. The effects of bamboo charcoal and phosphorus fertilization on mixed planting with grasses and soil improving species under the nutrients poor condition[J]. *Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology*, 2004, 30(1): 33-38.
- [10] 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.
- [11] TOGUNTUNDE P G, ABIODUNBJ, AJAYIAE, et al. Effects of charcoal production on soil physical properties in Ghana[J]. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 2008, 171(4): 591-596.
- [12] LEHMANN J, da SILVA JR J P, STEINER C, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: Fertilizer, manure and charcoal amendments[J]. *Plant and Soil*, 2003, 249(2): 343-357.

- [13] 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.
- [14] 陈学森, 韩明玉, 苏桂林, 等. 当今世界苹果产业发展趋势及我国苹果产业优质高效发展意见[J]. *果树学报*, 2010, 27(4): 598-604.
- [15] 烟台市发展和改革委员会. 烟台苹果价格指数正式发布[EB/OL]. [2015-08-14]. <http://fgw. Yantai. Gov. cn/content/integrate-news/index-show.jsp?id=633678>.
- [16] 翟衡, 史大川, 束怀瑞. 我国苹果产业发展现状与趋势[J]. *果树学报*, 2007, 24(3): 355-360.
- [17] 方放, 周建斌, 杨继亮. 稻壳炭提取 SiO<sub>2</sub> 及制备活性炭联产工艺[J]. *农业工程学报*, 2013, 28(23): 184-191.
- [18] 袁金华, 徐仁和. 稻壳制备的生物质炭对红壤和黄棕壤酸度的改良效果[J]. *生态与农村环境学报*, 2010, 26(5): 472-476.
- [19] 刘学彬, 殷松枝. 稻壳的综合利用[J]. *现代化农业*, 1996(11): 37-38.
- [20] 赵玲玲, 李元军, 慈志娟, 等. 稻壳炭肥对富士苹果树体生长和果实品质的影响[J]. *烟台果树*, 2014(1): 17-18.
- [21] 杨剑超, 张瑞清, 孙晓, 等. 稻壳炭对富士苹果树光合作用及生长的影响[J]. *现代农业科技*, 2015(5): 94-99.
- [22] GLASER B, HAUMAIER L, GUGGENBERGER G, et al. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics[J]. *The Science of Nature*, 2001, 88(1): 37-41.
- [23] 张伟明. 生物炭的理化性质及其在作物生产上的应用[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2012.
- [24] 刘学彬, 殷松枝. 稻壳的综合利用[J]. *现代化农业*, 1996(11): 37-38.
- [25] 邹春琴, 高霄鹏, 张福锁. 施硅对玉米生长及蒸腾速率的影响[J]. *中国生态农业学报*, 2007, 15(3): 55-57.
- [26] 孙燕霞, 宋来庆, 李慧峰, 等. 生物炭肥及其在苹果园中的应用前景分析[J]. *烟台果树*, 2015(4): 35-36.
- [27] 何绪生, 张树清, 余雕, 等. 生物炭对土壤肥料的作用及未来研究[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(15): 16-25.
- [28] 范伟国, 杨洪强. 不同基质对平邑甜茶幼树生长、根系形态及营养吸收的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2009, 15(4): 936-941.
- [29] 范伟国, 杨洪强. 平邑甜茶幼苗生长、根构型及吸收特性的容器调控[J]. *园艺学报*, 2009, 36(4): 559-564.

## Effect of Rice Husk Char on Growth of Different Varieties Apple Container Seedlings

SUN Yanxia<sup>1</sup>, LI Huifeng<sup>2</sup>, SONG Laiqing<sup>1</sup>, ZHANG Yong<sup>2</sup>, TANG Yan<sup>1</sup>, JIANG Zhongwu<sup>1</sup>

(1. Yantai Academy of Agricultural Sciences, Yantai, Shandong 265500; 2. Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000)

**Abstract:** The present study was established to determine the effect of different rice husk charcoal addition on the growth of container seedlings of different apple cultivars of annual '2001 Fuji/Octagonal Begonia', 'Pacific Gala/Octagonal Begonia' and 'Virus-free Fuji No. 3/T337'. The results showed that compared with the control, the container seedlings of three varieties added the rice husk charcoal could effectively improve the seedling biomass, leaf weight, root growth and photosynthetic performance. And 10% of the rice husk charcoal addition of the container seedlings to improve the degree of the index was greater than 5% of the amount of rice husk charcoal treatment. There was no significant difference in the indexes of rice seedlings with the same amount of added rice husk charcoal.

**Keywords:** rice husk char; apple; stock; photosynthesis; chlorophyll