

乔光, 田田, 洪怡, 等. 生物炭对玛瑙红樱桃生长、果实品质及土壤矿质元素的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(4): 904-908.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.04.027

生物炭对玛瑙红樱桃生长、果实品质及土壤矿质元素的影响

乔光, 田田, 洪怡, 刘小翠

(贵州大学农业生物工程研究院/山地植物资源保护与种质创新省部共建教育部重点实验室, 贵州 贵阳 550025)

摘要: 通过田间试验, 研究不同施用量的生物炭对玛瑙红樱桃生长、果实品质及土壤矿质元素含量的影响。结果表明, 施用生物炭可提高玛瑙红樱桃的生长量和果实品质。当施用量为 1 株 5 kg 时, 植株干径生长量和冠幅生长量均达到最大, 与对照相比, 分别提高了 37.5% 和 36.9%。当施用量为 1 株 10 kg 时, 果实可溶性糖含量、可溶性固形物含量和维生素 C 含量均达到最大, 与对照相比, 分别提高了 21.6%、25.8% 和 32.0%。施用生物炭显著提高了土壤交换性钙和交换性镁含量, 但对有效铁含量、有效铜含量、有效锌含量和有效锰含量的影响因施用量不同而异。

关键词: 生物炭; 玛瑙红樱桃; 生长; 果实品质; 矿质元素

中图分类号: S662.506⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)04-0904-05

Effects of biochar on growth and fruit quality of *Prunus pseudocerasu* Manaohong and mineral element contents in soil

QIAO Guang, TIAN Tian, HONG Yi, LIU Xiao-cui

(Institute of Agro-bioengineering, Guizhou University/Key Laboratory of Plant Resource Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region, Ministry of Education, Guiyang 550025, China)

Abstract: Effects of different application rates of biochar (0 kg, 5 kg, 10 kg) on the fruit quality and growth of *Prunus pseudocerasu* Manaohong and mineral element contents of soil were studied via field test. Biochar improved the fruit quality and growth of Manaohong. The maximum stem diameter and crown growth of Manaohong plants were achieved and were increased by 37.5% and 36.9% compared to control, when the application rate of biochar was 5 kg per plant. When the application rate of biochar was 10 kg per plant, the content of soluble sugar, soluble solids and vitamin C reached the highest and were increased by 21.6%, 25.8% and 32.0%, respectively. Biochar application resulted in the increase of soil exchangeable Ca and exchangeable Mg contents. The contents of available Fe, Cu, Zn and Mn depended on the application rate of biochar.

Key words: biochar; *Prunus pseudocerasu* Manaohong; growth; fruit quality; mineral element

玛瑙红樱桃是贵州省选育的地方早熟品种, 该

品种果实大、颜色艳丽、品质好、耐储藏并且适应性强^[1], 现已逐渐成为贵州及周边区域的主栽品种。有研究表明, 该品种适合土层较厚、透气性好、保水力强的砂壤土和壤土^[2], 但贵州省多喀斯特地貌, 土层薄, 土壤贫瘠, 一定程度上限制了玛瑙红樱桃的生长和推广种植。

收稿日期: 2017-02-17

基金项目: 贵州省农业科技攻关项目 (NY20123016)

作者简介: 乔光 (1981-), 男, 山西晋中人, 博士, 高级实验师, 主要从事果树生理及分子生物学研究。(E-mail) 13518504594@163.com

生物炭是农林废弃物等有机材料在缺氧条件下经高温裂解形成的物质^[3],其有机碳含量高、吸附能力强^[4-6],并含有 Na、K、Mg 和 Ca 等矿质元素^[7],可为作物生长发育提供所需元素。随着人们对生物炭研究的不断深入,其在农业生产上的应用也逐渐受到重视,并已在水稻、玉米、高粱、烤烟、萝卜、菠菜等作物上取得较好效果^[8-11]。目前,生物炭在果树上应用较多,但在樱桃上应用的报道较少。因此,本研究拟探讨施用生物炭对玛瑙红樱桃生长、果实品质及土壤矿质营养的影响,以期为玛瑙红樱桃在喀斯特地区的推广种植奠定基础,并为生物炭在果树上的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

试验在贵州省福泉市黄丝镇江边生态园进行。试验地土壤为黄壤土,pH 值为 5.79,有机质含量为 32.23 g/kg,全氮含量为 1.32 g/kg,速效氮含量为 158.37 mg/kg,速效磷含量为 46.40 mg/kg,速效钾含量为 104.00 mg/kg。

供试樱桃品种为玛瑙红樱桃,3 年生高空压条苗,树型为开心型,留三大主枝。试验前选取主干、主枝和侧枝粗度相对一致且无病虫害的植株挂牌标记。

供试生物炭以玉米秸秆为原材料,采用专利碳化炉和亚高温缺氧干馏技术制备,制碳温度为 450℃左右。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验设 3 个处理,生物炭施用量分别为:1 株 0 kg(CK)、1 株 5 kg(C1)和 1 株 10 kg(C2)。单株小区,每个处理设 3 个重复,完全随机区组设计。采用环沟施肥法,在树冠投影的外缘及稍远处根系吸收能力强的地方挖施肥沟,于秋季将生物炭与有机基肥(25 kg)一同施入,施肥深度 20~35 cm。各处理灌水管理、花果管理和病虫害防治等均按无公害栽培技术^[2]进行。

1.2.2 果实品质的测定 于 4 月中旬果实成熟期采收果实,每个处理于树冠中上部外围 4 个方向随机摘取 20 个果实进行品质分析。单果质量用称质量法测定,果实横径和纵径用游标卡尺测定,果形指数为纵径与横径的比值,果实可溶性固形物采用糖度计测定,可滴定酸采用碱式滴定法测定,可溶性糖

含量和维生素 C 含量采用试剂盒(南京建成生物工程公司产品)测定。

1.2.3 生长量的测定 分别于 4 月上旬和 9 月中旬测量植株的干径和冠幅,干径为离树体根颈 30 cm 处主干的直径,冠幅为植株东西、南北方向宽度的均值。干径和冠幅的生长量均为 9 月测量值与 4 月测量值的差。于 9 月中旬新梢停长后测定新梢生长情况(新梢数、新梢长、新梢直径)及叶片生长情况(叶数、叶长、叶宽)。新梢数为同一方向的一个主枝上着生的当年萌发生长的带叶新梢,新梢长为自枝基芽鳞痕处至顶芽基部的长度,新梢直径为枝基芽鳞痕上 10 cm 处的直径,叶宽为叶片最宽处的宽度。

1.2.4 土壤矿质元素的测定 于结果期(5 月上旬)采集土壤样品,每株树在距主干约 50 cm,深 0~30 cm 处,从东、南、西、北 4 个方位取土,用四分法混合土样迅速带回实验室,置于阴凉处通风晾干,过 30 目筛,用于土壤养分测定。土壤有效铁、有效锰、有效铜和有效锌含量采用 DTPA 浸提-原子吸收分光光度法测定,交换性钙和交换性镁含量采用乙酸铵浸提-原子吸收分光光度法测定。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel 软件进行数据整理和图形绘制,采用 DPS 统计软件对处理间差异进行显著性分析,采用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 生物炭对果实外观品质的影响

表 1 显示,每株玛瑙红樱桃施用 5 kg 和 10 kg 生物炭分别提高单果质量达 9.3%和 7.0%,增加果实纵径均达 5.0%,增加果实横径均达 10.5%,3 个处理的果实果形指数均为 1.0,为圆形果实。表明,施用生物炭能提高玛瑙红樱桃果实单果质量、果实纵径和横径,但对果形指数影响较小。

表 1 不同施用量的生物炭对玛瑙红樱桃果实外观品质的影响
Table 1 Effects of different application rates of biochar on the exterior fruit quality of *Prunus pseudocerasu* Manaohong

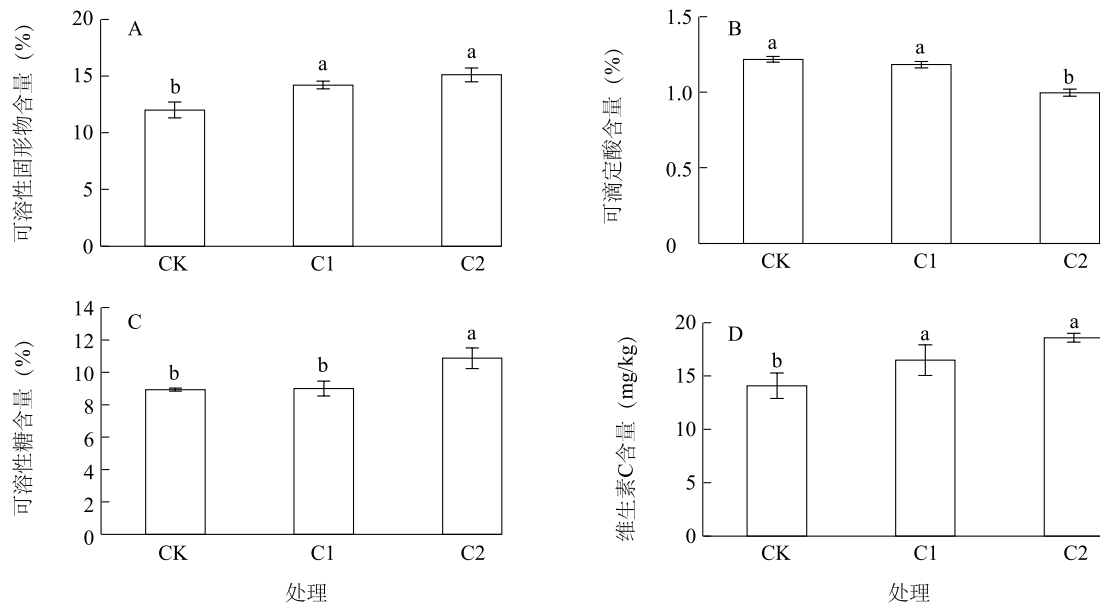
处理	单果质量 (g)	果实纵径 (cm)	果实横径 (cm)	果形指数
CK	4.3±0.2b	2.0±0.1b	1.9±0.1b	1.0±0a
C1	4.7±0.2a	2.1±0a	2.1±0a	1.0±0a
C2	4.6±0.2ab	2.1±0a	2.1±0a	1.0±0a

CK:生物炭施用量为 1 株 0 kg(对照);C1:生物炭施用量为 1 株 5 kg;C2:生物炭施用量为 1 株 10 kg。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 生物炭对果实内在品质的影响

生物炭对玛瑙红樱桃果实内在品质影响较大,施用生物炭可显著提高玛瑙红樱桃果实可溶性固形物含量(图 1A)和维生素 C 含量(图 1D),与对照相比,C1 处理和 C2 处理下玛瑙红樱桃果实可溶性固形物含量分别增加 18.3% 和 25.8%,维生素 C 含量分别增加 17.0% 和 32.0%。施用少量生物炭(C1

处理)对可滴定酸含量(图 1B)、可溶性糖含量(图 1C)影响不显著,施用较高量生物炭(C2 处理)可显著增加可溶性糖和维生素 C 含量,与对照相比,分别增加了 21.6% 和 31.0%,显著降低可滴定酸含量,与对照相比,降低了 18.1%。生物炭的施用在一定程度上提高了玛瑙红樱桃果实的内在品质。



CK、C1、C2 见表 1 注。不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

图 1 不同施用量生物炭处理对玛瑙红樱桃果实内在品质的影响

Fig.1 Effects of different application rates of biochar on the fruit internal quality of *Prunus pseudocerasus* Manaohong

2.3 生物炭对植株生长的影响

施用生物炭可促进玛瑙红樱桃的生长,但促进效果与生物炭施用量有关。表 2 显示,C1 处理显著增加了玛瑙红樱桃的干径生长量、冠幅生长量和叶

片生长量(叶长和叶宽),与对照相比,分别提高了 37.5%、36.9%、9.8% 和 12.1%。C2 处理显著增加了玛瑙红樱桃的新梢数量和叶长,与对照相比,增加了 37.5% 和 10.7%。

表 2 不同施用量生物炭处理对玛瑙红樱桃生长的影响

Table 2 Effects of different application rates of biochar on the plant growth of *Prunus pseudocerasus* Manaohong

处理	干径生长量 (mm)	冠幅生长量 (cm)	新梢数量 (个)	新梢长 (cm)	新梢直径 (mm)	叶数 (个)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)
CK	1.6±0.1b	57.5±5.4b	76.6±14.6b	19.6±3.4a	5.8±0.7ab	11.5±0.9a	11.2±0.7b	5.8±0.2b
C1	2.2±0.4a	78.7±10.0a	99.0±10.6ab	20.9±4.1a	6.2±0.9a	11.2±1.0a	12.3±0.3a	6.5±0.4a
C2	1.9±0.1ab	59.3±14.3ab	105.3±12.1a	18.6±2.1a	5.4±0.5b	10.6±0.8a	12.4±0.3a	6.1±0.3ab

CK、C1、C2 见表 1 注。同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 生物炭对土壤矿质元素含量的影响

施用不同量生物炭对玛瑙红樱桃种植土壤的矿质元素含量影响较大(表 3),施用生物炭可显著提高交换性钙和交换性镁含量,但 C1 和 C2 处理下其

含量差异不显著。C1 处理下有效铁含量最高,与对照相比,提高了 7.7%。C2 处理下有效锰含量显著增加,是对照的 1.3 倍,有效铜含量和有效锌含量显著下降,与对照相比,分别降低了 6.4% 和 21.5%。

生物炭的施用可提高土壤交换性钙含量和交换性镁含量,但对 Cu、Zn、Fe 和 Mn 等微量元素的影响因施用量不同而有所差异。

表 3 生物炭对土壤养分的影响

Table 3 Effect of biochar on mineral element content of soil

处理	有效铜含量 (mg/kg)	有效锌含量 (mg/kg)	有效铁含量 (mg/kg)	有效锰含量 (mg/kg)	交换性钙含量 (mg/kg)	交换性镁含量 (mg/kg)
CK	3.12a	5.96a	173.47b	22.63b	1 875.00b	312.00b
C1	3.20a	5.93a	186.88a	17.15c	2 734.00a	363.00a
C2	2.92b	4.68b	173.84b	29.17a	2 529.00a	353.00a

CK、C1、C2 见表 1 注。同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

3 讨论

目前,生物炭在农业领域的应用主要是将其用作土壤改良剂,以促进作物的生长和产量的提高^[12]。吴志庄等^[13]通过黄连木人工施用生物炭肥,探讨了黄连木生长对生物炭肥输入的响应,结果发现,生物炭肥总体上能促进黄连木的生长,有效促进其地径、树高、冠幅、比叶面积等生长指标的增加。张玲等^[14]探索了单施生物炭在旱地苹果生产中的应用效果,通过田间试验,研究了施用生物炭对渭北红富士苹果果实产量、品质的影响,结果表明,施用生物炭可提高红富士苹果产量、维生素 C 含量、可溶性糖含量、单果质量,降低可滴定酸含量。另外有研究表明,生物炭对大白菜、玉米、马铃薯等作物的生长及产量的提高有促进作用^[15-17]。本研究结果也表明,施用生物炭能促进玛瑙红樱桃的生长,提高果实品质。有研究表明,生物炭对作物生长发育的促进作用源自其对土壤化学性质的影响^[18]。土壤是果树生存的基础,土壤矿质营养适宜时,根系才能分布均匀,生长良好,保证植株的良好发育,获得优质果品^[19]。生物炭在土壤中各种因素的交互作用下,会缓慢释放部分营养元素,补充土壤养分,其空隙多、比表面积大的特性,减少了土壤营养元素的淋失量。因此,在土壤中增施生物炭有助于土壤肥力的提高^[8]。周桂玉等^[20]报道称,添加生物炭能显著提高土壤中有有效钙和有效镁的含量。Novak 等^[21]发现,增施 2% 生物炭能明显增加土壤钙和锰的含量。为了揭示生物炭对土壤化学性质的影响及其与樱桃生长和果实品质之间的关系,对土壤中部分营养元素含量进行了测定,结果发现,生物炭的施用显著增加了土壤交换性钙含量。钙与果实

甜度和酸度有关^[22],张强等^[23]研究结果表明,苹果果实中可溶性固形物的含量主要受果实中钙含量的影响,而果实的矿质元素主要依赖根系从土壤中吸收、运输。王国义^[24]研究结果表明,苹果果实含糖量与土壤钙含量显著正相关。郭昌勋^[25]研究结果表明,生物炭的施用提高了酸性土壤中交换性钙的含量,同时发现生物炭对机幼苗地上部生长量的促进作用主要表现在株高上。周劲松等^[26]在梗稻苗期培养基质中增施 15% (质量比) 生物炭,基质中钙含量达到最高,梗稻幼苗株高和干物质生物量显著提高。

不同施用量的生物炭对作物生长和产量的影响不同。张娜^[27]的研究结果表明,施用 1 t/hm² 生物炭可显著提高玉米产量,当施用量增大到 5 t/hm²、10 t/hm² 时,玉米产量并未随生物炭施用量的增加而增加。本研究结果表明,不同生物炭施用量对玛瑙红樱桃生长和果实品质的影响不同,当生物炭施用量为 1 株 5 kg (C1 处理) 时,植株生长量最大,当生物炭施用量为 1 株 10 kg (C2 处理) 时,果实品质最佳,可见生物炭可以调节玛瑙红樱桃生殖生长和营养生长,其调节机制有待进一步研究。

生物炭作为土壤改良剂,对作物生长的影响是复杂的。赵倩雯等^[15]研究结果表明,花生壳生物炭对大白菜幼苗生长的促进作用要优于玉米秸秆生物炭。Major 等^[28]研究结果表明,添加生物炭后,当年玉米产量与对照相比无显著差异,但从第二年开始产量显著增加,说明生物炭对作物生物量和产量的促进作用随施用后时间的延长而表现出一定的累加效应。生物炭的种类和施用时间等均影响作物的生长。周劲松等^[26]研究结果表明,水稻育苗基质中铁含量随生物炭施用量的增加而减少。Niaz^[29]研究结果表明,水稻土壤中有有效铁含量在施用生物炭

的处理中显著增加。本研究结果表明,1株玛瑙红樱桃施用5 kg生物炭处理能显著提高土壤有效性铁含量,但1株玛瑙红樱桃施用10 kg生物炭处理对土壤有效性铁含量无显著影响,说明生物炭的施用量对土壤养分的影响较大。本研究仅初步探索了施用生物炭对玛瑙红樱桃生长、果实品质及土壤养分的影响,要想真正将生物炭应用于果树栽培生产中,还需从生物炭种类、用量等方面开展研究。

参考文献:

- [1] 陈祖瑶,郑元红,徐富军. 樱桃早熟新品种玛瑙红的选育[J]. 中国果树, 2013(1):8-10.
- [2] 陈祖瑶,郑元红,徐富军,等. 贵州省高海拔山区玛瑙红樱桃栽培技术规程[J]. 园艺与种苗, 2013(4):3-5.
- [3] ANTAL M J, GRONLI M. The art, science and technology of charcoal production [J]. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2003, 42(8):1619-1640.
- [4] OGAWA M, OKIMORI Y, TAKAHASHI F. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation; three case studies [J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, 11(2): 421-436.
- [5] 兰天,张辉,刘源,等. 玉米秸秆生物炭对 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 的吸附特征与机制[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2):368-375.
- [6] 杨卓,陈婧,揣莹. 芦苇生物炭的制备、表征及吸附性能[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(11):464-467.
- [7] VAN ZWIETEN L, 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.
- [8] 陈温福,张伟明,孟军. 农用生物炭研究进展与前景[J]. 中国农业科学, 2013, 46(16):3324-3333.
- [9] 高敬尧,王宏燕,许毛毛,等. 生物炭施入对农田土壤及作物生长影响的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(10):10-15.
- [10] 肖佳冰,张文静,李莉,等. 生物炭不同用量对烤烟外观质量、化学成分和经济性状的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(3):82-85.
- [11] 彭辉辉,刘强,荣湘民,等. 生物炭、有机肥与化肥配施对春玉米养分利用及产量的影响[J]. 南方农业学报, 2015, 46(8):1396-1400.
- [12] STEINER C, GARCIA M, ZECH W. Effects of charcoal as slow release nutrient carrier on N-P-K dynamics and soil microbial population: pot experiments with ferralsol substrate [M]. Berlin: Springer, 2009: 325-338.
- [13] 吴志庄,王道金,厉月桥,等. 施用生物炭肥对黄连木生长及光合特性的影响[J]. 生态环境学报, 2015, 24(6):992-997.
- [14] 张玲,田利,勾薇,等. 生物炭及沼液对苹果园土壤和叶片营养及果实产量品质的影响[J]. 中国果树, 2015(4):10-13.
- [15] 赵倩雯,孟军,陈温福. 生物炭对大白菜幼苗生长的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(12):2394-2401.
- [16] 刘明,来永才,李炜,等. 生物炭对玉米物质生产及产量的影响[J]. 作物杂志, 2015(3):133-138.
- [17] 付春娜. 生物炭对不同马铃薯品种生长及产量的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2016.
- [18] WANG H, LIN K, HOU Z, et al. Sorption of the herbicide terbutylazine in two New Zealand forest soils amended with biosolids and biochars [J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2010, 10(2): 283-289.
- [19] 克热曼·赛米,岳朝阳,巴哈尔古丽,等. 不同立地条件下‘木纳格’葡萄果实品质和矿质元素含量[J]. 北方园艺, 2016(18):9-13.
- [20] 周桂玉,窦森,刘世杰. 生物炭结构性性质及其对土壤有效养分和腐殖质组成的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(10):2075-2080.
- [21] 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.
- [22] 朱纵宇. 钙的生理作用及钙肥的施用方法[J]. 西北园艺:果树专刊, 2015(6):5-8.
- [23] 张强,李兴亮,李民吉,等. ‘富士’苹果品质与果实矿质元素含量的关联性分析[J]. 果树学报, 2016(11):1388-1395.
- [24] 王国义. 主产区苹果园矿质营养及其与果实品质关系的研究[D]. 北京:中国农业大学, 2014.
- [25] 郭昌勋. 生物炭对枳幼苗生长和南丰蜜橘果实品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学, 2016.
- [26] 周劲松,闫平,张伟明,等. 生物炭对水稻苗期生长、养分吸收及土壤矿质元素含量的影响[J]. 生态学杂志, 2016, 35(11):2952-2959.
- [27] 张娜,李佳,刘学欢,等. 生物炭对夏玉米生长和产量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(8):1569-1574.
- [28] 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.
- [29] NIAZ MUHAMMAD. 生物炭对植稻酸性土壤微生物群落和土壤肥力的影响[D]. 杭州:浙江大学, 2015.

(责任编辑:王妮)