

生物炭对玛瑙红樱桃苗期生理生化特征的影响

王健宁 文晓鹏 洪怡 姜昱雯 李正春 刘金桂 乔光

贵州大学生命科学学院/农业生物工程研究院/山地植物资源保护与保护种质创新教育部重点实验室, 贵阳 550025

摘要 采用盆栽试验, 设置3种生物炭(苹果枝条炭、烟草秸秆炭和玉米秸秆炭)、2种施用量(30 g/kg和60 g/kg)共7个处理, 研究不同生物炭处理对玛瑙红樱桃苗期生理生化特性的影响。结果发现, 不同原料及不同用量生物炭对玛瑙红樱桃苗生理生化特性的影响存在差异, 施用生物炭可促进玛瑙红樱桃苗生长, 与对照相比, 施加生物炭处理后的新梢长度与叶片数显著提高, 增幅分别为37.50%~119.51%和2.67%~53.39%, 株高与干径无显著差异。施加生物炭后提高玛瑙红樱桃苗叶片叶绿素含量、POD、SOD和CAT的活性, 低施用量(30 g/kg)处理的叶绿素含量较对照增加13.35%, 高施用量(60 g/kg)处理较对照增加3.96%, 30 g/kg处理的苹果枝条炭的POD、SOD和CAT活性显著高于对照, 分别提高0.87、2.24和0.40倍。施加生物炭后均降低叶片可溶性糖、可溶性蛋白、类胡萝卜素和MDA含量, 分别比对照降低15.05%、26.36%、14.05%和12.15%。通过隶属函数法分析可知, 30 g/kg处理的苹果枝条炭的隶属函数值均值最高, 由此表明适宜的施用量(30 g/kg)有效地改善了玛瑙红樱桃生理生化特性, 可用于其丰产优质栽培。

关键词 生物炭; 玛瑙红樱桃; 生理生化特性

中图分类号 Q 945.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2019)03-0019-06

玛瑙红樱桃是贵州省特有的本地酸樱桃变异新品种, 因其果实如晶莹剔透的红玛瑙而得名, 于2011年通过了贵州省品种审定委员会审定^[1]。该品种早熟丰产、适应性强且色艳味美、耐贮性好, 极具市场竞争力, 在贵州省广泛种植。由于贵州喀斯特山地面积广、土体薄、有机质含量低, 严重影响了玛瑙红樱桃的长势及品质。生物炭是农林废弃物等在缺氧或低氧条件下热裂解而形成的富含碳的有机质, 并含有植物生长必需的大量元素和中、微量元素, 且通气透水性好、比表面积大、吸附能力强, 能通过阳离子交换和吸附作用吸附土壤中的重金属, 改善土壤的理化性质^[2-7]。因此, 生物炭作为一种土壤改良剂, 近年来逐渐成为研究热点并受到广泛的关注。

近年来, 生物炭在果树上的应用研究越来越多, 在苹果园土中单施生物炭, 可明显增加叶片叶绿素含量、提高果实含糖量和VC含量^[8-9]。施加炭化苹果枝能提高平邑甜茶的生物量、光合作用和根系的功能, 并能有效地缓解苹果连作障碍^[10-11]。杜国栋

等^[12]发现生物炭能减缓干旱胁迫下的土壤水分损耗, 从而提高秋子梨的耐旱性。张祥等^[13]研究发现施用生物炭有利于枳砧纽荷尔脐橙幼苗的生长。Lyu等^[14]发现生物炭能有效改变梨树叶叶绿素荧光参数, 调节质膜过氧化作用, 提高梨的抗旱性。但有学者认为, 生物炭对植物的影响因生物炭种类、施用量及植物种类而异^[15-17]。笔者所在课题组先期开展了在樱桃园施用生物炭的研究, 并以根际土壤微环境为研究对象, 发现施用生物炭能提高玛瑙红樱桃土壤微生物数量和养分含量^[18]。本研究以玛瑙红樱桃幼树为研究对象, 探讨不同生物炭及施用量对其生理生化特性的影响, 以完善生物炭对玛瑙红樱桃影响的理论研究, 为生物炭在樱桃上的应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于贵州大学农业生物工程研究院苗圃内进行, 供试土壤为黄土, 含有机质 25.37 g/kg, 全氮

收稿日期: 2018-11-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(31760552); 贵州省农业科技攻关项目(黔科合字 NY20123016)

王健宁, 硕士研究生. 研究方向: 植物生理生化. E-mail: 515884926@qq.com

通信作者: 乔光, 博士, 高级实验师. 研究方向: 果树生理及分子生物学. E-mail: 13518504594@163.com

1.29 g/kg,有效磷 17.1 mg/kg,速效钾 163 mg/kg, pH 值 6.6。供试生物炭购于陕西亿鑫生物能源科技开发有限公司,有苹果枝条炭、烟草秸秆炭和玉米秸秆炭 3 种,分别以烟草秸秆、玉米秸秆和苹果枝条为原材料在 450~600 °C 炭化而成。有机碳含量采用重铬酸钾法测定,有效磷和速效钾采用碳酸氢钠

提取-钼锑抗比色法,碱解氮测定采用碱解扩散法,其基本理化性质见表 1。供试材料为 1 年生玛瑙红樱桃高空压条苗,2018 年 3 月 1 日定植于混有不同种类及用量生物炭的塑料钵(32 cm×21 cm)中,置于大棚温室中培养,日常管理按无公害栽培技术规范^[19]进行。

表 1 不同生物炭理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of biochar

处理 Treatment	有机碳/% Total organic carbon	有效磷/(mg/kg) Available P	速效钾/(mg/kg) Available K	碱解氮/(mg/kg) Alkali-hydrolyzable N
苹果枝条炭 Apple branches	69.68	24.10	1 275	22.05
烟草秸秆炭 Tobacco stalks	47.08	245.68	32 750	35.28
玉米秸秆炭 Corn stalks	65.07	182.53	6 800	27.93

1.2 试验方法

试验按照每盆(每盆装 10 kg 土)中所施生物炭种类及用量不同共设 7 个处理:苹果枝条炭 300 g (30 g/kg, P3)和 600 g (60 g/kg, P6)、烟草秸秆炭 300 g (30 g/kg, Y3)和 600 g (60 g/kg, Y6)、玉米秸秆炭 300 g (30 g/kg, YM3)和 600 g (30 g/kg, YM6)及无生物炭处理(CK)。每盆栽种 1 株,每处理 10 盆。于定植后 90 d,选取长势基本一致的幼苗作为样品。

1.3 测定项目

株高和新梢长采用直尺测定;茎粗采用游标卡尺测定;叶绿素含量采用 95%乙醇浸提法测定;叶片可溶性糖和可溶性蛋白含量采用蒽酮比色法和考马斯亮蓝染色法测定^[20];超氧化物歧化酶(SOD)活性采用氮蓝四唑法;过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法;过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外吸收法测定;丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸法测定^[21]。

1.4 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2011 整理数据及 SPSS (21.0)进行单因素方差分析、LSD 显著性检验和隶属函数法评价分别计算各耐盐指标的隶属函数值,各指标隶属函数计算公式为: $U(x_i) = (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$,式中, x_i 为指标测定值, x_{\min} 和 x_{\max} 分别为各处理的最大值和最小值,由于 MDA 呈负相关,用反隶属函数计算,公式为: $U(x_i) = 1 - (x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$ 。

2 结果与分析

2.1 生物炭对玛瑙红樱桃农艺性状的影响

从表 2 可以看出,施用 3 种生物炭均促进了玛

瑙红樱桃苗的生长。各生物炭处理中株高和茎粗显著高于对照,但增加幅度较小;所有处理中玛瑙红樱桃苗的新梢长度和叶片数与对照相比有所增加,除了 P6 外,其余处理对于促进新梢生长的效果显著,表现为 $Y3 > YM3 > P3 > YM6 > Y6 > P6 > CK$; P3、Y3、YM3 处理的叶片数与对照有显著性差异,分别增加了 1.37、1.53 和 1.44 倍。这可能是因为栽种的是 1 年生高空压条苗,前期主要供给新梢营养,促进新梢的生长,在 30 g/kg 施用量下,随着生物炭施用量的增加,玛瑙红樱桃苗的株高、茎粗、新梢长和叶片数有所降低,说明适量的生物炭可以为玛瑙红樱桃苗的地上部生长提供更多的营养物质,有利于植株的生长发育。

2.2 生物炭对玛瑙红樱桃苗光合色素的影响

植物色素在光合作用中非常重要,其含量变化能反映植株的生理状态。由表 2 可知,与对照相比,施加生物炭能提高樱桃苗叶绿素含量,表现为 $YM3 > P3 > YM6 > Y3 > Y6 > P6 > CK$,其中 YM3 处理总叶绿素含量最高,达 36.68 mg/g,与对照相比增加了 20.03%,但 30 g/kg 施用量下的叶绿素含量与 60 g/kg 施用量相比增加幅度较大,这可能是因为较高的生物炭施加量(60 g/kg)抑制了叶绿素的合成,P6、Y6、YM6 处理的叶绿素含量的不同可能与生物炭的种类及其所含的养分含量不同有关。增施生物炭降低了樱桃叶片类胡萝卜素的含量,其中 YM3 处理与对照水平相比降低幅度达显著水平,降低了 0.69 mg/g,也降低了类胡萝卜素含量与叶绿素含量的比值,其中 YM3 处理最小(0.079)。

表 2 生物炭对玛瑙红樱桃苗生长特性的影响

Table 2 Effect of biochar on growth characteristics

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/cm Stem diameter	新梢长/cm New shoots length	叶片数 Leaf number
CK	48.44±0.43b	7.48±0.40b	6.56±1.12c	4.87±0.50c
P3	50.48±0.75a	8.93±0.35a	14.25±0.91a	6.67±0.28ab
P6	49.84±0.41a	9.01±0.48a	9.02±1.95bc	5.00±0.47c
Y3	50.90±0.40a	9.47±0.11a	14.40±0.74a	7.47±0.49a
Y6	50.70±0.64a	8.74±0.38a	11.76±1.15ab	5.97±0.44bc
YM3	50.50±0.32a	8.70±0.46a	14.37±1.02a	7.00±0.15ab
YM6	49.60±0.19ab	8.67±0.53a	12.87±2.19ab	5.93±0.71bc

注：不同小写字母表示差异达到 5%，下同。Different lowercase letter means significant at 5% level, the same as follows.

表 3 生物炭处理下玛瑙红樱桃苗叶片叶绿素含量的变化

Table 3 Effects of biochar on chlorophyll content of 'Manaohong' seedling leaves

mg/g

处理 Treatment	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	总叶绿素 Total chlorophyll	类胡萝卜素 Carotenoids	类胡萝卜素/总叶绿素 Carotenoids/Total chlorophyll
CK	20.97±0.12a	9.59±0.95a	30.56±0.96a	3.49±0.22a	0.11±0.01a
P3	22.28±0.99a	12.51±1.19a	34.79±2.16a	3.02±0.13a	0.09±0.01a
P6	20.07±1.90a	10.70±1.55a	30.77±3.44a	2.97±0.14a	0.10±0.01a
Y3	21.19±1.57a	11.27±1.13a	32.46±2.70a	3.24±0.09a	0.10±0.01a
Y6	20.01±1.36a	10.56±1.46a	30.57±2.67a	2.97±0.40a	0.10±0.02a
YM3	22.69±1.71a	13.99±2.08a	36.68±3.76a	2.80±0.19b	0.08±0.01b
YM6	21.55±1.65a	12.43±1.64a	33.98±3.28a	3.02±0.07a	0.09±0.02a

2.3 生物炭对玛瑙红樱桃苗叶片渗透调节物质的影响

生物炭的施用改变了玛瑙红樱桃苗叶片渗透调节物质的含量。如图 1 所示，除 P6 和 Y3 处理与对照无显著性差异外，其余处理(P3、Y6、YM3、YM6)

均显著降低了可溶性蛋白含量，其中 YM6 处理最低(7.04 mg/g)，与对照相比降低了 42.6%；Y3 处理最高，与对照相比升高了 2.9%。30 g/kg 玉米秸秆炭(YM3)与苹果枝条炭(P3)处理下可溶性糖含量最高，分别比对照升高 7.4%和 7.6%，最高达到2.648 mg/g，

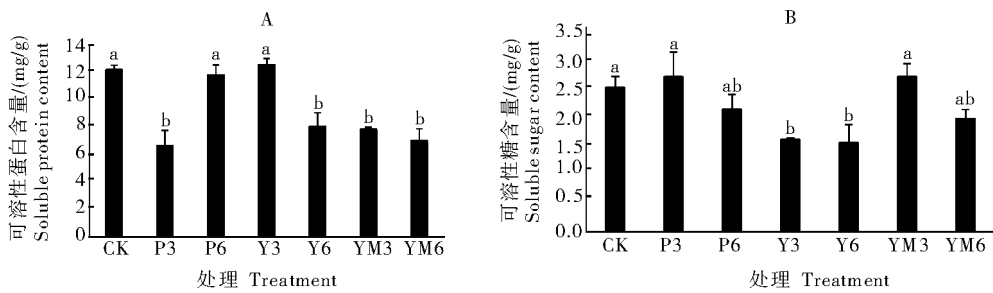


图 1 生物炭对玛瑙红樱桃苗叶片可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Fig.1 Effects of biochar on soluble protein and soluble sugar of 'Manaohong' seedling leaves

但都与对照无显著性差异。与 CK 处理相比，施加烟草秸秆炭(Y3 和 Y6)后可溶性糖含量显著降低，分别降低了 36.1%和 38.4%。

2.4 生物炭对玛瑙红樱桃苗抗氧化酶系统的影响

不同生物炭处理对玛瑙红樱桃苗抗氧化系统的影响见图 2。图 2A 显示，施用烟草秸秆炭、玉米秸秆炭和苹果枝条炭显著增加了 POD 活性，其中 YM6 和 P3 处理最高，分别为 2 677 U/g 和 2 453 U/g，与对照相比显著提高了 2.54 倍和 2.24 倍；P6 和 Y6 提高幅度较小，分别提高了 0.5 倍和 0.4 倍。

由图 2B 可以看出，除 Y3 和 YM6 处理外，其余生物炭处理均显著提高玛瑙红樱桃 SOD 含量，其中 P3 处理 SOD 活性最高，达 3 418 U/g，较 CK 处理提高了 0.87 倍。生物炭施用提高了玛瑙红樱桃苗叶片 CAT 活性(图 2C)，YM6 处理下 CAT 活性最高达到 1 726 U/g，较对照显著提高 2.3 倍；Y6 处理次之，为 1 028 U/g，较对照显著提高 1.0 倍；P3 和 P6 处理下 CAT 活性分别为 743 和 732 U/g，较对照均提高了 0.4 倍；Y3 和 YM3 处理下 CAT 活性有所提

高,但未达显著性水平。

2.5 生物炭对玛瑙红樱桃苗叶片 MDA 含量的影响

由图 2D 可以看出,施加生物炭降低了玛瑙红樱桃苗叶片 MDA 含量。不同用量生物炭处理的 MDA 含量为 17.269 ~ 21.428 mol/g,均低于对照处理,各处理 MDA 含量从低到高依次为 Y3<P6<Y6<P3<YM6<YM3<CK。与对照相比,降幅范围为 1.2%~20.4%,其中 P6、Y3 和 Y6 处理的降低

量达到了显著水平。

2.6 不同生物炭处理的综合评价

采用模糊隶属函数法对玛瑙红樱桃苗的生长指标和生理指标进行综合评价,观察各生物炭处理对玛瑙红樱桃苗生长发育的影响。由表 4 可知,按隶属函数值由大到小的顺序依次为:P3>Y3>YM3>YM6>P6>Y6>CK,其中 P3 处理的隶属函数值最高,说明苹果枝条炭在 30 g/kg 施用量下的效果最好。

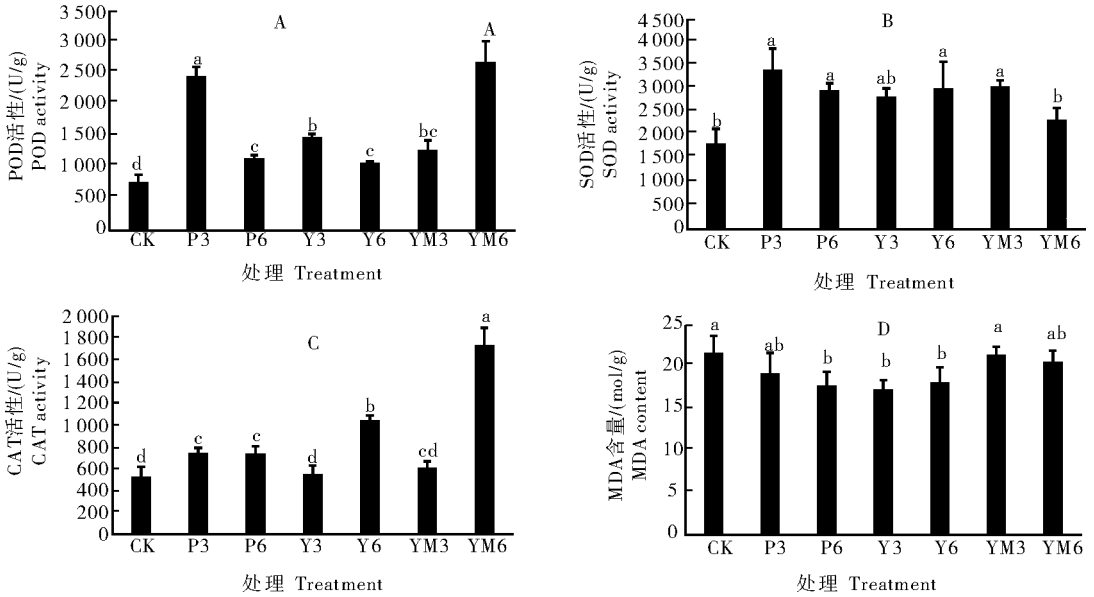


图 2 生物炭对玛瑙红樱桃苗叶片 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 含量的影响

Fig.2 Effects of biochar on activities of SOD,POD,CAT and MDA content of 'Manahong' seedling leaves

表 4 隶属函数值及综合排名

Table 4 Value of membership function and comprehensive ranking

处理 Treatment	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	新梢长 New shoot length	叶片数 Leaf number	叶绿素 Chlorophyll	可溶性糖 Soluble sugar	可溶性蛋白 Soluble protein	MDA	SOD	POD	CAT	平均值 Average	排序 Rank order
P3	0.833	1.000	0.981	0.692	0.691	0.997	0.000	0.565	1.000	0.883	0.184	0.712	1
P6	0.579	0.770	0.314	0.051	0.034	0.506	0.874	0.889	0.721	0.197	0.176	0.465	5
Y3	1.000	0.727	1.000	1.000	0.310	0.049	1.000	1.000	0.631	0.374	0.024	0.647	2
Y6	0.921	0.633	0.663	0.423	0.001	0.000	0.238	0.187	0.746	0.160	0.429	0.400	6
YM3	0.841	0.613	0.997	0.820	1.000	1.000	0.202	0.058	0.770	0.267	0.069	0.603	3
YM6	0.484	0.597	0.804	0.410	0.559	0.367	0.060	0.255	0.327	1.000	1.000	0.533	4
CK	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.835	0.941	0.000	0.000	0.000	0.000	0.161	7

3 讨论

生物炭具有较大的比表面积、发达的孔隙结构、强大的离子吸附能力,施用生物炭能增大土壤的持水性、保持土壤肥力、改善土壤特性,促进作物的生长,从而提高作物的产量及品质^[22-25]。近年来,在果树生产中施用生物炭的研究越来越多,但施用效果却不尽相同。本研究结果表明,生物炭的施加有利

于提高玛瑙红樱桃苗株高、茎粗、新梢长和叶片数,与 60 g/kg 施用量相比,30 g/kg 施用量的作用更明显,说明适量的生物炭更有利于促进玛瑙红樱桃苗的生长。

植物色素含量与其光合能力、发育阶段和氮素状况等有良好的相关性,已成为评价植物长势的一种有效手段^[26]。周贤锋^[27]采用类胡萝卜素含量的变化与叶绿素含量比值研究植株生理状态,表明当

植物处于胁迫或衰老状态时,叶绿素含量会迅速降低,使得类胡萝卜素与叶绿素比值增大。本研究中,生物炭的施用改变了玛瑙红樱桃苗光合色素的含量,叶绿素含量有所增加,类胡萝卜素含量和类胡萝卜素与叶绿素比值降低,表明生物炭的使用有助于保护光合色素,延缓玛瑙红樱桃叶片衰老进程。

可溶性糖和可溶性蛋白是重要的渗透调节物质,能提供植物生长发育所需的营养和能量,不仅可以维持细胞的渗透压,帮助维持植物生长发育的稳定,还能对植物的抗性、代谢等方面产生影响^[28]。有研究表明,植物在逆境胁迫下可溶性蛋白和可溶性糖含量增加^[29]。在本研究中,不同生物炭处理的可溶性蛋白和可溶性糖含量均比对照降低,其原因可能是由于生物炭改善了土壤微环境,使植株生活在相对适宜的环境,一定程度上使植株免受逆境胁迫。

SOD、POD和CAT是植物清除活性氧的保护酶,具有清除胞内过量活性氧的作用^[30],三者相互作用,形成了一个完整的抗氧化酶系统,是植物在遭受胁迫时的重要防御体系之一,能有助于缓解活性氧对植株的伤害。MDA作为脂质过氧化指标,能反映细胞膜脂的过氧化程度。本研究中不同种类生物炭及不同施用量均能提高玛瑙红樱桃叶片的POD、SOD和CAT的活性,降低MDA含量,说明生物炭一定程度上可以诱导保护酶活性的增加,降低细胞质膜透性,缓解了细胞质膜所受的损伤,使膜质过氧化反应对植株的伤害降低。

本研究中不同生物炭及用量对玛瑙红樱桃生理生化指标的影响存在差异,原因可能是由于烧制材料不同,使得生物炭自身所含营养成分及结构特性存在差异,对土壤肥力及结构的改善程度不同,从而对玛瑙红樱桃理化特性产生不同的影响。本研究根据模糊隶属函数法所得结果,初步判断在本试验条件下苹果枝条炭在30 g/kg施用量下的效果最好,更有助于为玛瑙红樱桃幼苗提供适宜生长环境,改善其理化特性。由于本研究仅对玛瑙红幼树一个时期的理化特性进行了测定,今后应将本试验延长至整个生育期,并开展田间试验,以准确地获得对玛瑙红樱桃生长有益的生物炭施用种类及用量,为生物炭在玛瑙红樱桃丰产优质栽培中的应用奠定基础。

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] 叶利勇,吴琦,水德聚,等.生物炭对铜胁迫下盘菜种子萌发及幼苗生长的影响[J].北方园艺,2018(8):59-63.
- [3] 代红翠,陈源泉,王东,等.生物炭和AM真菌对重金属污染下土壤养分及望江南生长的影响[J].草业学报,2018,27(11):150-161.
- [4] 郭文娟,梁学峰,林大松,等.土壤重金属钝化修复剂生物炭对镉的吸附特性研究[J].环境科学,2013,34(9):3716-3721.
- [5] 应介官,林庆毅,张梦阳,等.生物炭对铝富集酸性土壤的毒性缓解效应及潜在机制[J].中国农业科学,2016,49(23):4576-4583.
- [6] 徐楠楠,林大松,徐应明,等.玉米秸秆生物炭对Cd²⁺的吸附特性及影响因素[J].农业环境科学学报,2014,33(5):958-964.
- [7] SINGH A, PRASAD S M. Remediation of heavy metal contaminated ecosystem: an overview on technology advancement[J]. International journal of environmental science and technology, 2015, 12(1):353-366.
- [8] VENTURA M, SORRENTI G, PANZACCHI P, et al. Biochar reduces short-term nitrate leaching from a horizon in an apple orchard[J]. Journal of environmental quality, 2013, 42(1):76-82.
- [9] 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.
- [10] 闫丽娟,杨洪强,苏倩,等.施用炭化苹果枝粉末对平邑甜茶生长及根系构型的影响[J].园艺学报,2014,41(7):1436-1442.
- [11] 王艳芳,相立,徐少卓,等.生物炭配施甲壳素能更好地缓解苹果连作障碍[J].中国农业科学,2017,50(4):711-719.
- [12] 杜国栋,刘志琨,赵玲,等.生物炭减缓干旱胁迫对秋子梨根系呼吸生理功能的影响[J].果树学报,2016,33(增刊):90-97.
- [13] 张祥,王典,朱盼,等.生物炭对酸性红壤改良及枳砧纽荷尔脐橙苗生长的影响[J].中国南方果树,2013,42(6):38-41.
- [14] LYU S, DU G, LIU Z, et al. Effects of biochar on photosystem function and activities of protective enzymes in *Pyrus ussuriensis* Maxim. under drought stress[J]. Acta physiologiae plantarum, 2016, 38(9):220.
- [15] SORRENTI G, CAROLINE A, DUGAN B, et al. Biochar physico-chemical properties as affected by environmental exposure [J]. Science of the total environment, 2016, 563/564:237-246.
- [16] ALIETA E, BOUND S. Impact of biochar amendment on the growth, physiology and fruit of a young commercial apple orchard[J]. Trees, 2015, 29(6):1817-1826.
- [17] 吕波,王宇函,夏浩,等.不同改良剂对黄棕壤和红壤上白菜生长及土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2018,51(22):4306-4315.
- [18] 乔光,洪怡,田田,等.生物炭对玛瑙红樱桃土壤微生物和养分的影响[J].华中农业大学学报,2017,36(3):51-56.
- [19] 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.
- [20] 蔡永萍.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业大学出版社,2014:170-172.
- [21] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,

2013:123-227.

- [22] 黄超,刘丽君,章明奎.生物质炭对红壤性质和黑麦草生长的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2011,37(4):439-445.
- [23] 马莉,侯振安,吕宁,等.生物炭对小麦生长和氮素平衡的影响[J].新疆农业科学,2012,49(4):589-594.
- [24] 勾芒芒,屈忠义.土壤中施用生物炭对番茄根系特征及产量的影响[J].生态环境学报,2013,22(8):1348-1352.
- [25] 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.
- [26] FILELLA D,PENUELAS J. The red edge position and shape

as indicators of plant chlorophyll content,bi-omass and hydric status[J]. Internal journal of remote sensing,1994,15(7):1459-1470.

- [27] 周贤锋.色素含量比值进行作物氮素营养状况诊断方法研究[D].北京:中国科学院大学,2017.
- [28] 王辉,孙耀清,杨乐,等.3种茶花叶片可溶性糖与可溶性蛋白含量的年变化[J].江苏农业科学,2017,45(11):105-107.
- [29] 方志红,董宽虎. NaCl 胁迫对碱蒿可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响[J].中国农学通报,2010,26(16):147-149.
- [30] 朱奕豪,朱彦霖,曹兴,等.生物炭对百合生理特性的影响[J].北方园艺,2017(7):92-98.

Effects of biochar on physiological and biochemical characteristics of *Prunus pseudocerasus* ‘Manaohong’ seedling

WANG Jianning WEN Xiaopeng HONG Yi JIANG Yuwen
LI Zhengchun LIU Jingui QIAO Guang

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

Abstract The *Prunus pseudocerasus* ‘Manaohong’ was used to study the effects of different biochar treatments on physiological and biochemical characteristics at the seedling stage to lay the foundation for applying biochar in cherry production. Three kinds of biochar including corn stalks, tobacco stalks and apple branches and two application rates including 30 g/kg and 60 g/kg were set in the pot experiment. The results showed that different biochar and different dosages had different effects on the physiological and biochemical characteristics of *Prunus pseudocerasus* ‘Manaohong’. The application of biochar promoted the growth of plant. Compared with the control, the length of new shoots and the number of leaves under biochar treatment were significantly increased, with increase of 37.50%~119.51% and 2.67%~53.39%, respectively. There was no significant difference between plant height and stem diameter. The application of biochar increased the activity of chlorophyll content, POD, SOD and CAT. Compared with the control, the chlorophyll content under low application rate (30 g/kg) and the high application rate (60 g/kg) increased by 13.35%, and 3.96%, respectively. The activity of POD, SOD and CAT of apple branches treated with 30 g/kg was significantly higher than that of the control, with increase of 0.87, 2.24 and 0.4 times, respectively. After application of biochar, the content of soluble sugar, soluble protein, carotenoid and MDA in leaves decreased by 15.05%, 26.36%, 14.05% and 12.15%, respectively. The average value of the membership function of apple branches treated with 30 g/kg was the highest, indicating that the suitable application rate (30 g/kg) effectively improve the physiological and biochemical characteristics of *Prunus pseudocerasus* ‘Manaohong’ and can be used for its high yield and high quality cultivation.

Keywords biochar; *Prunus pseudocerasus* ‘Manaohong’; physiological and biochemical characteristics

(责任编辑:张志钰)