

生物炭对玛瑙红樱桃土壤微生物和养分的影响

乔光 洪怡 田田 刘小翠 文晓鹏

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, 贵阳 550025

摘要 以贵州省主栽樱桃品种玛瑙红为试材, 探讨生物炭对土壤微生物和养分的影响, 旨在为玛瑙红樱桃的丰产优质栽培及生物炭在果树上的应用提供理论依据。试验设置 0(CK)、5(C1)和 10(C2) kg/株 3 个生物炭施用量, 结果显示: 在始花期, C1 处理显著提高细菌、反硝化细菌数量, C2 处理显著提高好氧固氮菌数量; 在盛花期, 生物炭的添加显著提高了土壤微生物多样性和反硝化细菌数量; 在结果期, C2 处理显著提高真菌数量; 添加生物炭处理提高了土壤 pH 值和有机质含量, 但对土壤养分的影响因物候期而异。结果表明, 生物炭的添加能提高玛瑙红樱桃土壤微生物量、微生物多样性、土壤养分, 但提高效果与植物所处生长状态有关。

关键词 生物炭; 樱桃; 土壤微生物; 土壤养分

中图分类号 S 154.3 : S 662.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2017)03-0051-06

生物炭(biochar)指生物质在缺氧和一定温度条件下热裂解干馏形成的富碳产物, 具有含碳量高、孔隙多、吸附能力强、保肥保水性能好等特点^[1]。大量研究表明, 生物炭的比表面积和孔隙结构可提供适宜土壤微生物生存的良好环境, 并调控其生长、发育和代谢, 改善土壤肥力^[2-3]。同时, 生物炭还能通过强烈的吸附作用吸附土壤中的养分, 减少养分流失, 提高肥料的利用率, 改变土壤理化性质^[4-5]。近年来, 生物炭逐渐成为研究热点, 但关于添加生物炭对土壤微生物及理化性质影响的研究主要集中在大田农作物上, 目前鲜有关于生物炭在果树上的应用的报道。

玛瑙红樱桃是贵州省特有的本地酸樱桃变异新品种, 2011 年通过贵州省品种审定委员会审定并定名^[6]。该品种丰产优质、耐贮性好, 目前在贵州省大面积栽培, 并推广到了周边省区。本研究以玛瑙红樱桃为试验材料, 初步探讨生物炭对其土壤微生物丰度及土壤理化性质的影响, 为玛瑙红樱桃的丰产优质栽培及生物炭在果树上的应用奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于 2015 年在贵州省福泉市黄丝镇江边生

态园中进行, 试验地海拔约 980 m, 年平均气温 13.8 °C, 无霜期 284 d, 年平均日照时数 1 147.3 h, 年积温 5 413.3 °C, 年降雨量 1 156.2 mm。樱桃品种为 3 年生玛瑙红樱桃高空压条苗, 试验前选取主干粗度、枝条数、枝条粗度相对一致、无病虫害植株挂牌标记。试验地土壤为黄壤土, pH 5.79, 有机质 32.23 g/kg, 全氮 1.32 g/kg, 速效氮 158.37 mg/kg, 速效磷 46.4 mg/kg, 速效钾 104 mg/kg。供试生物炭由辽宁省生物炭工程技术研究中心陈温福院士赠送, 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 °C 左右。

1.2 试验设计

试验设 3 个处理, 生物炭施用量分别为: 0(CK)、5(C1)和 10(C2) kg/株。单株小区, 每个处理设 3 次重复, 采用完全随机区组设计。生物炭随基肥(25 kg 有机肥)于秋季一同施入, 采用环沟施肥法, 将生物炭与基肥施在树冠投影的外缘及稍远处根系吸收能力强的地方, 施肥深度 20~35 cm。各处理灌水管理、花果管理和病虫害防治措施相同, 均按无公害栽培技术^[6]进行。

分别于樱桃始花期(2 月 25 日)、盛花期(3 月 5 日)和结果期(5 月 6 日)采集土样, 参考付学琴等^[7]

收稿日期: 2016-09-19

基金项目: 贵州省农业科技攻关项目(黔科合字 NY20123016)

乔光, 博士, 研究方向: 果树分子生物学. E-mail: 13518504594@163.com

通信作者: 文晓鹏, 博士, 教授, 研究方向: 果树生物技术及遗传育种. E-mail: xpwenc@hotmai.com

的方法,每株树以主干为中心 50 cm 左右半径的范围,分别从东、南、西、北 4 个方位取土,去掉表层土,取土深度为 0~30 cm,每样品采用四分法混匀后装入无菌自封袋中带回实验室,一部分土样(约 200 g)置于 4 °C 保存,供微生物分析,另一部分土样用做土壤理化性质分析。

1.3 土壤微生物数量的测定

细菌、真菌和放线菌数量的测定分别采用牛肉膏蛋白胨培养基、马丁氏培养基培养和高氏一号培养基培养并计数;氨化细菌和好氧自生固氮菌分别采用蛋白胨氯化培养基和阿须贝无氮琼脂培养基培养并计数;反硝化细菌采用 MPN-Griess 培养基进行培养并利用稀释培养法计数。

1.4 土壤微生物多样性分析

根据各微生物类群个体数占总个体数的比例,计算土壤微生物多样性指数(Shannon 指数)分析微生物多样性^[8]。

1.5 土壤 pH 值及养分的测定

土壤全氮量的测定采用重铬酸钾—硫酸消化法,碱解氮的测定采用碱解扩散法,全磷的测定采用硫酸—高氯酸消煮法,速效磷测定采用碳酸氢钠—钼锑抗比色法,全钾和速效钾测定分别采用 NaOH 熔融—火焰光度计法和乙酸铵提取—火焰光度计法,铜、锌、铁、锰和交换性钙、镁测定采用原子吸收分光光度法。土壤 pH 值采用电位测定法,土壤有机质

含量的测定采用重铬酸钾容量法。

1.6 数据统计与分析

数据整理采用 Excel 软件,差异显著性分析、微生物多样性分析和相关性分析采用 DPS 统计软件,多重比较采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 生物炭对细菌、真菌和放线菌数量的影响

由图 1 可见,玛瑙红樱桃土壤细菌、真菌和放线菌数量随生育期的推进均呈现先升后降的趋势,即在盛花期达到最大,在结果期最低。与始花期相比,盛花期时 CK 处理的细菌数量提高了 3.0 倍,真菌数量提高了 2.3 倍,放线菌数量提高了 1.5 倍;而 C1 和 C2 处理细菌数量分别提高了 1.2 和 1.9 倍,真菌数量提高了 2.8 和 2.5 倍,放线菌数量提高了 1.4 和 1.1 倍。到结果期时,CK 处理的细菌降低到盛花期数量的 10%,真菌和放线菌降到盛花期数量的 30%;而 C1 和 C2 处理细菌数量均降到 20%,真菌数量分别降为 40% 和 60%,放线菌数量均降为 20%。以上结果表明,生物炭的施用能减缓细菌和真菌随物候期推进的变化幅度,可能因为生物炭为其生存提供了缓冲环境。除始花期的细菌数量和盛花期的放线菌数量外,其他物候期时各微生物数量在 C1 和 C2 处理间差异不显著,说明樱桃根际细菌、真菌和放线菌对生物炭的适应范围较广。

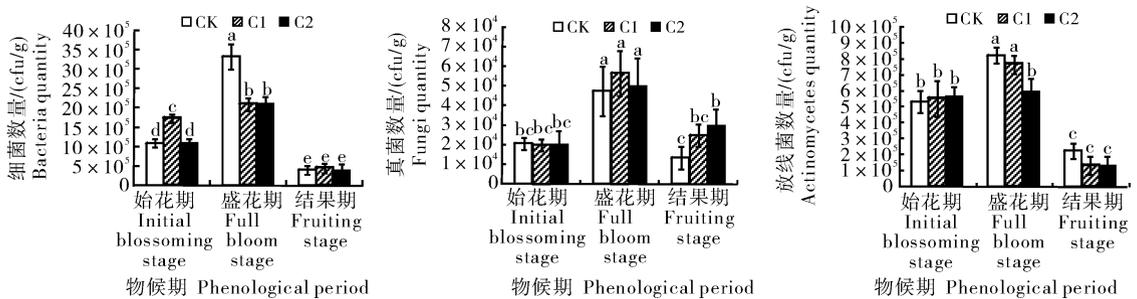


图 1 施用生物炭对玛瑙红樱桃土壤细菌、真菌和放线菌数量的影响

Fig.1 Effect of biochar application on bacteria, fungi and actinomycetes quantities of *Prunus pseudocerasus* 'Manahong'

2.2 生物炭对氨化细菌、好氧固氮菌和反硝化细菌数量的影响

从图 2 可以看出,氨化细菌数量随生育期的推进逐渐降低,同一物候期时 3 个处理间差异并不显著,可见生物炭对樱桃根际氨化细菌的影响较小。好氧自生固氮菌的数量在始花期和盛花期时较高,且 C2 处理显著高于其他处理;在结果期时显著下降,3 个处理间无显著差异。3 个处理下反硝化细菌

数量随生育期的推进变化较复杂,其中结果期时 CK 处理下数量最大,达 3×10^4 cfu/g,其余时期 3 个处理为 $(0.2 \times 10^4) \sim (0.9 \times 10^4)$ cfu/g,均较小,表明施用生物炭能减缓反硝化细菌因生育期的推进而产生数量变化的幅度;施用生物炭处理在始花期时反硝化细菌数量差异显著(C1 > C2),其余时期差异不显著,表明在生育后期,反硝化细菌对生物炭的适应范围较广。

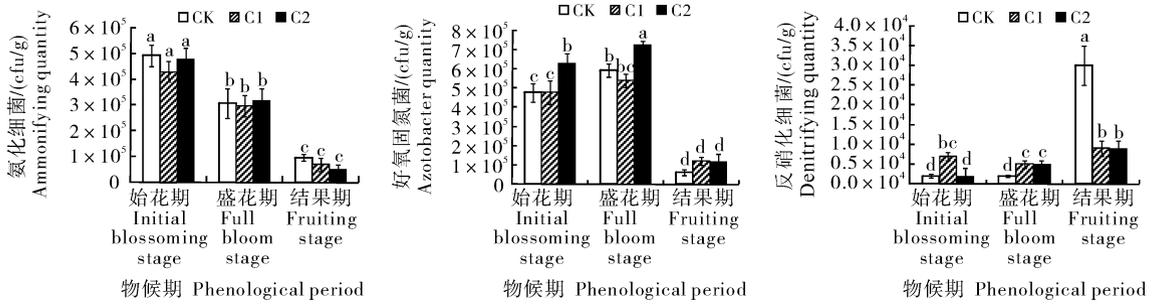


图2 施用生物炭对玛瑙红樱桃土壤氨化细菌、好氧固氮菌和反硝化细菌数量的影响

Fig.2 Effect of biochar application on ammonifying bacteria, azotobacter, denitrifying bacteria quantities of *Prunus pseudocerasu* ‘Manaohong’

2.3 土壤微生物多样性分析

通过 Shannon 指数公式计算玛瑙红樱桃施用不同量生物炭在不同物候期时土壤微生物多样性指数,结果表明:在始花期及结果期,CK 处理(1.91~1.94)和 C2 处理(1.94~1.97)土壤微生物多样性指数较高,均高于 C1 处理(1.76~1.83)。在盛花期时,C1 处理(1.72)和 C2 处理(1.73)的土壤微生物多样性指数显著高于对照处理(1.47),C1 和 C2 之间差异较小(图 3)。由此可见,C1 处理下樱桃根际

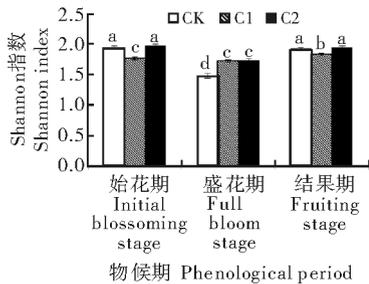


图3 不同处理下玛瑙红樱桃土壤微生物多样性指数

Fig.3 Microbial diversity on soil with different treatments

微生物多样性较稳定,而 C2 处理下微生物多样性较丰富。

2.4 生物炭对土壤养分含量的影响

随物候期的推进,各处理 pH、有机质含量呈上升趋势(表 1)。各物候期土壤 pH 值为 C2>C1>CK,但差异不显著;与始花期相比,土壤有机质含量在结果期时分别增加 13.3%(CK 处理)、21.5%(C1 处理)和 27.3%(C2 处理),表明生物炭能提高土壤 pH 和有机质含量,其增幅取决于生物炭的施用量。

由表 1 还可以看出,不同物候期下,生物炭对土壤氮、磷和钾等养分的影响较为复杂。在结果期,C2 处理显著提高了速效氮的含量,达到 240 mg/kg,较始花期增加了 40.1%,显著高于 CK 处理的 192 mg/kg(增幅 8.5%)和 C1 处理的 201 mg/kg(增幅 9.8%),说明随生物炭施用量的增加可逐渐增强土壤固氮能力。

2.5 土壤微生物与土壤养分间的相关性

由表 2 可知,3 个处理土壤微生物数量均与土

表 1 生物炭对玛瑙红樱桃土壤养分的影响

Table 1 Effect of biochar on the soil nutrients of *Prunus pseudocerasu* ‘Manaohong’

处理 Treatment		pH	有机质/(g/kg) Organic matter	全氮/ (g/kg) Total N	全磷/ (g/kg) Total P	全钾/ (g/kg) Total K	速效氮/ (mg/kg) Available N	速效磷/ (mg/kg) Available P	速效钾/ (mg/kg) Available K
始花期 Initial blossoming stage	CK	5.70ab	31.35a	1.94b	0.86b	9.51b	177a	34.1b	145a
	C1	5.81a	32.30a	2.00a	0.94a	9.98a	183a	39.9a	80c
	C2	5.83a	31.45a	2.05a	0.89b	9.66b	171a	29.2c	105b
盛花期 Full bloom stage	CK	5.80a	33.35a	2.14b	1.05a	10.25c	186a	59.2a	140b
	C1	5.85a	35.26a	2.30a	1.04a	10.78b	194a	49.4b	250a
	C2	5.92a	34.73a	2.11b	0.91b	11.06a	191a	44.5c	120c
结果期 Fruiting stage	CK	5.87ab	35.48ab	2.39a	1.03b	9.89a	192c	72.7a	215a
	C1	5.92ab	39.23ab	2.24b	1.22a	9.97a	201b	70.7a	196b
	C2	6.01a	40.05a	2.08c	1.02b	9.84a	240a	70.7a	180b

壤 pH 呈负相关,说明土壤微生物数量随土壤 pH 升高而降低。C1 处理微生物多样性与有机质含量的相关性(0.69)大于 C2 处理(0.02),表明有机质提供的碳源在低浓度生物炭条件下,比高浓度生物炭更易被多种微生物生长所利用。在所有土壤营养元素中,全钾含量对微生物数量及多样性影响最大,其

中 C2 处理下全钾含量与微生物数量呈正相关(0.67),但与微生物多样性呈极显著负相关(-0.99**),表明高浓度生物炭条件下,土壤微生物对高钾环境的适应存在特异性,部分种类数量激增,部分种类生长受到抑制,表现出微生物数量增加而多样性降低。

表 2 土壤微生物与土壤养分含量相关分析

Table 2 Correlation analysis between soil microbial quantity and soil nutrient content

	因子 Factor	pH	有机质 Organic matter	全氮 Total N	全磷 Total P	全钾 Total K	速效氮 Available N	速效磷 Available P	速效钾 Available K
CK	微生物数量 Microorganisms quantities	-0.32	-0.43	-0.47	0.19	0.57	-0.31	-0.26	-0.85
	多样性 Microbial diversity	-0.16	-0.04	0.01	-0.63	-0.89	-0.17	-0.23	0.50
C1	微生物数量 Microorganisms quantities	-0.86	-0.82	-0.16	-0.86	0.65	-0.68	-0.89	-0.03
	多样性 Microbial diversity	0.74	0.69	-0.03	0.75	-0.78	0.52	0.78	-0.16
C2	微生物数量 Microorganisms quantities	-0.66	-0.76	0.32	-0.89	0.67	-0.82	-0.77	-0.87
	多样性 Microbial diversity	-0.11	0.02	-0.92	0.26	-0.99**	0.12	0.04	0.22

注: ** 表示 1% 差异极显著水平。Note: ** means the significant level of 1%.

3 讨论

生物炭利用是近年来的研究热点,其独特的结构特性和成分组成可改变土壤结构性状,促进土壤微生物生长繁殖,改善土壤保肥性能,提高土壤肥力^[9-10]。土壤微生物群落主要包括细菌、放线菌、真菌,还有一些原生动植物和藻类等,这些微小生物体是土壤生态系统的重要组分,其群落组成及数量与土壤物质代谢显著相关^[8]。生物炭具有高芳香烃结构、孔隙结构及对水的吸附作用,可为土壤微生物提供可栖息的微环境^[11];其自身的养分改变了土壤的理化性质,增加了土壤养分的有效性,可为土壤微生物提供生长所需养分^[12-13]。大量研究表明,在生物炭施用的长期效应中,土壤微生物量显著提高^[14-16]。本研究也发现,始花期时 C1 处理显著增加了细菌和反硝化细菌的数量、C2 处理显著增加了好氧固氮菌数量,盛花期 C2 处理显著增加了好氧固氮菌和反硝化细菌数量。可见,土壤微生物对添加生物炭的响应非常复杂,可能由于微生物生长具有各自特定的环境需求,不同种类的微生物对生物炭施用的响应具有多样性^[11,17]。

有报道称生物炭的施用提高了土壤真菌数量^[18],但本研究发现,始花期时施用生物炭处理中

真菌数量并没有增加,到盛花期时才有所增加,但仍未达显著水平,到结果期 C2 处理真菌数量显著增加。可见,生物炭对土壤微生物的影响与植物所处物候期有关,其原因可能是随着物候期的推进,植物生长状况的变化导致根系生长及根系分泌物的变化,影响生物炭与土壤微生物之间的相互作用。另外,微生物也需要一些时间来适应施加生物炭后改变的土壤环境^[19]。

本研究还发现,尽管玛瑙红樱桃土壤微生物数量随着物候期的推进处于动态变化中,但生物炭的施用,使得动态变化幅度趋于平缓。细菌、真菌、好氧固氮菌和反硝化细菌数量不同程度地表现出这种趋势,可能是因为生物炭的施用为这些土壤微生物生长提供了缓冲的环境,使其受外界环境变化的影响小,数量相对稳定。

生物多样性指数是描述生物丰富度和均匀度的综合指标,多数情况下其变化趋势与土壤微生物总量的变化并不一致。本研究发现,盛花期时 CK 处理的土壤微生物数量最大,达 5.1×10^6 cfu/g,但其生物多样性指数仅为 1.46,而始花期 C2 处理的土壤微生物数量仅为 2.8×10^6 cfu/g,但其生物多样性指数最高,达 1.95。研究还发现,整个生育期内 C2 处理的土壤微生物多样性均高于 CK 处理,说明添

加一定量的生物炭有助于增加土壤微生物多样性,这可能是由于生物炭的添加,使得樱桃根际微域环境适应更多种类微生物的生长,但在一定的营养条件下,由于存在竞争,使得微生物总数不一定最高。

土壤 pH 值是土壤特性的重要指标,影响土壤肥力,对植物生长有较大影响^[20]。本研究发现,施用生物炭后可以提高土壤 pH 值,原因可能与生物炭自身性质有关。本研究使用的生物炭为玉米秸秆在 450 °C 下制备而成,其本身呈碱性^[18],因此提高了土壤 pH 值。另外,生物炭含硅酸盐、碳酸盐、碳酸氢盐和许多带负电荷的官能团,可吸附结合土壤溶液中 H⁺,使得土壤中 H⁺ 浓度减少,pH 值增大^[21]。

土壤有机质可改良土壤结构,促进团粒结构的形成,增加土壤通气透水性,进而促进植物的生长^[20]。前人研究发现,通过表面催化活性,生物炭能将吸附的土壤有机分子聚合成土样有机质,使得土壤有机质含量提高,且由于生物炭自身性质及施用量的不同,土壤有机质含量提高幅度不同^[22-23]。本研究表明,在始花期和盛花期时,施用生物炭能提高土壤有机质含量,但提高幅度并不显著,但在结果期,C2 处理较对照处理有了大幅提高,其原因有待进一步研究。

生物炭自身特性及对土壤理化性质和微生物的作用决定了其对土壤养分循环产生一定影响。有研究证明,生物炭不仅可以增加 N、P、K 等大量元素含量,也可增加微量营养元素含量^[24-26]。Deluca 等^[27]发现生物炭能结合土壤中的 Al³⁺ 和 Fe³⁺,促进磷由闭蓄态转化为有效态。本研究发现生物炭对土壤养分的影响随着物候期的推进表现不同,在始花期,C1 处理确实提高了有效磷含量,但在其他时期施用生物炭处理与对照处理差异不显著,这说明植物的生长状态影响着生物炭对土壤养分循环的作用。

综上,施加一定量的生物炭可以提高樱桃土壤微生物数量、微生物多样性和土壤养分,但提高幅度随植物所处物候期的不同而有所差异。生物炭的施用能提高玛瑙红樱桃土壤 pH 值、有机质含量和速效氮的含量,并为土壤微生物提供缓冲环境,减少其受植株生长发育的影响。樱桃土壤微生物多样性在低浓度生物炭施用下较稳定,在高浓度生物炭施用下较丰富,细菌、真菌和放线菌对生物炭的适应范围较广。

本研究只是生物炭应用于樱桃生产的初步探

索,仍存在较多不足,应进行长期研究。今后将结合高通量测序的方法,尽可能获得关于微生物群落结构、多样性、生物活性的详尽数据,为生物炭在果树生产中的应用提供依据。植物与土壤微生物对土壤养分存在竞争关系,土壤微生物的变化可能会影响植物养分吸收和生长发育^[28],对玛瑙红樱桃生长调查及果品品质分析将是下一步的研究重点。

参 考 文 献

- [1] LEHMANN J, GAUNT J, RONDON M. Bio char sequestration in terrestrial ecosystems: a review[J]. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 2006, 11(2): 395-419.
- [2] 陈红霞, 杜章留, 郭伟, 等. 施用生物炭对华北平原农田土壤容重、阳离子交换量和颗粒有机质含量的影响[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(11): 2930-2934.
- [3] HAEFELE S M, KONBOON Y, WONGBOONC W, et al. Effects and fate of biochar from rice residues in rice-based systems[J]. *Field crops research*, 2011, 121(3): 430-440.
- [4] WARNOCK D D, LEHMANN J, KUYPER T W, et al. Mycorrhizal responses to biochar in soil-concepts and mechanisms[J]. *Plant and soil*, 2007, 300(1/2): 9-20.
- [5] ANDERSON C R, CONDRON L M, CLOUGH T J, et al. Biochar induced soil microbial community change: implications for biogeochemical cycling of carbon, nitrogen and phosphorus[J]. *Pedobiologia*, 2011, 54(5): 309-320.
- [6] 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.
- [7] 付学琴, 黄文新. 不同树龄南丰蜜橘根际土壤微生物群落多样性分析[J]. *园艺学报*, 2014, 41(4): 631-640.
- [8] 陈汝, 王海宁, 姜远茂, 等. 不同苹果砧木的根际土壤微生物数量及酶活性[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(10): 2099-2106.
- [9] 陈心想, 何绪生, 耿增超, 等. 施用生物炭后土壤生物活性与土壤肥力的关系[J]. *干旱地区农业研究*, 2015, 33(3): 47-54.
- [10] 王萌萌, 周启星. 生物炭的土壤环境效应及其机制研究[J]. *环境化学*, 2013, 32(5): 768-780.
- [11] KOLTON M, HAREL Y M, PASTERNAK, et al. Impact of biochar application to soil on the root-associated bacterial community structure of fully developed greenhouse pepper plants[J]. *Applied environment microbiology*, 2011, 77(14): 4924-4930.
- [12] 姚玲丹, 程广焕, 王丽晓, 等. 施用生物炭对土壤微生物的影响[J]. *环境化学*, 2015, 34(4): 697-704.
- [13] FARRELL M, KUHN T K, MACDONALD L M, et al. Microbial utilisation of biochar-derived carbon[J]. *Science of total environment*, 2013, 465: 288-297.
- [14] 孙大荃, 孟军, 张伟明, 等. 生物炭对棕壤大豆根际微生物的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2011, 42(5): 521-526.
- [15] 韩光明, 孟军, 曹婷, 等. 生物炭对菠菜根际微生物及土壤理化性质的影响[J]. *沈阳农业大学学报*, 2012, 43(5): 515-520.

- [16] YUAN J H, XU R K, QIAN W Q, et al. Comparison of the ameliorating effects on an acidic ultisol between four crop straws and their biochars[J]. Journal of soils and sediments, 2011, 11(5): 741-750.
- [17] 张又驰, 李会丹. 生物炭对土壤中微生物群落结构及其生物地球化学功能的影响[J]. 生态环境学报, 2015, 24(5): 898-905.
- [18] 饶霜, 卢阳, 黄飞, 等. 生物炭对土壤微生物的影响研究进展[J]. 生态与农村环境学报, 2016, 32(1): 53-59.
- [19] 唐行灿, 陈金林. 生物炭对土壤有机碳及微生物影响研究进展[J]. 广东农业科学, 2015, 42(13): 153-160.
- [20] 丁艳丽, 刘杰, 王莹莹. 生物炭对农田土壤微生物生态的影响研究进展[J]. 应用生态学报, 2013, 24(11): 3311-3317.
- [21] CHINTALA R, SCHUMACHER T E, KUMAR S, et al. Molecular characterization of biochars and their influence on microbiological properties of soil[J]. Journal of hazardous materials, 2014, 279: 244-256.
- [22] GLASER B, HAUMAIER L, GUGGENBERGER G, et al. The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics[J]. Naturwissenschaften, 2001, 88: 37-41.
- [23] LIANG B, LEHMANN J, SOHI S P, et al. Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil[J]. Organic geochemistry, 2010, 41: 206-213.
- [24] 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: 1017-1027.
- [25] 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: 117-128.
- [26] 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: 235-246.
- [27] DELUCA T H, MACKENZIE M D, GUNDALE M J. Biochar effects on soil nutrient transformations [M]//LEHMANN J, JOSEPH S. Biochar for environmental management: science and technology. London: Earthscan Publications Ltd., 2009: 251-270.
- [28] 蒋婧, 宋明华. 植物与土壤微生物在调控生态系统养分循环中的作用[J]. 植物生态学报, 2010, 34(8): 979-988.

Effect of biochar on soil microbial and nutrients of *Prunus pseudocerasu* 'Manaohong'

QIAO Guang HONG Yi TIAN Tian LIU Xiaocui WEN Xiaopeng

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

Abstract To investigate the impact of biochar on *Prunus pseudocerasu* soil microbial and nutrients property, one of the *P. pseudocerasu* varieties 'Manaohong' cultivated in Guizhou was used as materials, aiming at improve the production and quality of the *P. pseudocerasu* and provide a theoretical basis for the application of biochar on fruit. Test was set up with the three different biochar application rates, including 0 (CK), 5 (C1) and 10 kg (C2) per plant were applied in the protected field. Results showed that at the initial blossoming stage, C1 treatment could effectively increase the quantity of bacteria, denitrifying bacteria and C2 increase the quantity of azotobacter significantly; in the full-bloom stage, the treatment of C1 improved the quantity of denitrifying bacteria and the quantity of azotobacter, denitrifying bacteria were significantly increased under the C2 treatment. Meanwhile, the microbial diversity on soil with the treatment of C1 and C2 were significantly higher than CK; on the fruiting stage, the quantity of fungi was effectively increased under the C2 treatment; applying biochar increased the soil pH and the content of organic matter, but the impact on soil nutrients varied with the phenological period. Our research indicated that applying biochar on soil could increase the amount phenophase and diversity of microorganisms of *P. pseudocerasu* 'Manaohong', as well as soil nutrients, while the raising efficiency was close related to the growth status of plants.

Keywords biochar; *Prunus pseudocerasu*; soil microbial; soil nutrients

(责任编辑: 张志钰)