

红薯藤及其生物质炭还田对旱地红壤微生物活性及养分含量的影响

郜茹茹^{1,2,3}, 周际海^{1,2}, 冯今萍², 魏倩², 成艳红¹, 黄欠如¹, 李大明¹

(1.江西省红壤研究所江西省红壤耕地保育重点实验室,江西 进贤 331717;2.安徽师范大学生态与环境学院,皖江流域退化生态系统的恢复与重建省部共建协同创新中心,安徽 芜湖 241002;3.南昌工程学院,南昌 330099)

摘要:为探究红薯藤及其生物质炭还田对旱地红壤微生物活性及养分含量的影响,通过田间定位试验,设置5个处理:(1)常规处理(CK);(2)3 000 kg/hm² 红薯藤还田(S1);(3)6 000 kg/hm² 红薯藤还田(S2);(4)1 000 kg/hm² 红薯藤生物质炭还田(BC1);(5)2 000 kg/hm² 红薯藤生物质炭还田(BC2),研究不同剂量红薯藤及其生物质炭还田对红壤微生物活性和养分含量的影响。结果表明:与CK相比,在0—10 cm土层中,BC1的土壤基础呼吸增加17.93%,S1、S2、BC2的土壤基础呼吸分别减少20.33%、10.10%、2.66%;在10—20 cm土层中,S2、BC1的土壤基础呼吸分别增加17.29%、0.41%,S1、BC2的土壤基础呼吸分别减少13.61%、16.93%;在20—30 cm土层中,S1、S2、BC1、BC2的土壤基础呼吸分别增加8.26%、48.94%、50.21%、38.59%。与CK相比,在0—10 cm土层中,S1、S2、BC1、BC2的土壤微生物量碳分别增加1.30%、6.09%、28.52%、39.64%;在10—20 cm土层中,S1、S2、BC1、BC2的土壤微生物量碳分别增加9.76%、16.72%、24.20%、54.32%;在20—30 cm土层中,S1、S2、BC1、BC2的土壤微生物量碳分别增加22.34%、39.27%、54.06%、84.09%。红薯藤及其生物质炭对土壤基础呼吸和土壤微生物量碳含量在一定程度上表现为促进作用,促进了土壤FDA水解酶和土壤脲酶活性,对土壤蔗糖酶活性的影响较小,生物质炭还田抑制了土壤FDA水解酶和土壤脲酶活性,对土壤蔗糖酶活性则表现为促进作用;红薯藤还田提高了土壤有机碳含量,而生物质炭还田降低了土壤有机碳含量;红薯藤及生物质炭还田均提高了土壤中水解氮、有效磷含量,在一定程度上可有效改善土壤理化性质、微生物活性,对提升土壤生态系统的稳定性具有重要意义。研究结果可为秸秆和生物质炭合理还田提供理论依据。

关键词: 红薯藤; 生物质炭; 微生物活性; 土壤养分

中图分类号: S156.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2022)01-0346-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2022.01.044

Effects of Sweet Potato Vines and Their Biochar Returning on Soil Microbial Activity and Nutrient Contents of Dryland Red Soil

GAO Ruru^{1,2,3}, ZHOU Jihai^{1,2}, FENG Jinping², WEI Qian²,

CHENG Yanhong¹, HUANG Qianru¹, LI Daming¹

(1.Jiangxi Key Laboratory of Red Soil Cultivated Land Conservation, Jiangxi Institute of Red Soil,

Jinxian, Jiangxi 331717; 2.Collaborative Innovation Center of Recovery and Reconstruction of Degraded

Ecosystem in Wanjiang Basin Co-founded by Anhui Province and Ministry of Education, School of Ecology and Environment, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241002; 3.Nanchang Institute of Technology, Nanchang, 330099)

Abstract: In order to study the effects of different doses of sweet potato vine and their biochar returning to the field on microbial activity and nutrient contents of dryland red soil, field positioning experiment was conducted. In the experiment, five treatments were set up, which were conventional management (CK), 3 000 kg/hm² sweet potato vine returning (S1), 6 000 kg/hm² sweet potato vine returning (S2), 1 000 kg/hm² sweet potato vine biochar returning (BC1) and 2 000 kg/hm² sweet potato vine biochar returning (BC2). The

收稿日期: 2021-08-05

资助项目: 国家自然科学基金项目(41661065,31760167);江西省红壤耕地保育重点实验室开放基金项目(2019HR001);国家红壤改良工程技术研究中心开放基金项目(2020NETRCRSI-10);安徽高校协同创新项目(GXXT-2020-075)

第一作者: 郜茹茹(1992—),女,硕士,主要从事土壤改良研究。E-mail:2757805702@qq.com

通信作者: 周际海(1973—),男,博士,教授,主要从事环境污染修复、旱地红壤地力提升研究。E-mail:zhoujihai2006@163.com

李大明(1984—),男,博士,研究员,主要从事土壤改良培肥、作物养分管理研究。E-mail:lid_2005@126.com

results showed that compared with CK, in the 0—10 cm soil layer, soil basal respiration of BC1 increased by 17.93%, while that of S1, S2 and BC2 decreased by 20.33%, 10.10% and 2.66%, respectively. In the 10—20 cm soil layer, the soil basal respiration of S2 and BC1 increased by 17.29% and 0.41%, respectively, while that of S1 and BC2 decreased by 13.61% and 16.93%, respectively. In the 20—30 cm soil layer, the basal respiration of S1, S2, BC1 and BC2 increased by 8.26%, 48.94%, 50.21% and 38.59%, respectively. Compared with CK, the soil microbial biomass carbon of S1, S2, BC1 and BC2 treatment increased about 1.30%, 6.09%, 28.52% and 39.64% in the 0—10 cm soil layer, respectively. In the 10—20 cm soil layer, soil microbial biomass carbon of S1, S2, BC1 and BC2 increased by 9.76%, 16.72%, 24.20% and 54.32%, respectively. In the 20—30 cm soil layer, soil microbial biomass carbon of S1, S2, BC1 and BC2 increased by 22.34%, 39.27%, 54.06% and 84.09%, respectively. It showed that sweet potato vines and their biochar could promote the soil basal respiration and soil microbial biomass carbon content to a certain extent. Sweet potato vine returning promoted the activities of soil FDA hydrolase and soil urease, but had little effect on soil sucrase activity. Returning biochar to the field inhibited the activities of soil FDA hydrolase and soil urease, and promoted soil sucrase activity. Sweet potato vine returning increased the content of soil organic carbon, while biochar returning reduced that. Sweet potato vine and biochar returning both increased the contents of hydrolyzed nitrogen and available phosphorus in the soil. The results showed that the addition of sweet potato vine and biochar could effectively improve the soil physical and chemical properties and soil microbial activity, which was of great significance to improve the stability of soil ecosystem. The results provided a theoretical basis for the rational return of straw and biomass carbon to the field.

Keywords: sweet potato vines; biochar; microbial activity; soil nutrients

全国农业污染源普查结果^[1]表明,我国的秸秆产量每年高达 8.05×10^9 t,秸秆总量随农业规模技术、集约化发展水平的提高也在不断增长。虽然,我国农作物秸秆年产量巨大,但由于秸秆资源化科技手段落后,造成秸秆综合利用率较低,约 97% 的秸秆被焚烧、堆积和遗弃^[2]。不仅造成土壤肥力不断下降,破坏农田生态平衡,而且加剧空气污染,严重影响了农业生态环境^[3]。因此,通过农业技术措施提高秸秆利用效率,对改善土壤生态环境、提高土壤肥力及土壤生产能力,实现农业的可持续发展具有重要意义。

作为物质、养分和能量的载体,从化学层面而言,秸秆本身含有丰富的有机质、氮、磷、钾等营养元素,对土壤肥力的提升具有促进作用^[4]。秸秆作为外源碳施入农田土壤后,一方面秸秆与土壤发生酶促反应,增加了土壤中的底物及土壤中酶的来源;另一方面,土壤微生物可利用碳源的增加使其生存环境得到有效改善,进而提高土壤中酶的活性,土壤微生物状况也会得到进一步改善^[5]。秸秆还田可以有效补充土壤中缺失的养分,而且能够提供大量的碳源物质,有利于微生物的生长与繁殖,进而提高土壤微生物数量和酶活性,对有机质的矿化和腐殖质的形成也具有一定的推动作用。生物质炭主要是由作物秸秆在厌氧环境下经过高温热解碳化(一般 $<700\text{ }^{\circ}\text{C}$)制得的一类难溶的、稳定的、高度芳香化且含碳丰富的固态物质。近年来,生物质炭在土壤改良、修复方面的重

要作用受到国内外学者的极大关注^[6]。已有研究^[7]表明,将生物质炭施入土壤后能够增加土壤的碳库储存能力,对改良土壤、提高土壤肥力、维持土壤生态系统平衡具有重要作用。Hamer 等^[8]研究认为,某些土壤微生物把黑色碳作为生存的唯一碳源,也就是生物质炭还田能够促进土壤中某一类群土壤微生物的生长。Pietikainen 等^[9]研究了生物质炭对土壤中腐殖质、pH 和腐殖质中微生物群落生长的影响认为,添加生物质炭能够显著提高土壤微生物群落的呼吸代谢速率,有效改善土壤微生物对基质的利用格局,进而使土壤肥力得到进一步提升。由于生物质炭具有疏松多孔的结构及丰富的碳含量和矿质元素^[6],在土壤中施加生物质炭能够有效改善土壤结构,提高土壤持水性及养分供应,通过调节土壤 pH,提高土壤养分的生物有效性^[10],增加土壤微生物种群多样性。本研究通过田间定位试验,探究不同剂量红薯藤及生物质炭还田对土壤微生物活性、养分含量的影响及其差异,为深入探究秸秆和生物质炭在农业生产上的综合应用提供理论依据,为秸秆及生物质炭的合理利用提供实践指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于江西省红壤所试验基地内($116^{\circ}20'\text{E}$, $28^{\circ}15'\text{N}$)。该地区属于典型的低丘地形,海拔 25~

30 m,坡度约 5°;气候温和、雨量充沛、阳光充足、无霜期长,为中亚热带季风气候,平均年降水量 1 537 mm,年蒸发量 1 100~1 200 mm;年均气温 17.7~18.5℃,最冷月(1月)月均气温为 4.6℃;最热月(7月)月均气温 28.0~29.8℃。

1.2 试验材料

试验土壤是由第四纪红黏土母质发育而成的旱地红壤,pH为 4.56,有机碳、全 N、全 P、全 K 含量分别为 7.98,0.97,0.46,6.86 g/kg,有效 P 含量为 13.26 mg/kg;红薯藤是由上 1 年收获红薯后的地上部分经过晾晒粉碎过 2 mm 筛后收藏备用,其有机碳、全 N、全 P、全 K 含量分别为 396.8,10.5,0.8,14.9 g/kg;生物质炭是利用粉碎过 2 mm 筛的红薯藤,经生物质炭炭化炉在高温 400~500℃、厌氧条件下烧制而成,其 pH 为 10.25,有机碳、全 N、全 P、全 K 含量分别为 458.2,5.6,14.5,11.6 g/kg。

1.3 试验设计

每个小区施用氮肥、磷肥、钾肥的含量分别按 255,375,300 kg/hm² 计算;红薯藤及生物质炭的施用量分别设置 2 个水平,即采用红薯藤半量(3 000 kg/hm²)、全量(6 000 kg/hm²)的方式进行还田;生物质炭对应红薯藤还田的等炭量,转化率按 35% 计算。红薯藤及生物质炭在红薯种植前 2 周施入土壤中,并结合土壤翻耕翻匀。共设置 5 个处理,分别为 CK:常规管理;S1:施半量红薯藤(3 000 kg/hm²);S2:施全量红薯藤(6 000 kg/hm²);BC1:施半量红薯藤生物质炭(1 000 kg/hm²);BC2:施全量红薯藤生物质炭(2 000 kg/hm²),每个处理设 4 个重复,共 20 个小区,每个小区面积为 5 m×6 m,采取随机区组排列模式。

1.4 样品采集与处理

除去地表覆盖物后用取土钻在每个小区随机采集土样,取样深度分为 0—10,10—20,20—30 cm。剔除残根等颗粒杂物,过 2 mm 筛,部分土样于 4℃ 冰箱保存,部分土样自然风干保存用于土壤养分测定。

1.5 测定方法

土壤基础呼吸、微生物量碳、FDA 水解酶活性、脲酶活性、蔗糖酶活性、可溶性有机碳、水解氮、有效磷分别采用碱吸收法^[11]、氯仿熏蒸提取法^[12]、优化的荧光素双乙酸酯水解法^[11]、苯酚一次氯酸钠比色法^[11]、3,5—二硝基水杨酸显色法^[12]、TOC 分析仪^[13]、碱解扩散法^[12]、0.5 mol/L NaHCO₃ 提取、钼锑抗比色法测定^[14]。

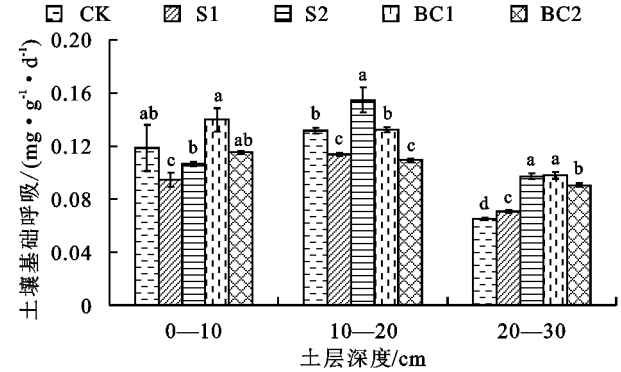
1.6 数据统计分析

采用 Microsoft Excel 2013 和 SPSS 19.0 软件对试验数据进行整理分析并绘图,用 LSD 法进行差异显著性检验($p<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 红薯藤及其生物质炭还田对土壤基础呼吸的影响

各处理土壤基础呼吸随土层深度的加深大体表现为先上升后下降的趋势(图 1)。0—10 cm 土层的土壤基础呼吸表现为 BC1>CK>BC2>S2>S1,S1、S2、BC1 间土壤基础呼吸差异显著($p<0.05$),BC1 的土壤基础呼吸比 CK 增加 17.9%,而 S1 的土壤基础呼吸显著减少 20.3%;10—20 cm 土层的土壤基础呼吸表现为 S2>BC1>CK>S1>BC2,S2 的土壤基础呼吸比 CK 显著增加 17.3%,而 S1、BC2 的土壤基础呼吸分别显著减少 13.6%,16.9%;20—30 cm 土层的土壤基础呼吸表现为 BC1>S2>BC2>S1>CK,S1、S2、BC1、BC2 的土壤基础呼吸比 CK 分别显著增加 8.3%,48.9%,50.2%,38.6%。



注:不同小写字母表示处理间有显著差异($p<0.05$)。下同。

图 1 红薯藤及其生物质炭还田对土壤基础呼吸的影响

2.2 红薯藤及其生物质炭还田对土壤微生物量碳的影响

红薯藤及生物质炭还田对土壤微生物量碳的影响均表现为促进作用,且处理间土壤微生物量碳随土壤深度的加深表现为下降的趋势(图 2)。各土层的土壤微生物量碳均表现为 BC2>BC1>S2>S1>CK。在 0—10 cm 土层中,BC1 和 BC2 的土壤微生物量碳比 CK 分别显著增加 28.5%,39.6%;在 10—20 cm 土层中,BC1 和 BC2 的土壤微生物量碳比 CK 分别显著增加 24.2%,54.3%;在 20—30 cm 土层中,S2、BC1 和 BC2 的土壤微生物量碳比 CK 分别显著增加 39.3%,54.1%,84.1%。

2.3 红薯藤及其生物质炭还田对土壤酶活性的影响

各处理土壤 FDA 水解酶活性随土层深度的加深表现为下降的趋势(图 3a)。0—10 cm 土层的 FDA 水解酶活性表现为 S2>S1>CK>BC1>BC2,S2、BC1、BC2 间土壤 FDA 水解酶活性存在显著差异($p<0.05$),S2 的 FDA 水解酶活性比 CK 显著增加 26.6%,而 BC2 的 FDA 水解酶活性显著减少 34.8%。10—20 cm 土层的 FDA 水解酶活性表现为 S1>S2>CK>BC1>BC2,S1 和 S2 的 FDA 水解酶活性比 CK 分

别显著增加 21.4%,19.6%,而 BC1 和 BC2 的 FDA 水解酶活性分别显著减少 20.1%,33.6%。20—30 cm 土层的 FDA 水解酶活性表现为 S2>S1>CK>BC1>BC2,S2 的 FDA 水解酶活性显著高于其他处理,比 CK 显著增加 30.0%,而 BC1 和 BC2 的 FDA 水解酶活性分别显著减少 25.2%,27.6%。

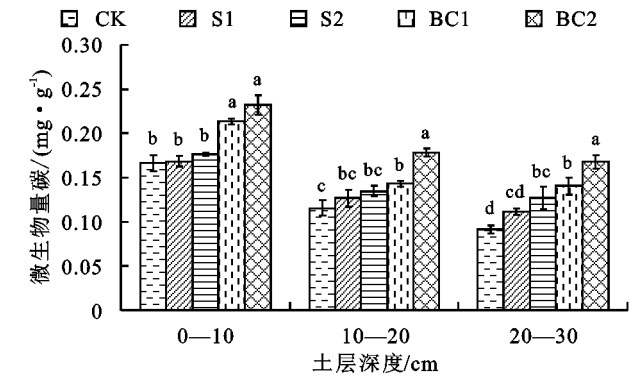


图 2 红薯藤及其生物质炭还田对土壤微生物量碳的影响

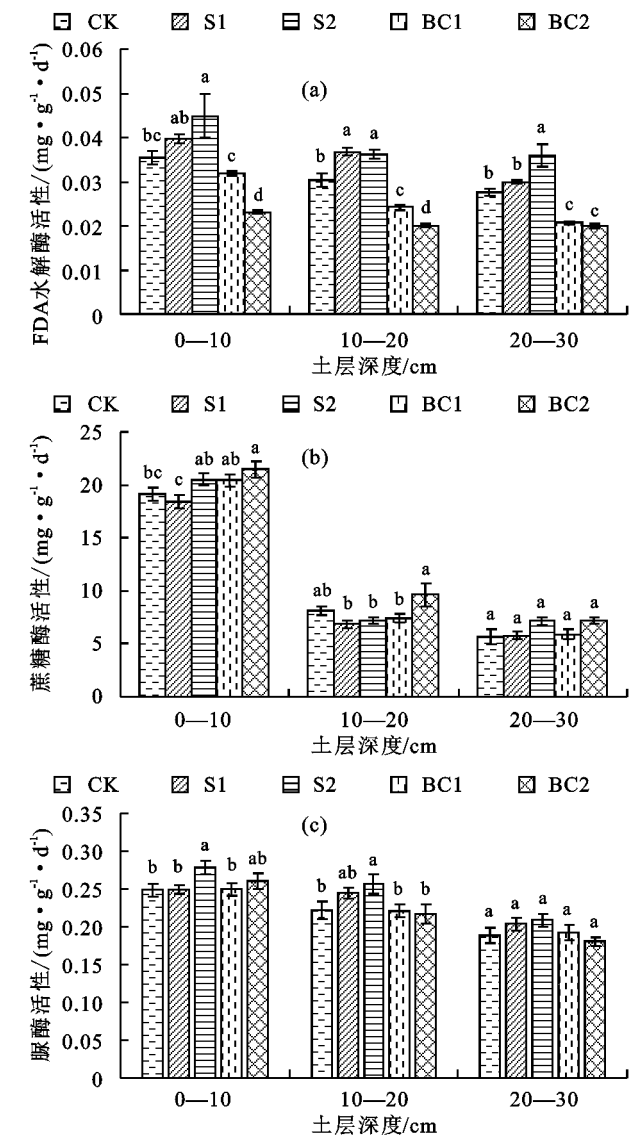


图 3 红薯藤及其生物质炭还田对土壤 FDA 水解酶、蔗糖酶、脲酶活性的影响

各处理土壤蔗糖酶活性随土层深度的加深大体

表现为下降的趋势(图 3b)。0—10 cm 土层的蔗糖酶活性表现为 BC2>S2>BC1>CK>S1,BC2 的蔗糖酶活性比 CK 显著增加 12.4%。10—20 cm 土层的蔗糖酶活性表现为 BC2>CK>BC1>S2>S1,BC2 的蔗糖酶活性高于其他处理,BC2 的蔗糖酶活性比 CK 增加 16.8%,而 S1、S2 和 BC1 的蔗糖酶活性分别减少 15.8%,11.1%,9.3%。20—30 cm 土层的蔗糖酶活性表现为 BC2>S2>BC1>S1>CK,各处理间蔗糖酶活性均无显著差异。

各处理土壤脲酶活性随土层深度的加深大体表现为下降的趋势(图 3c)。0—10 cm 土层的脲酶活性表现为 S2>BC2>BC1>S1>CK,S2 的脲酶活性高于其他处理,比 CK 显著增加 11.9%。10—20 cm 土层的脲酶活性表现为 S2>S1>CK>BC1>BC2,S2 的脲酶活性高于其他处理,比 CK 显著增加 15.6%。20—30 cm 土层的脲酶活性表现为 S2>S1>BC1>CK>BC2,各处理间脲酶活性均无显著差异。

2.4 红薯藤及其生物质炭还田对土壤养分含量的影响

各处理土壤有机碳含量随土层深度的加深均趋于下降的趋势(图 4a)。0—10 cm 土层的有机碳含量表现为 S2>S1>CK>BC1>BC2,S1 和 S2 的有机碳含量显著高于其他处理,比 CK 分别显著增加 11.0%,16.8%,而 BC2 的有机碳含量显著减少 8.3%。10—20 cm 土层的有机碳含量表现为 S1>S2>CK>BC1>BC2,BC1 和 BC2 的有机碳含量比 CK 分别显著减少 8.8%,16.6%。20—30 cm 土层的有机碳含量表现为 S2>S1>CK>BC1>BC2,BC1 与 BC2 间有机碳含量存在显著差异,BC2 的有机碳含量比 CK 显著减少 29.1%。

各处理土壤水解氮含量随土层深度的加深趋于下降(图 4b)。0—10 cm 土层的水解氮含量表现为 BC2>S2>S1>BC1>CK,S1、BC1 与 CK 间水解氮含量无显著差异($p>0.05$),其他处理间水解氮含量均存在显著差异($p<0.05$),S2 和 BC2 的水解氮含量比 CK 分别显著增加 13.3%,23.6%。10—20 cm 土层的水解氮含量表现为 BC2>S2>S1>BC1>CK,BC2 的水解氮含量显著高于其他处理,BC2 的水解氮含量比 CK 显著增加 23.0%。20—30 cm 土层的水解氮含量表现为 BC2>S1>S2>BC1>CK,各处理间水解氮含量均无显著差异。

土壤有效磷含量随土层深度的加深呈下降的趋势(图 4c)。0—10 cm 土层的有效磷含量表现为 BC2>S2>BC1>S1>CK,S1、BC2 与 CK 间有效磷含量存在显著差异($p<0.05$),S1、S2、BC1 和 BC2 的有效磷含量比 CK 分别显著增加 11.8%,18.4%,17.8%,25.6%。10—20 cm 土层的有效磷含量表现为 BC2>S2>BC1>CK>S1,20—30 cm 土层的有效磷含量

表现为 S1>S2>BC1>BC2>CK,各处理间有效磷含量无显著差异。

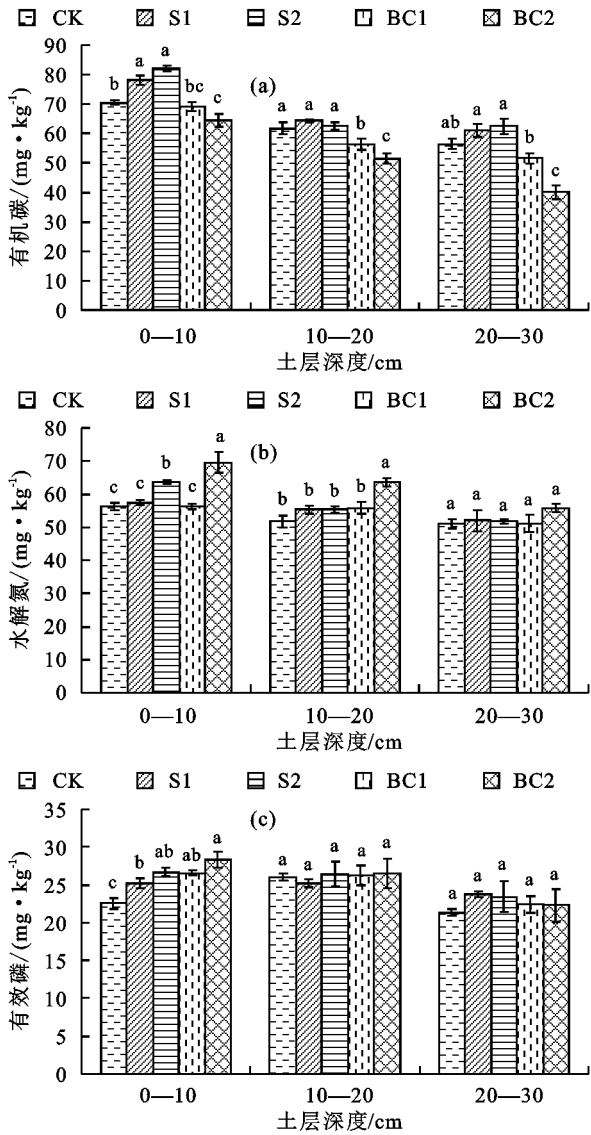


图 4 红薯藤及其生物质炭还田对土壤有机碳、水解酶、有效磷含量的影响

3 讨论

土壤呼吸是土壤生态系统碳循环的重要组成部分,是评价土壤生态系统健康状况的重要指标之一[15]。土壤呼吸主要来自于土壤微生物的活动,可作为衡量土壤微生物总活性的指标[16]。土壤微生物量碳是土壤碳素在转化、循环过程中的重要参数,对养分的生物有效性具有重要作用[17]。本研究发现,红薯藤及其生物质炭还田可提高表层土壤尤其是10—20 cm 土层土壤基础呼吸和微生物量碳含量,是因为秸秆为土壤提供了大量的营养元素,促进土壤微生物的活性与繁殖,也促进了土壤有机质的矿化,而生物质炭的多孔结构可增加土壤的透气性,为土壤释放 CO₂ 提供了通道,进而提高了土壤基础呼吸和微生物量碳含量。

土壤酶对土壤的代谢过程具有一定的推动作用,是一类具有催化能力的生物活性物质,也是土壤生态系统中物质循环及能量流动的重要参与者[18],可作为土壤肥力水平和土壤生态系统功能的敏感指标[19]。土壤 FDA 水解酶能够很好地反映土壤微生物的整体活性,作为评价土壤质量的生物学指标已被广泛应用[20]。土壤脲酶活性能够反映土壤的供氮能力,是土壤中最活跃的水解酶之一,在土壤生态系统的氮素循环中发挥着重要作用[21]。本研究发现,红薯藤还田可提高土壤 FDA 水解酶和土壤脲酶的活性,且随着红薯藤还田量的增加,土壤 FDA 水解酶和脲酶活性在一定程度上也随之升高,是由于红薯藤本身可作为土壤养分和有机质的来源,施入农田土壤后为土壤微生物的生长繁殖与代谢提供含碳有机质,从而促进了土壤微生物的生长,进一步提高了土壤 FDA 水解酶和脲酶的活性;而生物质炭还田则减弱了土壤 FDA 水解酶和土壤脲酶活性,且各处理随土层深度的加深,土壤 FDA 水解酶和土壤脲酶活性降低,是由于生物质炭高度稳定的碳源结构难以被土壤微生物直接分解利用,从而使土壤 FDA 水解酶和脲酶活性相比于红薯藤还田处理低。土壤蔗糖酶能够水解蔗糖,与土壤中有有机质、微生物数量及土壤呼吸强度等有关,能够反映土壤有机碳的转化能力[22]。本研究发现,红薯藤还田在一定程度上提高了土壤蔗糖酶活性,且随着红薯藤还田量的增加,土壤蔗糖酶活性也随之升高,主要是由于红薯藤还田向土壤中提供了有机质,为土壤微生物维持生命活动提供了丰富的营养物质以及生存环境,使土壤中微生物的数量增加,进而提高了土壤蔗糖酶活性;生物质炭还田在一定程度上提高了土壤蔗糖酶活性,且各处理土壤蔗糖酶活性在 0—10 cm 土层中是最大的,可能是由于生物质炭施入土壤后增加了部分土壤微生物可利用的碳源及氮源,增强了土壤微生物的活性,从而提高了土壤蔗糖酶活性。

土壤养分是农作物生长发育过程中所必需的营养元素,是衡量土壤肥力高低的重要因素[23]。土壤有机碳是衡量土壤肥力的重要指标,在土壤生态系统中起着关键作用,土壤有机碳含量的大小对土壤性质、土壤质量具有重要的影响[24]。本研究发现,红薯藤还田提高了 0—30 cm 土层的土壤有机碳含量,且随着红薯藤还田量的增加土壤有机碳含量升高,是由于红薯藤中含有充足的碳、氮、磷和微量营养元素是土壤中养分的重要来源;同时,红薯藤在土壤中产生了激发效应,促进了红薯藤中碳的矿化,使得土壤中有机碳含量也得到提高;生物质炭还田不同程度地降低了土壤有机碳含量,且随着生物质炭还田量的增加

而降低,可能是由于生物质炭在厌氧条件下高温热解的过程中携带着乙醛及多环芳烃等有毒物质,因其具有高度的化学、微生物学惰性,过量施用很难被土壤微生物分解利用,进而导致土壤有机碳含量降低。土壤水解氮能够反映出土壤中氮素的供应情况,能在较短时间内被农作物吸收利用。磷是农作物生长发育过程中所必需的营养元素,对农作物的生长、新陈代谢发挥着重要作用^[14]。本研究发现,红薯藤及其生物质炭还田提高了 0—30 cm 土层的土壤水解氮含量和有效磷含量,且红薯藤及其生物质炭对在 0—10 cm 土层的土壤水解氮和有效磷的影响最大,可能是由于红薯藤和生物质炭本身含有丰富的有机质、氮、磷等营养元素,可以有效补充土壤中缺失的养分,有利于土壤微生物的生长与繁殖,促进有效养分的释放,从而提高了土壤中水解氮和有效磷含量。

4 结论

红薯藤及其生物质炭还田能够增加旱地红壤表层土壤尤其是 10—20 cm 土层的土壤基础呼吸和微生物量碳含量。红薯藤还田促进了土壤 FDA 水解酶和土壤脲酶活性的提高,而对土壤蔗糖酶活性的影响较小;生物质炭还田抑制了土壤 FDA 水解酶和土壤脲酶活性,而对土壤蔗糖酶活性则表现为促进作用。红薯藤还田促进土壤有机碳含量增加,而生物质炭还田减少了土壤有机碳含量。红薯藤及其生物质炭还田均提高了土壤水解氮、有效磷含量。总之,红薯藤及其生物质炭还田能够提高土壤微生物活性及养分含量,对土壤质量改善有着重要作用。

参考文献:

[1] 中华人民共和国生态环境部,国家统计局,中华人民共和国农业农村部.第二次全国污染源普查公报[EB/OL].[2020-06-08].http://www.mee.gov.cn/home/zt-bd/rdzl/wrypc/zlxz/202006/t20200616_784745.html.

[2] 王永洁,史健峰,崔虎,等.秸秆还田对土壤理化性质和玉米产量的影响[J].科技通报,2019,35(7):97-103.

[3] 杨滨娟,钱海燕,黄国勤,等.秸秆还田及其研究进展[J].农学学报,2012,2(5):1-4,28.

[4] 宋宪青.秸秆还田对农田土壤有机质提升的探索研究[J].农业开发与装备,2019(7):139.

[5] Ding X L, Zhang X D, He H B, et al. Dynamics of soil amino sugar pools during decomposition processes of corn residues as affected by inorganic N addition[J]. Journal of Soils and Sediments,2010,10(4):758-766.

[6] 张功臣,陈建美,赵征宇,等.生物质炭对设施连作土壤性质及黄瓜生长和产量的影响[J].土壤通报,2018,49(3):659-666.

[7] 陈重军,凌学林,邢龙,等.减肥条件下生物质炭施用对水稻田土壤细菌多样性的影响[J].农业资源与环境学

报,2021,38(3):385-392.

[8] Hamer U, Marschner B, Brodowski S, et al. Interactive priming of black carbon and glucose mineralization[J]. Organic Geochemistry,2004,35(7):823-830.

[9] Pietikainen J, Kiikila O, Fritze H. Charcoal as a habitat for microbes and its effects on the microbial community of the underlying humus[J].Oikos,2000,89:231-242.

[10] 刘元生,刘方,陈祖拥,等.生物质炭对旱作土壤生物性状及养分有效性的调控效应[J].水土保持学报,2019,33(3):166-171,178.

[11] 程坤,周际海,金志农,等.土壤微生物活性对石油原油、铅镉及其复合污染的响应[J].环境科学学报,2017,37(5):1976-1982.

[12] 周际海,陈晏敏,袁颖红,等.秸秆与生物质炭施用对土壤温室气体排放的影响差异[J].水土保持学报,2019,33(4):248-254.

[13] 郑宪志,张星星,林伟盛,等.不同树种对土壤可溶性有机碳和微生物生物量碳的影响[J].福建师范大学学报(自然科学版),2018,34(6):86-93.

[14] 顾惠敏,陈波浪,王庆惠.施磷对不同质地棉田土壤磷素有效性及磷肥利用率的影响[J].中国土壤与肥料,2019(3):100-108.

[15] 温超,单玉梅,晔霁罕,等.氮和水分添加对内蒙古荒漠草原放牧生态系统土壤呼吸的影响[J].植物生态学报,2020,44(1):80-92.

[16] 周际海,陈晏敏,吴雪艳,等.黑麦草与施肥对石油—铅—镉复合污染土壤微生物活性的影响[J].水土保持学报,2019,33(1):334-339.

[17] 潘孝晨,唐海明,肖小平,等.不同土壤耕作方式下稻田土壤微生物多样性研究进展[J].中国农学通报,2019,35(23):51-57.

[18] Islam M R, Chauhan P S, Kim Y, et al. Community level functional diversity and enzyme activities in paddy soils under different long-term fertilizer management practices[J]. Biology and Fertility of Soils,2011,47(5):599-604.

[19] 宿兵兵,程宏波,柴守玺,等.旱地小麦根际土壤酶活性及微生物生物量对覆盖方式的响应[J].麦类作物学报,2020,40(6):714-721.

[20] 黄荣霞,周际海,田胜尼,等.石油污染与食细菌线虫对土壤微生物活性及石油降解的影响[J].环境科学学报,2017,37(11):4322-4328.

[21] 李冰,李玉双,陈琳,等.沈北新区不同利用类型土壤脲酶活性及其影响因素分析[J].生态科学,2019,38(3):1-8.

[22] 刘宇彤,霍璐阳,李志国,等.不同处理方式对土壤酶活性的影响[J].森林工程,2019,35(2):21-26.

[23] 程曼,解文艳,杨振兴,等.黄土旱塬长期秸秆还田对土壤养分、酶活性及玉米产量的影响[J].中国生态农业学报(中英文),2019,27(10):1528-1536.

[24] 张祎,李鹏,肖列,等.黄土高原丘陵区地形和土地利用对土壤有机碳的影响[J].土壤学报,2019,56(5):1-12.