

炭基生物有机肥对辣椒疫病防控·植株生长及土壤微生物的影响

徐传银¹, 王光飞^{2*}, 陆其通¹, 马艳², 郭德杰², 颜士敏³

(1. 东海县农业技术推广中心, 江苏连云港 222300; 2. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所/农业农村部盐碱土改良与利用(滨海盐碱地)重点实验室, 江苏南京 210014; 3. 江苏省耕地质量与农业环境保护站, 江苏南京 210029)

摘要 以生物炭和有机肥为主料, 氨基酸和黄腐酸钾为辅料, 生防木霉菌和芽孢杆菌为核心, 制备炭基生物有机肥, 并在盆栽试验和田间试验条件下研究其防控辣椒疫病的效果。盆栽试验结果显示, 不含有效菌的炭基有机肥与炭基生物有机肥均可显著降低根际辣椒疫霉数量和有效防控辣椒疫病以及促进植株生长。但炭基生物有机肥处理抑制辣椒疫霉效果显著强于炭基有机肥, 且防效是炭基有机肥的 1.38 倍。土壤微生物性状方面, 两者均可增加木霉菌、芽孢杆菌和放线菌 3 种抑菌性功能菌, 其中炭基生物有机肥为显著增加。另外, 两者也均显著增加土壤微生物活性和多样性, 炭基生物有机肥效果强于炭基有机肥。田间试验结果显示, 炭基生物有机肥对清江浦区红椒和东海县青椒疫病防效分别为 46.9% 和 62.5%, 对产量有一定的增产作用, 分别增产 2.15 和 1.40 t/hm²。因此, 炭基生物有机肥可有效防控辣椒疫病和促进辣椒植株生长, 这可能与直接抑制病原菌、增殖抑病微生物和提高微生物活性与多样性相关。炭基生物有机肥中的有机物料与菌株都有助于防控病害和改善土壤微生物性状。

关键词 辣椒疫病; 炭基生物有机肥; 产量; 土壤微生物学性状

中图分类号 S 626; S 436.418; S 144 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)20-0144-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.037



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Biochar-based Bioorganic Fertilizer on Control of Phytophthora Blight and Plant Growth of Pepper and Soil Microorganisms

XU Chuan-yin¹, WANG Guang-fei², LU Qi-tong¹ et al (1. Donghai Agro-Technology Extension Center, Lianyungang, Jiangsu 222300; 2. Institute of Agricultural Sciences and Environments, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Saline-Alkali Soil Improvement and Utilization (Coastal Saline-Alkali Lands), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing, Jiangsu 210014)

Abstract Biochar-based bioorganic fertilizer was prepared with biochar and organic fertilizer as main materials, amino acids and potassium fulvic acid as auxiliary materials, biocontrol *Trichoderma* and *Bacillus* as the core. The effect on controlling pepper blight was studied under the conditions of pot experiment and field experiment. Pot experiment showed that both biochar-based organic fertilizer (BCOF) and biochar-based bioorganic fertilizer (BCBOF) could significantly reduce the number of *Phytophthora capsici* in the rhizosphere, reduce the incidence of pepper blight and promote plant growth. The inhibition effect of BCBOF on *Phytophthora capsici* was significantly stronger than that of BCOF, and the control effect of BCBOF was 1.38 times that of BCOF. In terms of soil microbial properties, both could increase the number of *Trichoderma*, *Bacillus* and *Actinomycetes*, and the effect of BCBOF was more significant. In addition, both could significantly increase soil microbial activity and diversity, and the effect of BCBOF was more significant. Field experiment showed that the control effects of BCBOF on red pepper in Qingjiang and green pepper in Donghai were 46.9% and 62.5% respectively. Both had a certain effect of increasing the yield, with an increase of 2.15 and 1.41 t/hm² respectively. Therefore, BCBOF could effectively control pepper blight and promote pepper plant growth, which may be related to its direct inhibition of pathogens, proliferation of disease-suppressing microorganisms, and improvement of microbial activity and diversity. Organic materials and microbial strains in BCBOF could help control diseases and improve soil microbial properties.

Key words Phytophthora blight of pepper; Biochar-based bioorganic fertilizer; Yield; Soil microbial properties

土传病害在设施蔬菜生产较为常见, 传染性强, 发病严重时对设施蔬菜生产造成毁灭性伤害。施用生物有机肥是常见的一种绿色防控方法, 通过调节土壤微生态系统环境和提高土壤生物肥力来防控病害^[1]。但在实际生产中, 应用生物有机肥防控土传病害防效不稳定, 还需进行多元强化防病效果。

生物炭比表面积大, 孔隙性极好, 适合外源有益微生物定殖和提高土壤微生物丰度^[2-3], 也可诱导植株系统抗性^[4]。研究表明, 生物炭可通过富集木霉、黑曲霉、芽孢杆菌、链霉菌、假单胞菌等抑菌性微生物以及提高土壤微生物活性和多样性进而有效防控土传病害^[5]。研究显示生物炭和有机肥进行复配与单施相比可明显优化土壤微生物多样性和减少病原菌数量^[6-7]。笔者所在团队近年研究初步显示生物有机肥与生物炭在防病方面具有协同效果, 推测多元化的炭基生物有机肥在

防控土传病害方面能获得更好防效。

氨基酸和黄腐酸钾是农业市场上易获得的肥料属性有肌物, 研究显示氨基酸和黄腐酸钾可提高作物抗病性、果类蔬菜生长和增加产量^[8-11]。笔者所在实验室芽孢杆菌菌株 BS211 和木霉菌菌株 TV41 是对土传病害防控效果较好的生防菌^[12-13], 也有多项报道木霉和芽孢杆菌可抑制辣椒疫病^[14-15]。笔者预估以生物炭和有机肥为主料, 以氨基酸和黄腐酸钾为辅料, 以生防菌 BS211 和 TV41 为核心, 复配为多元炭基生物有机肥可有效防控土传病害。

苏北设施辣椒产量高, 辣椒疫病较为普遍。笔者以辣椒疫病为试验对象, 研究炭基生物有机肥盆栽防病效果, 再进行田间试验验证其应用效果。根据辣椒疫病发生率、病原菌数量来判定其病害防控效果, 根据土壤微生物性状和植株生长参数来判定炭基生物有机肥改善土壤微生态和促进植株生长效果。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试土壤采自江苏连云港市东海县桃林镇

基金项目 江苏现代农业(蔬菜)产业技术体系江宁推广示范基地(JATS[2022]450)。

作者简介 徐传银(1981—), 女, 江苏连云港人, 高级农艺师, 从事土壤肥料研究。* 通信作者, 助理研究员, 从事农业微生物与功能肥料研究。

收稿日期 2022-05-23

辣椒大棚耕层土,基本性状:pH 7.04,电导率 517 μS/cm,有机质 26.7 g/kg,速效氮 182.4 mg/kg,有效磷 154.3 mg/kg,速效钾 215.6 mg/kg。

芽孢杆菌菌剂为笔者所在团队具备防病功能的解淀粉芽孢杆菌 BS211 经麸皮固体发酵后风干粉碎后的菌剂。供试木霉菌剂为笔者所在团队具备防病促生功能的木霉菌 TV41 经麸皮固体发酵后风干粉碎后的菌剂。

供试肥料有 15-15-15 复合肥、稻壳生物炭、猪粪稻秸有机肥、未腐熟羊粪、黄腐酸钾、氨基酸液。炭基有机肥由 30%

生物炭、15%氨基酸粉、10%黄腐酸钾和 45%猪粪稻草有机肥按质量比混合,炭基生物有机肥为在炭基有机肥的基础上添加芽孢杆菌菌剂和木霉菌剂至 BS211 和 TV41 终浓度均为 2×10^7 CFU/g。基本性状见表 1。氨基酸液含经动物源酶解制备并加碱中和的氨基酸和多肽,干物质含量 40%以上,干基游离氨基酸与多肽总量 90%以上,干基全氮含量 16%以上。黄腐酸钾全钾含量 12%以上,全氮含量 3%以上。

供试辣椒疫霉分离于设施辣椒产区疫病病株。供试青椒品种为苏椒 5 号,红椒品种为大富豪。

表 1 不同有机肥性状
Table 1 Characteristics of different organic fertilizers

有机肥 Organic fertilizer	含水量 Water content//%	pH	有机质 Organic matter//%	N %	P %	K %	总养分 Total nutrient//%
未腐熟羊粪 Unripe sheep dung	32.9	7.26	32.8	1.82	1.68	2.37	5.87
猪粪稻秸有机肥 Pig manure and rice straw organic fertilizer	28.9	7.66	31.1	1.91	1.65	2.00	5.56
炭基有机肥 Carbon based organic fertilizer	31.4	7.18	34.5	2.86	1.29	3.29	7.44
炭基生物有机肥 Carbon based bioorganic fertilizer	31.4	7.18	34.5	2.86	1.29	3.29	7.44

1.2 盆栽试验

1.2.1 试验设计。将供试土壤添加辣椒疫霉游动孢子至1 g 土 500 个游动孢子,再设置 3 个处理,分别为①CK,添加 0.039% 15-15-15 复合肥;②BCOF,添加 0.75%炭基有机肥;③BCBOF,添加 0.75%炭基生物有机肥。肥料按质量比加入土壤后混合均匀。3 个处理全氮投入一致,其中炭基有机肥和炭基生物有机肥按氮释放率 40%计算。每个处理装 45 盆 600 g 加病原菌土壤,每盆栽植 1 棵六叶期苏椒 5 号苗后培养于 25~32 ℃温室中,每个处理 3 次重复。栽植 35 d 后统计各处理发病率和植株鲜重。

1.2.2 测定项目与方法。取根际土测定土壤微生物数量和碳源利用状况^[5]。以鲜土采用梯度稀释法测定木霉菌、芽孢杆菌和放线菌数量,分别采用马丁氏培养基、V8 培养基和高氏一号培养基。将鲜土提取土壤 DNA 后,利用定量 PCR 测定辣椒疫霉数量。

土壤微生物碳源利用能力采用 Biolog-Eco 生态测试板测定。孔平均颜色变化率(average well color development, AWCD) = $\sum (C_i - R) / 31$; Shannon 物种多样性指数(H') =

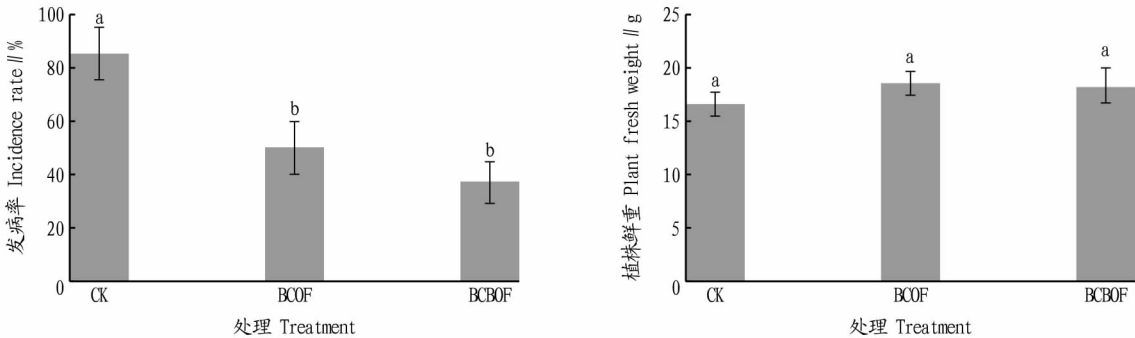
$-\sum P_i \times \ln P_i$; Simpson 优势度指数(D') = $1 - \sum P_i^2$ 。

1.3 田间试验 在连云港市东海县设施辣椒大棚和淮安清江浦区设施红椒大棚进行田间试验,2 个大棚近茬均有辣椒疫病发生。设置 3 个处理,分别为①SM,7 500 kg/hm² 未腐熟羊粪施用于土壤;②OF,6 765 kg/hm² 猪粪稻秸有机肥施用于土壤;③BCBOF,4 680 kg/hm² 炭基生物有机肥施用于土壤。3 个处理有机类肥全氮投入量一致。基肥化肥和追肥化肥投入一致,基肥化肥投入氮磷钾均为 112.5 kg/hm²,追肥化肥投入氮 147.4 kg/hm²、磷 101.9 kg/hm² 和钾 157.8 kg/hm²。每个处理 3 个重复小区,每个小区 30 m²。红椒种植密度为 5.70 万棵/hm²,青椒种植密度为 5.25 万棵/hm²。收货时,统计各处理小区发病率和总产量。

2 结果与分析

2.1 炭基生物有机肥盆栽应用效果

2.1.1 对辣椒植株的影响。由图 1 可知,盆栽试验条件下 BCOF和BCBOF均对辣椒疫病发生率和植株生长有影响。CK、BCOF 和 BCBOF 的发病率分别为 85.2%、50.4% 和 37.0%,且 BCOF 和 BCBOF 发病率显著低于 CK。BCOF 和



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

图 1 炭基生物有机肥对辣椒疫病发生率和植株鲜重的影响
Fig.1 Effect of carbon based bioorganic fertilizer on the incidence of Phytophthora Blight and plant fresh weight

BCBOF 的防效分别为 40.9% 和 56.5%, 两者防效无显著差异。CK、BCOF 和 BCBOF 的平均植株鲜重分别为 16.5、18.5 和 18.3 g。BCOF 和 BCBOF 植株鲜重比 CK 分别提高 12.1% 和 10.9%, 但均与 CK 无显著差异。因此, 炭基有机肥和炭基生物有机肥均能显著抑制辣椒疫病, 炭基生物有机肥效果更佳。但炭基生物有机肥并没有在促生方面优于炭基有机肥。

2.1.2 对土壤病原菌和有益微生物数量的影响。由表 2 可知, 各处理对根际土壤病原菌数量和有益微生物数量影响较大。与 CK 相比, BCOF 和 BCBOF 可分别减少 41.4% 和 71.0% 辣椒疫霉数量, 且与 CK 辣椒疫霉数量达显著差异。另外, BCBOF 辣椒疫霉数量显著低于 BCOF, 仅为 BCOF 的 0.49 倍。有益微生物数量方面, 与 CK 相比, BCOF 均可增加木霉菌、芽孢杆菌、放线菌数量, 增加幅度分别为 21.6%、19.8% 和 16.5%, 但均未与 CK 达显著差异。BCBOF 则能显著增加木霉菌和芽孢杆菌数量, 增加幅度分别为 111.2% 和 53.6%。因此, 炭基有机肥和炭基生物有机肥均能减少病原菌数量和增加有益微生物数量, 但炭基生物有机肥在削减病原菌和增殖木霉菌与芽孢杆菌方面效果更佳。

表 2 炭基生物有机肥对土壤病原菌和有益微生物数量的影响
Table 2 Effect of carbon based bioorganic fertilizer on the number of soil pathogenic bacteria and beneficial microorganisms

处理 Treatment	辣椒疫霉 <i>Phytophthora capsici</i> ×10 ⁵ copies/g	木霉菌 <i>Trichoderma</i> ×10 ³ CFU/g	芽孢杆菌 <i>Bacillus</i> ×10 ⁴ CFU/g	放线菌 <i>Actinomycete</i> ×10 ⁶ CFU/g
CK	3.14±0.56 a	1.25±0.22 b	2.48±0.64 b	4.07±0.48 a
BCOF	1.84±0.63 b	1.52±0.43 b	2.97±0.49 ab	4.74±0.63 a
BCBOF	0.91±0.28 c	2.64±0.35 a	3.81±0.61 a	4.61±0.44 a

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

2.1.3 对土壤微生物碳源利用能力的影响。由表 3 可知, AWCD 为 Biolog-ECO 测试板孔平均颜色变化率, 代表微生物

碳源利用强度, 即微生物活性; H 为 Shannon 群落碳源利用多样性指数, 代表微生物多样性; E 为 Shannon 群落碳源利用均匀度指数, 代表微生物均匀度。BCOF 和 BCBOF 菌能显著增加 AWCD 和 H 值, 略增加 E 值, 而 BCBOF 均高于 BCOF。因此, 炭基有机肥和炭基生物有机肥均可提高微生物活性、多样性和均匀度, 但炭基生物有机肥效果略强于炭基有机肥。

表 3 炭基生物有机肥对土壤微生物碳源利用能力的影响
Table 3 Effect of carbon based bio organic fertilizer on soil microbial carbon source utilization capacity

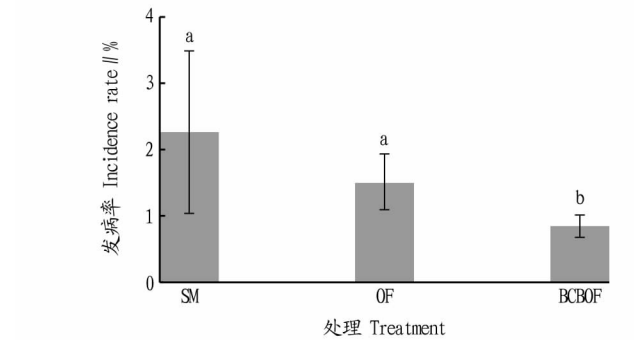
处理 Treatment	AWCD	H	E
CK	0.311±0.069 b	2.954±0.052 b	0.912±0.011 a
BCOF	0.463±0.052 a	3.122±0.043 a	0.925±0.008 a
BCBOF	0.503±0.048 a	3.133±0.051 a	0.930±0.012 a

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P<0.05$)

2.2 炭基生物有机肥田间应用效果

2.2.1 对东海青椒疫病发病率和产量的影响。由图 2 可知, SM、OF 和 BCBOF 处理也对东海青椒发病率和产量有所影响。SM、OF 和 BCBOF 处理的发病率分别为 2.1%、1.4% 和 0.8%, OF 和 BCBOF 均有防病效果, 防效分别为 33.2% 和 62.5%, BCBOF 与 CK 达显著差异。OF 和 BCBOF 处理产量分别比 SM 增加 0.60 和 1.41 t/hm², BCBOF 的增产率为 3.3%。

2.2.2 对淮安红椒疫病发病率和产量的影响。由图 3 可知, 未腐熟养分 SM、猪粪稻秸有机肥 OF 和炭基生物有机肥 BCBOF 对淮安红椒发病率和产量有一定的影响。SM、OF 和 BCBOF 处理的发病率分别为 5.9%、6.3% 和 3.1%, 有机肥轻微增加了病害发生率, 而 BCBOF 处理有 46.9% 防效, 但 3 个处理均未达显著差异。OF 和 BCBOF 处理产量分别比 SM 增加 0.23 和 2.15 t/hm²。BCBOF 的增产率为 6.8%, 但与 CK 差



注: 不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

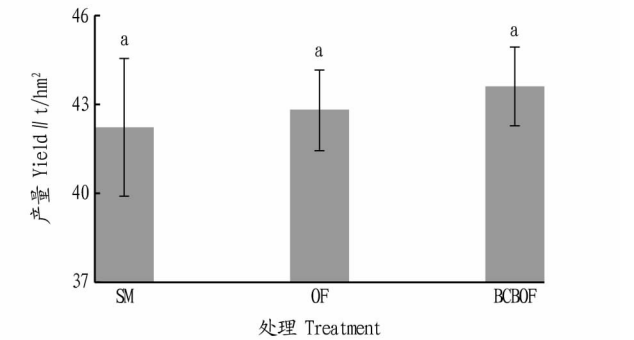
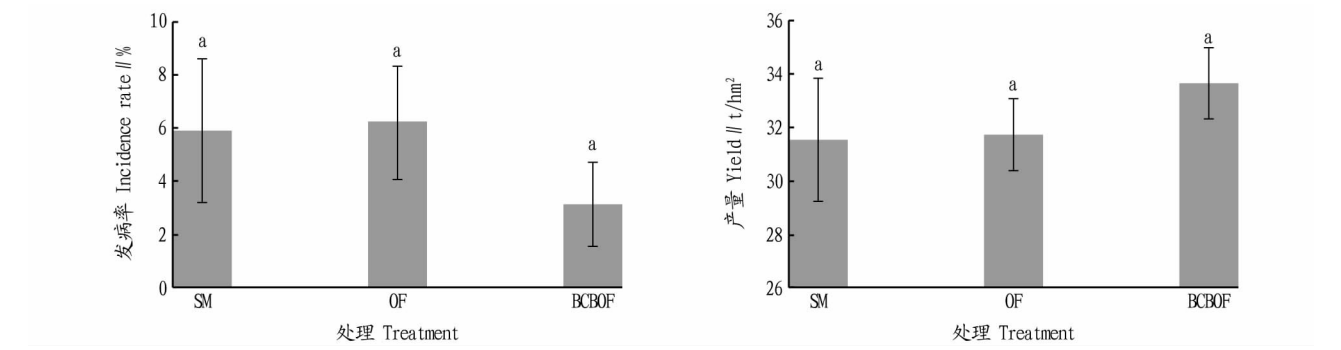


图 2 炭基生物有机肥对东海青椒疫病发病率和产量的影响
Fig.2 Effect of carbon based bioorganic fertilizer on the incidence rate and yield of green pepper blight in the East China sea

异不显著。
3 结论与讨论
盆栽试验中炭基生物有机肥和炭基有机肥均能显著降低辣椒疫霉和防控辣椒疫病, 而生物炭基有机肥效果强于炭基有机肥, 这说明炭基生物有机肥的有机物料组分(炭基有机肥)和有效菌均具有贡献作用。就防控效果而言, 炭基生物有机肥并不显著高于炭基有机肥, 这体现了有机物料组分对防病的贡献较大。但就辣椒疫霉数量而言, 炭基生物有机

肥削减辣椒疫霉效果显著高于炭基有机肥,这说明木霉菌和芽孢杆菌对抑制病原菌贡献大。值得注意的是,炭基有机肥促植株生长作用微强于炭基生物有机肥。研究显示生物炭、

氨基酸和黄腐酸钾均可促进茄果类蔬菜生长和提高植株抗性^[8,11,16]。因此推断,炭基生物有机肥防病的重要机理之一是有机物料组分促进生长和提高抗性。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

图3 炭基生物有机肥对淮安红椒疫病发病率和产量的影响

Fig.3 Effect of carbon based bioorganic fertilizer on incidence rate and yield of red pepper blight in Huai'an

炭基生物有机肥的有机物料与有效菌能协同提高抑制辣椒疫霉和防控病害能力,这与汪坤等^[17]研究结果较为一致,生物炭基肥和哈茨木霉菌剂配施与单独施用炭基有机肥相比,更能减少烟草黑胫病和青枯病。有机物料组分间也可能存在较好的协同增效作用,吕娜等^[18]研究表明氨基酸和有机肥复配比单施有机肥增加土壤酶活性和黄瓜产量。另外,也有报道显示复合芽孢菌剂和氨基酸组合可减少香蕉病害发生^[19]。

用有关。

炭基有机肥能在一定程度上增殖木霉、芽孢杆菌和放线菌3种抑病性微生物,并显著提高了微生物活性和多样性,这可能是生物炭、有机肥、黄腐酸钾和氨基酸共同作用的结果,研究表明这些有机物料可增加土壤生物活性、微生物数量及部分有益微生物^[5-7,18,20]。炭基生物有机肥土壤微生物活性和多样性仅略高于炭基有机肥,土壤微生物活性和多样性强有利于提高土壤抑制病害发生^[21-22],这说明有机物料组分能通过改善土壤微生物生态来抑制辣椒疫霉,而有效菌组分也能适当提高土壤微生物活性和多样性。炭基生物有机肥显著增加了木霉和芽孢杆菌数量,说明BS211和TV41能在土壤中稳定定殖,这有助于抑制病原菌繁殖。炭基生物有机肥中的组合也可能存在协同增效,柳晓磊等^[19]和齐钊等^[23]研究表明复合芽孢菌剂与氨基酸组合可减少病原真菌和根结线虫,增加有益真菌,减少作物病害。

综上,炭基生物有机肥能有效削减土壤辣椒疫霉数量和防控辣椒疫病,也能促进辣椒植株生长和提高辣椒产量。防病作用可能与其直接抑制辣椒疫霉、显著增殖抑病微生物以及改善土壤微生物活性和多样性相关,也可能与其促进植株生长和提高抗性有关。炭基生物有机肥的有机物料组分(生物炭、有机肥、氨基酸和黄腐酸钾)对其改善土壤微生态和植株生长有很大的贡献作用,而TV41木霉菌和BS211芽孢杆菌抑制病原菌效果较好,对改善土壤微生态也有贡献作用。

参考文献

为了解炭基生物有机肥田间应用效果,该研究在淮安清江浦区设施红椒和连云港东海县设施青椒上进行辣椒疫病防效试验,防效可达46.9%和62.5%,对青椒疫病的田间防效高于盆栽防效。这可能是因为盆栽试验是加病土壤,辣椒疫霉浓度高,而田间试验土壤本底病原菌数量低。炭基生物有机肥对于重病土壤防效有限。大田试验可控性差,但炭基生物有机肥在2个试验点和2种辣椒品种防控疫病效果较好,这说明炭基生物有机肥潜力巨大。另外,炭基生物有机肥也显示出一定的增产效果,这可能不仅与病害减少有关,也可能与炭基生物有机肥中的氨基酸、黄腐酸钾和生物炭促生作

[1] 付丽军,张爱敏,王向东,等.生物有机肥改良设施蔬菜土壤的研究进展[J].中国土壤与肥料,2017(3):1-5.
[2] PALANSOORIYA K N, WONG J T F, HASHIMOTO Y, et al. Response of microbial communities to biochar-amended soils: A critical review[J]. Biochar, 2019, 1(1): 3-22.
[3] THUNSHIRN P, WENZEL W W, PFEIFER C. Pore characteristics of hydrochars and their role as a vector for soil bacteria: A critical review of engineering options[J]. Critical reviews in environmental science and technology, 2021(4): 1-25.
[4] 蔡昆争,高阳,田纪辉.生物炭介导植物病害抗性及其作用机理[J].生态学报,2020,40(22):8364-8375.
[5] 王光飞,马艳,郭德杰,等.不同用量秸秆生物炭对辣椒疫病防控效果及土壤性状的影响[J].土壤学报,2017,54(1):204-215.
[6] 王玫,徐少卓,刘宇松,等.生物炭配施有机肥可改善土壤环境并减轻苹果连作障碍[J].植物营养与肥料学报,2018,24(1):220-227.
[7] 杨文娜,余杰,罗东海,等.化肥和有机肥配施生物炭对土壤磷酸酶活性和微生物群落的影响[J].环境科学,2022,43(1):540-549.
[8] 张健,李燕婷,袁亮,等.氨基酸发酵液可促进樱桃番茄对水溶肥料氮素的吸收利用[J].植物营养与肥料学报,2018,24(1):114-121.
[9] 王莹,史振声,王志斌,等.植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用[J].中国土壤与肥料,2008(1):6-11.
[10] 张林,孙明海,王振学,等.黄腐酸钾肥对甘薯产量及抗黑斑病性状的影响[J].中国农技推广,2019,35(4):60-62.
[11] 高伟,李明悦,杨军,等.黄腐酸钾不同用量对番茄产量、品质及土壤理化性质的影响[J].中国农学通报,2017,33(33):46-49.
[12] 马艳,赵江海,常志州,等.西瓜内生枯草芽孢杆菌BS211的拮抗活性及盆栽防效[J].江苏农业学报,2006,22(4):388-393.
[13] 陆楚月,马艳,王巧,等.绿色木霉TV41对尖孢镰刀菌FWO在西瓜植株空间分布和枯萎病防控效果的影响[J].微生物学通报,2015,42(11):2159-2167.
[14] BHUSAL B, MMBAGA M T. Biological control of *Phytophthora* blight and growth promotion in sweet pepper by *Bacillus* species [J/OL]. Biological control, 2020, 150 [2021-07-25]. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104373>.

试验对提取的最佳工艺条件进行优化。确定银杏酚酸最佳提取工艺:提取溶剂为二氯甲烷,提取温度为 60 ℃,料液比为 1:10,提取时间为 1 h,提取次数为 2 次。经试验验证,该工艺稳定可行、重现性好、成本低,银杏酚酸提取量较高,为银杏外种皮中银杏酚酸的提取提供方法学依据。

银杏因其自身经过自然选择进化而来的高效防卫系统,很少受到昆虫和其他有害生物的伤害,而这种防卫作用与植物各器官或部位所具有的次生化学物质有着密切关系,经研究发现这一切均源于银杏的酚酸类成分。长期以来人们只重视银杏的医疗价值,含有大量有毒酚酸类成分的银杏外种皮在加工过程中经常被当作废物遗弃,既污染环境又浪费资源。将银杏外种皮中酚酸类成分提取出来,使其变废为宝,为植物源农药的开发奠定了良好基础,为银杏的综合开发利用提供参考。

参考文献

- [1] 杨慧萍,高睿.银杏药用成分及药理作用研究进展[J].动物医学进展,2017,38(8):96-99.
- [2] 高华荣.银杏叶提取物的药理作用[J].中国实用医药,2010,5(16):168-169.
- [3] 刘欣,党娅,耿敬章.银杏酸的药理活性及应用研究进展[J].中国西部科技,2012,11(2):32-33,11.
- [4] 刘平平,潘苏华.银杏叶制剂中银杏酚酸研究进展[J].中国中药杂志,2012,37(3):274-277.
- [5] 冯致,杨竣茹,李明,等.银杏酚酸生物活性及合成途径研究进展[J].安徽农业科学,2020,48(23):35-43.
- [6] 邵泽艳,姜艳秋.银杏酸的药理作用及银杏叶提取物脱酸方法研究进展

[J].乡村科技,2018(11):111-113.

- [7] LI H, MENG X F, ZHANG D, et al. Ginkgolic acid suppresses the invasion of HepG2 cells via downregulation of HGF/c-Met signaling[J]. Oncology reports, 2019, 41(1):369-376.
- [8] 石启田.银杏酚酸类物质防治农业害虫的研究[J].林产化学与工业,2004,24(2):84-87.
- [9] 刘刚.银杏酚酸在农业害虫防治上具有广阔应用前景[J].北京农业,2009(25):48.
- [10] 郑许松,俞晓平,吕仲贤,等.银杏叶粗提物对桃蚜种群的抑制作用[J].浙江农业学报,2002,14(5):260-264.
- [11] JACOBSON M. USDA agriculture handbook[M]. Washington DC: Govt. Printing Office, 1975.
- [12] 邓业成,徐汉虹,雷玲.银杏提取物对 3 种农业害虫的触杀活性[J].华南农业大学学报,2004,25(3):61-63.
- [13] 张素军,田枫,刘延刚,等.银杏酚酸悬浮剂防治甜瓜白粉病的效果研究[J].中国果菜,2018,38(11):43-46.
- [14] 韩军成.银杏外种皮中银杏酸的提取纯化、抗菌活性及安全评价研究[D].合肥:合肥工业大学,2013.
- [15] 赵东亚,唐进根,陈利红,等.银杏外种皮提取银杏酸工艺的优化试验[J].林业科技开发,2012,26(5):79-82.
- [16] 何康.银杏生物活性物质提取的工艺优化及应用研究[D].武汉:武汉理工大学,2016.
- [17] 吴向阳,仰榴青,陈钧.高效液相色谱法测定银杏叶提取物及其制剂中银杏酸的含量[J].药学学报,2003,38(11):846-849.
- [18] 刘茂顺,葛乃嘉,苏益平,等.正交设计优化碱提朝鲜淫羊藿总黄酮的工艺研究[J].吉林医药学院学报,2018,39(6):426-429.
- [19] 李文超,梁启超,巩丽虹,等.芦竹根总生物碱提取工艺优选的正交试验设计[J].中国现代中药,2018,20(5):604-608.
- [20] 王文军.银杏叶中银杏酸的高效提取方法研究[D].长沙:湖南师范大学,2017.
- [21] 孙耀冉,郭娜娜,袁绪宝,等.正交设计法优化蒺藜中总黄酮回流提取工艺[J].工业技术创新,2014,1(4):428-431.

(上接第 147 页)

- [15] YAO Y P, LI Y, HUANG Z L, et al. Targeted selection of *Trichoderma* antagonists for control of pepper *Phytophthora* blight in China[J]. Journal of plant diseases and protection, 2016, 123(5):215-223.
- [16] 李泽锋,李娜,刘金华,等.生物炭对辣椒果实品质和产量的影响[J].吉林农业大学学报,2016,38(6):686-692.
- [17] 汪坤,魏跃伟,姬小明,等.生物炭基肥与哈茨木霉菌剂配施对烤烟和植烟土壤质量的影响[J].作物杂志,2021(3):106-113.
- [18] 吕娜娜,沈宗专,王东升,等.施用氨基酸有机肥对黄瓜产量及土壤生物学性状的影响[J].南京农业大学学报,2018,41(3):456-464.
- [19] 柳晓磊,齐钊,闫臻,等.复合微生物菌剂与氨基酸水溶肥组合施用对

香蕉土壤理化性质及微生物群落的影响[J].中国土壤与肥料,2019(1):151-158.

- [20] 王蓓,高旭,王甜甜,等.叶面喷施含氨基酸水溶肥料在辣椒和豇豆上的肥效[J].土壤,2017,49(4):692-698.
- [21] 张瑞福,沈其荣.抑病型土壤的微生物区系特征及调控[J].南京农业大学学报,2012,35(5):125-132.
- [22] SCHLATTER D, KINKEL L, THOMASHOW L, et al. Disease suppressive soils: New insights from the soil microbiome[J]. Phytopathology, 2017, 107(11):1284-1297.
- [23] 齐钊,张曼丽,闫臻,等.联合施用微生物菌剂和氨基酸水溶肥对哈密瓜土壤性质及细菌群落结构的影响[J].热带生物学报,2019,10(4):352-359.

(上接第 150 页)

烤烟生长中后期缺钾,从而提高中上部烟叶的产质量。

针对目前烤烟种植强调适产提质的背景下,烤烟增产的同时要注重烟叶品质的提升,因此笔者认为将硝酸钾、硫酸钾推迟到现蕾初期追施完将有利于提升赣州烟叶的产质量,提高烟叶的工业可用性。

参考文献

- [1] 朱显灵.论我国烟叶生产持续发展战略[J].安徽农学通报,1996,2(2):14-17.
- [2] 胡霭堂.植物营养遗传学(下册)[M].北京:北京农业大学出版社,2004.
- [3] 金辽,李伟,章友爱,等.不同追施钾肥模式对烤烟生长的影响[J].南方农业,2018,12(28):44-49.
- [4] 郭春燕.钾肥施用方式及配施不同有机酸对烤烟烟叶生理特性及产质量的影响研究[D].郑州:河南农业大学,2013.
- [5] 刘会杰,赵铭钦,闻刚,等.种植密度和施钾量对烤烟品质的影响[J].西南农业学报,2013,26(2):653-658.
- [6] 蔡永占,韩小女.生物钾肥对烤烟含钾量及品质影响的研究进展[J].农学学报,2016,6(11):37-41.
- [7] 胡鹏翔.不同施用钾肥烟草中挥发油成分变化研究[D].郑州:郑州大

学,2012.

- [8] 王树会,张卫民,李润.云南红河红壤上施钾对烤烟品质的影响[J].南京农业大学学报,1999,22(3):117-119.
- [9] 常爱霞,杜咏梅,付秋娟,等.烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J].中国烟草科学,2009,30(6):9-12.
- [10] 胡文智,王晴,苗慧莹,等.钾肥基施与叶面喷施对烤烟含钾量的影响[J].西北农业学报,2010,19(9):119-123.
- [11] 曹志洪,周秀如,李仲林,等.我国烟叶含钾状况及其与植烟土壤环境条件的关系[J].中国烟草,1990,11(3):6-13,20.
- [12] 郑传刚,吴昊,余祥文,等.钾肥调控对烤烟光合作用和产量及品质的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(6):621-626.
- [13] 刘润生,许威,彭耀东,等.复合肥和硝酸钾前后追施对烤烟产质量的影响[J].安徽农业科学,2019,47(22):160-163.
- [14] 解燕,王文楷,赵杰,等.烟草钾素营养与钾肥研究[J].中国农学通报,2006,22(8):302-307.
- [15] 王同朝,刘作新,高致明,等.分期追施钾肥对烤烟生长和品质的影响[J].河南农业大学学报,2002,36(4):348-351.
- [16] 欧阳锋声,苏国栋,罗建新,等.施肥方法对烤烟氮磷钾利用率及产量品质的影响[J].湖南农学院学报,1992,18(S2):425-434.
- [17] 徐敏.不同品种烤烟磷利用反应差异的研究[D].郑州:河南农业大学,2006.
- [18] 刘好宝,吕作新,刘彩萍,等.烤烟不同生育期的钾素营养对烟叶产量和含钾量的影响[J].中国烟草学报,1998,4(1):60-64.