

微生物肥对辣椒促生长及疫病防治效果

于 迪, 吕 雅 悠, 余 本 玉, 申 顺 善, 朴 凤 植

(河南农业大学 园艺学院, 河南 郑州 450002)

摘 要:以促植物生长根际细菌 A21-4、G15-7 和 G28-6 为试材, 配制成不同配比单剂微生物肥(AF、BF、CF)和混合微生物肥(ABF、ACF、BCF、ABCF)施用于辣椒, 探讨微生物肥对辣椒生长的影响及辣椒疫病的防治效果。结果表明:供试微生物肥均显著促进辣椒的生长, 微生物肥(BF)对辣椒苗期株高和茎粗的促生效果显著, 比对照 CK2 分别提高 11.17% 和 26.54%; 微生物肥(AF、BF、ABF)处理显著增加辣椒根部干鲜重; 微生物肥显著提高叶绿素含量, 其中 AF、CF 处理对叶绿素含量的提高最为显著, 比 CK2 分别提高 158.42% 和 155.12%; 微生物肥(AF、ABF、ACF、BCF)处理显著增强根系活力, 比 CK2 分别提高 217.86%、235.71%、235.71%、239.29%。另外, 供试微生物在辣椒根际土壤中具有良好的定殖能力, 其定殖密度均达到 10^6 cfu/g 以上, 对辣椒疫病均有一定防治效果, 其中 BF、CF 处理对辣椒疫病的防治效果达到 100%。

关键词:微生物肥; 辣椒; 疫病; 定殖密度

中图分类号:S 641.306⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)12-0162-04

辣椒自传入我国后就深受人们的喜爱, 它不仅含有丰富的维生素 C、 β -胡萝卜素等, 辣椒中的辣椒素还具有抗炎及抗氧化作用, 有助于降低心脏病、某些肿瘤及其它一些随年龄增长而出现的慢性病的风险。辣椒生产周期短, 商品率高, 市场前景广阔, 效益比较好, 栽培面积逐年增加。然而由于市场的巨大需求, 化肥和农药的施用连年剧增, 导致辣椒耕作土壤结构被破坏、土壤微生物种类和数量减少、土壤质量和肥力下降、病虫害增加、农作物品质下降^[1]。随着人们环保、可持续发展意识的增强及对新技术、新产品研发不断深入, 探寻新肥源以部分替代化肥的研究引起了广泛的关注, 其中微生物肥尤其突出^[2]。

微生物肥是指由单一或多种特定功能菌株, 通过发酵工艺生产的, 能够为植物提供有效养分或防治植物病虫害的微生物制剂, 又称菌剂、菌肥、接种剂。微生物肥料进入土壤生态系统后, 在适当的温度、湿度、酸碱度条件下, 与土壤有益微生物共同形成优势菌群, 能促进土壤生态系统的修复, 提高土壤微生物数量, 通过解钾、固氮、解磷等途径来提高土壤肥力, 从而提高作物产量或

改善农产品品质、减少土传病害的侵袭等^[3]。基于根际促生细菌的微生物肥料具有高效低毒, 不污染环境且成本低, 可节约能源等特点, 是化学肥料的最有效的替代品, 合理开发和利用微生物肥料, 促进微生物肥料的大力发展, 是我国农业持续发展的重要途径^[4]。

该试验以对辣椒具有促生防病能力的 3 株根际细菌为试材, 通过单一菌株及多菌株与辅料的混合配制成微生物肥, 研究微生物肥对辣椒生长发育的影响及疫病防治效果, 筛选最佳处理组合, 以期新型微生物肥料的创制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试辣椒 (*Capsicum annullum* L.) 品种为“农研 19”, 由河南农业大学豫艺种业公司生产。在 25~28℃ 自然光周期的温室中育苗, 以 7 片真叶的辣椒幼苗作为试验材料。促植物生长根际细菌为普城沙雷菌 (*Serratia plymuthica*) A21-4、多粘类芽孢杆菌 (*Paenibacillus polymyxa*) G15-7 和桔黄假单胞菌 (*Pseudomonas chlororaphis*) G28-6, 是利用逐步提高培养基中利福平浓度的方法获得稳定的抗利福平 ($100 \mu\text{L/mL}$) 菌株, 于 -80℃ 保存。制作微生物肥所用的辅料为鸡粪、氨基酸肥料和腐殖酸。鸡粪是由卫辉市祥瑞和协肥业有限公司生产, 有机质含量 $\geq 45\%$, 氮+磷+钾 ($\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O}$) $\geq 5\%$, $\text{H}_2\text{O} \leq 30\%$; 氨基酸肥料是由内蒙古阜丰生物科技有限公司生产的“金阜丰”, 氨基酸 $\geq 10\%$, 有机质 \geq

第一作者简介:于迪(1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向为设施环境管理。E-mail: yudi8820@163.com.

责任作者:朴凤植(1965-), 男, 教授, 硕士生导师, 现主要从事设施园艺与无土栽培等研究工作。E-mail: piaol203@163.com.

基金项目:河南省重点科技攻关资助项目(122102110042)。

收稿日期:2015-03-19

14%,总氮 $\geq 16\%$;腐殖酸为绿丰源有机肥料有限公司生产的“亮钾”,其配方为K $\geq 20\%$,腐殖酸 $\geq 15\%$,有机质 $\geq 20\%$,水分 $\leq 10\%$ 。育苗基质为郑州金世纪育苗基质有限公司生产的“新一代瓜果蔬菜育苗基质”。辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici* Leonian)由河南农业大学植物病害生物防治研究室分离、鉴定并保存。培养基为TSA培养基(TSB 30 g,琼脂粉 18 g,蒸馏水 1 000 mL)、V8A培养基(V8果蔬汁 100 mL,碳酸钙 1 g,琼脂粉 15 g,蒸馏水 900 mL)、大米固体培养基(取大米在锅中煮至8成熟,在塑料平板上晾干,称取200 g装在耐高温的2层保鲜袋中,用高压灭菌锅灭菌)、LB液体培养基(LB Broth 25 g,蒸馏水 1 000 mL)。

1.2 试验方法

1.2.1 微生物肥制作 将A21-4、G15-7和G28-6从-80℃冰箱中活化并接种于LB液体培养基中,培养36 h(培养温度为28℃,转速为160 r/min)后,接种于大米固体培养基,在26℃光照培养箱中培养3 d后冷冻干燥24 h,粉碎,将微生物粉末与辅料混合制成微生物肥。将A21-4、G15-7和G28-6分别代码为A、B和C,辅料代码为F,制成的单剂微生物肥各表示为AF(A21-4+辅料)、BF(G15-7+辅料)和CF(G28-6+辅料),混合微生物肥表示为ABF(A21-4+G15-7+辅料)、ACF(A21-4+G28-6+辅料)、BCF(G15-7+G28-6+辅料)和ABCF(A21-4+G15-7+G28-6+辅料)。对照微生物肥采用广州市陵邦科技有限公司生产的“EM1号”。

1.2.2 辣椒疫霉菌孢子悬浮液配制 辣椒疫霉菌在V8A培养基上培养5~7 d后,切成菌块并加入适量无菌水,在日光灯下照射16 h,待形成游动孢子囊后放置于4℃冰箱里30 min,诱发孢子囊释放游动孢子,用2层无菌纱布过滤并收集游动孢子,配制成 10^4 孢子/mL的游动孢子悬浮液。

1.3 项目测定

1.3.1 微生物肥对辣椒苗期促生效果测定 选取健壮的7片真叶的辣椒苗,移栽至花盆(直径10 cm),并施用微生物肥(20 g/盆),置于温室里培养,移栽第20天调查辣椒各项生育指标和生理指标。生育指标测定株高、茎粗、地上部和根部的干重和鲜重,生理指标测定叶绿素含量和根系活力。叶绿素含量测定采用丙酮提取法,根系活力测定采用TTC还原法。以EM1号(CK1)、辅料(CK2)和育苗基质(CK3)设为对照。3次重复,每处理10盆。

1.3.2 微生物肥对辣椒疫病的防治效果测定 选取健壮的7片真叶的辣椒苗,移栽至花盆(直径10 cm),并施用微生物肥(20 g/盆),移栽24 h灌根接种辣椒疫霉菌游动孢子悬浮液(10^4 孢子/mL,5 mL/株),置于温室培养,接种第14天调查辣椒疫病发病程度。3次重复,每处理10盆。

1.3.3 供试微生物在辣椒根际土壤定殖密度测定 施

用微生物肥第20天,取1 g辣椒根际土壤,用0.1 mol/L $MgSO_4$ 溶液稀释一定浓度涂抹在加利福平的1/10 TSA培养基平板上,置于28℃恒温箱内培养48 h,待形成菌落,检测菌落数推算出在根际土壤的定殖密度。

1.4 数据分析

试验数据采用DPS 7.05和Excel 2003软件处理和分析,LSD法多重比较。

2 结果与分析

2.1 微生物肥对辣椒生长的影响

2.1.1 微生物肥对辣椒生育指标的影响 由表1、2和图1可知,微生物肥处理均显著促进辣椒生长。尤其是BF处理对辣椒株高和茎粗的促生效果均显著,比CK2各提高11.17%和26.54%。同时,显著增加叶面积。处理均显著提高辣椒地上部的干鲜重,AF、BF、ABF处理对辣椒根部干鲜重具有显著促进效果,其它处理对根部的干鲜重没有显著性差异,但也有一定的促进效果。另外,微生物单剂和混合剂之间没有显著差异。

表1 微生物肥对辣椒株高和茎粗的影响

Table 1 Effect of microbial fertilizer treatments on pepper plant height and stem diameter

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm
AF	28.34abc	4.322c
BF	29.46a	4.920a
CF	30.40a	4.320c
ABF	28.70ab	4.462bc
ACF	30.10a	4.392bc
BCF	26.90bc	4.224cd
ABCF	30.00a	4.528abc
CK1	29.60a	4.754ab
CK2	26.50bc	3.888d
CK3	26.00c	3.840d

注:同列数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters show significant difference among treatments at 0.05 level. The same below.

表2 微生物肥对辣椒地上部和根部干、鲜重的影响

Table 2 Effect of microbial fertilizer treatments on dry fresh weight of pepper

处理 Treatment	地上部 Aboveground		根部 Root	
	干重 Dry weight	鲜重 Fresh weight	干重 Dry weight	鲜重 Fresh weight
AF	2.18a	17.31a	0.90a	8.89a
BF	2.12a	17.77a	0.79a	8.81a
CF	1.86a	16.82a	0.70ab	7.10ab
ABF	2.42a	19.13a	0.89a	9.12a
ACF	2.11a	18.02a	0.76ab	7.19ab
BCF	1.95a	16.86a	0.77ab	7.24ab
ABCF	2.12a	17.86a	0.71ab	6.82ab
CK1	2.17a	18.90a	0.94a	8.42a
CK2	1.17b	10.86b	0.56ab	6.13ab
CK3	0.93b	5.56b	0.43b	4.53b

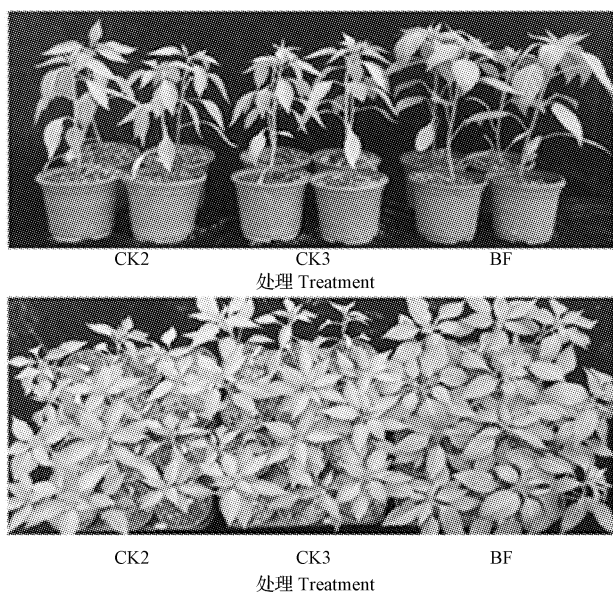


图1 BF处理对辣椒的促生长效果

Fig. 1 The growth promoting effect of pepper by BF treatment

2.1.2 微生物肥对辣椒生理指标的影响 由图2、3可知,微生物肥处理均显著提高了辣椒叶绿素含量和根系活力。AF、CF处理对叶绿素含量的促进效果最为显著,分别比CK2提高158.42%和155.12%,AF、ABF、ACF、BCF处理对根系活力的提高效果最为显著,分别比CK2提高217.86%、235.71%、235.71%和239.29%。

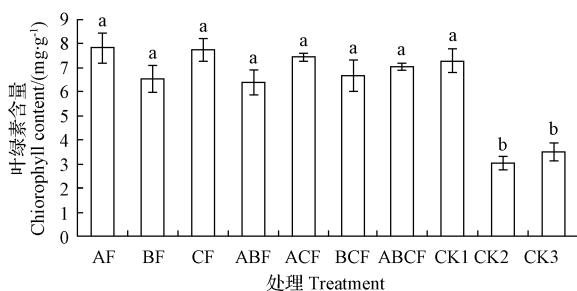


图2 微生物肥对辣椒叶片叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of microbial fertilizer treatments on chlorophyll content

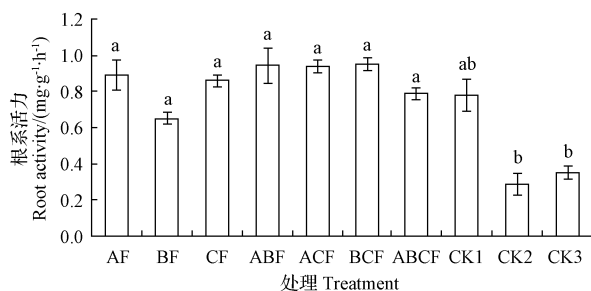


图3 微生物肥对辣椒根系活力的影响

Fig. 3 Effect of microbial fertilizer treatments on root activity

2.2 微生物肥对辣椒疫病的防病效果

微生物肥均对辣椒疫病具有显著的防治效果。接种霉菌7 d开始CK2、CK3植株茎基开始表现症状,到14 d时茎基部明显变褐,溢缩,且木质化,上部叶片枯萎,植株死亡,发病率达100%,而BF、CF、CK1处理到接种14 d没有任何症状,对辣椒疫病的防治效果达到100%,其它微生物肥处理接种10 d开始茎部表现轻微的发病症状,且进展缓慢,14 d时发病率显著低于CK2、CK3(表3,图4)。

表3 微生物肥对辣椒疫病的防治效果

Table 3 Effect of microbial fertilizer treatments on control of *Phytophthora* blight of pepper %

处理 Treatment	发病率 Incidence	防病效果 Control effect
AF	8.33	85.72b
BF	0.00	100.00a
CF	0.00	100.00a
ABF	16.67	71.42c
ACF	25.00	57.14d
BCF	8.33	85.72b
ABCF	33.33	42.86e
CK1	0.00	100.00a
CK2	58.33	—
CK3	58.33	—

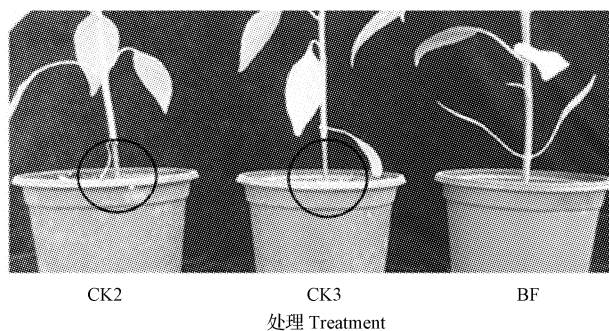


图4 BF处理对辣椒疫病的防治效果

Fig. 4 The control effect of *Phytophthora* blight of pepper by BF treatment

2.3 供试微生物在辣椒根际土壤的定殖密度

由表4可知,供试的微生物在辣椒根际土壤中均有良好的定殖密度,其定殖密度均达到 10^6 cfu/g以上水平。

表4 供试微生物在辣椒根际土壤的定殖密度

Table 4 The colonization density of plant growth promoting rhizobacteria on the rhizosphere soil of pepper in pot experiment

处理 Treatment	定殖密度 Colonization density/(cfu · g ⁻¹)
AF	2.95×10^6
BF	1.00×10^6
CF	2.34×10^6
ABF	3.98×10^6
ACF	4.89×10^6
BCF	2.00×10^6
ABCF	8.91×10^6

3 结论与讨论

植物根际存在着很多对植物具有促生防病作用的优质高效的有益微生物。这种有益微生物能够调节土壤生态环境,促进植物吸收利用矿物质营养,可有效抑制土壤中有毒生物,还可产生多种生物活性物质,从而表现出促进植物生长、控制植物病害等生物学功能^[5]。利用植物根际有益微生物来创制新型微生物肥,同时施用微生物肥来促进植物生长和防治植物病害越来越受到人们重视。耿世军等^[6]认为微生物肥处理后,辣椒植株的长势明显优于对照,株高、鲜重、根系活力和叶绿素含量明显增加;王飞等^[7]和朱震等^[8]认为利用专用微生物肥和生物有机肥可以增强棉花、番茄的长势,提高产量及抗病性。该试验研究的供试微生物肥也显著提高辣椒株高、茎粗、干鲜重、叶绿素含量和根系活力,同时能够显著抑制辣椒疫病的发生。

微生物肥中微生物的存活能力和在植物根际的定殖能力决定其潜在促生和防病作用的大小^[9]。有益微生物首先定殖于植物根际,在植物根际保持一定的定殖密度,才能调节植物根际土壤微生态环境,同植物病原菌进行竞争、产生抗菌物质等,控制病害的发生^[10]。因此,供试微生物在植物根际定殖能力的强弱和稳定性是决定其发挥作用与否的关键,该研究供试的3株微生物均在辣椒根际保持良好的定殖密度,表现出很好的利用潜力。

微生物肥促进植物生长和防治植物病害机制有多种途径。主要是微生物肥中的有益微生物能够优化土

壤微生物种群结构,提高土壤酶活性,活化土壤养分,增加土壤通透性,促进植物对土壤养分的吸收,提高寄主植物的健康水平,并抑制土壤中有毒微生物,而达到促进植物生长和防治病害的效果。该试验研究的供试微生物肥对辣椒的促生及防病机制需要进一步的研究。

参考文献

- [1] Kohler J, Caravaca F, Roldan A. An AM fungus and a PGPR intensify the adverse effects of salinity on the stability of rhizosphere soil aggregates of *Lactuca sativa* [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2010, 42: 429-434.
- [2] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文, 等. 我国新型肥料发展战略研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5): 536-545.
- [3] Taniguchi N, Tomioka K. Duration of development and number of nymphal instars are differentially regulated by photoperiod in the cricket *Modicogryllus siamensis* (Orthoptera: Gryllidae) [J]. European Journal of Entomology, 2003, 100: 275-281.
- [4] 吴建峰, 林先贵. 我国微生物肥料研究现状及发展趋势[J]. 土壤, 2002(2): 68-72.
- [5] 胡江春, 薛德林, 马成新, 等. 植物根际促生菌(PGPR)的研究与应用前景[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1963-1966.
- [6] 耿世军, 王波, 刘刊, 等. 专用微生物肥对不同连作障碍强度土壤上辣椒生长发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 134-137.
- [7] 王飞, 李俊华, 赵思峰, 等. 拮抗菌和生物有机肥防治棉花黄萎病及其对土壤酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2011, 42(3): 584-588.
- [8] 朱震, 陈芳, 肖同建, 等. 拮抗菌生物有机肥对番茄根结线虫的防治作用[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 1033-1038.
- [9] 张炳欣, 张平, 陈晓斌. 影响引入微生物根部定殖的因素[J]. 应用生态学报, 2000, 11(6): 951-953.
- [10] Kloepper J W. A review of issues related to rhizosphere colonization of plant roots by bacteria [J]. Canadian Journal of Microbiology, 1992, 38(6): 667-672.

Effect of Microbial Fertilizer on Growth Promoting and Control of *Phytophthora* Blight of Pepper

YU Di, LYU Ya-you, YU Ben-yu, SHEN Shun-shan, PIAO Feng-zhi

(College of Horticulture, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: Taking three plant growths promoting rhizobacteria A21-4, G15-7 and G28-6 as materials, to make single dosage microbial fertilizer (AF, BF, CF) and composite microbial fertilization (ABF, ACF, BCF, ABCF), which were used on pepper to research the effect of microbial fertilizer on pepper growth and the resistance ability to *Phytophthora capsici*. The results showed that the tested microbial fertilizer was all significantly promoted the growth of pepper. The application with BF significantly promotes the plant height and stem diameter, increasing rate were 11.17% and 26.54%, respectively, compared with CK2. Moreover, the dry weight and fresh weight of the roots were significantly increased by microbial fertilizer AF, BF and ABF. The application with AF and CF can significantly promote the content of chlorophyll, increasing rate were 158.42% and 155.12%, respectively, compared with CK2. Application with AF, ABF, ACF and BCF can significantly promoted the root activity, promoting rate was 217.86%, 235.71%, 235.71% and 239.29%, respectively, compared with CK2. Besides, the tested microorganisms all successfully colonized in rhizosphere soil of pepper, the colonization density reached more than 10^6 cfu/g, which showed certain control effect of *Phytophthora* blight of pepper, applications with BF and CF on the control effect of *Phytophthora* blight of pepper were reached 100%.

Keywords: microbial fertilizer; pepper; *Phytophthora* blight; colonization density