

吴 颖, 侯璐丹, 张 杰. 8 种菌株代谢物对茄链格孢菌菌丝生长及孢子萌发的抑制[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(2): 293-298.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2016.02.009

8 种菌株代谢物对茄链格孢菌菌丝生长及孢子萌发的抑制

吴 颖, 侯璐丹, 张 杰

(山西师范大学生命科学学院, 山西 临汾 041004)

摘要: 为防治由茄链格孢菌(*Alternaria solani*)引起的番茄早疫病,研究了8株有益微生物的代谢产物对茄链格孢菌菌丝生长及孢子萌发的抑制,并且测定了曲霉、细黄链霉菌对病菌的持续抑菌作用。结果发现5株芽孢杆菌代谢物原液对茄链格孢菌菌丝生长均有一定的抑制作用,茄链格孢菌分生孢子萌发的受抑制率分别为:地衣芽孢杆菌44.87%、胶冻样芽孢杆菌51.97%、枯草芽孢杆菌55.44%。细黄链霉菌对茄链格孢菌具有较强的持续抑制作用,且黑曲霉、米曲霉、细黄链霉菌作用后茄链格孢菌菌丝发生了畸变、原生质浓缩等现象。表明8种微生物代谢物对茄链格孢菌具有抑菌活性,且效果明显。

关键词: 茄链格孢菌; 分生孢子萌发; 抑菌作用

中图分类号: S432 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2016)02-0293-06

Inhibitory effects of metabolites from eight strains of *Bacillus*, *Aspergillus*, and *Streptomyces* on *Alternaria solani*

WU Ying, HOU Lu-dan, ZHANG Jie

(College of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, China)

Abstract: To find effective ways to control tomato early blight caused by *Alternaria solani*, the inhibitory effects of eight strains metabolites of *Bacillus*, *Aspergillus* and *Streptomyces* were studied. The metabolites of five *Bacillus* strains are powerful to inhibit the mycelial growth of *A. solani*. The suppression rates of spore germination by the metabolites of *B. subtilis*, *B. mucilaginosus* and *B. Lincheniformi* were 55.44%, 51.97%, 44.87%, respectively. The regenerative capacity of mycelia were strongly inhibited by *S. microflavus*. And mycelial deformation and protoplasm shrinkage were observed in *A. oryzae*-, *A. niger*-, and *S. microflavus*-treated *A. solani*.

Key words: *Alternaria solani*; conidial germination; antimicrobial effect

番茄早疫病是由半知菌亚门茄链格孢菌(*Alternaria solani*)引起,在全国各地都有发生,是番茄的主要病害之一^[1-2]。农业生产上曾采用化学药剂来防治该病,但由于化学药剂本身难分解,容易污染环境,再加上农民施用不科学,施用频率较高、剂

量较大,往往会导致土壤、地表水以及地下水污染,之后进入食物链,对环境及人类健康造成极大的伤害^[3-6],所以以微生物为基础的生物防治应运而生。与此同时,微生物产生的代谢物(生物碱、抗生素、色素等)同样引起人们的关注^[7]。

芽孢杆菌抗逆性强、营养需求低、复活率高、致病率低,同时具有较强的蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶活性,并且可通过多种方式(如生长竞争或者是分泌抗生物质等)在植物病害生物防治方面发挥作用^[8-18],显示出芽孢杆菌很好的利用前景。曲霉(*Aspergillus* sp.)是一种资源非常丰富的拮抗性微生

收稿日期: 2015-09-22

基金项目: 山西省高校高新技术产业化项目(20120017)

作者简介: 吴 颖(1991-),女,山西晋中人,硕士研究生,从事生物、微生物肥料研发工作。(Tel) 15135318316; (E-mail) 862922618@qq.com

通讯作者: 张 杰, (Tel) 13834879007; (E-mail) 604072014@qq.com

物,大多数曲霉菌对植物病害(包括土传病害、叶部病害等)病原真菌都具有拮抗作用,在植物病害的生物防治中具有十分重要的作用。目前,有关曲霉菌在土传病害方面的研究报道很多,而在其对于植物叶部病害生物防治方面的研究很少^[19-21]。放线菌(*Streptomyces*)是天然抗生素等生物活性物质的主要生产菌,是生防微生物的重要来源。迄今为止所发现的22 500余种微生物来源的活性物质中,其中45%以上来自放线菌^[22],一些种类的放线菌还可以通过产生一些酶,如几丁质酶、纤维素酶及蛋白酶等来降解寄主病原菌的细胞壁等^[23]。目前,应用于番茄早疫病防治的土壤放线菌产酶活性研究尚未见报道。本试验从茄链格孢菌的分生孢子入手,探究5株芽孢杆菌菌株代谢物以及黑曲霉、米曲霉、细黄链霉菌对茄链格孢菌菌丝生长、分生孢子萌发的抑制作用,为防治番茄早疫病奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验病原菌 试验所用病原菌为茄链格孢菌菌株,由山西师范大学生命科学学院提供。

1.1.2 试验菌株及其编号 枯草芽孢杆菌菌株(*Bacillus subtilis*)、地衣芽孢杆菌菌株(*B. licheniformis*)、胶冻样芽孢杆菌菌株(*Paenibacillus mucilaginosus*)、解淀粉芽孢杆菌菌株(*B. amyloliquefaciens*)、蜡样芽孢杆菌菌株(*B. cereus*)、米曲霉(*Aspergillus oryzae*)、黑曲霉(*A. niger*)、细黄链霉菌(*Streptomyces microflavus*)均购于中国农业科学院微生物菌种保藏管理中心。

1.1.3 培养基配制 营养琼脂培养基:蛋白胨 10 g,氯化钠 10 g,酵母膏 5 g,琼脂 20 g,水 1 000 ml。pH 7.5。

PDA 固体培养基:去皮土豆 200 g 切成小块,加适量水煮沸 30 min,双层纱布过滤,补水至 1 000 ml,加入 20 g 葡萄糖至全部溶解,加琼脂 20 g。

高氏 I 号固体培养基:可溶性淀粉 20.00 g, KNO₃ 1.00 g, K₂HPO₄ 0.50 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.50 g, NaCl 0.50 g, FeSO₄ · 7H₂O 0.01 g, 琼脂 20.00 g, H₂O 1 000 ml。pH 7.2~7.4。

营养肉汤液体培养基:蛋白胨 10 g,氯化钠 10 g,酵母膏 5 g,水 1 000 ml。pH 7.5。

PDA 液体培养基:去皮土豆 200 g 切成小块,加适量水煮沸 30 min,双层纱布过滤,补水至 1 000 ml,加入 20 g 葡萄糖至全部溶解。

高氏 I 号液体培养基:可溶性淀粉 20.00 g, KNO₃ 1.00 g, K₂HPO₄ 0.50 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.50 g, NaCl 0.50 g, FeSO₄ · 7H₂O 0.01 g, H₂O 1 000 ml。pH 7.2~7.4。

以上培养基均于 1×10⁵ Pa 灭菌 30 min 后使用。

1.2 试验方法

1.2.1 试验菌株代谢物的制备 将未活化的芽孢杆菌菌株以及曲霉、细黄链霉菌分别转接到相应的琼脂平板上,适温下培养一段时间后再分别转接到相应的液体培养基中振荡培养 36 h,即得试验菌株菌液。将其离心(4 000 r/min, 10 min),取上清液,滤膜(0.22 μm)过滤即得到试验菌株代谢物,密封后置 4℃ 冰箱中保存备用。

1.2.2 茄链格孢菌的培养及孢子悬液制备 用接种环挑取一环 4℃ 保存的茄链格孢菌菌株,点接于 PDA 平板上,28℃ 恒温培养 5~7 d,观察菌体长势。

取生长 7 d 的茄链格孢菌试管斜面,注入 5 ml 无菌水,刷下病原菌菌苔,制成孢子悬液,按一定稀释比将其稀释至 10×10 倍显微镜下每个视野中含有 30~50 个分生孢子。

1.2.3 芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌菌丝生长的抑制作用 吸取 2 ml 制备好的病原菌孢子悬液涂于 PDA 平板上,将牛津杯(直径 0.8 mm)搁置于平板上,向杯内加入 2 ml 试验菌株代谢物(每株芽孢杆菌代谢物分别稀释为 5 个浓度:原液、稀释 5 倍、稀释 10 倍、稀释 15 倍、稀释 20 倍,每一浓度重复 3 次),同时以无菌水代替试验菌株作为空白对照。28℃ 培养 3 d,十字交叉法测量抑菌环直径。

1.2.4 芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌分生孢子萌发的影响 分别吸取 5 株芽孢杆菌菌株代谢物的分生孢子悬浮液 0.2 ml 置于装有盖玻片的已灭菌的培养皿中,每一处理重复 3 次,共 15 组培养皿。之后吸取等量的病原菌孢子悬液于这 15 组培养皿中,充分振荡、摇匀。另以无菌水代替代谢物样品作为空白对照。将摇匀的 15 组培养皿放置在 22℃ 恒温培养箱中,黑暗处理 24 h,取出盖玻片置于显微镜下观察分生孢子总数以及萌发的分生孢子数,计算分生孢子萌发的平均百分率以及代谢物对分生孢子萌发的抑制率。

1.2.5 曲霉及细黄链霉菌代谢物对茄链格孢菌的持续抑菌作用 从被抑制的菌落边缘,挑取少量靶标真菌基内菌丝接种于 PDA 平板上,以正常基内菌丝为对照,在 25 ℃ 下培养,定期观察菌落生长情况,测量菌落直径,确定受抑制靶标真菌菌丝的再生能力。重复 3 次。

1.2.6 曲霉及细黄链霉菌代谢物对茄链格孢菌菌丝的影响 从被抑制的菌落边缘,挑取少量靶标真菌基内菌丝,镜检观察菌丝被抑制情况。

1.3 数据处理

本研究采用 Origin75 软件图表进行绘制,采用 SPSS 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌生长的抑制作用

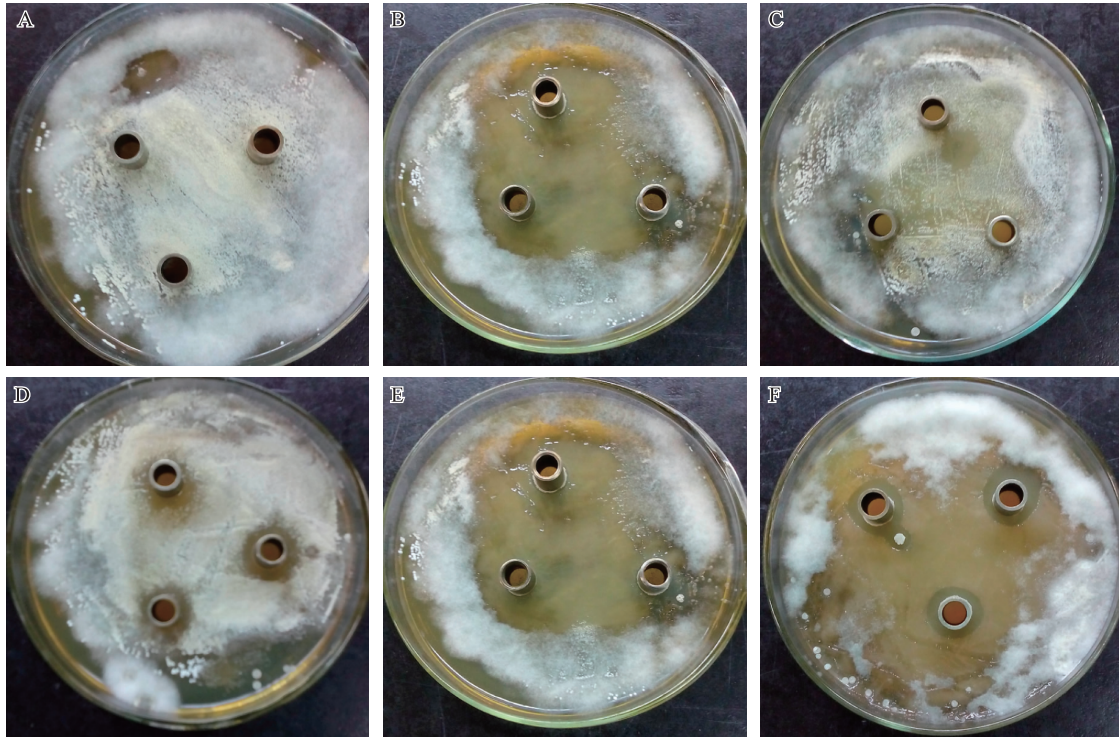
图 1 与表 1 反映了茄链格孢菌生长受到抑制的情况。从图 1 可以看出:茄链格孢菌的菌丝在 5 株芽孢杆菌菌株代谢物原液的作用下,其生长均受到不同程度的抑制作用。图 1A 为对照组,菌丝明显

生长较密,气生菌丝生长较快;图 1C 菌丝生长较为稀疏,菌丝生长缓慢;图 1D 可以很明显地看到在牛津杯周围有透明圈,菌丝生长受到抑制;图 1B、图 1E、图 1F 在牛津杯周围均无菌丝蔓延。

结合表 1 来看,5 株芽孢杆菌菌株代谢物原液中枯草芽孢杆菌、胶冻芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌对茄链格孢菌的抑菌圈直径分别为 14.60 mm、13.83 mm、12.87 mm。随着稀释倍数的增加,抑菌程度逐渐减弱,在稀释 20 倍后,5 株芽孢杆菌菌株代谢物对病原菌的抑菌圈直径均小于 7.00 mm。5 株芽孢杆菌中,蜡样芽孢杆菌代谢物对茄链格孢菌的抑菌效果最弱,原液的抑菌圈直径仅为 1.00 mm;枯草芽孢杆菌代谢物对茄链格孢菌的抑菌效果相对最好,稀释 20 倍后抑菌圈直径依然在 5 株菌株中最大(6.60 mm)。

2.2 芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌分生孢子萌发的影响

芽孢杆菌代谢物对茄链格孢菌分生孢子萌发的影响如图 2 所示。A 图中分生孢子数目较多且均有萌发;B、C、D 相对于 A 而言,分生孢子数目明



A 为加入无菌水的对照组,B、C、D、E、F 分别为加入胶冻芽孢杆菌代谢物、蜡样芽孢杆菌代谢物、地衣芽孢杆菌代谢物、解淀粉芽孢杆菌代谢物、枯草芽孢杆菌代谢物的试验组。

图 1 5 株芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌菌丝生长的影响

Fig.1 The inhibition of five *Bacillus* metabolites against the growth of *Alternaria solani* mycelia

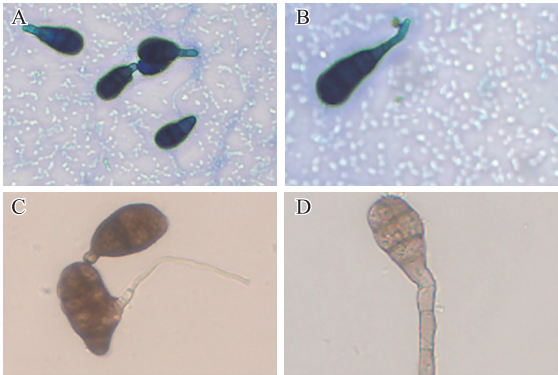
表 1 不同稀释倍数的试验菌株代谢物对茄链格孢菌菌丝生长的影响

Table 1 Different concentrations of metabolites of eight strains metabolites against the growth of *A. solani*

菌 株	抑菌环直径 (mm)				
	原液	稀释 5 倍	稀释 10 倍	稀释 15 倍	稀释 20 倍
胶冻样芽孢杆菌	13.83 ± 1.23b	10.12 ± 0.00b	1.00 ± 0.20b	5.37 ± 0.67b	2.17 ± 0.31a
蜡样芽孢杆菌	1.00 ± 0.20b	0.80 ± 0.35a	0.00 ± 0.00a	0.10 ± 0.17a	0.23 ± 0.21b
解淀粉芽孢杆菌	4.70 ± 1.10b	2.90 ± 0.50a	1.87 ± 0.21b	2.00 ± 0.26a	0.60 ± 0.20b
地衣芽孢杆菌	12.87 ± 2.30b	9.60 ± 0.79b	7.53 ± 0.60c	4.43 ± 0.47b	1.90 ± 0.20a
枯草芽孢杆菌	14.60 ± 1.37b	12.40 ± 1.60c	8.43 ± 0.61c	8.10 ± 0.20c	6.60 ± 0.47c
黑曲霉	21.60 ± 0.97b	17.58 ± 0.37a	13.92 ± 0.38b	11.02 ± 0.57b	8.60 ± 0.86c
米曲霉	19.58 ± 2.11b	16.22 ± 1.40c	13.43 ± 0.52a	10.10 ± 0.48b	7.54 ± 0.77a
细黄链霉菌	22.77 ± 1.28c	18.47 ± 0.68a	15.27 ± 0.41c	11.92 ± 0.73a	9.33 ± 0.52b

同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

显减少,可见芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌分生孢子萌发有一定的抑制作用。C 与 D 反映了稀释相同倍数下的代谢物对茄链格孢菌的影响,不同点在于所选用的菌株不同,C 为枯草芽孢杆菌代谢物,D 为解淀粉芽孢杆菌代谢物,比较 C 与 D,从分生孢子萌发产生的芽管的长度可以看出:枯草芽孢杆菌代谢物对茄链格孢菌的抑制作用较解淀粉芽孢杆菌强。



A:对照组,即无菌水;B:稀释 10 倍的蜡样芽孢杆菌代谢物;C:稀释 15 倍的枯草芽孢杆菌代谢物;D:稀释 15 倍的解淀粉芽孢杆菌代谢物。

图 2 茄链格孢菌分生孢子及分生孢子萌发产生芽管的形态 (×400)

Fig.2 Spores and germ tube of *A. solani* (×400)

从图 3 可以看出,茄链格孢菌分生孢子萌发率随着代谢物稀释倍数的增大而逐渐增加,但在代谢物稀释 20 倍时,5 株芽孢杆菌菌株代谢物影响下的茄链格孢菌分生孢子萌发率仍没有对照组高。

代谢物浓度为原液时,茄链格孢菌分生孢子萌发率为枯草芽孢杆菌代谢物 (22.98%) < 胶冻样芽孢杆菌代谢物 (24.77%) < 地衣芽孢杆菌代谢物 (28.43%) < 解淀粉芽孢杆菌代谢物 (32.79%) < 蜡样芽孢杆菌代谢物 (43.38%) < 对照组 (51.57%)。

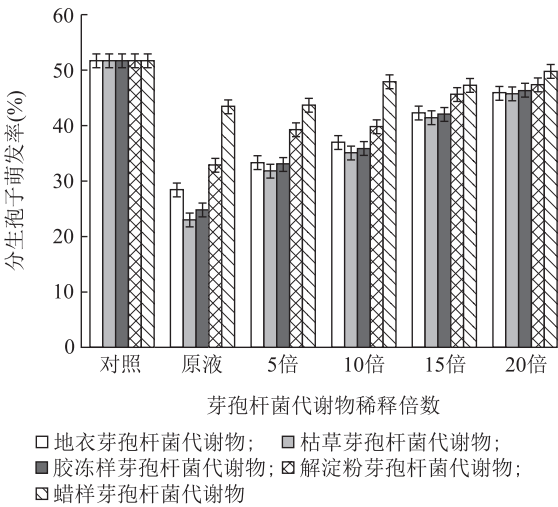


图 3 不同稀释倍数下 5 株芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌分生孢子萌发的影响

Fig.3 Conidial germination rate of differently-diluted *A. solani* metabolites

可见,5 株芽孢杆菌对茄链格孢菌均有一定的抑制作用,尤其是在代谢物浓度为原液时,茄链格孢菌分生孢子萌发的受抑制率分别为:蜡样芽孢杆菌 15.88%、解淀粉芽孢杆菌 36.42%、地衣芽孢杆菌 44.87%、胶冻样芽孢杆菌 51.97%、枯草芽孢杆菌 55.44%。

2.3 曲霉及细黄链霉菌代谢物对茄链格孢菌的持续抑菌作用

为了鉴定接触黑曲霉、米曲霉、细黄链霉菌分泌的抑菌物质后,靶标真菌中受抑制的菌丝能否恢复生长能力,即试验菌株对茄链格孢菌是否具有持续抑菌作用,本试验测定了受抑制真菌菌丝的再生能力(图4)。

从图4可以看出,被抑制的菌丝在正常条件下仍然可以恢复生长,但生长速率非常缓慢,且日生长量远低于对照,这表明试验菌株抑制效应在靶标真菌菌丝中可以持续一定的时间。受到细黄链霉菌菌株代谢物抑制的病原菌其再生能力远远低于其他两种,说明细黄链霉菌代谢物对茄链格孢菌的抑菌作用持续时间较长。

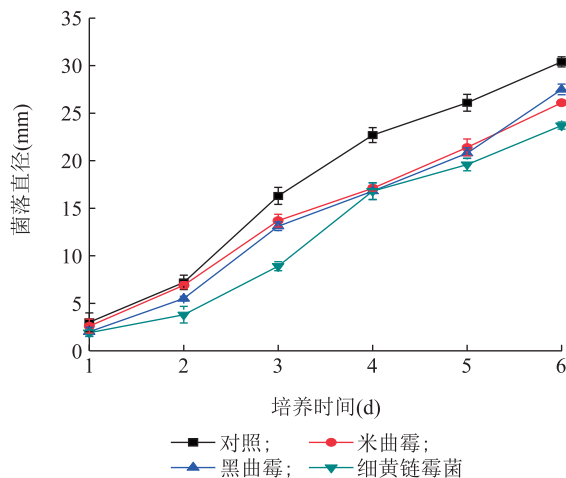
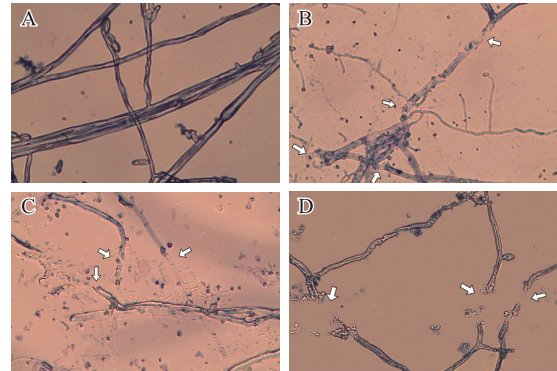


图4 茄链格孢菌病原菌菌丝的再生能力

Fig.4 The mycelial regenerative capacity of *A. solani*

2.4 曲霉及细黄链霉菌代谢物对茄链格孢菌菌丝的影响

显微观察发现,受抑制靶标真菌的菌丝形态均发生了显著的变化,但变化的细节有差异。黑曲霉、米曲霉、细黄链霉菌作用于茄链格孢菌后,均观察到病原菌菌丝发生了畸变、原生质浓缩等现象(图5),由此可以看出,经试验菌株处理后,靶标真菌的基内菌丝发生了不同程度的畸变,且随处理时间的延长畸变程度随之加强,推测试验菌株很可能分泌了某种降解细胞壁的酶类和作用于原生质体的有毒次生代谢物质。



A: 对照组; B: 细黄链霉菌; C: 米曲霉; D: 黑曲霉。图中白色箭头所指为菌丝扭曲或溶断处。

图5 试验菌株对茄链格孢菌菌丝的抑制作用($\times 400$)

Fig.5 Lytic phenomena of *A. solani* mycelia by *Streptomyces microflavus*, *Aspergillus niger*, and *A. oryzae*

3 讨论

茄链格孢菌的生长、分生孢子萌发等生理特性在实验室现有的5株芽孢杆菌菌株代谢物的影响下均表现出不同的受抑制程度,其中枯草芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌对茄链格孢菌的抑制作用尤为明显,而解淀粉芽孢杆菌、蜡样芽孢杆菌对茄链格孢菌的抑制作用则相对较弱。5株芽孢杆菌菌株代谢物对茄链格孢菌释放游动孢子的抑制作用较为明显,对茄链格孢菌生长以及分生孢子萌发的抑制作用相对较弱。另外,通过显微镜观察发现,经试验菌株处理后,茄链格孢菌的基内菌丝发生了不同程度的畸变,且随处理时间的延长畸变程度随之加强,推测试验菌株很可能分泌了某种降解细胞壁的酶类和作用于原生质体的有毒次生代谢物质。

在过去的研究中,利用微生物代谢物抑制病原菌生长的实例很多,杨怀文等^[24]分离到一株嗜线虫致病杆菌,它的代谢物可以抑制马铃薯晚疫病病菌菌丝体的生长和孢子的萌发;蓝希铨等^[25]从土壤中分离到20#-5菌株,其代谢产物可在体外抑制 *Phytophthora infestans* 的菌丝生长;从心黎等^[26]的研究结果表明 YX 拟青霉菌发酵液浓缩物对晚疫病病菌具有明显的抑制活性。这些研究结果均表明微生物代谢物对植物病原菌的生长有一定的抑制作用。

另外,试验菌株的代谢物具有抗耐性(如耐高温和耐酸碱)、受环境的影响较小、防效比较稳定等特点,因此理论上较适合于田间应用。但是本试验

仅仅是在实验室完成的,许多条件还不太成熟,之后我们将通过进一步的研究及大田试验,将本试验菌株的代谢物开发为环保、适用的新型微生物制剂,为今后微生物菌剂及其副产品的研发提供理论依据。

参考文献:

- [1] 李永丽,周洲,李凡,等.番茄早疫病拮抗内生细菌的分离及防病作用[J].北方园艺,2011(1):35-36.
- [2] 赵亚兰,朱圣杰,任素樱.番茄早疫病的综合防治[J].河套大学学报,2010,4(7):23-26.
- [3] 潘攀,杨俊诚,邓仕槐,等.重金属与农药复合污染研究现状及展望[J].农业环境科学学报,2011,30(10):1925-1929.
- [4] 张杰,吴颖,赛雷阳.液体微生物菌剂拌种对小麦萌发和幼苗生长的影响[J].农业与技术,2014,34(9):5-12.
- [5] 赵崇山,楚君,王洋.农药、化肥与农业污染[J].商丘职业技术学院学报,2006,5(26):101-103.
- [6] 江丽华,刘兆辉,张文君,等.化学肥料-有机物-微生物肥料菌剂相互作用的研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2004,35(1):55-58.
- [7] 张阳,刘重喜,王相晶,等.微生物代谢产物在植物疾病防治中的应用[J].世界农药,2013,35(3):34-40.
- [8] 李玉峰,张笑宇,胡俊,等.地衣芽孢杆菌代谢物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用[J].内蒙古农业大学学报,2009,30(1):10-13.
- [9] 葛绍荣,牛莉娜,李铭.番茄灰霉病害及其微生物防治的研究进展[J].生物加工过程,2007,5(3):15-19.
- [10] 陈婧,龙友华.生长调节剂浸种对玉米种子萌发及幼苗生长的影响[J].贵州农业科学,2011,29(2):57-59.
- [11] 赵达,傅俊范,裘季燕,等.枯草芽孢杆菌在植物生防中的作用机制与应用[J].辽宁农业科学,2007(1):46-48.
- [12] 石笛,江洁芳,钟瑜,等.一株产蛋白酶地衣芽孢杆菌的分离与鉴定[J].安徽农业科学,2012,40(29):14195-14196,14202.
- [13] 赵超,谷子林,黄军,等.家兔耐热蜡样芽孢杆菌的分离鉴定和筛选[J].兽医科技,2009(5):86-88.
- [14] 李冰,赵勋,王岩,等.胶质芽孢杆菌工业化发酵研究进展[J].农业科学研究,2014,35(1):68-72.
- [15] 车晓曦,李校堃.解淀粉芽孢杆菌的研究进展[J].生物技术,2010(1):7-10.
- [16] 陈忠杰,胡燕.枯草芽孢杆菌对板栗采后黑斑病的抑制效果[J].江苏农业科学,2015,43(1):256-258.
- [17] 关一鸣,潘晓曦,王莹,等.哈茨木霉菌、枯草芽孢杆菌对人参灰霉病和根腐病病原菌的拮抗作用[J].江苏农业科学,2014,42(5):123-125.
- [18] 乔俊卿,陈志谊,梁雪杰,等.枯草芽孢杆菌 Bs916 在番茄根部的定殖[J].江苏农业学报,2015,31(6):1278-1283.
- [19] 童蕴慧,纪兆林,徐敬友,等.灰霉病生物防治研究进展[J].中国生物防治,2003,19(3):131-135.
- [20] 孙芙蓉,吴悦明,徐玉芳,等.T95 对灰葡萄孢的拮抗作用及田间防病研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,2005,36(2):213-216.
- [21] 庄敬华,孙国良,高增贵,等.番茄灰霉病生物防治菌株的筛选[J].沈阳农业大学学报,2005,36(1):33-36.
- [22] JÁÑOS BÉRDY. Bioactive microbial metabolites [J]. J Antibiotics, 2005, 58(1): 1-26.
- [23] CHERNIN L, CHET I. Microbial enzymes in biocontrol of plant pathogens and pests.// Enzymes in the environment: activity, ecology and applications [M]. New York: Marcel Dekker, 2002: 171-225.
- [24] 杨怀文,张志铭,杨秀芳,等.嗜线虫致病杆菌代谢物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用[J].中国生物防治,2000,16(3):111-113.
- [25] 蓝希铂,周泽扬,胡军华,等.假单胞菌 20# -5 菌株 YFC 对马铃薯晚疫病菌的抑制作用[J].植物保护学报,2003,30(3):300-304.
- [26] 从心黎,李灿辉,杨明挚,等.YX 拟青霉菌发酵液浓缩物对马铃薯晚疫病菌的离体抑制活性[J].西南农业学报,2005,18(2):153-156.

(责任编辑:陈海霞)