蒋　妮,白丹宇,宋利沙,等. 棘孢木霉 F_2 菌株对三七灰霉病的生物防治作用[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):94 - 97.
doi:10.15889/j. issn. 1002 - 1302. 2018. 20. 024

棘孢木霉 F_2 菌株对三七灰霉病的生物防治作用

蒋　妮, 白丹宇, 宋利沙, 陈乾平, 冯世鑫, 缪剑华
(广西药用植物园,广西南宁 530023)

摘要:为考察生防菌棘孢木霉 F_2 菌株对三七灰霉病的防治效果,采用平板对峙法测定棘孢木霉 F_2 菌株对三七灰霉病病菌等 6 种药用植物病原菌的抑制作用;研究棘孢木霉 F_2 菌株无菌发酵液对三七灰霉病病菌菌丝生长及孢子萌发的影响;并通过盆栽试验测定棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病的防治效果。结果表明,棘孢木霉 F_2 菌株菌丝体可以通过空间竞争对病原菌进行抑制,对供试病原菌的抑制率均 >90%,对三七灰霉病病菌的抑制率达 100%;棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 5 倍对菌丝的生长抑制率为 92.6%、对孢子萌发的抑制率为 82.6%、对离体感病叶片的防治效果为 74.0%;病害发生前使用棘孢木霉 F_2 菌株发酵液进行预防,接种病原菌 7、15 d 后的相对防效分别为 83.4%、81.7%;病害发生后使用 F2 菌株发酵液进行防治,相对防效为 52.6%。试验结果表明,棘孢木霉 F_2 菌株及其发酵液对三七灰霉病病菌均有较强的抑制作用,具有开发为生物农药的潜力。

关键词:三七;灰霉病;生物防治;棘孢木霉;发酵液;抑制作用;防治效果
中图分类号: S482.2;S182　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002 - 1302(2018)20 - 0094 - 03

三七[*Panax notoginseng* (Burk.) F. H. Chen]别称田七,具有散瘀止血、消肿定痛等多种功效,是一种经济价值较高的中药材,主产云南、广西等地区[1-2]。三七性喜温凉、阴湿的生长环境,易诱发根腐病、黑斑病、炭疽病、灰霉病等多种病害,给三七的栽培生产造成严重影响[3]。灰霉病是三七栽培过程中一种重要的病害,目前的防治方法主要以化学防治为主[4],但长期大量使用农药容易造成病原菌产生抗药性、药材农药残留过高、土壤环境污染等问题,而生物防治是一条控制植物病害、减少化学农药污染的有效途径[5]。因此,笔者所在项目组开展了利用拮抗微生物防治三七病害的研究工作,从健康三七根际土壤中分离到拮抗木霉菌株——棘孢木霉菌株(标注为 F_2),并对三七黑斑病病菌、炭疽病病菌、根腐病病菌等进行生长抑制试验,结果表明,棘孢木霉 F_2 菌株对三七黑斑病病菌、炭疽病病菌、根腐病病菌的抑菌率较高,分别为 88.67%、91.00%、75.76%[6]。在此基础上,笔者所在项目组开展棘孢木霉 F_2 菌株对三七另一个重要病害——灰霉病的生物防治研究工作,从菌体对病原菌菌丝生长、孢子萌发,以及菌体代谢产物对病害的预防和治疗等多方面开展系统的研究,以期为后期开发及田间应用奠定理论基础。

1　材料与方法

1.1　供试菌株来源

拮抗菌:棘孢木霉(*Trichoderma asperellum*) F_2 菌株,从健康三七植株根际土壤中分离得到;致病菌:三七灰霉病病原菌(*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.)、罗汉果斑枯病病原菌(*Stagonosporopsis cucurbitacearum*)、苦玄参褐斑病病原菌(*Alternaria porri*)、艾纳香条斑病病原菌(*Phoma herbarum*)、广西莪术叶斑病病原菌(*Phomopsis longicolla*)、草豆蔻叶斑病病原菌(*Nefusicoccum parvum*),共 6 种,均为广西药用植物园药用植物病害研究课题组分离纯化得到。

1.2　棘孢木霉 F_2 菌株无菌发酵液的制备

将棘孢木霉 F_2 菌株在 PDA 培养基(200 g 马铃薯,20 g 葡萄糖,15 ~20 g 琼脂,1 000 mL 水,pH 值自然)上活化后,挑取菌丝块接入 PDB 培养基(在 PDA 培养基的基础上去掉琼脂)(广东环凯微生物科技有限公司生产)中,于 25 ℃、200 r/min 条件下培养 10 d 得发酵液,并经 10 000 r/min 离心 20 min,去除菌体,取上清液待用。

1.3　棘孢木霉 F_2 菌株对 6 种药用植物病原菌的抑制作用及与三七灰霉病病菌的生长竞争作用

将棘孢木霉 F_2 菌株及其他 6 种致病菌分别接种至 PDA 培养基,于 25 ℃恒温条件下活化培养 7 d,用无菌打孔器分别在菌落边缘取直径为 5 mm 的菌饼,接种至同一 PDA 培养基上进行对峙培养,2 个菌饼距离为 5 cm,置于 25 ℃恒温培养箱内培养,以只接种病原菌的平板为对照,每个处理重复 3 次。培养 7 d 后,测量各处理的菌落直径,并按照公式计算抑菌率。抑菌率 = (对照菌落直径 - 处理菌落直径)/对照菌落直径 × 100%。

用无菌打孔器分别在活化的棘孢木霉 F_2 菌株及三七灰霉病病菌菌落边缘取直径为 5 mm 的菌饼,接种至同一 PDA 培养基上进行对峙培养,2 个菌饼距离为 5 cm,置于 25 ℃恒温培养箱内培养,以只接种灰霉病病菌的平板为对照,每个处理重复 3 次。每天观察记录处理及对照的菌落半径,共观察记录 10 d,根据结果绘制对峙培养曲线图。

1.4　棘孢木霉 F_2 发酵液对三七灰霉病病菌丝生长的影响

采用菌丝生长速率法测定:用 50 ℃ PDA 培养基将棘孢

收稿日期:2017 - 11 - 19
基金项目:广西自然科学基金(编号:2014GXNSFAA118117);广西科学研究和技术开发计划(编号:2014AC01013);广西科技基地和人才专项(编号:桂科 AD16380013)。
作者简介:蒋　妮(1979—),女,广西来宾人,硕士,副研究员,主要从事中药材栽培及病虫害研究工作。E - mail:jiangni292@126. com。

木霉 F_2 菌株的发酵液原液分别稀释 5、10、20、40 倍，充分混匀后倒入直径为 10 cm 的培养皿中制成带药平板，每个处理重复 3 次。以无菌水加入 PDA 培养基作为对照。将培养好的直径为 5 mm 的三七灰霉病病原菌接种至处理及对照的平板中央，置于 25 ℃恒温培养箱内培养，24、48、72、96、120 h 后用直尺测量菌落直径，按以下公式计算抑制率：菌丝生长抑制率 =（对照菌落增长直径 - 药剂处理菌落增长直径）/对照菌落增长直径 ×100%。

1.5　棘孢木霉 F_2 发酵液对三七灰霉病孢子萌发的影响

采用悬滴法测定：将三七灰霉病病菌培养一定时间后使其产孢，加无菌水配制成 10 倍物镜下每个视野 50 ~ 60 个孢子的孢子悬浮液。用孢子悬浮液将棘孢木霉 F_2 菌株的发酵液原液分别稀释 5、10、20、40 倍，以孢子悬浮液加入无菌水作为对照（分别记为 CK_1、CK_2、CK_3、CK_4），用载玻片悬滴法于 25 ℃ 恒温条件下培养 72 h 后镜检孢子萌发的情况，计算孢子萌发抑制率。每个处理 3 次重复。孢子萌发抑制率 =（对照孢子萌发率 - 处理孢子萌发率）/对照孢子萌发率 × 100%。

1.6　棘孢木霉 F_2 发酵液对三七灰霉病的防治试验

1.6.1　棘孢木霉 F_2 发酵液对离体三七叶片灰霉病的防治作用　用无菌水将棘孢木霉 F_2 菌株的发酵液分别稀释 5、10、15、20、40 倍，将健康的三七叶片分别浸泡到稀释的发酵液中，15 min 后取出，自然晾干后立即接种直径为 3 mm 的灰霉病病菌菌饼，置于培养皿中早晚保湿，25 ℃条件下培养 7 d，第 8 天调查病斑直径，每个处理 10 张叶片，重复 3 次。

1.6.2　棘孢木霉 F_2 菌株无菌发酵液对盆栽三七灰霉病的预防作用　取健康的 2 年生盆栽三七植株，1 株/盆，试验处理 30 盆，对照 30 盆，共 60 盆。定植 30 d 后，使用清水稀释 5 倍的棘孢木霉 F_2 菌株发酵液进行防治试验，具体方法：浇灌根部和喷洒叶片同时进行，用 100 mL/株棘孢木霉 F_2 菌株发酵稀释液灌根，10 d 1 次，连续 5 次；20 mL/株棘孢木霉 F_2 菌株发酵稀释液喷洒叶片正反面，5 d 1 次，连续 10 次。施用棘孢木霉 F_2 菌株发酵稀释液结束后接种灰霉病病菌，设计 2 个接种时间，结束后立即接种病原菌（处理 1，15 盆），结束 7 d 后接种病原菌（处理 2，15 盆），每株三七随机取 3 张叶片分别接种直径为 3 mm 的灰霉病病菌菌饼。以相同剂量的清水灌根及喷晒叶片作为对照（分别记为对照 1、对照 2），对照病原菌的接种时间、接种量、重复次数与试验处理相同。接种完成后置于 25 ℃人工气候室中保湿培养 7、15 d 后调查病斑大小，计算相对防效。

1.6.3　棘孢木霉 F_2 菌株无菌发酵液对盆栽三七灰霉病的防治作用　取健康的 2 年生盆栽三七植株，1 株/盆，试验处理 30 盆，对照 30 盆，共 60 盆。定植 30 d 后，每株三七随机取 3 张叶片，分别接种 1 个直径为 3 mm 的灰霉病病菌菌饼，置于 25 ℃人工气候室中保湿培养 7 d 发病后调查病斑大小，随后喷雾棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 5 倍，20 mL/株连续喷 10 次，每次间隔 5 d，以喷施相同剂量的清水最为对照，用药结束 5 d 后调查叶片病斑大小，计算相对防效。

上述试验除盆栽试验是在广西药用植物园科研大棚中进行外，其他试验均是在广西药用植物园植病研究室进行，试验时间为 2016 年 12 月至 2017 年 10 月。

2　结果与分析

2.1　棘孢木霉 F_2 菌株对 6 种药用植物病原菌的抑制效果及与三七灰霉病病菌的竞争关系

由表 1 可知，通过平板对峙培养试验，棘孢木霉 F_2 菌株对供试的 6 种药用植物病原菌均有较强的抑制作用，其中对三七灰霉病、艾纳香条斑病、苦玄参褐斑病、广西莪术叶斑病的病原菌的抑制率分别达 100.00%、98.55%、98.00%、98.00%；对草豆蔻叶斑病病菌、罗汉果斑枯病病原菌的抑制率分别为 94.46%、92.38%。在试验过程中观察发现，与病原菌同时培养的木霉菌菌丝生长较快，能迅速占领生长空间，将病原菌包围，使其生长受到抑制，说明棘孢木霉 F_2 菌株与病原菌之间存在生长竞争关系。由图 1 可知，对峙培养第 5 天，灰霉菌和棘孢木霉 F_2 菌株的菌落半径分别为 20、30 mm，此时两菌交界；对峙培养第 6 天，棘孢木霉 F_2 菌株继续生长扩展，并逐渐将灰霉菌菌落包围，灰霉菌菌落停止生长并逐渐萎缩；培养至第 10 天，灰霉菌菌落半径缩至 2 mm，最后棘孢木霉 F_2 菌株全部将灰霉菌覆盖，灰霉菌落完全萎缩。

表 1　棘孢木霉 F_2 菌株对 6 种药用植物病原菌菌丝的抑制效果

病原菌	抑菌率(%)
三七灰霉病病原菌	100.00a
艾纳香条斑病病原菌	98.55a
苦玄参褐斑病病原菌	98.00a
广西莪术叶斑病病原菌	98.00a
草豆蔻叶斑病病原菌	94.46b
罗汉果斑枯病病原菌	92.38c

注：同列数据后小写英文字母不同表示差异显著（$P < 0.05$）。下表同。

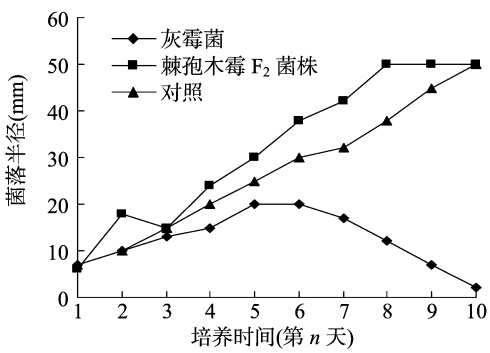


图1　棘孢木霉 F_2 菌株与三七灰霉病病菌的对峙培养曲线

2.2　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病菌丝生长的影响

由表 2 可知，棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 5、10、20、40 倍对三七灰霉病菌丝均有不同程度的抑制作用，培养 24 ~ 72 h 内，随着作用时间延长，抑制率随之升高，并在培养 96 h 后，各处理对病原菌的抑制率达到最大值，并在 120 h 内保持不变。棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 5 倍，作用 96 h，对三七灰霉病菌丝的生长抑制率可达 92.6%；稀释 10 倍，作用 96 h，抑制率可达 88.8%；稀释 20 倍，随着浓度的降低，作用 96 h 后抑制率降低为 75.4%；稀释 40 倍，作用 96 h 后，抑制率降低至为 65.2%。结果表明，较高浓度（稀释 5 ~ 10 倍）的棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病菌丝具有较强抑制作用。

表 2　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病病菌丝生长的抑制作用

棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释倍数	不同时间的抑制率(%)				
	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
5	65.5a	72.4a	83.5a	92.6a	92.6a
10	60.2b	68.3b	78.5b	88.8b	88.8b
20	47.5c	58.2c	66.1c	75.4c	75.4c
40	35.6d	47.3d	52.5d	65.2d	65.2d

2.3　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病孢子萌发的影响　由表 3 可知,棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 5、10、20、40 倍对三七灰霉病孢子的萌发均有一定的抑制作用,其中稀释 5 倍,处理 72 h 后孢子萌发抑制率为 82.6%,效果最佳,而稀释至 40 倍,孢子萌发抑制率为 34.5%,效果最弱。在试验过程中还观察到,有部分孢子虽然萌发,但出现畸形现象,后续也难进一步发育。

表 3　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病孢子萌发的抑制效果

处理	孢子萌发率(%)	孢子萌发抑制率(%)
棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 5 倍	17.4e	82.6a
棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 10 倍	24.5d	75.0b
棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 20 倍	46.8c	51.2c
棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释 40 倍	65.5b	34.5d
CK_1	100a	
CK_2	98.0a	
CK_3	98.0a	
CK_4	100a	

2.4　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对离体三七叶片灰霉病的防治作用

由表 4 可知,棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对离体三七叶片灰霉病有一定的防治效果,其中发酵液稀释 5、10 倍时,防治效果较好,相对防效分别为 74.0%、70.3%,显著高于其他 3 个处理浓度。而随着浓度的降低防效也随之降低,当发酵液稀释至 40 倍时,相对防效 <50%。

表 4　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对离体三七叶片灰霉病的防治效果

棘孢木霉 F_2 菌株发酵液稀释倍数	对照病斑直径(mm)	处理病斑直径(mm)	相对防效(%)
5	30.0	7.8	74.0a
10	29.0	8.6	70.3b
15	27.0	10.3	61.9c
20	28.0	12.8	54.3d
40	30.0	15.5	48.3e

2.5　棘孢木霉 F_2 菌株无菌发酵液对盆栽三七灰霉病的防治

2.5.1　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病的预防作用　三七灰霉病发病前通过用棘孢木霉 F_2 菌株发酵液灌根并结合叶面喷施进行预防试验,由表 5 可知,病害的发生得到较好的抑制。处理 1,接种病原菌 7、15 d 后相对防效为分别为 83.4%、81.7%;处理 2,接种病原菌 7、15 d 后相对防效为分别为 80.3%、78.9%。处理 1 是在预防措施结束后立即接种病原菌,处理 2 是在预防措施结束 7 d 后才接种病原菌,从相对防效试验结果来看,二者差异并不显著。可见,棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病的预防作用具有一定的持效性,在使用 7 d 后还能维持较好的防效;另一方面,还有可能是对健康三七提前灌根及叶片喷施棘孢木霉 F_2 菌株发酵液,可诱导三七植株对灰霉病产生抗性,因此即使是停止使用一段时间,对灰霉病病菌的侵染仍具有较好的抑制作用。

表 5　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对盆栽三七灰霉病的预防效果

处理	接种 7 d 后的防治效果		接种 15 d 后的防治效果	
	病斑直径(mm)	相对防效(%)	病斑直径(mm)	相对防效(%)
1	5.2	83.4a	8.2	81.7a
1	28.0		42.5	
2	6.2	80.3a	10.5	78.9a
2	30.0		45.5	

2.5.2　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对盆栽三七灰霉病的防治作用　由表 6 可知,盆栽三七灰霉病发生后,喷施棘孢木霉 F_2 菌株发酵液可以起到一定的防治作用,相对防效为 52.6%,但明显低于预防的效果。可见,棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病的防治应采用预防措施,即在病害发生前,可以通过灌根并结合叶片喷施进行预防,可起到较好的防治作用。

表 6　棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对盆栽三七灰霉病的治疗效果

处理	处理前病斑直径(mm)	处理后病斑直径(mm)	相对防效(%)
处理	25.6	26.8	52.6
对照	27.2	56.5	

3　结论与讨论

木霉属真菌是迄今为止用于防治植物病害的生防菌中研究、利用最多的植物病原拮抗真菌,常见的拮抗植物病原菌的木霉属真菌有哈茨木霉、绿色木霉、钩状木霉、长枝木霉、康氏木霉、绿粘帚霉等[7]。棘孢木霉(*T. asperellum*)是 2005 年才在我国有记录的木霉菌菌种[8],虽然研究刚起步,但多项研究表明棘孢木霉是重要的生物防治菌,通过竞争作用、重寄生作用、抗生作用、诱导植物抗病性、促进植物生长、协同拮抗等机制防治植物病害[9]。

竞争作用是生防菌发挥作用的重要机制之一,Chen 等认为当一种生防菌能够与病原菌或其他微生物有效竞争生态位点和营养物质时,它才能够在根际微生态区系中占有相当的比例,这也是其能否在田间取得理想防效的关键[10]。本试验中供试的生防菌——棘孢木霉 F_2 菌株是从健康的三七根系土壤中分离筛选获得。对峙试验结果表明,棘孢木霉 F_2 菌株与三七灰霉病病菌等 6 种药用植物病原菌共同培养时表现出较强的空间竞争力,能够将病原菌迅速覆盖,竞争到有限的营养,从而抑制了病原菌的生长。棘孢木霉 F_2 菌株对三七灰霉病病菌更是表现出极强的竞争性,抑制率达 100.00%,极具生防潜力。

木霉属中很多种真菌均能够分泌出抗菌物质,从而抑制其他生物的生长[11]。本研究结果表明,棘孢木霉 F_2 菌株的发酵液能够较好地抑制三七灰霉病病原菌菌丝的生长以及病原孢子的萌发;对离体三七叶片灰霉病的防效可达 74.00%。可见,棘孢木霉 F_2 菌株发酵液中可能含有对三七灰霉病病原菌菌丝及孢子有抑制活性的代谢产物,可进一步研究开发。

木霉属真菌还有一个重要的抗病机制,能诱导植物抗病[12]。魏林等用哈茨木霉 T_{2-16} 菌株的发酵代谢产物对豇豆种子进行浸泡处理,结果降低了豇豆枯萎病的发病率,使豇豆对枯萎病产生了抗性[13]。盆栽防治试验结果表明,在发病前连续一段时间内采用棘孢木霉 F_2 菌株发酵液灌根并结合叶

孙文斌,黄小京,冯蓓蓓,等. 地枫皮内生真菌 DFP－G－7 的分离鉴定、生物学特性及抑菌活性[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):97－100.
doi:10.15889/j.issn.1002－1302.2018.20.025

地枫皮内生真菌 DFP－G－7 的分离鉴定、生物学特性及抑菌活性

孙文斌, 黄小京, 冯蓓蓓, 汤夏安, 骆海玉, 邓志勇, 邓业成
(珍稀濒危动植物生态与环境保护省部共建教育部重点实验室/广西师范大学生命科学学院,广西桂林 541006)

摘要:采用组织块分离法从地枫皮根中分离得到内生真菌 DFP－G－7,采用形态学和分子生物学技术确定其种属关系,采用平板对峙法测定其抗菌活性,并探讨了主要营养因子和环境因子对其菌落生长的影响。结果表明:通过形态学和分子生物学技术鉴定内生真菌 DFP－G－7 为镰刀菌属真菌 *Fusarium nematophilum*。6 种不同碳源和 6 种不同氮源对内生真菌 DFP－G－7 菌落生长影响不大,说明其对碳源和氮源要求不严格。温度和 pH 值对内生真菌 DFP－G－7 菌落生长影响较大,在温度为 25 ℃、培养基 pH 值为 7 时菌落生长最好。拮抗试验表明 DFP－G－7 对茶轮斑病菌、甘蓝黑斑病菌、甘蔗凤梨病菌、贡柑链格孢菌、玉米大斑病菌、辣椒炭疽病菌、水稻胡麻叶斑病菌和烟草黑胫病菌均有一定的抑制作用,抑菌率分别为 50.64%、44.28%、27.54%、29.84%、32.54%、45.78%、33.14% 和 11.45%。可见从壮药地枫皮根中分离出的内生真菌 DFP－G－7 对植物病原真菌具有潜在的生防价值。

关键词:地枫皮;内生真菌;分离鉴定;生物学特性
中图分类号: S182　　**文献标志码**: A　　**文章编号**:1002－1302(2018)20－0097－04

长期以来,植物病害的防治主要依赖化学药剂。但由于病原菌抗药性的产生,化学药剂防效大大下降,并且严重污染环境和农副产品,危害人畜健康,因此筛选植物内生有益微生物来防治植物病害成为研究热点[1]。植物内生真菌(endophytic fungi)是指一类在其部分或全部生活史中存活于健康植物组织内部,而不使宿主植物出现明显感染病害的真菌[2]。该类真菌具有促进宿主生长[3－4]、提高宿主抗病[5－6]、抗胁迫[7－8]及他感能力[9]等作用,为寻找绿色环保的微生物源农药提供了新的资源。

地枫皮(*Illicium difengpi*)别称枫榔、矮顶香,为木兰科八角属植物,是广西岩溶石灰岩石山一种特有的中药材[10],属国家Ⅲ级重点保护珍稀濒危植物[11]。地枫皮是一种广西特色壮药,其茎皮和根皮具有祛风除湿,行气止痛等功效,临床

收稿日期:2017－09－20
基金项目:广西自然科学基金(编号:2016GXNSFAA380207);广西研究生教育创新计划(编号:XYCSZ2017071)。
作者简介:孙文斌(1992—),男,吉林磐石人,硕士研究生,主要从事植物资源与利用研究。E－mail:sunwenbin1959@163.com。
通信作者:邓业成,博士,教授,主要从事天然产物与植物保护研究。E－mail:dyecheng@163.com。

片喷施,对三七灰霉病的相对防效可达 83.4%;而在病害发生后才使用,相对防效为 52.6%。可见棘孢木霉 F_2 菌株发酵液对三七灰霉病的预防作用要强于治疗作用。综合上述木霉属真菌诱导抗性的研究结果,分析其原因之一有可能是棘孢木霉 F_2 发酵液可以诱导三七植株对灰霉病产生抗性,还须进一步研究论证。

参考文献:

[1]国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 2010 版. 北京:中国医药科技出版社,2010.
[2]郑光植,杨崇仁. 三七生物学及其应用[M]. 北京:科学出版社,1994:85.
[3]蒋　妮,覃柳燕,叶云峰. 三七病害研究进展[J]. 南方农业学报,2011,42(9):1070－1074.
[4]蒋　妮,陈乾平,冯世鑫,等. 广西三七灰霉病流行规律及防治药剂筛[J]. 热带作物学报,2017,38(9):1712－1719.
[5]高微微,张西梅,田给林,等. 探索中前行——中药材病害研究概况与思考[J]. 植物保护,2016,42(5):15－23.
[6]叶云峰,付　岗,胡凤云,等. 三七主要病害生防真菌 F_2 的抑菌作用测定及其鉴定[J]. 西南农业学报,2015,28(5):2112－2115.
[7]韩长志. 植物病原拮抗菌木霉属真菌的研究进展[J]. 江苏农业学报,2016,32(4):946－952.
[8]章初龙,徐　同. 我国河北、浙江、云南及西藏木霉种记述[J]. 菌物学报,2005,24(2):184－192.
[9]杨　萍,杨　谦,许　倩. 棘孢木霉生物防治相关代谢产物研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版),2014,30(1):36－40.
[10]Chen W,Yechandi E. Effects of avirulent bacteriocin－producing strains of *Pseudomonas solanacearum* on the control of bacterial wilt of tobacco[J]. Plant Pathology,1984,33(2):245－253.
[11]Viterbo A,Harel M,Chet I. Isolation of two aspartyl proteases from *Trichoderma asperellum* expressed during colonization of cucumber roots[J]. FEMS Microbiology Letters,2004,238(1):151－158.
[12]黄艳青,庄敬华,高增贵,等. 木霉菌诱导甜瓜抗枯萎病相关防御反应酶系的研究[J]. 沈阳农业大学学报,2005,36(5):546－549.
[13]魏　林,梁志怀,曾粮斌,等. 哈茨木霉 T_{2-16} 代谢产物诱导豇豆幼苗抗枯萎病研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2004,30(5):443－445.