

瓜类植物内生真菌对 3 种土传病菌的拮抗作用研究

邹勇, 牛永春*, 邓晖 (中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/农业部农业微生物资源收集与保藏重点实验室, 北京 100081)

摘要 [目的]了解瓜类植物内生真菌对瓜类植物常见土传病原真菌的拮抗作用。[方法]对分离自不同瓜类植物及不同部位的 461 株内生真菌分别与黄瓜枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)、立枯病菌(*Rhizoctonia solani*)和菌核病菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)3 种土传病菌进行对峙培养试验,观察菌落形态和生长情况,记载抑菌带的有无和宽度,计算供试病原真菌菌落生长抑制率,分析内生真菌对 3 种土传病菌的拮抗作用。[结果]内生真菌对供试病原真菌的拮抗作用表现为 3 种类型: 拮抗作用、基质竞争作用和寄生作用。在 461 株内生真菌中,共有 13 株对黄瓜枯萎病菌产生拮抗作用,25 株对立枯病菌产生拮抗作用,64 株对菌核病菌产生拮抗作用,分别占供试内生真菌菌株的 2.8%、5.4% 和 13.9%。其中,菌株 F30 对黄瓜枯萎病菌的抑菌带最宽,达 19.0 mm。菌株 JCL24 对立枯病菌的抑菌带最宽,达 11.3 mm。菌株 F94 对菌核病菌的抑菌带最宽,达 14.3 mm。对黄瓜枯萎病菌菌落生长抑制率大于 70% 的共 3 株,分别属于 *Nigrospora*、*Penicillium* 和 *Rhizoctonia* 属。对立枯病菌菌落生长抑制率大于 70% 的共 11 株,分别属于 *Alternaria*、*Apiospora*、*Bipolaris*、*Colletotrichum*、*Exserohilum* 和 *Fusarium* 6 个属。对菌核病菌菌落生长抑制率大于 70% 的共 17 株,均为 *Fusarium* 属。[结论]部分瓜类植物内生真菌对土传病菌具有拮抗作用,主要通过拮抗作用,少部分通过基质竞争和寄生作用抑制病菌生长。一些菌株对供试病菌抑制作用很强,可能具有用于瓜类植物病害生物防治的潜力。

关键词 内生真菌;拮抗作用;土传病菌;瓜类植物

中图分类号 S182 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)23-09585-04

Antagonism of Endophytic Fungi from Cucurbits against Three Soil-borne Phytopathogens

ZOU Yong et al (Key Laboratory of Microbial Resources, Ministry of Agriculture / Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract [Objective] To understand the antagonism of endophytic fungi from cucurbits against common soil-borne phytopathogens. [Method] By using the dual culture method, we investigated the antagonism of 461 endophytic fungal strains isolated from different tissues of cucurbits against pathogens *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum*, respectively. The configuration and growth status of the colonies, inhibition bands and their widths were observed and recorded. The inhibition rate of colonial growth of pathogenic fungi was calculated. [Result] The antagonism of the endophytic fungi against the tested pathogens showed three types: antibiosis, competition for substrate, and mycoparasitism. Among 461 endophytic fungal isolates, there were 13 isolates showed antagonism against *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, 25 isolates against *R. solani*, and 64 isolates against *S. sclerotiorum*, accounted for 2.8%, 5.4% and 13.9%, respectively. The isolate F30 produced the widest inhibition band, 19 mm in width, against *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. The isolate JCL24 produced the widest inhibition band, 11.3 mm in width, against *R. solani*. The isolate F94 produced the widest inhibition band, 14.3 mm in width, against *S. sclerotiorum*. Among the isolates produced the colonial growth inhibition rate of 70% or above against the pathogen tested, there were 3 isolates, belonging to *Nigrospora*, *Penicillium* and *Rhizoctonia*, respectively, against *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*; there were 11 isolates, belonging to *Alternaria*, *Apiospora*, *Bipolaris*, *Colletotrichum*, *Exserohilum* and *Fusarium*, respectively, against *R. solani*; there were 17 isolates, belonging to *Fusarium*, against *S. sclerotiorum*. [Conclusion] Some of the endophytic fungal isolates from cucurbits possess antagonistic activity against soil-borne phytopathogens. The colonial growth of the pathogenic fungi was inhibited by means of antibiosis mainly, and competition for substrate and mycoparasitism in some cases. A few isolates showed strong antagonistic activity and may have the potential for biocontrol of cucurbit diseases.

Key words Endophytic fungi; Antagonism; Soil-borne pathogen; Cucurbit

植物内生真菌是指那些在其生活史的一定阶段或全部阶段生活于健康植物的各种组织和器官内部的真菌,被感染的宿主植物不表现出外在病症^[1]。植物内生真菌具有丰富的物种多样性,普遍存在于各种植物体内,是生态系统的重要组成部分,在自然界中发挥重要作用^[2]。已知内生真菌对植物的有益作用包括促进植物生长(增加植物干、鲜重)、增加宿主对非生物胁迫的抗性(干旱、盐害等)、增加宿主对病虫害的抗性(产生抗性物质、重寄生作用和诱导植物获得抗性)^[3]。

瓜类植物分布广泛,是重要的栽培植物。在瓜类植物生育期中可发生多种病害,常给瓜类生产带来巨大损失。近年来,随着温室、大棚等设施农业的发展,因连作和温室栽培环境变化,导致病害发生加重。为防治病害而大量使用化学农药,不仅增加了生产成本,也产生了食品安全和环境污染问

题。瓜类植物内生真菌具有丰富的多样性,仅从黄瓜上分离到的内生真菌至少有 18 属^[4],但其生物学和生态学功能并不清楚。瓜类植物内生真菌由于自然存在于植物体内,对于植物具有较好的适应性,如果能够发现和利用其中具有抗病作用的种类,将对瓜类植物的健康栽培、病害绿色防控具有重要意义。为此,笔者研究了瓜类植物内生真菌对 3 种常见土传瓜类病原真菌的拮抗作用,以期了解瓜类植物内生真菌的功能和利用内生真菌防治瓜类土传病害奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 瓜类植物内生真菌。瓜类植物内生真菌:461 株,分离自北京及附近地区不同生长条件下的黄瓜及其他常见葫芦科植物(西瓜、甜瓜、葫芦、南瓜和丝瓜)。

1.1.2 病原真菌。黄瓜枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)1 株(ACCC 37438),立枯病菌(*Rhizoctonia solani*)1 株(ACCC 36124),菌核病菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)1 株(ACCC 36081),均来自中国农业微生物菌种保藏管理中心。所有供试菌株均预先分别转接在 PDA 平板上,于 28 ℃

基金项目 国家“863”计划项目(2013AA102802-04)。

作者简介 邹勇(1989-),男,河南南阳人,硕士研究生,研究方向:农业微生物资源,E-mail:zpydale@126.com。* 通讯作者,研究员,博士,从事农业微生物资源研究,E-mail:niuyongchun@yahoo.com.cn。

收稿日期 2013-07-11

下培养备用。

1.2 方法

1.2.1 对峙培养。待预先培养的供试菌株在 PDA 平板上长到一定菌落大小时,用内径 5 mm 的打孔器在菌落边缘生长旺盛区域打取菌饼。试验先进行五点对峙培养,对于五点对峙培养中表现出拮抗作用的内生真菌再进一步做两点对峙培养。五点对峙培养时,在 PDA 平板的中心处放置病原真菌菌饼,在距离平板中心四周 3 cm 处均匀放置 4 个不同的内生真菌菌株菌饼,以中心处只接种病原真菌的平板为对照。两点对峙培养时,在平板中心相对两侧相距 4 cm 处分别放置病菌菌饼和内生真菌菌饼,以一侧只接种病原真菌的平板作对照。每个不同的病原真菌和内生真菌组合做 3 个平板。将培养皿放于 28 ℃ 培养箱中培养,每天观察对峙培养中各真菌菌落的大小和形状变化、对应菌落间距离变化、抑菌带的有无及其宽度。在两点对峙培养中,用记号笔及时在平板背面相对的菌落边缘划线标记,确定菌落是否停止生长。

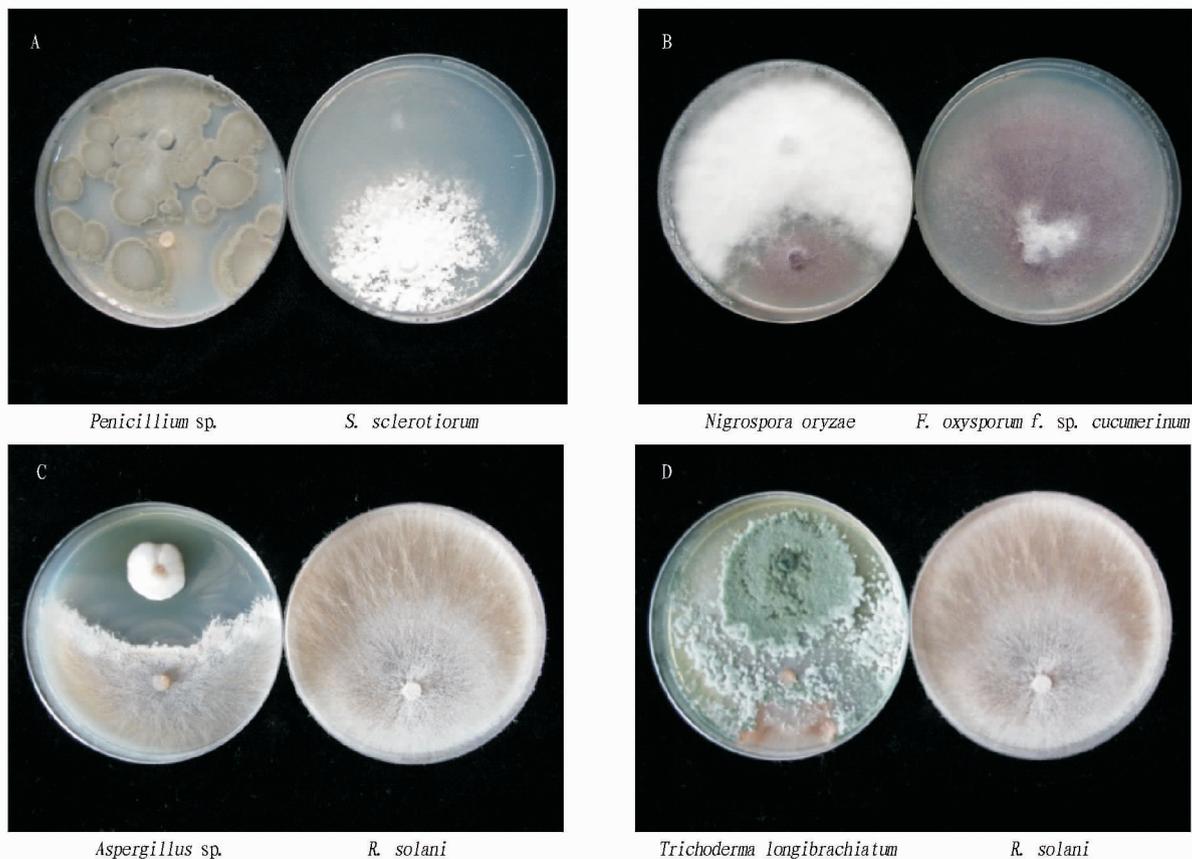
1.2.2 抑菌带宽和菌丝生长抑制率的测定。当病原真菌停止生长时,测量病原真菌菌落边缘至与其相对峙的内生真菌菌落边缘之间的距离,记为抑菌带宽度。当单接病原真菌的

对照平板上菌落长满平板时,测量对峙培养中内生真菌菌落和病原真菌菌落相对方向各自菌落的半径和对照平板上菌落的半径,计算病原真菌的菌落生长抑制率^[5]。观察记录拮抗现象。

菌落生长抑制率(%) = (对照菌落半径 - 处理菌落半径) / 对照菌落半径 × 100

2 结果与分析

2.1 内生真菌对病原真菌拮抗作用的类型 对峙培养中,内生真菌对供试病原真菌的拮抗作用主要表现为 3 种类型: 拮抗作用、基质竞争作用和寄生作用。拮抗作用表现为内生真菌菌落与供试病原真菌菌落间抑菌带的产生,内生真菌并不与供试病原真菌直接接触即可抑制其生长。基质竞争作用是由于内生真菌具有较快的菌丝生长速度或可快速大量产生孢子,菌落迅速扩展占领培养基质,减少和压缩了供试病原真菌可获得的营养和生存空间。寄生作用是内生真菌具有寄生供试病原真菌的能力,在与供试病原真菌接触后可继续生长于病原真菌菌落之上,通过菌丝缠绕和寄生活动抑制供试病原真菌的生长,最后内生真菌菌落覆盖和代替病原真菌菌落。也有些内生真菌对病原真菌的抑制作用表现为上述 2 种或 2 种以上作用类型(图 1)。



注:A、B. 基质竞争作用; C. 拮抗作用; D. 基质竞争作用和寄生作用。在每一组合中,左侧平皿上部菌落为内生真菌菌落,下部接种病原真菌;右侧平皿为只接种病原真菌的对照。

图 1 内生真菌对 3 种土传病原真菌的拮抗作用

2.2 内生真菌对黄瓜枯萎病菌的拮抗作用 在对峙培养中,共有 13 株内生真菌对黄瓜枯萎病菌产生抑制作用,占供

试内生真菌菌株数的 2.8%。其中产生抑菌带的真菌有 10 株,占供试内生真菌菌株数的 2.2%。在产生抑菌带的真菌

中,以菌株 F30 对黄瓜枯萎病菌的抑制作用最强,抑菌带宽度达 19.0 mm(表 1),黄瓜枯萎病菌菌落生长的抑制率达 76.3%(表 2)。有 3 个菌株 JCL6、4F78 和 5F31 通过菌丝快速生长进行基质竞争,进而抑制病菌生长。其中菌株 JCL6 不仅可迅速占领培养基质,随后菌落还在供试病原真菌菌落上快速扩展,最后病原真菌菌落被完全覆盖。

表 1 具有明显抑菌带的内生真菌菌株

菌株编号	种属	抑菌带宽度//mm		
		黄瓜枯萎病菌	立枯病菌	菌核病菌
JCL2	<i>F. oxysporum</i>			8.7
JCL19	<i>Myrothecium roridum</i>		8.0	
JCL24	<i>Aspergillus</i> sp.		11.3	12.7
JCL26	<i>Epicoccum</i> sp.			5.0
JCL39	<i>Penicillium</i> sp.			10.7
JCL40	<i>Fusarium</i> sp.			8.0
JCL44	<i>Fusarium</i> sp.			6.0
JCL55	<i>Fusarium</i> sp.			8.0
JCL61	<i>Fusarium</i> sp.			6.7
JCL62	<i>Fusarium</i> sp.			5.0
JCL63	<i>Fusarium</i> sp.			5.0
JCL68	<i>Fusarium</i> sp.			6.0
JCL70	<i>Fusarium</i> sp.			7.3
JCL73	<i>Fusarium</i> sp.			7.7
JCL75	<i>Fusarium</i> sp.			5.0
JCL76	<i>Fusarium</i> sp.			7.0
JCL85	<i>Fusarium</i> sp.			5.7
JCL87	<i>Fusarium</i> sp.			9.7
F8	<i>Penicillium</i> sp.	10.0		10.0
F30	<i>Penicillium</i> sp.	19.0		7.0
F78	<i>Aspergillus</i> sp.	7.0	6.0	14.0
F83	<i>Aspergillus</i> sp.	5.3	5.0	11.7
F87	<i>Epicoccum</i> sp.			9.0
F94	<i>Aspergillus</i> sp.	5.7		14.3
2F8	<i>Chaetomium</i> sp.	5.3		
3F8	<i>Penicillium</i> sp.			8.0
3F9	<i>F. oxysporum</i>			9.0
3F12	<i>F. oxysporum</i>			7.0
3F21	<i>M. verrucaria</i>		7.8	5.0
3F55	<i>Penicillium</i> sp.			8.0
4F8	<i>F. oxysporum</i>			9.0
4F18	<i>F. oxysporum</i>			11.7
4F34	<i>Neocosmospora</i> sp.			6.0
4F42	<i>Neocosmospora</i> sp.			6.1
5F11	<i>F. oxysporum</i>			10.0

2.3 内生真菌对立枯病菌的拮抗作用 在对峙培养中,共有 25 株内生真菌对立枯病菌产生抑制作用,占供试内生真菌菌株数的 5.4%。其中有 11 株内生真菌产生了抑菌带,占供试内生真菌菌株数的 2.4%。产生抑菌带宽度最大的菌株为 JCL24,其抑菌带宽度为 11.3 mm(表 1)。有 13 株内生真菌生长快速,并在供试病原真菌菌落上扩展,通过覆盖和取代来抑制供试病原真菌菌落的生长,它们占供试内生真菌菌株数的 2.8%,以菌株 5F37 的抑制作用最强,立枯病菌菌落生长抑制率达 90.1%(表 2)。有 1 株内生真菌通过菌丝的

快速生长进行基质竞争抑制供试病原真菌生长。

表 2 对供试病菌菌落生长具显著抑制作用(抑制率大于 70%)的内生真菌菌株

菌株编号	种属	菌落生长抑制率//%		
		黄瓜枯萎病菌	立枯病菌	菌核病菌
JCL2	<i>F. oxysporum</i>			71.0
JCL40	<i>Fusarium</i> sp.			76.3
JCL44	<i>Fusarium</i> sp.		70.1	76.3
JCL53	<i>Fusarium</i> sp.			74.2
JCL54	<i>Fusarium</i> sp.			72.1
JCL55	<i>Fusarium</i> sp.			75.3
JCL61	<i>Fusarium</i> sp.			76.9
JCL62	<i>Fusarium</i> sp.			80.7
JCL63	<i>Fusarium</i> sp.			82.7
JCL68	<i>Fusarium</i> sp.			77.4
JCL70	<i>Fusarium</i> sp.			83.9
JCL73	<i>Fusarium</i> sp.			75.3
JCL75	<i>Fusarium</i> sp.			70.5
JCL76	<i>Fusarium</i> sp.			77.9
JCL85	<i>Fusarium</i> sp.			80.7
JCL87	<i>Fusarium</i> sp.			74.2
F11	<i>Fusarium</i> sp.		85.9	
F29	<i>Fusarium</i> sp.			75.7
F30	<i>Penicillium</i> sp.	76.3		
3F49	<i>Alternaria</i> sp.		74.7	
4F14	<i>Bipolaris</i> sp.		74.7	
4F78	<i>R. solani</i>	76.3		
5F18	<i>Exserohilum</i> sp.		80.3	
5F23	<i>Colletotrichum</i> sp.		70.4	
5F28	<i>Alternaria</i> sp.		80.3	
5F29	<i>Alternaria</i> sp.		71.8	
5F31	<i>Nigrospora oryzae</i>	76.3		
5F37	<i>Apiospora</i> sp.		90.1	
5F42	<i>Colletotrichum</i> sp.		70.4	
5F53	<i>Fusarium</i> sp.		78.9	

2.4 内生真菌对菌核病菌的拮抗作用 在对峙培养中,共有 64 株内生真菌对菌核病菌产生抑制作用,且均产生抑菌带,占供试内生真菌菌株数的 13.9%。其中对菌核病菌抑菌带宽度在 10 mm 以上的有 6 株,分别为 F78、F83、F94、4F18、JCL24、JCL39,占供试菌株的 1.3%。产生抑菌带宽度最大的菌株为 F94,其抑菌带宽度为 14.3 mm(表 1)。抑菌带的产生表明这些内生真菌通过产生抗生物质来抑制供试病原真菌的生长。在对菌核病菌产生抑制作用的菌株中,有 4 个菌株 JCL39、F8、F30 和 3F8 还大量产生孢子进行扩展,通过基质竞争来抑制供试病原真菌生长。

2.5 对病菌有拮抗作用的内生真菌类群 对内生真菌类群统计分析表明,对黄瓜枯萎病菌菌落生长抑制率在 50% 以上的内生真菌有 7 株,分布于 4 个属;抑制率在 70% 以上的内生真菌有 3 株,分别属于 *Nigrospora*、*Penicillium* 和 *Rhizoctonia* 属。对立枯病菌菌落生长抑制率在 50% 以上的内生真菌有 21 株,分布于 9 个属;抑制率在 70% 以上的内生真菌有 11 株,分别属于 *Alternaria*、*Apiospora*、*Bipolaris*、*Colletotrichum*、*Ex-*

serohilum 和 *Fusarium* 6 个属。对菌核病菌菌落生长抑制率在 50% 以上的内生真菌有 44 株,分布在 8 个属;抑制率在 70% 以上的内生真菌有 17 株,均属于 *Fusarium* 属(表 3)。

表 3 对供试病原真菌菌落生长具显著抑制作用的内生真菌类群

内生真菌类群	黄瓜枯萎病菌		立枯病菌		菌核病菌	
	IR > 50%	IR > 70%	IR > 50%	IR > 70%	IR > 50%	IR > 70%
<i>Alternaria</i>			4	3		
<i>Apiospora</i>			1	1		
<i>Aspergillus</i>	3		4		5	
<i>Bipolaris</i>			1	1	1	
<i>Chaetomium</i>			1		1	
<i>Colletotrichum</i>			2	2		
<i>Epicoccum</i>					2	
<i>Exserohilum</i>			1	1		
<i>Fusarium</i>			4	3	27	17
<i>Myrothecium</i>			3		1	
<i>Neocosmospora</i>					2	
<i>Nigrospora</i>	1	1				
<i>Penicillium</i>	2	1			5	
<i>Rhizoctonia</i>	1	1				

注:IR 表示抑菌率;表中数字表示分离到的内生真菌个数。

3 讨论

生物防治是目前植物病害防治研究的热点之一。在用微生物防治葫芦科植物病害研究方面,有施用哈茨木霉(*Trichoderma harzianum*)减轻立枯病引起的黄瓜幼苗根茎腐烂的报道^[6],也有采用枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*)的非致病性突变株和炭疽菌(*Colletotrichum magna*)的非致病性突变株分别防治葫芦科植物枯萎病和炭疽病的报道^[7-8]。关于内生真菌用于葫芦科植物病害防治,Yan 等报道了黄瓜内生真菌用于黄瓜种子处理防治根结线虫(*Meloidogyne incognita*)的潜力^[9],申屠旭萍等报道了分离自枸骨(*Ilex cornuta*)的内生真菌木霉菌对黄瓜立枯病菌有较好的抑制作用^[10]。该研究发现不少瓜类植物内生真菌可通过抗生作用、基质竞争或寄生作用对土传病原真菌产生抑制作用,不同的内生真菌和病原真菌组合其抑制作用可能不同,有些菌株则可同时通过不同方式对供试病原真菌产生抑制作用。这与 Mejía 等报道可可(*Theobroma cacao*)树内生真菌主要通过抗生作用、竞争营养和重寄生作用抑制可可萎腐病菌(*Moniliophthora roreri*)、可可黑炭腐病菌(*Phytophthora palmivora*)和可可丛枝病菌(*Moniliophthora perniciosa*)的情况相似^[11]。由此可见,内生真菌能通过多种机制对于病原真菌产生抑制作用,为进一步利用瓜类植物内生真菌来防治瓜类病害提供了依据。

在该研究中,对供试病原真菌有拮抗作用的内生真菌类群包括多个属,针对不同的病原真菌这些具拮抗作用的内生真菌的类群有明显差异,表明这种拮抗作用具有一定的专化性。结合该研究结果和慕林轩等的报道^[4],可见具有拮抗菌株较多的一些类群在黄瓜中普遍存在。该研究中对 3 种土

传病原真菌均发现了一些具有较强抑制作用的菌株,有的菌株对供试病原真菌菌落生长抑制率达 80% 以上,个别的达到 90%。有些可能具有防治瓜类植物病害的潜力,进一步的评价工作正在进行中。

在具有抗生作用的菌株中,有些菌株的抑菌带很宽,如菌株 F30 对黄瓜枯萎病菌的抑菌带为 19.0 mm,菌株 JCL24 对菌核病菌和立枯病菌的抑菌带分别为 12.7 和 11.3 mm。有些菌株如 F78、F83、F94 对 3 种病菌均有抗生作用。这些菌株不仅可能具有防治植物病害的潜力,其分泌的抗生物质的种类和性质也值得进一步研究,有可能会发现新的抗真菌的抗生素。另外,已有的报道表明,内生真菌在体外的拮抗作用与其在植物体内所起的抗病作用可能并不完全一致,有些真菌可能并不对病原菌产生直接抑制作用,但可诱导植物产生抗病性^[12]。因此,该试验中那些在对峙培养中无明显拮抗作用的内生真菌,有些也有可能通过诱导植物获得抗性来抑制病害。

参考文献

- [1] PETRINI O. Fungal endophytes of tree leaves [C]//ANDREWS J H, HIRANO S S. Microbial ecology of leaves. New York:Springer, 1991:179-197.
- [2] SUN X, GUO L D. Endophytic fungal diversity: review of traditional and molecular techniques [J]. Mycology, 2012, 3(1): 65-76.
- [3] ALFARO A P, BAYMAN P. Hidden fungi, emergent properties: endophytes and microbiomes [J]. Annual Review of Phytopathology, 2011, 49: 291-315.
- [4] 慕林轩,牛永春,邓晖.北京夏植黄瓜内生真菌区系研究[J].菌物学报,2010,29(2):214-221.
- [5] CAMPANILE G, RUSCELLI A, LUISI N. Antagonistic activity of endophytic fungi towards *Diplodia corticola* assessed by in vitro and in planta tests [J]. European Journal of Plant Pathology, 2007, 117: 237-246.
- [6] HUANG X P, CHEN L H, RAN W, et al. *Trichoderma harzianum* strain SQR-T37 and its bio-organic fertilizer could control *Rhizoctonia solani* damping-off disease in cucumber seedlings mainly by the mycoparasitism [J]. Applied Microbial and Cell Physiology, 2011, 91: 741-755.
- [7] FREEMAN S, ZVEIBIL A, VINTAL H, et al. Isolation of nonpathogenic mutants of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* for biological control of *Fusarium* wilt in cucurbits [J]. Phytopathology, 2001, 92(2): 164-168.
- [8] REDMAN R S, FREEMAN S, CLIFTON D R, et al. Biochemical analysis of plant protection afforded by a nonpathogenic endophytic mutant of *Colletotrichum magna* [J]. Plant Physiology, 1999, 119: 795-804.
- [9] YAN X N, SIKORA R A, ZHENG J W. Potential use of cucumber (*Cucumis sativus* L.) endophytic fungi as seed treatment agents against root-knot nematode *Meloidogyne incognita* [J]. Journal of Zhejiang University Science B, 2011, 12(3): 219-225.
- [10] 申屠旭萍,石一璠,俞晓平.枸骨内生菌 No. 2 的鉴定及其对黄瓜立枯病的生防作用[J].农药学报,2010,12(2):173-177.
- [11] MEJÍA L C, ROJAS E I, MAYNARD Z, et al. Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens [J]. Biological Control, 2008, 46: 4-14.
- [12] DE C A, PASCUAL S, MELGAREJO P. Involvement of resistance induction by *Penicillium oxalicum* in the biocontrol of tomato wilt [J]. Plant Pathology, 1997, 46: 72-79.
- [13] 周梦溪,王殿东,白珍安,等.尖镰孢菌 CS-20 对黄瓜枯萎病的防治效果[J].湖南农业科学,2012(9):80-82.
- [14] 芦云.设施栽培黄瓜枯萎病菌拮抗菌的筛选[J].农业灾害研究,2011,1(2):30-31.