

# 木霉菌及其代谢产物对香蕉枯萎病菌的离体抑制作用研究

甘 林, 陈福如, 杨秀娟, 阮宏椿, 杜宜新

(福建省农业科学院植物保护研究所, 福建 福州 350013)

**摘 要:** 离体测定了 22 株木霉菌及其代谢产物对香蕉枯萎病菌 4 号生理小种的抑制作用, 结果表明采用平板对峙培养, 木霉菌对香蕉枯萎病原菌菌丝生长的抑制率为 61.76%~100.00%, 20% (V/V) 木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长抑制率为 11.83%~52.69%, 而木霉菌产生的非挥发性代谢产物和挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长抑制率分别为 3.83%~74.62% 和 11.17%~29.37%。用 20%~50% (V/V) 木霉菌 T05-049 发酵液处理香蕉枯萎病菌球型分生孢子 9 h 和镰刀型分生孢子 6 h, 其孢子萌发抑制率分别为 86.60%~96.40% 和 56.29%~85.41%。

**关键词:** 木霉菌; 代谢产物; 香蕉枯萎病菌; 抑制作用

中图分类号: S 436

文献标识码: A

## In vitro study on inhibition of *Trichoderma* sp. and their metabolites against

### *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

GAN Lin, CHEN Fu-ru, YANG Xiu-juan, RUAN Hong-chun, DU Yi-xin

(Institute of Plant Protection, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350013, China)

**Abstract:** Inhibition effect of 22 strains of *Trichoderma* sp. and their metabolites against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race four (FOC) was studied in vitro. The bioassay data obtained indicated that the inhibition rates of (a) the tested strains on the FOC mycelia growth in the plate-culture experiments ranged from 61.76% to 100%, (b) the 20% (V/V) *T. sp.* culture filtrates were 11.83%–52.69%, (c) the non-volatile and volatile metabolites were 3.83%–74.62% and 11.17%–29.37%, respectively, and (d) the spherical conidia spore germination from FOC treated with 20%–50% (V/V) of *T. 05-049* culture filtrate for 9h and the sickle-shaped conidia for 6h were 86.60%–96.40% and 56.29%–85.41%, respectively.

**Key words:** *Trichoderma* sp.; metabolite; *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*; inhibition effect

香蕉枯萎病作为世界性的检疫病害给我国的香蕉产业带来了巨大的损失, 但目前生产上用于香蕉枯萎病防治的药剂效果并不理想<sup>[1]</sup>。因此, 在缺乏有效措施的情况下, 进行香蕉枯萎病的生物防治是当前该病综合治理中较为普遍关注的问题。木霉菌 *Trichoderma* sp. 是一种对多种植物病原菌都有较强拮抗作用的生防菌<sup>[2]</sup>, 具有生长繁殖速度快、能迅速占领营养空间、可产生抗菌素等多种特点<sup>[3]</sup>, 对立枯病、枯萎病、猝倒病、白绢病、疫霉病等土传病害具有较好的防治效果, 生产应用潜力大<sup>[4]</sup>。目前, 国内外已经有 50 多种木霉菌商品化制剂, 但不同的木霉菌作用范围、作用机制和适应范围差异大<sup>[5]</sup>。香蕉枯萎病菌是一种外来入侵的有害生

物<sup>[6]</sup>, 有关木霉菌在香蕉枯萎病生防方面的研究和应用报道较少。本文在已有的研究基础上, 从来源于福建省和广东省的 71 株木霉菌中初步筛选出对香蕉枯萎病菌 4 号生理小种具有一定抑制效果的木霉菌 22 株, 并进一步明确这些菌株的抑菌特性和作用机制。本试验开展了木霉菌及其代谢产物对香蕉枯萎病菌 4 号生理小种抑制作用的研究, 旨在为木霉菌的开发利用和香蕉枯萎病的生物防治提供理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 供试菌株

供试病原菌为香蕉枯萎病菌 4 号生理小种

收稿日期: 2010- 04- 15 初稿; 2010- 06- 22 修改稿

作者简介: 甘林 (1981- ), 男, 硕士, 研究实习员, 主要从事植物病理学方面的研究 (E-mail: millergan@sina.com)

通讯作者: 杨秀娟 (1972- ), 女, 硕士, 副研究员, 主要从事植物真菌及病害防治研究 (E-mail: yxjzb@126.com)

基金项目: 福建省科技计划重大专项专题 (2006NZ0002-3); 福建省科技厅平台建设项目 (2009NZ005); 福建省农业科学院青年基金项目 (2008QB-9)

*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race four, 由本所分离自田间罹病的香蕉, 对台蕉2号(AAA)具有致病性。供试22株木霉菌分别由本所分离自福建省香蕉枯萎病区和广东仲恺农业技术学院提供。

## 1.2 试验方法

1.2.1 平皿对峙培养 参照孟娜等<sup>[7]</sup>的方法进行木霉菌和病原菌平皿对峙培养。用无菌打孔器( $d=5\text{ mm}$ )分别在香蕉枯萎病菌和木霉菌菌落边缘打菌碟, 接种于PDA平板上, 两者相距约6 cm, 以只接种病原菌为对照, 每个处理重复3次, 28℃恒温培养, 从第1 d开始, 每天1次测量各菌落直径, 并统计其生长速率。7 d后计算病原菌生长速度抑制率, 并根据Bell等<sup>[8]</sup>的方法进行木霉菌拮抗系数分级和评价。

1.2.2 木霉菌发酵液的制备 接种培养4 d的木霉菌于马铃薯葡萄糖(PD)液体培养基中(培养基装100 mL于250 mL三角瓶), 置28℃、150  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 恒温摇床振荡培养4 d后, 发酵液经8 000  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心10 min, 取上清液经0.22  $\mu\text{m}$ 滤膜的细菌过滤器真空过滤后置于4℃冰箱保存备用。

1.2.3 香蕉枯萎病菌孢子悬浮液的制备 将活化的香蕉枯萎病菌菌饼( $d=5\text{ mm}$ )接种于米糠固体培养基中, 倒置, 28℃恒温培养10 d, 用灭过菌的毛笔刷去表面菌丝, 在黑光灯下光照48 h, 可同时获得大量大型分生孢子(镰刀型)和小型分生孢子(卵圆型), 用无菌水配成孢子悬浮液(浓度为 $1 \times 10^6$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ )备用。

1.2.4 木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长的抑制作用测定 将木霉菌发酵液与冷却至45℃的PDA培养基按1:4比例混匀后制成平板, 待平板冷凝后接种病原菌菌饼( $d=5\text{ mm}$ ), 倒置, 28℃恒温培养, 以无菌水处理作为对照, 每个处理重复3次。4 d后采用十字交叉法测量菌落直径, 计算抑制率。

抑制率% =  $[(\text{对照菌落半径} - \text{处理的菌落半径}) / \text{对照菌落半径}] \times 100$

1.2.5 木霉菌发酵液对病原菌不同类型孢子萌发的抑制作用测定 将配制的木霉菌发酵液与孢子悬浮液混匀, 使木霉菌发酵液体积分别占总体积的50%、40%、30%和20%, 各混合液吸2 mL于18 mm $\times$ 180 mm试管中, 以相应浓度和相同处理的PD液体培养基和无菌水为对照, 每个处理重复3次。置于28℃、150  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 恒温摇床振荡6 h

和9 h后, 在400倍(10 $\times$ 40)的显微镜下分别观察大型分生孢子和小型分生孢子的萌发情况, 每个重复按5点取样法观察5个视野, 每个视野观察30~40个孢子, 以孢子萌发的芽管超过短轴长度的一半计为萌发, 统计每一处理的孢子萌发情况, 计算各浓度下木霉菌发酵液对病原菌孢子萌发的抑制率。数据统计及相关性分析采用DPS v2.00软件处理。

抑菌率% =  $[(\text{PD培养液处理的孢子萌发率} - \text{木霉菌发酵液处理的孢子萌发率}) / \text{PD培养液处理的孢子萌发率}] \times 100$

1.2.6 木霉菌非挥发性及挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长的抑制作用测定 非挥发性代谢产物抑菌作用测定参照Cigdem等的方法<sup>[9]</sup>。在平板上平铺无菌玻璃纸, 接种木霉菌菌饼( $d=5\text{ mm}$ ), 28℃恒温培养, 待菌落直径约6 cm后撕去玻璃纸, 接种香蕉枯萎病菌菌饼( $d=5\text{ mm}$ ), 以不含木霉菌代谢产物的PDA平板接种病原菌为对照, 每个处理重复3次。28℃恒温培养5 d, 测量菌落直径, 抑菌率计算同1.2.4; 挥发性代谢产物抑菌作用测定参照程丽云<sup>[10]</sup>的方法, 在培养皿底和盖的内面制成PDA平板, 分别接种木霉菌菌饼和病原菌菌饼( $d=5\text{ mm}$ ), 用封口膜封好。以皿底接种病原菌, 皿盖不接种木霉菌为对照, 每个处理重复3次。28℃恒温培养, 分别在接种后4 d和7 d, 测定菌落直径, 抑菌率计算同1.2.4。数据统计及相关性分析采用DPS v2.00软件处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 木霉菌与病原菌平皿对峙培养对病原菌菌丝生长的抑制作用

采用平皿对峙法测定结果表明(表1), 供试的木霉菌生长速度明显快于香蕉枯萎病菌, 其日均生长速率是病原菌的4倍以上, 对病原菌生长均有明显的抑制作用, 拮抗系数分布于I级的木霉菌占86.36%, 病原菌菌丝生长速度抑制率介于61.76%~100%之间, 其中抑制率为100%的木霉菌有4株。通过两者菌丝生长速率的对比发现, 木霉菌株能通过快速生长方式占领培养皿的营养空间, 并结合其代谢产物在平皿的扩散性和抑菌活性, 而达到完全抑制病原菌菌丝生长的效果。通过显微观察发现, 接触木霉菌的香蕉枯萎病菌边缘菌丝出现消解、扭曲、断裂和不规则生长, 从而导致病原菌菌落变稀薄或停止生长。而接触病原菌的部份木霉菌仍继续向病原菌内部扩展, 7 d后可见木霉菌覆

盖整个病原菌菌落, 并伴有绿色孢子堆的产生。

表 1 平皿对峙下木霉菌对病原菌菌丝生长的抑制活性

Table 1 Inhibition activity of *Trichoderma* sp. against FOC in plate culture test

木霉菌种	木霉菌菌丝日均生长速率 (mm · d <sup>-1</sup> )	病原菌菌丝日均生长速率 (mm · d <sup>-1</sup> )	病原菌菌丝生长速度抑制率 (%)	拮抗系数分级
T05-01	13.00	2.20	67.65	I
T05-14	11.20	1.00	85.29	I
T05-48	12.80	1.60	76.47	I
T05-49	12.60	3.00	55.88	III
T05-58	12.60	2.20	67.65	I
T05-78	12.00	2.20	67.65	I
T07-01	12.00	0.40	94.12	I
T07-03	12.20	2.00	70.59	IV
T07-05	13.20	2.00	70.59	I
T07-08	13.20	2.60	61.76	II
T07-09	12.00	1.80	73.53	I
T07-14	12.00	3.00	55.88	I
T07-18	13.40	1.80	73.53	I
T08-02	13.40	0	100.00	I
T08-05	13.00	1.00	85.29	I
T08-06	12.60	1.00	85.29	I
T08-08	12.40	0	100.00	I
T08-10	13.20	0	100.00	I
T08-13	13.20	0	100.00	I
TR-5-1	13.80	2.00	70.59	I
TD-1	12.40	1.60	76.47	I
C+1	12.40	2.20	67.65	I
CK	-	6.80	-	-

## 2.2 木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长的抑制作用

20% (V/V) 木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长仍表现出有一定的抑制活性, 从表 2 可以看出, 供试的木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长抑制率达

11.83% ~ 52.69%, 抑制率介于 30% ~ 50% 之间的菌株占 90.91%。其中菌株 T07-09 发酵液的抑制率最高, 为 52.69%, 而菌株 T05-58 的抑菌率只有 11.83%。

表 2 木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长的抑制活性

Table 2 Inhibition activity of *Trichoderma* sp. fermentation fluid against FOC

木霉菌种	抑制率 (%)	木霉菌种	抑制率 (%)	木霉菌种	抑制率 (%)	木霉菌种	抑制率 (%)
T05-01	45.16	T07-01	41.66	T07-18	39.52	T08-13	41.40
T05-14	41.13	T07-03	33.06	T08-02	36.82	TR-5-1	35.48
T05-48	37.87	T07-05	37.10	T08-05	34.15	TD-1	40.32
T05-49	39.24	T07-08	36.56	T08-06	36.02	C+1	36.29
T05-58	11.83	T07-09	52.69	T08-08	36.82	CK	0
T05-78	44.63	T07-14	38.44	T08-10	37.90		

### 2.3 木霉菌发酵液对病原菌孢子萌发的抑制作用

根据预试验, 大型分生孢子和小型分生孢子在 20%~50% (V/V) 的 PD 培养液中萌发率达 70% 以上时所需的时间分别为 6 h 和 9 h, 且大型孢子萌发所需的时间和萌发率明显优于小型孢子 (表 3), 2 种孢子在不同稀释浓度的 PD 培养液刺激作用下, 其萌发率无显著性差异, 但均显著高于清水, 说明 PD 营养液有利于病原菌孢子萌发, 其中, 大型孢子比小型孢子萌发效果更好。表 3 结果还表明, 两种孢子在 20%、30%、40% 和 50% (V/V) 不同稀释浓度的木霉菌发酵液 (T05-49) 中, 萌发均受到明显的抑制, 小型孢子 9 h 的萌发率分别为 10.91%、9.72%、4.15% 和 2.97%, 大

型孢子 6 h 的萌发率分别为 36.08%、28.98%、16.98% 和 13.33%, 与相应稀释浓度的 PD 培养液相比, 小型孢子萌发抑制率达 86.60%~96.40%, 大型孢子萌发抑制率达 56.29%~85.41%, 且随着木霉菌发酵液处理浓度的提高, 孢子萌发率显著降低, 抑制率显著增加。木霉菌发酵液处理对小型孢子萌发抑制效果好于大型孢子, 进一步说明木霉菌发酵液中的代谢产物具有抑制孢子萌发的活性, 且以小型孢子对其代谢产物的敏感性更高。显微观察发现病原菌 2 种孢子在木霉菌发酵液中大多数不萌发, 已萌发的孢子产生的芽管短、畸形, 弯曲, 不能形成正常的菌丝, 大型孢子的内含物模糊 (图 1)。

表 3 木霉菌发酵液对病原菌孢子萌发的抑制活性

Table 3 Inhibition activity of *Trichoderma* sp. fermentation fluid against FOC spores germination

介质浓度 (%)	小型孢子萌发率 (%)		抑制率 (%)	大型孢子萌发率 (%)		抑制率 (%)
	PDB	木霉菌发酵液		PDB	木霉菌发酵液	
20	81.44±0.0699ab	10.91±0.0250a	86.60±0.0307b	82.54±0.1042a	36.08±0.1170a	56.29±0.1417b
30	76.22±0.0154ab	9.72±0.0251a	87.25±0.0329b	79.25±0.0688a	28.98±0.0629ab	63.43±0.0794b
40	71.37±0.0775b	4.15±0.0134b	94.18±0.0187a	90.11±0.0407a	16.98±0.0530bc	81.1±0.0588a
50	82.52±0.0095a	2.97±0.0242b	96.40±0.0293a	91.39±0.0429a	13.33±0.0553c	85.41±0.0605a
无菌水	0	-	-	0	-	-

注: 同列中不同小写字母代表差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。

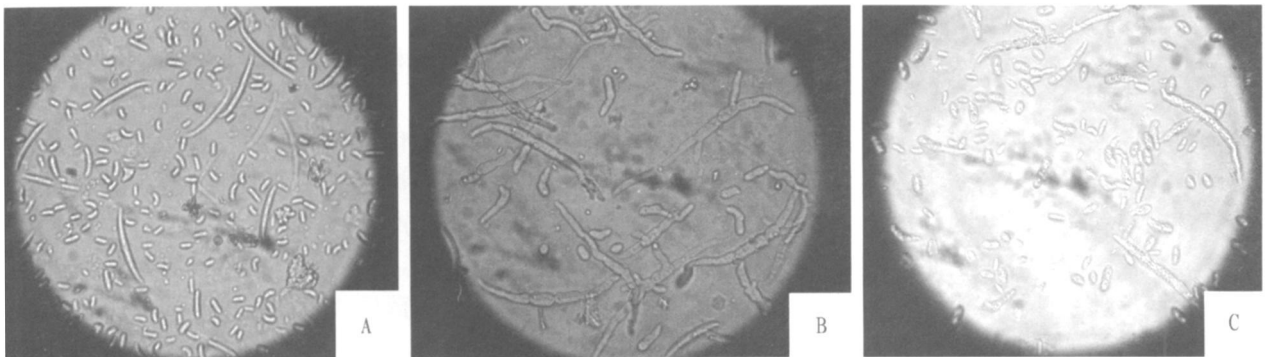


图 1 病原菌孢子在不同处理介质中萌发特征观察

Fig 1 Microscopic observations of FOC spore germination in various treatment media

注: 图 A、B、C 分别指病原菌孢子在无菌水、20% PD 培养液、20% 木霉菌发酵液中 9 h 的萌发情况。

### 2.4 木霉菌非挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长的抑制作用

根据木霉菌对峙培养及其发酵液抗生作用的试验结果, 筛选出 10 株对香蕉枯萎病菌抑制效果较好的木霉菌。通过非挥发性代谢产物的抑菌试验可以看出, 10 株木霉菌均能产生抑制香蕉枯萎病菌

菌丝生长的非挥发性代谢产物, 但其各自的抑菌强弱存在着一定的差异 (表 4)。其中, T05-49 对香蕉枯萎病菌的抑制效果最明显, 抑制率达到 74.62%, 而 T05-48 抑制效果最差, 抑制率仅为 3.83%。

### 2.5 木霉菌挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长的

## 抑制作用

采用平皿倒扣法测定 10 株木霉菌挥发性代谢产物对香蕉枯萎病菌菌丝生长的抑制作用。结果显示 (表 5), 接菌处理后 4 d, 供试的 10 株木霉菌的挥发性代谢产物对病原菌的抑制效果总体不明显, 对病原菌菌丝生长抑制率在 6.34% ~ 28.66% 之间, 但随着培养时间的延长, 各菌株的抑菌作用

得到不同程度的增强, 接菌处理后 7 d, 木霉菌对病菌菌丝生长抑制率在 11.17% ~ 29.37% 之间, 其中, 以 T08-08 和 T05-49 菌株处理的抑制率较高, 分别为 28.84% 和 29.37%, 说明木霉菌产生的挥发性代谢产物具有一定累积效应。此外, 病原菌在木霉菌挥发性代谢产物的作用下, 其菌落边缘菌丝也表现为稀薄。

表 4 木霉菌非挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长的抑制活性

Table 4 Inhibition activity of non-volatile metabolites of *Trichoderma* sp. against FOC mycelium growth

木霉菌种	抑制率 (%)	木霉菌种	抑制率 (%)	木霉菌种	抑制率 (%)	木霉菌种	抑制率 (%)
T05-01	43.63 ± 0.0085b	T05-49	74.62 ± 0.0325a	T07-08	20.77 ± 0.0250e	T08-08	20.77 ± 0.0250e
T05-14	40.63 ± 0.0413bc	T05-78	39.22 ± 0.017bcd	T08-02	34.80 ± 0.0225cd	CK	0
T05-48	3.83 ± 0.0189f	T07-03	30.88 ± 0.0147d	T08-06	18.03 ± 0.0e		

表 5 木霉菌挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长的抑制活性

Table 5 Inhibition activity of volatile metabolites of *Trichoderma* sp. against FOC mycelium growth

木霉菌种	抑制率 (%)		木霉菌种	抑制率 (%)	
	接菌后 4 d	接菌后 7 d		接菌后 4 d	接菌后 7 d
T05-01	8.09 ± 0.0101cd	14.71 ± 0.0080cd	T07-03	6.34 ± 0.0561d	14.71 ± 0.0319cd
T05-14	19.66 ± 0.0208ab	25.84 ± 0.0195ab	T07-08	14.27 ± 0.0208bcd	15.73 ± 0.0259cd
T05-48	17.71 ± 0.0180b	19.84 ± 0.0275bc	T08-02	16.07 ± 0.0104bc	14.07 ± 0.0216cd
T05-49	13.54 ± 0.0180bcd	29.37 ± 0.0137a	T08-06	7.07 ± 0.0519cd	11.17 ± 0.0144d
T05-78	8.09 ± 0.0101cd	14.25 ± 0.0277cd	T08-08	28.66 ± 0.0519a	28.84 ± 0.0065a
CK	0	0	CK	0	0

## 3 结论与讨论

木霉菌是一类自然界普遍存在的真菌, 常见于土壤中, 许多木霉菌如哈茨木霉、绿色木霉、钩状木霉等都是植物病原真菌的拮抗菌。本研究结果表明, 来源于福建和广东两省的 22 株木霉菌对香蕉枯萎病 4 号生理小种具有明显的抑菌活性, 能通过快速生长方式, 迅速占有营养和生长空间, 抑制病原菌生长和菌落扩展, 甚至覆盖病原菌菌落, 使菌丝扭曲、断裂。试验结果与高玉峰等在研究木霉菌对蔬菜靶标病原真菌作用时观察到的结果一致<sup>[11]</sup>。

20% (V/V) 木霉菌发酵液对病原菌菌丝生长仍表现出有一定的抑制活性, 木霉菌群体的抑制率大多介于 30% ~ 50% 之间, 表现出一定的稳定性。供试的木霉菌平皿培养均能产生对病原菌菌丝生长有一定抑制作用的非挥发性和挥发性代谢产物, 且非挥发性代谢产物的抑菌活性明显高于挥发性代谢产物。木霉菌代谢产物抑菌活性的高低与木霉菌种类有关, 其中 T05-49 代谢产物抑菌活性最

高, 非挥发性和挥发性代谢产物对病菌原生长抑制率分别达到了 74.62% 和 29.37%。此外, 木霉菌产生的挥发性代谢物具有一定累积效应, 随着培养时间的延长, 抑菌作用得到不同程度的增强。与木霉菌平皿培养产生的代谢产物相比, 木霉菌发酵液抑菌活性较低, 其原因可能与发酵液经 0.22 μm 细菌滤膜过滤除菌后代代谢产物中的一些大分子抑菌蛋白无法通过有关。

采用米糠培养基培养结合黑光灯诱导可以比 PDA 平板培养获得更多的香蕉枯萎病菌大型分生孢子, 适用于对大型孢子与小型孢子的萌发试验, 增加二者的试验可比性。在 PD 培养液刺激下大型孢子萌发效果更好, 木霉菌发酵液处理对小型孢子萌发抑制效果好于大型孢子, 说明木霉菌发酵液中的代谢产物具有抑制孢子萌发的活性, 且以小型孢子对其代谢产物的敏感性更高。在木霉菌发酵液中部份已萌发的孢子表现芽管短、畸形或弯曲, 不能形成正常的菌丝。

木霉菌在代谢过程中可以产生具有拮抗性的化

学物质来抑制病原菌生长, 这些物质大致包括具挥发性物质的抗生素、水溶性的抗生素、肽类化合物及一些酶类, 如木霉菌素、胶霉毒素、绿木霉素、抗菌肽和几丁质酶、纤维素酶、葡聚糖酶及蛋白酶等<sup>[12]</sup>。香蕉枯萎病是香蕉生产上的一种毁灭性的土传病害, 本试验研究证实了木霉菌可以产生一些水溶性、挥发性抗香蕉枯萎病菌的代谢产物, 对病原菌具有良好的竞争作用和抗生作用, 这为香蕉枯萎病生防菌剂的开发和利用提供了基础。本研究筛选的木霉菌株 T05-49 (经鉴定为哈茨木霉 *T. harzianum*) 对香蕉枯萎病菌的离体生防效果较好, 而其在香蕉茎根部活体上对病原菌的抑制效果及其在田间的实际防效还需要做进一步的研究探明。

#### 参考文献:

- [1] PLOETZ R. Banana disease in the subtropics: a review of their importance, distribution and management. International Symposium on Banana in the Subtropics [M]. Acta Horticulture, 1998: 49-51.
- [2] 王芊. 木霉菌在生物防治上的应用及拮抗机制 [J]. 黑龙江农业科学, 2001 (1): 41-42.
- [3] 宋晓妍, 孙彩云, 陈秀兰, 等. 木霉生防作用机制的研究进展 [J], 中国农业科技导报, 2006, 8 (6): 20-25.
- [4] 郭润芳, 刘晓光, 高克祥. 拮抗木霉菌在生物防治中的应用与研究进展 [J]. 中国生物防治, 2002, 18 (4): 180-184.
- [5] WOO S L, SCALA F, RUOCCO M, et al. The molecular biology of the interactions between *Trichoderma* spp, Phytopathogenic fungi and Plants [J]. Phytopathol, 2006, 96: 181-185.
- [6] 马红娟, 杨秀娟, 阮宏椿, 等. 拮抗细菌对香蕉枯萎病菌的离体抑菌活性研究 [J]. 福建农业学报, 2008, 23 (3): 251-254.
- [7] 孟娜, 汤斌, 黄晓东, 等. 4种木霉菌对棉花黄萎病菌抑制作用的测定 [J]. 生物学杂志, 2007, 24 (7): 58-61.
- [8] BELL D K, WELLS H D, MARKHAM C R. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against fungal pathogens [J]. Phytopath, 1982, 72: 379-382.
- [9] CIGDEM K, MERIHH K. Isolation of *Tichoderma* spp. and Determination of Their Antifungal, Biochemical and Physiological Features [J]. Turk Journal Biology, 2003, 27: 247-253.
- [10] 程丽云. 木霉菌的种类鉴定及生防菌株的筛选 [D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [11] 高玉峰, 贺字典, 赵春明. 木霉菌对3种蔬菜病原菌的拮抗作用 [J]. 河北科技师范学院学报, 2007, 21 (4): 12-14.
- [12] JONG M B, NHARKES R, HOWELL C, et al. The role of extracellular chitinase from *Trichoderma virens* Gv29-8 in the biocontrol of *rhizoctonia solani* [J]. Current genet, 1999, 35 (1): 41-50.

(责任编辑: 林海清)