



李春霞, 聂佳慧, 张飞龙, 等. 哈茨木霉对甜瓜枯萎病病原菌的生防效果[J]. 黑龙江农业科学, 2023(3):50-55.

# 哈茨木霉对甜瓜枯萎病病原菌的生防效果

李春霞, 聂佳慧, 张飞龙, 柳传志, 王浩浩, 靳亚忠

(黑龙江八一农垦大学 园艺园林学院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘要:**为促进哈茨木霉菌在生产中的应用,通过培养皿试验和盆栽试验分析了哈茨木霉菌对枯萎病病原菌的抑制作用以及对甜瓜枯萎病抗性的影响。结果表明,在培养皿对峙试验中,发现哈茨木霉菌菌株 DQ002 及其挥发性物质和发酵液均能有效抑制枯萎病病原菌菌丝的生长,最高抑制率分别为 77.18%、18.73% 和 22.79%;盆栽试验发现哈茨木霉 DQ002 可以有效缓解甜瓜枯萎病的发生,并且提高了甜瓜幼苗叶片和根部的 PAL 酶和  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性。总之,哈茨木霉菌 DQ002 通过空间竞争及其发酵液和挥发物质明显抑制了枯萎病病原菌菌丝的生长,并通过提高甜瓜幼苗 PAL 和  $\beta$ -1,3-葡聚糖防御酶活性增强了甜瓜对枯萎病的抗性,降低了甜瓜枯萎病的发生率。

**关键词:**哈茨木霉;枯萎病;甜瓜;生防效果

甜瓜枯萎病是由甜瓜尖孢镰刀菌专化型 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*) 引起的一种土传病害,由于连续种植导致土壤中病原菌增多,发病严重,尤其是在温室中<sup>[1]</sup>,严重制约着甜瓜的产量和品质,成为甜瓜生产中的瓶颈问题。目前有效解决病害的方法为根部灌施农药,但大量农药的施入严重威胁着土壤生态环境和人类身体健康<sup>[2-3]</sup>。因此,如何减少农药的施入,并能有效地解决甜瓜枯萎病是目前生产中亟待解决的现实问题。

国内外学者针对土传病害开展了大量研究,在生物防治方面取得了一些成果,例如木霉菌、假单胞菌、芽孢杆菌等<sup>[4-5]</sup>,推动了绿色农业的发展。木霉菌广泛存在于植物及其残体、根际土壤中,是典型的土壤和木材腐生真菌,在生物防治方面越来越受重视<sup>[6]</sup>,它可以通过竞争、重寄生和溶菌等方式抑制病原菌的生长<sup>[7-8]</sup>,同时木霉菌还可以通过激发防御酶活性诱导植物抗性,例如它产生的丝氨酸蛋白酶、几丁质酶等会激活植物信号传导途径,诱导植物系统抗性,起到防治病害

的作用<sup>[9-10]</sup>,但是木霉菌对甜瓜枯萎病的防治研究较少,本研究以哈茨木霉菌 (*Trichoderma harzianum*) DQ002 和羊角蜜为试验材料,利用培养皿对峙和田间试验,分析哈茨木霉菌对甜瓜枯萎病的生防作用,以期木霉菌在生产中的应用提供理论基础和技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试甜瓜种子:羊角蜜,由黑龙江八一农垦大学设施农业工程研究组提供。供试木霉菌:哈茨木霉菌 DQ002 由黑龙江八一农垦大学园艺园林学院靳亚忠副教授和海南大学植物保护学院刘铜教授提供。

供试病原菌:甜瓜枯萎病病原菌,从肇州新福乡大棚分离提纯得到。

### 1.2 试验设计

1.2.1 哈茨木霉菌对甜瓜枯萎病病原菌菌丝生长的影响 采用平板对峙方法<sup>[11]</sup>,在培养 7 d 的木霉菌和枯萎病病原菌培养基边缘打取 5 mm 的菌饼,利用牙签将两种菌饼接种于同一 PDA 培养基平板上,两菌饼之间的距离为 4 cm。以只接种枯萎病菌为对照,28 °C 恒温培养箱暗培养。设置 5 次重复,于培养后的 2, 3, 4, 5, 6 和 7 d 测量病原菌菌落半径,计算抑菌率。

$$\text{抑菌率}(\%) = \frac{\text{对照菌落半径} - \text{处理菌落半径}}{\text{对照菌落半径}} \times 100$$

### 1.2.2 哈茨木霉菌挥发性物质对枯萎病病原菌

收稿日期:2022-12-29

基金项目:大庆市指导性科技计划项目(zd-2021-83);黑龙江八一农垦大学博士启动基金(XYB201924);黑龙江八一农垦大学三纵项目(ZRCPY202116)。

第一作者:李春霞(1982-),女,博士,讲师,从事设施生理生态与微生物多样性研究。E-mail:lcx198238@163.com。

通信作者:靳亚忠(1975-),男,博士,副教授,硕导,从事设施蔬菜栽培生理学研究、采后果蔬品质分子生物学研究以及木霉菌开发与应用研究。E-mail:jyz\_hsp@126.com。

菌丝生长的影响 采用对扣培养法<sup>[12]</sup>,利用 5 mm 打孔器在菌落边缘分别打取培养 5 d 的哈茨木霉菌与枯萎病病原菌菌饼,将哈茨木霉菌菌饼接种在 PDA 培养基平板中间部位,枯萎病病原菌菌饼接种在大小相等的另一 PDA 培养基平板中间部位,之后将两平板进行对扣,两平板中间用无菌玻璃纸隔开,以防木霉菌孢子粉掉落在病原菌上,然后用封口胶带进行缠绕密封,作为处理组;以接种枯萎病病原菌的平板与未接种哈茨木霉菌的平板进行对扣作为对照组,于 28 ℃ 恒温培养箱暗培养,每个处理 5 次重复,并在培养后的 2,3,4,5,6 和 7 d 测量病原菌菌落的半径,计算抑制率。

1.2.3 哈茨木霉菌发酵液对枯萎病病原菌菌丝生长的影响 木霉发酵液的制备参照郑柯斌<sup>[13]</sup>的方法。将发酵滤液与 PDA 培养基以 1:4 的比例混匀,倒入平板中使其凝固,以加入等量灭菌水作为对照,将 5 mm 枯萎病病原菌接种在平板中心,于 28 ℃ 恒温培养箱暗培养,设置 5 次重复,在培养后的 2,3,4,5,6 和 7 d 测量病原菌菌落的半径,计算抑制率。

1.2.4 哈茨木霉菌对甜瓜枯萎病抗性的影响 当甜瓜苗长至 2 叶 1 心时,采用灌根的方式接种,试验共设 5 个处理,分别为 CK:接种 5 mL 清水;T1:接种 5 mL 病原菌孢子悬浮液;T2:接种 5 mL 木霉菌;T3:先接种 5 mL 病原菌,2 d 后接种 5 mL 木霉菌;T4:先接种 5 mL 木霉菌,2 d 后接种 5 mL 病原菌。接种木霉菌浓度为  $1 \times 10^8$  孢子·mL<sup>-1</sup>,病原菌浓度为  $1 \times 10^7$  孢子·mL<sup>-1</sup>,每盆栽土 500 g,使得基质中木霉浓度达到  $1 \times 10^6$  孢子·g<sup>-1</sup>、病原菌浓度达到  $1 \times 10^5$  孢子·g<sup>-1</sup>,接种后覆盖薄膜以保湿。接种后的 0,2,4 和 6 d 采集甜瓜植株叶片和根系样品,-80 ℃ 保存,用于防御酶活性测定,14 d 后调查病情指数。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 甜瓜枯萎病的分级标准 甜瓜枯萎病共分 5 级。

0 级:无症状;

1 级:25% 以下叶面积有轻微萎蔫;

2 级:25%~50% 的叶面积萎蔫失水;

3 级:50% 以上的叶面积萎蔫失水;

4 级:植株死亡。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum \text{发病株数} \times \text{级数}}{\text{总数} \times \text{最高级}} \times 100$$

1.3.2 防御酶活性测定 提取液的制备:将 0.3 g

样品放入预冷的研钵中,加入提取缓冲液,冰上研磨成匀浆,4 ℃ 12 000 g 离心 30 min,收集上清液用于防御酶活性测定。

$\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性测定:上述上清液放入透析袋中,在 4 ℃ 蒸馏水中透析过夜。4 ℃ 10 000 g 离心 15 min,收集上清备用。利用 DNS 方法测定,540 nm 测定吸光值。

苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性测定:向离心管中依次加入 0.05 mol·L<sup>-1</sup> 的磷酸盐缓冲液(pH7.8) 2.7 mL,0.02 mol·L<sup>-1</sup> 的苯丙氨酸 1 mL,粗酶液 0.3 mL,30 ℃ 条件下孵育 60 min,加入 0.2 mL 的 6 mol·L<sup>-1</sup> 的稀盐酸终止反应,使用紫外分光光度计在 290 nm 测定吸光值,不加酶提取液的反应作为对照,酶活性单位定义为 OD<sub>290</sub> 吸光值改变 0.01 为比活性单位 U。

### 1.4 数据分析

利用 Excel 2010 软件进行数据统计和分析,采用 SPSS 26.0 数据处理软件进行 ANOVA 显著性分析  $P < 0.05$ ,利用 Origin 8.5 软件进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 哈茨木霉菌与甜瓜枯萎病病原菌对峙试验

利用哈茨木霉菌 DQ002 与甜瓜枯萎病病原菌进行平板对峙试验,发现随着培养时间的延长,哈茨木霉对甜瓜枯萎病病原菌菌丝的抑制率越大,在培养第 7 天时抑制率最高,为 77.18% (表 1),说明哈茨木霉菌 DQ002 对枯萎病病原菌菌丝生长具有较强的抑制作用。此外,在平板对峙培养试验中,培养 72 h 后,哈茨木霉菌菌丝已占满整个平板,显著抑制了枯萎病病原菌菌丝的生长,且在后期哈茨木霉菌菌丝将枯萎病病原菌菌落包围吞噬,哈茨木霉菌产生大量的绿色分生孢子抑制了枯萎病病原菌的繁殖。

表 1 哈茨木霉菌对甜瓜枯萎病病原菌菌丝的抑制率

时间/d	对照组菌落 半径/cm	对峙组菌落 半径/cm	抑制率/%
2	1.06±0.10 d	1.02±0.12 ab	3.77±2.02 c
3	1.70±0.06 c	0.90±0.17 b	47.06±1.05 b
4	2.85±0.13 b	1.50±0.40 a	47.37±1.23 b
5	3.20±0.05 b	0.96±0.17 b	70.00±1.02 a
6	4.02±0.10 a	0.94±0.08 b	76.62±3.98 a
7	4.12±0.13 a	0.94±0.05 b	77.18±5.37 a

注:不同小写字母表示不同培养时间下在  $P \leq 0.05$  水平差异显著。

## 2.2 哈茨木霉菌挥发性物质对枯萎病病原菌的抑制作用

由表 2 可知,木霉中挥发性物质对甜瓜枯萎病病原菌的抑制率呈先增长后降低的趋势。在培养 2~7 d 期间哈茨木霉菌挥发性物质对甜瓜枯萎病病原菌均有较显著的抑制作用。平板培养 4 d 后,病原菌菌丝生长抑制率最高,为 18.73%。利用哈茨木霉菌与甜瓜枯萎病病原菌对扣培养的处理组与对照组相比,病原菌菌丝生长明显减缓,由此得出木霉通过挥发物质能够抑制病原菌菌丝生长,也是发挥抑制作用的方式之一。

表 2 哈茨木霉菌挥发性物质对枯萎病病原菌菌丝的抑制作用

时间/d	对照组菌落半径/cm	处理组菌落半径/cm	抑制率/%
2	1.22±0.02 a	1.15±0.03 a	5.50
3	2.03±0.02 a	1.73±0.09 b	14.82
4	2.62±0.04 a	2.13±0.11 b	18.73
5	3.40±0.15 a	2.93±0.31 a	14.17
6	3.95±0.13 a	3.28±0.28 a	17.16
7	4.25±0.03 a	3.70±0.22 a	12.96

注:不同小写字母表示相同培养时间条件下不同处理组之间在  $P \leq 0.05$  水平差异显著。下同。

## 2.3 哈茨木霉菌发酵液对枯萎病病原菌的抑制作用

由表 3 可知,哈茨木霉 DQ002 发酵代谢液对枯萎病病原菌菌丝的生长有一定的抑制作用。在平板培养的 2~5 d 期间,培养基中添加哈茨木霉菌 DQ002 发酵滤液条件下,病原菌菌丝生长缓慢,而未添加哈茨木霉菌发酵滤液处理(CK)培养的病原菌菌丝生长较快,表明哈茨木霉菌 DQ002 的发酵滤液能明显抑制病原菌菌丝的生长,且与对照组之间存在显著差异( $P \leq 0.05$ )。此外,在

培养 2 d 后,抑制率最高,为 22.79%,随着培养时间的推移,哈茨木霉菌发酵液对枯萎病病原菌的抑制作用逐渐降低,在培养 7 d 后,抑制率降低至 7.14%。由此可知,哈茨木霉菌 DQ002 发酵液能有效抑制枯萎病病原菌的生长,但存在一定的时效性。

表 3 哈茨木霉菌发酵液对枯萎病病原菌菌丝的抑制作用

时间/d	对照组菌落半径/cm	处理组菌落半径/cm	抑制率/%
2	1.35±0.03 a	1.07±0.04 b	22.79
3	2.15±0.06 a	1.73±0.06 b	18.10
4	2.85±0.08 a	2.33±0.08 b	17.73
5	3.50±0.06 a	2.82±0.09 b	19.38
6	4.03±0.02 a	3.70±0.10 b	8.44
7	4.28±0.04 a	3.89±0.07 b	7.14

## 2.4 哈茨木霉菌处理对甜瓜幼苗 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性的影响

各个处理甜瓜幼苗不同部位  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性存在差异,且随着培养时间的变化而变化。由图 1 和图 2 可以看出,与 CK 相比,接种枯萎病病原菌(T1)处理的甜瓜植株根、叶片中  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性显著下降( $P \leq 0.05$ )。接种哈茨木霉菌(T2)和先接种哈茨木霉菌后接种枯萎病病原菌(T4)处理根系和叶片的  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性显著上升,而先接种枯萎病病原菌后接种哈茨木霉菌(T3)处理在第 2 天时根系中与 CK 差异不显著,在第 4 天和第 6 天时显著高于与 CK。相对于 T1 处理而言,T2,T3 和 T4 处理根系和叶片的  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性均显著升高,T2 处理的值最高,其次是 T4,T3 最低。说明病原菌的接种激发了甜瓜  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性,而木霉菌的接种使得  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性更高。

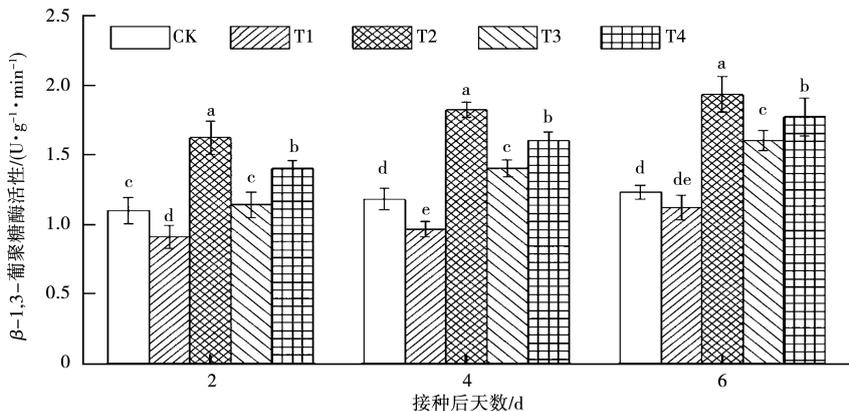
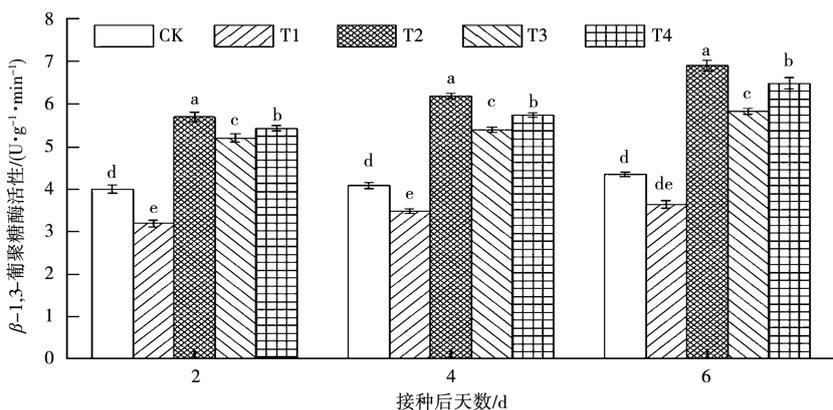


图 1 哈茨木霉菌对甜瓜根系  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性的影响

注:不同小写字母表示相同培养时间条件下不同处理组之间在  $P \leq 0.05$  水平差异显著。下同。

图2 哈茨木霉菌对甜瓜叶片 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性的影响

## 2.5 哈茨木霉菌处理对甜瓜幼苗 PAL 活性的影响

各个处理甜瓜幼苗不同部位 PAL 活性存在差异,且随着培养时间的变化而变化。由图 3 和图 4 可以看出,与 CK 相比,接种枯萎病原菌(T1)处理的甜瓜植株根、叶片中 PAL 酶活性除了第 2 天外均显著下降( $P \leq 0.05$ );接种哈茨木霉菌(T2)和先接种哈茨木霉菌后接种枯萎病原

原菌(T4)处理根系和叶片的 PAL 酶活性显著上升,而先接种枯萎病原菌后接种哈茨木霉菌(T3)处理在第 2 天时与 CK 差异不显著,在第 4 天和第 6 天时显著高于 CK。相对于 T1 处理而言,T2,T3 和 T4 处理根系和叶片的 PAL 酶活性显著升高,T2 处理最高,其次是 T4,T3 最低。这说明病原菌的接种激发了甜瓜 PAL 酶活性,而木霉菌的接种使得 PAL 酶活性更高。

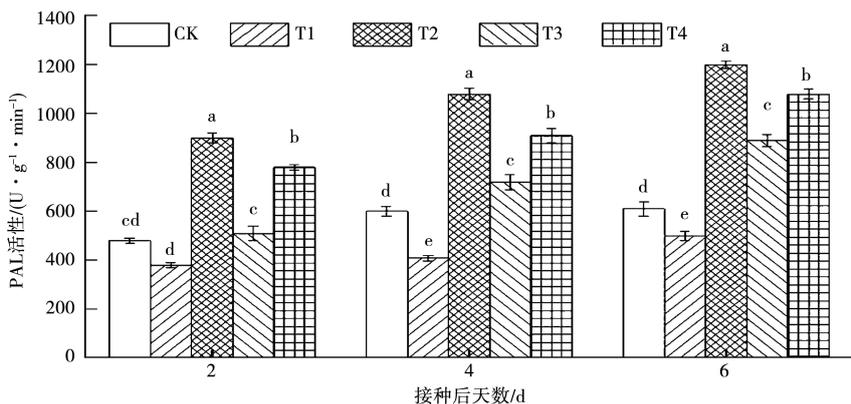


图3 哈茨木霉对甜瓜根系 PAL 酶活性的影响

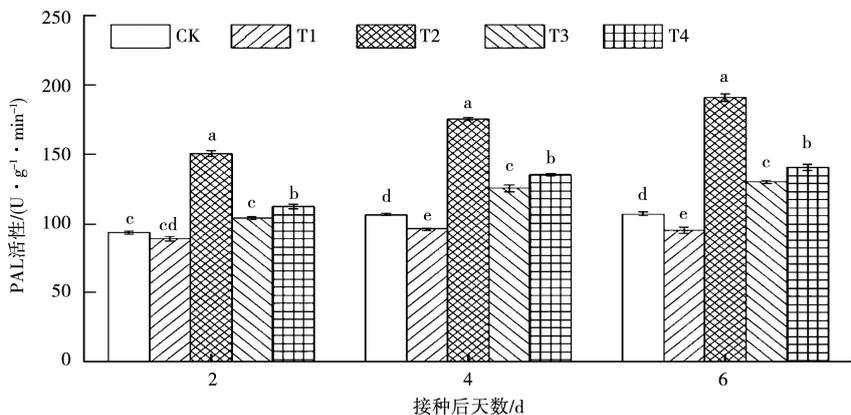


图4 哈茨木霉对甜瓜叶片 PAL 酶活性的影响

## 2.6 哈茨木霉菌处理对甜瓜枯萎病的防治效果

由表4可以看出,哈茨木霉处理显著降低了甜瓜枯萎病的病情指数,T1处理甜瓜枯萎病的病情指数显著高于清水对照(CK),而T2、T3和T4处理甜瓜枯萎病病情指数则显著低于清水对照(CK),且T3和T4处理之间无显著差异。可以看出,灌施哈茨木霉可以有效防治甜瓜枯萎病,不管是先灌施木霉还是后灌施都可以有效防治枯萎病,相对于接菌的T1处理防治效果在60%以上,相对于清水对照(CK),防治效果高于30%。

表4 哈茨木霉菌处理对甜瓜枯萎病的生防效果

处理	病情指数	与CK相比防治效果	与T1相比防治效果
CK	35.82±2.58 b		
T1	57.39±5.00 a		
T2	8.75±1.52 d	75.57±4.35 a	84.75±2.86 a
T3	22.39±3.85 c	37.48±4.71 c	60.98±2.94 c
T4	17.87±0.93 c	50.11±4.50 b	68.86±2.81 b

注:不同小写字母表示不同处理间在 $P \leq 0.05$ 水平差异显著。

## 3 讨论

国内外研究表明,木霉菌、木霉菌发酵液和挥发性物质都可以有效抑制病原菌的生长,例如棘孢木霉代谢液对16种真菌病原菌的生长抑制率达56.65%~87.62%,尤其对小麦全蚀病菌、油菜菌核病病原菌抑制明显<sup>[14]</sup>;长枝木霉挥发性物质可以有效抑制苹果树腐烂病原菌、苹果树轮纹病病原菌和苹果树早期落叶病病原菌<sup>[15]</sup>;拟康宁木霉代谢液对番茄灰葡萄孢病原菌的抑菌率达到52.1%<sup>[16]</sup>。本研究中采用培养皿对峙试验表明哈茨木霉菌DQ002对甜瓜枯萎病病原菌具有明显的抑制作用,对病原菌菌丝生长抑制率最高可以达到77.18%,其挥发性物质抑制率最高为18.73%,而发酵液对病原菌的抑制率最高为22.79%,说明哈茨木霉菌DQ002可以通过竞争、挥发性物质以及发酵液抑制枯萎病病原菌的生长,这与前人研究结果一致。另外,本研究中发现哈茨木霉的发酵液和挥发性物质对枯萎病的抑制效果存在一定的时效性,说明木霉菌的代谢物质可以抑制枯萎病病原菌,但是其对枯萎菌的抑制作用的贡献率大小尚不清楚,有待进一步分析研究。

$\beta$ -1,3-葡聚糖酶是水解真菌细胞壁的酶,常常被用作生物防治酶<sup>[17]</sup>。在西瓜的研究中,西瓜 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性提高,增加了西瓜对枯萎病

的抗性<sup>[18]</sup>。外施哈茨木霉处理显著提高了草莓中编码 $\beta$ -1,3-葡聚糖基因的表达,提高了草莓的 $\beta$ -1,3-葡聚糖的活性,从而增加了植株对冠腐病的抗性<sup>[19]</sup>。本研究中相对于清水对照,接种病原菌增加了甜瓜叶片和根系PAL酶和 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性,可能的原因是植物在受到病原菌感染的时候,自身会产生防御反应来抵抗病菌,导致防御酶活性提高,而随着时间的推移,病害加深,植物体自身无法防御时,防御酶的活性就开始降低,这与颜尘栋等<sup>[20]</sup>研究结果一致;而接种木霉菌和病原菌极显著提高了植株体内PAL和 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶的活性,这与周东兴等<sup>[21]</sup>的研究结果一致,而且研究中发现先接种哈茨木霉菌后接种枯萎病病原菌(T4)处理显著提高了甜瓜PAL酶和 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性,且优于先接种病原菌后接种木霉菌(T3)处理,说明木霉菌与病原菌的不同接种顺序对于PAL酶、 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性都具有明显的调节作用,从而增强植株对病害的防御能力。

## 4 结论

本研究结果表明,木霉菌通过其竞争作用、发酵液和挥发性物质抑制枯萎病病原菌菌丝的生长,最高抑制率达到77.18%;同时外施哈茨木霉菌可以提高甜瓜幼苗的防御酶活性,提高甜瓜的抗性,从而缓解甜瓜枯萎病的发生,降低甜瓜枯萎病的发病率。

### 参考文献:

- [1] 徐波,李剑,赵学宁.黄果根腐病发生与防治[J].西北园艺,2013(4):43-43.
- [2] 曹宁阳.吉林省部分地区水果蔬菜农药残留调查分析[J].农业科技与装备,2018(2):60-61.
- [3] 黄玉宾,郭琳琳,刘峰.超高效率液相色谱-串联三重四极杆质谱法快速测定蔬菜和水果中8种氨基甲酸酯类农药残留[J].河北农业科学,2018,22(2):96-99,108.
- [4] RAZA W, YANG X, WU H, et al. Isolation and characterisation of fusaricidin-type compound-producing strain of *Paenibacillus polymyxa* SQR-21 active against *Fusarium oxysporum* f. sp. *neivum* [J]. European Journal of Plant Pathology, 2009, 125(3):471-483.
- [5] CHEN K, ZHUANG W Y. Three new soil-inhabiting species of *Trichoderma* in the *Stromaticum* clade with test of their antagonism to pathogens [J]. Current Microbiology, 2017, 74(9):1049-1060.
- [6] 王天君,陈志垚,杨霞,等.木霉菌对马铃薯黑痣病菌的拮抗作用及防效研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2021,33(5):22-29.
- [7] DAVIDE S, SAMIR D. Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: the importance of elucidating

- the mechanisms of action of yeast antagonists[J]. Trends in Food Science and Technology, 2016, 47: 39-49.
- [8] 于地美, 黄华毅, 梁小文, 等. 一株生防真菌 TRCC27001 的鉴定及其抑菌特性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2019, 48(2): 148-154.
- [9] 李登辉. 钩状木霉诱导植物抗根结线虫作用机理初步研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [10] 徐文. 木霉-黄瓜互作过程中抗病信号传递途径分析[D]. 天津: 河北工业大学, 2017.
- [11] 刘新宇, 李大皓, 李佩瑶. 不同培养条件对哈茨木霉菌抑制串珠镰刀菌能力的影响[J]. 安徽农学通报, 2020, 26(10): 82-85.
- [12] 黄远迪, 阮云泽, 刘铜, 等. 一株棘孢木霉生防效果及固体发酵条件探索[J]. 中国南方果树, 2020, 49(4): 60-66.
- [13] 郑柯斌. 海洋生境棘孢木霉 TCS007 的抑菌、促生长及抗逆作用[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2020.
- [14] 郑柯斌, 林海, 周沙, 等. 海洋生境棘孢木霉 TCS007 菌株的鉴定及抑菌活性[J]. 农药学报, 2020, 22(5): 801-807.
- [15] 许圆圆, 宁娜, 李发康, 等. 2 种生防菌对苹果树 3 种病害病原菌拮抗作用比较[J]. 甘肃农业科技, 2018(11): 24-29.
- [16] 尤佳琪, 李国庆. 拟康宁木霉 T-51 菌株发酵液对灰葡萄孢的抑菌活性[J]. 植物保护, 2021, 47(1): 74-78.
- [17] ELKATATNY M H, GUDELJ M, ROBRA K H, et al. Characterization of a chitinase and an endo-beta-1, 3-glucanase from *Trichoderma harzianum* Rifai T24 involved in control of the phytopathogen *Sclerotium rolfsii*[J]. Applied Microbiology Biotechnology, 2001, 56(12): 137-143.
- [18] LI C, FU X, ZHOU X. Treatment with wheat root exudates and soil microorganisms from wheat/watermelon companion cropping can induce watermelon disease resistance against *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* [J]. Plant Disease, 2019, 103: 1693-1702.
- [19] MERCADO J A, BARCELÓ M, PLIEGO C, et al. Expression of the  $\beta$ -1, 3-glucanase gene *bgn13.1* from *Trichoderma harzianum* in strawberry increases tolerance to crown rot diseases but interferes with plant growth[J]. Transgenic Research, 2015, 24(6): 979.
- [20] 颜尘栋, 金春吉, 金辉, 等. YBUF5 和 YBUF7 菌株对人参锈腐病的防病作用及几种防御酶活性的影响[J]. 延边大学农学报, 2021, 43(3): 14-20.
- [21] 周东兴, 王恩泽, 刘多, 等. 番茄枯萎病生防细菌的筛选及对植株防御酶活性的影响[J]. 生态学杂志, 2020, 39(5): 1753-1760.

## Biological Effects of *Trichoderma harzianum* on the Pathogen of Melon *Fusarium* Wilt

LI Chunxia, NIE Jiahui, ZHANG Feilong, LIU Chuanzhi, WANG Zhihao, JIN Yazhong

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Heilongjiang Bayi Agriculture University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to improve application of *Trichoderma harzianum* on the production of muskmelon, *in vitro* and pot experiments were carried out to examine the inhibitory effect, resistance against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (FOM) treated with *Trichoderma*. *In vitro* experiments indicated that *T. harzianum* and its volatile compounds and fermentation broth inhibited the growth of FOM mycelium, the inhibitory rate was 77.18%, 18.73% and 22.79%, respectively. The pot experiments results showed that *T. harzianum* could alleviate the incidence of *Fusarium* wilt, and improved the activity of PAL and  $\beta$ -1, 3-glucanase in muskmelon root and seedling. In conclusion, *T. harzianum* DQ002 significantly inhibited the growth of the pathogen of *Fusarium* wilt through space competition and its fermentation broth and volatile substances, and improved the PAL and  $\beta$ -1, 3-glucanase activity, enhanced the resistance of muskmelon to *Fusarium* wilt and reduced the incidence of melon *Fusarium* wilt.

**Keywords:** *Trichoderma harzianum*; *Fusarium* wilt; muskmelon; biological effect

欢迎关注本刊微信公众号

