

# 压砂西瓜枯萎病生防木霉菌筛选及其拮抗机制研究

张丽荣<sup>1</sup>,李 鹏<sup>2</sup>,康萍芝<sup>1</sup>,杜玉宁<sup>1</sup>,陈 杭<sup>3</sup>

(1. 宁夏农林科学院 植物保护研究所/宁夏植物病虫害防治重点实验室,宁夏 银川 750002;  
2. 宁夏农村能源工作站,宁夏 银川 750002; 3. 宁夏农林科学院 农产品质量标准与技术研究所,宁夏 银川 750002)

**摘要:** 为了获得对压砂西瓜枯萎病具有生防作用的木霉菌株,从中卫香山压砂地不同作物根际土壤分离得到 22 株木霉,通过与西瓜枯萎病菌对峙培养,筛选出 6 株具有较强拮抗能力的木霉菌株,并对其发酵液抑菌活性及拮抗机制进行了研究。结果表明,6 株木霉菌对枯萎病菌的抑菌率在 76.92% 以上,其中 Ty3 菌株的抑菌率最高,为 83.29%,该木霉发酵液的抑菌率为 84.57%,其产生的挥发性和非挥发性代谢物对病原菌的抑菌率分别为 59.83% 和 90.60%。观察结果表明,木霉菌可通过竞争、重寄生作用及产生抗生物质等方式抑制枯萎病菌菌丝生长与扩展,显微镜下观察到木霉菌丝附着或缠绕病原菌丝上吸取营养,致使病原菌丝变形、断裂、消解。综上所述,Ty3 菌株可作为压砂西瓜枯萎病生物防治的拮抗菌加以开发应用。

**关键词:** 压砂地; 根际; 木霉菌; 西瓜枯萎病菌; 拮抗作用

**中图分类号:** S436.5      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2018)05-0075-05

## Screening and Antagonistic Mechanism Analysis of *Trichoderma* spp. against *Fusarium* Wilt of Watermelon in Gravel-mulched Land

ZHANG Lirong<sup>1</sup>, LI Peng<sup>2</sup>, KANG Pingzhi<sup>1</sup>, DU Yuning<sup>1</sup>, CHEN Hang<sup>3</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences/Ningxia Key Laboratory of Plant Disease and Pest Control, Yinchuan 750002, China; 2. Rural Energy Station of Ningxia, Yinchuan 750002, China; 3. Agricultural Products Quality Standards and Technology Institute, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:** In order to obtain *Trichoderma* spp. strains for controlling *Fusarium* wilt of watermelon in gravel-mulched land, 22 stains of *Trichoderma* spp. were isolated from different crop root soil in gravel-mulched land of Xiangshan, Zhongwei. After co-cluture of *Trichoderma* spp. and the pathogen of watermelon *Fusarium* wilt(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*), 6 stains of *Trichoderma* spp. with strong antagonistic ability were screened, and then the antimicrobial activity and antagonistic mechanism of its fermented broth were studied. The results showed that the inhibition rates of 6 strains of *Trichoderma* spp. on *F. oxysporum* were over 76.92%. The Ty3 strain had the highest inhibitionrate(83.29%). The inhibition rate of the fermentation broth was 84.57%, and its volatile and non-volatile metabolites had inhibition rates of 59.83% and 90.60% respectively to the pathogen. The observation results indicated that *Trichoderma* spp. could inhibit the mycelium growth and expansion of *F. oxysporum* by competition, parasitism and production of antibiotic substance. Under the light microscope, the mycelium of *Trichoderma* spp. attached or wrapped to the pathogen to absorb the nutrition, causing the pathogen's mycelium to deform, break and disintegrate. In conclusion, the Ty3 strain can be used as a biocontrol microorganism of watermelon *Fusarium* wilt in gravel-mulched land.

收稿日期:2017-11-14  
基金项目:宁夏自然科学基金项目(NZ16100);公益性行业(农业)科研专项(201503110-8)  
作者简介:张丽荣(1965-),女,宁夏银川人,副研究员,本科,主要从事植物病害生物防治及土壤微生物学的研究。  
E-mail:zlrch@163.com

**Key words:** Gravel-mulched land; Rhizosphere; *Trichoderma* spp.; *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*; Antagonistic effect

压砂瓜种植在宁夏已有百余年的历史。砂田覆盖栽培是宁夏中部干旱带农民经过长期生产实践创造出的一种独特的旱作农业栽培方式,主要集中在中卫市南部干旱山区的香山乡、兴仁镇及中宁喊叫水乡等地区。截至目前,压砂瓜种植面积已超过 6.67 万  $\text{hm}^2$  [1]。近年来随着压砂瓜栽培面积的不断扩大,压砂后连片和连年种植单一品种,导致砂田土壤肥力降低,有害病原菌累积,土壤微生物群落单一,致使瓜类枯萎病、立枯病、疫病、猝倒病等土传病害加剧发生,以种植 9 a 的连作地枯萎病发病尤为严重,病株率高达 18% [2-3],造成西瓜产量下降和品质变劣,已成为限制压砂瓜产业可持续发展的瓶颈 [4]。

西瓜枯萎病是由半知菌亚门真菌尖孢镰刀菌西瓜专化型 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*) 侵染引起的一种维管束系统病害,也是西瓜生产上毁灭性的病害之一。由于特殊的压砂地种植模式和砂地环境等客观因素限制,传统的轮作防病措施实施困难,生产上对枯萎病防治除选用抗病品种外 [5-6],化学防治仍是一种主要的手段 [7-8],然而长期不合理使用化学农药带来农药残留和环境污染,致使病原菌产生耐药性甚至抗药性。木霉 (*Trichoderma* spp.) 是一类资源丰富且具有重要应用价值的生防拮抗菌,能够通过各种不同的机制抑制病原菌的生长,被普遍认为是能够替代多种化学农药的最具潜力的生防菌 [9],在植物病害生物防治中的应用备受关注。目前利用木霉菌防治植物土传病害已有大量研究报道 [10-15],但针对压砂西瓜枯萎病的研究较少。鉴于此,以引起西瓜枯萎病的尖孢镰刀菌为靶病原菌,通过对峙培养筛选出 6 株具有明显拮抗作用的木霉菌,并对其发酵液抑菌活性及拮抗机制进行研究,以期压砂西瓜土传枯萎病的生物防治提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

病原菌:西瓜枯萎病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*) WX8-1 菌株从中卫市香山乡红圈村的压砂西瓜病株分离获得,经柯赫氏法则验证具有致病能力。

木霉菌:从中卫市香山乡压砂不同作物根际土壤中分离获得 22 株木霉菌。

培养基:菌株分离、纯化及培养采用马铃薯葡萄糖琼脂培养基 (PDA);木霉发酵培养采用马铃薯葡萄糖液体培养基 (PDB)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 木霉对西瓜枯萎病菌的拮抗作用测定 采用对峙培养法,将木霉菌与西瓜枯萎病菌在 PDA 平板上培养 5 d 后,分别用打孔器切取菌落边缘直径 0.5 cm 菌块,同时对峙接种于 PDA 平板上相距 5 cm 的两点上,以只接种病原菌作为对照,每处理重复 3 次。25 ℃ 恒温培养,每日测量病原菌落生长半径,观察记录木霉菌与病原菌落的相互作用情况,5 d 后计算抑菌率并统计拮抗系数。抑菌率 = (对照病原菌菌落半径 - 木霉菌处理病原菌相向半径) / 对照病原菌菌落半径 × 100%。拮抗系数分级标准 [16]: I. 木霉菌丝占平皿的 100%,病原菌落萎缩; II. 木霉菌丝占平皿的比例  $\geq 2/3$ ,病原菌落萎缩; III. 木霉菌丝占平皿的比例  $< 2/3$ ,但  $\geq 1/3$ ,病原菌停止生长; IV. 木霉菌丝占平皿的比例  $< 1/3$ ,木霉菌停止生长; V. 病原菌菌丝占平皿的 100%。

同时将木霉菌和病原菌在 PDA 平板上纯培养,每日测量菌落生长直径,计算生长速率,生长速率 ( $\text{cm/d}$ ) = 菌落平均直径 / 生长时间。

1.2.2 木霉发酵液对西瓜枯萎病菌的抑制作用测定 木霉菌发酵液的制备:木霉菌在 PDA 平板上培养 5 d 后,用无菌打孔器切取菌落边缘直径 0.5 cm 的菌块,分别接种于 PDB 液体培养基中,25 ℃、170 r/min 摇床上振荡培养 7 d,4 000 r/min 离心 6 min,用无菌 6 层纱布和 0.22  $\mu\text{m}$  微孔滤膜去除菌丝体,获得木霉菌发酵液,备用。

木霉菌发酵液的抑菌效果测定:将木霉菌发酵液与 PDA 培养基 (灭菌后冷却至 45 ℃) 按 1:9 比例混合后制成平板,用打孔器打取病原菌落边缘直径为 0.5 cm 的菌块,接种于 PDA 平板中央,以不含木霉菌发酵液的 PDA 平板作为对照。每处理 3 次重复,25 ℃ 恒温培养,5 d 后测量病原菌落直径,计算抑菌率。抑菌率 = (对照病原菌菌落直径 - 木霉菌处理后菌落直径) / 对照病原菌菌落直径 × 100%。

1.2.3 木霉挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌的抑制作用测定 采用对扣培养法,在培养皿的盖和底上倒入 PDA 培养基制成平板,分别在皿盖和底上接种直径为 0.5 cm 的木霉菌和病原菌块,两皿对扣用封口膜密封,以不接木霉只接病原菌块对扣作为对

照。每处理重复 3 次, 25 ℃ 恒温培养, 5 d 后测量病原菌落直径, 计算抑菌率。

1.2.4 木霉非挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌的抑制作用测定 采用圆盘滤膜法, 在 PDA 平板上平铺灭菌双层硝酸纤维素膜, 用无菌打孔器打取菌落边缘直径为 0.5 cm 的木霉菌块, 接入铺有双层硝酸纤维素膜的 PDA 平板中央, 25 ℃ 恒温培养, 待木霉菌长满培养皿前, 用镊子移去硝酸纤维素膜及附着的木霉菌块, 在 PDA 平板中央接入病原菌块, 以不含木霉菌代谢物的平板接种病原菌块作为对照。每处理重复 3 次, 每天观察菌落生长情况, 5 d 后测量病原菌落直径, 计算抑菌率。

1.2.5 木霉与西瓜枯萎病菌相互作用的显微观察 通过对峙培养从 6 株木霉菌株中筛选出 1 株对西瓜枯萎病菌具有较强拮抗作用的菌株 Ty3, 挑取木霉菌与病原菌交界处菌丝, 显微镜下观察木霉菌与病原菌相互作用的方式。

1.3 数据处理与分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2007 软件处理, 利用 DPS 统计软件进行单因素方差分析, Duncan's

新复极差法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 木霉对西瓜枯萎病菌的拮抗作用

经对峙培养, 从 22 个木霉菌株中筛选出 6 个对西瓜枯萎病菌具有明显拮抗作用的菌株。对峙培养 3 d, 病原菌生长受到抑制, 5 d 后木霉逐渐包围病原菌落, 不仅能抑制病原菌的生长, 并在其上生长、产孢, 最后将病原菌落覆盖(图 1)。由表 1 可看出, 以木霉 Ty3 菌株抑菌率最高, 其次为 Ty2、Ty11 菌株, 对峙培养 5 d 后对枯萎病菌的抑菌率分别为 83.29%、81.43% 和 79.58%, 其拮抗系数均为 I 级, 其他 3 株木霉菌的抑菌率分别为 76.92%、77.98%、78.77%, 其拮抗系数为 I ~ II 级。将 6 株木霉菌和西瓜枯萎病菌单独培养, 以 Ty3、Ty11 菌丝生长速率最快, 3 d 后木霉菌布满整个培养皿, 其生长速率为 3.09 cm/d, 而西瓜枯萎病菌(WX8-1)生长速率为 1.47 cm/d, 可以看出木霉菌具有较强的空间竞争力和营养竞争力。

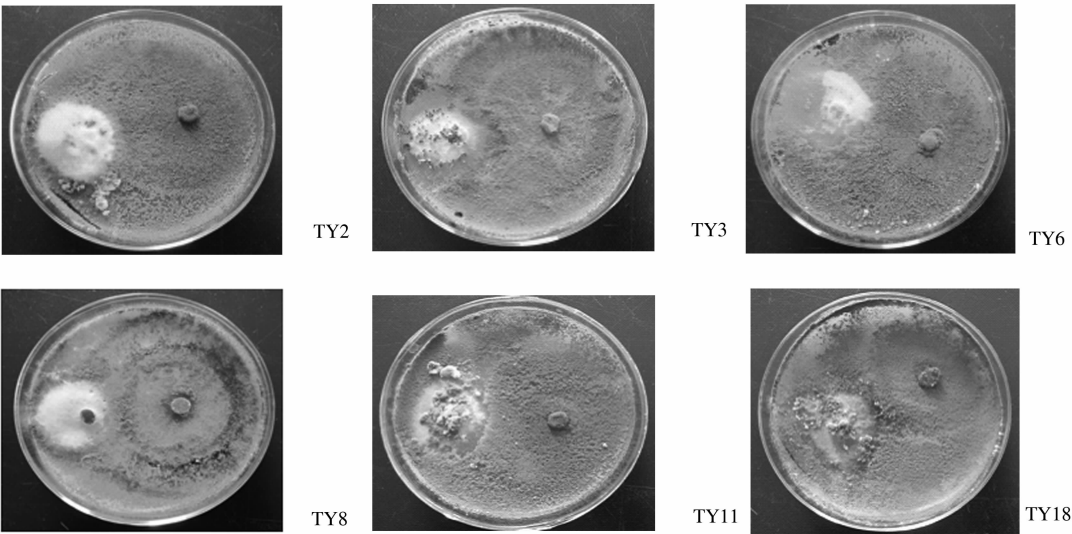


图 1 6 株木霉菌与西瓜枯萎病菌的对峙培养结果

表 1 6 株木霉菌对西瓜枯萎病菌的拮抗效果				
木霉菌株	生长速率/ (cm/d)	病原菌落 半径/cm	抑菌率/ %	拮抗 系数
Ty2	3.04	0.70cdBC	81.43abAB	I
Ty3	3.09	0.63dC	83.29aA	I
Ty6	3.01	0.80bcBC	78.77bcAB	I
Ty8	2.63	0.87bBC	76.92cC	II
Ty11	3.09	0.77bcBC	79.58abcAB	I
Ty18	2.86	0.83bcBC	77.98bcAB	II
CK	1.47	3.77aA		

注: 同列不同大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著, 下同。

2.2 木霉发酵液对西瓜枯萎病菌的抑制作用

由表 2 可看出, 6 株木霉菌发酵液对病原菌丝生长均有不同程度的抑制作用, 其中 Ty3 菌株抑菌率最高, 为 84.57%, 其次为 Ty11、Ty6 菌株, 抑菌率分别为 81.89%、80.31%, 其他 3 株木霉菌株的抑菌率分别为 76.69%、77.64%、78.74%。

2.3 木霉挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌的抑制作用

由表 3 可看出, 6 株木霉菌产生的挥发性代谢产物对病原菌丝生长具有一定的抑制作用。以

Ty3、Ty11 菌株对病原菌丝的抑制效果最好,抑菌率分别为 59.83% 和 56.53%,其次为 Ty6 木霉菌株,抑菌率为 54.52%,Ty8、Ty2 菌株抑菌率分别为 50.79%、50.22%,以 Ty18 菌株的抑菌率最低,为 48.78%。

表 2 6 株木霉菌发酵液对西瓜枯萎病菌的抑制效果

木霉菌株	病原菌落直径/cm	抑菌率/%
Ty2	1.35bcBC	78.74cdCD
Ty3	0.98eD	84.57aA
Ty6	1.25cdBCD	80.31bcBC
Ty8	1.48bB	76.69dD
Ty11	1.15deCD	81.89bAB
Ty18	1.42bcBC	77.64dCD
CK	6.35aA	

表 3 6 株木霉菌挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌的抑制效果

木霉菌株	病原菌落直径/cm	抑菌率/%
Ty2	3.47bB	50.22bA
Ty3	2.80cB	59.83aA
Ty6	3.17bcB	54.52bA
Ty8	3.43bcB	50.79bA
Ty11	3.03bcB	56.53abA
Ty18	3.57bB	48.78bA
CK	6.97aA	

2.4 木霉非挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌的抑制作用

由表 4 可看出,6 株木霉非挥发性代谢产物对病原菌菌丝生长均具有明显的抑制作用,以 Ty3 菌株抑菌作用最强,抑菌率为 90.60%,其次为 Ty11 菌株,抑菌率为 89.10%,Ty8 菌株的抑菌率最低,为 62.99%,其他 3 株木霉的抑菌率分别为 78.36%、84.63%、87.61%。

表 4 6 株木霉菌非挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌的抑制效果

木霉菌株	病原菌落直径/cm	抑菌率/%
Ty2	1.03dD	84.63bB
Ty3	0.63eE	90.60aA
Ty6	0.83deDE	87.61abAB
Ty8	2.48bB	62.99dD
Ty11	0.73eDE	89.10aA
Ty18	1.45cC	78.36cC
CK	6.70aA	

2.5 木霉对西瓜枯萎病菌的作用方式

挑取木霉与病原菌丝交界处在显微镜下观察,木霉菌丝可附着或寄生于病原菌菌丝上,吸取菌丝营养,使病原菌菌丝变形、断裂、消解,从而使病原菌菌丝停止生长(图 2)。

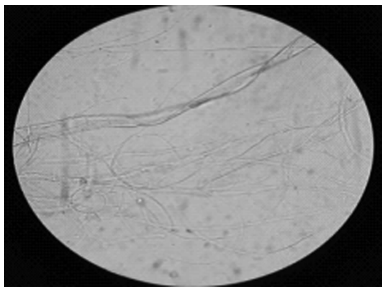


图 2 木霉对西瓜枯萎病菌的作用方式观察结果

3 结论与讨论

木霉菌作为一类非常重要的生防菌,能够拮抗多种病原真菌,尤其对土传病原真菌具有显著的拮抗作用。姚彦坡等<sup>[17]</sup>研究表明,木霉属 5 个菌株与草坪镰刀枯萎病菌对峙培养,以哈茨木霉 2 的拮抗作用最强,其他 4 个木霉菌株对草坪镰刀枯萎病菌也表现出较好的抑制效果。刘爱荣等<sup>[18]</sup>研究表明,供试的 7 株哈茨木霉菌与黄瓜枯萎病菌对峙培养 6 d,其中 TG 菌株对枯萎病菌的抑菌率最高,拮抗系数为 I ~ II 级,TM 菌株次之,另有 3 株木霉与病原菌呈对峙生长。本试验采用平板对峙培养法,从分离的 22 株木霉菌中筛选出 6 株对西瓜枯萎病菌具有明显拮抗作用的菌株,其中以 Ty3 菌株的拮抗作用最强,抑菌率为 83.29%;通过进一步研究发现,其发酵液、产生的挥发性和非挥发性代谢产物对西瓜枯萎病菌也具有较好的抑菌效果,抑菌率分别为 84.57%、59.83% 和 90.60%。该菌株可作为压砂西瓜枯萎病生物防治的拮抗菌加以开发利用。

许多研究发现,在室内筛选出的拮抗木霉菌在田间的防治效果不够稳定。目前生产上使用的木霉菌剂多为活孢子制剂,向土壤中释放的活体菌种易受各种自然环境因素的干扰<sup>[19]</sup>,从而影响木霉在土壤中的定殖存活。本试验研究了 6 株木霉对西瓜枯萎病菌的拮抗作用,并筛选出对病原菌具较强抑制作用的木霉菌株 Ty3,但有关其在西瓜根围定殖和对环境适应能力以及田间的生防效果,还有待进一步探讨和研究。

参考文献:

[1] 刘长泰,孙国清.宁夏中卫市压砂瓜产业发展存在的问题及思考[J].安徽农学通报,2014,20(23):58-59.  
[2] 于蓉,刘声峰,郭守金,等.宁夏压砂瓜产业发展现状与可持续发展对策[J].中国瓜菜,2014,27(增刊):179-180.

(下转第 84 页)

时,应选择增效或相加效应的农药进行混配使用,尽量避免将有拮抗作用的农药混配使用。本研究对 ACCase 抑制剂类除草剂三甲苯草酮与炔草酯、唑啉草酯、甲基二磺隆、啶磺草胺、氟唑磺隆等几种麦田禾本科杂草常用除草剂混用的协同作用进行了初步评价,结果表明,三甲苯草酮与几种除草剂混用对不同杂草的协同作用有很大差异,对多花黑麦草均表现出相加作用,对硬草主要表现出拮抗作用。防治碱茅或野燕麦时,三甲苯草酮与不同除草剂在不同剂量下混用的协同作用各不相同,主要表现出相加或拮抗作用。因此田间使用时,应根据杂草种类及其对除草剂的敏感性,选择合适的混用除草剂及剂量,避免与具有拮抗效应的除草剂混用。

#### 参考文献:

- [1] 徐光曙,赵飞,袁斌. 40% 三甲苯草酮 WG 对冬小麦田禾本科杂草的防效[J]. 农药,2007,46(9):628-629.
- [2] 郭良芝,郭青云,辛存岳,等. 三甲苯草酮对春小麦田野燕麦的防效[J]. 杂草科学,2008(2):56-67.
- [3] 张胜菊,杨伍群,张桂娟,等. 4 种除草剂对小麦田雀麦 (*Bromus japonicus*) 的田间药效试验[J]. 大麦与谷类科学,2016,33(4):59-60.
- [4] 林长福,高爽,马宏娟,等. 三甲苯草酮室内生测试验[J]. 农药,2009,48(2):153-155.
- [5] 李丽珍. 三甲苯草酮防治小麦田杂草效果研究[J]. 现代农业科技,2010(5):141,144.
- [6] 刘福海,徐成明,高明. 75% 炔草酮·溴苯腈水分散粒剂防除麦田杂草试验[J]. 农药,2008,47(10):773-774,776.
- [7] 高兴祥,李美,葛秋玲,等. 啶磺草胺等 8 种除草剂对小麦田 8 种禾本科杂草的生物活性[J]. 植物保护学报,2011,38(6):557-562.
- [8] 吴仁海,孙慧慧,王彦兵,等. 9 种助剂对精噁唑禾草灵、炔草酯除草活性的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(12):84-87.
- [9] 黄剑,吴文君. 利用 EXCEL 快速进行毒力测定中的致死中量计算和卡方检验[J]. 昆虫知识,2004,41(6):594-598.
- [10] 高兴祥,李美,房锋,等. 防除多花黑麦草等 4 种禾本科杂草的药剂活性测定[J]. 草业学报,2014,23(6):349-354.
- [11] 李明周,沙广乐,傅秀莲. 硬草、碱茅的生物学特性及发生规律研究[J]. 植物保护,1993,19(1):48-49.
- [12] 郝平顺,张立. 高度警惕麦田恶性杂草多花黑麦草蔓延危害[J]. 陕西农业科学,2015,61(7):50-51.
- [13] 王合松,宋玉立,李九英,等. 警惕麦田恶性杂草多花黑麦草蔓延危害[J]. 植物保护,2008,34(2):149-151.
- [14] 方果,李耀光. 山西省南部麦田禾本科恶性杂草发生及防除对策[J]. 山西农业科学,2008,36(3):75-78.
- [15] 刘洋. 小麦田除草剂品种大梳理及趋势展望[J]. 农药市场信息,2014(12):4-8.
- [16] 曹勘程,张向才. 关于农药混用评价标准的讨论[J]. 农药科学与管理,1999,20(4):31-33.
- [3] 王志强,刘声锋,郭守金,等. 宁夏中部干旱地区压砂瓜产业现状和发展对策研究[J]. 宁夏农林科技,2012,53(6):76-78,97.
- [4] 杨吴,杨荣华,刘娟. 中宁县压砂瓜产业可持续发展问题探讨[J]. 蔬菜,2012(9):51-53.
- [5] 刘娟,杨荣华. 压砂地西甜瓜新品种引进筛选试验初报[J]. 蔬菜,2014(4):63-65.
- [6] 鲍婉雪,钟川,赵文宗,等. 瓠瓜砧木嫁接西瓜苗对枯萎病的抗性综合评价[J]. 南方农业学报,2017,48(3):441-447.
- [7] 王汉荣,方丽,任海英,等. 西瓜枯萎病防治药剂筛选[J]. 植物保护,2011,37(1):150-152.
- [8] 徐伟慧,周岩,吴凤芝. 西瓜枯萎病研究进展[J]. 中国蔬菜,2013(8):4-11.
- [9] Elad Y, Chet I, Katan J. *Trichoderma harzianum*, a bio-control agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*[J]. Phytopathology, 1980, 70:119-121.
- [10] 覃柳燕,郭成林,黄素梅,等. 棘孢木霉菌株 PZ6 对香蕉促生效应及枯萎病室内防效的影响[J]. 南方农业学报,2017,48(2):277-283.
- [11] 赵国其,林福星. 绿色木霉对西瓜苗期枯萎病的控制作用[J]. 浙江农业学报,1998, 10(4):206-209.
- [12] Sivan A, Chet I. The possible role of competition between *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* on rhizosphere colonization [J]. Phytopathology, 1989, 79:198-203.
- [13] Papavizas G C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, ecology and potential for biocontrol[J]. Anna Rev Phytopathol, 1985, 23:23-54.
- [14] 田艳艳,赵世民,李彰,等. 洛阳地区烟田土壤木霉菌的分离鉴定及其拮抗作用测定[J]. 河南农业科学, 2015,44(11):79-84.
- [15] 王伟,赵谦,杨微. 木霉对土传病原尖孢镰孢菌的拮抗作用[J]. 中国生物防治,1997(1):45-47.
- [16] 姚艳平,李友莲,王建明,等. 木霉菌对植物病原真菌拮抗作用的研究[J]. 山西农业科学,2013,41(4):369-371.
- [17] 姚彦坡,吕国忠,张淑金,等. 草坪镰刀枯萎病菌拮抗木霉菌的筛选及拮抗机制的研究[J]. 中国草地学报,2006,28(6):56-60.
- [18] 刘爱荣,陈双臣,陈凯,等. 哈茨木霉对黄瓜尖孢镰孢菌的抑制作用和抗性相关基因表达[J]. 植物保护学报,2010,37(3):249-254.
- [19] 庄敬华,杨长城,牟连晓,等. 土壤不同处理对木霉菌定殖及其生防效果的影响[J]. 植物保护,2005,31(6):42-44.

(上接第 78 页)