

· 研究论文 ·

哈茨木霉菌与 5 种杀菌剂对番茄灰霉病菌的协同作用

牛芳胜^{1,2}, 马志强^{*1}, 毕秋艳¹, 韩秀英¹, 王文桥¹, 张小凤¹

(1. 河北省农林科学院 植物保护研究所/河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心/

农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 河北 保定 071003;

2. 河北农业大学 植物保护学院 农药系, 河北 保定 071001)

摘要:采用对峙法、菌丝生长速率法和离体叶片法分别测定了哈茨木霉菌 *Trichoderma harzianum* 与 5 种不同作用机制杀菌剂联用对番茄灰霉病菌 *Botrytis cinerea* 的抑制作用。结果表明, 联用可增强哈茨木霉菌及啮酰菌胺、啞菌酯、咯菌腈、氟啶胺和啞菌噁唑 5 种供试药剂对番茄灰霉病菌的抑制作用, 即具有协同作用, 因此可考虑将杀菌剂与木霉菌联合用于番茄灰霉病的防治。

关键词:哈茨木霉菌; 番茄灰霉病菌; 杀菌剂; 联用; 协同作用

DOI:10.3969/j.issn.1008-7303.2013.02.07

中图分类号: S482.292; S481.9

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2013)02-0165-06

Synergism of *Trichoderma harzianum* and five fungicides to *Botrytis cinerea*

NIU Fangsheng^{1,2}, MA Zhiqiang^{*1}, BI Qiuyan¹, HAN Xiuying¹, WANG Wenqiao¹, ZHANG Xiaofeng¹

(1. Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agricultural & Forestry Sciences/IPM Centre of Hebei Province/

Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China,

Ministry of Agriculture, P. R. China, Baoding 071003, Hebei Province, China;

2. Department of Pesticide Science, College of Plant Protection,

Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, Hebei Province, China)

Abstract: The inhibitory activity of *Trichoderma harzianum* combined with five fungicides that have different mechanism to *Botrytis cinerea* was determined by confrontation method, mycelium growth rate method and detached leaf method. The results showed that the inhibitory activities of *T. harzianum* combined with boscalid, azoxystrobin, fludioxonil, fluazinam and SYP-Z048 to *B. cinerea* were all enhanced, which suggested that *T. harzianum* had synergism with the five fungicides. Therefore, the combined use of *T. harzianum* and fungicides in controlling *B. cinerea* is possible.

Key words: *Trichoderma harzianum*; *Botrytis cinerea*; fungicide; combined use; synergism

目前生产中对植物病害仍以化学药剂防治为主, 长期连续不合理地使用杀菌剂易引起农药残留

超标、病原菌抗药性及病害再猖獗等问题^[1]。木霉菌 (*Trichoderma* spp.) 作为一种植物内生性生防菌,

收稿日期: 2012-10-15; 修回日期: 2013-01-23.

作者简介: 牛芳胜, 男, 在读硕士, E-mail: niu.fang.sheng@163.com.* 马志强, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 研究员, 主要从事杀菌剂毒理学和抗药性研究, E-mail: mazhiqiang304@163.com

基金项目: 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (200903033, 201203035).

具有多种作用机制及防病谱广、低毒、低残留、适应性强、对环境安全等优点,已受到广泛重视,但因其药效不稳定、易受环境影响、防效低等缺点而限制了其推广使用^[2-3]。为此,有研究者提出可将木霉菌与化学农药联合用于植物病害的防治,以实现提高木霉菌防效及减少杀菌剂使用量的目的^[4-6]。

已有一些关于杀菌剂与木霉菌联合使用对植物病害防治具有协同作用的报道^[4,7-9],但关于木霉菌种群中应用最为广泛的哈茨木霉菌 *Trichoderma harzianum* 与现阶段常用杀菌剂联用对植物病原菌是否具有协同作用尚未见报道。目前常见的研究木霉菌与杀菌剂协同作用的方法主要有对峙法^[10]、菌丝生长速率法^[11]和离体叶片法^[12]等,且多采用比较单一的方法^[8-9,11]。本研究以哈茨木霉菌抑制作用较强的番茄灰霉病菌为靶标,以试验筛选出的、对哈茨木霉菌无抑制作用的杀菌剂啶酰菌胺^[13],以及对哈茨木霉菌抑制作用小于对灰霉病菌抑制作用的杀菌剂啶菌噁唑^[1]、嘧菌酯、咯菌腈和氟啶胺^[14]为供试药剂,采用对峙法、菌丝生长速率法和离体叶片法同时研究了5种杀菌剂与哈茨木霉菌联用对番茄灰霉病菌的抑制作用,旨在明确两者间是否具有协同作用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

菌株:哈茨木霉菌 *Trichoderma harzianum* T-S-2 单孢菌株,由河北省农林科学院植物保护研究所杀菌剂组实验室保存并提供;番茄灰霉病菌 *Botrytis cinerea* B-Z-13-2 单孢菌株,2011年采集于河北省保定市,经室内分离纯化后获得单孢。

培养基:常规马铃薯琼脂培养基(PDA);胡萝卜汁培养基(CA)^[15]:胡萝卜10g,葡萄糖2.5g,酵母粉1g,蒸馏水1000mL。

杀菌剂:95%咯菌腈(fludioxonil)原药(先正达作物保护有限公司);99.6%啶酰菌胺(boscalid)原药(巴斯夫欧洲公司);98%氟啶胺(fluzinam)原药(浙江禾田化工有限公司);93.2%啶菌噁唑(SYP-Z048)原药(沈阳科创化学品有限公司);95%嘧菌酯(azoxystrobin)原药(上海禾本药业有限公司)。均用1mL丙酮溶解,配成 $1 \times 10^4 \mu\text{g/mL}$ 的母液,4℃保存,备用。

1.2 试验方法

1.2.1 对峙法测定哈茨木霉菌与杀菌剂联用的抑制作用 准确量取各农药母液,分别用灭菌水稀释

成5个梯度浓度:咯菌腈 $1.875 \times 10^{-2} \sim 0.3 \mu\text{g/mL}$,啶菌噁唑 $6.25 \times 10^{-2} \sim 1 \mu\text{g/mL}$,氟啶胺 $0.01 \sim 1 \mu\text{g/mL}$,嘧菌酯 $1.25 \sim 20 \mu\text{g/mL}$,啶酰菌胺 $1.25 \sim 50 \mu\text{g/mL}$ 。取2mL稀释后的药液加入到已灭菌的18mL PDA培养基中,制成含药平板,同时接种经活化培养(25℃,2d)后的哈茨木霉菌和番茄灰霉病菌菌饼(直径5mm,菌饼间相距3cm)。以含药PDA平板上单独接入哈茨木霉菌或番茄灰霉病菌菌饼的平板为处理对照,以不含药PDA平板上同时接种哈茨木霉菌和灰霉病菌以及分别接种2种菌饼的平板为空白对照。每个浓度处理重复4次,试验重复3次。将PDA平板倒置于25℃恒温培养箱中培养2d后,测量2种菌的菌落相向半径,计算抑制率(%)。

1.2.2 菌丝生长速率法测定哈茨木霉菌与杀菌剂联用的抑制作用 取25℃培养7d后的产孢哈茨木霉菌,用10mL灭菌水冲洗下孢子,依次配制成浓度为每mL含 1×10^9 、 1×10^8 、 1×10^7 、 1×10^6 和 1×10^5 个孢子的菌悬液。将5个浓度的药液和5个浓度的菌悬液分别按照体积比1:1的比例混合,制成复合PDA平板[V(混合液):V(培养基)=1:9],于平板中央接种培养2d后的灰霉病菌菌饼(直径5mm),置于25℃恒温培养箱中培养2d。以分别加入药液或哈茨木霉菌孢子悬浮液的处理为药剂对照,以加入灭菌水的处理为空白对照。每浓度处理重复4次,试验重复3次。用十字交叉法测量灰霉病菌菌落直径,计算抑制率(%)。

1.2.3 离体叶片法测定哈茨木霉菌与杀菌剂联用的抑制作用 参考1.2.2节方法制备浓度为每mL含 1×10^8 个孢子的哈茨木霉菌悬浮液,分别将各杀菌剂母液稀释为50、10、5、1和 $0.5 \mu\text{g/mL}$ 。选取新鲜、长势旺盛的番茄复叶叶片,于喷雾塔内用QWJ-150型空压机带动喉头喷雾器将菌悬液均匀喷雾至叶片背面(每片8mL),用棉花包裹叶柄保湿,置于铺有滤纸的培养皿中,晾干后于25℃恒温培养1d。将所有喷有哈茨木霉菌悬浮液的叶片分为2部分,分别进行预防作用和保护作用测定。

预防作用:在喷有哈茨木霉菌悬液的叶片背面分别均匀喷施不同浓度的药液,放入培养皿中晾干,于背面叶脉处接种3个活化培养2d后的灰霉病菌菌饼(直径5mm)。

治疗作用:在喷有哈茨木霉菌悬液的叶片背面叶脉处接种3个活化培养2d后的灰霉病菌菌饼(直径5mm),于25℃下恒温培养1d后,在叶片背

面分别均匀喷施不同浓度的杀菌剂,放入培养皿中晾干。

以上试验分别以清水处理及单独用杀菌剂和哈茨木霉菌悬液处理的叶片为对照。每浓度重复4次,试验重复3次。所有处理于25℃恒温光照培养3d后,用十字交叉法测量菌落直径,分别按照式(1)和式(2)计算抑制率及 EC_{50} 比值。

$$\text{抑制率}/\% = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径}} \times 100 \quad (1)$$

$$EC_{50} \text{ 比值} = \frac{\text{杀菌剂 } EC_{50} \text{ 值}}{\text{联合使用的 } EC_{50} \text{ 值}} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 对峙法测定结果

结果(见表1)表明,供试5种杀菌剂与哈茨木霉菌联用对番茄灰霉病菌的抑制率均大于其各自单独使用时的抑制率,表现为具有协同作用。其中,哈茨木霉菌单独使用时对番茄灰霉病菌的平均抑制率为74.08%,对哈茨木霉菌无抑制作用的啉酰菌胺在

表1 对峙法测定的哈茨木霉菌与5种杀菌剂联用对番茄灰霉病菌和哈茨木霉菌的抑制率
Table 1 Inhibitory rate of *T. harzianum* combined with five fungicides to *B. cinerea* and *T. harzianum* by confrontation method

杀菌剂 Fungicides	质量浓度 Concentration/ ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	抑制率 Inhibition rate/%			
		单剂 Single fungicide		哈茨木霉菌与杀菌剂联用 <i>T. harzianum</i> combined with fungicide	
		灰霉病菌 <i>B. cinerea</i>	哈茨木霉菌 <i>T. harzianum</i>	灰霉病菌 <i>B. cinerea</i>	哈茨木霉菌 <i>T. harzianum</i>
啉酰菌胺 boscalid	0.125	23.86	1.44	77.66	24.22
	0.25	31.47	2.88	79.70	23.26
	0.5	39.09	4.32	83.76	21.34
	1	52.03	5.76	91.88	17.51
	5	64.97	7.19	97.97	14.63
	0	—	—	73.60	26.14
啞菌酯 azoxystrobin	0.125	8.46	8.14	79.49	17.31
	0.25	18.46	15.89	69.23	22.48
	0.5	30.77	22.48	65.13	24.55
	1	43.08	25.97	58.97	27.65
	2	53.85	33.33	63.08	60.72
	0	—	—	69.23	22.48
啉菌噁唑 SYP-Z048	6.25×10^{-3}	12.28	7.36	64.91	22.48
	1.25×10^{-2}	21.05	10.47	62.57	23.51
	0.025	38.60	20.16	64.91	22.48
	0.05	43.86	39.15	50.88	43.15
	0.1	61.40	55.81	64.91	58.66
	0	—	—	62.57	23.51
氟啉胺 fluazinam	0.001	7.95	3.86	74.90	22.88
	0.003	13.39	6.43	71.13	25.19
	0.01	40.59	12.85	61.09	31.36
	0.03	66.53	23.14	68.62	26.74
	0.1	83.26	52.44	83.68	55.27
	0	—	—	82.43	18.25
咯菌腈 fludioxonil	1.875×10^{-3}	21.43	9.34	83.93	26.20
	3.75×10^{-3}	31.25	14.58	81.25	27.56
	7.5×10^{-3}	44.64	20.96	78.57	28.93
	0.015	52.23	36.22	62.50	37.13
	0.03	62.95	64.01	63.84	65.83
	0	—	—	82.59	26.88

5个梯度浓度下与哈茨木霉菌联用对番茄灰霉病菌的抑制率均比其单独使用时明显增大。对哈茨木霉菌的抑制作用均小于对番茄灰霉病菌的抑制作用的

啞菌酯、啉菌噁唑、咯菌腈及氟啉胺,在低浓度下与哈茨木霉菌联用对番茄灰霉病菌的抑制率比各药剂单独使用时均明显升高;而高浓度下则几乎未发生

变化,可能是由于高浓度下这4种杀菌剂对哈茨木霉菌的抑制作用较高,从而降低了哈茨木霉菌对番茄灰霉病菌的活性。而供试5种杀菌剂与哈茨木霉菌联用对哈茨木霉菌本身的抑制率无规律性变化。

2.2 菌丝生长速率法测定结果

结果(见表2)表明:不同浓度哈茨木霉菌孢子悬浮液对番茄灰霉病菌的抑制作用不同,且各浓度间差异明显;哈茨木霉菌与杀菌剂联用对番茄灰霉

病菌的抑制作用均高于两者单用时的抑制作用,表现为具有协同作用,且协同抑制作用随杀菌剂和哈茨木霉菌孢子悬浮液浓度的增大而增强;当啶酰菌胺质量浓度为5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、与 $\geq 1 \times 10^5$ CFU/mL的哈茨木霉菌孢子悬浮液联用,以及当啉菌酯质量浓度为2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、与 1×10^8 CFU/mL的哈茨木霉菌孢子悬浮液联用时,对番茄灰霉病菌的抑制率可达100%。

表2 菌丝生长速率法测定的哈茨木霉菌与5种杀菌剂联用对番茄灰霉病菌的抑制率(%)

Table 2 Inhibitory rate(%) of *T. harzianum* combined with five fungicides to *B. cinerea* by mycelium growth rate method

杀菌剂 Fungicides	质量浓度 Concentration/ ($\mu\text{g}/\text{mL}$)	哈茨木霉菌孢子悬浮液浓度 Spore suspension of <i>T. harzianum</i> /(CFU/mL)					
		0	1×10^4	1×10^5	1×10^6	1×10^7	1×10^8
啶酰菌胺 boscalid	0.125	23.86	43.37	75.00	88.27	93.37	96.94
	0.25	31.47	45.41	75.51	91.84	94.90	97.96
	0.5	39.09	58.67	78.06	92.35	96.94	98.47
	1	52.03	72.45	86.73	94.90	97.96	99.49
	5	64.97	81.63	100.00	100.00	100.00	100.00
	0		40.31	70.92	86.22	92.86	95.92
啉菌酯 azoxystrobin	0.125	8.46	25.64	43.59	78.46	83.08	90.77
	0.25	18.46	26.15	50.26	80.00	88.72	92.31
	0.5	30.77	33.33	52.31	83.59	89.23	93.85
	1	43.08	46.67	58.46	86.67	92.31	95.38
	2	53.85	63.08	90.77	93.85	98.46	100.00
	0		25.13	40.51	75.38	80.00	86.67
啉菌噁唑 SYP-Z048	6.25×10^{-3}	12.28	38.01	52.05	71.35	82.46	92.40
	1.25×10^{-3}	21.05	42.69	61.40	74.85	87.13	92.93
	0.025	38.60	46.20	64.33	77.78	89.47	93.57
	0.05	43.86	48.54	66.67	79.53	90.06	94.15
	0.1	61.40	64.33	69.59	80.70	91.23	94.74
	0		32.16	49.71	66.08	74.85	91.23
氟啉胺 fluazinam	0.001	7.95	40.59	52.72	69.87	81.59	88.70
	0.003	13.39	47.70	61.51	71.97	83.68	91.21
	0.01	40.59	53.14	66.53	73.64	86.19	93.72
	0.03	66.53	68.62	71.97	77.41	88.70	94.98
	0.1	83.26	84.94	86.19	88.70	91.21	95.82
	0		34.31	49.37	66.53	79.08	87.45
咯菌腈 fludioxonil	1.875×10^{-3}	21.43	28.13	43.30	54.91	66.52	86.16
	3.75×10^{-3}	31.25	37.05	44.20	57.14	75.45	87.95
	7.5×10^{-3}	44.64	46.43	49.11	62.50	76.79	88.84
	0.015	52.23	57.59	59.82	64.73	83.48	91.96
	0.03	62.95	63.84	65.63	70.98	87.05	93.30
	0		28.13	33.48	50.00	62.05	85.71

2.3 离体叶片法测定结果

结果(见表3)表明:5种杀菌剂单独使用时对番茄灰霉病菌的预防作用均优于治疗作用;与哈茨木霉菌联用均显著提高了杀菌剂对番茄灰霉病菌的抑制作用,表现了明显的协同作用。联合使用前、后治疗

作用的 EC_{50} 比值均高于保护作用的 EC_{50} 比值,且治疗性杀菌剂啶酰菌胺和啉菌噁唑与哈茨木霉菌联用后的 EC_{50} 比值更大,抑制作用更强。表明联合使用在提高哈茨木霉菌生防效果、维持其稳定性的同时,可明显减少杀菌剂的用量。

表3 离体叶片法测定的哈茨木霉菌与5种杀菌剂联用对番茄灰霉病菌的抑制作用
Table 3 Inhibitory rate of *T. harzianum* combined with five fungicides to *B. cinerea* by detached leaf method

杀菌剂 Fungicides	作用方式 Mode of action	处理 Treatment	毒力回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	EC ₅₀ / ($\mu\text{g/mL}$)	EC ₅₀ 比值 Ratio of EC ₅₀
啶酰菌胺 boscalid	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.522 2x + 4.494 4$	0.991 8	9.30	58.1
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.374 8x + 5.298 6$	0.956 0	0.160	
氟啶胺 fluazinam	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.846 5x + 3.839 4$	0.956 7	23.5	154
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.244 3x + 5.199 2$	0.959 1	0.153	
啞菌酯 azoxystrobin	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.613 7x + 4.920 5$	0.971 6	1.35	1.42
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.605 7x + 5.013 0$	0.989 3	0.952	
咯菌腈 fludioxonil	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.481 7x + 4.483 2$	0.957 8	11.8	4.11
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.520 4x + 4.761 6$	0.984 7	2.87	
啞菌噁唑 SYP-Z048	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.731 1x + 4.839 0$	0.981 2	1.66	12.0
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.709 6x + 5.609 8$	0.996 2	0.138	
啞菌噁唑 SYP-Z048	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.988 0x + 4.264 8$	0.988 0	5.55	28.3
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.540 6x + 5.382 6$	0.979 8	0.196	
啞菌噁唑 SYP-Z048	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.535 3x + 4.949 6$	0.982 4	1.24	2.49
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.585 0x + 5.177 7$	0.987 5	0.497	
啞菌噁唑 SYP-Z048	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.516 6x + 4.522 0$	0.952 8	8.42	10.2
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.550 7x + 5.046 2$	0.993 9	0.824	
啞菌噁唑 SYP-Z048	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.521 6x + 4.345 4$	0.963 9	18.0	142
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.462 3x + 5.415 1$	0.948 4	0.127	
啞菌噁唑 SYP-Z048	预防作用 Preventive	单剂 Single	$y = 0.602 3x + 4.166 4$	0.979 0	24.2	168
	治疗作用 Therapeutic	联用 Combine	$y = 0.392 2x + 5.329 9$	0.956 6	0.144	

注:^a单剂表示杀菌剂单独使用;^b联用表示杀菌剂与哈茨木霉菌联合使用。

Note:^a Single indicated the treatment of single fungicide;^b Combine indicated the treatment of *T. harzianum* combined with fungicide.

3 结论与讨论

采用对峙法、菌丝生长速率法及离体叶片法分别测定了哈茨木霉菌与啞菌噁唑、啞菌酯、氟啶胺、啞酰菌胺和咯菌腈5种杀菌剂联用对番茄灰霉病菌的抑制作用。结果表明,当杀菌剂对哈茨木霉菌本身无抑制作用或抑制作用较小时,两者联用显著增强了哈茨木霉菌和杀菌剂对番茄灰霉病菌的抑制作用。因此,在联合使用哈茨木霉菌和杀菌剂时应选择对哈茨木霉菌无抑制作用或抑制作用尽可能小的药剂,才能充分发挥协同效应。

研究2种及2种以上化学杀菌剂复配增效的常见方法有菌丝生长速率法^[16]、孢子萌发法^[17]和离体叶片法^[15]等,前人在研究木霉菌与杀菌剂联用防治植物病害时常选择对峙法、离体叶片法或菌丝生长速率法中的其一。笔者根据哈茨木霉菌和杀菌剂对病原菌作用方式的不同,首次选用对峙法、菌丝生长速率法和离体叶片法同时研究了哈茨木霉菌与杀

菌剂对番茄灰霉病菌的协同抑制作用。对峙法能够同时测出杀菌剂对木霉菌和灰霉病菌、木霉菌对灰霉病菌、灰霉病菌对木霉菌以及杀菌剂与木霉菌联用对2种菌的抑制作用;菌丝生长速率法和离体叶片法虽可将木霉菌量化,但无法测定出联合使用对木霉菌的抑制作用;离体叶片法较接近生产实际,其结果对实际应用更有指导意义。

试验中还发现,杀菌剂与哈茨木霉菌联用对番茄灰霉病的预防作用优于治疗作用,这与供试5种杀菌剂和哈茨木霉菌本身对灰霉病均是预防作用优于治疗作用、且木霉菌对灰霉病的治疗作用甚微的作用机制是相对应的。但在实际生产中,关于哈茨木霉菌和杀菌剂联用对番茄灰霉病的防效是否具有协同效应,以及其他木霉菌和杀菌剂对植物病害是否具有抑制作用等还需进一步试验验证。

虽然对木霉菌在植物病害生物防治领域中应用的研究已取得较大突破^[18],但仍未克服其易受环境条件影响及防效低等问题。利用木霉菌与化学农药

的协同作用来防治植物病害,可提高木霉菌的防效,维持其药效稳定性,同时减少化学农药的使用量,是植物病害综合防治的一项新措施及值得探索的方向。

参考文献 (Reference) :

- [1] 马建英. 灰霉菌对啮菌噁唑的敏感性及其抗药性风险评估 [D]. 保定:河北农业大学,2009.
MA Jianying. The study on sensitivity and resistant risk assessment of *Botrytis cinerea* to SYP-Z048 [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei,2009. (in Chinese)
- [2] PRINS T W, TUDZYNSKI P, TIEDEMANN VON A. Infection strategies of *Botrytis cinerea* and related necrotrophic pathogens [M]//KRONSTAD J W. Fungal Pathology. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,2000:33-64.
- [3] HARMAN G E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. [J]. *Phytopathology*,2006,96(2):190-194.
- [4] BILJANA G, JUGOSLAV Z. The influence of *Trichoderma harzianum* on reducing root rot disease in tobacco seedlings caused by *Rhizoctonia solani* [J]. *Int J Pure Appl Sci Tech*, 2011,2(2):1-11.
- [5] SADYKOVA V S, GROMOVYKH T I. Resistance of barley root rot pathogens to chemical and biological fungicides [J]. *Russian Agric Sci*,2011,37(2):126-129.
- [6] SOUMIK S, PRADEEPA N, AJAY D, et al. The *in vitro* effect of certain fungicides, insecticides, and biopesticides on mycelial growth in the biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* [J]. *Turk J Biol*,2010,34(4):399-403.
- [7] HOWELL C R. Effect of seed quality and combination fungicide-*Trichoderma* spp. seed treatments on pre- and postemergence damping-off in cotton [J]. *Phytopathology*,2007,97(1):66-71.
- [8] 王勇,杨秀荣,刘水芳,等. 拮抗木霉耐药性菌株的筛选及其与速克灵防治灰霉病的协同作用 [J]. 天津农学院学报,2002,9(4):19-21.
WANG Yong, YANG Xiurong, LIU Shuifang, et al. Screen on endurance strains of antagonistic *Trichoderma* and beneficial interactions on integrated control of *Botrytis cinerea* by *Trichoderma* and Procymidome [J]. *J Tianjin Agric Coll*,2002,9(4):19-21. (in Chinese)
- [9] 程东美,向梅梅,黄江华,等. 木霉和杀菌剂联合作用对绿巨人褐腐病的防治试验 [J]. 广东农业科学,2011,38(11):19-20.
CHENG Dongmei, XIANG Meimei, HUANG Jianghua, et al. Experiment of *Trichoderma* conjunction with fungicide to brown rot of *Spathiphyllum pallas* [J]. *Guangdong Agric Sci*,2011,38(11):19-20. (in Chinese)
- [10] DE MELO I S, FAULL J L. Parasitism of *Rhizoctonia solani* by strains of *Trichoderma* spp. [J]. *Sci Agric*,2000,57(1):55-59.
- [11] 古丽君,徐秉良,梁巧兰,等. 生防木霉菌 T2 菌株对禾草腐霉病抑菌作用及机制研究 [J]. 草业学报,2011,20(2):46-51.
GU Lijun, XU Bingliang, LIANG Qiaolan, et al. Antagonism and mechanism of action of *Trichoderma aureoviride* against *Pythium aphanidermatum* causing turfgrass root rot [J]. *Acta Prataculturae Sinica*,2011,20(2):46-51. (in Chinese)
- [12] 崔澍. 木霉菌防治番茄病原菌的研究 [D]. 沈阳:沈阳农业大学,2001.
CUI Xie. The control of tomato gray mould (*Botrytis cinerea*) by *Trichoderma* [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University,2001. (in Chinese)
- [13] 余玲,刘慧平,韩巨才,等. 山西省灰霉菌对啮菌噁唑的敏感性测定 [J]. 山西农业大学学报:自然科学版,2012,32(3):232-234.
YU Ling, LIU Huiping, HAN Jucui, et al. Sensitivity of *Botrytis cinerea* from Shanxi Province to boscalid [J]. *J Shanxi Agric Univ; Nat Sci Ed*,2012,32(3):232-234. (in Chinese)
- [14] 牛芳胜,马志强,毕秋艳,等. 不同作用机制杀菌剂对番茄灰霉病拮抗木霉菌的毒力测定 [J]. 农药,2012,51(8):601-603.
NIU Fangsheng, MA Zhiqiang, BI Qiuyan, et al. Toxicity measurement of different active mechanism fungicides to *Trichoderma* antagonistic strain against *Botrytis cinerea* [J]. *Agrochemicals*,2012,51(8):601-603. (in Chinese)
- [15] 陈志芳. 杀菌剂混合物对番茄灰霉病菌毒力增效研究 [D]. 保定:河北农业大学,2011.
CHEN Zhifang. Studies on synergistic action of fungicide mixtures against *Botrytis cinerea* on tomato [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei,2011. (in Chinese)
- [16] 毕秋艳. 二元杀菌剂复配增效机理初探 [D]. 保定:河北农业大学,2010.
BI Qiuyan. Exploration of synergistic mechanism of binary complex fungicides [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei,2010. (in Chinese)
- [17] 齐永志,张小凤,赵卫松,等. 梨黑星病菌对氟硅唑的敏感性及其与不同杀菌剂之间的交互抗性 [J]. 农药学报,2012,14(2):165-169.
QI Yongzhi, ZHANG Xiaofeng, ZHAO Weisong, et al. Sensitivity of venturia nashicola to flusilazole and cross-resistance against diverse fungicides [J]. *Chin J Pestic Sci*,2012,14(2):165-169. (in Chinese)
- [18] 陈捷,朱洁伟,张婷,等. 木霉菌生物防治作用机理与应用研究进展 [J]. 中国生物防治学报,2011,27(2):145-151.
CHEN Jie, ZHU Jiewei, ZHANG Ting, et al. Progress on mechanism and applications of *Trichoderma* as a biocontrol microbe [J]. *Chin J Biol Cont*,2011,27(2):145-151. (in Chinese)

(责任编辑:唐 静)