

技术与应用

Technology & Application

4 种常用杀菌剂对江苏省番茄枯萎病菌的毒力

杨晓云, 张斌, 刘邗洲, 陈志谊*

(江苏省农业科学院植物保护研究所, 南京 210014)

摘要 采用菌丝生长速率法测定了 4 种杀菌剂对 36 株番茄枯萎病菌(*Fusarium oxysporum*)的毒力。结果表明,不同杀菌剂对番茄枯萎病菌的毒力水平有显著差异,25%氟烯菌酯悬浮剂和 50%多菌灵可湿性粉剂对菌落生长的抑制毒力最强,EC₅₀分别为 1.65 μg/mL 和 2.91 μg/mL;3%中生菌素可湿性粉剂的毒力次之,EC₅₀为 12.56 μg/mL;75%百菌清可湿性粉剂的毒力最小。不同地区的番茄枯萎病菌对 4 种杀菌剂的敏感性存在明显的差异,铜山地区的菌株除了对多菌灵、氟烯菌酯有较高的敏感性外,对其他 2 种杀菌剂都呈不同程度耐药性;沭阳地区的菌株对 4 种杀菌剂的敏感性均很强;姜堰地区的菌株对百菌清有较弱的敏感性,对其他 3 种杀菌剂的敏感性均较强。本研究为化学防治番茄枯萎病、科学合理用药提供参考依据。

关键词 杀菌剂; 番茄枯萎病菌; 尖孢镰刀菌; 毒力测定

中图分类号: S 482.2 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2016.01.039

Toxicity of four common fungicides to tomato *Fusarium* wilt in Jiangsu Province

Yang Xiaoyun, Zhang Bin, Liu Youzhou, Chen Zhiyi

(Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract The inhibitory activity of 4 fungicides against 36 *Fusarium oxysporum*, the pathogen of tomato *Fusarium* wilt, was investigated by mycelium growth rate method. The results showed that different fungicides have certain inhibition effects on the growth of *F. oxysporum*. 25% JS399-19 SC and 50% carbendazim WP had the highest inhibitory activities, with the EC₅₀ values of 1.65 μg/mL and 2.91 μg/mL, respectively, followed by 3% zhongshengmycin WP with EC₅₀ value of 12.56 μg/mL, and 75% daconil WP was the weakest. Moreover, pathogens collected from different regions showed significant difference on the sensitivity to the four fungicides. The pathogens from Tongshan District were sensitive to carbendazim and JS399-19 but fairly resistant to the other 2 fungicides. Pathogens from Shuyang District were highly sensitive to the 4 fungicides. Pathogens from Jiangyan District had low sensitivity to daconil, but very sensitive to the other 3 fungicides. This study provides an important theoretical and practical basis and reasonable selection of fungicides for the control of tomato *Fusarium* wilt.

Key words fungicides; tomato *Fusarium* wilt; *Fusarium oxysporum*; toxicity test

番茄枯萎病(病原菌为尖孢镰刀菌 *Fusarium oxysporum*)是番茄生产中的主要土传病害,具有寄主范围广,防治困难的特点,一直是国内外研究的焦点和热点^[1-3]。近年来,随着全国范围内设施番茄种植面积的扩大,番茄枯萎病已成为常见、易发和传播迅速的重要土传病害,严重影响了番茄的产量和品质。用于防治番茄枯萎病的方法有多种^[4-6],但在生产上主要以化学防治为主。为了减少菜农在用药时

的盲目性,本文作者通过对江苏省设施番茄生产基地实地调查,选用了江苏省设施番茄土传病害常用的 4 种化学药剂,从江苏省徐州市铜山区、泰州市姜堰区、宿迁市沭阳县设施番茄种植基地采集土样,分离番茄枯萎病菌,测定了 4 种化学药剂对番茄枯萎病菌的毒力,分析了 3 个地区的番茄枯萎病菌对 4 种化学药剂的敏感性水平,为番茄生产上科学合理用药提供参考。

收稿日期: 2014-12-21 修订日期: 2015-03-04

基金项目: 国家高技术研究发展计划("863"计划)(2011AA10A201);江苏省农科院科技自主创新资金项目(CX(13)3061)

* 通信作者 E-mail: chzy@jaas.ac.cn

1 材料与方法

1.1 试验材料

36 个供试病原菌菌株分别从江苏省 3 个地区的番茄示范基地(A. 徐州市铜山区;B. 泰州市姜堰区;C. 宿迁市沭阳县)番茄枯萎病病株根围土壤中分离获得。大棚连续多年种植番茄,每年 1 茬,枯萎病发生较重。沭阳地区设施番茄采用水旱轮作的种植模式,春季-夏季种植水稻,秋季-冬季种植番茄,连续种植番茄 3~4 年后就换地,基本上不专门用药防治枯萎病;铜山地区在日光大棚中种植番茄,秋季-冬季种植番茄,春季-夏季种植其他蔬菜,枯萎病菌在土壤中存活年代久,数量大,每年使用大量化学农药进行多次防治。姜堰地区为大棚蔬菜示范新区,主要使用多菌灵防治番茄枯萎病,且用药量较大。每次取样在同一大棚进行,大棚面积 667 m²,五点取样法取土样。

供试药剂:75%百菌清可湿性粉剂,广东中迅农业科技股份有限公司生产;3%中生菌素可湿性粉剂,福建凯立生物制品有限公司生产;50%多菌灵可湿性粉剂,上海沪联生物药业有限公司;25%氰烯菌酯悬浮剂,江苏省农药研究所股份有限公司生产。

供试选择性培养基:KH₂PO₄ 1 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.5 g, K₂S₂O₅ 0.2 g, KCl 0.6 g, NH₄NO₃ 0.5 g, 蛋白胨 5 g, 蒸馏水 1 000 mL, 山梨糖 10 g, 蔗糖 5 g, 琼脂 20 g, PCNB 620 mg, Oxgall 1 g, 硫酸链霉素 300 mg, 盐酸金霉素 75 mg。

PDA 培养基:去皮马铃薯 200 g, 葡萄糖 20 g, 琼脂 15 g, 蒸馏水 1 000 mL。

1.2 试验方法

1.2.1 病原菌的分离、检测及鉴定

根据文学等^[7]的枯萎病菌分离方法获得病菌,在 PDA 培养基平板上进行纯化。于 28℃ 培养 4 d, 观察菌落形态特征,大、小型分生孢子和厚垣孢子着生情况和形态特征。并依据 Botha 分类系统^[8]和 Nelson 等^[9]鉴定手册进行病原菌鉴定。

1.2.2 含药培养基配制

每个供试药剂各设 5~6 个浓度(质量浓度),50%多菌灵可湿性粉剂浓度分别为 0.3、1、2.5、5 和 10 μg/mL。75%百菌清可湿性粉剂浓度分别为 1、3.3、10、33.3、100 和 333 μg/mL。3%中生菌素可湿性粉剂浓度分别为 1、5、10、50 和 100 μg/mL。25%氰烯菌酯悬浮剂浓度分别为 0.5、1、2、4 和 8 μg/mL。将

4 种试验药剂分别用溶剂配制成所需各浓度的 10 倍,取 1 mL 注入经消毒灭菌的、直径为 6 cm 的培养皿中,随后倒入 9 mL 冷却至约 50℃ 的 PDA 培养基,摇匀后制成含药培养基。

1.2.3 供试杀菌剂对番茄枯萎病菌的室内毒力测定方法

菌饼的制备:将保存在试管斜面上的供试菌株转接于 PDA 平板上,28℃ 恒温培养箱中培养 3 d,用直径 5 mm 的打孔器切取菌落外缘制备成菌饼,备用。

菌丝生长速率测定法^[10]:将 4 种杀菌剂分别制成不同浓度的含药 PDA 培养基平板,设置不加药剂的对照,每个浓度重复 3 次。在每个平板中央接入一块直径为 5 mm 的菌饼。28℃ 培养箱中培养 72 h。采用十字交叉法测量菌落直径,以平均值代表菌落大小,根据以下公式计算各药剂浓度对菌丝生长的抑制率。所得数据经 Finney 几率分析法和 DPS 统计软件进行数据处理,求出各单剂毒力回归方程、EC₅₀ 及相关系数(*r*)^[11]。

抑菌率计算公式如下:

$$\text{抑菌率}(\%) = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100。$$

2 结果与分析

2.1 36 个番茄枯萎病菌的分离和鉴定

在江苏铜山、姜堰、沭阳 3 个基地采集土壤,使用选择性培养基分离枯萎病菌。分离获得 36 株病原菌,有 2 种菌落形态(图 1)。

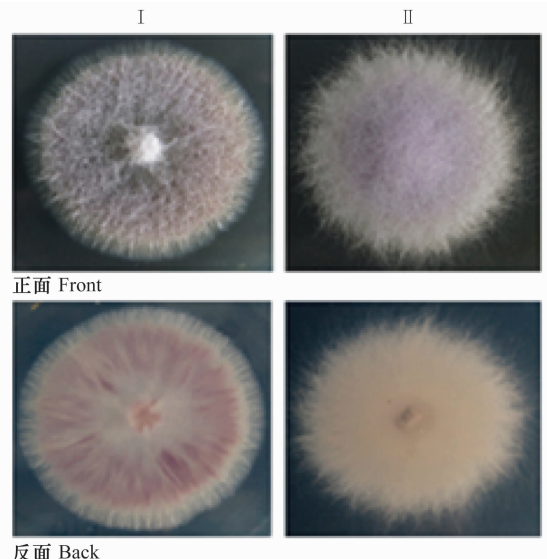


图 1 两种类型菌株的培养性状

Fig. 1 Colony morphology of two types of strains

类型 I 菌落初为粉色,菌丝茂密,菌落中心略有皱缩凸起,5~6 d 时菌落变为玫瑰红色,8~10 d 后菌落颜色为暗紫色;类型 II 菌落初为白色,菌丝绒状,略带粉状,菌落中心略有凸起,后变为浅紫色,菌落底浅肉色。初步鉴定菌株属于尖孢镰刀菌(*Fusarium oxysporum*)。

在 PDA 培养基上培养 96 h 后,菌落平均直径为 48.9 mm,菌株间有差异,气生菌丝绒状、毡状,白色或粉色,菌落背面常带有紫色或红色色素(图 1)。镜检发现,可观察到 3 种分生孢子,分别为:(1)小型分生孢子,较多,卵形或椭圆形,假头状着生于产孢细胞上。(2)大型分生孢子“美丽型”,较匀称,基细胞足跟明显,多数为 3 个隔膜。(3)厚垣孢子球形,顶生、间生或串生。产孢细胞较短,单瓶梗,单生或具分支(图 2)。根据菌落形态和镜检特征,将分离得到类型 I、类型 II 的菌株初步鉴定为尖孢镰刀菌。

ITS 序列分析:利用真菌通用引物(ITS1 和 ITS4)对形态学初步确定的 36 个代表菌株进行 PCR 扩增。序列分析结果显示,36 株菌株的 ITS 序列相似性 $\geq 98\%$,且与尖孢镰刀菌亲缘关系最近(相似性 $\geq 99\%$),结合其形态学特征,可确定供试 36 个菌株均为尖孢镰刀菌,其中,类型 I 有 22 个菌株,类

型 II 有 14 个菌株。

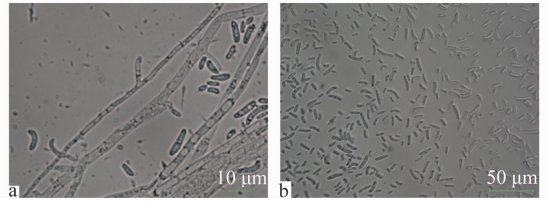


图 2 尖孢镰刀菌的产孢细胞(a)和分生孢子(b)形态
Fig. 2 Conidiogenous cells (a) and conidia (b) of *Fusarium oxysporum*

2.2 4 种杀菌剂对番茄枯萎病菌的毒力测定结果

通过室内测定 4 种杀菌剂对 36 株番茄枯萎病菌菌丝生长速率抑制作用结果可知,不同杀菌剂对番茄枯萎病菌的毒力水平有显著差异。75%百菌清可湿性粉剂的毒力较弱,平均 EC_{50} 为 $(55.140 \pm 5.711) \mu\text{g}/\text{mL}$,3%中生菌素可湿性粉剂的毒力次之,平均 EC_{50} 为 $(12.560 \pm 0.199) \mu\text{g}/\text{mL}$;50%多菌灵可湿性粉剂和 25%氰烯菌酯悬浮剂的毒力较强,平均 EC_{50} 分别为 $(2.908 \pm 0.086) \mu\text{g}/\text{mL}$ 和 $(1.652 \pm 0.173) \mu\text{g}/\text{mL}$ 。

75%百菌清可湿性粉剂对沈阳菌株的毒力最强, EC_{50} 范围 $0.36 \sim 61.44 \mu\text{g}/\text{mL}$,对姜堰菌株的毒力次之, EC_{50} 范围 $22.01 \sim 95.34 \mu\text{g}/\text{mL}$,对铜山菌株的毒力最弱, EC_{50} 范围 $1.52 \sim 246.61 \mu\text{g}/\text{mL}$ (表 1~2)。

表 1 75%百菌清可湿性粉剂对番茄枯萎病菌的室内毒力测定结果

Table 1 Toxicity of 75% chlorothalonil WP to tomato *Fusarium oxysporum*

菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC_{50}	菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC_{50}
A1	$y=0.4669x+4.5847$	0.9529	7.75	B19	$y=0.5867x+3.9125$	0.9771	71.38
A2	$y=0.8018x+3.9119$	0.9269	22.75	B20	$y=0.6693x+3.7796$	0.9443	66.59
A3	$y=0.3984x+4.9272$	0.9061	1.52	B21	$y=0.4194x+4.3510$	0.8938	35.27
A4	$y=0.4480x+4.0324$	0.9744	144.48	B22	$y=0.6290x+3.8378$	0.9327	70.42
A5	$y=0.4333x+4.0895$	0.8911	126.27	B23	$y=0.4416x+4.2100$	0.9117	61.51
A6	$y=0.6863x+4.3799$	0.9736	8.01	B24	$y=0.5416x+4.1067$	0.8834	44.60
A7	$y=0.4667x+4.1493$	0.8379	66.50	C25	$y=0.3574x+4.5084$	0.9690	23.74
A8	$y=0.5859x+3.7854$	0.9091	118.32	C26	$y=0.5571x+4.4502$	0.9392	9.70
A9	$y=0.4167x+4.2104$	0.8436	78.50	C27	$y=0.2486x+5.0833$	0.9846	0.46
A10	$y=0.6597x+3.8713$	0.9560	51.40	C28	$y=0.3913x+4.3154$	0.8928	56.18
A11	$y=0.8772x+3.4736$	0.9580	54.96	C29	$y=0.4502x+4.2407$	0.9703	48.59
A12	$y=0.5987x+3.5679$	0.8439	246.61	C30	$y=0.6200x+4.5227$	0.8351	5.89
B13	$y=0.6569x+3.7170$	0.9837	89.77	C31	$y=0.3812x+4.3359$	0.9629	55.22
B14	$y=0.5902x+3.8574$	0.8773	86.29	C32	$y=0.5557x+4.4120$	0.8792	11.43
B15	$y=0.5912x+4.2062$	0.9576	22.01	C33	$y=0.6163x+4.1008$	0.9331	28.78
B16	$y=0.4817x+4.1693$	0.9880	53.03	C34	$y=0.2431x+5.1077$	0.9550	0.36
B17	$y=0.7233x+3.5684$	0.9209	95.34	C35	$y=0.4406x+4.2120$	0.7755	61.44
B18	$y=0.7121x+3.7768$	0.9125	52.21	C36	$y=0.3740x+4.6687$	0.8939	7.69

表 2 江苏省不同地区番茄枯萎病菌对 75% 百菌清可湿性粉剂的敏感性¹⁾Table 2 Sensitivity of tomato *Fusarium oxysporum* from different regions to 75% chlorothalonil WP in Jiangsu Province

地区 Region	菌株数/株 Number of strains	不同药剂浓度的抑菌率平均值/% Average inhibitory rate of fungicides at different dosages						EC ₅₀ 平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Average value of EC ₅₀
		1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	3.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$	10 $\mu\text{g}/\text{mL}$	33.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$	100 $\mu\text{g}/\text{mL}$	333 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
铜山 Tongshan	12	18.28	28.78	40.43	47.86	55.77	68.73	(77.26±3.541)a
姜堰 Jiangyan	12	13.39	25.57	35.91	45.55	51.57	67.07	(62.37±0.773)b
沭阳 Shuyang	12	28.76	41.45	51.83	55.70	61.96	72.45	(25.79±0.145)c

1) 表中不同小写字母表示差异显著(Duncan 氏新复级差法, $P < 0.05$)。下同。

The different letters indicated significant difference at 0.05 level by DMRT. The same below.

3% 中生菌素可湿性粉剂对沭阳菌株的毒力最强, EC₅₀ 范围 3.76~16.04 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对姜堰菌株的毒力次之, EC₅₀ 范围 4.60~14.62 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对铜山菌株的毒力最弱, EC₅₀ 范围 4.07~112.00 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (表 3~4)。

表 3 3% 中生菌素可湿性粉剂对番茄根际镰刀菌群的室内毒力测定结果

Table 3 Toxicity of 3% zhongshengmycin WP to tomato *Fusarium oxysporum*

菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC ₅₀	菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC ₅₀
A1	$y=1.4598x+3.7867$	0.9882	6.78	B19	$y=1.3290x+3.7167$	0.9970	9.24
A2	$y=1.1353x+3.8318$	0.9969	10.69	B20	$y=1.1850x+3.9477$	0.9875	7.73
A3	$y=0.6649x+4.3101$	0.9536	10.90	B21	$y=1.3548x+3.9057$	0.9746	6.42
A4	$y=1.0124x+4.3833$	0.9254	4.07	B22	$y=0.7751x+4.0970$	0.9016	14.62
A5	$y=1.1640x+4.0537$	0.9664	6.50	B23	$y=1.5210x+3.3595$	0.8833	11.98
A6	$y=0.5967x+4.4800$	0.9058	7.44	B24	$y=0.8437x+4.1540$	0.9585	10.06
A7	$y=0.9567x+4.0194$	0.9628	10.59	C25	$y=0.7739x+4.3208$	0.9809	7.54
A8	$y=0.6806x+3.6053$	0.8867	112.00	C26	$y=1.1080x+4.0070$	0.8079	7.87
A9	$y=1.0085x+3.1580$	0.9531	67.06	C27	$y=0.5235x+4.3691$	0.9737	16.04
A10	$y=1.1672x+3.9621$	0.9928	7.75	C28	$y=1.0365x+4.0812$	0.9582	7.70
A11	$y=1.2233x+3.8079$	0.9921	9.43	C29	$y=1.1095x+4.2293$	0.9760	4.95
A12	$y=0.8397x+3.9397$	0.9227	18.31	C30	$y=0.7340x+4.5779$	0.8897	3.76
B13	$y=1.0510x+4.1193$	0.9756	6.89	C31	$y=1.2201x+4.0628$	0.9898	5.86
B14	$y=1.6028x+3.8189$	0.9893	5.46	C32	$y=0.7733x+4.3001$	0.9809	8.04
B15	$y=1.3604x+3.6829$	0.9844	9.29	C33	$y=1.3719x+3.9665$	0.8877	5.67
B16	$y=0.8774x+4.4185$	0.9699	4.60	C34	$y=0.5280x+4.6244$	0.8879	5.14
B17	$y=1.1529x+4.0207$	0.9851	7.07	C35	$y=1.0167x+4.3755$	0.9741	4.11
B18	$y=1.0714x+4.1266$	0.9949	6.53	C36	$y=0.9464x+4.4390$	0.9850	3.92

表 4 江苏省不同地区番茄枯萎病菌对 3% 中生菌素可湿性粉剂的敏感性

Table 4 Sensitivity of tomato *Fusarium oxysporum* from different regions to 3% zhongshengmycin WP in Jiangsu Province

地区 Regions	菌株数/株 Number of strains	不同药剂浓度的抑菌率平均值/% Average inhibitory rate of fungicides at different dosages					EC ₅₀ 平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Average value of EC ₅₀
		1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	5 $\mu\text{g}/\text{mL}$	10 $\mu\text{g}/\text{mL}$	50 $\mu\text{g}/\text{mL}$	100 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
铜山 Tongshan	12	17.83	35.68	45.64	69.39	82.30	(22.63±9.923)a
姜堰 Jiangyan	12	15.12	42.66	56.97	80.46	89.37	(8.32±0.019)b
沭阳 Shuyang	12	23.72	47.02	60.98	76.14	86.35	(6.72±0.241)b

50% 多菌灵可湿性粉剂对铜山菌株的毒力最强, EC₅₀ 范围 1.66~3.31 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对姜堰菌株的毒力次之, EC₅₀ 范围 1.84~3.93 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对沭阳地区菌株的毒力最弱, EC₅₀ 范围 2.05~4.38 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (表 5~6)。

25% 氰烯菌酯悬浮剂对姜堰菌株的毒力最强, EC₅₀ 范围 0.01~3.66 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对沭阳菌株的次之, EC₅₀ 范围 0.05~3.57 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 对铜山菌株的毒力最弱, EC₅₀ 范围 0.05~4.69 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (表 7~8)。

比较 4 种杀菌剂对来自 3 个地区的 36 个番茄枯萎病菌的毒力水平, 结果表明, 不同地区的番茄枯萎病菌对 4 种杀菌剂的敏感性存在明显的差异。铜山地区的菌株, 除了 50% 多菌灵可湿性粉剂, 对其他 3 种杀菌剂的敏感性都很弱; 沭阳地区的菌株对 4 种杀菌剂的敏感性均很强; 姜堰地区的菌株对 75% 百菌清可湿性粉剂有较弱的敏感性, 对其他 3 种杀菌剂的敏感性较强。

表 5 50%多菌灵可湿性粉剂对番茄根际镰刀菌群的室内毒力测定结果

Table 5 Toxicity of 50% carbendazim WP to tomato *Fusarium oxysporum*

菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC ₅₀	菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC ₅₀
A1	$y=6.5061x+1.8117$	0.8584	3.09	B19	$y=3.1200x+3.9549$	0.9267	2.16
A2	$y=2.9101x+4.2884$	0.8995	1.76	B20	$y=4.7258x+2.8513$	0.9582	2.85
A3	$y=2.4667x+4.4598$	0.9460	1.66	B21	$y=4.7317x+2.9203$	0.9534	2.75
A4	$y=6.1040x+1.8270$	0.8762	3.31	B22	$y=2.5323x+4.3313$	0.9460	1.84
A5	$y=6.1035x+1.9461$	0.8957	3.16	B23	$y=5.8343x+2.0577$	0.8355	3.19
A6	$y=6.1541x+1.8876$	0.8951	3.20	B24	$y=6.5188x+1.6905$	0.8375	3.22
A7	$y=6.7022x+1.5686$	0.8360	3.25	C25	$y=6.3063x+2.0462$	0.8477	2.94
A8	$y=3.0600x+3.9573$	0.9253	2.19	C26	$y=5.8463x+1.6293$	0.8932	3.77
A9	$y=6.0583x+1.9216$	0.8894	3.22	C27	$y=2.7529x+4.1114$	0.7859	2.10
A10	$y=6.5256x+1.8942$	0.8345	2.99	C28	$y=2.6021x+4.1055$	0.9388	2.21
A11	$y=6.3208x+2.1627$	0.8766	2.81	C29	$y=6.5060x+1.7380$	0.8613	3.17
A12	$y=6.2869x+1.8785$	0.8596	3.14	C30	$y=2.9012x+3.7949$	0.9095	2.60
B13	$y=5.9926x+2.2531$	0.8830	2.87	C31	$y=6.0529x+1.9439$	0.8976	3.20
B14	$y=7.9603x+0.2665$	0.8176	3.93	C32	$y=7.8328x-0.0281$	0.8244	4.38
B15	$y=6.6391x+1.5896$	0.9097	3.26	C33	$y=6.7307x+1.5951$	0.8808	3.21
B16	$y=6.4892x+2.1161$	0.8416	2.78	C34	$y=8.2718x-0.1096$	0.8233	4.15
B17	$y=4.6689x+2.9405$	0.9512	2.76	C35	$y=5.8017x+2.0228$	0.8530	3.26
B18	$y=4.7391x+3.1392$	0.9207	2.47	C36	$y=2.2412x+4.3004$	0.8901	2.05

表 6 江苏省不同地区番茄枯萎病菌对 50%多菌灵可湿性粉剂的敏感性¹⁾

Table 6 Sensitivity of tomato *Fusarium oxysporum* from different regions to 50% carbendazim WP in Jiangsu Province

地区 Region	菌株数/株 Number of strains	不同药剂浓度的抑菌率平均值/% Average inhibitory rate of fungicides at different dosages					EC ₅₀ 平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Average value of EC ₅₀
		0.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	0.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$	1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	2.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$	5 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
铜山 Tongshan	12	0.55	7.69	72.47	85.11	97.50	(2.82±0.016)b
姜堰 Jiangyan	12	1.02	5.06	81.01	89.46	97.39	(2.84±0.013)b
沭阳 Shuyang	12	1.50	4.04	75.25	85.56	94.91	(3.09±0.039)a

1) 表中不同小写字母表示差异显著(Duncan 氏新复级差法, $P < 0.05$)。

Different letters indicate significant difference at 0.05 level by DMRT.

表 7 25%氰烯菌酯悬浮剂对番茄根际镰刀菌群的室内毒力测定结果

Table 7 Toxicity of 25% JS399-19 SC to tomato *Fusarium oxysporum*

菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC ₅₀	菌株编号 Strain number	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 Correlation coefficient	有效中浓度/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ EC ₅₀
A1	$y=0.7238x+5.9382$	0.9742	0.05	B19	$y=0.5232x+6.0619$	0.9676	0.01
A2	$y=1.6481x+4.1916$	0.9362	3.09	B20	$y=0.8169x+5.8796$	0.9963	0.08
A3	$y=0.8690x+5.6323$	0.9892	0.19	B21	$y=0.6695x+5.9640$	0.9885	0.04
A4	$y=2.1668x+3.9622$	0.9541	3.01	B22	$y=1.6717x+4.1724$	0.9889	3.13
A5	$y=2.6064x+3.6978$	0.9436	3.16	B23	$y=1.8895x+3.9343$	0.9593	3.66
A6	$y=1.8738x+4.0129$	0.9004	3.36	B24	$y=1.8883x+4.3112$	0.9709	2.32
A7	$y=2.2392x+3.9481$	0.9351	2.95	C25	$y=0.6495x+5.8231$	0.9356	0.05
A8	$y=2.4764x+3.8464$	0.9853	2.92	C26	$y=1.7441x+4.3934$	0.9930	2.23
A9	$y=2.1439x+4.2462$	0.8953	2.25	C27	$y=1.0746x+5.7653$	0.9871	0.19
A10	$y=2.1990x+3.6787$	0.9833	3.99	C28	$y=2.1158x+4.0043$	0.9892	2.96
A11	$y=0.9207x+5.9111$	0.9640	0.10	C29	$y=0.8244x+5.8943$	0.9588	0.08
A12	$y=2.4076x+3.3843$	0.8659	4.69	C30	$y=2.0550x+4.1947$	0.9841	2.47
B13	$y=0.6486x+5.9209$	0.9179	0.04	C31	$y=0.8428x+5.9277$	0.9918	0.08
B14	$y=0.6951x+5.9595$	0.9797	0.04	C32	$y=2.3480x+3.7027$	0.9815	3.57
B15	$y=0.6616x+5.9739$	0.9718	0.03	C33	$y=2.4933x+3.7120$	0.9634	3.29
B16	$y=0.6432x+6.0062$	0.9922	0.03	C34	$y=0.7504x+6.0095$	0.9769	0.05
B17	$y=0.7422x+5.9483$	0.9845	0.05	C35	$y=2.0242x+4.2297$	0.9769	2.40
B18	$y=0.7029x+5.9599$	0.9569	0.04	C36	$y=2.4298x+3.9004$	0.9660	2.83

表 8 江苏省不同地区番茄枯萎病菌对 25% 氰烯菌酯悬浮剂的敏感性

Table 8 Sensitivity of tomato *Fusarium oxysporum* from different regions to 25% JS399-19 SC in Jiangsu Province

地区 Region	菌株数/株 Number of strains	不同药剂浓度的抑菌率平均值/% Average inhibitory rates of fungicides at different dosages					EC ₅₀ 平均值/ $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Average value of EC ₅₀
		0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$	1 $\mu\text{g}/\text{mL}$	2 $\mu\text{g}/\text{mL}$	4 $\mu\text{g}/\text{mL}$	8 $\mu\text{g}/\text{mL}$	
铜山 Tongshan	12	22.32	30.24	45.56	69.74	82.77	(2.48±0.054)a
姜堰 Jiangyan	12	59.09	68.62	76.54	83.50	89.29	(0.79±0.145)c
沭阳 Shuyang	12	33.41	43.82	60.31	75.97	86.75	(1.68±0.117)b

3 讨论

随着设施番茄连续种植年代的增加,由枯萎病菌引起的土传病害导致的连作障碍日趋严重,现已成为设施番茄安全生产的主要瓶颈^[12]。目前生产上防治番茄枯萎病主要依靠化学农药。我们通过实地调查和试验结果分析发现,不同地区的枯萎病菌菌株对化学农药的敏感性存在显著差异,这与当地设施番茄的种植模式和用药水平有密切关系,例如与其他两个地区的菌株相比,沭阳地区的枯萎病菌几乎对所有的化学农药都比较敏感,其原因之一是沭阳地区设施番茄采用水旱轮作的种植模式,春季-夏季种植水稻,秋季-冬季种植番茄,连续种植番茄 3~4 年后就换地,所以基本上不用药防治枯萎病;铜山地区的枯萎病菌对化学农药的敏感性较弱,主要原因是铜山地区在日光大棚中种植番茄,秋季-冬季种植番茄,春季-夏季种植其他蔬菜,枯萎病菌在土壤中存活年代久,数量大,每年必须使用大量化学农药进行多次防治。因此,在制定设施番茄枯萎病综合防控对策时,我们要了解当地番茄种植模式和防治枯萎病的用药水平,以便能够初步估算出枯萎病菌对化学农药的敏感性,做到适时适量用药,达到经济、有效地防控设施番茄枯萎病的目的。

从本试验结果可看出,化学药剂 50% 多菌灵可湿性粉剂和 25% 氰烯菌酯悬浮剂对番茄枯萎病菌表现出较好的抑菌活性,平均 EC₅₀ 分别为 2.91 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 和 1.65 $\mu\text{g}/\text{mL}$,但是我们通过设施番茄生产基地实地调查发现,多菌灵和氰烯菌酯对番茄枯萎病的防治效果并不十分理想,分析主要原因是这两种化学药剂的残效期太短,无法全面防控枯萎病菌的侵害。番茄枯萎病菌长期存活在土壤中,通过番茄植株的根部伤口侵染到植株体内繁殖,因此需要在苗期定植时用药处理土壤,阻止病原菌侵入番茄植株内;多菌灵和氰烯菌酯的残效期一般为 7~10 d,必须大量、连续地使用药剂才能达到较好的

防控效果,而在番茄生产基地一般只在移苗定植前一次性用药处理土壤,两种化学药剂的残效期又短,致使达不到很好的防控效果。另外,大量、多次使用化学药剂处理土壤会造成环境污染,并且增加农民生产成本。

由此可见,使用化学防治技术控制设施番茄枯萎病并不是最佳选择。解决病原菌抗药性的有效途径,可以采用替代药剂(生防菌剂)以及与不同作用靶标的其他药剂混用或复配等。本实验室以番茄枯萎病菌为指示菌,定向分离和筛选了对病原菌有较好拮抗作用的生防菌芽胞杆菌 B-1619,通过田间试验表明,B-1619 不仅可有效控制设施番茄枯萎病,而且对番茄植株有一定促生作用^[13-14]。使用生物防治技术控制设施番茄枯萎病,将减少化学农药造成的环境污染,并且可以修复生态环境,是一种具有应用前景的防控技术,有待今后深入研究和推广应用。

参考文献

- [1] 徐艳辉,李焯,许向阳. 番茄枯萎病的研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(11): 128-134.
- [2] Fuchs J G, Moënné-Loccoz Y, Défago G. Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 induces resistance *Fusarium* wilt of tomato [J]. Plant Disease, 1997, 81(5): 492-495.
- [3] 闫敏,庞金梅,焦晓燕,等. 番茄枯萎病对植株维管束危害及抗氧化系统影响的研究[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 615-620.
- [4] 钱晓雍,沈根祥,黄丽华,等. 3 株非致病性镰刀菌 *Fusarium oxysporum* 菌株对番茄枯萎病的生物防治效果[J]. 上海农业学报, 2008, 23(4): 60-62.
- [5] 田连生,张根伟. 木霉菌剂防治番茄枯萎病效果[J]. 现代化农业, 2002(10): 14.
- [6] 张丹,张万民,洪晓燕,等. 申嗉霉素对番茄枯萎病的防治效果[J]. 中国蔬菜, 2012(23): 32.
- [7] 文学,籍秀琴,陈其焱. 从土壤中分离棉枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Atk.) Synder & Hansen) 选择性培养基研究[J]. 棉花学报, 1993, 5(2): 87-93.

表 2 42%三氯异氰尿酸可湿性粉剂对香蕉叶鞘腐烂病的抑制效果(2013 年)

Table 2 Control efficacy of 42% trichloroiso cyanuric acid WP on banana sheath rot disease by field trials in 2013

药剂名称 Fungicide	稀释 倍数/倍 Dilution ratio	药前病指 Disease index before spraying	3 次药后 10 d 10 days after spraying 3 times		4 次药后 11 d 11 days after spraying 4 times	
			平均病指 Disease index	平均防效/% Average control efficacy	平均病指 Disease index	平均防效/% Average control efficacy
			42%三氯异氰尿酸 WP 42% Trichloroiso cyanuric acid WP	504	2.21 a	12.46 bc
	403	2.54 a	12.71 b	52.49 b	17.51 b	57.14 b
	336	2.49 a	10.42 c	60.33 a	14.78 c	63.16 a
50%氯溴异氰尿酸 WP 50% Chloroisobromine cyanuric acid WP	348	2.20 a	11.25 bc	51.38 b	15.22 bc	56.47 b
空白对照	—	2.26 a	23.84 a	—	36.42 a	—

3 结论与讨论

近年来广东、福建、海南等香蕉产区叶鞘腐烂病发生危害较重,该病害以前发生较少或并不严重,最近几年发生越来越普遍,而常规化学药剂的防治效果不理想,是目前生产上需要重点防治的病害对象。香蕉叶鞘腐烂病的流行与当地气候密切相关,广东省通常 5—6 月开始发病,7—10 月发病严重,病害在高温、高湿、土壤含水量过高以及蕉园密植、通风不良的条件下容易发生流行。目前泛菌属包括有成团泛菌在内的 7 个种^[4],泛菌可广泛存在于植株表面、种子、土壤、水以及人体与动物体中^[7],长期以来成团泛菌的致病性问题都有争议,大多情况下该菌被认为是一种腐生菌或植物病斑上的次生菌^[8],引起香蕉叶鞘腐烂病的成团泛菌与蕉园水源、土壤是否存在紧密联系,其致病力有无分化,有待进一步研究。

连续两年的田间防治试验结果表明,42%三氯异氰尿酸可湿性粉剂是抑制香蕉叶鞘腐烂病的较好药剂,使用 336~403 倍液喷施香蕉叶鞘,对香蕉未见药害现象。建议在香蕉叶鞘初发病或未发病时施

用该药,推荐使用浓度 336~403 倍,施药次数 4 次,施药间隔为 10~15 d,均匀喷施在香蕉假茎和叶鞘部位,或轮换喷施其他杀菌剂,如春雷霉素、井冈霉素、农用链霉素等。

参考文献

- [1] Food and agriculture organization of the United Nations. FAOSTAT [EB/OL]. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- [2] 董涛,陈新建,凡超,等.我国香蕉产业面临的主要问题与对策[J].广东农业科学,2013(11):220-223.
- [3] 卞阿娜,方份,苏茹.2%加收米水剂防治香蕉叶鞘腐烂病的田间药效试验[J].天津农业科学,2006,12(2):128-129.
- [4] 严玉宁,何红,叶艺俊.香蕉叶鞘腐败病原鉴定[J].植物病理学报,2011,41(2):124-130.
- [5] 田厚伦.三氯异氰尿酸生产技术研究[J].辽宁化工,2006,35(10):570-572.
- [6] 王翔,聂湘平,李凯彬.三氯异氰尿酸和环丙沙星对水生生物的急性毒性[J].生态科学,2006,25(2):155-157.
- [7] 王金生,杨晓云,方中达.水稻细菌性基腐病的侵染规律和病理解剖学研究[J].植物病理学报,1987,17(2):79-83.
- [8] Bradbury J F. Guide to plant pathogenic bacteria [M]. International Mycological Institute, 1986:81.

(责任编辑:王音)

(上接 213 页)

- [8] Botha A, Denman S, Lamprecht S C, et al. Characterisation and pathogenicity of *Rhizoctonia* isolates associated with black root rot of strawberries in the Western Cape Province, South Africa [J]. Australasian Plant Pathology, 2003, 32(2):195-201.
- [9] Nelson P E, Toussoun T A, Marasas W F O. *Fusarium* species: an illustrated manual for identification [M]. Pennsylvania: Pennsylvania State University Press, 1983:193.
- [10] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:46-47.
- [11] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其 DPS 处理系统[M].北京:

科学出版社,2002.

- [12] 王治林,朱剑花,岳菊,等.茄果类蔬菜枯萎病及其综合防治[J].江苏农业科学,2011(6):168-171.
- [13] 陈志谊,刘邮洲,乔俊卿,等.利用芽胞杆菌生防菌防控土传病害引起的设施蔬菜连作障碍[J].中国蔬菜,2012(8):29-30.
- [14] 乔俊卿,刘邮洲,夏彦飞,等.生防菌 B1619 在番茄根部的定殖及对根际微生态的影响[J].植物保护学报,2013,40(6):507-511.

(责任编辑:王音)