

# 柑橘溃疡病菌的药剂筛选及抗药性分析

陈雪凤<sup>1</sup>, 雷艳宜<sup>1</sup>, 叶 淦<sup>2</sup>, 丁 钿<sup>1</sup>, 曾冬根<sup>3</sup>, 刘琼光<sup>1</sup>

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 江西省赣州市果业局, 江西 赣州 341000;  
3 江西省吉安县农业局, 江西 吉安 343100)

**摘要:**柑橘溃疡病是柑橘生产上重要细菌病害, 药剂防治是其主要的防治措施. 本文通过平板抑菌圈试验, 测定了来自广东和江西等地的21个柑橘溃疡病细菌对8种化学药剂的敏感性. 结果表明: 叶枯唑1 000×、新植霉素2 800×、水合霉素1 300×等3种药剂对供试的21个柑橘溃疡病菌株均没有抑菌作用; 链霉素、中生菌素、溃疡克星、氢氧化铜·锌和必备等5种药剂对溃疡病菌表现不同程度的抑菌作用, 其中, 链霉素的抑菌作用最强; 部分溃疡病菌株对这5种药剂产生了不同程度的抗药性. 田间试验结果表明, 链霉素、中生菌素对溃疡病防治效果较好.

**关键词:**柑橘溃疡病菌; 药剂; 抗药性; 化学防治

中图分类号: S482.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2012)04-0460-05

## Screening of Fungicides and Drug Resistance Analysis for *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*

CHEN Xue-feng<sup>1</sup>, LEI Yan-yi<sup>1</sup>, YE Gan<sup>2</sup>, DING Tian<sup>1</sup>, ZENG Dong-gen<sup>3</sup>, LIU Qiong-guang<sup>1</sup>

(1 College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Ganzhou Fruits Crop Bureau in Jiangxi Province, Ganzhou 341000, China;

3 Ji'an Agricultural Bureau in Jiangxi Province, Ji'an 343100, China)

**Abstract:** Citrus canker is an critical bacterial disease in the world. Chemical control is one of the most important measures for the disease. In this study, the sensitivities to eight kinds of bactericides on 21 strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (*Xac*) mainly from Guangdong and Jiangxi Province were tested by using bacteriostatic experiment in the plate. The results showed that bismethiazol (1 000 ×), new phytoycin (2 800 ×) and oxytetracycline hydrochloride (1 300 ×) had few effects on 21 bacterial strains. Streptomycin, zhongshengmycin, peracetic acid, copper hydroxide ziram and bouillie bordelaise had different levels of bacteriostatic action, while streptomycin had the best effect on *Xac*. However, some *Xac* strains showed different resistances to these fungicides. In addition, streptomycin and zhongshengmycin showed better control effects on citrus canker disease in the field.

**Key words:** *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*; fungicide; resistance; chemical control

柑橘溃疡病是由地毯草黄单胞柑橘致病变种 *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* 引起的一种严重危害柑橘枝、叶及果实的细菌性病害<sup>[1-3]</sup>, 是包括中国在内世界性检疫对象<sup>[4,5]</sup>. 该病在我国一些柑橘产区均有发生, 尤其以广东、广西、湖南、福建等省(区)受害严重<sup>[6]</sup>, 造成落叶、枯梢, 削弱树势, 严重的可引

起落果, 影响柑橘产量和果品质量<sup>[7-10]</sup>. 由于该病害为检疫性病害, 目前发达国家多采用大面积焚毁根除法, 但此种方法成本很高, 在我国柑橘产区实施起来比较困难, 柑橘溃疡病的防治仍然是柑橘产业的重要问题, 得不到有效根治<sup>[2]</sup>. 我国疫区以化学防治为主, 辅以加强肥水管理、控梢、冬季清园等的综合

收稿日期: 2011-09-26

作者简介: 陈雪凤(1986—), 女, 硕士研究生; 通信作者: 刘琼光(1964—), 男, 副教授, E-mail: qgliu@scau.edu.cn

基金项目: 农业部公益性行业专项子项目(201003067-01-7)

防治措施<sup>[6,11-12]</sup>,尽管如此,溃疡病仍然年年发生.目前,防治溃疡病的常规药剂主要以铜制剂为主,包括有波尔多液、氢氧化铜、氧氯化铜、焦氨铜、可杀得等<sup>[6,13-15]</sup>.然而,铜制剂的长期使用导致土壤和环境中的铜的累积,造成对环境的污染<sup>[16]</sup>.

此外,链霉素、金核霉素等及其混合杀菌剂,如加瑞农、多宁、可杀得铜氨合剂等也广泛应用于溃疡病的化学防治<sup>[12,17-21]</sup>.广东和江西柑橘种植面积较大,一些柑橘品种如橙类、年橘溃疡病发生严重,化学农药的使用量有增无减.为了对柑橘溃疡病发生进行有效控制,探讨菌株的抗药性问题及化学防治

技术,为今后大面积推广应用提供科学依据,笔者于2010年对主要来自江西、广东等地的柑橘溃疡病细菌进行了药剂筛选试验和抗药性菌株的分析,以期为我国柑橘产业的可持续发展提供参考.

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

1.1.1 供试菌株 柑橘溃疡病菌 *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (简称 *Xac*),2009—2010年分离自江西、广东等不同地区的不同柑橘品种,所有菌株由华南农业大学细菌研究室保存并提供(表1).

表1 供试的柑橘溃疡病菌

Tab.1 The strains of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in this study

菌株编号	来源	菌株编号	来源	菌株编号	来源
JZ-2	浙江台州脐橙	GZ2-2	江西赣州脐橙	SD3	广东顺德朱砂橘
XH-1	广东新会砂糖橘	GZ2-5	脐江西赣州橙	SD5	广东顺德朱砂橘
XH-4	广东新会甜橘	BAn-1	广东深圳橘红	GL11	广西桂林脐橙
XH-5	广东新会新会柑	BAn-2	广东深圳橘红	QN222	江西全南脐橙
XH-6	广东新会新会柑	D1	江西定南脐橙	AY1013	江西安远脐橙
XW-2	江西寻乌脐橙	D3	江西定南脐橙	AY1014	江西安远脐橙
GZ2-1	江西赣州脐橙	SD2	广东顺德朱砂桔	AY1015	江西安远脐橙

1.1.2 供试药剂 铜制剂:必备400×(美国仙农有限公司)、氢氧化铜·锌1000×(西安美邦药业有限公司)、丁锐可1500×(美国仙农有限公司)、必绿2000×(浙江海正化工股份有限公司);抗菌素类:叶枯唑1000×(美邦农业有限责任公司)、新植霉素2800×(青岛鑫海精细化工厂)、水合霉素1300×(成都普惠生物工程有限公司)、链霉素1000×(健阳生物科技有限公司)、中生菌素800×(深圳诺普信公司)、春雷霉素600×(北京亨世农科技发展有限公司);过氧乙酸:溃疡克星1000×(石家庄宝丰化工有限公司).

1.1.3 培养基 *Xac*培养基为普通细菌培养基:牛肉膏3g,酵母膏3g,蛋白胨5g,磷酸二氢钾0.5g,磷酸氢二钾2g,硫酸镁0.25g,蔗糖15g,琼脂17~20g,蒸馏水1L.

### 1.2 平板抑菌试验

采用平板抑菌圈法.将培养48h的*Xac*配制成 $1 \times 10^9$  CFU/mL菌悬液,取0.5 mL加入到100 mL的、冷却至45℃左右的普通细菌培养基中,充分混匀后倒入平板;待培养基凝固后,用镊子取一灭菌小滤纸碟,蘸取药液,置于培养基平板上.每种药剂每个浓度5次重复.将平板置于30℃培养箱中培养48h,观察记录,测量抑菌圈直径.

### 1.3 *Xac* 抗药性菌株分析

为进一步明确不同药剂对不同来源的*Xac*抑菌作用差异,本研究进行了*Xac*抗药性分析:即在同一种药剂试验中,以抑菌圈直径最大的*Xac*菌株作为药剂敏感的野生型菌株,并以该敏感菌株的抑菌圈直径为参照,计算其他各菌株的抑菌圈减少百分率,由此判断*Xac*菌株对该药剂的抗性情况.抑菌圈直径减少率(DR)=(敏感菌株抑菌圈直径-*Xac*菌株抑菌圈直径)/敏感菌株抑菌圈直径×100%,抑菌圈直径减少率越大,说明该菌株的平板抑菌圈直径越小,药剂的作用越不明显,则该菌株的抗药性越强.

抗药性分级标准:0 < DR < 25%为无抗药性;25% ≤ DR < 50%为轻度抗药性;50% ≤ DR < 80%为中度抗药性;DR ≥ 80%为高度抗药性.

### 1.4 药剂田间防治试验

选择3种铜制剂(必备、丁锐可和必绿)和3种抗生素(春雷霉素、中生菌素、链霉素)进行柑橘溃疡病田间药剂防治试验.试验地点为广东顺德溃疡病发生严重的橘园,品种为朱砂橘;每处理3个重复,共60株;以喷清水为对照;于第3次喷药15d后调查溃疡病情况.采用5点随机取样,每点调查2株,每株按东西南北中5个方位调查2~3株夏稍的所有叶片.病级按照如下分级标准:0级—叶片无病斑;

1级—叶片病斑1~5个;3级—叶片病斑6~10个;5级—叶片病斑11~15个;7级—叶片病斑16~20个;9级—叶片病斑20个以上.根据病害指数,计算防治效果.

病情指数 =  $\Sigma$  (各级病叶数 × 相对应病级数) / (调查总叶数 × 9) × 100,

防治效果 = (对照病情指数 - 处理病情指数) / 对照病情指数 × 100%.

### 1.5 数据处理与统计方法

采用 Excel 2003 和 SPSS 14.0 软件进行数据处理和统计分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 Xac 药剂筛选结果

供试的 8 种药剂平板滤纸碟抑菌试验结果表明,农用链霉素、必备、氢氧化铜·锌、溃疡克星、中生菌素这几种药剂总体来说,抑菌效果较好.产生的抑菌圈直径由大到小依次为链霉素 > 中生菌素 > 氢氧化铜·锌 > 溃疡克星 > 必备,其中链霉素与其他药剂差异最显著 ( $\alpha < 0.05$ ),抑菌效果最好.而叶枯唑、新植霉素、水合霉素对柑橘溃疡病菌无抑菌效

果.同一种药剂对不同 Xac 菌株的抑菌作用明显不同.

### 2.2 Xac 抗药性菌株分析

对药剂必备的平板抑菌试验结果(表 2)发现,来自江西安远的 AY1013、AY1014 和 AY1015 等 3 个 Xac 菌株对必备药剂比较敏感,尚未产生抗药性,而其他菌株均产生不同程度的抗药性.来自广东的 9 个 Xac 菌株中有 5 个菌株对药剂必备产生了高度抗药性(其中 4 个菌株来自顺德和深圳的年橘),另外 3 个菌株产生了中度抗药性,说明广东柑橘溃疡病细菌对必备铜制剂的抗药性比较突出.来自江西的 Xac 菌株除了安远的 3 个菌株没有抗药性外,其他地方的 Xac 菌株均表现为中等水平的抗药性.

10 个来自江西的 Xac 菌株有 4 个菌株对氢氧化铜·锌比较敏感,尚未产生抗药性,有 5 个菌株产生了轻度抗药性,1 个菌株产生了中度抗药性.9 个广东 Xac 菌株中有 6 个菌株对氢氧化铜·锌比较敏感,尚未产生抗药性,有 2 个菌株产生了轻度抗药性,1 个菌株产生了中度抗药性.说明广东柑橘溃疡病细菌对氢氧化铜·锌等铜制剂较敏感,特别是来自顺德和新会的菌株,基本没有产生抗药性(表 2).

表 2 不同 Xac 菌株对 5 种药剂的敏感性<sup>1)</sup>

Tab. 2 Sensitivities of different Xac strains to five bactericides

菌株编号	必备		氢氧化铜·锌		溃疡克星		链霉素		中生菌素	
	$d_{\text{抑菌圈}}/\text{cm}$	抗性	$d_{\text{抑菌圈}}/\text{cm}$	抗性	$d_{\text{抑菌圈}}/\text{cm}$	抗性	$d_{\text{抑菌圈}}/\text{cm}$	抗性	$d_{\text{抑菌圈}}/\text{cm}$	抗性
AY1015	0.92		0.46(28.13)	LR	0.18(74.29)	MR	2.68(14.65)	NO	0.34(72.58)	MR
XH-6	0.08(91.30)	HR	0.36(43.75)	LR	0.28(60.00)	MR	2.74(12.74)	NO	0.64(48.39)	LR
D1	0.08(91.30)	HR	0.32(50.00)	LR	0.28(60.00)	MR	2.28(27.39)	LR	0.78(37.10)	LR
SD2	0.12(86.95)	HR	0.58(9.38)	NO	0.44(37.14)	LR	2.48(21.02)	NO	1.24	
SD3	0.12(86.95)	HR	0.62(3.13)	NO	0.36(48.57)	LR	2.72(13.38)	NO	1.20(3.226)	NO
BAn-2	0.14(84.78)	HR	0.42(34.38)	LR	0.32(54.29)	MR	2.36(24.84)	NO	0.96(22.58)	NO
BAn-1	0.18(80.43)	HR	0.60(6.25)	NO	0.70		3.10(1.27)	NO	1.06(14.52)	NO
GZ2-2	0.20(78.20)	MR	0.48(25.00)	NO	0.20(71.43)	MR	2.76(12.10)	NO	0.50(59.68)	MR
GL11	0.20(78.20)	MR	0.30(53.13)	MR	0.48(31.43)	LR	2.20(29.94)	LR	0.36(70.97)	MR
XH-4	0.24(73.91)	MR	0.22(65.63)	MR	0.62(11.43)	NO	2.02(35.67)	LR	0.24(80.65)	HR
XW-2	0.24(73.91)	MR	0.36(43.75)	LR	0.26(62.86)	MR	3.00(4.46)	NO	0.76(38.71)	LR
D3	0.24(73.91)	MR	0.36(43.75)	LR	0.34(51.43)	MR	2.84(9.55)	NO	0.72(41.94)	LR
QN222	0.24(73.91)	MR	0.26(59.38)	MR	0.54(22.86)	NO	0(100.00)	HR	0.36(70.97)	MR
SD5	0.26(71.74)	MR	0.52(18.75)	NO	0.36(48.57)	LR	2.88(8.28)	NO	0.74(40.32)	LR
GZ2-5	0.28(69.56)	MR	0.64		0.42(40.00)	LR	2.38(24.20)	NO	1.00(19.35)	NO
JZ-2	0.38(58.70)	MR	0.26(59.38)	MR	0.40(42.86)	LR	2.36(24.84)	NO	0.20(83.87)	HR
XH-5	0.38(58.70)	MR	0.50(21.88)	NO	0.48(31.43)	LR	2.60(17.20)	NO	0.50(59.68)	MR
GZ2-1	0.38(58.70)	MR	0.38(40.63)	LR	0.42(40.00)	LR	2.74(12.74)	NO	0.72(41.94)	LR
XH-1	0.52(43.48)	LR	0.54(15.63)	NO	0.48(31.43)	LR	3.14		0.88(29.03)	LR
AY1014	0.72(21.70)	NO	0.52(18.75)	NO	0.20(71.43)	MR	2.78(11.46)	NO	0.44(64.52)	MR
AY1013	0.78(15.20)	NO	0.54(15.63)	NO	0(100.00)	HR	2.80(10.83)	NO	0.42(66.13)	MR

1) 括号内为抑菌圈直径减少率/%;HR、MR、LR、NO 分别表示高度抗性、中度抗性、轻度抗性和无抗性.

来自广东深圳的 BAn-1、广东新会的 XH-4 和来自江西全南的 QN222 等 3 个 *Xac* 菌株对溃疡克星药剂比较敏感,其他菌株均产生不同程度的抗药性。来自江西的 10 个 *Xac* 菌株中有 1 个菌株 (AY1013) 产生了高度抗药性,有 6 个菌株产生了中度抗药性,这 7 个菌株都是来自江西的脐橙,表明江西柑橘溃疡病菌对药剂溃疡克星的抗药性比较突出,特别是来自安远的脐橙可能由于用药频率较高,抗药性严重。来自广东顺德的年橘均表现为轻度抗药性,其他表现为轻度或者中度的抗药性,推测由于广东地区该药用量逐渐增加,抗药性开始有上升趋势 (表 2)。

对药剂链霉素 1 000 × 平板抑菌试验结果 (表 2) 表明,除了来自江西全南的 *Xac* 菌株 QN222 对链霉素药剂产生了高度抗药性以及江西定南的 D1、广东新会的 XH-4 和广西桂林的 GL11 等 3 个 *Xac* 菌株产生了轻度抗药性外,其他菌株均还没有产生抗药性。说明广东和江西等地对链霉素药剂还没有普遍产生抗药性。

此外,来自广东深圳的 BAn-1 和 BAn-2 以及广东顺德的 SD3、江西赣州的 GZ2-5 等 4 个 *Xac* 菌株对中生菌素药剂比较敏感,其他菌株均产生不同程度的抗药性。来自广东的 9 个 *Xac* 菌株中有 1 个菌株对中生菌素产生了高度抗药性和 1 个菌株产生了中度抗药性,其他均为轻度抗药性。来自江西的 10 个 *Xac* 菌株中有 5 个菌株产生了中度抗药性 (表 2)。

### 2.3 药剂田间防治效果

药剂田间防治试验结果 (表 3) 发现,抗生素类杀菌剂——链霉素 3 000 ×、中生菌素 800 × 对溃疡病防治效果较好,防治效果分别为 95.15% 和 92.71%; 其次为有机铜杀菌剂必绿 2 000 × 防治效果 81.42%; 必备 400 × 和丁锐可 1 500 × 防治效果分别为 67.14% 和 56.32%; 春雷霉素的防治效果达 55.30%。表明链霉素和中生菌素是防治广东顺德年橘溃疡病的理想药剂,而且该橘园对这 2 种药剂没有产生抗药性; 其他 3 种铜制剂对溃疡病防效一般,可能有抗药性菌株的存在。

表 3 不同药剂对柑橘溃疡病田间防治效果

Tab.3 The control effect of citrus canker disease with different fungicides in the field

药剂	病情指数	防治效果/%
链霉素 3 000 ×	0.24	95.15
中生菌素 800 ×	0.36	92.71
必绿 (啞啉铜) 2 000 ×	0.91	81.42
必备 400 ×	1.61	67.14
丁锐可 1 500 ×	2.14	56.32
春雷霉素 600 ×	2.19	55.30
清水对照 (CK)	4.90	

## 3 讨论与结论

目前柑橘溃疡病的防治仍然以化学防治为主,其中铜制剂和链霉素在生产上大量使用,成为防治柑橘溃疡病的常用药剂<sup>[12, 15, 19-22]</sup>。孙惠敏等<sup>[20]</sup>室内毒力测定结果发现,非铜制剂代森锰锌、福美双、福美双·溴菌腈、链霉素、金核霉素对柑橘溃疡病菌具有较强的抑制作用,而过氧乙酸、噻唑锌、春雷霉素、中生菌素则效果较差。姚廷山等<sup>[12]</sup>试验结果认为,春雷霉素 400 ×、噻霉酮 900 ×、琥胶肥酸铜 600 ×、链霉素 1 000 ×、叶枯唑 500 × 对柑橘溃疡病的防治效果较好,均在 70% 以上,其中,叶枯唑 500 ×、松脂酸铜 1 100 ×、硫酸链霉素 1 000 × 与春雷霉素 400 ×、中生菌素 900 ×、琥胶肥酸铜 600 × 对柑桔溃疡病防治效果差异不显著 ( $P > 0.05$ )。本研究选择了 8 种杀菌剂对不同地区的柑橘溃疡病菌进行了药剂筛选和抗药性分析,结果表明,农用链霉素、中生菌素、溃疡克星、氢氧化铜·锌和必备等 5 种药剂的抑菌效果较好,其中,链霉素与其他药剂差异极显著 ( $P < 0.05$ ),抑菌效果最好,其次为中生菌素和溃疡克星 (过氧乙酸)。进一步在广东顺德的年橘上的田间防治试验结果发现,链霉素和中生菌素等抗生素类杀菌剂对溃疡病防治效果最好,其次为有机铜杀菌剂必绿,必备和丁锐可等铜制剂防治效果分别为 67.14% 和 56.32%,而春雷霉素的防治效果只有 55.3%。从田间防治效果来看,与实验室平板抑菌试验结果基本相符。必备铜制剂对顺德年橘溃疡病的防治效果一般,究其原因可能是由于该年橘园连续几年大量使用铜制剂必备,导致一些抗铜制剂菌株的产生。姚廷山等<sup>[12]</sup>研究表明,叶枯唑、碱式硫酸铜对柑橘溃疡病菌具有微弱抑菌作用。然而,也有一些研究认为,包括抗生素在内的其他杀菌剂不及铜制剂有效<sup>[14, 17]</sup>,造成上述结果不同的原因可能由于不同研究者所选择的溃疡病菌株不同、药剂有效成分不同、厂家和稀释倍数不同,也可能由于用于试验的 *Xac* 菌株对某些药剂已经产生了抗药性,有待于进一步研究。

我们通过对江西和广东等地防治细菌病害的农药市场及使用情况调查发现,目前国内用来防治柑橘溃疡病的药剂主要以抗菌素类 (链霉素、中生菌素、春雷霉素等) 和各种铜制剂类为主,其中铜制剂类杀菌剂使用频率最高,因为铜制剂属于保护剂,也可用于其他病害的预防。本研究通过药剂平板试验发现,测定的 21 个 *Xac* 菌株有 18 个菌株对硫酸铜 (必备) 产生了不同程度的抗药性,究其原因可能是由于生产上必备的使用非常普遍,特别在广东一些柑橘

园多年来大量使用必备保护剂.然而,有趣的是,本研究中氢氧化铜·锌药剂产生抗药性的菌株较少,原因是否由于该药剂在广东和江西等地柑橘园使用的量不大,或者由于药剂中含有锌等因素,有待于进一步调查研究.近年来,溃疡克星在江西脐橙产区大量用于柑橘溃疡病的防治,本研究中,来自江西的10个*Xac*菌株有7个菌株对溃疡克星产生中等以上抗药性,而且这些抗性菌株全部来自江西赣州地区的脐橙,因此,在江西脐橙生产上要重视这些溃疡病菌抗药性问题.本研究中,对链霉素产生了高度抗药性的菌株只有1个江西全南的QN222菌株,另外,来自江西定南的D1、广东新会的XH-4、广西桂林的GL11这3个*Xac*菌株也产生了轻度抗药性,其他供试的*Xac*菌株均还没有产生抗药性,但也要适度控制链霉素的使用,因为在不同的地方均出现了一些轻度抗药性菌株.对于中生菌素,本研究发现供试的21个*Xac*菌株中,只有4个菌株(3个来自广东)没有产生抗药性,其他菌株对中生菌素均产生了不同程度的抗药性.

此外,本研究还发现,叶枯唑、新植霉素、水合霉素等3种药剂对供试的21个*Xac*菌株均没有抑菌作用.是否由于这些溃疡病菌株产生了抗药性或者药剂的浓度太低或其他原因,有待于进一步研究分析.

综合上述结果,本研究认为,链霉素、中生菌素、溃疡克星、氢氧化铜·锌和必备这5种药剂在一些没有产生抗性或者产生轻度抗性的柑橘产区可以用来防治柑橘溃疡病,但必须控制其使用量和使用次数,建议不同类型的药剂交替、轮换使用,避免长期单一使用同一种药剂,以免增强溃疡病菌株的抗性水平.对于已经产生抗药性的地区,如广东顺德和深圳的年橘上要控制必备等铜制剂的使用,在广东顺德的年橘上,链霉素和中生菌素是目前防治溃疡病的理想药剂.广东新会柑上要控制中生菌素的使用,江西赣州脐橙上要控制溃疡克星药剂的使用.本研究结果还发现,不同柑橘品种对同种药剂抗药性程度不同,可能由于柑橘品种的多样化导致柑橘溃疡病菌定向诱变的结果,使得不同柑橘品种上的溃疡病菌抗药性不同.

柑橘溃疡病的发生流行给柑橘产业带来巨大的经济损失,目前对该病害的防治还没有得到根本的解决.究其原因除了种植感病品种(如脐橙、红橙等)和适宜流行的气象条件外,我们认为还可能与药剂的大量、不合理使用造成病菌产生抗药性有关,使得溃疡病菌株对药剂抵抗能力增强,防治效果不理想.探索出哪些地区柑橘溃疡病菌对哪些药剂产生了抗药性,对于指导该地区化学药剂的安全合理使用具

有重要的实际意义.

#### 参考文献:

- [1] GOTTWALD T R, GRAHAM J H, SCHUBERT T S. "Citrus canker: The pathogen and its impact." *Plant Health Progress*. 2002 [EB/OL]. [2011-06-20]. <http://www.apsnet.org/online/feature/citruscanker>.
- [2] GRAHAM J H, GOTTWALD T R, CUBERO J, et al. *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*: Factors affecting successful eradication of citrus canker [J]. *Mol Plant Pathol*, 2004, 5(1): 1-15.
- [3] 任建国, 黄思良, 岑贞陆, 等. 21种药剂对柑橘溃疡病的防治试验 [J]. *中国南方果树*, 2005, 34(3): 13-15.
- [4] 唐科志, 周常勇, 王雪峰, 等. 应用PCR技术快速检测柑桔溃疡病的研究 [J]. *中国南方果树*, 2005, 34(2): 1-4.
- [5] GOTTWALD T R, TIMMER L W, MCGUIRE R G. Analysis of disease progress of citrus canker in nurseries in Argentina [J]. *Phytopathology*, 1989, 79: 1276-1283.
- [6] 杨秀娟, 陈福如, 谢世勇. 柑桔溃疡病发生与防治研究进展 [J]. *中国果树*, 2002(5): 46-50.
- [7] 方毅敏, 张宜绪. 柑桔溃疡病发病程度对落叶、落果、果实大小及品质的影响 [J]. *植物病理学报*, 1992, 22(4): 361-364.
- [8] GOTTWALD T R, HUGHES G, GRAHAM J H, et al. The citrus canker epidemic in Florida: The scientific basis of regulatory/eradication policy for an invasive plant pathogen [J]. *Phytopathology*, 2001, 91: 30-34.
- [9] GOTTWALD T R., SUN X, RILEY T, et al. Geo-referenced spatiotemporal analysis of the urban citrus canker epidemic in Florida [J]. *Epidemiology*, 2002, 92(4): 361-377.
- [10] CHRISTIANO R S C, PRIA M D, JUNIR W C J, et al. Effect of citrus leaf-miner damage, mechanical damage and inoculum concentration on severity of symptoms of Asiatic citrus canker in Tahiti lime [J]. *Crop Protection*, 2007, 26(2): 59-65.
- [11] 覃可尊. 综合措施防治柑桔溃疡病效果显著 [J]. *中国南方果树*, 1997, 26(1): 19.
- [12] 姚廷山, 周常勇, 胡军华, 等. 柑桔溃疡病防治药剂的筛选研究 [J]. *云南农业大学学报*, 2011, 26(1): 30-33.
- [13] STALL R E, SEYMOUR C P. Canker: A threat to citrus in the gulf-coast states [J]. *Plant Disease*, 1983, 67: 581-585.
- [14] MCGUIRE R G. Evaluation of bactericidal chemicals for control of *Xanthomonas* on citrus [J]. *Plant Disease*, 1988, 72: 1016-1020.

- [J]. Fla Entomol, 1993, 76: 245-250.
- [3] LOPEZ M, ALUJA M, SLVINSKI J. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Mexico [J]. Biol Control, 1999, 15: 119-129.
- [4] HARDY D E, DELFINADO M D. Insects of Hawaii. [M]//[Anon]. A manual of the insect of the Hawaiian islands. Hawaii: The University Press of Hawaii, 1980: 451.
- [5] WONG T T Y, RAMADAN M M. Parasitization of the Mediterranean and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii [J]. Econom Entomol, 1987, 80: 77-80.
- [6] OVRUSKI S M, FIDALGO P. Use of parasitoids (Hym.) in the control of fruit flies (Dip.: Tephritidae) in Argentina: Bibliographic review (1937-1991) [J]. IOBC/WPRS Bulletin, 1994, 17 (6): 84-92.
- [7] OVRUSKI S M, ALUGA M, SIVINSKI J, et al. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control [J]. Int Pest Management Reviews, 2000, 5: 81-107.
- [8] 邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 等. 前裂长管茧蜂个体发育研究 [J]. 环境昆虫学报, 2008, 30 (2): 147-152.
- [9] 邵屯, 刘春燕, 陈科伟, 等. 桔小实蝇及其寄生性天敌: 前裂长管茧蜂饲养方法 [J]. 环境昆虫学报, 2008, 30 (4): 377-380.
- [10] 邵屯, 陈科伟, 刘春燕, 等. 前裂长管茧蜂对桔小实蝇的寄生效能研究 [J]. 华南农业大学学报, 2009, 30 (2): 33-36.
- [11] NUSSBAUMER C, SCHOPF A. Development of the solitary larval endoparasitoid *Glyptapanteles porthetriae* (Hymenoptera: Braconidae) in its host *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) [J]. Eur J Entomol, 2000, 97: 355-361.
- [12] 李元喜, 刘树生. 寄主龄期对菜蛾绒茧蜂生物学特性的影响 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2001, 27 (1): 11-14.
- [13] 蔡霞, 郝仲萍, 施祖华, 等. 寄主龄期对半闭弯尾姬蜂生物学特性的影响 [J]. 中国生物防治, 2006, 22 (2): 92-95.
- [14] CHAU A, MACKAUER M. Host instar selection in the aphid parasitoid *Monoctonus paulensis* (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiidae): A preference for small pea aphids [J]. Eur J Entomol, 2000, 97: 347-353.
- [15] 李建成, 张青文, 刘小侠, 潘文亮. 中红侧沟茧蜂成虫日龄及粘虫幼虫龄期对寄生效果的影响 [J]. 中国生物防治, 2005, 21 (1): 14-17.
- [16] SEQUEIRA R, MACKAUER M. Nutritional ecology of an insect host-parasite association: The pea aphid-*Aphidius ervis* system [J]. Ecology, 1992, 73: 183-189.
- [17] SEQUEIRA R, MACKAUER M. The nutritional ecology of a parasitoid wasp, *Ephedrus californicus* Baker (Hymenoptera: Aphidiidae) [J]. Can Entomol, 1993, 125: 423-430.
- [18] 陈科伟, 黄寿山, 何余容. 两种赤眼蜂对小菜蛾卵的寄生潜能分析 [J]. 生态学报, 2002, 22 (8): 1293-1296.
- [19] CAMPBELL A, MACKAUER M. The effect of parasitism by *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae) on reproduction and population growth of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) [J]. Can Entomol, 1975, 107: 919-926.
- [20] LAWRENCE P O, MATOS L F. Transmission of the *Diachasmimorpha longicaudata* rhabdovirus (DIRhV) to wasp offspring: An ultrastructural analysis [J]. Insect Physiology, 2005, 51: 235-241.
- [21] CYNTHIACHK, LAWRENCE P O. Hegen's glands of the parasitic wasp *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae): Ultrastructure and the detection of entomoposvirus and parasitism-specific protein [J]. Arthropod Structure & Development, 2002, 31: 121-130.

【责任编辑 周志红】

(上接第464页)

- [15] STEIN B, RAMALLO J, FOGUET, et al. Citrus leafminer control and copper sprays for management of citrus canker on lemon in Tucuman, Argentina [J]. Proc Fla State Hort Soc, 2007, 120: 127-131
- [16] ALVA A K, GRAHAM J H, ANDERSON C A. Soil pH and copper effects on young Hamlin orange trees [J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59: 481-487.
- [17] TIMMER L W. Evaluation of bactericides for control of citrus canker in Argentina [J]. Proc Fla State Hort Soc, 1988, 101: 6-9.
- [18] DAS A K. Citrus canker: A review [J]. J Appl Hort, 2003, 5(1): 52-60.
- [19] 张业忠, 陈统强. 几种药剂对柑桔溃疡病的防治效果 [J]. 安徽农学通报, 2008(22): 49-50.
- [20] 孙惠敏, 李保同, 郭明程, 等. 几种杀菌剂对柑桔溃疡病的生物活性 [J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(1): 38-42.
- [21] SAHI S T, GHAZANFAR M U, AFEAL M, et al. Incidence of citrus canker disease caused by *Xanthomonas campestris* pv. *citri* on Kinnow and its chemotherapy [J]. Pak J Bot, 2007, 39(4): 1319-1327.
- [22] BEHLAU F, JR J B, FILHO A B, et al. Copper sprays and windbreaks for control of citrus canker on young orange trees in southern Brazil [J]. Crop Protection, 2008, 27(3/4/5): 807-813.

【责任编辑 周志红】