

# 几种杀菌剂对柑桔溃疡病的生物活性

孙惠敏<sup>1</sup> 李保同<sup>1\*</sup> 郭明程<sup>1</sup> 陈慈相<sup>2</sup> 谢金招<sup>2</sup> 刘德力<sup>3</sup>

(1. 江西农业大学 农学院,江西 南昌 330045; 2. 江西省赣州市果树植保站/赣南脐橙工程技术研究中心,江西 赣州 341000; 3. 江西省兴国县农业局,江西 兴国 342000)

摘要: 为筛选防治柑桔溃疡病的有效药剂,按大田推荐使用浓度,用抑菌圈法测定 17 种非铜药剂和 5 种含铜药剂对柑桔溃疡病的毒力,并研究 7 种非铜药剂田间防治效果。结果表明,代森锰锌、福美双、福美双·溴菌腈、农用链霉素、金核霉素和琥胶肥酸铜·乙磷铝·硫酸锌抑菌作用最强,其次为福美双·福美锌、大蒜素、络氨铜·络氨锌和盐酸吗啉胍·乙酸铜,过氧化乙酸、噻唑锌、春雷菌素、中生菌素、琥珀酸铜和噻菌铜有微弱的抑菌作用,百菌清、多菌灵、苯醚甲环唑、叶青双、复硝酚钠和井冈霉素无抑菌作用。大田试验结果表明,30% 金核霉素 WP 500 mg/L 和 72% 农用链霉素 WP 200 mg/L 处理对柑桔溃疡病的防效分别为 76.34% 和 74.94%,显著优于其它药剂处理;80% 代森锰锌 WP 2000 mg/L、50% 福美双 WP 400 mg/L 和 50% 福美双·溴菌腈 WP 500 mg/L 处理对柑桔溃疡病的防效分别为 70.36%、66.55% 和 69.37%,与对照含铜药剂 20% 噻菌铜 SC 67 mg/L 处理无显著差异;大蒜素和叶青双对柑桔溃疡病防效较差,6% 大蒜素 EC 120 mg/L 和 20% 叶青双 WP 400 mg/L 处理对柑桔溃疡病的防效分别为 41.84% 和 21.82%,显著低于对照含铜药剂 20% 噻菌铜 SC 67 mg/L 处理。

关键词: 杀菌剂; 柑桔溃疡病; 生物活性

中图分类号: S482.2; S436.66 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)01-0038-05

## Bioactivity of Several Bactericides against *Xanthomonas campestris* pv. *citri*

SUN Hui-min<sup>1</sup>, LI Bao-tong<sup>1\*</sup>, GUO Min-cheng<sup>1</sup>,  
CHE Ci-xiang<sup>2</sup>, XIE Jin-zhao<sup>2</sup>, LIU De-li<sup>3</sup>

(1. College of Agronomy, JAU, Nanchang 330045, China; 2. Station of Fruit Tree Protection of Ganzhou City, Gannan Engineering Research Center for Navel Orange, Ganzhou 341000, China; 3. Agricultural Bureau of Xinguo County, Xinguo 342400, China)

**Abstract:** In order to screen effective bactericides against *Xanthomonas campestris* pv. *citri*, the toxicity of 17 non-copper fungicides and 5 copper fungicides against the strain of *X. campestris* pv. *citri* in the greenhouse were determined by the method of inhibition zone, and the efficacy of 7 non-copper fungicides in the field was tested. The results showed that mancozeb, thiram, thiram-bromothalonil, agricultural streptomycin, aureonucleomycin and DT-fosetyl-aluminium-zinc sulfate had the strongest inhibitory effect on the pathogen, thiram-ziram, allicin, cupric tetramminosulfate-zinc tetramminosulfate and moroxydine hydrochloride-cupric acetate had relatively strong inhibitory effect, peracetic acid, Zn thiazole, Kasugamycin, Zhong

收稿日期: 2010-05-04 修回日期: 2010-11-06

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD61B05)

作者简介: 孙惠敏(1985—),女,博士生,主要从事农药学研究, E-mail: huimin729@163.com; \* 通讯作者: 李保同,教授,博士,主要从事农药学研究, E-mail: libt66@sina.com。

shengmycin, succinic - glutaric - adipic and thiodiazole - copper had low inhibitory effect, chlorothalonil, carbendazim, difenoconazole, Bismethiazol, Sodium nitrophenolate and Jinggangmycin had no inhibitory effect in the greenhouse. A field experiment, showed that the efficacies of aureonucleomycin 30% WP at 500 mg/L and agricultural streptomycin 72% WP at 200 mg/L on *X. campestris* pv. *citri*, were 76.34% and 74.94%, respectively, which were significantly higher than that of the other fungicide treatments. The efficacies of manzoceb 80% WP at 2000 mg/L, thiram 50% WP at 400 mg/L and thiram - bromothalonil 50% WP at 500 mg/L were 70.36%, 66.55% and 69.37%, respectively, which were equivalent to that of the control medication, thiodiazole - copper 20% SC at 67 mg/L. The efficacies of allicin 6% EC at 120 mg/L and bismethiazol 20% WP at 400 mg/L were 41.84% and 21.82%, respectively, which were significantly lower than that of the control fungicides, thiodiazole - copper 20% SC at 67 mg/L.

**Key words:** fungicides; *Xanthomonas campestris* pv. *citri*; bioactivity

柑桔溃疡病(*Xanthomonas campestris* pv. *citri*)是我国柑桔产区重要而又普遍的危害之一,尤以广东、广西、江西、湖南等省(区)受害严重,常年发生面积达66.7万 $\text{hm}^2$ 以上<sup>[1]</sup>。柑桔不同品种感病性存在差异,以甜橙、脐橙、酸橙等品种最为感病,柑桔被害后在叶、枝、果上形成火山口状病斑,大小2~8 mm,后期造成落叶、落果,影响产量和果实品质<sup>[1-5]</sup>。近10年来,其发生及流行有加重趋势,引起了国内外研究学者的高度重视<sup>[5]</sup>。长期以来,柑桔溃疡病主要依赖化学药剂进行防治。波尔多液、氢氧化铜等含铜药剂效果虽好,但由于铜元素的不流动性和不易降解性,导致铜在表土中的积累和果品中残留越来越高,严重影响果品品质。同时,波尔多液由于单位面积用铜量大,还易诱发红蜘蛛和锈壁虱的猖獗<sup>[6-7]</sup>。本研究在对17种非铜药剂室内毒力测定的基础上,对活性较高的药剂进行了大田试验,旨在为生产中溃疡病的防治提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 室内抑菌试验

1.1.1 供试病菌 柑桔溃疡病菌(*Xanthomonas campestris* pv. *citri*)分离自江西省兴国县园艺场脐橙病叶,用平板划线法<sup>[8-9]</sup>在牛肉膏蛋白胨培养基分离并纯化菌种,得到蜡黄色、有金属光泽的单菌落,在温室接种到脐橙健康的叶片上,出现溃疡病斑,以此判断菌种为脐橙溃疡病菌<sup>[10]</sup>。将纯化的菌种接到试管斜面培养基上,26℃培养48 h后置于冰箱中保存,备用。

1.1.2 供试药剂 按大田推荐使用浓度,用无菌水将供试药剂稀释为实验浓度。21%过氧乙酸(peracetic acid) WC(南京市华灵农药厂) 210 mg/L; 80%代森锰锌(manzoceb) WP(北京海利斯生物科技有限公司) 2 000 mg/L; 50%福美双(Thiram) WP(河北师大化工厂) 400 mg/L; 50%福美双·溴菌腈(Thiram, bromothalonil) WP(济南福瑞德化工有限公司) 250 mg/L; 40%福美双·福美锌(Thiram, Ziram) WP(桂林井田生化有限公司产品) 107 mg/L; 20%噻唑锌(Zn Thiazole) SC(浙江新农化工股份有限公司产品) 500 mg/L; 75%百菌清(chlorothalonil) WP(河北胜源化工有限公司) 9 375 mg/L; 50%多菌灵(carbendazim) WP(山东荣邦化工有限公司) 5 000 mg/L; 10%苯醚甲环唑(difenoconazole) WDG(北京普瑞达科技发展有限责任公司) 400 mg/L; 20%叶青双(Bismethiazol) WP(温州市展农化工农药厂) 400 mg/L; 1.4%复硝酚钠(Sodium nitrophenolate) WC(广西桂灵实业开发总公司) 56 mg/L; 72%农用链霉素(agricultural streptomycin) WP(石家庄市三三化工有限公司) 1 000、200 mg/L; 30%金核霉素(aureonucleomycin) WP(上海农乐生物制品股份有限公司) 2 500、500 mg/L; 2%春雷霉素(Kasugamycin) WP(西安汤普森生物科技有限公司产品) 20 mg/L; 3%中生菌素(Zhongshengmycin) WP(福建省福州凯立生物制品有限公司) 300 mg/L; 3%井冈霉素(Jinggangmycin) SP(上东省淄博市化工研究所所长山实验厂) 150 mg/L; 6%大蒜素(allicin) EC(江西金沧生物有限公司) 6 667 mg/L; 60%琥胶肥酸铜·乙磷铝·硫酸锌(DT, fosetyl - aluminium Zinc sulfate) WP(齐哈尔四友化工有限公司) 240 mg/L; 25.9%络氨铜·络氨锌(Cupric Tetramminosulfate, Zinc Tetramminosulfate) WC(山西稼稷丰农业科技开发有限公司) 207 mg/L; 20%盐酸吗啉胍·乙酸铜(Moroxydine hydrochloride, Cupric acetate) WP(西安

汤普森生物科技有限公司) 240 mg/L; 30% 琥珀酸铜( Succinic ,Glutaric ,Adipic) WP ( 西安美邦药业有限公司) 3 750 mg/L; 20% 噻菌铜( Thiodiazole - copper) SC( 浙江龙湾化工有限公司) 67 mg/L。

1.1.3 实验方法 供试细菌在斜面培养基上培养 40 h 后加入无菌水刮下菌苔制成菌液, 在无菌的皮氏培养皿中加入菌液 1 mL, 倾入融化的 NT 培养基( 液温 40 ~ 50 °C) 10 mL; 将灭菌牛津杯放置平板中央, 取 100  $\mu$ L 药液滴加在牛津杯内, 每药剂重复 3 次, 以无菌水处理作对照, 培养皿移入 26 °C 恒温下培养 48 h, 测量并记录抑菌圈直径( mm)。

## 1.2 大田药效试验

试验于 2009 年在江西省兴国县园艺场进行。试验作物为柑桔, 品种为纽荷尔脐橙, 树龄 6 年, 肥水管理中等, 桔树长势良好。试验设 80% 代森锰锌 WP 2 000 mg/L、50% 福美双 WP 400 mg/L、20% 叶青双 WP 400 mg/L、50% 福美双 · 溴菌腈 WP 250 mg/L、72% 农用链霉素 WP 200 mg/L、30% 金核霉素 WP 500 mg/L、6% 大蒜素 EC 120 mg/L、20% 噻菌铜 SC 67 mg/L 和清水对照, 共 9 个处理。每小区 4 株树,

表 1 不同药剂对柑桔溃疡病的室内抑制效果

Tab.1 Inhibition effects of different bactericides on the strains of *X. campestris* pv. *citri* in the greenhouse

| 药剂名称<br>Bactericides  | 药液浓度<br>/( mg · L <sup>-1</sup> )<br>Concentration | 抑菌圈直径/mm<br>Inhibition zone<br>diameter | 抑菌效果<br>Inhibition<br>effect |
|---|--|---|------------------------------|
| 过氧化乙酸 Peracetic acid  | 210  | 17.3                                    | +                            |
| 代森锰锌 Manzocob   | 2 000  | 32.7                                    | +++                          |
| 福美双 Thiram  | 400  | 35.7                                    | +++                          |
| 福美双 · 溴菌腈 Thiram - bromothalonil                            | 250  | 34.3                                    | +++                          |
| 福美双 · 福美锌 Thiram - bromothalonil                            | 107  | 28.7                                    | ++                           |
| 噻唑锌 Zn Thiazole   | 500  | 19.0                                    | +                            |
| 百菌清 Chlorothalonil  | 9 375  | 9.0                                     | -                            |
| 多菌灵 Carbendazim   | 5 000  | 9.0                                     | -                            |
| 苯醚甲环唑 Difenoconazol   | 1 000  | 14.0                                    | -                            |
| 叶青双 Bismethiazol  | 400  | 14.0                                    | -                            |
| 复硝酚钠 Sodium nitrophenolate                                  | 56   | 8.0                                     | -                            |
| 农用链霉素 agricultural streptomycin                             | 1 000  | 33.0                                    | +++                          |
|   | 200  | 21.6                                    | ++                           |
| 金核霉素 Aureonucleomycin                                       | 2 500  | 42.0                                    | +++                          |
|   | 500  | 30.0                                    | +++                          |
| 春雷菌素 Kasugamycin  | 20   | 16.0                                    | +                            |
| 中生菌素 Zhongshengmycin  | 300  | 19.5                                    | +                            |
| 井冈霉素 Jingtangmycin  | 150  | 15.0                                    | -                            |
| 大蒜素 Allicin   | 120  | 26.6                                    | ++                           |
| 琥胶 · 乙磷 · 硫酸锌 DT - fosetyl - aluminium - Zinc sulfate       | 240  | 37.2                                    | +++                          |
| 络氨铜 · 络氨锌 Cupric Tetramminosulfate - Zinc Tetramminosulfate | 207  | 28.7                                    | ++                           |
| 盐酸吗啉胍 · 乙酸铜 Moroxydine hydrochloride - Cupric acetate       | 2 500  | 21.0                                    | ++                           |
| 琥珀酸铜 Succinic - Glutaric - Adipic                           | 3 750  | 18.0                                    | +                            |
| 噻菌铜 Thiodiazole - copper                                    | 67   | 15.6                                    | +                            |
| 无菌水 Disinfect water   | 8.0  |   |                              |

-: 对病原菌无抑制作用; +: 对病原菌有微弱抑制作用; ++: 对病原菌有明显抑制作用; +++: 对病原菌有较强抑制作用。

- indicates no inhibitory on pathogenic bacteria; +, ++ and +++ indicate low, obvious and strong inhibitory on pathogenic bacteria, respectively.

小区间设 1 株分隔树 4 次重复 随机区组排列。试验于 8 月 12 日和 8 月 19 日秋梢抽发期 用东方红 18 型背负式喷雾器各喷药 1 次 药液量 1 000 L/hm<sup>2</sup>。药前每小区调查 2 株树 每株按东、南、西、北、中 5 点取样 每点调查 2 个嫩梢上的全部叶片病情基数 于第 2 次药后 25 d 分别调查病情及药剂对试验树的安全性。病叶分级和病情指数、药效计算 按国家规定的农药田间药效试验准则进行<sup>[11]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 室内抑菌效果

在供试药剂中 对病原菌具有较强抑制作用的药剂有代森锰锌、福美双、福美双·溴菌腈、农用链霉素、金核霉素和琥胶肥酸铜·乙磷铝·硫酸锌; 具有明显抑制作用的药剂有福美双·福美锌、大蒜素、络氨铜·络氨锌和盐酸吗啉胍·乙酸铜 具有微弱抑制作用的药剂有过氧乙酸、噻唑锌、春雷菌素、中生菌素、琥珀酸铜和噻菌铜; 无抑制作用的有百菌清、多菌灵、苯醚甲环唑、叶青双、复硝酚钠和井冈霉素(表 1)。

### 2.2 大田防治效果

金核霉素和农用链霉素对柑桔溃疡病具有良好的防治效果 30% 金核霉素 WP 500 mg/L 和 72% 农用链霉素 WP 200 mg/L 处理对柑桔溃疡病的防效分别为 76.34% 和 74.94% 显著优于其它药剂处理; 代森锰锌、福美双和福美双·溴菌腈对柑桔溃疡病具有较好的防治效果 80% 代森锰锌 WP 2 000 mg/L、50% 福美双 WP 400 mg/L 和 50% 福美双·溴菌腈 WP 500 mg/L 处理对柑桔溃疡病的防效分别为 70.36%、66.55% 和 69.37% 与对照含铜药剂 20% 噻菌铜 SC 67 mg/L 处理无显著差异; 大蒜素和叶青双对柑桔溃疡病防效较差 6% 大蒜素 EC 120 mg/L 和 20% 叶青双 WP 400 mg/L 处理对柑桔溃疡病的防效分别为 41.84% 和 21.82% 显著低于对照含铜药剂 20% 噻菌铜 SC 67 mg/L 处理(表 2)。据调查观察 供试药剂在试验条件和浓度范围内 药后未见对柑桔叶片、嫩梢和果实有药害的现象。

表 2 几种药剂对柑桔溃疡病的大田防治效果

Tab. 2 Control effects of different bactericides on citrus canker in the field

| 药剂<br>Bactericides                               | 浓度/<br>(mg · L <sup>-1</sup> )<br>Concentration | 药前病情指数<br>Disease index before<br>applied bactericides | 药后病情指数<br>Disease index after<br>applied bactericides | 病情增长率/%<br>Increasing rate of<br>disease index | 防效/%<br>Efficacy |
|--|---|--|---|--|------------------|
| 80% 代森锰锌 WP<br>Mancozeb 80% WP                   | 2 000   | 4.11   | 5.59  | 36.01  | 70.34 bcAB       |
| 50% 福美双 WP<br>Thiram 50% WP                      | 400   | 4.46   | 6.84  | 53.36  | 66.55 cB         |
| 20% 叶青双 WP<br>Bismethiazol 20% WP                | 400   | 4.84   | 17.35   | 258.47   | 21.82 eD         |
| 50% 福美双·溴菌腈 WP<br>Thiram - bromothalonil 50% WP  | 250   | 4.55   | 6.39  | 40.44  | 69.37 bcAB       |
| 72% 农用链霉素 WP<br>Agricultural streptomycin 72% WP | 200   | 4.36   | 5.01  | 14.91  | 74.94 abA        |
| 30% 金核霉素 WP<br>Aureonucleomycin 30% WP           | 500   | 4.72   | 5.12  | 8.47   | 76.34 aA         |
| 6% 大蒜素 EC<br>Allicin 6% EC                       | 120   | 3.72   | 9.92  | 166.67   | 41.84 dC         |
| 20% 噻菌铜 SC<br>Thiodiazole - copper 20% SC        | 67  | 4.71   | 7.40  | 57.11  | 65.73 cB         |
| CK   |   | 4.12   | 18.89   | 358.50   |                  |

同列数据后不同大小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平差异显著。Data followed by different capital or small letters means the significance at 0.01 or 0.05 level.

### 3 结论与讨论

室内毒力是衡量药剂对有害生物毒作用大小的指标之一,是药剂对有害生物所具有的内在致死能力,必须在室内一定的控制条件下进行<sup>[12]</sup>。室内毒力测定结果表明,非铜制剂代森锰锌、福美双、福美双·溴菌腈、农用链霉素、金核霉素对柑桔溃疡病菌具有较强的抑制作用,福美双·福美锌和大蒜素次之,过氧乙酸、噻唑锌、春雷菌素、中生菌素较差,百菌清、多菌灵、苯醚甲环唑、叶青双、复硝酚钠和井冈霉素无抑制作用。由于本研究选用的供试药剂为制剂而非原药,各制剂中的助剂和填充剂对药液在培养基上的扩散存在一定差异,进而影响抑菌圈大小和测定结果比较。有关原药的抑菌活性有待进一步研究。

柑桔溃疡病田间防治研究报道较多<sup>[13-16]</sup>,使用的主要药剂有铜制剂、抗菌素、有机杀菌剂和混合杀菌剂等。本试验结果表明,农用抗菌素 30% 金核霉素 WP 和 72% 农用链霉素 WP 对溃疡病具有良好的控制效果,这与廖塘生等报道结果相一致<sup>[13-14]</sup>,可作为赣南脐橙溃疡病防治的主要药剂;80% 代森锰锌 WP、50% 福美双 WP 和 50% 福美双·溴菌腈 WP 对溃疡病具有较好的控制效果,在防治赣南脐橙溃疡病时可与金核霉素、农用链霉素交替使用。大蒜素是从大蒜鳞茎中提取的具有很强抗菌作用的天然广谱抗生素,其机理为抑制菌体巯基酶和损伤菌体膜系统,对肠道致病菌存在普遍的抑制效果<sup>[17-18]</sup>,而有关大蒜素对植物病害的防治报道较少。本试验结果表明,6% 大蒜素 EC 对溃疡病具有一定的控制效果,可作为绿色或有机脐橙生产溃疡病防治使用。陈灵敏等<sup>[19]</sup>报道叶青双对脐橙溃疡病有较好的控制效果,本试验叶青双对溃疡病菌室内外无抑制作用或抑制作用很差,可能是不同地区病原菌存在生理分化,或柑桔品种与栽培管理水平不同,病原菌在寄主上生长的适合度也不同,因而存在品种间感病性差异所致。

#### 参考文献:

- [1]魏方林,许丹倩,戴金贵,等. 创制农药噻唑锌对柑桔溃疡病的田间药效[J]. 农药,2008,47(2):90-91.
- [2]Graham J H, Gottwald T R. Research perspectives on eradication of citrus bacterial diseases in Florida[J]. Plant Dis, 1991, 75: 1193-1200.
- [3]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(2):46-49.
- [4]方毅敏,张宣绪. 柑桔溃疡病综合防治研究[J]. 植物保护学报,19(2):101-105.
- [5]杨秀娟,陈福如,谢世勇,等. 柑桔溃疡病的生物学特性及杀菌剂的药效研究[J]. 江西农业大学报,2003,25(2):191-195.
- [6]陈大勋,郑国华,胡方平. 新型杀菌剂 CC 防治柑桔溃疡病的效果[J]. 福建农学院学报,1993,22(2):260-262.
- [7]王洪祥,韩玲玲. 三种有机铜制剂防治柑桔溃疡病的效果[J]. 农药,2001,40(2):27-29.
- [8]方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:249.
- [9]游文莉,许文耀. 杀细菌剂毒力测定方法的研究[J]. 农药科学与管理,2002,23(2):21-22.
- [10]任欣正. 植物病原菌细菌分离鉴定[M]. 北京:中国农业出版社,1994:77-78.
- [11]农业部农药检定所生测室. 农药田间药效准则(二)[M]. 北京:中国标准出版社,2004:295-300.
- [12]韩薰莱. 中国农业百科全书农药卷[M]. 北京:中国农业出版社,1993:67.
- [13]廖塘生,刘龙生,刘和喜. 金核霉素防治柑桔溃疡病效应研究[J]. 湖南农学院学报,1993,18(4):155-159.
- [14]任建国,黄思良,岑贞陆,等. 21种药剂对柑桔溃疡病的防治试验[J]. 中国南方果树,2005,34(3):13-14.
- [15]刘松. 柑桔溃疡病的防治药剂筛选及应用[J]. 植物检疫,1994,8(1):13-14.
- [16]黄秀琴,张名福. 几种药剂防治柑桔溃疡病的效果[J]. 果树科学,1996,13(1):45-46.
- [17]CAVALLITO C J, BAILEY J H. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. I. Isolation, physical properties, and antibacterial action[J]. Am Chem Soc, 1944, 66(11):1950-1951.
- [18]徐小江,肖文军,陈庆,等. 大蒜素抗菌作用及其机制研究进展[J]. 医药导报,2010,29(8):1048-1051.
- [19]陈灵敏,郭跃伟,谭晓丽,等. 脐橙溃疡病药剂防治试验初报[J]. 浙江柑桔,1999,16(1):24-25.