

◆ 药效与应用 ◆

7种杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力 及田间防效比较

谷春艳¹, 潘锐¹, 白杨^{1,2}, 杨雪¹, 王学峰¹, 臧昊昱¹, 陈雨¹, 高同春^{1*}

(1. 安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所, 合肥 230031 2. 安徽农业大学植物保护学院, 合肥 230036)

摘要:为了筛选防治小麦赤霉病的高效药剂,测定了咪鲜胺、戊唑醇、氟环唑、氟烯菌酯、丙硫菌唑、氟唑菌酰羟胺和多菌灵等7种市场主流杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力与田间防治效果。结果表明,7种药剂对小麦赤霉病菌的毒力均较强,其中氟唑菌酰羟胺对小麦赤霉病菌的毒力最强,EC₅₀值仅为0.101 0 mg/L;其次是氟烯菌酯、咪鲜胺和多菌灵,对小麦赤霉病菌的EC₅₀值分别为0.371 3、0.586 3和0.627 7 mg/L;丙硫菌唑、戊唑醇和氟环唑对小麦赤霉病菌的EC₅₀值为1.101 6~1.105 9 mg/L。田间人工接种防效试验结果显示,200 g/L氟唑菌酰羟胺SC和25%氟烯菌酯SC对小麦赤霉病的防效最好,显著高于其他药剂,分别为79.31%和77.74%;其次为30%丙硫菌唑OD,防效为72.28%;25%氟环唑SC防效略好于430 g/L戊唑醇SC,而450 g/L咪鲜胺EW和50%多菌灵WP防效较差。

关键词: 杀菌剂; 小麦; 赤霉病; 禾谷镰孢菌; 毒力测定; 防治效果

中图分类号: S 481+9; S 435.121.4+5 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2020.05.009

Comparison of Toxicity *in vitro* and Field Control Effect of Seven Fungicides to *Fusarium graminearum*

GU Chunyan¹, PAN Rui¹, BAI Yang^{1,2}, YANG Xue¹, WANG Xuefeng^{1,2}, ZANG Haoyu¹, CHEN Yu¹, GAO Tongchun^{1*}

(1. Institute of Plant Protection and Agro-Products Safety, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China; 2. College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: In order to control of wheat head blight and provide the basis for scientific prevention and control, toxicity to *Fusarium graminearum in vitro* and field control effect of seven main fungicides were measured. The results showed that prochloraz, tebuconazole, epoxiconazole, phenamacril, prothioconazole, pydiflumetofen, carbendazim had strong inhibition to *F. graminearum*. The virulence of pydiflumetofen was the strongest, and the EC₅₀ was only 0.101 0 mg/L. The EC₅₀ of phenamacril, prochloraz and carbendazim were 0.371 3 mg/L, 0.586 3 mg/L and 0.627 7 mg/L, respectively. The EC₅₀ of tebuconazole, prothioconazole and epoxiconazole ranged from 1.101 6 to 1.105 9 mg/L. The results of field artificial inoculation revealed that 200 g/L pydiflumetofen and 25% phenamacril showed 79.31% and 77.74% control efficacy against the wheat head blight respectively, which were significantly higher than the other fungicides, followed by 30% prothioconazole, the control effect was 72.28%. The control effect of 25% epoxiconazole slightly better than 430 g/L tebuconazole. However, the control effect of 450 g/L prochloraz and 50% carbendazim were poorer obviously.

Key words: fungicides; wheat; *Fusarium* head blight; *Fusarium graminearum*; toxicity test; control effect

收稿日期: 2019-07-06

基金项目: 国家重点研发计划课题(2016YFD0300701), 安徽省农业科学院团队项目(2020YL073)

作者简介: 谷春艳(1982—), 女, 安徽宿州人, 硕士, 助理研究员, 主要从事农作物病害鉴定及防治方法研究。E-mail: guchunyan0408@163.com

通信作者: 高同春(1962—), 男, 安徽安庆人, 博士, 研究员, 主要从事农产品质量安全和植物保护方面的研究。E-mail: gtczbs@sina.com

小麦赤霉病(*Fusarium head blight*)主要是由禾谷镰孢菌(*Fusarium graminearum*)引起的一种危害性很强的真菌病害,也是我国乃至世界小麦产区的重要病害。这已成为小麦生产中最具威胁的病害之一^[1-4]。小麦赤霉病不仅对小麦产量造成严重影响,造成巨大的经济损失,且感病籽粒中含多种真菌毒素,严重影响小麦品质和食品安全,危害人畜健康^[5-7]。

由于小麦赤霉病抗性种质资源有限,抗性机制较为复杂,小麦赤霉病抗性改良进程较慢,难以将农艺与抗病性相结合,生产中尚未获得高抗赤霉病的品种,无法满足生产中对抗性品种的需求^[8-9],因此,化学防治一直是控制小麦赤霉病流行的主要手段^[10]。过去,小麦生产中主要依赖化学药剂,如苯并咪唑类杀菌剂,尤其是多菌灵及其复配制剂等进行病害防治,但由于常年使用多菌灵,导致抗性急速上升,防效下降严重,甚至防治失败^[11-12]。为更有效地防治小麦赤霉病,近年来市场上涌现出一批新型杀菌剂,如咪鲜胺、戊唑醇、氟烯菌酯、氟唑菌酰胺、丙硫菌唑等。为了筛选出防治小麦赤霉病的高效药剂,延缓赤霉病菌抗药性,笔者选择小麦生产中使用的咪鲜胺、戊唑醇、氟环唑、氟烯菌酯、丙硫菌唑、氟唑菌酰胺和多菌灵等7种主要杀菌剂作为研究对象,通过比较这7种杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力及田间防效,筛选出防治小麦赤霉病菌的高效药剂,同时为生产中的科学防控提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试菌种 禾谷镰孢菌,分离自安徽省小麦田病株样本,纯化鉴定后经致病性检测为强致病力菌株,保存在安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所农药毒理学与抗药性实验室。用PDA培养基(马铃薯20.0 g、葡萄糖20.0 g、琼脂20.0 g、蒸馏水1 000 mL),于25℃恒温箱内培养。

供试药剂 97%咪鲜胺TC,安徽广信农化股份有限公司;450 g/L咪鲜胺EW,河北省农药化工有限公司;95%戊唑醇TC,拜耳股份公司;430 g/L戊唑醇

SC,拜耳作物科学(中国)有限公司;97%氟环唑TC,江苏蓝丰生物化工股份有限公司;25%氟环唑SC,青岛中达农业科技有限公司;95%氟烯菌酯TC、25%氟烯菌酯SC,江苏省农药研究所股份有限公司;97%丙硫菌唑TC、30%丙硫菌唑OD,安徽久易农业股份有限公司;98%氟唑菌酰胺羟胺TC、200 g/L氟唑菌酰胺SC,瑞士先正达作物保护有限公司;98%多菌灵TC、50%多菌灵WP,江苏蓝丰生物化工股份有限公司。

供试小麦品种:漯麦9号(国审麦2008007),河南省漯河市农业科学院。

1.2 试验田基本情况

小区试验于2020年在安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所试验地进行。试验田土壤为黄棕壤,肥力中等,均匀一致,排灌条件良好,前茬作物为大豆。小麦于2019年11月10日机械播种,播种量为450 kg/hm²,管理条件均匀一致。

1.3 室内毒力测定

采用菌丝生长速率法^[13],分别将7种供试原药适宜的溶剂溶解并配置成5 000 mg/L的母液,然后按照预备实验结果,分别按梯度制备成含梯度质量浓度药剂的PDA平板(表1)。将制备好的小麦赤霉病菌菌块(直径5.0 mm)接种在含药平板中央,放置于25℃恒温箱中培养。每处理设置3个重复,以无菌水作为空白对照。待对照菌落直径长至培养皿2/3时,采用十字交叉法测量各处理平板的菌落直径,按式(1)计算不同药剂对菌丝生长的抑制率,根据抑制率建立毒力回归方程,计算抑制中浓度EC₅₀^[14]。

表1 7种供试药剂质量浓度梯度设置

| 供试药剂 | 质量浓度/(μg·mL ⁻¹) | | | | | |
|-------|-----------------------------|-----|------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 咪鲜胺 | 5 | 2.5 | 1.25 | 0.625 | 0.313 | 0.156 |
| 戊唑醇 | 4 | 2.0 | 1.00 | 0.500 | 0.250 | 0.125 |
| 氟环唑 | 4 | 2.0 | 1.00 | 0.500 | 0.250 | 0.125 |
| 氟烯菌酯 | 2 | 1.0 | 0.50 | 0.250 | 0.125 | 0.063 |
| 丙硫菌唑 | 5 | 2.5 | 1.25 | 0.625 | 0.313 | 0.156 |
| 氟唑菌酰胺 | 1 | 0.5 | 0.25 | 0.125 | 0.063 | 0.031 |
| 多菌灵 | 2 | 1.0 | 0.50 | 0.250 | 0.125 | 0.063 |

$$\text{抑制率}/\% = \frac{\text{对照组菌落直径平均值} - \text{处理组菌落直径平均值}}{\text{对照组菌落直径平均值} - 5.0} \times 100 \quad (1)$$

1.4 田间防效试验

1.4.1 试验设计

为了保证发病充分均一,7种供试药剂的田间

防效试验采用人工接种的方法进行^[15]。于小麦扬花初期(4月15日)人工接种,24 h后喷药,每个处理2 m²,每个处理3次重复,随机区组排列。试验共设8个

处理(含空白对照),供试药剂施用剂量见表2。

表2 供试药剂施用剂量

| 处理 | 药剂名称 | 制剂用量 | 有效剂量/(g·hm ⁻²) |
|----|----------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | 450 g/L咪鲜胺EW | 400 mL/hm ² | 180 |
| 2 | 430 g/L戊唑醇SC | 419 mL/hm ² | 180 |
| 3 | 25%氟环唑SC | 720 mL/hm ² | 180 |
| 4 | 25%氟烯菌酯制剂SC | 1 500 mL/hm ² | 375 |
| 5 | 30%丙硫菌唑OD | 600 mL/hm ² | 180 |
| 6 | 200 g/L氟唑菌酰胺SC | 900 mL/hm ² | 180 |
| 7 | 50%多菌灵WP | 1 500 g/hm ² | 750 |
| 8 | 空白对照(清水) | 750 L/hm ² | |

1.4.2 调查方法

药后20 d左右,待空白对照充分发病且发病程度不再明显增加时调查病穗数和严重度。每个小区连续调查100个麦穗,根据病穗率与发病严重度计算病情指数,根据病情指数计算防效。小麦赤霉病严重度按照0~7级分级标准进行,分级标准为0级:无病;1级:病穗面积占穗总面积的1/4以下;3级:病穗面积占穗总面积的1/4~1/2;5级:病穗面积占穗总面积的1/2~3/4;7级:病穗面积占穗总面积的3/4以上。

1.4.3 计算方法

病情指数、防治效果按式(2)、(3)计算。

$$\text{病情指数} = \frac{\sum(\text{各级病穗数} \times \text{相对级数值})}{\text{调查总穗数} \times 7} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{防治效果}/\% = \frac{\text{对照区病情指数} - \text{处理区病情指数}}{\text{对照区病情指数}} \times 100 \quad (3)$$

1.5 数据分析

利用SPSS 24.0软件,采用LSD法对试验数据进行差异显著性统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同杀菌剂对小麦赤霉病菌的毒力测定

7种供试药剂对小麦赤霉病菌室内的毒力测定

结果见表3。由表3可见,这7种药剂对小麦赤霉病菌的毒力均较强,EC₅₀值为0.101 0~1.105 9 mg/L,其中氟唑菌酰胺对小麦赤霉病菌菌丝生长的抑制作用最强,其EC₅₀值仅为0.101 0 mg/L;其次是氟烯菌酯、咪鲜胺和多菌灵,对小麦赤霉病菌的EC₅₀值分别为0.371 3、0.586 3和0.627 7 mg/L;丙硫菌唑、戊唑醇和氟环唑对小麦赤霉病菌的EC₅₀值为1.101 6~1.105 9 mg/L。

表3 7种杀菌剂对小麦赤霉病菌的毒力测定结果

| 药剂名称 | 毒力回归方程 | 相关系数 | EC ₅₀ 值/(mg·L ⁻¹) | 95%置信区间/(mg·L ⁻¹) |
|-------|---------------------|---------|--|-------------------------------|
| 咪鲜胺 | y=5.177 7+0.766 3 x | 0.959 7 | 0.586 3 | 0.409 2~0.840 1 |
| 戊唑醇 | y=4.938 9+1.433 2 x | 0.994 8 | 1.103 2 | 0.971 3~1.253 0 |
| 氟环唑 | y=4.956 4+0.997 4 x | 0.972 7 | 1.105 9 | 0.753 1~1.623 8 |
| 氟烯菌酯 | y=5.799 7+1.858 5 x | 0.996 9 | 0.371 3 | 0.338 8~0.406 8 |
| 丙硫菌唑 | y=4.890 1+2.614 6 x | 0.976 4 | 1.101 6 | 0.848 5~1.430 3 |
| 氟唑菌酰胺 | y=5.665 2+0.668 3 x | 0.994 9 | 0.101 0 | 0.086 8~0.117 7 |
| 多菌灵 | y=5.479 6+2.371 2 x | 0.981 4 | 0.627 7 | 0.502 4~0.784 2 |

2.2 不同杀菌剂对小麦赤霉病的田间防效

不同杀菌剂处理对小麦赤霉病的田间防效见表4。由表4可见,通过人工接种,试验田小麦赤霉病发病严重,空白对照区平均病情指数达到53.83。于接种后24 h施药1次,20 d后调查,结果表明,7种药剂对小麦赤霉病的防效为33.59%~79.31%,其中200 g/L氟唑菌酰胺SC和25%氟烯菌酯SC的防治效果最好,显著高于其他药剂,分别为79.31%和77.74%;其次为30%丙硫菌唑OD,防效为72.28%;25%氟环唑SC防效略好于430 g/L戊唑醇SC,而450 g/L咪鲜胺EW和50%多菌灵WP防效较差。

表4 不同杀菌剂处理对小麦赤霉病的田间防效

| 药剂名称 | 有效剂量/(g·hm ⁻²) | 平均病情指数 | 防治效果/% |
|------------------|----------------------------|--------|---------|
| 450 g/L 咪鲜胺 EW | 180 | 30.25 | 43.80 e |
| 430 g/L 戊唑醇 SC | 180 | 20.83 | 61.30 d |
| 25%氟环唑 SC | 180 | 18.67 | 65.32 c |
| 25%氟烯菌酯制剂 SC | 375 | 11.98 | 77.74 a |
| 30%丙硫菌唑 OD | 180 | 14.92 | 72.28 b |
| 200 g/L 氟唑菌酰胺 SC | 180 | 11.14 | 79.31 a |
| 50%多菌灵 WP | 750 | 35.75 | 33.59 f |
| 空白对照(清水) | | 53.83 | |

注:同一种中小写字母表示在5%水平下差异显著性。

3 结论与讨论

本研究结果显示,在离体测定条件下,用于防治小麦赤霉病的7种供试药剂对小麦赤霉病菌的抑制能力均较强,EC₅₀值为0.101 0~1.1059 mg/L。其中以氟唑菌酰胺对小麦赤霉病菌的毒力最强,其次是氟烯菌酯、咪鲜胺和多菌灵,戊唑醇、丙硫菌唑和氟环唑对小麦赤霉病菌也具有较弱的抑制作用。由于不同作用方式的杀菌剂在离体和活体条件下的生物活性可能存在较大差异^[16],因此,对7种杀菌剂的常用制剂进行了田间防效验证,在人工接种24 h后喷施药剂,比较不同杀菌剂对小麦赤霉病菌的田间防效。

室内毒力测定结果表明,在离体条件下,咪鲜胺和多菌灵对小麦赤霉病菌的毒力很强,EC₅₀值明显低于丙硫菌唑、戊唑醇和氟环唑,说明安徽省的小麦赤霉病菌已经对多菌灵和咪鲜胺产生了较为严重的抗性。Chen等^[17]于2015年已经在安徽省监测到多菌灵抗性菌株,戊唑醇、氟环唑的田间防效降低,可能是由于长时间大量使用苯并咪唑类杀菌剂和甾醇脱甲基抑制剂及复配制剂,导致小麦赤霉病菌产生抗药性,致使防效降低甚至失效。田间试验表明,7种药剂在常规使用剂量下,氟唑菌酰胺和氟烯菌酯对小麦赤霉病的防效最好,分别为79.31%和77.74%,显著高于其他药剂;其次为丙硫菌唑,防效为72.28%。在空白对照病指高达53.83时,仅施一次药,三者防效均能达到70%以上,特别是氟唑菌酰胺和氟烯菌酯防效均在75%以上。氟环唑、戊唑醇防效明显降低,而咪鲜胺和多菌灵的防效仅为43.8%和33.59%,已经不能有效控制小麦赤霉病菌的危害。

目前,氟烯菌酯已经成为防治小麦赤霉病的主要药剂,不仅防效好而且稳定性好。然而,氟烯菌酯作用单一,尽管目前在田间还没有分离到抗性菌株,但存在一定的抗性风险。随着该药剂在田间大规模使用,禾谷镰孢菌对该药剂的抗性风险也在提高。已有研究表明禾谷镰孢菌对氟烯菌酯的抗药性风险为中至高等水平^[18-20],建议不要单独使用。氟唑菌酰胺是先正达(中国)有限公司研发的一种新型杀菌剂,属于琥珀酸脱氢酶抑制剂(SDHI)类,对小麦赤霉病具有很好的防治效果^[11-12],目前该药剂已经登记用于防治小麦赤霉病。SDHI类杀菌剂被国际杀菌剂抗性委员会(FRAC)鉴定抗药性风险为中至高等水平^[21],因此也不建议单独使用。综上所述,

为了避免小麦赤霉病菌抗药性群体的形成,延缓抗药性的产生,延长药剂的使用年限,高效防治赤霉病的危害,建议小麦生产中选择不同作用机理的药剂轮换使用,或者使用不同作用靶标的药剂混配形成复配剂,用于防治小麦赤霉病。

参考文献

- [1] YIN Y, LIU X, MA Z H. Characterization of sterol demethylation inhibitor-resistant isolates of *Fusarium asiaticum* and *F. graminearum* collected from wheat in China[J]. *Phytopathology*, 2009, 99: 487-497.
- [2] ABDULLAH, M S A, MEIS J F, DE HOOG G S, et al. *Fusarium*: molecular diversity and intrinsic drug resistance[J]. *PLOS Pathogens*, 2016, 12(4): e1005464.
- [3] ZHANG C Q, CHEN Y, YIN Y N, et al. A small molecule species specifically inhibits *Fusarium myosin 1*[J]. *Environment Microbiology*, 2015, 17: 2735-2746.
- [4] BUI D C, SON H, SHIN J Y, et al. The FgNot3 subunit of the Ccr4-not complex regulates vegetative growth, sporulation, and virulence in *Fusarium graminearum*[J]. *PLoS One*, 2016, 11(1): e0147481.
- [5] BAI G H, SHANER G E. Variation in *Fusarium graminearum* and cultivar resistance to wheat scab[J]. *Plant Disease*, 1996, 80: 975-979.
- [6] JIANG C, ZHANG C K, WU C L, et al. TRI6 and TRI10 play different roles in the regulation of deoxynivalenol (DON) production by cAMP signaling in *Fusarium graminearum*[J]. *Environment Microbiology*, 2016, 18(11): 3689-3701.
- [7] 李立亮, 尹维松, 姚骏. 不同药剂防治小麦赤霉病田间药效试验[J]. *安徽农学通报*, 2018, 24(20): 83-94.
- [8] 陈文华, 殷宪超, 武德亮, 等. 小麦赤霉病生物防治研究进展[J]. *江苏农业科学*, 2020, 48(4): 12-18.
- [9] 蒋正宁, 吕国锋, 王玲, 等. 扬麦品种(系)赤霉病抗扩展性基因分子检测及其抗性评价[J]. *麦类作物学报*, 2019, 39(12): 1406-1415.
- [10] 陈培红, 秦建华, 伏进, 等. 新型杀菌剂氟唑菌酰胺对小麦赤霉病的防治效果[J]. *江苏农业科学*, 2020, 48(3): 130-132.
- [11] 向礼波, 杨立军, 薛敏峰, 等. 禾谷镰孢菌对氟唑菌酰胺敏感性基线的建立及药剂田间防效[J]. *农药学报*, 2018, 20(4): 445-451.
- [12] HOU Y P, MAO X W, WANG J X, et al. Sensitivity of *Fusarium asiaticum* to a novel succinate dehydrogenase inhibitor fungicide pydiflumetofen[J]. *Crop Protection*, 2017, 96: 237-244.
- [13] SCHWINN F. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of plant pathogens to fungicides: method for fungicide resistance in late blight of potato[J]. *Plant Protection Bulletin*, 1982, 30: 69-71.
- [14] 陆云, 晁晓培, 姚安庆. 4种杀菌剂对小麦赤霉病菌的室内毒力测

(下转第47页)

的能力,释放后形成的三嗪二酮和均三嗪仍有较强的杀菌作用。此外,50%氯溴异氰尿酸SP的生产原料富含尿素、钾盐及微量元素群,也具有促进植物生长的作用^[16]。因此在桃细菌性穿孔病防治上可考虑使用氯溴异氰尿酸。梧宁霉素(又称四霉素)是一种高效低毒、内吸的农用抗生素,对革兰氏阴性细菌和革兰氏阳性细菌均有极强的杀灭作用,对柑橘溃疡病菌^[17]、烟草青枯病菌^[18]具有较强的毒力,对白菜软腐病也有较好的防效^[19],因此也可用于桃细菌性穿孔病的防治。农用硫酸链霉素对桃细菌性穿孔病菌的毒力及田间防效均较好,但已不再登记及续展,不能再用于细菌病害的防治。本研究筛选出来的生物农药梧宁霉素及中生菌素或可替代农用硫酸链霉素应用于田间植物细菌病害的防治。因此,氯溴异氰尿酸、梧宁霉素、噻唑锌、中生菌素、喹啉铜、溴菌腈等农药在桃细菌性穿孔病防治上具有较好的应用前景。因笔者只采用一种浓度进行桃细菌性穿孔病田间防治试验,所以在这些药剂的剂量、使用时间和次数以及这些药剂的组合等方面还需要进一步试验和探索,同时这些化学农药和生物农药的复配也需进一步研究,以减少化学农药的使用。

参考文献

- [1] STEFANI E. Economic significance and control of bacterial spot/canker of stone fruits caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*[J]. Journal of Plant Pathology, 2010, 92(S1): 99-103.
- [2] BATTILANI P, ROSSI V, SACCARDI A, et al. Development of *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* epidemics on peaches[J]. Journal of Plant Pathology, 1999, 81(3): 161-171.
- [3] 余德亿,姚锦爱,黄鹏,等.细菌性穿孔病危害对李树叶蛋白质和氨基酸含量的影响[J].植物保护,2013,39(5):181-185.
- [4] 徐勇,惠巧红.杏树杏疗病和细菌性穿孔病的发生与防治[J].现代农村科技,2017(2):36.
- [5] 杨永利,陈庆东,陈倩颖,等.四川樱桃细菌性穿孔病发生危害特点与防控对策[J].四川农业科技,2018(11):26-27.
- [6] PALACIO-BIELSA A, CAMBRA M A, CUBERO J, et al. La mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*), una grave enfermedad emergente en Espana[J]. Phytoma Espana, 2014, 259: 36-42.
- [7] 王曼.桃树细菌性穿孔病发生规律与预防措施[J].西北园艺(果树),2018(8):27-28.
- [8] 邢维杰,辛江.桃细菌性穿孔病的发生与防治[J].北方果树,2017(4):32-33.
- [9] 王召元,李永红,常瑞丰,等.桃穿孔病的发生规律与综合防治措施[J].河北果树,2018(6):29-30.
- [10] 陈燕玲.中国自主创制的农药品种及登记情况[J].现代农药,2017,16(3):1-9.
- [11] GIOVANARDI D, DALLAI D, STEFANI E. Population features of *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* from *Prunus* spp. orchards in northern Italy[J]. European Journal of Plant Pathology, 2017, 147(4): 761-771.
- [12] MCMANUS P S, STOCKWELL V O, SUNDIN G W, et al. Antibiotic use in plant agriculture[J]. Annual Review of Phytopathology, 2002, 40(1): 443-465.
- [13] 全国龙,孙淑玲,陈观浩.防治水稻白叶枯病、水稻细菌性条斑病药效试验[J].南方农业,2018,12(35):62-63.
- [14] 应德文,俞连珠,应凌云.5种药剂对水稻细菌性基腐病的防治效果[J].中国农技推广,2017,33(9):61-62.
- [15] 易金全,韦红,钟承茂.5种药剂防治黄瓜细菌性角斑病药效试验[J].植物医生,2015,28(3):30-31.
- [16] 韩新才,李道明,黄志农,等.50%氯溴异氰尿酸防治月季根癌病[J].植物保护,2004,30(1):82-84.
- [17] 吴明琼,韩宁宁,廖咏梅.4种杀菌剂对柑橘溃疡病菌的室内毒力测定[J].广西植保,2018,31(1):14-16.
- [18] 毕涛,王晓强,李向东,等.烟草青枯病菌有效药剂的筛选[J].山东农业科学,2015,47(11):85-88.
- [19] 赵辰瑞.几种常用抗生素对白菜软腐病防治效果的对比研究[J].基层农技推广,2015,3(12):21-23.

(责任编辑:高蕾)

(上接第42页)

- [15] 赵应娟,袁虹霞.不同杀菌剂对小麦赤霉病菌的毒力测定与田间药效试验[J].河南科学,2015,33(6):938-941.
- [16] 陈亮,刘君丽,司乃国.大白菜软腐病菌16S rDNA序列比对鉴定及杀菌剂对其生物活性测定试验[J].农药,2011,50(8):573-575.
- [17] CHEN Y, YANG X, GU C Y, et al. Genotypes and phenotypic characterization of field *Fusarium asiaticum* isolates resistant to carbendazim in Anhui province of china [J]. Plant Disease, 2015, 99: 342-346.
- [18] CHEN Y, ZHOU M G. Characterization of *Fusarium graminearum* isolates resistant to both carbendazim and a new fungicide JS399-19[J]. Phytopathology, 2009, 99: 441-446.
- [19] ZHANG Y, CHEN W C, SHAO W Y, et al. Molecular, biological and physiological characterizations of resistance to phenamacril in *Fusarium graminearum*[J]. Plant Pathology, 2017, 66(9): 1404-1412.
- [20] ZHANG Z T, HOU Y P, CAI Y Q, et al. Whole-genome sequencing reveals that mutations in myosin-5 confer resistance to the fungicide phenamacril in *Fusarium graminearum*[J]. Scientific Reports, 2015, 5: 8248.
- [21] SUN H Y, CUI J H, TIAN B H, et al. Resistance risk assessment for *Fusarium graminearum* to pydiflumetofen, a new succinate dehydrogenase inhibitor[J]. Pest Management Science, 2020, 76(4): 1549-1559.

(责任编辑:高蕾)