

于晓丽,王培松,栾炳辉,等. 5 种化学杀菌剂对作物防病保健作用的生理机制[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):101-103.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.025

# 5 种化学杀菌剂对作物防病保健作用的生理机制

于晓丽,王培松,栾炳辉,王英姿

(山东省烟台市农业科学研究院,山东烟台 265500)

**摘要:**大量田间试验发现,很多杀菌剂对作物不仅有防病作用,还有增产的保健作用。为了研究 5 种杀菌剂 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑悬浮乳剂(SE)、25% 吡唑醚菌酯乳油(EC)、12.5% 氟环唑悬浮剂(SC)、250 g/L 啶菌酯 SC 和 430 g/L 戊唑醇 SC 对小麦、玉米和花生 3 种作物的防病保健作用机制,对药剂处理后植物叶片的叶绿素含量、细胞分裂素含量、过氧化氢酶活性、水杨酸含量和一氧化氮含量进行测定。结果表明,这 5 种杀菌剂都能够不同程度地提高 3 种作物的叶绿素含量;250 g/L 啶菌酯 SC、430 g/L 戊唑醇 SC 处理分别对玉米和花生叶片细胞分裂素含量有降低作用,12.5% 氟环唑 SC 对玉米叶片细胞分裂素含量有增加作用;用 5 种杀菌剂处理后均对 3 种作物的过氧化氢酶活性有不同程度的提高作用;用 25% 吡唑醚菌酯 EC、12.5% 氟环唑 SC 和 250 g/L 啶菌酯 SC 这 3 种杀菌剂对 3 种作物的水杨酸含量有显著的提升作用;用 25% 吡唑醚菌酯 EC 和 12.5% 氟环唑 SC 处理后小麦叶片中一氧化氮含量显著升高,花生叶片中一氧化氮含量降低,用 250 g/L 啶菌酯 SC 处理后花生叶片中一氧化氮含量显著升高。由该研究可知,供试 5 种化学杀菌剂能够通过提高植物叶绿素含量水平以增强植物的光合作用,从而提高作物产量;5 种化学杀菌剂均能通过影响作物过氧化氢酶活性提高植物抗病水平,其中 3 种杀菌剂还有可能通过影响水杨酸含量来影响作物的抗病途径。

**关键词:**杀菌剂;叶绿素含量;过氧化氢酶活性;水杨酸含量;细胞分裂素含量

**中图分类号:** S432.2<sup>+</sup>6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0101-03

作物病害是危害农业生产、国民经济发展和人民生活水平的自然灾害之一,是作物稳产、高产、优质的关键影响因素,同时限制了作物栽培和农产品储藏运输<sup>[1]</sup>。病害可减少作物有效光合作用面积和抑制光合产物的转运,还会使光合作用产物用于病原菌代谢和繁殖、作物防御反应和损伤组织的呼吸作用,从而直接降低了农产品的产量和品质<sup>[2-4]</sup>。因此,农民不得不喷施防病农用化学品(杀菌剂)防控病害的发生和发展,以避免或减轻病原菌对作物生理功能的干扰作用。吡唑醚菌酯和啶菌酯是甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂,能够通过阻止细胞色素 bc<sub>1</sub> 复合物 Q<sub>o</sub> 位点的电子传递干扰呼吸<sup>[5]</sup>,大量田间应用试验发现,吡唑醚菌酯的使用能够增加作物产量<sup>[6]</sup>;氟环唑和戊唑醇是内吸性三唑类杀菌剂,能够抑制病菌麦角甾醇的合成,阻碍病菌细胞壁的形成,有效抑制植物病原真菌的生长<sup>[7-8]</sup>。

笔者在田间试验过程中发现,5 种化学杀菌剂 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑悬浮乳剂(SE)、25% 吡唑醚菌酯乳油(EC)、12.5% 氟环唑悬浮剂(SC)、250 g/L 啶菌酯 SC 和 430 g/L 戊唑醇 SC 对小麦白粉病、叶锈病、玉米大斑病、花生褐斑病等

病害的防效达 85% 以上,并会使小麦、玉米和花生等作物增产 10% 以上<sup>[9-10]</sup>。本研究通过对植物的叶绿素和细胞分裂素含量进行测定,分析供试化学杀菌剂对植物生长发育的影响;通过测定抗病相关信号分子如过氧化氢酶、水杨酸、一氧化氮的含量等生理指标,判断供试药剂对作物防病的作用机制。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑悬浮乳剂(SE,商品名欧帕,巴斯夫欧洲公司)、25% 吡唑醚菌酯乳油(EC,商品名凯润,巴斯夫欧洲公司)、12.5% 氟环唑悬浮剂(SC,商品名欧博,巴斯夫欧洲公司)、250 g/L 啶菌酯悬浮剂[SC,商品名阿米西达,先正达(苏州)作物保护有限公司]、430 g/L 戊唑醇悬浮剂[SC,商品名好力克,拜耳作物科学(中国)有限公司]。施药器械采用 MATABI SuperGreen 16 型背负式喷雾器,喷孔直径为 0.8 mm,工作压强为 2.0 Pa。

### 1.2 田间试验设计

2015 年,通过田间试验研究化学药剂对小麦、玉米和花生等作物防病保健的生理机制。小麦试验在山东省烟台农业科学院试验农场进行,品种为烟农 999,于 4 月下旬抽穗期施药 1 次;玉米试验在山东省烟台市福山区东陌堂试验田进行,品种为农大 108,于玉米 8~10 叶期用药 1 次;花生试验在山东省烟台市福山区东陌堂试验田进行,品种为鲁花 5 号,于花生开花扎针期首次施药,隔 20 d 左右施药 1 次,共施药 2 次。在 3 种作物上施药剂量分别为 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑 SE 900 mL/hm<sup>2</sup>、25% 吡唑醚菌酯 EC 600 mL/hm<sup>2</sup>、250 g/L 啶

收稿日期:2017-03-31

基金项目:国家小麦产业技术体系烟台综合试验站项目(编号:CARS-3-2-23);山东省烟台市科技发展计划(编号:2013NC327、2014NC107)。

作者简介:于晓丽(1982—),女,山东青岛人,博士,农艺师,主要从事植物病原真菌致病机制及防控技术研究。E-mail: yuxiaoli92jn@126.com。

通信作者:王英姿,研究员,主要从事植物病虫害防控技术研究。E-mail: ytnkyzbs@126.com。

菌酯 SC 720 mL/hm<sup>2</sup>、12.5% 氟环唑 SC 810 mL/hm<sup>2</sup>、430 g/L 戊唑醇 SC 232.5 mL/hm<sup>2</sup>。

### 1.3 生理指标测定方法

1.3.1 叶绿素及细胞分裂素含量的测定 在对小麦、玉米和花生喷施 5 种化学药剂 30 d 后,使用便携式 SPAD502 叶绿素测定仪测定小麦、玉米和花生叶片的叶绿素含量。小麦取顶 3 叶,玉米取从上往下数第 4 张叶,花生取第 3 张叶进行测定,每个处理取 20 张叶片,计算平均值。植物细胞分裂素的测定采用南京森贝伽生物科技有限公司产品植物细胞分裂素 ELISA(酶联免疫吸附测定)试剂盒(SBJ-P220),叶片的选择与叶绿素测定相同,每个处理 4 次重复。

1.3.2 植物抗病途径相关因子的测定 植物过氧化氢酶活性的测定采用紫外分光光度法<sup>[11]</sup>;植物水杨酸含量、一氧化氮含量的测定分别采用上海品抗生物工程有限公司植物水杨酸 ELISA 试剂盒(货号 JKSJ-3957)和碧云天生物科技有限公司的总一氧化氮检测试剂盒(货号 S0023)。以上试验均在首次施药后 24 h 进行。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 软件进行数据处理,采用 DPS 7.05 软件进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 化学杀菌剂对植物叶绿素含量的影响

如图 1 所示,与对照相比,供试 5 种化学杀菌剂 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑 SE、25% 吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC、12.5% 氟环唑 SC 和 430 g/L 戊唑醇 SC 均对小麦、玉米和花生叶片叶绿素含量有显著增加作用,小麦叶绿素含量分别增加了 4.98%、6.47%、4.31%、6.15% 和 3.15%,玉米叶绿素含量分别增加了 10.72%、11.76%、8.17%、4.85% 和 6.89%,花生叶绿素含量分别增加了 15.44%、17.50%、19.13%、10.39% 和 19.46%。

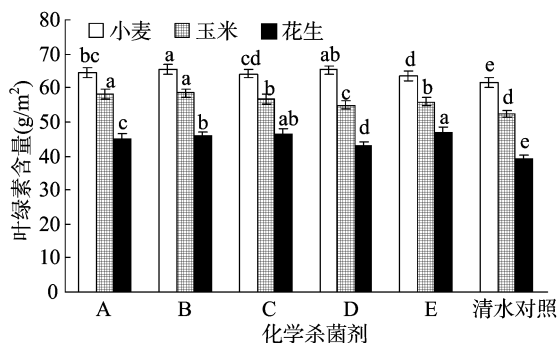


图1 供试药剂对植物叶绿素含量的影响  
A—17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑SE; B—25%吡唑醚菌酯 EC;  
C—250 g/L 啉菌酯SC; D—12.5% 氟环唑 SC; E—430 g/L 戊唑醇 SC。同一作物的不同处理间标有不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同

### 2.2 化学杀菌剂对细胞分裂素含量的影响

由图 2 可知,与清水对照相比,5 种杀菌剂处理后小麦叶片细胞分裂素含量无显著性变化;250 g/L 啉菌酯 SC 处理后玉米叶片细胞分裂素含量显著降低,12.5% 氟环唑 SC 处理后玉米叶片细胞分裂素含量显著增加;430 g/L 戊唑醇 SC 处理后花生叶片细胞分裂素含量显著降低。

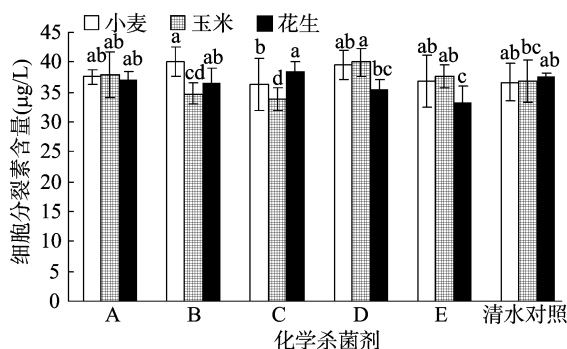


图2 供试药剂对作物细胞分裂素含量的影响

### 2.3 化学杀菌剂对植物过氧化氢酶活性的影响

对植物叶片过氧化氢酶活性的测定结果如图 3 所示,用供试 5 种化学杀菌剂 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑 SE、25% 吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC、12.5% 氟环唑 SC 和 430 g/L 戊唑醇 SC 喷施小麦、花生和玉米 3 种作物后,对其过氧化氢酶活性有不同程度的影响:用 5 种杀菌剂处理小麦后其过氧化氢酶活性均显著增加,分别增加 33.28%、57.10%、56.40%、19.86%、103.80%;用 5 种杀菌剂处理玉米后其过氧化氢酶活性均显著增加,分别增加 32.41%、58.66%、37.00%、69.33% 和 75.02%;用 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑 SE、25% 吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC 和 430 g/L 戊唑醇 SC 4 种杀菌剂处理花生后其过氧化氢酶活性显著增加,分别增加 99.25%、31.48%、37.41% 和 25.64%。

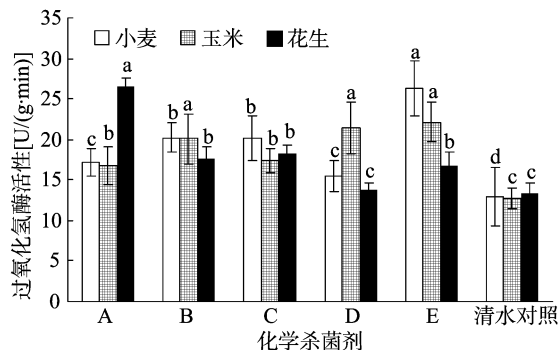


图3 供试药剂对植物过氧化氢酶活性的影响

### 2.4 对植物水杨酸含量的影响

对植物叶片水杨酸含量的测定结果如图 4 所示,用供试 5 种化学药剂喷施小麦、花生、玉米 3 种作物后,药剂 25% 吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC 和 12.5% 氟环唑 SC 对 3 种作物的水杨酸含量均有不同程度的提升作用,其余 2 种药剂作用不大。用 25% 吡唑醚菌酯 EC 处理后,小麦、玉米和花生的水杨酸含量分别增加 32.00%、32.12% 和 39.77%;用 250 g/L 啉菌酯 SC 处理后水杨酸含量分别增加 38.03%、13.28% 和 30.12%;用 12.5% 氟环唑 SC 处理后水杨酸含量分别增加 22.89%、22.02% 和 35.53%。

### 2.5 对植物一氧化氮含量的影响

对植物一氧化氮含量的测定结果如图 5 所示。与清水对照相比,用 25% 吡唑醚菌酯 EC 和 12.5% 氟环唑 SC 处理后小麦叶片中一氧化氮含量显著增加;用 5 种化学杀菌剂处理后玉米叶片中一氧化氮含量无明显变化;用 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑 SE 和 12.5% 氟环唑 SC 处理后花生叶片中一氧

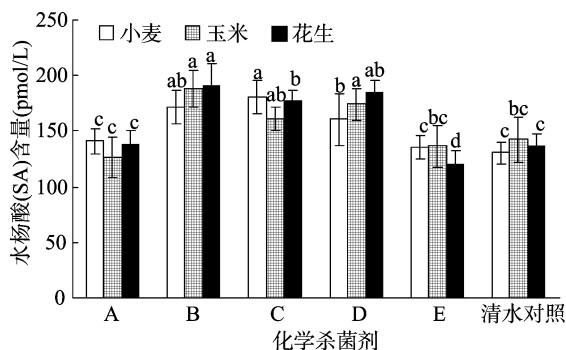


图4 供试药剂对植物水杨酸含量的影响

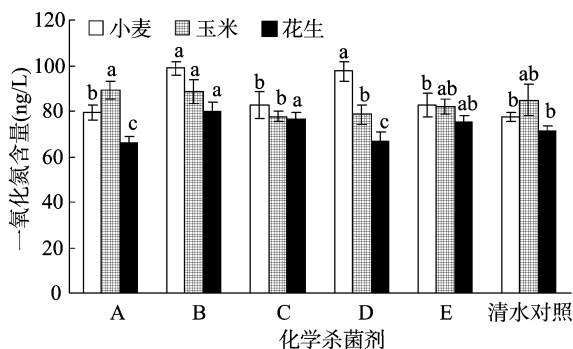


图5 供试药剂对植物一氧化氮含量的影响

化氮含量显著降低,用 25% 吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC 处理后显著升高。

### 3 结论与讨论

植物利用光合作用吸收和利用光能,固定大气中的二氧化碳,分解水并释放氧气,为自身提供物质和能量,因此提高光合作用效率被认为是进一步提高粮食生产的重要途径<sup>[12-13]</sup>。叶片是植物进行光合作用的主要器官,通过测定小麦、玉米和花生叶片的叶绿素含量,发现供试 5 种化学杀菌剂 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑 SE、25% 吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC、12.5% 氟环唑 SC 和 430 g/L 戊唑醇 SC 均对试验作物叶片的叶绿素含量有显著增加作用,而叶绿素是影响植物光合作用的重要因素之一,因此可以确定这 5 种化学药剂可以通过促进作物的光合作用途径起到增产效果。另外试验结果显示,250 g/L 啉菌酯 SC、430 g/L 戊唑醇 SC 和 12.5% 氟环唑 SC 对作物叶片的细胞分裂素含量有不同程度的影响,也能影响作物产量。

过氧化氢酶是植物防御系统的关键酶之一,是植物体内的抗逆信号因子,具有调节细胞凋亡的作用,并且能维持植物细胞内的氧化-还原动态平衡<sup>[14]</sup>。试验结果显示,这 5 种化学杀菌剂使 3 种作物体内的过氧化氢酶活性均有不同程度的提高,表明这 5 种杀菌剂能够通过提高植物体内过氧化氢酶的含量增强植物的抗逆性,包括对病原菌的抗性作用。水杨酸是一种重要的能激活植物抗病防卫反应的內源信号分子,在植物系统获得抗性途径中有非常重要的作用<sup>[15-16]</sup>。25%

吡唑醚菌酯 EC、250 g/L 啉菌酯 SC、12.5% 氟环唑 SC 对小麦、玉米和花生这 3 种作物的水杨酸含量有一定的增加作用,其余 2 种药剂作用不大。表明这 3 种化学药剂可能通过水杨酸途径使植物获得系统抗性从而增加植物的抗性。25% 吡唑醚菌酯 EC、12.5% 氟环唑 SC 和 250 g/L 啉菌酯 SC 处理后能够不同程度地影响作物叶片中一氧化氮含量,表明这 3 种杀菌剂能通过影响和改变植物体内一氧化氮含量途径来改变植物的抗逆性。

### 参考文献:

- [1] 庞海龙. 植物病害对全球作物安全的影响[J]. 吉林农业(学术版), 2013(4): 30.
- [2] 杨小冰, 曾士迈. 小麦条锈病对小麦产量影响的研究——II. 病害对小麦叶片光合作用的影响初探[J]. 中国科学: 化学、生物学、农学、医学、地学, 1988, 18(11): 1174-1179.
- [3] 孙谷畴, 王伟. 番木瓜花斑叶病对叶子光合作用和蒸腾作用的影响[J]. 植物病理学报, 1985(4): 230-234.
- [4] 李明仁, 商鸿生. 条锈菌侵染对小麦光合作用和蒸腾作用的影响[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(2): 51-56.
- [5] Ypema H L, Gold R E. Kresoxim-methyl: modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide[J]. Plant Disease, 1999, 83(1): 4-19.
- [6] 陈雨, 张爱芳, 夏本勇, 等. 吡唑醚菌酯对大豆炭疽病防效及保健增产作用[J]. 农药, 2011, 50(9): 697-699.
- [7] 张秀珍. 氟环唑在我国登记情况[J]. 山东农药信息, 2012(2): 41.
- [8] 崔蕊蕊, 刘钰, 庄占兴, 等. 戊唑醇的开发现状及前景展望[J]. 山东化工, 2017(4): 48-51.
- [9] 于晓丽, 王培松, 巴信斌, 等. 17.2% 吡唑醚菌酯·氟环唑悬乳剂对玉米的防病保健作用[J]. 安徽农业科学, 2015(25): 92-95.
- [10] 王培松, 于晓丽, 栾炳辉, 等. 17% 唑醚·氟环唑悬乳剂对花生的抗病和保健作用[J]. 现代农药, 2016, 15(1): 54-56.
- [11] 杨兰芳, 庞静, 彭小兰, 等. 紫外分光光度法测定植物过氧化氢酶活性[J]. 现代农业科技, 2009(20): 364-366.
- [12] Zhu X G, Long S P, Ort D R. Improving photosynthetic efficiency for greater yield[J]. Annual Review of Plant Biology, 2010, 61(1): 235-261.
- [13] Long S P, Marshall-Colon A, Zhu X G. Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential[J]. Cell, 2015, 161(1): 56-66.
- [14] 南芝润, 范月仙. 植物过氧化氢酶的研究进展[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(5): 27-29.
- [15] Bowling S A, Guo A, Cao H, et al. A mutation in *Arabidopsis* that leads to constitutive expression of systemic acquired resistance[J]. Plant Cell, 1994, 6(12): 1845.
- [16] Antoniw J F, White R F. The effects of aspirin and polyacrylic acid on soluble leaf proteins and resistance to virus infection in five cultivars of tobacco[J]. Journal of Phytopathology, 1980, 98(4): 331-341.