

◆ 药效与应用 ◆

## 7种药剂对白菜黑斑病菌的毒力及增效配方筛选

王敏, 宋雨萌, 刘文杰, 于雯雯, 罗兰\*

(青岛农业大学植物医学学院, 山东省植物病虫害绿色防控工程研究中心, 青岛 266109)

**摘要:** 为了有效防治白菜黑斑病, 本研究采用生长速率法测定7种药剂及不同药剂的复配对白菜黑斑病菌的毒力及增效作用。试验结果表明, 在7种供试药剂中95%氟环唑原药、98%吡唑醚菌酯原药和98%戊唑醇原药对白菜黑斑病菌的毒力较强,  $EC_{50}$ 分别为0.37、0.60 mg/L和0.60 mg/L。95%氟环唑原药与98%戊唑醇原药以4:1、1:1和1:4的质量浓度比复配时,  $EC_{50}$ 分别为0.29、0.34 mg/L和0.35 mg/L, 共毒系数分别为139.29、135.35和151.59, 表现为增效作用, 而95%氟环唑原药与98%吡唑醚菌酯原药以4:1、1:1和1:4的质量浓度比复配时,  $EC_{50}$ 分别为0.40、0.46 mg/L和0.53 mg/L, 共毒系数分别为117.54、108.02和118.37, 具有相加作用。该研究结果可为白菜黑斑病的化学防控提供科学用药指导。

**关键词:** 白菜黑斑病菌; 杀菌剂; 毒力; 复配; 增效作用

**中图分类号:** TQ 450.2; TQ 455 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1671-5284.2023.01.012

### Toxicity Determination and Synergistic Mixtures Screening of Seven Fungicides on *Alternaria brassicae*

WANG Min, SONG Yumeng, LIU Wenjie, YU Wenwen, LUO Lan\*

(College of Plant Health and Medicine, Qingdao Agricultural University, Shandong Engineering Research Center for Environment-Friendly Agricultural Pest Management, Qingdao 266109, China)

**Abstract:** In order to effectively control Chinese cabbage black spot disease, the toxicity and synergism of seven fungicides and their mixtures to Chinese cabbage black spot caused by *Alternaria brassicae* were measured with mycelium growth rate method. The results showed that the toxicity of epoxiconazole 95% TC, pyraclostrobin 98% TC and tebuconazole 98% TC were higher, and the  $EC_{50}$  were 0.37, 0.60 mg/L and 0.60 mg/L, respectively. The mixture of epoxiconazole 95% TC and tebuconazole 98% TC showed synergistic effect at the ratio of 4:1, 1:1 and 1:4, and the  $EC_{50}$  were 0.29, 0.34 mg/L and 0.35 mg/L, and the co-toxicity coefficients were 139.29, 135.35 and 151.59, respectively. The mixtures of epoxiconazole 95% TC and pyraclostrobin 98% TC had additive effect at the ratio of 4:1, 1:1 and 1:4, and the  $EC_{50}$  were 0.40, 0.46 mg/L and 0.53 mg/L, the co-toxicity coefficients were 117.54, 108.02 and 118.37, respectively. The results of this study could provide scientific guidance for the chemical control of *A. brassicae*.

**Key words:** *Alternaria brassicae*; fungicide; toxicity; mixture; synergism

大白菜 (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*) 起源于中国, 是我国分布最广, 种植面积最大的蔬菜。其营养丰富, 含有蛋白质、多种维生素和钙、磷等多种矿物质及大量的膳食纤维, 同时具有药用及保健作用<sup>[1]</sup>。近年来随着种植面积扩大和耕作制度的改变, 大白

菜的病虫害愈来愈严重, 主要有白菜根肿病、白菜霜霉病、白菜软腐病和白菜黑斑病<sup>[2-3]</sup>, 其中白菜黑斑病是一种重要的世界性真菌病害, 危害叶片和整株植物, 在我国各地均有发生, 已成为我国蔬菜生产上的主要病害之一, 在流行年份可造成20%~

收稿日期: 2022-11-17

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFD0201206-06)

作者简介: 王敏 (1997—), 女, 山东曲阜人, 硕士研究生, 研究方向为资源利用与植物保护。E-mail: wz\_m197@163.com

通信作者: 罗兰 (1965—), 女, 陕西咸阳人, 教授, 博士, 主要从事农药教学与研究工作。E-mail: luolanchinese@163.com

50%的减产,严重危害大白菜的产量与品质<sup>[4-5]</sup>。防治白菜黑斑病除选用优良品种和加强农业措施外,化学防治是主要防治措施,但生产上使用的药剂多为早期开发的保护性杀菌剂和苯并咪唑类等常规杀菌剂<sup>[6-7]</sup>。保护性杀菌剂用药量大,药效易受环境影响,其无法在植物体内传导,在作物发病后治疗效果不佳<sup>[8]</sup>。同时化学农药的大量广泛使用,使黑斑病对多种药剂产生了不同程度的抗性,防治效果明显降低<sup>[9]</sup>。因此筛选高效、低毒的新型杀菌剂来防治白菜黑斑病尤为重要。

氟环唑(Epoxiconazole)是新一代含氟的麦角甾醇生物合成抑制剂类杀菌剂,通过抑制真菌细胞膜甾醇生物合成而阻止真菌的生长,其具有保护和治疗作用,还能诱导作物产生抗病性,广泛用于谷物和果树等的各种真菌病害防治<sup>[10]</sup>。吡唑醚菌酯(Pyraclostrobin)是一种广谱、高效的甲氧基丙烯酸酯类内吸性杀菌剂,作用于真菌线粒体呼吸链中的细胞色素复合物,阻止电子传递,从而抑制真菌孢子萌发或菌丝生长<sup>[11]</sup>。其还具有良好的输导和扩散性,对蔬菜、果树的真菌病害都有较好的防治效果。戊唑醇(Tebuconazole)为三唑类杀菌剂,主要防治蔬菜、小麦、花生等的多种真菌病害,在全球50多个国家的60多种作物上取得登记并得到广泛应用<sup>[12]</sup>。

为了筛选防治白菜黑斑病的有效药剂以及延缓病原菌对三唑类杀菌剂的抗药性的产生,本研究采用生长速率法测定了苯并咪唑类、麦角甾醇生物合成抑制剂类以及甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂共7种单剂对白菜黑斑病菌的室内毒力,然后选用氟环唑与吡唑醚菌酯及戊唑醇进行复配,筛选增效配方,为白菜黑斑病的防治提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试药剂

95%甲基硫菌灵原药,江苏蓝丰生物化工股份有限公司;96%三唑酮原药、95%丙环唑原药、98%吡唑醚菌酯原药,山东潍坊润丰化工股份有限公司;98%戊唑醇原药,江苏龙灯化学有限公司;95%氟环唑原药,浙江禾本科科技股份有限公司;96%烯唑醇原药,江苏常隆农化有限公司。二甲基亚砷DMSO,天津市富宇精细化工有限公司。

### 1.2 供试菌种

白菜黑斑病菌(*Alternaria brassicae*)由青岛农业大学植物医学院农药学实验室分离鉴定并保存。

### 1.3 试验方法

采用生长速率法测定7种药剂以及复配剂对白菜黑斑病菌的毒力<sup>[13-14]</sup>。将原药用DMSO配成母液,再稀释成系列质量浓度用于试验(表1)。通过预备试验确定试验浓度范围,在浓度范围之内设置5~7个浓度梯度,要求抑制率在10%~90%之间。将稀释好的药液与PDA培养基摇匀制成含药平板,将5 mm的白菜黑斑病菌菌饼接种于含药平板中央,每质量浓度重复3次,同时设空白对照。放入28℃恒温培养箱中培养,待对照皿中菌落长至培养皿直径2/3时,测量不同处理白菜黑斑病菌菌落的直径,并计算抑菌率。

表1 7种杀菌剂对白菜黑斑病菌毒力测定的浓度梯度

药剂名称	质量浓度/(mg·L <sup>-1</sup> )				
	1	2	3	4	5
95%甲基硫菌灵原药	1 000	500	250	125	62.5
96%三唑酮原药	100	50	25	12.5	6.25
96%烯唑醇原药	40	20	10	5	2.5
95%丙环唑原药	8	4	2	1	0.5
98%吡唑醚菌酯原药	10	1	0.1	0.01	0.001
98%戊唑醇原药	10	1	0.1	0.01	0.001
95%氟环唑原药	2	1	0.5	0.25	0.125

### 1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2010软件进行数据处理与分析。求各药剂毒力回归式及EC<sub>50</sub>值等,用孙云沛公式<sup>[15-16]</sup>求各复配混剂共毒系数(CTC)。抑菌率及共毒系数按式(1)(2)计算。

$$\text{抑菌率}/\% = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{CTC} = \frac{\text{实际毒力指数}}{\text{理论毒力指数}} \times 100 \quad (2)$$

式中:CTC为共毒系数,当CTC>120时,为增效作用,CTC为80~120时,为相加作用,CTC<80时,为拮抗作用。

## 2 结果与分析

### 2.1 7种药剂对白菜黑斑病菌的室内毒力

7种药剂对白菜黑斑病菌的室内毒力测定结果见表2。在这7种药剂中,95%氟环唑原药对白菜黑斑病菌毒力最高,EC<sub>50</sub>值为0.37 mg/L,毒力倍数约为95%甲基硫菌灵原药的3 436.32倍;其次为98%吡唑醚菌酯原药和98%戊唑醇原药,EC<sub>50</sub>值均为0.60 mg/L。95%丙环唑原药、96%烯唑醇原药和96%三唑酮原药的EC<sub>50</sub>值分别为2.66、3.38 mg/L和19.50 mg/L;95%

甲基硫菌灵原药的效果最差,  $EC_{50}$ 值为1 271.44 mg/L, 说明白菜黑斑病菌对甲基硫菌灵已产生抗药性。

表2 7种杀菌剂对白菜黑斑病菌的毒力结果

供试药剂	$EC_{50}/(mg \cdot L^{-1})$	斜率 $\pm$ 标准误	$X^2(df=4)$	毒力倍数
95%甲基硫菌灵原药	1 271.44 (924.86~3 034.87)	1.46 $\pm$ 0.17	2.91	1.00
96%三唑酮原药	19.50 (14.30~26.10)	1.63 $\pm$ 0.07	3.32	65.20
96%烯唑醇原药	3.38 (2.23~5.58)	1.28 $\pm$ 0.10	2.92	376.17
95%丙环唑原药	2.66 (1.98~3.41)	1.51 $\pm$ 0.06	1.34	477.98
98%吡唑醚菌酯原药	0.60 (0.26~1.36)	0.61 $\pm$ 0.18	2.58	2 119.07
98%戊唑醇原药	0.60 (0.25~1.31)	0.62 $\pm$ 0.18	2.26	2 119.07
95%氟环唑原药	0.37 (0.24~0.49)	1.31 $\pm$ 0.08	2.37	3 436.32

## 2.2 氟环唑和戊唑醇复配对白菜黑斑病菌的联合毒力

95%氟环唑原药与98%戊唑醇原药 $EC_{50}$ 值分别为0.37 mg/L和0.60 mg/L, 其两者按有效成分比4:1、1:1及1:4复配时, 对白菜黑斑病菌 $EC_{50}$ 值分别为

0.29、0.34 mg/L和0.35 mg/L, 复配剂的毒力大于单剂, 3种复配剂的共毒系数分别为139.29、135.35和151.59, 氟环唑与戊唑醇3个复配剂的共毒系数均大于120, 表现为增效作用, 其中两者按有效成分1:4时复配时的增效作用最大(表3)。

表3 氟环唑与戊唑醇混配对白菜黑斑病菌联合毒力

供试药剂	$EC_{50}/(mg \cdot L^{-1})$	斜率 $\pm$ 标准误	$X^2(df=4)$	毒力倍数
95%氟环唑原药(A)	0.37 (0.24~0.49)	1.31 $\pm$ 0.08	2.37	
98%戊唑醇原药(B)	0.60 (0.26~1.36)	0.61 $\pm$ 0.18	2.58	
A:B=4:1	0.29 (0.12~0.48)	0.72 $\pm$ 0.16	0.403 2	139.29
A:B=1:1	0.34 (0.15~0.65)	0.92 $\pm$ 0.17	0.460 0	135.35
A:B=1:4	0.35 (0.18~0.76)	0.76 $\pm$ 0.18	0.535 4	151.59

## 2.3 氟环唑和吡唑醚菌酯复配对白菜黑斑病菌的联合毒力

95%氟环唑原药与98%吡唑醚菌酯原药按照

4:1、1:1及1:4复配对白菜黑斑病菌 $EC_{50}$ 值分别为0.40、0.46 mg/L和0.53 mg/L, 共毒系数分别为117.54、108.02和118.37, 均表现出了一定的相加作用(表4)。

表4 氟环唑与吡唑醚菌酯混配对白菜黑斑病菌联合毒力

供试药剂	$EC_{50}/(mg \cdot L^{-1})$	斜率 $\pm$ 标准误	$X^2(df=4)$	毒力倍数
95%氟环唑原药(A)	0.37 (0.24~0.49)	1.31 $\pm$ 0.08	2.37	
98%吡唑醚菌酯原药(C)	0.60 (0.25~1.31)	0.62 $\pm$ 0.18	2.26	
A:C=4:1	0.40 (0.23~0.68)	0.69 $\pm$ 0.15	2.34	117.54
A:C=1:1	0.46 (0.12~0.75)	0.88 $\pm$ 0.16	2.48	108.02
A:C=1:4	0.53 (0.32~0.64)	0.62 $\pm$ 0.14	3.45	118.37

## 3 结论与讨论

白菜黑斑病不仅影响大白菜产量, 还导致品质下降, 影响收益和食品安全。使用高效安全杀菌剂是防治病害的主要措施。本研究从7种不同机理杀菌剂中筛选出3种高效杀菌剂, 分别为95%氟环唑原药、98%吡唑醚菌酯原药和98%戊唑醇原药, 对白菜黑斑病菌的 $EC_{50}$ 均小于1 mg/L, 分别为0.37、0.60 mg/L和0.60 mg/L, 可作为白菜黑斑病防治的有效药剂。

氟环唑是一种内吸性三唑类杀菌剂, 可与井冈霉素、啶菌酯和三环唑复配用于水稻纹枯病和稻瘟病的防治<sup>[17-19]</sup>, 与吡唑醚菌酯复配用于小麦赤霉病和锈病的防治<sup>[20]</sup>。本研究发现, 将氟环唑和戊唑醇以不同比例混合, 表现出对白菜黑斑病菌不同程度的增效作用, 以氟环唑和戊唑醇1:4按有效成分混配时增效最为显著, 这为氟环唑和戊唑醇复配的开发及应用提供理论依据。

为了延缓抗药性的产生, 药剂的交替使用和复

配增效研究具有重要的实践意义。戊唑醇不仅与苯醚甲环唑复配对白菜黑斑病菌具有增效作用<sup>[21]</sup>,与氟环唑复配同样增效显著。另外,甲基硫菌灵抗性水平也不容忽视,有研究发现蔓枯病菌(*Stagonosporopsis citrulli*)和苹果腐烂病菌(*Valsa mali*)对甲基硫菌灵产生了不同程度的抗性<sup>[22-23]</sup>,本试验中发现白菜黑斑病菌对甲基硫菌灵已产生了抗药性,其抗性水平有待进一步测定。

#### 参考文献

- [1] 徐家炳,张凤兰.中国大白菜图鉴[M].北京:中国农业出版社,2016.
- [2] 吕玉俭.十字花科蔬菜病害发生特点及综合防治技术[J].农民致富之友,2019(4):62.
- [3] 魏林,梁志怀,张屹.白菜黑斑病的发生规律及综合防治[J].长江蔬菜,2016(17):52-53.
- [4] 马海霞,屈直,李丹,等.白菜黑斑病病原产孢量影响因素初步研究[J].中国植保导刊,2016,36(6):5-8.
- [5] 王风敏,张鲁刚,刘静,等.春夏大白菜黑斑病原鉴定和抗性鉴定方法比较[J].植物保护学报,2007,34(6):614-618.
- [6] 张淑霞,孙兆法,司朝光,等.青岛地区春大白菜黑斑病的发生与防治[J].中国蔬菜,2011(17):25-26.
- [7] 王莹莹,宋加伟,石延霞,等.李宝聚博士诊病手记(八十四)白菜黑斑病病原菌鉴定及防治方法[J].中国蔬菜,2015(7):72-74.
- [8] 蔡勤,何永梅,蔡再华,等.用好保护性杀菌剂防治大棚蔬菜病害[J].植物医生,2019,32(1):65-67.
- [9] 孙秀华,刘丽屏,陈星初.脲菌酯与戊唑醇不同配比对白菜黑斑病菌的毒力测定[J].菌物研究,2009,7(3):185-188;192.
- [10] 张静静,曹猛猛.杀菌剂氟环唑研究现状[J].河南农业,2019(14):64.
- [11] 左文静,主艳飞,庄占兴,等.吡唑醚菌酯研究开发现状与展望

- [J].世界农药,2017,39(1):22-25.
- [12] 华乃震.杀菌剂戊唑醇的剂型与应用[J].农药,2013,52(11):781-786;809.
- [13] 农业部农药检定所.NY/T 1156.2—2006 农药室内生物测定试验准则 杀菌剂第2部分:抑制病原真菌菌丝生长试验皿法[S].北京:中国农业出版社,2006.
- [14] 罗兰.植物化学保护实验指导[M].北京:中国农业大学出版社,2015.
- [15] SUN Y P, JOHNSON E R. Analysis of joint action of insecticides against houseflies[J]. Journal of Economic Entomology, 1960, 53(5): 887-892.
- [16] 农业部农药检定所.NY/T 1156.6—2006 农药室内生物测定试验准则 杀菌剂第6部分:混配的联合作用测定[S].北京:中国农业出版社,2006.
- [17] 黄建华,何东兵,陈宏州,等.井冈霉素与氟环唑防治水稻纹枯病的配方离体筛选及田间应用效果[J].江苏农业科学,2020,48(23):108-110.
- [18] 夏丽娟,任丹,万莉.氟环唑与三环唑复配对水稻纹枯病和稻曲病的联合生物活性及田间防效[J].农药,2021,60(9):682-686.
- [19] 王宁,赵焕焕,陈根宝,等.35%氟环唑·啶菌酯悬浮剂的研制及生物活性评价[J].农药,2019,58(7):491-494.
- [20] 何培迎,陈宏祥,仲春梅.17%吡唑醚菌酯·氟环唑悬浮剂的高效液相色谱分析方法[J].农药科学与管理,2021,42(3):35-41.
- [21] 李亚婷,孙彤彤,罗强,等.4种杀菌剂防治白菜黑斑病的毒力测定研究[J].河北农业大学学报,2018,41(4):96-100.
- [22] 吴倩倩,庄超杰,吴鉴艳,等.浙江省西(甜)瓜蔓枯病菌对甲基硫菌灵和啶酰菌胺的抗性检测及抗性机制[J].农药学报,2021,23(6):1117-1122.
- [23] 薛应钰,李发康,赵娜,等.甘肃省苹果树腐烂病菌对甲基硫菌灵的抗药性测定[J].中国果树,2019(5):50-53;73.

(责任编辑:金兰)

## 农业农村部部署华南三省区 豇豆用药质量监督抽查行动

2023年2月8—9日,农业农村部在海南省海口市召开豇豆用药质量监督抽查培训会,部署海南、广东、广西冬春豇豆生产重点省区农药质量监督抽查工作,并在澄迈县等地开展现场抽查活动,推进豇豆农药残留攻坚治理措施落实落地。

会议指出,豇豆病虫害多发重发,防治难度大、用药要求高,农药质量是影响病虫害防治效果和豇豆产品质量安全的重要因素。加强农药质量监督抽查,是防范违规添加禁限用农药、确保豇豆用药质量、促进科学安全用药的重要举措。

会议强调,豇豆用药监督抽查涉及环节多,专业性、政策性强,各地农业农村部门要高度重视,增强责任感,切实做好四项工作。一是明确目标任务。监督抽查要面向豇豆主要种植区,每省抽查不少于3个县、抽样不少于100个。抽检农药包括豇豆登记使用的灭蝇胺等41个品种,重点关注可能违规添加的甲胺磷、氧乐果、毒死蜱等15种禁限用农药成分。抽检工作在3月底完成。二是精心组织人员。各省区要按照“双随机一公开”要求,加强组织协调,做好农药监管人员、执法人员、检测单位、抽检地点的有效衔接。三是严格抽检规程。各地要按照抽检方案要求,依法做好样品抽取、检测、结果确认等工作,确保抽检的有效性、合法性。四是强化检打联动。检测结果发现问题的,要移交执法监管部门,依法查处,严防不合格农药流入市场影响豇豆生产用药安全。

(来源:农业农村部新闻办公室)