

尹 升,陈宏州,杨红福,等. 咪鲜胺与丙硫菌唑混剂对玉蜀黍赤霉菌的联合毒力及田间防效[J]. 江苏农业科学,2018,46(12):82-85.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.12.019

咪鲜胺与丙硫菌唑混剂对玉蜀黍赤霉菌的联合毒力及田间防效

尹 升¹, 陈宏州², 杨红福², 吉沐祥², 庄义庆^{1,2}

(1. 南京农业大学植物保护学院, 江苏南京 210095; 2. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所, 江苏句容 212400)

摘要:为开发防治小麦赤霉病的新型复配菌剂,采用菌丝生长速率法分别测定了多菌灵、三唑酮、咪鲜胺、丙硫菌唑以及咪鲜胺和丙硫菌唑的 5 种配比混剂对抗多菌灵玉蜀黍赤霉菌 R-10 的室内毒力,并进行了小麦赤霉病田间防治试验。结果表明,多菌灵、三唑酮、咪鲜胺、丙硫菌唑以及咪鲜胺和丙硫菌唑配比为 1:6、1:3、1:1、3:1、6:1 的混剂,对 R-10 的 EC_{50} 值分别为 1.480 0、13.881 9、0.024 6、0.078 7、0.039 7、0.020 7、0.012 7、0.015 3、0.014 1 $\mu\text{g/mL}$, 5 种混剂的增效系数分别为 1.508 8、2.454 1、2.952 8、1.941 2、1.936 2,且配比差异与增效作用间有量效负相关性。在 1 年 2 地的田间药效试验中,40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm^2 对小麦赤霉病的防效均显著优于咪鲜胺、丙硫菌唑单剂及 25% 多菌灵·三唑酮可湿性粉剂 2250 g/hm^2 的防效,并且对小麦安全,开发前景良好。

关键词:咪鲜胺;丙硫菌唑;玉蜀黍赤霉菌;联合毒力;田间防效

中图分类号: S435.121.4⁺5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)12-0082-04

小麦赤霉病(*Fusarium head blight*, FHB)是由玉蜀黍赤霉

菌[*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch] (无性型为 *Fusarium graminearum* Schwabe)引起的,是世界范围内小麦上危害严重的病害^[1-2]。小麦赤霉病不仅会造成严重的产量损失,还因产真菌毒素而严重威胁食品安全^[3-4]。小麦赤霉病以化学防治为主,防治的药剂以苯并咪唑类杀菌剂,尤其是多菌灵及其复配制剂为主打药剂。我国自 1992 年首次发现小麦赤霉病菌对多菌灵的抗性菌株以来^[5],在药剂的选择压力下,抗性种群的发展与蔓延十分迅速。多菌灵对小麦赤霉病的防效逐年下降,抗性治理的形式变得严峻起来^[6]。因此,必须调整

收稿日期:2017-01-14

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(15)1001、CX(15)1002]。

作者简介:尹 升(1991—),男,安徽芜湖人,硕士研究生,从事农作物病害抗药性检测与治理研究。E-mail: 2015802181@njau.edu.cn。

通信作者:庄义庆,博士,研究员,主要从事植物保护研究。E-mail: yqzhuang@sina.com。

间试验,室内药剂筛选试验所得到的结果具有一定的局限性,对病害的控制效果最终还须要经过田间试验来检验。

参考文献:

- [1] 赵洪海,岳清华,梁 晨. 蓝莓拟盘多毛孢枝枯病的病原菌[J]. 菌物学报,2014,33(3):577-583.
- [2] 石凌波,李 媛,费诺亚,等. 蓝莓拟盘多毛孢叶斑病原菌鉴定[J]. 中国南方果树,2017,46(1):24-28.
- [3] 田小青,黎春刚. 上海郊区蓝莓果园病虫害的调查及防治对策[J]. 江苏农业科学,2012,40(4):147-148.
- [4] 董克锋,岳清华,高 勇,等. 蓝莓枝枯病枝剪口涂抹药剂效果试验[J]. 北方园艺,2016(4):118-119.
- [5] 金义兰,蒋选利,黄胜先,等. 贵州省蓝莓病害种类调查与鉴定[J]. 中国果树,2015(4):80-82,86.
- [6] 陈介甫,李亚东,徐 哲. 蓝莓的主要化学成分及生物活性[J]. 药学学报,2010,45(4):422-429.
- [7] 李亚东. 蓝莓优质丰产栽培技术[M]. 北京:中国三峡出版社,2007.
- [8] 严雪瑞,王 旭,胡梦琼,等. 蓝莓间座壳芽枯病原菌鉴定及其生物学特性[J]. 植物病理学报,2015,45(5):556-560.
- [9] 余 磊,赵建荣,Impaprasert R,等. 蓝莓枝枯病原菌鉴定[J].

植物病理学报,2013,43(4):421-425.

- [10] 徐成楠,王亚南,胡同乐,等. 蓝莓炭疽病病原菌鉴定及致病性测定[J]. 中国农业科学,2014,47(20):3992-3998.
- [11] 宫燕伟,王佳宁,梁 晨,等. 蓝莓枝枯病拮抗细菌 HMQUA140045 的鉴定和抑真菌活性[J]. 农药学报,2017,19(2):195-202.
- [12] 岳清华,高 勇,廖甜甜,等. 6 种杀菌剂对 5 种蓝莓枝枯病原菌的室内毒力测定[J]. 山东农业科学,2015,47(6):101-103.
- [13] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:农业出版社,1979.
- [14] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海:上海科学技术出版社,1979:647-648.
- [15] 张中义,冷怀琼,张志铭,等. 植物病原真菌学[M]. 成都:四川科学技术出版社,1988:337-452.
- [16] 陆家云. 植物病原真菌学[M]. 北京:中国农业出版社,2001:449-533.
- [17] 张颖慧,魏东盛,邢来君,等. 一种改进的丝状真菌 DNA 提取方法[J]. 微生物学通报,2008,35(3):466-469.
- [18] 深见顺一,上杉康彦,石冢皓造,等. 农药实验法(杀菌剂篇)[M]. 李树正,王笃焦,焦书梅,等. 译. 北京:农业出版社,1991.
- [19] 王佳宁,赵洪海,尉莹莹,等. 蓝莓毛色二胞枝枯病的病原菌[J]. 菌物学报,2016,35(6):657-665.

对小麦赤霉病的防治策略,合理使用杀菌剂,同时也需要开发、引进与推广新药剂。

为开发防治小麦赤霉病的新药剂,本研究采用菌丝生长速率法分别利用多菌灵、三唑酮、咪鲜胺、丙硫菌唑的单剂,以及咪鲜胺和丙硫菌唑的 5 种配比混剂对玉蜀黍赤霉菌进行室内毒力的测定,分析 4 种药剂的抑菌结果以及混剂的联合作用类型,并通过 1 年 2 地防治小麦赤霉病的田间试验对混剂在小麦赤霉病的防效以及安全性等方面进行评价和优选,以期小麦赤霉病的防治和抗药性的治理提供更好的药剂选择。

1 材料与方法

1.1 菌株

玉蜀黍赤霉菌 [*Gibberella zeae* (Schwein.) Petch] 对多菌灵表现抗性的菌株 R-10,由江苏丘陵地区镇江农业科学研究所植保研究室提供。此菌株采样所用的小麦病穗生长于江苏省句容市华阳镇,把病样分离纯化后获得菌株纯培养,以区分剂量法(10 $\mu\text{g/mL}$ 多菌灵为区分剂量)检测该菌株对多菌灵的抗性并保存备用^[6]。

1.2 培养基

PDA 培养基^[7],用于玉蜀黍赤霉菌的培养以及室内药剂试验。

1.3 药剂

97% 咪鲜胺(prochloraz)原药,江苏辉丰农化有限公司生产;98% 丙硫菌唑(prothioconazole)原药,江苏如东众意化工有限公司生产;97.09% 多菌灵(carbendazim)原药,上海升联化工有限公司生产;96% 三唑酮(triadimefon)原药,山东潍坊润丰股份有限公司生产。将多菌灵原药用适量(0.1 mol/L)的盐酸溶解,其他药剂分别用适量的丙酮溶解后,用无菌水定容至一定体积并加入 2% (体积比)吐温-80 做乳化剂,4 种原药均配制成 10 000 $\mu\text{g/mL}$ 的母液冷藏备用。

40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂(咪鲜胺:丙硫菌唑=3:1),江苏省绿盾植保农药实验有限公司;50% 咪鲜胺可湿性粉剂,江苏南京红太阳集团有限公司;20% 丙硫菌唑可湿性粉剂,江苏省绿盾植保农药实验有限公司;25% 多菌灵·三唑酮可湿性粉剂,江苏扬州苏灵农药化工有限公司。

1.4 药剂单剂对玉蜀黍赤霉菌的毒力测定

采用菌丝生长速率法^[7],分别将多菌灵、三唑酮、咪鲜胺、丙硫菌唑等供试药剂的母液,依次稀释至一定浓度,再将 1 mL 药液与 9 mL PDA 培养基在培养皿内混匀,制成含系列梯度浓度药剂的 PDA 培养基。多菌灵和三唑酮在含药 PDA 培养基中的系列梯度浓度分别设为 0.156 3~10 $\mu\text{g/mL}$ 和 0.625 0~40 $\mu\text{g/mL}$,咪鲜胺和丙硫菌唑在含药 PDA 培养基中的系列梯度浓度均设为 0.046 9~3 $\mu\text{g/mL}$,均为 2 倍稀释的 7 个梯度浓度,以无菌水作空白对照,各处理重复 4 次。将保留的供试玉蜀黍赤霉菌 R-10 转接到 PDA 平皿中,在 25 $^{\circ}\text{C}$ 下活化 96 h,然后在近菌落边缘用打孔器制取直径为 4 mm 的菌饼,并转接到上述倍比稀释配制的含药和空白对照的 PDA 平皿中,25 $^{\circ}\text{C}$ 培养 96 h,待对照中菌落长至约平皿直径的 4/5 时,采用十字交叉法量取菌落直径。

计算菌落直径均值,并按照下列公式计算菌丝生长平均

抑制率:菌丝生长平均抑制率=[(对照菌落直径均值-处理菌落直径均值)/(对照菌落直径均值-接种菌饼直径)] \times 100%。采用 DPS 13.0 专业版数据处理系统,分别计算出多菌灵、三唑酮、咪鲜胺和丙硫菌唑对玉蜀黍赤霉菌菌丝生长抑制的回归方程、 EC_{50} 及其 95% 置信限,并以多菌灵 EC_{50} 值为对照求出相对毒力指数。

1.5 咪鲜胺与丙硫菌唑混剂对玉蜀黍赤霉菌的毒力测定

将咪鲜胺与丙硫菌唑的母液分别以 1:6、1:3、1:1、3:1、6:1 的配比混匀而制成不同配比的混剂,混剂在含药 PDA 中的浓度设计为 0.046 9~3 $\mu\text{g/mL}$,均为 2 倍稀释的 7 个梯度浓度,检测方法同“1.4”节。

根据 Wadley 法^[8],计算增效系数(SR)。根据增效系数评价药剂混用的联合作用类型,即 $SR < 0.5$ 为拮抗作用, $0.5 \leq SR \leq 1.5$ 为相加作用, $SR > 1.5$ 为增效作用。 $SR = EC_{50}(\text{Eth})/EC_{50}(\text{Eob})$, $EC_{50}(\text{Eth}) = (a+b)/[(a/EC_{50,A}) + (b/EC_{50,B})]$ 。其中,A、B 分别为杀菌剂单剂, a 、 b 为相应单剂在混剂中的比例, $EC_{50}(\text{Eth})$ 为混剂 EC_{50} 理论值, $EC_{50}(\text{Eob})$ 为混剂 EC_{50} 实测值。

1.6 田间药效试验

1.6.1 试验点概况 试验于 2016 年 4—6 月分别在江苏省镇江市植保站和江苏省扬州市宝应县的小麦田内进行,供试小麦品种分别为镇麦 10 号、华麦 1 号,近年来,试验田块小麦赤霉病均发生较重。试验田土壤为壤质土,有机质含量中等,肥水管理按照常规进行。

1.6.2 试验设计 试验设 7 个处理,分别为 40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 450、600、750 g/hm^2 ,50% 咪鲜胺可湿性粉剂 600 g/hm^2 ,20% 丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm^2 ,25% 多菌灵·三唑酮可湿性粉剂 2 250 g/hm^2 ,清水空白对照,其中咪鲜胺和丙硫菌唑单剂设计的剂量均为推荐剂量。每个处理重复 3 次,共 21 个小区,小区面积为 20 m^2 ,小区设保护行,随机区组排列。施药 2 次,间隔 7 d,小麦扬花 10% 时第 1 次施药。喷液量为 675 L/hm^2 ,空白对照区喷施等量清水。

1.6.3 小麦赤霉病防效调查 小麦赤霉病发生稳定后调查发病情况,采用对角线 5 点取样,每处理调查 500 穗,分级标准以及数据处理方法参照江苏省农作物病虫害预测预报方法^[9]。

1.6.4 安全性调查 分别于第 1 次、第 2 次施药后 1、2、3、7 d 目测调查供试新药剂处理后小麦的叶形、叶色以及植株扬花情况等有无药害症状。

2 结果与分析

2.1 药剂单剂对玉蜀黍赤霉菌的毒力

室内毒力测定结果表明,多菌灵、三唑酮、咪鲜胺、丙硫菌唑对供试玉蜀黍赤霉菌 R-10 菌丝生长的 EC_{50} 值分别为 1.480 0、13.881 9、0.024 6、0.078 7 $\mu\text{g/mL}$ 。4 种供试杀菌剂中,咪鲜胺对玉蜀黍赤霉菌菌丝生长的抑制活性最强,而三唑酮的抑制活性最低, EC_{50} 值相差约 564 倍。以多菌灵的 EC_{50} 值为对照得出了不同杀菌剂的相对毒力指数,咪鲜胺、丙硫菌唑、三唑酮的相对毒力指数分别为 0.016 6、0.053 2、9.379 7 (表 1)。表明咪唑类杀菌剂——咪鲜胺和三唑类杀菌剂——丙硫菌唑对供试玉蜀黍赤霉菌 R-10 具有较强的室内抑菌活性;而常规药剂三唑类杀菌剂——三唑酮对供试玉蜀黍赤

表 1 4 种杀菌剂对玉蜀黍赤霉菌的室内毒力测定结果

药剂	毒力回归方程	相关系数 (<i>r</i>)	EC ₅₀ (μg/mL)	EC ₅₀ 的 95% 置信限 (μg/mL)	相对毒力指数
咪鲜胺	$y = 6.683\ 1 + 1.045\ 7x$	0.972 7	0.024 6	0.013 2 ~ 0.045 7	0.016 6
丙硫菌唑	$y = 5.993\ 0 + 0.899\ 3x$	0.984 8	0.078 7	0.058 7 ~ 0.105 5	0.053 2
多菌灵	$y = 4.780\ 1 + 1.291\ 7x$	0.988 6	1.480 0	1.237 6 ~ 1.769 7	1.000 0
三唑酮	$y = 3.901\ 9 + 0.961\ 1x$	0.984 5	13.881 9	10.609 8 ~ 18.163 2	9.379 7

注:相对毒力指数 = 不同药剂的 EC₅₀ 值/多菌灵的 EC₅₀ 值。

霉菌的抑菌活性较低。

2.2 咪鲜胺与丙硫菌唑混剂对玉蜀黍赤霉菌的毒力

咪鲜胺与丙硫菌唑混剂的室内毒力检测结果得出,咪鲜胺、丙硫菌唑及其配比为 1∶6、1∶3、1∶1、3∶1、6∶1 的混剂对供试玉蜀黍赤霉菌 R-10(对多菌灵表现抗性菌株)菌丝生长抑制的 EC₅₀ 分别为 0.024 6、0.078 7、0.039 7、0.020 7、0.012 7、0.015 3、0.014 1 μg/mL。5 种混剂对玉蜀黍赤霉菌的增效系数(SR)分别为 1.508 8、2.454 1、2.952 8、1.941 2、1.936 2,均大于 1.5(表 2)。表明咪鲜胺与丙硫菌唑配比为 1∶6、1∶3、1∶1、3∶1、6∶1 的混剂对玉蜀黍赤霉菌菌丝生长的联合作用类型均为增效作用,其中咪鲜胺与丙硫菌唑配比为 1∶1 时增效作用最强,且任 1 种药剂比例增加时增效作用均表现一定的下降趋势。

2.3 40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂对小麦赤霉病的防治效果

2.3.1 病穗防效 在江苏省镇江市植保站的田间试验结果得出,40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm² 的防效最高,25%多菌灵·三唑酮可湿性粉剂 2 250 g/hm² 的防效最低,防效分别为 67.87% 和 31.24%。6 个药剂处理的防效由高至低依次为 40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm²、20%丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm²、40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 600 g/hm²、50%咪鲜胺可湿性粉剂 600 g/hm²、40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 450 g/hm²、25%多菌灵·三唑酮可湿性粉剂 2 250 g/hm²,病穗防效分别为 67.87%、58.91%、54.97%、46.27%、44.78%、31.24%,处理间防效差异显著(表 3)。

表 2 咪鲜胺与丙硫菌唑及其混剂对玉蜀黍赤霉菌的毒力测定结果

药剂	回归方程	相关系数 (<i>r</i>)	EC ₅₀ (Eob) (μg/mL)	95% 置信限 (μg/mL)	EC ₅₀ (Eth) (μg/mL)	增效系数 (SR)
咪鲜胺	$y = 6.683\ 1 + 1.045\ 7x$	0.972 7	0.024 6	0.013 2 ~ 0.045 7		
丙硫菌唑	$y = 5.993\ 0 + 0.899\ 3x$	0.984 8	0.078 7	0.058 7 ~ 0.105 5		
咪鲜胺∶丙硫菌唑(1∶6)	$y = 6.088\ 5 + 0.776\ 8x$	0.987 1	0.039 7	0.027 8 ~ 0.056 6	0.059 9	1.508 8
咪鲜胺∶丙硫菌唑(1∶3)	$y = 6.174\ 9 + 0.697\ 8x$	0.974 3	0.020 7	0.011 0 ~ 0.039 2	0.050 8	2.454 1
咪鲜胺∶丙硫菌唑(1∶1)	$y = 6.353\ 8 + 0.714\ 3x$	0.989 2	0.012 7	0.007 9 ~ 0.020 6	0.037 5	2.952 8
咪鲜胺∶丙硫菌唑(3∶1)	$y = 6.467\ 2 + 0.808\ 3x$	0.997 9	0.015 3	0.012 6 ~ 0.018 6	0.029 7	1.941 2
咪鲜胺∶丙硫菌唑(6∶1)	$y = 6.208\ 8 + 0.653\ 0x$	0.991 2	0.014 1	0.009 3 ~ 0.021 4	0.027 3	1.936 2

表 3 不同药剂对小麦赤霉病的田间防效(江苏省镇江市植保站)

药剂种类	用量 (g/hm ²)	病穗率 (%)	病穗防效 (%)	病情指数	病指防效 (%)
40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂	450	26.23	44.78e	13.25	57.69d
40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂	600	21.39	54.97c	11.37	63.70c
40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂	750	15.26	67.87a	7.93	74.68a
50%咪鲜胺可湿性粉剂	600	25.52	46.27d	14.19	54.69e
20%丙硫菌唑可湿性粉剂	750	19.52	58.91b	10.95	65.04b
25%多菌灵·三唑酮可湿性粉剂	2 250	32.66	31.24f	18.43	41.16f
对照		47.50		31.32	

注:同列数据后标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。表 4 同。

在江苏省扬州市宝应县的田间试验结果得出,6 个药剂处理的防效由高至低依次为 40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm²、20%丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm²、40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 600 g/hm²、40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 450 g/hm²、50%咪鲜胺可湿性粉剂 600 g/hm²、25%多菌灵·三唑酮可湿性粉剂 2 250 g/hm²,病穗防效分别为 93.05%、91.12%、87.98%、84.17%、57.63%、50.63%,处理间防效差异显著(表 4)。

2.3.2 病指防效 在江苏省镇江市植保站、江苏省扬州市宝

应县的田间试验结果表明,6 个药剂处理对小麦赤霉病的病指防效由高至低依次为 40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm²、20%丙硫菌唑可湿性粉剂 750 g/hm²、40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 600 g/hm²、40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂 450 g/hm²、50%咪鲜胺可湿性粉剂 600 g/hm²、25%多菌灵·三唑酮可湿性粉剂 2 250 g/hm²,处理间防效差异显著(表 3、表 4)。表明咪鲜胺与丙硫菌唑混剂——40%咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂对小麦赤霉病的防效良好,在供试剂量下施用时的防效优于常规药剂多菌灵在

表 4 不同药剂对小麦赤霉病的田间防效(江苏省扬州市宝应县)

药剂种类	用量 (g/hm ²)	病穗率 (%)	病穗防效 (%)	病情指数	病指防效 (%)
40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂	450	2.78	84.17d	0.75	85.55d
40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂	600	2.11	87.98c	0.53	89.79c
40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂	750	1.22	93.05a	0.28	94.61a
50% 咪鲜胺可湿性粉剂	600	7.44	57.63e	1.92	63.01e
20% 丙硫菌唑可湿性粉剂	750	1.56	91.12b	0.39	92.49b
25% 多菌灵·三唑酮可湿性粉剂	2 250	8.67	50.63f	2.17	58.19f
对照		17.56		5.19	

推荐剂量下施用的防效。40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂对小麦赤霉病防效优良,具有良好的应用前景。

2.4 安全性调查

通过药后对小麦叶形、叶色以及扬花情况等方面的调查,未发现药害。表明 40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂在 450 ~ 750 g/hm² 的剂量下施用对小麦安全。

3 讨论

目前,在小麦赤霉病的防治中,药剂防治仍起着无可替代的作用,但由于病原菌对多菌灵抗药性的产生与蔓延,抗药性的治理引起了高度重视,生产中也迫切需要替代药剂^[10-12]。咪唑类杀菌剂——咪鲜胺是近年来替代多菌灵的重点药剂,在生产中对抗药性的治理发挥了重大作用。但咪鲜胺的长期使用,同样存在病原菌对其产生抗药性的风险。相关研究表明,将作用机理不同的杀菌剂混配,对小麦赤霉病的防治及抗药性的治理具有重要的意义^[13-14]。本研究基于对多菌灵的抗性治理和延缓咪鲜胺抗药性的产生,选择了丙硫菌唑(拜耳公司研制的一种新型广谱高效低毒三唑类杀菌剂)和咪鲜胺复配。室内离体毒力测定结果表明,咪鲜胺和丙硫菌唑无论是单剂还是混配,都对供试玉蜀黍赤霉菌 R-10(对多菌灵表现抗性菌株)的菌丝生长具有较强抑制活性,且不同配比间存在显著增效活性。

本研究采用菌丝生长速率法检测了咪鲜胺与丙硫菌唑及 5 种配比混剂对玉蜀黍赤霉菌的室内毒力并分析了混剂的联合作用类型,结果表明,咪鲜胺与丙硫菌唑配比为 1:6、1:3、1:1、3:1、6:1 混剂的联合作用类型均为增效作用。咪鲜胺与丙硫菌唑配比为 1:1 时增效作用最强且配比差异与增效作用有量效负向相关趋势,即咪鲜胺与丙硫菌唑的配比中任 1 种药剂的比例增加时增效作用均表现一定的下降趋势。综合药剂室内筛选结果与药剂成本等各方面因素,初步认定咪鲜胺与丙硫菌唑混配防治小麦赤霉病的最佳配比为 3:1,并按此比例制备了 40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂,以开展田间试验验证混剂的防效。40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂的田间药效与单剂相比增效明显,并且具有一定的量效正相关性,同时一定剂量下施用时的防效显著优于多菌灵。表明 40% 咪鲜胺·丙硫菌唑可湿性粉剂对小麦赤霉病的防效优良,具有良好的市场开发潜力。

本研究仅进行了咪鲜胺与丙硫菌唑混剂的 5 种配比筛选以及 1 年 2 个试验点的田间药效试验,混剂的配方尤其是制剂剂型还有待进一步优化。

参考文献:

- [1] Maier F J, Malz S, Lösch A P, et al. Development of a highly efficient gene targeting system for *Fusarium graminearum* using the disruption of a polyketide synthase gene as a visible marker[J]. FEMS Yeast Research, 2005, 5(6/7): 653-662.
- [2] Proctor R H, Hohn T M, McCormick S P. Restoration of wild-type virulence to Tri5 disruption mutants of *Gibberella zeae* via gene reversion and mutant complementation[J]. Microbiology, 1997, 143: 2583-2591.
- [3] Atanassov Z, Nakamura C, Mori N, et al. Mycotoxin production and pathogenicity of *Fusarium* species and wheat resistance to *Fusarium* head blight[J]. Canadian Journal of Botany, 1994, 72(2): 161-167.
- [4] Chen C J, Wang J X, Luo Q Q, et al. Characterization and fitness of carbendazim-resistant strains of *Fusarium graminearum* (wheat scab)[J]. Pest Management Science, 2007, 63(12): 1201-1207.
- [5] Liu X, Yin Y N, Wu J B, et al. Identification and characterization of carbendazim-resistant isolates of *Gibberella zeae*[J]. Plant Disease, 2010, 94(9): 1137-1142.
- [6] 王建新, 周明国, 陆悦健, 等. 小麦赤霉病菌抗药性群体动态及其治理药剂[J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(1): 43-47.
- [7] 赵斌, 何绍江. 微生物学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 251.
- [8] Gisi U, Binder H, Rimbach E. Synergistic interactions of fungicides with different modes of action[J]. Transactions of British Mycological Society, 1985, 85(2): 299-306.
- [9] 江苏省植物保护站. 农作物主要病虫害预测预报与防治[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2006: 1-5.
- [10] Qu B, Li H P, Zhang J B, et al. Comparison of genetic diversity and pathogenicity of *Fusarium* head blight pathogens from China and Europe by SSCP and seedling assays on wheat[J]. Plant Pathology, 2008, 57(4): 642-651.
- [11] Liu Y, Chen X, Jiang J, et al. Detection and dynamics of different carbendazim-resistance conferring β -tubulin variants of *Gibberella zeae* collected from infected wheat heads and rice stubble in China[J]. Pest Management Science, 2014, 70(8): 1228-1236.
- [12] 刁亚梅, 倪珏萍, 马亚芳, 等. 创制杀菌剂氰烯菌酯的应用研究[J]. 植物保护, 2007, 33(4): 121-123.
- [13] 毕秋艳, 马志强, 张小风, 等. 福美双和戊唑醇增效与拮抗组合对小麦赤霉病菌细胞膜透性及内含物渗漏的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(20): 222-227.
- [14] 毕秋艳, 马志强, 张小风, 等. 多菌灵/戊唑醇复配对小麦赤霉病菌抗药性菌株的活性增效作用[J]. 植物保护, 2010, 36(2): 119-122.