中国蔬菜 2012（6）：85-88
CHINA VEGETABLES

醚菌酯与苯醚甲环唑混用对防治草莓白粉病的增效作用

朱卫刚 胡伟群 张蕊蕊 陈 杰*

（浙江省化工研究院有限公司，国家南方农药创制中心浙江基地，浙江杭州 310023）

摘 要：醚菌酯是防治草莓白粉病的新型杀菌剂，为筛选出对草莓白粉病具有增效作用的醚菌酯与苯醚甲环唑的混配组合，通过活体盆栽试验对草莓白粉病进行复配药剂筛选。结果表明：50%醚菌酯水分散粒剂（WG）与10%苯醚甲环唑WG（质量比分别为1∶1、1∶3、1∶5、1∶7、1∶9）复配剂的共毒系数（CTC）分别为157.91、121.83、116.65、114.07和108.08；5个配比中，1∶1和1∶3配比表现增效作用，其余3个配比表现相加作用。综合增效作用和防治效果两方面考虑，醚菌酯与苯醚甲环唑1∶1配比最佳。

关键词：醚菌酯；苯醚甲环唑；草莓白粉病；防治效果

中图分类号：S436.44 **文献标识码**：A **文章编号**：1000-6346（2012）06-0085-04

Synergistic Effect of Mixing Kresoxim-methyl with Difenoconazole to Control *Sphaerotheca aphanis*

ZHU Wei-gang，HU Wei-qun，ZHANG Rui-rui，CHEN Jie*

（*Zhejiang Research Institute of Chemical Industry，National Center for Research and Development of Pesticide at Zhejiang Base，Hangzhou 310023，Zhejiang，China*）

Abstract：Kresoxim-methyl is one of the new fungicides commonly used for controlling strawberry powdery mildew. In order to select mixture of kresoxim-methyl with difenoconazole of synergistic control effect against strawberry powdery mildew，we screened by pot experiment *Sphaerotheca aphanis* among fungicide mixtures. The results showed that CTC values of the mixtures with the mixing ratio of Kresoxim-methyl and difenoconazole as 1∶1，1∶3，1∶5，1∶7，1∶9 were 157.91，121.83，116.65，114.07 and 108.08，respectively. The results also showed that the 2 ratios among the 5 as 1∶1 and 1∶3 to *Sphaerotheca aphanis* had obviously synergistic effect，and the rest 3 had additive effect. Among the 5 matching ratios，1∶1 ratio had the best effect，both from the synergistic effect and the control effect.

Key words：Kresoxim-methyl；Difenoconazole；*Sphaerotheca aphanis*；Control effect

草莓白粉病（*Sphaerotheca aphanis*）由子囊菌亚门真菌羽衣草单囊壳菌侵染所致，是草莓生产上的重要病害之一，主要为害草莓的叶片和果实，发生严重时病叶率在45%以上，病果率在50%以上（杨联伟，2005）。近年来，随着种植业结构的调整，草莓的栽培面积不断扩大，保护地草莓种植面积也逐年增加，由于连作及保护地特殊环境等原因，草莓白粉病已成为草莓生

收稿日期：2011-11-30；**接受日期**：2012-01-09

基金项目：“十二五”科技支撑计划项目（2011BAE06B08）

作者简介：朱卫刚，男，农艺师，主要从事杀菌剂方面的研究，E-mail：zhuweigang1@sohu.com

* 通讯作者（Corresponding author）：陈杰，女，研究员，主要从事农药生物学方面的研究，E-mail：chenjie01@sinochem.com

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

产中最主要的一种病害，严重影响了草莓的产量、品质和经济效益（宋波 等，2004；刘博和傅俊范，2007）。防治草莓白粉病的三唑类药剂虽然不少，但由于多年连续使用，病菌对一些药剂产生了抗药性，防治效果均不够理想（周增强 等，2009）。醚菌酯是近年来开发的全新作用机制的高效内吸性甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂，对鞭毛菌、子囊菌、半知菌、担子菌等引起的多种植物病害具有良好的预防和治疗效果（赵平 等，2011），与现有的杀菌剂无交互抗性（王丽 等，2008）。已有研究表明，甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂由于作用位点单一，杀菌剂抗性行动委员会（FRAC）将其抗性发展归类为“高风险”（柏亚罗和万红梅，2009）。因此，为了保护新杀菌剂醚菌酯，延长其使用寿命，利用其与三唑类杀菌剂进行复配。权淑静（2008）的研究初步表明，醚菌酯与苯醚甲环唑混用对防治黄瓜白粉病具有明显的增效作用。本试验研究了醚菌酯与苯醚甲环唑不同配比对草莓白粉病的联合毒力，旨在筛选出具有增效作用的合理配比，为草莓白粉病的田间防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂：50%醚菌酯水分散粒剂（WG），巴斯夫公司生产；10%苯醚甲环唑 WG，深圳市诺普信农化股份有限公司生产。供试菌种：草莓白粉病，从建德草莓基地采集。供试作物：草莓品种为丰香，温室栽培，温度保持 20～23 ℃，自然光照。

1.2 方法

试验于 2010 年 9 月 22 日在浙江省化工研究院玻璃温室内进行，草莓苗带土移栽，种植在塑料盆中，常规肥水管理。

1.2.1 *药剂处理* 10 月 9 日进行药剂处理，整个试验过程仅用药 1 次。醚菌酯（A）、苯醚甲环唑（B）及二者的 5 个配比，A∶B（*m*∶*m*）为 1∶1、1∶3、1∶5、1∶7、1∶9，除醚菌酯（A）外（醚菌酯的活性高于苯醚甲环唑），均设 5 个浓度：100、50、25、12.5、6.25 mg·L^{-1}，醚菌酯（A）的浓度设为 50、25、12.5、6.25、3.125 mg·L^{-1}，每个浓度设 4 次重复。设清水为空白对照。使用作物喷雾机（压力 0.1 MPa）对供试盆栽苗进行药剂茎叶均匀喷雾。

1.2.2 *生物测定* 采用活体盆栽孢子悬浮液喷雾接种法。选择长势一致的盆栽草莓苗，进行药剂喷雾处理，每处理设 4 次重复。24 h 后取长满白粉菌的草莓叶片，用无菌水轻轻洗取叶背面新鲜孢子，用双层纱布过滤，制成孢子浓度为 1×10^6 个·mL^{-1} 的悬浮液，对药剂处理过的试材进行叶面喷雾接种（压力 0.1 MPa）。接种后的试材自然风干，然后移至恒温室灯光下（21～23 ℃），7～8 d 后视空白对照发病情况进行分级调查（农业部农药检定所生测室，2004），计算防治效果。

1.2.3 *病情调查* 以复叶上每张叶片病斑面积占整个叶片面积的百分比划分病情级别。0 级，无病斑；1 级，病斑面积占整片叶面积的 5%以下；3 级，病斑面积占整片叶面积的 6%～15%；5 级，病斑面积占整片叶面积的 16%～25%；7 级，病斑面积占整片叶面积的 26%～50%；9 级，病斑面积占整片叶面积的 51%以上。

$$\text{病情指数}=\frac{\sum(\text{各级发病数}\times\text{该级代表值})}{\text{考察苗数}\times 9(\text{最高级代表值})}\times 100$$

$$\text{防治效果}(\%)=\frac{\text{对照病情指数}-\text{处理病情指数}}{\text{对照病情指数}}\times 100\%$$

1.2.4 *数据处理* 参照唐启义和冯明光（1997）的 DPS 数据处理系统 3.11 专业版进行数据统计分析，求出各药剂的毒力回归方程、EC_{50}、相关系数和 95%置信区间。采用 Sun 和 Johnson（1960）

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

的方法将测定的各处理的 EC_{50} 换算成实际毒力指数（ATI）；根据混剂的配比，获得理论毒力指数（TTI），按下列公式计算混剂的共毒系数（CTC）。

$$\text{实测毒力指数}=\frac{\text{标准药剂 } EC_{50}}{\text{供试药剂 } EC_{50}}\times 100$$

$$\text{实测（混用）毒力指数（ATT）}=\frac{\text{标准药剂 } EC_{50}}{\text{供试药剂（混用）} EC_{50}}\times 100$$

理论混用毒力指数（TTI）=A 的毒力指数 × A 在混用中的含量（%）+B 的毒力指数 × B 在混用中的含量（%）

$$\text{共毒系数（CTC）}=\frac{\text{实测混用的毒力指数（ATT）}}{\text{理论混用的毒力指数（TTI）}}\times 100$$

若共毒系数大于 120，表明有增效作用；若明显低于 100（80 以下），表明为拮抗作用；100 ~ 120 之间，表明为相加作用。

2 结果与分析

试验结果表明，醚菌酯（A）、苯醚甲环唑（B）及二者的 5 个配比对草莓白粉病均具有很高的杀菌活性，在 6.25 ~ 100 mg · L^{-1} 浓度下，醚菌酯（A）、苯醚甲环唑（B）及 5 个配比（A ∶ B 为 1 ∶ 1、1 ∶ 3、1 ∶ 5、1 ∶ 7、1 ∶ 9）对草莓白粉病的防治效果分别为 60.56% ~ 100.00%、38.34% ~ 90.35%、73.99% ~ 100.00%、56.21% ~ 94.39%、48.38% ~ 92.67%、44.67% ~ 92.14%和 42.63% ~ 91.53%（表 1）。

采用五点法取 5 个有代表性的配比，并对这 5 个配比和标准药剂进行毒力测定。结果表明（表 2），醚菌酯（A）、苯醚甲环唑（B）及 5 个配比（A ∶ B 为 1 ∶ 1、1 ∶ 3、1 ∶ 5、1 ∶ 7、1 ∶ 9）的 EC_{50} 分别为 3.07、11.70、3.08、5.64、6.83、7.59、8.45 mg · L^{-1}。5 个配比中醚菌酯 ∶ 苯醚甲环唑为 1 ∶ 1 时 EC_{50} 最小，表明其对草莓白粉病病菌毒力最高。

根据共毒系数计算方法对测试结果进行分析表明（表 3），醚菌酯与苯醚甲环唑复配的共毒系数在 108.08 ~ 157.91 之间。醚菌酯 ∶ 苯醚甲环唑为 1 ∶ 1 和 1 ∶ 3 时共毒系数分别为 157.91 和 121.83，明显大于 120，表现为增效作用；其他配比的共毒系数均在 100 ~ 120 之间，表现为相加作用，表明这两种药剂以这几种配比混用后对草莓白粉病的防治没有起到增效作用。

表 1 醚菌酯与苯醚甲环唑复配对草莓白粉病的防治效果

药剂	浓度/mg · L^{-1}	病情指数	防治效果/%
醚菌酯 A	50	0	100.00
	25	9.47	90.53
	12.5	15.63	84.37
	6.25	39.44	60.56
	3.125	46.17	53.83
苯醚甲环唑 B	100	9.65	90.35
	50	25.37	74.63
	25	38.43	61.57
	12.5	46.52	53.48
	6.25	61.66	38.34
醚 A ∶ 苯 B	100	0	100.00
（1 ∶ 1）	50	1.17	98.83
	25	10.33	89.67
	12.5	22.14	77.86
	6.25	26.01	73.99
醚 A ∶ 苯 B	100	5.61	94.39
（1 ∶ 3）	50	8.17	91.83
	25	11.23	88.77
	12.5	33.68	66.32
	6.25	43.79	56.21
醚 A ∶ 苯 B	100	7.33	92.67
（1 ∶ 5）	50	10.36	89.64
	25	18.76	81.24
	12.5	39.63	60.37
	6.25	51.62	48.38
醚 A ∶ 苯 B	100	7.86	92.14
（1 ∶ 7）	50	13.68	86.32
	25	20.35	79.65
	12.5	40.22	59.78
	6.25	55.33	44.67
醚 A ∶ 苯 B	100	8.47	91.53
（1 ∶ 9）	50	15.68	84.32
	25	22.35	77.65
	12.5	43.08	56.92
	6.25	57.37	42.63
空白对照（CK）	—	100.00	—

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

表 2 醚菌酯与苯醚甲环唑复配对草莓白粉病的毒力测定

药剂	毒力回归方程	相关系数 r	EC_{50}/mg·L^{-1}	置信区间/mg·L^{-1}
醚菌酯 A	Y=4.295+1.447x	0.97	3.07	1.84 ~ 4.19
苯醚甲环唑 B	Y=3.710+1.208x	0.98	11.70	8.27 ~ 15.10
醚 A：苯 B（1：1）	Y=4.396+1.237x	0.96	3.08	1.04 ~ 5.22
醚 A：苯 B（1：3）	Y=3.958+1.387x	0.99	5.64	3.28 ~ 8.04
醚 A：苯 B（1：5）	Y=3.863+1.363x	0.98	6.83	4.26 ~ 9.37
醚 A：苯 B（1：7）	Y=3.818+1.343x	0.99	7.59	4.89 ~ 10.24
醚 A：苯 B（1：9）	Y=3.761+1.336x	0.99	8.45	5.63 ~ 11.20

表 3 醚菌酯与苯醚甲环唑复配对草莓白粉病的联合毒力

药剂	配比	EC_{50}/mg·L^{-1}	实测毒力指数	理论毒力指数	共毒系数	结论
醚菌酯 A	1：0	3.07	100.00	—	—	—
苯醚甲环唑 B	0：1	11.70	26.24	—	—	—
醚 A：苯 B	1：1	3.08	99.68	63.12	157.91	增效
醚 A：苯 B	1：3	5.64	54.43	44.68	121.83	增效
醚 A：苯 B	1：5	6.83	44.95	38.53	116.65	相加
醚 A：苯 B	1：7	7.59	40.45	35.46	114.07	相加
醚 A：苯 B	1：9	8.45	36.33	33.62	108.08	相加

3 结论与讨论

醚菌酯属于 QoI 杀菌剂，苯醚甲环唑是甾醇脱甲基化抑制剂，理论上两种作用机制不同的杀菌剂混用对白粉病的防治可以起到明显的增效作用。为此，本试验通过活体盆栽试验进行醚菌酯和苯醚甲环唑对草莓白粉病复配配方筛选，并采用共毒系数法评价复配制剂的联合毒力，发现醚菌酯：苯醚甲环唑为 1：1 和 1：3 时共毒系数明显大于 120，表现为增效作用，其他配比均表现为相加作用，综合考虑共毒系数和防治效果，醚菌酯：苯醚甲环唑为 1：1 时对草莓白粉病具有很高的防效，且共毒系数明显大于 120，协同增效作用最为明显，值得在田间推广应用。这一结果与权淑静（2008）、陈广艳（2011）的试验结果一致，混剂的速效性、持效性和防治效果均大幅提高，防治效果显著高于各单剂。

由于田间自然条件与室内条件不同，田间菌株与室内菌株之间也存在差异。因此，要明确复配制剂的田间防效，尚需开展进一步的田间药效试验。

参考文献

柏亚罗，万红梅．2009．甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的抗性剖析．农药，48（2）：88-95.

陈广艳．2011．60%苯醚甲环唑·醚菌酯可湿性粉剂防治月季白粉病田间药效试验．北方园艺，（16）：173-174.

刘博，傅俊范．2007．草莓白粉病研究进展．河南农业科学，（1）：20-22.

农业部农药检定所生测室．2004．农药田间药效试验准则（二）．北京：中国标准出版社：391-395.

权淑静．2008．醚菌酯与腈菌唑、苯醚甲环唑混用防治黄瓜白粉病盆栽试验初报．安徽农学通报，14（24）：100-101.

宋波，迟全鹏，贺长映．2004．草莓白粉病化学防治的现状与展望．中国南方果树，33（2）：63-64.

唐启义，冯明光．1997．实用统计分析及其计算机平台．北京：中国农业出版社.

王丽，石延霞，李宝聚，刘长令，向文胜．2008．甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂研究进展．农药科学与管理，30（9）：24-27.

杨联伟．2005．草莓白粉病的发病规律和防治措施．烟台果树，（3）：15-16.

赵平，严秋旭，李新，张敏恒．2011．甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的开发及抗性发展现状．农药，50（8）：547-551.

周增强，侯珲，王丽，冯桂鑫，周厚成．2009．设施草莓白粉病抗性与防治技术研究．中国农学通报，25（10）：212-214.

Sun Y P，Johnson E R．1960．Analysis of joint action of insecticides against house flies．Journal of Economic Entomology，53（5）：887-892.

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org