

三唑类杀菌剂对苹果主要病原菌的毒力及田间防效

王 丽,周增强*,侯 琨
(中国农业科学院 郑州果树研究所,河南 郑州 450009)

摘要: 为了找出能有效防治苹果主要病害的三唑类杀菌剂,为苹果病害的防治提供理论依据,采用菌丝生长速率法测定了4种三唑类杀菌剂对3种苹果病害病原菌的毒力,筛选出高效杀菌剂后进行田间防治试验。毒力测定结果表明,戊唑醇、己唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑对苹果轮纹病菌均有较好的抑制作用,有效中浓度(EC_{50})分别为0.188 6、2.751 3、0.076 3、0.108 6 mg/L,其对苹果炭疽病菌的 EC_{50} 分别为0.438 0、47.512 0、0.720 0、1.876 6 mg/L,对苹果斑点落叶病菌的 EC_{50} 分别为9.004 7、9.020 9、0.432 0、3.355 6 mg/L。2014年和2015年选用抑菌效果较好的戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑进行田间药效试验,结果表明,430 g/L戊唑醇SC对春梢期斑点落叶病防效最好,分别为82.74%和85.32%,但3种药剂间差异不显著;10%苯醚甲环唑WG对炭疽病的防效最好,分别为82.20%和83.53%,与戊唑醇差异不显著;10%苯醚甲环唑WG和430 g/L戊唑醇SC对轮纹病的防治效果均较好,贮藏30 d防效分别为80.97%、83.09%(2014年)和81.04%、79.45%(2015年),但2种药剂差异不显著。总体来说,戊唑醇、苯醚甲环唑和丙环唑对3种苹果主要病害均有良好的田间防治效果,建议在生长季防治苹果病害时交替使用。

关键词: 三唑类杀菌剂;苹果轮纹病;苹果炭疽病;苹果斑点落叶病;毒力测定;田间防效

中图分类号: S436.611.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2016)07-0082-05

Virulence and Field Control Efficacy of Triazole Fungicides on Pathogens of Main Apple Diseases

WANG Li,ZHOU Zengqiang*,HOU Hui
(Zhengzhou Fruit Research Institute,Chinese Academy of Agricultural Sciences,Zhengzhou 450009,China)

Abstract: The study aimed to provide theoretical basis for controlling apple disease using triazole fungicides. The toxicities of four triazole fungicides to pathogens of three apple diseases were tested by mycelium growth rate to screen out effective fungicides preliminarily, which were further used in the field control trial. The activity in laboratory studies disclosed that tebuconazole, pexaconazole, difenoconazole and propiconazole could efficiently inhibit mycelia growth of *Botryosphaeria dothidea*, and their EC_{50} values were 0.188 6, 2.751 3, 0.076 3, 0.108 6 mg/L separately. They could also inhibit mycelia growth of *Glomerella cingulata* and *Alternaria mali*, with the EC_{50} values of 0.438 0, 47.512 0, 0.720 0, 1.876 6 mg/L, and 9.004 7, 9.020 9, 0.432 0, 3.355 6 mg/L respectively. The field trials applying tebuconazole, difenoconazole and propiconazole in 2014 and 2015 showed that the control effect of 430 g/L tebuconazole SC against alternaria leaf spot in spring-growth stage was the best, 82.74% and 85.32% respectively, but there was no significant difference among the three fungicides; 10% difenoconazole WG was the best to prevent *Glomerella cingulata*, and the control effects were 82.20% and 83.53% after the final spray, showing no obvious difference from tebuconazole; 10% difenoconazole WG and 430 g/L tebuconazole SC both had good effects on apple ring rot, and the control effects were 80.97%, 83.09% in 2014, and

收稿日期:2015-12-18
基金项目:郑州市重点科技攻关项目(131PZDGG317);中国农业科学院科技创新工程项目(CAAS-ASTIP)
作者简介:王 丽(1981-),女,河南正阳人,助理研究员,硕士,主要从事果树病害研究。E-mail:wanlgi06@caas.cn
* 通讯作者:周增强(1961-),男,陕西眉县人,副研究员,本科,主要从事果树病害研究。E-mail:zhouzengqiang@caas.cn

81.04% ,79.45% in 2015 at 30 days after storage ,but there was no obvious difference between the two fungicides. Tebuconazole, difenoconazole and propiconazole had significant control effects on the three diseases, which were suggested to be used alternately in the growing season to prevent apple diseases.

Key words: triazole fungicides; *Botryosphaeria dothidea*; *Glomerella cingulata*; *Alternaria mali*; virulence test; field control efficiency

目前我国苹果病害发生严重影响苹果的产量和质量。苹果轮纹病是近年来苹果生产上危害最为严重的病害之一,其对枝干的危害逐年加重,造成树势衰弱、枝干枯死,引起大量烂果,且贮藏期可持续发病^[1-4]。苹果炭疽病在果实坐果后即可感染,但在果实近成熟时开始发病,采收后在贮藏期继续发展,造成采前大量落果和采后贮藏中果腐^[5]。苹果斑点落叶病主要危害叶片,也危害枝条和果实,许多果园病叶率在90%以上,落叶率为20%~80%,造成果实品质和产量下降^[6-8]。这些主要病害的发生给苹果生产造成严重的损失,其防治任务尤为关键。三唑类杀菌剂主要通过阻碍真菌麦角甾醇的生物合成而影响真菌细胞壁的形成,对多数真菌病害均有良好的防治效果,是一类具有开发潜力的优良药剂,自1973年被引入国内后广泛用在各种病害的防治上^[9]。其中,戊唑醇在苹果轮纹病的防治上已取得良好效果^[10],三唑类杀菌剂对苹果斑点落叶病的毒力也有报道^[11],但病害的发生是发展变化的,且三唑类杀菌剂对苹果轮纹病、炭疽病、斑点落叶病3种病害同时防治的研究较少。为此,比较了戊唑醇、己唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑4种三唑类杀菌剂对苹果轮纹病菌、炭疽病菌和斑点落叶病菌的毒力,初步筛选出高效药剂后进行田间试验,以期找出防治这3种苹果病害的有效药剂,为三唑类杀菌剂的应用和苹果主要病害的防治提供参考。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试菌种:苹果轮纹病菌(*Botryosphaeria dothidea*)、苹果炭疽病菌(*Glomerella cingulata*)和苹果斑点落叶病菌(*Alternaria mali*),均是从中国农业科学院郑州果树研究所试验园采集病样,经组织分离和纯化后获得菌株。将菌株4℃下保存备用。

1.2 供试药剂

选择4种三唑类杀菌剂原药进行毒力测定,分别是96.5%戊唑醇原药、95%己唑醇原药、97%苯醚甲环唑原药和97%丙环唑原药,均由江苏剑牌农药化工有限公司提供。

田间防治试验中,选择10%苯醚甲环唑WG(瑞

士先正达作物保护有限公司)、430 g/L戊唑醇SC(德国拜耳作物科学公司)和25%丙环唑EC(深圳诺普信农化股份有限公司)为试验药剂,80%代森锰锌WP[陶氏益农农业科技(中国)有限公司]和50%多菌灵WP(山东曹达化工有限公司)为对照药剂。

1.3 室内毒力测定

1.3.1 药剂配制 用万分之一电子天平分别定量称取4种供试原药,丙酮溶解后,配成1%的母液备用。试验前根据需要用0.1%吐温80水溶液将其稀释成系列浓度梯度。

1.3.2 测定方法 采用菌丝生长速率法测定。无菌操作条件下,取上述配制好的药液各2 mL,分别移入直径为9 cm的培养皿中,再在各皿中分别加入融化的PSA培养基10 mL。将药液和培养基充分混匀,待培养基完全凝固后,将培养好的病原菌用打孔器打成菌饼(直径5 mm),自菌落边缘挑起菌饼,分别转接到不同质量浓度的培养基上,每处理4皿,重复3次,以不加药处理作对照。放入人工气候箱,在28℃下培养。

1.4 田间防治试验

根据室内毒力测定结果,选用戊唑醇、苯醚甲环唑和丙环唑进行田间防治试验,以常规药剂代森锰锌和多菌灵为对照药剂。

1.4.1 试验设计和安排 试验在河南省滑县白道口镇杨店苹果园进行,品种为首红。设6个处理:430 g/L戊唑醇SC 4 000倍液(有效成分108 mg/L)、10%苯醚甲环唑WG 1 500倍液(有效成分67 mg/L)、25%丙环唑EC 800倍液(有效成分313 mg/L)、80%代森锰锌WP 1 000倍液(有效成分800 mg/L)、50%多菌灵WP 800倍液(有效成分625 mg/L)和清水对照(CK)。小区随机区组排列,每小区成龄苹果树2株,重复4次,对水喷雾。于2014年7月2日、7月16日、8月4日和8月16日共喷药4次,2015年7月2日、7月13日、7月23日和8月3日共喷药4次。

1.4.2 调查时间和方法 苹果轮纹病病情调查:于采收期调查(2014年9月28日、2015年9月11日),记载每个处理各重复的总果数、病果数,随后

于当日按树上东、西、南、北、中等不同位置随机采收外观无病的好果,每小区各选 50 个果,每处理共 200 个果装入筐中,常温贮藏,于贮藏后 15、30 d 继续调查,记录总果数、病果数。

苹果炭疽病病情调查:2014 年 7 月 2 日(药前)、8 月 16 日和 8 月 28 日共调查 3 次,2015 年 7 月 2 日(药前)、8 月 3 日和 8 月 14 日共调查 3 次。每小区 2 株树均调查,合计总果数、病果数。

苹果斑点落叶病病情调查:2014 年 5 月 28 日(药前)、7 月 2 日和 8 月 28 日共调查 3 次,2015 年 6 月 2 日(药前)、7 月 13 日和 8 月 14 日共调查 3 次。每小区 2 株树均调查,每株分东、西、南、北、中 5 个方向各固定 2 个新梢(春梢和秋梢),定期调查其全部叶片,记录总叶数、各级病叶数。分级方法如下:0 级,无病斑;1 级,病斑面积占整个叶面积的 10% 以下;3 级,病斑面积占整个叶面积的 11% ~ 25%;5 级,病斑面积占整个叶面积的 26% ~ 40%;7 级,病斑面积占整个叶面积的 41% ~ 65%;9 级,病斑面积占整个叶面积的 66% 以上。

1.5 数据调查与统计分析

1.5.1 室内毒力 待对照菌丝长满皿时调查各处理菌丝的生长情况,用数显游标卡尺十字交叉测量菌落扩展直径,按下式计算抑菌率。

抑菌率 = (对照菌落直径 - 处理菌落直径) / (对照菌落直径 - 原菌饼直径) × 100%。

用 DPS 软件计算毒力回归方程、相关系数、有效中浓度 (EC₅₀) 及其 95% 置信限^[12]。

1.5.2 田间药效 根据调查数据,统计防治效果。苹果轮纹病和炭疽病防效计算公式:

病果率 = 病果数 / 总果数 × 100%,

防效 = (对照区病果率 - 处理区病果率) / 对照区病果率 × 100%。

苹果斑点落叶病田间防效计算公式:

病情指数 = Σ (各级病叶数 × 相对级数值) / (调查总叶数 × 9) × 100,

防效 = [1 - (药前对照病情指数 × 药后药剂处理病情指数) / (药后对照病情指数 × 药前药剂处理病情指数)] × 100%。

采用 Excel 和 DPS 软件对防治效果进行方差分析,以 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 三唑类杀菌剂对苹果病原菌的室内毒力

对苹果轮纹病菌的毒力测定结果(表 1)表明,苯醚甲环唑的抑制作用最强,其 EC₅₀ 值为 0.076 3 mg/L,丙环唑和戊唑醇次之,EC₅₀ 值分别为 0.108 6、0.188 6 mg/L,己唑醇的 EC₅₀ 值为 2.751 3 mg/L。对苹果炭疽病菌的毒力测定结果表明,戊唑醇的抑制作用最强,其 EC₅₀ 值为 0.438 0 mg/L,苯醚甲环唑和丙环唑次之,EC₅₀ 值分别为 0.720 0、1.876 6 mg/L,己唑醇对苹果炭疽病菌的抑制作用较弱。对苹果斑点落叶病菌的毒力测定结果表明,苯醚甲环唑的抑制作用最强,其 EC₅₀ 值为 0.432 0 mg/L,其次是丙环唑,EC₅₀ 值为 3.355 6 mg/L,戊唑醇和己唑醇对苹果斑点落叶病菌的抑制效果相近,其 EC₅₀ 值分别为 9.004 7、9.020 9 mg/L。通过室内毒力试验可以看出,戊唑醇、苯醚甲环唑和丙环唑对 3 种病菌都有很强的抑制作用,为进一步验证其活性,用这 3 种药剂进行田间防治试验。

表 1 三唑类杀菌剂对苹果主要病原菌的毒力

病原菌	药剂	回归方程	相关系数	EC ₅₀ / (mg/L)	95% 置信限 / (mg/L)
苹果轮纹病菌	戊唑醇	y = 5.812 0 + 1.121 1x	0.994 8	0.188 6	0.155 4 ~ 0.229 0
	己唑醇	y = 4.885 6 + 0.260 2x	0.919 8	2.751 3	0.959 2 ~ 7.891 6
	苯醚甲环唑	y = 5.644 1 + 0.576 5x	0.983 3	0.076 3	0.047 1 ~ 0.123 6
	丙环唑	y = 5.595 8 + 0.617 9x	0.978 0	0.108 6	0.064 5 ~ 0.182 9
苹果炭疽病菌	戊唑醇	y = 5.437 8 + 1.221 0x	0.976 7	0.438 0	0.310 1 ~ 0.618 7
	己唑醇	y = 2.887 2 + 1.260 1x	0.996 7	47.512 0	42.021 0 ~ 63.720 6
	苯醚甲环唑	y = 5.164 9 + 1.155 5x	0.989 4	0.720 0	0.569 3 ~ 0.910 6
	丙环唑	y = 4.673 7 + 1.193 5x	0.931 2	1.876 6	0.757 9 ~ 4.646 7
苹果斑点落叶病菌	戊唑醇	y = 4.357 4 + 0.673 2x	0.905 8	9.004 7	2.491 7 ~ 32.541 5
	己唑醇	y = 4.167 6 + 0.871 4x	0.989 5	9.020 9	6.041 3 ~ 13.470 2
	苯醚甲环唑	y = 5.232 9 + 0.638 9x	0.972 5	0.432 0	0.296 5 ~ 0.629 4
	丙环唑	y = 4.469 6 + 1.009 0x	0.995 7	3.355 6	2.825 9 ~ 3.984 5

2.2 三唑类杀菌剂对苹果病害的田间防治效果

星发病。从表 2 可以看出,2014 年常温贮藏 15 d,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵

2.2.1 苹果轮纹病 2 a 采收期调查,果实都是零

处理的防效分别为 82.21%、80.11%、74.86%、76.72% 和 78.19%；贮藏至 30 d,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为83.09%、80.97%、73.06%、78.02% 和79.02%。戊唑醇的防治效果稍高,但 3 种三唑类药剂的防治效果差异不显著,与对照药剂的差异也不显著,说明这 3 种三唑类药剂都可以较好地控制苹果轮纹病。2015 年,当常温贮藏 15 d,戊唑醇、苯醚甲环

唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为 80.03%、82.93%、73.99%、78.96% 和 74.99%；贮藏至 30 d,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为 79.45%、81.04%、71.33%、77.87% 和 76.76%。戊唑醇和苯醚甲环唑的防治效果稍高,与对照药剂差异不显著,说明这 2 种三唑类药剂控制苹果轮纹病的效果较好。

表 2 三唑类杀菌剂对苹果轮纹病的田间防效

药剂	2014 年贮藏期				2015 年贮藏期			
	15 d		30 d		15 d		30 d	
	病果率/%	防效/%	病果率/%	防效/%	病果率/%	防效/%	病果率/%	防效/%
430 g/L 戊唑醇 SC	3.38	82.21a	5.81	83.09a	2.51	80.03a	5.03	79.45ab
10% 苯醚甲环唑 WG	3.66	80.11a	6.53	80.97a	2.06	82.93a	4.58	81.04a
25% 丙环唑 EC	4.58	74.86a	9.17	73.06a	3.17	73.99a	6.90	71.33b
80% 代森锰锌 WP	4.39	76.72a	7.34	78.02a	2.43	78.96a	5.40	77.87ab
50% 多菌灵 WP	4.04	78.19a	7.06	79.02a	3.06	74.99a	5.62	76.76ab
CK	19.17		33.80		12.22		23.77	

注:同列数据后不同字母表示在 $P<0.05$ 水平上差异显著,下同。

2.2.2 苹果炭疽病 2014 年 2 次调查结果表明,3 种三唑类药剂中苯醚甲环唑的防效最好,分别为 85.98% 和 82.20%；戊唑醇次之,分别为 82.35% 和 78.04%；丙环唑的防效较差,分别为 76.47% 和 74.91% (表 3)。2015 年 2 次调查结果也表明苯醚甲环唑的防效最好,分别为 84.99% 和 83.53%；戊唑醇

次之,分别为 82.91% 和 81.94%；丙环唑的防效较差,分别为 75.72% 和 74.37%。方差分析结果表明,2014 年苯醚甲环唑防效与丙环唑差异显著,与戊唑醇差异不显著,前期与两对照药剂差异显著,后期不显著;2015 年各药剂处理间的防效差异均不显著。说明苯醚甲环唑在控制苹果炭疽病上效果最好。

表 3 三唑类杀菌剂对苹果炭疽病的田间防效

药剂	2014 年				2015 年			
	第 3 次药后 12 d		最后一次药后 12 d		第 3 次药后 11 d		最后一次药后 11 d	
	病果率/%	防效/%	病果率/%	防效/%	病果率/%	防效/%	病果率/%	防效/%
430 g/L 戊唑醇 SC	1.18	82.35ab	2.37	78.04ab	0.47	82.91a	1.03	81.94a
10% 苯醚甲环唑 WG	0.98	85.98a	1.90	82.20a	0.35	84.99a	0.96	83.53a
25% 丙环唑 EC	1.57	76.47b	2.67	74.91b	0.71	75.72a	1.37	74.37a
80% 代森锰锌 WP	1.71	76.04b	2.79	74.53ab	0.64	77.72a	1.44	76.20a
50% 多菌灵 WP	1.53	77.88b	2.27	78.05ab	0.55	78.68a	1.19	78.92a
CK	7.26		11.18		2.85		5.70	

2.2.3 苹果斑点落叶病 从表 4 可以看出,2014 年春梢期,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为 82.74%、82.40%、77.61%、79.31% 和 77.73%；秋梢期,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为 81.26%、82.08%、76.36%、79.51% 和 77.73%。戊唑醇和苯醚甲环唑的防治效果稍高,但 3 种三唑类药剂的防治效果差异不显著,与对照药剂的差异也不显著,说明这 3 种三唑类药剂都可以较好地控

制苹果斑点落叶病。2015 年春梢期,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为 85.32%、80.95%、78.69%、79.55% 和 76.96%；秋梢期,戊唑醇、苯醚甲环唑、丙环唑、代森锰锌和多菌灵处理的防效分别为 82.45%、78.67%、76.51%、76.31% 和 76.09%。戊唑醇的防治效果较高,其中春梢期与对照药剂多菌灵的防效差异达显著水平,说明戊唑醇控制苹果斑点落叶病的效果较好。

表 4 三唑类杀菌剂对苹果斑点落叶病的田间防效

药剂	2014 年				2015 年			
	春梢期		秋梢期		春梢期		秋梢期	
	病情指数	防效/%	病情指数	防效/%	病情指数	防效/%	病情指数	防效/%
430 g/L 戊唑醇 SC	0.49	82.74a	0.85	81.26a	0.38	85.32a	0.80	82.45a
10% 苯醚甲环唑 WG	0.59	82.40a	1.02	82.08a	0.48	80.95ab	0.98	78.67a
25% 丙环唑 EC	0.64	77.61a	1.05	76.36a	0.57	78.69ab	1.17	76.51a
80% 代森锰锌 WP	0.67	79.31a	1.09	79.51a	0.52	79.55ab	1.13	76.31a
50% 多菌灵 WP	0.62	77.73a	1.00	77.73a	0.60	76.96b	1.03	76.09a
CK	3.11		5.28		2.63		4.74	

3 结论与讨论

本研究选用的 4 种三唑类药剂中,戊唑醇、苯醚甲环唑和丙环唑对苹果轮纹病菌、炭疽病菌和斑点落叶病菌的菌丝生长均有明显的抑制作用。苯醚甲环唑对苹果轮纹病菌和斑点落叶病菌的抑制作用均最强,EC₅₀ 值为 0.076 3 mg/L 和 0.432 0 mg/L,戊唑醇对苹果炭疽病菌的抑制作用最强,其 EC₅₀ 值为 0.438 0 mg/L,这与以往的报道不太一致,可能是因为不同病原菌对该类药剂敏感性存在一定差异^[11]。

从田间试验结果可以看出,生长季和贮藏期戊唑醇和苯醚甲环唑都可以很好地控制苹果轮纹病的发生,苯醚甲环唑可以更好地控制苹果炭疽病。苹果斑点落叶病在整个生长季可发生多次再侵染,导致药剂的防效下降,增加了防治难度^[13]。戊唑醇、苯醚甲环唑和丙环唑 3 种药剂的防治效果相差不大,都能很好地防治该病,在生长季可将这 3 种药剂交替使用。总体来说,这 3 种三唑类杀菌剂对 3 种苹果主要病害都有较好的防治效果,和对照药剂的防效相当,表明该类药剂对 3 种病害有一定兼治作用,可以通过把握用药时间、合理选择用药量,提高对 3 种病害同时防治的效果。建议在苹果生长前期这 3 种药剂交替使用,在生长后期使用苯醚甲环唑,这样可以更好地控制炭疽病的发生。

由于三唑类杀菌剂的作用位点相对单一,存在潜在的高水平抗药性风险^[14],生产中单一、过量地使用可能导致病原菌的抗药性亚群体迅速形成,可将该类药剂与其他常规药剂交替使用,延缓抗性的产生。同时,亟须加强相关病原菌对该类杀菌剂的抗性风险预测及治理策略研究,以提高防治病害的有效性和延长药剂的使用寿命。

参考文献:

[1] Tang W,Ding Z,Zhou Z Q,*et al.* Phylogenetic and patho-

genic analyses show that the causal agent of apple ring rot in China is *Botryosphaeria dothidea* [J]. Plant Disease, 2012,96:486-496.

[2] Guo L Y,Li J Y,Li B H,*et al.* Investigation on the occurrence and chemical control of *Botryosphaeria* canker of apple in China[J]. Plant Protection,2009,35:120-123.

[3] 范昆,李晓军,张勇,等. 山东省苹果轮纹病菌对三种三唑类杀菌剂的敏感性检测[J]. 植物保护,2013,39(1):133-136.

[4] 任洁,王树桐,胡同乐,等. 苹果轮纹病危害损失评价[J]. 河南农业科学,2014,43(7):90-92,129.

[5] 张荣,王素芳,崔静秋,等. 陕、豫两省苹果炭疽病原鉴定[J]. 中国农业科学,2009,42(9):3224-3229.

[6] 吕佩珂,苏慧兰,庞震,等. 中国果树病虫原色图谱[M]. 北京:华夏出版社,2002:5-6.

[7] 秦韧,邱小燕,梁银萍,等. 40% 甲基硫菌灵·啞菌环胺悬浮剂防治苹果斑点落叶病田间药效试验报告[J]. 农学学报,2014,4(8):28-30.

[8] 杜晓蕾,刘欣,胡同乐,等. 6 种杀菌剂对苹果斑点落叶病的保护和治理作用时限研究[J]. 河南农业科学,2015,44(11):89-92,103.

[9] Stehmann C,De Waard M A. Sensitivity of populations of *Botrytis cinerea* to triazoles, benomyl and vinclozolin [J]. European Journal of Plant Pathology,1996,102:171-180.

[10] 苏平,周增强,侯琿,等. 苹果轮纹病菌对戊唑醇的敏感性检测[J]. 果树学报,2010,27(1):69-76.

[11] 潘金菊,慕卫,翟茹环,等. 9 种杀菌剂对苹果斑点落叶病菌和轮纹病菌的毒力比较[J]. 农药科学与管理,2006,27(6):16-18.

[12] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京:科学出版社,2002:364-369.

[13] 吴桂本,王继秋,王培松,等. 山东苹果主要病虫害化学防治技术[J]. 农药科学与管理,2001,22(S1):20-23.

[14] 詹家绥,吴娥娇,刘西莉,等. 植物病原真菌对几类重要单位点杀菌剂的抗药性分子机制[J]. 中国农业科学,2014,47(17):3392-3404.