◆ 药效与应用 ◆

苹果上链格孢菌所致病害防治药剂筛选

李有德[1],陈万杰[2],任维超[1],王彩霞[1],李保华[1*]

(1. 青岛农业大学植物医学学院,山东青岛 266109;2. 冠县农技推广服务中心,山东聊城 252500)

摘要:链格孢菌在苹果上可诱发多种病害,为了筛选防治链格孢菌所致病害的有效杀菌剂,采用室内毒力测定、果实和花器表面喷药3种方法,测试了12种杀菌剂对链格孢菌的毒力、果实表面定殖链格孢菌的铲除效果和花器的伤害作用。室内毒力测定结果表明,10%苯醚甲环唑WG、20%氟唑菌酰羟胺SC、50%异菌脲SC和40%嘧霉胺SC对链格孢菌毒力较强,对4种链格孢菌EC_{50}的均值分别为0.450 0、0.650 5、1.626、3.064 mg/L;果实表面定殖病菌铲除试验结果表明,20%氟唑菌酰羟胺SC和40%嘧霉胺SC对链格孢菌有较好的铲除效果,铲除率达87.95%和83.13 %,20%氟唑菌酰羟胺SC和80%克菌丹WG对所有真菌的总体铲除效果较好,铲除率为42.37%和39.83 %。25%吡唑醚菌酯EC、20%氟唑菌酰羟胺SC、80%代森锰锌WP能抑制花柱授粉后的坏死,抑制效果分别为38.66%、34.45%和31.93 %;40%嘧霉胺SC、25%吡唑醚菌酯EC、22.7%二氰蒽醌SC和80%克菌丹WG对花器伤害较大。在所测试的12种药剂中,20%氟唑菌酰羟胺SC可作为花后和果实采收前防控链格孢菌和其他弱致病菌所致病害的首选药剂;其次,可考虑80%代森锰锌WP,40%嘧霉胺SC和80%克菌丹WG只能用于果实采收前防控链格孢菌和其他弱致病菌所致果实病害。

关键词:链格孢菌;苹果病害;杀菌剂毒力;防治

中图分类号:S 482.2 **文献标志码**:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2023.06.010

Screening of Fungicides for the Control of Diseases Caused by *Alternaria* spp. on Apple

LI Youde[1], CHEN Wanjie[2], REN Weichao[1], WANG Caixia[1], LI Baohua[1*]

(1. College of Plant Health and Medicine, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China; 2. Guanxian County Agricultural Technology Extension Service Center, Liaocheng 252500, China)

Abstract: *Alternaria* spp. can induce a variety of diseases on apples. In order to screen the effective fungicides to control the diseases caused by *Alternaria* spp., the toxicity against *Alternaria* spp., the eradication effect of *Alternaria* spp. colonized on the apple fruit surface and the damage to the flower of 12 fungicides were tested by indoor toxicity assay, spraying fungicide on the surface of fruits and flowers. The indoor toxicity test results showed that difenoconazole 10% WG, pydiflumetofen 20% SC, iprodione 50% SC and pyrimethanil 40% SC were highly virulent against *Alternaria* spp., with the mean EC_{50} values of 0.450 0、0.650 5、1.626 and 3.064 mg/L over the four *Alternaria* species, respectively. The eradication test results showed that pydiflumetofen 20% SC and pyrimethanil 40% SC had better eradication effects against *Alternaria* spp. of fruit surface, with eradication rates of 87.95% and 83.13%. Pydiflumetofen 20% SC and captan 80% WG had better eradication effects on over all the colonized fungi on fruit surface, with eradication rates of 42.37% and 39.83%. Pyraclostrobin 25% EC, pydiflumetofen 20% SC, mancozeb 80% WP can effectively inhibit the necrosis of style after pollination, the eradication rates are 38.66%, 34.45% and 31.93%, respectively. Pyrimethanil 40% SC, pyraclostrobin 25% EC, dithianon 22.7% SC and captan 80% WG had great damage to the flowers. Among the 12 fungicides tested,

收稿日期:2022-11-24
基金项目:国家苹果产业技术体系项目(CARS-28,CARS-27);国家重点研发计划项目(2016YFD0201122)
作者简介:李有德(1997—),男,山东德州人,硕士研究生,主要从事苹果上链格孢菌侵染与防治研究。E-mail:450175909@qq.com
通信作者:李保华(1964—),男,山东潍坊人,博士,教授,主要从事果树病害综合防控研究。E-mail:baohuali@qau.edu.cn

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

pydiflumetofen 20% SC can be used as the first choice to control diseases caused by *Alternaria* spp. and other weak pathogenic fungi after flowering and before fruit harvest. Nest was mancozeb 80% WP. Pyrimethanil 40% SC and captan 80% WG can be only used to control fruit diseases caused by *Alternaria* spp. and other weak pathogenic fungi before fruit harvesting.

Key words: *Alternaria* spp.; apple disease; fungicide toxicity; disease control

链格孢属（*Alternaria*）是自然界广泛存在的一类真菌，以腐生、寄生和内寄生方式在各种基质上生长繁殖，在多种作物上都能诱发病害，如烟草赤星病、甘蓝黑斑病等[1-2]。在苹果上，链格孢菌能侵染叶片，诱发苹果斑点落叶病（Apple *Alternaria* leaf spot），侵染果实能诱发霉心、黑斑、黑点、红点等症状[3-4]。在发病严重的果园或年份，由于链格孢菌诱发的黑点和红点病果达80%以上，严重影响了果品的质量、耐储性和果农的收入[5-6]。侵染苹果果实的链格孢菌为弱致病菌，病菌需先在花器和果实的死组织或表面利用死体营养生长扩展，形成发达的菌丝或菌落后，再在适宜条件下从伤口侵入果实内部，诱发各种症状[7]。

压低链格孢菌在花器和果实上的定殖量，铲除已定殖的链格孢病菌，能有效降低链格孢菌诱发的各种症状[8]。化学防治是压低花器和果实上定殖链格孢菌、降低果实发病率的有效技术措施[9]。防治链格孢菌所致病害的化学药剂，主要在苹果开花后、果实套袋前和果实生长后期喷施，以压低花器、果实表面定殖链格孢菌的菌源量。然而，目前用于防治链格孢菌所致病害的化学药剂都达不到理想的效果，而且使用不当会影响坐果率[10]。生物源杀菌剂，如多抗霉素，虽对花器和果实的伤害小，但防治效果差。因此，本文测试了苯醚甲环唑、氟唑菌酰羟胺等12种杀菌剂，并测定其对链格孢菌的毒力、对果实表面定殖链格孢菌的防治效果以及对花器的影响，以期为防治链格孢菌所致病害提供参考。

1　材料与方法

1.1　供试药剂

10%苯醚甲环唑WG、20%氟唑菌酰羟胺SC，先正达南通作物保护有限公司；25%吡唑醚菌酯EC，巴斯夫植物保护（江苏）有限公司；80%代森锰锌WP，陶氏益农农业科技（中国）有限公司；22.7%二氰蒽醌SC，江西禾益化工股份有限公司；50%异菌脲SC，苏州富美实植物保护有限公司；40%嘧霉胺SC，拜耳作物科学有限公司北京分公司；10%多抗霉素WP，日本科研制药株式会社；80%克菌丹WG，安道麦马克西姆有限公司；2%春雷霉素AS，日本北兴化学工业株式会社；70%甲基硫菌灵WP，深圳诺普信农化股份有限公司；33.5%喹啉铜EC，兴农药业（中国）有限公司。

1.2　供试菌株

2020年9—10月，自山东省青岛市采集富士苹果的正常生长果实，用自来水冲洗后，切取果实表皮，转入马铃薯葡萄糖琼脂培养基（PDA）中分离获得3株链格孢菌，经分生孢子形态和ITS序列鉴定[1,11-13]，3株菌分别鉴定为交链格孢菌（*A. alternata*）、细极链格孢菌（*A. tenuissima*）和巴恩斯链格孢菌（*A. burnsii*）。自甘肃天水采集元帅苹果斑点落叶病的叶片，从病斑上分离获得1株链格孢菌，鉴定为茄链格孢菌（*A. solani*）。将4株链格孢菌在PDA中培养3～5 d后，用直径5 mm的打孔器打取菌饼，测试杀菌剂对链格孢菌的毒力。将交链格孢菌在PDA平板上置于25℃恒温箱中培养10 d，每个平板加入10 mL无菌水并震荡，将孢子冲洗下来成孢子悬浮液，调整孢子浓度至10^4个/mL，加入0.1%的吐温20，用于接种。孢子悬浮液在30 min内用完。

1.3　杀菌剂对链格孢菌的毒力试验

采用菌丝生长速率法[14-15]测试除70%甲基硫菌灵WP和33.5%喹啉铜EC外的10种杀菌剂对4株链格孢菌的毒力。将杀菌剂用灭菌蒸馏水配成母液，当PDA冷却至50℃左右时，加入药剂母液，混匀后配制成含有5个质量浓度梯度的药剂PDA平板，以不加药剂的PDA平板为空白对照，见表1。每株链格孢菌于每个药剂浓度处理接种2个平板，全部试验重复3次。菌饼接种到平板的中央，密封后置于25℃的恒温箱中培养，3 d后用十字交叉法测量菌落直径。10%苯醚甲环唑WG等10种杀菌剂对菌丝生长抑制率为

$$菌丝生长抑制率/\%=\frac{对照菌落直径-处理菌落直径}{对照菌落直径-菌饼直径}\times 100 \quad (1)$$

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　12 种供试杀菌剂的毒力测试剂量和喷施果实和花器使用剂量

药剂	毒力测试剂量/(mg/L)	喷施果实和花器使用剂量/(g/L)	稀释倍数/倍
10%苯醚甲环唑WG	0.312 5, 0.625, 1.25, 2.5, 5	0.07	1 500
20%氟唑菌酰羟胺SC*	0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1	0.33	600
25%吡唑醚菌酯EC*	1.111, 3.333, 10, 30, 90	0.25	1 000
80%代森锰锌WP*	0.24, 1.2, 6, 30, 150	1.50	533
22.7%二氰蒽醌SC*	5, 25, 50, 100, 150	0.37	600
50%异菌脲SC	0.5, 1, 2.5, 5, 10	0.35	1 400
40%嘧霉胺SC*	1, 2.5, 5, 10, 25	0.40	1 000
10%多抗霉素WP*	1, 10, 25, 50, 100	0.10	1 000
80%克菌丹WG*	1, 25, 50, 100, 150	1.00	800
2%春雷霉素AS	5, 25, 50, 100, 150		
70%甲基硫菌灵WP*		1.17	600
33.5%喹啉铜EC		0.34	1 000

注：*表示该杀菌剂进行对花器影响试验。

1.4　杀菌剂对苹果果实表面定殖链格孢菌和腐生真菌的铲除效果试验

1.4.1　试验设计

采用杀菌剂处理后切取果实表皮分离真菌的方法，测试11种杀菌剂（春雷霉素对链格孢菌的毒力差，且主要用于防控细菌病害，故没有测试2%春雷霉素AS）对苹果果实表面定殖链格孢菌和腐生真菌的铲除效果。药剂按厂家推荐剂量使用（表1），以清水为对照，共设12个处理，试验重复3次。

1.4.2　培养基的准备

2021年冬季分3批次从市场购置分别产自烟台市、青岛市和大连市的富士、王林和金帅品种的套袋苹果果实，将果实分成分12组，每组3个。用手持喷雾器将配好的药剂均匀喷到果实表面，直到药液自然流下为止，室内自然晾干后转入25℃恒温箱中放置。3 d后，用直径5 mm的消毒打孔器从每个果实萼部、腰部、梗部各打取4个组织块，分别接种于2个PDA平板中，每种平板共接种3个部位的6个组织块，果皮紧贴培养基。将接种苹果组织块的培养皿用保鲜膜密封后，转入25℃培养箱中培养，3～5 d后检查记录每块表皮组织块上分离到真菌的菌落数和链格孢菌的菌落数。

1.4.3　铲除效果的测定

当同一个组织块所形成的菌落从形态、颜色和空间位置上无法区分为不同的菌落时，计为1个菌落；当从形态和颜色可区分为不同真菌时，每种真菌计为1个菌落；当从空间位置可区分为2个完全不同的菌落时，计为2个菌落。依据菌落形态和颜色及分生孢子形态判定每个菌落是否属链格孢菌[16]；当无法判定是否为链格孢菌时，转入新的PDA培养基，继续培养。药剂对果实表面定殖真菌的铲除率为

$$铲除率/\%=\frac{清水处理果实菌落数-药剂处理果实菌落数}{清水处理果实菌落数}\times 100 \quad (2)$$

1.5　杀菌剂对花器的影响

通过先接种后施药的方法[17-18]，选择8种果园内常用对链格孢菌毒力较高的杀菌剂在离体花丛上测试对花器的影响。于西府海棠盛花期剪取盛开花朵的枝条，插入自来水中，用手持喷雾器将链格孢菌的分生孢子悬浮液喷雾接种在所有花器上，直到滴水为止。待孢子悬液在室内自然条件下晾干后，喷施杀菌剂，每种药剂处理2个枝条。杀菌剂使用厂家推荐剂量（表1），以清水为对照。待花朵上的药液完全晾干后，从2个枝条上随机摘取20个完全盛开的花朵，置于直径15 cm的培养皿中。每种药剂一个培养皿，密封后转入25℃恒温箱培养。7 d后观测记录花柱的坏死长度、花瓣变色状况和坏死面积，试验重复3次。花柱坏死长度按2级记录：1级为花柱基部有未坏死绿色组织；2级为花柱整体坏死，基部无绿色组织。花瓣变色,坏死面积按3级记录：1级为整朵花所有花瓣变色，坏死面积占总花瓣面积的10%以下；2级为花瓣变色，坏死面积占花瓣面积的10%～80%；3级为花瓣变色，坏死面积占花瓣面积的80%以上。药剂对花柱坏死抑制效果和花瓣衰败指数计算公式如下：

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$花柱坏死抑制效果/\%=\frac{清水处理花柱坏死指数-药剂花柱坏死指数}{清水处理花柱坏死指数}\times 100 \quad (3)$$

$$花瓣衰败指数=\frac{\sum[各级(花柱或花瓣)的调查数\times各级代表值]}{(花柱或花瓣)调查总数\times最高级代表值} \quad (4)$$

1.6　数据处理

以菌丝生长抑制率和相应的菌丝生长率（100%-菌丝生长抑制率）为因变量，以药剂剂量的对数值为自变量，拟合广义线性模型（GLM）。GLM中的family参数选择二项分布（Binomial）。依据拟合模型，计算EC_{50}和置信区间。通过邓肯（Duncan）多重比较法计算差异显著性。

2　结果与分析

2.1　杀菌剂对4株链格孢菌的毒力

在25℃下培养3 d后，接种到混有杀菌剂PDA平板上的4株链格孢菌的菌丝生长都受到不同程度的抑制。*A. burnsii*、*A. alternata*、*A. solani*和*A. tenuissima*在不含杀菌剂的PDA平板上生长菌落的平均直径分别为（4.24 ± 0.26）、（4.69 ± 0.19）、（3.58 ± 0.48）和（4.32 ± 0.27）cm，在含有杀菌剂培养基上菌丝生长的最小直径分别为0.00、0.00、0.05和0.00 cm。在所测试的12种杀菌剂中，70%甲基硫菌灵WP和33.5%喹啉铜EC的数据规律未能拟合毒力曲线。另外10种杀菌剂中，10%苯醚甲环唑WG对链格孢菌的毒力最强（表2）；其次是20%氟唑菌酰羟胺SC；50%异菌脲SC和40%嘧霉胺SC对4种链格孢属真菌也有较强的毒力，EC_{50}的均值分别为1.626 mg/L和3.064 mg/L；80%代森锰锌WP和22.7%二氰蒽醌SC的毒力相当，均为28.48 mg/L；2%春雷霉素AS对链格孢菌的毒力较差，EC_{50}的均值分别为87.54 mg/L。*A. burnsii*、*A. alternata*、*A. solani*和*A. tenuissima* 4种菌对10种杀菌剂EC_{50}的均值分别为16.18、29.28、21.60和33.79 mg/L，表明4种链格孢菌菌株对杀菌剂的敏感度存在一定差异，其中，对25%吡唑醚菌酯EC敏感度差异最大，EC_{50}的最高值与最低值相差达20.04倍，对其他9种杀菌剂的敏感度差异不大，EC_{50}的最高值与最低值相差均不超过5.5倍（表2）。

表 2　10 种杀菌剂对 4 种链格孢菌菌丝生长的毒力

药剂名称	菌株	毒力回归方程	x^2值	EC_{50}/(mg/L)	95%值信区间
10%苯醚甲环唑WG	*A. alternata*	y=0.855 1x+0.457 7	0.134 0 n	0.291 6	0.123 7～0.687 5
	A. burnsii	y=1.613 0x+1.200 6	3.787 8 n	0.180 2	0.096 6～0.335 9
	A. solani	y=1.194 1x+0.184 1	0.150 6 n	0.701 2	0.470 7～1.044 8
	A. tenuissima	y=1.238 2x+0.251 1	0.231 9 n	0.626 9	0.418 5～0.939 2
	平均值			0.450 0	
20%氟唑菌酰羟胺SC	*A. alternata*	y=1.701 8x+0.929 2	19.695 2 **	0.284 4	0.212 6～0.380 6
	A. burnsii	y=2.159 5x+0.174 3	6.429 9 n	0.830 4	0.607 9～1.134 3
	A. solani	y=4.120 0x+1.086 9	8.640 2 *	0.544 7	0.466 2～0.636 6
	A. tenuissima	y=2.917 4x+0.075 1	10.109 1 *	0.942 4	0.732 1～1.213 3
	平均值			0.650 5	
25%吡唑醚菌酯EC	*A. alternata*	y=0.777 8x−0.201 0	0.077 8 n	1.813	0.830 2～3.959 5
	A. burnsii	y=0.856 2x−0.244 0	1.629 0 n	1.928	0.960 2～3.869 6
	A. solani	y=0.920 5x−1.237 9	1.991 5 n	22.120	13.336 7～36.689 5
	A. tenuissima	y=0.848 5x−0.036 5	0.564 0 n	1.104	0.471 7～2.584 6
	平均值			6.741	
80%代森锰锌WP	*A. alternata*	y=1.318 9x−1.637 2	6.950 5 n	17.43	11.921 9～25.485 3
	A. burnsii	y=1.472 8x−1.686 1	10.958 0 **	13.96	9.903 8～19.672 9
	A. solani	y=2.106 8x−3.600 7	12.352 1 **	51.18	37.998 9～68.930 8
	A. tenuissima	y=1.053 6x−1.605 4	4.009 9 n	33.40	20.196 6～55.240 7
	平均值			28.48	

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

（续表 2）

药剂名称	菌株	毒力回归方程	x^2值	EC_{50}/(mg/L)	95%值信区间
22.7%二氰蒽醌 SC	*A. alternata*	y=1.437 8x−2.095 0	2.353 9 n	28.64	20.937 5～39.186 1
	A. burnsii	y=1.304 8x−1.691 2	4.409 8 n	19.78	13.568 3～28.824 6
	A. solani	y=1.087 6x−1.631 3	0.463 5 n	31.61	21.311 0～46.896 8
	A. tenuissima	y=1.280 0x−1.958 4	4.296 8 n	33.89	24.192 2～47.466 1
	平均值			28.48	
50%异菌脲 SC	*A. alternata*	y=1.687 7x−0.132 1	2.753 2 n	1.197	0.896 2～1.600 0
	A. burnsii	y=2.540 4x−0.356 0	2.519 6 n	1.381	1.136 6～1.677 7
	A. solani	y=2.426 2x−0.889 2	6.823 3 n	2.325	1.922 0～2.813 6
	A. tenuissima	y=1.594 8x−0.328 4	2.487 4 n	1.607	1.213 0～2.127 8
	平均值			1.626	
40%嘧霉胺 SC	*A. alternata*	y=1.274 9x−0.207 3	0.950 9 n	1.454	0.896 2～2.359 6
	A. burnsii	y=1.461 5x−0.842 0	7.067 1 n	3.768	2.792 1～5.084 8
	A. solani	y=1.020 0x−0.039 7	1.425 9 n	1.094	0.550 3～2.174 1
	A. tenuissima	y=1.286 8x−0.995 7	11.873 6 **	5.940	4.265 0～8.273 9
	平均值			3.064	
10%多抗霉素 WP	*A. alternata*	y=2.330 2x−4.288 9	15.944 8 **	69.28	53.628 2～89.491 2
	A. burnsii	y=1.694 0x−3.101 2	5.418 4 n	67.71	48.329 8～94.851 5
	A. solani	y=1.040 9x−1.164 7	1.978 2 n	13.15	8.634 2～20.026 1
	A. tenuissima	y=1.516 6x−2.018 2	5.614 2 n	21.42	15.936 3～28.781 8
	平均值			37.54	
80%克菌丹 WG	*A. alternata*	y=1.892 6x−3.618 5	11.329 4 *	81.65	63.006 1～105.823 1
	A. burnsii	y=1.962 7x−2.582 0	5.830 0 n	20.68	15.642 1～27.343 2
	A. solani	y=0.913 5x−1.213 4	4.132 7 n	21.30	13.169 5～34.434 0
	A. tenuissima	y=1.794 0x−3.444 1	6.983 8 n	83.13	63.202 5～109.333 1
	平均值			51.69	
2%春雷霉素 AS	*A. alternata*	y=1.440 7x−2.820 4	6.104 1 n	90.72	64.116 0～128.359 3
	A. burnsii	y=0.996 6x−1.493 8	3.204 1 n	31.55	20.571 4～48.381 0
	A. solani	y=1.716 8x−3.188 4	6.927 8 n	71.97	54.897 6～94.363 1
	A. tenuissima	y=1.019 9x−2.236 5	0.368 9 n	155.90	83.723 8～290.388 0
	平均值			87.54	

注：n表示拟合模型与实测数据没有显著差异，*表示拟合模型与实测数据在0.05水平上存在显著差异，**表示拟合模型与实测数据在0.01水平上存在显著差异。

2.2　杀菌剂对果实表面定殖链格孢菌和腐生真菌的铲除效果

11种杀菌剂对果实表面定殖链格孢菌和腐生真菌有不同的铲除效果。在清水处理（对照）的3批苹果9个果实的108个组织块中，共分离获得118个真菌菌落，其中链格孢菌83个，每个培养皿（6个组织块）中平均产生6.56个真菌菌落，其中链格孢菌4.61个，占70.3%。在11种杀菌剂中，20%氟唑菌酰羟胺SC和40%嘧霉胺SC处理果实表面分离的链格孢菌的菌落数分别为每皿0.56个和0.78个，与清水处理果实产生的菌落数4.61个存在显著差异，表明两种药剂对果实表面链格孢菌具有铲除效果，其铲除率分别为87.95%和83.13%。其他9种杀菌剂处理果实表面产生链格孢菌的菌落数与对照没有显著差异，表明9种药剂对果实表面已定殖的链格孢菌没有显著的铲除效果。在所测试的11种杀菌剂中，20%氟唑菌酰羟胺SC和80%克菌丹WG处理果实表面分离获得的真菌菌落总数分别为每皿3.78个和3.94个，与清水处理果实表面产生真菌菌落数存在显著差异，表明两种药剂对果实表面定殖真菌具有铲除效果，其铲除率分别为42.37%和39.83%。其他9种药剂处理果实表面产生的真菌菌落数均大于4.83个，与清水处理果实对照产生的菌落数没有显著差异，铲除率均低于26.5%，表明9种药剂对果实表面定殖真菌没有显著的铲除作用（表3）。

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 3　11 种杀菌剂对果实表面定殖链格孢和腐生真菌的铲除效果

药剂名称	链格孢菌		腐生真菌	
	菌落数/个	铲除效果/%	菌落数/个	铲除效果/%
10%苯醚甲环唑WG	4.06 a	12.05	6.39 a	2.54
20%氟唑菌酰羟胺SC	0.56 c	87.95	3.78 b	42.37
25%吡唑醚菌酯EC	3.72 a	19.28	5.83 ab	11.02
80%代森锰锌WP	2.83 abc	38.55	4.89 ab	25.42
22.7%二氰蒽醌SC	2.94 abc	36.14	4.83 ab	26.27
50%异菌脲SC	3.17 ab	31.33	5.83 ab	11.02
40%嘧霉胺SC	0.78 bc	83.13	5.67 ab	13.56
10%多抗霉素WP	3.94 a	14.46	5.83 ab	11.02
80%克菌丹WG	3.00 abc	34.94	3.94 b	39.83
70%甲基硫菌灵WP	4.11 a	10.84	5.56 ab	15.25
33.5%喹啉铜EC	3.50 a	24.10	5.83 ab	11.02
清水	4.61 a	0.00	6.56 a	0.00

注：不同小写字母表示同一列不同处理间在0.05水平上差异显著性。

2.3　杀菌剂对花器的影响

试验所测的8种杀菌剂对花器有不同的影响。西府海棠花的花朵接种链格孢菌孢子悬浮液后，清水处理花朵的花柱全部坏死，花柱基部见不到绿色的健康组织，花柱的坏死指数为0.99。在测试的8种杀菌剂中，除70%甲基硫菌灵WP外，其他7种杀菌剂对花柱的坏死都有一定的抑制效果，与清水对照存在显著差异。其中，25%吡唑醚菌酯EC、20%氟唑菌酰羟胺SC和80%代森锰锌WP 3种药剂对花柱的坏死有较好的抑制效果，分别达到38.66%、34.45%和31.93%。西府海棠花的花瓣在培养皿中保湿7 d后，逐渐变色并坏死（图1）。清水处理的花朵保湿7 d后，花瓣的变色和坏死面积一般不超过整个花朵花瓣面积的10%，衰败指数为0.38；40%嘧霉胺SC和25%吡唑醚菌酯SC处理花朵的变色和坏死面积在70%以上，衰败指数为0.86和0.79，与对照存在显著差异。22.7%二氰蒽醌SC和80%克菌丹WG处理花瓣衰败指数为0.62和0.53，与对照存在显著差异，表明4种杀菌剂对花器有伤害作用（表4）。10%多抗霉素WP、80%代森锰锌WP、70%甲基硫菌灵WP和20%氟唑菌酰羟胺SC 4种药剂处理花瓣衰败指数与对照无显著差异，表明该4种药剂对苹果花器的伤害作用不大。

图 1　杀菌剂处理 7 d 后西府海棠花器的变化

表 4　8 种杀菌剂对花柱坏死抑制效果及对花瓣的伤害作用

杀菌剂	花柱衰败指数	花柱坏死抑制效果/%	花瓣衰败指数
25%吡唑醚菌酯EC	0.61 e	38.66	0.79 a
20%氟唑菌酰羟胺SC	0.65 e	34.45	0.34 c
80%代森锰锌WP	0.68 de	31.93	0.35 c
40%嘧霉胺SC	0.73 d	26.05	0.86 a
80%克菌丹WG	0.82 c	17.65	0.53 b
22.7%二氰蒽醌SC	0.83 c	15.97	0.62 b
10%多抗霉素WP	0.91 b	8.40	0.38 c
70%甲基硫菌灵WP	0.97 ab	2.52	0.35 c
清水	0.99 a		0.38 c

3　讨论

在所测试的12种杀菌剂中，20%氟唑菌酰羟胺SC对链格孢菌的毒力强，对定殖于果实表面的链格孢菌和其他真菌铲除效果好，对花柱授粉后的坏死有较好的抑制效果，对花瓣毒害作用小，可以作为花后和果实采收前防控链格孢菌和其他弱致病菌所致病害的首选药剂。40%嘧霉胺SC对定殖于果实上的链格孢菌有较强的铲除效果，但对定殖于果实表面其他真菌的铲除效果较差，且对花器的伤害作用较大，可考虑在果实采收前专门防控由链格孢菌所诱发的各种果实病害。80%克菌丹WG对定殖于果实表面的链格孢菌和非链格孢菌有较好的铲除效果，但对花器有一定的伤害，可考虑用于果实采收前防控由各种弱致病菌，尤其是非链格孢菌诱发的各种病害。80%代森锰锌WP和22.7%二氰蒽醌SC两种药剂对定殖于果实表面的链格孢菌和其他真菌有一定的铲除效果，对花柱授粉后的坏死也有一定的抑制效果，可用于花期和果实采收前防控链格孢

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

菌和其他弱致病菌诱发病的病害。10%苯醚甲环唑WG在室内毒力测定试验中表现出对链格孢菌菌丝生长有较强的毒力，与已报道的研究结果相似[19]，但在对链格孢菌和腐生真菌的铲除试验中，没有表现出其应有的防治效果，不宜作为防控链格孢菌所致病害的杀菌剂。25%吡唑醚菌酯EC虽对花柱授粉后的坏死有较强的抑制效果，但对花器的伤害作用也较大，对果实表面定殖弱致病菌的铲除效果差，不适合防控花期和果实采收前由各种弱致病菌诱发的病害。在苹果病害防控中，10%多抗霉素WP一直用作防控链格孢菌致病害的有效药剂，但本文试验结果表明，10%多抗霉素WP对链格孢菌的毒力差，对果实表面定殖链格孢菌和非链格孢真菌的铲除效果差，对花柱授粉后的坏死抑制效果也差，难以有效控制花期和果实采收前由链格孢菌和弱致病菌所诱发的各种病害，这与已有报道不同[20]。

链格孢菌和其他弱致病菌常定殖于花器和果实的死组织内部，如衰败的花柱和皮孔死组织内，并利用死组织提供的营养长期存活。常见的杀菌剂难以渗入寄主的死组织内，以铲除定殖于死组织内的链格孢菌和其他弱致病菌。因此，喷施到果实表面的杀菌剂对各种真菌的铲除效果最高达42%左右，难以有效控制弱致病菌的致病。试验数据表明，20%氟唑菌酰羟胺SC和40%嘧霉胺SC对链格孢菌的铲除效果可达80%以上，但实际可能达不到这一效果，原因是在病菌的分离过程种，生长速度较快的杂菌可能会掩盖一部分生长速度较慢的链格孢菌。因此，当链格孢菌在花器和果实上定殖后，杀菌剂常难以将其彻底铲除，药剂防控也达不到理想的效果；为了有效防控花期和果实采收前由链格孢菌及其他弱致病菌所致的病害，应在病菌定殖前或定殖初期用药，减少病菌在花器和果面上的定殖量，从而有效控制病菌的定殖与致病[21]。

4　结论

在所测试的12种药剂中，20%氟唑菌酰羟胺SC可作为花后和果实采收前防控链格孢菌和其他弱致病菌所致病害的首选药剂；其次，可考虑80%代森锰锌WP等药剂；40%嘧霉胺SC和80%克菌丹WG只能用于果实采收前防控链格孢菌和其他弱致病菌所致果实病害；不推荐10%多抗霉素WP作为防控链格孢菌所致各种病害的杀菌剂。

参考文献

[1] 张天宇. 中国真菌志: 第16卷[M]. 北京: 科学出版社, 2017.

[2] 康子腾, 姜黎明, 罗义勇, 等. 植物病原链格孢属真菌的致病机制研究进展[J]. 生命科学, 2013，25(9): 908-914.

[3] FONTAINE K, FOURRIER-JEANDEL C, ARMITAGE A D, et al. Identification and pathogenicity of *Alternaria* species associated with leaf blotch disease and premature defoliation in French apple orchards[J]. Peer J, 2021(9): 12496.

[4] JOHNSON R D, JOHNSON L, KOHMOTO K, et al. A polymerase chain reaction-based method to specifically detect *Alternaria alternata* apple pathotype (*A. mali*) the causal agent of *Alternaria* blotch of apple[J]. Phytopathology, 2000, 90(9): 973-976.

[5] 杨蕊, 张祺, 石朝阳, 等. 河北省苹果果实黑点病的发病规律及药剂防控研究[J]. 植物病理学报, 2021, 51(6): 943-950.

[6] 段俊飞. 几种杀菌剂对苹果斑点落叶病和轮纹病的防效评价[D]. 保定: 河北农业大学, 2012.

[7] 孟祥龙, 张祺, 石朝阳. 河北省苹果果实黑点病的症状与病原研究初报[J]. 植物病理学报, 2021, 51(4): 496-506.

[8] 刘平秀, 潘艳青, 李晓建, 等. 几种苹果常见病害及综合防治措施[J]. 现代园艺, 2013(2):65.

[9] 郝婕, 王献革, 田华, 等. 苹果果实套袋要重点防治黑点病与霉心病[J]. 现代农村科技, 2014(12):20-21.

[10] 郑军庆, 谢谦, 卢凯洁, 等. 苹果花露红期霉心病田间药效试验初报[J]. 中国果树, 2018(6):57-59.

[11] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 科学技术出版社, 1979.

[12] 张天宇. 中国真菌志[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

[13] 李树成, 王印宝, 赵显阳, 等. 翠冠梨果实采后病原菌分离鉴定及室内毒力测定[J]. 中国南方果树, 2021, 50(6):116-120.

[14] 房雅丽, 周瑶瑶, 贾晶晶, 等. 11种生物源杀菌剂对苹果主要病害病原菌的室内毒力测定[J]. 中国南方果树, 2022(3): 159-162.

[15] 段俊飞, 赵绪生, 胡同乐, 等. 几种杀菌剂对苹果斑点落叶病菌的室内毒力及田间防效[J]. 中国植保导刊, 2012, 32(8):53-57.

[16] 冯中红, 孙广宇. 链格孢属及相关属分类研究新进展[J]. 菌物研究, 2020, 18(4): 294-303.

[17] 王冰, 王彩霞, 史祥鹏, 等. 不同杀菌剂对苹果炭疽叶枯病的防治效果[J]. 植物保护, 2014, 40(6): 176-180.

[18] 郭健, 任维超, 李保华. 苹果黑星病有效防治药剂筛选及施药适期研究[J]. 中国果树, 2022(3):54-58.

[19] 王海强, 田家顺, 严清平, 等. 番茄早疫病菌对7种杀菌剂的敏感性比较及其对苯醚甲环唑的敏感性基线建立[J]. 农药, 2008, 47(4): 246-296.

[20] 梅桂兰. 阿克苏枣黑斑病的病原分析与药剂防治效果研究[J]. 湖北农业科学, 2017, 56(10): 1863-1865.

[21] LIU J, ZHANG L Y, WANG H Y, et al. The effect of temperature and moisture on colonization of apple fruit and branches by *Botryosphaeria* dothidea[J]. Phytopathology, 2022, 112(8): 1698-1709.

（责任编辑：金兰）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net