三种杀菌剂对牡丹黑斑病菌菌丝生长及分生孢子萌发的影响

侯 颖[1] 徐建强[2*] 宋宇州[2] 胡建功[2] 都胜芳[2] 康业斌[2]

(1. 河南科技大学食品与生物工程学院, 洛阳 471023; 2. 河南科技大学林学院, 洛阳 471003)

摘要: 为筛选防治牡丹黑斑病的化学药剂,采用菌丝生长速率法和涂布平板法分别测定了多菌灵、苯醚甲环唑和嘧菌酯对牡丹黑斑病菌菌丝生长的抑制活性及对分生孢子萌发和形成的影响。结果表明:苯醚甲环唑对菌丝生长的抑制作用最强,有效中浓度 EC_{50} 仅为 0.30 μg/mL,其次为嘧菌酯 6.34 μg/mL 和多菌灵 92.18 μg/mL;多菌灵可显著降低分生孢子的萌发速率,而苯醚甲环唑和嘧菌酯对孢子萌发的抑制作用较弱,可使分生孢子及芽管发生畸形,并改变分生孢子的萌发方式;3 种药剂均可显著抑制芽管的伸长生长,推迟病菌分生孢子梗的形成时间,但对分生孢子的产生数量无显著影响。多菌灵可作为保护剂在病害发生前期使用,苯醚甲环唑和嘧菌酯可在病害发生期轮换使用。

关键词: 牡丹黑斑病; 杀菌剂; 菌丝生长; 孢子萌发; 致畸作用

Effects of carbendazim, difenoconazole and azoxystrobin on mycelial growth and conidial germination of *Alternaria suffruticosae*

Hou Ying[1] Xu Jianqiang[2*] Song Yuzhou[2] Hu Jiangong[2] Du Shengfang[2] Kang Yebin[2]

(1. College of Food and Bioengineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471023, Henan Province, China; 2. College of Forestry, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, Henan Province, China)

Abstract: In order to screen fungicides to control peony black spot caused by *Alternaria suffruticosae*, the inhibitory activity of carbendazim, difenoconazole and azoxystrobin against mycelial growth of *A. suffruticosae* was measured and the efficacy of the three fungicides to the conidial germination and sporulation was determined. The results showed that difenoconazole could strongly inhibit the mycelial growth with an EC_{50} value of 0.30 μg/mL, followed by azoxystrobin (6.34 μg/mL) and carbendazim (92.18 μg/mL). Carbendazim decreased conidial germination rate, whereas the effects of difenoconazole and azoxystrobin were inferior. Difenoconazole and azoxystrobin could cause abnormality of conidia and the germ tubes, affecting conidial germination by increasing the germinated tubes from the middle parts of conidia. All of the fungicides could strongly inhibit the germ tube growth of the conidia, delay sporulation, but have little effect on the conidial yields. Carbendazim could be used as a protective fungicide before the appearance of the peony black spot; difenoconazole could be used as a curative fungicide when the disease has been prevalent, and alternate use of difenoconazole and azoxystrobin might delay the onset of resistance.

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303023)

作者简介: 侯颖,女,1976 年生,讲师,研究方向为杀菌剂毒理与应用, E-mail: houying76@126.com

*通讯作者(Author for correspondence), E-mail: xujqhust@126.com

收稿日期: 2013-10-04

Key words: peony black spot; fungicide; mycelial growth; conidial germination; abnormality

牡丹 *Paeonia suffruticosa* Andrews 隶属于芍药科芍药属牡丹组,素有“花中之王”的美称[1]。牡丹不仅具有很高的观赏价值,而且还有一定的药用价值,其根皮具有清热凉血、活血祛瘀的功效,其次生代谢产物丹皮酚对多种植物病原真菌具有抑制作用[2-3]。近年来,在牡丹栽培管理过程中,由于对土壤和苗木消毒不严、栽培方法不当、管理不善以及气候等因素,真菌病害的危害有逐年加重的趋势,尤其在生长后期最为严重[4-5]。牡丹感染真菌病害后,其光合作用等生理功能受到影响,严重降低了牡丹的观赏价值,影响其产业化发展,已成为牡丹生产最大的限制因素[6]。目前洛阳市为害牡丹最为严重的真菌病害是黑斑病,其次为叶霉病和红点病,分别由牡丹链格孢 *Alternaria suffruticosae*[7]、牡丹枝孢 *Cladosporium paeoniae*[8] 和凹状帽孢 *Pilidium concavum* 引起[9]。

目前对牡丹病害的研究仅限于病原菌的鉴定及病害的大田防治方面,而对牡丹病害防治药剂的筛选研究较少[5]。近年来,甲氧基丙烯酸酯类和三唑类药剂在农药市场销量上排在前列,它们抗菌谱广,不仅对大多数真菌引起的病害有效,而且前者对卵菌病害也表现出高效[10-11]。这 2 类杀菌剂对链格孢属真菌引起的病害均有很好的防治效果,如苯醚甲环唑(三唑类)可用于防治由茄链格孢 *Alternaria solani* 引起的马铃薯早疫病[12],嘧菌酯(甲氧基丙烯酸酯类)可防治由 *A. solani* 引起的番茄早疫病[13]。2 类杀菌剂复配后的抑菌效果还表现出增效作用,如嘧菌酯与戊唑醇(三唑类)复配后对苹果斑点落叶病菌 *A. mali* 的抑菌效果增效显著[14];嘧菌酯与苯醚甲环唑复配不但可以防治西瓜炭疽病、枯萎病,而且对西瓜品质也有一定改善[15]。牡丹黑斑病也是由链格孢属真菌牡丹链格孢引起,但目前还未有 2 类杀菌剂在牡丹黑斑病防治上应用的报道。因此,本试验选择嘧菌酯和苯醚甲环唑 2 种药剂与牡丹病害防治中常用药剂多菌灵做比较,研究 3 种药剂对牡丹黑斑病菌菌丝生长、孢子产生及萌发的影响,分析 2 种药剂在牡丹黑斑病化学防治上的应用前景及合理的使用方法。

1 材料与方法

1.1 材料

菌株:2012 年 9 月在洛阳市牡丹公园采集牡丹黑斑病标本,选取具有典型症状的叶片带回实验室;采用组织分离法分离纯化后挑单孢进行菌株保存,并回接到牡丹叶片上进行柯赫氏法则验证。

药剂:97% 苯醚甲环唑(difenoconazole)原药和 97.5% 嘧菌酯(azoxystrobin)原药由先正达(中国)投资有限公司生产;98% 多菌灵(carbendazim)原药为山东省双星农药厂生产。多菌灵原药预溶于 0.1 mol/L 稀盐酸中,嘧菌酯和苯醚甲环唑原药预溶于甲醇中,均配置成 1.0×10^4 μg/mL 的母液备用。

培养基:马铃薯蔗糖琼脂培养基(potato sugar agar, PSA)用于菌株的分离、纯化、一般培养与保存;水琼脂培养基(water agar, WA)用于孢子萌发率的测定;磷酸二氢钾葡萄糖琼脂培养基(KH_2PO_4 dextrose agar, KDA)用于产孢时间的测定,其成分为:KH_2PO_4 1.0 g、KNO_3 1.0 g、KCl 0.5 g、$MgSO_4$ 0.5 g、淀粉 0.2 g、葡萄糖 0.2 g、蔗糖 0.2 g、琼脂 18 ~ 20 g、H_2O 1 000 mL[16]。

仪器:SW-CJ-2D 型双人单面垂直净化工作台,苏州净化设备有限公司;SPX-250BSH-Ⅱ型生化培养箱,上海新苗医疗器械制造有限公司;LS-50LD 型立式压力蒸汽灭菌器,江阴滨江医疗设备有限公司;SZ202-2 型电热恒温干燥箱,浙江诸暨电热仪器厂;XSP-8C 型光学显微镜,上海光学六厂;H-1850R 型台式高速冷冻离心机,长沙湘仪离心机仪器有限公司。

1.2 方法

1.2.1 不同药剂对病菌菌丝生长的影响

用菌丝生长速率法测定[17-18]。将分离纯化所得菌株在 PSA 平板上 25 ℃培养 3 d 后,用打孔器在菌落边缘制成直径 5 mm 的菌饼,接入含系列浓度药剂的 PSA 平板上,其中多菌灵浓度为 2.5、5、10、20、40、80 μg/mL,苯醚甲环唑浓度为 0.156、0.3125、0.625、1.25、2.5、5 μg/mL,嘧菌酯浓度为 0.01、0.1、1、10、50、100 μg/mL。25 ℃下培养 5 d 后十字交叉法测量菌落直径,每处理 3 次重复,计算各浓度处理下药剂对菌丝生长的抑制率。菌丝生长抑制率 = [(对照菌落直径 - 菌饼直径) - (处理菌落直径 - 菌饼直径)]/(对照菌落直径 - 菌饼直径) × 100%。

1.2.2 不同药剂对病菌分生孢子萌发的影响

用无菌水冲洗培养 10 d 的黑斑病菌菌落,双层无菌纱布过滤除去菌丝,将滤液在 4 000 r/min 下离

心 10 min，去除上清液。将分生孢子重悬于灭菌的去离子水中，调节孢子浓度至 10^5 个/mL，制备孢子悬液。取 0.1 mL 涂布于含 0、0.1、1、5、10、50、100 μg/mL 药剂的 WA 平板上（直径 9 cm），置于 25 ℃培养箱中，分别观察 2、4、6、8、10、12 h 后孢子的萌发，以芽管长度超过孢子最大直径长度一半作为萌发标准。当不含药的 WA 平板上孢子萌发率达到 90% 以上时，统计不同浓度下的孢子萌发率，并计算孢子萌发抑制率[19]。孢子萌发抑制率 =（对照孢子萌发数 - 处理孢子萌发数）/对照孢子萌发数 ×100%。

1.2.3 不同药剂对病菌芽管伸长及形态的影响

按照 1.2.2 方法制备孢子悬液。取 0.1 mL 孢子悬液涂布于含不同浓度药剂（3 种药剂浓度均为 0.1、1、5、10、50、100 μg/mL）的直径 9 cm 的 WA 平板上，置于 25 ℃培养箱中，分别于 6 h 和 8 h 后测定分生孢子芽管的长度；于 8 h 和 12 h 后观察分生孢子及芽管的形态[20]。

1.2.4 不同药剂对病菌产孢结构及数量的影响

按照 1.2.2 方法制备孢子悬液。参照 3 种药剂抑制病菌菌丝生长的有效中浓度 EC_{50}，制备相应浓度的带毒 KDA 平板。将孢子悬液涂布在带毒的 KDA 平板上，每皿 0.1 mL，以不含药的 KDA 平板为对照，置 25 ℃恒温培养箱培养，24 h 后每天定时用手术刀切取正方形的菌块置载玻片上，在显微镜下直接观察病菌分生孢子梗的分化形成，直到分生孢子出现。以第 1 次观察到分生孢子为分生孢子梗形成的时间，每处理 3 次重复[16]。

将病菌在 PSA 平板上培养 3 d 后，用直径 0.5 cm 的打孔器在菌落边缘打菌饼，分别接种在含药平板上，每皿接一个菌饼，置 25 ℃恒温培养箱培养 5、10、15 d，用直径 1.0 cm 的打孔器在接种点附近打菌饼，无菌水洗下孢子，用血球计数板统计孢子数量，每处理 3 次重复[16]。

1.3 数据分析

利用 Excel 2003 进行数据处理，采用 DPS 6.5 软件中的数量型数据机值分析模块计算药剂抑制菌丝生长的有效中浓度 EC_{50}，并采用 LSD 法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同药剂对病菌菌丝生长的抑制作用

苯醚甲环唑对病菌菌丝生长的抑制作用最强，EC_{50} 仅为 0.30 μg/mL，可作为牡丹黑斑病化学防治的备选药剂；多菌灵的抑制作用最弱，EC_{50} 高达 92.18 μg/mL，不能对已侵入叶片内的病原菌菌丝产生抑制作用；嘧菌酯的抑制作用居中，EC_{50} 为 6.34 μg/mL，说明对病菌菌丝生长有一定的抑制效果（表 1）。

表 1 不同药剂对牡丹黑斑病病菌菌丝生长的毒力

Table 1 Inhibitory effects of the fungicides against mycelial growth of *Alternaria suffruticosae*

药剂 Fungicide	毒力回归方程 Regression equation	EC_{50}（95% CL）（μg/mL）	相关系数 r Relativity
多菌灵 Carbendazim	$y = 2.487x + 0.113$	92.18（62.53 ~ 135.90）	0.9813
苯醚甲环唑 Difenoconazole	$y = 0.991x + 5.525$	0.30（0.22 ~ 0.39）	0.9896
嘧菌酯 Azoxystrobin	$y = 0.283x + 4.773$	6.34（2.75 ~ 14.60）	0.9720

2.2 不同药剂对病菌分生孢子萌发速率的影响

在不含药的 WA 平板上，12 h 后病菌的孢子萌发率可达 95% 左右；在含药平板上 3 种药剂处理均对病菌分生孢子萌发有抑制作用。在 0.1 μg/mL 和 1 μg/mL 低浓度时，多菌灵和嘧菌酯对孢子萌发的抑制作用不明显，萌发率达 85% 左右，苯醚甲环唑在 1 μg/mL 时，孢子萌发率为 63.5%。随着药剂浓度升高，在含 50 μg/mL 和 100 μg/mL 多菌灵的 WA 平板上，分生孢子几乎不萌发，而在含 50 μg/mL 和 100 μg/mL 嘧菌酯和苯醚甲环唑的 WA 平板上，萌发率依然能达到 45% ~ 60%（图 1）。说明多菌灵对孢子萌发有强烈的抑制作用，而苯醚甲环唑和嘧菌酯的抑制作用较弱。

2.3 不同药剂对病菌芽管伸长和芽管形态的影响

分生孢子萌发 8 h 后观察发现，在不含药的 WA 平板上，分生孢子可从上下两端细胞萌发形成菌丝状芽管，细胞形态正常，能正常生长并分化形成菌丝，但尚未产生分枝（图 2-a）。在含药平板上，分生孢子和芽管均出现畸形，在含 50 μg/mL 和 100 μg/mL 苯醚甲环唑的平板上，分生孢子细胞有肿胀现象，且中间细胞也开始萌发；生出的芽管呈不规则畸形，表现为基部膨大、顶端膨大及中间局部膨大；芽管已开

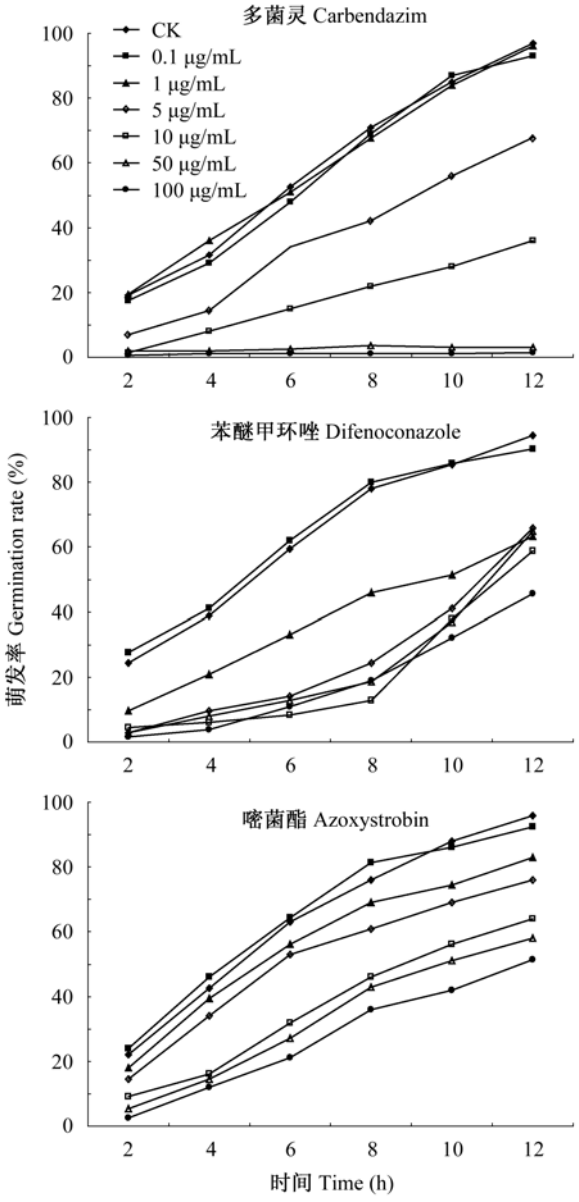

图 1 不同药剂对牡丹黑斑病病菌分生孢子萌发速率的影响

Fig. 1 Effects of fungicides on the conidial germination rate of *Alternaria suffruticosae*

始分枝(图 2-b、2-c)。在含 50 μg/mL 和100 μg/mL 嘧菌酯的平板上,分生孢子的萌发方式也发生改变,分别从多个细胞或顶端一个细胞萌发;芽管基部出现肿胀,并已开始分枝(图 2-d、2-e)。

在不含药的 WA 平板上,孢子萌发 6 h 后芽管长度达到 8 μm 左右;随着观察时间的延长,芽管长度逐渐增加(表 2)。低浓度药剂处理(0.1 μg/mL)对芽管伸长影响不明显,8 h 后芽管长度也可达 8 μm,与对照差异不显著。随着药剂浓度的升高,尽管分生孢子能够萌发,但芽管伸长生长受到强烈抑制;多菌灵为 50 μg/mL 时,处理 8 h 后芽管长度仅为 5.88 μm,明显比对照的 9.80 μm 短;苯醚甲环唑和嘧菌酯在 50 μg/mL 和 100 μg/mL 时,对芽管伸长也表现出强烈的抑制作用。说明高浓度药剂不但对孢子萌发有影响,对已萌发的芽管伸长也有抑制作用。

2.4 不同药剂对病菌产孢结构和数量的影响

在不含药剂的 KDA 平板上,病菌孢子经涂布平板后,25 ℃培养 2 d 即可形成分生孢子梗并产生分生孢子。在含有多菌灵和嘧菌酯的 KDA 平板上,培养 3 d 方可产生分生孢子;而在含苯醚甲环唑的 KDA 平板上,分生孢子梗出现需要 4 d。说明药剂对芽管和菌丝生长的抑制直接导致产孢结构出现时间的延长。病菌在 PSA(对照)上培养时可大量产孢,3 种药剂对病菌产孢的影响不同:多菌灵对病菌产孢有一定的抑制作用,但效果较弱,仅为 18.2%;而苯醚甲环唑和嘧菌酯对病菌产孢却有一定的促进作用,3 种药剂的影响均不显著。

3 讨论

本研究中 3 种药剂对牡丹黑斑病菌菌丝生长和孢子萌发的影响表明,在供试浓度下主要表现为抑菌作用:抑制菌丝生长,降低分生孢子萌发速率,并使分生孢子及芽管畸形,进而降低病菌侵染寄主的能力,达到有效防治牡丹黑斑病的目的。本研究中苯醚甲环唑对牡丹链格孢菌丝生长的毒力强于对分生孢子萌发的毒力,范子耀等[12]在研究苯醚甲环唑对茄链格孢的形态毒理学中也得到了类似的结果,药剂对菌丝生长和分生孢子萌发的 EC_{50} 值分别为 0.3094 μg/mL 和 3.3631 μg/mL。本研究中嘧菌酯对牡丹链格孢菌丝生长的抑制作用强于对分生孢子萌发的抑制,其中对菌丝生长的毒力 EC_{50} 为 6.34 μg/mL。这同范子耀等[12]、张晓等[13]在甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对茄链格孢的形态毒理学研究中所得结果有所不同,即甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂对茄链格孢分生孢子萌发的毒力强于菌丝生长,其中吡唑醚菌酯对分生孢子萌发的 EC_{50} 为 0.0122 μg/mL,对菌丝生长的 EC_{50} 为 1.3019 μg/mL;嘧菌酯的 EC_{50} 分别为 0.48 ~ 1.59 μg/mL 和 71.15 ~ 147.19 μg/mL[12-13]。这可能是由于各试验使用的病原菌种类不同造成的。

牡丹生长季节后期(秋季),除了多发性的黑斑病、叶霉病和红点病外,其它叶部病害如白粉病、灰霉病、黄斑病等也时有发生[4-5]。故对牡丹叶部病害的防治应通过药剂复配来达到同时治理多种病害的目的。吡唑醚菌酯同苯醚甲环唑的复配可显著提高对马铃薯早疫病的防效[12],这为进行苯醚甲环唑

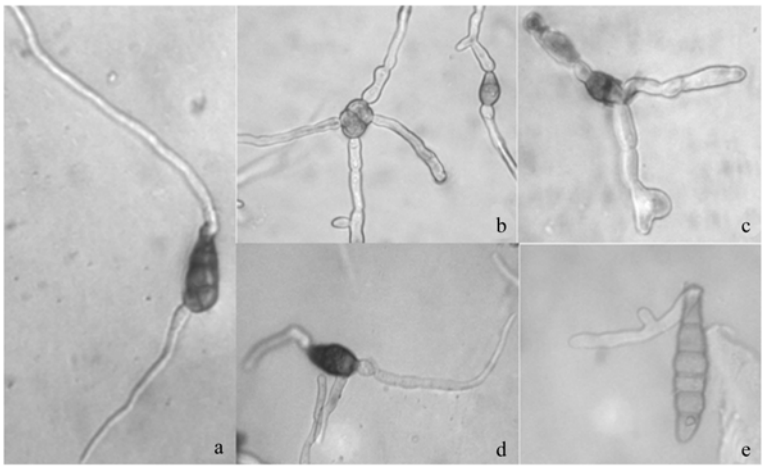

图 2　50 μg/mL 和 100 μg/mL 苯醚甲环唑及嘧菌酯处理 8 h 后牡丹黑斑病病菌分生孢子及其芽管形态

Fig. 2　Abnormality of conidia and their germ tubes of *Alternaria suffruticosae* treated with 50 μg/mL and 100 μg/mL of difenoconazole and azoxystrobin for 8 h

a：对照（200 ×）；b：苯醚甲环唑 50 μg/mL（200 ×）；c：苯醚甲环唑 100 μg/mL（400 ×）；d：嘧菌酯 50 μg/mL（200 ×）；e：嘧菌酯 100 μg/mL（400 ×）。a：CK（200 ×）；b：50 μg/mL difenoconazole（200 ×）；c：100 μg/mL difenoconazole（400 ×）；d：50 μg/mL azoxystrobin（200 ×）；e：100 μg/mL azoxystrobin（400 ×）.

表 2　不同浓度药剂处理牡丹黑斑病病菌分生孢子 6 h 和 8 h 的芽管长度

Table 2　Germ tube length of *Alternaria suffruticosae* treated with fungicides at different concentrations for 6 h and 8 h　μm

药剂浓度 Fungicide concentration (μg/mL)	6 h			8 h		
	多菌灵 Carbendazim	苯醚甲环唑 Difenoconazole	嘧菌酯 Azoxystrobin	多菌灵 Carbendazim	苯醚甲环唑 Difenoconazole	嘧菌酯 Azoxystrobin
0	8.20 ± 1.56 a	9.30 ± 2.30 a	7.20 ± 1.63 a	9.80 ± 2.67 a	10.30 ± 2.13 a	9.15 ± 1.52 a
0.1	8.30 ± 1.45 a	8.40 ± 1.57 a	7.05 ± 1.57 a	8.70 ± 1.65 a	7.35 ± 1.00 b	8.55 ± 2.15 ab
1	7.10 ± 1.46 b	6.90 ± 1.50 b	6.15 ± 1.33 ab	7.30 ± 0.71 b	7.05 ± 1.03 b	7.70 ± 0.67 b
5	6.30 ± 1.27 bc	7.00 ± 0.94 b	5.40 ± 0.90 b	6.50 ± 0.94 bc	6.71 ± 1.34 bc	5.80 ± 1.47 c
10	5.56 ± 1.17 c	6.40 ± 1.07 bc	4.15 ± 0.85 c	6.62 ± 1.40 c	6.70 ± 1.33 bc	5.70 ± 1.41 c
50	4.93 ± 0.90 d	5.20 ± 1.03 cd	3.70 ± 0.75 c	5.88 ± 1.55 d	5.65 ± 1.47 cd	4.90 ± 0.73 c
100	0.00 ± 0.00 ke	4.20 ± 1.18 d	2.55 ± 0.83 d	0.00 ± 0.00 e	5.10 ± 1.12 d	3.25 ± 0.88 d

表中数据为平均数 ± 标准差。同列数据后不同字母表示经 LSD 法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。Data are mean ± SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P < 0.05$ level by LSD test.

和嘧菌酯的复配来提高对牡丹黑斑病的防效提供了参考。同时，由于牡丹是园林植物，栽培管理较为精细，对其病害的治理应注意多种方法的综合运用，如合理密植、科学施肥；雨季注意防止长时间的湿气滞留；秋末彻底清除病残体，集中烧毁，减少来年侵染源[2,21]。但在病害暴发流行时，化学防治是必要甚至是唯一可以依赖的手段。本研究结果显示 3 种杀菌剂均可应用到牡丹黑斑病的化学防治上，但根据其不同的形态毒理学效应，需采用不同的使用方法。多菌灵可作为保护剂在病害发生前期喷施，抑制孢子萌发以降低牡丹黑斑病菌的侵染率，预防病害发生；苯醚甲环唑可作为治疗剂在病害发生期使用，抑制牡丹叶片内病菌菌丝的生长，降低菌丝在牡丹叶片上的扩展速度，阻止病害流行；嘧菌酯可作为治疗剂在病害发生期同苯醚甲环唑交替使用，以防止病原菌抗药性的产生。本研究仅就 3 种杀菌剂对病菌的室内毒力进行了分析，并未进行牡丹黑斑病防治的田间试验，相关工作有待进一步开展。

参 考 文 献（References）

[1] 王莲英，袁涛. 中国牡丹与芍药. 北京：金盾出版社，1999

[2] 中国牡丹全书编撰委员会. 中国牡丹全书（上）. 北京：中国科学技术出版社，2002

[3] 康业斌, 商鸿生, 成玉梅. 牡丹病害及其固有的化学抗病物质研究进展. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(8): 247 – 249

[4] 杨瑞先, 刘萍, 方站民, 等. 牡丹病害研究现状及展望. 河南农业科学, 2010, 39(11): 138 – 143

[5] 吴玉柱, 季延平, 刘慜, 等. 牡丹的主要病害及其防治研究. 西部林业科学, 2006, 35(4): 40 – 44

[6] 杨德翠, 刘超, 盖树鹏, 等. 牡丹柱枝孢叶斑病(*Cylindrocladium canadense*)对叶片光合系统功能的影响. 园艺学报, 2013, 40(3): 515 – 522

[7] Zhang M, Chen Z S, Zhang T Y. Taxonomic studies of *Alternaria* from China 12. Three taxa on *Paeonia suffruticosa*. Mycotaxon, 2008, 103: 269 – 272

[8] 王守正. 河南省经济植物病害志. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994

[9] Duan Y B, Kang Y B, Yu Z Z. First report of *Pilidium concavum* on *Paeonia suffruticosa* in China. Plant Disease, 2010, 94(2): 271

[10] 秦维彩, 闫晓静, 檀根甲, 等. 烯酰吗啉与嘧菌酯对辣椒疫霉病菌生物活性的比较. 植物保护学报, 2010, 37(1): 42 – 48

[11] 韩秀英, 赵卫松, 齐永志, 等. 辣椒疫霉对双炔酰菌胺敏感性及对其它杀菌剂的交互抗性. 植物保护学报, 2011, 38(2): 173 – 177

[12] 范子耀, 王文桥, 孟润杰, 等. 吡唑醚菌酯与苯醚甲环唑混合物对茄链格孢的联合毒力及其对马铃薯产量的影响. 农药学学报, 2011, 13(6): 591 – 596

[13] 张晓, 张艳军, 陈雨, 等. 嘧菌酯对番茄早疫病菌的抑制作用. 农药学学报, 2008, 10(1): 41 – 46

[14] 时春喜, 祁志军, 杨华, 等. 嘧菌酯与不同杀菌剂混配对苹果斑点落叶病菌的增效作用. 植物保护学报, 2006, 33(4): 447 – 448

[15] 朱春晖, 罗香文, 张战泓, 等. 嘧菌酯与苯醚甲环唑混用防治西瓜炭疽病、枯萎病及对西瓜品质的改善. 植物保护学报, 2006, 33(4): 407 – 411

[16] 康业斌, 商鸿生, 成玉梅. 丹皮酚对植物病原真菌的体外抑制作用. 植物保护学报, 2007, 34(6): 580 – 584

[17] 慕立义. 植物化学保护研究方法. 北京: 中国农业出版社, 1994

[18] 孙家隆, 慕卫. 农药学实验技术与指导. 北京: 化学工业出版社, 2009

[19] 康业斌. 速克灵对烟草赤星病菌的室内毒力测定. 植物保护学报, 1998, 25(1): 85 – 88

[20] 陈雨, 张文芝, 周明国. 氰烯菌酯对禾谷镰孢菌分生孢子萌发及菌丝生长的影响. 农药学学报, 2007, 9(3): 235 – 239

[21] 易图永, 吕长平, 李璐, 等. 长沙地区荷泽牡丹病害发生规律及防治药剂筛选. 中国农学通报, 2006, 22(9): 356 – 359

(责任编辑: 李美娟)