

殺真菌劑對蝴蝶蘭鐮胞菌屬病原菌的生長抑制效果評估

蘇俊峯¹ 李怡靜² 簡蘭懿² 謝廷芳^{3,*}

摘要

蘇俊峯、李怡靜、簡蘭懿、謝廷芳。2015。殺真菌劑對蝴蝶蘭鐮胞菌屬病原菌的生長抑制效果評估。台灣農業研究 64(1):32-44。

鐮胞菌屬病原真菌可引起蝴蝶蘭黃葉病 (*Fusarium solani*)、灰斑病 (*Fusarium oxysporum*) 及黑斑病 (*Fusarium proliferatum*)。本研究在實驗室測試 16 種供試的殺真菌劑對此 3 種病原菌的孢子發芽與菌絲生長的抑制作用，在孢子發芽抑制方面，結果顯示 40% 克熱淨 (iminocyclidine triacetate) 與 23.6% 百克敏 (pyraclostrobin) 對黃葉病菌與黑斑病菌的抑制效果最為明顯，稀釋後濃度 10 mg a.i. L⁻¹ 時孢子發芽抑制率皆高於 99%。而 50% 三氟敏 (trifloxystrobin) 與 23.6% 百克敏 (pyraclostrobin) 對灰斑病菌的孢子發芽抑制效果最佳，稀釋後濃度 2.5 mg a.i. L⁻¹ 時孢子發芽抑制率皆高於 82%。在菌絲生長抑制方面，結果顯示 25% 撲克拉 (prochloraz) 與 50% 撲克拉錳 (prochlorate manganese) 的抑制效果最好，稀釋後濃度 5 mg a.i. L⁻¹ 時菌絲生長抑制率皆可達 60% 以上。

關鍵詞：蝴蝶蘭病害、鐮胞菌屬病原菌、殺真菌劑。

前言

根據行政院財政部關務署的統計資料 (Trade Statistics, Customs Administration, Ministry of Finance)，蝴蝶蘭 (*Phalaenopsis*) 為台灣的主要外銷花卉之一。近年來，在蝴蝶蘭栽培期間或在海運的貯運過程中，植株經常出現葉片黃化、落葉，葉鞘出現黑褐色壞疽的病徵，有時在罹病株的葉鞘與根部的黑色壞疽部位，可觀察到成堆的橙紅色子囊殼，嚴重者甚至造成植株死亡，農民俗稱「黑頭」。此病害為蝴蝶蘭黃葉病，由病原真菌 *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. [有性世代為 *Haematonecrotia haematococca* (Berk & Broome) Samuels & Rossman] 所引起 (Su *et al.* 2012)。

另外，根據 Su *et al.* (2012) 的研究，蝴蝶蘭鐮胞菌屬的病害尚有由病原真菌 *Fusarium oxysporum* Schltdl. 與 *Fusarium proliferatum*

(Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg 所引起的蝴蝶蘭灰斑病 (gray spot) 與黑斑病 (black spot)。灰斑病主要病徵乃於蝴蝶蘭植株葉片與葉鞘出現不規則至圓形黑褐色病斑，病斑周圍有黃暈，病斑中間則出現灰白色病徵；若病斑出現於葉基部或葉鞘，則容易引起植株葉片黃化的病徵。蝴蝶蘭黑斑病主要病徵乃於蝴蝶蘭植株葉鞘與葉片出現圓形至不規則形的黑色病斑，而有些品種的葉鞘被感染後，葉片有偏黃的現象 (Su *et al.* 2012)。

根據田間病害調查顯示，此 3 種由鐮胞菌屬所引起之蝴蝶蘭病害，目前以蝴蝶蘭黃葉病危害較為普遍，平均發病率介於 20-30%，但在某些蝴蝶蘭品種/系發生較為嚴重，發病率可達 59%，其他兩種病害則較為零星發生。但是近年來台灣溫室設施的設計趨於多樣，造成不同溫室間的微氣候環境有些許的差異，使得

投稿日期：2014 年 9 月 3 日；接受日期：2014 年 11 月 27 日。

* 通訊作者：tfhsieh@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所植物病理組研究助理。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所花卉研究中心研究員兼中心主任。台灣 雲林縣。

黑斑病與灰斑病發生漸趨嚴重。然而，目前並無有效可供推薦施用於田間防治此 3 種病害的方法，因此本研究擬先於實驗室針對上述 3 種病原菌，篩選具有效抑菌效果的殺真菌劑，期能提供往後田間病害防治參考。

材料與方法

供試菌株的培養與接種源的製備

供試的 3 個鐮胞菌菌株包括 FST1 為蝴蝶蘭黃葉病菌 *F. solani*，F0217-23 為蝴蝶蘭黑斑病菌 *F. proliferatum*，N8284 為蝴蝶蘭灰斑病菌 *F. oxysporum*。將供試菌株 FST1、F0217-23 及 N8284 單胞培養於 PDA 斜面試管培養基中 7–14 d 後，於該培養試管中加入 9 mL 無菌水，利用移殖環刮取菌落表面，並將該懸浮液經 4 層滅菌紗布過濾後，震盪混合均勻。於光學顯微鏡下，利用血球計數器 (hemocytometer, Marienfeld, Germany) 計算單位體積的孢子數，並換算為孢子懸浮液的濃度，再利用無菌水調整供試菌株孢子懸浮液濃度至 $1-4 \times 10^5$ spores mL⁻¹。若以移殖環沾取部分供試菌株分生孢子，於 2% 的水瓊脂培養基 (2% water agar; WA) 上畫線培養，經 12 h 後，單胞培養於馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (potato dextrose agar, PDA, Difco) 平板 3–5 d，以 8-mm 打孔器切取菌落周圍菌絲，將菌絲塊的菌絲面朝下置於新配置 PDA 培養基平板上培養，備用。

供試殺真菌劑

供試的殺真菌劑如表 1 所列 (含中文名、有效成分、廠商)，包括菲克利、保粒黴素甲、亞托敏、百克敏、待克利、撲克拉、依得利、克熱淨、腐絕、免賴得、白克列、貝芬替、撲克拉錳、脫克松、三氟敏及甲基多保淨等 16 種。

殺真菌劑對蝴蝶蘭鐮胞菌屬病原菌孢子發芽的影響

利用 1% 葡萄糖溶液調配上述 16 種供試殺真菌劑的稀釋後濃度分別為 5、20 及 80 mg a.i. L⁻¹，並以無添加殺真菌劑者為對照組。取八孔玻片，將每 10 μL 的供試蝴蝶蘭黃葉病菌 FST1 孢子

懸浮液 ($1-4 \times 10^5$ spores mL⁻¹) 滴置於八孔玻片的其中一個孔洞上，再分別加入 10 μL 的不同濃度的殺真菌劑溶液混合均勻，使單孔洞總體積達 20 μL，則供試殺真菌劑的最終的稀釋後濃度為 2.5、10 及 40 mg a.i. L⁻¹，而對照組為 0.5% 葡萄糖溶液。隨即將八孔玻片放置於 36°C 定溫箱 (24 h 光照) 中，16 h 後觀察孢子發芽的情形，並計算孢子發芽率 (%)。處理間再與對照組比較，換算孢子發芽抑制率 (conidiospore germination inhibition rate, %)。計算孢子發芽抑制率 (%) = [(對照組孢子發芽率 - 不同殺真菌劑處理所得之孢子發芽率)/對照組孢子發芽率] × 100 (%)。另一試驗為測試殺真菌劑對蝴蝶蘭黑斑病菌 F0217-23 孢子發芽的影響時，則以無菌水調配上述 16 種供試殺真菌劑最終的稀釋後濃度為 2.5、10 及 40 mg a.i. L⁻¹，並以無菌水當對照組，供試的八孔玻片放置在 36°C 定溫箱 (24 h 光照) 中。而測試化學藥劑對蝴蝶蘭灰斑病菌 N8284 孢子發芽的影響時，則利用 1% 果膠溶液調配上述 16 種供試殺真菌劑最終的稀釋後濃度為 2.5、10 及 40 mg a.i. L⁻¹，而對照組為 0.5% 的果膠溶液，供試的八孔玻片則放置於 28°C 定溫箱 (24 h 光照) 中。

殺真菌劑對蝴蝶蘭鐮胞菌屬病原菌菌絲生長的影響

盛裝於三角燒瓶內、經高溫高壓滅菌後的 PDA 培養基，待其冷卻約至 60–70°C 時，取 15 種供試殺真菌劑分別添加於該些三角燒瓶內，並調配製成稀釋後濃度分別為 5、20、80 及 160 mg a.i. L⁻¹ 各式殺真菌劑的供試培養基平板，並以無添加殺真菌劑者為對照組。將供試菌株 FST1、F0217-23 及 N8284 分別培養於 PDA 培養基平板 3–5 d，以 8-mm 打孔器切取平板培養基上之菌絲尖端菌絲塊，並移置接種於已添加殺真菌劑的 PDA 培養基平板上，每種供試殺真菌劑、每種濃度分別接種 6 皿培養基。完成接種之 PDA 平板放置於室溫 (24–28°C，12 h 光照) 下，每天觀察、記錄菌

表 1. 本研究使用的殺真菌劑種類。

Table 1. The list of fungicides used in this study.

Fungicide	Chinese name	Active ingredient	Manufacture
5% hezaconazole suspension concentrates (SC)	5% 菲克利水懸劑	(RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl) hexan-2-ol	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
10% polyoxins wettable powders (WP)	10% 保粒黴素甲可濕性粉劑	5- (2-amino-5-O-carbamoyl-2- deoxy-L-xylonamido)- 1,5- dideoxy-1-1,2,3,4-tetrahydro-5-hydroxymethyl- 2,4-dioxypyrimidin-1-yl-β-D-allofuranuronic acid	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
23% azoxystrobin SC	23% 亞托敏水懸劑	Methyl (E)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-4- yl]oxy} phenyl} -3- methoxyacrylate	Chia Tai Enterprise Co., Ltd., Taipei
23.6% pyraclostrobin emulsifiable concentrates (EC)	23.6% 百克敏乳劑	Methyl N-{2-[1-(4-chlorophenyl)-1H- pyrazol-3- yl]oxymethyl} phenyl} (N-methoxy) carbamate	BASF Taiwan Co., Ltd., Taipei
24.9% difenoconazole EC	24.9% 待克利乳劑	cis,trans-3-chloro-4-[4-methyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)- 1,3-dioxolan-2-yl]phenyl 4-chlorophenyl ether	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
25% prochloraz EC	25% 撲克拉乳劑	N-propyl-N-[2-(2,4,6-trichlorophenoxy) ethyl] imidazole- 1-carboxamide	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
35% etridiazole WP	35% 依得利可濕性粉劑	Ethyl 3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazol-5-yl ether	Great Victory Chemical Industry Co., Ltd., Yunlin
40% iminoctadine triacetate WP	40% 克熱淨可濕性粉劑	1,1' -iminodi(octamethylene)diguandinium tris (alkylbenzenesulfonate)	Sumitomo Crop Taiwan Co., Ltd., Taipei
41.8% thiabendazole SC	41.8% 腐絕水懸劑	2-(thiazol-4-yl) benzimidazole	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
50% benomyl WP	50% 免賴得可濕性粉劑	Methyl 1-(butylcarbamoyl) benzimidazol-2- yl-carbamate	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
50% boscalid water-dispersible granules (WG)	50% 白克列水分散性粒劑	2-chloro-N-(4' -chlorobiphenyl-2-yl) nicotinamide	BASF Taiwan Co., Ltd., Taipei
50% carbendazim WP	50% 貝芬替可濕性粉劑	Methyl benzimidazol-2-ylcarbamate	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung
50% prochlorate manganese WP	50% 撲克拉錳可濕性粉劑	Dichlorotetrakis (N-propyl-N- (2-(2,4,6- trichlorophenoxy)- ethyl) imidazole-1-carboxamide) manganese (II)	Bayer Taiwan Co., Ltd., Taoyuan
50% tolclofos-methyl WP	50% 脫克松可濕性粉劑	O-2,6-dichloro-p-tolyl O,O-dimethyl phosphorothioate	Lihnung Chemical Co., Ltd. Yunlin
50% trifloxystrobin WG	50% 三氟敏水分散性粒劑	Methyl (E)-methoxyimino-{(E)-α-[1-(α,α,α-trifluoro-m-tolyl) ethylideneaminoxy]-o-tolyl} acetate	Bayer Taiwan Co., Ltd., Taoyuan
70% thiophanate-methyl WP	70% 甲基多保淨可濕性粉劑	Dimethyl 4,4' -(o-phenylene) bis(3-thioallophanate)	Sinon Corporation Co., Ltd., Taichung

絲生長的情形，並計算菌絲生長速度 (mm d^{-1})，處理間再與對照組比較，換算菌絲生長抑制率 (mycelial growth inhibition rate, %)。菌絲生長抑制率 (%) = [(對照組菌絲生長速度 - 不同殺真菌劑處理所得之菌絲生長速度)/對照組菌絲生長速度] × 100 (%)。

資料統計分析

試驗所得資料之差異顯著性測驗，係利用 IBM SPSS Statistics (version 19) 統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 與最低顯著差異分析 (least significant difference; LSD)。

結果

殺真菌劑對蝴蝶蘭黃葉病菌孢子發芽與菌絲生長的影響

取 16 種供試殺真菌劑測試其對蝴蝶蘭黃葉病菌孢子發芽的影響，試驗處理後 16 h，計算對照組 0.5% 葡萄糖溶液處理的孢子發芽率為 86%。比較供試殺真菌劑對黃葉病菌孢子發芽的抑制情形，結果稀釋後濃度 10 mg a.i. L⁻¹ 的 40% 克熱淨與 40 mg a.i. L⁻¹ 的 23.6% 百克敏均可完全抑制黃葉病菌孢子發芽。其次為稀

釋後濃度 40 mg a.i. L⁻¹ 的 50% 三氟敏，對黃葉病菌的孢子發芽抑制率為 71%。而其他不同供試殺真菌劑稀釋後濃度對黃葉病菌孢子發芽抑制率，皆低於 23%，其中的 24.9% 待克利、35% 依得利、50% 白克利、50% 貝芬替、50% 撲克拉錳及 70% 甲基多保淨在測試的濃度下更完全無法抑制孢子發芽 (表 2)。

取 15 種供試殺真菌劑測試其對蝴蝶蘭黃葉病菌菌絲生長的影響，試驗處理後第 4 d，計算對照組無添加殺真菌劑處理，其菌絲生長速度為 10.2 mm d⁻¹。比較供試殺真菌劑對黃

表 2. 供試殺真菌劑對蝴蝶蘭黃葉病菌孢子發芽與菌絲生長的抑制效果。

Table 2. The effects of fungicides on inhibitions of conidiospore germination and mycelial growth of *Fusarium solani* causing yellow leaf of *Phalaenopsis*.

Fungicide ^z	Conidiospore germination		Mycelial growth	
	AI ^y (mg a.i. L ⁻¹)	inhibition rate (%)	AI (mg a.i. L ⁻¹)	inhibition rate (%)
5% hezaconazole	2.5	0.0 a ^x	5	11.0 d
	10.0	1.0 a	20	22.8 c
	40.0	3.3 a	80	33.9 b
			160	39.6 a
10% polyoxins	2.5	0 b	5	0.0 c
	10.0	1.8 b	20	0.0 c
	40.0	13.5 a	80	1.2 b
			160	9.4 a
23% azoxystrobin	2.5	3.7 b	5	26.5 d
	10.0	22.6 a	20	33.1 c
	40.0	19.7 a	80	40.4 b
			160	42.4 a
23.6% pyraclostrobin	2.5	72.2 b	5	42.0 d
	10.0	99.4 a	20	45.7 c
	40.0	100.0 a	80	47.7 b
			160	50.6 a
24.9% difenoconazole	2.5	0.0 a	5	31.4 d
	10.0	0.0 a	20	42.9 c
	40.0	0.0 a	80	56.7 b
			160	62.0 a
25% prochloraz	2.5	0.0 b	5	72.7 d
	10.0	0.0 b	20	84.5 c
	40.0	4.9 a	80	96.4 b
			160	100.0 a
35% etridiazole	2.5	0.0 a ^x	5	0.0 a
	10.0	0.0 a	20	0.0 a
	40.0	0.0 a	80	0.0 a
			160	0.0 a

表 2. 供試殺真菌劑對蝴蝶蘭黃葉病菌孢子發芽與菌絲生長的抑制效果效果。(續)

Table 2. The effects of fungicides on inhibitions of conidiospore germination and mycelial growth of *Fusarium solani* causing yellow leaf of *Phalaenopsis*. (continued)

Fungicide ^z	AI ^y (mg a.i. L ⁻¹)	Conidiospore germination inhibition rate (%)	AI (mg a.i. L ⁻¹)	Mycelial growth inhibition rate (%)
40% iminoctadine triacetate	2.5	10.9 b ^x	5	22.8 c
	10.0	100.0 a	20	24.1 c
	40.0	100.0 a	80	41.2 b
			160	48.2 a
41.8% thiabendazole	2.5	0.0 a	5	4.9 d
	10.0	4.9 a	20	17.1 c
	40.0	7.8 a	80	60.0 b
			160	80.0 a
50% benomyl	2.5	9.6 a	5	1.2 d
	10.0	0.0 b	20	13.5 c
	40.0	0.0 b	80	27.3 b
			160	36.0 a
50% boscalid	2.5	0.0 a	5	1.6 a
	10.0	0.0 a	20	1.2 a
	40.0	0.0 a	80	2.4 a
			160	2.0 a
50% carbendazim	2.5	0.0 a	5	4.1 c
	10.0	0.0 a	20	12.7 b
	40.0	0.0 a	80	13.9 b
			160	17.9 a
50% prochlorate manganese	2.5	0.0 a	5	76.3 c
	10.0	0.0 a	20	84.5 b
	40.0	0.0 a	80	99.8 a
			160	100.0 a
50% tolclofos methyl	2.5	1.6 a	5	-
	10.0	3.6 a	20	-
	40.0	8.3 a	80	-
50% trifloxystrobin	2.5	11.1 c	5	39.2 c
	10.0	39.6 b	20	42.4 b
	40.0	71.3 a	80	46.5 a
			160	47.8 a
70% thiophanate methyl	2.5	0.0 a	5	6.9 c
	10.0	0.0 a	20	20.0 b
	40.0	0.0 a	80	26.9 a
			160	28.6 a

^z The basic data of fungicides were listed in Table 1.

^y AI: Active ingredient concentration.

^x Means within a column with the same fungicide treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

葉病菌菌絲生長抑制情形，結果 25% 撲克拉與 50% 撲克拉錳的抑制效果最為明顯，該些殺真菌劑在稀釋後濃度 5 mg a.i. L⁻¹ 時即對黃

葉病菌菌絲生長有抑制作用，菌絲生長抑制率皆高於 72%，而添加的濃度越高，對菌絲生長的抑制作用也越明顯，在稀釋後濃度 160 mg

a.i. L⁻¹時兩者均可完全抑制菌絲生長。其次為 41.8% 腐絕，在稀釋後濃度為 80 與 160 mg a.i. L⁻¹時，其對黃葉病菌的菌絲生長抑制率分別為 60% 與 80%；而 35% 依得利在測試的稀釋後濃度下則完全無法抑制菌絲生長 (表 2)。

殺真菌劑對蝴蝶蘭黑斑病菌菌絲生長與孢子發芽的影響

取 16 種供試殺真菌劑測試其對蝴蝶蘭黑斑病菌孢子發芽的影響，試驗處理後 16 h，計算對照組無菌水處理的孢子發芽率為 91%。比較供試殺真菌劑對黑斑病菌孢子發芽的抑制情形，結果 40% 克熱淨與 23.6% 百克敏的抑制效果最為明顯，在稀釋後濃度 2.5 mg a.i. L⁻¹時即有抑制作用，其孢子發芽抑制率皆高於 81%，而添加的濃度越高，對孢子發芽的抑制作用也越明顯。在稀釋後濃度為 10 mg a.i. L⁻¹時，兩者均可完全抑制孢子發芽率。其次為 50% 三氟敏與 23% 亞托敏，在稀釋後濃度為 2.5、10 及 40 mg a.i. L⁻¹的 50% 三氟敏對黑斑病菌的孢子發芽抑制率分別為 70、82 及 71%，而稀釋後濃度為 10 與 40 mg a.i. L⁻¹的 23% 亞托敏對黑斑病菌的孢子發芽抑制率分別為 67% 與 91%。然而，50% 撲克拉錳在測試的濃度下均無法有效抑制孢子發芽 (表 3)。

取 15 種供試殺真菌劑測試其對蝴蝶蘭黑斑病菌菌絲生長的影響，試驗處理後第 11 d，計算對照組無添加殺真菌劑處理，其菌絲生長速度為 2.6 mm d⁻¹。比較供試殺真菌劑對黑斑病菌菌絲生長抑制情形，結果 25% 撲克拉與 50% 撲克拉錳的抑制效果最為明顯，稀釋後濃度為 5 mg a.i. L⁻¹時即對黑斑病菌菌絲生長有抑制作用，菌絲生長抑制率皆高於 60%，而隨著添加的濃度越高，抑制作用也越明顯，兩者在稀釋後濃度為 160 mg a.i. L⁻¹時可完全抑制菌絲生長。其次為腐絕與待克利，41.8% 腐絕的稀釋後濃度為 80 與 160 mg a.i. L⁻¹時，對黑斑病的菌絲生長抑制率分別為 63% 與 77%，而 24.9% 待克利在稀釋後濃度為 5、20、80 及 160 mg a.i. L⁻¹時，對黑斑病的菌絲生長抑制率介於 43–74% 之間。另外，35% 依得利與 50% 白克列在測定濃度下對黑斑病菌菌絲生長

完全無抑制作用 (表 3)。

殺真菌劑對蝴蝶蘭灰斑病菌菌絲生長與孢子發芽的影響

取 16 種供試殺真菌劑測試其對蝴蝶蘭灰斑病菌孢子發芽的影響，試驗處理後 16 h，計算對照組 0.5% 果膠溶液處理的孢子發芽率為 86%。比較供試殺真菌劑對灰斑病菌孢子發芽的抑制情形，結果 23.6% 百克敏的抑制效果最為明顯，稀釋後濃度為 2.5 mg a.i. L⁻¹時即有抑制作用，其孢子發芽抑制率為 98%，而稀釋後濃度為 10 mg a.i. L⁻¹時即可完全抑制孢子發芽。其次為 50% 三氟敏，稀釋後濃度為 2.5 mg a.i. L⁻¹時，孢子發芽抑制率為 82%，然而 24.9% 待克利、50% 撲克拉錳在測試的濃度下均無法抑制灰斑病菌之孢子發芽率 (表 4)。

取 15 種供試殺真菌劑測試其對蝴蝶蘭灰斑病菌菌絲生長的影響，試驗處理後第 13 d，計算對照組無添加殺真菌劑處理，其菌絲生長速度為 2.9 mm d⁻¹。比較供試殺真菌劑對灰斑病菌菌絲生長抑制情形，結果 25% 撲克拉、50% 貝芬替及 50% 撲克拉錳的抑制效果最為明顯，稀釋後濃度為 5 mg a.i. L⁻¹時即有抑制作用，菌絲生長抑制率皆高於 84%，而添加的濃度越高，對菌絲生長的抑制作用也越明顯。其次為 41.8% 腐絕及 50% 免賴得，稀釋後濃度為 20 mg a.i. L⁻¹時菌絲生長抑制率皆高於 99%。在測試的藥劑之中，稀釋後濃度 80 mg a.i. L⁻¹的 41.8% 腐絕、80 mg a.i. L⁻¹的 50% 免賴得、160 mg a.i. L⁻¹的 50% 貝芬替及 160 mg a.i. L⁻¹的 50% 撲克拉錳可完全抑制菌絲生長，然而 35% 依得利與 50% 白克列在測定濃度下對灰斑病菌菌絲生長完全無抑制作用 (表 4)。

討論

在篩選化學藥劑用於防治作物病害之時，通常會先進行 *in vitro* 的篩選試驗，包括化學藥劑對病原菌孢子發芽與菌絲生長的抑制作用 (Hibar *et al.* 2007; Naik *et al.* 2008; Dam *et al.* 2010)。本研究測試 16 種供試殺真菌劑對蝴蝶蘭黃葉病菌、黑斑病菌及灰斑病菌孢子

表 3. 供試殺真菌劑對蝴蝶蘭黑斑病菌孢子發芽與菌絲生長的抑制效果。

Table 3. The effects of fungicides on inhibitions of conidiospore germination and mycelial growth of *Fusarium proliferatum* causing black spot of *Phalaenopsis*.

Fungicide ^z	AI ^y (mg a.i. L ⁻¹)	Conidiospore germination inhibition rate (%)	AI (mg a.i. L ⁻¹)	Mycelial growth inhibition rate (%)
5% hezaconazole	2.5	20.2 b ^x	5	13.9 c
	10.0	76.8 a	20	31.7 b
	40.0	77.2 a	80	52.0 a
			160	54.8 a
10% polyoxins	2.5	0.0 c	5	0.0 b
	10.0	12.9 b	20	0.0 b
	40.0	54.2 a	80	0.0 b
			160	9.5 a
23% azoxystrobin	2.5	40.0 c	5	20.1 c
	10.0	66.5 b	20	26.7 b
	40.0	90.7 a	80	33.0 a
			160	33.4 a
23.6% pyraclostrobin	2.5	90.0 b	5	26.4 b
	10.0	100.0 a	20	35.7 a
	40.0	100.0 a	80	38.1 a
			160	40.3 a
24.9% difenoconazole	2.5	19.3 b	5	43.8 d
	10.0	19.5 b	20	57.8 c
	40.0	37.5 a	80	69.3 b
			160	73.3 a
25% prochloraz	2.5	0.0 b	5	60.1 c
	10.0	7.9 a	20	83.8 b
	40.0	14.2 a	80	98.9 a
			160	100.0 a
35% etridiazole	2.5	9.7 b	5	0.0 a
	10.0	23.1 b	20	0.0 a
	40.0	47.7 a	80	0.0 a
			160	0.0 a
40% iminoctadine triacetate	2.5	81.6 b	5	0.0 d
	10.0	100.0 a	20	8.6 c
	40.0	100.0 a	80	29.3 b
			160	35.7 a
41.8% thiabendazole	2.5	0.0 b	5	0.0 d
	10.0	6.1 b	20	34.0 c
	40.0	42.3 a	80	63.0 b
			160	76.8 a
50% benomyl	2.5	5.0 b	5	14.3 b
	10.0	11.4 b	20	37.3 a
	40.0	41.2 a	80	42.9 a
			160	42.1 a

表 3. 供試殺真菌劑對蝴蝶蘭黑斑病菌孢子發芽與菌絲生長的抑制效果。(續)

Table 3. The effects of fungicides on inhibitions of conidiospore germination and mycelial growth of *Fusarium proliferatum* causing black spot of *Phalaenopsis*. (continued)

Fungicide ^z	AI ^y (mg a.i. L ⁻¹)	Conidiospore germination inhibition rate (%)	AI (mg a.i. L ⁻¹)	Mycelial growth inhibition rate (%)
50% boscalid	2.5	12.6 a ^x	5	0.0 a
	10.0	12.7 a	20	0.0 a
	40.0	18.3 a	80	0.0 a
			160	0.0 a
50% carbendazim	2.5	0.8 b	5	35.7 b
	10.0	18.2 a	20	45.5 a
	40.0	21.0 a	80	47.8 a
			160	45.7 a
50% prochlorate manganese	2.5	0.0 a	5	71.1 c
	10.0	0.0 a	20	94.9 b
	40.0	0.0 a	80	99.5 a
			160	100.0 a
50% tolclofos methyl	2.5	0.0 a	5	-
	10.0	10.4 a	20	-
	40.0	10.0 a	80	-
50% trifloxystrobin	2.5	70.2 a	5	34.5 b
	10.0	81.9 a	20	39.8 a
	40.0	71.3 a	80	43.9 a
			160	43.9 a
70% thiophanate methyl	2.5	23.3 a	5	30.7 b
	10.0	37.1 a	20	49.1 a
	40.0	47.6 a	80	49.5 a
		160	52.5 a	

^z The basic data of fungicides were listed in Table 1.

^y AI: Active ingredient concentration.

^x Means within a column with the same fungicide treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

發芽的抑制作用，結果以百克敏、克熱淨及三氟敏的抑制效果最為明顯 (表 2、3、4)。根據 2011 年行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所所編農藥作用機制分類檢索記載：百克敏屬甲氧基胺基甲酸酯類 (methoxycarbamates) 殺菌劑，三氟敏屬肟乙酸酯類 (oximino acetates) 殺菌劑。兩者主要作用於粒腺體電子傳遞複合物 III 細胞色素 bc1 (Qo) [complex III: cytochrome bc1 (ubiquinol oxidase at Qo site)] 上，抑制病原菌的呼吸作用。而克熱淨屬胍類 (guanidines) 殺菌劑，為多重抑制作用

(multi-site contact activity)，主要影響病原真菌的細胞膜與脂質的生合成，但是有別於抑制病原菌膜固醇的合成作用。百克敏雖然為非系統性殺菌劑，但是可進行植物組織間的跨層轉移 (translaminal) 而移行，可當作保護劑與局部治療劑，對 *Alternaria solani*、*Cercospora kikuchii*、*Guignardia citricarpa*、*Mycosphaerella fijiensis*、*Phakopsora pachyrhizi*、*Phytophthora infestans*、*Plasmopara viticola*、*Puccinia* spp.、*Pyrenophora teres*、*Pythium aphanidermatum*、*Rhizoctonia solani*、*Septoria tritici*、*Septoria*

表 4. 供試殺真菌劑對蝴蝶蘭灰斑病菌孢子發芽與菌絲生長的抑制效果。

Table 4. The effects of fungicides on inhibitions of conidiospore germination and mycelial growth of *Fusarium oxysporum* causing gray spot of *Phalaenopsis*.

Fungicide ^z	AI ^y (mg a.i. L ⁻¹)	Conidiospore germination inhibition rate (%)	AI (mg a.i. L ⁻¹)	Mycelial growth inhibition rate (%)
5% hezaconazole	2.5	0.0 b ^x	5	43.5 d
	10.0	0.0 b	20	53.1 c
	40.0	16.7 a	80	63.0 b
			160	72.6 a
10% polyoxins	2.5	42.7 a	5	0.0 b
	10.0	42.1 a	20	0.0 b
	40.0	26.0 b	80	5.7 a
			160	3.1 ab
23% azoxystrobin	2.5	45.8 c	5	43.0 d
	10.0	69.0 b	20	51.3 c
	40.0	79.3 a	80	61.3 b
			160	64.3 a
23.6% pyraclostrobin	2.5	98.9 b	5	53.5 b
	10.0	100.0 a	20	61.7 a
	40.0	100.0 a	80	62.6 a
			160	63.9 a
24.9% difenoconazole	2.5	0.0 a	5	57.4 d
	10.0	0.0 a	20	73.4 c
	40.0	0.0 a	80	82.6 b
			160	85.7 a
25% prochloraz	2.5	0.0 b	5	84.1 c
	10.0	0.0 b	20	95.2 b
	40.0	51.5 a	80	99.0 a
			160	99.9 a
35% etridiazole	2.5	0.0 b	5	0.0 a
	10.0	47.2 a	20	0.0 a
	40.0	50.6 a	80	0.0 a
			160	0.0 a
40% iminoctadine triacetate	2.5	31.1 c	5	0.0 c
	10.0	52.2 b	20	4.2 b
	40.0	80.2 a	80	27.8 a
			160	28.3 a
41.8% thiabendazole	2.5	13.3 b	5	13.8 b
	10.0	35.0 a	20	99.7 a
	40.0	43.2 a	80	100.0 a
			160	100.0 a
50% benomyl	2.5	14.1 a	5	74.0 b
	10.0	21.4 a	20	99.5 a
	40.0	22.4 a	80	100.0 a
			160	100.0 a

表 4. 供試殺真菌劑對蝴蝶蘭灰斑病菌孢子發芽與菌絲生長的抑制效果。(續)

Table 4. The effects of fungicides on inhibitions of conidiospore germination and mycelial growth of *Fusarium oxysporum* causing gray spot of *Phalaenopsis*. (continued)

Fungicide ^z	AI ^y (mg a.i. L ⁻¹)	Conidiospore germination inhibition rate (%)	AI (mg a.i. L ⁻¹)	Mycelial growth inhibition rate (%)
50% boscalid	2.5	25.7 b ^x	5	0.0 a
	10.0	33.0 b	20	0.0 a
	40.0	33.7 a	80	0.0 a
			160	0.0 a
50% carbendazim	2.5	22.6 b	5	88.3 b
	10.0	61.7 a	20	97.9 a
	40.0	67.2 a	80	98.9 a
			160	100.0 a
50% prochlorate manganese	2.5	0.0 a ^x	5	90.0 b
	10.0	0.0 a	20	99.1 a
	40.0	0.0 a	80	99.7 a
			160	100.0 a
50% tolclofos methyl	2.5	51.7 a	5	-
	10.0	53.7 a	20	-
	40.0	59.5 a	80	-
50% trifloxystrobin	2.5	82.6 a	5	57.4 a
	10.0	84.3 a	20	57.8 a
	40.0	87.9 a	80	58.3 a
			160	60.4 a
70% thiophanate methyl	2.5	0.0 b	5	0.0 c
	10.0	14.0 a	20	77.3 b
	40.0	14.4 a	80	87.4 a
		160	87.4 a	

^z The basic data of fungicides were listed in Table 1.

^y AI: Active ingredient concentration.

^x Means within a column with the same fungicide treatment followed by the same letter are not significantly different at 5% level by LSD test.

glycines 及 *Uncinula necator* 等病原菌所引起的病害有防治效果 (Tomlin 2003)。三氟敏為中間型 (mesostemic) 殺菌劑，可進行植物組織間的跨層轉移而移行，亦可經藉由植物的蒸散作用進行系統性移行。三氟敏為廣效性殺菌劑，對於子囊菌 (Ascomycetes)、不完全菌 (Deuteromycetes)、擔子菌 (Basidiomycetes) 及卵菌 (Oomycetes) 所引起的病害皆有防治效果，主要施用於作物地上部，可當作保護劑與局部治療劑，但是不耐雨水沖刷 (Tomlin 2003)。克熱淨為非系統性、接觸型殺菌劑，

可當作保護劑施用，對 *Alternaria* spp.、*Botryosphaeria* spp.、*Fusarium* spp.、*Gloeodes* spp.、*Helminthosporium gramineum*、*Penicillium* spp.、*Septoria* spp.、*Tilletia* spp. 及 *Zygothiala* spp. 等病原菌所引起的病害有防治效果 (Tomlin 2003)。

Ellis *et al.* (2011) 利用百克敏預先處理大豆種子 (9.9 g 100 kg⁻¹)，結果可以有效減少大豆種子受到 *Fusarium graminearum* 的感染。Taj & Kumar (2013) 以 10 mg L⁻¹ 三氟敏測試其對薑黃葉病 (ginger yellows) 病原菌 *F.*

oxysporum f. sp. *zingiberi* 菌絲生長的抑制作用，結果菌絲生長抑制率可達 75%。若以 10 mg L⁻¹ 的三氟敏與貝芬替混合使用，結果菌絲生長抑制率則高達 92%。Chen *et al.* (2012) 則利用百克敏與依普座 (epoxiconazole) 混合施用，則可於田間有效防治由 *F. asiaticum* 與 *F. graminearum* 所引起的小麥赤黴病 (Fusarium head blight)，防治效果可達 85% (發病率與無施藥劑處理比較之結果)。然而多種藥劑之混合施用，是否亦能提高對鐮胞菌所引起蝴蝶蘭病害的防治效果，則有待進一步試驗證明。

本研究挑選 15 種供試殺真菌劑並測試其對蝴蝶蘭黃葉病菌、黑斑病菌及灰斑病菌的菌絲生長抑制作用，結果以撲克拉與撲克拉錳的抑制效果最為明顯 (表 2-4)，說明二者對鐮胞菌引起的病害有治療性。根據 2011 年行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所所編的農藥作用機制分類檢索紀載：撲克拉與撲克拉錳皆屬咪唑類殺菌劑 (imidazoles)，主要作用於固醇合成之 C14 去甲基酶 (C14-demethylase in sterol biosynthesis) 上，抑制病原菌膜固醇的合成。另外在聯合國糧食與農業組織於 2009 年發表 FAO specifications and evaluations for agricultural pesticides 對撲克拉的評估報告中：撲克拉為非系統性、接觸型殺菌劑，可當作保護劑與治療劑使用，並可穩定地與其他金屬離子結合製成新藥劑，如撲克拉錳。撲克拉為廣效性殺菌劑，但在防治子囊真菌 (ascomycetes) 與不完全真菌 (fungi imperfecti) 的病害上效果更明顯。目前已被使用在多種農藝與園藝作物上，包括由病原菌 *Alternaria* spp.、*Ascochyta* spp.、*Botrytis* spp.、*Colletotrichum* spp.、*Pseudocercospora* spp.、*Pyrenopeziza* spp.、*Pyrenophora* spp.、*Pyricularia* spp.、*Rhynchosporium* spp.、*Septoria* spp. 及 *Sclerotinia* spp. 等所引起的作物病害。

已有文獻報導撲克拉對鐮胞菌屬病原菌 (*Fusarium graminearum*, *F. avenaceum* 及 *F. verticillioides*) 的菌絲生長有良好的抑制作用 (Ivić *et al.* 2011)。另外，Mateo *et al.* (2011) 報導指出撲克拉除可以抑制穀類穗腐病 (Fusarium head blight) 病原菌 (*Fusarium lang-*

ethiae) 的菌絲生長之外，並且可以抑制該病原菌的 HT-2 toxin 產生。由於撲克拉錳對蝴蝶蘭黃葉病菌的菌絲生長具有強的抑制能力，理論上應對其所引起的病害有治療效果。然而，本研究先行於蝴蝶蘭接種黃葉病菌後，分別於接種後第 1、2、3 及 4 d 施用 6,000 倍撲克拉錳稀釋液，但亦無法有效降低黃葉病的發病度 (資料未發表)。未來應設法改善撲克拉錳的施用方法，才能於田間有效地治療蝴蝶蘭黃葉病。

貝芬替對灰斑病菌菌絲生長的抑制效果，與撲克拉與撲克拉錳的結果相類似 (表 4)。根據 2011 年行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所所編農藥作用機制分類檢索紀載：貝芬替屬苯併咪唑類殺菌劑 (benzimidazoles)，主要作用於有絲分裂微管蛋白聚合 (β -tubulin assembly in mitosis) 上，抑制病原菌的有絲分裂與細胞分裂，可抑制病原菌附著器 (appressoria) 的形成與抑制菌絲生長。貝芬替為系統性殺菌劑，可當作保護劑與局部治療劑，對 *Alternaria* spp.、*Botrytis* spp.、*Cercospora* spp.、*Cladosporium* spp.、*Cylindrosporium* spp.、*Erysiphe* spp.、*Fusarium* spp.、*Monilia* spp.、*Pseudocercospora* spp.、*Podospaera* spp.、*Rhizoctonia* spp.、*Septoria* spp.、*Sclerotinia* spp.、*Tilletia* spp.、*Uncinula* spp.、*Ustilago* spp. 及 *Venturia* spp. 等病原菌所引起的病害有防治效果 (Tomlin 2003)。Meena & Maharshi (2013) 曾報導指出利用貝芬替 (2 g kg⁻¹) 處理卵葉車前 (*Plantago ovata*) 種子，可有效防治由 *Fusarium semitectum* 所引起的種子病害。Omar *et al.* (2006) 亦曾報導高濃度的貝芬替 (> 50 μ g mL⁻¹) 可減少番茄冠腐與根腐病 (Fusarium crown and root rot, 病原菌 *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*) 的發生達 50% 以上，但是施用低濃度貝芬替 (10 μ g mL⁻¹) 時，則防治效果不明顯。進一步，Omar *et al.* (2006) 選用對貝芬替具有高耐性的生物防治微生物菌株 *Bacillus megaterium* (c96) 與 *Burkholderia cepacia* (c91)，搭配低濃度的貝芬替 (10 μ g mL⁻¹) 混合施用，則防治番茄冠腐與根腐病的效果可與施用高濃度的貝芬替相當。因此，尋求有益微生物的配合施用，或許可增加化學藥劑在蝴

蝶蘭鐮胞菌病害的防治效果，並且可減少化學藥劑的使用量與濃度。

另外，本研究發現撲克拉對蝴蝶蘭黃葉病菌的孢子發芽抑制能力低，且撲克拉錳幾乎無抑制作用，即對其所引起的病害無預防效果。Liao *et al.* (2012) 在溫室於植株上測試撲克拉錳對蝴蝶蘭黃葉病的防治效果，經 3 次試驗結果顯示：施用撲克拉錳的效果不一，第一次試驗具有良好防治效果，但是第 2、3 次試驗卻出現防治效果不彰的結果。Liao *et al.* (2012) 認為撲克拉錳為非系統性藥劑，病原菌容易經傷口侵入無藥劑保護的植物組織而發病，此亦印證撲克拉錳無預防性的功效。同樣的，本研究先行於溫室評估撲克拉錳對蝴蝶蘭黃葉病的預防效果，結果先行施用稀釋後濃度為 160 mg a.i. L⁻¹ 的撲克拉錳稀釋液後，隔週再行噴霧接種黃葉病菌，連續處理 4 次亦無法有效降低病害的發生（資料未發表）。綜合上述結果，本研究認為在田間防治由鐮胞菌引起的蝴蝶蘭病害時，應先以抑制孢子發芽效果良好的殺菌劑作為預防性的藥劑，當病害發生時，再輔以施用具有菌絲抑制效果的殺菌劑作為治療性藥劑，如此才能有效防治病害的發生。惟本項推論尚未試驗證實，值得進一步測試其可能性。

誌謝

本研究承行政院農業委員會動植物防疫檢疫局科技計畫 101 農科 -10.3.1- 檢 -B5 (7) 與農業試驗所科技計畫 101 農科 -10.2.1- 農 -C3 (1) 經費補助，謹致謝忱。

引用文獻

- Chen, Y., A. F. Zhang, T. C. Gao, Y. Zhang, W. X. Wang, K. J. Ding, L. Chen, Z. Sun, X. Z. Fang, and M. G. Zhou. 2012. Integrated use of pyraclostrobin and epoxiconazole for the control of *Fusarium* head blight of wheat in Anhui Province of China. *Plant Dis.* 96:1495–1500.
- Customs Administration, Trade Statistics, Customs Administration, Ministry of Finance. n.d. Value of exports and imports. <http://www.customs.gov.tw/StatisticsWebEN/IESearch.aspx?Type=Edit&Code=0602909911> (visit on 1/4/2013)
- Dam, S. K., S. Dutta, S. K. Laha, S. Roy, and P. M. Bhattacharya. 2010. Effect of fungicides for management of brown spot disease of *Motihari* tobacco. *J. Mycol. Res.* 48:221–225.
- Ellis, M. L., K. D. Broders, P. A. Paul, and A. E. Dorrance. 2011. Infection of soybean seed by *Fusarium graminearum* and effect of seed treatments on disease under controlled conditions. *Plant Dis.* 95:401–407.
- Hibar, K., M. Daami-Remadi, F. Ayed, and M. El-Mahjoub. 2007. *Fusarium* crown and root rot of tomato and its chemical control. *Intl. J. Agric. Res.* 2:687–695.
- Ivić, D., Z. Sever, and B. Kuzmanovska. 2011. *In vitro* sensitivity of *Fusarium graminearum*, *F. avenaceum* and *F. verticillioides* to carbendazim, tebuconazole, flutriafol, metconazole and prochloraz. *Pestic. Phytomed.* 26:35–42.
- Liao, G. J., T. F. Hsieh, and H. R. Chen. 2012. Effect of chemical treatment on prevention of *Fusarium* yellow of *Phalaenopsis* seedling under simulated conditions of shipment. *J. Taiwan Agric. Res.* 61:124–131. (in Chinese with English abstract)
- Mateo, E. M., F. M. Valle-Algarra, R. Mateo, M. Jiménez, and N. Magan. 2011. Effect of fenpropimorph, prochloraz and tebuconazole on growth and production of T-2 and HT-2 toxins by *Fusarium langsethiae* in oat-based medium. *Intl. J. Food Microbiol.* 151:289–298.
- Meena, M. L. and R. P. Maharshi. 2013. Management of *Alternaria alternata* and *Fusarium semitectum* of Isabgol through Fungicides. *Ann. Agric. Bio. Res.* 18:238–242.
- Naik, M. K., H. D. Angadi, G. S. Devikarani, and M. G. Patil. 2008. Evaluation of chilli (*Capsicum annum* L.) genotypes, fungicides and plant products for management of anthracnose disease. *J. Mycopathol. Res.* 46:213–219.
- Omar, I., T. M. O'Neill, and S. Rossall. 2006. Biological control of *Fusarium* crown and root rot of tomato with antagonistic bacteria and integrated control when combined with the fungicide carbendazim. *Plant Pathol.* 55:92–99.
- Su, J. F., Y. C. Lee, C. W. Chen, J. H. Huang, and T. F. Hsieh. 2012. Field surveys for *Fusarium* diseases of *Phalaenopsis* in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 21:115–130. (in Chinese with English abstract)
- Taj, A. and V. B. S. Kumar. 2013. Sensitivity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* causing ginger yellows against antagonist and fungicides. *Environ. Ecol.* 31(2A):663–666.
- Tomlin, C. D. S. 2003. *The Pesticide Manual* (13th). British Crop Protection Council. Hampshire. 1344 pp.

Evaluation of Fungicides for Growth Inhibitions of *Phalaenopsis* Fusarium Pathogen

Jiunn-Feng Su¹, Yi-Ching Lee², Lan-Yi Chien², and Ting-Fang Hsieh^{3,*}

Abstract

Su, J. F., Y. C. Lee, L. Y. Chien, and T. F. Hsieh. 2015. Evaluation of fungicides for growth inhibition of *Phalaenopsis* Fusarium pathogens. *J. Taiwan Agric. Res.* 64(1):32–44.

Fusarium diseases of *Phalaenopsis*, including yellow leaf caused by *Fusarium solani*, gray spot caused by *Fusarium oxysporum* and black spot caused by *Fusarium proliferatum*, were frequently found in the fields. Sixteen fungicides were selected for evaluating the inhibition effect of conidiospore germination and mycelium growth of these three pathogens. On inhibition of conidiospore germinations, data showed that inhibition rates of *F. solani* and *F. proliferatum* by 10 mg a.i. L⁻¹ dilution concentration of 40% iminocytadine triacetate and 23.6% pyraclostrobin were more than 99%. And inhibition rates of *F. oxysporum* by 2.5 mg a.i. L⁻¹ dilution concentration of 50% trifloxystrobin and 23.6% pyraclostrobin were more than 82%. On the inhibition of mycelial growth, data showed that the inhibition rates by 5 mg a.i. L⁻¹ dilution concentration of 25% prochloraz and 50% prochlorate manganese were more than 60%, better than other tested fungicides.

Key words: *Phalaenopsis* diseases, Fusarium pathogen, Fungicide.

Received: September 3, 2014; Accepted: November 27, 2014.

* Corresponding author, e-mail: tfhsieh@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Research Assistants, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

³ Research Fellow and Director, Floriculture Research Center, Taiwan Agricultural Research Institute, Yunlin, Taiwan, ROC.