

紅龍果花期與幼果濕腐病 (病原 *Gilbertella persicaria*) 之 藥劑篩選與田間防治

林筑蘋¹ 蔡志濃^{2*} 謝廷芳³ 安寶貞⁴

摘要

林筑蘋、蔡志濃、謝廷芳、安寶貞。2020。紅龍果花期與幼果濕腐病 (病原 *Gilbertella persicaria*) 之藥劑篩選與田間防治。台灣農業研究 69(3):207–217。

紅龍果濕腐病由 *Gilbertella persicaria* 引起，可造成紅龍果 (*Hylocereus* spp.) 花苞與幼果腐敗，以及成熟果實在貯藏期腐爛，在台灣造成紅龍果產量巨大的損失，因此本研究目標為篩選此病害的防治藥劑。在培養基內測試 27 種化學合成藥劑與 10 種非化學合成藥劑對 *G. persicaria* 孢子發芽與菌絲生長的影響，結果顯示化學合成藥劑之中，賽普護汰寧對孢子發芽與菌絲生長、扶吉胺對孢子發芽之抑制效果最佳，1 mg a.i. L⁻¹ 即有顯著效果；非化學合成藥劑中，以波爾多液 (石灰-硫酸銅合劑) 與『黑修羅』 (肉桂精油製劑) 在抑制孢子發芽與菌絲生長效果最佳，各別在 1-1 式與稀釋 10,000 倍時即有良好抑制效果。於紅龍果濕腐病好發季節以逢機完全區集設計進行田間防治試驗，於夏季開花期間噴布供試藥劑於白肉紅龍果 (*Hylocereus undatus*) 地上部。第一部田間試驗結果顯示，『黑修羅』與賽普護汰寧防治效果佳，可降低夏季紅龍果花期濕腐病，發病率分別為 14.2% ± 6.2% 與 14.5% ± 8.0%，與不施藥之對照組發病率 24.9% ± 7.0% 有顯著差異 ($P < 0.05$)。第二部田間試驗結果顯示，扶吉胺亦有防治效果，發病率為 11.8% ± 4.5%，與不施藥之對照組發病率 18.7% ± 1.3% 有顯著差異 ($P < 0.05$)。由上述試驗結果顯示，賽普護汰寧、扶吉胺及『黑修羅』均具有防治紅龍果花期濕腐病的效果。

關鍵詞：紅龍果花期濕腐病、藥劑防治、田間試驗。

前言

紅龍果又稱火龍果，英文名為 pitaya 或 dragon fruit，原產於中美洲地區，而目前台灣常見之栽培種類包括白肉種 (*Hylocereus undatus* Britt. & Rose) 與紅肉種 (*Hylocereus polyrhizus* Britt. & Rose; *Hylocereus costaricensis* Britt. & Rose) (Jiang & Yang 2015)，為台灣近年逐漸發展之重要熱帶果樹之一。夏季為紅龍果主要產季，自花苞冒出到盛開約需 14–20 d，平均為 17 d (Chang & Yen 1997)，開花僅 1 d，花瓣隨即凋謝，開

花後約莫於 3 d 內子房逐漸膨大結果。一般民間栽培時，約於開花後 3–14 d 人工拔除花瓣與柱頭；果實約於開花後 4–5 wk 轉色、成熟並採收。

紅龍果濕腐病是台灣目前田間最嚴重的病害之一，係由 *Gilbertella persicaria* (E. D. Eddy) Hesselt 引起 (Lin *et al.* 2014)，可感染花器造成花苞水浸狀腐爛而折損，或影響授粉造成結果不良。剛授粉完成之初結幼果，常因病原菌感染花器，病原菌由柱頭或花瓣尾端入侵，再影響幼果前端之果皮與果肉，形成幼果褐化腐

投稿日期：2020 年 4 月 6 日；接受日期：2020 年 5 月 15 日。

* 通訊作者：TsaiJN@tari.gov.tw

¹ 行政院農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。

² 行政院農委會農業試驗所植物病理組研究員。台灣 台中市。

³ 行政院農委會農業試驗所植物病理組研究員兼組長。台灣 台中市。

⁴ 行政院農委會農業試驗所植物病理組退休研究員。台灣 台中市。

爛，造成紅龍果花期與幼果濕腐病。值得一提的是，目前田間觀察發現，除以上因花器感染影響而出現的病徵之外，授粉成功之幼果不會再受到進一步感染，往後各發育時期之果實亦未發現過罹染濕腐病。待果實成熟轉色後，採收果則可再次見到果實罹染濕腐病，於切口或鱗片周圍出現水浸狀病斑，引起紅龍果採後濕腐病。綜合上述，紅龍果濕腐病病徵發展快速，紅龍果花期與幼果濕腐病在短期內造成田間大量花苞與初期幼果折損；若未妥善防治，後續有機會經由傷口伺機再感染成熟果實，發展成紅龍果採後濕腐病，造成更嚴重之產量損失。

除 *G. persicaria* 引起之濕腐病外，台灣紅龍果病害有正式報導者尚有 *Neoscytalidium dimidiatum* (Penz.) Crous & Slippers 引起之紅龍果潰瘍病 (Chuang *et al.* 2012)、*Colletotrichum* spp. 引起之炭疽病 (Lin *et al.* 2017) 以及 *Bipolaris cactivora* (Petr.) Alcorn 引起之果腐病 (Wang & Lin 2005)。而植物保護手冊 (現已更名為植物保護資訊系統；<https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm>) 僅針對紅龍果炭疽病提供推薦用藥，計有三氟敏、亞托待克利、甲基多保淨 (thiophanate-methyl)、百克敏、克熱淨 (iminocadine tris)、得克利 (tebuconazole)、免得爛 (mitram)、賽普護汰寧、亞托敏等，而後於 2017 年、2018 年陸續增加三氟派瑞 (fluopyram + trifloxystrobin)、扶吉胺等藥劑，共 11 種紅龍果合法用藥。依照『殺菌劑抗藥性行動委員會』(Fungicide Resistance Action Committee; FRAC; <https://www.frac.info>) 分類，這些藥劑之作用機制多元，值得探討與其他作用機制之化學合成藥劑輪替防治紅龍果濕腐病之可能性。

行政院農業委員會農業試驗所開發多種植物萃取物或精油製劑產品，如沒食子酸水溶液-『活力能 (Active Power)』、香茅精油微乳劑-『銹躲 (Rust Escape)』、『黴控 (Mold Stop)』，以及肉桂精油微乳劑-『炭無蹤 (Anthracnose Escape)』、『黑修羅 (Black Asura)』等，此類非化學合成藥劑具有抑制病原菌孢子發芽或 (和) 菌絲生長等功效，具抑制紅龍果病害之潛力。

目前對紅龍果濕腐病尚無正式藥劑可供病

害防治參考，本研究進行室內培養基與田間試驗，測試化學合成藥劑與非化學合成藥劑對紅龍果花期濕腐病防治效果，期可提供防疫單位及農友在選擇藥劑防治時之參考。

材料與方法

供試菌株來源、培養與保存

本研究測試之濕腐病菌菌株為 F210187 與 F212122 共 2 菌株，各別分離自台中市白肉紅龍果與南投縣中寮鄉紅肉紅龍果幼果果實，經比對內轉錄間隔區 (internal transcribed spacer) 與形態鑑定皆為 *G. persicaria*。菌株分離與保存方式見 Lin *et al.* (2014) 之方法。

供試藥劑之培養基配置

馬鈴薯葡萄糖瓊脂培養基 (potato dextrose agar; PDA; BD Difco, Franklin Lakes, NJ, USA) 在高溫高壓滅菌後，待冷卻至 55–60°C 時加入不同測試藥劑。化學合成藥劑類者，使其最終有效成分 (active ingredient; a.i.) 濃度為 1 mg a.i. L⁻¹、10 mg a.i. L⁻¹、100 mg a.i. L⁻¹，FRAC 分類與藥劑名稱如下：FRAC 1 (B1) 類，有 41.8% 腐絕 (thiabendazole) 水懸劑 (suspension concentrates; SC) (興農股份有限公司，台灣台中市)、70% 甲基多保淨可濕性粉劑 (wetable powder; WP) (惠光化學股份有限公司，台灣台南市)；FRAC 2 (E3) 類，有 23.7% 依普同 (iprodione) SC (興農股份有限公司，台灣台中市)；FRAC 3 (G1) 類，有 25% 待克利 (difenoconazole) 乳劑 (emulsifiable concentrates; EC) (世大農化工廠股份有限公司，台灣桃園市)、25.9% 得克利水基乳劑 (emulsion, oil in water; EW) (台灣拜耳股份有限公司，台灣台北市)、50% 撲克拉錳 (prochloraz-manganese) WP (台灣拜耳股份有限公司，台灣台北市)；FRAC 5 (G2) 類，有 84.2% 三得芬 (tridemorph) EC (雅飛有限公司，台灣台北市)；FRAC 7 (C2) 類，有 75% 嘉保信 (oxycarboxin) WP (好速化學股份有限公司，台灣新竹市)；FRAC 7 (C2) 複合 FRAC 11 (C3) 類，有 50% 三氟派瑞 SC (台灣拜耳股份有限公司，台灣台北市)；FRAC 9 (D1) 類，有 50% 賽普洛 (cyprodinil) 水分散

性粒劑 (water dispersible granules; WG) (台灣先正達股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 9 (D1) 複合 FRAC 12 (E2) 類, 有 61.25% 賽普護汰寧 (cyprodinil + fludioxonil) WG (台灣先正達股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 11 (C3) 類, 有 10% 亞托敏 (azoxystrobin) SC (台灣先正達股份有限公司, 台灣台北市)、50% 三氟敏 (trifloxystrobin) WG (台灣拜耳股份有限公司, 台灣台北市)、23.6% 百克敏 (pyraclostrobin) EC (台灣巴斯夫股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 11 (C3) 複合 FRAC 7 (C2) 類, 有 38% 白列克敏 (pyraclostrobin + boscalid) WG (台灣巴斯夫股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 11 (C3) 複合 FRAC 3 (G1) 類, 有 32.5% 亞托待克利 (azoxystrobin + difenoconazole) SC (台灣先正達股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 12 (E2) 類, 有 35% 依得利 (etridiazole) WP (大勝化學工業股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 16.1 (I1) 類, 有 75% 三賽唑 (tricyclazole) WP (台灣道禮股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 20 (B4) 類, 有 23.2% 賓克隆 (pencycuron) SC (維丰國際股份有限公司, 台灣新北市); FRAC 24 (D3) 複合 FRAC M1 類, 有 81.3% 嘉賜銅 (kasugamycin + copper oxychloride) WP (世大農化工廠股份有限公司, 台灣桃園市); FRAC 28 (F4) 類, 有 66.5% 普拔克 (propamocarb hydrochloride) 溶液 (soluble concentrates; SL) (台灣拜耳股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 29 (C5) 類, 有 39.5% 扶吉胺 (fluazinam) SC (亞中實業股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 30 (A3) 類, 有 30% 殺紋寧 (hymexazol) SL (大勝化學工業股份有限公司, 台灣台北市); FRAC 40 (H5) 類, 有 50% 達滅芬 (dimethomorph) WP (興農股份有限公司, 台灣台中市); FRAC 43 (B5) 複合 FRAC 28 (F4) 類, 有 60.8% 氟比拉克 (fluopicolide + propamocarb hydrochloride) SC (台灣拜耳股份有限公司, 台灣台北市); FRAC M3 類, 有 80% 免得爛 WG (台灣巴斯夫股份有限公司, 台灣台北市); FRAC M7 類, 有 40% 克熱淨 WP (億豐農化股份有限公司, 台灣台中市) 等, 共計 22 類 27 種藥劑。

非化學合成藥劑類者, 名稱與最終藥劑濃度如下: 波爾多液 [$\text{Ca}(\text{OH})_2$, CuSO_4 , Sigma, St. Louis, MO, USA] 最終濃度為 1-1、2-2、4-4 式; 氯化鈣 (CaCl_2 , J. T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA)、碳酸氫鈉 (NaHCO_3 , 沛鑫生物科技有限公司, 台灣台中市) 與亞磷酸中和液 ($\text{H}_3\text{PO}_3 : \text{KOH} = 1 : 1$; H_3PO_3 , KOH, Sigma, St. Louis, MO, USA) 等為 $10 \text{ mg a.i. L}^{-1}$ 、 $100 \text{ mg a.i. L}^{-1}$ 、 $1,000 \text{ mg a.i. L}^{-1}$; 石灰硫磺合劑 (消石灰: 硫磺: 水 = 1 : 2 : 10) (消石灰, 頂峰企業股份有限公司, 台灣新竹市; 硫磺, 榮茂興業股份有限公司, 台灣高雄市; 逆滲透水)、2.5% 沒食子酸水溶液-商品名『活力能』(Active Power, 農業試驗所專利配方)、20% 香茅精油微乳劑 1-商品名『銹躲』(Rust Escape, 農業試驗所配方)、10% 香茅精油微乳劑 2-商品名『黴控』(Mold Stop, 農業試驗所配方)、36% 肉桂精油微乳劑 1-商品名『黑修羅』(Black Asura, 農業試驗所配方)、40% 肉桂精油微乳劑 2-商品名『炭無蹤』(Anthracnose Escape, 農業試驗所配方) 等製劑則為 10,000、5,000、1,000 稀釋倍率等, 以上共 10 種非化學合成藥劑。

藥劑對分離株菌絲生長與孢子發芽抑制測試

孢子發芽抑制測試方面

供試菌株為 F210187 與 F212122, 皆各別培養與測試。菌株以 24°C 避光培養於 PDA 培養基上 3 d, 以無菌水洗下孢子後再以高溫高壓滅菌過之 8 層紗布過濾, 配製成 1-2 個孢囊孢子 μL^{-1} 懸浮液, 取 $10 \mu\text{L}$ 滴置於在含藥劑或對照組之培養基上, 12 滴/皿, 共 3 皿, 避光培養於 32°C 。於 24 h 後, 最終各處理組隨機挑選 200 顆孢子記錄孢子發芽狀況, 孢子發芽管長度超過孢子半徑即標記為發芽。孢子發芽抑制率 = (對照組發芽率 - 處理組發芽率) / (對照組發芽率) $\times 100\%$ 。

菌絲生長抑制測試方面

供試菌株為 F210187 與 F212122, 皆各別培養與測試。菌株先培養在 PDA 上, 避光

培養於 24–32°C 24 h 後，以無菌之打孔器 (孔徑 5 mm) 切取菌落前緣，菌絲面朝下移植於含藥劑之培養基，避光培養於 24°C。由於菌株 24°C 下於 3 d 內即長滿直徑 9 cm 之培養基，因此，每皿每日生長速率 = (生長滿 2 d 之菌落半徑 - 生長滿 1 d 之菌落半徑) / (2 d - 1 d) × 100%。菌絲生長抑制率 = (對照組每日生長速率 - 處理組每日生長速率) / (對照組生長速率) × 100%。

供試菌株各自測試 2 次，各菌株對藥劑之反應有些微差異，本試驗為求得藥劑對病原菌族群之抑制率，以藥劑對菌株抑制率之平均值表示。將 2 供試菌株之 2 次數值，共 4 組資料，平均之，即得到藥劑對 *G. persicaria* 之孢子發芽或菌絲生長「平均抑制率」，以 mean ± standard error 表示。

田間藥劑試驗設計

田間試驗於台中市外埔區紅龍果產銷班一農戶之白肉紅龍果田內進行，採逢機完全區集設計 (random complete block design; RCBD) 規劃試區，並施藥實測藥劑對紅龍果濕腐病的防治效果。2017 年施用藥劑，包括賽普護汰寧 (62.5% 水分散粒劑，稀釋 2,000×, w/v)、肉桂精油微乳劑『黑修羅』(稀釋 1,000×, v/v) 並以施用地下水作為不防治的對照，共 3 組。田間每 10 支石柱之紅龍果為一組，施用一藥劑，組與組間隔 4 石柱作為緩衝行，以人工背桶施用藥劑。本年度共重複獨立測試 3 次試驗 (第一次：7 月 5 日至 10 日開花，7 月 10 日施藥，7 月 12 日調查數據；第二次：7 月 22 日至 26 日開花，7 月 24 日施藥，8 月 1 日調查數據；第三次：8 月 30 日至 9 月 3 日開花，8 月 27 日施藥，惟因遭逢大雨而於 9 月 1 日補施藥一次，9 月 6 日調查數據)，處理組位置在每次試驗中以逢機方式決定，單一次試驗視為逢機完全區集設計內的一區集進行統計分析，共 3 區集。2018 年以 RCBD 方式進行測試，在田區挑選 4 小區，每區集間設計有緩衝行，處理組於區集內之位置採逢機方式決定，區分為賽普護汰寧 (62.5% 水分散粒劑，稀釋 2,000×, w/v)、扶吉胺 (39.5% SC, 稀釋 2,000×, v/v)、地下水等，共 3 處理組。同樣係每 10 支石柱

之紅龍果為一組，藥劑僅施用石柱之左側植株，避免交叉污染隔壁組；區集間間隔 4 支石柱作為緩衝行。田區多數花於 7 月 6 日至 11 日開花，分別於 7 月 6 日、13 日施用藥劑，7 月 21 日調查數據。另重複本試驗，該場次多數花於 2018 年 8 月 11 日至 14 日開花，分別於 8 月 13 日、16 日及 18 日施用藥劑，8 月 28 日調查數據。罹病率計算公式：(濕腐病之花苞與幼果累計量/處理組花苞與幼果總數) × 100%。

統計分析

以 SAS Enterprise Guide 7.1 版進行單因子 RCBD 試驗之變方分析與最小顯著差異性測試 (least significance difference test; LSD test)。

結果

化學合成藥劑對 *G. persicaria* 孢子發芽與菌絲生長之影響

藥劑試驗皆選擇 *G. persicaria* 菌株 F210187 與 F212122 作為供試菌株，化學合成藥劑之供試藥劑對 2 菌株孢子發芽與菌絲生長的平均抑制效果，如圖 1 所示。

抑制孢子發芽方面

在 1 mg a.i. L⁻¹ 下，抑制效果最佳為 FRAC 29 (C5) 類之扶吉胺，抑制率可達 100.0% ± 0.0%，以及複合藥劑賽普護汰寧 [FRAC 9 (D1) + FRAC 12 (E2)]，為 91.5% ± 3.7%；當藥劑濃度提高至 10 mg a.i. L⁻¹ 時，有效藥劑新增 FRAC 3 (G1) 類之待克利、得克利和撲克拉錳、FRAC M3 類之免得爛，以及 FRAC 11 (C3) 類之百克敏，抑制率分別為 96.0% ± 2.4%、98.8% ± 1.3%、86.0% ± 5.5%、90.6% ± 9.3% 以及 70.5% ± 12.1%；藥劑濃度 100 mg a.i. L⁻¹ 時，有效藥劑再增加 FRAC 2, E3 依普同、FRAC 5, G2 三得芬及 FRAC 14, F3 依得利等，抑制率皆提高至 100.0%。

抑制菌絲生長方面

1 mg a.i. L⁻¹ 下，以賽普護汰寧抑制率為 100.0% 效果最佳；10 mg a.i. L⁻¹ 時，新增 FRAC 2,

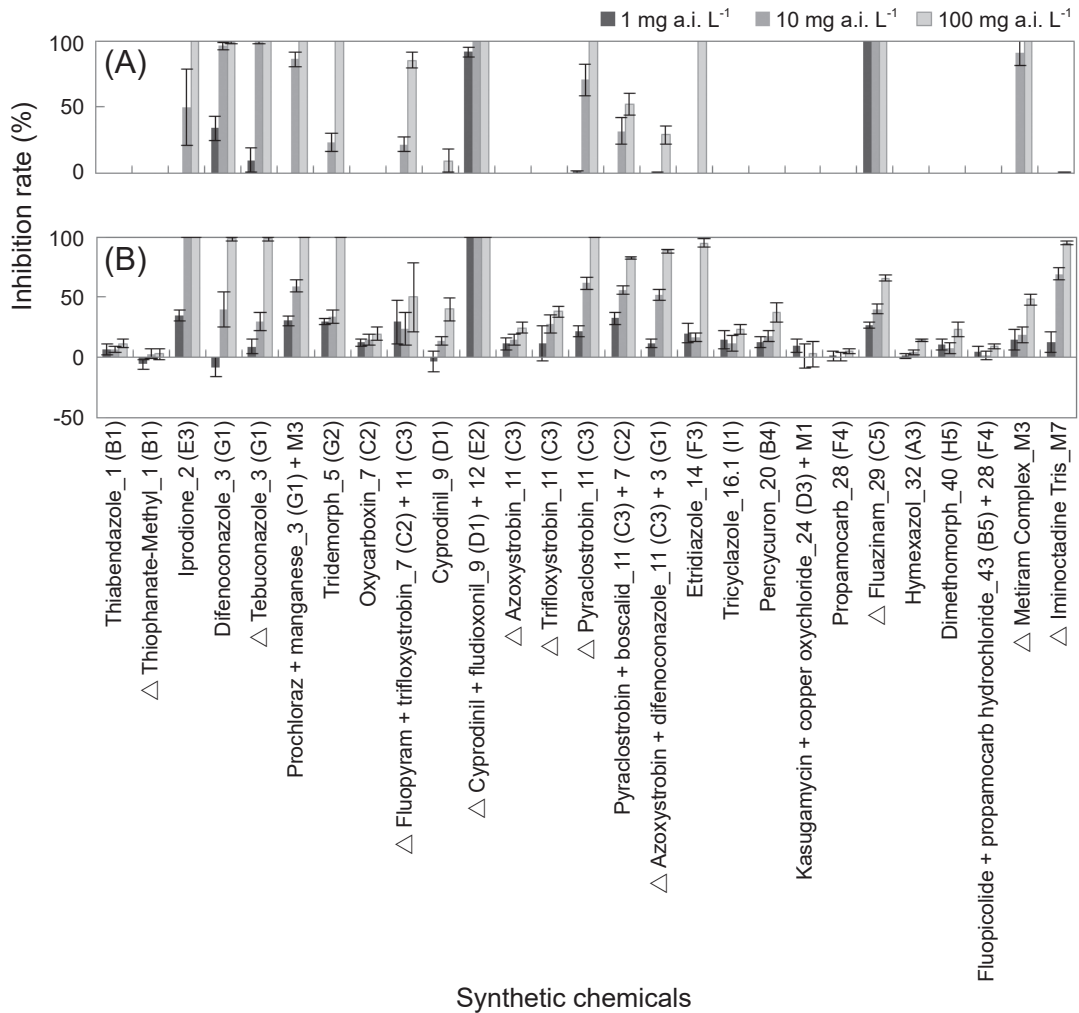


圖 1. 化學合成藥劑對 *Gilbertella persicaria* 菌株 F210187 與 F212122 (A) 孢子發芽與 (B) 菌絲生長之平均抑制率。

Fig. 1. Efficacy of synthetic chemicals in different concentrations on inhibition of (A) spore germination and (B) hyphae growth of *Gilbertella persicaria* isolates. The means shown here were the averaged values of the inhibition rates of the chemicals against F210187 and F212122 isolates. Chemicals name followed Fungicide Resistance Action Committee Mode of Action Code (FRAC MoA Code) numbers. Spore germination (SG) inhibition rate at 24 h post inoculation = (SG rate of treatment – SG rate of CK)/(SG rate of CK) × 100%; hyphae growth (HG) inhibition rate = (HG rate of treatment – HG rate of control)/HG rate of control × 100%; HG rate = [diam. 2 d post inoculation (dpi) – diam. 1 dpi]/(2 – 1) × 100%; and CK: distilled water instead of tested chemicals in potato dextrose agar. This experiment was conducted more than 2 times with 200 sporangial spores or 3 replicates of each isolate for each time (Bar = standard error; △: authorized fungicides of pitaya disease in Taiwan).

E3 依普同與 FRAC M7 克熱淨，抑制率各別提高至 100.0% 與 69.3% ± 5.2%，FRAC 11, C3 類亦僅百克敏達 59.3% ± 1.1%，FRAC 3, G1 類撲克拉錳 59.3% ± 5.3%。另外，複合藥劑白列克敏 (FRAC 11, C3 + 7, C2) 與亞托待克利 (FRAC 11, C3 + 3, G1) 亦達 56.3% ± 3.4% 與

52.0% ± 4.8%；濃度提高至 100 mg a.i. L⁻¹ 時，再增加 FRAC 5, G2 三得芬與及 FRAC 3, G1 類的待克利與得克利，抑制率各別為 99.8% ± 0.3%、98.3% ± 1.4% 及 98.3% ± 1.8%。此外，FRAC 14, F3 依得利，達 94.8% ± 3.5%，最後為 FRAC 29, C5 之扶吉胺，達 66.8% ± 2.5%。

其餘供試藥劑，無論在何種測試濃度下，對 *G. persicaria* 之孢子發芽與菌絲生長抑制率皆低於 50%。

非化學合成藥劑對 *G. persicaria* 孢子發芽與菌絲生長的影響

非化學合成藥劑選擇礦物鹽類、植物萃取液及植物精油製劑等，其對 *G. persicaria* 抑制效果，如圖 2 所示。

抑制孢子發芽率方面

礦物鹽中，僅少部分抑制率高於 50%，其中波爾多液之抑制率佳，1-1 式為 50.5% ±

3.5%，抑制效果隨濃度提高而增加，4-4 式下為 100.0%。而亞磷酸中和液與石灰硫磺合劑，則是各別在 1,000 mg a.i. L⁻¹ 與稀釋 1,000× 時才有抑制效果，達 100.0% 與 57.3% ± 5.8%；植物精油萃取液產品中，肉桂精油微乳劑 1『黑修羅』與微乳劑 2『炭無蹤』對孢子發芽之抑制效果佳，在產品稀釋 10,000× 下抑制率各別為 58.7% ± 8.0% 與 66.3% ± 0.0%，在產品稀釋 5,000× 時抑制率高達 100% 與 83.3% ± 16.7%。

抑制菌絲生長方面

礦物鹽中，僅波爾多液有較佳的抑制效果，1-1 式抑制率即有 96.7% ± 1.3%，2-2 式

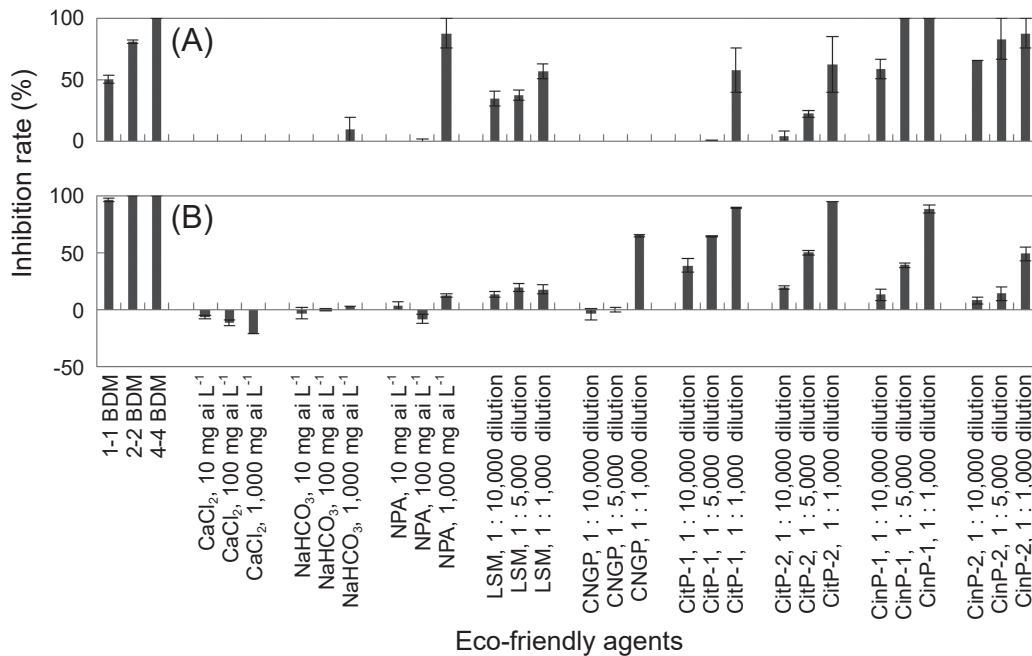


圖 2. 非化學合成藥劑對 *Gilbertella persicaria* 菌株 F210187 與 F212122 (A) 孢子發芽與 (B) 菌絲生長之平均抑制率。BDM：波爾多液；NPA：亞磷酸中和液；LSM：石灰硫磺合劑；CNG (『活力能』，農業試驗所專利配方)：2.5% 沒食子酸水溶液；Cit-1 (『銹躲』，農業試驗所專利配方)：20% 香茅精油微乳劑 1；Cit-2 (『黴控』，農業試驗所專利配方)：10% 香茅精油微乳劑 2；Cin-1 (『黑修羅』，農業試驗所專利配方)：36% 肉桂精油微乳劑 1；Cin-2 (『炭無蹤』，農業試驗所專利配方)：40% 肉桂精油微乳劑 2。

Fig. 2. Effect of non-chemical materials on inhibition of (A) spore germination and (B) hyphae growth of *Gilbertella persicaria* isolates. The means shown here were the averaged values of the inhibition rates of the agents against F210187 and F212122 isolates. This experiment was conducted more than 2 times with 200 sporangial spores or 3 replicates of each isolate for each time [BDM: bordeaux mixture; NPA: neutralized phosphoric acid; LSM: line sulfur mixture; CNG (Active Power, TARI): 2.5% gallic acid, chinese nut-gall extract product; Cit-1 (Rust Escape, TARI): 20% citronella extract oil product 1; Cit-2 (Mold Stop, TARI): 10% citronella extract oil product 2; Cin-1 (Black Asura, TARI): 36% cinnamon extract oil microemulsifier 1; and Cin-2 (Anthracnose Escape, TARI): 40% cinnamon extract oil microemulsifier 2] (Bar = standard error).

及 4-4 式抑制率皆為 100%。植物精油萃取液產品中，產品稀釋 5,000× 下，以香茅精油微乳劑 1『锈躲』與 2『黴挫』之效果最佳，抑制率分別達 65.0% ± 0.3% 與 50.6% ± 1.9%；產品稀釋 1,000× 下，再增肉桂精油微乳劑 1『黑修羅』，抑制率達 89.1% ± 3.3%。其餘之供測藥劑在測試濃度下對菌絲生長之抑制率皆低於 50%。

田間測試藥劑之防治效果

為測試供試藥劑防治紅龍果花期及幼果濕腐病的效果，田間試驗分 2 年進行。第一年 (2017 年) 選定對孢子發芽與菌絲生長有較高抑制效果的合成藥劑賽普護汰寧，與非合成藥劑『黑修羅』，於紅龍果濕腐病好發季節前往台中市外埔區白肉紅龍果果園測試藥劑田間的防病效果。雖然培養基結果顯示，波爾多液對孢子與菌絲抑制效果皆佳，但因施用波爾多液後的藍色藥斑會殘存在後續生長出的幼果表面，故田間測試以不影響果實外觀品質之『黑修羅』為優先。本試驗於 2017 年獨立測試共 3 次，每次於田區逢機規劃 3 組處理地下水、賽普護汰寧或『黑修羅』，施藥原則為開花後施用一次，若間隔 7 d 內遇下雨則補噴藥 1 次。每次試驗視下雨狀況施用 1–2 次藥劑，並於開花算起 2–3 wk 後 (此時約已結果 1–2 wk) 計算受到 *G. persicaria* 感染而汰除的花苞與幼果比例，將此 3 次試驗視為 RCBD 內的 3 區集檢視各處理的罹病率。試驗結果顯示 (圖 3)，對照組平均罹病率為 24.9% ± 7.0%，施用賽普護汰寧與『黑修羅』後，罹病率降為 14.2% ± 6.2% 與 14.5% ± 8.0%，與對照組相比具顯著差異 ($P < 0.05$)，防治率分別達 49.1% ± 13.2% 與 47.5% ± 15.6%，而 2 藥劑間無顯著差異 ($P > 0.05$)。

第二年 (2018 年) 田間試驗方面，選取在培養基試驗中抑制菌絲生長效果不高，但抑制孢子發芽效果為所有供試藥劑中最高的扶吉胺，測試其田間對紅龍果花期及幼果濕腐病防治效果，並以賽普護汰寧與地下水各作為正與負對照藥劑。試驗時，以 RCBD 設計方式於紅龍果田內挑選 4 小區，每小區內各自規劃 3 處理組。本年度第 1 場施藥時機，為紅

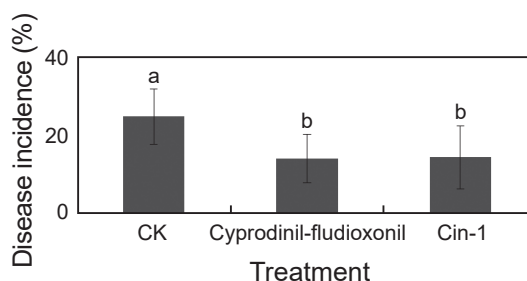


圖 3. 施用賽普護汰寧或肉桂精油製劑 1『黑修羅』(Cin-1) 後對紅龍果花期濕腐病罹病率之影響。

Fig. 3. Effect of cyprodinil-fludioxonil mixture and cinnamon essential oil product (Black Asura) on disease incidence of pitaya flower wet rot caused by *Gilbertella persicaria* in the field. This experiment was conducted 3 times and placed in a random complete block design (RCBD) in the summer of 2017. Columns with the same letters are not significantly different based on the least significant different (LSD) test ($P < 0.05$) [CK: negative control, sprayed with water instead of chemicals or agents; cyprodinil-fludioxonil mixture (62.5%, water dispersible granules), 1 : 2,000 dilution; Cin-1 (Black Asura, TARI): 36% cinnamon essential oil microemulsifier 1, 1 : 1,000 dilution] (Bar = standard error).

龍果花開當天與摘除幼果殘餘花瓣 (約間隔 7 d) 各施用 1 次藥劑，共施藥 2 次。試驗結果如圖 4 所示，對照組 4 區平均的花期與幼果濕腐病罹染率為 18.7% ± 1.3%，而施用扶吉胺與正對照組賽普護汰寧的罹病率分別為 11.8% ± 4.5% 與 11.1% ± 2.3%，與對照組成顯著差異 ($P < 0.05$)，平均防治率各達 41.6% ± 9.0% 與 39.8% ± 20.9%。而 2 處理藥劑之防治率相似，無顯著差異 ($P > 0.05$)。本試驗另再進行第 2 場重複測試，試驗結果與前述相似，水、扶吉胺與賽普護汰寧的罹病率分別為 22.4% ± 3.0%、8.7% ± 2.6% 與 11.0% ± 2.0%，確定扶吉胺與賽普護汰寧可顯著降低發病率。

討論

造成紅龍果花期與幼果嚴重損失的濕腐病係由 *G. persicaria* 引起，目前植物保護資訊系統 (<https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm>) 尚未針對紅龍果濕腐病提供推薦用藥，僅表列紅龍果炭疽病的 11 種用藥。雖然這些藥劑不是直接推薦用在紅龍果濕腐病，但係紅龍果合法用藥，因此若能從中找到可同時抑制 *G. persicaria* 之

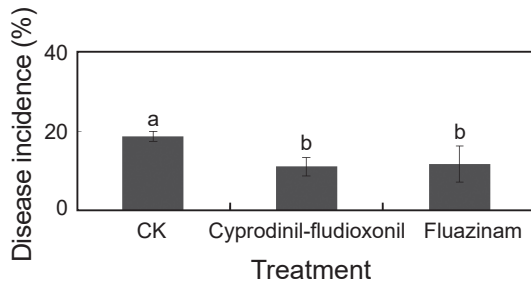


圖 4. 施用扶吉胺對紅龍果花期濕腐病罹病率之影響。

Fig. 4. Effect of the fluazinam, with highly inhibitory ability against *Gilbertella persicaria* spore germination, on disease incidence of pitaya flower wet rot caused by *G. persicaria* in the field. This experiment was tested in a random complete block design with 4 blocks (replicates) in the summer of 2018. Columns with the same letters are not significantly different based on the least significant difference (LSD) test ($P < 0.05$) [Cyprodinil-fludioxonil mixture (62.5% water dispersible granules) as positive control, 1 : 2,000 dilution; CK: negative control, sprayed with water; fluazinam (39.5% suspension concentrates), 1 : 2,000 dilution] (Bar = standard error).

藥劑，便可延伸使用在紅龍果濕腐病的防治上。另為探索其他藥劑抑制 *G. persicaria* 潛力，本試驗亦按照 FRAC 標準測試部分「其他不同作用機制之化學合成藥劑」，並且也選用多種非化學合成藥劑等，各別測試對其孢子發芽與菌絲生長之抑制效果，希冀從中篩選出具潛力的藥劑。

化學合成藥劑方面 (圖 1)，以賽普護汰寧抑制效果最佳，在 1 mg a.i. L^{-1} 下即可同時高度抑制 *G. persicaria* 孢子發芽與菌絲生長；非化學合成藥劑方面 (圖 2)，波爾多液以及肉桂精油微乳劑『黑修羅』可同時抑制孢子發芽與菌絲生長，具防治潛力。然而，施用波爾多液後會殘留少許之藍色硫酸銅與石灰錯合物藥斑，在後續成熟果表面，造成收成果外觀品質不佳。因此，田間防治效果測試以賽普護汰寧與『黑修羅』為優先。田間防治測試結果顯示 (圖 3)，在紅龍果濕腐病好發季節，於開花期各別施用 1–2 次賽普護汰寧或『黑修羅』，皆可有效降低因感染 *G. persicaria* 造成之花苞與初期幼果折損率，平均防治率將近 5 成，防治效果顯著。*G. persicaria* 除感染花苞外，亦會

感染成熟果實，在開花時期施用藥劑是否也能降低後續採收後果實罹病率值得再探討。

扶吉胺雖然抑制 *G. persicaria* 菌絲生長的效果普通，必須至 $100 \text{ mg a.i. L}^{-1}$ 才有稍高於 50% 之抑制率，然其 1 mg ai L^{-1} 下抑制孢子發芽的效果強，數據顯示為所有供試藥劑中最佳者。根據觀察與推測，紅龍果花期與幼果濕腐病的發生係由於開花時受到大量 *G. persicaria* 孢子傳播與發芽入侵，進而造成花器嚴重感染，若能抑制孢子發芽對於防治花期濕腐病可能有所助益。因此，本研究特別於 2018 年測試扶吉胺田間實際防治效果。結果顯示 (圖 4)，扶吉胺的防治效果與賽普護汰寧防治效果相似，表示抑制 *G. persicaria* 孢子發芽確實為防治紅龍果花期濕腐病的重要關鍵之一。賽普護汰寧為賽普洛與護汰寧之複合藥劑，作用機制分類為 FRAC 9 (D1) 複合 FRAC 12 (E2) 類，而扶吉胺屬 FRAC 29 (C5) 類，雖然未實際測試賽普護汰寧加上扶吉胺是否具加乘效果，但因兩藥劑之作用機制不同，複合使用時病害也不容易產生抗藥性，建議可直接在田間搭配使用防治紅龍果濕腐病。

在未顯示資料中，2017 年田間防治測試中曾遇過一極端狀況，即施藥後遇連續大雨，造成藥劑包括賽普護汰寧以及『黑修羅』防治效果不顯著。因此，在 2018 年賽普護汰寧與扶吉胺防治比較試驗中，施藥時機調整為開花後 1 次，7 d 後果實約結果 1 wk 後再噴 1 次，這間隔期間若遇下雨則立即再補充 1 次藥劑。另外，在未顯示的資料中，施藥後若遇下雨，則扶吉胺、賽普護汰寧及『黑修羅』防治 *G. persicaria* 效果降低，尤其以『黑修羅』容易受影響。推論雨水可能會沖刷掉藥劑，或者雨勢有助 *G. persicaria* 侵染花器，進而降低藥劑之防治效果。綜合以上，藥劑最佳的使用條件仍有待進一步測試，目前已知下雨過後應儘速再補充噴施藥劑，以增加防治紅龍果花期與幼果濕腐病效果。

其他具抑制 *G. persicaria* 潛力的合成藥劑方面，本次 FRAC 11 (C3) 類選擇 3 個藥劑，其中僅百克敏在 $10 \text{ mg a.i. L}^{-1}$ 對孢子發芽與菌絲生長抑制率表現佳；屬於 FRAC 3 (G1)

類之待克利、得克利及撲克拉錳 (複合藥劑 prochloraz + manganese, 其中後者為 FRAC M3 類), 以及屬於 FRAC 2 (E3) 類之依普同對孢子發芽抑制率在 10 mg a.i. L⁻¹ 時提高, 這些藥劑對菌絲生長抑制率到 100 mg a.i. L⁻¹ 下抑制率可高於 50%; 屬於 FRAC 14 (F3) 之依得利與 FRAC 5 (G3) 之三得芬在 100 mg a.i. L⁻¹ 對孢子與菌絲抑制率高 (圖 1)。這些有抑制 *G. persicaria* 孢子發芽與菌絲生長能力之藥劑具防治紅龍果濕腐病潛力, 且因為各藥劑間作用機制分類屬性不同, 有利於輪替使用。

非化學合成藥劑方面, 2 種香茅精油製劑、2 種肉桂精油製劑以及亞磷酸中和液等, 對孢子發芽與菌絲生長有一定抑制效果 (圖 2)。根據 Lai (2017) 報告, 肉桂、丁香、百里香、檸檬草及香茅油精油對 *G. persicaria* 具有抑制孢子與菌絲生長效果, 其中以肉桂精油效果最佳。本研究中製劑 1『黑修羅』及製劑 2『炭無蹤』之肉桂精油成分各 36% 及 40%, 然培養基測試結果顯示以黑修羅抑制 *G. persicaria* 菌絲生長能力較高, 同時田間初步試驗『黑修羅』防治濕腐病效果較『炭無蹤』明顯 (未顯示之資料)。因此, 推論『黑修羅』成分內除了肉桂精油外, 可能還有其他可抑制 *G. persicaria* 之有效成分。『黑修羅』目前已技術轉移廠商製造生產, 而動植物防疫檢疫局預行公告肉桂油納作免登記植物資材清單, 相信很快即可正式對外銷售, 可提供農民作為一般慣行農藥以外的選擇。亞磷酸中和液為多種病害之有效藥劑 (Ann *et al.* 2009), 高濃度下可直接抑制部分卵菌生長 (Fenn & Coffey 1984; Cerqueira *et al.* 2017), 但主要作用機制為間接引發植物防禦反應而達到防治病害之效果 (Jackson *et al.* 2000; Machinandiarena *et al.* 2012; Lim *et al.* 2013)。亞磷酸在紅龍果花期或採收後直接抑制 *G. persicaria* 之防治效果, 有待未來進一步測試。

目前已篩選出可用於田間防治由 *G. persicaria* 引起之紅龍果花期與幼果濕腐病之化學合成藥劑, 包括賽普護汰寧及扶吉胺, 非化學合成藥劑則有肉桂精油微乳劑『黑修羅』。*G. persicaria* 除造成紅龍果花期與幼果濕腐病

外, 還會導致成熟果實腐爛, 為果實採收後最重要病害之一 (Lin *et al.* 2014)。果實採收後的藥劑使用安全性常被高度關注, 若使用化學合成藥劑容易造成食安問題, 而毒性較低且安全的鹽類或精油製劑相對較無安全疑慮。可直接抑制 *G. persicaria* 孢子發芽或菌絲生長之非化學合成藥劑, 包括香茅精油製劑及肉桂精油製劑等, 未來能否用於防治採收後紅龍果濕腐病, 值得進一步評估。

誌謝

本研究承蒙行政院農業委員會科技計畫 105 農科-10.5.1-農-C1(5)、106 農科-9.5.1-農-C1(4)、107 農科-8.4.1-農-C1(7)、108 農科-8.4.1-農-C1(7) 計畫經費支持, 更依賴多位研究助理, 依年代順序為徐子惠、陳品儒、黃麟婷、柯妍伶、林依佳等, 以及當時暑期實習生賴柏羽 (台灣大學植物醫學學程) 共同協助完成, 謹此致謝。

引用文獻

- Ann, P. J., J. N. Tsai, I. T. Wong, T. F. Hsieh, and C. Y. Lin. 2009. A simple technique, concentration and application schedule for using neutralized phosphorous acid to control phytophthora diseases. *Plant Pathol. Bull.* 18:155-165.
- Cerqueira, A., A. Alves, H. Berenguer, B. Correia, A. Gomez-Cadenas, J. J. Diez, P. Monteiro, and G. Pinto. 2017. Phosphite shifts physiological and hormonal profile of Monterey pine and delays *Fusarium circinatum* progression. *Plant Physiol. Biochem.* 114:88-99. doi:10.1016/j.plaphy.2017.02.020
- Chang, F. R. and C. R. Yen. 1997. Flowering and fruit growth of pitaya (*Hylocereus undatus* Britt. & Rise). *J. Chinese Soc. Hort. Sci.* 43:314-321. (in Chinese with English abstract) doi:10.6964/JCSHS.199712.0314
- Chuang, M. F., H. F. Ni, H. R. Yang, S. L. Shu, S. Y. Lai, and Y. L. Jiang. 2012. First report of stem cancer disease of pitaya (*Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Taiwan. *Plant Dis.* 96:906. doi:10.1094/PDIS-08-11-0689-PDN
- Fenn, M. E. and M. D. Coffey. 1984. Studies on the *in vitro* and *in vivo* antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid. *Phytopathology* 74:606-611.

- Jackson, T. J., T. Burgess, I. Colquhoun, and G. E. S. Hardy. 2000. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathol.* 49:147–154. doi:10.1046/j.1365-3059.2000.00422.x
- Jiang, Y. L. and W. J. Yang. 2015. The effects of heavy shading and flowering thinning in summer on off-season production in red pitaya (*Hylocereus* sp.). *J. Taiwan Soc. Hort. Sci.* 61:69–77. (in Chinese with English abstract)
- Lai, P. Y. 2017. The efficacy of combined application of essential oils and coating materials in controlling post-harvest diseases of pitaya. Master thesis, Master Program for Plant Medicine, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 134 pp. (in Chinese with English abstract) doi:10.6342/NTU201702377
- Lim, S., T. Borza, R. D. Peters, R. H. Coffin, K. I. Al-Mughrabi, D. M. Pinto, and G. Wang-Pruski. 2013. Proteomics analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. *J. Proteomics* 93:207–223. doi:10.1016/j.jprot.2013.03.010
- Lin, C. P., P. J. Ann, H. C. Huang, J. T. Chang, and J. N. Tsai. 2017. Anthracnose of pitaya (*Hylocereus* spp.) caused by *Colletotrichum* spp., a new postharvest disease in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 66:171–183. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR/2017.06603.01
- Lin, J. P., P. J. Ann, J. N. Tsai, Z. H. Hsu, and J. T. Chang. 2014. Flower and fruit wet rot of pitaya (*Hylocereus* spp.) caused by *Gilbertella persicaria*, a new disease record in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 23:109–124. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.201406_23(2).0003
- Machinandiarena, M. F., M. C. Lobato, M. L. Feldman, G. R. Daleo, and A. B. Andreu. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. *J. Plant Physiol.* 169:1417–1424. doi:10.1016/j.jplph.2012.05.005
- Wang, C. L. and C. C. Lin. 2005. Fruit rot of pitaya and stem rot of cacti in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 14:269–274. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.200512_14(4).0007

Chemical Screening and Field Trials for Controlling Pitaya Flower Wet Rot Caused by *Gilbertella persicaria*

Chu-Ping Lin¹, Jyh-Nong Tsai^{2,*}, Ting-Fang Hsieh³, and Pao-Jen Ann⁴

Abstract

Lin, C. P., J. N. Tsai, T. F. Hsieh, and P. J. Ann. 2020. Chemical screening and field trials for controlling pitaya flower wet rot caused by *Gilbertella persicaria*. J. Taiwan Agric. Res. 69(3):207–217.

Pitaya *Gilbertella* rot, also called pitaya wet rot, is caused by *Gilbertella persicaria*. The pathogen not only damages the flowers and early fruit of pitaya (*Hylocereus* spp.) but also causes rot on mature fruit during storage. Because the disease has led to a huge amount of yield loss of pitaya in Taiwan, the objective of this study was to screen chemicals or eco-friendly agents for controlling this disease. A total of 27 synthetic chemicals and 10 eco-friendly agents were tested *in vitro* for the inhibition effect of mycelial growth and spore germination of *G. persicaria*. The results showed that among the tested synthetic chemicals, cyprodinil-fludioxonil mixture was the most effective chemical in inhibiting both spore germination and mycelial growth of the pathogen, and fluaziname was the best in inhibiting spore germination. As for eco-friendly agents, Black Asura (microemulsifier of cinnamon essential oil) and bordeaux mixture (mixture of lime and copper sulfate) were the most effective materials. Two field trials of disease control were conducted in a randomized complete block design in the summer of 2017 and 2018. In each experiment, the chemicals were sprayed 1–2 times on shoots and flowers of pitaya (*Hylocereus undatus*) during each flowering period. In 2017 field trial, the treatment of Black Asura and cyprodinil-fludioxonil mixture significantly lowered disease incidence of pitaya flower and young fruit wet rot ($14.2\% \pm 6.2\%$ and $14.5\% \pm 8.0\%$, respectively) when compared with the control ($24.9\% \pm 7.0\%$) ($P < 0.05$). In 2018 field trial, the treatment of cyprodinil-fludioxonil mixture, as well as fluaziname, also showed effective in disease control ($11.1\% \pm 2.3\%$ and $11.8\% \pm 4.5\%$, respectively) when compared with the control ($18.7\% \pm 1.3\%$) ($P < 0.05$). The above test results revealed that cyprodinil-fludioxonil mixture, fluaziname, and Black Asura are potential chemicals for the control of pitaya flower and young fruit wet rot in field.

Key words: Pitaya flower wet rot, Chemical control, Field trial.

Received: April 6, 2020; Accepted: May 15, 2020.

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

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

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

³ Research Fellow and Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

⁴ Former Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.