

芒果炭疽病之藥劑防治與熱處理

段中漢^{1*} 張智凱¹ 王群中¹

摘要

段中漢、張智凱、王群中。2017。芒果炭疽病之藥劑防治與熱處理。臺灣農藥科學 3: 65-78。

芒果炭疽病之防治可分藥劑防治、套袋及採收後處理三階段。從開花到套袋前，噴施殺菌劑，接著以套袋保護果實直到採收。採收後，因炭疽病有潛伏感染現象，尚須作採收後殺菌處理以免果實後熟時發病。本研究就芒果炭疽病防治藥劑之藥效及採收後果實之熱處理殺菌技術進行評估，以期建立本病完整的防治方法。實驗室藥效試驗證實脞硫醃、脞硫克敏、扶吉胺、福賽快得寧、克熱淨、鋅錳乃浦、滅特座、免得爛、快得寧、保粒快得寧、甲基鋅乃浦、腐絕快得寧、得恩地等 13 種殺菌劑對供試芒果炭疽病菌孢子發芽具完全之抑制作用。而貝芬撲克拉、賽普護汰寧、撲克拉錳、保粒黴素 (甲) 及撲克拉等 5 種藥劑雖不能抑制供試病原菌孢子發芽但可完全抑制其附著器形成。田間防治試驗亦證實，上述有效藥劑之脞硫醃、扶吉胺及快得寧等對芒果炭疽病具良好的防治效果。採收後芒果以 57°C 熱水處理 3 分鐘能抑制炭疽病之發生且無熱傷害。

關鍵詞：芒果炭疽病、化學防治、熱處理

接受日期：2017 年 12 月 5 日

* 通訊作者。Email: chduan@tactri.gov.tw

¹ 臺中市 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

緒言

芒果 (*Mangifera indica* L.) 是臺灣重要經濟果樹，全臺栽種面積逾一萬五千公頃，多數分布於臺南、屏東及高雄等地區⁽²⁾。芒果的採收集集中在夏季，每年5至8月是盛產期，除供國內食用外，近年亦大量外銷中國大陸、香港、南韓、日本及新加坡等國家地區。由於果實口感甚佳，備受國內外歡迎；唯內外銷市場之主要品種「愛文」對炭疽病甚為感病，罹病果實常布滿病斑，影響價格甚鉅，是芒果生產亟待解決的問題。芒果炭疽病是全球芒果產區都面臨的嚴重問題^(3,13)，在高溫且高濕環境尤其是遇連續降雨，採收後的芒果炭疽病罹病率可達90~100%⁽¹³⁾。芒果是常綠果樹，炭疽病菌除感染果實外，亦能感染花穗、枝條及葉片⁽²⁰⁾。病原菌經年存在於果園之果實、葉片及枝條上，使得本病的防治甚為困難。目前芒果炭疽病之田間防治作業，在果實套袋前以噴施藥劑為主，套袋後則依靠紙袋保護，直到果實採收。因此，化學藥劑之使用得當與否攸關果實採收前的防治成敗。

芒果炭疽病主要由 *Colletotrichum gloeosporioides* 及 *C. acutatum* 兩種病原菌所引起，以前者為主要物種，在臺灣亦有類似狀況^(5,17)。炭疽病菌是以分生孢子 (conidium) 為主要感染源 (inoculum)，孢子發芽後產生發芽管 (germ tube)，接著在發芽管前端生成附著器 (appressorium)，附著器又產生侵入釘 (penetration peg)，以此侵入果皮細胞造成感染⁽¹⁹⁾。故防治本病可藉抑制孢子發芽，

抑制發芽管生長，抑制附著器形成及其發芽等方式達到病害防治目的。

芒果炭疽病具潛伏感染現象，果實於採收當時常無病徵，但經數日之後熟，炭疽病斑隨之出現，是本病防治上的困難點。此實因芒果採收前，病原菌已感染果實，但在果實表皮呈靜止狀態，隨果實日漸成熟，病原菌亦隨之開始生長，病斑因而出現。芒果炭疽病菌在潛伏感染過程中是以附著器構造存在，因附著器可耐紫外線及長期乾燥甚至化學藥劑等逆境，故亦可作為本菌之殘存構造 (survival structure)⁽⁶⁾。芒果炭疽病菌在高溫、高濕環境下，有利於其孢子發芽與附著器形成；附著器可在芒果葉片、果實表面、賽璐玢薄膜 (cellophane membrane) 等結構上形成⁽¹⁶⁾。倘於採收時，對尚未發病但已存在於果實表皮組織的病原菌作殺菌處理，則日後炭疽病斑應不會出現，也就能確保果實健康，提高果品價值。所以，採收後殺菌處理對芒果炭疽病之防治也很重要。

芒果炭疽病之防治在國內外仍以化學防治為主，相關的藥效試驗顯示，不同藥劑呈現不同的效果。在泰國，撲克拉是田間防治芒果炭疽病最常被推薦的藥劑⁽¹⁴⁾。在哥斯大黎加，則二硫代胺基甲酸鹽殺菌劑 (dithiocarbamate fungicides) 常被應用於防治芒果炭疽病，銅劑亦有效但效果不及前者⁽¹³⁾。在臺灣，蔡氏等⁽¹¹⁾以試驗證實 4-4 式波爾多液、快得寧、鋅錳乃浦、免得爛、腓硫醜、腐絕快得寧、嘉賜快得寧及鋅錳邁克尼等藥劑可完全抑制芒果炭疽病菌孢子發芽與

附著器形成。化學藥劑經長期使用，病原菌易產生抗藥性。芒果炭疽病菌 *C. gloeosporioides* 已有特定菌株對苯并咪唑類 (benzimidazoles) 殺菌劑產生抗藥性⁽¹³⁾，草皮炭疽病菌 *C. cereale* 也有特定菌株對三唑類殺菌劑 (triazoles fungicides) 產生抗藥性⁽²¹⁾。日本亦有多種果樹炭疽病菌 *C. gloeosporioides* 的菌株對甲基多保淨及克熱淨產生不同程度的抗藥性⁽¹⁵⁾。在臺灣，分離自臺南地區芒果炭疽病菌之大部分菌株 (158/192) 亦已證實對苯并咪唑類殺菌劑如免賴得、腐絕、貝芬替等具抗藥性⁽¹²⁾。另一針對芒果炭疽病菌的研究顯示，二硫代胺基甲酸鹽類藥劑及腈硫醌可抑制炭疽病菌附著器之發芽，但腐絕快得寧、待克利、嘉賜貝芬、撲克拉錳等藥劑則否；田間試驗亦證實，甲基鋅乃浦、錳乃浦、撲克拉錳等藥劑對芒果炭疽病有良好防治效果⁽¹⁰⁾。

為防治芒果炭疽病之潛伏感染，採收後芒果可浸漬藥劑如撲克拉或亞托敏及熱水處理^(13, 14, 20)。在臺灣，以 53°C 溫水處理 5 min，芒果炭疽病病斑數較未處理之對照為少⁽¹⁰⁾。以試驗用蒸熱機模擬標準蒸熱流程處理軟熟「愛文」芒果後，炭疽病罹病率小於 5.3%，顯著低於對照組的 66.7%；相同處理對附著器亦有抑制作用，證明熱處理可抑制潛伏於芒果果實之炭疽病菌⁽⁹⁾。

依據植物保護手冊，防治芒果炭疽病之推薦藥劑包括單劑及混合劑多達 35 種，如加計其他果樹炭疽病用藥則超過 50 種，這些藥劑並涵蓋多種殺菌劑作用機制^(1, 7, 8)。如何自眾多殺菌劑中選出有效藥劑將決定

防治成效與防治成本。建立一套從實驗室到田間的藥效評估方法，並實際於田間進行驗證，是須積極進行的研究工作。當芒果採收後，果實很快就會被消費者食用，對於已受到病原菌潛伏感染的芒果不宜以化學藥劑進行處理，以免產生藥劑殘留問題。使用無殘毒的溫水處理以殺滅在果實表皮的病原菌是一安全的方法，但需避免高溫造成熱傷害 (heat injury)，相關的研究雖在國內外均已報告^(9, 10, 13, 14, 20)，但可進一步提升其處理效果。本研究針對芒果炭疽病之防治進行試驗，共分兩部分：

- 一、篩選芒果炭疽病之防治藥劑，並於芒果園進行驗證，期能找出有效藥劑供田間應用；
- 二、探討熱水處理之最適溫度與時間，供處理採收後芒果，以殺滅潛伏感染之炭疽病菌。

材料與方法

一、供試病原菌

於 2017 年 7 月，在臺南市楠西區一處芒果園 (品種: 愛文) (23°14'48"N; 120°47'86"E) 採得罹患炭疽病之芒果果實。攜回實驗室後，置於壓克力材質的長方形密閉盒中，盒內鋪以無菌水濕潤之紙巾以保持濕度。經 3 至 4 日後，罹病果實病斑部產生分生孢子盤 (acervulus)，以玻璃針單孢分離法獲得分生孢子，單孢菌株並移置於馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基 (potato dextrose agar, PDA)，於室溫 (24 ~ 28°C)、散射光之環境

下培養，供後續試驗之用。選取分離、培養所得之二株菌落型態各異之菌株，分別命名為 MC-45 及 MC-46 作為實驗室藥劑試驗之代表菌株。此二菌株並經接種健康之「愛文」芒果果實，完成柯霍氏法則 (Koch's postulates) 各程序，確定其病原性。病原菌之鑑定是依其分生孢子形態，初步鑑定為 *Colletotrichum gloeosporioides sensu lato*。

二、供試藥劑

以 2012 年版植物保護手冊⁽¹⁾ 所載各種

果樹炭疽病防治藥劑為供試藥劑，經合併相同有效成分 (active ingredient, a.i.) 之不同劑型 (formulation) 藥劑，並剔除已自農藥市場消失之品項，計購得 37 種 (表一)。由於芒果炭疽病菌為主要作物之主要害物，其中 25 種藥劑為登記於該病害之防治藥劑。復依據各藥劑之有效成分含量百分率及推薦稀釋倍數計算各藥劑在田間施用時之藥液濃度 (ppm)，以之作為本研究在室內與田間試驗之藥劑使用濃度 (表一)。

表一、本研究所用殺菌劑

Table 1. Fungicides used in this study

| Fungicide | Formulation | FRAC code ¹⁾ | Use rate ($\mu\text{g a.i./mL}$) ²⁾ | Registered for mango |
|---|-------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Azoxystrobin | 23% SC | 11 | 115 | Yes |
| Azoxystrobin 20% + difenoconazole 12.5% | 32.50% SC | 11; 3 | 108.3 | Yes |
| Bordeaux mixture | 72% WP | M1 | 1,500 | No |
| Boscalid 12.8% + pyraclostrobin 25.2% | 38% WG | 7; 11 | 253 | No |
| Carbendazim | 41.7% WG | 1 | 209 | No |
| Carbendazim 24.5% + hexaconazole 10% | 34.5% SC | 1; 3 | 115 | Yes |
| Carbendazim 8.6% + prochloraz 23% | 31.6% SE | 1; 3 | 105 | Yes |
| Cyprodinil 37.5% + fludioxonil 25% | 62.5% WG | 9; 12 | 313 | Yes |
| Difenoconazole | 24.9% EC | 3 | 166 | Yes |
| Dithianon | 42.2% SC | M9 | 352 | Yes |
| Dithianon 12% + pyraclostrobin 4% | 16% WG | M9; 11 | 107 | Yes |
| Fluazinam | 39.5% SC | 29 | 198 | Yes |

表一（續）、本研究所用殺菌劑

Table 1 (continued). Fungicides used in this study

| Fungicide | Formulation | FRAC code ¹⁾ | Use rate ($\mu\text{g a.i./mL}$) ²⁾ | Registered for mango |
|---|-------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Fluopyram 25% + trifloxystrobin 25% | 50% SC | 11; 7 | 125 | Yes |
| Fosetyl-aluminium | 80% WP | 33 | 667 | No |
| Fosetyl-aluminium 40% + oxine- copper 40% | 80% WP | 33; M1 | 667 | No |
| Iminoctadine triacetate | 25% SL | M7 | 267 | Yes |
| Iprodione | 23.7% SC | 2 | 296 | Yes |
| Kasugamycin hydrochloride hy- drate 3% + carbendazim 40% | 43% WP | 24; 1 | 430 | Yes |
| Kresoxim-methyl | 44.2% SC | 11 | 250 | Yes |
| Mancozeb | 80% WP | M3 | 550 | Yes |
| Manganese prochlorate | 50% WP | 3 | 83 | Yes |
| Metconazole | 9% SL | 3 | 120 | Yes |
| Metiram | 80% WG | M3 | 1,600 | Yes |
| Myclobutanil | 40% WP | 3 | 1,000 | No |
| Oxine-copper | 40% WP | M1 | 267 | No |
| Polyoxins | 50% SG | 19 | 167 | No |
| Polyoxins 5% + oxine-copper 45% | 50% WP | 19; M1 | 500 | No |
| Prochloraz | 25% EW | 3 | 100 | No |
| Propineb | 70% WP | M3 | 1,750 | Yes |
| Pyraclostrobin | 23.6% EC | 11 | 79 | Yes |
| Tebuconazole | 25.9% EW | 3 | 173 | Yes |
| Tetraconazole | 11.60% EW | 3 | 77 | No |
| Thiabendazole | 41.8% SC | 1 | 418 | No |
| Thiabendazole 18% + oxine-copper 35% | 53% WP | 1; M1 | 442 | Yes |
| Thiophanate-methyl | 70% WP | 1 | 700 | Yes |
| Thiram | 80% WP | M3 | 1,000 | Yes |
| Trifloxystrobin | 50% WG | 11 | 125 | Yes |

¹⁾ Fungicide Resistance Action Committee (FRAC).

²⁾ Use rate represents the active ingredient concentration registered to control the pathogen.

三、室內藥劑藥效試驗

以微量滴定板 (microtiter plate)⁽⁴⁾ 測定 37 種供試藥劑對芒果炭疽病菌兩供試菌株 (MC-45, MC-46) 之分生孢子發芽 (spore germination) 及附著器形成 (appressorium formation) 之影響。測定方法為，取 49 μL 經稀釋為田間施用濃度之供試藥液 (表一)，分別滴入微量滴定板之盤穴，再滴入 1 μL 供試菌株之孢子懸浮液 (1×10^5 spores/mL)，均勻混合後靜置實驗室。另以病原菌孢子懸浮液加入無菌水之處理為對照。孢子懸浮液之製備是將培養於馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基 10 日之供試菌株分生孢子以移植針刮下，均勻混入無菌水中並調整其濃度供試。處理後之微量滴定板覆以封口膜 (parafilm, PM-996) 以防蒸散。2 小時後，將盤穴內之藥劑與炭疽病菌混合液分別塗布於直徑 9 公分之 2% 洋菜 (2% water agar) 平板上。為探討藥劑處理對附著器形成之影響，以蓋玻片覆於前述孢子塗布處，以誘導附著器形成。將處理後之洋菜平板靜置於 24°C 之黑暗定溫箱，24 小時後，於光學顯微鏡下計數孢子發芽率。每處理 4 重複，每重複計數 200 個孢子，以百分率表示孢子發芽率。同時觀察覆蓋玻片處之已發芽孢子是否形成附著器以判斷藥劑對其之影響。

四、田間藥劑防治試驗

為同步驗證果樹炭疽病防治藥劑在芒果園的防治效果，選取先於 2016 年測得對

12 株芒果炭疽病菌代表菌株之孢子發芽具完全抑制作用之扶吉胺、快得寧及腈硫醃等三種藥劑 (作者，未發表)，進行芒果炭疽病田間防治試驗。試驗於 2017 年 2 月在臺南市楠西區栽種「愛文」芒果之果園進行。試驗田規劃為 3 處理 5 重複，每重複二株芒果，採逢機完全區集設計 (randomized complete block design, RCBD)。處理 A 使用前述三種藥劑：扶吉胺、快得寧及腈硫醃，單獨輪流施用。處理 B 為農友自行訂定施藥計畫所使用之藥劑，這些藥劑計有撲克拉、撲克拉錳、待克利、亞托敏、百克敏、待普克利、亞托待克利、克收欣、快得寧及嘉賜黴素等。農友每次施藥時均自此用藥清單中選取 2 至 3 種藥劑混合施用。實際施用藥劑種類依次為：待克利 + 撲克拉 (連續三次)、待克利 + 撲克拉 + 嘉賜黴素、撲克拉 + 亞托敏、快得寧 + 待普克利、快得寧 + 亞托待克利、待克利 + 克收欣、嘉賜黴素 + 待普克利 + 撲克拉錳、待普克利 + 百克敏、待普克利 + 百克敏 + 嘉賜黴素。處理 C 為不施藥之對照組。藥劑施用濃度、劑量均依照植物保護手冊推薦濃度施用 (表一)。田間藥劑試驗自 2017 年 2 月 24 日起，即芒果開花期開始施藥，每隔 7 至 10 天施藥一次至 5 月 24 日套袋止，計施藥 11 次。噴藥時，以背負式手動氣壓式 20 L 噴霧器搭配黃銅噴頭進行全株噴灑。芒果果實於 7 月 4 日、11 日及 20 日分三次採收，每重複 2 株共累計採收接近成熟之果實 40 粒。採收之果實於室溫 (24 ~ 28°C) 下經 6 日後，

記錄其罹病指數。罹病指數是以病斑面積率表示：未發病者為 0，發病面積 1 ~ 5% 為 1，發病面積 6 ~ 25% 為 2，發病面積 26 ~ 50% 為 3，發病面積 51 ~ 75% 為 4，發病面積 76% 以上者為 5。並依下列公式計算每重複之罹病度 (disease severity index)⁽¹⁸⁾：

$$\text{罹病度 (\%)} = \frac{\sum (\text{指數} \times \text{該指數罹病果數})}{(5 \times \text{總調查罹病果數})} \times 100\%$$

各處理之罹病度先進行顯著性分析 (one-way analysis of variance, ANOVA)，差異達 5% 顯著水準，則進行費雪最小顯著差異測驗 (Fisher's protected least significance test, LSD, 5%)。

五、採收後熱水處理

芒果果實炭疽病具潛伏感染現象。如能在果實採收當時，立即作殺菌處理使病原菌死亡，即能達到防治目的。本研究於先期試驗得知，芒果炭疽病菌於 53°C 以上之熱水處理 1 分鐘即可完全殺死病原菌孢子。考量操作成本、殺菌效果及避免熱傷害等因素，熱水處理試驗是以恆溫水浴槽 (BS-06, Jeio Tech Co., Ltd., Korea) 分別設定溫度為 55、57、60、63°C 及置室溫下之對照等 5 處理，處理時間均為 3 分鐘，以利熱力滲透果實表皮達殺菌目的。以自臺南玉井果園採回外觀健康之「愛文」芒果供試。每處理 4 重複，每重複果實 3 粒。處理後之果實置室溫 (24 ~ 28°C) 6 天，以待果實完全成熟，

再調查果實罹病指數。罹病指數調查及罹病度計算與田間藥劑防治試驗者相同。

結果

一、室內藥劑藥效試驗

供試之 37 種果樹炭疽病防治用藥對芒果炭疽病菌 MC-45 及 MC-46 之藥效試驗結果顯示，腈硫醃、腈硫克敏、扶吉胺、福賽快得寧、克熱淨、鋅錳乃浦、滅特座、免得爛、快得寧、保粒快得寧、甲基鋅乃浦、腐絕快得寧、得恩地等 13 種殺菌劑對二菌株具一致之抑菌效果，炭疽病菌雖經 24 及 72 小時後觀察，其分生孢子均未發芽。另 24 種對供試菌株孢子發芽無完全抑制作用的藥劑中，其對二菌株孢子發芽率及附著器形成有不同程度的抑制作用。這 24 種藥劑處理供試菌株後，菌株孢子發芽率多在 80% 以上，其餘亦介於 30 ~ 50%。至於對附著器形成之影響，對 MC-45 菌株，計有貝芬撲克拉、賽普護汰寧、撲克拉錳、保粒黴素 (甲)、撲克拉等 5 種藥劑對其附著器形成具抑制作用。而對 MC-46 菌株，則有亞托敏、亞托待克利、波爾多、白列克敏、貝芬替、貝芬菲克利、貝芬撲克拉、賽普護汰寧、待克利、三氟派瑞、福賽得、嘉賜貝芬、克收欣、撲克拉錳、保粒黴素 (甲)、撲克拉、百克敏、四克利、甲基多保淨及三氟敏等 20 種藥劑可抑制其附著器形成 (表二)。

表二、殺菌劑對芒果炭疽病菌分生孢子發芽、發芽管生長及附著器形成之影響¹⁾Table 2. Effects of fungicides on spore germination and appressorium formation of *Colletotrichum gloeosporioides* (MC-45, 46)¹⁾

| Fungicide | MC-45 | | MC-46 | |
|---|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Spore germination (%) | Appressorium formation | Spore germination (%) | Appressorium formation |
| Azoxystrobin | 95.3 ± 0.5 a | + | 94.5 ± 0.6 ab | - |
| Azoxystrobin 20% + difenoconazole 12.5% | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Bordeaux mixture | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Boscalid + pyraclostrobin | 80.0 ± 2.9 b | + | 83.3 ± 2.6 bc | - |
| Carbendazim | 99.0 ± 0.6 a | + | 97.3 ± 1.4 ab | - |
| Carbendazim + hexaconazole | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Carbendazim + prochloraz | 98.0 ± 0.7 a | - | 99.8 ± 0.3 a | - |
| Cyprodinil + fludioxonil | 100.0 ± 0.0 a | - | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Difenoconazole | 36.5 ± 1.0 d | + | 55.5 ± 3.9 de | - |
| Dithianon | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Dithianon + pyraclostrobin | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Fluazinam | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Fluopyram + trifloxystrobin | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Fosetyl-aluminium | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Fosetyl-aluminium + oxine-copper | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Iminoctadine triacetate | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Iprodione | 99.5 ± 0.3 a | + | 100.0 ± 0.0 a | + |
| Kasugamycin hydrochloride hydrate + carbendazim | 99.3 ± 0.5 a | + | 98.8 ± 0.8 a | - |
| Kresoxim-methyl | 98.0 ± 0.8 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Mancozeb | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Manganese prochlorate | 99.8 ± 0.3 a | - | 90.8 ± 1.4 ab | - |
| Metconazole | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Metiram | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Myclobutanil | 92.8 ± 2.1 a | + | 82.5 ± 1.6 bc | + |

表二 (續)、殺菌劑對芒果炭疽病菌分生孢子發芽、發芽管生長及附著器形成之影響¹⁾
Table 2 (continued). Effects of fungicides on spore germination and appressorium formation of *Colletotrichum gloeosporioides* (MC-45, 46)¹⁾

| Fungicide | MC-45 | | MC-46 | |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Spore germination (%) | Appressorium formation | Spore germination (%) | Appressorium formation |
| Oxine-copper | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Polyoxins | 48.0 ± 2.3 c | - | 49.5 ± 5.4 e | - |
| Polyoxins + oxine-copper | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Prochloraz | 98.3 ± 1.2 a | - | 69.5 ± 3.5 cd | - |
| Propineb | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Pyraclostrobin | 95.3 ± 1.4 a | + | 92.3 ± 1.3 ab | - |
| Tebuconazole | 92.0 ± 1.4 a | + | 99.8 ± 0.3 a | + |
| Tetraconazole | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Thiabendazole | 98.3 ± 0.6 a | + | 100.0 ± 0.0 a | + |
| Thiabendazole + oxine-copper | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Thiophanate-methyl | 99.8 ± 0.3 a | + | 96.0 ± 2.2 ab | - |
| Thiram | 0.0 ± 0.0 e | N/A | 0.0 ± 0.0 f | N/A |
| Trifloxystrobin | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | - |
| Control (Water) | 100.0 ± 0.0 a | + | 100.0 ± 0.0 a | + |

¹⁾ Mean ± standard error (n = 4). Values in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected least significant difference test.

+: appressorium formation; -: no appressorium formation; N/A: not applicable.

二、田間藥劑防治試驗

2017 年在臺南市楠西區芒果園進行的藥劑防治試驗顯示，扶吉胺、腈硫醃及快得寧等三種單一藥劑輪用之處理 A 與混用二至四種藥劑之處理 B (農友自訂施藥計畫) 相較，其罹病度無顯著差異，均遠優於無施用藥劑之處理 C (表三)。

三、採收後熱處理

熱水處理剛採收之無病斑芒果，當溫度達於 57°C 或以上時，經 3 分鐘之處理，果實罹病度為 0%。但當溫度達於 60°C 或以上時，經 3 分鐘，果實表皮將產生淡棕色之大型斑塊，此應為溫度過高所造成之熱傷害。相同之處理時間，當溫度在 55°C 時，其罹

病度略同於無處理之對照 (表四)。57°C，3分鐘是有效且安全的熱處理方法。

討論

芒果炭疽病菌以分生孢子為主要感染源。在感染過程中，需經過孢子發芽，發芽管生長及附著器形成等步驟，並以附著器產生之侵入釘侵入果皮組織以完成感染。

病害防治藥劑只要能抑制上述感染過程中之任一步驟，即具防治效果。因此，評估殺菌劑藥效時，必須以藥劑對病原菌孢子發芽以至附著器形成各點之作用逐項進行評估，方能周延而全面的獲知一種藥劑的抑菌效果。但因附著器之形成以至感染並不受發芽管長短之影響，且發芽管長度與藥效之關係亦難判定，因此，在本研究中未將發芽管生長列入藥效評估，而僅就分

表三、芒果炭疽病田間藥劑防治試驗結果

Table 3. Effect of fungicide spray on controlling mango fruit anthracnose in field

| Treatment ¹⁾ | Disease severity index ²⁾ (%) | | | | Mean ± SE |
|-------------------------|--|------|------|------|----------------|
| | I | II | III | IV | |
| A | 15.0 | 29.5 | 15.0 | 21.0 | 20.13 ± 6.86 b |
| B | 11.5 | 28.5 | 26.5 | 25.5 | 23.00 ± 7.77 b |
| C | 33.0 | 43.0 | 45.5 | 39.0 | 40.13 ± 5.45 a |

¹⁾ A: spray with one of the fungicides (fluazinam, dithianon or oxine-copper) at a time; B: spray with two to three of the fungicides (azoxystrobin, azoxystrobin + difenoconazole, difenoconazole, difenoconazole + propiconazole, kasugamycin hydrochloride hydrate, kresoxim-methyl, manganeseprochlorate, oxine-copper, prochloraz and pyraclostrobin) at a time; C: control, no fungicide applied.

²⁾ Values in a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by Fisher's protected least significant difference test.

表四、採收後芒果經熱水處理對炭疽病發生之影響

Table 4. Effect of postharvest treatment with water at different temperatures on the severity of anthracnose disease on mango fruits

| Temperature (°C) | Time (min) | Disease severity index (%) | Heat injury ¹⁾ |
|------------------|------------|----------------------------|---------------------------|
| 55 | 3 | 35 | - |
| 57 | 3 | 0 | - |
| 60 | 3 | 0 | + |
| 63 | 3 | 0 | + |
| Control | | 40 | |

¹⁾ +: treated mango fruit that turned pale brown color.

生孢子發芽率及附著器形成與否作為藥效評估項目。本研究之結果顯示，37 種供試藥劑有腈硫醃等 13 種殺菌劑對供試二菌株孢子發芽能完全抑制，可作為芒果炭疽病優先防治用藥。在不能完全抑制孢子發芽的 24 種藥劑中，則有貝芬撲克拉等 5 種藥劑對供試二菌株之附著器形成均具抑制作用，亦可作為本病防治用藥。上述 18 種藥劑中，福賽快得寧、快得寧、保粒快得寧、保粒黴素（甲）、撲克拉等五種藥劑尚未登記為芒果炭疽病用藥⁽¹⁾。復根據這項試驗結果推斷，不同炭疽病菌菌株對藥劑反應有別，MC-45 對較多的藥劑具抗性，而多數藥劑對 MC-46 仍具抑菌作用。供試藥劑如撲克拉、撲克拉錳、貝芬撲克拉等含撲克拉成分之藥劑雖不能抑制炭疽病菌孢子發芽，但能抑制其附著器形成，故仍應屬有效藥劑。因此，一種藥劑之藥效判定須就該藥劑對整個病原菌感染過程之抑制作用及最終之病害防治效果進行評估，才能獲得確實的結果。這亦可說明本研究田間防治試驗之處理 B 因多次施用撲克拉系列藥劑而能表現良好防治效果。此亦與泰國之試驗結果一致⁽¹⁴⁾。

本研究供試藥劑依作用機制區分計有 13 種^(7,8)，其中屬多點作用機制藥劑除波爾多外，均能完全抑制供試炭疽病菌之孢子發芽。但蔡氏等⁽¹¹⁾用自行配製之 4-4 式波爾多液卻能以 10 ppm 之濃度完全抑制芒果炭疽病菌之孢子發芽、菌絲生長與附著器形成，現配現用的波爾多液其功效應有別於商品之波爾多粉劑。推斷多點作用機制

藥劑因不易產生抗藥性，雖經長期使用仍具殺菌效果。

在美國加州，草皮炭疽病菌之特定菌株已對三唑類藥劑產生抗藥性⁽²¹⁾，本研究亦顯示供試菌株對待克利、邁克尼、得克利及四克利等可能已具抗藥性。但屬相同作用機制之咪唑類殺菌劑如撲克拉及撲克拉錳及同為三唑類之滅特座尚能有效抑制供試菌株孢子發芽或附著器形成。推測相同作用機制之不同類別藥劑或相同類別之不同藥劑可能因化學結構之差異或因其其在田間使用時間不同，導致病原菌對其產生不同程度的抗性。因此，不同藥劑對相同病原菌之藥效可因藥劑類別及個別藥劑而異，亦可能因時因地而別。

本研究又顯示含有兩種有效成分之混合藥劑，其實有效成分僅為其一，例如，腐絕快得寧之有效成分僅為快得寧。但農民受農藥販賣業者影響，常針對單一病害同時施用多種藥劑（含混合劑），既無法得知防治功效歸因於何種藥劑，卻積成濫用多種農藥的惡習。事實上，針對一種病害，每次施用一種有效藥劑即可達到防治目的。同時施用多種藥劑，不但增加購藥成本且造成環境汙染並提高病原菌抗藥性風險。為達成農藥減量之政策目標，不宜為之。

防治採收後芒果炭疽病可採行的方法有熱水浸泡、蒸氣處理、藥劑處理及紅外線照射 (infrared radiation) 等，或亦有將熱處理與藥劑處理結合以提高其防治效果^(9,10,13,14,20)。熱處理之溫度高低與所需時間成反比，即溫度愈高需時愈短，但高溫卻可能引致熱

傷害。本研究參酌溫度與時間因子，獲致 57°C 熱水處理 3 分鐘之方式可有效抑制採收後芒果炭疽病病斑之產生，但亦不會發生熱傷害，惟該處理方式尚待於集貨場驗證。熱處理防治採收後芒果炭疽病之機制，可能為直接殺死病原菌之孢子、菌絲或附著器甚或侵入釘。臺灣因為是東方果實蠅疫區，外銷芒果輸往非疫區國家需先經蒸熱處理；處理時，其果肉中心溫度雖僅 46.5°C，但須持續 30 分鐘，而實際作業時間更長達 2 小時。無論就設施建造成本及操作維護成本均極昂貴，並不宜作為全面處理採收後芒果之方法。本研究採用之熱處理，具設備簡單及處理時間短之優點，在實務上應較為可行。芒果炭疽病在臺灣是普遍發生且嚴重的病害，困擾農民與消費者。為能減輕本病之為害，須以多種措施分別運用於芒果不同生長期以達防治目的，本文以有效藥劑施於套袋之前，又應用熱處理於採收之後，未來希能將這些措施繼續於田間及集貨場進行驗證，以提供農民有效可行的防治方法，確保其收益。

謝辭

本研究承行政院農業委員會 104 農科 - 10.8.2- 藥 -P1 (1) 及 105 農科 -10.5.2- 藥 -P1 (3) 計畫經費補助，謹此致謝。

引用文獻

- 王喻其、王泰權、陳富翔、蔡勇勝、李宏萍、費雯綺 編。2012。植物保護手冊。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。臺中。1079 頁。
- 行政院農業委員會。2016。農業統計年報 (104 年)。行政院農業委員會。臺北。362 頁。
- 安寶貞、蔡志濃、倪蕙芳、楊宏仁。2013。臺灣椪果病害之發生現況與其病害管理。植物病理學會刊 22：67-92。
- 段中漢。2015。微量滴定板篩選植物萃取液與植物 (精) 油抑制菜豆銹病菌及草莓灰黴病菌。植物病理學會刊 24：67-75。
- 翁豐嶽、莊再揚。1995。臺灣芒果炭疽病菌之分群。植保會刊 37：295-309。
- 莊再揚。1997。影響芒果炭疽病菌附著器形成與發芽之因子。植物病理學會刊 6：41-48。
- 曾德賜。2015。農藥藥理與應用：殺菌劑。藝軒圖書。臺北。166 頁。
- 費雯綺、蔣永正、李敏郎、林映秀 編。2016。農藥作用機制分類檢索。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。臺中。48 頁。
- 詹文莉、吳俊達。2012。蒸熱處理對採後軟熟「愛文」芒果炭疽病徵發展之影響。臺灣園藝 58：103-116。
- 楊宏仁、安寶貞、莊再揚、呂理燊、楊秀珠、林瑩達、高清文。2003。椪果炭疽病綜合管理與採收後溫水處理效果評估。臺灣作物病蟲害綜合管理研討會專刊，第 61-82 頁。程永雄、楊宏

- 仁、倪蕙芳、黃守宏 編。行政院農委會農業試驗所嘉義分所。嘉義。
11. 蔡志濃、安寶貞、胡瓊月、鄭秀芳。2006。抑制三種果樹炭疽病之化學藥劑篩選。植物病理學會刊 15: 39-54。
 12. 羅珮昕、黃盈潔、鐘文全、鄭安秀、鐘文鑫。2010。利用 PCR-RFLP 調查臺南地區抗苯并咪唑類 (*benzimidazoles*) 殺菌劑芒果炭疽病菌的發生。植物病理學會刊 19: 255-260。
 13. Arauz, L. F. 2000. Mango anthracnose: economic impact and current options for integrated management. *Plant Dis.* 84: 600-611.
 14. Chiangsin, R., Wanichkul, K., Guest, D. I., and Sangchote, S. 2016. Reduction of anthracnose on ripened mango fruits by chemicals, fruit bagging, and postharvest treatments. *Australas. Plant Path.* 45: 629-635.
 15. Chung, W. H., Ishii, H., Nishimura, K., Fukaya, M., Yano, K., and Kajitani, Y. 2006. Fungicide sensitivity and phylogenetic relationship of anthracnose fungi isolated from various fruit crops in Japan. *Plant Dis.* 90: 506-512.
 16. Estrada, A. B., Dodd, J. C., and Jeffries, P. 2000. Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of two Philippine isolates of the mango anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Pathol.* 49: 608-618.
 17. Freeman, S., Katan, T., and Shabi, E. 1998. Characterization of *Colletotrichum* species responsible for anthracnose diseases of various fruits. *Plant Dis.* 82: 596-605.
 18. Grau, C. R., and Radke, V. L. 1982. Resistance of soybean cultivars to *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Dis.* 66: 506-508.
 19. O'Connell, R. J., Perfect, S., Hughes, B., Carzaniga, R., Bailey, J. A., and Green, J. 2000. Dissecting the cell biology of *Colletotrichum* infection processes, pp. 57-77. In: D. Prusky, S. Freeman, and M. B. Dickman [eds.], *Colletotrichum: host specificity, pathology, and host-pathogen interaction*. APS Press, St. Paul, MN, USA. 393 pp.
 20. Sangchote, S. 2013. Integrated control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) of mango for export. *Acta Hort.* 973: 55-58.
 21. Wong, F. P., and Midland, S. L. 2007. Sensitivity distributions of California populations of *Colletotrichum cereale* to the DMI fungicides propiconazole, myclobutanil, tebuconazole, and triadimefon. *Plant Dis.* 91: 1547-1555.

Fungicides and Postharvest Heat Treatment to Control Anthracnose Disease of Mango

Chung-hang Duan^{1*}, Chih-kai Chang¹, Chun-chung Wang¹

Abstract

Duan, C. H., Chang, C. K., and Wang C. C. 2017. Fungicides and postharvest heat treatment to control anthracnose disease of mango. *Taiwan Pestic. Sci.* 3: 65-78.

The scheme of controlling mango anthracnose disease needs to integrate fungicide spray, fruit bagging, and postharvest treatment in sequential processes. Laboratory experiments indicated that dithianon, dithianon + pyraclostrobin, fluazinam, fosetyl-aluminium + oxine-copper, iminoctadine triacetate, mancozeb, metconazole, metiram, oxine-copper, polyoxins + oxine-copper, propineb, thiabendazole + oxine-copper, and thiram each could completely inhibit spore germination of the pathogen. In addition, carbendazim + prochloraz, cyprodinil + fludioxonil, manganese prochlorate, prochloraz, and polyoxins were also shown with potential to control the pathogen. They inhibited the appressorium formation while left spore germination unchecked. In a field trial, rotational sprays with dithianon, fluazinam, and oxine-copper in series achieved good performance on disease control. The significance of laboratory screening presented in recommendation of appropriated chemicals for field application was indicated. Postharvest treatment of mango fruits with 57°C hot water for 3 min effectively prevented the development of anthracnose symptom without heat injury.

Key words: mango anthracnose, chemical control, heat treatment.

Accepted: December 5, 2017.

* Corresponding author, Email: chduan@tactri.gov.tw

¹ Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Taichung