

椪果果實套袋防治炭疽病效果之預測技術開發

莊再揚¹ 呂理桑² 高清文³ 楊宏仁⁴ 蔡志濃^{5,*} 楊秀珠² 安寶貞^{6,*}

摘要

莊再揚、呂理桑、高清文、楊宏仁、蔡志濃、楊秀珠、安寶貞。2024。椪果果實套袋防治炭疽病效果之預測技術開發。台灣農業研究 73(2):101–111。

炭疽病與蒂腐病為椪果果實的重要病害，也是外銷上重要的限制因子，因此能早期預測病害發生情形，有利於外銷椪果的品質保證，避免造成損失。利用益收生長素 (Ethepon, 2-chloro-ethylphosphonic acid) (39.5% 溶液) 3,000 倍稀釋液噴霧或浸漬硬核期「愛文」椪果果實 5 min，再將果實置於 30°C 密閉環境下，果實若已經被炭疽病菌感染，將於處理後 3–5 d 開始陸續出現炭疽病之病斑，再調查處理後第 9 天與 12 天之發病果實率，用此方法可以預估一個果園中套袋果實成熟後之大約罹病率。使用此法時，果實必須生長至其最大體積 (硬核期) 之後 (大約在果實成熟前 1 mo 左右)，否則果實不易轉色，病斑不會出現。果實經生理落果期結束後套袋，而調查之果實於成熟前 15–30 d 再採收，再經益收生長素處理 9–12 d 後，再調查完全轉色之果實發病率，如果單果炭疽病平均發病病斑數在 2 個以下 (發病率在 20% 以下)，且蒂腐病病斑數平均在 1 個以下 (罹病率在 10% 以下)，但合計發病率須在 20% 以下，該果園才可被選為合格之外銷供果園，椪果果實可於 9 分熟時採收，進行外銷處理作業。

關鍵詞：椪果炭疽病、潛伏感染、益收生長素、病害預測、非農藥防治。

前言

炭疽病 (anthracnose) (由 *Colletotrichum* spp. 引起) 為蔬果花卉的重要病害，尤其在熱帶與亞熱帶地區為造成儲藏期果實腐敗重要原因之一 (Cook 1975)。在臺灣，炭疽病為經濟果樹椪果的最重要病害 (Ann *et al.* 1994, 2013)，尤其「愛文」品種十分感病 (Leu *et al.* 1996)，病菌自開花至果實成熟期均可侵染寄主，罹病組織經常出現黑點與黑斑及落花、落果情形，嚴重影響椪果之結實率；更有甚者，病菌經常行『潛伏感染』(Simmonds 1941; Verhoeff 1974)，在果實採收後熟後才陸續出現病斑

(Baker *et al.* 1940; Simmonds 1963)，造成果實腐敗，嚴重影響椪果果實之樹架壽命與經濟價值，也是當時 (1990 年代之前) 臺灣椪果外銷的限制因子。而套袋對椪果炭疽病確實有良好之防治效果，且以愈早套袋之防治效果愈佳 (Ann *et al.* 1994, 1996, 2013)，幼果期即予以套袋之處理在採果後 12 d 之發病率為 0–5%，生理落果時套袋者為 27%，落果停止時套袋者為 42%，採果前 2 wk 者為 68%，無套袋者 (全期施藥) 則為 72%。但是，椪果在開花期與幼果期無法套袋，生理落果期終止後才開始套袋，無法預知病菌是否已經侵入而行潛伏感染。因此，如能預先偵測外觀健康之果實於採

投稿日期：2023 年 11 月 14 日；接受日期：2024 年 1 月 19 日。

* 通訊作者：tsajjn@tari.gov.tw, pjann@tari.gov.tw, pjann5039@gmail.com

¹ 前國立臺灣大學植物病理與微生物學系教授。臺灣 臺北市。

² 農業部農業藥物試驗所前研究員。臺灣 臺中市。

³ 農業部農業藥物試驗所前所長。臺灣 臺中市。

⁴ 農業部農業試驗所嘉義農業試驗分所前研究員兼分所所長。臺灣 嘉義市。

⁵ 農業部農業試驗所植物病理組研究員兼組長。臺灣 臺中市。

⁶ 農業部農業試驗所植物病理組前研究員兼組長。臺灣 臺中市。

收後熟後可能出現病斑數目的有無與多寡，則可預估該果園椪果果實成熟後之發病情形，進而篩選出優良的外銷供果園採果外銷，亦為一可行之途 (Ann *et al.* 1996)。

乙烯 (ethylene, C₂H₄) 有促進果實後熟的效果，El-Kazzaz *et al.* (1983) 報告乙烯有促進貯藏期果實病原菌生長之能力，誘發病害。而 39.5% 益收生長素 (Ethephon, 2-chloro-ethylphosphonic acid) 為乙烯之先驅物，在臺灣廣泛推廣於香蕉、番茄、鳳梨、葡萄及梨等果樹果實之催熟使用 (Fei & Wang 2007)。本研究經多年試驗發現益收生長素可以使用於椪果套袋果實炭疽病的預先偵測，特此報告。

材料與方法

椪果果園管理、果實套袋及採果

試驗地點選擇臺南市玉井地區 5–20 年生之「愛文」椪果果園，且需初選田間清潔而葉部病害較少者為「外銷初選供果園」，並於果粒生長約為姆指大時進行疏果，而於果實生理落果期終止時 (果實寬度約 3–5 cm) 進行套袋。將果實套白色防水紙袋 (25 cm × 15 cm)，並注意將袋口封好，避免病菌與害蟲的再侵入感染。選定試驗日期，果實於成熟前 (硬核期 (green mature)) 15–30 d 採果，每個果園隨機採收約 20–25 粒果實，套袋不可去除，需一併採回實驗室，於浸藥處理前拆除。

益收生長素處理濃度對椪果果實罹病率之影響調查

初步試驗以達硬核期 (即達果實最大生長期，約成熟前 30–45 d) 的套袋果實進行測試，而益收生長素溶液檢測的使用濃度為 1,000、2,000 及 3,000 倍稀釋液，椪果果實在浸漬益收生長素溶液 5 min 後或噴布處理後，覆蓋報紙，並置於溫度 30°C 密閉空間，進行果實催熟作業，病斑調查則在生長素溶液處理後 3、6、9、12 d 進行。

益收生長素對不同成熟度椪果果實潛伏感染病害的偵測效果

以稀釋 3,000 倍益收生長素來測試不同果

齡之椪果果實在處理後出現炭疽病病斑的情形，因此套袋後之椪果果實每隔 15 d 採收 1 次進行偵測，至果實成熟時為止。採收後的果實經益收生長素處理催熟後，於 3、6、9、12 d 調查果實的轉色與炭疽病、蒂腐病 (fruit stem end rot, 亦稱果腐病) 的發病情形。

益收生長素處理與椪果果實病害調查

預先試驗之結果顯示稀釋 3,000 倍的 39.5% 益收生長素溶液處理為最適合使硬核期的綠色「愛文」椪果果皮轉為紅色。故每單一供試果園配製稀釋 3,000 倍的益收生長素溶液 10 L 供試驗，當果實生長達硬核期後，每果園採集 20–25 果實，浸漬前才將果實除去紙袋，果實直接浸漬於益收溶液中 5 min，撈起後，放置於鋪有 3 層報紙的塑膠籃內 (40 × 60 × 30 cm)。容器內鋪有 4–5 層報紙，上置處理後的椪果果實，其上再覆蓋 4–5 張報紙。處理後的果實放置於室溫下 (以 30°C 為佳)，於翌日開始每隔 3 d 調查炭疽病與蒂腐病 (該病害的病菌並非潛伏感染病菌，可能為病菌已侵入果梗或附著於套袋上) 的發病情形，至 12 d 為止。並按下列公式計算果實炭疽病之發病果實率 (%) 與發病度 (%) (參考用)。蒂腐病以發病果實率 (%) 表示。果實以出現 1 個病斑 (大於 0.5 cm) 即算發病。炭疽病發病度之調查方法，每次調查果實上之病斑數：0 代表未罹病；1 代表 1–5 病斑；2 代表 6–10 病斑；3 代表 11–15 病斑；4 代表 15 病斑以上者。

果實發病率 = 發病果實數 / 調查果實數 × 100%；果實發病度 = $[(\Sigma \text{指數} \times \text{該指數發病果實數}) / 4 \times \text{全部調查果實數}] \times 100\%$ (參考用)；果實成熟度之調查分為 3 級，0：未轉色、1：部分轉色、2：完全轉為紅色；果實成熟度 = $[(\Sigma \text{指數} \times \text{該指數果實數}) / 2 \times \text{全部調查果實數}] \times 100\%$ 。

在正式實驗時，果實於生理落果期終止時套袋，套袋前噴灑甲基錳乃浦可濕性粉劑 (Propineb 400 倍稀釋液) 與撲克拉錳可濕性粉劑 (Prochloraz-Manganese 6,000 倍稀釋液)，至果實表面藥液乾燥後，於當日或翌日 (如果施藥後未降雨) 將果實套白色紙袋，並注意將袋口封好。果實於 8 分熟時採收 (已達硬核期)，

當日即以益收生長素 3,000 倍稀釋液浸漬處理 5 min，並於採後第 3 天開始調查炭疽病與蒂腐病之發生情形。爾後，每隔 3 d 繼續調查果實上炭疽病與蒂腐病之病斑數目 1 次，至 12 d 為止。並計算果實炭疽病與蒂腐病之果實發病率 (%) 與發病度 (參考用)。

結果

套袋與病害防治

本試驗亦顯示套袋對檬果炭疽病確實有良好之防治效果 (Ann *et al.* 1998)，本試驗測試玉井李農友 1992 年之套袋果園之已達硬核期的檬果果實於益收生長素溶液處理 12 d 後，炭疽病發病率為 10%，蒂腐病為 0%，無病果實率為 90%，可供外銷；反之當年其未套袋果園之檬果於益收處理 12 d 後，炭疽病發病率為 20%，蒂腐病為 40%，無病果實率僅有 50%，外銷 (無病果實率須在 80% 以上) 即不合格。尤其配合早期套袋與田間管理之果園

(含自動進行套袋地區)，炭疽病在所有臺南市「愛文」檬果主要生產區 (包括玉井、南化及左鎮) 之發生均較往年降低。

益收生長素對不同成熟度檬果果實潛伏感染病害的偵測效果

以益收生長素 3,000 倍稀釋液處理不同生長期之「愛文」檬果果實 5 min，發現果實在生長至硬核期 (此時已達其最大體積，約在採收前 30–45 d) 以後，於室溫下 (約 30°C) 經 3–5 d，果實便會開始轉色，並且逐漸出現病斑 (圖 1)。然而，果實之果齡如果太年輕，或未達硬核期，益收生長素處理後之果實完全不能轉色，或有部分果實不能轉色 (圖 2)，一般不轉色之果實亦不出現病斑，而延後轉色的果實的病斑出現亦較晚，因而嚴重影響預測結果。

益收生長素處理對潛伏感染病害的偵測效果評估

利用益收生長素溶液處理已達硬核期之檬

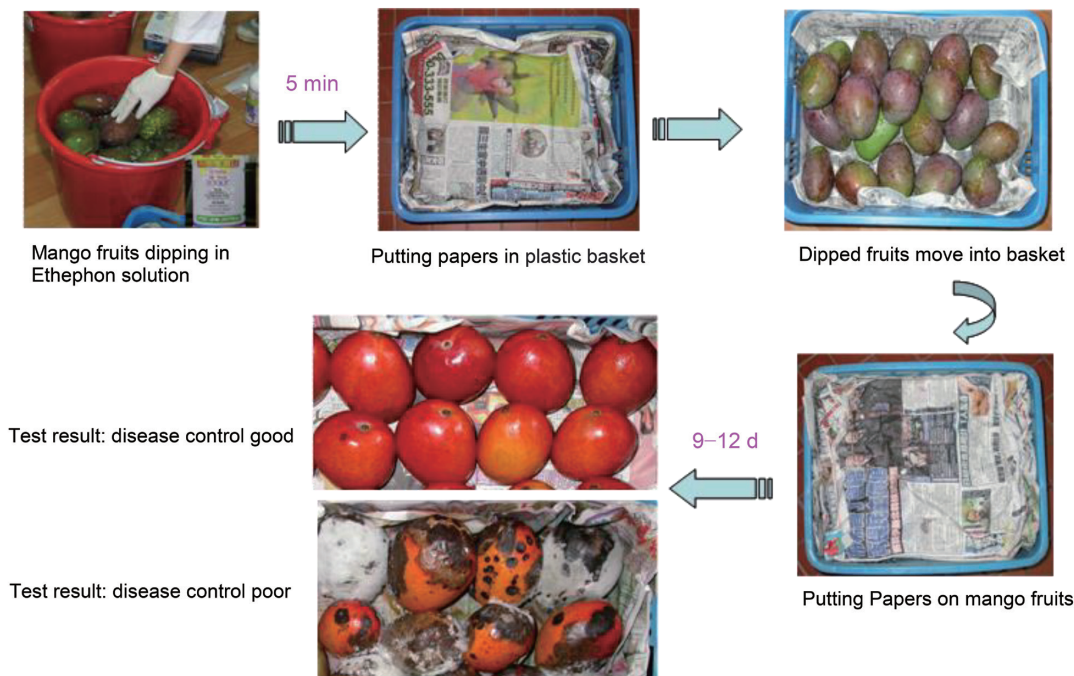


圖 1. 「愛文」檬果經稀釋 3,000 倍之益收生長素處理，9 d 後轉色果實出現炭疽病之情形。

Fig. 1. Nine days after Ethephon (3,000×) treatment, green mature fruits of ‘Irwin’ mango turned red and appeared anthracnose spots.



圖 2. 未達硬核期之「愛文」檬果經益收生長素處理 9 d 後仍未能轉色（綠色果實部分）或僅部分轉色之情形。
Fig. 2. Nine days after Ethephon treatment, the expending-stage 'Irwin' mango fruits kept green or turned red incompletely.

果果實，發現不同果園果實出現炭疽病病斑之情形差異極大，在處理 9–12 d 後，發病果實率可從 0% (完全健康) 至 100% 不等。計算 1992、1993、1994 及 1995 年調查初選供果果園之果實病害發病率 (表 1–4)，其果實平均發病率列於表 5，除 1992 年較差外，1993、1994 及 1995 年之結果均大致相似，但由於每年均有新果農加入參選，新果農之果實一般發病率較嚴重，整合計算果實發病率有逐年降低之現象。在調查果實經益收生長素溶液催熟處理 12 d 以後，1992 年度初選檬果供果園果實之平均炭疽病罹病率為 22.4%，蒂腐病率為 28.9%，無病果率為 63.3%，合格率約為 36.1%，顯示當時 (1993–1995 年) 農民對檬果果實炭疽病之防治已有顯著之進步。由於每年新增加之供果園為數不少，且有部分果園因管理不佳而退出，因而每年之供果園數變易甚大。此外，果園與果園間之罹病率差異甚大，顯示不同果園在管理上仍有相當之差異。尤其有些果園在不同年度間之發病率差異亦甚大，據農民所言，只要在防治上稍一疏忽 (如一次降雨後延誤或來不及施藥)，就可能使當年之檬果罹患嚴重的炭疽病。

討論

在熱帶與亞熱帶地區，炭疽病目前仍為檬果的最重要病害 (Uddin *et al.* 2018)，由於該病害之病原菌有潛伏感染的特性，病斑經常在果實成熟後才出現，便成為儲藏期果實腐敗之主要原因之一 (Cook 1975)。在臺灣，檬果中最受歡迎的品種「愛文」對炭疽病非常感病，病害非常嚴重，近年來仍建議以早期套袋的方式保護果實 (Ann *et al.* 1998, 2013)，以隔絕病蟲害侵染。由於果實套袋後，病菌無法入侵，病斑數目即不再增加，基於此項原理，本文發表開發『潛伏感染病害的預先偵測技術』，來推測採收後果實的可能出現病斑的情形，以篩選優良的檬果外銷供果園。

有關潛伏感染病害的偵測，Parris & Jones (1941) 曾報告溴化甲烷 (methyl bromide, BrCH_3) 可用來偵測豆子的炭疽病，顯示潛伏感染病害可經由某些化學物質之處理與刺激，而提前表現病徵。由於溴化甲烷為一種劇毒物質，較不適用於偵測檬果炭疽病，且國際間已禁用溴化甲烷，臺灣亦自 2019 年後只允許檢疫熏蒸處理使用。而 Cerkauskas & Sinclair (1980) 利用殺草劑巴拉刈 (paraquat) 處理來檢測大豆

表 1. 1992 年臺南市玉井地區自檬果外銷初選供果園採收之硬核期「愛文」檬果套袋果實經益收生長素 3,000 倍稀釋液預先處理後，果實炭疽病與蒂腐病的陸續發病情形 (%)。

Table 1. The prediction data of disease incidences of anthracnose and stem end rot of green mature 'Irwin' mango fruits treated with Ethephon solution (3,000× dilution) for 12 d. (The mango fruits were harvested from candidate orchards at Yujing, Tainan in July 1992)^z

Farmer No.	Anthracnose (%) ^y						Stem end rot (%) ^y						Healthy fruit at the 12 th day (%)
	6 ^x	9	12	15	18	No.	6 ^x	9	12	15	18	No.	
1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	1	0.0	0.0	0.0	5.0	15.0	1	100.0
2	1.5	1.5	1.5	1.5	4.8	2	0.0	0.0	0.0	4.5	22.7	1	98.5
3	0.0	1.7	3.3	13.3	24.6	4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1	96.7
4	0.0	0.0	3.3	8.3	14.8	4	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1	96.7
5	0.0	1.5	1.5	3.2	5.0	2	0.0	0.0	4.5	9.1	18.2	11	94.0
6	3.3	5.0	6.7	8.3	27.7	7	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1	93.3
7	3.3	6.7	5.3	16.7	24.4	6	0.0	0.0	5.0	5.0	20.0	13	89.7
8	3.2	4.8	9.5	13.3	21.4	9	0.0	0.0	4.8	33.3	76.2	12	85.7
9	6.7	6.7	16.7	28.3	31.3	17	0.0	0.0	0.0	25.0	35.0	1	83.3
10	0.0	1.7	7.4	7.4	26.1	8	0.0	0.0	10.0	10.0	30.0	17	82.6
11	5.0	6.7	13.3	23.3	37.0	15	0.0	0.0	5.0	10.0	35.0	13	81.7
12	6.6	15.0	19.3	24.6	60.3	19	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1	80.7
13	0.0	3.5	14.8	31.3	63.3	16	0.0	0.0	5.0	10.0	40.0	13	80.2
14	8.3	15.0	22.8	22.9	28.8	22	0.0	0.0	0.0	5.0	20.0	1	77.2
15	6.3	7.3	9.9	10.0		10	0.9	3.2	14.2	31.7		24	75.9
16	11.1	15.0	25.0	28.3	42.1	24	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1	75.0
17	4.7	25.0	26.3	31.3	41.0	25	0.0	0.0	0.0	15.0	30.0	1	73.7
18	6.7	6.7	11.7	11.8	23.8	12	0.0	0.0	15.0	30.0	50.0	25	73.3
19	1.7	6.7	19.3	19.3	48.0	19	0.0	5.0	10.0	15.0	25.0	17	70.7
20	4.8	4.8	20.6	29.8	35.7	21	0.0	0.0	9.5	33.3	61.9	16	69.9
21	7.6	9.1	17.5	21.1	31.0	18	0.0	4.5	13.6	36.4	72.2	23	68.9
22	13.3	15.0	22.9	30.6	72.7	23	0.0	0.0	10.0	30.0	55.0	17	67.1
23	6.6	13.3	11.1	44.4	46.7	11	0.0	0.0	25.0	25.0	50.0	31	63.9
24	3.3	8.8	31.5	56.3	78.8	28	0.0	5.0	10.0	15.0	35.0	17	58.5
25	3.3	4.4	11.9	27.3	73.3	13	0.0	25.0	30.0	45.0	70.0	32	58.1
26	3.3	6.7	12.2	19.0	28.6	14	0.0	20.0	30.0	40.0	70.0	32	57.8
27	6.7	31.7	36.8	52.9	78.6	31	0.0	5.0	10.0	20.0	25.0	17	53.2
28	18.3	23.3	29.8	47.1	62.5	26	0.0	10.0	20.0	70.0	85.0	26	50.2
29	14.5	30.3	41.2	45.2	93.3	33	0.0	5.0	10.0	25.0	45.0	17	48.8
30	16.7	21.7	33.3	46.3	66.7	29	0.0	5.0	20.0	60.0	85.0	26	46.7
31	18.3	35.1	38.9	44.4	80.0	32	0.0	10.0	20.0	40.0	60.0	26	41.1
32	10.0	20.0	33.3	37.3	45.5	29	0.0	5.0	30.0	60.0	75.0	32	36.7
33	12.3	17.5	29.8	44.4	60.0	26	0.0	0.0	42.1	84.2	89.5	36	28.1
34	8.3	43.1	61.1	75.0	91.6	34	0.0	15.0	20.0	25.0	45.0	26	18.9
35	8.3	58.3	71.9	88.2	97.6	35	0.0	10.0	30.0	50.0	60.0	32	0.0
36	11.7	63.3	86.7	91.7	93.3	36	0.0	10.0	20.0	20.0	30.0	26	0.0
Check ^w	6.7	28.3	58.8	90.6	97.7		0.0	2.2	13.3	24.4	31.1		72.1

^z Twenty fruits were taken from each candidate orchard in July 1992 which was about 25–40 d before ripening. Test fruits were dipped in 39.5% Ethephon solution (3,000×) for 5 min.

^y % of diseased fruit (disease incidences).

^x Days after treatment with Ethephon.

^w Mango fruit without bagging.

表 2. 1993 年臺南市玉井地區自檬果外銷初選供果園採收之硬核期「愛文」檬果套袋果實經益收生長素 3,000 倍稀釋液預先處理後，果實炭疽病與蒂腐病的陸續發病情形 (%)。

Table 2. The prediction data of disease incidences of anthracnose and stem end rot of green mature 'Irwin' mango fruits treated with Ethephon solution (3,000× dilution) for 12 d. (The mango fruits were harvested from candidate orchards at Yujing, Tainan from May to June 1993)^z

Farmer No.	Anthracnose (%) ^y					Stem end rot (%) ^y			Healthy fruit at the 12 th day (%)
	3 ^x	6	9	12	15	9 ^x	12	15	
1	0	0	0	0	- ^w	0	0	-	100
2	0	0	0	0	-	0	0	-	100
3-1	0	0	0	0	0	0	0	4	100
4-1	0	0	0	4	28	0	0	0	96
5	0	0	0	0	-	0	5	-	95
6	0	0	0	0	-	0	5	-	95
7	0	0	0	5	-	0	0	-	95
8	0	0	0	5	-	5	5	-	90
9	0	0	0	0	-	0	10	-	90
10-1	0	8	8	12	16	0	0	0	88
11	0	0	5	15	-	0	0	-	85
12	0	0	10	10	-	0	5	-	85
3-2	0	5	5	10	-	5	10	-	80
10-2	0	5	15	20	-	0	0	-	80
13	0	0	5	15	-	0	5	-	80
14-1	4	8	8	12	12	0	8	12	80
14-2	0	0	20	25	-	0	0	-	75
15	0	0	15	20	-	0	5	-	75
16	12	16	24	24	24	0	4	4	72
17	0	10	10	25	-	0	5	-	70
18	0	0	10	25	-	0	5	-	70
4-2	0	10	30	35	-	0	0	-	65
19	0	0	5	10	-	10	30	-	60
20	0	5	20	30	-	5	10	-	60
21	0	10	20	25	-	10	20	-	55
22	0	10	20	45	-	0	5	-	50
23	0	5	35	50	-	0	5	-	45
24	0	5	30	50	-	10	15	-	35
25	0	0	45	60	-	0	10	-	30
26	5	40	75	80	-	0	5	-	15
27	0	40	65	85	-	0	10	-	15

^z Twenty fruits were taken from each candidate orchard from May to June 1993 which was about 25–40 d before ripening. Test fruits were dipped in 39.5% Ethephon solution (3,000×) for 5 min.

^y % of diseased fruit (disease incidences).

^x Days after treatment with Ethephon.

^w No data.

表 3. 1994 年臺南市玉井地區自檬果外銷初選供果園採收之硬核期「愛文」檬果套袋果實經益收生長素 3,000 倍稀釋液預先處理後，果實炭疽病與蒂腐病的陸續發病情形 (%)。

Table 3. The prediction data of disease incidences of anthracnose and stem end rot of green mature 'Irwin' mango fruits treated with Ethepon solution (3,000× dilution) for 12 d. (The mango fruits were harvested from candidate orchards at Yujing, Tainan in June 1994)^z

Farmer No.	Anthracnose (%) ^y			Stem end rot (%) ^y			Healthy fruit at the 12 th day (%)
	6 ^x	9	12	6 ^x	9	12	
1	0	0	5	0	0	0	95
2	0	5	5	0	0	0	95
3	0	0	10	0	0	0	90
4	0	10	10	0	0	0	90
5	0	0	15	0	0	10	80
6	0	0	20	0	5	10	75
7	0	15	25	0	0	5	75
8	0	15	15	5	10	10	75
9	0	10	15	0	5	15	70
10	0	25	25	0	5	10	70
11	0	10	25	0	5	5	70
12	5	10	20	0	10	10	70
13	0	0	20	0	10	25	65
14	0	30	30	0	5	5	65
15	0	15	30	0	10	10	60
16	0	10	35	0	5	5	60
17	10	15	20	0	20	25	55
18	0	45	55	0	5	5	40
19	5	45	50	0	15	15	40
20	0	45	50	0	10	25	30
21	0	45	55	0	10	20	30

^z Twenty fruits were taken from each candidate orchard in June 1994 which was about 25–40 d before ripening. Test fruits were dipped in 39.5% Ethepon solution (3,000×) for 5 min.

^y % of diseased fruit (disease incidences).

^x Days after treatment with Ethepon.

真菌病害之感染。之後，許多學者 (Cerkauskas *et al.* 1983; Hartman *et al.* 1986) 均用該殺草劑來促進作物潛伏感染病菌提早發病，尤其是炭疽病菌，以協助試驗進行。然而，巴拉刈是一種非選擇性接觸性殺草劑，處理後的組織均會死亡，較不能達到病害預測的效果，而且目前該殺草劑已被國際禁用。之後，乙烯亦被報告有促進貯藏期病原菌生長之效果 (El-Kazzaz *et al.* 1983)，39.5% 益收生長素為乙烯之先驅物，在臺灣常用於番茄、鳳梨、葡萄之生長調節及香蕉與鳳梨之催熟 (Fei & Wang 2007)。因此本研究以益收生長素 3,000 倍稀釋液處理

不同生長期之「愛文」檬果果實，發現果實在生長至硬核期 (此時已達其最大體積，約在採收前 1–1.5 mo) 以後，於室溫下 (夏天約 30°C) 約經 3–5 d，果實便會開始轉色，並且逐漸出現病斑 (圖 1)。然而，果實之果齡如果太年輕，則果實完全不能轉色，或有部分果實不能轉色，一般不轉色之果實亦不出現病斑，而延後轉色的果實出現病斑亦較晚。利用益收生長素之處理，發現不同果園果實出現炭疽病病斑之情形差異極大，在處理 9–12 d 後，發病果實率可從 0% (完全健康) 至 80% 以上不等 (表 1)。蒂腐病亦為檬果貯藏期病害 (Liao 1975)，該病

表 4. 1995 年臺南市玉井地區自檬果外銷初選供果園採收之硬核期「愛文」檬果套袋果實經益收生長素 3,000 倍稀釋液預先處理後，果實炭疽病與蒂腐病的陸續發病情形 (%)。

Table 4. The prediction data of disease incidences of anthracnose and stem end rot of green mature 'Irwin' mango fruits treated with Ethephon solution (3,000× dilution) for 12 d. (The mango fruits were harvested from candidate orchards at Yujing, Tainan in June 1995)^z

Farmer No.	Anthracnose (%) ^y			Stem end rot (%) ^y			Healthy fruit at the 12 th day (%)
	6 ^x	9	12	6 ^x	9	12	
1	0	0	0	0	5	5	95
2	0	5	10	0	0	0	90
3	0	7	14	0	0	0	86
4	0	0	0	0	5	15	85
5	0	0	15	0	0	0	85
6	0	0	5	0	5	10	85
7	0	10	15	0	0	0	85
8	0	0	15	0	0	5	80
9	10	15	15	0	5	5	80
10	0	5	15	0	0	10	75
11	0	0	10	0	5	15	75
12	0	7	25	0	0	0	75
13	0	5	15	5	5	10	75
14	10	10	10	0	5	15	75
15	0	20	20	0	0	5	75
16	5	15	30	0	0	0	70
17	15	15	25	0	5	5	70
18	5	5	20	0	5	20	65
19	0	20	35	0	0	0	65
20	0	30	50	0	0	0	50
21	0	25	30	5	15	20	50
22	5	20	45	0	5	10	45
23	0	25	50	0	0	5	45
24	15	35	55	0	0	5	40
25	5	30	45	0	5	15	40
26	15	20	45	0	20	25	30
27	30	50	45	0	10	25	30
28	15	45	45	15	0	30	25

^z Twenty fruits were taken from each candidate orchard in June 1995 which was about 25–40 d before ripening. Test fruits were dipped in 39.5% Ethephon solution (3,000×) for 5 min.

^y % of diseased fruit (disease incidences).

^x Days after treatment with Ethephon.

害亦可經由益收生長素之處理而顯現病徵。由於蒂腐病發病後，病斑擴展迅速，嚴重影響外銷果實品質。因此，本試驗研究建議「愛文」檬果果實在經由益收生長素檢測處理 9–12 d 後，發病果實率——炭疽病在 20% 以下，蒂腐病

在 10% 以下，得選為「優良外銷供果園」，其生產之果實可供外銷日本與其他國家。

如今，國產檬果已能成功外銷日本、東南亞各地，洗刷多年來檬果無法外銷之噩夢。由於國產「愛文」檬果的果實炭疽病防治較往日

表 5. 1992、1993、1994 及 1995 年臺南市玉井地區外銷候選供果園椪果病害依預先偵測結果之比較 (果實炭疽病與蒂腐病之發病率) (%)。

Table 5. Comparison of the prediction data of disease incidences (%) of anthracnose and stem end rot of green mature 'Irwin' mango fruits treated with Ethephon solution (3,000× dilution) for 12 d from 1992 to 1995. (The mango fruits were harvested from candidate orchards at Yujing, Tainan)^z

Year	Anthracnose (%) ^y			Stem end rot (%) ^y			Healthy fruit (%)		
	6 ^x	9	12	6 ^x	9	12	6	9	12
1992	17.6	26.9	34.8	3.2	15.3	37.6	80	65	32.1
1993	5.6	16.9	24.8	0.0	1.7	6.5	94	82	71.9
1994	0.9	16.8	25.2	0.2	7.3	10.9	99	81	65.0
1995	4.8	13.3	26.1	0.0	3.8	9.5	95	85	69.7

^z Twenty fruits were taken from each candidate orchard from 1992 to 1995 which was about 25–40 d before ripening. Test fruits were dipped in 39.5% Ethephon solution (3,000×) for 5 min.

^y % of diseased fruits (disease incidences).

^x Days after treatment with Ethephon solution.

得宜，內銷椪果之品質亦大幅提升，使櫥架壽命延長。由於預先偵測之結果顯示，椪果果園的果實炭疽病發病率差異甚大 (表 1–4)，可見田間管理對病害嚴重與否影響甚大，農民仍需加強輔導。包括：部分農民的『套袋』方法不正確，嚴重影響果實著色與降低套袋之防病功效。未套袋前，應定期施藥，保護果實不被潛伏感染病菌侵入 (如果病菌已侵入，套袋亦無效，因套袋並無治療病害之功能) (Ann *et al.* 1998, 2013)，套袋的當日或前 1 d (如果未降雨) 必須施藥，不可將病菌與蟲卵包藏在套袋內，套袋內果實上之藥劑亦可因套袋而使藥效延長。

『套袋』為目前防治椪果炭疽病之有效方法 (Ann *et al.* 1998, 2013)，而且果實套袋可提高糖度含量與提早成熟 (Ann *et al.* 1998)。此外，目前許多「愛文」椪果園均以套袋方法防治果實病蟲害，以減少農藥之使用，對發展『永續農業』、降低產銷成本、保護環境免於污染及保障農民與消費者健康，均有助益。但在試驗時，發現如果花期不施藥，於椪果開花著果後立即套袋，果實成熟後仍有許多病斑出現 (Ann *et al.* 1998)，因而在病害防治研究方面，對炭疽病『潛伏感染』之機制仍應加強研究，如能找出對潛伏感染器官有破壞能力之方法，將對解決炭疽病造成之潛伏感染病害有莫大助益。在其他非農藥防治方法 (Leu *et al.* 1988, 1996)，除抗病品種、套袋 (Ann *et al.* 1998, 2013)、地面覆蓋 (Ann *et al.* 1998)、施

用土壤添加物 (如 CaO，可降低蘋果果實的罹病率) (Conway *et al.* 1991) 及生物防治 (Chuang & Ann 1997) 外，亦應繼續探討其他可行之道。

誌謝

本文承蒙農業部 (前行政院農業委員會) 科技計畫 (82 科技-2.4-糧-03，83 科技-2.4-糧-27，84 科技 -2.4-糧-23，85 科技 -1.6-糧-28) 補助，謹此致謝！

引用文獻

- Ann, P. J., R. C. Huang, and M. F. Chen. 1994. Effects of environmental factors on disease incidence of mango anthracnose. *Plant Pathol. Bull.* 3:34–44. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.199403_3(1).0005
- Ann, P. J., L. S. Leu, T. Y. Chuang, and C. W. Kao. 1996. Development of a technique for forecasting of mango fruit anthracnose. *Plant Prot. Bull.* 38:376–377. (abstract in Chinese)
- Ann, P. J., L. S. Leu, T. Y. Chuang, and C. W. Kao. 1998. Effect of fruit bagging and mulching on control of mango fruit anthracnose disease. *Plant Pathol. Bull.* 7:19–26. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.199803_7(1).0003
- Ann, P. J., J. N. Tsai, H. F. Ni, and H. R. Yang. 2013. Current status on occurrence and management of major diseases of mango in Taiwan. *Plant Pathol. Bull.* 22:67–92. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.201306_22(2).0001

- Baker, R. E. D., S. H. Crowdy, and R. K. Mckee. 1940. A review of latent infection caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and allied fungi. *Trop. Agric.* 17:128–132.
- Cerkauskas, R. F., O. D. Dhingra, and J. B. Sinclair. 1983. Effect of three desiccant-type herbicides on fruiting structures of *Colletotrichum truncatum* and *Phomopsis* spp. on soybean stems. *Plant Dis.* 67:620–622. doi:10.1094/PD-67-620
- Cerkauskas, R. F. and J. B. Sinclair. 1980. Use of paraquat to aid the detection of fungi in soybean tissues. *Phytopathology* 70:1036–1038. doi:10.1094/Phyto-70-1036
- Chuang, T. Y. and P. J. Ann. 1997. Biological control of mango anthracnose. *Plant Prot. Bull.* 39:227–240. (in Chinese with English abstract)
- Conway, W. S., C. E. Sams, J. A. Abbott, and B. D. Bruton. 1991. Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broad-spectrum protection against postharvest pathogens. *Plant Dis.* 75:620–622. doi:10.1094/PD-75-0620
- Cook, A. A. 1975. *Diseases of Tropical and Subtropical Fruits and Nuts*. Hafner Press. New York, NY. 231 pp.
- El-Kazzaz, M. K., N. F. Sommer, and A. A. Kader. 1983. Ethylene effects on *in vitro* and *in vivo* growth of certain postharvest fruit-infecting fungi. *Phytopathology* 73:998–1001. doi:10.1094/Phyto-73-998
- Fei, W. C. and Y. C. Wang. (eds.) 2007. *Plant Protection Manual (Fruits)*. Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute. Taichung, Taiwan. 297 pp. (in Chinese)
- Hartman, G. L., J. B. Manandhar, and J. B. Sinclair. 1986. Incidence of *Colletotrichum* spp. on soybean leaves were collected in soybeans and weeds in Illinois and pathogenicity of *Colletotrichum truncatum*. *Plant Dis.* 70:780–782. doi:10.1094/PD-70-780
- Leu, L. S., Z. Y. Chuang, P. J. Ann, H. L. Yang, S. C. Yang, and C. W. Kao. 1996. Control of mango anthracnose without fungicides. *Plant Prot. Bull.* 38:377. (abstract in Chinese)
- Leu, L. S., H. C. Young, G. T. Chien, and H. E. Tzeng. 1988. Screening of resistant varieties to mango anthracnose. *Plant Prot. Bull.* 30:337–348. (in Chinese with English abstract)
- Liao, C. H. 1975. Mango disease in Taiwan: Fruit stem-end rot. *Scientific Agric.* 23:415–416. (in Chinese)
- Parris, G. K. and W. W. Jones. 1941. The use of methyl bromide as a means of detecting latent infections by *Colletotrichum* spp. *Phytopathology* 31:570–571.
- Simmonds, J. H. 1941. Latent infection in tropical fruits discussed in relation to the part played by species of *Gloesporium* and *Colletotrichum*. *Proc. R. Soc. Queensl.* 52:92–120.
- Simmonds, J. H. 1963. Studies in the latent phase of *Colletotrichum* species causing ripe rots of tropical fruits. *Queensland J. Agric. Anim. Sci.* 20:373–424.
- Uddin, M. N., S. H. T. Shefat, M. Afroz, and N. J. Moon. 2018. Management of anthracnose disease of mango caused by *Colletotrichum gloeosporioides*: A review. *ACTA Scientific Agric.* 2(10):169–177.
- Verhoeff, K. 1974. Latent infection by fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 12:99–110. doi:10.1146/annurev.py.12.090174.000531

Development of a Technique for Forecasting (or Pre-Detection) Anthracnose Disease Incidences of Green Mature Bagging Mango Fruits

Tsai-Young Chuang¹, Lii-Sin Leu², Chin-Wen Kao³, Hong-Ren Yang⁴, Jyh-Nong Tsai^{5,*},
Hsiu-Chu Yang², and Pao-Jen Ann^{6,*}

Abstract

Chuang, T. Y., L. S. Leu, C. W. Kao, H. R. Yang, J. N. Tsai, H. C. Yang, and P. J. Ann. 2024. Development of a technique for forecasting (or pre-detection) anthracnose disease incidences of green mature bagging mango fruits. *J. Taiwan Agric. Res.* 73(2):101–111.

Symptoms of anthracnose disease gradually appeared on fruits, when green mature ‘Irwin’ mango was sprayed with 39.5% 2-chloro-ethylphosphonic acid (Ethepon) solution (3,000×), or dipped in the same solution for 5 min, covered with paper, and kept at 30°C for 3–5 d. By the mean of Ethepon treatment, the average disease incidences of ripened mango fruits in the same orchards could be predicted. The method was also useful for the prediction of the incidence of stem end rot of mangoes. However, the peel of young mango fruits harvested during expanding stages was not able to turn red after treatment with Ethepon solution. Meanwhile, none of the postharvest disease spots appeared on treated green mango fruits. Stimulation of Ethepon for changing the color of fruits only if mango fruits were about 30–45 d before fully mature. A procedure for the prediction of postharvest mango diseases was developed as follows. Twenty to twenty-five green mature fruits were taken from each candidate orchard, and numbers of diseased and healthy fruits were read on the 9th and 12th day after ripening with Ethepon solution treatment, respectively. Fruits from candidate orchards, with predicted disease incidences of anthracnose < 20% as well as stem end rot < 10%, were acceptable for export.

Key words: Mango anthracnose, Latent infection, Forecasting (pre-detecting) inoculation, Non-pesticide disease control.

Received: November 14, 2023; Accepted: January 19, 2024.

* Corresponding authors, e-mail: tsaijn@tari.gov.tw, pjann@tari.gov.tw, pjann5039@gmail.com

¹ Former Professor, Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

² Former Research Fellows, Agricultural Chemicals Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

³ Former Director General, Agricultural Chemicals Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

⁴ Former Research Fellow and Director, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

⁵ Research Fellow and Division Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

⁶ Former Research Fellow and Division Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

