

採收後 (post-harvest) 病害之藥劑試驗流程簡介

戴肇鋒^{1*}、鄭惠元¹、徐慈鴻¹

摘要

戴肇鋒、鄭惠元、徐慈鴻。2025。採收後 (post-harvest) 病害之藥劑試驗流程簡介。臺灣農藥科學 19 : 97-114。

採收後病害 (post-harvest disease) 係指作物於採收後經由清洗、冷藏、儲存、分級與運輸等流程中所遭受之病原侵染，嚴重影響農產品之儲藏壽命與外銷品質。臺灣目前僅針對柑桔類貯藏性病害訂有正式登記可用於採後處理的化學藥劑，核准使用有效成分包含克熱淨 (iminoctadine triacetate) 與腐絕 (thiabendazole)。本文彙整 33 種已發表的臺灣採收後病害病原菌，並以國際食品法典委員會 (Codex Alimentarius Commission, Codex) 標準及臺灣進口容許量 (import tolerance) 申請案件為基礎，探討常用於採收後處理的殺菌劑種類與對應作物，結果顯示，護汰寧 (fludioxonil)、普克利 (propiconazole) 與腐絕等藥劑為 Codex 訂定採後農藥殘留容許量 (maximum residual limits, MRLs) 最多者，亦為我國進口容許量申請中常見之有效成分。本文亦介紹歐洲和地中海植物保護組織 (European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO) 針對採後藥效評估之試驗準則，並以鳳梨果梗發黴之防治試驗為實例，說明國內執行採後處理藥劑試驗時應考量之試驗設計、作業模擬、環境條件與數據評估流程。期望本文能作為未來臺灣發展採後綜合病害管理策略與殺菌劑應用評估機制之參考，提升農產品儲運品質與出口競爭力。

關鍵詞：採收後病害、殺菌劑、農藥殘留容許量、進口容許量、藥效試驗

接受日期：2025 年 9 月 1 日

* 通訊作者。E-mail: cenhz@acri.gov.tw

¹ 臺中市 農業部農業藥物試驗所

前言

植物病原菌對農作物生長及品質的影響可自栽種期延續至採收後階段，涵蓋整個生產與供應鏈過程，此風險可大致分為兩個主要時期：生長期病害與採收後病害 (post-harvest diseases)。採收後病害係指農產品在採收後進行清洗、儲藏、分級與運輸等處理流程中所發生的病害⁽⁸⁾。由於不同作物的食用部位與貯運特性不同，採收後病害常可視為田間病害的延續，如塊根與塊莖類的腐敗，或果品之果實病害等。作物在採收後的生理變化研究多聚焦於呼吸作用及乙烯生成速率、後熟過程、果實品質變異、影響採收品質之因子、採後生理障礙及病害發生等方面，顯示農產品品質與病害發展常受到生物與非生物因子間複雜相互作用所影響。

根據 Hodges 等人 (2011) 估算，採收後病害造成的損失可占總收益約 10-50%，在開發中國家尤為明顯，對糧食安全及經濟穩定構成潛在威脅⁽²⁵⁾。化學藥劑為當前最常用且具速效性的病害防治手段之一，然而臺灣目前對於採後化學藥劑的使用，僅限於柑桔類貯藏性病害，核准有效成分包含克熱淨 (iminoctadine triacetate) 與腐絕 (thiabendazole)⁽²⁾。

在國際上，各國對於採收後處理藥劑的使用策略與管理規範雖多以延長產品貯藏壽命與維持產品品質為目標，但仍會因農產品類型與用藥需求而有所差異，也使各國可能訂定不同之農藥殘留容許量

(maximum residue limits, MRLs)。為確保進口農產品符合當地法規，出口國通常需依其核准之使用標籤與數據，向進口國提出進口容許量 (import tolerance) 申請；並以進口國之法規要求決定是否需於消費端揭露採收後用藥資訊。

本文將簡要回顧臺灣已發表之採收後病害與病原菌資料，並分析國際食品法典委員會 (Codex Alimentarius Commission, Codex) 訂定之採收後用途殺菌劑與作物之 MRLs，對照國外向我國提出之進口容許量申請資料，探討其藥劑類型與作物分布。本文亦介紹歐洲植物保護組織 (European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO) 所建議之採收後處理藥效試驗準則，再以臺灣鳳梨果梗發黴試驗為案例，說明實務上之試驗設計流程與應注意事項，期能提供產官學界未來推動採收後病害藥劑管理策略與試驗的參考依據。

臺灣的採收後病害簡介

根據文獻調查，臺灣農作物於採收後所發生之病害主要集中於水果類與根莖菜類作物。由於病徵表現常受到病原菌種、寄主作物或感染部位影響，即使為相同病原菌，所對應之中文病名可能不同；反之，不同病原菌亦可能具有名稱相同之病害。為釐清病害分布與分類，本研究彙整公開文獻記載，共列出 33 種採收後病原菌及其相關病害 (表一)。

表一、臺灣農產品採收後病害相關病原菌及其病害彙整

Table 1. Post-harvest pathogens and diseases caused in Taiwan

Pathogen genus	Disease common name	Crop	Reference
<i>Zgomycete</i> 接合菌			
<i>Gilbertella</i>	wet rot 濕腐	pitaya	5
<i>Rhizopus</i>	soft rot 軟腐	sweet potato	7
<i>Acomycete</i> 子囊菌			
<i>Alternaria</i>	black rot 黑腐	carrot	16
<i>Botryodiplodia</i>	black rot 黑腐	banana	13
	stem-end rot 蒂腐	papaya	1
<i>Botryosphaeria</i> (or <i>Diplodia</i>)	black rot 黑腐	citrus	15
	fruit rot 果腐	sugar apple	19
<i>Botrytis</i>	grey mold 灰黴	pear, strawberry	9 ; 14 ; 18
<i>Ceratocystis</i>	black rot 黑腐	pineapple	4
	crown rot 軸腐	banana	13
	black spot 黑斑	sweet potato	7
<i>Colletotrichum</i>	anthracnose 炭疽	citrus, banana, papaya, mango	1 ; 3 ; 13 ; 15
<i>Fusarium</i>	fruit rot 果腐	citrus, banana	15
	fruitlet core rot 小果腐敗	pineapple	4
	dry rot 乾腐	potato	10
<i>Lasiodiplodia</i>	black rot 黑腐	sweet potato	7
	stem-end rot 蒂腐	mango	3
<i>Monilinia</i>	brown rot 褐腐	pear	14 ; 18
<i>Penicillium</i>	green mold 綠黴、blue mold 青黴	citrus, pear	14 ; 15 ; 18
	fruitlet core rot 小果腐敗	pineapple	4
<i>Pestalotiopsis</i>	scab 瘡痂	guava	20
<i>Phomopsis</i>	brown rot 褐腐	citrus	15
<i>Phyllosticta</i>	black spot 黑星	guava	20
<i>Sclerotinia</i>	Sclerotinia rot 菌核	carrot	16
<i>Oomycete</i> 卵菌			
<i>Phytophthora</i>	heart rot 心腐	pineapple	4
	Phytophthora fruit rot 果疫	mango	3
Bacteria 細菌			
<i>Pantoea</i> (=Erwinia)	fruitlet brown rot 花樟	pineapple	4

此類病原菌以子囊菌 (ascomycetes) 為主，常見者包括炭疽病菌 (*Colletotrichum* spp.)，可導致柑桔、香蕉、木瓜及檬果等作物之果實產生炭疽病 (anthracnose) (1, 3, 13, 15)；*Ceratocystis* spp. 與多種採收後病害相關，可引起鳳梨黑腐 (black rot) (4)、香蕉軸腐 (crown rot) (13) 及甘藷黑斑 (black rot) (7)；而 *Fusarium* spp. 可造成柑桔與香蕉果腐 (fruit rot) (15)、鳳梨小果腐敗 (fruitlet core rot) (4) 及馬鈴薯乾腐 (dry rot) (10) 等。其他具潛在採收後病害風險的病原菌尚包括 *Alternaria*、

Botryodiplodia、*Botryosphaeria*、*Botrytis*、*Lasiodiplodia*、*Monilinia*、*Penicillium*、*Pestalotiopsis*、*Phomopsis*、*Sclerotinia* 等 (1, 3, 4, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20)。

除子囊菌外，另有少數與採收後病害相關之結合菌 (zygomycetes)、卵菌 (oomycetes) 及細菌 (bacteria) 之紀錄^(3, 4, 5, 7)。此外，在貯藏或運輸過程中，環境中多種腐生菌亦可能導致複合感染，進而影響農產品的保鮮品質與儲藏壽命。

國際常用作為採後處理之殺菌劑：基於 Codex 標準與進口容許量申請案探討

根據 Codex 公開資料⁽²³⁾，目前共計有 253 種農藥之 MRLs，涵蓋超過 6,000 項標準，其中，標註為採收後處理用途者共 143 項，涉及 35 種有效成分，包含殺菌劑 64 項 (18 種有效成分)、殺蟲劑 76 項 (14 種有效成分)、生長調節劑或除草劑 3 項 (3 種有效成分) (圖一 A)。以藥劑種類而言，殺菌劑為採後處理中應用最廣的藥劑；若不考慮訂定於加工品的 MRLs，殺菌劑相關 MRLs 為 59 項，相較於殺蟲劑之 33 項仍為項目最多的藥劑類別。

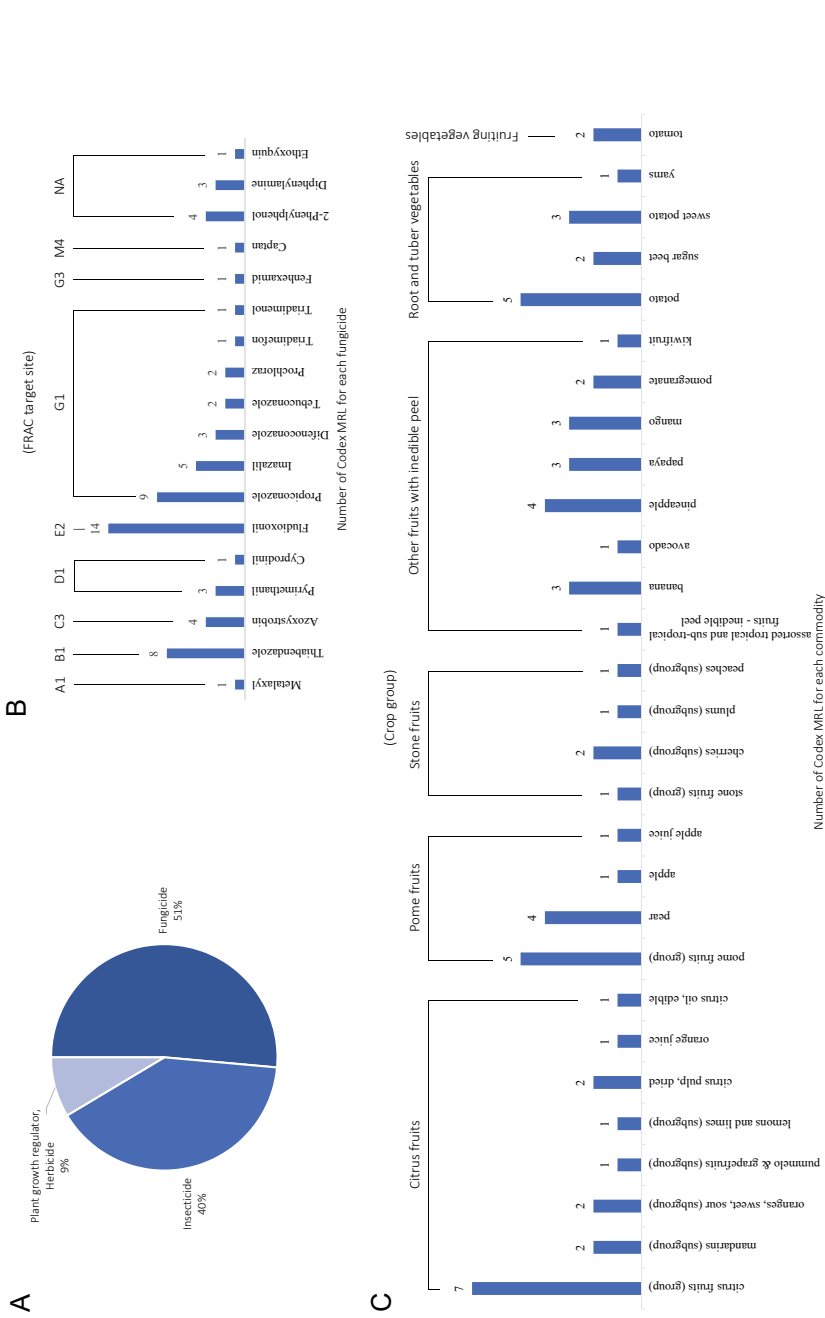
施用於採收後的殺菌劑中，護汰寧 (fludioxonil) 為 Codex 訂定標準最多者 (14 項)，其次為普克利 (propiconazole) 9 項、腐絕 8 項、依滅列 (imazalil) 5 項、亞

托敏 (azoxystrobin) 4 項、2-phenylphenol 4 項、待克利 (difenoconazole) 3 項、派美尼 (pyrimethanil) 3 項、diphenylamine 3 項、得克利 (tebuconazole) 2 項、撲克拉 (prochloraz) 2 項，其餘藥劑僅訂定 1 項標準 (圖一 B)。值得注意的是，臺灣僅腐絕具核准「採後處理」用途，其餘皆未登記於此用途，顯示我國在登記體系與實際產業需求間，尚有接軌與拓展空間。

作物方面，Codex 所訂之採後殺菌劑 MRLs 多集中於易受病害影響之水果類與根莖菜類，尤以柑桔類、梨果類、核果類 (stone fruits)、皮不可食水果及塊莖類 (如馬鈴薯) 最為常見 (圖一 C)。這類作物可能受到貯運期長、呼吸速率高、果皮較薄等特性，使其更易成為採後病害防治藥劑管理對象。

依據臺灣食品藥物管理署 (Taiwan Food and Drug Administration, TFDA) 相關規定，為確保進口農產品符合我國食品衛生標準，出口國可依其核准之藥劑標籤與試驗資料向我國提出進口容許量申請，據統計目前累計申請案逾 2,000 件¹，其中明列為採後處理用途者計 96 件，涵蓋 21 種有效成分，以殺菌劑最多，計有 55 件 (12 種有效成分) (圖二 A)。申請藥劑仍以護汰寧最多，共 17 件，其次為派美尼 13 件、普克利 8 件、亞托敏 6 件、待克利 3 件、依滅列 2 件，其他藥劑則各為 1 件 (圖二 B)。整體而言，申請藥劑種類與 Codex 所

¹ 僅以有申請紀錄統計，此統計資料並非通過案件。



圖一、Codex MRLs 標註為採收後處理之藥劑類別、殺菌劑種類及作物統計。(A) 各農藥類型之 MRLs 數；(B) 各殺菌劑種類之 MRLs 數；(C) 訂定之作物品項及 MRLs 數。

Fig. 1. Overview of post-harvest pesticide MRLs established by Codex, categorized by pesticide type, fungicide active ingredient, and target crop. (A) Number of Codex post-harvest MRLs for each pesticide type; (B) Number of Codex post-harvest MRLs for each fungicide; (C) Number of Codex post-harvest MRLs for each commodity.

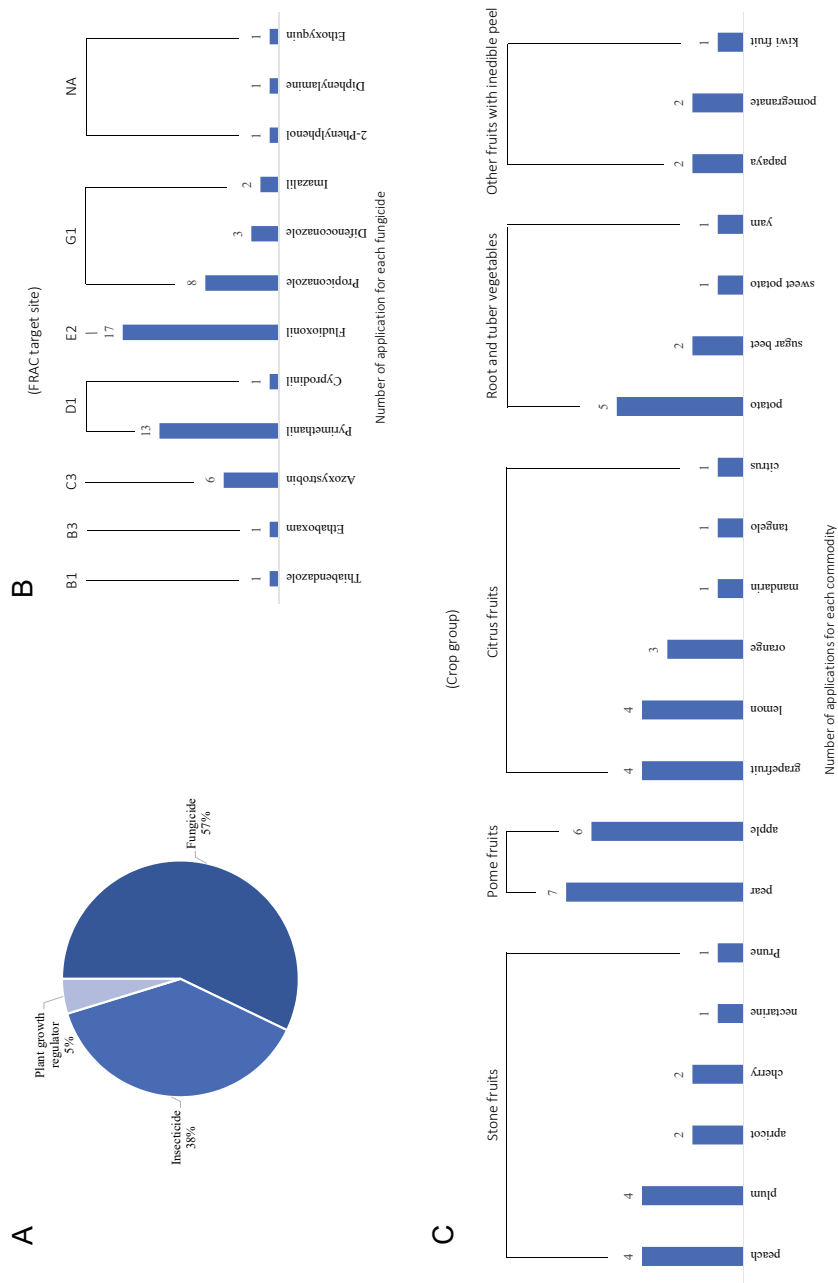


圖 2、進口農產品申請採收後處理容許量之藥劑類別、殺菌劑種類與作物案件數量統計。(A) 各農藥類型之案件數；(B) 各殺菌劑種類之案件數；(C) 各作物之案件數。

Fig. 2. Import tolerance applications for post-harvest use submitted to Taiwan, categorized by pesticide type, fungicide ingredient, and associated commodities. (A) Number of applications for each pesticide type; (B) Number of applications for each fungicide; (C) Number of applications for each crop.

訂之採收後殺菌劑高度相似，顯示國際常用藥劑與國內輸入農產品所使用的藥劑有明顯關聯性。

進口容許量申請之作物分布亦以水果類與根莖類為主 (圖二 C)，在來源國分布方面，美國為進口採後處理殺菌劑申請件數最多者 (49 件，占比 84%)，其中 3 件同時附有英國使用標籤，澳洲與墨西哥則分別有 4 件與 2 件申請。美國長年為我國最大農業貿易夥伴，依據農業貿易統計 (17)，2020 至 2024 年間，美國進口農產品約占總進口農產品值約 20-23%；澳洲與英國亦為臺灣十大進口來源國之一；而日本雖為主要進口國，但鮮少提出採後處理藥劑之 MRL 申請，顯示輸送距離可能為影響採後處理需求的關鍵因素。對出口國而言，農產品若需長途冷鏈運輸，維持品質與防止病害的需求相對提升，進而增加採後藥劑之使用與申請頻率，也反映採後藥劑在國際農產品冷鏈及品質維持的重要性。

此外，藥劑的分類與抗藥性管理中，作用機制為重要依據，根據殺菌劑抗藥性行動委員會 (Fungicide Resistance Action Committee, FRAC) 之作用機制分類系統，本文彙整之採後殺菌劑涵蓋 10 種作用機制群組，其中以固醇生合成抑制劑 (G 類) 為主，包含普克利、待克利及依滅列等常見藥劑 (表二)。護汰寧則為唯一歸類於訊號傳導抑制劑 (E2 類) 之藥劑，惟其不僅為 Codex 中採收後 MRLs 最多者，同時也是我國進口容許量申請中最常

見之有效成分，顯示其於採後防治病害之應用性。值得注意的是，多數藥劑已在臺灣核准用於田間病害防治，對於採收後常見病原菌可能具有潛在防治效益，可併同考量作用機制分類篩選出具明確作用機制與單一作用位點的藥劑，作為我國採後病害防治的候選藥劑。

EPPO 有關採收後處理之試驗準則

依據 EPPO 所發布的藥劑試驗指引，目前針對採收後處理之藥劑試驗共訂有三個試驗準則，其分別為柑桔 (PP 1/105(2)) 與馬鈴薯 (PP1/66(2)) 採後病害防治藥劑的試驗準則^(30, 31)，以及核果類 (stone fruit) 作物採收前預處理的準則 (PP1/222(1))⁽³²⁾ (圖三)。

一、試驗條件

1. 作物與病原選擇：

應明確說明試驗作物的物種及品種 (cultivar)，建議選用對採後病害具感性、而對栽培期間病蟲害具抗性的品種，如抗晚疫病 (*Phytophthora infestans*) 之馬鈴薯。試驗病原菌 (test organisms) 可為單一特定種或可依作物特性指定病原範圍，如任何造成馬鈴薯腐敗之病原真菌 (any fungi rotting potatoes, especially *Species A*, *Species B*, etc)。

表二、採收後處理殺菌劑之作用機制與臺灣主要防治病害

Table 2. Mode of action of post-harvest fungicides and main diseases controlled in Taiwan

Target site	Fungicide	Target pathogens in Taiwan
A1	Metalaxyl-M	oomycetes
B1	Thiabendazole	ascomycetes
B3	Ethaboxam	- ¹⁾
C3	Azoxystrobin	oomycetes, ascomycetes, basidiomycetes
D1	Cyprodinil	ascomycetes
	Pyrimethanil	
E2	Fludioxonil	ascomycetes
G1	Difenoconazole	ascomycetes, basidiomycetes
	Imazalil	
	Propiconazole	
	Tebuconazole	
	Prochloraz	
	Triadimefon	
	Triadimenol	
G3	Fenhexamid	-
M4	Captan	oomycetes (pineapple), ascomycetes (sugarcane)
NA ²⁾	2-Phenylphenol	-
	Diphenylamine	
	Ethoxyquin	

¹⁾ Not approved in Taiwan.

²⁾ Most are food preservatives.

1. Experimental conditions	2. Application of treatment	3. Mode of assessment, recording measurement	4. Results
<ul style="list-style-type: none"> • Test organisms, selection of crop and cultivar • Trial conditions • Storage conditions • Design and layout of the trial 	<ul style="list-style-type: none"> • Test products • Reference product • Mode of application 	<ul style="list-style-type: none"> • Meteorological and edaphic data • Type, time and frequency of assessment • Direct effects on the crop • Effects on non-target organisms 	

圖三、EPPO 指引中採收後處理試驗要件。

Fig. 3. Requirements for post-harvest processing trials according to EPPO guidelines.

2. 栽培與採收管理：

作物應種植於單一田區，確保生育條件一致，並優先以機械化採收減少人為誤差。採收後應依業界實務程序進行前處理作業，並移除不良之個體。如柑桔需經由乾刷、水洗、上蠟等處理，馬鈴薯需清除塊莖表面之土壤等。

3. 試驗規模與設計：

每一試驗重複（即類似田間試驗之小區）應具足夠樣本數以利統計分析，並考量儲存環境可能影響的發病程度調整樣本數量，如柑桔在常溫環境試驗時每重複為1,000粒，在冷鏈條件為每重複2,000粒。另可依接種條件調整每重複樣本數，如馬鈴薯在自然發病條件下每重複須50公斤，若以人工接種進行試驗則可縮減為100粒。

二、藥劑處理

1. 參考藥劑設置：若有適當之參考藥劑，應列入處理組，以利對照比較防治效果。
2. 施藥方法：施藥方法應符合產業常用操作，實務常用技術如浸漬 (dipping)、泡沫 (use of foam)、單獨噴灑或搭配蠟劑噴灑 (sprinkling alone or with wax) 等。若藥劑需配合產線設備施用，試驗中應予以模擬並納入考量，並建議評估不同劑量間之藥效差異。
3. 施藥濃度與處理：無論是採前或採後處理，均須確保藥劑噴施均勻。採收前

處理可參考一般田間試驗施藥流程。採後處理則應於進入儲藏前須先行乾燥樣品，並標記施藥濃度 (%) 及施藥量 ($L t^{-1}$)。

三、評估與紀錄項目

1. 儲藏條件紀錄：應詳實記載儲藏設備之溫溼度資料，並考量不同作物的最適儲存條件設計。
2. 評估時程與指標：調查的時期應依照商業儲存期設定，如預計儲藏四個月即應於四個月結束時調查。評估方式可為罹病率或小區失重率等。若有嚴重腐敗樣本可於中期移除，並針對發病樣品進行病原菌種鑑定。
3. 其他觀察：除評估藥效外，亦應記錄藥害或對非目標性狀的影響，如果品色澤、風味等感官品質變化。

四、調查結果

應以系統性分析評估結論，並附上原始數據與所採統計方法，以確保評估之科學性。

國內藥劑試驗執行實務－以鳳梨果梗發黴之採後處理為例

一、產業作業流程與試驗設計前觀察

在規劃採收後處理藥劑試驗設計前，除參考國外試驗規範與標準外，更應實地瞭解國內產業實際作業流程，以掌握作物從採收、產線處理、倉儲至物流階段之關鍵設備與操作方式，如風乾設施、施藥設備、包裝流程等，以利後續試驗模擬現場操作條件。

與國外常見以蠟劑混合藥劑進行鳳梨淋洗處理的方式不同，國內業者多採用噴頭或噴瓶施用次氯酸水。若產品除供應國內外，亦有外銷需求，試驗前應查明各潛在出口國是否已訂定目標藥劑之殘留容許量，以及是否有特定檢疫條件規定（如去除冠芽、燻蒸處理等），作為調整試驗設計內容的依據。

二、試驗設計與處理流程模擬

試驗前應維持採收設備、試驗場域及儲放空間等操作環境之清潔，以降低潛在微生物干擾。針對預計使用的藥劑，需先

了解其基本藥理特性，包括殘效期、保護或治療劑、作用機制、是否具系統性與穿透性、是否需搭配其他非化學藥劑處理等。若所用藥劑尚未於臺灣核准使用，應事前依規定申請試驗許可。

作物來源應盡量避免機械性損傷，並依產業實際的作業方式預先處理，施藥流程應融入產線處理節點中進行試驗；若受限於場域條件，亦可於實驗室場地模擬操作，如使用手持式噴霧器模擬噴嘴、以吹風機或風扇模擬風乾設備等（圖四）。

藥劑處理後，應待作物乾燥再進入不同貯藏條件模擬區。依銷售對象（內銷或外銷）模擬不同倉儲條件之生長箱，包括光照條件、溫溼度等。處理組樣本配置應參考田間試驗設計原則，將不同重複（箱或袋）依完全隨機設計（Completely randomized design, CRD）或逢機完全區集設計（Randomized Complete Block Design, RCBD）等方式排列，以降低試驗環境中風扇氣流或出入口位置等干擾。



圖四、模擬產線施藥與乾燥操作之設備。(A) 持續出水之噴頭管線 (B) 藥液浸泡籃 (C) 風乾設備。

Fig. 4. Equipment simulating a production line. (A) Nozzle pipeline with continuous water flow; (B) Immersed spray basket; (C) Drying equipment.

三、試驗觀察指標與數據分析

若試驗設計對應特定目標市場，應依據實際物流與通關流程設計儲藏與調查時程。例如臺灣鳳梨外銷至日本，處理後須於 13°C 儲藏以減少生理障礙或紙箱回潮等⁽¹¹⁾，出櫃至日本海關期程約 7 日，上架販售則可模擬 22°C 室溫條件。建議在溫度轉換日與預期上架時間點進行調查。

評估指標包含罹病率與罹病度等，罹病度可依產業或消費者可接受標準分級，如鳳梨果梗發黴面積的比例分級。在試驗期間亦應記錄病徵的種類，分離或鑑定病原菌種，以確認是否為國內常見病原菌(戴等，資料未發表)。

統計分析可採用單因子變異數分析 (Analysis of variance, ANOVA) 與最小顯著差異法 (Least Significant Difference, LSD)，以判斷不同處理組與對照組是否有顯著的藥效，並計算防治率。另可納入病害發展趨勢輔助分析，如不同罹病度的樣本數，各處理組別對病害的減緩現象，進而依據消費者的接受程度推算可販售率，評估不同處理對產品品質維持之效果(表三)。

討論

採收後病害對農產品影響甚鉅，如何有效降低病原汙染風險為採收後處理與貿易物流中關鍵的技術。目前採收後病害防治策略可大致分為三大類：微生物防治，

物理性防治的加強控管，以及化學殺菌劑用藥。

在微生物防治方面，酵母菌 (yeast) 為目前研究與應用最多之生物製劑產品，Wisniewski 等人 (1995) 指出，假絲酵母菌 (*Candida oleophila*) 可防治蘋果灰黴病⁽³⁷⁾，並發展為商品化產品 Aspire，可應用於柑桔儲藏性病害，防治的病原種類有 *Pe. digitatum*、*Pe. italicum*、*Geotrichum candidum* 等⁽²²⁾。其他具潛力之酵母菌包括 *Papiliotrema aspenensis* 防治芒果炭疽病菌 (*C. gloeosporioides*)⁽²⁷⁾、*Ca. tropicalis* 防治香蕉炭疽菌 (*Co. musae*)⁽⁴⁰⁾、*Wickerhamomyces anomalus* 防治草莓灰黴菌 (*B. cinerea*)⁽³³⁾、*Metschniaozyma anadaiensis* 防治柑桔青黴菌 (*Pe. expansum*)⁽²⁹⁾、*Vishniaozyma victoriae* 防治梨灰黴菌⁽²⁸⁾ 等，這些菌株於 *in vitro* 或 *in vivo* 試驗中皆有達到 80% 以上之防治率。在臺灣，羅等人 (2018) 篩選出 6 株具潛力抑制番石榴瘡痂病菌 (*Pestalotiopsis psidii*) 之酵母菌，其中三株鑑定為黑酵母菌 (*Aureobasidium pullulans*)，於番石榴果實上的防治率為 56-71%⁽²¹⁾。惟需注意，多數微生物製劑的防治對象較具專一性，且面對多病原組成之採後病害時應用效果有限，為實務推廣之主要限制因素。

物理性防治措施包含熱處理、冷鏈技術、紫外光照射等，亦為常見之非化學採後處理方式。舉例來說，紅龍果以 55°C 蒸熱或熱水處理 60 分鐘可大幅降低

表三、採收後處理藥效試驗之數據呈現範例¹⁾Table 3. Example of data presentation for post-harvest treatment efficacy trial¹⁾

DAT ²⁾	Treatment	Diseased area (%)	Disease index ³⁾				Proportion available for sale ⁴⁾ (%)
			0	1	2	3	
7	A	0.3±0.3c	17	1	0	0	100.0
	B	0.0±0.0c	18	0	0	0	100.0
	C	1.7±0.5b	15	3	0	0	100.0
	D	4.4±0.6a	15	3	0	0	100.0
11	A	1.4±0.3bc	14	4	0	0	100.0
	B	0.8±0.0c	14	4	0	0	100.0
	C	3.3±1.3b	10	8	0	0	100.0
	D	10.3±0.6a	2	14	2	0	88.9
15	A	8.1±2.7c	7	10	0	1	94.4
	B	16.3±2.8b	4	8	3	2	70.6
	C	10.0±1.7bc	4	13	1	0	94.4
	D	47.2±1.0a	0	2	8	8	11.1
20	A	23.9±9.1c	4	9	2	3	72.2
	B	45.9±4.0b	0	8	1	8	47.1
	C	50.8±2.2b	0	5	3	10	27.8
	D	86.1±3.1a	0	0	1	17	0.0

¹⁾ Reference: Tai et al. (unpublished).

²⁾ DAT = day after treatment.

³⁾ Disease degree: 0= peduncle was not moldy; 1= moldy area of the peduncle was between 1-24%; 2= moldy area of the peduncle was between 25-49%; 3= moldy area of the peduncle was over 50%.

⁴⁾ Percentage of fruits that included degree 0 and 1.

Aspergillus flavus 和 *Gilbertella persicaria* 等病原菌影響且同時不造成熱損傷，而合併氯化鈣處理效果更佳⁽¹²⁾；柑桔在青黴與綠黴菌的防治策略上，以 45°C 至 53°C 間的熱水進行不同時間的處理可使真菌孢子發芽達到抑制效果^(24, 35)，且柑桔表面的二次代謝物含量有上升趨勢，促進果實對抗上述真菌產生活性氧分子等防禦機制^(36, 39)；另以 30°C、相對溼度大於 90 的環境進行熱空氣處理 2 至 3 日，亦可阻止病

害的發生，以熱處理的果實應注意時間以避免讓熱傷害的發生⁽³⁴⁾；UV 光照射的研究中，中波紫外線 (UV-B) 相較於短波紫外線 (UV-C) 對於果實表面的傷害較低⁽²⁶⁾，在以大於 30 kJ m⁻² 的能量單位照射時可有效的防治兩種病原菌的發生⁽³⁸⁾。儘管物理性防治技術有效，但設備投資成本較高與操作時間較長，在生鮮要求高物流效率的外銷場域中，執行上較不受業界青睞。

化學殺菌劑由於具有速效與穩定的特性，雖常被視為採後防治中的最後選項，但若能兼顧食品安全與農產品品質，仍可作為採後綜合管理的重要的一環。以臺灣紅龍果為例，林等人 (2021) 在結果後使用非化學資材肉桂精油或化學藥劑亞托敏進行處理，配合適當時機之套袋與次氯酸水處理，在模擬儲運條件下可顯著降低果實耗損率 20% 以上⁽⁶⁾。

除藥劑處理與物流冷鏈條件外，農產品的外銷亦應注意出口國的藥劑規範與產品法規。根據農業部農業統計資料查詢系統，2024 年我國蔬果主要出口國包含日本、香港、韓國、新加坡 (表四)⁽¹⁷⁾。在擬定試驗設計前，應可查明各國對該農產品用藥之容許量標準、資訊揭露義務與檢疫限制，並於試驗紀錄中明確註記儲藏條

件與評估指標如粒數、重量、罹病率或罹病度等。綜合而言，護汰寧、普克利及腐絕等藥劑不僅為 Codex 訂定採收後 MRLs 項目最多的殺菌劑，亦為我國受理進口容許量申請最常見的有效成分，顯示這些藥劑於國際農產品採後病害防治具實用性。此外，於 Codex 訂定較多採後處理 MRLs 之熱帶水果中為鳳梨、香蕉、芒果及木瓜，其中鳳梨更為少數訂有多達 4 項採後處理 MRLs 之熱帶水果。鑑於鳳梨為我國重要外銷作物，特別是在對日與對韓出口市場，其果實成熟後易受到黑腐病或小果腐敗等採後病害影響品質，若能參照國際既有藥劑管理架構，並透過國內試驗數據支持藥劑登記，將有助於強化臺灣在鳳梨冷鏈運銷體系之病害管理能力，進而提升產品品質與外銷市場競爭力。

表四、2024 年臺灣生鮮蔬果出口地與出口量¹⁾

Table 4. Export destinations and export volume of fresh Taiwanese fruits and vegetables in 2024¹⁾

Crops	Ranking of export place (Volume (mt))				
	1	2	3	4	5
Pineapple	Japan (19,373)	Hong Kong (886)	South Korea (433)	Singapore (164)	Canada (80)
Banana	Japan (1,301)	Hong Kong (21)	South Korea (6)	Others ²⁾ (8)	Palau (<1)
Mango	Hong Kong (839)	South Korea (749)	Japan (660)	Malaysia (46)	Singapore (46)
Citrus	Singapore (909)	Hong Kong (530)	Canada (268)	Brunei (94)	Malaysia (94)
Custard apple	China (7,199)	Hong Kong (181)	Canada (15)	Singapore (11)	Indonesia (8)
Pear	Singapore (15)	Hong Kong (2)	Indonesia (<1)	Palau (<1)	Malaysia (<1)
Carrot	Hong Kong (3,483)	Japan (1387)	Singapore (153)	Others ²⁾ (15)	Palau (2)
Potatoes	Others ²⁾ (31)	Hong Kong (20)	Singapore (13)	United States (10)	United Kingdom (3)

¹⁾ Reference: Ministry of Agriculture 2018.

²⁾ No country groups were listed on the website.

結語

總結本文，未來臺灣在發展採收後病害管理技術時，應依作物特性與目標市場條件整合可行的綜合管理防治策略，建立符合本土需求之藥劑試驗與應用機制。唯有結合科學試驗、產線實務操作與法規要求接軌，方能提升農產品儲藏品質與國際市場競爭力。

致謝

本文章感謝衛生福利部食品藥物管理署同意使用進口容許量申請案件資料作為分析依據，使本文章內容更臻完整，謹致謝忱。

引用文獻

1. 王仁晃。2007。夏季全果房套袋對番木瓜‘臺農二號’果實病害及品質的影響。高雄區農業改良場研究彙報 18：1-14。
2. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。2018。植物保護資訊系統。檢自 <https://otserv2.acri.gov.tw/PPM/> (Jan. 20, 2025)
3. 安寶貞、蔡志濃、倪蕙芳、楊宏仁。2013。臺灣檬果病害之發生現況與其病害管理。植物病理學會刊 22：67-92。
4. 林正忠、蔡叔芬。2001。台灣鳳梨病害防治的回顧及目前防治措施。台灣鳳梨品種改良與病蟲害管理研討會專刊，第 41-58 頁。林俊義、黃子彬、程永雄編。農業試驗所嘉義農業試驗分所編印。嘉義。
5. 林筑蘋、安寶貞、蔡志濃、徐子惠、張捷婷。2014。台灣新紀錄真菌 *Gilbertella persicaria* 引起之紅龍果濕腐病。植物病理學會刊 23：109-124。
6. 林筑蘋、蔡志濃、安寶貞、謝廷芳、徐敏記、林妤姍。2021。紅龍果冷鏈病害整合性管理技術之研發與初步應用。作物有害生物整合性管理技術之研發與應用研討會專刊，第 87-96 頁。鄭櫻慧、林筑蘋、林玫珠、黃巧雯、蔡志濃、謝廷芳編。中華植物保護學會編印。臺中。
7. 吳昭蓉、楊宏仁、林靜宜、黃巧雯、許淑麗、賴素玉、倪蕙芳。2019。甘藷儲藏性病害及病因之研究。台灣農業研究 68：28-39。
8. 吳登楨、陳宇謙。2010。拮抗酵母菌應用於果蔬防病保鮮之研究與應用。苗栗區農業專訊 49：15-17。
9. 吳岱融、謝慶昌。2018。草莓果實採後特性與處理方式。興大園藝 43：1-15。
10. 邱燕欣、王智豐、連珮君、王慧如、蘇士閔、鍾文全。2019。簡介馬鈴薯儲藏性病害-馬鈴薯乾腐病。種苗科技專訊 108：22-25。
11. 官青杉、陳柱中、李柔誼、黃維廷、黃

- 守宏、梁鈺平、唐佳惠、徐武煥、林盈甄、莊凱恩、姚美吉、黃毓斌、李艷琪。2023。鳳梨採收與集貨和包裝集貨場升級改善。臺灣外銷鳳梨產銷技術指引，第 57-71 頁。方怡丹、官青杉、陳昌岑編。農業部農業試驗所印。臺中。
12. 洪瑄吟。2022。熱處理對紅龍果採後病害及品質的影響。國立中興大學園藝學研究所碩士論文。臺中。83 頁。
13. 莊再揚。1984。漫談臺灣香蕉貯運病害。果農合作 441：1-6。
14. 黃秀華。2005。梨主要病害之發生生態及防治。梨栽培管理技術研討會專集，第 305-325 頁。張致盛、張林仁、胡正榮主編。行政院農業委員會臺中區農業改良場印。彰化。
15. 楊秀珠。1997。柑桔及其他水果貯藏病害之調查及防治方法。園產品採後處理與運銷技術研討會專刊，第 38-54 頁。林俊義、蕭吉雄、黃肇家編。行政院農業委員會農業試驗所印。臺中。
16. 楊秀珠、余思葳、黃裕銘。2012。胡蘿蔔之病蟲害發生與管理。合理、安全及有效使用農藥輔導教材-蔬菜 4。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局、行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。臺中。18 頁。
17. 農業部。2025。農業統計資料查詢。檢自 <https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx> (Apr. 1, 2025)
18. 謝慶昌、薛淑滿。2005。梨採收後處理。梨栽培管理技術研討會專集，第 495-500 頁。張致盛、張林仁、胡正榮主編。行政院農業委員會臺中區農業改良場。彰化。
19. 藍天。2021。造成鳳梨釋迦果腐病之 *Diaporthe* spp. 多樣性調查及防治研究。國立臺灣大學植物病理與微生物學研究所碩士論文。臺北。華藝線上圖書館 <https://doi.org/10.6342/NTU202101427>
20. 羅佩昕、王照仁、吳庭嘉。2022。柑橘與番石榴採後病害及防治技術。臺中區農業專訊 117：9-15。
21. 羅佩昕、郭建志、廖君達。2018。酵母菌於番石榴採後病害防治效果評估。臺中區農業改良場研究彙報 141：45-54。
22. Droby, S., Cohen, L., Daus, A., Weiss, B., Horev, B., Chalutz, E., Katz, H., Keren-Tzur, M., and Shachnai, A. 1998. Commercial testing of Aspire: A yeast preparation for the biological control of postharvest decay of citrus. *Biol. Control* 12: 97-101.
23. FAO/WHO. 2025. CODEX alimentarius. International food standards. Retrieved from <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/> (Apr. 20, 2025)
24. García, J. F., Olmo, M., and García, J. M. 2016. Decay incidence and quality of different citrus varieties after postharvest heat treatment at laboratory and industrial

- scale. *Postharvest Biol. Technol.* 118: 96-102.
25. Hodges, R. J., Buzby, J. C., and Bennett, B. 2011. Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: Opportunities to improve resource use. *J. Agric. Sci.* 149: 37-45.
 26. Kaewsuksaeng, S., Urano, Y., Aiamla-or, S., Shigyo, M., and Yamauchi, N. 2011. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll-degrading enzyme activities and postharvest quality in stored lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 61: 124-130.
 27. Konsue, W., Dethoup, T., and Limtong, S. 2020. Biological control of fruit rot and anthracnose of postharvest mango by antagonistic yeasts from economic crops leaves. *Microorganisms* 8: 317.
 28. Lutz, M. C., Lopes, C. A., Sosa, M. C., and Sangorrín, M. P. 2020. Semi-commercial testing of regional yeasts selected from North Patagonia Argentina for the biocontrol of pear postharvest decays. *Biol. Control* 150: 104246.
 29. Manso, T., and Nunes, C. 2011. *Metschnikowia andauensis* as a new biocontrol agent of fruit postharvest diseases. *Postharvest Biol. Technol.* 61: 64-71.
 30. OEPP/EPPO. 1996. PP 1/66 (2) Efficacy evaluation of fungicides: Fungal storage rots of potatoes. *OEPP/EPPO Bull.* 26: 88-90.
 31. OEPP/EPPO. 1996. PP 1/105 (2)- Efficacy evaluation of fungicides: Storage rots of citrus (post-harvest treatments). *OEPP/EPPO Bull.* 26: 129-130.
 32. OEPP/EPPO. 1996. PP 1/222 (1)- Efficacy evaluation of fungicides: Storage diseases of stone fruit (pre-harvest application). *OEPP/EPPO Bull.* 32: 196-198.
 33. Oro, L., Feliziani, E., Ciani, M., Romanazzi, G., and Comitini, F. 2018. Volatile organic compounds from *Wickerhamomyces anomalus*, *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces cerevisiae* inhibit growth of decay causing fungi and control postharvest diseases of strawberries. *Int. J. Food Microbiol.* 265: 18-22.
 34. Palou, L. 2009. Control of citrus postharvest diseases by physical means. *Tree For. Sci. Biotechnol.* 3: 127-142.
 35. Palou, L., Usall, J., Muñoz, J. A., Smilanick, J. L., and Viñas, I. 2002. Hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate for the control of postharvest green and blue molds of clementine mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 24: 93-96.
 36. Perotti, V. E., Moreno, A. S., Trípodi, K., Del Vecchio, H. A., Meier, G., Bello, F., Cocco, M., Vázquez, D., and Podestá, F. E.

2015. Biochemical characterization of the flavedo of heat-treated Valencia orange during postharvest cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 99: 80-87.
37. Wisniewski, M., Droby, S., Chalutz, E., and Eilam, Y. 1995. Effects of Ca^{2+} and Mg^{2+} on *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum in vitro* and on the biocontrol activity of *Candida oleophila*. *Plant Pathol.* 44: 1016-1024.
38. Yamaga, I., Kuniga, T., and Aoki, S. 2016. Effect of ultraviolet-B irradiation on control of postharvest decay and scoparone production in non-inoculated satsuma mandarin fruit. *Trop. Agr. Develop.* 60: 283-285.
39. Yun, Z., Gao, H., Liu, P., Liu, S., Luo, T., Jin, S., Xu, Q., Xu, J., Cheng, Y., and Deng, X. 2013. Comparative proteomic and metabolomic profiling of citrus fruit with enhancement of disease resistance by postharvest heat treatment. *BMC Plant Biol.* 13: 44.
40. Zhimo, V. Y., Bhutia, D. D., and Saha, J. 2016. Biological control of postharvest fruit diseases using antagonistic yeasts in India. *J. Plant Pathol.* 98: 275-283.

Introduction to the Process of Testing Fungicides for post-harvest Diseases

Chao-Feng Tai^{1*}, Hui-Yuan Cheng¹, Tsyr-Horng Shyu¹

Abstract

Tai, C. F., Cheng, H. Y., Shyu, T. H. 2025. Introduction to the process of testing fungicides for post-harvest diseases. *Taiwan Pestic. Sci.* 19: 97-114.

Post-harvest disease refers to infections that occur in crops after harvest and during processes such as cleaning, refrigeration, storage, grading, and transportation. These diseases substantially affect the shelf life and export quality of agricultural products. In Taiwan, the use of post-harvest chemical treatments is currently limited to diseases associated with the storage of citrus fruits, and only two active ingredients—iminotadine triacetate and thiabendazole—are officially approved. This study compiled 33 reported post-harvest pathogen types found in Taiwan and analyzed commonly used post-harvest fungicides and corresponding crops based on Codex Alimentarius Commission (Codex) maximum residue limits (MRLs) and import tolerance applications in Taiwan. Results indicate that fludioxonil, propiconazole, and thiabendazole were the most frequently listed post-harvest fungicides in Codex MRLs and among the most commonly requested active ingredients in import tolerance cases. This article further introduces the relevant test guidelines established by the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) and presents a case study on the post-harvest treatment of pineapple peduncle mold. Practical considerations for the implementation of post-harvest efficacy trials in Taiwan—such as trial design, workflow simulation, environmental conditions, and data evaluation—are also discussed in detail. The article aims to provide a scientific reference for developing integrated post-harvest disease management strategies and fungicide evaluation systems by which to enhance product quality during storage and improve export competitiveness.

Key words: post-harvest diseases, fungicide, maximum residue limits (MRLs), import tolerance, efficacy trial

Accepted: September 1, 2025.

* Corresponding author, E-mail: cenhz@acri.gov.tw

¹ Agricultural Chemicals Research Institute, Ministry of Agriculture, Taichung