

農業新知

技術趨勢 亞洲園產品採後管理

文圖／陳彥樺

一、前言

園產品的採後處理與品質控管，是決定市場價值的關鍵因子之一。筆者於 114 年 11 月 11 日至 13 日赴日本靜岡，參加由國際園藝學會及靜岡大學主辦之「第六屆亞洲園產品採後品質管理研討會 (VI Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems, ASQP2025)」，旨在掌握國際最新研發趨勢，並評估相關技術在臺灣產業的應用潛力。本屆會議共吸引 18 個國家或地區，收錄計 131 篇摘要，在 55 篇口頭報告中，水果與蔬菜研究共占 84%，花卉僅占 7%，顯示觀賞作物的採後研究仍具發展空間。此行筆者口頭發表「玫瑰切花灰黴病害管理」成果，灰黴病發病進程與乙烯生成量具高度相關，並以次氯酸水 ($100\text{-}150\text{mgL}^{-1}$) 之防治效果最為顯著，為切花病害管理提供實用策略。會議期間亦交流「切花採後生理」、「非破壞性檢測」與「智慧化管理系統」等國際採後技術趨勢，並參訪茶葉與柑橘產業，觀摩日本從生產、加工到流通的產業鏈整合模式。期望藉由本次技術與學術交流，評估前沿技術於臺灣花卉產業的適用性，據以強化國內採後研究資源整合，並務實拓展國際學術網絡。

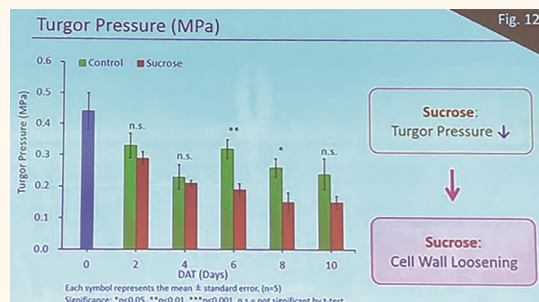
二、國際花卉採後處理研究進展與本場成果發表

本場於研討會發表有關玫瑰切花灰黴病之防治效果。試驗品種為黛安娜

‘Noblesse’ 與萬年紅 ‘Wannianhong’

兩個品種，其乙烯生成量與灰黴病病害嚴重度呈高度正相關 ($R^2=0.92-0.99$)，可作為切花貯運期間灰黴病早期監測參考。抑菌資材篩選方面，以 $100-150\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 次氯酸水 (hypochlorous acid water, HOCl) 處理效果最佳，平均病害指數 (mean disease index, MDI) 僅 0.34，優於二氯異氰尿酸鈉 (sodium dichloroisocyanurate, DICA) 與單純水洗。然而單純水洗也可提供中等程度的保護，其 MDI 為 1.1-2.0，相較未處理對照組的 MDI 1.5-2.7 有所改善，推測是在初期孢子附著階段，水洗移除弱附著的孢子而達到防護效果。

此外，大會於花卉採後領域亦發表多項研究進展，主要聚焦品質提升與衰老機制調控。例如使用外源物質提升品質， $60\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 蔗糖處理可提高洋桔梗花瓣細胞之水分潛勢，延長瓶插壽命達三倍。泰國研究利用 10^{-3}M brassinosteroid 搭配 2% 蔗糖處理萬代蘭，可促進花青素合成基因表達並提升其含量 3.3 倍。此外， $100\mu\text{M}$ 萘乙酸 (naphthaleneacetic acid, NAA) 可促進玫瑰開放與花瓣增重，而 $100\mu\text{M}$ methyl jasmonate (MeJA) 則具



- 日本以蔗糖處理使洋桔梗切花細胞膨壓下降，推測可能與細胞壁鬆散有關，進而使得更多水分進入

延遲開放、延長壽命之功效。採收後光照環境對玫瑰切花的影響，發現弱光與連續黑暗條件使水分吸收與蒸散率降至最低，相對鮮重明顯高於強光照處理組，有助於調控貯運環境之水分平衡。在探討切花衰老機制方面，泰國研究團隊利用亞硝醯鐵氰化鈉 (sodium nitroprusside, SNP) 釋放一氧化氮 (nitric oxide)，可延緩 polygalacturonase 與 β -galactosidase 等細胞壁降解酶活性。日本團隊則利用 50% 二氧化碳搭配 1-甲基環丙烯 (1-methylcyclopropene, 1-MCP) 1ppm 處理康乃馨，經定量反轉錄聚合酶連鎖反應 (RT-qPCR) 證實能抑制花瓣中 Dc-ACS1a 與 ACO1 等乙烯生成相關基因表現，延長瓶插壽命。

三、非破壞性檢測技術與活體影像之發展趨勢

研討會另一主題為非破壞性檢測與

活體影像技術之應用，研發方向涵蓋採後生理機制探討與產地、包裝線之即時品質控管。日本廣島大學發表之非破壞性聲學共振法，係施加 100-2,500Hz 的正弦振動 (sine vibration) 於果實，並利用公式 $f \times m^{-\frac{2}{3}}$ 預測最佳採收與食用時機。該技術無需量測果實質量，透過倒數方程式模擬，其決定係數 R^2 超過 0.995，具備高度預測準確度。此外，近紅外光譜 (near-infrared spectroscopy, NIRS) 技術正逐步導入產地實務，如利用可攜式裝置於田間檢測甘薯病蟲害、於包裝線上評估鳳梨的糖度與酸度；亦有研究結合反射光譜 (reflectance spectroscopy) 與機器學習演算法，在芒果炭疽病發病前進行早期預測分類，提升產地即時品質控管之便利性。

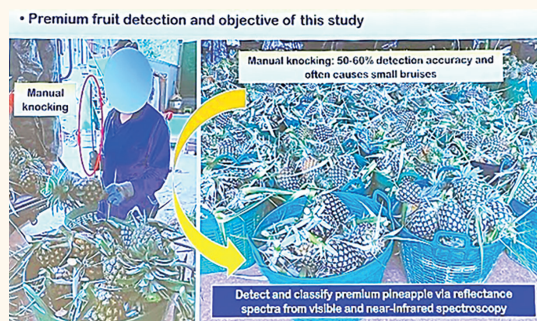
在影像與進階光譜分析方面，高光譜影像 (hyperspectral imaging) 結合空間與光譜資訊，透過優化照明角度與相機位置等參數，可預測萵苣的硬度與

葉綠素含量。若進一步搭配支援向量機 (support vector machines, SVM) 與隨機森林 (random forests) 等演算法，可分類並預測血橙的花青素含量，顯示進階資料分析之應用價值。在微觀生理分析上，核磁共振影像 (magnetic resonance imaging, MRI) 應用於觀察葉菜類組織內水分的空間動態，以非破壞性方式觀測細胞間隙擴大、水分重新分布與組織崩解等衰老相關之結構變化，有助於探討採後生理機制。惟此類設備成本較高且操作複雜，現階段仍主要於研究層級。

四、智能整合技術應用

研討會共有 5 篇研究聚焦於智能整合技術，範疇涵蓋感測器開發、資料分析與決策支援系統，呈現出透過即時監測與智能分析達成精準管理的發展趨勢。在低成本感測系統方面，菲律賓團隊利用 Arduino 開源微控制器平台，整合市售氣體感測器與無線通訊功能，開發出用於量測果蔬呼吸速率的氣體分析儀。該設備成本顯著低於商業替代方案，具備遠端即時監測與建置分散式監測網路的擴展性，能協助中小規模生產者掌握貯藏環境的不均一性，降低技術應用門檻；日本團隊亦進一步開發出可適應鮮食產品多種測量模式的多功能呼吸速率測量系統。

在影像辨識與人工智慧應用上，電腦



- 泰國使用高光譜影像辨識鳳梨熟度，可較人工敲打方式提高準確率且不造成外傷

視覺技術已逐步由單純的檢測演進為整合性決策支援系統。泰國團隊應用 YOLOv5 深度學習演算法，配合影像旋轉、翻轉與隨機裁切等資料擴增 (data augmentation) 策略，在原始標記影像有限的情況下，提升了咖啡櫻桃成熟度分類的準確度與泛化能力，有助於田間即時採收決策；韓國團隊則開發出基於數位影像的發芽指數系統，用於貯藏洋蔥的品質評估與損失預測，該系統透過自動化影像擷取與演算法量化發芽程度，並結合歷史資料建立損失模型，提供客觀的販售時機決策支援，協助管理者在品質與經濟效益間取得平衡。

此外，採後品質的控制策略亦擴展至長期的遺傳改良層面，如透過生物資訊工具輔助新品種選育。日本團隊開發之 AlleleCaller 軟體，可針對長讀取定序 (long-read sequencing) 資料自動識別柑橘代謝基因的對偶基因 (allele) 變異，自動化判定功能大幅減少人工分析時間與錯

誤，適合大規模群體遺傳研究，間接貢獻於耐貯品種的育成。同時，日本研究人員亦利用 Python 與 Perl/CGI 技術部署了網頁式親緣推論系統，使用者無需購置高效能硬體或昂貴軟體授權，即可透過網頁瀏覽器執行遺傳分析與資料視覺化，有助降低技術門檻並促進跨機構的協作研究。

五、技術參訪實務觀摩

技術參訪行程連結加工、流通與生產端，呈現日本園產品採後處理的實務模式。首站「靜岡縣茶之都博物館」展示茶葉自傳統手揉至現代機械製程的演進，精準控制萎凋、揉捻與乾燥的溫濕度與時間參數，穩定 catechins 與 theanine 等功能性成分比例。這種透過標準化減少批次品質變異的作法，與果蔬採後長程保鮮處理高度相似。次站「KADODE OOIGAWA」為跨部門合作設立的創新型農業複合設



- 拇指檸檬是現在新興園產品，有植物界魚子醬之美名，然儲架壽命僅 4-5 週，約有 15% 不良品丟棄，採後保鮮技術待開發



- KADODE OOIGAWA 入口意象，現代化建築融合日本庭園造景風格，整合產銷與體驗的六級產業化模式



- 矮性蜜柑果樹，應是經過嫁接矮性砧木，樹高約在 180cm 以內

施，其直售市場利用冷藏展示櫃及特定波長照明延緩品質劣變，並建立產銷履歷與集貨分級系統，整合生產、加工與觀光體驗，落實農業六級產業化的運作模式，可供臺灣農會或合作社規劃直售據點參考。末站則前往溫州蜜柑觀光果園「鈴木農園」，實地觀摩採收成熟度判定。其主要依據果皮色澤與手感硬度等指標進行品質判定，以確保產品均一化，這也反映出生產者專業經驗的重要性，另園內果樹則普遍嫁接矮性砧木以抑制樹勢，利於提高採收效率與作業安全性。此行從加工製程、市場流通至源頭管理的實地觀摩，提供技術理論外的產業鏈整合視野，有助於務實評估相關採後技術在臺灣的適用性。

六、結論與建議

本屆研討會中花卉採後研究僅占 7%，遠低於果蔬類的研究比例。臺灣外

銷花卉如蘭花類在國際市場具備競爭優勢，大會展示的物聯網監測、非破壞性檢測與環境友善處理技術，均可供國內產業發展參考。惟相關技術的導入須考量本地產業規模與成本結構，建議初期先進行小規模試驗，評估近紅外光譜與高光譜影像技術在品質判定的適用性，並驗證 UV-C 或臭氧等物理處理的防病效果與操作成本，待確認可行性與經濟效益後再行推廣。此外，宜以現行切花採後處理標準流程為基礎架構，參考日本「KADODE OOIGAWA」整合產銷與體驗的六級產業化模式，優先選擇具代表性的產區設立試點，透過農會與合作社協助小農導入標準化流程，後續結合產地參訪與消費端保鮮教育，並持續追蹤市場回饋，以確保品質管理制度的實用性與永續性。

於國際學術交流方面，本場以口頭發表玫瑰灰黴病防治成果，獲得與會學者的關注與回饋。為持續提升臺灣採後園藝領域的國際能見度，研究人員未來可積極參與國際研討會並爭取口頭發表機會，以提升外語研討能力，並建立與國外研究團隊的直接聯繫。在探索國際合作機會時，可針對熱帶觀賞作物採後研究或非破壞性檢測等共同關注領域，評估雙邊或多邊合作的可行性，後續推動則須務實考量雙方研發方向的契合度、資源配合度及經費來源，以穩健的步驟拓展臺灣花卉採後研究的國際學術網絡。