

出國報告〔出國類別：其他（國際會議）〕

赴夏威夷大學與美國農業部農業研究署
參訪交流暨參加 2025 年美國植物病理學會
年會（Plant Health 2025）
出國報告

服務機關：農業部農業試驗所

姓名職稱：李文立研究員兼鳳山分所分所長、蔡志濃研究員兼組
長、黃晉興研究員、陳金枝副研究員、林宗俊副研究
員、蔡佳欣副研究員、陳錦桐副研究員、林玫珠助理研
究員、林靜宜副研究員

派赴國家/地區：美國夏威夷

出國期間：114 年 7 月 27 日至 8 月 8 日

報告日期：114 年 9 月 24 日

摘要

農業部農業試驗所執行行政院國家科學技術發展基金 114 年度補助計畫「促進農業科技國際合作：從氣候調適到植物健康的技術研習與實務交流」，派員參加 2025 年美國植物病理學會年會 (Plant Health 2025)、與美國農部農業研究署太平洋盆地農業研究中心 (USDA-ARS-Pacific Basin Agricultural Re-search Center, USDA-ARS-PBARC) 研究人員會談，同時參訪夏威夷大學並進行交流；本次行程加深了農業試驗所與 USDA-ARS-PBARC 及夏威夷大學之間的交流，更清楚的認識與了解雙方於農業研究的專長，並拓展多項台美合作契機。由於臺灣與夏威夷面臨相似的農業病蟲害問題，未來若能透過跨國合作，共同研發診斷、育種及綜合防治策略，將有助於提升熱帶與亞熱帶地區作物生產的永續性與韌性。同時藉由參與重要的國際研討會，了解目前全球農業植物病蟲害研究趨勢及面臨的困難與因應策略，並與國際研究人員交流，可提供國內植物病蟲害研究參考。此次重要行程為前往夏威夷大學 Hilo 校區與美國農部農業研究署太平洋盆地農業研究中心 (USDA-ARS-Pacific Basin Agricultural Re-search Center, USDA-ARS-PBARC) 研究人員進行交流會議，雙方針對植物病理、昆蟲線蟲、分子育種等領域的最新研究成果進行會談討論，並探討未來跨國合作的可能性。會議中，雙方初步達成共識，未來可朝以下方向推進合作：1. 病害流行病學比較研究；2. 分子診斷技術合作；3. 抗病育種與基因資源交流；4. 跨領域病蟲害整合研究；5. 人員交流與共同計畫申請。此外，也前往位於歐胡島東南邊 Manoa 的夏威夷大學農業學院 (College of Tropical Agriculture and Human Resources, CTAHR) 參訪熱帶植物與土壤科學部 (Department of Tropical Plant & Environmental Protection Sciences)，過程中討論主題為夏威夷主要作物與農業現況與生物防治研究上的實施與挑戰，並與永續病蟲害管理研究室 (Sustainable Pest Management Lab, Dr. Koon-Hui Wang)、農業生物安全研究室 (Agrosecurity Laboratory, Dr. Michael Melzer)、草坪與景觀害蟲管理研究室 (turfgrass and Landscape Pest Management Lab, Dr. Zhiqiang Cheng)、線蟲研究室 (Nematology Laboratory, Dr. Brent Sipes) 進行研究交流，討論未來雙方合作的方向；此外，也到夏威夷大學設置於 Kamehameha 的園藝中心 (Urban Garden Center)，實地訪視當地農業生態與友善農業等知識和資源，了解可藉此積極與當地社區居民及高中生互動，辦理社區活動、志工計畫和工作坊等，同時吸引高中生投入農學院就讀。本次美國植物病理學會年會 4 天的行程於 8 月 2 至 5 日舉辦，包括 40 場以上科學議題討論場次、97 位以上專家講者、689 張以上之研究海報，並有會前工作坊與田野實地考察活動。會中聚焦主題為「全球社群攜手應對全球風險」(Global Communities Collaborating to Address Global Risk)，強調「全球合作、新興科技、永續管理」三大方向，著重跨國協作與科技創新以對抗病害、氣候變遷與貿易風險及確保未來糧食安全與農業永續。我們全體分別參加了有關細菌、真菌及病毒等 3 大病原領域的主題演講，涵蓋議題包括 1. 全球合作下建立跨國病害監測與防治網絡與分享數據與資源，提升植物健康安全；2. 新興科技應用對抗病蟲害，尤其是利用基因編輯 (CRISPR)、RNAi、基因體學、衛星遙測、奈米材料、創新病原檢測技術等科技輔助病害偵測與傳播控制；3. 永續農業策略，結合整合病蟲害管理 (IPM)、生物防治 (*Trichoderma*、*Bacillus* 等) 與智慧農業技術以建立永續栽培模式；4. 重大病害與農業挑

戰，如稻作、馬鈴薯病害、柑橘黃龍病（HLB）、抗藥性問題與真菌毒素威脅以及新興病毒的跨國傳播與管理等，了解目前國際植物病理學重要議題的研究及最新成果，同時完成 7 篇海報的成果發表，除了進行國際交流外，也提升我國植物病蟲害研究之能見度。值得注意的是，氣候變遷加劇農作物病蟲害帶來的挑戰，將成為全球農作物生產中無法避免的挑戰。該會議活動的與會者超過 1,100 位植物健康領域的科學家，匯集 35 個以上國家、150 多所大學參與，提供植物病理學最新研究和行業資訊的寶貴平台，使植病領域的專業人士受益，並可為臺灣未來舉辦大型國際學術活動提供參考的資訊。另外，要特別感謝 USDA-ARS-PBARC 的安排與協助，使本此行程同時能參訪夏威夷花卉產業現況，安排前往小農經營的 Winning Orchids 蘭花苗圃、具規模的企業化經營供應商-夏威夷希洛蘭花農場有限公司 (Hilo Orchid Farm Inc.)、歷史悠久的跨國銷售苗圃公司-綠點苗圃 (Green Point Nursery) 以及發源於夏威夷成為全球品牌的都樂公司 (Dole)，藉由探訪由小至大型的經營模式公司，深入了解不同定位的公司因應市場需求與全球貿易競爭之下所採取的經營策略，同時也可作為臺灣蘭花產業發展的借鏡。於行程移動空檔時間也進行市場調查，由於夏威夷與臺灣氣候環境相似，盛產多種熱帶農產品，如鳳梨、香蕉、木瓜、椰子、荔枝和芒果等，其中特色農產如科納咖啡 (Kona Coffee) 為該地區著名的農特產。此外，因地理條件適合，當地也種植夏威夷豆 (Macadamia nuts) 和可可豆，夏威夷的多元農產品為當地創造了多樣的經濟收入來源，這也為臺灣農業的提供了發展方向，可以朝向特色農產品及觀光農業發展。本次行程最大的收穫為透過與 USDA-ARS-PBARC、夏威夷大學之間的交流，以及訪視當地小規模到大規模花卉/水果業者，了解臺灣與夏威夷面臨相似的農業問題，若能強化雙方合作與交流，互為借鏡，將對臺灣農業研究及產業觀光發展帶來很大的助益。

目 次

壹、目的-----	5
貳、出國人員及報告題目-----	6
參、出國行程-----	7
肆、參訪交流行程-----	8
一、與美國農部農業研究署太平洋盆地農業研究中心研究人員會談-----	8
二、夏威夷大學參訪與交流-----	10
伍、2025 年美國植物病理學會年會（Plant Health 2025）-----	13
一、2025 年美國植物病理學會年會活動-----	13
二、研討會-----	13
陸、參訪夏威夷花卉產業與農產市場-----	22
一、夏威夷花卉產業參訪-----	22
二、夏威夷市場調查-----	23
柒、心得與建議-----	25
捌、會議及參訪照片-----	27

壹、 目的

臺灣與夏威夷皆位於熱帶及亞熱帶地區，擁有多樣化的生物資源，但同時因高溫高濕氣候而使栽培作物易受到病蟲害威脅。隨著氣候變遷與國際貿易日益頻繁，世界各地主要作物的病害傳播速度加快，新興病害入侵風險升高，對農業生產與生物多樣性造成潛在衝擊。臺灣與夏威夷因相似的氣候環境，在農業作物的病害管理與防治上面臨高度相似的問題，因此，亟需透過合作研究與技術交流，建立更具韌性的農業栽培與防治策略。此外，2025 年美國植物病理學會年會（Plant Health 2025）於夏威夷舉辦，會議涵蓋氣候變遷下的病蟲害管理及最新植物保護科技，參與本次會議不僅有助於臺灣掌握國際最新知識與趨勢，也將提升國內植物保護研究的研發能力與國際能見度，進一步推動相關防治技術之發展與應用。

貳、 出國人員及發表題目

Plant Health 2025 美國植物病理學會年會發表			
序號	發表人	發表主題	發表形式
1	Chen, Chin-Chih (陳金枝), Jyh-Nong Tsai (蔡志濃), Ching-Yi Lin (林靜宜), Mei-Ju Lin (林玫珠), Tsung-Chun Lin (林宗俊), Chin-Cheng Hsu, Hui-Ling Tsai, Fen-Lan Chiang, and Wen-Li Lee (李文立)	Susceptibility of different passion fruit root stocks to potyviruses/fungal pathogens and potential treatments of improving plant resistant capacity	論文摘要 (海報 P-294)
2	J.-H. Huang(黃晉興)	Investigation of the causes of severe anthracnose-twister disease of green onion in Taiwan	論文摘要 (海報 P-619)
3	Tsung-Chun Lin (林宗俊), Siang-Shan Huang, Cing Siang You, Po-Hung Cheng, and Yu-Chie Chen	A novel eco-friendly antifungal agent with potential for sustainable crop preservation	論文摘要 (海報 P-404)
4	Chia-Hsin Tsai (蔡佳欣), and Shu-Ling Hwang	A rapid and convenient method for detection of the causal agent of bacterial wilt disease in Taiwan	論文摘要 (海報 P-182)
5	Mei-Ju Lin(林玫珠), Ying-Huey Cheng, Yuan-Kai Tu, Jin-Tong Chen(陳錦桐)	Microbial-Induced Resistance Against Tomato Leaf Curl Thailand Virus Transcriptomic and Metabolomic Insights	論文摘要 (海報 P-080)
6	Jin-Tong Chen (陳錦桐), Mei-Ju Lin (林玫珠), Chia-Hsin Tsai (蔡佳欣)	Screening of beneficial microorganisms to control bacterial blight of Anthurium	論文摘要 (海報 P-057)
7	Ching-Yi, Lin (林靜宜), Ho-Hsiung Chang, and Chin-Chih Chen (陳金枝)	Identification of a distinct N-terminal coat protein sequence in the Zantedeschia mild mosaic virus Taiwan strain	論文摘要 (海報 P-505)

參、出國行程

表 1、行程日期、地點及內容簡列

	日期	地點	內容
1	7/27 (日)	出發 (含總所、鳳山分所、嘉義分所及花卉分所)→桃園機場→日本成田機場轉機 (JL8664)→夏威夷(JL8786)	交通行程
2	7/28 (一)	抵達 Honolulu 檀香山機場 (HA278)→夏威夷大島 (Big Island),柯納 (Kona): HI-Keahole Airport→希洛(Hilo)住宿	交通行程
3	7/29 (二)	夏威夷大島 (Big Island), 希洛 (Hilo)	參訪 2 家蘭花業者(1. Winning Orchids 蘭花苗圃；2. 夏威夷希洛蘭花農場有限公司 (Hilo Orchid Farm Inc.)
4	7/30 (三)	夏威夷大島 (Big Island), 希洛 (Hilo)	參訪火鶴花業者 (Green Point Nurseries) 及農產市集
5	7/31 (四)	夏威夷大島 (Big Island), 希洛 (Hilo) →Honolulu 檀香山機場 (HA278)	美國農部農業研究署太平洋盆地農業研究中心 (USDA-ARS-PBARC) 研究人員討論交流與交通行程
6	8/01 (五)	夏威夷檀香山與其近郊	參訪杜爾鳳梨園 Dole Plantation 及農產市集
7	8/02 (六)	美國夏威夷大學	美國夏威夷大學 Department of Plant and environmental protection sciences 合作意向討論及 Urban Garden Center 參訪
8	8/03 (日)	夏威夷會議中心 (Hawaii Convention Center)	Plant Health 2025 美國植物病理學會年會報到與參加大會 Field trip
9	8/04 (一)	夏威夷會議中心 (Hawaii Convention Center)	參加 Plant Health 2025 美國植物病理學會年會開幕與專題演講、分組研討會
10	8/05 (二)	夏威夷會議中心 (Hawaii Convention Center)	參加 Plant Health 2025 美國植物病理學會年會專題演講分組研討會、海報演繹及閱覽
11	8/06 (三)	夏威夷會議中心 (Hawaii Convention Center)	參加 Plant Health 2025 美國植物病理學會年會專題演講分組研討會、海報演繹及閱覽與 Celebration Event: Aloha Under the Stars
12	8/07 (四)	Honolulu 檀香山機場→日本成田機場轉機→臺灣桃園	交通行程返國
13	8/08 (五)	桃園→臺中、雲林、嘉義、高雄	交通行程返國

肆、參訪交流行程

一、與美國農部農業研究署太平洋盆地農業研究中心（USDA-ARS-Pacific Basin Agricultural Re-search Center, USDA-ARS-PBARC）研究人員會談

會議日期：	2025 年 7 月 30 日 上午
會議地點：	夏威夷大學 Hilo 校區
出席人員：	• USDA-ARS-PBARC (Pacific Basin Agricultural Research Center)：Dr. Lisa Keith、Dr. Roxana Myers、Dr. Qingyi Yu • TARI (Taiwan Agricultural Research Institute)：李文立研究員、蔡志濃研究員、黃晉興研究員、陳金枝副研究員、林宗俊副研究員、蔡佳欣副研究員、林靜宜副研究員、陳錦桐副研究員、林玫珠助理研究員

(一) 會議背景

本次會議由 TARI 研究團隊與 USDA-ARS-PBARC 研究員共同參與，於夏威夷大學 Hilo 校區進行。會議主要目的在於交流雙方在植物病理、昆蟲線蟲、分子育種等領域的最新研究成果，並探討未來跨國合作的可能性。由於臺灣與夏威夷同屬熱帶與亞熱帶地區，作物生產面臨相似的病蟲害威脅，因此雙方交流具有高度的研究價值與實務應用潛力。

(二) 討論重點

1. USDA-ARS-PBARC 研究分享

- (1) Dr. Lisa Keith (USDA-ARS, PBARC, Hilo 植物病理學家) 介紹了夏威夷當前的重大病害研究重點，包括夏威夷堅果 (Macadamia) 快速衰退症 (Macadamia Quick Decline, MQD) 以及 'Ōhi 'a 樹快速死亡病 (Rapid 'Ōhi 'a Death, ROD)。她強調，這些病害涉及複雜的病原與環境交互作用，如何監測病原在田間的傳播、如何制定防治策略，仍是科研及產業高度關注的議題。
- (2) Dr. Roxana Myers (USDA-ARS, PBARC, Hilo 寄生線蟲的植物保護管理) 分享了其在昆蟲與線蟲方面的研究，特別是害蟲對作物病害發生的間接影響 (咖啡、薑與薑黃)，以及線蟲群落在土壤健康與病原交互作用中的角色。她指出，整合害蟲與病害的研究對於建立更完整的作物健康管理模式十分重要。
- (3) Dr. Qingyi Yu (USDA-ARS, PBARC, Hilo 研究遺傳學家 / 分子生物學家) 著重於分子育種研究，介紹了她在利用分子標誌與基因編輯技術進行抗病性育種上的進展，特別針對熱帶果樹與蔬菜作物 (鳳梨、木瓜…等)，強調如何透過基因層級的理解與操作提升作物對逆境與病原的耐受性。

2. TARI 研究分享

- (1) 木瓜、百香果的育種、栽培等研究，以及利用分子生物技術協助育種與品種鑑定。
- (2) 病害非農藥整合性防治技術之開發、病原真菌之傳統與分生診斷鑑定技術之開發
- (3) 蘭花及火鶴花的病毒與細菌病害即時分子診斷技術，該技術可快速鑑定病原並提升檢測效率，具有潛在的跨作物應用價值。
- (4) 青蔥及葉菜病害綜合管理，由其是 *Phytophthora* 引起之病害，研究氣候變遷對病害流行的影響。
- (5) 應用有益微生物在作物病害的防治，例如防治青蔥根瘤線蟲、馬鈴薯瘡痂病、花卉病害等。
- (6) 柑橘黃龍病的病因、傳播與防治策略，特別是樹幹注射四環黴素來防治黃龍病。

3. 雙方共通關注議題

- (1) **熱帶與亞熱帶病蟲害挑戰**：兩地皆因高溫多雨環境而面臨疫病、炭疽病、細菌性軟腐病等嚴重問題。
- (2) **病蟲害與氣候變遷**：近年極端氣候頻率增加，導致土傳性病害與新興害蟲更難以控制。
- (3) **分子技術與育種應用**：如何結合快速診斷技術與分子育種策略，建立從病原偵測到抗病品種培育的一條龍式解決方案。
- (4) **產業應用與技術轉移**：學術研究成果如何導入農民端及產業生產體系，確保研究落實於實際農業生產。

(三) 合作展望

會議中，雙方初步達成共識，未來可朝以下方向推進合作：

1. **病害流行病學比較研究**：針對 MQD、ROD 與臺灣木本作物病害，建立跨區域之病原監測與管理模式。
2. **分子診斷技術合作**：TARI 的快速診斷平台可與 PBARC 共享，應用於夏威夷作物病害的檢測；同時 PBARC 的實地案例可回饋檢測方法的應用性。
3. **抗病育種與基因資源交流**：雙方可就蔬果與木本作物進行抗病育種材料交換與技術交流。
4. **跨領域病蟲害整合研究**：結合植物病理與昆蟲、線蟲研究，建立更完整的作物健康管理模式。
5. **人員交流與共同計畫申請**：未來可透過研究人員互訪、學生培訓與國際合作計畫申請（如 USDA-MOA 合作機制），推動長期合作。

(四) 結論

本次會議加深了 TARI 與 USDA-ARS-PBARC 之間的交流，雙方對彼此研究專長有更清楚的認識，並發現多項合作契機。由於臺灣與夏威夷面臨相似的農業病蟲害問題，未來若能透過跨國合作，共同研發診斷、育種及綜合防治策略，將有助於提升熱帶與亞熱帶地區作物生產的永續性與韌性。

二、夏威夷大學參訪與交流

夏威夷大學的農業學院 (College of Tropical Agriculture and Human Resources, CTAHR) 下設多個部門，本次主要參訪熱帶植物與土壤科學部 (Department of Tropical Plant & Environmental Protection Sciences) 位於歐胡島東南邊的 Manoa。參訪過程中討論到：

夏威夷主要作物與農業現況，在夏威夷全州範圍內，咖啡和夏威夷豆是重要的經濟作物，尤其在某些島嶼上大量種植。而在對話所在的歐胡島，農業生產呈現多樣性。雖然鳳梨種植面積已大幅減少，但許多農民轉向種植葉菜類蔬菜，如番茄和黃瓜。島上農業分佈廣泛，在中部和西部地區都有大量的農場生產。

生物防治研究與實施的挑戰，夏威夷在生物防治的推廣和應用上遭遇一些困難，主要源於其嚴格的隔離檢疫規定。儘管許多農民對昆蟲病原線蟲 (EPNs) 表現出濃厚的興趣，但這些生物防治產品無法從外部運入夏威夷。過去曾有公司嘗試在當地培養和銷售這些產品，但由於市場規模過小，這些嘗試大多未能成功。這導致在夏威夷難以發展和商業化本地的微生物製劑。研究團隊雖然測試了市面上多種可用的真菌和其他化合物，有些效果良好，有些則不佳，因此仍在努力找出並推薦有效的產品。

夏威夷大學在農業研究領域，特別是在病蟲害管理與生物安全方面，進行了多項重要研究計畫。以下是其主要研究重點：

(一) 永續病蟲害管理研究室 (Sustainable Pest Management Lab, Dr. Koon-Hui Wang)

覆蓋作物：若土壤中肥料過多，有時會導致植物生長不良甚至死亡。然而，透過種植覆蓋作物並將其歸還土壤，可增加土壤養分，促進**土壤健康**。以抑草、固氮、保土保水研究的角度選擇覆蓋作物，同時考量提高土壤抑病性，達到生物防治效果，以提升熱帶島嶼農業的韌性與生產穩定。利用天藍豇 (velvet bean) 生物量高，抑制雜草能力強、增加土壤有機質及微生物多樣性，並產生有毒化合物以抑制寄生性線蟲。應用木麻黃帶 (shelter belt) 與木豆 (pigeon pea) 覆蓋層 (sheet mulching) 在芋頭田試驗，顯示可抑制雜草、減少除草工時，改善土壤健康並促進作物生長；配套以樹屑與回收有機質多層覆蓋，提升地力與保水效益。木豆作綠肥能固氮、增進有機質與土壤結構，亦耐旱、適低肥力地。太陽麻 (sun hemp) 混入土壤中時，單丁基胺 (monocrotaline) 也對線蟲有毒。高粱 (Sorghum) 具快速生長與高生物量，根系分泌物可抑制雜草與部分線蟲，並改善土壤理化性質，以減少翻耕，保護耕地。

生物燻蒸劑：發現木瓜籽含有硫代葡萄糖苷化合物 (Benzyl isothiocyanate, BITC)，研磨後與水混合會產生異硫氰酸酯，可有效抑制寄生線蟲和镰刀菌 (Fusarium)。

(二) 農業生物安全研究室 (Agrosecurity Laboratory, Dr. Michael Melzer)

椰子犀角金龜 (CRB)：這是夏威夷最大的研究項目之一，重創椰子產業。研究團隊正積極進行田間與實驗室研究，並探索利用 RNA 干擾 (RNAi) 技術，透過病毒將雙股 RNA 傳遞給昆蟲消化道，以達到生物防治目的。

病蟲害監測：透過聯合計畫 (Cooperative Agricultural Pest Survey, CAPS) 及國家植物診斷網絡 (NPDN)，進行預防性措施、早期偵測與快速反應，針對美國境內尚未出現的目標病原體進行陷阱設置、採樣和診斷。例如，監測棕色緣椿象 (brown marmorated stink bug)。並與各地區 (夏威夷屬於西部地區) 之間的病毒診斷技術交流和共享合成陽性對照品。如發現了一種新的非系統性柑橘病毒 (最初命名為木槿綠斑病毒，與巴西的柑橘帶狀萎黃病有關)，並研究其感染機制及跨界傳播現象 (從昆蟲跳到植物宿主)。

(三) 草坪與景觀害蟲管理研究室 (turfgrass and Landscape Pest Management Lab, Dr. Zhiqiang Cheng)

負責 IR-4 計畫 (Interregional Research #4)，在瓦胡島設有 IR-4 研究中心此，支援在地小眾作物的農藥註冊，協助化學公司收集農藥殘留、植物毒性和藥效數據。針對夏威夷咖啡產業面臨的咖啡銹病 (coffee rust) 威脅，IR-4 中的合作研究推動了混合型殺菌劑 (如 cyproconazole + azoxystrobin) 的田間試驗，並促進未來應用於註冊登記。對於咖啡果小蠹 (coffee berry borer) 的防治也引入了新的登錄殺蟲劑 cyantraniliprole，提供咖啡農新增的防治工具。

研究草坪草疾病，如腐霉病 (Pythium patch)、錢斑病 (dollar spot) 和紋枯病 (large patch) 等。關注農藥應用對環境的潛在污染，並強調嚴格遵守標籤指示的重要性，同時也探索非化學防治方法。對土壤健康、微生物群落及草坪品質的長期影響。此外，研究亦發展「lights-out 無化學覆蓋法」，草坪更新時利用覆蓋材料完全遮光以抑制草坪與雜草生長，降低除草劑依賴。

(四) 線蟲研究室(Nematology Laboratory, Dr. Brent Sipes)

由於化學殺線蟲劑的殘留風險與多項限制，實驗室轉向生態友善的控制策略，包含探索內生拮抗微生物如昆蟲病原線蟲 (EPN) 和蟲生真菌，達成協同效應以抑制根瘤線蟲 (root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*)。同時也在開發利用昆蟲病原線蟲 (如巴伐利亞蟲草菌) 來防治甘薯象鼻蟲的技術，包括屍體施用和顆粒包裝等方法，以延長其田間壽命等。

(五) Urban Garden Center

夏威夷大學設有園藝中心 (Urban Garden Center) 位於 Kamehameha，積極與當地社區及高中生互動，辦理社區活動、志工計畫和工作坊，分享農業生態與友善農業等知識和資源，同時藉由這些分享吸引高中生投入農學院就讀。

園藝中心內設置有 1. 堆肥設施區；2. 蔬菜作物永續生態栽培區；3. 灌溉水系統區；

4. 有機肥製作區；5. 果樹保種區。園區入口處又一個戶外刷鞋器，每位進入園區者，需要刷去鞋上的塵土。園區內提及 **STEAM 教育** (科學、技術、工程、農業、數學)，因為農業與糧食、健康密切相關，學生會更有興趣。

堆肥示範區展示了傳統堆肥法，分層堆放並保持風的流通，這樣就不需要像傳統方式那樣一直翻動。還有一種半自動堆肥桶，底部有通風口，只要把廚餘丟進去，不用再添加其他材料，操作更簡單。他們用這些方式教高中生，學生因此對植物病理產生興趣。這些技術也能應用在家庭或農場，是很實用的教育內容。**蔬菜作物永續生態栽培區**，如百香果、胡瓜、芋頭等，豆科、胡瓜與萬壽菊進行間作，可以吸引寄生蜂等天敵，可減少小型害蟲，達到生物防治的效果減少農藥栽培。**果樹保種區**保有各種進入夏威夷的熱帶果樹品種，他們介紹了特色作物，如「麵包果」(breadfruit)，可烤來吃或磨粉做煎餅，口感像馬鈴薯，而且耐旱，比水稻更能因應糧食安全問題。還有一些草本植物，例如無咖啡因的茶，可清理身體、幫助減肥，在農夫市場非常受歡迎。這些示範不只關於農業技術，也結合了飲食、健康與文化，顯示都市園藝中心的重要角色。

伍、Plant Health 2025 (美國植物病理學會年會)

一、Plant Health 2025 (美國植物病理學會年會) 活動

Plant Health 2025 由美國植物病理學會 (APS) 主辦。舉辦時間為 2025 年 8 月 2-5 日，地點在夏威夷檀香山。本次年會的聚焦主題：聚焦於「全球社群攜手應對全球風險」(Global Communities Collaborating to Address Global Risk)，強調跨國合作對抗病害、氣候變遷與貿易風險。本次研討會活動超過 1,100 位植物健康領域的科學家參與。包括 40 場以上科學議題討論場次、97 位以上專家講者、689 張以上之研究海報，涵蓋 35 個以上國家、150 多所大學參與，並有會前工作坊與田野實地考察活動。本次農業試驗所共 9 位研究人員參加，發表論文海報 7 篇。會中各研究人員依照其研究專業與各國學者交流，並吸取大會亮點。

二、大會開幕主題演講：國際合作與糧食安全的挑戰

大會開幕演講由來自國際水稻研究所 (IRRI) 的 Van Schepler-Luu 博士發表。演講題目為「From Rice Fields to Global Networks: International Collaboration to Tackle Rice Diseases」，以水稻為核心，強調國際合作在病害管理中的關鍵作用。隨著全球貿易日益頻繁與氣候變遷影響，稻作病害對糧食安全的威脅日益嚴峻。Schepler-Luu 博士介紹了三個重要的國際合作計畫。首先，Healthy Crops Consortium 在 Gates Foundation 支持下，透過基因編輯技術培育抗細菌性白葉枯病的水稻品種，展示了跨國科研協作如何快速轉化為應用成果。其次，PathoTracer & Global BioNET 涵蓋 20 國以上，專注於全球稻病原族群的監測與資料共享，為抗病育種提供精確方向。最後，International Rice False Smut Consortium 集結 12 國研究力量，以因應新興的假黑穗病挑戰。這些案例顯示，跨國合作網絡能將尖端科學與田間應用緊密結合，為全球糧食安全提供可持續的解決方案。

三、主要植物病原菌領域研究報告

(一) Plant Health 2025 細菌研究報告

在 2025 年於夏威夷舉行的 Plant Health 年會中，細菌相關的研究受到廣泛關注。隨著全球糧食安全壓力加劇，以及細菌性病害在多種作物中持續造成嚴重損失，研究者們從病害診斷、致病機制、基因體學到新型防治策略，提出了許多成果。這些研究不僅聚焦於單一病原的深入剖析，也反映了跨國合作在病害管理中的核心價值。

2. 細菌病害診斷技術的進化

細菌病害診斷的速度與準確性，直接決定了防治策略的成效。在本次會議中，夏威夷大學團隊報告了一項 RPA (重組酶聚合擴增) 結合 CRISPR/Cas12a 的檢測平台，用於快速鑑定軟腐病原 *Dickeya fangzhongdai*。該病原屬於細胞壁降解型細菌，常導致農業重大經濟損失。

此檢測平台利用 MFS transporter 基因的特異區域設計多組 crRNA 與引子，最終篩選

出高效率的 crRNA-3。試驗顯示，此技術能在 10 分鐘內完成檢測，且對其他 *Dickeya* 與 *Pectobacterium* 種類無交叉反應，靈敏度可達 10 pg 基因組 DNA。值得注意的是，此方法對溫度並不敏感，能在 37°C、室溫甚至手掌溫度下保持穩定，突顯其在田間應用的潛力。這項研究為農業前線提供了一種高效、便捷且低成本的診斷工具，未來可望成為生物安全與疫情監測的重要手段。

3. 基因體學與拮抗細菌的應用

在基因體學相關的場次中，內布拉斯加大學研究團隊針對環境菌株 *Pseudomonas protegens* PBL3 展開研究。該菌株對稻作新興病害 細菌性穗枯病 (由 *Burkholderia glumae* 引起) 具有拮抗能力。研究發現，其拮抗活性來自於細菌分泌物 (secretome)，但具體的抗菌分子尚未確定。

透過比較基因體學，研究人員比對了六株與 PBL3 近緣的 *Pseudomonas* 菌株，並根據其是否具有抗菌活性進行分組。結果顯示，具抗菌活性的菌株中，存在一些在無活性菌株中缺乏的基因區域，包含潛在的次級代謝產物合成基因群。這些發現為進一步的基因功能研究鋪路，並為開發生物防治資材提供科學基礎。此研究強調了比較基因體學在挖掘新型抗菌機制中的價值，也顯示 *P. protegens* 在未來農業永續病害管理中的應用潛力。

4. Gram-positive 細菌的多樣性與演化

在專題場次「Gram-positive Bacteria on Spotlight」中，研究者深入探討了 *Clavibacter* 與 *Bacillus* 等革蘭氏陽性細菌的病原或保護角色。

Clavibacter michiganensis

此病原會引起番茄潰瘍病與萎凋。研究顯示，其質體上的 *celA* (纖維素酶基因) 與 *pat-1* (絲胺酸蛋白酶基因) 為致病關鍵。88 株田間分離菌株的分析發現，不同質體組合造成致病力差異，且基因島 *GI α* 與 *GI β* 的遷移與重組，顯示質體在病原演化中扮演重要角色。

Clavibacter nebraskensis

此菌為玉米 Goss' s Wilt 的病原，研究指出 2010 年後分離株在致病性與基因體結構上顯著改變。多株新質體被發現，其中一些與纖維素分解與果膠降解酵素相關。儘管單一基因的有無與致病性並非完全對應，但整體基因型的演化與生態策略轉變，使該病害在田間表現出更高的威脅性。

Bacillus 內生菌

來自美國華盛頓州白楊樹的內生菌株 *Bacillus velezensis*，展現了廣泛的抗真菌活性。它能抑制 *Rhizoctonia solani*、*Fusarium culmorum*、*Botrytis cinerea* 等多種病原，甚至能降解 *Penicillium expansum* 產生的毒素 patulin。基因體分析揭示該菌株攜帶 bacillomycin、fengycin 等抗菌代謝基因簇，顯示內生菌可能成為未來重要的生物防治資源。

5. 柑橘黃龍病 (HLB) 的多面向研究

柑橘黃龍病 (Huanglongbing, HLB) 由 *Candidatus Liberibacter asiaticus* 引起，是全球柑橘產業最嚴重的威脅。本次會議中，HLB 的研究占有多個專場，呈現出多管齊下的防治策略。

(1) 「Grove-First」框架

研究團隊直接在果園中對染病柑橘進行藥劑注射，以縮短抗菌物質從實驗室至田間的轉譯時間。結果顯示，部分藥劑在單季內即可改善植株健康與產量，效果可與已核准的 oxytetracycline 抗生素相似。

(2) 靶向病原的精準策略

另一項研究利用單鏈抗體與修飾抗生素，透過植物運輸系統將藥劑精準送達韌皮部，直接針對病菌發揮作用。這種方式突破了以往藥劑無法有效到達病原棲所的限制。

(3) 免疫誘導物 (MAMPs) 應用

利用 harpin、chitin 等分子噴灑在葉片上，可誘導 PAMP-triggered immunity (PTI)，顯著降低黃龍病菌的族群量。長期試驗顯示此法能延緩病原族群建立並抑制其增殖。

蛋白交互作用預測

(4) 研究人員運用 AlphaFold3，分析柑橘與病菌蛋白間的數萬種交互作用，發現與抗病相關的重要候選基因。這為未來基因編輯與抗病育種提供了新方向。

綜觀這些研究，HLB 的管理已逐漸從單一措施走向多元整合，包括藥劑、基因、免疫與生態管理，形成具體的綜合防治模式。

6. 馬鈴薯病害的新知

馬鈴薯病害研究同樣在會議中受到重視。

(2) Zebra Chip Disease (ZC)：由 *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CLso) 引起，透過馬鈴薯木蝨傳播。研究人員利用 CRISPR 技術編輯 NPR3 基因，激活水楊酸途徑並增強防禦反應。結果顯示，編輯株中病原累積顯著降低，病徵也得到緩解。這證明基因編輯能有效提升馬鈴薯對 CLso 的抗性，為抗病育種提供了新方法。

(3) 黑腳病與軟腐病：這些病害由 *Dickeya* 與 *Pectobacterium* 屬細菌引起。美國東北地區的調查發現，隨著時間推移，優勢病原由 *Dickeya dianthicola* 漸漸被 *Pectobacterium parmentieri* 與 *P. versatile* 取代。此外，田間常見多重共感染，加重了病害表現。全基因體分析揭示，這些細菌具有豐富的毒力基因，包括細胞壁降解酶、分泌系統與群體感應機制，顯示它們能靈活適應環境與寄主條件。

7. 其他重要細菌研究

水稻穀枯病原細菌 (*Burkholderia glumae*)：水稻穀枯病在亞洲及美洲稻作區造成日益嚴重的損失。該病原的致病性被認為與群體感應 (quorum sensing, QS) 機制及毒素 toxoflavin 的產

生有關。研究發現 *qsmR* 基因對毒素合成與致病性有調控作用，顯示該菌的致病機制比以往認知更複雜。

大麥葉條斑病原細菌 (*Xanthomonas translucens*)：在大麥葉條斑病中存在三個主要演化支，田間調查顯示不同演化支間致病力存在顯著差異，並可能互相競爭或影響。

Xanthomonas campestris pv. *incanae*：種子傳播病原對花卉與蔬菜產業是重大威脅，特別是在高經濟價值的切花作物 *Matthiola incana* (紫羅蘭)，實驗證明該病原可透過葉部傷口傳播至種子，並改變種子微生物群落，對花卉產業的種子安全造成潛在威脅。

櫻桃樹潰瘍病原細菌 (*Pseudomonas amygdali*)：此病原可引起櫻桃樹的枝幹潰瘍、葉片壞死與植株死亡，是櫻桃產業的重要病害，研究揭示噬菌體攜帶的效應子基因能顯著提升病原致病力，顯示移動性遺傳元件在細菌進化與致病過程中的核心角色。

整體而言，本次會議呈現出細菌研究的三大核心趨勢：

1. **診斷技術快速化與田間化**：RPA/CRISPR 等技術大幅縮短檢測時間，具備現場應用價值。
2. **基因體學揭示病原多樣性與演化**：質體、毒力基因與次級代謝路徑在病原致病性與族群演替中扮演關鍵角色。
3. **管理策略多元化與整合化**：基因編輯、免疫誘導、抗體與藥劑傳輸新方法正逐步融合，並形成跨學科的解決方案。

此外，國際合作成為貫穿全場的重要主題，無論是在稻作病害的全球監測，或是柑橘 HLB 的跨國試驗，都顯示科學共同體正朝向更緊密的網絡協作。這些成果不僅加深了對細菌病原的理解，也為全球農業的永續發展提供了新希望，由本次國際合作成為主要的活動議題，建議本所持續加強國際科研交流，並將新技術新觀念導入臺灣農業體系。

(二) Plant Health 2025 真菌研究報告

隨著氣候變遷以及全球貿易對農業生產所帶來的風險與影響越趨顯著，研究者們從全球農業病害管理所面臨的挑戰提出問題分析，並進一步提出新興的防治管理策略來加以因應。

1. 糧食安全與農業永續的雙重威脅

- (1) **抗藥性問題**已成為全球農業病害管理的一大挑戰，特別是在真菌性病害防治領域。隨著化學農藥長期且大量的使用，病原菌族群中逐漸出現對特定藥劑不再敏感的個體，最終導致藥劑防效下降，甚至完全失效。此現象不僅造成農民防治成本增加，也加劇糧食安全風險。檔案中指出，常見的抗藥性類型包括單點突變引發的靶標改變、多基因調控造成的代謝強化，以及透過外排幫浦增加藥劑排出效率等。這些機制使病原菌能在藥劑壓力下迅速演化，並在田間族群中擴散。以灰黴病菌 (*Botrytis cinerea*) 為例，因其世代短、繁殖力強且遺傳變異度高，極易產生對多種藥劑的抗性。近年田間調查顯示，灰黴病菌對苯醯亞胺類、甲氧基丙烯酸酯類等藥劑的抗藥性已普遍存在，導致傳統化學防治效果大幅下降。同樣地，在稻作、玉米與大豆等糧食作物上，鐮孢菌與稻熱病菌也表現出多重抗性，使農藥使用壓力與管理難度持續增加。為了應對抗藥性問題，學界與產業界提出多項管理策略。首先是藥劑的輪替與混用，藉由不同作用機制的藥劑交替使用，可延

緩單一抗性族群的壯大。然而，若藥劑種類有限，效果仍受侷限。其次，整合性病害管理 (Integrated Pest Management, IPM) 被視為長期解方，結合抗病品種選育、適當栽培管理、以及精準農業技術，可有效降低對化學藥劑的依賴。此外，RNA 技術的應用為另一潛在方案，透過外源 RNA 抑制病原抗藥相關基因的表現，可能削弱病原的存活優勢。此外，生物防治資材如拮抗菌、植物萃取物亦展現控制潛力。值得注意的是，抗藥性問題不僅是生物學挑戰，也是監測與政策管理的議題。持續建立田間監測系統，並運用分子檢測方法快速偵測抗性基因型，可為農民提供即時防治建議。此外，制定合理的用藥規範與推廣教育，也有助於減少不當使用藥劑的情況。未來隨著智慧農業技術的成熟，利用感測器與大數據分析掌握病害流行趨勢，有望提升防治決策的精準度，並降低抗藥性風險。

- (2) **真菌毒素 (mycotoxin)** 是由多種真菌在植物生長或收穫後感染過程中所產生的次級代謝物，具有高度毒性，對農作物安全、動物飼料品質及人類健康構成嚴重威脅。最常見的產毒真菌包括黃麴黴 (*Aspergillus* spp.)、镰孢菌 (*Fusarium* spp.)、青黴 (*Penicillium* spp.) 等，所產生的毒素種類繁多，其中以黃麴毒素、伏馬毒素、赭麴毒素、玉米赤黴烯酮與三稜類毒素最為人熟知。這些毒素不僅可能造成急性中毒，還具有慢性影響，如免疫抑制、腎臟或肝臟損傷，甚至致癌性。因此，真菌毒素的污染問題已成為全球糧食安全的重要挑戰。在農業實務中，真菌毒素污染往往與氣候變遷密切相關。溫度升高與濕度變動，容易使病原真菌在田間或儲藏過程中迅速繁殖，進一步增加毒素生成。例如，玉米和小麥在高濕度條件下極易受到鎖鏈黴感染，產生伏馬毒素或三稜類毒素。檔案中提及，目前已有研究透過田間監測結合分子檢測技術，能在早期辨識高風險病原族群，協助農民採取對應措施。這些預警系統可望降低大規模毒素污染的風險。另一方面，對於毒素的檢測與管理策略，現今已有多項進展。傳統的化學檢測雖準確，但過程繁瑣、耗時且成本高昂。因此，學界逐漸發展出快速檢測方法，如免疫分析技術、分子探針以及奈米感測器，不僅靈敏度高，也能在短時間內完成大規模篩檢。此外，RNA 技術與生物防治策略也被納入研究重點。例如，透過外源 RNA 或 RNAi 技術針對產毒真菌關鍵基因進行沉默，可降低毒素生成；同時，利用拮抗性微生物如木黴菌或乳酸菌抑制真菌生長，也展現出良好潛力。這些方法若能整合至農業管理體系，將有助於實現對真菌毒素的永續防控。除了田間防治，收穫後的管理同樣重要。研究指出，適當乾燥與低溫儲藏可顯著抑制真菌繁殖與毒素累積。部分創新技術如臭氧處理、紫外光照射及天然植物萃取物應用，皆能有效分解或降低毒素含量。在飼料加工領域，添加解毒酵母或吸附劑，也被證實能減少動物體內毒素吸收，降低食物鏈累積效應。

2. 新興病害管理策略

- (1) **生物防治**作為永續農業的重要策略之一，逐漸受到重視，其核心理念是利用拮抗性微生物或其代謝產物來抑制植物病原菌的生長與侵染，以減少對化學農藥的依賴。與傳統藥劑相比，生物防治具備環境友善、非專一性抗病效果及長期應用潛力，因此被視為病害管理的關鍵替代方案。檔案中提及多項研究案例，顯示拮抗微生物在多種作物病害控制上均有顯

著成效。在油菜、玉米與大豆等重要糧食作物的病害防治中，木黴菌 (*Trichoderma* spp.)、假單胞菌 (*Pseudomonas* spp.)、芽孢桿菌 (*Bacillus* spp.) 等均展現強大拮抗能力。它們可透過多重機制抑制病原，例如產生分解酶破壞病原細胞壁、分泌次級代謝物抑制孢子萌發，甚至競爭營養與空間。此外，部分拮抗菌還能誘導植物防禦反應，增強寄主對病害的抗性，達到「系統性抗性誘導」的效果。這些特性使其不僅能直接抑制病原，還能提升作物整體免疫力，形成雙重保護。檔案中舉例指出，在對抗油菜莖腐病的研究中，將木黴菌與病原菌共同培養，可觀察到病斑顯著縮小，並且作物存活率明顯提高。大豆根腐病的試驗則發現，特定芽孢桿菌能分泌多種抗菌肽，有效抑制真菌的生長，並在田間試驗中展現穩定效果。這些研究結果說明，拮抗微生物的應用潛力不僅限於溫室或實驗室條件，在田間實際管理中同樣具有可行性。然而，生物防治在推廣過程中仍面臨挑戰。首先，拮抗菌在不同環境條件下的表現不一，可能受土壤酸鹼值、溫度與水分影響，導致效果不穩定。其次，微生物製劑的保存與應用技術尚需優化，以確保菌株在施用過程中維持活性。為了克服這些限制，研究者嘗試將拮抗菌與奈米載體結合，提升其穩定性與持效性；也有團隊利用多菌株複配策略，藉由不同拮抗機制的互補，達到更全面的防治效果。隨著分子生物學與基因組學技術的發展，學界也開始探索拮抗微生物的功能基因，藉以篩選出高效菌株或設計基因改造菌株，增強其防治性能。

(2) **RNA 干擾 (RNA interference, RNAi) 與分子防治技術**近年來已成為植物病害管理的重要新興工具。RNAi 的核心原理是透過外源雙股 RNA (dsRNA) 或小 RNA 分子，誘導病原基因表達沉默，進而削弱病原生長或毒力。與傳統化學藥劑相比，RNAi 技術具有專一性高、環境友善及可生物降解的特性，因此被視為未來永續農業中取代部分農藥的潛在方案。檔案中提及，研究者針對多種真菌病原進行 RNAi 防治實驗，例如油菜菌核莖腐病 (*Sclerotinia sclerotiorum*)、大豆根腐病與稻熱病等。透過噴灑式 RNA 農藥 (Spray-Induced Gene Silencing, SIGS)，能有效降低病斑形成與病害嚴重度。然而，RNA 分子在田間環境下不穩定，易被紫外線、核酸酶或環境因子降解，因此其防護效果往往無法長時間維持。為解決此問題，研究人員嘗試將 RNA 與奈米載體結合，例如矽奈米顆粒、層狀雙氫氧化物與幾丁聚醣奈米材料，結果顯示 RNA 穩定性與持效期顯著提升，部分處理甚至能維持超過兩週的保護效果。分子防治技術不僅限於 RNAi，還包括基因編輯與分子標靶抑制。例如，利用 CRISPR/Cas 系統進行病原基因功能解析，可幫助找出關鍵致病基因，進而作為 RNAi 或藥劑研發的標的。同時，開發能針對病原效應子或代謝途徑的小分子抑制劑，也屬於分子層次的防治策略。此外，透過宿主誘導基因沉默 (Host-Induced Gene Silencing, HIGS)，讓作物自身表達特定 RNA，亦能在病原侵入時發揮抑制效果。此策略已在多種作物試驗中展現潛力，尤其在小麥與大豆等糧食作物的抗病育種上具有應用價值。然而，RNAi 與分子防治技術仍存在挑戰。首先是製造成本較高，限制其大規模推廣；其次，RNA 分子在不同環境中的穩定性與施用方法需要進一步優化。此外，這些技術在法規認證、環境風險評估與農民接受度方面，也需要更多實證與教育推廣。總體而言，RNAi 與分子防治技術代表植物病害管理的一項革命性進展。它們不僅提供高專一性、環境友善的解決方案，還能與現有的生物防治與化學藥劑策略整合，形成多層次病害管理模

式。隨著奈米科技、基因體學與智慧農業技術的進步，這些分子防治策略有望克服現有瓶頸，成為保障糧食安全與推動綠色農業的核心技術。

抗藥性與真菌毒素是糧食安全與農業永續的雙重威脅。不僅需利用「新技術」(RNAi、生物防治、奈米材料)，也需結合 IPM、智慧農業、政策監測，才能建立多層次的病害管理體系。

(三) Plant Health 2025 病毒研究報告

1. 國際新興病毒調查與案例

研討會中學者有發表多項近期植物病毒調查與新病毒發現的研究，包括觀賞植物、糧食作物、果樹與保育植物的案例。

- (1) 日本冬青蕨 (*Cyrtomium falcatum*) 中鑑定出與 *Virgaviridae* 相關的新病毒，因其基因架構及鞘蛋白序列在類緣演化上，與現有病毒差異大，因此命名為 Japanese holly fern virus A (JHFVA)；JHFVA 與已知的 Japanese holly fern mottle virus (JHFMoV) 複合感染也顯示可能存在複雜的病毒系統。
- (2) 美國北卡羅來納州麝香葡萄病毒調查，學者首次報告當地麝香葡萄感染 grapevine leafroll associated virus (GLRaV-2) 為 39% 與 grapevine virus B (GVB) 為 23%，分子分析證實與已知病毒具有高度同源性。
- (3) Wheat streak mosaic virus (WSMV) 和 Triticum mosaic virus (TriMV) 為影響美國小麥生產的主要病毒；2023 年期間，TriMV 首次在燕麥田間被檢出，燕麥對上述兩種病毒皆具高度感病性。由於燕麥常作為覆蓋作物，可能成為病毒的主要傳染源。
- (4) 學者於密西西比州大豆病毒監測，應用高通量定序 (High-throughput sequencing, HTS) 與傳統病毒學方法，檢出已知病毒包括 SMV、SVNV 和 BPMV，及一些可能的新型病毒，甚至發現疑似真菌病毒的基因片段。
- (5) 夏威夷原生木槿病毒調查，夏威夷原生錦葵科 (Malvaceae) 植物中，研究學者首次在 *Hibiscus arnottianus* 中檢出 *Hibiscus latent Fort Pierce virus*。報告顯示病毒感染範圍已擴展至原生物種與不同島嶼，需建立監測與防治策略。

2. 新型技術監測病毒以及病毒防治技術開發

美國佛州學者發表衛星遙測應用於粉蝨/TYLCV 監測之區域化管理技術。在美國東南區域，粉蝨寄主範圍廣，可傳播多種蔬菜病毒，造成產量損失。學者利用 Sentinel-2 衛星影像與機器學習辨識作物類型，搭配地面調查粉蝨族群與 tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) 發病情況，綜合結果顯示粉蝨與病毒分佈在 1750 – 5000 m 範圍內具空間相關性，且溫度與周邊蔬菜作物顯著影響其擴散，最高可延伸至 9000 m。報告表示，監測需結合溫度、作物分布與時機，並採區域化協同管理。

植物病毒病害目前尚未有化學藥劑可直接用在植株上進行防治，對於病毒病的控管，除了檢驗監測、種植健康種苗外，也可採用積極的防治作為，農業試驗所於本次國際研討會發表了 2 篇病毒防治技術，包括 (1) 利用微生物(*Bacillus velezensis*) 誘導番茄對

TYLCTHV 的抵抗力；TYLCTHV 會導致番茄嚴重減產。番茄植株苗期經由 *B. velezensis* JS 菌株採根灌和葉噴處理 2 次後，可顯著降低病害嚴重度與病毒量。經由轉錄體分析顯示 Bv-JS 透過多重機制抑制病毒，包括 (i) 植株體內有 8 個與免疫、成長、逆境相關的基因上調；(ii) 此外，代謝體分析也顯示二級代謝物（酚類、類黃酮、生物鹼）與植物激素途徑被活化。(2) **本所百香果團隊，也發表百香果砧木對木質化病毒 (*Telosma mosaic virus*) 與真菌病原的感受性差異，以及提升植株抗性的方法**。台農一號百香果為目前亞洲的主流品種，採嫁接於黃百香果根砧以維持其優良園藝性狀。研究顯示不同來源的黃百香果砧木對 TeMV、EAPV-AO 和 EAPV-IB 的感受性不同，TeMV 比之其他病毒更容易以機械傷口方式成功接种植株造成感染。此外，病毒經由砧木接種後可使得病毒移行到接穗的比率提高，顯示根砧對病原的抗病力為防治台農一號嫁接苗的關鍵，因此提升根砧防禦病毒或真菌病原感染為防治病害的重要策略。本研究測試施用微生物處理可將 TeMV 對根砧的感染率由 60% 降至 0 - 20%。此外，以第一次真菌接種存活的植株再繁殖的實生苗，可提升根砧對 *Fusarium* 與 *Phytophthora* 抗性提高至 60 - 80%。結論顯示應用接種的壓力選汰以及微生物處理可增強百香果根砧的抗性。

3. 影響酪梨健康生長以及產量的重要病害，包括疫病及類病毒，在本次活動中有多篇報告發表酪梨疫病以及類病毒的研究成果。

(1) 酪梨疫病的研究包括：

(i) ***Phytophthora cinnamomic* (Pc)** 是全球對酪梨最具破壞性的病原菌，來自各大洲的不同宿主的 Pc 的全球族群分為兩個 A2 譜系 (PcG1-A2 和 PcG2-A2)。學者由美國加州及墨西哥所收集的酪梨疫病菌(PC)，利用全基因組重測序方法評估在美國和墨西哥收集的酪梨 Pc 族群的遺傳結構和親緣關係，發現 PcG1-A2 譜系包含大多數美國分離株和少量墨西哥分離株；而 PcG2-A2 譜系包含採集自河濱市、聖地牙哥市、聖塔芭芭拉市、夏威夷州的分離株以及大多數墨西哥分離株。此外，酪梨 PC 也存在兩個 A2 支系 (A2-I、A2-II)。其中 A2-II 支系僅在聖地牙哥縣和河濱縣檢測到，對酪梨的病原力更強，且對主要殺菌劑（亞磷酸鉀）具有抗性。學者檢測到了 PcG2-A2 分離株在加州境內以及墨西哥和加州之間的遷移，推斷墨西哥可能是加州高毒力 Pc 的來源，需加強族群監控以保護酪梨產業，因此監測和鑑定 Pc 族群對於開發有效且持久的控制方法至關重要，從而確保全球酪梨產業的永續發展。

(ii) ***P. cinnamomic* (Pc)** 的表型多樣性與環境適應的研究顯示 Pc 具有高度環境適應與抗藥性演化潛力，威脅酪梨生產:在夏威夷、佛州與南加州的 Pc 分離株於 28°C 生長更快，顯示 PC 可適應高溫。而病原菌的毒力在不同株間差異顯著，加州與佛州的 Pc 對磷酸鉀抗性較強，反映出已有農藥過度使用情況。而 PC 對多種殺菌劑的敏感性有差異，自然變異可能是其中一種原因。

(iii) **夏威夷田間試驗篩選出抗 Pc 的新酪梨砧木**：UC Riverside 選育 5 個新砧木 (PP35, PP40, PP42, PP45, PP80)；在夏威夷田間試驗結果顯示，這些新砧木比商業砧木「Dusa」和當地種子砧木存活率更高。因此新砧木的研發可提供酪梨對 Pc 的抗病潛力，未來有望推廣應用。

(2) 酪梨病原菌的早期或快速檢測技術研發，包括:

- (i) 墨西哥酪梨類病毒 (ASBVd)，利用 LAMP 技術可檢測到 1 copy/μl，靈敏度比傳統 RT-PCR 高出 1000 倍；且具有專一性、操作快速、成本低，適合田間與資源有限地區應用。
- (ii) 加州酪梨園 ASBVd 的數位分子檢測，開發 dLAMP 與 ddPCR 方法檢測 ASBVd，靈敏度高於傳統 LAMP。ddPCR 可檢測至 0.31 copies/μl，田間樣品檢出率約 31 – 33%。研界學者指出 dLAMP 與 ddPCR 可提供對檢測 ASBVd 高靈敏度與定量能力，有助於加州酪梨園的病害監測。
- (iii) HL0354 LAMP 方法，提升對酪梨木薑病 (*Laurel Wilt, Harringtonia lauricola*) 的檢測效率：酪梨木薑病在美國東南部已造成數百萬棵樹死亡，威脅佛州的酪梨產業。學者開發 HL 特異性 LAMP 引子組 (HL_0354)，可檢測至 4 pg/ml DNA，且不與其他共生微生物交叉反應；可以攜帶式 LAMP 設備，在田間用 DNA 粗萃取樣品進行檢測，且對甲蟲媒介檢測準確率達 81%。

陸、參訪夏威夷花卉產業與農產市場

本次考察旨在深入了解夏威夷當地的農業種植技術、農產品市場動態以及具特色的花卉產業。行程涵蓋了多家農場與公司參訪，並結合當地賣場的觀察，旨在為未來相關產業的合作與發展提供借鑒。

一、夏威夷花卉、果樹產業參訪

1. Winning Orchids 蘭花苗圃

位於夏威夷大島近 Hilo 南邊的蘭園，批發蝴蝶蘭、石斛蘭等提供夏威夷和美國本土市場。近年來由於國際航運公司不斷漲價，嚴重推高成本。同時因高電費，將催花的冷房改成自然降溫，以節省成本。採取了差異化的市場策略，專注於小眾或「Niche」市場，避免與大型企業直接競爭。這差異化市場策略也可供國內相關業者參考。

2. 夏威夷希洛蘭花農場有限公司 (Hilo Orchid Farm Inc.)

這是夏威夷大島希洛的蘭花公司，創立於 1991 年，由 James Fang 創辦，從小型苗圃逐步發展為全美重要供應商。苗圃佔地 36 英畝，其中 5 英畝為環境控制溫室，混合生產仙履蘭、文心蘭相關屬蘭苗，專精於文心蘭亞科跨屬植物的育種與生產，在 2024 年 Hilo Orchid Show 中，其育種品系 Aliceara Hilo Gold 'Hilo Ablaze' 獲得最佳蘭花 (Grand Champion)，Paphiopedilum Armeni White 獲亞軍 (Reserve Champion)，充分展現育種與展示實力。公司主要經營蘭花的大盤批發業務，服務對象為美國市場的零售商，包括超市、花店及網路零售商。公司不從事直接的零售業務，而是供應盆花給客戶，供其搭配蝴蝶蘭或自有商品出貨。對面臨市場趨勢變化、年輕世代消費習慣改變以及嚴格的檢疫和病毒防治挑戰。公司透過調整育種方向（偏向香味、中小迷你、易於照護的品種）。並嚴格執行農場健康管理和病毒檢測，以期在不斷變化的市場中保持競爭力並滿足客戶需求。該公司在蘭花育種上的專業性、對市場趨勢的洞察力以及品牌建立的成功經驗，對於臺灣蘭花產業的發展具有重要的參考價值。

3. 綠點苗圃 (Green Point Nursery)

這是一家悠久歷史的苗圃公司，從 1976 年起，該公司專注於火鶴花 (Anthurium) 及其他熱帶花卉的育種與生產。在 1985 至 1995 年間，細菌性枯萎病 (Bacterial Blight) 席捲全球，導致 50% 的夏威夷火鶴花產業受損，許多小型家庭農場因此退出市場，而綠點公司是為數不多的存留公司。採用遮蔭棚（只有網子覆蓋）和溫室兩種方式種植火鶴花，並以土耕煤渣 (cinder) 作為種植材料。主要火鶴花品種來自與夏威夷大學熱帶農業學院合作，針對當地氣候培育適宜的花卉品種；多年來維持合作，持續研發獨特火鶴花色澤，所生產之花卉銷往夏威夷州、美國本土和加拿大；綠點在包裝技術上也具備領先地位，其創新設計已成業界標準，在 1990 年代初期為日本市場開發的單層包裝 (Single Layer Pack)，這種方式包裝材料少，易於打包，且花朵減少 20-25% 的碰傷。但是從夏威夷海運到日本時間過

長（至少一週），而空運成本高昂，且近年來顯著上漲，使成本高昂且不具競爭力，綠點農場已退出日本市場。雖面對全球低成本大型競爭者挑戰，綠點依靠強品牌與優良種原 (germplasm) 保持市場競爭力。

4. 都樂公司 (Dole)

都樂公司於 1901 年由 James Drummond Dole 在夏威夷創立，最初以鳳梨種植與罐頭加工為主。因大規模種植與加工技術革新，使夏威夷在 20 世紀成為全球最大的鳳梨出口基地，同時也帶動夏威夷農業與加工產業發展。雖然目前夏威夷鳳梨種植面積已大幅縮減（因全球產地轉移至菲律賓、拉丁美洲等地），但夏威夷仍保有鳳梨研發、特色栽培與觀光展示的角色。本次參訪 Dole Plantation (都樂鳳梨園) 位於瓦西亞瓦 (Wahiawa, Oahu)，為當地著名觀光農場與文化地標，結合觀光與教育性質，提供鳳梨田園觀光列車、熱帶植物迷宮、鳳梨栽培知識展覽等多元化的體驗，並推動教育活動，讓大眾了解熱帶農作物與生態，同時也將當地特色作物如鳳梨、咖啡等農產品開發成鳳梨冰淇淋、果汁和伴手禮等多樣的商品行銷，創造更大的加值效益。夏威夷是都樂公司發源地，以鳳梨產業起家，現今以農業觀光與文化教育為特色，仍是 Dole 全球品牌的重要象徵。這也為臺灣農業的發展提供了農業觀光結合品牌行銷的成功案例。

二、夏威夷市場調查

1. 夏威夷大島農產品與水果觀察

主要農產品：大島氣候條件優越，盛產多種熱帶農產品，如鳳梨、香蕉、木瓜、椰子、荔枝和芒果等。其中特色農產如科納咖啡 (Kona Coffee)，是該地區著名的農特產。由於地理條件適合，當地也種植夏威夷豆 (Macadamia nuts) 和可可豆。夏威夷的多元農產品為當地創造了多樣的經濟收入來源，這也為臺灣農業的發展提供了借鏡，可以朝向特色農產品及觀光農業發展。

2. 歐胡島市場觀察

商品多樣性：賣場販售的花卉商品種類豐富，從鮮花花束、盆栽蘭花到盒裝花瓣應有盡有。鮮花花束：價格從 6.99 到 21.99 不等，提供多樣化選擇。其中「BUDVASE」紅玫瑰花束 (\$21.99) 以小型花瓶包裝，適合送禮；迷你康乃馨花束 (\$6.99) 則具高性價比。蘭花產品：除了盆栽蘭花，還提供盒裝蘭花花瓣，用於裝飾或製作花環，價格實惠，滿足了不同顧客的需求。

結論與建議

1. 育種創新：核心競爭力

(1) 無論是蘭花（蝴蝶蘭、文心蘭等）或火鶴花，育種技術精進是企業長期生存與成功的

關鍵。

- (2) 建議臺灣持續投入新品種研發，聚焦具市場潛力的特徵（如香味、迷你型、易照護、高耐病性）。

2. 產品加值與品牌經營

- (1) 創新包裝（如綠點苗圃的單層包裝）不僅能降低損耗，也能提升附加價值。
- (2) 品牌力是進軍國際市場的重要門票，須強化臺灣農產品的品牌故事與辨識度。

3. 農業 × 觀光的結合

- (1) 都樂公司案例證明，將農場轉型為觀光與教育場域，不僅能創造額外收益，也能提升品牌能見度。
- (2) 臺灣農場可借鏡此模式，發展休閒農業、體驗經濟與地方特色商品。

4. 市場導向與產品多樣化

- (1) 消費者偏好多元、價格合理的商品。
- (2) 供應商應依市場需求，提供不同價位與規格產品（如精品品種 vs. 大眾普及款），以擴大市場佔有率。

「育種創新 × 品牌經營 × 觀光加值 × 市場導向」是臺灣農業在國際競爭中持續突破的關鍵。

柒、心得與建議

一、行前規劃：

1. **儘早行程安排規劃：**由於科發基金計畫於每年 11 月開始研提，計畫通過時間約隔年 3-4 月，國際會議往往訂在 8 月，建議一開始研提計畫時即完善規劃日程，以避免日後計畫變更。
2. **機票購買及交通安排：**因會議時間為 8 月份是旅遊旺季，待計畫通過再購買機票，或無經濟艙機位或機票費用增加；另代步的交通工具亦須提早於前一年預定。

二、會議活動：

1. **會議場地位置便利**，附近住宿地點多，官方亦提供會議中心附近的住宿飯店，利用步行方式即可到達會場。
2. **安排會前活動提供工作坊與戶外實地考察**，強調實務性與互動學習。
3. **會議規模宏大、內容豐富**，精心安排約 40 場科學議題、4 場會前研討會、97 位專家演講、689 張海報展示，提供植物健康領域的新趨勢與突破的資訊。
4. **海報展示**，會議中提供海報專區及特定的交流時間，讓與會學者能夠有機會就彼此研究討論交流。
5. **提供會議 APP**，提供各項會議相關資訊，促進來自世界各地的學者互動；議場亦提供一個光線充足的網路區域。
6. **會議獲得多個贊助商**，並為資源有限的學生提供優惠與補助。
7. **會議致力促進學術交流**，除了正式會議活動外，也安排開幕歡迎酒會與每日 Plant Health Hub 聯誼時段，提供與會者充足的互動性，重視人脈與交流。
8. **提供寶貴資訊交流平台**，該會議匯集 35 個以上的國家、150 多所大學及超過 1,100 多名專家參與，是收集植物病理學最新研究和行業資訊的平台。
9. **完美的閉幕式**，邀請國際馬鈴薯中心、在病毒學與永續農業領域具有全球領導地位的 Jan Kreuze 博士擔任 Plant Health 2025 閉幕主題演講人為整場會議的年度科學與合作交流作總結；並舉辦 Aloha Under the Stars 閉幕晚會，於夏威夷會展中心屋頂舉行，享受島嶼風味美食與社交時光。

三、參訪交流活動：

1. **深化與夏威夷農業合作與技術交流**，藉由 TARI 與 USDA-ARS-PBARC 之間的交流，雙方對彼此研究專長有更清楚的認識，並發現多項合作契機，未來若能透過跨國合作，共同研發診斷、育種及綜合防治策略，將有助於提升熱帶與亞熱帶地區作物生產的永續性與韌性。
2. **交流學習有關病害管理技術**，拜會夏威夷大學熱帶植物與土壤科學部以及參訪 Urban Garden Center，實地觀察當地病害管理經驗及環境友好型防治技術，除了可以深入學習並交流病害管理技術，也對雙方的未來於農業研究的合作交流機會提供了契機。
3. **夏威夷花卉產業因應國際局勢之方式可做為臺灣借鏡**，經由參訪夏威夷花卉業者，了解

當地小型蘭花業者採取差異化的市場策略，專注於小眾或「Niche」市場，避免與大型企業直接競爭。而中大型公司則在蘭花及火鶴花新品種的育成、對市場趨勢的洞察力、包裝技術上的精進及品牌建立的成功經驗，對於臺灣蘭花產業的發展具有重要的參考價值。

捌、會議及參訪照片

一、赴夏威夷大學與美國農業部農業研究署參訪交流

1. 與美國農部農業研究署太平洋盆地農業研究中心 (USDA-ARS-Pacific Basin Agricultural Research Center, USDA-ARS-PBARC) 研究人員會談



TARI 研究團隊成員與 USDA-ARS-PBARC 研究員共同參與，於夏威夷大學 Hilo 校區進行之交流會議



與 Dr. Lisa Keith (USDA-ARS, PBARC, Hilo 植物病理學家)、Dr. Roxana Myers (USDA-ARS, PBARC, Hilo 寄生線蟲的植物保護管理) 及 Dr. Qingyi Yu (USDA-ARS, PBARC, Hilo 研究遺傳學家/分子生物學家) 交流雙方在植物病理、昆蟲線蟲、分子育種等領域的最新研究成果



雙方與會人員大合照。

2. 夏威夷大學熱帶農業與土壤科學部參訪與交流

夏威夷大學參訪與交流



由李文立分所長介紹農業試驗所及研究人員相關研究簡報，並與夏威夷大學大合影



聽取 UH-TPEPS 主任 Dr. Koon-Hui Wang 的簡報



與 Dr. Michael Melzer 討論 RNAi 防治應用與新發現芋頭病毒及其診斷



與 Dr. Zhiqiang Cheng 討論草坪病害及其防治上遇到的困難，作為臺灣借鑑



參訪細菌研究室就火鶴花葉枯病防治經驗進行交流



應用覆蓋作物促進土壤健康及生物防治

由李文立分所長致贈 UH-TPEPS 主任 Dr. Koon-Hui Wang 紀念品

Urban Garden Center



展示如何將剩菜廚餘藉由蚯蚓轉換為黃金。

展示各種落葉堆肥設施



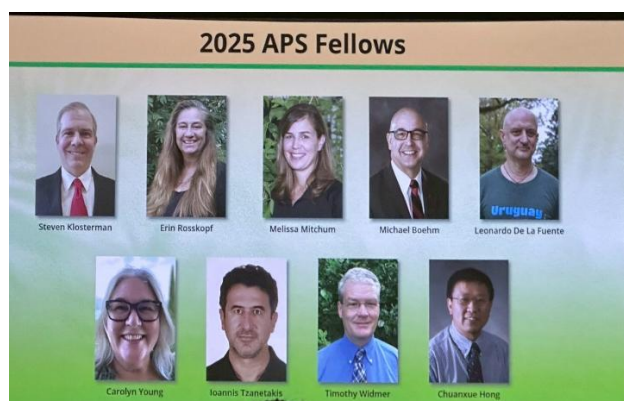
間作萬壽菊吸引天敵寄生蜂，防治小型害蟲。

示範如何處理麵包果及介紹其食用方法

二、Plant Health 2025 美國植物病理學會年會活動照片



開幕式會場與本屆大會主席致詞



2025 年 APS Fellows 當選學者



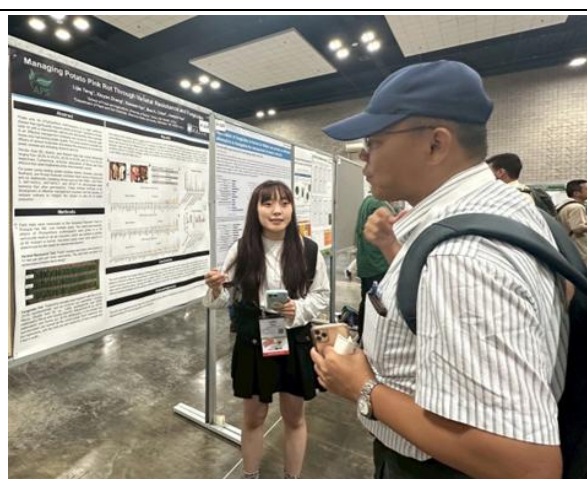
開幕演講由來自國際水稻研究所（IRRI）的 Van Schepler-Luu 博士發表



榮獲 2025 APS Fellow 的 Dr. Timothy Widmer（USDA-ARS, Beltsville）與團員合照

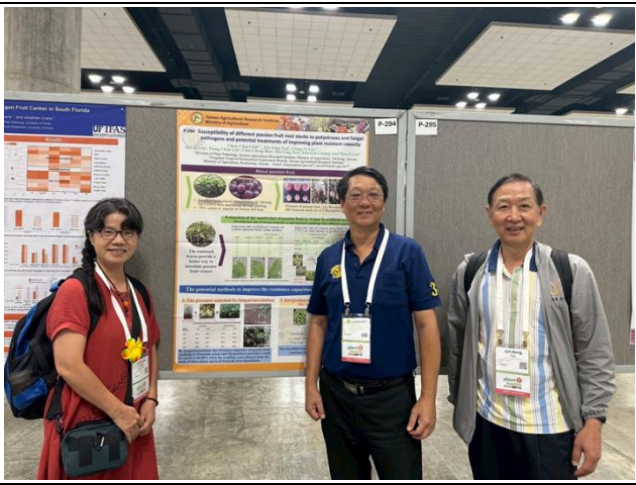
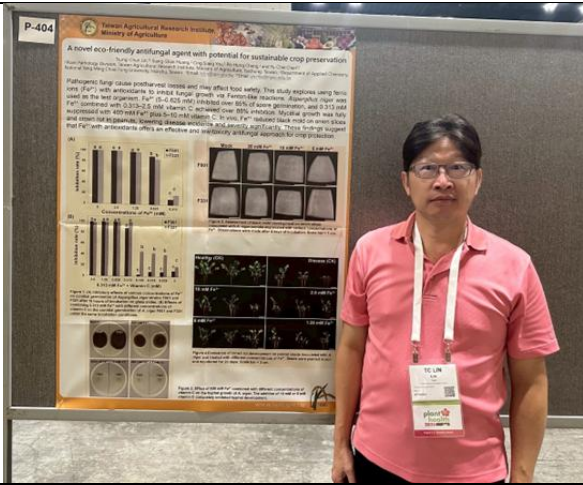
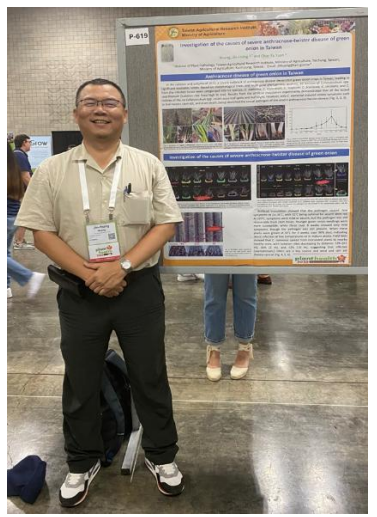
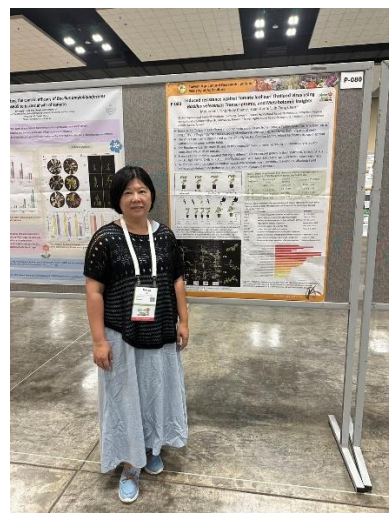
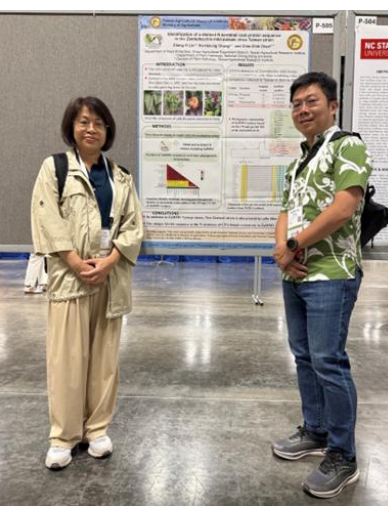
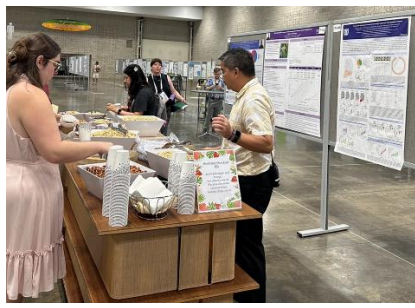


參加會議的團員與來自臺灣的其他學者合照



與會議中許多學者進行交流，並與 3 位 APS Fellows 交流

三、研討會報告照片 (編號請參考參、出國人員及發表題目)

		
1	3	
		
2	4	5
		
6	7	海報展示區提供小餐點

四、參訪夏威夷花卉產業與農產市場

1. 夏威夷農業暨花卉產業市場調查-Winning Orchids 蘭園



由鳳山分所李分所長代表本所致贈 Winning Orchids 蘭園 Macor 陳老闆紀念品



Winning Orchids 蘭園採用溫室培育蝴蝶蘭



石斛蘭的培養與栽培亦為 Winning Orchids 蘭園的生產項目



Winning Orchids 蘭園採用氣窗方式以自然降溫栽培蘭花



Winning Orchids 蘭園部分蝴蝶蘭植株疑似感染細菌性病害



Winning Orchids 蘭園部分蝴蝶蘭葉片出現嵌紋病徵，疑似受病毒感染

2. 夏威夷農業暨花卉產業市場調查-夏威夷希洛蘭花農場有限公司 (Hilo Orchid Farm Inc.)



致贈紀念品給夏威夷希洛蘭花農場有限公司 (Hilo Orchid Farm Inc.) 經營者 James 方老闆並一起合影



與 James 方老闆交流夏威夷蘭業的發展與問題



夏威夷希洛蘭花農場有限公司自泰國進口組培苗進行培育



農場蟲害管理方法，黃色黏蟲紙條狀分布。



農場培育多種特色蘭花，如香味大花文心蘭等，且擁有多個獲獎優良品種



農場病害管理方法，將疑似出現病害（文心蘭葉斑病）病徵之植株集中區域管理

3. 夏威夷農業暨花卉產業市場調查-綠點苗圃 (Green Point Nursery)



綠點苗圃 (Green Point Nursery) 經營者 Eric Tanouye 親自介紹該農場



苗圃利用遮陰網土耕煤渣 (cinder) 種植火鶴花



Eric Tanouye 老闆介紹火鶴花的栽培管理



綠點苗圃火鶴花包裝處理場，具有多種獨特花色的火鶴花



花材包裝前處理，以泡水 10-15 分鐘後水霧沖洗的方式去除藻類和昆蟲



精緻火鶴花單層包裝 (Single Layer Pack)，以利於市場銷售及減少切花損傷

4. 夏威夷農業暨花卉產業市場調查-Dole plantation

	
參訪 Dole plantation	Dole 鳳梨品種花園
	
Dole 農場栽種的鳳梨園	Dole plantation 園區提供鳳梨快車 (Pineapple Express Train) 導覽廣大園區
	
Dole plantation 園區中豐富的生態植物種類	Dole 鳳梨主題文創商品

5. 夏威夷大島吉歐胡島市場調查



夏威夷大島農產市集販售之日常農產品



大島農產市集販售常見的水果與芋頭



大島農產市集販售的火鶴花



大島農產市集販售的可可豆與山竹



大島超市販售各樣的花束與花環



大島超市販售西瓜番茄與菇類



歐胡島超市販售的各種生鮮花束



歐胡島販售瓶裝玫瑰與康乃馨花束