

出國報告(出國類別：研究)

114年農業高科技人才培育計畫-
優化花卉作物產銷品質與效能之研究交流

服務機關：農業部臺中區農業改良場

姓名職稱：陳彥樺副研究員

派赴國家：美國

出國期間：114年7月7日至7月25日

報告日期：114 年 10 月 20 日

114年農業高科技人才培育計畫-

優化花卉作物產銷品質與效能之研究交流

出國報告書

目錄

壹、摘要.....	1
貳、前言.....	1
參、目的.....	2
肆、出國人員.....	2
伍、出國行程.....	2
陸、工作與研習內容.....	3
一、提升作物栽培生長效率與韌性之美方學研單位研究重點.....	3
二、美國園藝大展 Cultivate 及產業發展重點.....	13
三、俄亥俄州設施園藝國際研討會重點摘錄.....	21
四、美國觀賞植物種質資源中心 Ornamental Plant Germplasms Center 介紹.....	26
五、美國植物品種保護施行現況.....	32
柒、心得與建議.....	37
1. 研究的品質深度及整體性.....	37
2. 產業自立與活力韌性.....	38
3. 植物品種保護的落實與應用.....	38
捌、參考資料.....	39

壹、摘要

臺灣花卉產業2024年栽培面積13,926公頃，與美國產業特性相似：皆是以盆花、庭園草花等露天或簡易設施作物為主，設施栽培從塑膠棚至高階溫室皆有，本土切花也同樣面臨進口競爭，花農平均年齡55-60歲，國內消費市場潛力極大。透過本次交流，建立臺美研究網絡及美方花卉園藝產銷效能學習。行程涵蓋康乃爾大學、俄亥俄州立大學、美國農部研究中心，並參加Cultivate'25園藝展及俄亥俄州設施園藝研討會(OHCEAC)。美方研究重點包括介質栽培技術，涵蓋替代性介質(木質纖維、生物炭)開發及微生物菌相分析；光照管理，LASSI智能補光系統可降低27%能源使用並整合CO₂補充；有益微生物製劑篩選與RNA干擾技術的病害防治。OHCEAC研討會今年度聚焦種苗生產技術，指出產業從終端產品轉向種苗生產，CO₂補充成本效益優於增加照明，蒸氣壓差的管理為環境控制關鍵。美國觀賞植物種質資源中心(OPGC)保存約7,000個植物材料、涵蓋400個屬2,000個物種，透過種子儲存、組織培養等方式維護遺傳多樣性，並運用流式細胞儀進行倍體數分析。北美園藝大展Cultivate'25有650多家參展商，產業趨勢包括AI工具整合以及生物防治標準化等。美國品種保護採植物專利、植物品種保護及品種實用新型專利三層次制度，透過專業公司進行權利金管理與侵權監控。

貳、前言

根據農糧署 113 年農業統計年報，臺灣花卉產業於 2024 年栽培面積為 13,926 公頃，其中苗圃類面積占比 67%，高階精密溫室栽培之蘭花類作物面積佔 5%，其他簡易設施作物、露天作物栽培面積占比近約 28%。外銷花卉如蝴蝶蘭、文心蘭、洋桔梗及火鶴花等作物，因其高產值，外銷實績亮眼，是臺灣花卉產業長年以來關注焦點，也積極仿效學習荷蘭花卉產業之尖端科技栽培管理，然而除了蝴蝶蘭業者及種植外銷花卉之少數農企業能投資應用外，多數在地花農的栽培管理與資金設備投入仍無法一蹴可及的轉型。站在政府輔導產業發展的立場，因應多元化產業需求，除了持續關注支持重要花卉作物外，也須為從事其他花卉生產之在地花農提供適切的技術輔導、研究開發與機會開創。

美國花卉產業與臺灣花卉產業相似的特性是(1)盆花、庭園草花苗圃類等露天或簡易設施作物佔主要栽培面積；(2)設施栽培自塑膠棚溫室至中高階溫室皆有，臺灣花卉生產模式較易類比理解學習；(3)在地切花生產受進口花卉競爭衝擊；(4)人力資源分布相仿，花農平均年齡約 55-60 歲；(5) 國內花卉消費市場開發潛力大。雖臺美兩國花卉產業規模不可類比，然基於產業有相仿特性，應可透過與美方花卉相關組織機構及產業活動，了解美國花卉觀賞園藝產業的市場動態與架構，

掌握美方最新花卉相關科學研究方向，交流新知與研究熱點，建立臺美花卉研究人才網絡。

參、目的

臺美花卉園藝產業具有相似發展背景，兩地皆面臨設施栽培技術升級需求，從基礎塑膠棚溫室至高階設施皆有分布，且本土切花生產均受進口花卉競爭影響。美國學研機構在花卉園藝應用科學領域具備強大研發整合能力，本計畫人員與康乃爾大學、俄亥俄州立大學及位於俄亥俄州Wooster、Toledo的美國農部應用園藝科學研究中心等機構交流，掌握美國花卉科學研究趨勢，了解研究重點與新興技術，並應用於臺灣花卉產業技術輔導與研發。此外，透過參加北美園藝大展 Cultivate及2025 OHCEAC設施園藝研討會，觀察美國花卉產業市場趨勢、行銷模式與消費需求，學習其為美國在地花農提供技術研發及市場開發策略的經驗。藉由赴美參訪學習美國研發思維、產業鏈運作模式與市場策略，強化研究視野與邏輯思考，提升輔導臺灣花卉產業發展的力度與國際資訊交流效能。

肆、出國人員

陳彥樺 副研究員/臺中區農業改良場

伍、出國行程

日期	行程	地點
7月7日	啟程，飛往美國，於當地時間7月7日晚上8點抵達。	Taiwan to Ithaca, NY
7月8日至10日	拜訪美國康乃爾大學設施園藝與花卉研究之教授，交流討論研究議題及產業概況，強化深耕研究網絡。	Ithaca
7月11日	前往 Columbus，Ohio	Ithaca to Columbus, Ohio
7月12日至15日	參加-全美最大花卉園藝產業年度盛典展 Cultivate	Columbus, Ohio
7月16日	參加 Ohio State University 主辦之國際設施園藝研討會 OHCEAC	Columbus, Ohio

7 月 17-18 日	參訪 Ohio State University 的 OPGC 園藝作物種原中心。	Columbus, Ohio
7 月 19-20 日	Columbus 周邊 garden center 產業資訊蒐集，並自駕前往美國農業部位於 Wooster, Ohio 的應用園藝科學研究中心(ATRU)	Columbus to Wooster, Ohio
7 月 21-23 日	自駕前往參訪 ATRU-Toledo 研究站，與該研究站之研究人員進行交流。	Wooster to Toledo
7 月 24 日-25 日	7 月 24 日搭乘返國飛機，於 7 月 25 日抵達臺灣。	Toledo to Taiwan

陸、工作與研習內容

此行參訪學研機構及一日研討會以及園藝產業年度活動，對於美方在花卉園藝的研究跨機構整合以及與產業密切互動與緊密連結印象深刻。參訪過程發現類似的研究議題在不同學研單位均有涉略且相互補及產學研互信合作，在此筆者綜述參訪學習內容，分以 5 項主題進行陳述，為(1)提升作物栽培生長效率與韌性之美方學研單位研究重點；(2) 美國園藝大展 Cultivate 及產業發展重點；(3)俄亥俄州設施園藝國際研討會重點摘錄；(4)觀賞植物種原中心介紹；(5)美國植物品種保護施行現況。

一、提升作物栽培生長效率與韌性之美方學研單位研究重點

1. 介質栽培研究

美國農部 Wooster 應用研究技術中心著重在設施園藝栽培，並有相關計畫研究針對介質與養分管理，其是提升作物生長效率的核心技術。研究重點在於開發和整合無土栽培的生產和自動化技術，改善水和介質的物理化學性質，減少農藥和污染物使用。研究採用模式溫室和苗圃作物進行系統性試驗，評估不同介質成分(如泥炭、珍珠岩、蛭石等)的分層配置(substrate stratification practices)應用，通過不同介質成分的組合優化根區環境，同時結合灌溉排程(irrigation scheduling)和容器顏色管理來調控介質溫度(substrate temperature)。實驗設計包括測試不同肥料用量和組成配方，比較液態肥料與緩效性肥料的施用效果，並評估不同灌溉類型(滴灌、噴灌、底部給水)及頻率對植物生長

的影響。技術細節方面，使用便攜式光合作用系統設備測量氣體交換及葉綠素螢光，監測植物健康狀態和逆境反應，同時進行組織營養分析，追蹤養分吸收效率。通過精確的養分配置和水資源管理技術，不僅減少水分和肥料的施用需求，也改善作物生長和根系發育，將資源使用效率最大化和生產成本最小化。

美國農部 Wooster 應用研究中心另一研究重點是替代性介質開發以及相關栽培生理與微生物菌相變化的探索。隨著傳統栽培介質如泥炭苔(peat moss/sphagnum peat)的供應受到環境保護壓力，以及松樹皮(pine bark)因林業生產減少而價格上漲，尋找永續且經濟可行的替代材料已成為園藝產業的迫切需求。在替代性介質的研發過程中，該研究單位採用專業的加工設備來處理各種生物質材料。研究團隊主要使用錘磨機(hammermill)將生物燃料作物如柳枝稷(switchgrass)、柳樹(willow)、玉米稈(corn stover)和巨芒(giant miscanthus)等原料粉碎成適當的粒徑。錘磨機配備 0.95 公分的篩網(screen)能夠將原料處理成符合栽培需求的顆粒大小。此外，團隊也使用振動篩分設備(shaking/sieving devices)將處理後的材料分級為不同粒徑等級，以便針對不同作物需求調整介質的物理特性。這些商業級加工設備使研究成果更具實用性，能直接應用於產業生產。

此外，研究團隊也探討生物炭作為營養來源的應用。在 815-871°C 高溫下氣化處理的碳化稻殼本身含有豐富的磷和鉀元素。當以 5-10%的比例添加到栽培介質中時，可以在 6 週的短期作物生產週期中提供充足的磷鉀營養，大幅減少對化學肥料的依賴。這項研究不僅降低了營養流失造成的環境污染，也為生產者節省了肥料成本。然而，研究也指出生物炭需要配合微量元素(micronutrients)的補充，才能確保植物的健康生長。此外，生物炭的多孔結構能夠暫時吸附並緩慢釋放硝酸鹽(nitrate)和磷酸鹽(phosphate)，有效減少容器中營養元素的淋洗流失，這對於提高肥料利用效率和保護水體環境具有重要意義。

在尋找泥炭替代品的研究中，木質纖維(wood fiber)已成為最具潛力的選項之一。與俄亥俄州立大學(Ohio State University)的合作研究顯示，經過熱機械加工處理(thermo-mechanical processing)的木質纖維，可以在栽培介質中以高達百分之三十的比例使用，而不影響植物生長表現。這種纖維材料能與泥炭、椰纖(coir)和樹皮等原料混合形成獨特的基質結構，提供良好的透氣性(air-filled porosity, AFP)和保水性(water holding capacity, WHC)。松樹皮作為北美木材工業的副產品，被證實是經濟可行且永續的選擇。不同粒徑的松樹皮可應用於各種容器生產系統，在小黃瓜和番茄等作物的生產中表現優異，

同時能顯著減少灌溉水的流失。研究團隊也研究生質燃料作物(biofuel crops)如玉米稈作為栽培介質的可行性。在地區性種植和採收後的生質作物殘枝，經過適當的錘磨機處理後，能夠單獨使用或與 20%泥炭土混合，成功栽培長春花等觀賞植物。這項研究為建立區域化的栽培介質供應系統提供科學基礎，有助於降低運輸成本和碳足跡(carbon footprint)。此外，研究還發現加工處理過的稻殼(parboiled rice hulls)作為容器表層覆蓋物(mulch)時，能有效控制常見雜草的生長，深度達 1.3 cm 以上的稻殼覆蓋可提供接近 100 %的雜草控制效果，且不影響玫瑰等觀賞植物的生長。

近年來，研究重點已擴展到栽培介質的生物學特性，特別是微生物群落(microbiome)的組成與功能。透過次世代基因定序技術(next-generation sequencing)及擴增子測序(amplicon sequencing)，該技術主要針對細菌的 16S ribosomal RNA gene 和真菌的內部轉錄間隔區(internal transcribed spacer, ITS)進行高通量測序分析。研究團隊系統性地記錄不同管理措施如何影響容器栽培介質中的微生物群落。2024 年發表的鳳仙花(*Impatiens walleriana*)研究顯示，植物生長階段和施肥量都會顯著影響介質微生物組成。研究團隊使用先進的生物資訊分析工具包括 QIIME 2 平台進行微生物群落多樣性分析，alpha-diversity 及 beta-diversity 指標評估微生物群落的豐富度和組成差異。目前正在進行的研究著重於介質分解機制，並將其與微生物群落的動態變化相連結。這些前瞻研究將有助於開發基於微生物功能的新型栽培介質管理策略，進一步提升作物生產的永續性與效率。

2. 光照與 CO₂ 補充

Cornell University 園藝系教授 Neil Mattson 領導的團隊與 Rensselaer Polytechnic Institute 合作，獲得紐約州能源研究與發展局提供的 500 萬美元資助，進行為期 7 年的研究計畫，開發出專利 LASSI (Light and Shade System Implementation)演算法系統。Cornell 大學的溫室照明實驗室包含十個實驗區域，測試各種強度和光譜的 LED 對商業作物的影響，包括萵苣、大麻和草莓等作物上進行研究。

LASSI 的運作基於日光預測機制。系統根據日出後最初幾小時的條件預測每日總太陽光 DLI，並全天更新預測結果。研究證實使用準確的預測可以提高照明控制的精確度。系統根據氣象數據和實際光照條件，動態調整補光和遮蔭策略。演算法在模擬中展現出比標準溫室環境控制軟體常用的光照閾值控制方法更高的能源效率，因為它減少了過度遮蔭和過度照明的情況。系統在必要時會施加遮蔭，避免超過 DLI 目標，防止結球萵苣的葉尖燒傷或維

持果實作物每週產量的一致性。

研究團隊亦開發 CO₂-LASSI 進階版本，整合二氧化碳濃度對植物生長的影響。系統引入「虛擬 DLI」概念，計算在不同 CO₂ 濃度下達到相同生長效果所需的光照量。例如，奶油萵苣在環境 CO₂ 濃度(400 ppm)下需要 17 mol·m⁻²·d⁻¹的 DLI，而在 1,200 ppm CO₂ 濃度下僅需 13 mol·m⁻²·d⁻¹即可獲得相同生長效果。演算法基於室外溫度的通風率和 CO₂ 損失，並考慮 CO₂ 或光照補充的成本，計算每個時間步驟的最低成本組合。系統設定只在特定條件下添加 CO₂：當前一小時的 DLI 落後於目標、日光或補光燈的開啟且處於光照較低的月份。CO₂-LASSI 在實際應用中展現節能效果。在紐約州中部地區的全年模擬中，系統使補光燈使用時數減少 27%，主要效益集中在 11 月至 2 月。2024-2025 年於紐約州 Niagara County 溫室的實地測試顯示，CO₂ 補充在主要補光季節(10 月至 4 月)為萵苣作物增加約 7%的生長。研究團隊進一步開發 Day-Ahead Market LASSI，系統考慮能源價格波動，決定一天中提供補光的最經濟時段。日前市場在使用電力的前一天設定每小時電價，電力需求在夜間較低時價格較便宜，在下午和傍晚用電高峰時較昂貴。這個版本將電價因素整合進演算法，使系統能夠在維持作物生長目標的同時，選擇最經濟的補光時段。

為了推動這些技術的發展與商業化，Cornell 大學、Rensselaer Polytechnic Institute 和 Rutgers 大學於 2017 年成立 GLASE(Greenhouse Lighting and Systems Engineering) 聯盟，包含產業成員。聯盟設定的目標是將溫室照明用電量減少 70%，整合 LED 照明、二氧化碳補充、通風和濕度的全面能源管理系統。研究團隊開發將數據整合到 LASSI 中，使用光譜可調的補光燈達到每個波長帶的既定目標。LASSI 已在多個州的葉菜作物生產溫室中使用，並在紐約州的兩個商業溫室中作為示範點。GLASE 的未來發展計畫包括開發自動照明和遮陰控制系統，整合波長控制以獲得最佳作物生長，以及開發包含整個溫室系統管理的軟體，協同控制照明、通風和濕度。LASSI 系統通過動態調整補光量，提供精確的 DLI 控制，確保作物每天接收相同光照量，全年一致性生產。LASSI 是公開可用的程式碼，Microclimates Inc.正在將此程式碼整合到其 DLI 控制系統中，協助在北美溫室商業生產能應用這項技術。從基礎的光照控制發展到整合 CO₂ 管理和電價優化，LASSI 持續進化成為整合多項環境因子並考慮經濟成本的智慧型溫室管理系統。

3. 有益微生物製劑

Ohio State University 與美國農部 Wooster 應用研究中心重視微生物製劑

(microbial inoculants)的研究，其為提升作物韌性和生長效率的關鍵角色。研究目標為篩選能夠提高營養和水分利用效率、增加植物耐逆境(stress tolerance)的有益細菌。透過 16S rRNA 基因為基礎的微生物組分析(microbiome profiling)，深入了解棲息在不同環境中的細菌多樣性，並評估不同栽培投入對微生物生物多樣性的影響。研究方法採用破壞性取樣技術分離總根圈 DNA，進行高通量 16S rRNA 基因定序分析，建立微生物群落指紋圖譜(microbial community fingerprinting)。實驗設計包括在不同介質組合、肥料配方、灌溉方式及植物生長調節劑，包括生長抑制劑和益收(ethephon)的處理下，採集根際土壤樣本進行微生物組分析。技術流程涵蓋微生物種類收集建立與篩選、體外培養試驗評估候選菌株的生長促進特性，例如固氮能力、磷酸溶解能力、植物荷爾蒙產製能力(phytohormone production)等。研究團隊透過溫室盆栽試驗驗證篩選出的有益菌株效果，測量植物生長參數(如株高、葉面積、乾重)、養分吸收效率和耐逆境指標，開發具有協同效應的微生物聯合體配方(microbial consortia)，提升植物對環境逆境的適應能力，還能增強養分吸收效率，從而提升整體作物韌性。

4. 病害防治(RNAi)

美國農部 Wooster 應用研究中心新興研究計畫之一為 RNA 干擾技術(RNA interference, RNAi)，其代表了病害防治的創新方向，特別是噴霧誘導基因沉默(spray-induced gene silencing, SIGS)技術的開發，為減少對合成殺蟲劑(synthetic pesticides)依賴提供了新途徑。研究重點在於開發氣候智慧型(climate-smart)和自動化策略來管理園藝糧食和觀賞作物中的害蟲及病害。核心技術包括三個關鍵步驟：首先，比較來自 Ago2 蛋白(Argonaute 2 protein)不同區域產生的 dsRNA 片段(double-stranded RNA segments)，分析其對應的 RNA 二級結構(RNA secondary structures)穩定性和活性，優化 SIGS 的靶向效率。研究團隊目前設計多種 dsRNA 序列變體，測試不同長度和結構的干擾效果。其次，深入研究 miRNA(microRNA)與目標基因的鹼基配對機制(base-pairing schemes)，評估不同配對方案對 RNA 干擾蛋白質穩態(protein homeostasis)的擾動效果。實驗將包括體外細胞培養系統和活體植物試驗，監測基因表達變化和蛋白質功能調控。第三階段專注於跨物種 miRNA(cross-species miRNAs)的開發與驗證，從共同菌寄生物(common mycoparasite)中篩選和設計能夠同時靶向核盤菌科(Sclerotiniaceae)多個成員基因的 miRNA 序列。研究建立生物資訊學預測模型(bioinformatics prediction models)，結合實驗驗證，確認跨物種干擾效果。應用測試方面，並在向日葵(sunflower)、食

用菜豆(edible snapbean)和乾豆(dry beans)等作物上進行田間試驗，這些作物因技術限制無法採用基因轉殖方法(transgenic approaches)，使 SIGS 成為理想的替代方案。同時配合傳統防治策略，包括矽肥的施用來增強植物對土傳和葉部病害的抗性，以及針對特定害蟲如紅頭跳甲(redheaded flea beetles)、小蠹蟲(ambrosia beetles)的生物學監測和生態管理方法，形成完整的綜合病害防治體系。

美國農業部研究計畫與大學密切合作，且是大學研究經費的重要來源。以筆者拜訪的美國農業部研究人員為例，平均每人執行 1-2 項計畫，且多為 3-4 年期的長期計畫，經評估後可持續申請後續研究。舉例來說，該農業研究服務處(ARS)開發智能噴藥系統，初期產業應用驗證效果不佳，經重新調整與精進，前後歷時超過 10 年。雖然研發耗時，但成果紮實，獲得美國最大農機公司 John Deere 的關注並成功技術轉移。此外，該 ARS 目前執行的草莓栽培生產效能提升計畫，研究團隊涵蓋美國農業部研究站、研究型大學及推廣中心，並依專業領域進行分工，包括植物營養管理、光照生理、介質特性、逆境生理等。僅在作物栽培生理方面，分工就相當細緻，同一所大學可能有多位研究學者參與，在不同專業領域各司其職，研究面相更加完整且確實。更重要的是，研究與推廣工作是明確分工。此草莓栽培研究計畫為 3 年期，共有 11 個研究機構/專家參與，其中 6 個專注於產業落地驗證與推廣應用。美國農業研究的推廣系統設立在州立大學(土地授予大學 Land grant university)，而非美國農業部 ARS。ARS 研究人員專注於研究工作，相關研究的落地驗證與推廣實踐主要透過大學的農業推廣服務(Cooperative Extension Service)，將最新農業研究成果傳達給農民。透過與美國農業部 ARS 研究人員及 Ohio State University、Cornell University 等合作團隊的深度交流，筆者學習到研究思維本質上的差異，同時了解台美農業部門研究環境的不同。試驗改良場所研究人員現行職務內容與美國農業部 ARS 研究人員存在明顯差異，進而思考：優質研究的本質與構成要件為何？

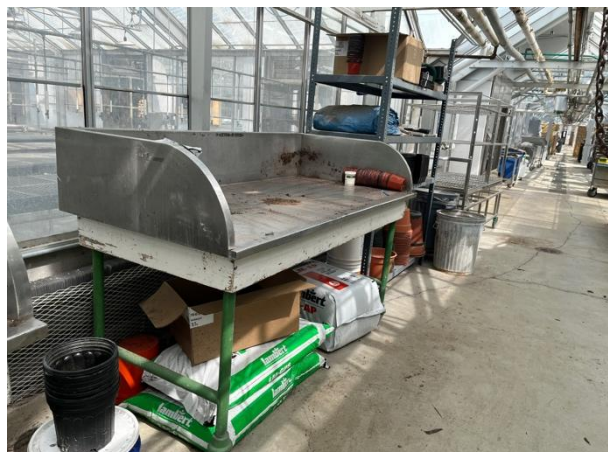


圖 1. Cornell University 園藝溫室介質混合裝填平台，友善人體工學作業環境。



圖 2. 不同替代性介質及比例對於番茄苗生育的影響，也查看根系強健程度。



圖 3. 筆者於 Cornell University 進行專題演講，介紹臺灣花卉產業。與會聽眾包括學校老師、研究生及溫室栽培管理技術員。



圖 4. 進行不同菌種試驗前後，需要進行介質消毒。



圖 5. Cornell University 園藝溫室內走廊上放置農藥儲放櫃，並且貼上注意告示：易燃，遠離火光，有毒。

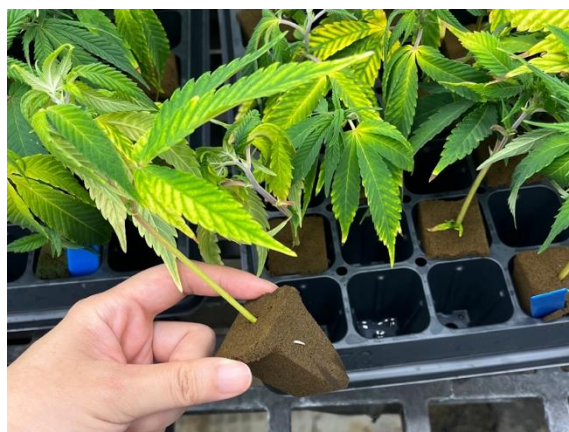


圖 6. Dr. Neil Mattson 三個研究主軸：光照、介質以及新興作物。現正研究大麻育苗。



圖 7. 美國農部在 Wooster 的研究站，進行有益微生物製劑接種不同番茄品種的試驗比較。

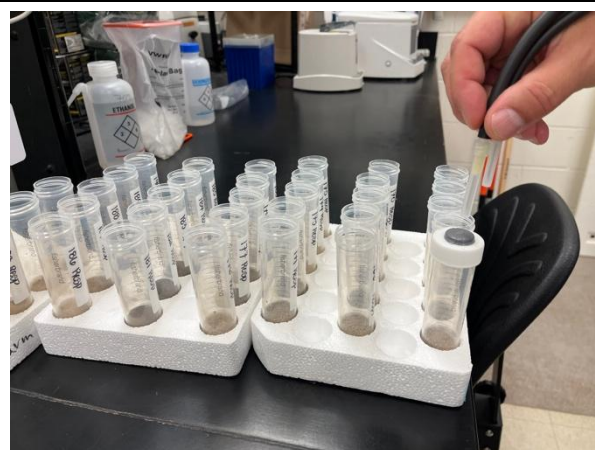


圖 8. 採集不同微生物質劑處理之土壤樣品，進行氣體分析，以評估微生物特性對於土壤的影響。



圖 9. 高通量影像辨識系統，由荷蘭廠商製造，可手動移動至合適位置，電腦系統呈現常見的表型特徵，如葉長、葉寬、葉色、葉幅、株高等。



圖 10. 噴灌試驗或是農藥噴施試驗會在植株上掛上特殊紙張去記錄噴施的水珠大小以及落濺位置與均勻度等。

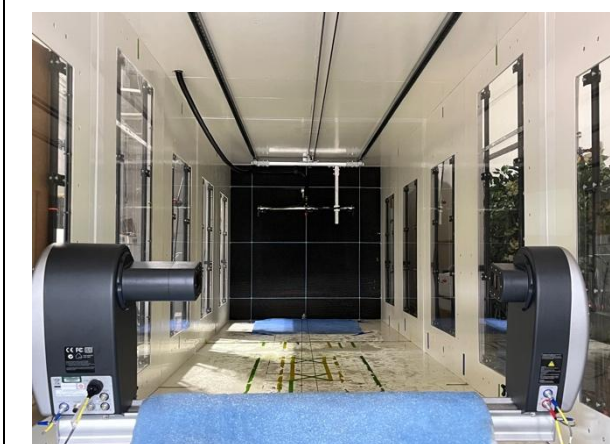


圖 11. 風場試驗，藉以評估在不同風速及擾流下的自動噴灑系統的效果差異。



圖 12. 多台高速動態攝影機，捕捉水滴落下的瞬間。



圖 13. 智能農藥自動噴灑機器，由曳引機裝載，透過影像辨識行株距，自動啟動及暫停噴施，達到節能省肥的效益。



圖 14. 影像辨識可依據植株高度調整噴施位置，以及左右兩側的不同。

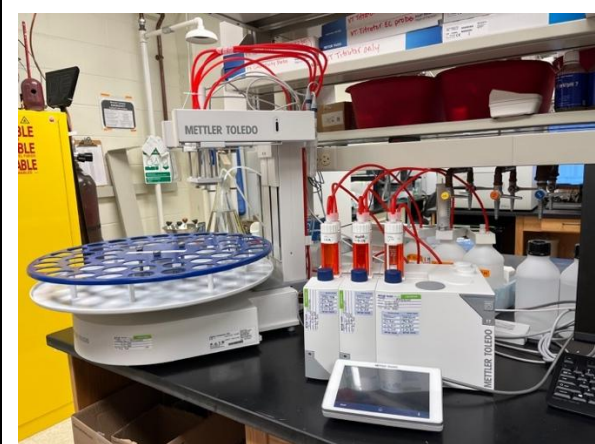


圖 15. 使用 METTLER TOLEDO's InMotion™ autosampler 全自動快速省工分析介質 pH。



圖 16. 位於 Toledo 的美國農部研究站，Dr. Jennifer Boldt 進行草莓的氮肥施用量試驗。



圖 17. 植物生長箱可進行光照試驗，上方為高壓鈉燈，可手動拉下調整與植株的距離。



圖 18. 草莓氮肥試驗調查走莖數量、走莖上的子株數量、走莖分岔數、長度等。



圖 19. 施用的養液桶以標示膠帶說明配比、成分以及配置日期，並且有各自的量杯避免混淆。



圖 20. 建置中的室內植物工廠，一個層架有三層，採用底部灌溉，可進行不同光照度及光譜的試驗。



圖 21. 以向日葵植株作為營養缺乏症狀的指標作物，適合進行介質與肥培管理的研究。



圖 22. 一整排抽氣閥，可接上帶側向通氣口的三角錐瓶，加速萃取土壤溶液。再用萃取水溶液進行成分分析。



圖 23. Ohio State University 植物園進行紫錐菊的品種比較展示。



圖 24. 紫錐菊品種比較研究的說明告示牌，現場品種包括四種紫錐菊種類。

二、美國園藝大展 Cultivate 及產業發展重點

Cultivate 的前身是由 OFA-The Association of Horticulture Professionals 主辦持續了 85 年的 OFA Short Course。2014 年 OFA 與 American Nursery and Landscape Association (ANLA) 合併成立 AmericanHort 後，活動更名為 Cultivate'14，反映了從花卉產業延伸到整個綠色產業的範圍擴大。

美國園藝協會 AmericaHort 主辦的 Cultivate 展會是北美園藝產業的年度重要活動，也是北美最大的園藝貿易展，特色在於整合北美綠色產業的完整供應鏈，活動結合了商業交易、科學教育和產業交流，這種綜合性比其他區域性展會難達到的。參展範圍涵蓋完整產業鏈，包括育種公司展示最新品種並簽署授權協議，生產者包含種苗場、盆花生產商、切花農場，批發商提供物流配送服務，零售商涵蓋連鎖園藝中心和獨立花店。此外還包括植物品種保護服務公司、資材商、肥料商、農藥商、農機公司等後勤支援服務商。在 2017 年創下超過 1 萬人的出席紀錄，2024 年預先註冊人數比前一年增加近兩位數，顯示產業對實體活動的需求持續成長。

今年(2025)Cultivate'25 吸引了 650 多家參展商和來自全美 50 州及超過 40 個國家的專業人士，提供超過 150 場教育課程，並首次推出西班牙語專門課程，反映對產業勞動力結構的重視。課程分為不同難度等級，從適合初學者的基礎課程到進階專業課程，涵蓋植物營養、植物病理學、害蟲管理、微生物根系檢測和生產設施試驗設置。大會將其分成幾個學習類別：**Growing** 涵蓋栽培技術和作物生產；**Diagnostics** 專注於病蟲害識別和防治；**Technology** 介紹自動化、環境控制和人工智慧應用；**Business Operations** 處理人力資源、銷售和行銷；**Research** 展示大學和產業的最新研究；**Trends** 討論育種者保護、綠色基礎設施和生物防治等議題。同時，AmericanHort 向各州申請農藥認證學分，讓參與者可以將教育時數計入專業執照要求。**tHRIve Symposium** 則探討溫室氣候控制策略，介紹感測器技術、作物生產控制方法，以及如何整合作物生長模型和人工智慧系統，為產業提供技術問題的深入分析。會場設有新品種展示區(New Varieties Zone)集中展示最新的園藝品種，吸引了大量生產者、零售商和景觀業者，了解即將上市的新品種。創新產品區(New Products Zone)則展示了最新的硬體設備、技術和創新產品。會場也設置快速展示舞台 Cultivate Live!，參展商進行短時間的產品說明展示。

Cultivate'25 展現了幾個重要的產業趨勢。人工智慧的採用正在加速，生產者開始將 AI 工具整合到資訊處理、作物巡查和氣候控制系統中。雖然完全自動化栽培還在發展階段，但部分採用 AI 工具已經落實。生物防治持續受到重視，這個趨勢在 2025 年更加明顯，越來越多生產者選擇永續的蟲害

管理方法，整合性作物管理已經從試驗性質變成產業標準。機械化和自動化仍然是核心議題，供應鏈問題促使業者更重視與供應商的關係。參展商和與會者都強調建立穩固供應鏈的重要性，特別是在原料成本波動和勞動力短缺的環境下。氣候變遷也促使產業更重視永續實踐，生物防治、節水灌溉和環境友善的生產方法成為重點。

美國園藝協會也在 Cultivate'25 進行一年一度的產業動態分析與未來展望，其演講吸引近千人參與，內容包括市場規模與成長預測、消費者行為變化分析、新興技術發展趨勢、法規政策影響評估等。在此節錄美國園藝協會 American Hort 年度報告的重點：

1. 勞動力與人力資源：勞動力短缺限制產業成長與發展，特別在作物生產與基地建置方面。現行合法簽證計畫 H-2A 難以滿足日益增長的需求，美國園藝協會(American Hort)敦促國會進行合理的 H-2A 改進措施以控制成本並擴大使用範圍，同時為有經驗的農業與園藝工作者提供合法居留與工作授權解決方案。另外透過 H-2B 透過協助企業在高峰期補充人力，有助確保和維持美國工作者在景觀部門及園藝產業供應鏈的就業機會。兩類簽證都要求雇主證明聘用外國工人不會對類似受僱美國工人的薪資和工作條件產生負面影響，都屬於臨時性、非移民簽證，持有人必須證明無移民意圖，簽證到期後工人必須返回原居住國。需求增長迅速，H-2B 需求自 2018 年以來增長 46%。
2. 農業法案：美國農業法案是每五年由國會重新授權的綜合性立法，涵蓋農業、食品系統與消費者相關的多項政策與計畫。目前執行的 2018 年農業法案於 2023 年 10 月到期，國會已通過兩次一年期延長，該立法將於 2025 年 10 月再次到期，預定於 2025 年 9 月 30 日前由國會重新授權。農業法案設立專業作物研究倡議(Specialty Crop Research Initiative, SCRI)，提供數千萬美元資金解決專業作物生產者面臨的挑戰。該計畫涵蓋植物育種與基因研究、病蟲害防治、生產效率改善和新技術創新等領域。透過專業作物區塊補助計畫(Specialty Crop Block Grant Program, SCBGP)，各州獲得資金支持市場行銷與推廣、生產擴展與市場導入、食品安全知識與流程、病蟲害防治與環境可持續性，以及新品種開發等。
3. 研究與發展：研究創新對美國園藝產業的成功扮演關角色。美國園藝協會(American Hort)設立園藝研究機構基金會(Horticulture Research Institute)，配置資源並與其他夥伴合作推進園藝產業研究發

展。該協會支持增加對美國農業部研究服務局(USDA-ARS)花卉與苗圃研究倡議的資金投入，該倡議與產業夥伴及大學合作，策略性投資於能提升農場與企業的創新技術，資助專業作物區塊補助計畫，提升專業作物競爭力。該協會也支持 IR-4 專案，協助連接產業與學術研究人員，專注於促進小宗作物病蟲害防治產品的登記。

4. 運輸與供應鏈：美國園藝產業依賴可靠的供應鏈將商品送達市場，但生產者因商業駕駛短缺而面臨延誤與更高的運費成本，也凸顯供應鏈各部分，如卡車運輸、鐵路、港口與水路無縫銜接合作的重要性。強大且順暢的供應鏈協作對於運送園產品與控制成本極為重要。因此美國園藝產業持續整合加強供應鏈的措施，包括基礎設施、技術與勞動力發展投資，以滿足當前與未來需求，促進產業韌性與穩定。
5. 永續發展：園藝產業的永續發展需要平衡生產需求與環境保護，確保產業長期健康發展。美國聯邦法律建立完整的管理體系，包括工作者保護標準，確保農藥使用過程中工作人員的安全；農藥登記制度，透過科學評估確保農藥產品的有效性和安全性；水質保護法規，防止農業活動對地表水和地下水造成污染；養分管理指導原則，避免過度施肥造成的環境負面影響。產業永續實務，包括整合性病蟲害管理，結合生物防治、栽培管理和化學防治等多種方法，減少對單一防治手段的依賴；精準施肥技術，根據土壤檢測和植物需求精確施用養分，避免浪費和環境污染。另採用滴灌、微噴等節水技術，提高水資源利用效率，並透過有機質添加、輪作等方式改善土壤結構和肥力。

透過 Cultivate 年度盛典，見識到北美花卉園藝產業的繁榮發展，其建立在深厚的文化基礎上。美國住宅設計普遍包含前廊、後院和陽台等戶外空間，這些區域自然成為園藝活動的主要場所。都市環境中的公寓陽台和露台也被廣泛用於立體園藝和盆器栽培。疫情期間的居家生活型態改變進一步推動了園藝需求。2020-2022 年間，美國新增園藝愛好者約 1,800 萬人，「療癒園藝」概念快速普及，加拿大市場出現類似成長趨勢，整個北美地區形成園藝熱潮，為相關產業帶來進一步的重要發展。知名園藝大公司如 Ball Seeds、Proven Winners、Syngenta、Oasis 等均有設立研發部門。

Ball Seeds 作為成立超過百年的種子公司，年營收超過 5 億美元，擁有約 200 名專業研發人員，專精於一年生花卉和蔬菜種子技術。該公司建立從基

礎研究到商業應用的完整創新體系，其研發成果直接影響北美園藝市場的品種發展方向。**Proven Winners** 創新「品牌植物」商業模式，與全球 400 多家育種公司建立合作網絡。該公司透過嚴格的多地區、多年度田間試驗建立品種測試標準，不僅提升植物品質保證，更創造了品牌附加價值，讓消費者願意為優質品種支付較高價格。**Syngenta** 憑藉農化領域的技術基礎，將先進植保產品和生物技術應用於園藝產業，其園藝部門年營收約 15 億美元，擁有超過 5,000 項植物相關專利。在花卉種子、植物保護產品、生物技術等領域均居於領先地位。**Oasis** 專注於花卉泡棉和園藝資材製造，產品銷售至全球 100 多個國家，特別在可持續包裝和環保材料開發方面具有技術優勢。這些企業的研發部門不僅進行新產品開發、新品種育成，更重要的是研究栽培特性、肥培管理、生育環境需求等實用技術。研發成果透過定期技術研習會、線上培訓平台、技術專員在地輔導等方式，系統性地傳遞給供應鏈各環節，包括生產者、批發商、零售商。這種知識傳遞機制不僅維持客戶關係，更確保整個供應鏈的品質一致性，建立消費者對品牌的信任。

除了企業自主研發，美國花卉基金會年度提供約 200 萬美元研究資助，支持大學及研究機構進行應用導向研究，重點包括病蟲害防治、新品種評估、市場趨勢分析等商業需求相關項目。該基金會與 50 多所大學建立合作關係，確保研究成果的實用性。園藝研究協會專注於苗木和景觀植物研究，年度資助金額約 100 萬美元，重點關注氣候變遷適應、水資源管理、都市綠化等長期發展議題。



圖 25. Cultivate'25 會場進行的多場專題演講。

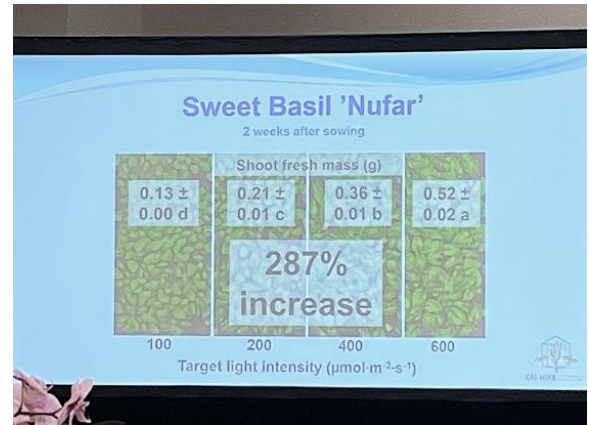


圖 26. 不同照度對於羅勒葉的生長影響，隨著光照強度增加，植株生長量也明顯倍增。



圖 27. 人工補光照明是設施園藝重要的技術，但也造成嚴重的光害，因而加拿大 Ontario 省衍生出因應的規定。

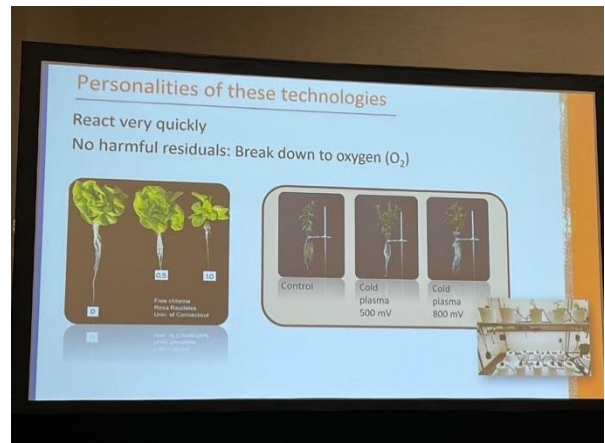


圖 28. 冷電漿是低溫電離氣體，產生活性物質可殺菌，應用於水耕栽培處理養液病菌和藻類，無化學殘留，可促進萵苣根系生長。



圖 29. 為降低田間灰霉病的發生，要加強通風，尤其是橫向氣流。

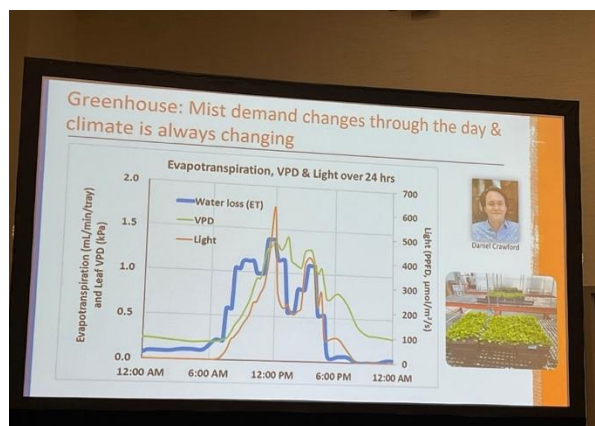


圖 30. 溫室環境無時無刻都在變化，微霧系統啟動的時機應配合蒸氣壓差、溫度及光照。

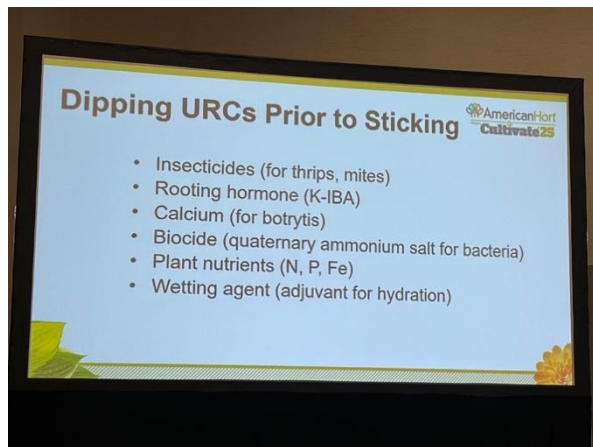


圖 31.無根插穗扦插前的浸泡處理包括殺蟲劑、發根劑、鈣、殺菌劑、養液、介面活性劑。

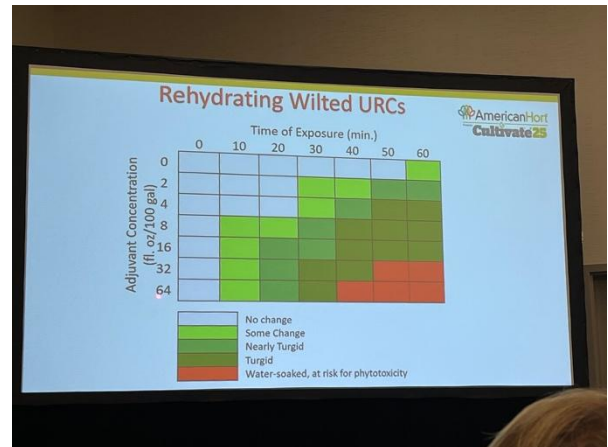


圖 32.不同介面活性劑濃度與浸泡時間對於無根插穗失水後的回水程度說明。



圖 33. 配合 Cultivate'25, Ohio State University 進行庭園草花的品種比較試驗供參加者觀賞及評估選別。



圖 34.Cultivate'25 會場, 各家業者展示自家生產的花卉盆栽或是產品。



圖 35. 植床以熱水管進行底部加溫, 促進冬季作物根系生長。現場以洋桔梗作為示範。

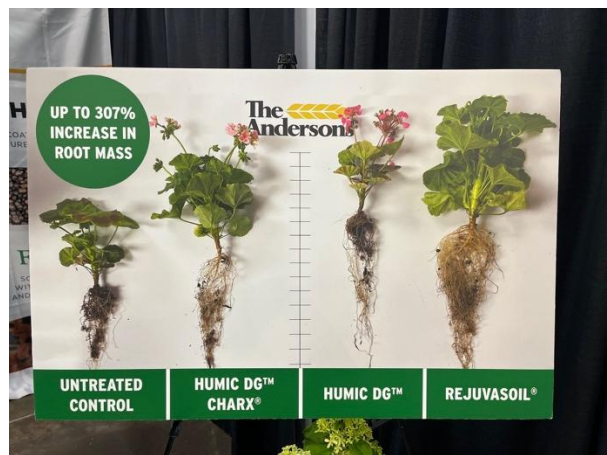


圖 36. 業者展示自家產品對天竺葵生長的促進效果。



圖 37. 新品種區擺放的紫錐菊新品種，顏色亮麗且花型特殊。



圖 38. 新品種區展示的盆菊新品種，分枝數多且株高矮。



圖 39. 西洋時草亦是近年來新興觀賞植物，國際種苗公司已有品種開發，為盆花種。



圖 40. 盆植洋桔梗的品種展示，雖花色花型普通，但是株高矮，很適合做盆花。

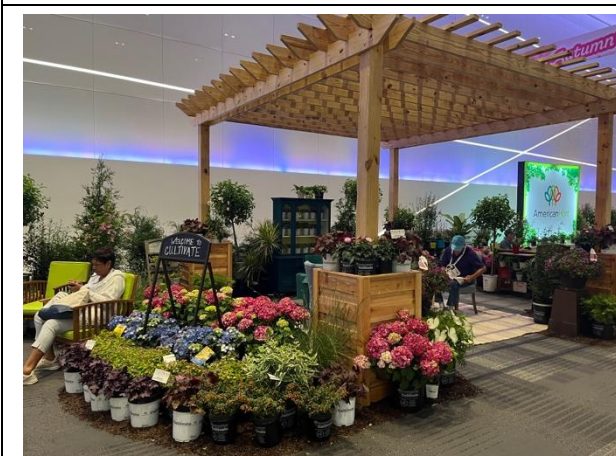


圖 41. Cultivate'25 現場的佈置，展示廠商的產品，同時結合休憩區，置入式行銷的一種。



圖 42. 新產品展示區，多以資材類及工具類為主。



圖 43. 種苗公司現場以自家育成的紫錐菊搭配其他培育的草花進行佈置，色彩搭配得宜亮眼，吸引客戶駐足詢問。



圖 44. 自動標籤機，結合盆花輸送帶，可於傳輸時貼上出貨貼紙，快速便利省工。



圖 45. 自動播種機，共有十幾種吸嘴可吸取不同大小的種子且可配合穴盤格的數量調整。



圖 46. 離地槽植新設計，可避免栽培介質交叉感染，降低土壤性病害的擴散。現場擺放的作物為西洋蔘草作為 Demo。



圖 47. 針對蘭花開發的介質，保水透氣且含營養元素在內。



圖 48. 新產品展示之塑形介質塊，不含泥炭土，環保且可 100%分解。

三、俄亥俄州設施園藝國際研討會重點摘錄

Ohio Controlled Environment Agriculture Conference (OHCEAC) 2025 年度研討會議由 Ohio State University 主辦，今年主題是“設施農業中的種苗生產技術”。探討設施農業中的種苗生產技術。今年度設施園藝生產研討會主題聚焦種苗生產，反映了產業的策略轉型：從高成本、低利潤的終端產品生產，轉向經濟可行的高價值中間產品。在此報告整合會議演講內容，說明種苗生產的技術優化策略、實際應用案例，以及這個轉變對設施農業永續發展的意義。

1. 產業轉型背景：從終端產品到種苗生產的策略轉向

OHCEAC 2025 年將主題聚焦於種苗生產技術，這個選擇反映了設施農業產業面臨的現實。2023 到 2025 年間，多家募資超過 20 億美元的大型植物工廠相繼破產或關閉，包括 Plenty(募資近 10 億美元)、Bowery Farming(募資超過 7 億美元，曾估值 23 億美元)、AeroFarms(募資超過 3 億美元)和 AppHarvest(募資超過 7 億美元)。這些公司的失敗暴露了生產終端消費產品(主要是葉菜類)的商業模式根本缺陷。能源成本是最大問題，電力通常佔營運成本的 25-30%，在某些情況下甚至達 50-70%。LED 照明、氣候控制和環境管理需要大量電力，當能源價格上漲時，獲利空間完全消失。更關鍵的是市場定位問題：消費者不願意為植物工廠生產的萵苣支付足夠高的價格。植物工廠的萵苣必須與價格低廉的田間萵苣競爭，即使產品標榜無農藥、本地生產、全年供應，價差仍然無法支撐高昂的營運成本。根據產業調查，2019 年只有 37% 的垂直農場獲利，這個比例到 2023 年並未改善，反而因為利率上升和投資緊縮而惡化。

相較之下，種苗生產提供了另一種更可行的商業模式。種苗生產週期短(數週而非數月)，單位面積可以有更高的周轉率，每個週期的能源使用相對較低。更重要的是產品定位：商業生產者願意為高品質、無病害的種苗支付遠較高價格，因為種苗品質直接影響他們整季的產量和收益。種苗生產不需要與低價商品競爭，而是為專業市場提供差異化的高價值投入品。客戶群更穩定(商業生產者而非一般消費者)，需求更可預測，產品的價值主張更清晰(品質、無病害、供應穩定性、縮短生產週期)。設施農業產業正在從直接與低價農產品競爭的紅海，轉向提供專業服務的藍海市場。這轉變不只是產品類型的改變，更是整個商業邏輯的重新定位。

2. 種苗生產的技術整合與優化策略

研討會議深入探討高科技設施農業中種苗生產的核心策略，強調精確操控環境變數來達成雙重目標：維持高品質(生物量和形態)同時提高成本效益。種苗品質包含生物量(直接關係活力和定植表現)和形態(莖長、葉面積、根系發育、整體健實度)。生產者必須在這些特徵間取得平衡，生產既強健又便於管理的種苗。

LED 作為單一光源的照明技術是種苗生產的重要進展。不同於傳統溫室依賴自然光加補光，單一光源 LED 系統提供 100% 的光合作用光線，適合室內育苗設施和全年生產。研究顯示植物在 LED 下的反應主要受光譜優化影響：藍光促進緊湊健實的生長並增強色素，紅光有效驅動光合作用，遠紅光促進莖伸長。客製化光譜讓生產者可調整環境達成特定目標。但品種選擇很重要，某些在自然光下表現好的品種在完全 LED 環境可能出現異常，因此品種試驗是轉換的必要環節。此外，經濟分析比較增加光照與 CO₂ 補充的成本效益。數據顯示額外光照成本約每平方公尺 \$2.26，而 CO₂ 補充只需 \$0.31，七倍的成本差異明顯影響策略選擇。更重要的是，CO₂ 補充對生長和品質的正面效果比單純增加光照更好。在一般 CO₂ 濃度下，植物可能達光飽和，額外光照效益遞減；但當 CO₂ 提升時，植物能更有效利用較高光照，產生更好的光合作用和生物量。從經濟和生物學角度，CO₂ 補充都是更具成本效益的策略。

環境控制是種苗生產成敗的關鍵，特別是 HVAC(暖氣、通風、空調)系統設計。種苗需要精確的溫度和相對濕度控制。溫度管理控制生長速度，發芽階段介質溫度決定速度和均勻度。濕度控制重點在於管理蒸發散作用。Vapor pressure deficit (VPD)是非常重要的概念：空氣中水分含量與飽和狀態最大水分量的差異。對種苗生產來說，維持低 VPD(對應高濕度)通常是理想的，特別對尚未發育完整根系的扦插苗。當 VPD 低時，葉片失水驅動力減少，有助維持植物膨壓並降低灌溉需求；高 VPD 則造成水分從植物到空氣的強大梯度，可能造成壓力。HVAC 設計面臨三個挑戰：第一，不同生產階段需要獨特條件，控制溫度比濕度容易，濕度控制比光照或溫度都難，要在整個設施達到最佳 VPD 需要精密設備；第二，整個空間要達到均勻條件，溫室常因冷卻加熱系統位置、屋頂高度和空氣循環出現變異；第三，要管理非均勻和變動條件，例如組織培養室與扦插區需求截然不同，且需求隨植物發育改變。另外避免使用柴油鍋爐進行設施內部溫度加溫，因為幼苗對乙烯、一氧化碳等不完全燃燒副產物很敏感，即使低濃度也會造成生長異常和品質降低，電熱或熱水系統較適合，儘管成本較高。反向 DIF(夜溫高於日溫)是有

趣的技術，可減少種苗莖節伸長而不需化學生長調節劑，透過環境管理達成理想形態。

病害預防透過環境管理、衛生和先進空氣處理技術來實現。空氣傳播病害(例如黴菌和白粉病)可用空氣過濾預防，相對濕度控制也很重要，因為病原體需要特定濕度才能萌發傳播。環境衛生(定期清潔、適當移除廢棄物、防止積水)是預防病害發生的基礎。UV-C 光系統可使病原體失去活性，適當管理的臭氧循環可降低病原體，先進空氣過濾可物理性移除孢子和傳播體。問答討論環節則回答實務問題：在最佳控制條件下生長的種苗，移植到田間前通常不需要特殊馴化，因為控制環境讓植物發育出強健根系和健康葉片，提供種苗能夠面對不理想條件的力量。最後討論光照與養分管理的關係：植物在增加光照下生長更快，相應的，需要更多施肥支持加速生長。當補充照明增加光合作用時，植物產生更多碳水化合物和生物量，需要增加養分吸收。如果增加照明但不調整施肥，可能造成養分缺乏。這凸顯環境因素的相互關聯性，優化生長條件時必須按比例調整所有投入。

3. 實際應用案例與產業意義

研討會議以草莓和甘藷為具體案例進行討論這些技術的實際應用和效益。草莓育苗面臨的主要挑戰是病害管理，草莓容易感染真菌和細菌，發根需要的高濕度往往為病害創造有利條件。設施環境草莓生產的經濟效益明顯：傳統露地從種植到收穫需約 180 天，室內設施生產可縮短到 70 天，超過 60% 的時間縮短讓生產者每年可有多個生產週期。設施生產的草莓種苗(穴盤苗)對生產者提供多項效益。首先是病害管理：在控制環境生產的種苗不接觸土壤傳播病原體，從組織培養開始在無土介質培養，保證無病毒無病害。這對草莓特別重要，因為病害一旦建立就難控制，使用無病害種苗可顯著降低生產季病害壓力和農藥使用。其次是水資源節省：傳統裸根苗定植後需連續 8-12 天日間噴灌防止萎凋，每英畝(acre，約 0.4 公頃)需約 3,500-5,500 立方公尺水；穴盤苗因有完整根系和介質團，定植後只需 0-2 天灌溉，節省約 80% 定植用水。第三是生產排程控制：穴盤苗讓生產者精確控制定植時間，不受育苗田氣候限制，有助優化生產排程和市場供應時機，且適合機械化定植降低人工成本。第四是建立速度：穴盤苗有完整根系和健康葉片，定植後快速建立，總產量通常相當或更高，植株品質更均勻。最後是品質均勻度：大小均勻、根系發育完整讓田間生長一致，收穫期集中，果實大小均勻，有助提高市場價值和降低採收成本。穴盤苗成本確實較高(每株 \$0.37-0.38 vs 裸根苗 \$0.15-0.16，每英畝增加約 \$3,700)，但考慮節省水資源、降低病害風

險、更好建立率和潛在產量提升，這個投資對許多生產者值得，特別在水資源昂貴稀缺或病害壓力高的地區。甘藷育苗研究顯示透過調整光照強度和種植密度可提升生產效率，增加光照可讓單位面積產量加倍，在相同空間生產更多扦插苗。

本年度的設施園藝研討會為產業指出更可行的發展路徑。從生產葉菜類等終端產品轉向生產種苗，不只是產品轉換，而是商業模式的根本改變：從與低價商品競爭轉向提供高價值專業服務，從追求規模經濟轉向追求品質溢價，從服務一般消費者轉向服務專業生產者。對種苗生產技術的重視，反映產業從追求規模擴張轉向追求永續獲利的成熟過程。高品質種苗是成功作物生產的基礎，無論設施或田間栽培，而設施農業在種苗生產上找到了更健全的經濟基礎，並且需要整合園藝知識、工程專業和經濟分析，以為產業永續發展提供可行路徑。技術層面，CO₂ 補充比增加照明更具成本效益，環境控制特別是 VPD 管理需要精密設計，病害預防透過環境管理和先進空氣處理實現，所有環境因素相互關聯必須整體優化。經濟層面，必須找到客戶願意支付溢價的價值主張，種苗生產的價值在於縮短生產週期、降低病害風險、節省水資源和提供穩定品質。

現場業者的回饋也提供重要見解：許多商業經營者偏好一次只採用一項新技術，反映商業園藝的實際情況。實施改變有風險，需要員工培訓、設備投資和流程調整。即使研究顯示合併方法的好處，生產者往往偏好分步驟實施以降低風險並評估每個改變的影響。這個保守創新方式對產業推廣有重要啟示：技術再好，如果不符合實務採用模式就難以擴散。



圖 49. OHCEAC 研討會現場，主題為高品質種苗生產。

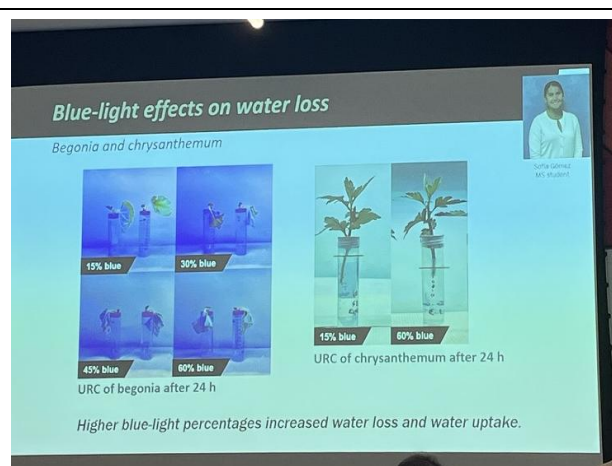


圖 50. 藍光處理會促進氣孔打開，增加蒸散作用因而造成植株加快失水。



圖 51. 研討會結束之 Ohio State University 最新設施場域參觀。此試驗為比較智能系統與人工決策系統對番茄全年度栽培的成本效益。



圖 52. 試驗場域分隔成一間一間的獨立空間，內部電照、垂直式風扇、二氧化碳補充等設備均一應俱全。



圖 53. 試驗正在進行不同紅光及遠紅光比例對於草莓生長與產量產期的影響。



圖 54. 全區溫室的養液調配與輸送系統，多達十條以上管線。

--	--

四、美國觀賞植物種質資源中心 Ornamental Plant Germplasms Center 介紹

觀賞植物種質資源中心(Ornamental Plant Germplasm Center, OPGC)是美國國家植物種質資源系統(U.S. National Plant Germplasm System, NPGS)的重要成員機構，也是全美唯一專門針對草本觀賞植物的國家級種質資源庫。NPGS 於 1974 年正式成立，是一個由聯邦、州和私人機構組成的協調網絡，由美國農業部農業研究服務局負責管理，目前在全美約 27 個專門地點維護超過 60 萬個活體植物材料，共 8,700 多個物種。向美國和全球科學家提供植物遺傳多樣性，用於植物改良、研究、教學或推廣計畫。OPGC 於 2001 年成立，由美國農業部農業研究服務局(USDA-Agricultural Research Service, USDA-ARS)與俄亥俄州立大學(The Ohio State University, OSU)共同合作創立。聯邦經費支持來自美國農業部農業研究服務局的花卉栽培和苗圃研究倡議(Floriculture and Nursery Research Initiative)，而俄亥俄州立大學則在查德威克植物園與學習花園 (Chadwick Arboretum & Learning Gardens) 內的園藝與作物科學系 (Department of Horticulture and Crop Science) 提供實體場地和人力資源。透過公私協力的運作模式，結合聯邦資金與大學研究能量，為 OPGC 的長期發展奠定穩固基礎。

OPGC 有 3 個核心使命，首先是保存具有遺傳多樣性的草本植物種質資源，確保這些珍貴的遺傳資源不會因為商業育種的選擇壓力、棲地破壞或氣候變遷而永久流失。第二是進行種質資源相關研究和特性鑑定(characterization)，深入了解並系統性記錄收藏品中各種植物的遺傳特性、生理特性和農藝性狀。第三是積極推廣種質資源的應用，鼓勵學術界、商業界和政府部門運用這些資源進行基礎研究、應用研究、作物改良和產品開發。作為支撐年產值達 700 億美元觀賞園藝產業的關鍵基礎設施，OPGC 在維護美國花卉栽培產業的遺傳多樣性、促進育種創新、提升產業競爭力方面扮演不可或缺的角色。

OPGC 目前維護約 7,000 至 7,342 個不同的植物材料(accessions)，在分類學上具有高度多樣性，涵蓋約 400 個屬和 2,000 個物種。這些材料來源遍及全球各個植物多樣性中心，包括北美洲、南美洲、歐洲、亞洲和非洲等地區。廣泛的分類覆蓋範圍和地理來源，使 OPGC 能夠有效保存草本觀賞植物豐富的遺傳變異，提供最大化的遺傳資源基礎。OPGC 根據不同植物的生物學特性和繁殖特點，採用多元化的保存策略。大部分收藏品以種子形式保存，在溫度、濕度精密控制的環境條件下進行長期儲存，以維持種子的長期活力和發芽能力。然而，有些植物因為生物學特性無法產生具活力的種子，或是屬於高度雜合(heterozygous)的基因型，必須透過營養繁殖才能保持其獨特的遺傳完整性

和特徵表現。對於這類植物，OPGC 採用溫室母本植株栽培和組織培養技術進行維護。主要的營養系收藏(clonal collections)包括秋海棠屬(*Begonia*)和天竺葵屬(*Pelargonium*)，這些植物透過組織培養在試管內進行微體繁殖，或在溫室中進行扦插繁殖和母株維護，確保其遺傳特性能世代相傳而不發生改變或退化。

為了發揮最大的產業影響力並有效運用有限的人力和財務資源，OPGC 與草本觀賞作物種質資源委員會(Herbaceous Ornamental Crop Germplasm Committee, HOCGC)經過充分諮詢和產業需求評估後選定將 80%的基因庫工作和研究能量集中在六個屬：秋海棠屬(*Begonia*)、金雞菊屬(*Coreopsis*)、百合屬(*Lilium*)、福祿考屬(*Phlox*)、金光菊屬(*Rudbeckia*)和堇菜屬(*Viola*)。這六個屬是都是美國花卉栽培產業中最具經濟價值、市場需求最大、育種活動最活躍的作物類群。採用資源集中的策略，OPGC 可以對最重要的類群進行更深入全面的特性鑑定，建立完整的遺傳資料庫和表型資料庫，把有限的資源精準投入在最能造福產業、產生最大經濟和社會效益的地方。

在研究層面，OPGC 不僅是種源保存設施，也是進行科學研究的中心。OPGC 進行廣泛而系統性的特性鑑定工作，其中最重要的技術之一是運用流式細胞儀(flow cytometry)技術測定植物的染色體數目或倍體性(ploidy levels)。倍體性資訊在育種計畫的親本選配和雜交組合設計上極為重要，也是開發不稔性品種(sterile varieties)、降低觀賞物種逸出栽培後成為入侵植物風險的關鍵科學依據。除了倍性篩選，OPGC 也系統性評估材料的各種具有商業價值的重要性狀，包括對細菌性、真菌性和病毒性病原體的抗病能力、耐寒性和耐熱性等氣候適應能力、養分利用效率、開花習性和花期長短、以及新穎的花色變異和形態特徵等。OPGC 也針對特殊種質資源進行深入的基礎和應用研究，例如探討耐凍秋海棠(*Begonia grandis*)的耐寒性遺傳機制和生理基礎，以開發更能適應氣候變化、拓展栽培區域的觀賞品種。所有特性鑑定數據、護照資料(passport data，記錄材料的收集地點、來源、採集者、採集日期等基本資訊)和性狀評估結果，都會完整上傳到 GRIN-Global(種質資源資料網絡，Germplasm Resources Information Network)公共資料庫平台。GRIN-Global 自 2011 年開始運作，是美國農業部、全球作物多樣性信託基金(Global Crop Diversity Trust)和國際生物多樣性組織(Biodiversity International)共同建置和維護的全球性系統，讓世界各地的植物科學家、育種家、研究人員和教育工作者都能自由查詢和使用這些珍貴的種質資源資訊。

OPGC 設址於俄亥俄州立大學園藝與作物科學系內，充分利用大學的教育資源和學術環境，每年訓練數百名大學部和研究所學生，讓他們在真實的工作環境中實際操作各種專業的基因庫管理技術和實驗室分析技術。學生在這裡

學習無性系材料維護所需的無菌組織培養技術、運用 X 射線技術進行種子內部結構分析和種子品質評估、標準化的種子發芽測試程序、使用高精密的流式細胞儀測定植物細胞的 DNA 含量和倍體數等。OPGC 設有活躍的訪問學者計劃，接待來自美國國內各州和世界各地的研究人員到 OPGC 進行短期或長期的合作研究。其中與巴西的拉夫拉斯聯邦大學(Universidade Federal de Lavras, UFLA)建立長期穩定合作關係。近年來訪問學者的研究主題涵蓋多個重要領域，包括全球暖化下，高溫逆境對觀賞植物生長發育和開花品質的影響、福祿考屬(Phlox)不同物種的種子品質參數和種子儲藏生理、以及各種觀賞植物的抗逆性機制等。這些國際合作不僅促進科學知識交流和技術轉移，也實質推動巴西、美國和其他多個國家的觀賞植物研究發展進步。

在產業支持方面，OPGC 透過完善的種質資源分發計劃，為觀賞植物的育種創新提供必要的遺傳資源和育種材料。從歷史統計數據來看，申請種質資源的主要群體是美國各州政府的農業研究機構和公立大學的育種計劃，約占總申請量的 50%，其次是美國國內的商業育種公司和種苗公司，約占 25%，其餘則分發給國際上的研究人員、育種家和植物園等機構。商業育種家重視運用 OPGC 收藏的野生近緣種(wild relatives)材料，將這些野生種中存在的有價值性狀透過種間雜交或回交育種的方式導入栽培品種。從野生種引入的重要性狀涵蓋廣泛，包括對各種真菌和細菌病害的抗病能力、對蚜蟲和薊馬等害蟲的抗蟲性、氣候適應性(例如耐熱性、耐寒性、耐旱性)、以及各種消費者喜愛的新穎特徵，像是特殊的花色變異(如藍色、黑色等稀有花色)、獨特的生長習性(如矮性、匍匐性、直立性)、更長的開花期和更好的瓶插壽命等商業價值高的性狀。

美國的觀賞園藝市場每年創造約 700 億美元的龐大經濟產值，這個多元化的市場包含溫室和苗圃的植物生產、專業的景觀設計和施工服務、零售園藝中心和花店、以及種子種苗供應、肥料農藥生產、園藝工具製造等各種相關產業。如此重要的經濟規模和產業鏈，更加突顯維護完善的遺傳資源庫的戰略必要性，唯有確保豐富的遺傳多樣性，才能持續支持產業創新、品種改良和維持國際競爭力。OPGC 在解決產業面臨的一個關鍵性問題上扮演核心角色：許多現代主流觀賞作物的遺傳基礎已經變得過於狹窄。由於過去數十年的商業育種計劃主要著重在改善美學品質，如花色、花型、株型等視覺效果，在不斷追求外觀吸引力的選育過程中，不知不覺造成許多經濟作物的遺傳多樣性大幅流失和縮減，許多原本存在於野生種群或早期栽培品種中的有利基因在現代商業品種中已經消失。遺傳基礎變窄之後，作物群體面對新興病蟲害、極端氣候、環境污染等各種生物性和非生物性逆境的整體抵抗力和適應彈性就大幅降低，

未來進行遺傳改良和育種突破的潛力也受到嚴重限制。OPGC 透過系統性保存大量的野生近緣種、地方品系(landraces)、早期栽培品種和各種多樣化的種質資源，為育種家提供充足而多元的遺傳材料庫，能夠重新引入已經流失的有利基因，培育出更強韌、更能適應環境變化、更具商業價值和生態永續性的新世代觀賞植物品種，以有效應對未來各種可預見和不可預見的挑戰。

OPGC 的工作範疇不僅於具有商業價值的栽培作物，也對生物多樣性保育有實質貢獻。例如 OPGC 積極協助保存岩芥(*Arabis patens*, rock cress)，俄亥俄州中部地區原生的稀有瀕危植物，由於棲地破壞和人為干擾，野外族群數量持續減少。中心的專業工作人員透過在溫室內進行植株栽培、實施人工授粉技術克服自交不親和性、生產具有活力的種子並建立種子庫，保存遺傳資源和野外復育工作。OPGC 持續從多個不同的來源管道獲取新的種質資源，不斷擴充和強化收藏的完整性和代表性。這些來源包括前往世界各地植物多樣性熱點地區進行的野外採集考察、與其他國家的國際基因庫和植物園之間的種質資源交換計劃、研究人員完成研究計畫後的材料捐贈、以及育種公司淘汰或停止維護的品系移轉等。OPGC 也持續提升技術能力和基礎設施，改善保存工作和特性鑑定研究的效率和品質。技術進步的方向包括：採用更先進的分子標記技術和基因組定序方法進行遺傳多樣性評估和品種鑑定；改良長期低溫儲存的方法和設備，進一步延長保存材料的年限和遺傳穩定性；建置更完善的數位化文件管理和資料庫系統，讓種質資源資訊更容易被全球使用者查詢、取得和利用；以及運用高通量的先進表型分析(phenotyping)技術和影像辨識系統，更快速、更全面、更客觀地評估和量化植物的各種性狀表現。

OPGC 位於保育科學、農業研究和商業園藝三個領域的交匯點上，是美國極為重要的國家級資源和科學基礎設施。透過維護草本觀賞植物的遺傳多樣性、特性鑑定研究、培育新世代的植物科學專業人才、以及與產業界保持緊密的互動合作，OPGC 提供美國花卉栽培產業永續發展所需的遺傳資源和科學支持。



圖 55. 種子儲藏庫，像是圖書館的書櫃，又稱為 seed library。全年維持 4°C，相對濕度 25%。



圖 56. 種子儲藏罐，上面貼紙說明種類、編號、來源、ID 代號。



圖 57. 種子分類機器，以重力去將不同重量的種子分離。



圖 58. 種子乾燥處理。採集到的種子需經過風乾後才進庫收藏。



圖 59. 種子發芽測試台，可作控溫處理。

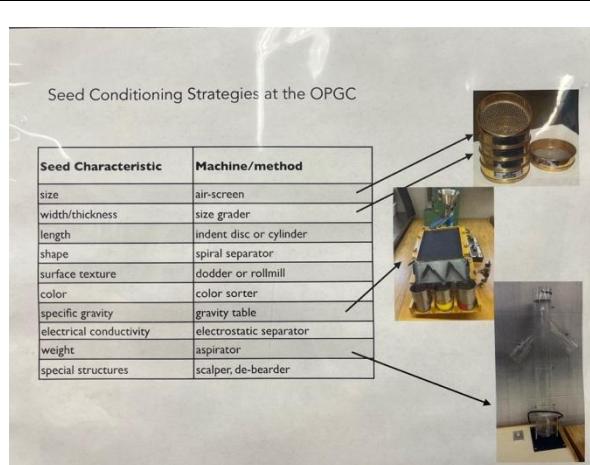


圖 60. 此張圖表說明 OPGC 使用不同方法去進行種子的分類與篩選，例如重力落下、風吹、不同粒徑過篩等。



圖 61. 使用 X-ray 判斷種子的稔實度。



圖 62. 無法以種子保存的植物種類，以組織培養苗保存種原，並且標示種類說明。



圖 63. 另外也需要溫室去養種源母本，照片內為天竺葵的保種品種圃。

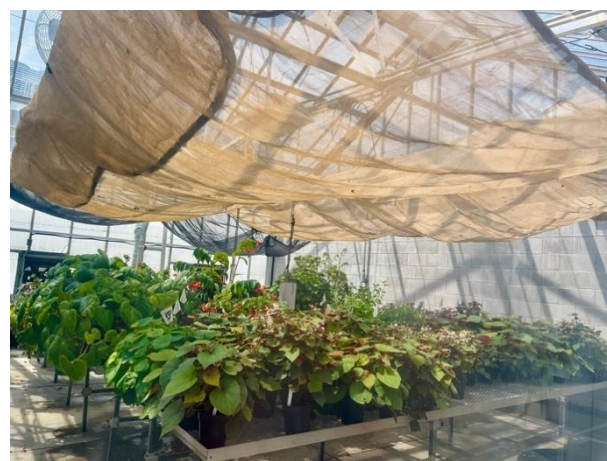


圖 64. 秋海棠的保種品種圃。上方以遮陰網遮擋光線以利秋海棠生長。



圖 65. 戶外的試驗場域，進行不同作物種類的栽種紀錄建立各種類的表徵。



圖 66. 戶外採種場域，由於種子分送出去，該物種或品種的種子就會減少。每年都需要進行栽植與授粉採種。

五、美國植物品種保護施行現況

美國植物育種者與開發者享有三種主要智慧財產權保護選項，各具獨特特徵與適用範圍，形成完整的保護體系。

1. 植物專利(Plant Patent)：植物專利制度專門保護創新和獨特的植物品種，特別針對無性繁殖方式培育的植物。此制度旨在鼓勵植物育種者投入資源開發具有新穎性與獨特性的新品種，推動農業與園藝產業發展。美國專利商標局(U.S. Patent and Trademark Office, USPTO)為植物專利的管理機構，保護對象涵蓋經無性繁殖產生之新穎且獨特植物品種，包括透過扦插、嫁接、芽接、組織培養等方式繁殖之觀賞植物、果樹和玫瑰。然而，此保護明確排除塊莖繁殖植物如馬鈴薯、菊芋及野生植物。申請要求方面，植物須具備新穎性、獨特性，並能進行無性繁殖，確保性狀穩定性和遺傳均一性。植物專利授予權利人在美國境內排除他人無性繁殖、使用、出售、要約銷售或進口該專利植物或其任何部分之獨家權利。保護期限自申請日起 20 年，核准後無需支付維護費用，僅需繳納領證費用。植物專利的主要特點在於僅限單一請求項涵蓋整個植物基因組，申請需包含高品質彩色照片展現植物外觀特徵。根據 USPTO 統計，2021 財政年度核准 1,256 項植物專利，2022 財政年度核准 1,138 項，顯示育種領域持續活躍且穩定發展。
2. 植物品種保護(Plant Variety Protection, PVP)：植物品種保護由美國農業部植物品種保護辦公室(USDA PVPO)管理，保護對象為經有性繁殖或塊莖繁殖產生之新穎、獨特、均一且穩定的植物品種。2018 年修正案後亦涵蓋無性繁殖植物，主要適用於玉米、大豆、小麥等大田作物。申請要求方面，植物品種須具備新穎性、獨特性、均一性(變異可預測)及穩定性(基本特徵在重複繁殖後保持不變)。PVP 授予權利人排除他人行銷、銷售、繁殖、進口或出口受保護品種之權利，保護期限為一般作物 20 年，樹木和藤本植物 25 年，需定期支付維護費用。PVP 的重要特點包含「農民豁免」，允許農民為自用保留再種植一定數量受保護種子，但不得出售。另設「研究豁免」，允許他人使用受保護品種進行育種研究開發新品種，這些豁免條款平衡智慧財產權保護與農業研究發展的需求。
3. 品種實用新型專利(Varietal Utility Patent)：品種實用新型專利同樣由美國專利商標局(USPTO)管理，但保護範圍更加廣泛，涵蓋植物相關發明，包括基因、性狀、育種或基因工程方法、植物部分，以及整個植物品種(不論繁殖方式)。保護範圍延伸至人造活體生物和相關方法。申請要求須符合實用新型專利標準，包括新穎性、實用性及非顯而易見性，門檻較植物專利或 PVP 更高。此類專利授予權利人排除他人製造、使用、銷售、要約銷售或

進口該專利發明之權利，提供最強大且廣泛的保護。保護期限自申請日起 20 年，需定期支付維護費用。品種實用新型專利通常不包含育種者或農民豁免，可包含多項請求項涵蓋植物發明各個層面，使得專利權人能夠限制將專利材料用於育種或研究，或保留種子，提供更強的保護力度。

	植物專利 (Plant Patent)	植物品種保護 (PVP)	品種實用新型專利 (Varietal Utility Patent)
管理機構	USPTO	USDA (PVPO)	USPTO
繁殖類型	僅限無性繁殖 (塊莖繁殖除外)	有性或塊莖繁殖 (2018 年起也含無性繁殖)	任何類型 (有性、無性、基因工程)
保護客體	整個、新穎、獨特的植物品種	新穎、獨特、均一、穩定的植物品種	基因、性狀、方法、植物部分、整個品種
保護範圍	排除無性繁殖、銷售、進口植物	排除銷售、行銷、繁殖、進口/出口	排除製造、使用、銷售、進口發明
保護期限	自申請日起算 20 年	自核發日起算 20 年 (樹木/藤本植物為 25 年)	自申請日起算 20 年
維護費用	無	有	有
育種者豁免	無	有	通常無
農民豁免	無	有(限於自家農場)	通常無
請求項數量	一個(針對整個植物)	一個(針對整個品種)	多個(可涵蓋發明多個方面)

植物專利的成本結構相對簡單且可預測。政府申請費約 360-720 美元，審查費 170 美元，總計政府費用不超過 1,000 美元。然而，主要成本來自法律服務費用，包括可專利性檢索、起草說明書、準備圖說資料報告以及回應審查意見等工作，通常需要 4,000-8,000 美元或更高。植物專利的重要優勢在於核准後無需維護費用，總體初期投資約 4,500-9,000 美元。植物品種保護的成本介於植物專利和實用新型專利之間。政府申請費為中等水平，法律費用通常低於實用新型專利，但需要定期支付維護費用。整體而言，初期成本約 5,000-6,000 美元加上法律協助費用，長期維護成本相對較低。品種實用新型專利的成本最高且最複雜。政府申請費超過植物專利和 PVP，法律費用可能達到 8,000-20,000 美元甚至更高，特別是涉及基因工程植物的複雜案例。此外，維護費用負擔沉重，需在 3.5 年、7.5 年、11.5 年分別支付，中小型公司約 980 美元，大型公司約 12,700 美元。總體成本可達到 10,000-30,000 美元以上，加上維護費用，整個專利生命週期的投資金額不少。

美國採用三層次植物品種保護體系，優點在於保護層次完整，涵蓋不同繁殖方式，且平衡智財權保護與研究發展；美國制度缺點則是成本負擔沉重，品種實用新型專利總成本可達 10,000-30,000 美元以上；維護費用負擔重，需定期支付；申請程序複雜，特別是涉及基因工程的案例。

美國植物品種權侵權爭議處理遵循階段性程序。權利執行責任由品種所有人承擔，首階段發送停止侵害通知函，詳細說明侵權行為並要求停止未經授權活動，多數案件在此階段即可解決。若通知無效，進入第二階段協商，權利人可與侵權方達成和解或授權協議，透過授權金獲得經濟補償，此方式較訴訟經濟且快速。當協商無法達成共識，進入第三階段訴訟程序，權利人可向聯邦法院提起民事訴訟，法院對植物品種保護案件具有專屬管轄權。法院可提供多種救濟措施：禁制令可立即停止侵權行為，損害賠償包括損失利潤或合理權利金，故意侵權時可判處最高三倍的懲罰性賠償，特殊情況下可命令侵權方支付權利人的律師費用。PVPA 要求受保護品種在銷售時須標示保護狀態，若後續購買者未收到標示通知且不知悉保護狀態，可能免除損害賠償責任，這突顯標示的重要性。因此，在品種保護的終端產品銷售實務面，種苗公司透過提供品種標示牌給生產者或批發商來維護自身權益及商業宣傳。舉例來說，當生產者購買 Ball 種苗公司 2 萬株苗，就會一併收到 2 萬個品種標示牌，品種標示牌插在盆器內。品種標示牌上顯示品種名、育種公司、品種權編號、栽培管理方法，不僅建立品牌知名度，同時也是讓消費者建立信任度及知曉合法性。各家育種公司的標示牌設計均不同，在展售終端產品時，品種標示牌具有辨識度，且仿冒標示牌費時費力成本高，產業界幾乎無仿冒標牌。

三種品種保護類型各有特殊侵權考量。植物專利侵權需證明被控植物與專利植物在基因上相同且為無性繁殖產物，通常需要基因檢測和專家證詞建立基因身份聯繫。植物品種保護(PVPA)侵權範圍較廣，涵蓋銷售、進口、出口、繁殖等行為，但受兩項重要豁免限制：研究豁免允許為育種或真實研究目的使用受保護品種，農民豁免允許農民保留自產種子供自己土地使用。1994 年 PVPA 修正前，農民可將保留種子銷售給其他農民，但修正後此銷售行為已構成侵權，僅保留自用權利。實用新型專利侵權涉及最複雜的技術證據，包括基因測序以證明專利基因或性狀存在，由於保護範圍可涵蓋特定基因、性狀或方法，即使植物非完全相同複製品仍可能侵權，且通常無農民或育種者豁免，執法較為強大但也引發農業界對遺傳資源取得的擔憂。實務操作上，權利人應妥善保存發明、溝通及侵權證據的詳細記錄，並在植物標籤、容器、型錄等處清楚標示專利號碼，既可建立權利主張也能威懾潛在侵權者。

涉及境外侵權產品進口時，權利人可向美國國際貿易委員會(ITC)提出申訴，透過調查程序阻止侵權產品進入美國市場。

美國植物智慧財產權保護制度透過植物專利、植物品種保護及品種實用新型專利三種互補機制，為不同類型的植物創新提供全面而靈活的保護框架。每種保護機制都有其特定的適用範圍和優勢特點，共同構成一個完整的智慧財產權生態系統。植物專利適合無性繁殖的觀賞植物，以其相對較低的成本和無需維護費的特點，為中小型育種者提供可負擔的保護選項。植物品種保護針對有性繁殖的大田作物，其農民豁免和研究豁免條款平衡創新保護與農業發展的需求。品種實用新型專利雖然成本最高，但為基因工程和高技術含量的植物發明提供最全面的保護。

花卉園藝產業的價值鏈是一個複雜而精密的系統，每個階段都有其特定的功能和價值創造過程。育種階段是整個價值鏈的起點，需要大量的時間投入、專業知識和財務資源。而在整個價值鏈中，智慧財產權保護在育種和繁殖階段最為關鍵。這兩個階段的創新投資最大，風險最高，因此需要強有力的法律保護來確保投資回報。國際育種權利金管理公司(Royalty Administration International, RAI)代表植物智慧財產權管理專業化的重要趨勢。RAI的服務範圍橫跨整個IP價值鏈，從申請階段的諮詢服務到後續的執法行動，提供全方位的專業支援。在IP申請與管理方面，RAI協助植物育種者取得智慧財產權，處理複雜的申請過程，特別是在多國註冊IP時的協調工作。由於植物品種的保護往往需要在多個國家同時進行，RAI的國際化服務能力為育種者提供重要的便利。授權管理是RAI的核心業務之一。他們協助育種者與繁殖商建立和管理授權協議，充當中間人起草量身定制的協議。這些協議需要平衡各方利益，確保育種者獲得合理回報的同時，也要讓繁殖商和生產者能夠負擔相關成本。RAI建立完善的追蹤和收費系統，確保育種者能夠獲得創新的公平報酬。這個系統需要管理從持證生產者和繁殖商收取權利金的複雜過程，包括產量統計、價格計算和款項收取等各個環節。監控與控制功能是RAI服務的重要特色。他們僱用現場代表進行定期訪問，檢查紀錄生產區域和庫存，以檢測和防止未經授權的繁殖行為。這種主動監控系統不僅能夠及時發現侵權行為，更重要的是具有威懾效果，降低潛在侵權者的違法動機。在執法與起訴方面，RAI為權利人提供全面的法律支援。他們對故意侵權者採取法律行動，提供DNA檢測、執達吏檢查和訴訟支援等專業服務。DNA指紋鑑定技術在植物侵權案件中特別重要，因為它能夠科學地證明植物品種之間的遺傳關係。

RAI 的諮詢服務涵蓋戰略規劃和市場分析。他們為育種者提供交流建議和市場洞察，協助制定行銷策略和設定適當的權利金費率。這些服務幫助育種者深入理解市場動態，制定更有效的商業化策略。技術支援方面，RAI 提供線上資料庫讓育種者追蹤智慧財產權申請的狀態和更新，並協助申請多國智慧財產權。他們運用先進的 DNA 指紋鑑定技術證明侵權行為，這種技術支援能力是傳統法律服務難以提供的專業優勢。總體而言，RAI 的服務模式讓育種者能夠專注於他們的核心業務，即創造新品種，而將複雜的智慧財產權行政管理和執行工作交由專業機構處理。這種專業分工提高整個產業的效率，同時也確保智慧財產權的有效保護。

Plant Development Services(PDSi)等植物行銷公司則是花卉園藝產業中另一種重要的商業模式，他們以 Southern Living Plant Collection 和 Encore Azalea 等知名品牌在市場上建立強大的影響力。這些公司的核心價值在於彌合育種者與市場之間的鴻溝，承擔傳統育種者難以獨自處理的商業化風險和挑戰。在育種者合作與發掘方面，PDSi 積極尋找並與已開發出有前景新品種的植物育種者建立合作關係。他們具備專業的評估能力，能夠判斷新植物的市場潛力、獨特性、表現特徵以及廣泛商業化的適用性。這種評估不僅考慮植物的外觀特徵，還包括栽培難易度、抗病性、環境適應性和消費者接受度等多個維度。

IP 策略與取得是 PDSi 的重要功能之一。他們協助育種者取得適當的智慧財產權保護，通常在美國申請植物專利，因為許多花卉園藝植物採用無性繁殖方式。PDSi 實質上是從原始育種者那裡取得或授權 IP 權利，然後負責管理和商業化這些智慧財產權。他們處理專利申請流程，確保植物的獨特性得到充分記錄和法律保護。PDSi 的專業和風險管理能力也表現在試驗與評估階段。在品種推出市場之前，他們會在各種氣候和條件下進行廣泛的試驗，確保植物的穩定性、均一性和整體性能。這種嚴格的評估過程有助於確認植物的商業可行性，降低生產者和零售商面臨的風險。試驗過程可能需要數年時間，涵蓋不同地理區域和氣候條件，確保植物能夠在目標市場中穩定表現。

品牌開發與行銷是 PDSi 這類公司的核心競爭優勢。他們圍繞成功的植物引進建立強大且可識別的品牌，例如廣受歡迎的「Encore Azalea」品牌。這些公司在行銷、公關和商品銷售方面投入巨額資金，包括品牌標籤設計、銷售點材料製作、廣告活動策劃等各個環節，目的在於創造消費者需求並推動零售銷售。這種專業的品牌建立能力是一般育種者難以具備的，因為育種者通常專注於遺傳學和植物科學，缺乏市場行銷的專業知識和資源。生產者

網絡管理涉及複雜的供應鏈協調工作。PDSi 建立和管理一個經授權的生產者網絡，這些生產者被授權繁殖和生產品牌植物。他們必須確保跨地區品質控制和持續供應，這需要建立標準化的生產程序、品質檢驗制度和技術支援系統。整個商業模式的財務架構於權利金分配系統。PDSi 從其授權生產者那裡收取權利金，然後將一部分權利金支付給原始植物育種者，為他們的育種投資提供財務回報。這種權利金分配機制激勵整個價值鏈中各個參與者的積極性，育種者獲得持續的收益回報，PDSi 獲得品牌管理和市場開發的回報，生產者則獲得生產和銷售優質品種的機會。供應鏈管理的複雜性在於協調向授權生產者供應幼苗的整體流程。PDSi 需要管理從母本植物的維護、幼苗的大量生產、品質控制、物流配送到市場投放的整個過程。這個過程需要精密的計劃和執行，確保市場需求得到及時滿足，同時避免過度生產或供應短缺。

柒、心得與建議

1. 研究的品質深度及整體性

美國園藝產業研究展現高度整合，其跨域整合不僅限於大領域的結合(如作物生理、病害防治與設施設備)，更表現在專業領域的精細分工與協作。研究需要時間以思考與沉澱，品質也需要時間跟精神去打磨，筆者認為美方的研究具備良好的延續性以及專注力，使得深度研究與完整性得以實現。

建議：

- (1) 以長遠發展角度來看，為了提升研究的品質、深度及整體性，宜重新審視「研究人員」的職務內容，適當調整業務，清楚首要、次要任務以及職務重點優先順序，主軸明確，與研究業務無關的事務應化繁為簡，使研究人員之腦力與精神能投入至研究思考，得以加強研究的確實及產業教育成效。
- (2) 在美國農部研發技術的應用驗證與推廣由州立大學農業推廣專責研究人員負責，如同公司行號會有研發部門及業務部門、市場行銷部門等的概念，應用驗證與推廣是項專業，技術的實際應用與推廣是農業研究極為重要的一部分，產業落地驗證與推廣需要專職投入，才能建立良好產業回饋網絡以及成長轉型的有力推動。臺灣農業研究之落地驗證與回饋修正，可參考美國農業研究與應用推廣的分工與合作，放寬大專院校與試驗改良場所的合作研究範疇，將推廣驗證與產業回饋修正列入研究合作項目計畫，以此清楚各個職務角色定位精簡業務，不僅可專業分工且強化大專院校農學院

與產業的鏈結，同時農學院也成為臺灣農部的支持力。因為，不論是研發或是應用推廣，均需要有效投入足夠心力與時間才能更具系統性的發展及深化。

2. 產業自立與活力韌性

北美園藝產業建立了完善的產業支撐體系，Cultivate 展會是北美園藝產業的年度重要活動，其集中式的知識交流和商務洽談大幅降低產業內資訊不對稱，提高整體營運效率。參與者能夠同時掌握最新技術資訊、市場趨勢和商機，形成有效的產業交流平台。另外，產業組織的自主研究基金確保了園藝研究與商業需求的結合，補足企業可能因短期利益考量而忽略的長期技術發展需求。同時，這種由產業主導的產學研合作模式為研究人員提供職涯發展路徑，確保產業創新的人才供給，這是產業韌性與活力的呈現。

建議：

- (1) 建立系統性的產業生態。對比北美模式，臺灣花卉園藝產業雖然在技術水準上具有競爭力，但在產業組織和協作模式上存在改善空間。北美經驗顯示，從育種到銷售的垂直整合、企業間的橫向協作、由產業主導的產學研深度結合以及有效的知識傳遞機制，是北美花卉園藝產業蓬勃發展的核心動能。臺灣花卉園藝產業界相關從業公司與人員，應在思維上改變，強化產業鏈各環節系統性與策略性的協調合作與相互教學相長。
- (2) 品牌化經營也是重要方向，應發展具有自身特色的植物品牌，建立消費者信任和品牌忠誠度，提升產品附加價值。

3. 植物品種保護的落實與應用

臺美植物品種保護制度存在顯著差異，臺灣目前使用植物品種權法，保護期限20-25年，並無類似美國植物專利特別針對無性繁殖植物保護機制，以簡化中小型育種業者的申請程序以及分級收費制度。另外，在市場端種苗公司未針對自身育成或代理之品種種苗數量以特定標示牌或品牌貼紙進行市場保護，以致種苗流向混亂而無從查核。

建議：

- (1) 針對無性繁殖且快速變異流行之花卉觀賞作物，簡化品種權申請及審查流程，並強化尚未取得品種權前的暫時性保護效力，如進行罰鍰、調解雙方授權之類等補救措施。
- (2) 在品種保護的終端產品銷售實務面，種苗公司應開發具識別度之品種標

示牌或是品牌貼紙，掌握數量及合作對象如生產者或批發商來維護自身權益及商業宣傳。透過產業鏈由上而下的策略性管控，強化品種在消費市場的能見度及辨識度，進而提升品種權保護壁壘，降低侵權問題。

捌、參考資料

1. Ohio Controlled Environment Agriculture Center (OHCEAC)官方網站，會議資訊與演講者介紹。 <https://ohceac.osu.edu/>
2. DryGair (2022)。 "What is Vapor Pressure Deficit" 。 <https://drygair.com/blog/vpd-vapor-pressure-deficit/>
3. United States Department of Agriculture 2001. Plant Variety Protection Act and Regulations and Rules of Practice. <https://www.upov.int/export/sites/upov/members/en/npvlaws/usa/uspvpa.pdf>
4. Mattson, Neil., T. Shelford, and J. Allred. 2020. Plant responses to integrated light and CO2 control. <https://www.hortidaily.com/article/9196176/plant-responses-to-integrated-light-and-co2-control/>