

1

荷蘭瓦赫寧恩大學植物表型體影像分析研習心得

作者：張中行 助理研究員
蘭陽分場
園藝研究室
電話：(03)989-9707 轉 204

前　言：氣候變遷下的農業挑戰與表型體科技之崛起

隨著全球極端氣候對農業生產的影響日益顯著，產地對於具氣候韌性的作物品種需求逐漸提高。2000 年以來基因定序技術的突破性發展，研究人員已能快速取得龐大的遺傳資訊，但傳統的外表型 (即表型體) 資料收集仍高度仰賴人工調查，除過程緩慢、主觀且難以標準化外，成本也不斷提高。基因體學與表型體學發展上的落差，因而成為現代育種的瓶頸。為了解決此問題，自動化與高通量的表型體影像分析技術成為國際農業研究的熱門趨勢。為了解上述技術發展現況，筆者前往有歐洲生命科學領航者之稱的荷蘭瓦赫寧恩大學暨研究中心（Wageningen University & Research, WUR）參與「植物表型體影像分析」研習課程，期望將這些先進技術帶回臺灣落實於在地農業研究，以因應氣候變遷的挑戰。

全球農業創新重鎮：荷蘭瓦赫寧恩大學暨研究中心

荷蘭瓦赫寧恩大學暨研究中心（WUR）名列世界農業大學排名榜首，其研究聚焦於氣候調適、循環經濟與生物多樣性等永續發展目標，並長期投入影像分析與人工智慧的農業應用，具備先進技術與豐富的實務經驗。WUR







高度重視產學合作，不僅扶植新創團隊，跨國消費品公司聯合利華（Unilever）與荷蘭最大乳製品公司 Friesland Campina 等企業更在其校園內設立研發中心。這種公私協力、共享研究設施的生態系，使其成為全球農業專業人才進修的重鎮。本次植物表型體影像分析研習課程匯集了來自全球 12 個國家的專業人士，學員背景涵蓋官方研究單位、學術機構與私人農企業，透過跨國與跨領域的實務交流，共同深入探討影像分析與人工智慧（AI）在未來農業的加值應用。

無人機與多光譜：從大面積監測到微觀生理之解析

本次 WUR 研習系統性地教授多項先進的作物影像分析與 AI 應用技術，理論與實作緊密結合，主要涵蓋無人機、多光譜、3D 影像、機器學習並邀請業界分享目前產業現況。

在大面積田間試驗，無人機已成為現代重要科研設備，WUR 建置了極具規模的無人機研究小組，廣泛將技術應用於生態監測、農林業系統分析與作物性狀調查，例如曾利用多光譜無人機監測夏季綠肥輪作作物與土壤間的交互作用，藉此精準預測綠肥氮的供給量，以規劃最適當的輪作品種與模式。在實作課程中，學員們學習操作 Agisoft Metashape 軟體，處理藜麥品種比較試驗的田間空拍影像，透過正射影像轉換與模型建立，能夠自動化大範圍且精準估算作物的株高，有效取代傳統人工測量的高昂成本。

多光譜技術能捕捉肉眼無法察覺的光波反射訊號，掌握葉綠素、花青素或水分等化學物質的含量，進而發現作物的生理變化，是作物影像分析領域當前的顯學。課程中特別強調光源在多光譜分析中的關鍵性，建議研究人員應採用波長範圍較完整的鹵素燈作為人造光源，以避免因光源波長不均而導致反射光譜資料產生偏斜。此外，針對植物葉片因表面不平整而造成的測量誤差，課程也介紹了化學計量標準

1 本次研習課程學員合影 **2** 影像擷取理論實作課程
3 研習課程專題討論
4 荷蘭植物環境表型體中心（NPEC）







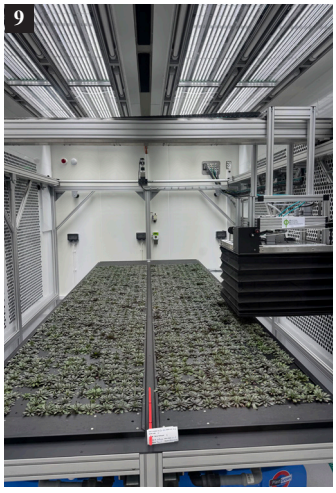
化（Chemometric normalisation）等創新校正演算法，以過濾這些干擾效應。在實作部分，學員實際分析阿拉伯芥在乾旱試驗中的多光譜特徵，學習如何提取光譜資料並評估不同乾旱時間對植物生理的影響。

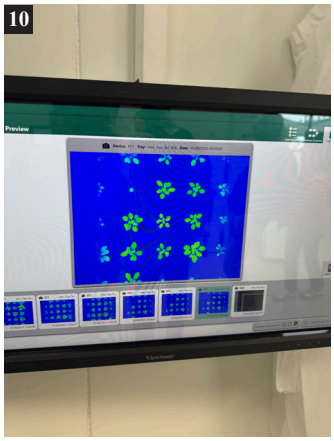
3D 影像與 AI 模型：強化科研品質與產學接軌

3D 影像技術能克服平面影像在分析時所面臨的葉片遮蔽問題，WUR 運用光達（LiDAR）、三角定位（Triangulation）及多視立體重建等技術，將作物轉換為空間座標數據，能更有效捕捉節間長度或花梗長度等複雜的立體性狀。然而 3D 影像資料通常極為龐大，且由於葉片數量遠多於莖部或花朵，因此資料通常具有不平衡的問題，會嚴重干擾機器學習模型的辨識準確度。對此，WUR 創新地導入生成式 AI 技術，透過 AI 擴增資料集，以協助複雜的 3D 影像標註工作。在實作部分，學員運用 Pytorch 深度學習模組，分析番茄幼苗的 3D 影像，並嘗試建立能夠精準分辨葉片與莖部的分割模型。

在業界的部分，課程邀請了先正達數位農業公司分享跨國農企業的產業觀點。目前實務上他們確實在田間試驗分析過程大量導入影像分析及 AI 技術，並指出利用擴散網路（Diffusion Network）能逐步迭代生成精準標註的高品質影像，雖然運算成本較高，但能顯著提升模型精確度。產業界也正開發孿生神經網路（Siamese Neural Network），期藉此客觀比對試驗處理組與對照組，消除人為判斷與環境變異的主觀誤差。他也分享該公司透過深度學習建立能夠精準辨識田間雜草的模型，搭載噴藥設備可降低 90% 的除草劑使用









量，展現出這些技術在維護農業環境永續上的潛力。

荷蘭植物環境表型體中心：高通量自動化國家級研究設施

研習期間，筆者實地參訪了設立於 WUR 內的荷蘭植物環境表型體中心（NPEC）。NPEC 於 2023 年開始營運，是具備先進高通量自動化軟硬體的作物表型體國家級研究設施。該中心共包含七大表型體分析模組，本次重點參訪了其中三項核心設施。

首先，溫室表型體分析模組由 4 個獨立溫室組成，具備精密的完全環境控制與自動滴灌系統，並配有龍門式或輸送帶式的影像擷取系統，能自動高通量地收集可見光、多光譜或 3D 結構等影像資料，有效減少人為操作成本及變數。

其次，該中心亦具備四座走入式生長箱模組，能夠自動化調控溫度、濕度、二氧化碳濃度以及光照，由一個生長平台及一座龍門式影像擷取系統所組成，目前以栽培阿拉伯芥等低矮作物為主，能夠自動化收集葉綠素螢光及可見光影像，並立即透過軟體分割影像及分析即時產出具科研意義的數據資料。

最後，在田間表型體分析模組部分，NPEC 開發了名為 TraitSeeker 的影像監測載具，能在農田中移動，以非破壞性方式標準化收集作物的田間影像。

結　語

本次赴荷蘭 WUR 研習，不僅系統性學習了先進的影像分析及 AI 技術，在將前瞻科技落實於實務研究方面，課程導師反覆強調了兩項核心科學觀念，深具指導意義。首先是「釐清命題的優先性」，在導入先進的技術前，研究人員必須明確定義出具體的目標與問題。若缺乏明確命題，盲目收集大量且無效的表型體大數據，不僅無法進行有效分析，更會造成研究資源與時間的損失。有些時候，傳統技術便能更有效解決的任務需求。第二是「跨域合作的必要性」，表型體影像分析技術絕非單一學科所能獨立完成，從栽培管理、影像擷取到模型建立與統計判讀，皆需不同領域的專家緊密溝通，唯有跨域協調方能將科技發揮最大綜效。放眼臺灣農業，農業部已於 113 年正式啟用國家植物表型體分析中心，期盼本次汲取的創新科技與務實經驗，能實際應用於農業研究，加速品種選育，提升科研效率，以穩步落實智慧與韌性農業的政策目標。

5 NPEC 溫室表型體分析模組
6 溫室表型體分析模組內藜麥試驗情形
7 溫室表型體分析模組內草莓試驗情形
8 溫室表型體分析模組內大豆試驗情形
9 NPEC 走入式生長箱模組
10 生長箱模組即時自動化影像分析軟體
11 田間表型體分析模組 TraitSeeker