

農業新知

與瑞士有機農業研究現況交流 德國作物數位育種

文圖／林煜恒、郭建志

一、前言

在氣候變遷加劇與全球環境永續議題日益受到重視的今日，農業生產體系面臨前所未有的嚴峻挑戰。為因應極端氣候對作物生產的衝擊，並達到農業部門邁向永續農業發展的目標，各國紛紛投入作物數位育種研究，以及推動兼顧生態與生產的有機農業。基於此全球趨勢，前往歐洲農業科研與有機推廣重鎮 - 德國與瑞士，進行深度參訪與交流。本次前往德國深入了解作物數位育種的最新科學研究趨勢，特別是植物表型體學與生長模型在加速抗逆境品種選育上的應用潛力。同時前往瑞士進行有機農業最新發展現況交流與考察，包括拜訪瑞士有機農業研究所 (FiBL) 瞭解其科研成果與實務經驗、有機種子的生產與認證體系及社會共融農業模式之發展。期藉由掌握歐洲先進國家的科學研究趨勢與有機農業研究及產業現況，強化我國研究人員的視野與邏輯思維，並為國內推動農業氣候韌性與有機農業推廣策略，提供具體且具前瞻性的借鏡。

二、德國數位育種研究：以植物表型體與模型為核心的育種新視野

在全球氣候極端化趨勢下，傳統育種往往需要耗費大量時間與田間試驗成本，



■ 陳祖威教授解釋如何利用感測器蒐集光誘導生理反應相關數據

且難以精準預測氣候變異對作物生長的影響。為突破此瓶頸，德國在作物數位育種領域展現高度整合的研究量能，其研究核心已導向結合作物模型、機器學習與全基因組預測的創新途徑。

本次參訪德國洪堡大學的陳祖威教授研究團隊。該團隊以機制性模型與系統分析為研究核心，將微觀的生理機制、環境模擬與龐大的植物表型及基因資料進行串接。研究聚焦於光誘導生理反應，包含光合作用、氣孔調控、光適應及作物的形態建成，深入探討光線與其他非生物環境因子之間的交互作用，以及從單一葉片層級放大至整體冠層的生理效應與作物氮素吸收及分配等複雜機制。

透過建立作物生長模型，研究人員得以釐清「哪些特定的生理參數，在特定的環境條件或生育階段中，對最終產量與表現穩定性的貢獻最大」。育種家可將有限



■ 筆者與陳祖威教授於其研究大樓前合照

的資源，優先且精準地投入對於育種目標最具影響力的關鍵性狀。陳祖威教授的研究為數位育種建構了科學嚴謹且具備實務操作性的框架，首先利用電腦模型篩選出關鍵的生理目標，隨後利用各類感測器蒐集量化的表型數據，最後再將系統模擬結果與穩定性應用於實際的試驗設計與優良基因型的篩選工作。

這種由機制出發、以數據與模型驅動的整合式研究架構，能有效提升整體的育種效率，大幅降低田間反覆試驗的高成本，更能確保在氣候變遷的不可測環境下，及早預測不同基因型的表現，精準培育出兼具高產與高穩定性的氣候韌性品種。德國學界展現了「以模型為核心、以數據為驅動、以決策為導向」的數位育種思維，這對於亟需提升氣候適應力的臺灣農業而言，是極具啟發性的科研發展路徑。



■ 蘋果試驗田結合太陽能板，探討農電共生的可能性

三、瑞士有機農業研究所 (FiBL)：科研、推廣與政策整合的永續智庫

FiBL 成立於 1973 年，總部位於瑞士 Frick，為全球知名的非營利、獨立有機研究機構。其研究涵蓋土壤科學、作物科學、動物科學及社會經濟分析等領域。

本次參訪其葡萄園與蘋果園，研究人員展示結合綠能與農業的創新應用。傳統蘋果園多依賴覆蓋防護網以避免霜害與冰雹的侵襲，而 FiBL 則研究嘗試以太陽能發電板取代傳統防護網，藉此評估太陽能板在提供物理防護效果與造成光照遮蔽之間的平衡點，並深入探討此種農電共生模



■ 溫室中進行葡萄抗病及耐旱品種選育

式對果實最終產量與品質的影響。

FiBL 在農林共生 (agroforestry) 系統的建立上也有豐碩成果，研究人員利用多種喬木 (主要為堅果類樹種) 與主要經濟作物及覆蓋作物進行輪作，建構一個多層次且具備高度生態功能的永續農業微氣候



- Amritbir Riar 博士設計巧克力試吃實驗，介紹 Seedlinked 進行品種協作測試的方法



- 參與者完成評測後，Seedlinked 即可看到圖表化統計結果

系統。在釀酒葡萄的栽培試驗，研究團隊發現過度的極端日照易導致葡萄果實的糖度異常升高，進而使得釀造出的葡萄酒酒精濃度偏高；為解決此問題，FiBL 刻意在葡萄園旁種植高大喬木以提供部分遮蔭，成功證實此作法有助穩定果實品質。

四、國際合作與 SeedLinked 協作式品種評估平台之應用

FiBL 在推動全球有機農業發展的國際合作上亦扮演關鍵角色。Markus Arbenz 博士分享於迦納、象牙海岸、厄瓜多及祕魯等熱帶可可主要生產國的計畫，FiBL 設計了一套具高度實務操作性的「土壤健康監測與評估框架」，藉此大幅提升在地農戶與推廣諮詢人員對土壤健康狀況的察覺與改進能力。同時，在玻利維亞的合作案中，FiBL 指導當地小農建立以可可為核心的動態農林複合系統 (dynamic agroforestry)，並積極媒合國際

巧克力企業，透過產業連結，提升生產者的經濟收益與生活水準。

為解決傳統種子系統面臨的「集中化、資訊不透明、地域適應性差」等結構性困境，Amritbir Riar 博士特別介紹 SeedLinked 協作測試平台。傳統的品種選育往往侷限於特定試驗站，導致「在甲地表現優異的品種，在乙地卻適應不良」的窘境。SeedLinked 平台致力於建立一個以「協作、資料共享、透明」為核心理念的種子資料庫，讓農夫、園丁、育種者及消費者皆能共同參與。為具體說明此概念，Riar 博士在會議中設計了有趣的巧克力盲測實驗，將不同品牌的巧克力視為不同的「作物品種」，參與者試吃後直接使用智慧型手機在 SeedLinked 上針對各項標準化性狀（如口感、香氣）進行即時評分。系統隨即將龐大的群體數據轉化為統計圖表，讓使用者能瞬間掌握各「品種」在不同受試者間的真實評價。SeedLinked 將傳統「少地點、少用戶、

資訊封閉」的試驗模式，徹底翻轉為「協作式、多地點、使用者深度參與、資料即時共享」的創新體系，不僅促進對「品種×環境×管理 (G×E×M)」複雜交互作用的理解，更大幅加速具備環境適應性的強韌品種在市場上的推廣與採納。

五、瑞士 Sativa 有機種子公司與 Fintan 社會共融專案

Sativa 有機種子公司成立於 1998 年，總部設於 Rheinau 地區，是歐洲推動有機與生物動力農業 (Biodynamic agriculture) 的先驅指標企業。Sativa 公司的核心宗旨為「維護多樣性的品種選擇、保障非化學依賴的有機種子供應、促進有機與生物動力農業體系的健康發展」，其服務範圍涵蓋歐盟與瑞士等多國市場，專門提供有機且無基因改造



■ 參訪位於瑞士 Rheinau 地區的 Sativa 有機種子公司

(GMO-free) 的優質種子，並長期致力於傳統稀有品種的保存工作。

Sativa 公司的成立背景與當地的 Fintan 社會計畫 (Fintan Social Project) 緊密相連，展現農業專業與社會福利的跨域結合。Fintan 是一個以社會共融、心靈療育與生態永續為核心理念的非營利組織，其思想源自奧地利哲學家魯道夫·史代納 (Rudolf Steiner) 所創立的人智學



■ Sativa 公司旁有機玉米採種田區

(Anthroposophy)。人智學主張透過具體的勞動與深度的自然接觸，能有效促進人類身心靈的完整發展。

基於此理念，Fintan 組織致力於「為身心障礙者提供有意義的工作與生活環境，同時促進人與自然之間的和諧共生」。在實務運作上，Fintan 不僅在當地為身心障礙者建造專屬的居住與生活空間，更設立結合藝術品展出與對外開放經營的咖啡廳。在 Fintan 的咖啡廳，展售 Sativa 公司生產的有機種子；同時，身心障礙學員也能在指導下參與種子包裝等適切的農業勞動。這種將「社會關懷價值、友善農業倫理與高品質產品專業」鑄於一體的經營模式，讓農業不再僅是單純的經濟生產活動，更成為推動文化價值轉型與實踐社會公平正義的推手。

六、結論及建議

經由本次德國及瑞士的交流，瞭解未來國內在推動氣候韌性農業與有機生產體系時，技術在地化與多方協作的必要性。極端氣候威脅與資源限制困境，雖具備全球共通性，然在解決方案上應更強調因地制宜的彈性調整。「氣候韌性品種」的育成為未來重要研究方向。本場近年已針對蔬菜作物在耐熱及淹水相關主題進行研究，後續將增加寒害及乾旱等非生物性逆境之研究基礎建立，以作為未來評估作物

在極端氣候下的生理反應與產量穩定性，協助國內未來面臨極端氣候威脅時，快速建立育種決策方向及預測能力。

本場可深化與瑞士有機農業研究所 (FiBL) 等國際機構的合作，針對適合國內有機栽培的作物進行耐逆境性狀評估。參考瑞士 FiBL 進行有機與慣行農業長期追蹤的運作模式，並輔以數位化試驗資料蒐集與建立知識平台，瞭解有機農業與慣行農業長期栽培下之差異，並參考 SeedLinked 平台的開放資料與農友協作評估模式，進行品種篩選與市場開發，以強化與農友溝通及試驗研究效率，降低資訊不對等，建立永續發展的在地推廣網絡。國內目前尚未建立具溯源與認證機制的有機種子與種苗供應體系，未來可結合種苗業者，建立有機種子與種苗的供應鏈，確保其來源透明、品質穩定，以促進國內有機農業的發展。

在產業輔導與市場行銷面，本場可發揮在農事推廣與產銷班輔導之實務專長，協助國內建立「由上而下」的標章與溯源管控機制，提升臺灣有機農產品在消費市場的品牌辨識度與社會信任。同時，鼓勵社福團體參考 Fintan 專案，促進農業、社會與教育跨域結合，建立可供弱勢群體參與的社會共融型農業模式。由本場等單位提供技術核心支援，建立系統性的有機農業生態圈，提升臺灣有機農業在國內市場普及率與整體的國際競爭力。