

EUROSOIL 2025國際研討會紀實

文／圖 ■ 潘佳辰、王志璋

土壤的功能包括調節氣候、過濾水源、養分循環、維持生物多樣性和糧食生產。然而隨著工業化、氣候變遷等，土壤受到退化、污染、壓實、流失等進而造成生物多樣性喪失和全球糧食不安全。歐洲土壤科學學會聯合會透過舉辦EUROSOIL 2025研討會鼓勵土壤科學領域科技成果的交流、展示和討論。我國近年推動2050淨零碳排目標，淨零碳排、有機農業相關研究議題皆與土壤肥料研究息息相關，例如溫室氣體排放、增加土壤碳匯、微生物肥料與土壤健康等研究。透過本次研討會進行學術交流及學習最新的研究成果，將有助於擴大土壤研究領域之知識範疇，接軌當前歐洲土壤相關研究；並且與國際間的專業人士建立合作關係，探討歐洲地區土壤管理的最佳實踐，作為後續國內發展相關策略與技術研發之參考依據。

美國俄亥俄州立大學的Rattan Lal博士講述土壤品質與生態系服務的關係，土壤品質為土壤提供生態系服務的量能，並且進一步說明目前地球應用於農業生產之佔比：全

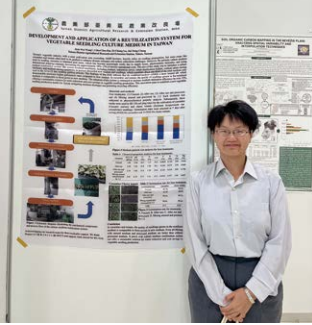


大會開幕



本次研討會國內與會人員

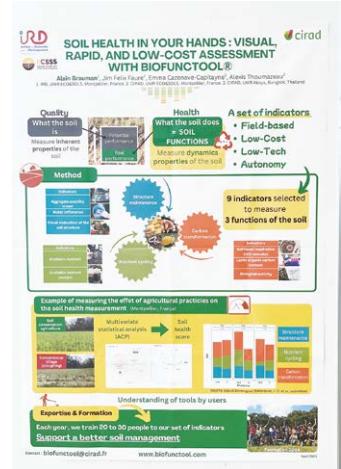
球有38%土地面積用於農業生產（其中75%的農地面積應用於飼養動物）、全球70%的淡水用於灌溉、全球30~35%之溫室氣體排放源自於農業，是故土壤與生命的關聯相當緊密。近年來國際上針對自然正向成長 (Nature positive) 議題，他也提出農業土壤的管理解方，其中包括強化生物多樣性、提升水質、採用減排農法、減少化學肥料的投入、使用生物刺激素及土壤改良資材、循環經濟及推動防疫一體 (One health)。對於未來的土壤科研發方向，他建議可以朝向無土栽培、精準農業、碳耕作 (Carbon farming) 等。最後關於農業4.0，Lal博士提出可以基於感測器及機器人進行數據收集，再藉由傳輸技術將數據傳至伺服器進行資料儲存、整理及分析，並且透過人工智慧進行行動決策。



王志瑋副研究員研究成果發表



潘佳辰副研究員研究成果發表



發展土壤健康指標及檢測方法時需考量成本、操作便利以及反映土壤當下狀態

來自法國國家農業食品與環境研究院的 Claire Chenu博士，分享關於歐盟在土壤碳移除與碳耕作之研究以及政策，在這個框架下需要符合碳儲存的效果是可以被準確量測、碳儲存的效果長期有效、碳儲存的方法須可以支援氣候變遷與調適、生物多樣性、循環經濟、水及海洋資源等相關議題。Claire博士以歐盟為例，在增加土壤碳儲量的方法中，較有效的方法為施用生物碳、施用木材副產物、減少耕犁次數、作物殘回填、種植綠肥作物、覆蓋作物、調整灌溉次數。一般來說，土壤有機碳飽和能力與黏粒及砂粒比例有正相關，每一種樣態都有其最高飽和量。故投入增匯技術前，須考量導入技術之目標為達到生物物理潛力 (Biophysical potential)、技術潛力 (Technical potential)、經濟潛力 (Economical potential)或是實際可行潛力 (Achievable potential) 來區分投入力度。

來自愛爾蘭都柏林大學的 Sharon O'Rourke博士透過電腦斷層掃描 (μ CT) 與中紅外線 (MIR) 光譜技術來預測土壤有機碳含量並評估土壤有機碳品質。結果顯示，與傳統耕作相比，免耕處理在第一年和第二年之間土壤有機碳含量增加，而傳統耕作處理則沒有變化。中紅外線光譜結果顯示，儘管在研究期間補充養分並未影響土壤有機碳濃度，但中紅外光譜的正向變化間接表明，脂肪族有機

化合物在黏土礦物上的吸附可能發生了變化。研究結果強調整合化學和結構分析對於探討農業土壤碳動態機制的重要性。此外，施行免耕及少耕除了可以減少農業作業時間外，亦可以減少農業碳排。

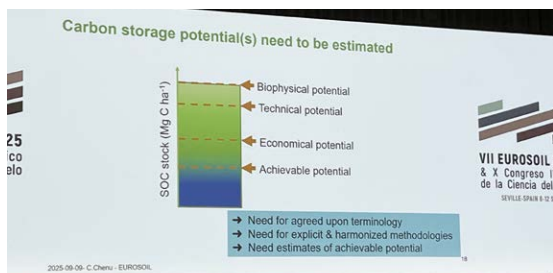
關於開發環境監測系統領域，奧胡斯大學的 Iris Vogeler Cronin教授，介紹一種即時監測系統，透過無線傳輸感測器訊號，以量測土壤溶液濃度，包括氮、pH值和溶氧，以及土壤濕度。感測器由多孔陶瓷探針、微型泵浦、電化學感測器和天線組成。利用多孔陶瓷探針隔絕雜質，讓土壤中的水能夠滲入感測端中，並利用壓電驅動的微型泵浦汲取樣本至微流控系統中，再以微型電化學晶片量測數值，再透過LoRa將數據傳輸到遠端雲端。惟仍需考慮反應速度、數據響應跟殘留，以及微型電化學晶片於大量生產後之準確度及良率。目前尚在實驗室進行測試，後續將在德國和葡萄牙的不同種植系統中進行現場應用。

來自塞維亞自然資源與農業生物研究所 Manuel Delgado-Baquerizo博士提到土壤的生物多樣性在生態功能當中扮演著非常重要的角色，包含了養分的循環、土壤有機

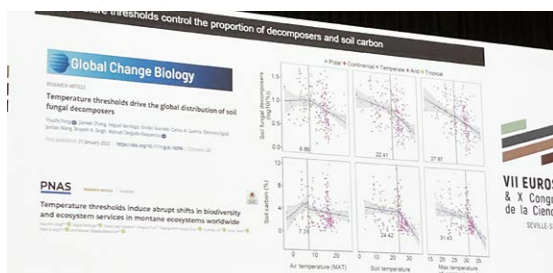
碳的儲存、維持作物的產量、環境中病蟲害的平衡與控制以及維持與保留文化的功能；而在比較乾燥氣候區土壤生物多樣性更顯重要。其中土壤微生物相將有助於提升生態系功能。面對全球暖化、土壤退化以及人類活動所造成的污染或是侵蝕對於土壤生物多樣性以及土壤功能皆有明顯的影響：例如乾旱不僅造成作物或植物生長不良，更將影響到土壤中的養分循環，主要原因為乾旱造成了當地的土壤多樣性下降、全球暖化易造成土傳性病害的比率；此外，他提到土壤溫度是影響土壤有機碳儲存的重要因子，溫度越高土壤有機碳的累積效率將會降低，這對於處於亞熱帶季風區的我們需要特別留意。演講當中除了談到土壤微生物對於養分循環、調控病原菌外，亦談論到微生物對於建築物的保護作用，在一些古老的城牆上，微生物的Biocrusts (暫譯為

生物結皮作用) 會透過分泌多醣類或是菌絲來將建築物上的土壤膠結在一起，藉此保護建築物減少風與雨水的侵蝕。

本次研討會中，有許多講題關於歐盟針對土壤增匯的各項操作，具有較高增匯潛力的是施用生物碳、種植木本植物、調整耕犁制度、作物殘體回填、覆蓋作物等方法。近年來國內亦有相關研究主題進行中，由於國內氣候環境、土壤環境以及耕作習慣的差異，上述方法對於土壤增匯的效益，以及相關利害關係人 (例如農友、農機具業者) 對於方法的接受程度亦可能與歐洲結果不盡相同，卻可以逐步調整至適合國內環境的操作方法。土壤當中的微生物多樣性關係到養分循環、病害族群的控制等，惟近年來大氣溫度上升可能會影響到微生物多樣性以及部分病害發生率逐漸上升的趨勢。為此找尋維持微生物多樣性或是維持土壤健康的操作模式或是評估方法極為重要。土壤健康研究領域上，在應用評估土壤健康之指標時，研究人員建議所選用的方法以能真實反映出土壤當下的狀態為優先，以作為導入改善方法時的參考。針對土壤健康指標之相關研究，建議在區分指標等級時可以數值範圍與作物類別作為等級區分；另可挑選較容易操作的部分，以講習會或說明會方式，推廣給農友自行操作及評估。本次研討會主題豐富，集結了相當多研究成果。值得注意的是歐盟對於土壤管理法規之發展可以作為我國後續訂定土壤管理相關制度之借鏡。以歐盟的經驗而言，如要導入研究方法或是分析方法時，需要留意方法的穩定性以及考量成本，並且需要充分的科學證據以支持該方法。



Claire Chenu博士建議導入土壤碳儲量管理方法時須考量提升至何種程度



Manuel Delgado-Baquerizo博士講述土壤溫度提升對於土壤有機質累積的影響