

# 出國報告（出國類別：其他）

## 參加 2025 歐洲土壤會議

服務機關：農業部農業試驗所

姓名職稱：許健輝副研究員

派赴國家：西班牙塞維亞

出國期間：114 年 9 月 6 日至 114 年 9 月 14 日

報告日期：114 年 10 月 14 日

## 摘要

2025 年歐洲土壤會議(EUROSOIL 2025)於西班牙賽維亞(Seville, Spain)舉辦，該會議為歐洲土壤科學聯盟最重要的會議，四年舉辦一次。本次研討會發表主題包括土壤化育和分類、土壤物理化學、土壤生物化學和全球氣候變遷、土壤微生物、土壤水文和沖蝕、土壤碳動態與穩定性、土壤管理和肥力、土壤退化等議題。藉由本次會議除了可瞭解與研究相關(土壤碳匯)的發展外，也可以建立國際研究合作的關係。透過會議期間的交流討論，期望激盪出新的想法，作為目前執行計畫及後續研提計畫之參考。會議時間從 114 年 9 月 8 日至 9 月 12 日，期間約有 1160 篇論文發表，包括 380 篇口頭發表及 780 篇壁報發表。許健輝副研究員於會議期間進行壁報論文發表，發表題目為「Using Regression-Based Models to Estimate Soil Organic Carbon Saturation Capacity and Sequestration Potential in Taiwan」，呈現農業試驗所(以下簡稱農試所)在國家尺度估算土壤有機碳儲潛力的研究成果。於會議期間，除了論文發表，也關注土壤健康、土壤碳匯、土壤政策制定相關的論文發表，透過本次會議體會到歐盟國家對於土壤資料和研究成果的整合應用相當積極，特別在輔助農業政策和法規的制定，這值得持續關注。此外，透過會議參與也能夠認識專業領域及研究主題相近的專家學者，可作為未來建立合作關係的基礎。

# 目錄

|                |    |
|----------------|----|
| 摘要 .....       | 2  |
| 本文 .....       | 4  |
| 一、 目的 .....    | 4  |
| 二、 過程 .....    | 5  |
| 三、 心得與建議 ..... | 10 |
| 附錄 .....       | 12 |

# 本文

## 一、 目的

本次參加 2025 歐洲土壤會議( EUROSIL 2025)，該會議每四年舉辦一次，會議地點皆為西班牙塞維亞，今年度舉辦時間為 9 月 8 至 9 月 12 日。EUROSIL 是全世界土壤科學相關領域重要的會議之一，歐洲大部分國家和其他國家相關領域的學者藉此機會發表研究成果，並藉此機會相互交流。參加本會議主要關注土壤碳匯及土壤健康相關的研究成果，除了能夠得知與業務相關的研究發展(土壤資訊、土壤碳匯等)外，也可以發掘未來可以導入的土壤監測方法及可投入的研究議題，讓農試所長期建置的土壤及農業空間資訊在政策制定及學術發展上有更多的應用與參考價值。

## 二、過程

### 1. 會議行程表

| 日期                | 地點            | 行程                                            |
|-------------------|---------------|-----------------------------------------------|
| 114 年 9 月 6-7 日   | 臺灣-西班牙馬德里-塞維亞 | 由臺灣出發至西班牙，9/6 日抵達西班牙馬德里機場，9/7 搭車前往研討會辦理地點賽維亞。 |
| 114 年 9 月 8-12 日  | 西班牙塞維亞        | 參加研討會，聽取相關研究學者之簡報，並於壁報發表時間與各國學者進行學術討論。        |
| 114 年 9 月 12-14 日 | 西班牙塞維亞-馬德里-臺灣 | 9/12 由西班牙賽維亞搭車至馬德里，9/13 搭機返回臺灣，9/14 日抵達臺灣。    |

### 2. 會議經過概述

#### 2025 年 9 月 6-7 日

9 月 6 日由桃園機場出發，西班牙當地時間 9 月 6 日抵達馬德里國際機場。

9/7 由馬德里搭車前往塞維亞。

#### 2025 年 9 月 8 日

9 月 8 日至會場報到，領取會議名牌及會議議程，並參與研討會開幕式。

#### 2025 年 9 月 8-12 日

9 月 8 日至 11 日為口頭及壁報發表時間，9 月 12 日則為主辦單位安排之田間參訪(考量交通行程，故無參與)。會議期間各國參與學者對於不同研究主題進行口頭或壁報成果發表，其發表內容包括土壤化育和分類、土壤物理化學、土壤生物化學和全球氣候變遷、土壤微生物、土壤水文和沖蝕、土壤碳動態與穩定性、土壤管理和肥力、土壤退化等議題，本人主要參與和土壤碳匯和土壤健康有關的研究成果發表，摘述如下：

- (1) 義大利學者 Dr. Panos Panagos (Joint Research Centre of the European Commission) 擔任本次會議的開場講者，演講主題為「Improving Soil Health in Europe: Emerging Challenges and Opportunities for Soil Science and Policy」，Dr. Panos Panagos 負責歐盟有關土壤觀測(EU Soil Observatory, EUSO)的相關大型計畫及政策研擬，包括「EU Soil Strategy 2030」、「Carbon Removals Certification Framework」、「Zero Pollution Action Plan」、「A Soil Deal for Europe」等。演講內容說明如何利用及整合土壤資訊，應用於土壤有機碳儲量、儲存潛力、流失程度等評估，並且提出政策制定建議。此外，講者也透過圖資呈現歐洲區域土壤侵蝕和土壤重金屬污染等現況，並且利用 19 個土壤退化指標估算歐洲有 62%的土壤為「unhealthy soils」，進而提出該資訊可作為政策制定的科學依據。最後，講者也提到歐盟建立系統性的土壤數據中心(The European Soil Data Centre, ESDAC)，透過土壤監測數據產製之資訊，建立歐盟土壤保護架構，作為土壤健康維護及恢復相關政策和策略制定之基礎。
- (2) 法國學者 Dr. Claire Chenu (French National Research Institute for Agriculture, Food

and Environment, INRAE)為研討會第二天的開場講者，演講主題為「Beneath the Surface, Beyond the Targets: Soil Carbon Science for EU Policies Development」，Dr. Claire Chenu 致力於鏈結科學-政策-實務之研究，並且擔任千分之四倡議的科學技術委員。演講重點為如何將土壤碳匯的研究成果應用在政策制定，她以土壤有機碳儲潛力為例，將此區分為理論的潛力(Biophysical potential)、技術的潛力(Technical potential)、經濟的潛力(Economical potential)和可達成的潛力(Achievable potential)，根據不同國家、地區、產業重要性、經濟發展程度等狀況制定合適的土壤增匯目標。講者也分享訂定指標(indicator)、目標(target)和閾值(threshold)的差異，例如針對特定目的，利用已被發表且穩固的結果(特定的數值)來訂定理想的目標「Optimal target」；利用已知數據的統計分布來定義重要的閾值「Critical threshold」；根據現有土壤條件的相對變化來訂定土壤健康指標「Soil health indicator」。最後，講者說明土壤碳研究和政策目前面臨的挑戰及建議的研究方向，包括須釐清整體概念、整合不同檢測方法、建立整體架構及系統性評估方法。

- (3) 西班牙學者 Dr. Manuel Delgado-Baquerizo (Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, Spain, IRNAS-CSIS)為研討會第四天的開場講者，演講主題為「Soil Biodiversity and Ecosystem Function Under Global Change」，Dr. Manuel Delgado-Baquerizo 為西班牙 IRNAS-CSIS 生物多樣性及生態系統功能研究室主持人，他的研究致力於全球變遷的脈絡下，提出有關土壤生物群的創新知識，他採用跨領域研究方法，涵蓋環境微生物群、土壤生物多樣性、生態系統功能、全球變遷等議題，並以全球尺度進行探討。演講內容主要強調土壤生物多樣性是生態系統及糧食生產的關鍵，特別在劣化土壤，微生物的多樣性能夠驅動多個生態系統功能。該講者擅長透過 Meta analysis 的方法進行區域及全球尺度的研究，演講內容中也舉例說明氣候變遷(溫度改變)、土壤退化、土壤重金屬污染等對於土壤生物多樣性的影響。最後，講者提出要做到土壤保育的第一步，是要先了解全球的土壤生物多樣性，包含土壤細菌及真菌多樣性的空間分布及時間動態。
- (4) 澳大利亞學者 Dr. Zeinab Ghasemzadeh (The University of Adelaide, Adelaide, Australia)在 Soil carbon dynamics and stabilization 主題演講發表的題目為「Fe-mediated stabilization of rhizodeposited carbon and its influence on soil structure in poorly structured soils」，該講者對於鹼性土壤中鐵氧化物穩定有機碳的機制進行報告，該研究有別於過去大部分在酸性土壤和富鐵土壤的研究。研究結果指出，水合鐵礦(ferrihydrite) 有助於將更多根源碳(rhizodeposited carbon)固定於 MAOC，並且抑制原生土壤有機碳的礦化作用。該研究鏈結地球化學與生物過程，深入探討水合鐵礦如何影響根圈驅動碳穩定性及改善土壤結構。
- (5) 美國學者 Dr. Anil C Somenahally (Texas A&M University, United States) 在 Soil carbon dynamics and stabilization 主題演講發表的題目為「Advancing models for estimating soil organic carbon deficits using legacy-data-driven dynamic baseline and

attainable projections」，該學者說明土壤有機碳儲潛力的研究成果。他指出土壤有機碳隨時間、土地利用、氣候與土壤類型而變化，因此對於大尺度土壤有機碳儲潛力的預測非常具挑戰性。該研究除了利用歷史有機碳觀測數據外，也結合時間校正方法產製全美 250 公尺現況土壤有機碳儲量分布圖，接著利用空間限制的相似性矩陣(spatially constrained similarity matrix)推估土壤有機碳飽和量，兩者相減後即可得到土壤有機碳儲潛力。講者指出，Mollisols 和 Alfisols 的土壤有機碳儲潛力相對較高，但數值遠低於預期，其主要是因長期的土地利用同時土壤有機碳儲量和飽和能力，該結果指出有必要重新調整土壤碳封存的目標，以符合現況。

- (6) 荷蘭學者 Dr. Carmen Vazquez (Wageningen University, The Netherlands) 在 Soil Health 主題演講發表的題目為「Soil biology, soil health and ecosystem services」，該演講的重點為土壤生物多樣性在維繫土壤健康中的角色。該講者指出，土壤生物不僅反映土壤條件，更是驅動許多土壤健康之關鍵過程的主動因子，例如土壤生物與物理化學因子之間的交互作用，支撐多樣的土壤過程，並直接影響農業土壤的功能性。雖然土壤性質受土壤類型、氣候與地形等因素限制，但土壤健康主要取決於可透過管理決策加以影響的動態性質，講者基於此觀點提出土壤生物多樣性應被視為支撐並調控土壤功能的基礎層，不僅是土壤健康的結果，應是生態系統韌性的基礎。最後，該講者指出生物多樣性應納入土壤健康評估，並與化學、物理及環境參數並列，確保生物指標在土壤健康評估架構中獲得適當的權重。
- (7) 瑞士學者 Dr. Matthew Wallenstein (Syngenta, Basel, Switzerland) 在 Soil Health 主題演講發表的題目為「Moving past metrics: A data-driven strategy for restoring soil health at scale」，講者指出土壤健康的概念已從學術領域跨入大眾文化，並正在影響全球農民的耕作方式。儘管土壤健康可成為推動農業朝向永續實踐發展的有力工具，但這需要將評估指標與成果(如產量、效率與農民收益)相結合。講者利用統合分析 (meta-analysis)，測試動態土壤參數與作物產量的關聯。講者提出有別於以往的土壤健康指標和成果，包括發現微生物活性的通用指標（如脫氫酶活性與微生物量碳）與產量的相關性最強，另也發現 POX-C（可氧化碳）與土壤蛋白的表現優於傳統的土壤有機質含量，可作為土壤健康的新指標。此外，講者也提出使用 250 公尺解析度的衛星 EVI（增強型植被指數）資料，可識別出生產力下降的熱點，推測這些區域可能與土壤健康惡化有關。
- (8) 法國學者 Dr. Alain Brauman (Research and Development Institute, Montpellier, France) 在 Soil Health 主題演講發表的題目為「From fertility to function: the evolving narratives of soil health and quality」，講者認為目前「土壤健康」(soil health) 與「土壤品質」(soil quality) 這兩個術語在使用上仍存在一定的混淆與模糊性。然而，這兩個概念具有不同的歷史發展脈絡，反映了學術界與社會對土壤認知的演變。而在「土壤健康」與「土壤品質」之前，1970 年代首先出現的是「土壤肥力」概念，其重點在於農藝表現與土壤利用所帶來的效益，卻忽視了土壤作為生態系統的內在價值；1990 年代「土壤品

質」的概念因環境關切而興起，將重點擴展至土壤多功能性與生態系統服務，並在 2017 年後廣泛受到關注。相較之下，「土壤健康」的歷史更為悠久，可追溯至古希臘時代，而在 2010 年代開始於科學論述中普及。此外，土壤健康的概念具有地域上的認知差異，歐洲將其與「有生命的土壤」理念緊密相連，而英國和美國則著重於永續性與生態系統韌性。最後，講者指出，「土壤健康」與「土壤品質」儘管這兩個術語在定義上接近，但各自擁有獨特的歷史與科學範疇。

2025 年 9 月 12-14 日

9 月 12 日由西班牙塞維亞搭車至馬德里，9 月 13 日由馬德里搭機返國，9 月 14 日抵達桃園機場。



### 3. 論文發表

#### **Using Regression-Based Models to Estimate Soil Organic Carbon Saturation Capacity and Sequestration Potential in Taiwan**

Chien-Hui Syu<sup>1\*</sup>, Budiman Minasny<sup>2</sup>, Yu-Ting Liu<sup>3</sup>, Chun-Chien Yen<sup>1</sup>, Shih-Hao Jien<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture, Taichung 413, Taiwan

<sup>2</sup>School of Life and Environmental Sciences, Sydney Institute of Agriculture, The University of Sydney, NSW 2006, Australia

<sup>3</sup>Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung-Hsing University, Taichung 402, Taiwan

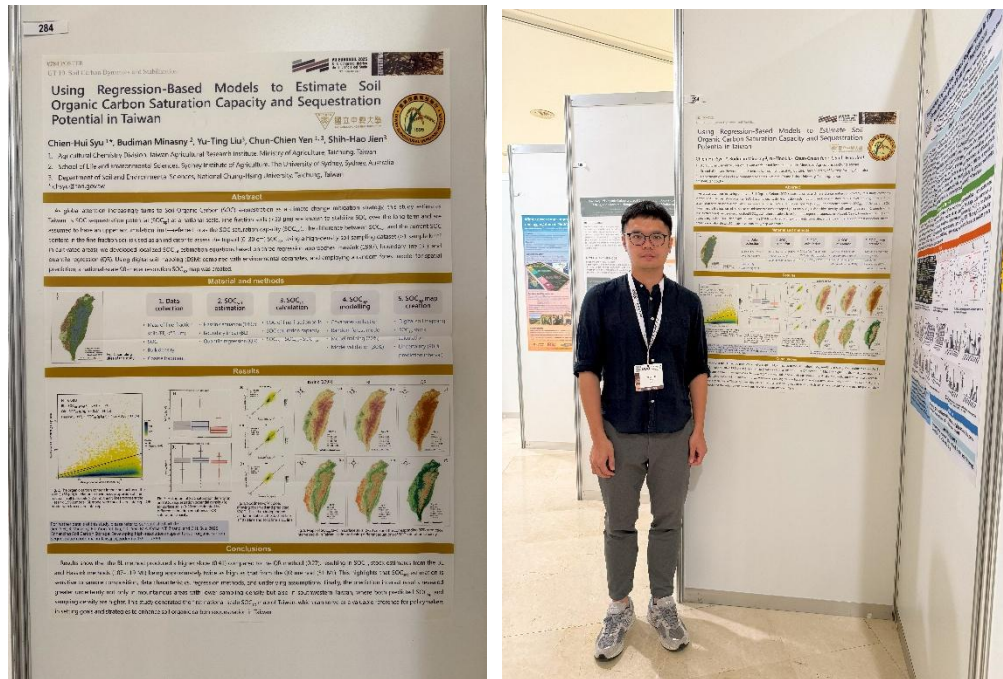
\*Corresponding email: [chsyu@tari.gov.tw](mailto:chsyu@tari.gov.tw)

As global attention increasingly turns to Soil Organic Carbon (SOC) sequestration as a climate change mitigation strategy, this study estimates Taiwan's SOC sequestration potential ( $\text{SOC}_{\text{sp}}$ ) at a national scale. Fine fraction soils ( $<53 \mu\text{m}$ ) are known to stabilize SOC over the long term and are assumed to have an upper accumulation limit—referred to as the SOC saturation capacity ( $\text{SOC}_{\text{sat}}$ ). The difference between  $\text{SOC}_{\text{sat}}$  and the current SOC content in the fine fraction soil is used as an indicator to assess the topsoil (0–30 cm)  $\text{SOC}_{\text{sp}}$ . Using a high-density soil sampling dataset ( $>1$  sample  $\text{km}^{-2}$  in cultivated areas), we developed localized  $\text{SOC}_{\text{sat}}$  estimation equations based on three regression approaches: Hassink (1997), boundary line (BL), and quantile regression (QR). Using digital soil mapping (DSM) combined with environmental covariates, and employing a random forest model for spatial prediction, a national-scale 90-meter resolution  $\text{SOC}_{\text{sp}}$  map was created. Results show that the BL method produced a higher slope (0.41) compared to the QR method (0.27), resulting in  $\text{SOC}_{\text{sp}}$  stock estimates from the BL and Hassink methods (107–119 Mt) being approximately twice as high as that from the QR method (51 Mt). This highlights that  $\text{SOC}_{\text{sat}}$  estimation is sensitive to sample composition, data characteristics, regression methods, and underlying assumptions. Random forest model validation showed good predictive performance ( $R^2$ : 0.54–0.57). Variable importance analysis revealed that soil type, temperature, and precipitation were the most important environmental covariates driving the spatial distribution of topsoil  $\text{SOC}_{\text{sp}}$ . Finally, the prediction interval results revealed greater uncertainty not only in mountainous areas with lower sampling density but also in southwestern Taiwan, where both predicted  $\text{SOC}_{\text{sp}}$  and sampling density are higher. This study generated the first national-scale  $\text{SOC}_{\text{sp}}$  map of Taiwan, which can serve as a valuable reference for policymakers in setting goals and strategies to enhance soil organic carbon sequestration in Taiwan.

### 三、心得與建議

1. 土壤健康(Soil health)評估及量化為本會議探討的主要議題之一，它是土壤物理、化學、生物特性的綜合表現，同時也與糧食安全、農業生態系服務價值及永續發展目標息息相關。會議中有從不同面向、空間尺度及土地利用目的專家學者針對評估土壤健康進行相關研究。此外，也有專家闡述如何將土壤健康指標轉為行動方案(如政策制定)，來提升土壤健康狀態，以及減緩土壤退化的速度。參加土壤健康相關論文的口頭和壁報發表後，體認到它是全球正在面對的研究議題，它不僅影響農業生產，也與氣候變遷、生物多樣性、社會經濟等議題關係緊密，因此，如何將我國豐富的土壤資訊轉譯成適合國內農業環境條件的土壤健康指標，以及發展具有低成本、可持續性的監測方法及空間分析技術，產製具有代表性的評估資訊，作為農業及環境保護政策的依據，這在我國是急迫且需要被重視的研究議題。
2. 土壤碳匯的研究主題仍是本研討會的重點，有許多研究探討著如何精準及合理的預估或監測土壤碳儲量、土壤碳匯及土壤碳儲潛力；一些研究評估栽培方法、土壤管理及施用農用資材(如生物炭)所產生的碳匯效益；部分研究針對如何將科學數據及研究成果轉化成決策者在制定政策上可參考的資訊，並且進行情境模擬與負碳農耕技術的可行性分析。聽取這些研究成果對於本研究計畫相當有幫助，提醒我們要在進行微觀尺度、實驗室與盆栽場域進行研究的同時，能夠思考發展的技術在實際應用上的使用情境和可行性，以及不同利害關係人的接受度。
3. 在會議第四天的開場講者，說明了土壤微生物對於土壤健康的重要性，透過整合分析(Meta analysis)方法評估全球、區域或國家尺度下土壤微生物在碳蓄積、養分循環、作物生產等影響，同時也強調氣候變遷、土壤退化、土壤重金屬污染等對土壤生物多樣性的衝擊。目前我國對於土壤微生物的研究發展相當蓬勃，也將微生物肥料納入肥料品項提升土壤微生物對農業生產的價值。然而，目前國內缺乏大尺度的土壤微生物資訊(如細菌和真菌的種類分布、多樣性、豐富度等)，對於應用該資訊於輔助農業政策的制定更是有限。因此，這是未來值得方法的研究方向。
4. 這次的會議發現歐盟國家對於土壤資訊的整合和應用真的非常積極，包括土壤資料的共享(如 LUCAS soil database)、土壤監測方法的開發(如 AI 4 Soil)、以及執行土壤政策制定相關計畫(如 EU Soil Strategy 2030)，大家試圖在有限的資源、土壤調查數量下，透過技術發展和資料整合，產製歐盟地區的土壤資訊，作為政府單位及學研單位應用的基礎。近年環境的議題都與土壤密切相關，如何更有效的整合國內的土壤資訊及技術，長時間且持續的監測土壤健康狀態的變化，進而貢獻在國家的重要政策(如淨零排放、韌性農業、生態系服務價值、糧食安全等)，這是未來必須解決的問題。
5. 本研討會的論文發表議題相當多元，必須事前規劃要聽哪些研究題目的發表，以及依據時間和會議室地點安排路線，這可提供會議參與的效率，也可在會議期間儘可能蒐集到重要的資訊，並且與專家學者進行交流。

6. 本次參與的 EUROSOIL 會議，涵蓋了許多目前國內重視的農業研究議題，包括淨零碳排、韌性農業、土壤健康、生態系服務價值、糧食安全等，也有許多專家學者的發表論文著重在如何將研究成果轉化成落地應用和決策制定。因此，建議國內無論是學校單位、農業研究和行政單位都可持續鼓勵同仁參與和 EUROSOIL 會議性質相似的研討會，有利於國家的農業科技發展。



圖一、發表壁報及合照



圖二、會場外觀及註冊報到





圖三、壁報展區



圖四、我國與會人員合照