



土壤微生物及有機質 相互作用

國際研討會參訪心得

作者：簡梓丞 助理研究員、

倪禮豐 助理研究員

作物環境科

土壤肥料研究室

電話：(03)852-1108 轉 3702

前 言

氣候變遷下，如何減少大氣中溫室氣體為全球重要議題。除了開發不同方法減少溫室氣體排放外，碳匯亦為重要方法之一。自然碳匯可分為綠碳、黃碳及藍碳，其中黃碳指的是將二氧化碳以有機質形式儲存於土壤中。然而，有機碳的變動受到農事操作、土壤礦物性質、微生物種類、環境濕度與溫度等因素影響，各國土壤專家開始探討各項因子如何影響土壤有機碳，開發可有效增加土壤碳匯技術之方法。

第九屆土壤礦物與有機物及微生物交互作用國際研討會（ISMOM 2024），於 2024 年 10 月 15 日至 18 日在日本茨城縣筑波市舉行。該研討會由國際土壤科學聯盟（IUSS）主辦，旨在為來自土壤科學、生物地球化學、生態學

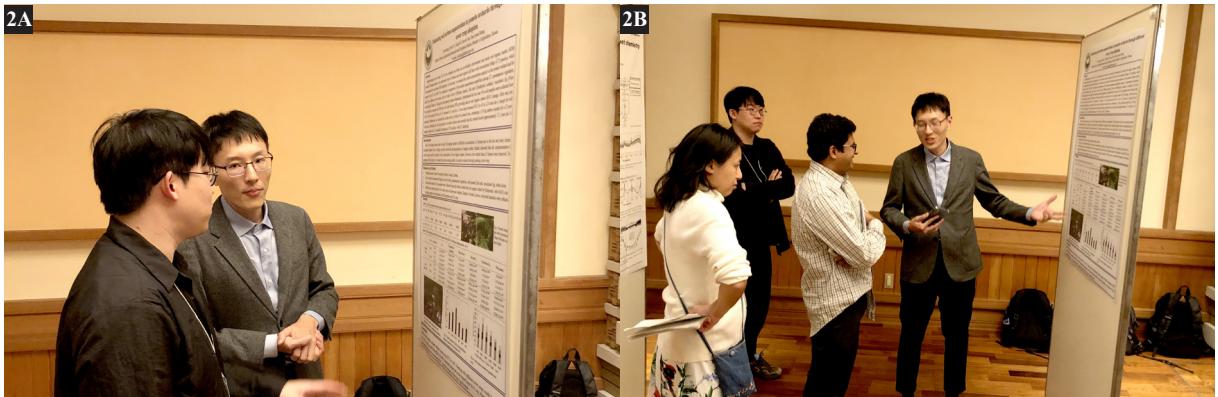
和環境科學等多領域的科學家和學生提供交流平台。

研討會重點議題介紹

土壤碳匯為近年來土壤學與氣候科學研究重點。本次研討會主要圍繞以下幾個議題展開討論：

一、土壤環境

土壤有機質來源主要為生物體死亡後的殘體分解，其大部分會轉化為二氧化碳返回大氣，另一部分能直接留存於土壤中，或與土壤礦物結合而被保護。黏土礦物、氧化鐵和短程有序礦物，如鐵氧水合物或鋁氧水合物等，因為其特殊礦物晶體結構可以穩定有機質或是抑制土壤微生物活性，有較高碳匯潛力。



二、土壤微生物

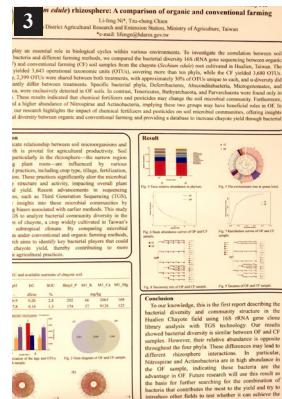
有機質可分為顆粒有機碳（POM）與礦物有機質（MAOM），前者較容易被微生物分解，後者與土壤礦物結合而較為穩定。微生物殘體為有機質重要來源，且在有機質的分解與累積過程中扮演關鍵角色，其活性受到土壤酸鹼度、濕度、溫度及植物影響。本次研討會提出較高微生物歧異度土壤，具有較佳的土壤碳匯結果。

三、農事操作對土壤有機質之影響

多數農田土壤為種植作物，長期翻耕擾動，會造成有機質不易累積，需開發兼具作物生產與增加土壤有機質之農事操作。本場亦分享相關研究成果，如不同覆蓋作物應用於果園可以增加土壤有機碳含量，其中以越橘葉蔓榕有最佳土壤碳匯效果；此外採用有機栽培模式種植之龍鬚菜田區土壤，具有較多放線菌及硝化菌屬相關微生物，可能有利於作物生長。國外有關不同農事操作對於土壤有機質影響研究如下：

(一) 土壤耕犁模式

美國研究團隊提出，於農田實施免耕或條耕栽培搭配種植綠肥作物可增加土壤有機質含



量，統計數據顯示，免耕犁有助於減少碳流失達 37%。

(二) 覆蓋作物

會議中指出，於地中海橄欖園與果園中種植大麥、小麥、豌豆等覆蓋作物，會增加土壤POM、團粒穩定度與生物酶活性。

1 各國專家學者與會嘉賓合影

- 2** 本場分享文旦不同覆蓋作物應用於果園相關碳匯成果及碳匯基礎資料與外國學者分享，2A 為與韓國學者交流，2B 為美國德州大學土壤科學系教授
 - 3** 本場分享有機及慣行龍鬚菜園土壤微生物相變化相關研究成果



(三) 生物炭

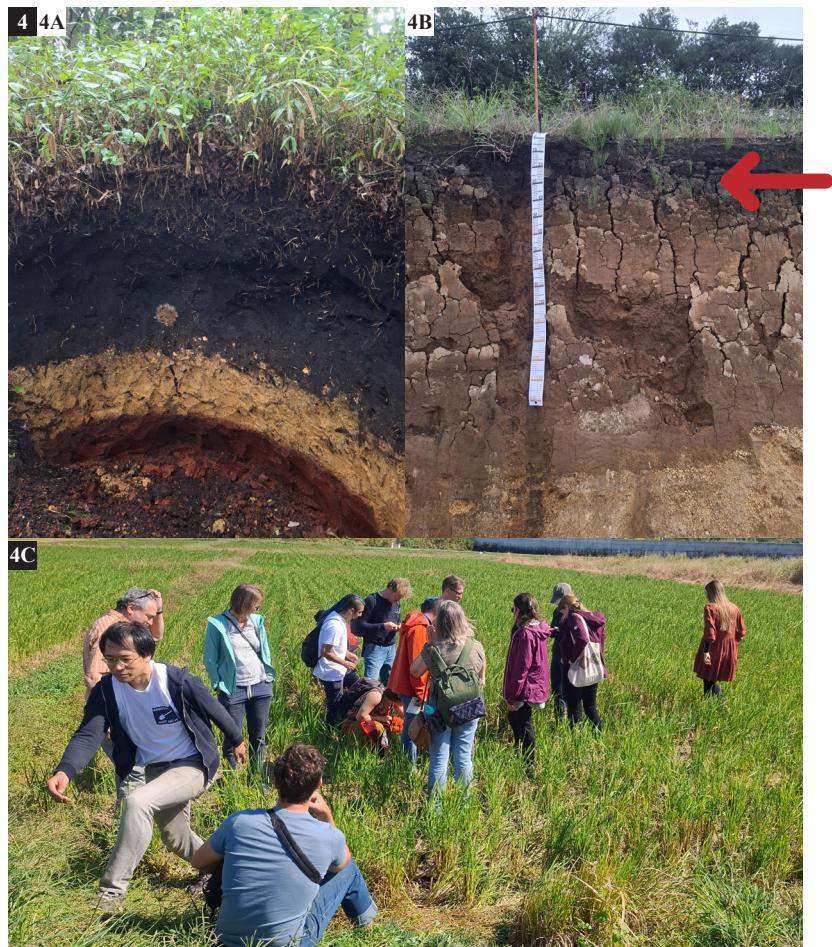
生物炭可維持數百年降解較慢，為良好碳匯資材，且可做為田間土壤改良資材。韓國團隊研究結果顯示，施用生物炭具有增加土壤有機碳潛力，且可改善土壤理化性質（如容重、酸鹼度、總碳含量等）。

(四) 投入有機資材

於土壤使用有機質資材，可促進有機質累積，尤其資材之碳氮比會影響微生物和有機質之交互作用。日本學者試驗結果顯示，大豆殘體相較於玉米殘體，因碳氮比較低有助於有機質轉換為MAOM，增加土壤有機質累積。

土壤觀察主題田區參訪

本次田野參訪地點為栢木縣，參觀已休眠火山赤城山噴發形成之土壤剖面，了解火山灰土壤的特性與農業應用。火山灰土壤具有偏酸、容易缺水、吸附磷肥等特性，過去被認為不適合種植作物，但隨著耕作技術進步，陸續開發為農田。此次參訪的火山灰土壤水稻田，曾作為生產清酒的稻米生產地，但隨著市場需求變化，當地農民開始推行小麥輪作，以提高土地利用效率。台灣除陽明山地區外，無火山灰土田地，因此臺灣農田較少有相同之土壤議題。火山噴發後形成之赤玉土與鹿沼土，具有偏酸、孔隙大、排水、通氣度佳等特性，適合用於園藝盆栽之介質。



研習心得與建議

目前多數國家有關土壤碳匯相關研究還在起步階段，政策推動也較為有限。由於不同地區的環境條件不同，相同措施效果可能存在差異。如免耕栽培於乾旱地區施行對於土壤有機質累積效果較佳，濕冷地區效果較不顯著；土壤礦物會隨著晶格結構、金屬離子等差異，對於有機質保護能力不同。國內缺乏部分上述相關研究資料，因此亟需於本地調查相關措施效益。



本次研討會討論許多土壤礦物與微生物相互作用機制，根據會議上提到之土壤作用機制，可思考開發具有增加土壤碳匯潛力之農法，且台灣缺乏長期碳匯相關基礎資料，後續相關建議如下：

一、土壤碳匯基礎資料

台灣土壤資料庫數據老舊，少部分地區有較完整土壤質地、土壤穩定度等其他相關土壤物理資料，建議可針對農業碳匯熱點更新土壤資料庫。

二、長期試驗

草生栽培、混林農業、農田施用生物炭等長期研究，國外發展已久，於本次及其他相關研討會多種措施之結果至少評估 10 年以上。台灣極度缺乏相關成果。因此期待未來政策可支持長期相關試驗，以評估適合台灣之碳匯經營操作。

三、具體措施

本次研討會提供許多科學基礎資料，可借鏡思考可行之操作，於田間施行免耕栽培、種植綠肥、覆蓋作物、放牧強度、有機農業、施用不同碳氮比資材等農業措施。以上措施於台

灣仍需考量細節，如合適作物、雜草管理、作物品質、輪作時機等需再調整。

淨零碳排於各國同樣面臨相關操作成本較高、有機質累積量估算不易、容易分解等問題。美國規劃於 2050 年達成淨零碳排目標，現階段已推出不同土壤健康管理獎勵補助措施，吸引農民改變田間操作模式。台灣可利用小農優勢，執行更為細緻的農事管理，但執行碳匯操作勢必增加操作成本，因此有關成本議題仍為一大挑戰。淨零碳排為長期目標，短期於田間不易有成效，未來需結合產官學各方努力，以達成土壤永續經營、淨零、循環、友善環境等目標。

4 田間參訪之土壤剖面

4A 為火山灰土壤剖面（由下而上為最早之本地土壤 - 土石流沖積土壤 - 火山爆發累積土壤）

4B 為赤玉土及鹿沼土開採地區土壤剖面（紅色箭頭交界處推測早期有人為生活痕跡，因此土壤呈現不連續化育層）

4C 為火山灰土壤之水稻休耕田區

5 開發火山灰土之介質工廠

6 赤玉土產品

7 當地之盆栽藝術（樹齡 150 年之黑松）