

## 出國報告（出國類別：其他）

# 參加第 4 屆全球土壤安全研討會

服務機關：農業部農業試驗所

姓名職稱：許健輝副研究員、陳柱中副研究員

派赴國家：南韓

出國期間：112 年 6 月 25 日至 112 年 6 月 30 日

報告日期：112 年 8 月 28 日

## 摘要

第 4 屆全球土壤安全研討會於南韓首爾舉辦，該會議有關土壤安全的研究發表相當多元，連結土壤安全與現有重要的農業與環境議題，包含氣候變遷、人體健康、用水安全、糧食安全、生態系服務價值、生物多樣性及政策，讓從事土壤科學研究工作的學者互相交流及討論，並且建立未來研究合作的聯繫管道。會議時間從 112 年 6 月 26 日至 6 月 29 日，共有超過 30 個國家的科學家參與。許健輝副研究員於會議期間進行三篇壁報論文發表，發表題目分別為「根分泌物與根鞘對葉菜類作物可食用部位無機砷累積的影響」、「利用數位土壤繪圖預測中台灣土壤物理性質」、「利用數位繪圖評估臺灣中南部有機碳儲量與土地覆蓋的關係」；陳柱中副研究員於會議期間進行一篇口頭論文發表，發表題目為「模擬中台灣結球萵苣生長及氮濃度」，呈現本所於農作物安全、數位土壤繪圖及作物生長模式研究之成果。此外，於會議期間，透過聽取業務相關的研究發表，瞭解國際間相關研究發展近況，可作為後續研究規劃之參考。

# 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.....	122

# 本文

## 一、 目的

本次參加的研討會為「第 4 屆全球土壤安全研討會"(4th Global Soil Security Conference)」，舉辦國家為南韓，舉辦地點為首爾，研討會舉辦時間為 112 年 6 月 26-29 日。該會議是全世界土壤安全領域重要的會議之一，相關領域的各國學者都會藉此機會發表研究成果，並且也可藉此機會相互交流。本會議有關土壤繪圖論文發表的議題相當多元，包括氣候變遷、人體健康、用水安全、糧食安全、生態系服務價值、生物多樣性，以及如何將土壤安全研究成果提供給重要政策應用。藉由本次會議除了可得知與業務相關的研究發展(淨零排放、農業水資源、生態系服務價值、永續農業)外，也可以瞭解到其它學者做了哪些未來我們可能可以投入的研究議題。透過與各國的學者交流討論，期望可激盪出新的想法，改善及強化現有的不足。

## 二、過程

### 1. 會議行程表

日期	地點	行程
112年6月25日	臺灣-南韓首爾	由臺灣出發至南韓首爾，抵達後準備會議資料。
112年6月26-29日	南韓首爾	參加研討會，搜尋和研究相關的議題，到會議廳聽取相關研究學者之簡報，並且於壁報討論時間與不同國家之學者進行學術討論。
112年6月30日	南韓首爾-臺灣	由南韓首爾返回臺灣

### 2. 會議經過概述

#### 2023年6月25日

6月25日上午由桃園機場出發，搭乘中華航空班機飛往南韓首爾仁川機場，接著搭車至飯店。

#### 2023年6月26日

6月26日至會場(SOFITEL AMBASSADOR SEOUL)報到，晚上參加主辦單位舉辦的歡迎會(Welcome Reception)。本次會議農業部參與單位包括資源永續利用司、農業試驗所、花蓮區農業改良場、臺南區農業改良場，大專院校包括國立臺灣大學(農業化學系、生物環境系統工程學系)、中興大學(土壤環境科學系)、嘉義大學(農藝系)、屏東科技大學(水土保持系)等，共約25人參與。

#### 2023年6月27-29日

6月27-29期間為口頭及壁報發表的時間，本會議有一間演講廳及一間壁報論文展示區，三天的會議內容主要都是由各國參與學者針對土壤安全(Soil Security)的研究進行發表和討論，報告內容包括土壤安全與不同農業議題相關的研究，例如氣候變遷、糧食安全、生態系服務及政策等。有關這三天會議期間發表內容，記錄與職研究有關的研究成果，摘述如下：

#### (1) Plenary 1: Soil Security Dimensions (5C) and Policy (6月27日)

本主題為主辦單位安排的主題演講，報告內容主要為土壤安全與政策的關係，摘述如下：

- A. 澳洲雪梨大學學者 Dr. Alex McBratney 報告主題為「Public Policy and Soil Security」，該學者說明在國家和全球尺度下土壤的研究架構，應該整合5個土壤安全面向，包含 soil capacity (如土壤品質), condition (如土壤健康、保育、再生、退化及污染), capital (如生產力), connectivity (如土壤教育、土壤意識)及 codification (如土壤管理、政策及法規)，並說明土壤管理的架構不單只是考量單一問題(如糧食安全、氣候變遷)，土壤政策的準則應以土壤的功能受到最小的破壞為目標。
- B. 美國 Soil Health Institute 學者 Cristine Morgan 報告主題為「Integrating

the Five Dimensions of Soil Security for a Scalable Soil Health Assessment Strategy」，該學者分享北美為了達到改進土壤生態服務功能的目標，她認為地主是否願意使用再生的(regenerative)土壤管理方法是主要的關鍵。她也提到在大陸(continental)尺度下執行土壤管理對於土壤安全的影響，必須去除可能的風險，利用適當的空間尺度評估該影響，同時建立合適的技術和知識，最後鼓勵大眾採用。

(2) Session 1&2: Soil Security Dimensions (5C) (6月27日)

本主題為研究人員針對土壤安全的五個面向的研究成果進行報告，發表內容摘述如下：

- A. 荷蘭 ISRIC 學者 David G. Rossiter 報告主題為「Mapping Soil Condition (Phenoforms): What is Possible and How Can It be Done?」，該學者指出土壤的 genoforms 是天然土壤的分類，相關的繪圖成果可透過傳統的土壤調查資料進行產製。該學者認為土壤安全的面向之一「土壤狀態 (soil conditions)」，代表的應是土壤在特定時間內的狀態，所以稱為 phenforms，進而提出如何利用數位土壤繪圖和快速分析方法評估及繪製土壤的 phenforms。
- B. 澳洲雪梨大學學者 Wartini Ng 報告主題為「Monitoring for Soil Security Using Mid-infrared Spectroscopy」，該學者介紹如何利用非破壞性的分析技術(中紅外光)來監測土壤安全，該研究著重的面向在於 soil capacity (如土壤品質)及 condition (如土壤健康、保育、再生、退化及污染)的監測方法開發及相關成果，該學者也提出可提供監測資料給決策者及土地管理單位作為土壤管理及維護的依據。
- C. 南韓國立江原大學學者 Jung-Hwan Yoon 報告主題為「Development of Soil Security Evaluation Model and Web-GIS System」，該學者指出南韓土壤流失的問題非常嚴重，特別在坡地的農業區，長期栽種的田區在雨季容易有土壤流失的現象。因此，該學者利用土壤品質、土壤沖蝕、作物產量等參數評估土壤安全等級，利用計算得到的土壤安全等級來提供農作生產最佳的管理方法(Best management practices, BMP)。最後則是介紹如何利用地理資訊系統整合及視覺化相關資訊，讓農民及決策者能夠利用該資訊，進而防止土壤退化。

(3) Session 3: Soil Security and Climate Change (6月27日)

本主題為研究人員針對土壤安全與氣候變遷相關的研究成果進行報告，發表內容摘述如下：

- A. 澳洲雪梨大學學者 Budiman Minasny 報告主題為「Securing Soil through Carbon Sequestration; Much more than a Climate Solution」，該學者土壤對於糧食安全、用水安全、能源安全、減緩氣候變遷、生物多樣性保護及生態系服務扮演重要的角色。土壤的性質當中，碳對於土壤健康、作物生產、養分循環及氣候變遷調適的作用最為直接，因此該學者於演講中介紹土壤碳蓄積對於土壤安全的重要性。

- B. 美國 Sandia National Laboratories 學者 Umakant Mishra 報告主題為「Our Knowledge on the Magnitude and Fate of Global Soil Organic Carbon」，該學者提到土地利用的改變及氣候變遷為影響土壤碳平衡主要的原因。該研究使用全球土壤剖面觀測數據及環境參數資料庫，利用不同的模式來量化全球/區域尺度的土壤有機碳及其不確定度，並且預測未來不同暖化情境下的土壤有機碳變化。該學者指出，對於氣候變遷造成土壤有機碳儲量的影響至今仍有許多問題需要釐清，因此建議可透過國際合作來加速釐清土壤有機碳的宿命(fate)及降低其預測不確定度。
- C. 南韓忠南大學學者 Nuri Baek 報告主題為「Warming Reduces CH<sub>4</sub> Emissions from Organic Farming Rice Paddy」，該學者比較在暖化情境下慣行及有機栽培水稻田甲烷排放的差異，初步研究結果指出，在氣候暖化的情境下水稻有機栽培應不會增加甲烷的排放，推測是因為生物質的氧化，該學者指出該結果將會透過長期研究進行確認。

(4) Session 4&5: Soil Security and Ecosystem Services (6 月 28 日)

本主題為研究人員針對土壤安全與生態系服務相關的研究成果進行報告，發表內容摘述如下：

- A. 瑞典 Swedish University of Agricultural Sciences 學者 Iman Raj Chongtham 報告主題為「Impact of Crop Diversification on Soil Carbon and Nitrogen in Two Organic Crop Rotations」，該學者評估作物多樣性對於土壤碳和氮的影響，研究結果指出，在作物多樣性高的系統中，儘管施用較少的肥料，作物的產量仍大於/等於對照組，因此，該學者證明耕作系統作物多樣性的重要性。
- B. 我國臺灣大學學者 Kuan-Ting Lin 報告主題為「Evaluation of Cropland Ecosystem Services for Sustainable Soil Management: Framework, Methodology and Case Study」，該學者評估永續土壤管理的農地生態系服務，於我國雲林縣進行案例分析。該研究利用農業試驗所土壤調查及水稻產量調查資料產製四個土壤生態系服務指標，包含作物產量、土壤碳儲量、養分(磷和鉀)供給及水源供給，用這四個指標來評估雲林縣的生態系服務價值並且利用 GIS 展示其空間分布。
- C. 法國 INRAE 學者 Alexandre MJC Wadoux 報告主題為「Spatial Evaluation and Quantification of Soil Multifunctionality Across Europe: Where to Start?」，該學者於報告中分享如何評估及量化歐洲地區不同土地利用、土壤特性、氣候及管理下土壤的多功能(包括土壤生產力、水質淨化與調節、碳儲能力及氣候調節能力)，並且繪製該空間分布。該學者在報告中也有提到量化土壤功能的重要性、土壤功能的潛力及土壤功能間協同和權衡關係。

(5) Session 6: Soil Security and Policy (6 月 28 日)

本主題為研究人員針對土壤安全與政策相關的研究成果進行報告，發

表內容摘述如下：

- A. 德國環境局學者 Harald Ginzky 報告主題為「Soil Security and Governance」，該學者在報告中分享為何需要透過有效的治理(governance)達到永續土壤管理，國家等級土壤治理的核心要素，以及有效管理的範圍。該學者也指出，國家等級的管理必須確保土壤合法地被視為提供所有服務的天然資源，維持土壤的品質為應盡的義務。
  - B. 印尼 Universitas Gadjah Mada 學者 Wirastuti Widyatmanti 報告主題為「Codification to Secure Indonesian Peatlands: From Policy to Practices as Revealed by Remote Sensing Analysis」，該學者指出印尼的泥炭土因為不當的管理面臨嚴重的環境挑戰。該學者利用遙測數據產出 1990-2020 年期間每 5 年一張的 LULC(土地利用/覆蓋)圖資，由結果發現 1995-2010 年期間的土地利用變化最為劇烈，2010 年後森林砍伐的速率逐漸降低。該學者指出由於過去無定期更新泥炭土的分布圖資，導致無法制定有效的管理政策，因此建議利用數位土壤繪圖定期監測及保護泥炭土。
- (6) Session 7&8: Soil Security and Food Security (6 月 29 日)

本主題為研究人員針對土壤安全與糧食安全相關的研究成果進行報告，發表內容摘述如下：

- A. 英國(University of Reading)學者 Margaret Ann Oliver 報告主題為「Relations between Soil, its Management, Food Security and Human Health」，該學者指出由於人口成長及氣候變遷，土壤沖蝕、鹽鹼化、沙漠化、壓實及有機質耗盡皆造成農業土壤流失與退化，進而導致糧食安全的議題受到關注。因此，精準農業著重在植物養分、土壤濕度、灌溉、土壤有機碳含量、病蟲害的管理，進而維護糧食安全。此外，可利用農業空間資料了解土壤和作物生長的空間變異，進而制定精準的養分、灌溉水及病蟲害管理。
- B. 南韓 RDA (Rural Development Administration)學者 Yejin Lee 報告主題為「Fertilizer Recommendation System for Sustainable Agricultural Production in Korea」，該學者介紹南韓政府開發的網頁版肥料推薦系統，可查詢 227 種作物的肥料推薦資訊。農民也可寄送土壤樣本至農業改良中心，透過土壤分析得到適當的肥料推薦量，同時也可以得到土壤檢測結果，包含有機質含量、pH、有效性磷、交換性鉀等。該學者指出，利用該系統可促進國家永續農業管理及環境友善的農業操作。
- C. 越南 Can Tho University 學者 Tran Ba Linh 報告主題為「Effects of Soil Amendment and Alternative Soil Fallow Systems on Soil Physical Properties and Rice Yield in Saline-affected Soils」，該學者指出海水倒灌導致的土壤鹽化為全球重視的農業議題，該研究指出可透過土壤管理(施用稻殼生物炭)改善土壤物理性質(總體密度、飽和導水度及有效水容量)，

進而降低土壤鹽化對於水稻栽種的影響。

2023年6月30日

6月30日中午搭乘中華航空班機返國，當日下午抵達桃園機場。

### 3. 論文發表

#### (1) 許健輝副研究員

##### A. 論文題目：Using Digital Mapping to Assess the Relationship between Soil Organic Carbon Stocks and Land Cover in South Central Taiwan (6/27 壁報發表)

發表內容摘述：土壤有機碳庫對於氣候變遷的調適及控制大氣中二氧化碳濃度扮演重要的角色，因此，產製可信賴的土壤有機碳(SOC)分布圖有助於精確估算區域尺度的土壤碳儲量。本研究利用數位土壤繪圖技術，透過土壤觀測資料與環境共變數建立表層土壤(0-30公分)SOC預測模式，進而繪製雲嘉南地區土壤SOC分布圖。研究結果顯示，regression kriging with Cubist 具有最佳的預測表現( $R^2 = 0.52$ )，該模式指出氣候(年均溫)與地形參數(高程)為SOC的重要預測因子。本研究結果指出，雲嘉南地區表土30公分平均SOC為 $5.55 \text{ kg m}^{-2}$ ，其中平原地區顯著低於坡地和高山地區。在雲嘉南農業生產區(包含水田、旱田及果樹園)，土壤總有機碳儲量約為6.48 Mt C，其中水田土壤貢獻44.1% (約2.86 Mt C)。

##### B. 論文題目：Effects of Root Exudates and Rhizosphere on Inorganic Arsenic Accumulation in Edible Parts of Leafy Vegetables (6/28 壁報發表)

發表內容摘述：砷被國際癌症研究中心(IARC)列為第一級致癌物，如何透過降低作物砷的累積來降低人體對砷的暴露是非常重要的議題。儘管砷在旱田的移動性低，但仍有研究指出葉菜類作物因具有高密度的根系，在高砷土壤中可累積高濃度的砷在可食用部位。因此，本研究的目的為探討葉菜類作物(空心菜、小白菜及萵苣)根分泌物及根鞘(附著在根表面的土壤)對於可食用部位累積砷的影響。研究結果顯示，三種供試作物在砷處理的土壤皆有砷毒害的徵狀，在可食用部位主要的砷物種為無機砷，而無機砷在空心菜的轉移能力(由根至地上部)為小白菜和萵苣的10-29倍。本研究發現根分泌物與根鞘重量具有顯著的正相關( $R^2=0.62$ )，另也發現根鞘重量則與葉菜類可食部位砷濃度具有顯著負相關。由本研究結果得知，利用根鞘重量來區分葉菜類作物砷累積能力為具有潛力的篩選方法。

##### C. 論文題目：Using Digital Soil Mapping to Predict Soil Physical Properties in Central Taiwan (6/28 壁報發表)

發表內容摘述：數位土壤繪圖(Digital Soil Mapping, DSM)為利用土壤分析資料搭配環境共變數繪製土壤屬性空間分布的技術，為現今全世界主要的土壤繪圖技術。農業水資源因快速的都市化、工業化及氣候變遷逐漸受到壓縮，因此，提高農業水資源利用效率有其必要性。土壤物理特性為農業用水估算的基礎，但樣本的收集與分析通常較困難及費時。本研究利用臺中灌區土壤調查數據，透過不同機器學習模式預測表層土壤總體密度、質地與有效水容量，並且繪製其空間分布圖(解析度20公尺)。研究結果顯示，

對於總體密度來說，Regression Kriging with the Cubist model 具有最佳的預測表現；Random Forest 模式則對質地和有效水容量具有較佳的預測表現。透過本研究建立的土壤物理性質預測模式，可初步繪製研究區的空間分布，然而，在土壤質地及有效水容量的預測表現未來仍需持續改進。

- (2) 陳柱中副研究員，論文題目為 Modeling the Growth and N Concentration of Iceberg Lettuce in Central Taiwan，6/29 口頭發表。

發表內容摘述：結球萵苣是台灣冬季時期重要的鮮食與出口，萵苣為計劃性生產的產業，生產過程中最具挑戰的部分是排程計劃，生產合作社須確保能夠在預定時間提供符合訂單需求產量，並避免過度生產造成倉儲壓力。影響植物生長的主要因子包括氮供應、溫度和日輻射截取，基於過程的模型(process-based model)可量化每個因子對於作物生長的效應，進而應用於產量預測。本研究旨在通過基於過程的模型 STICS 評估台灣結球萵苣的生長和氮濃度模擬。觀測點設在台灣的台中市和雲林縣。在生長期間，每 10-20 天進行一次破壞性收穫樣本，測量葉面積、生物量、結球部鮮重和氮濃度。共建立了 14 組田間生長數據。本研究選擇 6 組數據個農地進行模型校正，其他 8 組數據應用於模型驗證，結果顯示，STICS 模型模擬的葉面積、乾物質累積與分配以及地上部氮濃度與實測觀察值間存有良好的準確性。

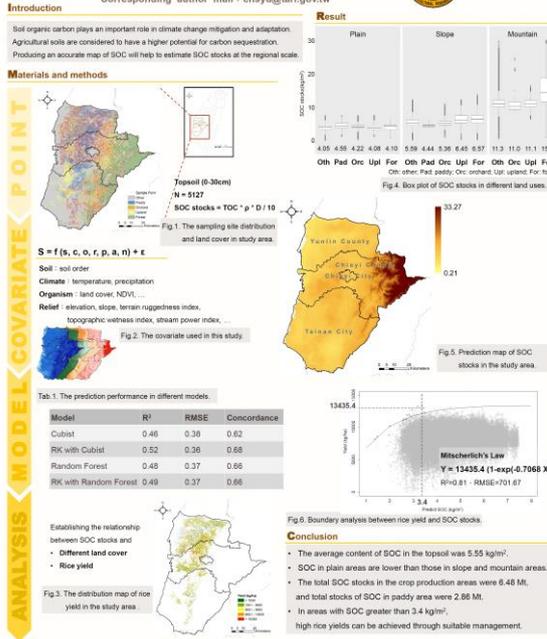
### 三、心得與建議

1. 全球土壤安全研討會的發表內容是屬於應用研究的範疇，也是少數有將土壤研究成果連結政策建議的研討會，無論是土壤治理、氣候變遷、糧食安全及生態系服務等議題，都有提供國家及全球尺度的研究成果。該會議我認為非常適合試驗改良場所的研究同仁及農業部辦理科技研究規劃的同仁參與，在目前重要農業議題(如農業淨零排放、水資源管理與永續土壤管理等)的科技計畫規劃能夠參考其他國家的架構與成果。
2. 如何應用土壤調查資料於土壤管理(治理)及重要的農業環境議題為職主要的研究重點，本次會議部分的成果是說明如何利用土壤調查資料和數位土壤繪圖(Digital soil mapping)產製的圖資來進行土壤安全的研究，並且應用在不同的農業議題上，參與該會議對於我未來進行相關研究非常有幫助。同時，也透過此機會認識到國際上相關領域的研究學者(包含研究單位及大學)，可做為未來國際合作的基礎。
3. 會議中許多討論土壤對氣候變遷減緩和調適的功能，並提及著重土壤儲碳功能之外，也須留意土壤品質或土壤安全的完整性。
4. 會議上可觀察到人工智慧、光譜分析或影像辨識在土壤科學界的研究佔比日益增加，如應用於土壤繪圖、土壤特性非破壞性分析、團粒穩定度定量分析等，在基礎研究或應用服務上皆有很大的潛力，建議國內須持續投入人力於相關研究及技術發展。

5. 由這次的會議了解，現今的研究非常重視全球性的議題，要能夠做出有足夠代表性的成果，必須仰賴國際間的合作，參與國際組織和學術活動為國際合作的溝通平台之一。本次會議農業部出席的單位包括資源永續利用司、農業試驗所、花蓮區農業改良場、臺南區農業改良場，本次會議農業試驗改良場參與的人數相對過往多出許多，期望農業部及國科會未來能夠持續提供更多的方式及機會讓農業試驗改良場所的研究人員出國參與學術研討會，以提高研究量能。
6. 試驗研究單位內的研究助理對於研究成果的貢獻不亞於研究人員，建議農業部及國科會未來可提供試驗改良單位具有研發能量的研究助理出國參與國際研討會的機會，能夠提升整體的研究量能與風氣。
7. 本次參加的會議主題為土壤安全，國內有進行該議題研究的學者特別有限。然而，現有與土壤管理有關的農業議題(淨零排放、農業水資源、生態系服務價值等)往往需要這樣的研究成果來作為政策支持，因此，建議農業部及國科會未來可支持相關研究計畫，以及支持辦理相關議題的學術交流活動。

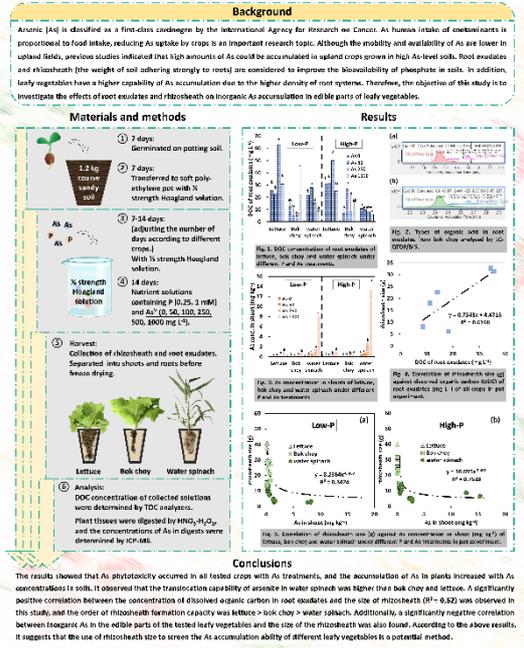
### Using Digital Mapping to Assess the Relationship between Soil Organic Carbon Stocks and Land Cover in South Central Taiwan

Bo -Jiun Yang, Chien - Hui Syu\*, Yi - Ting Zhang, Hsin - Ju Yang  
 Taiwan Agricultural Research Institute  
 \*Corresponding author mail : chsyu@tari.gov.tw



### Effects of root exudates and rhizosphere on inorganic arsenic accumulation in edible parts of leafy vegetables

Chien-Hui Syu\*, Yu-Ching Lo<sup>1</sup>, and Chun-Chien Yen<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Taiwan Agricultural Research Institute  
 \*Corresponding author e-mail: chsyu@tari.gov.tw



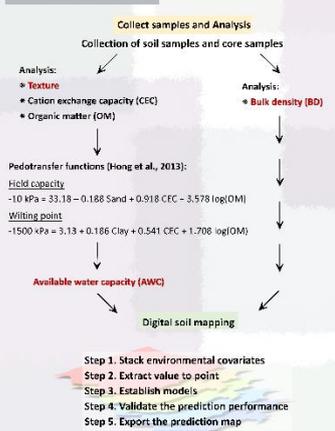
### Using digital soil mapping to predict physical properties of soil in central Taiwan

Chien-Hui Syu\*, Yu-Ching Lo<sup>1</sup> and Bo-Jiun Yang<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Taiwan Agricultural Research Institute  
 \*Corresponding author e-mail: chsyu@tari.gov.tw

#### Background

Digital Soil Mapping (DSM) is defined as the creation and population of spatial soil information systems by the use of field and laboratory observational methods coupled with environmental covariates. Agricultural water is gradually being compressed due to rapid urbanization, industrialization, climate change, and so on. Therefore, proper water resource management plans are required to improve water efficiency. The physical properties of soil are the basis for estimating water use in agriculture, but sample collection and analysis are difficult and time-consuming. Therefore, various machine learning models were used to predict three physical observations of topsoil (0-15 cm), including bulk density (BD), texture, and available water capacity (AWC), in the study area.

#### Materials and methods



#### Result

Tab. 1. The prediction performance of texture, available water capacity (AWC) and bulk density (BD) of topsoil under different machine learning models.

Property	N	K <sup>2</sup>			MARS			CS			Random Forest	
		Cubist	Random Forest	Regression Kriging with Cubist	LSM	Random Forest	Regression Kriging with Cubist	Tree	Boost	Ensemble	RMSE	R <sup>2</sup>
Texture	911	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.27
AWC	1363	0.48	0.32	0.64	0.02	0.09	0.02	-	-	-	-	-
BD	1500	0.24	0.19	0.18	0.15	0.15	0.14	-	-	-	-	-

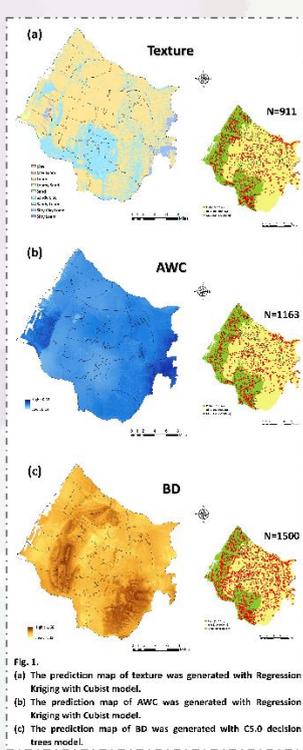


Fig. 1. (a) The prediction map of texture was generated with Regression Kriging with Cubist model. (b) The prediction map of AWC was generated with Regression Kriging with Cubist model. (c) The prediction map of BD was generated with CS.0 decision trees model.

Reference  
 Hong, S.Y., B. Minasny, K.H. Han, Y. Kim and K. Lee. 2013. Predicting and mapping soil available water capacity in Korea. PeerJ 1: e71

圖 1. 許健輝副研究員發表壁報



圖 2. 我國參與會議人員合照



圖 3. 許健輝副研究員與大會主席合照



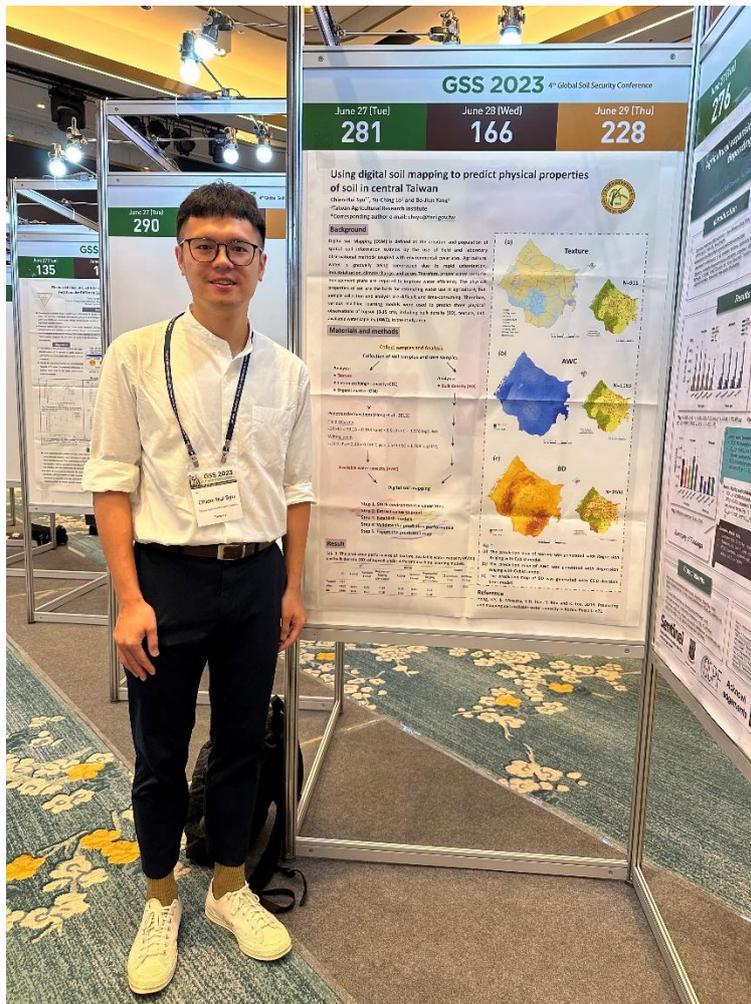


圖 4. 許健輝副研究員與發表壁報合照



圖 5. 陳柱中副研究員口頭發表照片