

出國報告（出國類別：研究）

都市林健康與有害生物綜合管理研究
—參加 2022 美國植物病理學會年會
出國報告

服務機關：行政院農業委員會林業試驗所

姓名職稱：劉則言 助理研究員

派赴國家：美國

出國期間：111 年 08 月 04 日至 08 月 13 日

報告日期：111 年 09 月 17 日

摘要

隨著全球氣候變遷問題日益嚴峻，造成都市樹木病蟲害異常發生，嚴重威脅樹木的正常生長與健康狀況，進而降低其所能帶來的生態系服務功能。有鑑於此，各國研究團隊也嘗試導入多面向的研究方法，並與新發展的技術結合，期能解決氣候變異下所面臨的植物與樹木病蟲害問題。2022 年美國植物病理學會年會，於 8 月 4 日至 10 日於美國賓州匹茲堡舉行，會議以植物健康為主軸，並包含與森林保護相關的樹木病害議題。本次會議，聚焦在植物病害的歷史與未來，探討全球植物病害的發生與變化，以及植物流行病害的潛在風險。會議以病原菌、寄主植物、環境三者交互關係為核心，從四大植物病原菌（真菌、細菌、病毒、線蟲）對植物的影響出發，探討植物病害可能對自然生態系和人類生活造成的衝擊，進而從中尋找符合未來趨勢的研究方向，以解決世界所面臨的各類植物病害問題。本次出國行程，除參與研討會各個核心議題外，也以國內都市樹木微生物族群為主題張貼學術海報，並參加大會舉辦的學術研習工坊與野外調查，了解國際最新研究趨勢，並與國際研究團隊進行交流，期能將新的研究技術與方法導入未來研究。

關鍵詞：森林保護 (forest protection)、植物病害 (plant disease)、樹木病害 (tree disease)、植物微生物相 (phytobiome)、氣候變遷 (climate change)、都市林 (urban forest)

目次

摘要.....	i
壹、前言.....	1
貳、參訪目的.....	3
參、行程摘要與工作紀要.....	4
一、行程摘要.....	4
二、工作紀要.....	5
肆、心得與建議.....	11
伍、參訪實錄.....	12

壹、前言

全球氣候變遷問題日益嚴峻，對國內的農林漁牧等產業，帶來相當大的衝擊，造成水土流失、糧食生產危機、植物病蟲害異常發生等問題。都市林涵蓋所有都市樹木，這些樹木是都市的重要綠色資源，與都市生態系的維繫密不可分，為都市提供淨化空氣、涵養水源、節約能源等效益。當我們面對極端氣候的威脅時，樹木的存在，有助於減緩氣候的變異。然而氣候變遷極有可能導致都市林病蟲害的異常發生，影響樹木的健康狀況，減損都市林所能提供的生態系服務功能。

有鑑於氣候變異對樹木及植物健康的影響，國際研究團隊持續投入大量心力於該領域的研究，期能從多面向的角度，為氣候變異帶來的病蟲害威脅提供可行的解決方案。本所研究團隊過去針對影響都市樹木健康狀況主要的生物因子（即病原菌），進行了快速檢測技術研發、微生物族群調查等方面的研究，初步了解國內都市林樹木所遭遇之主要病害威脅，並發現其中包含許多與農業共通的病原菌，顯示植物與樹木病害之間具有不可切割的關聯性。

透過本計畫的執行，將參加 2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022)。此會議以植物健康為主軸，並包含病原菌對植物與樹木各種層面影響的研究。植物病害與人類的生活密切相關，舉凡我們日常生活所需的糧食、各類植物產品等，都有賴於植物生產，而植物病害的發生，將直接影響農作物的產量與品質；特別是在面臨地球環境急遽變化的今日，我們所遭遇的植物病害問題，將比以往更為嚴峻，且充滿許多未知和挑戰。本次研討會的議題，除了著眼於糧食作物的種植在未來可能面臨的病害威脅外，更涵蓋國內研究較少關注的森林病害問題，以及近年來受到國際研究人員關注的微生物相 (microbiome) 等議題。透過此研討會的參與，可與相關領域頂尖的研究團隊進行交流，以此強化國內該領域之研究能量。本次會議並以植物病害的劇烈變化為主軸，探討過去幾年來，病原菌、寄主植物、環境三者交互關係上的巨大變化，以及未來可能發生的植物流行病害及潛在風險。此外，本次的研討會並以植物病害系統中的四大病原微生物（真菌、細菌

菌、病毒、線蟲) 為主軸，讓與會者能透過此次會議，從多個不同面向來討論植物病害在未來幾年，可能對自然生態系和人類生活造成的影響，希望能從中尋找符合未來趨勢的研究方向，進而對世界所面臨的各類植物病害問題，提供可能的解決方法。

此外，目前對於造成病害以外的其他森林及樹木相關的微生物，研究仍相當有限，而這些樹木及其生育環境之整體微生物多樣性，實為國際評估生物多樣性的重要指標，並與森林及樹木健康狀況息息相關，更是綠資源循環、生態保育、農林產業的重要基石。本計畫期能經由研討會的參與，和國際相關領域的專家學者交流，了解該領域當前國際研究趨勢，借鏡他人在生物資訊、植物微生物多樣性等方面研究之經驗，並建立與國際團隊未來合作的機會。

貳、參訪目的

森林維繫著陸域生態系的平衡，樹木更是支撐都市環境的重要基石。在環境劇烈變化的今日，該如何透過保護森林及樹木的健康，來減少環境劇變帶給自然生態及人類的衝擊，是森林病理學者長期關注的議題。美國植物病理學會年會，為世界最重要的植物病害會議之一，近年會議的主軸更聚焦在「植物健康 (Plant Health)」，除了關注病害對糧食作物的威脅外，更涵蓋國內較少人研究的森林及樹木的重大病蟲害，以及其對環境所帶來的衝擊。林業試驗所肩負國內森林及樹木研究的使命，森林保護組更是國內少數長期關注森林及樹木病蟲害的研究單位，此次參與「2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022)」，除了了解國際植物與森林之當前重大病害議題外，亦將著眼於森林病害的最新研究趨勢，同時將發表國內都市樹木重要微生物族群相關研究成果，就病害對森林及都市林健康之影響，與國際頂尖研究團隊進行交流討論，並將當前最新的研究觀點，導入未來研究計畫之範疇，以此厚植國內在森林病害領域的研究能量。

參、行程摘要與工作紀要

一、行程摘要

日期	行程摘要	備註
8月4-5日	桃園－美國西雅圖機場－賓州匹茲堡	去程(西雅圖機場轉機)
8月6日(日)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參加 2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022)。 2. 本日參與議程如下： <ul style="list-style-type: none"> ➤ Pre-Meeting Workshops ➤ Field trip 	參加 2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022) 舉辦的樹木病害野地調查工作坊。
8月7日(一)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本日參與議程如下： <ol style="list-style-type: none"> 1. Special Sessions 2. Technical Sessions 	參加 2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022)。聆聽植物微生物相與森林病害等專題演講。
8月8日(三)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本日參與議程如下： <ol style="list-style-type: none"> 1. Technical Sessions 2. 張貼學術海報，分享研究成果。 	張貼學術海報，進行研究內容摘要報告，與來自各國的學者進行學術交流。
8月9日(四)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本日參與議程如下： <ol style="list-style-type: none"> 1. POD Talks 2. Idea Cafés 3. Socials & Events 	參加 2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022)。聆聽植物病害快速檢測技術等領域之技術專題。
8月10日(五)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本日參與議程如下： <ol style="list-style-type: none"> 1. Technical Sessions 2. Closing General Session 	參加 2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022)。
8月11-13日	賓州匹茲堡－美國西雅圖機場－桃園	回程(西雅圖機場轉機)

二、工作紀要

2022 美國植物病理學會年會 (Plant Health 2022) 在美國賓州的匹茲堡舉行。由於近年來全球受到 covid-19 疫情的嚴重衝擊，導致許多國際研討會改以線上方式進行，此次的研討會也是在睽違兩年後，再次有大型國際植物保護相關的研討會以實體方式舉辦，能親身抵達會場參加國際級的學術研討會，並在會議中發表相關的研究成果，實屬相當難得的機會。本次國際學術研討會的參與，主要可概分為三大面向：(一) 野外調查：實地了解美國針對栗樹枝枯病 (chestnut disease) 的研究近況；(二) 專題演講：聆聽來自世界各國植物病理專家的研究內容；(三) 學術海報張貼與交流：經由學術海報的張貼，與相關領域的研究團隊進行交流。以下將就前述三個面進行工作紀要。

(一) 野外調查：

美東時間 2022 年 8 月 6 日為研討會的第一日，本日大會主要規劃各式不同的野外實地參訪行程或室內的工作坊，讓與會人員可以實地參訪當地與植物病害相關的溫室或試驗地。為使本次的行程更加貼近國內森林保護之主題，故選擇自費參加大會安排的「栗樹病害調查 (Chestnut disease screening)」。

本日的行程由賓夕法尼亞州立大學 (Pennsylvania State University) 和美國栗樹基金會 (The American Chestnut Foundation) 的研究人員為講師，帶領大家實地前往賓州郊區塞維克利高地 (Sewickley Heights) 的栗樹抗病育種園區，了解美國近年來栗樹遭遇的病蟲害問題，以及相關研究人員進行的試驗研究。栗樹 (*Castanea dentata*) 在美國當地有相當悠久的歷史，曾經為美國東部森林最重要的樹種之一，為當地森林中最高大且生長速度最快的樹種，全盛時期估計最高多達 40 億棵。由於美國栗樹 (American chestnut) 可快速生長達巨木的尺寸，故在農村和都市地區亦常成為顯著的地標。此外，栗樹的木材具備抗腐朽、紋理美觀等優

點，適合作為家具和建築材料；栗樹的果實，亦可作為昆蟲、鳥類、以及哺乳動物的食物來源，故栗樹是自然生態系中重要的貢獻者。過去美國當地的農民，也會採拾新鮮的栗子或將其烤熟後出售，成為農村的經濟收入來源。不幸的是約在 20 世紀初期，栗樹枝枯病 (Chestnut blight) 自亞洲地區傳入北美，並在大約 50 年的時間裡，大規模地造成北美地區栗樹的死亡，縮減美國栗樹地理分布的同時，也使其失去過去在森林及農業生態系中所扮演的重要角色，淪為造林過渡時期種植的灌木。而美國當地栗樹的板材市場也逐漸被亞洲或歐洲所取代，堅果類商品則改為從義大利或土耳其進口。

美國栗樹基金會為一個非營利性的栗樹保護、教育和科學研究組織，被賦予最重要的任務之一，就是將當地最重要的樹種—栗樹，從瀕臨滅絕的處境中再次恢復其過去的森林覆蓋面積。本次為我們解說的主要研究人員 Sara Fern Fitzsimmons 即為該基金會的專案管理人員，此外同行的還有參與美國栗樹保護計畫的賓州大學教授和學生。從 Sara 的介紹中，我們可以了解到，栗樹枝枯病由植物病原真菌 *Cryphonectria parasitica* 所造成，該病原菌主要會侵染栗屬植物，危害樹木地上部的莖幹和枝條，造成潰瘍的病徵，嚴重時潰瘍蔓延，破壞樹木的輸導組織，造成樹木枯死。然而美國栗樹所遭遇的病害威脅，還不只枝枯病一種，另外像由 *Phytophthora* sp. 所造成的根腐病，也是造成美國栗樹死亡的原因之一。Sara 接著也和我們分享，美國栗樹基金會挽救美國栗樹的策略主要有三大行動，簡稱為「3B」，分別是抗病育種 (Breeding)、生物防治 (Biocontrol) 和生物科技 (Biotechnology)。抗病育種是透過引入其他較為抗病的栗樹品種，與美國栗樹進行雜交，並透過田間病原菌接種試驗，篩選出較為耐病或抗病的苗木，並以此持續培育下一代，不過 Sara 也提到，目前栗樹的無性繁殖技術較不成熟，所以他們無法透過組織培養的方式，大規模的將較為抗病或耐病的苗木大量培養，所以所謂的抗病育種，是以來自於同一個耐病或抗病的

母樹後代為單位，即將其視為同一個耐病/抗病家族，進行後續種植和觀察，並進一步結合生物科技，分析這些苗木的基因體，希望能找出有代表性的抗病或耐病基因區段，作為日後篩選抗/耐病美國栗樹的分子標誌。此外，他們也嘗試透過生物防治的方式，篩選對栗樹枝枯病菌或根腐病菌具有拮抗能力的菌株，並進行施用，希望能以此增加栗樹在林地的存活率。

Sara 和他的同事，也帶領我們直接進入他們進行栗樹抗病品種篩選的試驗地，並和我們分享他們所建立的病害接種方法以及耐抗病苗木篩選的結果，雖然在試驗地參訪的過程中碰上了大雨，但仍舊不減參與者的興致，在搭設簡易的棚架下持續討論如何減少病原菌對栗樹的衝擊。待雨勢漸小，一行人又再度前往試驗地，逐一檢視各苗木受病原菌危害的情形，並採集死亡或感病植株的樣本，由 Sara 和他的同事進行進一步的診斷鑑定。本次的野外參訪，讓我實地了解到美國對於當地原生樹種遭遇的病蟲害問題以及因應策略，其中有不少的想法都源自於基礎的植物病理學，但又必須進一步與近幾年新興的基因體科學或生物技術相互結合，希望能為當地重要的原生樹種，找出保護其不受病害威脅的途徑。本次的樹木病害調查，除了使我更加了解美國栗樹的病害問題和研究現況外，也深深感受到當地民眾對栗樹的喜愛，以及科研人員對自己工作的熱情和期許；雖然在研究的過程中難免碰上許多問題，有些問題 Sara 的研究團隊當場亦無法給予一個最佳的答案，但他們仍樂觀分享他們目前努力的方向，和未來可能推動的研究工作，那種對樹木病害研究工作投入的敬業態度，讓人印象深刻也值得我們效法學習。

(二) 專題演講：

2022 年 8 月 7 日，研討會的主議程正式登場，開場演講大會邀請 Charles Mann 從植物的角度來回顧歷史的演進，過去我們所談論的歷史，著重於討論人類本身，但自農業興起後，人類的故事就和生物科學，尤其是植物科學密不可分，甚至可說是和政治、經濟等人類活動一樣重要。

Charles Mann 也特別提出了幾個影響人類歷史的重大植物病害，其中最廣為人知的馬鈴薯晚疫病，在 19 世紀造成愛爾蘭主要糧食作物馬鈴薯的產量大減，是愛爾蘭大饑荒的主要原因，也造成一百多萬人的死亡，可見人類活動和植物病害間密不可分的關係。除了開場演講外，本日的議程還包含了數個不同主題的專題演講，並安排了學術海報張貼和簡單的開幕儀式，讓大家可以與來自各國的研究人員交流。往後的三天議程 (8 月 8 日至 11 日)，我也篩選與樹木保護相關的研究主題，聆聽其他國家研究人員的研究成果。主要參與的專題演講可分為三大主題，分別是樹木保護、病害檢測和植物微生物相 (Phytobiome)。樹木保護的演講，以「森林病理學和入侵種的本土及國際觀」為主題，並緊扣今年大會的開幕演講，講述人類行為如國際貿易、遷徙等，帶來的病蟲害傳播問題，以及各國森林病理學家主要遭遇的森林病害，如 *Cryphonectria parasitica*、*Ophiostoma novo-ulmi*、*Phytophthora ramorum*、*Bursaphelenchus xilophilus* 等病原菌為森林所帶來的危害。其中一個專題演講以白松泡銹病 (white pine blister rust) 為核心，探討該病害對當地原住民獨木舟文化所造成的影響。造成該病害的病原菌 *Cronartium ribicola*，被認為可能源自於亞洲，隨著苗木被引入北美，並對五針松屬的樹木 (如北美的白松) 造成嚴重危害。此外，北美松樹所遭遇的病蟲害問題，還有松樹萎凋病 (Pine wilt disease)，該病害由松材線蟲和松斑天牛引起，過去在台灣也曾造成林地松樹大規模的損失。服務於美國農業部林務署 Mee-Sook Kim 博士也分享韓國在松樹萎凋病的防疫上所付出的努力，包含制定專法、加強病蟲害檢疫措施等，希望能以此減緩病害對韓國松樹林的威脅。在病害檢測的專題演講中，聽到許多來自不同國家的研究人員，針對他們國家所遭遇的重要病害問題發展檢測技術；而檢測技術的研發，則有助於更快速準確地進行病害診斷鑑定，提高防治的成效。隨著科技的發展，檢測的技術也從最早期的病原菌分離培養，進步到現階段已相當普及的聚合酶鏈鎖反應 (Polymerase chain

reaction, PCR)，再進步到更精準靈敏的即時聚合酶鏈鎖反應 (real-time PCR)。此外，隨著次世代定序技術的進步，也有不少研究人員將此技術應用在病原菌的檢測工作，幫助我們更準確的判別樣本內的物種種類和比例，作為後續病害管理的參考。在植物微生物相的專題演講方面，則讓我看到了植物和樹木病害的研究工作，正隨著科技進步而展開了一個截然不同的面相。過去的病害研究，可能多集中於對單一病原菌的描述，且對於無法分離培養的病原菌，研究人員常難以了解其背後可能的危害機制。隨著定序技術和生物資訊的快速進步，使我們可以在短時間內，透過大量定序的方式，了解樣本內存在的所有微生物種類，並進一步分析樣本中各微生物間可能存在的交互關係。本次研討會中，植物微生物相主題的演講廳，通常是最多研究人員聚集的地方，也可看出此類型的研究是目前相當熱門的領域。本次研討會所聽到的微生物相相關研究，包含了透過以柑橘葉部菌相組成評估柑橘的健康狀況，或是比較健康及感病馬鈴薯微生物相的組成來評估造成病害的因子，又或者是判別植物體內的核心微生物組成以了解植物的健康狀況等，都是經由新技術的普及，提供研究人員一個新的面向來探討植物病害問題，甚至更進一步從中尋求各種植物病害的解決方法。

(三) 學術海報張貼與交流：

本次研討會的學術交流，主要是透過學術海報的發表來進行，每位海報張貼者會被安排在特定的時間，站在自己的海報前進行解說，並讓其他有興趣的與會者來進行提問。參與本次研討會的學術海報類型亦相當廣泛，除了過去常見的植物病原菌的鑑定與病害發生周期的監測外，也有不少以基因體學來探討病原菌與寄主植物間的交互關係的研究，特別的是，隨著定序技術的發展，許多研究在討論植物或樹木病害的同時，也會開始分析植物發病部位或環境中的微生物相，探討病原菌與其他微生物族群間的角色，並應用於尋找病害監測的指標性微生物，或是具潛力的生物防治菌株，雖然多數的研究團隊的研究成果，都還處於基礎研究階段，尚無法

進入實際應用，但透過與其他研究人員交流，也讓我有機會從別人的試驗設計中，重新審視自己的實驗架構，並納入值得借鏡的想法，為往後的研究工作增添研究量能。

本次的研討會，我也以「*Belowground microbiota of two widely planted urban trees in Taiwan*」為主題張貼學術海報，並於大會指定時間 8 月 8 日下午在海報前進行簡短報告並與其他研究人員交流討論。本研究的主要內容，在探討台灣兩種都市林常見樹種的根部微生物族群。值得注意的是，樹木在陸地生態系扮演重要角色，尤其是在都市區域。而樹木的微生物相 (microbiome) 對維持樹木健康和抵抗逆境更是至關重要。然而，我們對於都市環境中，樹木與其根部及根圈微生物族群的交互關係所知甚少。茄冬和樟樹是台灣兩種主要的都市種植樹種。我們經由次世代定序分析，探索此兩種樹木的兩個不同生態棲位 (根部和根圈) 的真菌和細菌族群。我們的研究內容，也受到其他微生物相研究團隊的關注，並主動提出可以在現有的研究基礎上，增加其他樹種以及增加分析的樣本數等想法，甚至有研究團隊提出未來也想將類似的概念，導入他們國家都市林樹木保護的相關研究工作，並提出未來可能的合作方向。

肆、心得與建議

氣候暖化和環境劇變，是全球所面臨的重要議題，森林和樹木在減緩陸地生態系的劇烈改變扮演重要角色，故森林和樹木的病蟲害問題，在本次研討會中，亦是相當重要的主題。透過與國際樹木病害和植物微生物相 (phytobiome) 研究團隊的交流，除了肯定自身研究工作符合國際研究趨勢外，亦了解到在環境劇烈變異與科技快速進步的今日，我們更需要不斷提升自己的研究能量。以植物病害檢測與防治來說，本所研究團隊過去即透過次世代定序技術來探討微生物族群和重要樹木病害發生的關聯性，未來更將持續朝國內重要樹木病害快速檢/監測、生物防治及植物微生物相等三大面向來強化國內樹木病害的研究。此外，也將持續進行國際交流，與國際研究團隊合作，借鏡他人研究之長外，也貢獻自己的研究成果，提供其他研究團隊參考，促使雙方在樹木病害和植物微生物相領域的交流合作。

在環境劇烈變遷的今日，病害對植物帶來的衝擊，也比以往更為嚴峻，但隨著科技的進步，亦有許多新技術的研發，有助於我們監測病害的發生，進一步提升病害防治的成效，像是樹木病害的精準鑑定與檢測、生物防治技術的研發、抗病育種等方面，都是未來我們可以努力研究的方向。透過國際頂尖研討會的學術交流，也有助於我們向國外頂尖團隊學習，促使國內森林病害的研究工作得與國際接軌。

近年來已有許多學術研討會改為線上的方式舉行。雖然線上研討會減少交通往返所需的時程，然而國際學術研討會的實地參與，將更有助於研究人員了解國際研究趨勢，感受到國際研究團隊的熱情、競爭力和技術創新。本次研討會的參與，除了深刻了解國際在植物健康與樹木病害的研究現況外；透過張貼自身研究內容的實體學術海報，也得以獲得更多其他學研單位的關注和交流，這些是線上研討會所缺少的。面對後疫情時代國際交流的逐步恢復，建議可以更多元彈性的方式來鼓勵參與國際交流，將更有助於各研究計畫之推動。

伍、參訪實錄

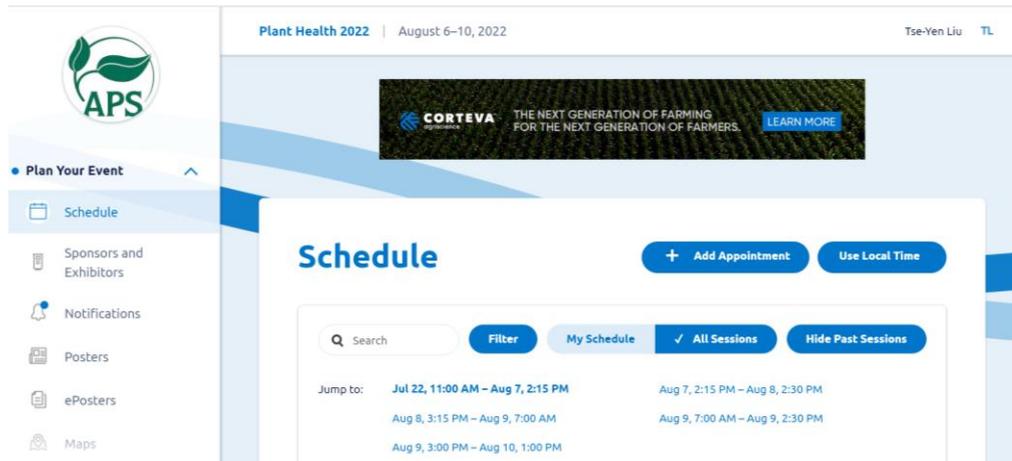


圖 1 本次研討會主辦法所採的用電子化議程系統，有效協助參與者在眾多議程中安排自己想參與的主題，並減少紙本的使用。



圖 2 參與栗樹病害實地調查，由美國栗樹基因會專案管理人員介紹目前對美國栗樹病害問題的防治策略。



圖 3 由美國栗樹基因會和賓州州立大學研究人員，說明美國栗樹的感病情形，並實地採集和觀察栗樹受病原菌感染所造成的病徵。



圖 4 前往栗樹抗病育種試驗地的路途中碰上大雨，一行人於簡易的棚架下稍作休息，並持續就栗樹病害的防治策略進行討論。



圖 5 進入美國賓州栗樹抗並育種的實驗造林地，並於造林地內觀察各不同植株的抗病或耐病性。



圖 6 2022 美國植物病理學會年會的主會場報到處，本次會議於匹茲堡 David L Lawrence Convention Center 舉行，照片中為大會報到處。



圖 7 大會的開場演說，由 Charles Mann 與眾人分享植物病害對人類歷史的影響。



圖 8 樹木病害的專題演講，本場由美國農業部的研究人員分享 boxwood blight 的危害以及美國的防治策略。

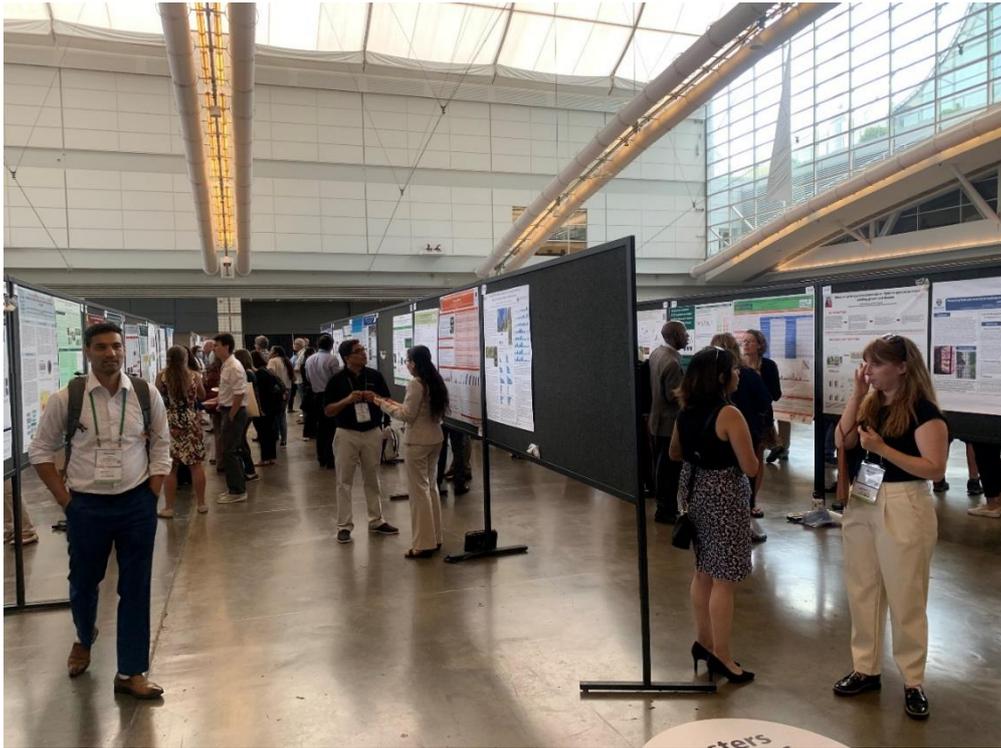


圖 9 大會的海報展示區，並於不同的時段安排不同的海報張貼人員進行解說，充分提供與會人員交流時間。

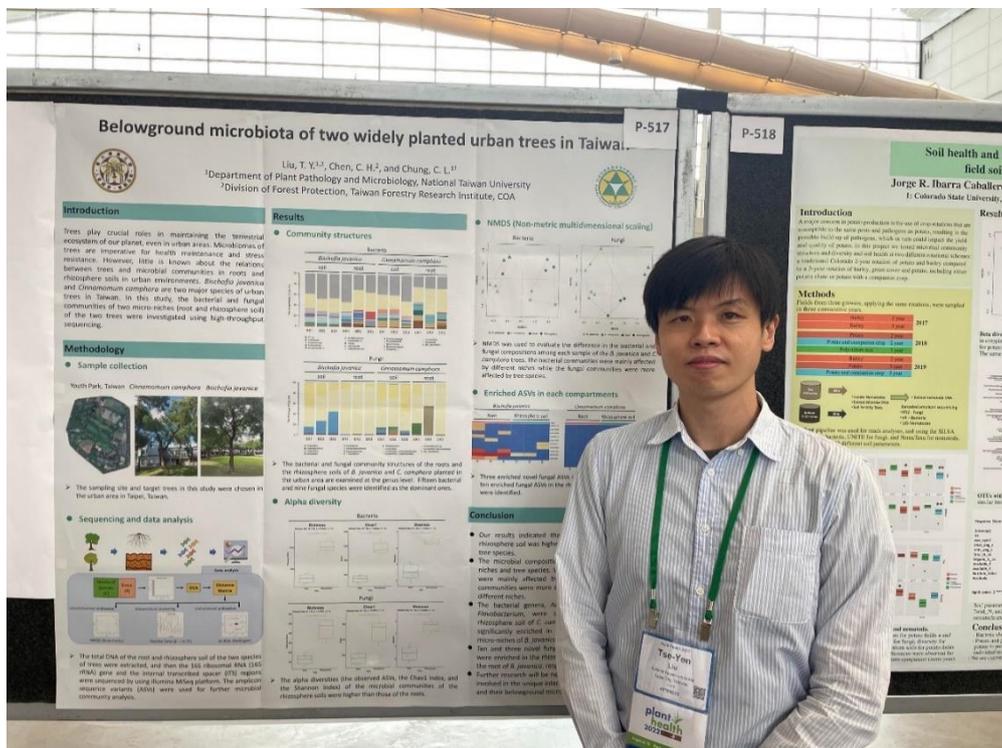


圖 10 於年會進行發表的本所研究成果學術海報，發表主題為台灣都市林常見樹種 (樟樹和茄苳) 的地下部微生物族群分析。