

出國報告(出國類別：開會)

「人才培育與研發成果推廣計畫」
第 27 屆國際昆蟲學大會(ICE 2024 京
都)

服務機關：農業部臺南區農業改良場

姓名職稱：陳盈丞副研究員

蔡小涵助理研究員

張淳淳助理研究員

派赴國家/地區：日本京都

出國期間：113 年 8 月 24 日至 8 月 31 日

報告日期：113 年 11 月 12 日

摘要

第 27 屆國際昆蟲學大會於日本京都舉辦，主題是「新發現的共通性 (New Discoveries through Consilience)」。此次昆蟲學大會於 2024 年 8 月 25 日至 8 月 30 日舉行，地點是京都國際會議中心。臺南區農業改良場有 3 位同仁參與，分別為陳盈丞副研究員、張淳淳助理研究員及蔡小涵助理研究員。其中張淳淳助理研究員為口頭論文宣讀，宣讀論文主要是針對荔枝椿象卵寄生性天敵平腹小蜂研究，探討目前臺南地區平腹小蜂發生種類及族群資訊，其餘兩位同仁則為海報發表，主要針對荔枝椿象蟲生真菌-淡紫菌相關研究。研究成果多方與各國學者討論，並由相互討論交流中，獲知各國於該領域發展現況，並與其建立溝通管道，對於未來相互交流有甚大之幫助。

目次

一、研習目的.....	1
二、研習過程.....	3
三、研習內容.....	4
四、研習心得及建議.....	20
五、附錄.....	21
六、參考文獻.....	22

一、研習目的

ICE 昆蟲學會大會 (International Congress of Entomology, ICE) 是昆蟲學界重要的國際會議之一，自西元 1910 年第一屆會議在比利時布魯塞爾召開以來，除第二次世界大戰期間外，大抵以 4 年為週期召開大會，迄今已有 114 年歷史，一直是全球昆蟲學家的重要平台，往往會吸引來自全球的昆蟲學家參與。ICE 昆蟲學會大會每隔四年舉辦一次，會議涵蓋昆蟲學各個領域的最新研究與發展，旨在促進學術交流、分享科研成果，以及探討昆蟲學未來的挑戰和機遇。2024 年國際昆蟲學大會 (ICE2024) 為這項享有盛譽的活動的第 27 屆。會議於 2024 年 8 月 25 日至 30 日在日本京都的京都國際會議中心舉行。本屆大會以「一致性的新發現」為主題，該主題旨在鼓勵昆蟲學各個領域之間的知識融合，促進不同學科的協作，以推動昆蟲學研究的新發現和創，匯集了昆蟲學各領域的專家，涵蓋生物防治、昆蟲遺傳學、醫學昆蟲學、昆蟲作為食物和傳粉者等主題。

主要內容包括：

1. 主題演講 (Plenary Lectures)：由世界知名的昆蟲學家或相關領域專家發表，介紹昆蟲學領域中的最新研究趨勢、技術應用和挑戰。
2. 分組會議 (Symposia)：大會通常設有多個分組會議，專注於昆蟲學的不同分支，如昆蟲分類學、生態學、行為學、演化生物學、農業昆蟲學、醫學昆蟲學等。各分組會議內部會有研究人員發表論文和報告，討論他們的最新研究發現。
3. 海報展示 (Poster Sessions)：研究人員可以展示他們的研究成果，與同行進行交流。這部分的會議更加開放，參會者可以自由走動，與展示的研究人員互動。
4. 工作坊和短期課程 (Workshops and Short Courses)：這些活動專注於昆蟲學特定技術或方法的訓練，如 DNA 分析、昆蟲標本製作等，為年輕學者或學生提供學習機會。
5. 展覽會 (Exhibitions)：展示昆蟲學相關的產品和技術，包括科學儀器、軟體、書籍出版等。
6. 社交活動 (Social Events)：大會也會安排社交活動，如歡迎晚宴、學者聯誼活動等，促進全球昆蟲學家之間的交流與合作。



圖 1、第二十七屆國際昆蟲學大會入口

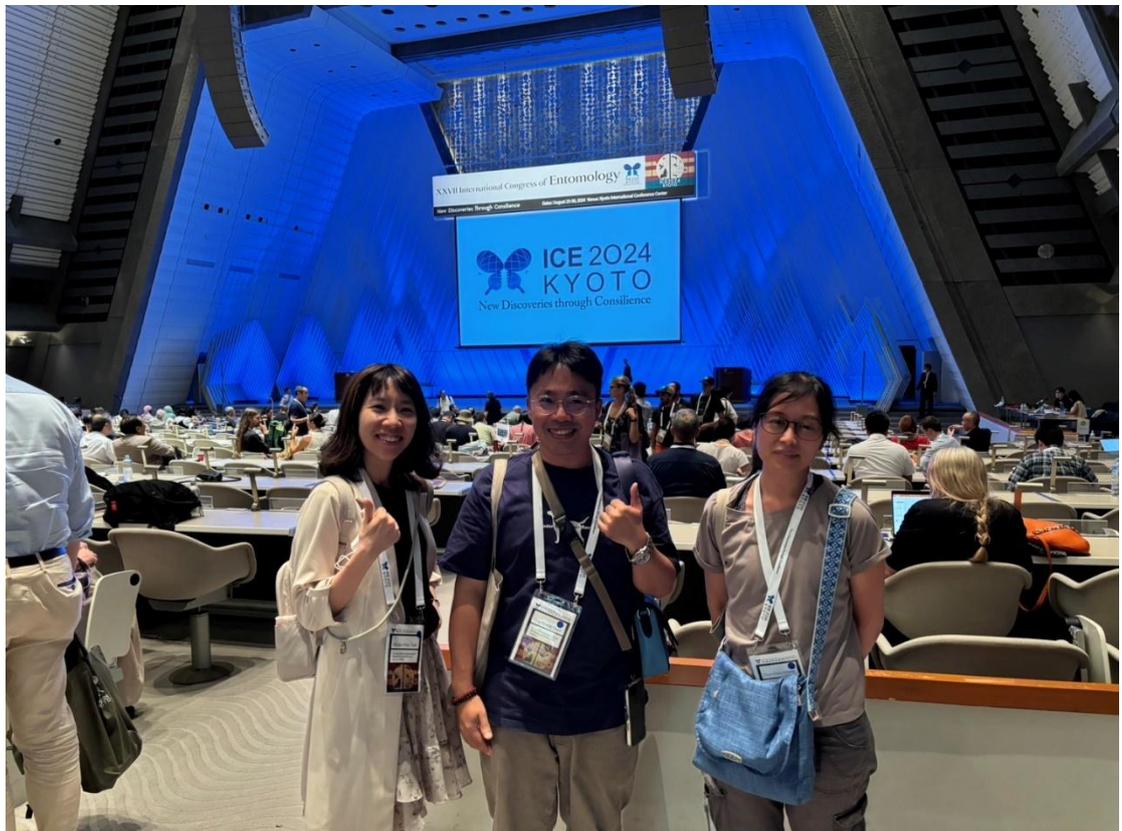


圖 2、第二十七屆國際昆蟲學大會開幕式會場

二、研習過程

行程- ICE2024 行程

研討會期程由 112 年 8 月 24 日至 8 月 31 日，共 8 天，行程安排如下表：

表 1：研習行程表

日期	地點	行程
8/24(週六)	臺南區農業改良場→高雄國際機場→大阪關西機場→京都	1. 8 月 24 日一早 07:05 自臺灣高雄國際機場搭乘長榮航空 BR182 班機前往日本關西機場(11:10)。 2. 再分別搭乘大眾運輸工具抵達飯店。
8/25(週日)	京都國際會議中心	整日參加研討會。
8/26(週一)	京都國際會議中心	整日參加研討會，進行口頭論文宣讀(張淳淳)。
8/27(週二)	京都國際會議中心	整日參加研討會。
8/28(週三)	京都國際會議中心	整日參加研討會。
8/29(週四)	京都國際會議中心	整日參加研討會，進行海報宣讀(陳盈丞、蔡小涵)。
8/30(週五)	京都國際會議中心	整日參加研討會。
8/31(週六)	京都國際會議中心→高雄國際機場	8 月 31 日晚上 08:35 自日本關西機場搭乘中華航空 CI177 班機前往高雄國際機場(22:50)

(二)、會議摘錄重點

本次會議時間為 2024.8.25 至 2024.8.30 共計 6 日，舉辦地點於日本京都的京都國際會議中心，會議共安排 20 項主議題研究成果交流座談會，各主議題又細分為 176 項子議題。

項	主議題
1	Acarology and Arachnology(蜱蟎動物學與蛛形動物學)
2	Apiculture and Sericulture(養蜂與養蠶學)
3	Biological Control(生物防治)
4	Chemical Ecology(化學生態學)
5	Conservation, Biodiversity and Biogeography(保育、生物多樣性與生物地理學)
6	Development and Reproduction(發育與繁殖)
7	Ecology and Evolution(生態學與演化學)
8	Genetics and Genomics(遺傳學與基因組學)
9	Immunology and Pathology(免疫學與病理學)
10	Insect-Microbe Interactions(昆蟲與微生物互動學)
11	Insects as Food, Feed and Pollinators(作為食物、飼料與授粉者之昆蟲)
12	Alien Insect(外來昆蟲)
13	Medical and Veterinary Entomology (醫學與獸醫昆蟲學)
14	Pest Management (害蟲管理)
15	Pesticides, GM Crops, Resistance and Toxicology (農藥、基因改造作物、抗藥性與毒理學)
16	Physiology, Neurobiology and Molecular Biology(生理學、神經生物學 與分子生物學)
17	Social Insects(社會性昆蟲)
18	Systematics, Phylogeny and Morphology(系統分類、系統發育與形態學)
19	Special Issue: Biomimetics and Robotics(專題：仿生學與機器人學)
20	Others(其它)

1. 自動監測害蟲(Automated monitoring of insects): 目前許多研究學者均在進行如何減少人力的調查害蟲方法，且嘗試運用多種 AI 技術，如深度學習方法，另外也有許多研究著力於自動監測，像是基於 Raspberry Pi 的錄影系統。

(1) Insect monitoring using the BioView System: automatic electronic traps aid conventional sampling in remote and natural areas of the Balearic Islands (Spain): 這則報告主要探討了 2024 年在一些自然保護區和偏遠小島上使用電子自動系統來輔助昆蟲研究的情況，並重點介紹了 BioView 捕捉器及其工作原理。以下是重點整理：

- (i) 研究地點：研究在龍拉島、蒙德拉戈自然公園、拉利特半島、S'Albufera des Grau、Ses Salines 和卡布雷拉國家公園等自然保護區進行。
- (ii) BioView 捕捉器：兩個攝像頭（上方和下方）每 15 分鐘拍攝一張照片，全天候運行。初步使用人工智慧系統過濾照片，檢查是否有昆蟲。
- (iii) 人工智慧系統（IA）應用：系統自動分析照片中是否存在昆蟲。研究人員進一步對篩選出的“屬於昆蟲”照片進行分類，並根據最精確的分類學進行昆蟲鑑定。
- (iv) 研究結果：BioView 捕捉器記錄到的昆蟲種類最多的是雙翅目（如蒼蠅、蚊子），其次是膜翅目（如蜂類）和鞘翅目（如甲蟲）。
- (v) 討論與應用：討論了使用電子自動系統來輔助傳統研究方法，特別是在偏遠自然保護區進行的長期昆蟲研究。重點探討了在這些受保護的自然區使用人工智慧來進行昆蟲識別的效益。這項技術能在偏遠地區進行長期研究，減少人力成本，並提升昆蟲監測的精準度。

(2) The use of new technologies for automated monitoring of insects: The AMI (Automated Monitoring of Insects) System: 這則報告介紹了一項使用 AMI（昆蟲自動監測）系統的全球監測項目，重點強調了新技術在標準化和低侵入性昆蟲監測中的潛力。以下是重點整理：

- (i) 新技術的潛力：新技術為更標準化且低侵入性的昆蟲監測提供了巨大潛力，尤其是使用人工智慧、相機和聲學技術。然而，與其他生物分類群相比，這些技術在昆蟲監測方面的應用還比較緩慢。
- (ii) AMI（昆蟲自動監測）系統：AMI 系統是一種實用且具有成本效益的解決方案，利用相機、聲學和人工智慧技術來進行廣泛的時空範圍監測。這些系統能提供高解析度的數據，促進標準化的昆蟲監測。

- (iii) 全球監測項目：這個全球項目旨在利用 AMI 系統監測昆蟲種群在不同地形梯度上的穩定性。項目還建立了物種分類器，並將其數據納入全球昆蟲數據庫中。進行了多環境測試，以驗證這些技術的功能和應用範圍。
2. 昆蟲仿生學研究(The next biomimetics in insect's perspective for the sustainable symbiosis on the globe): 下一階段的仿生技術將從昆蟲的角度獲取靈感，目的是促進全球生物和環境之間的可持續共生的研究領域。
- (1)Towards development of pest control using vibrations in the brownwinged green stink bug damaging fruit trees in Japan: 這則報告探討了振動技術在昆蟲害蟲控制中的應用，特別是針對日本的害蟲—褐翅綠蝽 (*Plautia stali*) 的研究。
- (i) 害蟲問題與現有方法：在日本，褐翅綠蝽是水果果園中的主要害蟲，通過吸取果汁造成巨大經濟損失。目前主要使用殺蟲劑控制這些害蟲，但由於減少殺蟲劑使用的趨勢，正在研究其他替代方法，例如振動技術。
- (ii) 振動技術的研究：褐翅綠蝽的振動行為：研究發現，這些蝽蟲會通過上下振動腹部來產生振動信號，用於個體之間的交流。這種行為表明，它們依賴振動信號進行社會互動，並且外部模擬的振動信號可以干擾其正常的交流。
- (iii) 低頻振動的影響：低頻振動（小於 500 Hz）能影響昆蟲的多種行為，例如停止、下蹲、行走和跺腳。實驗發現，褐翅綠蝽對 150 Hz 和 500 Hz 的頻率特別敏感。這些低頻振動可能模仿了它們的交流信號或天敵（如寄生蠅或鳥類）產生的振動。
- (iv) 雌雄昆蟲的差異：雌性成蟲的振動特徵：脈衝長度約為 0.18 秒，加速度約為 0.16 米/秒²，主頻為 150 赫茲。雄性和雌性的腹部振動模式不同，這為後續行為控制提供了線索。
3. 使用超聲波和半導體激光光開發的尖端害蟲控制技術(Cutting-edge pest control techniques developed using ultrasound and semiconductor laser light): 涉及兩種先進技術應用於害蟲管理。
- (1)Shoot down flying *Spodoptera litura* with blue laser beam: 這則報告討論了一種新的害蟲防治方法，使用雷射來對抗已經對化學農藥產生抗藥性的害蟲。此技術旨在應對全球人口增長導致的糧食短缺問題，並減少對農作物的損害。
- (i) 使用激光束來對付害蟲，特別是半導體激光技術，激光能量可以精確地作用於害蟲的胸部和面部等重要部位，有效地消滅它們。這項技術對蚊子等小型害蟲特別有效，因為牠們薄薄的翅膀和身體容易受到激光損害。

- (ii) 研究成功案例：研究人員成功使用激光消滅了斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*)，並通過探測和追蹤技術精確地瞄準害蟲，使用激光脈衝擊落飛行中的害蟲。

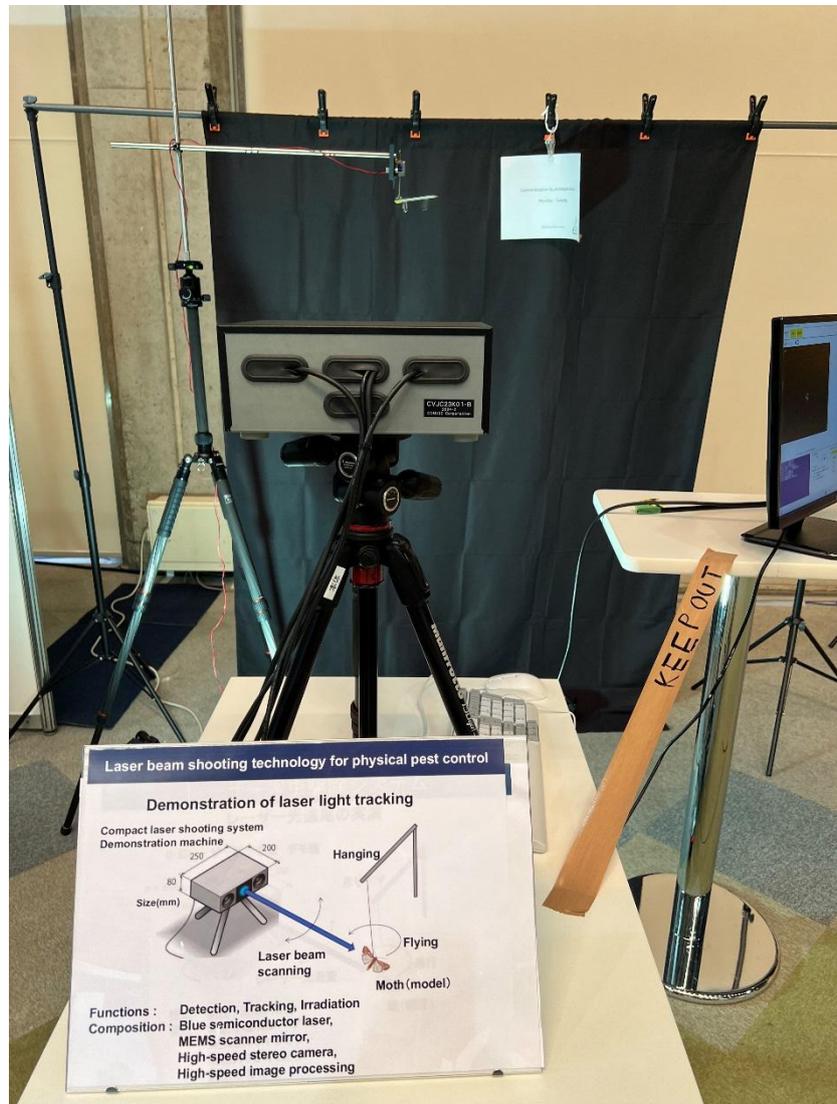


圖 4、現場展示雷射殺蟲機構

4. 生物防治與 IPM 研究趨勢

(1) 寄生蜂對外來入侵種椿象害蟲防治研究

- (i) 褐翅椿 (*Halyomorpha halys*) 是一種原產於東亞的多食性入侵害蟲，對全球農業構成重大威脅。自 1990 年代中期年代初在美國首次發現以來，褐翅椿迅速擴散至歐洲，對於溫帶果樹造成廣泛經濟損失。為有效控制褐翅椿，生物防治方法逐漸受到重視，但由於受入侵地區的原生種天敵對於褐翅椿防治效果不佳，因此茶翅椿原生區域之卵寄生蜂如 *Trissolcus japonicus* 之防治潛力逐漸受到重視。

- (ii) 對於 *Trissolcus japonicus* 大量生產研究中，成蟲經 11°C 儲藏 19 週後，雌蟲存活率 90.3%、但雄蟲僅 3.2%，此外冷藏儲存也影響寄生蜂之繁殖能力，較未處理者顯著為低。冷藏保存是現今商業生產常用手段，相關研究能用於估算生物防治計劃中飼養群體於預期產量與所需比例。
- (iii) 塞爾維亞於 2016 年發現褐翅椿入侵至今，已發現九種寄生蜂，包括外來種之 *Trissolcus japonicus*，茶翅椿的族群數量在 2022 年這些寄生蜂的自然控制作用逐漸顯現。與此同時，在意大利特倫托省的研究顯示，*T. japonicus* 在控制褐翅椿方面展現良好效果。透過逐步引入和建立寄生蜂種群，該物種在多數監測地點成功定殖，導致褐翅椿的卵寄生率達到 41.4%，受損果實比例也從 7% 降至 1.5%。這一防治計劃不僅減少了殺蟲劑的使用，還降低了農業成本和環境影響。

(2) 農藝作物生物防治

- (i) 在巴西，應用卵寄生蜂 *Telenomus podisi* 對於大豆椿象類害蟲防治已入步入實務執行的階段，而由於雌性寄生蜂羽化時間較雄蜂晚約 24 小時，即使能準確估算雄蜂羽化時間進行釋放，但生物性上時間差仍使尚未羽化的雌蜂須面對環境中不定之風險，因而降低羽化率。利用膠囊釋放的方式可減使施放過成中的死亡率，此外在 IPM 策略的設計中，由於寄生蜂對於藥劑極度敏感，而椿象防治藥劑多偏向傳統作用機制，因此生物製劑如黑僵菌 *Metarhizium anisopliae* 和白僵菌 *Beauveria bassiana* 等資材，結合寄生蜂生物防治，為具前景之 IPM 選擇。
- (ii) 鱗翅目害蟲是中國水稻栽培上的重要害蟲，而利用寄生蜂 *Trichogramma japonicum* 進行生物防治能減少農藥使用。由於倉儲壽命短，進行對寄生蜂啟動休眠的可能性與後續繁殖擴散能力的研究。發現在短日照，13°C 處理下經 35 天，可在 4°C 下儲存 60 至 90 天。寄生蜂於休眠後繁殖力下降，擴散力提升，但防治能力較未休眠者未有顯著差異。
- (iii) 夜盜蛾屬 (*Spodoptera* spp.) 的蛾類在產卵時會遺留毛狀鱗片，阻隔卵塊受寄生蜂寄生。研究發現鱗片厚度會隨時間變薄，隨後寄生率逐漸增加。在對於斜紋夜蛾 *S. litura*、甜菜夜蛾 *S. exigua* 與秋行軍蟲 *S. frugiperda* 的研究中，發現黑卵蜂 *Telenomus remus* 在不同寄主種類與不同鱗片厚度上的表現皆較赤眼卵蜂 *Trichogramma* spp. 為佳。由於兩種寄生蜂具生產成本差異，可納入防治效力的評估後，進行混合釋放策略。
- (iv) 深入研究黑卵蜂 *Telenomus remus* 與赤眼卵蜂 *Trichogramma pretiosum* 寄生秋行軍蟲 *Spodoptera frugiperda* 卵塊表現，發現

赤眼卵蜂能較快的搜尋到寄主卵塊，但由於卵塊覆蓋之毛狀鱗片造成的阻礙，需要較長的時間完成寄生。相較之下，黑卵蜂搜尋時間較長，但鱗片造成的阻礙較小，完成寄生所需時間也較短。整體而言，赤眼卵蜂在低寄主密度時表現較佳，若寄主密度高，則以黑卵蜂表現為佳。

(3) 設施栽培之生物防治 IPM 應用

(i) 伴生植物(companion plants)可促進土壤健康、授粉效率愈與病蟲害防治。在 10 種伴生植物(*Calendula officinalis* 金盞花, *Ditrichia viscosa*, *Echium plantagineum* 車前藍葉薊, *Fagopyrum sculentum* 蕎麥, *Lobularia maritima* 香雪球, *Silene colorata* 蠅子草, *Sinapsis alba* 白芥, *Solanum nigrum* 龍葵, *Tordylium officinale*, *Vicia sativa* 野豌豆)與番茄間作的研究中，分別由 1.作物生長發育集產量、2.銀葉粉蝨危害程度、3.天敵菸盲椿建立等三個層級進行評估。其中蕎麥與 *Tordylium officinale* 能夠幫助天敵除群建立，野豌豆則能促進作物生長並減低害蟲危害。

(ii)在日本，菸盲椿於 2021 年登記為生物農藥，並建立相關 IPM 技術，包含：1.以馬鞭草、醉蝶花、胡麻為 banker plant 的繁殖系統。2.紫色 LED 促進菸盲椿由 banker 分散至作物上。3.乙炔甘油酯 acetylated glyceride 抑制菸盲椿釋放初期的粉蝨密度。4.應用 0.8mm 紅色防蟲網，能提升通風效果同時減少粉蝨入侵。5.特殊設計黏蟲版，能提高粉蝨捕捉與監測效率。

(iii) 小黑花椿象(*Orius* app.)和盲椿 Dicyphini 中的一些物種是近年逐漸普及的捕食性天敵，這些物種的首要應用取決於地理分布，例如菸盲椿在日本只有部分區域分布，而在地中海地區，海岸與內陸則有不同種之小黑花椿之分部。研究也非現，某些種類如 *O. laevigatus* 主要於花上活動，對於花薊馬防治效果較佳，葉片上的薊馬效果較差，因此應優先選擇相對應的小黑花椿種類作為天敵。此外小黑花椿在於具絨毛的植株上表現較差，而盲椿則較偏好這類植物。

5. 微生物於害蟲防治之應用 - 真菌

(1) 蟲生真菌之防治應用：

- (i) 真菌防治銀葉粉蝨卵的評估：探討病原真菌次級代謝物對銀葉粉蝨 (*Bemisia tabaci*) 卵之毒性，顯示白僵菌的代謝物能顯著影響卵的發育，該技術具有成為銀葉粉蝨的替代防治方法之潛力。
- (ii) 黑尾葉蟬之生物防治：臺灣的黑尾葉蟬 (*Scotinophara lurida*) 曾是水稻重要害蟲，自 1960 年代以來由於化學農藥的使用，該害蟲的數量大幅減少。然而自 2020 年以來，臺東關山超過 100 公頃

的有機稻田使害蟲族群再度成長。研究開發兩種生物防治技術，包括釋放卵寄生蜂 (*Telenomus* sp.) 和施用綠僵菌 (*Metarhizium* sp.)，大幅減少黑尾葉蟬數量，恢復稻米產量。

(2) 新型裝置與配方之開發：

- (i) 白僵菌防治入侵果實蠅的新型配方：夏威夷的入侵果實蠅 (Tephritidae) 對農業造成嚴重威脅。研究開發白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 的新型配方，透過螞蟻或其他雄性果實蠅傳播菌孢子，對雌性果實蠅造成高致死率。
- (ii) 自動傳播裝置與白僵菌結合的瓜實蠅防治技術：研究人員開發一種自動傳播裝置，用於防治瓜實蠅 (*Zeugodacus cucurbitae*)。該裝置將白僵菌孢子傳播給雄蠅，從而進一步傳播給雌蠅，展現防治成效，研究顯示該裝置在實驗室及野外條件下均能有效防治瓜實蠅。
- (iii) 奈米離子與真菌結合對東方果實蠅的綜合防治：研究探討了白僵菌、綠僵菌等蟲生真菌與銀、氧化鋅奈米粒子的綜合效應。實驗顯示，兩者的聯合使用能顯著提高東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) 的死亡率，尤其是銀與白僵菌的聯合作用顯示出接近 98% 的死亡率。

(3) 昆蟲寄生微生物之應用 - 蟲生線蟲

- (i) 提升線蟲生物防治效能的增效劑：蟲生線蟲 (EPNs) 是用於控制多種經濟害蟲的商業生物防治劑，但某些情況下效果不穩定或成本過高。為提高其效能，研究者探索了與化學或微生物來源的殺蟲劑、寄主化學物質及信息素 (如 Ascaroside) 等助劑結合使用，以提升線蟲的毒性。例如，線蟲 *Steinernema carpocapsae* 與化學殺蟲劑益達胺結合使用成功防治花生穴居臭蟲。同時，信息素的存在也可提高線蟲的散播和感染能力，做為增效劑，增強田間防治效果。
- (ii) 蟲生線蟲及其共生細菌的副產物用於葡萄園害蟲管理：葡萄捲葉蛾 *Lobesia botrana* 對全球葡萄種植構成威脅，減少傳統農藥的使用及擴大有機農業種植面積迫使探索替代性之防治工具。研究顯示，空中噴灑蟲生線蟲與添加劑其共生細菌的揮發性有機化合物 (VOCs) 對該害蟲及葡萄灰黴病具顯著防控效果。使用 EPNs 及其副產物提供了一種創新的葡萄病蟲害防治方法。
- (iii) 增加共生細菌多樣性來提升蟲生線蟲的防治效果：蟲生線蟲 *Steinernema monticolum* KHA701 展示了廣泛的寄主範圍，並透過與多種共生細菌形成不同的共生關係，提升了殺蟲效果。
- (iv) 線蟲的化學信號在植物-昆蟲互動中的影響：除了直接殺死害蟲外，蟲生線蟲釋放的化學信號可增強植物的抵禦能力，並驅趕害

- 蟲，這些信號能促進瓜類植物防禦昆蟲如瓜蚜及條紋黃瓜甲蟲。
- (v) 蟲生線蟲在害蟲管理中的化學生態學：蟲生線蟲依賴化學信號來尋找寄主昆蟲，這些信號可來自昆蟲本身、植物或環境。研究顯示，當適當的化學信號存在時，線蟲 *Steinernema feltia* 能將根部害蟲的破壞減少 80%。
 - (vi) 蟲生線蟲防治害蟲的潛力：蟲生線蟲在農業中廣泛應用，尤其在森林、果園（如柑橘）及園藝作物（如番茄及蘿蔔）。例如北歐，蟲生線蟲對松樹大象鼻蟲的防治效果優於化學農藥；在地中海柑橘園，線蟲針對地中海果實蠅的應用也是有效的輔助防治工具；對於蔬菜作物，如蘿蔔中的甘藍根潛蠅，將蟲生線蟲包覆於藻酸鹽珠中可提高其防治效果。
 - (vii) 利用寄生性絕育作為胡蘿蔔象鼻蟲控制工具：胡蘿蔔象鼻蟲對胡蘿蔔產量造成威脅，傳統殺蟲劑的抗藥性問題迫使尋找替代防治工具。寄生線蟲 *Bradynema listronoti* 可抑制雌性象鼻蟲的生殖系統發育，並通過寄生擴散減少其族群數量，對於防治胡蘿蔔害蟲具有潛力。

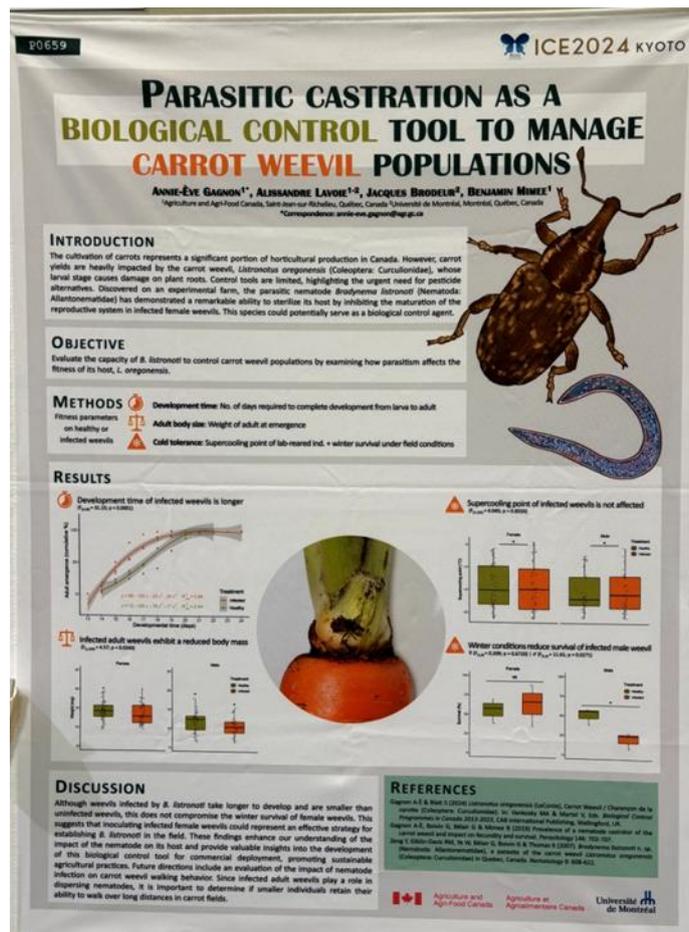


圖 5、利用寄生性絕育作為胡蘿蔔象鼻蟲控制工具海報內容
(4)日本及東亞國家農業中的線蟲問題

- (i) 日本及東亞國家農業中的線蟲問題：東亞地區大部分屬於熱帶和亞熱帶，植物寄生性線蟲的種類與歐洲和北美不同。在日本、韓國和中國北部，常見的線蟲種類與歐美類似，如南方根瘤線蟲 (*Meloidogyne incognita*)、花生根瘤線蟲 (*M. arenaria*)、北方根瘤線蟲 (*M. hapla*)、穿孔線蟲 (*Pratylenchus penetrans*) 和大豆胞囊線蟲 (*Heterodera glycines*)。而中國南部和東南亞，高溫地區則常見如 *M. javanica*、*M. graminicola*、*M. enterolobii*、*P. coffeae*、*Radopholus similis* 等。熱帶地區的高海拔涼爽地區也會出現黃金線蟲 (*G. rostochiensis*) 等與歐美相同的線蟲問題。此外，胞囊線蟲為全球植物檢疫有害生物，例如日本最近發現的 *G. pallida*、*H. schachtii*、*H. cruciferae*，可能成為東亞地區未來的主要農業線蟲問題。現行防治線蟲的方法多為土壤熏蒸劑，但由於對環境及健康的不良影響，這些藥劑在歐洲已被限制使用。非熏蒸劑如氟派瑞、福賽絕及 imicyafos 在日本則被廣泛應用。然而為實現安全和可持續農業，未來仍需針對物理防治方法進行更多的研究，如利用拮抗植物和物理性土壤消毒等。
- (ii) 中國之重要線蟲病害及綜合線蟲管理 (INM)：植物寄生性線蟲是中國農業生產中的一大威脅，隨著氣候變化、作物種植系統創新和全球化貿易，線蟲病害已成為農作物中的第二大疾病，每年造成約 1000 億人民幣的經濟損失。重要線蟲包括根瘤線蟲 (*Meloidogyne* spp.)、胞囊線蟲 (*Heterodera* 和 *Globodera* spp.)、松材線蟲 (*Bursaphelenchus xylophilus*)、莖腐線蟲 (*Ditylenchus destructor* 和 *Aphelenchoides besseyi*)、根腐線蟲 (*Pratylenchus* spp.) 及腎形線蟲 (*Rotylenchulus reniformis*)。其中，象耳豆根瘤線蟲 (*M. enterolobii*) 可單獨引發高達 65% 的作物損失。根瘤線蟲在 16 個省份都有分佈，在河南、河北、青海的產量損失分別估計為 18%-35%、11%-18% 和 15%-28.24%。線蟲綜合管理措施包括輪作、耕作防治、生物製劑和殺線蟲劑，其中氟派瑞 (fluopyram) 因其低毒性、環境影響小、效率高等特點被廣泛應用。
- (iii) 印度之線蟲問題及管理策略：印度的地理多樣性使其能夠種植熱帶和溫帶作物，不同的農業習慣和氣候變化加劇了線蟲問題。根據最新評估，植物寄生性線蟲每年對作物造成 21.3% 的損失，經濟損失達到 1020 億印度盧比 (約 387 億新台幣)。在印度北方山區發現馬鈴薯胞囊線蟲，而水稻根瘤線蟲 (*M. graminicola*) 已擴散至全國。政府已核准使用氟派瑞、氟速芬及 fluazaindolizine 作為殺線蟲劑，其中氟派瑞因其高效性和安全性較種植者的青睞。

- (iv) 利用綠肥進行永續線蟲防治與土壤健康管理：生物防治日益受到關注，其中綠肥可防治線蟲並增進土壤健康，例如萬壽菊和太陽麻具有線蟲防治特性。日本農地面積小，綠肥的應用並不普遍，目前正開發綠豆短期種植作為生物防治方法，用於防治大豆胞囊線蟲 (*Heterodera glycines*)。綠豆根系會釋放孵化刺激物，但由於綠豆非胞囊線蟲的良好宿主，孵化的線蟲無法繁殖，從而減少土壤中的線蟲密度。此方法可同時增進土壤健康，減少風蝕及硝酸鹽流失。
 - (v) 光桿菌副產物在植物寄生線蟲防治中的線蟲效力：研究發現光燈桿菌 (*Photorhabdus* spp.) 的二次代謝物 (如肉桂酸及苯戊酸) 對根瘤線蟲具有防治效果。通過土壤澆灌代謝物，可減少根瘤線蟲的根部寄生，且不會對植物造成傷害，顯著減少棉花根部結瘤。
- (5) 病害媒介昆蟲之多元性管理策略：
- (i) 使用多元策略協助決策者解決媒介病害問題：自然界中昆蟲經常成為植物病害的媒介，昆蟲的高移動性和繁殖力使得媒介病害成為全球農業中難以解決的問題之一，研究提出了一個理論框架，旨在幫助決策者管理昆蟲媒介疾病，此一框架涵蓋了媒介病害系統中的所有參與者，尤其是人類因素。在制定媒介病害管理決策時，應遵循三個原則：(1) 避免提供過多的決策選項；(2) 使用簡單易懂的模型；(3) 在需要權衡時，應優先考慮簡單性，而非過於精確。實際應用方法包括依據媒介昆蟲的有效積溫來預測其發育，同時使用行為經濟學和信息理論來幫助決策者優化病害管理策略。
 - (ii) 媒介病害仍需倚賴早期殺蟲劑的使用來壓制媒介昆蟲密度：英國長達 14 年的研究顯示，胡蘿蔔的兩種主要病毒病害由多種蚜蟲傳播，而種植早期的積極使用殺蟲劑可有效減少蚜蟲的傳播，但病毒仍然可能在整個季節內繼續傳播。實際應用方法包括根據蚜蟲遷徙時間點調整殺蟲劑的施用時間，從而降低早期的病毒傳播風險。研究還強調耕作防治的重要性，例如輪作和綠肥作物可減少病毒在田間的傳播。紐西蘭研究也顯示在新媒介昆蟲物種出現時，通常仍需要依賴高強度的殺蟲劑，來防治，這可能會破壞現有的 IPM 系統。
 - (iii) 昆蟲媒介病害的生物學與管理：柑橘黃龍病是全球最具經濟威脅的柑橘病害，這種病害由木蝨媒介傳播。研究結果顯示，木蝨傳播黃龍病的能力與其基因結構密切相關，因此進行了基因組解序以理解其傳播過程。實際應用方法包括使用共生技術 Symbiont 將治療分子傳送到植物內部，並直接在果園中進行田間試驗來驗證這些治療方法的有效性，從而節省實驗室測試的時間和成本。

- (iv) 利用振動通訊干擾昆蟲傳播病害：細菌 *Xylella fastidiosa* 的入侵對南義大利的橄欖園造成了嚴重損失。昆蟲媒介的行為干擾技術是一種永續性的解決方案。研究探討了利用昆蟲的振動通訊來干擾其行為，從而影響病害傳播。通過播放昆蟲的求偶信號、拒絕信號以及天敵的捕食信號，可以顯著改變媒介昆蟲的行為，從而減少病原體的傳播。

(二)、與會同仁論文發表

此次會議臺南區農業改良場共有 3 人參加，分別為張淳淳助理研究員進行口頭報告，報告的題目為 Survey of native egg parasitoid and its variation to the invasive litchi stink bug, *Tessaratoma papillosa*, in the orchards of southern Taiwan; 蔡小涵助理研究員進行海報展示，報告題目為 Evaluation of chitinolytic activity and virulence of *Purpureocillium takamizusanense* strains against *Tessaratoma papillosa* (Drury); 陳盈丞副研究員進行海報展示，報告題目為 Applications of entomopathogenic fungus (*Purpureocillium takamizusanense*) in the biological control of agricultural pests。



圖 6、此次與會同仁於展場合照，由左至右分別為蔡小涵助理研究員、陳盈丞副研究員及張淳淳助理研究員

1. Survey of native egg parasitoid and its variation to the invasive litchi stink bug, *Tessaratoma papillosa*, in the orchards of southern Taiwan: 發表內容為臺南場 109 年執行「臺南區重要作物有害生物防治管理技術之研發與應用(109 農科-8.4.2-南-N1)」中荔枝椿象天敵研究與計畫結束後之後續調查結果。以荔枝椿象與其卵寄生天敵為例，由時間尺度探討原生地之天敵昆蟲對於外來入侵種之適應。調查中發現本土寄生天敵對於荔枝椿象之接受度逐年增加，反映於寄生率與寄生種類數目上。調查也發生，在生物防治策略下，往往選取優勢種經人工繁殖後大量釋放，以增加田間寄生率。而此舉也可能產生優勢種對於其他較弱勢種類之競爭，壓縮其他種類機之生存空間。於生物防治執行前，宜先對於施用環境、物種、作物別等審慎評估，減少對於生態之衝擊。



圖 7、張淳淳助理研究員論文宣讀

2. Evaluation of chitinolytic activity and virulence of *Purpureocillium takamizusanense* strains against *Tessaratoma papillosa* (Drury): 發表內容為臺南場 112 年執行「淡紫菌 TNZZS6 液態發酵量產及應用技術之開發研究 112 農科-1.6.1-南-N1)」中淡紫菌菌株致病力測試結果。淡紫菌 *Purpureocillium takamizusanense* 為自荔枝椿象 *Tessaratoma papillosa* (Drury) 蟲體分離鑑定的蟲生真菌。本研究將臺南地區所收集之淡紫菌菌株樣本進行編號，依據菌株的形態特徵及分子生物學特性進行鑑定，以荔枝椿象成蟲及若蟲作為供試寄主，進行淡紫菌菌株致病力試驗，並以軟體

Probit-MSChart program (Chi, 2021) 估算半數致死時間(Lethal Time 50%, LT50)。另文獻顯示 *Purpureocillium* 屬蟲生真菌之殺蟲機制與幾丁質酶有密切關係，藉由測量淡紫菌菌株於幾丁質培養基所產生的透化圈直徑/菌落直徑之數值來評估菌株之幾丁質分解能力。

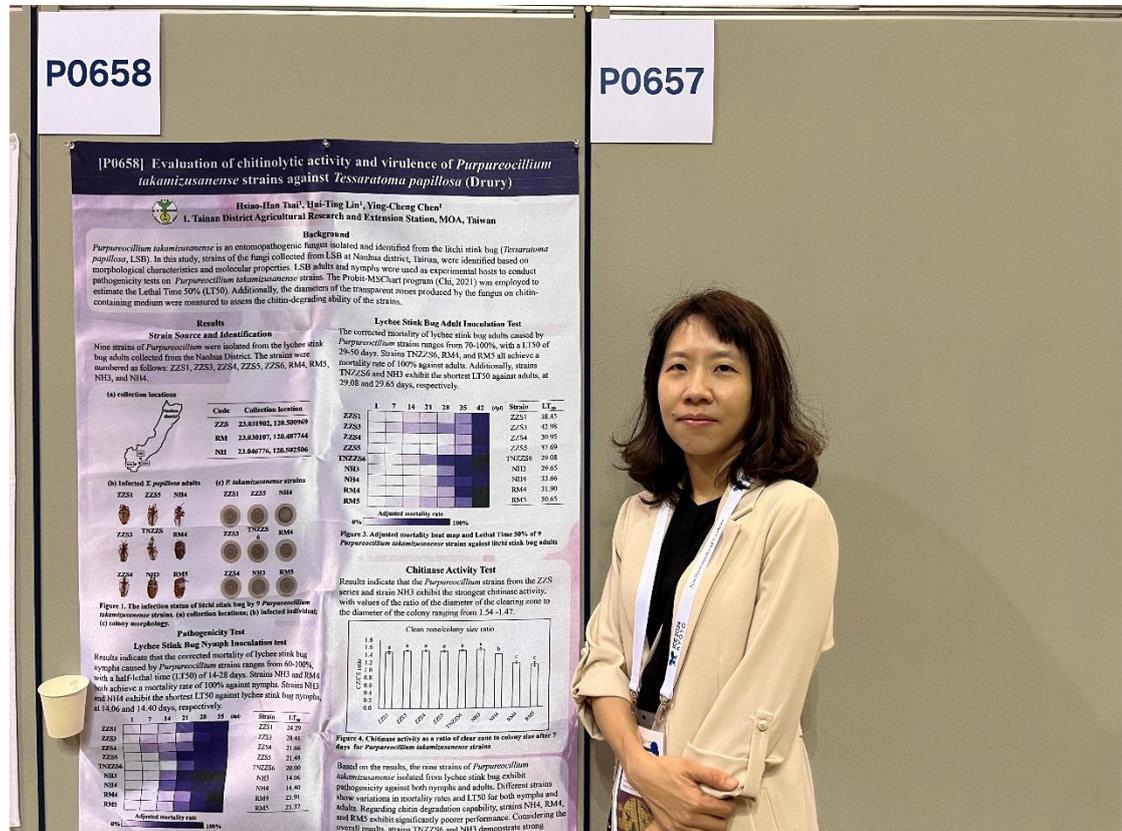


圖 8、蔡小涵助理研究員海報宣讀

3. Applications of entomopathogenic fungus (*Purpureocillium takamizusanense*) in the biological control of agricultural pests: 發表內容為臺南場 112 年執行「淡紫菌 TNZZS6 液態發酵量產及應用技術之開發研究 112 農科-1.6.1-南-N1」中淡紫菌菌株寄主範圍及致死率測試結果。荔枝椿象(*Tessaratoma papillosa* (Drury))的害物綜合管理(Integrated pest management, IPM), 主要是以化學防治搭配移除卵塊以及釋放平腹小蜂等策略進行。蟲生真菌淡紫菌(*Purpureocillium takamizusanense*)分離自臺南市南化區受感染之荔枝椿象成蟲蟲體, 若能將其作為開花期的防治策略之一, 除可解決農藥影響平腹小蜂與授粉昆蟲問題, 亦有助於農藥減量。本研究主要測試淡紫菌 TNZZS6 菌株的寄主範圍與最適培養條件及對荔枝椿象的半致死結果, 以評估未來發展成有效防治作物害蟲的生物製劑之潛力。寄主範圍測試選用膜翅目的平腹小蜂(*Anastatus schichengensis*); 鱗翅目的小黃薊馬(*Scirtothrips dorsalis* Hood); 半翅目的睡蓮蚜(*Rhopalosiphum nymphaeae*)、二點小綠葉蟬(*Amrasca biguttula*)與亞洲柑橘木蝨(*Diaphorina citri*); 鱗翅目的斜紋夜蛾(*Spodoptera litura*)、甜

菜夜蛾(*Spodoptera exigua*)與秋行軍蟲(*Spodoptera frugiperda*)。

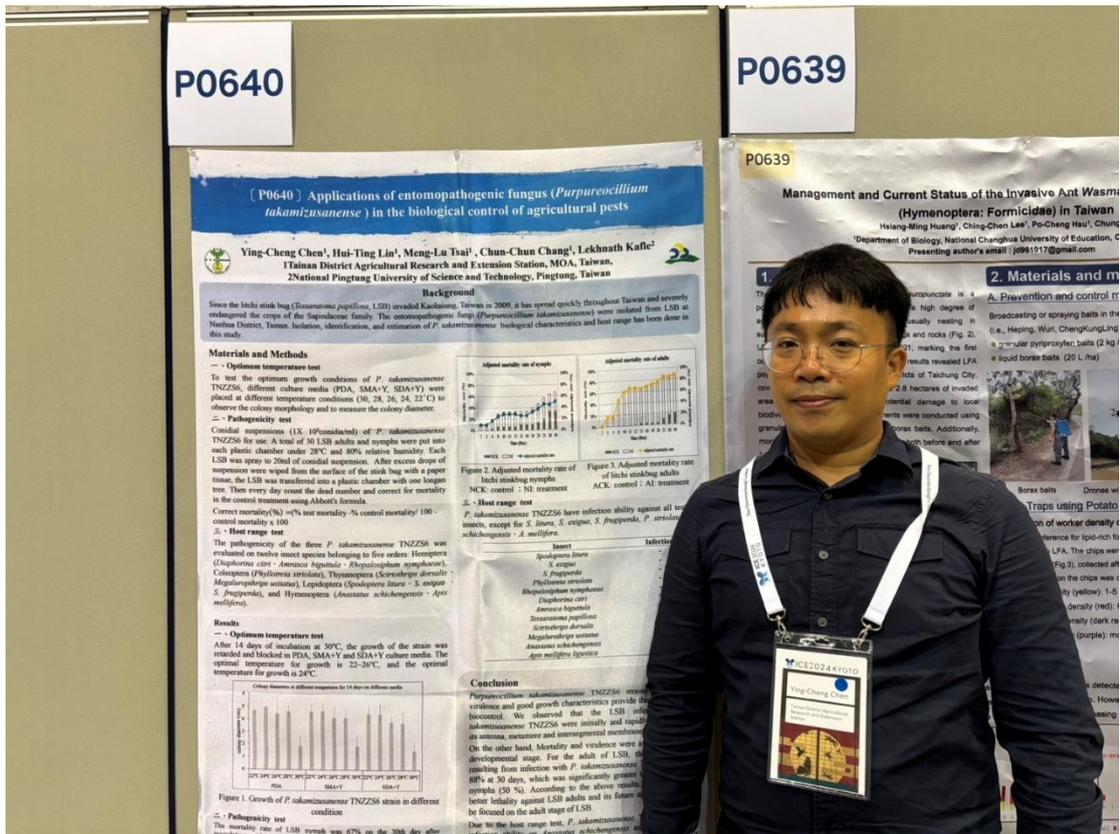


圖 9、陳盈丞副研究員海報宣讀

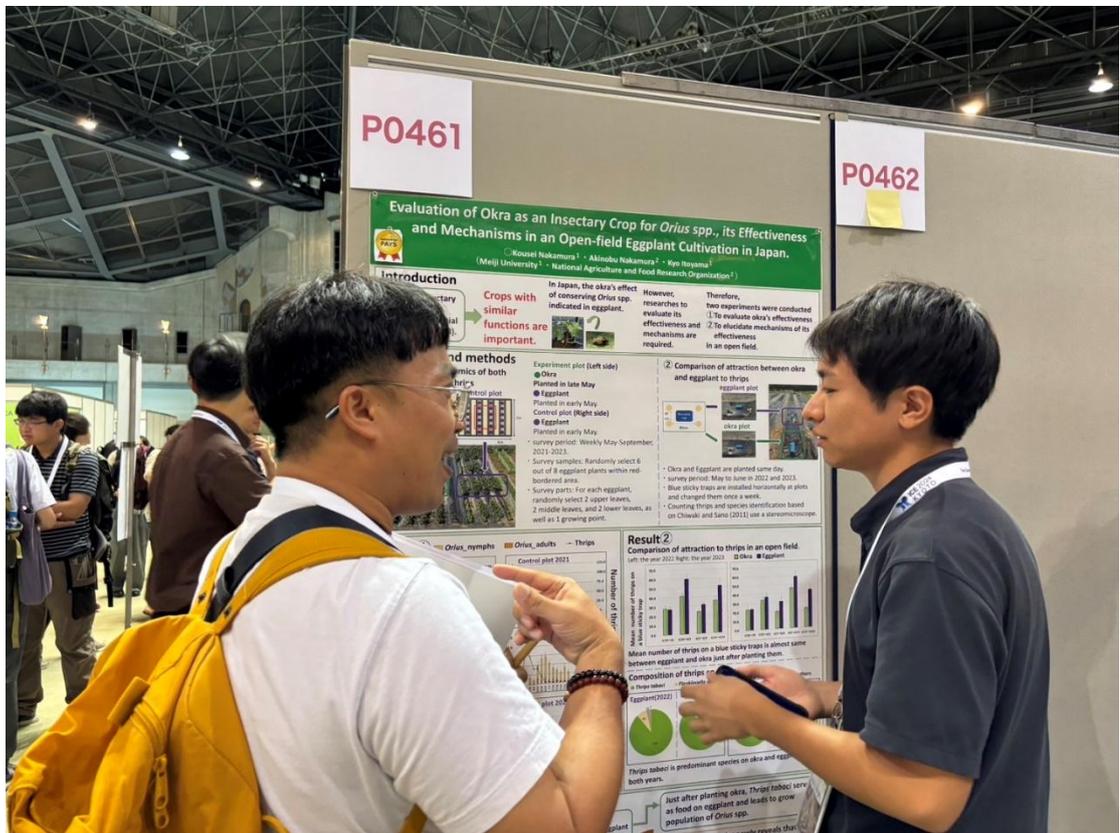


圖 10、陳盈丞副研究員於會場與國外學者進行海報內容討論情形

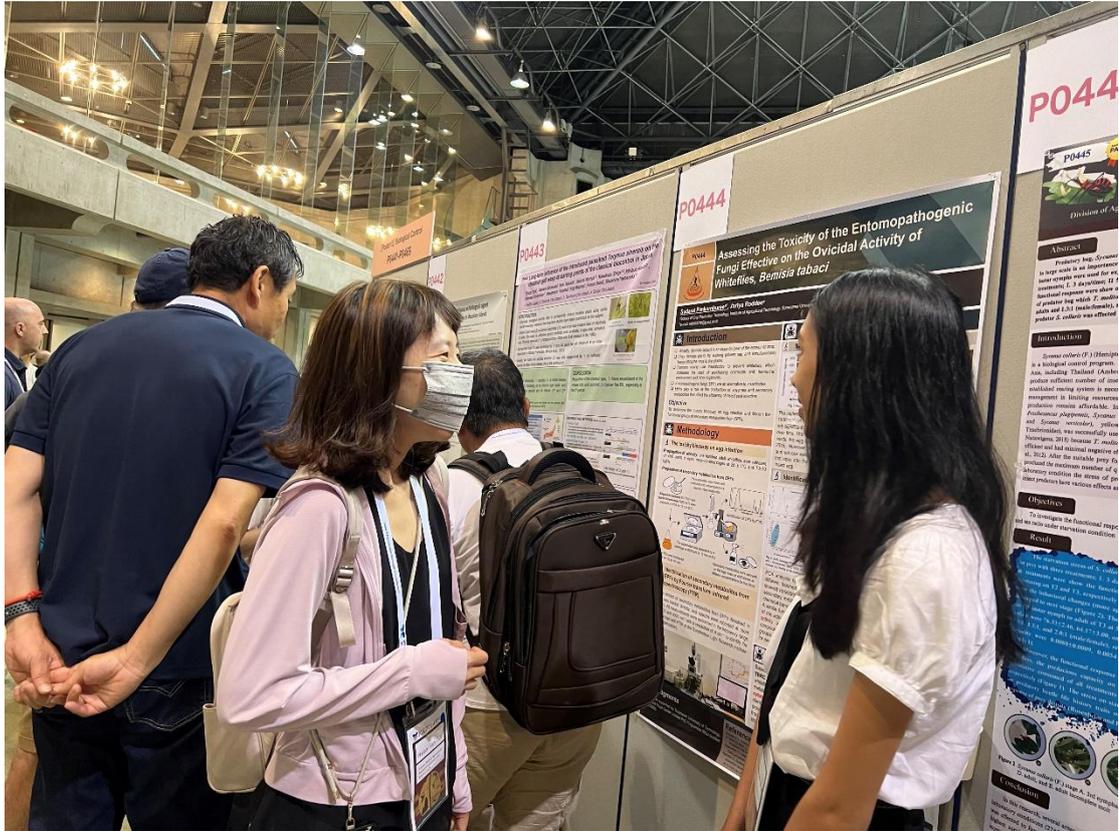


圖 11、蔡小涵助理研究員於會場與國外學者進行海報內容討論情形

四、研習心得及建議

臺灣不乏蟲生真菌的新菌種開發及防治成效之研究，然而在釋放菌種的裝置或配方多元性方面，或可借鏡國外之研究。蟲生線蟲之應用在國外也有相當多元化的研究，但多數仍在試驗階段，離商品化仍有一段距離。在生物防治研究中，近年來積極發展設施內應用各類型捕食性天敵，如菸盲椿與小黑花椿象。另外研討會中介紹了最新的自動化害蟲監測技術、生物仿生學的研究進展，以及先進的害蟲控制技術，對害蟲管理的前沿技術有了更深入的認識。透過自動化監測、生物仿生技術和尖端物理防治手段，現代農業不僅能更加精確地監控害蟲動態，還可以減少對化學農藥的依賴。這些技術不僅符合生態友好的需求，也展示了科技在農業中的潛力，令我對未來的綠色農業充滿期待。

另外透過與國際學者的交流，也可知道各國的研究重點，同時也透過報告內容的害蟲對象，可了解當地的害蟲種類。如許多國家都面臨到外來入侵種褐翅椿的危害，也透過許多防治方法來降低對農業上的危害。褐翅椿，又稱為褐翅綠椿，是一種原產於亞洲的半翅目昆蟲，屬於椿象科。由於全球貿易和交通的增加，褐翅椿象已被意外引入到許多國家並成為外來入侵種。它以其對農作物的嚴重威脅和難以控制的特性，對當地生態環境和經濟作物帶來了極大的影響。為了防止其對當地生態系統和經濟作物的進一步威脅，需要採取綜合防治策略，結合物理、化學、生物和誘捕技術來控制其數量，並減少化學農藥的依賴。隨著防治技術的進步，對這類外來入侵種的治理將會更有效，從而減少其對農業生態系統的損害。相關的研究策略，就可以找出可應用於臺灣荔枝椿象的防治方法，像是寄生蜂的釋放原則、聲音誘引裝置等都是未來臺灣可借鑑的防治策略。

另外於研討會舉辦期間，台灣昆蟲學會主辦及日本昆蟲學會協辦一場學術交流會「Forum for Taiwanese and Japanese Entomologists 台日青年昆蟲學家交流會」，該活動由台日雙方各推選三位年輕世代的昆蟲學研究代表進行演講。台灣方面邀請了中興大學昆蟲學系的李後鋒博士、屏東科技大學的吳立心博士以及台灣大學的邱名鍾博士；日本方面則邀請了京都大學的佐藤拓哉博士 (Dr. Takuya SATO)、九州大學的松尾和典博士 (Dr. Kazunori MATSUO) 和名古屋大學的土岐和多瑠博士 (Dr. Wataru TOKI)。約 90 位來自台灣和日本的昆蟲學家與會交流，開創未來進一步合作機會。

五、附錄



圖 12、台灣昆蟲學會於會場擺設攤位



圖 13、本次研討會台灣團代表大合照

六、参考文献

1. Badgular, C. M., Armstrong, P. R., Gerken, A. R., Pordesimo, L. O., & Campbell, J. F. 2023. Real-time stored product insect detection and identification using deep learning: System integration and extensibility to mobile platforms. *Journal of Stored Products Research* 104: 102-196.
2. Gagnon, Annie-Ève, Boivin, Guy, Bélair, Guy, Mimee, Benjamin. 2019. Prevalence of a nematode castrator of the carrot weevil and impact on fecundity and survival. *Parasitology* 146 (6): 702-707.
3. Gent, H. D., Mahaffee, F. W., McRoberts, N., Pfender, F.W. 2013. The use and role of predictive systems in disease management. *Annu. rev. of phytopatho* 51 (1): 267-289.
4. Shaurub, E. H. 2022. Review of entomopathogenic fungi and nematodes as biological control agents of tephritid fruit flies: current status and a future vision. *Entomolo. Experi. et Applicata* 171 (1): 17-34.
5. Takanashi, T., Uechi, N., & Tatsuta, H. 2019. Vibrations in hemipteran and coleopteran insects: behaviors and application in pest management. *Applied entomology and zoology* 54: 21-29.
6. Wari, D., Takeshi S., Takagi M., Okada R., Miyamoto T., Tezuka T., Shimoda M., Ogawara T.. 2021. The Jekyll and Hyde case of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) in the management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on tomato plants under greenhouse conditions. 10.21203/rs.3.rs-513406/v1.
7. Yanagisawa, R., Tatsuta, H., Sekine, T., Oe, T., Mukai, H., Uechi, N., ... & Takanashi, T. 2024. Vibrations as a new tool for pest management - a review. *Entomol Exp Appl.* 172:1116 - 1127.
8. 農研機構 (2015) 施設キュウリとトマトにおける IPM のためのタバコカスミカメ利用技術マニュアル (2015年版).
9. 農研機構. (2020). 土耕長期越冬作型トマトにおけるタバコカスミカメを中心とした害虫防除体系. *植物防疫*,74(1).

致謝

1. 感謝行政院國家科學技術發展基金管理會及農業部 113 年度「人才培育與研發成果推廣計畫」計畫支應下執行。
2. 感謝臺南區農業改良場場長羅正宗、副場長陳昱初、秘書黃惠琳及作物環境科科長鍾瑞永、作物環境科植物保護研究室主持人吳雅芳等人的支持方能成行。同時感謝出國期間，場內業務及試驗研究由作物環境科植物保護研究室黃秀雯助理研究員及作物環境科植物保護研究室林國詞助理研究員協助代理執行。