

出國報告

出國類別：其他

參加 2021 年美國昆蟲年會線上會議

服務機關：苗栗區農業改良場

姓名職稱：吳怡慧 副研究員

鄭哲皓 助理研究員

線上會議時間：民國 110 年 10 月至 111 年 1 月

報告日期：民國 111 年 2 月 17 日

摘要

本次美國昆蟲年會於 2021 年 10 月 31 日至 11 月 3 日間在美國科羅拉多州丹佛市舉行，可於線上參加至 2022 年 1 月；此次美國昆蟲年會涵蓋生態學、生物防治、昆蟲生理、遺傳學、毒理學、分子生物學、微生物學及智慧農業應用等知識領域。本次線上參加著重在學習各國生物防治相關研究，探討天敵寄生能力、環境適應性、天敵棲地建立、遺傳學、天敵昆蟲的開發應用及天敵與病毒的共生關係等面向，藉由不同層面的角度切入。另外，蒐集在害蟲偵測、都市昆蟲與景觀生態、生物農藥、智慧農業等知識報導，藉此儲備更廣闊的專業知識背景。而本場吳怡慧副研究員參加線上海報發表，發表主題為 *Effects of temperature on the parasitism potential of three *Anastatus* parasitoids for *Tessaratomia papillosa* control*，與國外進行學術交流。經由參加本次美國昆蟲年會，可了解歐美國家的生物防治研究及田間應用相關趨勢，作為未來國內天敵昆蟲商品技術開發之參考，期望透過本次年會獲得新知外，開拓國際視野，精進臺灣生物防治的技術發展。

關鍵字: 美國昆蟲年會、生物防治、天敵

目錄

一、 目的	1
二、 議程	2
三、 議程內容	
1. 2021 美國昆蟲年會議程	3
2. 2021 年美國昆蟲年會視訊內容	3
3. 本國發表	18
四、 心得與建議	19
五、 附錄	20

一、目的

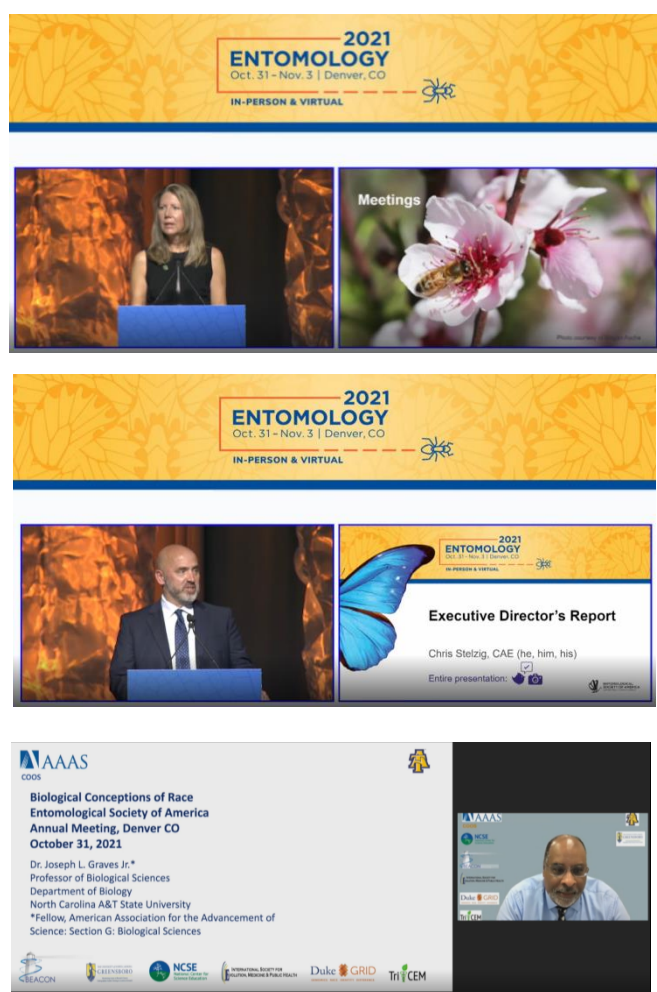
受到 Covid-19 影響，原訂 2020 年度 10 月份至瑞士參加生物防治產業年會活動，由於 2021 年疫情仍無法趨緩，改以線上參加 2021 年美國昆蟲年會，增加應用生物防治相關資訊並與國際趨勢接軌，以做為未來天敵昆蟲商品技術開發之參考。本次美國昆蟲年會於 2021 年 10 月 31 日至 11 月 3 日在美國科羅拉多州丹佛市舉行，於線上可觀看相關影片至 2022 年 1 月。本次年會由吳怡慧副研究員及鄭哲皓助理研究員參與，並參與線上海報發表，發表主題為 *Effects of temperature on the parasitism potential of three Anastatus parasitoids for Tessaratoma papillosa control*. 乙文。



2021 美國昆蟲年會入口網站

二、 議程

日期	會議起訖時間 美國(MST)	活動記要
10 月 31 日	08:45-10:30	開幕式與專題演講
11 月 01 日	09:00-16:30	全體會議+個別會議
11 月 02 日	09:00-16:30	全體會議+個別會議
11 月 03 日	09:00-16:30	全體會議+個別會議+閉幕式



開幕式及專題演講相關照片

三、 議程內容

1. 2021 美國昆蟲年會議程

本次會議議程包括 14 種類型分別為，論文宣讀 55 場次、功能與活動會議 87 場次、醫學、城市和獸醫昆蟲學 41 場次、會員座談會 69 場次、迷你工作坊 3 場次、組織會議 17 場次、生理學、生物化學和毒理學 41 場次、植物昆蟲生態系統 101 場次、全體會議 7 場次、節目研討會 9 場次、部分座談會 60 場次、學生論文競賽 60 場次、系統學、進化和生物多樣性 37 場次及工作坊 4 場次等不同專業領域的演講內容，共計 591 個場次。

海報展覽部分為資訊圖表 16 篇、醫學、城市和獸醫昆蟲學 56 篇、組織會議 6 篇、生理學、生物化學和毒理學 57 篇、植物昆蟲生態系統 203 篇、海報 246 篇、學生競賽資訊圖表 8 篇、學生競賽海報 125 篇及系統學、進化和生物多樣性 80 篇等發表海報內容，共計 797 篇海報。

本次美國昆蟲年會內容豐富，涵蓋生態學、生物防治、昆蟲生理學、遺傳學、毒理學、分子生物學、微生物學和智慧農業應用等知識領域，期望透過本次年會獲得新知外，更能拓展國際視野，精進臺灣生物防治的技術發展。

2. 2021 年美國昆蟲年會視訊內容

主題：生物防治

題目：**Control of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* Hood (Thysanoptera: Thripidae), on roses using an ornamental pepper banker plant system**

講者：**Erich Schoeller**

內文：

小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis*) 為世界性的重要害蟲，能危害柑橘、茶樹、草莓、大豆、玫瑰等多種作物，在美國，玫瑰植株葉片與花苞因小黃薊馬危害產生大量瘡疤，嚴重影響產業。美國防治小黃薊馬主要採用化學防治，然而小黃薊馬體型極小，不易察覺導致用藥時機無法精準，大規模高頻率施用藥劑則導致抗藥性與殘毒的發生機會增加，因此尋找適合的替代防治方式成為當前研究的目標。捕植蟎 *Amblyseius swirskii* 以及 *Amblydromalus limonicus* 分別在美國及歐洲有成功防治薊馬的案例，但在玫瑰上的應用效果有限，若能使用銀行植物 (banker

plants) 直接或間接提供天敵存活所需要的食物、抗逆境環境、產卵空間等，便有機會使天敵昆蟲在作物上的防治效果提高並延長，因此本研究目的在於比較兩種捕植蟎在同一種銀行植物上的表現以及在田間的防治成效差異。

觀賞用辣椒 (ornamental pepper) 因產花能力強、葉片具有蟲室 (domatia) 可供小型昆蟲躲藏、易於培養、外觀受歡迎等優點，經常被研究作為多種天敵銀行植物的可能性。以觀賞用辣椒葉片搭配適當的遮蔽物與獵物薊馬進行捕植蟎室內飼養，結果顯示兩種捕植蟎對小黃薊馬的獵食能力以及捕植蟎的產卵量都沒有顯著差異，兩種捕植蟎在觀賞辣椒上都能有效防治小黃薊馬若蟲並正常繁殖。溫室實驗結果則指出，將觀賞用辣椒與作物玫瑰接觸的情況下，捕植蟎不論直接施用在玫瑰植株或施用在觀賞用辣椒上都能有效防治薊馬，大幅降低葉片與花苞出現瘡疤的情形，並且有效延長捕植蟎族群在玫瑰上的存在時間。若無觀賞用辣椒，直接使用捕植蟎於玫瑰上會造成族群壓制薊馬後找不到獵物迅速消失。

小黃薊馬在台灣也是嚴重影響多種作物品質與產量的重要害蟲，同時，台灣防治小黃薊馬的主要方式與遭遇瓶頸也如同美國，而國內防治小黃薊馬的推薦天敵昆蟲以小黑花椿象 (*Orius* spp.) 為主，因其具有飛行能力，搜索小黃薊馬的能力較佳，但也更容易因為找不到獵物而逃逸並消失於田間。觀賞用辣椒在國外已有許多作為銀行植物應用的研究，不論是捕植蟎或是小黑花椿象都有成功應用的案例。我國研究人員可參考國外的試驗設計與結果來評估國內天敵昆蟲之有效植物銀行，並設計適合國內應用之模式，有效減少探索初期遭遇的困難，並加速找出適合國內天敵昆蟲之相關植物銀行與田間應用模式。

主題：生物防治

題目：Growers produce their own biocontrols using commercial aphid banker plants

講者：Carol Glenister

內文：

蚜蟲是各種作物上常見的小型害蟲，於環境適合時（如涼爽天氣、溫室）容易造成大爆發，導致作物生長緩慢甚至感染病毒病害，因為體型小不易察覺，容易隨植株、介質、氣流或工作人員帶入田間，農民為防治蚜蟲入侵需要定期檢查植株與田間環境，費時費力。蚜蟲寄生蜂被認為能夠阻擋蚜蟲入侵田間的天敵昆

蟲，然而蚜蟲寄生蜂在田間若無蚜蟲寄主便不會出現，定期在田間施放蚜蟲寄生蜂成效不佳而且浪費許多人力與金錢成本，因此在田間培養特定的蚜蟲種類族群，作為替代寄主供寄生蜂延續族群成為改善施用的一種方式。這些蚜蟲種類不會危害田間作物，同時能作為寄生蜂的獵物延續後代，讓寄生蜂族群留在田間持續防治可能入侵的其他蚜蟲。

國外目前可作為應用在田間，成功作為寄生蜂替代獵物，同時不影響多數作物生長之「寄主植物—蚜蟲—寄生蜂」飼養模式，分別為「穀類作物—稻麥蚜 (*Rhopalosiphum padi*)—寄生蜂 *Aphidius colemani*」以及「豆科作物—碗豆蚜 (*Acyrtosiphon pisum*)—寄生蜂 *Aphidius ervi*」兩種。*A. colemani* 可防治田間的棉蚜 (*Aphis gossypii*) 與桃蚜 (*Myzus persicae*)；*A. ervi* 則能防治 *A. colemani* 所無法寄生的馬鈴薯蚜 (*Aulacorthum solani*) 以及馬鈴薯長管蚜 (*Macrosiphum euphorbiae*)。兩種寄生蜂偏好的蚜蟲種類與蚜蟲體型不同，因此分別使用對作物專一性較高的稻麥蚜與碗豆蚜，藉此降低作物可能受到蚜蟲危害的風險。而蚜蟲的寄主植物種類會影響蚜蟲繁殖速度與飼養成本，因此選用大麥或禾本科牧草飼養稻麥蚜，碗豆蚜則以蠶豆或羽扇豆 (魯冰花) 來飼養。將帶有蚜蟲的寄主植物盆栽放置在田間，大概兩週左右便能發現寄生蜂前來寄生蚜蟲，即使七八月高溫環境下仍可有效吸引田間寄生性天敵昆蟲進入。

國內應用寄生性天敵於農業環境的案例與捕食性天敵相比較少，原因除了寄生性天敵專一性較高、防治速度較緩慢外，另一點便是田間無獵物寄主時，天敵會因為無法完成生活史，族群中斷而強制從田間消失。若能順利應用寄主植物—蚜蟲—寄生蜂之飼養系統於田間，不但能維持寄生性天敵族群，減少人工施放的成本，還能吸引田間周遭的寄生性天敵一同協助防治田區害蟲，極具開發潛力。然而，這套飼養系統在研究中也有提到需要克服的難題，像是作為獵物的蚜蟲需要維持族群與品種純度，需要額外花費成本與空間維護、接種蚜蟲到釋放於田間需要計算時間，避免蚜蟲族群過高反而先將寄主植物殺死，一種寄主植物上若欲飼養多種蚜蟲來吸引不同種寄生蜂，會導致蚜蟲間彼此會競爭，最終只剩下少許幾種蚜蟲造成吸引及維持天敵效果下降等問題，因此若要實際應用，國內可能需要專門生產的廠商與相對應的市場。此外，目前已知的飼養系統，能防治的蚜蟲種類有限，但田間危害的蚜蟲種類可能相當眾多，壓制部份種類的蚜蟲將會造成其他種類蚜蟲族群上升，因此寄主植物—蚜蟲—寄生蜂的應用與組合研究仍需要

持續進行。

主題：生物防治

題目：Exploring native predatory hemipteran species for use as biological controls in Canadian vegetable production

講者：Paige L. Desloges Baril

內文：

加拿大的溫室番茄產業能全年供應番茄鮮果，因此對容易入侵溫室並造成為害的小型害蟲非常敏感。番茄斑潛蠅 (*Tuta absoluta*) 是能夠危害豆類、瓜果類、茄科等作物的雙翅目國際性害蟲，容易藉由種苗帶蟲、溫室漏洞、上期作物的植株殘體帶蟲等途徑侵入溫室，危害作物葉片並在嚴重時造成園區所有植株葉片焦枯死亡。番茄斑潛蠅除了造成加拿大的溫室番茄減產外，生產者還要負擔額外防治成本並面臨出口檢疫的風險，同時溫室番茄連續採收的特性使生產者採行化學防治時遭遇更多的困難，因此急需開發替代性非農藥防治手段。天敵生物防治在溫室能針對小型害蟲發揮良好防治效果，其中又以本土性天敵昆蟲對環境危害較小，管制程度與風險最低，富有開發價值。然而針對本土性天敵昆蟲物種進行開發與評估並不容易，因此了解該以何種指標或特性評估本土物種是否具有生物防治之潛力，將影響替代性非農藥防治手段的開發速度與種類多寡。

以加拿大可能作為生物防治的潛力捕食性本土椿象 *Dicyphus discrepans* 和 *D. famelicus* 為例，選用椿象的原因在於他們食性廣泛飼養難度較低，而且親緣物種已有商品化的紀錄，從篩選至量產應用的速度會比較快。評估方面，潛力天敵昆蟲的指標種類眾多，像是：

1. **在作物上建立族群的速度：**交尾後的潛力天敵成蟲在食物充足的情形下能在固定時間內於作物上產生多少後代。影響天敵後續的施放頻率。
2. **在作物上的分佈情形：**潛力天敵昆蟲取食獵物偏好的植物高度與位置。影響可用的植物年齡與推薦施放位置。
3. **抑制害蟲的速度：**在獵物充足的情形下，潛力天敵昆蟲固定時間內可取食多少獵物以及取食種類。影響防治效果與推薦施放時機。
4. **使用不同飼料量產的效果：**不同飼料組成、型態對於潛力天敵昆蟲的存活率、生長速度等效果。影響人工生產之成本與田間維持手段。

其他指標包含潛力天敵昆蟲是否會危害作物、在多種作物防治同一害蟲的效果差異、溫室防治試驗等，而雌雄蟲對於上述指標的反應可能有所差異，因此試驗時須考慮控制雌雄數量比。

由於氣候變遷以及現代農業操作模式，農業害蟲有逐漸小型化的傾向，具躲藏習性、高繁殖力、高抗藥性風險的小型害蟲容易使農民施用化學藥劑效果不佳，進而導致增加使用藥劑的頻率與種類甚至出現濫用農藥之情形，因此開發多樣化的天敵昆蟲來防治各種小型害蟲實有必要。為避免風險評估不當導致引入的天敵昆蟲反而成為新興害蟲，天敵生物之開發傾向以本土物種為優先，然而除了防治成效外，如何評估一個生物是否具有生物防治的潛能，是研究開發上所困擾的大問題。參考國外可行的評估模式，並注意國外研究結果造成差異的可能原因，將其應用在國內篩選本土天敵生物，應能增加本土潛力天敵投入田間應用的速度與種類。

主題：生物防治

題目：Helping native parasitoids eat invasive species from the inside out

講者：Marianna Szucs

內文：

古典生物防治 (Classical biocontrol) 是指從害蟲原生地尋找和引入天敵來使用的防治方法，引入的天敵經歷數十個世代的演化後，有機會能產生適應當地氣候環境的品系，本研究將觀察自 1970 年代從義大利引入用來防治新疆千里光 (*Tansy ragwort*, *Senecio jacobaea*) 的金花蟲，在經過約 20~30 個世代後是否已演化出適應當地氣候的品系。實驗中使用了三個品系，源自義大利的品系、實驗場地胡德山 (Mt. Hood) 當地的品系、源自瑞士的品系。實驗結果呈現了幼蟲的越冬存活率，胡德山品系的存活率顯著高於義大利品系，表示在 30 個世代內有演化適應的現象發生，而原本生活在更寒冷氣候的瑞士品系幼蟲越冬存活率最高。

為了測試雜交能否增加物種的適存度 (fitness)，將義大利和瑞士品系的金花蟲雜交，結果顯示雜交後代的產卵量顯著高於純品系，雜交品系在害草防治表現上也優於瑞士品系，在實驗處理的每株植物上能找到的幼蟲數量也是雜交品系高於瑞士品系，可見雜交有機會使天敵在防治上有更好的表現。

引入國外的天敵常伴隨著對生態造成影響的風險，近年這種生物防治方法在

全球已逐漸減少，包含台灣在內的許多國家甚至立法禁止，現今對付外來入侵種的生物防治手段偏好尋找本土性的天敵，但這種方法有個缺點，外來入侵種和本土性天敵之間缺乏共演化的歷史，能適應新的外來寄主的通常只占族群的一小部分，能適應新寄主的基因流難以撼動適應本土寄主的基因流，導致本土天敵對外來種的防治能力無法提升，目前的解決方法是在實驗室內使用外來寄主大量飼養本土天敵，以人為方式創造適應外來寄主的基因流，在大量釋放到田間加速野外族群對外來寄主的適應。為了驗證上述方式是否真的有效，實驗使用兩種寄生蜂 *Trichopria drosophilae* 和 *Pachycrepoideus vindemmiae*，牠們在原寄主 *Drosophila Suzukii* 寄生表現較好，在新入侵的 *Drosophila melanogaster* 上表現較差，而在強制使用新寄主飼養後，比較親本和第 3 個世代的寄生表現，第 3 世代的寄生表現較高。本研究內容是寄生性天敵常會面臨的問題，寄主選擇是繁殖上重要的一環，並且是受基因調控的行為，利用演化適應的概念協助本土性天敵適應外來的新寄主是能廣泛應用到各種寄生性天敵的方法。

主題：生物防治

題目：**Hidden host mortality from *Trissolcus japonicus*: Conventional and molecular evaluation of non-target risk to native pentatomids**

講者：James Hepler

內文：

茶翅椿 (Brown marmorated stink bug) (*Halyomorpha halys*) 在美國是嚴重入侵害蟲，目前引入了茶翅椿在原生地的主要寄生蜂 *Trissolcus japonicus*，是一種單元寄生的卵寄生蜂。在引入外來天敵時會需要做生態衝擊評估，評估要引入的天敵是否會對本土的物種造成傷害，過去有研究發現 *T. japonicas* 在茶翅椿卵上的寄生率約在 70~80%，而對其他本土椿象卵的寄生率約在 5%，乍看之下 *T. japonicas* 對本土生態衝擊不大，但寄生率只呈現了寄生蜂的繁殖性寄生，寄生之後新一代的寄生蜂有成功羽化出來才會被算進寄生率中，同一篇研究中也發現了疑似非繁殖寄生的狀況，有兩種本土性椿象卵在與 *T. japonicas* 接觸後會有約 30~40% 的卵沒有椿象孵化也沒有寄生蜂羽化，在解剖卵之後更發現其中一種椿象未孵化的卵中有高達九成都是發育失敗的寄生蜂，可見 *T. japonicas* 的非繁殖效應 (Nonreproductive effect) 相當明顯，因此本研究將利用 DNA 條碼 (DNA

barcoding) 技術更精確評估 *T. japonicas* 的非繁殖效應對本土椿象的影響有多大。

本研究使用三種美國本土椿象 *Chinavia hilaris*、*Euschistus conspersus*、*Podisus maculiventris* 和外來種茶翅椿 (*H. halys*) 的卵，將卵黏在紙片上後釘掛在泡桐屬(*Paulownia*)植物葉片背面，3~4 天後收回並掛上新的卵，同一個地點茶翅椿和本土椿象的卵會輪流使用，藉此模擬自然狀態和避免交互吸引的問題，收回後放置 6 週以上等待寄生蜂羽化，發育失敗的卵會先依卵的解剖結果進行歸類，歸類的項目分別是未羽化的寄生蜂、未孵化的椿象、未發育的卵、黑色膠狀物，之後再使用 DNA 條碼技術進行檢測，判斷發育失敗的卵是不是肇因於 *T. japonicas* 的寄生，*T. japonicas* 的專用引子 (Primer) 由 Dr. Kacie Athey 開發，卵期到羽化前的 *T. japonicas* 都能檢測得出來。

實驗結果中 *P. maculiventris* 的被寄生率超過 60%，是四種椿象裡最高的，而排名第二的茶翅椿被寄生率約為 30%，*T. japonicas* 在三種本土椿象的非繁殖性寄生率都明顯高於繁殖性寄生率，茶翅椿和 *P. maculiventris* 上的繁殖性寄生率相近，約為 25%，發育失敗的卵依解剖結果歸類後，不同種的椿象在同一項目內被寄生率是不同的，也就是無法依照未發育卵的解剖結果來判斷是不是或有多少機率被 *T. japonicas* 寄生。在為期一個多月的調查中，*T. japonicas* 在四種椿象卵的寄生率、繁殖性和非繁殖性寄生的比率時間分布上沒有清楚的相關性。

在評估寄生性天敵對非目標寄主的寄生率時需要將非繁殖性寄生的影響考慮在內，非繁殖性寄生能寄生造成寄主死亡，但沒有寄生蜂羽化，從實驗結果可知非繁殖性寄生所造成的影響很重要，但評估時需使用 DNA 條碼技術，比原先只觀察繁殖性評估的方法更費時費工。

主題：生物防治

題目：Parasitoid wasps, viruses, and prospects for biocontrol

講者：Kelsey A. Coffman

內文：

寄生蜂的寄生能力與寄主的防禦機制、免疫系統有著共演化的競爭關係，部分寄生蜂繁殖器官內共生著的病毒便是這其中的一大課題，這些病毒會在寄生蜂產卵時一同進到寄主體內，病毒會感染寄主的細胞，進而調控寄主的生理，以此

方式塑造出有利於寄生蜂發育的環境，而寄生蜂也幫助了病毒的繁殖與傳播，寄生蜂和內共生病毒也有共演化關係，不同類群的寄生蜂共生的病毒類群也會不同，本研究聚焦於寄生果實蠅的 *Opiinae* 亞科寄生蜂 *Diachasmimorpha longicaudata*，和牠的內共生病毒(痘病毒的一種)。 *D. longicaudata* 在夏威夷主要有兩種寄主，地中海果實蠅 (*Ceratitis capitata*) 和東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*)，雖然 *D. longicaudata* 還會寄生瓜實蠅 (*Zeugodacus cucurbitae*)，但無法成功羽化出成蟲，作者設計了一系列實驗逐步瞭解寄生蜂、病毒和果實蠅之間的關係。

首先讓寄生蜂寄生三種果實蠅的幼蟲，在之後的五天中每天取樣檢測果實蠅體內的病毒量，結果顯示地中海果實蠅體內的病毒量在五天中沒有顯著的變化，東方果實蠅的病毒量上升，而瓜實蠅的則是下降，可見寄生蜂的共生病毒能不能在寄主體內繁殖存續與寄生成功率相關。為了測試沒有寄生蜂幼蟲取食的情況下，單靠病毒能否殺死果實蠅，將三種劑量的病毒人工注射到三種果實蠅幼蟲體內，三種劑量分別為原劑量 (寄生蜂寄生時注入的病毒量)、0.2X、0.1X，記錄最終發育到成蟲的存活率，原劑量下地中海果實蠅和東方果實蠅的存活率為 0，瓜實蠅的存活率為 2.8%；稀釋 0.2X 的劑量下地中海果實蠅、東方果實蠅和瓜實蠅的存活率分別為 0、1.4、42.6%；稀釋 0.1X 的劑量下地中海果實蠅、東方果實蠅和瓜實蠅的存活率分別為 10.8、42.5、74.2%，結果顯示即使只有病毒也能使果實蠅死亡，且對於合適寄主的地中海果實蠅和東方果實蠅而言，在低劑量下仍有不錯的致死效果，人工注射病毒後觀察果實蠅體內病毒量的變化，可以發現病毒的繁殖與否跟之後寄主的存活率有相關性。作者也觀察了人工注射病毒後 48 小時內兩種病毒基因產物的表現量，分別是 DNA 聚合酶和病毒核心蛋白 P4b，兩種產物隨著時間的表現量都有相同的趨勢，在地中海果實蠅和東方果實蠅中表現量都是隨時間逐漸上升的，而瓜實蠅中即使表現量曾經上升過，但到了 48 小時都降到幾乎消失的程度，表示病毒無法在瓜實蠅內繁殖和存續。

作者認為未來我們有機會將寄生蜂內共生病毒的基因轉接到果樹的基因內，在果實上表現病毒的基因產物，成為抗果實蠅基改作物，使果實蠅幼蟲吃了之後死亡，藉此抑制果實蠅族群，如果未來能詳細瞭解病毒與果實蠅分子層面上的關係和生理運作途徑，便有機會開發出新型的殺蟲劑。

主題：生物防治

題目：Exploration and study of the native parasitoids for biological control of invasive spotted-wing drosophila

講者：Subin B. Neupane

內文：

鈴木氏果蠅 (Spotted-wing drosophila) (*Drosophila suzukii*) 原生於東南亞，是美國入侵性害蟲，自 2008 年入侵加利佛尼亞州，在 2014 已幾乎擴散到全美，成長速度快、繁殖潛力大，在 25°C 下 8~10 天就能完成一個世代，能危害大部分夏季時的柔軟水果，在果實成熟期是危害的高峰期，且因為世代週期短，能在短時間內再次危害果實，施藥時機難以掌控，再加上危害時間接近採收期，使用農藥的話會有藥劑殘留的問題，因此生物防治是目前正在研發中的替代方案。鈴木氏果蠅在美國目前有 5 種已知的寄生蜂，其中三種為外來寄生蜂 *Asobara japonica*、*Leptopilina japonica*、*Ganaspis brasiliensis*，兩種本土寄生蜂 *Pachycrepoideus vindimiae*、*Trichopria drosophilae*，為了尋找和評估適合用來防治鈴木氏果蠅的寄生蜂物種，本研究將在商業性藍莓田進行調查，觀察目前寄生蜂的豐富度與時空分布。

本研究使用陷阱調查，分別在商業性藍莓田和周圍可能的替代棲地設置陷阱，陷阱中放置被鈴木氏果蠅感染的果實，陷阱會設置 7~10 天讓幼蟲和蛹都有機會被寄生，陷阱設置的時間為 6-7 月，包含了藍莓的初熟期、成熟期、採收期和採收後，總共設置了超過 1500 個陷阱，陷阱收回後會放置 6 週以上讓寄生蜂羽化，所有死亡的果蠅蛹都會被解剖釐清死因，分別計算寄生率和羽化率。

結果總共收集到 184 隻寄生蜂，超過 95% 屬於環腹瘿蜂科 (Figitidae) *Leptopilina* 屬，另外 5% 近似 *Pachycrepoideus vindemiae*，為蛹寄生蜂，更精確的鑑定工作仍在進行中。採集到的寄生蜂中有 94% 是採自田區周邊的陷阱，6% 採集自藍莓田區，講者認為寄生蜂空間分布的差異跟殺蟲劑的使用有關，田區內的寄生蜂難以存活；時間分布上寄生蜂數量從初熟期到採收後逐漸上升，在採收後採集到最多的寄生蜂，之後寄生蜂數量再次下降，呈鐘形曲線，講者認為這也跟農藥的使用有關，田間農藥的使用也影響到周邊的寄生蜂族群，只有在採收期後不再使用農藥，寄生蜂族群才得以上升。

主題：生物防治

題目：Developmental plasticity induced by heat waves in a predator-prey system

講者：Thomas Tscholl

內文：

近幾年來全球受到的氣候暖化的影響，世界各地頻傳受到高溫(熱浪)侵襲的新聞出現，高溫受溫度的持續時間、頻率和強度等因素所影響。高溫環境對變溫物種(節肢動物)，在幼蟲生存和發展構成挑戰。在高溫發生時，節肢動物可以透過發育可塑性進行生理調控，會對捕食者及其獵物產生不同的影響。

作者採用浮葉法進行試驗，採用捕食者-智利小植綫蟎 *Phytoseiulus persimilis* 與被捕食者-二點葉蟎 *Tetranychus urticae* 這兩種生物防治的經典物種進行試驗，在幼年發育期，分別使用溫和與極端的高溫條件，檢驗這一假設。

經由作者試驗結果顯示，極端高溫條件會使葉蟎在年齡和成熟期大小的發育可塑性發生變化，葉蟎在高溫下額外攝入的養分可提供生長發育所需，使發育率增加 60%，而捕植蟎增加率僅為 45%。在高溫發生時會加速葉蟎的發育，縮短卵期、前若蟎期、後若蟎期發育所需時間，進而減少葉蟎與捕食者的接觸時間。普遍來說捕植蟎體型通常比葉蟎大，但在極端高溫時雌性葉蟎仍可保持較大體型，但捕植蟎則無此優勢存在。當雌性捕食者與獵物之間的體型比例有差異時，雌葉蟎具有更高的存活率，因為較大的獵物能抵禦較小捕食者的攻擊，造成日後智利小植綫蟎對二點葉蟎的生物防治成效降低。此外體型大的葉蟎，具有壽命較長、生育能力、耐熱性等特點，藉此達到快速調適極端的氣候變化。

透過本次報告了解到捕食者(天敵) *P. persimilis* 與被捕食者(獵物) *T. urticae* 能夠通過發育調控來適應高溫氣候，並可在一個世代內快速發生改變。當天敵受到高溫發生頻繁且強度增加時，需要進行額外的試驗檢視高溫是否會干擾捕食者和獵物的後代特徵(跨代效應)。經由試驗設計來驗證捕食者和被捕食者的其他生理特性，例如交配行為、繁殖力和成蟲存活率等都可能發生改變，例如，將雌性葉蟎與捕植蟎暴露在 30°C 和 35°C 的恆溫環境下，觀察卵生殖量的影響，另外，高溫還可能改變葉蟎的寄主植物的營養成分，會對葉蟎造成直接影響，對捕食者產生間接影響，都可以進行探討。

主題：生物防治

題目：Positioning *Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis* as a strong candidate for augmentative biological control of phytophagous mites and thrips

講者：Prakya Sreerama Kumar

內文：

Polyphagotarsonemus latus (多食細蟎) 是一種全球性害蟲，在印度會危害桑樹葉片，造成桑葉產量下降，降低蠶繭 40%產量與 70%的絲綢生產量。因此作者評估 *Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis* (Acari: Phytoseiidae) 做為新的生物防治天敵可行性，*T. (A.) transvaalensis* 廣泛分佈於世界許多熱帶和亞熱帶地區，屬於 TYPE III 型-廣食性捕食蟎類，主要生活在短柔毛葉片上，*T. (A.) transvaalensis* 釋放在露天栽培和溫室作物時，可補食植食性葉蟎與薊馬，具生物防治發展潛力。作者在 2020 年 9 月至 2021 年 1 月在印度卡納塔克邦拉馬那加拉地區進行的兩次田間試驗中，釋放 *T. (A.) transvaalensis* 後，使 *P. latus* 的種群數量減少了 94.4%和 86.1%，結果顯示 *T. (A.) transvaalensis* 可有效的防治桑樹上的害蟎，並可防治桑樹上的 *Pseudodendrothrips mori* (桑薊馬) 及芹菜上 *Tetranychus urticae* (二點葉蟎) 及減少 *Scirtothrips dorsalis* (辣椒薊馬) 危害率。同時研究 *T. (A.) transvaalensis* 是否會對 *Bombyx mori* (家蠶) 產生干擾，研究結果表示，*T. (A.) transvaalensis* 不會影響家蠶各齡期的生長發育。綜合上述各項優點，作者認為 *T. (A.) transvaalensis* 是印度有機農業生產中，具潛力強大生物防治候選天敵。

於實驗室階段時，選用玫瑰、木薯、幾種蔬菜和各種觀賞植物的葉蟎做為 *T. (A.) transvaalensis* 食物來源可以減少天敵大規模生產時，不易受到食物取得困難或食物短缺等因素影響，因此在天敵大量飼育開發過程，優先評估飼育天敵的取食性偏好性，透過相關試驗設計方法，找出最合適的食物來源，作為生產天敵的技術參考。

主題：害蟲監測

題目：Identification of alternative hosts of flower thrips invading blueberry fields in Georgia

講者：Rosan Adhikari

內文：

薊馬因體型細小、移動力強、繁殖速度快、寄主廣泛等原因，成為世界各

國多種農業作物上的重要害蟲。美國喬治亞州因氣候與土壤環境適合種植藍莓，年產值可達 1.3 億美金，而薊馬則是美國藍莓的重要害蟲，種類包含美東花薊馬 (*Frankliniella tritici*)、西方花薊馬 (*Frankliniella occidentalis*)等，薊馬除了取食危害造成花朵與果實受損，還會傳播病毒病害造成植株產量永久下降。當地農民針對藍莓上的薊馬主要採用化學藥劑防治，長久使用藥劑導致薊馬產生抗藥性同時造成當地天敵與傳粉昆蟲生長受到抑制，因此需要尋找其他替代手段減少化學藥劑施用。

了解害蟲的中間寄主以及替代寄主，將其移除或事先進行防治可以預防害蟲入侵並減少農作物接觸農藥的機會。因此針對作物田區周圍設置黃色黏板、定期採集田區周圍的植物花朵進行採樣調查，藉此了解薊馬發生時機以及在田區周圍棲息於何種植物上。然而，調查結果顯示因為調查時間不夠長，僅為時一個月，其觀察時間剛好在薊馬密度較低的時候，且同時取樣植物只採已綻放的花朵，樣本數量不夠，因此沒能獲得顯著差異與具體結論。因此在進行調查前，應先了解當地作物生長期與害蟲發生時間，並確定害蟲偏好的植物部位以利採樣，調查時間應跨越至少一個產季，以免取樣錯誤或數量太少影響結果。

主題：害蟲監測

題目：Three years of areawide armyworm trapping in rice: What we have learned

講者：Luis Espino

內文：

在美國加利福尼亞州的水稻田區，常頻繁遭受 *Mythimna unipuncta* 幼蟲危害水稻生長，受到幼蟲體型小與卵粒小等因素，導致害蟲不易在田間被發現，因此利用費洛蒙誘引成蟲進行長期監測，作為早期蟲害預警監測。

作者在 2018 至 2020 年期間，於美國加州利用費洛蒙誘捕雄性飛蛾，監測 *M. unipuncta* 在田間數量消長的變化。作者表示每年在加州會有 2 次的蟲害高峰期，主要是受到成蟲開始飛行並於田間產卵，造成蟲害發生，作者也表示捕獲成蟲數量與幼蟲發生數量可能不具有相關性，雖然利用費洛蒙監測在水稻 IPM 有其價值性，但會受到不同地景及誘引器位置，造成差異性影響雄蛾捕獲數量，其干擾因素仍然未知。

作者在研究中，將費洛蒙誘引器裝設於不同地區的稻田，評估捕獲雄成蛾的時間和空間關係，各誘引器的間距為 0.8 英里。每週檢查陷阱並計算雄蛾數量。使用相關性和 SADIE 進行分析，測試捕獲數量及檢視數據是否與單個陷阱相關，以及捕獲數量是否在測試的空間尺度與空間聚合。作者發現，雖然捕獲數量與時間有部分相關，但仍以空間存在大量可變性，在雄蛾種群出現達到高峰後約 3 到 4 週，田間可以發現大量老熟幼蟲（第 5 和第 6 齡）。這些結果有助於完善對水稻中 *M. unipuncta* 以及其他種植系統中的蛾類害蟲的模板建立。捕獲的飛蛾比例與每個採樣日期和年份發現的幼蟲比例有關，該資訊可用於提醒水稻管理者監測水稻中 *M. unipuncta* 的最佳時機。

本次報告雖然是對水稻害蟲的監測進行研究，主要探討田間害蟲好發時間與可能發生的原因，並建立監測系統，該系統可以套用在不同在栽培作物模式上，例如，臺灣在 2019 年時發現玉米遭受秋行軍入侵，在撲滅害蟲後，田間的監測工作仍須持續進行，可採用此方法找尋可能發生的熱點，直接進行防治作業。

主題：害蟲監測

題目：Linking warmer temperatures, greater insecticide use, and worsening pest outbreaks

講者：Michael S. Crossley

內文：

「氣溫上升造成害蟲繁殖速度增加、危害速度變快，進而造成農民施藥頻率與用藥量持續增加」是目前氣候變遷對農業造成影響的普遍認知，然而害蟲造成的損失受到氣候（高溫、降雨）、環境（作物組成、野生植物相）、農業操作（農藥施用、非農藥防治）等因子交互作用，這些因子隨時間不斷變化進展，因此需要持續進行研究探討。

2018 年至 2019 年針對美國喬治亞州進行觀測，定期紀錄當地菸草粉蝨 (*Bemisia tabaci*) 的發生趨勢與發生數量，同時探討作物種類、農業操作方式、氣溫等因子造成的影響。結果顯示，農藥使用量較高的地區 (>3kg/ha) 反而紀錄到的菸草粉蝨數量較多 (>80 隻/天)，同時氣溫較高的地區偵測到菸草粉蝨的時間點比較早。此外，田區的作物組成對於害蟲發生也有影響，部份縣市田區種植甘藍與棉花，結果甘藍先發生菸草粉蝨但數量隨時間逐漸下降，而鄰近的棉花田則

出現菸草粉蝨逐漸增加的情形。由此調查結果推論，氣候變遷造成的高溫現象有助於害蟲提早發生，同時害蟲對作物種類與生長時期可能有偏好性，會造成害蟲遷移與發生時間出現變化。害蟲發生初期使用化學農藥可以有效壓制其族群，但後續害蟲大發生時可能需要倚賴環境中的其他抑制力(捕食者、病原菌等)一同作用才能降低危害，然而農藥的過量使用減少了環境中的其他天敵，因此害蟲持續維持高密度的狀態。

時間、環境、野生動植物組成、氣候等因子錯綜複雜，彼此相互作用影響整個生態環境，連帶造成作物生長、產量以及害蟲發生與危害程度上的變化。氣溫上升造成害蟲提早發生已是全球共識，紀錄溫度與害蟲發生關係，並逐步納入其他因子將成為預警系統建立以及精準用藥的重要依據。此外，使用化學藥劑時須注意田間天敵的保留，像是分區噴施、種植棲所植物、使用低毒農藥等，以免化學藥劑無法壓制害蟲時，田間又缺乏其他抑制力導致害蟲猖獗。我國農業同樣受到氣候變遷衝擊，然而農業耕地零散且運作模式不若國外耕地面積規模化、作物種類經簡化，因此害蟲發生尚能受到環境抑制力影響，若能以清園、種苗消毒等預防措施，搭配適當的施藥模式與天敵棲地保護，將比國外更有機會實現友善農業之願景。

主題：植物銀行

題目：Impact of the naturalized weed Virginia pepperweed (*Lepidium virginicum*) on the behavior of the diamondback moth (*Plutella xylostella*) and its parasitoid (*Cotesia plutellae*) in Hawaii

講者：Ikkei Shikano

內文：

小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 是世界性重大害蟲，其幼蟲啃蝕植物葉片造成缺損，因體型小、繁殖速度快、抗藥性發生迅速，嚴重影響各國十字花科作物之品質與產量。在夏威夷，小菜蛾的經濟限界 (economic threshold, ET) 為 0.5 隻/植株，意即只要見到小菜蛾就要立刻進行防治，然而小菜蛾對各種化學藥劑都相當容易產生抗藥性，因此除了擬定藥劑輪用策略外，尋找替代防治手段也成為當前研發之趨勢，像是在田間建立穩定天敵昆蟲隨時預防小菜蛾入侵。

欲在田間建立穩定的天敵族群，需要了解適合天敵生長或棲息的植物種類，

北美獨行菜 (*Lepidium virginicum*) 是夏威夷種植十字花科作物時周圍時常出現的十字花科雜草，已知可作為害蟲-小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 繁殖的寄主作物。由實驗室測試發現，將 10 對小菜蛾雌雄蟲放入同時裝有北美獨行菜與十字花科作物 (甘藍) 的容器內進行競爭試驗，小菜蛾對於北美獨行菜的產卵偏好性明顯高於甘藍 (產卵數約為在甘藍的四倍)。田間環境下分別在北美獨行菜與甘藍上施放小菜蛾幼蟲誘鈞天敵發現，北美獨行菜上的小菜蛾幼蟲比較容易受到野生寄生性天敵 (*Cotesia plutellae*) 的寄生，同時，捕食性昆天敵 (如蜘蛛) 在北美獨行菜上的數量也高於甘藍，蜘蛛數量越多則小菜蛾幼蟲數量越少。由結果可知，北美獨行菜在夏威夷可作為吸引小菜蛾的陷阱作物，同時也可作為當地小菜蛾寄生性天敵以及捕食性天敵的中間棲地。

田間的部份植物能提供天敵替代食物 (如花粉)、棲息空間、躲避環境逆境與農藥施灑等功能，進而使天敵族群能穩定延續，然而這些植物也可能成為害蟲躲避的場所，因此尋找適合的在地植物寄主時也需要規劃處理方式與保留位置等。國內關於天敵棲所植物的相關研究尚在起步階段，因棲所植物種類與作用複雜，使用效果受到當地植物種類、昆蟲種類交互影響，不易評估並套用在所有田區，目前仍以單一天敵對應單一植物為主要研究方式。以害蟲之寄主植物來作為天敵之棲所植物，開發可能的應用價值，是未來可參考的開發方向。

主題：智慧農業

題目：Artificial intelligence for precision pest management

講者：Yiannis Ampatzidis

內文：

減少植物保護產品 (化學藥劑) 的負面影響，是一項重大的全球社會挑戰。需在不影響農業產量的情況下減少對化學藥劑的依賴，此時，病蟲害綜合管理 (IPM) 便可發揮作用，IPM 是一種理念，結合不同的方法，達到有效管理有害生物的目的，將植保產品的使用，更加符合經濟和生態系，減少對人類健康與環境的風險。IPM 目的不是消滅害蟲種群，而是將它們控制在造成經濟損失的水準下，進行 IPM 的第一步是監測昆蟲種群，藉此判別是否需要使用藥劑防治。

作者提出，勞動力短缺是現今美國的農業主要問題，因此使用人工智能、網路資訊及雲端運算等技術，可簡化害蟲鑑定時間，改進精確噴藥應用，降低勞動

成本，減少數據收集時間，同時得到關鍵與實用的資訊，同時建立可早期發現病蟲害的快速方法，有助於種植者即時做出管理決策並限制病蟲害傳播。

作者開發出一套數據收集和圖像處理的技術，利用小型無人機 (UAV)、多光譜成像與雲端計算，建立出可評估柑橘作物的特徵，透過這種低成本和自動化的高通量表型技術，利用人工智能 (AI) 和機器學習 (ML) 進行以下操作：(1) 檢測、計數和地理定位樹木和樹木間隙；(2) 根據樹冠大小對樹木進行分類；(3) 制定個體樹木健康指數；(4) 評估柑橘品種和砧木。作者以 Agroview 應用程序評估柑橘樹的表型特徵 (作為案例)，可在擁有 175,977 棵樹的 (共 1,871 英畝；39 個正常和高密度栽植間距) 商業柑橘園中，檢測到平均百分比誤差 (MAPE) 為 2.3% 的柑橘樹。此外，準確估計正常和高密度間距的樹高分別為 4.5% 和 12.93% 的 MAPE，正常和高密度間距的 MAPE 分別為 12.9% 和 34.6% 的樹冠大小，為田間調查和植物特徵分析提供了直接、具成本效益及快速的方法。

作者使用人工智能 (AI) 與機器視覺結合，開發優化藥劑噴灑的技術。以柑橘為例，研究設計控制空氣噴射噴霧器智能傳感系統，該系統包括激光雷達、機器視覺、GPS 定位系統、流量計、傳感器融合和人工智能等功能，用於測量樹高和樹冠密度，檢測和計算果實。根據這些信息，它控制噴嘴以噴灑藥劑。透過軟體編寫在 Nvidia Jetson Xavier NX 電腦內運行，利用數據融合和 AI 技術處理和控制數據。可將收集到的圖像分類為成熟、年輕、死亡和非樹對象的平均準確率 84%。與傳統噴藥應用相比可減少 28% 的藥劑使用量。

3. 本國發表

本次參加 2021 美國昆蟲線上年會，發表 Effects of temperature on the parasitism potential of three *Anastatus* parasitoids for *Tessaratoma papillosa* control 海報乙文 (附錄)，由苗栗區農業改良場吳怡慧、李世仰和鍾權承與國立中興大學曾喜育、莊益源和周明儀老師共同合作之成果。荔枝椿象為台灣入侵性害蟲，以荔枝、龍眼、無患子和台灣欒樹等無患子科的植物為寄主，不但造成農業上的損害，荔枝椿象還會分泌帶有腐蝕性的臭液，因此也會對人體健康造成危害的騷擾性害蟲。

目前於農委會所訂定的全國荔枝椿象區域整合防治計畫中，以生物防治釋放天敵昆蟲平腹小蜂為重要的防治策略之一。平腹小蜂是卵寄生蜂，會寄生荔枝椿象的卵導致其死亡，在人工大量繁殖平腹小蜂時，苗改場以蓖麻蠶的卵作為替代

寄主，以供生物防治田間釋放之所需。而本研究於臺灣所採集的三種本土性平腹小蜂 (*Anastatus japonicus*、*A. dextricornis*、*A. fullo*)，在 20、25 及 30°C 此 3 個不同溫度下的壽命和寄生表現，並在綜合多項因子評估後，從中挑選出寄生表現最好的物種 (*A. japonicus*) 執行田間釋放成效的評估，觀察單次釋放平腹小蜂後的寄生率隨著時間的變化。

結果顯示 3 種平腹小蜂物種的成蟲壽命在 20、25 及 30°C 此 3 個不同溫度下呈現相似的趨勢，在溫度越低時壽命越長，雌蟲的壽命都較雄蟲長。在子代數的結果中，*A. japonicus* 子代數與溫度間沒有顯著關係，*A. dextricornis* 溫度越低子代數越多，而 *A. fullo* 溫度越高子代數越多，其中 *A. japonicus* 是能產出最多子代和雌性子代的物種。在田間單次釋放 *A. japonicus*，於釋放後的 3~9 天記錄到最佳寄生率，平均寄生率介於 31~43%，此結果可建議為釋放平腹小蜂天數間隔，以得最佳防治成效；而台灣三到四月間是荔枝椿象產卵的高峰期，同時也是適合釋放平腹小蜂進行荔枝椿象防治的時期，但期間常會有偶發性的降雨和寒流，會降低平腹小蜂的防治效果，因此建議每次釋放平腹小蜂也需視天氣和田間狀況進行調整。

四、心得與建議

- 1.藉由參加美國昆蟲年會，除可學習生物防治的相關知識，並有昆蟲生理生化、毒理學、昆蟲生態、分子生物學及智慧農業等新知，使日後研發生物防治技術時，具備更寬廣的知識背景可供應用，增加不同面向的思維模式。
- 2.增加了解歐美國家生物防治商品之開發趨勢，收集國外產品資訊，作為國內未來天敵昆蟲商品化技術開發參考。
- 3.觀摩演講者和海報投稿者如何將資訊視覺化和圖表化，幫助未來在講習會、課程與學術發表等場合傳達訊息時能更準確和有效率，並學習講者如何安排敘事脈絡，將複雜的科學議題拆解並排序，方便聽眾快速理解吸收，能作為向農民和一般民眾推廣生物防治時解說技巧之參考，讓更多人關注和正確認識生物防治。

Effects of temperature on the parasitism potential of three *Anastatus* parasitoids for *Tessaratoma papillosa* control

Yi-Hui Wu, Shih-Yang Lee, Chuan-Cheng Chung, Hsy-Yu Tzeng, Yi-Yuan Chuang and Ming-Yi Chou

corresponding author: Yi-Hui Wu (e-mail: yhw@mdais.gov.tw)



Highlights

- In Taiwan, *Anastatus japonicus*, *Anastatus dextrigensis*, and *Anastatus fulloi* are native egg parasitoids of hemipteran, lepidopteran and invasive pests such as litchi stink bug, *Tessaratoma papillosa*.
- The mass rearing system is established using *Samia cynthia* egg as a host.
- The reproductive parameters for *A. japonicus* were not significantly different between 20 to 30 °C, whereas *A. dextrigensis* performed better at 20°C, and *A. fulloi* had higher reproduction at 30°C.
- The highest number of progeny and number of female progeny were produced by *A. japonicus*.
- The highest parasitism rate in field release of 5–7-days-old *A. japonicus* adults was recorded in the first 9 days after release.

Introduction



The litchi stink bug, *Tessaratoma papillosa* (Hemiptera: Tessaratomidae) is an invasive pest in agricultural and urban forest areas on some plants of Sapindaceae family in Taiwan.

Feeding of *T. papillosa* causes wilting, flower and fruit drops, or black spots on the fruit. When disturbed, the litchi stink bug releases foul-smelling fluids that are toxic and can irritate human skin and eyes.

In response to the invasion of litchi stink bugs, the mass production of *Anastatus* parasitoids is established with a constant supply of *Samia cynthia* egg as host in Taiwan. Laboratory data showed that the parasitism rates of *A. japonicus* in *S. cynthia* and *T. papillosa* are not significantly different. *A. japonicus* and *A. dextrigensis* are the two most common species found parasitizing *T. papillosa* in main island of Taiwan. *A. fulloi* is an unique species and candidate for augmentative biocontrol for Kinmen Island, in order to protect the unique biota.

The role of temperature in insect development, reproduction, and parasitism is essential for establishing biological control program and understanding the characteristics of biocontrol agents. Thus, the purpose of this study is to evaluate the performance of three *Anastatus* species at different temperatures. The daily parasitism rate, sex ratio, and longevity of the progeny were documented to determine the suitable environmental conditions for each species.

Table 1. The mean longevity of three *Anastatus* parasitoids in three temperature treatments.

Parameter	Species	Temperature		
		20°C	25°C	30°C
Female longevity	<i>A. japonicus</i>	73.9 ± 5.4 a ²	44.4 ± 3.5 b	28.7 ± 1.6 c
	<i>A. dextrigensis</i>	87.8 ± 4.5 a	36.9 ± 5.4 b	25.1 ± 3.4 b
	<i>A. fulloi</i>	72.1 ± 4.3 a	45.1 ± 3.7 b	32.0 ± 1.2 c
Male longevity	<i>A. japonicus</i>	16.3 ± 1.4 a	5.6 ± 0.7 b	5.5 ± 0.6 b
	<i>A. dextrigensis</i>	8.8 ± 0.5 a	3.8 ± 0.3 c	5.5 ± 0.3 b
	<i>A. fulloi</i>	22.0 ± 1.1 a	5.4 ± 1.1 b	5.3 ± 0.6 b

² Mean ± standard error. For each parameter, means within a row followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

Materials and methods

1. Effect of temperature on the longevity and parasitism of *Anastatus* parasitoids

Male and female adults were randomly paired on the first day of emergence. Each pair was placed in a 9-cm-diameter Petri dish with honey drops supplied. Thirty replicated samples were recorded for 20, 25, and 30°C in separate incubators. Twenty *S. cynthia* eggs were provided daily to each female until the female parasitoid died. The parasitism rates, numbers of progeny produced daily, and sex ratios of the progeny were recorded.

2. Field performance of *A. japonicus*

Fresh leaves of *D. longan* (longan) were provided to allow field-collected *T. papillosa* oviposite in the laboratory. Fresh eggs were gently removed from the leaves and glued onto paper strips using white glue. Eggs were placed in groups of 14 to mimic the natural egg mass (Figure 2). The release sites were three longan trees that were 4–5 m in height and 100 m apart from each other. Ten sheets of *T. papillosa* eggs were hung on each tree and deployed at 3-day intervals. The first deployment of the egg sheets was made prior to the release of parasitoids to determine the natural parasitism rate of *A. japonicus* in the surrounding area. Two thousand adults from the laboratory colony at 5 to 7 days old were released at each tree after the first collection.

Table 2. The mean number of progeny and number of female progeny produced by *Anastatus* parasitoids.

Parameter	Species	Temperature		
		20°C	25°C	30°C
Average reproduction	<i>A. japonicus</i>	206.6 ± 12.3 Aa ²	226.5 ± 24.0 Aa	187.8 ± 12.3 Ba
	<i>A. dextrigensis</i>	154.7 ± 7.5 Ba	86.8 ± 14.5 Bb	56.9 ± 7.1 Cc
	<i>A. fulloi</i>	84.8 ± 9.5 Cc	171.0 ± 21.9 Ab	217.3 ± 10.6 Aa
Number of females	<i>A. japonicus</i>	92.6 ± 9.6 Ab	126.4 ± 13.6 Aa	125.7 ± 8.3 Aa
	<i>A. dextrigensis</i>	90.2 ± 5.8 Aa	47.8 ± 10.1 Bb	42.3 ± 5.4 Bb
	<i>A. fulloi</i>	20.4 ± 3.8 Bc	74.0 ± 11.3 Bb	112.5 ± 6.7 Aa
Percentage of females(%)	<i>A. japonicus</i>	44.4 ± 3.6 Bb	55.0 ± 4.3 Aa	67.1 ± 1.7 Aa
	<i>A. dextrigensis</i>	60.2 ± 3.6 Aa	60.5 ± 6.5 Aa	70.4 ± 5.2 Aa
	<i>A. fulloi</i>	24.9 ± 3.7 Cb	44.7 ± 4.0 Aa	51.8 ± 1.9 Ba

² Mean ± standard error. For each parameter, means within a row (in small letter) and within a column (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

Results

1. Effect of temperature on the longevity and parasitism of *Anastatus* parasitoids

The longevity of adult *A. japonicus*, *A. dextrigensis*, and *A. fulloi* showed similar trends in response to temperature (Table 1). Longer longevity was recorded in females of all three species and also at lower temperature.

Anastatus parasitoids demonstrated different responses to the temperature treatments in the number of progeny produced (Table 2). Numbers of progeny produced by *A. japonicus* were not significantly different between the three tested temperatures ($d = 2$, $F = 1.19$, $p > 0.05$), and in *A. dextrigensis*, the number of progeny decreased significantly with the increase temperature ($d = 2$, $F = 30.18$, $p < 0.01$). In contrast, the number of progeny of *A. fulloi* increased significantly with the increase temperature ($d = 2$, $F = 19.62$, $p < 0.01$).

The highest number of female progeny was found in *A. japonicus* at 25°C with a mean of 126.4 ± 13.6 female progeny, and it was not significant difference from 30°C. The highest female ratio was found in *A. dextrigensis* for all three temperature treatments ($d = 2$, $F = 1.3$, $p > 0.05$) (Table 2).

A. japonicus have more consistent reproduction output at all three tested temperatures than the others two species. *A. japonicus* also produce high numbers of offspring, and acceptable female ratio of offspring when using *S. cynthia* eggs as facultious host. The results indicate that *A. japonicus* is optimal species in mass rearing plan.

2. Field performance of *A. japonicus*

There was no parasitism recorded from the 30 egg sheets prior to the release. Three to nine days after parasitoid release were recorded highest parasitism rate and no significant difference was found in these three collections, the average parasitism rates were between 31.1% to 43.1% (Figure 1). There are frequent rainfalls and occasional cold fronts during March and April in Taiwan, which may jeopardize the pest-control effect. To reduce the risk of sudden changes in weather, release program with short time intervals is in need.

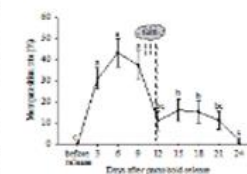


Figure 1. Mean parasitism rate of *T. papillosa* eggs after releasing *A. japonicus* in field environment. Error bar is the standard error of mean. Means with the same letter for each day are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.



Figure 2. *A. japonicus* parasitizing litchi stink bug eggs after field release.

Acknowledgments

This work was financially supported by the Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan (109-AS-6-4-1-MS-141). We are very grateful to Dr. Hsu-Ying Lu, Dr. Chia-Hung Hsieh and Ms. Gu-Yung Fan for their technical assistance.