



苗栗區農業專訊

第 104 期



天敵防治與草莓栽培

農業部苗栗區農業改良場發行
中華民國 112 年 12 月出刊 ISSN: 1561-2600
中華郵政苗栗雜字第 27 號登記證登記為雜誌交寄



「黑卵蜂」寄生稻作害蟲「稻黑椿象」卵

目錄

| | | |
|----|-------------------------|--------------------------|
| 1 | 稻黑椿象介紹與防治 | 李世仰 王子彥 鍾權承 吳怡慧 |
| 4 | 植物源殺蟲劑對捕食性天敵 昆蟲之潛在影響 | 鄭哲皓 |
| 7 | 國內外寄生蜂應用實例 | 蔡餘慶 江旻柔 |
| 11 | 炭疽病菌的分類與侵染方式 | 鐘珮哲 |
| 15 | DNA 分子標誌於草莓育種 之應用 | 李怡蓓 |
| 18 | 日本草莓栽培技術發展概述 | 葉人豪 |
| 21 | 科技草蛉 - 生物防治新選擇 | 許文文 |

發行人 / 呂秀英

總編輯 / 盧美君

審訂 / 鐘珮哲

編輯委員 / 施佳宏、張素貞、鍾國雄、賴瑞聲
朱盛祺、吳姿嫻、盧美君、鐘珮哲

執行編輯 / 史晴

發行所 / 農業部苗栗區農業改良場

地址 / 363201 苗栗縣公館鄉館南村261號

電話 / (037) 222111

網址 / <https://www.mdare.gov.tw>

本場單一窗口服務

電子郵件 / mdares@mdares.gov.tw

農業諮詢服務 / (037) 236583

傳真 / (037) 221277、220651

展售書局 / 國家書店 (02) 25180207

五南文化廣場 (04) 24378010

GPN : 2008700208

ISSN : 1561-2600

稻黑椿象介紹與防治

李世仰（研究助理） 王子彥（梓園碾米工廠研究助理）
鍾權承（研究助理） 吳怡慧（副研究員）

前言

稻黑椿象 (*Scotinophara lurida* (Burmeister)) 為臺灣日治時期五大稻作害蟲之一，曾於1960年代在臺灣中部與東部水稻田有嚴重危害紀錄；因後續化學藥劑開始廣泛應用，加上稻黑椿象本身對化學藥劑感受性較強，逐漸轉為潛在害蟲，近60年來未有嚴重危害。然位於臺東縣關山鎮相鄰且面積逾100公頃之水稻田區，於109年第1期作開始大面積轉型為有機耕作模式後，於110年第2期作近收割期開始發現稻黑椿象大發生，造成稻作收成產量遽降，至111年第2期作仍受其危害。該有機區以物理防治燈光誘集、生物防治卵寄生蜂黑卵蜂 (*Telenomus* sp.) 和黑殭菌進行防治，於112年第1期作已有效改善稻黑椿象危害之情形。

稻黑椿象介紹

根據早期學者研究文獻與目前田間觀察現象，稻黑椿象生活史配合稻作每年兩期之生長期，一年兩世代，成蟲壽命約4~7個月，前一年的越冬成蟲喜歡選擇較早插秧之田區或自鄰近山區、雜木林等易潛藏越冬處的田區開始入侵；於3月開始陸續產卵，每一雌成蟲一生約可產下200粒卵，卵期約5~7日，若蟲期約45日，第二代成蟲最早於5月開始出現田間，收割期後稻田中因無稻株，稻黑椿象分散至田埂邊禾本科雜草繼續存活。第二代成蟲於2期稻插秧後的分蘗期（約8月

中）開始陸續出現，再度入侵稻田中產卵繁殖，並於收割後躲藏於附近之雜草、石礫或土縫中越冬至翌年3月再出現於田間危害。稻黑椿象若蟲和成蟲白天皆會棲息於稻株之基部，於取食時爬至稻株上部刺吸稻葉，危害初期在稻葉上產生白色連續性點狀食痕，並造成末端稻葉枯萎捲曲成焦枯狀（圖一）；若在水稻孕穗期危害，則會造成白穗現象，更甚者造成枯心、全株枯死之情況，嚴重影響產量。除造成農民的收成損失，在收割後因夜間燈光等因素大量聚集至民宅，也是居家滋擾性害蟲，使得當地居民深受其擾。



圖一、稻黑椿象（左上）危害後之稻葉呈現枯萎捲曲。

黑卵蜂的應用

黑卵蜂 (*Telenomus* sp.) (圖二) 為臺東關

山地區具優勢之寄生稻黑椿象卵寄生蜂，雌蜂會將卵產入稻黑椿象卵內，黑卵蜂的幼蟲孵化後取食椿象卵內的組織，使椿象卵死亡，並經 10~14 天後羽化出新一代的寄生蜂成蟲；從椿象卵中羽化出來的黑卵蜂可繼續在稻田中搜尋椿象卵再進行寄生，維持田間的防治效果。沒有被寄生之椿象卵，於近孵化時轉為紅色並可看到椿象眼點，孵化後卵粒上方呈白色掀蓋狀，而被成功寄生之椿象卵則轉為灰黑色，寄生蜂羽化後留下較小的圓形羽化孔。經由田間調查發現，臺東關山鎮有機稻田中黑卵蜂寄生成效佳，但於稻黑椿象產卵初期時野生族群數量較低，不足以有效壓制初期產下之稻黑椿象卵，故透過人工大量飼養繁殖並釋放，提升田間黑卵蜂族群數量才能達到更有效之防治。



圖二、黑卵蜂寄生稻黑椿象卵。

本場與臺東區農業改良場合作，由臺東區農業改良場於 111 年採集黑卵蜂，並交由本場進行量產研發，透過既有之天敵量產技術經驗，迅速完成黑卵蜂之替代寄主與不同寄生條件之測試，完善量產流程與增進效率。目前更進一步利用低溫儲存技術，使寄生蜂釋放之時機更具彈性，而釋放方式亦考量田間釋放操作時的方便性進行改良。於 112 年

臺東關山有機水稻田第 1 期作，稻黑椿象產卵期 3 月中旬至 5 月初大量釋放共 80 萬隻黑卵蜂，田間調查釋放後之寄生防治成效可達 8 成以上（圖三）；於 112 年第 2 期稻 8 月中旬至 10 月初稻黑椿象產卵期也持續釋放。

黑卵蜂具有寄主專一性，在田間只寄生椿象卵，並不會對稻株與農民或居家造成任何影響；黑卵蜂的釋放應選擇天氣晴朗時進行，在開始羽化後的第 3 日釋放為最佳狀態。盒內小蜂已充分羽化和交尾，此時釋放之雌蜂皆具有產卵能力，可達到立即防止稻黑椿象卵孵化之效果。



圖三、於田間採集稻黑椿象卵監測黑卵蜂寄生成效。

黑殭菌的應用

黑殭菌 (*Metarhizium* sp.) 為對昆蟲具致病力之寄生性真菌，孢子發芽後侵入昆蟲體內生長，導致其死亡。昆蟲死亡後黑殭菌繼續生長，白色的分生孢子柄從節間和氣孔長出，成熟後產生墨綠色至黑色的孢子，可以持續散播感染其他蟲體。而因水稻田可以提供黑殭菌孢子生長所需濕度，在防治稻黑椿象上極具潛力。

111 年國立中興大學與臺東區農業改良場

相繼在關山田間發現自然感染死亡之稻黑椿象，分別分離出兩株黑殭菌，經過人工培育於112年初步試驗結果，在陰天甚至小雨的傍晚，每7~10天使用一次，搭配水稻田間蓄水提高相對濕度能達到最好效果。使用黑殭菌後可以減少7成的蟲數，具田間廣泛應用之潛力，已進一步朝生物農藥登記發展。黑殭菌雖對稻黑椿象成蟲與若蟲皆有感染能力，然若蟲感染率受蛻皮因素影響，而稻黑椿象成蟲約在黑殭菌施用後10天才開始陸續死亡(圖四)，這期間依然會持續產卵，因此宜與黑卵蜂釋放互相搭配，以達最好的防治效益。



圖四、感染黑殭菌之稻黑椿象成蟲。

結語

應用生物防治是友善農業中重要的一環，從危害田間選擇最優勢之天敵黑卵蜂與黑殭菌作為主要防治手段，並搭配其他物理防治方法，可有效控制稻黑椿象族群，讓有機農民恢復過往水稻收成，降低農民與業者損失，為成功之生物防治案例。農民也可以透過清除田埂雜草，減少椿象越冬的隱蔽場所或是避免早植與施用過多氮肥，減少吸引椿象前來產卵之誘因。田區靠近山區、土坡或是附近有雜木林的農友更應該隨時注意田間椿象發生情形，以達到即早防治之效。透過以上綜合防治管理策略，多管齊下使田間稻黑椿象族群逐年降低，讓有機稻田重現往日光彩。

植物源殺蟲劑對捕食性天敵昆蟲之潛在影響

鄭哲皓（助理研究員）

前言

為減少化學藥劑濫用與其對有益天敵昆蟲的中毒現象，有害生物綜合防治 (Integrated Pest Management, IPM) 成為我國農業主要推廣的防治策略，友善資材與天敵昆蟲皆成為 IPM 的執行方式。常見的害蟲防治友善資材依照有效成份來源可以簡單分類成生物性（如蘇力菌、白殭菌）、植物性及其他（如礦物油、皂素等）。其中，植物源殺蟲劑 (botanical insecticides) 是以植物為原料，經由物理性方式（粗取、精粹、乾燥磨粉）提煉獲得有效殺蟲成份製成的殺蟲劑（表一）。植物源殺蟲劑具有廣效性、成份天然易分解、兼具物理殺滅、生理干擾、忌避等多種機制的特性。然而，植物源殺蟲劑因有效成份種類眾多，部份具有阻礙昆蟲生理發育特性，是否對環境中的有益昆蟲及生物防治效果產生不良影響急待驗證，以下將簡介植物源殺蟲劑對數種捕食性天敵昆蟲之潛在影響。

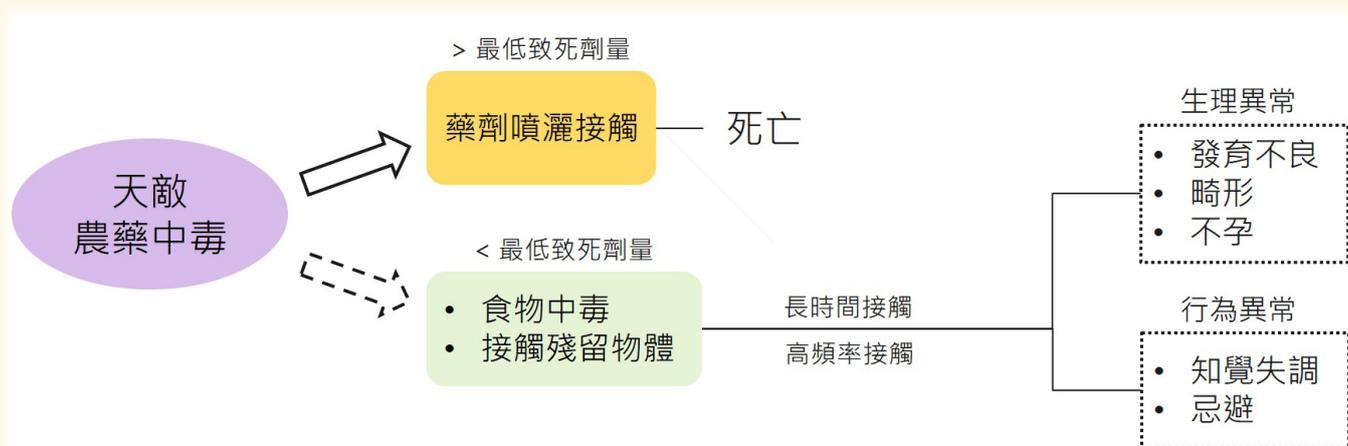
亞致死性與植物源殺蟲劑的潛在風險

研究天敵昆蟲因農藥產生的中毒作用主要分為兩種面向（圖一），一種為致死性 (lethal)，即評估有效成份在特定濃度下是否會造成天敵昆蟲死亡，因死亡反應顯而易見且發生速度快、試驗流程明確可重複等特性，在過去探討殺蟲劑副作用往往以致死性為主；另一研究面向為亞致死性 (sub-lethal)，當有效成份在未達到致死濃度的情況下，天敵昆蟲經一次或多次接觸有效成份，藉由體表接觸與取食攝入等途徑逐漸累積毒性，進而導致生理或行為上產生不良影響，像是知覺失調、行為改變、發育遲緩、畸形、不孕等。

亞致死性在研究難度上遠高於致死性，原因在於亞致死性反應種類眾多，同時中毒反應還有程度上的差異，造成觀察及判斷不易，而天敵昆蟲試驗時可能需要長時間接觸或多次攝入亞致死劑量的殺蟲劑才可能發生反應。變化不一的反應種類、眾多試驗變因（觀察時間、藥劑投入劑量與頻率等）導致試驗設計難

表一、國內常見之植物源害蟲防治資材

| 資材名稱 | 防治對象 | 作用類型 |
|-------------------|-------------------|--------|
| 苦楝油 | 薊馬、蚜蟲、葉蟎、蠅類與蛾類幼蟲等 | 接觸性、胃毒 |
| 苦參鹼 | 蚜蟲、葉蟎、蛾類幼蟲等 | |
| 柑橘精油 | 薊馬、蚜蟲、粉蝨等 | 接觸性 |
| 菸葉粉 | 薊馬、蚜蟲、潛葉蠅等 | 系統性 |
| 苦茶粕、苦茶皂素 | 粉蝨、蚜蟲、鱗翅目幼蟲等 | 接觸性 |
| 大蒜萃取液 | 蚜蟲、鱗翅目幼蟲、螞蟻等 | 驅除害蟲 |
| 辣椒萃取液 | 蚜蟲、葉蟎、蛾類幼蟲等 | |
| 植物源乾餾醋液（木醋液、竹醋液等） | 蚜蟲、葉蟎、蛾類幼蟲等 | |



圖一、天敵昆蟲農藥中毒之可能面向。

以標準化，造成亞致死性的相關試驗雖然有許多學術報告，但至今仍沒有具公信力的測試流程可供參考。

美國名著《寂靜的春天》中提到農藥產生的中毒現象不僅殺死非標的生物，更會對其行為與發育產生影響，而在 2003 年 Bortolotti 等人發表益達胺對蜜蜂族群行為產生嚴重影響的研究報告後，農藥產生的亞致死性更明顯受到重視。近年來，部份研究學者注意到，友善資材中的植物源殺蟲劑，因為具有廣效性及影響生理發育的作用機制，農民頻繁噴施後容易受環境分解並以極低劑量的形式殘留在環境中，對天敵昆蟲產生中毒反應的可能性遠高於其他友善資材，因此探討植物性殺蟲劑對天敵昆蟲中毒現象的相關研究在近幾年數量有明顯增加。

植物源殺蟲劑對草蛉的影響

草蛉幼蟲時期因強力的捕食能力而被量產應用作為天敵昆蟲，幼蟲身形細小並具有背負遮蔽物的習性，以蚜蟲、粉蝨等小型害蟲為食，國內應用以基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 的卵粒或幼蟲活體，大量撒佈在作物上進行害蟲防治。

蚜蟲等小型害蟲同為草蛉及植物源殺蟲

劑的防治目標，故草蛉在應用上有風險接觸到植物源殺蟲劑，雖然草蛉背負遮蔽物的特性能減少藥劑噴施接觸的風險，但其身形與捕食習性容易經由移動時接觸植物體表殘留藥劑及食物污染攝入。2003 年 Ahmad 等人以 1.2mg/L 濃度之苦楝油噴施草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 卵粒，發現卵孵化率下降 20%，同時以該濃度苦楝油搭配草蛉進行蚜蟲共同防治時會造成草蛉幼蟲捕食蚜蟲數量減少一半；2018 年 Castilhos 等人以 LD10 劑量之奧勒岡 (*oregano*) 精油處理葉片，草蛉 (*Chrysoperla externa*) 三齡幼蟲長時間接觸後雖然能順利羽化成蟲，但雌蟲產卵量與卵孵化率有下降趨勢。

植物源殺蟲劑對捕食性椿象的影響

捕食性椿象種類眾多，其中包含數種體型較大的種類，在國外被用來作為大型天敵的評估對象，而黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata*) 則為國內量產應用之大型捕食性椿象，主要用於防治鱗翅目幼蟲。大型捕食性椿象的身形姿勢不易由體表接觸植物體表殘留的藥劑，然而藉由刺吸式口器吸取獵物血液的捕食方式，容易自污染的獵物體內間接攝入藥劑，長期取食帶有藥劑的獵物極有可能對該天敵產生不良反應。2014 年 Campos 等人

以取食過不同濃度苦楝油葉片的秋行軍蟲供捕食性椿象 (*Podisus nigrispinus*) 取食，發現 *P. nigrispinus* 若蟲單日取食多隻受處理的秋行軍蟲後會在隔日產生拒食反應，在田間可能短時間影響生物防治效果，但成蟲則無拒食反應。2020 年 Lima 等人以背板注射藥劑的方式模擬取食攝入，注入 5.56 mg/g 濃度之馬鞭草 (*Lippia sidoides*) 精油於 *P. nigrispinus* 若蟲體內。相較於注射水的對照組，馬鞭草精油處理的若蟲死亡率高達 70% 並且 LT50 (半數致死時間) 達 119 小時，表示該精油對椿象有毒但需要很久時間才會顯現，這類型的致死機制很可能經由干擾生理發育所導致。

植物源殺蟲劑對瓢蟲的影響

捕食性瓢蟲之成蟲與幼蟲以蚜蟲、葉蟎等獵物為食，有機田區、觀光農場等生態豐富區域可見多種野生瓢蟲出沒，常見種類包含七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata*)、六條瓢蟲 (*Cheilomenes sexmaculata*)、小黑瓢蟲 (*Stethorus* sp.) 等，而六條瓢蟲、孟氏隱唇瓢蟲 (*Cryptolaemus montrouzieri*) 在國內已開發為天敵昆蟲商品。瓢蟲不論幼蟲或成蟲都有可能因接觸植物殘留的藥劑或取食受污染的獵物而受影響，加上其為環境中常見的野生益蟲，探討植物源殺蟲劑副作用時自然成為目標之一。2003 年 Ahmad 則以 1.2mg/L 濃度的苦楝油處理七星瓢蟲卵，發現卵孵化率降低至 6 成；2010 年 Swaminathan 以 1.25% 苦楝油噴施大麥後施放異紋瓢蟲 (*Adonia variegata*)，發現其幼蟲捕食蚜蟲數量相較於對照組減少 5 成，若噴施苦楝油的濃度加倍還會造成瓢蟲族群減少 3 成；2010 年 Sakthivel 等人調查經苦楝油施用後的田間瓢蟲族群發現，3% 苦楝油會驅離野生瓢蟲族群，然而施用 10 天後族群即會復原。

結語

國外植物源殺蟲劑對捕食性天敵昆蟲相關研究顯示，天敵昆蟲可能因接觸植體殘留的藥劑、害蟲取食帶有藥劑的植物後輾轉被捕食而攝入藥劑，造成各種不同程度的反應發生，同時植物源殺蟲劑產生的氣味或刺激亦對田間天敵昆蟲造成驅離的效果，顯示友善資材和生物防治在共同使用上可能產生無法完全相容的疑慮。

但農民也不必過度驚慌，苗栗農改場已開始針對天敵藥劑感受性進行逐步測試。目前以國內最高推薦濃度之苦楝油、苦參鹼、柑橘精油等植物源殺蟲劑測試基徵草蛉幼蟲，結果並未造成任何中毒死亡或忌避之情形發生，可以共同使用。此外，國內外皆可見到的植物源殺蟲劑種類，在國內其推薦施用濃度都遠比國外田間使用的濃度低，故預期對環境益蟲產生風險的機會更加微小，且不論是友善資材或是生物防治，使用目的皆為防治田間害蟲，若共同使用成效較佳，即使兩者雖無法完全相容仍有使用價值，2013 年 Muhammad 以 1% 及 2% 濃度之苦楝油分別搭配草蛉 2 齡幼蟲進行油菜蚜蟲田間防治試驗，共同使用組的草蛉數量因苦楝油影響，比單獨使用草蛉的組別少，然而蚜蟲防治率及油菜產量皆為共同使用組優於單獨使用苦楝油或草蛉的組別。

最後，若要有效避免友善資材與生物防治相互影響，建議兩者使用間隔至少 3 天以上，待有機資材分解一定時間後才使用天敵昆蟲，而友善資材噴施前可先巡視園區確認天敵昆蟲是否充分擴散，避免藥劑噴施直接沖刷天敵昆蟲，如此一來將能降低兩者的相互影響，增加防治效果。

國內外寄生蜂應用實例

蔡餘慶（技佐）
江旻柔（研究助理）

前言

近年來，食品安全及環境永續的觀念逐漸普及，為減少農藥對人體與環境之影響，「生物防治」成為目前農業政策之重要發展方向，臺灣許多農友轉為友善、有機耕作，或在作物管理模式中運用生物防治法。根據美國生物防治學家巴哈 (De Bach) 定義：生物防治是利用自然界中的捕食性、寄生性、病原菌等天敵，活體或其代謝物，把有害生物的族群壓制在較低的密度之下，使其不致造成危害。

天敵昆蟲多數因其個體小、生活史短、易於飼養等特性，利於大量飼養與研究田間防治成效，目前已有許多捕食性及寄生性天敵昆蟲商品。其中，以寄生蜂在生物防治的領域中頗具盛名。寄生蜂是一群身型細小且具繁殖優勢的昆蟲，已被廣泛應用於農業及森林害蟲防治上。本文簡述寄生蜂的種類與寄生方式，並介紹國外及國內本土寄生蜂天敵量產與應用實例，供農友參考運用。

寄生蜂生活史與類別簡介

寄生蜂屬膜翅目 (Hymenoptera) 的完全變態昆蟲，生活史從卵、幼蟲至蛹階段通常在寄主體內完成，成蟲在羽化後會脫離寄主，進行交配與產卵寄生。寄生蜂寄主廣泛包含鱗翅目、雙翅目、半翅目及鞘翅目等多類農業害蟲，故對人類而言屬有益昆蟲。寄生蜂之雄成蟲通常於交配後死亡，而雌蜂壽命較長，常可多次產卵，尋獲目標寄主後會將卵產於體表或體內，使幼蟲取食寄主，最終導

致寄主的死亡，故在生物防治的應用上，瞭解雌蜂產卵行為甚為重要。

寄生蜂的寄生模式有兩種，一是將子代卵產在害蟲體內，例如蚜蟲寄生蜂，二是將害蟲癱瘓後，再將子代卵產於害蟲附近，待孵化後將害蟲作為養分利用，例如潛葉蠅寄生蜂。依據寄生蜂之寄主發育階段不同，分為卵、幼蟲、蛹及成(若)蟲寄生蜂等四大類。例如，茶蠶黑卵蜂 (*Telenomus bipunctata*) 是茶蠶的卵寄生蜂，格氏突闊小蜂 (*Dirhinus giffardii Silvestri*) 則為果實蠅類之蛹寄生蜂。某些偏好蚜蟲、介殼蟲的寄生蜂對寄主齡期可寄生範圍則較廣，若蟲至成蟲階段皆可被其寄生。因寄生蜂通常具有寄主專一性，農友須認識田間害蟲發生種類及發育階段，以利找到可應用之天敵昆蟲。

國際上的寄生蜂生物防治應用

有些國家天敵昆蟲產業已發展相當成熟，提供農友整套完整的服務體系，包含田間害蟲密度監測、天敵商品、安全的包裝、適當的儲存及可施用的農藥，與其他防治資材整合並搭配技術與資訊輔導等服務。Koppert biological systems (荷蘭)、Bioline AgroSciences (荷蘭)、Arbico (美國) 等天敵公司，針對重要類害蟲如蚜蟲、粉蝨、潛葉蠅、椿象類及某些鱗翅目幼蟲等，開發多樣化寄生性天敵商品；以重要經濟害蟲 - 南方綠椿象 (*Nezara viridula*) 為例，其危害作物種類廣，涵蓋水稻、棉花、大豆、小麥、茄科、瓜科等作物，Koppert 於 2023 年上市名為

「Nezapar」的卵寄生蜂 (*Trissolcus basalis*) 商品 (圖一)，Koppert 亦有諮詢人員或經認證之經銷商，依據農民的作物種類、氣候條件，提供商品釋放之建議服務。



圖一、Koppert 防推出治南方綠椿象之寄生蜂商品「Nezapar」。(圖片引用自：<https://www.koppert.com/nezapar/>)

近期亦有運用寄生蜂防治林木入侵種害蟲的實例。光臘吉丁蟲 (*Agrilus planipennis* Fairmaire) (簡稱：EBA)(圖二)的寄主為木犀科 (Oleaceae) 梣樹 (在臺灣的特有種又稱光臘樹)，於 2002 年首次入侵北美後大規模擴散，曾導致美國及歐洲梣樹發生大量死亡案例。光臘吉丁蟲生活史長達 1 至 2 年，多數時間均躲藏於樹木韌皮危害，故難以追蹤及根除，加上藥劑防治成本高昂，自 2012 年起，



圖二、光臘吉丁蟲成蟲。(圖片引用自：Emerald Ash Borer Biological Control Release and Recovery Guidelines 2021, <http://pse.is/5ah2xg>)。

美國逐年於各州釋放 *Tetrastichus planipennisi*、*Spathius galinae* 及 *S. agrili* 等 3 種幼蟲寄生蜂及 1 種卵寄生蜂 *Oobius agrili*，其中 *T. planipennisi* 已在北美多處梣樹林建立族群，生物防治被當局認為是防治 EBA 最永續且有效益的策略。

寄生蜂在臺灣的生物防治應用

臺灣早期曾引進國外天敵昆蟲，以鎮壓外來入侵種昆蟲之疫情。由於外來種存在影響本地農業與生態之隱憂，國外天敵仍需經防檢疫主管機關審慎評估才可引入，常緩不濟急，因此研發本土天敵資源仍是較安全的解決之道，亦是當代的主流。臺灣擁有豐富的昆蟲生態資源，目前已知的寄生性天敵昆蟲有 97 科，最主要為寄生蜂和寄生蠅，捕食性天敵昆蟲更達 200 科以上，有利於本土天敵昆蟲商品的開發。近年來，國內陸續由各試驗研究單位量產不同種類的寄生蜂天敵，簡介如下。

一、赤眼卵寄生蜂防治螟蟲及秋行軍蟲

臺灣在赤眼卵寄生蜂之應用始於 1950 年代，由臺糖公司大量飼養及量產應用，主要種類有二：螟黃赤眼卵蜂 (*Trichogramma chilonis*) 自日治時期開始大量應用於甘蔗田，可成功壓制條螟 (*Proceras venosatus*)、黃螟 (*Tetramoera schistaceana*) 與二點螟 (*Chilo traea infuscatella* (Snellen)) 等甘蔗螟蛾；玉米螟赤眼卵蜂 (*T. ostrinae*) 則為防治亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*)，因應水稻轉作玉米，由農委會 (現今農業部) 推廣應用至今 (楊，2009；謝，2019)。

目前國內生產赤眼卵蜂片的單位為臺灣糖業有限公司花蓮糖廠 (簡稱：花蓮糖廠)。赤眼卵蜂之量產，以外米綴蛾卵作為替代寄主製作成蜂片，蜂片於數日內可羽化出成蜂。農友可於玉米播種後 20~25 天，利用釘書機

將蜂片固定於玉米心葉以下第 2~4 葉片背面中央，每隔 10 公尺一片蜂片，每 7 天施放 1 次，連續施放 4~6 次。

2019 年秋行軍蟲 (*Spodoptera frugiperda*) 入侵臺灣，其主要危害的禾本科作物損失嚴重，因成蟲飛行能力強、卵塊被毛所保護及幼蟲有鑽入作物生長點危害等特性，防治工作相當棘手。根據中國文化大學研究，赤眼卵寄生蜂於玉米田間可成功寄生秋行軍蟲卵塊，實驗室試驗結果亦顯示此蜂對於秋行軍蟲卵塊有良好的寄生成效 (謝，2019)。目前由農業部動植物防疫檢疫署、花蓮糖廠與中國文化大學合作開發半自動化設備，以提供未來量產赤眼卵寄生蜂蜂片。

二、平腹小蜂防治荔枝椿象

荔枝椿象 (*Tessaratoma papillosa*) 為近年來危害嚴重之入侵種，寄主植物主要為無患子科的龍眼、荔枝、臺灣欒樹及無患子等，為校園、公園及國有林地常見樹種。成蟲及若蟲以刺吸方式危害花芽、嫩梢、花穗及幼果，造成經濟樹種果實嚴重損失，此外因其受擾動時會噴出腐蝕性臭液，亦為農業及都市騷擾性昆蟲。

荔枝椿象的綜合害蟲管理 (integrated pest management, IPM) 策略可分為物理、化學及生物防治等，其中生物防治法為於荔枝椿象卵期釋放天敵 - 平腹小蜂 (*Anastatus japonicus*)。平腹小蜂為臺灣原生之卵寄生蜂，然於荔枝椿象產卵初期野生平腹小蜂自然族群數量少，為提前阻斷荔枝椿象大量發生，利用人工大量繁殖與釋放以補足春季田間野生平腹小蜂之缺口。

本場研究團隊於 2017 年起研發平腹小蜂量產、保存及運輸等技術服務系統，量產關鍵技術以蓖麻蠶 (*Samia cynthia*) 卵為其替代

寄主，供雌蜂產卵寄生，可短時間內大量繁殖平腹小蜂。田間釋放方式以成蜂釋放為主，並開發盒裝及改良型釋放盒 (圖三)。本場每年 2~6 月受理荔枝與龍眼農友申請平腹小蜂，農友於第一隻小蜂羽化 4~5 日後便釋放寄生蜂，10~14 天釋放一次，連續釋放 4 次，寄生率可達 70~80%。建議釋放數量以每公頃釋放 1.4 萬隻以上較佳。



圖三、(A) 平腹小蜂、(B) 替代寄主蓖麻蠶卵及 (C) 釋放盒。

2018 年本場亦開發以無人機釋放平腹小蜂，初步應用於臺中、彰化的荔枝、龍眼荒廢園等農藥無法噴灑處。自 2018 年迄今，實驗室內大量繁殖平腹小蜂持續釋放於田間，已證實可逐年降低荔枝椿象田間族群，經調查證實曾為嚴重疫區之高雄市田寮區，已成功抑制荔枝椿象族群，如今已無須再釋放 (吳等，2022)。

三、黑卵蜂應用於有機水稻田防治稻黑椿象

稻黑椿象 *Scotinophara lurida* (Burmeister, 1834) 為民國 60 年以前臺灣水稻五大害蟲之一，後因殺蟲劑普及轉為潛在害蟲；然而自 110 年起，臺東縣關山鎮面積 100 公頃之有機水稻專區遭此蟲危害損失嚴重。農業部臺東區農業改良場從稻黑椿象卵中發現臺灣本土寄生蜂黑卵蜂 (*Telenomus* sp.) (圖四)，且田間寄生率高、具應用之潛能，遂與本場合作，111 年起由本場進行量產技術研發。



圖四、黑卵蜂自稻黑樁象卵破殼而出。

本場自 112 年臺東縣水稻 1 期作開始，每週於關山樣區釋放一次黑卵蜂成蜂，至同年 5 月底已釋放超過 80 萬隻；田間調查結果顯示，稻黑樁象卵片寄生率已達 8~9 成，初步有良好成效。112 年 8 月仍持續量產並釋放黑卵蜂，以供應第 2 期稻作釋放。目前關山有機水稻專區的農友配合臺東區農業改良場訂定之有機防治策略 - 於稻黑樁象卵期釋放黑卵蜂、成蟲與若蟲期施灑黑殭菌，水稻產量已恢復正常。

四、跳小蜂防治木瓜秀粉介殼蟲

木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus*) 為木瓜高風險害蟲，於 2010 年入侵臺灣造成嚴重疫情。因介殼蟲於生長階段會分泌盾殼及蠟粉於體表，常使農藥防治無法有效觸及蟲體，運用天敵昆蟲可彌補此防治弱點。跳小蜂科 (Encyrtidae) 之寄生蜂曾被多國廣泛應用於粉介殼蟲的防治且頗具成效 (Muniyappan et al., 2006; Saengyot and Burikam, 2011)，其中，木瓜抑蝨跳小蜂 (*Acerophagus papayae* Noyes and Schauff) 對木瓜秀粉介殼蟲具有專一性，可於蠟粉間快速跳躍搜尋寄主，被寄生後的介殼蟲會呈木乃伊狀，最後羽化出一或多隻寄生蜂。此蜂寄生齡期包含 2 齡若蟲至雌成蟲，耐高溫、移動速度快、且族

群不受有機栽培環境的防治資材影響 (陳，2019)。

農業部農業試驗所自 2015 年起飼育、量產並定期釋放跳小蜂於有機木瓜園；田間調查顯示，當粉介殼蟲族群密度低於 10%，尚可維持 32.0%~65.3% 寄生致死率；如遇低溫或雨季寄生率較低，介殼蟲之族群量也少，故能維持作物不受嚴重危害。農業試驗所亦開發出簡易的跳小蜂飼育裝置，農友可自行繁殖寄生蜂並攜帶至栽培田間釋放。溫網室栽培的農友在田間巡視發現第一隻粉介殼蟲時，便可定期釋放跳小蜂，以利田間建立跳小蜂族群。

結語

生物天敵在美洲、歐洲、澳洲的應用已走向企業化經營，開發且販賣天敵昆蟲商品並輔以技術諮詢服務。相較於大陸型國家，臺灣農地面積小、作物栽種密集且多樣化，栽培環境害蟲相複雜且繁殖快速，適合發展配合當地農業生態之生物防治法。生物防治可兼顧永續性與安全性，為作物生產整合管理中的重要環節，面對昆蟲類入侵種疫情時，生物防治為大自然給與人類最好的解方。提醒農友在使用時，然仍需配合其他非農藥防治方法及清理害蟲孳生環境共同執行，以增加防治成效。

炭疽病菌的分類與侵染方式

鐘珮哲 (副研究員兼主任)

前言

英國植物病理學協會出版的科學期刊 - 分子植物病理學 (Molecular Plant Pathology) 在 2012 年刊登 1 篇名為 The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology (分子植物病理學中排名前 10 的真菌病原菌) 之文章，該文章從國際間邀請 495 位植物病理學相關專家學者，以投票方式選出前 10 大最具科學及經濟影響力的植物病原真菌，其中炭疽病名列第 8。幾乎所有從熱帶到溫帶地區分布的作物，對 1 至 2 種以上的炭疽病菌呈現感病性，又因為炭疽病菌具有潛伏感染的特性，造成許多水果發生嚴重的儲藏性病害。此結果顯示炭疽病為全球性的重要病害，本文以下針對炭疽病菌的分類與侵染方式進行介紹。

炭疽病菌的分類

在分類上，炭疽病菌屬的病原菌 *Colletotrichum* (炭疽刺盤孢菌屬) 歸屬於 Glomerellaceae (小叢殼科)，炭疽刺盤孢菌屬中許多種類也是植物重要病原菌，如：內生菌與腐生菌等。炭疽病菌分類方式從歷史演進來看，曾經歷過相當紊亂的時期。早期炭疽病的分類是以寄主種類作為分類依據，即便此炭疽病菌於形態上並無差異性仍進行新種命名，然而同屬病原菌常造成許多作物重要病害，而不同種類的炭疽病菌致病能力亦可能不同，因此正確的分類格外重要。至 1957 年左右，von Arx 以較為正

式且專題性的方式基於形態學，將原本約 750 種不同名稱的炭疽病菌歸類為 11 類，其中 *C. gloeosporioides* 涵蓋約 600 種同物異名 (synonyms)。Sutton 分別在 1980 及 1992 年依據形態與菌株人工培養特性接受了 22 和 39 種炭疽病菌種類，然而僅有一些與眾不同的特性作為分類依據，造成錯誤的炭疽病菌鑑定結果頻繁發生。Taylor 等人於 2000 年提出利用系統發育學種識別法 (Genealogical Concordance Phylogenetic Species Recognition, GCPSR) 可辨別真菌類緣種類，Cai 等人則於 2009 年證實此為具體可行之方式。關於此法分辨炭疽病菌種類之方式簡述如下：炭疽病菌的分類系統必須以多基因的系統發展為依據，並與模式標本做比較，而一個良好的系統發育譜系必須與可辨識的多項特徵結合，例如形態、生理學、病原性、培養特性及次級代謝物等。

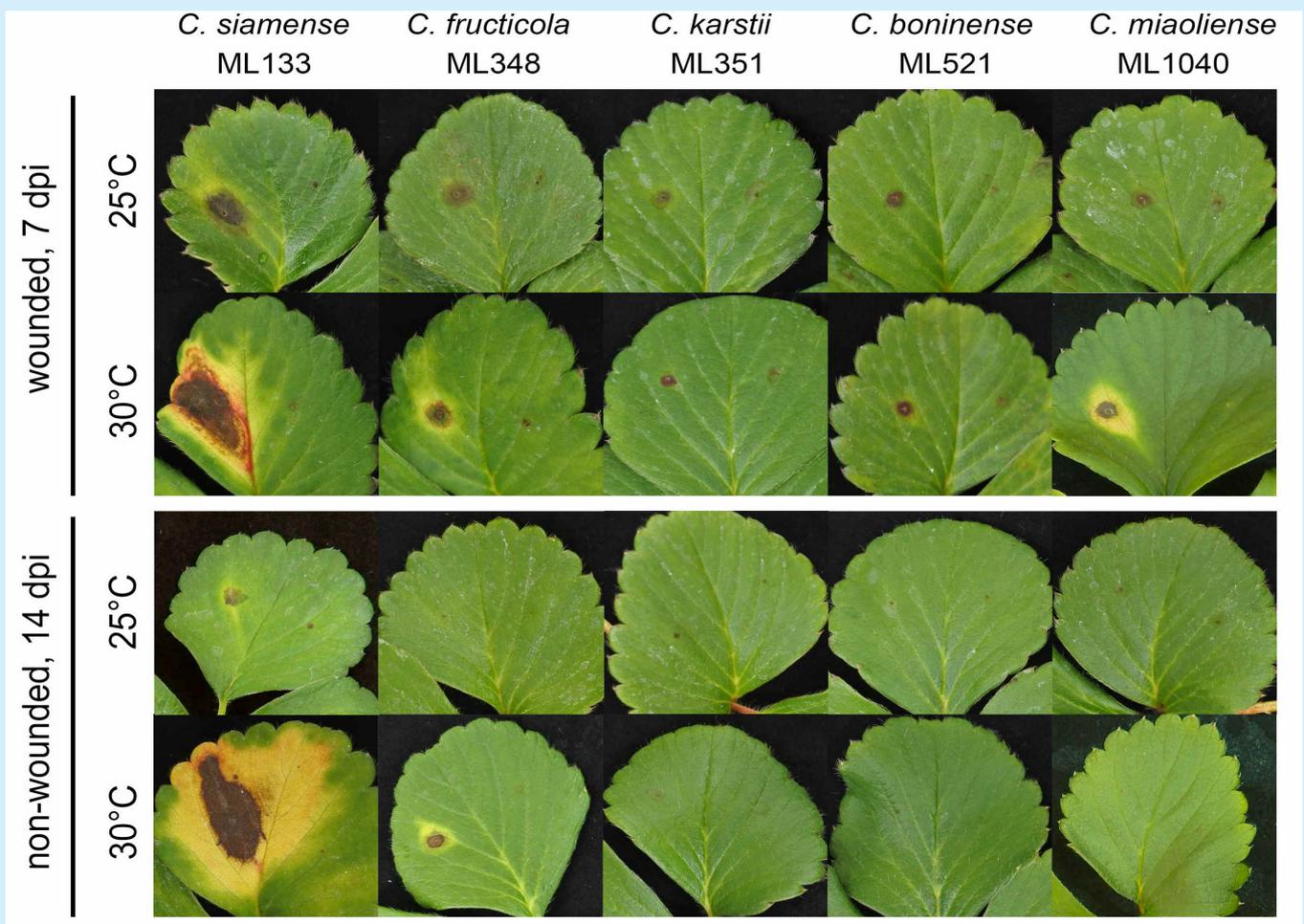
2009 年首次由 Hyde 等人針對炭疽病菌屬中 66 個常用的種名及 19 個有疑慮的種名提供綜合性之概述方式，同時強調必須以分子鑑定方法重新修訂此屬的分類方法。此後，依據分子鑑定方式，炭疽病分類進入新的時代。2012 年，Weir 等人以 8 個基因的多基因序列進行 *C. gloeosporioides* species complex 的類源分析，包含 ITS (Internal transcribed spacer)、*GAPDH* (Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase)、*CAL* (Calmodulin)、*TUB2* (β -Tubulin 2)、*ACT* (Actin)、*CHS-1* (Chitin synthase)、*GS* (Glutamine synthetase)、*SOD2*

(Manganese-superoxide dismutase)。其中 *CAL*、*CHS-1*、*GS*、*SOD2* 可以單一基因序列將 *C. fructicola* 與其他種類區分；而 *C. siamense* 則僅有 *CAL* 與 *TUB2* 可以單一基因序列與其他種類區分。除此之外，Liu 等人於 2015 年結合 ApMat 與 *GS* 之多基因分析，對於清楚界定 *C. gloeosporioides* species complex 的種類非常有幫助。

Damm 等人則分別以 ITS、*ACT*、*TUB2*、*CHS-1*、*GAPDH*、*HIS3* 及 ITS、*ACT*、*TUB2*、*CHS-1*、*GAPDH*、*HIS3*、*CAL* 區別 *C. acutatum* 與 *C. boninense* species complex。近年來炭疽病菌的分類不斷更新，從 2012 年的 119 種，2016 年的 190 種與 11

個 species complexes，2020 年的 247 種與 14 個 species complexes，2021 年的 248 種與 15 個 species complexes，到 2022 年已有 280 種與 16 個 species complexes。近年持續不斷發現新種類，意味著此屬具有高度多樣性。

目前世界各地報導已知之草莓炭疽病種類分屬於 5 種不同的 species complexes，而臺灣已知的草莓炭疽病菌包含屬於 *C. gloeosporioides* species complex 的 *C. siamense* 與 *C. fructicola*，屬於 *C. boninense* species complex 的 *C. boninense* 與 *C. karstii*，以及屬於 *C. acutatum* species complex 的新種 *C. miaoliense*，共計 5 種。在致病能力分析部份，*C. siamense* 及 *C. fructicola* 為主要致病菌，在 25°C 或 30°C 下不論葉片有無傷口皆產生較大之病斑，而其



圖一、臺灣 5 種炭疽病菌對草莓葉片之致病力測試結果。

他三種病原菌僅在有傷口條件下產生微小病斑(圖一)。此外，從臺灣草莓主要產區分離到的炭疽病菌是以 *C. siamense* 為主，從不同溫度下菌絲生長率的實驗結果得知，其最適生長溫度約為 27.9°C，可驗證臺灣草莓炭疽病好發於高溫潮濕氣候條件，至 12 月初氣溫顯著降低，田間炭疽病發生情形也隨之趨緩。

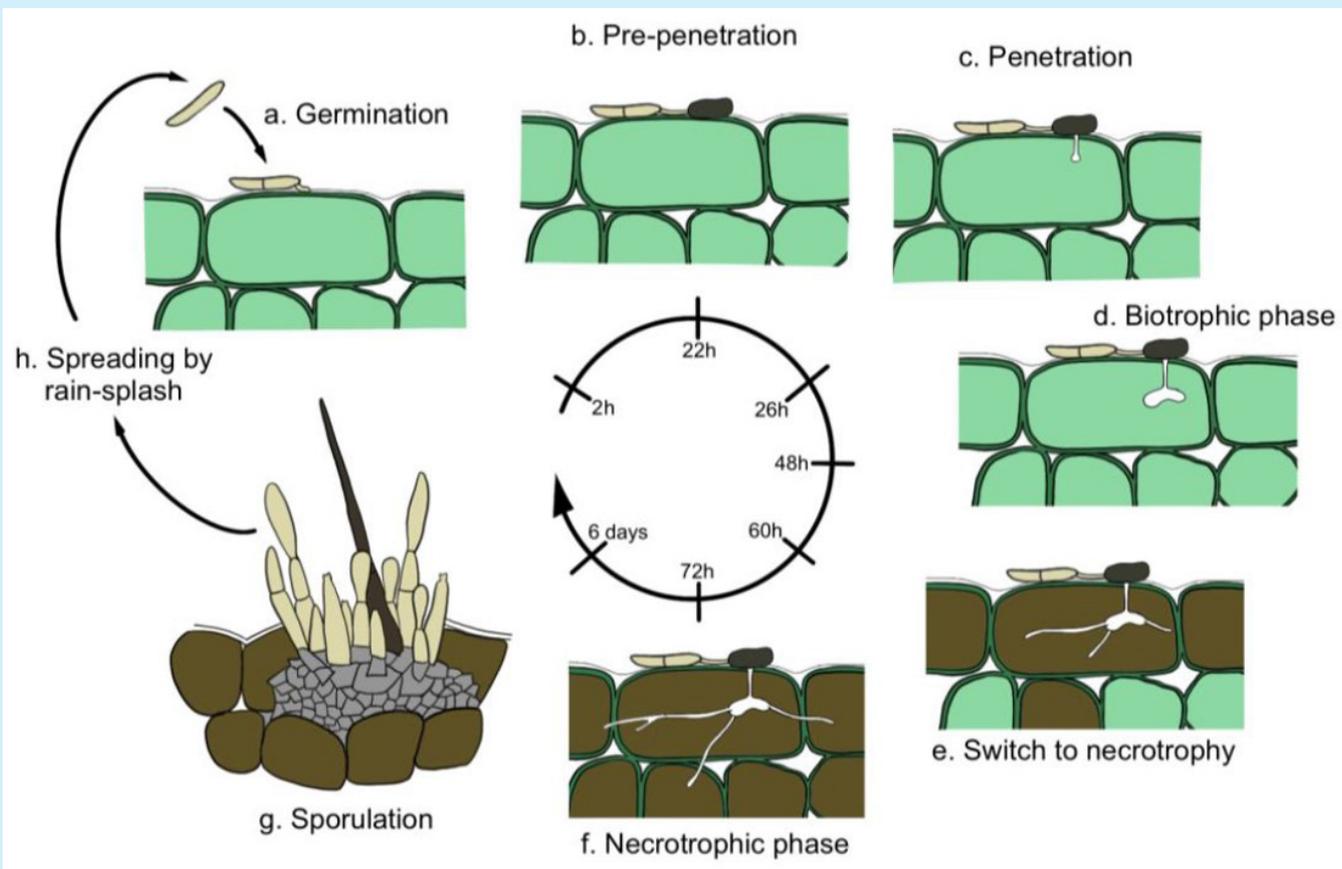
炭疽病菌的侵染方式

植物病原真菌在殖據寄主的時候，可能有不同的感染機制，炭疽病菌大致可歸類為內生型 (endophytic)、潛伏型 (latent)、生物營養型 (biotrophic)、半生物營養型 (hemibiotrophic) 及壞死營養型 (necrotrophic)。炭疽病菌屬的種類繁多，了解炭疽病菌不同的感染方式及其與寄主的交互作用，對於作物免於被病原菌感染相當重要。所謂的潛伏是指炭疽病菌在寄主植物上以此方式存在，直至特殊情況下，病原菌始轉為活躍。以感染酪梨的 *C. gloeosporioides* 為例，當其分生孢子落在未成熟的果實上，於數小時內發芽並在 19 小時之內形成附著器 (appressoria)，接著初生菌絲 (primary hyphae) 於果實表皮呈現分支狀，產生樹突狀結構，侵入果實上皮細胞而產生膨大之菌絲構造。這些結構維持潛伏狀態而未產生病徵，直到果實成熟後再進一步侵染造成採收後病害。病原菌在寄主植物上潛伏感染期間是無病徵的狀態，並且呈現寄主、病原菌及環境間的動態平衡。寄主植物的生理因素、環境因素皆可能會改變原本的平衡狀態，促使病原菌繼續攻擊。

以草莓炭疽病來說，本田發生炭疽病爆發之初次感染原，大多來自無病徵且帶菌之潛伏感染草莓種苗，*C. gloeosporioides* 被認為是半生物營養型病原菌，當此病原菌殖據

在草莓葉片上時可能呈現潛伏感染，但病原菌仍持續產生孢子。另一種危害草莓果實之炭疽病菌 *C. acutatum* 的初級分生孢子 (primary conidia) 落在草莓組織上時，除了形成附著器還會產生次生分生孢子 (secondary conidia)，隨著彈濺水傳播至其他植株上，此期間草莓組織皆為無病徵狀態；附著器與次生分生孢子被認為是造成產果田嚴重感染炭疽病的重要來源。而潛伏感染期時間的長短，受環境溫度、濕度及肥料 (氮肥) 多寡等環境因子之影響，25°C 環境下可能 2~3 天就從潛伏感染，轉為發病狀態進而出現病徵；5°C 則是 6~17 天；5~10°C 時，*C. acutatum* 的潛伏感染期較 *C. gloeosporioides* 短，然而在較高溫度時則相似。

生物營養型的病原菌，感染植物後維持在細胞內並吸取養分，但不會造成植物細胞死亡。雖然炭疽病菌不被認為是真的生物營養型病原菌，但許多種類在其感染過程中確實皆有生物營養型階段，隨之轉為壞死營養型階段，而此種特性即稱為半生物營養型。*C. lindemuthianum* 孢子接觸到寄主表面後發芽並產生附著器，穿透菌絲 (penetration hyphae) 從附著器的基部發展出來，並刺穿表皮與細胞壁，於表皮細胞形成膨大的囊泡及初生菌絲，至此階段屬於生物營養型階段，寄主仍未顯現病徵。約 1~2 天後，植物質膜開始崩解，造成植物細胞死亡，隨之而來的次生菌絲 (secondary hyphae) 分泌大量的細胞壁分解酵素使細胞壁瓦解，進入壞死營養型階段。由 *C. higginsianum* 在阿拉伯芥的生活史可以知道，從孢子落在寄主表面到產生發芽管約需 2 小時 (germination)，並在 22 小時內形成附著器 (pre-penetration)，26 小時內



圖二、*C. higginsianum* 感染阿拉伯芥之發展過程。(引用自 Jayawardena et al., 2021)

侵入寄主，48 小時內為生物營養型階段，60 小時轉為壞死營養型階段（逐漸產生病徵），72 小時壞死營養型 (necrotrophic) 階段，6 天後形成產孢構造，孢子隨雨飛濺傳播至其他寄主上（圖二）。

許多炭疽病菌的感染過程中包含壞死營養型階段。此階段之病原菌會產生次生菌絲，致使寄主產生病徵，並藉由分泌有毒物質與細胞分解酵素殺死寄主細胞，隨後分解植物組織並且消耗作為病原菌生長之養分來源，病原菌存活在已死或正在死亡中的細胞並且完成其生活史。

結語

炭疽病菌的分類系統於近年漸趨一致，使該類菌種的分類鑑定方式有所依循，而正

確的分類攸關接續而來的防治策略擬定，對於產業與農民而言是基本且重要之資訊。臺灣草莓炭疽病截至目前為止，已知有 5 種不同種類可造成感染，而針對其中 2 種最主要致病菌 (*C. siamense* 與 *C. fructicola*) 之發病條件與特性，擬定田間預防與防治策略。炭疽病菌具有潛伏感染特性，而潛伏期間又可產生次生孢子不間斷的傳播，因此於育苗期間不可避免的高溫潮濕與頻繁午後雷陣雨的氣候型態下，搭設簡易遮雨設施與避免噴灌給水，成為繁殖健康種苗不可或缺之基礎設施。

DNA 分子標誌於草莓育種之應用

李怡蓓 (助理研究員)

前言

國內草莓栽培面積約 560 公頃，以往栽培區域多集中於北部地區，包括臺北、桃園、新竹及苗栗等，近年逐漸向中南部擴展，隨著氣候變遷與栽培區域拓展，環境差異導致現有品種面臨適應性上的挑戰。新興病害的發生與高溫，再加上夏季育苗罹病率高、冬季花期不連續等因素，皆對草莓產業造成衝擊。目前草莓品種以「香水」及「豐香」為主，除透過調整栽培技術外，品種改良優化也是不可或缺之發展方向。然而，許多重要性狀在育種過程難以評估，如：耐病性選拔需消耗大量人力與物力；開花評估需藉由多年栽培確認等。近年來，「DNA 分子標誌」已逐漸應用於作物育種上，可精準掌握品種特性，避免性狀表現受環境影響造成誤判，除加速品種育成外，也可作為品種鑑定的利器，本文以下針對 DNA 分子標誌於草莓育種之應用進行介紹。

何謂 DNA 分子標誌？

DNA(去氧核糖核酸)為生物體中記錄遺傳訊息的物質，存在於每一個細胞當中。作物隨著物種的不同，其 DNA 序列也有所不同。「DNA 分子標誌」即為 DNA 上的一段序列或位點，可以偵測不同品種間的差異，達到鑑定特定性狀或品種目的。DNA 分子標誌種類繁多，常見的包括單核苷酸多態性、酶切擴增多型性，以及簡單重複序列(表一)，目前已有應用於水稻及落花生等作物的育種。

DNA 分子標誌應用於草莓性狀選拔

許多草莓的重要性狀為多基因所控制，容易受到管理方式及氣候條件影響，如：產量、開花期、果實糖酸比及抗病性等，選拔過程中常需經過多年的觀察，其中抗病性便常受肥培技術及葉齡等因素影響，操作難度較高，若能利用 DNA 分子標誌從基因層次進行選拔可提升效率。國外已有學者利用白

表一、常見的 DNA 分子標誌

| DNA 分子標誌 | 說明 |
|----------------|---|
| 單核苷酸多態性 (SNP) | 偵測 DNA 序列中，單個位點差異而導致的遺傳多樣性 |
| 酶切擴增多型性 (CAPS) | 偵測 DNA 序列中，經限制酶(一種酵素)反應後，特定位點差異而導致的遺傳多樣性 |
| 簡單重複序列 (SSR) | 偵測 DNA 序列中廣泛分布的簡單序列(1~6 個鹼基)重複數差異造成的遺傳多樣性 |

粉病抗性的草莓品種 Sonata 與相對感病的品種 Babette 雜交，針對於田間罹病情況進行外表型評估，並搭配 DNA 分子標誌收集遺傳資訊，藉此分析與白粉病表現關聯度較高的 DNA 位點，後續雜交品系在抗病性篩選時則可藉由偵測這些 DNA 位點存在與否，評估各品系對白粉病的抗感性，省去以田間自然發病的情況進行篩選所需的空間及時間。此外，亦可利用 DNA 分子標誌於育苗初期即進行目標性狀的選拔，有效縮短育種時程。

DNA 分子標誌應用於草莓品種鑑定

農民自行育種或地區流通的草莓品種繁多，品種辨識多以植株簡易的外表性狀進行區分。然而，隨著草莓品種不斷增加，僅依靠外表性狀分辨品種差異之困難度逐漸提

升，如：「香水」、「美姬」、「美峰」及「鐵金剛」等即為外表性狀甚為相似的地方品種，農友單憑外表性狀區別此 4 品種，且產區內農友自行育苗，種苗間流動頻繁。隨著栽培時間長，容易造成品種間發生變異或混淆的情況。利用 DNA 分子標誌進行遺傳鑑定，可較為正確且快速地區分不同品種。目前國內已建立的 DNA 指紋資料庫包括水稻、茶及部分林木，可確保未有品種混雜之情況，維持品種純度。

草莓品種若能建立 DNA 指紋資料庫，可確保市場上各品種銷售的正確性與純度，日本即有學者完成國內 125 個草莓品種的指紋資料庫，並持續擴及應用於日本 180 個登記品種。指紋資料庫透過分子標誌於草莓品種中呈現的遺傳資訊差異，建立一套區別草莓

抗病品種
如：Sonata



感病品種
如：Babette

圖一、不同草莓雜交品系對白粉病抗感性之差異。(圖修改自 Lifshitz et al., 2017 及 Duan et al., 2022)



圖二、地方品種「香水」(左 1)、「鐵金剛」(左 2)及「美姬」(左 3)株型甚為相似(右 1 為豐香)

品種系統，但仍需隨品種數量、種類持續調整，以確保分子標誌於受試品種中具有有效的鑑別度。

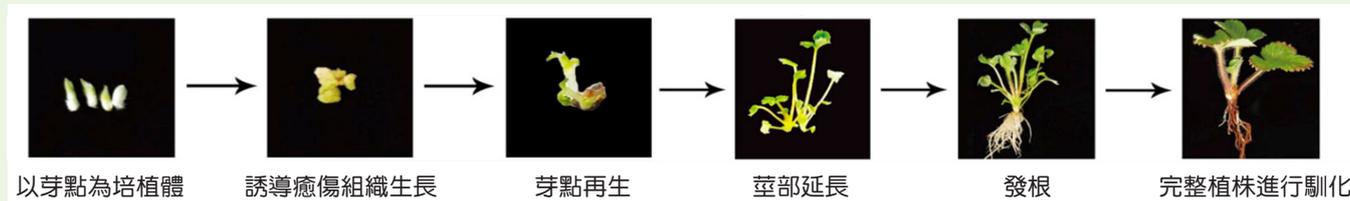
DNA 分子標誌應用於組織培養苗體細胞變異檢測

組織培養技術（以下簡稱組培）應用於種苗生產已越來越常見，為快速且可確保無病原污染的繁殖方式，然而組培過程中因品種、培植體位置、培養基類型、植物生長調節劑、繼代培養的時間及光照溫度等因素影響，可能發生體細胞變異，影響作物本身的農藝性狀與品種特性，因此須建立一套系統有效偵測組培苗的體細胞變異情形。體細胞變異的檢查應包括型態、生化、生理及遺傳特徵等，DNA 分子標誌則可應用於檢查遺傳特徵，透過已知的 DNA 分子標誌在草莓品種中出現的

電泳條帶位置，檢查組培苗與繁殖母株是否具有一致的表現，藉此判斷是否存有遺傳變異的發生。以分子標誌檢查多為輔助的方式，仍需配合型態及生理生化特性加以確認，避免為快速繁殖無病原種苗而導致品種特性發生變異的情況。

結語

DNA 分子標誌技術於作物育種已有多種應用，在草莓育種中可應用於品種選育、品種鑑定及檢測組培苗體細胞變異等。品系選拔階段可配合 DNA 分子標誌分析遺傳表現進行選汰，提升品系選拔的精準度；而建立品種 DNA 指紋資料庫及檢測組培苗體細胞變異，則有助於草莓品種鑑定與維持品種純度。隨著草莓品種不斷推陳出新，導入分子技術於育種策略，有助於強化產業發展。



圖三、草莓組織培養苗生產流程，完成植株馴化後需留意體細胞變異以維持品種特性。(圖修改自 Cao et al., 2021)

日本草莓栽培技術發展概述

葉人豪（助理研究員）

前言

草莓為我國重要經濟作物之一，自 1934 年引進臺灣至今，栽培面積發展為 565 公頃（統計至 2022 年），其中 60% 以上坐落於苗栗縣大湖鄉。受限於丘陵及河階台地地形與耕地面積，國內多數經營者為家戶小面積栽培，無法像中國、美國、土耳其、墨西哥等主要生產國以大面積耕作降低平均生產成本。日本多數草莓園亦為家庭農場規模，近 40 年來，日本草莓栽培面積接近減半，總產量仍能維持在高峰期的 80%，其中關鍵即為栽培技術與品種的發展。本文將簡述日本草莓栽培歷史、重要技術變革與品種，以及近代為因應 12 月提早供果需求而發展出的多項催花技術，盼可作為國內草莓產業發展方向參考。

日本草莓栽培歷史

日本引進栽培種草莓 (*Fragaria ananassa*) 的時間約在 19 世紀早期，但直到接近 20 世紀時才在東京周圍的關東地區各縣開始商業生產，第一個日本自行育成的品種為農學家福羽逸人在 1899 年發表的「福羽」（圖一），是從法國品種「General Chanzy」種子選育而成，成為諸多日本品種的共同祖先。日本有多種草莓栽培模式，從傳統露天土耕到當代的「促成栽培法 (forcing culture)」，各種草莓栽培方式依月份及處理要項之栽培曆如圖二。

1950 年代，草莓早期品種較晚熟，休眠性強，採用「半促成栽培法 (semi-forcing culture)」以在隔年 3~5 月採收果實，此方式不符合臺灣需求，故本文不詳加介紹。1970 年代，促成栽培法的出現讓草莓得以冬季產

果。當時草莓種苗仍採土耕育苗，在育苗期間將走蔓苗挖起，部分斷根後再排列整齊重新植入苗床。斷根可減少氮肥吸收，因而促進花芽分化，使草莓苗在 9 月底定植前已帶有花芽，10 月底陸續以塑膠布保溫（因應當地低溫）、長日照以及施用吉貝素等方式促進植株持續生長，可避免休眠，使果實採收期從 12 月開始持續至隔年春天。然而，斷根操作衍生的問題是傷口容易受病菌侵害，又因傳統土耕育苗方式使得重要土傳病害 - 草莓萎凋病在數年後大流行，當時促成栽培法的主流品種「寶交早生」不耐萎凋病，因而受到嚴重影響。因應萎凋病肆虐，草莓產業陸續導入田土日曬殺菌，發展穴盤或育苗杯等容器及介質育苗等技術，以抑制土傳病害傳播，同時也開始發展組織培養與健康種苗繁殖系統。

1980 年代中期，兩個重要的新品種 - 「豐香」與「女峰」推出，兩者皆比過往品種更早收、更高產，果實風味與儲架壽命亦有所改良，在之後 10 年間分別佔據西日本與東日本 90% 以上市場。雖然兩品種在產量品質性狀相當優秀，卻都極易感染炭疽病，因此，這時期育苗場開始普遍架設雨遮設施，防止雨水噴濺造成病害擴散。

1990 年代，日本草莓生產面積漸漸減少，持續種植的園區有 9 成以上為溫室栽培，採用高架介質栽培面積也持續增加，在技術與品種進步之下，總產量仍維持穩定。此時期許多農試單位與私人企業都開始進行草莓品種選育，至 2000 年代東西日本市場主流品種轉為「乙女」與「甘王」，近年則是各縣府農試單位紛紛推出轄內專屬品種，品種多樣豐富。

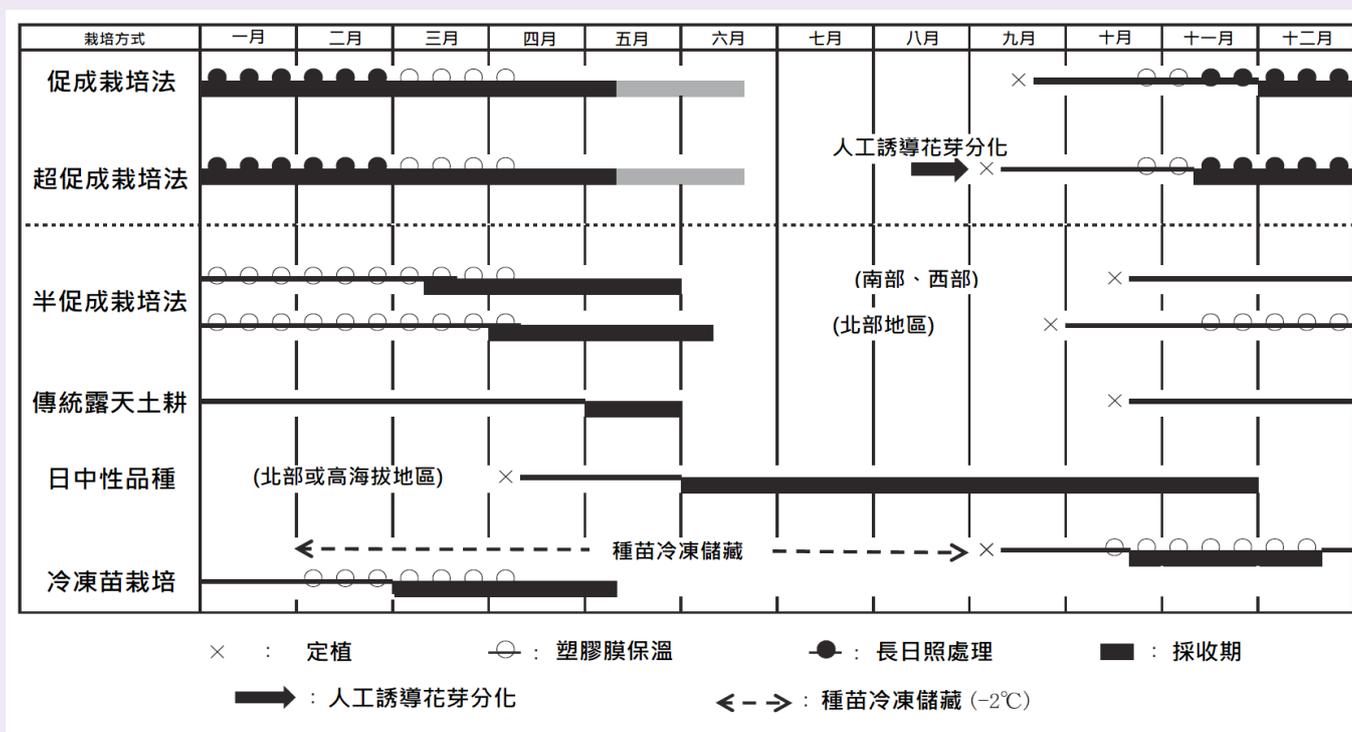


圖一、日本於 1899 年自行選育第一個品種「福羽」。

日本草莓生產現況

依據世界農糧組織統計資料，日本 2021 年草莓栽培面積約 4,902 公頃，總產量約 15.6 萬公噸。目前日本栽培方式普遍為溫室促成栽培，並持續發展高架介質栽培、液肥滴灌、微氣候調控，以及產量產期預測等精緻農業技術。在當代節慶消費文化影響之下，聖誕節與年末假期為草莓需求高峰，12 月的售價最高，產量高峰則在隔年 3~4 月。日本以往夏季草莓也是仰賴進口，近年因為新育成數個日中性品種，使得夏秋草莓產量增加，進口數量隨之減少。

近年來，在香川縣等地區流行「空中採苗法」，其優點是減少病害與降低育苗成本，操作方式是使用新的組培苗或前一年度組培苗的健康子代為母株，將高架栽培母株產生的走蔓苗在長出 2~4 片展開葉時直接剪下，移植到穴盤並定時自動澆水直到著根，藉此減少育苗成本，操作管理及病害控制也較容易，後續即依一般育苗方式及進行催花處理。



圖二、日本各草莓栽培方法栽培曆摘要。(圖引用並翻譯自 Yuichi Yoshida 2012 年發表於 International Journal of Fruit Science 之文獻回顧)

促成栽培催花技術

除了草莓新品種選育、降低病害危害風險外，日本草莓另一研究重點為促進種苗花芽分化，以達到提早開花結果，把握 12 月需求巔峰時高價售出，在臺灣草莓市場也有相同需求。影響花芽分化的關鍵因素為溫度、日照時數與氮肥控制，各國學者歷來為此開發多種催花技術。本場去 (111) 年第 100 期農業專訊曾介紹高冷地育苗、短日夜冷處理與種苗冷藏處理，在此補充介紹氮肥控制、間歇冷藏法及介質降溫法如下：

一、氮肥控制

氮元素雖為植物最重要養分，過量氮肥卻會使植株營養生長過度活躍，不進行生殖生長，花器發育失敗並造成減產，其他催花方法的效果也會受影響。植物會將過量的氮元素以硝酸態儲存在液泡中，而草莓葉柄的硝酸態氮濃度變化大且對氮肥敏感，故相關試驗常取第 3 片展開葉之葉柄測量硝酸態氮濃度作為指標，若硝酸態氮佔乾重 0.4% 以上則為氮肥過量，造成花芽分化受抑制、延後開花且花期不一。日本早期土耕育苗抑制種苗氮吸收的主要手段為斷根法，因無法有效控制土壤本身養分、雨量、斷根強度等因素，農友持續讓種苗缺氮，反而過度抑制植株基本生理機能；近代改用小容器介質育苗，則可較有效的控制每株種苗肥份。另有研究顯示，經短日夜冷處理促進花芽分化後，再適度供氮可促進花器發育。

二、間歇冷藏法

一般種苗冷藏法是將種苗置於冷藏庫，低溫暗室處理 2~3 週，但仍會有一定比例的種苗未能充分被誘導花芽分化，而處理過久則會讓種苗過度消耗光合產物，導致葉片黃化而影響整體生長，雖然初期開花較多，全期產量反而會低於未處理的種苗。間歇冷藏法為改良式的冷藏方法，操作方式是將種苗分成兩批，一批留置原來的育苗環境，一批

放入低溫暗室 (15°C) 冷藏庫，處理 3~4 天後將兩批位置交換，如此循環 2 或 3 次。這樣的改良可讓種苗累積低溫刺激，同時維持一定的光合產物，並克服室外高溫與日長對開花的負面影響。試驗顯示間歇冷藏法明顯比未處理的對照組早開花 6~10 天，也比一般連續暗室冷藏組早 4~15 天，而且分批處理也讓冷藏庫使用更有效率，可在有限空間內處理更多種苗。

三、介質降溫法

利用紙質容器、不織布或塑膠網等透水性容器進行育苗，藉由容器表面水分汽化時發散潛熱，可幫助降低介質溫度，減少高溫對種苗的影響。此法促進花芽分化的效果取決於介質水分與環境濕度，必須頻繁給水並維持環境通風。

除了對種苗催花，也有研究針對如何讓側冠開出的二期花提早，縮短一、二期花的間隔。對介質或植株冠部降溫可以有一定效果，栽培槽使用透氣資材，並於介質下方架設通風管，可利用水分發散潛熱幫助介質降溫；冠部降溫案例則有設置冷水循環管緊貼冠部，使冠部維持在約 20°C 環境，或將導熱性佳的銅製水管埋入介質降低根溫。

結語

當前日本草莓單位面積產量為每公頃 31.81 公噸，而我國為 17.96 公噸，其間差異除了先天氣候條件限制之外，應該仍有機會從引進品種與栽培技術來提升國內草莓產量。上文各項技術介紹盼可供產學各界共同努力嘗試引入並改良，例如設施栽培可降低天然災害風險與病蟲害影響，但國內較少為草莓育苗場設置雨遮設施，若搭配滴帶給水或底部給水，徹底防止病原菌隨水滴噴濺擴散，可以有效減少種苗折損率；而各項人工催花技術則可使採收期提早數日，若可建立適合國內主流品種及栽培條件之處理參數，加以推廣應用，相信可增加農民收益並滿足市場需求。

科技草蛉 - 生物防治新選擇

許文文（樸農生技 業務經理）

前言

臺灣地處亞熱帶，擁有豐沛的水源和肥沃的土壤，造就絕佳的農耕環境。這片土地上孕育了高品質的農作物和深厚的農業文化。然而，這樣優越的耕作條件也伴隨著各種害蟲和疾病的出現，農民必須想盡辦法來應對這些挑戰。儘管目前的害蟲防治方法仍以化學農藥為主，但近年來，隨著食品安全和環保意識的提高，以及政府積極推動的「化學農藥十年減半」政策，許多非化學防治方法應運而生。本文將聚焦在生物防治領域，介紹一種「以蟲剋蟲」的天敵昆蟲—基徵草蛉，探討其歷史和最新的應用方式。

草蛉簡介

基徵草蛉 (*Mallada basalis*)，又稱蚜獅，是一種完全變態的昆蟲。幼蟲期約 10~14 天，以肉食為主，專門捕食蚜蟲、粉蝨、介殼蟲和葉蟎等小型農業害蟲；蛹期約 7 天，期間不進食，之後羽化為成蟲，成蟲的壽命約為 30~45 天，主要以繁殖為主，只攝取少量花粉和花蜜。

由於基徵草蛉具有卓越的捕食能力（每隻幼蟲每日能捕食近百隻小型害蟲），且已有近 20 年研究及應用基礎，牠們被廣泛應用於臺灣的農田，尤其是在草莓、葉菜、花卉、甜瓜和葫蘆科等多種作物的害蟲防治上。生物防治的優勢最重要的是不會有農藥殘留，此外草蛉對於授粉昆蟲（如蜜蜂）是沒有傷害

性的，因此也適用於有機栽培，從苗期、授粉期和採收期，達到有效控制蚜蟲、粉蝨、介殼蟲和葉蟎等害蟲的效果，從而減少或不使用化學殺蟲劑。

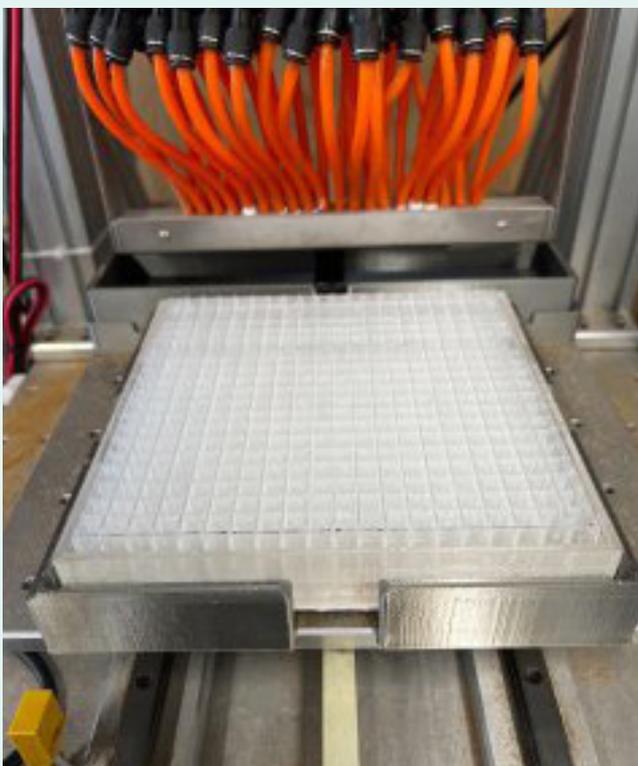
過去草蛉產品的生產成本高，穩定性不足，一直是田間應用的主要限制因素。特別是草蛉繁殖過程，在傳統飼養模式下需要大量人力及空間，並且容易導致草蛉幼蟲間的相互殘殺進而降低產量。然而，近年來這一挑戰已經迎刃而解。

新型草蛉卵卡

2020 年農業部苗栗區農業改良場與國立臺灣大學生物機電系攜手合作，共同開發了「基徵草蛉智慧化生產模組」，實現草蛉自動化飼養和大規模生產。這項技術創新由「樸農生技股份有限公司」進行技術轉移，改進了傳統草蛉產品的不足之處，使其更適合在田間應用。樸農生技運用機械手臂代替人工，結合電腦 AI 技術，並借助雲端攝影系統準確判斷飼養中草蛉的健康狀況和發育階段，以精準投放飼料，減少浪費，同時降低飼養成本。在產品包裝方面，新型的樸農草蛉卵卡使用堅固的硬質材料，有效保護草蛉卵免受潮溼、擠壓和螞蟻等威脅，透明的外殼方便使用者觀察卵的孵化情況（圖一），使其能夠在適當時機打開卵卡釋放草蛉。此外，新型卵卡的生產過程由機械手臂和 AI 攝影機精確填充健康且定量的草蛉卵（圖二），讓使用者能夠制定更穩定且可重複操作的防治策略。



圖一、新型樸農草蛉卵卡使用堅固的透明硬質材料，可有效保護草蛉卵並方便觀察其孵化情況。



圖二、利用機械手臂和 AI 攝影系統精確填充健康且定量的草蛉卵。

樸農草蛉卵卡 Q&A

一、如何使用草蛉卵卡？

(一) 放置位置：在作物上有蚜蟲、粉蝨、介殼蟲、葉蟻等害蟲的任何地方吊掛草蛉卵卡。在預防階段，每棵果樹約需要使用 2~4 張卵卡，將其掛在葉梢；一年生的作物，如瓜類、茄子或葉菜，則需要在每 2~3 公尺的區域使用 1 張卵卡，同樣也是掛在植株的中上區；若是已經出現害蟲危害，則可視葉片密集、害蟲密度來增加施放的草蛉卵卡；若害蟲密度已至危害嚴重的程度（出現煤煙病的病徵等），則建議先以其他能大面積防治的資材，如油劑、藥劑等先降低田間害蟲密度，在 3 天後再使用草蛉將剩餘的害蟲清除乾淨。

(二) 放置時間：幼蟲孵化後，最好在當天的清晨或傍晚（避免在曝曬時間）釋放幼蟲。草蛉主要是預防性質，農民可根據過去害蟲高峰期的觀察，提前一個月進行防治，或者在安全採收期使用，以降低害蟲在不對經濟造成損害的密度。害蟲監測方法包括在田間掛設黏蟲紙或進行目視觀察。如果是新種植的作物，可於約定植後一個月開始防治；如果是長期種植的果樹，建議首先建立天敵族群，例如，柑橘類植物非常適合草蛉的生存。如果田間害蟲數量已經很高，建議先使用能夠立即殺死害蟲的資材，如化學農藥或油劑，以將害蟲壓制到天敵可以處理的密度。同時，要特別關注田區的螞蟻情況，因為螞蟻是草蛉幼蟲期的威脅之一。如果螞蟻密度較高，建議使用螞蟻的餌劑降低其密度。

- (三) 放置數量：對於大面積種植的農民，通常以每一分地需要約 100 張卵卡為參考，並根據作物類型、是否在設施中種植以及是否遵循有機農業等因素進行調整。對於小面積種植的農民，如城市農耕者或家庭陽台和花園的使用者，則需要根據面積、植株密度等因素使用 5~50 張卵卡不等。
- (四) 補充頻率：草蛉幼蟲孵化後即具有防治能力，其 10~14 天的幼蟲期都能夠有效控制害蟲。因此，可以根據需要在施放 2 週後的 1~2 週內進行補充。
- (五) 與其他資材搭配使用：草蛉也可以與其他資材搭配使用，如化學農藥或非化學的油劑類資材（礦物油、葵無露）或植物萃取物（植物精油、菸草液）。建議在使用這些資材的 4~5 天後再使用草蛉，並在草蛉的有效期內（約 14 天）停止使用這些資材。

二、適用作物類型？

草蛉適用於許多作物，包括連續採收的瓜類（大瓜、小黃瓜、甜瓜）、茄類（番茄、茄子）、豆類（豇豆、敏豆、毛豆）、果樹類（柑橘、咖啡）以及葉菜類（十字花科、苗圃）等。在園藝植物中，觀葉植物（蔓綠絨、彩葉芋）和花卉（玫瑰、桂花）等經常受到紅蜘蛛危害或容易受到農藥傷害的植物也適用。然而，不適用於較大型的害蟲，如毛蟲、椿象和蝗蟲，以及稻米、玉米、荔枝和龍眼等作物。

三、環境對草蛉的影響？

草蛉幼蟲不耐曝曬，適宜的活動溫度介於 20~35°C 之間。不建議在長期低於 10°C 的溫度下施放，因低溫下幼蟲的發育速度會變慢，捕食能力會下降，防治效果會降低。

根據實驗，每週定期在田間釋放少量的草蛉可以保持蚜蟲、粉蝨、介殼蟲和葉蟻的害蟲密度在可接受範圍內，而無需使用殺蟲劑。

四、如何吸引草蛉留在田間？是否可以在田間建立草蛉族群？

草蛉的幼蟲期是肉食性的，以小型害蟲為食；而成蟲期則以花粉和花蜜為食。因此，要讓草蛉留在田間，需要確保在幼蟲期有足夠的小型害蟲，並在成蟲期提供蜜粉來源。為吸引草蛉留在田間，可以在作物周圍種植一些吸引和保留草蛉的植物，這些植物稱為「天敵銀行植物」，例如馬利筋就是一個不錯的選擇，因為它開花時可以為成蟲提供食物，同時上面常有夾竹桃蚜等小型害蟲可作為草蛉幼蟲的食物，而這種蚜蟲不會對大多數作物造成危害（除了夾竹桃科植物）。然而，人工在田間建立草蛉族群相對困難，基徵草蛉是臺灣的原生物種，當棲地食物短缺或使用農藥時，草蛉傾向離開田間尋找更適合的生存地。

結語

臺灣農業正處於轉型之中，國內民眾對環保和健康的關注日益增加。通過解決生物防治高成本、產量不足和品質不穩定等問題，生物防治變得簡單而可行。我們的目標是協助農民實現可持續的農業生產，同時降低對化學農藥的依賴，從而提高農產品的質量、食品安全和環境可持續性。我們相信，生物防治將繼續在臺灣農業中發揮關鍵作用，保護農作物，維護農業生態平衡，並促進農業的長期可持續發展。

本場重要紀事(112年9月1日~112年11月30日)

| 日期 | 重 要 紀 事 |
|----------------------------|--|
| 9月8日 | 辦理「增進農田地力肥料與土壤碳匯講習會」，內容包含水田與旱田低碳耕作管理，以及木黴菌在淺根與深根作物栽培管理上的菌種選擇與應用，共計64人參加。 |
| 9月16日~ 9月24日 | 參與「2023中台灣農業行銷展售會」淨零循環永續農業展示，展出包括稻草速效分解技術、簡易堆肥技術、友善耕作草生栽培技術等，並辦理愛玉子食農體驗活動，展期間共吸引21,910人次參觀。 |
| 9月27日 | 辦理「食農教育專業人員共同培訓」，介紹政策法案與推動方向及分享教學資源平台，並搭配實務案例分組討論提升學員對食農教育精神的認識，共計56名學員參訓。 |
| 10月4日 | 辦理「柑橘類有害生物綜合管理暨友善農業資材應用講習會」，介紹柑橘肥培管理與合理化施肥、栽培管理技巧，以及病蟲害防治技術，共計40位農友參與。 |
| 9月15日、 10月6日、 10月13日 | 辦理4場「蜂產品機械化省工生產一貫化場域示範觀摩會」，介紹以一鍋爐串接小型減壓濃縮機、解結晶蜜槽及高效離心蒸蠟機設備，建置之一貫化作業，共計48位蜂農參加。 |
| 10月12日~ 10月14日 | 本場於「2023台灣創新技術博覽會」展出「愛玉子全胚系保健產品開發技術」與「天敵昆蟲平腹小蜂冷儲量產技術」，其中愛玉展項獲得亞太經濟合作(APEC)代表團指定參訪，民眾參與熱烈，活動圓滿完成。 |
| 10月24日 | 辦理「小手機打造青農『影』響力-社群行銷影片拍攝製作實戰班」，邀請李一學老師講解手機影片拍攝技巧與腳本結構，計有本場同仁、青農及農會代表共60人參加。 |
| 10月26日 | 於卓蘭傑農合作農場辦理「高接梨防(減)災及減緩生理障礙技術講習會」，介紹高接梨因應氣候變遷之防(減)災作為，共計將近60人參加。 |

| 日期 | 重 要 紀 事 |
|-------------------|---|
| 10月25日 | 辦理「田媽媽與綠色照顧研習」，課程包括經絡按摩、地中海飲食及園藝輔助治療，以增進農村婦女綠色照顧知能，協助高齡婦女健康生活，計有家政指導員、田媽媽、志工與民眾共 62 人參加。 |
| 10月26日 | 於卓蘭傑農合作農場辦理「高接梨防(減)災及減緩生理障礙技術講習會」，介紹高接梨因應氣候變遷之防(減)災作為，共計將近 60 人參加。 |
| 10月30日~ 10月31日 | 辦理「112年農業淨零排放入門班(線上課程)」，介紹產品碳足跡制度、農業自然碳匯技術、國際情勢與政策等相關資訊，共計 46 人參加。 |
| 9月9日~ 11月15日 | 於苑裡鎮農會愛情果園辦理「稻田彩繪技術及應用」產業推動成果 20 年回顧展，呈現稻田彩繪技術應用成果。 |
| 11月3日、 11月10日 | 考試院 112 年度人文素養研習活動，由周弘憲副院長率隊，2 梯次計 160 人次至本場臺灣蠶蜂昆蟲教育園區參訪，本場安排蜜蜂及愛玉子解說與生態導覽，活動圓滿完成。 |
| 11月7日 | 辦理「草莓產果期綜合管理講習會」，介紹草莓產果期栽培操作、病蟲害防治、土壤肥料管理、草莓栽培設施施作重點等，共計 187 人參加。 |
| 11月17日 | 辦理「水稻藝術及米食文化論壇」，展現稻作產業推動、水稻生產技術研發及稻作多元化應用等成果，共計約 150 人參加。 |
| 11月18日 | 臺灣蠶蜂昆蟲教育園區榮獲環境部「環境教育設施場所及機構評鑑優異獎」，由本場施佳宏副場長率領本場環境教育團隊北上受獎。 |
| 11月24日 | 於造橋鄉舉辦「文旦整枝修剪技術及防災推播工具推廣講習會」，介紹防災 Line 的使用、文旦常見病蟲害與防治方法，以及文旦修剪枝原理等，共計約 70 位農友參加。 |
| 11月29日 | 美國在臺協會 (AIT) 孫曉雅 (Sandra Oudkirk) 處長，率農業組及農業貿易辦事處同仁共 8 人，蒞臨本場參訪，農業部杜文珍次長率領國際事務司及農業科技司專家陪同，農糧署、苗栗縣政府以及公館鄉農會也派員前來接待，由本場同仁導覽天敵、蜜蜂及愛玉子生態，並邀請參訪貴賓品嚐純天然愛玉凍。 |



9月8日「稻田彩繪技術及應用」產業推動成果 20 年回顧展記者會，長官與貴賓合影。



9月15日、10月6日以及10月13日「蜂產品機械化省工生產一貫化場域示範觀摩會」，與會人員合影。



10月12日~10月14日本場愛玉子研發團隊與APEC代表團於「2023 台灣創新技術博覽會」展場合影。



11月18日臺灣蠶蜂昆蟲教育園區榮獲環境部「112 年度環境教育設施場所及機構評鑑優異獎」，本場施佳宏副場長（右）代表受獎。



11月17日「2023 水稻藝術及米食文化論壇」，全體人員合影。