

天敵在臺灣生物防治應用之 發展及願景

段淑人 *

國立中興大學昆蟲學系教授

* 聯繫人 e-mail: sjtuan@dragon.nchu.edu.tw

摘 要

目前我國農政主管單位全面推動農藥減半，此神聖任務需要全民一起關注投入心力。如何讓農友及產官學界對生物性的安全防治資材有更多的認同及了解，則是達成環境友善、永續農業的第一步。台灣自 1909 年起引入近百種天敵，或許曾經留下短暫地亮眼的成績，但在本島氣候高溫多濕、蟲害不斷、慣行農法居多的小農制條件下，化學農藥的長期掛帥造成對有益昆蟲的迫害。目前僅有少數天敵，可以在網室發揮生物防治的效果。我們應該要克服的瓶頸除了要建立低成本高效益之量產天敵的自動化系統、做好推廣教育 - 推薦正確之天敵釋放方法、更要能提供對天敵友善、使其能在田間獲得足以繁衍及受蔽護的空間。因此，留住天敵在農田，以持續發揮抑制害蟲猖獗的發生，應有哪些認知及作為？筆者將於本文中逐項探討，期能從過去的成敗找出未來應研究與實踐的課題。

關鍵字：生物防治、捕食性天敵、寄生性天敵、專一性、環境友善

引 言

行政院農委會農糧署自 106.05.05 發布「友善環境耕作推廣團體審認要點」，想利用推廣友善環境耕作，使國內友善及有機驗證田區的面積得以迅速成長。而友善耕作農法與有機農業之栽培模式類似、但認定資格條件有所不同。有機農業必需經由獲得全國認證基金會評鑑通過之農產品驗證機構，給予公正獨立的驗證過程、加以評估確認符合



農糧署有機農產品驗證方案與 ISO 17065 標準者，方能宣稱有機。其與友善耕作兩種管理方式均需要遵循不使用化學農藥、化學肥料、基因改造生物之製劑與資材或病蟲草害防除用途之化學藥品的基本原則外；友善農法目前尚未有如前述之驗證機制，但必需維護水土資源、生態環境與生物多樣性，促進農業友善環境及資源永續利用才是其特色，故強調的就是推動友善環境農業、以保護家園生態永續。然而該如何維護生態環境與生物多樣性呢？農政單位為鼓勵農民將慣行農法轉化為友善農法，再與有機驗證接軌，是否能快速地產產對寄生性與捕食性天敵更有利的田間環境呢？

自 1909 年起，我國農政單位、試驗場所及學術機構，致力於生物防治資材及施用技術的研發，更持續引進天敵、迄今已近百種，但是究竟尚存在多少物種足以抗衡害蟲的猖獗？我們曾經投入的研究及推廣是否能藉由友善農法之實踐，而使生物防治資材應用更容易發揮正面效益？未來又該如何調整天敵研發的方向呢？在數十載的生物防治推動的時間軸上，是否可以結合應用化學的製劑技術研發更適合天敵取食的人工替代食餌、降低生產成本，再串連生物產業機電科技開發自動化餵食鏈，提升天敵量產規模；或佐以非農藥防治技術及安全減量用藥模式、配合農業操作手法，以有效留住天敵、興旺牠們的族群豐度、並提高其在農田防治害蟲之潛能，讓台灣未來的生物防治具有充滿希望的願景呢？本篇即回顧過去寄生蜂及捕食性天敵的推廣工作，包括天敵之引進的紀錄、釋放的情況與檢討、目前正在研發推廣的天敵種類、應注意改善的農業條件及管理方式，最後提出淺見探討未來可行的研究方向。

台灣引進天敵紀錄

吹綿介殼蟲 (*Vedalia cardinalis*) 在 1905 年曾在台灣大發生，於 1909 年首度自紐西蘭引進的天敵係澳洲瓢蟲 (*Rodolia cardinalis*) 防治柑桔吹綿介殼蟲 (*Icerya purchasi*)，此為亞洲地區生物防治成功之第一例 (章, 2011)。又在 1913 至 1955 年間，為了防治香蕉假莖象鼻蟲 (*Odoiporus longicollis*)，自印尼、斐濟兩國三度引進爪哇閩魔蟲 (*Plaesius javanus*)。於 1916 至 1980 年間又多次地自印尼、菲律賓、越南、印度、西印度群島及馬來西亞等地，分批引進爪哇黃足黑卵蜂 (*Telenomus beneficiens*)、白螟黑卵蜂 (*Telenomus beneficiens var. elongates*)、呂宋小繭蜂 (*Chelonus semihyalin*)、及印度紫螟小繭蜂 (*Bracon hebetor*) 等，用於防治甘蔗棉蚜 (*Ceratovacuna lanigera*)、

甘蔗螟蛾（條螟）（*Proceras venosatus*）、黃螟（*Tetramoera schistaceana*）、白螟（*Scirpophaga excerptalis*）、二點螟（*Chilo traea infuscatella*）及紫螟（*Sesamia inferens*）等甘蔗害蟲；1923年自夏威夷引進瓜實蠅小繭蜂（*Opius fletcheri*）防治瓜實蠅（*Bactrocera cucurbitae*）；1959年自美國引進蘇力菌（*Bacillus thuringiensis*）防治鱗翅目害蟲；1969年自日本引進斯氏線蟲（*Steinernema carpocapsae*）防治多種農業害蟲；1973年自荷蘭引進小繭蜂科（*Apanteles vestalis*）及姬蜂科（*Diadegma fenestralis*）防治小菜蛾（*Plutella xylostella*）；1974年自日本引進紋白蝶絨繭蜂（*Apanteles glomeratus*）防治紋白蝶（*Pieris rapae*）；1983年自關島引進紅胸葉蟲絨小蜂（*Tetrastichus brontispae*）防治可可椰子紅胸葉蟲（*Brontispa longissima*）、同年夏威夷自引進綠椿象卵寄生蜂（*Trissolcus basalis*）防治雜食性綠椿象（*Nezara viridula*）；1983~1984年自留尼旺島引進亮腹絨小蜂（*Tamarixia radiata*）防治柑桔木蝨（*Diaphorina citri*）；1984年自美國引進歐洲玉米螟赤眼卵蜂（*Trichogramma nubilale*）防治亞洲玉米螟（*Ostrinia furnacalis*）；赤眼卵蜂（*Trichogramma* spp.）防治小菜蛾及蔗螟（條螟及黃螟等）、荔枝細蛾（*Conopomorpha litchiella*）等；1985年自印尼引進彎尾姬蜂（*Diadegma semiclausum*）防治小菜蛾（*Plutella xylostella*）；同年中央研究院自夏威夷引進蛹寄生蜂-格氏突闊小蜂（*Dirhinus giffardii*）防治東方果實蠅（*Bactrocera dorsalis*）；1987年自夏威夷引進香蕉橋蝶絨繭蜂（*Cotesia erionotae*）及香蕉橋蝶卵蜂（*Ooencyrtus erionotae*）防治香蕉橋蝶（*Erionota torus*）；1988年自荷蘭、日本引進溫室粉蝨恩蚜小蜂（*Encarsia formosa*）防治溫室粉蝨（*Trialeurodes vaporariorum*）；1989年引進反顎繭蜂（*Dacnusa sibirica*）防治非洲菊斑潛蠅（*Liriomyza trifolii*）；1990年自中國廣東引進赤眼卵蜂（*Trichogramma embryophagum*）防治亞洲玉米螟；1991年自印尼引進甘蔗綿蚜寄生蜂（*Encarsia flavoscutellum*）防治甘蔗棉蚜；1992年自尼加拉瓜或牙買加引進小菜蛾寄生蜂（*Diadegma insularis*）或瑞士引進小菜蛾蛹寄生蜂（*Oomyzus sokolowskii*）防治小菜蛾；1993年自美國引進歐洲玉米螟幼蟲小繭蜂（*Macrocentrus grandii*）防治亞洲玉米螟；1995年引進恩蚜小蜂（*Encarsia* spp.）防治螺旋粉蝨（*Aleurodicus dispersus*）；1983~1990年間數次自美國及澳洲引進加州捕植蟎（*Amblyseius californicus*）、法拉斯捕植蟎（*Amblyseius fallacis*）、及智利捕植蟎（*Phytoseius persimilis*）等防治二點葉蟎（*Tetranychus urticae*）。自1909年至1995年間，引進台灣地區的害蟲天敵總計60種



天敵昆蟲，包含寄生性膜翅目 41 種（68%），捕食性鞘翅目 10 種（17%），寄生性雙翅目 6 種（10%）為主。若以天敵主要防治對象（害蟲種類）來分類，計水果害蟲 20 種，蔬菜害蟲 17 種，甘蔗害蟲 27 種，花卉害蟲 6 種、雜糧害蟲 8 種。這些害蟲的作物環境，通常即為天敵引進後釋放之處所。以上係由天敵引進主管機關（行政院農委會動植物防疫檢疫局）核准資料，再節錄自農試所陳健忠博士及林試所趙榮台博士之整理的網路公開資訊。

天敵釋放於田間之表現與檢討

防檢疫局提供的資料顯示，自 1995 年至 2007 年 11 月，大專院校或研究單位申請引進的農作物害蟲天敵仍有 30 種之多。然而僅有少部份引入的天敵能在台灣農業體系中發揮生物防治 - 抑制害蟲棲群。亦即雖然在引進後於實驗室量產、增補釋放多次，但部份未能展現良好防治成效，或者在釋放後由監測資料顯示天敵於田間的密度逐年明顯減少，故終竟無法讓天敵在農田中建立族群或穩定成長。探究其原因可能有下列主要因素：1). 台灣氣候全年似無寒冬，暖春炎夏暑秋造成害蟲增長快速；2). 全台的可耕農地有限、多為小農制加上連續複種，致使害蟲全年均有豐腴的寄主植物可食並繁殖大量子代；3). 國內多以噴施化學農藥為主要防治手段的環境，害蟲在發育快繁殖多的優勢下，很容易在農藥逆境下被篩選出抗藥性，但天敵卻無法像害蟲一樣發育快、繁殖力強且對農藥能產生抗藥性，故頻頻被殲滅無法立足田間；4). 研究單位所量產的天敵數量仍不敷實際田間足以抑制害蟲密度激增的釋放需求量；5). 即使技轉予民間廠商但因生產天敵的人力成本偏高、生物體的活性及貯存技術尚未臻完善，因而不易長期庫存，以致供應農用的即時性和足量性不佳；6). 將天敵釋放至田間時應避免嚴酷的天氣狀況，大雨、颱風或炙熱艷陽（10:00~15:00）均不適合釋放天敵；7). 當採收農作物時或害蟲密度過低而導致天敵缺乏維生的食物及棲所，尤其對於專一性較高的天敵則影響更鉅；8). 寄生蜂成蟲需要有蜜源植物提供能量、延長壽命，而農田多為單一化作物栽培，缺乏綠籬植物提供避難所及蜜源，導致天敵存活力及寄生率降低，也因而無法在田間建立族群並發揮生抑制害蟲之功效。

目前國內進行中的天敵推廣應用

以下就目前國內已建立量產流程及釋放方法的天敵，農民可經由農業試驗改良場所推廣試用或自行向廠商購買使用的天敵物種簡要式介紹，如：寄生性天敵則有平腹小蜂可防治荔枝椿象（卵）；格氏突闊小蜂可防治東方果實蠅（蛹）。捕食性天敵：基徵草蛉可防治葉蟬類、蚜蟲、粉蝨等；黃斑粗喙椿象可防治紋白蝶、斜紋夜盜蟲等幼蟲；闊腹螳螂可防治蝗蟲、蛾、蝶、蠅類等成蟲；南方小黑花椿象可防治薊馬、粉蝨、蚜蟲、葉蟬等。

1. **黃斑粗喙椿象** (*Cantheconidea furcellata*) 為廣食性捕食椿象，可以大量捕食鱗翅目幼蟲，如斜紋夜蛾、甜菜夜蛾、擬尺蠖、紋白蝶、小菜蛾及毒蛾等（圖一）；亦可捕食鞘翅目、膜翅目、半翅目等 40 種以上之幼蟲。分佈於斯里蘭卡、緬甸、泰國、印度、馬來西亞、菲律賓、台灣及大陸等地。25°C 下黃斑粗喙椿象的卵期約 7~8 天、若蟲期有五個齡期共計約 24~27 天，雌雄成蟲一般可存活 1~2 個月（圖二），一生捕食鱗翅目幼蟲的量可達上千隻。苗栗區農業改良場已建立大量飼育此天敵的方法，若有需求亦可向苗栗改良場生物防治分場洽詢、或向民間私人公司購買。而中興大學昆蟲學系亦於 2016 年藉由該場協助，將此椿象應用於斜紋夜蛾、小菜蛾及甜菜夜蛾等三種重要蔬菜害蟲的生物防治研究上 (Tuan *et al.*, 2016a)。此大型的捕食性椿象能在有機農田中以斜紋夜蛾等鱗翅目幼蟲為食而立立足，故常有機會能於農田作物上看到牠們，但農民因不認識而誤以為是害蟲、竟動手捕殺之，農政及試驗單位應多加以宣導，本文附圖二即能讓農民正確識別此益蟲、勿再錯殺。
2. **南方小黑花椿象** (*Orius strigicollis*) 體型較小係雜食性、由於活動力強、且食量大，故為高潛力的天敵，可捕食植食性薊馬、粉蝨、葉蟬、蝶蛾卵、蚜蟲等小型害蟲（圖三）。在田間的菊科雜草上輕易可見，它會鑽入植物花苞及嫩芽縫隙間捕食藏匿的薊馬，一生可捕食 300 餘隻薊馬。自卵發育為成蟲需時約 3 周（圖四），亦可用於一般害蟎的防治，一生可食 500 隻以上的葉蟬。農業試驗所與台南區農業改良場朴子分場合作，已建立大量繁殖南方小黑花椿象的基礎技術，數年前則技轉給苗栗區農業改良場天敵中心。目前已由苗栗區農業改良場生物防治分場持



- 續量產，若有需求亦可向苗栗改良場生物防治分場洽詢、或向民間私人公司購買。筆者亦以粉斑螟蛾 (*Cadra cautella*) 卵做為替代食餌進行量產南方小黑花椿象的工作，其族群成長率較捕食二點葉蟬卵為佳 (Tuan *et al.*, 2016b)。
3. 草蛉是一種雜食性的捕食性天敵昆蟲，已記載 90 屬 1,400 種，該種天敵昆蟲會捕食蚜蟲、粉蟲、介殼蟲、葉蟬及木蝨類，及葉蟬、柑橘潛葉蛾，以及多種鱗翅目及鞘翅目昆蟲之初齡幼蟲及卵等。許多國家均分別應用於棉花、胡瓜、馬鈴薯、柑桔、梨等作物的害蟲及害之防治。台灣本土性的草蛉中以**基徵草蛉** (*Mallada basalis*) 和**安平草蛉** (*M. boninensis*) 兩種較受矚目，研究也較為深入。由於草蛉的食性較廣，容易於室內大量飼養，朴子玉米中心及台糖研究所曾以外米綴蛾 (*Corcyra cephalonica*) 的卵做為替代食餌、建立飼養流程，但耗費人力、生產成本高。為了降低成本、提高產能，農業試驗所應用動物組建立了以微膠囊人工卵來飼育草蛉幼蟲，同時完成研發該天敵之冷藏與運輸技術。在草莓上釋放，可有效抑制二點葉蟬及神澤氏葉蟬，達到壓抑葉蟬之目的 (Chang and Hwang, 1995)。筆者於實驗室中以粉斑螟蛾卵飼育基徵草蛉可大量繁殖之，而防治試驗中顯示其對蚜蟲及二點葉蟬有良好的捕食率 (圖五)。我國近年來為防治蚜蟲傳播木瓜輪點毒素病，同步利用網室隔絕蚜蟲、並釋放天敵，以有效抑制木瓜輪點病毒之傳播。若有需求亦可向苗栗改良場生物防治分場洽詢或向民間私人公司購買。
 4. **闊腹螳螂** (*Hierodula patellifera*) 是大型且行動敏捷的捕食性天敵，食性雜可捕食多種昆蟲如蝗蟲、蚊蠅類、蛾類等，若可供應充足的食餌則可大幅提高其產卵量而產生大量的螳螂。苗栗區農業改良場已建立利用東方果實蠅及其他蠅類來繁殖螳螂。溫度 25°C 以上一年可有三代，需 90~120 天完成一世代，若蟲 7~8 齡、成蟲壽命 120 天左右，雌成蟲可產 3~5 個螳螂 (100~250 粒卵 / 螳螂)。螳螂視力極佳、銳利多刺的捕捉足反應快速，增加掠奪獵物的效率。初孵化之一齡若蟲即可上陣捕殺害蟲，捕食期自一齡蟲至成蟲死亡前平均可長達半年之久。若有需求亦可向苗栗改良場生物防治分場洽詢。
 5. **平腹小蜂** (*Anastatus fulloi* 或 *Anastatus japonicus*) 為膜翅目 (Hymenoptera)、旋小蜂科 (Eupelmidae)，平腹小蜂雌雄成蟲之性比約 15:1，平均一隻平腹小蜂雌成蟲一生大約可產下 140 顆卵，預估每釋放 10,000 隻平腹小蜂中即約有 9,300

隻雌成蟲，這些雌蟲最高可寄生 1,302,000 隻荔枝椿象，防治效果極佳（張，2010）。因一年一代的荔枝椿象僅在每年的 3~7 月產卵，無法整年有卵可供平腹小蜂寄生，且其卵量無法大量提供用以在實驗室內量產繁殖平腹小蜂，苗栗場目前以蓖麻蠶（*Samia cynthia*）取代荔枝椿象作為平腹小蜂的替代寄主。為利農民方便釋放，目前以盒杯方式裝置平腹小蜂，盒內的平腹小蜂已羽化 5~7 日，為具最佳的寄生狀況，農民僅需將盒蓋打開，平腹小蜂會自行飛出，於田間尋找荔枝椿象的卵進行寄生，因釋放時機會影響寄生效果，建議農民選擇天氣狀況良好時釋放（吳等，2017）。近年來苗改場生防分場一直力量產此種卵寄生蜂，持續努力供應荔枝農民在每年二月底三月初至六七月間，耗費相當人力，加上準備好的卵粒不能先繁殖寄生蜂，因其被冷藏後會降低寄生蜂羽化率。而此部份的技術經由苗改場研發人員改良後已能克服，可冷藏 5 個月。然而即使供應釋放至田間，卻因農民多仰賴農藥施灑，不僅造成對開花期來訪花授粉的蜜蜂毒害，也傷害在田間羽化的寄生蜂，有可能尚未及寄生椿象卵粒即中毒死亡，應予以注意施藥種類、濃度及時機，避免傷害天敵而影響防治效果。尤其因為荔枝椿象可在無患子科植物（如行道樹 - 台灣欒樹）上棲息繁殖，故對防治工作產生很大的影響，至今效果仍極有限，目前田間釋放荔枝椿象卵粒防治率約達 7 成。而為擴大應用規模，苗改場已將平腹小蜂量產技術技轉，且自 108 年起國立台灣大學昆蟲學系及私人公司亦有販售平腹小蜂，農民宜儘早於二月份即訂購方能於二月底至三月初起釋放，建議一分地釋放 2,000 隻平腹小蜂，可有效減少荔枝椿象數量，並減少農藥施用量，讓蜜蜂不會受到農藥毒害，可以順利授粉提高產量。政府亦積極將荔枝椿象防治工作推展到全國的廢棄農園，鼓勵農民減量或避免用藥，尤其在釋放平腹小蜂的時期，同時佐以物理採卵方式實行綜合防治。

6. **菸盲椿象**（*Nesidiocoris tenuis*）主要捕食對象為粉蝨類及潛葉蠅等，其活動力強、捕食量大，用於溫室內效果甚佳，但因其為雜食性昆蟲，不僅捕食小型昆蟲亦需要吸取植物汁液補充養分、水分，不建議施放於菸草種植期。但可用於茄科作物、尤其是網室番茄園，每平方公尺可施用 1~2，若害蟲發嚴重時則需提高釋放量。本天敵可向民間公司購買，建議使用時應於田區內種植芝麻作物供其必要時吸食，但釋放密度不可過高以免傷及農作物。



7. **格氏突闊小蜂** (*Dirhinus giffardii*) 屬膜翅目 (Hymenoptera)、小蜂科 (Chalcididae)，為一種廣寄主性的蛹寄生蜂，經由苗栗改良場及其他學術試驗單位測試證實此寄生蜂對東方果實蠅的寄生效力在 20~30°C 的環境下可成功寄生果實蠅蛹體，於 30°C 的處理下具有最高繁殖潛能，平均產卵期約為 52 日，可成功寄生果實蠅蛹體並產生近 90 隻後代。目前苗栗改良場生物防治場正致力於瓜果實蠅蛹寄生蜂的量產技術及應用，每周可約生產 380,000 隻寄生蜂，可提供農民於田間可提供農民於田間釋放。生物防治分已建立量產此蛹寄生蜂之流程及技術 (Hwang and Chang, 2002)，亦經過多年的田間試驗確定其防治效果良好，若有需求亦可向苗栗改良場生物防治分場洽詢。
8. **玉米螟赤眼卵寄生蜂** (*Trichogramma ostriniaie*)，自 1984~1991 年間經由，台灣糖業試驗所的努力，建立了以外米綴蛾卵粒為替代寄主，於室內量產赤眼卵蜂製成寄生的卵片，並在即將羽化前分送給農民使用。於玉米一期作時大面積釋放玉米螟赤眼卵蜂，並配合微生物藥劑 (蘇力菌) 使用，成功地壓抑台灣玉米主要害蟲—亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 之危害，且降低農民對化學殺蟲劑之依賴 (鄭等, 1995)。目前台南區農改良場仍持續繁殖該寄生蜂，若有需求可向台南改良場朴子分場洽詢，然因台糖量產外米綴蛾卵紙的人力不足，故台南場能供應的卵寄生蜂亦有限。使用方法為：於株高 15~20 公分 (播種後 20~25 日)，開始釋放玉米螟寄生蜂片一次，後每隔 4~5 天再釋放一次，每次每公頃釋放蜂片 150 片。釋放蜂片之行距 6 公尺 (8 行)，行上蜂片與蜂片之距離亦為 6 公尺 (約 8 步)，將蜂片卵面朝外，用釘書機釘於葉片背面靠中脈彎垂處，次日寄生蜂即羽化飛出尋找玉米螟卵粒寄生。蜂片釋放時如遇雨天或惡劣天候，應暫停釋放，並將蜂片暫存此冰箱，等候天氣放晴再行釋放。

目前國內生物防治工作面臨的困境與轉機

一般而言，天敵的釋放需配合害蟲的發生步調，包括害蟲的密度、齡期 (卵、幼蟲、蛹期及成蟲期)，考量天敵對害蟲種類或齡期之專一性、寄生率及捕食能力等，並在氣候條件溫和的情形下，以正確的釋放率 (天敵數量:害蟲數量) 方能展現生物防治效果。然而，生物的個體差異性很大，且昆蟲係外溫動物常受溫度影響其發育率及活動力或食

量、產卵量，甚至光週期亦會影響其交配及繁殖能力，隨著日齡老化亦會產生不捕食不產卵的情形，又不能即時放大族群或冷藏冷凍待。因此，天敵的利用彈性大幅降低，無法因田間害蟲猖獗時，立即投入大量天敵而產生有效壓制害蟲密度的功效。尤其是自國外引進的天敵可能存在所謂「水土不服」現象，即使經過專家評估過在台灣應用之可行性，但近年來氣候變遷、暖化及降雨不均的現象更嚴重影響作物的開花，也間接影響天敵的適存性。就人為因素則歸責於台灣慣行農法的用藥模式、及單一作物的不友善程度，天敵無法在此等逆境或壓力下存活，或許也可能產生較嚴重的子代雄性化趨勢，導致無法持續繁衍子代、建立棲群、而面臨消失。值得慶幸的是～近二年來政府已大力推動友善政策，實質鼓勵農民能在不用化學肥料及農藥的操作原則下，營造友善農田環境並提升生物多樣性，以期可永續農田活力及食安品質。此時再結合現代科技 - 利用自動化量產及釋放天敵的設計、降低生物防治成本，又以友善方式提高田間蜜源植物，均係綜合管理策略中以生物防治技術再度領航的難得轉機。

我國生物防治技術的未來發展方向及願景

生物防治的首要條件即是要有能即時足量供應的天敵資材，然而我們國內目前就天敵量產的系統，全然仰賴以人工飼育他種昆蟲做為替代食餌，在成本及效益上均屬耗工費時又無法提高產能的狀態。不同的營養成分對天敵的壽命及繁殖力有決定性的影響（Chang and Hsien, 2005 ; Tuan *et al.*, 2016b）。故研發適宜的食餌對量產天敵實屬關鍵性的課題，然若想降低成本則應研發人工飼料配方與自動化機械管理生產流程。目前苗栗改良場生物防治分場與台灣大學及中興大學均有合作，致力該等研究開發工作。在進行天敵釋放前應注意氣象資料之蒐集，選對時機、地點、作物田及方法（數量、頻度、高度或位置），應避免其遭受逆境壓迫。且應做好保育工作，努力營造更適合天敵生存的友善空間，包含綠籬、草生栽培、蜜源植物及天敵避難所之設置。花蓮改良場在綠籬植株品種的選擇及管理上有多年的經驗，而在農業操作、耕作防治上的配套措施，如：間作及條收提供天敵能有更多棲所、以蓄勢待發，均有良好的推廣示範。而當害蟲密度過高必需要用藥時，應慎選對天敵友善藥劑及濃度，可先將害蟲密度壓制後再釋放適量的天敵。掌握正確的釋放率及頻度才能達到經濟、安全又有效的防治成效（Tuan *et al.*, 2016c）。



結 語

台灣耕地面積密集，屬於小農制、連續多期之複種方式，且病蟲害管理方式零散，因而缺乏綜合管理之理念與共同防治之體制，致使病蟲害孳生源不斷。又由於長期的用藥不當，造成害蟲抗藥性的產生，農民因此增加用藥劑量與種類，導致藥害或殘留過量，使消費對農產品安全品質存疑。同時過度施用化學藥劑也破壞了自然生態的多樣性及土壤生機，造成多種天敵昆蟲或蜜蜂成為無辜的犧牲者，若因此而影響蟲媒授粉、結果率下降，則產生得不償失的反噬作用。為了要達到善加應用天敵做為生物防治的利器，我們必須用心經營，提供有利於天敵的生態條件、減少用藥、營造對天敵友善的農業環境，讓我們賴以生存的地球永遠朝氣蓬勃。也期望政府推動的友善耕作法能連動業者投資生產天敵，讓台灣的農業得以成為先進國家的亮點。

重要參考文獻

- 章加寶。2011。天敵在有機農業害蟲防治上的利用。農業生技產業季刊。No. 28：41-47。
- 張萃嫻。2010。半翅目（Hemiptera）重要科、亞及物種幼期形態。第 59-63 頁。吳文哲、石憲宗 吳文哲、石憲宗 吳文哲、石憲宗（編）。農業重要昆蟲科、亞及物種之幼期形態與生態。行政院動植物防疫檢局。台北市。316 頁）。
- 吳怡慧、吳登楨、盧美君。2017。荔枝椿象天敵—平腹小蜂之量產及應用。農政與農情（原文：<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2506383>）。
- Chang, C. P., and Hwang, S. C. (1995) Evaluation of the effectiveness of releasing green lacewing, *Mallada basalis* (Walker) for the control of tetranychid mites on strawberry. Plant Prot. Bull. 37: 41-58.
- Chang, C. P., and Hsieh, F. K. (2005) Effects of different foods on the longevity and fecundity of *Mallada basalis* (Walker) adults (Neuroptera: Chrysopidae) . Formosan Entomol. 25: 59-66.
- Tuan, S. J., C. C. Yeh, R. Atlihan, and H. Chi*. 2016a. Linking life table and predation rate for biological control: A comparative study of *Eocanthecona furcellata* fed on *Spodoptera*

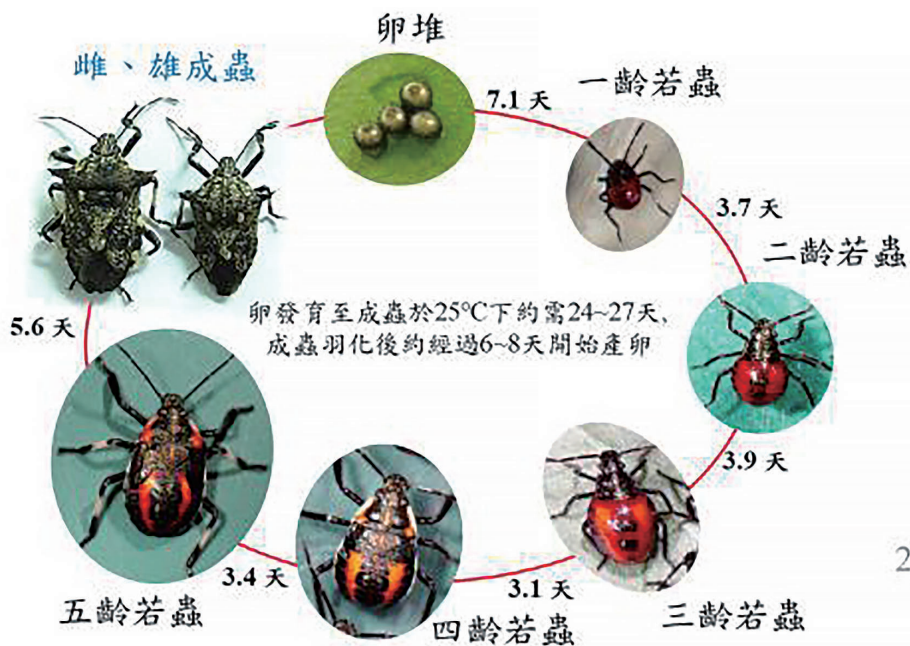
litura and *Plutella xylostella*. Journal of Economic Entomology 109(1): 13-24.

Tuan, S. J., C. M. Yang, Y. H. Lin, W. H. Lai, H. Y. Ding, P. Saska, and S. C. Peng. 2016b. Comparison of demographic parameters and predation rates of *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) fed on eggs of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Economic Entomology DOI: 10.1093/jee/tow099.

Tuan, S. J.*, Y. H. Lin, S. C. Peng, and W. H. Lai. 2016c. Predatory efficacy of *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) against *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) on strawberry. Journal of Asia-Pacific Entomology 19(1): 109-114.

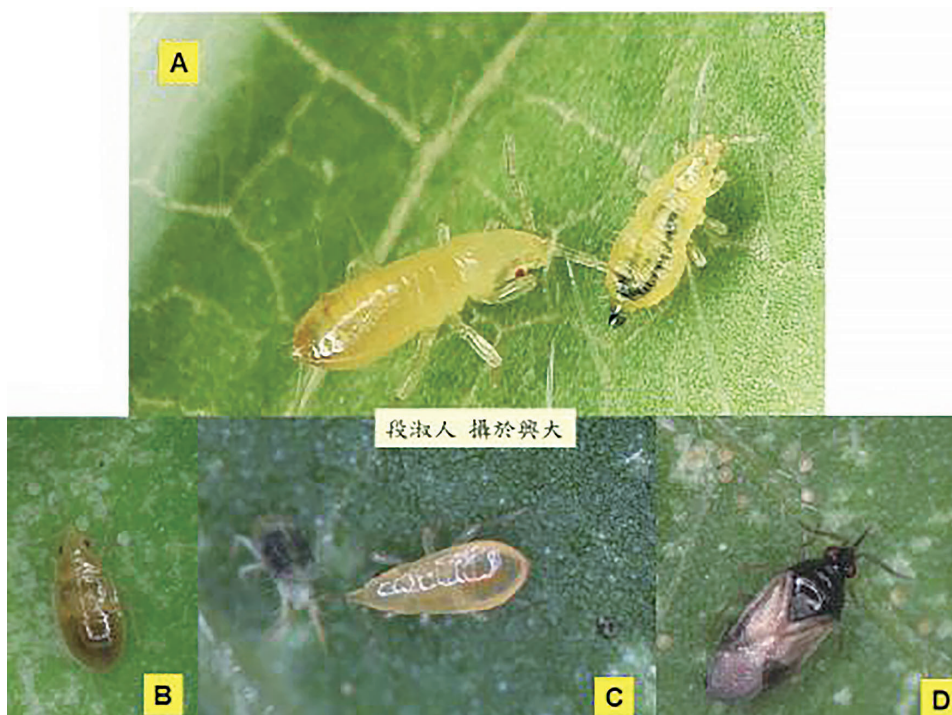


圖一、黃斑粗喙椿象成蟲捕食斜紋夜蛾 (A)、紋白蝶 (B)、甜菜夜蛾 (C) 之幼蟲，黃斑粗喙椿象若蟲搶食小菜蛾之幼蟲 (D)。



2

圖二、捕食斜紋夜蛾三齡幼蟲於 25°C 下，黃斑粗喙椿象之生活史。



圖三、南方小黑花椿象若蟲捕食台灣花薊馬 (A)、二點葉蟎卵粒 (B)、二點葉蟎成蟎 (C)，及南方小黑花椿象成蟲捕食二點葉蟎卵粒 (D)。



圖四、捕食二點葉蟬卵於 25°C 下，南方小黑花椿象之生活史。



圖五、基徵草蛉成蟲 (A) 及卵粒 (B)，以及幼蟲取食二點葉蟬 (C) 與桃蚜 (D)。

Development and Prospect of Biological Control by Natural Enemies in Taiwan

Shu-Jen Tuan*

Department of Entomology, National Chung-Hsing University, Taiwan, R. O. C.

*Contact author, email: sjtuan@dragon.nchu.edu.tw

Abstract

Nowadays, our government encouraged all the farmers reduce the applications of pesticides to 50%. First of all, the concepts and knowledge of biological and safety materials need to be extended to all the people for reaching the environmentally friendly and sustainable farming. Even though many dozens of natural enemies had been imported in the past hundred years since 1909, only a few predators and parasitoids are available to make success in greenhouse behind the stress of extremely climate as well as the long-term dependence on chemicals in conventional farming. It is essential to conquer the bottleneck in mass-rearing of natural enemies on high cost, wrong releasing measures, and low population increasing rate of released organisms. Farmers may build up a natural enemy-friendly environment through lowering down the application of pesticides and growing the sheltering green fence, especially for the advantage of their surviving and reproduction. The information of recommending a proper releasing rate of natural enemies and keep their population increasing in farm are the only promising requirement for a successful biological control program. In this article, we will discuss the correcting and direction of further biological control task based on the past experience of importing and releasing issues.

Key words: biological control, predator, parasitoid, specificity, environmental friendly