

東方果實蠅的生物防治

黃勝泉^{1*}

摘要

東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) 臺灣俗稱蜂仔或果蠅，主要分布於亞洲及太平洋等地區，雌成蟲飛行及搜尋寄主能力強，可危害百種以上的寄主植物，危害率約 10 ~ 30%，嚴重影響臺灣果樹產業的發展。有關東方果實蠅的防治工作，早期多採取甲基丁香油誘殺法、噴洒蛋白質水解物及釋放不孕性昆蟲等防治策略，並於臺灣重要果樹產區設置 613 個監測點，俾利發布疫情資料及輔導農民適時進行防治。自 1994 年開始，在防檢局統籌規劃下由各農試改良場所負責技術協助，與縣市政府合作進行共同防治。東方果實蠅的生物防治包括捕食性、寄生性天敵及病原微生物，以寄生於該蟲的卵、幼蟲及蛹期等不同發育階段之寄生蜂為主。田間調查東方果實蠅寄生蜂種類及自然寄生情形，卵寄生蜂 (*Fopius arisanus*) 在番石榴及楊桃園的寄生率，分別為 60% ~ 74% 及 46.4%，幼蟲寄生蜂 (*Diachasmimorpha longicaudata*) 的寄生率為 2%，在室內繁殖蛹寄生格氏突闊小蜂 (*Dirhinus giffardii*) 以 4 日齡果實蠅蛹體，寄生產卵 24 小時寄生率達 75.3% 以上，4 天後之寄生率則可達 82.3%。我們也開發了東方果實蠅幼蟲收集器 (中華民國新型字第 199173 號)，可節省 50% 的飼育人力。格氏突闊小蜂在黏壤土環境下成功寄生之數量最多，甚至可深入地面 10 cm 處成功寄生。以寄生蜂防治東方果實蠅雖具緩效性，但對環境之衝擊最少，應可納入東方果實蠅整合性防治的一環。本文就東方果實蠅的一般防治、生物防治、寄生蜂生活習性及大量飼養繁殖相關研究與應用情形作扼要介紹，以提供東方果實蠅防治上之參考。

關鍵詞：東方果實蠅、生物防治、寄生蜂、天敵昆蟲

¹ 行政院農業委員會苗栗區農業改良場。苗栗縣公館鄉。臺灣。

* 論文聯繫人 E-mail: fly01@mdais.gov.tw

前言

東方果實蠅 (*Bactrocera dorsalis*) 屬雙翅目 (Diptera)、果實蠅科 (Tephritidae)，臺灣俗稱蜂仔或果蠅 (圖一)，自 1911 年首次出現在台北萬華一帶之柑桔園中。東方果實蠅在世界分布相當廣，主要集中於東南亞及太平洋等地區，臺灣分布於平地及低海拔處，但是海拔 1,900 公尺的梨山果園及 2,100 公尺之高地均可見此蟲之危害。由於臺灣之氣候及環境適宜，成蟲壽命可達三個月之久，終年可見成蟲，1～3 月是一年數量較少的季節，而以 8～11 月間族群密度最高，一年發生 8～9 世代，約一個月可完成一世代，目前已遍佈全臺灣各個角落。該蟲為雜食性昆蟲，其有危害紀錄之寄主植物多達百種以上 (Vargas *et al.*, 2005)，在臺灣文獻紀錄之寄主植物種類共 32 科 89 種，其中 29 種為非經濟性寄主植物分布零散，如庭園、公園、淺山樹林及公路兩旁植物之欖仁、福木、桑樹、楊梅、瓊崖海棠及榕科植物等果實，皆能受到東方果實蠅的危害，如放任不防治致使落果，亦為該蟲另一棲息環境 (陳及張，1996；陳及朱，1998；Chiu *et al.*, 1986)。一般常見受害的果樹有番石榴、柑桔類、芒果、楊桃、蓮霧、梨、桃、釋迦、印度棗、龍眼、荔枝及柿子等。另外，東方果實蠅具有很強的飛行能力，寄主範圍及棲地又很廣泛，賴以為食及繁衍之水果因實施產期調節，加上部份果園荒廢或價低缺乏管理及非經濟性栽培之作物，果實終年存在，已成為東方果實蠅繁殖之溫床，使族群密度升高而造成猖獗危害 (圖二)。東方果實蠅的雌蟲於白晝產卵，將卵產於寄主果實之果皮內，表皮形成疤痕或使果實變形而失去商品價值，幼蟲孵化後鑽蛀果肉中取食，一生約可產 1,000 多



圖一、東方果實蠅 (雌)



圖二、東方果實蠅危害楊桃造成落果情形

粒卵。加上孵化後的幼蟲潛伏在果肉內蛀食危害，致噴藥防治不易，而導致果實腐爛、落果，如無適當的防治措施，其所造成的經濟為害年平均 10 ~ 30%，東方果實蠅實也是國際上重要的檢疫害蟲，已嚴重威脅臺灣水果生產和農民之收益，並成為鮮果外銷之一大瓶頸。

東方果實蠅的防治

有關東方果實蠅的防治，自 1956 年初即已開始利用誘引劑或食物誘餌誘殺果實蠅，主要是滅雄處理法，於田間懸掛或投放含毒甲基丁香油誘殺板，以誘殺雄蟲，降低田間雌蟲交尾的機會，誘殺效果良好。1975 年間採用釋放不孕性雄蟲技術共實施 9 年，因防治效果不佳、經費不足及相關配套研究不夠等，至 1984 年全面停止 (石等 2009)。1985 年起恢復全面推廣應用含毒甲基丁香油誘殺雄蟲之滅雄法，配合空中投放含毒甲基丁香油之棉繩及甘蔗板，地面則在果樹栽培地區進行大面積懸掛誘殺資材之共同防治工作，以減少雌蟲交尾機會，進而達到控制果實蠅發生密度，有效降低果實受害率 (朱及邱，1989)。其他東方果實蠅的防治策略，臺灣已經累積多年的經驗，例如食物誘殺法以蛋白質水解物、鮮果 (汁) 添加殺蟲劑及賜諾殺濃餌劑，置放於保特瓶或改良式麥氏誘殺器內，懸掛果園中可誘殺相當數量的雌蟲，減少果實被害率有相當助益。另外配合清除果園落果、搭配果實套袋、懸掛黃色黏蟲紙及釋放寄生蜂等綜合防治技術來防治該蟲，均可控制東方果實蠅之密度 (朱，1996)。如果東方果實蠅密度猖獗的時後，適時在果樹噴灑芬化利、賽扶寧及第滅寧等藥劑，亦可達立竿見影的效果。現行東方果實蠅管理策略，防檢局每年在臺灣重要水果產區選定 77 個鄉鎮，設置 613 個監測點，涵蓋果園區、廢園區及空地，隨時監測果實蠅發生密度，每 10 天經由地理資訊系統分析，並發布疫情資料輔導農民適時進行防治措施。自 1994 年以全國性和地方性組成共同防治方式，規劃年度計畫及目標，各農試改良場所負責技術協助，縣市政府規劃轄區防治計畫、訂定防治目標及編列配合經費，並督導鄉鎮公所及農會推動執行轄區之共同防治及農民推廣教育。果實蠅密度由 1994 年每個誘引器之 25.2 隻/旬，降至 2008 年約 6.5 隻/旬 (黃毓斌等，1998；石等，2009)。

東方果實蠅的生物防治

東方果實蠅的生物防治包括捕食性、寄生性天敵及病原微生物，除蛹期在土壤中易受到蟻類、蠟蛾、隱翅蟲、步行蟲、雞等捕食及微生物的侵害，成蟲受鳥類捕食，唯此類天敵尚無法大量利用。國內外相關紀錄文獻資料，主要以寄生於該蟲的卵、幼蟲及蛹期等不同發育階段之寄生蜂。近年來由於生態環境之變遷，化學藥劑大量的使用，寄生性天敵種類與族群逐年減少，在目前東方果實蠅防治中，利用天敵為最弱也最被忽視的一環。因此苗栗區農業改良場 1995 年 5 月自中央研究院引進東方果實蠅幼蟲寄生蜂 (*Diachasmimorpha longicaudata*) 及蛹寄生格氏突闊小蜂 (*Dirhinus giffardii*) 種原及飼養技術，並發表改良式東方果實蠅幼蟲收集器及其幼蟲與蛹寄生蜂飼養方法 (黃、章及李，1998；黃及章，2002)，目前維持蛹寄生蜂族群之繁殖與田間釋放研究。2001 ~ 2003 年及 2010 ~ 2014 年間於臺灣中部地區之各類果園中搜集東方果實蠅為害的果實，調查果實蠅類寄生蜂種類及田間自然寄生情形，結果以幼蟲寄生蜂及卵寄生蜂 (*Fopius arisanus*) 為主，幼蟲寄生蜂在楊桃園的寄生率為 2%，卵寄生蜂在番石榴及楊桃園的寄生率，分別為 60% ~ 74% 及 46.4%，顯示應用卵寄生蜂防治東方果實蠅深具潛力。大量飼育繁殖卵、幼蟲及蛹寄生格氏突闊小蜂三種寄生蜂，將不同種類寄生蜂定期釋放於果園區、廢棄果園及非經濟栽培等區域，有助於調控區域果實蠅族群密度。

國外寄生性天敵應用概況

夏威夷自 1945 年發現東方果實蠅侵入後，在 1947 ~ 1952 年夏威夷昆蟲學家從世界各地引進 21 種寄生蜂，以阻止果實蠅族群猖獗，先後釋放小繭蜂 *Diachasmimorpha tryoni*, *D. longicaudata*, *Biosteres arisanus*, *B. vandenboshi*, *Phytalli aincisi*，使番石榴內東方果實蠅幼蟲數，自 1950 年之 8.5 隻降至 1955 年之 2.6 隻 (Clausen *et al.*, 1965)。其中以卵及第一齡幼蟲寄生蜂 *Biosteres (Fopius) arisanus (=Opius oophilus)* 為最優勢種 (Haramoto & Bess, 1970)，能顯著降低東方果實蠅在夏威夷島上之族群 (Wong *et al.*, 1984；Wong *et al.*, 1987；Vargas *et al.*, 1993)。在毛伊島 (Maui) 上，*B. arisanus* 佔寄生

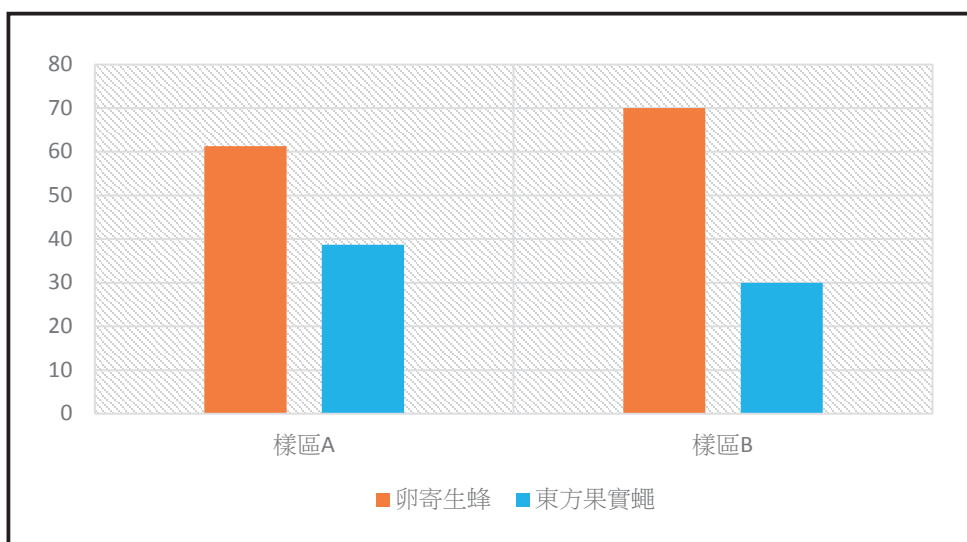
蜂總數之 74%，為最優勢種類 (Wong et al., 1987)，由海拔 274 公尺至 610 公尺，亦以 *F. arisanus* 所佔比例最高，分別有 54% 至 88% (Vargas, et. al., 2001)。在 Kauai 島，*B. arisanus* 和 *D. longicaudata* 是東方果實蠅寄生蜂中寄生率較高兩種 (Stark et al., 1991)，寄生蜂族群與東方果實蠅族群呈現密度依變關係 (Vargas et al., 1993)。至 1976 年 Greany 等開始於中美洲開發果實蠅寄生蜂之室內繁殖工作 (Greany et al., 1976)，到 1990 年計劃擴展並施行利用寄生蜂為果實蠅生物防治之工具，*B. arisanus* 和 *D. longicaudata* 兩種寄生蜂已長期在室內繁殖 (Ramadan et al., 1993；Bautista et al., 1998, 1999)，卵寄生蜂為唯一至今仍釋放用於協助防治果實蠅的寄生蜂。(Bautista et al., 2001) 發表蜂蜜、楓糖 (maple sugar) 及糖蜜 (molasses) 可以延長 *Fopius arisanus* 成蜂壽命，雌成蜂不餵蜂蜜後，卵巢內平均成熟卵數介於 70 ~ 100 個之間，餵蜂蜜雌成蜂平均有 112 個卵。(Vargas, et al., 2002) 發表每雌平均可產 124.9 個卵，每天產 4.2 個卵，是東方果實蠅寄生蜂中最高者。1999 年夏威夷開始執行果實蠅區域管理計畫 (Hawaii Fruit Fly Area-wide Pest Management) 以生物防治方法和永續害蟲管理策略來降低殺蟲劑的使用，評估各種防治策略時，將保育與釋放果實蠅類之寄生性天敵列為六個重點技術項目之一 (Vargas et al., 2008)。近年來在美國 (夏威夷州、佛羅里達州)、墨西哥、澳洲及以色列等國家皆嘗試進行各種果實蠅類寄生蜂田間蒐集鑑定、大量飼育技術的開發及田間釋放應用於防治之研究，如卵寄生蜂 *F. arisanus*、幼蟲寄生蜂之 *D. longicaudata*、*D. tryoni* 及蛹寄生蜂之格氏突闊小蜂 *D. giffardii*、*C. haywardi* 等 (Lopez et al., 1999; Baeza-Larios et al., 2002; Guillen et al., 2002; Argov et al., 2011; Manoukis et al., 2011; Vargas et al., 2012)。卵寄生蜂 *F. arisanus* 是多紀錄於東南亞地區的原生種，於 1940 年代後期引種到夏威夷進行對東方果實蠅的防治，釋放後發現其控制東方果實蠅的成效良好，並可在當地立足，在夏威夷有顯著的控制效果後，其他的國家也開始引進及研究；而除了可寄生東方果實蠅，也可寄生其他果實蠅科屬如茄果實蠅 *B. latifrons*、瓜實蠅 *B. cucurbitae*、地中海果實蠅 *C. capitata* 及橄欖果實蠅 *B. oleae*。卵寄生蜂 *F. arisanus* 於美國的夏威夷島、佛羅里達州、澳洲及以色列等相關國家地區皆已有東方果實蠅寄生蜂應用與大量飼養及釋放研究，美國農業部太平洋盆地研究中心 (United States Dept. of Agriculture-Agricultural Research Service, USDA-ARS) 也以東方果實蠅及地中海果實蠅的卵當做寄主進行大量繁殖。法屬

的 Tahiti 島上，東方果實蠅於 1996 年才於島上發現，但其有 2 種同樣會危害果實的 *B. kirki* 和 *B. tryoni* 在 1928 和 1970 年就在 Tahiti 島上，美國農業部太平洋盆地農業研究中心於 2002 開始釋放卵寄生蜂，2003 年則已在該島立足，經過多年的調查，在番石榴、熱帶杏仁及 Polynesian chestnut 果實上，卵寄生蜂的比例每年逐年增加，至 2009 年其寄生率達 $64.8 \pm 2\%$ ，果實蠅降低有 70%，在夏威夷大島的 Puna 地區卵寄生蜂寄生率 41 ~ 72%，其會依寄主果實的不同，影響其寄生率。而另外在 2007 年釋放的幼蟲寄生蜂寄生率較卵寄生蜂差，則約僅有小於 5% 的寄生率，因此他們認為卵寄生蜂是可以有效應用來防治果實蠅的天敵。格氏突闊小蜂 *D. giffardii* 最早紀錄於西非，原始寄主為地中海果實蠅，全世界約有 20 多個國家引進做為果實蠅的生物防治天敵，相關的研究報告記載其於 1912 ~ 1913 年引進夏威夷 (El-Husseini et al., 2008)，格氏突闊小蜂在其它國家應用在防治果實蠅科害蟲，如 *Anastrepha*、*Bactrocera*、*Ceratitis* 和 *Dacus* 等各屬果實蠅類都曾有相關引進、大量飼育、生物特性等研究 (Ovruski et al., 2000; Vargas et al., 2001; 2002; El-Husseini et al., 2008)。

臺灣寄生性天敵應用概況

臺灣於 1949 ~ 1950 年間採集果實蠅的天敵計有跳小蜂科 Encyrtidae (*Opius formosanus* full, *O. arisanus*, *O. makii*, *Tahcinaephagus* sp.)，瘦蜂科 Cynipidae (*Spalangia* sp., *Cynipidae*)，金小蜂科 Pteromalidae (*Pachycerpoideus vindemmiae*)，共羽化 7 種寄生蜂種類。其中 *O. formosanus* 最為常見，數量亦最多，以往之寄生率高達 70% (劉，1981；李、張及陳，1996)。卵寄生蜂 *F. arisanus* 曾於 1974 年自夏威夷分四批引進台灣共 85 隻，經兩年後之回收結果，顯示當年至 1976 年間，在嘉義地區再做採集調查，自番石榴、西印度櫻桃、欖仁、黑柿、人心果及蓮霧上之果實蠅蛹羽化之寄生蜂數量，可發現 *F. formosanus* 及 *F. arisanus*，但前者之平均寄生率只有 4%，後者為 1.5%。但 1976 年採自番石榴上之寄生蜂主要為 *F. arisanus*，該寄生蜂當初引進夏威夷時，兩年後才逐漸成為優勢種類 (楊，1977)，可是部分之夏威夷卵寄生蜂族群是於 1949 ~ 1950 年間，由臺灣引進，當時之 *Opius oophilus* 為 *Fopius arisanus* 的同種異名。姚安莉博士 1977 年在北部地區調查時採得 *O. formosanus* 及 *O. arisanus* 兩種，但寄生率甚低，又於 1979

年在台東花蓮地區採得 *Biosteres (Opus) longicaudata var. formosanus*，寄生率為 0.2 ~ 2.8%(姚及李，1979；Yao *et al.*, 1978)。亦先後引進兩種寄生蜂，分別為幼蟲與蛹寄生蜂，可是該幼蟲寄生蜂是臺灣已有之 *O.formosanus* 的同種異名，直到 (Lee *et al.*1996) 首次發表幼蟲寄生蜂之飼養方法及其發育情形，同時釋放在宜蘭番石榴園，可惜回收率很少。苗栗區農業改良場 2001 ~ 2003 年間於臺灣中部地區之各類果園中搜集東方果實蠅為害的果實，調查果實蠅類寄生蜂種類及田間自然寄生情形，經鑑定以卵寄生蜂 *F. arisanus* 及幼蟲寄生蜂 *D. longicaudata* 為主，在卓蘭番石榴卵寄生蜂寄生率達 74% 以上 (吳及陳，2005)。2010 ~ 2014 年於苗栗大湖、公館及卓蘭地區也皆有自番石榴、楊桃之果實上採集到此等天敵，並以卵寄生蜂 *F. arisanus* 為多。為了解田間的卵寄生蜂數量，於卓蘭楊桃園採集受果實蠅危害的 15 顆楊桃，經帶回實驗室待其化蛹共有 403 顆蛹，卵寄生蜂 46.4%、東方果實蠅 16.3% 及未羽化蛹 37.3%，此數據表示在楊桃園田間卵寄生蜂有效的寄生東方果實蠅卵。大湖地區番石榴卵寄生蜂樣區 A 於 15 顆番石榴上東方果實蠅羽化率為 38.7%，卵寄生蜂羽化率為 61.3%，樣區 B 東方果實蠅羽化率為 30%，卵寄生蜂羽化率為 70%，此結果表示於田間調查東方果實蠅卵寄生蜂皆具有 60% 以上寄生東方果實蠅的成效 (圖三) (吳，未發表)，顯示應用卵寄生蜂防治東方果實蠅深具潛力。



圖三、大湖地區番石榴卵寄生蜂 *Fopius arisanus* 所佔比率

東方果實蠅寄生性天敵形態及生活習性

一、卵寄生蜂 (*Fopius arisanus*)

卵寄生蜂 (圖四) 屬膜翅目 (Hymenoptera)、小繭蜂科 (Braconidae)，為其它國家最常應用之東方果實蠅寄生性天敵，為體內單員寄生蜂，寄生於東方果實蠅的卵或初齡幼蟲，其幼蟲孵化後取食東方果實蠅幼蟲組織，並與寄主同時發育成長，幼蟲孵化後取食其組織並與寄主同時發育成長，直至寄生蜂羽化後始離開寄主體，使東方果實蠅死亡，降低田間族群數量。雌寄生蜂的產卵高峰期可持續 2 週，平均每隻雌蟲每天可產 16.5 顆卵，一生可產 88.4 顆卵。在 $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 濕度 60% ~ 70% 環境下，以東方果實蠅卵供其寄生，寄生期間必需有足夠的光度，方能誘集較多的卵寄生蜂前往寄生，完成一世代約需 18~26 日，雄蜂較雌蜂早 2~3 日羽化，雄蜂壽命較短約 3~15 日，雌蜂壽命約 20~30 日。



圖四、卵寄生蜂 (照片拍攝：吳昶甫)

二、幼蟲寄生蜂 (*Diachasmimorpha longicaudata*)

幼蟲寄生蜂 (圖五) 屬膜翅目 (Hymenoptera)、小繭蜂科 (Braconidae)，係 1995 年自中央研究院引進之幼蟲寄生蜂。以東方果實蠅末齡幼蟲為寄生對象，甫孵化之寄生蜂幼蟲體色呈白色透明，取食東方果實蠅蛹體組織，幼蟲隨著成長充滿蛹殼內部，體內各處分散乳白色斑點，老熟後進入蛹期。成蟲全身被覆白色細毛，呈桔黃色，雌蜂體長 (不包括產卵管) 4.49 mm 雄蜂 4.29 mm。頭部為下口式，呈倒三角形，複眼一對深黑色，單眼三個聚集在頭頂中央，觸角一對絲狀，雌蜂約 47 節，雄蜂約 50 節，口器為咀嚼式，頸部短小而細窄，前後翅均為膜質多短



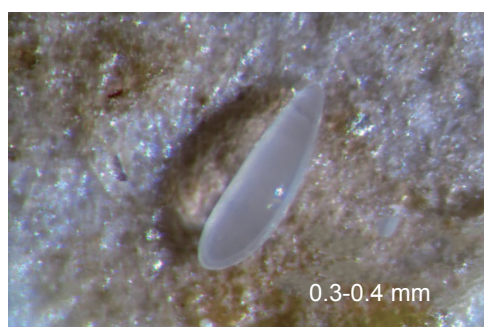
圖五、幼蟲寄生蜂 (照片拍攝：吳昶甫)

毛，胸腳三對，腹部各節之背板上有黑色斑紋，雌蜂產卵管自腹部末端腹面長出並向體後直伸為桔黃色長約 4.89 mm，平時包裹在兩個黑色保護片內，在實驗室溫度 27°C ±2°C 濕度 70 ~ 75% 環境下，卵期約 1 ~ 2 天、幼蟲期 6 天、蛹期 6 ~ 8 天、成虫壽命 10 ~ 15 天。

三、格氏突闊小蜂 (*Dirhinus giffardii*)

格氏突闊小蜂 (圖六)，屬膜翅目 (Hymenoptera)、小蜂科 (Chalcididae)，最早紀錄於西非，原始寄主為地中海果實蠅，全世界約有 20 多個國家引進做為果實蠅的生物防治天敵。1995 年自中央研究院引進之蛹寄生蜂，為體內單員寄生蜂。卵期：呈透明紡錘形，長 0.3 ~ 0.4 mm。幼蟲期：甫孵化幼蟲體長 0.4 ~ 0.5 mm，稱蜂類幼蟲型 (apoid larvae)，具咀嚼式口器，胴部無色透明，末齡幼蟲頭小，胴部大，缺足，體長 3.5 mm。蛹期：自由蛹 (Exerate adectious pupa)，前蛹期約 3 天淡黃褐色後蛹期為黑色，由一薄膜包裹，雌蛹長寬為 3.5 ~ 4 mm × 0.9 ~ 1.2 mm，雄蛹則稍細小。成蟲呈黑色，雌蜂體長 3.5 ~ 4 mm，雄蜂體長 3 ~ 3.5 mm，頭部為下口式，複眼一對深黑色，觸角一對，桔黃褐色，棒狀。著生於複眼中間，口器為咀嚼式，頸部短小而細窄，翅膀膜質靜止時重疊平置背上，胸腳三對，除後足之腿節膨大黑色外並具齒狀突起，其餘腿節、脛節、跗節為桔黃褐色，前跗節附生一對爪，產卵管在雌蜂腹部末端，產卵時始伸出體外。甫孵化之幼蟲白色透明，幼蟲在寄主體上嚼破寄主表皮並吸食蟲體發育成長，寄主僅剩下蛹組織外皮，若有二隻以上寄生蜂幼蟲造成發育不良，則藏在寄主蛹殼內一側死亡，健康之幼蟲隨著成長充滿蛹殼內部，體內各處分散乳白色斑點，幼蟲老熟後，進入前蛹期，爾後表皮開始皺縮，胸部前端體內開始出現一對複眼，由白色轉變為紅色，胸部與腹部間亦逐漸收斂，接著口器形成，觸角、翅苞與胸腳在表皮內出現，由乳白色轉變為黑色，即為蛹體。寄生蜂蛹發育完成後，從東方果實蠅蛹一端鑽出，羽化時間多在上午，雄蜂羽化較雌蜂早 2 ~ 3 天，而每個東方果實蠅蛹體只羽化一隻寄生蜂。雌蜂羽化後不久即可與雄蜂交尾，開始由數隻雄蜂成一線追逐雌蜂，雄蜂彎曲腹部與雌蜂交尾，其動作迅速。產卵時雌蜂以觸角碰觸果實蠅蛹體並四處環繞，適當時機即翹起腹部，產卵管呈垂直，插入蛹殼內產卵，卵產於寄主體內肌肉或脂肪層內，一般每個蛹體只產 1 個卵，寄生能力長達 1 個月，平均每日可寄生約 4 顆果實蠅蛹，每隻雌蜂一生約可寄生 40 幾顆蛹。蛹寄生格氏

突闊小蜂具備寄生於土壤中果實蠅蛹期之特殊習性，將東方果實蠅蛹體埋於不同質地及不同深度的土壤中進行測試，結果顯示在黏壤土環境下此寄生蜂成功寄生之數量最多，甚至可深入 10 cm 處成功寄生(吳等，2014)。在室溫 $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，濕度 70 ~ 75% 環境下，卵發育至羽化成蟲約需 18 ~ 20 天，其中卵期為 1 ~ 2 天，幼蟲期為 9 ~ 10 天，蛹期 7 ~ 8 天，成蟲的壽命約 10 ~ 15 天。



卵



幼蟲



前蛹



3.5 - 4 mm

後蛹



成蟲

圖六、格氏突闊小蜂不同發育階段(照片拍攝：吳昶甫)

寄生蜂大量飼養繁殖

一、飼養設備

養蟲室分為東方果實蠅幼蟲飼養室、成蟲飼養室及蛹寄生蜂繁殖室，每間設置空調設備，溫度控制於 $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度均為 70 ~ 75%，設置 1.5 和 4.5 坪走路式生長箱，調節東方果實蠅與寄生蜂之寄生時段，達到大量繁殖之目標。東方果實蠅成蟲飼養箱為 45、60、30 cm 的木箱，前方開一孔置塑膠製採卵器（圖七），箱之上側及左右側為不銹鋼網，幼蟲飼育盤為 48、33、3 cm 之塑膠盤。蛹寄生蜂飼養箱為 45、30、30 cm 之壓克力箱，左右兩側為通風孔直徑 12 cm 圓形之紗網，箱前為直徑 12 cm 圓形孔，套入絲襪方便操作（圖八）。



圖七、東方果實蠅成蟲飼養箱



圖八、寄生蜂飼養箱

二、東方果實蠅幼蟲收集器

東方果實蠅幼蟲培育收集器（圖九）；其結構內容包括飼養架、水槽、引流管、馬達、幼蟲收集箱及儲水槽等。飼養架材質為不銹鋼製成，長寬高分別為 345、120、190 cm，可置放 75 盤長寬高分別為 48、33、3 cm 之塑膠盤，底部為傾斜 30 度之水槽，讓老熟幼蟲跳入水中休眠。水槽中間留孔連接水管至飼育架一端，以利收集老熟幼蟲，水槽下方再設置長寬高分別為 400、60、27 cm 之貯水槽，幼蟲收集箱長寬高分別為 40、40、18 cm 底部為細網，並於水槽四週加裝 4 分塑膠管，連接水源並裝置 1/2HP 馬達循環使用貯水槽的水，四週塑膠管每隔 1 cm 鑽洞，讓水自然流出沖洗幼蟲，而改良東方果實蠅之幼

蟲收集，與傳統收集方式比較約可節省人力 50% (表一)，92 年取得中華民國新型字第 199173 號。



圖九、改良式東方果實蠅幼蟲飼養收集器

表一、東方果實蠅改良幼蟲收集器與傳統收集方式之比較

Table 1. Comparison larva collection between larval collector and conventional method

項 目	改良型幼蟲收集器	傳統收集器
材 質	不鏽鋼	木質
操作方法	流水收集	人工收集
優 點	省工、耐用、易清洗	費用低、可移動
缺 點	費用較高、固定設備	不耐用、操作困難
幼蟲產量 (蟲數/平方公尺)	220,000	150,000
收集時間 (10萬幼蟲/時間)	6'40"	14'10"

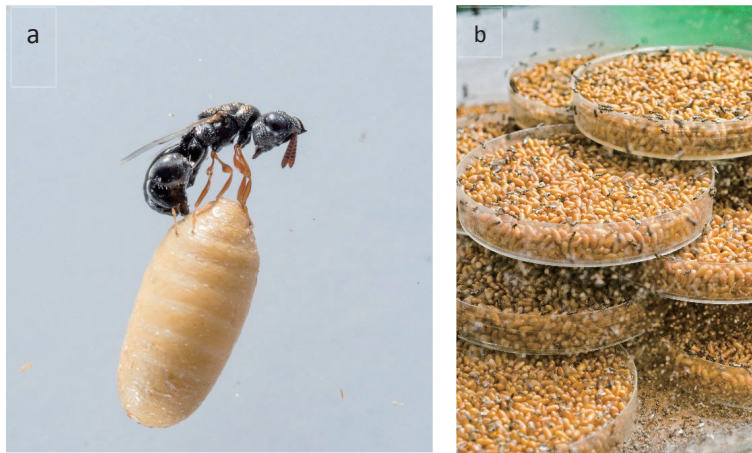
三、寄主東方果實蠅之飼養

東方果實蠅大量飼養有關之文獻甚多，本文配方由中央研究院李文蓉博士所提供之資料，並參考相關文獻(邱，1978；蘇、黃及王，1981；Christenson *et al.*, 1956；Finney, 1956)。東方果實蠅成蟲飼養供以蛋白粉(yeast hydrolysate enzymatic，ICN 公司出品)、砂糖(sugar，台糖出品)、蜂蜜、1：5：1 調配之飼料及吸水之棉花分別放置於箱上，成蟲經常更新維持在產卵盛期。成蟲羽化後第 10 天開始產卵，產卵期可延續 1 個月，將成熟之番石榴或汁置入特置之採卵器中，插入成蟲箱預留之採卵孔內，引誘雌成蟲產卵，經 24 小時後取下採卵器，將卵以清水洗出過濾後定量，每 ml 約有 2 萬粒卵，再定量接種至幼蟲培養基。

東方果實蠅幼蟲飼養以水 1,800ml、安息香酸鈉 5g、鹽酸 15ml、砂糖 240g、酵母粉 140g、麥皮 480g，幼蟲培養基以攪拌機調製，可節省勞力及避免因飼料混合不均所造成蟲體的發育不良，置入長寬高分別為 48、33、3 cm 之塑膠盤內，再將 2ml 之卵均勻接種在培養基上，卵經 24 小時即孵化，幼蟲脫皮兩次具三齡，6～7 天為成熟幼蟲，其跳躍能力很強，因此讓幼蟲跳入水中休眠 12 小時以內收集置放蛭石上，讓其化蛹為蛹寄生蜂之寄主。

四、格氏突闊小蜂飼養與繁殖

寄生蜂成蟲供以足量之方糖和水，產卵寄生時將第 4 日齡東方果實蠅約 2,000 個蛹體裝入直徑 9 cm 高 2 cm 培養皿，每個成蟲飼養箱內置入約 12,000 個蛹體，讓寄生蜂產卵寄生(圖十)。以直徑 9 公分之培養皿，分



圖十、格氏突闊小蜂為東方果實蠅蛹寄生蜂。(a) 小蜂在果實蠅蛹產卵寄生 (b) 大量繁殖情形 (照片拍攝：吳昶甫)

表二、格氏突闊小蜂對不同日齡東方果實蠅蛹之寄生率

Table 2. Parasitism rate of *Dirhinus giffardii* on various age of the oriental fruit fly pupa under different exposure time to oviposition.

果實蠅日齡	寄生率(%)	果實蠅羽化率(%)	果實蠅蛹死亡率(%)
1	54.0	27.7	18.3
2	58.0	13.0	29.0
3	53.3	17.3	29.4
4	75.3	12.8	11.9
5	79.0	10.4	10.6
6	82.6	7.3	10.1
7	78.8	1.1	20.1
8	81.0	2.1	16.9
9	80.5	2.1	17.4
10	73.4	1.4	25.2

蛹，同時放進同一寄生蜂飼養箱內，讓格氏突闊小蜂產卵寄生 24 小時，結果顯示蛹齡第 4 天以後接受格氏突闊小蜂產卵寄生，寄生數量在 75.3% 以上，蛹齡第 1~3 天寄生率均在 60% 以下(表二)。不同寄生時間對東方果實蠅蛹之寄生率，寄生產卵 1 天其寄生率達 62.7%，東方果實蠅羽化率 18.4%，蛹發育死亡率 18.9%，寄生時間 4 天之寄生率 82.3% 最高，蛹發育死亡率 17.7%(表三)，此時段為最佳格氏突闊小蜂大量繁殖之時機。

表三、格氏突闊小蜂不同寄生時間對東方果實蠅蛹之寄生率

Table 3. Parasitism rate of *Dirhinus giffardii* on recent parasitization of various time for parasitization to *Bactrocera dorsalis* pupae

寄生日數	寄生率(%)	果實蠅羽化率(%)	果實蠅蛹死亡率(%)
1	62.7	18.4	18.9
2	70.0	7.7	22.3
3	81.1	2.1	16.8
4	82.3	0	17.7
5	79.0	0	21.0
6	78.6	0	21.4
7	81.6	0	18.4

寄生性天敵應用策略

東方果實蠅寄生蜂分別寄生於果實蠅的卵、幼蟲及蛹期，導入田間應用時，除需考量各類果樹的栽培管理情形，田間果實蠅類的族群動態監測更是釋放寄生蜂的重要依據，卵及幼蟲寄生蜂具較高搜尋寄主能力，自然寄生與立足能力較強，定期釋放於果園區、公園、路樹、周遭廢棄果園、鄰近非經濟栽培等區域，有助於調控區域果實蠅族群密度。蛹寄生蜂具備寄生於土壤中果實蠅蛹期之特殊習性，有別於攻擊果實蠅卵期或幼蟲期之寄生蜂，果園區內則以釋放蛹寄生蜂為主，搜尋於園區內成功進入土壤化蛹的果實蠅蛹體，使其無法羽化危害，田間應用可以彌補攻擊卵或幼蟲期寄生蜂之不足。且卵及幼蟲寄生蜂的寄生效果對於東方果實蠅危害的寄主有偏好的選擇，蛹寄生蜂為寄生土中的蛹，不會因作物種類影響寄生效率，可應用於各類果樹防治果實蠅。而在有機栽培區域無噴灑農藥或對果實無套袋，可同時釋放 3 種不同特性之寄生蜂，在東方果實蠅的

卵、幼蟲及成蟲期任何一個階段進行全面防治。除了寄生蜂天敵之釋放應用，配合懸掛改良長效型之含毒甲基丁香油滅雄誘殺法或食物餌劑、清除果園落果、搭配果實套袋、懸掛黃色黏蟲紙等防治技術，降低果實蠅成蟲密度，更能達到綜合管理果實蠅類害蟲之目的。

結論與展望

東方果實蠅臺灣分布於平地及低海拔處，氣候及環境適宜，成蟲移動性大，搜尋寄主能力強，其族群擴散及危害能力不容小覷。因此，防治東方果實蠅不僅要阻斷成蟲的危害，同時也要積極的誘殺成蟲，降低成蟲數量及子代密度，防治工作從點擴展到面，採取全面性的共同防治為主要手段及目標。將東方果實蠅卵、幼蟲及蛹期不同發育階段之寄生蜂，納入整合性防治的一環，如卵寄生蜂及幼蟲寄生蜂具較高搜尋寄主能力，自然寄生與立足能力較強，卵寄生蜂皆具有 60% 以上寄生成效，定期釋放於果園區、周遭廢棄果園、鄰近非經濟栽培等區域，有助於調控區域果實蠅族群密度，果園區內則以釋放蛹寄生蜂為主，搜尋於園區內成功進入土壤化蛹的果實蠅蛹體，使其無法羽化危害，配合運用其他防治技術以發揮防治成效。

臺灣農業已進入精緻及兼顧生產、生活和生態的永續農業，此時病蟲害的防治勢必配合相同的路線，因此生物防治在作物害蟲管理上，天敵昆蟲扮演舉足輕重角色。利用寄生蜂防治東方果實蠅，效果雖然較緩慢，不如化學藥劑立即防治效果，但對環境之衝擊最少，且不同階段的寄生蜂成蟲可自行尋找東方果實蠅卵、幼蟲及蛹為寄主，在自然界繁殖並立足。然而整體性的防治工作要有完善的監測網，以監測區域作物及掌握果實蠅族群動態，並建立預警系統，適時提出重點防治區域與寄生性天敵釋放時機，期能在有效時間內控制果實蠅密度，並以前瞻性的規劃防治工作範圍及加強教育宣導，以整合性有害生物管理的理念，協助果農解決東方果實蠅的危害。

謝辭

本文承蒙苗栗區農業改良場盧美君研究員及吳怡慧助理研究員提供東方果實蠅生物防治相關資料，在此一併致上謝忱。

引用文獻

- 石正人、朱耀沂、陳秋男、吳文哲、楊恩誠、許如君、鄭允、陳健忠、高靜華。2009。利用不孕性昆蟲技術防治東方果實蠅 可行性評估報告。臺灣昆蟲學會。
- 朱耀沂、邱輝宗。1989。小琉球東方果實蠅滅絕處理後再發生危害原因之探討。中華昆蟲 9: 217-230。
- 朱耀沂。1996。與防治措施有關的東方果實蠅生活習性。農業世界152：9-11。
- 李文蓉、張行哲、陳麗雲。1996。臺灣東方果實蠅幼蟲寄生蜂 *achasmimorpha longicaudatus* 之研究。中華昆蟲16：41-49。
- 邱輝宗。1978。東方果實蠅大量飼養方法之改進試驗。植保會刊 20：87-92。
- 吳怡慧、黃勝泉、章加寶、莊益源。2014。不同土壤質地及深度對格氏突闊小蜂寄生東方果實蠅之影響。中華昆蟲 34:1-10。
- 姚安莉、李文蓉。1979。臺灣東部地區東方果實蠅及其寄生蜂發生與分佈情形調查。科學發展月刊 7（6）：597-601。
- 陳文雄、張煥英。1996。非栽培性植物在東方果實蠅族群動態上之重要性。農業世界 152：19-24。
- 陳文雄、朱耀沂。1998。非經濟寄主植物對東方果實蠅族群動態之影響。臺灣果實蠅防治研討會：44-69。
- 陳淑佩、黃毓斌、盧美君、陳宏伯、黃德昌。2018。作物有害生物綜合管理參訪出國報告。
- 陳健忠。2020。因應農藥減量政策之果實蠅防治策略。農業試驗所特刊229號：31-45。
- 黃勝泉、章加寶、李文蓉。1998。東方果實蠅寄生蜂大量繁殖技術。臺灣果實蠅防治研討會：226-232。
- 黃毓斌、高靜華、鄭允。1998。本省東方果實蠅防治策略與展望。臺灣果實蠅防治研討會：9-25。
- 黃勝泉、章加寶。2002。東方果實蠅幼蟲收集器開發及其蛹寄生蜂量產技術。昆蟲生態與瓜果實蠅研究研討會專刊：121-129。

- 黃勝泉、章加寶、李文蓉。2006。東方果實蠅寄生蜂量產技術。2006兩岸環境永續利用及生物防治學術研討會。
- 楊仲圖。1977。東方果實蠅之生物防治東方果實蠅論文集。44-49。
- 劉玉章。1981。臺灣東方果實蠅之研究興大昆蟲學報。16：9-26。
- 蘇智勇、黃明道、王惠娟。1981。改進東方果實蠅飼育方法。中華昆蟲2：33-39。
- Argov Y, Blanchet A, Gazit Y. 2011. Biological control of the Mediterranean fruit fly in Israel: biological parameters of imported parasitoid wasps. Biol Control 59: 209-214.
- Bautista, R. C., E. J. Harris, and P. O. Lawrence. 1998. Biology and rearing of the fruit fly parasitoid *Biosteres arisanus*: clues to insectary propagation. Entomol. Experi. Appli. 89: 79-85.
- Bautista, R. C., N. Mochizuki, J. P. Spencer, E. J. Harris, and D. M. Ichimura. 1999. Mass-rearing of the Tephritid fruit fly parasitoid *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae). Biological Control 15: 137-144.
- Bautista, R. C., E. J. Harris, and R. I. Vargas. 2001. The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. Entomol. Experi. Appli. 101: 247-255.
- Chiu, H. T., and Y. I. Chu. 1986. The occurrence and injury of the oriental fruit fly in the southern Taiwan. Plant Prot. Bull. 28 : 313-321.
- Christenson, L. D., S. Meada, and J. R. Holloway. 1956. Substitution of dehydrated for fresh carrots in medium for rearing fruit flies. J. Econ. Entomol. 69:135.
- Clausen, C. P., D. W. Clancy, and Q. C. Chock. 1965. Biological control of the oriental fruit fly (*Dacus dorsalis* Hendel) and other fruit flies in Hawaii. USDA Tech. Bull. 1322.
- El-Husseini MM, Agamy EA, Saafan MH, Abd El-Khalek WM. 2008. On the biology of *Dirhinus giffardii* (Silvestri) (Hymenoptera: Chalcididae) parasitizing pupae of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saunders) (Diptera: Tephritidae) in Egypt. Egyptian J Biol. Pest Control 18: 391-396.
- Finney, G. L. 1956. A fortified carrot medium for mass culture of the oriental fruit fly and certain other tephritids. J. Entomol. 49:134.

- Greany, P. D., T. R. Ashley, R. M. Baranowski, and D. L. Chambers. 1976. Rearing and life history studies on *Biosteres (Opilus) longicaudatus* (Hym: Braconidae). *Entomophaga*. 21:207-215.
- Guillen L, Aluja M, Equihua M, Sivinski J. 2002. Performance of two fruit fly (Diptera: Tephritidae) pupal parasitoids (*Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemiae* (Hymenoptera: Pteromalidae)) under different environmental soil conditions. *Biol Control* 23: 219-227.
- Haramoto, F. H., and H. A. Bess. 1970. Recent studies on the abundance of the oriental and Mediterranean fruit flies and the status of their parasites. *Proc. Hawaii Entomol. Soc.* 20: 551-566.
- Lee, W. Y., H. C. Chang, and L. Y. Chen. 1996. A larval parasitoid wasp *Diachasmimorpha longicaudata* of the oriental fruit fly in Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 16: 41-49.
- Lopez M, Aluja M, Sivinski J. 1999. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Biol Control* 15: 119-129.
- Manoukis N, Geib SM, Seo DM, Mckenney MP, Vargas RI, Jang EB. 2011. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritid fruit flies. *J Vis Exp*. 2011 Jul 2(53); pii: 2901. doi: 10.3791/2901.
- Ovruski SM, Aluja M, Sivinski L, Wharton RA. 2000. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integr. Pest Manag. Rev* 5: 81-107.
- Ramadan, M. M., T. T. Y. Wong, and D. O. McInnis. 1993. Reproductive biology of *Biosteres arisanus* (Sonan), an egg-larval parasitoid of the oriental fruit fly. *Biological Control* 4: 93-100.
- Stark, J. D., R. I. Vargas, and R. K. Thalman. 1991. Diversity and abundance of oriental fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) in guava orchards in Kauai, Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 84: 1460-1467.
- Vargas, R. I., J. D. Stark, G. K. Uchida, and M. Purcell. 1993. Opine parasitoids (hymenoptera:

- Braconidae) of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) on Kauai Island, Hawaii: Island wide relative abundance and parasitism rates in wild and orchard guava habitats. *Environ. Entomol.* 22: 246-253.
- Vargas, R. I., S. L. Peck, G. T. Mcquate, C. G. Jackson, J. D. Stark, and J. W. Armstrong. 2001. Potential for area wide integrated management of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) with a Braconidae parasitoid and a novel bait spray. *J. Econ. Entomol.* 94: 817-825.
- Vargas, R. I., M. Ramadan, T. Hussain, N. Mochizuki, R. C. Bautista, and J. D. Stark. 2002. Comparative demography of six fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 25: 30-40.
- Vargas, R. I., J.D. Stark, B. Mackey and R. Bull. 2005. Weathering trails of Amulet cue-lure and Amulet methyl eugenol "attract-and-kill" stations with male melon flies and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 98: 1551-1559.
- Vargas RI, Mau RFL, Jang EB, Faust RM, Wong L. 2008. The Hawaii Fruit Fly Area-Wide Pest Management Program. pp 300-325. In: Koul O, Cuperus GW, Elliott NC (eds). Area-wide IPM: Theory to Implementation. CABI Books, London.
- Wong, T. T. Y., N. Mochizuki, and J. I. Nishimoto. 1984. Seasonal abundance of parasitoids of the Mediterranean and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *Environ. Entomol.* 13: 140-145.
- Wong, T. T. Y., and M. M. Ramadan. 1987. Parasitization of the Mediterranean and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 80: 77-80.
- Wong, T. T. Y., and M. M. Ramadan. 1987. Parasitization of the Mediterranean and oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 80: 77-80.
- Yao, A. L., and W. Y. Lee. 1978. A population study of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel (Diptera, Tephritidae) in guava, citrus fruits and wax apple fruit in northern Taiwan. *Bull. Inst. Zool. Academia Sinica* 17 (2) : 103-108

Biological Control of Oriental Fruit Fly (*Bactrocera dorsalis*)

Huang, Sheng-Chuan^{1*}

Abstract

Oriented fruit fly (*Bactrocera dorsalis*), also called young bee or fruit fly, was widely distributed in Asia and Pacific area. The female adult possessed a strong flying and hunting potential, which facilitated 10-30% infection rate in hundreds of hosts. The fruit flies seriously influenced the development of fruit industry in Taiwan. Biological control of oriental fruit fly was used to apply mefngl eugenol protein hydrolysis material and infertility fruit fly before, and 613 detection points were set up in fruit orchard to facilitate the epidemic detection and determine the control points. Since 1994, the Bureau of Animal and Health Plant Health Inspection and Quarantine (BAPHIQ) performed the collaborative control of oriental fruit fly by coordinating the regional agricultural experimental stations and local governments. Biological control of oriental fruit fly, including predatory, parasitoid natural enemies and pathogenic microorganism. However, the main control strategy was parasitic natural enemy. According to the survey of parasitoids for oriented fruit fly, the natural parasitic percentage for *Fopius arisanus* was 60-74% and 46.4%, respectively, and 2% for *Diachasmimorpha longicaudata* in guava and star fruit orchards. The parasitic percentage for *Dirhinus giffardii*, which parasite the 4th pupa, was above 75.3% after 24hr parasitism, and reached to 82.3% after 4 days in the laboratory. We have developed the "collector for oriental fruit fly larva" (New patent no.199173, ROC), which saved 50% of manpower. However, the parasitic rate of *Dirhinus giffardii* was high in sticky loam, which the parasitic activity below 10 cm of ground was found. The effect of parasitoids on oriental fruit fly was slow, however, less impact on the environment. It might integrate into the control strategy of oriental fruit fly. We have a brief introduction on the common control, biological control and parasitoids for oriental fruit fly in this paper, which may provide the control strategy for oriental fruit fly.

Keywords: oriental fruit fly, biological control, parasitoid, natural enemy.

¹ Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

* Corresponding author, e-mail:fly01@mdais.gov.tw