

楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙產品與應用

洪巧珍^{*1}、陳家鐘²、陳清玉³、彭淑貞⁴、莊益源⁵、陳昇寬⁶、王文哲⁷、蔡恕仁⁸、
李木川⁸、顏辰鳳⁸、洪銘德¹

摘 要

花姬捲葉蛾(*Eucosma notanthes* Meyrick)為台灣楊桃之關鍵害蟲，其性費洛蒙成分經鑑定含有I：Z-8-dodecenyl acetate 及II：Z-8-dodecenol兩種成分，誘引有效配方為I/II=100/100~150。其性費洛蒙相關產品包括性費洛蒙誘餌、交配干擾劑、及誘蟲器。花姬捲葉蛾性費洛蒙誘餌以橡皮帽劑型具高誘引力及長效期達6個月；其交配干擾劑有多種劑型，新研發之微膠囊鞋帶劑型對花姬捲葉蛾具干擾交配作用。花姬捲葉蛾誘蟲器經改進可提供果農較簡便有效的誘蟲器有(1)三層式寶特瓶誘蟲器其入口為直徑0.6 cm的圓孔者，(2)E型模式誘蟲器，(3)袋型組合式誘蟲器等。花姬捲葉蛾性費洛蒙應用技術包括監測、大量誘殺及交配干擾防治法。於2001~2004年期間共推廣2267.3公頃楊桃園利用性費洛蒙大量誘殺綜合防治花姬捲葉蛾，效果評估顯示可降低1~6次施藥次數。

關鍵詞：花姬捲葉蛾、楊桃、性費洛蒙、大量誘殺

前 言

花姬捲葉蛾 (*Eucosma notanthes* Meyrick) 俗名楊桃果實蛀蟲，屬鱗翅目、捲葉蛾科(Lepidoptera: Tortricidae)，係本土性害蟲，日前已成為楊桃之重要害蟲。楊桃在臺灣栽培面積約1,700公頃，為本國新興的重要經濟果樹，亦屬我國加入WTO後具競爭性之果品，主要產區包括苗栗、臺中、彰化、臺南及屏東等地(Anonymous,2003)。依據中華民國關稅總局資料顯示台灣楊桃已外銷至香港、新加坡、美國、荷蘭、加拿大及中國大陸等地，其冷藏檢疫方法已建立，而以輻射照射處理花姬捲葉蛾顯示在安全劑量100~400 Gy對花姬捲葉蛾具不孕及殺滅的效果，提供外銷楊桃檢疫之另一種方法(Lin et al., 2003)。花姬捲葉蛾對楊桃的危

*論文連繫人
e-mail: hccjane@tactri.gov.tw

害，於楊桃謝花結小果起，其雌蛾開始產卵於果實表面，幼蟲孵化後蛀入果實內取食，危害率達 29-77%，嚴重影響楊桃的品質與產量(Ho, 1988a,b)。花姬捲葉蛾寄主有數種如澳洲胡桃、柑桔、荔枝、龍眼、梨、桃、番荔枝等，其中荔枝、龍眼、梨、桃、番荔枝等均為台灣之經濟果樹，其果實均會遭受花姬捲葉蛾之蛀食危害，宜加強注意(Ho,1985; Hung, 2003, unpublished)。花姬捲葉蛾之防治，一般於楊桃花謝之後，結小果時，每週以推薦之藥劑防治，連續施藥4~5次，伺果實長度約5公分時再套袋，保護果實不受東方果實蠅及花姬捲葉蛾之產卵危害。

花姬捲葉蛾的性費洛蒙誘引現象，於1987年首度被報導順八-十二烯醇乙酸酯(Z8-dodecenyl acetate, Z8-12:Ac)為花姬捲葉蛾強力性誘引劑，室內生物檢定結果亦顯示其對花姬捲葉蛾雄蛾具顯著誘引效果(Hwang et al., 1987,1996)。於2001年花姬捲葉蛾雌蟲性費洛蒙組成份被鑑定含有Z8-12:Ac及順八-十二烯醇(Z8-dodecenol, Z8-12:OH)兩種成分(Hung et al., 2001b)。以含1 mg橡皮帽誘餌之無色透明的三層式寶特瓶誘蟲器對花姬捲葉蛾具優異之誘捕效果，且其誘餌之持效性長達6~8個月(Hwang and Hung,1994)。花姬捲葉蛾性費洛蒙應用技術包括監測、大量誘殺及交配干擾防治方法均已建立(Hwang and Hung, 1997a,b; Hung et al., 2001a)。三種技術之施行效果均需使用誘蟲器作為評估工具，尤其田間施行大量誘殺防治花姬捲葉蛾時則需大量的誘蟲器。洪等(2004)改良三層式寶特瓶誘蟲器型式，研發三型易於大量製作之誘蟲器包括(1)三層式寶特瓶誘蟲器其入口為直徑0.6 cm的圓孔者，(2)E型模式誘蟲器，(3)袋型組合式誘蟲器等(Hung et al., 2004)。此結果使得「利用性費洛蒙大量誘殺楊桃花姬捲葉蛾技術」落實於楊桃果園害蟲之管理；另針對交配干擾劑亦進行改進。本文報導花姬捲葉蛾性費洛蒙於台灣研發的產品及其使用情形，提供參考。

花姬捲葉蛾性費洛蒙組成份之分離與鑑定

花姬捲葉蛾性費洛蒙組成份之分離與鑑定研究，其試驗蟲源係採自台灣中部楊桃果園，以玉米人工飼料飼育大量繁殖供作試驗用(Hung and Hwang, 1991)。花姬捲葉蛾性費洛蒙之收集，係於雌蟲發情時段，取 1-4 日齡處女雌蛾於見光後 1-2 小時內，以鑷子夾取腹部末端，將其浸漬於 HPLC 級之 n-hexane 中漂洗約 5 秒鐘，萃取液再儲存於-19℃ 之冷凍櫃內，共收集兩瓶分別含4043及52,820隻處女雌蛾性費洛蒙萃取液供作分析與鑑定用(Hung et al., 1997)。另供分析及鑑定之標準品其來源與純度如表一。

花姬捲葉蛾性費洛蒙組成份之分離與鑑定係以氣相層析儀(gas chromatography, GC)及氣相色層-質譜分析儀(gas chromatographic -mass spectrometer, GC-MS)進行分析。分析前，性費洛蒙萃取液經過濾後再濃縮成1 ml，直接以GC及GC-MS分

析。分析性費洛蒙成份之氣相色層分析儀器為 HP5890A GC，分析管柱為 DB-Wax之毛細管柱(30 m×0.25 mm-ID×0.25 µm film thickness fused silica capillary column)。儀器設定條件為以氮氣(N₂)當攜帶氣體，流速為0.96 ml/min，管柱溫度為 150°C 持續 20 分鐘，再以每分鐘升溫 8°C，直至240°C 時再維持 4 分鐘。注入器及檢出器的溫度設定分別為 240 及 250°C。

氣相色層/質譜分析儀為 Finnigan MAT GCQ system 附四極棒離子捕捉質量分析儀 (quadrupole ion trap mass analyzer)，其所接管柱種類與前述GC 儀器相同。管柱溫度為 140°C 持續 20 分鐘，再以每分鐘升溫 8°C，至 230°C 後，再維持 100 分鐘，以排除管柱內其它雜質。氦氣(He)為攜帶氣體，流速為1.5 ml/min。進行電子轟擊(electron impact, EI) 質譜儀及化學轟擊(chemical ionization, CI)質譜儀分析。

試驗結果顯示花姬捲葉蛾性費洛蒙萃取液分析結果如圖一及表二。由4043隻花姬捲葉蛾性費洛蒙萃取液初步以GC分析，顯示萃取液中內含兩種主成份：peak 1 及 peak 4，其與4種標準品：Z8-12:Ac、12:OH、E8-12:OH及Z8-12:OH之滯留時間比對，與標準品Z8-12:Ac與Z8-12:OH相似，且由其圖譜顯示似含有微量之12:OH (peak 2)及E8-12:OH (peak 3)(圖一A、B)；顯示花姬捲葉蛾性費洛蒙組成份可能主要含有Z8-12:Ac及Z8-12:OH，以及微量成份12:OH及E8-12:OH。進一步以GC-MS分析52,820隻花姬捲葉蛾性費洛蒙萃取液，並以14種標準品比對，兩者之滯留時間比較結果如圖一C、D及表二。性費洛蒙萃取液分析圖中之第 4、5 支 peak 的滯留時間分別為12:20及16:50 min，分別與標準品之第 5、8 支 peak 之滯留時間12:21及16:43 min相似，為分別含Z8-12:Ac及Z8-12:OH之標準品。進一步比對費洛蒙萃取液第4支 peak 及 第5支peak 的 EI 及 CI 質譜圖與標準品Z8-12:Ac及Z8-12:OH，顯示性費洛蒙萃取液中第4支peak與標準品Z8-12:Ac之 EI 及 CI 質譜圖一致。第5支peak 之 EI 及 CI質譜圖與標準品 Z8-12:OH之EI及CI質譜圖一致。根據上述滯留時間比對及EI與CI質譜比對結果顯示性費洛蒙萃取液分析圖中之第4支peak成份為Z8-12:Ac，第5支peak成份為 Z8-12:OH。經檢量分析及內插法求得每隻雌蟲性費洛蒙萃取量平均為Z8-12:Ac 1.20 ng及Z8-12:OH 3.21 ng，兩者比例約為 1.0:2.7 (Hung et al., 2001b)。

性費洛蒙產品

花姬捲葉蛾性費洛蒙相關產品包括性費洛蒙誘餌、性費洛蒙交配干擾劑及誘蟲器等，分述如下。

(一)性費洛蒙誘餌

順八-十二烯醇乙酯(Z8-12:Ac)為花姬捲葉蛾性費洛蒙誘餌主要誘引成分，Z8-12:OH成分不具誘引效果。兩者以Z8-12:Ac/Z8-12:OH=100/100~150比例混合對花姬捲葉蛾最具誘引效果。而Z8-12:Ac中之E8-12:Ac含量大於0.5%時顯著降低誘餌之誘蟲效果(Hung et al., 2001)。

不同批次、來源之Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾之誘蟲效果不同，以購自荷蘭IPO公司者誘蟲百分率最高，達87.5%(表三)。不同批次、來源之Z8-12:Ac經GC分析及與標準品比對在微量成分E8-12:Ac、Z8-12:OH有些微之差異，以來源IPO者E8-12:Ac之含量最低(0.05)；購自Sigma公司不同批次之Z8-12:Ac以批號3898者內含較低量之E8-12:Ac(1.3)及較高量之Z8-12:OH(0.2)(表四)。不同批次、來源之Z8-12:Ac混合10% Z8-12:OH配方對花姬捲葉蛾之誘引效果顯著較單成分者為佳；其中以含E8-12:Ac量較少之批次Sigma 3782配方具較高之誘引效果，誘蟲百分率達49.3%(表五)。另發現Z8-12:Ac來源為Shin-Etsu公司，其混合10% Z8-12:OH配方對粗腳姬捲葉蛾(*Cryptophlebia ombrodelta*)具誘蟲活性(表五)。比較Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾誘引有效配方Sigma 3898與其他兩種來源Sigma 3871與高純度IPO者配製成Z8-12:Ac/Z8-12:OH=100/100，結果顯示以單成分Z8-12:Ac Sigma3898 配製的誘餌對花姬捲葉蛾最具誘引效果(表六)，其原因有待進一步深究。另為廣泛推廣費洛蒙應用，由國內朝陽大學大量合成的Z8-12:Ac與Z8-12:OH，經配製以Z8-12:Ac/Z8-12:OH=100/100之誘餌對花姬捲葉蛾具誘蟲活性(表七)，惟誘蟲效果仍需改進。另試驗顯示朝陽大學合成的Z8-12:Ac對粗腳姬捲葉蛾具誘蟲活性(表七)，此可能係成品Z8-12:Ac中含的E8-12:Ac較高所致，有待進一步探討。

由此有效的花姬捲葉蛾性費洛蒙誘餌配方須以高純度Z8-12:Ac (>99.5%)等量混合純度大於90%的Z8-12:OH，以0.8~1 mg裝載於橡皮帽中，田間持效性長達6個月。

(二)交配干擾劑

三種花姬捲葉蛾交配干擾劑型以橡皮帽劑型其揮發速率較為恆定可持續19周，PVC管及Teflon管者於4周內大量揮發，爾後揮發曲線呈水平狀幾乎無揮發(黃、洪1997)。經以田間測試其效果以橡皮帽者持效性最長，長達五個月，其次為PVC管者約達3個月(Hwang and Hung, 1997b)。

於92年9月22日至11月14日在台中縣霧峰鄉芒果園及枇杷園中進行由朝陽科技大學應用化學系製成的交配干擾劑生物活性檢定。試驗時，每棵樹掛5個交配干擾劑，約設置0.05 ha；再每區置放5個50×50×50 cm³網箱，內含2對未交尾花姬捲葉蛾，經48小時檢視交尾率，並換算為交尾抑制率。本試驗以未設置交配干擾劑處理區當對照。連續觀察4 - 7次。檢定的劑型有A、B、C三種劑型。A劑型為由朝陽科技大學應用化學系合成之Z8-12:Ac製成微膠囊再吸附於鞋帶上之劑型。B劑型

為將外購Z8-12:Ac(IPO)製成微膠囊再吸附於鞋帶上之劑型。C劑型為將外購Z8-12:Ac(IPO)注入橡皮帽中之劑型。另將鞋帶型及橡皮帽干擾劑型各10個置於通風陰涼處，每週以微量電動天平秤重，再換算其重量損失。

試驗結果顯示交配干擾劑A、B及C劑型經2-3個月對花姬捲葉蛾之交尾抑制率分別為 68.2 ± 27.0 、 68.5 ± 14.5 及 $76.8\pm 18.0\%$ ；三者不具顯著性差異(Duncan's multiple ranges test, $P=0.05$)(表八)。鞋帶型及橡皮帽干擾劑型之揮發模式如圖二，橡皮帽干擾劑型隨時間增長重量損失增加；鞋帶型者其重量損失情形於92日間均介於60~80 mg之間，此可能係膠體或棉線吸收空氣水分之故。

(三)誘蟲器

花姬捲葉蛾性費洛蒙誘捕系統經不同型式、不同劑量及不同直徑之三層式寶特瓶誘蟲器對雄蛾誘捕效果之比較，顯示直徑9.0 cm之三層式寶特瓶誘蟲器結構適合用於捕抓花姬捲葉蛾雄蛾(Hung et al., 2004；Hwang and Hung, 1994)。一般製作三層式寶特瓶誘蟲器時，誘蟲器害蟲"X"型入口之開口難度較高、費時，經改良將三層式寶特瓶誘蟲器其入口改為直徑0.6 cm的圓孔，其製作簡易且誘捕效果相當於"X"型入口者之三層式寶特瓶誘蟲器。不同型式模式誘蟲器對花姬捲葉蛾雄蛾之誘捕效果相當或較佳於三層式寶特瓶誘蟲器，尤其是模式E型誘蟲器者表現最佳之誘捕效果。此模式E型誘蟲器可經工廠製作模具，若進行大量生產，經評估每個誘蟲器成本至少為50元。而進一步改良模式E型誘蟲器結構成為袋型組合式誘蟲器，其在田間使用6-8個月後即裂解，期間與性費洛蒙誘餌田間持效期同步，且此誘蟲器成本僅為20NT/trap (Hung et al., 2004)。

由以上結果提供果農較簡便有效的誘蟲器有(1)三層式寶特瓶誘蟲器其入口為直徑0.6 cm的圓孔者、(2)E型模式誘蟲器、及(3)袋型組合式誘蟲器等三種花姬捲葉蛾誘蟲器。因此每公頃每期6個月「利用性費洛蒙大量誘殺防治花姬捲葉蛾」的成本，由使用三層式寶特瓶誘蟲器者4800元，降為使用模式E型誘蟲器者2800元，再降為使用袋型組合式誘蟲器者1600元。

誘餌及交配干擾劑生物檢定之方法

花姬捲葉蛾性費洛蒙誘餌活性檢定以單網箱、單壓克力箱及雙壓克力箱方法可檢定Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾之誘蟲活性(Hwang et al., 1996)，惟與田間誘蟲效果(表三)比較，不同來源Z8-12:Ac配方之室內生物檢定結果顯示較高的誘蟲百分率。風洞檢測法可檢定Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾之生物活性，惟劑量需低於10 ug。六角型轉盤生物檢定法在檢測Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾之誘蟲活性，與田間誘蟲試驗結果一致(Hung et al., 1999)，其原因可由表九之六角型轉盤生物檢定試驗結果證

實。比較以布丁杯誘蟲器內含1 mg性費洛蒙誘餌與黏膠板含100 ug及10 ug性費洛蒙誘餌對花姬捲葉蛾之誘引性。本試驗5處理，每次釋放蟲數50~100隻雄蛾，重覆6次。結果顯示布丁杯誘蟲器內含1 mg性費洛蒙誘餌處理者其誘蟲百分率與黏膠板含10 ug性費洛蒙誘餌者相當，誘蟲百分率分別為20.2及22.9% (表九)。由以上結果顯示於室內檢定Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾之生物活性，若誘餌置於如黏膠板上等之開放空間，其誘餌劑量宜以10 ug進行生物檢定。

誘餌中若含有Z8-12:OH，六角型轉盤生物檢定法及風洞檢測法均無法反應田間之誘蟲結果(Hung et al., 1999)。顯示將來花姬捲葉蛾的費洛蒙原體Z8-12:Ac之誘蟲活性檢定可於試驗室中進行單網箱、單壓克力箱、雙壓克力箱方法、六角型轉盤生物檢定法及風洞檢測法等；性費洛蒙誘餌Z8-12:Ac/Z8-12:OH之檢定則須於田間進行效果評估。

交配干擾劑生物活性檢定方法參考如Hung et al. (2001a)之報導，於臺中縣霧峰鄉一處約0.05公頃芒果園中，以棋盤式排列法每3~4 m懸掛一個含44.4 mg Z8-12:Ac的干擾劑，共20個，懸掛高度約150 cm。營造如試驗果園中之性費洛蒙氣團，於其中設置50×50×50 cm³網籠10個，網籠間相距約5 m，每個網籠內再加一個干擾劑。試驗時，每個網籠放入5對未交尾之1-2日齡花姬捲葉蛾雌、雄成蟲，經一週後取回，檢視雌蟲交尾率。對照果園距離處理果園約1000公尺。連續觀察六週。結果顯示小面積試驗Z8-12:Ac干擾劑對花姬捲葉蛾具干擾交尾的作用，交尾抑制率介於30與70%之間，平均為49.5% (Hung et al., 2001a)。

另測試不同來源Z8-12:Ac交尾干擾劑對花姬捲葉蛾交尾率之影響：本試驗之方法及地點如前述，唯分別使用來源為Sigma及Shin-Etsu之Z8-12:Ac配製之交尾干擾劑，比較兩者干擾交尾之效果，同時觀察網籠中含2對及5對未交尾的花姬捲葉蛾之交尾率差異。結果顯示以購自Sigma及Shin-Etsu之Z8-12:Ac配製之交尾干擾劑對花姬捲葉蛾之交尾率影響無顯著性差異。每網箱有5對花姬捲葉蛾之交尾率(57.2-66.2%)，高於2對者(24.1-27.7%)，由此顯示以性費洛蒙干擾交尾之防治方法在害蟲密度較低時有較佳的防治效果(Hung et al., 2001a)。

由以上結果顯示花姬捲葉蛾交配干擾劑生物活性檢定可施行於非楊桃果園，如芒果園等。以棋盤式排列法每3~4 m懸掛一個含44.4 mg Z8-12:Ac的干擾劑，共20個，懸掛高度約150 cm。營造如試驗果園中之性費洛蒙氣團，於其中設置50×50×50 cm³網籠10個，網籠間相距約5 m，每個網籠內再加一個干擾劑。每個網籠放入2對未交尾之1-2日齡花姬捲葉蛾雌、雄成蟲，經一週後取回，檢視雌蟲交尾率。連續觀察五~六週。另由五(三)結果顯示若施行於楊桃園可將大型網籠改以含兩隻處女雌蟲布丁杯交尾站之設置，操作簡便並具準確性。

應用技術與推廣使用情形

花姬捲葉蛾性費洛蒙於楊桃園之應用技術有監測、大量誘殺、及交配干擾防治法。以下簡述其研究概況及目前推廣情形。

(一) 監測法

昆蟲性費洛蒙的應用以監測害蟲發生情形最為廣泛，著名的例子如於1940年美國農部使用森林害蟲舞毒蛾(*Lymantria dispar*)性費洛蒙萃取液監測該蟲之發生情形，嚴密監控，必要時並施予藥劑防治，為以性費洛蒙監測害蟲發生並防止其蔓延的例子之一(Kydonieus et al., 1982a,b)。

一般監測施行時，須制定以何種誘蟲器誘殺害蟲及其田間之設置方法。花姬捲葉蛾性費洛蒙誘餌於誘蟲器內應置於距離入口約5 cm高處效果較佳，誘蟲器內加入殺蟲劑對誘捕效果有不良影響。於楊桃園懸掛時，誘蟲器高度宜距地面約140 cm以上(Hwang and Hung, 1994)。

於台南縣楠西鄉楊桃園樹的高度(約150~160 cm)較其他地區者(約200 cm)為矮，為釐清誘蟲器在該區的設置高度，於2002年11月26日分別在楠西鄉的龜丹村及密枝村楊桃園中比較袋型組合式誘蟲器吊掛於樹下及樹冠上對花姬捲葉蛾之誘捕效果，每區5重複。經一個月後記錄誘蟲數。並分析被誘殺之花姬捲葉蛾蟲體在誘蟲器中之分布。結果顯示袋型組合式誘蟲器吊掛於樹下及樹冠上對花姬捲葉蛾之誘捕率，於龜丹村、密枝村者分別為55.7及44.3%、43.3及56.7%，兩區試驗結果顯示袋型組合式誘蟲器吊掛於樹下及樹冠上對花姬捲葉蛾之誘捕率無差異顯著性(龜丹村： $t=0.931175$, $df=8$, $p=.379007$ 、密枝村： $t=-1.54260$, $df=8$, $p=.161501$)。袋型組合式誘蟲器中被誘殺之花姬捲葉蛾之分布情形，與在三層式寶特瓶誘蟲器中者一樣，多數分布於誘蟲器上層，分布率高達86.5%($t=16.31129$, $df=19$, $P=.000000*$)，此應是花姬捲葉蛾趨光性所致。

於1990年至1992年間於彰化縣員林鎮及苗栗縣卓蘭鎮楊桃園以性費洛蒙監測花姬捲葉蛾族群發生情形，結果顯示兩地區每年花姬捲葉蛾族群密度之發生趨勢一致，卓蘭地區花姬捲葉蛾族群密度顯著低於員林地區者，於每年4~6月顯示較低的族群密度(Hung et al., 2001a)。在台灣以台南縣楠西鄉楊桃的栽種面積最大，為了解該鄉花姬捲葉蛾發生情形，於2002年3月5日在楠西鄉楠西村、灣丘村、東勢村、照興村、龜丹村、密枝村及鹿田村等七個村楊桃園，每村各設置兩個性費洛蒙誘蟲器，經一個月後檢視記錄誘蟲數，以了解楠西鄉不同村楊桃園於3月份花姬捲葉蛾之族群密度。結果顯示楠西鄉不同村楊桃園在3月份花姬捲葉蛾之族群密度如圖三。以東勢村及龜丹村者較低分別為34.0及36.5 insects/trap/ month，以灣丘

村者最高達260 insects/trap/month，此可能係栽培管理上差異所造成的(圖三)。

花姬捲葉蛾屬寡食性昆蟲，其性費洛蒙確可用來監測花姬捲葉蛾在楊桃園之發生情形，將來亦可使用於調查花姬捲葉蛾在其它寄主上之發生情形。據1992年藥劑試驗結果顯示，於5月23日至6月18日試驗期間，不施藥對照區楊桃園之果實被害率為0.2 ~ 4%，與施藥區者無顯著性差異，此時不施藥對照區花姬捲葉蛾之族群密度為每週每個誘蟲器之誘蟲數僅為3~10隻(Hwang et al., 1995)。因此，當誘蟲數低於10 insects/trap/week時，應無需施藥防治。

(二)大量誘殺

利用性費洛蒙大量誘殺害蟲可降低田間害蟲族群密度，達防治之效果。如施行於棉鈴象鼻蟲(*Anthonomus grandis*)、日本金龜(*Popillia japonica*)、蠹蟲spruce bark beetle (*Ips typographus* (L.))、Ambrosia beetle (*Gnathotrichus sulcatus*)、*Trypodendron lineatum*、歐洲榆樹甲蟲、甘藷蟻象等害蟲之防治(Hwang and Hung, 1991; Kydonieus et al., 1982a,b)。利用性費洛蒙大量誘殺花姬捲葉蛾，於1993年至1997年首度於南投縣國姓鄉楊桃園進行試驗，結果顯示每公頃懸掛40~80個性費洛蒙誘蟲器，長期大量誘殺花姬捲葉蛾，可有效降低其族群密度達平均誘捕蟲數為1.0~4.5 insects/trap/week，此與非誘殺區比較，密度降低率達75.5 ~ 89.4%，而誘殺區之被害果率僅為1.9%(Hung et al., 2001a)。

花姬捲葉蛾性費洛蒙大量誘殺技術之防治成效，於彰化縣員林鎮60公頃楊桃園進行大面積效果評估。於2000年12月起至2002年7月每月以性費洛蒙誘蟲器調查性費洛蒙大量誘殺區及一般藥劑防治區之楊桃果園花姬捲葉蛾的族群密度。每區設置2個性費洛蒙誘蟲器，每月調查記錄誘蟲數。大量誘殺區每公頃設置40個性費洛蒙誘蟲器，共調查7個不同地區果園；一般藥劑防治區調查2區，比較大量誘殺區及一般藥劑防治區楊桃花姬捲葉蛾的族群密度。另為了解大量誘殺區楊桃採收果蟲害情形，於2004年3月3日購買大量誘殺區楊桃採收果10箱，每箱50 Kg，共1143個果實。檢視採收果蟲害情形，蟲害包括花姬捲葉蛾、東方果實蠅、及粉介殼蟲等之危害。調查結果顯示花姬捲葉蛾在兩區一般藥劑防治區全期約一年半的族群密度均較性費洛蒙大量誘殺區者為高(圖四)。於2001年3、10、11、及12月達高峰；兩區密度分別為66.1、63.9、44及84.2 insects/trap/week與61.8、70.3、62.3及65.5 insects/trap/week。7個大量誘殺區果園，其中只有一區果園，花姬捲葉蛾族群密度未有明顯下降，於2002年1~5月花姬捲葉蛾族群密度介於32.7~42.7 insects/trap/week。此可能係其果園位於山區，或性費洛蒙誘蟲器數量設置不夠所致。另六區大量誘殺區果園花姬捲葉蛾族群密度明顯下降，全年密度大都介於10 insects/trap/week以下。在一般藥劑防治區2001年3月之高峰期，3區大量誘殺花姬捲葉蛾族群密度分別為8.6、0.3、10.4 insects/trap/week。在2001年10、11、12月，

2區大量誘殺花姬捲葉蛾族群密度分別為3.8、4.1、4 insects/trap/week及1.5、1.8、1.6 insects/trap/week。在2002年2月兩區一般藥劑防治區花姬捲葉蛾族群密度為56.3及44.2 insects/trap/week，6區大量誘殺者分別為5、2.1、20.8、28.6、3.5、2.5 insects/trap/week。由以上結果顯示以性費洛蒙大量誘殺確可降低花姬捲葉蛾在楊桃園中之族群密度，甚至可降低至經濟危害水平10 insects/trap/week以下，減少施藥次數。大量誘殺區楊桃採收果蟲害情形，好的果品佔多數95.6%，而花姬捲葉蛾、東方果實蠅、及粉介殼蟲等之危害率僅分別達1.8、0.2、及2.4%。本結果顯示粉介殼蟲在大量誘殺綜合防治區果園的危害較高，須注意其發生，並加強開花前期之清園及套袋前之防治。

另於台中縣東勢鎮約23公頃楊桃園施行性費洛蒙大量誘殺花姬捲葉蛾，2002年11月4日起每週調查三區，大量誘殺綜合防治果園中花姬捲葉蛾的族群密度，每區設置兩個性費洛蒙誘蟲器。結果顯示2002年至2003年6月間三區大量誘殺綜合防治果園花姬捲葉蛾的族群密度極低，調查期間花姬捲葉蛾的族群密度均低於6 insects/trap/week (圖五)，顯示性費洛蒙大量誘殺發揮效果。

一般而言，大量誘殺技術除了考慮技術面有效外，經濟及實用面則須考慮到誘蟲器的型式與設置數量。Willson and Trammel (1980)於美國紐約蘋果園利用性費洛蒙大量誘殺桃折心蟲，結果顯示蘋果園每公頃設置30~40個黏膠式誘蟲盒，確可顯著降低為害果率，唯其高於農民所能接受的一般為害度；另誘殺全期使用黏膠式誘蟲盒致成本過高，亦為當地農民無法接受此一技術原因之一(Willson and Trammel, 1980)。利用性費洛蒙大量誘殺花姬捲葉蛾由小面積及大面積評估試驗結果顯示，以性費洛蒙大量誘殺確可降低花姬捲葉蛾在田間的密度為每週每個誘蟲器之誘蟲數 10隻以下，被害果率約為1.8~1.9%。於2002年苗栗區農業改良場於卓蘭鎮楊桃園進行評估顯示利用性費洛蒙大量誘殺花姬捲葉蛾，可減少使用農藥六次。花姬捲葉蛾誘蟲器有三型乾式誘蟲器可資應用，包括三層式寶特瓶誘蟲器、E型模式誘蟲器及袋型組合式誘蟲器等，此些誘蟲器具備可長期使用之優點。估算以性費洛蒙大量誘殺防治花姬捲葉蛾之成本，若以性費洛蒙誘餌20元/個、三層式寶特瓶誘蟲器100元/個、E型模式誘蟲器50元/個、袋型組合式誘蟲器20元/個及黏膠式誘蟲盒25元/個來估計；當使用三層式寶特瓶誘蟲器時，每公頃六個月的防治成本為4,800元；使用E型模式誘蟲器者為2800元/公頃/六個月，使用袋型組合式誘蟲器者最便宜，僅為1600元/公頃/六個月；而使用黏膠式誘蟲盒時，每公頃六個月的防治成本則高達2,4800元/公頃/六個月。因此，利用性費洛蒙大量誘殺防治花姬捲葉蛾應用技術已非常便利農民使用，值得推廣。

(三)交配干擾法防治

利用高劑量性費洛蒙20~50 g/ha可干擾害蟲交尾行為，以達到防治害蟲的目

的。文獻報導利用交尾干擾法防治害蟲成功的例子如紅鈴蟲(*Pectinophora gossypiella*)、桃折心蟲(*Grapholita molesta*)、tomato pinworm (*Keiferia lycopersicella*)、lightbrown apple moth (*Epiphyas postvittana*)、currant clearwing moth (*Synanthedon tipuliformis*)、葡萄與蘋果捲葉蛾(*Eupoecilia ambiguella*)、葡萄果實蛀蟲(*Endopiza viteana*)、codling moth (*Cydia pomonella*)、小菜蛾、甜菜夜蛾等(Cardé. and Minks, 1995；McLaughlin et al., 1994)。以花姬捲葉蛾性費洛蒙組成份中的Z8-12:Ac進行交配干擾效果評估顯示Z8-12:Ac不同來源配製之性費洛蒙干擾劑對花姬捲葉蛾之交配干擾效果無顯著性差異，網箱中含2對花姬捲葉蛾者其交尾干擾效果較5對者為佳。於1996年至1997年間於卓蘭5公頃楊桃園，每公頃施放53.28 g之Z8-12:Ac，於5個月處理期間，其誘引抑制率達100%，田間及網箱中之交尾抑制率分別達97.4及89.4%；與農民慣行防治法比較，果實被害減少率達71%(Hung et al., 2001a)。

2000年11月21日起於苗栗縣卓蘭鎮面積約0.6 公頃楊桃園設置性費洛蒙干擾劑，每3~4 公尺設置一個，並加強週邊之設置，共1000個；干擾試驗區每5個月加置性費洛蒙干擾劑一次，至2002年12月止。另於約5 公里外選定一區栽培情形類似之一般藥劑防治果園為對照果園，比較花姬捲葉蛾在其中的誘蟲數及交尾情形，以此評估費洛蒙干擾劑對花姬捲葉蛾之防治效用。誘蟲數調查：每區果園設置4個性費洛蒙誘蟲器；交尾率調查：比較網箱(15×15×15 cm)及以布丁杯製作五個0.6×0.6 cm開口之誘蟲器，其內各含2隻1~2日齡未交尾處女雌蟲等之兩種評估方法。本試驗調查每月第一周花姬捲葉蛾的誘蟲數、交尾率；於中果期調查樹上果危害情形，連續約3~4周，評估性費洛蒙干擾劑對花姬捲葉蛾之防治效果。試驗結果如圖六、七。干擾試驗區誘蟲數介於0~1.6 insects/trap/ week，一般藥劑防治區者為0.8~87 insects/trap/week (圖六)；性費洛蒙交配干擾劑對花姬捲葉蛾之誘引抑制率為98.4±3.1%。以布丁杯誘蟲器當作交尾站評估果園中花姬捲葉蛾之交尾率，干擾試驗區者為0~50%，一般藥劑防治區者為10~100%；由交尾抑制率顯示性費洛蒙交配干擾劑的抑制交尾濃度約為4個月，第五個月交尾率即升高。以內含一對未交尾雌雄蟲之15×15×15 cm網箱測試性費洛蒙交配干擾劑對花姬捲葉蛾之交尾抑制，結果顯示在性費洛蒙交配干擾試驗果園花姬捲葉蛾交尾率為0~25~100%，與一般防治區者相似(圖七)，此應為交尾空間太小，即假設族群密度過高所致，因此此網箱方法之結果無法表現真實之結果，亦不適合用以評估性費洛蒙交配干擾劑之交尾抑制情形。

使用交尾干擾法防治害蟲除應考慮害蟲為寡食性者、果園較隔離外，尚應注意干擾劑來源、純度、配方及害蟲族群密度等均可影響此法之防治效果(Howse et al., 1998；Mitchell, 1981；Ridgway et al., 1990)。由以上結果顯示，Z8-12:Ac原體中含約4%之E8-12Ac不會影響其交尾干擾效果。而於害蟲族群密度較低時，顯示較佳的交尾干擾作用。另由田間試驗再一次證實，楊桃園每公頃施放約53.3 g Z8-

12:Ac確實對花姬捲葉蛾具防治效果，且其防治效果與藥劑防治者相當或更佳，值得建議農民使用。另以相同性費洛蒙主成份當作交配干擾劑可同時防治兩種害蟲，如在巴基斯坦防治為害棉鈴夜蛾科害蟲 spiny bollworm (*Earias insulana*)及 spotted bollworm (*Earias vittella*)；在非洲防治兩種夜蛾科害蟲*S. littoralis*及*S. exempta*等(Mcveigh et al., 1990)。Z8-12:Ac亦為楊桃果實另一種害蟲粗腳姬捲葉蛾之性誘引劑(Hwang et al., 1987)，田間使用Z8-12:Ac當作交尾干擾劑防治花姬捲葉蛾同時，是否亦可同時防治粗腳姬捲葉蛾，值得進一步探討。另Z8-12:Ac/Z8-12:OH=1/1之配方對花姬捲葉蛾具較佳之誘蟲效果，而E8-12:Ac具抑制誘蟲作用(Hung, 1999)，此些配方是否具交尾干擾作用，值得深究。

利用交配干擾劑防治楊桃花姬捲葉蛾成本，以Z8-12:Ac配製之橡皮帽(Sigma)交配干擾劑型，每公頃須設置1200個交配干擾劑，則五個月防治資材成本為36,000元/公頃/五個月(Hwang and Hung, 1997a)；若再將交配干擾劑型改良應可降低其成本。而以藥劑防治之慣行防治法防治成本，若以每週施藥一次，則每公頃五個月之藥劑防治成本約為40,000元。若再考慮人工，則性費洛蒙交配干擾劑防治區防治成本將較藥劑防治之慣行防治區者再降低，且應可減少防治花姬捲葉蛾之施藥次數，及降低農藥對環境的衝擊。

(四)推廣使用

花姬捲葉蛾為影響楊桃產量與品質之關鍵害蟲，果實受其為害可達29- 77%。楊桃外銷時，需加強本國之防疫工作。1991年本研究室已建立花姬捲葉蛾之人工大量飼育方法，可提供試驗所需之蟲源。完成三層式寶特瓶誘蟲器之開發、性費洛蒙組成份之鑑定，並於1999年間完成楊桃花姬捲葉蛾性費洛蒙田間應用技術，包括偵測、大量誘殺與交尾干擾防治等，可提供農政單位及果農參考應用。楊桃病蟲害整合性防治示範調查結果顯示利用性費洛蒙大量誘殺防治花姬捲葉蛾，可減少1~ 6次殺蟲劑防治。2003年度由於誘蟲器的改良使得每公頃大量誘殺防治成本由4,800元降為1,600元。利用性費洛蒙大量誘殺防治花姬捲葉蛾於2001年度推廣100公頃，2002年度推廣423.5公頃。2003年度預計推廣500公頃，實際示範推廣達50個產銷班520人，推廣面積共達944.6公頃。2004年推廣面積799.2公頃。從2001至2004年共計推廣2267.3公頃楊桃園使用。

利用性費洛蒙大量誘殺來防治花姬捲葉蛾之工作執行與調查，於2003年上半年2月間以貨運方式將性費洛蒙誘蟲器共15178個，分別送達卓蘭、太平、楠西、玉井、里港、高樹等地區農會，再請農會推廣股主辦人通知各班班長領取分送班員使用。各地產銷班數量如下：卓蘭23班、太平1班、楠西10班、玉井1班、里港2

班、高樹1班。資材送出後1週於當年2月24日至3月9日期間以電話調查作物別、費洛蒙資材收到及使用情形，以了解推廣情形。取樣方法每班抽查2~3名，共電訪114位農民。結果顯示由農會提供之產銷班名單其中有20.2%非楊桃果農，花姬捲葉蛾性費洛蒙誘蟲器之收到率高達91.2%，收到性費洛蒙誘蟲器後並懸掛於果園中行大量誘殺者佔74.7%。其餘未收到、收到後未懸掛者經電話輔導，於4/7~15再電訪結果顯示懸掛率高達96.3%，而一直未收到費洛蒙資材者也再補發資材。92年下半年度電訪127人，懸掛花姬捲葉蛾性費洛蒙誘蟲器於果園中大量誘殺花姬捲葉蛾之執行率高達98.4%；未執行之2個果農經提醒已完成吊掛作業。另由年終電話及實地訪查結果得知使用過費洛蒙之果農均期盼能再繼續使用(100%)，地區包括苗栗、台中、南投、彰化、台南、屏東等楊桃產區。

利用性費洛蒙大量誘殺來防治花姬捲葉蛾評估可降低藥劑防治1~6次，於2001至2004年共計推廣2267.3公頃楊桃園使用。2003年度因誘蟲器改良全面使用袋型組合式誘蟲器，共設置944.6公頃，費洛蒙防治成本較2002年再減少約302萬元。估算2001至2004年由於費洛蒙的推廣使用，以施藥含工資及農藥4500元/公頃/次，大量誘殺成本1600元/公頃/6個月估算；減少一次施藥則防治成本減少約達658萬 $[(4500-1600) \times 2267.3]$ ，減少六次施藥則防治成本減少約達5,759萬元 $[(4500 \times 6 - 1600) \times 2267.3]$ ；則使楊桃之病蟲害防治成本減少約達658萬~5,759萬元；降低農藥使用量約達2,300~13,800公升。

結 論

目前，在害蟲防治上，一般農民仍依賴殺蟲劑。為推廣害蟲綜合性防治方法，促使殺蟲劑合理使用及降低農藥對環境的衝擊，整合性費洛蒙應用技術於害蟲管理上為其中適宜的方法之一。花姬捲葉蛾性費洛蒙業經鑑定並已研發其性費洛蒙誘餌、性費洛蒙交配干擾劑、誘蟲器等性費洛蒙產品；以及監測、大量誘殺、及交配干擾防治法等應用技術提供農政單位及果農使用，並於2001至2004年期間推廣2267.3公頃楊桃園利用性費洛蒙大量誘殺綜合防治花姬捲葉蛾；其防治效果經評估可降低殺蟲劑使用次數達1~6次，且利用性費洛蒙大量誘殺花姬捲葉蛾的防治成本很低，每公頃楊桃園半年期間僅需1,600元；其技術操作簡易，懸掛一次性費洛蒙誘蟲器，即可於果園持續誘殺花姬捲葉蛾六個月，值得鼓勵農民持續使用、產銷班一起使用，以降低花姬捲葉蛾之族群密度因而防治成本降低，生產安全衛生的果品。

誌 謝

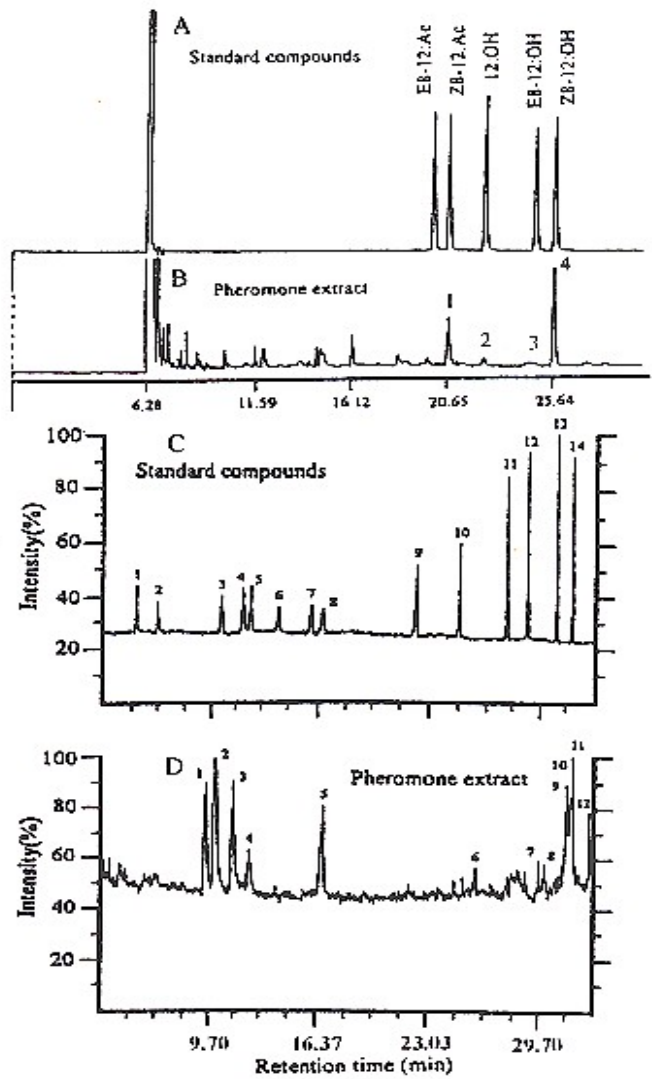
本研究及推廣工作承農委會防檢局計畫：90管理-2.3-植防-01（8-9）、91-救助調整-22.1-檢-02、92管理-3.1-植防-01(1-1)、93管理-3.1-植防-1(1)補助經費，苗栗縣政府農業課徐春良先生、台中縣政府農業課邱淑敏小姐、南投縣政府陳聰富先生、彰化縣政府傅立忠先生、台南縣政府林國隆先生、屏東縣劉瑞孟先生等，農會推廣股主辦人曹理貴小姐、林隆泉、劉明章、陳奎星、柯俊州、李志哲、江武連、朱銓哲、除振成先生等，產銷班班長詹治衡、王建舜、黃金合、詹中三、林文慶、廖木平、詹森盛、黃建三、鄧松柏、林仲康、陳林森、詹振豐、劉闊明、鄧森雄、魏奎通、廖正賢、黃瑞芳、許獻忠、楊文境、張平雄、張猛、曹義雄、廖昌塗、徐明瑩、黃建尚、賴文玉、王海清、邱俊成、江新炎、黃儀勳、江清賓、黃寶根、陳伽興先生等協助推廣事宜，本所江碧媛、王文龍、林信宏、洪舜仁、馬意蘋等協助試驗，在此一併致上謝辭。

引用文獻

- Anonymous. 2002. Agricultural statistics yearbook. Council of Agriculture, Executive Yuan, Taipei, Taiwan, p113 (in Chinese).
- Cardé, R. T. and A. K Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40:559-585.
- Ho, K. Y. 1985. Preliminary report on the carambola fruit borers and their control. *Plant Prot. Bull.* 27: 53-62 (in Chinese).
- Ho, K. Y. 1988a. The ecology and control of carambola insect pests. *Chinese J. Entomol., Special Publ.* 2: 43-50 (in Chinese).
- Ho, K. Y. 1988b. Studies on the methods for control of carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*. *Plant Prot. Bull.* 30: 45-51 (in Chinese).
- Howse, P., I. Stevens, and O. Jonse. 1998. *Insect Pheromone and Their Use in Pest Management*. London, Chapman and Hall Press, 369pp.
- Hung, C. C. 1999. Reproductive behavior of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Merick, and identification and application of its sex pheromone components. Doctoral Dissertation, Department of Entomology, National Chung Hsing University, 111pp.
- Hung, C. C., B. Y. Chiang, W. L. Wang, and S. J. Tsay. 2004. Improvements in the

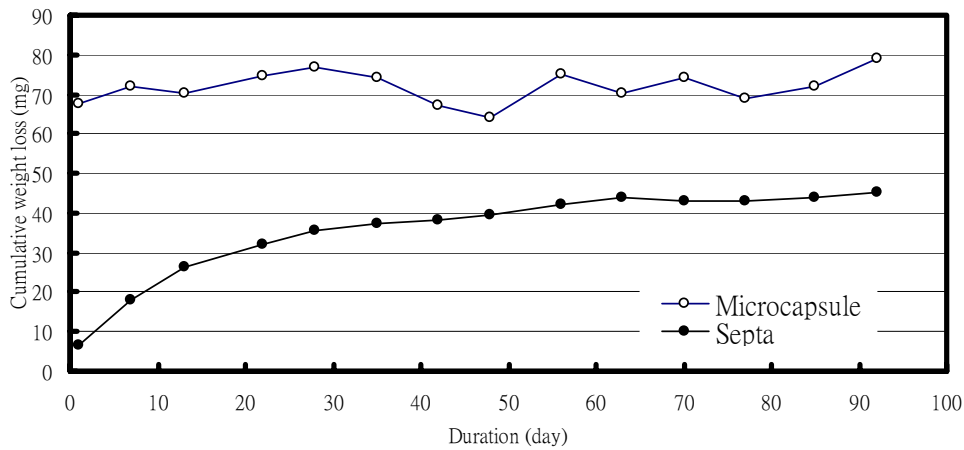
- system for trapping the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick by sex pheromones. Formosan Entomol. 24:73-82 (in Chinese).
- Hung, C. C., R. F. Hou, and J. S. Hwang. 2001a. Assessment of the effects of using sex pheromone for control of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Plant Prot. Bull. 43: 57-68 (in Chinese).
- Hung, C. C., and J. S. Hwang. 1991. Mass rearing method of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Chinese J. Entomol. 11: 204-212 (in Chinese).
- Hung, C. C., J. S. Hwang, and R. F. Hou. 1997. Eclosion, mating and oviposition of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Plant Prot. Bull. (R.O.C.) 39:265-274. (In Chinese)
- Hung, C. C., J. S. Hwang, and R. F. Hou. 1999. Comparison of bioassay methods for attractiveness of sex pheromone components to carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Plant Prot. Bull. (R.O.C.) 41:165-177. (In Chinese)
- Hung, C. C., J. S. Hwang, M. D. Hung, Y. P. Yen, and R. F. Hou. 2001b. Isolation, identification and field tests of the sex pheromone of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*. J. Chem. Ecol. 27: 1855-1866.
- Hwang, J. S., and C. C. Hung. 1994. Formulation of sex attractant and trap designs for trapping carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Plant Prot. Bull. 36: 31-40 (in Chinese).
- Hwang, J. S., and C. C. Hung. 1991. Evaluation of the effect of integrated control of sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* Fabricius, with sex pheromone and insecticide. Chinese J. Entomol. 11:140-146.
- Hwang, J. S., C. C. Hung, and M. C. Kuo. 1995. Evaluation of chemical control of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick, in Taiwan. Plant Prot. Bull. 37:219-222 (in Chinese).
- Hwang, J. S., and C. C. Hung. 1997a. Mating disruption for the control of carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick, with synthetic sex pheromone. Plant Prot. Bull. 39: 151-164 (in Chinese).
- Hwang, J. S., and C. C. Hung. 1997b. Controlled release formulations of sex pheromone for mating disruption of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Plant Prot. Bull. 39: 275-280 (in Chinese).
- Hwang, J. S., C. C. Hung, and R. F. Hou. 1996. A bioassay method of the sex pheromone of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick. Plant Prot. Bull. 38: 119-127 (in Chinese).

- Hwang, J. S., C. C. Hung, C. C. Lo, and M. D. Hung. 1987. Sex attractant for two carambola fruit borers, *Eucosma notanthes* Meyrick and *Cryptophlebia ombrodelta* Lower. Plant Prot. Bull. 29: 321-323 (in Chinese).
- Kydonieus, A. F., M. Beroza, and G. Zwig. 1982. Insect suppression with controlled release pheromone systems. Vol. I. CRC Press, Inc. 274pp.
- .Kydonieus, A. F., M. Beroza, and G. Zwig. 1982. Insect suppression with controlled release pheromone systems. Vol. II. CRC Press, Inc. 312pp.
- Lin, J. Y., S. B. Horng, C. C. Hung. 2003. Effects of gamma radiation on survival and reproduction of the carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick (Lepidoptera: Tortricidae). Formosan Entomol. 23: 189-197 (in Chinese).
- McLaughlin, J. R., E. R. Mitchell, and P. Kirsch. 1994. Mating disruption of diamondback moth (Lepidoptera : Plutellidae) in cabbage : reduction of mating and suppression of larval populations. J. Econ. Entomol. 87: 1198-1204.
- Mitchell, E. K. 1981. Management of Insect Pests with Semiochemicals- Concepts and Practice. Plenum press, New York and London, 514pp.
- Ridgway, R. L., R. M. Silverstein, and M. N. Inscoe. 1990. Behavior- modifying Chemicals for Insect Management. MarcelDekker, Inc. New York.761pp.
- Willson, H. R. and K. Trammel. 1980. Sex pheromone trapping for control of codling moth, oriental fruit moth, lesser appleworm and three tortricid leafrollers in a New York apple orchard. J. Econ. Entomol. 73: 291-295.



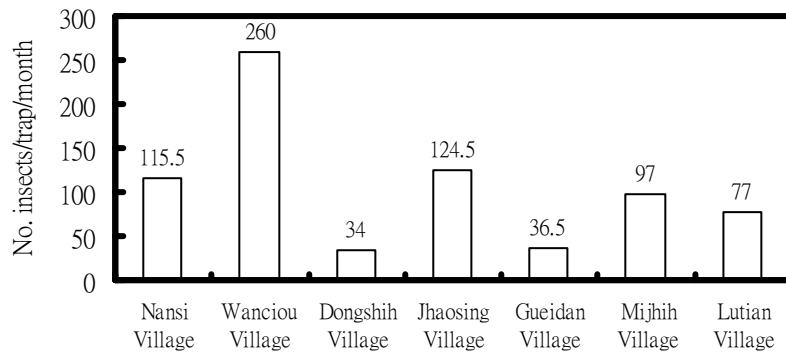
圖一、花姬捲葉蛾性費洛蒙萃取液及標準品之GC與GC-MS分析圖譜。

Fig. 1. Comparative GC (A, B) and GC-MS (C, D) chromatograms of pheromone extracts produced by females of *Eucosma notanthes* and standard compounds. Fourteen standard compounds are showed as peaks 1 to 14 in C: 1 (10:Ac), 2 (10:OH), 3 (12:Ac), 4 (*E*8-12:Ac), 5 (*Z*8-12:Ac), 6 (12:OH), 7 (*E*8-12:OH), 8 (*Z*8-12:OH), 9 (14:Ac), 10 (14:OH), 11 (16:Ac), 12 (16:OH), 13 (18:Ac) and 14 (18:OH).



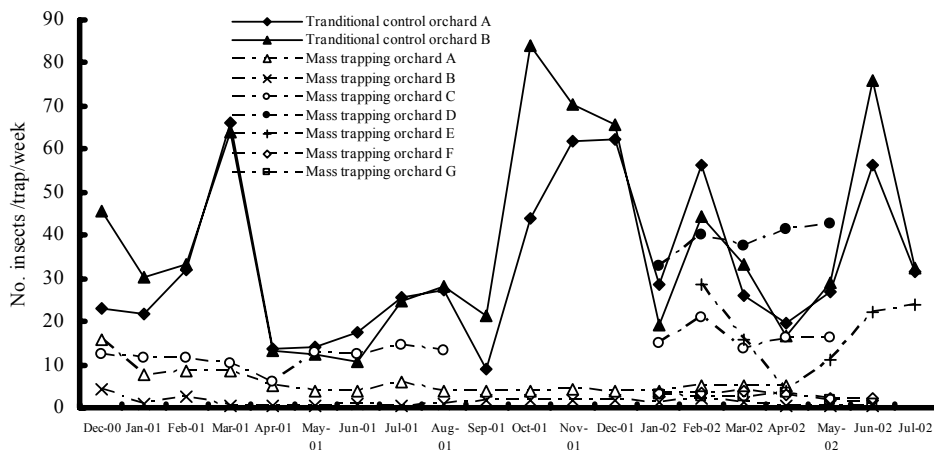
圖二、鞋帶型微膠囊交配干擾劑型與橡皮帽交配干擾劑型經不同日數之累積重量損失。

Fig. 2. Cumulative weight loss (mg) of mating disruptant of *Eucosma notanthes* with formulation of microcapsule and septa, respectively, in different day-duration.



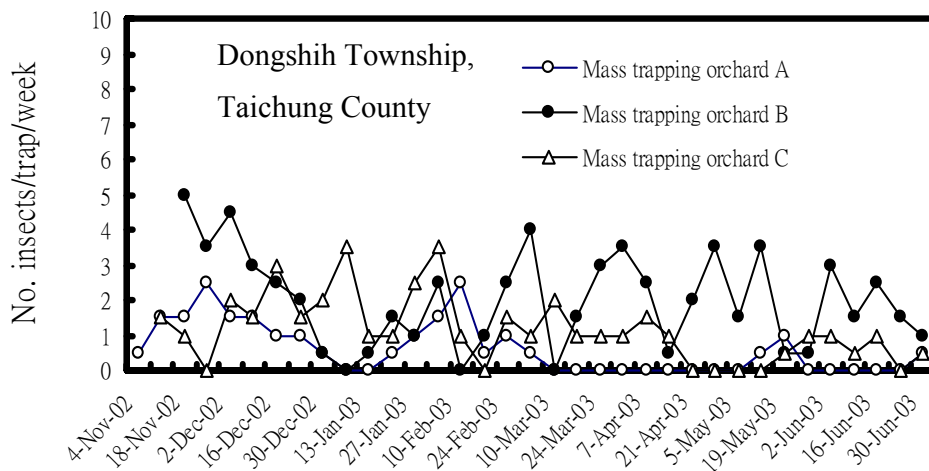
圖三、2002年3月楠西鄉不同村楊桃園花姬捲葉蛾之族群密度。

Fig. 3. Population density of *Eucosma notanthes* in different village of Nansi Township, Southern Taiwan from 15, Mar. to 10, Apr. 2002.



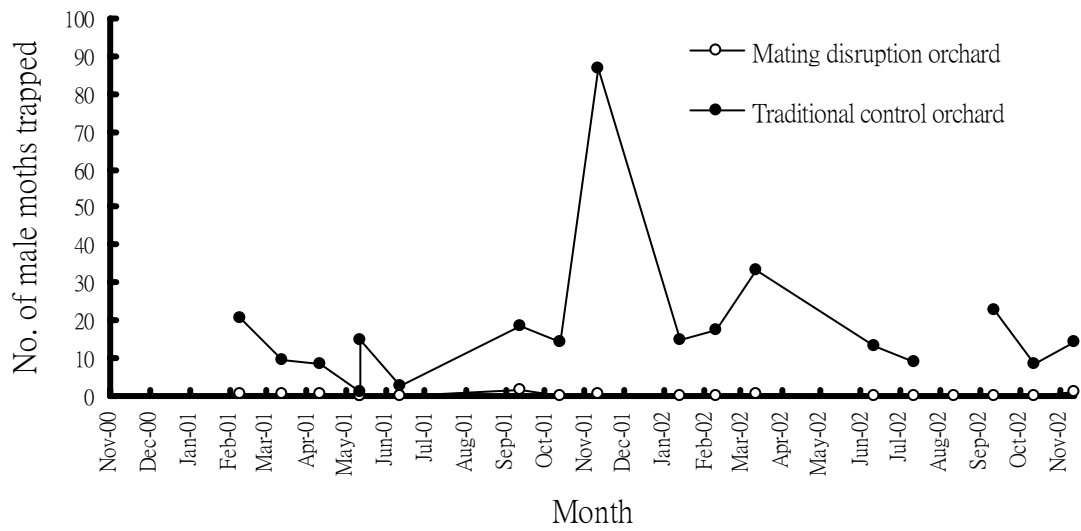
圖四、2000至2002年員林楊桃果園性費洛蒙大量誘殺區與一般藥劑防治區果園中花姬捲葉蛾之族群密度

Fig.4. Population density of carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*, in carambola orchards treated with mass trapping with sex pheromone and traditional controlling at Yuanlin, Central Taiwan from Dec., 2000 to Jul., 2002.



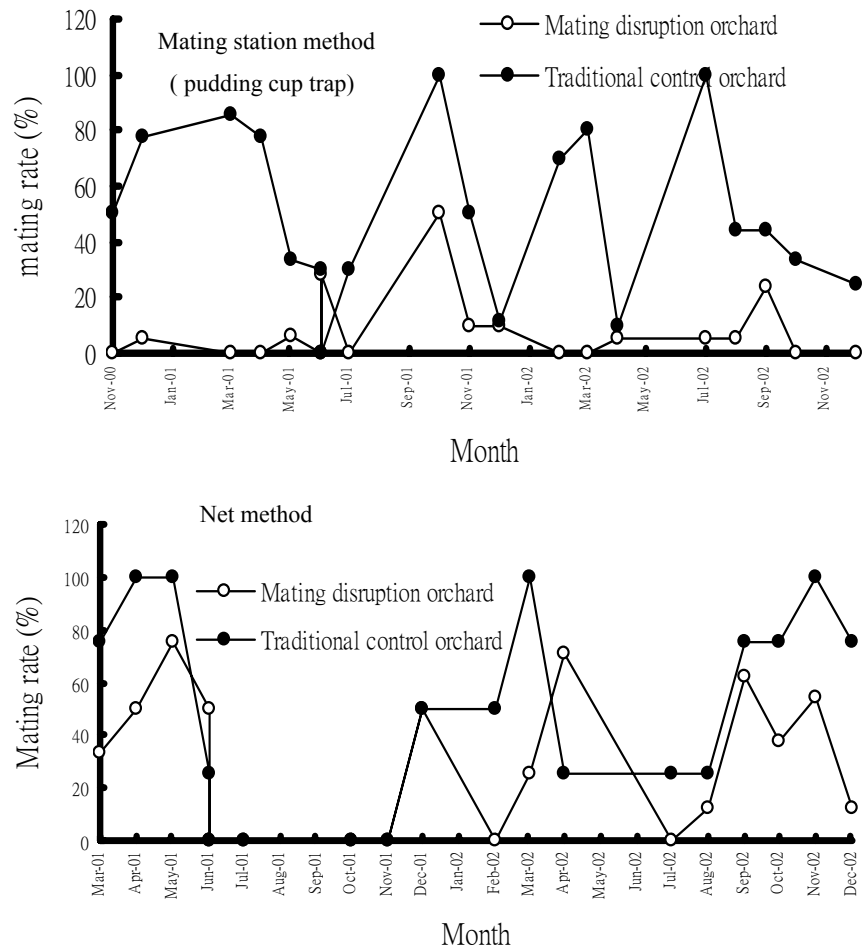
圖五、2002年至2003年東勢鎮楊桃果園性費洛蒙大量誘殺區花姬捲葉蛾之族群密度

Fig. 5. Population density of carambola fruit borer, *Eucosma notanthes*, in carambola orchards treated with mass trapping with sex pheromone at Dongshih Township, Central Taiwan from Nov., 2002 to Jun., 2003.



圖六、2000年至2002年苗栗縣卓蘭鎮在性費洛蒙交配干擾劑處理區及一般藥劑防治區楊桃花姬捲葉蛾之誘蟲數

Fig.6. Catch number of *Eucosma notanthes* male moths each in mating disruption orchards and traditional control orchards at Cholan township, Central Taiwan from Nov., 2000 to Nov., 2002.



圖七、2000年至2002年苗栗縣卓蘭鎮在交配干擾試驗以交尾站及 $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ 網箱中楊桃花姬捲葉蛾之交尾率

Fig.7. Mating rate of *Eucosma notanthes* in mating station and $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$ net in mating disruption orchard and traditional control orchard at Cholan township, Central Taiwan from Nov., 2000 to Nov., 2002.

表一、性費洛蒙合成品之來源及純度

Table 1. Sources and purity of sex pheromone compounds

Compound	Abbreviation	Source	Purity
1-Decyl acetate	1-10:Ac	Composed from 1-Decanol	
1-Decanol		Lancaster	98%
1-Dodecyl acetate	1-12:Ac	Aldrich	97%
1-dodecanol	1-12:OH	1. Lancaster	97%
		2. Fluka	99.5%
Z-7-dodecenyl Acetate	Z7-12:Ac	IPO	>99%
Z-8-dodecenyl Acetate	Z8-12:Ac	IPO ¹⁾	>99%
Z-8-dodecenyl Acetate	Z8-12:Ac	Shin-Etsu	96.06%
Z-8-dodecenyl Acetate	Z8-12:Ac	1. TACTRI ¹⁾ I	1. 94.4%
		2. TACTRI II	2. 99.7%
Z-8-dodecenyl Acetate	Z8-12:Ac	1. Sigma3898	1. 95%
		2. Sigma3782	2. 95%
		3. Sigma3871	3. 96.8%
Z-9-dodecenyl Acetate	Z9-12:Ac	IPO	>99%
E-8-dodecenyl Acetate	E8-12:Ac	Sigma	--
Z-8-dodecenol	Z8-12:OH	1. IPO	>99%
		2. Chemtech ¹⁾	93%
E-8-dodecenol	E8-12:OH	Chemtech	--
1-Tetradecyl acetate	1-14:Ac	Composed from 1-14:OH	
1-Tetradecanol	1-14:OH	Fluka	97%
1-Hexadecyl acetate	1-16:Ac	Composed from 1-16:OH	
1-Hexadecanol	1-16:OH	Aldrich	99%
1-Octadecyl acetate	1-18:Ac	TCI	99%
1-Octadecanol	1-18:OH	Lancaster	97%

1) IPO: Instituut voor Planteziektenkundig Onderzoek in the Netherlands.
TACTRI: Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research
Institute in Taiwan, Chemtech: Chemtech B. V. in the Netherlands.

表二、花姬捲葉蛾性費洛蒙萃取液第 4 及第 5 根 Peak 與 Z8-12:Ac 及 Z8-12:OH 之 CI 質譜

Table 2. CI mass spectra data for the fourth and fifth peak of *Eucosma notanthes* pheromone extracts and standard compounds of Z8-12:Ac and Z8-12:OH.

Compound	Source	Mass spectral data, m/z (intensity, %)
Z8-12:Ac	Synthetic	227(M+1 ⁺ , 12.31), 165(9.23), 137(9.23), 123(21.54), 111(70.77), 97(78.46), 81(81.54), 69(100), 55(73.85), 43(23.08)
	Natural peak 4)	227(M+1 ⁺ , 5.88), 165(2.94), 151(2.94), 137(5.88), 123(14.71), 109(38.24), 95(61.76), 81(94.12), 67(100), 55(44.12), 43(8.82)
Z8-12:OH	Synthetic	185(M+1 ⁺ , 2.60), 173(1.30), 165(1.30), 137(5.19), 123(18.18), 109(48.05), 95(67.53), 81(76.62), 69(100), 55(89.61), 41(74.03)
	Natural (peak 5)	185(M+1 ⁺ , 1.11), 173(1.11), 165(1.11), 149(1.11), 141(1.11), 137(5.56), 123(14.44), 109(38.89), 95(64.44), 91(4.44), 85(2.22), 81(92.22), 71(4.44), 67(100), 55(68.89), 43(8.89)

表三、不同來源Z8-12:Ac對花姬捲葉蛾之誘引效果(田間試驗)

Table 3. Attractiveness of Z8-12:Ac from different sources to *Eucosma notanthes* males in carambola orchard¹⁾

Source of Z8-12:Ac(purity)	% of total males attracted
IPO (>99%) ³⁾	87.5± 7.7 c ²⁾
Shin-Etsu (96.06%)	1.9± 1.7 a
TACTRI I (94.4%)	1.9± 1.5 a
TACTRI II(99.7%)	7.3± 4.8 b
Blank(CK)	1.4± 1.9 a

1) Total males attracted in this experiment were 749.

2) Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test (p=0.05)

3) Same as Table 1.

表四、不同來源Z8-12:Ac中微量成分之GC分析結果

Table 4. Trace of different sources Z8-12:Ac with gas chromatograph

Compound	Retention time (min)				
	Standard ¹⁾	Sigma 3898	Sigma 3871	Sigma 3872	IPO ³⁾
E8-12:Ac	6.67(Sigma)	6.69 (1.3) ²⁾	6.71 (1.9)	6.68 (1.6)	6.68 (0.05)
Z8-12:Ac	6.90(Sigma)	6.99(100)	6.99 (100)	7.03 (100)	6.93 (100)
1-12:OH	7.55(Lancaster)	—	—	—	—
E8-12:OH	8.32(Chemtech) ³⁾	—	—	—	—
Z8-12:OH	8.60(Chemtech)	8.61 (0.2)	8.68 (0.09)	8.64 (0.03)	—

1) Source of standard in parenthesis.

2) Relative amount compared to amount of Z8-12:Ac.

3) Chemtech is the abbreviation of Chemtech B. V. IPO is the same as Table 1.

表五、不同來源之Z8-12:Ac混合10% Z8-12:OH對花姬捲葉蛾及粗腳姬捲葉蛾雄蟲之誘引性¹⁾

Table 5. Attractiveness of different source Z8-12:Ac mixed with 10% Z8-12:OH to males of *Eucosma notanthes* and *Cryptophlebia ombrodelta* at carambola orchard¹⁾

Z8-12:Ac (source)	% of total males attracted	
	<i>E. notanthes</i>	<i>C. ombrodelta</i>
Z8-12:Ac (Sigma 3782)/Z8-12:OH=100/10	49.3± 4.2 d ²⁾	0
Z8-12:Ac (Sigma 3871)/Z8-12:OH=100/10	3.8± 0.9 c	0
Z8-12:Ac (Shin-Etsu)/Z8-12:OH=100/10	15.5± 4.2 b	100± 0
Z8-12:Ac (Sigma 3871)	1.4± 0.06 a	0

1) Total males of *E. notanthes* and *C. ombrodelta* attracted in this experiment were 551 and 42, respectively.

2) Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test (p=0.05)

表六、不同配方之性費洛蒙誘餌對花姬捲葉蛾雄蟲之誘引性¹⁾

Table 6. Attractiveness of different formulation of sex pheromone lure to *Eucosma notanthes* males at carambola orchard¹⁾

Lure (source)	% of total males attracted
Z8-12:Ac (Sigma 3898)	47.3± 5.7 b ²⁾
Z8-12:Ac (Sigma 3871)/Z8-12:OH(IPO)=100/100	23.5± 10.9 a
Z8-12:Ac (IPO)/Z8-12:OH(IPO)=100/100	29.2± 9.0 a

1) Total males attracted in this experiment were 1,489.

2) Means within a column followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test (p=0.05)

表七、不同來源之性費洛蒙合成品配方對花姬捲葉蛾與粗腳捲葉蛾雄蛾之誘引性

Table 7. Response of *Eucosma notanthes* and *Cryptophlebia ombrodelta* males to various formulations of synthetic sex pheromone at the carambola orchards in Yuanlin, Changhua County, Taiwan from 3 Dec., 2001 to 4 Feb., 2002

Lure	% of total males attracted ¹⁾	
	<i>Eucosma notanthes</i>	<i>Cryptophlebia ombrodelta</i>
Z8-12:Ac(Chern-1) + Z8-12:OH(Chern)	16.3 ± 1.9 c ²⁾	21.2 ± 9.6 ab ²⁾
Z8-12:Ac(Chern-2) + Z8-12:OH(Chern)	24.9 ± 4.3 b	33.8 ± 10.8 a
Z8-12:Ac + Z8-12:OH(TACTRI)	57.4 ± 6.5 a	8.8 ± 9.8 c
Z8-12:Ac(Chern-1)	0.5 ± 0.4 d	13.1 ± 7.2 bc
Z8-12:Ac (Chern-2)	0.6 ± 0.7 d	22.7 ± 15.4 ab
Blank	0.4 ± 0.5 d	0.4 ± 11.0 d
Total males attracted ¹⁾	491.6 ± 205.2	51.0 ± 35.3

1) Mean ±S.D. derived from 8 trials.

2) Data were transformed to arc sine $X^{2/1}$ prior to analysis, and means followed by the same letters were not significantly different at 5% level by DMRT.

表八、不同劑型之性費洛蒙交配干擾劑對楊桃花姬捲葉蛾之交尾抑制率

Table 8. Rate of mating inhibition of mating disruptants with different formula to *Eucosma notanthes*

Duration \ (day)	Rate of mating inhibition (%)		
	A-Formula	B-Formula	C-Formula
35		57.1	
37		80	66.7
39			62.5
42		82	
44	33.3		100
46	100		60
51	71.4	55	100
58			62.5
59	80		
66	42.9		
68	50		
70			85.7
82	100		
Mean	68.2 ± 27.0	68.5 ± 14.5	76.8 ± 18.0%

表九、Z8-12:Ac不同劑量誘餌與不同誘蟲陷阱組合對花姬捲葉蛾雄蛾之誘引性(轉盤試驗)

Table 9. Attractiveness of different combination of trap and lure to *Eucosma notanthes* males with turn table tests

Trap type	Dosage/septa	% of total males attracted
Pudding cup trap	1000 ug	20.2±14.9b ¹⁾
6×6 cm Sticky board	100 ug	49.5±2.4c
6×6 cm Sticky board	10 ug	22.9±10.5b
6×6 cm Sticky board	0 (CK)	4.8±4.4a
Pudding cup trap	0 (CK)	2.6±5.0a
Total males attracted		19.0±8.7

1) Data were transformed to arc sine $X^{2/1}$ prior to analysis, and means followed by the same letters were not significantly different at 5% level by DMRT.

Products of the Carambola Fruit Borer, *Eucosma notanthes* Meyrick, Sex Pheromone and Their Application in Carambola Orchards of Taiwan

Chau-Chin Hung^{1*}, Chia-Chung Chen², Ching-Yu Chen³, Shu-Jen Peng⁴, I-Yuan Chuang⁵, Sheng-Kuan Chen⁶, Wen Jer Wang⁷, Shu-Jen Tsai⁸, Mu-Chuan Lee⁸, Chen Feng Yen⁸ and Min-Der Hung¹

¹Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute Council of Agriculture, Executive Yuan. No.11, Guangming Rd., Wufong Township, Taichung 413, Taiwan, R.O.C.

²Department of Applied Chemistry, Chaoyang University of Technology
No. 168, Gifeng E.RD., Wufeng Taichung 413, Taiwan R. O. C.

³Department of Applied Chemistry, National Chiayi University
No. 300, University Road, Chiayi 600, Taiwan R. O. C.

⁴Miaoli District Agricultural Research and Extension Station
Council of Agriculture, Executive Yuan
No. 261, GongGuan Township, Miaoli 363, Taiwan R. O. C.

⁵Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station
Council of Agriculture, Executive Yuan, No.1, Minsheng Rd.,
Nongshih Lane, Pingdong City 900, Taiwan R.O.C.

⁶Tainan District Agricultural Research and Extension Station
Council of Agriculture, Executive Yuan. No. 70, Muchang Rd.,
Sinhua Township, Tainan County 712, Taiwan R.O.C.

⁷Taichung District Agricultural Research and Extension Station
Council of Agriculture, Executive Yuan. No. 370, Songhuai Rd.,
Dacun Township, changhua County 515, Taiwan R.O.C.

⁸Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine
Council of Agriculture, Executive Yuan.
Taipei, Taiwan R. O. C.

Correspondence: hccjane@tactri.gov.tw

Abstract

The carambola (also known as star fruit), *Averrhoa carambola* L. is a fruit tree of economic value in Taiwan. Its planted area reached approximately 1,700 ha in 2003. The carambola fruit borer (CFB), *Eucosma notanthes* Meyrick (Lepidoptera: Tortricidae) is a key pest of carambola. Two components, (Z)-8-dodecenyl acetate (Z8-12:Ac) and (Z)-8-dodecenol (Z8-12:OH), were identified as the sex pheromone components of CFB. The ratios ranging from 1.0/0.5 to 1.0/1.5 in 1.0 mg of lure were more effective than other blends for trapping male moths of the carambola fruit borer in the field tests. All products of its sex pheromone, including lure, trap, and mating disruptant have been developed. The sex pheromone lure of CFB, septa formula, was more attractive to CFB and had a long effective period, 6 months, in the field. Many formulas of mating disruptant were developed. It showed that microcapsule formula of mating disruptant possessed bioactivity to CFB. Three type of CFB traps, a three-layer-PET trap with 0.6 cm dia. entrances, a model E-type trap, and a composed bag trap were developed to be economic, effective, and easy to fabricate. The techniques for managing the CFB with sex pheromone, including monitoring, mass trapping, and disruption, were developed. The result of using sex pheromone for mass trapping CFB indicated that it was decreasing 1 to 6 times to spray insecticides for controlling CFB. Therefore, from 2001 to 2004, carambola orchards with a total area of 2267.3 ha were subjected to mass trapping of CFB using sex pheromone.

Key words: Carambola fruit borer, *Eucosma notanthes* Meyrick, Carambola, sex pheromone, mass trapping