

塑膠微管型蚜蟲警戒費洛蒙的開發與應用初報

陳富翔^{1*}、王文龍¹、張志弘¹、吳昭儀¹、張慕瑋¹、洪巧珍¹

摘要

陳富翔、王文龍、張志弘、吳昭儀、張慕瑋、洪巧珍。2024。塑膠微管型蚜蟲警戒費洛蒙的開發與應用初報。臺灣農藥科學 17 : 1-18。

E- β -farnesene (EBF) 為多種蚜蟲之警戒費洛蒙，為建立其應用技術，本試驗以桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer)) 測試 EBF 不同劑量及釋放載體對桃蚜的警戒生物活性的效果，結果顯示無論在高、低劑量組別測試下，1 mg 的 EBF 塑膠 (PVC) 微管製劑對桃蚜的警戒活性較佳，而釋放載體的測試結果顯示塑膠微管的反應率 (43.1%) 優於橡皮帽 (12.9%)。持效性測試結果顯示則以 1 mg EBF 塑膠微管製劑使用 1 週時效果較佳，經測試此製劑 EBF 的釋放速率與溫度呈正相關。後續以盆栽試驗探討 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜的生殖影響，結果顯示桃蚜在有 EBF 環境中，其子代數較低，但效果並不穩定。

關鍵詞：蚜蟲警戒費洛蒙、*E*- β -farnesene、劑量、載體、生殖影響

接受日期：2024 年 12 月 27 日

* 通訊作者。E-mail: fhchen@acri.gov.tw

¹ 臺中市 農業部農業藥物試驗所

前言

蚜蟲屬於半翅目 (Hemiptera)、胸吻亞目 (Sternorrhyncha)、常蚜科 (Aphididae) 之重要害蟲。蚜蟲多於嫩葉新梢取食危害，造成作物減產，也是傳播植物病毒媒介之一，間接影響作物生產。目前已知至少 1,000 種植物病毒中的 275 種，能夠經由 192 種蚜蟲媒介傳播⁽²⁸⁾，而其中約 100 種蚜蟲具有經濟重要性。

Dahl 於 1971 年發現被壓碎的蚜蟲蟲體能使蚜蟲產生警戒反應 (alarm reaction) 而逃跑⁽²²⁾。Kislow and Edwards 於 1972 年研究發現此現象係蚜蟲的角狀管 (cornicles) 分泌物之味道引起同種個體產生行為反應而避免遭受傷害⁽³⁸⁾。Bowers 等人⁽¹⁷⁾ 及 Edwards 等人⁽²⁷⁾ 分別將此物質分離鑑定為 *E*- β -farnesene (EBF)，將其稱為蚜蟲警戒費洛蒙 (aphid alarm pheromone)。當蚜蟲感受到警戒費洛蒙時，便會縮回口針 (stylets are withdrawn) 退後 (moves backward)、跑走 (running)，甚至會自植物上掉落 (dropping) 而躲過天敵的攻擊⁽⁴²⁾。自 EBF 被發現後，許多學者開始研究如何應用 EBF 來驅趕蚜蟲^(19, 45, 47)。Wohlers 發現釋放合成的 EBF 能有效減少植株上豌豆蚜 (*Acyrtosiphon pisum* (Harris)) 的數量⁽⁵⁵⁾，另外有一種可自行釋放 EBF 的野生馬鈴薯 (*Solanum berthaultii* Hawkes) 能直接驅散桃蚜 (*Myzus persicae* (Sulzer))⁽³¹⁾。

而 Bruce 等人發現一種唇形科植物 (*Hemizygia petiolate* Ashby) 精油含有高濃度的 EBF，經過一系列研究發現此精油可以減少植株上的桃蚜、稻麥蚜 (*Rhopalosiphum padi* (Linnaeus))、豌豆蚜等蚜蟲數量⁽¹⁸⁾。多種蚜蟲已被記錄會釋放蚜蟲警戒費洛蒙 EBF^(1, 48)，包括桃蚜^(27, 30, 48)、豌豆蚜^(26, 30, 48)、薔薇長管蚜 (*Macrosiphum rosae* (Linnaeus))⁽¹⁷⁾、麥二叉蚜 (*Schizaphis graminum* (Rondani))⁽¹⁷⁾、棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)⁽⁵⁴⁾、偽菜蚜 (*Lipaphis erysimi* (Kaltenbach))⁽²⁵⁾、長角麥蚜 (*Sitobion avenae* (Fabricius))^(30, 48, 54)、稻麥蚜⁽⁵⁴⁾ 及麥無網長管蚜 (*Metopolophium dirhodum* (Walker))⁽⁵⁴⁾ 等。

蚜蟲警戒費洛蒙的有效距離短，從角狀管中分泌的警戒費洛蒙在 1-3 cm 之間有效⁽⁴⁵⁾。蚜蟲提高警戒的反應與距離有關，若在蚜蟲群落中心散發警戒費洛蒙，有 93% 的蚜蟲會產生掉下或走開的反應，但對於在蚜蟲距群落離邊緣 2 cm 處散發警戒費洛蒙，則只有 53% 蚜蟲會產生反應⁽⁵⁾。趙和班於 2011 年報告指出警戒費洛蒙只在近距離內達到一定濃度時，蚜蟲才會感受到並立即分離⁽¹²⁾。黃等人利用桃蚜於室內抽氣櫃內進行警戒費洛蒙生物活性檢定，觀察其反應行為，包括：身體擺動、觸角及後足微動、口針拔出移位、移動及掉落等⁽⁹⁾。爾後，Bruce 等人在研究室內快速檢定 EBF 生物活性的方法，也是於抽氣櫃中將 EBF 滴在飼養著蚜蟲的葉片邊緣，經過 1 分鐘及 15 分鐘後

記錄離開及留在原地的蚜蟲比例⁽¹⁸⁾，即可知道該物質的活性。

有翅型蚜蟲是植物病毒病傳播的重要媒介⁽¹⁶⁾，Herrbach 引述多位學者的著作，可利用 EBF 來驅趕有翅型的蚜蟲，藉由減少蚜蟲數量來降低病毒傳播，但於實驗室及田間的數據顯示無法抑制植物病毒病的發生率⁽³⁵⁾。植物病毒病的傳播有各種複雜的生態因素，EBF 的應用或許無法成為最終的有效方案，但可以考慮結合其它防治方法，如混合於化學農藥或許具較佳的防治效果^(24, 32)。EBF 也可能會干擾蚜蟲的取食行為，讓其花費更多的時間在外遊蕩，而增加運動量，導致消耗更多能量，增加的取食量也隨之增加系統性殺蟲劑的接觸毒性⁽²⁰⁾。EBF 在害蟲防治上的技術研發，不同國家之研究人員曾嘗試將 EBF 與殺蟲劑混合使用，可增加殺蟲劑對蚜蟲的藥效^(2, 9, 32)。

據節肢動物殺蟲劑抗性資料庫 (Arthropod pesticide resistance database) 中登錄的資訊顯示，蚜蟲已對多種化學殺蟲劑產生抗藥性⁽⁴⁴⁾，為了減少化學殺蟲劑的使用量研發其它非化學農藥防治技術是刻不容緩的。費洛蒙的田間應用係利用釋放載體 (dispenser) 以連續或斷斷續續地來釋放費洛蒙來維持費洛蒙的濃度⁽³⁹⁾。我們參考了多篇研究報告，在研究方法上，除了直接壓碎蚜蟲取得自然的 EBF⁽⁴⁷⁾ 外，有些研究是利用濾紙 (filter paper)^(5, 7, 22, 40, 43, 50)、玻璃燒瓶 (glass flask)^(29, 32)、溶於液體石蠟油或將溶液注入橡皮帽

^(13, 20, 21)、藻膠晶球 (alginate beads)^(36, 56)、乳劑⁽²⁾及蠟油製劑⁽⁵⁶⁾來釋放費洛蒙。聚氯乙烯 (polyvinyl chloride, PVC) 微管 (microtube) 是我國費洛蒙常用的釋放載體⁽¹¹⁾，因此本研究以桃蚜為材料，探討以塑膠微管 (PVC) 作為 EBF 的釋放載體之可行性，並探討不同劑量對其警戒生物活性、持效性及溫度對釋放速率的影響，另以盆栽試驗探討 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜的生殖影響，期望作為未來應用於田間防治的參考。

材料與方法

一、試驗蟲源飼養及試驗前置作業

本試驗研究所使用之桃蚜來源，係由行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 (現為農業部農業藥物試驗所，簡稱農藥所) 資材研發組養蟲室提供 (原始蟲源來自南投縣草屯鎮甘藍田)，並由本試驗人員進行放大飼養。飼育桃蚜所須的食物係購自種苗業者的甘藍 (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) 菜苗 (品種：初秋)，以一般市售盆栽圓盆 (直徑 15 cm、高度 5 cm) 加入培養土 (Potgrond H 泥炭土，Klasmann，肥進 (輔) 字第 0565002 號) 於溫室種植 30-40 天後 (甘藍為未結球之生長期)，再移入走入式生長箱作為放大飼養所須之寄主植物，生長箱內環境為溫度 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相對溼度 $70\pm 5\%$ 、光週期

12L:12D，每 2 週更換一次寄主植物。進行寄主植物更換的方式，係將含有桃蚜族群之甘藍葉剪下，放置於新移入未飼養過桃蚜的盆栽甘藍上，讓桃蚜族群自行移動至新移入之甘藍葉片上，經 3-4 天後移除原葉片，每次更換 10-15 盆盆栽甘藍。

執行試驗前，自飼養的桃蚜族群中，以細毛筆挑取數十隻無翅雌成蟲移於另一株甘藍上，於另一生長箱內繁殖，經 3-4 天後移除，所產下之若蟲約經 7-9 日後發育為無翅雌成蟲（約 1-3 日齡）⁽¹⁰⁾，再將 20-30 隻桃蚜成蟲為一組，接於自製的養蟲夾（圖一）內；此養蟲夾為一中空玻璃管（直徑 1.5 cm、高度 1.0 cm）其一端以 parafilm[®] M 封口，及一個市售塑膠衣夾所組成。接蟲時，先將蚜蟲挑入玻璃管中，再將玻璃管倒置於甘藍葉片上，以衣夾固定葉片上的玻璃管。為避免衣夾傷到葉片，葉片下方先鋪一層化妝棉（蘭韻 100%純紙纖維），再以衣夾固定。甘藍葉柄包以濕棉花，放入養蟲盒（直徑 22 cm、高度 7 cm）內，經一晚後，打開養蟲夾，參考姚與盧⁽³⁾的試驗方法，以解剖顯微鏡觀察，挑除未將口針刺入植物內的桃蚜，再進行後續的 EBF 生物活性檢定。

二、製作 EBF 製劑

試驗用之 EBF 購自 Sigma-aldrich 公司（商品編號：73492、批號：BCCB6038、純度：98.2%）。製劑之配製，係直接以 Hamilton 微量注射針（單支

最大抽取量 10 μ L）抽取 EBF 藥品，分別注入各試驗劑量於聚氯乙烯塑膠微管（PVC microtube，長 6 cm、內徑 0.5 mm、外徑 1.1 mm、厚度 0.3 mm，佳倫塑膠工業）或橡皮帽（臺灣固達橡膠社，產品編號：血清栓 6#，外徑 11 mm、內徑 8 mm，厚度 1.5 mm）內做成製劑。配製 10、50、100 μ g 等較低量之塑膠微管製劑時，以正己烷（n-hexane）為稀釋溶劑，將欲配製的劑量注入塑膠微管中；而 500 μ g 以上之各試驗劑量則依相對密度 0.807 g/cm³ 及純度 98.2% 換算所需注入體積，不額外添加正己烷。把已配製好相同劑量之試驗製劑，合併包裝置於鋁箔袋中密封，再儲存於 -19°C 冰櫃中備用。試驗時，再從冰櫃取出之測試用製劑，待回溫後再打開使用。



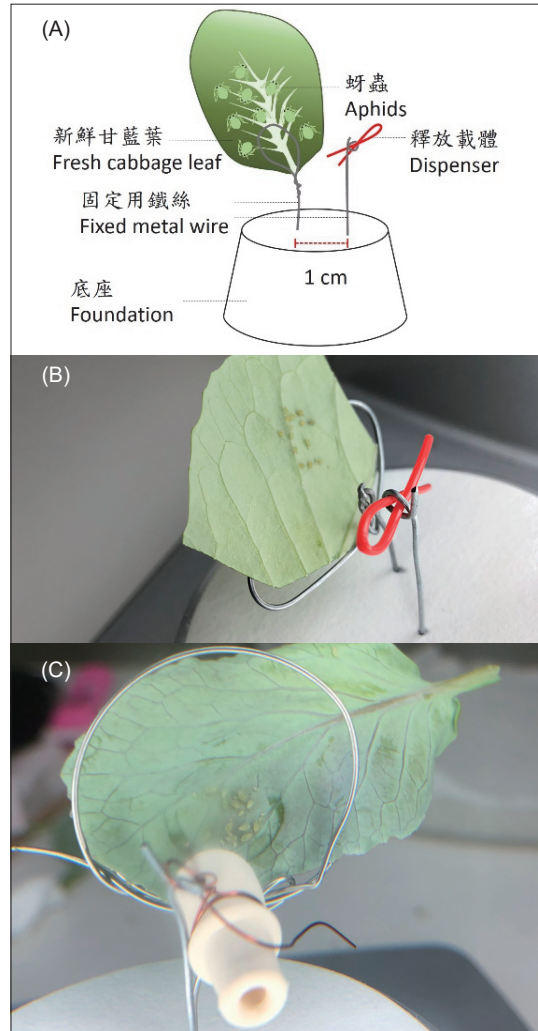
圖一、養蟲夾。

Fig. 1. Photograph of insect-rearing clip.

三、EBF 製劑生物檢定方法及統計分析

本試驗於具有空調之生物檢定室進行，溫度設定 25°C，將含桃蚜之甘藍葉置放於自製固定架上（圖二），為後續生物檢定試驗之 1 重複單位。參考黃等人之方法⁽⁹⁾，於桃蚜最活躍的 9:00 至 14:00 期間測試 EBF 製劑對桃蚜的警戒生物活性。試驗時，待測製劑設置於離桃蚜群落約 1 cm 處，連續觀察 5-10 min，記錄有拔口針且移動行為的桃蚜隻數，再計算為反應率。EBF 製劑生物檢定方法以未放置製劑者為未處理對照組。反應率公式為：反應率 (%) = (移動蟲數/總蟲數) × 100%。統計分析係以計算出之反應率，再經 $\arcsin \sqrt{x}$ 轉值，進行變方分析。若處理間有差異時，再進行 Fisher's protected least significant difference (LSD) test。

試驗 1，不同 EBF 劑量對桃蚜之警戒生物活性檢定（較低劑量）：分別以 10、50、100、500、1,000 μg 的 EBF 注入塑膠微管中，製成 5 組不同劑量之 EBF 塑膠微管製劑供試驗用，將塑膠微管製劑分別固定於圖一之釋放載體處，距離含有桃蚜群落的葉片約 1 cm，測試 EBF 不同劑量塑膠微管製劑對桃蚜之警戒生物活性，每片甘藍葉上有 12-35 隻蚜蟲供測試。本試驗每處理組取 3 條 EBF 塑膠微管製劑，並以未放置塑膠微管製劑為未處理對照組。觀察時，5 個處理組及空白對照組各測試 1 片含有桃蚜群落的葉子，以放大鏡觀察 5-



圖二、EBF 對蚜蟲之警戒生物活性檢定所使用的固定架。(A) 結構圖；(B) 使用 PVC 微管時的照片；(C) 使用橡皮帽時的照片。

Fig. 2. Bioassay setup of study EBF alarm activity in aphids. (A) Structural diagram; (B) Apparatus with PVC microtube dispenser; (C) Apparatus with rubber septum dispenser.

10 min 後記錄移動蟲數，接著立刻更新含有蚜蟲群落的葉子，繼續觀察，共觀察 6 次。

試驗 2，不同 EBF 劑量對桃蚜之警戒生物活性檢定 (較高劑量)：由於試驗 1 試驗結果顯示最高劑量 1,000 μg (即 1 mg) 的 EBF 塑膠微管製劑效果較佳，為探討提高劑量是否會有更高之生物活性，因此追加進行試驗 2，比較含 1、5、10 mg 的 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜的警戒生物活性。本試驗中每片甘藍葉上有 9-16 隻蚜蟲供測試，試驗進行方法與試驗 1 相同，6 重複。

試驗 3，EBF 含於不同釋放載體中對桃蚜之警戒生物活性檢定：由試驗 1 及 2 之生物檢定結果，皆以 1 mg 的 EBF 塑膠微管製劑效果較佳，因此再測試 EBF 含於不同釋放載體中對桃蚜之警戒生物活性。取 1 mg 之 EBF 分別注入於塑膠微管與橡皮帽中，比較 EBF 含於不同釋放載體對桃蚜的警戒生物活性。本試驗每處理取 3 條 EBF 塑膠微管製劑或 3 粒橡皮帽製劑，並未放置製劑之空白組為對照組。試驗進行方法與試驗 1 相同，6 重複。第一次試驗時每片甘藍葉上有 7-13 隻蚜蟲供測試；第二次試驗時每片甘藍葉上有 12-26 隻蚜蟲供測試。

試驗 4，EBF 塑膠微管製劑對桃蚜之警戒持效性檢定：由試驗 3 結果顯示 EBF 於塑膠微管中對桃蚜的警戒生物活性較於橡皮帽中為佳，為測試 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜之警戒生物活性持效性，將含 1 mg

之 EBF 塑膠微管製劑固定於翼型誘蟲器 (振詠實業股份有限公司) 之上蓋下方，於 2018 年 11 月 14 日懸吊於戶外的網室之中，網室上方有樹木提供遮陰，以確保製劑不會受到太陽直曬，試驗期間之平均氣溫在 18.2-24.8°C 之間。試驗製劑於戶外分別經 1、2、3 及 4 週等不同週數後收回，以鋁箔紙密封再貯存於 -19°C 冰櫃備用，分別製作成已使用 1、2、3 及 4 週等不同週齡之 EBF 塑膠微管製劑。試驗時，將不同週齡之 EBF 塑膠微管製劑自冰櫃中取出回溫，於室內進行不同週齡之 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜的警戒生物活性。本試驗每個週齡處理皆取 3 條 EBF 塑膠微管製劑，並以新的 EBF 塑膠微管製劑 (0 週齡) 為對照組，試驗進行方法與試驗 1 相同，6 重複。每片甘藍葉上有 8 - 36 隻蚜蟲供測試。

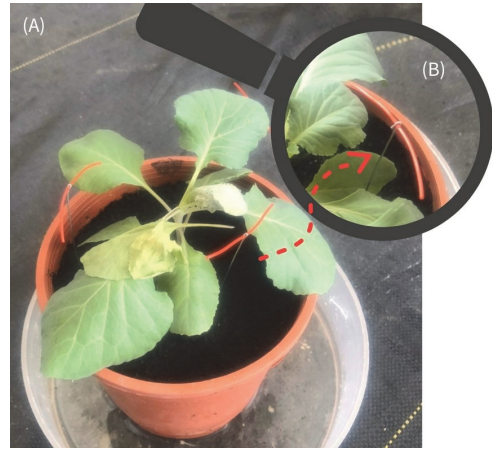
四、溫度對 EBF 塑膠微管製劑釋放量的影響試驗

EBF 塑膠微管製劑在製作前，先以 5 位數微量天平 (Ohaus, explorer semi-micro) 量秤塑膠微管之重量並記錄，後注入 1 mg EBF 製作成供試微管製劑，再量測含 EBF 之塑膠微管製劑重量以確認注入量。另以未注入 EBF 的全新塑膠微管為空白對照組，亦量秤塑膠微管之重量並記錄。EBF 塑膠微管製劑及空白對照組的塑膠微管分組同時放入 15、20、25、30°C 之定溫箱中 (Firstek, TG-3)，每隔一日，

以微量天平量秤 EBF 塑膠微管製劑於不同溫度中經不同日數的重量，連續秤量 7 日，本試驗 10 重複。試驗所取得的數據以 (原始製劑重量 - 當日量測重量) ÷ 原始製劑重量，換算成剩餘百分比，再將剩餘百分比進行迴歸分析。另外，計算各溫度每日平均釋放重量，進行直線迴歸分析，探討溫度與 EBF 塑膠微管製劑釋放量之關係。

五、EBF 塑膠微管製劑對桃蚜生殖力之影響試驗

為評估蚜蟲警戒費洛蒙在田間的效果，於 2019 年 7 月 22 日到 8 月 23 日期間在農藥所之溫室以盆栽試驗進行評估。試驗時，每盆甘藍幼苗盆栽 (直徑 15 cm、高度 5 cm) 接上 20 隻 1-3 日齡的無翅雌成蟲於甘藍葉上，立即於盆栽土壤上直立插入固定用鐵絲，鐵絲末端固定 1 mg 之 EBF 塑膠微管製劑，使 EBF 塑膠微管製劑約位於葉片上方 1-2 cm 處。每盆盆栽皆設置 3 條含 EBF 塑膠微管製劑，均勻分配於植栽上方，每條 EBF 塑膠微管製劑相距約 10 cm (圖三)，每盆盆栽則相距約 30 cm。然後，將所有處理好的盆栽於當日移至溫室內，經 7 日後觀察記錄植栽上蚜蟲族群的總數。當地氣象站紀錄之氣溫溫度範圍為 23.8-35.2°C (均溫約 28°C)。本試驗以未放置製劑之未處理組為對照組，10 重複。本試驗共進行 4 次，統計分析以獨立樣本 *t* 檢定進行。



圖三、桃蚜生殖力之影響試驗 EBF 微管製劑配置圖。(A) 盆栽全景；(B) EBF 微管製劑固定於鐵絲上。

Fig. 3. Photograph of peach aphid fecundity trials with EBF microtube dispenser. (A) Overview of potted plants; (B) EBF microtube dispenser fixed on a wire.

結果

一、EBF 塑膠微管製劑不同劑量對桃蚜之警戒生物活性檢定結果

在試驗 1 測試 EBF 含量為 10、50、100、500、1,000 μg 之塑膠微管製劑對桃蚜的警戒生物活性結果，反應率分別為 8.4、9.5、18.8、21.6、38.3%，空白對照之反應率為 4.4%，結果顯示以劑量 1,000 μg (即 1 mg) 之反應率顯著較其他處理為高 (表一) ($F_{5,30} = 14.933$, $P < 0.05$)。據試

驗 1 結果，為探詢提高劑量是否會有更高之生物活性，我們追加進行試驗 2。測試 EBF 含量為 1、5、10 mg 之塑膠微管製劑對桃蚜的警戒生物活性結果，反應率分別為 28.5、15.3、8.1%，仍以劑量 1 mg 之微管製劑對桃蚜的警戒生物活性顯著較其它處理為佳 (表一) ($F_{3,20} = 28.964$, $P < 0.05$)。

二、EBF 含於不同釋放載體中對桃蚜之警戒生物活性檢定

於試驗 3 中，比較 1 mg EBF 含於不同釋放載體中對桃蚜之警戒生物活性，第一次測試結果以塑膠微管之反應率 (18.2%) 優於橡皮帽製劑者 (5.1%)，空白對照組為 0%。第二次試驗亦以塑膠微管者 (43.1%) 優於橡皮帽製劑者 (12.9%)，

空白對照組為 4.4%。(表二) (1st: $F_{2,15} = 8.480$, $P < 0.05$ 、2nd: $F_{2,15} = 32.384$, $P < 0.05$)。

三、EBF 塑膠微管製劑對桃蚜之警戒生物活性之持效性結果

不同週齡的 1 mg EBF 塑膠微管製劑對桃蚜之警戒生物活性試驗結果如表三。桃蚜對 0-week、1-week、2-weeks、3-weeks、4-weeks 之 EBF 塑膠微管製劑的反應率，分別為 32.9% (CK)、50.2%、9.3%、12.8% 及 15.8%。以 0-week、1-week 者對桃蚜之生物活性較佳；而 2-weeks、3-weeks、4-weeks 之反應率明顯低於 0-week 及 1-week 組 (表三) ($F_{4,25} = 8.797$, $P < 0.05$)。

表一、不同劑量的 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜之警戒生物活性

Table 1. Alarm activity of *M. persicae* exposed to different EBF doses administered via PVC microtubes

Trial	Dosage	Total no. of aphids tested	Response rate of aphid to EBF (%)
Trail 1	10 µg	87	8.4 ± 1.1 bc ¹⁾
	50 µg	145	9.5 ± 1.8 bc
	100 µg	109	18.8 ± 1.4 b
	500 µg	104	21.6 ± 3.1 ab
	1,000 µg	154	38.3 ± 6.8 a
	Non-treatment	130	4.4 ± 2.1 c
Trial 2	1 mg	80	28.5 ± 4.8 a
	5 mg	80	15.2 ± 3.1 ab
	10 mg	74	8.0 ± 1.9 b
	Non-treatment	75	0 c

¹⁾ Mean ± SEM was derived from 6 replicate experiments. Data were transformed to arc sin√x prior to analysis. Means within each column followed by the same letter were not significantly different according to Fisher's protected least significant difference (LSD) test ($P < 0.05$).

表二、EBF 含於不同釋放載體製劑對桃蚜之警戒生物活性

Table 2. *M. persicae* alarm activity associated with different EBF dispensers

Dispenser	Response rate of aphid to EBF (%)			
	1st test		2nd test	
	Total no. of aphids tested	%	Total no. of aphids tested	%
Microtube	51	18.2 ± 5.3 a ¹⁾	108	43.1 ± 4.6 a ¹⁾
Rubber septum	65	5.0 ± 2.3 ab	102	12.9 ± 2.8 b
Non-treatment	64	0 b	128	4.4 ± 1.5 c

¹⁾ Mean ± SEM was derived from 3 replicate experiments in both tests. Data were transformed to $\arcsin\sqrt{x}$ prior to analysis. Means within each column followed by the same letter were not significantly different according to Fisher's protected least significant difference (LSD) test ($P < 0.05$).

表三、EBF 塑膠微管製劑對桃蚜警戒生物活性之持效性

Table 3. *M. persicae* alarm activity at different time points following exposure to EBF administered by PVC microtube

Weeks after EBF application	Total no. of aphids tested	Response rate of aphid to EBF (%)
1-week	78	50.2 ± 10.0 a ¹⁾
2-weeks	128	9.3 ± 3.5 c
3-weeks	84	12.8 ± 4.8 bc
4-weeks	91	15.8 ± 1.8 bc
CK (0-week-old)	59	32.9 ± 4.2 ab

¹⁾ Mean ± SEM was derived from 6 replicate experiments. Data were transformed to $\arcsin\sqrt{x}$ prior to analysis. Means within each column followed by the same letter were not significantly different according to Fisher's protected least significant difference (LSD) test ($P < 0.05$).

四、EBF 塑膠微管製劑於不同溫度下之釋發量

分析空白塑膠微管每日重量的數據顯示，空白塑膠微管不會因為溫度及時間影響其重量 (RSD: 15°C: 0.008%; 20°C: 0.007%; 25°C: 0.021%; 30°C: 0.034%)。而不同溫度下 EBF 塑膠微管製劑的釋放量試驗結果 (圖四) 顯示，於第 7 日時放置於 30°C 之微管製劑其 EBF 僅

剩 2.92%，且試驗數據中有 2 條塑膠微管製劑之 EBF 已揮發殆盡。觀察 25°C 及 30°C 時，在塑膠微管中的 EBF 剩餘百分比之曲線有減緩趨勢。我們以日數 (x) 與在塑膠微管中的 EBF 剩餘百分比 (y) 進行迴歸分析，其中 15°C 時之指數模型及判定係數分別為 $y = 110.7e^{-0.079x}$, $R^2 = 0.9921$; 25°C 時之指數模型及判定係數分別為 $y = 136.34e^{-0.262x}$, $R^2 = 0.9966$; 30°C 時之指數模型及判定係數分別為 $y =$

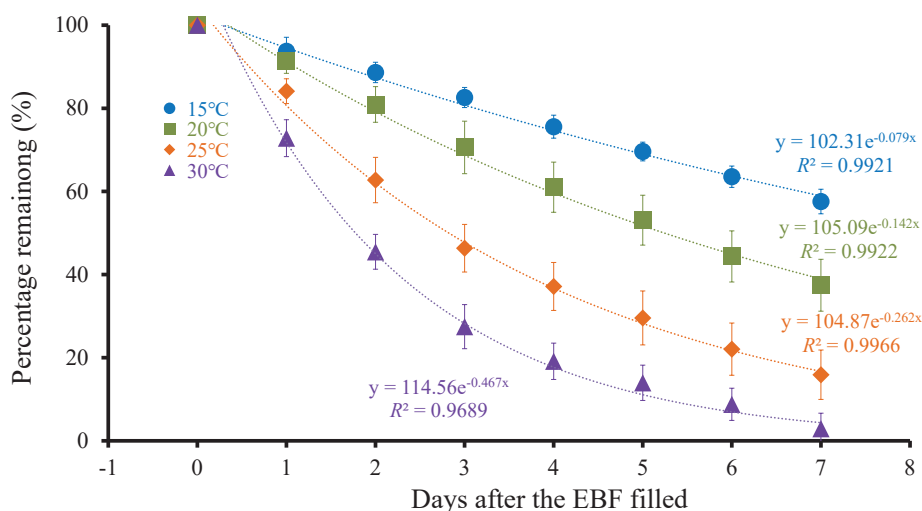
$182.75e^{-0.467x}$, $R^2 = 0.9689$ 。

15、20、25 及 30°C 下的 EBF 塑膠微管製劑於 7 日內，EBF 的平均每日釋放量分別為 64.14、96.57、126.86 及 146.71 μg ，以溫度 (x) 與 EBF 的平均每日揮發量 (y) 進行簡單線性迴歸分析，其迴歸方程式及判定係數分別為 $y = 5.56x - 16.53$, $R^2 = 0.989$ ，顯示 EBF 塑膠微管製劑的釋放量會隨著溫度上升而增加 (圖五)。

五、EBF 塑膠微管製劑於溫室盆栽試驗中對桃蚜生殖力之影響

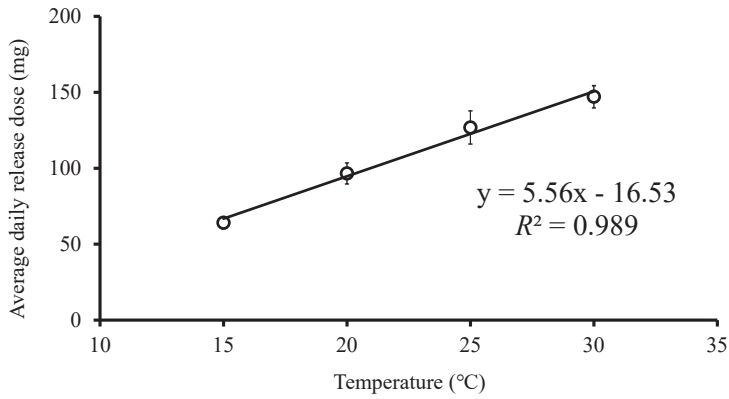
以盆栽試驗評估 1 mg EBF 塑膠微管製劑對桃蚜生殖力的影響，結果顯示第一次試驗中蚜蟲的生殖力，EBF 處理組每盆

平均蟲數為 166.9 ± 20.6 隻，空白對照組每盆平均蟲數為 158 ± 17.6 隻，經獨立樣本 t 檢定 ($\alpha = 0.05$) 結果顯示無顯著差異 ($t = -0.328$, $df = 18$, $P = 0.747$)。第二次試驗，EBF 處理組每盆平均蟲數為 20.5 ± 3.5 隻，低於空白對照組每盆平均蟲數 43.8 ± 10.4 隻，經獨立樣本 t 檢定 ($\alpha = 0.05$) 結果顯示具顯著差異 ($t = 2.134$, $df = 18$, $P = 0.047$)。第三次試驗，EBF 處理組每盆平均蟲數為 117.7 ± 18.5 隻，空白對照組每盆平均蟲數為 182.2 ± 33.6 隻，經獨立樣本 t 檢定 ($\alpha = 0.05$) 結果顯示無顯著差異 ($t = 1.683$, $df = 18$, $P = 0.110$)。第四次試驗，EBF 處理組每盆平均蟲數為 94.8 ± 7.6 隻，低於空白對照組每盆平均蟲數 118.5 ± 6.5 隻，經獨立樣本 t 檢定 ($\alpha = 0.05$) 結果顯示具顯著差異 ($t = 2.360$, $df = 18$, $P = 0.03$) (圖六)。



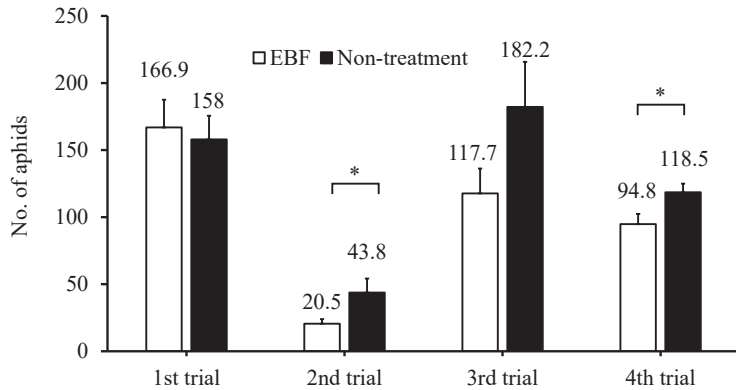
圖四、1 mg EBF 塑膠微管製劑在 15、20、25、30°C 下之每日剩餘 EBF 百分比。

Fig. 4. Remaining percentage of 1 mg EBF in PVC microtubes at 15, 20, 25, and 30°C.



圖五、1 mg EBF 塑膠微管製劑在不同溫度下之平均每日釋放量。

Fig. 5. Average daily release of 1 mg EBF administered PVC microtubes at different temperatures.



圖六、於溫室以盆栽試驗法評估 EBF 塑膠微管製劑對桃蚜生殖力之影響。

Fig. 6. Effectiveness of EBF administered by PVC microtubes on the fecundity of *M. persicae* in greenhouse-grown potted plants. Data are expressed as Mean ± SEM. Data from the 2nd trial were transformed to logx prior to analysis. Significance of *t*-test results are as follows: * $P < 0.05$, $n = 10$.

討論

在劑量及釋放載體的測試結果顯示，以 1 mg 的 EBF 塑膠微管製劑，在實驗室

內的生物檢定具有較佳的效果 (表一、表二)，試驗結果也顯示 EBF 不是含量越高越有效，過高的含量反而效果下降 (表一)。研究顯示⁽¹⁵⁾，雖然隨著 EBF 的劑量增加，對豌豆蚜也會引起越多的趨避行

為，但在最高劑量時趨避行為下降，顯示有飽和效應 (saturation effect)。本研究結果表明了以微管作為釋放載體的情況下，填充 1 mg 的 EBF 對桃蚜有較佳的警戒生物活性效果，反應率在 20-50% 之間，高於黃等人⁽⁹⁾以濾紙為釋放載體的研究結果，且前述研究顯示在不同時間測試時，桃蚜的反應率有近 10% 的差距，本研究之結果與前人研究類似，可能因測試時間的不同而導致反應率的差異。EBF 對蚜蟲的有效距離僅在 1-3 cm 之間⁽⁴⁵⁾，我們的結果也表明了 2 cm 內的距離，EBF 對桃蚜具有生物活性，但效果並不穩定。以往的研究顯示高純度的 EBF 穩定性不高，容易被分解⁽²³⁾，由於 EBF 之不穩定特性，可能不利應用在田間農業生產上⁽⁸⁾，本研究主要探討利用 PVC 塑膠微管作為釋放載體是否可克服 EBF 的不穩定，然結果顯示持效性僅維持在一週以內 (表三)，比對 1 mg EBF 塑膠微管製劑在 30°C 下的釋放測試結果顯示，在第 8 天時可能已完全釋放，似乎也呼應了持效性的試驗結果。有人試著合成化學結構較為安定的 EBF 類似物來取代 EBF，其生物活性仍可產生與 EBF 類似的效果⁽⁴⁾，故未來可加強此類化合物進行應用研究，測試是否較 EBF 適合於田間實際使用。

由於多數 EBF 的相關研究未量化釋放載體的釋放速率，在 Vosteen *et al.*⁽⁵³⁾ 的文獻綜述裡提到「建議研究者應量化釋放速率，據此選擇所使用的 EBF 量，以達到實際的頂空濃度 (headspace concentra-

tion)」。他們也認為當蚜蟲聚落 (colony) 遭受天敵攻擊時，單次所釋放的 EBF 量不會超過 200 ng⁽⁵³⁾。本研究利用塑膠微管作為 EBF 釋放載體，試驗結果顯示 EBF 會隨著時間及溫度上升而增加釋放量 (圖三)，1 mg EBF 塑膠微管製劑在 25°C 的第 1 天平均累積揮發量為 0.168 ± 0.034 mg，換算後平均每分鐘的揮發量約為 116.67 ng。研究顯示⁽¹³⁾EBF 的劑量在 1-100 ng 之間對桃蚜的無翅型有趨避作用，但未測試較高劑量的效果，此試驗結果可作為未來發展釋放載體的參考。

EBF 除了作為蚜蟲的警戒費洛蒙功能外，也有許多相關的應用研究，比如許多研究發現 EBF 具有將蚜蟲的天敵吸引過來的效果^(21, 33, 46)，如以化學傳訊素的功能來說，可將其視為一種開洛蒙 (kairomone)^(14, 29, 37)，但許多吸引天敵的試驗是以超過自然釋放量的 EBF 來測試，雖然天敵在大量的 EBF 存在下會增加來訪次數，然而在自然釋放量下卻不會增加⁽³⁷⁾。因此，高濃度的 EBF 製劑可能藉由吸引天敵的效果來減少蚜蟲的族群。另一方面，如果蚜蟲對 EBF 有反應，在有天敵的環境下也會有較高的存活率⁽⁵³⁾。

本研究以盆栽飼養蚜蟲，進行 EBF 塑膠微管製劑對蚜蟲的生殖力影響試驗，結果顯示 (圖四) EBF 對桃蚜族群增長具有一定的影響效果，但計算後經 7 日的 EBF 作用下每隻母蟲仍可產下 5 隻後代，距實際應用於甘藍上防治桃蚜仍有段距離。有研究顯示使用合成的 EBF 會讓棉蚜若蟲的

發育時間拉長⁽⁴⁹⁾，但本研究顯示使用 EBF 的處理，7 日後產生的桃蚜若蟲並未較成蟲多，EBF 是否會讓桃蚜若蟲發育時間拉長仍待進一步確認。

而使用 EBF 的試驗中，也有讓有翅型的蚜蟲增加的研究⁽³⁴⁾。蚜蟲產生有翅型的主因是母蚜擁擠，而溫度、若蚜密度、光週期及寄主植物之營養也有影響^(6, 7)。有研究指出，暴露在 EBF 環境下豌豆蚜的後代較易產生有翅型，可能是因為蚜蟲增加行走 (walking) 的行為而造成偽擁擠 (pseudo crowding) 現象⁽⁴⁰⁾。本研究的溫室試驗過程中，並未記錄有翅型成蟲的數量，故以 1 mg EBF 塑膠微管製劑處理桃蚜是否會讓桃蚜產生有翅型後代仍須進一步試驗證實。我們在 4 次測試中僅有 2 次結果 (圖四) 顯示使用 EBF 的組別，其桃蚜族群總數顯著低於空白對照組，但另 3 次結果未呈現顯著差異，顯示以 1 mg EBF 塑膠微管製劑處理桃蚜的族群抑制效果並不穩定。本研究在塑膠微管揮發量測試中得知當溫度高於 25°C 可能在 7 天後 EBF 已釋放完畢，或無法釋放足以影響蚜蟲行為之劑量。由於本次半田間試驗期間氣溫多在 25°C 以上，可能因此影響製劑無法持續作用 7 日。

研究證實棉蚜經過 EBF 處理後會讓一齡及三齡生長時間延長，經模擬評估會降低族群增長速度⁽⁴⁹⁾。然而在桃蚜的研究中，如果讓桃蚜持續暴露在會產生 EBF 的轉基因阿拉伯芥 (*Arabidopsis thaliana*) 上，後代族群會降低警戒反應且不易產生

有翅型^(41, 53)。但已習慣 EBF 的蚜蟲族群不再暴露 EBF 後，後代又可恢復對 EBF 的敏感性^(51, 52)。因此，有研究者建議以間歇式的釋放 EBF 來維持蚜蟲的敏感性⁽⁴¹⁾，且有研究證實蚜蟲族群如暴露於間歇釋放的 EBF 中，會產生更多有翅個體⁽⁵⁰⁾。

以塑膠微管作為釋放載體無法間歇性地釋放 EBF，但持續釋放高劑量的 EBF 可能較易吸引蚜蟲的天敵前來捕食蚜蟲，大多數的蚜蟲天敵會被高於 1 µg 的 EBF 給吸引⁽⁵³⁾，1 mg EBF 塑膠微管製劑每小時釋放量超過此劑量，未來可測試此製劑吸引天敵的效果來探討作為防治工具的潛力。在實際應用面上，有研究者利用緩釋製劑來吸引寄生蜂及執行推拉理論的防治策略，結果顯示具有成效^(36, 56)。

雖然 EBF 的穩定性欠佳，不利田間應用，但其化學結構較為安定的類似物則可能成為未來應用的新選擇，尤其以與殺蟲劑混合增加效力的研究，大多類似物也具有殺蚜蟲的活性⁽⁴⁾。我國核准防治蚜蟲的用藥大多 7 天輪用一次⁽¹¹⁾，本研究顯示 EBF 塑膠微管製劑 7 日內具有生物活性，前人研究顯示 EBF 或其類似物混合殺蟲劑使用可提升殺蟲效果，甚至能延長殺蟲劑持效期並降低使用量^(2, 9)。若要持續研究應用 EBF 製劑防治蚜蟲技術，建議以其他更穩定之類似物，或持續探尋緩釋型的釋放載體來延長田間持續性，另一種可能的方式是研發於自動散佈裝置，定期定量自動於田間釋放 EBF 來達到其影響蚜蟲族群生長及吸引天敵的效果。

謝辭

本文由行政院農業委員會 107 農科-8.5.2-藥-P2(1)、108 農科-8.5.2-藥-P2(1)計畫經費補助。試驗執行期間承蒙靜宜大學顏耀平教授等先進指導及農藥所養蟲室同仁的協助；及於文章發表過程徐慈鴻所長於文章內容之增修補充以予建議，特此謝忱。

引用文獻

1. 汪世新、楊益眾。1992。蚜蟲報警信息素的研究進展。昆蟲知識 29：247-251。
2. 谷彥冰、張永軍、謝微、胡修俊。2018。蚜蟲報警信息素對不同藥劑防治桃蚜增效作用研究。農業與科技 38：28-31。
3. 姚國山、盧耀村。1992。不同因子對桃蚜媒介之矮南瓜黃化嵌紋病毒協助成分之影響。植物病理學會刊 1：62-69。
4. 秦耀果、楊朝凱、凌雲、陳巨蓮、段紅霞、楊新玲。2019。蚜蟲報警信息素 (*E*)- β -farnesene 及其類似物的生物活性和作用機制研究進展。農藥學學報 21：643-659。
5. 崔亮亮。2011。反- β -法尼烯、假荊芥內酯和蜜露提取物的菜蚜控制作用研究。山東農業大學碩士論文。山東。50頁。
6. 郭美華、劉玉章、馬又怡。1999。溫度、光週期及擁擠處理對桃蚜有翅型出現之影響。台灣昆蟲 19：1-18。
7. 陶家駒 編。1990。臺灣省蚜蟲誌。臺灣省立博物館出版部。臺中。372頁。
8. 游越、張鐘憲。2005。蚜蟲報警信息素的合成及研究進展。雲南化工 32：57-59。
9. 黃振聲、洪巧珍、張萃嫻、顏耀平、陳秋男。1996。桃蚜警戒費洛蒙之生物活性及其利用。植物保護學會會刊 38：111-118。
10. 黃振聲、謝豐國。1983。桃蚜 [*Myzus persicae* (Sulzer)] 之發育生物學及其棲群增長。植物保護學會會刊 25：77-86。
11. 農業部農業藥物試驗所。2024。植物保護資訊系統。檢自 <https://otserv2.acri.gov.tw/PPM>。(Mar. 20, 2024)
12. 趙立靜、班麗萍。2011。蚜蟲觸角感受器結構及功能研究進展。應用昆蟲學報 48：1077-1086。
13. 魏波、陳寶源、張小嬌、魏成梅、荊英、李成雲、董文霞。2020。桃蚜對報警信息素和煙草揮發物的電生理和行為反應。應用昆蟲學報 57：173-180。
14. Al Abassi, S., Birkett, M. A., Pettersson, J., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., and Woodcock, C. M. 2000. Response of the seven-spot ladybird to an aphid alarm pheromone and an alarm pheromone inhibitor is mediated by paired olfactory cells. *J. Chem. Ecol.* 26: 1765-1771.
15. Badji, C. A., Sol-Mochkovitch, Z., Fallais, C., Sochard, C., Simon, J. C., Outreman, Y., and Anton, S. 2021. Alarm pheromone

- responses depend on genotype, but not on the presence of facultative endosymbionts in the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Insects* 12:43. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/insects12010043>. (Jan. 18, 2024)
16. Boiteau, G. 1997. Comparative propensity for dispersal of apterous and alate morphs of three potato colonizing aphid species. *Can. J. Zool.* 75: 1396-1403.
 17. Bowers, W. S., Nault, L. R., Webb, R. E., and Dutky, S. R. 1972. Aphid alarm pheromone: isolation, identification, synthesis. *Science* 177: 1121-1122.
 18. Bruce, T. J. A., Birkett, M. A., Blande, J., Hooper, A. M., Martin, J. L., Khambay, B., Prosser, I., Smart, L. E., and Wadhams, L. J. 2005. Response of economically important aphids to components of *Hemizygia petiolata* essential oil. *Pest Manag. Sci.* 61: 1115-1121.
 19. Calabrese, E. J., and Sorensen, A. J. 1978. Dispersal and recolonization by *Myzus persicae* following aphid alarm pheromone exposure. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 71: 181-182.
 20. Cui, L. L., Dong, J., Francis, F., Liu, Y. J., Heuskin, S., Lognay, G., Chen, J. L., Bragard, C., Tooker, J. F., and Liu, Y. 2012. *E*- β -farnesene synergizes the influence of an insecticide to improve control of cabbage aphids in China. *Crop Prot.* 35: 91-96.
 21. Cui, L. L., Francis, F., Heuskin, S., Lognay, G., Liu, Y. J., Dong, J., Chen, J. L., Song, X. M., and Liu, Y. 2012. The functional significance of *E*- β -farnesene: does it influence the populations of aphid natural enemies in the fields? *Biol. Control* 60: 108-112.
 22. Dahl, M. L. 1971. Über einen schreckstoff bei aphiden. *Dtsch. Ent. Z.* 18: 121-128.
 23. Dawson, G. W., Gibson, R. W., Griffiths, D. C., Pickett, J. A., Rice, A. D., and Woodcock, C. M. 1982. Aphid alarm pheromone derivatives affecting settling and transmission of plant viruses. *J. Chem. Ecol.* 8: 1377-1388.
 24. Dawson, G. W., Griffiths, D. C., Merritt, L. A., Mudd, A., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., and Woodcock, C. M. 1990. Aphid semiochemicals- A review, and recent advances on the sex pheromone. *J. Chem. Ecol.* 16: 3019-3030.
 25. Dawson, G. W., Griffiths, D. C., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., and Woodcock, C. M. 1987. Plant-derived synergist of alarm pheromone from turnip aphid, *Lipaphis (Hyadaphis) erysimi* (Homoptera, Aphididae). *J. Chem. Ecol.* 13: 1663-1671.
 26. Du, Y., Poppy, G. M., Powell, W., Pickett, J. A., Wadhams, L. J., and Woodcock, C. M. 1998. Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. *J. Chem. Ecol.* 24: 1355-1368.
 27. Edwards, L. J., Siddall, J. B., Dunham, L. L., Uden, P., and Kislow, C. J. 1973. Trans-

- β -farnesene, alarm pheromone of the green peach aphid *Myzus persicae* (Sulzer). *Nature* 241: 126-127.
28. Fauquet, C. M., Mayo, M. A., Maniloff, J., Desselberger, U., and Ball, L. A. 2005. *Virus taxonomy: eighth report of the international committee on taxonomy of viruses*. Academic Press, Cambridge, USA. 1259 pp.
29. Francis, F., Lognay, G., and Haubruge, E. 2004. Olfactory responses to aphid and host plant volatile releases: (*E*)- β -farnesene an effective kairomone for the predator *Adalia bipunctata*. *J. Chem. Ecol.* 30: 741-755.
30. Francis, F., Vandermoten, S., Verheggen, F., Lognay, G., and Haubruge, E. 2005. Is the (*E*)- β -farnesene only volatile terpenoid in aphids? *J. Appl. Ent.* 129: 6-11.
31. Gibson, R. W., and Pickett, J. A. 1983. Wild potato repels aphids by release of aphid alarm pheromone. *Nature* 302: 608-609.
32. Griffiths, D. C., and Pickett, J. A. 1980. A potential application of aphid alarm pheromones. *Entomol. Exp. Appl.* 27: 199-201.
33. Hatano, E., Kunert, G., Michaud, J. P., and Weisser, W. W. 2008. Chemical cues mediating aphid location by natural enemies. *Eur. J. Entomol.* 105: 797-806.
34. Hatano, E., Kunert, G., and Weisser, W. W. 2010. Aphid wing induction and ecological costs of alarm pheromone emission under field conditions. *PLoS One.* 5: e11188. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011188>. (Jan. 20, 2023)
35. Herrbach, E. 1992. Alarm pheromones and allelochemicals as a means of aphid control. *Neth. J. Pl. Path.* 98: 63-71.
36. Heuskin, S., Lorge, S., Godin, B., Leroy, P., Frère, I., Verheggen, F. J., Haubruge, E., Wathelet, J.-P., Mestdagh, M., Hance, T., and Lognay, G. 2012. Optimisation of a semiochemical slow-release alginate formulation attractive towards *Aphidius ervi* Haliday parasitoids. *Pest. Manag. Sci.* 68: 127-136.
37. Joachim, C., and Weisser, W. W. 2015. Does the aphid alarm pheromone (*E*)- β -farnesene act as a kairomone under field conditions? *J. Chem. Ecol.* 41: 267-275.
38. Kislow, C. J., and Edwards, L. J. 1972. Repellent odour in aphids. *Nature* 235: 108-109.
39. Klassen, D., Lennox, M. D., Dumont, M. J., Chouinard, G., and Tavares, J. R. 2023. Dispensers for pheromonal pest control. *J. Environ. Manage.* 325 (Part A):116590.
40. Kunert, G., Otto, S., Röse, U. S. R., Gershenson, J., and Weisser, W. W. 2005. Alarm pheromone mediates production of winged dispersal morphs in aphids. *Ecol. Lett.* 8: 596-603.
41. Kunert, G., Reinhold, C., and Gershenson, J. 2010. Constitutive emission of the aphid alarm pheromone, (*E*)- β -farnesene, from plants does not serve as a direct defense against aphids. *BMC Ecol.* 10: 23. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/>

- 1472-6785-10-23. (Jan. 10, 2024)
42. McAllister, M. K., and Roitberg, B. D. 1987. Adaptive suicidal behaviour in pea aphids. *Nature* 328: 797-799.
 43. Montgomery, M. E., and Nault, L. R. 1977. Comparative response of aphids to the alarm pheromones, (*E*)- β -farnesene. *Entomol. Exp. Appl.* 22: 236-242.
 44. Mota-Sanchez, D., and Wise, J. C. 2020. The Arthropod pesticide resistance database. Michigan State University. Retrieved from <http://www.pesticideresistance.org> (May 1, 2020)
 45. Nault, L. R., Edwards, L. J., and Styer, W. E. 1973. Aphid alarm pheromones: Secretion and reception. *Environ. Entomol.* 2: 101-105.
 46. Pasteels, J. M. 2007. Chemical defence, offence and alliance in ants-aphids-ladybirds relationships. *Popul. Ecol.* 49: 5-14.
 47. Phelan, P. L., Montgomery, M. E., and Nault, L. R. 1976. Orientation and locomotion of apterous aphids dislodged from their hosts by alarm pheromone. *Ann. Entol. Soc. Amer.* 69: 1153-1156.
 48. Pickett, J. A., and Griffiths, D. C. 1980. Composition of aphid alarm pheromone. *J. Chem. Ecol.* 6: 349-360.
 49. Su, J., Zhu, S., Zhang, Z., and Ge, F. 2006. Effect of synthetic aphid alarm pheromone (*E*)- β -farnesene on development and reproduction of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *J. Econ. Ecol.* 99: 1636-1640.
 50. Tegelaar, K., and Leimar, O. 2014. Alate production in an aphid in relation to ant tending and alarm pheromone. *Ecol. Entomol.* 39: 664-666.
 51. Thieme, T., and Dixon, A. F. G. 2015. Is the response of aphids to alarm pheromone stable? *J. Appl. Entomol.* 139: 741-746.
 52. de Vos, M., Cheng, W. Y., Summers, H. E., Raguso, R. A., and Jander, G. 2010. Alarm pheromone habituation in *Myzus persicae* has fitness consequences and causes extensive gene expression changes. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107: 14673-14678
 53. Vosteen, I., Weisser, W. W., and Kunert, G. 2016. Is there any evidence that aphid alarm pheromones work as prey and host finding kairomones for natural enemies? *Ecol. Entomol.* 41: 1-12.
 54. Wientjen, W. H. J. M., Lakwijk, A. C., and van der Marel, T. 1973. Alarm pheromone of grain aphid. *Experientia* 29: 658-660.
 55. Wohlers, P. 1981. Effects of alarm pheromone (*E*)- β -farnesene on dispersal behavior of the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. *Entomol. Exp. Appl.* 29: 117-124.
 56. Xu, Q., Hatt, S., Lopes, T., Zhang, Y., Bodson, B., Chen, J., and Francis, F. 2018. A push-pull strategy to control aphids combines intercropping with semiochemical releases. *J. Pest. Sci.* 91: 93-103.

The Preliminary Study on the Development and Application of Aphid Alarm Pheromone using PVC Microtube

Fu-Hsiang Chen^{1*}, Wen-Long Wang¹, Chin-Hung Chang¹, Cho-Yi Wu¹, Mu-Wei Chang¹,
Chau-Chin Hung¹

Abstract

Chen, F. H., Wang, W. L., Chang, C. H., Wu, C. Y., Chang, M. W., and Hung, C. C. 2024. The preliminary study on the development and application of aphid alarm pheromone using PVC microtube. *Taiwan Pestic. Sci.* 17: 1-18.

E- β -farnesene (EBF) is the alarm pheromone of various aphid species. In order to evaluate the effectiveness of using EBF as a pesticide, we tested the alarm activity reaction of *Myzus persicae* (Sulzer) when exposed to (1) different EBF doses and (2) EBF administered with different dispensers. Results showed that 1 mg of EBF was the optimal dose for eliciting bioactivity in doses trials. In dispenser trials, the polyvinyl chlorid (PVC) microtube (43.2%) outperformed the rubber septa (12.9%). The 1 mg EBF administered via PVC microtube maintained effectiveness for one week. In addition, a positive correlation was observed between EBF release rate and temperature. The effectiveness of EBF on aphid reproduction of was evaluated through potted plants trials. This trials showed a decrease in aphid fecundity; however, the effects were inconsistent.

Key words: aphid alarm pheromones, *E*- β -farnesene, dosage, dispenser, reproductive effects

Accepted: December 27, 2024.

* Corresponding author, E-mail: fhchen@acri.gov.tw

¹ Agricultural Chemicals Research Institute, Ministry of Agriculture, Taichung