



## 瓜類氣味對於瓜實蠅（雙翅目：果實蠅科）雌蠅誘引效果之評估

沈映廷、莊益源\*

國立中興大學昆蟲學系 402 台中市南區興大路 145 號

\* 通訊作者 email: [chuangyiyu@nchu.edu.tw](mailto:chuangyiyu@nchu.edu.tw)

收件日期：2018 年 9 月 24 日 接受日期：2019 年 1 月 16 日 線上刊登日期：2019 年 3 月 5 日

### 摘 要

本研究初步測試 10 種不同產季瓜類對瓜實蠅 (*Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett)) (雙翅目：果實蠅科) 雌蠅的誘引力，結果顯示阿成南瓜 (*Cucurbita moschata* var. Ah Cheng) 為誘引效果較佳的瓜類之一，其相對誘引率為對照組以色列小黃瓜 (*Cucumis sativus* L. var. Darius) 的 10.5 倍，二者間呈顯著差異。利用頂空固相微萃取法 (headspace-solid-phase microextraction, HS-SPME) 及氣相層析/質譜儀 (gas chromatography-mass spectrometry, GC/MS) 分析阿成南瓜的揮發性氣味成分，共鑑定出 18 種成分，將此等成分對雌蠅進行誘引力測試，結果篩選出 trans-2-hexenyl acetate、o-xylene、2-amino-4-methylbenzoic acid、1-octen-3-ol、octamethylcyclotetrasiloxane、limonene、(Z)-6-nonenal、(E,Z)-2,6-nonadienal 等 8 種成分較具誘引雌蠅效果，後續測試單一及 2 種組合配方的誘引效果，分別為均含誘引效果最佳之 (Z)-6-nonenal 的單一成分 (N)、3 種成分組合 (N-m3) 及 8 種成分組合 (N-m8) 等 3 種配方處理，並以含硼酵母錠 (*Torula yeast*/borax) 溶液作為對照組進行選擇性測試，結果顯示 4 者對雌蠅之平均相對誘引率分別為 13.7、32.7、22.1 及 31.6%，4 種處理間無顯著差異。此初步由阿成南瓜篩選出之氣味成分，具有開發作為瓜實蠅雌蠅誘引劑之潛力。

**關鍵詞：**瓜實蠅、阿成南瓜 (*Cucurbita moschata* var. Ah Cheng)、揮發性氣味成分、相對誘引率。

### 前 言

瓜實蠅 (*Zeugodacus cucurbitae*) 分布於亞洲、非洲、夏威夷群島、澳洲及南美洲等地區，為危害瓜類及蔬菜作物的重要雙翅目 (Diptera) 農業害蟲，已紀錄的寄主植物多達 125 種 (Dhillon *et al.*, 2005; Vargas *et al.*, 2008; De Meyer *et al.*, 2015)。以往的防治技術除了慣用的化學防治外，尚有不孕性蟲技術 (sterile insect technique, SIT)、食物餌

劑 (food attractants) 誘捕法及應用特殊雄蠅誘引劑 - 克蠅 (cue-lure) 的滅雄技術 (male annihilation technique, MAT) 等，其中應用釋放不孕性蟲技術，在日本沖繩群島已證實具良好防治成效，但此防治計畫需仰賴龐大人力、經費、蟲體飼育空間，及不孕處理、田間投放等技術與設施的配合 (Lloyd *et al.*, 1998; Stark *et al.*, 2004; Vargas *et al.*, 2004, 2008)。克蠅則為田間常應用的瓜實蠅雄蠅誘引劑，以往曾評估克蠅、覆盆子酮衍生物

(raspberry ketone formate) 之誘引效能，雖具有優異誘引雄蠅功效，但受限於無法迅速降低雌蠅數量，因此在瓜類作物生長速度快且瓜果連續採收過程中，無法即時達到避免瓜果受害之目的 (Beroza *et al.*, 1960; Seewooruthun *et al.*, 1998; Jang *et al.*, 2007; Wang, 2013; Quilici *et al.*, 2014)。此外，有部分果實蠅類的雄蠅，並不會受到目前已知的特定雄性誘引劑所誘引，僅能以食物餌劑進行田間監測和防治 (Hancock *et al.*, 2000; Royer *et al.*, 2014)。目前有關食物餌劑的研究，大多以水解蛋白、碳酸銨或酵母溶液等為主，雖然對兩性成蟲皆具誘引能力，但田間應用時常誘捕或干擾非標的生物，且此等餌劑在田間高溫環境下，易變質而產生影響持效性等問題 (Heath *et al.*, 1995; Yee *et al.*, 2005, 2014; Vargas *et al.*, 2008; Quilici *et al.*, 2014; Jang *et al.*, 2017)。

寄主揮發性氣味經證實能協助果實蠅類進行搜尋食物及產卵位置的定位 (Jang and Light, 1991; Nigg *et al.*, 1994)。開發應用寄主植物氣味作為果實蠅類誘引劑，除了需精準鑑定揮發性氣味成分外，控制其揮發速率及調配適當混合比率等，更是人工合成誘引劑在田間應用時與寄主植物揮發氣味競爭的關鍵 (Cornelius *et al.*, 2000; Biasazin *et al.*, 2014; Quilici *et al.*, 2014; Dong and Chen, 2015)。瓜實蠅之寄主範圍相當廣泛，其能搜尋與辨認的氣味相當多樣化，以往相關研究與田間試驗，均發現新鮮的小黃瓜切片或研磨成果漿後，對瓜實蠅具有優異的誘引效力 (Miller *et al.*, 2004; Piñero *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2018)。小黃瓜的揮發性成分所組合之誘引資材，亦對瓜實蠅雌蠅具誘引效果，可應用於瓜實蠅之防治工作 (Jang and Siderhurst, 2010; Jang *et al.*, 2017; Shelly *et al.*, 2017)。

本研究主要探討瓜果氣味對瓜實蠅雌蠅的誘引效果，首先比較測試台灣各種瓜類對於雌蠅之誘引力，篩選出誘引效果較佳的瓜類，再應用頂空固相微萃取法 (headspace-solid-phase microextraction, HS-SPME) 及氣相層析 / 質譜儀 (gas chromatography-mass spectrometry, GC/MS) 分析其揮發性氣味成分。各單一成分經初步誘引測試，篩選出較具有誘引雌蠅之成分後，再進一步測試與評估應用組成分提升誘引效果。

## 材料與方法

### 一、供試蟲源

瓜實蠅蟲源包括 2013 年 8 月由行政院農業委員會農業試驗所 (Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan) 提供瓜實蠅蛹體一批，及 2015 年 8 月於臺中市新社地區，採集田間受害苦瓜內幼蟲，待羽化為成蟲並經鑑定確認後，將二者合併飼育。室內飼育時，以自製採卵器收集雌蠅 24 h 內所產之卵，採卵器以透明含蓋塑膠杯 (直徑 10 cm，高 5.5 cm) 製成，蓋子以 3 號蟲針 (insect pins No. 3, Shiga Brand, Japan) 戳刺 30 個孔洞。將以色列小黃瓜 (*Cucumis sativus* L. var. Darius) 及等重的水，以均質機 (Blender 7010s, Waring Commercial, USA) 攪拌均勻製備成小黃瓜液後，取 15 ml 倒入採卵器內，誘引及收集雌蠅所產之卵。幼蟲飼料改良自 Liu and Shiao (1984) 及 Chang *et al.* (2004) 的人工飼料配方，調配方法為在 1,000 ml 逆滲透水 (reverse osmosis water, RO 水) 中加入 84 g 麥麩 (金大裕商行，台灣)、72 g 精製砂糖 (台灣糖業股份有限公司，台灣)、48 g 酵母粉 (達志股份有限公司，台灣)、2.5 ml 鹽酸 (Wako Pure Chemical Industries, Japan) 及 0.8 g 苯甲酸鈉 (Wako Pure Chemical Industries, Japan) 後，以均質機攪拌均勻，平均分裝於 2 個塑膠盤 (35 × 25.5 × 4 cm) 進行幼蟲飼育。將前述收集之卵均勻撒布於飼料上後，併排放置於塑膠盆 (53 × 43 × 13 cm) 中並加蓋黑布後，再放置於光週期為 12L:12D 的恆溫生長箱 (25 ± 2°C, 60~90% RH) (CEN-520, 聖力儀器有限公司，台灣) 進行飼育。幼蟲於恆溫生長箱中飼育約 4 日後，待老熟幼蟲開始出現跳蛹行為時，將 RO 水加入塑膠盆中，收集跳離飼料盤的老熟幼蟲，24 h 後將老熟幼蟲移至木屑，待幼蟲化蛹後，以篩網 (15 目網) 將蛹體篩出，置於塑膠培養皿 (直徑 9 cm，高 1.5 cm) 中，再放進木框飼育籠 (30 × 30 × 30 cm)。成蟲羽化後，飼養於光週期 12L:12D 的恆溫走入式生長箱 (27 ± 1°C, 60~90% RH) 中，每日供給水 (以海綿吸附 RO 水放置於網籠上方) 及成蟲飼料 (配方為蛋白脛 (enzymatic digest of protein, Becton Dickinson and Company, Sparks, USA)、酵母抽出物 (extract of autolyzed yeast cells, Becton Dickinson and Company, Sparks, USA) 及精製砂糖以 1:1:3 比例混合均勻)，繼代飼育之成蟲作為後續試驗用蟲。參考 Lin (2016) 針對相同瓜實

蠅蟲源的試驗結果，選取 11~16 日齡具較高產卵量的雌蠅進行測試，另參考 Atiama-Nurbel (2014) 測試結果，以瓜實蠅雌蠅對寄主氣味具較佳反應的 8:00 AM~2:00 PM 時段進行試驗。試驗前 24 h 隨機挑選 11~16 日齡雌蠅 10 隻置入木框飼育籠中，供給 RO 水與成蟲飼料。

## 二、不同產季之瓜果對瓜實蠅雌蠅的誘引試驗

分別以阿成南瓜 (*Cucurbita moschata* var. Ah Cheng)、夏南瓜 (*Cucurbita pepo* L.)、秋蜜洋香瓜 (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud.)、小月山苦瓜 (*Momordica charantia* L. var. *abbreviata* Seringe)、翠妃山苦瓜 (*Momordica charantia* cv.)、白玉苦瓜 (*Momordica charantia*)、絲瓜 (*Luffa cylindrica*)、扁蒲 (*Lagenaria siceraria*)、嘉輝甜瓜 (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Makino) 與冬瓜 (*Benincasa hispida*) 等 10 種不同產季的成熟瓜果做為測試樣品，每種測試時均以周年生產的以色列小黃瓜及不含果漿的空誘捕器做為對照組，逐樣比較對瓜實蠅雌蠅的相對誘引效果，進行 12 重複。

試驗時以自製罐形誘捕器測試誘引效果，罐形誘捕器之製作方式為在塑膠罐 (直徑 6 cm、高 7 cm、120 ml 含蓋塑膠罐，三明醫材股份有限公司，台灣) 底部鑽 4 個直徑為  $1.0 \pm 0.2$  cm 之孔洞，每個孔洞至少相距 2 cm，再將 4 個切除尖端後長度約 1 cm 的吸管尖 (1,000  $\mu$ l pipet tips, T-1000-C, AXYGEN®, China) 塞入孔洞，作為氣味散發及誘引雌蠅進入塑膠罐的通道，使用時將罐底含孔洞面朝上，並於罐內裝入誘引資材進行試驗。各待測瓜果分別切取帶皮瓜肉 50 g 與等重 RO 水經均質機混拌成果漿後，量取 15 ml 的果漿倒入直徑 6 cm 的塑膠培養皿 (Alpha-Plus petri dish, 台灣) 中，試驗進行時，先將含帶測瓜果、以色列小黃瓜果漿的培養皿分別放入罐形誘捕器中，及不含果漿的空誘捕器作為對照組，將此 3 個誘捕器同時擺放於木框飼育籠中，比較待測瓜類與小黃瓜對雌蠅的相對誘引效果，每種瓜類分別進行 12 重複。經 1 h 後記錄被誘引入各誘捕器內的雌蠅數量，再換算 2 種瓜類對雌蠅的相對誘引比率 (relative attraction ratio, cucurbit/cucumber)，試驗期間的平均溫度為  $26.2 \pm 2.1$  °C、相對溼度為  $51.8 \pm 8.2$ %。

## 三、阿成南瓜揮發性氣味成分分析

由前述各種瓜果誘引力試驗結果，選取相對於

小黃瓜誘引比率最高的阿成南瓜進行氣味成分分析，先與 RO 水以 1:1 製成南瓜果漿後，抽取頂空氣味再經由氣相層析/質譜儀 (Trace GC Ultra ITQ900 mass system, Thermo Scientific, USA) 分析成分。

### 1. 頂空固相微萃取法收集頂空氣味

用頂空固相微萃取法吸附阿成南瓜氣味，選用 75  $\mu$ m 微量吸附針 (carbonxen-polydimethylsiloxane, 75  $\mu$ m, Supelco Company, Bellefonte, PA, USA)，於吸附氣味前先將針頭注入氣相層析儀 (gas chromatograph, GC) 之 200°C 注射口，進行脫附處理 15 min。依前述方式製備南瓜果漿後，取 30 ml 果漿於 35°C 水浴下，以微量吸附針吸附果漿之頂空氣味 60 min 後，隨即注入氣相層析儀中進行脫附與分析。氣相層析/質譜儀之毛細管柱型號為 DB-5 (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m)，以氦氣為載送氣體，注射口溫度 240°C，質譜範圍 (mass range) 介於 40~600 a.m.u. (atomic mass unit)。分析起始溫度為 40°C 持續 5 min，再進行兩階段的升溫程序，先以 2°C/min 的速率從 40°C 升溫至 130°C，再以 13°C/min 的速率從 130°C 升溫至 300°C，最後在 300°C 下維持 5 min，在此條件下進行南瓜氣味成分分析。

### 2. 氣味成分的比對

氣味成分的鑑定使用 NIST 05 MS (National Institute of Standard and Technology, NIST) 資料庫及 Wiley 資料庫進行比對，並以標準樣品進行 KI (Kovats index) 值計算，再利用比對文獻 KI 值，確認揮發性氣味成分之正確性，組成分之定量則由氣相層析圖中各成分的波峰面積，推算各氣味成分的含量比例。

## 四、供試化合物

分別採購供試之化合物，包括 A, 1-methoxy-2-propanol (丙二醇單甲基醚, purity > 99%, Alfa Aesar, USA)、B, trans-2-hexenyl acetate (2-己烯酯, purity = 97%, Wako, Japan)、C, 2-hexenal (2-己烯醛, purity > 95%, TCI, Japan)、D, 2-hexyn-1-ol (2-己炔-1-醇, purity = 96%, Wako, Japan)、E, allyl ether (丙烯基醚, purity > 98%, TCI, Japan)、F, o-xylene (鄰二甲苯, purity = 99%, Alfa Aesar, USA)、G, 2-amino-4-methylbenzoic acid (2-氨基-4-甲基苯甲酸, purity = 98%, AK Science, USA)、H, 1-octen-3-ol (1-辛烯-3-醇, purity > 98%, TCI, Japan)、I, octamethyl-cyclotetrasiloxane (八



甲基環四硅氧烷, purity = 98%, Sigma Aldrich, USA)、J, m-cymene (間-傘花烴, purity > 99%, Sigma Aldrich, USA)、K, limonene (檸檬油精, purity = 97%, Alfa Aesar, USA)、L, 4-methyl decane (4-甲基辛烷, purity = 99.3%, Chem Service, USA)、M,  $\alpha$ ,4-dimethylstyrene ( $\alpha$ ,4-二甲基苯乙烯, purity > 96%, Alfa Aesar, USA)、N, (Z)-6-nonenal (6-壬烯醛, purity = 94%, Alfa Aesar, USA)、O, (E,Z)-2,6-nonadienal (2,6-壬二烯醛, purity > 90%, Alfa Aesar, USA)、P, 4-decyne (4-癸炔, purity = 98%, Alfa Aesar, USA)、Q, 1,4-di-tert-butylbenzene (1,4-二異丁基苯酚, purity = 98%, Alfa Aesar, USA)、R,  $\alpha$ -cedrene ( $\alpha$ -柏樹烯, purity > 95%, Sigma Aldrich, USA) 等共 18 種。

## 五、南瓜氣味成分對瓜實蠅雌蠅之誘引力篩選

### 1. 單一氣味成分對雌蠅之誘引力篩選

以毛細管 (micropipettes, BLAUBRAND®, intraMARK, Cat. No. 708709, BRAND®, Germany) 分別吸取 1  $\mu$ l 之氣味成分化合物, 以膠帶將其固定於改良式麥式誘捕器 (專利編號: 127477 號 (Chen and Dong, 1995), 振詠興業有限公司, 台灣) 的透明上蓋內壁, 對照組誘捕器則僅固定空的毛細管, 各處理均添加 200 ml 含 1% 沙拉脫的水於誘捕器下座, 於溫室的大網籠 (2  $\times$  2  $\times$  2 m) 中進行對雌蠅的選擇性誘捕試驗。

於大網籠中央處架設一直立竹竿 (長度 1.8 m), 並於離地高 1.5 m 處, 水平架設一組米字形的木製誘捕器懸掛架 (米字形木架), 8 個端點距離中心點為 45 cm, 前試驗中先調整木架方位, 以 8 個端點懸掛內含相同南瓜果漿之誘捕器進行測試, 調整至各端點誘捕蟲數間無顯著差異之角度。試驗前 24 h 逢機挑選前述日齡之瓜實蠅雌蠅 200 隻, 置於木框飼育籠中, 給予 RO 水與成蟲飼料備用。同時於 3 個大網籠進行 18 種氣味成分的誘捕測試, 每一大網籠中分別逢機懸掛裝載 6 種單一氣味成分之誘捕器與 1 個對照誘捕器後, 釋放雌蠅進行選擇性誘捕測試。試驗於 10:00 AM~2:00 PM 進行, 試驗結束後計算各誘捕器內所誘捕的蟲數, 扣除對照組誘捕蟲數後, 得到各氣味成分單次校正後捕捉蟲數, 4 重複試驗換算各氣味成分的平均誘捕蟲數。

### 2. 氣味成分組合處理之誘引效果測試

單一成分試驗篩選出誘引效果較佳氣味成分, 選取校正後平均誘捕蟲數 > 1.0 者之 8 種成分, 包括 B (代號), trans-2-Hexenyl acetate、F, o-xylene、

G, 2-amino-4-methylbenzoic acid、H, 1-octen-3-ol、I, octamethyl-cyclotetrasiloxane、K, limonene、N, (Z)-6-nonenal 及 O, (E,Z)-2,6-nonadienal 等 8 種。測試誘引效果時, 以均含誘引效果較佳之 N 成分進行不同組合處理, 包括 3 種成分組合 (N-m3, 包括 H, N, and O 等 3 種成分) 及 8 種成分組合 (N-m8, 包括 B, F, G, H, I, K, N, and O 等 8 種成分) 等 2 種組合處理, 與單一成分 (僅有 N 成分) 比較對雌蠅的誘引效果, 並以含硼砂之酵母錠 (Torula yeast/borax pellets, Better World Manufacturing Inc., California, USA) 溶液 (1 顆酵母錠加入 200 ml 水攪拌溶解) 裝載於麥氏誘捕器底座作為對照組, 單一或組合處理中的每一氣味成分, 均分別以毛細管吸取 1  $\mu$ l 氣味成分化合物, 以前述單一氣味成分之相同方法進行測試, 逢機懸掛於米字形木架之 4 個相對端點, 因對照組為食物餌劑, 自 10:00 AM 起經 24 h 記錄誘引蟲數, 4 重複, 換算相對誘引率後進行統計分析。

## 六、統計與分析

試驗數據以 SAS (Version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 進行統計分析, 鮮果選擇性誘引效果篩選及南瓜氣味組合成分之測試, 各處理對雌蠅之相對誘引率, 以公式 (各處理誘捕蟲數/全部誘捕蟲數  $\times$  100%) 換算, 百分比數值經轉角轉換後, 再以一般線性模型 (general linear model, GLM) 進行變異數分析, 並以杜凱氏誠實顯著差異法 (Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) Test) 進行檢定。

## 結 果

### 一、不同瓜果對瓜實蠅雌蠅的誘引效果

10 種常見瓜果分別以小黃瓜為對照組的選擇性誘引試驗中, 結果顯示每種試驗時之總誘引率皆可達 79.0% 以上, 供試 10 種瓜果之相對誘引率介於 0.8~91.3%, 除夏南瓜與白玉苦瓜外, 其餘供試瓜果和小黃瓜之相對誘引率間均呈顯著差異 ( $p < 0.05$ )。絲瓜、扁蒲、翠妃山苦瓜及冬瓜的相對誘引率顯著低於小黃瓜對照組; 但阿成南瓜、嘉輝美濃瓜、小月山苦瓜及秋蜜洋香瓜之相對誘引率則顯著高於小黃瓜對照組, 分別為 91.3、78.5、68.8 及 65.4%。換算相對誘引比率以阿成南瓜最高, 為小黃瓜的 10.5 倍 (表一)。因此, 後續以阿成南瓜作為分析揮發性氣味成分的材料。

表一 不同產季瓜果對瓜實蠅雌蠅之誘引力

Table 1. Attraction efficiency of seasonal fresh cucurbits versus cucumber in *Zeugodacus cucurbitae* female flies

Test cucurbits	Test cucurbits RAR (%)	<i>Cucumis sativus</i> RAR (%)	Control RAR (%)	Total attraction rate (%)	Attraction ratio (cucurbits/cucumber)
<i>Benincasa hispida</i>	0.8	99.2*	0	97.5	0.01
<i>Cucumis melo</i> L. var. <i>makuwa</i> Makino	78.5*	21.5	0	97.5	3.66
<i>Cucumis melo</i> L. var. <i>reticulatus</i> Naud.	65.4*	34.6	0	84.2	1.89
<i>Cucurbita moschata</i> var. Ah Cheng	91.3*	8.7	0	86.7	10.49
<i>Cucurbita pepo</i> L.	66.3	33.7	0	95.9	1.96
<i>Lagenaria siceraria</i>	6.3	93.8*	0	79.2	0.07
<i>Luffa cylindrica</i>	32.2	67.9*	0	92.5	0.47
<i>Momordica charantia</i> cv.	30.7	69.3*	0	98.3	0.44
<i>Momordica charantia</i> L. var. <i>abbreviata</i> Seringe	68.8*	31.2	0	95.8	2.20
<i>Momordica charantia</i>	63.0	37.0	0	86.7	1.70

RAR: relative attraction rate. Total attraction rate (%) indicates the ratio of traps captured at the end of the trial.

\* The number marked with star behind represented significant difference (GLM, HSD test,  $p < 0.05$ ).

## 二、阿成南瓜揮發性氣味成分分析

依據氣相層析質譜儀分析之南瓜氣味質譜圖與波形圖 (圖一) 結果, 比對資料庫後確認 18 種氣味成分 (表二), 後續以此等化合物測試對瓜實蠅雌蠅的誘引效果。

## 三、南瓜氣味成分對瓜實蠅雌蠅之誘引力

### 1. 單一氣味成分對雌蠅之誘引力

以改良型麥氏誘捕器分別裝載南瓜單一氣味成分, 測試對瓜實蠅雌蠅的誘引效果, 各成分的誘引蟲數扣除對照組蟲數校正後, 平均誘引蟲數為正值且  $> 1.0$  者, 包括代號為 B、F、G、H、I、K、N、O 等 8 個成分, 平均誘引蟲數介於 1.3~87.5 隻, 以 N 成分 ((Z)-6-nonanal) 之誘引蟲數最高, 平均為  $87.5 \pm 16.5$  隻雌蠅。平均誘引蟲數經校正後數值  $< 1.0$  及負值之成分, 包括代號為 A、C、D、E、J、L、M、P、Q、R 等 10 個成分 (表三)。

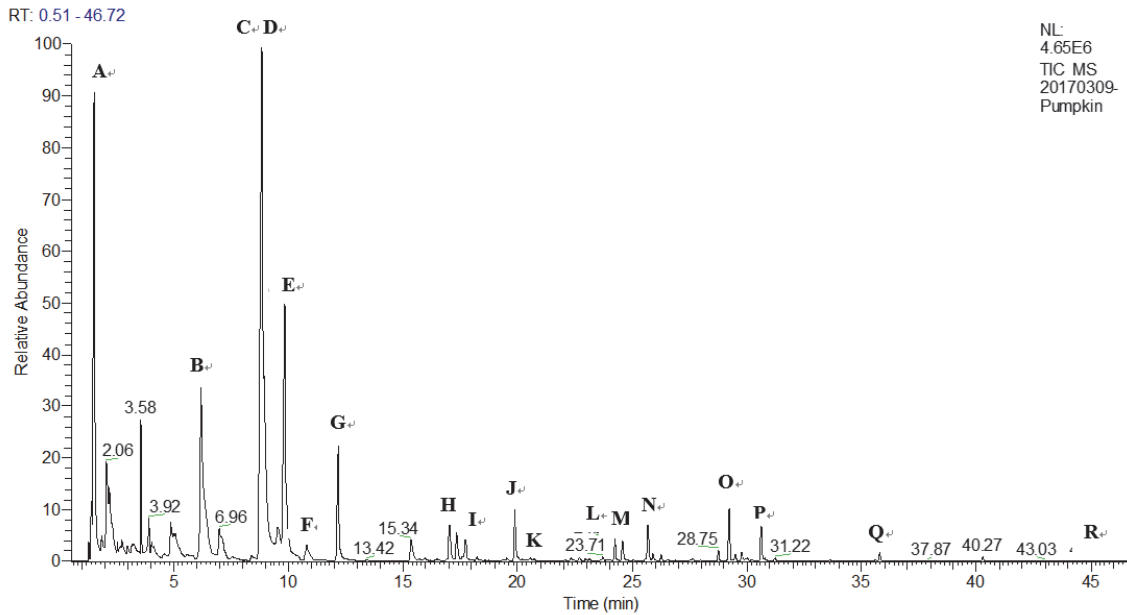
### 2. 氣味成分組合處理之誘引效果

前試驗結果平均誘引雌蠅數量  $> 1.0$  隻的成分測試組成分對雌蠅的誘捕效果, 結果顯示單一成分 (N)、3 種成分組合 (N-m3) 及 8 種成分組合 (N-m8) 等 3 種處理及酵母錠溶液對照組, 對雌蠅之平

均相對誘引率分別為  $13.7 \pm 4.9$ 、 $32.7 \pm 11.1$ 、 $22.1 \pm 6.4$  及  $31.6 \pm 6.0\%$ , 4 種處理間無顯著差異 ( $p > 0.05$ ) (圖二)。

## 討 論

寄主果實的揮發性氣味, 早經證實可作為誘引果實蠅類雌蠅的誘餌 (Jang and Light, 1991; Nigg *et al.*, 1994; Cornelius *et al.*, 2000)。以往相關室內研究或田間測試, 均證實洋香瓜、南瓜及小黃瓜等新鮮瓜果的切片或果漿對瓜實蠅雌蠅具有優異的誘引效果 (Lu, 1997; Wang *et al.*, 2000; Miller *et al.*, 2004; Piñero *et al.*, 2006; Wang and Liu, 2010; Vargas *et al.*, 2015, 2018)。然而, 在台灣不同產季生產的瓜果, 並無法確認彼此在田間對瓜實蠅雌蠅的相對誘引效果; 而葫蘆科瓜類種類繁多, 無法逐一試驗各瓜類的誘引能力, 本試驗選定 10 種瓜類作為代表, 分別涵蓋不同產季, 且均以台灣普遍生產與食用之種類為主, 儘可能以常見種類找出當中最具誘引效能的材料, 以利後續研究出之誘引物質能有效的應用於田間的瓜實蠅之防治工作, 並以終年生產的以色列小黃瓜作為對照組, 藉由相對誘引效能進



圖一 氣相層析質譜儀分析南瓜果漿頂空氣味成分圖譜。

Fig. 1. Profile of headspace volatiles from pumpkin pulp analyzed through gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A. 1-Methoxy-2-propanol; B. *trans*-2-Hexenyl acetate; C. 2-Hexyn-1-ol; D. 2-Hexenal; E. Allyl ether; F. *o*-Xylene; G. 2-Amino-4-methylbenzoic acid; H. 1-Octen-3-ol; I. Octamethyl-cyclotetrasiloxane; J. *m*-Cymene; K. (R)-Limonene; L. 4-Methyl-decane; M.  $\alpha$ -4-Dimethylstyrene; N. (Z)-6-Nonenal; O. (E,Z)-2,6-Nonadienal; P. 4-Decyne; Q. 1,4-Di-*tert*-butylbenzene; R.  $\alpha$ -Cedrene.

行評估，結果以阿成南瓜的誘引效果最佳，比小黃瓜具有相對較高的誘引比率，此與 Lu (1997) 測試瓜實蠅雌蠅對不同瓜類的產卵偏好的結果相似。寄主植物之瓜果實對果實蠅類的誘引能力，除了瓜果種類間的差異，品種間亦呈現差異現象，本試驗測試 3 種不同品種之苦瓜時，即發現此等品種相對於小黃瓜的誘引比率互有差異。而 Atiama-Nurbel (2014) 曾以頂空固相微萃取法分析 5 種不同品種小黃瓜的氣味，發現主要成分包括醛類、醇類及倍半萜烯類碳水化合物等，但相同成分在各品種中所佔的比率則各有差異。瓜果品種間揮發氣味成分的差異，則影響其對果實蠅類雌蠅的誘引效果，Malo *et al.* (2012) 分析 Amate、Ataulfo 及 Coche 等 3 種芒果品種，分別獲得 24、22 及 19 種成分，經測試此等鮮果對西印度果實蠅 (*Anastrepha obliqua*) 之誘引力，則以 Amate 品種最具誘引效果，與其他 2 品種則呈顯著差異，顯示不同品種間可能因揮發性成分的差異，而影響對雌蠅的誘引效能。本試驗評估台灣常栽培瓜類對雌蠅相對誘引力之結果，可因應台灣作物多元化環境下，當田間同時有各類瓜果種植時，作為判斷可能遭受瓜實蠅攻擊風險之參考；而南瓜具有相對較高的誘引功效，更可利用其鮮果切片或果漿做為簡易誘引資材。

除了上述有關瓜果種類與品種間，可能造成鮮果或其氣味成分對果實蠅類雌蠅誘引力的差異外，揮發性氣味成分的收集、處理條件設定與分析方法等，亦是以往相關研究探討的重點。Lu (2002) 以頂空吸附法 (headspace absorption extraction)、蒸氣蒸餾溶劑萃取法 (Likens-Nickerson extraction) 及真空蒸餾法 (vacuum distillation extraction) 等 3 種方法收集洋香瓜之氣味成分，經分析後發現此 3 種方法可收集成分略有差異，分別可得到 22、26 及 28 種揮發性成分。Jang and Siderhurst (2010) 以 Porapak Q 管柱與頂空固相微萃取法等兩種方式吸附小黃瓜果漿氣味，經 Porapak Q 管柱吸附可收集到 25 種成分，然而以頂空固相微萃取法，則額外收集到另 6 種未在管柱中吸附的成分。而 Facundo *et al.* (2013) 以頂空固相微萃取法分析香蕉果實與果漿之氣味，並探討最適合條件的設定，結果顯示香蕉果實與果漿兩者最適合的氣味平衡時間 (equilibrium time) 分別為 140 及 15 min，最適合的探針吸附時間 (exposure time) 則分別為 120 及 60 min，各以其最適條件進行分析，分別可分析出 13 及 11 種揮發性成分，雖香蕉果實與果漿的成分圖譜相似，但以果漿進行分析時，其氣味平衡及探針吸附的時間較短，較有利於快速收集與分析

表二 使用氣相層析質譜儀 (GC/MS) 分析阿成南瓜之揮發性氣味成分

Table 2. Headspace volatile compounds of pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Ah Cheng) analyzed through gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS)

Logogram	Retention time (min)	Compounds	Area (%)	KI	Identification
A	1.53	1-methoxy-2-propanol	13.46	-	MS
B	6.18	trans-2-hexenyl acetate	8.42	-	MS
C	8.83	2-hexenal	27.08	-	MS
D	8.83	2-hexyn-1-ol	27.08	-	MS
E	9.85	allyl ether	9.96	898	MS
F	10.78	o-xylene	0.94	913	MS, KI
G	12.18	2-amino-4-methylbenzoic acid	3.52	941	MS, KI
H	17.01	1-octen-3-ol	1.36	987	MS, KI
I	17.69	octamethyl-cyclotetrasiloxane	0.90	992	MS, KI
J	19.88	m-cymene	1.98	1022	MS, KI
K	20.15	limonene	0.01	1026	MS, KI
L	22.28	4-methyl-decane	0.12	1057	MS, KI
M	24.58	$\alpha$ -4-dimethylstyrene	0.63	1086	MS, KI
N	25.68	(Z)-6-nonenal	1.20	1100	MS, KI
O	29.23	(E,Z)-2,6-nonadienal	1.43	1152	MS, KI
P	30.63	4-decyne	1.00	1170	MS, KI
Q	35.21	1,4-di-tert-butylbenzene	0.21	1243	MS, KI
R	46.39	$\alpha$ -cedrene	0.02	1400	MS, KI

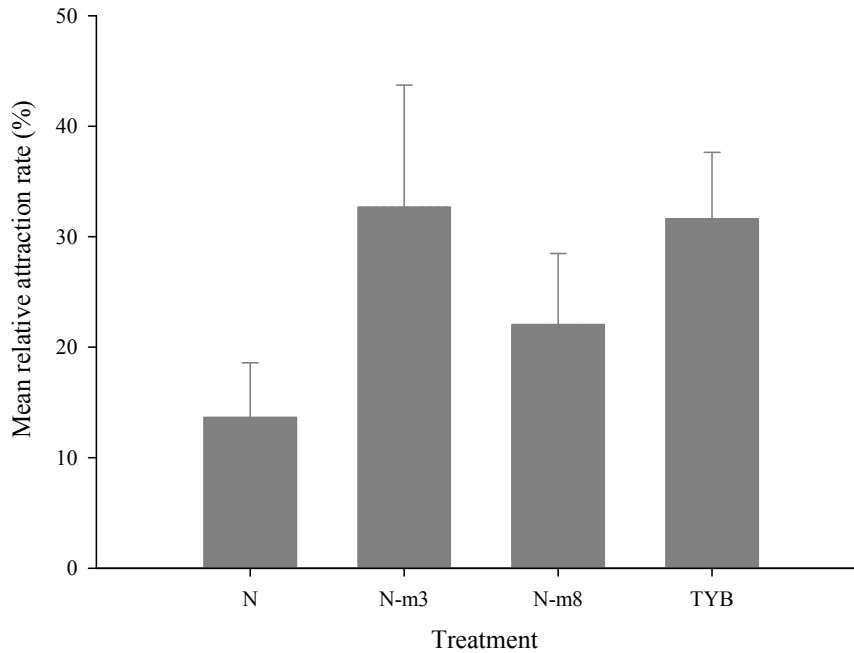
表三 南瓜單一氣味成分化合物對瓜實蠅雌蠅之平均誘引蟲數

Table 3. Attraction number (mean  $\pm$  SE) of *Zeugodacus cucurbitae* female flies to pumpkin volatiles

Logogram	Components	Female flies/per trap*
A	1-methoxy-2-propanol	- 3.5 $\pm$ 2.9
B	trans-2-hexenyl acetate	1.3 $\pm$ 1.6
C	2-hexenal	- 0.5 $\pm$ 4.8
D	2-hexyn-1-ol	0.3 $\pm$ 1.5
E	allyl ether	- 1.0 $\pm$ 0.7
F	o-xylene	3.3 $\pm$ 1.7
G	2-amino-4-methylbenzoic acid	2.0 $\pm$ 4.4
H	1-octen-3-ol	6.5 $\pm$ 4.6
I	octamethyl-cyclotetrasiloxane	2.0 $\pm$ 3.0
J	m-cymene	0.3 $\pm$ 5.3
K	limonene	1.3 $\pm$ 1.4
L	4-methyl-decane	0.0 $\pm$ 2.1
M	$\alpha$ -4-dimethylstyrene	0.5 $\pm$ 3.6
N	(Z)-6-nonenal	87.5 $\pm$ 16.5
O	(E,Z)-2,6-nonadienal	27.0 $\pm$ 8.8
P	4-decyne	- 0.8 $\pm$ 2.5
Q	1,4-di-tert-butylbenzene	- 1.5 $\pm$ 2.5
R	(-)- $\alpha$ -cedrene	- 4.8 $\pm$ 1.4

\*Relative to blank control. Minus the number of female flies caught in the blank control.





圖二 不同混合氣味處理對瓜實蠅雌蠅之平均相對誘引率。

Fig. 2. Relative attraction rate (mean  $\pm$  SE) of *Zeugodacus cucurbitae* female flies toward different blends of attractants, with *Torula* yeast/borax solution as the control ( $p > 0.05$ ). N: single compound ((Z)-6-Nonenal). N-m3: a combination of three volatile compounds, including H, N, and O. N-m8: a combination of eight volatile compounds, including B, F, G, H, I, K, N, and O. TYB: *Torula* yeast/borax solution.

氣味成分。

本試驗參考以往相關研究的優缺點，採用頂空固相微萃取法收集南瓜果漿的揮發性成分，經碳纖維探針吸附揮發成分及 GC/MS 分析後，共鑑定出 18 種揮發性成分，但此結果與其他研究有關南瓜屬作物揮發性成分的分析有所差異。與 Leffingwell *et al.* (2015a) 分析罐裝南瓜泥之氣味成分比較，僅有 *o*-xylene 成分為相同者，此差異可能是因加工或保存時間影響瓜果氣味成分，但與 Leffingwell *et al.* (2015b) 分析之夏南瓜 (*Cucurbita pepo* L.) 鮮果氣味，則有 1-octen-3-ol、limonene 及 (E)-2-hexenal 3 種成分相同。Velickovic *et al.* (2015) 分析西洋南瓜 (*Cucurbita maxima*) 的揮發性氣味，當中測得之 (E)-2-hexenal 成分與本試驗為相同者。此外，在不同瓜類的分析中則發現有些成分是相同者，例如 Atiama-Nurbel (2014) 分析小黃瓜 (*Cucumis sativus* L.) 之揮發性氣味，其中 (E)-2-hexenal 及 (E,Z)-2,6-nonadienal 成分，與本試驗分析南瓜成分為相同的成分。Jang and Siderhurst (2010) 分析小黃瓜果漿成分，則有 2-hexenal、1-octen-3-ol、(Z)-6-nonenal 及 (E,Z)-2,6-nonadienal 等 4 種成分，亦為本試驗分析南瓜所得的成分。比對本試驗中從阿成南瓜中鑑定之 18 種揮發性氣味

成分，發現部分成分與南瓜屬 (*Cucurbita*)、黃瓜屬 (*Cucumis*) 作物之成分圖譜為相同成分，而此等揮發性成分於不同作物上的相似程度，可能為造就多食性昆蟲具有更廣泛寄主範圍之原因 (Lance, 1983)。此外，Bruce and Pickett (2011) 的研究結果，顯示利用混合氣味成分較單一者能使昆蟲的相關行為表現更強烈。Malo *et al.* (2012) 及 Biasazin *et al.* (2014) 均曾測試與證實瓜果類的混合氣味成分有助於提升對果實蠅類之誘引效果。不同屬瓜類間之揮發性成分，雖有部分程度相同或類似情形，但此等相同成分在各種瓜類間之含量比率並不盡相似 (Jang and Siderhurst, 2010; Atiama-Nurbel, 2014; Leffingwell *et al.*, 2015a, b; Velickovic *et al.*, 2015)，但如何結合適當的成分與調整其間之比率，以提升對瓜實蠅雌蠅的誘引效果，則有待進一步探討與釐清。

本試驗篩選出 8 種具誘引瓜實蠅雌蠅的南瓜氣味成分中，(Z)-6-nonenal 及 (E,Z)-2,6-nonadienal 成分為誘引雌蠅數量最多之二種成分，Atiama-Nurbel (2014) 及 Jang *et al.* (2017) 從小黃瓜成分分析中，均篩選出此 2 種成分，並均以此二者作為合成誘引劑之主要成分。Atiama-Nurbel (2014) 之測試結果，顯示單劑 (E,Z)-2,6-nonadienal 的誘



引效果與混合成分者出現顯著差異，且發現 (Z)-6-nonenal 成分於不同劑量下，會影響對瓜實蠅雌蠅的誘引效果。Jang and Siderhurst (2010) 則發現將 (Z)-6-nonenal 從混合成分中移除，會造成誘引雌蠅效果顯著降低。Jang *et al.*, (2017) 進一步測試，將其原先於 2010 年篩選與組合的 9 種成分配方 (Jang and Siderhurst, 2010)，刪減 2 種成分後成為 7 種成分的組合配方，經測試後發現同樣具備優異誘引瓜實蠅效能，顯示單劑測試為有效之成分，在組合配方中可能相對貢獻度較低，或並無提升誘引效果之功能，整合適當的成分、劑量與組合配方，將有助於改善誘引效果或降低成本。

從我們初步將有效成分進行不同組合之試驗結果，在均含誘引效果最佳之 (Z)-6-nonenal 的情況下，測試單劑、3 及 8 種成分組合時，各配方處理在極低的劑量下，即可發揮與對照組 (酵母錠溶液) 在誘引蟲數間無顯著差異之成效，顯示此等氣味成分組合後具有替代酵母錠溶液，做為田間監測或應用於防治瓜實蠅的潛力。以往有關探討果實蠅類誘引資材之研究，在測試各種化學合成氣味誘引資材時，亦均選用目前對雌蠅最具誘引效果之酵母錠溶液作為對照 (Miller *et al.*, 2004; Hall *et al.*, 2005; Jang *et al.*, 2017; Shelly *et al.*, 2017)，雖然此等氣味成分資材與酵母錠的誘引機制有所差異，但藉此比較可評估氣味成分的相對誘引效果，作為後續改良及解決現有食物餌劑不穩定的問題。後續值得進一步探討組合配方中需選用之適當成分，或調整相關各成分之含量比率，在兼具提升誘引效果及降低成本考量下，開發更適合之誘引資材配方。

## 引用文獻

- Atiama-Nurbel T.** 2014. Factors influencing the response of *Bactrocera cucurbitae* female to host fruit odors. University of La Réunion, Doctoral Thesis. 235 pp.
- Beroza M, Alexander BH, Steiner LF, Mitchell WC, Miyashita DH.** 1960. New synthetic lures for the male melon fly. *Science* 131: 1044-1045.
- Biasazin TD, Karlsson MF, Emiru YH, Dekker T.** 2014. Identification of host blends that attract the African invasive fruit fly, *Bactrocera invadens*. *J Chem Ecol* 40: 966-976.
- Bruce TJ, Pickett J.** 2011. Perception of plant volatile blends by herbivorous insects-finding the right mix. *Phytochemistry* 72: 1605-1611.
- Chang CL, Caceres C, Jang EB.** 2004. A novel liquid larval diet and its rearing system for melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae). *Ann Entomol Soc Am* 97: 524-528.
- Chen CC, Dong YJ.** 1995. Introduction of the improved McPhail trap for fruit fly control. Technical Service, TARI. 28: 22-23. (in Chinese)
- Cornelius ML, Duan JJ, Messing RH.** 2000. Volatile host fruit odors as attractants for the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). *J Econ Entomol* 93: 93-100.
- De Meyer M, Delatte H, Mwatawala M, Quilici S, Vayssieres JF, Virgilio M.** 2015. A review of the current knowledge on *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) in Africa, with a list of species included in *Zeugodacus*. *ZooKeys* 540: 539-557.
- Dhillon MK, Singh R, Naresh JS, Sharma HC.** 2005. The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: a review of its biology and management. *J Insect Sci* 5: 40-55.
- Dong YJ, Chen CC.** 2015. Evaluation of plant volatile bait in trapping oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*). *J Taiwan Agric Res* 64: 330-335. (in Chinese)
- Facundo HVV, Garruti DS, Cordenunsi BR, Lajolo FM.** 2013. Isolation of volatiles compounds in banana by HS-SPME: optimization for the whole fruit and pulp. *Int J Biosci Biochem Bioinform* 3: 110-115.
- Hancock DL, Hamacek EL, Lloyd AC, Elson-Harris MM.** 2000. The distribution and host plants of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Australia. Queensland Department of Primary Industries Information Series Q199067, Brisbane. 75 pp.
- Hall DG, Burns RE, Jenkins CC, Hibbard KL, Harris DL, Sivinski JM, Nigg HN.** 2005. Field

- comparison of chemical attractants and traps for Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Florida citrus. *J Econ Entomol* 98: 1641-1647.
- Heath RR, Epsky ND, Guzman A, Dueben BD, Manukian A, Meyer WL.** 1995. Development of a dry plastic insect trap with food-based synthetic attractant for the Mediterranean and Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *J Econ Entomol* 88: 1307-1315.
- Jang EB, Light DM.** 1991. Behavioral responses of female oriental fruit flies to the odors of papayas at three ripeness stages in a laboratory flight tunnel (Diptera: Tephritidae). *J Insect Behav* 4: 751-762.
- Jang EB, Siderhurst MS.** 2010. Cucumber volatile blend attractive to female melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). *J Chem Ecol* 36: 699-708.
- Jang EB, Casana-Giner V, Oliver JE.** 2007. Field captures of wild melon fly (Diptera: Tephritidae) with an improved male attractant, raspberry ketone formate. *J Econ Entomol* 100:1124-1128.
- Jang EB, Carvalho LAFN, Chen CC, Siderhurst MS.** 2017. Cucumber lure trapping of *Zeugodacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in Hawaii and Taiwan: longevity and nontargets captures. *J Econ Entomol* 110: 201-207.
- Lance DR.** 1983. Host seeking behavior of the Gypsy moth: the influence of polyphagy and highly apparent host plants. pp. 201-224. In: Ahmad S (ed) *Herbivorous Insects, Host Seeking Behavior and Mechanisms*. Academic Press, New York.
- Leffingwell JC, Alford ED, Leffingwell D.** 2015a. Volatile constituents of commercial canned pumpkin puree (ex *Cucurbita moschata*) by dynamic headspace analysis. *Leffingwell Reports* 7: 1-6.
- Leffingwell JC, Alford ED, Leffingwell D.** 2015b. Identification of the volatile constituents of raw pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) by dynamic headspace analyses. *Leffingwell Reports* 7: 1-14.
- Lin JH.** 2016. Persistent attraction efficacy of *Cucumis sativus* L. jelly against female *Bactrocera cucurbitae*. National Chung Hsing University. Master's Thesis. 49 pp. (in Chinese)
- Liu YC, Shiao TY.** 1984. Mass production of the melon fly *Dacus cucurbitae* Coquillett. I. Mass rearing technique of the larvae. *Bull Soc Entomol NCHU* 17: 1-13. (in Chinese)
- Lloyd A, Leach P, Kopittke R.** 1998: Effects of exposure on chemical content and efficacy of male annihilation blocks used in the eradication of *Bactrocera papayae* in North Queensland. *Gen Appl Entomol* 28: 1-8.
- Lu FM.** 1997. Oviposition preference of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) (I) Test of host plant and color. *J Chinese Entomol* 17: 237-243. (in Chinese)
- Lu FM.** 2002. Ovipositional preference of the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera : Tephritidae) ( II ): Analysis of extracted chemicals from fruits of the muskmelon. *Formosan Entomol* 22: 163-170. (in Chinese)
- Malo EA, Gallegos-Torres I, Toledo J, Valle-Mora J, Rojas JC.** 2012. Attraction of the west Indian fruit fly to mango fruit volatiles. *Entomol Exp Appl* 142: 45-52.
- Miller NW, Vargas RI, Prokopy RJ, Mackey BE.** 2004. State-dependent attractiveness of protein bait and host fruit odor to *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) females. *Ann Entomol Soc Am* 97: 1063-1068.
- Nigg HN, Mallory LL, Simpson SE, Callahan SB, Toth JP, Fraser S, Klim M, Nagy S, Nation JL, Attaway JA.** 1994. Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Loew), attraction to host fruit and host kairomones. *J Chem Ecol* 20: 727-743.
- Piñero JC, Jácome I, Vargas R, Prokopy RJ.** 2006. Response of female melon fly, *Bactrocera cucurbitae*, to host-associated

- visual and olfactory stimuli. *Entomol Exp Appl* 121: 261-269.
- Quilici S, Atiama-Nurbel T, Brévault T.** 2014. Plant odors as fruit fly attractants, pp. 119-144. In: Shelly T, Epsky N, Jang EB (eds), *Trapping and the Detection, Control, and Regulation of Tephritid Fruit Flies*. Springer, Netherlands.
- Royer JE, Faveri SGD, Lowe GE, Wright CL.** 2014. Cucumber volatile blend, a promising female-biased lure for *Bactrocera cucumis* (French 1907) (Diptera: Tephritidae: Dacinae), a pest fruit fly that does not respond to male attractants. *Aust Entomol* 53: 347-352.
- Seewooruthun SI, Sookar P, Permalloo S, Joomaye A, Alleck M, Gungah B, Shah MI, Batra HN, Ranjhen PL.** 1998. Notes on the biology of *Dacus (Strumeta) ferrugineus* Fab. and other fruit flies in the North-West Frontier Province. *Indian J Entomol* 10: 249-266.
- Shelly T, Kurashima R, Nishimoto J, Andress E.** 2017. Capture of *Zeugodacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in traps baited with *Torula* yeast solution versus cucumber volatile plugs. *Fla Entomol* 100: 15-20.
- Stark JD, Vargas RI, Miller N.** 2004. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *J Econ Entomol* 97: 911-915.
- Vargas RI, Pinero JC, Leblanc L.** 2015. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the pacific region. *Insects* 6: 297-318.
- Vargas RI, Pinero JC, Miller NW.** 2018. Effect of physiological state on female melon fly (Diptera: Tephritidae) attraction to host and food odor in the field. *J Econ Entomol* 111: 1318-1322.
- Vargas RI, Mau RFL, Jang EB, Faust RM, Wong L.** 2008. The Hawaii fruit fly areawide pest management programme. pp. 300-325. In: Koul O, Cuperus G, Elliott N (eds) *Areawide Pest Management: Theory and Implementation*. CABI, UK.
- Vargas RI, Prokopy RJ, Miller NW, Pinero JC, Oride L, Perez N, Revis HC.** 2004. How effective is GF-120 fruit fly bait spray applied to border area sorghum plants for control of melon flies (Diptera: Tephritidae). *Fla Entomol* 87: 354-360.
- Velickovic DT, Ristic MS, Karabegovic IT, Stojicevic SS, Nikolic NC, Lazic ML.** 2015. Volatiles and fatty oil of *Cucurbita maxima*. *Adv Technol* 4: 43-48.
- Wang WC, Liu YC.** 2010. Attraction efficiency study of pumpkin extracts on the melon fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett). *Bull Taichung DAIS* 109: 41-58. (in Chinese)
- Wang WC, Liu YC, Chen CC, Wang YS.** 2000. Damage of pumpkin flowers by oviposition of melon fly. *Bull Taichung DAIS* 69: 51-54. (in Chinese)
- Wang WH.** 2013. Efficacy evaluation and stability improvement of raspberry ketone formate for melon flies (*Bactrocera cucurbitae*). National Taiwan University. Master's Thesis 79 pp. (in Chinese)
- Yee WL, Landolt PJ, Darnell TJ.** 2005. Attraction of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) and nontarget flies to traps baited with ammonium carbonate and fruit volatile lures in Washington and Oregon. *J Agric Urban Entomol* 22: 133-149.
- Yee WL, Nash MJ, Goughnour RB, Cha DH, Charles E, Linn Jr, Feder JL.** 2014. Ammonium carbonate is more attractive than apple and hawthorn fruit volatile lures to *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) in Washington State. *Environ Entomol* 43: 957-968.

# Evaluation of Cucurbit Volatile Compounds to Attract Female Melon Fly *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae)

Ying-Ting Shen, Yi-Yuan Chuang\*

Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

\* Corresponding email: chuangyiyu@nchu.edu.tw

Received: 24 September 2018    Accepted: 16 January 2019    Available online: 5 March 2019

## ABSTRACT

This preliminary study investigated the attraction of female melon flies (*Zeugodacus cucurbitae* [Coquillett]) (Diptera: Tephritidae) to volatiles of 10 cucurbit crops harvested in various seasons. The results showed that Ah Cheng pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Ah Cheng) was 10.5 times more attractive to female melon flies than the control Israel cucumber (*Cucumis sativus* L. var. Darius). A total of 18 volatile compounds from Ah Cheng pumpkin were identified through headspace solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry. The attractiveness of these compounds to female melon flies was evaluated using the help of an improved McPhail trap (IMcT) in the green house. The screening results showed that (Z)-6-nonenal baited in IMcT attracted the highest number of female flies compared with other compounds, with the mean number being  $87.5 \pm 32.9$ . Thus, we evaluated the relative attraction effects of a single compound (N) and two combination treatments (N-m3 and N-m8) by using the food attractant, Torula yeast/borax solution, as the control. The results showed that mean the relative attraction rates of four treatments were 13.7%, 32.7%, 22.1%, and 31.6%. No significant difference was observed between all treatments, which indicated that volatiles from Ah Cheng pumpkin were competitive to the standard protein bait. These components selected from Ah Cheng pumpkin have the potential to act as attractants for melon flies.

**Key words:** *Zeugodacus cucurbitae*, Ah Cheng pumpkin (*Cucurbita moschata* var. Ah Cheng), volatile compound, relative attraction rate