

## 瓜實蠅防逃陷阱搭配不同雄蟲誘引劑測試

張誠佑<sup>1</sup>、唐立正<sup>1</sup>、周明儀<sup>2\*</sup>

**摘要** 瓜實蠅 (melon fly, *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett)) 為葫蘆科作物之重要害蟲，克蠅 (cuelure) 與含毒甲基丁香油混合為慣行操作常用之滅雄防治方式，然而含毒甲基丁香油添加之乃力松 (naled, IRAC Group: 1B) 不但無法於有機農業操作使用，其為中毒性農藥，對水生動物具有劇毒，在世界各國已逐漸減少或限制此類有機磷藥劑的使用。因此本研究以防逃脫之陷阱裝置測試其作為滅雄工具的效用；以一系列網室實驗及田間試驗，評估此陷阱搭配不同雄蟲誘引劑配方之誘殺效果。網室實驗首先測試陷阱裝置防逃設計以及搭配無毒克蠅香之效果。結果顯示具防逃設計陷阱裝置之雄蟲相對誘捕率，顯著高於無防逃設計陷阱；無毒克蠅香搭配防逃陷阱之雄蟲相對誘捕率高於添加乃力松克蠅香，但不具顯著差異。無毒克蠅香搭配酵母錠溶液試驗，顯示添加酵母錠顯著提升對雄蟲誘捕率，但對雌蟲則無效果。本研究亦測試瓜實蠅性成熟與否對不同誘引劑之反應，結果顯示克蠅與酵母錠溶液的搭配對已性成熟雄蟲比單用克蠅更有誘引力，未性成熟之雄蟲則多數受做為被對照組之改良式麥氏誘蟲器搭配酵母錠溶液吸引。綜合以上結果，防逃陷阱裝置適合搭配無毒誘引劑使用，且可有效誘殺瓜實蠅雄蟲，可做為一滅雄防治之應用資材。

**關鍵字：**瓜實蠅、滅雄、酵母錠

## Efficacy of Male Attractants in a Novel Anti-Escape Trapping Device for Melon Fly Male Annihilation Technology

Cheng-Yu Chang<sup>1</sup>, Li-Cheng Tang<sup>1</sup> and Ming-Yi Chou<sup>2\*</sup>

**ABSTRACT** Melon fly, *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett), is an invasive pest of cucurbitaceous crops worldwide. Cuelure mixed with methyl eugenol and naled is one of the main field management tactics adapted among growers in Taiwan. However, naled is highly toxic to aquatic animals and is prohibited to use for organic agriculture production. The objective of this study is to evaluate a one-way trap as an alternative for organic agriculture and reducing the use of organophosphate. The efficacy of anti-escape design and one-way trap with cuelure were tested in green house condition and field trials. The result showed that the relative capture rates of one-way trap was significantly higher than the trap without anti-escape design in green house condition. Data collected from greenhouse experiment showed the relative capture rates of one-way trap with cuelure was higher than cuelure mixed with naled but not statistically different. The effect of adding torula yeast solution to cuelure in one-way trap was also evaluated in green house condition and field trial. The result demonstrated that attraction of male flies increased significantly in torula yeast solution and cuelure baited one-way traps. Sexually mature male flies were attracted by cuelure and immature male flies were attracted by McPhail trap baited with torula yeast. On the contrary, both sexually mature and immature female flies were both significantly more attracted to torula yeast solution in McPhail trap than in one-way trap. Based on the data collected in this study, the one-way trap demonstrated great potential for organic production as an alternative of pesticide laced attractant for male annihilation program.

**Keywords:** Melon fly, *Zeugodacus cucurbitae*, male annihilation, torula yeast

<sup>1</sup> 國立中興大學昆蟲學系。Department of Entomology, National Chung Hsing University.

<sup>2</sup> 國立中興大學農業推廣中心。Agricultural Extension Center, National Chung Hsing University.

\* 通訊作者。Corresponding author. Email: mingyichou@nchu.edu.tw

## 一、前言

果實蠅科之昆蟲多為植食性 (White, 1998) 且廣泛分布於熱帶與亞熱帶地區，其中影響農業生產約 250 種 (Fletcher, 1987)，寄主植物超過 810 種 (Vargas *et al.*, 2015)。瓜實蠅為一多食性 (polyphagous) 且廣泛分布之世界性害蟲 (White *et al.*, 1992)，原生地為印度 (Henry *et al.*, 1914)，現已擴散至非洲埃及、肯亞、坦尚尼亞、東南亞、澳洲與美國夏威夷群島等地 (Dhillon *et al.*, 2005)。目前已知瓜實蠅可危害約 81 種作物 (Dhillon *et al.*, 2005)，如茄科 (Solanaceae)、葫蘆科 (Cucurbitaceae) 及木瓜、芒果、龍眼甚至向日葵等，其中又以葫蘆科作物為偏好奇主 (Mwatawala *et al.*, 2010)，在苦瓜上曾有報導危害率高達 95% (Hollingsworth *et al.*, 1997)、於西瓜上亦有 31.27% 的紀錄 (Singh *et al.*, 2000)。台灣地區氣候全年皆適合其族群生長發育 (曾等, 1980)，最早於日治時期便以學名 *Dacus cucurbitae* Coq. 留下紀錄 (素木, 1911)。溫 (1985) 在台灣南部地區調查之結果顯示西部瓜類作物平均被害率達 32.5%，葫蘆科作物中依危害率依序為胡瓜、絲瓜、苦瓜及香瓜，西瓜及南瓜則因果皮較厚實，因而危害率相對較低，可知瓜實蠅對台灣瓜類作物栽培影響甚鉅。

瓜實蠅之防治方式大致可分為化學防治 (chemical control)、物理防治 (physical control)、滅雄法 (male annihilation)、田間衛生管理 (field sanitation)、生物防治 (biological control) 及使用多種防治策略的綜合防治管理 (IPM) 等，其中滅雄法主要以克蠅 (cuelure) 搭配殺蟲劑或是陷阱移除環境中的雄蟲族群，減少雌蟲與雄蟲交尾機會，減少其子代數，進而達到防治目的 (Steiner and Lee, 1955)。慣行操作方式使用乃力松搭配雄蟲誘引劑能夠達到快速致死，自 70 年代起成為世界各地瓜實蠅防治的主要策略之一。但隨著世界各國逐漸限制有機磷類等高環境風險藥劑的使用，替代藥劑的研發目前以芬普尼 (fipronil) 或賜諾殺 (spinosad) 搭配雄蟲誘引劑的誘殺組合在美洲及澳洲最為普遍被農民接受 (Vargas *et al.* 2014; Lewis *et al.* 2016; Reynolds *et al.* 2016)。

用於防治果實蠅科害蟲之陷阱主要可分為視覺與嗅覺刺激，視覺刺激利用瓜實蠅對某些顏色具偏好性之行為並配合黏蟲膠，避免被吸引成蟲逃離陷阱。嗅覺刺激則以食物誘引劑搭配化學殺蟲劑和雄性誘引物為主，以食

物氣味吸引瓜實蠅取食，並以額外添加之殺蟲劑殺死成蟲。瓜實蠅雄性誘引物目前以克蠅之使用最為廣泛，吸引力成熟雄蟲取食並靠額外添加之殺蟲劑造成成蟲死亡。果實蠅類害蟲的誘殺陷阱可分為防止逃脫、搭配液體或黏紙以淹死或黏住進入陷阱之害蟲。以孔洞設計防止逃脫的陷阱包括搭配黃色視覺誘引的改良式麥氏誘引器、單一小孔的 Easy trap、多個大孔設計的 Lynfield trap 及上衝式的漏斗式陷阱；其中除了 Lynfield trap 需搭配殺蟲劑外，其餘皆可單獨搭配誘引劑使用於有機生產模式 (IPPC, 2018)。

黏蟲紙為利用昆蟲對顏色偏好性設計，據呂 (1997) 測試瓜實蠅雌蟲對不同顏色之誘蟲器，結果顯示雌蟲對於黃色有顯著之偏好。麥氏誘引器 (McPhail Trap) 為目前廣泛應用於防治果實蠅科害蟲之陷阱，最早於 1896 年由 Dahl 用於誘捕無脊椎食腐動物 (Invertebrate scavenger)，之後由 McPhail 於 1935 年改良用於捕捉家蠅 (House fly)，後傳至美國被應用於防治果實蠅科害蟲 (Steyskal, 1977)；麥氏誘引器搭配食物誘引劑如水解蛋白或酵母錠等，可同時吸引果實蠅類雄蟲與雌蟲。除了改良式麥氏誘引器外，目前台灣市面上其他常見誘蟲器有以下幾種：誘蟲燈 (Formosa trap) 成本低廉且構造簡單，然需時常補充誘引劑並因誘引劑放置於陷阱底部，需時常檢查誘引器內部防止死亡蟲體堆積影響誘引劑作用；中興誘蟲器與前述誘引器裝置類似，效果可維持較長時間；渦旋式誘蟲器上蓋為黑色且具防雨功能，使藥劑效果穩定且持續時間長，然價格較高 (黃, 2010)；長效誘蟲器需誘引劑與殺蟲劑相互搭配，效果可維持 6 個月，價格中等但尺寸稍大 (莊與侯, 2005)。本研究以小孔洞設計開發一防逃陷阱，並測試以此陷阱搭配食物誘引劑及雄性誘引劑對瓜實蠅的誘殺效果；研究結果能夠提供使用非農藥防治瓜實蠅之參考。

## 二、材料與方法

### (一) 供試材料

實驗所用瓜實蠅為 2014 年採自台中市新社地區之苦瓜園，飼育繁殖於  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、 $57 \pm 2\%$  RH、12L:12D 環境下，成蟲以成蟲飼料 (砂糖:蛋白質水解物:酵母抽出物 = 3:1:1) 餵養，以吸水海綿 (10×8×4 公分) 置於網籠上方提供水分，網籠尺寸為 35×19×19 公分，每個網籠飼養約 1,500 隻瓜實蠅成蟲。

本研究測試之誘引劑處理包括：(1) 含毒克蠅香混合液：為目前瓜實蠅防治最常用之滅雄資材，市售添加乃

力松之 95%含毒甲基丁香油混合溶液搭配 85%克蠅香混和液 (嘉農企業股份有限公司)：含克蠅含量為 6.4%·甲基丁香油含量為 88.6%·乃力松含量為 5%。(2)無毒克蠅香混合液：無添加乃力松之甲基丁香油與 85%克蠅香混合液·克蠅含量為 6.4%·甲基丁香油含量為 93.4%；此處理使用於防逃陷阱之誘捕效率與含毒克蠅香比較測試。(3)85%克蠅香混和液：市售克蠅香混和液 (嘉農企業股份有限公司)·克蠅含量為 42.7%·甲基丁香油含量為 42.3%·不含殺蟲劑。(4) 酵母錠水溶液：每 100 毫升純水混合 1 個酵母錠 (酵母錠, 禾康肥料股份有限公司)。

防逃陷阱裝置利用微量離心管 (microtube) 其錐形管型作為避免陷阱內成蟲逃逸的方法·在頂蓋以鐵絲穿過製作出掛勾·及延伸至陷阱內部固定吸附誘引劑之止血棉 (Dental Cotton Rolls, Coltene Whaledent GmbH + Co. KG, Germany) 載體·止血棉固定於自頂蓋往下約 6 公分處。以直徑 11.5 公分、高 15.5 公分的圓柱狀塑膠罐為主體 (水順股份有限公司)·在罐子周圍鑽 12 個直徑 1.2 公分之孔洞·並以 1.7 毫升微量離心管插入做為誘引瓜果實蠅進入通道·於離心管前端刻度 0.1 處裁切·以直徑 1 公分較大的開口作為入口；直徑 0.5 公分的另一端延伸進入陷阱裝置內側·兩端開口大小不同·以減少進入裝置內的瓜實蠅成蟲逃逸之可能。

## (二) 防逃陷阱之誘捕效率測試

本試驗為測試微量離心管之有無是否能夠避免成蟲逃逸；陷阱裝置分成兩組·一組有離心管及一組無離心管；誘引劑皆使用無毒克蠅香 1 毫升·以 10 日齡以上 (已性成熟) 之瓜實蠅雄成蟲於網室內 (200 × 200 × 200公分) 釋放。在網室正中間放置高 150 公分的支架·陷阱懸掛於離地大約 140 公分·陷阱懸掛處距中心點約 30 公分·兩陷阱相距 60 公分。於每一網室釋放 150 隻雄蟲·每次使用三獨立網室進行測試·並於不同天進行共四組重複試驗·實驗時間持續 8 小時·結束後將各陷阱回收計算各陷阱內之雄成蟲數量·兩陷阱之誘捕效果以相對誘捕率作為比較。

為探討防逃陷阱裝置設計是否適於搭配含毒誘殺劑使用·依前項試驗設計於網室內測試：(1) 無毒克蠅香混合液 1 毫升；(2)含毒克蠅香混合液 1 毫升共 2 組。實驗時間持續 8 小時·每一重複 150 隻·每次使用四個獨立網室進行測試·並於不同天進行共四組重複測試·結束後將各陷阱回收計算各陷阱內之雄成蟲數量。

(三) 酵母錠搭配 85%克蠅香效果之網室及田間評估  
為測試食物誘餌對防逃陷阱捕捉瓜實蠅成蟲的影響·

分別在網室及田間測試添加酵母錠水溶液於含無毒克蠅香之防逃陷阱對瓜實蠅雄蟲及雌蟲的誘捕效力。網室試驗步驟同防逃陷阱裝誘捕效力測試·陷阱裝置依搭配誘引劑處理分為：(1) 防逃陷阱搭配 85%克蠅香 1 毫升、(2) 防逃陷阱搭配酵母錠水溶液 200 毫升、(3) 防逃陷阱搭配 85%克蠅香 1 毫升+酵母錠水溶液 200 毫升和 (4) 改良式麥氏誘殺器 (振詠興業有限公司) 搭配酵母錠水溶液 200 毫升作為對照組。每一網籠內釋放 10 日齡雌、雄蟲各 150 隻·每次使用四個獨立網室進行測試·並於不同天共進行四組重複測試·實驗時間 24 小時·結束後將各陷阱回收計算各陷阱內之雌雄成蟲數量。

田間實驗測試以酵母錠增加防逃陷阱的誘捕力·並於田間環境測試瓜實蠅誘殺效果是否與網室一致；實驗樣區地點位於南投縣魚池鄉之頭社活盆地絲瓜園 (100×40公尺)·陷阱裝置同上述網室實驗。各處理設置 4 組陷阱·於樣區內每個陷阱裝置相隔 20 公尺·懸掛高度約 1.5-2 公尺·每 3 天更換一次誘引劑和計算陷阱內瓜實蠅成蟲數量·並輪替每種處理組懸掛位置·依序改變位置·減少方位對試驗的影響。

## (四) 成蟲性成熟與否受不同陷阱之誘捕影響測試

本實驗探討防逃陷阱搭配 85%克蠅香與酵母錠溶液對未性成熟瓜實蠅是否影響陷阱之誘捕力；實驗步驟同陷阱誘捕效率測試實驗·挑選 3 日齡 (未性成熟) 與 10 日齡 (已性成熟) 的瓜實蠅雌雄成蟲各 150 隻·將挑好的成蟲移至溫室的小網籠內靜置待其狀態回復·隔日於分別於實驗網籠內釋放。每個網籠內釋放未性成熟或性成熟的成蟲各 150 對·每次使用三網室·分別於不同天共進行兩組重複試驗·以收集兩日齡各 3 重覆試驗數據。陷阱裝置分成三組：(1) 防逃陷阱搭配酵母錠水溶液 200 毫升、(2) 防逃陷阱搭配 85%克蠅香 1 毫升+酵母錠水溶液 200 毫升和 (3)改良式麥氏誘殺器搭配酵母錠水溶液 200 毫升作為對照組。實驗時間 8 小時·結束後將各陷阱回收計算各陷阱內之雌雄成蟲數量。

## (五) 數據處理與分析

防逃陷阱裝置誘殺效率的兩項測試之誘殺率數據比較以獨立樣本 T 檢定統計分析；其餘網室實驗數據處理如下·分別計算各陷阱內的雌雄成蟲數·以相對誘捕率的方式比較各陷阱間是否有差異·將數值經過轉角值轉換後使用廣義線性模型 GLM (Generalized linear model) 分析以及杜凱確實差異檢定法 (Tukey HSD Test) 做事後多重比較·以 SAS version 9.4 (Statistics Analysis System version 9.4) 統計分析。

相對誘捕率計算方式：

$$\frac{\text{各陷阱內蟲數}}{\text{所有陷阱內蟲數}} \times 100\%$$

田間試驗數據首先以 Levene 同質性檢定，檢測其數據不具同質性，因此以 Welch 及 Brown-Forsythe 檢定，並以 Games-Howell 做事後多重比較，以 SPSS: Statistics 22 (Statistical Package for Social Science Statistics 22) 分析。

### 三、結果

#### (一) 防逃陷阱之誘殺捕效率測試

微量離心管對防逃陷阱裝置誘捕力影響之結果為含微量離心管之陷阱相對誘捕率為 89.40 ± 9.56 %、不含微量離心管之陷阱相對誘捕率為 10.40 ± 9.56 % (  $T=14.35; df=10; p < 0.05$  )，同樣以獨立樣本 T 檢定統計分析後，兩者具顯著差異。試驗結果顯示微量離心管明顯增加陷阱之誘捕效率，其錐形入口能夠有效阻擋進入到陷阱的雄瓜實蠅逃脫。

含乃力松之克蠅香混合液與無毒克蠅香混合液的雄蟲相對誘捕率之結果分別為 60.78 ± 25.79 % 與 39.22 ± 25.79 % (  $T= 1.78; df=14; p = 0.097$  )，據獨立樣本 T 檢定，兩者間無顯著差異。結果顯示防逃陷阱搭配無毒誘引劑與含乃力松之陷阱具有相同誘捕效果。

#### (二) 酵母錠搭配 85%克蠅香效果之網室及田間評估

網室內測試防逃陷阱搭配 85%克蠅香、酵母錠水溶液、85%克蠅香+酵母錠水溶液、改良式麥氏誘引器搭配酵母錠水溶液對雄蟲之平均相對誘捕率分別為 12.23 ± 11.21 %、10.65 ± 7.2 %、39.22 ± 6.58 %、37.78 ± 6.43 %，經 GLM 變異數分析 (  $F= 5.91; df= 3,60; p < 0.05$  )。後再經事後檢定結果顯示，防逃陷阱單獨使用 85%克蠅香與單獨使用酵母錠水溶液間沒有顯著差異，而防逃陷阱搭配 85%克蠅香+酵母錠水溶液和改良式麥氏誘引器沒有顯著差異，然前述兩組處理組與後兩者具顯著差異 (圖 1A)。雌蟲之平均相對誘捕率結果則分別為 1.58 ± 1.93%、22.31 ± 9.64 %、11.05 ± 8.30 % 和 63.28 ± 18.55 %，經 GLM 變異數分析 (  $F= 12.92; df= 3, 60; p < 0.05$  )。再經事後檢定結果顯示，防逃陷阱搭配 85%克蠅香與搭配 85%克蠅香+酵母錠水溶液之處理間彼此無顯著差異，然與搭配酵母錠水溶液有顯著差異，而防逃陷阱搭配酵母錠水溶液和改良式麥氏誘引器則有顯著差異 (圖 1B)。

田間實驗結果顯示，不同處理對雌、雄蟲之誘捕效力皆有明顯的差異(表 1)。防逃陷阱搭配 85%克蠅香、防逃陷阱搭配酵母錠水溶液、防逃陷阱搭配 85%克蠅香+酵母錠水溶液、改良式麥氏誘引器搭配酵母錠水溶液等四種處理組，平均每個陷阱每日捕捉雄蟲蟲數分別為 72.04 ± 14.4、15.80 ± 2.21、177.83 ± 22.33 與 39.71 ± 6.80 隻。雄蟲對防逃陷阱搭配 85%克蠅香+酵母錠水溶液之反應明顯高於其它處理，但對防逃陷阱搭配 85%克蠅香和改良式麥氏誘引器沒有顯著差異，防逃陷阱搭配酵母錠水溶液則為顯著低於其他處理 (圖 2B)。雌蟲平均每陷阱每日誘捕蟲數為 0、5.07 ± 0.75、2.35 ± 0.71 和 17.69 ± 1.71。根據 Welch 及 Brown-Forsythe 檢定，並以 Games-Howell 做事後多重比較，改良式麥氏誘引器與其他處理組有顯著差異，防逃陷阱除了使用克蠅香之處理組完全沒有誘捕到雌蟲外，另兩組間無顯著差異 (圖 2A)。

#### (三) 成蟲性成熟與否受不同陷阱之誘捕影響實驗

試驗未性成熟 (3 日齡) 雄蟲所得結果如下，以防逃陷阱搭配酵母錠水溶液、85%克蠅香+酵母錠水溶液，與改良式麥氏誘引器搭配酵母錠水溶液的平均相對誘捕率分別為 5.55 ± 2.02%、0.77 ± 1.31%、93.68 ± 2.27%。性成熟 (10 日齡) 組之平均相對誘捕率則為 5.58 ± 2.12%、67.24 ± 11.58%、27.18 ± 10.88%。分別比較同日齡不同陷阱處理組間與相同陷阱處理組但不同日齡間是否有所差異，同為 3 日齡但不同處理組之間經 GLM 變異數分析 (  $F= 7.62; df = 2, 15; p < 0.05$  ) 後再經事後檢定結果顯示，防逃陷阱搭配酵母錠水溶液與搭配 85%無毒克蠅香+酵母錠水溶液沒有顯著差異，但和改良式麥氏誘引器有顯著差異。性成熟雄蟲之反應經 GLM 變異數分析 (  $F= 24.69; df = 2, 15; p < 0.05$  ) 後再經事後檢定結果顯示，防逃陷阱搭配酵母錠水溶液與搭配 85%克蠅香和其餘兩組間有顯著差異，防逃陷阱搭配酵母錠水溶液和改良式麥氏誘引器無顯著差異。相同陷阱處理但不同日齡間以獨立樣本 T 檢定分析 (表 2)，防逃陷阱搭配無毒克蠅香和酵母錠水溶液與改良式麥氏誘引器兩組處理組之未性成熟 (3 日齡) 和性成熟 (10 日齡) 組有顯著差異 (圖 3)。

上述三種誘捕資材對未性成熟 (3 日齡) 雌蟲的平均相對誘捕率分別為 4.08 ± 3.24%、2.01 ± 3.16%、93.91 ± 4.40%。對性成熟 (10 日齡) 雌蟲之平均相對誘捕率分別為 12.95 ± 9.69%、1.35 ±

1.62%、 $85.71 \pm 9.71\%$ 。同日齡不同陷阱處理組間，未性成熟成蟲反應經 GLM 變異數分析 ( $F = 40.79; df = 2, 15; p < 0.05$ ) 後再經事後檢定結果顯示，兩組防逃陷阱之處理組之間無顯著差異，但與改良式麥氏誘引器有顯

著差異。性成熟之三組處理間經 GLM 變異數分析 ( $F = 88.31; df = 2, 15; p < 0.05$ ) 後再經事後檢定，兩組防逃陷阱之處理組之間無顯著差異，但與改良式麥氏誘引器有顯著差異。相同陷阱處理組但不同日齡以獨立樣本 T 檢定分析 (表 2)，比較結果顯示皆無顯著差異 (圖 3)。

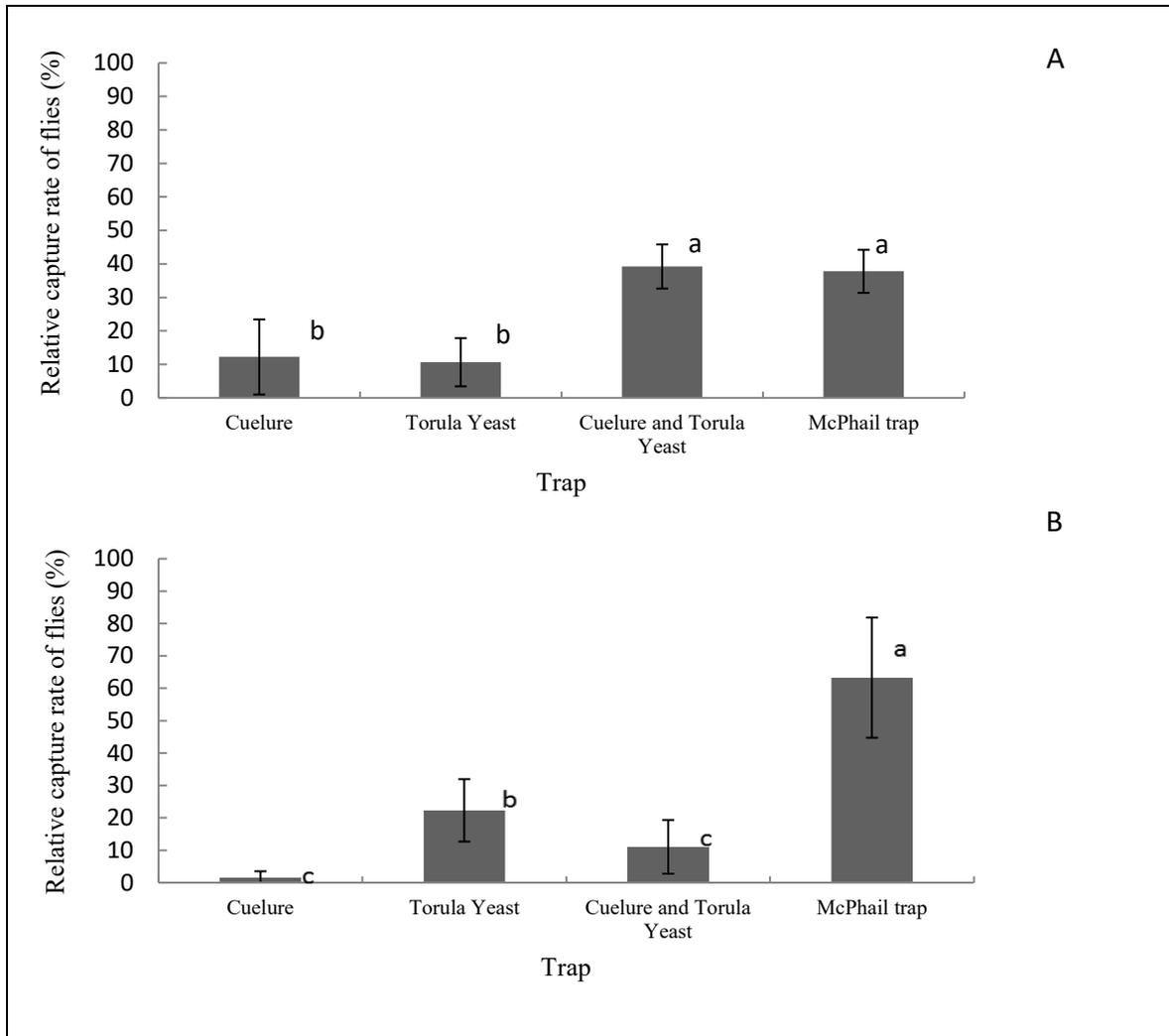


圖 1、防逃陷阱與酵母錠搭配無毒克蠅香效果評估，A: 雄蟲、B: 雌蟲平均相對誘捕率

Fig. 1 Relative capture rate (mean±SD) of *Zeugodacus cucurbitae* (A: male, B: female) to tourla yeast with cuelure experiment. Means marked with the same letters are not significantly different (HSD test,  $p < 0.05$ ). Cuelure: one-way trap with cuelure. Torula Yeast: one-way trap with tourla yeast. Cuelure and Torula Yeast: one-way trap with cuelure and tourla yeast. McPhail trap: McPhail trap with tourla yeast.

表 1、酵母錠搭配無毒克蠅香效果評估田間試驗 Welch 與 Brown-Forsythe 檢定

Table 1 Welch and Brown-Forsythe evaluation of tourla yeast with cuelure in field experiment

Group		Statistic <sup>a</sup>	df1	df2	p
Male	Welch	23.806	3	26.961	<0.001
	Brown-Forsythe	26.723	3	29.253	<0.001
Female	Welch	33.582	2	27.580	<0.001
	Brown-Forsythe	50.870	2	26.077	<0.001

Note. a. Asymptotically F distributed.

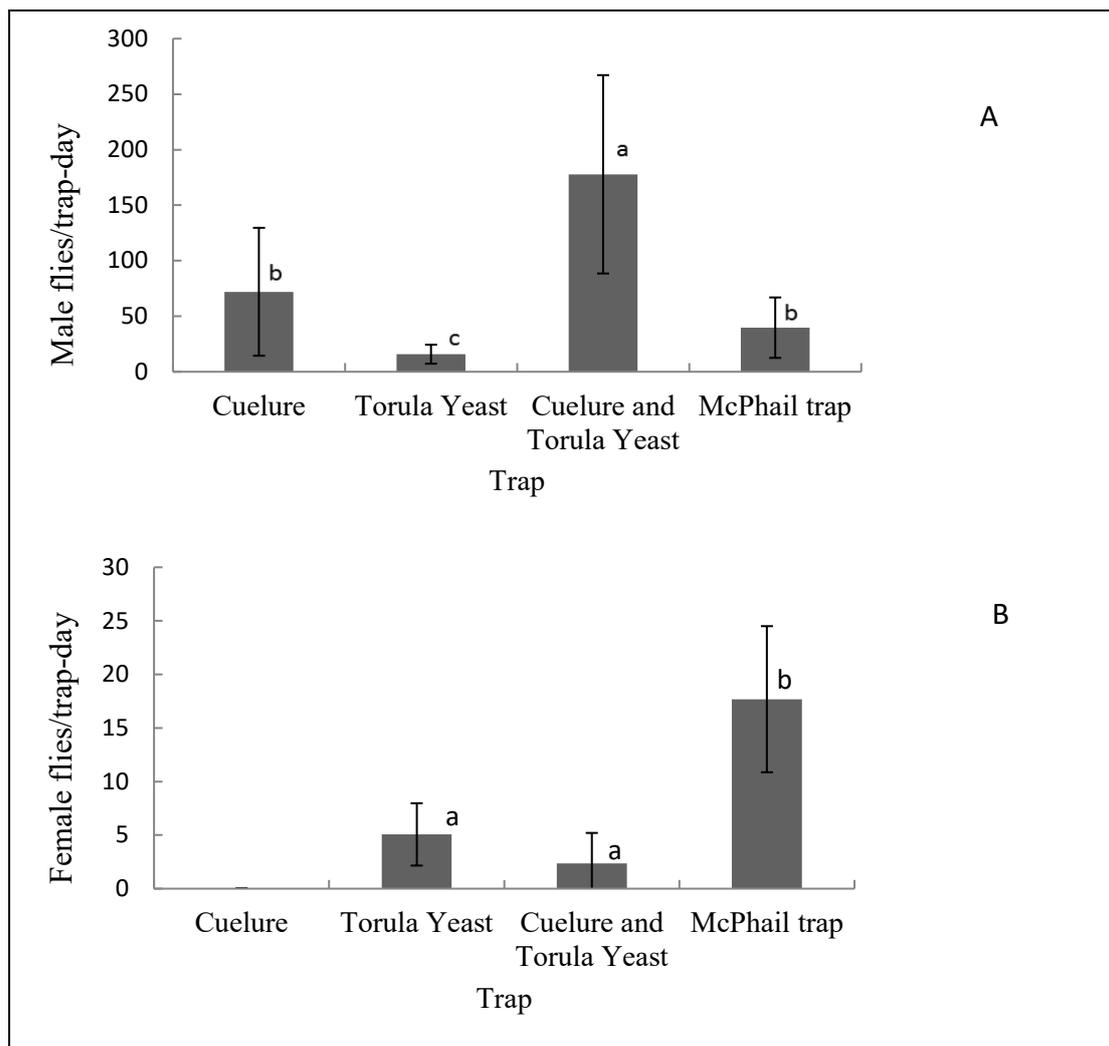


圖 2、酵母錠搭配無毒克蠅香效果評估田間試驗平均每日每陷阱 A：雄蟲、B：雌蟲數。

Fig. 2 Mean flies/trap-day (mean±SE) of *Z. cucurbitae* capture (A: male, B: female) in sponge gourd field responded to treatment combinations. Means marked with the same letters are not significantly different (Games-Howell test,  $p < 0.05$ ). Cuelure: one-way trap with cuelure. Torula Yeast: one-way trap with tourla yeast. Cuelure and Torula Yeast: one-way trap with cuelure and tourla yeast. McPhail trap: McPhail trap with tourla yeast.

表 2、瓜實蠅日齡對酵母錠搭配無毒克蠅香影響實驗，相同陷阱內性成熟與非性成熟瓜實蠅比較結果

Table 2 Effect of sexual maturity on the response to lure combinations

	Group <sup>a</sup>	<i>T</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Male	Y	-0.104	10	0.919
	CY	15.006	10	<0.001
	McPhail	-14.128	10	<0.001
Female	Y	1.778	10	0.106
	CY	-0.2	10	0.984
	McPhail	-2.004	10	0.073

Note. Y: one-way trap with tourla yeast. CY: one-way trap with cuelure and tourla yeast. McPhail: McPhail trap with tourla yeast

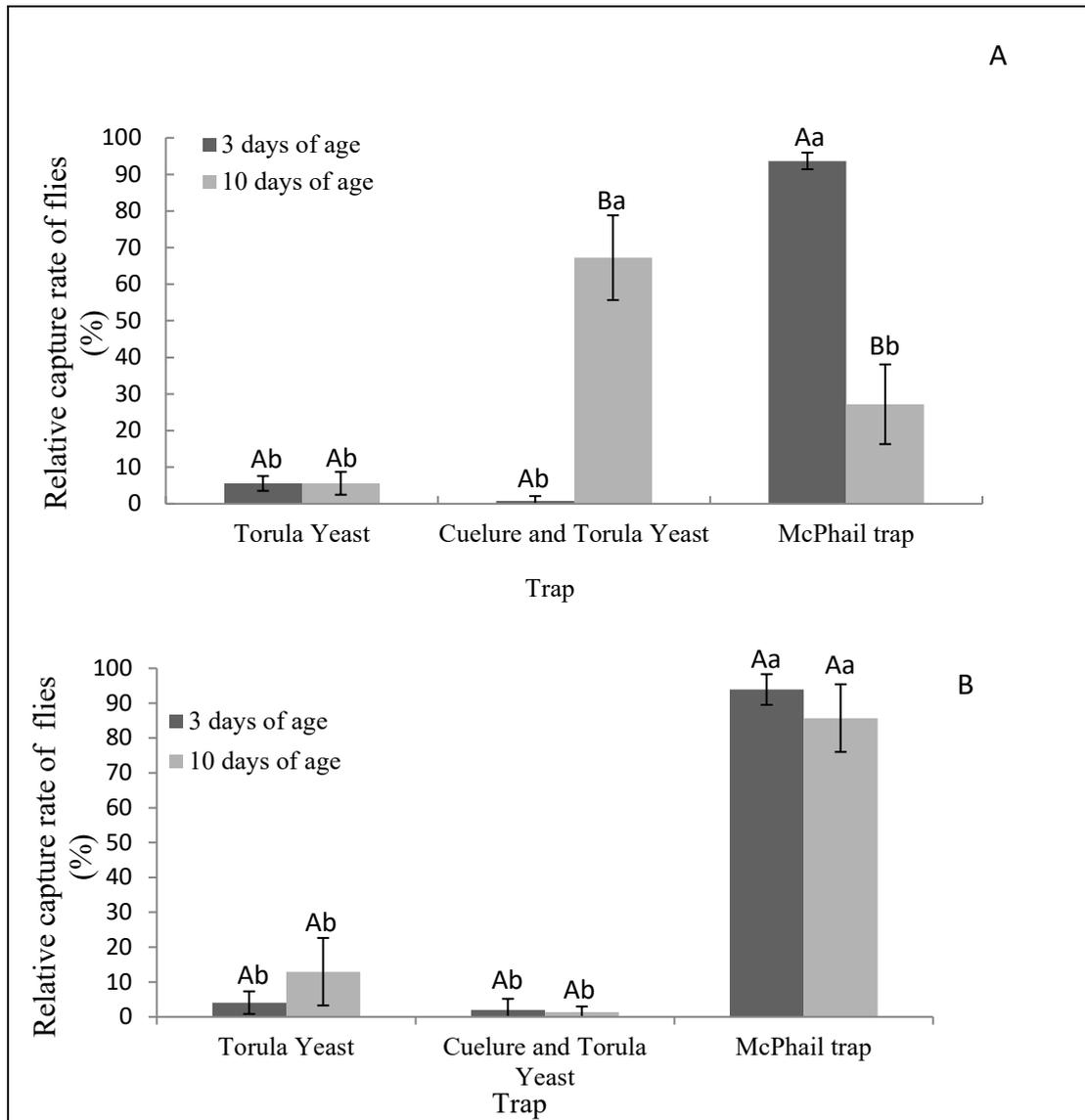


圖 3、成蟲性成熟與否受不同陷阱之誘捕影響實驗。A：雄蟲、B：雌蟲相對誘捕率。根據 Tukey HSD Test 事後多重比較 ( $p < 0.05$ ) 相同陷阱內不同日齡(以大寫字母表示)以及同日齡不同陷阱間是否有顯著差異(以小寫字母表示)。  
 Fig. 3 Mean relative capture rate (mean±SD) of *Z. cucurbitae* flies (A: male, B: female) according to sexual maturity. Uppercase letters: Comparison of the age of flies in the same trap. Lowercase letters: Comparison of different traps which flies were the same age. Means marked with the same letters are not significantly different according to Tukey's HSD test,  $p < 0.05$ . Torula Yeast: one-way trap with tourla yeast. Cuelure and Torula Yeast: one-way trap with cuelure and tourla yeast. McPhail trap: McPhail trap with tourla yeast.

#### 四、討論

##### (一) 防逃陷阱裝置測試

防逃裝置在未加上錐形離心管時，在網室實驗中對雄蟲的誘捕力比較結果顯示，搭配無毒克蠅香或是含乃力松之克蠅香兩者雖不具統計上的顯著差異，顯示以小孔設計對瓜實蠅進入陷阱並無顯著的影響。但陷阱搭配微量離心管測試結果則顯示，離心管的確具有阻止成蟲

逃逸之功能。此結果與 Hiramoto 等人 (2006) 研究所設計測試之果實蠅單向陷阱相似，其田間試驗顯示，無毒甲基丁香油搭配改良之陷阱裝置，效果優於使用毒甲基丁香油無離心管改良陷阱，添加殺蟲劑可能會影響雄性誘引物之效果，同時其結果表明具有防逃設計之陷阱搭配無毒誘引劑，的確具有做為田間果實蠅類害蟲防治工具之潛力。

##### (二) 酵母錠搭配克蠅香效果評估

網室實驗中雄蟲相對誘捕率，防逃陷阱裝置使用酵母錠搭配無毒克蠅香之誘蟲效果，顯著高於單獨使用克蠅香或酵母錠，由此可知酵母錠搭配無毒克蠅香能顯著提升性成熟雄蟲之相對誘捕率。這兩種誘引劑在果實蠅防治上為同時並用的獨立技術，但此組合使用於滅雄技術上為首次測試，本研究的網室及田間數據皆佐證以酵母錠搭配克蠅香能夠顯著提升雄蟲誘捕效率，此結果可做為未來發展新型誘引劑的重要方向。

陳 (1992) 研究中將酵母水解物和糖蜜混合 (酵母水解物：糖蜜=9:1) 做為瓜實蠅食物誘引劑，乃力松乳劑作為殺蟲劑，與克蠅混合液 (克蠅：甲基丁香油=1:9) 相互混合測試其誘引效果。其實驗結果表明食物誘引劑搭配克蠅混合液後對雌蟲效果顯著低於其單獨使用，對雄蟲則無顯著影響，兩試驗結果類似。然本試驗中以止血棉吸附克蠅香固定於上蓋，而酵母錠水溶液則盛於裝置底部，將 2 者於裝置中分開以期能避免相互影響其誘引效果，實驗結果顯示克蠅香仍影響酵母錠水溶液對雌蟲之誘引力；食物誘引劑添加克蠅會降低其對瓜實蠅之誘引效果 (Hill, 1986)，本試驗結果同樣顯示克蠅香會顯著降低酵母錠水溶液對瓜實蠅雌蟲誘引效果。

食物誘引劑中吸引瓜實蠅之成分主要為微生物及其代謝產物 (Drew and Fay, 1988)，克蠅香可能對酵母錠水溶液揮發氣味產生干擾；且雌蟲應能對克蠅香產生反應，並趨向選擇無克蠅香之處理組，如昆士蘭果實蠅 (*Bactrocera tryoni*) 雌蟲對克蠅有排斥之現象 (Bateman, 1978)。田間瓜實蠅雌蟲搜尋食物時可能會主動避開有雄性誘引物質 (克蠅) 之處，不管其為天然植物散發抑或人為設置，以避免與受克蠅吸引而聚集之雄蟲競爭生存資源，減少種內競爭；然實際作用機制則需更進一步實驗與研究。田間試驗和網室實驗結果相同，酵母錠搭配無毒克蠅香僅增加對雄蟲之誘引力，但對雌蟲誘引力具顯著抑制之現象。

### (三) 成蟲性成熟與否受不同陷阱之誘捕影響實驗

雄蟲相對誘捕率 10 日齡雄蟲以酵母錠搭配無毒克蠅香之防逃陷阱裝置最高，3 日齡則以改良式麥氏誘引器效果最佳，不同日齡間對克蠅香反應具顯著差異。而雌蟲相對誘捕率 2 組日齡皆以改良式麥氏誘引器最高，其中 3 日齡雌蟲顯著高於 10 日齡雌蟲。根據 Wong 等人 (1991) 瓜實蠅雄蟲對克蠅之反應隨日齡增加而上升，與網室實驗結果相符，10 日齡雄蟲大多被添加克蠅香之處理組所吸引，3 日齡則對克蠅香幾無反應，且多被改良式麥氏誘引器所誘捕；雌蟲則多為改良式麥氏誘引器所誘

捕。

瓜實蠅雄蟲不同日齡其生理需求不盡相同，未性成熟前多受酵母錠水溶液所吸引，以攝取高營養價值之食物完成其生理發育。而性成熟後則以增加交配優勢之克蠅所吸引。雌蟲性成熟前同樣取食酵母錠水溶液促進卵巢發育，性成熟後則為卵發育所需之能量，受酵母錠所吸引。但綜觀酵母錠搭配無毒克蠅香效果評估實驗與本實驗，改良式麥氏誘引器對雌蟲誘捕力不論性成熟於否，克蠅香是否搭配酵母錠使用，其結果皆為所有處理間最佳，防逃陷阱裝置和改良式麥氏誘引器對瓜實蠅雌蟲之誘引力存在其差異。依實驗結果及陷阱外觀推測其可能原因之一，改良式麥氏誘引器下半部為黃色，而呂 (1997) 研究顯示雌蟲對黃色有顯著之偏好，黃色部分可能增加了改良式麥氏誘引器對雌蟲之誘引力，目前設計防逃陷阱裝置無黃色部分，故後續實驗中將防逃陷阱裝置以黃色噴漆處理，以期增加對瓜實蠅雌蟲之誘捕力。

## 五、參考文獻

- [1] 呂鳳鳴 (1997)，瓜實蠅 (雙翅目；果實蠅科) 產卵之偏好性(I)寄主果實與顏色。中華昆蟲 17: 237-243。
- [2] 素木得一(1911)。台灣害蟲名錄。台灣：台灣總督府農事試驗場。1 2 3 頁。
- [3] 陳昇寬 (1992)，瓜實蠅食物誘引劑之開發。國立中興大學碩士學位論文。57 頁。
- [4] 黃毓斌 (2010)，誘引劑。145-152 頁。王清玲。作物蟲害非農藥防治資材。行政院農業委員會農業試驗所出版，台中霧峰。
- [5] 莊益源、侯豐男 (2005)，長效型果實蠅誘殺器田間試驗與效果評估。高雄區農業改良場研究彙報 第 6 卷第 1 期：51-61。
- [6] 曾義雄、吳勝信、嚴奉琰 (1980)，台灣果實蠅種類調查(一)，五種實蠅引誘劑對果實蠅種類之誘引試驗。科學發展月刊 8: 162-170。
- [7] 溫宏治 (1985)，台灣南部瓜實蠅之田間生態與誘殺研究。中華農業研究 34: 228-235。
- [8] Bateman MA. (1978). Possible chemical repellent for Queensland fruit flies. CSIRO Division of Entomology Annual Report 1977-1978. p.69.
- [9] Dhillon MK, Ram Singh, Naresh JS, Sharma HC. (2005). The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*. A review of its biology and management. J Insect

- Sci. 5: 40-55.
- [10] Drew RAI, Fay HAC. (1988). Comparison of the roles of ammonia and bacteria in the attraction of *Dacus tryoni* (Froggatt) (Queensland fruit fly) to proteinaceous suspension. J PL Prot Tropics 5: 127-130.
- [11] Fletcher BS. (1987). The biology of dacine fruit flies. Annu Rev Entomol 32: 115-144.
- [12] Henry HP, Seeverin PD, Harry C, Severin MA, William J, Hartung BS. (1914). The ravages, life history, weights of stages, natural enemies and methods of the melon fly (*Dacus Cucurbitae* Coq.). Ann Entomol Soc Am 7: 177-212.
- [13] Hill AR. (1986). Reduction in trap captures of female fruit flies (Diptera: Tephritidae) when synthetic male lures are added. J Aust Entomol 25: 211-214.
- [14] Hiramoto KM, Arita-Tsutsumi L, Jang E. (2006). Test of effectiveness of newly formulated plastic matrix with methyl eugenol for monitoring *Bactrocera dorsalis* (Hendel) populations. Proc Hawaiian Entomol Soc 38: 103-110.
- [15] Hollingsworth R, Vagalo M, Tsatsia F. (1997). Biology of melon fly, with special reference to the Solomon Islands. pp. 140-144. In: Allwood AJ, Drew RAI. Eds. Management of Fruit Flies in the Pacific. Proceedings of Australian Country Industrial Agricultural Research 76, AUS.
- [16] International Plant Protection Convention. (2018). International Standard for Phytosanitary Measures 26. Establishment of pest free areas for fruit flies (Tephritidae). pp. 57. Pub.: Food and Agriculture Organization. United Nations.
- [17] Lewis, KA., Tzilivakis, J, Warner, D and Green, A. (2016). An international database for pesticide risk assessments and management. Human Ecol Risk Assess 22(4): 1050-1064.  
DOI: 10.1080/10807039.2015.1133242
- [18] Mwatawala M, Maerere AP, Makundi R, DeMeyer M. (2010). Incidence and host range of the melon fruit fly *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera, Tephritidae) in Central Tanzania. Int J Pest Manage 56: 265-273.
- [19] Reynolds OL, Osborne T, Crisp P, Barchia IM. (2016). Specialized pheromone and lure application technology as an alternative male annihilation technique to manage *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae). J Econ Entomol 109(3):1254-1260.
- [20] Singh SV, Mishra A, Bisan RS, Malik YP, Mishra A. (2000). Host preference of red pumpkin beetle, *Aulacophora foveicollis* and melon fruit fly, *Dacus Cucurbitae*. Indian J Entomol 62: 242-246.
- [21] Steiner LF, Lee RKS. (1955). Large-area test of a male-annihilation method for oriental fruit fly control. J Econ Entomol 48: 311-317.
- [22] Steyskal GC. (1977). History and Use of the McPhail Trap. Fla Entomol 60: 11-16.
- [23] Vargas RI, Souder SK, Hoffman K, Mercogliano J, Smith TR, Hammond J, Davis BJ, Brodie M, Dripps JE. (2014). Attraction and mortality of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) to STATIC spinosad ME weathered under operational conditions in California and Florida: A reduced-risk male annihilation treatment. J Econ Entomol 107(4):1362-1369.
- [24] Vargas RI, Piñero JC, Luc Leblanc. (2015). An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biology approaches for their management with a focus on the Pacific region. Insects 6: 297-318.
- [25] White IM, Elson-Harries MM. (1992). Fruit flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. CABI International: Wallingford, UK. 601 pp.
- [26] White IM. (1998). Tephritid Flies Diptera: Tephritidae. British Museum (Natural History), London, UK. 138 pp.
- [27] Wong TTY, McInnis DO, Ramadan MM, Nishimoto JI. (1991). Age-related response of male melon flies *Dacus cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) to cue-lure. J Chem Ecol 17: 1481-

1487.

---

2020 年 12 月 02 日 收稿

2021 年 02 月 20 日 修正

2021 年 03 月 15 日 接受