



蓮霧花揮發物對果實造癟 *Anselmella* 小蜂（膜翅目：紬小蜂科）的誘引偏好 初探

林鈺淳^{1,2}、林聖豐^{1,3*}、廖一璋⁴、楊曼妙^{1*}

¹ 國立中興大學昆蟲學系 40227 台中市南區興大路 145 號

² 國立臺灣大學昆蟲學系 10617 台北市大安區羅斯福路四段 1 號

³ 國立自然科學博物館生物學組 台中市北區 404023 館前路 1 號

⁴ 加州大學河濱分校昆蟲學系 92521 加州河濱市沃特金斯大道 3401 號

* 通訊作者 email: sflin654@gmail.com (林聖豐)、mmy.letsgall@gmail.com (楊曼妙)

收件日期：2023 年 1 月 15 日 接受日期：2024 年 2 月 15 日 線上刊登日期：2024 年 3 月 1 日

摘要

台灣蓮霧於 2005 年出口檢疫首次被查核到近似米爾頓紬小蜂物種 *Anselmella cf. miltoni*。該害蟲於蓮霧花期產卵，並刺激果實胚珠形成類似種子般的蟲癟，待個體發育完成並羽化離開果實時，使果實留下孔道，不僅影響商品價值，更被視為台灣蓮霧出口之檢疫害蟲，危及外銷收益，導致重大經濟損失。為提供多元且發展合適的防治策略，本實驗利用固相微量萃取裝置 (Solid-phase micro-extraction, SPME) 與氣相層析質譜儀 (Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 分析寄主花的揮發物組成，並從中選用可作為誘引 *A. cf. miltoni* 成蟲之成分，再以此成分之化合物測試其對雌蟲的誘引效力。蓮霧三品種花的氣味分析顯示具 β -Caryophyllene 與 Cyclohexa-1,3-diene 成分，進一步測試 *A. cf. miltoni* 雌蟲對其合成化合物之偏好，結果顯示 β -Caryophyllene 對雌蟲的吸引力顯著高於對照組 (空氣)、南洋種蓮霧花和蒲桃花；但 Cyclohexa-1,3-diene 對雌蟲的吸引力僅顯著高於對照組 (空氣)。本研究以具吸引潛力之化合物單品及寄主花的揮發物作為其對 *A. cf. miltoni* 雌蟲的氣味誘引初探，未來可進一步於田間實際測試其誘引力，亦可同時搭配黏蟲板，發展田間誘引裝置，降低其對蓮霧的危害。

關鍵詞：造癟昆蟲、Y 型管裝置、氣味分析、氣味誘引。

前言

於台灣蓮霧 (*Syzygium samarangens* (Blume) Merr. & L.M. Perry) 果實造癟的棒角紬小蜂屬 (*Anselmella* Girault) 害蟲，為膜翅目紬小蜂科 (Eulophidae) 物種，該屬幼蟲取食桃金娘科 (Myrtaceae) 赤楠屬 (*Syzygium* R.Br. ex Gaertn.)

植物，於種子部位形成蟲癟或直接取食種子 (Girault, 1926; Xiao et al., 2006; Juniper and Britton, 2010; Jayanthi et al., 2019; Reghunath and Raju, 2020)。Huang et al. (2008) 檢出台灣外銷的蓮霧果品中，具有造癟危害特性之棒角紬小蜂物種，並鑑定其為往昔僅分布於澳洲的米爾頓紬小蜂 *Anselmella miltoni* Girault。然 Lin et al.

(2018a) 及小蜂分類專家 (Gates and Matsuo, personal communication) 指出於台灣蓮霧造癟之棒角軸小蜂可能與 *A. miltoni* 為不同物種，其分類爭議有待比對澳洲原產的米爾頓軸小蜂之模式標本，方能進一步釐清。在物種尚未確認之際，本文以 *Anselmella cf. miltoni* (近似蓮霧米爾頓軸小蜂) 方式稱之。

台灣蓮霧於 2022 年 1 至 11 月止之外銷產值高達 5.3 億新台幣 (COA, 2022)，為降低蓮霧外銷產業之損失，掌握台灣之棒角軸小蜂 *A. cf. miltoni* 的生物學資訊以研擬完善的因應策略，成為必要的環節。Yang and Lin (2016) 概述 *A. cf. miltoni* 於台灣的發生、寄主資訊 (蓮霧及蒲桃) 及個體發育。Lin et al. (2018a) 近一步提供 *A. cf. miltoni* 在寄主蓮霧之蟲癟發育時機、個體生活史、園間發生狀況及成蟲存活天數；Lin et al. (2018b) 測試 *A. cf. miltoni* 在蓮霧三品種及蒲桃 (*Syzygium jambos*) 之產卵行為偏好，結果指出四種寄主的花對於雌蟲之吸引力不同，蒲桃 > 蓮霧南洋種 (Pink variety) > 蓮霧印尼種 (Indonesia-Big-Fruit variety) > 蓮霧泰國種 (Thub Thim Chan variety)，故可藉由花氣味的組成差異，來尋找合適的誘引物質；Chung and Yang (2019) 記錄 *A. cf. miltoni* 造癟於蒲桃 (香果) 之蟲癟中所發現的兩種天敵寄生蜂，然新羽化天敵寄生蜂從果實離開時，也會造成羽化孔道，影響蓮霧果品及價值，恐不適合做為發展防治策略之一環。從化學防治考量，*A. cf. miltoni* 於果實內之蟲癟發育 (Lin et al., 2018a)，系統性及接觸性藥劑的效用在作物傳輸過程或噴灑過程恐被稀釋或無法觸及害蟲，難以準確抑制害蟲族群，或需較高劑量以達防治效果，恐不符合目前藥劑減半及環境保護政策。綜上，藉由花的氣味組成來發展害蟲之誘引物質，即成為藥劑防治之外，較為友善的防治選項。

Lin et al. (2018b) 指出由於香果及不同蓮霧品種之花的氣味對 *A. cf. miltoni* 之吸引力有別，故也反映花的氣味為雌蟲選擇產卵之最關鍵因素。本研究進一步探討花的揮發物對 *A. cf. miltoni* 之寄主選擇的影響，先以固相微量萃取裝置 (Solid-phase micro-extraction, SPME) 與氣相層析質譜儀 (Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 分析寄主花的揮發物組成，評估具有誘引潛力的化合物。再以合成化合物 (單一主成分) 試劑進行雌蟲 Y 型管實驗，期能以此初探成果，挑選對 *A. cf. miltoni* 具高誘引力之試劑，以進一步配合其綜合蟲害管理 (integrated pest management, IPM) 發

展，達到防治效益。

材料與方法

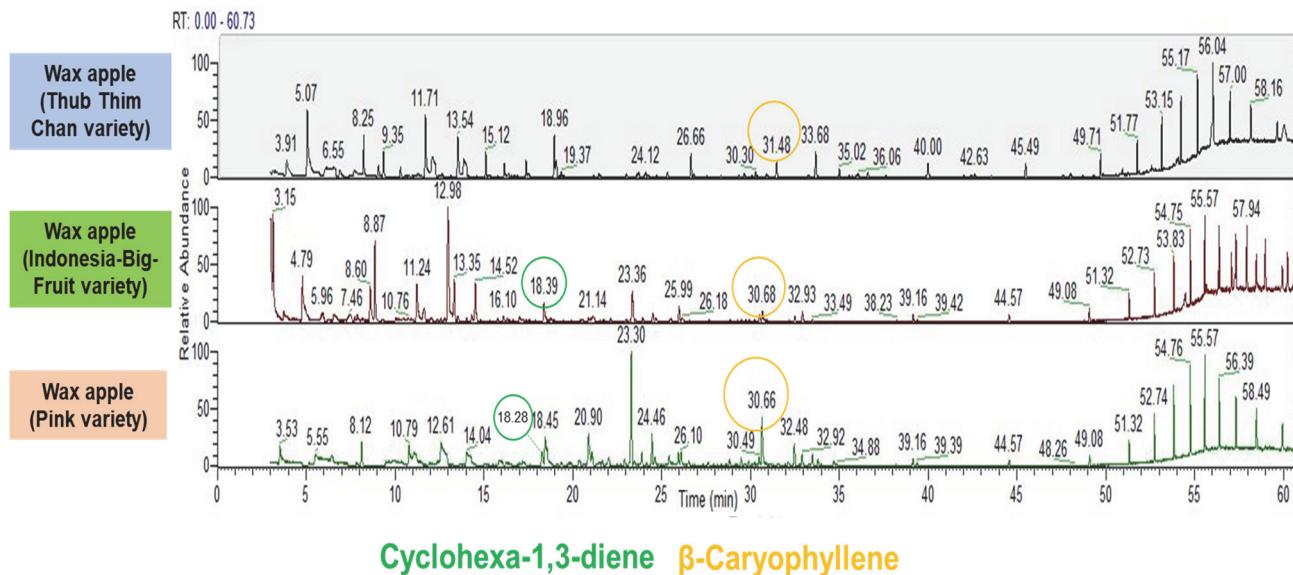
一、研究材料

實驗所需之 *A. cf. miltoni* 雌蟲採自台中市霧峰區 (24.019879°N, 120.693709°E)、南投縣竹山鎮 (23.714340°N, 120.697176°E)、屏東縣內埔鄉 (22.648266°N, 120.606578°E) 的受害蒲桃與南投縣竹山鎮 (23.716449°N, 120.683642°E) 的受害蓮霧，將受害樣果放置於透明觀察箱中，靜置於室溫下等待成蟲羽化鑽出，再選取交配後的雌蟲進行測試。

蓮霧花朵以主要出口的蓮霧三個品種 (南洋種、印尼種、泰國種) 與在先前測試中顯示偏好程度高的蒲桃進行實驗 (Lin et al., 2018b)。三品種蓮霧花採集自南投縣竹山鎮 (23.716449°N, 120.683642°E) 與南投縣信義鄉 (23.623288°N, 120.887327°E)，蒲桃花採集自台中市南區 (24.120807°N, 120.673670°E)、台中市霧峰區 (24.019879°N, 120.693709°E) 與南投縣竹山鎮 (23.714340°N, 120.697176°E)，以高枝剪剪下含花的枝條，修剪多餘枝葉後密封於夾鏈袋中維持新鮮度。

二、蒲桃與三品種蓮霧花的揮發物分析

利用固相微量萃取裝置 (SPME Fiber Assembly 75 μm CAR/PDMS, Fused Silica 24Ga, Manual Holder, USA) 分別吸附南洋種蓮霧花、印尼種蓮霧花、泰國種蓮霧花之揮發物。將 1 朵盛花期的花放置於 250 ml 錐形瓶內，並以封口膜密封，吸附時將萃取頭鞘中的吸附端旋轉推出以吸附花的揮發物，吸附時間為 40 min。以氣相層析質譜儀 (GC-MS) (Thermo Fisher Scientific, USA) 分析氣味組成，使用之毛細管柱型號為 DB-5 (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)，以氮氣為載送氣體，分析起始溫度為 45°C，持續 3 min，後以每分鐘增加 3°C，持續 45 min，至溫度達 180°C，再以每分鐘加熱 13 °C，持續 7.7 min，至溫度達 280°C，最後在 280°C 下維持 5 min，使用完畢的探針會於烤箱 (Steri 350, Swiss) 中以 200°C 烘烤 20 min，以去除上面的吸附成分。分析結果經 NIST 資料庫 (National Institute of Standard and Technology, NIST) 自動檢索以獲得初步鑑定結果，並以標準品計算 KI 值 (Kovat's index)，再根據質譜圖、KI 值與相關文獻



Cyclohexa-1,3-diene β -Caryophyllene

圖一 蓮霧 (*Syzygium samarangense*) 之三個品種的花之氣味組成。

Fig. 1. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) profile showing compounds of volatiles emitted by three varieties of wax apple (*Syzygium samarangense*).

的比對，進一步確認各寄主花的揮發物質。

三、花的揮發物成分之化合物偏好

就花的揮發物成分分析結果，選擇對昆蟲具有吸引力的成分進行偏好測試，經篩選用於測試的成分有 β -Caryophyllene (Sigma-Aldrich, Germany) (Li *et al.*, 1992; Sasso *et al.*, 2009) 與 Cyclohexa-1,3-diene (Sigma-Aldrich, Germany) (Guo *et al.*, 2012)。選擇兩種成分之化合物 (β -Caryophyllene 與 Cyclohexa-1,3-diene) 及兩高受害植物寄主 (南洋種蓮霧及蒲桃) 進行測試。試驗之南洋種蓮霧花取自南投縣竹山鎮 (23.716449°N, 120.683642°E)；蒲桃花取自於台中市南區 (24.120807°N, 120.673670°E)、台中市霧峰區 (24.019879°N, 120.693709°E) 與南投縣竹山鎮 (23.714340°N, 120.697176°E)。為確保花的時期及定量其揮發，每次測試僅使用盛花期的 1 朵花，且於花朵採樣後 12~24 h 內進行試驗。誘引試劑 β -Caryophyllene 與 Cyclohexa-1,3-diene 之純度分為 98.5% 及 97%，以 3 ml 試劑滴於邊長 5 cm 的紙纖化妝棉片，再將棉片放置於錐形瓶中。偏好測試組合分別為 (1) β -Caryophyllene 與未含任何成分的對照組 (空氣組)、(2) β -Caryophyllene 與南洋種蓮霧花組、(3) β -Caryophyllene 與蒲桃花組、(4) Cyclohexa-1,3-diene 與空氣組 (5) Cyclohexa-1,3-diene 與南洋種蓮霧花組、(6) Cyclohexa-1,3-diene 與蒲桃花組。

選擇偏好之實驗流程參照 Lin *et al.* (2018b) 之

Y 型管實驗測試 (Koschier *et al.*, 2000; Lin *et al.*, 2017, 2018b)，以管徑長 10 cm、管內徑寬 1.5 cm、夾角 120 度之 Y 形玻璃管進行選擇測試。Y 型管受測兩端分置入上述測試組別，另從非測試端開口放進一隻已交配之 *A. cf. miltoni* 雌蟲，當雌蟲走至分岔處其中一氣味端時，即判定為首次選擇，後續持續觀察個體停留在兩氣味端之時間，觀察時間為 20 min，若經過 20 min 都沒有進入任一氣味端分支，則記錄為無選擇，停留時間則記錄為 0。每一組別測試 20 隻，總計測試 120 隻。每次試驗前都先以 70% 酒精及清水沖洗 Y 型管，風乾後再進行實驗，以免干擾後續實驗。

四、統計分析

測試結果以統計軟體 PAST 3.06 (Hammer *et al.*, 2001) 進行統計檢定，雙重選擇結果以卡方分析進行，顯著水平設定為 0.05。

結 果

一、三品種蓮霧花的揮發物分析

花的揮發物分析結果顯示，南洋種蓮霧花的揮發物含 41 種成分，印尼種蓮霧花含 19 種成分，泰國種蓮霧花含 10 種成分。能歸類為為萜稀類 (單萜稀類、倍半萜稀類)、醇類 (單萜醇類)、酚類、酯類 (單萜酯類)、胺基酸衍生物等類 (圖一，表一)，進一步搜尋相關研究文獻 (Li *et al.*, 1992; Sasso *et al.*,

表一 蓮霧 (*Syzygium samarangense*) 三品種花之揮發物組成Table 1. Flower volatile composition of three varieties of wax apple (*Syzygium samarangense*)

Wax apple (Thub Thim Chan variety)		
Time	KI	Chemical Compound
1 9.35	418	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene,2-methyl-5-(1-methylethyl)-
2 10.32	472	Acetic acid
3 13.54	525	Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-
4 15.12	599	3-Carene
5 17.39	693	Methanethione, (2,5-dimethylphenyl)-(2,4,6-trimethylphenyl)-S-oxide
6 24.12	812	Benzene,1,3-bis(1,1-dimethylethyl)-
7 25.34	860	Stearic acid,3-(octadecyloxy)propyl ester
8 30.3	990	1[3H]-Isobenzofuranone,6-(dimethylamino)-3,3-bis[4-(dimethylamino)phenyl]-
9 31.48	1033	Caryophyllene
10 35.02	1115	Butylated Hydroxytoluene

Wax apple (Indonesia-Big-Fruit variety)		
Time	KI	Chemical Compound
1 8.87	390	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene,2,6,6-trimethyl
2 12.98	496	Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)
3 13.56	526	1-(1-Adamantyl)ethanonep-toluenesulfonylhyrazone
4 14.33	563	2,4,6,8-Tetramethyl-1-undecene
5 14.52	572	3-Carene
6 16.1	641	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)
7 17.02	592	Benzaldehyde, 2,5-bis[(trimethylsilyl)oxy]
8 18.75	670	1-Hydroxymethyl-2-methyl-1-cyclohexene
9 21.02	763	4,4a,5,6-Tetrahydro-2(3H)-naphthalenone
10 21.14	685	Oxalic acid, allyl nonyl ester
11 21.23	689	Bicyclo[6.1.0]nona-2,4,6-trien-9-yl methyl ether
12 23.36	781	Benzene, 1,3-bis(1,1-dimethylethyl)
13 24.5	827	Oxalic acid, allyl nonyl ester
14 26.18	826	Benzocycloheptatriene
15 30.5	937	Di-epi-cedrene
16 30.68	945	Bicyclo[2.2.1]heptane, 2-cyclopropylidene-1,7,7-trimethyl
17 32.51	1020	Acetic acid, 2,6,6-trimethyl-3-methylene-7(3-oxobutylidene)oxepan-2-yl ester
18 32.93	1036	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl
19 39.16	1163	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl

Wax apple (Pink variety)		
Time	KI	Chemical Compound
1 9.51	951	1-Diisopropylsilyloxy-2-phenylethane
2 9.65	955	1-Hepten-5-yne, 2-methyl-3-methylene
3 9.88	960	1,3,5-Cycloheptatriene, 7,7-dimethyl
4 10.36	971	Benzene, (1-methylethyl)
5 12.61	1020	1,3,5-Cycloheptatriene, 3,7,7-trimethyl
6 14.04	1052	Oxalic acid, allyl nonyl ester
7 15.92	1090	Benzene, 1-butenyl-, (E)-
8 16.25	1096	Oxalic acid, allyl nonyl ester
9 17.18	1117	1,3,8-p-Methatriene
10 18.45	1146	5H-1-Pyrindine
11 19.35	1165	Oxalic acid, cyclobutyl dodecyl ester
12 19.87	1176	Hexadecane, 1-chloro
13 20.9	1196	Methyl salicylate
14 20.36	1185	1H-Indene, 1-methylene
15 21.8	1216	1-Iodo-2-methylundecane
16 21.47	1209	1-Hexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)
17 21.65	1213	Silane, trichlorodocosyl
18 22.03	1222	N-Methyl-2-hydroxy-4-phenyl-3-butenamide
19 22.93	1243	Decane, 2,3,5,8-tetramethyl
20 23.3	1251	Benzene, 1,4-bis(1,1-dimethylethyl)
21 23.47	1255	1-Nonene, 4,6,8-trimethyl
22 23.89	1264	Oxalic acid, 6-ethyloct-3-yl isohexyl ester

表一 蓮霧 (*Syzygium samarangense*) 三品種花之揮發物組成 (續)
Table 1. Flower volatile composition of three varieties of wax apple (*Syzygium samarangense*) (continued)

Time	KI	Chemical Compound
23 24.46	1276	Decane, 2,3,5,8-tetramethyl
24 24.61	1279	1,5,6,7-Tetramethylbicyclo[3.2.0]hepta-2,6-diene
25 25.45	1297	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene
26 26.54	1323	Chloroacetic acid, heptyl ester
27 27.63	1349	1-Hydroxy-3-methoxy-6-methylanthraquinine
28 28.84	1376	Bicyclo[4.1.0]-3-heptene, 2-isopropenyl-5-isopropyl-7,7-dimethyl
29 29.49	1391	Elemene
30 29.91	1400	Benzene propanal, 3-(1,1-dimethylethyl)-methyl
31 30.49	1415	Di-epi-cedrene
32 30.66	1419	Caryophyllene
33 30.89	1425	Naphthalene, 2,3-dimethyl
34 32.15	1456	Benzene, 2,4-cyclohexadien-1-yl
35 32.48	1464	2,5-Cyclohexadiene-1,4-dione, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)
36 32.92	1475	Cycloheptasiloxane, tetradecamethyl
37 33.49	1488	Aromadendrene
38 33.81	1496	1H-Cyclopropa[a]naphthalene, 1a,2,3,3a,4,5,6,7b-octahydro-1,1,3a,7-tetramethyl
39 34.7	1519	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)
40 39.16	1637	Cyclooctasiloxane, hexadecamethyl
41 39.39	1643	Erythro-9,10-dihydroxyoctadecanoic acid

2009; Guo *et al.*, 2012), 挑選對許多昆蟲具有吸引力之 β -Caryophyllene 與 Cyclohexa-1,3-diene 進行後續偏好測試。

二、花的揮發物成分之偏好

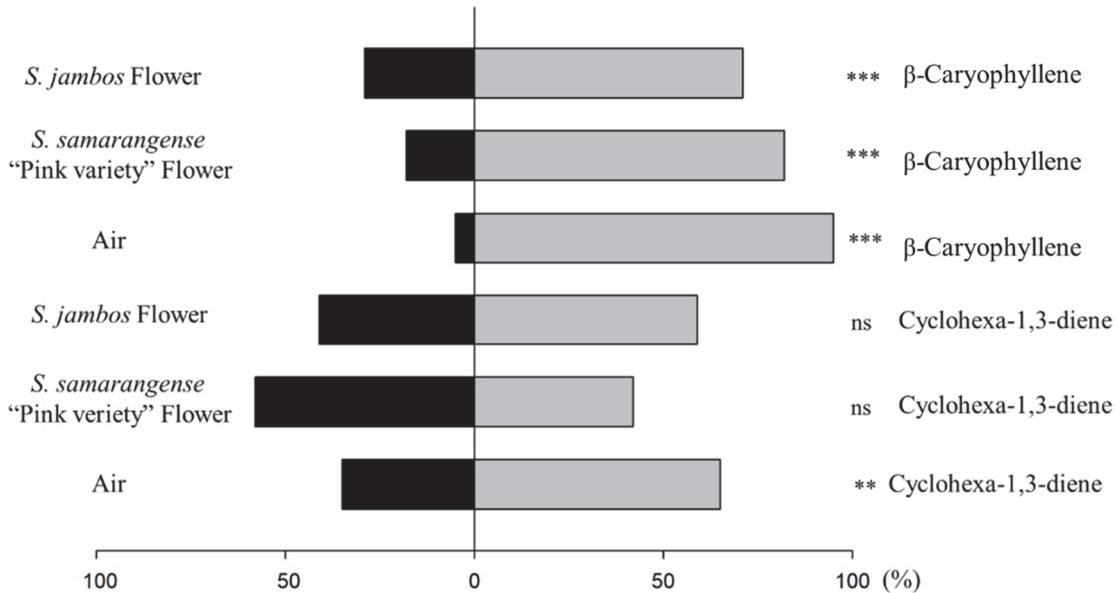
共計完成 6 組，每組包含 20 隻雌蟲首次選擇的偏好實驗，雌蟲於 β -Caryophyllene/空氣組的比率為 95% : 5% (N = 20)、於 β -Caryophyllene/南洋種蓮霧花組為 82% : 18% (N = 17)、於 β -Caryophyllene/蒲桃花組為 71% : 28% (N = 14)，均具極顯著差異 ($P < 0.001$ ，圖二)。雌蟲於 Cyclohexa-1,3-diene/空氣組為 65% : 35% (N = 20)，兩者具顯著差異 ($P < 0.01$)，於 Cyclohexa-1,3-diene/南洋種蓮霧花組及為 Cyclohexa-1,3-diene/蒲桃花組分別為 42% : 58% (N = 19) 及 59% : 41% (N = 17)，均不具顯著差異。

雌蟲於 20 min 內滯留試驗顯示，在 β -Caryophyllene/空氣組及 β -Caryophyllene/南洋種蓮霧花氣味端的時間分別為 887.4 ± 172.8 sec/192.1 ± 98.3 sec (N = 20) 及 521.6 ± 217.9 sec/216.1 ± 113.3 sec (N = 17)，具極顯著差異 ($P < 0.001$ ，圖三)， β -Caryophyllene/蒲桃花器氣味端的時間 (367.4 ± 125.9 sec/264.2 ± 106.7 sec; N = 14) 則無顯著差異。雌蟲於 Cyclohexa-1,3-diene/空氣組之停留時間具顯著差異 (439.8 ± 145.5 sec/254.4 ± 118.6 sec, N = 20, $P < 0.05$ ，圖三)，在

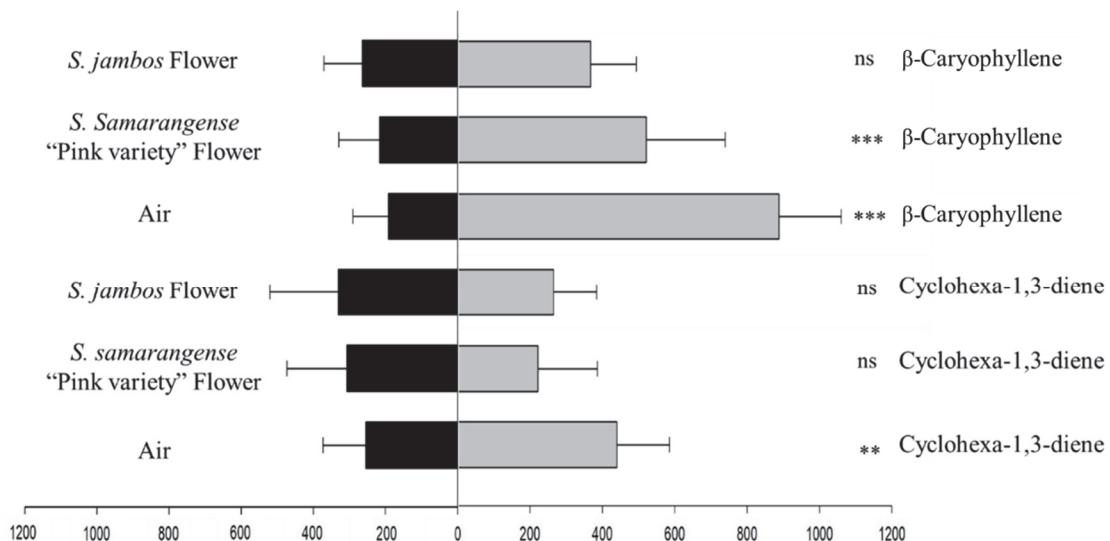
Cyclohexa-1,3-diene/南洋種蓮霧花 (221.8 ± 164.6 sec/307.5 ± 165.7 sec, N = 19) 及 Cyclohexa-1,3-diene/蒲桃花 (264.9 ± 119.2 sec/331.3 ± 189.3 sec, N = 17) 兩組內之停留時間則無顯著差異。

討 論

花的氣味是由揮發性化合物產生，這些氣味成分使昆蟲得以辨識其寄主植物並成功進行取食或產卵行為 (Gundappa *et al.*, 2016)。Luo *et al.* (2015) 顯示義大利蜂 (*Apis mellifera L.*) 可區辨兩種均為黃色且外型相似的油菜花，且對其中一種的花朵具顯著的訪花偏好性與氣味偏好性。Yang *et al.* (2018) 指出綠盲椿 *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) 對茶樹 *Camellia sinensis* (L.) Kuntze 不同品種的危害程度，會受品種氣味組成與環境因子差異而影響，其危害程度和新葉芽之乙醇含量呈正相關，然與萜烯醇類 (terpenoid) 含量則呈負相關。另如 Malo *et al.* (2012) 顯示西印度果實蠅 *Anastrepha obliqua* Macquart 對芒果三品種的果實危害率有所差異，Coche 品種受害的程度比起 Ataulfo 品種與 Amate 品種要高，進一步分析顯示三者果實氣味成分組成不相同，Coche 品種之主要成分為 3-Carene、 β -Selinene、Terpinolene 與 Limonene；Ataulfo 品種之主要成分為 3-Carene、 β -Selinene、



圖二 *Anselmella cf. miltoni* 花的氣味偏好之首次選擇。(Chi-square test **= $P < 0.05$, ***= $P < 0.001$, ns = not significant)
Fig. 2. The odor preference of the initial choice of *Anselmella cf. miltoni*. (Chi-square test **= $P < 0.05$, ***= $P < 0.001$, ns = not significant)



圖三 *Anselmella cf. miltoni* 雌蟲 20 min 測試時間內停留於 Y 型管各氣味端之時間 (sec)。(Chi-square test **= $P < 0.05$, ***= $P < 0.001$, ns = not significant)

Fig. 3. Stay duration (sec.) of *Anselmella cf. miltoni* females on the side of the Y-tube with specific odor within twenty minutes of the test. (Chi-square test **= $P < 0.05$, ***= $P < 0.001$, ns = not significant)

Terpinolene 與 α -Pinene ; Amate 品種之主要成分為 Myrcene、 α -Pinene、 β -Selinene 與 trans- β -Ocimene。於本研究體系中，*A. cf. miltoni* 的三種蓮霧品種之花的揮發物組成不盡相同，其中各成分的濃度高低或是揮發性組成比例可能是導致危害差異的關鍵因素之一。

誘引氣味的發展及使用，常視不同研究系統而有所差異。 β -Caryophyllene 常見於許多昆蟲與氣味

的研究案例，如 Hwang et al. (2002) 顯示其為番石榴果實誘引的東方果實蠅的重要氣味成分之一；Gundappa et al. (2016) 發現其為芒果葉蟬 *Idioscopus nitidulus* (Walker) 對芒果花氣味的吸引重要成分之一；另於 Li et al. (1992) 指出小繭蜂科的寄生蜂 *Microplitis croceipes* (Cresson) 能藉此成分搜尋寄主植物的位置，進一步找到寄生對象；Sasso et al. (2009) 顯示此成分能刺激膜翅目小繭

蜂科寄生蜂 *Aphidius ervi* (Ervi) 的觸角電位反應，在氣味偏好測試中也具有吸引力。另如 Cyclohexa-1,3-diene, Guo et al. (2012) 指出此組成主要發生在荔枝細蛾 *Conopomorpha litchiella* Bradley 危害的荔枝品系 *Litchi chinensis* Sonn., 推測其對荔枝細蛾有潛在吸引力。本研究顯示 β -Caryophyllene 與空氣、南洋種蓮霧花和蒲桃花相比，在首次選擇比例中對雌蟲有顯著吸引力，在 20 min 內的停留時間也顯著長於在空氣端和南洋種蓮霧花氣味端的停留時間，顯示其具有潛力作為田間誘引試劑。

過去研究已有許多案例相關於氣味做為防治策略，如利用植物揮發性成分(乙酸丙酯、乙酸異丁酯)加上賜諾殺與蛋白質水解物，可用於誘殺東方果實蠅 (Dong and Chen, 2015)，或是以利用帶有蘋果氣味之圓球能有效吸引蘋果果實蠅 (*Rhagoletis pomonella* (Walsh))，其效力為不具氣味圓球的五倍，可應用於田間作為監測或防治用途 (Reissig et al., 1982, 1985)。本研究分析 *A. cf. miltoni* 之寄主植物花朵的氣味組成，並經測試顯示 β -Caryophyllene 具有作為誘引劑的潛力，但於實際操作上仍有需克服之處，如揮發性成分滴於棉片上，難以控制揮發速率，其速率可能也與鮮花氣味之揮發速率有差異，造成氣味誘引劑效果低於鮮花，若使用的用量太低可能使昆蟲無法偵測，用量太高也可能對昆蟲產生忌避作用，反而失去誘引效果 (Biasazin et al., 2014)。另須注意的是，使用氣味誘引的同時，也可能吸引了大量的非目標生物 (Yee et al., 2005, 2014)，這些都是未來進行田間測試時，需要觀察與進一步改良的部分。

綜上，本研究針對 *A. cf. miltoni* 雌蟲於寄主花的揮發物誘引進行初探，以 SPME 及 GC-MS 分析，確認 β -Caryophyllene 為具吸引力之化合物，顯示其具有發展防治的潛力，未來不僅可搭配黏蟲紙等材料，開發為田間氣味誘引裝置，亦可配合其他防治策略應用，期能降低 *A. cf. miltoni* 對蓮霧及其產業的危害。

誌謝

本研究承防檢局委託計畫之經費補助（強化植物有害生物防範措施，計畫編號：103-救助調整-檢-01、104-救助調整-檢-01(2)、105-救助調整-檢-02、106-救助調整-檢-03(2)、108-救助調整-檢-03(Z)）。感謝王升陽教授（中興大學森林學系）研究室於化學氣味分析的器材提供與技術協助；感謝林裕哲、邱

俊禕、賴保成、林振睿、鍾權承、趙宜閔、黃偉哲、陳嘉軒、張瑄及謝侑廷於野外調查協助及初期試驗設計之建議；感謝石憲宗博士（農試所應用動物組）協助申請霧峰香果園之調查許可。

引用文獻

- Biasazin TD, Karlsson MF, Hillbur Y, Dekker T.** 2014. Identification of host blends that attract the African invasive fruit fly, *Bactrocera invadens*. J Chem Ecol 40: 996-976. doi: 10.1007/s10886-014-0501-6
- Chung CC, Yang MM.** 2019. Introduciton of parasitoids of *Anselmella miltoni* (Hymenoptera: Eulophidae). Miaoli District Agricultural Special News 88: 14-16. (in Chinese)
- COA (Council of Agriculture, Executive Yuan).** System for agricultural statistics. http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/main_tenance/Announce.aspx. Accessed 26 Dec 2022. (in Chinese)
- Dong YJ, Chen CC.** 2015. Evaluation of plant volatile bait in trapping oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*). J Taiwan Agric Res 64: 330-335. doi: 10.6156/JTAR/2015.06404. 07
- Girault A.** 1926. New pests from Australia II. Private publication, Brisbane.
- Gundappa, Kamala Jayanthi PD, Ravindra MA, Vivek K, Ravindra KV, Bhaktavatsalam N, Abraham V.** 2016. Behavioral and electrophysiological responses of mango hopper, *Idioscopus nitidulus* (Hemiptera: Cicadellidae) to host cues. Pest Manag Hortic Ecosyst 22: 118-122.
- Guo YH, Ye HJ, Gu WX.** 2012. Analysis of volatiles of sprouts in 4 varieties of litchi by HS-SDME/AMDIS. GAS 15: 112-115.
- Hammer Ø, Harper D, Ryan P.** 2001. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Accessed 15 Oct 2017

- Huang PY, Lin LL, Ye ZQ, Xu M, Wu Y.** 2008. *Anselmella miltoni* on wax apple exported from Taiwan. Plant Quarantine 22: 178-179. (in Chinese)
- Hwang JS, Yen YP, Chang MC, Liu CY.** 2002. Extraction and identification of volatile compounds of guava fruits and their attraction to oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. Plant Prot Bull 44: 279-302. (in Chinese)
- Jayanthi PD, Subramoniam A, Rekha A, Mala BR.** 2019. Eulophid seed borer, *Anselmella kerrichi* (Narayanan et al.; Hymenoptera), an emerging pest of jamun. Curr Sci 117: 922-924.
- Juniper PA, Britton DR.** 2010. Insects associated with the fruit of *Syzygium paniculatum* (magenta lillypilly) and *Syzygium austral* (brush cherry). Aust J Entomol 49: 296-303. doi: 10.1111/j.1440-6055.2010.00767.x
- Koschier EH, Kogel WJD, Visser JH.** 2000. Assessing the attractiveness of volatile plant compounds to western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. J Chem Ecol 26: 2643-2655. doi: 10.1023/A:1026470122171
- Li YS, Dickens JC, Steiner WWM.** 1992. Antennal olfactory responsiveness of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) to cotton plant volatiles. J Chem Ecol 18: 1761-1773. doi: 10.1007/BF02751101
- Lin JJ, Yuan CY, Liang WJ, Jhuang YU, Wun HJ, Lai MR, Chen YC, Jiang MY, Cai SF.** 2004. Illustration of plant protection: the protection of wax apple. (in Chinese)
- Lin JH, Hsieh MC, Lu CT, Lee MC, Chang CY, Lou CW.** 2017. A study on the repellent efficacy of essential oils against *Forcipomyia Taiwana*. 2017 Asia-Pacific Engineering and Technology Conference; 2017 May 25-26; Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 1829-1834. doi: 10.12783/dtetr/apetc2017/11389
- Lin YC, Liao YC, Yang MM.** 2018a. Biology of gall-inducing species of *Anselmella miltoni* (Hymenoptera: Eulophidae) within the fruits of *Syzygium samarangense* (Myrtaceae). Formosan Entomol 38: 56-68. (in Chinese) doi: 10.6662/TESFE.2018019
- Lin YC, Liao YC, Lin YC, Yang MM.** 2018b. Oviposition behavior and preference of *Anselmella miltoni* (Hymenoptera: Eulophidae) to different varieties of wax apple (*Syzygium samarangense*) and rose apple (*S. jambos*). Formosan Entomol 38: 73-83. (in Chinese) doi: 10.6662/TESFE.2018008
- Luo WH, Cheng S, Cao L, Shao YQ, Zhang XF, Gao LJ, Guo J, Dai RG, Wang RS, Liu JL.** 2015. Preference of *Apis mellifera ligustica* to flower odours of two rapes (*Brassica napus* cv. Shengli and *B. Juncea* cv. Mawei). Acta Entomologica Sinica 58: 665-672. (in Chinese)
- Malo EA, Gallegos-Torres I, Toledo J, Valle-Mora J, Rojas JC.** 2011. Attraction of west Indian fruit fly to mango fruit volatiles. Entomol Exp Appl 142: 45-52. doi: 10.1111/j.1570-7458.2011.01200.x
- Regghunath A, Raju R.** 2020. *Anselmella Kerrichi* – a new pest on the reproductive reduction of an endangered tree (*Syzygium parameswaranii*) of semi-evergreen forests of the Western Ghats, India. Trees, Forests and People 2: 100017. doi: 10.1016/j.tfp.2020.100017
- Reissig WH, Fein BL, Roelofs WL.** 1982. Field tests of synthetic apple volatiles as apple maggot attractants. Environ Entomol 11: 1294-1298.
- Reissig WH, Stanley BH, Roelofs WL, Schwarz MR.** 1985. Tests of synthetic apple volatiles in traps as attractants for apple maggot flies (Diptera: Tephritidae) in commercial apple orchards. Environ Entomol 14: 55-59. doi: 10.1093/ee/14.1.55
- Sasso R, Iodice L, Woodcock CM, Pickett JA, Guerrieri E.** 2009. Electrophysiological and behavioural responses of *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae) to tomato plant

- volatiles. Chemoecology 19: 195-201. doi: 10.1007/s00049-009-0023-9
- Xiao H, Xu LN, Huang DW, Zhao ZY.** 2006. *Anselmella malacia*, a new pest wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) reared from *Syzygium samarangense* in Malaysia. Phytoparasitica 34: 261-264. doi: 10.1007/BF02980953
- Yang MM, Lin YC.** 2016. *Anselmella miltoni*, a new pest wasp on wax apple. J NCHU Agric 99: 2-11. (in Chinese)
- Yang C, Chen ZW, Guo Y, Qiao DH, Li S, Meng ZH.** 2018. Comparison of *Apolygus lucorum* resistance and volatile constituents in different tea cultivars. J Henan Agri Sci 47: 95-99. (in Chinese)
- Yee WL, Landolt PJ, Darnell J.** 2005. Attraction of *Rhagoletis pomonella* (Diptera: Tephritidae) and nontarget flies to traps baited with ammonium carbonate and fruit volatile lure 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.

Preliminary Study on Attraction of Wax-Apple Flower Volatiles to *Anselmella cf. miltoni* (Hymenoptera: Eulophidae)

Yu-Chun Lin^{1,2}, Sheng-Feng Lin^{1,3*}, Yi-Chang Liao⁴, Man-Miao Yang^{1*}

¹ Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung City, Taiwan

² Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei City, Taiwan

³ Department of Biology, National Museum of Natural Science, No. 1, Guanqian Rd., North District, Taichung City 404023, Taiwan

⁴ Department of Entomology, University of California, Riverside, USA

* Corresponding email: slin654@gmail.com for SF Lin; mmy.letsgall@gmail.com for MM Yang

Received: 15 January 2023 Accepted: 15 February 2024 Available online: 1 March 2024

ABSTRACT

Anselmella cf. miltoni Girault was first intercepted in Taiwan's exported wax apples (*Syzygium samarangense*) in 2005. The pest induces seed-like galls by females laying eggs on the anthesis stage of the wax apple, and the stimulated ovules develop into galls. When emerging adults leave the galled fruit, they make tunnels that cause damage and affect the fruit's value. Furthermore, the species is regarded as an exported quarantine pest, lowering the export profits and causing significant economic losses. To develop multiple and appropriate strategies for controlling the pest, we use the Solid-phase micro-extraction (SPME) and Gas chromatography-mass spectrophotometer (GC-MS) to analyze the composition of the host flower volatiles and to determine attracted components to *Anselmella cf. miltoni*, and then potential attracting flower volatiles, β -Caryophyllene and Cyclohexa-1,3-diene, were chosen for preliminary tests of attraction effectiveness on the females using the identical synthetic compounds. The attractiveness of β -Caryophyllene to females was significantly higher than that of air treatment (control) and flower volatiles of rose apple and wax apple (Pink variety). However, the attractiveness of Cyclohexa-1,3-diene to females was only significantly higher than that of the air treatment (control). In the future, the tests on the attractiveness of these chemical compounds to the female *Anselmella cf. miltoni* could be conducted in the field, which may be used with a sticky board to develop a dual-attracting trap and reduce injury in the wax apple.

Key words: galling insect, Y-tube olfactometer, volatile analysis, volatile attractant