

評估取食木油桐 (*Vernicia montana* Loureiro) 花外蜜對基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 與 安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navás) 存活之影響

董耀仁¹ 許北辰^{1,*}

摘要

董耀仁、許北辰。2021。評估取食木油桐 (*Vernicia montana* Loureiro) 花外蜜對基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 與安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navás) 存活之影響。台灣農業研究 70(2):108–116。

本文呈現取食木油桐花外蜜對基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 與安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navás) 存活影響之試驗結果。其中，花外蜜處理組基徵草蛉與安平草蛉幼蟲較水及空白處理組有顯著較高的存活時間，花外蜜處理組基徵草蛉與安平草蛉成蟲亦有相同情形。取食木油桐花外蜜確實促進基徵草蛉與安平草蛉幼蟲及成蟲具較長壽命，惟無法使基徵草蛉與安平草蛉幼蟲發育及成蟲產卵。取食花外蜜與微膠囊飼料之基徵草蛉與安平草蛉齡幼蟲，對2齡棉蚜的捕食能力沒有顯著差異。綜合試驗結果顯示，取食木油桐花外蜜可有效延長基徵草蛉與安平草蛉幼蟲及成蟲存活時間，且不影響幼蟲捕食能力。木油桐有潛力作為基徵草蛉與安平草蛉保育生物防治的應用資材，然仍應在未來實用前先經田間試驗確認其有效性。

關鍵詞：木油桐、花外蜜、基徵草蛉、安平草蛉、保育生物防治。

前言

花外蜜腺 (extrafloral nectaries) 是植物位於花外分泌花外蜜 (extrafloral nectar) 的腺體，目前已知至少有 93 科 332 屬中的植物擁有花外蜜腺 (Jones *et al.* 2017)。花外蜜腺因具有提供植物間接的防禦能力受到學者重視，其所分泌之花外蜜能吸引天敵前來取食同時降低植物遭受植食性昆蟲的危害程度 (Bentley 1977; Heil 2015)。

保育生物防治 (conservation biological control) 策略是一種維持田間天敵族群增強對害蟲生物防治的方式，於田間種植花外蜜腺植物提供天敵所需食物即為其中一種方法 (Simpson *et al.* 2011a, 2011b)。研究顯示花外蜜主要成分為蔗糖、葡萄糖及果糖等單、雙糖與少量胺基

酸 (Heil *et al.* 2000)，前人研究中取食花外蜜可以延長天敵壽命、增強尋找寄主/食餌能力、提高寄生與捕食率及增加寄生性天敵子代雌性比例 (Irvin & Hoddle 2015)。

Rezende *et al.* (2014) 於咖啡 (*Coffea* spp.) 園中間種植花外蜜腺植物 *Inga subnuda* subsp. *luschnathiana* 證實可增加天敵數量並降低咖啡潛葉蛾 (*Leucoptera coffeella* Guer) 及咖啡果小蠹 (*Hypothenemus hampei* Ferrai) 對葉片及果實危害。Brown *et al.* (2010) 在蘋果 (*Malus* spp.) 園間種花外蜜腺植物桃樹 (*Prunus* spp.) 降低梨圓盾介殼蟲 (*Quadraspidiotus perniciosus* Comstock) 及椿象 (stink bugs, Pentatomidae) 危害。此外，Xiu *et al.* (2017) 研究指出提供異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis* Takizawa) 花外蜜腺植物大麻槿 (*Hibiscus cannabinus* Lin-

投稿日期：2020 年 10 月 29 日；接受日期：2021 年 1 月 28 日。

* 通訊作者：bchen@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

naeus) 含花外蜜的葉片，室內試驗中證實明顯較僅提供水處理組增加壽命，而於田間大麻槿園調查發現即使大麻槿園蚜蟲族群數量低甚至沒有，依然有大量的異色瓢蟲存在於大麻槿園。上述研究顯示，花外蜜腺植物在維持田間天敵族群及增強害蟲生物防治的潛力。

基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 與安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navás) 是屬於脈翅目 (Neuroptera) 草蛉科 (Chrysopidae) 捕食性天敵，草蛉可捕食蚜蟲、粉蝨、薊馬、葉蟪及粉介殼蟲等農業害蟲 (Hsu & Lu 2020)，基徵草蛉幼蟲在台灣可應用在草莓、網室木瓜、棗樹、柑桔等作物防治害蟲，是一種廣譜的捕食性天敵 (Lu & Su 2005)，而安平草蛉亦曾應用於防治桑木蝨 (*Paurocephala psylloptera* Crawford) (Chang 2000)，二者於台灣農業環境中是重要的捕食性天敵 (Lu & Wang 2006; Hsu & Lu 2020)。

木油桐 (*Vernicia montana* Loureiro) 屬落葉性喬木，為森林中優勢木。每年 12 月至隔年 3 月為落葉期及枯葉期，3 月中下旬隨著氣候漸行溫暖而展葉。花多雌雄異株，花期 4 月至 5 月。木油桐葉片心型，常見 3-5 裂，具有長葉柄，頂端有二枚杯狀腺點即花外蜜腺 (So 2004; Lin 2015)。前人研究顯示木油桐害蟲有桑天牛 *Apriona germari* (Hope)、埃及吹綿介殼蟲 *Icerya aegyptiaca* (Douglas)、大避債蛾 *Clania pryleri* (Leech)、綠刺蛾 *Parasa bicolor* (Walker) 及烏柏黃毒蛾 *Euproctis bipunctapex* (Hampson) (Wang *et al.* 2013)。使用蜜源植物進行保育生物防治時，需注意是否蜜源植物成為害蟲食物來源，反而增長害蟲族群發展進而影響天敵之生物防治效果 (Baggen *et al.* 1999)。本研究過程中於戶外觀察木油桐發生害蟲，並未發現上述害蟲有取食木油桐花外蜜情形。迄今，國內尚無花外蜜腺植物與基徵草蛉及安平草蛉之相關試驗研究結果。因此，本試驗將於室內測試取食木油桐花外蜜對基徵草蛉及安平草蛉成蟲及幼蟲之影響。藉由此項研究評估未來利用木油桐等花外蜜腺植物發展草蛉保育生物防治，以提升對害蟲生物防治效果之可行性。

材料與方法

本試驗所使用泥炭土 (Potgrond H, Klasmann-Deilmann GmbH, Geeste, Germany)、木油桐、種植塑膠盆 (直徑 13 cm × 高 12.5 cm)、小黃瓜種植塑膠盆 (直徑 9 cm × 高 6 cm)、透明塑膠培養皿 (直徑 6 cm × 高 1 cm)、玻璃毛細管 (10 μ L)、透明壓克力筒 (直徑 15 cm × 高 20 cm) 及產卵紙 (長 50 cm × 寬 15 cm) 均購自振詠興業公司 (台灣台中市)。

本試驗所使用的基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker)、安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navás)、成蟲飼料、幼蟲微膠囊飼料及相關飼養資材，均來自行政院農業委員會農業試驗所 (以下簡稱農試所) 應用動物組益蟲研究室，草蛉飼育及卵的收集方法參考 Lu & Wang (2006) 的方式。

供試之木油桐 (*Vernicia montana* Loureiro)，係採自農試所園區生長之木油桐植株種子。將種子種植於含泥炭土之塑膠盆中，待木油桐植株生長至葉片花外蜜腺開始分泌花外蜜時，選取含約 15-16 片可分泌花外蜜的木油桐植株 30-50 株，以玻璃毛細管每日收集全株葉片蜜腺所產生之花外蜜，確保收集到足夠可供每日試驗所需花外蜜。

室內試驗之供試小黃瓜植株種植參照 Dong & Hwang (2017) 方法，種植與試驗環境為 25°C \pm 1°C 定溫試驗室，光照 12 h (上午 6 h 至下午 6 h)，相對濕度 75% \pm 5%。待小黃瓜植株生長至具有 2 片真葉後 (約 14-16 d) 供後續試驗使用。

木油桐對草蛉幼蟲存活時間影響試驗於定溫試驗室內進行，共進行 4 種處理。其中，木油桐處理組為分別將 1-3 齡基徵草蛉或安平草蛉幼蟲 (少於 1 日齡) 1 隻移入內含 0.2 mL 木油桐花外蜜 (前觀察試驗已確認足夠 1 d 取食) 之透明塑膠培養皿中，每日更換含木油桐外源花蜜培養皿，並觀察記錄幼蟲存活時間直至死亡。水處理組試驗方式同上，但透明塑膠培養皿中僅提供水，空白處理組為不提供水及任何食物，微膠囊飼料組為提供草蛉幼蟲微膠囊飼料。本試驗 30 重複。

木油桐對草蛉成蟲存活時間影響試驗於定

溫試驗室進行，共進行 4 種處理。其中，木油桐處理組為將 1 對初羽化 (少於 1 日齡) 之基徵草蛉或安平草蛉成蟲移入內含 0.5 mL 木油桐花外蜜 (先前觀察試驗已確認足夠 1 對草蛉 1 d 取食) 及產卵紙透明壓克力筒中後，每日更換花外蜜及產卵紙，並觀察記錄成蟲存活與產卵數直至成蟲死亡。水處理組試驗方式同上，但壓克力筒中僅提供水，空白處理組為不提供水及任何食物，成蟲飼料組為提供正常草蛉成蟲飼料及水。本試驗 30 重複。

取食木油桐花外蜜對基徵草蛉與安平草蛉幼蟲捕食能力影響試驗參考 Hsu & Lu (2020) 方法，惟於定溫試驗室將取食木油桐花外蜜 (已分別取食 7、14 或 21 d) 或正常室內飼育微膠囊飼料之 1、2 或 3 齡基徵草蛉或安平草蛉幼蟲各 1 隻，分別單獨移入含有 30 隻 2 齡 (少於 1 日齡) 棉蚜的小黃瓜植株上。將草蛉幼蟲移入後，分別經 30 min、1 h、2 h、4 h、8 h 及 24 h 後，觀察記錄小黃瓜植株上草蛉幼蟲取食棉蚜數量。本試驗 30 重複。

試驗所得各項資料 (幼蟲及成蟲存活時間

與累計取食棉蚜數量)，先以 SAS-EG (Version 7.1) 統計分析軟體，進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 後，再以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test; LSD test) 分析其差異顯著性。

取食木油桐花外蜜基徵草蛉 1–3 齡幼蟲，顯著較水及空白處理組幼蟲延長存活時間，但無法如取食微膠囊飼料處理組幼蟲完成發育進入下一齡期或化蛹 (表 1)。安平草蛉 1–3 齡幼蟲取食木油桐花外蜜，顯著較水及空白處理組幼蟲延長存活時間，但無法如取食微膠囊飼料幼蟲完成發育進入下一齡期或化蛹 (表 2)。取食木油桐花外蜜基徵草蛉成蟲，顯著較水及空白處理組草蛉成蟲延長存活時間，但基徵草蛉成蟲取食木油桐花外蜜，存活時間顯著少於成蟲飼料處理組且無產卵 (表 3)。取食木油桐花外蜜安平草蛉成蟲，亦顯著較水及空白處理組草蛉成蟲延長存活時間，安平草蛉成蟲取食木油桐花外蜜存活時間顯著少於成蟲飼料處理組且無產卵 (表 4)。

已取食木油桐花外蜜 7、14 及 21 d 基徵草

表 1. 基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 幼蟲取食木油桐 (*Vernicia montana* Lour) 花外蜜平均存活時間。

Table 1. Mean survival time of *Mallada basalis* Walker larvae fed with *Vernicia montana* Lour extrafloral nectar².

Treatment	Mean survival time (d) (\pm SE)		
	First instar	Second instar	Third instar
Blank	1.4 (0.1) c	2.4 (0.1) c	2.3 (0.1) c
Water	1.3 (0.1) c	2.3 (0.1) c	2.4 (0.1) c
Microcapsule diets	3.2 (0.1) b*	3.0 (0.1) b*	4.0 (0.3) b*
Extrafloral nectar	28.6 (1.8) a	29.0 (0.2) a	36.2 (1.8) a

² For each column, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected least significant difference test).

* Already developed to next stage or pupation.

表 2. 安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navas) 幼蟲取食木油桐 (*Vernicia montana* Lour) 花外蜜平均存活時間。

Table 2. Mean survival time of *Mallada desjardinsi* Navas larvae fed with *Vernicia montana* Lour extrafloral nectar².

Treatment	Mean survival time (d) (\pm SE)		
	First instar	Second instar	Third instar
Blank	1.5 (0.1) c	2.6 (0.1) c	3.7 (0.3) c
Water	1.4 (0.1) c	2.8 (0.2) c	3.5 (0.3) c
Microcapsule diets	6.8 (0.2) b*	7.7 (0.2) b*	8.1 (0.1) b*
Extrafloral nectar	27.1 (0.8) a	29.1 (2.7) a	34.0 (1.8) a

² For each column, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected least significant difference test).

* Already developed to next stage or pupation.

表3. 基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 成蟲取食木油桐 (*Vernicia montana* Lour) 花外蜜平均存活時間及產卵量。
Table 3. Mean survival time and egg production of *Mallada basalis* Walker adult fed with *Vernicia montana* Lour extrafloral nectar².

Treatment	Mean survival time (d) (\pm SE)		Mean cumulative amount of eggs production (\pm SE)
	Female	Male	
Blank	1.3 (0.1) d	1.3 (0.1) d	0.0 (0.0) b
Water	2.7 (0.1) c	2.7 (0.2) c	0.0 (0.0) b
Extrafloral nectar	27.9 (2.3) b	26.7 (2.2) b	0.0 (0.0) b
Normal adult diets	36.4 (2.2) a	35.2 (2.2) a	415.8 (19.4) a

² For each column, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected least significant difference test).

表4. 安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navas) 成蟲取食木油桐 (*Vernicia montana* Lour) 花外蜜平均存活時間及產卵量。

Table 4. Mean survival time and egg production of *Mallada desjardinsi* Navas adult fed with *Vernicia montana* Lour extrafloral nectar².

Treatment	Mean survival time (d) (\pm SE)		Mean cumulative amount of eggs production (\pm SE)
	Female	Male	
Blank	1.4 (0.1) d	1.1 (0.1) d	0.0 (0.0) b
Water	2.6 (0.1) c	2.4 (0.2) c	0.0 (0.0) b
Extrafloral nectar	26.3 (2.5) b	27.6 (2.1) b	0.0 (0.0) b
Normal adult diet	37.8 (1.8) a	35.7 (2.0) a	273.3 (18.6) a

² For each column, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected least significant difference test).

齡 1–3 齡幼蟲，於 30 min、1 h、2 h、4 h、8 h 及 24 h 內，累計捕食 2 齡棉蚜的數量與取食微膠囊飼料處理組基徵草蛉 1–3 齡幼蟲無顯著差異 (表 5)。已取食木油桐花外蜜 7、14 及 21 d 安平草蛉 1–3 齡幼蟲，於 30 min、1 h、2 h、4 h、8 h 及 24 h 內，累計捕食 2 齡棉蚜的數量與取食微膠囊飼料處理組安平草蛉 1–3 齡幼蟲無顯著差異 (表 6)。

討論

Limburg & Rosenheim (2001) 研究田間食物對草蛉幼蟲存活之影響，結果顯示試驗中水處理組草蛉 (*Chrysoperla plorabunda* Fitch) 幼蟲平均存活 1.9 d \pm 0.1 d，取食棉花花外蜜處理組則平均存活 12.9 d \pm 2.0 d。Pfannenstiel & Patt (2012) 研究指出提供黑腳黃囊蜘蛛 (*Cheiracanthium inclusum* Hentz) 水，其平均存活時間為 6.1 d，但當提供棉花花外蜜時，其存活天數可達 52.6 d。本研究中，基徵草蛉

與安平草蛉幼蟲取食木油桐花外蜜，亦均較水與空白處理組顯著延長存活時間。而基徵草蛉成蟲與安平草蛉成蟲取食木油桐花外蜜，亦有同樣情形，均顯著較水與空白處理組草蛉成蟲顯著延長存活時間，但仍顯著少於取食正常成蟲飼料處理組。上述試驗結果證實，無正常食餌存在下，取食木油桐花外蜜確能延長基徵草蛉與安平草蛉幼蟲與成蟲存活時間。

Limburg & Rosenheim (2001) 的研究中草蛉 1 齡幼蟲取食棉花花外蜜雖可延長存活時間，但並不能發育至 2 齡。本研究中亦發現，取食微膠囊飼料的基徵草蛉與安平草蛉 1–3 齡幼蟲，能順利發育進入下一齡期或化蛹，但取食木油桐花外蜜之基徵草蛉與安平草蛉 1–3 齡幼蟲，並無法發育至下一齡期或化蛹。此外，取食木油桐花外蜜的基徵草蛉與安平草蛉成蟲，雖能存活但亦無產卵。研究顯示，花外蜜成分組成主要為單、雙糖類的葡萄糖、蔗糖及果糖等醣類與少量的胺基酸，不同具花外蜜腺

表 5. 取食木油桐 (*Vernicia montana* Lour) 花外蜜及微膠囊飼料之基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 幼蟲對 2 齡棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 的捕食能力。

Table 5. Predation capacity of *Mallada basalis* Walker larvae fed on *Vernicia montana* Lour extrafloral nectar and microcapsule diets on second-stage *Aphis gossypii* Glover nymphs².

Lacewing larval instar/ treatment	Cumulative number of aphid nymphs consumed by <i>M. basalis</i> (\pm SE)			
	Microcapsule diets	Days after feeding on extrafloral nectar		
		7	14	21
1 st /30 min	0.5 (0.1) a	0.7 (0.1) a	0.6 (0.1) a	0.6 (0.1) a
1 st /1 h	0.6 (0.1) a	0.7 (0.1) a	0.7 (0.1) a	0.8 (0.1) a
1 st /2 h	0.9 (0.1) a	0.9 (0.1) a	0.9 (0.1) a	1.1 (0.2) a
1 st /4 h	2.9 (0.2) a	2.9 (0.2) a	3.1 (0.2) a	3.2 (0.2) a
1 st /8 h	6.6 (0.3) a	6.6 (0.4) a	6.7 (0.2) a	6.8 (0.2) a
1 st /24 h	15.7 (0.3) a	15.5 (0.4) a	15.7 (0.3) a	16.1 (0.3) a
2 nd /30 min	0.6 (0.1) a	0.6 (0.1) a	0.6 (0.1) a	0.6 (0.1) a
2 nd /1 h	1.2 (0.1) a	1.2 (0.1) a	1.1 (0.1) a	1.1 (0.1) a
2 nd /2 h	1.8 (0.2) a	1.6 (0.1) a	1.7 (0.2) a	1.8 (0.2) a
2 nd /4 h	5.0 (0.3) a	5.5 (0.3) a	5.2 (0.3) a	5.1 (0.2) a
2 nd /8 h	9.1 (0.3) a	9.5 (0.3) a	9.7 (0.2) a	9.5 (0.3) a
2 nd /24 h	23.2 (0.8) a	23.8 (0.7) a	24.1 (0.7) a	24.5 (0.7) a
3 rd /30 min	0.6 (0.1) a	0.6 (0.1) a	0.6 (0.1) a	0.7 (0.1) a
3 rd /1 h	1.4 (0.1) a	1.4 (0.1) a	1.3 (0.1) a	1.3 (0.1) a
3 rd /2 h	1.7 (0.1) a	1.7 (0.1) a	1.7 (0.2) a	1.7 (0.1) a
3 rd /4 h	5.6 (0.3) a	6.0 (0.2) a	6.0 (0.2) a	5.4 (0.2) a
3 rd /8 h	10.9 (0.4) a	11.1 (0.4) a	11.3 (0.4) a	11.3 (0.4) a
3 rd /24 h	25.7 (0.5) a	26.0 (0.4) a	25.7 (0.6) a	26.6 (0.4) a

² For each row, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected least significant difference test).

植物間花外蜜成分中醣類及胺基酸比例有所差異 (Heil *et al.* 2000; Heil 2015)，食物的不足可能會導致昆蟲發育期延長與生殖力降低 (Morales-Ramos *et al.* 2014; Madadi 2018)，僅取食木油桐花外蜜可能無法提供足夠基徵草蛉與安平草蛉發育與生殖所需營養。

本試驗條件下，已取食木油桐花外蜜經 7、14 及 21 d 之基徵草蛉及安平草蛉 1–3 齡幼蟲，於 30 min 及 1–24 h 內累計捕食 2 齡棉蚜數量與取食微膠囊飼料之草蛉幼蟲並無顯著差異，顯示連續取食木油桐花外蜜對草蛉幼蟲幼蟲捕食害蟲能力似無不利影響。此外，取食木油桐花外蜜之基徵草蛉及安平草蛉 1–3 齡幼蟲，改取食棉蚜後可正常發育進入下一齡期、化蛹及羽化為成蟲 (未發表資料)。顯示先前長期只取

食木油桐花外蜜，似未對草蛉幼蟲後來發育造成不利影響。

蘋果園研究發現，距花外蜜植物桃樹 (*Prunus persica* Linnaeus) 盆栽 3 m 範圍內，蘋果樹 (*Malus domestica* Borkh) 上捲葉蚜 (*Aphis spiraeicola* Patch) 因受主要捕食性天敵異色瓢蟲 (*Harmonia axyridis* Pallas) 捕食，數量最低。顯示可於田間擺放花外蜜植株盆栽，以達到增強天敵生物防治效果 (Brown & Mathews 2008)。木油桐屬落葉性喬木 (So 2004; Lin 2015)，於田間使用時可參考上述試驗使用木油桐盆栽以便利操作。

保育生物防治藉由採用適當且兼容的田間操作達到維持田間害蟲天敵族群的目的，進而改善並增強生物防治效果 (Madadi 2018)。本

表 6. 取食木油桐 (*Vernicia montana* Lour) 花外蜜及微膠囊飼料之安平草蛉 (*Mallada desjardinsi* Navas) 幼蟲對 2 齡棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 幼蟲的捕食能力。

Table 6. Predation capacity of *Mallada desjardinsi* Navas larvae fed on *Vernicia montana* Lour extrafloral nectar and microcapsule diets on second-stage *Aphis gossypii* Glover nymphs^z.

Lacewing larval instar/ treatment	Cumulative number of aphid nymphs consumed by <i>M. desjardinsi</i> (\pm SE)			
	Microcapsule diets	Days after feeding on extrafloral nectar		
		7	14	21
1 st /30 min	0.6 (0.1) a	0.8 (0.1) a	0.7 (0.1) a	0.7 (0.1) a
1 st /1 h	1.1 (0.3) a	1.2 (0.3) a	1.2 (0.3) a	1.3 (0.3) a
1 st /2 h	1.4 (0.3) a	1.4 (0.3) a	1.4 (0.3) a	1.6 (0.3) a
1 st /4 h	3.8 (0.4) a	3.7 (0.4) a	3.9 (0.4) a	4.0 (0.4) a
1 st /8 h	7.5 (0.4) a	7.5 (0.5) a	7.5 (0.4) a	7.6 (0.4) a
1 st /24 h	16.9 (0.5) a	16.6 (0.6) a	16.9 (0.5) a	17.1 (0.5) a
2 nd /30 min	0.9 (0.2) a	0.9 (0.2) a	0.9 (0.2) a	0.9 (0.2) a
2 nd /1 h	1.5 (0.2) a	1.5 (0.2) a	1.4 (0.2) a	1.4 (0.2) a
2 nd /2 h	2.5 (0.4) a	2.3 (0.4) a	2.4 (0.4) a	2.5 (0.4) a
2 nd /4 h	5.4 (0.3) a	6.0 (0.3) a	5.7 (0.3) a	5.5 (0.3) a
2 nd /8 h	10.0 (0.5) a	10.5 (0.4) a	10.4 (0.4) a	10.4 (0.4) a
2 nd /24 h	24.2 (0.7) a	24.6 (0.7) a	24.8 (0.6) a	25.2 (0.6) a
3 rd /30 min	0.9 (0.2) a	0.9 (0.2) a	1.0 (0.2) a	1.0 (0.2) a
3 rd /1 h	2.1 (0.4) a	2.1 (0.4) a	2.0 (0.4) a	2.0 (0.4) a
3 rd /2 h	2.8 (0.6) a	2.8 (0.6) a	2.8 (0.6) a	2.8 (0.6) a
3 rd /4 h	7.0 (0.7) a	7.2 (0.6) a	7.3 (0.6) a	6.7 (0.7) a
3 rd /8 h	12.6 (0.9) a	12.8 (0.9) a	13.1 (0.9) a	13.1 (0.9) a
3 rd /24 h	26.3 (0.5) a	26.4 (0.4) a	26.1 (0.5) a	27.2 (0.4) a

^z For each row, means followed by the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ (Fisher's protected least significant difference test).

試驗條件下，取食木油桐花外蜜確可延長基徵草蛉與安平草蛉幼蟲於無正常食餌存在下之存活時間，且取食木油桐花外蜜後並不影響草蛉幼蟲對害蟲的捕食能力。此點有助於田間害蟲族群密度低或無時，仍能維持草蛉族群，以應對後續害蟲發生，達到預防性生物防治效果 (Limburg & Rosenheim 2001; He & Sigsgaard 2019)。惟仍需要詳細評估木油桐花外蜜在三級營養系統中與天敵和害蟲間的相互關係，如應用木油桐花外蜜於田間是否也會成為害蟲食物來源，反而增長害蟲族群發展進而影響天敵之生物防治效果 (Baggen *et al.* 1999)。

雖然於本試驗條件下，取食木油桐花外蜜可延長基徵草蛉與安平草蛉成蟲及幼蟲存活時間，因田間生物與非生物條件複雜，未來若要

利用木油桐發展草蛉保育生物防治以提升對害蟲生物防治效果，先於田間試驗確認其可行性是必需的研究。

引用文獻

- Baggen, L. R., G. M. Gurr, and A. Meats. 1999. Flowers in tri-trophic systems: Mechanisms allowing selective exploitation by insect natural enemies for conservation biological control. *Entomol. Exp. Appl.* 91:155–161. doi:10.1046/j.1570-7458.1999.00478.x
- Bentley, B. L. 1977. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 8:407–427. doi:10.1146/annurev.es.08.110177.002203
- Brown, M. W. and C. R. Mathews. 2008. Conservation biological control of spirea aphid, *Aphis spiraeicola*

- (Hemiptera: Aphididae) on apple by providing natural alternative food resources. *Eur. J. Entomol.* 105:537–540. doi:10.14411/eje.2008.071
- Brown, M. W., C. R. Mathews, and G. Krawczyk. 2010. Extrafloral nectar in an apple ecosystem to enhance biological control. *J. Econ. Entomol.* 103:1657–1664. doi:10.1603/EC10019
- Chang, C. P. 2000. Investigation on the life history of *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae) and the effects of temperatures on its development. *Formosan Entomol.* 20:73–87. doi:10.6660/TESEFE.2000009
- Dong, Y. J. and S. Y. Hwang. 2017. Cucumber plants baited with methyl salicylate accelerates *Scymnus (Pullus) sodalis* (Coleoptera: Coccinellidae) visiting to reduce cotton aphid (Hemiptera: Aphididae) infestation. *J. Econ. Entomol.* 110:2092–2099. doi:10.1093/jee/tox240
- He, X. and L. Sigsgaard. 2019. A floral diet increases the longevity of the coccinellid *Adalia bipunctata* but does not allow molting or reproduction. *Front. Ecol. Evol.* 7:6. doi:10.3389/fevo.2019.00006
- Heil, M. 2015. Extrafloral nectar at the plant-insect interface: A spotlight on chemical ecology, phenotypic plasticity, and food webs. *Annu. Rev. Entomol.* 60:213–232. doi:10.1146/annurev-ento-010814-020753
- Heil, M., B. Fiala, B. Baumann, and K. E. Linsenmair. 2000. Temporal, spatial and biotic variations in extrafloral nectar secretion by *Macaranga tanarius*. *Funct. Ecol.* 14:749–757. doi:10.1046/j.1365-2435.2000.00480.x
- Hsu, P. C. and C. T. Lu. 2020. An improved core-shell microcapsule diet for rearing larvae of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Pest Manag. Sci.* 76:1121–1127. doi:10.1002/ps.5624
- Irvin, N. A. and M. S. Hoddle. 2015. The effect of buckwheat flowers and cahaba vetch extrafloral nectaries on fitness of the vine mealybug parasitoid *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Fla. Entomol.* 98:237–242. doi:10.1653/024.098.0140
- Jones, I. M., S. Koptur, and E. J. von Wettberg. 2017. The use of extrafloral nectar in pest management: Overcoming context dependence. *J. Appl. Ecol.* 54:489–499. doi:10.1111/1365-2664.12778
- Limburg, D. D. and J. A. Rosenheim. 2001. Extrafloral nectar consumption and its influence on survival and development of an omnivorous predator, larval *Chrysoperla plorabunda* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 30:595–604. doi:10.1603/0046-225X-30.3.595
- Lin, R. H. 2015. Important woody oil plant-wood oil tree. *For. Res. Newsl.* 22:37–41. (in Chinese)
- Lu, C. T. and T. H. Su. 2005. Effect of low-temperature storage of eggs on the biological characters of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Plant Prot. Bull.* 47:1–14. doi:10.6715/PPB.200503_47(1).0001
- Lu, C. T. and C. L. Wang. 2006. Control effect of *Mallada basalis* on insect pests of nethouse sweet peppers. *J. Taiwan Agric. Res.* 55:111–120. (in Chinese with English Abstract) doi:10.6156/JTAR/2006.05502.04
- Madadi, H. 2018. Enhancing predator efficiency, the recent advances. *Arch. Phytopathol. Pflanzenschutz.* 51:754–778. doi:10.1080/03235408.2018.1464262
- Morales-Ramos, J. A., M. G. Rojas, and T. A. Coudron. 2014. Artificial diet development for entomophagous arthropods. p.203–234. *in: Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens.* (Morales-Ramos, J. A., M. G. Rojas, and D. I. Shapiro-Ilan, eds.). Elsevier Pub. London, UK. 764 pp. doi:10.1016/B978-0-12-391453-8.00007-8
- Pfannenstiel, R. S. and J. M. Patt. 2012. Feeding on nectar and honeydew sugars improves survivorship of two nocturnal cursorial spiders. *Biol. Control* 63:231–236. doi:10.1016/j.biocontrol.2012.07.013
- Rezende, M. Q., M. Venzon, A. L. Perez, I. M. Cardoso, and A. Janssen. 2014. Extrafloral nectaries of associated trees can enhance natural pest control. *Agric. Ecosyst. Environ.* 188:198–203. doi:10.1016/j.agee.2014.02.024
- Simpson, M., G. M. Gurr, A. T. Simmons, S. D. Wratten, D. G. James, G. Leeson, H. I. Nicol, and G. U. S. Orre-Gordon. 2011a. Attract and reward: Combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. *J. Appl. Ecol.* 48:580–590. doi:10.1111/j.1365-2664.2010.01946.x
- Simpson, M., G. M. Gurr, A. T. Simmons, S. D. Wratten, D. G. James, G. Leeson, H. I. Nicol, and G. U. S. Orre-Gordon. 2011b. Field evaluation of the ‘attract and reward’ biological control approach in vineyards. *Ann. Appl. Biol.* 159:69–78. doi:10.1111/j.1744-7348.2011.00477.x
- So, M. L. 2004. The occurrence of extrafloral nectaries in Hong Kong plants. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45:237–245. doi:10.7016/BBAS.200407.0237
- Wang, Y. S., J. M. Ciou, M. L. Wu, Y. R. Shiu, H. M. You, L. M. Chuang, N. H. Jhnag, and C. D. Jian. 2013. *Vernicia montana*. p.73–94. *in: Short-term Economic Afforestation Technical Manual.* (Wang, Y. S., J. M. Ciou, M. L. Wu, Y. R. Shiu, H. M. You, L. M. Chuang, N. H. Jhnag, and C. D. Jian, eds.) Taiwan Forest. Res. Inst. Pub. No. 247. Taipei, Taiwan. 120 pp. (in Chinese)

Xiu, C. L., H. S. Pan, A. Ali, and Y. H. Lu. 2017. Extrafloral nectar of *Hibiscus cannabinus* promotes adult popula-

tions of *Harmonia axyridis*. *Biocontrol Sci. Technol.* 27:1009–1013. doi:10.1080/09583157.2017.1364697

Effect of Feeding with Extrafloral Nectar Secretion by Wood Oil Tree (*Vernicia montana* Lour) on Survival of Lacewings, *Mallada basalis* Walker and *Mallada desjardinsi* Navás

Yaw-Jen Dong¹ and Pei-Chen Hsu^{1,*}

Abstract

Dong, Y. J. and P. C. Hsu. 2021. Effect of feeding with extrafloral nectar secretion by wood oil tree (*Vernicia montana* Lour) on survival of lacewings, *Mallada basalis* Walker and *Mallada desjardinsi* Navás. J. Taiwan Agric. Res. 70(2):108–116.

This study investigated the effects of feeding with wood oil tree (*Vernicia montana* Lour) extrafloral nectar on survival of two lacewings, *Mallada basalis* Walker and *Mallada desjardinsi* Navás. Significant higher survival time of *M. basalis* and *M. desjardinsi* larvae as well as adults were found on the extrafloral nectar treatment than that on the water and blank treatments. Feeding with wood oil tree extrafloral nectar prolonged substantial longevity of *M. basalis* and *M. desjardinsi* larvae and adults. However, consumption of wood oil tree extrafloral nectar did not support the larval development and adult oviposition of both lacewings. Predation capacity on the second-stage of cotton aphid nymphs was not different between extrafloral nectar and microcapsule diet treatments. These results revealed that the extrafloral nectar of wood oil tree could effectively increase larval and adult survival time of *M. basalis* and *M. desjardinsi*, but did not affect larval predation capacity. The wood oil tree may thus be potential as a supplementary tool for conservation biological control program using *M. basalis* and *M. desjardinsi*. However, field tests are necessary to confirm the efficiency of this treatment before further applications.

Key words: *Vernicia montana*, Extrafloral nectar, *Mallada basalis*, *Mallada desjardinsi*, Conservation biological control.

Received: October 29, 2020; Accepted: January 28, 2021.

* Corresponding author, e-mail: bchen@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellows, Applied Zoology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.