



## 外來入侵種椽果壯鉞普癭蚧 (*Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang) (雙翅目：癭蚧科) 之蟲癭發育、結構及葉片分布偏好

林聖豐<sup>1</sup>、林品汝<sup>2</sup>、倪羽薇<sup>2</sup>、楊曼妙<sup>1</sup>、郝秀花<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> 國立中興大學昆蟲學系 40227 台中市南區興大路 145 號

<sup>2</sup> 高雄市立明華國中 80453 高雄市明誠三路 582 號

<sup>3</sup> 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 83052 高雄市鳳山區文龍東路 530 號

\* 通訊作者 email: hao@fthes-tari.gov.tw

收件日期：2018 年 8 月 1 日 接受日期：2018 年 11 月 12 日 線上刊登日期：2018 年 12 月 15 日

### 摘 要

椽果壯鉞普癭蚧 (*Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang) 藉由取食葉片組織形成蟲癭，導致葉片光合作用面積減少，致使椽果質量降低。害蟲的生物學資料為防治策略的發展基石，然而椽果壯鉞普癭蚧的生物學資料仍稀闕，本文針對此一造癭害蟲及其蟲癭發育時期、分布狀況與物理特性等多個面向進行研究，提供作為發展害蟲綜合防治之參考。研究結果顯示，(1) 蟲癭與癭蚧的發育時期密切相關，可藉由蟲癭形態變化，關聯造癭者的發育齡期，進而掌握田間害蟲的族群發育時期。椽果壯鉞普癭蚧的蟲癭發育時期所對應的癭蚧發育時期為：蟲癭的初始形成期對應造癭者的卵至 1 齡幼蟲期、成長發育期對應 2 齡幼蟲期、成熟定型期對應 3 齡幼蟲期至蛹期、離癭開裂期對應成蟲期；(2) 蟲癭分布偏好於葉面 (99.8%，n=13,251) 及向陽面葉片，此外，各叢葉的蟲癭數量顯示第一及第三葉叢的數量 (平均數量 >600) 較第二及第四葉叢高 (平均數量 <55)，反映癭蚧雌蟲產卵部位專一性及受光照影響，且其族群波動應與寄主抽梢時期相關；(3) 著癭葉片的水分蒸散量 (2.5  $\mu\text{L}$ ) 與一般葉 (2.7  $\mu\text{L}$ ) 間無顯著差異 ( $P=0.68$ )，反映造癭者或蟲癭並不影響葉片的水分蒸散。此外，成熟期蟲癭較其他發育時期具較高的耐重及抗刺穿重量，顯示蟲癭於成熟定型期之木質化程度較高。

**關鍵詞：**入侵害蟲、造癭生物學、椽果、台灣、農業害蟲。

### 前 言

椽果壯鉞普癭蚧 (*Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang, 2003) 為重要的椽果害蟲之一，除廣泛分布於中東、中國、東帝汶、印度、印尼等亞洲地區之外，亦入侵東非吉布提 (Li *et al.*, 2003; Cai *et al.*, 2013; Shih *et al.*, 2013; Zeng *et al.*, 2014)。其

幼蟲藉由取食葉片組織並引發蟲癭生長，致使可進行光合作用的葉面積被遮蔽及減小，且成蟲離癭時會造成葉片傷口，導致病菌感染，進而影響樹勢及降低果實產值。為害甚者，可於單一椽果葉片發現 150~200 個蟲癭，更甚者可達 600 餘個 (Li *et al.*, 2003; Cai *et al.*, 2013)。椽果壯鉞普癭蚧於 2011 年在台灣高雄首次紀錄 (Shih *et al.*, 2013)，是繼 2002

年發現第一種於椪果造癭的椪果癭蚋 (*Procontarinia mangicola* (Shi)) 後 (Uechi *et al.*, 2002; Chen *et al.*, 2008), 台灣的第二種椪果造癭害蟲。Hao and Shih (2014) 推測其於台灣的生活史一年約有 6~7 代, 完成一個世代約需 44~51 天。

造癭害蟲生活史及生態特性易受環境影響而產生差異, 如椪果癭蚋在中國四川一年僅 6 個世代, 但在台灣及中國廣西則有 15~17 個世代 (Li and Gu, 2000; Zhao *et al.*, 2005; Cai *et al.*, 2014; Hao and Shih, 2014)。Amouroux *et al.* (2013) 的研究發現另一種危害椪果的癭蚋害蟲 (*Procontarinia mangiferae*) 生活史對於環境溫度具高適應性, 老熟幼蟲的滯育期可持續 6 週, 甚至達 1 年之久。上述例子顯示癭蚋害蟲在不同地區的生活史變異大, 若無法精確的掌握其於入侵地區的生物學, 可能導致防治效益降低並增加防治成本。本文以椪果壯鉅普癭蚋為研究對象進行探討, 其幼蟲期及蛹期於蟲癭內發育, 不利於一般常施行的化學防治。唯剛羽化離開蟲癭的成蟲期及其後產於葉片的卵期, 是該害蟲曝露於外界環境的時段, 為物理及化學防治的最適當防治時期, 然此時期短且不易確認, 為增進防治效益, 本研究針對下列生物學進行調查, 包含 (1) 整合並對照癭蚋及蟲癭發育時期, 判別害蟲發育狀況。(2) 確認蟲癭分布偏好並推估雌蟲產卵行為, 以利成蟲防治策略之擬定。(3) 檢測蟲癭水分蒸散狀況及物理抗性, 做為生物防治評估之依據。

## 材料與方法

### 一、椪果壯鉅普癭蚋生活史及蟲癭發育期

樣樹選自高雄市立明華國民中學 (N 22.661338, E 120.301073) 校園內之椪果樹 4 株, 樹高約 1.5~3.0 公尺。針對被椪果壯鉅普癭蚋危害的葉片進行觀察, 記錄癭蚋發育各階段所需之天數 (卵期、一齡幼蟲期、二齡幼蟲期、三齡幼蟲期及蛹期) 及對照下列蟲癭發育時期, 歸納癭蚋及蟲癭發育時期對照資訊。依 Lalonde and Shorthouse (1984)、Rohfritsch (1992) 及 Yang (1999) 將蟲癭發育時期分為四個時期, (1) 初始形成期 (initiation stage): 植物細胞或組織受雌蟲產卵或初齡幼蟲取食, 與鄰近細胞或組織的生理及生長特性產生區別; (2) 成長分化期 (growth and differentiation stage): 蟲癭細胞快速分裂及增大, 造癭者被包埋於癭中, 靠近蟲室處有營養細胞形成; (3) 定型成熟期 (maturation stage): 蟲癭停止增

長及其形態固定, 厚壁細胞形成, 蟲癭外壁高度木質化; (4) 離癭開裂期 (dehiscence stage): 蟲癭營養及水分停止向造癭者匯流, 蟲癭的羽化孔開裂, 造癭者羽化離去。

### 二、癭蚋分布偏好及豐量

於 4 株樣樹中隨機選取朝向南方 (向陽面) 及朝向北方 (背陽面) 各 5 枝條, 總計 10 枝條, 記錄枝條第 1 至第 4 叢葉片 (第 1 叢為枝條最末端之叢生葉, 依序往基部, 每叢約生長有 9~11 葉片) 之著癭數量及其著癭位置 (葉脈/非葉脈、葉面/葉背), 再以軟體 PAST 3.06 (Hammer *et al.*, 2001) 進行曼恩-惠尼 U 檢定 (Mann-Whitney U Test) 比較。

### 三、蟲癭物理性測試

1. 水分蒸散量: 選取著癭葉片及未著癭葉片各 5 片, 計算葉面積及著癭數量。將葉片置入裝有 10 mL 清水的量筒中, 葉柄沒入水面, 記錄 5 日內量筒水位下降狀況並以 PAST 3.06 (Hammer *et al.*, 2001) 比較蒸散量。此外, 另設置僅含清水之量筒為對照組。

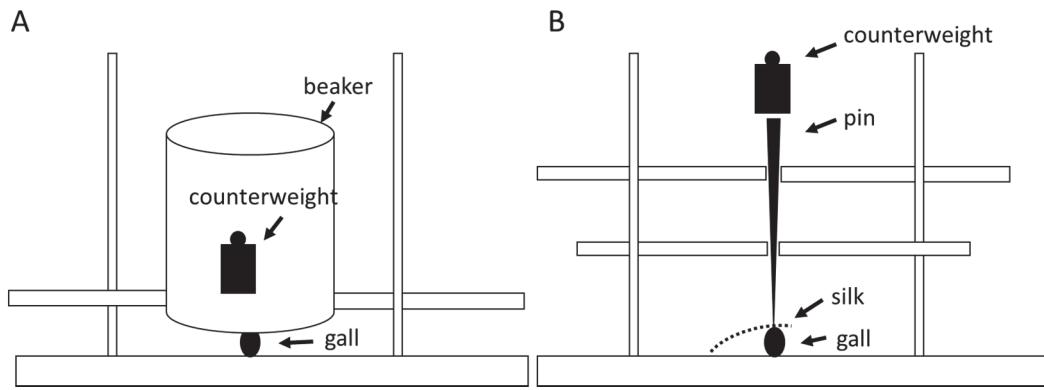
2. 蟲癭耐重程度: 分別選取初齡幼蟲的成長分化期蟲癭 (表面為綠色)、老熟幼蟲的定型成熟期蟲癭 (表面為黑色)、蛹期的定型成熟期蟲癭 (表面為黑色) 及成蟲離癭開裂期蟲癭 (表面為黑色) 進行耐重度測試。將蟲癭置於自製耐重裝置 A 下方 (圖一 A), 再依序增加燒杯內砝碼的重量, 記錄蟲癭外形破裂時之砝碼重量, 並以 Past 3.06 (Hammer *et al.*, 2001) 進行 Kruskal-Wallis 測試比較。

3. 抗刺穿程度: 將蟲癭置於自製裝置 B 中 (圖一 B), 於蟲針及蟲癭測試面 (頂端及側面) 間放置一條測試棉線, 依序增加蟲針頂端之砝碼重量, 記錄蟲針將棉線刺入蟲癭之重量, 以 PAST 3.06 (Hammer *et al.*, 2001) 進行曼恩-惠尼 U 檢定 (Mann-Whitney U Test) 比較。

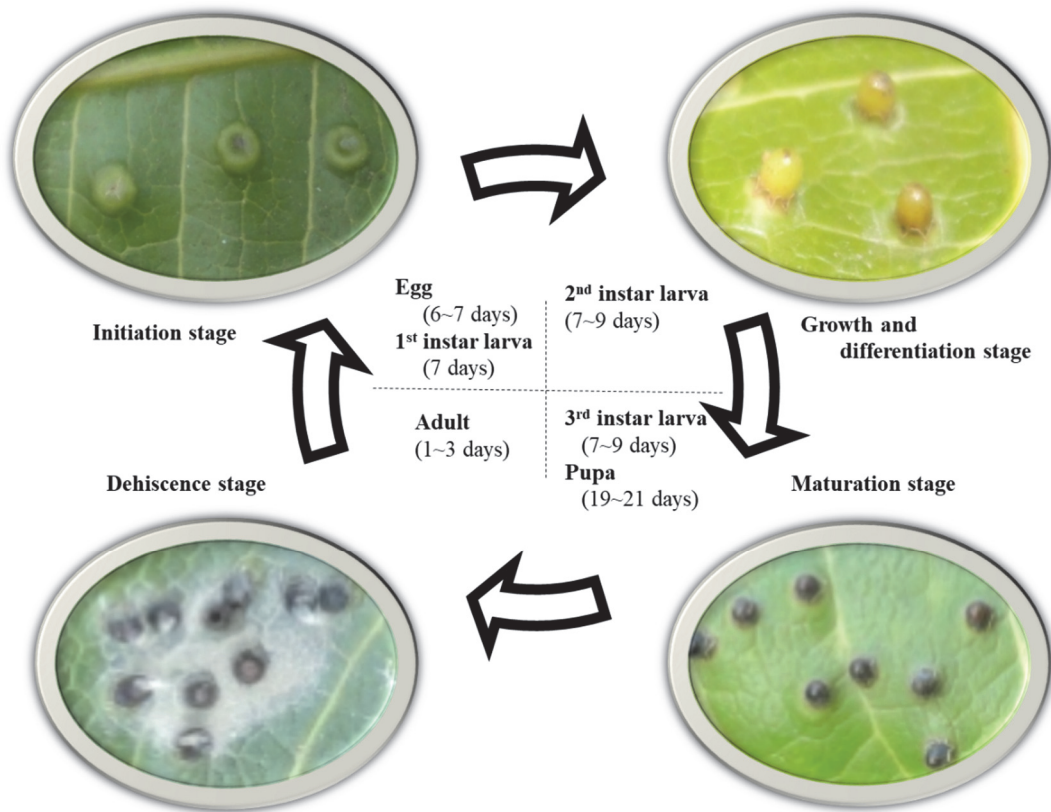
## 結 果

### 一、椪果壯鉅普癭蚋之生活史及蟲癭發育期

椪果壯鉅普癭蚋之生活史及其蟲癭發育時期對照結果如圖二, 卵期  $6.5 \pm 2.7$  (6~7 天, n=20) 日、一齡幼蟲期為  $7.0 \pm 0.0$  (7 天, n=20) 日、二齡幼蟲期為  $8.0 \pm 0.7$  (7~9 天, n=20) 日、三齡幼蟲期為  $8.0 \pm 0.8$  (7~9 天, n=18) 日、蛹期約  $20 \pm 0.3$  (19~21 天, n=20) 日、成蟲期約 1~3 日。蟲癭發育



圖一 椪果壯缺普癭蚧癭物理抗性測試裝置 (A) 耐重；(B) 抗刺穿重量裝置。  
 Fig. 1. (A) Weight- and (B) piercing-press equipment for identifying physical features of *Procontarinia robusta* galls.



圖二 椪果壯缺普癭蚧 *Procontarinia robusta* 及其蟲癭發育對照。  
 Fig. 2. Developmental stages of *Procontarinia robusta* and its gall.

時期可分為 (1) 初始形成期：葉面出現類似石坑外型的蟲癭，中間部表皮細胞淡褐色外圍則凸起一圈，表皮細胞轉為褐色，此階段的癭蚧為卵期及一齡幼蟲期；(2) 成長分化期：表皮細胞呈褐色，蟲癭突破表皮細胞凸起呈淡綠色圓蛋型，高度為 2 mm，癭室組織增生，蟲癭最外層尚未木質化，此階段為癭蚧二齡幼蟲期；(3) 定型成熟期：蟲癭癭壁逐漸木質化，

呈黑色，此階段為癭蚧三齡幼蟲及蛹期；(4) 離癭開裂期：癭室內無葉肉組織，底部和癭室完全木質化，頂端為成蟲羽化開口，具圓形癭蓋，此階段為癭蚧成蟲離癭時期。

## 二、蟲癭著生偏好

於 10 測試枝條組 40 叢葉，共記錄 13,263 個

表一 椪果壯缺普癭蚧蟲癭於葉片分布紀錄

Table 1. Galling site preference of *Procontarinia robusta* on the leaf

	Apricus branch (n=5)		Downsun branch (n=5)	
	Adaxial side	Abaxial side	Adaxial side	Abaxial side
Shoot 1	703.0 ± 52.7	1.6 ± 2.1	567.0 ± 38.6	1.6 ± 2.6
Shoot 2	53.2 ± 9.8	0	38.8 ± 5.9	0
Shoot 3	687.8 ± 69.8	0	554.6 ± 55.7	0.4 ± 0.9
Shoot 4	25.2 ± 1.8	0	19.4 ± 2.7	0

表二 椪果壯缺普癭蚧於椪果的蟲癭分布偏好

Table 2. Galling preference of *Procontarinia robusta* on *Mangifera indica* shoots

	Apricus branch (n=5)	Downsun branch (n=5)
shoot1	704.6 ± 54.6Aa	570.0 ± 39.6Ba
shoot2	53.2 ± 9.8Ab	38.8 ± 5.9Bb
shoot3	687.8 ± 69.8Aa	548.4 ± 51.2Aa
shoot4	25.2 ± 1.8Ac	19.4 ± 2.7Ac

\* Means with different letters in the same row (uppercase) and same column (lowercase) indicated significant differences according to the Mann-Whitney test ( $P < 0.05$ ).

蟲癭，皆分布於葉肉，其中 99.86% 著生於葉面，0.14% 著生於葉背；著生於葉背者，僅發生於第一叢葉或第三叢葉（表一）。各叢葉的蟲癭數量顯示第一及第三叢葉的數量（平均數量  $>600$ ）較第二及第四叢葉高（平均數量  $<55$ ）（表二）。對陽光及背陽枝叢葉的蟲癭，進行兩兩之間比較，向陽者於第一、二叢的數量均顯著高於背陽者（ $P < 0.01$ ），但在向光的第三、四叢及背陽的所有比較皆無顯著差異（表二）。此外，在兩者之內各叢葉發生情形之比較顯示，第一叢及第三叢無顯著差異，但與其他叢葉間具顯著差異（ $P < 0.001$ ）。

### 三、蟲癭物理特性

#### 1. 水分蒸散量

著癭與否於葉片水分蒸散量之比較如表三，著癭葉的水分於五日內平均下降  $2.5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ ，未著癭葉則為  $2.7 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ ，兩者在水分蒸散量檢定結果，並無顯著差異（ $P = 0.68$ ）。

#### 2. 蟲癭耐重程度

蟲癭耐重結果於初齡幼蟲的成長分化期蟲癭為  $287.7 \pm 50.17 \text{ g}$  (n=20)、老熟幼蟲的定型成熟期蟲癭  $363.8 \pm 28.53 \text{ g}$  (n=11)、蛹的定型成熟期蟲癭  $612.6 \pm 70.42 \text{ g}$  (n=9) 及成蟲的離癭開裂期蟲癭  $618.1 \pm 7.34 \text{ g}$  (n=10)。檢定結果顯示，除了蛹的定

型成熟期蟲癭組及成蟲的離癭開裂期蟲癭組兩者間無顯著差異之外，其他組間均具差異（ $P < 0.001$ ）（表四）。

#### 3. 抗刺穿程度

蟲癭抗刺穿結果顯示（表五），成長分化期（癭呈綠色）蟲癭頂部及側面分別  $30 \pm 1.4 \text{ g}$  及  $32 \pm 1.4 \text{ g}$ ，兩者無顯著差異；定型成熟期（癭呈黑色）蟲癭頂部及側面分別為  $59 \pm 2.0 \text{ g}$  及  $71 \pm 2.0 \text{ g}$ ，兩者具顯著差異。此外，定型成熟期蟲癭的不同測試面之抗刺穿重量，均顯著高於成長分化期（ $P < 0.001$ ）。

## 討 論

在造癭癭蚧的生活史中，成蟲期通常僅有數日（Yukawa, 2000），其他部分則是在蟲癭內發育的幼蟲期及蛹期，建立造癭者生活史與蟲癭發育期的對照資料，可藉由蟲癭形態變化，判別造癭者的發育狀態，有效掌握防治時機，省去逐一解剖蟲癭，判斷造癭者發育狀態的冗長時間。本研究建立椪果壯缺普癭蚧及其蟲癭發育的對應資料，不僅可提供監測該害蟲田間動態，也可作為調查其他入侵造癭生物之研究模式。

Yukawa (2000) 指出成蟲期短的癭蚧物種，受產卵時間的限制，雌蟲產卵時期與寄主特定物候期，

表三 椪果壯缺普癭蚧著癭及非著癭葉片蒸散量

Table 3. Evapotranspiration in nongalled and galled leaves

	No. of Gall	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Day 1 ( $\mu$ l)	Day 2 ( $\mu$ l)	Day 3 ( $\mu$ l)	Day 4 ( $\mu$ l)	Day 5 ( $\mu$ l)	Consumption ( $\mu$ l/cm <sup>2</sup> )
Gall leaf (n=5)	69.2 $\pm$ 16.6	41.8	44	38	34	14	10	2.5 $\pm$ 0.6
Leaf (n=5)	0	44.6	40	36	32	28	16	2.7 $\pm$ 0.6
Water (n=1)	0	-	10	0	10	10	0	-

“-” indicates no data available

表四 椪果壯缺普癭蚧不同蟲癭發育時期之耐重測試

Table 4. Weight press test of *Procontarinia robusta* gall at various developmental stages

Stage of gall (insect)	n	Mean $\pm$ SD
Growth and differentiation stage (immature larva)	20	287.7 $\pm$ 50.17A
Maturation stage (full grown larva)	11	363.8 $\pm$ 28.53B
Maturation stage (pupa)	9	612.6 $\pm$ 70.42C
Dehiscence stage (adult)	10	618.1 $\pm$ 7.34C

\* Means with different letters indicated significant differences according to the Kruskal-Wallis test ( $P < 0.05$ ).

表五 椪果壯缺普癭蚧不同蟲癭發育時其之抗刺穿重量測試

Table 5. Piercing test of *Procontarinia robusta* gall at various developmental stages

(n=10)	Growth and differentiation stage (green gall)	Maturation stage (black gall)
Top side	30 $\pm$ 1.4Aa	59 $\pm$ 2.0Ab
Lateral side	32 $\pm$ 1.4Aa	71 $\pm$ 2.0Bb

\* Means with different letters in the same row (lowercase) and same column (uppercase) indicated significant differences according to the Mann-Whitney test ( $P < 0.05$ ).

具相當程度的關聯性。於台灣，椪果約每二個月抽梢一次，椪果壯缺普癭蚧約 44~51 天完成一個世代 (Hao and Shih, 2014)，因此可推估成蟲期與葉片新梢期每兩個月有一段重疊的時期，為成蟲可大量產下後代的時段。本研究結果為第一、三叢葉的蟲癭數量多超過 500 以上，而第二、四叢葉的蟲癭數量相對較低 (100 以下) (表二)，此反映癭蚧族群的變動除了受植物物候的影響之外，尚有其他未確認之因子影響。此外，本研究調查樣本僅包含 4 次抽梢的枝葉，代表 8 個月的癭蚧族群發生量，未來可藉由監測癭蚧 1 至 2 年的族群發生量，進一步確認其族群波動是否與本研究類似。

Toma and de Souza Mendonça (2014) 指出蟲癭豐量受到不同環境尺度及其下多種因素影響 (如土壤鹽度、植株密度、植株雌雄...等)。本研究以單一樣區的癭蚧族群進行調查，排除上述影響族群豐量的因素。Leite *et al.* (2009) 的研究顯示

*Eurytoma* 屬造癭小蜂在樹冠層的蟲癭數量較高，推論其蟲癭數量受到光照影響。本研究亦顯示椪果壯缺普癭蚧在向陽面枝條的葉片蟲癭數量較背陽面多 (表二)，雖僅有第一及二叢葉蟲癭數量達到顯著性差異，未來可進一步探討癭蚧產卵偏好是否受不同光照面的葉片物候影響。

造癭昆蟲對其產癭植物及部位具高度專一性，Mishima and Yukawa (2007) 及 Mishima *et al.* (2014) 指出 *Pseudasphondylia neolitsea* 於不同部位的產癭，顯示族群分化的可能性。本研究 (表一) 顯示椪果壯缺普癭蚧主要產癭於葉面，極少產癭於葉背，依比例而言，應非由族群分化造成。推論另外三種可能性，第一、過於密集的蟲癭分佈，促使發育中的蟲癭相互擠壓，導致少部分蟲癭往非原定 (葉背) 方向發育。於葉背發育的蟲癭，僅發現於癭蚧大量發生時 (表一)，或可支持此觀點；第二、雌蟲產卵於葉背/葉面的位置影響蟲癭發育方向，

Rohfritsch (1992) 指出造瘿物種可精準辨別可利用的寄主細胞位置，即雌蟲可確認該處組織是否已被其他造瘿者產卵或利用，雌蟲於葉背產卵或可減少子代競爭，導致蟲瘿發育方向改變；第三、相對於第二種可能性，雌蟲偶發性的錯誤產卵，為另一種可能。以上三種推論，未來可藉由瘿蚧產卵行為測試進行確認。

蟲瘿的物理特性反映造瘿者與其他生物或非生物交互作用之適應結果，椪果壯缺普瘿蚧蟲瘿的葉片水分蒸散結果(表三)，顯示蒸散量的多寡並不受蟲瘿著生與否影響，即反映蟲瘿對於葉片的水分蒸散並無影響，使其表現與一般葉片無異。此外，蟲瘿耐重(表四)及抗刺穿(表五)的結果均顯示在瘿蚧羽化離瘿之前，其所受到的保護程度隨著蟲瘿發育時期而增高。然而成熟期蟲瘿頂部的抗刺穿程度較側邊低，即木質化程度也較低，符合成蟲羽化孔位於蟲瘿頂部，其木質化程度較側邊為低，使蛹可以通過羽化孔並使成蟲順利羽化。

Chen *et al.* (2011) 回顧甘藍瘿蚧 (*Contarinia nasturtii* Kieffer) 入侵北美地區的研究歷程，整合寄主範圍、分布、經濟衝擊狀況、生活史、防治策略及其修正建議，期能降低害蟲對於經濟作物的危害。此亦顯示多種防治技術的發展，有賴於完整的害蟲生物學資訊。本調查為台灣少數針對入侵瘿蚧害蟲之生活史、蟲瘿發育時期及物理特性之研究案例，未來可藉此資料調整其他防治策略發展之用，如可藉由蟲瘿發育的時間，推斷成蟲羽化及化學防治的時間；亦可配合瘿蚧及蟲瘿的發育時期，調整天敵施放時間，降低天敵因瘿蚧齡期及蟲瘿物理特性干擾，提升生物防治成效。

## 誌 謝

本研究以第二及第三作者於 104 與 105 年參加國中科學展覽(主題分別為 [“瘿”室了得，硬是了得！探討椪果壯缺普瘿蚧的生態及生物防治可行性] 及 [捕「蜂」捉「瘿」~探討一種未知寄生蜂的生態及對椪果壯缺普瘿蚧寄生模式]) 之部分資料為基礎，由其他共同作者指導並進行彙整、分析、詮釋及撰寫。研究期間承高雄市立明華國民中學王釋玄、蘇育弘、李冠徵、李昂勳協助採樣調查及數據整理。文成後，中興大學賴保成給予初稿修正建議，廖一璋、邱俊禕於統計分析之協助，曾慶慈於全文修改建議及台灣大學廖治榮給予英文摘要修正建議，謹此一併致謝。

## 引用文獻

- Amouroux P, Normand F, Nibouche S, Delatte H. 2013. Invasive mango blossom gall midge, *Procontarinia mangiferae* (Felt) (Diptera: Cecidomyiidae) in Reunion Island: ecological plasticity, permanent and structured populations. *Biol Invasions* 15: 1677-1693.
- Cai HJ, Kolesik P, Wang HY, Liao FR, Quintao V, Harris KM, Bellis GA. 2013. Description of the immature stages and gall morphology, and molecular characterisation of *Procontarinia robusta*, a gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) damaging leaves of mango *Mangifera indica* L. (Anarcadiaceae) in southern Asia. *Aust J Entomol* 52: 206-211.
- Cai HJ, Yao JA, Fu JW, Wang HY, Liao FZ. 2014. Recognition and identification of five mango midge species in China. *Forest Pest and Disease* 33: 41-43. (in Chinese)
- Chen M, Shelton AM, Hallett RH, Hoepfing CA, Kikkert JR, Wang P. 2011. Swede midge (Diptera: Cecidomyiidae), ten years of invasion of crucifer crops in North America. *J Econ Entomol* 104: 709-716.
- Chen MC, Chen RC, Chang CY. 2008. Investigation on ecology and pesticide applications of mango gall midge (*Procontarinia mangicola* (Shi)). *Res Bull Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station* 19: 30-40. (in Chinese)
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron* 4: 1-9.
- Hao HH, Shih HT. 2014. Occurrence and control of *Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang. *Technical Service Quarterly, TARI* 99: 15-20. (in Chinese)
- Lalonde RG, Shorthouse JD. 1984. Developmental morphology of the gall of *Urophora cardui* (Diptera, Tephritidae) in

the stems of Canada thistle (*Cirsium arvense*). Can J Bot 62: 1372-1384.

- Leite GLD, Veloso RVS, Silva FWS, Guanabens REM, Fernandes GW.** 2009. Within tree distribution of a gall-inducing *Eurytoma* (Hymenoptera, Eurytomidae) on *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). Rev Bras Entomol 53: 643-648.
- Li J, Bu WJ, Zhang QY.** 2003 A new species of gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) attacking mango leaves from China. Acta Zootax Sin 28: 148-151.
- Li XY, Gu DJ.** 2000. Biological feature and occurrence of *Procontarinia mangicola* (Shi). pp 824-829. In: Li DM (eds). Towards the 21st century: Entomology in China. Proceeding of the Annual Meeting of China Entomological Society; 2000 Oct. Xicheng, Beijing: China Science and Technology. (in Chinese)
- Mishima M, Yukawa J.** 2007. Dimorphism of leaf galls induced by *Pseudasphondylia neolitsea* (Diptera: Cecidomyiidae) on *Neolitsea sericea* (Lauraceae), representing geographic variations in Kyushu, Japan. Bull Kyushu Univ Mus 5: 57-64.
- Mishima M, Sato S, Tsuda T, Yukawa J.** 2014. Sexual isolation between two known intraspecific populations of *Hartigiola* (Diptera: Cecidomyiidae) that induce leaf galls on upper and lower surfaces of *Fagus crenata* (Fagales: Fagaceae), indicating possible diversification into sibling species. Ann Entomol Soc Am 107: 789-798.
- Rohfritsch O.** 1992. Patterns in gall development. pp. 60-86. In: Shorthouse JD, Rohfritsch O (eds). Biology of Insect-induced Galls. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Shih HT, Hao HH, Chiu YC, Lin FC, Yang MM.** 2013. A revised and annotated checklist of insects and mites of mangos from Taiwan. Formosan Entomol 33: 27-51. (in Chinese)
- Toma TS, de Souza Mendonça Jr M.** 2014. Population ecology of galling arthropods in the Neotropics. pp. 69-98. In: Fernandes GW, Santos JC (eds). Neotropical Insect Galls. Springer, Netherlands.
- Uechi N, Kawamura F, Tokuda M, Yukawa J.** 2002. A mango pest, *Procontarinia mangicola* (Shi) comb. nov. (Diptera: Cecidomyiidae), recently found in Okinawa, Japan. Appl Entomol Zool 37: 589-593.
- Yang MM.** 1999. The biology and evolution of gall-forming insects. pp. 113-126. In: Yang MM (eds). Insect Systematic and Evolution. National Taiwan University and National Museum of Natural Science, Taiwan.
- Yukawa J.** 2000. Synchronization of gallers with host plant phenology. Popul Ecol 42: 105-113.
- Zeng C, Li YL, Xiao RR, Huang LX, Robleh YD, Bourhan AA, Peng Y.** 2014. Preliminary study on *Procontarinia robusta*, one kind of pest of mango tree, in Djibouti. J Hubei Univ (Natural Science) 36: 303-306. (in Chinese)
- Zhao JH, Xia M, Zeng ZH.** 2005. Occurrence and control of *Procontarinia mangicola* (Shi). Sci Tech Sichuan Agric 1: 35. (in Chinese)

# Gall Development, Structure, and Preference Position of the Invasive Cecidomyiid *Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang (Diptera: Cecidomyiidae)

Sheng-Feng Lin<sup>1</sup>, Pin-Ru Lin<sup>2</sup>, Yu-Wei Ni<sup>2</sup>, Man-Miao Yang<sup>1</sup>, and Hsiou-Hua Hao<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan

<sup>2</sup> Kaohsiung Municipal Minghua Junior High School, Kaohsiung, Taiwan

<sup>3</sup> Department of Protection, Fengshan Tropical Horticultural Branch Experiment, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agricultural, Fengshan, Kaohsiung, Taiwan

\* Corresponding email: hao@fthes-tari.gov.tw

Received: 1 August 2018

Accepted: 12 November 2018

Available online: 15 December 2018

## ABSTRACT

*Procontarinia robusta* Li, Bu & Zhang induces leaf galls that reduce fruit quality and quantity by blocking leaf photosynthesis. Pest biology is the key information required to develop pest control strategies. Little is known regarding the biology of *P. robusta* in Taiwan. Therefore, this study established various biological data for integrated pest management of *P. robusta*. These data included the developmental stages of *P. robusta* and its gall, galling site preference and gall physical features. The gall developmental stages of corresponding to those of insects are as follows: (1) initiation stage of gall corresponding to egg and first instar of the midge, (2) gall growth and differentiation stage to the second instar of midge larvae, (3) gall maturation stage to the third instar larvae and pupae, and (4) gall dehiscence stage to adult midge. The apparent stages of gall development could be an indicator of the developmental stages of *P. robusta* in the field. Regarding galling site preference, gall number of adaxial sides of the leaves (99.8%, n=13,251) were preferred over the abaxial sides. Pairwise comparison of galls on branches revealed a preference for sun-facing branches over rear branches; moreover, galls with first and third (mean >600) shoots had a higher mean than those with second and fourth shoots (mean <55). These findings indicated that the female sex is specific to the ovipositional site and preferences could be affected by light and the corresponding host-shooting time. No significant evapotranspiration differences were observed between the nongalled (2.5 ul) and a galled (2.7 ul) leaf groups ( $P=0.68$ ). In the maturation stage, galls had higher resistance to weight and piercing than in the growth and differentiation stages, possibly because of the increasing degree of lignification during the gall development.

**Key words:** invasive species, cecidology, *Mangifera indica*, Taiwan, crop pest