

害蟲綜合管理模式在設施蔬果安全生產之應用

林鳳琪^{1,7} 陳怡如² 邱一中³ 余志儒⁴ 王昭月⁵ 高靜華⁶

摘要

具科學理論的害蟲綜合管理(Integrated Pest Management, IPM)基礎與架構，係以害蟲監測技術及經濟限界為基石，整合各種防治措施，控制害蟲發生於可忍受的經濟危害下。設施栽培蔬果之關鍵蟲害如粉蝨或薊馬，其體型微小不易掌握其發生及防治時機，若能應用合理有效的蔬果病蟲害綜合管理技術，透過病蟲害監測，視其密度高低，適時導入有效的生物天敵或環境友善之植物保護資材等，有助於生產品質產量與安全兼顧農產品。以設施番茄為例，其關鍵害蟲銀葉粉蝨(*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring = *Bemisia tabaci* type B)因傳播之雙生病毒(The genus *Begonovirus*)若無適當的防治，將嚴重影響產量與品質及商品價格。銀葉粉蝨的管理，以每週於設施內逢機懸掛 30 張黃色黏紙(11.5×15 cm) 監測粉蝨之發生密度，當週平均黏紙誘集粉蝨數量達防治基準 (50 隻成蟲/黏板/週)，即進行防治工作，防治時應選擇對粉蝨殺蟲效果較佳藥劑，配合拔除罹病植株及改善設施內防蟲網的設置，可以控制番茄黃化捲葉病 (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV)之罹病率於 10%以下。在番茄進入採收兩週前不再使用農藥，應用釋放蚜小蜂、草蛉及小黑花椿象以防治粉蝨及葉蟎。經試驗評估，可以控制銀葉粉蝨發生密度低於防治基準達 16 週，無煤煙病發生，全程所用殺蟲劑較傳統慣行法節省 70%以上之農藥使用。在栽培甜椒之設施，每週以每株 5-6 隻南方小黑花椿象(*Orius strigicollis* (Poppius)) 比例釋放進行生物防治，結果顯示對甜椒上的南黃薊馬(*Thrips palmi* Karny)及台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 可控制於 0.3

-
1. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。
 2. 行政院農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。
 3. 行政院農委會農業試驗所應用動物組聘用助理研究員。台灣 台中市。。
 4. 行政院農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。。
 5. 行政院農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。。
 6. 行政院農委會農業試驗所應用動物組研究員兼組長。台灣 台中市。。
 7. 通訊作者，電子郵件：fclin@tari.gov.tw；電話：(04) 23317608。

隻/花之低密度，另以石灰硫磺粉劑防治茶細蟎，植物油混方防治蚜蟲，全程不需使用農藥，達到安全生產之目的。

關鍵詞：銀葉粉蝨、番茄黃化捲葉病毒、薊馬、生物防治、綜合防治。

前言

以設施栽培作物，可以阻隔大型害蟲，如斜紋夜盜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius)、番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hubner)) 及甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner) 等，但無法完全阻隔小型蟲害進入設施內為害作物，如薊馬、粉蝨及蟎類等。此類害蟲具體型小、繁殖潛能大、族群擴散迅速及易產生抗藥性的生物特性，而台灣設施栽培大宗作物如番茄、甜椒、胡瓜多為連續採收，若無全盤的管理策略，過度注重於單一病蟲害防治或依賴化學藥劑，難以達到防治成效，甚至衍生農藥殘留影響農產品的安全及消費者健康。有鑑於此，為強化設施農業全方位服務，提升設施蔬果產值能之目標；達到不用農藥或農藥使用最少化的蔬菜生產，提供讓消費者安全農產品及穩定安全蔬菜供應鏈，在設施栽培生產管理體系中，亟需建置配合設施作物生產模式之病蟲害綜合管理模式，透過病蟲害監測，視其密度高低，適時導入有效的生物防治或對環境友善之植物保護資材，以降低危害及減少農藥使用，有助於生產安全優質之蔬菜，提高產值。

害蟲綜合防治是一套害蟲管理系統(integrated pest management, IPM)，在歐美國家已有五、六十年之歷史，具相當的基礎科學，研究及應用作物害蟲綜合防治體系，可提升管理效能，把害蟲族群控制在經濟危害水平(EIL)之下。因此可以有效防治病蟲害並兼顧環境與農產品生產之安全，已在全球多國農業生產實施應用 (Pedigo *et al.*, 1986)。

本文乃簡介害蟲管理的科學基礎，並以設施番茄及甜椒為例，介紹其關鍵病蟲害綜合管理策略與技術之研發，以提供產業安全生產可以應用的整體解決方案。

害蟲綜合管理(IPM)科學基礎

害蟲綜合管理的觀念萌芽於 1950 年代 (Bartlett, 1956; Stern *et al.*, 1959)，其意義為結合傳統的生物防治與化學防治，以達相互協調及互補作用，稱為綜合防治 (integrated control) 之後便發展為根據對害蟲族群變動、潛在害蟲的種類、天敵、作物生長的物候學的了解而形成的一個害蟲防治系統。1965 年在聯合國的糧農組織

(FAO)召開綜合防治學術研討會上，給綜合防治下一個定義 (Smith and Reynolds, 1965): 綜合防治是在互相協調的方式，使用一切適當技術，使害蟲族群減少到經濟危害所允許的限界之下，並維持這個低水平的害蟲族群管理系統。之後又有更詳盡的定義被提出：“害蟲綜合防治是一套害蟲管理系統，它考慮害蟲的族群動態及其相對應的環境，整合利用所有適當的技術，盡可能互相協調的方式，把害蟲族群控制在經濟危害限界 (Economic Injury Level, EIL) 之下”，因此是可以說一種管理科學。簡言之，害蟲綜合管理基礎與架構以害蟲監測技術及經濟限界為基石，整合各種防治措施為手段，控制害蟲發生於可忍受的經濟危害下。其管理操作模式是透過取樣技術，收集測量農業生態系的資料，例如害蟲在植物上的族群密度變動，或估算害蟲及其天敵的族群關係等，配合氣象及經濟資訊的收集預測，根據先前的調查監測是否達到所訂定啟動防治的經濟水平 (Economic threshold, ET)，決定是否防治及採取何種措施，避免害蟲族群密度達到經濟危害限界，如此於作物的生長期中循環不斷進行管理害蟲。

設施番茄關鍵害蟲管理及其安全生產

設施栽培番茄發生害蟲，主要以小型害蟲為主，如粉蝨、薊馬、蚜蟲、斑潛蠅及蝸類。大型的害蟲如斜紋夜盜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius)、番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hubner)) 及甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner) 等，雖因設施阻隔不完備偶而發生，對產量影響不大。

斑潛蠅潛食葉片造成白色隧道式條紋，不危害果實及傳播病害，重要性不如媒介其它病害之害蟲。南黃薊馬 (*Thrips palmi*, Karny) 取食葉部為主，傳播番茄上番椒黃化病毒 (*Capsicum chlorosis virus*, CaCV)。蚜蟲在番茄上傳播的病毒有胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*, CMV) 及馬鈴薯病毒 (*Potato virus Y*, PVY)，常排泄大量密露，容易引起煤煙病。近幾年番茄栽培又以銀葉粉蝨及其傳播番茄黃化捲葉病毒 (TYLCV) 危害最為嚴重，如無適當防治，罹病率往往超過七成，是影響產量與品質最為關鍵的害蟲。

其他次要番茄病害蟲之防治，因造成的損失輕重不一，應先釐清種類及評估所需投入防治措施，再對症下藥，以減少不必要的防治或農藥使用，避免衍生農產安全問題。例如番茄青枯病可選擇抗病嫁接苗及更新介質等減少發生，番茄銹蟎 (*Aculops lycopersici* (Masse) 施以石灰硫磺，防治效果達 70% 以上，其他病蟲

害在發生初期可以利用栽培調整或是較低毒安全植物保護資材防治，避免擴散蔓延，農藥則是最後一道防線。

一、銀葉粉蝨對番茄危害及管理策略

銀葉粉蝨體型細小，成蟲體長約 1 毫米，產卵於葉背，孵化後若蟲固定於葉背生活及發育。台灣設施番茄栽培大多在每年 10 月以後定植至翌年 4-5 月產程結束，設施栽培環境氣溫適宜銀葉粉蝨之發育與繁殖，故設施內銀葉粉蝨族群密度發生呈逐漸上升之趨勢。

粉蝨取食造成葉片黃化斑點，大量粉蝨聚集及排泄大量蜜露，導致煤煙病發生，影響植株的光合作用，污染果實。此外，銀葉粉蝨是傳播番茄黃化捲葉病毒唯一媒介昆蟲。番茄在苗期至開花期感染病毒後，植株無法正常生長、開花及結果，但進入採收期之後植株感染病毒對其產量影響小 (林等, 2011)。有鑒於此，安全生產的有效防治策略，應著重於番茄苗期及栽培初期粉蝨的管理。

粉蝨管理，基於其生活習性，卵及若蟲均固定在植物體上，故僅帶毒成蟲具擴散傳播能力，因此，應在苗期時迅速徹底防治成蟲，減少其產卵，以延遲或減緩粉蝨在設施內擴建族群，可避免植株太早感染病毒而造成嚴重損失，同時也可以避免採收期感染煤煙病造成損失。透過適當檢測與監測，可以了解帶毒粉蝨發生的數量，掌握後續植物病毒病勢的發展，提早進行防治工作。在防治措施的選擇與整合，掌握所使用的殺蟲劑對田間粉蝨群的毒性，選用對粉蝨毒效佳的藥劑，迅速降低銀葉粉蝨族群密度，提高防治效率，有助減少用藥，為管理粉蝨減少傳播病毒第一要務。

二、粉蝨監測與基本管理模式

為建立設施番茄銀葉粉蝨的監測技術，了解粉蝨發生數量，以掌握防治關鍵時刻。以新港栽培番茄之網室內黃色黏板 (11x15cm) 監測粉蝨連續 13 週所得資料，以 Iwao' spatchiness regression 分析估算以黃色黏板監測番茄銀葉粉蝨之最適樣本數，結果如表 1，為不同粉蝨發生密度在不同精密度下之最適樣本數，本試驗以黏板誘集粉蝨蟲數為有 13 週蟲數達 15 隻以上，因此故推薦每一設施懸掛 30 張黏板誘集粉蝨成蟲，每週定期回收更換黏板，其監測粉蝨密度之誤差可在 20% 以下。

以推薦的監測方法調查設施內粉蝨發生密度，與植株罹病率進行直線迴歸分析其關係，當每週平均每一黏紙誘集粉蝨成蟲在 50 隻以下，次週番茄植株罹病率低於 5%；若平均粉蝨超過 100 隻，次週罹病率將達 10% 以上，因此建議其防治基準為每

週監測粉蝨成蟲平均達 50 隻時應施用有效粉蝨防治藥劑，可控制罹病率低於 10%。

三、應用與效益評估

2015 年於彰化溪州喬伊登高階精密溫室，進行以農試所研究團隊擬定之基礎綜合防治模式應用效益評估，輔導全期害蟲監測及指導用藥。栽培前期施用 2 次 20% 達特南 (Dinotefuran) 水溶性粒劑 3000 倍稀釋液防治粉蝨，在番茄進入採收 2 週前及不再使用農藥，並於溫室內釋放蚜小蜂、草蛉及小黑花椿象以防治粉蝨及葉蟎，共計釋放 30 萬隻天敵。經試驗評估，銀葉粉蝨發生密度較前一年業者自行管理 (2014) 降低，可以控制銀葉粉蝨發生密度低於防治基準達 16 週，粉蝨傳播之番茄黃化捲葉病毒 (TYLCV) 之罹病率低於 2% 以下，無煤煙病發生，全程使用殺蟲劑 2 次，較傳統慣行法在採收前每週用藥一次節省 70% 以上之農藥使用。

設施甜椒關鍵害蟲管理及其安全生產

影響設施栽培甜椒產量或品質關鍵害蟲為薊馬、細蟎及蚜蟲為主。薊馬包括小黃薊馬、南黃薊馬及台灣花薊馬，薊馬喜歡取食植物幼嫩組織，常造成心芽或花芽褐化萎凋；葉片或果實的粗糙的褐斑，影響產量與品質。小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 高溫時發育迅速 (陳等, 2013)，在台灣常發生於夏季，為害甜椒心芽造成皺縮、萎凋，為害幼果造成果時畸形及褐色銹斑 (李及溫, 1982)。南黃薊馬最常危害甜椒葉片，族群密度高時也危害果實造成條狀褐斑，也是甜椒上番椒黃化病毒的媒介薊馬。台灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 相較於以上兩種薊馬，較為偏好生活於植物花部，在台灣常發生於各種植物上，其偏好溫度較前兩種薊馬低，故山地甜椒易受其危害。花薊馬成蟲及幼蟲喜歡聚集於花朵中取

表 1. 經由 Iwao's patchiness regression 估算設施番茄銀葉粉蝨最適樣本數

Mean No. / trap	Precision			
	0.1	0.15	0.2	0.25
1	1229	546	307	197
2	633	281	158	101
5	275	122	69	44
10	156	69	39	25
15	116	52	29	19
20	96	43	24	15
40	66	29	17	11
50	60	27	15	10
100	48	21	12	8
200	42	19	11	7

食花粉及小果，影響果實品質。

葉蟎及細蟎均為害彩椒，葉蟎主要為害葉片造成斑點。茶細蟎除了為害葉片，也會為害心芽與果實，其危害與薊馬引起的徵狀非常相似，造成心芽皺縮萎凋及果實銹斑，重要性僅次於薊馬類。

蚜蟲主要聚集在新葉或心芽上取食，被害葉皺縮捲曲，高密度的棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 為害使葉片萎凋，而排洩大量的蜜露也誘發煤煙病，汙染葉片及果實。銀葉粉蝨也是常發生在甜椒上的害蟲，雖然也傳播茄科雙生病毒，番椒上雙生病毒不若番茄嚴重，粉蝨於甜椒之族群增長較慢，較少引起煤煙病，其重要性不如棉蚜。

一、安全生產之害蟲管理策略與防治

在甜椒上發生害蟲繁多，為達成生產目標，尤其是週年生產栽培管理，往往無法避免使用農藥防治病蟲害，為達到產量、品質及安全兼顧之蟲害管理策略，第一步為釐清關鍵蟲害種類，了解其發生時期及數量之多寡，以權衡其對甜椒造成損害程度再決定防治與否。

據週年調查甜椒害蟲發生種類及監測害蟲密度，顯示發生最為頻繁者為銀葉粉蝨、薊馬類 (包括小黃薊馬、南黃薊馬) 及蚜蟲，細蟎族群則於 6 月攀升。分析害蟲對甜椒影響，粉蝨發生密度雖高但不傳播病毒且不至於引起煤煙病，對甜椒生產影響甚小；薊馬類及茶細蟎取食新芽及小果，對植株生長、花芽數及果品品質影響最為嚴重；此外，設施內偶有夜蛾類發生如斜紋夜盜蛾，可以利用蘇力菌防治。

在甜椒關鍵害蟲有效安全防治技術方面，推薦應用南方小黑花椿象防治薊馬類害蟲，可以抑制小黃薊馬發生，達到一定防治效果並減少農藥之使用；以石灰硫磺混劑防治茶細蟎效果達 80% 以上；應用農試所研發的植物油混方防治蚜蟲與葉蟎均有良好的防治效果。

二、南方小黑花椿象防治甜椒薊馬之效益

南方小黑花椿象屬半翅目 (Hemiptera) 花椿象科 (Anthocoridae)，分布台灣、大陸與日本。若蟲與成蟲均擅長捕食薊馬、葉蟎等小型害蟲，行動活潑在植物四處蒐尋獵物，以細長的刺吸式口器捕食吸取蟲卵或其他小蟲，隨者體型逐漸長大捕食能力越強，一生可捕食薊馬 2-300 或葉蟎 5-600 隻 (王等, 2002)。農試所已成功開發南方小黑花椿象 (*Orius strigicollis* (Poppius)) 大量繁殖技術，釋放於田間防治紅豆上豆花薊馬、茄園南黃薊馬，均有壓低害蟲密度提高產量的防治效果。

為測試評估南方小黑椿在甜椒防治薊馬之效果，於 2015 年，在南投縣信義鄉一處栽培 12,000 株甜椒之簡易溫室，進行釋放南方小黑花椿象測試防治效果。試驗分為自當年 8 月起每 2 週至該試驗區定期釋放小黑花椿象約 32,000 隻。釋放後約 7 週 (9 月) 試驗區薊馬開始發生，改每週釋放約 32,000 隻小黑椿，共釋放 17 次。調查釋放區及對照區 (不放小黑椿) 之南黃薊馬與台灣花薊馬密度，釋放前藍色黏板誘集薊馬數均為 0 隻，兩區並無差異。試驗結果顯示，對照區藍色黏板誘集台灣花薊馬密度最高達 119.3 隻/黏板，較釋放天敵試驗區 30 隻/黏板高 (圖 1)。調查甜椒花朵上兩種薊馬蟲數，對照區台灣花薊馬密度亦較釋放區高 (圖 2)，小黑椿在甜椒花朵上數量在釋放區較對照區高，顯示小黑椿釋放後可以在甜椒上發育繁殖。試驗開始進行後全區未噴殺蟲劑，茶細蟎發生時則施以石灰硫磺粉劑稀釋 1000 倍，蚜蟲發生則施用植物油混方 400 倍予以防治。試驗結果顯示以釋放南方小黑椿為主的綜合防治，具壓制甜椒薊馬密度之效果，對甜椒安全生產有相當之助益。

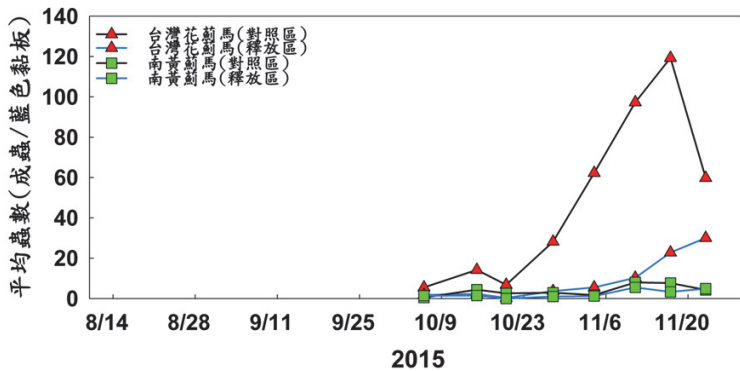


圖 1. 信義設施甜椒釋放小黑花椿象防治薊馬之族群變動 (黏板)。

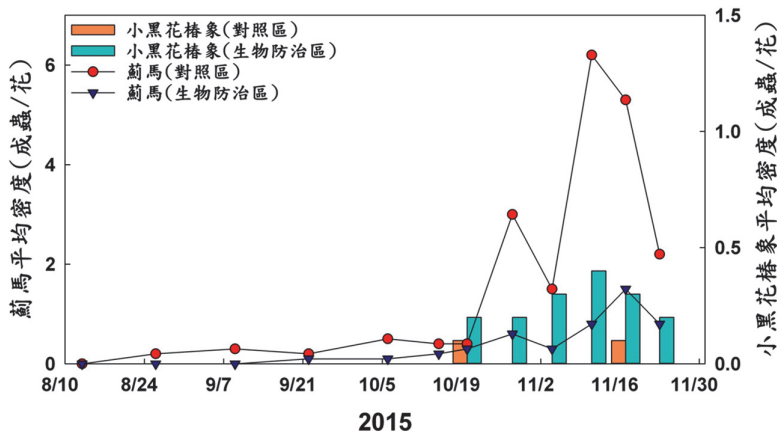


圖 2. 信義設施甜椒釋放小黑花椿象防治薊馬之害蟲與天敵族群變動 (花)。

引用文獻

- Bartlett, B. R. 1956. Natural predators. Can selective insecticides help to preserve biotic control? *Agric. Chemistry* 11(2):42-44,107-109.
- Pedigo, L. P., S. H. Hutchins, and L. G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annual review of entomology* 31(1):341-368.
- Stern, V. M. R. F., R. Smith, R. Van den Bosch, and K. Hagen. 1959. The integration of chemical and biological control of the spotted alfalfa aphid: the integrated control concept. *California Agriculture* 29(2):81-101.
- Smith, R.F., and H. T. Reynolds. 1965. Principles, definitions and scope of integrated pest control. In Waterhouse D.F. (ed.) *Proc. FOA Symp. on Integrated Pest Control*, Rome. 11-15 Oct. FAO, Rome. p.11-17.
- 李錫山、溫宏治。1982。椽果薊馬類發生消長與為害調查及其防治試驗。植物保護學會會刊 24:179-187。
- 王清玲、吳子淦、李文台、李啟陽、林鳳琪、高靜華、陳文華，鄭允、羅幹成、蘇文贏。1999。生物防治-天敵研究和利用介紹。農業試驗所編印。63 頁。
- 王清玲、李平全、吳炎融。2002。薊馬天敵~小黑花椿象 (*Orius strigicollis*) 之繁殖與利用。台灣昆蟲特刊第三號：農作物害蟲與害蟎生物防治研討會專刊：157-174。
- 林益昇、鄭清煥、高清文編。1995。台灣農家要覽 農作篇(三)植物保護頁 1-360。豐年社。500 頁。
- 林鳳琪、張淑貞、鄭櫻慧、王清玲、胡仲祺。2011。銀葉粉蝨傳播蔬果雙生病毒及其防治研究。農試所特刊 152:193-204。
- 陳怡如、林鳳琪、邱一中、石憲宗。2013。溫度對小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis* Hood) 發育與繁殖之影響。台灣農業研究 62(4):352-360。

Application of Integrated Pests Management Program for Safety Production of Vegetable under Facilities Cultivation

Feng-Chyi Lin^{1,7}, Yi-Ju Chen², Yi-Chung Chiu³, Jin-Zu Yu⁴,
Jau-Yueh Wang⁵, Ching-Hua Kao⁶

Summary

Integrated Pest Management (IPM) is based on monitoring techniques and economic threshold, combines various practices to suppress pest populations below the economic injury level (EIL). The key pests on vegetable and fruit crops which are in protected culture are too small to be controlled of their occurrence in time, such as whiteflies and thrips. If we could apply the effective integrated management, for instance, to release natural enemies or spread eco-friendly plant protection agents depend on densities of pests; it's helpful to produce safety and good quality agricultural product. In the case of tomato in protected culture, silver whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring = *Bemisia tabaci* type B) was major pest which transmitted virus (genus *Begonovirus*) and caused serious injury on yield, quality, and product prices under improper control. Therefore, 30 yellow sticky traps can be used to monitor the whitefly diversity every week in crop facilities. It will be right time for pest control and use high-effective insecticides when whiteflies reach 50 adults per trap. Act with the removal of diseased plants and mend of the insect screens simultaneously could keep the incidence of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) below 10%. Natural enemies were released to substitute for chemical control when starting harvest two weeks ago. Test results showed that density of whitefly could lower than the EIL for 16 weeks without sooty mold by releasing parasitoid wasp, *Orius* flower bugs (*Orius strigicollis* (Poppius), lace bug and more than 70% of the pesticide were saved than the traditional practice. Another case results of sweet pepper showed that *Orius* flower bugs could well control the populations of *Thrips palmi* Karny and *Frankliniella intonsa* (Trybom) at 0.3/flower by releasing 5–6 *Orius* bugs on each plant weekly. Besides, lime sulfur

powder and plant oil mixed could control broad mites and aphids to achieve the purpose of safe production without pesticides in the whole cultivation process.

Key words: Silver whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring), *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), thrips, Biological control, Integrated pest management.

-
1. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 2. Assistant Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 5. Assistant Researcher, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 6. Researcher and Director of Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
 7. Corresponding author, e-mail: fclin@tari.gov.tw; Fax: 886-4-23317608.