



☒ 公開
☐ 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：0503010200

農業部苗栗區農業改良場113年度科技計畫研究報告

計畫名稱：天敵昆蟲生產優化及整合性害蟲管理
技術之應用 (第3年/全程4年)
(英文名稱) Biological control agent
production optimization and
integrated pest management

計畫編號：113農科-5.3.1-苗-02

全程計畫期間：自 111年1月1日 至 114年12月31日

本年計畫期間：自 113年1月1日 至 113年12月31日

計畫主持人：吳怡慧
研究人員：劉東憲、鄭哲皓、蔡餘慶、鄭志文、李世仰
執行機關：農業部苗栗區農業改良場



1131052



一、執行成果中文摘要：

1. 長毛小新綏蟎對殺蟎劑感受性評估

本研究評估4種農業常用殺蟎劑必芬蟎、依殺蟎、賽洛寧及阿巴汀，對長毛小新綏蟎的毒性影響。試驗結果顯示，上述4種藥劑在草莓植株上施用1天後，對長毛小新綏蟎的校正死亡率分別為 $2.0 \pm 2.0\%$ 、 $8.0 \pm 4.0\%$ 、 $8.9 \pm 6.3\%$ 及 $8.0 \pm 4.2\%$ ，依據國際生物防治組織（IOBC）分級，均屬1級（無毒性）。施用後第3、7、14天，各藥劑的校正死亡率仍低於25%，顯示試驗藥劑對長毛小新綏蟎無急性毒性或毒性累積作用。根據試驗結果，長毛小新綏蟎於IPM搭配應用方式為施用藥劑1天後即可釋放，可有效降低田間葉蟎族群密度。

2. 建立黑囊食蟎瓢蟲飼養模式

食蟎瓢蟲屬（*Stethorus* spp.）為葉蟎專食性天敵昆蟲，在國外有廣泛應用之良好成效。本研究採集國內種源，經鑑定確認其種類屬於臺灣本土種-黑囊食蟎瓢蟲（*Stethorus aptus* Kapur, 1948）。為建立黑囊食蟎瓢蟲飼養模式，本研究比較接種葉蟎之4種不同豆科（Fabaceae）作物飼養，再經接種瓢蟲成蟲後之30天繁殖可收穫之子代數量。實驗結果顯示子代成蟲數量，黑囊食蟎瓢蟲於葉表光滑的豆科作物A、C中可產出最多子代成蟲，2對親代成蟲最高可產生65隻子代成蟲（翻倍約16倍），顯著高於葉表有毛的豆科作物D的子代數量（翻倍約6.5倍），葉表具鉤刺之作物B則不適用於量產，瓢蟲子代幼蟲於其上無法順利存活。比較2種葉表光滑豆科作物之成本花費（單隻成蟲所花費之植物種子價格），C豆科作物為A的3倍，故選擇子代成蟲數量高且種子成本相對便宜之豆科A為優選作物，優化繁殖數量與生產成本，建立黑囊食蟎瓢蟲之量產基礎。

3. 完成菸盲椿搭配天敵銀行植物防治溫室茄科作物害蟲之防治效果評估

銀行植物可提供天敵昆蟲棲息與繁殖的環境，若能建立適當的搭配應用模式，將有效增加天敵昆蟲在田間建立族群的可能性。溫室評估菸盲椿搭配銀行植物之擴散能力，結果顯示在無其他食物的情形下，銀行植物上的菸盲椿於施用2週後即可產生新一代成蟲，而銀行植物上的菸盲椿族群可以分佈至5公尺以上，但以銀行植物半徑2.5至3公尺內的番茄植株上菸盲椿族群數量較為穩定（1-2隻/植株），故推薦田間設置銀行植物之間距以5公尺為佳。溫室評估菸盲椿搭配銀行植物之族群建立，結果顯示若要使菸盲椿族群穩定建立，建議每2週以1-2隻/番茄之密度施用菸盲椿，連續施用3次可使番茄植株上的菸盲椿族群維持在5隻/番茄的密度，在粉蝨發生初期建立天敵族群，能有效控制田間粉蝨數量，同時不顯著危害番茄產量。然而在田間試驗時，本次因於試驗田區同時受到銀葉粉蝨之外的其他害蟲侵襲，農民額外使用化學藥劑防治，連帶影響園區內的菸盲椿族群建立未能獲得理想的結果，導致粉蝨族群持續增加，故有效的生物防治應用，除了建立施放模式外，尚須搭配其他可兼容的防治措施（如清園、雜草管理）才能有效抑制目標害蟲。

4. 探討農藥使用在草生栽培導入設施葫蘆科瓜類整合害蟲管理策略對自然天敵的影響

以無農藥且配合草生栽培之洋香瓜田區，從種植到採收粉蝨在監測數量上，每一植株出現頻度低（43%）均不構成危害，且優於農藥區效果，而預防性用殺蟲劑會導致粉蝨全面危害。捕食性的蜘蛛會在無農藥區出現，且族群增量出現頻度可達100%，草生處理平均最高每一株旁網架上有24隻，大部分屬於二角塵蛛（*Cyclosa mulmeinensis*），而用殺蟲劑則會讓蜘蛛全無；將佈滿蜘蛛的網架轉移至新溫室草生栽培區，約6個月便可布滿該區發揮捕食效果，搭配環境營造具有成為新一代天敵商品潛力；長足蛇、瓢蟲也是用藥區並無紀錄，無農藥區則會自然出現；未發現有雜食性的盲椿象，反而同是雜食性長椿象出現；蚜小蜂科物種為粉蝨危害嚴重的用藥區才有出現。草生栽培的處理土溫的監測亦延續了去年的結果，能有效降低表土溫



1131052



度最多差異接近3°C，葉溫平均低於1~2°C。由此可知草生栽培強化天敵多樣性、優化植株生長環境且發揮多重效益能至採收無需用殺蟲劑栽培的方法。

二、執行成果英文摘要：

1. This study evaluated the susceptibility of *Neoseiulus longispinosus* to four commonly used agricultural pesticides-bifenazate, etoxazole, lambda-cyhalothrin, and abamectin. The test results showed that, one day after application on strawberry plants, the corrected mortality of *N. longispinosus* was $2.0 \pm 2.0\%$, $8.0 \pm 4.0\%$, $8.9 \pm 6.3\%$, and $8.0 \pm 4.2\%$ for bifenazate, etoxazole, lambda-cyhalothrin, and abamectin, respectively. According to the International Organization for Biological Control (IOBC), all the above pesticides are classified as Class 1 (harmless). The corrected mortality of all the pesticides remained below 25% on the 3rd, 7th, and 14th days after application, indicating that these pesticides did not have acute toxicity or toxic accumulation on *N. longispinosus*. Based on the test results, *N. longispinosus* can be released for integrated pest management (IPM) one day after the application of these pesticides, which can effectively reduce the field mite population density.

2. The genus *Stethorus* comprises predatory beetles that are specialized in feeding on spider mites, demonstrating great efficacy as a biological control agent internationally. In this study, local populations in Taiwan were collected and taxonomically identified as the native species *Stethorus aptus* Kapur, 1948. To establish a rearing system for *S. aptus*, four different Fabaceae crops infested with spider mites were tested. The number of progeny produced was counted 30 days after the introduction of adult beetles. Results showed that smooth-leaf crop systems A and C yielded the highest numbers of F₁ adults, which served as the mass production indicator, with up to 65 F₁ adults produced from two paired F₀ adults, representing a 16-fold increase. This was significantly higher than the 6.5-fold increase observed in the hairy-leaf crop system D. In contrast, system B, which featured hooked trichomes on the leaf surface, was unsuitable for mass production, as *S. aptus* larvae could not survive. When comparing the costs of smooth-leaf crop systems A and C (based on the seed cost per adult beetle produced), system C was three times more expensive than system A. Therefore, Fabaceae crop A was selected as the optimal choice for maximizing offspring production while minimizing costs. This study provided the basic information on rearing *S. aptus* on a broad scale.

3. Banker plants can provide habitats and breeding environment for natural enemies of pests. Developing appropriate application models can effectively increase the likelihood of these beneficial insects establishing populations in the field. The greenhouse evaluation of the dispersal ability of *Nesidiocoris tenuis* in combination with banker plants revealed that, in the absence of alternative food sources, a new generation of adult *N. tenuis* emerged on the banker plants two weeks after introduction. The population of *N. tenuis* on banker plants was able to spread over a distance of more than 5 meters, with the



1131052



population on tomato plants within a radius of 2.5 to 3 meters from the banker plants remaining relatively stable. Therefore, a recommended spacing of 5 meters between banker plants is suggested for field implementation. The greenhouse evaluation of the establishment of *N. tenuis* population in combination with banker plants showed that, to ensure stable population establishment, it is recommended to release 1-2 *N. tenuis* per tomato plant every 2 weeks. Releasing them 3 times consecutively can maintain a population density of 5 *N. tenuis* per tomato plant. Establishing the natural enemy population during the early stages of silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci*) occurrence can effectively control whitefly numbers in the field without significantly harming tomato yield. Yet, in the field trial, the release model established through the greenhouse trial did not yield ideal results. *N. tenuis* failed to establish a population at the appropriate time in the field, leading to a continuous increase in the whitefly population. The reason for this was that the test field was simultaneously infested by other pests besides the whitefly, prompting the farmer to use additional chemical pesticides, which inadvertently affected the establishment of the *N. tenuis* population. Therefore, effective biological control applications not only require the establishment of release models but also the integration of other compatible control methods (such as field sanitation and weed management) to effectively suppress target pests.

4. In the pesticide-free area, whiteflies posed no threat from planting to harvesting due to sod culture. Both the monitored population size and the occurrence frequency per plant (43%) were low and did not cause any harm, outperforming the pesticide-treated area. Preventive use of insecticides leads to widespread whitefly infestation. Spiders, naturally occurring predators, were found only in the pesticide-free area and showed population growth, with a 100% occurrence frequency. On average, sod-cultivated areas had up to 24 spiders on trellises near each plant. Most of these spiders were *Cyclosa mulmeinensis* (二角塵蛛). Using insecticides would eliminate all spiders. Transferring spider-laden webs to new sod-cultivated greenhouses allowed the area to be populated within six months, demonstrating effective predation. This method, combined with environmental management, shows potential for becoming a new-generation biocontrol product. Other natural predators like long-legged flies and ladybugs were completely eliminated in pesticide-treated areas but naturally appeared in pesticide-free zones. No omnivorous bugs of Miridae were observed; instead, omnivorous bugs of Lygaeidae appeared. Parasitoid wasps of Aphelinidae were only found in pesticide-treated areas with severe whitefly infestations. Sod culture also continued to show its benefits in soil temperature regulation, reducing surface soil temperature by up to 3°C and leaf temperature by an average of 1-2°C. These findings highlight how sod culture enhances the diversity of natural predators, optimizes plant growth conditions, and provides multiple benefits. This method can achieve pesticide-free cultivation from planting to harvesting, meeting organic certification standards.





三、計畫目的：

1. 長毛小新綫蟎對殺蟎劑感受性評估。
2. 建立黑囊食蟎瓢蟲飼養模式。
3. 評估使用菸盲椿搭配銀行植物於溫室茄科作物之防治成效。
4. 完成探討農藥使用在草生栽培導入設施葫蘆科瓜類整合害蟲管理策略對自然天敵的影響

1式

四、重要工作項目及實施方法：

1. 長毛小新綫蟎對殺蟎劑感受性評估

(1)供試藥劑：本次試驗參照植物保護資訊系統推薦於瓜果類、茄科及草莓等作物葉蟎類藥劑，包含阿巴汀、依殺蟎、必芬蟎、賽洛寧等四種農民常用藥劑。

(2)長毛小新綫蟎飼育：長毛小新綫蟎(*Neoseiulus longispinosus*)採集至苗栗縣大湖鄉草莓園中（委託廖治榮博士鑑定），參照何及陳（1999）與 Isabelle et al. (2005) 等方法進行改良，將裝滿水的托盤中放入海綿，將植物葉片裁切為 2 × 2 cm大小後，置於海綿上以吸水紙將葉片邊緣覆蓋，添加葉蟎或葉蟎卵作為食物源。

(3)半田間試驗：參照高及曾（1989）、王（2016）、Cheng et al. (2021) 之方法進行試驗處理，將選擇藥劑依推薦濃度以水稀釋後，以手動噴霧器均勻噴施藥劑於瓜果類作物，藥液需噴至滴下為止（Run-off），對照組以同法噴施水處理。噴藥後1、3、7、14天摘取葉片，置於海綿上以吸水紙將葉片邊緣覆蓋後放入長毛小新綫蟎，同時添加葉蟎或葉蟎卵作為食物源，觀察並記錄天敵死亡數。各處理死亡率經Abbott's formula 校正 (Abbott, 1925)，依照IOBC工作小組分級標準 (Hassan et al., 1994; Sterk et al., 1999)，將毒性分為四級。

2. 食蟎瓢蟲飼養模式開發

(1)食蟎瓢蟲種源蒐集及維持：本研究樣本採集自苗栗縣田間受葉蟎危害之植株葉面，於9月至10月間分批採集超過150筆樣本，將交配後成蟲接種於實驗室以葉蟎感染之植物做純化繁殖。

(2)葉蟎種群建立：於實驗室繁殖之赤葉蟎(*Tetranychus cinnabarinus*)成蟎進行單獨飼育，等待葉蟎產卵後，以豆科(Fabaceae)作物為寄主植物，飼養環境之光照週期為12D : 12L，平均溫度及相對溼度分別為27± 1℃、70-80% RH。

(3)待測植物篩選：考量食蟎瓢蟲大量飼育需仰賴感染葉蟎之作物，常見作物中生產周期短、繁殖便利者以豆類為佳，根據Raworth (2001)及Shimoda (2015)研究結果，食蟎瓢蟲對於植物葉表的毛適應性有所差異，故以4種豆科植物為候選作物(代號為A、B、C、D)，記錄瓢蟲成蟲及幼蟲於作物上2週後之存活情形，選出優選作物作為後續試驗之繁殖系統。

(4)不同作物飼養系統下食蟎瓢蟲子代數量試驗及成本比較：受試作物為經前測產生的處理組，參考Shimoda et al. (2015)實驗方法並加以改良飼養容器，作物事先以固定數量範圍之赤葉蟎感染，經過1週接種2對交配過之瓢蟲成蟲，接種1個月後計算飼養容器中植株上的瓢蟲各齡期子代數量(卵、幼蟲、蛹、成蟲)，每種作物處理組進行9重複。成本分析記錄包含植株生長勢之操作便利性、繁殖流程所需時間，並評估所需人力、電力、其他資材及種子價格等成本。

3. 捕食性天敵昆蟲菸盲椿與天敵銀行植物之搭配應用

(1)溫室菸盲椿擴散速度試驗：參考Wari et al. (2020)之試驗方法，將菸盲椿直接施灑在銀行植物-芝麻上，並在芝麻盆栽每隔0.5公尺處放置一盆番茄植株，共10盆番茄，每週調查植株上的菸盲椿數量。測試菸盲椿從銀行植物自然擴散之施放方式，菸盲椿多久後開始擴散、擴散速度、擴散距離。



1131052



(2) 溫室菸盲椿族群調查試驗：參考Saito et al. (2021)、Sanchez (2008)之試驗方法，在溫室環境下，每條番茄種植行末端放置一盆芝麻，將菸盲椿以1-2隻/番茄植株之施灑密度均勻施用在番茄上，每週紀錄銀行植物是否需要更替、盲椿族群消長及分佈情形、作物受菸盲椿危害產生之落花數量、粉蝨成蟲與若蟲族群變化。

(3) 菸盲椿搭配銀行植物之溫室番茄銀葉粉蝨防治試驗：挑選同一農友同一種植地區的兩間網室為試驗對象，一間使用生物防治，另一間採慣行管理，調查與試驗方式同上述之溫室菸盲椿族群調查試驗，分別紀錄兩溫室之粉蝨若蟲族群、粉蝨成蟲族群、防治成本與收益，並紀錄生物防治處理之銀行植物更替頻率與菸盲椿族群變化，藉此測試菸盲椿搭配銀行植物對溫室番茄銀葉粉蝨之防治成效。

4. 探討農藥使用在草生栽培導入設施葫蘆科瓜類整合害蟲管理策略對自然天敵的影響

葫蘆科栽培期設施內草生栽培和塑膠布栽培溫度分布情形，作物擬以選定甜瓜 (*Cucumis melo*) 為主

比較用農藥(殺菌劑、殺蟲劑)田區和不用藥(有機)田區(但於白粉病嚴重使用可濕性硫磺80%稀釋1000倍噴灑)對自然天敵的影響：

(1) 特定自然天敵目視法調查：(a)如無結網捕食性蜘蛛(非捕植蟎)、捕食性瓢蟲(不分成蟲、幼蟲)、長足虻(成蟲)、蚜小蜂(成蟲)情形，每一重複調查10株作物個體，並以"+"表示有，以 "-" 表示沒有，以此計算出現頻度。(b)以固定大小黏紙放置於瓜架上監測捕食性蜘蛛(非捕植蟎)、捕食性瓢蟲(不分成蟲、幼蟲)、長足虻(成蟲)、盲椿象(成蟲)密度。

(2) 蜘蛛結網數調查：分為地上結網數，瓜網(180公分以下)結網數，以具捕捉粉蝨大小形狀的結網數計。

(3) 菸草粉蝨數調查：以固定大小黏紙放置於瓜架上監測粉蝨密度，每周計數粉蝨數量。

(4) 環境溫度記錄，以熱顯像儀拍照擷取整體環境溫度紀錄，再以溫度記錄器記錄每30分鐘紀錄試區環境溫度。

五、結果與討論：

1. 長毛小新綫蟎對殺蟎劑感受性評估

必芬蟎、依殺蟎、賽洛寧及阿巴汀 4 種農民常用藥劑，於草莓植株上施用後1天即對長毛小新綫蟎無毒害，其校正死亡率依序為 2.0 ± 2.0 、 8.0 ± 4.0 、 8.9 ± 6.3 及 $8.0 \pm 4.2\%$ (附件一圖一)，IOBC分級皆為1級無毒性；各藥劑施用3、7、14天後長毛小新綫蟎之校正死亡率亦維持在25%以下，顯示各藥劑毒性無累積作用，可於藥劑施用後釋放捕植蟎，進一步降低田間葉蟎族群。本次試驗結果顯示，4種藥劑對長毛小新綫蟎均無毒性，根據Ochiai 等人(2007)的研究顯示，必芬蟎對二點葉蟎和柑桔葉蟎有極高之毒性，於智利小植綫蟎以及加州小新綫蟎在各發育階段經過必芬蟎及其代謝物處理後，其捕食能力及後續之產卵能力皆不受影響，顯示必芬蟎可以有效的與捕植蟎類共同進行防治。此外，Bergeron 及 Schmidt-Jeffris (2020)進行不同殺蟎劑對非目標物種(捕植蟎)的毒性進行測試，其中依殺蟎對法拉斯捕植蟎、加州小新綫蟎及智利小植綫蟎三種捕植蟎之主要影響為卵的孵化及若蟲之發育，對成蟎無急性毒。

根據 Fiedler 等人 (2014) 的研究，不同藥劑對捕植蟎的毒性程度具有明顯差異，例如阿巴汀 (Abamectin) 對安德森鈍綫蟎 (*Amblyseius andersoni*)、斯氏鈍綫蟎 (*Amblyseius swirskii*) 及智利小植綫蟎在處理後7天的死亡率低於25%；而賽洛寧 (Spinosad) 則對這三種捕植蟎表現出較高毒性，該試驗表明藥劑的選擇應考慮其對不同捕植蟎之影響。

2. 食蟎瓢蟲飼養模式開發





(1) 食蟻瓢蟲種源蒐集及維持：

食蟻瓢蟲種源蒐集自苗栗縣露天果園受葉蟬危害之植株葉片，於秋季分批採集超過150筆樣本，將樣本寄予農業試驗所李奇峰博士分類鑑定確認種類為黑囊食蟻瓢蟲 (*Stethorus aptus* Kapur, 1948)，屬於臺灣本土種。將交配後成蟲接種於實驗室以葉蟬感染之植物系統進行純化繁殖。

(2) 葉蟬種群建立：於實驗室繁殖之赤葉蟬 (*Tetranychus cinnabarinus*) 成蟬進行單獨飼育，等待葉蟬產卵後，以豆科 (Fabaceae) 作物為寄主植物，飼養環境之光照週期為12D : 12L，平均溫度及相對溼度分別為 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 、70-80% RH，每周可穩定生產足夠葉蟬供應瓢蟲所需。

(3) 待測植物篩選：

食蟻瓢蟲屬在不同植物表面的適應性，根據Raworth (2001)及Shimoda (2015)於網室釋放和室內飼養之試驗結果，某些植物葉面之毛狀體會降低瓢蟲的移動性及捕食效率，或造成其幼蟲死亡。為篩選出繁殖黑囊食蟻瓢蟲子代試驗用之待測植物，針對4種不同表面特性之豆科植物進行篩選，組別代號A、B、C、D之葉面特徵分別為光滑、具有鉤刺、光滑及具有細毛，將食蟻瓢蟲成蟲、幼蟲各5隻放入感染等量葉蟬的4種作物飼養系統，並記錄2週後瓢蟲之存活狀況。結果顯示，受測成蟲在所有作物組別皆可存活2週以上，B組作物之幼蟲僅1隻存活、4隻於2週內死亡，其餘3組作物之幼蟲皆全數存活2週以上。根據以上觀察結果，選擇A、C、D等3組作物為黑囊食蟻瓢蟲子代數量試驗之代測作物。

(4) 不同作物飼養系統下黑囊食蟻瓢蟲子代數量試驗及成本比較：

試驗環境條件為溫度 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ，相對濕度 70%，於A、C、D等3種豆科作物飼養接種2對黑囊食蟻瓢蟲成蟲，經30天所繁殖之各齡期子代數量如附件二表一，因瓢蟲以成蟲為出貨及釋放形式，每籠可繁殖的F1子代成蟲數量為量產指標，平均成蟲數量由高至低分別為豆科C的 65.4 ± 14.0 (隻)、豆科A的 44.2 ± 7.0 (隻)及豆科D的 25.9 ± 10.0 (隻)，繁殖一個月之的代成蟲數量分別為親代成蟲數量之16、11及6.5倍，經Dunnett's檢定後豆科C和D有顯著差異，統計分析結果以豆科作物C和A為可量產出較多黑囊食蟻瓢蟲成蟲之潛力優選作物。

經Dunnett's檢定各組別卵、幼蟲及蛹期等未成熟發育期之瓢蟲數量 (附件二表一)，3種作物系統之幼蟲及蛹的數量均無顯著差異，而卵粒數量趨勢與成蟲結果相同，由高至低分別為豆科C、A、D，由於黑囊食蟻瓢蟲於試驗溫度($28 \pm 1^\circ\text{C}$)下生活史落在1個月之內 (本場未發表數據)，顯示豆科C因繁殖出最多F1成蟲，其在試驗期間產下的F2子代(卵)也最多。由於未成熟發育階段的瓢蟲數量並非量產指標，此數據僅供飼育者作為該批成蟲表現出正常繁殖能力之參考。

為節省黑囊食蟻瓢蟲的量產成本，除了選擇可產出較高瓢蟲數量之豆科作物，作物的繁殖成本也需納入考量。經計算，本試驗中A、C、D等代測作物植株生長狀況差異不大、均能以相同流程進行繁殖，在人力、電力及其他資材之花費都相同，唯種子價格有差異。分析全試驗期間每籠所花費的植物種子費用 (The cost of Fabaceae crops)及繁殖一個月之的子代成蟲數量 (F1 progeny adults of *S. aptus*) 進行成本估算，可得出平均每隻F1子代成蟲所花費的植物種子費用 (附件二表二)，結果顯示豆科植物A、C、D分別為0.27、0.81及0.15元。作物D的成本最低，但成蟲產出量不佳，不建議使用。針對產出較多F1子代成蟲的2個組別進行成本比較，豆科C所產成蟲數量 (65.4隻)為豆科A (44.2隻)的1.5倍，而每隻成蟲花費的植物種子成本比較，豆科C的花費 (0.81元)則為豆科A (0.27元)的3倍，故選擇A豆科植物作為感染葉蟬之優選作物。

3. 捕食性天敵昆蟲菸盲椿與天敵銀行植物之搭配應用

(1) 溫室菸盲椿擴散速度試驗：

試驗於113年9月12日至113年10月30日間進行，網室氣溫 $19.6 \sim 37.6^\circ\text{C}$ ，均溫 27.9°C ，相對濕度60~98%。將帶有50隻菸盲椿成蟲的芝麻植株設置在蕃茄種植行區，在無其他獵物與替代食物的



1131052



環境下，記錄菸盲椿子代族群在溫室環境隨時間的分佈變化。番茄植株在首次施放天敵的兩週後開始出現若蟲族群，隨著時間逐漸在各蕃茄上分佈均勻，但以距離芝麻第二棵至第五棵番茄上保有的若蟲較多（附件三圖一）。前人研究認為，如果將菸盲椿施灑在銀行植物上，任由天敵擴散，需要經過10週才能均勻擴散至整個園區（Wari et al., 2020），因此，若要加速天敵族群速度，應了解銀行植物上的天敵擴散狀況，本研究顯示銀行植物芝麻可以協助菸盲椿建立族群的範圍以半徑2.5-3公尺為主，故推薦田間設置銀行植物的間距為5公尺。

(2) 溫室菸盲椿族群調查試驗：

試驗於113年9月18日至113年10月30日間進行，網室氣溫 $19.6\sim 37.6^{\circ}\text{C}$ ，均溫 27.8°C ，相對濕度55~98%。以2隻菸盲椿/番茄之密度於溫室均勻施灑菸盲椿，每2週施用一次，共施用三次（調查前一週、第二週、第四週），調查溫室番茄與芝麻上的菸盲椿族群變化及危害植株情形。溫室觀察棲息在芝麻上的菸盲椿族群明顯高於番茄，但番茄上的菸盲椿族群在此施放模式下，即使停止補充天敵，仍能持續增加（附件三圖二），調查第七週時，芝麻植株已嚴重衰敗，此時芝麻上的菸盲椿族群為 3.5 ± 1.1 隻/植株，而番茄上的族群數量則為 4.4 ± 0.6 隻/植株。曾有研究顯示菸盲椿搭配銀行植物應用於田間時，菸盲椿會過度倚賴銀行植物而無法有效擴散（Saito et al., 2021），本次試驗則顯示在溫室有銀行植物的狀況下，以均勻施灑的方式施用菸盲椿，即使菸盲椿受到銀行植物吸引，仍可在番茄上保有適當的族群抵禦害蟲。

田間菸盲椿族群穩定的狀態下，銀葉粉蝨族群受到控制而無法持續增加（附件三圖三），調查第七週時，粉蝨若蟲數為 2 ± 0.6 隻/植株，粉蝨成蟲數為 57.25 ± 10.9 隻/植株。在植株受菸盲椿危害情形方面，國外研究表示菸盲椿會造成番茄落花影響產量，但狀況輕微可以忽略（Perdikis et al., 2009），我們的實驗結果也支持這項說法，菸盲椿僅在調查第七週時造成番茄落花（附件三圖三），危害輕微可以忽略。

(3) 菸盲椿搭配銀行植物之溫室番茄銀葉粉蝨防治試驗：

試驗於113年6月10日至113年9月26日間進行，網室氣溫 $18.8\sim 32.6^{\circ}\text{C}$ ，均溫 24°C ，相對濕度70~98%。「於番茄定植初期開始建立系統，以間距5公尺之距離設置銀行植物，並以1-2隻/番茄之密度施用菸盲椿，均勻施灑在田區或集中施放銀行植物上。待粉蝨族群開始增加時，追加施放相同密度之菸盲椿，每兩週施放一次，共3次」之施用模式，將天敵銀行植物系統應用於溫室番茄園內，評估銀葉粉蝨防治成效。

調查期間受到氣候及害蟲密度影響，追加施放菸盲椿於調查第七週開始，然而田間害蟲相與預期不同，作物發育期間除了銀葉粉蝨外，亦出現斜紋夜蛾與葉蟬等其他害蟲危害，農民為避免番茄產量受影響而在7月及8月份增加化學藥劑噴施次數（2次/月），造成菸盲椿未能在番茄定植初期建立族群，銀葉粉蝨族群因此持續增加（附件三圖四）。園主停止用藥後，菸盲椿雖然能建立族群（附件三圖五），但已錯過防治時機，故本次試驗之粉蝨族群在處理區與對照區未有差異。田間的菸盲椿族群方面，僅調查第十四週開始在芝麻上發現菸盲椿族群，集中施灑在芝麻上的菸盲椿產生的族群數量明顯高於均勻施灑處理（附件三圖五），然而兩種處理區的番茄植株上皆未發現菸盲椿個體。

4. 探討農藥使用在草生栽培導入設施葫蘆科瓜類整合害蟲管理策略對自然天敵的影響

配合農友種植試驗規劃洋香瓜”慈心”農藥試區(新尼古丁類殺蟲劑)與香瓜”嘉玉”-無農藥栽培區，經比較結果如下：

(1) 粉蝨出現頻度，農藥區塑膠布和草生(台北草)皆100%發生率(一開始至結束)，無農藥區：最高塑膠布100%；草生43%（附件四圖一）

(2) 黏紙上粉蝨平均最高數量(隻)：農藥區：塑膠布15389草生14188，無農藥區：塑膠布1224草生422（附件四圖二）

以上結果可知，農藥區的粉蝨無論是覆蓋塑膠布或是草生栽培粉蝨危害均非常嚴重，且導致其他生理障害問題，共施用5次要均無壓制粉蝨效果，且種植時並無粉蝨，農民採用預防性噴藥，如同112年結果，粉蝨於預防性噴藥後調查，成蟲隨即遍布全園危害。無農藥區的草生栽



1131052



培非常具有優勢，但為了防治白粉病，施用可濕性硫磺兩次，施完藥劑後的調查以覆蓋塑膠布危害率最高至100%，草生栽培則是僅有43%，但直至採收都不用藥劑防治該蟲。

(3)蜘蛛出現頻度：農藥區最高塑膠布0%草生13%(地面出現)，無農藥區第二次監測後塑膠布和草生維持100%(附件四圖三)

蜘蛛網架數量(隻)：農藥區最多塑膠布0.6隻、草生0隻，無農藥區：塑膠布12隻、草生24隻。(附件四圖四)

蜘蛛黏紙上數量(隻)：農藥區最多塑膠布0.2隻、草生0.2隻，無農藥區：塑膠布3.4隻、草生6.1隻(附件四圖五)

以上結果可知，農藥區的無論是覆蓋塑膠布或是草生栽培都是罕見蜘蛛存在區域，只有草生地面偶而發生；於非農藥試區覆蓋塑膠布和草生均有蜘蛛，第一次調查因棚架未放下，僅是草地上略有出現，棚架放下後開始第二次調查，蜘蛛已高密度遍布全區一直維持100%，五月中旬調查蜘蛛數量略降，應是受防治白粉病時使用可濕性硫磺所致。草生栽培對蜘蛛有顯著的優勢，蛛網上常見草生區的植食性葉蟬被捕捉到。112年僅有觀察到現象並無確實紀錄數量，本(113)年完整補足數據資料。蜘蛛種類多元，但棚架上蜘蛛幾乎都是二角塵蛛(*Cyclosa mulmeinensis*)，其數量最多，且可用覆滿蜘蛛網之網架拆下可順利轉移至其他溫室，比起其他天敵的收集和施放，顯得非常方便容易，又容易計數，具有天敵商品開發潛力。

(4)瓢蟲黏紙上數量(隻)：農藥區塑膠布0隻、草生0隻；無農藥區最高：塑膠布1.3隻、草生1.9隻。(附件四圖六)，農藥區不利瓢蟲存在，與蜘蛛結果類似，無農藥區以草生栽培略多於覆蓋塑膠布處理。

(5)足蛇科物種黏紙上數量(隻)：農藥區塑膠布0.3隻、草生0.1隻；無農藥區最高：塑膠布18.6隻、草生5.8隻。(附件四圖七)，長足蛇科(Dolichopodidae)是捕食性自然天敵常見的類群(Bortolotto et al. 2022)但報導甚少，112年於試驗區拍攝到飛行時可直接捕食粉蝨，試驗結果農藥區不利存在，非農藥區結果卻與蜘蛛的結果不一致，蜘蛛多的草生區域長足蛇少，有見到捕食草生區的植食性葉蟬，反而是塑膠布區多，但為了防治白粉病，施用可濕性硫磺兩次，導致其數量上明顯降低至難以回復。黏紙上至少有觀察到3種以上。

(6)蚜小蜂科物種黏紙上數量(隻)：農藥區最高塑膠布26.6隻、草生17.6隻；無農藥區最高：塑膠布0.2隻、草生0.1隻。(附件四圖八)，蛹或若蟲寄生的蚜小蜂是林(2024)認為深具潛力的天敵，卻是在農藥區粉蝨危害越嚴重越多，不同於其他天敵反而非農藥區罕見，可知該物種於本試驗所營造的草生環境呈現少數的存在，應是缺乏粉蝨若蟲作為食物來源，和粉蝨危害情形呈現正相關。反而在自然天敵的防治上不那麼需要。

(7)盲椿象黏紙上均無獲得，反而是體型相近的小型長椿象在農藥區和非農藥區都有黏到，非本試驗目標，雖雜食性是否會捕食害蟲，有待確認。

以上天敵均是無人為施放自然遷入，反而是非農藥區試驗區農戶有自行施放菸盲椿，但於黏紙上數量均為0隻，和111年試驗結果相同，推斷與草生營造的環境不相容，亦是一項成本，令觀察到蜘蛛越多，其他草生植食性昆蟲越豐富，該區域罕見粉蝨成蟲，後其無農藥區粉蝨數量雖有增加，但並非全園發生，可見具備生物多樣性限制粉蝨發展可能比天敵捕食或寄生帶來更高度的生物防治效果。查閱主流學派，設施栽培還未有以提倡以草共生帶來多樣性達到成功生物防治的案例。

六、結論：

1.長毛小新綏蟎對殺蟎劑感受性評估

經試驗結果顯示必芬蟎、依殺蟎、賽洛寧及阿巴汀4種農民常用藥劑於施藥後1天即可釋放長毛小新綏蟎，因此此4種藥劑可與長毛小新綏蟎搭配，可避免因為藥劑殘留而影響天敵釋放成效。





2. 食蟥瓢蟲飼養模式開發

黑囊食蟥瓢蟲的繁殖於葉片表面光滑的作物飼養豆科A和C上可產出最高成蟲數量，一個月後的子代成蟲翻倍率最高為16倍，其幼蟲除無法適應葉面具鉤刺之作物外，在具有細毛的豆科D中仍可存活並產生6.5倍數量之子代成蟲；透過成本比較得知豆科A為子代量產高、種子成本相對便宜之組別，為最佳化繁殖數量與降低生產成本，室內量產將選擇A豆科植物作為感染葉蟥之優選作物，以建立黑囊食蟥瓢蟲飼養模式。

3. 捕食性天敵昆蟲菸盲椿與天敵銀行植物之搭配應用

本實驗以銀行植物芝麻搭配菸盲椿，在溫室環境下評估該系統之天敵昆蟲擴散狀況、族群建立情形以及害蟲抑制程度，藉此建立適合的應用模式，並將該模式套用到田間環境評估實際防治成效。溫室的各項試驗結果顯示，芝麻可協助菸盲椿在半徑2.5公尺內的番茄上建立族群，因此我們建議芝麻作為銀行植物時，設置間距以5公尺為佳。而菸盲椿受到環境逆境以及自行逃逸消散的影響，造成施用初期族群建立狀況不佳，搭配芝麻的狀態下連續3次施用三次菸盲椿可有效提昇建立族群的機會。而天敵銀行植物系統推薦在作物定植初期，害蟲尚未發生或密度甚低時使用，一旦天敵族群建立後將能穩定控制目標害蟲，減少作物受害機會。而在田間應用上，溫室出現多種害蟲同時危害作物時，需注意其他害蟲種類進行防治，並需清園及去除田區周圍雜草，藉此降低農民額外使用化學藥劑衝擊天敵昆蟲的風險。

4. 探討農藥使用在草生栽培導入設施葫蘆科瓜類整合害蟲管理策略對自然天敵的影響：農藥會破壞草生的效果，且預防性使用殺蟲劑或可濕性硫磺，雖具有粉蝨接觸性致死直接效果，卻觀察到使用後粉蝨只會更嚴重成為全面性危害；草生栽培強化植食性昆蟲物種與天敵多樣性，優化植株生長環境，發揮多重效益能於有機驗證區締造種植至採收毋須用殺蟲劑栽培的方法。

七、參考文獻：

1. 王皓平。2016。用於草莓害物管理之農藥殘留對天敵昆蟲（基徵草蛉與黃斑粗喙椿象）之影響。國立臺灣大學植物醫學碩士學位學程碩士論文。63 頁。
2. 何琦琛、陳文華。1999。三種捕植蟥發育期、生殖力與捕食量的比較。台灣 昆蟲 19：193-199。
3. 吳怡慧、李世仰。2021。不同溫度對二種平腹小蜂寄生能力之影響。苗栗區 農業改良場研究彙報 10：47-59。
4. 吳怡慧、李世仰、曾喜育、莊益源。2021a。平腹小蜂（膜翅目：旋小蜂科）對殺蟲劑殘留毒性之感受性評估。農林學報 68(1)：1-10。
5. 吳怡慧、鍾權承、李世仰、曾喜育、楊景程。2021b。平腹小蜂防治荔枝椿象田間成效。苗栗區農業改良場特刊第 4 號：41-49。
6. 李念臻、丁漢彥、盧美君。2019。應用基徵草蛉綜合防治草莓二點葉蟥之研究。苗栗區農業改良場研究彙報 8：21-31。
7. 林鳳琪。2024。氣候變遷下應用昆蟲天敵生物防治之策略調適。農業世界491：8-12。
8. 高穗生、曾經洲。1989。殘留殺蟲劑對赤眼卵寄生蜂寄生率之影響。中興大學昆蟲學會會報 21：43-50。
9. 陳泓如、趙語矜、盧美君。2019。基徵草蛉優化飼育技術之開發及應用。2019有益昆蟲在友善農耕之應用研討會專輯:49-59。
10. 陳泓如、趙語矜。2020。草蛉導入洋香瓜綜合病蟲害防治之研究。苗栗區農業改良場研究彙報 9：58-66。





11. 陳淑佩、王清玲、陳秋男。2009。台灣農作物害蟲天敵名錄。農業試驗所 特刊第 137 號。466 頁
12. 曾經洲、高穗生。1996。農藥對基徵草蛉幼蟲之安全性評估。植物保護學 會會刊 38：203-213。
13. 廖婉頤、曾鈺芳。2020。天敵昆蟲使用實例分享－以設施洋香瓜為例。苗栗區農業專訊 92：18-21。
14. 趙若素、羅幹成。1974。偽二點紅蟎(*Tetranychus truncatus*)生態觀察。臺灣省農又試驗所研究報告第 649 號：48-49。
15. 羅幹成。2006。台灣農作害蟎圖說第 116 號：76。
16. Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
17. Adly, D. Effective use of the predatory species, *Phytoseiulus persimilis* and *Stethorus punctillum* in controlling the two-spotted mite *Tetranychus urticae* in croton greenhouse, 2022.
18. Al-Duhawi SS, Ali AA, Sameer SH. The predation efficacy of the predators *Stethorus glivifrons* (Muls) and *Scolothrips sexmaculatus* (Perg.) on tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Gen) which attack cotton plants. Arab Journal of Plant Protection, 2006, 24(2):112-117.
19. Bergeron, P. E. and R. A. Schmidt-Jeffris. 2020. Not all predators are equal: miticide non-target effects and differential selectivity. Pest Manag. Sci. 76:2170-2179.
20. Bhatt, N. A. and M. V. Patel. 2018. Tomato bug, *Nesidiocoris tenuis* (Reuter): A zoophytophagous insect. J. Entomol. Zool. Stud. 6: 1550-1556.
21. Biondi, A., L. Zappalà, A. D. Mauro, G. T. Garzia, A. Russo, N. Desneux, and G. Siscaro. 2016. Can alternative host plant and prey affect phytophagy and biological control by the zoophytophagous mirid *Nesidiocoris tenuis* ? BioControl 61: 79-90.
22. Bortolotto, O. C., Hoshino, A. T., Silva, K. C. K., Capellari, R. S. and Menezes, A. D. O. 2021. Dolichopodidae abundance in different cover crop species. Ciência Rural 52 (5). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20201062>
23. Calvo, F. J., K. Bolckmans, and J. E. Belda. 2012. Release rate for a preplant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. BioControl 57: 809-817.
24. Carde, R. T. and A. K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. Annu. Rev. Entomol. 40: 559-585.
25. Cheng, S., R. Lin, C. Yu, R. Sun, and H. Jiang. 2021. Toxic effects of seven pesticides to aphid parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae) after contact exposure. Crop Prot. 145: 105634.
26. Colebrook, F. M. 1937. The aural detection of the larvae of insects in timber. J. Sci. Instrum. 14: 119-121.
27. Delisle, J. F., J. Brodeur, and L. Shipp. 2015. Evaluation of various types of supplemental food for two species of predatory mites, *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 65: 483-494.
28. Desneux, N., M. Pham-Delègue, and L. Kaiser. 2003. Effects of sub-lethal and lethal doses of lambda-cyhalothrin on oviposition experience and host-





- searching behaviour of a parasitic wasp, *Aphidius ervi* . Pest Manag. Sci. 60: 381-389.
29. Desneux, N., H. Rafalimanana, and L. Kaiser. 2004. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi* . Chemosphere 54: 619-627.
 30. Ebrahimifar, J., Shishehbor, P., Rasekh, A., Hemmati, S. A. and Riddick, E. W.. Evaluation of *Artemia franciscana* cysts to improve diets for mass rearing *Stethorus gilvifrons*, a predator of *Tetranychus turkestani*, 2021. Insects, 12(7): 632.
 31. Fiedler, . and D. Sosnowska. 2014. Side effects of fungicides and insecticides on predatory mites, in laboratory conditions. J. Plant Prot. Res. 54:349-353.
 32. Frank, S. D. 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. Biol. Control 52: 8-16.
 33. Haseeb, M., T. X. Liu, and W. A. Jones. 2004. Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae* , endoparasitoid of *Plutella xylostella* . BioControl 49: 33-46.
 34. Hassan, S. A., F. Bigler, H. Bogenschütz, E. Boller, J. Brun, J. N. M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Grove, U. Heimbach, N. Helyer, H. Hokkanen, G. B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, L. Polgar, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, A. Stäubli, G. Sterk, A. Vainio, M. van de Veire, G. Viggiani, and H. Vogt. 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-Working Group «Pesticides and Beneficial Organisms». Entomophaga 39: 107-119.
 35. Isabelle, V., H. L. Minnaert, I. L. Tirry, and P. D. Clercq. 2005. Influence of diet on life table parameters of *Iphiseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 35: 183-195.
 36. Jayasinghe, G. G. and B. Mallik. 2015. Development of a model for mass production of *Neoseiulus longispinosus* , a phytoseiid predator of spider mites. Sri Lanka Journal of Food and Agriculture 1: 15-21.
 37. Kumar, V., V. W. Wekesa, P. B. Avery, C. A. Powell, C. L. McKenzie, and L. Osborne. 2014. Effect of pollens of various ornamental pepper cultivars on the development and reproduction of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Fla. Entomol. 97: 367-373.
 38. Kongchuensin, M., V. Charanasri, and A. Takafuji. 2006. Suitable Host Plant and Optimum Initial Ratios of Predator and Prey for Mass-rearing the Predatory Mite, *Neoseiulus longispinosus* (Evans). Int. J. Acarology 15: 145-150.
 39. Liang, J., S. Tang, and R. A. Cheke. 2018. A discrete host- parasitoid model with development of pesticide resistance and IPM strategies. J. Biol. Dyn. 12: 1059-1078.
 40. Liao, J. R., C. C. Ho, H. C. Lee, and C. C. Ko. 2020. Phytoseiidae of Taiwan (Acari: Mesostigmata). National Taiwan University Press, Taipei, Taiwan. 552 pp. (臺灣植綏蟎誌)





41. Mankin, R. W., D. W. Hagstrum, M. T. Smith, A. L. Roda, and M. T. K. Kairo. 2011. Perspective and promise: a century of insect acoustic detection and monitoring. *Am. Entomol.* 57: 30-44.
42. Nakano, R., T. Morita, Y. Okamoto, A. Fujiwara, T. Yamanaka, and T. Adachi-Hagimori. 2021. *Cleome hassleriana* plants fully support the development and reproduction of *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl* 66: 407-418.
43. Ochiai, N., M. Mizuno, N. Mimori, T. Miyake, M. Dekeyser, L. J. Canlas, and M. Takeda. 2007. Toxicity of bifenazate and its principal active metabolite, diazene, to *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* and their relative toxicity to the predaceous mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Exp. Appl. Acarol.* 43:181-197.
44. Perdikis, D. C., A. Fatinou, N. Garantonakis, P. Kitsis, D. Maselou, and S. Panagakis. 2009. Studies on the damage potential of the predator *Nesidiocoris tenuis* on tomato plants. *Bulletin of Insectology* 62:41-46.
45. Pérez-Hedo, M. and A. Urbaneja. 2015. Prospects for predatory mirid bugs as biocontrol agents of aphids in sweet peppers. *J. Pest Sci.* 88: 65-73.
46. Ragusa, E., H. Tsolakis, and R. J. Palomero. 2009. Effect of pollens and preys on various biological parameters of the generalist mite *Cydnodromus californicus*. *Bull. Insectology* 62: 153-158.
47. Raworth, D. A. Development, larval voracity, and greenhouse releases of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae). *The Canadian Entomologist*, 2001, 133(5): 721-724.
48. Riddick, E. W., Rojas, M. G., Morales-Ramos, J., Allen, M. and Spencer, B. *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control: A Guide to Natural Enemies in North America*, 2011.
49. Rott, A. S. and Ponsonby, D. J. Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents, 2000. *Biocontrol Science and Technology*, 10 (4): 487-498.
50. Saito, T., M. Takagi, T. Tezuka, T. Ogawara, and D. Wari. 2021. Augmenting *Nesidiocoris tenuis* (*Nesidiocoris*) with a factitious diet of *Artemia* cysts to control *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) on tomato plants under greenhouse conditions. *Insects* 12:265.
51. Sanchez, J.A. 2008. Zoophytophagy in the plantbug *Nesidiocoris tenuis*. *Agricultural and Forest Entomology*. 10:75-80.
52. Schreiber, I. 2018. The role of pollen as alternative food for predatory mites (Acari: Phytoseiidae). Dissertation, Department of Applied Entomology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Hohenheim. 57 pp.
53. Shimoda, T., Y. Kobori, K. Yara, and N. Hinomoto. 2015. A simple method of rearing insect natural enemies of spider mites. *Biol. Control* 80: 70-76.
54. Snyder, T. E. 1935. *Our enemy the termite*. Comstock Publishing Company, Ithaca, N. Y. 196 pp.
55. Stansly, P. A., P. A. Sánchez, J. M. Rodríguez, F. Cañizares, A. Nieto, M. J. López Leyva, M. Fajardo, V. Suárez, and A. Urbaneja. 2004. Prospects for





- biological control of *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae) in greenhouse tomatoes of southern Spain. *Crop Prot.* 23: 701-712.
56. Sterk, G., S. A. Hasssan, M. Baillod, F. Bakker, F. Bigler, S. Blümel, H. Bogenschütz, E. Boller, B. Bromand, J. Brun, J. N. M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Garrido, A. Grove, U. Heimbach, H. Hokkanen, J. Jacas, G. B. Lewis, L. Moreth, L. Polgar, L. Roversti, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, L. Schaub, A. Stäubli, J. J. Tuset, A. Vainio, M. van de Veire, G. Viggiani, E. Viñuela, and H. Vogt. 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms. *BioControl* 44: 99- 117.
 57. Takanashi, T., N. Uechi, and H. Tatsuta. 2019. Vibrations in hemipteran and coleopteran insects: behaviors and application in pest management. *Appl. Entomol. Zool.* 54: 21-29.
 58. Trivedi NP, Patel PB, Patel JP and Aniyaliya MD, 2021. *Stethorus* spp: A predator of mites. *J. Pharm. Innov*, 2021, 10: 389-394.
 59. Van Driesche, R. G., S. Lyon, J. P. Sanderson, K. C. Bennett, E. J. Stanek III, and R. Zhang. 2008. Greenhouse trials of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) banker plants for control of aphids (Hemiptera: Aphididae) in greenhouse spring floral crops. *Fla. Entomol.* 91: 583-591.
 60. Wari, D., T. Saito, M. Takagi, R. Okada, T. Miyamoto, T. Tezuka, M. Shimoda, and T. Ogawara. 2021. The Jekyll and Hyde case of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) in the management of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on tomato plants under greenhouse conditions. *Research Square*.
 61. Wright, D. J. and R. Verkert. 1995. Integration of chemical and biological control systems for arthropods; evaluation in a multitrophic context. *Pestic. Sci.* 44: 207-218.



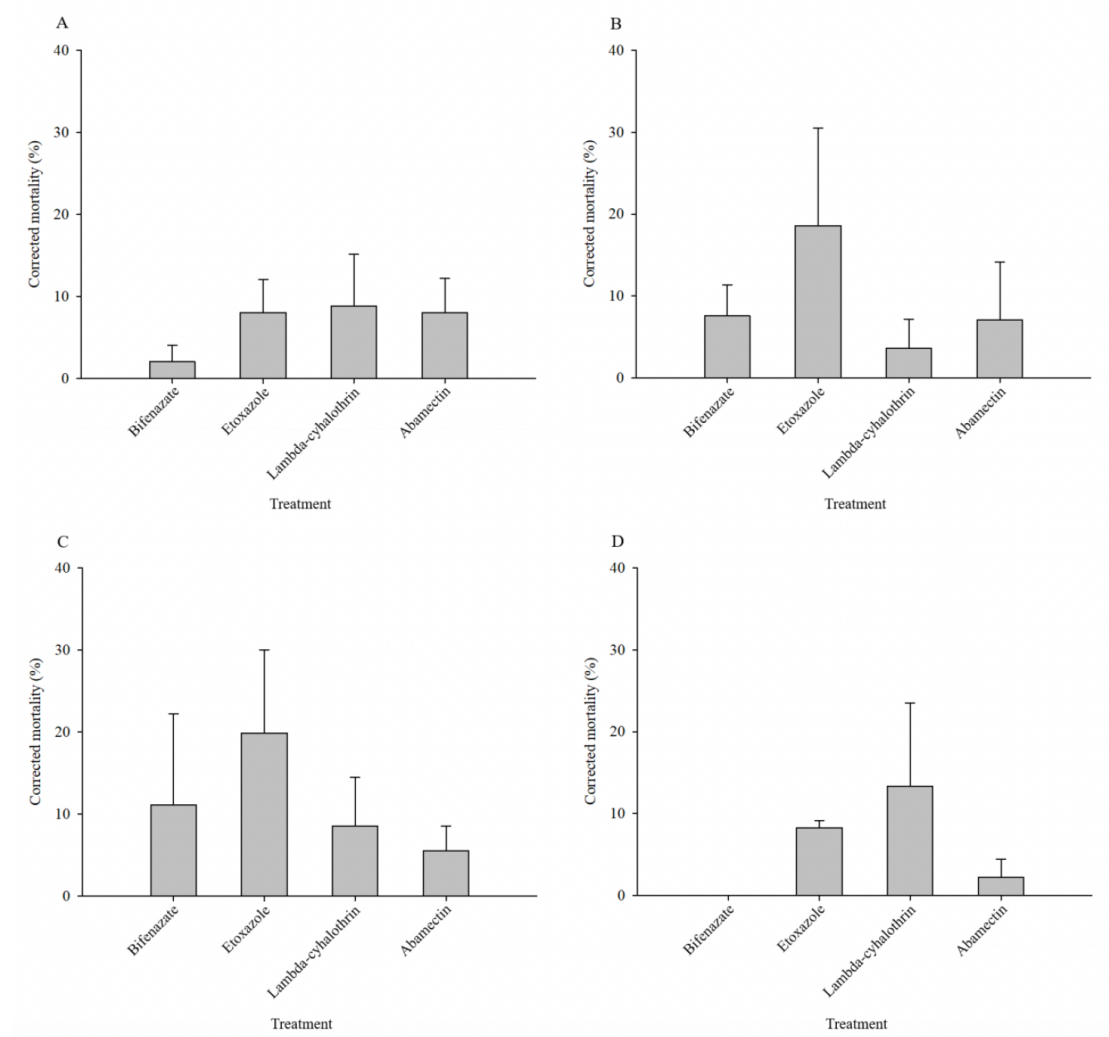


圖1. 半田間試驗藥劑殘留毒性對長毛小新綏蟎校正死亡率(%)

Fig1. Residue toxicity to *Neoseiulus longispinosus* (A) 1 day, (B) 3 days (C) 7 days, and (D) 14 days after application. The mean difference among all treatments are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.





附件二、建立黑囊食蟬瓢蟲飼養模式

表一、2 對黑囊食蟬瓢蟲成蟲於不同豆科作物系統上繁殖 30 天之子代數量。

Table 1. The number of progeny 30 days after introduction of the 2 pairs of *Stethorus aptus* adults in different Fabaceae crop systems.

Plant species	n	Adult	Pupa	Larva	Egg
Fabaceae crop A	9	44.2 ± 7.0 ^x ab	3.8 ± 1.2 a	6.6 ± 2.0 a	12.9 ± 6.8 ab
Fabaceae crop C	9	65.4 ± 14.0 a	1.8 ± 0.5 a	10.1 ± 2.8 a	14.9 ± 4.2 a
Fabaceae crop D	9	25.9 ± 10.0 b	3.0 ± 1.8 a	4.7 ± 2.4 a	0.6 ± 0.6 b

^x: Mean ± standard error. Means within each row followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Dunnett's test.





表二、全試驗期以不同豆科作物系統量產黑囊食蟬瓢蟲 F1 子代成蟲所需植物成本估算。

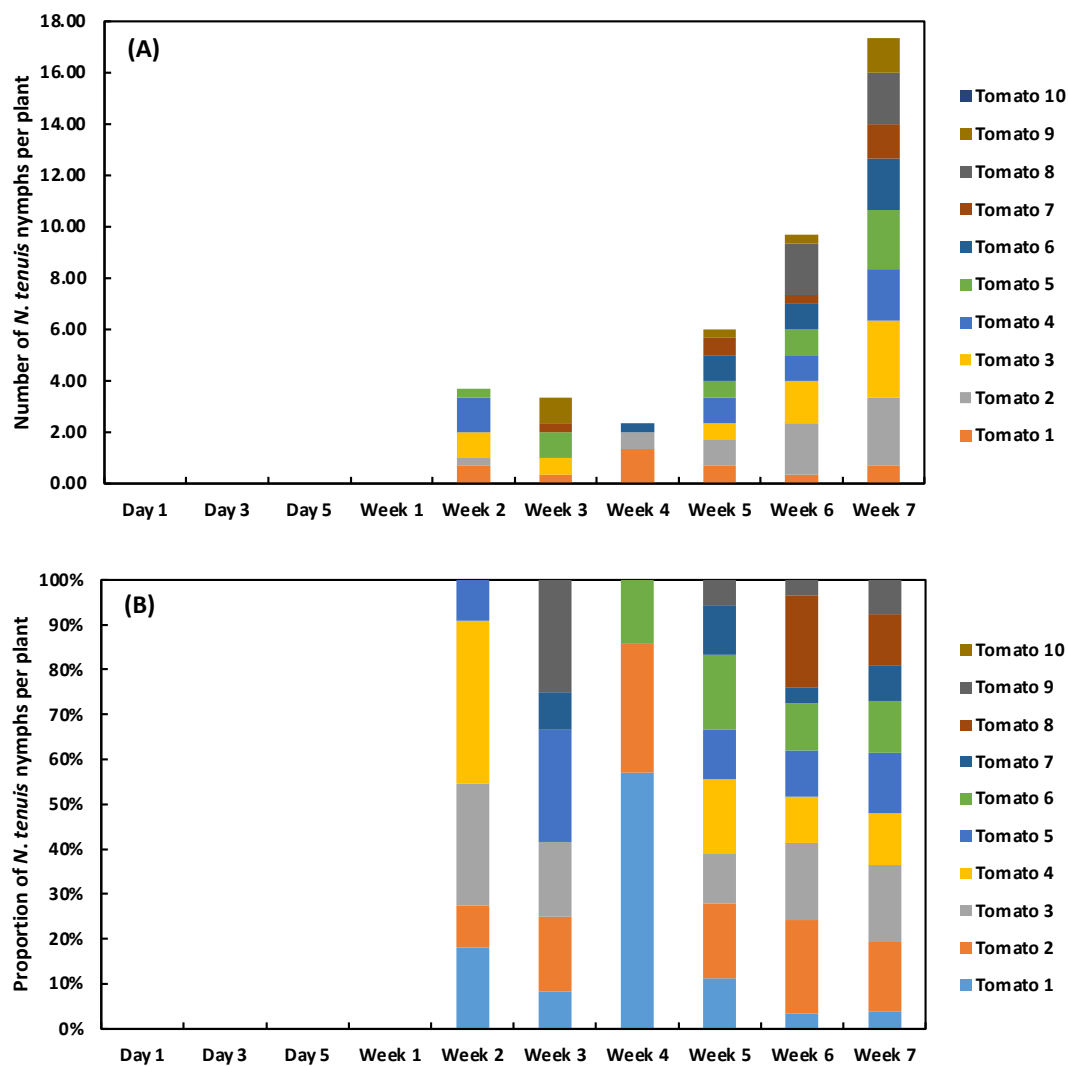
Table 2. Estimation of the plant costs required for mass-rearing of *S. aptus* F1 progeny adults using different Fabaceae crop systems throughout the entire experimental period.

Plant species	Fabaceae crop A	Fabaceae crop C	Fabaceae crop D
The cost of Fabaceae crops (NTD/cage)	12.0	52.8	3.8
F1 progeny adults of <i>S. aptus</i> (No. /cage)	44.2	65.4	25.9
The cost of Fabaceae crops per F1 progeny adults of <i>S. aptus</i> (NTD / No.)	0.27	0.81	0.15





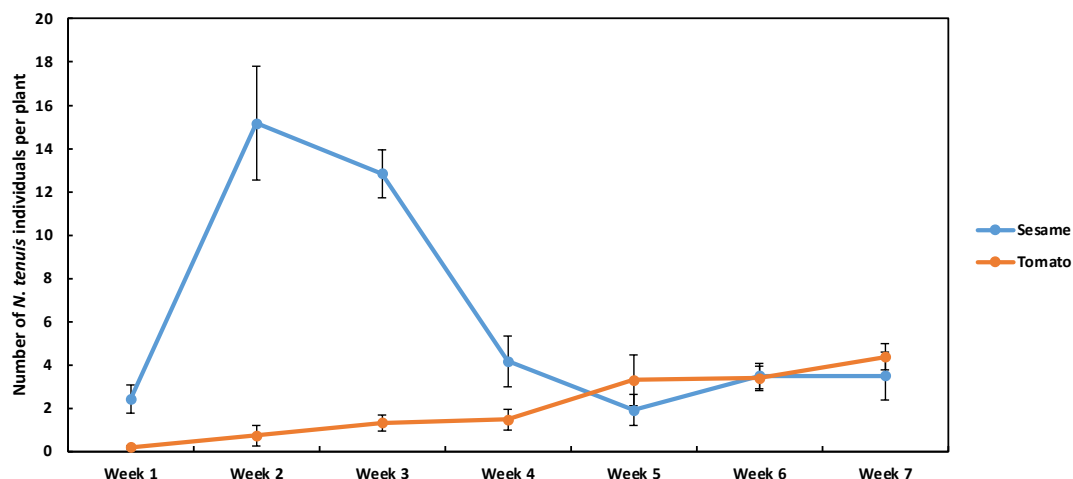
附件三. 捕食性天敵昆蟲菸盲椿與天敵銀行植物之搭配應用



圖一、釋放於芝麻的菸盲椿，在溫室番茄產生若蟲的數量(A)與分佈變化(B)。

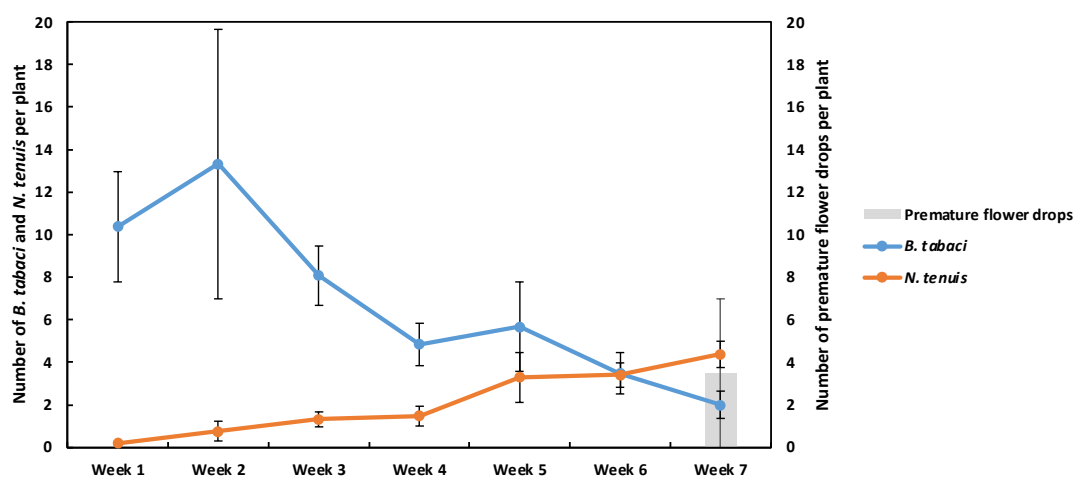
Figure 1. The number of *Nesidiocoris tenuis* offspring nymphs (A) and its distribution (B) on greenhouse tomatoes after release on sesame plants.





圖二、均勻施灑菸盲椿於溫室環境，菸盲椿族群在芝麻與番茄上的族群密度。
(菸盲椿於第二週及第四週調查後，均勻施灑 300 隻於溫室)

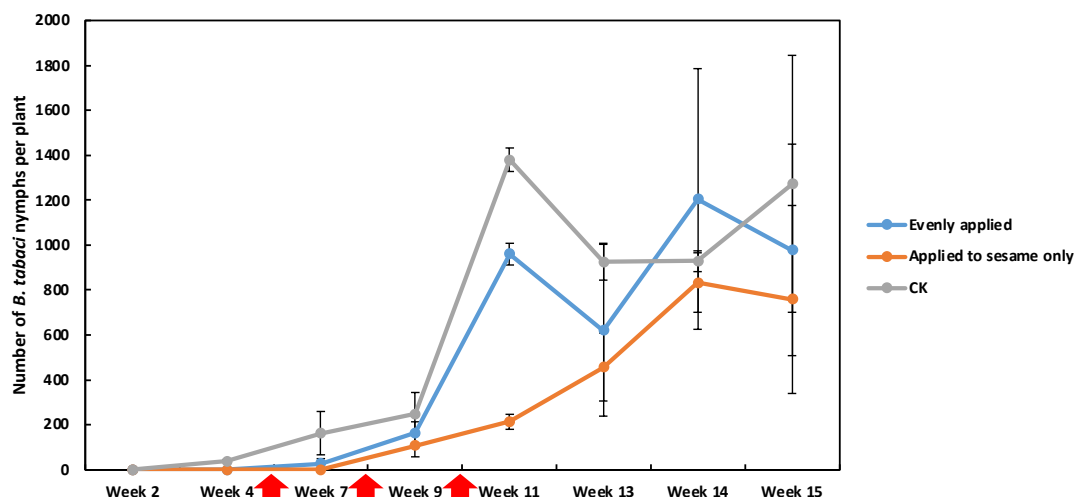
Figure 2. Mean ($\pm$ SE) number of *Nesidiocoris tenuis* on sesame and tomato plants after evenly applied in the greenhouse. (300 individuals were evenly applied in the greenhouse after observations in the 2nd and 4th weeks.)



圖三、均勻施灑菸盲椿於溫室環境，溫室番茄上的菸盲椿、銀葉粉蝨若蟲、菸盲椿對植物造成的傷害數量變化。

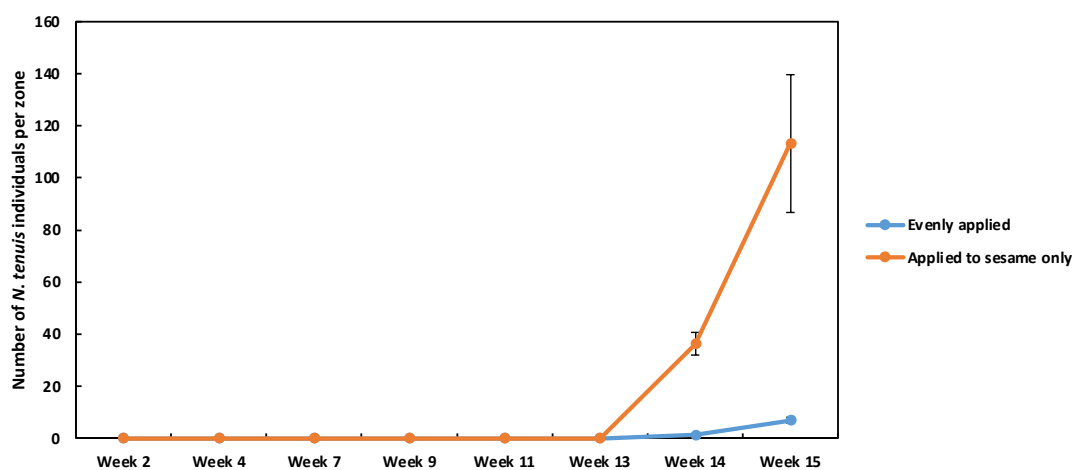
Figure 3. Mean ($\pm$ SE) number of *Nesidiocoris tenuis*, *Bemisia tabaci*, and premature flower drops per tomato plant after even application of *N. tenuis* in the greenhouse.





圖四、以菸盲椿搭配銀行植物防治溫室番茄之銀葉粉蝨，銀葉粉蝨若蟲族群隨時間在番茄植株上的數量變化。菸盲椿於調查第七週、第九週、第十一週結束後補充釋放。因田間害蟲相變化，農民追加使用化學藥劑（紅色箭頭）。

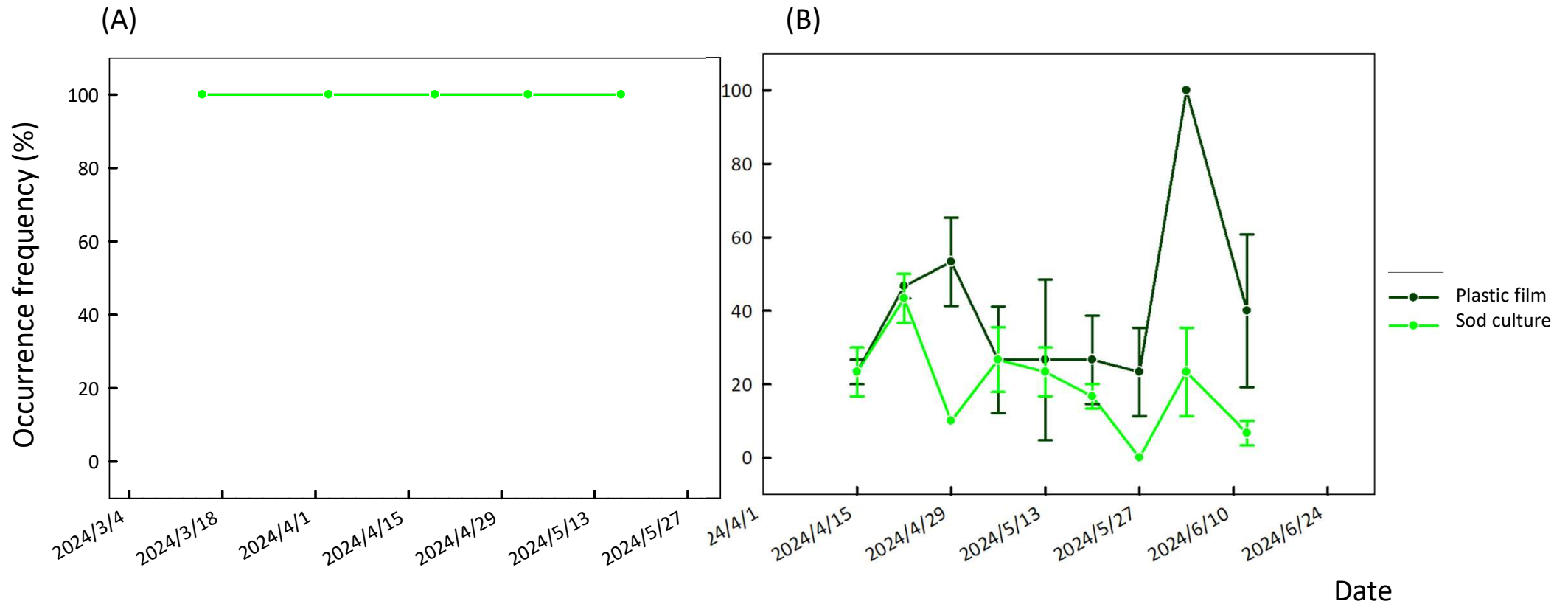
Figure 4. Mean ($\pm$ SE) number of *Bemisia tabaci* nymphs per tomato plant after the use of *Nesidiocoris tenuis* in combination with banker plants in the greenhouse. (*N. tenuis* were supplemented after the observations in the 7th, 9th, and 11th weeks. Due to changes in field pest populations, the farmer applied chemical pesticides indicated by the red arrows).



圖五、以菸盲椿搭配銀行植物防治溫室番茄之銀葉粉蝨，不同施用方式下的菸盲椿族群，隨時間在調查區產生的數量變化。

Figure 5. Mean ($\pm$ SE) number of *Nesidiocoris tenuis* per zone when augmented. With banker plants in the greenhouse under different application methods.



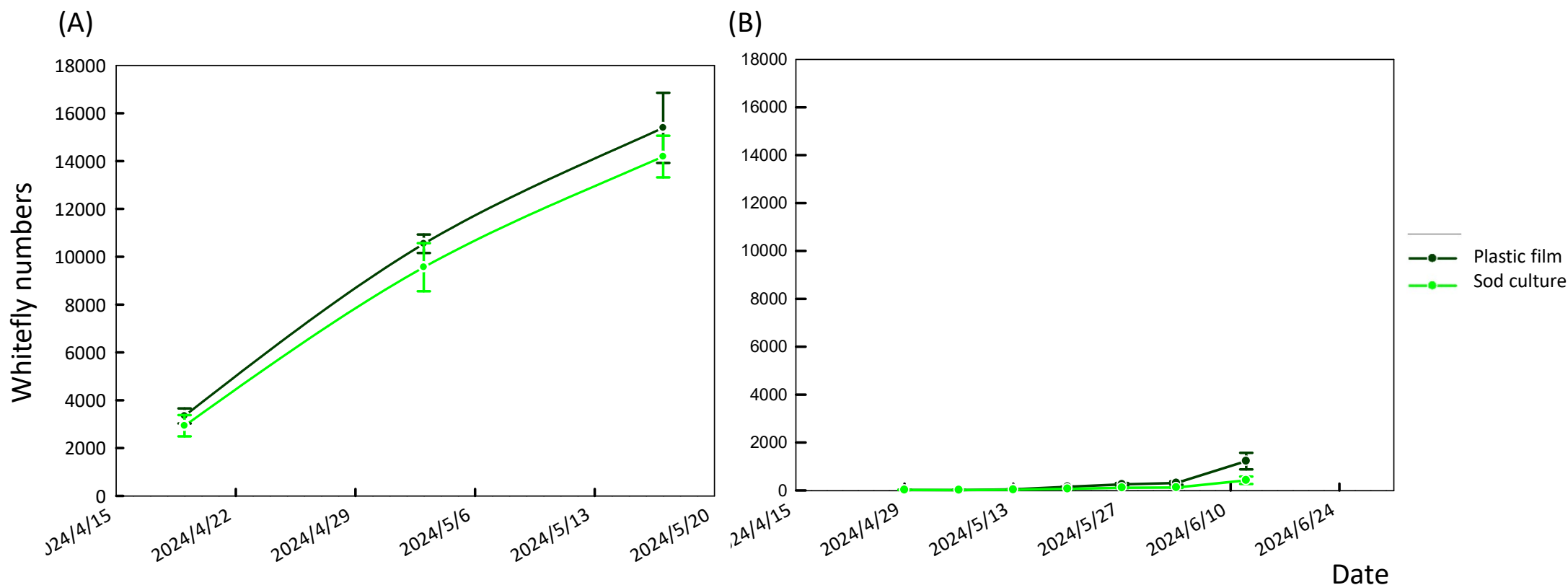


圖一、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其菸草粉蝨發生頻度於(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 1. Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The occurrence frequency of whiteflies (*Bemisia tabaci*) was observed in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.



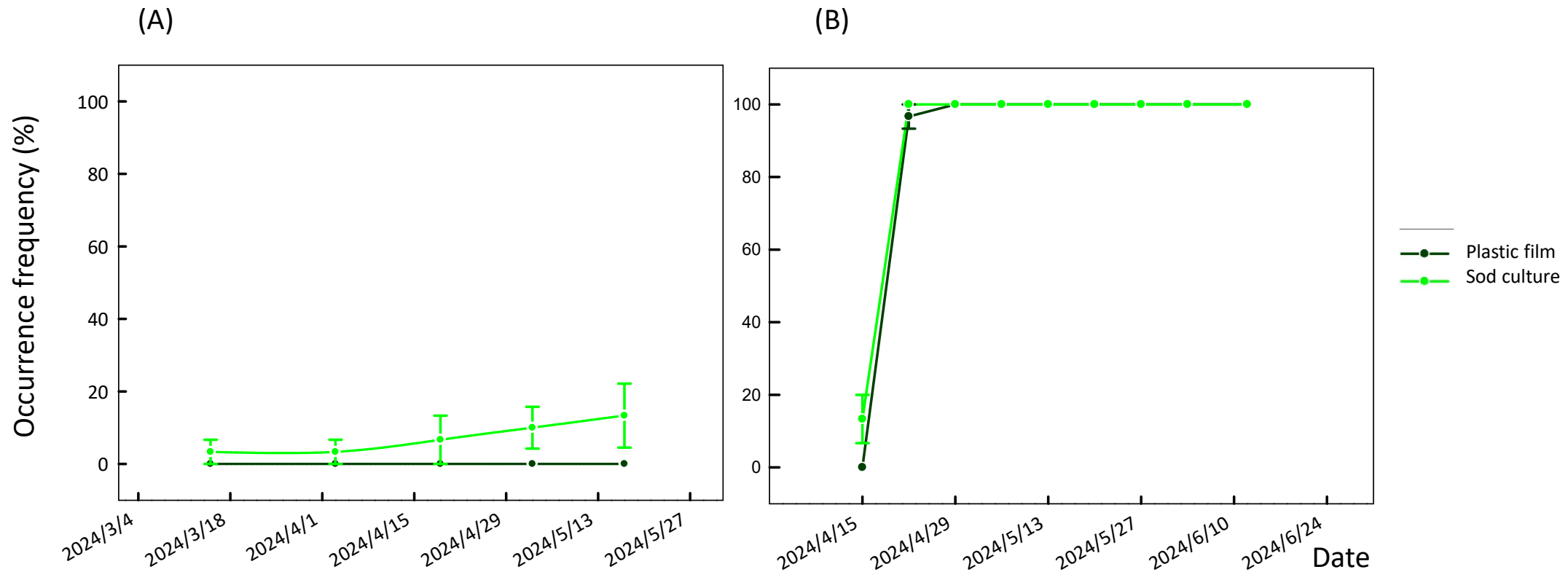
1131052



圖二、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其菸草粉蝨於黏紙上隻數在(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 2. Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The number of tobacco whiteflies (*Bemisia tabaci*) on sticky traps was recorded in (A) the pesticide-treated area of “Cixin” muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of “Chia Yu” muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.

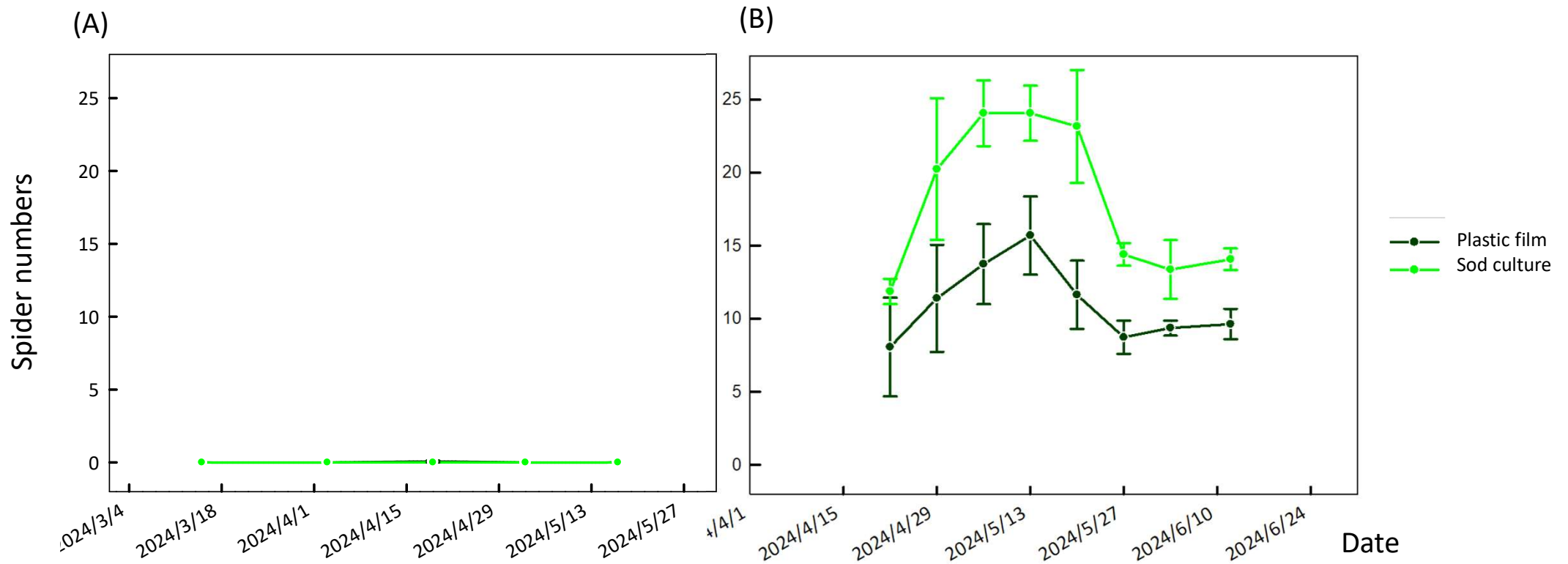




圖三、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其網架上蜘蛛發生頻度於(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 3. Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The occurrence frequency of spiders on trellises was observed in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.

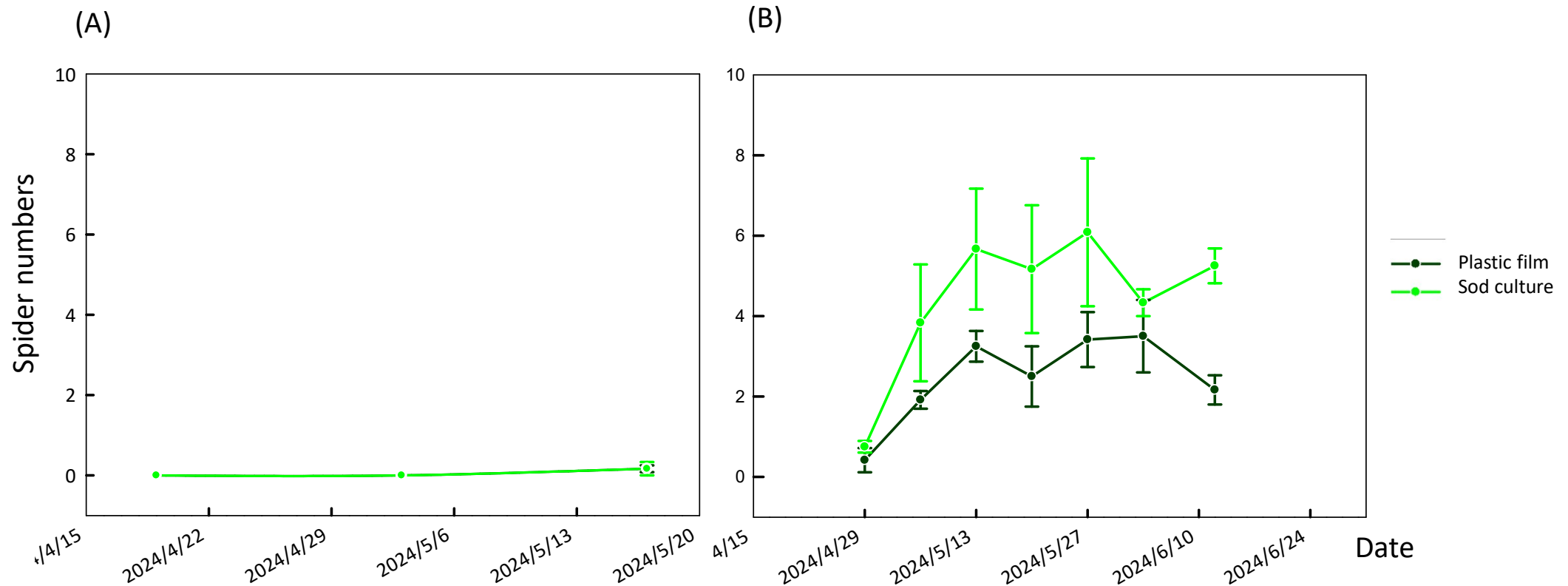




圖四、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其網架上蜘蛛數量於(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 4. Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The number of spiders on trellises was recorded in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.

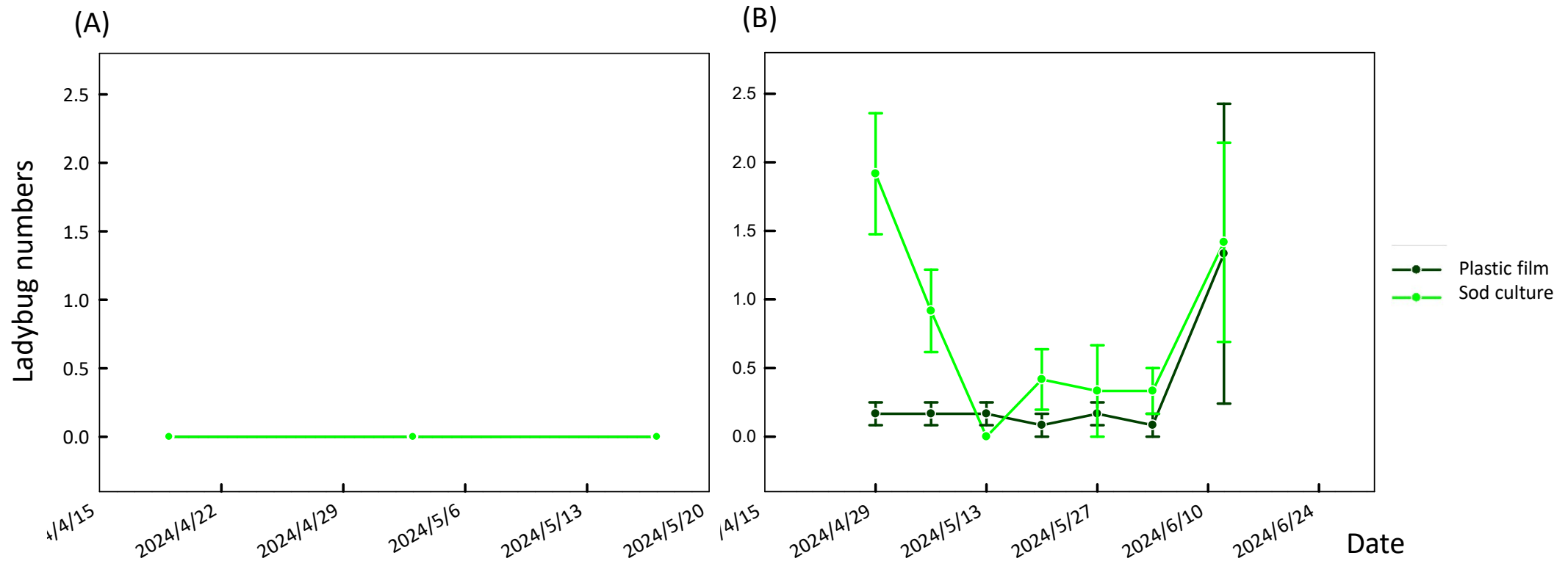




圖五、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其蜘蛛於黏蟲紙上數量在(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 5. Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The number of spiders on sticky traps was recorded in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.

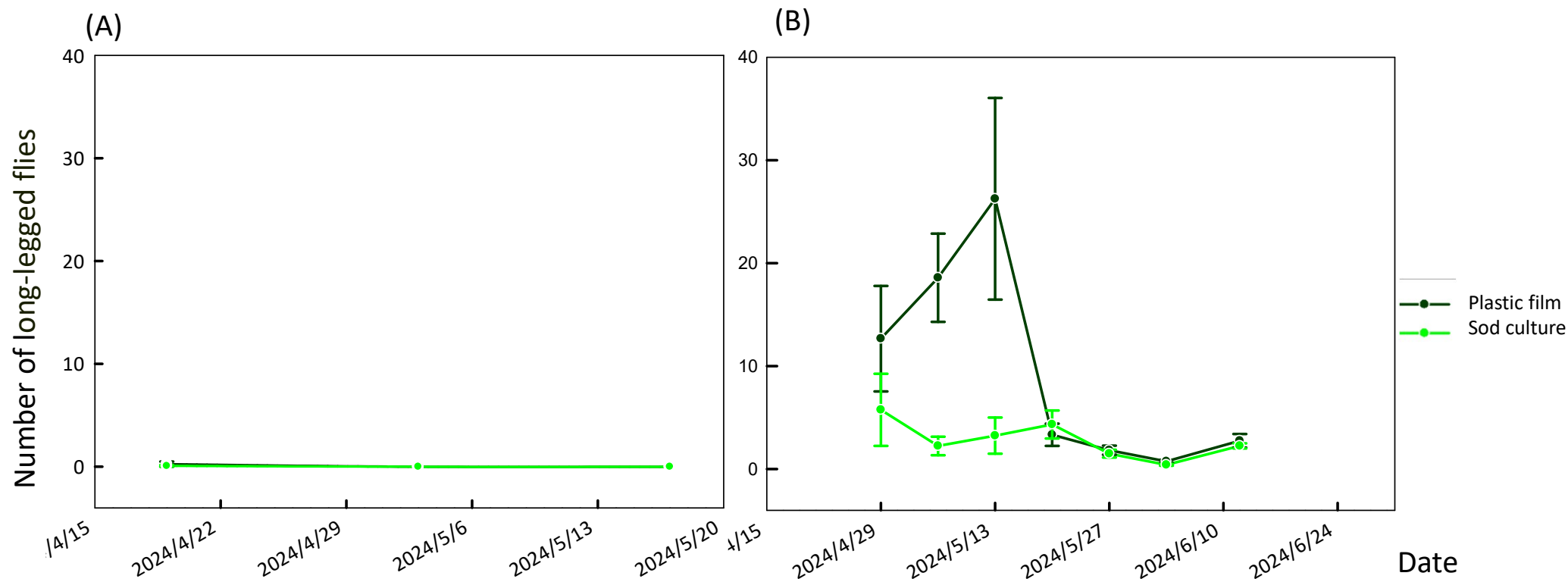




圖六、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其瓢蟲於黏蟲紙上數量在(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 6: Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The number of ladybugs on sticky traps was recorded in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.

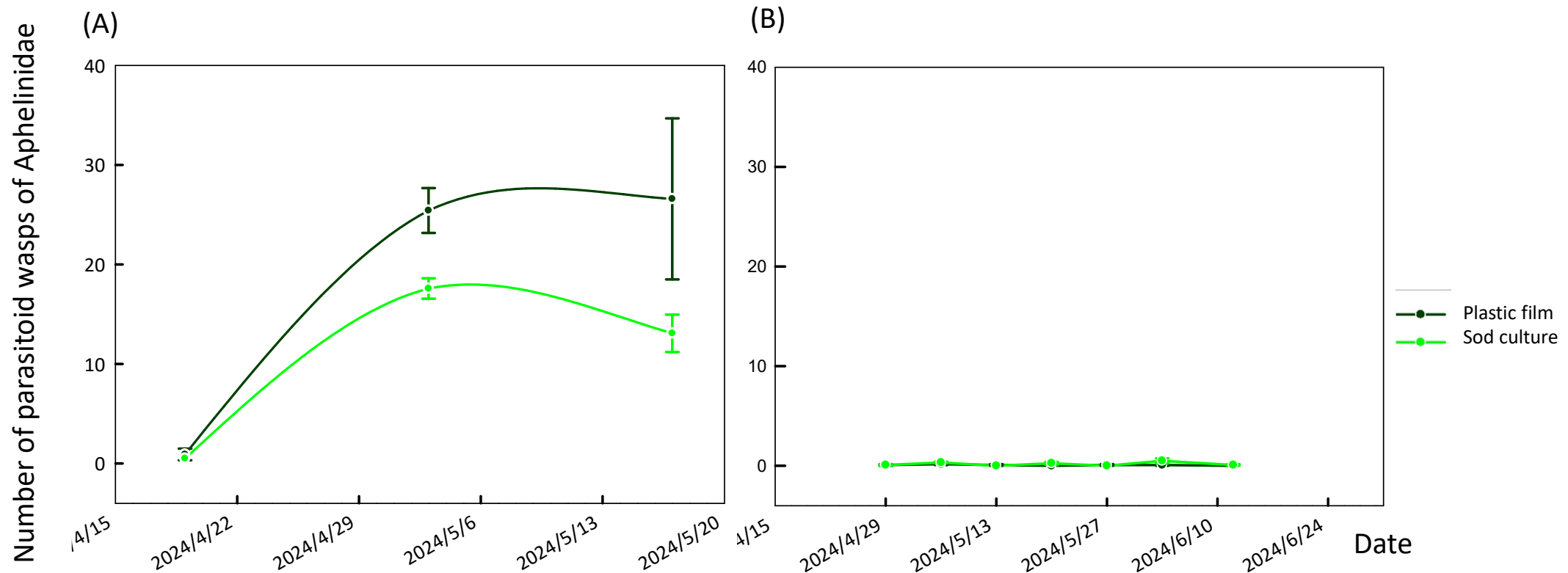




圖七、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其長足虻科物種於黏蟲紙上數量在(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 7: Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The number of long-legged flies (*Dolichopodidae*) on sticky traps was recorded in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.





圖八、監測葫蘆科作物以塑膠銀黑布和草生栽培處理，其蚜小蜂科物種於黏蟲紙上數量在(A)嘉義太保市洋香瓜“慈心”-農藥試區(B)苗栗三義鄉香瓜“嘉玉”-無農藥栽培區。

Figure 8: Monitoring of cucurbit crops treated with plastic silver-black film and sod culture. The number of parasitoid wasps of the *Aphelinidae* family on sticky traps was recorded in (A) the pesticide-treated area of "Cixin" muskmelons in Taibao city, Chiayi, and (B) the pesticide-free cultivation area of "Chia Yu" muskmelons in Sanyi Township, Miaoli.

