

# 溫室小果番茄病蟲害整合性管理之 經濟效益評估<sup>1</sup>

黃秀雯、張淳淳、林宇盛、李兆彬<sup>2</sup>

## 摘 要

黃秀雯、張淳淳、林宇盛、李兆彬。2023。溫室小果番茄病蟲害整合性防治之經濟效益評估。臺南區農業改良場研究彙報 81：45-62。

本研究評估病蟲害整合性管理 (Integrated pest management, IPM) 田區之經濟效益來驗證 IPM 管理之可行性。於三個試驗場域執行小果番茄 (*Solanum lycopersicum*) IPM 方式，分別位於雲林縣口湖鄉 (Kouhu)、嘉義縣六腳鄉 (Liujiiao) 與嘉義縣太保市 (Taibao)，採收期混合施放一齡與五齡蟲之菸盲椿 (*Nesidiocoris tenuis*) 防治銀葉粉蝨 (*Bemisia tabaci* biotype B)，三個場域分別施放 4、1、1 次，與搭配柑橘精油 (Orange oil, 威德喜<sup>®</sup>) 輪替使用，利用其有效成分檸檬烯 (Limonene) 防治粉蝨。對照組 (Non-IPM) 位於六腳鄉，以化學農藥與友善資材搭配使用，無使用菸盲椿與柑橘精油。相較於 Non-IPM，Kouhu、Liujiiao、Taibao 的友善資材佔防治成本分別為 77%、78%、79%；化學農藥用量分別減少 66.4%、86.9%、63.5%；增加收益倍數分別為 1.5、1.8 與 0.8。Non-IPM、Kouhu、Liujiiao、Taibao 的倍利本比分別為 1.9、2.7、4.7、2.7 倍。番茄整合性病蟲害防治除了正確使用農藥外，搭配使用昆蟲天敵與友善資材，可減少化學農藥用量，避免農藥殘留，生產安全衛生之果品，有助提升農民收益。

**現有技術：**IPM 作業包括健康種苗；種植前分析土壤，依據分析結果合理化施肥；使用抗病根砧嫁接苗防治土壤病害；設置黃色黏紙監測銀葉粉蝨族群；清除病株；採收期使用天敵或友善資材；使用登記於番茄上的合格藥劑，嚴守安全採收期等。

**創新內容：**IPM 試驗田栽培期間導入昆蟲天敵菸盲椿與柑橘精油防治銀葉粉蝨。

**對產業影響：**IPM 搭配使用昆蟲天敵與友善資材，可減少化學農藥之施用，避免農藥殘留，生產安全衛生之果品，有助提升農民收益。

**關鍵字：**小果番茄、病蟲害整合性管理、菸盲椿、柑橘精油

接受日期：2023 年 5 月 23 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 558 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場助理研究員、助理研究員、研究助理、技佐。712009 臺南市新化區牧場 70 號。

## 前 言

番茄在我國 2021 年栽培面積約 4,102.8 公頃<sup>(3)</sup>，主要種植於嘉義縣及雲林縣，適宜生長溫度為日溫 21 ~ 26°C、夜溫 15 ~ 20°C，小果番茄 (cherry tomato) 栽種期集中於 9 ~ 12 月，採收期 11 月至隔年 4 月<sup>(6)</sup>。依筆者歷年調查雲林與嘉義地區小果番茄，常見病蟲害包括銀葉粉蝨 (*B. tabaci* biotype B)、薊馬 (Thripidae)、蚜蟲 (Aphididae)、夜蛾 (Noctuidae)、葉蟻 (Tetranychidae)、細蟻 (Tarsonemidae)、番茄斑潛蠅 (*Liriomyza bryoniae*)、病毒病 (virus disease)、晚疫病 (*Phytophthora infestans*)、白粉病 (*Erysiphe cichoracearum* DC.)、灰黴病 (*Botrytis cinerea* Pers.)、細菌性斑點病 (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*)、白絹病 (*Athelia rolfsii*)、青枯病 (*Ralstonia solanacearum*) 與萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)。尤其是銀葉粉蝨寄主範圍廣泛以及傳播病毒病能力良好<sup>(38)</sup>，粉蝨傳播臺灣番茄捲葉病毒 (Tomato leaf curl Taiwan virus, ToLCTWV) 造成番茄經濟損失，為我國番茄栽培的重要病害之一<sup>(4,22)</sup>。

IPM 意旨將所有可用的防治技術整合，將負面影響最小化以管理病蟲害，避免經濟損失，並基於成本與效益分析，考量到生產者、社會和環境的利益和影響<sup>(26,29)</sup>。IPM 已被證明可以透過化學和生物方法對病蟲害進行持續有效的管理<sup>(40)</sup>，使害蟲族群維持在低於經濟閾值 (Economic threshold, ET)，同時保護或促進天敵生長<sup>(10)</sup>。天敵應用於溫室番茄的害蟲整合性防治，以減少殺蟲劑的過度使用<sup>(44)</sup>。當農藥與有效的天敵結合使用時，理論上可以提供更全面的預防和防治<sup>(19)</sup>。

IPM 作業包括採用健康種苗；種植前分析土壤，依據分析結果合理化施肥；使用抗病根砧嫁接苗防治土壤病害；設置黃色黏紙監測銀葉粉蝨族群；清除病株；採收期使用天敵或友善資材；使用登記於番茄上的合格藥劑，嚴守安全採收期等。此試驗於 IPM 田區導入昆蟲天敵 (Natural enemy) 菸盲椿與柑橘精油防治銀葉粉蝨。菸盲椿是一種雜食性椿象，捕食各種溫室害蟲，例如粉蝨、蚜蟲、薊馬和一些鱗翅目昆蟲<sup>(12,20)</sup>。菸盲椿利用於防治溫室內粉蝨與蚜蟲，亞洲已有許多研究<sup>(23,25,26,36,41)</sup>，歐洲廣泛用於防治溫室內的粉蝨<sup>(34,43)</sup>。菸盲椿的使用是替代殺蟲劑的有效方法之一<sup>(46,42)</sup>。植物精油 (essential oil) 已被識別為高效的害蟲防治資材，諸多研究應用精油於有機與 IPM 管理<sup>(21,33,36,37)</sup> 與針對粉蝨進行防治<sup>(9,11)</sup>，柑橘精油中的成份檸檬烯 (Limonene) 具防治昆蟲的效果<sup>(23)</sup>。IPM 的目標之一是降低經濟上的風險，部分農民認為減少化學農藥以友善資材替代部分農藥，採 IPM 管理病蟲害可能發生較嚴重，以至於影響收益。本研究於 3 處溫室小果番茄 IPM 田區導入菸盲椿防治銀葉粉蝨，柑橘精油防治病蟲害，黃色黏紙監測銀葉粉蝨密度以提醒農友注意防治時機。記錄每次防治日期與藥劑或資材種類，投入的生產管理成本與收成利潤，產期結束後彙整數據，比較 IPM 與對照組 (Non-IPM) 之經濟效益，以驗證 IPM 管理之可行性。

## 材料與方法

### 一、供試材料

本試驗分別於雲林縣口湖鄉 (Kouhu)、嘉義縣六腳鄉 (Liujiiao) 與太保市 (Taibao)，三位農民之溫室進行玉女小果番茄 IPM 試驗，進行期間為 2020 年 9 月至 2021 年 5 月，IPM 組於栽培期間導入昆蟲天敵菸盲椿 (購買自吉田田有限公司) 與柑橘精油 (威

德喜® Orange oil 含量 6%，副料及水含量 94%) 防治銀葉粉蝨。國外研究建議<sup>(13)</sup> 菸盲椿釋放密度為平均一番茄植株分布 0.5、1 與 2 隻菸盲椿時，皆顯著降低粉蝨數量，考量國內農民可負擔之防治成本，吉田公司推薦釋放密度一次 1,000 ~ 2,000 隻 / 0.1 公頃。柑橘精油則單獨使用，或混合農藥與其他友善資材<sup>(15,47)</sup>。另六腳鄉一處慣行防治管理之溫室為對照組 (Non-IPM)，無使用菸盲椿與柑橘精油。

## 二、對照組田間管理

Non-IPM 溫室栽培面積 0.08 公頃，2020 年 9 月 16 日定植，使用茄砧嫁接苗約 1,680 株，生長全期以化學農藥搭配友善資材輪替使用 (表 1)，採收期則選用安全採收期短的藥劑。2020 年 10 月 22 日開始以番茄生長素 (4-CPA, 4-Chlorophenoxyacetic acid) 授粉，12 月 6 日開始採收，採收前約 9 天防治一次病蟲害，採收前共 9 次；進入採收期後約 10 ~ 11 天防治一次，採收期間共 11 次。2021 年 4 月中旬清園。

## 三、IPM 溫室施用柑橘精油與菸盲椿

### (一) Kouhu 溫室

栽培面積 0.26 公頃，2020 年 9 月 2 日定植，種植嫁接苗約 5,400 株，開花前以化學農藥搭配友善資材防治病蟲害，釋放熊蜂 (*Bombus spp.*) 授粉後，以友善資材輪替使用 (表 2)。10 月 3 日開始以柑橘精油 (稀釋 300 ~ 400 倍, 0.02 ~ 0.015%) 混合農藥使用，約 5 天防治一次，共 5 次，最後一次 10 月 25 日 (10 月 12 日釋放熊蜂)。11 月 16 日進入採收期，11 月 18 日開始以柑橘精油 (稀釋 300 ~ 400 倍) 混合友善資材使用，約 9 天防治一次，共 5 次，最後一次 2021 年 1 月 2 日。開花結果期釋放 1 次菸盲椿，採收期再釋放 3 次，分別於 11 月 1 日、11 月 16 日 (開始採收)、11 月 24 日與 12 月 30 日，共四次約 12,500 隻。2021 年 5 月中旬清園。

### (二) Liujiao 溫室

栽培面積 0.08 公頃，2020 年 10 月 15 日定植，種植嫁接苗約 1,450 株，開花前以化學農藥防治病蟲害 (表 3)。11 月 24 日釋放熊蜂後僅以柑橘精油 (稀釋 1,000 倍, 0.006%) 防治，12 月 2 日第一次防治，約 10 天防治一次，共 6 次，最後一次 2021 年 1 月 30 日。1 月 20 日開始採收，3 月 2 日採收期間釋放一次菸盲椿約 4,000 隻，4 月下旬清園。

### (三) Taibao 溫室

栽培面積 0.11 公頃，2020 年 12 月 10 日定植，種植嫁接苗約 1,720 株。定植後的第 7、14、30、45、60、90 天以化學農藥防治病蟲害 (表 4)，第 80 天 2021 年 2 月 28 日開始，每週一次以柑橘精油 (稀釋 1,000 倍, 0.006%) 混合其他友善資材防治 (表 4) 最後一次防治 4 月 21 日。2021 年 1 月 20 日釋放熊蜂，3 月 13 日結果期釋放一次菸盲椿約 3,000 隻，3 月 17 日開始採收，4 月底清園。

## 四、銀葉粉蝨監測與防治成本分析

Kouhu、Liujiao、Taibao 溫室內各設置 10 張黃色黏紙 (10.5 × 15 cm)，每週更換黃色黏紙，監測銀葉粉蝨族群密度 (蟲數 / 黏紙 / 週)，當粉蝨密度超過 50 隻 / 黏紙 / 週<sup>(7)</sup>，則提醒農友注意防治時機。農藥使用方式依照動植物防疫檢疫局公告之稀釋倍數或每公頃推薦用量進行防治<sup>(2)</sup>。農民記錄每一次的防治日期與藥劑或資材種類，投入的生產管理成本與收成利潤，產期結束後彙整數據，比較 IPM 與對照組 (Non-IPM) 之經濟效益。

表 1. 對照組溫室輪用農藥、友善資材種類與防治害物

Table 1. Rotating pesticides, eco-friendly pest control products and target pest for non-IPM greenhouse

殺蟲劑	Insecticide	害物	Pest
阿巴汀 2% 乳劑	Abamectin 2% EC	番茄斑潛蠅	<i>L. bryoniae</i>
亞滅培 20% 水溶性粉劑	Acetamiprid 20% SP	銀葉粉蟲、薊馬、蚜蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae
克凡派 10% 水懸劑	Chlorfenapyr 10% SC	薊馬、夜蛾	Thripidae, Noctuidae
達特南 20% 水溶性粒劑	Dinotefuran 20% SG	銀葉粉蟲、蚜蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B, Aphididae
因滅汀 2.15% 乳劑	Emamectin benzoate 2.15% EC	夜蛾	Noctuidae
芬普蟎水 5% 懸劑	Fenpyroximate 5% SC	葉蟎、細蟎	Tetranychidae, Tarsonemidae
氟尼胺 10% 水分散性粒劑	Flonicamid 10% WG	銀葉粉蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B
百利普芬 11% 水懸劑	Pyriproxyfen 11% SC	銀葉粉蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B
賜派滅 100g/L 水懸劑	Spirotetramat 100 g/L SC	銀葉粉蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B
殺菌劑	Fungicide	害物	Pest
白克列 50% 水分散性粒劑	Boscalid 50% WG	灰黴病、白粉病	<i>B. cinerea</i> , <i>L. taurica</i>
達滅芬 50% 可溼性粉劑	Dimethomorph 50% WP	晚疫病	<i>P. infestans</i>
依得利 35% 可溼性粉劑	Etridiazole 35% WP	幼苗疫病	<i>Phytophthora capsici</i>
氟派瑞 50% 水懸劑	Fluopyram 50% SC	根瘤綠蟲	<i>Meloidogyne</i> spp.
福多寧 50% 可溼性粉劑	Flutolanil 50% WP	白絹病	<i>A. rolfsii</i>
依普同 23.7% 水懸劑	Iprodione 23.7% SC	灰黴病	<i>B. cinerea</i>
嘉錫銅 77.5% 可溼性粉劑	Kasugamycin + Copper oxychloride 77.5% WP	早疫病、細菌性斑點病	<i>Alternaria solani</i> , <i>X. axonopodis</i> pv. <i>vesicatoria</i>
派美臣 37.4% 水懸劑	Pyrimethanil 37.4% SC	灰黴病	<i>B. cinerea</i>
友善資材	Eco-friendly pest control products	害物	Pest
鮑澤蘇力菌水分散性 NB-200 54% 粒劑	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> strain NB-200 54% WG	夜蛾	Noctuidae
苦楝油	Neem oil	銀葉粉蟲、薊馬、蚜蟲、 真菌性病害	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae, Fungal disease
亞磷酸中和液	Neutralized phosphoric acid solution	晚疫病	<i>P. infestans</i>
礦物油 99% 乳劑	Petroleum oils 99% EC	銀葉粉蟲、薊馬、蚜蟲、 真菌性病害	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae, Fungal disease

表 2. 口湖鄉溫室輪用農藥與友善資材種類

Table 2. Rotating pesticides, eco-friendly pest control products and target pest for the greenhouse in Kouhu

殺蟲劑	Insecticide	害物	Pest
阿巴汀 2% 乳劑	Abamectin 2% EC	番茄斑潛蠅	<i>L. bryoniae</i>
亞滅培 20% 水溶性粉劑	Acetamiprid 20% SP	銀葉粉蟲、薊馬、蚜蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae
賽滅淨 75% 可溼性粉劑	Cytomazine 75% WP	番茄斑潛蠅	<i>L. bryoniae</i>
芬普蟎 5% 水懸劑	Fenpyroximate 5% SC	葉蟎、細蟎	Tetranychidae, Tarsonemidae
氟尼胺 10% 水分散性粒劑	Flonicamid 10% WG	銀葉粉蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B
百利普芬 11% 水懸劑	Pyriproxyfen 11% SC	銀葉粉蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B
賜諾特 11.7% 水懸劑	Spinetoram 11.7% SC	薊馬	Thripidae
賜滅芬 24% 水懸劑	Spiromesifen 24% SC	葉蟎	Tetranychidae
賜派滅 100g/L 水懸劑	Spirotetramat 100 g/L SC	銀葉粉蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B
賽速安勃 30% 水懸劑	Thiamethoxam + Chlorantraniliprole 30% SC	夜蛾	Noctuidae
友善資材	Eco-friendly pest control products	害物	Pest
液化澱粉芽孢桿菌 PMB01 液劑 (AL) $1 \times 10^9$ CFU/mL	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PMB01 $1 \times 10^9$ CFU/mL AL	青枯病	<i>R. solanacearum</i>
鮎澤蘇力菌 NB-200 54% 水分散性粒劑	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> strain NB-200 54% WG	夜蛾	Noctuidae
柑橘精油	Orange oil	銀葉粉蟲、薊馬、蚜蟲、真菌性病害	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae, Fungal disease
窄域油	Petroleum oils 99% EC	銀葉粉蟲、薊馬、蚜蟲、真菌性病害	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae, Fungal disease

表 3. 六腳鄉溫室輪用農藥與友善資材種類

Table 3. Rotating pesticides, eco-friendly pest control products and target pest for the greenhouse in Liujiao

殺蟲劑	Insecticide	害物	Pest
阿巴汀 2% 乳劑	Abamectin 2% EC	番茄斑潛蠅	<i>L. bryoniae</i>
亞滅培 20% 水溶性粉劑	Acetamiprid 20% SP	銀葉粉蝨、薊馬、蚜蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae
達特南 20% 水溶性粒劑	Dinotefuran 20% SG	銀葉粉蝨、蚜蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B, Aphididae
氟尼胺 10% 水分散性粒劑	Fonicamid 10% WG	銀葉粉蝨	<i>B. tabaci</i> biotype B
百利普芬 11% 水懸劑	Pyriproxyfen 11% SC	銀葉粉蝨	<i>B. tabaci</i> biotype B
賜派滅 100 g/L 水懸劑	Spirotetramat 100 g/L SC	銀葉粉蝨	<i>B. tabaci</i> biotype B
友善資材	Eco-friendly pest control products	害物	Pest
柑橘精油	Orange oil	銀葉粉蝨、薊馬、蚜蟲、真菌性病害	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae, Fungal disease



表 4. 太保市溫室輪用農藥與友善資材種類

Table 4. Rotating pesticides, eco-friendly pest control products and target pest for the greenhouse in Taibao

殺蟲劑	Insecticide	害物	Pest
達特南 20% 水溶性粒劑	Dinotefuran 20% SG	銀葉粉蝨、蚜蟲	<i>B. tabaci</i> biotype B, Aphididae
百利普芬 11% 水懸劑	Pyriproxyfen 11% SC	銀葉粉蝨	<i>B. tabaci</i> biotype B
賜諾特 11.7% 水懸劑	Spinetoram 11.7% SC	薊馬	Thripidae
殺菌劑	Fungicide	害物	Pest
達滅芬 50% 可溼性粉劑	Dimethomorph 50% WP	晚疫病	<i>P. infestans</i>
氟殺克敏 50% 水懸劑	Fluxapyroxad + Pyraclostrobin 50% SC	炭疽病	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
友善資材	Eco-friendly pest control products	害物	Pest
柑橘精油	Orange oil	銀葉粉蝨、薊馬、蚜蟲、真菌性病害	<i>B. tabaci</i> biotype B, Thripidae, Aphididae, Fungal disease
液化澱粉芽孢桿菌 PMB01 液劑 (AL) $1 \times 10^9$ CFU/mL	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> PMB01 $1 \times 10^9$ CFU/mL AL	青枯病	<i>R. solanacearum</i>
鮎澤蘇力菌 NB-200 54% 水分散性粒劑	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai</i> strain NB-200 54%WG	夜蛾	Noctuidae

## 結 果

### 一、對照組與 IPM 之比較

對照組與 IPM 溫室田間管理，皆包括採用健康種苗；種植前分析土壤，依據分析結果合理化施肥；使用抗病根砧嫁接苗防治土壤病害；清除病株；採收期使用友善資材；使用登記於番茄上的合格藥劑。不同處在於，IPM 田區設置黃色黏紙監測銀葉粉蝨，粉蝨密度超過 50 隻 / 黏紙 / 週<sup>(7)</sup>，提醒農友防治時機；為減少化學農藥用量，IPM 田區以柑橘精油與菸盲椿替代部分農藥防治粉蝨，相較於 Non-IPM，Kouhu、Liujiao、Taibao 化學農藥用量分別減少 66.4、86.9、63.5% (表 6)。

### 二、IPM 溫室之銀葉粉蝨密度監測

Kouhu 於 2020 年 9 月 2 日定植，10 月 12 日施放熊蜂授粉，施放熊蜂前平均 5 天防治一次病蟲害，共 7 次。施放菸盲椿防治銀葉粉蝨於 11 月 1 日、11 月 16 日 (開始採收)、11 月 24 日與 12 月 30 日，共四次約 12,500 隻。11 月中旬進入連續採收期，2021 年 2 月 19 日當週粉蝨密度 133.0 隻 / 週，2 月下旬開始逐漸上升，2 月下旬截至採收期結束 5 月中旬，此期間平均 340.5 隻 / 週 (圖 1)。採收期間僅以柑橘精油與窄域油防治銀葉粉蝨，約 9 天防治一次，共 5 次。栽培全期平均粉蝨密度為  $148.7 \pm 45.8$  隻 / 週 (表 5)。

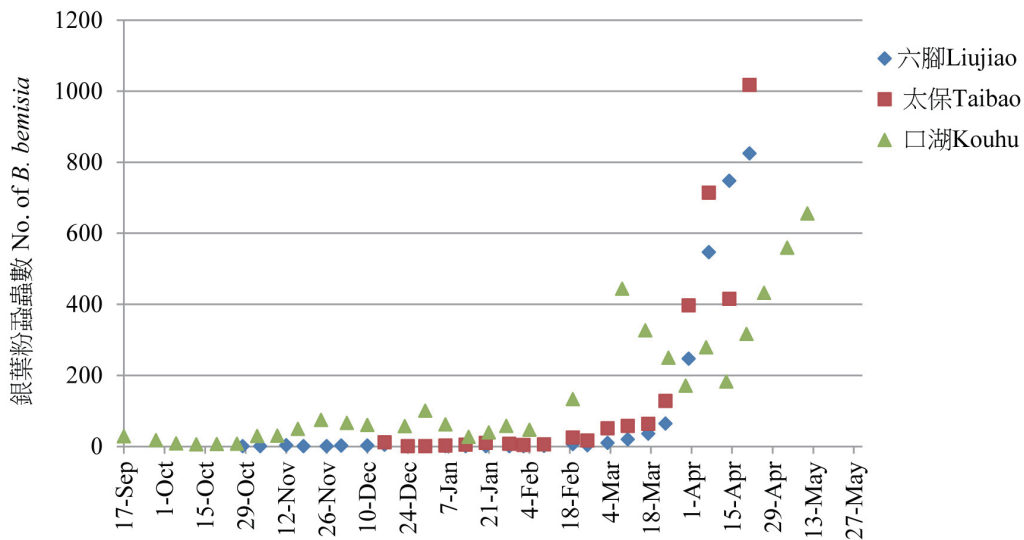


圖 1. 2020 年 9 月至 2021 年 5 月 IPM 溫室銀葉粉蝨族群監測 (蟲數 / 黏紙 / 週)

Fig. 1. Monitoring of the *B. tabaci* population in IPM greenhouses from September 2020 to May 2021 (*B. tabaci* / sticky trap / weekly)

Liujiao 於 2020 年 10 月 15 日定植，11 月 24 日施放熊蜂授粉，施放熊蜂前約 7 天防治一次，共 6 次。施放熊蜂後約 10 天防治一次，共 6 次，僅以柑橘精油防治病蟲害。2021 年 1 月下旬進入採收期，3 月 2 日施放菸盲椿，共施放一次約 4,000 隻，施放菸盲椿後不再以任何農藥或資材防治病蟲害。3 月 23 日粉蝨 64.5 隻 / 週，之後密度逐



漸上升，3月下旬截至採收期結束4月下旬，此期間平均486.2隻/週(圖1)。栽培全期平均粉蝨密度為 $97.1 \pm 65.2$ 隻/週(表5)。

表5. IPM 溫室之銀葉粉蝨每週平均密度

Table 5. Average weekly density of *B. tabaci* in IPM greenhouses

溫室 Greenhouse	口湖 Kouhu	六腳 Liujiao	太保 Taibao
監測期間 Monitoring period	17-Sep-20 ~ 11-May-21	28-Oct-20 ~ 21-Apr-21	16-Dec-20 ~ 21-Apr-21
監測週數 Monitoring duration (w)	34	25	18
銀葉粉蝨蟲數 No. of <i>B. tabaci</i>	$148.7 \pm 45.8^a$	$97.1 \pm 65.2^b$	$154.2 \pm 31.4a^b$

Means ( $\pm$  SE) within a column followed by the same letter do not differ significantly by Least Significant Difference, LSD ( $P = 0.05$ ).

Taibao 於 2020 年 12 月 10 日定植，2021 年 1 月 20 日施放熊蜂授粉，施放熊蜂授前約 13 天防治一次，共 5 次；施放熊蜂後約 7 天防治一次，共 7 次。開花結果期間 3 月 2 日施放一次菸盲椿防治銀葉粉蝨，約施放 3,000 隻，施放菸盲椿後僅以柑橘精油防治粉蝨。3 月下旬進入採收期，3 月 17 日粉蝨 63.0 隻/週，之後密度逐漸上升，3 月中旬截至採收期結束 4 月下旬，此期間平均 455.8 隻/週(圖1)。栽培全期平均粉蝨密度為  $154.2 \pm 31.4$  隻/週(表5)。

### 三、化學農藥與友善資材用量

記錄每一次的防治日期與農藥或資材種類，因每一場域面積不同，農藥與資材用量轉換為統一標準每公頃使用量 (kg/ha) 進行比較。各場域整個生長期的農藥與防治資材用量各別加總，Non-IPM、Kouhu、Liujiao、Taibao 之總農藥用量分別為 38.3、13.0、5.1、14.2 kg/ha；友善資材分別為 6.9、62.4、1.9、63.4 kg/ha (圖2)。

### 四、經濟效益分析

生產成本包括整地、種苗、肥料、授粉昆蟲、人工採收、果品包裝成本(紙箱與塑膠盒)、化學農藥、友善資材(包括黃色黏紙)、天敵等，淨收益為總收益扣除生產成本，利本比為總收益：生產成本(表6)。Non-IPM、Kouhu、Liujiao、Taibao 之利本比分別為 1.9、2.7、4.7、2.7 倍。因各試驗場域面積不同，統一以最小場域面積 0.08 公頃為單位，比較不同場域間之收益增加倍數，相較於 Non-IPM，Kouhu、Liujiao、Taibao 分別為 1.5、1.8 與 0.8 倍。比較各田區番茄栽培全期之採收狀況，Non-IPM 可連續採收 4 個月，Kouhu、Liujiao、Taibao 則分別為 6、3、1.5 個月。相較於 Non-IPM，Kouhu、Liujiao、Taibao 化學農藥用量分別減少 66.4、86.9、63.5% (表6)。Non-IPM 化學農藥佔防治成本約 80%，其餘 20% 為友善資材；Kouhu 化學農藥佔防治成本約 23%，友善資材 31%，天敵 46%；Liujiao 化學農藥佔防治成本約 22%，友善資材 14%，天敵 64%；Taibao 化學農藥佔防治成本約 21%，友善資材 27%，天敵 52% (圖3)。

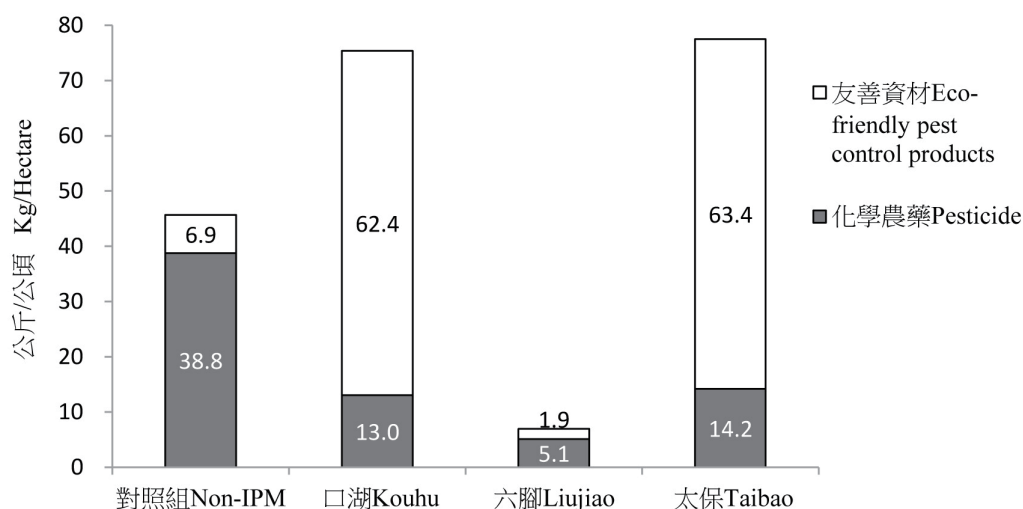


圖 2. 對照組與 IPM 溫室之友善資材與農藥每公頃使用量  
 栽培起訖日期對照組、口湖、六腳、太保田區分別為 2020 年 9 月 16 日～2021 年 4 月 15 日、2020 年 9 月 2 日～2021 年 5 月 15 日、2020 年 10 月 15 日～2021 年 4 月 21 日、2020 年 12 月 10 日～2021 年 4 月 27 日，栽培日數分別為 212、256、188、138 天

Fig. 2. Eco-friendly pest control products and pesticide usage per hectare in non-IPM and IPM greenhouses  
 The cultivation periods for non-IPM, Kouhu, Liujian, and Taibao were, respectively, from September 16<sup>th</sup>, 2020 to April 15<sup>th</sup>, 2021; September 2<sup>nd</sup>, 2020 to May 15<sup>th</sup>, 2021; October 15<sup>th</sup>, 2020 to April 21<sup>st</sup>, 2021; and December 10<sup>th</sup>, 2020 to April 27<sup>th</sup>, 2021, and the cultivation period were 212, 256, 188, and 138 days, respectively

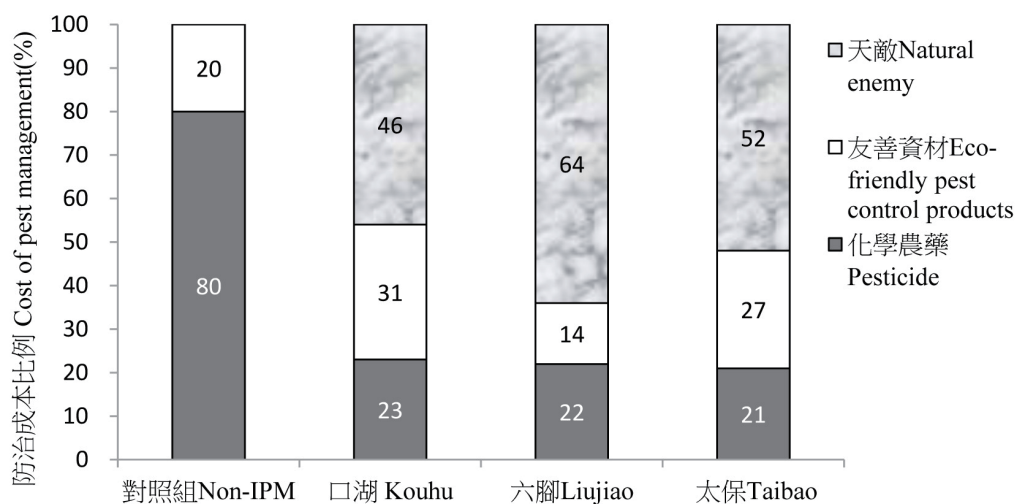


圖 3. 對照組與 IPM 溫室之天敵、友善資材與農藥佔防治成本的比例  
 Fig. 3. Proportion of natural enemy, eco-friendly pest control products, and pesticide in non-IPM and IPM greenhouses pest control costs

表 6. 對照組與 IPM 溫室之經濟效益分析

Table 6. Economic analysis of non-IPM and IPM greenhouses

參數 Parameter	對照組 Non-IPM	口湖 Kouhu	六腳 Liujiiao	太保 Taibao
栽培期間 Cultivation period	16-Sep-20 } 15-Apr-21	2-Sep-20 } 15-May-21	15-Oct-20 } 21-Apr-21	10-Dec-20 } 27-Apr-21
面積 (公頃) Area (ha)	0.08	0.26	0.08	0.11
<b>成本 Cost (新台幣 TWD)</b>				
整地 Land preparation	2,100	—	1,200	3,900
種苗 Seedling	18,200	48,400	18,850	39,000
肥料 Fertilizer	5,868	50,000	12,600	12,450
授粉昆蟲 Pollinator	—	24,600	9,200	12,300
人工採收 Manual harvesting	210,000	352,000	30,000	46,800
果品包裝成本 Packaging cost	19,313	96,300	22,800	22,990
化學農藥 Pesticide	4,553	15,000	2,950	3,290
友善資材 Eco-friendly pest control products	1,112	20,000	1,775	4,150
天敵 Natural enemy	—	30,000	8,400	8,200
<b>(A) 總生產成本 Total cost of production</b>	<b>261,146</b>	<b>636,300</b>	<b>107,775</b>	<b>153,080</b>
產量 (公斤) Yield (kg)	3,738	14,550	3,600	3,630
<b>(B) 總收益 Total return (TWD)</b>	<b>484,950</b>	<b>1,737,240</b>	<b>510,000</b>	<b>410,000</b>
<b>(C) 淨收益 Net return (TWD) (B-A)</b>	<b>223,804</b>	<b>1,100,940</b>	<b>402,225</b>	<b>256,920</b>
利本比 B : A	1.9 : 1	2.7 : 1	4.7 : 1	2.7 : 1
產量 (公斤) Yield (kg)/0.08 ha	3,738	4,477	3,600	2,570
淨收益 Net return/0.08 ha (TWD)	223,805	338,751	402,225	181,890
收益增加倍數 Return increase ratio (0.08 ha)	—	1.5	1.8	0.8
採收月數 The duration of harvesting (mo)	4	6	3	1.5
農藥減少比例 Decrease in pesticide (%)	—	66.4	86.9	63.5

## 討 論

Kouhu 田區於開花結果期施放 1 次菸盲椿，田區亦種植少量銀行植物 (Banker plant) 胡麻 (*Sesamum indicum*) 幫助菸盲椿繁殖，採收期再施放 3 次天敵以補充蟲源。銀行植物提供菸盲椿食物和棲息地，可視為天敵之避難所，幫助天敵自然繁殖<sup>(17,24,27,28)</sup>。菸盲椿成本較高，

0.26 公頃施放一次須 7,500 元 (表 6)，為避免農藥殘留與成本考量，則搭配使用柑橘精油與窄域油。為避免油劑直接傷害菸盲椿，農民施用油劑後間隔 2 天放菸盲椿。Kouhu 於 2021 年 2 月下旬開始，即使持續以資材防治，粉蝨族群仍逐漸上升 (圖 1)，當時已連續採收 4 個月。Liujiào 於 2021 年 3 月初施放菸盲椿時已採收 1.5 個月，Taibao 於 3 月下旬施放菸盲椿後則開始採收，Liujiào 與 Taibao 愈接近 4 月栽培末期，農民逐漸減少防治頻率，且氣候逐漸溫暖，可見 3 月下旬粉蝨族群有上升趨勢 (圖 1) 與煤煙病發生。IPM 田區於開花前零星發生病毒株，三田區皆發生 10 株以下，拔除病株後無再擴散。Kouhu 種植少量胡麻，尚不足以支持天敵持續自然的繁殖。間作胡麻，可於整個番茄栽培期間，維持菸盲椿族群以防治粉蝨<sup>(14)</sup>。後續田間應用時，若要導入菸盲椿防治粉蝨，做法可調整為在番茄第三串花開始時育苗胡麻，第五串花定植，定植於粉蝨好發熱點處與番茄間作，將天敵釋放於胡麻上，幫助天敵族群擴張。

植物精油與殺蟲劑混合可提高防治效果<sup>(16,25)</sup>，或加水稀釋 500 倍 (0.012%) 單獨使用以減少農藥用量。柑橘類果皮萃取的精油具有防治粉蝨的潛力<sup>(15,47)</sup>。隨著植物精油劑量的增加 (0.125%、0.25% 和 0.5%)，粉蝨死亡率上升，且精油處理的植株無出現不良反應<sup>(45)</sup>。本試驗三個 IPM 場域番茄生長不受柑橘精油影響。Liujiào 施放菸盲椿後不再以任何農藥或資材防治，Kouhu 與 Taibao 施放菸盲椿後仍以油劑防治，但油劑是否影響菸盲椿活動？文獻曾指出植物精油的殺蟲活性對菸盲椿可能有害，例如降低族群生長與生物防治能力<sup>(39)</sup>，使用植物精油時，應注意對菸盲椿的潛在危害<sup>(32)</sup>。IPM 農民田間管理，開花前通常以化學藥劑防治，釋放熊蜂授粉後僅使用友善資材與菸盲椿，考量到精油對菸盲椿有潛在風險，為避免影響天敵的活動與繁殖<sup>(32,39)</sup>，經田間觀察管理方式可調整為，釋放菸盲椿後則不宜再使用精油，或者當以精油防治時，則可不用再施放菸盲椿。

化學農藥用量 Non-IPM 為 38.8kg/ha，分別為 Kouhu、Liujiào、Taibao 的 3.0、7.6、2.7 倍 (圖 2)。Liujiào 的防治資材用量最低，友善資材 1.9 kg/ha 較 Non-IPM 低 (圖 2)，Liujiào 防治成本 64% 用於購買天敵，Non-IPM 防治成本 80% 為農藥，僅 20% 使用友善資材。Kouhu、Liujiào、Taibao 的非農藥防治成本分別佔 77%、78%、79% (圖 3)。相較於 Non-IPM，Kouhu、Liujiào、Taibao 化學農藥用量分別減少 66.4、86.9、63.5% (表 6)。菸盲椿與化學農藥搭配使用防治粉蝨，可實現更持續的害蟲管理，與減少對化學農藥的需求。相較於 Non-IPM，Kouhu、Liujiào、Taibao 收益增加倍數分別為 1.5、1.8 與 0.8 倍。Taibao 農民因工作規劃，定植時間較慢，2020 年 12 月 10 日定植，番茄栽培期普遍於 4 月結束，僅採收 1.5 個月，故所得收益較低。若不與 Non-IPM 比較，IPM 場域收益與所投入成本之利本比至少 2.7 倍以上 (表 6)。使用 IPM 技術栽培的番茄可減少化學農藥用量，產量與收益皆提升，IPM 於經濟上是可行的<sup>(8,18)</sup>。IPM 的應用也使高劑量、有毒的農藥被低劑量、低毒性和低風險的農藥與友善資材來取代，這是 IPM 應用的一個重要的影響指標<sup>(35)</sup>。

## 結 論

本研究以銀葉粉蝨監測、柑橘精油與菸盲椿導入小果番茄 IPM，並評估 IPM 經濟效益可行性，證實化學農藥的減少對整體收益無負面影響，IPM 田區的利本比與受益倍數皆可提升。柑橘精油使用日益普遍，為避免精油直接傷害天敵，經田間觀察，管理方式可調整為，釋放菸盲椿後則不宜再使用精油，或者當以精油防治時，則可不用再施放菸盲椿。

## 致 謝

本研究感謝 109 農再 -2.1.3-1.3- 企 -002(6) 計畫經費支持，承蒙李忠洧先生、謝嶸生先生、謝皖欣小姐、吳世彥先生、黃志堯先生協助試驗，嘉義大學林明瑩老師提供報告修改建議，一併致上衷心謝忱！

## 引用文獻

1. 安寶貞。2001。植物病害的非農藥防治品—亞磷酸。植物病理學會刊 10：147-154。
2. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2020。農藥資訊服務網。<https://pesticide.baphiq.gov.tw/information/>。
3. 行政院農業委員會農糧署。2022。農業統計年報。<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>。
4. 吳復生、謝佳宏、葉文斌、柯俊成。2009。臺灣番茄捲葉病毒之偵測。臺灣昆蟲 29：211-224。
5. 周浩平、王惠美、黃德昌。2015。應用液化澱粉芽孢桿菌 *Bacillus amyloliquefaciens* PMB01 防治作物土壤傳播性病害之效果評估。高雄區農業改良場年報：58-60。
6. 許涵鈞、劉依昌、楊藹華。2018。提升夏季設施小果番茄生產效率之研究。臺南區農業改良場研究彙報 72：32-40。
7. 陳怡如、林鳳琪、張瑞璋、顏辰鳳、陳泰元、郭章信。2014。設施番茄銀葉粉蝨監測及防治管理新技術。農業世界雜誌 365：92-97。
8. Ahuja, D. B., U. R. Ahuja, S. K. Singh, and N. Singh. 2015. Comparison of Integrated Pest Management approaches and conventional (non-IPM) practices in late-winter-season cauliflower in Northern India. *Crop. Prot.* 78: 232-238.
9. Aslan, I., H. Özbek, Ö. Çalmaşur, and F. Şahin. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crops Prod.* 19(2): 167-173.
10. Barzman, M., P. Bàrberi, N. E. Birch, P. Boonekamp, S. Dachbrodt-Saaydeh, B. Graf, B. Hommel, J. E. Jensen, J. Kiss, P. Kudsk, J. R. Lamichhane, A. Messéan, A. C. Moonen, A. Ratnadass, P. Ricci, J. L. Sarah, and M Sattin. 2015. Eight principles of integrated pest management. *Agron. Sustain. Dev.* 35: 1199-1215.
11. Çalmaşur, Ö., I. Aslan, and F. Şahin. 2006. Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind. Crops Prod.* 23(2): 140-146.
12. Calvo, F. J., M. J. Lorente, P. A. Stansly, and J. E. Belda. 2012. Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. *Entomol. Exp. Appl.* 143: 111-119.
13. Calvo, F. J., K. Bolckmans, and J. E. Belda. Release rate for a pre-plant application of *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. 2012. *Biol. Control.* 57: 809-817.
14. Castillo, J., A. Roda, J. Qureshi, M. Pérez-Hedo, A. Urbaneja, and P. Stansly. 2022. Sesame as

- an Alternative Host Plant to Establish and Retain Predatory Mirids in Open-Field Tomatoes. *Plants*. 11(20): 2779.
15. de Carvalho Ribeiro, N., C. A. G. da Camara, F. de Souza Born, and H. Á. A. de Siqueira. 2010. Insecticidal activity against *Bemisia tabaci* biotype B of peel essential oil of *Citrus sinensis* var. pear and *Citrus aurantium* cultivated in northeast Brazil. *Nat. Prod. Commun.* 5(11): 1934578X1000501126.
  16. Faraone, N., N. K. Hillier, and G. C. Cutler. 2015. Plant essential oils synergize and antagonize toxicity of different conventional insecticides against *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *PLoS One*, 10(5): e0127774.
  17. Frank, S. D. 2010. Biological control of arthropod pests using banker plant systems: past progress and future directions. *Biol. Control*. 52(1): 8-16.
  18. Gajanana, T. M., P. N. Krishna Moorthy, H. L. Anupama, R. Raghunatha, and G. T. Prasanna Kumar. 2006. Integrated pest and disease management in tomato: An economic analysis. *Agric. Econ. Res. Rev.* 19(2): 269-280.
  19. Gentz, M. C., G. Murdoch, and G. F. King. 2010. Tandem use of selective insecticides and natural enemies for effective, reduced-risk pest management. *Biol. Control*. 52: 208-215.
  20. Ghoneim, K. 2014. Predatory Insects and Arachnids as Potential Biological Control Agents against the Invasive Tomato Leaf Miner, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae): In Perspective and Prospective. *J. Entomol. Zool. Stud.* 2: 52-71.
  21. Giunti, G., D. Palermo, F. Laudani, G. M. Algeri, O. Campolo, and V. Palmeri. 2019. Repellence and acute toxicity of a nano-emulsion of sweet orange essential oil toward two major stored grain insect pests. *Ind. Crops Prod.* 142: 111869.
  22. Green, S. K., W. S. Tsai, S. L. Shih, Y. C. Huang, and L. M. Lee. 2005. Diversity of begomovirus of tomato and weeds in Asia. pp. 19-66. In: Ku, T. Y., Wang, C. L. and Chang, C. A. eds. *Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy*. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, Taipei, Taiwan, ROC.
  23. Hollingsworth, R. G. Limonene, a citrus extract, for control of mealybugs and scale insects. 2005. *J. Econ. Entomol.* 98(3): 772-779.
  24. Huang, N., A. Enkegaard, L. S. Osborne, P. M. J. Ramakers, G. J. Messelink, J. Pijnakker, and G. Murphy. 2011. The Banker Plant Method in Biological Control. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30(3): 259-278.
  25. Isman, M. B., S. Miresmailli, and C. Machial. 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem. Rev.* 10: 197-204.
  26. Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. of Entomol.* 43: 243-270.
  27. Nakaiishi, K., Y. Fukui, and R. Arakawa. 2011. Reproduction of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) on Sesame. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 55: 199-205. (In Japanese with English abstract).
  28. Nakano, R., Y. Tsuchida, M. Doi, R. Ishikawa, A. Tatara, Y. Amano, and Y. Muramatsu. 2016. Control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) on tomato in greenhouse by a combination of



- Nesidiocoris tenuis* (Reuter) and banker plants. Annual Report of The Kansai Plant Protection Society. 58: 65-72. (In Japanese with English abstract).
29. National Research Council. 1969. Principles of plant and animal pest control: Insect Management and control. Washington, D. C., U. S. A. National Academy of Sciences.
  30. Owashi, Y., M. Hayashi, J. Abe, and M. Kazuki. 2019. Effects of an alternative diet of *Artemia* cysts on the development and reproduction of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae). *Appl. Entomol. Zool.* 55: 121-127.
  31. Park, Y. G., and J. H. Lee. 2021. UV-LED lights enhance the establishment and biological control efficacy of *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Hemiptera: Miridae). *PLoS ONE.* 16:1, e0245165.
  32. Passos, L. C., M. Ricupero, A. Gugliuzzo, M. A. Soares, N. Desneux, O. Campolo, G. A. Carvalho, A. Biondi, and L. Zappalá. 2022. Sublethal effects of plant essential oils toward the zoophytophagous mirid *Nesidiocoris tenuis*. *J. Pest Sci.* 95: 1609-1619.
  33. Pavela, R., M. R. Morshedloo, H. Mumivand, G. J. Khorsand, A. Karami, F. Maggi, N. Desneux, and G. Benelli. 2020. Phenolic monoterpene-rich essential oils from Apiaceae and Lamiaceae species: insecticidal activity and safety evaluation on non-target earthworms. *Entomol. Gen.* 40: 421-435.
  34. Pérez-Hedo, M., C. Riahi, and A. Urbaneja. 2021. Use of Zoophytophagous Mirid Bugs in Horticultural Crops: Current Challenges and Future Perspectives. *Pest Manag. Sci.* 77: 33-42.
  35. Peshin, R., and W. Zhang. 2014. Integrated pest management and pesticide use. In: Pimentel, D., and Peshin, R. eds. *Integrated Pest Management: Pesticide Problems*, vol. 3. Springer, Dordrecht, The Netherlands: 1-46.
  36. Rathore, L. M. 2017. Green pesticides for organic farming: occurrence and properties of essential oils for use in pest control. In: Nollet, L. M., and Rathore, H. S. eds. *Green pesticides handbook: essential oils for pest control*. CRC Press, Boca Raton, FL: 3-26.
  37. Regnault-Roger, C., C. Vincent, and J. T. Arnason. 2012. Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annu. Rev. Entomol.* 57: 405-424.
  38. Rybicki, E. P., and G. Pietersen. 1999. Plant virus disease problems in the developing world. *Adv. Virus Res.* 53: 127-175.
  39. Soares, M. A., M. R. Campos, L. C. Passos, G. A. Carvalho, M. M. Haro, A.-V. Lavoit, A. Biondi, L. Zappalá, and N. Desneux. 2019. Botanical insecticide and natural enemies: a potential combination for pest management against *Tuta absoluta*. *J. Pest Sci.* 92: 1433-1443.
  40. Trivedi, T. P., and D. B. Ahuja. 2011. Integrated pest management: approaches and implementation. *Indian J Agric. Sci.* 81: 81e93.
  41. Uehara, T., T. Ogino, A. Nakano, T. Tezuka, T. Yamaguchi, Y. Kaino, and M. Shimoda. 2019. Violet light is the most effective wavelength for recruiting the predatory bug *Nesidiocoris tenuis*. *Biol. Control.* 64: 139-147.
  42. Urbaneja, A., J. González-Cabrera, J. Arnó, and R. Gabarra. 2012. Prospects for the Biological Control of *Tuta absoluta* in Tomatoes of the Mediterranean Basin. *Pest Manag. Sci.* 68: 1215-1222.

43. van Lenteren, J. C., A. Lanzoni, L. Hemerik, V. H. P. Bueno, J. G. Bajonero Cuervo, A. Biondi, G. Burgio, F. J. Calvo, P. W. de Jong, S. N. López, M. Gabriela Luna, F. C. Montes, E. L. Nieves, P. O. Aigbedion-Atalor, M. B. Riquelme Virgala, N. E. Sánchez, and A. Urbaneja. 2021. The Pest Kill Rate of Thirteen Natural Enemies as Aggregate Evaluation Criterion of Their Biological Control Potential of *Tuta absoluta*. *Sci. Rep.* 11: 10756.
44. van Lenteren, J. C., K. Bolckmans, J. Köhl, W. J. Ravensberg, and A. Urbaneja. 2018. Biological Control Using Invertebrates and Microorganisms: Plenty of New Opportunities. *Biol. Control.* 63: 39-59.
45. Yang, N. W., A. L. Li, F. H. Wan, W. X. Liu, and D. Johnson. 2010. Effects of plant essential oils on immature and adult sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* biotype B. *Crop Prot.* 29(10): 1200-1207.
46. Yano, E., M. Nakauchi, T. Watanabe, H. Watanabe, S. Hosaka, S. Nishimori, S. Miura, I. Kandori, and N. Hinomoto. 2020. Life history traits of *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and *Thrips palmi*. *Biol. Control.* 65: 155-164.
47. Zarrad, K., A. B. Hamouda, I. Chaieb, A. Laarif, J. M. B. Jemâa. 2015. Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Ind. Crops and Prod.* 76: 121-127.

# Economic Evaluation of Integrated Pest Management for Cherry Tomatoes in Greenhouses<sup>1</sup>

Huang, H. W., C. C. Chang, Y. S. Lin and J. B. Li<sup>2</sup>

## Abstract

This study evaluates the economic benefits of Integrated Pest Management (IPM) for pest control and verifies the feasibility of IPM management. IPM practices were implemented for cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum*) in three experimental sites located in Kouhu Township, Yunlin County, Liujiao Township, Chiayi County, and Taibao City, Chiayi County. During the harvesting period, the first and the fifth instar nymphs of *Nesidiocoris tenuis* were released for controlling *Bemisia tabaci* biotype B. Four, one, and one releases, respectively, were conducted in the three sites along with the alternating use of orange oil (ORO<sup>®</sup>-T), which contains limonene as its active ingredient, for whitefly control. The control group (Non-IPM) was located in Liujiao Township and utilized chemical pesticides along with eco-friendly pest control products, without the use of *Nesidiocoris tenuis* and orange oil. Compared to Non-IPM, the proportion of eco-friendly pest control products in the pest control cost was 77%, 78%, and 79% in Kouhu, Liujiao, and Taibao, respectively. The amount of chemical pesticides decreased by 66.4%, 86.9%, and 63.5%, and the increase in profit was 1.5, 1.8, and 0.8 times, respectively. The benefit-cost ratio for Non-IPM, Kouhu, Liujiao, and Taibao was 1.9, 2.7, 4.7, and 2.7 times, respectively. IPM for tomatoes, in addition to the correct use of pesticides, involves the use of insect natural enemies and eco-friendly pest control products. This approach can reduce the amount of chemical pesticides, avoid pesticide residues, and produce safe and hygienic fruits, thus, growers' income is improved.

### **What is already known on this subject?**

IPM operations include using healthy seedlings; analyzing soil before planting and rationalizing fertilization based on analysis results; using rootstock grafting on disease-resistant varieties to control soil-borne diseases; setting up yellow sticky traps to monitor *B. tabaci* population; remove plants infected with pests; using natural enemies or eco-friendly pest control products during the harvesting period; using registered pesticides on tomatoes and strictly adhering safety harvest periods, etc.

### **What are the new findings?**

During the cultivation period of the IPM greenhouses, natural enemies, *Nesidiocoris tenuis* and orange oil, were introduced to control *B. tabaci*.

### **What is the expected impact on this field?**

Using IPM with eco-friendly pest control products and natural enemies can reduce the use of chemical pesticides, avoid pesticide residues, produce safe and hygienic fruits, and help increase growers' income.

**Key words:** *Solanum lycopersicum*, Integrated pest management (IPM), *Nesidiocoris tenuis*,  
Orange oil

Accepted for publication: 23 May, 2023

- 
1. Contribution No. 558 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
  2. Assistant Researcher, Assistant Researcher, Research Assistant and Associate Technical Specialist, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712009, Taiwan, R.O.C.