

# 百利普芬、布芬淨與賜派滅 3 種昆蟲生長調節劑對菸草粉蝨卵期之毒效探討

林映秀<sup>1\*</sup>、吳佩玲<sup>1</sup>

## 摘要

林映秀、吳佩玲。2021。百利普芬、布芬淨與賜派滅 3 種昆蟲生長調節劑對菸草粉蝨卵之毒效探討。臺灣農藥科學 10 : 77-89。

菸草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) 是農業重要小型害蟲，對於溫室產業造成重大威脅，目前在化學防治上主要針對成蟲期，但因成蟲喜棲於中、下位葉之葉背，藥劑不易觸及，且近年氣候變遷，氣溫攀升，造成族群繁衍速度增加，提升防治難度。為強化田間管理力道，農民對具殺卵功能之殺蟲劑種類與防治技術需求日殷。故就百利普芬、布芬淨與賜派滅等 3 種昆蟲生長調節劑，以葉片浸漬法測試對菸草粉蝨卵孵化之影響，希瞭解供試藥劑之作用特性，並據以調整田間用藥技術。生物檢定結果，百利普芬處理孵化率為 0，抑制效果佳，布芬淨處理為 93.7%，未呈現抑制卵孵化之現象。在藥劑殘留效果對 1 日齡卵孵化影響，百利普芬處理後 10 天內的孵化率為 1.3~9.4%，抑制卵孵化效果佳，賜派滅處理孵化率為 67.4~96.0%，與對照組 (85.7~97.1%) 除處理後第 3 天外，均無顯著差異。對不同日齡粉蝨卵孵化率之影響，百利普芬處理之 1 至 3 日齡卵孵化率為 0，而 4 至 5 日齡卵分別為 28.3 與 65.7%，顯示對初齡卵抑制效果較佳，布芬淨與賜派滅處理則無抑制卵孵化之作用。綜上，百利普芬不論在「預防性施藥」或「治療性施藥」模式下，均具抑制卵孵化效果，並以「預防性施藥」對作物生產之保護效果更佳。

**關鍵詞：**昆蟲生長調節劑、百利普芬、布芬淨、賜派滅、粉蝨、抑制卵孵化

## 緒言

為半翅目 (Hemiptera)、粉蝨科 (Aleyrodidae)、伯粉蝨屬 (*Bemisia*) 的廣食性昆蟲，國際上已知的寄主植物範圍超過 900 種<sup>(3, 17, 21)</sup>；在臺灣，菸草粉蝨的寄

---

接受日期：2021 年 7 月 29 日

\* 通訊作者。E-mail: yslin@tactri.gov.tw

<sup>1</sup> 臺中市 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

主植物亦達 34 科 145 種<sup>(4)</sup>，常見者包括葫蘆科、茄科、十字花科、豆科、菊科等重要經濟作物<sup>(23)</sup>，為亞熱帶及熱帶地區的重要農業害蟲，對農業產生嚴重衝擊，並以溫室栽培影響最劇<sup>(3)</sup>。

此害蟲除刺吸取食寄主植物汁液造成葉片黃化、提早落葉等現象，亦因分泌大量蜜露誘發煤煙病而影響作物光合作用，並為 110 種以上植物病毒病害之媒介昆蟲<sup>(20)</sup>，包括雙生病毒科 (Geminiviridae) *Begomovirus* 的番茄黃化捲葉病毒 (*Tomato yellow leaf curl virus*)<sup>(2)</sup>、南瓜捲葉病毒 (*Squash leaf curl Philippines virus*)<sup>(8)</sup>，以及長線型病毒科 (Closteroviridae) *Crinivirus* 的瓜類褪綠黃化病毒 (*Cucurbit chlorotic yellow virus*)<sup>(29)</sup> 等多種重要病害。

菸草粉蝨因前述直接與間接為害，造成作物生產的損失率可達 20~100%<sup>(15)</sup>；其損失金額以美國喬治亞州為例，於 2016 與 2017 年在蔬菜產業分別為 1.32 與 1.61 億美元<sup>(24, 25)</sup>，故為威脅生產的重要因素，並視為作物栽培期間的關鍵害蟲。

目前國內外就菸草粉蝨管理之主要模式為成蟲化學防治。另在藥劑作用特性上，常選用速效型藥劑，以求快速壓制族群密度；然因長期連續施用藥劑造成的選汰壓力，導致菸草粉蝨抗藥性族群發展，造成管理上的壓力。目前已知對有機磷類、合成除蟲菊類<sup>(12)</sup>、新尼古丁類<sup>(5)</sup>、青春激素類似物、二醯胺 (diamides) 類<sup>(36)</sup>、tetronic & tetramic acid 衍生物<sup>(28, 35)</sup> 等類別殺蟲劑具抗藥性紀錄，抗藥性比可

達 360，在重要抗藥性害蟲中名列第 4，僅次於二點葉蟪 (*Tetranychus urticae*)、小菜蛾 (*Plutella xylostella*) 與桃蚜 (*Myzus persicae*)<sup>(34)</sup>。

復因近年來氣候變遷、均溫上升情況下，粉蝨世代縮短且族群繁殖潛能提升<sup>(9)</sup>，更增威脅生產之風險。在害物管理策略上，為提升防治粉蝨之效益，可針對害物不同發育期，包括卵、若蟲與成蟲等各生育期，選擇具速效及殘留藥效特性之藥劑，故本研究針對國內登記防治粉蝨之百利普芬、布芬淨與賜派滅等昆蟲生長調節劑，探討其在登記使用之劑量下，對此害蟲卵期之影響與施藥時機，希提供農民作為提升田間菸草粉蝨卵期化學防治技術之參考。

## 材料與方法

### 一、供試植物、昆蟲與藥劑處理

供試植物：以翠綠星品種之番椒 (*Capsicum annuum* L. var. *grossum* (L.) Sendtn.) 為供試植物 (購自農友種苗)，將種子播種於 72 孔方格穴盤，育苗介質為泥炭土，置於 25°C 與光照 12 H 之生長箱中。經 3 至 4 週後，株高約 10 cm，番椒苗長出第一片真葉 (BBCH: 11-12) 面積達約 2 cm<sup>2</sup>，去除頂芽及子葉後備用。

供試蟲源：自彰化縣溪湖鎮媽厝里、南投縣草屯鎮中原里與碧峰里等地採集粉蝨成蟲，接入供試植物置於 25°C 與光照

12 H 之生長箱中栽培與飼育，產下之第 1 子代卵備用。

供試藥劑：選擇國內登記防治粉蝨用之 3 種昆蟲生長調節劑，包括 11% 百利普芬 (pyriproxyfen, IRAC 7C) 乳劑、25% 布芬淨 (buprofezin, IRAC 15) 可濕性粉劑，以及 10% 賜派滅 (spirotetramat, IRAC 23) 水懸劑等，依國內登記使用方法<sup>(1)</sup>稀釋為 1,000 倍 (分別為百利普芬 110 ppm、布芬淨 250 ppm、賜派滅 100 ppm)。

生物檢定：以葉片浸漬法 (leaf-dipping method)，將番椒幼苗進行含莖之浸漬處理，不施藥對照組以水處理，每處理浸泡 5 秒，晾乾後備用。

## 二、藥劑對菸草粉蝨 1 日齡卵之毒效測試

每株番椒苗接入 20 隻菸草粉蝨成蟲任其產卵，經 24 小時後移除成蟲，進行含卵番椒苗之供試百利普芬與布芬淨藥劑與對照組浸泡處理，處理後 10~11 日調查卵孵化數。共執行 5 次試驗，各次試驗包括 3 處理，每處理 2~7 植株，各處理之供試卵數為 56 至 412 粒。

## 三、藥劑對菸草粉蝨 1 日齡卵之殘留毒效測試

供試番椒苗分別以供試百利普芬、賜派滅藥劑與對照組進行浸泡處理，處理後 0 至 10 日，逐日每植株分別接入 50 隻粉

蝨成蟲任其產卵，經 24 小時後移除成蟲，並於產卵後第 10~15 日調查卵孵化數。共執行 2 次試驗，33 處理，每處理 1 植株，各處理之供試卵數為 72 至 557 粒。

## 四、藥劑對菸草粉蝨不同日齡卵之毒效測試

每株番椒苗接入 10 隻菸草粉蝨成蟲任其產卵，經 24 小時後移除成蟲，逐日分別將帶有 1、2、3、4 或 5 日齡卵之植株，進行百利普芬、布芬淨、賜派滅藥劑與對照組浸藥處理，待卵完全孵化後 (處理後 9~10 日) 調查卵孵化數。共執行 2 次試驗，各 20 處理，每處理 3 植株，各天數處理之供試卵數為 308 至 508 粒。

## 五、分析方法

試驗所得數據均經變方分析 (ANOVA)，確認處理間具差異後，進行 Tukey-Kramer HSD 檢定，以檢視處理組之卵孵化率與其他處理組間的差異。各項分析均採用 SAS JMP (SAS Institute Inc., v. 13.2, 2016) 統計軟體。

## 結果

### 一、藥劑對菸草粉蝨 1 日齡卵之毒效測試

因應田間防治對具殺卵功能藥劑之需

求，針對百利普芬 (IRAC 7C) 與布芬淨 (IRAC 16) 此 2 種昆蟲生長調節劑，以葉片浸漬法 (leaf-dip bioassay) 進行生物檢定，各處理之供試卵數 56~412 個。結果顯示百利普芬處理組的孵化率為 0，布芬淨處理組為  $93.7 \pm 9.6\%$  (95% 信賴區間：89.2~98.2%)，而對照組則為  $96.4 \pm 3.4\%$  (95% 信賴區間：94.8~98.0%)，各處理組間具顯著差異 ( $p < 0.0001$ )。進一步 Tukey-Kramer HSD 檢定，布芬淨處理組與對照組孵化率間無顯著差異 ( $p = 0.3284$ )，百利普芬處理組之孵化率與前述兩處理間差異顯著 ( $p < 0.0001$ )，顯示百利普芬抑制孵化效果佳，而布芬淨未呈現抑制現象 (表一)。

## 二、藥劑對菸草粉蝨 1 日齡卵之殘留毒效測試

為釐清施用昆蟲生長調節劑後，植株

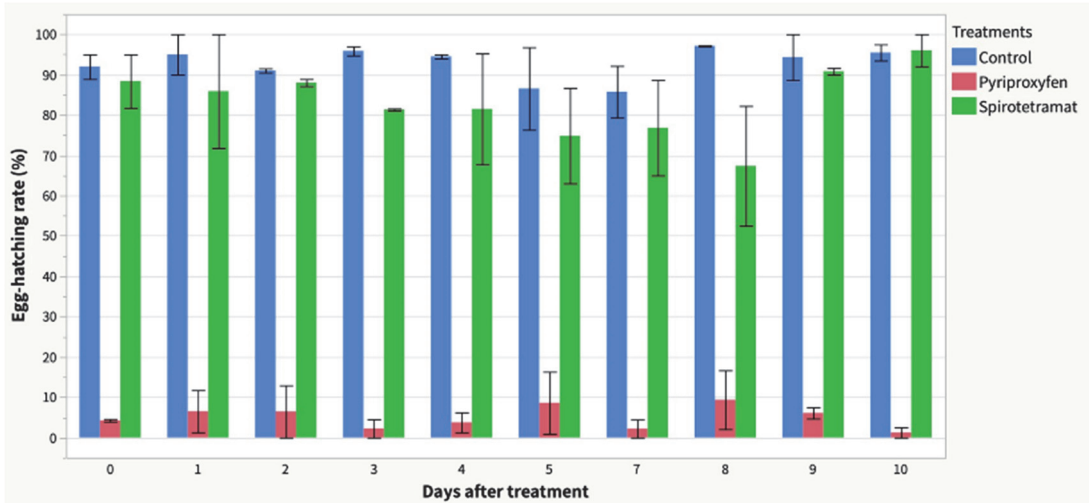
表面藥劑於消退過程中，其抑制卵孵化效果之殘效變化，故以百利普芬與賜派滅，探討藥劑殘效對於草粉蝨 1 日齡卵孵化之抑制效果，而布芬淨於前述生物檢定無抑制卵孵化現象，故未納入本項試驗。結果顯示百利普芬處理後第 0 至 10 天，分別接入成蟲使其產卵，各天數處理組的孵化率為  $1.3 \pm 1.8 \sim 9.4 \pm 10.3\%$ ，處理後各天數的孵化率並無顯著差異 ( $p = 0.6959$ )，顯示施用百利普芬後，其 10 天內之殘效對於草粉蝨卵抑制孵化效果均佳。另賜派滅各天數處理組卵孵化率為  $67.4 \pm 21.0 \sim 96.0 \pm 5.6\%$ ，與對照組  $85.7 \pm 9.1 \sim 97.1 \pm 0.1\%$  (圖一) 無顯著差異 ( $p = 0.6569$ )。比較各天數之此 3 處理組孵化率，百利普芬處理組與賜派滅、對照組間呈顯著差異，其  $p$  值分別為  $< 0.0001 \sim 0.0467$  與  $< 0.0001 \sim 0.0243$ ；而賜派滅與對照組間除處理後第 3 天外 ( $p = 0.0124$ )，均無顯著差異 ( $p = 0.2170 \sim 0.9887$ )。

表一、百利普芬與布芬淨對菸草粉蝨卵孵化之影響

**Table 1.** Inhibition effects of pyriproxyfen and buprofezin on the egg-hatching rate of *Bemisia tabaci*

Exp.	Total no. of observed eggs			Egg-hatching rate <sup>1)</sup> (mean $\pm$ SD) (%)		
	pyriproxyfen	buprofezin	control	pyriproxyfen	buprofezin	control
1	105	131	134	0 b	90.0 $\pm$ 10.3 a	97.7 $\pm$ 5.9 a
2	56	77	129	0 b	98.0 $\pm$ 1.6 a	97.4 $\pm$ 2.6 a
3	119	168	165	0 b	93.1 $\pm$ 5.9 a	92.9 $\pm$ 4.2 a
4	187	202	187	0 b	95.0 $\pm$ 1.2 a	96.4 $\pm$ 0.9 a
5	412	397	403	0 b	97.4 $\pm$ 0.7 a	96.8 $\pm$ 0.9 a
Total	879	975	1018	0	93.7 $\pm$ 9.6	96.4 $\pm$ 3.4

<sup>1)</sup> The same letter within the same row indicates that means were not significantly different according to the Tukey-Kramer HSD test ( $\alpha = 0.05$ ).



圖一、百利普芬與賜派滅殘效對於菸草粉蝨卵孵化之影響 (誤差線為標準誤)。

Fig. 1. Residual effects of pyriproxyfen and spirotetramat treatment on the egg-hatching rate ( $\pm$ standard error) of *Bemisia tabaci*.

### 三、供試藥劑對不同日齡菸草粉蝨卵孵化率之影響

不同日齡卵對供試藥劑感受性之測試結果，百利普芬處理組之 1 至 3 日齡卵孵化率皆為 0，另 4、5 日齡卵則分別為  $28.3 \pm 21.8$  與  $65.7 \pm 34.2\%$ ，顯示百利普芬對 4 日齡以上的卵逐漸失去抑制孵化效果 (圖二)。經分析，其 5 日齡處理組與其他各組間具備顯著差異。賜派滅處理組呈現波動趨勢，各日齡組孵化率為  $52.8 \pm 21.0 \sim 87.1 \pm 17.9\%$ ，經分析各組間無顯著差異。布芬淨處理之各日齡組孵化率介於  $48.7 \pm 26.4$  與  $88.1 \pm 6.3\%$  間，與對照組之結果類似，且不具統計差異性。經二因子變方分析 (Two-way ANOVA)，藥劑處理組與卵日齡均具顯著差異 ( $p < 0.0001$ )，且前

述二者間存在交互作用 ( $p = 0.0002$ )。綜言之，百利普芬對卵孵化之抑制效果最佳，而布芬淨與賜派滅處理之各日齡孵化率與對照組間無統計上差異，顯示布芬淨與賜派滅無抑制卵孵化之作用。

### 討論

本研究就百利普芬、布芬淨與賜派滅 3 種昆蟲生長調節劑，探討其在國內登記劑量下，對於菸草粉蝨卵孵化之影響。

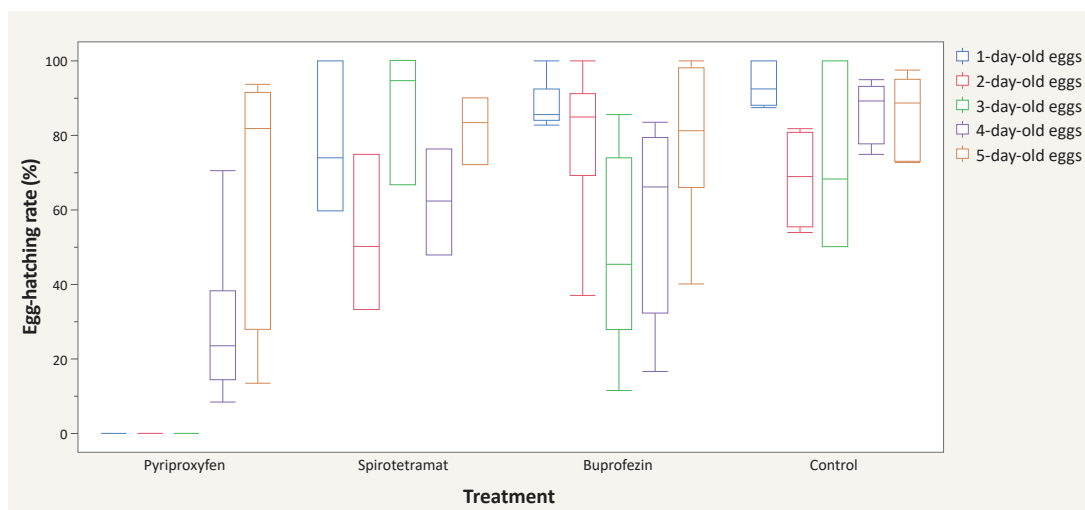
結果顯示於現行登記劑量，經百利普芬 (110 ppm) 處理之菸草粉蝨孵化率為 0，至於布芬淨 (250 ppm) 與賜派滅 (100 ppm) 處理組均未呈現抑制現象。不同日齡卵經百利普芬 (110 ppm) 處理，其 1 至 3 日齡卵孵化率為 0，而 4 至 5 日齡卵孵



化率上升為 28% 與 65.7%，此與以色列學者<sup>(19)</sup> 探討百利普芬對棉花苗上菸草粉蝨卵影響之趨勢具一致性。其結果呈現，百利普芬於低劑量 0.5 ppm 下，供試 0~1、2~3 與 4~5 日齡粉蝨卵之孵化率分別為 1%、57% 與 64%<sup>(19)</sup>。推測因百利普芬為 1990 年代上市之新作用機制殺蟲劑，前述研究時期於田間應尚未廣泛運用所致。本研究結果亦顯示，百利普芬以登記劑量在

田間施用時，兼具抑制菸草粉蝨卵孵化之功能。

布芬淨部分，則與國外研究結果互有異同<sup>(18, 31)</sup>。當布芬淨以浸葉法處理粉蝨卵，在 2,000、8,000 與 10,000 ppm 劑量時，卵孵化率為 68% 至 88%，在統計上與對照組間不具差異<sup>(31)</sup>。若施用布芬淨後釋放粉蝨成蟲，在 250 至 500 ppm 劑量時，所產下 0~2 日齡卵均未能孵化；進一



圖二、百利普芬 (110 ppm)、賜派滅 (100 ppm)、布芬淨 (250 ppm) 等 3 種昆蟲生長調節劑對菸草粉蝨 (銀葉粉蝨) 1 至 5 日齡卵孵化率 (n=308~508) 之影響。(盒內中央線為中位數 (median)，盒下方線與上方線分別為數據的第 1 四分位數 (Quantiles 1, Q1)、與第 3 四分位數 Q3，盒長度代表四分位距 (InterQuartile Range, IQR)；自盒延展之線條 (whiskers)，為數據變動值。

Fig. 2. Effects of pyriproxyfen (110 ppm), spirotetramat (100 ppm), and buprofezin (250 ppm) on the hatching rate of 1 to 5 day old tobacco whitefly (*Bemisia tabaci*) eggs. (The center line in the box shows the median for the data, the bottom and top of the box show the 25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> quantiles, or percentiles. The length of the box is the difference between these two percentiles and is called the interquartile range (IQR). The whiskers, the lines extend from the box, represent the expected variation of the data.)

步探討較低劑量 62.5 與 125 ppm 之殘效，可見「處理後第 0 至 7 天」處理組之卵孵化率由 16% 增加至 55%<sup>(18)</sup>。進一步以雌性成蟲進行研究，結果呈現可降低產卵數與卵孵化率<sup>(31)</sup>。綜合國外學者與本研究結果，顯示以布芬淨施於雌性成蟲後可降低繁殖力，但施於卵之殺卵效果不佳。

賜派滅部分，國外學者就不同蟲期菸草粉蝨對此藥劑感受性之探討結果顯示，賜派滅對若蟲期的毒性最強，其  $LC_{50}$  為 0.49 至 3.82 ppm，但卵期之  $LC_{50}$  在 95.9 至 300.5 ppm 之間，藥劑抑制孵化之效果不佳，而成蟲期死亡率極低，無法計算其  $LC_{50}$  值<sup>(10)</sup>。本研究結果與前述卵之生物檢定部份一致，另筆者於觀察過程發現，賜派滅處理組之初孵化若蟲有大量死亡的現象（未發表資料），故後續擬進一步探討賜派滅及其他藥劑對於若蟲之影響情形。

綜合本研究結果，百利普芬 (110 ppm) 對 1 至 4 日齡粉蝨卵的孵化具良好抑制效果，此藥劑處理後第 0 至 10 天之殘效，亦可抑制粉蝨卵的孵化率至 1.3% 至 9.4% 間。顯示百利普芬不論在「預防性施藥（先施藥再產卵）」或「治療性施藥（先產卵再施藥）」模式下，均具抑制卵孵化效果，並以「預防性施藥」者之保護效果更佳，此可能源於百利普芬可抑制粉蝨卵的孵化，雌成蟲經接觸或取食後，其產卵量或卵孵化率也降低。故就田間管理上，適合之用藥時機為苗期，或田區監測發現族群組成以成蟲為主時<sup>(11)</sup>，應可兼

具預防與治療之效。布芬淨經本研究顯示對各日齡卵皆未呈現抑制孵化現象，與文獻所述此藥劑主要干擾若蟲各齡期間的脫皮過程<sup>(18)</sup>之特性具一致性，故適於田間粉蝨族群以若蟲為主時使用<sup>(11)</sup>。

粉蝨為重要抗藥性害蟲，當連續施用化學農藥時，更增抗藥性發展之風險；若以生物農藥搭配化學農藥使用，可減少前述負面影響。為發揮加成效果，在化學藥劑種類的選擇上，以對生物農藥中病原微生物毒性小者最佳，而百利普芬與布芬淨即具此特性，其分別於 125 ppm 與 80 ppm 劑量下，可促進白殭菌 (*Beauveria bassiana*) 與黑殭菌 (*Metarhizium anisopliae*) 等蟲生真菌之菌絲生長<sup>(30)</sup>。

導入「整合管理技術」亦為國際上之因應策略。因生物防治為菸草粉蝨整合管理的重要一環，包括瓢蟲科 (Coccinellidae)、盲椿科 (Miridae)、草蛉科 (Chrysopidae)、蚜小蜂科 (Aphelinidae) 等捕食性與寄生性天敵，均有商品化產品<sup>(16)</sup>，故配合運用之化學藥劑，須綜合考量其「對粉蝨防效」與「對天敵副作用」特性。因此，歷年來陸續有學者針對昆蟲生長調節劑與傳統藥劑，探討其對菸草粉蝨天敵之影響<sup>(6, 7, 13, 14, 22, 26, 27, 31, 32, 33)</sup>。以賜派滅而言，其在 20 ppm 劑量下，造成菸草粉蝨 1 齡若蟲的死亡率達 100%，但同時對重要天敵曼德樂角蚜小蜂 (*Eretmocerus mundus*) 具選擇性，其 1~3 日齡成蟲經殘效曝露之死亡率為 40%，成蟲壽命約 6 日；就亞致死作用部

分，除子代壽命 (longevity of offspring) 為 6.41 日，顯著短於對照組的 6.98 日外，在有效寄生性 (effective parasitism)、子代體型 (offspring size)、性比 (sex ratio) 等方面均與對照組間無顯著差異。綜合自個體與族群層面的探討結果，賜派滅較傳統藥劑賽滅寧對曼德漿角蚜小蜂之毒性低<sup>(13, 14)</sup>。另布芬淨對國內天敵東方蚜小蜂 (*Eretmocerus orientalis*) 與淺黃恩蚜小蜂 (*Encarsia transvena*)，由成蟲期處理之致死率顯示屬無害或中度有害級；而東方蚜小蜂於幼蟲期、蛹期與羽化前經浸漬處理 (167 ppm)，其羽化率分別為 48.7%、41.5% 與 39.0%，其中幼蟲期處理與對照組間無顯著差異，在淺黃恩蚜小蜂部分亦呈現類似情形<sup>(6, 7)</sup>。而百利普芬與布芬淨對捕食性天敵小黑粉蝨瓢蟲 (*Delphastus catalinae*) 之影響上，瓢蟲在長期餵食經百利普芬處理 (20 ppm) 的卵後，雌雄性成蟲壽命、產卵前期、每日產卵數等，均與對照組不具統計差異；僅產卵期縮短，且若於第 29 日後改餵食未處理卵，則呈現回復現象<sup>(27)</sup>。故綜觀之，百利普芬、布芬淨與賜派滅等相較傳統藥劑，對菸草粉蝨之捕食性與寄生性天敵負面影響低，故適於結合栽培、生物防治或物理防治等，成為菸草粉蝨之整合管理技術。

## 結論

為強化菸草粉蝨的管理策略，以昆蟲生長調節劑搭配生物農藥等其他種類殺蟲

劑，或整合管理技術，就卵期、若蟲期與成蟲期進行粉蝨「全生育期」的管理，是必要的策略。防治田間菸草粉蝨時，建議考量搭配百利普芬、布芬淨與賜派滅，分別藉抑制卵孵化、干擾若蟲期脫皮過程與發育，更能有效降低粉蝨的族群密度，可為未來田間整合管理之應用依據。

## 謝辭

研究期間，承蒙本研究室簡惠琪、廖怡婷小姐協助蟲源採集與試驗，饒聖慈小姐協助文獻蒐集，本所李敏郎博士就本文內容與試驗結果分析提供寶貴建議，以及行政院農業委員會 106 農科-9.5.1-藥-P1(1)、107 農科-8.4.1-藥-P1(1) 與 108 農科-8.4.1-藥-P1(1) 計畫經費支持，謹此致謝。

## 引用文獻

1. 行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2021。登記農藥查詢。檢自農藥資訊服務網 [https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides\\_MenuItem5\\_3.aspx](https://pesticide.baphiq.gov.tw/web/Insecticides_MenuItem5_3.aspx) (May 31, 2021)
2. 林鳳琪。2007。重要粉蝨類害蟲與其傳播之植物病毒病害。植物重要防疫檢疫害蟲診斷鑑定研習會專刊 (七)，第 49-58 頁。路光暉主編。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局、國立中興大學昆蟲學系編印。臺北、臺中。



3. 柯俊成、陳秋男、王重雄。2002。煙草粉蝨種群 (*Bemisia tabaci* species complex) 分類學綜述。台灣昆蟲 22 : 307-341。
4. 柯俊成、許洞慶。2004。防檢疫重要粉蝨類害蟲之簡介。植物重要防疫檢疫害蟲診斷鑑定研討會專刊(四)，第 1-44 頁。路光暉主編。行政院農業委員會動植物防疫檢疫局、國立中興大學昆蟲學系編印。臺北、臺中。
5. 陳明昭、林雨禾、楊永裕。2016。煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci*) 對七種推薦殺蟲劑的感受性分析。植物醫學 58 : 119-126。
6. 曾經洲、高穗生。1995。殺蟲劑對銀葉粉蝨之寄生蜂—東方蚜小蜂及淺黃恩蚜小蜂之毒性。植物保護學會會刊 37 : 271-279。
7. 曾經洲、高穗生。1999。九種銀葉粉蝨防治藥劑對東方蚜小蜂成蟲之毒性。植物保護學會會刊 41 : 83-86。
8. 鄭櫻慧、林漢釗、林鳳琪。2015。檢測銀葉粉蝨體內南瓜捲葉病毒 (*Squash leaf curl Philippines virus*) 專一性引子開發。台灣農業研究 64 : 135-144。
9. Chandi, R. S., Kataria, S. K., and Fand, B. B. 2021. Effect of temperature on biological parameters of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Int. J. Trop. Insect Sci. 41: 1823-1833.
10. Chen, J. C., Wang, Z. H., Cao, L. J., Gong, Y. J., Hoffmann, A. A., and Wei, S. J. 2018. Toxicity of seven insecticides to different developmental stages of the whitefly *Bemisia tabaci* MED (Hemiptera: Aleyrodidae) in multiple field populations of China. Ecotoxicology 27: 742-751.
11. Ellsworth, P. C., and Martinez-Carrillo, J. L. 2001. IPM for *Bemisia tabaci*: a case study from North America. Crop Prot. 20: 853-869.
12. Erdogan, C., Moores, G. D., Gurkan, M. O., Gorman, K. J., and Denholm, I. 2008. Insecticide resistance and biotype status of populations of the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) from Turkey. Crop Prot. 27: 600-605.
13. Francesena, N., Haramboure, M., Smaghe, G., Stadler, T., and Schneider, M. I. 2012. Preliminary studies of effectiveness and selectivity of Movento on *Bemisia tabaci* and its parasitoid *Eretmocerus mundus*. Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 77: 727-733.
14. Francesena, N., Desneux, N., de Campos, M. R., and Schneider, M. I. 2017. Side effects of spirotetramat on pupae and adults of a Neotropical strain of *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae): Effects on the life parameters and demography. Environ. Sci. Pollut. Res. 24: 17719-17730.
15. Gangwar, R. K., and Gangwar, C. 2018. Lifecycle, distribution, nature of damage and economic importance of whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius). Acta Sci. Agric. 2: 36-39.

16. Gerling, D., Alomar, Ò., and Arnò, J. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Prot.* 20: 779-799.
17. Global Invasive Species Database (GISD). 2005. *Bemisia tabaci*. Retrieved from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=106> (Mar. 05, 2021).
18. Ishaaya, I., Mendelson, Z., and Melamed-Madjar, V. 1988. Effect of buprofezin on embryo genesis and progeny formation of sweet potato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 81: 781-784.
19. Ishaaya, I., and Horowitz, A. R. 1992. Novel phenoxy juvenile hormone analog (Pyriproxyfen) suppresses embryogenesis and adult emergence of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 2113-2117.
20. Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. *Eur. J. Plant Pathol.* 109: 195-219.
21. Kedar, S. C., Saini, R. K., and Kumaranag, K. M. 2018. Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) as influenced by host plants in Haryana. *Indian J. Entomol.* 80: 257-262.
22. Li, P., Chen, Q. Z., and Liu, T. X. 2015. Effects of a juvenile hormone analog, pyriproxyfen, on *Serangium japonicum* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Biol. Control* 86: 7-13.
23. Li, S. J., Xue, X., Ahmed, M. Z., Ren, S. X., Du, Y. Z., Wu, J. H., Cuthbertson, A. G. S., and Qiu, B. L. 2011. Host plants and natural enemies of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in China. *Insect Sci.* 18: 101-120.
24. Little, E. L. 2019a. 2016 Georgia plant disease loss estimates. Annual Publication 102-9. University of Georgia Cooperative Extension: Athens, GA, USA. 21 pp.
25. Little, E. L. 2019b. 2017 Georgia plant disease loss estimates. Annual Publication 102-10. University of Georgia Cooperative Extension: Athens, GA, USA. 21 pp.
26. Liu, T. X., and Stansly, P. A. 1997. Effects of pyriproxyfen on three species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae), endoparasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 90: 404-411.
27. Liu, T. X., and Stansly, P. A. 2004. Lethal and sublethal effects of two insect growth regulators on adult *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae). *Biol. Control* 30: 298-305.
28. Lueke, B., Douris, V., Hopkinson, J. E., Maiwald, F., Hertlein, G., Papapostolou, K. M., Bielza, P., Tsagkarakou, A., Leeuwen, T. V., Bass, C., Vontas, J., and Nauen, R. 2020. Identification and functional characterization of a novel acetyl-CoA carbox-

- ylase mutation associated with ketoenol resistance in *Bemisia tabaci*. Pestic. Biochem. Phys. 166: 104583.
29. Polston, J. E., De Barro, P., and Boykin, L. M. 2014. Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. Pest Manag. Sci. 70: 1547-1552.
  30. Sain, S. K., Monga, D., Kumar, R., Nagrale, D. T., Hiremani, N. S., and Kranthi, S. 2019. Compatibility of entomopathogenic fungi with insecticides and their efficacy for IPM of *Bemisia tabaci* in cotton. J. Pestic. Sci. 44: 97-105.
  31. Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M., and Mosaddegh, M. S. 2011. Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Crop Prot. 30: 1190-1195.
  32. Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M., and Mosaddegh, M. S. 2012. Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on the whitefly parasitoid *Encarsia inaron* (Hymenoptera: Aphelinidae). Crop Prot. 32: 83-89.
  33. Sohrabi, F., Shishehbor, P., Saber, M., and Mosaddegh, M. S. 2013. Lethal and sublethal effects of imidacloprid and buprofezin on the sweetpotato whitefly parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). Crop Prot. 45: 98-103.
  34. Sparks, T. C., Crossthwaite, A. J., Nauen, R., Banba, S., Cordova, D., Earley, F., Ebbinghaus-Kintscher, U., Fujioka, S., Hirao, A., Karmon, D., Kennedy, R., Nakao, T., Popham, H. J. R., Salgado, V., Watson, G. B., Wedel, B. J., and Wessels, F. J. 2020. Insecticides, biologics and nematicides: updates to IRAC's mode of action classification - a tool for resistance management. Pestic. Biochem. Phys. 167: 104587. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.104587>.
  35. Peng, Z., Zheng, H., Xie, W., Wang, S., Wu, Q., and Zhang, Y. 2017. Field resistance monitoring of the immature stages of the whitefly *Bemisia tabaci* to spirotetramat in China. Crop Prot. 98: 243-247.
  36. Zheng, H., Xie, W., Wang, S., Wu, Q., Zhou, X., and Zhang, Y. 2017. Dynamic monitoring (B versus Q) and further resistance status of Q-type *Bemisia tabaci* in China. Crop Prot. 94: 115-122.

# Inhibition Effects of Insect Growth Regulators Pyriproxyfen, Buprofezin, and Spirotetramat on Egg Hatching of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae)

Ying-Shiou Lin<sup>1\*</sup>, Pei-Ling Wu<sup>1</sup>

## Abstract

Lin, Y. S., and Wu, P. L. 2021. Inhibition effects of insect growth regulators pyriproxyfen, buprofezin, and spirotetramat on egg hatching of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Taiwan Pestic. Sci. 10: 77-89.

The tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*, is a common small insect pest in agriculture that also causes a significant threat to the greenhouse industry. At present, insecticides primarily target the adult stage of whiteflies. However, adult whiteflies prefer to live on the back of middle and lower leaves, which makes them hard to reach by pesticides. Climate change has also increased the whitefly reproduction rate, and pest control in the field is now much more difficult than before. Accordingly, both insecticides and control techniques that feature egg-killing functions are needed to improve the field management of whiteflies. In this study, we investigated the action characteristics and field application techniques of three insect growth regulators (IGRs), pyriproxyfen, buprofezin and spirotetramat, by studying (1) an inhibition assay of egg hatching, (2) residual effects of IGRs on one-day-old eggs, and (3) hatching rates of eggs at different ages. Results showed that egg-hatching rates were completely inhibited by pyriproxyfen, while no egg hatching inhibition was observed in the buprofezin treatment and blank control. In investigating “residual effects of IGRs on one-day-old eggs”, we found that, from 0- to 10- days after treatment with pyriproxyfen, the egg-hatching rate ranged from 1.3 to 9.4%, with no significant differences by ANOVA ( $p = 0.6959$ ). These

---

Accepted: July 29, 2021.

\* Corresponding author, E-mail: yslin@tactri.gov.tw

<sup>1</sup> Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Taichung

results suggest that, after 10 days, pyriproxyfen residue still possessed the ability to inhibit the hatching of whitefly eggs. For spirotetramat and blank control, the hatching rates were 67.4~96.0% and 85.7~97.1%, respectively, and there were no significant differences between the spirotetramat treatment and blank control, except for the 3rd day after spirotetramat application ( $p = 0.0124$ ). In investigating effects of IGRs on the “hatching rates of eggs at different ages” we found that, when treated with pyriproxyfen, the hatching rate of 1- to 3-day-old eggs was 0%, while that of 4- to 5-day-old eggs were 28.3 and 65.7%, respectively. These results indicate that pyriproxyfen was more effective at inhibiting the hatching of 1- to 3-day-old eggs. There were no significant differences among buprofezin, spirotetramat and blank control with regard to the egg-hatching rate of whiteflies at different ages. In summary, pyriproxyfen showed the best inhibition effects on whitefly egg hatching among the three tested IGRs in terms of both “preventive application” and “therapeutic application”. Conversely, buprofezin did not inhibit whitefly egg hatching. Results of this study should be useful to farmers who wish to improve whitefly control techniques in the field.

**Key words:** Insect growth regulator, pyriproxyfen, buprofezin, spirotetramat, whitefly, inhibition of egg hatching