

抗輪點病毒(PRSV)基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及 蟎類影響之評估¹

林鳳琪^{2,5} 李啟陽² 王清玲² 劉邦基³ 林俊義⁴

摘 要

林鳳琪、李啟陽、王清玲、劉邦基、林俊義。抗輪點病毒(PRSV)基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及蟎類影響之評估。台灣農業研究 55:222~233。

自 2002 年 5 月至 2003 年 11 月，於農業試驗所所屬基因轉殖隔離試驗田之網室及田間進行抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜對環境中昆蟲及蟎類之影響評估。定期調查基因轉殖與傳統台農二號木瓜上的害蟲、天敵發生種類及主要害蟲(蟎)之族群密度消長，結果顯示隔離網室內栽培兩供試木瓜上的昆蟲及蟎類種類相同，包括粉蝨成蟲、葉蟎、捕植蟎及捕食性蜘蛛。於隔離田栽培兩供試木瓜上的昆蟲及蟎類種類亦相同，包括：棉蚜 (*Aphis gossypii*) 有翅型成蟲、赤圓介殼蟲 (*Aonidiella inornata*)、螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus*)、紋白蝶 (*Pieris rape crucivora*) 之蛹及成蟲、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*) 幼蟲、黃瓢蟲 (*Illeis koebelei*)、小黑瓢蟲 (*Stethorus* sp.)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai*) 及卵形捕植蟎 (*Amblyseius ovalis*)。發生最為普遍的神澤氏葉蟎在網室內及隔離田栽植的基因轉殖與非基因轉殖木瓜上族群消長趨勢一致，同時每次調查網室內栽培之基因轉殖與非基因轉殖木瓜上之蟎卵及活動蟎數差異均不顯著。以及根據收集之相關資料評估分析抗輪點病毒基因轉殖木瓜對其他非目標昆蟲，包括授粉昆蟲、保育類昆蟲、土壤昆蟲及鳥類等的影響評估結果，認為抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜對於環境中昆蟲類、蟎類及鳥類產生不利影響之風險性極低。

關鍵詞：基因轉殖木瓜、抗輪點病毒、蟲害、昆蟲相

前 言

台灣為防範基因轉殖植物可能對生態環境造成衝擊，政府於 2002 年著手進行修正 [植物品種及種苗法]，並於 2004 年公告規定凡由國外引進或國內培育基因轉殖植物，應申請辦理隔離田間觀察試驗，經審議核准者方得於田間栽培或推廣栽培。而根據 2005 年公布之 [基因轉殖植物田間試驗管理辦法]，規定基因轉殖植物對目標與非目標生物直接或間接影響，包括對病、蟲害或其他非目標昆蟲及動物等，為重要的生物安全評估項目之一。本研究調查乃根據上述之規範與原則，針對

-
1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2270 號。接受日期 95 年 10 月 3 日
 2. 本所應用動物組副研究員、助理研究員及研究員兼組長。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
 3. 前本所園藝組研究員。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
 4. 本所所長。臺灣 臺中縣 霧峰鄉。
 5. 通訊作者，電子郵件：fclin@wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302804。

抗輪點病毒基因轉殖木瓜，於農業試驗所所屬之隔離田與網室栽培的木瓜進行對昆蟲及蟎類之影響評估調查，以為日後抗輪點病毒基因轉殖木瓜之栽培推廣或其風險管理之參考依據。

在基因轉殖作物對環境中昆蟲類之影響評估中，抗蟲與非抗蟲的基因轉殖作物，可能產生的影響並不相同，因而評估項目與評估方式不盡相同，通常需視作物種類、轉殖入新性狀之抗蟲或其他特性基因、該作物栽種地區與面積、作物上具有之害蟲與天敵種類，該作物與非目標昆蟲之關係等因素，針對每一種基因轉殖作物之情況，個別予以評估。抗蟲基因轉殖作物本身因含有對昆蟲具有毒性的物質，對某些昆蟲或近緣生物及其食物鏈中之相關生物具產生毒害之必然性，當進行環境安全影響評估時，需要評估的項目包括該基因轉殖作物上害蟲之生長發育與族群消長、害蟲抗藥性之產生情形、次要害蟲之崛起與族群變化、對天敵昆蟲之影響等。非目標昆蟲方面，應評估基因轉殖作物對於授粉昆蟲、保育類昆蟲、土壤昆蟲、甚至其它動物如鳥、田鼠、兔子等之影響。至於非抗蟲之基因轉殖作物，因其轉殖之新性狀並不含有對昆蟲有毒之物質，評估環境安全影響時，應該就基因轉殖作物所殖入之新性狀，分辨可能存在風險之項目，然後就可能產生之影響與利弊加以分析與評估。本報告之對象作物為抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜，屬非抗蟲性之基因轉殖作物，故依此原則進行評估。

材料與方法

供試作物與試驗設計

隔離網室木瓜之栽培：供試對照植株為台農二號木瓜 (*Carica papaya* L. Tainung No. 2)，植株依花性表型可分為兩性株、雌株和雄株等 3 種。供試基因轉殖木瓜品系係以台農二號品種之未成熟胚感染農桿菌，達成細胞的基因轉殖，再經由組織培養途徑培育成完整植株，其基因組內除增加了 *npt II* 基因和 PRSV CP 基因以外，其它園藝性狀與台農二號木瓜無差異 (Chen 1994；Yeh 1999)。

網室供試木瓜幼苗高約 60 cm 時，於 2002 年 5 月 9 日定植於 200L 的塑膠桶中，種植所用之土壤為每 240 kg 砂質壤土混拌 2 kg 金針菇木屑堆肥、60 g 尿素、270 g 過磷酸鈣及 55g 氯化鉀，定植後隨即將植有木瓜之塑膠桶置於農業試驗所所屬基因轉殖作物專用隔離簡易網室 (15 m x 3 m, 32 mesh)。木瓜盆栽於網室內分置 2 列，基因轉殖與非基因轉殖對照木瓜盆栽逢機混置，其中基因轉殖木瓜 15 株，非基因轉殖木瓜 10 株，共 25 株，詳細試驗設計、木瓜種植方法及土壤水分管理如林等 (2004) 所述。試驗期間，為避免基因轉殖與對照木瓜植株遭受葉蟎嚴重危害，影響植株生存，導致評估試驗無法進行，曾於 2002 年 7 月 2 日及 15 日以克芬蟎 (clofentezine) 4000 倍稀釋液；7 月 22 日、11 月 7 日以密滅汀 (milbemectin) 1500 倍稀釋液同時噴施網室內栽培的基因轉殖與對照木瓜植株，以降低葉蟎密度。

隔離田間木瓜之栽培：隔離田栽培之供試基因轉殖與對照木瓜與網室栽培者一致，同為抗輪點病毒木瓜與台農二號，並於 2003 年 1 月定植於農試所所屬基因轉殖作物專用隔離田區內。該基因轉殖木瓜生態安全評估供試區分為 4 小區，每小區又各作 2 畦，每畦種植 8 株同一處理之供試木瓜，基因轉殖木瓜與對照木瓜各種植 2 小區，分別各栽植 32 株木瓜，所栽植之供試基因轉殖與對照木瓜共計 64 株。其管理方式與一般農民管理方式相同。並於 2003 年 2 月 13 日同時以密滅汀 1500 倍稀釋液噴施基因轉殖與對照木瓜，以降低葉蟎數目。

對蟲害及昆蟲相之影響

害蟲與天敵發生種類之比較：自 2002 年 5 月 24 日至翌年 1 月 5 日止，每 2 週一次，調查栽培於隔離網室內之兩種木瓜上的昆蟲（蟎）種類及其主要害蟲（蟎）族群之密度發生消長。以目測方式逐一檢查所有植株上棲息的昆蟲、蟎類及蜘蛛等，並將所發現之昆蟲與蟎類均製作浸製或玻片標本，予以分類鑑定後保存。隔離田栽培木瓜之蟲害及蟲相則自 2003 年 1 月 21 日起調查，每隔 7 天採樣一次，其調查取樣之方法與網室調查所採取之方法相同。

抗輪點病毒 (PRSV) 基因轉殖木瓜與對照木瓜神澤氏葉蟎族群消長之比較：網室栽培的木瓜主要害蟲（蟎）族群之密度發生消長調查，以選取每株木瓜莖幹上所著生之最下位葉，沿掌狀葉最中央主脈，剪取主脈兩邊各寬 1.5 cm 部分之葉片為調查單位，本文中簡稱為中肋，基因轉殖與對照木瓜各採取 15 中肋，於放大鏡下檢查計算中肋區域內之葉蟎卵及活動葉蟎的數目。每次調查所得蟎數資料之平均值分別以 t-test 分析，比較神澤氏葉蟎卵及活動葉蟎在基因轉殖與非基因轉殖木瓜上發生數量上之差異顯著性 ($p < 0.05$)。

隔離田栽培木瓜主要害蟲（蟎）族群之密度發生消長調查，各自於基因轉殖與對照木瓜小區內隨機選 5 植株，自每株木瓜莖幹上剪取所著生之最下位之 3 葉，同一處理 2 小區共 10 株木瓜上之 30 片葉片，攜回室內，鏡檢計算中肋區域內之葉蟎卵及活動期葉蟎的數目（同網室木瓜調查方法），比較神澤氏葉蟎卵及活動蟎在基因轉殖與非基因轉殖木瓜上發生數量及消長趨勢上之差異。

除非發現基因轉殖木瓜上的主要害蟲之族群密度與對照木瓜上有所差異，根據評估準則，不需進一步評估對天敵昆蟲以及次要害蟲之影響。

結 果

對木瓜上蟲害及昆蟲相之影響

隔離網室之木瓜害蟲與天敵發生種類之調查：由於網室阻絕較大形昆蟲的進入，且因試驗進行季節與試驗田區地理位置等因素，在本評估之供試基因轉殖木瓜或非基因轉殖木瓜上發生棲息於供試木瓜的昆蟲與蟎類包括：銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) 成蟲、神澤氏葉蟎；3 種捕植蟎分為別溫氏捕植蟎 (*Amblyseius womersleyi* (Schicha)、*A. largoensis* (Muma) 及 *A. maii* (表 1)。這些昆蟲、葉蟎及天敵同時存在於基因轉殖與非基因轉殖木瓜上，其中以神澤氏葉蟎發生密度較高，為隔離網室栽培木瓜的主要害蟎。

隔離田之木瓜害蟲與天敵發生種類之調查：於隔離田栽培之木瓜自 2003 年 1 月 23 日起至 11 月 1 日止，經調查發生棲息於基因轉殖木瓜或對照木瓜之昆蟲蟎類包括：棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 有翅型成蟲、赤圓介殼蟲 (*Aonidiella inornata* McKenzie)、螺旋粉蝨 (*Aleurodicus dispersus* Russell)、紋白蝶 (*Pieris rape crucivora* Biusdubal) 之蛹及成蟲、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius) 幼蟲、黃瓢蟲 (*Illeis koebelei* Timberlake)、小黑瓢蟲 (*Stethorus* sp)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 及卵形捕植蟎 (*Amblyseius ovalis* Evans)，共計昆蟲 7 種蟎類 2 種 (表 1)。其中以神澤氏葉蟎發生最為普遍，調查期間經常發生。棉蚜、赤圓介殼蟲及螺旋粉蝨則於栽種初期之 1 月發生，發生數量甚少均低於 10 隻以下。紋白蝶則發生於 1-2 月，斜紋夜蛾則發生於 5 月。

神澤氏葉蟎族群消長之調查：神澤氏葉蟎的卵圓形，粒粒散產，黏附於葉片背面。自卵孵化後的幼蟎、若蟎及成蟎等各時期皆可活動，統稱為活動蟎。調查結果就卵及活動蟎分別說明及討論。

卵：隔離網室基因轉殖與非基因轉殖木瓜於定植後 6 週內均未發現有蟎卵 (圖 1)，木瓜定植後

表一、抗輪點病毒基因轉殖與非基因轉殖木瓜上發生害蟲與天敵種類

Table 1. Insects and mites found on transgenic and non-transgenic papaya.

Species	Transgenic papaya	Non-transgenic papaya
Greenhouse		
Insect		
Homoptera (同翅目)		
Aleyrodidae (粉蝨科)	+ ^z	+
<i>Bemisia argentifolii</i> (Bellows & Perring) (銀葉粉蝨)	+	+
Acarina		
Tetranychidae (葉蟎科)		
<i>Tetranychus kanzawai</i> Kishida (神澤氏葉蟎)	+	+
Phytoseiidae (捕植科)		
<i>Amblyseius womersleyi</i> (溫氏捕植蟎)	+	+
<i>A. largoensis</i> (Muma)	+	+
<i>A. maai</i> Tseng (馬氏捕植蟎)	+	+
Field		
Insect		
Homoptera (同翅目)		
Aphididae (常蚜科)		
<i>Aphis gossypii</i> Glover (棉蚜)	+	+
Diaspididae (盾介科)		
<i>Aonidiella inornata</i> Mckenzie (赤圓介殼蟲)	+	+
Aleyrodidae (粉蝨科)		
<i>Aleurodicus dispersus</i> Russell (螺旋粉蝨)	+	+
Lepidoptera (鱗翅目)		
<i>Pieris rapae crucivora</i> Boisduval (紋白蝶)	+	+
<i>Spodoptera litura</i> Fabricius (斜紋夜蛾)	+	+
Coleoptera 鞘翅目		
<i>Illeis koebelei</i> Timberlake (黃瓢蟲)	+	+
<i>Stethorus</i> sp. (小黑瓢蟲)	+	+
Acarina		
Tetranychidae (葉蟎科)		
<i>Tetranychus kanzawai</i> Kishida (神澤氏葉蟎)	+	+
Phytoseiidae (捕植蟎科)		
<i>Amblyseius ovalis</i> Evans (卵形捕植)	+	+

^z +: exist.

第 8 週，非基因轉殖木瓜與基因轉殖木瓜上開始出現蟎卵，基因轉殖木瓜上每葉中肋上之調查範圍內平均卵數為 117.2±70.1 粒/中肋，非基因轉殖木瓜上平均卵為每中肋 53.4±25.9 粒。其後 2 週內對照木瓜上蟎卵數目增加較基因轉殖木瓜快，達到 275.5±154.8 粒/中肋。經過 2002 年 7 月 2、15、22 日連續 3 次施殺蟎劑，8 月份葉蟎卵數目明顯減少，至 9 月基因轉殖木瓜與非基因轉殖木瓜上發生葉蟎卵數目皆開始逐漸增高，自 9 月 26 至 10 月 24 日調查，基因轉殖木瓜上平均每葉發生的葉蟎卵為 45.5±336.6-128.1±47.8 粒/中肋；非基因轉殖木瓜上平均每葉發生葉蟎卵為 131.4±96.6-65.8±

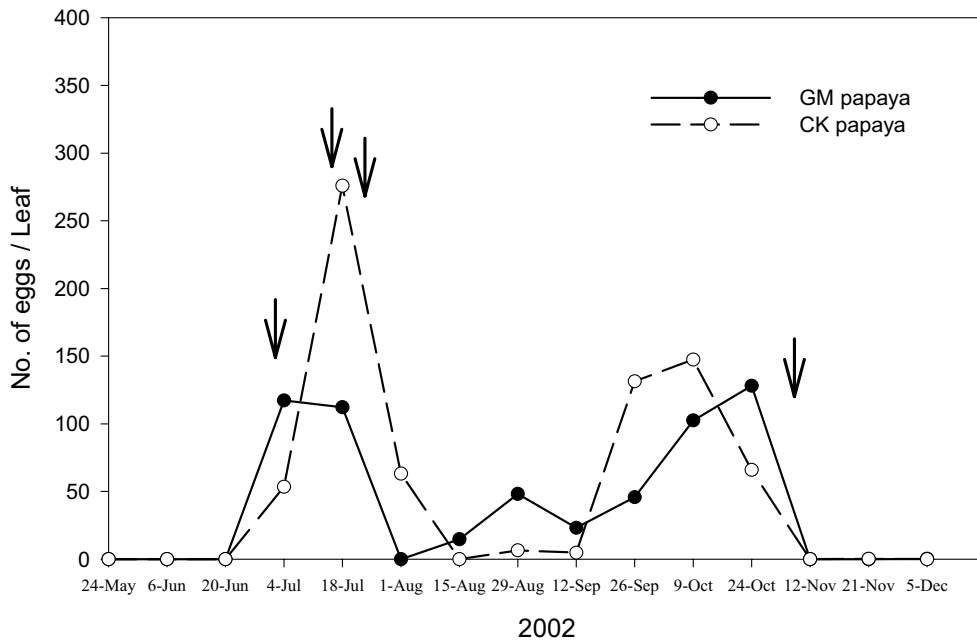


圖 1. 農試所隔離網室栽培抗輪點病毒基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏葉蟬卵發生消長情形。

Fig. 1. Population dynamics of *Tetranychus kansawai* eggs on transgenic and non-transgenic papaya under the isolated net house at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

63.2 粒/中肋。於 2002 年 11 月 7 日再度噴施殺蟎劑後，基因轉殖與非基因轉殖木瓜上葉蟬卵發生數目減少。

於隔離田栽植之基因轉殖與對照木瓜上的葉蟬卵發生情形如圖 3，自 2003 年於 1 月第一次調查，基因轉殖木瓜上平均每葉發生葉蟬卵為 35.1 ± 13.7 粒/中肋，非基因轉殖木瓜發生葉蟬卵為 11.6 ± 6.3 粒/中肋。兩週後葉蟬卵在兩供試木瓜上均迅速增加，基因轉殖木瓜平均每葉發生葉蟬卵為 141.1 ± 33.3 粒/中肋，非基因轉殖木瓜平均每葉發生葉蟬卵為 72.1 ± 28.6 粒/中肋。於 2 月 13 日噴施密滅汀後，在兩供試木瓜上葉蟬卵發生數量開始下降，於 2 月中旬至 4 月底之調查結果，平均每中肋葉蟬卵發生量均維持於 0-18.3 粒。至五月之調查，兩供試木瓜上之葉蟬卵逐漸增加，非基因轉殖木瓜在 5 月 29 日調查及基因轉殖木瓜在 6 月 5 日之調查所得葉蟬卵密度最高，依序分別為 342.2 ± 56.3 及 148.4 ± 27.4 粒/中肋。之後 6-11 月調查，兩供試木瓜上葉蟬卵發生數量甚低，平均每中肋為 0-45 粒。

活動葉蟬：神澤氏葉蟬活動蟬在隔離網內栽種的兩種供試木瓜上發生數目調查結果（圖 2），在基因轉殖與非基因轉殖木瓜於定植後第 6 週開始發生，當時數目皆甚低，活動葉蟬在基因轉殖木瓜上平均為 2.6 隻/中肋，非基因轉殖木瓜上則為平均 2.5 隻/中肋。之後活動蟬數逐漸增加，基因轉殖木瓜上活動葉蟬數最高為第 8 週時平均 82.8 ± 58.3 隻/中肋，非基因轉殖木瓜上平均最高為第 10 週之 61.0 ± 31.1 隻/中肋。經 7 月 2、15、22 日噴施三次殺蟎劑後，活動葉蟬密度降低至極低，第 12 週基因轉殖木瓜平均發生活動葉蟬為 0.7 ± 0.7 隻/中肋，非基因轉殖木瓜則為 48.1 ± 47.8 隻，但第 14 週即降至 0.2 隻。8 月下旬亦即施藥約 1 個月後，基因轉殖木瓜與非基因轉殖木瓜上發生活動

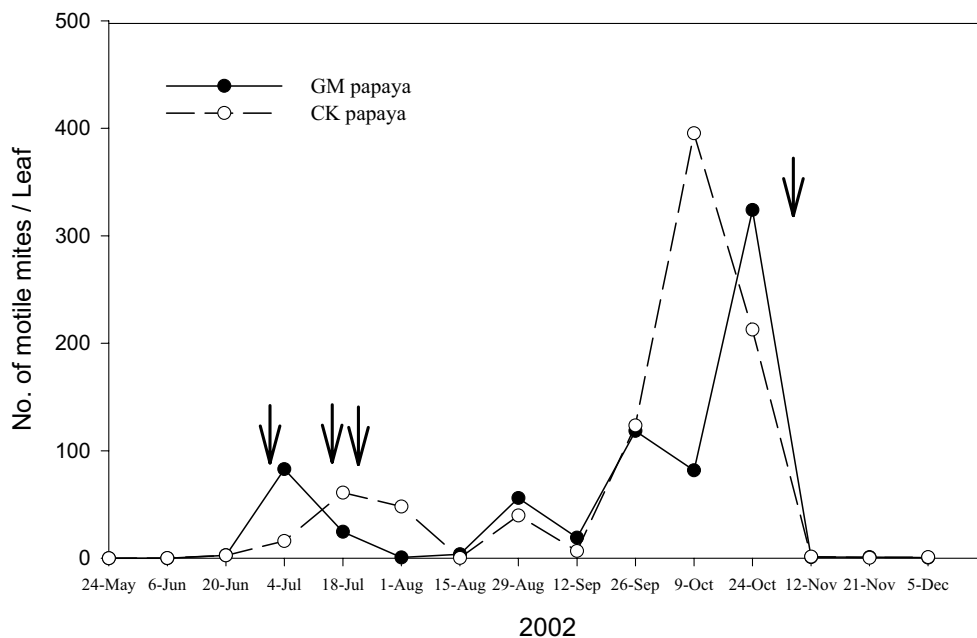


圖 2. 農試所隔離網室栽培抗輪點病毒基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏葉蟎活動發生消長。
 Fig. 2. Population dynamics of motile *Tetranychus kansawai* on transgenic and non-transgenic papaya under the isolated net house at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

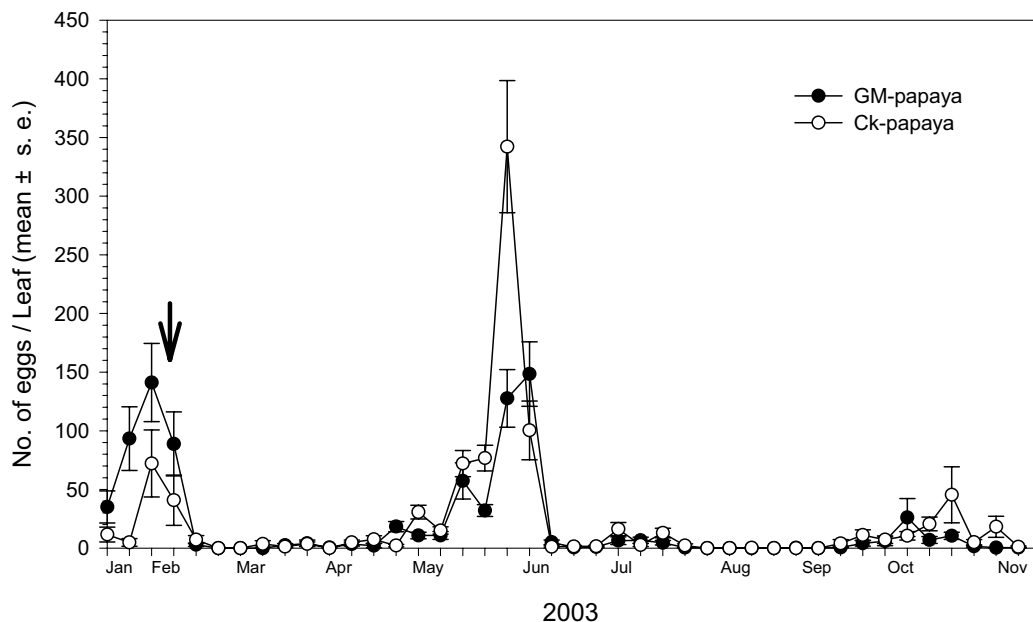


圖 3. 農試所隔離田栽培抗輪點病毒木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏葉蟎卵發生消長比較。
 Fig. 3. Population dynamics of *Tetranychus kansawai* eggs on transgenic and non-transgenic papaya in the isolated field at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

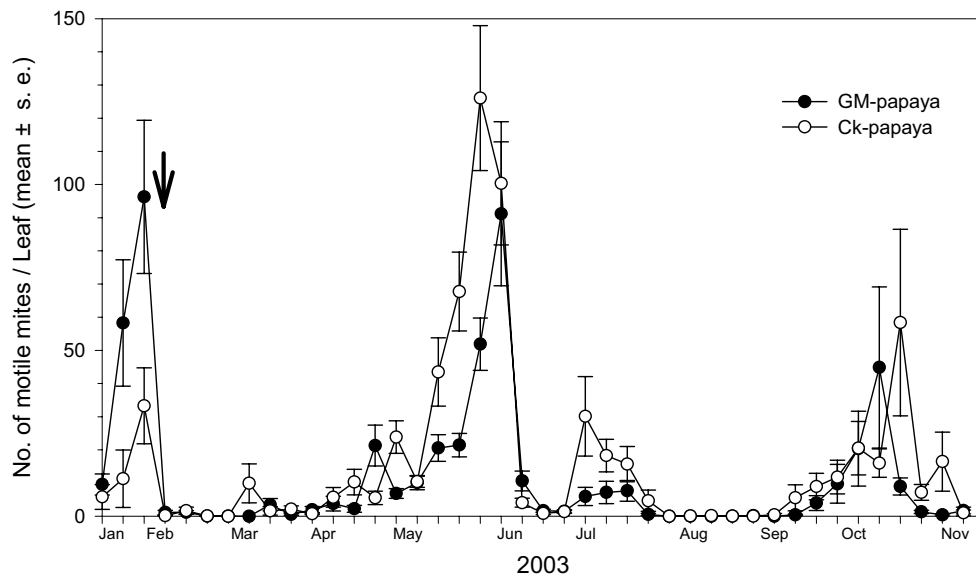


圖 4. 農試所隔離田栽培抗輪點病毒基因轉殖木瓜及非基因轉殖木瓜上神澤氏活動葉蟻發生消長。

Fig. 4. Population dynamics of motile *T. kansawai* on transgenic and non-transgenic papaya in the isolated field at ARI. (Arrow: Time of miticide spray for suppressing the population)

葉蟻密度同時開始逐漸增高，自 2002 年 9 月 26 至 10 月 24 日調查，基因轉殖木瓜上平均發生活動葉蟻分別為 $118.4 \pm 101.2 \sim 324.0 \pm 74.22$ 隻/中肋；非基因轉殖木瓜上平均發生活動葉蟻為 $122.5 \pm 87.4 \sim 395.3 \pm 267.8$ 隻/中肋。其中非基因轉殖木瓜葉蟻密度以 10 月 9 日調查發生最高，有 395.2 ± 267.7 隻/中肋，基因轉殖木瓜上葉蟻密度隨即亦於 10 月 24 日達到最高，有 324.0 ± 74.2 隻/中肋，二者最高峰發生時間與數目均相近。由於 11 月 7 日噴施密滅汀，以及氣溫漸降低之影響，於調查末期基因轉殖與非基因轉殖木瓜上之活動葉蟻發生量均甚低。

調查活動蟻在隔離田栽種的兩種供試木瓜上發生情形如圖 4，自 2003 年於 1 月第一次調查，基因轉殖木瓜上平均每葉發生活動蟻為 9.6 ± 3.2 隻/中肋，非基因轉殖木瓜發生活動蟻為 5.8 ± 3.7 隻/中肋。之後活動蟻在兩供試木瓜上逐漸增加，於 2 月第一次調查，基因轉殖木瓜平均每葉發生活動蟻為 96.2 ± 23.1 隻/中肋，非基因轉殖木瓜平均每葉發生活動蟻為 33.3 ± 11.4 隻/中肋。於 2 月 13 日噴施密滅汀後，兩供試木瓜上活動葉蟻發生數量開始減少，於 2 月中旬至 4 月底之調查結果，平均每中肋活動葉蟻發生量均維持於 0-21.3 隻，至五月之調查，兩供試木瓜上之活動葉蟻逐漸增加，非基因轉殖木瓜在 5 月 29 日調查及基因轉殖木瓜在 6 月 5 日之調查所得活動葉蟻密度最高，依序分別為 126.1 ± 21.8 及 91.2 ± 21.7 隻/中肋。之後 6-11 月調查，兩供試木瓜上活動葉蟻發生數量甚低，平均每中肋葉蟻為 0-48 隻。

討 論

與一般園藝作物相較，木瓜害蟲種類單純，以往木瓜上曾經紀錄之害蟲包括 6 種蚜蟲、1 種介殼蟲、1 種粉蝨、4 種蟻類。由於蚜蟲並不在木瓜植株上繁殖，因此發生大量蚜蟲對植株直接造成

危害的情況在木瓜上並不常見，蚜蟲對木瓜的危害主要是有翅蚜蟲傳播輪點病毒而導致植株致病，造成木瓜果實品質下降或植株死亡。在台灣紀錄 6 種木瓜上發生之蚜蟲 (Hwang & Hsieh 1984; Wang 1981) 均會傳播輪點病毒，而以棉蚜或桃蚜最易傳播 (Wang 1981; Namba & Higa 1977)。赤圓介殼蟲初發生時吸食木瓜主幹汁液，經繁衍後漸蔓延至木瓜果實，但不危害葉部 (Lee & Wen 1977)。螺旋粉蝨是南部地區木瓜上重要害蟲之一 (Wen *et al.* 1994)，成蟲棲息並產卵於木瓜葉背，孵化後之若蟲吸食葉片汁液，所代謝之蜜露則誘發煤煙病，加上螺旋粉蝨分泌之白色臘粉覆蓋葉片，影響植株之光合及呼吸作用。發生於木瓜上的葉蟎有四種 (Hao *et al.* 1996)，族群數量最多者為神澤氏葉蟎，柑橘葉蟎及皮爾斯葉蟎次之，赤葉蟎發生較少。神澤氏葉蟎危害木瓜一般由下位葉開始，沿著葉片主脈中肋開始向四周蔓延危害，初危害時，被害部分白化，因水分及營養傳輸受到阻礙，受害部位逐漸褐化碎裂，最後整個葉片乾枯而脫落。木瓜若大量發生葉蟎而不加以防治時，將導致整株木瓜枯死。其他種類葉蟎危害木瓜情況則較輕微。

在隔離網室內栽種的兩供試木瓜上，神澤氏葉蟎族群密度的發生在基因轉殖與非基因轉殖木瓜上雖然均互有高下，然無論是在族群最初的發生、增長，或因天候之影響或是噴施藥劑後神澤氏葉蟎整個族群被壓制降低及重新建立其族群，在基因轉殖或非基因轉殖木瓜上的族群消長趨勢均相當一致 (圖 1-2)。自 2002 年 5 月 24 日至翌年 1 月 5 日止，將每次調查隔離網室之兩供試木瓜上神澤氏葉蟎卵及活動葉蟎資料經 t-test 分析，結果顯示在基因轉殖與非基因轉殖木瓜兩者間之葉蟎數自始至終並無統計上的差異 ($p\text{-value} < 0.05$)。

自 2003 年 1 月至 11 月 1 日在隔離田栽種的兩基因轉殖與對照木瓜上的神澤氏葉蟎卵發生數量經 t-test 分析 ($p < 0.05$)，結果顯示在 1 月 30 日、4 月 24 日、5 月 1 日、5 月 22 日、5 月 29 日及 10 月 8 日的卵數在兩供試木瓜上有顯著差異，其中 1 月 30 日及 4 月 24 日之調查以基因轉殖木瓜上的蟎卵數高於對照木瓜上者，另外 4 次則對照木瓜上蟎卵數較高 (圖 3)。而網室內兩供試木瓜上的活動蟎發生數量亦是高低互見，在 42 次的調查資料經 t-test 分析 ($p < 0.05$)，其中 3 次調查結果基因轉殖木瓜上活動蟎數顯著高於對照木瓜者，另有 6 次調查結果對照木瓜上活動蟎數顯著高於基因轉殖木瓜者 (圖 4)。雖然葉蟎族群發生密度在兩供試木瓜上有些微的差距，但一般小型害蟲在田間的發生數量高高低低的消長，受到氣象 (降雨、溫度) 或是生物等多種因子 (天敵、競爭) 之影響很大，並非完全歸因於寄主植物 (木瓜) 不同之影響，這種差異在一般的族群密度調查普遍發生。雖然葉蟎族群在兩供試木瓜上發生密度的高峰期並非在同一調查日出現，但二者之高峰出現期之差異在前後周間，分析因試驗小區位置不同之影響頗大。就 2 月 13 日噴藥後及在 5-6 月梅雨季期間在兩供試木瓜上的葉蟎族群發生密度均同時降低的現象顯示，隔離試驗田間的基因轉殖與對照木瓜上神澤氏葉蟎族群發生消長的趨勢兩者一致。

就神澤氏葉蟎密度及其族群消長的趨勢之比較，評估抗輪點病毒基因轉殖木瓜與對照木瓜上神澤氏葉蟎族群發生消長差異甚低。由於二種供試作物上的昆蟲相與主要害蟎神澤氏葉蟎的發生消長兩者間差異不大。同時根據本試驗於兩供試木瓜上之害蟲及天敵之種類調查結果 (表 1)，並未發現基因轉殖木瓜與對照木瓜在主要害蟲及天敵發生種類上有所差異，依評估原則，本試驗不需進一步對其天敵及次要害蟲進行評估。

至於抗輪點病毒基因轉殖木瓜是否對其他非目標昆蟲或動物產生不利影響?由於本報告之所評估之對象作物並非抗蟲基因轉殖木瓜，因此，就所蒐集之資料加以分析評估，初步認為其對台灣生態安全可能造成衝擊的風險甚低。

木瓜常見的授粉昆蟲包括膜翅目 (Hymenoptera) 的蜜蜂 (*Apis* spp.) 與熊蜂 (*Bombus* spp.) 類、雙翅目 (Diptera) 的花虻 (syrphid) 與花蠅 (flower fly) 類，而以蜜蜂為授粉昆蟲的代表。美國環境保護署 (Environmental Protection Agency, EPA) 1999 年公佈之有毒物質對於蜜蜂毒性試驗方法以羽化第一週的蜜蜂為測試對象 (www.epa.gov/pesticides/biopesticides/otherdocs/bt_position_paper_618.htm)。幼蟲的食物以成蜂飼食的營養物為主，成蜂本身食入的花粉，如果含有有毒物質，其消化分泌物就可能也對幼蜂生長發育產生影響。評估抗輪點病毒對授粉昆蟲之影響，根據所轉入基因對木瓜植株或花器均不改變或增加任何對昆蟲有毒性的物質，分析該轉殖木瓜直接對蜜蜂或其他授粉昆蟲訪花行為而產生毒害之風險甚微。在其他花朵形態、花朵數目、花蜜含量、花蜜品質等園藝性狀，與對照木瓜間亦未有所改變，同時，木瓜並非台灣主要的蜜源植物，因此不致於影響授粉昆蟲之造訪傾向與造訪頻率，不影響授粉昆蟲本身營養成分之獲得，亦不影響其授粉功能，故該基因轉殖木瓜不致對授粉昆蟲產生不利影響。

由於轉殖蘇力菌玉米之花粉對大樺斑蝶 (monarch butterfly, *Danaus plexippus* (L.)) 幼蟲有害之報導 (Losey *et al.* 1999)，曾經引發廣泛討論，之後證實田間種植蘇力菌玉米的花粉所含殺蟲毒性對大樺斑蝶並無影響 (Wright *et al.* 2000)。但是因此提高基因轉殖作物是否會對保育類昆蟲影響之重視，並且成為必須加以評估之項目。

根據 2002 年政府修正公佈「保育類野生動物名錄」，台灣的保育類昆蟲共有寬尾鳳蝶、曙鳳蝶、珠光鳳蝶、黃裳鳳蝶、大紫蛺蝶、台灣爺蟬、渡邊氏長吻白臘蟲、無霸勾蜓、妖艷吉丁蟲、彩虹叩頭蟲、台灣長臂金龜、台灣大鍬形蟲、長角大鍬形蟲、霧社血斑天牛、台灣食蝸步行蟲、台灣擬食蝸步行蟲、蘭嶼大葉蝨蠶、津田氏大頭竹節蟲等共 6 目 13 科 17 種。上述保育昆蟲之地理分佈、食性、季節消長等資料 (Wang *et al.* 2004) 顯示，其中大多為專食性，僅少數較為雜食性的種類，本試驗供試之基因轉殖木瓜或其近緣植物並非任何保育類昆蟲之寄主，因此抗輪點病毒基因轉殖木瓜應不致於影響台灣目前法定的保育類昆蟲。

土壤內生物的存在與其間相互之關係，是生態系中極為重要的一環，且與土壤肥力的表現密切相關。土壤中昆蟲、蟎類或是其它生物間之依存關係，比地上部更複雜，其中某一種生物族群之些微改變，即可能牽動一系列之複雜變化。棲息於旱作土壤中的昆蟲種類甚多，大部分以植物根部附近組織為食，或以土壤中腐植質為食，或是兼具兩種食性。曾有報導轉殖的抗蟲植物於收穫後，田間的殘株會隨田土翻耕整理而混入土中，原先存在於植株莖葉組織的抗蟲物質，能與土壤中有機粒子 (humic acids) 或無機粒子 (clay) 結合，結合之蘇力菌毒仍保持活性 (Crecchio & Stotzky 1998)。更有一些基因轉殖植物根部釋出分泌物，進入土壤中後，可能對土壤中棲息昆蟲之生存產生影響 (Tapp & Stotzky 1998; Bena *et al.* 1999)。但本試驗所供試之基因轉殖木瓜本身不含對昆蟲有毒物質，且根據基因轉殖木瓜對於土壤微生物影響之評估結果 (Lin *et al.* 2004)，供試之基因轉殖木瓜根系附近土壤中真菌、細菌、放射菌等之數目與種類，均未發現與對照木瓜不同，土壤中關係昆蟲生存之腐植質成分與含量等環境因子相同，因此未發現基因轉殖木瓜對於土壤昆蟲之生存會產生不利影響之因素。

昆蟲與蟎類以外的有害動物通常是指取食田間生長植株的鳥類、田鼠、野兔等動物，木瓜成熟時會有鳥類啄食，常見的有白頭翁與綠繡眼等小型鳥，均為台灣常見鳥類。由於木瓜有後熟作用，

爲便利運輸與儲存，一般商業栽植之木瓜極少任果實於植株上充分黃熟，被鳥類啄食之機會甚低。且供試之基因轉殖木瓜不含對昆蟲或鳥類有毒物質，即使偶而被少數鳥類食入，亦不至於對鳥類族群產生不利影響。

於隔離網室內或隔離田種植之抗輪點病毒木瓜，與對照木瓜發生之主要害蟲與天敵種類相同，而於各自之調查期間，兩種栽種場所在神澤氏葉蟎於兩種木瓜葉片上族群變動之趨勢一致。基因轉殖木瓜之花部結構對授粉昆蟲之造訪無影響。木瓜及其近緣植物均非保育類昆蟲之寄主，因此對保育類昆蟲不會發生影響。種植基因轉殖木瓜根系附近土壤中微生物相並無改變，對於土壤昆蟲之生存無影響。木瓜的後熟作用使基因轉殖木瓜對鳥類產生影響之可能性甚低。因此評估結果顯示抗輪點病毒木瓜對於環境中昆蟲類、蟎類及鳥類造成衝擊之風險甚微。

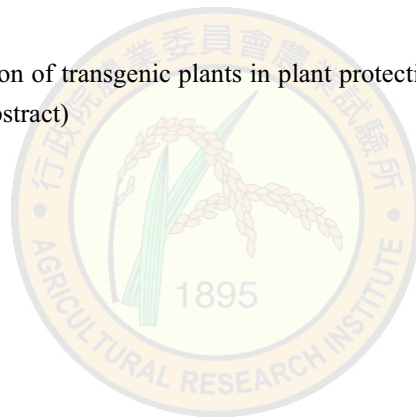
誌 謝

本報告之蟎類由本所應用動物組何琦琛博士鑑定，謹此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

- Bena, D., S. Florest, and G. Stotzky. 1999. Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature* 402: 480.
- Chen, Y. H. 1994. Construction and evaluation of transgenic plants expressing the coat protein gene of papaya ringspot virus isolated from Taiwan. PhD thesis of National Chung Hsin University. Taichung, 96 pp. (in Chinese with English abstract)
- Crecchio, C. and G. Stotzky. 1998. Insecticidal activity and biodegradation of the toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* bound to humic acids from soil. *Soil Biol. Biochem.* 30(4): 463-470.
- Hao, H. H. H. L. Wang, W. T. Lee, and K. C. Lo. 1996. Studies on biological control of spider mites on papaya. *J. Agric. Res. China* 45: 411-421. (in Chinese with English abstract)
- Hwang, J. S. and F. K. Hsieh. 1984. Studies on aphid transmission of papaya ring spot. *Plant Prot. Bull.* 26: 395-400. (in Chinese with English abstract)
- Lee, H. S. and H. C. Wen. 1977. Seasonal occurrence and control of the papaya red scale, *Aonidiella inornata* Mckenzie, (Homoptera: Diaspididae). *Plant Prot. Bull.* 19: 196-201. (in Chinese with English abstract)
- Lin, C. Y., P. C. Liou, C. L. Wang, C. Y. Chien, H. D. Shih, and B. H. Cheng. 2004. Assessment of Ecological Impact and Environmental Safety of Transgenic Papaya Lines Resistant to *Papaya Ringspot Virus*. *J. Agric. Asso. China* 5: 374-392. (in Chinese with English abstract)
- Losey, J. E., L. S. Rayor and M. E. Carter. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214.
- Namba, R. and S. Y. Higa 1977. Retention of the inoculativity of the papaya mosaic virus by the green peach aphid. *Proc. Hawaii Entomol. Soc.* 22:491-494.

- Tapp, H. and G. Stotzky. 1998. Persistence of the insecticidal toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in soil. *Soil Biol. Biochem.* 30: 471-476.
- Wang, H. L. 1981. Aphid transmission of papaya ringspot virus in Taiwan. *Plant Prot. Bull.* 23: 229-233. (in Chinese with English abstract)
- Wang, C. L., F. C. Lin, C. Y. Lin. 2004. Insect-resistant transgenic plants and the environmental impact assessment-special concern for insects. *Plant Prot. Bull.* 46:181-209. (in Chinese with English abstract)
- Wen, H. C., T. C. Hsu, and C. N. Chen. 1994. Supplementary description and host plants of the spiraling whitefly, *Aleurodicus dispersus* Russell. *Chinese J. Entomol.* 14: 147-161. (in Chinese with English abstract)
- Wraight, C. L., A. R. Zangerl, M. J. Carroll, and M. R. Berenbaum. 2000. Absence of toxicity of *Bacillus thuringiensis* pollen to black swallowtails under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)* 97: 7700-7703.
- Yeh, S. D. 1999. Current application of transgenic plants in plant protection. *Plant Prot. Bull.* 41:87-106. (in Chinese with English abstract)



Assessment of Environmental Risk of Transgenic Papaya Ring Spot Virus Resistant Papaya on Insects and mites¹

Feng-Chyi Lin^{2,5}, Chi-Yang Lee², Chin-Ling Wang²,
Pan-Chi Liou³ and Chien-Yih Lin⁴

Abstract

Lin. F. C, C. Y. Lee, C. L. Wang, P. C. Liou, and C. Y. Lin. Assessment of environmental risk of transgenic papaya ring spot virus resistant papaya on insects and mites. J. Taiwan Agric. Res. 55:222-233.

Evaluation of impacts of the transgenic (PRSV) resistant papaya to environmental insects and mites were conducted at the isolated net house and the isolated field at ARI from May 2002 to November 2003. Species of pest insects and natural enemies and population fluctuations of the main pests on papaya were surveyed. Species of insects and mites occurred on transgenic and control papayas were the same. These included *aphis gossypii*, *Bemisia argentiflII*, *Anoidiella inornata*, *Aleurodicus dispersus*, *Pieris rape crucivora*, *Spodoptera litura*, *Illeis koebelei*, *Stethorus* sp., *Tetranychus kanzawai*, and *Amblyseius ovalis*. Of them, *T. kanzawai* was the most common pest. The population fluctuations of this mite on both transgenic and non-transgenic papayas were similar. Other possible impacts discussed included the impacts on insect-pollinators, conserved or threatened insects, soil insects and birds. It is concluded that the risk of the transgenic papaya to insects, mites and birds in environments were very low.

Key words: transgenic papaya, papaya ring spot virus resistant, environmental safety assessment, insect, mite.

-
1. Contribution No. 2270 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted: October 3, 2006.
 2. Assistant Entomologist, Assistant Entomologist and Senior Entomologist, Dept of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 3. Senior Horticulturist, Dept of Horticulture, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 4. Director of TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
 5. Corresponding author, e-mail: fclin@wufeng.tari.gov.tw ; Fax: (04)23302804.