

白花三葉草 (*Trifolium repens* L.) 作為覆蓋植物應用於 蟲媒南瓜病毒病害防治

蔡維安^{1,*} 翁崧夏² 邱智迦³

摘要

蔡維安、翁崧夏、邱智迦。2017。白花三葉草 (*Trifolium repens* L.) 作為覆蓋植物應用於蟲媒南瓜病毒病害防治。台灣農業研究 66(4):298–306。

葫蘆科 (Cucurbitaceae) 作物為台灣重要蔬果，但病毒病害長期為葫蘆科作物生產體系中之限制因子，作物罹病後無任何可供防治之藥劑，因此如何有效防治田間病媒昆蟲成為當今重要的議題。銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) 是葫蘆科作物中重要的害蟲之一，已知可專一性傳播豆類金黃病毒屬 (*Begomovirus*) 的病毒，近年來南瓜捲葉菲律賓病毒 (*Squash leaf curl Philippine virus*; SLCPHV) 最為常見。蚜蟲也是葫蘆科作物中重要的病媒昆蟲，已知至少可以傳播 4 種常見的植物病毒病害，危害葫蘆科作物甚大。許多研究顯示，無論是生物性覆蓋物 (living mulches) 或人造資材覆蓋物 (synthetic mulches) 皆具有防治銀葉粉蝨或蚜蟲的效果。本研究利用白花三葉草 (*Trifolium repens* L.) 作為覆蓋植物應用於南瓜栽培，結果發現可以有效降低銀葉粉蝨田間的族群，且 SLCPHV 的感染率為 55.2%，顯著低於銀黑塑膠布處理的 91.3% 和銀黑塑膠布搭配寡聚半乳糖醛酸噴施處理組的 95.2%。田間病徵發生比例最終至採收期僅達約 13%。本研究認為白花三葉草於田間栽培具有防治銀葉粉蝨的功能，未來可應用來建構適合有機南瓜栽培的環境。

關鍵詞：覆蓋植物、葫蘆科作物、蟲媒病毒、銀葉粉蝨。

前言

葫蘆科 (Cucurbitaceae) 作物為台灣重要蔬果作物，生產面積達 20,000 ha 以上且病蟲害種類繁多，當中又以病毒病害最嚴重。病毒病害可藉由種子、媒介昆蟲及機械傳播，且罹病後無任何可供防治之藥劑，因此已成為瓜類作物生產體系中之限制因子。在自然環境下可感染瓜類作物的病毒種類超過 50 種，台灣現有紀錄感染瓜類的病毒有 16 種 (Deng 2011)。

銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) 是葫蘆科作物中重要的害蟲之一，且經常取食造成植物生理性失調，如南瓜產生銀

葉 (squash silverleaf disorder; SSL) 的症狀 (Yokomi *et al.* 1990; Schuster *et al.* 1991)。銀葉粉蝨也是葫蘆科作物病毒重要的媒介昆蟲，已知可專一性傳播豆類金黃病毒屬 (*Begomovirus*) 的病毒 (Brown *et al.* 1995)，其中瓜類退綠黃化病毒 (*Cucurbit chlorotic yellows virus*; CCYV)、南瓜捲葉菲律賓病毒 (*Squash leaf curl Philippine virus*; SLCPHV)、番茄捲葉新德里病毒 (*Tomato leaf curl New Delhi virus*; ToLCNDV) 是近期為害台灣葫蘆科作物重要的病毒病害 (Deng 2011)。

蚜蟲是植物病毒中最重要的病媒昆蟲，已知可傳播 275 種植物病毒病害 (Nault 1997)。

投稿日期：2016 年 8 月 27 日；接受日期：2017 年 1 月 15 日。

* 通訊作者：weiantai27@hdares.gov.tw

¹ 農委會花蓮區農業改良場作物環境課助理研究員。台灣 花蓮縣。

² 農委會花蓮區農業改良場作物環境課研發替代役。台灣 花蓮縣。

³ 農委會花蓮區農業改良場作物環境課研究助理。台灣 花蓮縣。

其中多種可感染葫蘆科作物，如矮南瓜黃化嵌紋病毒 (*Zucchini yellow mosaic virus*; ZYMV)、西瓜嵌紋病毒-2 (*Watermelon mosaic virus-2*, WMV-2)、胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*; CMV) 和木瓜輪點病毒-西瓜系統 (*Papaya ringspot virus-watermelon strain*; PRSV-W) (Provvidenti *et al.* 1984; Purcifull *et al.* 1988)。除了傳播病毒造成為害之外，病媒昆蟲產生的蜜露容易衍生煤煙病影響光合作用。近年來殺蟲劑仍是主要防治病媒昆蟲的方法，但往往會增加生產成本及潛在抗藥性族群的發展。

許多研究顯示，無論是生物性覆蓋物 (living mulches) 或人造資材覆蓋物 (synthetic mulches) 皆具有防治銀葉粉蝨或蚜蟲的效果，此技術可用來控制蟲媒病毒病害或是延緩病毒病害的散播和發生 (Stapleton & Summers 2002; Hooks & Fereres 2006; Abd-Rabou & Simmons 2012)。覆蓋植物 (cover plant) 和生物性覆蓋物對作物生產有許多益處。一般來說，覆蓋作物作為綠肥增加土壤氮源的效益，然而其更強化的效用在於：防止土壤沖蝕、提高土壤水分，以及抑制雜草的生長；生物性覆蓋物指的是覆蓋在土壤上的保護層，幫助土壤保持濕潤、減少侵蝕、提供養分、抑制雜草的生長。覆蓋作物和生物性覆蓋物有別於雜草，與作物具有相輔相成的效果。其功能有：(1) 增加土地的肥力；(2) 改善土壤理化性；(3) 翻埋可分解土壤中的養分供作物吸收利用；(4) 防止雜草生長；(5) 保持土中水分 (Kuo *et al.* 1995; Wyland *et al.* 1996; Reicosky & Forcella 1998; Unger & Vigil 1998)。

研究顯示，利用白花三葉草 (*Trifolium repens* L.) 種植於矮南瓜行株之間當作生物性覆蓋作物，可以有效降低矮南瓜葉子上的蚜蟲和銀葉粉蝨族群數量，並明顯降低銀葉粉蝨造成之典型病徵的嚴重度 (Hooks & Wrights 2008; Manadhar *et al.* 2009)。因此，應用白花三葉草於田間來抑制蟲媒病毒病害的可行性，乃本研究欲探討的問題。近年來葫蘆科作物病毒病害猖獗，卻缺乏有效抑制蟲媒傳播的防治技術。目前可以用來預防瓜類病毒病發

生的市售產品是寡聚糖，具有調控生長、發育、繁殖、防病及抗病的效果 (Albersheim & Darvill 1985)；研究顯示，寡聚糖可降低感染植株體內的病毒濃度，並抑制病毒長距離的移動 (Kuo *et al.* 1995)。本研究目標以白花三葉草作為生物性覆蓋應用於有機南瓜栽培，評估防治 SLCPHV 專一性媒介昆蟲-銀葉粉蝨的能力，以及是否會影響銀葉粉蝨對於南瓜的偏好性，並建構適合有機南瓜栽培的環境且抑止田間 SLCPHV 的危害度上升。

材料與方法

銀葉粉蝨族群動態調查

供試作物自農友種苗購買之「東英」南瓜品種，溫室育苗 2 wk 於 2016 年 3 月 14 日達 2-3 真葉期並定植於田間，採露天匍地方式進行栽培，株距為 0.8 m，於畦面側邊採用單行植栽種，每 1 株往畦面另一側等距留 2 子蔓，每 1 子蔓留 1-2 果。試驗田區設計採完全隨機設計，共 3 處理，每處理各 3 重複，每重複各 2 小區，1 小區各栽種單行共 13 株 (圖 1A)，白花三葉草植株全貌可見圖 1B。各試驗處理如下：(1) 以白花三葉草作為生物性覆蓋。(2) 以銀黑塑膠布作為非生物性覆蓋並於定植後以解毒 747 處理 (解毒 747 為市售半乳糖醛酸，由高等植物細胞初生壁經降解酵素提取的物質，聚合度在 2-20 之間的溶液)。(3) 僅以銀黑塑膠布作為非生物性覆蓋為對照組。自 2016 年 4 月 8 日開始於每處理 2 小區間懸掛 1 張綠色黏蟲紙 (綠色黏紙為高冠牌誘蟲黏紙，長 0.215 m，寬 0.15 m 調查銀葉粉蝨成蟲數量，每張距離 10 m，以降低試驗處理間之誤差，每次調查懸掛時間約 1 wk。調查數據採用 SAS 套裝軟體 (SAS Institute, Cary, NC) 中之 PROC ANOVA (analysis of variance procedure) 進行變方分析 ($\alpha = 0.05$)，以 Fisher's LSD (least significant difference) test 檢測處理間平均值之差異顯著性。

田間南瓜病毒病害進程觀察及檢測

自 2016 年 4 月 15 日子蔓始生長時，調查田間病毒病害發生進程，調查項目如下：(1)

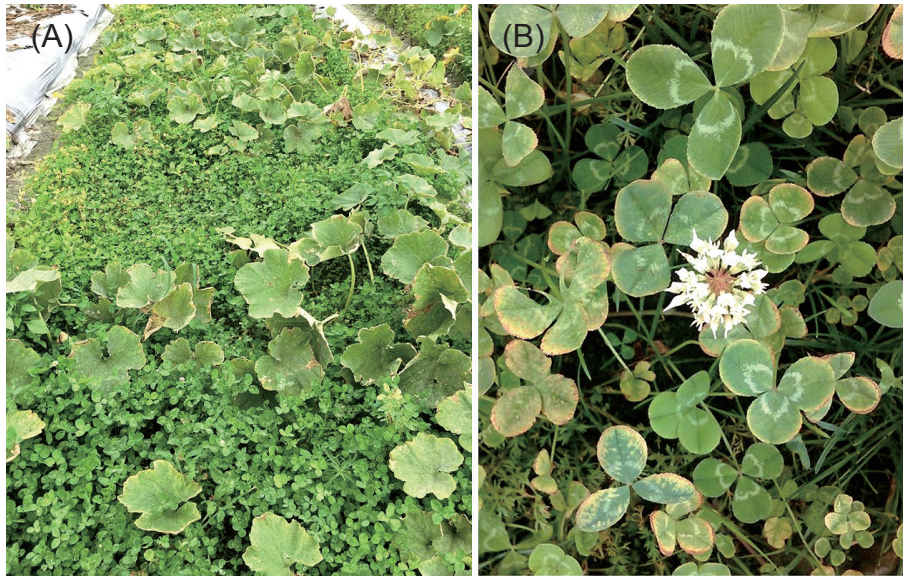


圖 1. 南瓜試驗田間以白花三葉草覆蓋栽培 (A)；白花三葉草植株近貌 (B)。

Fig. 1. The demonstration of using white clover as cover plants in pumpkin field (A); Full view of white clover (B).

田間病毒病害發生比率，肉眼觀察病徵統計結果。(2) 每小區採樣植株上位第 2-3 片葉子，參考 Weng *et al.* (2015) 植物核酸 (DNA) 粗萃取方法，每片葉子取 0.1 g 經均質研磨後加入 ELISA grinding buffer (1.59 g L⁻¹ Na₂CO₃, 2.93 g L⁻¹ NaHCO₃, pH 9.6 containing 2% PVP-40, 0.2% bovine serum albumin, 0.05% Tween 20 and 1% N₂S₂O₃) 2 mL 混合均勻後，吸取 2 μL 加入 25 μL GES buffer (0.1 M Glycine, 0.05 M NaCl, 1 mM EDTA, containing 0.5% Triton X-100) 混合均勻，反應 95°C/10 min，吸取 1 μL 粗萃取之 DNA sample 以農試所提供之引子對，SLCVup (5'-GTGGGCCCTCRACCA WTGAAATTC-3') 及 SLCVdw (5'-GAACYAG AATRAGATC GGRACA-3') 進行聚合酶連鎖反應 (polymerase chain reaction, PCR)。在 0.5 mL PCR 離心管中加入 12.5 μL GoTaq® (Taq DNA polymerase, dNTP, MgCl₂, reaction buffer)、9.5 μL 無菌水、1 μL 10 μM SLCVup、1 μL 10 μM SLCVdw 及 1 μL DNA sample，總反應體積為 25 μL。溫度循環條件為：Denaturation：94°C/2 min；擴增反應：30 循環 (94°C/1 min→52°C/1 min→72°C/2 min)；elongation：72°C/6

min。取 5 μL PCR 反應產物，進行洋菜膠體電泳反應並統計 SLCPHV 之罹病率。(3) 每小區每株採樣植株以市售專一性單株抗體 (DSMZ, Germany) 進行夾層酵素免疫測定 (Double Antibody Sandwich-Enzyme-linked immunosorbent assay, DAS-ELISA) 檢測田間其他瓜類病毒病害如 CMV、ZYMV、胡瓜綠斑嵌紋病毒 (CGMMV)、CCYV。CMV 和 ZYMV 皆可由蚜蟲傳播，CCYV 由銀葉粉蝨所傳播。此外，本研究額外檢測 CGMMV 的主要目的為屏除種子傳播和機械傳播的疑慮。

銀葉粉蝨降落偏好性和產卵偏好性檢定 (landing assay)

本試驗參照 Omondi *et al.* (2005) 種植 2-3 真葉期的南瓜苗於長型花盆 [長 (L) × 寬 (W) × 高 (H) = 65 cm × 25 cm × 20 cm]，每長型花盆種植 2 株瓜苗，並置放 2 盆於帳籠 [長 (L) × 寬 (W) × 高 (H) = 75 cm × 75 cm × 115 cm] 內，分別為無覆蓋和白花三葉草覆蓋處理。吸取約 200 隻銀葉粉蝨成蟲於傍晚 6 點至 6 點半間釋放至帳籠裡，並於 12、24、36、48、60 h 觀察每株由下數來 3 片瓜葉葉背成蟲的數量並以編號貼紙標記確認每次觀察為同一葉片，

待成蟲釋放後 3 d 觀察葉背產卵數量。本試驗進行 3 次重複試驗，並利用成對樣本 *t* 檢定 (Paired-Samples *t*-test) 比較兩處理間 3 次重複試驗的平均數據的差異。

有機南瓜採收期果實性狀及產量調查

5 月上旬開始為採收期並調查果高、果徑及單果重。調查數據採用 SAS 套裝軟體 (SAS Institute, Cary, NC) 中之 PROC ANOVA (analysis of variance procedure) 進行變方分析 ($\alpha = 0.05$)，以 Fisher's LSD (least significant difference) test 檢測處理間平均值之差異顯著性。

結果

銀葉粉蝨族群動態調查

試驗結果顯示南瓜於栽培中期時，各處理間的銀葉粉蝨成蟲數無顯著差異且平均每張黏紙誘集的數量皆不超過 5 隻，直至採收期之前 (4 月下旬)。銀黑塑膠布處理組和銀黑塑膠布搭配解毒 747 處理組的平均誘集成蟲數量，分別上升至 32.0 和 29.3 隻，白花三葉草覆蓋處理的成蟲數僅平均 1.3 隻，顯著低於其他試驗處理 (圖 2)。一週後銀黑塑膠布處理組和銀黑塑膠布搭配解毒 747 處理組，平均誘集成蟲數量分別降至 9.7 和 5.0 隻，但仍顯著高於白花

三葉草覆蓋處理組。此試驗結果顯示，銀葉粉蝨於南瓜生長後期停駐於白花三葉草的偏好性降低，雖然以往文獻顯示銀黑塑膠布所反射的 UV 光亦有抑制銀葉粉蝨停駐作物的偏好性，但本試驗結果顯示效果以白花三葉草覆蓋處理較佳。

田間病毒病害發生進程

本病害於子蔓開始生長時 (2016 年 4 月 15 日) 開始調查田間南瓜病毒病發生比率，調查起前兩週各處理區的病毒病發生比率皆低於 0.1，僅銀黑塑膠布處理組達 0.13，各處理間無顯著差異。待至第 3 週 (5 月上旬) 起病徵觀察統計結果顯示，銀黑塑膠布處理組和銀黑塑膠布搭配解毒 747 處理組的病毒病發生比率，分別上升至 0.39 和 0.33，白花三葉草處理區僅達 0.13，發生比率顯著較低 (圖 3)。

採收期各植株經 PCR 分子檢測後，發現白花三葉草處理區內的 SLCPHV 感染率達 55.2%，顯著較低於銀黑塑膠布處理組的 91.3% 和銀黑塑膠布搭配解毒 747 處理組的 95.5%。其他瓜類病毒，如 ZYMV、CMV、CGMMV 和 CCYV 的感染率，經 ELISA 檢測後發現無明顯差異，且多為 CMV 和 SLCPHV 複合感染 (表 1)。此外，CGMMV 感染率偏低，最高僅達 1.7%，屏除種子傳播和機械傳播病

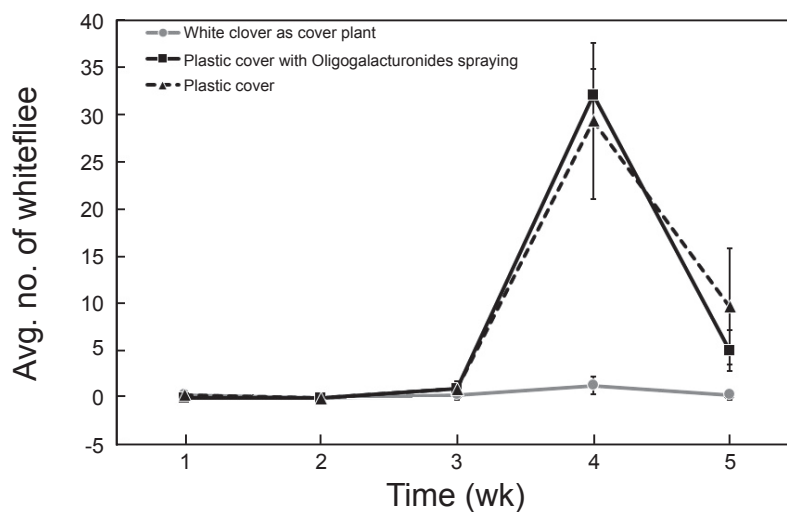


圖 2. 不同覆蓋南瓜田銀葉粉蝨數量動態比較。

Fig. 2. Comparison on the population dynamics of whiteflies in pumpkin field with different cover materials.

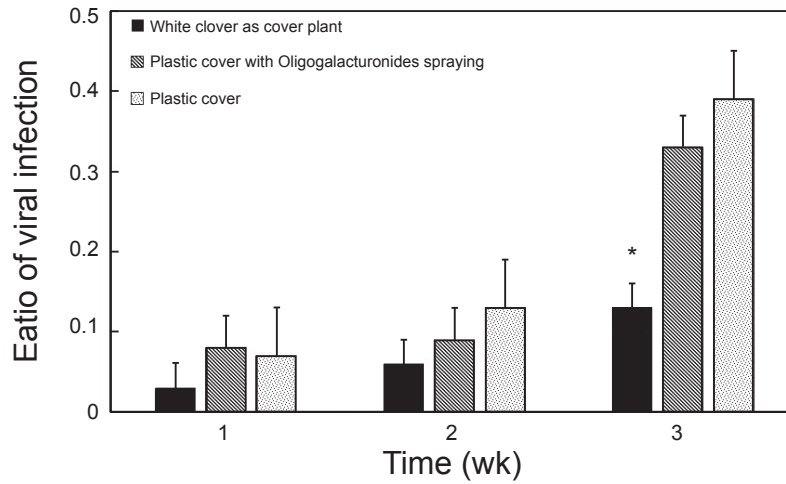


圖 3. 不同覆蓋南瓜田病毒病發生率比較。

Fig. 3. Comparison on the infection ratio of viral disease in pumpkin field with different cover materials. Asterisk indicates significant difference as determined by a Student *t*-test ($P < 0.05$).

表 1. 南瓜病毒病害感染率比較。

Table 1. The infection rates of viral diseases occurred on organic pumpkin.

Treatment	SLCPHV ^z	CMV	ZYMV	CGMMV	CCYV	No. of Samples
White clover	55.2 ± 5.71% a ^y	89.7 ± 3.96% a	5.2 ± 0.14% a	1.7%	1.7%	58
Plastic cover	91.3 ± 3.24% b	91.3 ± 3.24% a	6.5 ± 0.19% b	0.0%	0.0%	46
Plastic cover with Oligogalacturonides spraying	95.5 ± 3.33% b	75.0 ± 15.45% a	6.8 ± 0.59% b	0.0%	4.5%	44

^z Infection rate of plant virus.

^y Mean separation within columns by the least significant difference (LSD) at $P < 0.05$.

毒病害的疑慮。

有機南瓜採收期果實性狀及產量調查

南瓜採收期平均果重調查顯示，銀黑塑膠布處理組、銀黑塑膠布搭配解毒 747 處理組和白花三葉草覆蓋處理組分別為 1.13 kg、1.13 kg 和 1.12 kg，經統計分析兩兩比較後並無顯著差異。本試驗由於南瓜植株皆雙子蔓整蔓處

理，因此果實大小形狀較為一致，經果實性狀調查果實高度和果實直徑亦無顯著差異 (表 2)。此外，白花三葉草處理區的缺株比率僅 0.28 較低於其他處理區。

銀葉粉蝨降落偏好性和產卵偏好性檢定 (landing assay)

銀葉粉蝨降落偏好性試驗結果顯示，白花

表 2. 南瓜採收期果實性狀及產量調查。

Table 2. Comparison on the characteristics and yield of pumpkin.

Treatment	Fruit weight (kg)	Fruit diameter (cm)	Fruit height (cm)	No. of fruit per 80 m ²	The rate of missing plant
White clover	1.12 ± 0.12 a ^z	14.6 ± 1.5 a	10.9 ± 1.0 a	55	0.28 ± 0.08
Plastic cover	1.13 ± 0.06 a	14.5 ± 1.8 a	11.2 ± 1.0 a	41	0.40 ± 0.09
Plastic cover with Oligogalacturonides spraying	1.13 ± 0.13 a	14.7 ± 1.8 a	10.8 ± 1.0 a	53	0.41 ± 0.14

^z Mean separation within columns by the least significant difference (LSD) at $P < 0.05$.

三葉草覆蓋處理組平均每次試驗調查的成蟲數量自 10 隻上升至 14.8 隻；相較之下，對照組的成蟲數量自 8.7 隻上升至 12.2 隻，兩處理組的 3 次試驗平均成蟲數量並無顯著差異 (圖 4)。白花三葉草敷蓋處理者和對照組的平均蟲數皆隨著接種後時間越長，數量隨之增加，顯示銀葉粉蝨對於處理組和對照組無明顯的偏好性差別。另外，於接種後 60 h，本試驗觀察葉片上產卵量的結果顯示，銀葉粉蝨平均每次試驗於葉背分別產下 57.7 粒卵及 45.8 粒卵，經統計比較分析並無顯著差異 (表 3)。

討論

經田間調查結果顯示，白花三葉草作為覆蓋植物的南瓜苗具有降低銀葉粉蝨族群大量發生的效果，也間接導致田間銀葉粉蝨所傳播的 SLCPHV 發生率相較於無覆蓋植物者和覆蓋銀黑塑膠布者顯著較低。在採收期以 PCR 和 ELISA 檢測病毒感染的結果顯示，田間多為

CMV 和 SLCPHV 複合感染，其中田間病徵如黃化 (yellowing)、嵌紋 (mosaic)、捲葉 (leaf curl) 於第 3 次調查結果顯示，上述病徵發生植株比例於白花三葉草處理區內顯著較少，對應 PCR 檢測結果顯示相符合。田間病徵觀察統計病毒病發生率較低，推測應為病毒潛伏感染未顯現病徵所導致。此試驗結果印證，銀葉粉蝨的數量減少確實有助於降低田間 SLCPHV 的發生率，但是經 ELISA 檢測結果顯示，每處理區內受到 CMV 的感染比例皆高達 75.0% 以上，處理區間無顯著差異。據推測應為白花三葉草作為覆蓋植物並無防治蚜蟲的功能，導致田間 CMV 普遍發生。然而本研究溫室銀葉粉蝨生物檢定顯示，白花三葉草生物性覆蓋無顯著地降低銀葉粉蝨降落及產卵偏好性，因此白花三葉草生物性覆蓋處理對於瓜類作物病毒病發生是否有幫助仍待進一步證實。Frank & Liburd (2009) 研究證實白花三葉草並無抑制有翅型蚜蟲於矮南瓜田間發生；相反地，

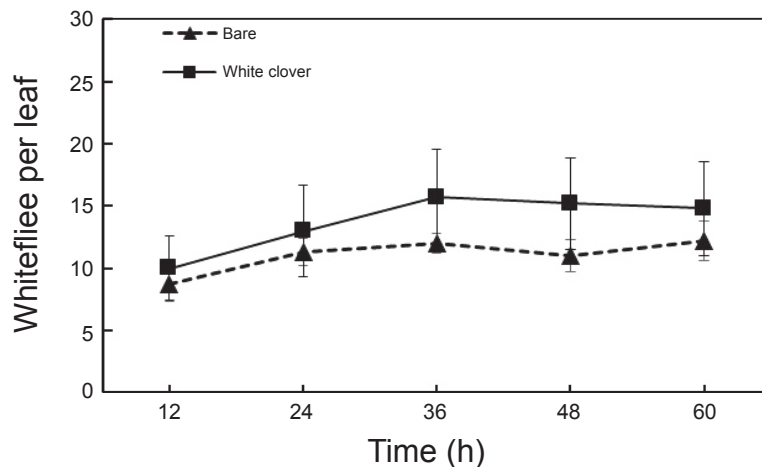


圖 4. 銀葉粉蝨降落偏好性檢定。

Fig. 4. Landing assay of whiteflies.

表 3. 每片葉子平均產卵數量。

Table 3. The average number of eggs per leaf.

Treatment	Avg. no. of eggs per leaf
White clover	57.7 ± 13.3 a ²
Bare (control)	45.8 ± 13.8 a

² Mean separation within columns by the least significant difference (LSD) at $P < 0.05$.

有研究卻顯示白花三葉草處理可以降低蚜蟲傳播的病毒病害，如 CMV、ZYMV、WMV-2 和 PRSV-W 的病徵嚴重度 (Hooks & Wright 2008)。為模擬白花三葉草覆蓋及無植物覆蓋是否會影響銀葉粉蝨的生物行為，本研究利用南瓜苗種植於長盆模擬田間白花三葉草覆蓋處理，於溫室進行銀葉粉蝨降落偏好性和產卵偏好性檢定，結果顯示處理組和對照組並無顯著差異。前人研究結果顯示，田間白花三葉草覆蓋處理區的矮南瓜苗於定植後 21 d 方可見銀葉粉蝨成蟲數量顯著較無覆蓋處理區低，但產卵量並無顯著差異 (Hooks & Wright 2008)，此結果和本研究結果些許不同，推論原因有：(1) 供試植物不同產生行為的差異。(2) 銀葉粉蝨對南瓜苗種植於不同覆蓋植物的降落偏好性並無顯著差異，南瓜種植至苗期後才會造成偏好性差異。(3) 田間的銀葉粉蝨乃依靠自然環境衍生的族群和發生的位置，易受氣候和鄰田的影響；相對地，溫室無氣候環境和鄰田的因子干擾。未來本研究會進一步調查田間葉片上的銀葉粉蝨成蟲數量，避免黏紙與實際處理區內的蟲數產生落差。本研究無針對銀葉粉蝨與蚜蟲體內是否帶有 SLCPHV、ZYMV 和 CMV 作探討，未來研究將額外取樣蟲體檢測其體內是否帶有病毒，方可佐證田間瓜類病毒病發生率與傳播蟲媒的直接關係。SLCPHV 和銀葉粉蝨之間的流行病學研究並無許多文獻著墨，僅 Cohen *et al.* (1983) 指出 20 隻成蟲給予獲毒時間 (acquisition access period; AAP) 30 min 和接種時間 (inoculation access period; IAP) 6 h 即可達到 100% 的傳播效率，此外此研究保毒時間 (Retention time) 試驗結果指出，給予銀葉粉蝨雌性成蟲 4 h AAP，保毒時間最高可達 17 d 仍保有傳毒能力。未來研究盼能結合 SLCPHV 和銀葉粉蝨之間的傳播生物學基礎，評估白花三葉草是否具有影響銀葉粉蝨 AAP、IAP 和保毒時間等的效果，藉此佐證白花三葉草於田間防治 SLCPHV 擴散的機制。本研究無法直接證明，白花三葉草具有忌避銀葉粉蝨的功能，但田間試驗結果顯示，銀葉粉蝨的族群數量於白花三葉草覆蓋處理區內顯著較少，溫室降落偏好性和產卵偏好性檢定結果，反而顯示白花三葉草覆蓋處理組和無覆蓋

對照組無顯著差異。據前人研究指出，銀葉粉蝨帶病毒成蟲與無帶病毒成蟲的取食行為有差異性 (Moreno-Delafuente *et al.* 2013)，因此本研究推測此為導致田間試驗結果與溫室試驗結果相互矛盾的原因，未來將探討帶病毒成蟲與無帶病毒成蟲生存於不同覆蓋處理區的南瓜植株上，取食行為和產卵行為有無差異性。

產量調查結果顯示，3 個處理區內的平均果重和果型無顯著差異，但栽培過程中發現白花三葉草的南瓜成熟時間較其他 2 區延遲約 1 wk，推測白花三葉草和南瓜生育期重疊時可能會與南瓜競爭養分。另外，本研究發現白花三葉草處理區內的南瓜於生育後期較能抵抗高溫造成植株萎凋的情形，經分離鑑定多數為蔓枯病引起。經田間觀察推論，南瓜栽種於銀黑塑膠布覆蓋處理者在氣溫較高時容易有萎凋的情形發生。Lay (2003) 指出白花三葉草可增加果園土壤有機物質含量，土壤總體密度檢測結果更顯示，白花三葉草具有有降低土壤壓實之效果，因此本研究推測經白花三葉草覆蓋處理後，土壤溫度較其他處理區低，水分平衡性和通氣性較好，可以幫助南瓜於生育後期度過高溫不良環境和防止蔓枯病感染。

由本研究結果證實，白花三葉草作為覆蓋植物能夠防止 SLCPHV 的大量發生，雖然產量無顯著增加，但可以間接減少除草劑施用成本和銀黑塑膠布資材的浪費。未來值得探討的是，白花三葉草對於下一期作的土壤是否具有涵養肥份的功能，節省下一期作基肥的施用。近年來白花三葉草有推廣利用於果園栽培的例子，屬多年生綠肥作物，並證實具有抑制雜草滋生、減少除草劑使用和降低生產成本的功能，更可降低土壤密度使土壤疏鬆，有助果樹根系群伸展 (Lay 2003)。未來應用於有機蔬果栽培，仍需要更多研究評估白花三葉草的功能性及經濟效益產生。

誌謝

本研究係執行行政院農委會 105 農科-10.5.3-花-V1 計畫之成果。本試驗期間承本課室同仁林瑋祥先生協助作物栽培管理及試驗相關工作，在此致謝。

引用文獻

- Abd-Rabou, S. and A. M. Simmons. 2012. Some cultural strategies to help manage *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and whitefly-transmitted viruses in vegetable crops. *Afr. Entomol.* 20:371–379.
- Albersheim, P. and A. G. Darvill. 1985. Oligosaccharins: Novel molecules that can regulate growth, development, reproduction, and defense against disease in plants. *Sci. Amer.* 253:58–64.
- Brown, J. K., D. R. Frohlich, and R. C. Rosell. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? *Annu. Rev. Entomol.* 40:511–534.
- Deng, T. C. 2011. Evolutionary change of trends in prevalence of cucurbits-infecting viruses in Taiwan, 1981–2011. p.147–163. *in*: Proceedings of the Symposium on Integrated Management Technology of Insect Vectors and Insect-Borne Diseases. July 15, 2011. Taichung, Taiwan. Special Publication of TARI, No. 152, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
- Hooks, C. R. R. and A. Fereres. 2006. Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: A review on the use of barrier plants as a management tool. *Virus Res.* 120:1–16.
- Hooks, C. R. and M. G. Wright. 2008. Use of living and dying mulches as barriers to protect zucchini from insect-caused viruses and phytotoxemias. *Plant Dis.* 36. Univ. of Hawaii, Honolulu, HI. <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/PD-36.pdf> (visit on 22/9/2016)
- Kuo, S., U. M. Sainju, and E. J. Jellum. 1995. Winter cover crop effects on soil organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 61:145–152.
- Lay, W. L. 2003. The cultivation and utilization of green manure in the approach suitable fertilizer apply. *Proceed. Symp. Agric. Technol.* 60:157–164. (in Chinese with English abstract)
- Manadhar, R., C. R. R. Hooks, and M. G. Wright. 2009. Influence of cover crop and intercrop systems on *bemisia argentifolli* (Hemiptera: Aleyrodidae) infestation and associated squash silverleaf disorder in zucchini. *Environ. Entomol.* 38:442–449.
- Moreno-Delafuente, A., E. Garzo, A. Moreno, and A. Fereres. 2013. A plant virus manipulates the behavior of its whitefly vector to enhance its transmission efficiency and spread. *PLoS ONE.* 8. doi:10.1371/journal.pone.0061543.
- Nault, L. R. 1997. Arthropod transmission of plant viruses: A new synthesis. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 90:521–541.
- Omondi, A. B., D. Obeng-Ofori, R. A. Kyerematen, and E. Y. Danquah. 2005. Host preference and suitability of some selected crops for biotypes of *Bemisia tabaci* in Ghana. *Entomol. Exp. Appl.* 115:393–400.
- Provvidenti, R., D. Gonsalves, and H. J. Humaydan. 1984. Occurrence of *Zucchini yellow mosaic virus* in cucurbits from Connecticut, New York, Florida, and California. *Plant Dis.* 68:443–446.
- Purcifull, D. E., G. W. Simone, C. A. Baker, and E. Hiebert. 1988. Immunodiffusion tests for six viruses that infect cucurbits in Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 101:401–403.
- Reicosky, D. C. and F. Forcella. 1998. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. *J. Soil Water Conserv.* 53:224–229.
- Stapleton, J. J. and C. G. Summers. 2002. Reflective mulches for management of aphids and aphid-borne virus diseases in late-season cantaloupe (*Cucumis melo L. var. Cantalupensis*). *Crop Prot.* 21:891–898.
- Unger, P. W. and M. F. Vigil. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *J. Soil Water Conserv.* 53:200–207.
- Weng, S. H., W. S. Tsai, L. Kenyon, and C. W. Tsai. 2015. Different transmission efficiencies may drive displacement of tomato begomoviruses in the fields in Taiwan. *Ann. Appl. Biol.* 166:321–330.
- Wyland, L. J., L. E. Jackson, W. E. Chaney, K. Klonsky, S. T. Koike, and B. Kimple. 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agric. Ecosyst. Environ.* 59:1–17.

Using Cover Plants, *Trifolium Repens* L., to Enhance the Control of Insect-Borne Viral Disease in Pumpkin Field

Wei-An Tsai^{1,*}, Sung-Hsia Weng², and Chi-Jia Chiou³

Abstract

Tsai, W. A., S. H. Weng, and C. J. Chiou. 2017. Using cover plants (*Trifolium repens* L.) to enhance the control of insect-borne viral disease. *J. Taiwan Agric. Res.* 66(4):298–306.

Cucurbitaceae fruit and vegetables are important crops in Taiwan. Plant viral disease usually cause the loss of crop production. There is no pesticide which can effectively control this viral disease. However, control of insect vectors become an important issue to date. Whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellows and Perring) is one of the important cucurbit pests known to specifically transmit Begomoviruses, and *Squash leaf curl virus Philippines* (SLCPHV) has become widespread in Taiwan in recent years. Aphids are also important insect vectors, known to spread at least four common plant viral diseases that damage Cucurbitaceae crops commonly. Living and synthetic mulches were evaluated for control of the *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring and aphids. This study focused on the application of white clover (*Trifolium repens* L.) as cover plant in pumpkin cultivation. It showed that whitefly population in white clover treatment significantly reduced, and infection rate of SLCPHV was 55.2%, significantly lower than those of synthetic (reflective) mulches with 91.3% and oligomeric galacturonic acid spray treatment with 95.2%. The proportion of viral infection symptoms occurrence was about 13% at the end of the experiment. This study suggests that white clover would control the population of whiteflies in pumpkin field efficiently. The practice has the potential to be applied to construct organic pumpkin cultivation environment.

Key words: Cover plant, Cucurbitaceae, Insect-borne virus, *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring.

Received: August 27, 2016; Accepted: January 15, 2017.

* Corresponding author, e-mail: weiantai27@hdares.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Hualien District Agriculture Research and Extension Station, Hualien, Taiwan, ROC.

² Research and Development Substitute Service, Department of Plant Protection, Hualien District Agriculture Research and Extension Station, Hualien, Taiwan, ROC.

³ Research Assistant, Department of Plant Protection, Hualien District Agriculture Research and Extension Station, Hualien, Taiwan, ROC.