

十字花科蔬菜重要病毒發生調查與影響蚜蟲傳播效率之條件探討

曹麗玉^{1,*}

摘要

曹麗玉。2021。十字花科蔬菜重要病毒發生調查與影響蚜蟲傳播效率之條件探討。台灣農業研究 70(2):98–107。

台灣田間十字花科蔬菜疑似受病毒感染之病徵，主要包括葉片嵌紋、斑駁、黃化、葉脈壞疽、葉脈腫脹、植株矮化等。利用甜菜西方黃化病毒 (*Beet western yellows virus*; BWYV)、花椰菜嵌紋病毒 (*Cauliflower mosaic virus*; CaMV)、胡瓜嵌紋病毒 (*Cucumber mosaic virus*; CMV)、蘿蔔嵌紋病毒 (*Radish mosaic virus*; RaMV)、蕪菁嵌紋病毒 (*Turnip mosaic virus*; TuMV)、蕪菁輪斑病毒 (*Turnip ring spot virus*; TuRSV) 6 種病毒血清搭配間接酵素連結免疫分析法 (indirect enzyme-linked immunosorbent assay; indirect ELISA) 調查不同病毒於簡易設施內十字花科蔬菜的自然感染情形，病毒檢出率高低依序為蘿蔔、芥菜類及白菜類。其中，病毒種類以 TuMV 檢出率最高，BWYV 次之；複合感染情形以 BWYV 與 TuMV 居多。以上述 6 種血清及間接 ELISA 分析法進行檢測結球白菜、不結球白菜、甘藍、油菜、芥菜、芥藍、花椰菜、青花菜、蘿蔔共 27 品種 40 批號之十字花科蔬菜種子研磨液，未檢測出病毒。以人工接種方式接種 TuMV 單斑分離株於小白菜或葉用蘿蔔，作為偽菜蚜 (*Lipaphis erysimi* Kaltentbach) 的獲毒來源，用以研究媒介昆蟲的傳播特性。結果發現，以 1 隻帶有 TuMV 蚜蟲取食健康葉用蘿蔔 10 d 後即可出現病徵，同時接種 5 隻帶 TuMV 蚜蟲，傳毒率可達 100%；蚜蟲獲毒溫度及接種溫度為 25°C 時，傳毒率可達 100%；蚜蟲獲毒取食時間為 10 min，傳毒率可達 100%；若蚜蟲接種取食時間若為 60 min，傳毒率可達 100%。以人工接種方式接種 BWYV 分離病毒株作為偽菜蚜的獲毒來源，5 隻傳毒率則可達 100%；當蚜蟲獲毒溫度為 20°C 或接種溫度為 25°C 時，傳毒率可達 100%；蚜蟲取食帶毒植株 1 h 即可獲毒，若取食時間達 48 h，傳毒率可達 100%。利用白菜離葉測試市面上 8 種常用殺蟲藥劑對偽菜蚜的防治效果，包括 24.7% 賽速洛寧膠囊水懸混劑 (61.75 mg a.i. L⁻¹)、16% 可尼丁水溶性粒劑 (40.00 mg a.i. L⁻¹)、25% 賽速安水溶性粒劑 (50.00 mg a.i. L⁻¹)、20% 達特南水溶性粒劑 (10.00 mg a.i. L⁻¹)、1% 密滅汀乳劑 (6.67 mg a.i. L⁻¹)、20% 亞滅培水溶性粉劑 (33.33 mg a.i. L⁻¹)、18.2% 益達胺水懸劑 (22.75 mg a.i. L⁻¹)、50% 培丹水溶性粉劑 (500.00 mg a.i. L⁻¹) 等，噴灑 48 h 後，蚜蟲防治率均可達 87% 以上。以清潔劑及油類等非農藥防治資材評估對於蚜蟲的防治效果，以 35% 無患子濃縮液稀釋 50× 及 99% 礦物油稀釋 300× 的蚜蟲防治率較佳。

關鍵詞：十字花科蔬菜、蕪菁嵌紋病毒、甜菜西方黃化病毒、蚜蟲傳播。

前言

十字花科植(作)物 (family Cruciferae or Brassicaceae) 種類繁多，地理分布極廣，除南極洲外廣泛分布在世界各地。科內作物包含食用作物、香料作物 (如：辣根屬的辣根 *Aremoracia*

rusticana、山葵屬的山葵 *Wasabia japonica*)、油料作物 (蕪菁屬的油菜 *Brassica napus*) 及試驗模式作物 (阿拉伯芥屬的阿拉伯芥 *Arabidopsis thaliana*) 等。十字花科作物以蕪菁屬 (Genus *Brassica*) 最具經濟重要性，包括結球白菜 (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*)、不結球白菜 (*Brassica*

投稿日期：2020 年 12 月 4 日；接受日期：2021 年 1 月 27 日。

* 通訊作者：tsly@fthes-tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 高雄市。

rapa subsp. *chinensis*)、芥菜 (*Brassica juncea*)、大頭芥 (*Brassica juncea* var. *megarrhiza*)、榨菜 (*Brassica juncea* var. *tumida*)、芥藍 (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*)、花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)、甘藍 (*Brassica oleracea* var. *capitata*)、球莖甘藍 (*Brassica oleracea* var. *caulorapa*)、青花菜 (*Brassica oleracea* var. *italica*)、蕪菁 (*Brassica rapa* subsp. *rapa*)，以及蘿蔔屬的蘿蔔 (*Raphanus sativus*) (Anjum *et al.* 2012)。依據 2019 年台灣農業統計年報資料 (<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>) 記載：台灣地區全年作不結球白菜種植面積約 5,466 ha，年產量約 106,296 Mt，其中以中部的雲林縣、北部的桃園市及南部的高雄市為主要栽培區，分別占全國栽培面積的 55.9、23.7 及 5.6%。結球白菜全年作種植面積約 1,808 ha，年產量約 73,219 Mt，其中以中部的雲林縣、彰化縣、北部的宜蘭縣及南部的高雄市為主要栽培區，分別占全國栽培面積的 48.2、21.8、4.0 及 3.3%。甘藍全年作種植面積約 8,392 ha，年產量約 427,738 Mt，其中以中部的雲林縣、南投縣及北部的宜蘭縣為主要栽培區，分別占全國栽培面積的 22.5、16.8 及 15.2%。

依據早期國外文獻記載，為害十字花科作物之病毒共有 26 種 (Lister 1958; Brunt *et al.* 1996)，其中有部分病毒會造成重大危害及經濟損失 (Duffus 1960; Gladders 1987; Hill *et al.* 1989; Stobbs & Shattuck 1989)。台灣地區有關十字花科作物之病毒病研究最初開始於 Kou (1961) 對於蘿蔔嵌紋病病因之探討，後續之文獻記錄則有胡瓜嵌紋病毒 *Cucumber mosaic virus* (CMV) (Chen 1975)、蕪菁嵌紋病毒 *Turnip mosaic virus* (TuMV) (Lin & Lian 1983)、花椰菜嵌紋病毒 *Cauliflower mosaic virus* (CaMV) (Chen *et al.* 2000)、甜菜西方黃化病毒 *Beet western yellows virus* (BWYV) (Chen 2003)、蘿蔔嵌紋病毒 *Radish mosaic virus* (RaMV) (Wang *et al.* 2014) 及蕪菁輪紋病毒 *Turnip ring spot virus* (TuRSV) (Chen *et al.* 2011)。根據報告記載，為害蘿蔔之病毒有 TuMV、CMV、RaMV 等 3 種，其中以 TuMV 為害最普遍，且最具有經濟重要性 (Green & Deng 1985)。又根據

Chen *et al.* (2000) 田間病株以雙抗體酵素免疫分析法 (double antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay; DAS-ELISA) 檢測，可檢出 TuMV、BWYV、CaMV 等 3 種，且病毒檢出率高低之作物種類依序為蘿蔔、芥菜類及白菜類，皆可高達 60% 以上。由於台灣以往對十字花科作物病毒之研究並未全面調查，而近十餘年來台灣農業栽培生態已發生改變，作物品種朝向多樣化選擇，本研究乃針對台灣南部地區十字花科蔬菜病毒病害之發生做一調查，並針對重要病原病毒進行媒介昆蟲傳播行為之探討，以作為抗病育種或將來釐訂病害管理策略之參考。

材料與方法

田間病害發生調查

調查台灣南部地區 (台南、高雄、屏東) 十字花科蔬菜栽培地區，各地選擇 5 塊十字花科作物田，每塊田區逢機選取 100 株十字花科蔬菜，以目視法調查作物是否呈現嵌紋、黃化等等不同型態之疑似病毒病徵及發生率。受測蔬菜種類包括：不結球白菜 (*B. rapa* subsp. *chinensis*)、結球白菜 (*B. rapa* subsp. *pekinensis*)、芥菜類 (*Brassica juncea* var. *strumsta*、*Brassica juncea* var. *oblanceolata*)、甘藍 (*B. oleracea* var. *capitata*)、羽衣甘藍 (*Brassica oleracea* var. *acephala*)、花椰菜 (*B. oleracea* var. *botrytis*)、青花菜 (*B. oleracea* var. *italica*)，以及蘿蔔屬的蘿蔔 (*R. sativus*)。

田間病株病毒種類檢測

進行前項田間病害調查時，就各田區逢機採集 6–10 個疑似病毒病害樣品，摘取新葉 1–2 葉混合，以間接免疫酵素分析法 (indirect enzyme-linked immunosorbent assay; indirect ELISA) 及 6 種病毒抗血清 (BWYV、CaMV、CMV、RaMV、TuMV、TuRSV) 之帶毒率及調查田間不同病毒自然複合感染情形。6 種病毒抗血清來源：TuMV 獲自高雄師範大學退休教授王惠亮博士，CMV 係自行純化病毒免疫紐西蘭大白兔後獲得，CaMV、BWYV、RaMV、TuRSV 等 4 種病毒之抗體免疫球蛋白

皆購自美國 Agdia® (Elkhart, IN, USA)，而正反反應對照亦來自同公司產品。

間接酵素連結免疫分析法：秤取葉片樣品 0.3 g，以 3 mL 之 15 mM 碳酸鈉緩衝液 (sodium carbonate buffer, pH 9.6) 研磨均勻後靜置，上清液加入 ELISA 反應盤內，每個樣品 2 重複，置於 37°C 定溫箱進行 4 h 的覆膜反應 (coating reaction)；後以 1× PBST 緩衝液 (137 mM NaCl + 1.5 mM KH₂PO₄ + 1 mM Na₂HPO₄ + 0.05% Tween 20, pH 7.4) 沖洗 3 次；加入病毒抗血清後置於 37°C 定溫箱反應 2 h；以 1× PBST 緩衝液沖洗 3 次後，加入以 1× PBST 緩衝液稀釋的黏附鹼性磷酸酵素之山羊抗兔二次抗體 (Alkaline Phosphatase-conjugated AffiniPure Goat anti-Rabbit immunoglobulin, Jackson, West Grove, PA, USA) 置於 37°C 定溫箱反應 2 h；以 1× PBST 緩衝液沖洗 3 次後，最後加入濃度為 1 mg mL⁻¹ 之鹼性磷酸酵素反應基質 (*p*-nitrophenyl phosphate, Sigma, Saint Louis, MS, USA) 進行呈色反應。反應 30–60 min，以 ELISA 判讀儀 (Emax™ Microplate Reader, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA) 讀取 OD_{405nm} 之吸收值，做為評估病毒濃度高低之依據。樣品讀值大於健康葉片之 2× 者，視為正反應。

檢測種子帶毒率

收集市售十字花科蔬菜：結球白菜 (*B. rapa* subsp. *pekinensis*)、不結球白菜 (*B. rapa* subsp. *chinensis*)、甘藍 (*B. oleracea* var. *capitata*)、油菜 (*Brassica rapa*)、芥菜 (*B. juncea*)、芥藍 (*B. oleracea* var. *alboglabra*)、花椰菜 (*B. oleracea* var. *botrytis*)、青花菜 (*B. oleracea* var. *italica*)、蘿蔔 (*R. sativus*) 共 27 品種 40 批號種子。每批種子隨機檢測 1,000 粒種子 (每 10 粒為一個樣品)，以上述 6 種血清進行檢測，並計算各批種子之帶毒率。

針對重要蚜媒病毒 (TuMV、BWYV) 與媒介昆蟲間關係之探討

將病毒感染株汁液分別接種至奎藜 (*Chenopodium quinoa*) 進行病毒分離，選取單一病斑進行 3 次單斑純化，所得單純病毒材料並以無水氯化鈣進行病毒保存。以單斑分離的病毒

株為接種源 (繁殖於油菜或結球白菜)，十字花科葉菜類 (小白菜、葉用蘿蔔) 為被接種材料 (每種作物接種 20 株)，研究田間主要媒介昆蟲：蚜蟲 [偽菜蚜 (turnip aphid)，學名：*L. erysimi* Kaltentbach] 的傳播特性 (獲毒時間、接種時間、帶毒蟲數)。接種後 21 d 觀察植株病徵表現，並配合抗血清進行病毒檢測，測定病毒傳毒率 (以血清及間接 ELISA 檢測全部接種的植株)。無毒蚜蟲取食病毒接種源前，先置於保濕培養皿中經過 24 h 飢餓處理。

蚜蟲數與傳毒效率之關係調查，將無毒棉蚜分別移至 TuMV、BWYV 病毒株上獲毒取食 24 h 後，每一健株分別飼養 0、1、2、5、10 及 20 隻帶毒蚜蟲，經 48 h 後以沾水毛筆尖端移除蟲體，後續觀察病徵表現及測定病毒傳毒率。不同獲毒 (acquisition) 或接種 (inoculation) 取食溫度與傳毒效率之關係調查，將無毒蚜蟲於 15、20、25、30 及 35°C 不同溫度下於 TuMV 或 BWYV 病毒株獲毒取食 24 h 後，再移至室溫 (25°C) 2 接種取食健株，48 h 後移除蟲體；或無毒蚜蟲於室溫取食 TuMV 或 BWYV 病毒株獲毒 24 h 後，移至 15、20、25、30 及 35°C 不同溫度下取食健株 48 h 後移除蟲體，後續觀察病徵表現及測定病毒傳毒率。

獲毒取食時間與傳毒效率之關係調查，在 TuMV 獲毒取食時間部分，將無毒偽菜蚜分別於 TuMV 病毒株上獲毒取食 0、1、2、5、10、30 及 60 min，再移至健株取食 48 h 後移除蟲體，後續觀察病徵表現及測定病毒傳毒率。BWYV 獲毒取食時間部分，將無毒偽菜蚜分別於 BWYV 病毒株上獲毒取食 0、0.5、1、6、12、24 及 48 h，再移至健株取食 48 h 後移除蟲體，後續觀察病徵表現及測定病毒傳毒率。

接種取食時間與傳毒效率之關係調查，在 TuMV 接種取食時間部分，將無毒偽菜蚜於 TuMV 病毒株上獲毒取食 60 min，再移至健株分別接種取食 0、1、2、5、10、30 及 60 min 後移除蟲體，後續觀察病徵表現及測定病毒傳毒率。在 BWYV 接種取食時間部分，將無毒偽菜蚜於 BWYV 病毒株上獲毒取食 24 h，再移至健株分別接種取食 0、0.5、1、6、12、24

及 48 h 後移除蟲體，後續觀察病徵表現及測定病毒傳毒率。

媒介昆蟲防治效果評估

清潔劑 35% 無患子濃縮液 (soap tree concentrate) 及油類 99% 礦物油 (mineral oil) 等非農藥防治植物保護資材對於蚜蟲的防治效果評估，係以噴壺直接噴灑於飼養 50 隻偽菜蚜的小白菜離葉上 (置於保濕盒中)，分別於 2、4、8、24 及 48 h 後計算蚜蟲致死率，並以噴水為對照，評估其防治效果，每組處理 4 重複。

化學藥劑對於媒介昆蟲防治效果評估，係收集十字花科常用之市售合格推薦殺蚜蟲藥劑 24.7% 賽速洛寧膠囊水懸混劑 [Thiamethoxam + Lambdacyhalothrin suspension concentrates (SC); 61.75 mg a.i. L⁻¹]、16% 可尼丁水溶性粒劑 [Clothianidin soluble granules (SG); 40.00 mg a.i. L⁻¹]、25% 賽速安水溶性粒劑 (Thiamethoxam SG; 50.00 mg a.i. L⁻¹)、20% 達特南水溶性粒劑 (Dinotefuran SG; 10.00 mg a.i. L⁻¹)、1% 密滅汀乳劑 [Milbemectin emulsifiable concentrate (EC); 6.67 mg a.i. L⁻¹]、20% 亞滅培水溶性粉劑 [Acetamiprid soluble powder (SP); 22.75 mg a.i. L⁻¹]、18.2% 益達胺水懸劑 (Imidacloprid SC; 22.75 mg a.i. L⁻¹)、50% 培丹水溶性粉劑 (Cartap SP; 500.00 mg a.i. L⁻¹)，並依建議施用倍數稀釋，

以噴壺直接噴灑於飼養 50–70 隻偽菜蚜的小白菜離葉上。分別於 2、4、8、24 及 48 h 後計算蚜蟲致死率，並以噴水為對照，評估其防治效果。

結果

調查台灣地區簡易設施十字花科葉菜類栽培種類之病毒發生種類

利用 BWYV、CaMV、CMV、RaMV、TuMV、TuRSV 6 種病毒血清配合間接 ELISA 分析法，進行南部地區簡易設施內十字花科葉菜調查。結果顯示，單一病毒感染情形以 TuMV 感染情形較為嚴重 (7–60%)，BWYV 次之 (0–10%)。二種病毒複合感染以 TuMV 與 BWYV 為主 (0–23%) (表 1)。病毒檢出率高低依序為蘿蔔、芥菜類及白菜類，其中病毒種類以 TuMV 檢出率最高，BWYV 次之；複合感染情形以 BWYV 與 TuMV 居多。

檢測種子帶毒率

以 BWYV、CMV、CaMV、RaMV、TMV 及 TuMV 6 種病毒血清配合間接 ELISA 分析法，進行種子檢測。調查結球白菜 *B. rapa* subsp. *Pekinensis* (「秋陽」、「玉豐」、「綠陽」、「新

表 1. 2018 年 1 月至 2019 年 12 月南部地區十字花科蔬菜單一或二種病毒複合感染情形。

Table 1. Incidence of single or mixed virus infection of field grown cruciferous vegetables detected by indirect enzyme-linked immunosorbent assay (indirect ELISA) in southern Taiwan from January 2018 to December 2019.

Cultivar/species	No. of samples	Virus infection (%)								
		Single virus infection ^z						Mixed virus infection ^y		
		TuMV	BWYV	CMV	CaMV	RaMV	TuRSV	Tu + B	Tu + C	Tu + Ra
<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>chinensis</i>	164	45	10	0	0	0	0	23	0	0
<i>Brassica rapa</i> subsp. <i>pekinensis</i>	136	55	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Brassica juncea</i> var. <i>strumsta</i>	56	25	5	0	0	0	0	6	0	0
<i>Brassica juncea</i> var. <i>oblanceolata</i>	154	16	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>	98	25	8	0	0	0	0	9	0	0
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i>	85	19	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	30	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Raphanus sativus</i>	320	43	0	0	0	5	0	0	0	0

^z TuMV: Turnip mosaic virus; BWYV: Beet western yellows virus; CMV: Cucumber mosaic virus; CaMV: Cauliflower mosaic virus; RaMV: Radish mosaic virus; TuRSV: Turnip ring spot virus.

^y Tu + B: TuMV + BWYV; Tu + C: TuMV + CMV; Tu + Ra: TuMV + RaMV.

芳 1 號))、不結球白菜 *B. rapa* subsp. *chinensis* (「三鳳 2 號」、「鳳珍」、「純秀」、「綠愛」、甘藍 *B. oleracea* var. *capitata* (「夏秋」、「高峰」、「純英」、「春吉)、油菜 *B. rapa* (「秀春」、「秀珍」、「阿茵」、「阿麗)、芥菜 *B. juncea* (「青和」、「包心)、芥藍 *B. oleracea* var. *alboglaba* (「翠津」、「黃花)、花椰菜 *B. oleracea* var. *botrytis* (「白花 40」、「夏雲」、「鳳玉)、青花菜 *B. oleracea* var. *italica* (「清華」、「綠新 3 號)、蘿蔔 *R. sativus* (「明和」、「白娘) 共 27 品種 40 批號種子研磨液，經以上述檢測試劑及方法皆未檢測出上述 6 種病毒。

針對重要蚜媒病毒 (TuMV、BWYV) 與媒介昆蟲 (偽菜蚜) 間關係之探討

以 1 隻帶有 TuMV 偽菜蚜餵食葉用蘿蔔 10 d 後，被接種的葉用蘿蔔即可出現葉片嵌紋病徵，傳毒率可達 50%，接種 5 隻帶毒蚜蟲，傳毒率可達 100% (表 2)。蚜蟲獲毒溫度或接種溫度為 25°C 時，傳毒率可達 100% (表 3)。蚜蟲獲毒或接種取食時間為 1 min，即可傳播病毒，若蚜蟲獲毒取食時間為 10 min，傳毒率可達 100%。若蚜蟲接種取食時間為 60 min，傳毒率可達 100% (表 4)。

以 1 隻帶有 BYWV 偽菜蚜即可傳毒，5 隻傳毒率則可達 100% (表 2)；當蚜蟲獲毒溫度為 20°C 或接種溫度為 25°C 時，傳毒率可達

100% (表 3)。蚜蟲取食帶毒植株 1 h 即可獲毒，若取食時間達 48 h，傳毒率可達 100% (表 4)。

媒介昆蟲 (偽菜蚜) 防治效果評估

以非農藥防治資材 (35% 無患子濃縮液及 99% 礦物油) 直接噴灑於飼養偽菜蚜的小白菜離葉上，分別於 2、4、8、24 及 48 h 後計算偽菜蚜致死率。試驗結果為：35% 無患子濃縮液稀釋 50× 之蚜蟲致死率分別為 19.0、30.0、33.5、50.5 及 59.5%；35% 無患子濃縮液稀釋 100× 之蚜蟲致死率，分別為 17.0、26.0、28.0、48.0 及 56.0%；99% 礦物油稀釋 300× 之蚜蟲致死率，分別為 30.5、35.5、41.0、55.0 及 77.0%；99% 礦物油稀釋 500× 之蚜蟲致死率，分別為 25.0、31.5、36.0、47.0 及 70.5% (表 5)。上述防治資材噴灑後 48 h 對於偽菜蚜防治效果，以 99% 礦物油稀釋 300× 及 35% 無患子濃縮液稀釋 50× 較佳。

利用飼養偽菜蚜的小白菜離葉篩選市面上 8 種常用殺蚜蟲藥劑：24.7% 賽速洛寧膠囊水懸混劑 (61.75 mg a.i. L⁻¹)、16% 可尼丁水溶性粒劑 (40.00 mg a.i. L⁻¹)、25% 賽速安水溶性粒劑 (50.00 mg a.i. L⁻¹)、20% 達特南水溶性粒劑 (10.00 mg a.i. L⁻¹)、1% 密滅汀乳劑 (6.67 mg a.i. L⁻¹)、20% 亞滅培水溶性粉劑 (33.33 mg a.i. L⁻¹)、18.2% 益達胺水懸劑 (22.75 mg a.i. L⁻¹)、50% 培丹水溶性粉劑 (500.00 mg a.i. L⁻¹)，分別於 2、4、8、24 及 48 h 後計算蚜蟲致死率。試驗結果於藥劑噴灑 48 h 後，蚜蟲致死率均可達 87% 以上 (表 6)。

表 2. 不同偽菜蚜蟲數對於傳播 TuMV、BWMV 之影響。

Table 2. Transmission efficiency of TuMV and BWYV by different numbers of *Lipaphis erysimi* Kaltenschach^z.

Number of aphid	Virus transmission efficiency ^y (%)	
	TuMV	BWYV
0	0 (0/10)	0 (0/10)
1	50 (5/10)	40 (4/10)
2	80 (8/10)	70 (7/10)
5	100 (10/10)	100 (10/10)
10	100 (10/10)	100 (10/10)
20	100 (10/10)	100 (10/10)

^z Aphid transmission was conducted with 24 h acquisition access time followed by 48 h inoculation access time.

^y TuMV: Turnip mosaic virus; BWYV: Beet western yellows virus; percentage of virus transmission: (number of plants infected/total number of plant inoculated) × 100%.

討論

台灣地區自 1961 年開始研究十字花科作物病毒病至今已近 60 年，當時調查感染蘿蔔之病毒主要有 TuMV、CMV、RaMV 等 3 種。其中，以 TuMV 發生率最高達 96%，CMV 及 RaMV 較少，低於 8% (Kou 1961; Yang 1971)。較近期的田間調查發現十字花科蔬菜病毒病害發生嚴重，極易檢出 TuMV，BWYV 感染率也很高，尤其是芥菜類及蘿蔔高達 52–87%，顯示此病毒似有寄主偏好性之現象 (Chen et al. 2000)。作者於 2018–2019 年調查簡易設施內十字花科蔬菜受病毒感染情形，由結果得

表 3. 不同獲毒或接種溫度下取食對偽菜蚜傳播 TuMV、BWMV 效率之影響。

Table 3. Transmission efficiency of TuMV and BWYV by *Lipaphis erysimi* Kaltenbach after treated at various acquisition or inoculation access temperatures.

Temperature (°C)	Virus transmission efficiency ^z (%)			
	TuMV		BWYV	
	Acquisition ^y	Inoculation ^x	Acquisition	Inoculation
15	40 (4/10)	60 (6/10)	90 (9/10)	60 (6/10)
20	80 (8/10)	90 (9/10)	100 (10/10)	90 (9/10)
25	100 (10/10)	100 (10/10)	100 (10/10)	100 (10/10)
30	80 (8/10)	60 (6/10)	40 (4/10)	60 (6/10)
35	20 (2/10)	10 (1/10)	20 (2/10)	10 (1/10)

^z TuMV: *Turnip mosaic virus*; BWYV: *Beet western yellows virus*; percentage of virus transmission: (number of plants infected/total number of plant inoculated) × 100%.

^y Turnip aphid acquired virus at different temperatures for 24 h and then inoculated virus at 25°C for 48 h.

^x Turnip aphid acquired virus at 25°C for 24 h and then inoculated virus at different temperature for 48 h.

表 4. 不同獲毒或接種時間對於偽菜蚜傳播 TuMV、BWMV 效率之影響。

Table 4. Transmission efficiency of TuMV and BWYV by *Lipaphis erysimi* Kaltenbach after various acquisition or inoculation access time.

Time	Virus transmission efficiency ^z (%)			
	TuMV		BWYV	
	Acquisition ^y	Inoculation ^x	Acquisition	Inoculation
0	0 (0/10)	0 (0/10)	0 (0/10)	0 (0/10)
1 min	30 (3/10)	10 (1/10)	-	-
2 min	70 (7/10)	10 (1/10)	-	-
5 min	80 (8/10)	20 (2/10)	-	-
10 min	100 (10/10)	60 (6/10)	-	-
30 min	100 (10/10)	80 (8/10)	0 (0/10)	0 (0/10)
1 h	100 (10/10)	100 (10/10)	20 (2/10)	20 (2/10)
6 h	-	-	20 (2/10)	30 (3/10)
12 h	-	-	40 (4/10)	60 (6/10)
24 h	-	-	70 (7/10)	60 (6/10)
48 h	-	-	100 (10/10)	80 (8/10)

^z Percentage of virus transmission: (number of plants infected/total number of plant inoculated) × 100%.

^y Acquisition access time intervals followed by 48 h inoculation access time.

^x Inoculation access time intervals after 24 h acquisition access time.

表 5. 常用非農藥防治資材對於偽菜蚜的致死率。

Table 5. Mortality of turnip aphids by using common non-chemical materials.

Control material	Dilution (×)	Mortality (%) ^z				
		2 h	4 h	8 h	24 h	48 h
35% Soap tree concentrate	50	19.0 ± 2.2	30.0 ± 1.4	33.5 ± 2.2	50.5 ± 1.7	59.5 ± 1.7
35% Soap tree concentrate	100	17.0 ± 2.2	26.0 ± 1.4	28.0 ± 1.4	48.0 ± 1.4	56.0 ± 1.4
99% Mineral oil	300	30.5 ± 1.7	35.5 ± 1.7	41.0 ± 2.2	55.0 ± 2.2	77.0 ± 2.2
99% Mineral oil	500	25.0 ± 2.2	31.5 ± 2.9	36.0 ± 2.8	47.0 ± 2.2	70.5 ± 2.9
CK (H ₂ O)		4.0 ± 1.4	5.5 ± 0.8	5.5 ± 0.8	5.5 ± 0.8	5.5 ± 0.8

^z Percentage of mortality: (number of dead turnip aphids/total number of inoculated turnip aphids) × 100%.

表 6. 8 種常用殺蚜蟲藥劑對於偽菜蚜的致死率。

Table 6. Mortality of turnip aphids by using 8 common aphicides.

Control insecticide ^y	Dilution (×)	Mortality ^z (%)				
		2 h	4 h	8 h	24 h	48 h
24.7% Thiamethoxam + Lambdacyhalothrin SC	4,000	84.1 ± 3.6	90.8 ± 1.5	96.1 ± 1.8	100.0 ± 0.5	100.0 ± 0.0
16% Clothianidin SG	4,000	63.4 ± 5.3	68.3 ± 2.8	81.4 ± 6.2	91.1 ± 3.6	97.5 ± 0.5
25% Thiamethoxam SG	5,000	66.3 ± 6.2	74.7 ± 5.5	91.6 ± 4.3	96.8 ± 1.6	98.5 ± 1.2
20% Dinotefuran SG	2,000	53.8 ± 4.5	61.9 ± 4.1	71.4 ± 3.9	81.9 ± 3.9	87.6 ± 1.7
1% Milbemectin EC	1,500	67.6 ± 3.5	77.2 ± 2.9	88.1 ± 1.8	94.5 ± 0.8	97.4 ± 0.5
20% Acetamiprid SP	6,000	79.2 ± 2.3	86.3 ± 2.8	94.5 ± 2.7	97.2 ± 2.1	100.0 ± 1.0
18.2% Imidacloprid SC	8,000	75.4 ± 1.6	87.7 ± 1.5	93.8 ± 1.1	96.5 ± 1.3	98.3 ± 0.8
50% Cartap SP	1,000	75.5 ± 1.8	85.8 ± 1.0	97.0 ± 1.5	98.3 ± 0.6	99.1 ± 0.2
CK (H ₂ O)		1.3 ± 0.1	1.3 ± 0.1	2.6 ± 0.3	6.4 ± 0.2	14.7 ± 1.0

^z Percentage of mortality: (number of dead turnip aphids/total number of inoculated turnip aphids) × 100%.

^y SC: suspension concentrates; SG: soluble granules; EC: emulsifiable concentrate; SP: soluble powder.

知白菜類、芥菜及甘藍類以 TuMV 單一感染率最高 (7–55%)，其餘仍以 BWYV 與 TuMV 複合感染居多 (0–23%)。顯示今後在釐訂病害管理措施時，必須 TuMV 及 BWYV 兩者並重。CaMV 為國外常見之十字花科病毒，長久以來在台灣未被發現，直至 Chen *et al.* (2000) 始發現，原因可能與其喜好分布於溫帶氣候及少數幾種蔬菜 (蕪菁 turnip、結球白菜 chinese cabbage) 上，且其發生頻度極低有關 (Farzadfar *et al.* 2004)。在作者本次研究調查的 CaMV 發生率亦低於 2%，且發生的作物為中海拔地區栽培之結球白菜 (*B. rapa* subsp. *pekinensis*)，結果與之相呼應。

十字花科、菊科、禾本科作物或雜草上常見的 5 種蚜蟲，棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、無肘脈蚜 (*Hysteroneura setariae* Thomas)、偽菜蚜 (*L. erysimi* Kaltentbach)、桃蚜 (*Myzus persicae*)、白尾紅蚜 (*Urolecon formosanus* Takahashi) 中，根據作者 2015–2019 年於高屏地區調查十字花科蔬菜蚜蟲為害種類，其中以偽菜蚜危害為主，故本研究嘗試以偽菜蚜作為 BWYV 及 TuMV 2 種病毒之病毒傳播媒介，用以探討蚜蟲在不同病毒之傳毒行為。由結果顯示，以 1 隻帶 TuMV 蚜蟲餵食健康小白菜、葉用蘿蔔，10 d 後即可出現病徵，同時接種 5 隻帶 TuMV 蚜蟲，傳毒率可達 100%。蚜

蟲獲毒溫度或接種溫度為 25°C 時，傳毒率皆可達 100%。根據試驗結果，25°C 為偽菜蚜獲取 TuMV 及接種時的最適溫度。

以人工接種方式接種 BWYV 分離病毒株為偽菜蚜的獲毒來源，以 1 隻帶有 BYWV 蚜蟲即可傳播病毒，5 隻傳毒效率則可達 100%。當蚜蟲獲毒溫度為 20°C 或接種溫度為 25°C 時，傳毒效率可達 100%。蚜蟲取食帶毒植株 1 h 即可獲毒，若取食時間達 48 h 以上，傳毒效率可達 100%。BWYV 蚜媒傳播會受溫度影響，隨溫度增高，傳毒率上升，直至 25°C 達到 100%，但超過 30°C 則明顯下降。結果顯示，偽菜蚜獲取 BWYV 及接種時的最適溫度為 20–25°C。

Gray *et al.* (1991) 曾指出不同蚜蟲種類之 accessory salivary gland 與病毒受體間的親和力有些許差異，其中以桃蚜及偽菜蚜傳毒效率皆可達 100%。又由 BWYV 的蚜蟲傳播試驗結果得知，蚜蟲傳播方式是 BWYV 的病毒傳播特性，並符合 *Luteovirus* 病毒群以循環式 (circulative) 非增殖型 (non-propagative) 方式進行病毒傳播的特性 (Sylvester 1980; Barker & Smith 1999; Hooks & Fereres 2006)。

罹染病毒的十字花科蔬菜目前仍無防治藥劑可供應用，田間管理策略則採用種植健康種苗、注重田間衛生、及時清除病株與周邊其他

寄主，以及適時防治媒介昆蟲為主。本研究利用白菜離葉測試市面上 8 種合格推薦於十字花科使用的常用殺蚜蟲藥劑，顯示 24.7% 賽速洛寧膠囊水懸混劑 (61.75 mg a.i. L⁻¹)、16% 可尼丁水溶性粒劑 (40.00 mg a.i. L⁻¹)、25% 賽速安水溶性粒劑 (50.00 mg a.i. L⁻¹)、20% 達特南水溶性粒劑 (10.00 mg a.i. L⁻¹)、1% 密滅汀乳劑 (6.67 mg a.i. L⁻¹)、20% 亞滅培水溶性粉劑 (33.33 mg a.i. L⁻¹)、18.2% 益達胺水懸劑 (22.75 mg a.i. L⁻¹)、50% 培丹水溶性粉劑 (500.00 mg a.i. L⁻¹) 於噴灑 48 h 後，偽菜蚜防治率均可達 87% 以上。以清潔劑及油類等非農藥防治植物保護資材評估對於偽菜蚜的防治效果，以 35% 無患子濃縮液稀釋 50× 及 99% 礦物油稀釋 300× 的蚜蟲防治率較佳。非農藥防治資材的防治效果無法達到立即見效，而是逐步將害蟲族群壓制降到一定密度以下，使生態環境導至到平衡狀態，兼顧農業生產及生態環境的永續性。作者於試驗期間在種子播種或種植後懸掛黃色粘紙誘殺中小型昆蟲，並於播種後 2 葉本葉長出後配合噴施上述合格推薦藥劑，可有效降低簡易網室中蚜蟲數量，降低病毒病害發生率。因此，建議於生長中期可選用中安全容許量之藥劑，愈接近採收期宜選擇、噴施安全採收期短之藥劑，以達到安全用藥的防治策略，可提供農民參考應用。

引用文獻

- Anjum, N. A., I. Ahmad, M. E. Pereira, A. Duarte, S. Umar, and N. A. Khan. 2012. The Plant Family Brassicaceae: Contribution Towards Phytoremediation. Springer Press. Dordrecht, Netherlands. 342 pp.
- Barker, H. and H. G. Smith. 1999. The Luteoviridae. CABI Publishing. Wallingford, UK. 297 pp.
- Brunt, A. A., K. Crabtree, M. J. Dallwitz, A. J. Gibbs, and L. Watson. 1996. Viruses of Plants. Descriptions and Lists from the VIDE Database. CAB Press. Wallingford, UK. 1484 pp.
- Chen, M. C. 1975. Electron microscopic study on mosaic virus diseases of cruciferous vegetable crops. Plant Prot. Bull. 17:319–328. (in Chinese with English abstract)
- Chen, T. H., S. F. Wu, T. J. Chen, and H. L. Chen. 2000. Occurrence and serodiagnosis of virus diseases of crucifers in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 9:39–46. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.200006_9(2).0001
- Chen, T. H. 2003. Occurrence, identification, aphid transmission and ecology of *Beet western yellows virus* in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 12:43–56. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.200303_12(1).0006
- Chen, Y. K., Y. S. Chang, and H. J. Bau. 2011. First report of *Turnip ringspot virus* in field mustard (*Brassica chinensis*) in Taiwan. Plant Dis. 95:1036. doi:10.1094/PDIS-03-11-0224
- Duffus, J. E. 1960. Radish yellows, a disease of radish, sugar beet, and other crops. Phytopathology 50:389–394.
- Farzadfar, S., R. Pourrahim, A. R. Golnaraghi, S. Jala-li, and A. Ahoonmanesh. 2004. Occurrence of *Radish mosaic virus* on cauliflower and turnip crops in Iran. Plant Dis. 88:909. doi:10.1094/PDIS.2004.88.8.909A
- Gladders, P. 1987. Current status of diseases and disease control in winter oilseed rape in England and Wales. Bull. SROP 10(4):7–10.
- Gray, S. M., A. G. Power, D. M. Smith, A. J. Seaman, and N. S. Altman. 1991. Aphid transmission of barley yellow dwarf virus: Acquisition access periods and virus concentration requirements. Phytopathology 81:539–545. doi:10.1094/Phyto-81-539
- Green, S. K. and T. C. Deng. 1985. *Turnip mosaic virus* strains in cruciferous hosts in Taiwan. Plant Dis. 69:28–31. doi:10.1094/PD-69-28
- Hill, S. A., A. Lane, and N. V. Hardwick. 1989. The incidence and importance of beet western yellows in oilseed rape. Asp. Appl. Biol. 23:311–318.
- 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. doi:10.1016/j.virus-res.2006.02.006
- Kou, T. T. 1961. A mosaic disease of radish. Bot. Bull. Acad. Sin. 2:51–61.
- Lin, C. C. and L. S. Lian. 1983. Comparative cruciferous host symptoms of *Turnip mosaic virus* isolated in Taiwan. Jour. Agric. Res. China 32:367–372. doi:10.29951/JARC.198312.0008
- Lister, R. M. 1958. Some turnip viruses in Scotland and their effect on yield. Plant Pathol. 7:144–146. doi:10.1111/j.1365-3059.1958.tb00854.x
- Stobbs, L. W. and I. Shattuck. 1989. *Turnip mosaic virus* strains in southern Ontario, Canada. Plant Dis. 73:208–212. doi:10.1094/PD-73-0208

- Sylvester, E. S. 1980. Circulative and propagative virus transmission by aphids. *Ann. Rev. Entomol.* 25:257–286. doi:10.1146/annurev.en.25.010180.001353 (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.201406_23(2).0005
- Wang, C. C., Y. S. Chang, and Y. K. Chen. 2014. Characterization of the Taiwan isolate of *Radish mosaic virus*. *Bull. Plant Pathol.* 23:139–158.
- Yang, S. J. 1971. Studies on Virus Disease of Radish in Taiwan. Master Thesis, Department of Plant Pathology & Entomology, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 84 pp. (in Chinese with English abstract)

Occurrence and Aphid Transmission of Important Virus Diseases in Cruciferous Vegetables

Li-Yu Tsao^{1,*}

Abstract

Tsao, L. Y. 2021. Occurrence and aphid transmission of important virus diseases in cruciferous vegetables. *J. Taiwan Agric. Res.* 70(2):98–107.

Symptoms of suspected virus infection in cruciferous vegetable fields mainly include symptoms of leaf mosaic, mottle, yellows, vein necrosis, vein enation, and stunting. This study used virus sera of *Beet western yellows virus* (BWYV), *Cauliflower mosaic virus* (CaMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Radish mosaic virus* (RaMV), *Turnip mosaic virus* (TuMV), *Turnip ring spot virus* (TuRSV) with indirect enzyme-linked immunosorbent assay (indirect ELISA) to investigate the infection ratio of different viruses in the simple facilities. Among them, the detection rate of 6 viruses was the highest with TuMV, followed by BWYV. The most effective mixed-virus infections were BWYV and TuMV. The above 6 sera and indirect ELISA analysis were also used to detect seed grinding liquids of a total of 27 varieties and 40 lots of cruciferous vegetables, including heading Chinese cabbage, non-heading Chinese cabbage, cabbage, rape, mustard, Chinese kale, cauliflower, broccoli and radish. Results showed that no virus was detected. The leaf mustard or leaf radish inoculated with the TuMV single-spot isolated strain or BWYV by artificial inoculation method was used as a source of virus for the turnip aphid (*Lipaphis erysimi* Kalténbach) to study the transmission characteristics. Symptoms appeared after 10 d of inoculation when a radish leaf was inoculated one turnip aphid with TuMV. The TuMV transmission efficiency can reach to 100% when 5 aphids were inoculated at the same time. When the acquisition and inoculation temperature of turnip aphid was at 25°C, the virus transmission efficiency can reach 100%. The transmission efficiency can reach 100% when the acquisition access time for aphids was 10 min. The virus transmission efficiency reached 100% when the aphid inoculation access time was 60 min. By inoculating BWYV isolates with artificial inoculation as a source of virus for turnip aphid, the efficiency of virus transmission can reach 100% when 5 aphids with BYWV were used to spread the virus. As the acquisition temperature of turnip aphid was set at 20°C, the virus transmission efficiency can reach 100%. When the inoculation temperature was 25°C, the virus transmission efficiency can reach 100%. The transmission efficiency can reach 100% when the acquisition access time was more than 48 h. Using pakchoi leaves to test 8 commonly insecticides found in the market, the aphids control rate can reach 87% or more after spraying 24.7% Thiamethoxam + Lambda-cyhalothrin suspension concentrates (SC), 16% Clothianidin soluble granules (SG), 25% Thiamethoxam SG, 20% Dinotefuran SG, 1% Milbemectin emulsifiable concentrate (EC), 20% Acetamiprid soluble powder (SP), 18.2% Imidacloprid SC, and 50% Cartap SP for 48 h, respectively. Non-pesticide control plant protection materials such as detergents and oils were used to evaluate the control effect on aphids, it showed that the better aphid control rate was found by spraying with 50× of 35% soap tree concentrate and 300× of 99% mineral oil.

Key words: Cruciferous vegetable, *Turnip mosaic virus*, *Beet western yellow virus*, Aphid transmission.

Received: December 4, 2020; Accepted: January 27, 2021.

* Corresponding author, e-mail: tsly@fthses-tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellow, Department of Plant Protection, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.