

臺灣番茄病毒病介紹～以黃化捲葉病毒病為例

戴振洋、趙佳鴻

摘要

根據100年統計資料台灣番茄栽培面積有4,817公頃，產量共122,870公噸。影響番茄生產之主要病害有青枯病、細菌性斑點病、根瘤線蟲及病毒病，其中以病毒病為害最大。番茄主要病毒病有：番茄嵌紋病毒(Tomato mosaic virus；ToMV)、胡瓜嵌紋病毒(Cucumber mosaic virus；CMV)、番茄黃化捲葉病毒(Tomato yellow leaf curl virus；TYLCV)、馬鈴薯病毒Y(Potato virus Y；PVY)及番茄斑點萎凋病毒(Tomato spotted wilt virus；TSWV)。近年來，以經由銀葉粉蝨傳播之番茄「世紀黑死病」—番茄黃化捲葉病發生最為普遍，由於病毒感染番茄後並無適當藥劑提供防治。因此，此病毒已成為台灣番茄產業發展之限制因子。

番茄黃化捲葉病毒為雙生病毒科Begomovirus屬，是由兩個二十面體所組成雙生粒子，大小約18×30 nm，其病毒顆粒中包含環狀的單股DNA基因體，為單一基因體，其DNA大小約2800個核酸。此病毒在台灣Begomovirus屬(豆類金黃嵌紋病毒屬)病毒中有4種病毒可感染番茄，分別為AYVHuV(Ageratum yellow vein Hualien virus)、ToLCHsV(Tomato leaf curl Hsinchu virus)、ToLCTWV(Tomato leaf curl Taiwan virus；台灣種)、TYLCTHV(Tomato yellow leaf curl Thailand virus；泰國種)。其中致病性以泰國種病毒最強，而台灣發生之黃化捲葉病以純泰國種及泰國種/台灣種之混合感染為主，故台灣番茄罹患此病較嚴重。罹染此病毒之病徵為植株嚴重矮化新生之芽呈直立狀；嫩葉葉面積減少、扭曲摺疊及葉片朝上捲起、變形；從葉緣及中肋附近之區域明顯地黃化，花枯萎之現象。罹病植株結果很少，尤其在開花期以前，罹染此病毒幾乎無法結果，且所結之果實也因品質不佳，無商品價值。番茄黃化捲葉病防治方法主要為1.選用抗病品種(加強抗病育種)；2.選用健康種苗、加強苗期管理，以避免早期感染；3.田間衛生管理，如發現病株應及早拔除，以免快速傳播；4.誘捕及監測，利用黃色黏板誘捕媒介昆蟲，並可監測蟲口密度，如蟲數增加時，可及時進行化學藥劑防治；5.以化學藥劑防治媒介昆蟲如蚜蟲、薊馬及引起番茄捲葉病毒病之銀葉粉蝨，減少傳播機率。

番茄病毒病在台灣各番茄栽培地區已嚴重為害，形成影響番茄經濟栽培收益的最主因之一，而病毒病害迄今無法以藥劑防治，最主要以針對病毒的傳播媒介昆蟲銀葉粉蝨加強防治，同時進行綜合病蟲害防治管理，長遠目標已育成抗病品種，為最經濟有效且符合環境友善的目標。

前言

根據100年統計資料台灣番茄栽培面積有4,817公頃，產量共122,870公噸。影響番茄生產之主要病害有青枯病、細菌性斑點病、根瘤線蟲及病毒病，其中以病毒病為害最大。番茄主要病毒病有：番茄嵌紋病毒(Tomato mosaic virus；ToMV)、胡瓜嵌紋病毒(Cucumber mosaic virus；CMV)、番茄黃化捲葉病毒(Tomato yellow leaf curl virus；TYLCV)、馬鈴薯病毒Y(Potato virus Y；PVY)及番茄斑點萎凋病毒(Tomato spotted wilt virus；TSWV)。近年來，以經由銀葉粉蝨傳播之番茄「世紀黑死病」—番茄黃化捲葉病發生最為普遍，由於病毒感染番茄後並無適當藥劑提供防治。因此，此病毒已成為台灣番茄產業發展之限制因子。影響番茄生產之主要病蟲害有青枯病、細菌性斑點病、根瘤線蟲及病毒病，其中以病毒危害最大。除了番茄嵌紋病毒由機械傳播外，其餘五種病毒均可經由媒介昆蟲傳播，胡瓜嵌紋病毒及馬鈴薯病毒Y可經由蚜蟲傳播，番茄黃化捲葉病毒只經由一種媒介昆蟲，即銀葉粉蝨傳播，西瓜銀斑病毒及番茄斑點萎凋病毒經由薊馬所傳播。早在19世紀60年代，以色列等國就有報導。隨著全球氣候的變化、農業耕作制度的改變、國際間貿易活動的迅速等，致使銀葉粉蝨在世界各地擴散，TYLCV在全球番茄園大面積爆發流行，番茄生產上引起嚴重危害。據初步統計，至少已有39個國家的番茄正在遭受此類病毒的危害。本文擬針對臺灣番茄病毒病~以黃化捲葉病毒病為例加以介紹，以降低其對臺灣番茄產業之傷害。

內容

一、臺灣番茄病毒病種類介紹

目前影響台灣番茄生產之主要病害有青枯病、細菌性斑點病、根瘤線蟲及病毒病，其中以病毒病為害最大。常見番茄主要病毒病有：番茄嵌紋病毒(Tomato mosaic virus；ToMV)、胡瓜嵌紋病毒(Cucumber mosaic virus；CMV)、番茄黃化捲葉病毒(Tomato yellow leaf curl virus；TYLCV)、馬鈴薯病毒Y(Potato virus Y；PVY)及番茄斑點萎凋病毒(Tomato spotted wilt virus；TSWV)。各類病毒病依其發病病徵主要可分為：(一)黃化捲葉病毒病：植株矮化，頂部葉片褪綠發黃、變小，葉片增厚，邊緣上捲。(二)蕨葉病毒病：部分葉片變成條狀，中下部葉片向上微捲，花瓣增大，不能正常開花。(三)花葉病毒病：葉片上出現黃綠相間或深淺相間的斑駁，葉脈透明，葉片略有皺縮。(四)條斑病毒病：果實表面出現凹凸、失綠、僵硬的黑褐色斑塊，最後壞死，不能正常紅熟。

胡瓜嵌紋病毒，馬鈴薯Y病毒，菸草嵌紋病毒及番茄嵌紋病毒在葉片上皆會產生嵌紋或斑駁病徵。西瓜銀斑病毒則會在葉片上造成壞疽缺綠及扭曲變形，整株萎凋，枝條凹陷斑點，壞疽植株生長不良，影響收成。但上述病毒在台灣都屬小區域，零星發生，造成農業損失較小；而以番茄黃化捲葉病在台灣番茄病毒中造成農業損失最嚴重。

二、番茄黃化捲葉病毒病

番茄黃化捲葉病於1960年代首先發生於以色列及約旦地區，直到今日番茄黃化捲葉病毒已廣泛分佈於世界各地，許多重要的經濟栽培地區皆有此病毒的危害報告。近年來以可經由銀葉粉蝨傳播之番茄「世紀黑死病」—番茄黃化捲葉病在台灣已普遍發生，由於病毒病害感染作物後並無適當藥劑提供防治。因此，此病毒成為台灣番茄生產之限制因子之一。番茄捲葉病毒為雙生病毒科，Begomovirus屬，是由兩個二十面體所組成雙生粒子，大小約18×30 nm，其病毒顆粒中包含環狀的單股DNA基因體，為單一基因體，其DNA大小約2800個核酸。罹染此病毒之病徵為植株嚴重矮化新生之芽呈直立狀；嫩葉葉面積減少、扭曲摺疊及葉片朝上捲起、變形；從葉緣及中肋附近之區域明顯地黃化，花枯萎之現象。罹病植株結果很少，尤其在開花期以前罹染此病毒幾乎無法結果且所結之果實也因品質不佳，無商品價值。番茄黃化捲葉病毒在台灣Begomovirus屬(豆類金黃嵌紋病毒屬)病毒中有4種病毒可感染番茄，分別為AYVHuV (*Ageratum yellow vein Hualien virus*) ToLCHsV (*Tomato leaf curl Hsinchu virus*)、ToLCTWV (*Tomato leaf curl Taiwan virus*；台灣種)、TYLCTHV (*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*；泰國種)。其中致病性以泰國種病毒最強，而台灣發生之黃化捲葉病以純泰國種及泰國種/台灣種之混合感染為主，故台灣番茄罹患此病較嚴重。



三、番茄捲葉病毒傳播

引起番茄捲葉病毒病之傳播媒介昆蟲為銀葉粉蝨，為減少傳播機率，降低在台灣各番茄栽培地區為害，最主要以針對病毒的傳播媒介昆蟲銀葉粉蝨加強防治，同時進行綜合病蟲害防治管理，首要為了解銀葉粉蝨在番茄捲葉病毒傳播行為及能力：(一)雌粉蝨及雄粉蝨傳播病毒效力：經過餵毒過粉蝨接種於健康植株48小時，結果雌蟲傳播率為32%(133株有43株感染)，而雄蟲為5%(105株有5株感染)，即雌蟲傳播率高於雄蟲。(二)雌粉蝨隻數及感染率之關係：經過餵毒過粉蝨接種於健康植株48小時，結果每株接種3隻者感染率為83%，接種5隻者感染率為84%，接種10隻者感染率為86%，接種15隻者感染率為100%，即每株接種3隻者感染率為80%以上，但如需達到100%感染仍須接種15隻雌粉蝨。(三)餵毒期間與感染率：不同餵毒時間之20~25隻雌粉蝨接種48小時後，結果餵毒15分鐘為0%，30分鐘為27%，60分鐘為33%，120分鐘為57%，240分鐘為93%，24小時為80%，即240分鐘餵毒後其感染率最高。(四)接種期間與感染率：經過餵毒過20~25隻接種之雌粉蝨於不同健康植株，接種15分鐘為0%，30分鐘為6%，60分鐘為47%，120分鐘為47%，即需接種60分鐘以上後，即能傳病毒。(五)病毒在粉蝨之潛伏

期：經過餵毒過粉蝨3小時或21小時後，每隔3小時接種，結果餵毒過粉蝨3小時者，27小時後即可感染；而21小時後者，24小時後即可感染，而感染率最高者皆為48小時。(六)粉蝨保毒期間：粉蝨經過餵毒過18小時後，可保持傳染病毒10~15天，最長可達20天。(七)若蟲之傳病能力：在罹病曼陀羅餵毒過之粉蝨若蟲化蛹，置於培養皿棉花上化蛹24小時後置於健康曼陀羅48小時後，結果28%存活之粉蝨有感染能力。(八)人工機械接種：將新罹病葉片汁液稀釋4倍蒸餾水，以人工或針刺進行接種，結果皆無法以人工機械接種。

四、番茄黃化捲葉病毒病防治

番茄黃化捲葉病防治方法主要為選用抗病品種、選用健康種苗、加強苗期管理、田間衛生管理、誘捕及監測媒介昆蟲、及時進行化學藥劑防治，減少黃化捲葉病毒傳播機率。

(一) 抗病育種：

黃化捲葉病毒病主要經由銀葉粉蝨傳播，而銀葉粉蝨繁殖能力強且防治不易，因此想要利用切斷傳播途徑來預防該病毒具有相當的難度。已發現國外有些品種有明顯的抗、耐病效果，大多數為野生品種，野生番茄材料中含有抗TYLCV的基因(表)如智利番茄(*Lycopersicon chilense*)、秘魯番茄(*Lycopersicon peruvianum*)、多毛番茄(*Lycopersicon hirsutum*)、醋栗番茄(*Lycopersicon pimpinellifolium*)及契斯曼尼番茄(*Lycopersicon cheesmanii*)。研究表明番茄普通栽培種(*Lycopersicon esculentum*)不存在抗性基因，僅少量的品系對TYLCV表現出一定的耐性。番茄抗黃化捲葉病毒病資源材料的篩選，可以為育種提供親本材料，為選育多抗品種奠定基礎，但雜交不易，故育種工作仍是一條漫長的路。

表 12. 2006~2008 年亞蔬中心育成抗番茄捲葉病毒病的鮮食番茄雜交一代品種之特性及合作機構

Table 12. The characters of new released tomato leaf curl virus resistant fresh market hybrids and cooperative DARES in AVRDC breeding program, 2006~2008.

品種	類別	株型	產量 (t/ha)	單果重 (g)	可溶性 固形物 (°Brix)	抗病 ¹ 基因	其他 ² 特性	推廣 面積 (ha)	合作 單位
種苗亞蔬 十五號	大果	非停 心型	57	120	4.44	Ty-2	ToMV, BW, F-1, HT	5	種苗場
花蓮亞蔬 十八號	大果	非停 心型	64	200	5.50	Ty-2	ToMV, BW, F-1, MHT	25	花蓮場
台南亞蔬 十九號	小果	半停 心型	55	13.5	6.85	Ty-2	ToMV, F-1, F-2, HT	147	台南場
桃園亞蔬 二十號	大果	非停 心型	62	180	4.90	Ty-2	ToMV, BW, F-1, F-2, MHT	8	桃園場
花蓮亞蔬 二十一號	小果	非停 心型	68	13.5	7.18	Ty-2	ToMV, BW, F-1, F-2, MHT	76	花蓮場
種苗亞蔬 二十二號	小果	半停 心型	65	15	6.40	Ty-2	ToMV, F-1, F-2, HT	20	種苗場
FMTT1116	大果	非停 心型	72	200	4.50	Ty-2	ToMV, BW, F-1, F-2, MHT	5	花蓮場

備註：1. Ty-2：抗番茄捲葉病毒(具 Ty-2 基因)

2. ToMV：抗番茄嵌紋病毒，具 *Tm-2^o* 基因；BW：抗青枯病；F-1：抗萎凋病小種 1；F-2：抗萎凋病小種 2；HT：耐熱性強；MHT：耐熱性中等

(二) 加強苗期管理：

即使外表無任何徵狀之帶病種苗往往於生育初期即呈現明顯病徵，造成植株生長遲緩、產量與品質嚴重低落，進而引發病害大面積散播。網室內，不同生長期接種病毒對番茄在病徵初次出現之日數之影響，因品種不同差異頗大，聖女品種番茄之株高在移植後44~58天等生育期受病毒感染與否之影響極顯著，但移植後66天受病毒感染與否之影響不顯著；農友301品種番茄之株高在移植後51天受病毒感染與否之影響顯著，但移植後58~66天受病毒感染與否之影響不顯著；西施、亞蔬33號及亞蔬6號三個品種番茄在移植後44~66天，株高並不受病毒感染影響。不同生長時期之番茄植株，分別接種不同隻帶黃化捲葉病毒之銀葉粉蝨，在20天及40天番茄生育期，植株罹病及病徵表現有一致性，而植株生育期60天，病徵表現低於罹病率。即如在苗期或定植初期如能加強生育初期栽培管理，將能有效減少病毒感染，影響生育後期及產量。

表 1. 銀葉粉蝨傳播番茄捲葉病毒試驗

Table 1. Transmission test of TYLCV by whitefly.

植株生育期	20 天			40 天			60 天		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
接種蟲數(隻)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
植株病毒檢出率%	56	96	100	70	100	100	63	89	96
植株罹病率%	56	96	100	70	100	100	59	85	78

(三) 田間衛生管理：

除了培育及使用無病毒苗。在遠離病害發生的地；應及時監測和防治銀葉粉蝨。由於銀葉粉蝨生育短且傳毒快，如發現有銀葉粉蝨時，應及時防治；初期發現病株及時清除，減少病毒源。因此當發現植株感染病毒應立即拔除，此外良好通風與日照環境、適度減少氮肥施用、清除雜草、及經常更換農藥等，有助於提高施藥效果及降低族群密度。

(四) 誘捕及監測：

許多研究顯示銀葉粉蝨對於黃色具有偏好性，目前已有商品化黃色黏紙可誘捕粉蝨。黏紙除可誘捕粉蝨成蟲外亦可作為監測族群密度指標，擺放高度以1公尺以內較佳(注意黏性及更新)，間隔距離需短，當族群密度超過警戒時必須立即進行藥劑防治。此外，由於銀葉粉蝨的寄主範圍非常廣，在臺灣幾乎各種科別植物多為其寄主，其中以聖誕紅、洋香瓜、胡瓜、南瓜、番茄、花椰菜、菜豆、毛豆等植物危害最為嚴重，此可能與寄主植物揮發性成分具有誘引作用及較適合粉蝨大量繁殖發育有關。以銀葉粉蝨危害廣大作物之觀點，意味其相當飢不擇食或嗅覺靈敏或相當誘引，因此若能探討寄主植物成分及開發化學超強誘引劑配合黏蟲紙或誘捕盒，將展現極大控制銀葉粉蝨成效。

(五) 拔除罹病植株及化學防治：

因銀葉粉蝨全身披覆蠟粉且易產生抗藥性，雖然防治銀葉粉蝨的農藥常推陳出新，但其價格昂貴、使用藥量若稍有不足將無法達到完善的防治效果。因此合理化的使用殺蟲劑管理銀葉粉蝨的密度，是延緩其抗藥性發生。銀葉粉蝨對殺蟲劑的感受性因蟲齡或區域性而有不同，農試所曾進行洋香瓜上銀葉粉蝨為對象，在實驗室內以9.6%益達胺溶液1500倍、2.8%畢芬寧乳劑1000倍、11%百利普芬乳劑1000倍、2%阿巴汀乳劑2000倍、25%派滅淨可濕性粉劑1200倍、10%克凡派水懸劑1000倍、2.4%第滅寧水懸劑1000倍、10%賽速安水溶性粒劑4000倍、25%布芬淨可濕性粉劑1000倍、20%達特南水溶性粒劑3000倍、16%可尼丁水溶性粒劑3000倍、10%氟尼胺水分散劑4000倍、2.1%因滅汀乳劑2000倍及3.5%魚藤精乳劑500倍等14種藥劑稀釋液，測試採集自雲林崙背地區及台南安南地區，洋香瓜上銀葉粉蝨之成蟲、若蟲及卵的毒效。結果顯示11%百利普芬乳劑1000倍殺卵效果最佳達90%以上，其他藥劑對銀葉粉蝨殺卵效果甚低。對若蟲的毒性測定，供試藥劑中僅有以3.5%魚藤精乳劑處理崙背地區蝨1-2齡及3-4齡若蟲經72小時後死亡率分別83%及98.7%，其餘供試藥劑處理後粉蝨若蟲死亡率均低於30%。安南地區粉蝨1-2齡若蟲則以3.5%魚藤精乳劑處理經72小時後死亡率為45.6%，其餘藥劑處理後粉蝨若蟲死亡率均低於10%。結果顯示不同地區粉蝨若蟲對殺蟲劑的感受性不同，以崙背地區粉蝨的感受性較高。但魚藤精目前並未登記使用於洋香瓜。對成蟲的毒效測定，以2.1%因滅汀乳劑、2%阿巴汀乳劑、10%氟尼胺水分散劑、3.5%魚藤精乳劑及2.8%畢芬寧乳劑處理經24小時，粉蝨成蟲死亡率依序為97.1、94.9、72.2、67.6%及63.9%，其餘藥劑處理24小時粉蝨死亡率低於60%。但部分藥劑並無推薦在番茄上使用，使用前應查詢清楚。銀葉粉蝨寄生性天敵約有50種，常見有寄生蜂，如東方蚜小蜂(*Eretmocerus orientalis*)、黃小蜂(*Prospaltella smithi*)、黑小蜂(*Amitus hesperidum*)等。銀葉粉蝨捕食性天敵約有110種，常見有瓢蟲，如小黑瓢蟲(*Delphastus catalinae*)、小毛瓢蟲(*Nephaspis oculatus*)；草蛉，如基徵草蛉(*Mallada basalis*)；捕食蟎，如卵形捕植蟎(*Amblyseius ovalis*)、溫氏捕植蟎(*A. womersleyi*)及多齒捕植蟎(*A. multidentatus*)等。雖然利用天敵防治害蟲為最環保方式之一，但研究顯示天敵防治費用約較農藥防治高3倍。

表二、茄科作物上銀葉粉蝨防治藥劑

藥劑名稱	稀釋倍數	安全採收期	作用機制	備註
10.4%貝賽益達胺水懸劑	2,000	採收前6天停止施藥	3A+4A	
20%亞滅培水溶性粉劑	4,000	採收前6天(設施栽培12天)停止施藥	4A	
20%達特南水溶性粒劑	3,000	採收前3天停止施藥	4A	限番茄
40.4%賽果培水懸劑	3,300	採收前10天停止施藥	4A	限番茄
10%氟尼胺水分散性粒劑	3,000	採收前6天(設施栽培12天)停止施藥	9C	限番茄

結語

番茄病毒病在台灣各栽培番茄地區發生嚴重，已經成為影響番茄栽培經濟收益的最主因，而病毒病害迄今無法以藥劑防治。最主要的病毒傳播媒介昆蟲銀葉粉蝨加強防治，同時進行綜合病蟲害防治管理，長遠目標已育成抗病品種，為最經濟有效且符合環境友善的目標。

參考文獻

1. 張新吉 1998 番茄病毒之抗病育種(上) 台灣之種苗 40:30-44。
2. 張新吉 1998 番茄病毒之抗病育種(下) 台灣之種苗 41:25-44。
3. 許方程、鄭永利、李芳芳、吳永漢、王曉峨、陳文華 2010 番茄曲葉病毒病的識別與綜合防治 中國蔬菜 2010(1): 26-27。
4. 陳任芳 2003 番茄病毒病防治對策 花蓮區農業專訊 44: 24-25。
5. 彭瑞菊、鄭安秀 2003 台南區番茄病毒病的種類及分佈 台南區農業專訊 44: 15-18。
6. 葉青靜、楊悅儉、王榮青、李志邈、阮美穎、周國治、姚祝平 2009 番茄抗黃化曲葉病育種研究進展 中國農業科學 42(4): 1230-1242。
7. Accotto G. P., Bragaloni M., Luison D., Davino S. and M. Davino. 2003. First report of tomato yellow leaf curl virus(TYLCV) in Italy. Plant Pathology 52:799.
8. Delatte H., Holota H., Reynaud B. and J. Dintinger. 2006. Characterisation of a quantitative resistance to vector transmission of tomato yellow leaf curl virus in *Lycopersicon pimpinellifolium*. European Journal of Plant Pathology 114: 245-253.
9. Navot N., Ber R. and H. Czosnek. 1989. Rapid detection of tomato yellow leaf curl virus in squashes of plants and insect vectors. Phytopathology 79: 562-568.

10. Pico B., Ferriol M., Diez M and F.Nuez. 1999. Developing tomato breeding lines resistant to tomato yellow leaf curl virus. *Plant Breeding* 118:537-542.
11. Pico B., Sifres A., Elia M., Diez M. J. and F. Nuez. 2000. Searching for new resistance sources to tomato yellow leaf curl virus within a highly variable wild *Lycopersicon* genetic pool. *Acta Physiologiae Plantarum* 22(3): 344-350.
12. Polston J. E., Rosebrock T. R., Sherwood T., Creswell T. and P. J. Shoemaker. 2002. Appearance of Tomato yellow leaf curl virus in North Carolina. *Plant Disease* 86(1):73