

番茄抗黃化捲葉病毒病種原篩選¹

林煜恆²、張瑞炘³

摘 要

番茄為臺灣重要之果菜類蔬菜，栽培時常因番茄黃化捲葉病毒(*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV)誘發之番茄黃化捲葉病毒病(Tomato Yellow Leaf Curl Disease, TYLCD)，造成嚴重之產量及品質下降。臺灣番茄抗TYLCD育種皆以黑柿及小果番茄為研究重心，因此其對於TYLCD之抗病性較強，然全紅番茄品種多為國外進口且不耐TYLCD，故幾乎無法於露地大規模栽種。本研究目標為選育適合於臺灣栽種且抗番茄黃化捲葉病毒之全紅番茄品種，於2015年自國內、外蒐集番茄53個品種，並於亞蔬-世界蔬菜研究中心利用銀葉粉蝨接種TYLCV，進行種原抗病性檢定。所有品種於接種病毒後14天皆可於葉片中檢測出病毒DNA，其中11個番茄品種於接種後28天並無病徵表現，移植田間後生長發育及結果皆表現正常，又以帶有Ty1及Ty3抗病基因之番茄品種之抗病性最佳，未來將作為番茄抗TYLCD育種之重要親本材料。

關鍵詞：番茄、抗病育種、番茄黃化捲葉病毒、番茄黃化捲葉病

前 言

番茄(*Solanum esculentum* Mill.)果實因其營養價值及多用途性，為世界重要的果菜類蔬菜。番茄生長過程中易發生許多病害，近年來又以番茄黃化捲葉病毒(Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)所引發之番茄黃化捲葉病毒病(Tomato yellow leaf curl disease, TYLCD)最為嚴重⁽²⁾，常對熱帶及亞熱帶地區的番茄生產造成100%的經濟損失。

番茄黃化捲葉病最早於1930年在以色列被發現，1964年以色列發表第一篇正式的報告。TYLCD為近年來影響世界番茄生產的嚴重病害之一⁽²⁾，隨著世界貿易的擴展及番茄栽培面積的增加，此病害已快速擴散至許多熱帶及亞熱帶國家⁽¹⁴⁾，日本也於1998年首度發現此病害⁽⁹⁾，故知此病害已有向溫帶國家蔓延之趨勢。誘發番茄黃化捲葉病毒病之病原菌為番茄黃化捲葉病毒，TYLCV為一病毒族群之統稱，這一類病毒族群包括許多不同的生理小種，番茄植株感染這些生理小種後，會產生相同或相似之病徵，一般番茄植株感染TYLCV之初期，生長點輕微黃化、捲曲；感染中期小葉嚴重黃化、變形及縮小；感染後期節間縮短、植株萎縮⁽¹⁰⁾，不同生理小種可藉由基因組序列之差異而區分。

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0908 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

³財團法人國際發展基金會技師。

除使用抗病品種之外，尚無防治TYLCD之有效方式，因而抗病品種之育成為解決此病害之根本之道。Levy和Lapidot (2008)使用兩種感病及五種抗病番茄品種，分別於苗齡14、28、45天以獲毒粉蝨接種，顯示植株病徵表現與接種苗齡無關，但與植株抗病性有關。目前已發現五種抗TYLCV之野生番茄種原，分別為*Solanum pimpinlifolium*、*Solanum chilense*、*Solanum cheesmaniae*、*Solanum peruvianum*與*Solanum habrochaites*^(1,6,15)。以色列於1960年代後期即開始進行TYLCV之抗病育種⁽¹²⁾，1988年以色列育出世界上第一個抗TYLCV之番茄商業品種-TY20，‘TY20’帶有之抗病基因源自於*Solanum peruvianum* (accession PI 126935)，抗病性由五個隱性基因控制，‘TY20’在感染TYLCV後，植株病徵發生較遲，且仍可生產出具商業價值之果實⁽¹³⁾。

臺灣於1987年發表第一篇番茄黃化捲葉病毒的正式報告，於臺灣發現的生理小種被命名為*Tomato leaf curl Taiwan virus* (TLCTWV)⁽³⁾。彭和鄧(2003)調查影響臺灣南部主要番茄產區的番茄病毒病之病毒種類後發現，番茄黃化捲葉病毒為造成臺灣番茄病毒病的主要病毒。亞蔬中心病毒組於2007年調查臺南地區感染番茄的病毒種類，發現原帶有抗TLCTWV基因(*Ty2*)的番茄品種，出現嚴重的TYLCD病徵，經聚合酶連鎖反應(Polymerase chain reaction, PCR)檢測證實番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)已進入臺灣，且有取代TLCTWV之趨勢⁽⁷⁾。臺灣尚無抗TYLCTHV之番茄商業品種，因此選育抗病且具優良園藝性狀的番茄品種，為現今番茄育種研究人員刻不容緩之努力目標。

本研究之目的為蒐集具抗TYLCTHV潛力之番茄品種，於其苗期利用銀葉粉蝨接種TYLCTHV，進行種原抗病性檢定，篩選未來作為選育番茄抗TYLCD育種之材料，同時加速番茄抗TYLCD育種之進行。

材料與方法

一、試驗材料

(一)植物材料及試驗地點

本研究所使用的材料為2015年從國內外蒐集之53個具抗TYLCD潛力之番茄品種(表一)，並於2015年9月至12月攜往亞蔬－世界蔬菜研究中心進行相關試驗。植物材料播種於3吋軟盆，採滿地王三號(農友種苗股份有限公司)與蛭石以1：1比例混合後作為介質。發芽一週後每週施用一次尿素(500倍)及依得利(35%可濕性粉劑)以防治細菌性葉枯病。播種後1個月，植株種植於亞蔬病毒組玻璃溫室內，開始處理時移至病毒組PH-36網室。播種時間分別為2015年9月8日及2015年9月25日。

(二)銀葉粉蝨

本研究使用之銀葉粉蝨(*Bemisia tabaci*)是由亞蔬病毒組提供之B-type生理小種，包括健康不帶病毒及帶病毒兩種銀葉粉蝨。健康不帶病毒之銀葉粉蝨，飼養於與外界隔離之棉花養蟲室(25~26°C)。

表一、2015 年由國內外蒐集之番茄種原

Table 1. Tomato germplasm collected from Taiwan and abroad in 2015

Number	Entry	Seed source	Type
1	SV4224TH	Seminis Co.	F1, beef tomato, red color
2	Sylviana	Enza zaden Co.	F1, beef tomato, red color
3	10K	Takii seed Co.	F1, beef tomato, red color
4	TMB582	Syngenta Co.	F1, beef tomato, red color
5	TMB688	Syngenta Co.	F1, beef tomato, red color
6	US440 india	US Agriseeds Co.	F1, beef tomato, red color
7	Akash Ganga	Camson seeds Co.	F1, beef tomato, red color
8	4212 Aida	Evergrowseed Co.	OP,beef tomato, red color
9	928	Bucolic Seeds Co.	F1, beef tomato, red color
10	9748	Bucolic Seeds Co.	F1, beef tomato, red color
11	9742	Bucolic Seeds Co.	F1, beef tomato, red color
12	922	Bucolic Seeds Co.	F1, beef tomato, red color
13	Rui Cheng 25	Bucolic Seeds Co.	F1, cherry tomato (medium size), red color
14	Hualian-Yasu No.21	TSIPS. COA.	F1, cherry tomato, orange color
15	TSS-Yasu No.22	TSIPS. COA.	F1, cherry tomato, orange color
16	Bonus 4	SUNTECH SEED Co.	F1, beef tomato, red color
17	Danew	SUNTECH SEED Co.	F1, beef tomato, red color
18	V20111	Hosheng Co.	F1, beef tomato, red color
19	TMB304	Hosheng Co.	F1, beef tomato, red color
20	V90-48	Tezier Co.	F1, beef tomato, red color
21	Red overlord	Hosheng Co.	F1, beef tomato, red color
22	V20117	Hosheng Co.	F1, beef tomato, red color
23	V20104	Hosheng Co.	F1, plum type tomato, pink color
24	ANATH FA-189	Hazera genetics	F1, beef tomato, red color
25	A-11-99	Moralburg Co.	F1, beef tomato, red color
26	A-11-97	Moralburg Co.	F1, beef tomato, red color
27	9102	Hohuan Co.	F1, beef tomato, red color
28	TMB-97	Hosheng Co.	F1, cherry tomato, red color
29	A-11-98	Moralburg Co.	F1, beef tomato, red color
30	AG-09	Puli	F1, beef tomato, red color
31	Xiantao	Liang-De Co.	F1, beef tomato, red color
32	325-Moralburg	Moralburg Co.	F1, beef tomato, red color
33	324-Moralburg	Moralburg Co.	F1, beef tomato, red color
34	323-Moralburg	Moralburg Co.	F1, beef tomato, red color
35	TA-2777G-1	AVRDC	OP, cherry tomato, orange color
36	B1 (Trapezlysa)	Bulgaria	OP, beef tomato, red color
37	B3 (Ideal)	Bulgaria	OP, beef tomato, red color
38	B4 (Naslada)	Bulgaria	F1, beef tomato, red color
39	B5 (Pink magic)	Bulgaria	OP, beef tomato, pink color
40	B12 (Faworyt)	Bulgaria	OP, beef tomato, pink color
41	B13 (Homestead)	Bulgaria	OP, beef tomato, red color
42	B14 (Hardy)	Bulgaria	F1, beef tomato, red color
43	B15 (Belmonte)	Bulgaria	OP, beef tomato, red color
44	B16 (Palava)	Bulgaria	F1, beef tomato, red color
45	B17 (Prekos)	Bulgaria	F1, plum type tomato, red color
46	B18 (Kalina)	Bulgaria	F1, beef tomato, red color
47	B19 (Reyana)	Bulgaria	F1, beef tomato, red color
48	B20 (Rila)	Bulgaria	F1, beef tomato, red color
49	T-10426	TDAIS	breeding line, cherry tomato, red color
50	S-22 Monarch	Agri Genetics	OP, beef tomato, red color
51	Thilina	CIC seeds	OP, beef tomato, red color
52	NS 524	Nadale seed Co.	OP, beef tomato, red color
53	TMB147	Syngenta Co.	F1, beef tomato, red color

(三)病毒材料

本研究所使用之病毒為番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)⁽¹⁰⁾，係由亞蔬病毒組分離純化後，以亞蔬病毒組提供之TYLTHV感病之番茄'ANT22'及帶毒銀葉粉蝨培養維持於病毒組PH-36網室內。

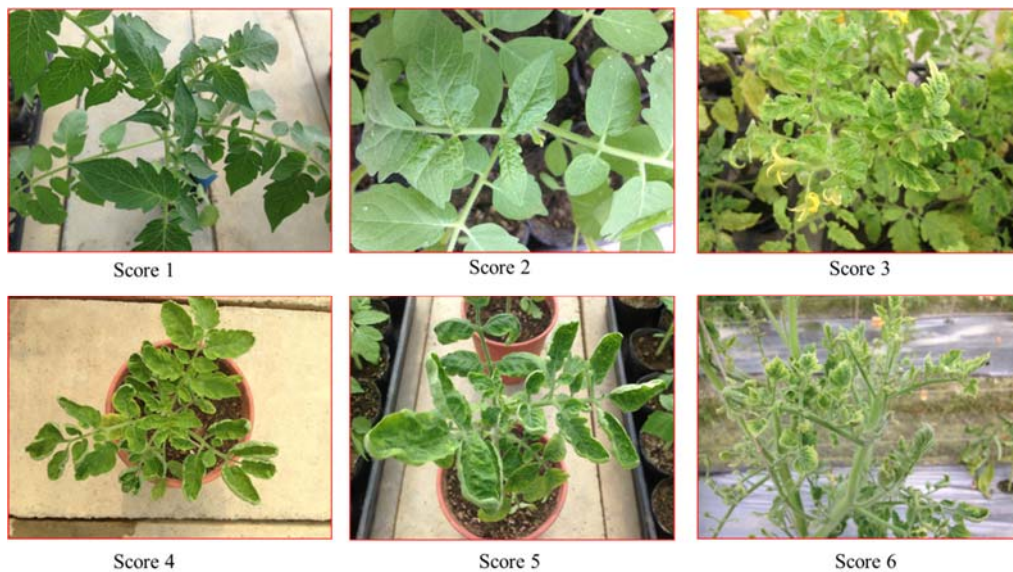
二、病毒接種方式

以播種後2週、3~4片本葉之番茄苗為試驗材料。將植株置於亞蔬病毒組PH-36網室內，進行銀葉粉蝨傳毒14天後移出，並噴施96%益達胺殺蟲劑(稀釋1,500倍)將植株上之銀葉粉蝨殺死。處理後之植株移至防蟲溫室內，進行發病率及病徵觀察。每處理12重複，每重複1株，以感病品種ANT22為對照組。

三、調查分析項目

(一)病徵調查

分別於接種病毒前及接種後7、14、21及28天調查植株病徵發生程度，嚴重程度以發病指標1~6級代表：1為健康的植株；2為生長點輕微黃化；3為小葉出現黃化葉緣輕微捲曲；4為葉片大範圍黃化捲曲、小葉縮小；5為節間縮短、植株萎縮；6為停止生長(圖一)。



圖一、番茄植株感染番茄黃化捲葉泰國病毒後之病徵級數

Fig. 1. The disease index of tomato plant infected by tomato yellow leaf curl virus -Thailand strain.

(二)病毒DNA偵測

1. 病毒DNA萃取：利用1.5 mL之離心管，自最靠近生長點之第一片葉取葉圓片(直徑約0.9 cm)，做為樣本。萃取時加入500 μ L Dellaporta (100 mM Tris base, pH 8.0、8.5 mM

Ethylene Diamine Tetraacetic Acid (EDTA)、500 mM NaCl、10 mM 2-mercaptoethanol)，以Kontes公司出品之研磨棒研磨樣品至全碎；加入33 μL 之20% sodium dodecyl sulfate (SDS)震盪混合後，放入加熱器，以65°C加熱10分鐘。加熱後再加入160 μL 5 M Potassium acetate (KAC)震盪後，置入離心機，以13,500 g離心10分鐘，將上清液倒入新的離心管中，再進行第二次離心，後取500 μL 之上清液置入新的離心管中，加入250 μL isopropanol震盪後，再離心10分鐘。之後小心地將isopropanol倒出，再加入500 μL 80% ethanol，離心5分鐘，離心後將ethanol倒出，於室溫下乾燥1小時，使ethanol完全揮發。乾燥後加入500 μL 之ddH₂O，並置於-20°C冰箱儲存^(4,16,18)。

2. 聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)：取5 μL 之DNA樣品，加入2.5 μL 10x PCR reaction buffer (Invitrogen)、1.25 μL 50 mM MgCl₂ (Invitrogen)、2 μL 10 mM dNTP、13.15 μL ddH₂O與Taq DNA polymerase (5 U/ μL , Invitrogen)、以及primer PAL1v1978 (10 μM)與PAR1c715 (10 μM)各0.5 μL 。利用pMD18-T Vector (Takara, Dalian, China)進行PCR反應。PCR設定30 cycles，以94°C做denaturation 1分鐘，以55°C做annealing 2分鐘，以72°C做 extension 2分鐘。
3. 電泳：取5 μL PCR產物與1 μL loading buffer混合，置於1.2%洋菜膠片上，以100伏特電壓進行電泳半小時，之後將膠片置於0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$ EtBr中浸泡20~30分鐘，於波長312 nm之紫外燈下觀測及照相。TYLCV之DNA大小約為1.5 Kb。

四、統計分析

統計方式以最小顯著差異(least significant difference, LSD)比較平均數，處理或品種間達5%水準時，即代表具有顯著差異。

結 果

檢測國內外所蒐集53種具抗病潛力之番茄品種，其中有全紅番茄45種、黑柿型番茄2種及小果番茄6種(表一)。種原中分別帶有Ty1、Ty2、Ty3及ty5四種不同之抗病基因及其組合(表二)。蒐集之番茄種原於2015年9月至12月間移至亞蔬，利用銀葉粉蝨接種番茄黃化捲葉泰國病毒，並於接種後7、14、21及28天調查植株病徵表現程度。結果顯示番茄接種TYLCTHV後7天，感病之對照品種ANT22病徵表現即到達2.5級，試驗品種中16個番茄品種無病徵表現，21個番茄品種病徵程度介於1~2級間，16個番茄品種病徵程度達到2級以上(圖二)；接種TYLCTHV後14天，對照品種ANT22之病徵已達到第4級，試驗品種中5個番茄品種無病徵表現，13個番茄品種其病徵表現介於1~2級間，35個番茄品種病徵表現介於2~5級間(圖三)。利用PCR技術檢測葉片內TYLCTHV有無病毒，結果顯示感病及抗病品種於接種TYLCTHV後14天皆可檢測出葉片內之病毒DNA(圖四)。接種TYLCTHV後21天，對照品種ANT22之病徵已達最高之第6級，試驗品種中11個品種無病徵表現，10個品種病徵程度介於1~2級間，16個品種病徵程度介於2~6級間，16個品種病徵程度達到最高之第6級；於接種後第21天，6個品種有健康回復現象(圖

五)。接種TYLCTHV後28天，試驗品種中有11個品種無病徵表現，7個品種病徵程度小於2級(圖六)。本研究經由苗期病毒接種共篩選出11個具抗、耐TYLCTHV潛力之番茄品種。

表二、番茄種原所含之抗病基因組合

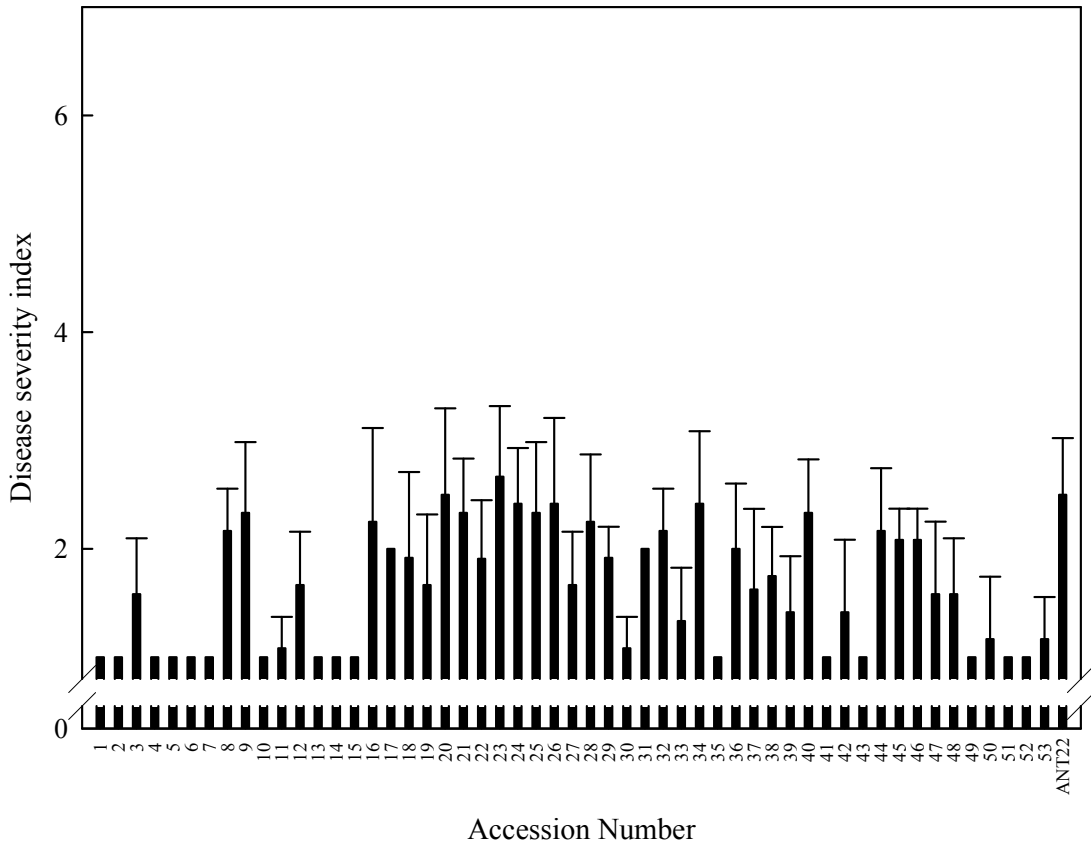
Table 2. The resistant gene combination in tomato germplasm

Number	Entry	Ty-2	Ty-1/3	Ty-5
1	SV4224TH	-	+	-
2	Sylvian	-	+	-
4	TMB582	-	+	-
5	TMB688	-	+	-
6	US440 india	-	-	-
7	Akash Ganga	+	-	+
9	928	-	+	-
10	9748	-	+	-
11	9743	-	+	-
12	922	-	-	+
13	Rui cheng 25	+	-	+
14	Hualian-Yasu No. 21	+	-	-
15	TSS-Yasu No. 22	+	-	-
19	TMB304	-	+	-
22	V20117	-	+	-
27	9102	-	+	-
30	AG-09	-	+	-
33	325-Moralburg	-	+	-
52	NS 524	-	-	-
53	TMB147	-	+	-

討 論

全紅番茄適合生長於冷涼、乾燥、日夜溫差大之環境，臺灣盛產期大多集中於秋冬季，栽培過程中高溫及黃化捲葉病毒病(Tomato yellow leaf curl disease, TYLCD)發生皆會對產量及品質有極大的影響，目前番茄黃化捲葉泰國病毒(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)為造成臺灣TYLCD最主要之病毒⁽¹¹⁾。故本研究之目標為選育出抗番茄黃化捲葉病毒之全紅番茄品種供抗病育種使用。為了快速準確檢測育種材料之抗病性，本研究於2015年9~12月將所蒐集之育種材料攜往亞蔬進行兩批苗期抗病性篩選。結果顯示，感病番茄植株於接種TYLCTHV後7天，病徵表現即可到達2.5級，至21天發病程度即可達最高之6級，此時植株葉片呈現嚴重黃化捲曲、節間縮短及停止生長之情形，且無法正常開花及著果；而抗病品種至接種病毒後28天仍無病徵表現，移植田間後亦有正常之產量。過去進行番茄抗病育種時，抗病性檢定常於定植田間後進行，由本次苗期抗病性篩選試驗結果可知，未來番茄抗

TYLCTHV抗病育種可於苗期進行抗病性檢定，減少育種過程中時間及成本之消耗，加速育種工作進行。



圖二、番茄 53 個品種接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 7 天之病徵表現

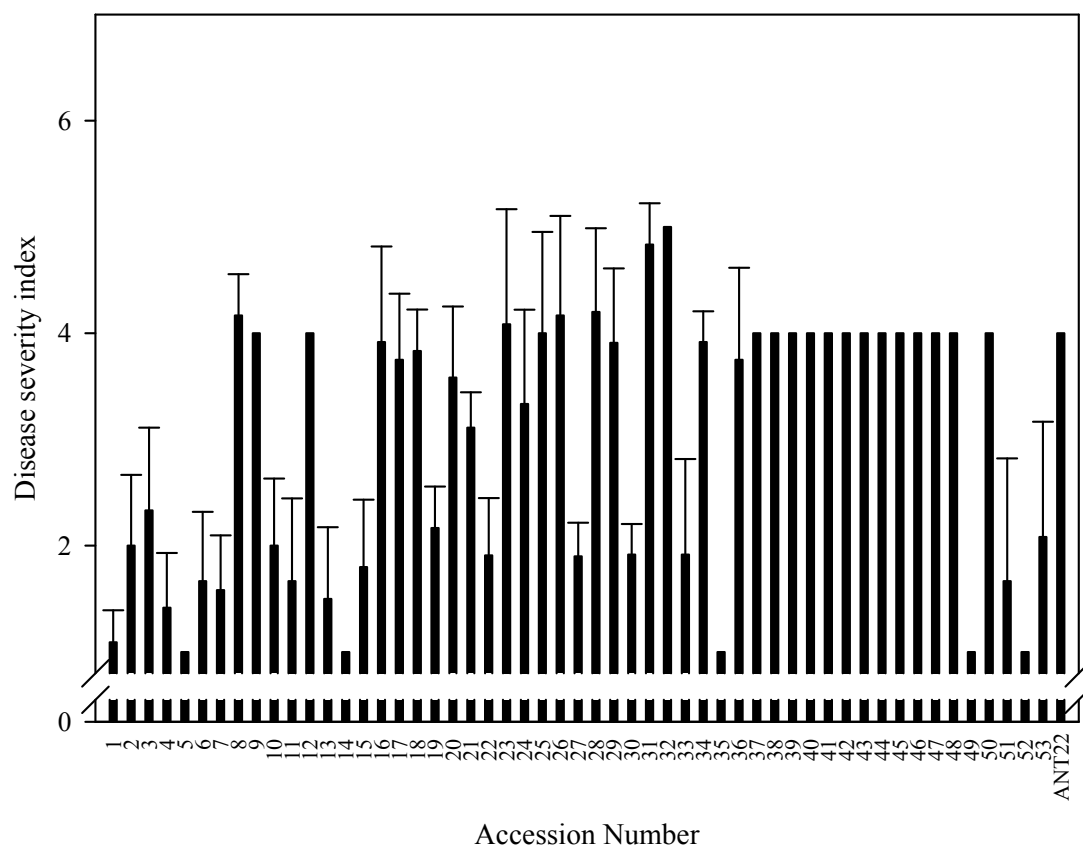
Fig. 2. The disease severity expression in 53 tomato germplasm after inoculation with Tomato yellow leave curl Thailand virus (TYLCTHV) for 7 days.

*Bars represent standard error of the mean

本研究53個番茄種原於苗期接種病毒，有11個番茄品種於接種後28天無病徵表現，其中9個番茄種原帶有Ty1及Ty3抗病基因組合，1個帶有Ty2抗病基因，1個不含任何已知之抗病基因，推測或許有其它未知之抗病基因影響番茄對於TYLCTHV之抗病性。於苗期篩選出之11個具抗病潛力之種原中，‘TMB 688’、‘Hualian-Yasu N0.21’、‘NS 524’及‘TMB 147’經接種TYLCTHV後7、14、21及28天，植株皆無病徵表現，其中‘TMB-688’及‘TMB-147’帶有Ty1及Ty3兩抗病基因，‘Hualian-Yasu N0.21’帶有Ty2抗病基因，‘NS 524’不含任何已知之TYLCD抗

病基因。Verlaan等人於2013年指出*Ty1*及*Ty3*基因為等位基因^(8,19)，Prasanna等人於2015年亦指出根據抗病基因之遺傳特性，帶有顯性之*Ty2*基因及部分顯性之*Ty3*基因的番茄種原為發展抗TYLCD品種之重要且具潛力育種材料^(5,9,17)；‘SV4224TH’、‘Sylviana’、‘TMB 582’、‘TMB 304’、‘V20117’、‘9102’及‘AG 09’接種TYLCTHV後，雖於接種初期植株皆可觀察到不同程度之病徵，然接種病毒後28天，植株皆回復健康，可推測番茄抗TYLCTHV之機制相當複雜，且不同抗病基因之組合其抗病能力亦有所差異。

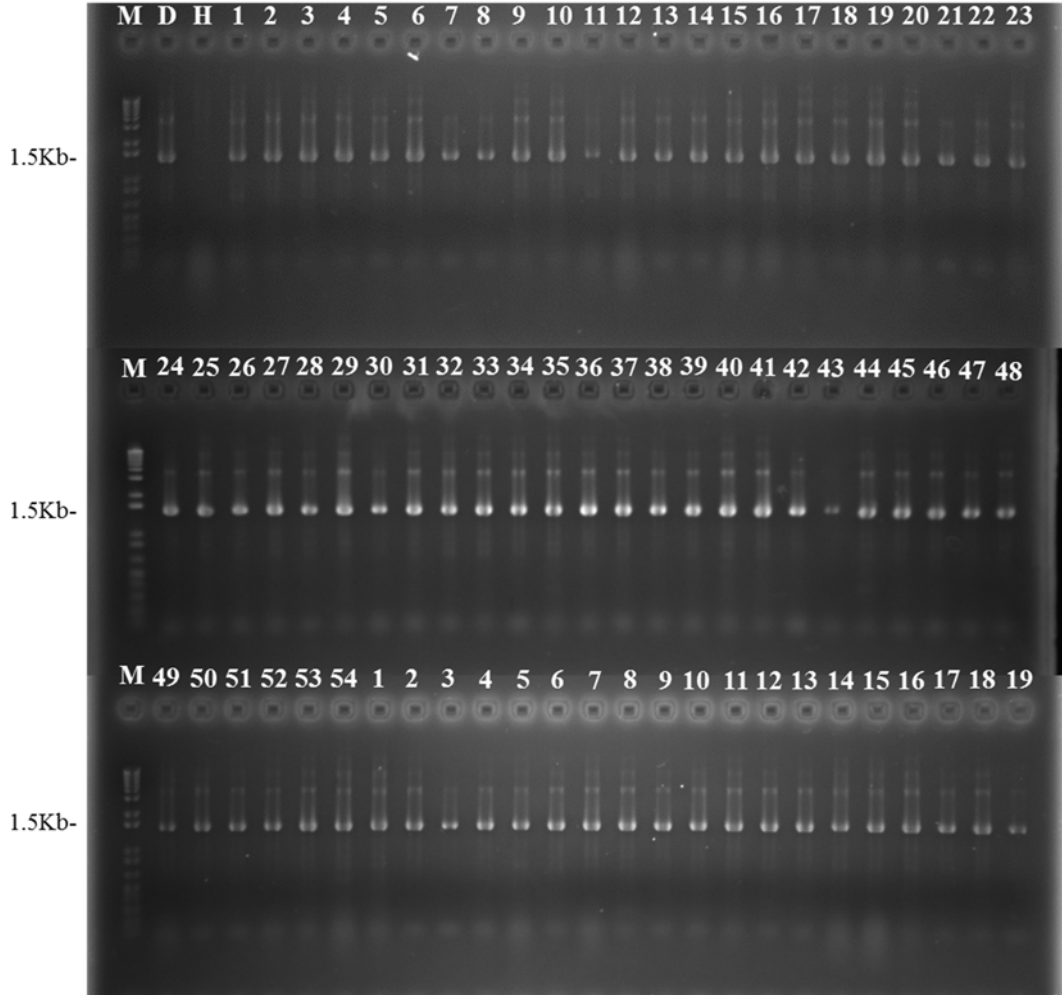
本研究亦利用PCR檢測番茄植株接種TYLCTHV後葉片病毒之有無，以瞭解各番茄品種對於TYLCTHV之抗性。結果顯示53個番茄品種無論植株有無病徵表現，於接種後14天皆可利用PCR檢測出葉片內病毒DNA。Eybishtz 等人於2010年指出，感病品種感染病毒後，病毒會快速於植體中累積，並誘發植株產生嚴重病徵；抗病品種在感染病毒後，雖然仍有少量病毒累積，但沒有病徵表現，亦不影響產量。



圖三、番茄 53 個品種接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 14 天之病徵表現

Fig. 3. The disease severity expression in 53 tomato germplasm after inoculation with Tomato yellow leaf curl Thailand virus (TYLCTHV) for 14 days.

*Bars represent standard error of the mean.



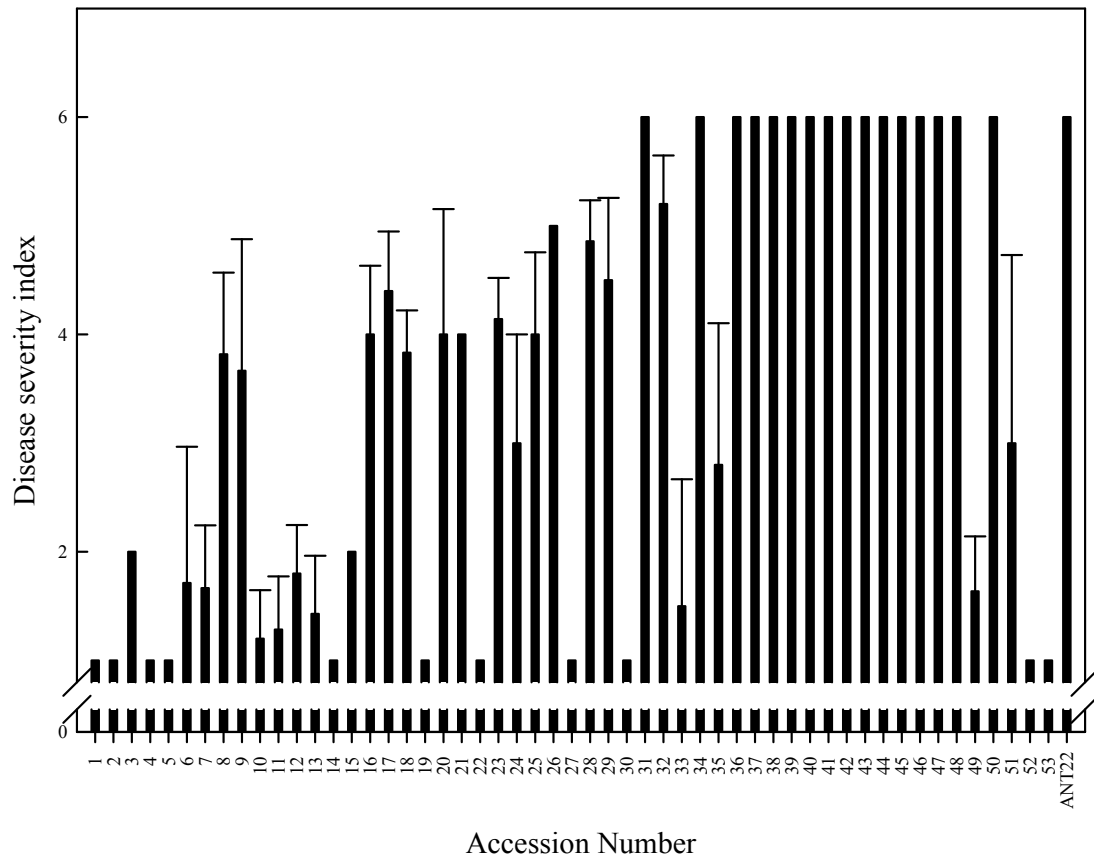
圖四、番茄接種番茄黃化捲葉泰國病毒 14 天後葉片內病毒 DNA 表現

Fig. 4. The virus DNA expression in 53 tomato germplasm leaves after inoculation with Tomato yellow leaf curl Thailand virus (TYLCTHV) for 14 days.

M: marker; D: disease plant for control; H: healthy plant for control; Number 1-53: 53 tomato germplasms; Number 54: susceptible tomato 'ANT22' for control.

番茄種原於亞蔬完成苗期抗病性篩選後，即將篩選出之具抗病潛力番茄材料帶回臺中場持續進行相關研究。未來將利用本次試驗所篩選出 11 個具抗病潛力之番茄種原作為番茄抗 TYLCD 育種之重要材料，進行雜交育種、優良自交系選拔及抗病基因堆疊等相關工作，並針

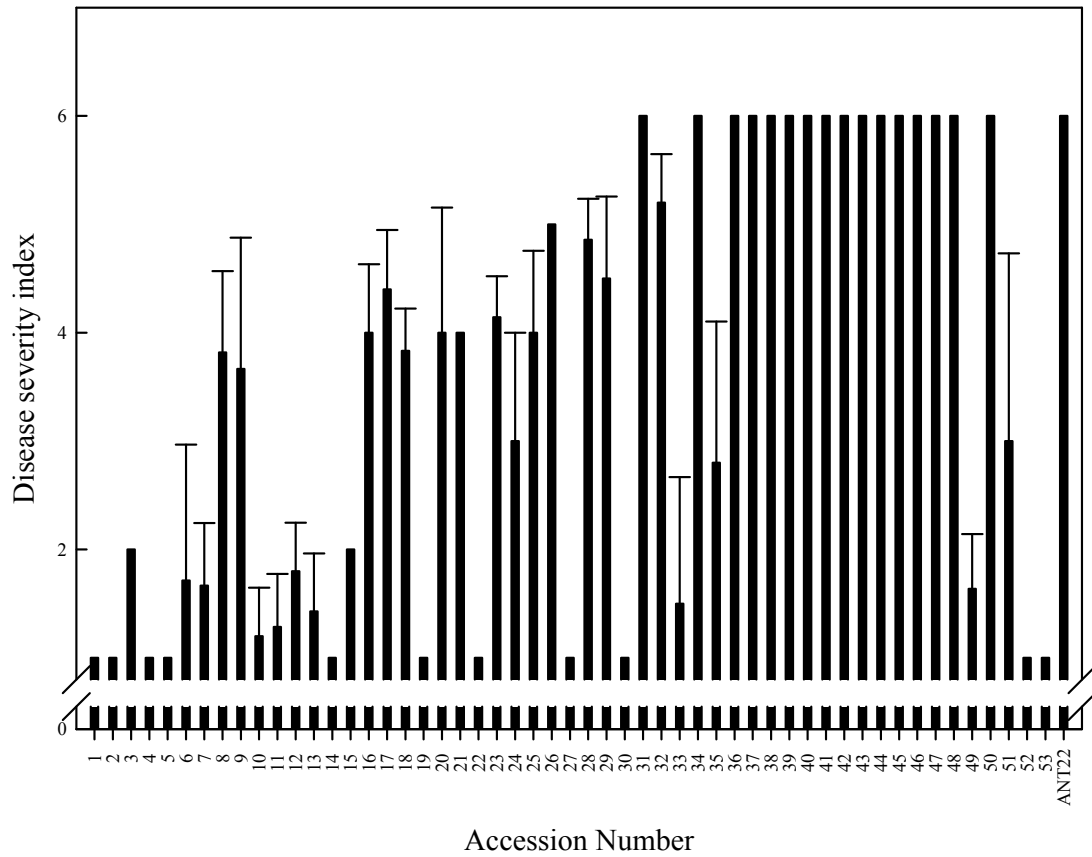
對不同抗病基因組合與其抗病機制間之相關性深入研究，期選育出抗病且具優良園藝性狀之全紅番茄品種，供國內栽培番茄農民使用。



圖五、番茄 53 個品種接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 21 天之病徵表現

Fig. 5. The disease severity expression of 53 tomato germplasm after inoculation with Tomato yellow leaf curl Thailand virus (TYLCTHV) for 21 days.

*Bars represent standard error of the mean



圖六、番茄 53 個品種接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 28 天之病徵表現

Fig. 6. The disease severity expression in 53 tomato germplasm after inoculation with Tomato yellow leaf curl Thailand virus (TYLCTHV) for 28 days.

*Bars represent standard error of the mean.

誌 謝

本研究承蒙亞蔬-世界蔬菜研究中心病毒組及育種組協助病毒接種及分析場地，謹致謝忱。

參考文獻

1. Anbinder, I., M. Reuveni, R. Azari, I. Paran, S. Nahon, H. Shlomo, L. Chen, M. Lapidot and I. Levin. 2009. Molecular dissection of Tomato leaf curl virus resistance in tomato line TY172 derived from *Solanum peruvianum*. *Theor. Appl. Genet.* 119: 519-530.
2. Czosnek, H. and H. Laterrot. 1997. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Arch. Virol.* 142: 1391-1406.
3. Eybishtz A., Y. Peretz, D. Sade, R. Gorovits and H. Czosnek. 2010. Tomato yellow leaf curl virus infection of a resistant tomato line with a silenced sucrose transporter gene LeHT1 results in inhibition of growth, enhanced virus spread, and necrosis. *Planta.* 231(3): 537-48.
4. Green, S. K., Y. Sulgo and D. E. Lesemann. 1987. Leaf curl virus on tomato in Taiwan province. *FAO plant prot. Bull.* 35: 62.
5. Gilbertson, R. L., M. R. Rojas, D. R. Russell and D. P. Maxwell. 1991. Use of the asymmetric polymerase chain reaction and DNA sequencing to determine genetic variability of bean golden mosaic geminivirus in Dominican Republic. *J. Gen. Virol.* 72: 2843-2848.
6. Hanson, P., D. Bernacchi, S. Green, S. D. Tanksley, V. Muniyappa, S. Padmaja, H. M. Chen, G. Kuo, D. Fang, J. T. Chen. 2000. Mapping a wild tomato introgression associated with tomato yellow leaf curl virus resistance in a cultivated tomato line. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 125: 15-20.
7. Ji, Y. and J. W. Scott. 2006. *Ty-3*, a begomovirus resistance locus linked to *Ty-1* on chromosome 6 of tomato. *Tomato Genet. Coop. Rep.* 56: 22-25.
8. Ji, Y., D. J. Schuster and J. W. Scott. 2007a. *Ty-3*, a begomovirus resistance locus near the Tomato yellow leaf curl virus resistance locus *Ty-1* on chromosome 6 of tomato. *Mol. Breed.* 20: 271-284.
9. Ji, Y., J. W. Scott, D. J. Schuster. 2009a. Toward fine mapping of the tomato yellow leaf curl virus resistance gene *Ty-2* on chromosome 11 of tomato. *Hort. Sci.* 44(3): 614-618.
10. Jan, F. J., S. K. Green, S. L. Shih, L. M. Lee, H. Ito, J. Kimbara, K. Hoai and W.S. sai. 2007. Report of Tomato yellow leaf curl Thailand virus in Taiwan. *Plant Dis.* 91: 1363.
11. Kato, K., M. Onuki and S. Fuji. 1998. The first occurrence of *Tomato yellow leaf curl virus* in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan.* 64: 552-559.
12. Lapidot, M. and M. Friedmann. 2002. Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminivirus. *Assoc. of Appl. Biol.* 140: 109-127.
13. Moriones, E. and J. Navas-Castillo. 2000. Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Res.* 123-134.
14. Pilowsky, M. and S. Cohen. 1974. Inheritance of resistance to *tomato yellow leaf curl virus* in tomatoes. *Phytopathology* 64: 632-635.

15. Pilowsky, M. and S. Cohen. 1990. Tolerance to tomato yellow leaf curl virus derived from *Lycopersicon peruvianum*. *Plant Dis.* 74: 248-250.
16. Pico, B., M. J. Diez and f. Nuez. 1996. Viral diseases causing the greatest economic losses to the tomato crop. II. The tomato yellow leaf curl virus - a review. *Scientia Hort.* 67: 151-196.
17. Prasanna, H. C., S. P. Kashyap, R. Krishna, D. P. Sinha, S. Reddy and V. G. Malathi. 2015. Marker assisted selection of *Ty-2* and *Ty-3* carrying tomato lines and their implications in breeding tomato leaf curl disease resistant hybrids. *J. plant. Breeding.* ISSN-2336.
18. Rojas, M. R., R. L. Gilbertson, D. R. Russell, and D. P. Maxwell. 1993. Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Dis.* 77: 340-347.
19. Verlaan M. G., S. F. Hutton, R. M. Ibrahim, R. Kormelink, R. G. F. Visser, J. W. Scott, J. D. Edwards, Y. Bai. 2013. The tomato yellow leaf curl virus resistance gene *Ty-1* and *Ty-3* are allelic and code for DFDGD-class RNA-dependent RNA polymerases. *Plos. Genet.* 9(3): e1003399.

Screening Tomato Germplasm Resistant to Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD)¹

Yu-Heng Lin² and Jui-Shin Chang³

ABSTRACT

Tomato is one of the important vegetables in Taiwan. However, the Tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) caused by *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) often significantly reduce the yield and quality of tomato cultured in Taiwan. This research aimed to breeding the native red tomato variety that can resistant to tomato yellow leaf curl virus in Taiwan. There are 53 tomato cultivars that was collected from our country and abroad in 2015. There are 11 tomato lines showing no symptoms development after infected TYLCTHV by whitefly at 28 Days after inoculation. Tomato cultivars with *Ty1* and *Ty3* gene showed high resistant ability. The virus was detected in all test plant even the plants have not any symptom development. These 11 lines can be used as materials for tomato heat tolerance and TYLCD resistant breeding program in the future.

Key words: tomato, disease resistant breeding, *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), Tomato yellow leaf curl disease (TYLCD)

¹ Contribution No. 0908 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Researcher of Taichung DARES, COA

³ Specialist, International Cooperation and Development Fund, Taipei, Taiwan, R.O.C.