

番茄耐熱、抗番茄捲葉病毒病與重要病害的育種

陳正次¹⁾、郭忠吉¹⁾、盧淑芬¹⁾、林麗珠¹⁾、陳福全¹⁾

1) 亞洲蔬菜研究發展中心前副研究員(通訊作者)、前研究員、研究助理、助理研究員、高級田間助理

台南市東區崇善一街三巷六弄三十一號

電話：06-2882939

電子信箱：jtchen@totalbb.net.tw; jtchen3211@gmail.com

摘要：耐熱番茄品種的特性為在高溫多濕或乾燥環境能正常生長、開花及結果。其遺傳性為由少數主效顯性基因和未知數的微效基因所控制的性狀稱為“類似-量性狀”，遺傳力高，有累加效應。並利用優良耐熱自交系，育成了八個雜交一代品種。番茄捲葉病毒病為一新型病毒病，嚴重肆虐亞熱帶與熱帶地區的番茄生產，已成為該產業最大障礙。各國研究學者與亞蔬育種團隊致力於抗病品種的研究，其研究策略為(一)種原收集：抗病性鑑定，抗病性遺傳及病毒小種鑑別，結果已鑑定出 *L. hirsutum* 等五種野生種抗病種原，抗病基因分別為一對顯性或一對不完全顯性或一~五對隱性基因所控制。(二)抗病品種培育：1. 耐熱抗病自交系培育：利用全回交育種方法，將野生種抗病種原所具有的抗病基因導入耐熱、抗其他重要病害的自交系，育成新抗病自交系品系。2. 耐熱、抗病及兼具鮮食番茄特性自交系的培育：以抗番茄捲葉病毒病的單雜交，組合成雙雜交組合，來選育鮮食大果或小果抗番茄捲葉病毒病的自交系。3. 抗病、耐熱商業品種的雜交一代培育：以鮮食抗番茄捲葉病自交系與耐熱鮮食大果或小果自交系雜交組合，育成三個大果和二個小果雜交一代品種。

關鍵詞：番茄、耐熱、番茄捲葉病毒病、抗病、育種

一、前言

番茄原屬溫帶作物，對溫度很敏感，最適宜生長的溫度為15-26°C之間，亞熱帶地區除了平地的春、秋冬季以及夏季高冷山坡地帶外，均不適宜種植。因此產期常過度集中在秋、冬季，導致生產過剩，價格低落，農民常血本無歸。夏季平均日/

收到日期：98年02月12日



夜溫度高達 35°C/25°C，日夜溫差小。在溫帶培育的品種，根本無法在此種氣候條件正常的發芽分化，開花結果，故溫度愈高的地區愈無法栽種番茄。

台灣處於亞熱帶地帶，夏季的高溫多濕為病蟲害繁殖最適宜的環境，但卻是番茄生產最大的障礙。除原有亞熱帶難於用藥劑防治的病害，如青枯病、萎凋病、根瘤線蟲及病毒病外，近十年來又因全球性暖化，氣候變化異常，另一新世紀病毒—番茄捲葉病毒肆虐更嚴重，此病毒是藉由於草粉蝨媒介傳染給番茄所發生的新型病毒病—“番茄捲葉病毒病”。其他也有超過 40 種的蔬菜和特用作物的病毒病也是由於草粉蝨來媒介傳染。研究學者發現其中在北美洲有 18 種(豆科、茄科和瓜科等)嵌紋病毒病，加勒比海和中美洲的 10 種(豆科、大戟屬植物及麻類)嵌紋病毒病，以南美洲 7 種(豆科、茄科及麻類)的嵌紋病毒病，也都是由此害蟲所傳染的。

感染番茄捲葉病的植株其病徵為葉畸形、頂芽皺縮、捲曲及變小、呈現鮮明黃化嵌紋症狀；花器發育不良、變小或開花不結果、或落花、落果；甚至結果後果實病變、果粒變小、肉質褐化或白化變硬、茄紅素形成受阻、發生雜斑果；更嚴重時全株萎縮停止生長、呈叢生狀、影響產量達百分之百。即使是耐病或抗病品種，在未適時噴施殺蟲劑防治，植株常受菸草粉蝨的噬吸而破壞葉綠素，引起全株葉肉黃化，近似缺鎂症狀，有時葉萎縮呈現紫化，類似寒害。

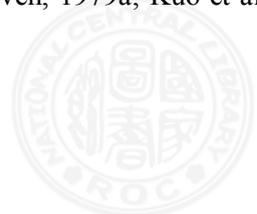
目前對此病害尚無有效的防治方法，殺蟲劑也很難有效防治菸草粉蝨，而且該蟲容易產生抗藥性。研究學者曾嘗試在田間覆蓋感光性的塑膠布，可延遲及減輕病情，但粉蝨族群太大時就無效果。另外防治雜草也稍可降低粉蝨的族群。

為要使番茄產業能永續經營，各國研究學者及育種家早在 15 年前就著手研究該病害的傳播媒介，病毒小種的種類及分佈地區，具抗病性的種原、抗病性機制及抗病基因等研究。亞蔬中心也同步進行研究及培育抗病性兼具耐熱的新品系(種)，其研究策略敘述於本文中。

二、耐熱性的種原、遺傳研究及品系的培育

(一) 耐熱性的種原收集：

番茄屬溫帶園藝作物，花器發育，開花及結果對溫度很敏感，特別是日夜溫差，其生育最適溫度為 15-26°C 間，高溫常直接影響結果率降低的主要因素之一 (Abdalla and Verkerk, 1969; Charles and Harris, 1972; El Ahmadi and Steven, 1979a; Kuo et al.,



1979; Rudich et al., 1977)。亞蔬中心自 1972 年成立以來，擬定番茄育種計畫的重點策略為自收集種原間篩選具耐熱基因的種原，再以雜交育種方法，導入耐熱基因於栽培品種，以育成耐熱番茄商業品種。Villareal 和 Lai (1978)發表自所收集的 4616 個種原中，經耐熱評估篩選得到 39 個耐熱種原佔全部收集種原的 1%不到。其中 30 個為栽培種，7 個是 *L. pimpinellifolium*，1 個是 *L. esculentum* 與 *L. pimpinellifolium* 雜交後代 1972 至 2001 年亞蔬中心收集 7225 個種原耐熱篩選結果，選出 41 個耐熱性強的種原，約佔總數的 0.6%，而中耐熱的種原有 832 個，佔總數 11.5%(表 1)，以上具耐熱性種原被利用於雜交育種計畫的品系及利用次數列於表五。

表 1、亞蔬中心番茄耐熱性種原數和佔所有種原的比率

Table 1. Genetic resources for heat tolerance in tomato and the proportion of each differing levels among all germplasm collections in AVRDC breeding program.

耐熱性等級	種原數	佔總種原數的百分率(%)
耐熱性強	41	0.6
耐熱性中等	832	11.5
不耐熱	6,352	87.9
總計	7,225	100

表 2、番茄耐熱性種原被利用於亞蔬中心育種計畫的頻率及其來源

Table 2. Genetic resources for heat tolerance in tomato and frequency of their utilization in AVRDC breeding program

種原代號	品種名稱或 PI 代號	利用於雜交育種的頻率(%)	來源
L4841	L22(VCII-3-1-8)	12.9	Philippines
L3958	PI289309	11.1	USA (Texas)
L125	Divisoria	8.9	Philippines
L283	Tamu Chico	7.5	USA (Texas)
L232	Nagcarlan III	7.5	Philippines
L2972	PI289296	7.5	Hungary
L1488	PI203232	5.8	South Africa
L18	VC II-2-5	5.4	Philippines



(二) 耐熱性的遺傳研究：

有關耐熱性遺傳研究，Villareal 和 Lai (1979)發表番茄的耐熱性是由多對隱性基因所控制，而且遺傳力低。Opeña 和 Chen 等(1987b)利用 7 個耐熱性程度不同的親本做全互交試驗，進一步分析耐熱性的基因作用與遺傳的關連性，結果認為耐熱基因的遺傳變異性是具有累加和非累加效果。El Ahmach and Stevens, 1976b; Hanna et al., 1982; Dane et al., 1991 也陸續發表類似的研究，並指出高溫結果率主要受累加基因所控制。Opeña 和 Chen 等也發表最耐熱品系，它們的一般組合力和特殊組合力均表現最好。

高溫結果與產量的遺傳相關性呈正相關，同時顯示遺傳力高，此證明高溫結果性的改良不很困難(Wessel-Beaver, 1992)。亞蔬中心育種團隊於 1990 年利用耐熱品系 CL5915-223D₄-2-1-0 與不耐熱品系 Cal-Mart 的單雜交，並進行其 F₂ 與 BC₁F₂ 兩世代族群中的耐熱性評估試驗，結果發現在 F₂ 世代族群中有 29%的個體(HT⁺和 HT)與耐熱親本具相同耐熱性(以結果率為基準，其分類標準如下：HT⁺=耐熱性強，結果率高於 20.25%；HT=耐熱親本相似耐熱性，結果介於 17.79~20.25%之間；I=中耐熱，結果率介於 4.5~17.79 之間；HS=不耐熱，結果率介於 0~4.5 之間)，但 BC₁F₂ 世代族群中具耐熱性的個體(HT⁺和 HT)則有 55%，這種結果很清楚的顯示耐熱性若用回交育種方法來改進，則選拔頻率可增加一倍。也就是祇要與耐熱親本回交一次，就可以在 BC₁F₂ 世代族群中出現一半以上的個體之耐熱性已恢復到與輪迴親相似(圖 1)(Opeña et al., 1988)。第二個雜交後代遺傳性分析，證明所謂的多對基因，是少數主效基因控制耐熱性而已，結論為耐熱性是少數(2-3 對)顯性主效基因及未知數的微效基因共同來控制，此種遺傳性狀可稱為「類似 - 量性狀」。Opeña 和 Chen 等(1987b)發表由兩個具耐熱親組合的雜交一代之結果率及產量為 35%和 30 t/ha 均較耐熱親和不耐熱親組合的雜交一代的 20%、15%與 20 t/ha、17 t/ha 為高(圖 2)。有些耐熱與不耐熱的組合，其雜交一代表現與耐熱親相同，但不超過由兩個耐熱親本結合的雜交一代表現，此結果也顯示耐熱基因的遺傳變異性是有累加效果。



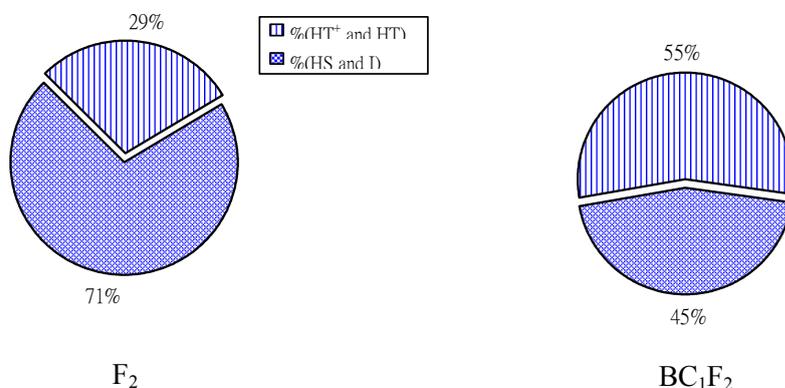


圖 1、耐熱與不耐熱品系雜交組合的 F₂ 與 BC₁F₂ 世代族群可選拔(HT⁺和 HT)和不可選拔(HS 和 I)的比例(HT⁺=耐熱強；HT=耐熱；I=中耐熱；HS=不耐熱)

Fig. 1. Relative proportion of selectable (HT⁺ and HT) and nonselectable (HS and I) classes in the F₂ and BC₁F₂ generations of the cross combination between heat tolerant line and heat sensitive line

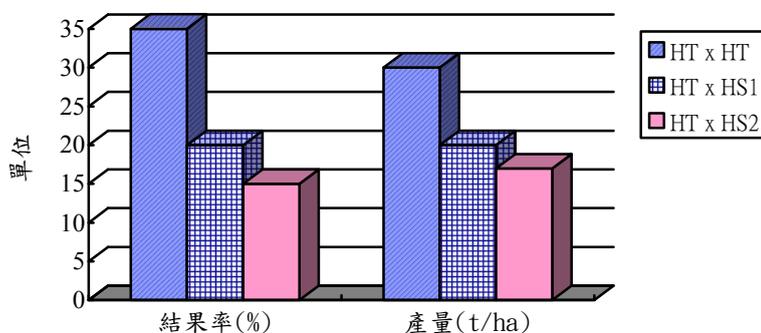


圖 2、不同耐熱程度親本間組合的雜交一代之結果率與產量的比較(HT=耐熱親本(結果率為 19.02%)；HS1=不耐熱親本(結果率低於 10%)；HS2=不耐熱親本(結果率為 0%)

Fig. 2. Comparative fruit set and yield of F₁ hybrid progenies derived from crosses among parents with varying levels of heat tolerance

(三) 耐熱性品系(種)的培育：

1. 耐熱性自交系品系的培育：

亞蔬中心耐熱番茄自交系品系的育種策略採用階段漸進式來階段式完成。第一



階段利用種原耐熱性、抗青枯病篩選檢定，優良種原間進行雜交育種，後裔世代採用系譜法，選出耐熱及抗青枯病的中小果 CL8d、CL9、CL11d 及 CL143 等系列品系；第二階段利用雙雜交組合兩個優良單雜交，並以單籽後裔法和系譜法來促進世代及選拔後裔世代，並選出耐熱、抗青枯病及番茄嵌紋病毒病的 CL1131、CL5915、CLN363 系列等中、大果自交系品系；第三階段利用回交育種，再配合單籽後裔法與系譜法，來培育出耐熱抗、多種病害(青枯病、番茄嵌紋病毒病和根瘤線蟲)、耐裂果及硬度高的中大果的系列品系 CLN475、CLN657 和 CLN698；第四階段利用回交育種與雜交育種之雙雜交方法，同樣以單籽後裔法和系譜法來培育出具耐熱及抗多種病害(青枯病、番茄嵌紋病毒病、根瘤線蟲和萎凋病)之 CLN1462、CLN1466 及 CLN2413 等系列品系，這些品系除耐熱性提高外，兼具優良品質、硬度高、耐裂果及色澤佳的特性(表 4)。

表 4. 亞蔬中心育成耐熱番茄自交系品系的特性

Table 4. The characters of heat tolerant tomato inbred lines in AVRDC breeding program.

品系	株型	單果重 (g)	主要特性	育成階段(年份)
CL8d	停心型	50	MHT, MBW	第一階段
CL9	停心型	60	MHT, MBW	(1975-1980)
CL11d	停心型	60	MHT, MBW	↓
CL143	停心型	35	MHT, MBW	
CL1131	停心型	35	HT, BW, ToMV	
CL5915-93	停心型	40	HT, BW, ToMV	(1981-1985)
CL5915-206	非停心型	120	HT, BW, ToMV	↓
CLN363	停心型	70	MHT, BW, ToMV, NEM	
CLN475	停心型	80	MHT, BW, ToMV, NEM	第三階段
CLN657	非停心型	130	HT, BW, ToMV	(1986-1990)
CLN698	停心型	60	HT, BW, ToMV, NEM	↓
CLN1462	非停心型	150	HT, BW, ToMV	
CLN1466	停心型	120	MHT, BW, ToMV	第四階段
CLN2413	非停心型	160	HT, BW, ToMV	(1991-2002)
				↓

備註：HT：耐熱性強；MHT：耐熱性中等；BW：抗青枯病；MBW：中抗青枯病；ToMV：具 *Tm-2^a* 基因抗番茄嵌紋病毒；NEM：抗根瘤線蟲



2. 耐熱鮮食番茄雜交一代商業品種的育成

亞蔬中心自 1985 起至 2004 年間，利用已育成耐熱抗多種病害(青枯病、番茄嵌紋病毒病及萎凋病)的自交系品系與鮮食大果濃綠肩一點紅和鮮食小果成串型的優良品系雜交組合，培育雜交一代品系。經品系觀察、初級與高級試驗完成評估及由合作單位台中區、花蓮區、台南區、桃園區等四個農業改良場完成區域、肥料、行株距及相關試驗後，共選得「FMTT22」、「FMTT3」、「CH154」、「FMTT33」、「FMTT593」、「CHT1127」、「CHT1200」及「CHT1201」等八個優良品系，並分別向行政院農業委員會蔬菜新品種審查委員提出申請命名登記審查。經過 1989、1990、1996、2000、2001、2002、2003 及 2004 年等八個年份複審通過，正式命名為「台中亞蔬四號」、「花蓮亞蔬五號」、「台南亞蔬六號」、「桃園亞蔬九號」、「台中亞蔬十號」、「台南亞蔬十一號」、「花蓮亞蔬十三號」及「花蓮亞蔬十四號」等四個大果及四個小果番茄品種。這些品種是目前台灣夏季主要栽培品種，年平均推廣面積 1,099 公頃，佔全部春及夏作面積 2,072 公頃的百分之五十三。各品種特性與自 1989 至 2005 年的總推廣面積列於表 5，其中總推廣面積以台南亞蔬六號的 9,947 公頃最多，其次依序為花蓮亞蔬五號的 5,576 公頃、桃園亞蔬九號的 4,920 公頃、台中亞蔬四號的 4,400 公頃及台中亞蔬十號的 2,756 公頃等。

三、番茄捲葉病毒病的抗病種原及其遺傳研究

抗病種原的收集、檢定及其抗病的遺傳性等的瞭解，為抗病育種的必備要件。各學者研究成果敘述如下(表 1)：野生種 *L. pimpinellifolium* 和 *L. peruvianum* 具有高抗番茄捲葉病，但不是免疫性，並且 LA121(*L. pimpinellifolium*)的抗病性是由一對不完全顯基因(*TyLc*)所控制(Cohen and Nitzany, 1966; Piloswsky and Cohen 1974; Kasrawi, 1989)。LA121 和 LA373(屬 *L. pimpinellifolium*)的抗病性卻是由部份隱性基因所控制的量性狀(Hassan et al., 1984)。

野生種 *L. peruvianum* 的 PI 126935 品系上發現其抗病性為五對隱性基因，並已在 1988 年育成商業抗病品種 Ty-20，該品種能延遲病徵的出現及生產合乎成本的產量(Pilowski and Cohen, 1990)。同時也証實野生種具有豐富可利用的抗病毒病基因，可抗 30 種以上的病害。其中 *L. pimpinellifolium* 也具有抗斑點萎凋病毒病(spotted wilt



virus), *L. chilense* 具有抗頂葉捲曲病毒病, 而 *L. peruvianum* 具抗嵌紋病毒病和黃化捲曲病毒病, 並且這些野生種, 可與栽培種雜交親和, 轉移其抗病性, 野生種間的親和性, 認為不是每一野生種都很容易雜交親和, 除了 *L. pimpinellifolium* 與 *L. esculentum* 血緣最親和, 其種間雜交的後裔世代, 親和性完全穩定外。*L. hirsutum* 和 *L. hirsutum f. glabaratum* 只有半親和性, 也就是只能當父本親與栽培種(*L. esculentum*)母本親雜交。*L. peruvianum* 和 *L. chilense* 與栽培種(*L. esculentum*)間的親和性差 (Hogenboom, 1972, 表 6; Rick, 1979)。同樣必須以栽培種為母本及當輪迴親, 並且必須要以雜交一代和回交一代的未熟幼胚做胚培養才能繁衍 F_1 和 BC_1F_1 植株。因此培育抗病品系必須採用回交育種方法。

表 5. 1989~2005 年亞蔬中心育成耐熱鮮食番茄雜交一代品種的特性與推廣面積
Table 5. The extension area and major characters of heat tolerant fresh market tomato hybrids in AVRDC breeding program, 1989~2005

品種	類別	株型	產量 (t/ha)	單果重 (g)	可溶性 固形物 (°Brix)	果色	特性 ¹	總推廣 ² 面積 (ha)
台中亞蔬四號	大果	非停 心型	48	130	4.8	紅色	ToMV, BW MHT	4400
花蓮亞蔬五號	大果	非停 心型	56	150	5.0	紅色	ToMV, BW MHT	5576
台南亞蔬六號	小果	半停 心型	45	9	7.8	紅色	ToMV, F-1 & F-2, HT	9947
桃園亞蔬九號	大果	非停 心型	75	180	5.8	紅色	ToMV, BW MHT	4920
台中亞蔬十號	大果	非停 心型	69	250	5.65	紅色	ToMV, BW MHT	2756
台南亞蔬十一號	小果	半停 心型	49	11	6.45	紅色	ToMV, F-1 & F-2, HT	700
花蓮亞蔬十三號	小果	非停 心型	55	13	6.85	桔色	ToMV, F-1 & F-2	84
花蓮亞蔬十四號	小果	非停 心型	55	13	6.82	桔色	ToMV, F-1 & F-2	-

備註：1. ToMV：具 *Tm-2^a* 抗番茄嵌紋病毒；BW：抗青枯病；F₁：抗萎凋病小種 1；
F-2：抗萎凋病小種 2

2. 總推廣面積：資料來源由種苗改良繁殖場提供，自 1989 至 2005 年的總推廣面積



表 6. 番茄種內與種間雜交之親和性

Table 6. Intra-and interspecific breeding barriers in *Lycopersicon*

♀ \	<i>L. esculentum</i>	<i>L. pimpinellifolium</i>	<i>L. hirsutum</i>	<i>L. chilense</i>	<i>L. peruvianum</i>
<i>L. esculentum</i>	+	+	+	UI	UI
<i>L. pimpinellifolium</i>	+	+	+	EA	EA
<i>L. hirsutum</i>	+, UI	+, UI	+, SI, UI	?	EA
<i>L. chilense</i>	UI	UI	?	SI	EA
<i>L. peruvianum</i>	UI	UI	UI	EA	SI

摘自 Hogenboom (1972)

備註：+=親和；SI=自交不親和；UI=單向不親和；EA=胚異常；?=未知

野生種 *L. peruvianum* 的 PI 126926、PI 126930、PI 390681 及 LA441 等抗病種原與栽培種(*L. esculentum*)雜交育成的抗病品種有 Ty172、Ty197、Ty198 及 Ty538，而這些品種的抗病性是由一個部份顯性基因所控制(Friedmann et al., 1998)。 *L. hirsutum* 和 *L. chilense* 接種 TyLCV 病毒 85 天後，發現植株仍維持健康無病徵，而且測出病毒 DNA 的含量低(Zakay et al., 1991)。 Michelson 等氏(1994)檢定野生種 *L. chilense* 具有一對顯性抗病基因 *Ty-1*。 Mazyad 等氏(1982)發表野種 *L. hirsutum* 之抗病性具有一對以上的顯性基因。具抗病的野生種(*L. hirsutum*)種原 LA 1777 和 LA386 等兩個，分別與栽培種雜交培育的 BC₁F₄ 世代品系“902”為抗病及“908”為耐病。而兩個種原的雜交一代為抗病，其後裔世代出現抗病、耐病與感病的分離狀態，並發表抗病和感病是由不同基因所控制。抗病(免疫性)為三對累加性基因，而耐病是一對主效顯性基因。免疫性品系與栽培種育成具免疫性的雜交一代 FAVI-9(F1-901) (Vidavsky and Czosnek, 1998)。

地中海地區的育種計畫發表野生種 *L. cheesmannii* LA1401 具有隱性抗病基因，並選拔 *L. cheesmannii*、*L. peruvianum* 和 *L. pimpinellifolium* 等三種野生種為該地區抗番茄黃化捲曲病毒病(TyLCV)的種原(Laterrot, 1990、1992; Laterrot and Moretti, 1996)。上述三種野生種的種間雜交一代對 TyLCV 有抗性反應，而後代分離不符合孟德爾的遺傳原理，因此認為這些野生種所具備的抗病性是不同互補基因(Kasrawi and Mansour, 1994)。

利用 *L. pimpinellifolium*、*L. hirsutum* 和 *L. peruvianum* 等三種抗病種原與感病栽



培種(Special Back)雜交後代抗感反應結果，証實 *L. hirsutum* 所具抗病基因為隱性 (Muniyappa et al., 1991)，而 Hassan 等氏認為是顯性，而 *L. peruvianum* 的抗病基因為部份顯性，這與 Pilowsky 氏的報導為隱性基因有差別。但這兩個野生種的抗性都比 *L. pimpinellifolium* 強。*L. pimpinellifolium* 的抗病性為不完全顯性，其 F₁ 和抗病親本(*L. pimp.*)回交的 BC₁F₁ 傾向抗病，而與感病親本(*L. escu.*)回交的 BC₁F₁ 則傾向感病，此証實抗番茄黃化捲曲病毒病的遺傳性為具有顯性的量性狀(表 7)。

表 7. 番茄捲葉病毒病抗病種原及其遺傳性

Table 7. Genetic resources for tomato leaf curl virus resistance and inheritance

種原別	種原代號及名稱	遺傳性	研究學者及年份
<i>L. pimpinellifolium</i>	LA121, LA1478, LA1582	一對不完全顯性基因	Pilowsky 和 Cohen ; Kaswi 等氏 1974
	LA121, LA373	隱性基因的量性狀	Hassan 等氏 1984
<i>L. hirsutum</i>	LA386	一對顯性基因	Hassan 等氏 1984
	LA386	抗病為二-三對隱性 基因	Vidavsky 和 Czosnek 1998
	LA1777	耐病為一對顯性基因	Vidavsky 和 Czosnek 1998
	LA1777	抗病為三對累加基因	Vidavsky 和 Czosnek 1998
<i>L. peruvianum</i>	PI126935、PI127830 及 PI127831	多對(五對)隱性基因	Pilowsky 和 Cohen 1990
	PI126926、 PI126930、PI390681	一對部份顯性基因	Friedmann 等氏 1998
<i>L. chilense</i>	LA1969, LA1932	一對顯性基因(<i>Ty-1</i>)	Michelson 等氏 1994
<i>L. chessmannii</i>	LA1401	一對隱性基因	Hassan 等氏 1984 ; Laterrot 1990, 1992 ; Laterrot 和 Moretti 1996

四、番茄捲葉病毒病的抗病育種策略及實施方法

作物抗病育種的成功與否，與抗病種原來源、種原的種別及其抗病性遺傳關係



密不可分。尤其抗病種原的取得或有無抗病性是品種育成的關鍵點。抗病種原別及抗病性遺傳的瞭解，是決策擬定育種方法及後裔世代族群大小的必要條件。

有關抗番茄捲葉病毒病的育種策略的三個步驟為(一)抗病自交系品系的培育 1. 抗病種原來自野生種的培育方法；2. 抗病種原來自栽培種的培育方法。(二)具商業品種特性的抗病自交系品系(雜交一代親本)的培育。(三)抗病雜交一代商業品種的培育。各種步驟詳敘如下：

(一) 抗病自交系品系的培育—1. “抗病種原為野生種”的培育方法(圖 3)：

採用全回交育種方法，將抗病野生種種原 *L. chilense* 之品系 LA 1969 當父本，並採集花粉，授於具耐熱抗青枯病的自交系品系母本 CL5915，並以母本為輪迴親，執行全回交育種來育成 BC_5F_6 品系。其回交後裔世代自 BC_1F_1 至 BC_5F_6 等的培育方法敘述如下：

(1). 雜交一代(F_1)和回交一代(BC_1F_1)世代的培育，當抗病種原與母本人工去雄授粉雜交後，結果後 20 天左右，授收未熟果實，剖取未熟種子(胚)進行幼胚組織培養，培養成功的幼小植株成為 F_1 植株，待長 3-4 本葉時，移植於 3 寸培養土盆栽，並置於 20°C 低溫溫室內種植到開花。然後再與輪迴親本回交，結果後 20 天，如同 F_1 一樣，採取未熟果的未熟種子(胚)，進行幼胚組織培養得到 BC_1F_1 植株，待長 3-4 本葉時移植於 3 寸盆，約種植 50 株。待植株健壯後，置於番茄捲葉病接種的病圃內，任由菸草粉蝨來傳毒接種 14 天後。再置溫室內，健化 2-3 星期後，選拔抗病株，並自各株採取等量花粉混和之，授於輪迴親本，得 BC_2F_1 種子。

(2). 回交 BC_2F_1 至 BC_5F_1 世代的培育：所得 BC_2F_1 世代種子種植 72 株，行苗期抗病檢定，去除感病株，種植抗病株，混和收集各抗病株的花粉，再授於輪迴親本得 BC_3F_1 種子。同樣種植 72 株，保留及性狀接近輪迴親抗病株為父本，再與輪迴親本回交得 BC_4F_1 種子，依此類推，直到 BC_5F_1 世代為止。

(3). BC_5F_2 世代的培育及選拔：種植 30 株 BC_5F_1 世代，苗期行抗病性篩選，抗病株種植田間，令其自然自花授粉，繁殖 BC_5F_2 世代種子。再種植該世代 72 株，並行抗病性篩選，僅種植抗病株於田間，果實成熟時選拔與輪迴親相近似的優良單株，編號、調查、記錄及採收得 BC_5F_3 世代種子成為系統。

(4). BC_5F_3 至 BC_5F_5 世代的培育及選拔： BC_5F_3 世代系統各種植 30 株，並行苗期抗病性篩選，淘汰感病和仍在分離的系統。定植具優良已固定及其園藝性狀與輪迴親相似的系統。採種時在各系統內自各單株上等量採收成熟果實，得 BC_5F_4 世代，成為



新品系。參與株行試驗。如果各系統的分離性狀仍很普遍，則可在 BC_5F_3 系統間選拔優良系統，再於系統內選出優良 1-2 個單株，次代種植再觀察品系的固定或分離，已固定者可以混和採種。 BC_5F_4 世代各品系，種植 24 株行株行試驗，並做品系間比較選拔，選拔近似輪迴親本的抗病穩定品系，採收種子混和得 BC_5F_5 世代，供品系比較試驗材料。

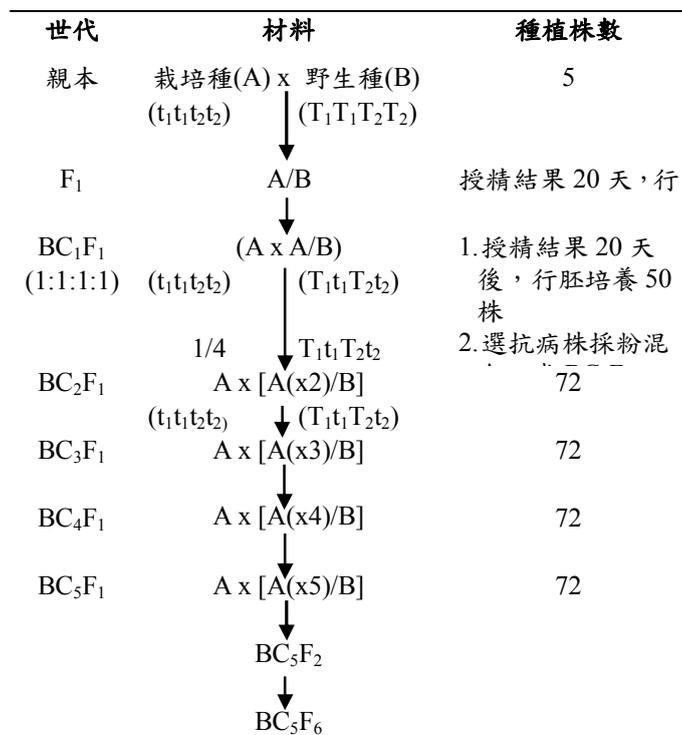


圖 3. 抗番茄捲葉病毒病的全回交育種法選拔程序(欲轉移野生種所俱備的顯性抗病基因)

Fig. 3. Diagrammatic sketch of the backcross method as applied to breeding for tomato leaf curl virus resistance assuming single dominant gene.

(一) 抗病自交系的培育—2. “抗病種原為栽培種”的培育方法：

抗番茄捲葉病毒病栽培種種原為由印度育種家 Dr. Kallo 從野性種 *L. hirsutum* f. *Sp glabratum* “B6013”所育成的“H₂₄”。具有 *Ty-2* 抗病基因。以該抗病種原與亞蔬中心育成耐熱抗青枯病中大果加工品系雜交的單雜交，再與亞蔬中心耐熱中小果自交



系和高抗青枯病種原雜交的單雜交，來組成雙雜交(DC₁)，其後裔世代的繁殖，選拔採用系譜法，實施方法敘述如下：

(1). 雙雜交(DC₁F₁)世代的培育：種植雙雜交 DC₁ 世代 300 株，於苗期進行番茄捲葉病毒病抗病性篩選檢定，並將抗病株定植於田間，觀察耐熱性及園藝性狀，選拔最優良 15-30 株(選拔率約 5-10%)，然後編號、調查紀錄及採收種子成為 DC₁F₂ 世代系統。

(2). DC₁F₂ 至 DC₁F₄ 世代的培育與選拔：所選拔的 15-30 個 DC₁F₂ 世代系統，每系統種植 30 株，並同樣在苗期進行抗病性的篩選檢定，淘汰感病系統，僅種植抗病或分離的系統於田間，繼續觀察後，選拔優良系統(行系統間選拔)，再自優良系統內，再選優良個體 2-3 株，編號、調查、記錄及採收種子成為 DC₁F₃ 新品系，DC₁F₃ 至 DC₁F₄ 的培育方法與 DC₁F₂ 世代相同。

(3). DC₁F₅ 世代的培育選拔：自 DC₁F₄ 世代選拔的 3-5 個品系，各品系播種 24 株，並行苗期抗病性檢定。抗病品系定植於田間，調查記錄抗病性及園藝性狀已穩定的品系，並在果實成熟時，各品系混和採收等量果實時，得到 DC₁F₅ 世代種子，成為自交品系。種植 DC₁F₅ 世代 24 株，進行株行試驗以選拔優良的品系，供品系產量比較試驗。

(二) 抗病兼具商業品種的特性自交系品系的培育(範例 1 及 2)

(1). DC₁ 世代的培育

利用抗番茄捲葉病毒病自交系品系與中耐熱中大果自交系品系雜交的單雜交與小果番茄(具耐熱)或大果深綠肩的單雜交，組合成雙雜交 DC₁。DC₁ 世代種植 300 株，於苗期行番茄捲葉病毒病的抗病性篩選，抗病株種植田間以篩選耐熱性及園藝性狀的選拔，約選 15-30 株(選拔率 5-10%)，各單株採收種子成為 DC₁F₂ 世代。

(2). DC₁F₂ 至 DC₁F₄ 世代的培育及選拔

所選拔的 DC₁F₂ 世代 15-30 個系統。每系統種植 30 株，苗期篩選番茄捲葉病毒的抗病性，淘汰感病系統，定植抗病系統於田間進行耐熱性及優良園藝性狀的篩選，自系統間先選拔優良系統，再於各系統內行單株選拔，選得優良單株，於果實成熟時採收種子成為 DC₁F₃ 世代品系，以此類推進行世代的培育及選拔，採收 DC₁F₅ 世代種子成為 DC₁F₅ 品系。

(3). DC₁F₅ 世代品系的培育及選拔

(4). 優良的 DC₁F₅ 品系各種植 30 株，苗期同樣進行番茄捲葉病毒病的抗病性檢定。



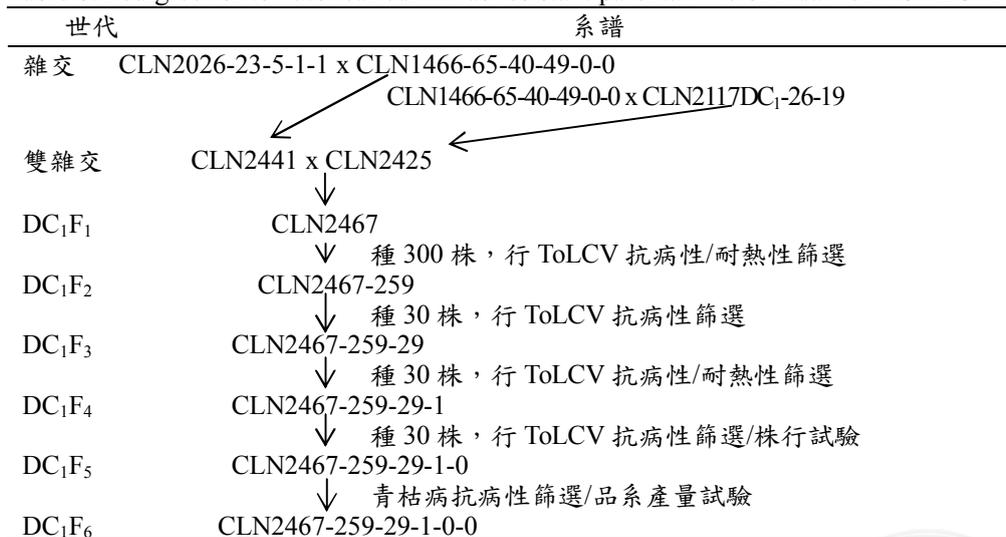
淘汰感病品系，抗病品系種植田間進行株行試驗。選拔抗病性與園藝性狀已穩定的品系，自品系內各單株採收均等的果實混和種子成為 DC_1F_6 世代品系，供品系產量比較試驗的材料，或做為組合雜交一代品系的親本材料。

範列一：花蓮亞蔬十八號抗番茄捲葉病毒病親本的育成程序抗病親本之育成(表 8)

抗病母本 CLN2467 DC_1 -259-29-1-0-0 的培育：係利用單雜交 CLN2441(CLN2026-23-5-1-1xCLN1466-65-40-49-0-0)與另一單雜交 CLN2425(CLN1466-65-40-49-0-0xCLN2117 DC_1 -26-19)雜交組合，成為雙雜交 CLN2467。該雙雜交組合(DC_1F_1)種植 300 株，並行番茄捲葉病毒病抗病性及耐熱性篩選。後裔世代選拔採用系譜法來培育。後裔世代自 DC_1F_2 至 DC_1F_4 等系統或品系，每世代的選拔單株各種 30 株，苗期置於網室病圃(病圃內種植感病品種，由於草粉蝨傳遞病毒，使成為感病源，並且相間種植甘藍，以利於草粉蝨棲息繁衍族群)內進行抗番茄捲葉病毒病的接種篩選。二星期後再定植於田間病圃，繼續觀察，並以系譜法選拔優良抗病單株成為品系。同時執行耐熱性與優良園藝性狀的評估，依此類推，所選拔的優良 DC_1F_5 世代品系，再執行各級次的產量試驗，及青枯病抗病性檢定。於民國 89 年秋選種育成，其雜交選育過程如下：

表 8. 花蓮亞蔬十八號抗番茄捲葉病毒病親本的系譜

Table 8. Pedigree for tomato leaf curl virus resistant parental line of Hua-lien ASVEG#18.



範列二：台南亞蔬十九號抗番茄捲葉病毒病親本的育成程序抗病親本之育成(表 10)

抗病母本 CLN2463-57-19-11-18-15-19-80-0 的培育：

係利用 CLN2026A x CLN2131DC₁-96-46 之單雜交「CLN2439」與 CHT1093 x CHT1052D 的單雜交「CHT1149」所進行之雙雜交組合「CLN2463」。種植該雙雜交組合 300 株，並行 ToLCV 抗病性及耐熱性篩選。後裔世代選拔採用系譜法，行單株選拔出抗病及優良的單株成為品系，以此類推持續執行八個世代的單株選拔育成自交系。其雜交選育過程如下：

表 10. 台南亞蔬十九號抗番茄捲葉病毒病親本的系譜

Table 10. Pedigree for tomato leaf curl virus resistant parental line of Tainan ASVEG#19.

世代	系譜	
雜交	(CLN2026A x CLN2131 DC ₁ -96-46) (CHT1093 x CHT1052D)	
雙雜交	CLN2434 x CHT1149	
DC ₁ F ₁	CLN2463	
DC ₁ F ₂	CLN2463-57	種植 300 株，行 ToLCV 抗病、耐熱篩選及單株選拔
DC ₁ F ₃	CLN2463-57-19	種植 30 株，行 ToLCV 抗病、耐熱篩選及單株選拔
DC ₁ F ₄	CLN2463-57-19-11	種植 30 株，行 ToLCV 抗病篩選及單株選拔
DC ₁ F ₅	CLN2463-57-19-11-18	種植 30 株，行 ToLCV 抗病篩選及單株選拔
DC ₁ F ₆	CLN2463-57-19-11-18-15	種植 30 株，行 ToLCV 抗病、耐熱篩選及單株選拔
DC ₁ F ₇	CLN2463 CLN2463-57-19-11-18-15-19	種植 30 株，行單株選拔
DC ₁ F ₈	CLN2463-57-19-11-18-15-19-80	種植 30 株，品系內純化混合採種成為固定自交系
DC ₁ F ₉	CLN2463-57-19-11-18-15-19-80-0	



(三) 抗病雜交一代商業品種的培育(圖 4 及圖 5)：

由第二項培育的優良品系為親本，與具商品價值的優良自交系雜交組合成新雜交一代品系有大果一點紅的 FM TT957 與耐熱紅色小果 CHT1358。這些雜交一代品系各種植 30 株，苗期進行抗番茄捲葉病毒病的檢定。抗病品系種植田間，進行觀察試驗，選拔優良品系參與初級及高級品系產量比較試驗，並以現行栽培品種為對照組，試區畦長 4.8 公尺，株距 0.4 公尺，行距 0.75 公尺，每品系種植行數及株數依各級次試驗的需求有所不同。初級試驗二行區，各種 24 株，二重複；高級試驗四行區 48 株，3-4 重複，田間設計採逢機完全區集，春、夏及秋冬各種一作或春、秋兩作。試驗期間調查農藝及園藝性狀，選出較對照品種優良的品系，供花蓮區與台南區農業改良場進行區域試驗，表現優良穩定的品種各別申請品種權命名登記為花蓮亞蔬十八號與台南亞蔬十九號，並推廣給農民栽種。

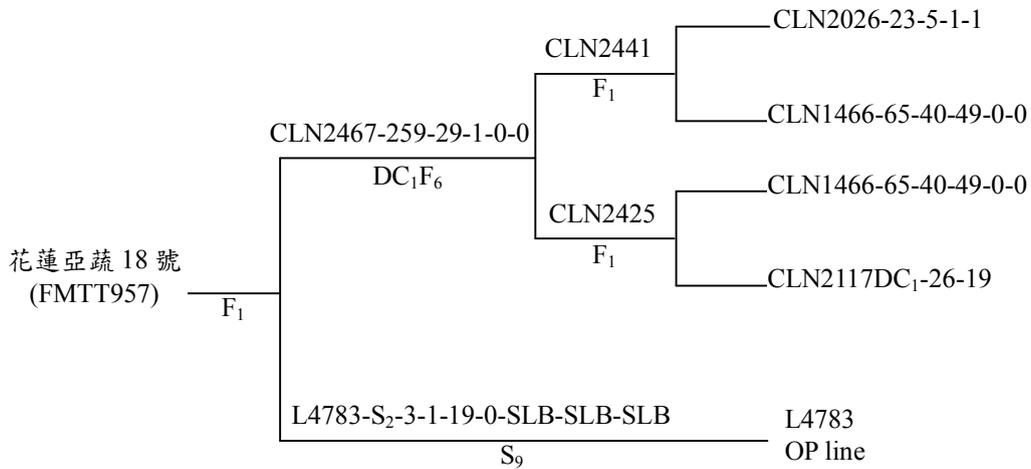


圖 4. 花蓮亞蔬十八號的系譜

Fig. 4. Pedigree of Hualien ASVEG #18.



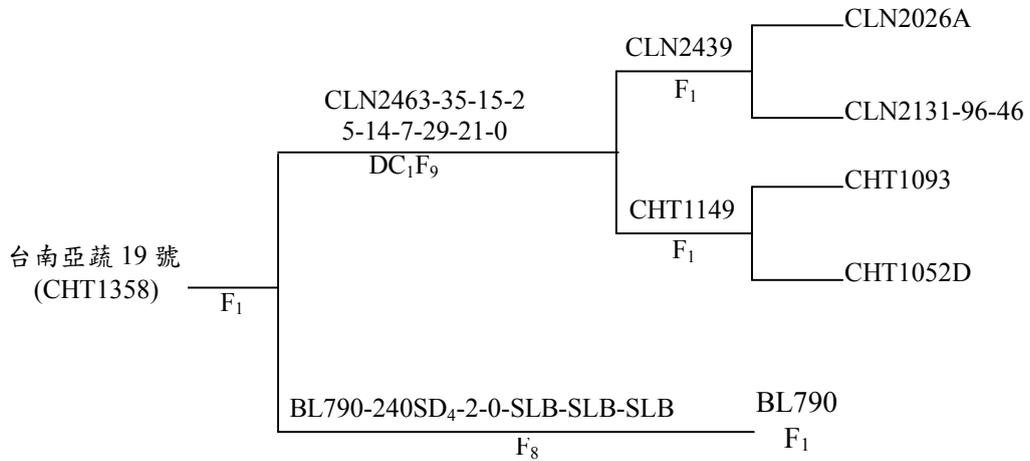


圖 5. 台南亞蔬十九號的系譜
Fig. 5. Pedigree of Tainan ASVEG #19.

五、已育成的抗番茄捲葉病毒病自交系品系及雜交一代商業品種

(一) 世界各國育成之抗番茄捲葉病毒病的品系(種)

具抗番茄捲葉病毒病的野生種種原與經多年來的育種程序，選育完成具抗病性、高產、質優的自交系品系和栽培品種列於表 11。印度種子公司以野生種原 *L. hirsutum*，育成了 H₂₄ 及 Avinash F₁，前者對台灣、印度、孟加拉和巴基斯坦的病毒小種均表現抗及極抗，而對泰國病毒小種中感，對美洲病毒小種感病，後者僅對印度病毒小種中抗，對台灣小種中感。荷蘭種子公司利用 *L. chilense* 抗病種原育成了 Tyking F₁ 和 Fiona F₁，後者對台灣、印度和孟加拉的病毒小種中抗，而 Tyking 僅對台灣病毒小種中感。以色列種子公司也利用 *L. chilense* 育成了 Ty-52 具備 *Ty-1* 基因，對印度及孟加拉病毒小種具有抗性，對其他病毒則均為感病。美國佛羅里達州大學的 Dr. J.W. Scott 也利用 *L. chilense* 的抗病種原育成的品系有 FLA699 及 FLA744-9，對台灣、印度及孟加拉的病毒小種呈現抗或極抗，對美洲小種則中感，對巴基斯坦及泰國的小種均為感病；另外也育成的三個品系 FLA478、FLA496 及 FLA653，則對台灣及美洲小種表現抗病。對亞洲地區及美洲的病毒小種均呈現抗病或極抗的野生種原有 LA1777、LA1969 及 LA1932。這些抗病種原是育成抗病品系的最好材料。

(二) 亞蔬中心育成抗番茄捲葉病的自交系品系

亞蔬中心利用收集印度、荷蘭、以色列及美國的抗病品系，導入亞蔬育成耐熱、



表 11. 世界各國育成的抗番茄捲葉病毒病品種與抗病種原對亞洲地區及美洲病毒小種的抗感反應

Table 11. Summary of reactions of selected entries and resistant sources with some Asian tomato geminiviruses.

品種別	亞洲地區病毒小種					美洲病毒小種	抗病性種原	來源
	TLCV-TW	TyLCV-Ban ²	TyLCV-BD	TyLCV-PK	TyLCV-TH	ToMoV		
H ₂₄	R	HR	HR	HR	MS	S	<i>L. hirsutum</i>	India
Avinash F ₁	MS	MR	S	-	-	-	<i>L. hirsutum</i>	India
Tyking F ₁	MS	S	-	-	-	S	<i>L. chilense</i> (LA 1969)	Netherland
Fiona F ₁	MR	S-MR	MR	S	S	S	<i>L. chilense</i>	Netherland
Ty-52	S	S-R	R	S	-	S	<i>L. chilense</i>	Israel
FLA699	HR	R-HR	HR	S	S	MS	<i>L. chilense</i>	USA
FLA744-9	R	R	R	S	S	MS	<i>L. chilense</i>	USA
FLA478	R	-	-	-	-	R	<i>L. chilense</i>	USA
FLA496	R	-	-	-	-	R	<i>L. chilense</i>	USA
FLA653	R	-	-	-	-	R	<i>L. chilense</i>	USA
LA1777	R	HR	HR-R	HR	HR	R	<i>L. hirsutum</i>	Israel
VL215	HR	HR	HR	HR	R	S	<i>L. peruvianum</i>	France
LA1969	HR	HR	HR	HR	R	R	<i>L. chilense</i>	USA
LA1932	HR	R-HR	-	HR	R	R	<i>L. chilense</i>	USA
TK70 (ck)	S	S	S	S	S	S	-	Taiwan

摘自 AVRDC report 1999

備註：TLCV-TW：台灣病毒小種；TyLCV-Ban²：印度病毒小種；TyLCV-BD：孟加拉病毒小種；

TyLCV-PK：巴基斯坦病毒小種；ToMoV：美洲病毒小種

HR：高抗性(0%感病)；R：抗性(1-20%感病)；MR：中抗(21-50%感病)；MS：中感(51-75%感病)；S：感(76-100%感病)。

抗其他病害(青枯病、嵌紋病毒病及萎凋病)的自交系，經過 12 年，分階段逐步育成具耐熱抗病的自交系品系列於表 12。如初期育成 CLN2114、CLN2116、CLN2131 及 CLN2123 等四個系列品系，是利用印度抗病種原 H₂₄ 導入抗病所育成的，具 Ty-2 基因的自交系品系，其單果重約在 60-70 公克，並兼具青枯病、嵌紋病毒病及萎凋病的抗病性，耐熱中等。第二階段利用育成的抗番茄捲葉病毒病的 CLN2114 等系列品系與亞蔬育成耐熱抗多種病害自交系品系的雜交後裔世代，培育出品質優具商品價值的自交系 CLN2460、CLN2467、CLN2468、CLN2469、CLN2498、PT4722、CLN1962B₃F₇ 及 CLN2545 等八個系列品系。這些品系中 CLN1962B₃F₇ 及 CLN2460 為非停心型，CLN2114 及 CLN2131 為半停心型，其他如 CLN2467 等 6 個系列品系



表 12. 亞蔬中心育成抗番茄捲葉病毒病自交系品系的特性

Table 12. The characters of tomato leaf curl virus resistant promising inbred lines in AVRDC breeding program.

品種(系)名稱	株型	產量	單果重 (g)	果形	可溶性 固形物 (°Brix)	色澤 (%)	抗病 ¹ 基因	青枯病 罹病率 (%)
CLN2114	SD	31.2	60	橢圓形	3.5	1.72	Ty-2	-
CLN2131	SD	29.1	50	圓形	3.8	1.80	Ty-2	-
CLN1962B ₅ F ₇ -A	ID	32.4	40	圓形	4.2	1.99	Ty-1	26
CLN2460	ID	34.0	55	圓形	4.8	2.06	Ty-2	20
CLN2467	D	32.3	60	圓形	4.8	2.04	Ty-2	33
CLN2468	D	36.5	70	橢圓形	5.0	2.20	Ty-2	5
CLN2469	D	39.9	115	扁圓形	4.6	2.09	Ty-2	0
CLN2498	D	45.2	80	長筒形	3.8	1.26	Ty-2	40
PT4722	D	36.9	55	圓形	4.2	2.05	Ty-2	50
CLN2545	D	52.9	50	圓形	4.5	1.98	Ty-2	35
Taichung ASVEG #10 (CK)	ID	31.0	250	高球形	5.5	2.15	-	65

摘自 AVRDC report 2002

1. Ty-2：抗雙子星病毒的 Ty-2 相對基因。抗病基因來自於由野生種 *L. hirsutum* 所育成的抗病品系 H₂₄；Ty-1：抗雙子星病毒病 Ty-1 相對基因，來自野生種 *L. chilense*。
2. D：停心型；SD：半停心型；ID：非停心型
3. 這些品系均具備抗番茄嵌紋病毒病、萎凋病小種 1、青枯病及葉斑病等抗病性

均為停心型。每公頃產量以 CLN2545 及 CLN2498 的 52.9 及 45.2 公噸為最高，其他品系產量也在 29.1 至 39.9 公噸之間。單果重以 CLN2469 的 115 公克為最大，其餘品系介於中大果 40~80 公克之間。可溶性固形物以 CLN2468 的 5.0 (°Brix) 最佳。果實形狀 CLN2469 為扁圓形，CLN2498 為長筒形，其餘品系為橢圓形或圓形。上述品系除了 CLN1962B₅F₇ 具 Ty-1 基因外，均具有野生種 *L. hirsutum* 所育成的抗病品系 H₂₄ 的 Ty-2 基因，並同時兼具有抗番茄嵌紋病毒病、萎凋病小種 1、青枯病及葉斑病等的抗病性，青枯病抗病性以 CLN2468 與 CLN2469 等 2 個品系的抗病性最強 (罹病率 0 與 5%)，其次為 CLN2460 (罹病率 20%)。另外在果色方面，以 CLN2460、CLN2467、CLN2468、CLN2469 及 PT4722 等 5 個品系表現較佳，而 CLN2114、CLN2131 及 CLN2498 等三個品系較差。



(三) 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

適宜台灣栽種的鮮食大果與小果雜交一代商業品種的特性及推廣面積列於表 13。自 2000 年雜交培育起，並於 2003 年起分別由種苗改良繁殖場、花蓮區農改場、台南區農改場及桃園區農改場等合作單位執行完成區域試驗及相關試驗。並分年度由各農改場與亞蔬中心共同向農委會申請品種權利登記審查，經審查委員會評審通過，分別登記的品種名稱如下：種苗亞蔬十五號非停心型，大果、果硬、耐裂果，果成熟全紅，單果重 120 公克，並兼具高抗青枯病及萎凋病；花蓮亞蔬十八號非停心型，耐熱性中等、中抗青枯病大果一點紅、果硬、耐裂果，果成熟也可全紅，果硬、耐裂果，單果重 200-350 公克，可溶性固形物達(°Brix) 5.50；桃園亞蔬二十號非停心型，耐熱性中等、中抗青枯病亦為大果一點紅品種，果中硬，單果重 180-250 公克。

表 13. 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 13. 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^a* 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



小果番茄有台南亞蔬十九號半停心型，果紅色，為一具高抗番茄捲葉病、萎凋病小種 1 和 2 及嵌紋病毒病，耐熱性強，茄紅色含量佳，單果重 13.5 公克，糖度(°Brix)為 6.85(範圍 6~12)；另一桔色品種為花蓮亞蔬二十一號，非停心型，中耐熱兼抗萎凋病小種 1 和 2 與嵌紋病毒病、為唯一具備青枯病抗性的小果品種，單果重 13.5 公克，可溶性固形物(°Brix)7.18(範圍 7~14)，果硬、20 耐裂果，採收後貯存性良好，也是優良串收品種。

新育成紅色小果品系“種苗亞蔬二十二號”為半停心型，耐熱性強，抗萎凋病小種 1 和番茄嵌紋病毒病，單果重 15 公克，耐裂果、果硬度高、可溶性固形物 6.40。另一大果一點紅品系“FMTT1116”為非停心型，單果重 200 公克，兼具青枯病、萎凋病小種 1 和 2，這兩個品系已分別由合作單位種苗改良繁殖場與花蓮區農業改良場進行區域試驗評估。

六、結論

近十年來番茄產業受到新型世紀病毒—番茄捲葉病毒病，前所未有的嚴重肆虐，已使整個產業搖搖欲墜。所幸各國研究學者及育種家全力合作專注在抗病性種原的找尋、收集及鑑定，病毒小種的收集鑑別、地區性的分類、抗病性遺傳的研究，並逐一的完成，目前已經有效的解決生產的瓶頸。然而由本文各學者所研究結果發現歐洲、亞洲及美洲地區的病毒小種都不相同，抗病性種原所具備的各不同的抗病基因，*Ty-1*、*Ty-2* 和 *Ty-3* 都各別僅能對抗專屬地區的病毒小種，因此各地區(國家)所育成的抗病品種，也僅能依據所具備那一個抗病基因，而適宜在特定地區栽種才具有抗病效果。因此若想要有抗病品種能適於全球各地區均可栽種的品種，必須培育水平抗病性的品種，方能真正解決該病害的危害。亞蔬中心培育新的抗病品種已朝著這方向執行，具二個抗病基因如 *Ty-2* 和 *Ty-?* 的品種也已培育完成，現正著手再匯聚另一個抗病性基因如 *Ty-1* 或另一個 *Ty* 基因於新的自交系品種，使該品種能同時具備有三個或四個以上的抗病基因，達到真正具有水平抗病性的優良品種，供全球各地區農民栽種。並可使農民降低生產成本，增加收益，振興國家的經濟發展，如此番茄產業才能永續經營下去。除外由於全球性暖化日益嚴重，原已推廣的耐熱品種受到更苛刻的考驗。尤其具中耐熱的大果品種，已明顯降低結果率及減產。解決



策略應著手將單偽結果的特性導入具有耐熱遺傳基因的優良大果自交系，以育成更適應高溫生長的品種方為上上策。

參考文獻

- 行政院農業委員會。2006。農業統計年報。p.64-65。
- 陳正次。1988。生果番茄遺傳改良。蔬菜品種改良研討會 p.121-144。
- 陳正次。1991。番茄育種程序與實施方法蔬菜作物育種程序及實施方法。台灣省農林廳 p.68-81。
- 陳正次。1994。番茄產業面面觀：亞蔬中心耐熱抗病番茄育種之經歷(上)。農藥世界 Vol.133：17-21。
- 陳正次。1994。番茄產業面面觀：亞蔬中心耐熱抗病番茄育種之經歷(下)。農藥世界 Vol.134：85-94。
- 陳正次。1997。夏季耐熱、抗病，小果番茄新品種。種苗科技專訊 Vol. 19：11-15。
- 陳正次。1998。番茄育種蔬菜育種技術研習會專刊。台灣省農試所特刊 73：231-254。
- 陳正次。1999。小果番茄栽培管理技術(一)。農業世界 Vol. 193：10-16。
- 陳正次。1999。小果番茄栽培管理技術(二)。農業世界 Vol. 194：60-65。
- 陳正次、賴森雄、林天枝、洪滋堂。2002。夏季鮮食番茄新品種—「台中亞蔬四號」。番茄品種特性與栽培技術全輯 5-7。
- 陳正次、賴森雄、呂文通、曾喜一。2002。夏季鮮食番茄—「花蓮亞蔬五號」。番茄品種特性與栽培技術全輯 p.8-9。
- 陳正次。2002。番茄新品種—「桃園亞蔬九號」。豐年社 Vol.52(1)：18-23。
- 陳正次。2002。耐熱、抗病、耐貯運一點紅番茄新品種「台中亞蔬十號」。種苗科技專訊 Vol.37：18-23。
- 陳正次。2002。番茄生理障礙與防治。種苗科技專訊 Vol.38：2-23。
- 陳正次。2002。番茄病虫害與生理障礙的防治。番茄品種特性與栽培技術全輯 p.56-78。
- 陳正次。2003。耐熱、抗病鮮食小果番茄—新品種「台南亞蔬十一號」。種苗科技專訊 Vol.41：2-8。
- 陳正次、韓森、郭忠吉、歐培納。2003。夏季鮮食番茄的品種改良。中華農學會報



- Vol.4(1) : 83-102。
- 陳正次。2004。高 β 胡蘿蔔素鮮食小果番茄—新品種花蓮亞蔬十三號(上)。種苗科技專訊 Vol.45 : 11-15。
- 陳正次。2004。高 β 胡蘿蔔素鮮食小果番茄—新品種花蓮亞蔬十三號(下)。種苗科技專訊 Vol.46 : 20-24。
- 陳正次。2004。番茄品種多樣化的介紹。永續農業 No.21 p.15-18。
- 陳正次。2005。番茄花蓮亞蔬十三號—品種特性及栽培管理。豐年社 Vol.55(8) : 45-48。
- 陳正次。2005。番茄花蓮亞蔬十三號的病害防治。豐年社 Vol.55(9) : 44-47。
- 陳正次。2005。藥劑輪替使用防治番茄蟲害。豐年社 Vol.55(10) : 62-63。
- 陳正次。2005。抗病優質桔黃色鮮食小果番茄—花蓮亞蔬十四號。種苗科技專訊 Vol.50 : 12-18。
- 陳正次。2007。番茄捲葉病毒病抗病品種之研發。農業世界 Vol.289 : 40-55。
- AVRDC 1988. Progress report 1986. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.
- AVRDC 2000. AVRDC Report 1999. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.
- AVRDC 2003. AVRDC Report 2002. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan.
- Banerjee, M. K. and Kalloo. 1987. Inheritance of tomato leaf curl virus resistance in *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. Euphytica 36:581-584.
- Friedmann, M., M. Lapidot, S. Cohen, and M. Pilowsky. 1998. A novel source of resistance to tomato yellow leaf curl virus exhibiting a symptomless reaction to viral infection. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123:1004-1007.
- Hanson, P., J. T. Chen, and G. Kuo. 2002. Gene action and heritability of high temperature fruit set in tomato line CL5915. HortScience 37(1):172-175.
- Hanson, P. M., Bernach D., Green, S. K., Tansksley, S. D., Muniyappa, V., Padmaja, A. S., Chen, H. M., Kuo, G., Fang, D., and Chen, J. T. 2000. Mapping a wild tomato Introgression associated with tomato yellow leaf curl virus resistance in a cultivated tomato line. J. Amer. Assoc. Hort. Sci. 125(1):15-20.



- Hanson, P. M., Licardo, O., Hanudin, Wang, J. F., and Chen, J. T. 1998. Diallel analysis of bacterial wilt resistance in tomato derived from different sources. *Plant Dis.* 82:74-78.
- Hanson, P. M., Wang, J., Hartman, G. L., Lin, Y. C., and Chen, J. T. 1996. Variable reaction of tomato lines to bacterial wilt evaluated at several location in southeast Asia. *Hortscience* 31(1):143-146.
- Hassan, A. A., H. M. Mazayd, S. E. Moustafa, S. H. Nassar, M. K. Nakhla, and W. L. Sims. 1984. Inheritance of resistance to tomato yellow leaf curl virus derived from *Lycopersicon cheesmanii* and *Lycoopersicon hirsutum*. *HortScience* 19:574-575
- Hogenboom, N. G. 1972. Breaking breeding barriers in *Lycopersicon*. I. The genus *Lycopersicon*, its breeding barriers and the importance of breaking these barriers. *Euphytica* 21:221-227
- Kalloor, G. and M. K. Banerjee. 1990. Transfer of tomato leaf curl virus resistance from *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* to *L. esculentum*. *Plant Breeding* 105:156-159.
- Kasrawi, M. A. and A. Mansour. 1994. Genetics of resistant to tomato yellow leaf curl virus in tomato. *J. Hort. Sci.* 69:1095-1100.
- Kasrawi, M. A., M. A. Suwwan, and A. Mansour. 1988. Sources of resistance to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in *Lycopersicon* species. *Euphytica* 37:61-64.
- Laterrot, H. 1992. Resistance genitors to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV). *Tomato Leaf Curl Newl.* 1:2-4.
- McGrath, P. F. and B. D. Harrison. 1995. Transmission of tomato leaf curl geminiviruses by *Bemisia tabaci*: Effects of virus isolate and vector biotype. *Ann. Appl. Biol.* 126:307-316.
- Muniyappa, V., S. H. Jalikop, A. K. Saikia, Chennarayappa, G. Shivashankar, A. Ishwara Bhat, and H. K. Ramappa. 1991. Reaction of *Lycopersicon* cultivars and wild accessions to tomato leaf curl virus. *Euphytica* 56:37-41.
- Muniyappa, V., A. S. Padmaja, H. M. Venkatesh, A. Sharma, S. Chandrashehar, R. S. Kulkarni, P. M. Hanson, J. T. Chen, S. K. Green and J. Colvin. 2003. Tomato leafcurl virus resistant tomato lines TLB111, TLB130, and TLB182. *HortScience* 37(3):603-606.



- Opeña, R. T., J. T. Chen, T. Kalb, and P. Hanson. 2001. Seed production of open pollinated tomato. AVRDC International Cooperators' Guide.
- Opeña, R. T., Hartman, G. L., Chen, J. T., and Yang, C. H. 1990b. Breeding for bacterial wilt resistance in tropical tomato. In: 3rd Intl. Conf. Plant protection in the tropics. Genting Highlands, Malaysia. p.44-50.
- Opeña, R. T., J. T. Chen, T. Kalb, and P. Hanson. 2001. Hybrid seed production in tomato. AVRDC International Cooperators' Guide.
- Opeña, R. T., Green, S. K., Talekar, N. S., and Chen, J. T. 1990a. Genetic improvement of tomato adaptability to the tropics. In: Green, S.K.(ed.) Integrated pest and management practices for tomato and pepper in the tropics. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Taiwan, p70-85.
- Pilowsky, M. and S. Cohen. 1974. Inheritance of resistance to tomato yellow leaf curl virus in tomatoes. *Phytopathology* 64:632-635.
- Pilowsky, M. and S. Cohen. 1990. Tolerance to tomato yellow leaf curl virus derived from *Lycopersicon peruvianum*. *Plant Dis.* 74:248-250.
- Vasudeva, R. S. and J. Samraj. 1948. A leaf curl disease of tomato. *Phytopathology* 38:364-369.
- Vidavsky, F. and H. Czosnek. 1998. Tomato breeding lines resistant and tolerant to tomato yellow leaf curl virus issued from *Lycopersicon hirsutum*. *Phytopathology* 88:910-914.



Breeding for Heat Tolerance, Tomato Leaf Curl Virus Resistance and other Important Diseases in Fresh Market Tomato

Jen-Tzu Chen¹⁾、Zhong-Ji Guo¹⁾、Shu-fen Lu¹⁾、Li-ju Lin¹⁾、Fu-chuan Chen¹⁾

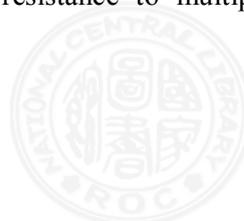
¹⁾Former Associate Specialist (Corresponding author)、¹⁾Former Specialist、¹⁾Research Assistant、¹⁾Assistant Specialist、¹⁾Senior Field Assistant

Address: No. 31, Lon 6, Lene 3, Chuang-shun 1 street, Tainan 701, Taiwan

Tel: 06-2882939

E-mail: jtchen@totalbb.net.tw; jtchen3211@gmail.com

Summary: Heat-tolerant tomato varieties are characterized by their ability to grow and set fruit under high temperatures, either in highly humid or dry environments. The inheritance of heat tolerance is a quasi-quantitative trait, possibly controlled by a few dominant genetic factors that have major effects on the trait, and an undefined number of minor modifiers. The trait is highly inheritable, and also shows additive effects. Eight fresh market tomato hybrids have been derived from the heat-tolerant inbred lines and officially released in Taiwan during 1989 to 2004. Tomato leaf curl virus (TLCV) disease is a new type of virus disease. It has caused great losses to tomato production in the tropical and subtropical regions in the world. A multidisciplinary team at the Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC) along with researchers from different countries has worked on the varietal improvement for heat tolerance and TLCV resistance in tomato. Two major research strategies were employed, i.e., germplasm collection and breeding strategies to incorporate genes with the desired traits into tomato lines. Germplasm collection included identification of TLCV resistant resources, determination of the inheritance of TLCV resistance, and identification of TLCV strains (isolates). Results showed that the TLCV-resistant genes were controlled by a pair of dominant genes, a pair of genes with incomplete dominance, or 1-5 pairs of recessive genes. The breeding strategies involves three steps: 1) Development of heat-tolerant and TLCV -resistant inbred lines: The full backcross breeding methodology was utilized to introgress TLCV-resistant genes from the wild species resistant resources into the heat-tolerant inbred lines with resistance to multiple



diseases; 2) Development of inbred lines with TLCV resistance and fresh market trait: The double cross hybridization methodology was utilized to combine a single cross of TLCV resistance and heat tolerance with a single cross of dark green shoulder fresh market tomato or cherry tomato, along with pedigree method for progenies selection in every generation for developing inbred lines; 3) Development of commercial F₁ hybrid varieties: TLCV-resistant lines were crossed with heat tolerant fresh market inbred lines. As a result of these breeding efforts, three large-fruited fresh market tomato hybrids and two cherry tomato hybrids have been developed and officially released in Taiwan.

Key words: tomato, heat tolerance, tomato leaf curl virus, resistance, breeding

