

番茄台中11號之育成¹

林煜恒²、吳靜霞³

摘 要

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)於栽培過程中常因番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)誘發番茄黃化捲葉病(Tomato yellow leaf curl disease, TYLCD)，造成嚴重經濟損失，種植抗病品種為解決此病害於栽培中發生之根本途徑。臺中區農業改良場以‘Sylviana’ (Enza zaden Co.)分離之純系 B51 為母本，以‘種苗亞蔬 22 號’ (TSIPS, COA)分離之純系 B72 為父本，成功育成帶有 *Ty1/3* 及 *Ty2* 抗病基因之雜交一代番茄‘台中 11 號’。番茄‘台中 11 號’為半停心型，下胚軸具有花青素，果實圓球形，未成熟果淡綠色有綠肩，成熟果紅色，不易脫粒，果重約48 g，2-3 個心室，抗番茄黃化捲葉病，適合有機及露天栽培。已於2021年10月14日取得我國植物品種權(品種權字第 A02618 號)，未來可作為番茄農友種植品種之新選擇。

關鍵字：西洋南瓜、株距、果實品質、產量

前 言

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)原產於南美洲安地斯山脈之秘魯、厄瓜多及玻利維亞等地區，因其營養價值及多用途性，為世界重要的果菜類蔬菜。近年來由於國人飲食習慣逐漸多元，番茄市場需求逐年提升，依據行政院農業委員會統計資料顯示，至2020年全國番茄栽培面積已達4,000 ha⁽¹⁾。番茄栽培過程中易發生許多病害，臺灣以番茄黃化捲葉泰國病毒種(*Tomato yellow leaf curl Thailand virus*, TYLCTHV)所誘發之番茄黃化捲葉病(Tomato yellow leaf curl disease, TYLCD)最為嚴重，常無法生產具商品價值之果實，造成農友巨大的經濟損失⁽⁶⁾。

番茄黃化捲葉病最早於1959年在以色列被發現，為近年來影響世界番茄生產的最嚴重病害之一⁽⁶⁾，隨著世界貿易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⁽¹¹⁾，日本也於1998年首度發現此病害⁽¹⁰⁾，故知此病害已有向溫帶國家蔓延之趨勢。番茄感染TYLCD初期，植株生長點出現輕微黃化及捲曲；感染中期出現小葉嚴重黃化、變形及縮小；感染後期則有節間縮短、植株萎縮及停止生長現象⁽⁹⁾。使用抗病品種為解決栽培中發生此病害之根本途徑。

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 1034 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

³行政院農業委員會農糧署北區分署新竹辦事處課員。

臺灣於1987年發表第一篇番茄黃化捲葉病的正式報告⁽⁸⁾，國內誘發TYLCD最主要的病毒生理小種為TYLCTHV⁽⁹⁾。目前已發現5種抗TYLCD之野生番茄種原，分別為*Solanum pimpinlifolium*、*Solanum chilense*、*Solanum cheesmaniae*、*Solanum peruvianum*及*Solanum habrochaites*⁽⁵⁾，番茄若同時堆疊Ty1/3及Ty2抗病基因，將可對TYLCTHV具最佳抗病性⁽²⁾。本研究目的主要為選育對TYLCD抗病且具優良園藝性狀之番茄品種，使農友進行番茄生產時，有更多品種可供選擇。

材料與方法

一、種原蒐集及評估

蒐集國內外共53個全紅番茄商業品種，於2015年攜至亞蔬-世界蔬菜中心(以下簡稱亞蔬)進行種原TYLCTHV抗病性評估。參試品種播種於3吋軟盆，取滿地王三號(農友種苗股份有限公司，臺灣)與蛭石以1：1比例混合後作為介質，每品種種植12株，並以TYLCTHV感病番茄‘ANT22’作為對照品種。發芽1週後，每週施用1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2週，待植株生長至3-4片本葉時，移至亞蔬病毒組PH-36網室，並以亞蔬病毒組所提供B-type生理小種之帶病毒銀葉粉蝨，進行苗期病毒接種試驗。試驗中所使用之病毒為TYLCTHV，係由亞蔬病毒組分離純化後，將TYLCTHV感病番茄‘ANT22’及帶毒銀葉粉蝨培養維持於病毒組PH-36網室內。番茄植株利用銀葉粉蝨傳毒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，進行發病率調查及病徵觀察。

病徵調查係依據亞蔬病毒組所建立之TYLCD發病級數，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。

番茄中Ty抗病基因利用聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)進行檢測，抗黃化捲葉病基因之引子序列及抗性基因片段如表一所示。每個樣品總體積為25 µl，內含DNA模版、5X Taq Master Mix (Fast-Run Taq Master Mix Kit, 波仕特公司)、10 µM引子組及無菌蒸餾水。樣品混合後，利用GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystem, USA)分析，先以94°C反應10 min，接著以94°C反應1 min、55-60°C反應1min (依不同引子調整溫度)以及72°C反應1 min，上述三步驟重覆30-35個循環，最後以72°C反應10 min。經聚合酶連鎖反應所增幅之產物，加入6x loading dye，以2%-3.5%的SFR agarose(在TBE buffer中)與100伏特電壓，進行電泳分離約60 min，並以UV光檢視、照相及貯存影像於電泳影像分析系統(IS 2000 Digital Imaging System, Alpha Innotech Corporation, CA, United States)；為提升分析靈敏度，利用毛細管電泳儀(Qsep100TM BiOptic Inc. 基智生物科技股份有限公司，臺灣)自動化分析產物片段。

表一、檢測抗番茄黃化捲葉病基因座之分子標誌

Table 1. Molecular markers used for the detection of tomato yellow leaf curl resistance loci

| Gene | Marker | Sequence | Type |
|------------------|---------|-----------------------------------|----------------------|
| <i>Ty-1/Ty-3</i> | M2-F | 5'-GATCCGTTGATTGAAGAAAT-3' | SCAR ⁽⁶⁾ |
| | M2-R | 5'-AGGAAGAGGAGAGACAATCC-3' | |
| <i>Ty-2</i> | P1-16-F | 5'-CACACATATCCTCTATCCTATTAGCTG-3' | SCAR ⁽¹²⁾ |
| | P1-16-R | 5'-CGGAGCTGAATTGTATAAACACG-3' | |

二、純系選拔、試交及品系比較試驗

(一)純系選拔及試交

利用苗期病毒接種所篩選出具抗病潛力之番茄種原共20品系，於彰化縣大村鄉臺中區農業改良場(以下簡稱本場)蔬菜試驗田，利用譜系法進行純系選拔6代(F₂-F₇)。所有育種材料於每次選拔試驗中皆播種20粒種子，並以128格塑膠穴盤育苗，待播種後4週、本葉生長至3-4片時，即以微量離心管進行單株採樣，每株採3 cm葉圓片樣品，進行DNA萃取，並利用PCR技術檢測各育種材料中*Ty*抗病基因之有無及組成。

番茄幼苗皆於播種後4-5週定植，以農民慣行栽培方式進行，病蟲害管理則參考植物保護資訊系統。栽培過程中不使用任何殺蟲劑，以維持銀葉粉蝨數量，同時保持田區中病毒病發病植株，作為TYLCD自然接種源，後藉觀察植株生育、果實性狀及對TYLCD之抗、耐病能力，進行純系選拔。具優良園藝性狀及抗病性佳之番茄品系則利用單粒後裔法(single seed descent method)留種，至2017年共選拔出10個具優良園藝性狀且分別帶有*Ty1/3*或*Ty2*抗病基因之純系(F₇)，10個純系於同年度即行相互試交，所獲之試交組合共有5個，進入品系比較試驗。

(二)品系比較試驗

初級品系比較試驗在2018年2-5月於本場進行，試驗採逢機完全區集設計(randomized complete block design, RCBD)、2重複，每重複20株，採雙行植、單幹整枝。小區面積1.6 m x 10 m，行株距0.75 m x 0.5 m，以128格塑膠穴盤進行播種育苗，待播種後4週，幼苗生長至3-4片本葉，即定植於露天田區。栽培管理依慣行管理方式進行，每分地基肥施用40 kg台肥39號複合肥料(N:P₂O₅:K₂O=12:18:12)，定植後每14-21天進行追肥，每分地施用20 kg台肥43號複合肥料(N:P₂O₅:K₂O:MgO=15:15:15:4)。病蟲害管理則依植物保護資訊系統之推薦用藥進行。栽培期間不使用任何殺蟲劑，田間TYLCD發病株亦不移除。試驗調查及分析項目包括*Ty*基因檢測、定植後1、2個月TYLCD病徵程度及發病率、果重、果長、果寬、糖度、硬度及平均單株產量，每重複調查20株。

高級品系比較試驗在2018年5-9月於南投縣魚池鄉埔里分場(以下簡稱分場)進行，栽培管理及調查分析項目與初級品系比較試驗一致，以‘種苗亞蔬22號’作為對照品種進行比較。

三、園藝性狀檢定

‘台中11號’(TD5172品系)為以‘Sylviana’(Enza zaden Co., Holland)分離之純系B51為母本，以‘種苗亞蔬22號’(TSIPS, COA)分離之純系B72為父本之雜交一代品種。為檢定番茄新品種‘台中11號’之可區別性、穩定性及一致性，採用分別於2017年12月及2018年12月所採收之不同批種子為試驗材料，以‘種苗亞蔬22號’為對照品種，進行性狀檢定試驗。2019年春季性狀檢定，試區設置於本場水平網室；2019年夏季性狀檢定，試區設置於分場帶有遮雨設施之開放試驗田區。兩季性狀檢定所使用之植物材料皆以128格塑膠穴盤於本場育苗溫室播種育苗。兩季节性狀檢定分別於2019年2月13日及2019年5月9日於田間定植，試驗採逢機完全區集設計(randomized complete block design, RCBD)、2重複，每重複20株，小區面積1.6 m x 10 m，行株距0.75 m x 0.5 m，性狀檢定依據行政院農業委員會所公布之番茄品種試驗檢定方法進行，其餘栽培管理方法如品系比較試驗所述。試驗調查項目包括果重、果長、果寬、糖度、硬度及單株產量。

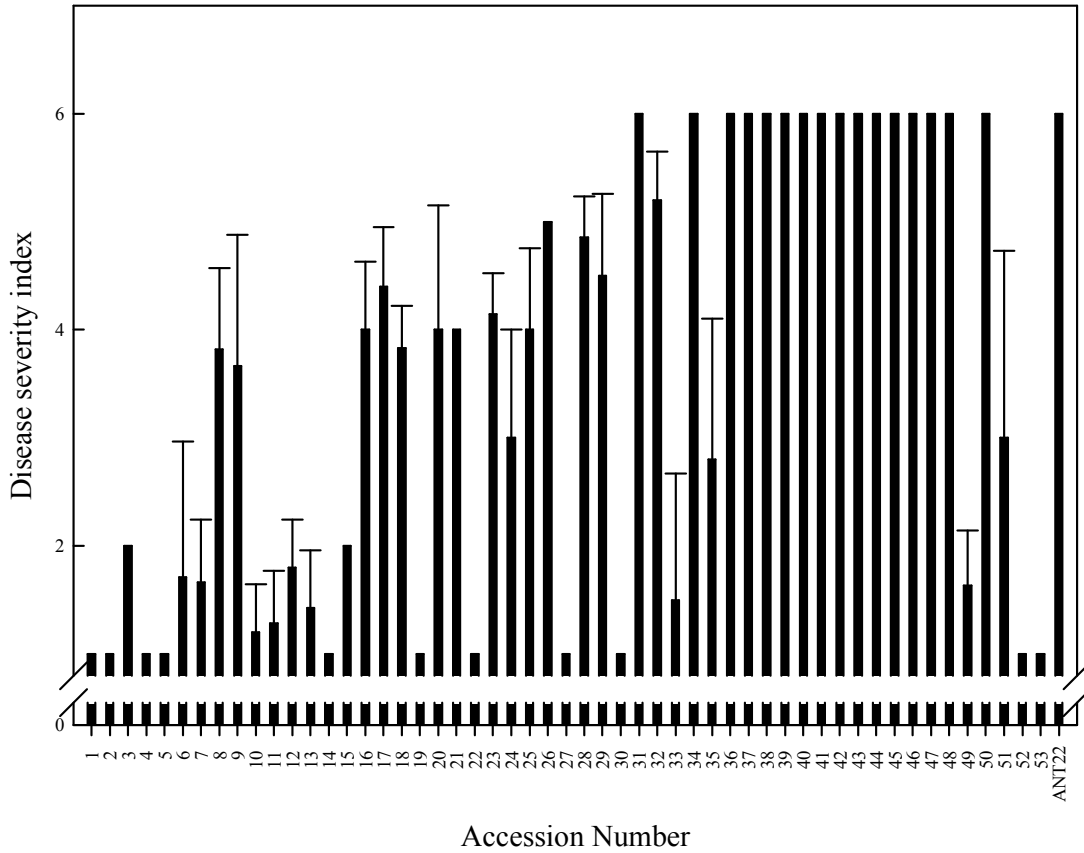
四、統計分析

統計方式為以最小顯著差異(Fisher's 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。

結果與討論

一、種原蒐集及評估

遺傳材料的蒐集及瞭解種原特性是番茄育種工作關鍵⁽¹²⁾，本研究目標為選育抗番茄黃化捲葉病之番茄品種，於2014-2015年間自國內外蒐集53個具抗病潛力之種原，並於2015年於亞蔬-世界蔬菜中心進行種原抗TYLCTHV特性評估。經苗期病毒接種試驗顯示，有11個番茄種原無任何病徵表現，分別為‘SV4224TH’、‘Sylvian’、‘TMB582’、‘TMB688’、‘Hualian-Yasu No.21’、‘TMB304’、‘V20117’、‘9102’、‘AG-09’、‘NS 524’及‘TMB147’(圖一)，後以聚合酶連鎖反應(polymerase chain reaction, PCR)檢測Ty抗病基因的有無，發現20個種原中分別帶有不同的Ty抗病基因之組合(表二)，顯示所蒐集之部分種原對TYLCTHV確具抗、耐病之潛力。利用帶有不同的Ty基因組合之番茄材料進行TYLCTHV抗病力研究顯示，於臺灣進行番茄抗TYLCTHV育種時，如同時堆疊Ty1/3及Ty2基因，可使番茄對於TYLCD有最高之抗病能力⁽³⁾。因此選育出帶有Ty1/3及Ty2並兼具優良園藝性狀之番茄品種‘台中11號’。



圖一、番茄 53 個品種接種番茄黃化捲葉泰國病毒後 28 天之發病級數

Fig. 1. The disease severity index in 53 tomato germplasm after inoculation with Tomato yellow leaf curl Thailand virus (TYLCTHV) for 28 days. *Bars represent standard error of the mean.

表二、番茄種原所含之抗病基因組合

Table 2. The resistant gene combination in tomato germplasm

| Serial Number | Accession Number | Cultivar | <i>Ty-2</i> | <i>Ty-1/3</i> | <i>Ty-5</i> |
|---------------|------------------|-----------------------|-------------|---------------|-------------|
| 1 | 1 | SV4224TH | - | + | - |
| 2 | 2 | Sylvian | - | + | - |
| 3 | 4 | TMB582 | - | + | - |
| 4 | 5 | TMB688 | - | + | - |
| 5 | 6 | US440 india | - | - | - |
| 6 | 7 | Akash Ganga | + | - | + |
| 7 | 9 | 928 | - | + | - |
| 8 | 10 | 9748 | - | + | - |
| 9 | 11 | 9743 | - | + | - |
| 10 | 12 | 922 | - | - | + |
| 11 | 13 | Rui cheng 25 | + | - | + |
| 12 | 14 | Hualian-Yasu No.21 | + | - | - |
| 13 | 15 | Zhongmiao Yashu No.22 | + | - | - |
| 14 | 19 | TMB304 | - | + | - |
| 15 | 22 | V20117 | - | + | - |
| 16 | 27 | 9102 | - | + | - |
| 17 | 30 | AG-09 | - | + | - |
| 18 | 33 | 325-Moralburg | - | + | - |
| 19 | 52 | NS 524 | - | - | - |
| 20 | 53 | TMB147 | - | + | - |

二、純系選拔、試交及品系比較試驗

2015年於亞蔬經苗期抗病性評估，篩選出具抗病潛力之20個番茄種原，於本場利用譜系育種法選拔優良純系，具優良園藝性狀及抗病性佳之品系則利用單粒後裔法(single seed descent method)留種。至2017年共選拔出10個具優良園藝性狀、且分別帶有*Ty1/3*或*Ty2*抗病基因之純系(F₇)，10個純系於同年度即行相互試交，經苗期*Ty*基因檢測結果顯示，共5個雜交一代組合成功堆疊*Ty1/3*及*Ty2*抗病基因，且雜交成功率達100%，分別為TD5172、TD5372、TD8172、TD8372及TD8472，此5個雜交一代組合即進入品系比較試驗。

5個雜交組合初級比較試驗結果(表三、四)，於TYLCD抗病性，5個組合在定植後1及2個月皆無任何植株出現TYLCD病徵，發病率亦皆為0；*Ty*基因檢測結果亦顯示5個組合之所有植株皆可檢測出*Ty1/3*及*Ty2*基因。果實重量於5個組合之間皆無顯著差異，但平均單株產量以TD5172及TD8372顯著最高，故選拔二者進入後續高級品系比較試驗。

高級品系比較試驗結果顯示，番茄TD5172和TD8372在定植後1及2個月，TYLCD病徵程度和發病率皆為0；對照品種TYLCD病徵程度和發病率則在定植後1個月與2參試品系無顯著差異，然在定植後第二個月病徵程度達3.3級，發病率亦達55%，皆顯著高於參試番茄品系。利用PCR檢測*Ty*抗病基因，TD5172及TD8372皆顯示帶有*Ty1/3*及*Ty2*，而對照品種僅帶有*Ty2*基因(表五)。果實性狀及產量調查結果顯示(表六)，TD5172及TD8372在果實大小及產量皆顯著高於對照品種，而兩參試番茄在果實大小及產量間無顯著差異。果實大小於TD5172較TD8372均一，其果串整齊且較不易脫粒，又因具抗TYLCD及豐產之特性(圖二)，故選其進行後續種子擴大繁殖及性狀檢定，於2020年10月命名為‘台中11號’。



圖二、高級品系比較試驗中番茄 TD5172 及 TD8372 之果實。

Fig. 2. Fruits performance of tomato TD5172 and TD8372 in the advanced comparative test.

表三、番茄初級品系比較試驗 TYLCD 發病級數及發病率

Table 3. Disease severity index and incidence of TYLCD of tomato lines in the primary comparative test

| No. | Line cultivar | 1 month after transplant | | 2 month after transplant | | Ty gene |
|-----|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| | | Disease severity index | Disease incidence (%) | Disease severity index | Disease incidence (%) | |
| 1 | TD5172 | 1 a ^z | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 2 | TD5372 | 1 a | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 3 | TD8172 | 1 a | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 4 | TD8372 | 1 a | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 5 | TD8472 | 1 a | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 6 | Zhongmiao Yashu No.22 | 1.1a | 1.2a | 3.5a | 50 a | Ty2 |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher's LSD test.

Transplant date: 2018.02.13

表四、番茄初級品系比較試驗果實性狀及產量

Table 4. Fruit characters and yield of tomato lines in the primary comparative test

| No. | Line cultivar | Fruit weight (g) | Fruit length (mm) | Fruit width (mm) | Sweetness (°Brix) | Fruit hardness (N/mm ²) | Yield (kg/plant) |
|-----|--------------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|
| 1 | TD5172 | 49.9±2.3 a ^z | 40.0±1.6 c | 45.9±1.4 b | 5.2±0.3 a | 12.0±1.3 c | 1.9±0.2 a |
| 2 | TD5372 | 48.3±4.1 ab | 40.8±1.5 bc | 44.6±1.3 bc | 4.6±0.3 bc | 13.3±2.0 bc | 0.8±0.3 c |
| 3 | TD8172 | 49.3±4.7 ab | 41.8±1.7 bc | 43.9±1.2 c | 4.5±0.3 bc | 16.2±1.3 a | 0.3±0.0 d |
| 4 | TD8372 | 49.7±3.0 ab | 44.9±2.4 a | 48.0±1.6 a | 5.4±0.6 a | 15.9±1.7 a | 1.9±0.1 a |
| 5 | TD8472 | 45.2±4.1 b | 42.6±1.6 b | 43.7±1.6 c | 4.1±0.5 c | 14.9±1.2 ab | 0.7±0.2 c |
| 6 | Zhongmiao Yashu No.22 | 26.5±3.4 c | 39.4±2.5 b | 33.5±1.4 d | 5.4±0.2 a | 13.8±2.1 ab | 1.5±0.1 b |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher's LSD test. Values are means±S.D

Transplant date:2018.02.13; Survey date: 2018.04.26

表五、番茄高級品系比較試驗 TYLCD 發病級數及發病率

Table 5. Disease severity index and incidence of TYLCD of tomato lines in the advanced comparative test

| No. | Line cultivar | 1 month after transplant | | 2 month after transplant | | Ty gene |
|-----|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| | | Disease severity index | Disease incidence (%) | Disease severity index | Disease incidence (%) | |
| 1 | TD5172 | 1 a ^z | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 2 | TD8372 | 1 a | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 3 | Zhongmiao Yashu No.22 | 1.1 a | 1.3 a | 3.3 a | 55 a | Ty2 |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher's LSD test.

Transplant date: 2018.06.27

表六、番茄高級品系比較試驗果實性狀及產量

Table 6. Fruit characteristics and yield of tomato lines in the advanced comparative test

| No. | Line (cultivar) | Fruit weight (g) | Fruit length (mm) | Fruit width (mm) | Sweetness (°Brix) | Fruit hardness (N/mm ²) | Yield (kg/plant) |
|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|
| 1 | TD5172 | 49.7±2.3 a ^z | 40.9±0.8 b | 47.0±2.0 a | 4.7±0.2 b | 13.8±1.2 b | 2.0±0.2 a |
| 2 | TD8372 | 50.6±3.6 a | 45.7±2.1 a | 48.1±3.0 a | 5.4±0.7 a | 17.0±1.8 a | 2.0±0.1 a |
| 3 | Zhongmiao Yashu No.22 | 26.0±3.7 b | 39.6±2.6 b | 33.5±1.7 b | 5.5±0.1 a | 13.8±3.2 b | 1.6±0.2 b |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher's LSD test. Values are means±S.D

Transplant date: 2018.06.27; Survey date: 2018.09.04

三、園藝性狀檢定

品種性狀檢定主要是提供品種穩定性、一致性及可區別性鑑定之依據。穩定性指一品種在特定的繁殖方法下，經重複繁殖或一特定繁殖週期後，其主要性狀維持不變者。一致性是來自特定繁殖方法下所產生之同一批材料，除自然變異外，個體間表現一致者；無性繁殖作物及自交作物可根據異型株比例，而異交作物植株間變異範圍較大，一致性評估採整體的變異為主，當新品種之性狀平均值的標準差高過對照品種之標準差達1.6倍以上，即視該品種不具一致性⁽⁴⁾。

2019年春及夏季性狀檢定結果顯示，2017及2018年2批次採種之‘台中11號’在果重、果長、果寬、果皮厚度、花梗長度、糖度、硬度、單株產量均無顯著差異(表七、九)。TYLCD抗病性部分，2批次採種之‘台中11號’於定植後1及2個月，TYLCD病徵程度及發病率皆無顯著差異；2批次採種之‘台中11號’葉片經PCR檢測，皆帶有Ty1/3及Ty2基因(表八、十)。與對照品種‘種

苗亞蔬22號’相比，於果重、果長、果寬、糖度及單株產量皆有顯著差異。‘台中11號’之果重較重、果長較長、果寬較寬、果皮厚度較厚、糖度較低、單株產量較高。花梗長度及果實硬度則與‘種苗亞蔬22號’無顯著差異。‘台中11號’帶有Ty1/3及Ty2基因，而‘種苗亞蔬22號’僅帶有Ty2基因。‘種苗亞蔬22號’植株定植田間後1及2個月TYLCD病徵程度及發病率亦皆顯著較‘台中11號’高。此外，‘台中11號’各性狀之S.D.與對照品種‘種苗亞蔬22號’之S.D.比值均未超過1.6。

表七、番茄‘台中11號’春季植株性狀檢定

Table 7. Plant characteristics test of tomato ‘Taichung No. 11’ in spring

| No. | Cultivar | Fruit weight (g) | Fruit length (mm) | Fruit width (mm) | Peel thickness (mm) |
|---|------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| 1 | 2017 Taichung No. 11 | 46.5±2.9 a | 41.7±2.1 a | 44.2±1.4 a | 0.6±0.1 a |
| 2 | 2018 Taichung No. 11 | 48.9±2.3 a | 41.4±1.9 a | 44.9±1.7 a | 0.6±0.1 a |
| 3 | Zhongmiao Yashu No. 22 | 25.6±1.9 b | 38.9±2.6 b | 33.5±1.1 b | 0.4±0.1 a |
| S.D. 2017 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.49 | 0.83 | 1.33 | 1.24 |
| S.D. 2018 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.20 | 0.74 | 1.56 | 0.96 |

| No. | Cultivar | Pedicle length (mm) | Sweetness (°Brix) | Fruit hardness (N/mm ²) | Yield (kg/plant) |
|---|------------------------|------------------------|----------------------|--|---------------------|
| 1 | 2017 Taichung No. 11 | 10.1±0.7 a | 4.9±0.4 a | 13.2±2.5 a | 1.9±0.1 a |
| 2 | 2018 Taichung No. 11 | 10.0±0.6 a | 5.1±0.3 a | 12.6±1.8 a | 2.0±0.1 a |
| 3 | Zhongmiao Yashu No. 22 | 10.9±0.5 a | 5.6±0.5 a | 14.2±2.3 a | 1.5±0.1 b |
| S.D. 2017 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.46 | 0.88 | 1.05 | 0.99 |
| S.D. 2018 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.31 | 0.76 | 0.61 | 0.81 |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher’s LSD test.

Values are means±S.D

Transplant date: 2019.02.13; Survey date: 2019.04.11

表八、番茄‘台中 11 號’春季植株田间 TYLCD 抗病性檢定

Table 8. TYLCD resistance test in the field of tomato‘Taichung No. 11’ in spring

| No. | Cultivar | 1 month after transplant | | 2 month after transplant | | Ty gene |
|-----|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| | | Disease severity index | Disease incidence (%) | Disease severity index | Disease incidence (%) | |
| 1 | 2017 Taichung No. 11 | 1 b ^z | 0 b | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 2 | 2018 Taichung No. 11 | 1 b | 0 b | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 3 | Zhongmiao Yashu No. 22 | 1.7 a | 25 a | 2.7 a | 84 a | Ty2 |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher’s LSD test.

Transplant date: 2019.02.13

表九、番茄‘台中 11 號’夏季植株性狀檢定

Table 9. Plant characteristics test of tomato‘Taichung No. 11’ in summer

| No. | Cultivar | Fruit weight (g) | Fruit length (mm) | Fruit width (mm) | Peel thickness (mm) |
|---|------------------------|------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| 1 | 2017 Taichung No. 11 | 47.1±3.5 a | 40.2±1.7 a | 44.9±1.5 a | 0.6±0.1 a |
| 2 | 2018 Taichung No. 11 | 47.8±2.5 a | 42.4±1.3 a | 44.3±1.7 a | 0.6±0.1 a |
| 3 | Zhongmiao Yashu No. 22 | 25.8±3.4 b | 38.3±1.8 b | 33.3±1.4 b | 0.4±0.1 a |
| S.D. 2017 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.03 | 0.93 | 1.03 | 1.34 |
| S.D. 2018 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 0.75 | 0.72 | 1.19 | 1.13 |

| No. | Cultivar | Pedicle length (mm) | Sweetness (°Brix) | Fruit hardness (N/mm ²) | Yield (kg/plant) |
|---|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------|
| 1 | 2017 Taichung No. 11 | 10.5±0.8 a | 5.0±0.4 b | 12.4±1.7 a | 2.3±0.3 a |
| 2 | 2018 Taichung No. 11 | 10.9±0.8 a | 5.2±0.4 b | 12.8±1.9 a | 2.2±0.5 a |
| 3 | Zhongmiao Yashu No. 22 | 11.2±0.8 a | 5.6±0.4 a | 14.5±3.0 a | 1.8±0.6 b |
| S.D. 2017 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.09 | 0.85 | 0.59 | 0.45 |
| S.D. 2018 Taichung No. 11/ Zhongmiao Yashu No.22 | | 1.08 | 0.90 | 0.65 | 0.86 |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher’s LSD test.

Values are means±S.D

Transplant date: 2019.05.09; Survey date: 2019.07.24

表十、番茄‘台中 11 號’夏季植株田間 TYLCD 抗病性檢定

Table 10. TYLCD resistance test in the field of tomato 'Taichung No. 11' in summer

| No. | Cultivar | 1 month after transplant | | 2 month after transplant | | Ty gene |
|-----|------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------|
| | | Disease severity index | Disease incidence (%) | Disease severity index | Disease incidence (%) | |
| 1 | 2017 Taichung No. 11 | 1 a ^z | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 2 | 2018 Taichung No. 11 | 1 a | 0 a | 1 b | 0 b | Ty1/3、Ty2 |
| 3 | Zhongmiao Yashu No. 22 | 1.3 a | 0.8 a | 2.2 a | 40 a | Ty2 |

^z Means with different letters are significantly different from each other at $P \leq 0.05$ by Fisher's LSD test. Transplant date: 2019.05.09

表十一、番茄‘台中 11 號’與‘種苗亞蔬 22 號’具差異之性狀

Table 11. Different characteristics between tomato 'Taichung No. 11' and 'Zhongmiao Yashu No. 22'

| Traits | Section | Taichung No. 11 | Zhongmiao Yashu No.22 |
|----------------------|---|-----------------|-----------------------|
| Plant traits | Seedling hypocotyl | | |
| | anthocyanin coloration (with/without) | with | without |
| Fruit traits | Fruit size | middle | small |
| | Fruit type (vertical diameter/horizontal diameter) | middle | small |
| | Fruit shape (longitudinal section) | spherical | high spherical |
| | Pedicle scar size | middle | small |
| | Fruit heart size (ratio of fruit cross section to diameter) | middle | small |
| | The degree of green coloration of the fruit shoulder | light green | green |
| | The degree of green coloration of the fruit shoulder | light green | green |
| TYLCD resistant gene | Ty gene | Ty1/3、Ty2 | Ty2 |

番茄‘台中11號’與對照品種‘種苗亞蔬22號’計有9項性狀有所差異，包括：幼苗下胚軸花青素呈色、果實大小、果型(縱徑/橫徑)、果形(縱切面)、果梗痕大小、果心大小(果實橫切面與直徑之比例)、果實綠色呈色程度、果肩綠色呈色程度、TYLCD抗病基因(表十一)，故具可區別性。性狀調查所得的數值之標準差與對照品種‘種苗亞蔬22號’數值之標準差比值均未超過1.6，即‘台中11號’可接受的變異程度無顯著超過對照品種之變異程度，具一致性。又番茄‘台中11號’自2019年性狀檢定試驗調查中，植株異型株(offtype)出現比率小於1%，顯示族群內性狀表現具一致性。在2019年春及夏作進行性狀檢定調查，結果顯示分別使用2017年及2018年兩期所繁殖之兩批種子，其植株各項性狀表現一致，推論具穩定性。

結 論

番茄‘台中11號’之特性包括：為雜交一代品種，半停心型，植株下胚軸具有花青素，二回羽狀複葉，葉片半下垂，葉色綠，小葉葉柄與葉軸的相對角度為半直立。總狀花序，果實圓球形，未成熟果淡綠色有綠肩，成熟果紅色，不易脫粒，果重約48公克，2-3個心室；帶有*Ty1/3*及*Ty2*基因，抗TYLCD，適合有機及露天栽培(圖三)。

本品種適合於臺灣中南部平地9月中下旬至隔年2月中旬間進行定植，中部山區夏季番茄生產建議於海拔600公尺之中高海拔地區，於4月上旬至6月下旬間完成定植，每分地所需之苗數約2,000~2,500株。本品種已於2021年10月14日取得我國植物品種權(品種權字第A02618號)，未來可作為番茄農友種植品種之新選擇。



圖三、番茄‘台中 11 號’於田間生長情形及著果

Fig. 3. The tomato 'Taichung No. 11' growth and fruiting in the field

誌 謝

本研究承蒙本場蔬菜研究室及生物技術與農產加工研究室同仁協助進行試驗調查及分析，並感謝亞蔬-世界蔬菜中心提供病毒供分析，謹致謝忱。

參考文獻

1. 朱雅玲行政院農業委員會農糧署全球資訊網 <https://www.afa.gov.tw/cht/index.php>
2. 林煜恒、張瑞昕 2017 番茄抗黃化捲葉病毒種原篩選 臺中區農業改良場研究彙報 135: 11-24。
3. 林煜恒、吳靜霞 2018 番茄中不同Ty基因組合對於番茄黃化捲葉泰國病毒種之抗病力研究 臺中區農業改良場研究彙報 139: 13-26。
4. 植物品種及種苗法令彙編 2005 行政院農業委員會農糧署編印。
5. 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.
6. Czosnek, H. and H. Laterrot. 1997. A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Arch. Virol.* 142: 1391-1406.
7. Chen, H. M., Y. L. Chen, M. Yoshida, P. Hanson and R. Schafleitner. 2015. Multiplex PCR for detection of tomato yellow leaf curl disease and root-knot nematode resistance genes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Plant Breed. Genet.* 2: 44-56.
8. Green, S.K., Y. Sulgo, and D.E. Lesemann. 1987. Leaf curl virus on tomato in Taiwan province. *FAO plant prot. Bull.* 35: 62.
9. 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.
10. 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.
11. Pilowsky, M. and S. Cohen. 1974. Inheritance of resistance to *tomato yellow leaf curl virus* in tomatoes. *Phytopathology* 64: 632-635.
12. Yuling, B. and P. Lindhout. 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Ann. of Bot.*100(5): 1085-1094.
13. Yamaguchi, H., J. Ohnishi, A. Saito, A. Ohyama, T. Nunome, K. Miyatake and H. Fukuoka 2018. An NB-LRR gene, TYNBS1, is responsible for resistance mediated by the Ty-2 Begomovirus resistance locus of tomato. *Theor. Appl. Genet.* 131: 1345. <http://dx.doi.org/10.1007/s00122-018-3082-x>

Breeding of Tomato 'Taichung No. 11'¹

Yu-Heng Lin² and Ching-Hsia Wu³

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is an important fruit vegetable in the world. Tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) is caused by *tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV) during cultivation reducing serious economic losses in Taiwan. Planting disease-resistant cultivars is the fundamental way to avoid the occurrence of this disease in cultivation. Taichung District Agricultural Research and Extension Station used the pure line B51 isolated from 'Sylviana' (Enza zaden Co.) as the female parent, the pure line B72 isolated from 'Zhongmiao Yashu No.22' (TSIPS, COA.) as the male parent. Molecular markers were used to assist breeding. A F₁ hybrid tomato cultivar with *Ty1/3* and *Ty2* disease resistance genes was successfully bred and named 'Taichung No.11'. Tomato 'Taichung No. 11' is a semi-determinate type, with anthocyanin in the hypocotyl, spherical fruit shape, light green shoulder in immature fruit, red mature fruit, not easy to thresh, fruit weight about 48 grams, 2-3 ventricles, resistant to tomato yellow leaf curl disease, suitable for organic and open field cultivation. At present, the plant variety rights of the Republic of China have been obtained (Certificate No. A02618). It can be a new choice for tomato farmers in the future.

Key words: tomato, *tomato yellow leaf curl Thailand virus* (TYLCTHV), tomato yellow leaf curl disease (TYLCD), disease resistant, F₁ hybrid cultivar

¹ Contribution No.1034 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

³ Officer of Hsinchu office, Northern region branch, Agriculture and food agency, COA.

