

甜瓜抗白粉病新品種「台農 2 號」之育成

王毓華^{1*} 張庚鵬² 黃晉興³ 吳錫家⁴

摘要

王毓華、張庚鵬、黃晉興、吳錫家。2019。甜瓜抗白粉病新品種「台農 2 號」之育成。台灣農業研究 68(2):165–176。

為育成抗白粉病 (powdery mildew; PM) 之甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 雜交新品種，將行政院農委會農業試驗所育成之 6 個網紋綠肉自交系的抗病性、果形、果實大小、果皮網紋及果肉厚度、甜度等性狀進行評估。抗病性篩選採用葉圓片人工接種法及調查田間自然發病率，先篩選出具抗白粉病之 M15033 和 TARI-08874 兩個自交系，並透過雜交育種法育成一代雜交種。接著進行品系比較試驗與區域試驗，最後選育出雜交新品系 TARI-M-104。本雜交新品系於 2018 年 7 月 11 日經行政院農業委員會植物品種審議委員會通過取得品種權，命名為甜瓜「台農 2 號」。本品種屬於網紋綠肉洋香瓜，對由白粉病菌生理小種 1 (*Podosphaera xanthii* race 1) 具有抗性，惟對生理小種 5 (*P. xanthii* race 5) 則呈現感病性，果實重量約 1,300 g、平均糖度為 13.2°Brix、果肉厚度約 4.0 cm、網紋優美等特性，當果實成熟後果皮會轉為金黃色，並散發特殊香氣，因此甜瓜「台農 2 號」具有推廣於設施栽培之發展潛力。

關鍵詞：甜瓜、育種、白粉病。

前言

甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 為葫蘆科一年生蔓性草本作物，台灣目前栽培的種類依果實外型分為二大類，包括厚皮甜瓜及薄皮甜瓜，其中厚皮甜瓜類型以洋香瓜較為普遍。通常洋香瓜果實依果皮外觀，可分為有網紋及無網紋，而網紋之密疏粗細，品種間亦有差異。果皮有綠色、淺黃色、金黃色等，果肉又可分為綠色、橙色、白色等，果型更是多元變化 (Fernández-Trujillo *et al.* 2011)。根據行政院農業委員會 2017 年農業統計年報，洋香瓜平均栽培面積約 2,523 ha，平均產量 1,373 kg 0.1 ha⁻¹。主要生產期為 11 月至翌年 5 月，主要產區為台南市 (59.6%) 及雲嘉地區 (25.5%) (Council of Agriculture 2017)。網紋洋香瓜因外觀優美、

果肉甜而多汁，廣受消費市場喜愛，係高經濟價值作物，也帶動種子價格居高不下，為種苗業主力項目之一。

由於台灣地區氣候常高溫多濕，甜瓜生育期間從苗期到採收期，經常面臨各種病蟲害威脅，危害嚴重時幾乎無收成。為穩定生產，甜瓜多採塑膠布隧道棚方式栽培或以簡易溫室栽培，然光照不足、溼度提高及通風不良等因素，造成甜瓜白粉病 (powdery mildew; PM) 之發生極為普遍，影響甜瓜正常生長。台灣甜瓜白粉病菌，主要為 *Podosphaera xanthii* race 1 和 race 5 (Huang & Wang 2007)。早期台灣主要栽培品種大多不具抗病性，Wang *et al.* (2004) 篩選 19 個國內商業栽培品種，其中只有 3 個橙色果肉之網紋洋香瓜對 *P. xanthii* race 1 具有抗病性，近年陸續亦有綠色果肉的抗病品種推

投稿日期：2018 年 10 月 8 日；接受日期：2018 年 12 月 18 日。

* 通訊作者：yhwang@tari.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所農場管理組研究員兼組長。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所農業化學組副研究員。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。

⁴ 農委會農業試驗所農場管理組副研究員。台灣 台中市。

廣。根據甜瓜抗白粉病育種材料之抗病性遺傳分析，自交系 TARI-08874 帶有顯性主效抗病基因，若能結合優良果實性狀，將可育成具有抗病性之高品質甜瓜新品種 (Wang *et al.* 2016)。

本育種研究同時進行果實園藝性狀評估與白粉病抗病性篩選，利用人工接種技術，以選拔具有抗病性之甜瓜自交系，再進行雜交。育成抗白粉病之新品種，並於夏季高溫期，評估溫室內果實生長與發育，以期育成抗白粉病且兼具高品質之網紋洋香瓜可推廣應用。

材料與方法

網紋洋香瓜自交系抗白粉病評估及果實園藝性狀調查

白粉病人工接種與抗病性檢定：以行政院農業委員會農業試驗所 (農試所) 育成之網紋洋香瓜自交系、商業品種「金輝」(感病對照) 與抗病種原 MR-1 (抗病對照) 共 15 個品系供試，於 2012 年 2 月將種子消毒浸種後播種於直徑 10 cm 之塑膠盆，栽培於 28°C/22°C (day/night)、光照 12 h 之隔離生長箱中。採逢機完全區集設計 (randomized complete block design; RCBD)，2 重複，每重複 5 株。當第 3 片本葉完全展開時，切取第 2 片本葉以自來水洗淨，再經消毒水 (1% 次氯酸鈉，200 mL 消毒水加入數滴 Tween-20 界面活性劑攪拌) 表面消毒 1 min，無菌水漂洗 3 次，吸乾游離水。以經高溫滅菌後之金屬圓柱器具切取直徑 1.5 cm 葉片圓盤，正面朝上，置於盛有 2 層濾紙之塑膠培養皿內。添加適量 M-solution (mannitol 10,000 ppm, benzimidazole 30 ppm, 50 ppm tetracyclin)，使濾紙完全濕潤並有游離水產生 (Epinat *et al.* 1993; Huang *et al.* 2002)。將盛有葉片圓盤之培養皿置於高 70 cm、底 28 cm 之圓椎管底部，於圓椎上管口以加壓氣流分別將白粉病菌 (*P. xanthii* race 1) 菌株 Px-274 之分生孢子 (農業試驗所植物病理組真菌病害研究室提供) 直接吹落，施行人工接種，每 1 cm² 約 50–100 個孢子。將培養皿加蓋密封，置於 24°C/18°C (day/night)、光照 12 h

之生長箱中培養 10–14 d，記錄各葉片圓盤之發病等級 (Huang *et al.* 2002; Kenigsbuch & Cohen 1992)。白粉病之發病等級分為 0–9 共 10 級：0 級-無病斑；1 級-病斑占葉片面積 10%；3 級-病斑占葉片面積 50%；5 級-病斑占葉片面積 80%；7 級-病斑占葉片面積 100%，但孢子量稀薄；9 級-病斑占葉片面積 100%，但孢子量厚實，且葉片圓盤褐化 (Epinat *et al.* 1993; Mohamed *et al.* 1995)。發病等級 < 1 為抗病，發病等級 1–3 為中感，發病等級 > 3 則為感病 (Floris & Alvaez 1995)。

果實園藝性狀調查：試驗於 2012 年 2 月播種，將種子播種於 3 吋盆，育苗介質為泥炭土 (BVB, Westland, The Netherlands)，置於 28°C/22°C (day/night)、光照 12 h 之生長箱中栽培約 4 wk。當第 3 片本葉完全展開時 (育苗時間約 18 d)，定植於農業試驗所塑膠布簡易溫室 (台中市霧峰區)，採土耕直立式栽培，行株距為 1.80 m × 0.50 m。栽培管理方式採用慣行法，每週施以稀釋 1,500× 之 Peter's (Peter Professional[®], Everris NA, Inc., Geldermalsen, The Netherlands) 溶液。待果實成熟，採收成熟果調查園藝性狀。果實採收期依果實表面顏色情形作判斷。調查果實性狀說明如下：(1) 果實重量 (fruit weight; FW)；(2) 最大果徑，亦即果寬 (fruit diameter; FD)；(3) 果長 (fruit length; FL)；(4) 果肉厚度 (flesh thickness; FT)，包含果肉及果皮；(5) 果肉糖度 (soluble solid content; SSC)，果肉榨汁後以糖度計 (ATAGO hand refractometer, ATAGO Co., Ltd., Tokyo, Japan) 測得可溶性固形物含量；(6) 網紋等級 (netting; NET)，以肉眼辨識，分級標準為 0 (無網紋)、1 (稀疏)、3 (中等) 和 5 (極密)；(7) 果肉顏色 (flesh color; FCOL)：分為綠色 (green; G)、橙色 (orange; O)、白色 (white; W)。

抗病自交系之雜交

將前項試驗所採收的種子於 2012 年 8 月播種，育苗方式與上述試驗相同，當第 3 片本葉完全展開時 (育苗約 18 d) 即可定植於農業試驗所塑膠布簡易溫室 (台灣台中市)。採土耕直立式栽培，行株距為 1.80 m × 0.50 m。栽培管理採用慣行法，每週施加稀釋 1,500× 之

Peter's (Peter Professional®, Everris NA, Inc., Geldermalsen, The Netherlands)。以自交系 M15033、M15039、M15052、M15053、M15062 及 M15063 為母本，分別與 TARI-08874 進行人工雜交。當植株進入開花期，於母本植株上選取第 10-15 節之雌花，再於開花前一天下午進行人工去雄並套袋。同時於父本植株上選定健康雄花套袋隔離，隔天早上進行人工雜交授粉。待果實成熟，採收成熟果實內的一代雜交種子，洗淨烘乾後備用。

網紋洋香瓜抗病雜交新品系評估

以前項雜交試驗所採收一代雜交網紋洋香瓜種子為試驗材料，共有 6 個雜交新品系供試：TARI-M-104 (M15033 × TARI-08874)、TARI-M-303 (M15039 × TARI-08874)、TARI-M-321 (M15052 × TARI-08874)、TARI-M-324 (M15053 × TARI-08874)、TARI-M-332 (M15062 × TARI-08874) 及 TARI-M-333 (M15063 × TARI-08874)。該 6 個雜交新品系於 2013 年 2 月播種，將種子播種於 3 吋盆，育苗方式與田間栽培管理方式，與前項雜交試驗相同。待果實成熟，採收調查果實園藝性狀。果實採收期，依果實表面成熟情形作判斷。調查果實性狀同自交系育成試驗，包括：(1) 果實重量 (FW)；(2) 最大果徑 (果寬, FD) (3) 果長 (FL)；(4) 果肉厚度 (FT)；(5) 果肉糖度 (SSC)。對白粉病之抗感病性反應，接種方式同自交系抗病性檢定試驗，白粉病菌 (*P. xanthii* race 1) 菌株 Px-274 分生孢子和菌株 Px-359 (*P. xanthii* race 5) 由農試所植物病理組真菌病害研究室提供。發病等級調查標準與前項試驗相同。發病等級 < 1 為抗病，發病等級 1-3 為中感，> 3 為感病。

以 TARI-M-104、母本 M15033、父本 TARI-08874、TARI-08874 × M15033、M15033 × TARI-08874 (TARI-M-104)、「香華」(‘Xiang-Hua’, Known-you Seed Co., Kaohsiung, Taiwan)、「恩華」(‘En-Hua’, Known-you Seed Co.)、「美華」(‘Mei-Hua’, Known-you seed Co.)、「富華」(‘Fu-Hua’, Known-you Seed Co.)、「IRAN-H」(感病對照) 及 ‘WMR29’ (抗病對照) 為試驗材料，於 2013 年 8 月播種，進行白粉病菌分生孢子 Px-274 (*P. xanthii* race 1) 和 Px-359 (*P. xanthii* race 5) (農業試驗所植

物病理組真菌病害研究室提供) 之人工接種試驗。接種方式、發病等級與前項試驗相同，當平均發病等級 < 1 為抗病，平均發病等級 1-3 為中感，平均發病等級 > 3 則為感病。再將這些試驗材料種苗於 2013 年 6 月定植於溫室，田間採 RCB，2 重複，每重複 10 株。採土耕直立式栽培，栽培管理方式與前項試驗相同，以人工引蔓使莖葉完全生長至栽培棚架上方 (約 1.80 m)，調查每一株之主蔓，從頂梢開始計算 10 片葉片。分別記錄每一葉片之發病等級，將每一株之發病等級計算平均值，即為該單株之平均發病等級，發病等級 < 1 為抗病，發病等級 1-3 為中感，發病等級 > 3 則為感病。

網紋洋香瓜抗病雜交新品系比較試驗及區域試驗

以抗白粉病雜交新品系 TARI-M-104、TARI-M-324、TARI-M-323 及對照品種「淑芬」(‘Shu-Fen’, Known-you Seed Co.) 為試驗材料，於 2015 年 5 月播種，栽培於嘉義縣太保市之溫室。育苗方式與田間栽培管理方式，同前項自交系之育成試驗；待果實成熟，採收成熟果調查果實園藝性狀，包括果實重量 (FW)、最大果徑 (FD)、果長 (FL)、果肉厚度 (FT) 及果肉糖度 (SSC)。

區域試驗以抗白粉病雜交新品系 TARI-M-104 及對照品種「美華」、「香華」為試驗材料，於 2015 年 7 月播種，8 月 8 日定植，栽培於雲林縣水林鄉之甜瓜溫室。採土耕直立式單蔓栽培，於 2015 年 11 月 8 日開始採收果實。育苗方式、田間栽培管理方式及果實園藝性狀調查項目，均同新品系比較試驗。

新品系 TARI-M-104、其親本 M15033 (母本)、TARI-08874 (父本) 及對照品種「玉蕙」(‘Yu-Huei’, Moralburg Seed Co., Ltd., Taipei, Taiwan)、「玉珊 2 號」(‘Yu-Shan No. 2’, Moralburg Seed Co.)、「香華」(‘Xiang-Hua’, Known-you Seed Co.) 於 2016 年 2 月播種，3 月 10 日定植於農業試驗所溫室 (台中市霧峰區) 之甜瓜栽培溫室。採離土直立式單蔓栽培，栽培介質為泥炭土，養液配方由農試所農業化學組植物營養研究室提供。6 月 15 日開始採收果實，

由育苗、生長管理及果實採收之各項調查與新品系比較試驗相同。

結果

甜瓜自交系抗白粉病評估及果實園藝性狀調查

農試所育成之 15 個網紋洋香瓜自交系經人工接種，進行白粉病 (*P. xanthii* race1) 抗病檢定，根據結果顯示有 8 個自交系具抗病性 (發病等級 < 1 為抗病)，包括 TARI-08874、M15033、M15038、M15039、M15061、M15062、M15063 及 M15041 (表 1)。其中，7 個為綠色果肉，1 個為橙色果肉；中感有 3 個，包括 M15051、M15052 及 M15053，其中 2 個為綠色果肉，1 個為橙色果肉。四個感病自交系為 M15044、M15046、M15043 及 M15056，其中 2 個為綠色果肉，橙色果肉及白色果肉各 1 個。

調查各網紋洋香瓜自交系的果實外觀及

果肉品質，果實重量介於 933.3–1,712.5 g，果形 (長寬比 = 0.95–1.42) 為圓形或短橢圓形，果肉厚度為 3.2–4.0 cm，果肉糖度最低為 4.5°Brix、最高為 11.7°Brix，網紋等級除 M15041 (平均網紋等級為 2.8) 較低，其他自交系的平均網紋等級均有 3.3 以上，11 個自交系的網紋等級超過 4.0 以上 (表 1)。

篩選具抗病性之優良自交系進行人工雜交

綜合考量各網紋洋香瓜自交系對白粉病 (PM, *P. xanthii* race1) 之抗病性、果實糖度及網紋等級，挑選綠色果肉之自交系進行雜交。選出優良自交系包括 TARI-08874、M15033、M15039、M15052、M15053、M15062 及 M15063，其中 TARI-08874 具有抗病性、果實園藝性狀優良。以 TARI-08874 為親本，分別與其他 6 個優良自交系雜交，得到 6 個雜交新品系 (圖 1)，分別為 TARI-M-104 (M15033 × TARI-08874)、TARI-M-303 (M15039

表 1. 甜瓜自交系之果實性狀及對白粉病 (PM; *Podosphaera xanthii* race1) 之抗性。

Table 1. Fruit traits of melon inbred lines and resistance to powdery mildew (PM), caused by *Podosphaera xanthii* race 1.

Inbred line	FW ² (g)	FD (cm)	FL (cm)	FT (cm)	SSC (°Brix)	NET	PM ³ (race 1)	FCOL ^x
TARI-08874	1,342.4 ± 87.5	14.1 ± 0.1	13.4 ± 0.4	3.9 ± 0.1	10.3 ± 0.5	4.1 ± 0.2	0.0	G
M15033	1,087.5 ± 118.1	12.9 ± 0.5	12.7 ± 0.7	3.7 ± 0.1	8.6 ± 1.3	4.5 ± 0.6	0.0	G
M15038	1,620.0 ± 466.0	13.8 ± 0.7	16.9 ± 3.4	4.0 ± 0.5	9.4 ± 1.4	3.3 ± 1.2	0.8 ± 0.75	G
M15039	933.3 ± 236.3	11.8 ± 1.0	12.7 ± 1.2	3.2 ± 0.4	5.3 ± 0.4	4.7 ± 0.6	0.5 ± 0.50	G
M15044	1,616.7 ± 633.1	14.0 ± 2.0	16.6 ± 2.1	3.9 ± 1.4	11.7 ± 1.1	4.0 ± 1.7	6.8 ± 0.75	G
M15046	1,026.7 ± 20.8	12.4 ± 0.1	12.8 ± 0.2	3.3 ± 0.1	5.2 ± 0.3	5.0 ± 0.0	6.3 ± 0.25	G
M15061	1,216.7 ± 202.1	13.3 ± 0.6	13.9 ± 0.9	3.7 ± 0.2	6.7 ± 2.9	3.3 ± 0.6	0.0	G
M15052	1,133.3 ± 57.7	13.4 ± 1.0	12.8 ± 0.8	3.8 ± 1.0	8.7 ± 1.3	4.0 ± 1.0	1.3 ± 0.25	G
M15053	1,350.0 ± 353.6	13.9 ± 1.6	14.0 ± 1.4	3.6 ± 0.6	6.5 ± 0.0	4.0 ± 1.4	2.0 ± 0.10	G
M15062	1,712.5 ± 265.8	14.8 ± 0.6	15.5 ± 1.6	4.0 ± 0.2	8.5 ± 2.4	4.3 ± 0.5	0.0	G
M15063	1,700.0 ± 424.3	13.4 ± 1.6	16.5 ± 2.1	3.9 ± 0.5	10.5 ± 2.1	3.5 ± 0.7	0.0	G
M15043	1,672.5 ± 376.4	14.4 ± 1.1	16.3 ± 1.3	3.4 ± 0.3	7.3 ± 1.7	4.0 ± 1.2	5.0 ± 1.78	O
M15051	1,225.0 ± 318.2	13.6 ± 1.3	12.9 ± 0.8	3.4 ± 0.5	4.5 ± 2.1	4.0 ± 1.4	1.5 ± 0.65	O
M15041	1,230.0 ± 174.0	13.4 ± 0.8	14.1 ± 1.6	3.2 ± 0.9	6.8 ± 0.9	2.8 ± 0.5	0.3 ± 0.25	O
M15056	1,366.7 ± 284.3	12.3 ± 0.3	17.5 ± 2.3	3.7 ± 0.8	11.0 ± 1.5	4.3 ± 0.6	4.5 ± 0.96	W

² FW: fruit weight; FD: fruit diameter; FL: fruit length; FT: flesh thickness; SSC: soluble solid content; NET: netting characters; and FCOL: flesh color.

³ PM: DI < 1, resistance (R); DI = 1–3, moderate susceptible (MS); and DI > 3, susceptible (S).

^x G: green; O: orange; and W: white.

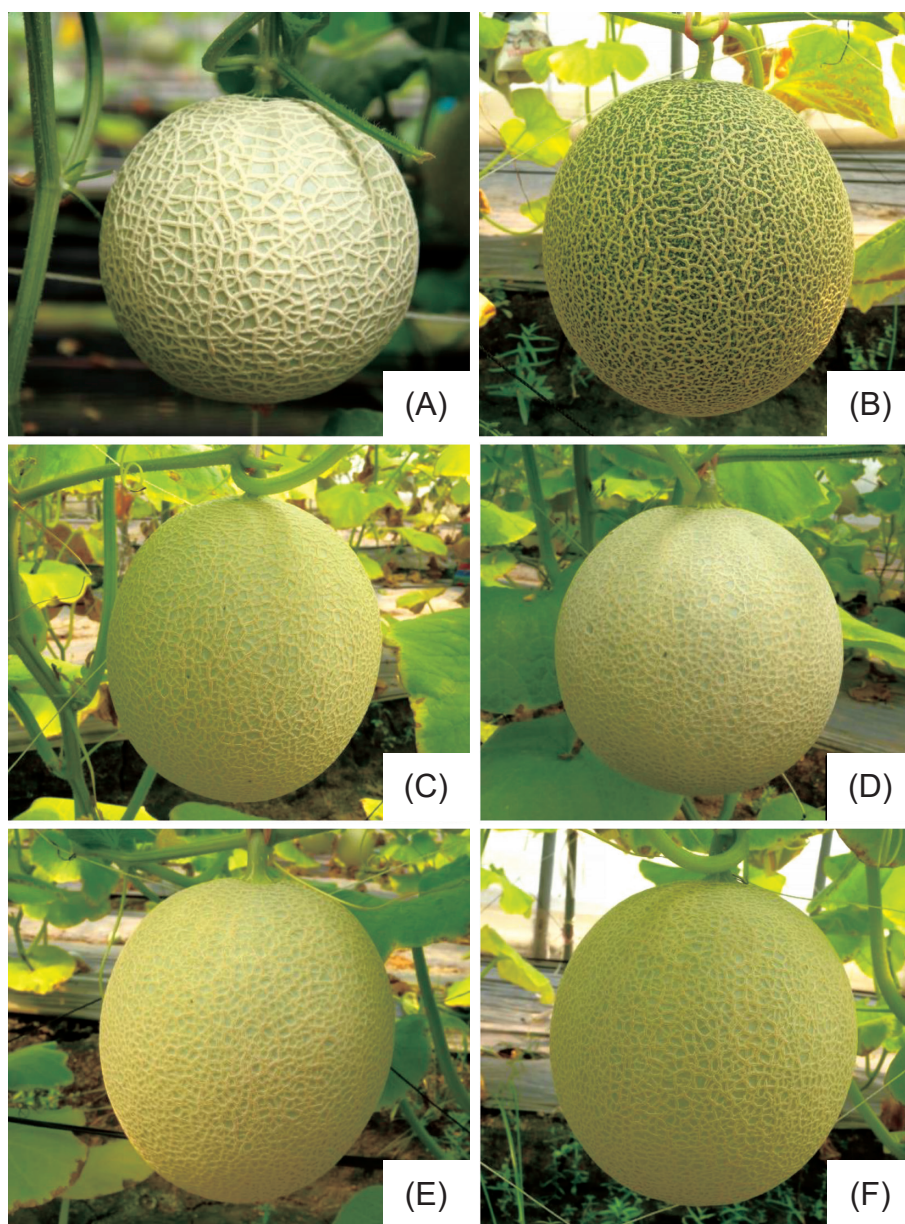


圖 1. 以 TARI-08874 為親本，分別與其他 6 個優良自交系雜交，得到 6 個抗白粉病網紋洋香瓜雜交新品系。(A) TARI-M-104、(B) TARI-M-303、(C) TARI-M-321、(D) TARI-M-324、(E) TARI-M-332 及 (F) TARI-M-333。

Fig. 1. Using TARI-08874 as male parent by crossing 6 inbred lines, respectively, to develop 6 new melon hybrids resistant to powdery mildew. (A) TARI-M-104; (B) TARI-M-303; (C) TARI-M-321; (D) TARI-M-324; (E) TARI-M-332; and (F) TARI-M-333.

× TARI-08874)、TARI-M-321 (M15052 × TARI-08874)、TARI-M-324 (M15053 × TARI-08874)、TARI-M-332 (M15062 × TARI-08874) 及 TARI-M-333 (M15063 × TARI-08874)。

網紋洋香瓜雜交新品系對白粉病抗病性檢定及品系比較試驗

為確認網紋洋香瓜雜交新品系對白粉病之抗病性，以人工接種方式檢定各品系對白粉病

菌 *P. xanthii* race1 之抗感性表現，從人工雜交所得 6 個雜交新品系均表現對白粉病菌具有抗性 (表 2)。進一步調查果實外觀及果肉品質等性狀，果實最大為 TARI-M-332，平均果重為 1,623.9 g，最小為 TARI-M-333，平均果重 1,398.5 g；平均果肉厚度除 TARI-M-324 最低，其它雜交新品系均為 4.2 cm 以上；平均糖度為 10°Brix 以上，僅有 TARI-M-303 略低 (9.7°Brix) (表 2)。新品系 TARI-M-104 平均糖度最高，為 12.0°Brix。根據果實園藝性狀，選拔出新品系 TARI-M-104 為試驗材料，進行區域試驗。

為再次檢定新品系 TARI-M-104 對白粉病 (PM, *P. xanthii* race1 和 race 5) 之抗病性，分別進行人工接種及田間自然發病之調查。新品系 TARI-M-104、母本 M15033、父本 TARI-08874 對白粉病菌 race 1 均為高抗，但對 race 5 則為感病性 (表 3、圖 2)。田間自然發病調查結果顯示，雜交新品系 TARI-M-104、母本 M15033、父本 TARI-08874 對白粉病均呈現抗病性 (表 4)。經採集田間菌株進行挑單胞培養，確認田間主要的病原菌為 *P. xanthii* race 1 (資料未顯示)。

表 2. 甜瓜雜交品系之果實園藝性狀及對白粉病 (PM; *Podosphaera xanthii* race1) 之抗性。

Table 2. Fruit traits of melon hybrids and resistance to powdery mildew (PM) caused by *Podosphaera xanthii* race 1.

Inbred line	FW ^z (g)	FD (cm)	FL (cm)	FT (cm)	SSC (°Brix)	PM ^y (race 1)
TARI-M-104 (M15033 × TARI-08874)	1,485.9 ± 174.3 ^x	14.5 ± 0.6	12.8 ± 0.5	4.5 ± 4.2	12.0 ± 0.7	R
TARI-M-303 (M15039 × TARI-08874)	1,529.3 ± 152.9	14.4 ± 0.4	15.4 ± 0.7	4.2 ± 0.3	9.7 ± 0.7	R
TARI-M-321 (M15052 × TARI-08874)	1,550.7 ± 145.1	14.1 ± 0.4	15.4 ± 0.7	4.2 ± 0.2	10.5 ± 1.3	R
TARI-M-324 (M15053 × TARI-08874)	1,606.0 ± 280.2	14.7 ± 0.8	14.5 ± 0.9	3.9 ± 0.4	11.7 ± 0.9	R
TARI-M-332 (M15062 × TARI-08874)	1,623.9 ± 124.9	14.5 ± 0.4	15.0 ± 0.1	4.2 ± 0.3	10.7 ± 1.0	R
TARI-M-333 (M15063 × TARI-08874)	1,398.5 ± 149.9	13.9 ± 0.4	13.9 ± 0.6	4.3 ± 0.3	10.7 ± 0.7	R
‘Tainung No. 10’	1,678.5 ± 124.1	14.7 ± 0.4	15.4 ± 0.4	4.7 ± 0.4	11.4 ± 1.0	R
‘Tainan No. 11’	1,338.3 ± 164.2	14.7 ± 0.6	15.4 ± 0.6	4.2 ± 0.3	12.4 ± 1.0	R

^z FW: fruit weight; FD: fruit diameter; FL: fruit length; FT: flesh thickness; and SSC: soluble solid content.

^y PM: Disease index (DI) < 1, resistance (R); DI = 1–3, moderate susceptible (MS); and DI > 3, susceptible (S).

^x Mean ± standard error, *n* = 30.

表 3. 甜瓜抗白粉病雜交新品系、親本及商業品種經人工接種對白粉病菌 race 1 及 race 5 之抗性。

Table 3. The reactions of new melon hybrid line, two parents and 4 commercial cultivars after inoculating with *Podosphaera xanthii* race 1 and race 5 via leaf disk inoculation.

Line/Cultivar	Px-274 (race 1)		Px-359 (race 5)	
	Mean	Response ^z	Mean	Response
M15033 (P ₁)	0.0	R	6.5 ± 0.96	S
TARI-08874 (P ₂)	0.0	R	4.0 ± 1.00	S
TARI-08874 × M15033	0.0	R	4.0 ± 1.70	S
M15033 × TARI-08874 (TARI-M-104)	0.0	R	6.3 ± 1.71	S
‘Xiang-Hua’ (commercial cultivar)	5.5 ± 0.96	S	6.8 ± 0.48	S
‘En-Hua’ (commercial cultivar)	0.8 ± 0.48	R	7.0 ± 0.58	S
‘Mei-Hua’ (commercial cultivar)	6.5 ± 0.29	S	7.8 ± 0.25	S
‘Fu-Hua’ (commercial cultivar)	0.0	R	7.3 ± 0.48	S
IRAN-H (CK-S)	6.5 ± 0.5	S	6.3 ± 0.25	S
WMR29 (CK-R)	0.0	R	0.3 ± 0.25	R

^z PM: DI < 1, resistance (R); DI = 1–3, moderate susceptible (MS); and DI > 3, susceptible (S).

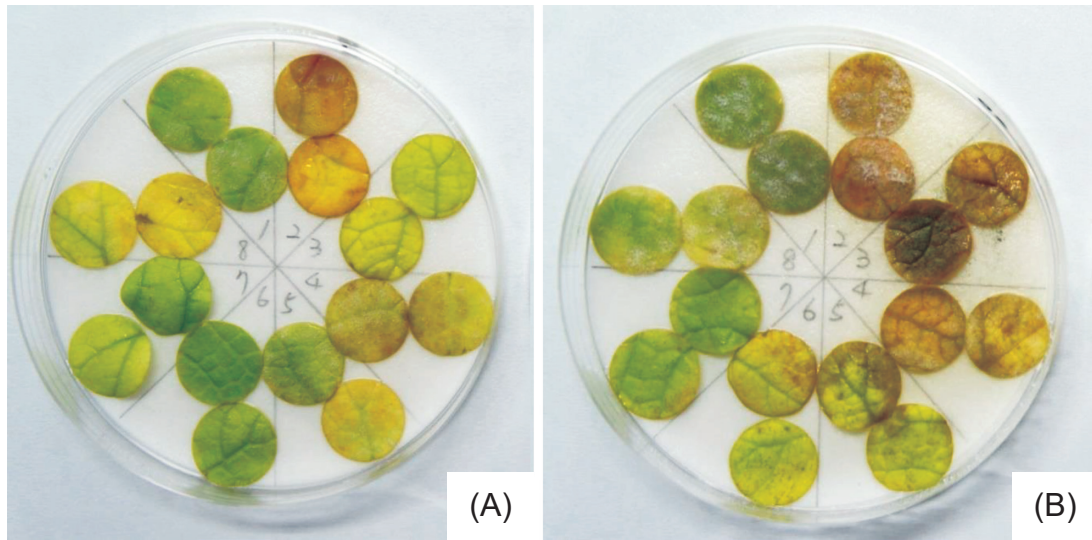


圖 2. 甜瓜抗白粉病雜交新品系、親本及商業品種經人工接種對白粉病菌 race 1 (A) 及 race 5 (B) 之抗性反應。1. ‘Xiang-Hua’; 2. ‘En-Hua’; 3. ‘Fu-Hua’; 4. M15033 (P_1); 5. TARI -08874 (P_2); 6. M15033 × TARI-08874 (TARI-M-104); 7. WMR29 (CK-R); 及 8. IRAN-H (CK-S)。

Fig. 2. The reactions of new melon hybrid line, two parents and 4 commercial cultivars after inoculating with *Podosphaera xanthii* race 1 (A) and race 5 (B) by leaf disk inoculation. 1. ‘Xiang-Hua’; 2. ‘En-Hua’; 3. ‘Fu-Hua’; 4. M15033 (P_1); 5. TARI-08874 (P_2); 6. M15033 × TARI-08874 (TARI-M-104); 7. WMR29 (CK-R); and 8. IRAN-H (CK-S).

表 4. 甜瓜抗白粉病雜交新品系、親本及商業品種田間自然發病 (PM; *Podosphaera xanthii* race 1) 之抗性。

Table 4. The reactions of new melon hybrid line, two parents and 4 commercial cultivars after exposing to powdery mildew (PM; *Podosphaera xanthii* race 1) infection in open field.

Line/Cultivar	Open field (race 1)
	Response ²
M15033 (P_1)	R
TARI-08874 (P_2)	R
TARI-08874 × M15033	R
M15033 × TARI-08874 (TARI-M-104)	R
‘Xiang-Hua’	S
‘En-Hua’	R
‘Mei-Hua’	S
‘Fu-Hua’	R
IRAN-H (CK-S)	S
WMR29 (CK-R)	R

² PM: DI < 1, resistance (R); DI = 1–3, moderate susceptible (MS); DI > 3, susceptible (S).

甜瓜雜交新品系區域試驗

以 3 個育成之網紋洋香瓜抗白粉病雜交新

品系 TARI-M-104、TARI-M-324、TARI-M-323 及對照品種「淑芬」為試驗材料，進行夏季高溫期栽培評估試驗。於嘉義縣太保市之甜瓜栽培溫室，本試驗採用土耕直立式單蔓栽培，於 2015 年 6 月 6 日定植，並於 8 月 20 日開始採收果實，調查其園藝性狀。由調查結果 (表 5)，顯示網紋洋香瓜抗白粉病雜交新品系 TARI-M-104 果實成熟時間約為 45 d，果型為略扁圓形 (長寬比 = 0.90)，TARI-M-324 及 TARI-M-333 則為短橢圓形，TARI-M-104 和 TARI-M-324 的果皮顏色為灰綠色，較符合現行消費市場之需求。新品系 TARI-M-333 平均果重最大，平均單果重為 1,360 g，TARI-M-324 的最小，平均單果重為 1,181 g；果肉厚度以雜交組合 TARI-M-104 最大，為 4.0 cm。各品系平均糖度均在 12.4°Brix 以上，TARI-M-104 及 TARI-M-333 的糖度均可達 13°Brix 以上 (表 5)。因此，依據抗病性檢定及新品系比較結果，選拔雜交新品系 TARI-M-104，進一步在不同區域評估其生育表現。

表 5. 甜瓜雜交品系 TARI-M-104 及對照品種「淑芬」之果實性狀(嘉義縣太保市)。

Table 5. Fruit traits of the new melon hybrid TARI-M-104 and a commercial cultivar 'Shu-Fen' was used as control (Taibo, Chiayi, 2015).

Line/Cultivar	FW (g) ^z	FD (cm)	FL (cm)	FT (cm)	SSC (°Brix)
TARI-M-104	1,248.2 ± 147.4 ^y	14.0 ± 0.4	12.6 ± 0.4	4.0 ± 0.2	13.2 ± 0.4
TARI-M-324	1,181.1 ± 385.5	13.7 ± 1.7	12.4 ± 1.8	3.5 ± 0.4	12.4 ± 1.5
TARI-M-333	1,360.0 ± 82.5	14.3 ± 0.2	13.1 ± 0.3	3.9 ± 0.2	13.4 ± 0.3
'Shu-Fen'	1,098.7 ± 84.3	13.2 ± 0.4	12.1 ± 0.5	3.8 ± 0.1	11.8 ± 0.9

^z FW: fruit weight; FD: fruit diameter; FL: fruit length; FT: flesh thickness; and SSC: soluble solid content.

^y Mean ± standard error, *n* = 30.

以抗白粉病雜交新品系 TARI-M-104，以及對照品種「美華」、「香華」在雲林縣水林鄉進行夏季高溫期生長評估。在溫室、採土耕直立式單蔓栽培，於 2015 年 8 月 8 日定植，於 11 月 8 日開始採收果實。新品系 TARI-M-104 果實成熟期約 48 d，果形稍扁圓形(果實長/寬比 = 0.91)。平均果重為 1,333 g，平均果肉厚度為 4.4 cm，平均糖度則為 11.3°Brix，肉厚及甜度與對照品種相當(表 6)。

以新品系 TARI-M-104、其兩個親本及對照品種「玉蕙」、「玉珊 2 號」、「香華」於農業試驗所進行夏季栽培試驗，6 月中採收。和對照品種比較，新品系 TARI-M-104 的果實大小、果肉厚度及產量與對照品種「玉蕙」、「香華」相近，平均果重為 1,226 g，果形略微扁圓(果實長/寬比 = 0.94)，平均果肉厚度為 3.9 cm(表 7、圖 3)，但平均糖度為 13.1°Brix，較對照品種為高。

表 6. 甜瓜雜交品系 TARI-M-104 及對照品種「美華」、「香華」之果實性狀(雲林縣水林鄉)。

Table 6. Fruit traits of the new melon hybrids TARI-M-104, and 2 commercial cultivars 'Mei-Hua' and 'Xiang-Hua' were used as controls (Shuilin, Yunlin, 2015).

Line/Cultivar	FW (g) ^z	FD (cm)	FL (cm)	FT (cm)	SSC (°Brix)
TARI-M-104	1,333.4 ± 46.0 ^y	13.9 ± 0.3	12.6 ± 0.3	4.4 ± 0.1	11.3 ± 0.7
'Mei-Hua'	1,264.6 ± 87.1	13.1 ± 0.3	13.8 ± 0.4	4.2 ± 0.2	11.9 ± 0.6
'Xiang-Hua'	1,428.5 ± 61.8	13.8 ± 0.2	14.3 ± 0.6	4.5 ± 0.1	10.0 ± 0.7

^z FW: fruit weight; FD: fruit diameter; FL: fruit length; FT: flesh thickness; and SSC: soluble solid content.

^y Mean ± standard error, *n* = 30.

表 7. 甜瓜雜交品系 TARI-M-104 及對照品種「玉珊 2 號」、「玉蕙」、「香華」之果實性狀(台中市霧峰區)。

Table 7. Fruit traits of the new melon hybrid TARI-M-104, and 3 commercial cultivars 'Yu-Shan No. 2', 'Yu-Huei' and 'Xiang-Hua' were used as controls (Wufeng, Taichung, 2016).

Line/Cultivar	FW (g) ^z	FD (cm)	FL (cm)	FT (cm)	SSC (°Brix)	Yield (kg 0.1 ha ⁻¹)
TARI-M-104	1,226.3 ± 156.8 b ^y	13.7 ± 0.7 b	12.9 ± 0.2 b	3.9 ± 0.3 a	13.1 ± 0.9 a	3,033.0
P ₁	1,342.4 ± 87.5 a	14.1 ± 0.2 b	13.4 ± 0.4 b	3.9 ± 0.1 a	10.3 ± 0.3 c	2,771.8
P ₂	1,388.4 ± 23.1 a	15.0 ± 0.2 a	12.3 ± 0.1 c	3.9 ± 0.1 a	9.7 ± 0.2 c	3,315.9
'Yu-Shan No. 2'	1,819.2 ± 198.6 a	15.6 ± 0.7 a	15.8 ± 0.9 a	4.1 ± 0.3 a	10.0 ± 1.0 c	4,114.8
'Yu-Huei'	1,176.4 ± 312.6 b	13.4 ± 1.0 b	13.3 ± 1.0 b	3.6 ± 0.4 a	12.0 ± 1.3 b	2,954.8
'Xiang-Hua'	1,392.4 ± 229.9 b	14.0 ± 0.8 b	15.3 ± 0.8 a	3.9 ± 0.4 a	10.4 ± 1.1 c	3,137.3

^z FW: fruit weight; FD: fruit diameter; FL: fruit length; FT: flesh thickness; and SSC: soluble solid content.

^y Mean ± standard error, *n* = 30. Means within column followed by different letters indicate significant differences (*P* < 0.05) as determined using Fisher's protected least significant difference test.

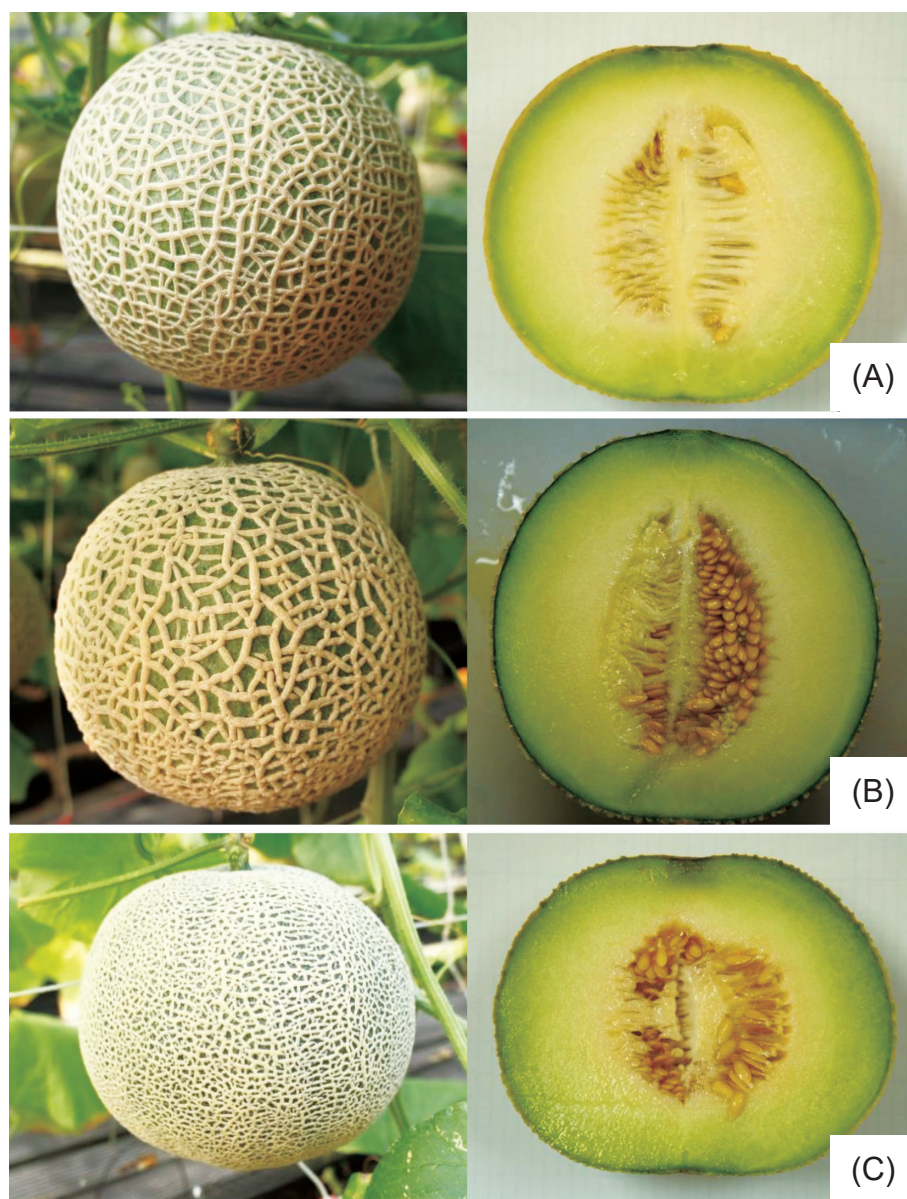


圖3. 抗白粉病網紋洋香瓜雜交新品系 TARI-M-104 及其親本之果實外觀及果肉縱切面。(A) TARI-M-104; (B) M15033 (P₁); (C) TARI-08874 (P₂)。

Fig. 3. Comparison of fruit external and longitudinal sections of the new melon hybrid TARI-M-104 and its parental lines. (A) TARI-M-104; (B) M15033 (P₁); and (C) TARI-08874 (P₂).

討論

近年設施甜瓜精緻栽培逐漸普遍，由於栽培環境的改善及栽培技術的改進，甜瓜果實品質也跟著提升。然而，設施雖然提供作物保護，阻隔惡劣氣候對甜瓜栽培的直接影響，卻

也帶給甜瓜白粉病有利的發病條件 (Romero *et al.* 2007)；同時夏季高溫期間，設施內因通風不良、高溫累積，更加重作物生長的障礙 (Greda 2005)。因此，為了因應甜瓜設施栽培的需求，本研究以育成高品質、抗白粉病之網紋洋香瓜品種為目標，並考量設施內高溫間

題，篩選高溫期間可正常生長與發育的新品種，提供農民栽培網紋洋香瓜之選擇。

白粉病為世界各地洋香瓜栽培面臨的共同問題，各國都以育成抗病品種為克服病害之主要策略。自 1936 年美國育成第一個抗白粉病洋香瓜品種以來，陸續不斷有新的抗病品種釋出，但是國際上常用的抗病品種與台灣消費市場所偏好的果實類型不同。因此，為了克服白粉病問題，農業試驗所長期投入網紋洋香瓜的品種改良，育種目標不僅要果實甜度高、風味佳，同時兼顧外觀優美，並要導入白粉病抗病性。網紋洋香瓜白粉病由真菌所引起，屬於絕對寄生性病害 (Shishkoff 2000; Vakalounakis & Klironomou 2001)；經農試所田野調查結果顯示，台灣甜瓜白粉病主要病原為 *P. xanthii*，目前已知有生理小種 race 1 和 race 5 (Huang & Wang 2007)。而早期栽培的網紋洋香瓜品種大多不具抗病性 (Wang *et al.* 2004)，於 2006 年才首先有抗白粉病的網紋洋香瓜「台農 10 號」育成，為國內第一個針對甜瓜白粉病 (*P. xanthii*) 單一生理小種 (race 1) 育成的一代雜交抗病品種。

網紋洋香瓜為異交作物，商業栽培均以一代雜交品種推廣。培育具有較佳一般組合力之自交系，為網紋洋香瓜育種之基礎。本研究使用的重要抗病親本為 TARI-08874，對 *P. xanthii* race 1 具有抗病性，並經先前遺傳分析結果確認其抗病性為單一顯性基因控制，並於遺傳圖譜上偵測到一個與 SSR 分子標誌 CMBR120 緊密連鎖之數量性狀基因座 (Wang *et al.* 2016)。由於該網紋洋香瓜自交系之果實皮色屬於深綠色，網紋密、但網紋稍細，不夠寬，非現行消費市場所流行。因此，本研究以此自交系為父本，進行果實品質性狀之品種改良。先由農試所已建立之甜瓜自交系育種庫，選出 6 個具有優美網紋外觀，灰綠色之綠色果肉洋香瓜自交系作為母本。這些自交系屬於日系溫室型洋香瓜，具有網紋粗、果皮淺綠色、果肉厚、糖度高等優點，預期可以將粗網紋特性及果皮顏色導入，以改善原來抗病親本的網紋缺點。經過人工雜交所得的 6 個雜交新品系，透過多次人工接種與田間自然發病情形調

查，確認雜交新品系 TARI-M-104 不但對白粉病 (*P. xanthii* race 1) 具有抗病性，同時也兼具高品質果實特性。

另一方面，為滿足設施栽培的需求，於夏季高溫期分別在不同地區之栽培溫室進行雜交新品系評估。經過品系比較試驗與區域試驗，反覆驗證高溫期間抗病雜交新品系 TARI-M-104 之果實發育情形及品質，都顯示 TARI-M-104 之果實膨大及成熟期不因高溫而發生異常。果實穩定生長 (果重 1,226.3–1,333.4 g)，糖度 (11.3–13.2°Brix) 累積也很正常，而且值得注意的是果肉厚度很夠 (平均約 4.0 cm)，網紋形成情形優良。顯示所育成之新品系 TARI-M-104 具有推廣於設施栽培之發展潛力，而本品種業已於 2018 年 7 月 11 日，經植物品種審議委員會通過取得品種權，命名為甜瓜「台農 2 號」，後續將積極推廣，以提供設施栽培農民使用。

誌謝

本研究承行政院農業委員會計畫 (102 農科-9.2.2-農-CB 及 104 農科-9.5.3-農-C2) 經費支持，試驗研究工作執行承李艷琪、康樂、張嘉宏及蔡文傑等同仁協助，研究報告承本所作物組謝光照研究員協同儕審閱，得以完成全文，特此誌謝。

引用文獻

- Council of Agriculture. 2017. Agricultural statistic year-book 2017. 4.Vegetables (14) Cantaloupes. <http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx> (visit on 10/02/2017) (in Chinese)
- Epinat C., M. Pitrat, and F. Bertrand. 1993. Genetic analysis of resistance of five melon lines to powdery mildews. *Euphytica* 65:135–144.
- Fernández-Trujillo, J. P., B. Picó, J. Garcia-Mas, J. M. Álvarez, and A. J. Monforte. 2011. Breeding for fruit quality in melon. p.261–278. *in*: Breeding for fruit quality. (Jenks, M. A., P. J. Bebeli, eds.) John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. 384 pp.
- Floris E. and J. M. Alvaeez. 1995. Genetic analysis of resistance of three melon lines to *Sphaerotheca fuliginea*. *Euphytica* 81:181–186.
- Greda, N. 2005. Impact of environmental factors on

- product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24:227–247.
- Huang, J. H. and Y. H. Wang. 2007. The races of *Podosphaera xanthii* causing melon powdery mildew in Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 56:307–315. (in Chinese with English abstract)
- Huang, J. H., Y. H. Wang, and C. T. Lo. 2002. Development of Leaf-disk method for screening melon varieties resistant to *Sphaerotheca fuliginea* race. *J. Taiwan Agric. Res.* 51:49–56. (in Chinese with English abstract)
- Kenigsbuch, D. C. and Y. Cohen. 1992. Inheritance and allelism of genes for resistance to races 1 and 2 of *Sphaerotheca fuliginea* in muskmelon. *Plant. Dis.* 76:626–629.
- Mohamed, Y. B., M. Nicot, P. C. Nicot, and M. Pitrat. 1995. Causal agents of powdery mildew of cucurbits in Sudan. *Plant Dis.* 79:634–636.
- Romero, D., A. De Vicente, H. Zeriuoh, F. M. Cazorla, D. Fernández-Ortuño, J. A. Tores, and A. Perez-García. 2007. Evaluation of biological control agents for managing cucurbit powdery mildew on greenhouse-grown melon. *Plant Pathol.* 56:976–986.
- Shishkoff, N. 2000. The name of the cucurbit powdery mildew: *Podosphaera* (sect. *Sphaerotheca*) *xanthii* (Castag.) U. Braun and N. Shish. *comb. nov. Phytopathology* 90:S133.
- Vakalounakis, D. J. and E. Klironomou. 2001. Taxonomy of Golovinomyces on cucurbits. *Mycotaxon* 80:489–491.
- Wang, Y. H., J. H. Huang, T. K. Lin, S. T. Wang, and C. H. Hsiao. 2004. Genetic studies and screening for resistance to powdery mildew *Sphaerotheca fuliginea* race 1) in melon (*Cucumis melo* L.). *J. Agric. Res. China* 53:1–8. (in Chinese with English abstract)
- Wang, Y. H., D. H. Wu, J. H. Huang, S. J. Tsao, K. K. Hwu, and H. F. Lo. 2016. Mapping quantitative trait loci for fruit traits and powdery mildew resistance in melon (*Cucumis melo*). *Bot. Stud.* 57:19. doi:10.1186/s40529-016-0130-1.

Development of a New Powdery Mildew Resistant Hybrid of Melon (*Cucumis melo* L.), ‘Tainung No. 2’

Yu-Hua Wang^{1*}, Keng-Peng Chang², Jin-Hsing Huang³, and His-Chia Wu⁴

Abstract

Wang, Y. H., K. P. Chang, J. H. Huang, and H. C. Wu. 2019. Development of a new powdery mildew resistant hybrid of melon (*Cucumis melo* L.), ‘Tainung No. 2’. J. Taiwan Agric. Res. 68(2):165–176.

Aim in breeding of a new melon (*Cucumis melo* L.) hybrid with high level of resistance against powdery mildew (PM) caused by *Podosphaera xanthii* race 1, a total of 6 green fleshed inbred lines developed by Taiwan Agricultural Research Institute were evaluated for their resistance against PM and major fruit traits. The disease reaction of PM was evaluated by the method of leaf disk inoculation and resistance performance in the field. In addition, the fruit characters evaluated for the new resistance hybrid include fruit shape, size, rind netting, flesh thickness and sugar level. Based on the results of above mentioned characters, two resistant inbred lines, M15033 and TARI-08874, were selected as female and male parents, respectively, and by crossing M15033 and TARI-08874 to develop a hybrid, TARI-M-104, followed by a series of regional tests. The plant variety right of the hybrid TARI-M-104 has been approved and published in Taiwan, which is named ‘Tainung No. 2’. ‘Tainung No. 2’ is resistant to *P. xanthii* race 1 but not resistant to race 5. It has an average fruit weight of 1,300 g, soluble solids content 13.2°Brix, and green flesh and attractive rind netting. The flesh thickness is about 4.0 cm. Furthermore, the external color of ‘Tainung No. 2’ will turn to golden yellow with excellent fragrance after maturity. This new PM resistant variety has the potential for greenhouse production.

Key words: *Cucumis melo*, Breeding, *Podosphaera xanthii*.

Received: October 8, 2018; Accepted: December 18, 2018.

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

¹ Research Fellow and Director, Farm Management Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Associate Research Fellow, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

³ Associate Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

⁴ Associate Research Fellow, Farm Management Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.