



行政院農業委員會臺中區農業改良場

研究彙報

第135期

中華民國106年06月

目次

- 芒果新品種‘臺中1號’之育成 陳盟松、劉惠菱、葉文彬、謝慶昌、張致盛... 1
- 番茄抗黃化捲葉病毒病種原篩選.....林煜恒、張瑞炘... 11
- 花胡瓜光合作用特性之研究.....陳葦玲、錢昌聖、莊佩蓉... 25
- 蕙蘭組培苗鮮重對出瓶後小苗生長之影響.....洪惠娟、王茗慧、張富翔... 39
- 電動槽耕鬆土機具之研製.....吳浩銘、張金元、田雲生... 47
- 葉面噴施養液對椪柑葉片性狀及果實品質之影響..... 曾宥紘、郭雅紋、陳鴻堂... 59

行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印
彰化縣 大村鄉

芒果新品種‘臺中1號’之育成¹

陳盟松²、劉惠菱²、葉文彬²、謝慶昌³、張致盛⁴

摘 要

芒果為臺灣重要果樹產業，目前主要栽培品種果實品質優良，但仍有部分果實性狀有待改進，如金煌芒果容易發生果肉劣變，因此本場以高可溶性固形物與可綠熟果採收為育種目標，選育出芒果‘臺中1號’。芒果‘臺中1號’由1999年播種之‘金煌’芒果實生後代選拔而得，經單株選拔、性狀檢定與果實品質產量調查等，於2014年取得品種權。品種特性為植株生長勢強，樹形半開張，花序中兩性花比率為64.9%，著果率佳。果實呈橢圓形，平均果重601.1 g，有突起花柱痕跡，黃熟果果皮為橙黃帶紅，果實帶有微香味，果肉呈黃色，纖維量少，果肉率87.3%，可溶性固形物含量21.6 °Brix，可採綠熟果進行催熟。彰化地區產期為7月中旬至8月上旬。

關鍵詞：芒果、催熟、綠熟果

前 言

芒果(*Mangifera indica* L.)為漆樹科(Anacardiaceae)熱帶常綠果樹，原產於印度、緬甸一帶。廣泛栽培於南北緯25度間的地區^(5,8,9)。在臺灣芒果目前栽培面積15,465 ha⁽¹⁾，為重要經濟果樹之一。芒果於西元17世紀引進臺灣種植，其後自美國引入‘愛文’等品種。目前臺灣地區栽培的芒果品種，依來源可分為改良種如‘愛文’、‘金煌’、‘凱特’、‘玉文6號’及‘杉林1號’等品種，約佔82.3%；以及本地種土芒果‘柴棧’約佔17.7%^(2,5,8,9)。栽培區域主要分布臺南市、高雄市與屏東縣，其他各縣市亦有小面積栽培。其中‘愛文’與土芒果均需果實在樹上自然黃熟後才進行採收。若提早採收綠熟果再進行催熟，則有可溶性固形物與香氣不足，以及風味品質下降等問題。而‘金煌’則因黃熟果果肉容易發生生理劣變，故需提早採收成熟度7~8分的綠熟果進行催熟，以減少果肉劣變問題^(3,7,9,10)。目前臺灣栽培的芒果品種雖然品質優良，但仍有許多問題有待解決。因此本場選育出果肉細緻、可溶性固形物含量高，且可綠熟果進行催熟的品種，供芒果產業應用。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0911 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、研究助理、副研究員。

³ 國立中興大學園藝學系副教授。

⁴ 行政院農業委員會科技處處長。

材料與方法

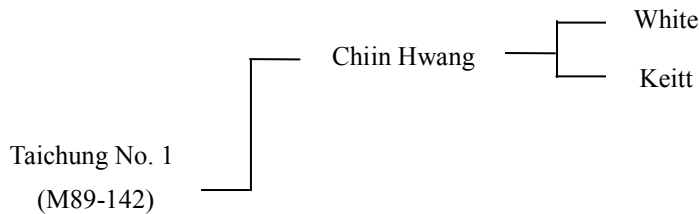
一、親本與對照品種來源及特性

- (一)親本來源及特性：芒果‘臺中1號’母本為‘金煌’ (Chiin Hwang)。「金煌」系由高雄市六龜區黃金煌先生以‘懷特’ (White)為母本、‘凱特’ (Keitt)為父本雜交選育而得。「金煌」植株生長強健且直立徒長，果實重600~2,000 g，可溶性固形物含量12~17 °Brix，可滴定酸0.24%，肉質細緻幾無纖維，自然黃熟果實果肉易發生生理劣變，故以採收綠熟果(7~8分熟)進行催熟^(9,10)。
- (二)對照品種及特性：對照品種分別為親本‘金煌’ (Chiin Hwang)與商業品種‘愛文’ (Irwin)。「愛文」芒果於1954年由農復會自美國佛羅里達州引進，果實外表紅色，果皮薄、肉質細且幾無纖維，果實重320~500 g，可溶性固形物含量12~15 °Brix，可滴定酸0.21%，產期約在5~7月，為目前臺灣栽培面積最大的芒果品種^(9,11)。

二、品種育成試驗

(一)育成經過

本品種於1999年收集栽種於臺南市楠西區之‘金煌’果實，取出種子後，去除內果皮(硬核)再進行播種，培育到種苗高度約40~50 cm，於2000年定植於臺中市北屯區建功巷之果園，計236株。2005~2007年進行單株選拔，依果實大小、果實糖度、果皮顏色、果實生理劣變發生率，以及綠熟果催熟後品質比較等項目做為選拔依據，選出編號M89-142之單株。2008年繁殖M89-142品系，定植於臺中區農業改良場果園內，2011~2012年進行性狀檢定與果實品質產量調查，命名為芒果‘臺中1號’，並於2014年取得品種權。其譜系如圖一所示。



圖一、芒果‘臺中1號’譜系圖

Fig. 1. Pedigree of ‘Taichung No. 1’ mango cultivar

三、芒果生育特性調查

- (一)植株性狀：調查樹形、枝梢生長形態、枝梢平均長度、初花期、盛花期與果實成熟期等性狀。開花期以全株有5%開花時為初花期，達50%時為盛花期。
- (二)葉片性狀：調查各品種嫩葉顏色、葉形、葉緣、葉尖、葉脈、葉片香氣，並以游標尺量測葉片長、寬與葉柄長等性狀。

- (三)花性狀：調查各品種花序著生位置、花序形狀、花序長度、花序茸毛情形與著生密度、花序中小花著生的密度、花序顏色、葉狀苞片、花序中兩性花平均百分率、開花規律性等。
- (四)果實外表性狀：調查各品種果形、花柱痕跡、果實長度、寬度與厚度、果皮顏色、果實香味、果皮表面質地及皮孔顯著性等性狀。其中果實長度量測為果梗基部至果實底部的距離；果實寬度為果背至果腹最長距離；果實厚度為果實兩側最長距離(與果寬方向垂直)。此外，為預防東方果實蠅危害及避免套袋種類對果實品質的影響，所有參試品種均於疏果後以白色防水紙袋進行套袋。
- (五)果實品質調查：在果實取樣部分分為2組，第1組為‘臺中1號’、‘金煌’與‘愛文’芒果，均採自然黃熟果進行量測；第2組則採收‘臺中1號’與‘金煌’芒果花後120天的綠熟果，並以電石催熟處理後6天進行果肉品質調查。調查各品種果肉顏色、果肉質地、果肉纖維量、果皮重量與厚度、果肉率、可溶性固形物與可滴定酸含量。
- 1.可溶性固形物量測方法：切取半邊芒果果肉以紗布包覆後，以榨汁機進行榨汁，並以數位型糖度計(Atago PAL-1)測其可溶性固形物含量。
 - 2.可滴定酸：利用數字型滴定器(TITRONIC basic, SCHOTT gerate GMBH, Germany)以1 N之NaOH滴定測量果汁酸度，所得酸度以100 g果汁之蘋果酸含量表示。
 - 3.果肉率：以全果果重扣除果皮重及果核重(含種子)得果肉總重後，再除以全果重乘以百分比，即得果肉率以百分比(%)表示。

結 果

一、植株性狀調查

芒果‘臺中1號’植株生長勢強，樹形半開張(圖二)，枝梢生長形態呈中間型，枝梢平均長度為19.2 cm，初花期為3月中旬，盛花期為3月下旬，果實成熟期為7月中旬至8月上旬。

二、葉片性狀調查

芒果‘臺中1號’嫩葉顏色為深紅褐色，葉片長24.4 cm，葉片寬6.0 cm，葉柄長5.5 cm，葉形為長橢圓-披針形，葉緣成波狀，葉脈明顯(圖三)，葉片無香氣。其中，嫩葉顏色、葉形、葉緣與葉尖等性狀分別與‘金煌’及‘愛文’具差異性。芒果‘臺中1號’葉片寬介於‘金煌’與‘愛文’之間，葉片長與葉柄長則與對照品種無差異(表一)。

三、花性狀調查

芒果‘臺中1號’花序著生位置在枝梢頂端為圓錐狀花序，花序長度約44.8 cm，花序有茸毛且著生密度中等，小花著生密度成鬆散狀(圖四)，開花具規律性，花序為粉紅色且具有葉狀苞片。芒果‘臺中1號’花序長度與‘金煌’無顯著差異，但較‘愛文’品種長；在花序中兩性花平均百分率芒果‘臺中1號’64.9%明顯高於‘愛文’34.6%及‘金煌’15.1%(表二)。

表一、芒果‘臺中1號’與‘金煌’、‘愛文’葉片性狀比較

Table 1. Leaf characteristics of ‘Taichung No. 1’, ‘Chiin Hwang’ and ‘Irwin’ mango

Characteristics	Taichung No. 1	Chiin Hwang	Irwin
Colour of young leaf	Dark red brown	Bright green with light brown	Light red brown
Length of leaves (cm)	24.4ab ¹	28.1a	20.5b
Width of leaves (cm)	6.0b	7.4a	5.1c
Length of petioles (cm)	5.5a	4.2a	4.0a
Leaf blade: shape	Lanceolate-oblong	Elliptic-oblong	Lanceolate-oblong
Leaf blade: twisting	Present	Present	Abcent
Leaf blade: shape of apex	Attenuate	Acute	Attenuate

¹ Means separation within rows by LSD test at $P \leq 0.05$.

表二、芒果‘臺中1號’與‘金煌’、‘愛文’花性狀比較

Table 2. Inflorescence and floret characteristics of ‘Taichung No. 1’, ‘Chiin Hwang’ and ‘Irwin’ mango

Characteristics	Taichung No. 1	Chiin Hwang	Irwin
Inflorescence position	Terminal	Terminal and axillary	Terminal
Length of inflorescence (cm)	44.8a ¹	50.6a	36.2b
The density of villi in inflorescence	Medium	Sparse	Medium
The density of flowers in inflorescence	Loose	Loose	Densatus
Colour of inflorescence	Pink	Dark pink	Dark pink
Leafy bract	Yes	Yes	No
The ratio of perfect flower per inflorescence (%)	64.9a	15.1b	34.6b

¹ Means separation within rows by LSD test at $P \leq 0.05$.

四、果實外表性狀調查

芒果‘臺中1號’果形為橢圓形，在果實底部有明顯花柱痕跡突起。果皮顏色為橙帶紅色，若果實周遭日照充足，則可使果實呈現全紅色澤。果實具有香味，果皮表面質地平滑且外觀皮孔明顯(圖五)。芒果‘臺中1號’平均果重601.1 g，果實寬度8.6 cm，果實厚度8.4 cm，其果重、果長介於‘金煌’與‘愛文’之間。在果寬與果厚部分，芒果‘臺中1號’與‘金煌’無顯著差異(表三)。

五、果實品質調查

芒果‘臺中1號’果皮厚度中等且剝皮容易，果肉顏色為黃色(圖五)，果肉質地堅實，果肉纖維量少且細緻，自然黃熟果果肉率為87.3%，可溶性固形物約為21.6 °Brix，可滴定酸含量0.2~0.3%，果實品質優良。其中果肉率及可溶性固形物含量，與‘金煌’相似且高於‘愛文’品種，可滴定酸含量則無差異。另，綠熟果於花後120天採收，並以電石催熟後6天進行果實品質分析，芒果‘臺中1號’與‘金煌’的可溶性固形物含量均可達20.5 °Brix以上，且與自然黃熟果實無顯著差異(表四)。

表三、芒果‘臺中 1 號’與‘金煌’、‘愛文’果實外表性狀比較(黃熟果)

Table 3. Fruit characteristics in external traits of ‘Taichung No. 1’, ‘Chiin Hwang’ and ‘Irwin’ mango

Characteristics	Taichung No. 1	Chiin Hwang	Irwin
Weight of fruit (g)	601.1b ¹	924.8a	335.0c
Length of fruit (cm)	13.4b	19.1a	11.2c
Width of fruit (cm)	8.6ab	9.6a	7.9b
Thickness of fruit (cm)	8.4a	8.0a	6.9b
Mature fruit: shape	Elliptical	Oblong	Ovate
Stylar scar	Yes	No	No
The type of stylar scar	Protruding	Flat	Flat
Peel colour	Orange with red	Green with yellow	Orange with red
The flavor of fruit	Slightly aroma	No	Aroma

¹ Means separation within rows by LSD test at $P \leq 0.05$.

表四、芒果‘臺中 1 號’與‘金煌’、‘愛文’果實性狀比較

Table 4. Fruit characteristics of ‘Taichung No. 1’, ‘Chiin Hwang’ and ‘Irwin’ mango

Characteristics	Taichung No. 1	Chiin Hwang	Irwin
Flesh colour	Yellow	Yellow	Orange yellow
Flesh texture	Tight	Soft	Juicy
Weight of peel (g)	48.4a ¹	45.4a	31.5b
The ratio of flesh (%)	87.3a	88.2a	83.1b
Total soluble solids (°Brix): ripening on tree	21.6a	19.9a	15.3b
Total soluble solids (°Brix): ripening by CaC ₂	21.1a	20.5a	--
Acidity of juice (%)	0.3b	0.4ab	0.2b
Fruit quality	Excellent	Good	Excellent

¹ Means separation within rows by LSD test at $P \leq 0.05$.

六、種子性狀調查

種子性狀方面，芒果‘臺中1號’種子形狀為長橢圓-腎形，果核纖維量少且表面脈紋平坦，果核重量為26.7 g，果核長10.2 cm，寬3.7 cm，為單胚性種子。芒果‘臺中1號’果核重及果核寬與‘愛文’相似，明顯低於‘金煌’品種，果核長度則介於‘愛文’與‘金煌’之間，果核厚度則無差異(表五)。

表五、芒果‘臺中 1 號’與‘金煌’、‘愛文’種子性狀比較

Table 5. Seed characteristics of ‘Taichung No. 1’, ‘Chiin Hwang’ and ‘Irwin’ mango

Characteristics	Taichung No. 1	Chiin Hwang	Irwin
Weight of seed (g)	26.7b ¹	57.2a	24.9b
Length of seed (cm)	10.2b	15.7a	8.3c
Width of seed (cm)	3.7b	5.2a	3.7b
Thickness of seed (cm)	1.7a	1.9a	1.7a
Surface veins of seed	Flat	Flat	Protruding
Seed shape	Oblong-reniform	Reniform	Oblong-reniform

¹ Means separation within rows by LSD test at $P \leq 0.05$



圖二、芒果‘臺中1號’植株外觀
Fig. 2. Plant appearance of ‘Taichung No. 1’ mango



圖三、芒果‘臺中1號’葉片與枝條外觀
Fig. 3. Leaves and shoots of ‘Taichung No. 1’ mango



圖四、芒果‘臺中1號’花序形態與外觀
Fig. 4. Inflorescence of ‘Taichung No. 1’ mango



圖五、芒果‘臺中1號’、金煌與愛文的果實外觀及果肉色澤比較
Fig. 5. Fruit and pulp color of ‘Taichung No. 1’, ‘Chiin Hwang’ and ‘Irwin’ mango

討 論

芒果為臺灣重要的果樹產業，栽培面積達15,465 ha⁽¹⁾，其中栽培面積超過50%的‘愛文’芒果果色鮮紅豔麗、果肉多汁，深受臺灣消費者喜愛，但‘愛文’芒果採收模式主要為採收在橫紅的黃熟果，但由於芒果花期較長，將同一株芒果樹果實以黃熟果為採收指標的採收模式處理，需耗費數週的時間才能全部採收完畢，此生產模式無法穩定每日供貨量，同時造成農民工作時數增加。然而芒果‘臺中1號’可以綠熟果採收再利用乙烯進行催熟作業，可改善每日採收黃熟果的工作模式，進而集中工作量且可主動調配出貨數量。臺灣另一重要芒果品種‘金煌’則具有果粒碩大的特性，果重介於600~2,000 g，此大型果特色已不符合臺灣果品消費市場。而‘金煌’成熟果肉容易發生水浸狀與軟化等生理劣變^(4,9,10)，喪失商品價值造成栽培者極大的困擾。因此‘金煌’芒果多以提早採收的模式來減少果實生理劣變的發生，李(2014)指出在六龜地區金煌芒果花後120天、130天與140天採收，果肉劣變率分別為25.9、80.0及73.3%。而可溶性固形物則為13.4、14.2與17.3 °Brix⁽⁴⁾。顯示隨採收天數延長，果實糖度有增加的情形，但果

肉劣變率也明顯提高。因此，提早採收的金煌芒果因可溶性固形物較低，導致果實風味不足而無法顯現原有的果實特色。本試驗為避免套袋種類不同而影響果實品質，三個品種均採用白色紙袋進行套袋，而套白色紙袋的金煌芒果亦在花後120天採收，果實糖度可達20.5 °Brix (表四)，與一般市售金煌芒果糖度介於13.4~15.1 °Brix間有所差異⁽⁴⁾，造成差異原因除栽培區域不同外，應與使用的套袋種類有關，一般金煌芒果為使果實催熟後果皮呈現金黃色澤增加賣相，多以含黑色內襯的牛皮紙袋進行套袋⁽⁶⁾，因此可溶性固形物含量較套白色紙袋為低。而以白色紙袋套袋的果實催熟後果實可溶性固形物含量較高，但果皮仍成綠色、賣相不佳。綜合各性狀調查結果，芒果‘臺中1號’果色屬紅皮系芒果，同時果肉具高可溶性固形物含量，不易發生生理劣變且可綠熟果採收等特點，與兩對照品種相比較具有特殊性。

芒果‘臺中1號’植株生長勢強，樹形半開張，嫩葉葉面深紅褐色，成熟葉片濃綠色(圖三)。花序頂生呈圓錐狀，花序長度約44.8 cm (表二)，花序中小花著生呈鬆散狀，花序為粉紅色(圖四)，具有葉狀苞片，初花期較‘愛文’與‘金煌’晚。果實呈橢圓形，平均果重為601.1 g，果長13.4 cm，有突起花柱痕跡(圖五、表三)，幼果至中果果皮為綠帶紅，黃熟果果皮為橙黃帶紅，果實帶有微香味，皮孔顯著，果肉呈黃色(圖五)，果肉質地緊實，纖維量少，果肉率87.3%，可溶性固形物含量21.6 °Brix，果實品質優，剝皮容易。彰化地區產期為7月中旬至8月上旬，盛花後至果實採收日數約136日。果核重26.7 g，果核纖維量少，種子形狀長橢圓至腎形為單胚性。

在栽培管理方面，芒果‘臺中1號’生長勢較強，結果習性良好。園地應選擇通風良好，有灌溉排水設施，土層較為深厚之壤土，行株距以5×5 m為宜。繁殖苗木採嫁接繁殖，以土芒果或其他生育強健的芒果品種為根砧，再進行嫁接作業。育苗定植後待新株長到60至80 cm高時進行修剪，促進側梢生長後培育出三主枝，再逐步利用修剪培育亞主枝的形成，以建構結果枝組產生，逐年擴大樹冠面積。肥培管理依一般芒果推薦的肥料用量，應控制氮肥施用。開花著果後，追肥分多次施用，以氮磷鉀三要素平衡的複合肥料為主。芒果‘臺中1號’對於炭疽病及東方果實蠅均無抗性，需在生殖生長期前後加強管理；全期的病蟲害防治方法，請參照植物保護手冊。在中果期以白色紙袋進行套袋，果皮顏色可較為豔麗。

芒果‘臺中1號’生長習性與果實特性均適合臺灣的氣候條件，具有開花性良好，兩性花比率高，結果性佳，果色柔美，果實可溶性固形物達21 °Brix，果肉細緻且不易發生生理劣變等特點，與目前市售品種相比具有不同的口感與風味，可活絡產業且吸引消費者目光。此外，本品種具綠熟果採收特性，於販售時有利於減少運輸造成的損耗，增加果品競爭力。由於芒果‘臺中1號’果實成熟期為中生種，於中部地區種植時，產期由7月中旬開始至8月，可接續臺灣南部的芒果產期，延長芒果產季增加消費者的賞味期。

參考文獻

1. 行政院農業委員會 2015 農業統計資料查詢-統計書刊-農業統計年報
<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>。

2. 李文立、邱國棟、翁一司 2009 芒果種原親緣關係之研究 臺灣農業研究 58: 243-253。
3. 李堂察 1999 催熟與貯藏方法 p.143-150 芒果綜合管理 臺灣省農業藥物毒物所編印。
4. 李雪如 2014 不同產區對‘金煌’芒果果實品質及果肉劣變的影響 高雄區農業改良場研究彙報 25(1): 1-12。
5. 林宗賢、張錦興、李雪如、李文立 2005 芒果 農作篇(二) p.121-128 臺灣農家要覽增訂(三版) 財團法人豐年社。
6. 梁靜芬、林慧玲 2002 不同材質套袋對‘金煌’芒果果實生長發育及養分含量之影響 興大園藝 27: 37-48。
7. 黃裕銘 1999 肥培管理 p.25-34 芒果綜合管理 臺灣省農業藥物毒物所編印。
8. 張錦興、王仕賢、吳雅芳、卓家榮、林明瑩、林棟樑、陳曉菁、黃秀雯、鄭安秀、鍾瑞永 2013 芒果健康管理技術 臺南區農業改良場技術專刊(No. 156)。
9. 劉銘峰 1999 品種、引種及育種 p.5-10 芒果綜合管理 臺灣省農業藥物毒物所編印。
10. 謝慶昌、林慧玲 1999 果實之生長與發育 p.45-54 芒果綜合管理 臺灣省農業藥物毒物所編印。
11. Litz, R. E. 1997. The mango botany, production and uses. CAB international. UK.

The New Mango Cultivar 'Taichung No. 1'¹

Meng-Sung Chen², Huei-Ling Liu², Wen-Pin Yeh², Ching-Chang Shiesh³
and Chih-Sheng Chang⁴

ABSTRACT

Mango is an important fruit industry in Taiwan. The current main cultivars have good fruit quality, but there are still some problems to be solved, such as fruit disorder of 'Chiin Hwang' mango. The aims of breeding mango are fruit with high soluble solids and could be harvest at green mature stage. The mango new cultivar 'Taichung No. 1' was selected from 'Chiin Hwang' mango seedling progeny, it is seeded in 1999 using single plant selection and subjected to comparison tests. The fruit quality and yield were investigated and the varieties rights is obtained in 2014. The horticultural characteristics of 'Taichung No. 1' include strong growth vigor, semi-open canopy and hermaphrodite flower ratio in inflorescence was 64.9%. The average weight of fruit was 601.1 g and the shape of the fruit was elliptic and the stylar scar was protrusion. The peel colour of mature fruit was yellow-orange and red. The flesh of fruit with a slight aroma had yellow colour and less fiber. The rate of pulp was 87.3% and the total soluble solids were 21.6 °Brix. This cultivar could be harvest from mature green fruit to ripen. The production period was from mid-July to early August in Changhua County.

Key words: mango, ripen, mature green fruit

¹ Contribution No. 0911 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Researcher, Assistant and Associate Researcher of Taichung DARES, COA.

³ Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

⁴ Director of Department of Science and Technology, COA.

番茄抗黃化捲葉病毒病原篩選¹

林煜恒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。

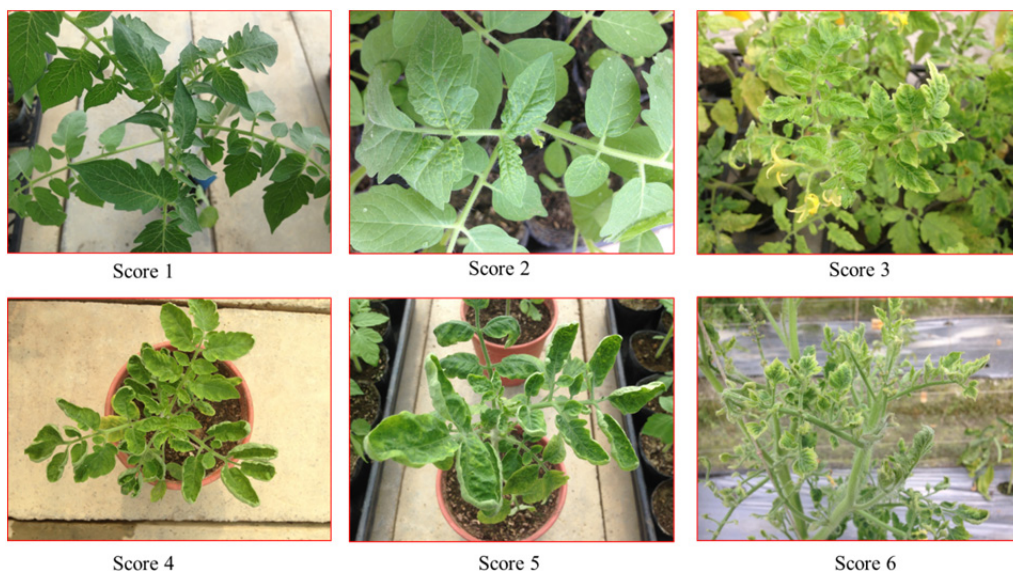
二、病毒接種方式

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。TYL CV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

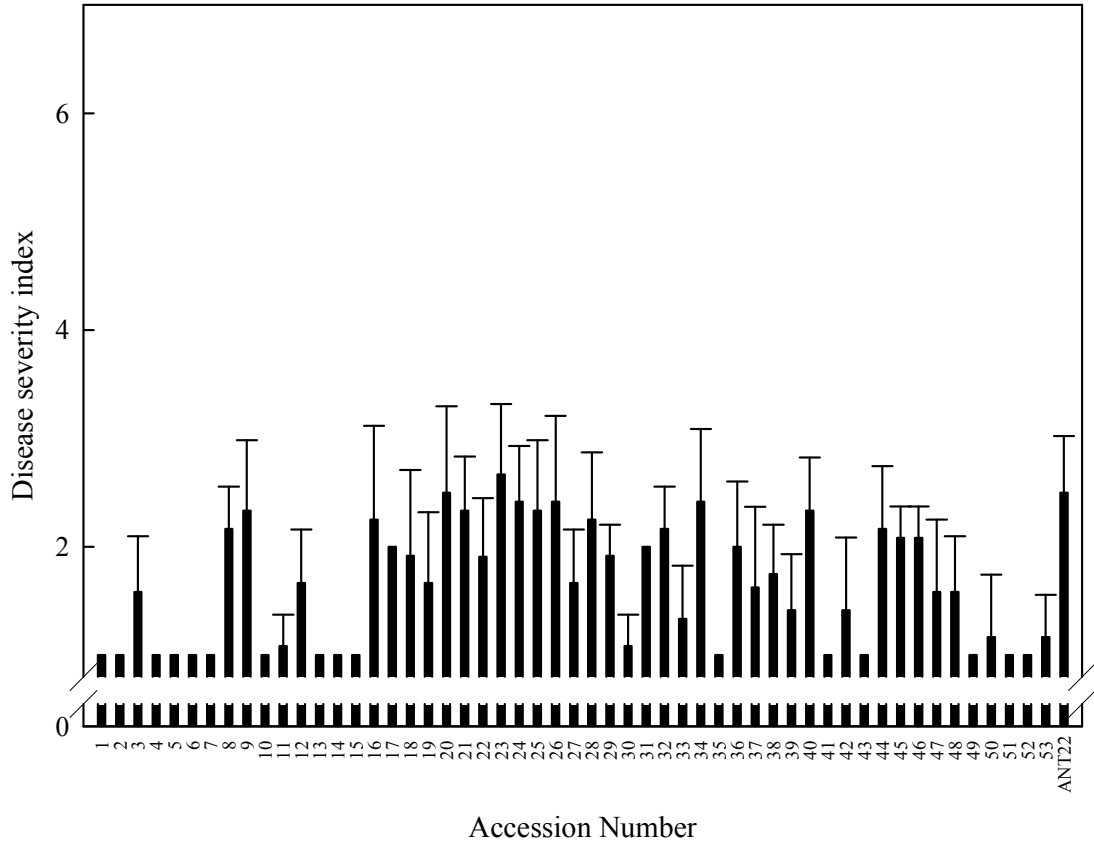
Table 2. The resistant gene combination in tomato germplasm

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

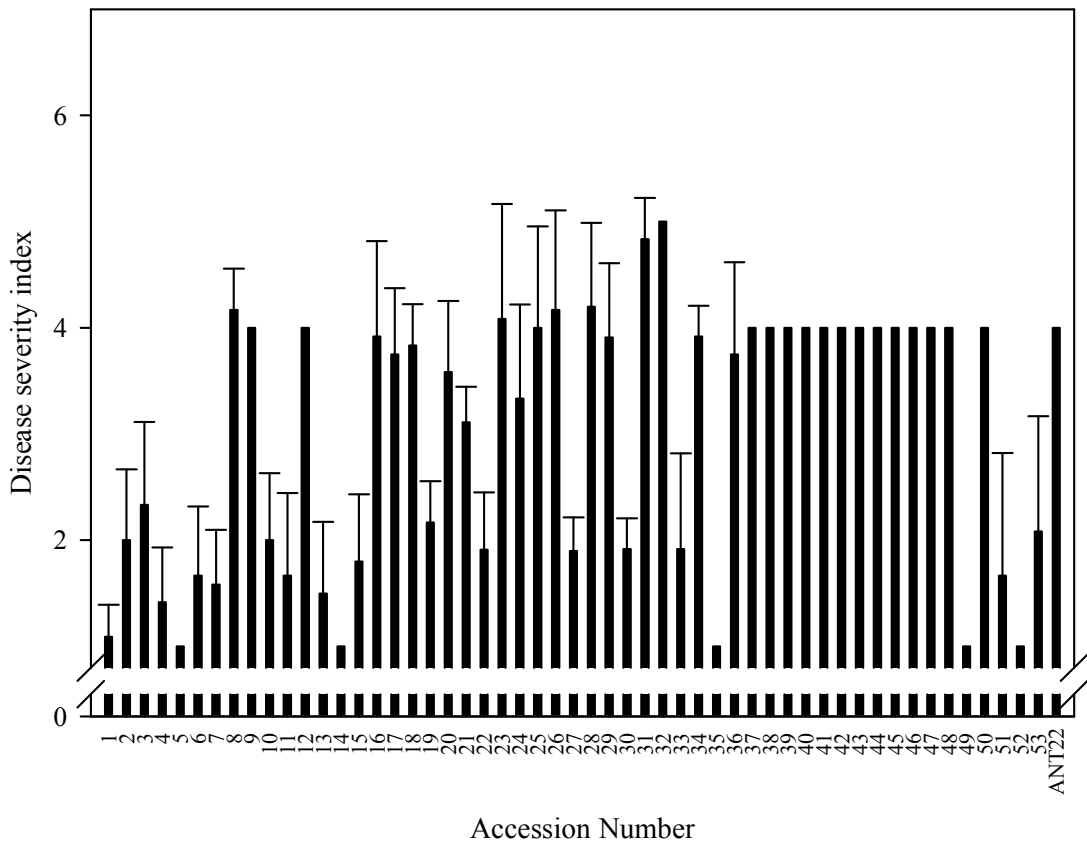
Fig. 2. The disease severity expression in 53 tomato germplasm after inoculation with Tomato yellow leaf curl Thailand virus (TYLCTHV) for 7 days.

*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。

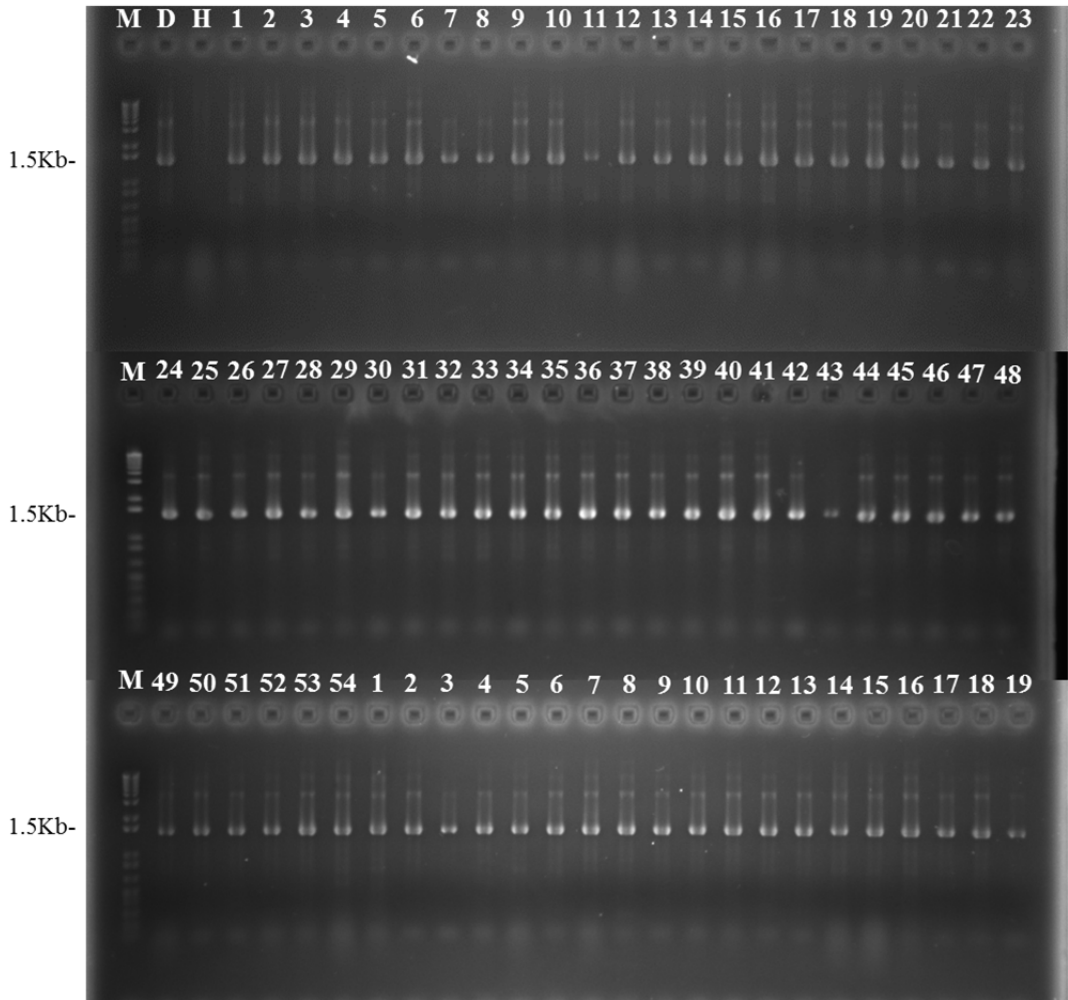
本研究亦利用PCR檢測番茄植株接種TYLCTHV後葉片病毒之有無，以瞭解各番茄品種對於TYLCTHV之抗性。結果顯示53個番茄品種無論植株有無病徵表現，於接種後14天皆可利用PCR檢測出葉片內病毒DNA。Eybishtz 等人於2010年指出，感病品種感染病毒後，病毒會快速於植體中累積，並誘發植株產生嚴重病徵；抗病品種在感染病毒後，雖然仍有少量病毒累積，但沒有病徵表現，亦不影響產量。



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 leave curl Thailand virus (TYLCTHV) for 14 days.

*Bars represent standard error of the mean.



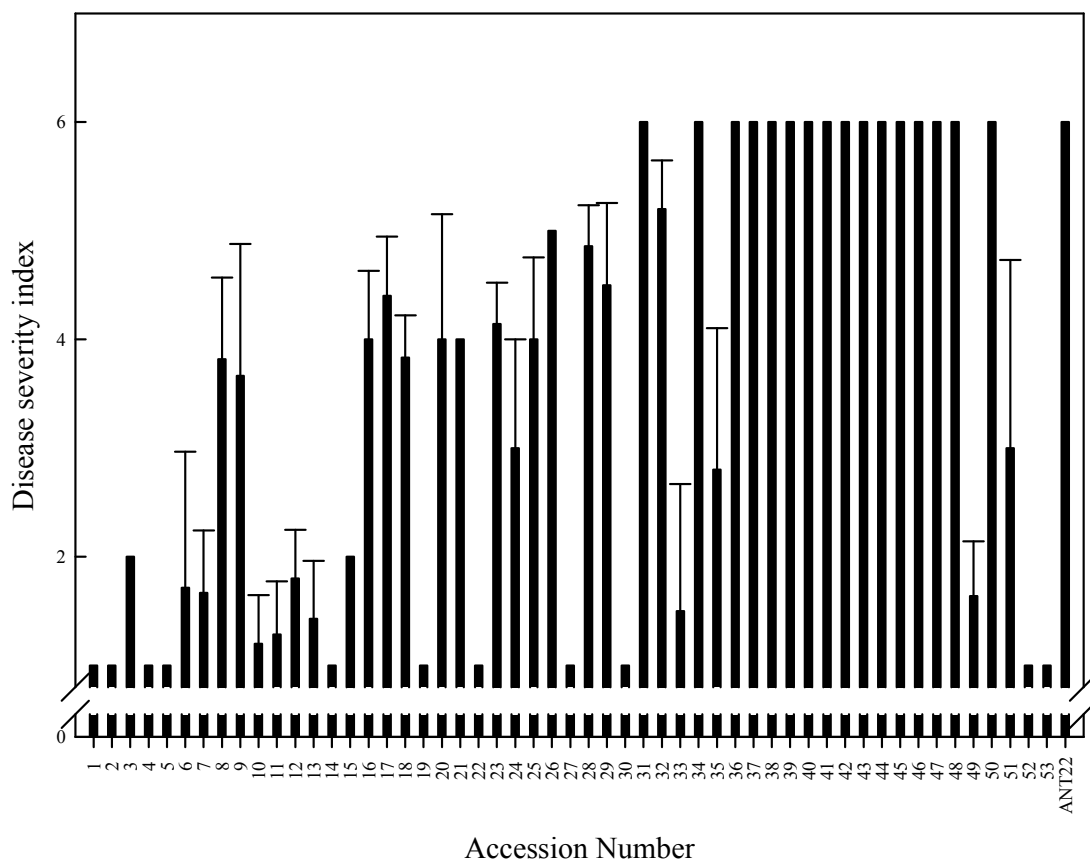
圖四、番茄接種番茄黃化捲葉泰國病毒 14 天後葉片內病毒 DNA 表現

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

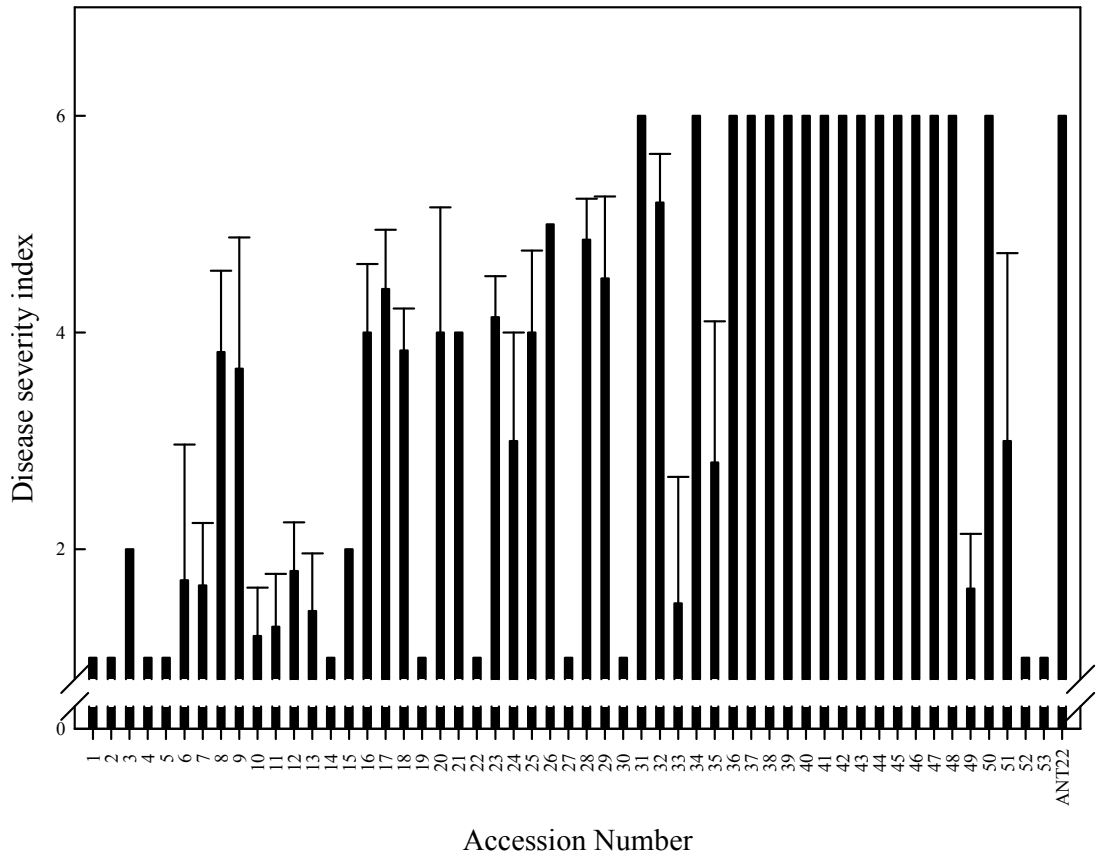
對不同抗病基因組合與其抗病機制間之相關性深入研究，期選育出抗病且具優良園藝性狀之全紅番茄品種，供國內栽培番茄農民使用。



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. Hoaoi 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.

花胡瓜光合作用特性之研究¹

陳葦玲²、錢昌聖²、莊佩蓉²

摘 要

本試驗調查光強度、二氧化碳濃度、溫度及設施內環境變化對二品種花胡瓜(*Cucumis anguria* L.)光合作用相關生理反應之影響，以供設施栽培管理之參考。由光反應曲線可知花胡瓜之光補償點、光飽合點及最大淨光合作用值(Pn)分別約為15~30 mol·m⁻²·s⁻¹、1,000~1,200 mol·m⁻²·s⁻¹及12~13 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹。由CO₂反應曲線可知其CO₂飽合點約為1,000~1,200 mg·L⁻¹，此時之Pn為16 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，較正常400 mg·L⁻¹大氣濃度下增加約2倍。於25~40℃下植株Pn介於10~13 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，溫度間無顯著差異，45℃下Pn則降低約20%。夏作設施栽培花胡瓜植株Pn於上午6點後顯著上升，12點到達高峰值為18.4 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，此時設施內環境光強度約1,300 μmol·m⁻²·s⁻¹、溫度達40℃、相對溼度54.9%、蒸氣壓差4 kPa，12點之後Pn則顯著下降。

關鍵詞：花胡瓜、光合作用、光強度、二氧化碳、溫度、設施環境

前 言

光合作用為植物提供生長能量與碳同化的基本過程，為一種動態的系統，其速率除了受到植體本身生理、組織構造或型態因子影響外，亦受到光線、溫度、蒸氣壓差、大氣二氧化碳(CO₂)濃度等外在環境因子影響。植物體之乾物重有90%以上來自光合作用產物^(1,2,3,16)，因此如何利用環境參數的調整，以提高作物光合作用效率，達到最高產量與品質，為作物栽培管理之要點。

胡瓜(*Cucumis sativus* L.)為葫蘆科胡瓜屬1年生蔓性作物，2016年栽培面積達2,150公頃，可周年栽培，主要分布在高屏、雲林及彰化地區。花胡瓜名源於果實幼嫩時採收，凋謝的花朵仍附著果底，為國人日常重要的蔬菜食材，多利用溫網室栽培。但由於近年來霧霾現象嚴重，又設施內常因遮陰光照不足、通風性較差，再加上夏季日夜溫均高，加劇光合作用同化物的消耗，不利花胡瓜生長發育，成為花胡瓜設施栽培生長限制因素⁽⁷⁾。

本研究以花胡瓜為試驗材料，探討不同光強度及溫度下植株光合作用情形，並透過CO₂濃度改變，瞭解其對花胡瓜光合作用之影響，做為評估設施內CO₂施肥(CO₂ enrichment)之基

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0910 號。本研究承行政院國家科學委員會科發基金【計畫編號：MOST 105-3111-Y-067A-008】計畫補助。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員及研究助理。

礎生理資訊，此外量測夏季設施栽培下，植株光合作用相關生理與環境因子變化，以供栽培管理參考。

材料與方法

一、試驗材料

以花胡瓜‘CU-87’ (和生種子，臺灣)與‘河童盛夏11號’ (全福種苗，臺灣)為試驗品種，種子播種於35格圓孔PE穴盤(穴格容積為150 cm³)，每穴播一粒，播種後將穴盤堆疊覆蓋，於28±2 °C、RH 80±5%之黑暗環境中催芽處理2日，後移至臺中區農業改良場育苗室栽培。植株達本葉2片時移植到內含Peltracom泥炭土介質(Lorry Ltd., Germany)之直徑30 cm、高23.5 cm塑膠圓盆中或寬40 cm、深25 cm之栽培槽內，持續栽培於簡易溫室內。栽培期間視介質狀態給水維持水分充足，並依照慣行栽培方法管理，試驗栽培時間為2016年3月至9月。

二、試驗項目

1.不同光強度對花胡瓜光合作用特性之影響

定植後1個月之植株移入25±2°C生長箱內，CO₂濃度設為400 mg·L⁻¹，以人工光源(6400-02B LED light source)提供光強度由0 μmol·m⁻²·s⁻¹到2,000 μmol·m⁻²·s⁻¹，每次遞增200 μmol·m⁻²·s⁻¹，待植株狀態穩定10分鐘後，量測植株之光合作用相關生理。

2.不同CO₂濃度對花胡瓜光合作用特性之影響

定植後1個月之植株移入25±2°C生長箱內，光度設定為800 μmol·m⁻²·s⁻¹，以CO₂鋼瓶提供CO₂濃度由0 mg·L⁻¹~1,800 mg·L⁻¹每次遞增200 mg·L⁻¹，待植株狀態穩定10分鐘後，量測植株之光合作用相關生理。

3.不同溫度對花胡瓜光合作用特性之影響，

定植後1個月之植株分別移入25、40及45±2°C、光度設定為800 μmol·m⁻²·s⁻¹、CO₂濃度設為400 mg·L⁻¹之生長箱內先行馴化24小時，後量測植株之光合作用相關生理、葉綠素螢光值及其葉片離子滲漏率。

4.夏季設施栽培花胡瓜光合作用日變化

於2016年6月將帶2片本葉之幼苗定植於臺中區農業改良場簡易設施栽培槽中，株距40 cm、採單幹整枝。定植後1個月之植株調查其光合作用相關生理日變化，同時監測環境參數變化。

三、分析項目與方法

1.光合作用相關生理與葉綠素螢光測定

淨光合作用(Pn)、氣孔導度(g_s)及蒸散作用(E)等生理數值測定參照Chen等(2014)⁽¹¹⁾之步驟，以可攜式光合作用測定儀LI-COR 6400xt (Li-Cor Inc., Lincoln, NE., USA)量測植株帶幼果節位附近之完全展開葉，量測時間為08:00AM~10:00AM；測定條件基本上溫度設為25 °C，以Li-COR 6400 XT葉室紅藍LED燈提供800 μmol·m⁻²·s⁻¹之光源，CO₂濃度維持在400

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，流速設定為 $500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、上下葉片氣孔數比設為0.2，其設定會因應試驗處理調整。葉綠素螢光(Fv/Fm)測定亦以LI-COR 6400xt配合葉綠素螢光葉室LI-COR 6400-40 LCF測量植株第4片完全展開葉，葉片測量前先暗馴化30分鐘。

2. 離子滲漏率測定

參考Yeh和Hsu (2004)⁽²⁹⁾的方法測定，取植株第4片完全展開葉先以去離子水擦拭過，以直徑6 mm之打孔器均勻取樣打下6片葉圓片，放入含有1 mL去離子水之試管，分別置於25°C循環水浴槽中60分鐘後，加入14 mL去離子水，於25°C下震盪24小時後以電導度計SC-120 (SUNTEX Co. Taiwan)測量液體第一次EC值(T_1)，各試管再置於殺菌釜中15分鐘(121°C, 1.2 $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$)，試管取出後待溫度降到25°C時，以電導度計測量液體第二次EC值(T_2)，離子滲漏率計算為 $T_1/T_2\times 100\%$ 。

四、試驗設計與統計分析

試驗採用完全隨機試驗設計(completely random design, CRD)，每一處理3重複，每一重複取6株調查。數據則以Costat 6.2 (CoHort Software, Berkeley, CA, USA)進行Fisher's Least Significant Difference test ($P<0.05$)分析各處理間有無顯著差異，並以Sigmaplot 10.0 (SPSS Inc., USA)進行迴歸分析與繪圖。

結果與討論

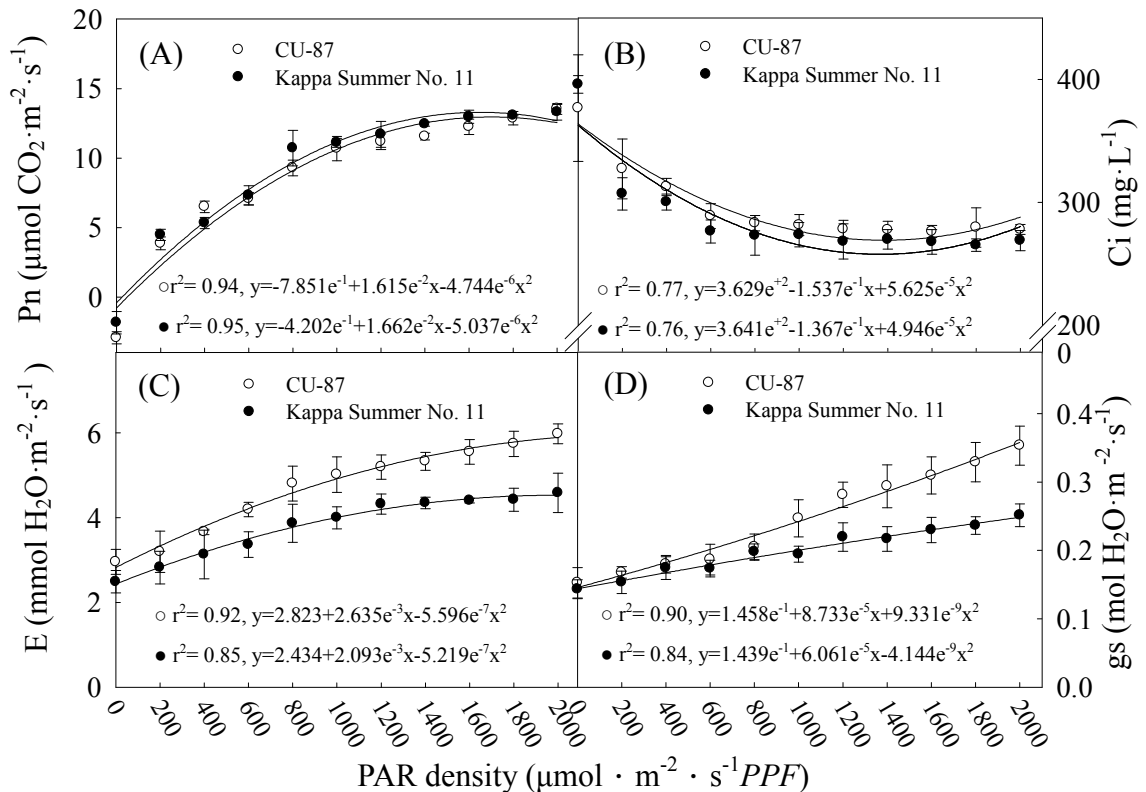
一、不同光強度對花胡瓜光合作用特性之影響

光照為影響作物光合作用的主要因子，其包含光度、光質、光週期等^(1,17)。據中央氣象局的統計資料顯示，臺灣冬春季為一年中日照時數最短時間，北部地區更因為長期陰雨而顯著低於中南部，且近年來空氣懸浮微粒所造成之霧霾現象日趨嚴重，作物栽培易因溫室內光照不足導致葉綠素含量、光合作用效率、植株乾重及果實品質的下降⁽²⁶⁾。

本試驗針對花胡瓜光合作用和光強度間之相關性進行試驗，結果顯示花胡瓜‘河童盛夏11號’及‘CU-87’光反應曲線顯示其光合作用與光度呈二次曲線關係，其暗呼吸率分別為 -1.84 及 $-2.93\ \mu\text{mol}\ \text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光補償點光合作用有效光(Photosynthetically Active Radiation, PAR)為 $15\sim 30\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， P_n 隨光度增加而遞增， $0\sim 800\ \mu\text{mol}\ \text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 區間內其 P_n 上升速率較高，達光飽合點PAR $1,000\sim 1,200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時 P_n 不再上升，此時 P_n 值為 $12\sim 13\ \mu\text{mol}\ \text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖一A)；葉肉間隙二氧化碳濃度(C_i)隨著光度增加而逐漸下降，趨近於光飽和點時下降速度漸緩(圖一B)，蒸散速率(E)與氣孔導度(g_s)則隨著光度增加而呈現漸增的趨勢(圖一C和一D)。此結果和前人研究中瓜類蔬菜的光補償點介於 $20.8\sim 66.7\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、光飽和點介於 $1,021.9\sim 1,421.0\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 吻合⁽²⁾。

荷蘭夏季天平均PAR光量約可達 $1,800\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，在冬季平均PAR則降為約 $200\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，對番茄、瓜類等高光需求之蔬菜作物生產而言，光量明顯不足，因此在商業生產中常會利用補光來解決此問題。以高壓鈉燈在溫室上方提供 $210\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之光源於胡瓜

生產，年產量可達 $147 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，且若將一半的光源以LED燈取代進行株間補光，對產量及品質並無影響。溫室甜椒生產上延長光照至20小時或提高人工光源光強度補光至 $188 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 亦可明顯提高其產量^(6,9,10)。從本試驗結果可知，花胡瓜栽培時設施內光強度至少須高於 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，並儘量維持在 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，以達到最佳的光合作用效率，但光強度增加是否就能提高作物的產量，仍需溫室內二氧化碳濃度、溫度及濕度等環境條件的配合。



圖一、不同光強度下兩花胡瓜品種葉片淨光合作用(A)、細胞間隙 CO_2 濃度(B)、蒸散速率(C)和氣孔導度(D)之變化曲線

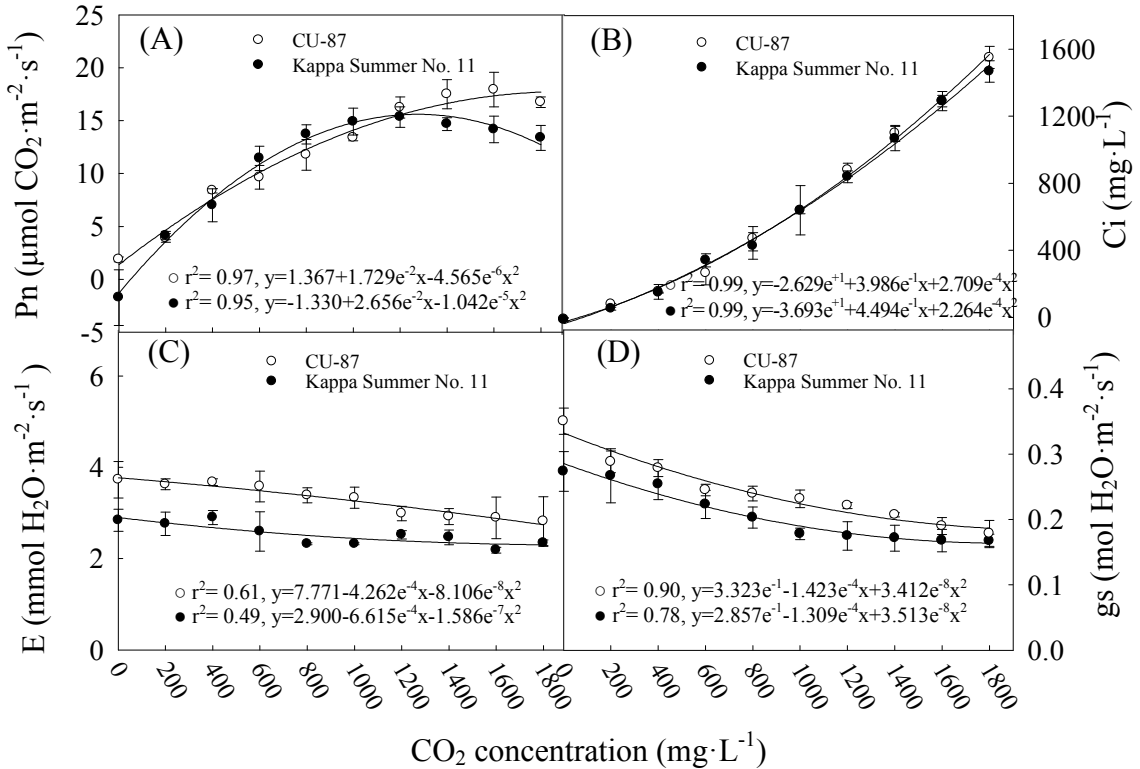
Fig. 1. The curve of net photosynthetic rate, Pn (A), cellular CO_2 concentration, Ci (B), transpiration rate, E (C), and stomatal conductance, gs (D) of two cultivars cucumber leaf under different light density.

二、不同 CO_2 濃度對花胡瓜光合作用特性之影響

CO_2 為光合作用的反應基質，參與碳的同化循環，適當的提升 CO_2 濃度可增加其固定率，此外高濃度的 CO_2 可與氧競爭，間接提高1,5-二磷酸核酮糖羧化酶(Ribulose-1,5-bisphosphate

carboxylase/oxygenase, RuBisCO)效率，葉片中的碳水化合物含量有顯著的增加⁽⁸⁾。兩倍之大氣CO₂濃度處理可分別增加芹菜、萵苣及結球白菜227%、257%和227%的產量⁽²⁰⁾，而對於設施內蔬菜生產而言，增加CO₂濃度至700~900 mg·L⁻¹為適當之建議範圍⁽²¹⁾。

由本試驗CO₂反應曲線可知花胡瓜CO₂飽合點為1,000~1,200 mg·L⁻¹，此時之Pn為16 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，較正常400 mg·L⁻¹大氣濃度下增加約2倍(圖二A)，但隨著濃度再提高，其Pn並未提升反而呈現下降的趨勢，此現象可能因於高CO₂濃度下，植體光反應的光捕捉能力下降或因累積大量的碳水化合物所導致負回饋作用所致⁽²⁵⁾。然而E與gs在不同濃度CO₂環境下無顯著差異(圖二C和二D)，顯示花胡瓜氣孔反應對於CO₂濃度增加並不敏感，此結果與Agüera (2006)等人⁽⁸⁾試驗結果相符，雖然多數物種在二氧化碳濃度增加時會關閉氣孔，但植物對高濃度CO₂的反應是多變的，甚至有些物種不會受到影響⁽¹²⁾。



圖二、不同 CO₂ 濃度下兩花胡瓜品種葉片淨光合作用(A)、細胞間隙 CO₂ 濃度(B)、蒸散速率(C)和氣孔導度(D)之變化曲線

Fig. 2. The curve of net photosynthetic rate, Pn (A), cellular CO₂ concentration, Ci (B), transpiration rate, E (C), and stomatal conductance, gs (D) of two cultivars cucumber leaf under different CO₂ concentration.

此外，碳和氮的吸收與同化作用具相互影響，葉部的氮素約有50%用來合成光合作用相關蛋白質，其中可溶性蛋白質主要成分為RuBisCO，因此植物的光合作用速率和葉部氮含量有直接的關係⁽²³⁾。在提高二氧化碳濃度的環境下必須供應足夠的氮養分，才能維持植物的正常生長或提高生質量^(24,27)，若要利用增加CO₂濃度以提高設施花胡瓜光合作用效率、增加植株生育及產量，仍必須配合適當的肥培管理。

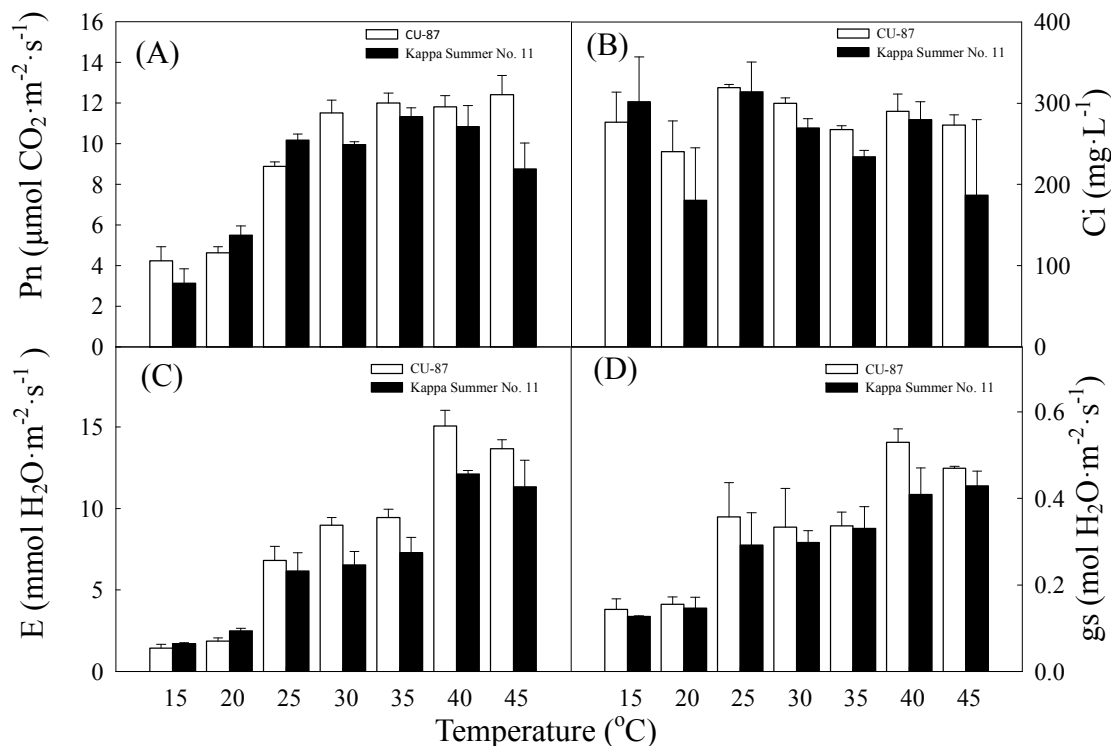
三、不同溫度對花胡瓜光合作用特性之影響

溫度也是影響光合速率的重要因子之一，植物之光合作用有其最適宜的溫度且隨著植物種類不同而異，原產熱帶的植物會有較高的光合作用適溫，一般為25~35℃；C4型植物較高，約為30~40℃；C3型植物較低，約為20~30℃；CAM型植物則約為35℃⁽¹⁴⁾。胡瓜原產於印度喜馬拉雅山南麓，屬C3型植物，植株生育適溫為20~30℃，溫度高於35℃時會造成生理障礙，影響果實形狀及品質；溫度低於10℃時則植株生育受阻⁽⁷⁾。

本試驗結果顯示花胡瓜在15~30℃溫度區間內，Pn有隨溫度上升而逐漸提升的趨勢，在30℃下，‘CU-87’及‘河童盛夏11號’之Pn值分別約為12~14 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹和11~12 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，溫度提高至40℃時，其Pn並無顯著差異，但若再提升至45℃時，‘河童盛夏11號’其Pn和Ci值則顯著下降(圖三A和三B)。在E與gs方面，兩品種花胡瓜皆在40℃處理下較高，25℃、30℃及35℃處理間無明顯差異，45℃下雖有稍許下降但差異不顯著(圖三C和三D)。此數據與Ding等人⁽¹³⁾指出胡瓜葉片在高溫環境下有較高的蒸散作用，以保護葉片光系統避免受到多餘的能量損害之結果相似。

近年來全球暖化，高溫為作物生長之重要限制因子，其往往導致植株形態發育異常、營養元素吸收受阻、呼吸作用提高、淨光合作用能力降低等變化，進而影響作物產量與品質^(15,18,19)。當受到熱逆境時，光系統II (Photosynthetic system II, PSII)扮演著重要的角色，其高敏感度導致光合作用系統比其他細胞功能先受到損害⁽²²⁾。植物在行光合作用時，天線分子(antenna)如葉綠素a和b可將吸收之光能匯集到PSII，並使其激發成PSII*，電荷分離進入電子傳遞鏈。高溫逆境下，類囊體膜受到傷害，造成PSII電子傳遞鏈受抑制，使大部分被激發的能量停在天線分子，激發能量停留時間越長，其釋放出螢光的機會及產量也較高，而葉綠素螢光(chlorophyll fluorescence)檢測主要即是量測PSII所釋放之螢光，並利用PSII之最大光子利用效率(maximum quantum efficiency, Fv/Fm)作為逆境指標。健康植株的Fv/Fm為常數，但在植物感受到逆境時Fv/Fm值降低⁽⁴⁾。

進一步測定兩品種在25℃、40℃及45℃、1天處理下之Fv/Fm及葉片細胞膜離子滲漏率，結果顯示植體Pn和離子滲漏率在45℃高溫環境下與25℃及40℃處理雖無顯著差異，但Fv/Fm在40℃及45℃則明顯下降(表一)。番茄在不同栽培溫度下，栽培溫度與其所測得之Fv/Fm值呈現高度的二次負相關，而馬鈴薯以40.5℃處理下葉綠素螢光可用在各品種耐熱篩選⁽²⁸⁾，本試驗結果可知高溫會直接影響PSII電子的傳導，但短時間的高溫並未造成Pn下降及細胞膜明顯受損，由於Fv/Fm值變化是敏感且立即的，故可建議作為花胡瓜早期受高溫逆境反應之指標。



圖三、不同溫度下兩花胡瓜品種葉片淨光合作用(A)、細胞間隙 CO₂ 濃度(B)、蒸散速率(C)和氣孔導度(D)變化

Fig. 3. Net photosynthetic rate, Pn (A), cellular CO₂ concentration (B), transpiration rate, E (C), and stomatal conductance, gs (D) of two cultivars cucumber leaf under different temperature.

表一、不同品種花胡瓜植株在 25°C、40°C 及 45°C 下淨光合作用、葉綠素螢光及離子滲漏率之表現
Table 1. Net photosynthetic rate (Pn), chlorophyll fluorescence (Fv/Fm), and electrolyte leakage of different cucumber cultivars plant under 25°C, 40°C, and 45°C

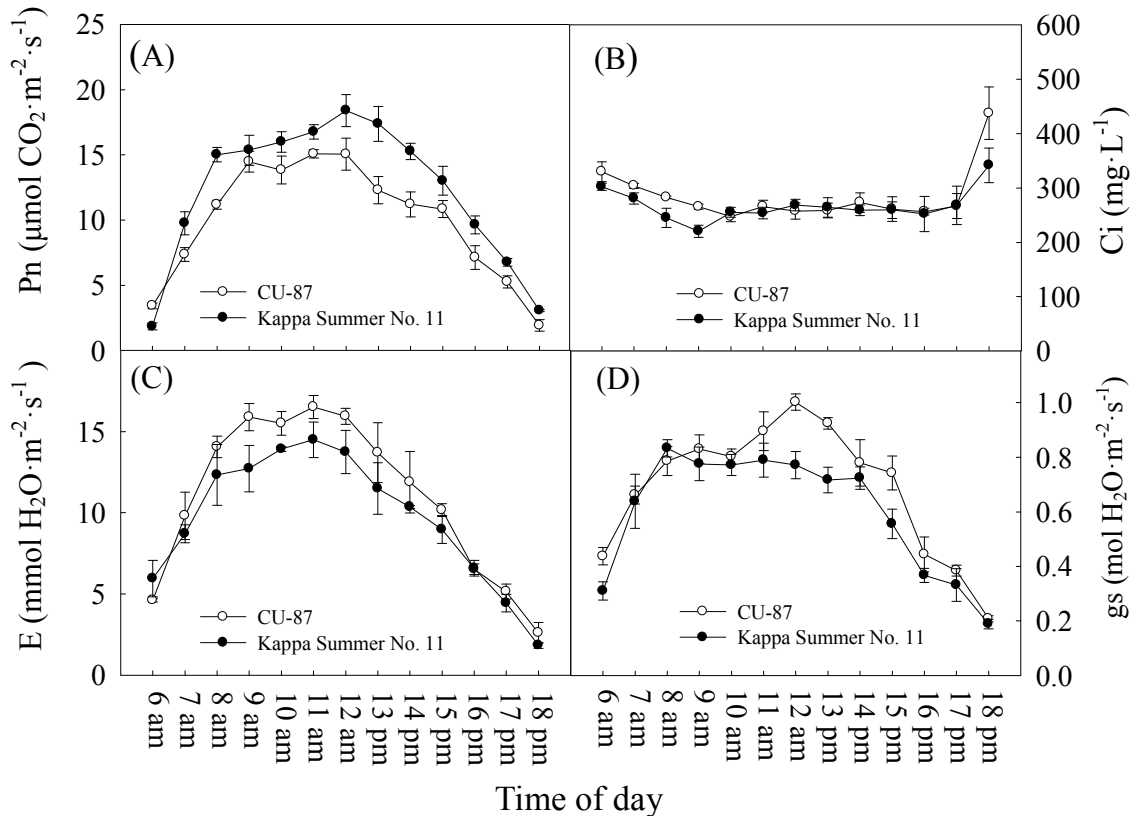
Cultivar	Temperature (°C)	Pn (μmol CO ₂ ·m ⁻² ·s ⁻¹)	Fv/Fm	Electrolyte leakage (%)
Kappa summer No.11	25	10.9 a ¹	0.9 a	8.9 a
	40	11.2 a	0.78 b	9.0 a
	45	9.3 a	0.76 c	10.8 a
Cu-87	25	10.3 a	0.9 a	10.3 a
	40	11.8 a	0.78 b	11.8 a
	45	12.3 a	0.72 c	13.0 a

¹ Lowercase letters indicate significant differences among temperature treatment at each variety by Fisher's least significant difference at $P < 0.05$.

花胡瓜高溫的耐受力為 $35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，高於 40°C 則同化效率下降且同時產生高溫傷害^(7,30)，因此若是高溫時間增加、設施夜溫無法降低，推測仍會造成其Pn下降、碳水化合物同化率降低及因高溫造成呼吸作用增加耗能的情形，而均反應在其產量上。

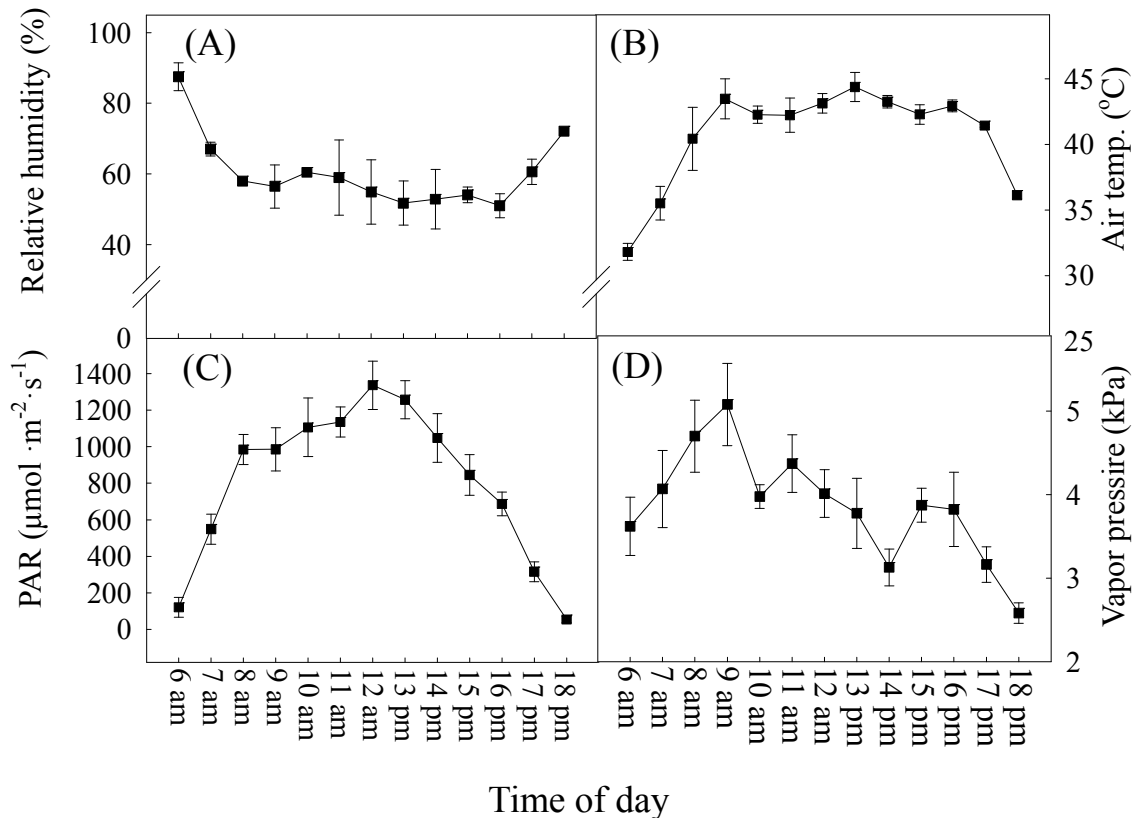
四、夏季設施栽培花胡瓜光合作用日變化

夏作設施栽培花胡瓜‘河童盛夏11號’及‘CU-87’植株Pn日變化呈單峰曲線，光合作用速率自07:00AM時即有明顯的上升，Pn值到 $7.3\sim 9.8\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，8~12時緩慢的上升，到12:00AM時達當日最高為 $15.4\sim 18.5\ \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而後隨著時間逐漸下降，葉片蒸散作用則與光合作用有類似的趨勢，而細胞間隙 CO_2 濃度隨著氣孔導度及光度的下降逐漸上升，在18:00PM時兩品種花胡瓜細胞間隙 CO_2 濃度皆有明顯的增加，此時氣孔已幾乎關閉(圖四)。



圖四、夏作花胡瓜淨光合作用(A)、細胞間隙 CO_2 濃度(B)、蒸散速率(C)及氣孔導度(D)之日變化
 Fig. 4. Daily changes of cucumber net photosynthetic rate, Pn (A), cellular CO_2 concentration, Ci (B), transpiration rate, E (C), and stomatal conductance, gs (D) in summer. Date recorded: 2016.06.02

調查當日環境因子變化，06:00AM設施內光度為 $120 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，已高於其光補償點，12點時最高光度達 $1354 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而後隨著時間而下降，在08:00AM~14:00PM期間設施光度皆高於其光飽和點(圖五C)。在溫度方面，夏季06:00AM設施內溫度已有 31.7°C ，09:00AM到16:00PM溫度變化並不明顯，介於 $42\sim 45^\circ\text{C}$ ，18:00PM日落前溫度仍有 36.1°C (圖五B)。在相對溼度(relative humidity, RH)方面，06:00AM之RH最高達87.5%，故應即時利用空氣流通而降低RH，以減少病害發生，RH後隨著時間而降低，08:00AM到06:00PM之RH維持在50%~60%，而後隨著日照減少，RH再次升高，下午18:00PM日落前可達71.8% (圖五A)；在蒸氣壓差方面從06:00AM~09:00AM呈上升趨勢而後隨之下降，最高植株出現在09:00AM，其值達5.1 Kpa (圖五D)。就光合作用與環境因子數據進行相關分析，結果顯示葉片Pn和光度溫度、RH和蒸氣壓差均具有相關性，又以光線相關係數較高，各環境因子除蒸氣壓差與溫度、相對溼度無顯著相關外，彼此之間亦存在相關性(表二)。



圖五、夏作花胡瓜栽培設施內相對溼度(A)、溫室內大氣溫度(B)、光度(C)及蒸氣壓差(D)之日變化
 Fig. 5. Daily changes of relative humidity (A), air temperature (B), light density (C), and vapor pressure deficit (D) of protected house planting cucumber in summer. Date recorded: 2016.06.02

表二、花胡瓜光合作用影響參數之間相關性分析

Table 2. Coefficient analysis on cucumber photosynthesis and its effected environmental factors

	Pn	Light density	Air temperature	Relative humidity	VPD
Pn	1				
Light density	0.942***	1			
Air temperature	0.747***	0.803***	1		
Relative humidity	-0.766***	-0.813***	-0.905***	1	
VPD	0.586**	0.568**	0.279 ^{ns}	-0.284 ^{ns}	1

ns, **, *** means non-significant at $p < 0.05$, significant at $p < 0.01$ and 0.001 .

蔬菜葉片光合速率日變化會受外界環境條件的影響，大多數蔬菜植物的光合作用日變化呈雙峰曲線，即在下午1點左右有一光合作用下降的趨勢，稱為光午休現象，多數學者趨向認為低空氣濕度、高蒸氣壓差造成氣孔關閉，其他因素如光合作用產物累積過多、RuBisCO活性降低、光化學系統降低或ABA的累積等亦被認為和其現象有關⁽³⁾。但在本試驗中，設施內花胡瓜並無光合作用午休現象，當下相對濕度雖為54.9%、蒸氣壓差高達5.1 Kpa，但其E和gs亦無降低，顯示並未出現因氣孔關閉導致Pn降低情形，推測因本試驗栽培為利用滴灌給水，所測試之植株水分吸收供應正常，故未出現因缺水所造成上述ABA累積、氣孔關閉之情形。

綜合本試驗結果可知，花胡瓜光補償點為 $15\sim 30 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、光飽合點為 $1,000\sim 1,200 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，且植株Pn與光度呈高度正相關， CO_2 飽合點約為 $1,000\sim 1,200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，在高溫 45°C 下會造成Pn顯著下降。因此，在花胡瓜設施栽培環境應首先著重光線，有足夠的日照再配合日夜溫度的管理，並可評估 CO_2 濃度增加對其產量增加之效益。此外，花胡瓜在適當的環境栽培下，並無因氣孔限制所造成之光合午休現象發生，又可利用南瓜根砧嫁接其根系生長旺盛之特性，以增加地上部生長之養分及水分供應，減少午間植株萎凋現象，且產期較自根苗提早⁽⁵⁾。

參考文獻

1. 柯勇 2002 植物生理學 藝軒圖書出版社 臺北 臺灣。
2. 艾希珍、張振賢、楊秀華 2000 一些蔬菜作物光合與蒸騰特性研究 園藝學報 27: 371-373。
3. 舒英杰、周玉麗 2005 蔬菜植物光合特性研究進展 長江蔬菜 9: 34-38。
4. 姚銘輝、陳守泓、漆框時 2007 利用葉綠素螢光估算作物葉片之光合作用 臺灣農業研究 56: 224-236。
5. 陳葦玲、錢昌聖、莊佩蓉 2016 提升夏季花胡瓜設施生產效益之研究 臺灣園藝 62: 342-343。
6. 許涵鈞、鍾瑞永 2012 荷蘭溫室人工光源溫室概況 臺南區農業專專訊 85: 14-17。
7. 劉敏莉 2010 夏季高溫對胡瓜生產之影響 高雄區農業專訊 72: 26-27。

8. Agüera, E., D. Ruano, P. Cabello and P. Haba. 2006. Impact of atmospheric CO₂ on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants. *J. Plant Physiol.* 163: 809-817.
9. Brazaityte, A., P. Duchovskis, A. Urbonaviciute, G. Samuoliene, J. Jankauskiene, B. Kasiuleviciute, Z. Bliznikas, A. Novickovas, K. Breive and A. Zukauskas. 2009. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. *Zemdirb-Agric.* 96: 102-118.
10. Brazaityte, A., P. Duchovskis, A. Urbonaviciute, G. Samuoliene, J. Jankauskiene, J. Sakalauskaite, G. Sabajeviene, R. Sirtautas and A. Novickovas. 2010. The effect of light-emitting diodes lighting on the growth of tomato transplants. *Zemdirb-Agric.* 97: 89-98.
11. Chen, W. L., W. J. Yang, H. F. Lo and D. M. Yeh. 2014. Physiology, anatomy, and cell membrane thermostability selection of leafy radish (*Raphanus sativus* var. *oleiformis* Pers.) with different tolerance under heat stress. *Sci. Hort.* 179: 367-375.
12. Drake, B. G., M. A. Gonza'lez-Meler and S. P. Long. 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO₂? *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol.* 48: 609-639.
13. Ding, X., Y. Jiang, T. Hao, H. Jin, H. Zhang, L. He, Q. Zhou, D. Huang, D. Hui and J. Yu. 2016. Effects of heat shock on photosynthetic properties, antioxidant enzyme activity, and downy mildew of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Academic J.* 11: 1-15.
14. Edwards, G. E., Z. Dai, S. H. Cheng and M. S. B. Ku. 1996. Factors affecting the induction of Crassulacean acid metabolism in *Mesembryanthemum crystallinum*. P.119-134. In: *Crassulacean Acid Metabolism: Biochemistry, Ecophysiology and Evolution*. K. Winter and J. A. C. Simth(eds). Springer/Verlag Berlin Heidelberg New York.
15. Faralli, M., C. Lektemu, D. Rosellini and F. Gürel. 2015. Effects of heat shock and salinity on barley growth and stress-related gene transcription. *Biol. Plant* 59: 537-546.
16. Flore, J. A. and A. N. Lasko. 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* 11: 111-157.
17. Gaufreau, L., J. Charbonneau, L. P. Vezina and A. Gosselin. Photoperiod and PPF influence growth and quality of greenhouse-grown lettuce. *HortSci.* 29: 1285-1289.
18. Hasanuzzaman, M., K. Nahar, M. M. Alam, R. Roychowdhury and M. Fujita. 2013. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 9643-9684.
19. Jerry, L. H. and H. P. John. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10: 4-10.

20. Jin, C.W., S. Du, Y. Wang, J. Codon, X.Y. Lin and Y.S. Zhang. 2009. Carbon dioxide enrichment by composting in greenhouses and its effect on vegetable production. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 127: 418-424.
21. Leiv, M. M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. *Sci. Hort.* 33: 1-25.
22. Mathur, S., D. Agrawal and A. Jajoo. 2014. Photosynthesis: response to high temperature stress. *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.* 137: 116-126.
23. Murray, M. B., R. I. Smith, A. Friend and P.G. Jarvis. 2000. Effect of elevated CO₂ and varying nutrient application rates on physiology and biomass accumulation of Sitka spruce (*Picea sitchensis*). *Tree Physiol.* 20: 421-434.
24. Prior, S. A., G. B. Runion, R. J. Mitchell., H. H. Rogers and J. S. Amthor. 1997. Effects of atmospheric CO₂ on longleaf pine: productivity and allocation as influenced by nitrogen and water. *Tree Physiol.* 17: 397-405.
25. Sheu, B. H. and C. K. Lin. 1999. Photosynthetic response of seedlings of the sub-tropical tree *Schima superba* with exposure to elevated carbon dioxide and temperature. *Environ. Exp. Bot.* 41: 57-65.
26. Sui, X., J. Sun, S. Wang, W. Li, L. Hu, F. Meng, Y. Fan and Z. Zhang. 2011. Photosynthetic induction in leaves of two cucumber genotypes differing in sensitivity to low-light stress. *Afri. J. Biotech.* 10: 2238-2247.
27. Thomas, R. B., J. D. Lewis. and B. R. Strain.1994. Effects of leaf nutrient status on photosynthetic capacity in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings grown in elevated atmospheric. *Tree physiol.* 14: 947-960.
28. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf and M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An review. *Environ. Expt. Bot.* 61: 199-223.
29. Yeh, D. M. and P. Y. Hsu. 2004. Heat tolerance in English ivy as measured by an electrolyte leakage technique. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79: 298-302.
30. Yuan, Y., S. Shu, S. Li, L. He, H. Li, N. Du, J. Sun and S. Guo. 2014. Effects of exogenous putrescine on chlorophyll fluorescence imaging and heat dissipation capacity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) under salt stress. *J. Plant Growth Regul.* 33: 798-808.

The Studies on Photosynthetic Characteristics of Cucumber¹

Wei-Ling Chen², Chang-Sheng Chien² and Pei-Rung Jhuang²

ABSTRACT

In order to understand the photosynthetic characteristics of cucumber (*Cucumis anguria* L.) for its cultivated management under protected house, two cucumber cultivars 'Kappa Summer No. 11' and 'CU-87' plants were used as experimental materials. The effects of light intensity, carbon dioxide concentration, temperature, and diurnal changes of environment on photosynthetic related responses were studied. Light compensation point, light saturation point and maximum net photosynthetic rates (Pn) of cucumber were 15~30 mol·m⁻²·s⁻¹, 1,000~1,200 mol·m⁻²·s⁻¹, and 12~13 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹, respectively. The CO₂ response curve showed that the CO₂ saturation point was 1,000~1,200 mg·L⁻¹ while the Pn was 16 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹ and double higher than Pn was under 400 mg·L⁻¹. The Pn of cucumber plants grown under 25~40°C were not different significantly, but decreasing about 20% under 45°C. The Pn diurnal changes of cucumber plants in protected house during summer cropping started elevated at 6:00AM and reached the peak 18.4 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹ at 12:00AM. In the meanwhile, the environmental factors was 1,300 μmol·m⁻²·s⁻¹ light intensity, 40°C, 54.9% relative humidity, and 4 kPa vapor pressure deficit. After 12:00 AM, Pn decreased significantly.

Key words: cucumber, photosynthesis, light density, carbon dioxide, temperature, environment in protected house

¹ Contribution No. 0910 from Taichung DARES, COA. This project was financially supported by National Science Council (MOST 105-3111-Y-067A-008).

² Associate researcher, assistant researcher, and research assistant of Taichung DARES, COA.

蕙蘭組培苗鮮重對出瓶後小苗生長之影響¹

洪惠娟、王茗慧、張富翔²

摘 要

本研究目的為探討蕙蘭組培苗鮮重對出瓶後小苗生長之影響，以期加強蕙蘭組織培養苗之育成效率，供未來產業利用參考。蕙蘭*Cymbidium Red Diamond*組織培養分生苗分為<0.25、0.25~0.50、0.50~0.75及0.75~1.0 g/苗等四種出瓶鮮重級距。結果顯示，以0.75~1.0 g/苗出瓶鮮重級距小苗株高、葉片數、根數、葉根比、壯苗指數、絕對生長速率及乾鮮重表現最佳。另除了出瓶苗鮮重，蕙蘭*Cymbidium Red Diamond*出瓶苗株高及壯苗指數，與出瓶後6個月植株之株高及鮮重具顯著相關，亦可用於評估瓶苗出瓶後之生長勢。

關鍵詞：小花蕙蘭、組織培養、鮮重級距

前 言

蕙蘭屬(*Cymbidium*)包含52個種，分布範圍遍布東北亞、東亞、東南亞至澳洲北部，屬內植物可適應溫帶及熱帶環境，亦有附生及地生等多種類⁽⁹⁾。商業應用上蕙蘭主要分成2大類：大花蕙蘭(又稱作虎頭蘭)及小花蕙蘭(又稱為國蘭)，其繁殖各自以組培苗及分株為主，分株栽培因種苗來源差異，產品品質及規格不易掌握，且有病毒傳播之風險。而組培苗具有快速大量繁殖、小苗整齊及無病毒種苗等優點^(3,5)，利用組織培養的健康種苗生產，為蕙蘭產業未來之趨勢。欲以組織培養苗取代現有分株苗，需加強現有組培苗之生育速度及育成率。

瓶苗相較於實生苗，地上部與地下部微管束連結較弱及缺乏葉面蠟質保護，瓶苗過小出瓶後無自營生長能力⁽¹¹⁾；若瓶苗留置於瓶中過久，造成瓶內二氧化碳易不足、有害氣體累積、培養基營養分缺乏或瓶苗太過於擁擠現象，影響移植後之植株生長速度及活力⁽⁴⁾。蝴蝶蘭瓶苗出瓶時以植株葉幅大於4 cm的大苗後續生長較旺盛⁽¹⁾，組培苗具有3~4片葉、2條根以上及莖根乾重比約1~2時，栽植後小苗植株生長良好；當瓶苗之莖根乾重比率大於2時，植株生長不良⁽⁸⁾。素心蘭瓶苗6 cm (鮮重0.4 g)以上，以保綠人造土栽培成活率達100%，以保綠人造土和珍珠石等比例混合栽培，瓶苗10 cm (鮮重0.54 g)以上出瓶存活率達100%，8~10 cm (鮮重0.50 g)存活率77.8%，6~8 cm (鮮重0.41 g)存活率50%。3種規格的素心蘭瓶苗(>10 cm、10~6 cm及<6 cm)出瓶後於不同光度(70、40和20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)處理，結果顯示出瓶時苗株大者，可在較高光度下健化，有利於光合作用同化物累積，小於6 cm的植株以低光度(20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)馴化

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0904 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場埔里分場副研究員、研究助理、助理研究員。

為佳⁽⁶⁾。文心蘭 *Gomesa Golden Shower 'Red Spot'* 及 *Oncidesa Gower Ramsey* 以第二次繼代後16週時出瓶苗鮮重最高，出瓶90天後12週出瓶者之鮮重增加量較高，但不同品種如 *Onc. Sharry Baby 'Sweet Fragrance'* 及 *Onc. Tdares Golden Mine 'Taichung No.1 Gold Coins'* 生長量以第二次繼代16週後出瓶最高；而8週出瓶者之植株發育最差⁽⁷⁾。不同葉面積及莖長之馬鈴薯 (*Solanum tuberosum* L.) 出瓶苗後續生長，以葉面積較大、莖長較長者後續生長較佳，顯示較大之出瓶苗自身自營生長能力較強者，出瓶後生長勢較佳⁽¹⁴⁾，組培苗以不同培養時間出瓶影響出瓶後的生長速率，瓶內培養時間適當與否，影響瓶苗的品質及出瓶後的生長速率。

本試驗目的為評估不同鮮重級距出瓶對蕙蘭幼苗期生長之影響，了解蕙蘭組培苗出瓶最佳植株鮮重級距，期待找出較適合蕙蘭小苗生長發育之出瓶時機，建立標準化的蕙蘭生產模式，供日後研究及栽培應用之參考。

材料與方法

一、試驗材料及栽培環境

材料採用蕙蘭 *Cym. Red Diamond* 之分生組織培養苗，地點為臺中區農業改良場埔里分場，位於南投縣魚池鄉，海拔約625 m，栽培於塑膠布溫室，具可活動收張之50%針織黑色外遮陰網及50%平織銀黑色內遮陰網，配備內循環風扇及微噴霧系統，溫度介於20~35℃間，光度約10,000~20,000 lux。供試植株之病蟲害防治，依植物保護手冊建議實行。

二、試驗方法

蕙蘭 *Cym. Red Diamond* 分生組織培養苗依植株鮮重分級進行試驗，分級標準為A. <0.25 g、B. 0.25~0.5 g、C. 0.5~0.75 g及D. 0.75~1.0 g等，各重量等級植株之性狀如表一，每個等級各50株，以0.5 g為界，分別定植於72孔穴盤及2寸(盆口直徑6 cm、盆高9 cm)黑色塑膠軟盆，栽培介質使用水苔(Platinum AA等級；智利產)，定植後14日開始施用易溶性複合肥料(花寶2號，N-P₂O₅-K₂O 20-20-20)，肥料濃度為1 g·L⁻¹，每盆定量50 ml之肥料溶液，之後每7日施肥一次，於試驗開始後第6個月調查。

表一、蕙蘭 *Cymbidium Red Diamond* 出瓶苗不同鮮重級距之植株生育性狀

Table 1. The growth characteristics of *Cymbidium Red Diamond* deflasked plantlets in various fresh weight grades

Plantlet fresh weight at deflask	Plant height (cm/plant)	No. of leaf (no./plant)	No. of root (no./plant)	Shoot/root ratio	Health index
<0.25 g	7.40	2.6	1.4	1.18	0.05
0.25~0.50 g	10.04	3.0	2.0	4.32	0.14
0.50~0.75 g	12.60	3.0	2.6	2.47	0.59
0.75~1.0 g	12.80	3.0	2.8	2.08	0.91

三、試驗調查項目

調查葉片數、株高；將植株分成地上部(Shoot)及地下部(Root)，分別秤重記錄其鮮重，再分別以70°C烘乾24 hrs後記錄乾重；壯苗指數(health index) [(葉片數/株高(cm)+地下部乾重/地上部乾重)×全株乾重(g)] (修改自Lui *et al.*, 2015)及絕對生長速率(absolute growth rate, G value) [全株乾物重增加量(g)×1000/生育日數]⁽⁹⁾，評估不同瓶苗等級對幼苗品質之影響，每次調查由各處理中隨機選10株調查。

四、統計分析

試驗調查資料以CoStat 6.3統計軟體(CoHort Software, USA)進行統計變方分析(analysis of variance, ANOVA)，以最小顯著差異分析(least significant difference, LSD)比較各處理間差異是否達顯著水準。

結果與討論

蕙蘭*Cym. Red Diamond*分生組織苗，分別以A (<0.25 g)、B (0.25~0.50 g)、C (0.50~0.75 g)及D (0.75~1.0 g)分為4種鮮重級距，經6個月栽培管理後，生育調查結果如表二及表三，4種鮮重級距株高分別為15.25、16.35、17.95及20.30 cm，葉片數分別為5.8、6.2、7.8及8.5片，根數分別為5.5、6.9、9.0、9.6條，葉根比分別為1.43、1.55、2.09及2.33，壯苗指數分別為0.53、0.62、1.09及1.39，絕對生長速率分別為0.92、1.36、2.03及2.98 mg·D⁻¹，地上部鮮重分別為0.90、1.32、1.96及2.42 g，地上部乾重分別為0.14、0.18、0.31及0.41 g，地下部鮮重分別為1.30、1.97、4.03及5.66 g，地下部乾重分別為0.06、0.11、0.17及0.25 g，總鮮重分別為2.21、3.29、5.96及8.08 g，總乾重分別為0.20、0.29、0.48及0.67 g。結果顯示，不論葉數、根數、株高、根葉比、壯苗指數、絕對生長速率、地上部、地下部乾鮮重及總重，均有隨出瓶時重量增加而增加的趨勢，顯示植株後續生長狀況與其出瓶鮮重有關，出瓶時鮮重越重，植株生長情形較佳。以出瓶0.75~1.0 g重量級距小苗後續生長勢最強，環境適應性佳，栽培管理6個月後，植株之生長速度及健壯程度最高。

表二、蕙蘭 *Cymbidium Red Diamond* 出瓶苗不同鮮重級距對栽培 6 個月後植株生育性狀之影響
Table 2. The growth performance of different fresh weight grades of *Cymbidium Red Diamond* deflasked plantlet after 6- month cultivation

Plantlet fresh weight at deflask	Plant height (cm)	No. leaves per plantlets	No. roots per plantlets	Shoot /root ratio	Health index	G value
<0.25 g	15.25c ¹	5.8b	5.5c	1.43b	0.53c	0.92d
0.25-0.50 g	16.35bc	6.2b	6.9b	1.55b	0.62c	1.36c
0.50-0.75 g	17.95b	7.8a	9.0a	2.09a	1.09b	2.03b
0.75-1.0 g	20.30a	8.5a	9.6a	2.33a	1.39a	2.98a

¹ Means in the column followed by a different letter are significantly different at p<0.05 by LSD test.

表三、蕙蘭 *Cymbidium* Red Diamond 出瓶苗不同鮮重級距對栽培 6 個月後植株地上部、根部及全株之乾、鮮重之影響

Table 3. The performance of fresh and dry weight of above ground part, roots and whole plant in different fresh weight grades of *Cymbidium* Red Diamond deflasked plantlet after 6-month cultivation.

Plantlet fresh weight at deflask	Shoot weight (g/plant)		Root weight (g/plant)		Total weight (g/plant)	
	Fresh	Dry	Fresh	Dry	Fresh	Dry
<0.25 g	0.90d ¹	0.14d	1.30c	0.06d	2.21d	0.20d
0.25-0.50 g	1.32c	0.18c	1.97c	0.11c	3.29c	0.29c
0.50-0.75 g	1.96b	0.31b	4.03b	0.17b	5.96b	0.48b
0.75-1.0 g	2.42a	0.41a	5.66a	0.25a	8.08a	0.67a

¹ Means within each column followed by the different letter are significantly different at $p < 0.05$ by LSD test.

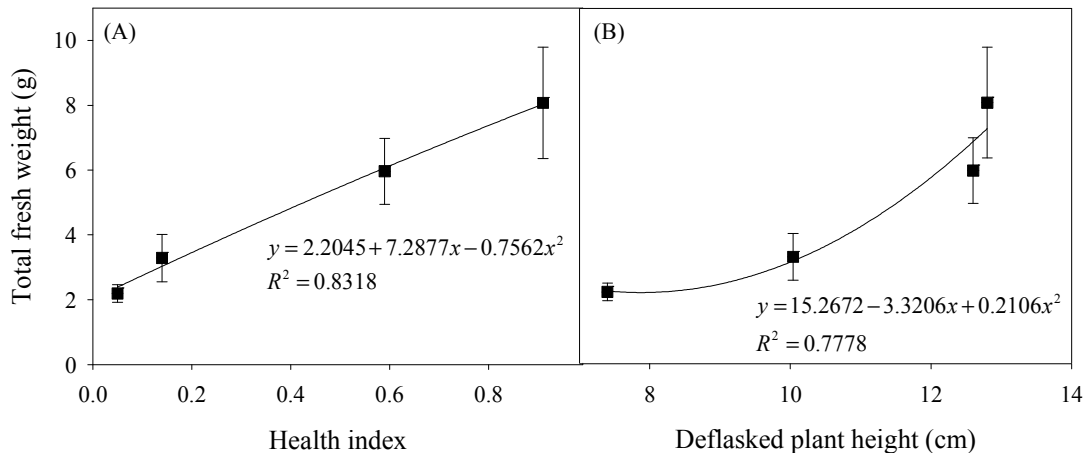
蕙蘭 *Cym.* Red Diamond 分生苗出瓶後之後續表現，與其出瓶重量級距有關，以較高鮮重級距出瓶之小苗，出瓶後續表現較佳，結果與馬鈴薯組培苗不同葉面積及莖長分等之結果類似，顯示出瓶前小苗之生長狀態越佳，且小苗帶葉、有較大之葉面積或莖長者，出瓶後之小苗自營生長能力越強，同樣栽培時間內有較大之生長量⁽¹⁴⁾，組織培養苗之健壯度及轉換自營生長之能力，為出瓶後生長速度之關鍵。不同苗齡組培苗文心蘭 *Onc.* Sharry Baby 'Sweet Fragrance' 及 *Onc.* Tdares Golden Mine 'Taichung No.1 Gold Coins'，其在瓶內繼代時間較長、植株較大者，出瓶3個月表現亦較佳⁽⁷⁾。目前玉華四季蘭以株高7~10 cm，帶有2~4條3 cm之粗壯根系即可出瓶⁽⁵⁾，與本試驗規格A及B類似，但本試驗結果顯示，出瓶苗規格可略為放大，組培苗高度達12.8 cm，帶有3片葉及2.8條根時出瓶效果較佳。

文心蘭不同繼代時間出瓶結果有品種間差異，*Gom.* Golden Shower 'Red Spot' 及 *Onc.* Gower Ramsey 等品種過老的小苗出瓶後表現反而不佳⁽⁷⁾，因此培植體留置於瓶中時間仍有其侷限，培植時間過久、瓶內環境惡化，仍會影響出瓶後生長，不同品種之適合出瓶時間仍有差異性。

為建立種苗出瓶時品質與後續生長量之相關性，達快速評估種苗出瓶後續生長之適應性，本試驗檢視蕙蘭 *Cym.* Red Diamond 壯苗指數(葉片數/株高+地下部重/地上部重)×全株乾物重(g)與培養6個月後之全株鮮重之相關性，其與培養6個月後株高($R=0.6292$, $P=0.003$)及總鮮重($R=0.7221$, $P=0.0003$)相關性，較出瓶株高與培養6個月後總鮮重($R=0.7163$, $P=0.0004$)高(圖一)。然而綜觀出瓶株高、根數及壯苗指數，出瓶時株高與壯苗指數，皆與培養6個月後之株高及總鮮重達顯著相關水準($P < 0.05$)，而出瓶根數與培養6個月後鮮重亦有顯著相關。因此，若要評估瓶苗出瓶後之生長狀態，壯苗指數為最佳之指標；而株高亦可有效評估出瓶生長狀態，且較壯苗指數簡便，可做為日後發展出瓶標準規格指標。

綜合本試驗結果顯示，蕙蘭小苗出瓶鮮重較重者，後續小苗生長情形較佳。因此當前利用蕙蘭組培苗繁殖蕙蘭之技術，可適度拉長培植體培養時間，培養較健壯之組織培養苗，較重之小苗後續自營生長狀態較佳，可縮短現有出瓶後栽培時間及減少空間需求，提升產業對

組織培養苗之接受度，改善現有分株苗品質、規格不易掌握及人力分級需求問題。然而，各品種之最適鮮重級距、瓶內培養時間仍有差異，仍需後續試驗加以驗證。



圖一、蕙蘭 *Cymbidium Red Diamond* (A)不同出瓶苗壯苗指數與植株鮮重及(B)不同出瓶苗株高與出瓶後 6 個月小苗植株鮮重之關係

Fig. 1. Relationships (A) between health index with total fresh weight and (B) between plant height with total fresh weight of *Cymbidium Red Diamond* deflasked plantlets after 6-month cultivation

參考文獻

1. 王明吉 1991 蝴蝶蘭幼年性、光度對生長與開花之影響及葉片酸度之變化 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
2. 邱燕欣、陳威臣、陳金枝 2011 蕙蘭健康種苗生產與特定病毒檢測管控體系之建立 花卉研究團隊研究現況與展望研討會專刊 p.41-50 行政院農業委員會農業試驗所編印。
3. 林春良 2015 臺灣蕙蘭產業現況 p.3-20 2015國蘭產業研討會 行政院農業委員會臺中區農業改良場特刊130號。
4. 徐淑芬、林瑞松 2004 朵麗蝶蘭組培苗出瓶期對瓶苗品質生育之影響 興大園藝 29: 51-66。
5. 張正、陳威臣 2010 小花蕙蘭種苗繁殖 p.42-54 小花蕙蘭生產作業手冊 行政院農業委員會臺中區農業改良場特刊106號。
6. 張莉欣 1994 培養基成分對素心蘭根莖生長與分化及光度對幼苗生長之影響 國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。
7. 陳姿翰、易美秀、魏芳明 2011 瓶苗出瓶適期對文心蘭幼苗生育之影響 臺中區農業改良場研究彙報 112: 15-24。

8. 蔣若珊 2012 蝴蝶蘭組培苗品質及礦物元素分析 國立中興大學園藝學系碩士論文。
9. Du Puy, D. and P. Cribb. 2007. *The Genus Cymbidium*. Kew. London.
10. Erickson, R. O. 1976. Modeling of plant growth. *Annual Review of Plant Physiology* 27: 407-434.
11. Grout, B. and M. Aston. 1978. Modified leaf anatomy of cauliflower plantlets regenerated from meristem culture. *Annals of Botany* 42: 993-995.
12. Kubota, C., N. Kakizaki, T. Kozai, K. Kasahara, and J. Nemoto. 2001. Growth and net photosynthetic rate of tomato plantlets during photoautotrophic and photomixotrophic micropropagation. *HortScience* 36: 49-52.
13. Liu, J., W. Wang, L. Wang and Y. Sun. 2015. Exogenous melatonin improves seedling health index and drought tolerance in tomato. *Plant Growth Regulation* 77: 317-326.
14. Miyashita, Y., Y. Kitaya, C. Kubota and T. Kozai. 1996. Photoautotrophic growth of potato plantlets as affected by explant leaf area, fresh weight and stem length. *Scientia Horticulturae* 65: 199-202.

Effects of Tissue Culture Plantlet Size on the Seedling Growth Performance of *Cymbidium*¹

Hui-Chuan Hung, Ming-Hui Wang and Fu-Hsiang Chang²

ABSTRACT

The purpose of this study was to explore the effects of various plantlet sizes on the subsequent growth performance of cymbidium. Four fresh weight sizes i.e. <0.25 g, 0.25-0.50 g, 0.50-0.75 g and 0.75-1.0 g at deflasked condition of *Cymbidium* Red Diamond were tested. The results indicated that the 0.75-1.0g fresh weight plantlets had better subsequent growth performance and higher fresh and dry weights. The deflasked plant height and health index of *Cymbidium* Red Diamond are significant correlated with its plant height and total fresh weight after 6-month cultivation, which can be employed to evaluate seedling vigor.

Key words: oriental cymbidium, tissue culture, deflasked fresh weight grade

¹ Contribution No. 0904 from Taichung DARES, COA.

² Associate Researcher, Assistant and Assistant Researcher, Puli Branch, TDARES, Nantou, Taiwan, ROC

電動槽耕鬆土機具之研製¹

吳浩銘、張金元、田雲生²

摘 要

本研究試驗研製一臺電動槽耕鬆土機具，採用直流電動馬達取代汽油引擎的動力源，並把動力分成兩部分：其一為直接傳送到鬆土刀上；另一則藉由鏈輪與鏈條將動力傳送到行走輪上，使機具在耕植槽鬆土時，能自行向前移動與作業。完成之電動槽耕鬆土機具長635 mm、寬390 mm、高500 mm，機體總重為38.5 kgf，可搭配圓盤、刀片及爪式三種鬆土刀進行作業，經試驗結果顯示，採用圓盤式鬆土刀之作業時間可較人工縮短1倍，並且介質團粒殘留率及粗細度分別為8.48%、1.86 mm，達到省工省時之效果。

關鍵詞：電動、鬆土機、耕植槽

前 言

臺灣農業常因氣候及地形因素影響，受到颱風、暴雨、乾旱及熱浪等天然災害的侵襲，造成農業生產極大之災損，短時間內無法復耕，導致產銷失衡，使得農產品物價高漲、民生消費上揚。露天栽培作物在颱風及豪雨時，因耕地積水或淹水，造成作物腐爛或裂果等情形，嚴重影響產量及品質。因此，近年來農作物的栽培方式，已由露天栽培逐漸改為設施栽培模式，藉由改善栽培環境，克服前述的不利因子，以減輕災害損失，並穩定產量及收益⁽¹⁾。惟在溫室設施內，栽培介質會因環境溫度過高，團粒構造被破壞或結塊，影響作物根系發育，故須實施鬆土作業，維持介質的膨鬆度，增加通氣和排水效能，提高產量及品質⁽²⁾。鬆土作業目前仍以人工為主，尚未有適用機械輔助^(6,7)，且農村現面臨人口短缺及高齡化的問題，期望能有機械化取代人力作業，紓緩農業缺工的困境。

國內農業機械普遍使用引擎為動力源，但為減少廢氣排放，以及減少石化燃料的使用，期望以直流電動馬達(或稱電動機)取代引擎，以減少二氧化碳排放量，達到節能減碳的效果，其具有低成本、安全、立即啟動、低污染及低噪音等優點⁽⁴⁾。此外，在農業設施內，採用電動化農業機具，已是目前發展趨勢。本研究即研製適合槽耕栽培使用之鬆土機械，並以直流電動馬達取代傳統引擎做為動力輸出，針對電動槽耕鬆土機進行相關研究與試驗，期對氣候變遷及減少碳排放量有所貢獻。電動槽耕鬆土機具之開發，可為農業設施內鬆土作業機械化的進一步發展，並減輕人工勞動力，提升作業效率及降低生產成本。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0909 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、助理研究員、副研究員。

材料與方法

一、電動槽耕鬆土機具設計原則

- (一)鬆土機械化－現今溫室設施內以籃耕、槽耕介質栽培生產作物居多，礙於空間條件受限，鬆土作業尚未有適用機械輔助或取代人力作業，期望能有機械化作業，以減輕人工負荷、提高工作效率、降低人工成本。
- (二)動力電力化－響應政府推廣節能減碳政策，以非石化能源作為農耕動力，採用直流電動馬達取代傳統汽油引擎做為動力源輸出，減少二氧化碳排放量、降低污染及噪音等，也符合現今農業設施內搭配電動化機具生產作物之趨勢，直流電動馬達具無線控制、操作簡單，但成本較高。
- (三)自走式操作－修正前期槽耕鬆土機於鬆土作業時仍有偶發停滯不前的現象，故本次設計透過直流電動馬達供應動力於行走輪，使電動槽耕鬆土機具備自走功能。
- (四)土壤鬆土－為了解電動槽耕鬆土機性能與鬆土作業效率，機具加裝可調變頻器，進行控制鬆土作業速率及以插銷調配孔位高度調整鬆土刀深淺，供機具性能試驗調查用。

二、電動槽耕鬆土機具之設計研製

- (一)依照前述設計原則^(3,8)，係用直流電動馬達為動力源，試製電動槽耕鬆土機具。並採用鐵材(角鋼、扁鐵、圓鐵等)組裝電動槽耕鬆土機具之機架，選用36V鋰電池供應電源予400W直流無刷馬達，產生動力輸出，其鋰電池的特性為：1.相同體積下，蓄電容量高；2.重量輕；3.工作電壓高，可提供較大的電流。透過減速機降低馬達轉速，使提高機具於鬆土作業所需之扭力，動力輸出分成兩部分：一部分是直接輸出至耕耘部的鬆土刀軸；另一則是經由鏈輪及傳動鏈條，傳送動力至行走部變速箱作為行走的動力源，促使電動槽耕鬆土機可前進、後退行走。行走部變速箱接到動力後，經傳動鏈條與鏈輪的配合，將動力傳至行走輪上。
- (二)將常見之水平迴轉鬆土作業模式，設計修改為垂直迴轉鬆土作業模式，其目的使直流馬達動力直接傳遞至鬆土刀軸上，降低動力的損失；也使機具容易製作。並使用鐵材(圓鐵管、扁鐵、鐵片、鐵條等)，製作出三種型式可調整深淺之鬆土刀，進行測試比較適合電動槽耕鬆土機具之鬆土刀。

三、試驗設備與材料

- (一)試驗設備：本研究試驗研製之電動槽耕鬆土機具。
- (二)試驗場地：本場蔬菜溫室之長、短耕植槽，長耕植槽全長35.6 m、短耕植槽7 m，高度皆為0.3 m、寬度0.45 m，栽培介質高度約為0.2 m，以U型槽架高立體化，該耕植槽內側如圖一所示。蔬菜溫室耕植槽內輪流種植小果番茄、洋香瓜、南瓜等作物，待其收穫後進行鬆土作業及各項試驗測試。



圖一、本場蔬菜溫室之耕植槽

Fig. 1. A vegetable planting groove in greenhouse

(三)試驗材料：栽培介質為Peltracom substrates，添加珍珠石與黑泥炭成分，水分60~70%，pH值5.5~6.5，於本場蔬菜溫室內種植洋香瓜，經5個月廢耕後進行耕植槽鬆土試驗。

(四)量測器材：計時器(CABORT 168，精度0.01 sec)、電子秤(AND GF-3000, MAX: 3,100 g, MIN: 0.5 g)、標準篩網(DER SHUENN，篩面直徑200 mm，篩網高度60 mm，方形篩孔，孔徑0.147 mm、0.295 mm、0.589 mm、1.17 mm、2.36 mm、4.70 mm、9.42 mm共7個)、3號篩網(KUANG YANG, NO. 3, 網目 6.35 mm)、皮尺(50 m)、鐵尺(60 cm)等。

四、電動槽耕鬆土機具作業效率比較與鬆土試驗

電動槽耕鬆土機具於本場蔬菜溫室耕植槽內進行鬆土試驗，調查項目包含行走速度、作業效率、介質團粒殘留率、鬆土粗細度等試驗調查。

(一)電動槽耕鬆土機具作業效率試驗

耕植槽長35.6 m、高度0.3 m、寬度0.45 m，設定試驗距離以35 m為基準，其栽培介質高度為0.2 m，電動槽耕鬆土機具行走速度依變頻器上設定為高速、中速與低速三種模式，進行鬆土作業速度試驗，並重複測試3次求平均值。

(二)電動槽耕鬆土機具鬆土試驗

鬆土試驗使用本場蔬菜溫室內耕植槽，進行人工與電動槽耕鬆土機具之鬆土作業比較，調查鬆土時間及鬆土之寬度、深度、粗細度，並重複3次求平均值。人工鬆土係以尖鏟、釘耙鬆土，並以人工手撥方式將表土整平；電動槽耕鬆土機具設定行走速度為高速模式，再配合三種型式之鬆土刀進行鬆土試驗，並觀察鬆土情形分析之。

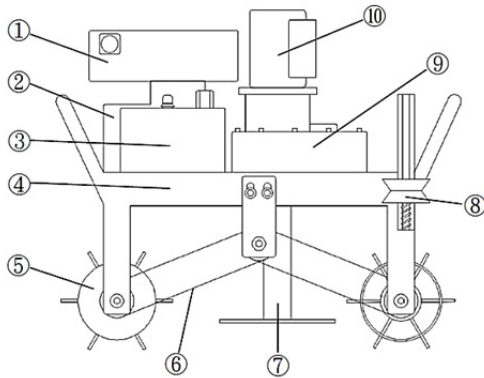
完成鬆土作業後，在耕植槽內隨機三處採取鬆土後中間層之介質樣本，進行過3號篩網(6.35 mm)量測介質團粒之殘留率，另採用標準孔徑0.147、0.295、0.589、1.17、2.36、4.70 和 9.42 mm共7個標準篩網，進行粗細度分析，將置留於篩網上之物料重量所佔比例

各乘於加權係數，其乘積之總和除以100，求得粗細度值⁽⁵⁾，並將篩析方式所得之粗細度值(FM)經公式 $Da=0.104(2)^{FM}$ ，算出各型式鬆土刀之物料平均粒徑值比較。

結果與討論

一、電動槽耕鬆土機具之研製結果

(一)鬆土機由直流電動馬達、鋰電池、減速機、可調變頻器、行走變速箱、耕耘刀、行走輪及導輪等裝置組成，如圖二所示，直流電動馬達由鋰電池供應電源，機具總重為38.5 kgf，長635 mm、寬390 mm、高500 mm。



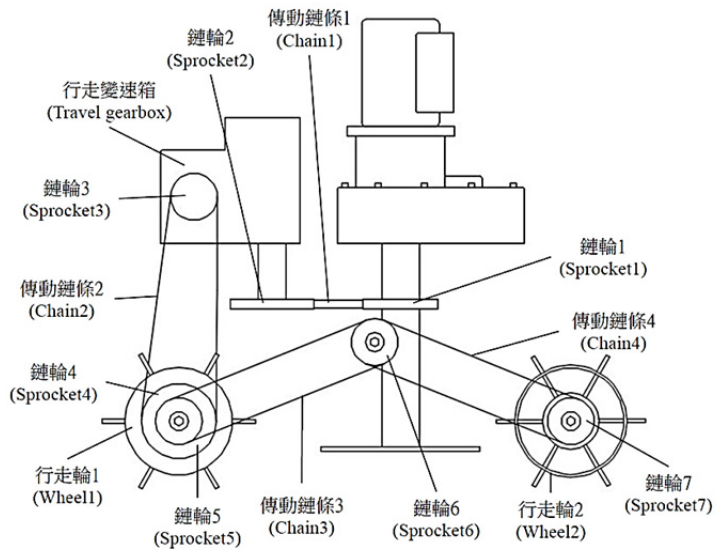
- ① 鋰電池(Lithium battery)
- ② 行走變速箱(Travel gearbox)
- ③ 可調變頻器(Variable-frequency converter)
- ④ 機架(Frame)
- ⑤ 行走輪(Travel wheel)
- ⑥ 傳動鏈條(Transmission chain)
- ⑦ 鬆土刀(Tillage blades)
- ⑧ 導輪(Guide wheels)
- ⑨ 減速機(Reducer)
- ⑩ 電動馬達(Electric motor)

圖二、電動槽耕鬆土機具示意圖

Fig. 2. The diagrams of electric groove tillage mechanism

電動槽耕鬆土機具係使用鐵材(角鋼、扁鐵)結合組裝而成，由鋰電池蓄電供應電能予直流電動馬達，藉由直流電動馬達將電能轉換成動能輸出，經直流電動馬達與減速機配合，將直流電動馬達輸出之高轉速降為低轉速及提高扭力輸出，並將動力分成鬆土及行走兩部分。

1.動力傳遞：馬達產生動力經過減速機降低轉速輸出到耕耘部的鬆土刀軸，再由鬆土刀軸帶動鬆土刀進行鬆土作業；行走部分則經由鬆土刀軸上的鏈輪1與傳動鏈條1及行走變速箱鏈輪2，將動力傳送至行走部變速箱做為行走的動力源，使電動槽耕鬆土機可前進或後退行走。行走部變速箱接到動力後，將動力透過鏈輪3與傳動鏈條2及鏈輪4，傳遞至電動槽耕鬆土機之行走輪1上，再藉由鏈輪5-7與傳動鏈條3、4，傳遞到行走輪2上，使電動槽耕鬆土機兩行走輪皆具動力且等速運轉，其示意圖如圖三所示。



圖三、動力傳遞示意圖

Fig. 3. The diagram of power transmission

2.行走輪：行走輪係由前輪直徑60 mm、長210 mm及後輪直徑115 mm、長210 mm之鐵筒焊製而成，並於管面各銲接6支前輪長210 mm、寬50 mm、厚4 mm ㄇ型扁鐵；後輪長210 mm、寬25 mm、厚4 mm之扁鐵，如圖四所示，其前輪 ㄇ型扁鐵之設計，目的以防止更換較大刀具時產生干涉之情形，兩輪皆具有支撐及增加土壤曳引之行走功能，防止鬆土作業時，於耕植槽內打滑而停滯不前之情形。



前輪(Front wheel)

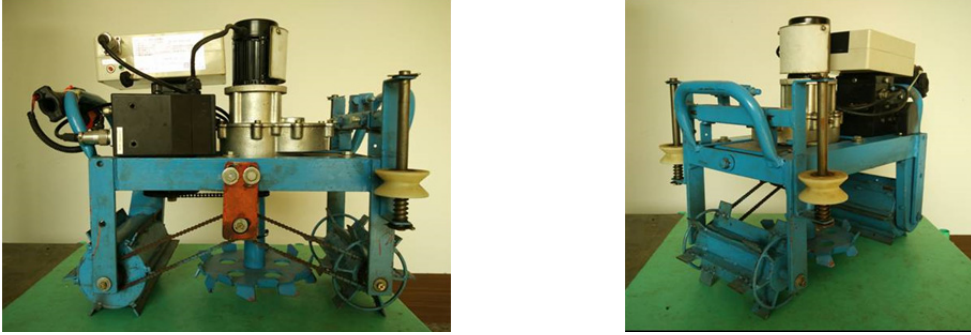


後輪(Rear wheel)

圖四、行走輪局部圖

Fig. 4. The partial picture of travel wheel

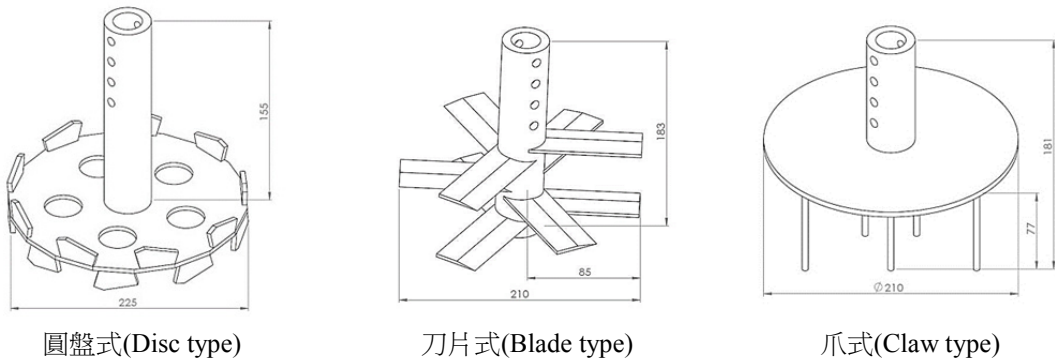
3.導輪：機架兩側設置直徑70 mm之導輪，使電動槽耕鬆土機具在鬆土作業時，導輪依靠耕植槽內側邊前進，使機具能平穩的行走於耕植槽內，避免電動槽耕鬆土機具左右傾倒。研製完成電動槽耕鬆土機具如圖五所示。



圖五、電動槽耕鬆土機具

Fig. 5. Prototype of electric groove tillage mechanism

(二)電動槽耕鬆土機具因直流電動馬達設置之因素，與已往採用水平迴轉鬆土作業模式不同，故由水平迴轉模式變更成垂直迴轉模式，因此為配合垂直鬆土作業之模式，應用Solidworks電腦繪圖軟體設計三種型式可調整深淺之鬆土刀，分別為圓盤式、刀片式、爪式。圓盤式鬆土刀為圓盤外圍以上下刀片交錯狀刀片製成；刀片式鬆土刀係設計由9片長85 mm*寬38 mm*厚3 mm之扁鐵焊接於圓鐵管上，成為垂直向迴轉之鬆土刀具；爪式鬆土刀則顛覆傳統思維，設計從直徑210 mm圓鐵片上焊接12根直徑5 mm鐵條而成鬆土刀具。其三種型式之鬆土刀示意圖如圖六所示。



圓盤式(Disc type)

刀片式(Blade type)

爪式(Claw type)

圖六、規劃設計三種型式之鬆土刀示意圖

Fig. 6. The diagrams of 3 designed tillage blades

3型式鬆土刀係使用外徑40 mm之圓鐵管製作，並於圓鐵管上以間隔20 mm鑽直徑8 mm之四孔貫穿孔，利用插銷配合孔位，用以調整刀軸鬆土深淺，其中有20 mm、40 mm及60 mm之高度可供調整，研製完成三種型式鬆土刀之外觀、規格如圖七、表一所示。



圓盤式(Disc type)



刀片式(Blade type)



爪式(Claw type)

圖七、三種型式之鬆土刀

Fig. 7. The profile of tillage blades

表一、三種型式鬆土刀之規格

Table 1. Specifications of tillage blades

Type	Diameter (mm)	Height (mm)	Weight (g)
Disc type	225	155	2110.46
Blade type	210	183	1755.70
Claw type	210	181	2097.16

二、電動槽耕鬆土機具作業效率比較與鬆土試驗

(一)電動槽耕鬆土機具作業效率試驗結果

設定場內長耕植槽以35 m為試驗距離，進行電動槽耕鬆土機具作業效率試驗，完成鬆土作業之平均速度分別為高速0.04 m/s、中速0.036 m/s、低速0.033 m/s，如表二所示。由試驗結果顯示，中、低速之作業時間較長，不符試驗條件設定，故後續作業試驗以高速模式為設定條件。電動槽耕鬆土機具高速鬆土作業平均時間為880 sec (約14.67 min)，平均速度為0.04 m/s (2.4 m/min)，相當於每公尺花費25 sec，人工鬆土作業時間則需30 min，因此電動槽耕鬆土機具較人工鬆土作業時間縮短約1倍。

表二、電動槽耕鬆土機具作業率效

Table 2. The capacity of electric groove tillage mechanism

Transmission speed	Length (m)	Average time (s)	Average working capacity (m/s)
High speed	35	880	0.040
Medium speed	35	976	0.036
Low speed	35	1,062	0.033

(二)電動槽耕鬆土機具鬆土刀鬆土試驗結果

- 1.在耕深、耕寬試驗前，已先行測試鬆土刀調整深淺試驗，但發現原孔位、20 mm及40 mm之設定，量測得耕深依序為30 mm、55 mm及80 mm，皆不適合種植作物所需之鬆土深度，故後續試驗採用最深之孔位60 mm進行測試。
- 2.電動槽耕鬆土機搭配三種型式鬆土刀之耕深、耕寬試驗，耕深結果如表三所示，圓盤式鬆土刀因圓鐵管長度155 mm限制，可鬆土之深度為107 mm，與刀片式及爪式鬆土深度皆為128 mm較淺；耕寬試驗結果顯示，以刀片式耕寬較大，鬆土寬度為228 mm，寬度較小的是圓盤式鬆土刀，其耕寬值為226 mm，兩者差距僅2 mm，故三種鬆土刀之耕寬差異不大。綜合結果可知，刀片式鬆土刀耕深、耕寬效果較另兩型鬆土刀為佳，其鬆土深度達128 mm、鬆土寬度為228 mm。

表三、電動槽耕鬆土機鬆土刀試驗結果

Table 3. Test results of electric groove tillage mechanism

Item	Depth (mm)	Width (mm)
Disc type	107	226
Blade type	128	228
Claw type	128	227

- 3.鬆土作業後進行鬆土細碎效果試驗，以及介質團粒殘留率與粗細度分析。人工及機具鬆土作業之介質團粒殘留率分別為人工11.62%、圓盤式8.48%、刀片式8.78%、爪式12.99%；顆粒平均粒徑則為人工3.37 mm、圓盤式1.86 mm、刀片式2.80 mm、爪式2.01 mm，結果如表四、表五所示。由結果顯示，應用圓盤式鬆土刀可較人工、刀片式、爪式之顆粒平均粒徑、介質團粒結塊為小，適合與電動槽耕鬆土機具搭配；另爪式鬆土刀其介質團粒殘留率較人工作業差，相差為1.37%，探討結果為爪式鬆土刀在鬆土作業時，刀具深入介質中以致表層介質尚未翻鬆而造成。由鬆土試驗結果可知，機械作業可優於人工作業，達省工省時之效益。

表四、電動槽耕鬆土機具與人工作業之比較

Table 4. Comparison of groove tillage equipment and manual operations

Item	Weight of samples (g)	Residual weight screen by NO. 3 mesh (g)	Residual rate ¹ (%)
By labor	858.24	99.77	11.62
By disc type	616.84	52.30	8.48
By blade type	815.29	71.55	8.78
By claw type	504.44	65.55	12.99

¹ Residual rate of new Peltracom substrate is 5.68%

表五、介質耕鬆後粗細度之比較

Table 5. Comparison of fineness modulus of substrate after tillage

Mesh Size (mm)	Weighting factor	By labor		Disc type		Blade type		Claw type	
		On the standard screen (%)	Product	On the standard screen (%)	Product	On the standard screen (%)	Product	On the standard screen (%)	Product
9.42	7	9.76	68.32	1.41	9.87	0.55	3.85	5.48	38.36
4.70	6	14.42	86.52	5.29	31.74	8.58	51.48	8.33	49.98
2.36	5	47.37	236.85	29.57	147.85	59.06	295.3	26.47	132.35
1.17	4	25.31	101.24	40.29	161.16	28.82	115.28	33.79	135.16
0.589	3	3.01	9.03	19.28	57.84	2.87	8.61	20.43	61.29
0.295	2	0.1	0.2	3.8	7.6	0.11	0.22	5.05	10.1
0.147	1	0.03	0.03	0.36	0.36	0.01	0.01	0.45	0.45
Chassis	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		100	502.19	100	416.42	100	474.75	100	427.69
Fineness Modulus (FM)		5.02		4.16		4.75		4.27	
Da (mm)		3.37		1.86		2.80		2.01	

結論與建議

試驗研製完成之電動槽耕鬆土機具，其長635 mm、寬390 mm、高500 mm，總重38.5 kgf，係應用直流電動馬達取代汽油引擎的動力，將動力分送兩部分，分別輸出予傳動鬆土刀作為鬆土作業，以及透過鏈輪與鏈條傳送動力至行走輪，使機具能自行移動及進行鬆土應用。鬆土刀具設計為垂直軸迴轉形式，分為有圓盤式、刀片式、爪式等3種刀具型式。電動槽耕鬆土機經鬆土結果顯示，長35 m之耕植槽，人工鬆土作業時間需30 min，機具僅需14.67 min，機具可較人工作業時間縮短1倍以上，且介質粗細度人工作業為3.37 mm，機具配合圓盤式鬆土刀為1.86 mm，鬆土效果較人工為佳。

電動槽耕鬆土機具因耕植槽內栽培介質量較多，土面高度較高，導致導輪無法碰觸耕植槽內側邊導引行進向前，建議需設計更改導輪高度，使機具之導輪與行走輪二點支撐，能平穩行走於耕植槽中；試驗中亦發現電動槽耕鬆土機因導輪高度問題，使得機具左右搖擺不穩，進而造成鬆土不均勻的現象；此機具在研製時使用較厚重之鐵材，導致整臺機具變得較重，可重新設計較輕的材料，減輕機具之重量。

誌 謝

本研究承蒙農委會主辦之科技計畫項下補助經費。中興大學生物產業機電工程學系盛中德教授、建國科技大學自動化工程系暨機電光系統研究所樂家敏教授斧正，以及農業機械研究室全體同仁鼎力配合協助，方得以順利完成，謹此一併誌謝。

參考文獻

1. 林楨祐、陳甘澍、林照能 2009 東方甜瓜之設施栽培技術介紹 農業試驗所技術服務 80: 8-10。
2. 郭魁士 1980 土壤學 p.451-461 中國書局印行。
3. 園村光雄 1995 農業機械學 p.95-125 科技圖書股份有限公司。
4. 鄭允誠 2011 臺灣中小型農機耗能調查及中耕鋤草機電動化評估與研製 碩士論文 嘉義：國立嘉義大學生物機電工程學系(所)。
5. 盧福明 1986 農產加工工程學 p.7-8 茂昌圖書有限公司。
6. 戴振洋 2009 設施番茄介質耕栽培技術 臺中區農業技術專刊 173:6-8。
7. 戴振洋、陳榮五、蔡宜峯 2006 牛番茄介質耕栽培技術 臺中區農業技術專刊。
8. 關昌揚 1997 農業機械學概論 p.227-243 徐氏基金會 臺灣 臺北。

Development of A Electric Groove Tillage Machine Used in Media Culture ¹

Hao-Ming Wu, Chin-Yuan Chang and Yun-Sheng Tien²

ABSTRACT

A electric tillage machine for loosening the media in groove was developed. The electric motor is used to replace gasoline engine as power source. The power was split into two departments: one portion is transferred to tillage blades; the other is transferred to travel wheel. The machine can move and work in the soil trough. The dimensions of the electric groove plow cultivators are length 635 mm, wide 390 mm, height 500 mm, total weight 38.5 kgf, can be equipped with disc, blade and claw type of tillage blades to till soil. The results show that this cultivator for loosening the groove media is twice faster than by labor, the medium grain residual rate and soil particle fineness are 8.48%, 1.86 mm, respectively. The developed electric groove tillage machine is proved to save work time and improve work efficiency.

Key words: electric, cultivators, cultural groove

¹ Contribution No. 0909 from Taichung DARES, COA.

² Assistant, Assistant Agricultural Engineer and Associate Agricultural Engineer of Taichung DARES, COA.

葉面噴施養液對椪柑葉片性狀及果實品質之影響¹

曾宥紘²、郭雅紋²、陳鴻堂²

摘 要

以4種養液葉面噴施於椪柑，分別為(1) 10 mM硝酸鉀+15 mM硫酸鈣+10 mM磷酸一鉀、(2) 15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀、(3) 15 mM硫酸鈣及(4) 60 mM磷酸一鉀，並設對照組噴施自來水，探討其對椪柑果實品質及風災抗性之影響。豐原試驗區葉片氮、磷及鉀含量落於適宜養分值內，且葉面噴施15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀或60 mM磷酸一鉀可增加葉片磷含量，噴施15 mM硫酸鈣或60 mM磷酸一鉀可顯著提升葉片鈣含量。果實糖酸比以施用15 mM硫酸鈣或60 mM磷酸一鉀有顯著提升，且葉面噴施4種養液皆可降低蘇迪勒颱風後之椪柑落果率。東勢試驗區葉片氮含量低於養分適宜值，噴施60 mM磷酸一鉀可顯著提升葉片磷與鉀含量，然會降低椪柑果長、果肉重、酸度及榨汁率，但糖酸比顯著提升，另葉面噴施15 mM硫酸鈣與60 mM磷酸一鉀亦降低果實榨汁率，此兩處理之葉片氮鉀比皆降至1.3，顯示植體低氮高鉀會導致椪柑果實榨汁率下降。試驗結果顯示，椪柑植株氮含量充足搭配葉面噴施磷酸一鉀，可維持果實品質並提高其糖酸比，且葉面施肥管理具有降低風災損害之應用潛力。

關鍵詞：椪柑、葉面施肥、果實品質

前 言

臺灣地處於亞熱帶與熱帶交會地區，四面環海，屬於高溫多濕的海島型氣候，農作物生產易受氣候多變及颱風、豪雨等影響；例如颱風對農作物經常造成災害而導致重大的損失，此類天然災害對園藝作物之生產影響甚劇^(2,3)。鉀離子為植物所需必要養分離子，植物缺乏鉀離子將增加其呼吸率及蒸散率並減少光合作用，將導致光合產物的減少，如澱粉及纖維素等，因此植物缺鉀會影響其莖幹強度⁽⁹⁾。鉀離子於植物中參與厚壁細胞之木質化，因此可強化植株莖桿強度並減少其倒伏的發生⁽⁶⁾。鉀離子的補充應具有增強作物抵抗物理傷害之效果。鈣於葉片中可與果膠酸結合而形成果膠酸鈣，且為細胞壁中膠層之組成分⁽¹⁵⁾，因此，鈣離子可提高植物細胞壁的強度，進而增強細胞對物理傷害的抵抗力，故葉施鈣肥具有提高葉片物理傷害之抗性的潛力。前人研究指出葉面施肥可應用於提高柑橘果實產量及品質，如Boman (2001)之報告指出葉面噴施硝酸鉀或磷酸一鉀可增加晚崙西亞橙果粒數、果實大小及總可溶性固形物⁽⁵⁾；EI-Tanany等人(2011)指出葉面噴施鉀、鈣及鎂可增加臍橙果實鮮重、果汁率、

¹行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0912 號。

²行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員。

總可溶性固形物及產量⁽⁷⁾。本研究以葉面噴施不同氮、磷、鉀及鈣養液，以瞭解是否可提高椪柑對風災物理傷害之抗性，及對椪柑品質之影響，並作為日後風災前椪柑葉面施肥營養管理之參考。

材料與方法

試區設置及試驗處理

本研究以5種處理進行椪柑葉面施肥，包括(1)控制組：自來水，(2)葉施10 mM硝酸鉀+15 mM硫酸鈣+10 mM磷酸一鉀，(3)葉施15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀，(4)葉施15 mM硫酸鈣及(5)葉施60 mM磷酸一鉀。

試驗園區設置於臺中市東勢與豐原椪柑產區，試驗區採完全逢機區集，5處理，3重複，每處理重複2株果樹。於當年4月及7月每7~10天葉施養液，每株噴1.5公升，連續施用3次，共施用6次。椪柑養液施用時期為2015年4月22日、4月29日、5月7日、7月7日、7月15日及7月21日。

土壤分析

土壤樣品先經風乾處理，經2 mm篩網過篩後分別測定土壤化學性質，土壤pH以水土比1:1；電導度以水土比1:1，分別以電極法測定。土壤有機質含量採用總有機碳分析儀(Elementar vario MAX C)測定。以1 M醋酸銨(pH 7.0)土、溶液比1:10抽出^(11,12)，濾液用感應耦合電漿光譜分析儀(Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry; ICP-AES, HORIBA JOBIN-YVON ULTIMA 2)測土壤交換性鉀、鈣及鎂含量。土壤以Bray no.1方法抽取⁽¹⁴⁾，並用感應耦合電漿光譜分析儀測土壤有效性磷。土壤微量元素以0.1 N鹽酸萃取⁽¹⁾，並以感應耦合電漿光譜分析儀測定。

植體分析

於8月份採非結果枝春梢頂端往下第3葉，並分析葉片之氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅、鐵及硼含量。植體以濃硫酸及雙氧水消化分解⁽¹³⁾，氮用微量擴散法測定⁽¹⁰⁾，磷用比色法定量⁽¹⁴⁾，鉀用火焰光度計測定(Sherwood flam photometer 410)，鈣及鎂則用原子吸收光譜儀(Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000)分析。微量元素銅、錳、鋅及鐵則以1 N鹽酸抽出⁽¹⁸⁾，並以原子吸收光譜儀(Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000)分析。

園藝性狀調查

處理前，每一植株之東、南、西和北面擇生長勢相同枝條進行標定，葉面施肥後調查同一植株東、南、西、北四面之枝梢葉片長、寬及厚。果實採收期每株果樹採6顆果實，進行果重、果皮重、果皮厚、果肉重、榨汁率、糖度、酸度及養分含量並進行果粒數調查。蘇迪勒颱風後於8月10日調查標定枝條之葉片破損率、全株果粒數與落果數。

統計分析

以Least Significance Difference (LSD)法進行，相同字母代表無顯著差異($p=0.05$)。

結果與討論

試驗前土壤肥力分析

兩試驗區土壤偏強酸性，東勢試驗區土壤有機質含量較低，兩試驗區之Bray-1磷含量高，且交換性鈣與鎂含量低(表一及表二)。

表一、豐原試驗區試驗前土壤肥力

Table 1. Soil fertility in Fengyuan District

Treatment	pH 1:1	EC 1:1 dS/m	OM g/kg	Bray-1P	Exchangeable			Cu	Mn	Zn	Fe
					K	Ca	Mg mg/K				
Topsoil	4.4	0.30	32	624	289	523	48	5.0	13.5	8.5	64
Subsoil	4.3	0.25	21	591	177	405	41	3.5	8.5	6.0	56

表二、東勢試驗區試驗前土壤肥力

Table 2. Soil fertility in Dongshi District

Treatment	pH 1:1	EC 1:1 dS/m	OM g/kg	Bray-1P	Exchangeable			Cu	Mn	Zn	Fe
					K	Ca	Mg mg/K				
Topsoil	4.8	0.51	22	397	239	489	90	1.7	37	7.3	188
Subsoil	4.6	0.36	14	247	170	388	67	1.3	26	3.3	170

椪柑葉片性狀調查及風災後葉片破損率

豐原椪柑試驗結果顯示(表三)，葉片長、寬及厚度於各處理間無顯著差異，經蘇迪勒颱風後，其葉片破損率以噴施60 mM磷酸一鉀有顯著降低，其他處理與對照組無顯著差異，葉面噴施4種養液處理皆有助於減少颱風所導致的落果率。東勢區椪柑試驗結果如表四所示，葉片長及寬度以施用10 mM硝酸鉀+15 mM硫酸鈣+ 10 mM磷酸一鉀有顯著增加，葉片厚度於各處理間無顯著差異，因此試驗區地勢關係，受颱風影響不顯著，於葉片破損及落果率皆不嚴重，數據無法顯示颱風對果樹之影響。颱風季節防颱要點應為減少落果發生，經豐原區之試驗結果，顯示葉面噴施含鉀及鈣之養液有減少落果發生的潛力。

表三、豐原椪柑葉面噴施養液後之葉片性狀

Table 3. The leaf characteristics of Ponkan after foliar fertilization in Fengyuan experimental orchard

Treatment	Leaf length mm	Leaf width mm	Leaf thickness mm	Leaf breakdown rate ¹ %	Fruit drop rate %
Water	53a ²	25a	0.26a	6.6a	27.0a
10 mM KNO ₃ +15 mM CaSO ₄ + 10 mM KH ₂ PO ₄	56a	26a	0.26a	7.9a	7.7b
15 mM CaSO ₄ + 60 mM KH ₂ PO ₄	54a	26a	0.26a	3.9ab	14.0b
15 mM CaSO ₄	57a	26a	0.26a	4.5ab	8.6b
60 mM KH ₂ PO ₄	55a	28a	0.27a	0.8b	13.0b

¹ Leaf breakdown rate, % after typhoon Soudelor.² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

表四、東勢椪柑葉面噴施養液後之葉片性狀

Table 4. The leaf characteristics of Ponkan after foliar fertilization in Dongshi experimental orchard

Treatment	Leaf length mm	Leaf width mm	Leaf thickness mm	Leaf breakdown rate ¹ %	Fruit drop rate %
Water	53b ²	26b	0.25a	0.8	0.7
10mM KNO ₃ +15 mM CaSO ₄ + 10 mM KH ₂ PO ₄	59a	29a	0.26a	0	0.2
15 mM CaSO ₄ + 60 mM KH ₂ PO ₄	53b	26b	0.26a	0	0.2
15 mM CaSO ₄	56ab	27ab	0.25a	0	0.1
60 mM KH ₂ PO ₄	53b	26b	0.26a	0.2	0.2

¹ Leaf breakdown rate, % after typhoon Soudelor.² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

椪柑葉片養分分析

豐原試驗區柑橘葉片磷含量以施用15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀或60 mM磷酸一鉀呈顯著增加，葉片鈣含量則以施用15 mM硫酸鈣或60 mM磷酸一鉀有顯著增加，葉片鎂及銅含量以施用15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀顯著降低，其他葉片養分於各處理間無顯著差異(表五)。東勢試驗區椪柑葉片磷含量以施用15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀或60 mM磷酸一鉀呈增加趨勢，施用60 mM磷酸一鉀可顯著增加葉片鉀含量，降低葉片錳含量(表六)。結果顯示，葉面噴施養液可提高葉片中該噴施養液之要素養分含量。葉片養分含量與養分適宜值比較，豐原試驗區葉片鐵含量較適宜值低，而東勢試驗區葉片氮及銅含量低於適宜值，顯示東勢試驗區之樹體氮含量不足。

表五、豐原試驗區椪柑葉面施用不同養液後之葉片養分含量

Table 5. The elemental nutrients of Ponkan leaf after applying different foliar fertilizer in Fengyuan District

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	%					mg/kg			
1	2.3a ²	0.12b	0.97a	2.3c	0.24a	4.0ab	151a	38a	38a
2	2.3a	0.13ab	1.03a	2.3c	0.23ab	5.0a	155a	35a	35a
3	2.5a	0.14a	0.95a	2.4bc	0.21b	3.7b	151a	29a	29a
4	2.2a	0.13ab	1.06a	2.9ab	0.25a	4.3ab	170a	31a	31a
5	2.5a	0.14a	1.17a	3.1a	0.24a	5.0a	146a	33a	33a
Reference 1 ³	2.3-2.9	0.09-0.15	1.2-1.7	2.5-5.0	0.30-0.45	5-10	20-75	25-80	40-60
Reference 2 ⁴	3.0-3.4	0.15-0.25	0.9-1.1	-	0.17-0.44	-	-	-	-

¹ 1. control, 2. 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, 3. 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, 4. 15 mM CaSO₄, 5. 60 mM KH₂PO₄.

² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

³ reference from 嚴, 1972.

⁴ reference from Uchida, 2000.

表六、東勢試驗區椪柑葉面施用不同養液後之葉片養分含量

Table 6. The elemental nutrients of Ponkan leaf after applying different foliar fertilizer in Dongshi District

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	%					mg/kg			
1	1.76a ²	0.16ab	1.18b	2.6a	0.29a	2.3a	271a	56a	81a
2	1.69a	0.16b	1.20b	2.6a	0.24a	2.0a	259ab	53a	76a
3	1.70a	0.18a	1.33ab	2.6a	0.28a	2.0a	238ab	53a	73a
4	1.79a	0.16b	1.26b	2.6a	0.25a	2.3a	234ab	50a	68a
5	1.87a	0.18a	1.49a	2.5a	0.28a	2.3a	221b	48a	74a
Reference 1 ³	2.3-2.9	0.09-0.15	1.2-1.7	2.5-5.0	0.30-0.45	5-10	20-75	25-80	40-60
Reference 2 ⁴	3.0-3.4	0.15-0.25	0.9-1.1	-	0.17-0.44	-	-	-	-

¹ 1. control, 2. 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, 3. 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, 4. 15 mM CaSO₄, 5. 60 mM KH₂PO₄.

² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

³ reference from 嚴, 1972

⁴ reference from Uchida, 2000

椪柑果實品質調查

豐原試驗區椪柑果實酸度以施用10 mM硝酸鉀+15 mM硫酸鈣+10 mM磷酸一鉀最高，噴施其他3種養液處理，果實酸度呈降低趨勢，其中以葉面噴施15 mM硫酸鈣或60 mM磷酸一鉀可顯著增加糖酸比，提高柑橘甜味。果實外觀性狀於各養液處理間無顯著差異(表七)。

東勢試驗區椪柑經葉面噴施60 mM磷酸一鉀其果長、果肉重、榨汁率及酸度較對照組低，而糖酸比則較對照組為高，另葉面噴施15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀其果實榨汁率較對照組低(表八)。豐原試驗區果實大小及果肉重未因噴施60 mM磷酸一鉀較對照組低，顯示不同土壤營養管理將導致葉面噴施養液效果的差異，經比較此兩試驗區之葉片氮含量(表五、表六)，顯示東勢試驗區葉片氮含量不足，且於缺氮情形下，葉面噴施磷酸一鉀將顯著影響葉片氮鉀比，如豐原試驗區對照組葉片氮鉀比為2.37，葉面噴施15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀其氮鉀比2.63，葉面噴施磷酸一鉀其氮鉀比為2.14；東勢試驗區對照組葉片氮鉀比為1.49，葉面噴施15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀其氮鉀比降為1.28，葉面噴施磷酸一鉀其氮鉀比降為1.26，結果顯示，柑橘樹體氮含量不足情況下，葉面噴施磷酸一鉀，將導致果肉重量及榨汁率降低，然而由兩試驗區之結果可確認葉面噴施60 mM磷酸一鉀可降低果實酸度，提升果實甜度。另比較東勢試驗區葉片氮鉀比與果實榨汁率，推測葉片氮鉀比降低至1.3即可能發生果實榨汁率下降情形。前人研究亦曾以氯化鉀、硫酸鉀、硝酸鉀與磷酸一鉀進行柑橘液態施肥並探討對果實品質之影響，結果顯示施用磷酸一鉀較其他3種鉀源，可增加果實糖酸比⁽¹⁶⁾，此與本研究以葉面噴施磷酸一鉀而提高果實糖酸比之結果相似。另前人研究提及柑橘吸收過量鉀肥，有導致果實榨汁率下降的趨勢⁽⁸⁾，此結果與本試驗發現豐原試驗區果實榨汁率較東勢試驗區高，且葉片氮鉀比降低至1.3則榨汁率下降相似。此兩試驗區之柑橘果粒數不因葉面施用養液而有顯著差異。

表七、豐原椪柑果實品質調查

Table 7. The fruit characteristics of Ponkan after foliar fertilizations in Fengyuan experimental orchard

Treatment ¹	Fruit weight g	Fruit length mm	Fruit width mm	Peel thickness mm	Peel weight g	Pulp weight g	Juice content %	TSS degree Brix	Acid %	TSS/Acid	Fruit number plant
1	252.2a ²	73.9a	79.5a	3.6a	64.7a	187.5a	67.0a	9.4a	0.53ab	17.9bc	233a
2	251.8a	75.5a	78.9a	3.7a	66.3a	185.5a	70.1a	9.6a	0.57a	17.1c	273a
3	246.9a	73.0a	77.3a	3.6a	60.1a	186.8a	68.6a	9.5a	0.50b	19.2ab	256a
4	239.7a	73.3a	77.9a	3.6a	59.8a	179.9a	69.9a	9.5a	0.48b	20.1a	285a
5	260.3a	75.0a	79.4a	3.7a	65.0a	195.3a	67.6a	9.5a	0.48b	20.2a	225a

¹ 1. control, 2. 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, 3. 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, 4. 15 mM CaSO₄, 5. 60 mM KH₂PO₄

² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

表八、東勢椪柑果實品質調查

Table 8. The fruit characteristics of Ponkan after foliar fertilizations in Dongshi experimental orchard

Treatment ¹	Fruit weight g	Fruit length mm	Fruit width mm	Peel thickness mm	Peel weight g	Pulp weight g	Juice content %	TSS degree Brix	Acid %	TSS/Acid	Fruit number plant
1	236.1ab ²	75.3a	77.0ab	3.1a	61.2a	174.9a	64.3a	9.2a	0.62a	15.3b	231a
2	239.9a	72.2ab	79.7a	3.2a	63.3a	176.6a	63.3a	9.1a	0.61ab	17.3ab	323a
3	234.3ab	75.4a	77.4ab	3.4a	65.0a	169.3ab	54.8c	9.1a	0.57ab	16.2ab	213a
4	245.5a	74.9ab	79.4ab	3.2a	64.1a	181.4a	61.4ab	9.1a	0.54ab	17.2ab	235a
5	215.9b	71.5b	76.7b	3.1a	57.9a	158.0b	56.8bc	9.1a	0.51b	18.1a	221a

¹ 1. control, 2. 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, 3. 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, 4. 15 mM CaSO₄, 5. 60 mM KH₂PO₄

² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

椪柑果實養分分析

豐原試驗區果實鋅含量，以葉面噴施15 mM硫酸鈣而顯著降低，而鐵含量則以葉面噴施15 mM硫酸鈣+60 mM磷酸一鉀或15 mM硫酸鈣顯著降低(表九)。東勢試驗區葉面噴施15 mM硫酸鈣會降低果實磷含量，而葉面噴施10 mM 硝酸鉀+15 mM硫酸鈣+10 mM磷酸一鉀則可增加果實鈣含量(表十)。

表九、豐原椪柑果實養分分析

Table 9. Analysis of Ponkan fruit nutrients after foliar fertilizations in Fengyuan experimental orchard

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
	g/kg					mg/kg				
1	9.3a ²	1.4a	12a	2.8a	1.1a	4.3a	3.3a	5.3ab	18ab	19a
2	8.2a	1.4a	12a	2.5a	1.0a	4.0a	3.0a	5.0abc	13bc	18a
3	7.5a	1.3a	11a	2.5a	1.0a	3.3a	2.7a	4.3bc	12c	18a
4	8.4a	1.4a	11a	2.6a	1.0a	3.3a	3.3a	4.0c	12c	18a
5	8.3a	1.4a	12a	2.6a	1.0a	4.0a	3.3a	5.7a	19a	18a

¹ 1. control, 2. 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, 3. 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, 4. 15 mM CaSO₄, 5. 60 mM KH₂PO₄

² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

表十、東勢柑橘果實營養分析

Table 10. Analysis of Ponkan fruit nutrients after foliar fertilizations in Dongshi experimental orchard

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe	B
	g/kg					mg/kg				
1	7.2a ²	1.7a	14a	4.1b	1.5a	6.5a	7.2a	11.2a	28a	15a
2	7.9a	1.8a	15a	4.5a	1.7a	5.0a	6.3a	7.0a	21a	15a
3	7.9a	1.8a	14a	3.9b	1.5a	3.8a	6.3a	6.0a	16a	15a
4	6.6a	1.3b	14a	4.1b	1.6a	3.8a	6.0a	6.8a	35a	14a
5	7.3a	1.8a	15a	4.2ab	1.5a	3.5a	6.0a	5.5a	15a	15a

¹ 1. control, 2. 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, 3. 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, 4. 15 mM CaSO₄, 5. 60 mM KH₂PO₄.

² Significant in comparison with control at P = 0.05 (LSD test).

結 論

本試驗結果顯示，於4月份及7月份葉面噴施養液，可提升椪柑果實品質，並具應用於減少颱風對其損害之潛力。其中，植體氮含量充足搭配葉面噴施60 mM磷酸一鉀可增加椪柑糖酸比，然而植體氮含量不足，葉面噴施磷酸一鉀，雖可提高椪柑果實糖酸比，然而會降低果實大小、果肉重及榨汁率。葉片營養分析結果顯示，葉片氮鉀比降低至1.3即可能發生果實榨汁率下降情形。葉面噴施養液效果應搭配土壤施肥管理，確實掌握樹體營養狀況，即可藉由葉面施肥提高椪柑果實品質。

參考文獻

1. 吳正宗 2008 微量要素 p.67-69 土壤與肥料分析手冊(一) 土壤化學性質分析 中華土壤肥料學會編印。
2. 張致盛、陳怡靜、張林仁 2009 臺灣果樹農業氣象災害與因應策略 作物、環境與生物資訊 6: 61-71。
3. 黃子彬 2010 全球氣候變遷對台灣果樹產業之影響與因應對策 p.1-25 宜蘭地區果樹產業發展研討會專刊。
4. 嚴夢如 1972 柑桔葉片分析在施肥上之應用 農業研究 21(4): 250-255。
5. Boman, B. J. 2001. Foliar nutrient sprays influence yield and size of Valencia orange. Proc. Fla. State Hort. Soc. 114: 83-88.
6. Datta, S. K. and D. S. Mikkelsen. 1985. Potassium nutrition of rice. p. 665-699. In: Munson, R. D. (eds.). Potassium in agriculture. ASA, Madison, Wisconsin. USA.
7. El-Tanany, M. M., M. N. Abdel Messih and M. A. Shama. 2011. Effects of foliar application with potassium, calcium and magnesium on yield, fruit quality and mineral composition of Washington navel orange trees. Alexandria Science Exchange Journal 32: 65-75.

8. Fullelove, G., K. Walsh, P. Subedi, R. Shaw and G. Pinnington. 2004. Final report: CT03029 Management of internal dryness of imperial mandarins. Horticulture Australia Ltd., Final project report No., Rockhampton.
9. Kant, S. and U. Kafkafi. 2002. Potassium and abiotic stresses in plants. P.233-251. In: Pasricha N. S. and S. K. Bansal (eds.). Potassium for sustainable crop production. Potash Institute of India, Gurgaon.
10. Keeney, D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. p.643-698. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2. Academic Press, Inc., New York.
11. Kundsén, D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc., New York.
12. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2. Academic Press, Inc., New York.
13. Lowther, J. R. 1980. Use of single sulfuric acid hydrogen peroxide digest for the analysis of *Pinus radiata*, needles. *Commun. Soil Sci. Plant Analysis* 11: 175-188.
14. Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-430. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Academic Press, Inc., New York.
15. Rahman, M. and Z. K. Punja. 2009. Calcium and plant disease. P.57-78. In: Datnoff, L. E., W.H. Elmer, and D.M. Huber (eds.). Mineral Nutrient and Plant Disease.
16. Shirgure, P. S. and A. K. Srivastava. 2015. Potassium fertigation in Nagpur Mandarin. P.175-176 in: Goyal, M. R (eds.). Sustainable micro irrigation management for trees and vines. Apple academic press, Toronto New Jersey.
17. Uchida, R. 2000. Recommended plant tissue nutrient levels for some vegetable, fruit, and ornamental foliage and flowering plants in Hawaii. p. 61. In: Silva, J.A. and R. Uchida (eds.). Plant nutrient management in Hawaii's soils. Approaches for tropical and subtropical agriculture. College of tropical agriculture and human resources, university of Hawaii at Manoa.
18. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Procedures for routine analysis of zinc, copper, manganese, calcium, magnesium, potassium, and sodium by atomic absorption spectrophotometry and flame photometry. p. 27-34. In: Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez (eds.). Laboratory manual for physiological studies of rice. IRRI. Philippines.

Influence of Foliar Application on Leaf Characteristic and Fruit Quality of Citrus (*Citrus poonensis* Hort.)¹

You-Hong Zeng², Ya-Wen Kuo² and Hong-Tang Chen²

ABSTRACT

The citrus cultivar 'Ponkan' was subjected to foliar application of four nutrient solutions as follows (1) 10 mM KNO₃+15 mM CaSO₄+ 10 mM KH₂PO₄, (2) 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄, (3) 15 mM CaSO₄ and (4) 60 mM KH₂PO₄, in order to investigate the influence on fruit quality and wind resistance. The control experiment was foliar application with tap water. In the experimental orchard in the Fengyuan District, the concentration of nitrogen, phosphorous and potassium in the citrus leaf among these treatments were all in the suitable nutrient levels, and foliar application of 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄ or 60 mM KH₂PO₄ could increase phosphorous concentration in the leaf; foliar application of 15 mM CaSO₄ or 60 mM KH₂PO₄ can increase calcium concentration in the leaf as well as with increasing fruit TSS/acid ratio. Foliar application of the four nutrient solutions can decrease fruit dropping rate after the typhoon Soudelor in the experimental orchard in the Fengyuan District. In the experimental orchard in the Dongshi District, the citrus were nitrogen deficiency and foliar application of 60 mM KH₂PO₄ can significantly increase phosphorous and potassium concentration in the leaf resulting in decreasing the fruit length, pulp weight, acidity and juice content, but increasing the TSS/acid ratio. Decreasing juice content is also found in foliar spray of 15 mM CaSO₄+ 60 mM KH₂PO₄ followed by analysis of the leaf nutrition in the two treatments showed the N/K ratio in citrus leaf lower than 1.3 might cause the unfavorable effect. Experimental results showed foliar application of 60 mM KH₂PO₄ under optimal nitrogen content in the leaf could maintain citrus fruit characteristics and increase fruit TSS/acidity. Besides, foliar fertilization could be a potential approach for decreasing typhoon-caused damages in fruit trees.

Key words: citrus, foliar fertilization, fruit quality

¹ Contribution No. 0912 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.

臺中區農業改良場研究彙報稿約

- 一、本刊以供本場同仁發表試驗研究成果為原則，但可邀請外稿。
- 二、來稿一經刊登其著作權歸行政院農業委員會臺中區農業改良場所有，本人聲明並保證授權著作為本人所自行創作，若屬多人共同創作，則本人亦取得其他作者同意，有權為本同意之各項授權。且授權著作未侵害任何第三人之智慧財產權。
- 三、來稿一律不支稿費，但經刊用後，則致贈單行本 10 本(可要求至 20 本)。
- 四、文章之架構為題目、作者、中文摘要、中文關鍵字、前言、材料與方法、結果與討論(或分開成結果、討論)、誌謝、參考文獻(加阿拉伯數字序號)、英文摘要(包括題目、作者、摘要、關鍵字)。題目下之作者英文姓、名首字用大寫，其餘小寫，以用全名為原則，名在前，姓在後，如 Jia-Shin Lin，作者二人時，則用 and 連接，三人以上則如 Jia-Shin Lin, Lin-Ren Chang and Wan-Jean Liaw。英文關鍵字除專用學名(如 Ringspot Virus)、元素符號縮寫(如 Ca, Mg)等首字母大寫，其餘一般性語詞用小寫。另本文內中文後附加英文全名又有英文縮寫時，則英文全名與英文縮寫間以逗號分開，如木瓜輪點病毒(papaya ringspot virus, PRV)。
- 五、來稿以 A4 紙“雙行距”印出，紙之上端留白 2 cm，其他三邊留白 1 cm。
- 六、來稿以精簡易懂為原則，學名、et al., via 等需以斜體字印出，引用書名以 **It** 表示。
- 七、關於表格之注意點：(一)表格上方須並列中英文標題，中文在上，英文在下，並加表一、(Table 1.)等冠號，不需句號，但表註要句號。(二)表格內容只用英文，只有第一個字母大寫，不可中英文並列。(三)能以文字說明之小表或項目，請用文字說明。(四)原始記錄應統計分析並簡化後始可列入表中。(五)表註用小號 1 或 2 等註明於表中數字之右上角。(六)表格一律設計成“可被彙報篇幅正常容納”之大小。
- 八、關於插圖之規定：(一)插圖應單頁獨立，註明文題。(二)插圖下方須有標題，並加圖一、圖二、(Fig. 1. 2.....)等冠號。(三)所繪製線條粗細、標號、數字及文字等應注意協調及清楚。(四)已列表中之內容，勿再重複以插圖表示。
- 九、關於照片之規定：(一)照片用紙一律採用光面紙，黑白照片為佳，品質為要。(二)需有圖說，如有特別指明點應標示之。(三)可在文中用文字說明清楚之非必要照片請剔除。
- 十、關於參考文獻之規定：(一)參考文獻以引用為限，如係來自轉載之其他書刊時必須加註明。(二)本國及日本作者則依據姓名筆劃數為序，若無作者而以出版機關(社)為首時，則以首字筆劃列入參考文獻之排序。以上三種文獻均列於英文作者之前。作者之姓置於前，名或簡寫隨之。(三)中、日期刊文獻作者姓名以後為發行年份，然後為論文名稱，期刊名稱、卷期數及頁數。(四)西文雜誌名之縮寫方式儘量根據美國出版之“Biological Abstracts”雜誌；中日文雜誌用全名(例 1)。(五)書籍必須加註版別及出版書局。(六)引用西文書籍之寫法為：作者姓名—年份—章節名—引用頁數—編輯者—書名(西文書名除介詞外其餘首字母大寫)—出版社—出版地(例 5)。(七)西文參考文獻第一作者姓在前，名用縮寫接在後；第二作者以下名用縮字排在前，姓在後(見例 2~5)。(八)引用機關或出版社編著之非定期性中、日書刊寫法：1. 書籍有分篇作者時：分篇作者—年份—章節名—參考頁數—書名—主編—出版社(機關)—出版地點(見例 6)。2. 書籍無分篇作者時：作者名—年份—章節名—參考頁數—書名—出版社—出版地點(見例 7)。3. 無作者但有發行(編輯)機關(社)時：發行機關—年份—書名—參考頁數—出版社(見例 8)(此時並以首字之筆畫列入參考文獻之排序)以上如缺某項時可略過，但順序不宜變更，且重要項目不可少。(九)文字敘述及參考文獻時，根據文獻之號數，用阿拉伯字，加以括號，如(1)等，插入句中右上角，如引用多篇，則加逗點，如(1,2,3)。(十)未正式發行之報告，如農林廳年度成果報告，不可引用為參考文獻。
例如：1.張守敬 1954 臺灣水稻肥料施用適量之分區 科學農業 2(5): 1-6。
2. Jones, J. W. and A. E. Longley. 1941. Sterility and aberrant chromosomes numbers in Caloro and other varieties of rice. Jour. Agr. Res. 62:381-399.
3. 作者 3 人之寫法：Jone, A. B., L. H. Lin and A. B. Chen. 1991....
4. 作者 3 人以上之寫法：Jone, A. B., L. H. Lin, C. D. Wang and A. B. Chen. 1991....
5. Eastop, V. F. 1977. World importance of aphids as virus vectors. p.1-61. In: Harrts, K. F. and K. Maramorosch (eds.). Aphid as Virus. Academic Press. London.
6. 黃正華、朱永華 1970 臺灣雜糧生產現況與增產潛力之探討 p.66-67 臺灣雜糧增產之研究 科學農業叢書第 7 號。
7. 郭魁士 1978 土壤水 p.x-x 土壤學 中國書局 屏東，臺灣。
8. 臺灣省政府農林廳 1990 臺灣農業年報 臺灣省政府印刷廠。
- 十一、文字敘述之號次以下列為序：中文用：一(一) 1.(1)A(A)，英文用：1.(1)A(A)a(a)。
- 十二、腳註以小號 1 或 2 等阿拉伯字標於右上角，說明時阿拉伯字置於左上角及文辭回復正常大小。
- 十三、文字敘述中之數字，儘量用阿拉伯字表示之。
- 十四、單位須用公制單位記號，例如以 m、cm、mm、m²、ml、l、mg、g、kg、ha、℃、pH、N、ppm、t、hr 等，不必用中文表示之。
- 十五、原稿審查後經由課室送還作者，作者對審查意見有異議，可書面申訴。修正後需將原稿、審查意見表及修正稿送回編輯。必要時可再外審，且本刊有刪改權。“完全定稿”後送請排版(排版後不接受大幅度修改)。
- 十六、作者“自行、完全”負責格式及內容之校對。
- 十七、其他未盡事項，得經場長核定後，隨時補充修正之。

BULLETIN OF TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION STATION

Publisher

H. S. Lin

Editorial Board

T. C. Kao

C. H. Chao

M. C. Hong

C. H. Hsiao

K. F. Pai

H. Y. Yang

Y. H. Chen

Y. S. Tien

S. F. Chen

L. Y. Chiu

書名：行政院農業委員會臺中區農業改良場研究彙報(第 135 期)

出版機關：行政院農業委員會臺中區農業改良場

通訊處：彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網址：<http://www.tdais.gov.tw/>

電話：04-8523101~7

發行人：林學詩

編輯委員：高德錚(總編輯)、趙佳鴻(副總編輯)

洪梅珠、蕭政弘、白桂芳、楊宏瑛、陳裕星、田雲生、陳世芳、邱玲瑛

出版年月：106 年 06 月

定價：新臺幣 100 元整

展售處：行政院農業委員會臺中區農業改良場

展售書局：1.五南文化廣場臺中總店／400 臺中市中山路 6 號 (04)22260330

2.國家書店松江門市／104 臺北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207

中華郵政中臺字第 0 四九九號執照登記認為第一類新聞紙類

新聞局登記權：局版臺誌字第五八二三號

GPN: 2006500018

ISSN: 0255-5905

版權所有，翻拷必究



BULLETIN OF TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND EXTENSION STATION

No. 135

JUNE 2017

CONTENTS

The New Mango Cultivar 'Taichung No. 1'.....	
.....Meng-Sung Chen, Huei-Ling Liu, Wen-Pin Yeh, Ching-Chang Shiesh and Chih-Sheng Chang...	1
Screening Tomato Germplasm Resistant to Tomato Yellow Leaf Curl Disease (TYLCD).....	
.....Yu-Heng Lin and Jui-Shin Chang...	11
The Studies on Photosynthetic Characteristics of Cucumber.....	
.....Wei-Ling Chen, Chang-Sheng Chien and Pei-Rung Jhuang...	25
Effects of Tissue Culture Plantlet Size on the Seedling Growth Performance of Cymbidium.....	
.....Hui-Chuan Hung, Ming-Hui Wang and Fu-Hsiang Chang...	39
Development of A Electric Groove Tillage Machine Used in Media Culture	
.....Hao-Ming Wu, Chin-Yuan Chang and Yun-Sheng Tien...	47
Influence of Foliar Application on Leaf Characteristic and Fruit Quality of Citrus (<i>Citrus poonensis</i> Hort.).....	
.....You-Hong Zeng, Ya-Wen Kuo and Hong-Tang Chen...	59

TAICHUNG DISTRICT AGRICULTURAL RESEARCH AND
EXTENSION STATION

Tatsuen Hsiang, Changhua, Taiwan, Republic of China

ISSN : 0255-5905



GPN : 2006500018
定價 : 新臺幣100元