

芒果設施栽培生產體系建置-臺南地區芒果 簡易設施栽培體系建立

石佩玉、張錦興、張汶肇、陳盈丞、蔡孟旅
臺南區農業改良場

一、摘要

為提升果實品質及降低管理風險，愛文芒果以簡易設施種植，調查生育情形及其與設施內外環境、物候條件相對性關係，期以建立一套因應臺灣南部氣候條件之芒果設施栽培技術。調查結果顯示：設施內之栽培環境較露天高溫低光，平均溫度較露天高出 1-2°C，最高溫度可達 40°C 以上，較當時露天高出 5-7°C，設施內光度則較露天環境降低 30-45%。設施與露天栽培之愛文芒果果實重量、可溶性固形物及酸度皆無明顯差異，惟果實外觀紅色面積比率較低，顯示設施內高溫低光環境降低果皮紅色色素形成。對於愛文芒果與環境生物相的交互作用而言：露天環境的果實炭疽病罹病度為 49%，設施內為 25% 以下，顯示設施的防雨功能可降低果實病害發生；設施有效隔離大型害蟲，對果實蠅與蛾類防治效果顯著，但對於小型害蟲，特別是小黃薊馬等的防治效果較差，應於新梢及花果生育初期加強防治。在設施內飼養授粉昆蟲，因溫度條件較佳其活動能力較佳，且限制其活動範圍而增加授粉機會，設施內之花穗結果率高達 80%，露天則僅 21%。

關鍵詞：芒果、設施、果實品質、病蟲害防治

二、前言

臺灣芒果近幾年來外銷實績相當良好，年平均外銷量達 6,000 公噸左右，故外銷業者與農民對果實穩定生產與品質提昇議題甚為關切，設施運用在作物生產有保護作物、穩定生產、減少用藥等優點，日本於 1984 年開始利用設施生產高品質芒果，於設施保護下日本芒果栽培面積連年增加，但臺灣氣候型態與芒果栽培條件均與日本不同，如何利用設施栽培需進行探討，且設施內高溫、病蟲害相變化、微氣候改變等因素可能導致芒果生長發育狀況不同，須有其相對應的生產管理系統，因此本研究以芒果簡易防雨設施栽植愛文芒果，調查生長期間設施內外物候條件、作物生育情形與果實品質之差異，以供芒果設施栽培之參考。

三、材料與方法

3.1 設施環境與植株材料：本試驗選用臺南區農業改良場新化口埤農場(新化區口埤 18 號)之圓頂型三連棟塑膠布防雨設施，設施高度 x 寬度為 3.3x 5.5m，種植愛文芒果 12 株，行株距 5.5 x 4.5m，已達可正常開花結果之樹齡。

3.2 環境因子紀錄

1. 溫濕度記錄以溫濕度自動記錄器 (HOBO pro series) 紀錄 2016 年 1 月至 2017 年 10 月每 30 分鐘設施內外溫度及相對濕度，另外中央氣象局於本場口埤農場設立之氣象測站可供氣象資料查詢予以對照。
2. 光度調查採用光合有效輻射傳感器記錄(3668I)連接 WatchDog 自動紀錄器紀錄 2016 年 9 月及 2017 年 3 月每 30 分鐘之光量子通量($\mu \text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)。

3.3 病蟲害調查

1. 蟲害種類調查：調查 2016 年設施內外害蟲之種類。
2. 小黃薊馬族群調查：於設施內外設置藍色及黃色黏紙調查小黃薊馬之族群密度，於試驗期間每隔 7-14 天調查 1 次，計算黏蟲紙上的蟲數。
3. 病害調查：於 2017 年芒果不同生長時期調查葉片藻斑病、花穗白粉病、與果實炭疽病之病害罹病度，隨機調查設施內外 5 株芒果樹，每株芒果樹調查 5 枝梢，罹病度之調查方式以病斑面積率表示：未發病者為 0；發病面積 1-5% 者為 1；發病面積 6-25% 者為 2；發病面積 26-50% 者為 3；發病面積 51-75% 者為 4；大於 75% 以上者為 5；並依下列公式計算罹病度。

$$\text{罹病度}(\%) = \frac{\sum(\text{指數} \times \text{該指數罹病果數})}{(5 \times \text{總調查數})} \times 100\%$$

3.4 開花結果調查：觀察設施內外芒果開花結果之情形，於 2016 年度直接記數設施內外芒果植株之花穗數，並觀察其結果情形，結果率=有著果穗數/總花穗數 x100%。

3.5 套袋試驗：2016 年度設施內採用透明網袋(透光率 90%)、傳統白色紙袋(透光率 55%)與不套袋 3 種處理，露天套袋採傳統白色紙袋做為對照組，處理時間為 2016 年 5 月 20 日進行套袋，每處理 15 粒果實，於 7 月採收自然成熟之果實進行品質分析，分析方法如下：

1. 果實採收後測量果實重量(g)、果實長度(mm)與果實寬度(mm)。
2. 目視紅、黃、綠三種顏色各色面積所佔果實表面積之比例，並利用色差儀測定果實外觀色澤。
3. 總可溶性固形物(total soluble solid, TSS)：總可溶性固形物的測定為榨汁後取 2-3 滴澄清液，滴於折射儀(refractometer PAL-1, ATAGO, Japan)上測定，單位為 °Brix。
4. 酸度(acidity)：以果汁酸度計(TA-70, TOA-DKK, Japan)測定，果實榨汁後取 10ml 澄清液加 90ml 蒸餾水混合，以 0.1N NaOH 標準液滴定至 pH 值 8.1 為滴定點，換算成枸橼酸含量，單位為百分比。

5. 果實外觀色澤測定以桌上型分光色差儀(ColorFlex EZ, Hunter Lab, USA)測定果腰兩側的之 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C^* 、 h 值， L 值即為亮度，數值最高為 100，數值愈高亮度愈高。 a 值代表綠紅值， a 值高偏向紅色； b 值代表藍黃值， b 值高偏向黃色。彩度及色相角度經由公式換算， C^* 值為彩度 (chroma; C value) $= (a^2 + b^2)^{1/2}$ ，數值越高顯示果色愈濃。 h 值為色相角度 (hue angle; θ value) $= \tan^{-1}b/a$ ，當色相角度 0 度時為紅色，90 度為黃色，180 度為綠色。
6. 採收果實在常溫下放置 7 天後調查炭疽病罹病度，罹病度計算方式同上述病害調查。

3.6 枝梢生育觀察：

為探討設施內微氣候之改變是否會影響芒果植株枝梢生長頻率及來年花芽分化情形，設施與露天之植株均於 2016 年 7 月 20 日、8 月 5 日及 8 月 20 日分三批次進行採果後修剪，每批次修剪 4 株，修剪後每週調查枝梢生育情形，包含抽梢時期、次數及來年花芽分化之情形。

四、結果與討論

4.1 設施內外環境：

4.1.1 溫度：依據圖 1 所示，2016 年 1 月至 2017 年 10 月份設施內外的每月最低溫度相差不大，但設施內月平均溫度較露天高 1-2°C，其中 3-10 月平均氣溫維持在 20-30°C，此為芒果生長適溫之範圍。設施內每月最高溫度均較露天高，於 5-10 月設施內之最高溫度高達 40°C 以上，較露天高出 5-7°C，高溫時段為中午至下午 2 時，此時雖較生長適溫高出許多，但植株並未觀察到明顯之生理障礙現象。

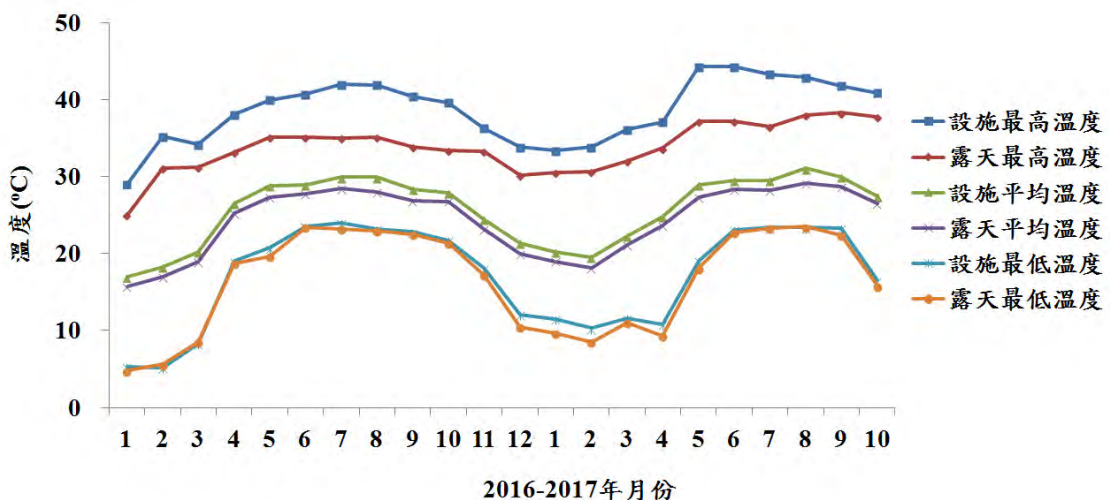


圖 1. 試驗期間設施內外之最高溫度、平均溫度與最低溫度

4.1.2 相對濕度：依據相對濕度記錄顯示設施內外的相對濕度變化差異不大，每月最高濕度均接近 100%，設施內外月平均相對濕度在 80-90%之間，且相差不超過 8% (圖 2)。

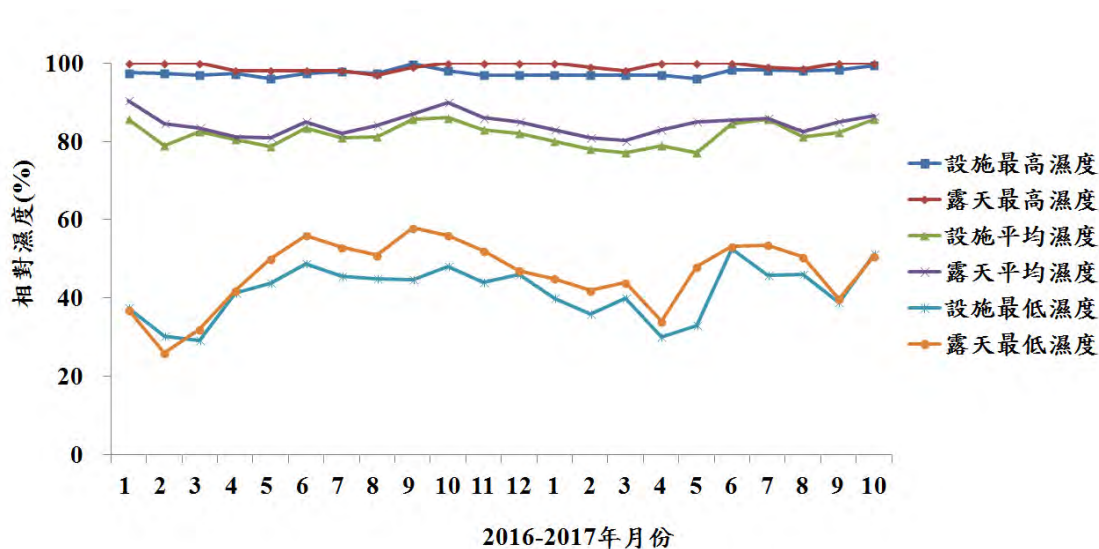


圖 2. 試驗期間設施內外之最高濕度、平均濕度與最低濕度

4.1.3 光度：量測 2016 年 9 月及 2017 年 3 月之光量子通量，於 2016 年 9 月設施內部平均透光率為 55%，之後因梅姬颱風造成塑膠布損壞於 12 月更換完成，故 2017 年 3 月之透光率提升至 70%。

4.2 病蟲害調查：

4.2.1 蟲害種類調查：設施內蟲害種類較少，包含小黃薊馬、花薊馬、橘臀紋粉介殼蟲、芒果葉蟎、芒果瘿蚋、芒果壯缺普瘿蚋、二點小綠葉蟬、芒果木蝨等，露天蟲害種類相較於設施多了芒果褐葉蟬、瓢蠟蟬、芒果夜蛾、芒果蛀莖夜蛾、小白紋毒蛾、臺灣黃毒蛾、東方果實蠅等 7 種。調查發現設施可將大型害蟲如東方果實蠅及蛾類阻隔，對作物提供相對的保護，但小型害蟲發生密度就較高，尤其以小黃薊馬是設施內主要害蟲，應注意防治。

4.2.2 小黃薊馬族群調查：調查結果顯示黃色黏紙誘引效果優於藍色黏紙，黃色黏紙在設施內誘引效果平均約 213 隻/週/張，為藍色黏紙誘引到薊馬數量的 11 倍；設施外黃色黏紙誘引效果則約 19 隻/週/張，為藍色黏紙的 7 倍。又設施內小黃薊馬密度高於露天(圖 3)，2016 年 3 月設施內小黃薊馬平均密度均低於 5 隻/週/張以下，隨後因施放授粉昆蟲而暫停調查作業，接續隨著芒果新梢生長，小黃薊馬密度也隨之上升，配合三次修剪清園及藥物防治後小黃薊馬密度稍有下降，但由於不同修剪時期導致新梢陸續生長，造成防治困難，小黃薊馬密度偏高，9

月上旬密度高達 1390 隻/週/張，相較露天僅 70 隻/週/張，9 月下旬梅姬颱風造成塑膠布損壞，小黃薊馬族群數量隨之下降。2017 年於新梢生長時期，使用殺蟲劑及礦物油進行防治，生長中、後期配合黃色黏紙監控、誘殺及修剪清園等方式能有效壓制小黃薊馬族群上升趨勢，故此時期設施內小黃薊馬密度調查發生密度低，平均密度均未達 40 隻/週/張。根據薊馬族群動態調查結果顯示，新梢生長階段是小黃薊馬危害關鍵時期，設施內更應加強防治以避免小黃薊馬族群密度驟升。

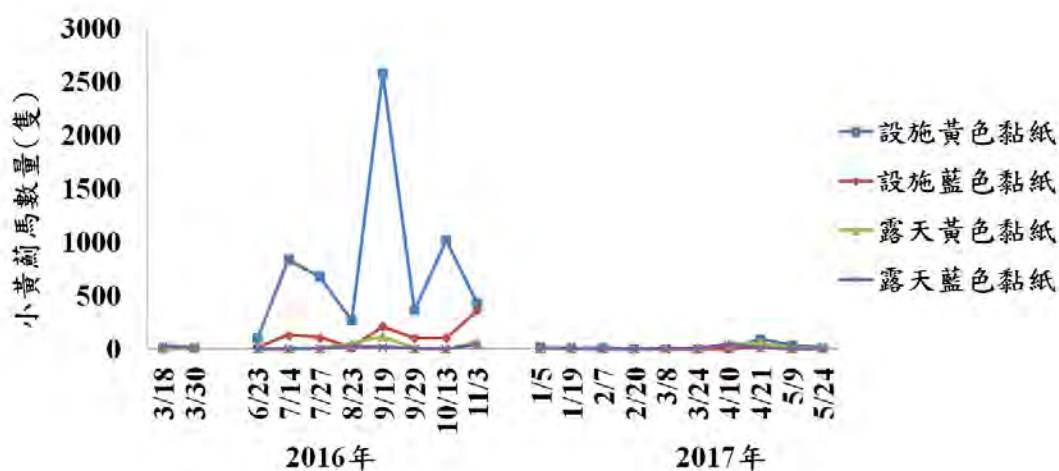


圖 3. 設施內外小黃薊馬族群變動情形

4.2.3 病害調查：調查 2017 年芒果不同生育階段之病害罹病度(表 1)，露天栽培的芒果植株，其發生於葉片的藻斑病、花穗的白粉病與果實上的炭疽病罹病度都極顯著高於設施內，顯示設施栽培將雨水隔絕在外，可有效降低病害發生之機會，此與過去研究資料顯示芒果栽培使用塑膠布覆蓋可有效減少炭疽病危害之結果相同，顯示芒果設施栽培有助於病害之防治。

表 1. 同生育階段芒果病害之罹病度

調查日期	調查部位 / 病害	平均罹病度 (%)	
		設施	露天
106.01.23	葉 / 藻斑病	0	19
106.04.10	花 / 白粉病	0	88
106.05.09	果 / 炭疽病	0	10

4.3 開花結果調查：

- 4.3.1 2016年受到年初寒流等因素影響，芒果開花期普遍延後，設施內外盛花期均在3月中旬至4月中旬，調查開花與結果情形顯示，設施及露天花穗數平均不到全株10%，抽穗比例甚低；設施內結果率為80%，為露天結果率21%之4倍，推測可能與設施栽培之防雨效果與提高日溫可增加授粉昆蟲—麗蠅的活力等效果有關，且密閉空間也可防止授粉昆蟲飛散，進而提高愛文芒果授粉機會並提升結果率，對產量的穩定與提升有一定的助益。
- 4.3.2 2017年露天芒果植株於2月中旬開始抽穗開花，於3月中旬進入盛花期；而設施內於2016年7月20日與8月5日修剪之植株於3月下旬無花穗抽出或僅抽出1-2枝花穗，且有部分為帶葉花穗，8月20日修剪之植株則無花穗抽出。推測開花情形不理想的原因可能與設施內溫度有關：今年設施內1-2月之月平均溫度均在20°C左右，較露天之月平均溫度高出1.2°C以上(圖1)，且靠近塑膠棚下方之樹冠層溫度可能高於20°C，過高的溫度不利芒果花芽分化所需之低溫環境，因此芒果設施栽培時應注意設施增溫之情形以避免冬季低溫不足影響花芽分化。

4.4 套袋試驗：

- 4.4.1 果實品質：設施內使用不同套袋處理，調查果實性狀及品質發現各種套袋處理於果實重量、果實長度、果實寬度、可溶性固形物及酸度均無顯著差異，設施內不同套袋處理之可溶性固形物均可達到15°Brix(表2)。

表2.設施內外不同套袋處理對果實品質之影響

	果實重量 (g)	果實長度 (mm)	果實寬度 (mm)	可溶性固形物 (°Brix)	酸度 (%)	炭疽病 罹病度(%)
不套袋	422.1±18.8	119.7±2.0	81.1±1.1	14.62±0.39	0.20±0.02	25%
網袋	399.2±26.4	118.3±3.1	80.1±2.3	15.40±0.40	0.22±0.03	17%
紙袋	434.8±17.4	121.4±1.6	83.2±1.4	14.91±0.40	0.23±0.02	10%
露天對照組	393.1±16.6	116.6±2.3	78.2±4.4	15.11±0.45	0.18±0.01	49%
LSD _{0.05}	57.10	6.51	7.53	1.16	0.06	

²Values were the means ± SE

- 4.4.2 果實外觀色澤：利用桌上型分光色差儀測定果實外觀色澤結果如表3，發現在各種套袋處理之L*、b*、C*、h值均無顯著差異，但設施內不套袋處理a*值顯著大於露天對照組，顯示設施內不套袋果實之果色偏紅，但於紅色面積比率則以露天較佳，若增加設施覆蓋資材的透光率或以反光材質增加反光，應可提升紅色面積比例，增進外觀品質。

表 3. 設施內外不同套袋處理對果實表面顏色之影響

	L*值	a*值	b*值	C*值	h 值	果皮顏色面積比例(%)		
						紅色	黃色	綠色
不套袋	48.8±1.0 ^z	24.6±0.5	36.6±1.6	44.9±1.2	54.6±1.7	23.0±6.0	64.8±6.4	12.2±3.1
網袋	51.0±1.1	22.4±0.6	37.1±1.5	43.9±1.2	57.9±1.6	17.1±5.2	67.9±7.0	15.3±5.2
紙袋	50.4±0.9	22.7±0.8	37.2±1.3	44.2±0.9	57.6±1.8	17.9±4.8	67.3±7.0	14.8±4.7
露天對照組	48.3±0.7	21.9±0.7	35.8±1.2	42.5±1.1	58.0±1.2	29.6±5.6	58.2±8.5	12.4±6.5
LSD _{0.05}	2.7	1.9	4.0	3.1	4.5	12.5	16.8	11.7

^zValues were the means ± SE

4.4.3 果實炭疽病發病情形：果實採收後於常溫下放置 7 天調查炭疽病發病情形(表 2)，露天罹病度為 49%，設施內不套袋、網袋與紙袋處理之罹病度分別為 25%、17%與 10%，顯示設施栽培將雨水隔絕在外，可以有效降低炭疽病潛伏感染及果實採收後之發病情形，對於果實商品價值與儲架壽命有極大的正面效益。

4.5 枝梢生育觀察：

設施內外之植株於 2016 年 7 月 20 日、8 月 5 日、及 8 月 20 日分三批次進行修剪，結果顯示設施內外枝梢生育差異不大，植株約於修剪後一週開始萌芽，7 月 20 日與 8 月 5 日修剪之植株生長第 1 次梢約需 35-45 天，第 2 次梢生長約需 25-35 天，第三次梢生長約需 20-30 天，梢次生長間隔約一週，第三次梢約於 11 月中下旬進入成熟，僅少數枝梢於冬季重新抽梢生長。於 8 月 20 日修剪之植株配合一般慣行栽培，較晚修剪時會留下較多之葉片數以幫助植株新梢生育成熟，故修剪後第 1 次及第 2 次枝梢生育所需時間均約 25-35 天，但於冬季時約有 10% - 60%枝梢重新抽梢生長，不利花芽分化。

五、結論

2016-2017 年於台南地區簡易設施種植愛文芒果試驗結果顯示，簡易設施具有保護作物、隔絕大型害蟲、降低病害、增加著果率等優點，但對於果實品質是否提升則於不同研究報告中有所差異，加上搭建設施所需之開銷與節省之農藥、套袋、人工成本是否能於芒果售價中取得平衡尚有待保留，因此芒果設施栽培如何達到經濟生產效益尚有努力空間，包含設施類型、資材運用、品種選擇、運用設施提昇果實品質、建立相關技術、評估成本與降低風險等均有待進一步研究探討，但隨著氣候變遷、農業勞力缺乏與食品安全日益提升等因素，設施栽培仍不失為一選擇方向。

六、參考文獻

1. 石憲宗、郝秀花、邱一中、林鳳琪、楊曼妙。2013。台灣產檬果害蟲(蟎)名錄修訂與附記。台灣昆蟲33:27-51。
2. 李雪如。2015。芒果網室栽培抗風又防病。高雄區農情月刊213:1。
3. 李錫山、溫宏治。1982。檬果薊馬類發生消長與危害調查及其防治試驗。植保會刊24:179-187。
4. 張明聰、黃杉芪、呂俊堅。1990。高架式塑膠布覆蓋對檬果生產之影響。台南區農業改良場研究彙報25:91-99。
5. 張哲璋、顏昌瑞、林慧玲、李國權。1994。簡易溫室覆蓋方式對愛文芒果產量果實品質及葉片礦物元素含量之影響。中國園藝40:43-59。
6. Akinaga, T. and R. Hasbullah. 2002. Mango production using plastic greenhouse in Okinawa. *Acta Hort.* 575: 745–749.
7. Fumuro, M. 2011. Effects of Leaf-Fruit Ratio on Yield and Fruit Quality in Mango cv. Aikou under Pot Culture. *Hort. Res. (Japan)* 10 (3): 383–388.
8. Mizuno, S., T. Yoshida, K. Kiyokawa and M. Sasaki. 2007. Pattern of visiting flowers and pollination efficiency of three kinds of bees on 'Irwin' mango fruits grown in plastic greenhouses. *Japan. J. Trop. Agric.* 51(3): 116-122.
9. Ogawa, K., H. Fukamachi and H. Kato. 2005. Evaluation of predominant carotenoid contents in domestic 'Irwin' mango cultivated in plastic greenhouses at different sites in Japan. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74(5): 414-416.