

## 花胡瓜簡易設施噴霧栽培

莊育姍<sup>1)</sup> 宋好<sup>2)</sup>

關鍵字：花胡瓜、噴霧、設施栽培、蒸氣壓差

**摘要：**於夏季簡易設施中栽培'沛綠'花胡瓜，正午 10 時至 14 時期間以 2 號噴頭噴霧 90 秒間歇 40 秒並配合黑色內遮陰網，可降低設施溫度 0.9°C 且不使相對濕度提升，並降低設施內蒸氣壓差，則可維持花胡瓜植株葉片較高之光合效能、增加葉片下表皮氣孔大小、植株乾重顯著增加，且產量較對照組高 436 g，顯示於噴霧栽培下可顯著促進夏季花胡瓜植株生長並提高產量。

### 前 言

花胡瓜 (*Cucumis sativus* L.) 為臺灣夏季主要栽培之果菜作物之一，現多選用高雌性且具單偽結果之品種於簡易設施進行栽培 (錢和蕭, 2016)。於臺灣夏季高溫易造成栽培設施內累積熱能，其中簡易設施因其先天密閉性不佳導致環控不易，多以通風扇進行降溫，降溫效果有限 (陳, 2012; 韓等, 2008)。設施高溫會使得植株蒸散速率過高造成根部吸水無法及時運送至地上部，而發生短暫性缺水現象，造成花胡瓜產生暫時性午間萎凋情形 (Reddy *et al.*, 2004)。因此，解決正午高溫問題花胡瓜夏季栽培過程之主要需克服問題。

為緩解設施高溫，除了通風扇與遮陰網兩者以直接方式進行空氣對流與熱阻隔，亦可藉由蒸發冷卻透過水吸熱後蒸發帶走熱能，其中水牆對設施密閉性需求較高且設備昂貴，噴霧冷卻法可適用於簡易設施內，於應用上須考量環境因子、噴頭直徑、裝設高度及時間長短，目前已有許多研究關於其對設施調控蒸氣壓差與降溫之成效，但主要針對塑膠或玻璃溫室，溫網室之噴霧降溫研究較少 (林等, 1997; Meca *et al.*, 2013; Montero *et al.*, 1990)。

本研究為解決夏季高溫對花胡瓜造成之影響，採用適合夏季設施栽培之耐熱型花胡瓜品種'沛綠'，藉由簡易設施噴霧栽培探討該降溫方式對花胡瓜生長之影響，以供採取簡易設施栽培之農民參考。

---

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

- (一) 供試驗品種：單偽結果品種'沛綠'(農友種苗公司)。
- (二) 栽培地點：中興大學蔬菜實習場之簡易塑膠溫網室。
- (三) 栽培日期：於 2017 年 6 月下旬至 8 月中旬。

### 二、栽培管理

- (一) 播種及育苗：將供試驗之花胡瓜種子以 50°C 溫湯浸種 10 min 後，置於常溫水中 2 hr，再播種於裝填添加珍珠石與黑泥炭成分的商用泥炭土 (Peltracom, 編號 VP1U306B-D5E6+W.A., 拉脫維亞) 之 72 格穴盤育苗。幼苗長出子葉後每三天施用一次 1000 倍之葉綠精 (內容物：硫酸銨、磷酸一銨、硝酸鉀、硫酸鎂，獅馬牌，王馬企業有限公司，臺灣) 澆灌於根部，育苗期間依照植物保護手冊適時防治病蟲害。
- (二) 定植管理：花胡瓜幼苗第 1 片本葉完全展開時移植至中興大學園藝學系蔬菜實習田間簡易塑膠溫網室內定植，以黑色塑膠籃 (籃長寬高 = 55 × 40 × 25 cm) 進行栽培，行株距 40 × 40 cm，每籃 4 株，每處理 6 重複，每重複 4 株。定植後以單蔓整枝，將主蔓纏繞於尼龍繩上，其餘側芽皆去除。於主蔓第 5 節開始進行留果，第 5 節以下花及側芽摘除，留主蔓果，每節最多留 2 果，其餘去除，主蔓生長至第 20 節進行摘心。
- (三) 灌溉管理：採用山崎氏胡瓜養液配方，每籃植株配置 3 個穩壓滴頭 (RAIN BIRD, MRBxB-20PC)，養液滴灌系統平均流量為每滴灌管口  $0.99 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ ，從 8 時至 14 時進行滴灌，每 30 min 啟動系統一次，每次灌溉時間為 90 sec。

### 二、處理及調查項目

- (一) 處理項目：於 10 時至 14 時進行，試驗設施隔間方式採用透明塑膠布自設施中間隔開，設施風向為由南朝北，因此對照組 (Control) 植株置於設施後方 (南方)，噴霧處理組 (FOG) 置於設施前方 (南方)。
  1. 噴霧組 (FOG)：於定植當天開始處理噴霧至定植後第 50 日結束，10 時啟動噴霧系統，以噴頭直徑 20  $\mu\text{m}$  之 2 號噴頭，噴霧方式為噴霧 90 秒間隔 40 秒，至 14 時停止。噴霧耗水量約為  $2.37 \text{ L} \cdot \text{hour}^{-1}$ ，並配合使用遮陰率 50% 之黑色內遮陰網，於陰雨天取消噴霧。
  2. 對照組 (Control)：栽培期間不噴霧、不遮陰。
- (二) 調查項目：
  1. 設施環境因子：以 HOBO Temperature/Relative Humidity Data Logger (Onset Computer Corporation, U.S.) 記錄設施內溫度及相對濕度變化情形。
  2. 植株性狀及果實性狀：於'沛綠'定植後第 20、35、50 天調查植株之株高、莖徑、節數、葉數、全株完全展開葉之 SPAD 讀值，及栽培期間調查始花日數、果實成熟日數、果實產量、果實數、不具商品價值之果實數 (畸形果數) 等，並測量每處理之每個收穫果實之可溶性固形物含量、硬度、果實乾重等。於定植後第 20、35、50 天每處理選取 8 株

調查植株鮮乾重及葉面積等，詳細調查方法如下：

- (1) 株高：定植後每 10 天調查一次，以塑膠捲尺由植株頂端的生長點或摘心處至植株基部第 1 節的長度 (cm)。
  - (2) 葉片數：調查完全展開之葉片數量 (葉數)，未完全展開之新葉不列入計算，調查時間間隔與株高相同。
  - (3) 節數：定植後每 10 天調查一次，自植株基部第 1 節 (子葉處) 計算至頂端生長點節數 (節)。
  - (4) 莖徑：以游標尺 (Mitutoyo, Japan) 測量植株第 1 節 (子葉節位) 上 1 cm 處之莖徑 (mm)。
  - (5) 葉片葉綠素含量：依試驗調查全株已展開葉片之葉綠素含量或者選取頂芽或摘心處向下數第 4 片完全展開葉，以可攜式葉綠素計 (portable chlorophyll meter, 型號 SPAD-502 Plus) 每片葉選取 2 點測量葉綠素相對含量 (SPAD readings)。
  - (6) 始花日數：定植至花胡瓜植株開花所需日數 (Days)。
  - (7) 果實成熟日數：雌花開放當日至果實成熟所需日數 (Days)。
  - (8) 植株地上部鮮乾重：將植株自第 1 節位 (子葉處) 剪下，將葉片、葉柄及莖分別剪下測量鮮重 (g)，再將植株置於 70°C 下烘乾至重量不再變化為止 (約 3 天)，所得的重量為其乾重 (g)。
  - (9) 葉面積：將相機 (Nikon, Coolpix P330, 日本) 固定於拍攝用之支架上，距離拍攝面固定為 50 cm，拍攝背景使用黑色絨布，並使其保持平整無摺痕，並在絨布上放置鐵尺做為計算比例基準，再將葉片平整置於絨布上，拍攝完成後，以 Image J 軟體計算葉面積 (cm<sup>2</sup>)。ImageJ 為以 Java 程式語言為基礎由美國國立衛生研究院 (National Institutes of Health) 開發的免費影像處理軟體。
  - (10) 果徑：測量果實赤道面 (果實中段) 之果徑 (mm)。
  - (11) 果腔徑：將果實以橫面剖開，測量赤道面果實果腔徑 (mm)。
  - (12) 果實乾重：將測定完果實性狀後之果實放置於 70°C 烘箱 3 至 5 天，待重量不再變化時測定果實乾重 (g)。
  - (13) 單果重：果實達採收標準後，採收之果實重量 (g)。
  - (14) 單株產量：每處理每株收穫果實的平均總重 (g)。
  - (15) 單株果數：每處理每株收穫果實的平均總數 (果)。
  - (16) 單株畸形果數：每處理每株收穫果實中不具商品價值之果實數。
  - (17) 果實總可溶性固形物含量 (TSS)：取成熟果實以刀子均切成三段，再從三段果實切口擠出果汁，混和三段果實之果汁後以手持式糖度計 (PR-101, ATAGO) 測量 TSS (°Brix)。
  - (18) 果實硬度：於果實赤道面以果實硬度計 (Italtest / FT 327, 義大利) 使用直徑 8 mm 金屬探測頭測定果實硬度 (Kg·mm<sup>-2</sup>)。
4. 葉綠素螢光：於植株定植後第 20、35、50 天於噴霧結束後 1 hr 進行測定，以鋁箔紙包覆葉片進行暗適應 30 min 後，以攜帶式葉綠素螢光分析儀 (portable chlorophyll

- fluorometer, MiNi-PAM, Walz, Germany)進行暗適應下葉綠素螢光測定，先以  $6000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  紅色閃爍光，測定  $F_0$ ，再以相同光量子通量密度 (Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD)之飽和白光測定  $F_m$ ，經由儀器系統換算兩者差值  $F_v$ ，計算得葉綠素螢光參數  $F_v/F_m$ 。每植株選取頂芽或摘心處向下數第 4 片完全展開成熟葉測定。
5. 氣孔密度 (stomatal density)：於植株定植後第 20 及 35 天每處理選取 8 株植株，取頂芽或摘心處向下數第 4 片完全展開之成熟葉，並隨機選取葉片上 4 至 5 處，避開葉脈，以透明指甲油輕輕塗抹於葉背，待指甲油乾燥後小心取下葉片下表皮，以光學顯微鏡 (Leica, 型號：020-519.010)目鏡 10 倍、接物鏡 N.A 值 0.65 與 40 倍下觀察葉片下表皮氣孔數並拍照記錄，再以 Image J 軟體計算每視野下的氣孔長、寬及氣孔數後再換算為每平方毫米之氣孔個數 (個/mm<sup>2</sup>)。
  6. 相對生長速率 (Relative growth rate, RGR)：方法參考 Hunt (1978)，於定植後第 20、35、50 天進行植株破壞性調查，每處理取 8 株，調查植株乾重。  
計算公式為  $RGR = (\ln W_2 - \ln W_1)/(t_2 - t_1)$ ； $W_2$  是本次測量的植株乾重， $W_1$  為前次測量的植株乾重； $t_2 - t_1$  為兩次測量時間間隔，為 15 天。
  7. 葉面積比 (Leaf area ratio, LAR)與比葉面積 (Specific leaf area, SLA)：於'沛綠'植株定植後第 20、35 及 50 天進行計算，計算公式分別為  $LAR = \text{葉面積}/\text{植株地上部乾重}$ ； $SLA = \text{葉面積}/\text{葉片乾重}$ 。
  8. 葉片相對含水量 (Leaf relative water content, LRWC)：方法參考 Weatherley (1950)於'沛綠'植株定植後第 35 及 50 日正午，每處理選取 8 株植株之自頂芽或摘心處向下數第 5 片完全展開之成熟葉，完全去除葉柄，以塑膠夾鏈袋密封帶回實驗室測量鮮重 (FW)，使葉片漂浮於去離子水 (Deionized water, DI water)中 3 hr，使葉片充分吸收水分後，取出葉片擦去葉表多餘水分後測量飽和重 (TW)，再將葉片放入 70°C 烘箱中烘乾 24 hr，測量乾重 (DW)， $RWC = [(FW - DW)/(TW - DW)] \times 100\%$ 。
- (三) 統計分析：試驗採完全隨機試驗設計 (Completely randomized design, CRD)，數據採用 SAS 套裝軟體 9.4 版 (SAS. Institute, Cary NC)中之 Proc T-Test 進行分析 ( $\alpha = 0.05$ )。

## 結 果

### 一、夏季簡易設施'沛綠'花胡瓜之噴霧栽培

'沛綠'花胡瓜試驗期間設施平均溫度日變化 (圖 1)，自上午 5 時至 13 時兩處理之溫度皆呈上升，自 14 時溫度開始下降。兩處理之溫差於上午 5 時至 10 時約介於 0.3 至 0.5°C 之間，10 時啟動噴霧後，噴霧處理組之溫度於 11 時為 35.8°C，對照組為 36.9°C，溫差近 1°C，12 時之溫差為 0.8°C，13 時溫差為 1°C，14 時噴霧結束溫差為 0.7°C，於正午 10 時至 14 時期間，噴霧處理組之平均溫度較對照組低 0.9°C，對照組之均溫為 37.16°C，噴霧處理組為 36.36°C，且於噴霧結束後，15 時之溫差達最大為 2.4°C，16 時溫差為 0.7°C，17

時為 1.2°C，18 時為 0.4°C。試驗期間設施相對濕度自上午 5 時開始逐漸降低，至上午 10 時對照組之相對濕度為 61.5%，噴霧處理組為 61.4%，經過噴霧處理後，至 14 時噴霧處理組之相對濕度為 60.8%，對照組為 61.9%，於噴霧期間兩處理間相對濕度無太大差異，皆介於 0.1 至 1.1% 間，對照組之平均相對濕度為 60.34%，噴霧處理組為 60.78%，自 16 時起，對照組之相對濕度皆高於噴霧處理組，可知於 6 月下旬至 8 月中旬進行噴霧處理不會影響設施內相對濕度。

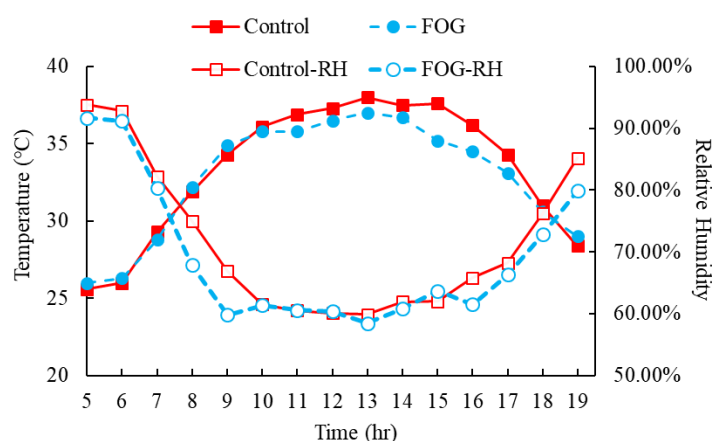


圖 1. 花胡瓜'沛綠'噴霧試驗期間設施之平均溫度日變化及平均相對濕度日變化。

Fig. 1. Effects of fogging treatment on daily air temperature and relative humidity in a net house.

註：Control 為對照組；FOG 為噴霧處理，於 2017 年 6 月下旬至 8 月中旬進行。

## 二、夏季簡易設施花胡瓜噴霧栽培下之植株營養生長情形

噴霧試驗中'沛綠'花胡瓜全株葉片 SPAD 讀值 (圖 2)，於定植後第 20、35 及 50 天，皆以噴霧處理組較高，但無顯著差異，於定植後第 20 天，對照組及噴霧處理組之 SPAD 讀值分別為 40.58 及 43.28，第 30 日之讀值兩者皆有下降情形，分別為 39.70 及 40.4，第 50 日之讀值亦有下降情形，分別為 35.30 及 37.03，兩者自定植後第 20 日至第 50 日之讀值皆呈逐漸下降趨勢。

影響植株乾物重累積與光合作用能力密切相關，噴霧試驗下對'沛綠'植株第 4 片成熟葉之 PS II 最大螢光值 (Fv/Fm) 之影響 (表 1)，結果顯示於定植後第 20 日以噴霧處理組 (FOG) 0.820 之值較對照組 (Control) 0.809 之值顯著為高，而至第 35 日，噴霧處理組之 Fv/Fm 之值為 0.797，亦顯著高於對照組之 Fv/Fm 之值 0.763，至定植後第 50 日，噴霧處理組之 Fv/Fm 值顯著高於對照組 0.099，可知於噴霧處理下 PS II 維持較高之光合效能。

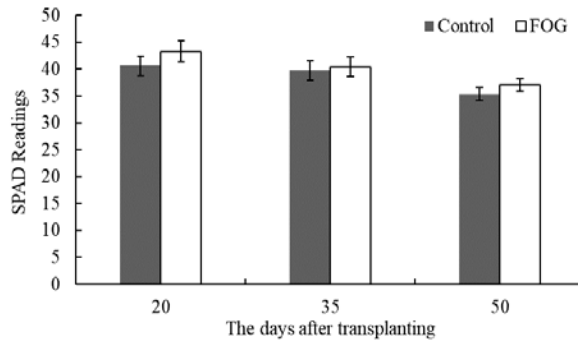


圖 2. '沛綠'花胡瓜於噴霧處理(FOG)下全株葉片 SPAD 讀值。

Fig. 2. The mean of SPAD readings of cucumber leaves under fogging treatment. Vertical bars represent  $\pm$  SE (n = 3).

表 1. 噴霧處理(FOG)對'沛綠'植株葉片暗適應下 PSII 光化學最高量子效率(Fv/Fm)之影響。

Table 2. Effect of fogging treatment (FOG) on the maximum quantum efficiency (Fv/Fm) of photosystem II under dark adaptation of cucumber plants.

	20 days	35 days	50 days
	Fv/Fm		
Control	0.809 $\pm$ 0.001	0.763 $\pm$ 0.007	0.676 $\pm$ 0.013
FOG	0.820 $\pm$ 0.003	0.797 $\pm$ 0.003	0.775 $\pm$ 0.008
<i>P</i> <sup>z</sup>	***	***	***

<sup>z</sup>*P* from t-test : ns, \*, \*\*, \*\*\* representing non-significant, significant at  $P < 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively. Each data is the Mean  $\pm$  SE.

氣孔密度亦可作為了解葉片光合能力的指標之一，於定植後第 20 日觀察第 4 片成熟葉之氣孔 (表 2)，噴霧處理組之氣孔長度顯著高於對照組，噴霧處理組之氣孔長度為 23.7  $\mu\text{m}$ ，對照組則為 20.8  $\mu\text{m}$ ，寬度兩者無顯著差異，噴霧處理組之氣孔密度為 888 個/ $\text{mm}^2$ ，顯著高於對照組，至定植後第 35 日，噴霧處理組之氣孔長度及寬度皆顯著較高，顯示其氣孔尺寸變大，但氣孔密度至定植後第 35 日於兩處理間無顯著差異，且噴霧處理組之氣孔密度較定植後第 20 日低。由氣孔觀察結果可知噴霧處理可增加氣孔大小 (圖 3)。

表 2. 噴霧處理 (FOG) 第 20、35 天之'沛綠'葉片氣孔大小及氣孔密度。

Table 2. Stomatal size and stomatal density of cucumber leaves on the 20<sup>th</sup> and 35<sup>th</sup> day after fogging treatment (FOG).

Treatment		Length ( $\mu\text{m}$ )	Width ( $\mu\text{m}$ )	Stomatal density (No./mm <sup>2</sup> )
20 days	Control	20.8 $\pm$ 0.8	13.2 $\pm$ 0.9	629 $\pm$ 16
	FOG	23.7 $\pm$ 0.4	15.8 $\pm$ 0.6	884 $\pm$ 17
	<i>P</i> <sup>z</sup>	*	ns	***
35 days	Control	26.3 $\pm$ 0.7	15.9 $\pm$ 0.3	561 $\pm$ 17
	FOG	30.2 $\pm$ 0.8	18.0 $\pm$ 0.6	493 $\pm$ 17
	<i>P</i> <sup>z</sup>	*	*	ns

<sup>z</sup>*P* from t-test : ns, \*, \*\*, \*\*\* representing non-significant, significant at  $P < 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively. Each data is the Mean  $\pm$  SE.

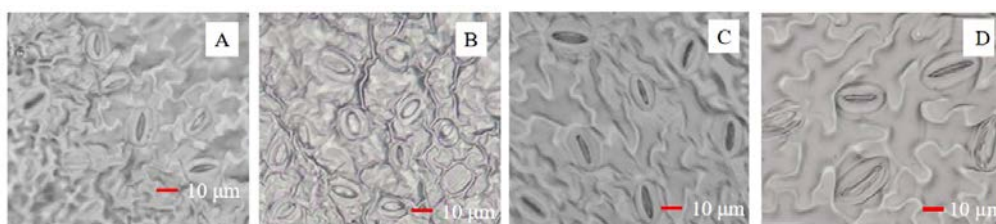


圖 3. 以光學顯微鏡放大 400 倍下觀察噴霧處理對定植後第 20 天 (A: Control、B: 噴霧處理) 及第 35 天 (C: Control、D: 噴霧處理)'沛綠'花胡瓜葉片下表皮氣孔的影響。

Fig. 3. Optical microscopy images (400-x) of cucumbers 'Pei-Lui' stomata on the 20<sup>th</sup> growth day of (A) Control and (B) Fogging treatment and the 35<sup>th</sup> growth day of (C) Control and (D) Fogging treatment.

於定植後第 20 天，以噴霧處理組之 LAR 與 SLA 偏高，但無顯著差異，定植後第 35 天，噴霧處理組之 LAR 及 SLA 皆顯著高於對照組，噴霧處理組之 LAR 為 369.2 cm<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>，為對照組的 1.3 倍，SLA 之值於噴霧處理組為 580.5 cm<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>，亦為對照組之 1.3 倍。至第 50 天，LAR 及 SLA 雖然以噴霧處理組較高，但無顯著差異。定植後第 20 日至第 35 日之 RGR，噴霧處理組略高，但兩者無顯著差異。定植後第 35 日至第 50 日之 RGR 以噴霧處理組顯著較高，為 0.0168 g·d<sup>-1</sup>，可知於噴霧下植株葉片老化情形較不嚴重。噴霧處理組於定植後第 35 或 50 天之正午葉片相對含水量皆顯著高於對照組，對照組之葉片相對含水量隨時間增加而下降，於定植後第 35 天為 76.8%，但至第 50 日則下降至 70.9% (表 3)。

表 3. '沛綠'花胡瓜於定植後第 20、35 及 50 天之葉面積比 (LAR)與比葉面積 (SLA)、20 至 35、35 至 50 天之相對生長速率 (RGR)及第 35 及 50 天之葉片相對含水量 (LRWC)。

Table 3. The effect of leaf area ratio (LAR) and specific leaf area (SLA) on cucumber 'Pei-Lui' on the 20<sup>th</sup>, 35<sup>th</sup> and 50<sup>th</sup> growth day, the relative growth rate (RGR) of 20<sup>th</sup> to 35<sup>th</sup>, 35<sup>th</sup> to 50<sup>th</sup> growth days, and leaf relative water content (LRWC) of the 35<sup>th</sup> and 50<sup>th</sup> growth day.

	Days after transplanting	20 days	35 days (cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	50 days
LAR	Control	327.1 ± 15.6	282.0 ± 8.7	175.25 ± 9.1
	FOG	361.5 ± 12.7	369.2 ± 20.6	180.49 ± 16.6
	<i>P</i> <sup>z</sup>	ns	**	ns
SLA	Control	482.1 ± 23.6	440.33 ± 20.9	266.59 ± 13.4
	FOG	532.7 ± 34.9	580.47 ± 34.9	275.22 ± 26.2
	<i>P</i> <sup>z</sup>	ns	*	ns
RGR	Control	-	0.0259 ± 0.0039	-0.0165 ± 0.0030
	FOG	-	0.0299 ± 0.0083	0.0168 ± 0.0070
	<i>P</i> <sup>z</sup>	-	ns	**
LRWC	Control	-	76.8% ± 0.8%	70.9% ± 0.9%
	FOG	-	81.2% ± 0.8%	81.5% ± 1.6%
	<i>P</i> <sup>z</sup>	-	**	***

<sup>z</sup>*P* from t-test : ns, \*, \*\*, \*\*\* representing non-significant, significant at *P* < 0.05, 0.01, 0.001, respectively. Each data is the Mean ± SE.

生長至第 50 日之'沛綠'植株營養生長表現 (表 4)，於莖徑以噴霧處理組之 11.47 mm 顯著高於對照組 2.12 mm，全株葉面積、地上部鮮重及乾重皆以噴霧處理組顯著高於對照組。對照組株高顯著較佳，較噴霧處理組高 13.4 cm，葉片數兩處理間無顯著差異。



表 4. 噴霧處理第 50 天'沛綠'花胡瓜植株營養生長情形。

Table 4. The effect of fogging treatment on vegetative growth of cucumber 'Pei-Lui'.

Treatment	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Leaves (leaves)	Plant fresh weight (g/plant)	Plant dry weight (g/plant)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /plant)
Control	9.35 ± 0.37	149.9 ± 1.6	17	282.5 ± 9.2	25.1 ± 0.6	4393.4 ± 156.5
FOG	11.47 ± 0.65	136.5 ± 2.9	17	428.2 ± 23.7	48.5 ± 3.1	8746.4 ± 243.7
<i>P</i> <sup>z</sup>	*	**	ns	**	***	***

<sup>z</sup>*P* from t-test : ns, \*, \*\*, \*\*\* representing non-significant, significant at *P* < 0.05, 0.01, 0.001, respectively. Each data is the Mean ± SE.

### 三、夏季簡易設施花胡瓜噴霧栽培下之植株產量及果實品質

'沛綠'單株果實數以噴霧處理組 14 個/株顯著高於對照組，每株較對照組多了 3 個果實，果實單果重於兩處理間無顯著差異，噴霧處理組之每株產量顯著高於對照組 436 g，畸形果數、果實成熟日數及始花天數無顯著差異 (表 5)。果徑、果腔果徑、果實乾重及可溶性固形物含量 (TSS)處理間無顯著差異，硬度以對照組顯著較高，於噴霧處理下會顯著增加'沛綠'花胡瓜產量，雖不影響果實可溶性固形物含量，但會顯著降低果實硬度 (表 6)。

表 5. 噴霧處理之'沛綠'花胡瓜植株果實產量。

Table 5. The effect of fogging treatment on fruit production of cucumber 'Pei-Lui'.

Treatment	Fruit numbers (fruits/plant)	Fruit weight (g/fruit)	Non-economic fruit numbers (fruits/plant)	Yield (g/plant)	Fruit mature days (days)	Initial female flowering period days (days)
Control	11 ± 2	122.2 ± 5.2	2	1344 ± 285	7	18
FOG	14 ± 3	127.1 ± 7.2	2	1780 ± 381	7	18
<i>P</i> <sup>z</sup>	***	ns	ns	***	ns	ns

<sup>z</sup>*P* from t-test : ns, \*, \*\*, \*\*\* representing non-significant, significant at *P* < 0.05, 0.01, 0.001, respectively. Each data is the Mean ± SE.

表 6. 噴霧處理之'沛綠'花胡瓜果實性狀。

Table 8. The effect of fogging treatment on fruit qualities of cucumber 'Pei-Lui'.

Treatment	Fruit width (mm)	Width of fruit cavity (mm)	Fruit dry weight (g / fruit)	TSS (°Brix)	Firmness (Kg·mm <sup>-2</sup> )
Control	36.4	22.8	3.0	3.3 ± 0.1	0.1095 ± 0.0039
FOG	36.3	23.3	3.2	3.4 ± 0.1	0.0933 ± 0.0058
<i>P</i> <sup>z</sup>	ns	ns	ns	ns	*

<sup>z</sup>*P* from t-test : ns, \*, \*\*, \*\*\* representing non-significant, significant at  $P < 0.05$ , 0.01, 0.001, respectively. Each data is the Mean ± SE.

## 討 論

簡易設施為臺灣目前蔬菜栽培上使用較為廣泛的設施。在設施條件限制下，噴霧設備降溫相較於其他蒸發冷卻法較為適合，且其設備相對便宜及易安裝 (李等, 2006)，本試驗採用噴霧90秒間歇40秒並配合內遮陰網之降溫方式，為預試驗處理後所得較佳之方式。

胡瓜於正午期間常因高溫造成蒸散速率大於根部吸水速度，使得正午期間有短暫的缺水 (午間萎凋) 情形發生 (Janoudi *et al.*, 1993)。「沛綠」花胡瓜於6月下旬至8月中旬進行噴霧栽培試驗，於栽培期間正午期間10:00-14:00，噴霧處理組降溫約0.9°C，設施相對濕度與對照組之差僅介於0.1% - 1.1% (圖1)。相對濕度應用於作物栽培管理時，於溫度變化小的環境較為適用，但因本試驗之設施為半開放式，外界空氣可流通於設施中，運用蒸氣壓差 (VPD) 計算，將濕度變化加入溫度作為考量因子，較適合作為作物栽培參考指標 (張, 2012)。雖然於噴霧處理組於正午期間之相對濕度與對照組之差甚小，本試驗以瑞士Rotronic公司之線上軟體 (網址：<https://ppt.cc/fnDOZx>) 將環境參數換算為蒸氣壓差 (VPD)，以當下溫度、相對濕度及海拔等環境因子，計算出飽和蒸汽壓後，扣除當下環境之蒸氣壓，可得VPD。結果顯示於栽培期間之噴霧處理下，設施之VPD皆低於對照組，對照組之VPD介於2.7-2.3 kPa間，噴霧處理組則介於2.6-2.2之間，於噴霧啟動後1 hr (11:00)，VPD之差異達最大，噴霧處理組之VPD較對照組低0.2 kPa，Lu等人 (2015)於2014年6月至9月間進行番茄溫室栽培噴霧試驗，其噴霧設備距離地表3 m，且與本試驗相同以塑膠薄膜將設施分為兩間相同大小之隔間區隔對照組與噴霧處理組，其設定當VPD大於0.5 kPa時啟動噴霧系統，結果顯示其試驗期間噴霧處理組有較低的VPD，尤其於正午時期，可使VPD從1.4 kPa降至0.8 kPa，而因其兩處理皆是藉由溫室天窗調節空氣，亦屬半開放式設施，因此兩個處理組的設施溫度相似，本試驗結果亦與其結果相同，但因設備限制，無根據VPD啟動噴霧系統之設備，

因此僅以固定時段 (10:00-14:00)進行噴霧，但本試驗結果亦顯示噴霧90秒間歇40秒並配合內遮陰處理於溫網室栽培下可降低栽培期之正午溫度及蒸氣壓差，可供作有環控設備限制之農民參考。

'沛綠'花胡瓜於噴霧處理下對葉片SPAD讀值無顯著影響 (圖2)，前人於水稻研究中顯示當葉肉細胞之葉綠素含量較高時，對於光能的吸收更佳，且葉綠素含量與光合效率具正相關性 (Wang *et al.*, 2008)。雖然本試驗中之噴霧處理可提高葉片SPAD讀值，但無顯著差異，因此為更進一步了解在噴霧處理下對花胡瓜植株光合作用能力之影響，本試驗亦測定噴霧後1 hr，經暗適應下之PSII光化學最高量子效率 (Fv/Fm) (表1)，葉綠素螢光可作為植株對環境耐受性的依據，作物在高溫下會使Fv/Fm下降，即降低PSII光化學效率，並降低RuBP (Ribulose-1,5-bisphosphate)再生力，進而影響光合作用進行 (劉，2012)。本試驗結果顯示'沛綠'花胡瓜於噴霧處理下，於定植後第20、35、50天之葉綠素螢光參數Fv/Fm皆顯著高於對照組，可知於噴霧處理下對花胡瓜植株之光合作用能力有提升之效果。陳 (2007)於夏季設施中對文心蘭進行噴霧降溫，於12:30及14:30時可使光合作用速率提高，減緩文心蘭光合午休情形，本試驗與其試驗結果相似，於噴霧處理下皆可維持植株較高光合效能。

氣孔為氣體及水分進出的重要通道 (Oukarroum *et al.*, 2007)，為影響光合作用進行重要的因子之一，'沛綠'花胡瓜在噴霧處理下於定植後第20及35天皆可顯著提高植株葉片氣孔大小，氣孔之長度及寬度皆顯著大於對照組 (表2)。Bakker (1991)於具150  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (PAR)人工光源之溫室栽培胡瓜，控制環境之VPD為0.2 kPa及1 kPa，其結果顯示於三片本葉定植後四週之胡瓜氣孔長度以0.2 kPa之處理顯著高於1 kPa之處理，分別為16.1及11.9  $\mu\text{m}$ ，於氣孔寬度則無顯著差異。本試驗之噴霧處理組之栽培環境具較低之VPD，氣孔長度之變化與其結果相同，但本試驗之氣孔寬度亦有增加情形，可能因本試驗環境光照與該學者之試驗環境之差異所致。於氣孔密度方面，本試驗於噴霧處理下之氣孔密度於定植後第20天顯著高於對照組，至定植後第35天則與對照組無顯著差異，但其密度下降至493  $\text{mm}^{-2}$  (表2)。Malone等人 (1993)指出氣孔密度並非不會變動的，且氣孔密度與水分利用效率 (以下稱WUE)存在正相關性，於噴霧處理下花胡瓜植株自定植後第20天可能有提高其植株之WUE，因其氣孔密度有上升情形。此外，Janoudi等人 (1993)於設施栽培胡瓜並施以充分灌溉時發現當葉片與設施間之VPD增加且高於1 kPa時，植株以碳利用效率為基準計算之水分利用效率(WUE)會隨著VPD的增加而下降。本試驗於正午測量第5片本葉之相對含水量以噴霧處理組顯著高於對照組，因此可知於噴霧處理下可提高葉片之含水量亦有可能藉由降低其設施中之VPD進而提高其WUE。

生長指數 (Growth index)可了解不同處理下對植株生長的影響，葉面積比 (LAR)為單位面積下植株葉片茂密程度的生長型態指數，可了解光合作用及呼吸作用之收入 (income)及支出 (expenditure)的關係，比葉面積 (SLA)則用以了解葉片的厚度 (范和陳，2002)。「沛綠」花胡瓜定植後第35天之LAR及SLA以噴霧處理組顯著較高(表3)，有研究顯示當植株處於低VPD的生長環境下，LAR有增加的情形，因這些主要行光合作用部位的增加，可能進

而促進植株的營養生長 (Ball *et al.*, 1997)。噴霧處理組之RGR於20-35天無顯著差異，但35-50天之RGR顯著高於對照組，推測因葉片光合能力較佳，尚可應付植株養分需求，而使其減緩老化情形，對照組則因植株老化情形較嚴重，使RGR呈現負值。Lu等人 (2015)於設施中進行番茄噴霧栽培試驗，其結果亦顯示於噴霧處理下可促進植株營養生長，且其RGR顯著高於對照組，與本試驗結果相似。

惟噴霧處理後果實硬度降低，可能因噴霧處理使得果實水分含量較高，而造成其果實硬度有下降情形，但不影響可溶性固形物含量 (表6)。總體而言，花胡瓜為對缺水敏感之蔬菜作物，本研究以噴霧系統可緩解設施正午高溫問題。以2號噴頭噴霧90秒間歇40秒配合內遮陰進行花胡瓜噴霧栽培，維持葉片光合效能及減緩植株老化，並促進產量。

## 參 考 文 獻

- 山崎肯哉。1982。養液栽培全篇。博友社。日本。
- 李聲謙、張金元、李文汕、黃裕益。2006。應用相異控制策略對溫室內噴霧降溫效能影響之探討。中華農業機械期刊15(4): 23-38。
- 范貴珠、陳心怡。2002。土壤鹽度對繖楊苗木生長，水分狀態及葉綠素濃度之影響。林業研究季刊。國立中興大學農業暨自然資源學院實驗林管理處 出版 24(4): 57-72。
- 張雅惠。2012。溫室內微氣候梯度對作物蒸散量之影響。國立中興大學生物產業機電工程學系所學位論文。臺中。臺灣。pp. 1-64。
- 陳筱薇。2007。環境因數對文心蘭光合作用之影響。國立臺灣大學園藝學系碩士論文。臺灣：臺北。pp. 46-70。
- 劉敏莉。2012。葉綠素螢光在作物耐熱性篩選之應用。高雄區農業改良場研究彙報21(1): 1-15。
- Bakker, J. C. 1991. Effects of humidity on stomatal density and its relation to leaf conductance. *Sci. Hortic.* 48: 205- 212.
- Ball, M., M. Cochrane, and H. Rawson. 1997. Growth and water use of the mangroves *Rhizophora apiculata* and *R. stylosa* in response to salinity and humidity under ambient and elevated concentrations of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Plant Cell Environ.* 20:1158-1166.
- Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. The Institute of Biology's Studies in Biology. No. 96. Edward Arnold, London. pp. 8-16.
- Janoudi, A. K., I. E. Widders, and J. A. Flore. 1993. Water deficits and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber (*Cucumis sativus*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 366-370.
- Lu, N., T. Nukaya, T. Kamimura, D. Zhang, I. Kurimoto, M. Takagaki, T. Maruo, T. Kozai, and

- W. Yamori. 2015. Control of vapor pressure deficit (VPD) in greenhouse enhanced tomato growth and productivity during the winter season. *Sci. Hortic.* 197: 17-23.
- Malone, S. R., H.S. Mayeux, H. B. Johnson, and H.W. Polley. 1993. Stomatal density and aperture length in four plant species grown across a subambient CO<sub>2</sub> gradient. *Am. J. Bot.* 80: 1413-1418.
- Oukarroum, A., G. Schansker, and R. J. Strasser. 2007. Probing the responses of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) by chlorophyll a fluorescence OJIP under drought stress and re-watering. *J. Exp. Bot.* 336: 1199-1206.
- Reddy, A. R., K. V. Chaitanya, and M. Vivekanandan, 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol.* 161: 1189-1202.
- Wang, F., G. Wang, X. Li, J. Huang, and J. Zheng. 2008. Heredity, physiology and mapping of a chlorophyll content gene of rice (*Oryza sativa* L.). *J. Plant Physiol.* 165: 324-330.

## Study on the Fogging System in Net House Cultivation of Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Yu-Shan Chuang<sup>1)</sup> Yu Sung<sup>2)</sup>

Key words: Cucumber, Fogging system, Facility cultivation, Vapor pressure deficit

### Summary

In order to solve the cultivation of cucumbers (*Cucumis sativus* L.) related to the high temperature in summer, this study selected heat-tolerant cucumber 'Pei-Lui' (*Cucumis sativus* L.) cultivated in net house. The results showed that fogging with a spray duration of 90 secs and interval for 40 secs and shading benefitted this cultivar during noon. The treatment reduced temperature about 0.9°C, and lowered the vapor pressure deficit (VPD) in the net house, also augmented the photosynthetic capacity, stomata size and dry mass, and increased the yield by 436 g over that of the control.

---

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.