

提升夏季設施小果番茄生產效率之研究¹

許涵鈞、劉依昌、楊藹華²

摘 要

許涵鈞、劉依昌、楊藹華。2018。提升夏季設施小果番茄生產效率之研究。臺南區農業改良場研究彙報 72：32-40。

本研究探討利用遮陰、地表覆蓋及不同內循環風扇改善簡易設施內小果番茄生長環境，提高夏季設施小果番茄之產量與品質。研究結果顯示內遮陰對於設施內降溫效果並不明顯，在無內遮陰處理下，設施內溫度於七月份最高達可達 46.4°C。在綠色遮陰網配合白色地表覆蓋能提高產量 40%，以綠色遮陰網配合地表無覆蓋提高產量 30%，銀色遮陰網配合地表白色覆蓋提高產量 34%。糖度表現則以綠色遮陰網配合白色地表覆蓋 (7.2 °Brix) 及銀色遮陰網配合地表白色覆蓋 (7.4 °Brix) 明顯優於對照組 (6.5 °Brix)。評估垂直型內循環風扇於小果番茄生產之利用，結果顯示溫室內微氣候與慣行水平方向內循環風扇無顯著差異，但著果率顯著高於慣行內循環風扇約 19%。

現有技術：臺灣設施小果番茄栽培面積約有 800 公頃，以簡易防雨塑膠布搭配側捲揚為主，高溫期設施內積熱無法有效排除，為設施小果番茄生產主要瓶頸。

創新內容：本研究評估設施內遮陰及地面覆蓋對小果番茄夏季栽培之影響，結果顯示遮陰配合地面覆蓋有助提高產量與品質。評估垂直型通風扇於小果番茄設施栽培之應用，結果顯示對設施內微氣候無影響。

對產業影響：配合適當栽培管理，期能推廣於農民使用，以達延長產期增加收益之目的。

關鍵字：小果番茄、循環風扇、遮陰、地面覆蓋、簡易設施

接受日期：2018 年 10 月 8 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 493 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場助理研究員、助理研究員及研究員兼課長。712 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

番茄 (*Solanum lycopersicum*) 為世界上重要果菜之一；依據農業統計年報顯示，臺灣地區 106 年栽培面積約為 4,452 公頃⁽⁹⁾，其中設施栽培面積逾 800 公頃，主要集中在嘉義縣及雲林縣等地。番茄適宜的生長溫度為日溫 21 ~ 26°C 間、夜溫 15 ~ 20°C 間，若溫度低於 10°C 或是平均日溫高於 35°C 及夜溫高於 25°C 時會影響著果，且植株生育不良⁽⁴⁾。因此臺灣小果番茄主要種植期集中於 9 ~ 12 月，採收期則集中於 11 月至翌年 4 月，若欲於夏季栽培則需要選擇耐熱品種種植。

穩定產量與品質，為果菜類蔬菜生產之目標，因此利用設施栽培以達此目標，加上政府政策輔導與補助，近年設施面積快速增加。設施雖能減少雨水及蟲害影響，但臺灣夏季高溫，溫室內的熱量無法以長波輻射和自然通風的方式排出，形成不利作物生長的高溫環境，為設施栽培在臺灣推廣應用的限制因子之一⁽⁸⁾，如何排除溫室內的熱量，在臺灣高溫環境下愈顯得重要。

設施降溫方式包括有通風（側窗及天窗）、蒸發冷卻及冷氣機等，或配合遮陰、屋頂流水或噴霧及地面加溼等輔助方法^(8,18)，而利用冷氣機降溫雖然可以有效的降低氣溫，但所需成本過高。利用自然通風或強制通風的方式，理論上並無法將溫室內溫度降到比戶外氣溫低⁽⁸⁾。臺灣地處於亞熱帶地區，果菜類栽培設施以通風良好之塑膠防雨網室搭配側捲揚為主，利用遮陰與內循環風扇為普遍應用於改善設施內作物生長環境。遮陰網能阻隔部分進入溫室的陽光，有效降低進入溫室太陽輻射的強度，進而降低內部氣溫及地表溫度，對於作物根系生長及作物生長發育有利，有效改善和提高作物光合作用效率^(12,13,16)。內循環風扇主要用途在增加溫室內空氣擾動，可以減少葉片之邊界層，進而減少氣孔的傳遞阻力，增進作物光合作用時所需的二氧化碳之交換效率，相對的也有助於蒸散作用的進行，進而達到降低葉片溫度的效果^(5,11)。

番茄開花期花粉、子房及柱頭發育易受溫度影響產生障礙甚至影響光合產物的輸送與分配，進而造成著果率下降、種子數目減少、果實品質及產量降低等影響⁽⁴⁾。因此在高溫期栽培除了選擇適當的耐熱品種外，設施內環境的改善，可減緩作物生長過程中遭受高溫障礙。因此本研究主要目的在討不同遮陰網對於溫室小果番茄生長之影響，以及不同方式循環風扇對於夏季設施小番茄生產之影響。

材料及方法

一、建立夏季遮陰降溫模式

- (一) 試驗材料：小果番茄「臺南亞蔬 19 號」
- (二) 試驗地點：臺南市新化區
- (三) 試驗處理：於一般捲揚式塑膠布防雨網室內，溫室面寬 7.3 公尺、長 42 公尺、簷高 2.5 公尺。上方分別以固定式透光率 60% 銀色遮陰網及 16 目綠色尼龍紗網披覆為遮陰處理，以未披覆遮陰網作為對照組。地面則以白色雜草抑制蓆為處理，並以未覆蓋為對照組，上、下進行組合，共計六種處理，每處理 3 重覆，每重覆為 24 植株，採完全隨機設計。處理組合如下：

1. 無遮陰網配合地表無覆蓋 (CK)
2. 無遮陰網配合地表覆蓋白色雜草抑制蓆 (U + W)
3. 綠色紗網遮陰配合地表無覆蓋 (G + U)
4. 綠色紗網遮陰配合地表覆蓋白色雜草抑制蓆 (G + W)
5. 銀色遮陰網配合地表無覆蓋 (S + U)
6. 銀色遮陰網配合地表覆蓋白色雜草抑制蓆 (S + W)

(四) 栽培管理：種子播於 104 格穴盤，育苗 3 週後定植於試驗溫室中，定期除去側芽及老化葉片。以養液土耕方式栽培，並依照植株生長及氣候條件灌溉。

二、評估不同內循環風扇於設施番茄生長之影響

(一) 試驗材料：小果番茄「臺南亞蔬 19 號」

(二) 試驗地點：臺南市新化區

(三) 試驗處理：參試溫室為一般捲揚式塑膠布防雨網室，溫室面寬 7.3 公尺、長 42 公尺、簷高 2.5 公尺。分別於兩棟同規格溫室內裝設內循環風扇及垂直室內循環風扇。內循環風扇架設 2 臺，交錯裝置並對向送風；風扇直徑為 55 公分，1/4 馬力，通風量為 7,100 m³/hr。垂直風扇選用 Multifan[®] V-Flo Fan，等距裝置 3 個於溫室內；風扇直徑為 40 公分，0.4 馬力，通風量為 5,450 m³/hr。兩處理之風扇運轉時間為上午 7 時至下午 5 時，每半小時運轉 10 分鐘。

(四) 栽培管理：種子播於 104 格穴盤，育苗 3 週後定植於試驗溫室中，定期除去側芽及老化葉片。以養液土耕方式栽培，並依照植株生長及氣候條件灌溉。以臺肥 43 號複合肥料為基肥，定植後每兩週採滴灌方式給予臺肥 43 號水溶性複合肥料 1,000 倍進行追肥。

三、調查項目

(一) 溫室微氣候：溫室內溫度及相對溼度以 HOBO U23 紀錄器紀錄，記錄器分別放置於溫室前、中及後並避開風扇正下方，放置高度離地 120 公分，每小時記錄一次，取平均值進行分析。

(二) 果實品質調查：隨機選取 20 顆果實，去蒂後放入均質機，打碎後靜置於燒杯中，取上清液，分別測量可溶性固形物、可滴定酸及色澤。

1. 可溶性固形物 (°Brix)：取 1~2 滴澄清液，滴於 ATAGO Refractometer PR-101TM 上，測定 °Brix 值 (單位：°Brix)。

2. 可滴定酸 (%)：取 10 mL 澄清液，加入純水至 100 mL，放於磁石攪拌器上，並置入 pH 電極棒，一邊攪拌，一邊用 0.1N 之 NaOH 溶液滴定，調整至 pH 8.1，總滴定量乘以 0.064 即為檸檬酸可滴定酸含量。其計算公式為：

$$\text{可滴定酸 (\%)} = \left[\frac{\text{滴定鹼液之濃度} \times \text{滴定鹼液之體積} \times \text{檸檬酸分子量}}{\text{澄清液體積 (10 mL)} \times 1,000} \right] \times 100\%$$

3. 色相角度、彩度：取澄清液，倒入 Color and Color Difference Meter Model Z-1001DPTM 之樣品杯內，測定 L.a.b. 值。彩度 (chroma; C value) = $(a^2 + b^2)^{1/2}$ ，數值越高表示果色越濃。色相角度及彩度經由下列公式換算：色相角度 (hue angle; θ value) = $\tan^{-1}(b/a)$ ，當色相角度為 90 度時為黃色，0 度為紅色，180 度為綠色。

4. 果實硬度：隨機選取 10 顆果實，以 FOU DOH RHEOMETER-NRM-2020J-CWTM 硬度測定儀，將果實橫放於操作臺上，擠壓至番茄破裂，並記錄果實破裂壓力。

- 測量條件為偵測器 (Detector)：20K，操作臺移動速度為每分鐘 6 公分。
5. 產量：每兩週進行採收，以肉眼判斷成熟度，採收後以磅秤測量重量。
 6. 單果重：秤取收穫量之 1/10 重量，計算果實數，再換算為單果重。
 7. 始花節位：測量地面至植株第一花序發生之節位高度。

結果與討論

一、建立夏季遮陰降溫模式

本研究選用透光率 60% 銀色內遮陰網 (S) 及 16 目綠色內遮陰網 (G) 作為處理，以無內遮陰網 (U) 作為對照處理，同時地面則以白色雜草抑制蓆覆蓋 (W) 為地面覆蓋處理，無覆蓋 (U) 為對照組，內遮陰網有無 (3) 及地面覆蓋有無 (2) 相互組合成 6 個處理組合。

試驗於 2015 年 7 月至 8 月間進行，試驗期間戶外平均溫度約為在 26 ~ 28.2°C，設施內平均氣溫較露天平均氣溫高出約 2°C，設施內最高溫則高於露天最高溫達 13°C，試驗期間最高溫落在七月份，調查內遮陰與否處理下之微氣候，各處理間以對照組 (無遮陰) 之氣溫最高達 46.4°C，銀色遮陰網下之最高溫為 45.8°C，綠色遮陰網下最高溫為 47.6°C，遮陰處理對於設施內溫度影響並不顯著。

相較於氣溫，葉片溫度為反映植物生理作用之重要指標，如氣溫、溼度、氣孔導度、太陽輻射量及風速等因素都會影響葉溫，其中又以太陽輻射量為主要影響葉溫的因子⁽¹⁾，本研究利用銀色遮陰網與綠色紗網進行遮陰處理以減少植物吸收太陽輻射，同時配合白色雜草抑制蓆進行地面覆蓋，地面覆蓋不只能達到減少雜草、調節土壤肥力及溫度、節水、減輕病蟲害等效果^(3,10)，而白色地面覆蓋能反射部分輻射，減少地面吸熱，同時增加下位葉光合作用，進而達到增產目標；吳等 (2014) 利用塑膠布覆蓋地面提升水分利用效率約 2 倍，且無論何種覆蓋處理均能顯著促進辣椒植株生長，增加結果期辣椒葉片葉綠素相對含量和植株總乾重，並顯著提高辣椒產量。

本研究結果顯示白色地面覆蓋處理組之產量均高於未覆蓋處理，在銀色遮陰網處理下白色地面覆蓋 (S + W) 之產量較未覆蓋處理 (S + U) 提高約 30%；不同遮陰處理之果實品質上以銀色遮陰網配合地面白色雜草抑制蓆覆蓋 (S + W) 處理組果實可溶性固形物最高 (7.4 °Brix)，但在統計上與綠色紗網遮陰配合白色雜草抑制蓆覆蓋 (G + W) 及銀色遮陰網配合地面無覆蓋 (S + U) 兩處理並無顯著差異；可滴定酸則以綠色紗網遮陰配合白色雜草抑制蓆覆蓋 (G + W) 最高。

始花節位以綠色紗網遮陰配合白色雜草抑制蓆覆蓋 (G + W) 最早，顯示該處理較早進入採收期，但綠色紗網遮陰配合無覆蓋 (G + U) 及銀色遮陰網配合地面無覆蓋 (S + U) 及銀色遮陰網配合地面白色雜草抑制蓆覆蓋 (S + W) 之始花節位均較對照組高。Argade 等人 (2018) 分別以 75% 及 35% 的遮陰網處理四個小果番茄品種，結果顯示以 35% 遮陰處理之始花節位最早，且糖度最佳，顯示光量能影響始花期；而本研究中以綠色紗網遮陰網配合白色雜草抑制蓆 (G + W) 之始花節為最早，同時產量最高，但在同為綠色紗網遮陰但無覆蓋 (G + U) 處理則無提早始花之效果；推論相較於其他處理組，綠色紗網遮陰下之透光率配合白色雜草抑制蓆反射之光量，有利植株生育開花。

在果實色澤上彩度及色相角度，各處理間沒有差異；果實口感上以無遮陰處理 (CK) 及綠色紗網遮陰配合白色雜草抑制蓆覆蓋 (G + W) 明顯較其他處理組硬，以銀色遮陰處

理下之果實硬度較軟，相對符合消費者喜愛。Farneti 等人 (2013) 提出番茄果實之糖酸比及葡萄糖 / 果糖比在高輻射及高溫季節最低，而醣類含量影響細胞膨壓，造成果實硬度增加。而 Ilic 等人 (2017) 利用不同顏色的 40% 遮陰網處理甜椒，結果顯示遮陰處理下的甜椒果皮較對照組厚，而以紅色遮陰網處理之產量與維他命 C 含量最高。Challejon 等人 (2009) 利用不同遮陰比例的銀色遮陰網進行番茄栽培，連續兩年調查結果顯示，以 60% 遮陰處理番茄糖度較其他處理低，口感較硬。顯示不同光量甚至是不同光質均有影響果實品質之效果。而本研究所選用之銀色遮陰網透光率為 60%，而綠色紗網之透光率約為 85%，即綠紗網透光率較銀網高，且綠紗網在綠色光波長的穿透率較高⁽⁶⁾，而銀色遮陰網雖然透光率低，但能反射部份進入設施之太陽之輻射，減少植株蒸發散量。故本研究結果呈現綠色遮陰處理下產量較高，可能是因為綠色紗網透光率較高，而銀色遮陰網處理下的氣溫雖然沒有明顯較低，但其果實糖度及硬度等品質性狀表現較符合消費市場需求。由本研究結果顯示高溫期透過設施內遮陰配合地面白色雜草抑制蒨覆蓋能提升夏季設施小果番茄生產之產量與品質。

二、評估不同內循環風扇於設施番茄生長之影響

本研究以 Multifan® VFloFan 垂直通風扇改變通風方式，改變溫室內氣體擾動方向，同時比較慣行水平方向內循環扇，比較此兩種通風扇對於植株生育之影響。

試驗於 2017 年 6 ~ 10 月進行，由 9 月及 10 月份溫室內微氣候資料顯示 (表 3)，垂直通風扇處理下設施內溼度略高於慣行水平通風扇約 2% 左右；而溫度則是以垂直通風扇處理略低於慣行水平內循環風扇。比較兩處理下之植株生長，於 9 月上旬調查第四花序之果實著果率，垂直通風處理組著果率為 64%，高於一般內循環風扇之著果率 (56%)；10 月上旬調查第七花序之果實著果率，垂直通風處理組著果率為 41.8%，略高於一般內循環扇 (38.8%) (如表 4 所示)。

分析果實品質，垂直通風處理下第四串果實糖度 (7.1 °Brix) 明顯高於一般內循環風扇 (6.4 °Brix)，然於第七串果實糖度則兩處理間沒有差異，而可滴定酸含量、色相角度、彩度及硬度等果實性狀則在兩次調查中均沒有差異。結果顯示兩種通風方式對於設施之溫溼度並沒有明顯差異，而垂直通風對於夏季設施小果番茄生產之著果率有改善之效果，可能是因為垂直通風扇直接晃動植株，而增加授粉機率。但植株於 10 月份逐漸衰弱，因此第七串果實調查著果率均低，且處理間不顯著。

內循環風扇的主要作用在於維持設施內空氣流動，並不會影響溫室內的溫度，內循環扇的配置與種類影響溫室內氣體循環效果^(7,11)，楊 (2011) 模擬溫室內循環風扇配置，以偏轉角度 15° 的配置有助於形成均勻的流場，角度大於 21° 則會形成局部流場。陳 (2011) 觀察在設施大果番茄栽培溫室內開啟內循環風扇，葉片的溫度因為蒸散作用增加而降低約 2 ~ 3 度。

本研究所使用的垂直型循環風扇目前鮮少利用在臺灣果菜類生產溫室，主要安裝在作物上方，將溫室上方空氣向下吹送，可以使得上下空氣更加均勻⁽⁷⁾，與目前普遍使用之水平送風內循環風扇不同；而垂直型內循環風扇在荷蘭等溫帶地區溫室中廣泛使用，藉由垂直風扇將天窗外相對較溫暖且乾燥的空氣引入溫室內，而如何排除設施內積熱為臺灣設施生產所面臨的重要問題，與溫帶地區不同，本研究中試驗溫室簷高僅 2.5 公尺，由肉眼觀察，垂直風扇下植株晃動明顯，可能是提高著果率之原因。然兩種內循環風扇處理對於溫室內微氣候影響無明顯差異，可能因設施高度與循環扇配置有關。

表 1. 不同遮陰處理下之氣溫

Table 1. Inside temperature under inner shading treatments

	綠色紗網		銀色遮陰網		無遮陰網		室外	
	平均溫度	最高溫	平均溫度	最高溫	平均溫度	最高溫	平均溫度	最高溫
七月	30.8 ± 5.40*	47.6	30.3 ± 4.83	45.8	30.6 ± 5.15	46.4	28.2	32.5
八月	29.1 ± 4.97	45.2	28.8 ± 4.36	42.1	28.6 ± 4.97	44.9	27.5	31.7
九月	28.8 ± 4.87	47.5	28.7 ± 4.44	44.6	28.7 ± 4.95	44.7	27.4	32.2
十月	28.3 ± 5.57	44.7	28.1 ± 5.19	42.7	28.2 ± 5.40	43.5	26.0	30.7

* 表中之數值均為攝氏溫度 (°C)

*The number in the table means air temperature in Celsius. (°C)

表 2. 不同遮陰與地面覆蓋處理對臺南亞蔬 19 號小果番茄生育影響

Table 2. The effect of inner shading and ground covering for the growth of cherry tomato 'Tainan ASVEG No.19'

	單果重 (g)	可溶性 固形物 (°Brix)	可滴 定酸 (%)	色相 角度	彩度	硬度 (Kg)	產量 (ton/ha)	植株 高度 (cm)	始花節 位高度 (cm)
無遮陰 + 白色覆蓋 (U + W)	9.6 ^a *	6.4 ^b	0.37 ^a	44.9 ^a	28.1 ^a	4.3 ^a	11.9 ^b	178.1 ^b	62.2 ^b
綠紗網遮陰 + 白色覆蓋 (G + W)	9.3 ^b	7.2 ^a	0.42 ^a	44.0 ^a	27.6 ^a	4.8 ^a	14.1 ^a	188.1 ^a	58.8 ^c
綠紗網遮陰 + 無覆蓋 (G + U)	9.0 ^{bc}	6.3 ^b	0.36 ^b	46.9 ^a	29.2 ^a	3.9 ^b	13.5 ^a	154.9 ^c	66.4 ^a
銀網遮陰 + 白色覆蓋 (S + W)	8.6 ^c	7.4 ^a	0.37 ^b	47.3 ^a	29.4 ^a	2.9 ^c	13.4 ^a	175.0 ^b	68.0 ^a
銀網遮陰 + 無覆蓋 (S + U)	9.6 ^a	6.8 ^{ab}	0.39 ^{ab}	43.1 ^a	30.4 ^a	2.8 ^c	10.3 ^b	170.0 ^b	66.7 ^a
對照 (CK)	9.2 ^b	6.5 ^b	0.37 ^b	44.3 ^a	29.2 ^a	5.4 ^a	10.0 ^b	179.2 ^b	63.1 ^b

* Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

表 3. 不同內循環通風扇處理下溫室內微氣候 (2017 年 9 月 1 日 ~ 10 月 30 日)

Table 3. Micro-climate inside the greenhouse under two types of circulation fans

	垂直型內循環風扇			慣行水平內循環風扇		
	全日平均	日間	夜間	全日平均	日間	夜間
期間 :106.09.01 ~ 09.30						
相對濕度 (%)	76.9 ± 11.5	64.2 ± 16.2	89.6 ± 6.82	75.5 ± 10.95	61.2 ± 16.67	89.8 ± 5.3
溫度 (°C)	30.9 ± 3.2	34.8 ± 5.17	27.1 ± 1.32	31.4 ± 3.33	35.7 ± 5.56	27.0 ± 1.1
期間 :106.10.01 ~ 10.30						
相對濕度 (%)	81.3 ± 17	68.4 ± 16.92	93.7 ± 3.17	80.8 ± 17.6	67.9 ± 16.91	93.4 ± 3.32
溫度 (°C)	30.2 ± 5.8	34.46 ± 5.77	26.2 ± 1.16	30.3 ± 5.84	34.4 ± 5.75	26.2 ± 1.22

表 4. 不同內循環通風扇處理下小果番茄品質調查

Table 4. Tomato fruit quality cultivated in the plastic greenhouse under two types of circulation fan

	著果率 (%)	單果重 (g)	可溶性 固形物 (°Brix)	滴定酸含 量 (%)	色相角度	彩度	硬度 (Kg)
調查時期：第四花序 (9 月上旬)							
垂直型	64.0%	9.9 ± 1.0	7.1 ± 0.4	0.35 ± 0.02	52.1 ± 0.9	57.4 ± 0.8	3.2 ± 0.2
水 平	55.9%	9.9 ± 0.5	6.5 ± 0.7	0.38 ± 0.02	52.8 ± 0.9	58.4 ± 1.1	3.7 ± 0.1
調查時期：第七花序 (10 月上旬)							
垂直型	41.8%	10.1 ± 0.9	7.8 ± 0.2	0.34 ± 0.03	52.8 ± 1.9	56.8 ± 2.2	3.1 ± 0.4
水 平	38.8%	10.0 ± 0.8	7.9 ± 0.3	0.32 ± 0.02	52.0 ± 0.9	55.8 ± 1.4	3.1 ± 0.3

結 論

臺灣地區設施果菜生產受到夏季高溫多溼的氣候型態限制，降溫、提高作物光合作用效率及品種選擇是延長夏季設施果菜生產的幾項策略。然簡易溫室是臺灣地區主要栽培溫室型態，在不改變溫室結構及提高經營成本的前提下，難以達到有效降溫目地。本試驗選用耐熱小果番茄品種「臺南亞蔬 19 號」進行試驗，評估在高溫期以內遮陰配合地面覆蓋對小果番茄生育之影響，本研究中則以綠色紗網配合白色雜草抑制蓆 (G + W) 處理之始花節為最早，產量與糖度之表現均優於未遮陰處理，而銀色遮陰處理下之果實硬度與糖度優於其他處理，若配合白色雜草抑制蓆則能提高產量。本研究亦引入垂直型內循環扇於小果番茄生產，結果顯示垂直型通風扇處理之設施內微氣候與一般慣用水平內循環風扇無差異，但因對植株造成晃動，而間接提高授粉率。

引用文獻

1. 林平、方煒。2009。植物體感測在自動灌溉管理之應用。檢自 <http://www.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/ebook/%E6%A4%8D%E7%89%A9%E9%AB%94%E6%84%9F%E6%B8%AC.pdf> (Jun.3, 2018)。
2. 吳興、梁銀麗、郝旺林、羅安榮、彭強、陳晨。2011。覆蓋方式對溫室辣椒結果期生長和水分利用的影響。中國生態農業學報 19(1)：54-58。
3. 夏冬、李潔英、王廣龍、蔣芳玲、吳震。2014。不同覆蓋方式對土壤肥力和番茄產量及品質的影響。生態學雜誌 33(7)：1826-1832。
4. 陳惠美、郭忠吉。1992。番茄之耐熱性與夏季增產之展望。蔬菜生產與發展研討會專刊：169-180
5. 陳冠宇。2012。噴霧冷卻及循環風扇對溫室內牛番茄葉溫之影響。國立中興大學生物產業機電工程學系碩士學位論文。

6. 陳加忠、許欣正、洪正成。2002。遮陰網之光學特性介紹。臺灣花卉園藝 152：14-19。
7. 陳加忠。2017。內循環風扇三種型式。檢自 http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_212.htm (Jun.3, 2018)。
8. 黃裕益。1999。噴霧冷卻法應用於臺灣地區塑膠布溫室內降溫之研究。中華農業機械期刊 8(4)：17-28。
9. 農業統計年報。2017。檢自 <http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx> (Jun.3, 2018)。
10. 翟勝、梁銀麗、王具媛。2005。日光溫室地面覆蓋對嫁接與未嫁接黃瓜生長發育、產量及土壤環境的影響。應用生態學報 16(12)：2344-2348。
11. 楊清富、林聖泉。2014。應用 SolidWorks Flow Simulation 進行溫室內循環風扇流場分析之研究。臺南區農業改良場研究彙報 63：83-97。
12. 萬正林、羅慶熙。2007。農業設施夏季降溫方法概述。四川農業科技 7：13-14。
13. Ahemd H. A., Abdulelah A. Al-Faraj, Ahmed M. Abdel-Ghany. 2016. Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: A review. *Scientia Horticulturae* 201: 36-45.
14. Argada M. B., J. H. Kadam, V. K. Garande, D. R. Pathaonkar, V. S. Patil and P. N. Sonawane. 2018. Effect of different shading intensities on growth and yield of cherry tomato. *Journal of Applied and Natural Science* 10(1): 352-357.
15. Callejon-Ferre A. J., F. Manzano-Agugliaro, M. Diaz-Perez, A. Carreno-Ortega and J. Perez-Alonso. 2009. Effect of shading with aluminized screens on fruit production and quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under greenhouse conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(1): 41-49.
16. Farneti B., R. Schouten, T. Qian, J. A. Dieleman, L. M. M. Tijsskens. 2013. Greenhouse climate control affects postharvest tomato quality. *Postharvest Biology and Technology* 86: 354-361.
17. Ilić Z. S., Milenković L., Šunić L., Barać S., Mastilović J., Kevrešan Ž., Fallik E. 2017. Effect of shading by coloured nets on yield and fruit quality of sweet pepper. *Zemdirbyste-Agriculture*, 104(1): 53-62.
18. Li Huang, H. G. and Wang, S. X. (2015) Technology and Studies for Greenhouse Cooling. *World Journal of Engineering and Technology*, 3,73-77. <http://dx.doi.org/10.4236/wjet.2015.33B012>.

The study on the improvement of greenhouse cherry tomato production during summer¹

Hsu, H. C., E. C. Liu and A. H. Yang²

Abstract

In this study we evaluated the effect of shading, ground cover and using circular fans on the quality and yield of cherry tomato in the greenhouse during summer. The results showed that the yield of cherry tomato was increased about 40% under green net screen shading plus white ground covering, 35% under silver screen shading without ground covering and 34% under silver screen shading plus white ground covering. The average sugar content of green net screen shading plus white ground covering treatment was 7.2 °Brix and silver screen shading with white ground covering was 7.4 °Brix. The two treatments had higher Brix than that of the control (6.5 °Brix). However, compared to un-shading, the inside temperature was lower by 1.8°C under silver screen shading and 0.8°C under green net. It indicated that the cooling effect was limited under inner shading only. The micro-climate in the greenhouse also showed no significant difference between horizontal and vertical circulation fans. However, the fruit setting rate increased by 19% in the greenhouse with vertical circulation.

What is already known on this subject?

There are about 800 hectare of greenhouse tomato in Taiwan. Plastic facility with side curtain is the most popular greenhouse type for cherry tomato production. How to remove the heat in the greenhouse during warm season is the key point for production in the greenhouse.

What are the new findings?

In this study we evaluated the effect of inner shading with ground covering and vertical circulation fans on the production of cherry tomato. According to the results, the inner shading with white ground cover showed improvement in quality and yield in summer.

What is the expected impact on this field?

The yield can be increased under inner shading with white ground covering in warm season for tomato production in the greenhouse.

Key words: Tomato, Circulation Fan, Inner Shading, Ground Cover, Plastic Greenhouse

Accepted for publication: October 8, 2018

-
1. Contribution No.493 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
 2. Assistant Scientist, Assistant Scientist, Researcher and Chief of Crop Improvement Division, respectively, Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.