夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴夏果品質之影響

林 子 文[1)] 潘 美 汶[1)] 張 哲 嘉[2)]

關鍵字：番石榴、遮陰、光合作用、果實品質、葉綠素螢光

摘要： 夏果品質不佳為'珍珠拔' (*Psidium guajava* L.)番石榴之產業問題，而此應與夏季樹冠遭逢高溫與強光逆境有關。本試驗藉由定時遮陰降低光輻射及溫度以維持光合作用速率，俾評估提升番石榴夏果品質之可行性。試驗於彰化縣社頭鄉張氏 5 年生果園進行，植株於 2014 年 3 月進行慣行強剪，4 月下旬盛花，6 月下旬套袋，8 月下旬至 9 月上旬採收，試驗期間標定兩波盛花之果實，進行生長發育及後續果實品質之調查，並於套袋起於每日上午 10 時至下午 3 時進行定時遮陰。遮陰可降低 30-59%之日射量，午間降溫效果可達 3°C 並有效降低植株光合作用速率之午間抑制。葉片葉綠素螢光效率(PSII efficiency, Fv/Fm)在正午時略微降低，但處理間無顯著性差異。處理組及對照組間葉片總葉綠素含量，不因遮陰處理而產生變化。二波成熟果實之性狀，包括果重、硬度、果肉率、可滴定酸、糖度及官能品評等，處理間無差異，但遮陰可延長生育日數 5-7 日。試驗結果顯示，遮陰處理未能提升果實品質，惟可延長果實之生育日數。

前 言

番石榴(*Psidium guajava* L.)為台灣重要熱帶果樹之一，可周年生產，惟產季集中於夏季 7-9 月，但夏季果實生長發育快速，質地易軟與糖度低(張和林，1998；黃及翁，1977)，導致'珍珠拔'番石榴夏果存有品質不佳之產業問題(謝，2002)。臺灣夏季平地正午高溫常高於 35°C，且光強度也易高達 1,500 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (陳，2007)，但番石榴最適生長溫度約介於 15-30°C，年均溫為 18°C (Somarriba, 1985)。番石榴之光飽和點為 925 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ (Nakasone and Paull, 1998)，臺灣夏季正午之光強度皆高於此數值。觀察番石榴光合作用日變化試驗

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生及助理。
2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

中，發現植株於正午至午後碳同化速率下降之午間抑制現象，高溫與高光逆境，將抑制植株之光合作用能力，導致碳同化物累積速率較冬季低，推測可能為夏果品質不良的原因(李，2011)。遮陰技術於作物栽培之利用相當廣泛(Rajapakse and Shahak, 2007)，應用於果樹之栽培亦相當普遍，如柑橘類(Jifon and Syvertsen, 2003)、蘋果(Bastías *et al*., 2012)等，藉此降低光照及熱能，達遮陰及降溫之效果，以利作物之生產(Shahak *et al*., 2004; Kittas *et al*., 2009)。

本試驗藉遮陰改變光輻射量及降低溫度，並評估對葉片光合作用速率、果實生長發育及採收時果實品質之影響，俾評估遮陰應用於提升'珍珠拔'番石榴夏果品質之可行性。

材 料 與 方 法

(一)試驗材料

本研究於 2014 年 4 月至 2014 年 9 月於彰化縣社頭鄉張氏 5 年生'珍珠拔'果園進行，行株距為 3 m×3 m。植株於該年 3 月上旬進行強剪，4 月下旬盛花。試驗採完全逢機設計(CRD)，對照組與遮陰組分別選定 3 畦，每畦 8 株，每處理共計 24 株，植株高約 1.5 m，試驗期間標定 4 月 28 日及 5 月 23 日盛花之兩批次果實。

(二)遮陰網架設與微氣候觀測

遮陰處理於植株樹冠上方 50 cm 處架設遮光率 50%黑色 PVC 活動針織網，遮陰期為 2014 年 7 月 1 日至 9 月 16 日，每日早上 10 時至下午 3 時進行遮陰，並架設 Watchdog 氣象站(Watch Dog 1000 Series, USA)以記錄每日每小時之光強度、輻射量、氣溫及相對濕度等氣象資料。處理間累計積溫及輻射量之差異時間主要介於上午 10 時至下午 3 時，故統計時僅計算該時段之差異，積溫計算方式：以每日遮陰時(10 至 15 時)每時累計之溫度扣除 25°C (Salazar *et al*., 2006)。累積輻射量計算方式：累計每日遮陰時(10 至 15 時)每時之輻射量。

(三)處理間結果枝葉片之光合作用效率及葉綠素螢光日變化調查

氣體交換參數以 LI-6400 可攜式光合作用測定儀(LI-6400 Portable Photosynthesis System, LI-COR, USA)測定，參考張(1995)及 Chang and Lin (2007)方法。測定前進行儀器氣體暖機及校正，固定葉室二氧化碳濃度為 400 ppm，利用儀器之光度計(LI-190S quantum sensor, LI-COR, USA)測定當日外界光度。測量時間為上午 5 時至下午 6 時，每小時測量 1 次，處理間各選取 4 株生長勢接近之植株，每植株選取 4 枝條，每枝條挑選第 2 至 4 對成熟葉片 1 枚測定。據所測量之結果比較處理間淨光合作用率(net photosynthetic rate, Pn)、氣孔導度(stomatal conductance, gs)、胞間二氧化碳濃度(intercellular CO_2 concentration, Ci)、蒸散速率(transpiration rate, E)等參數之差異。

葉綠素螢光日變化以葉綠素螢光儀(Mini-PAM, Walz, Germany)調查，於上午 6 時至下午 6 時，每小時進行調查 1 次。葉綠素螢光測量前須先將葉片進行暗馴化至少 30 分鐘以

上，再使用儀器內建預設值模式先給予低於 0.1 μmol·m^{-2}·s^{-1}的紅色閃爍光，測得 F_0，再給予 6000 μmol·m^{-2}·s^{-1}飽和白光，測得 Fm 值，再由系統計算此二螢光值間之差值 Fv (Fm-F_0)，經換算得葉綠素螢光參數 Fv/Fm。每植株隨機選取 6 枚之第 2 至 4 對成熟葉測定。

(四)處理間葉片葉綠素含量測定

於處理間挑選各四株植株，每植株各方向挑選近樹冠上方 4 枝條，取第 2 至 4 對成熟葉各 1 枚，每片葉以直徑 6 mm 之打孔器取 3 枚葉圓片，放入封口夾鏈袋中。將葉圓片放入外圍以鋁箔紙包覆之玻璃試管中，並注入 3 ml 95 %乙醇，試管以石臘膜封口，置於 4°C 靜置 24 小時以上。後將萃取液移出試管，以分光儀(spectrophotometer, HITACHI, Japan)測定 663 nm 及 645 nm 之吸收值，參考 Knudson *et al*. (1977)之公式計算葉綠素含量，再除以面積得之，以 μg·cm^{-2}表示(張和張，2005)。

1. 葉綠素 a (μg/ml)=13.76×A663-5.76×A645
2. 葉綠素 b (μg/ml)=25.80×A645-7.60×A663
3. 總葉綠素=葉綠素 a+葉綠素 b

(五)比較處理間果實生育期生長狀態及採收後果實品質

試驗期間標定於 2014 年 4 月 28 日及 5 月 23 日盛花之兩批果實，調查樣品分為生育期及成熟期兩部分，生育期間調查每處理取樣 20 顆果實，每週調查果實之橫、縱徑，調查時將外包之塑膠袋拆開，量測完畢後套回。成熟期樣品採收悉依果農對果實達成熟時之轉色判斷為依據，第一波果實採收 20 顆果實，第二波果實則採收 30 顆果實調查，並進行資料蒐集，所調查之資料以變方分析(Anlysis of variance, ANOVA)及最小顯著差異(Least significance difference test, LSD)進行統計分析。

1. 生長曲線:以電子游標卡尺(Digimatic Caliper, Mitutoyo, Japan)量取，調查各處理間所標定之 20 顆果實之橫、縱徑，並以調查之數據換算其生長速率，以絕對生長速率及相對生長速率表示(Monselise *et al*., 1978; Opara, 2000)。
   (1) 絕對生長速率(absolute growth rate, AGR)
   AGR(mm/d)=(L2-L1)/(T2-T1)；L1:前次測量縱/橫徑(mm)，L2:該次測量縱/橫徑(mm)，T2、T1:兩次測量之間隔時間，本試驗 T2-T1 為 7 天。
   (2) 相對生長速率 (relative growth rate, RGR)
   RGR(mm/mm·d)=(L2-L1)/L1/(T2-T1)；L1:前次測量縱/橫徑(mm)，L2:該次測量縱/橫徑(mm)，T2、T1:兩次測量之間隔時間，本試驗 T2-T1 為 7 天。
2. 比較處理間採收時之果實品質
   (1) 果實重量及果肉率
   以電子天平(XT220A、XS3250, PRECISA, Swiss)秤其每顆果重(g)、果肉鮮重(g)與去籽後果肉鮮重(g)。果肉率係以果肉鮮重及去籽後果肉鮮重換算得之；果肉率(%)=去籽後果肉鮮重(g)/果重(g)×100。
   (2) 硬度

果實縱剖後，取果實果面赤道帶 180°分 2 點為樣品，以手持式果實硬度計(FT327, LTALTEST, Italy)量測，以 kg·cm^{-2}表示。

(3) 糖度

果實縱切成片後以手壓式搾汁機搾汁，取果汁以數字手持袖珍折射儀(Digital hand held “Pocket” Refractometer, PAL-1, ATAGO, Japan)測量。

(4) 可滴定酸

取上述 1 ml 果汁加入 9 ml 純水，並加入 1 μl 之酚酞，利用果汁酸度計(FS-2, ATAGO, Japan)以 0.1 N 氫氧化鈉(NaOH)標準液滴定至變色，視為滴定終點。滴定結果以檸檬酸(citric acid)與氫氧化鈉之百分比換算得之。

(5) 官能品評

果實測量完畢後切成約 2 cm × 2 cm × 2 cm 大小之方塊，由國立中興大學園藝系 16-20 位學生進行果實官能品評，喜好程度分為 1-5 級，最喜愛為 5，最不喜愛者為 1。

結　果

(一)遮陰後微氣象變化之調查

試驗期間光強度之每日平均對照組約介於 400-800 μmol·m^{-2}·s^{-1}，遮陰組介於 200-600 μmol·m^{-2}·s^{-1}；輻射量每日平均對照組介於 300-450 W·m^{-2}，遮陰組介於 100-300 W·m^{-2}；每日平均溫度則為 31℃ (圖 1)。2014 年 7 月 23 日至 24 日因颱風影響，將儀器暫時拆卸故當日輻射量與光強度數值為 0。遮陰後兩批果實生育期間之積溫第一波果實遮陰組為 6792.4°C，對照組為 7009.7°C，遮陰處理後降低 3%；第二波果實遮陰組為 8142.9°C，對照組為 8520.7°C，遮陰處理後降低 4% (圖 2)。累積輻射量第一波果實遮陰組為 140.247 KW·m^{-2}，對照組為 242.731 KW·m^{-2}，遮陰處理後降低 41%；第二波果實遮陰組為 162.137 KW·m^{-2}，對照組為 285.455 KW·m^{-2}，遮陰處理後降低 43% (圖 3)。

(二)結果枝葉片之光合作用氣體交換參數及葉綠素螢光日變化

以 2014 年 8 月 23 日為例，當日清晨氣溫約為 24°C，至正午 12 時處理間氣溫差達 3°C (遮陰組及對照組分別為 36°C 與 39°C)，光強度在上午 10 時遮陰前處理間差異不明顯，在 10 時至下午 3 時遮陰率約為 39%-59% (圖 4)。光合作用速率、氣孔導度及蒸散速率在未遮陰前對照組與遮陰組皆隨光度增加而上升，於上午 10 時開始遮陰後，遮陰組之淨光合作用、蒸散速率及氣孔導度皆顯著高於對照組，10 時至 15 時之數值分別介於 11-13 μmol·m^{-2}·s^{-1}及 5-8 μmol·m^{-2}·s^{-1}、5-8 mmol H_2O·m^{-2}·s^{-1}及 3-5 mmol H_2O·m^{-2}·s^{-1}、0.15-0.38 mol·m^{-2}·s^{-1}及 0.10-0.16 mol·m^{-2}·s^{-1}，顯示定時遮陰可減緩植株午間抑制現象，至下午 3 時解除遮陰後，處理間即無差異(圖 5)。上午遮陰處理前遮陰組及對照組之葉綠素螢光 Fv/Fm 皆隨光度增加微幅降低，上午 10 時至下午 3 時遮陰處理期間，遮陰組的數值維持在 0.83，

略高於對照組，但差異不顯著。對照組至下午 3 時後才恢復與處理組接近之 0.83，但差異不顯著(圖 6)。

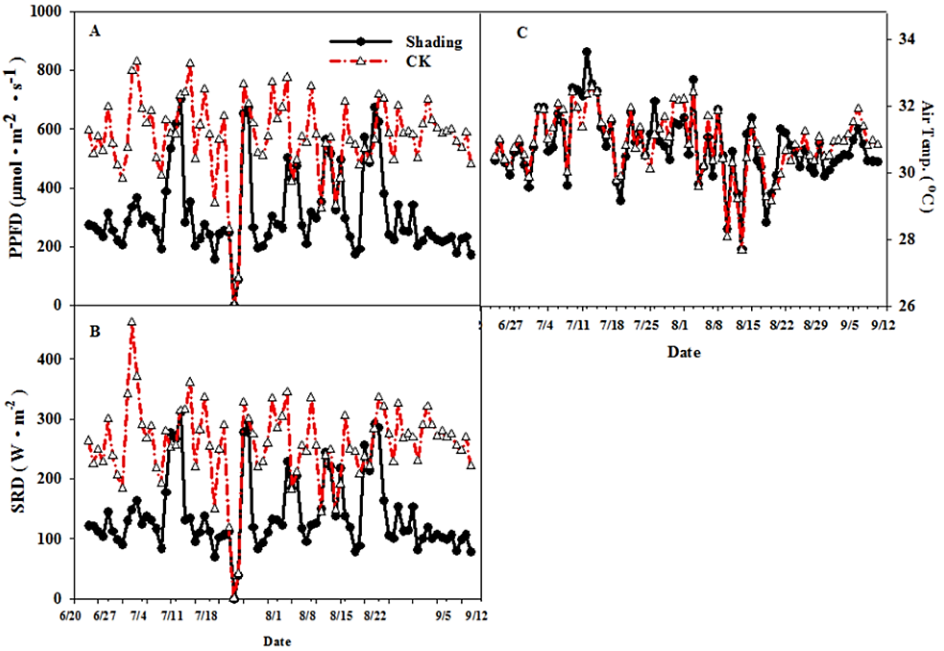

圖 1. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'試驗園微氣象之影響。(A)每日平均光強度(PPFD)；(B)每日平均輻射量(SRD)；(C)每日平均氣溫(Air Temp.)。

Fig. 1. Comparison of (A) light intensity, PPFD; (B) solar radiation, SRD; and (C) air temperature in both fixed-time shade and control of 'Jen-Ju-Ba' guava orchard.

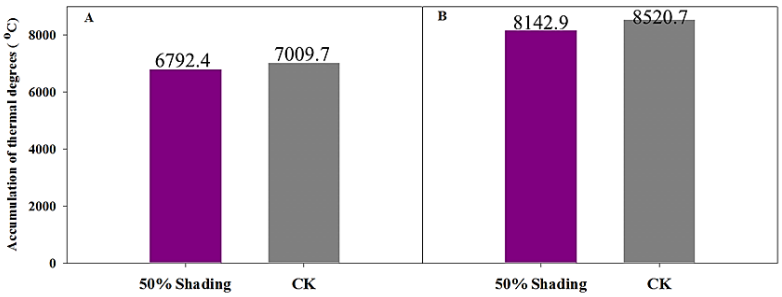

圖 2. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實生育期間積溫之影響。(A)第一波果實(2014/07/01 至 08/19)；(B)第二波果實(2014/07/01 至 09/03)。

Fig. 2. Comparison of the accumulation of thermal degrees between the (A) first wave of fruits (July 1, 2014 to August 19, 2014) and the (B) second wave of fruits (July 1, 2014 to September 3, 2014) in both fixed-time shade and control of 'Jen-Ju-Ba' guava orchard.

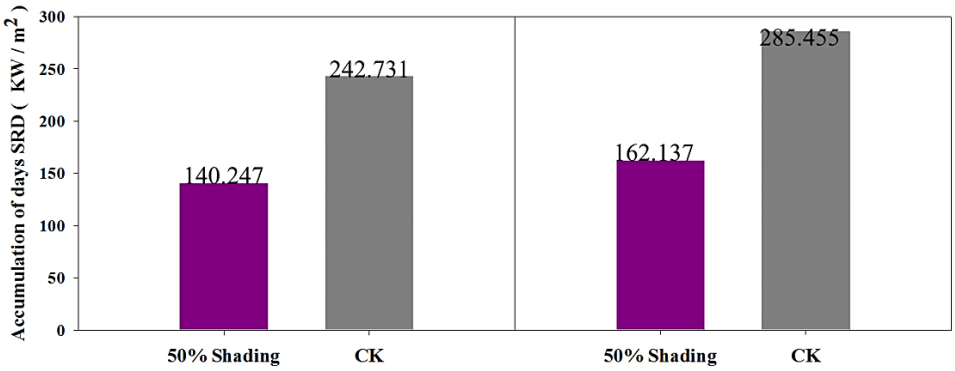

圖 3. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實生育期間累計輻射量之影響。(A)第一波果實(2014/07/01 至 08/19)；(B)第二波果實(2014/07/01 至 09/03)。

Fig. 3. Comparison of the accumulation day SRD between the (A) first wave of fruits (July 1, 2014 to August 19, 2014) and the (B) second wave of fruits (July 1, 2014 to September 3, 2014) in both fixed-time and control of 'Jen-Ju-Ba' guava orchard.

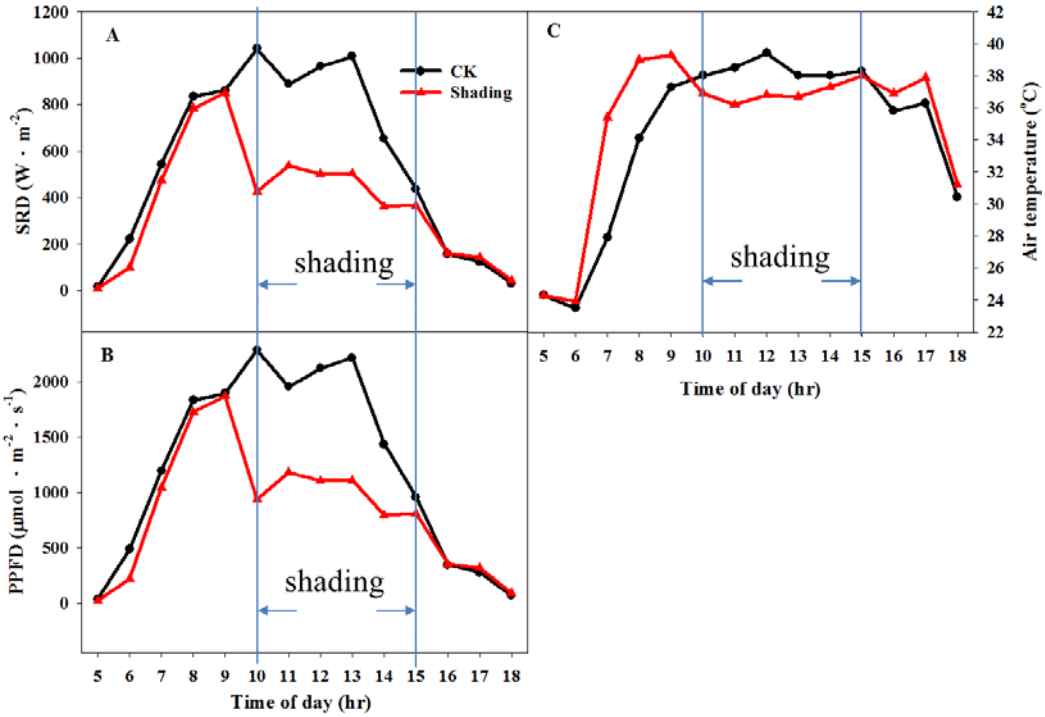

圖 4. 對照組與定時遮陰組進行日變化調查當日(2014 年 8 月 23 日)之(A)輻射量、(B)光強度、(C)氣溫比較。

Fig. 4. Diurnal variations of (A) solar radiation (SRD); (B) light intensity (PPFD); and (C) air temperature in both fixed-time and control of 'Jen-Ju-Ba' guava orchard. Measurements were conducted on August 23, 2014.

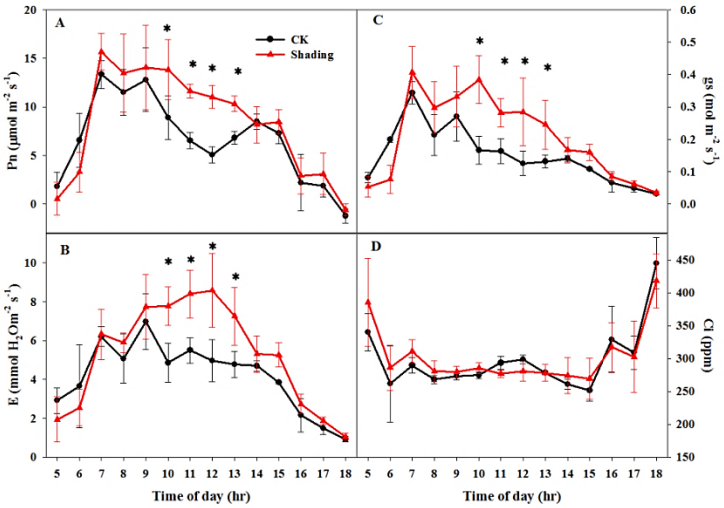

圖 5. 定時遮陰處理對'珍珠拔'番石榴氣體交換日變化參數之影響(2014 年 8 月 23 日)。(A)淨光合作用；(B)蒸散速率；(C)氣孔導度；(D)胞間二氧化碳濃度。

Fig. 5. Diurnal variations of (A) photosynthesis rate, Pn; (B) transpiration rate, E; (C) stomatal conductance, Gs; and (D) mesophyll intercellular CO_2 content, Ci, in both fixed-time and control of 'Jen-Ju-Ba' guava orchard. Measurements were conducted on August 23, 2014. (Values were means ± SD,* significant difference between treatments, $p \leqq 0.05$, n = 4 plants/treatment.)

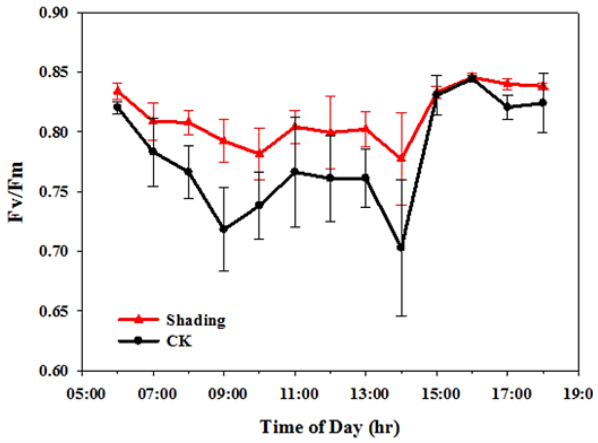

圖 6. 定時遮陰處理對'珍珠拔'番石榴葉片葉綠素螢光效率(PS II efficiency)之日變化(2014 年 8 月 23 日)。

Fig. 6. Diurnal variations of photosystem II efficiency (Fv/Fm). in both fixed-time and control of 'Jen-Ju-Ba' guava orchard. Measurements were conducted on August 23, 2014. (Values were means±SD, * significant difference between treatments, $p \leqq 0.05$, n = 4)

(三)處理間葉片葉綠素含量

總葉綠素含量於處理後雖下降(22.8 及 20.5 μg·cm^{-2})，但經統計分析，葉綠素 a 及總葉綠素含量處理間無顯著差異。對照組葉綠素 b 含量則高於處理組(3.8 及 2.8 μg·cm^{-2})，且葉綠素 a/b 比值組間具顯著性差異，對照組與處理組分別為 6.4 及 4.9 (表 1)。

表 1. '珍珠拔'番石榴處理組與對照組間植株葉片葉綠素含量之比較。

Table 1. Chlorophyll content between treatments of 'Jen-Ju-Ba' guava plants.

	chlorophyll a content (μg·cm^{-2})	chlorophyll b content (μg·cm^{-2})	total chlorophyll content (μg·cm^{-2})	chlorophyll a/b ratio
Shading	18.97±3.11 a^{z}	3.84±0.55 a	22.81±2.80 a	4.9 b
CK	17.71±1.07 a	2.75±0.11 b	20.46±1.12 a	6.4 a

^{z}不同符號表示處理間於 $p<0.05$ 之最小顯著性差異分析(LSD)達顯著差異，平均值±SD。

(四)比較處理間果實生育期生長狀態及採收時果實品質

第一波果實處理間生育日數及採收果重差異顯著，處理組之生育日數為 110 天，對照組為 103 天，其果重分別為 414 及 362 g，成熟果實品質除果重以對照組較重外，其餘調查項目均無差異，各項數值如下:硬度為 7 kg·cm^{-2}、糖度為 8-9 °Brix、可滴定酸為 0.27-0.3%、果肉率為 84%，且官能品評結果亦無顯著性差異，平均分數為 3.3 分(表 2)。

第二波果實生育日數具有顯著差異，處理組為 108 天，對照組為 103 天，採收後果實硬度及糖度對照組皆顯著高於處理組，對照組與處理組各項數值：硬度為 9.7 及 8.5 kg·cm^{-2}；糖度為 9.6 及 8.8°Brix。果重、可滴定酸及果肉率無顯著差異。對照組及處理組各項數值如下:果重為 271-278g；可滴定酸為 0.49%；果肉率為 86.5-87.0%。官能品評結果處理間無顯著性差異，平均分數為 3-3.3 分(表 3)。兩波果實之果實生長曲線至發育後期(第一波花後 86 起，第二波花後 83 天起) 對照組橫、縱徑顯著高於處理組(圖 7)。絕對生長速率處理間無顯著差異，相對生長速率橫、縱徑亦無差異(圖 8、9)。

表 2. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實生育日數與果實品質之影響(第一波)[z] (n=20)。

Table 2. Effect of shading treatment on 'Jen-Ju-Ba' guava summer fruit quality and growth period. This data represents the first wave of fruits. (n=20)

處理	生育日數 (days)	果重 (g)	硬度 ($kg \cdot cm^{-2}$)	果肉率 (%)	滴定酸 (%)	糖度 (°Brix)	官能品評[y]
遮陰組	110±6 a[x]	361.7±53.4b	7.6±0.8a	84.7±0.1a	0.27±0.0a	8.9±1.3a	3.4±0.7a
對照組	103±3 b	414.3±76.8a	7.0±0.8a	84.0±0.0a	0.30±0.6a	9.3±1.2a	3.3±0.6 a

[z]第一波果實於 2014/04/28 盛花，2014/06/23 套袋，2014/08/12 前後採收。

[y]官能品評分為 1-5 等級，最喜愛為 5，最不喜愛為 1，由 16 人進行品評。

[x]不同符號表示處理間於 $p<0.05$ 之最小顯著性差異分析(LSD test)下達顯著差異，平均值±SD。

表 3. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實生育日數與果實品質之影響(第二波)[z] (n=30)。

Table 3. Effect of shading treatment on 'Jen-Ju-Ba' guava summer fruit quality and growth period. This data represents the second wave of fruits (n=30).

處理	生育日數 (days)	果重 (g)	硬度 ($kg \cdot cm^{-2}$)	果肉率 (%)	滴定酸 (%)	糖度 (°Brix)	官能品評[y]
遮陰組	108±6 a[x]	278.2±36.4a	8.5±0.8b	87.0±2.4a	0.49±0.1a	8.8±0.8b	3.3±0.6a
對照組	103±1 b	271.0±66.3a	9.7±1.3a	86.5±3.2a	0.49±0.1a	9.6±1.6a	3.0±0.5 a

[z]第二波果實於 2014/05/23 盛花，2014/07/03 套袋，2014/09/03 前後採收。

[y]官能品評分為 1-5 等級，最喜愛為 5，最不喜愛為 1，由 20 人進行品評。

[x]不同符號表示處理間於 $p<0.05$ 之最小顯著性差異分析(LSD test)下達顯著差異，平均值±SD。

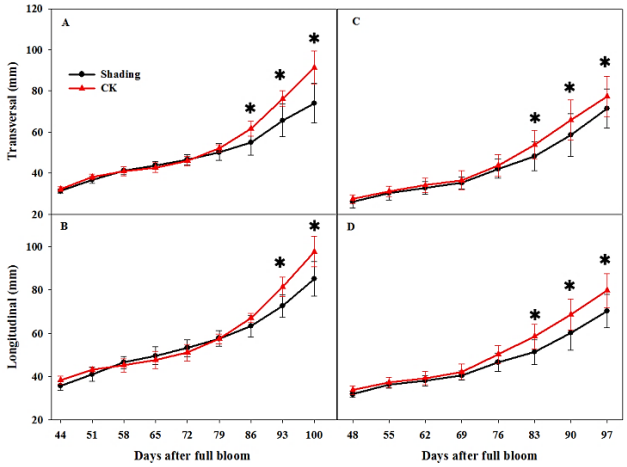

圖 7. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實生長曲線之影響。(A)第一波果實橫徑、(B)第一波果實縱徑、(C)第二波果實橫徑、(D)第二波果實縱徑。*表示處理間於 $p<0.05$ 之最小顯著性差異分析(LSD test)下達顯著差異。

Fig. 7. The effect of fixed-time shade treatment on 'Jen-Ju-Ba' guava summer fruit growth curve: (A) transversal of first wave, (B) longitudinal of first wave, (C) transversal of second wave, and (D) longitudinal of second wave. (Values were means ± SD,* significant different by LSD test at 5% level.)

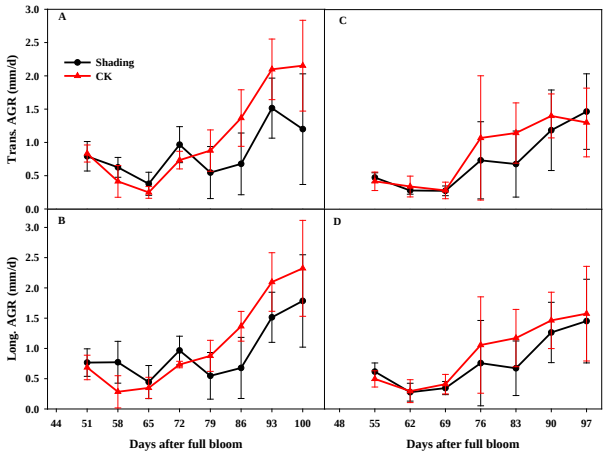

圖 8. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實絕對生長速率之影響。(A)第一波果實橫徑、(B)第一波果實縱徑、(C)第二波果實橫徑、(D)第二波果實縱徑。

Fig. 8. The effect of fixed-time shade treatment on 'Jen-Ju-Ba' guava summer fruit absolute growth rate, AGR: (A) transversal of first wave, (B) longitudinal of first wave, (C) transversal of second wave, and (D) longitudinal of second wave. (Values were means ± SD,* significant different by LSD test at 5% level.)

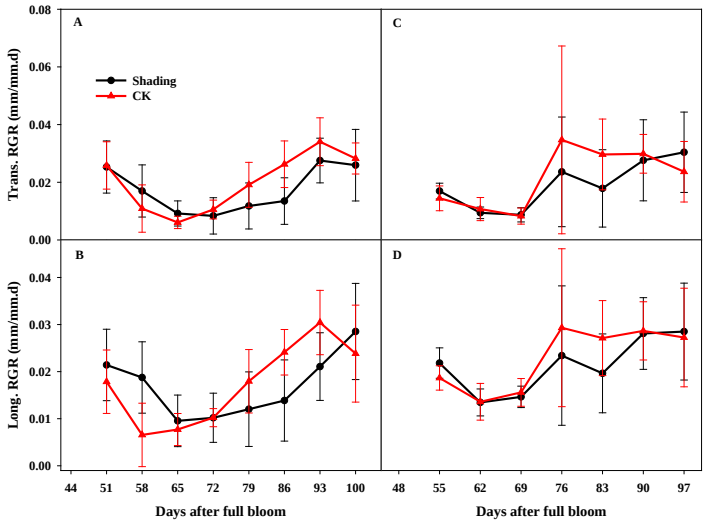

圖 9. 夏季定時遮陰對'珍珠拔'番石榴果實相對生長速率之影響。(A)第一波果實橫徑(B)第一波果實縱徑(C)第二波果實橫徑(D)第二波果實縱徑

Fig. 9. The effect of fixed-time shade treatment on 'Jen-Ju-Ba' guava summer fruit relative growth rate, RGR: (A) transversal of first wave, (B) longitudinal of first wave, (C) transversal of second wave, and (D) longitudinal of second wave. (means ± SD,* significant different by LSD test at 5% level.)

討　論

本試驗累計輻射量處理間差異達 41-43%(圖 2)，且進行日變化調查時所得結果亦顯示遮光率可達 50%(圖 4)，顯示遮光網具一定遮陰效果，但遮陰效果未達 50%以上，可能因遮光網架設距地面 2.5 m，每日早晨及傍晚之太陽輻射角度不定，影響部分植株及造成遮光率之改變(Abdel-Ghany and Al-Helal, 2011；Cohen *et al*., 2005)。

植物於不同光環境下生長時，藉改變構造以適應外界環境，在光線不足的區域，為捕捉更多光子，低光下生長之植株，總葉綠素含量高於高光環境下生長之植株，以提高光合效率(Elias and Ciamporova, 1986; Barcikowski, 1996; Rajendrudu *et al*., 1996)。遮光環境下，植物葉片葉綠素 a/b 的比值愈低，此比值低代表植物更善加利用蛋白質；而相較於光合系統Ⅰ (PSⅠ)及光合系統Ⅱ (PSⅡ)，捕光複合體（light harvest complex, LHC）收納了更多蛋白質(廖等，2002)。PSⅡ與 LHC，兩者間呈現消長關係，當 PSⅡ增加時，LHC 之含量則減少(Shmeleva and Ivanov, 1985; Chow and Hope, 1987)，且葉綠素 a/b 比值之變化，源自於 grana stacking 的增量(Anderson *et al*., 1973; Terashima and Inoue, 1985)。本試驗於遮光環境下，植株總葉綠素含量經統計後，處理間無顯著差異，但葉綠素 a/b 比值出現差異，遮陰組比值相較對照組低(表 1)，顯示番石榴於不同光強度下生長時，藉由調整結構以適

應外界光環境。

生長發育期間累積溫度之概念於 Salazar 等(2006)探討番石榴物候期的報告中被使用，當地之平均溫度約為 12°C (海拔約 753 m)，故以 12°C 作為積溫累計之基準；而臺灣地處熱帶與亞熱帶，日均溫約為 25℃，遮陰期日變化調查數據顯示達 3°C (圖 4)，但生育期間積溫之累計顯示氣溫降溫效果僅達 3-4% (圖 2)與 Jifon and Syvertsen (2003)研究指出在一般晴朗無雲之天氣葉片溫度可比大氣溫度高出 2-6°C 相較，雖氣溫下降程度但幅度較小，因此高溫仍可能導致光合作用速率之降低。

光合作用日變化調查顯示早上 9 時前光合作用速率、蒸散速率及氣孔導度皆隨光度增加而上升。正午時，對照組植株開始出現光合作用下降之趨勢，氣孔導度亦隨之降低(圖 5)。推測此時蒸散速率過快，且外界環境之高溫、高光逆境促使氣孔關閉，以防止水分過分蒸散(Schulze, 1986; Su and Liu, 2005)。柑橘類作物利用遮陰技術亦有降低葉面溫度，減少日間氣孔關閉以增加 CO_2 進入植物體內，進而提高光合作用能力之類似結果(Jifon and Syvertsen, 2003; 2001; Medina *et al*., 2002; Syvertsen *et al*., 2003)。葉綠素螢光可反應光合作用之效能及活性(林等，2012；Genty *et al*., 1989)，此時葉綠素螢光數值顯示，光合作用最大效能雖亦在此時降低，但處理間無顯著性差異(圖 6)，推測正午高光對於 ' 珍珠拔 ' 番石榴為暫時性逆境，且非不可逆之傷害，午後螢光值即可恢復與清晨相同之水平。

雖經日變化調查可提升遮陰植株午間光合作用速率，降低午間抑制現象之發生，許多試驗結果亦證明遮陰可提升光合作用速率(蔡，2016)、提升果實品質或增加果實大小(Cohen *et al*., 2005)，然本試驗對果實品質之影響結果不顯著，標定之兩波果實在果實重量及大小上具一定差異，推測與果農操作之留果數有關，其他研究結果亦證明番石榴果實品質受修剪及留果數影響甚鉅(張，2015；Singh *et al*., 2007)。番石榴植株遮陰後，影響生育日數較為顯著，本試驗經遮陰後可延後採收期與李(2011)於'帝王拔'之趨勢相同。定時遮陰顯著降低果實生育期之累計日輻射量，雖僅稍降低熱積溫(cumulative temp.)，惟仍可延緩兩波夏果之生長速率並延長生育日數，但憾未能提高果實品質(包括果重、硬度、果肉率、可滴定酸、糖度及官能品評等)。

參 考 文 獻

李忠孝。2011。修剪時期與夏季遮陰對番石榴開花結實與果實品質之影響。國立屏東科技大學農園生產系碩士論文。79pp.。

林冠宏、黃薇綺、羅筱鳳。2012。高溫、淹水及乾旱對甘藷葉綠素螢光之影響。臺灣園藝 58: 315-325。

張哲嘉。1995。桶柑葉片光合作用特徵與果實發育期間碳帳估算之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。p. 5-44。

張哲嘉、林宗賢。1998。台灣番石榴生展之現況與改進。中國園藝 44: 116-124。

張致盛、張林仁。2005。溶劑萃取果樹葉片葉綠素之研究。臺中區農業改良場研究彙報 89: 67-75。

陳筱薇。2007。環境因子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。109pp.。

張林仁。2015。以調整枝梢葉果比來提昇番石榴果實品質。臺中區農業專訊 90: 4-8。

黃弼臣、翁慎微。1977。番石榴樹整形修剪試驗。興大園藝 2: 15-24。

廖天賜，張安邦，翁仁憲。2002。遮陰對大葉楠與香楠苗木光合作用及生理之影響。林業研究季刊 24: 1-10。

蔡明軒。2016。葉片顏色與人為遮陰對兔眼藍莓葉片氣體交換及植株生長之生理影響。國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文。78pp.。

謝鴻業。2002。臺灣番石榴產業發展與未來。農業世界 231: 10-13。

Anderson, J. M., D. J. Coodchild, and N. K. Boardman. 1973. Composition of the photosystems and chloroplast structure in extreme shade plants. Biochim. Biophys. Acta 325: 573-585.

Abdel-Ghany, A. M. and I. M. Al-helal. 2011. Analysis of solar radiation transfer: A method to estimate the porosity of plastic shading net. Energ. Convers. Manage. 52: 1755-1762.

Barcikowski, A. 1996. Biomass and chlorophyll of photosynthesizing organs of plant communities in secondary succession in pine forest habitat. Photosynthetica 32: 63-76.

Bastías, R. M., L. Manfrini, and L. C. Grappadelli. 2012. Exploring the potential use of photo-selective nets for fruit growth regulation in apple. Chilean J. Agri. Research 72: 224-231.

Chow, W. S. and A. B. Hope. 1987. The stoichiometries of supramolecular complexes in thylakoid membranes from spinach chloroplasts. Aust. J. Plant Physiol. 14: 21-28.

Cohen, S., E. Raveh, Y. Li, A. Grava, and E. E. Goldschmidt. 2005. Physiological responses of leaves, tree growth and fruit yield of grapefruit trees under reflective shade screens. Sci. Hortic. 107: 25-35.

Chang, J. C. and T. S. Lin. 2007. Gas exchange in litchi under controlled and field conditions. Sci. Hortic. 114: 268-274.

Elias, P. and M. Ciamporova. 1986. Chlorophyll contents and chloroplast ultrastructure in leaves of two forest hemiephemeroids. Photosynthetica 20: 107-110.

Genty, B., J. M. Briantais, and N. R. Backer. 1989. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. Biochim. Biophys. Acta 990: 87-92.

Jifon, J. L. and J. P. Syvertsen. 2001. Effect of moderate shade on citrus leaf gas exchange, fruit yield and quality. Proc Fla. State Hort. Soc. 114: 177-181.

Jifon, J. L. and J. P. Syvertsen. 2003. Moderate shade can increase net gas exchange and reduce

photo inhibition in citrus leaves. Tree Physiol. 23: 119-127.

Knudson, L., T. W. Tibbitts, and G. E. Edwards. 1977. Measurement of ozone injury by determination of leaf chlorophyll concentration. Plant Physiol. 60: 606-608.

Kittas, C., N. Rigakis, N. Katsoulas, and T. Bartzanas. 2009. Influence of shading screens on microclimate, growth and productivity of tomato. Acta Hort. 807: 97-102.

Monselise, S. P., A. Varga, and J. Bruinsma. 1978. Growth analysis of the tomato fruit, *Lycopersion esculentum* Mill. Ann. Bot. 42: 1245-1247.

Nakasone, H. Y. and R. E. Paull. 1998. Guava. In: Tropical fruits, Nakasones and Paull (ed.), CAB International Wallingford, New York. pp.151-153.

Opara, L. U. 2000. Fruit growth measurement and analysis. Hort. Rev. 24: 373-419.

Rajendrudu, G., G. Mallikarjuna, B. Rooseveltbabu, and A. Prasada Rao. 1996. Net photosynthesis, foliar dark respiration and dry matter production in Cleome gynandra, a C4 diaheliotropic plant grown under low and full daylight. Photosynthetica 32: 245-254.

Rajapakse, N. C. and Shahak, Y. 2007. Light quality manipulation by horticulture industry. In: Light and Plant Development. eds. Whitelam and Halliday. Blackwell Publishing. UK. pp. 290-312.

Shmeleva, V. L. and B. N. Ivanov. 1985. Effect of irradiance during plant growth on electron transport chain in pea chloroplasts: state of cytochromes. Photosynthetica 19: 402-412.

Somarriba, E. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. 1. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. p. 289-295.

Schulze, E. D. 1986. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in the soil. Ann. Rev. Plant Physiol. 37: 247-274.

Shahak, Y., E. E. Gussakovsky, Y. Cohen, S. Laurie, R. Stem, S. Kfir, A. Naor, I. Atzmon, I. Doron, and Y. Greenblat-Avron. 2004. Color Nets: a new approach for light manipulation in fruit trees. Acta Hort. 634: 609-616.

Su, P. and X. Liu. 2005. Photosynthetic characteristics of linze jujube in conditions of high temperature and irradiation. Sci. Hort. 104: 339-350.

Salazar, D. M., P. Melgarejo, R. Martinez, J. J. Martinez, F. Hernandez, and M. Burguera. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.) Sci. Hort. 108: 157-161.

Singh, G., R. Mishra, and S. Gupta. 2007. Modifying existing guava tree canopies for increased production efficiency. Acta Hort. 735: 243-248.

Terashima, I. and Y. Inoue. 1985. Vertical gradient in photosynthetic properties of spinach chloroplasts dependent on interleaf light environment. Plant Cell Physiol. 26: 781-785.

Effect of Fixed-Time Shading on Fruit Quality of 'Jen-Ju-Ba' Guava (*Psidium guajava* L.)

Tzu-Wen Lin [1)] Mei-Wen Pan [1)] Jer-Chia Chang [2)]

Key words: guava, shading, photosynthesis, fruit quality, chlorophyll fluorescence

Summary

Poor fruit quality in the summer season has been reported as a major production constraint of 'Jen-Ju-Ba' guava. However, the causal mechanism is unclear and practical improvement is unavailable. The purpose of this study was to evaluate the effects of fixed-time overhead shade level (approximately 30 to 59%) during 1000–1500 LST (light intensity, solar radiation, air temperature, and RH) per day on the microclimate of five years-old field-grown 'Jen-Ju-Ba' guava cultivated in the Shetou, Changhua (central Taiwan) area during the summer growing period (July to early September, 2014). Notably, leaf photosynthetic efficiency [gas exchange rate (Pn), PSII efficiency and photoinhibition]; fruit growth; and quality at harvest were assessed. On a sunny day, overhead shade reduced the temperature by 1-2°C and 40–50% of daily light intensity and solar radiation above the canopy. It also lowered 30% of Pn mid-day depression and 12% leaf photoinhibition in the shaded trees, but RH and leaf chlorophyll content remained the same. During two waves of fruit developmental periods, a 40% reduction in cumulative solar radiation was obtained from the shaded canopy with no significant difference in cumulative degree temperatures between treatment and control. Fixed-time overshade diminished the fruit growth rate during our study period and extended the harvest date by 5-6 days in both waves of fruit. However, there were no differences in fruit quality, including fresh weight, firmness, edible ratio, acid concentration, sugar content, and taste ranking, between treatment and control groups.

1) Graduate Student in MS. Program and Research Assistant, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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