

## 網室內微氣候及對紅肉種'大紅'紅龍果生產 夏果、秋果之影響

簡 嫻 健<sup>1)</sup> 張 哲 嘉<sup>2)</sup>

關鍵字：仙人掌科、熱逆境、設施栽培、生植物候期

**摘要：**本研究以臺灣南投縣草屯鎮 16 目網室內之 8 年生'大紅'紅肉種紅龍果 (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') 為材料，於主要正期開花、結實期間(2017 年 4 月至 10 月)，比較夏季與秋季網室內微氣候之差異，並調查對夏果及秋果品質之影響。16 目防蟲網室內太陽輻射及光合有效輻射通透率分別為露天之 80.4% 及 74.4%。網室內每日最高溫、平均溫及最低溫於多數日子均高於網室外。網室栽培下全年自然萌花批次約 13 批，一年生以上枝條之累計萌花率為 265.3%，顯著高於當年生枝條者(96.4%)。秋果(7 月 30 日萌花，9 月 17 日採收)果皮彩度(C\*)顯著高於夏果(5 月 21 日萌花，7 月 13 日採收)。背陽面之色相角(h°)較向陽面為低，季節對 h° 的影響則不顯著。秋果縱、橫徑與單果重量(77.0 mm、59.3 mm、197.3 g)均低於夏果(102.3 mm、82.3 mm、404.2 g)，且可溶性固形物含量亦顯著較夏果者低，此可能受開花期網室內日間高溫所導致。結果顯示，16 目網室於'大紅'紅龍果栽培及夏果生產上具應用潛力，但秋果有小型化之趨勢。

### 前 言

紅龍果(pitaya/pitahaya)為仙人掌科(Cactaceae)柱狀或攀附性物種的總稱(Ortiz-Hernández and Carrillo-Salazar, 2012)，廣泛栽培於熱帶(如巴西、哥倫比亞、秘魯、泰國、馬來西亞、越南等)與亞熱帶地區(以色列、臺灣及日本沖繩等)(Mizrahi *et al.*, 1997; Mizrahi, 2015; Ortiz-Hernández and Carrillo-Salazar, 2012)。臺灣紅龍果產業主要為白肉種(*H. undatus*)與改良紅肉種(*H. spp.*)，改良紅肉種品種中又以'大紅'('Da Hong')栽培較多。'大紅'品種柱頭與花藥距離較近，且屬自交親和性(self-compatibility)，不需人工授粉即可著果，並有中

---

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授及通訊作者。

等以上果形(邱等, 2015), 不同於以色列 Weiss 等人(1994)的紫/紅肉種紅龍果品系和臺灣地方品種 *H. polyrhizus* 'Orejona'及 *H. sp.* 'F11' (Tran *et al.*, 2015a)之雌雄蕊隔離(approach herkogamy)及自交不著果(self-unfruitful)特性。

北半球紅龍果可於五至十月間多批次開花(Weiss *et al.*, 1994), 而臺灣南部栽培之改良紅肉種品種(系)可始花於四月, 末期花至十一月, 自然產季約自末春至初冬(邱等, 2015; 徐, 2004)。以色列[夏季日累積光量(daily light integral, DLI)約  $50 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ]地區對栽培紅肉種(*H. polyrhizus*)紅龍果之建議遮陰率為 30%, 可較 60%有較好之生物量及開花表現(Raveh *et al.*, 1998); 於臺灣夏季栽培紅肉種'石火泉'及'大紅'品種時亦需遮陰, 方能維持果實重量與果肉的總可溶性固形物含量(陳和林, 2016; Chang *et al.*, 2016)。

單果套袋為目前臺灣紅龍果慣行管理之一, 可避免如鳥害及受傷對果實外觀的不利影響(Tran *et al.*, 2015b)。惟套袋需耗費人力成本, 而農村勞力不足且老化之問題亟待解決。16 目網室可阻絕東方果實蠅與鳥類(邱, 1999)對果實之危害並免去套袋成本, 此保護設施或可應用於臺灣紅肉種紅龍果的生產。2017 年紅龍果網室已納入政府補助設施項目(曾和余, 2015), 且農民亦有意投入網室栽培, 惟相關設施條件及植株表現等基礎資料尚處建立初期。Tanny (2013)指出防蟲網常使設施內部氣溫升高, 對氣溫監測的眾多研究結果則顯示網室內氣溫變化實則多變, 而可能與露天環境相似(Kitta *et al.*, 2014; Raveh *et al.*, 1998; Tanny *et al.*, 2012)、略低(Möller and Assouline, 2007)或者更高(王等, 1994; Tanny *et al.*, 2003)。由於紅龍果光合作用(Nobel and De la Berrera, 2004)、開花(Khaimov-Armoza *et al.*, 2012; Nerd *et al.*, 2002)及果實發育(Nomura *et al.*, 2005)等甚受氣溫影響, 故仍需透過實際田間試驗, 以評估應用網室於紅龍果生產之可行性。

'大紅'為紅肉種栽培之主流, 高溫下易有小果化之問題(劉和留, 2015; 劉和謝, 2018), 而設施栽培為產業發展趨勢, 然設施內的夏季高溫是否對'大紅'造成結實障礙, 仍待確認。本研究於紅肉種紅龍果'大紅'之正期主要萌花與果實生產期間(4 月至 10 月), 以白色 16 目平織網為網室覆蓋, 探討其對設施內輻射量與熱蓄積之影響, 並分析不同梢齡之萌花表現及夏秋季間的果實品質比較, 以建立網室對生產'大紅'正期果之基礎資料, 供紅龍果產業行網室栽培與生產技術改進之實務參考。

## 材料與方法

### 一、植物材料及花期管理

試驗於南投縣草屯鎮洪氏 16 目網室(24°00' N、120°40' E)之 8 年生'大紅'紅肉種紅龍果(*Hylocereus sp.* 'Da Hong')果園進行。網室設施為簡易 16 目(每英尺中排入 16 支纖維)白色平織防蟲網網室(網高 3 公尺), 規模 0.2 公頃, 果園整枝模式為籬壁式。於試驗期間, 植株均行慣行栽培管理, 株勢整齊並具備開花及結實能力。

2016 年 12 月至 2017 年 1 月底進行老舊枝條疏刪, 2017 年 2 月至 5 月標定枝條, 2017

年 4 至 10 月進行試驗。2017 年 2 月後萌發之枝條於調查期間梢齡未滿 1 年，故為當年生枝條；枝條具可萌發芽體之刺座且狀態健壯，其梢齡在 1 或 2 年以上者，則為一年生以上枝條。

因'大紅'具自交親和性(self-compatibility)，不需人工授粉即可著果(邱等，2015)，於同一批次萌花時，採每開花枝均留 1 果之慣行管理(陳，2017)。

## 二、微氣候比較

### (一) 太陽輻射及光合有效輻射(solar radiation and photosynthetic active radiation)

試驗期間(2017 年 4 至 10 月)於 16 目網室內部及外部，約距地面 1.5 至 2 公尺高處分別裝設氣象資料收集站(HOBO<sup>®</sup> U30-NRC weather station, USA)，並外接太陽輻射感測器(HOBO<sup>®</sup> S-LIA-M003, USA)及光合有效輻射感測器(HOBO<sup>®</sup> S-LIB-M003, USA)，以監測日輻射量(單位： $W \cdot m^{-2}$ )及光強度[或稱光合有效光通量密度(photosynthetic photon flux density)，單位： $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ]。儀器設定每 30 分鐘紀錄 1 筆資料，將所得資料每日平均，並計算日平均照度(solar irradiance) ( $MJ \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )及日累積光量(daily light integral) ( $mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )與全日輻射通透率(transmittance)。

### (二) 氣溫(air temperature)

於設施內部及外部之植株等高處設置 1 組溫濕度紀錄器(HOBO<sup>®</sup> U23-001 Pro v2 data logger, Onset Computer Corp., USA)，並將儀器予以日照遮蔽。儀器設定每 15 分鐘紀錄 1 筆資料，以監測 2017 年 4 至 10 月田間氣溫變化。根據監測資料分析 16 目平織網對設施內氣溫之影響，並比較每日最高(maximum)、平均(average)及最低(minimum)氣溫之差異。另計算夏、秋季果實開花(萌花到開放)(flowering)與結果(開放到採收)(fruiting)期間之累積溫度(每日最高溫與最低溫平均，逐日累加，數值以 $^{\circ}C \cdot d$ 表示)。

## 三、萌花物候期

於網室內逢機選取 4 區段(1 區段為 1 重複，約 1.5 公尺長)，各區段中當年生及一年生以上枝條平均數量分別為 9-11 枝及 32-41 枝。每週於前述兩種梢齡枝條上分別調查萌花率，結果以平均值 $\pm$ 標準誤差表示。

萌花率： $(\text{開花枝條數} / \text{總枝條數}) \times 100\%$ ，凡標定枝條有一個刺座以上萌花者，即視為開花枝

## 四、果實品質

網室栽培果實均未經套袋，以於 2017 年 7 月 13 日採收(5 月 21 日萌花)者定義為夏果；於 2017 年 9 月 17 日採收(7 月 30 日萌花)者定義為秋果。將轉色完全之果實採收並攜回實驗室分析品質。果實均採自前述萌花區段(1 區段為 1 重複)，每重複採 4 果，結果以平均值 $\pm$ 標準誤差表示。

### (一) 向陽面及背陽面果皮顏色

以筆式色差計(pen-type colorimeter) (spectro-pen, Dr. Lange, Germany)測量向陽面及背陽面赤道處之果皮顏色，結果以  $L^*$ (亮度)、 $C^*$ (彩度)及  $h^{\circ}$ (色相角)表示。

## (二) 果實及果皮重量

以電子天平(XS 3250C-SCS, Precisa Gravimetrics AG, Switzerland)測定果實(fresh weight)。

## (三) 果實縱徑、橫徑

將果實縱切後，以數位液晶卡尺(500-196-20, Mitutoyo Corp., Japan)測量果實縱、橫徑。

## (四) 平均與中心之總可溶性固形物含量(Total soluble solid content, TSS content)

分別取果萼端(styler end)、中心(center)、果梗端(stem end)之果汁，並以口袋型數位式屈折度計(PAL-1, ATAGO, Japan)測定不同部位之果汁 TSS，結果以°Brix 表示。平均 TSS 為將果萼端、中心及果梗端之數值平均後所得。

## (四) 可滴定酸度(titratable acidity)

將果汁以 0.1N NaOH 滴定至滴定終點，指示劑為酚酞(phenolphthalein)，並將 0.1N NaOH 用量(mL)換算為蘋果酸(malic acid)含量，結果以百分比表示。

## 五、統計分析

網室內部及外部微氣候比較、不同梢齡之累計萌花率及夏秋兩季果實品質分析採完全逢機設計(completely randomized design)。不同季節之果實顏色為完全逢機裂區設計(split-plot completely randomized design)，以季節為大區因子(main-plot)，測定位置為副區因子(sub-plot)。

每日氣溫變化與萌花物候期以 SigmaPlot 12.0 (Systat Software, Inc., USA)繪製成圖。兩組間平均值之差異，以 Excel (Microsoft Office 2010)之資料分析進行 F 檢定與不成對 t 檢定。兩組以上處理間平均值比較，採用 Costat 6.1 軟體(CoHort Software, USA)中的巴氏檢定法(Bartlett's test)分析變方相等性後，資料再經變異數分析(analysis of variance, ANOVA)及費雪爾最小顯著差異檢定(Fisher's protected least significant difference test, LSD test)。

# 結 果

## 一、微氣候比較

'大紅'紅肉種紅龍果之主要正期萌花、結果期間(2017 年 4 月至同年 10 月)，16 目網室內太陽輻射通透率為 80.4% (遮陰率 19.6%)；光合有效輻射通透率則為 74.4% (遮陰率 25.6%) (表 1)。網室外之日平均照度及平均日累積光量皆顯著高於網室內(表 1)。

網室內、外氣溫差異主要發生於 6 月上旬至 10 月中旬，網室內最高溫可高達 40°C，試驗期間網室內最高溫、平均溫及最低溫於多數日子裡高於網室外(圖 1)。比較網室內花芽開花期、以及結果期的累積溫度，夏果開花期累積溫度為 523.3°C·d，結果期為 1108.1°C·d；秋果開花期累積溫度則為 567.4°C·d，結果期為 1014.9°C·d。

表 1. 網室內、外之日平均照度與日累積光量及通透率比較。

Table 1. Comparison of the solar irradiance and daily light integral and their transmittances between the outside and inside of net-house.

Treatment	Solar irradiance ( $\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) and transmittance (%) <sup>z</sup>	Daily light integral ( $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ ) and transmittance (%)
The outside of net-house	16.3 $\pm$ 0.4 (100.0 $\pm$ 0.0)	35.7 $\pm$ 0.9 (100.0 $\pm$ 0.0)
The inside of net-house	13.0 $\pm$ 0.3 (80.4 $\pm$ 0.3)	26.5 $\pm$ 0.7 (74.4 $\pm$ 0.3)
t test	***	***

<sup>z</sup> The transmittances of solar irradiance and daily light integral were analyzed by data from Apr. 10, 2017 to Oct. 21, 2017. The respective values of inside net-house were obtained by calculating the ratios: (inside net-house / outside net-house)  $\times$  100%

<sup>y</sup> Mean  $\pm$  standard error (n = 195). Means of two treatments were tested by unpaired t-test. \*\*\*, significant at 0.1% level.

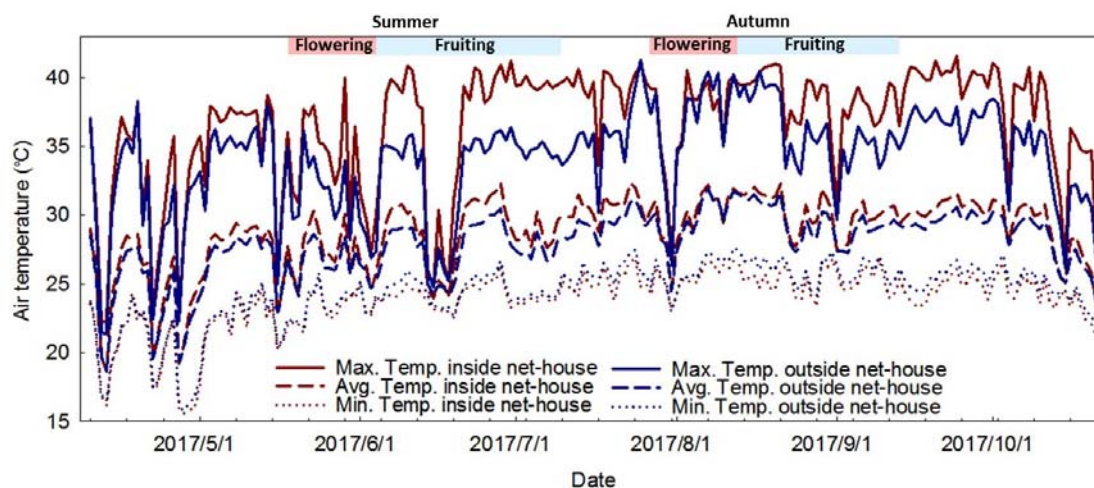


圖 1. 網室內、外之每日最高溫、平均溫及最低溫之變化趨勢。

Fig. 1. The daily maximum, average, and minimum air temperature changes inside and outside of net-house.

## 二、萌花物候期及萌花率

網室栽培之'大紅'首批正期花始於4月16日，末批花可至10月15日，萌花批次約13批(圖2)。梢齡為顯著影響網室栽培之'大紅'正期累計萌花率的因素(表2)。一年生以上枝條於自然花期中有最佳萌花表現，其累計萌花率可達265.3%(表2)；當年生枝條(2月後萌發的新梢)自7月起可開始萌花(圖2)，累計萌花率為96.4%(表2)。

表2. 梢齡對網室'大紅'紅肉種紅龍果正期累計萌花率之影響。

Table 2. The effect of shoot ages on accumulative floral bud emergence percentage during natural-inductive period of red pitaya (*Hylocereus* sp.'Da Hong') under the net-house.

Shoot age	Accumulative floral bud emergence percentage (%) <sup>z</sup>
More than 1-year-old shoot	265.3 ± 16.1 <sup>y</sup>
Current year shoot	96.4 ± 23.1
t test	***

<sup>z</sup> The values were means ± SE of 4 replication analyses obtained from Apr. 10, 2017 to Oct. 21, 2017.

<sup>y</sup>Means were tested by unpaired t-test. \*\*\*, significant at 0.1% level.

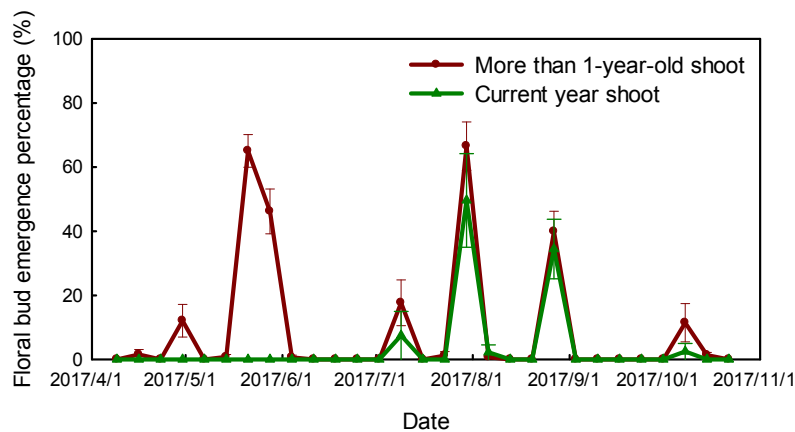


圖2. 梢齡對網室'大紅'紅肉種紅龍果(*Hylocereus* sp.'Da Hong')正期萌花之影響。

Fig 2. The effect of shoot ages on floral bud emergence percentage during natural-inductive period of red pitaya (*Hylocereus* sp.'Da Hong') under net-house. The values were means ± SE of 4 replication analyses.

### 三、果實品質

果實顏色分析結果顯示，測定位置對亮度(L\*)、彩度(C\*)及色相(h°)均有顯著影響，其中背陽面 L\*值與 h°低於向陽面，而 C\*值則高於向陽面(表 3)。季節對果色的影響主要表現於 L\*值與 C\*值，秋果之 L\*值較夏果低，而 C\*值則顯著高於夏果(表 3)。

網室栽培下，兩季節(夏、秋季)果實於各項果實品質間差異顯著，夏果於果重、縱橫徑、可溶性固形物含量表現均高於秋果，可滴定酸度則較秋果為低(表 4)。

表 3. 網室'大紅'紅肉種紅龍果果實顏色分析。

Table 3. The peel color analysis of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') fruits of net-house.

Season <sup>z</sup>	Position	L*	C*	h°
Summer	Exposed side	42.6 ± 0.4 <sup>z</sup>	30.3 ± 1.0	8.7 ± 0.8
	Shaded side	40.2 ± 0.2	33.1 ± 0.5	3.9 ± 0.5
Autumn	Exposed side	39.9 ± 0.8	34.8 ± 0.5	8.7 ± 0.7
	Shaded side	38.2 ± 0.2	38.9 ± 0.4	4.4 ± 0.7
Source		F-test		
Season		**	***	ns
Position		**	**	***
Season × Position		ns	ns	ns

<sup>z</sup>Mean ± standard error (n=4, 4 fruits per replicate). Means within each column were tested by F-test of ANOVA. ns, non-significant; \*\* and \*\*\*, significant at 1% and 0.1% levels, respectively.

## 討 論

### 一、微氣候比較

Castellano 等人(2006)曾就數種塑膠織網樣本之輻射通透性予以模擬及分析，其中防蟲網因孔隙度的不同而有 75%至 89%不等之光合有效輻射通透率。本試驗中所分析的 16 目防蟲網通透率則為 74.4%，此以試驗期間的全日輻射為考量。日間多數太陽輻射能量會轉為熱能(Tanny, 2013)，而 16 目網室具有減少正期萌花、結實期間之設施太陽輻射量的效果(表 1)。

Chang 等人(2016)曾於臺灣嘉義地區利用不同程度遮陰網，以降低網下植株受光強度及氣溫，據其試驗結果可知，應用 25%白色織網可使日間網下氣溫降低約 3.6°C。本研究之 16 目防蟲網遮陰率與之相似，但試驗期間網室內氣溫卻易較網室外高(圖 1)，且於正午

表 4. 網室'大紅'紅肉種紅龍果果實品質分析。

Table 4. The qualities analysis of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong') fruits of net-house.

Season	Fresh weight (g·fruit <sup>-1</sup> )	Longitudinal diameter (mm)	Transverse diameter (mm)	Total soluble solid content (°Brix)		Titratable acidity (%)
				Average	Center	
Summer	404.2 ± 23.3 <sup>z</sup>	102.3 ± 2.5	82.3 ± 1.9	18.9 ± 0.3	20.8 ± 0.3	0.206 ± 0.005
Autumn	197.3 ± 11.5	77.0 ± 2.0	59.3 ± 1.3	17.0 ± 0.3	19.4 ± 0.4	0.242 ± 0.010
t test	***	***	***	**	*	**

<sup>z</sup>Mean ± standard error (n=4, 4 fruits per replicate). Means within each column were tested by unpaired t test. \*, \*\* and \*\*\*, significant at 5%, 1% and 0.1% levels, respectively.

的最高溫尤其明顯，此受到輻射熱進、出設施平衡與通風性之共同影響。不論遮陰網(陳和林，2016；Chang *et al.*, 2016)或網室(賴，2017；Raveh *et al.*, 1998)均可透過減少輻射量進入而具有「遮陰效應」(shading effect)，可減少熱能進入設施(Tanny, 2013)。遮陰網與網室結構相比，僅有頂部覆網，通風性通常較好，故遮陰網具有一定降溫效果(陳和林，2016；Chang *et al.*, 2016)；網室屋頂及側牆均採塑膠織網覆蓋，防蟲網使內部空氣流動受阻及熱移除能力減弱(Tanny *et al.*, 2003)的特性，容易導致氣溫升高而產生「溫室效應」(greenhouse effect) (Tanny, 2013)，故本試驗的網室內氣溫常高於設施外，秋季時每日最高溫甚至常達 40°C (圖 2)，此應為網室內部熱能進入大於移出的結果。

## 二、萌花物候期及萌花率

'大紅'首批正期花可始於 4 月 16 日，末批花可至 10 月 15 日(圖 2)。臨近春分的日長被認為是誘導紅龍果開花的日照門檻；而改良紅肉種紅龍果可於春分後 8 週開始萌發花苞，末批花萌於秋分後 1 週(Jiang *et al.*, 2012)。本試驗中'大紅'於春分後 4 週萌花，顯示此刻田間環境條件即滿足'大紅'萌花所需，萌發前一週最低溫平均為 19.5-19.9°C (圖 1)，而不同品種/系對環境需求各異。

當年生枝條於本試驗中定義為 2017 年 2 月後萌梢者，生長至約 120 cm 後予以短截，至 7 月可達足夠生理成熟度、並受環境刺激而萌花。此結果與江(2005)觀察白肉種紅龍果當年生枝條自萌發到萌花所需時間(約 5 個月)相似。網室栽培'大紅'紅肉種紅龍果時，主要生產主力仍為受光良好之一年生以上枝條，其累計萌花率可達 265.3%而高於當年生者(96.4%)。此亦顯示'大紅'一年生以上枝條於正期內具備開花二次、甚至三次之能力而優於白肉種紅龍果(江，2005)。

## 三、果實品質分析

### (一)果皮顏色

紅肉種(*H. polyrhizus*)紅龍果果實發育期間，果皮顏色受甜菜苷色素生成與葉綠素降解



的共同影響(Jamaludin *et al.*, 2011)，成熟時的紫紅色主要來自甜菜苷色素中的甜菜苷(betainin) (Suh, 2014)。本試驗中夏果為2016年5月21日萌花、6月7日盛花之批次，並於花後37天(7月13日)採收；秋果為2016年7月30日萌花、8月16日盛花之批次，於花後32天(9月17日)採收(圖1與圖2)。正期果實(夏、秋季)果皮顏色均可符合市場所需，其中又以秋果彩度較夏果為佳(表3)。

本試驗雖未直接分析色素含量，但根據Phebe等人(2009)對紅肉種紅龍果果皮色素的研究，甜菜苷含量與L\*值和h°呈現負相關，並與C\*值呈正相關。此可能為導致果皮背陽面與向陽面果色差異的原因。但照光與否對色素生成、累積及降解的影響需要進一步釐清，因溫度(熱)與光線會協同影響顏色表現(Khandaker *et al.*, 2009; Nomura *et al.*, 2005)。溫暖環境有助於紅莧(*Amaranthus tricolor* L.)葉中甜菜苷色素的累積(Khandaker *et al.*, 2009)，而本試驗中秋季氣溫高於夏季，可能因此增進果皮甜菜苷色素含量，有助於彩度的增加(表3)。

#### (二)果實重量、縱橫徑、可溶性固形物含量及可滴定酸度

網室所造就之環境因素，包含減少太陽輻射及光合有效輻射的進入、使每日最高溫、平均溫及最低溫增加及降低通風性等；於生態上則阻絕了潛在的授粉媒介，包含夜間開花時的活動動物如蝙蝠及天蛾(Grant and Grant, 1979; Haber, 1983)及清晨花器閉合前的蜂類訪花(徐, 2004; Weiss *et al.*, 1994)。網室秋果於單果鮮重、縱橫徑、果肉平均及中心可溶性固形物含量均顯著低於夏果，可能為種子數量減少所致。授粉時如授粉期(Weiss *et al.*, 1994)、授粉方式(Weiss *et al.*, 1994; Tran *et al.*, 2015b)、有效花粉源(Metz *et al.*, 2000)、果實直感(metaxenia) (Mizrahi *et al.*, 2004)等；受精前的配子體型晚期自交不親和性(gametophytic late-acting self-incompatibility)，導致花粉管生長受到抑制、無法使多數精細胞與胚珠順利完成受精(徐, 2004; Lichtenzweig *et al.*, 2000)等因素，會影響種子形成(Weiss *et al.*, 1994)及胚珠柄發育，進而間接影響果實品質表現。

計算萌花到採收累積溫度的結果顯示，網室內秋季結果期累積溫度(1014.9°C·d)還較夏季(1108.1°C·d)低，故結果期積溫差異影響可能較低。秋季開花期累積溫度(567.4°C·d)較夏季(523.3°C·d)高出44.1°C·d，推測網室內花朵開放前高溫(39-40°C)可能對花粉形成、花藥開裂或授粉後花粉管生長造成不利影響，進而影響'大紅'種子形成及果實品質表現。

於草莓(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)的熱逆境(heat stress)研究則顯示，'Nyoho'於開放當日(花粉成熟期)、'Toyonoka'於花前12天(小孢子母細胞減數分裂期)為對熱尤其敏感(42°C)的花芽發育階段，僅需歷經短時(4小時)高溫，即對後續著果有所影響(Ledesma and Kawabata, 2016)。此外'Toyonoka'的低著果率亦與其花粉活力、花粉於高溫下發芽及伸長表現受抑制有關(Ledesma and Sugiyama, 2005)。

然而紅龍果花芽對於熱敏感的發育階段、臨界溫度或高溫持續時間之條件與是否交互作用等仍有待進一步研究。如低地秈稻'IR64' (lowland *indica*)及高地秈稻'Azucena' (upland *japonica*)於花藥開裂期暴露於33.7°C下1小時，即導致其花穗不稔(sterility)。'IR64'於29.6°C以上，每升溫1°C即降低7%花穗稔性；'Azucena'則受高溫及暴露時間的交互作用，其

基礎溫度為 33°C，每增加 1 單位°C·d<sup>-1</sup>，會降低 2.4%稔性(Jagadish *et al.*, 2007)。

以 16 目網室栽培'大紅'紅龍果可生產夏果，且不需額外套袋而具產業應用潛力，但秋果生產有待後續研究擬定品質改進之策略。為使秋季'大紅'於網室內仍可保有良好果重表現及相關內部品質，生產期間利用遮陰網控制環境光強度與溫度或許是可兼顧枝條狀態與果實品質的方法(陳和林，2016；Chang *et al.*, 2016)。對不同溫度下的紅龍果花粉發育、授粉、受精及果實發育積熱等相關研究亦有助於釐清高溫使'大紅'紅龍果小果化的主因。

## 謝 辭

本研究為中正農業科技社會公益基金會(106-中基-農-3)贊助計畫經費。洪寶進先生提供果園為試驗場所，並協助植株管理，特此謝忱。

## 參 考 文 獻

- 王德男、翁瑞亨、徐秀鳳。1994。網室木瓜倒株栽培之研究。臺灣經濟果樹栽培技術與應用研究研討會專集。臺中區農業改良場。pp. 31-39。
- 江一蘆。2005。攀附性仙人掌果品系分類、開花著果習性與修剪。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。102pp。
- 邱一中、林筑蘋、徐敏記、留欽培、陳殷義、劉碧鵬。2015。紅龍果的栽培與管理。行政院農業委員會農業試驗所。93pp。
- 邱祝櫻。1999。印度棗的三種栽培模式之探討。高雄區農業專訊 28: 1-3。
- 徐萬德。2004。*Hylocereus* spp.仙人掌紅龍果之栽培、生育習性及物候調查。國立臺灣大學園藝學系碩士論文。180pp。
- 陳奕君、林延諭。2016。遮光處理對防範紅龍果肉質莖日燒傷害之研究。臺東區農業改良場彙報 26: 41-58。
- 陳盟松。2017。臺灣紅龍果產期調節技術發展。臺中區農業改良場特刊 134 號。臺中區農業改良場。pp. 91-100。
- 曾淑汾、余建美。2015。台灣紅龍果產業現況及輔導措施。農業試驗所特刊第 187 號。行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。pp. 5-17。
- 劉碧鵬、留親培。2015。台灣紅龍果品種選育現況與未來展望。台灣紅龍果生產技術改進研討會專刊。行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。pp. 29-43。
- 劉碧鵬、謝明樹。2018。創新紅龍果生產工法—以 11 目螺旋織防蟲網生產'大紅'紅肉種紅龍果。新興蔬菜設施栽培成果研討會論文集。pp. 23-35。
- 賴樵緯。2017。以 RAPD 標記分析台灣桑樹基因型親緣關係及於網室生產紅龍果正期果之可行性評估。國立中興大學園藝學系碩士論文。104pp。

- Castellano, S., G. Russo, and G. Scarascia Mugnozza. 2006. The influence of construction parameters on radiometric performances of agricultural nets. *Acta Hort.* 718: 283-290.
- Chang, P. T., C. C. Hsieh, and Y. L. Jiang. 2016. Responses of 'Shih Huo Chuan' pitaya (*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britt. & Rose) to different degrees of shading nets. *Scientia Hort.* 198: 154-162.
- Grant, V. and K. A. Grant. 1979. The pollination spectrum in the southwestern American cactus flora. *Plant Syst. Evol.* 133: 29-37.
- Haber, W. A. 1983. *Hylocereus costaricensis* (pitahaya silvestre, wild pitahaya). In: Costa Rican natural history, Janzen (ed.), The Univ. of Chicago. pp. 252-253.
- Jagdish, S. V., P. Q. Craufurd, and T. R. Wheeler. 2007. High temperature stress and spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Exp. Bot.* 58: 1627-1635.
- Jamaludin, N. A., P. Ding, and A. A. Hamid. 2011. Physico-chemical and structural changes of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) during fruit development. *J. Sci. Food Agr.* 91: 278-285.
- Jiang, Y. L., Y. Y. Liao, T. S. Lin, C. L. Lee, C. R. Yen, and W. J. Yang. 2012. The photoperiod-regulated bud formation of red pitaya (*Hylocereus* sp.). *HortScience* 47 (8): 1063-1067.
- Khaimov-Armoza, A., O. Novák, M. Strnad, and Y. Mizrahi. 2012. The role of endogenous cytokinins and environmental factors in flowering in the vine cactus *Hylocereus undatus*. *Israel J. Plant Sci.* 60: 371-383.
- Khandaker, L., A. M. Akond, and S. Oba. 2009. Air temperature and sunlight intensity of different growing period affects the biomass, leaf color and betacyanin pigment accumulations in red amaranth (*Amaranthus tricolor* L.). *J. Cent. Eur. Agr.* 10: 439-448.
- Kitta, E., A. D. Baille, N. Katsoulas, N. Rigakis, and M. M. González-Real. 2014. Effects of cover optical properties on greenhouse radiative environment and sweet pepper productivity. *Biosyst. Eng.* 122: 115-12.
- Ledesma, N. and N. Sugiyama. 2005. Pollen quality and performance in strawberry plants exposed to high-temperature stress. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130(3): 341-347.
- Ledesma, N. A. and S. Kawabata. 2016. Response of two strawberry cultivars to severe high temperature stress at different flower development stages. *Scientia Hort.* 211: 319-327.
- Lichtenzveig, J., S. Abbo, A. Nerd, N. Tel-Zur, and Y. Mizrahi. 2000. Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *Amer. J. Bot.* 87: 1058-1065.
- Metz, C., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 2000. Viability of pollen of two fruit crop cacti of the genus *Hylocereus* is affected by temperature and duration of storage. *HortScience* 35 (1): 22-24.
- Mizrahi, Y. 2015. Thirty-one years of research and development in the cacti pitaya in Israel. In: *Intl. Wkshp. Proc.: Improving Pitaya Production and Mtg.*, Jiang, Liu, and Huang (eds.),

- Food and Fert. Technol. Center. pp. 1-18.
- Mizrahi, Y., A. Nerd, and P. S. Nobel. 1997. Cacti as crops. Hort. Rev. 18: 291-320.
- Mizrahi, Y., J. Mouyal, A. Nerd, and Y. Sitrit. 2004. Metaxenia in the vine cacti *Hylocereus polyrhizus* and *Selenicereus* spp. Ann. Bot. 93: 469-472.
- Möller, M. and S. Assouline. 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. Irr. Sci. 25: 171-181.
- Nerd, A., Y. Sitrit, R. A. Kaushik, and Y. Mizrahi. 2002. High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). Scientia Hort. 96: 343-350.
- Nobel, P. S. and E. De la Barrera. 2004. CO<sub>2</sub> uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hylocereus undatus*. Ann. Appl. Biol. 144: 1-8.
- Nomura, K., M. Ide, and Y. Yonemoto. 2005. Changes in sugars and acids in pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit during development. J. Hort. Sci. Biotechnol. 80 (6): 711-715.
- Ortiz-Hernández, Y. D. and J. A. Carrillo-Salazar. 2012. Pitaya (*Hylocereus* spp.): a short review. Comunicata Scientiae 3 (4): 220-237.
- Phebe, D., M. K. Chew, A. A. Suraini, O. M. Lai, and O. A. Janna. 2009. Red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) fruit colour and betacyanin content depend on maturity. Intl. Food Res. J. 16: 233-242.
- Raveh, E., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1998. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. Scientia Hort. 73: 151-164.
- Suh, D. H., S. Lee, D. Y. Heo, Y. Kim, S. K. Cho, S. Lee, and C. H. Lee. 2014. Metabolite profiling of red and white pitayas (*Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus*) for comparing betalain biosynthesis and antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 62: 8764-8771.
- Tanny, J. 2013. Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. Biosyst. Eng. 114: 26-43.
- Tanny, J., S. Cohen, and M. Teitel. 2003. Screenhouse microclimate and ventilation: an experimental study. Biosyst. Eng. 84 (3): 331-341.
- Tanny, J., S. Cohen, and Y. Israeli. 2012. Screen constructions: Microclimate and water use in Israel. Acta Hort. 927: 515-528.
- Tran, D. H., C. R. Yen, and Y. K. H. Chen. 2015a. Effect of pollination method and pollen source on fruit set and growth of red-peel pitaya (*Hylocereus* spp.) in Taiwan. J. Hort. Sci. Biotechnol. 90 (3): 254-258.
- Tran, D., C. Yen, and Y. H. Chen. 2015b. Effects of bagging on fruit characteristics and physical fruit protection in red pitaya (*Hylocereus* spp.). Biol. Agr. Hort. 31 (3): 158-166.
- Weiss, J., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1994. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. HortScience 29: 1487-1492.

## Comparison of Microclimate and Fruit Production of Red Pitaya 'Da Hong' in Summer and Autumn Seasons under Net House Culture

Yen-Chieh Chien<sup>1)</sup> Jer-Chia Chang<sup>2)</sup>

Key words: Cactaceae, heat stress, protected cultivation, reproductive phenological stage

### Summary

During the main natural inductive period (from Apr. to Oct. 2017) of red pitaya (*Hylocereus* sp. 'Da Hong'), 8-years-old plants were used under the 16-mesh net-house in Caotun, Nantou, Taiwan. Comparison of microclimate between summer and autumn and effects of season on fruit quality were investigated inside of the facility. The transmittances of solar radiation and photosynthetic photon flux density under 16-mesh insect-proof net house were 80.4% and 74.4%, respectively. The maximum, average and minimum air temperatures inside of the facility were higher than outside on most days. There were the 13 flowering waves under the net-house cultivation during natural inductive period. The accumulative floral bud emergence percentage of > 1-year-old shoots was 265.3%, significantly higher than current year shoots (96.4%). Peel chroma (C\*) of autumn fruits (floral bud emerged on 30 Jul. 2017, fruit harvested on 17 Sep. 2017) were higher than those of summer fruits (floral bud emerged on 21 May 2017, fruit harvested on 13 Jul. 2017). The hue angle (h°) on shaded side was lower than that on exposed side while seasons did not significantly affect the peel h°. The longitudinal and transverse diameters and single fruit weight of autumn fruit (77.0 mm, 59.3 mm, and 197.3 g) were lower than those of summer fruit (102.3 mm, 82.3 mm, and 404.2 g). Perhaps due to high temperature during flowering period in daytime under the net-house, total soluble solid contents of autumn fruits also significantly lower than those of summer fruits. In conclusion, applying 16-mesh net-house to grow red pitaya 'Da Hong' and produce summer fruits could be a potential model for industrial cultivation. However, fruit production under net house tended to be miniature in autumn.

---

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

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

