

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝學系

碩士論文

Department of Horticulture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

溫度、光強度及水楊酸對火鶴花光合作用與生育品質之影響

Effects of Temperature, Light Intensity and Salicylic Acid on
Photosynthesis and the Growth of *Anthurium andreanum* Lind.

黃怡嘉

Yi-Jia Huang

指導教授：張育森 教授

Advisor： Prof. Yu-Sen Chang

中華民國九十七年十二月

Dec, 2008

目錄

目錄	i
表目錄	iii
圖目錄	iv
摘要	vi
Abstract	viii
前言	1
第一章 前人研究	3
一、火鶴花之簡介與生長習性	3
二、溫度對火鶴花生育品質之影響	4
三、光線對火鶴花生育品質之影響	6
四、光合作用對植株生育品質之影響	7
五、植物生長調節劑對植株高溫逆境與生長之影響	8
第二章 火鶴花生長形態	16
一、前言(Introduction)	16
二、材料與方法(Materials and Methods)	16
三、生長形態特徵(The characters of morphology)	16
四、生長週期(The life cycle)	18
第三章 溫度與光強度對火鶴花光合作用和生育品質之影響	22
一、前言(Introduction)	23
二、材料方法(Materials and Methods)	24
三、結果(Results)	26
四、討論(Discussion)	28
五、結論(Conclusion)	32
第四章 不同氣溫對火鶴花光反應曲線與葉片溫度之影響	53
一、前言(Introduction)	54
二、材料方法(Materials and Methods)	55
三、結果(Results)	57
四、討論(Discussion)	58
第五章 不同濃度水楊酸對火鶴花高溫逆境之影響	72
一、前言(Introduction)	73
二、材料及方法(Materials and Methods)	74
三、結果(Results)	76
四、討論(Discussion)	77
第六章 萘苔素內酯與激勃素對火鶴花苗期生長之影響	86
一、前言(Introduction)	87

二、材料及方法(Materials and Methods).....	88
三、結果(Results).....	90
四、討論(Discussion).....	90
第七章 結論.....	93
參考文獻(Reference).....	95
附錄一、火鶴花花朵構造.....	101



表目錄

表 3-1. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’光合作用、葉片產量及花朵產量之影響。(97/3/12-97/7/12).....	33
表 3-2. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’葉片大小、葉柄及葉片成熟天數之影響。(96/7/2-96/11/2).....	34
表 3-3. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’葉片大小、葉柄及葉綠素計讀值之影響。(97/3/12-97/7/12).....	35
表 3-4. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’的平均花朵大小、花梗生長、花朵成熟天數及瓶插壽命之影響。(96/7/2-96/11/2).	36
表 3-5. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’的平均花朵大小、肉穗花序長度、花梗生長、花朵成熟天數及瓶插壽命之影響。 (97/3/12-97/7/12).....	37
表 3-6. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’花朵顏色明度、彩度及色相之影響。(96/7/2-96/11/2).....	38
表 3-7. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’花朵顏色明度、彩度及色相之影響。(97/3/12-97/7/12).....	38
表 5-1. 施用 100、200、400 μ M 水楊酸在 35/30 °C 環境對火鶴花‘Tropical’淨光合作用、氣孔導度、總葉片數、葉綠素計讀值、燒焦葉片數及花朵消蕾數之影響。.....	80
表 5-2. 施用 100、200、400 μ M 水楊酸在 35/30 °C 環境對火鶴花‘Senator’淨光合作用、氣孔導度、總葉片數、葉綠素計讀值、燒焦葉片數及花朵消蕾數之影響。.....	81
表 6-1. 不同濃度激勃素與萘苔素內酯對火鶴花‘Pistache’種苗株高、新葉片寬、新葉片長、葉綠素計讀值、淨光合作用及氣孔導度之影響。.....	92

圖目錄

圖 1-1. 水楊酸結構.....	15
圖 1-2. 萜素類固醇結構.....	15
圖 1-3. 激勃素結構.....	15
圖 2-1. 火鶴花生長形態.....	20
圖 2-2. 火鶴花生長形態解剖.....	20
圖 2-3. 火鶴花生長週期.....	21
圖 3-1. 30/25 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’淨光合作用、光子量之影響。.....	39
圖 3-2. 25/20 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’淨光合作用、光子量之影響。.....	40
圖 3-3. 20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’淨光合作用、光子量之影響。.....	41
圖 3-4. 葉片溫度對火鶴花‘Montero’淨光合作用之影響。.....	42
圖 3-5. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’葉片厚度之影響。.....	43
圖 3-6. 單、雙層遮陰處理在不同溫度下對火鶴花‘Montero’葉片厚度之影響。..	44
圖 3-7. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度內單雙層遮陰處理下的火鶴花‘Montero’苞片顏色 a*與 b*值之影響。(97/3/12-97/7/12)	45
圖 3-8. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度下單雙層遮陰處理對火鶴花‘Montero’花朵品質之影響。(97/3/12-97/7/12)	46
圖 3-9. 單層、雙層遮陰處理下，30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度的火鶴花‘Montero’植株生長形態。.....	47
圖 3-10. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度，單層、雙層遮陰處理下火鶴花‘Montero’葉片展開形態。(97/3/12-97/7/12)	48
圖 3-11. 30/25 °C 下，單層(Single)、雙層(Double)遮陰處理火鶴花‘Montero’植株表現。.....	49
圖 3-12. 25/20 °C 下，單層(Single)、雙層(Double)遮陰處理火鶴花‘Montero’植株表現。.....	50
圖 3-13. 20/15 °C 下，單層(Single)、雙層(Double)遮陰處理火鶴花‘Montero’植株表現。.....	51
圖 3-14. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 單、雙層遮陰處理火鶴‘Montero’根部生長情形。.....	52
圖 4-1. 35 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’(A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	62

圖 4-2. 30 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	63
圖 4-3. 25 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	64
圖 4-4. 20 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	65
圖 4-5. 35 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	66
圖 4-6. 30 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	67
圖 4-7. 25 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	68
圖 4-8. 20 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO ₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。.....	69
圖 5-1. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Tropical’後續處理天數葉綠素螢光、葉片溫度、光子產量之影響。.....	82
圖 5-2. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Senator’後續處理天數葉綠素螢光、葉片溫度、光子產量之影響。.....	83
圖 5-3. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Tropical’葉片燒焦之影響。..	84
圖 5-4. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Senator’葉片燒焦之影響。...	85
圖 6-1. 不同濃度激勃素與芸苔素內酯對火鶴花‘Pistache’種苗植株生長之影響。.....	92

摘要

火鶴花為台灣重要經濟花卉作物之一，可周年生產。本研究首先探討火鶴花生殖生長過程的生長週期；主要探討溫度與光強度對火鶴花光合作用與生育品質之影響；其次探討在不同氣溫下，葉片光飽和點之變化；最後探討生長調節劑對火鶴花高溫逆境耐熱性及促進苗期生長的可行性。

火鶴花生長週期方面，生殖生長時期，每一生長單位依序由小鱗片葉、大鱗片葉、葉芽、花芽、側芽及休眠芽組成，小大鱗片葉為保護芽體之特化葉片，葉芽發育成為心形葉片，花芽發育成為心形花朵，側芽為下一次新的生長單位，休眠芽為不發育的芽體。

溫度與光強度試驗方面，將火鶴花‘Montero’栽培於人工氣候室三種溫度（日夜溫 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C），分別進行兩種遮陰處理（單層遮陰處理：光度 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、雙層遮陰處理：光度 100-200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）。就淨光合作用而言，同一溫度下，單層遮陰的光合速率均比雙層遮陰為佳，連續兩年試驗都以 25/20 °C 單層遮陰處理（300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）光合速率最高。就花朵生育品質而言，試驗第一年主要受光強度影響，單層遮陰處理表現較好，以 25/20 °C 單層遮陰處理最佳，第二年則受到光強度與養分蓄積影響，以 20/15 °C 單層或雙層遮陰處理最佳，兩年都以 30/25 °C 雙層遮陰處理表現最差。高溫處理（30/25 °C）雖然通常葉片和花朵的生育速度較快，但品質降低；低溫處理（20/15 °C）生育速度緩慢，產量低，但品質較高。

氣溫對光合效率變化方面，選用火鶴花兩品種‘Montero’與‘Titicaca’，置於模擬 35、30、25、20 °C 四種氣溫的生長箱，各給予 10 種光強度（0、50、100、200、300、400、500、600、700、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ），處理環境於植株馴化 30 分鐘。30 °C 下‘Montero’與‘Titicaca’植株，光飽和點分別為 300、200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；25 °C 光飽和點皆為 800、700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，20 °C 下，兩品種光飽和點分別為 600、500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。35 °C 高溫下，蒸散作用與蒸氣壓差比其他三組溫度高，但淨光合作用值卻明顯較低。火鶴花在涼溫環境，光合作用系統對光強度利用率更高，可提

高光強度至 $500-700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而以 25°C 生長箱所測得光飽和點最高。當外界氣溫超過 30°C 時，則必須降至 $300-400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之內，可減緩葉片光合作用降低的情況。

外施水楊酸對火鶴花於高溫逆境耐熱性之影響，澆灌 100 、 200 及 $400 \mu\text{M}$ 三種水楊酸濃度，觀察火鶴花(成苗)兩品種‘Tropical’及‘Senator’在 $35/30^\circ\text{C}$ 高溫逆境下植株生長之表現。火鶴花‘Senator’施用三種濃度水楊酸皆可維持植株較高的葉綠素螢光、光子產量以及有較少的葉片燒焦數，顯示施用水楊酸可有效降低火鶴花‘Senator’在高溫逆境的葉片傷害，其中以 200 與 $400 \mu\text{M}$ 兩種水楊酸效果最好。而火鶴花‘Tropical’與對照組比較下，其葉綠素螢光、光子產量、淨光合作用值及葉片燒焦數皆無顯著差異。 $35/30^\circ\text{C}$ 高溫逆境下，施用水楊酸於‘Senator’，花朵消蕾數有降低的趨勢，雖統計上無顯著差異；另一品種‘Tropical’花苞顏色有退色以及花朵不展開而消蕾的現象。

外施芸苔素內酯 (Brassinolide, BL) 與激勃素 (GA_3) 對火鶴花苗期生長之影響，葉施 250 、 500 ppm GA_3 、 0.01 、 0.1 、 $1 \mu\text{M}$ BL 及 250 ppm $\text{GA}_3 + 0.01 \mu\text{M}$ BL 混合藥劑於火鶴花‘Pistache’中苗 (栽培 1 年)。試驗結果顯示施用 0.01 、 0.1 、 $1 \mu\text{M}$ 三種濃度 BL 對火鶴花‘Pistache’株高、新葉片寬長、葉綠素計讀值及淨光合作用亦有增加的趨勢，其中 $1 \mu\text{M}$ BL 之處理綜合表現最好， 500 ppm GA_3 對植株生長並無顯著差異，但施用 250 ppm $\text{GA}_3 + 0.01 \mu\text{M}$ BL 兩種混合藥劑對植株生長表現，與對照組之植株表現相比較亦有提高。單獨噴施 BL 對火鶴花生長效果較顯著。BL 可促進火鶴花‘Pistache’中苗生長發育的功能，明顯增加葉綠素計讀值且提高光合作用，以提高火鶴花生長速度。

Abstract

Anthurium andreanum Linden is one of main economy flower crops in Taiwan. Flowers are produced throughout the year. First, this study is to observe in detail the sequence of its life cycle during the reproductive growth phase. Second, to investigate the effects of temperature and light intensity on net photosynthesis and the growth of Anthurium. Third, to analysis the changes of the light saturation point under the different air temperature conditions. Finally, to determine the heat tolerance of high temperature and improvement of growth in Anthurium with exogenous the plant growth regulators.

For the treatment of temperature and light intensity, plants of Anthurium 'Montero' are grown in 30/25 °C, 25/20 °C, 20/15 °C day/night temperature conditions with two shade cloths for two year treatments. One is treated by single shade cloth and the average photon flux density is 300 to 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. The other is treated by double shade cloths and the average photon flux density is 100 to 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. For three day/night temperature conditions, the net photosynthesis of plants in single shade treatment are higher than in double shade treatment. The net photosynthesis of plants under 25/20 °C with single shade treatment are the highest for two year experiments. The quality of the flower grown in the single shade cloth are better than the double shade cloths for the first-year treatment. 25/20 °C with single shade treatment have the highest quality of the flower. Higher light intensity is important factor for the first-year treatment. 20/15 °C with single shade treatment are the best quality of the flower for the second-year treatment because of light intensity and accumulation of photosynthate. 30/25 °C with the double shade treatment are the worst quality of the flower for two year treatments. The days to mature on a leaf and a flower decrease under higher day/night temperature conditions, but the quality of the flower will be worse ; however,

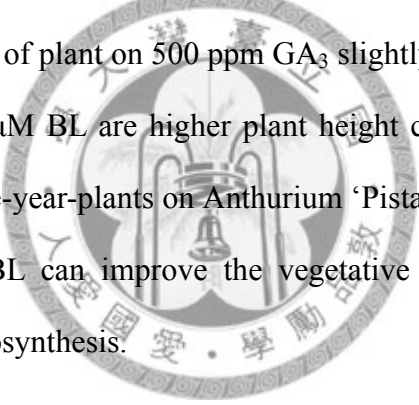
the days to mature increase under lower day/night temperature conditions, the quality of the flower will be better.

The two cultivars of ‘Montero’ and ‘Titicaca’ are separately acclimated to the 35, 30, 25, and 20 °C air temperature growth chamber for thirty minutes. The two cultivars are determined the net photosynthesis with ten light intensity (0, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) under four air temperature growth chambers. Under 30 °C growth chamber, the light saturation points of ‘Montero’ and ‘Titicaca’ are 300 and 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Under 25 °C growth chamber, their the light saturation points are both 800、700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Under 20 °C growth chamber, they are separately 600 and 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. The transpiration and vapour pressure deficits under 35 °C growth chamber are higher than other three growth chambers, and lower net photosynthesis. These results suggest Anthurium are cultivated on higher light intensity from 500 to 700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ under 20-25 °C conditions. If air temperature is above 30 °C, light intensity should be carefully controlled between 300 and 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ to prevent net photosynthesis from decreasing.

The application of exogenous salicylic acid can enhance heat tolerance of Anthurium on high temperature. The adult plants of the two cultivars ‘Tropical’ and ‘Senator’ are irrigated to 100, 200, and 400 μM salicylic acid concentrations before 35/30 °C heat treatment. When irrigated to three concentrations, Anthurium ‘Senator’ have higher F_v/F_m , quantum yield and lower number of burned leaf. The result demonstrates the exogenous salicylic acid can availably decrease the damage of leaf of Anthurium ‘Senator’ on high temperature by irrigated to 200 and 400 μM salicylic acid concentrations. In Anthurium ‘Tropical’ plants, F_v/F_m , quantum yield, net photosynthesis and number of burned leaf with the treatment of exogenous salicylic acid are all not significant statistically. The flower abortion of Anthurium ‘Senator’

decreases slightly by irrigated to salicylic acid under 35/30 °C condition though it is not significant statistically. The red color of spathe on Anthurium 'Tropical' becomes light red ,and the flower bud is aborted under 35/30 °C condition.

The application of exogenous brassinolide and gibberellin can improve the vegetative growth of Anthurium. The one-year-plants on Anthurium 'Pistache' are sprayed with 250, 500 ppmGA₃, 0.01, 0.1, 1 µM BL and 250 ppm GA₃ + 0.01µM BL. These results demonstrates foliar spraying with three BL concentrations increases plant height, the wide and length of new leaf, CMR, and net photosynthetic rate. The treatment with 1µM BL are highest plant height, the width and length, CMR and net photosynthetic rate. The treatment with two concentrations GA₃ don't improve the growth of Anthurium significantly ,but the height of plant on 500 ppm GA₃ slightly increase and the treatment with 250 ppm GA₃ + 0.01µM BL are higher plant height compared with control. The growth improvement of one-year-plants on Anthurium 'Pistache' by only foliar spraying with BL are significant. BL can improve the vegetative growth of Anthurium and increases CMR or net photosynthesis.



前言

Introduction

火鶴花 (*Anthurium andreanum* Linden) 原生於哥斯大黎加、墨西哥等中南美洲熱帶雨林國家，為天南星科 (Araceae)、花燭屬 (*Anthurium*) 植物，俗名為紅苞芋、花燭、安祖花、安世蓮、紅掌、大團扇，該屬植物原生種約有 1000 種 (species)，為天南星科植物最大的一屬。火鶴花是附生型 (epiphyte) 多年生草本植物，根為典型的鬚根系，半肉質。具有肉質的氣生根，革質的單葉螺旋排列於短縮莖上，而所謂觀賞的「花」則由花梗、佛焰苞或苞片 (Spathe) 及肉穗花序 (Spadix) 所組成。

火鶴花為台灣穩定型經濟切花作物之一，栽培產地以中南部為主，集中於於台中、南投、台南、高雄及屏東一帶，種植面積達一百六十公頃 (農業統計年報, 2007)。現今火鶴花切花出口量 87% 外銷至日本，逐漸取代夏威夷及模里西斯在日本市場的佔有率 (林, 2004; 陳, 2008)，自民國 88 年到 93 年間出口總量大增，於民國 94 年後出口總量趨於穩定，至 97 年切花出口貿易統計總量達 490 公噸，超過 4000 千打以上。

火鶴花生長適溫介於 18-32°C 之間，光強度在 280-470 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之間，影響其淨光合速率、葉片數 (Chen, 2005)、花朵產量及品質 (Leffring, 1975)。台灣栽培火鶴花多利用兩層遮陰網搭設的網室來管理，光強度為業者多年栽培的經驗配合台灣四季氣候變化來調節，而溫度則無法適當調整，不同地區因日照強度不同有所差異，不易準確調整光強度及溫度，而有許多栽培問題，其中以夏季高溫造成花朵產量、品質下降與植株生長緩慢等問題最為嚴重。溫度與光強度為相互影響的環境因子，雖近年來國外利用精密溫室栽培火鶴花的管理知識逐漸影響台灣的栽培業者，但由於溫室成本過高，目前大部分業者意願並不高，仍趨向以網室栽培火鶴花。因此探討合適的溫度與光強度兩者相對關係對火鶴花生長發育有利的

環境成為重要的研究方向。

水楊酸可提高許多植物在高溫逆境中的耐熱性 (Horváth et al., 2007)。台灣夏季常有高溫導致火鶴花生長受到抑制及產量下降等問題，本試驗擬施用不同濃度水楊酸試驗火鶴花在高溫逆境中之影響，探討高溫逆境下對火鶴花葉片與花朵生長變化，而水楊酸是否可提高火鶴花在高溫的耐熱性。另外，萜素類固醇為一植物重要荷爾蒙，可增加植物生長發育，提高產量 (Hayat and Ahmad, 2003)。火鶴花為生長緩慢的植物，苗期達成株至少需達 2 年，本試驗利用此荷爾蒙特性探討火鶴花苗期生長之影響。



第一章 前人研究

Chapter 1. Literature Review

一、火鶴花之簡介與生長習性

火鶴花 (*Anthurium andreanum* Linden) 原生於哥斯大黎加、墨西哥等中南美洲熱帶雨林國家，為天南星科 (Araceae)、花燭屬 (*Anthurium*) 植物，學名從希臘文衍生而來，‘anthos’為肉穗花序，‘oura’為尾巴的意思，火鶴花葉片變形為苞片，苞片火紅鮮豔且表面有蠟質，一般英名稱為 Tailflower、Flamingo flower、Wax flower 及 Painter’s palette 等，形容火鶴花苞片與花序美麗的姿態，而俗名稱為紅苞芋、花燭、安祖花、安世蓮、紅掌、大團扇等，該屬植物原生種約有 1000 種 (species)，為天南星科植物最大的一屬。火鶴花是附生型 (Epiphyte) 多年生草本植物，具有典型的鬚根系、半肉質根及肉質的氣生根，革質的單葉螺旋排列於短縮莖上，而所謂觀賞的「花」則由花梗、佛焰苞或苞片 (Spathe) 及肉穗花序 (Spadix) 所組成。目前主要品系與特徵分為三種：切花品種為 *Anthurium andreanum* (花燭)，植株大，觀賞苞片較大，花梗長，肉穗花序直挺，苞片與肉穗花序顏色變化多，葉片長圓心型或卵圓形，深綠色；盆花品種 *A. scherzerianum* (紅苞芋)、*A. amnicola* × *A. antioquiense* (‘Lady Jane’)、*A. andraenum* × *A. amnicola* (‘Andreacola’)，植株中、小型緊緻完整，葉片長圓橢圓形或長圓披針形，葉端漸尖，葉片基部鈍形或圓形。花數較多，花形小，側芽生長旺盛，多作為盆花生產，辨識特徵為前者花序螺旋狀捲曲而後者花序直挺；觀葉品系 *A. crystallinum* Lind. & Andre (水晶花燭)、*A. leuconeurum*，苞片通常為綠色且小型，葉片闊卵圓狀橢圓形，具有光澤、絨布感且葉脈明顯 (方等，2003；王，1989；陳，2006；Lynn and Griffith, 2006)。

火鶴花生長過程有營養 (Vegetative Growth) 與生殖生長 (Reproductive Growth) 兩種，在幼年期營養生長，葉柄基部包住莖，與禾本科植物相似，稱為葉鞘 (Leaf sheath)，葉鞘將營養芽包於葉腋內 (薛，1993)，幼年期葉片達 7-9 片

(Dufour and Guerin, 2003)，當進入生殖生長時期，葉腋基部則開始著生花芽，葉鞘不再包覆莖，而形成兩片一小一大突起稱為鱗片葉(Scale leaf)，此兩片鱗片葉保護著新展開的葉芽、花芽、休眠芽及下一次的生長單位芽體，花芽包覆在葉片基部(Noordegraaf, 1973)，養分吸收來自葉片行光合作用產生的光合產物。以一葉一花的循環模式進行，平均每年可以生產 3~8 片葉，而有 3-8 朵花 (Dole and Wilkins, 2004；Walker and Smith, 1978)。

火鶴花的花芽發育階段與葉片生長關係密切，主要分為三個生長階段，當葉片未開始生長為花芽的細胞分裂期 (cell division phase)；葉片從 0 至 14 天的開始生長，幼葉為紅褐色，淨光合作用值為負值，花芽為緩慢生長階段 (slow growth phase)，花朵長度(莖基部與花苞尖端之間的距離)只有 0.8-1.0 cm；第 14 至 28 天為葉片逐漸轉為綠色，淨光合作用值開始為正值，此時花芽細胞伸長 (cell elongation phase)，花朵長度為 1.0-1.5 cm；第 28 至 42 天，葉片淨光合作用逐漸提高，苞片花青素合成 (anthocyanin synthesis)，；生長從 42 至 56 天，葉片轉為深綠色，葉片淨光合作用旺盛，花芽則開始明顯有伸長，達 2.5-4.5 cm。花芽緩慢生長階段極可能是因為幼葉生長需要大量的養分，幼葉為一強的蓄池(sinks)，直到葉片淨光合作用為正值，葉片為蓄池的角色才逐漸轉變為供源(sources)，開始提供花芽生長發育所需要的養分 (Dai and Paull, 1990)。另外前人研究指出花朵從葉柄基部展露至花梗伸長過程，苞片卻還未展開的這一段生長期間為花青素合成高峰 (Collette et al., 2004)。

二、溫度對火鶴花生育品質之影響

火鶴花原生在熱帶雨林，生長溫度廣，介於 18-32 °C 之間。早期在夏威夷未探討溫度對開花與營養生長之影響，而透過田間觀察植株生長與表現，建議夜溫最低可到 18 °C (Higaki et al, 1979)，雖然火鶴花可忍受短暫 12 °C 低溫，但使產量大幅降低。適當低溫可促進芽與花朵發育。最高溫度盡量低於 30 °C，可利用遮陰網

或噴霧系統來降低溫度 (van Leeuwen, 2008)。如氣溫超過 35 °C 時，會造成葉燒、苞片褪色並降低花朵壽命的現象 (陳, 2008)。相對地，高夜溫則會引起花朵顏色呈色不良、形態較小，因此建議夜溫最高可達 22 °C (Criley, 1989; Schenk and Brundert, 1981)。4-10 °C 的夜溫導致生長緩慢及下位葉片黃化現象 (Hamrick, 2003)。栽培在低溫的環境下，會使開花延遲、生長量也相對較低及生長期會延長 (白, 2006)。40 °C 的高溫處理 6 小時，葉片未出現日燒現象，但是葉片電導率隨處理溫度升高而升高，而延長處理時間 6-8 小時，上半部葉緣和葉肉出現水浸狀，葉片隨而發生皺縮，呈現嚴重的灼傷而導致乾枯。顯示高溫處理使細胞通透性增大，所以容易發生傷害 (曾等, 1994)。

品種間生長溫度不同，Hamrick (2003)則指出 *A. scherzerianum* 栽培種(盆花品種)生長溫度範圍日夜介於 20-27 °C/15-17 °C。另一盆花品種 *A. andraeanum* 之雜交種，平均溫度介於 19-21 °C。*A. andraeanum* 切花品種平均溫度為 20-24 °C (Anthura, 2004)。*A. scherzerianum* 給予 15 °C 及 18 °C 低溫處理 6 週後，回到 21 °C 栽培環境下，比維持在 21 °C 處理的植株可產生更多的芽體與花朵數目，低溫處理過的植株在 21 °C 環境下栽培可使花朵發育加快。盆花品種側芽較多，需要較低溫來促進側芽發育，而切花品種主要為一頂芽生長，需要較高的溫度給予花朵充分生長及發育，獲得長花梗與大苞片的高品質花。

許多研究報告指出火鶴花適宜溫度維持在 20-22 °C 之間，可生產好的花朵品質及產量 (Leffring, 1975; Noordegraaf, 1973)。胡 (1995) 將火鶴花在不同日夜溫處理 6 個月後，移置精密溫室 6 個月，觀察切花產量以 30/25 及 25/20 °C 最佳，淨光合速率則在 20-25 °C 下有較高的值，約維持在 $5-8 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，當葉溫超過 30°C 以上，淨光合速率明顯下降趨勢，花朵大小以 25/20 °C 處理下苞片最大。*Anthurium* 'Bubble Gum' (盆花品種) 以日夜溫 15/13 °C、20/15 °C、25/20 °C、30/25 °C 處理，以 25/20 °C 處理之下，成熟葉葉溫為 25.76 °C，第三片成熟葉光合速率達 $5.86 \mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，每株可採收的花朵數達 3 朵、開花品質最好。

以同為天南星科的白鶴芋為例，研究根圍溫度與氣溫對白鶴芋開花與生長之影響，結果顯示第三、四朵花開花比率隨著氣溫提高而增加，氣溫達 21-22 °C 時，開花比率最高，而 20 °C 氣溫相較於 17 °C，對白鶴芋的生長、發育、植株高度及葉片大小有明顯增加 (Vogelezang, 1992)。

由以上得知，適當的溫度可以提高火鶴花葉片淨光合速率，增加火鶴花生育品質。

三、光線對火鶴花生育品質之影響

火鶴花可接受光強度介於 280-470 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之間。隨光強度增加，產量相對增加 (Leffring, 1975)。因各地區光度隨緯度、位置而有不同，在荷蘭，當夏季全日照超過 750 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時，溫室內利用移動式遮陰系統降低過多的光強度，並配合頂部噴水方式使溫室內維持在 280 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。栽培試驗顯示以光強度 290 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 無頂部噴水處理及 345 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 配合頂部噴水處理，火鶴花採收花朵產量最高 (Leffring, 1975)。在夏威夷，遮陰 75%(600-700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 栽培火鶴花，在全日照為 3000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，則需遮陰 50-90% (Criley, 1985)。佛羅里達州推薦以 280 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光度來栽培火鶴花 (Henny and Hamilton, 1992)。

不同遮陰處理影響火鶴花植株生長與葉片光合作用。邱 (1992) 以 75%雙層黑網(BD)、75%單層黑網(BS)、50%單層黑網(BS)、75%單層銀網(SS)、75%雙層銀網(SD)五種遮陰處理，調查‘Enta’、‘Lyndia’、‘Tropical’三種品種火鶴花植株生育情形，每年花朵產量以 75%-BS、50%-BS、75%-SS、75%-SD 處理下有較好產量，淨光合速率在 75%-BS、50%-BS 處理比其他處理有較高的值，但試驗過程中 50%-BS 之植株處於高光強度下，調查途中淨光合速率有下降之現象，作者推測可能暴露於高光下導致 PSII 之電子轉移活性下降，產生光抑制作用(photoinhibition)。75%-BD 的過度遮陰使三品種生育最差：葉柄徒長、葉片薄、葉數最少、葉花成熟天數最長、瓶插壽命最低、產量最少。黃等 (1994) 利用單、雙、三層遮陰處理，

研究火鶴花生長發育及其生理的影響。用雙層或三層遮陰處理，比單層遮陰處理，其光合速率明顯降低 50% 以上。

薛 (1993) 指出在氣溫 16 °C 與 30°C 兩種處理下，光強度從 0 增加至 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，淨光合速率由負值逐漸增加，而葉片溫度也隨光強度增加而升高。當氣溫在 16°C，光度 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下，兩品種 *Anthurium* 'Nitta Orange' 及 'Tropical' 淨光合速率達 2.6-3.5 $\mu\text{molCO}_2\text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，反之在 30°C 高溫下，葉片溫度較高使淨光合速率下降。

朱 (1998) 指出火鶴花處理高光度(99.3-490.4 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、中光度(91-197 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、低光度(21.6-47.6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)，花朵產量、花梗長以中、高光度處理表現最好，其中在高光度處理者相對較高的淨光合速率。

Chen (2005) 將火鶴花栽培在 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 遮陰溫室再移植到 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 室內環境 6 個月，顯示光線 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 相較於 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下，可有較高的新葉片數、花朵數、並降低植株寬與株高比率，在 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光強度下，明顯較高的淨 CO_2 交換速率。

胡 (1995) 將八種光強度分置於 28/18 °C (301、204、150、112 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 及 23/18 °C (90、75、55、43 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)，調查火鶴花光合速率變化。以 23/18 °C 的四種光強度處理最好，而在 28/18 °C 下 301 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，其光合速率為負值。光強度大小可使葉片溫度升高或減小，葉片內光合速率必受到影響。

四、光合作用對植株生育品質之影響

(一)光合作用速率

植物大部分器官內所需養分來自葉片行光合作用而得到，光線為光合作用重要啟動因子，植物葉綠體內葉綠素 a、b 與輔助色素(類胡蘿蔔素、細胞色素、粒線醌、粒線靛藍及鐵氧還蛋白)將光子透過能量傳遞，激發基態 (Ground- state) 電子成為激發態 (Excited-state)，經氧化還原反應傳遞至光系統 II 和 I，兩系統分別吸

收波長 680 和 700 nm，再吸收 H_2O 、 CO_2 經光反應與暗反應，一連串的電子傳遞將光能轉變為化學能，產生 O_2 與碳水化合物 (carbohydrate)，例如蔗糖 (sucrose) 與澱粉 (starch)。這些光合產物 (photosynthate) 為成熟葉片行光合作用而來，而植物其他無法行光合作用器官需依靠光合產物來幫助正常的生長發育 (Taiz and Zeiger, 2006)。

許多果樹的著果與產量高低依據淨光合作用效率能力 (Faust, 1989; Jackson, 1980)。荔枝的新生枝條葉片光合效率高可供給鄰近果實生長，而不是靠老枝條所儲存的碳水化合物 (Roe et al., 1997)。另外，牛樟扦插苗處理五種不同光環境(65%、35%、10%的相對光量、森林孔隙及林下)，相對光量在 10-35%的環境為牛樟扦插苗適宜的生長光環境，有較高的淨光合作用率，能發育出較多全株的總葉片面積，對植株生物量累積有幫助 (郭等，2004)。

(二)光合產物之運移、吸收

成熟葉片可自行光合作用製造光合產物，稱為供源 (sources)，供給正在生長發育的器官，這些未能行光合作用器官稱為蓄池 (sinks)，大部分光合產物透過韌皮部運移到各器官，依賴供源-蓄池的關係分配到需要養分的器官，養分主要供給鄰近生長器官、營養生長時期的枝條、根與生殖生長時期的種子、花及果實，經韌皮部裝載 (phloem loading) 與卸載 (unloading) 等步驟，從葉片輸出至植株各個組織器官。養分的分配 (allocation) 依據蓄池器官的大小與活性決定整個蓄池的強度 (Jeuffroy and Warembourg, 1991)。

五、植物生長調節劑對植株高溫逆境與生長之影響

植物生長調節劑 (Plant growth regulator) 為人工合成的有機物質，具有類似植物荷爾蒙的生理等作用，分為生長素 (Auxin)、激勃素 (Gibberellin)、細胞分裂素 (Cytokinin)、離層酸 (Abscicic acid)、乙烯 (Ethylene)、水楊酸 (Salicylic acid)、萜甙素內酯 (Brassinolide) 及茉莉酸 (Jasmonic acid)，對植物有特定的生理作用，

有些極微量濃度就可產生特殊的生理、生化或形態上的反應。在花卉上，可調節生長發育、省工效果、提高品質及增強環境適應性的作用如低、高溫或缺水等逆境 (黃，2002；Taiz and Zeiger, 2006)。其中本試驗主要利用水楊酸、芸苔素內酯及激動素對火鶴花高溫與生長發育之影響。施用水楊酸來探討火鶴花在高溫逆境之效果。另外，施用芸苔素內酯與激動素對火鶴花苗期生長之影響

(一)水楊酸

1. 簡介

Buchner (1928) 從柳樹樹皮分離出一種柳醇葡萄糖苷 (salicyl alcohol glucoside, salicine)，而後 Rafale (1938) 把此物質命名為水楊酸(Salicylic acid, SA)。水楊酸為拉丁文中的‘Salix’，意思為柳樹。SA 廣泛分布在植物界，被當作為植物荷爾蒙之一 (Raskin et al., 1990；Raskin, 1992a)。在植物代謝機制上，SA 扮演不同的角色。

SA 的化學架構主要為一酚類物質(圖 1-1)，帶有羥基(OH-)或其他有功能的衍生物的芳香環(aromatic ring)。SA 可溶於水中或更溶於極性有機物，其 pH 值為 2.4。Aspirine (阿斯匹靈)為水楊酸的類似物之一，在水溶液中易水解合成 SA (Mitchell et al., 1967)。透過現在分析技術了解 SA 在 36 種植物中表現，例如稻米、螃蟹草、大麥及綠豆，大約為植株每公克鮮重就有 1 mg SA 含量。7 個植物種類的開花部位和 27 種耐熱植物種類葉片中表現不同的 SA 含量 (Raskin, 1990)。但是以稻米的葉片中被測量出有最高的 SA 含量，每公克鮮重達 37.19 mg。另外有些耐熱植物卻在花序中測量到高含量的 SA，如睡蓮 (*Victoria regia* Lindl.) 和棕櫚科植物 (*Bactris major* Jacq.)。SA 參與植物生理和生化許多過程中，包括光合作用、離子吸收、膜滲透率、酵素活性、開花、生成熱產物及植物生長發育 (Hayat and Ahmad, 2007)。SA 為一天然化合物，它的特性與功能可作為植物生長調節劑 (Arberg, 1981)。

2. 外施水楊酸對植物高溫逆境之影響

在非生物逆境中如高低溫、重金屬污染、臭氧及鹽害等，植物外施水楊酸可提

高一保護作用 (Horváth et al., 2007)。其中高溫逆境下，植物器官內細胞生理反應受到損害，其中光合作用、DNA 轉錄、轉譯因溫度提高而嚴重受到影響 (Munro and Pelham, 1985; Bond, 1988; Bendena, 1989; Karim et al., 1999)。早期第一篇報導有關噴施水楊酸可提高芥藍在高溫逆境下的耐熱性 (Dat et al., 1998a)。水楊酸對高溫逆境之影響開始有相關研究，不同植物種類也有不同的濃度效應。菸草(tobacco) 在 0.01-0.1 mM SA 濃度範圍可產生保護作用，其中施用 0.01mM SA 與 45°C 熱馴化 1 小時同樣能增加 H₂O₂ 含量與降低 catalase 活性。如給予低濃度 10 µmol/L SA 也能增加菸草的耐熱性，但是高於 10 倍濃度對高溫逆境卻無保護的作用 (Dat et al., 2000)。豆類植物在高溫逆境之後，給予外施 SA 與熱馴化之處理，皆提高在高溫下的存活率。熱馴化中 SA 合成的角色經 SA 合成抑制劑應用已證明出來，SA 合成抑制劑降低內生 SA 的含量，也使植物耐熱程度下降 (Pan et al., 2006)。黃瓜 (*Cucumis sativa* L.) 葉施 1 mM SA 可誘導其耐熱性，可從膜滲透率、低 H₂O₂ 與 lipid peroxide 含量、高 Fv/Fm(葉綠素螢光值)，然而由外加 1 mM SA 到養液處理或是外加 1 mM SA 到養液與葉施 1 mM SA 處理則產生相反的效果 (Shi et al., 2006)。施用 Acetyl-SA (Aspirin) 也可誘導馬鈴薯組培苗耐熱性 (Lopez et al., 1998)。含 10 µM SA 的 MS 培養基的阿拉伯芥(*Arabidopsis*)植株可降低高溫逆境產生的氧化逆境損害 (Larkindale and Knight, 2002)。

在無經過任何化學藥劑處理或是熱馴化，植物也可能會忍受環境溫度的提高，此表現稱為 basal thermotolerance。如給予植物稍微高溫環境(未達到致死溫度)中，可以快速提高因外界環境改變的耐熱性，此現象則稱為 acquire thermotolerance (Clarke et al., 2004)。Larkindale 等人(2005)透過阿拉伯芥突變株與 *NahG* 轉譯植株(缺乏 SA 植株)試驗提出 SA 在 acquire thermotolerance 發育中佔了重要角色。但是在另一試驗中卻證明在 basal thermotolerance 形成過程，SA 為必需因子(Clarke et al., 2004)。另外從芥藍實生苗進一步證明 SA 在耐熱性的角色，熱馴化期間內生的 SA 含量會提高(Dat et al., 1998b)。葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 在熱馴化初期，內生 SA 含

量會快速提高，而透過外施 SA 也同樣能提高相等的耐熱程度(Wang and Li, 2006)。

(二) 萜素類固醇

1. 簡介

萜素類固醇廣泛存在植物中的相似動物固醇類激素的一種天然物。1970 年 Mitchell 等人從油菜(*Brassica napus* L.)花粉中發現一種可以促進生長的物質，當時把這物質稱為 brassins (油菜素)。Grove 等人(1979)收集了 227 kg 油菜花粉，從花粉內純化出 4 mg 活性高的油菜素化合物，命名為 brassinolide (BL, 萜素內酯)。過了三年後，日本科學家 Yokota 等人(1982)從栗樹 (*Castanea crenata*) 的蟲癭內純化出另一種植物類固醇類物質，取名為 castasterone (CS)，被認為是萜素內酯的前驅物。Brassinolide (BL) 和 castasterone 發現之後，許多類似類固醇物質陸續被發現，因為第一種促進生長物質從油菜花粉中發現，科學家把這些新的物質統稱為 Brassinosteroids (BRs, 萜素類固醇)。

BRs 結構主要以 5 α -cholestane 為骨架，而 A、B 環及側鏈鍵節的類型及功能來組成許多類似物質(圖 1-2)，其中在植物體內三種活性較高為 brassinolide、24-epibrassinolide (24-epiBL)、28-homobrassinolide (28-homoBL)，BRs 廣泛存在各植物器官內，例如花粉、雄蕊、種子、葉、莖、根、花、穀粒及蟲癭組織中，年幼組織比成熟組織含量也有較高的 BRs 含量。BRs 參與了許多植物生理反應，尤其針對植物生長發育具有多種生理功能如枝條生長、根部生長、維管束分化、植物稔性及種子發芽率等 (Clouse and Sasse, 1998)。

2. 外施萜素類固醇對植物生長發育之影響

外施 BRs 可增加田間作物產量。葉施 BL 可增加 10-20%的玉米和黃瓜的產量，葡萄更能提高 30-66%的產量 (Ikekawa and Zhao, 1991)；施用 24-epiBL 可增加番茄、馬鈴薯、黃瓜、辣椒及大麥的產量 (Khripach et al., 1999)；葉施 28-homoBL 可顯著增加小麥、稻米、芥菜穀粒、落花生豆莢、馬鈴薯塊莖、棉花種子等產量

(Ramraj et al., 1997)。

BRs 也促進植物營養及生殖生長，每個月葉施 0.01mg/L BL 連續 5 個月，可促進兩品種草莓(*Fragaria* × *ananassa* Duch. ‘Miyoshi’和‘Enrai’) 營養生長，增加葉面積、葉柄長度、葉片數及冠芽數目；BL 也能促進生殖生長，顯著增加花朵數與花序數 (Pipattanawong et al., 1996)。

BRs 可促進植物的光合作用。BL 處理抽穗後的水稻，其葉綠素增加量及淨光合作用值都比對照組高 (翁等，1995)，另外水稻幼苗除了光合作用，葉面積、株高及植株乾物重都有增加 (柴，2000)。葉面噴施 0.3 mg/L BL 處理核桃葉片、0.1 mg/L BL 處理黃瓜苗期葉片及 0.001 mg/L BL 處理青花菜皆有提高光合作用的效果 (王和楊，2007；李等，2003；胡等，2006)。利用 24-epiBL 可促進黃瓜葉肉細胞內柵狀細胞變大與層數增加，澱粉粒累積增加，有利於養分的吸收和轉運，增加 CO₂ 同化及其同化物向果實內運移，提高 K⁺ 吸收速率，這說明 24-epiBL 能促進光合產物運輸，調節營養的分配，進而促進光合作用並促進生長 (丁等，1995)。在植物體中利用 ¹⁴C 標記，證明 BRs 可加強蔗糖運輸，提高光合作用 (Vardhini and Ram, 1998)。

(三) 激勃素

1. 簡介

最早發現激勃素在日本，農民早就知道水稻的一種真菌疾病，稱為水稻徒長病(bakanae disease or foolish seedling)，出現植株徒長現象，莖節處生有不定根，志全株萎凋枯死，大部分在開花前，無法抽穗之病徵。水稻徒長病係由病原真菌 *Gibberella fujikuroi* 危害所引起的。日本科學家 E. Kurosawa 把此病菌的萃取物施用到健康水稻，結果使健康水稻也出現徒長的症狀，表示此症狀由化學物質所引起的。Yabuta 和 Hayashi (1930) 曾分離並鑑定出一種被稱為激勃素(Gibberellin)的化合物。激勃素是唯一能促進完整無損植物莖部伸高的荷爾蒙。日本人在真菌類中找出許多種激勃素，所有激勃素都均帶有酸性，激勃素通常被簡寫成 GAs。

Takahashi (1955) 分離出 Gibberellin A₁、A₂ 及 A₃，後來又分離出 GA₄，1956 年 West 和 Phinney 首先發現高等植物中也有激勃素之存在，野生胡瓜種子中的乙醚抽出物含有激勃素類似物。有許多類似激勃素陸續被發現，命名上常被混淆，MacMillan 與 Takahashi (1968) 不論在植物或真菌發現的激勃素，都以數字代表，GA₁-A_x。目前已發現 100 多種激勃素。大多數存在高等植物之中而被子植物、裸子植物、蕨類、藻類及菌類中均含有激勃素。

GAs 結構主要由 5 碳單位的異戊二烯單位(isoprene, $-\text{CH}_2-\text{CCH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$)所構成(圖 1-3)，由四單位異戊二烯類的類二萜烯 (diterprenoid)衍生而來，早期利用 ¹⁴C 標記追蹤，二羥甲基戊酸被認為是合成類萜類或激勃素的前驅物質。以種子內激勃素含量最高，主要合成激勃素部位在種子內、發育中果實、莖頂組織及根尖。而在營養組織內可發現低量的激勃素，如幼葉、芽及莖之頂端，這些組織也是激勃素合成部位。激勃素對植物生理作用主要使矮生植物莖伸長、長日植物抽苔、幼齡期改變、誘導雄性花之形成、促進結果及誘導種子萌芽 (Hooley, 1994; Jacobsen and Chandler, 1987; Lang, 1957; Phinney and West, 1959; Phinney, 1983)。

2. 外施激勃素對植物生長之影響

大部分雙子葉及某些單子葉植物，若用 GAs 處理，其生長比沒處理者更快速 (陳, 1988)。甘藍及其他種類都因節間短，呈簇生狀，外施 GAs 後莖可長達 2 公尺高，然後開始開花，無處理 GAs 者則保持簇生狀而維持營養生長 (Wittwer and Bukovac, 1962)。外施 GA₃ 於油菜(*Brassica napus* var. *annua* L.)三基因型 TB 14、TB 28、TB 33 植株上，提高了植株莖的高度，且縮短開花的時間 (Dahanayake and Galwey, 1999)。三品種草莓(*Fragaria* × *ananassa* ‘Camarosa’、‘Laguna’、‘Seascape’) 施於 GA₃ 處理，皆增加草莓葉柄與葉面積 (Parrousi et al., 2002)。GAs 可增加番茄 (*Solanum lycopersicum*)果實發育，利用 GAs 合成抑制劑 (Paclobutrazole) 降低番茄生長與著果，而外施 GA₃ 可回復原來的生長反應 (Serrani et al., 2007)。

GAs 可促進許多長日與低溫二年生植物開花，在營養生長時期呈簇生狀。在非誘導開花環境中，外施 GAs 處理於這些植物之莖頂都可誘導開花 (陳，1988)。三品種草莓施用 GA_3 可提早花序發生，增加花芽數並加速花朵開花 (Parrousi et al., 2002)。

GAs 可與許多其他植物生長調節劑相互作用。其中 GAs 與 BRs 對豆科植物 (*Pisum sativum*) 主根生長與根瘤形成扮演重要角色，GAs 為根瘤形成的必須荷爾蒙，BRs 則影響主根發育，BRs 可能掌控主根生理代謝並間接影響根瘤數目 (Ferguson et al., 2005)。



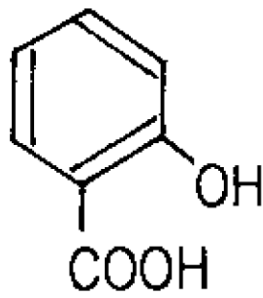


圖 1-1. 水楊酸結構

Fig. 1-1. The structure of salicylic acid.

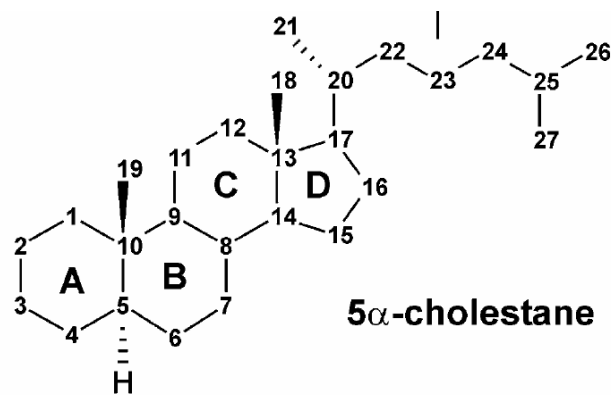


圖 1-2. 藝苔素類固醇結構

Fig. 1-2. The structure of brassinosteroids.

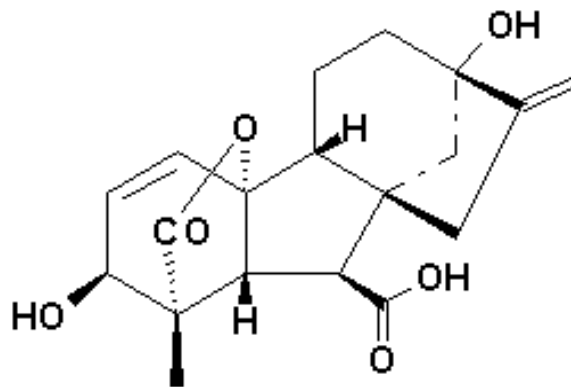


圖 1-3. 激勃素結構

Fig. 1-3. The structure of gibberellin (GA_3).

第二章 火鶴花生長形態

Chapter 2. The morphology of growth habits of *Anthurium*

摘要(Abstract)

火鶴花生長主要分為營養生長 (Vegetative growth) 與生殖生長 (Reproductive growth)。在生殖生長時期，火鶴花主要以一葉片一花朵的生長循環模式進行。火鶴花每一生長單位依序由小鱗片葉、大鱗片葉、葉芽、花芽、側芽及休眠芽組成，小大鱗片葉為保護芽體之特化葉片，葉芽發育成為心形葉片，行光合作用供給養分給花朵，花芽發育成為心形花朵，側芽為下一次新的生長單位，休眠芽為不發育的芽體。

一、前言(Introduction)

火鶴花生長分為營養生長 (Vegetative growth) 與生殖生長 (Reproductive growth)。營養生長由葉片與腋芽組成 (Collette, 2004 ; Dufour and Guréin, 2003)。生殖生長循環模式依照觀察火鶴花生長由兩片鱗片葉、葉、花、營養芽為一生長單位 (薛, 1993 ; Noordegraaf, 1973)。本研究蒐集相關火鶴花器官形態特徵與營養生長之文獻，並觀察火鶴花進入生殖生長過程，各芽體形成之順序及組成。

二、材料與方法(Materials and Methods)

取一已為生殖生長期的火鶴花植株，主要觀察生殖生長之過程。

三、生長形態特徵(The characters of morphology)

(一)兩片鱗片葉

生殖生長才表現出來的形態特徵。第一片鱗片葉形狀較小，而第二片鱗片葉較大，兩鱗片葉在 2 月內會從綠色轉變為深褐色 (Dufour and Guérin, 2003)。

(二)葉片

葉屬於單葉，自根圍的莖基部抽出。其葉柄長度隨品種而異。葉片長橢圓狀的心臟形，長 20-40 cm，寬 8-12 cm (長與寬隨品種不同而有所差異)。全緣，葉尖急

尖。葉脈稍微凹陷，羽狀網脈 (王和王，2002)。葉片上表皮的細胞壁比下表皮厚，而氣孔只位於下表皮，密度約為 30-40 個/mm² (Higaki et al., 1984)。火鶴花葉肉細胞內上表皮有 2 層柵狀薄壁細胞，往下則為海綿狀薄壁細胞，雖然葉綠體分佈在整個葉肉細胞內，柵狀組織的葉綠體密度較高，所以葉片正面顏色比背面深 (朱，1998)。葉綠體分佈與氣孔密度隨光線大小而有不同，高光強度(420 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)生長之葉肉細胞，柵狀組織細胞呈長柱形，細胞內葉綠體分佈在左右兩側，氣孔密度較高；在低光強度(57.6 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)生長，柵狀組織細胞則呈現球形，葉綠體分佈分散於柵狀與海綿組織細胞內 (邱，1992)。

(三)莖

火鶴花的莖極短，短縮莖。如定植栽培後，其莖隨植株年齡增加而伸長。荷蘭 Anthura 公司早期切花栽培，當火鶴花植株年齡大，植株高大易倒伏，而利用倒伏的方式栽培火鶴花。節尖短，節間略膨大，葉脫落後留有葉痕 (王和王，2002)。

(四)根

無特定主根，從莖的基部節上生長許多長短相似的不定根，根為典型鬚根系，半肉質。具有肉質的氣生根，淺灰色。火鶴花原產地通常附生於巨大樹幹上，其氣生根沿著覆滿青苔的樹皮生長，以吸收養分及空氣中的水分。現今火鶴花栽培上，當氣生根接觸到介質時，即成為支柱根，開始吸收介質內水分、養分及固定的作用 (方等，2003；王和王，2002；van Herk et al., 1998)。

(五)花朵

一般觀賞天南星科植物共同特徵的花朵部位主要由肉穗花序 (spadix)、變形的葉片形成的佛焰苞片 (spathe) 及花梗所組成，肉穗花序與苞片隨形狀、顏色及大小有很大差異。肉穗花序為肉質、圓柱形，頂端半圓球狀，長 6-8 cm，依品種不同呈直立狀或扭曲狀，類似豬尾狀。真正的天南星科的花位於肉穗花序上，花序上同時有雄花和雌花，花朵由花序基部向頂端發育，每朵雌花由 4 個花被作四方排列，由含有四室花藥的雄花包圍。當雌花充分發育會有一短胖的柱頭伸出，雌花

先熟一個月後再長雄花，避免自花授粉，屬異花授粉。佛焰苞片呈心臟形，在台灣所栽培的火鶴苞片大小一般規格分為 8 個等級，苞片最寬之處從 5 至 15 cm (莊和陳, 2005)。表面波狀、平展或略反捲，苞片先端突尖，兩肩處為心形，似葉片特徵。苞片為單瓣，上下表皮為單層細胞構造，外層光澤蠟質層，有 1-2 層的皮下細胞(hypodermal cell)及 10-12 層的海綿薄壁細胞。下表皮氣孔約有 6-7 個/mm²，花青素只存在上下表皮的皮下細胞 (Higaki et al., 1984)。火鶴苞片顏色內花青素主要由 cyanidin 3-rhamnosylglucoside 與 pelargonidin 3-rhamnosylglucoside 所組成，前者比例較高，顏色從粉紅至深紅色，如果後者比例高，顏色則從橘紅色至橙色 (Iwata et al., 1979, 1985)。苞片花青素主要合成酶為 chalcone synthase (CHS)、flavanone 3-hydroxylase (F3H)、dihydroflavonol 4-reductase (DFR)及 anthocyanidin synthase (ANS)，透過 cDNA 分析，其中 CHS、F3H 及 ANS 在整個花序與苞片發育過程都有表現，而 DFR 則出現在苞片發育的後期。花青素快速累積階段為花苞從鱗片葉抽出開始至花梗伸長而花苞還未展開的過程 (Collette et al., 2004)。花梗表皮有厚角質層及少數氣孔 (Higaki et al., 1984)。

(六)果實與種子

果實為小球狀漿果，內含 1 或 2 顆種子，果實初期為綠色，成熟時為金黃色，略有光澤。種子呈現瓜子形，長 4-5 mm，寬 3 mm，厚 1 mm，淡褐色，授粉後約半年成熟 (Higaki et al., 1984)。

(七)兩芽體(新的生長芽與休眠芽)

生殖生長過程中，一芽體為未來新的生長單位，另外一芽體為潛伏的，如遇到環境逆境，此休眠芽會轉變發育為一吸芽(sucker) (Dufour and Guérin, 2003)。

四、生長週期(The life cycle)

(一)營養生長

此時期植株每節含一葉片與腋芽，由葉片與腋芽組成一新的生長單位，此腋芽可抽出新的葉片，葉片旁的腋芽為一旺盛的頂芽生長，似單軸生長(monopodial

growth)模式 (Collette, 2004 ; Dufour and Guréin, 2003)。

(二) 生殖生長

進入生殖生長過程中，主要為一葉一花模式生長，每一節生長單位為葉片、花朵、小鱗片葉、大鱗片葉、側芽、休眠芽所組成(圖 2-1)，側芽則再生長成新的生長單位。每一節旺盛的頂芽生長轉變成以花朵為主要植株生長階段，生殖生長由葉片與花朵為主要發育器官，類似複軸生長(sympodial growth)。葉芽還未發育初期依序由小鱗片葉與大鱗片葉包覆，花芽與側芽並列於葉芽基部附近 (圖 2-2)，休眠芽則位於大鱗片葉基部。整個火鶴花生長順序由小鱗片葉開始生長，再從小鱗片葉內抽出大鱗片葉，大鱗片葉內含葉芽、花芽及兩個芽體 (圖 2-3)，當大鱗片葉抽出過程，小鱗片葉首先由綠色轉變為褐色，葉片、花朵依序抽出，側芽則開始新生長出新的一小鱗片葉，進入一葉一花的模式。

了解整個火鶴花生長週期之後，大小鱗片葉扮演一保護葉芽花芽及兩個芽體不受外界環境影響，當葉片成熟之後，葉柄基部的花芽吸收的養分來源由成熟葉片行光合作用而來。側芽待這一節的葉花幾乎生長完全才開始重新生長出新的生長單位。根據 Dai 和 Paull (1990) 指出花芽生長開始前 80 天，新的葉芽生長緩慢，幾乎沒生長，而當花梗抽出過程，新的葉芽生長速率開始逐漸加快。由此得知側芽內的新葉芽在前一花梗抽長過程中已經開始分化，推測此時花朵與新葉芽同時生長皆需要養分，這時期植株除了葉片有高的光合作用條件外，植株本身蓄積的養分也相當重要。因為花朵與新葉芽生長皆為 sinks，花朵為較大的 sink，所以養分幾乎往花朵供給，等到新葉芽從大鱗片葉抽出，此時充足養分供應更是重要。

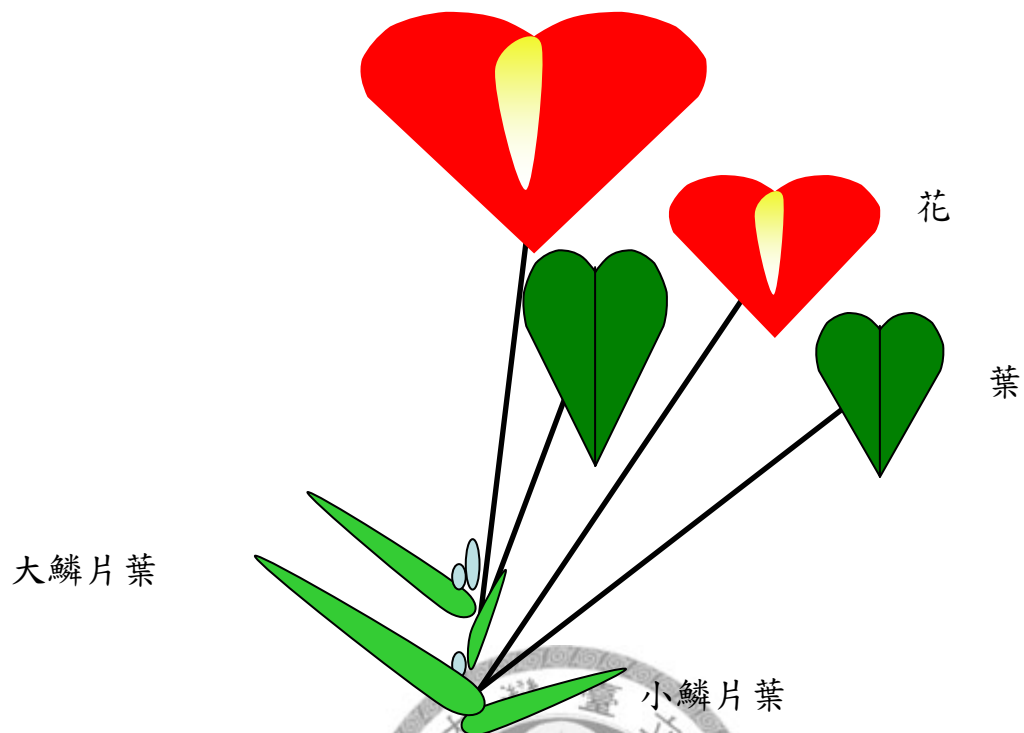


圖 2-1. 火鶴花生長形態
Fig. 2-1. The morphology of *Anthurium andraeanum*.

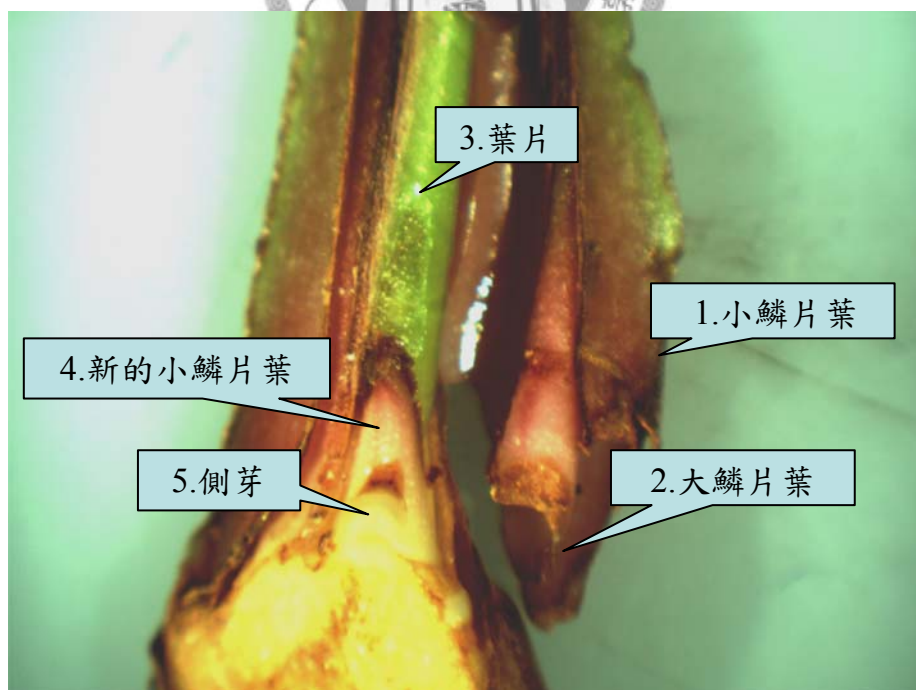


圖 2-2. 火鶴花生長形態解剖
Fig. 2-2. The morphology dissection of Anthurium.

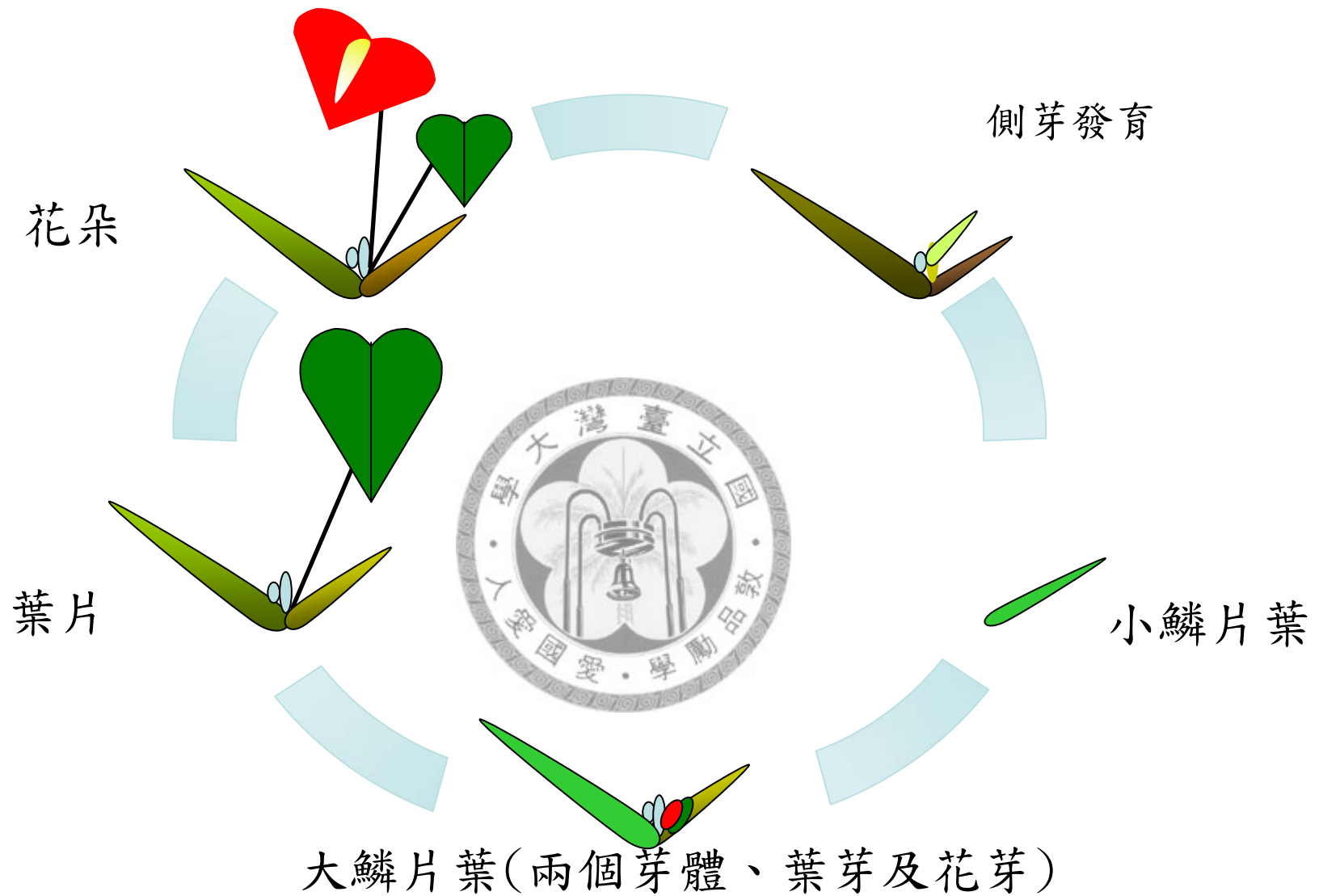


圖 2-3. 火鶴花生長週期

Fig. 2-3. The life cycle of *Anthurium andreanum*

第三章 溫度與光強度對火鶴花光合作用和生育品質之影響

Chapter 3. Effects of temperature and light intensity on net photosynthesis and the growth of *Anthurium andreaeanum*.

摘要(Abstract)

火鶴花為台灣重要經濟花卉作物之一，溫度與光強度為影響火鶴花光合作用之重要因子。本試驗擬探討火鶴花在不同溫度、光線組合下，對其光合效率及生育品質之影響。將火鶴花‘Montero’栽培於人工氣候室三種溫度（日夜溫 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C），分別進行兩種遮陰處理（單層遮陰處理：光度 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、雙層遮陰處理：光度 100-200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）。結果顯示：兩年試驗植株光合作用隨光強度增加而增加，三個溫度下淨光合作用以單層遮陰處理比雙層遮陰處理高，以 25/20 °C 單層遮陰處理植株葉片平均淨光合作用最高，達 4.14 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而 20/15 °C 雙層遮陰處理表現最低，為 2.23 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。光強度控制在 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下，葉溫 18-28 °C，可保持較高的淨光合作用。

葉片及花朵生育品質方面，兩年試驗結果顯示 30/25 °C 單層遮陰處理之葉片、花朵成熟天數最短，其次為 25/20 °C 單層遮陰處理，而 20/15 °C 下兩種遮陰處理所需天數最長。以葉片生長而言，觀察植株生長表現，其高度隨時間增加而漸增，第一年試驗結果以 25/20 °C 與 20/15 °C 單層遮陰處理皆可達 40 cm 以上最佳，30/25 °C 下植株生長受到抑制。第二年試驗結果，在 25/20 °C 單層遮陰處理植株高度可達 60 cm 以上，而三種溫度之雙層遮陰處理，植株高度則偏低。以花朵品質而言，25/20 與 20/15 °C 單層遮陰處理花梗最長、花朵最大，而 30/25 °C 雙層遮陰處理花梗最短、花朵最小。瓶插壽命皆以單層遮陰處理較長，其中以 25/20 °C 下，達 22.36 天。

綜合上述，就淨光合作用而言，同一溫度下，單層遮陰的光合速率均比雙層遮陰為佳，連續兩年試驗都以 25/20 °C 單層遮陰處理光合速率最高。就花朵生育品質而言，試驗第一年主要受光強度影響，單層遮陰處理表現較好，以 25/20 °C 單層遮陰處理最佳，第二年則受到光強度與養分蓄積影響，以 20/15 °C 單層或雙層遮陰處理最佳，兩年都以 30/25 °C 雙層遮陰處理表現最差。高溫處理（30/25 °C）雖然通常葉片和花朵的生育速度較快，但品質降低；低溫處理（20/15 °C）生育速度緩慢，產量低，但品質較高。

一、前言(Introduction)

火鶴花 (*Anthurium andreanum* Linden) 原生於哥斯大黎加、墨西哥等中南美洲熱帶雨林國家，適合生長日溫 25-32 °C，夜溫 21-24 °C 的環境下，若溫度高於 35 °C 使火鶴花植株生長遲緩 (方等，2003；莊和陳，2004)。而其可接受光強度介於 280-470 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之間，此範圍下隨光強度增加，花朵產量相對增加 (Leffring, 1975)。因此溫度與光線為影響火鶴花生育品質的主要因子，其淨光合速率、葉片數、花朵產量及品質皆受溫度與光強度環境因子作用所影響 (Chen, 2005；Leffring, 1975)。

火鶴花在生長適溫範圍可維持較高的光合作用，但隨著溫度的提高反而使光合作用降低。胡 (1995) 利用 8 種日夜溫度處理 (35/30、30/30、30/25、25/25、25/20、20/20、20/15、15/15、15/13 °C) 測量火鶴花葉片的光合作用，結果顯示氣溫 15-25 °C 有較高的光合作用，而當氣溫大於 30 °C 時，光合作用速率有下降趨勢。而花朵品質也是植株生育品質參考指標之一，火鶴的花由苞片、肉穗花序及花梗組成，苞片與肉穗花序可有多種顏色，一般切花採收標準為 2/3 肉穗花序顯色即可取下 (Paull, 1985)。苞片大小與葉片提供的光合產物息息相關 (van Eijk, 2007)。

溫度與光強度依各地緯度不同而有異，因此栽培上需依照各地環境條件做調節。火鶴花在台灣目前主要以簡易網室栽培，利用兩層黑色遮陰網來調節光強度，一層採 80% 的固定式遮陰網，另一層為 60% 活動式遮陰網為因應四季光強度變化而作改變。夏季火鶴花栽培常遇到高溫的問題，業者多利用兩層遮陰網來降低網室內高溫，但卻往往由於過度遮陰導致光線下降造成植株生長緩慢、花朵品質不均的問題，因而本研究擬定適合台灣網室栽培所需溫度與光強度的調節範圍，以提升火鶴花生育品質，並有效應用於田間栽培，期能改善夏季網室內溫度過高或冬季光線過低的問題。

二、材料方法(Materials and Methods)

(一)植物材料

試驗材料選用 Anthura B.V.公司生產之火鶴花品種'Montero'，植株購自台中后里李啟寅先生栽培1年之30-40 cm成苗，植物特徵如下：每株平均4-5片葉，苞片為紅色心形、肉穗花序成熟開花時頂端為綠色。其栽培介質為椰塊，每6寸盆中施予3-5 g 好康多(Hi-Control)，比例為14N-12P₂O₅-14K₂O。材料送達後，待株高達50-60 cm，更換至7寸盆中栽培。介質以椰塊來栽培，介質商品名為根呼吸(ROOTS BREATH)，椰塊浸泡後大小為1.0-1.2 cm，購自帛鑫國際有限公司。

(二)試驗處理

植株栽培在國立臺灣大學生物資源暨農學院附設人工氣候室(簡稱人候室)之自然光照室，三種日夜溫30/25℃、25/20℃、20/15℃下，並以正午光強度為主要依據搭設兩種遮陰處理，一為光強度維持300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (單層遮陰)，另一光強度則維持在100-200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (雙層遮陰)，試驗栽培管理中，因介質為椰塊，保水率低，每處理平均2-3天澆水一次，每2週施用液肥Peter's 20N-8.8P-16K。

植株試驗時間從2007年7月2日至11月2日與2008年3月12日至7月12日共兩次，全部共6處理，每處理6株，每株1重複。

(三)調查項目

測量項目包括葉片溫度、葉片葉綠素計讀值、第二片完全展開成熟葉片之淨光合作用速率、葉片大小、葉柄長度、花朵成熟天數、苞片大小、肉穗花序長度、花梗長度、苞片顏色與切花瓶插壽命。

1. 葉片寬長：葉片水平展開時兩側最寬距離，葉柄連接處至葉尖最長

距離；單位為 cm

2. 葉柄長度：從葉腋基部至葉片與葉柄連接處之距離；單位為 cm

3. 苞片大小：苞片水平展開最寬處及苞片兩肩至尖端最長之距離(附錄

一)

4. 葉片、花朵成熟天數：葉片從基部可見的未展開葉到大小不再改變之綠

色完全展開之天數即作為其標準；由包覆在葉片基部內的已顯色花

芽至花朵開放且以2/3肉穗花序轉色之天數為花朵成熟標準。

5. 肉穗花序長度：花序頂端至與苞片連接的基部間距離(同附錄一)

6. 花梗：從鄰近葉片基部至連接苞片處之距離
7. 苞片顏色：取苞片兩肩與尖端三點，測量其明度(Brightness value, L^* value)、彩度(Chroma value, C^* value)、色相角度(Hue angle, h°)、 a^* 值及 b^* 值。
8. 切花採收成熟度及瓶插壽命：切花採收成熟度標準為肉穗花序大於 2/3 轉色，採收後隨即置於含 20ml 一次水的試管(口徑 2.5 cm 長 15 cm)、管口由單一孔塑膠瓶塞蓋住。切花瓶插壽命紀錄自採收當天瓶插到切花瓶插壽命結束之天數，因為品種為'Montero'苞片與肉穗花序老化順序不同於 Paull(1985)所使用品種不同，但皆有藍化現象，以苞片三級和肉穗花序一級作為瓶插壽命結束日。切花瓶插品質依 Paull (1985)之方法作為依據(分為苞片及肉穗花序兩部分)：
 - (1) 苞片根據外觀變化分為五級
 - 一級：無藍化現象
 - 二級：少於 5% 輕微藍化現象
 - 三級：5-10% 藍化現象
 - 四級：大於 10% 嚴重藍化現象發生
 - (2) 肉穗花序根據外觀變化分為五級
 - 一級：無褐化
 - 二級：肉穗花序頂部輕微褪色---褐化
 - 三級：花序頂部褐化、花序上的小花(florets)輕微分離
 - 四級：花序頂部褐化、乾枯，小於 10% 的花序長度受影響
 - 五級：花序頂部壞疽、乾枯，大於 10% 的花序長度受影響
9. LI-6400 可攜式光合作用測定儀(Portable Photosynthesis System, LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebr., USA)：外接方形葉箱截面積為 6 cm^2 ， CO_2 參考濃度維持在 $350\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，取第二片成熟葉片測量淨光合作用 (Net photosynthesis, P_n)，每處理取 5 棵植株。
10. 紅外線測溫儀(Precision Infrared Thermometer 572, Fluke CO., USA)：取第二片成熟葉片，距葉片表面 20 公分距離，測量即時的葉片溫度(Leaf temperature)。
11. 葉綠素計(Chlorophyll Meter SPAD-502, Minolta Camera CO., Tokyo,

Japan)：用以測量新成熟葉片的相對葉綠素濃度，每片葉量測分散3點取平均值代表。

12. 積分球型便攜式分光測色計(Spectrophotometer, CM-2600d, KONICA

MINOLTCA Sensing., Japan)：測量苞片明度(L^*)及 a^* 、 b^* 值。以 $(a^* + b^*)^{1/2}$ 換算為彩度(C^* value)及 b^*/a^* 之反正切角度值 $[\arctan(b^*/a^*)]$

為色相(h°)。明度表示黑白程度，明度愈高，表示顏色愈白。彩度不包含黑、灰、白色等無色彩成分，彩度高則色彩明亮度愈高；色相角度表示本身的顏色， 0° 為紅-紫色、 45° 為橙色、 90° 為黃色、 180° 為藍綠色及 270° 為藍色(McGuire, 1992)。 a^* 值(+)代表紅色度； a^* 值(-)代表綠色度； b^* 值(+)代表黃色度； b^* 值(-)代表藍色度 (Nassua, 1998)。

(五)統計分析

試驗採完全逢機設計(Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA)統計軟體整理，以最小顯著差異(Least significant difference, LSD)分析處理間有無顯著差異($P \leq 0.05$)；繪圖採用 SigmaPlot Version 8.0 軟體 (Systat software INC., Richmond, CA, USA)。

三、結果(Results)

(一)溫度、光線對火鶴花光合作用之影響

第一年結果顯示，三種日夜溫度下火鶴花葉片淨光合作用皆受到光強度影響，單層遮陰處理第三週光強度超過 $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，淨光合作用明顯上升的趨勢(圖 3-1-3)。雙層遮陰處理下，光強度在 $100\text{-}150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉片淨光合作用表現亦明顯較低，過低的光強度使光合作用下降(圖 3-1-3)。30/25 °C 及 25/20 °C 下以高光處理第三週，‘Montero’葉片淨光合作用平均最高可達 $5.2 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 3-1和 3-2)，20/15 °C 則在 $4.1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 3-3)；而 20/15 °C 第九週因光強度上升至 $450 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，此時淨光合作用平均上升至 $6.0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 3-3)。

第二年試驗中，25/20 °C 單層遮陰處理之淨光合作用平均在 $4.14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，有最高光合作用表現，其次依序為 20/15 °C 單層遮陰處理在 $4.08 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而 20/15 °C 低光處理淨光合作用表現最低僅 $2.23 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 最低(表 3-1)。實際測量各環境葉片溫度，葉溫維持在 18-28°C，淨光合作用較高，葉溫達

30℃以上，淨光合作用開始下降(圖 3-4)。

(二)溫度、光線對火鶴花葉片生長之影響

表 2 顯示葉片成熟天數主要受溫度影響，其中以 25/20℃生長最快，20/15℃生長最慢，而 25/20℃單層遮陰處理，葉片成熟天數最短僅需 39 天，20/15℃雙層遮陰處理，葉片成熟天數達 55 天。第一年 25/20℃、20/15℃雙層遮陰處理下葉柄長分別為 34.1、28.7 cm，同溫度之單層遮陰處理的葉柄較短，而 30/25℃單層遮陰處理組之葉柄較雙層遮陰處理長(表 3-2)。25/20℃雙層遮陰處理，植株葉片最大，平均寬為 14.13 cm，長為 21.87 cm (表 3-2)；又任何溫度皆以單層遮陰處理之葉片較厚，其中以 20/15℃單層遮陰處理達 38.2 mm 最大(圖 3-5 和 3-6)。

第二年試驗結果顯示，葉片生長則受到溫度與養分蓄積影響較大，葉片大小及葉柄在 30/25、25/20℃單層遮陰處理下比雙層遮陰處理較大(表 4-3)。但在 20/15℃雙層遮陰處理者，其葉片大小比單層遮陰處理高，也是所有處理中葉片最大，寬為 16.98 cm，長達 21.07 cm (表 3-3)。葉綠計讀值與新葉片數於各處理間無顯著差異(表 3-1 和 3-3)。

(三)溫度、光線對火鶴花花朵生長和品質之影響

第一年試驗中，花朵大小受遮陰處理影響較明顯，30/25、25/20、20/15℃三種溫度下以單層遮陰處理有較大的花朵，苞片寬依序為 6.62、7.17、7.17 cm，苞片長為 7.16、7.97、8.07 cm，明顯以 25/20℃、20/15℃單層遮陰處理花朵較大(表 3-4)。三個溫度雙層遮陰處理之花朵較小，苞片寬 5.30、6.70、5.60 cm，長為 5.45、6.60、5.80 cm，與單層遮陰處理比較表現較差(表 3-4)。花朵成熟天數隨溫度增加而縮短，30/25℃高雙層遮陰處理成熟天數分別為 42.4 及 41 天最快，其次為 25/20℃單層遮陰處理成熟天數為 50.2 天，20/15℃成熟天數最長達近 2 個月(表 3-4)。

第二年試驗中，在 30/25℃單層遮陰處理中，花朵苞片寬 9.27 cm，長 10.87 cm，而 25/20℃單層遮陰及 20/15℃雙層遮陰處理其苞片寬皆大於 10 cm，長 11 cm(表 3-5)。溫度高至低處理下之單層遮陰處理，肉穗花序長度依序達 5.64、6.82 及 6.43 cm，25/20、20/15℃栽培肉穗花序長度明顯增加(表 3-5)。花梗長度在 25/20℃單層遮陰處理下最高，達 56.08 cm (表 3-5)，而 20/15℃單、雙層遮陰處理的花梗長度也超過 50 cm 以上，比其他二處理的花梗長度表現較佳(表 3-5)。花朵成熟天數隨溫度增加而縮短，30/25℃單、雙層遮陰處理花朵成熟天數分別為 40、41.8 天，25/20℃處理為 46、55.14 天，而 20/15℃達 66.71 及 76 天(表 4-5)。瓶插壽命表現，溫

度高至低之單層遮陰處理，分別為 18.1、22.36 及 17.44 天，30/25、25/20 °C 雙層遮陰處理瓶差壽命都較短，而 20/15 °C 雙層遮陰處理與單層遮陰處理間無顯著差異(表 3-5)。花朵產量以 25/20 °C 單層遮陰處理最高，而 20/15 °C 雙層遮陰處理有最低的花朵數(表 3-1)。

花朵顏色定義標準，可從明度(L^*)、彩度(C^*)及色相(h°)來參考，兩年試驗中，30/25°C 單、雙層遮陰與 25/20 °C 雙層遮陰處理花朵(苞片)之明度較高，其次為 25/20 °C 高光及 20/15 °C 單層遮陰處理，而明度愈高表示其色彩較白(表 3-6 和 3-7)。彩度受到明度影響顯色強度，試驗結果以 30/25 °C 處理花朵偏向正紅色系，25/20 °C、20/15 °C 偏向深紅色系，三溫度處理之色相以紅色為主，無顯著差異(圖 3-8)。30/25 °C、25/20 °C 單層遮陰處理之苞片皆有較高的正 a^* 值(紅色)與正 b^* 值(黃色)，20/15 °C 單雙層遮陰處理之 a^* 與 b^* 值較低，苞片顏色較暗(圖 3-7)。25/20、20/15 °C 處理下，苞片之 a^* 與 b^* 值趨勢似直線趨勢，而 30/25 °C 處理， a^* 與 b^* 值較分散。

(四)溫度、光線對火鶴花植株營養生長之影響

經由外部形態觀察，單層遮陰處理比雙層處理的葉片寬幅(葉柄與主軸之間角度)較窄，過度遮陰導致葉片寬幅擴大，株型較為鬆散(圖 3-10)。植株介質表面至成熟葉片展開之高度以 25/20 °C 單層遮陰處理最高，葉片直立(圖 3-11-13)。氣生根以 25/20 °C 與 20/15 °C 單層遮陰處理，新長出根明顯伸長、根徑較粗，而 30/25 °C 單層遮陰處理氣生根短小，根徑較細；溫度高至低的雙層遮陰處理其氣生根較短胖(圖 3-14)。

四、討論(Discussion)

(一)溫度、光線對火鶴花光合作用之影響

本試驗三種溫度(30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C)下，從第一年兩種遮陰處理中顯示以單層遮陰處理($300-400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)淨光合作用較高，雙層遮陰處理($100-200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)植株的光合作用表現，隨光強度減少，光合作用能力下降(圖 3-1-3)。黃等 (1994) 分別遮單、雙、三層遮陰(50-60%、70%、85%)處理栽培火鶴花，其中低光及三層遮陰處理的光合作用明顯比高光處理低。Nakasone 和 Kamemoto (1962) 遮光試驗中，隨光強度增加，有利於苞片大小，花梗長度與花朵產量的提高，故適當提高光強度可明顯增加火鶴花光合作用的能力，而過低的光強度會導

致葉片光合作用效率降低，影響植株葉片及花朵生長。

溫度與光線對火鶴花光合作用具有交感作用，從第二年試驗中三個溫度處理，以 25/20 °C 及 20/15 °C 單層遮陰處理($300-400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)火鶴花其淨光合作用效率較高，可達 $4.14 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 與 $4.08 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，30/25°C 單層遮陰處理，光合作用則較低，溫度與光強度相互影響葉片光合作用反應，較涼溫環境有較高的淨光合作用值(表 3-1)。實際測量三溫室內(30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C)之葉片溫度對光合作用的影響，同一光強度下($300-400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)，結果顯示火鶴花葉片溫度 18-28 °C 有較高的淨光合作用效率，大於 30 °C 以上，加上光強度因子，葉片溫度往往比氣溫高 3 °C 以上，淨光合作用開始下降。前人研究指出 C_3 植物中如葉溫大於生長溫度時，淨光合作用內的一系列 Rubisco 氧化酶活性增加，導致淨光合作用下降 (Berry and Björkman, 1980; Ku and Edwards, 1977)。薛 (1993) 於氣溫 16、30 °C 生長箱中，測量火鶴花植株 'Nitta Orange'、'Tropical' 之光合作用，其隨光強度增加而提高，而在光強度為 $360 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 的 30 °C 生長箱中，兩品種葉溫達 29-35 °C，淨光合作用效率比在光強度 $240 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 生長箱之植株明顯下降。胡 (1995) 在 8 種溫度試驗(35/30、30/30、30/25、25/25、25/20、20/20、20/15、15/15、15/13 °C)下，日夜溫 30/30 °C 因光線照射使葉溫高於氣溫，葉溫高達 42 °C，光合作用明顯下降。葉片溫度是影響植物生長的決定因素，輻射較強的環境使葉片溫度升高較快，如果葉溫過高，葉片會被灼傷進而減慢生長速度 (van Herk, 1998)。

(二) 溫度、光線對火鶴花生育品質之影響

就葉片生長方面，結果顯示隨氣溫增加，可縮短葉片成熟天數，其中以 30/25、25/20 °C 兩種溫度成熟天數較快，較低溫下明顯延長葉片成熟天數，20/15 °C 使火鶴花葉片成熟天數增加(表 3-2)。而葉片發育表現兩年有所差異，第一年葉片生長受到光強度影響較深，雙層遮陰處理比單層遮陰處理可有較大的葉片寬長(表 3-1)，推測葉片生長在過低的光強度下，為了吸收更多的光葉片以適應環境，會漸漸馴化成陰性葉片的特性，而使葉面積增加、葉片變薄(Castells et al., 2007; Taiz and Zeiger, 2006)。第二年以 20/15 °C 單、雙層遮陰處理葉片生長比其他處理較大，雖低溫導致植株生長緩慢，推測除了溫度影響其生長速度，植株養分蓄積也改變第二年葉片的表現，所以植株第一年所蓄積的養分分配給第二年葉片生長，使火鶴花第二年新成熟葉片生長較大。而 30/25 °C、25/20 °C 單層遮陰處理受到較高的光

強度及溫度影響，使葉片生長良好，也縮短了葉片成熟天數(表 3-2)，30/25 °C 較高溫與雙層遮陰處理則受到過低的光強度影響葉片生長(表 3-2 和 3-3)。高等 (2002) 於 15、21、26、29.5 °C 溫室栽培火鶴花，調查葉片、花朵產量，29.5 °C 下葉片發育開始趨緩，葉面積變小。推測，溫度提高，可能使植物呼吸作用相對提高，光強度過低使淨光合作用速率較低，呼吸作用需要的能量來自每日光合產物之一半 (Taiz and Zeiger, 2006)，如同時在高溫及低光逆境中導致光合產物累積減少 (胡，1995)，高溫與低光逆境皆會消耗植株本身的碳水化合物，進而使植株供給葉片生長之養分相對降低。薛 (1993) 對火鶴花周年生育調查，不同光度下，葉片成熟天數相差不多，皆約 28-50 天之間，顯示植株生長速度不受光度影響，葉片成熟天數主要受氣溫影響，夏季生長速度快而冬季生長速度緩慢。

兩年試驗中植株型態表現一致，皆隨光線的減弱，植株葉片寬幅較大，而光線增加，植株葉片寬幅較小(圖 3-9 和 3-10)。在本試驗兩種遮陰試驗處理有明顯地差異(圖 3-9)。單層遮陰處理下可增加植株株高，雙層遮陰處理使植株生長緩慢(圖 3-11-13)。外在根部觀察在 25/20、20/15 °C 氣生根明顯生長(圖 3-14)，著生型氣生根伸長至盆中往椰塊介質附著，推測因屬較涼溫環境，植株失水率較低，盆內水分不易散失，使盆週遭以保持一定的溼度，利於植株地下部根部生長。

就花朵生長方面，溫度高至低處理，花朵成熟天數逐漸增加，以 20/15 °C 成熟天數最長(表 3-4 和 3-5)，兩年試驗的三個溫度下，單層遮陰處理比雙層遮陰處理有較高的花朵產量(表 3-1)。單層遮陰處理有較大的苞片寬長，其中第二年 25/20、20/15 °C 所生產的花朵品質較好，其中以 20/15 °C 單、雙層遮陰處理苞片有較大的面積、苞片色澤鮮明(表 3-4 和 3-5)，其次為 25/20 °C 單層遮陰處理。推測因 20/15 °C 處理使火鶴花生長緩慢，第一年葉片行光合作用所產生的養分蓄積至第二年給予花朵充分生長發育，以 20/15 °C 單層遮陰處理最顯著。溫度高低對花朵大小、花色形成也扮演重要角色(黃，2002)，另前人研究指出栽培火鶴花增加溫室內光強度，可刺激植物生長，提高葉片發育以增加花朵的生產 (Leffring, 1975; van Hark, 1999)。胡 (1995) 試驗八種溫度處理中，以 20/15 °C 相較其他七種溫度明顯地延長花朵成熟天數。本試驗第二年雖 20/15 °C 處理花朵品質最好，花朵成熟天數最慢，而 30/25 °C 單、雙層遮陰處理縮短花朵成熟天數，但花朵品質比其他溫度處理不佳，苞片顏色較淺，苞片較小，肉穗花序亦有發育不良、扭曲、過短及花序上小花發育不完全等現象。學者指出光強度大於 $450 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上會造成花和葉片

褪色 (莊和林, 1999)。本試驗期間遮陰處理一律採單層(高光)與雙層遮陰網(低光)固定式光強度的環境,全日照強度依照季節不同而有不同的光強度,5-6月(第二年)已接近夏季,全日照光強度達 $1200-1300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,此時單層遮陰內光強度約 $600-800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,高於前人所訂定的栽培標準,為造成苞片顏色較淺的原因。另外可能因葉溫大於 30°C 使光合作用下降趨勢,產生的光合產物減少,而使花朵發育過程養分供應不足。本試驗結果之 $30/25^{\circ}\text{C}$ 溫度下容易出現肉穗花序生長不良,業者栽培此品種在夏季高溫的環境也出現花序生長不良的問題,而 $25/20$ 、 $20/15^{\circ}\text{C}$ 溫度內則無此現象發生,推測溫度對肉穗花序生長需要在涼溫環境栽培較佳。

第一年試驗瓶插壽命未有顯著差異,因採收花朵成熟度標準不一,需 $2/3$ 肉穗花序顯色為採收依據,導致三個溫度下處理不明顯(表 3-4),第二年試驗比較不同溫度與光線處理差異,以 $25/20^{\circ}\text{C}$ 單層遮陰處理表現最好,瓶插壽命 22.36 天,其次為 $20/15^{\circ}\text{C}$ 單雙層遮陰處理,而 $30/25^{\circ}\text{C}$ 與 $25/20^{\circ}\text{C}$ 雙層遮陰處理皆有較低的瓶插壽命(表 3-5)。瓶插壽命受到栽培管理與環境因子所調節 (Halevy and Mayak, 1979)。過度遮陰使光合產物累積減少 (胡, 1995),但在 $20/15^{\circ}\text{C}$ 單雙層遮陰瓶插壽命卻無顯著差異,推測受到第一年光合產物累積較明顯影響瓶插表現,雙層遮陰處理之植株把植株累積的養分給予第二年花朵生長。高溫會抑制光合作用活性,光合產物合成量減少,影響切花碳水化合物含量 (Adachi et al., 2000)。 $30/25^{\circ}\text{C}$ 遮陰處理之植株同時受到較高溫與低光環境之影響,瓶插壽命表現最差。Anthura 公司針對‘Amigo’瓶插壽命做比較,以乾淨的水作為瓶插用水,瓶插壽命可以持續 21 天,而其他品種也是有相似的反應 (van Hark, 1999)。本試驗瓶插用水為一次水,也有相似的結果。

依據葉片與花朵生育品質綜合比較, $25/20^{\circ}\text{C}$ 單層遮陰處理,火鶴花葉片成熟天數平均約 39 天,花朵成熟天數約 46-50 天,且葉片、花朵生長在兩年試驗裡相較於其他處理穩定,在栽培試驗時間內(五個月),平均每株可維持生產一定的 2 片葉片與 2 朵切花。朱 (1998) 栽培火鶴花於四種溫度($35/30$ 、 $30/25$ 、 $25/20$ 、 $20/15^{\circ}\text{C}$)人工氣候室內, $25/20^{\circ}\text{C}$ 的苞片大小、花梗長度最大、每植株產生的花朵數較其他溫度處理多,其結果與本試驗類似。故本試驗以 $25/20^{\circ}\text{C}$ 單層遮陰($300-400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)處理,葉片、花朵生長品質表現最好。

(三) 光合作用對火鶴花生育品質之影響

單層遮陰處理與葉溫 $18-28^{\circ}\text{C}$ 使葉片皆有較高的淨光合作用效率(表 3-1),花

朵生長皆有較佳的表現(表 3-4 和 3-5)，由此可知光強度為火鶴花葉片淨光合作用高低之重要關鍵因子，而保持涼溫環境使火鶴花葉片光合作用效率更高。如果光強度較弱時，光合作用生產的光合產物相對較少，花芽形成得到光合產物較少；光強度較高時，可供給更多的光合產物給花芽形成 (van Herk, 1998)。邱 (1992) 五種不同遮陰處理 (75%雙層黑網、75%單層黑網、50%單層黑網、75%單層銀網、75%雙層銀網) 兩品種火鶴花‘Lydia’和‘Tropical’，以 50%單層黑網遮陰處理，淨光合作用值比其他遮陰處理者高，其苞片寬長、花梗長、肉穗花序長、花朵產量、花鮮重、瓶插壽命表現最好。朱 (1998) 於四種溫度(30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C、15/13 °C)栽培火鶴花‘Bubble Gum’，以 25/20 °C 下火鶴花有最高的淨光合作用值，其葉片數、葉片寬長、葉柄長、花朵數、苞片寬長、花梗長等葉花生育品質表現最好。粗肋草(*Aglaonema commutatum*.)栽培於光強度 2.7、5.4、20 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 環境中，2.7 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之光飽和點明顯比其他兩處理低，影響植株乾物重，而使枝條、莖插穗、根部乾重也相對較低 (Di Benedetto and Cogliatti, 1990)。

五、結論(Conclusion)

溫度與光強度影響火鶴花‘Montero’淨光合作用與生育品質。光強度應維持在 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫位於 18-28 °C 之間，可維持高的光合作用效率。葉片與花朵生長發育都很重要，當光強度提高，葉片高的光合作用效率可生產較多的光合產物，供應養分給花朵生長並提高品質與產量。當溫度增加，植株生長速度加快，葉片、花朵成熟天數皆縮短，葉花產量可提高，但其生育品質容易下降。氣溫降低，葉花成熟天數增加，火鶴花花朵產量也會減少，卻可提高花朵的品質，需適當調整火鶴花園區內溫度與光線。維持較高光強度可促進花芽生長發育；氣溫超過 30 °C 以上，須避免過高的光強度(>400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)進入園區。

表 3-1. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’光合作用、葉片產量及花朵產量之影響(97/3/12-97/7/12)

Table 3-1. The effects of net photosynthesis (Pn), leaf yield and flower yield on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	Pn ($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Leaf yield/plant	Flower yield/plant
30/25	Single	3.78	2.17	1.83
	Double	2.57	2.17	1.67
25/20	Single	4.14	2.33	2.00
	Double	2.33	2.17	1.67
20/15	Single	4.08	2.00	1.67
	Double	2.23	2.00	1.00
Significance				
Temp.		NS	NS	NS
Shade		***	NS	**
Interaction		NS	NS	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$, *** = significant at $P \leq 0.001$

表 3-2. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’葉片大小、葉柄及葉片成熟天數之影響。(96/7/2-96/11/2)

Table 3-2. The effects of leaf width, leaf length, leaf petiole and Leaf mature days on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	Leaf width(cm)	Leaf length(cm)	Leaf petiole(cm)	Days to mature
30/25	Single	11.63	19.07	28.45	43
	Double	12.63	20.48	27.15	43
25/20	Single	11.72	20.00	26.68	39
	Double	14.13	21.87	34.07	46
20/15	Single	10.98	18.17	25.03	54
	Double	11.68	21.80	28.68	55
Significance					
Temp.		NS	NS	*	***
Shade		*	**	**	NS
Interaction		NS	NS	**	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$,

*** = significant at $P \leq 0.001$

表 3-3. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’葉片大小、葉柄及葉綠素計讀值之影響。(97/3/12-97/7/12)

Table 3-3. The effects of leaf width, leaf length, leaf petiole and CMR on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	Leaf width(cm)	Leaf length(cm)	Leaf petiole(cm)	CMR
30/25	Single	14.88	17.15	29.27	51.38
	Double	13.33	15.29	24.86	50.34
25/20	Single	16.45	19.96	42.38	55.14
	Double	15.15	18.51	39.28	54.72
20/15	Single	16.25	19.33	38.22	54.22
	Double	16.98	21.07	39.66	51.67
Significance					
Temp.		***	***	***	NS
Shade		NS	NS	NS	NS
Interaction		*	**	NS	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$, *** = significant at $P \leq 0.001$

表 3-4. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’的平均花朵大小、花梗生長、瓶插壽命及花朵成熟天數之影響。(96/7/2-96/11/2)

Table 3-4. The effects of spathe width, spathe length, stalk, vase life and flower mature days on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	Flower width(cm)	Flower length(cm)	Stalk length(cm)	Days to mature	Vase life(days)
30/25	Single	6.62	7.16	39.08	42.40	11.60
	Double	5.30	5.45	32.50	41.00	11.50
25/20	Single	7.17	7.97	38.85	50.20	15.33
	Double	6.70	6.60	38.90	53.00	10.00
20/15	Single	7.17	8.07	35.10	72.33	13.00
	Double	5.60	5.80	27.98	68.00	10.25
Significance						
Temp.		*	NS	NS	**	NS
Shade		***	***	NS	NS	NS
Interaction		NS	NS	NS	NS	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$,

*** = significant at $P \leq 0.001$

表 3-5. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’的平均花朵大小、肉穗花序長度、花梗生長、瓶插壽命及花朵成熟天數之影響。
(97/3/12-97/7/12)

Table 3-5. The effects of spathe width, spathe length, stalk, vase life and flower mature days on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	Flower width(cm)	Flower length(cm)	Spadix length(cm)	Stalk length(cm)	Days to mature	Vase life(days)
30/25	Single	9.27	10.87	5.64	38.51	40.00	18.10
	Double	7.71	8.94	4.43	33.96	41.8	14.14
25/20	Single	10.46	12.26	6.82	56.08	46.00	22.36
	Double	8.77	10.24	5.62	47.29	55.14	16.67
20/15	Single	13.21	13.88	6.43	50.75	66.71	17.44
	Double	12.07	11.98	5.60	52.40	76.00	17.50
Significance							
Temp.		***	***	***	***	***	NS
Shade		***	***	***	**	*	*
Interaction		NS	NS	*	***	NS	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$, ** = significant at $P \leq 0.01$, *** = significant at $P \leq 0.001$

表 3-6. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’花朵顏色明度、彩度及色相之影響。(96/7/2-96/11/2)

Table 3-6. The effects of value (L^*), chroma (C^*) and hue angle (h°) on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	L^*	C^*	h°
30/25	Single	44.6a ^z	57.7a	0.46a
	Double	43.9a	56.9ab	0.45a
25/20	Single	40.0b	53.4bc	0.46a
	Double	42.9a	54.2abc	0.48a
20/15	Single	39.0bc	53.7bc	0.46a
	Double	38.6c	51.2c	0.45a

^z Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$

表 3-7. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’花朵顏色明度、彩度及色相之影響。(97/3/12-97/7/12)

Table 3-7. The effects of value (L^*), chroma (C^*) and hue angle (h°) on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

Temperature (°C)	Shade	L^*	C^*	h°
30/25	Single	47.45a	62.53a	0.47b
	Double	48.08a	61.55ab	0.45c
25/20	Single	42.96b	61.21bc	0.49a
	Double	43.03b	59.93cd	0.48ab
20/15	Single	40.48c	58.05e	0.48ab
	Double	41.43bc	59.53de	0.48ab

^z Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$

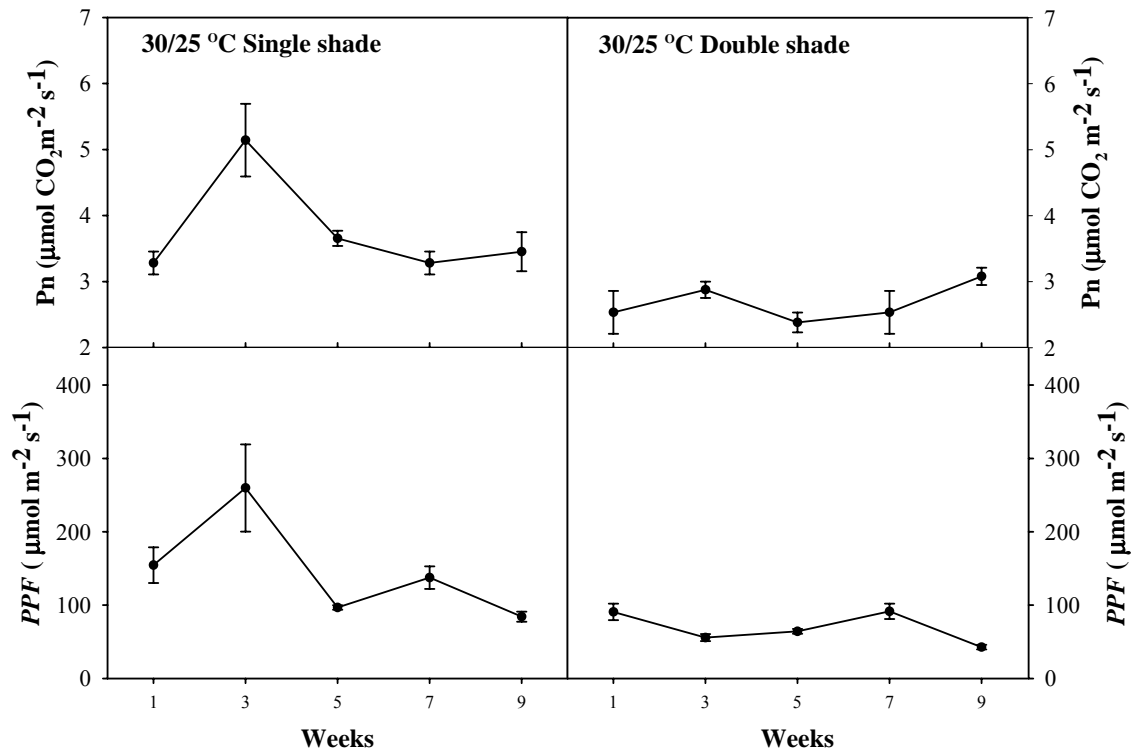


圖 3-1. 30/25 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’淨光合作用、光子量之影響。
Fig 3-1. The effect of 30/25 °C and two shading types on net photosynthesis (Pn) of *Anthurium* ‘Montero’.

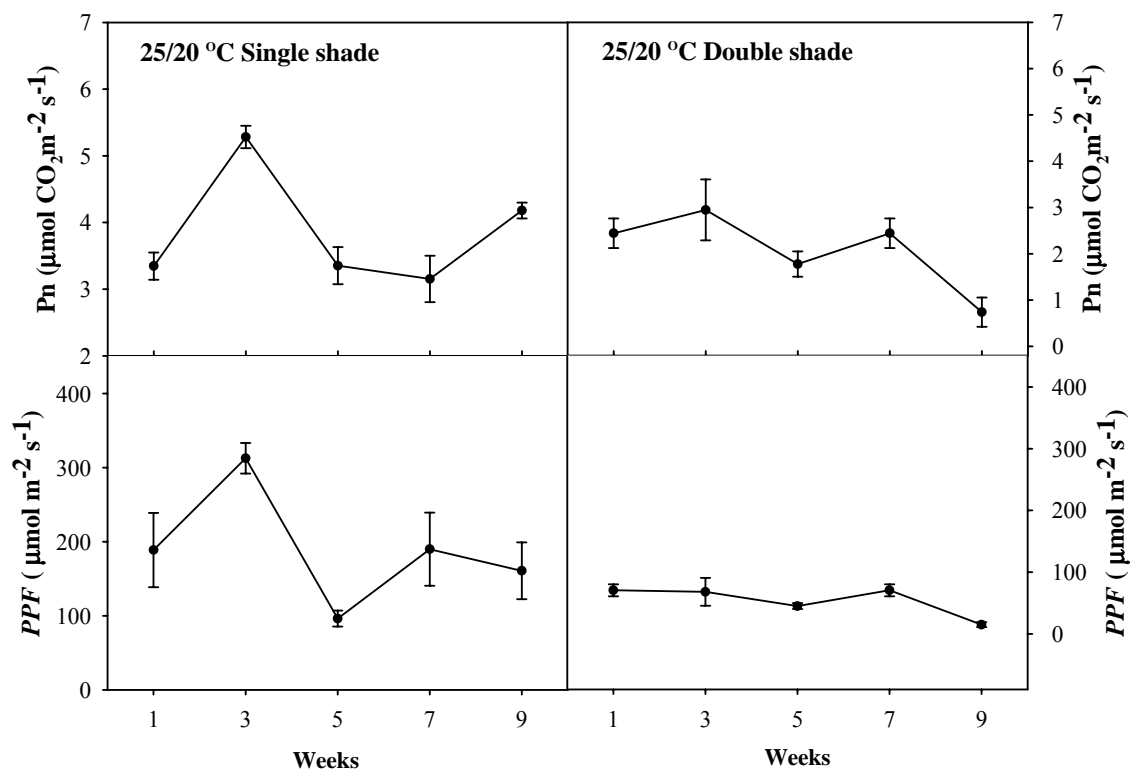


圖 3-2. 25/20 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’淨光合作用、光子量之影響。
Fig 3-2. The effect of 25/20 °C and two shading types on net photosynthesis (Pn) of *Anthurium* ‘Montero’.

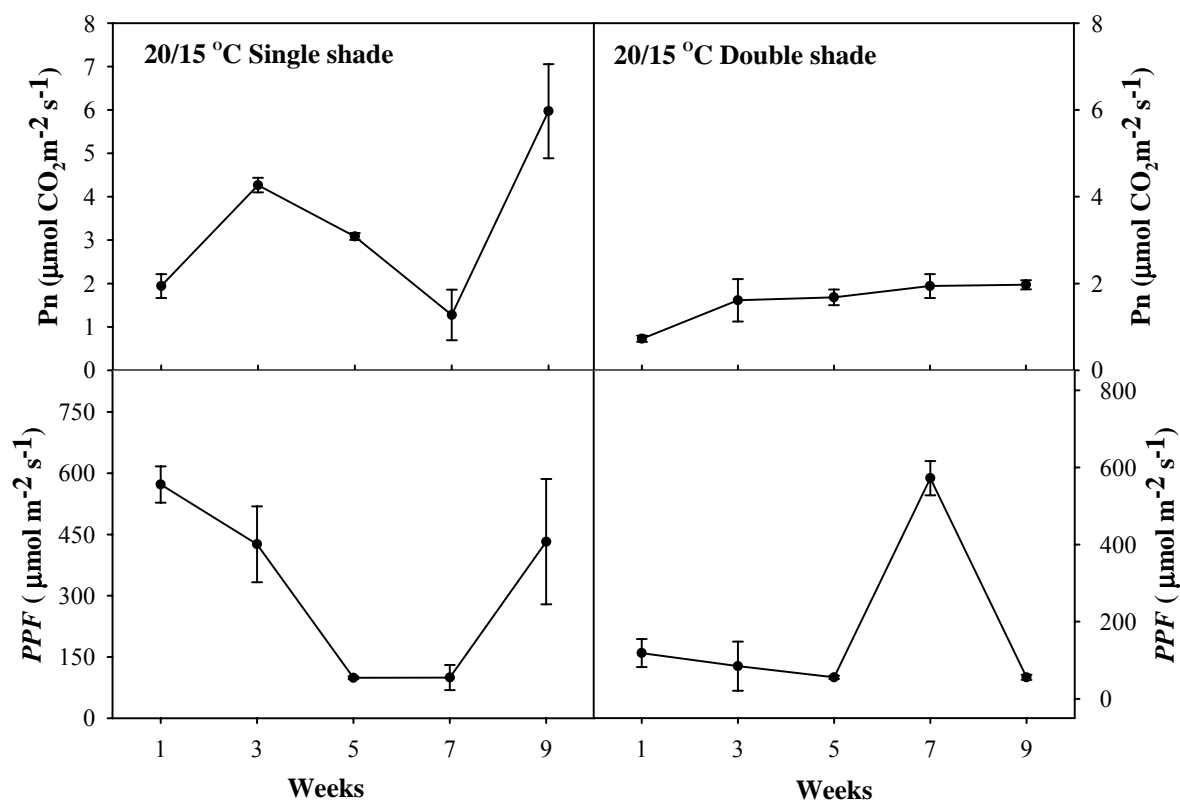


圖 3-3. 20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花 'Montero' 淨光合作用、光子量之影響。
Fig 3-3. The effect of 20/15 °C and two shading types on net photosynthesis (Pn) of *Anthurium* 'Montero'.

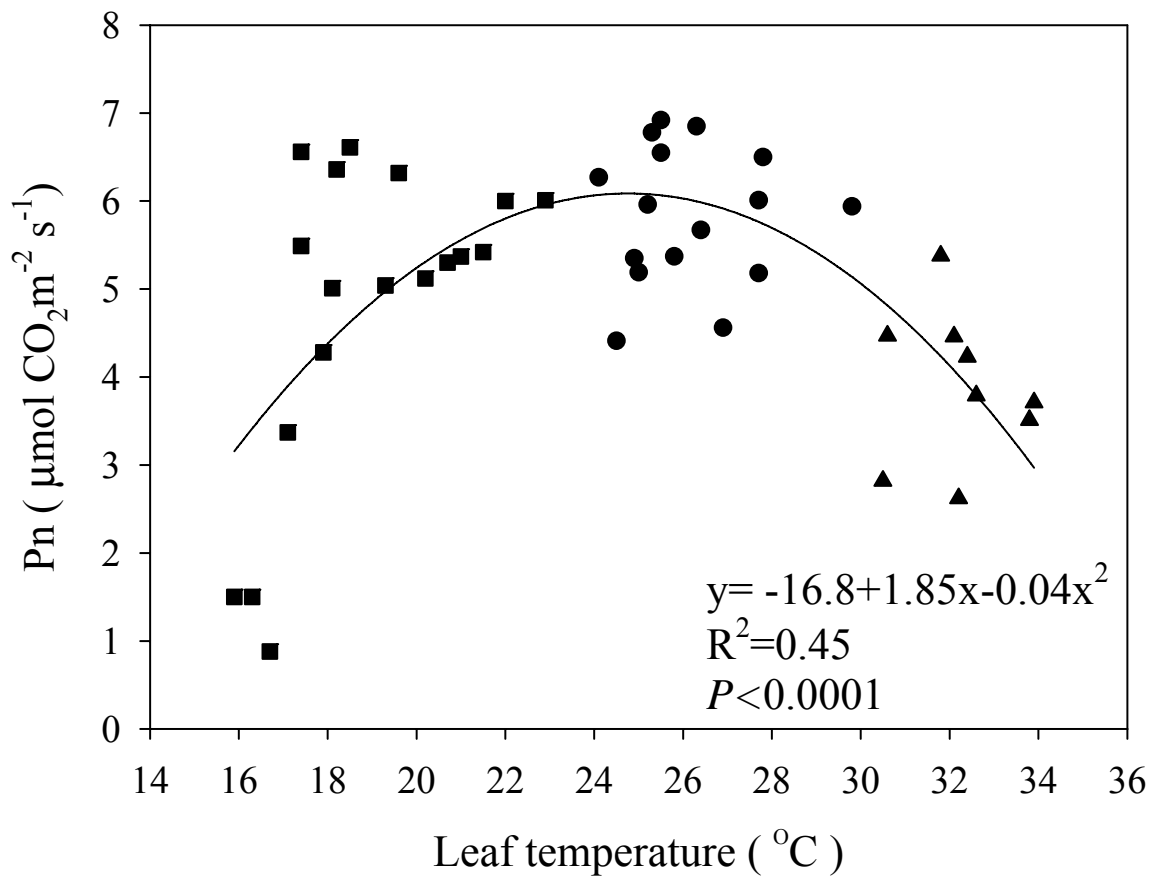


圖 3-4. 葉片溫度對火鶴花‘Montero’淨光合作用之影響。▲為 30/25 $^{\circ}\text{C}$ ；●為 25/20 $^{\circ}\text{C}$ ；■為 20/15 $^{\circ}\text{C}$ 人工氣候室環境下。

Fig. 3-4. The effect of leaf temperature on net photosynthesis (P_n) of Anthurium ‘Montero’.

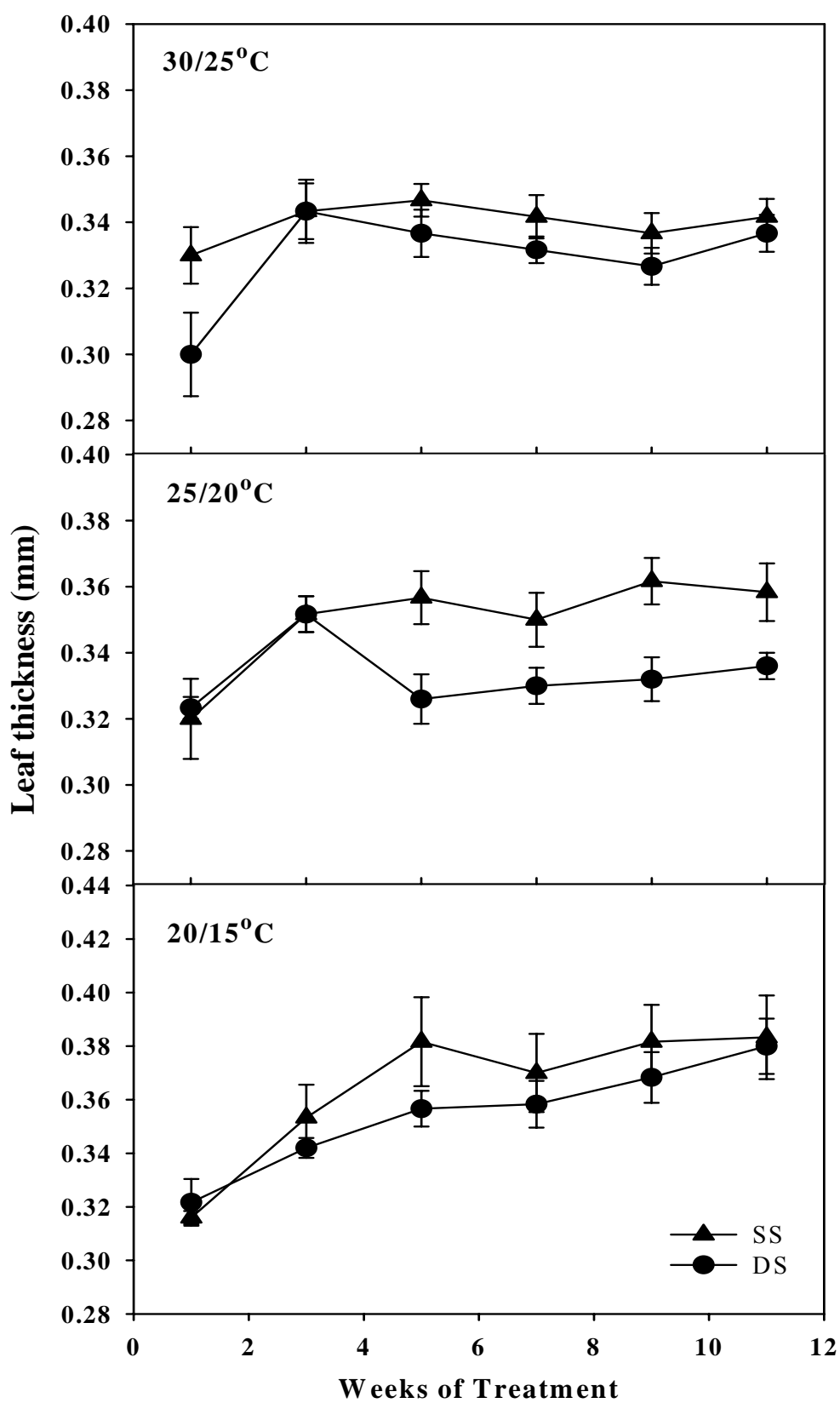


圖 3-5. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 下，兩種遮陰處理對火鶴花‘Montero’葉片厚度之影響。

Fig 3-5. The effect of 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions on leaf thickness of *Anthurium* ‘Montero’ under.

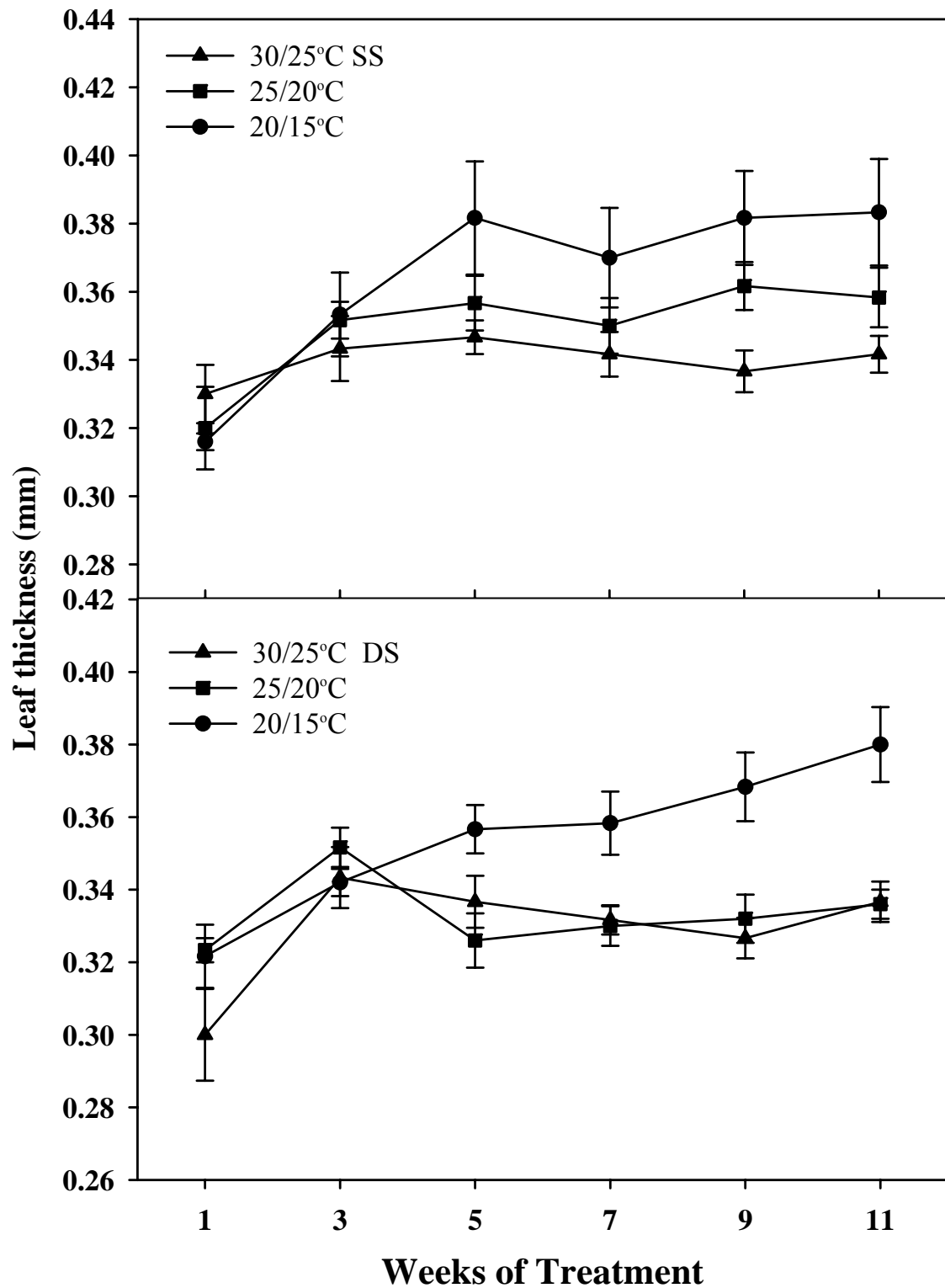


圖 3-6. 單、雙層遮陰處理在不同溫度下對火鶴花‘Montero’葉片厚度之影響。
 Fig 3-6. The effect of different temperature with single shading compares to with double shading on leaf thickness of *Anthurium* ‘Montero’.

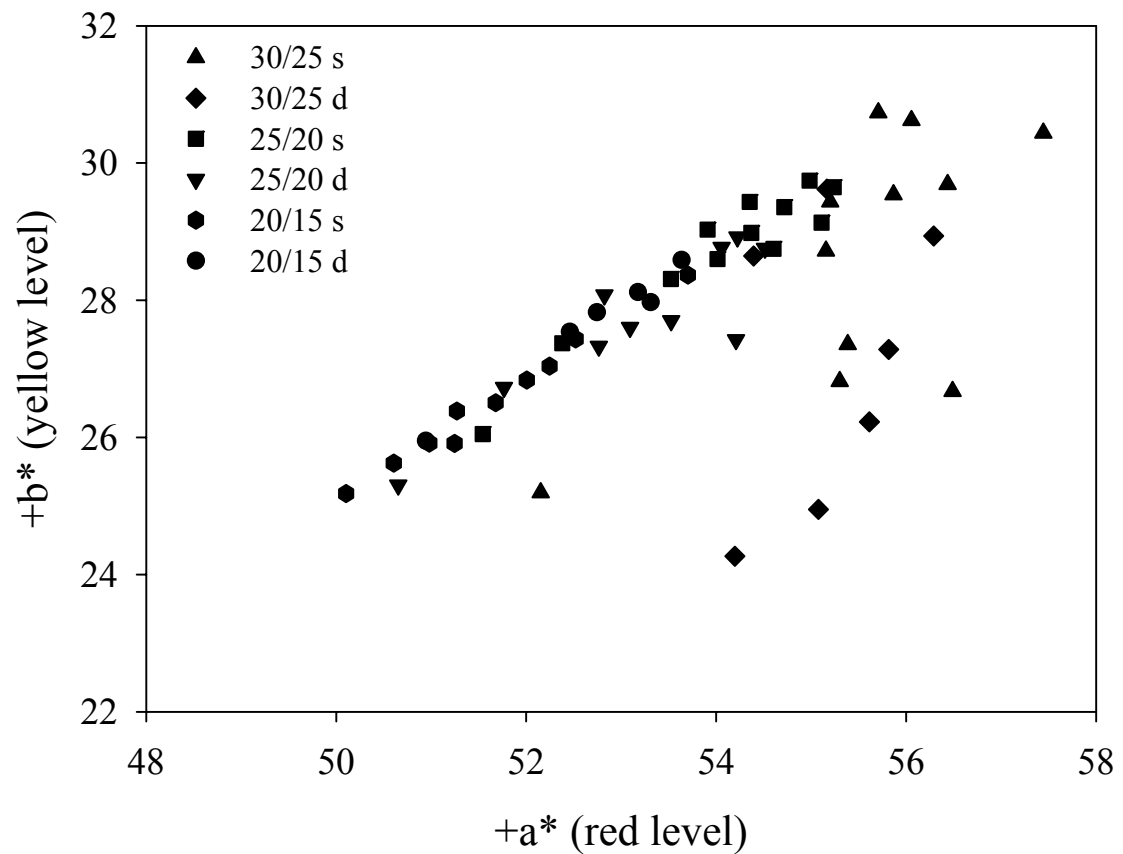


圖 3-7. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C三種溫度內單雙層遮陰處理下的火鶴花 'Montero' 苞片顏色 a^* 與 b^* 值之影響。(97/3/12-97/7/12)

Fig 3-7. The value of a^* and b^* on Anthurium 'Montero' under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

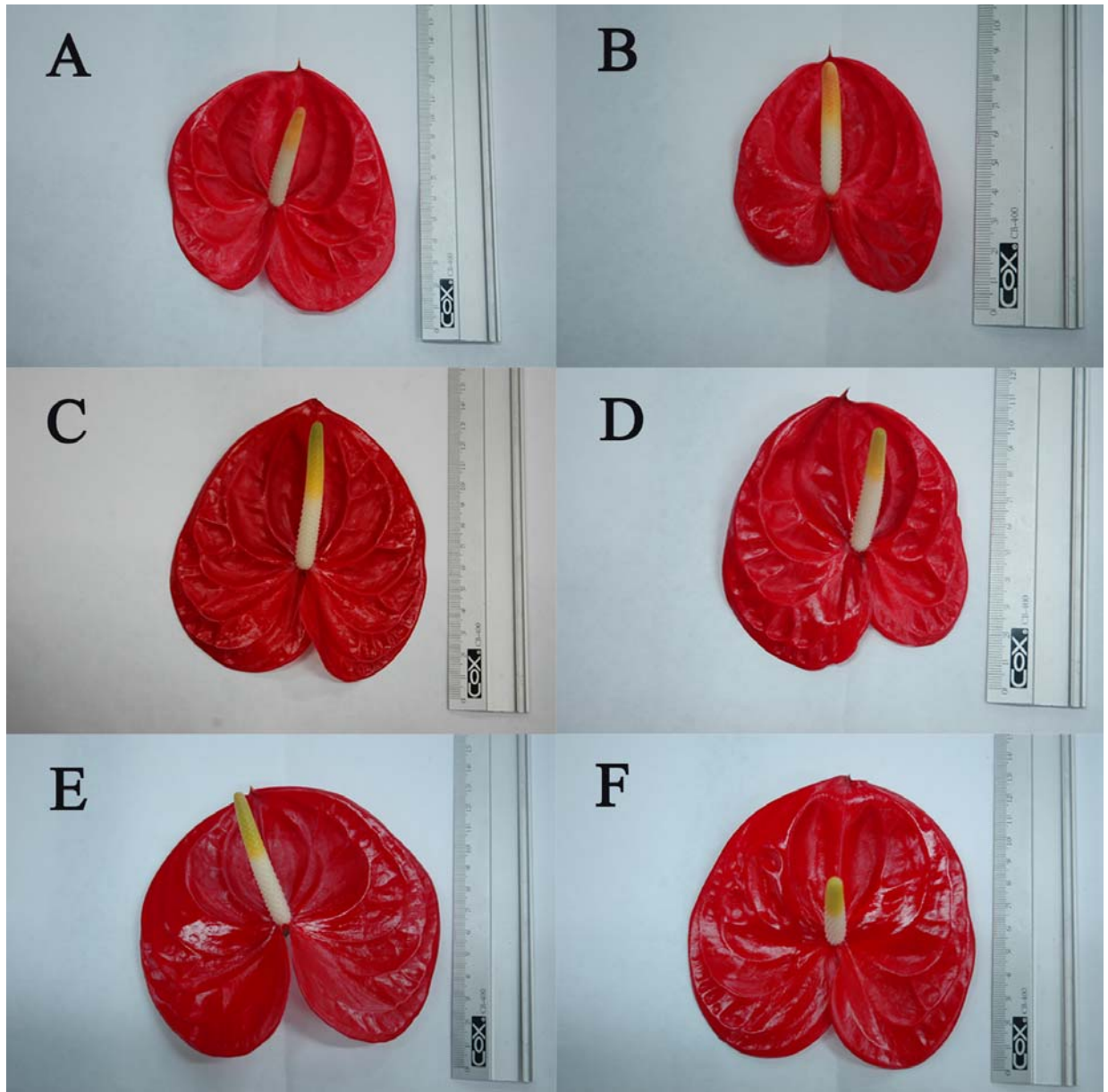


圖 3-8. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度下單雙層遮陰處理對火鶴花‘Montero’花朵品質之影響。(97/3/12-97/7/12)

(A)30/25 °C 單層；(B)30/25 °C 雙層；(C)25/20 °C 單層；(D)25/20 °C 雙層；(E)20/15 °C 單層；(F)20/15 °C 雙層。

Fig 3-8. The flower quality on Anthurium ‘Montero’ under 30/25°C、25/20°C、20/15°C and two types of shading conditions.

(A)30/25°C Single shading；(B)30/25°C Double shading；(C)25/20°C Single shading；(D)25/20°C Double shading；(E)20/15°C Single shading；(F)20/15°C Double shading。

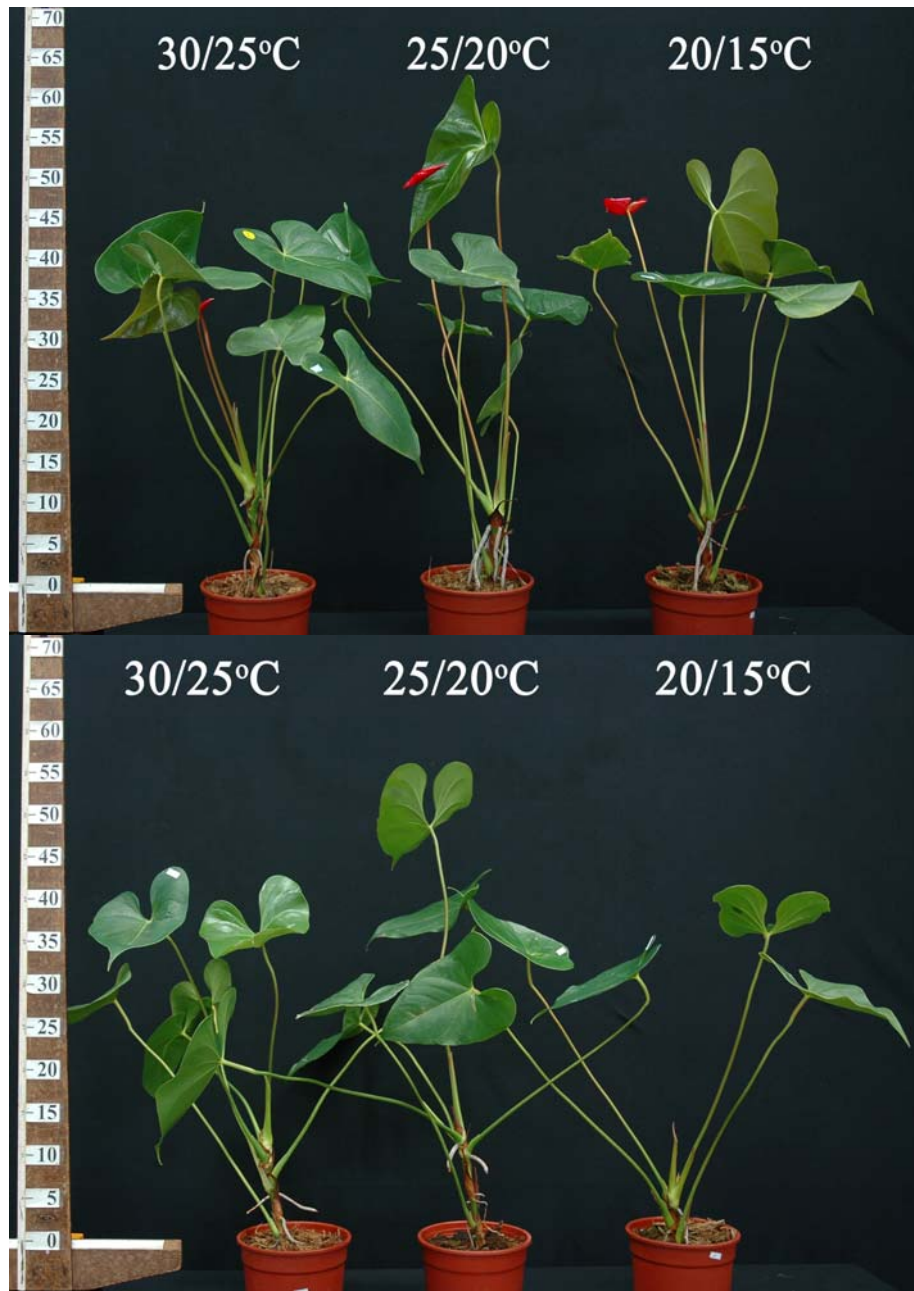


圖 3-9. 單層(上)、雙層(下)遮陰處理下，30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度的火鶴花 'Montero' 植株生長形態。

Fig 3-9. The shoot growth on *Anthurium* 'Montero' under 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two types of shading conditions.

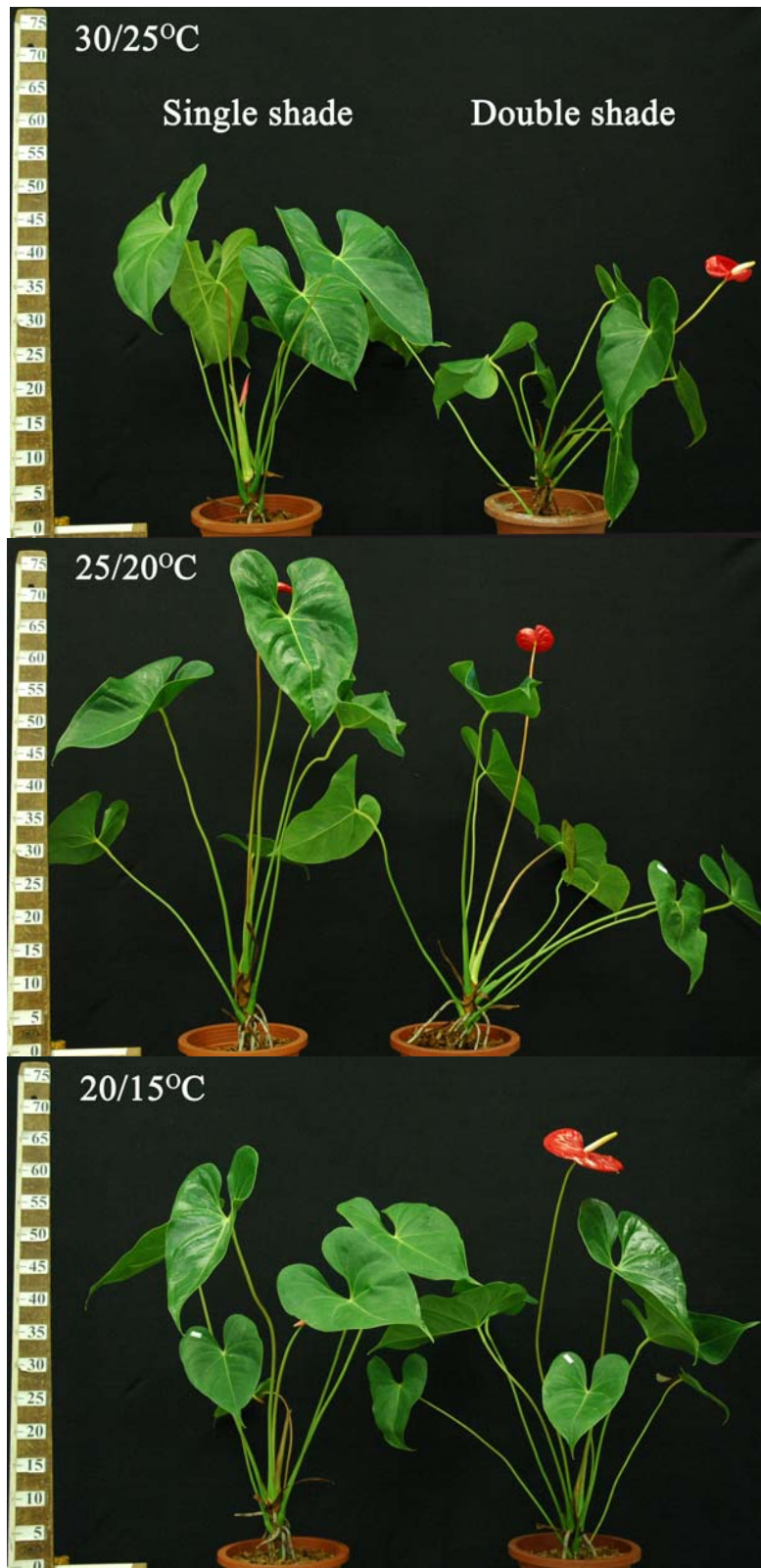


圖 3-10. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 三種溫度，單層、雙層遮陰處理下火鶴花 'Montero' 葉片展開形態。(97/3/12-97/7/12)

Fig 3-10. The morphology of leaf spread of *Anthurium* 'Montero' on 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C and two shading types.



圖 3-11. 30/25 °C 下，單層(Single)、雙層(Double)遮陰處理火鶴花‘Montero’植株表現。

Fig 3-11. The plant growth of *Anthurium* ‘Montero’ on 30/25 °C and two shading types.

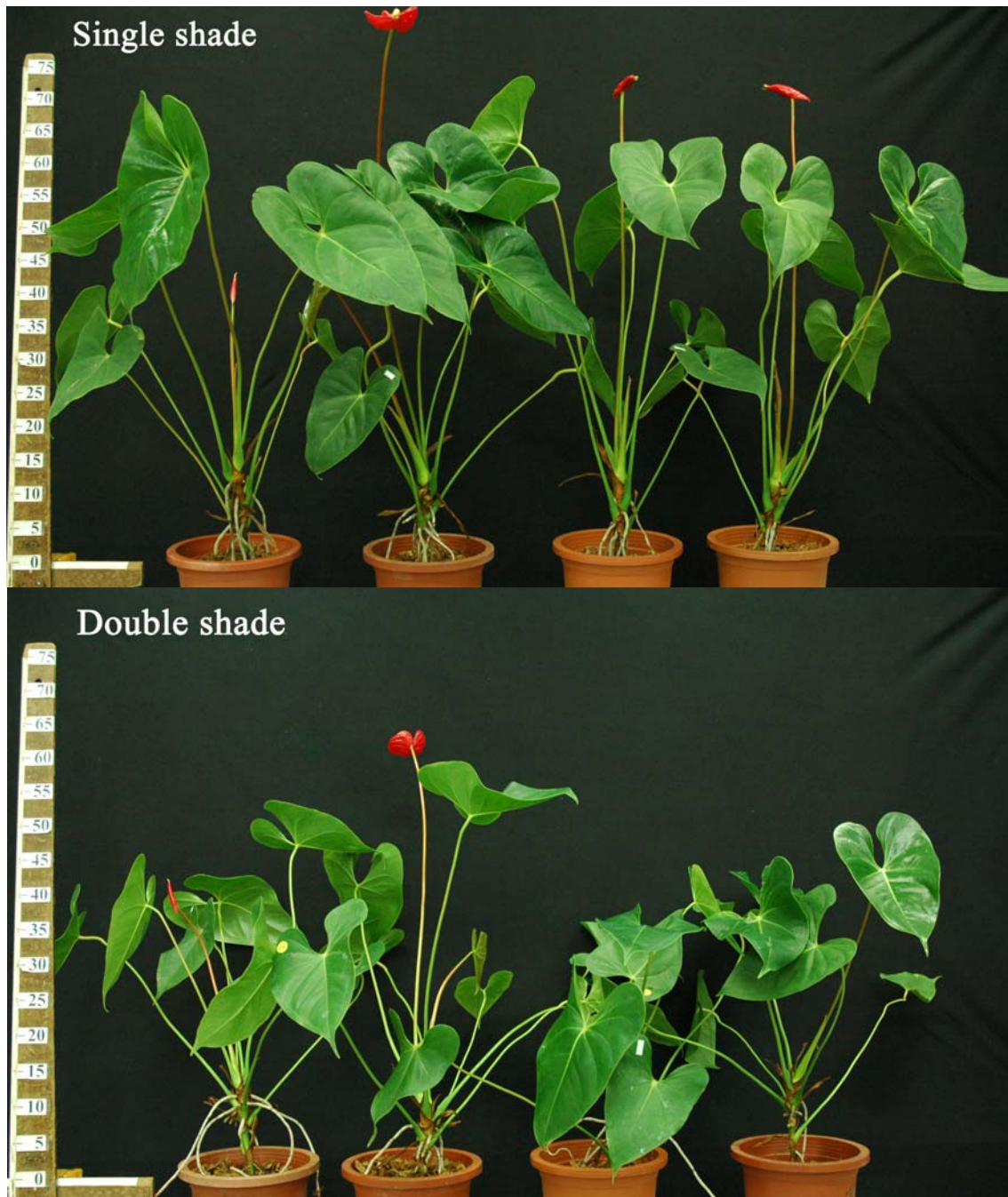


圖 3-12. 25/20 °C 下，單層(Single)、雙層(Double)遮陰處理火鶴花‘Montero’植株表現。

Fig 3-12. The plant growth of *Anthurium* ‘Montero’ on 25/20 °C and two shading types.



圖 3-13. 20/15 °C 下，單層(Single)、雙層(Double)遮陰處理火鶴花‘Montero’植株表現。

Fig 3-13. The plant growth of *Anthurium* ‘Montero’ on 20/15 °C and two shading types.

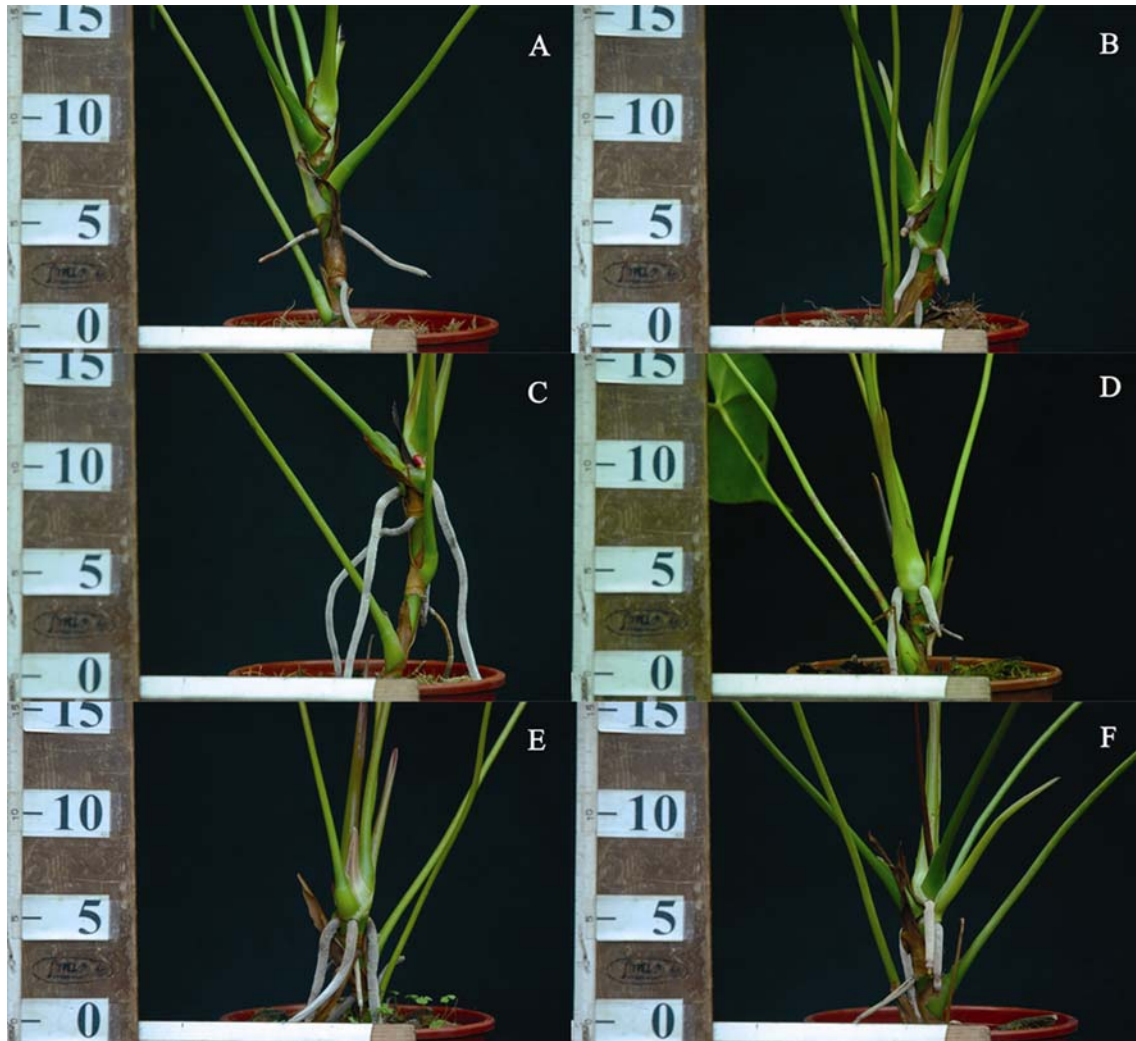


圖 3-14. 30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C 單、雙層遮陰處理火鶴‘Montero’根部生長情形。

(A)30/25 °C 單層；(B)30/25 °C 雙層；(C)25/20 °C 單層；(D)25/20 °C 雙層；(E)20/15 °C 單層；(F)20/15 °C 雙層。

Fig 3-14. The effects of the root growth on *Anthurium* ‘Montero’ under 30/25°C、25/20°C、20/15°C and two types of shading conditions.

(A)30/25 °C Single shading；(B)30/25 °C Double shading；(C)25/20 °C Single shading；(D)25/20 °C Double shading；(E)20/15 °C Single shading；(F)20/15 °C Double shading。

第四章 不同氣溫對火鶴花光反應曲線與葉片溫度之影響

Chapter 4. Effects of different air temperature conditions on light curves and leaf temperature of *Anthurium andreanum*.

摘要(Abstract)

本試驗擬探討火鶴花的光合作用效率，除了受到光強度的影響，是否和溫度具有交感作用。選用火鶴花兩品種‘Montero’與‘Titicaca’，置於模擬 35、30、25、20 °C 四種氣溫的生長箱，各給予 10 種光強度(0、50、100、200、300、400、500、600、700、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)，處理環境於植株馴化 30 分鐘後，測量葉片淨光合作用值、細胞內 CO_2 濃度、氣孔導度、蒸散作用及蒸氣壓差之變化。結果顯示兩品種四組試驗溫度下，淨光合作用與氣孔導度皆隨光強度增加而增加，而當氣孔導度增加，蒸散作用也提高。35 °C 高溫下，蒸散作用與蒸氣壓差比其他三組溫度高，但淨光合作用值卻明顯較低。30 °C 下‘Montero’與‘Titicaca’植株，光飽和點分別為 300、200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。25 °C 光飽和點為 800、700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，20 °C 下，兩品種光飽和點分別為 600、500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。故推測，當火鶴花在涼溫環境，光合作用系統對光度利用率更高，可提高光強度至 500-700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，以 25 °C 生長箱所測得光飽和點最高。當外界氣溫超過 30 °C 時，則必須降至 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之內，可減緩葉片光合作用降低的情況。

一、前言(Introduction)

火鶴花生長適合溫度介於 18-32 °C，光強度 280-470 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之間，此時適當地增加光強度可提高葉片光合作用速率，新完全展開成熟葉片有較高的光合作用能力 (Dail and Paull, 1990)，生產之光合產物可供給植株生長、葉片、花朵發育及影響花朵品質。影響光合作用速率的環境限制因子有溫度、光線、水分及 CO_2 濃度等 (Smith and Young, 1970)，其中溫度、光線為影響光合作用的主要限制因子。

溫度影響火鶴花光合作用，進而影響火鶴花葉片與花朵生育品質。胡 (1995) 將火鶴花在不同日夜溫處理 6 個月後，移置精密溫室 6 個月，觀察切花產量以 30/25 及 25/20 °C 最佳，淨光合速率則在 20-25 °C 下有較高的值，當葉溫超過 30°C 以上，淨光合速率明顯下降趨勢，花朵品質以 25/20 °C 處理下苞片最大。朱 (1998) 於四種日夜溫(30/25 °C、25/20 °C、20/15 °C、15/13 °C)下栽培火鶴花，25/20 °C 日夜溫有較高的淨光合作用值，其葉片花朵生育品質表現皆最好。

10、20、30 天葉齡玫瑰 (*Rosa hybrida* L.) 葉片於 37 °C、30 °C、20 °C 下測其光反應曲線，以 30、20 °C 有較高的光飽和點，37 °C 下，其淨光合作用值皆比 30 °C、20°C 低 (Lieth and Pasian, 1990)。麗格秋海棠 (*Begonia \times hiemalis* Fotsch) 植株於 18 °C 時，可接受光強度為 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；於 21 °C 下，接受的光強度降低至 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下；當達 27 °C 時，更降至 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。溫度升高，植株葉片可接受的光度隨之下降，越容易造成植株生理障礙 (Gooder, 2000)。

適當溫度範圍對光合作用有提高趨勢，而高於適當溫度，光合作用容易下降。 C_3 植物在 0-25 °C 環境下，即使葉片達光飽和，當溫度增加，仍可提高光合作用能力 (Charles-Edwards and Charles-Edwards, 1970；Charles-Edwards et al., 1971；Nelson and Treharne, 1974)。當外界氣溫升高，葉片溫度及光合作用會同時增加，而葉片溫度調節光合作用酵素反應進行，而當葉溫大於氣溫，會使 Rubisco 氧化酶活性增加、植物水分散失、氣孔關閉及對 CO_2 利用下降所導致，葉片光合代謝容易下降 (Berry and Björkman, 1980；Ku and Edwards, 1977；；Tolbert, 1994；Zelitch, 1992)。番茄 (*Solanum tuberosum* L.) 葉片遇高溫逆境，易導致氣孔導度下降、蒸散作用增加且氣溫與葉溫差異加大 (Wolf et al., 1990)。

Leffring (1975)認為光強度影響火鶴花產量，溫室內至少要 45%有效光強度並配合噴霧系統，用以降低葉片溫度避免葉片日燒的問題，因此必需維持葉片溫度

在適當範圍內，才能提高光強度來增加光合作用，增加花朵產量。台灣栽培業者一般採網室栽培，網室內溫度受到四季溫度變化較無法調控，而北中南地區不同光強度調節又有不同遮陰比例，故栽培溫度與光強度無一定標準。

光強度大小則主要影響光合作用產物與能量多寡。當光強度增加，葉片光合作用提高；但當葉表面接收過高光強度，卻會引起光合作用下降，此現象稱為光抑制 (photoinhibition) (Powles, 1984)，過高光強度導致葉綠體將輻射能轉換成乾物重的能力下降，甚至影響整個植株生長(Long et al., 1994; Krause et al., 1995; Laing et al., 1995)。

火鶴花生長溫度相當廣泛，當外界氣溫升高或降低時，葉片溫度同時受到氣溫與光強度相互影響，進而影響光合作用，使生育品質有所差異，所以本試驗主要探討：(1)火鶴花在不同氣溫下，隨光強度增加，光合作用、氣孔導度、細胞內CO₂濃度、蒸散作用與蒸氣壓差的反應變化以及(2)當光合作用達飽和，不同氣溫下，光飽和點是否有不同。(3)葉溫與氣溫之間變化是否為火鶴花葉片光合作用進行的影響因子。

二、材料方法(Materials and Methods)

(一)植物材料

試驗材料選用 Anthura B.V.公司生產火鶴花品種'Montero'及 Florist De Kwakel BV 公司生產品種'Titicaca'，購自台中后里地區李啟寅先生處進口栽培1年之30-40 cm成苗，植物特徵如下：火鶴花品種'Montero'每株葉片平均4-5片葉，苞片(Spathe)為紅色心形、肉穗花序(Spadiex)成熟開花時頂端為綠色；另一品種'Titicaca'每株葉片平均3-4片葉，苞片為雙色系，白色為主，苞片兩肩帶綠邊、肉穗花序由底部至2/3花序為粉紅至黃色，花序頂端則為綠色。栽培介質為椰塊，每6寸盆中施予3-5 g 好康多(Hi-Control)比例 14N-12P₂O₅-14K₂O。材料送達後，栽培於6寸盆中，隨植株株高達50-60 cm，更換為7寸盆中栽培。介質以椰塊來栽培，介質商品名為根呼吸(ROOTS BREATH)，椰塊浸泡後大小為1.0-1.2 cm，購自帛鑫國際有限公司。

(二)試驗處理

利用光合作用儀測量(LI-COR 6400)測量火鶴花第二片完全展開成熟葉(從頂芽往下算起)，於各設定溫度下之光合作用變化。設定生長箱內溫度分別為35、30、

25、20、15 °C，在每個設定溫度下，光源為 1000W 水銀燈(HMF-100, 旭光公司)，由四個水銀燈來控制光強度，光線從 0、50、100、200、300、400、500、600、700 到 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。待溫度、光線穩定後，植株放入生長箱馴化半小時，開始測量時間為上午 9 時 30 分至 12 時。全部共 2 品種，每品種 5 重複，每重複 1 株。

植株試驗時間分別為：

20 °C 處理為 2007 年 11 月 29 日至 12 月 13 日

25 °C 處理為 2008 年 4 月 7 日至 5 月 13 日

30 °C 處理為 2007 年 8 月 20 日至 9 月 27 日

35 °C 處理為 2008 年 7 月 22 日至 8 月 5 日

(三)調查項目

1.光合作用速率測定

利用可攜式光合作用測定儀 (Portable Photosynthesis System, LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebr., USA)，測量葉片淨光合作用 (net photosynthesis, Pn)、氣孔導度 (stomatal conductance, g_s)、蒸散速率 (transpiration, E)、細胞內 CO_2 濃度 (internal cellular CO_2 concentration, C_i) 及蒸氣壓差 (vapour pressure deficits, VPD)，葉箱 (Leaf Chamber) 內環境透過主機設定，葉片寬長為 $2\times 3\text{ cm}^2$ 的面積測量， CO_2 參考濃度 (reference CO_2 level) 維持 $350\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，溫度設定依照 35、30、25、20 °C 下生長箱內為主，葉箱內光源是採用可拆式人工光源 (6400-02 LED light source) 調控，主要光譜為紅光 (665 nm) 和藍光 (470 nm)。每次使用前預先暖機 30 分鐘以上，之後進行流速及葉箱 (Leaf chamber) 的零點校正。光強度設定與每次生長箱內光強度控制 (0、50、100、200、300、400、500、600、700 及 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 相同，氣孔比率值 (stomatal ratio) 設定 0.5，環境相對溼度由乾燥劑 (Drierites, 97% 硫酸鈣、3% 氯化亞鈷, W. A. Hammond drierite Company LTD, U.S.A) 維持在 70-80%。

2.葉片溫度

利用紅外線測溫儀 (Precision Infrared Thermometer 572, Fluke CO., USA) 為非接觸式溫度量測方式，透過物體表面所釋放出的紅外線輻射能，測量物體表面的溫度。固定 20 cm 距離，指向葉片表面測量葉片及時溫度，不同溫度生長箱與光強度控制下，葉片取三個點測量，三個溫度取平均為葉片在生長箱內受到溫度與光強度相互影響的量測值。

(四)統計分析

試驗採完全隨機設計(Complete randomized design, CRD)。光反應曲線方程式為 $y=a(1-e^{-bx})^c$ ，採用 SigmaPlot Version 8.0 (Systat software INC., Richmond, CA, USA) 繪圖軟體來整理。

三、結果(Results)

(一) 35、30、25、20 °C 對火鶴花‘Montero’、‘Titicaca’葉溫與光合作用之影響

火鶴花‘Montero’在 35 °C 生長箱馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 33-35 °C，平均為 5.3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-1A)；30 °C 馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 30-32 °C，淨光合作用值平均為 7.5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-2A)；25 °C 馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 26-27 °C，光合作用平均為 6.3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-3A)；20 °C 馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫在 19-21 °C 之間，此時光合作用為 6.3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-4A)。

另一品種‘Titicaca’與‘Montero’同時放在生長箱馴化後比較光合作用變化，35 °C 生長箱馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 34-35 °C，此時光合作用平均為 4.3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-5A)；30 °C 馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 30-32 °C，光合作用平均為 6.1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-6A)；在 25 °C 馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 24-27 °C，光合作用平均為 5.5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-7A)；20 °C 馴化後，最高淨光合作用值出現在光強度 700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為 19-21 °C，光合作用平均為 5.5 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (圖 4-8A)。「Titicaca」淨光合作用值普遍比「Montero」低。

把四種試驗溫度算出各溫度下的光飽和點，30 °C 試驗中，光飽和點分別為 300、200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；25 °C 下，兩品種分別為 800、700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；20 °C 下，兩品種光飽和點分別為 600、500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；35 °C 下，淨光合作用值皆比其他三種溫度低 (圖 4-9 和 4-10)。

(二) 35、30、25、20 °C 對火鶴花‘Montero’、‘Titicaca’氣孔導度與蒸散作用之影響

火鶴花‘Montero’在四種溫度下，隨光強度增加，氣孔導度皆逐漸提高(圖

4-1-4C)。35、30、25、20 °C 生長箱馴化，當淨光合作用值最高值，氣孔導度平均分別為 0.11、0.22、0.16、0.11 mol H₂O·m⁻²·s⁻¹，溫度在 30 和 25 °C 兩試驗溫度氣孔導度較高。35 °C 高溫下，蒸散作用比其他三組數值變動率較高(圖 4-1-4D)，當淨光合作用值最高值，蒸散作用為 1.1 mmol·m⁻²·s⁻¹，30、25、20 °C 三組蒸散作用分別為 0.79、1.02、0.79 mmol·m⁻²·s⁻¹。隨光強度增加，三組蒸散作用維持在 0.5-1.0 mmol·m⁻²·s⁻¹ 之間(圖 4-2-4D)，35 °C 試驗溫度的蒸散作用變動率高，當光強度大於 300 μmol·m⁻²·s⁻¹，蒸散作用高於 1.0 mmol·m⁻²·s⁻¹ 以上(圖 4-1D)。

‘Titicaca’則在四組溫度試驗中，隨光強度增加至達光飽和點，氣孔導度皆有較高數值。35 °C 馴化後，當淨光合作用值最高值，氣孔導度為 0.11 mol H₂O·m⁻²·s⁻¹ (圖 4-5C)；30 °C 馴化後，氣孔導度為 0.27 mol H₂O·m⁻²·s⁻¹ (圖 4-8C)；25 和 20 °C，氣孔導度分別為 0.18、0.10 mol H₂O·m⁻²·s⁻¹。(圖 4-7C 和 4-8C)。蒸散作用在 35、30、25、20 °C 試驗溫度中，分別為 0.94、0.89、1.14、0.70 mmol·m⁻²·s⁻¹ (圖 4-5-8D)。35 °C 高溫環境，蒸散作用變動率高，而其他三組則隨光強度增加，蒸散作用逐漸提高。

(三) 35、30、25、20 °C 對火鶴花‘Montero’、‘Titicaca’細胞內 CO₂ 濃度與蒸氣壓差之影響

‘Montero’細胞內 CO₂ 濃度在四組試驗溫度內無明顯差異。蒸氣壓差遇高溫環境有明顯提高的現象，35 °C 生長箱中，光強度從 0-800 μmol·m⁻²·s⁻¹，蒸氣壓差皆高於 0.8 kPa 以上，而其中光強度在 300 與 400 μmol·m⁻²·s⁻¹，蒸氣壓差超過 2.2 kPa 以上 (圖 4-1E)。

另一品種‘Titicaca’細胞內 CO₂ 濃度在 30、25、20 °C 試驗溫度中同樣無明顯差異 (圖 4-6-8B)。35 °C 馴化後，過低(0、50 μmol·m⁻²·s⁻¹)及偏高(800 μmol·m⁻²·s⁻¹)光強度環境下，此時細胞內 CO₂ 濃度不穩定，其他光強度下則維持在 200-300 μmol CO₂ mol⁻¹，(圖 4-5B)，其他三組試驗溫度亦有相同表現。蒸氣壓差反應則與‘Montero’相同 (圖 4-5-8E)。

四、討論(Discussion)

火鶴花於 30 °C 生長箱馴化後，兩品種光飽和點分別為 300、200 μmol·m⁻²·s⁻¹。而在光強度 400 μmol·m⁻²·s⁻¹ 下淨光合作用有最高值，而光強度繼續增加，光合作用逐漸下降，此時氣孔與蒸散作用也較光強度 400 μmol·m⁻²·s⁻¹ 環境有下降的趨勢。

隨試驗溫度降低，光強度增加，還可維持較高的淨光合作用值，兩品種在 25 與 20 °C 生長箱內，光飽和點分別達 800 (‘Montero’)、700 (‘Titicaca’) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 與 600 (‘Montero’)、500 (‘Titicaca’) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，比 30 °C 試驗溫度有較高的光飽和點。麗格秋海棠 (*Begonia* \times *hiemalis* Fotsch) 植株於 18 °C 時，可接受光強度為 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；於 21 °C 下，接受的光強度降低至 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下；當達 27 °C 時，更降至 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。溫度升高，植株葉片可接受的光度隨之下降，越容易造成植株生理障礙 (Gooder, 2000)。玫瑰 (*Rosa hybrida* L.) 利用 10、20、30、40 天葉齡的展開葉片，在 37、30、20 及 10 °C 下測量各光反應曲線表現，同一葉齡中，淨光合作用在不同氣溫下，光反應曲線的確受到氣溫影響改變了光飽和點與淨光合作用值，光飽和點隨溫度降低而提高，在 30 °C 與 20 °C 環境中有較高的淨光合作用值 (Lieth and Pasian, 1990)。本試驗顯示在 25 與 20 °C 下火鶴花淨光合作用表現較穩定，光強度可增加至 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，淨光合作用才逐漸達飽和，而在 30 °C 只能接受較低光強度才可以維持較高的光合作用。薛 (1993) 在 16 與 30 °C 生長箱測試兩品種火鶴花‘Nitta Orange’與‘Tropical’，光強度為 0、60、120、180、240、300 及 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，測量最新兩片葉片淨光合作用值，兩品種在光強度從 300 及 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 下，淨光合作用及氣孔導度明顯皆有下降趨勢，在 16 °C 生長箱，兩品種在光強度 360 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，淨光合作用皆比 30 °C 高。

當光強度持續增加，‘Montero’在兩試驗溫度的淨光合作用值並無下降的趨勢，保持穩定的水準。而‘Titicaca’在 25 °C 光強度超過 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，有下降的趨勢，20 °C 光強度達 700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之後較平穩。推測 30 °C 光強度超過 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 與 25 °C 下‘Titicaca’超過 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，淨光合作用值下降趨勢，推測因為淨光合作用系統已不能有效利用高光資源，強光可能造成光抑制 (photoinhibition) (Alves et al., 2002)。

台灣四季溫度變化明顯，夏天氣溫常常超過 30 °C 以上，業者必須於網室內做雙層遮陰網來調節過多的光進入，但進入冬天溫度降低，業者沿用與夏天相同的調節模式來控制光強度，使園內出現低溫、低光情形，導致冬天花朵產量大大地降低。針對此問題，本研究建議涼溫環境如 20-25 °C 下，火鶴花葉片較適合的光強度可提高至 500-700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，如達 30 °C 以上則必須要降低光強度至 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 即可維持較高的淨光合作用值。

35 °C 生長箱葉片對光反應表現下，無論光強度高低火鶴花兩品種淨光合作用

值明顯比其他三組試驗溫度表現較低(圖 4-8 和 4-9)，文獻亦指出火鶴花生長適溫 18-32 °C，高出 35 °C 生長遲緩 (方等，2003)。由於光合作用降低，植株生長受到抑制，在超過 35 °C 高溫下，隨光強度增加，使葉片溫度持續升高，此時容易造成葉燒、苞片退色並降低花朵壽命等現象 (莊和陳，2005)。

溫度與光強度影響葉片溫度，當淨光合作用值最高，生長箱所測得葉溫只比氣溫高 1-2 °C(圖 4-1-8A)，葉溫受到氣溫與即時光強度影響，本試驗環境為可控制溫度、光強度的生長箱，由於光源為水銀燈，主要光譜範圍為 400-700 nm，遠紅外光較少，實際在外界環境下，葉片接收光源為太陽光，從紫外光到遠紅外線光譜(>700 nm)，遠紅外線光譜能量低、熱輻射能較高 (Cathey and Campbell, 1975)，當光強度持續增加，葉片吸收大部分可見光譜(400-700 nm)，遠紅外線光譜透過熱輻射能消散，此時葉溫容易升高，甚至比氣溫高出 4 °C 以上。為了消散葉內熱能，葉片透過打開氣孔放出熱與氣溫交換或是藉由水分散失來增加蒸散作用 (Taiz and Zeiger, 2006)。應用於火鶴花栽培管理上，建議如氣溫介於 20-25 °C 之間，葉溫容許提高 1-4 °C，此氣溫下，火鶴花淨光合作用最高；氣溫 30-35 °C，避免高光強度進入，利用降低光強度或是噴霧方式，使葉溫減低，讓葉片不受到葉燒的傷害。

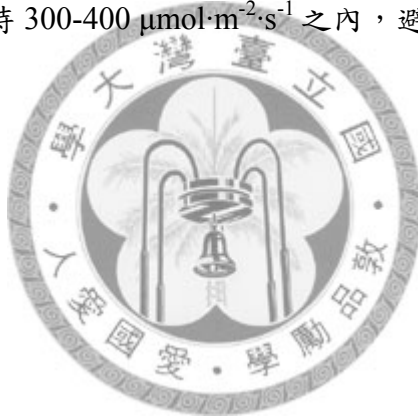
對兩品種淨光合作用值而言，‘Montero’淨光合作用值比‘Titicaca’高，以 30 °C 生長箱所測光飽和點分別為 300 與 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而 25 與 20 °C 下光飽和點表現也是以‘Titicaca’的光飽和點較低。可能因‘Titicaca’為雙色系，白色苞片，苞片耳部為綠色，而‘Montero’主要為紅色品系屬較耐熱品種，而根據業者指出‘Titicaca’在田間表現，此品種夏天高溫，綠色部分容易消失，涼溫才較易顯現。從光飽和點表現可了解溫度對‘Titicaca’光合作用表現比‘Montero’敏感。

本試驗火鶴花葉片氣孔在四組試驗溫度中，氣孔導度隨氣溫提高而有較高值；四個試驗溫度內，當光強度從 0 至 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，氣孔導度隨光強度漸增而提高(圖 4-1-8C)，光合作用大小也受到氣孔導度影響(圖 4-1-8A)。蒸散作用較容易受到溫度影響，從四組溫度蒸散作用表現中，當溫度愈高，蒸散作用愈高(圖 4-1-8D)。氣孔可感應外界環境因子(溫度、光強度、溼度、蒸氣壓差、CO₂ 濃度及污染物)，調節保衛細胞，控制 CO₂ 與 H₂O 進出 (Willmer and Fricker, 1996)。當氣孔打開，增加水氣的流失，使蒸散作用提高，並促使大氣中 CO₂ 進入行光合作用 (Taiz and Zeiger, 2006)，溫度使氣孔保衛細胞內代謝活性提高，刺激氣孔打開，而提高光強度，氣孔保衛細胞內葉綠體接收到光線，促進氣孔打開 (Willmer and

Fricker, 1996)。

兩品種於 35 °C 下，光強度在 300 與 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，蒸氣壓差超過 2.2 kPa 以上 (圖 4-1E)，造成這原因可能因葉箱內溼度降為 50-55%之間，故使蒸氣壓差突然增加。

綜合上述，火鶴花兩品種‘Montero’與‘Titicaca’在四組試驗溫度下，淨光合作用與氣孔導度隨光強度增加而增加，當氣孔導度增加，蒸散作用也提高。35 °C 高溫下，蒸散作用與蒸氣壓差比其他三組溫度高，且淨光合作用值比其他三組明顯表現較低。30 °C 生長箱內，兩品種光飽和點為 300、200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，25 °C 光飽和點皆為 800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，20 °C 光飽和點分別為 600、500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。火鶴花在涼溫環境，光合作用對光強度有較高的吸收率，光強度至 500-700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，能維持較高的淨光合作用效率，其中以 25 °C 對火鶴花兩品種表現最好；當外界氣溫超過 30 °C 時，光強度則保持 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之內，避免光合作用效率降低。



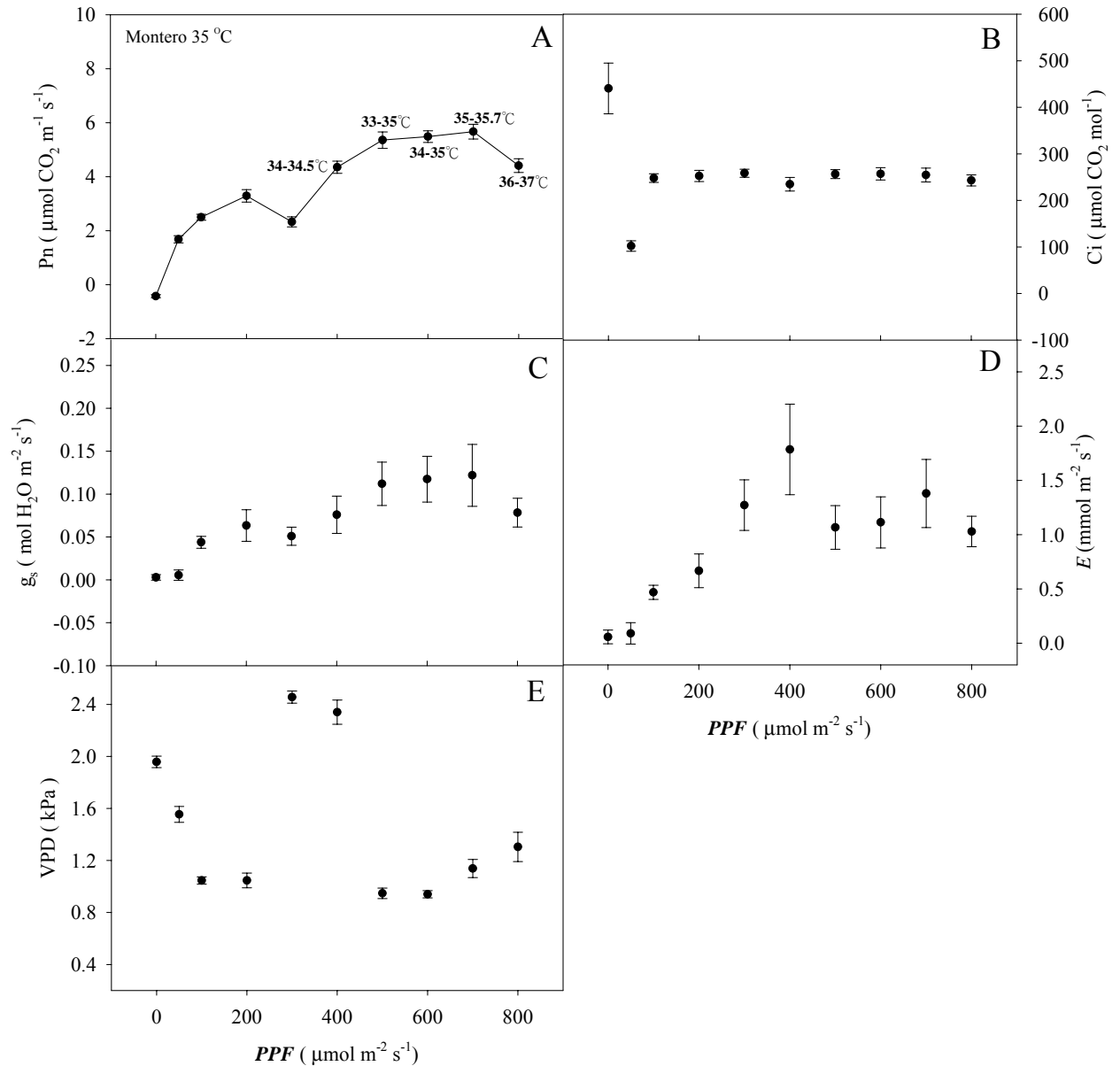


圖 4-1. 35 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO_2 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-1. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (P_n), (B) internal CO_2 concentration (C_i), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Montero' under 35 °C.

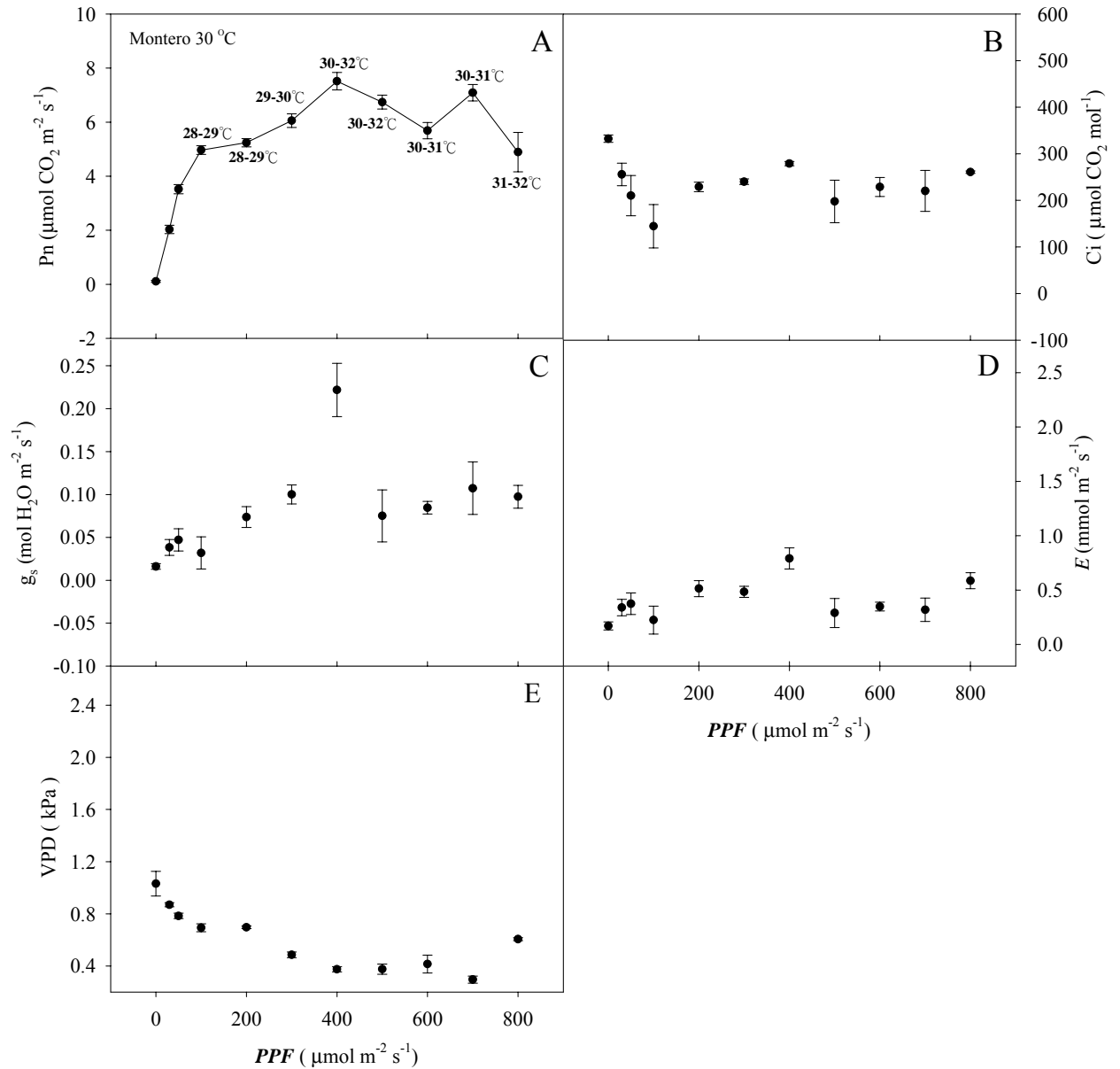


圖 4-2. 30 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO_2 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-2. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (Pn), (B) internal CO_2 concentration (Ci), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Montero' under 30 °C.

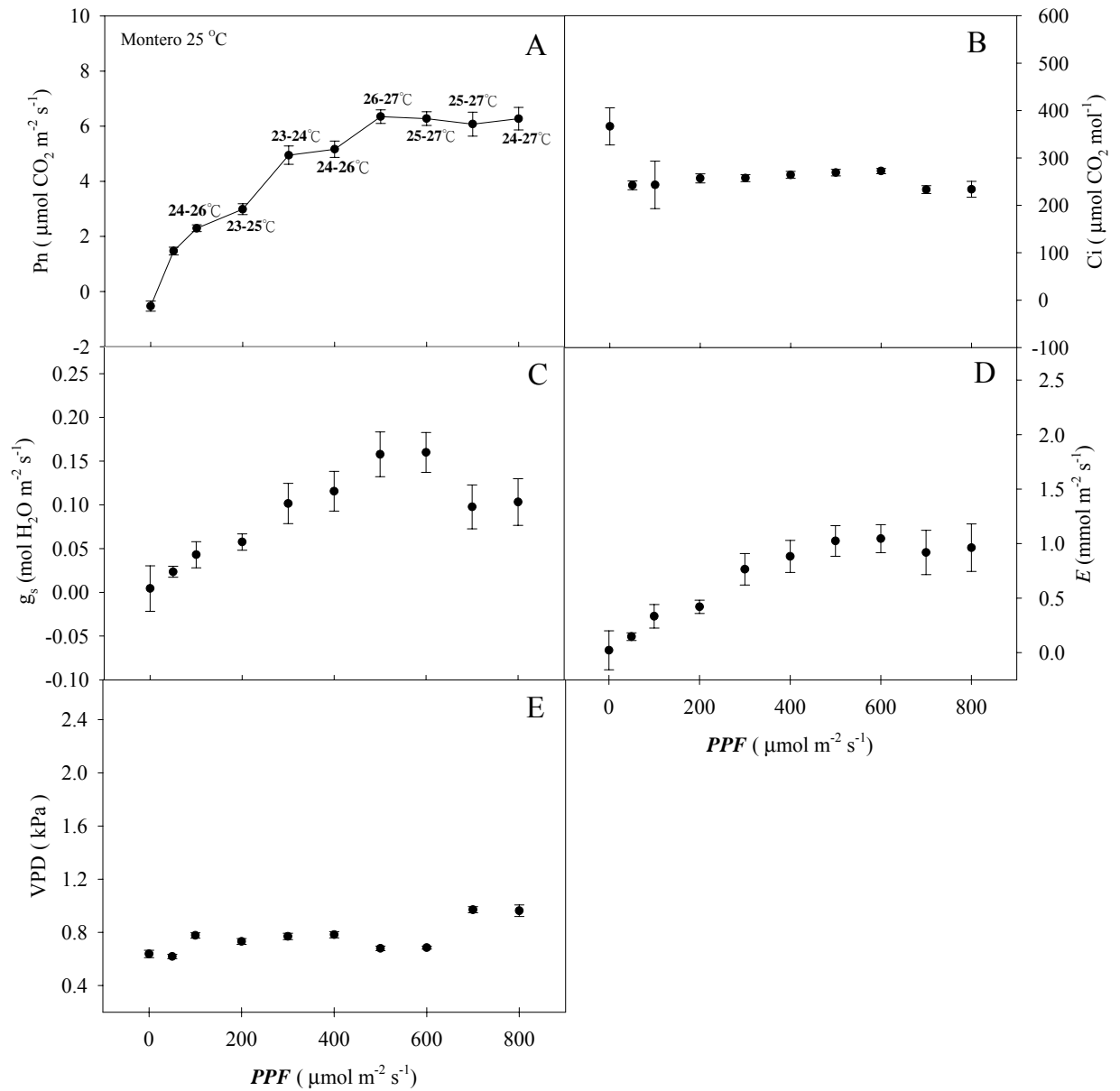


圖 4-3. 25 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO_2 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-3. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (P_n), (B) internal CO_2 concentration (C_i), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Montero' under 25 °C.

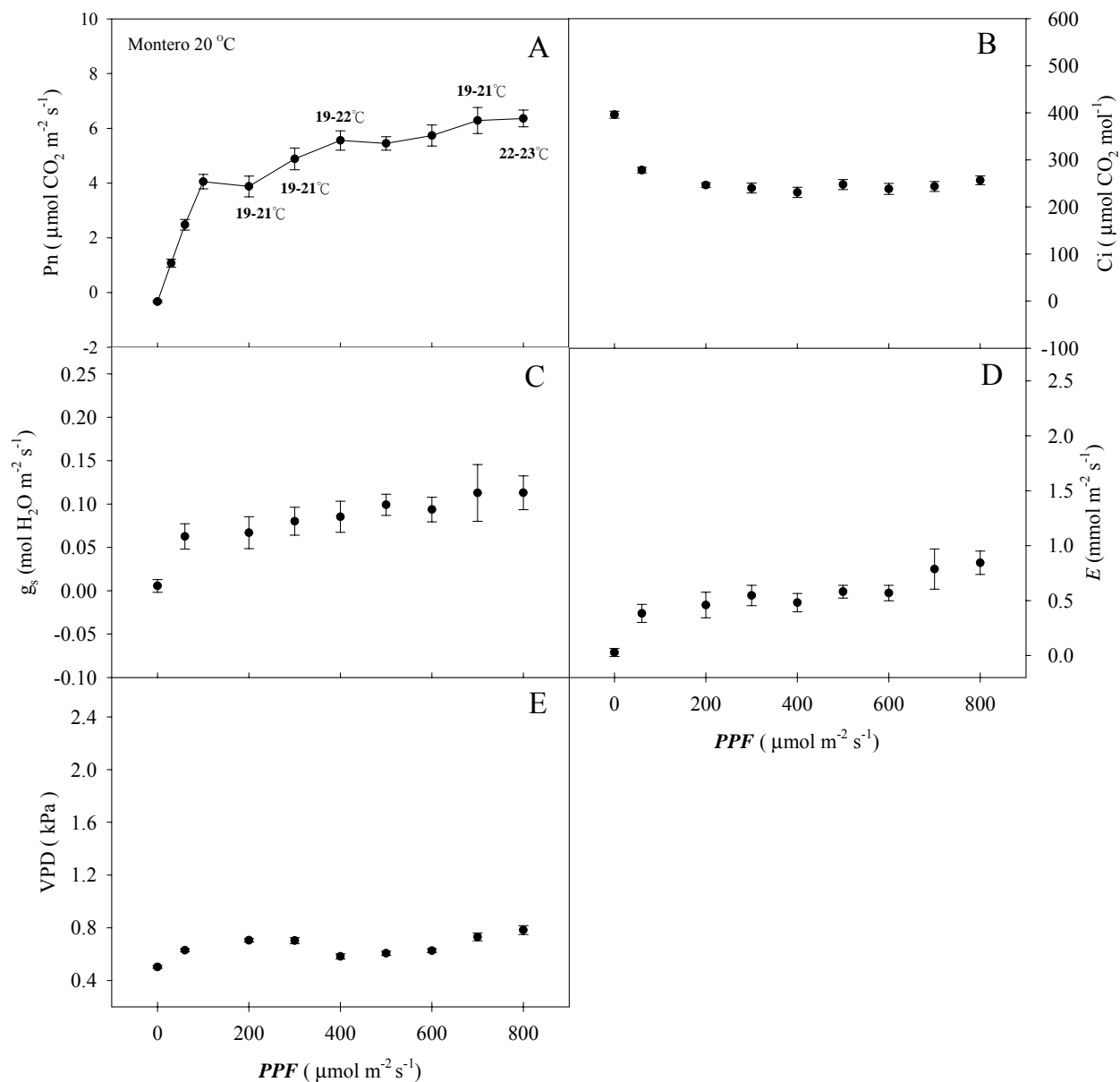


圖 4-4. 20 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Montero’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO_2 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-4. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (P_n), (B) internal CO_2 concentration (C_i), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Montero' under 20 °C.

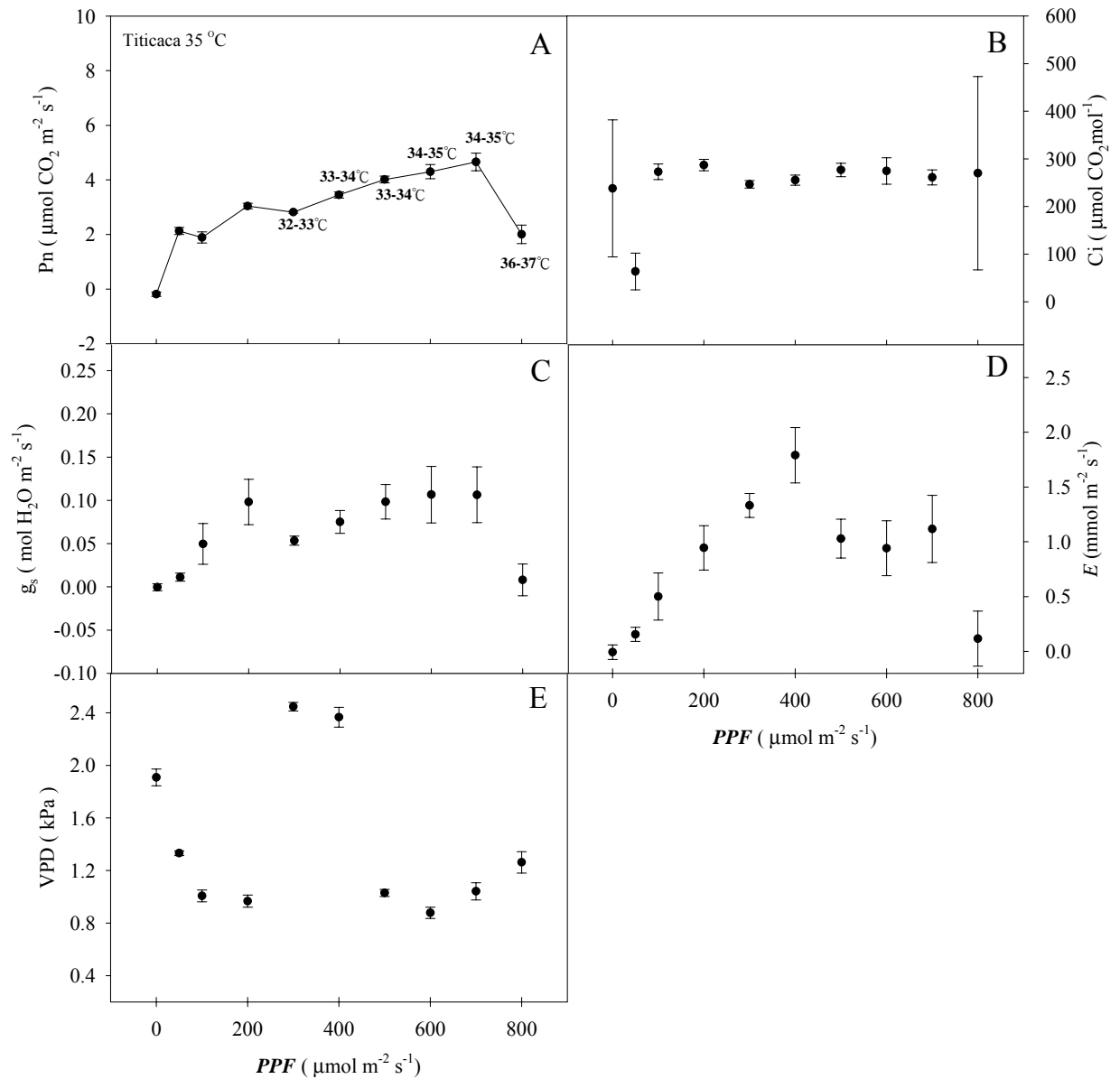


圖 4-5. 35 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-5. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (Pn), (B) internal CO₂ concentration (Ci), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Titicaca' under 35 °C.

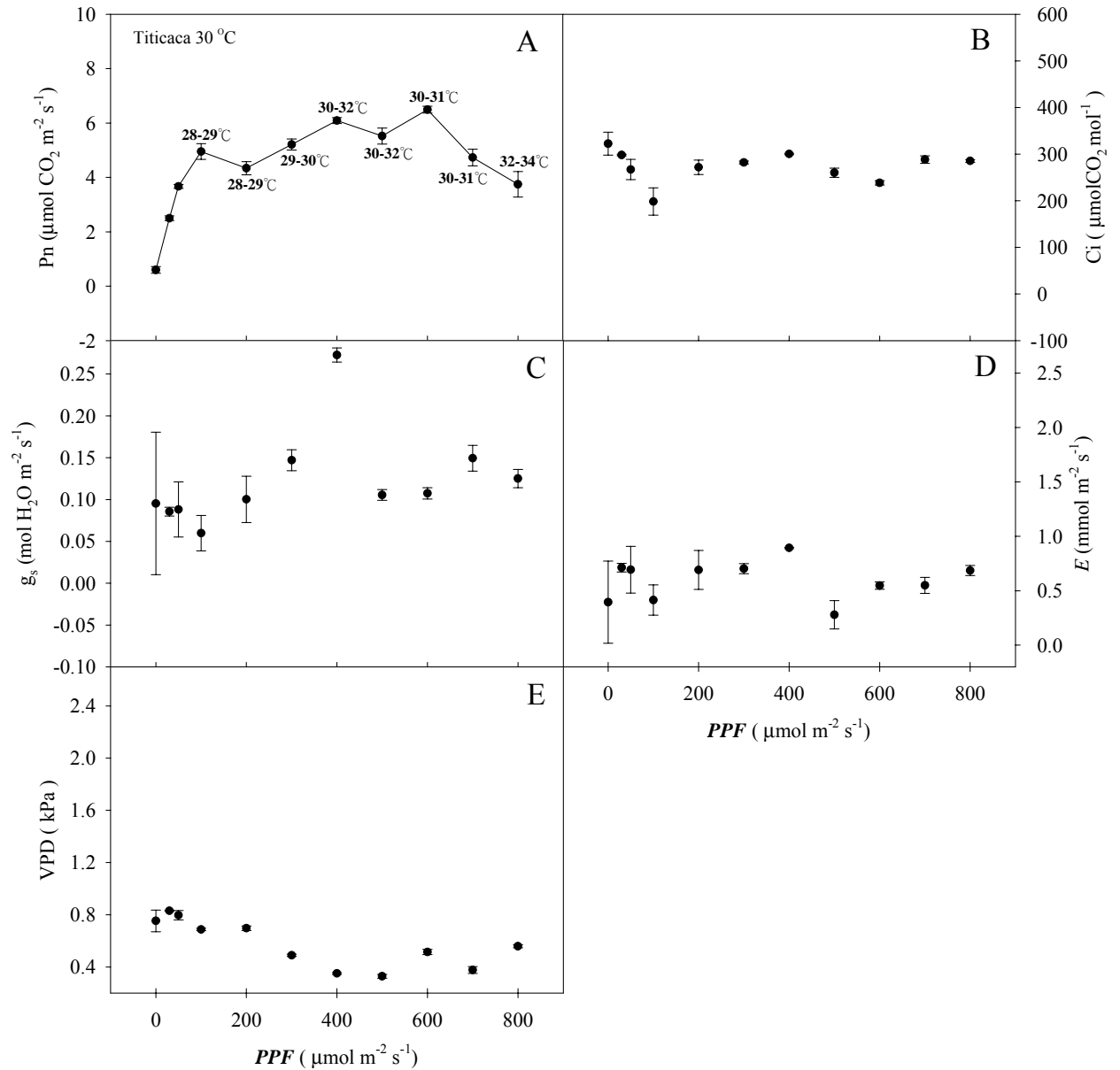


圖 4-6. 30 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO_2 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-6. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (P_n), (B) internal CO_2 concentration (C_i), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Titicaca' under 30 °C.

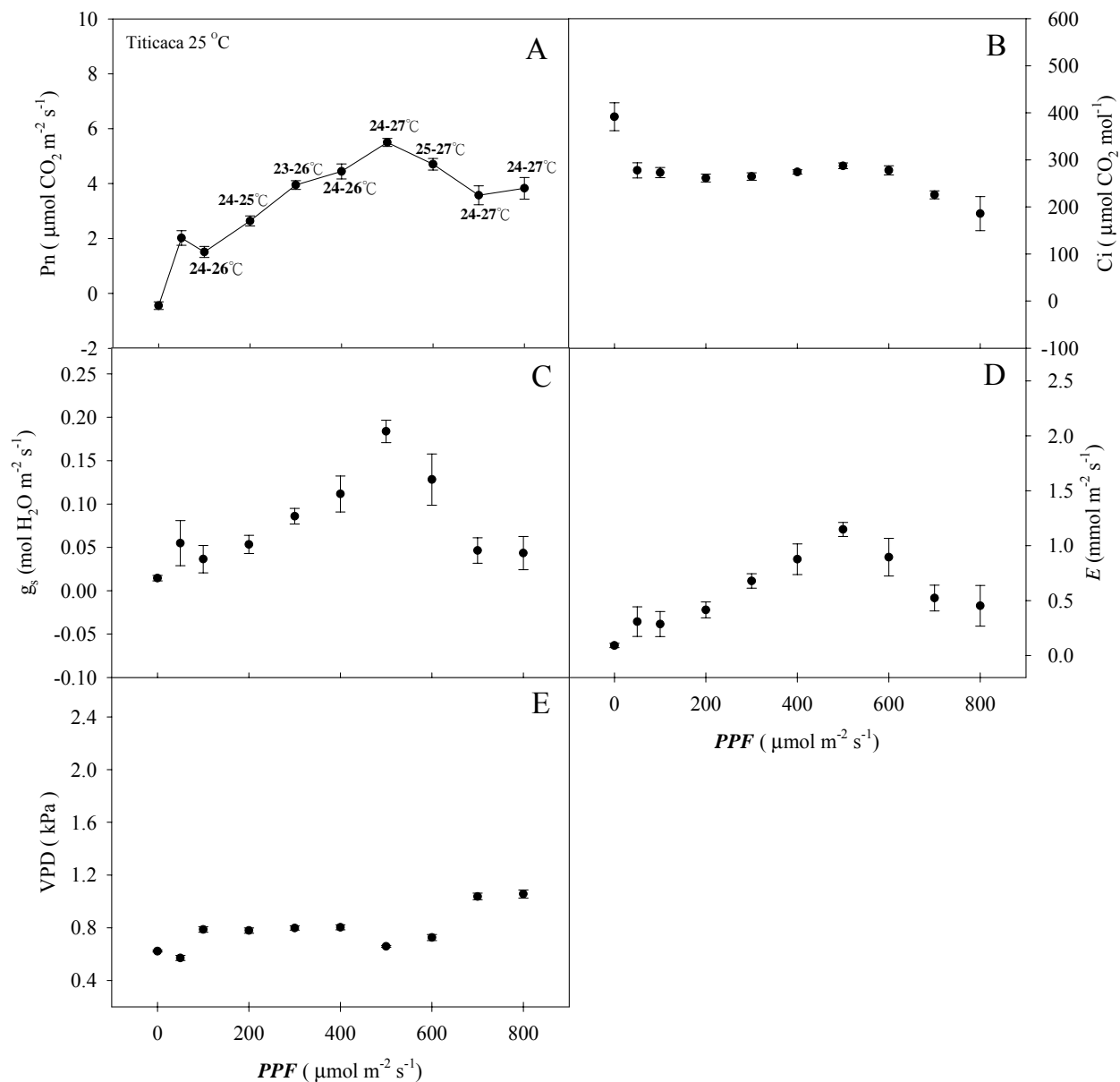


圖 4-7. 25 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO₂ 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-7. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (Pn), (B) internal CO₂ concentration (Ci), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Titicaca' under 25 °C.

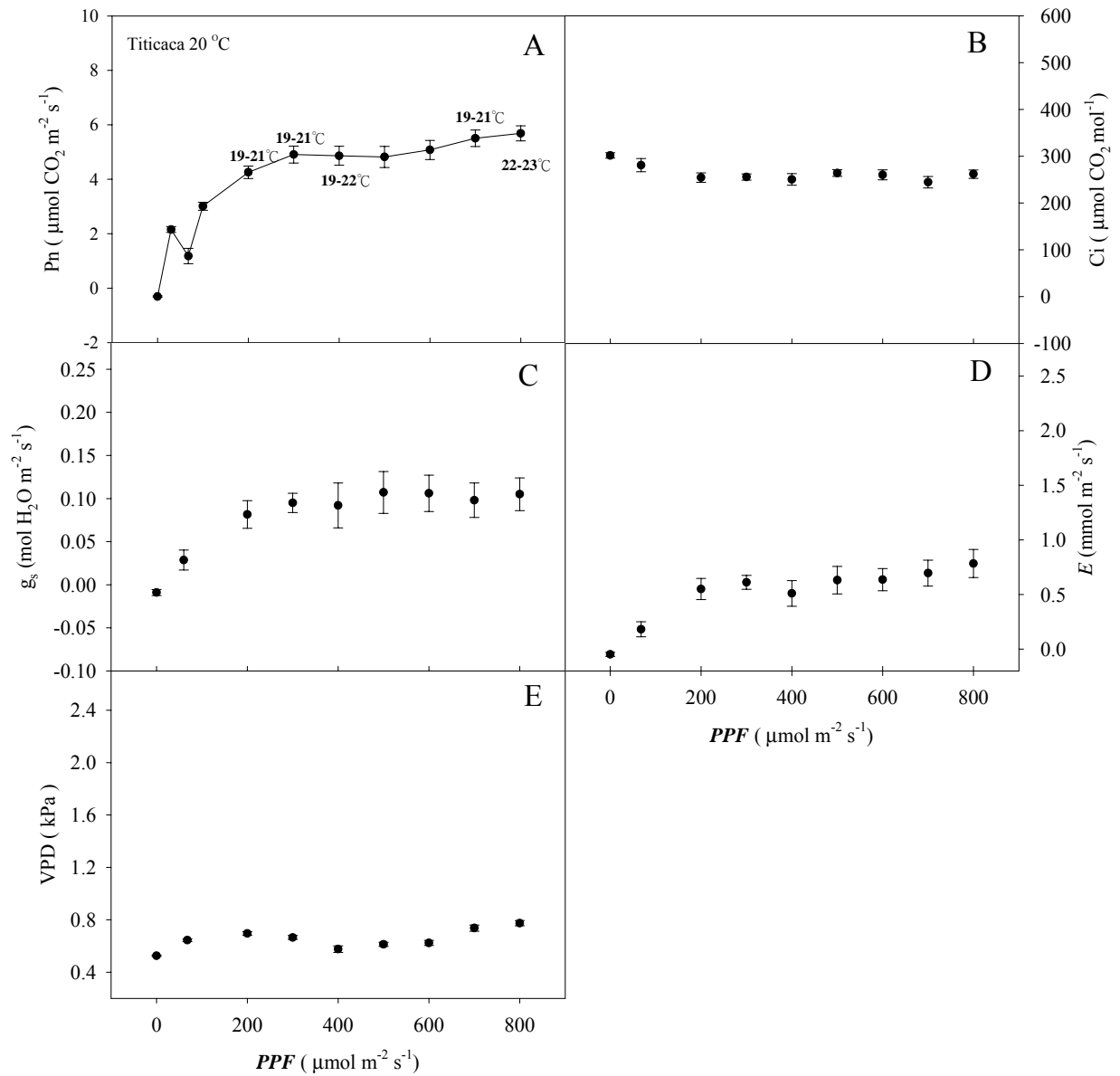


圖 4-8. 20 °C 生長箱馴化下，光強度對火鶴花‘Titicaca’ (A)淨光合作用、(B)細胞內 CO_2 濃度、(C)氣孔導度、(D)蒸散作用及(E)蒸氣壓差之影響。

Fig. 4-8. Effects of photosynthetic photon flux density (PPF) on (A) net photosynthesis (P_n), (B) internal CO_2 concentration (C_i), (C) stomatal conductance (g_s), (D) transpiration (E) and (E) vapour pressure deficit (VPD) of mature leaves in *Anthurium* 'Titicaca' under 20 °C.

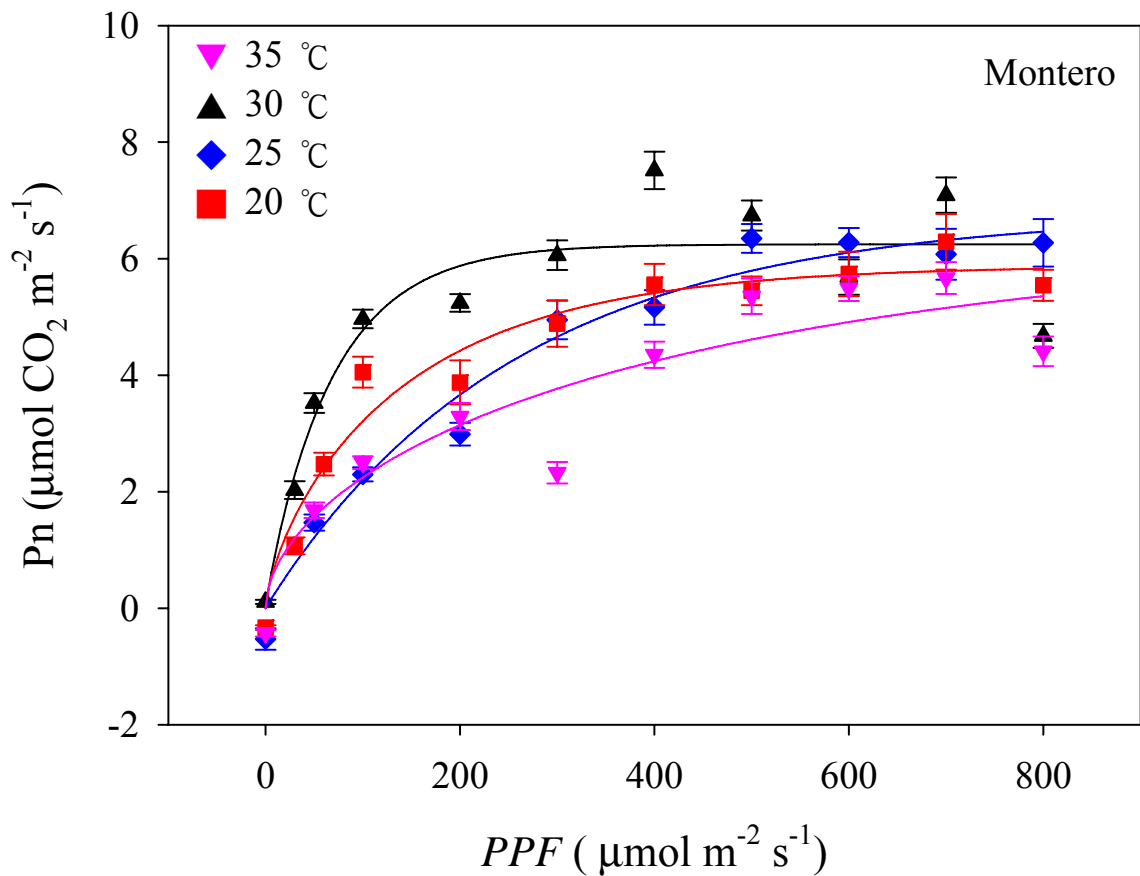


圖 4-9. 35、30、25、20 °C 生長箱馴化下，火鶴花‘Montero’光反應曲線。
 Fig. 4-9. Effect of light intensity on net photosynthesis in *Anthurium* ‘Montero’ on 35, 30, 25 and 20 °C.

$$y=6.44(1-e^{-0.001x})^{0.54} \quad R^2_{35}=0.83 \quad P<0.0001$$

$$y=6.24(1-e^{-0.013x})^{0.93} \quad R^2_{30}=0.84 \quad P<0.0001$$

$$y=6.77(1-e^{-0.003x})^{0.99} \quad R^2_{25}=0.92 \quad P<0.0001$$

$$y=5.88(1-e^{-0.005x})^{0.70} \quad R^2_{20}=0.88 \quad P<0.0001$$

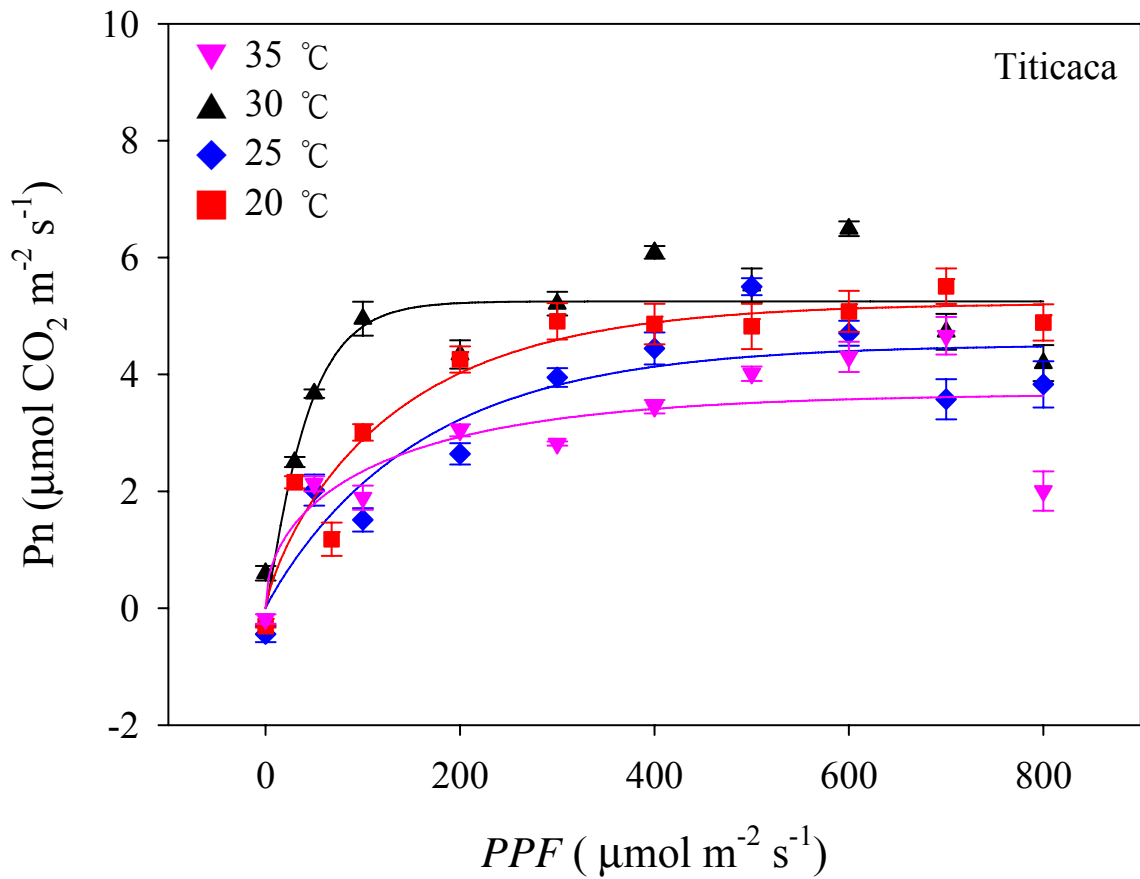


圖 4-10. 35、30、25、20 °C 生長箱馴化下，火鶴花‘Titicaca’光反應曲線。
 Fig. 4-10. Effect of light intensity on net photosynthesis in *Anthurium* ‘Titicaca’ on 35, 30, 25 and 20 °C.

$$y=3.67(1-e^{-0.004x})^{0.47} \quad R^2_{35}=0.67 \quad P<0.0001$$

$$y=5.25(1-e^{-0.026x})^{1.22} \quad R^2_{30}=0.80 \quad P<0.0001$$

$$y=4.51(1-e^{-0.006x})^{0.95} \quad R^2_{25}=0.79 \quad P<0.0001$$

$$y=5.22(1-e^{-0.006x})^{0.78} \quad R^2_{20}=0.85 \quad P<0.0001$$

第五章 不同濃度水楊酸對火鶴花高溫逆境之影響

Chapter 5. Effect of different concentrations of salicylic acid on the Growth of *Anthurium andreanum*. in high temperature Stress.

摘要(Abstract)

火鶴花為台灣主要經濟花卉之一，但夏季易受高溫影響，使生長受到抑制，導致火鶴花產量和品質下降。施用水楊酸 (Salicylic acid) 可提高許多植物在逆境中的耐熱性，降低因高溫產生的傷害，因此本試驗擬探討澆灌水楊酸對火鶴花於高溫逆境下之影響。澆灌 100、200 及 400 μM 三種水楊酸濃度，觀察火鶴花(成苗)兩品種‘Tropical’及‘Senator’在 35/30 $^{\circ}\text{C}$ 高溫逆境下植株生長之表現。結果顯示火鶴花‘Senator’施用三種濃度水楊酸皆可維持植株較高的葉綠素螢光、光子產量以及有較少的葉片燒焦數，其中以 200 與 400 μM 兩種水楊酸效果最好，顯示施用水楊酸可有效降低火鶴花‘Senator’在高溫逆境的葉片傷害。然而火鶴花‘Tropical’與對照組比較下，其葉綠素螢光、光子產量、淨光合作用值及葉片燒焦數皆無顯著差異。不同品種間對水楊酸效果不同，高溫逆境中不耐熱品種‘Senator’施用水楊酸提高耐熱性的效果較耐熱品種‘Tropical’為佳。

一、前言(Introduction)

火鶴花生長溫度為 18-32°C。高出 35°C 便使火鶴花植株生長遲緩 (方等, 2003; 莊和陳, 2004)。台灣從 6 月至 9 月為夏季主要高溫時期, 平均溫度超過 30 °C 以上, 絕對最高氣溫可達 35 °C (中央氣象局, 2008), 然台灣栽培火鶴花環境目前仍普遍以簡易網室為主, 溫度容易受到外界環境所影響。溫度超過 32 °C 以上容易導致火鶴花葉片灼傷, 苞片退色甚至降低花朵瓶插壽命 (莊和林, 1999)。為解決此問題, 雖透過品種選育方式, 選出較適合本土生長之火鶴花品種, 但需要長時間進行田間試驗觀察, 才可獲得耐熱型品種; 另外也可利用植物荷爾蒙來增加植物對高溫逆境的抗熱性, 以及時渡過台灣夏季高溫的問題。

高溫逆境會降低植物葉綠素螢光、光合作用並導致生長傷害特徵, 如: 葉片萎凋、灼傷、花苞消蕾及花朵品質不良等。利用葉綠素螢光可知道葉片光合系統 II 利用光能效率, 並在植物還未受害初期即偵測出傷害, 葉綠素螢光值下降, 代表光合系統 II 之光化學反應下降 (Butler, 1978)。光合作用表現也可顯示植物在高溫環境中二氧化碳速率交換情形, 光合作用中暗反應的酶系統催化反應敏感, 一般植物在 10-35 °C 可進行正常光合作用, 而最適宜溫度為 25-30 °C, 溫度過高時, 因呼吸作用上升速率比光合作用快, 此時淨光合作用速率就會下降。一般超過 35 °C, 大部分植物光合作用開始下降, 如達 40-45 °C, 光合作用幾乎完全停止 (柯, 2002)。

解決高溫導致的植株生長受阻問題, 田間一般使用噴霧系統來降低葉片溫度, 或是栽植耐熱型火鶴花品種等方式克服夏季高溫。另外, 近來許多研究指出外施水楊酸 (Salicylic acid, SA) 能對植物產生保護作用, 只要低濃度水楊酸就可增加植物暴露在非生物逆境(高低溫、重金屬污染等)的忍受性, 外施水楊酸濃度則依植物種類而有不同 (Horváth et al., 2007)。

水楊酸為一種小分子酚類, 為植物二次代謝物質之一, 最早發現是因植物受到真菌侵入而產生系統抗性的植物生長調節劑 (Taiz and Zeiger, 2006)。許多研究顯示水楊酸可誘導植物抗病性, 除了此之外, 在非生物逆境下也有許多相關研究, 水楊酸效用也與濃度相互依存: 其中以高溫逆境下而言, 葉施水楊酸可提高芥菜 (*Sinapis alba* L.) 在熱逆境下的耐熱性 (Dat et al., 1998a), 且低濃度水楊酸 (0.01-0.1 mM) 才對植物有保護作用; 菸草 (*Nicotiana tabacum* L.) 給予 0.01 mM 低濃度水楊酸前處理, 可增加耐熱性 (Dat et al., 2000)。在高溫環境下施予 1mM 水楊酸, 黃瓜

(*Cucumis sativa* L.)有較低量的過氧化氫 (H_2O_2) 和脂質過氧化物 (lipid peroxide)，有較高的葉綠素螢光值 (Fv/Fm)，可增加黃瓜耐熱性 (Shi et al., 2006)。而 Larkindale and Knight (2002) 也指出水楊酸為誘導阿拉伯芥(*Arabidopsis thaliana*)耐熱性的重要角色。

因此藉由水楊酸可增加植物對高溫逆境的耐熱特性，本試驗即針對火鶴花夏季面臨高溫問題，利用‘Tropical’(耐熱品種)和‘Senator’(不耐熱品種)施用不同濃度水楊酸，以探討在高溫逆境下(1)火鶴花植株葉綠素螢光值、光子產量及淨光合作用之變化及(2)兩品种植株生長發育表現。

二、材料及方法(Materials and Methods)

(一)植物材料

試驗材料選用 Anthura B.V.公司生產之火鶴花品種‘Tropical’及‘Senator’，購自台中后里李啟寅先生栽培 1 年之 30-40 cm 成苗，每株平均 4-5 片葉。火鶴花品種‘Tropical’苞片為紅色心形，肉穗花序成熟開花時頂端為綠色；另一品種‘Senator’苞片為雙色系，粉紅色為主，苞片兩肩帶綠邊、肉穗花序由底部至 2/3 花序為白色，花序頂端則為綠色。栽培介質為椰塊，商品名為根呼吸(ROOTS BREATH)，椰塊浸泡後大小為 1.0-1.2 cm，購自帛鑫國際有限公司。每 6 寸盆中施予 3-5 g 好康多 (Hi-Control)比例為 14N-12P₂O₅-14K₂O。

(二)試驗處理

火鶴花兩品種‘Tropical’及‘Senator’於 97 年 1 月 9 日在施用水楊酸前兩天 (1/7-1/8)澆水達飽和，當天於室溫下利用 500 ml 定量濃度水楊酸進行澆灌，緩慢倒入介質中並收集流出之液體重新倒入，共 2 次的澆灌。澆灌 2 小時之後開始測量 Fv/Fm、葉溫，測量結束後隨即放入 35/30℃ 國立臺灣大學生物資源暨農學院附設人工氣候室之自然光照室(簡稱人候室)中，並開始每小時測量 Fv/Fm、葉溫，直到下午 5 時。之後每兩天於中午 12 時測量 Fv/Fm、葉片溫度、光子產量並持續 2 週。試驗第 2 與第 4 週測量植株淨光合作用及氣孔導度，試驗 1 個月結束後，測量葉綠素計讀值、葉片數、葉片燒焦數及花朵消蕾數。共 2 品種，每品種共 4 處理，每處理 5 重複，每重複 1 株。

(三)調查項目

1.葉綠素螢光

使用可攜式葉綠素螢光測定儀 (Mini-PAM, Walz GmbH, Effeltrich, Germany) , 以發光二極體(light emitted diode, LED)為光源照射在待測葉片上, 葉片的反射光譜也經濾鏡存留螢光波長部分, 再經放大器將訊號強化, 由紀錄器將螢光測值予以紀錄 (姚等, 2004)。測定第二片完全展開成熟葉片(從頂芽往下計算)暗馴化後第二光合作用系統最大光子利用效率(maximum quantum efficiency of photosystem II photochemistry, F_v/F_m)與光子產量(Quantum yield)。測定前利用暗馴化專用之直徑 0.7 cm 葉夾夾於葉脈之間, 避免夾在葉脈上, 葉夾中央開口關閉進行 30 分鐘暗馴化, 30 分鐘後, 利用儀器內建光源打入已完成暗馴化之葉片, 即可得知光合作用第二系統利用效率變化。

2.葉片溫度

利用紅外線測溫儀 (Precision Infrared Thermometer 572, Fluke CO., USA) 為非接觸式溫度量測方式, 透過物體表面所釋放出的紅外線輻射能, 測量物體表面的溫度。固定 20 cm 距離, 指向葉片表面測量葉片及時溫度, 葉片取三個點測量, 三個溫度取平均即為葉片 35/30 °C 入候室溫度變化。

3.淨光合作用速率測定

利用可攜式光合作用測定儀 (Portable Photosynthesis System, LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebr., USA), 測量葉片淨光合作用 (net photosynthesis, P_n)、氣孔導度 (stomatal conductance, g_s), 葉箱 (IRGA) 內環境透過主機設定, 葉片寬長為 $2 \times 3 \text{ cm}^2$ 的面積測量, CO_2 參考濃度 (reference CO_2 level) 維持 $350 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 葉箱內光源採可拆式人工光源 (6400-02 LED light source) 調控, 主要光譜為紅光 (665 nm) 和藍光 (470 nm)。每次使用前預先暖機 30 分鐘以上, 之後進行流速及遠紅光氣體分 (IRGA) 的零點校正。

4.葉片數、葉綠素計讀值及葉片燒焦數

試驗前植株維持 4 片完全展開成熟葉, 試驗結束, 測量植株葉片數。利用葉綠素計 (SPAD 502, Minolta Camera CO., Japan), 測量第二片完全展開成熟葉 (從頂芽往下算起) 之葉綠素計讀值 (Chlorophyll Meter Reading, CMR) 變化。葉片燒焦以達 1/3 葉片燒焦面積為計算標準。

5. 花朵消蕾數

花苞伸長至未開花之過程發生花苞消蕾 (abortion)。

(四) 統計分析

試驗採完全隨機設計(Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA) 統計軟體整理，並以最小顯著差異(Least significant difference, LSD)分析($P \leq 0.05$)；繪圖採用 SigmaPlot Version 8.0 軟體 (Systat software INC., Richmond, CA, USA)。

三、結果(Results)

(一) 施用水楊酸對火鶴花‘Tropical’及‘Senator’高溫逆境下葉綠素螢光、葉片溫度及光子產量之影響

圖一顯示施用三種濃度水楊酸後，進入高溫環境，火鶴花‘Tropical’每小時所測得之 Fv/Fm 及葉片溫度於處理間無顯著差異(圖 5-1)。處理後每 2 天所測得之 Fv/Fm、葉片溫度及 Quantum yield 與對照組相比較，雖然 200 μM 水楊酸之 Fv/Fm、Quantum yield 在處理後第 8、10 及 18 天與其他處理有較低的表現，而其他天的表現與葉片溫度則無顯著差異。

‘Senator’有施用水楊酸處理皆比對照組有較高的 Fv/Fm 及 Quantum yield 表現(圖 5-2)。從處理後第 2 天開始到第 18 天，對照組進入 35/30 $^{\circ}\text{C}$ 高溫環境後，Fv/Fm 與 Quantum yield 皆較低(圖 5-2)，有施用水楊酸處理者對此品種有明顯抵抗高溫逆境之效果。葉片溫度對處理間則無顯著差異。處理後第 2、12 天，氣溫超過 35 $^{\circ}\text{C}$ 以上，對照組 Fv/Fm 分別為 0.26、0.07，Quantum yield 為 0.15、0.05；100 μM 水楊酸處理組之植株 Fv/Fm 分別為 0.56、0.56，Quantum yield 為 0.45、0.31；200 μM 水楊酸處理組 Fv/Fm 為 0.57、0.52，Quantum yield 為 0.43、0.41；400 μM 水楊酸處理組 Fv/Fm 為 0.40、0.54，Quantum yield 為 0.28、0.30。高溫下，施用水楊酸明顯提高火鶴花‘Senator’耐熱效果。

(二) 施用水楊酸對火鶴花‘Tropical’及‘Senator’高溫逆境下植株生長之影響

火鶴花‘Tropical’施用水楊酸並放置於 35/30 $^{\circ}\text{C}$ 一個月，第 2 週淨光合作用值、氣孔導度、葉片數、葉片燒焦數、花朵消蕾數及葉綠素讀值與對照組相比無顯著差異。而第 4 週淨光合作用值在施用 200 μM 水楊酸處理組有最低值，為 0.75 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，此結果與 Fv/Fm 相符合。施用 100 μM 水楊酸處理組為最高值達

1.65 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (表 5-1)。從外觀觀察葉片生長情形，其中 200 μM 水楊酸處理組葉片燒焦數最明顯(圖 5-3C)，100 與 400 μM 水楊酸處理的葉片燒焦程度同樣與對照組相同(圖 5-3B 和 5-3D)。三組水楊酸處理與對照組的花朵表現，花苞還未展開苞片顏色發生褪色，並逐漸從花苞尖端開始燒焦，而花梗從綠色轉為黃色。

‘Senator’有施用水楊酸的處理組比對照組有較少的葉片燒焦數，100、200、400 μM 水楊酸處理葉片燒焦數為 1.2、0.2、0 片，隨施用濃度愈高，葉片發生燒焦的情況有下降的趨勢 (表 5-2)。其淨光合作用值、氣孔導度、葉片數、花朵消蕾數及葉綠素計讀值皆與對照組無顯著差異(表 5-2)。從外觀直接觀察植株生長情形，葉片燒焦數亦與表 2 情形相似，愈高濃度水楊酸處理葉片燒焦數愈少 (圖 5-4A-D)，花朵也有開花的情形，在 200 與 400 μM 水楊酸處理，花朵能順利生長 (圖 5-4C 和 5-4D)。

四、討論(Discussion)

本試驗在 35/30 $^{\circ}\text{C}$ 人候室環境中之兩品種對照組淨光合作用下降，火鶴花光合作用表現，如一般光強度維持 300-400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，可維持在 4-6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。高溫逆境下，兩品種的淨光合作用皆介於 0-2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，顯示高溫使火鶴花淨光合作用下降(表 5-1 和 5-2)。結果同於胡 (1995) 在高溫(35/30 $^{\circ}\text{C}$)逆境下，火鶴花出現淨光合作用下降、葉片易灼傷、花朵消蕾率提高及苞片褪色等現象。持續高溫逆境會加速植物體內反應速率，致使主要代謝作用物質濃度減少或耗盡，生長減緩、光合作用比呼吸作用先受到抑制、細胞膜和蛋白質穩定性差，如經過熱馴化之植株則熱休克蛋白質就會合成 (柯，2002)。高溫亦使植物產生對細胞有害的活性氧如 O_2^- 與 H_2O_2 ，透過不同細胞內酵素(superoxide dimutase, SOD、catalase, CAT、ascorbate peroxidase, APX、glutathione peroxidase, GPX)與非酵素機制可以快速去除，酵素活性如果受到破壞，導致活性氧累積而破壞植物蛋白質、DNA 及脂質 (Apel and Hirt, 2004)，近來研究植物遭受高溫逆境影響，可由植株存活率、葉綠素螢光、光子產量、膜滲透率、 H_2O_2 含量及 CAT 活性等參數測出植株對高溫逆境下的耐熱表現。遭受逆境時，植株受害初期透過葉綠素螢光偵測出傷害，如未受到逆境影響，依植株品種不同其葉綠素螢光(maximum quantum efficiency of photosystem II photochemistry, Fv/Fm)應該維持在 0.834 ± 0.004 (Björklman and

Demming, 1987)，火鶴花未處理前葉綠素螢光為 0.8-0.77 之間，進入 35/30 °C 3 小時，所有處理葉綠素螢光明顯下降。

本試驗火鶴花‘Senator’施用不同濃度水楊酸後，從葉綠素螢光、光子產量及葉片燒焦數等測量參數中顯示卻可提高(表 5-2 和圖 5-2)對高溫逆境的耐受表現，‘Senator’葉片燒焦數有減少的效果，由於‘Senator’為不耐熱品種，因此施用水楊酸可有效提高對台灣夏季高溫的耐熱性。澆灌 200 及 400 μM 水楊酸於火鶴花‘Senator’，置於高溫 35/30 °C 下明顯可增加火鶴花的耐熱性；100 μM 水楊酸對火鶴花‘Senator’高溫耐熱效果則不明顯。文獻指出施用水楊酸可增加馬鈴薯、芥菜、菸草、番茄、豆類及阿拉伯芥在高溫逆境下的耐熱性，有效濃度隨植物種類而有不同，低濃度水楊酸就會對植株有保護的效果 (Dat et al, 1998a, 2000；Larkindale and Knight, 2002；Lopez-Delgado et al., 1998；Senaratna et al., 2000)。葉施 1000 μM 水楊酸可提高黃瓜 (*Cucumis sativa* L.) 葉綠素螢光值及光子產量，並且有效移除高溫逆境中產生的 H_2O_2 (Shi, et al., 2006)；給予 100 與 500 μM 水楊酸可使番茄 (*Lycopersicon esculentum* L.)、大豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 增加對高溫的耐熱性，且水楊酸在高溫逆境中扮演傳遞訊號的角色，提高對高溫逆境下耐熱的表現 (Senaratna, et al., 2000)；芥菜實生苗給予 100 μM 就可達到耐熱的效果 (Dat et al., 1998a)。

另一品種‘Tropical’為常用的耐熱切花品種，適應台灣氣候，施用水楊酸對‘Tropical’耐熱性提升並無顯著差異，環境影響對品種間耐熱程度不同，施用水楊酸於‘Tropical’已有耐熱特性的品種上，本身對高溫的耐熱機制可能比施用水楊酸的效果更顯著，從對照組淨光合作用表現上可觀察到(表 5-1)。施用水楊酸可用澆灌與葉片噴施兩種方式，本試驗植株介質為 1.0-1.2 cm 椰塊，雖澆灌水楊酸前已先澆水使椰塊孔隙內達水分飽和，由於椰塊排水性高，不易飽水，利用澆灌方式容易有操作上的缺失。對於椰塊不易飽水之物理特性，建議可採用葉片噴施水楊酸於火鶴花葉片，於高溫逆境下，可能對高溫耐熱效果更明顯。

施用水楊酸對火鶴花兩品種之葉片數與氣孔導度無影響，此結果與 Senaratna 等人 (2000) 指出番茄與大豆給予水楊酸後對植株高度、生長勢及葉片數無顯著差異相同。另外處理過水楊酸的芥菜實生苗，在葉片上氣孔表現也與對照組無顯著差異(Dat, et al., 1998)。

本試驗從植株外在表現(葉片燒焦數、花朵消蕾數、總葉片數)、淨光合作用、

氣孔導度、葉綠素螢光及光子產量等生長特性研究處理過水楊酸的火鶴花對高溫逆境之影響，水楊酸對火鶴花在高溫逆境中是否增加植株耐熱性，未來可進一步探討不同品種間施用水楊酸，植株內 H_2O_2 含量與 CAT 活性變化。

綜合上述，35/30 °C 高溫逆境下，澆灌 200 及 400 μM 水楊酸之火鶴花‘Senator’植株，其淨光合作用、氣孔導度、葉綠素螢光、光子產量及總葉片數較高，而葉片燒焦數、花朵消蕾數較低。



表 5-1. 施用 100、200、400 μM 水楊酸在 35/30 $^{\circ}\text{C}$ 環境對火鶴花‘Tropical’ 淨光合作用、氣孔導度、總葉片數、葉綠素計讀值、燒焦葉片數及花朵消蕾數之影響。

Table 5-1. The effects of irrigating 100、200、400 μM salicylic acid on net photosynthesis (Pn), stomatal conductance (g_s), leaf numbers, CMR, numbers of burned leaf and flower bud abortion of *Anthurium* ‘Tropical’ under 35/30 $^{\circ}\text{C}$ condition.

SA concentration (μM)	Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		g_s ($\text{mol H}_2\text{O mol}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		Leaf no.	No. of burned leaf	CMR	Flower bud abortion
	2weeks	4weeks	2weeks	4weeks				
‘Tropical’								
Control	0.52	1.42	0.005	0.008	3.8	0.6	36.6	1.0
100	0.50	1.65	0.004	0.012	3.0	0.6	36.7	0.6
200	0.23	0.75	0.002	0.000	3.2	1.4	35.9	0.4
400	0.43	1.12	0.002	0.004	3.8	1.0	34.4	0.4
Significance	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$

表 5-2. 施用 100、200、400 μM 水楊酸在 35/30 $^{\circ}\text{C}$ 環境對火鶴花‘Senator’淨光合作用、氣孔導度、總葉片數、葉綠素計讀值、燒焦葉片數及花朵消蕾數之影響。

Table 5-2. The effects of irrigating 100、200、400 μM salicylic acid on net photosynthesis (Pn), stomatal conductance (g_s), leaf numbers, CMR, numbers of burned leaf and flower bud abortion of *Anthurium* ‘Senator’ under 35/30 $^{\circ}\text{C}$ condition.

SA concentration (μM)	Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		g_s ($\text{mol H}_2\text{O mol}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		Leaf no.	No. of burned leaf	CMR	Flower bud abortion
	2weeks	4weeks	2weeks	4weeks				
‘Senator’								
Control	1.24	1.3	0.009	0.013	4.0	1.8	48.6	0.4
100	1.47	1.33	0.011	0.005	4.4	1.2	54.8	0.4
200	1.90	2.00	0.020	0.012	4.8	0.2	51.0	0.0
400	1.00	1.37	0.006	0.006	4.4	0.0	51.1	0.0
Significance	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS

NS=nonsignificant, * = significant at $P \leq 0.05$

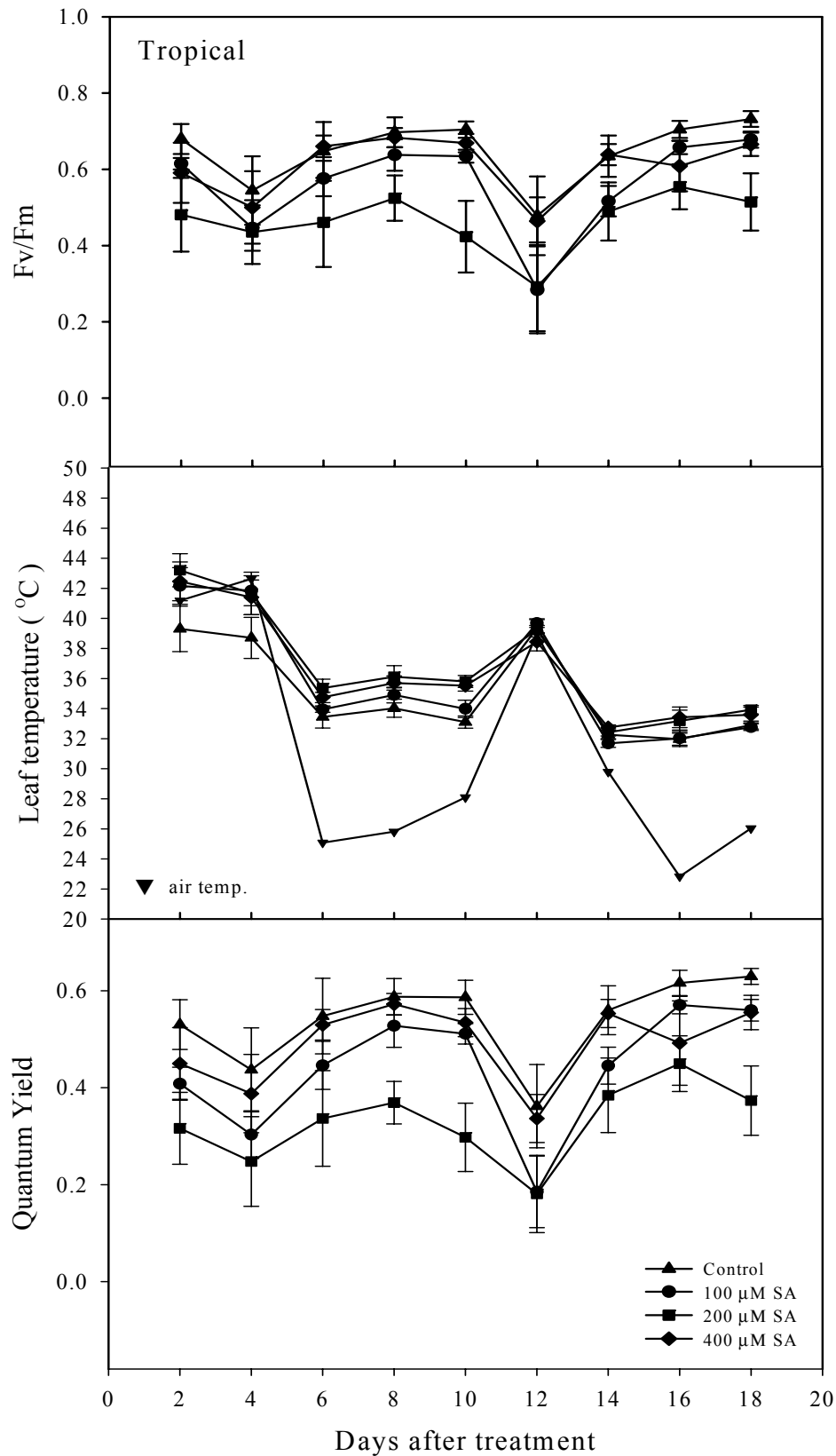


圖 5-1. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Tropical’後續處理天數葉綠素螢光、葉片溫度、光子產量之影響。

Fig. 5-1. Effects of exogenous application of different concentration salicylic acid on maximum quantum efficiency of photosystem II photochemistry (Fv/Fm), leaf temperature and quantum yield of *Anthurium* ‘Tropical’ under 35/30 °C.

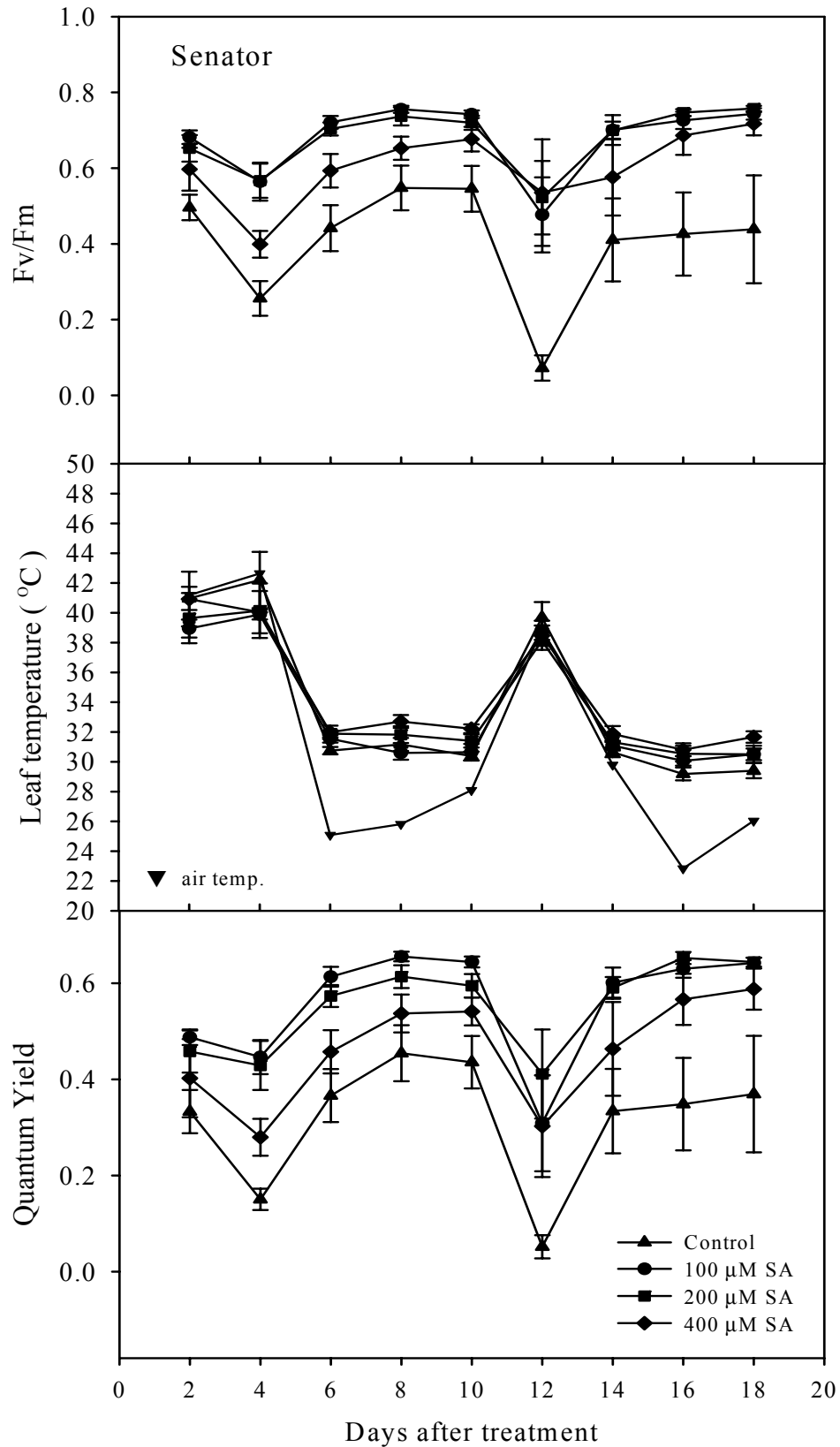


圖 5-2. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Senator’後續處理天數葉綠素螢光、葉片溫度、光子產量之影響。

Fig. 5-2. Effects of exogenous application of different concentration salicylic acid on maximum quantum efficiency of photosystem II photochemistry (Fv/Fm), leaf temperature and quantum yield of *Anthurium* ‘Senator’ under 35/30 °C.

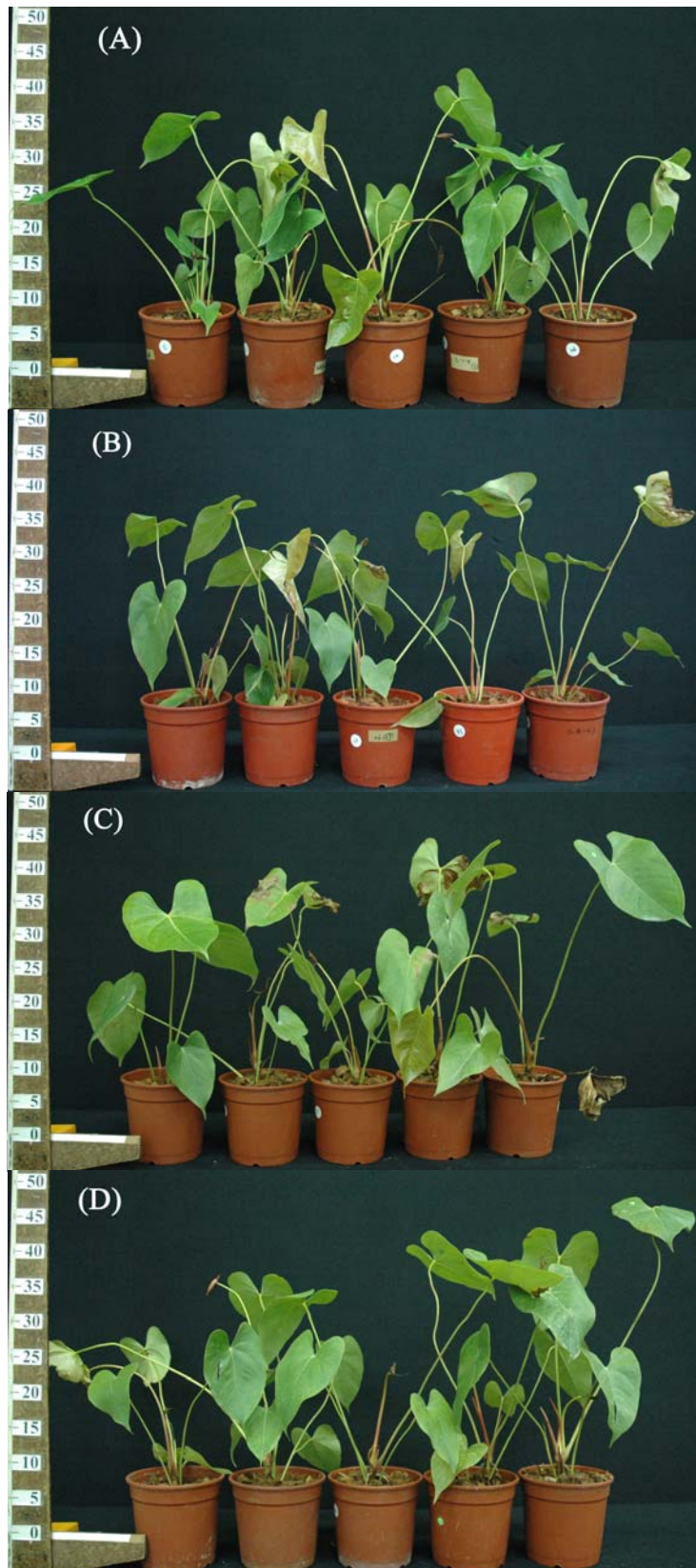


圖 5-3. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Tropical’葉片燒焦之影響。

(A) Control, (B) 100 μ M, (C) 200 μ M 及 (D) 400 μ M

Fig. 5-3. Effect of exogenous application of different concentrations salicylic acid on burned leaves of *Anthurium* ‘Tropical’ under 35/30 °C.

(A) Control, (B) 100 μ M, (C) 200 μ M and (D) 400 μ M

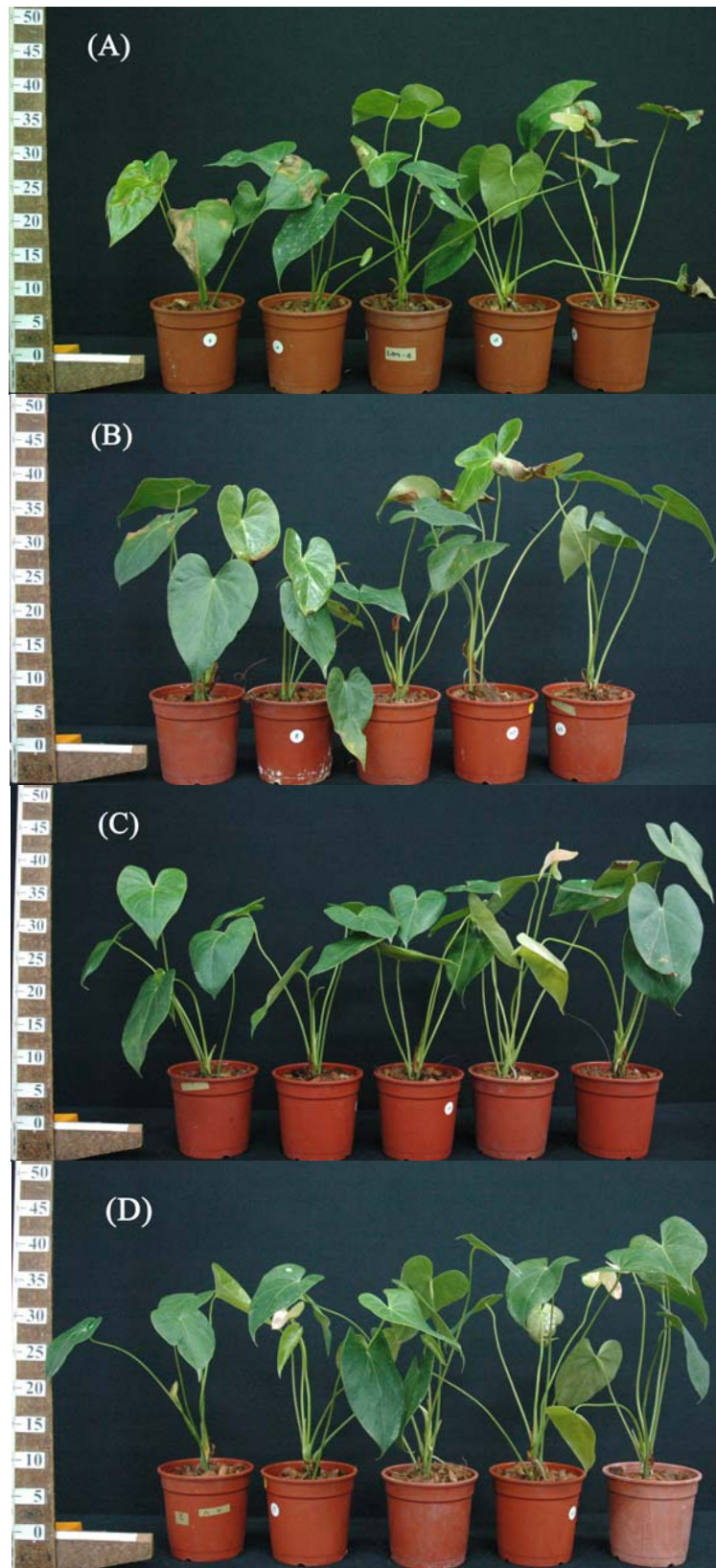


圖 5-4. 35/30 °C 下，不同濃度水楊酸處理對火鶴花‘Senator’葉片燒焦之影響。

(A) Control, (B) 100 μM , (C) 200 μM 及 (D) 400 μM

Fig. 5-4. Effect of exogenous application of different concentrations salicylic acid on burned leaves of *Anthurium* ‘Senator’ under 35/30 °C.

(A) Control, (B) 100 μM , (C) 200 μM and (D) 400 μM

第六章 莖苔素內酯與激勃素對火鶴花苗期生長之影響

Chapter 6. Effects of brassinolide and gibberellin on the vegetative growth of *Anthurium andreanum*.

摘要(Abstract)

火鶴花在早期行營養生長 (Vegetative Growth)，達 8-9 片葉片左右，火鶴花開始進入生殖生長 (Reproductive Growth、Sympodial phase)，以一葉一花的循環模式進行，火鶴花整個生長發育過程緩慢，以台灣氣候與栽培條件，從組培苗至成株生長過程至少需 2 年。因此本試驗擬探討激勃素(Gibberellin, GA₃) 或莖苔素內酯 (Brassinolide, BL) 應用於火鶴花苗期是否可有效縮短生長發育過程，提早達到成苗階段。葉施 250、500 ppm GA₃、0.01、0.1、1 μM BL 及 250 ppm GA₃ + 0.01μM BL 兩種混合藥劑於火鶴花‘Pistache’中苗 (栽培 1 年)，試驗結果顯示施用 0.01、0.1、1 μM 三種濃度 BL 對火鶴花‘Pistache’株高、新葉片寬長、葉綠素計讀值及淨光合作用亦有增加的趨勢，其中 1μM BL 對綜合表現最好。500 ppm GA₃ 對植株株高有增加，但植株葉片生長並無顯著差異，而施用 250 ppm GA₃ + 0.01μM BL 混合藥劑對植株生長表現，與對照組之植株表現相比較亦有提高。單獨噴施 BL 對火鶴花生長效果較顯著。BL 可促進火鶴花中苗生長發育的功能，在提高火鶴花苗期生長速度上應具有應用之潛能。

一、前言(Introduction)

火鶴花早期營養生長 (Vegetative Growth)，達 8-9 片葉片左右，開始進入生殖生長 (Reproductive Growth、Sympodial phase)，以一葉一花的循環模式進行，火鶴花整個生長發育過程緩慢。在荷蘭火鶴花主要生長階段分為組培苗、穴盤苗、中苗、定植苗、成苗及成株，從管理良好的組培苗自出瓶到定植需要 12 個月，定植到成株為 8 個月，生長過程共需要 20 個月 (van Herk, 1998)，而台灣主要以網室栽培，溫度與光線無法完全掌握，根據業者經驗火鶴花生長發育階段：組培苗出瓶需 2 週馴化期，經 4 個月後移植到 2 寸半盆中，8 個月後成為定植苗(15-20 cm)，定植苗至成苗(40-50 cm)需 8 個月，從組培苗至 100%開花率之成株至少需要 2 年。以台灣的氣候，四季氣溫與光強度不同，方等人 (2003) 建議春天為最適合瓶苗移植季節，小苗成活後，夏季與秋季為小苗快速生長時期。除了給予適度溫度、光度及肥培管理，另外利用激勃素(Gibberellin, GA₃)或芸苔素內酯 (Brassinolide, BL) 也可調節許多植物生長發育 (黃，2002)。

Brassinosteroids (BRs) 為第六種植物荷爾蒙，促進生長的作用與動物類固醇相似。在生理反應中，BRs 影響植物生長與發育(Sasse, 1997, 1999)，控制重要發育功能，如促進細胞伸長與分裂、光反應、捻性、種子發芽、老化、延遲離層酸形成以及促進乙烯生合成反應。BRs 分佈在許多植物器官中，如花粉、雄蕊、種子、葉、根、花、穀粒等部位；相較於其他植物荷爾蒙，BRs 在植體內含量極微量。BRs 包含了許多相似結構的類似物，1979 年 Grove 等人從油菜(*Brassica napus*)的花粉中最早萃取出 Brassinolide (BL)，其他兩種主要天然的 BRs 則為 24-epibrassinolide 及 28-homobrassinolide，但以 brassinolide 生物活性最高；這三種天然 BRs 透過田間試驗已證明可顯著增加許多作物如萵苣、蘿蔔、辣椒、豆類的產量 (Hayat and Ahmad, 2003)。BRs 也促進植物營養及生殖生長，每個月葉施 0.01ppm BL 連續 5 個月，可促進兩種草莓(*Fragaria × ananassa* Duch. 'Miyoshi'和'Enrai') 營養生長，增加葉面積、葉柄長度、葉片數及冠芽數目；BL 也能促進生殖生長，顯著增加花

朵數與花序數 (Pipattanawong et al., 1996)。另外，BL 能誘導其他植物荷爾蒙的反應，除能與 IAA 互相作用誘導莖伸長(Yopp et al., 1981)，也可與 GA₃ 對植物產生加成的生理反應(Hayat and Ahmad, 2003)。

Gibberellins (GA)為植物荷爾蒙之一，種子內含量最高，主要合成部位是發育中果實、生長中莖頂組織及根。GA 種類有很多，實際應用於作物的生長調節劑為 GA₃ 和 GA₄₊₇，主要能促進植物莖的伸長、幼年期轉變為成年期或長日性植物與天南星科植物開花 (Henny, 1980, 1981, 1983；Taiz and Zeiger, 2006)，其中 GA₃ 也應用在火鶴花上，375 與 500 ppm GA₃ 能促進火鶴花盆花品系 (*Anthurium scherzerianum* Schott) 主莖開花及更多側芽萌發 (Henny and Hamilton, 1992)。

火鶴花生長緩慢，切花品系從幼年期至定植苗到採收第一支切花約 2 年，營養生長階段所需時間達 1 年以上，本試驗目的利用不同濃度 BR、GA₃ 及兩種混合方式，施用於火鶴花切花品系品種‘Pistache’中苗，探討施用 BR、GA₃ 對火鶴花營養生長之影響。

二、材料及方法(Materials and Methods)

(一)植物材料

試驗材料選用 Anthura B.V.公司生產火鶴花品種‘Pistache’，購自台中后里李啟寅先生栽培 8 個月之 20-25 cm 中苗，火鶴花品種‘Pistache’每株平均 3-4 片葉，苞片為綠色心形、肉穗花序基部至 2/3 呈現粉紅色，成熟開花時頂端為綠色。栽培於 5 寸紅色塑膠盆，介質為椰塊，商品名為根呼吸 (ROOTS BLEATH)，椰塊浸泡後大小為 1.0-1.2 cm，購自帛鑫國際有限公司。

(二)試驗處理

分別葉施 250、500 ppm 激動素 (Gibberellin, GA₃) 與 0.01、0.1、1 μ M 莖苔素內酯(Brassinolide, BL) 及 250 ppm GA₃+0.01 μ M BL 於火鶴花‘Pistache’種苗全株葉片上。配製不同濃度 BL 需以酒精溶解 BL 粉末再溶於一次水。對照組則以一次

水代替，無任何藥劑處理。因火鶴花葉片為革質葉，葉表上下表皮有蠟質，水不容易附著於表面，故於各濃度藥劑溶液添加展著劑 (TWEEN 20)，確保藥劑可以附著於葉表面不易流失。噴施全株葉片上下表皮分別葉施 2 次，每處理定量 75 ml 平均施用，噴施時間為 97 年 7 月 20 日與 7 月 27 日早上 10 點，試驗時間為 2 個月，調查植株淨光合作用速率、氣孔導度、株高、新葉片寬長及葉綠素計讀值。試驗共 6 處理，每處理 8 重複，每重複 1 株。

所有處理植株栽培於台灣大學園藝系花卉館設置簡易設施內，由壓克力波浪板為屋頂，設施內利用 50%遮陰網調節光強度維持 $300-400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$ ，溫室平均溫度為 $25-32^{\circ}\text{C}$ ，2 次藥劑施用後第 2 週開始使用液肥 Peter's (20N-8.8P-16K)，每 2 週澆灌於介質中，澆水頻率為 3-4 天。

(三)調查項目

1.淨光合作用速率、氣孔導度測定

利用可攜式光合作用測定儀 (Portable Photosynthesis System, LI-6400, LI-COR, Lincoln, NeBL., USA)，測量葉片淨光合作用 (net photosynthesis, P_n)、氣孔導度 (stomatal conductance, g_s)，葉箱 (IRGA) 內環境透過主機設定，葉片寬長為 $2\times 3 \text{ cm}^2$ 的面積測量， CO_2 參考濃度 (reference CO_2 level) 維持 $350 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，葉箱內光源是採用可拆式人工光源 (6400-02 LED light source) 調控，主要光譜為紅光 (665 nm) 和藍光 (470 nm)。測量時間第 2 和 4 週的早上 10 點至 12 點。每次使用前預先暖機 30 分鐘以上，之後進行流速及遠紅光氣體分析 (IRGA) 的零點校正。

2.株高

從介質基部到第二片新完全展開成熟葉片的高度，作為全株植物高度標準。

3.完全展開葉寬長

取新生長出完全展開成熟葉片，測量葉片兩肩最寬距離，作為葉片寬度，而葉柄基部至葉尖的距離則為葉片的長度。

4. 葉綠素計讀值

利用葉綠素計(SPAD 502, Minolta Camera CO., Japan)，測量第二片完全展開成熟葉(從頂芽往下算起)之葉綠素計讀值(CMR：Chlorophyll Meter Readings)變化。

(四)統計分析

試驗採完全隨機設計(Complete randomized design, CRD)。數據以 Costat 6.2 (CoHort Software, Monterey, CA, USA)統計軟體整理，以最小顯著差異(Least significant difference, LSD)分析處理間有無顯著差異($P \leq 0.05$)。

三、結果(Results)

施用 250、500 ppm GA₃ 對火鶴花‘Pistache’株高、新葉片寬長、葉綠素計讀值及淨光合作用有增加的趨勢，以施用 500 ppm GA₃ 植株株高與對照組有顯著差異(表 6-1)。施用 0.01、0.1、1 μM 三種濃度 BL 對火鶴花‘Pistache’株高、新葉片寬長、葉綠素計讀值及淨光合作用亦有增加的趨勢，其中 1 μM BL 對‘Pistache’綜合表現最好，株高為 27.83 cm，新葉片寬為 9.27 cm，新葉片長為 10.43 cm，CMR 為 41.52，淨光合作用值為 $3.61 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。施用 250 ppm GA₃ + 0.01 μM BL 兩種混合藥劑對植株生長表現，與對照組之植株表現相比較亦有提高(表 6-1)。BL 可促進植株生長發育的功能 (Hayat and Ahmad, 2003)。本試驗施用三種濃度 BL 皆可提高火鶴花植株表現(表 6-1 和圖 6-1)。

四、討論(Discussion)

本試驗三種 BL 葉施處理與對照組相比較，CMR 與淨光合作用均有提高的趨勢，其中以 1 μM BL 對火鶴花‘Pistache’生長效果最顯著(表 6-1)，株高與新葉片寬長也有增加，從植株外部形態可觀察出來(圖 6-1)。BRs 能促進植物生長發育的功能，施用 0.2 ppm BL 噴施於水稻幼苗地上部能增加株高、葉面積、葉綠素含量、淨光合作用 (柴，2000)。施用低濃度 BL 可明顯提高花生、番茄、青花菜及核桃

葉綠素含量，進而增加光合作用能力（維等，2001；李等，2003；王和楊，2007；李等，2008）。BL 與 GA_3 對火鶴花氣孔導度無顯著影響，對照組之淨光合作用不隨氣孔導度提高而增加。

BL 處理使 CMR 明顯增加，提高了淨光合作用，而 GA_3 與對照組 CMR 數值差距不顯著。兩種混合使用之效果不如單獨使用 $1\ \mu\text{M}$ BL 效果佳，單獨噴施 BL 對火鶴花生長效果較顯著。混合使用與單施用 $250\ \text{ppm}$ GA_3 植株表現較好，而卻沒有比單施用 $0.01\ \mu\text{M}$ BL 效果更好。前人文獻探討許多 BL 與 GA_3 在植物生理反應中所扮演角色，兩者均能促進莖的伸長與減少胚軸彎曲伸展，兩者對生理反應為一加成的作用（Hayat and Ahmad, 2003），另外 Tanaka 等人（2003）認為高濃度 BL 和 GA_3 促進芥阿拉伯芥幼苗下胚軸伸長具有協同作用， $10^{-6}\ \text{M}$ BL 和 $10^{-6}\ \text{M}$ GA_3 同時施用促進下胚軸伸長的效果比單獨施用高 3-4 倍，且當 BL 和 GA_3 濃度大於 $10^{-8}\ \text{M}$ ，兩者具有協同作用；當濃度小於 $10^{-8}\ \text{M}$ 時，兩者具有加成作用。但在本試驗中混合施用比單獨施用在植株的生長表現無顯著差異，可能施用濃度未完全達到植株生理反應，導致混合施用效果無法比單獨施用效果顯著，另外也因不同植物種類對 BL 與 GA_3 兩種混合施用有不同的生理反應。

綜合上述，葉施 BL 對火鶴花種苗‘Pistache’淨光合作用、新葉片生長及葉綠素讀值有提高的趨勢，其中以 $1\ \mu\text{M}$ BL 效果最顯著。BL 與 GA_3 混合使用之濃度效果對火鶴花種苗生長之影響可進一步探討。

表 6-1. 不同濃度激勃素與芸苔素內酯對火鶴花‘Pistache’種苗株高、新葉片寬、新葉片長、葉綠素計讀值、淨光合作用及氣孔導度之影響。

Table. 6-1. Effects of different concentrations Gibberellin (GA₃) and Brassinolide (BL) on plant height, the width of new leaf, the length of new leaf, CMR, net photosynthesis, stomatal conductance.

Treatment	Plant height	The width of new leaf	The length of new leaf	CMR	Pn	g _s
GA ₃ (ppm)	(cm)	(cm)	(cm)		($\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	($\text{molH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
BL (μM)						
Control	23.96c ^z	7.73b	8.9b	34.32c	2.05d	0.023a
GA ₃ 250	25.29bc	8.03ab	9.48ab	36.48bc	3.00abc	0.016a
GA ₃ 500	27.23ab	9.15ab	11.15a	38.2abc	2.60bcd	0.011a
BL 0.01	25.86abc	8.62ab	9.52ab	40.03ab	3.10abc	0.015a
BL 0.1	27.19ab	9.21a	10.63ab	39.74ab	2.19cd	0.009a
BL 1	27.83a	9.27a	10.43ab	41.52a	3.61a	0.018a
GA ₃ 250 +BL 0.01	25.76abc	8.29ab	9.77ab	39.18ab	3.29ab	0.014a

^z Mean separation within columns by LSD test at $P \leq 0.05$.

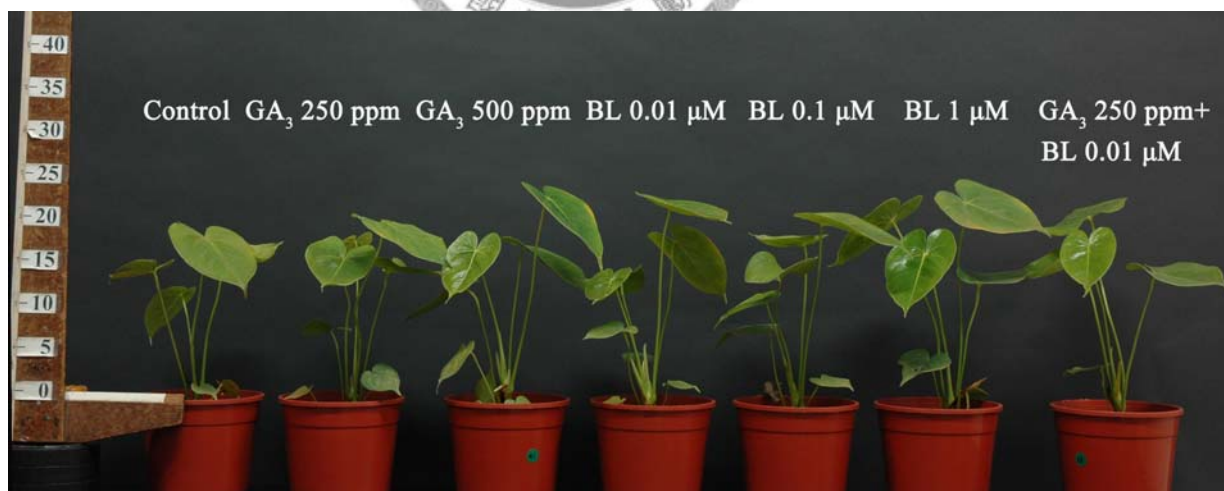


圖 6-1. 不同濃度激勃素與芸苔素內酯對火鶴花‘Pistache’種苗植株生長之影響。

Fig. 6-1. Effects of different concentrations of Gibberellins (GA₃) and Brassinolide (BL) on plant growth and development of *Anthurium* ‘Pistache’.

第七章 結論

Chapter 7 Conclusion

溫度與光強度影響火鶴花生長與光合作用。本試驗探討溫度與光強度影響火鶴花‘Montero’淨光合作用與生育品質表現，結果顯示光強度應維持在 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫位於 18-28 °C 之間，可維持高的光合作用效率。葉片與花朵生長發育都很重要，當光強度提高，葉片高的光合作用效率可生產較多的光合產物，供應養分給花朵生長並提高品質與產量。當溫度增加，植株生長速度加快，葉片、花朵成熟天數皆縮短，葉花產量可提高，但其生育品質容易下降。氣溫降低，葉花成熟天數增加，火鶴花花朵產量也會減少，卻可提高花朵的品質，需適當調整火鶴花園區內溫度與光線。維持較高光強度可促進花芽生長發育；氣溫超過 30 °C 以上，須避免過高的光強度($>400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)進入園區。

溫度與光強度相互影響火鶴花葉片光飽和點變化。火鶴花於氣溫 20-25 °C 環境中，可適度增加光強度，可維持較高的光合作用效率。試驗結果顯示火鶴花兩品種‘Montero’與‘Titicaca’在 25 °C 下，光飽和點分別為 800、700 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，20 °C 下，光飽和點分別為 600、500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而 30 °C 生長箱內，光飽和點則為 300、200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；35 °C 高溫下，蒸散作用與蒸氣壓差比其他三組溫度高，且淨光合作用值比其他三組明顯表現較低。葉溫受到氣溫與外界光強度影響，生長箱所測得葉溫只比氣溫高 1-2 °C，實際外界環境中，葉溫更容易升高。建議當外界氣溫超過 30 °C 時，光強度則保持 300-400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之內，避免光合作用效率降低。

夏季易受高溫影響，火鶴花生長受到抑制，導致產量下降。澆灌水楊酸於火鶴花‘Senator’植株，在高溫逆境下，可提高植株的耐熱性。結果顯示澆灌 200 及 400 μM 水楊酸之火鶴花‘Senator’植株，於 35/30 °C 高溫逆境中，其淨光合作用、氣孔導度、葉綠素螢光、光子產量及總葉片數較高，而葉片燒焦數、花朵消蕾數較低。而另一品種‘Tropical’則無顯著差異，推測‘Tropical’屬於常用的耐熱切花品種，本身對高溫的耐熱機制可能比施用水楊酸的效果更顯著。

火鶴花苗期生長緩慢，如施用萋苔素內酯 (BL) 可有效提高植株生長，GA₃ 可促進植株高度。葉施 BL 對火鶴花種苗‘Pistache’淨光合作用、新葉片生長及葉綠素讀值皆有提高的趨勢。500 ppm GA₃ 可提高植株高度。250 ppm GA₃ + 0.01 μM BL 混合施用比單獨施用在植株的生長表現無顯著差異，可能施用濃度未完全達到植株生理反應，混合使用之濃度效果對火鶴花種苗生長之影響可進一步探討。



參考文獻(Reference)

- 丁景新、馬國瑞、黃素青、葉孟兆. 1995. 表油菜素內酯對黃瓜的生理效應. 浙江農業大學學報. 21: 615-621.
- 王廷芹、楊暹. 2007. 油菜素內酯對青花菜花序分化、光合特性及花球品質的影響. 中國蔬菜. 11: 10-12.
- 王亞男、劉秀卿、蕭英倫. 2005. 行道樹水黃皮二氧化碳固定效益之研究. 中華林學季刊. 38: 151-161.
- 王延書、郝松林、張森. 2007. 水楊酸與植物抗熱性研究進展. 新疆農業科學. 44: 524-528.
- 王若祥、王赧. 2002. 花燭. 中國林業出版社. 北京. pp119.
- 王景安、程炳嵩、鄒琦. 1992. BR、Ti 和 GA 對菠菜生長量與品質的影響. 河北農業技術師範學院學報. 6: 52-59.
- 王鴻、王發林、牛軍強、班明輝. 2005. 日光溫室內外金太陽杏光合特性的比較研究. 果數學報. 22(5): 479-482.
- 白靖舒. 2006. 種植高品質安祖花的關鍵因素. 中國花卉園藝. 16: 14-15.
- 朱玉瓊. 1998. 光線與溫度對火鶴花生長與光合作用之影響. 國立台灣大學園藝研究所碩士論文.
- 李凱榮、張勝利、李曉軍. 2003. 天然油菜素內酯對核桃葉片水分和光合速率的影響. 園藝學報. 30: 715-718.
- 孟祥春、李玲、王小菁. 2001. 油菜素內酯信號傳導研究進展(綜述). 亞熱帶植物科學. 30: 57-60.
- 林瑞松. 2003. 火鶴花栽培管理. 61-70 頁. 火鶴花專刊. 方尚仁等編. 台灣區花卉發展協會. 臺北.
- 邱基碩. 1992. 遮陰處理對火鶴花植株生長及切花瓶插壽命之影響. 國立中興大學園藝研究所碩士論文.
- 侯雷平、李梅蘭. 2001. 油菜素內酯 (BR)促進植物生長機理研究進展. 植物學通報. 18: 560-566.
- 胡文海、黃黎鋒、毛偉華、周艷虹、喻景權. 2006. 油菜素內酯對黃瓜苗期葉片光合機制調節作用的研究. 園藝學報. 33: 762-766.
- 胡發韜. 1995. 火鶴花光合作用與消蕾之研究. 國立台灣大學園藝研究所碩士論文.
- 柴素芬. 2000. 天然萜素對雜交水稻幼苗生長和光合作用的影響. 湖北農業學院學報. 20: 292-294.
- 高惠蘭、柳振譽、沈慶法、葉靜水、陳瑞賀. 2002. 溫度對火鶴花生長發育的影響. 亞熱帶植物科學. 31: 65-68.
- 莊耿彰、陳福旗. 2005. 火鶴花. 台灣農家要覽. p. 675-684.
- 郭耀綸. 2000. 南仁山熱帶雨林白榕冠層及林下植物的光合作用. 台灣林業科學. 15(3): 351-363.

- 陳進順. 2007. 鈣、磷肥及氮源比例對火鶴花生長及切花品質之影響. 國立中興大學園藝研究所碩士論文.
- 陳福旗. 2006. 火鶴花品種選育, p.63-74. In: 朱建鏞. 花卉育種研討會專刊. 國立中興大學園藝學系編印.
- 黃定華、曾綺玲、陳日遠. 1994. 遮光對火鶴花生長發育及其生理的影響. 廣東園林. 4: 7-9.
- 楊照渠、劉才寶、夏鑒彬. 2007. 油菜素內酯的生理效應及其在果樹上的應用. 北方園藝. 5: 70-71.
- 葉梅榮、朱昌華、甘立、夏凱. 2007. 激素間相互作用對植物莖伸長生長的調控綜述. 中國農學通報. 23: 228-231.
- 維言、馮斗、徐建云. 2001. 苗期噴施萜甙素對花生生長的影響及其生理效應. 花生科技. 2: 1-3.
- 齊秀東. 2007. 水楊酸對植物的生理作用. 河北科技師範學院學報. 21: 74-79.
- 劉永金、李文華、張玲、曾振平、徐滔. 2005. 紅掌切花與氣候因數的相關性研究. 雲南農業大學學報. 20(6): 819-822.
- 劉偉、王金信、楊廣玲、魯梅、隋標峰. 2005. 萜甙素內酯對花生幼苗的影響. 現代農藥. 4: 42-43.
- 駱炳山、屈映、劉道宏. 1992. 油菜素內酯在作物上的應用及生理效應與評價. 華中農業大學學報. 11: 41-47.
- 薛芳菁. 1993. 火鶴花周年生育、光合作用與開花之關係. 國立台灣大學園藝研究所碩士論文.
- 蘇炳譯. 1989. 火鶴花對日照、營養系生理反應之研究. 國立中興大學園藝研究所碩士論文.
- van Hark, Marco. 1999. 火鶴花新品種介紹及栽培技術研討會. 園藝之友. 第 75 期. p20-25.
- Adachi, M., S. Kawabata, and R. Sakiyama. 2000. Effect of temperature and stem length on changes in carbohydrate content in summer-grown cut chrysanthemums during development and senescence. *Postharvest Boil. Technol.* 20:63-70.
- Anthura. 2004. Pot Anthurium cultivation guidelines. Anthura B.V., Bleiwijk, Holland. 7 Sept 2004.< <http://www.anthura.nl/dbweb/download/manantuk.pdf>>.
- Anthura. 2004. Anthurium cut flower cultivation guidelines. Anthura B.V., Bleiwijk, Holland. 25 Oct 2004.< <http://www.anthura.nl/dbweb/download/manansuk.pdf>>.
- Apel, K., and H. Hirt. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 373-399.
- Bendena, W. G., J. C. Garbe, K. L. Traverse, S. C. Lakhotia, and M. L. Pardue. 1989. Multiple inducers of the *Drosophila* heat shock locus-93D (HSR-omega)-inducer-specific patterns of the 3 transcripts. *J. Cell Biol.* 108: 2017-2028.
- Bond, U. 1988. Heat shock but not other stress inducers leads to the disruption of a subset of

- snRNPs and inhibition of in vitro splicing in HeLa cells. EMBO. J. 7 : 3509-3518.
- Chang, J.C., and T.S. Lin. 2007. Gas exchange in litchi under controlled and field conditions. Sci. Hort. 114:268-274.
- Chen, J. and Q. Wang, R.J. Henny and D.B. McConnell. 2005. Response of tropical foliage plants to interior low light conditions. Acta Hort. 669: 51-56.
- Clouse, S. D., and J. M. Sasse. 1998. Brassinosteroids : essential regulators of plant growth and development. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49:427-451.
- Criley, R.A. 1989. Culture and cultivar selection for Anthurium in Hawaii. Acta Hort. 246: 227-333.
- Dahanayake, S. R. and N. W. Galwey. 1999. Effects of interactions between long-temperature treatments, gibberellins (GA₃) and photoperiod on flowering and stem height of spring rape (*Brassica napus* var. *annua*). Ann. Bot. 84:321-327.
- Dai, J. and R.E. Paull. 1990. The role of leaf development on anthurium flower growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 901-905.
- Dat, J. F., H. Lopez-Delgado, C. H. Foyer, and I. M. Scott. 1998. Parellel changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. Plant Physiol. 116:1351-1357.
- Dat, J. F., H. Lopez-Delgado, C. H. Foyer, I. M. Scott. 2000. Effects of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. J. Plant Physiol. 156:659-665.
- Di Benedetto, A. H., and D. H. Cogliatti. 1990. Effects of light intensity and light quality on the obligate shade plant *Aglaonema commutatum*. II. Photosynthesis and dry-matter partitioning. J. Hort. Sci. 65 : 699-705.
- Dole, J.M. and H.F. Wilkins. 2004. Floriculture : principles and species. 2ed., New Jersey.
- Dufour, L. and V. Guerin. 2003. Growth ,developmental features and flower production of *Anthurium andraeanum* Lind. in tropical conditions. Sci. Hort. 98: 25-35.
- Ferguson, B. J., J. J. Ross, and J. B. Reid. 2005. Nodulation phenotypes of gibberellin and brassinosteroid mutants of Pea. Amer. Soc. Plant Biol. 138:2396-2405.
- Hamrick, Dabbie. 2003. Anthurium, p. 226-230. 17th ed., J.L. Seals, editor. Ball Publishing, Batavia, Illinois.
- Hayat, S., and A. Ahmad. 2003. Brassinosteroids : bioactivity and crop productivity. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Hayat, S., B. Ali, and A. Ahmad. 2007. Salicylic acid:biosynthesis, metabolism and physiological role in plants, p.1-14. In : S. Hayat and A. Ahmad (eds.). Salicylic acid—a plant hormone. Springer Press, The Netherlands.
- Henny, R. J. 1980. Gibberellic acid (GA₃) induces flowering in *Dieffenbachia maculate* 'Perfection'. HortScience. 15:613.
- Henny, R. J. 1981. Promotion of flowering in *Spathiphyllum* 'Mauna Loa' with gibberellic acid. HortScience. 16:554-555.

- Henny, R. J. 1983. Flowering of *Aglaonema commutatum* 'Treubii' following treatment with gibberellic acid. HortScience. 18:374.
- Hikosaka, K., K. Ishikawa, A. Borjigidai, O. Muller, Y. Onoda. 2006. Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. J. Exp. Bot. 57(2):291-302.
- Hooley, R. 1994. Gibberellins : perception, transduction and responses. Plant Mol. Biol. 26:1529-1555.
- Horváth, E., G. Szalai, and T. Janda. 2007. Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. J. Plant Growth Regul. 26:290-300.
- Jacobsen, J. V., and P. M. Chandler. 1987. Gibberellin and abscisic acid in germinating cereals, p164-193 In: P. J. Davies (eds.). Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development. Kluwer, Boston.
- Jeuffory, M. H., and F. R. Warembourg. 1991. Carbon transfer and partitioning between vegetative and reproductive organs in *Pisum sativum* L. Plant Physiol. 97:440-448.
- Jiao, J., and B. Grodzinski. 1996. The effect of leaf temperature and photorespiratory conditions on export of sugars during steady-state photosynthesis in *Salvia splendens*. Plant Physiol. 111:169-178.
- Karim, M. A., Y. Fracheboud, P. Stamp. 1999. Photosynthetic activity of developing leaves of *Zea mays* is less affected by heat stress than that of developing leaves. Physiol. Plant. 105:685-693.
- Khan, W., B. Prithviraj, and D. L. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. J. Plant Physiol. 160:485-492.
- Klapwijk, D. and H.J.H. Van Der Spek. 1988. Development rate, flower growth and production in *Anthurium andraeanum*. Nether. Joru. Agr. Sci. 36: 219-224.
- Lang, A., 1957. The effect of gibberellin upon flower formation. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 43:709-717.
- Larkindale, J., and B. Huang. 2005. Effects of abscisic acid, salicylic acid, ethylene and hydrogen peroxide in thermotolerance and recovery for creeping bentgrass. Plant Growth Regul. 47:17-28.
- Larkindale, J., J. D. Hall, M. R. Knight, and E. Vierling. 2000. Heat stress phenotypes of *Arabidopsis* mutants implicate multiple signaling pathways in the acquisition of thermotolerance. Plant Physiol. 138:882-897.
- Leffring, Ir.L. 1975. Influence of climatical conditions on growth and flower of *Anthurium andraeanum*. Acta Hort. 51: 63-68.
- Lieth, J.H., and C.C. Pasian. 1990. A model for net photosynthesis of rose leaves as a function of photosynthetically active radiation, leaf temperature, and leaf age. J. AMER. SOC. HORT. SCI. 115(3):486-491.
- Lopez-Delgado, H., J. F. Dat, C. H. Foyer, and I. M. Scott. 1998. Induction of

- thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H₂O₂. J. Exp. Bot. 321:713-720.
- Mitchell, J. W., N. B. Mandava, J. F. Worley, J. R. Plimmer, and M. V. Smith. 1970. Brassinins : a new family of plant hormones from rape pollen. Nature. 225:1065-1066.
- Munro, S., H. Pelham. 1985. Molecular genetics : what turns on heat shock genes. Nature. 317:477-478.
- Noordraaf, C. Vonk. 1973. Influence of temperature on flowering in *Anthurium scherzerianum*. Acta Hort. 31: 71-76.
- Paroussi, G., D. G. Voyiatzis, E. Paroussi, and P. D. Drogoudi. 2002. Growth, flowering and yield responses to GA₃ of strawberry grown under different environmental conditions. Sci. Hort. 96:103-113.
- Paul, M.J., D.W. Lawlor, S.P. Driscoll. 1990. The effect of temperature on photosynthesis and carbon fluxes in sunflower and rape. J. Exp. Bot. 41(226) :547-555.
- Phinney, B. O. 1983. The history of gibberellins, p19-52 In: A. Crozier. (eds.). The Biochemistry and Physiology of Gibberellins, Praeger, New York.
- Phinney, B. O., and C. A. West. 1959. Gibberellins in the growth of flowering plants, p71-92 In : D. Rudnick (eds.). Development Cell Systems and Their Control. Ronald Press, New York.
- Pipattanawong, N., N. Fujishige, K. Yamane, and R. Ogata. 1996. Effects of brassinosteroid on vegetative and reproductive growth in two day-neutral strawberries. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65:651-654.
- Raskin, I., 1992. Salicylate, a new plant hormone. Plant Physiol. 99:799-803.
- Senaratna, Tissa., D. Touchell, E. Brunn, K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30:157-161.
- Serrani, J. C., R. Sanjuán, O. Ruiz-Rivero, M. Fos, and J. L. García-Martínez. 2007. Gibberellin regulation of fruit set and growth in tomato. Amer. Soc. Plant Biol. 145:246-257.
- Shi, Q., Z. Bao, Z. Zhu, Q. Ying, and Q. Qian. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regul. 48:127-13.
- Tanaka, K., Y. Nakamura, T. Asami, S. Yoshida, T. Matsuo, and S. Okamoto. 2003. Physiological roles of brassinosteroids in early growth of *Arabidopsis* : brassinosteroids have a synergistic relationship with gibberellin as well as auxin in light-grown hypocotyls elongation. J. Plant Growth Regul. 22:259-271.
- van Hans, H. 2007. Cultivation Technique. In : Laetitia de Goeij. Anthurinfo. Anthura B.V. The Netherlands.
- Vardhini, B. V., R. S. S. Ram, 1998. Effect of brassinosteroids on growth, metabolite content

- and yield of *Arachis hypogaea*. *Phytochemistry*. 48:927-930.
- Warthen, G. L. Steffens, J. L. Flippenanderson, and J. C. Cook. 1979. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*. 281:216-217.
- Willmer, C., and M. Fricker. 1996. *Stomata*. St Edmundsbury Press, London, UK.
- Wittwer, S. H. and M. J. Bukovac. 1962. Quantitative and qualitative differences in plant response to gibberellins. *Amer. J. Bot.* 49:524-529.
- Woledge, J., and W.D. Dennis. 1982. The effect of temperature on photosynthesis of ryegrass and white clover leaves. *Ann. Bot.* 50:25-35.
- Wolf, S., A.A. Olesinski, J. Rudich, A. Marani. 1990. Effect of high temperature on photosynthesis in potatoes. *Ann. Bot.* 65:179-185.
- Yokota, T., M. Arima, and N. Takahashi. 1982. Castasterone, a new phytosterol with plant-hormone potency, from chestnut insect. *Tetrahedron Letters*. 23:1275-1278.
- Yopp, J., G. C Colclasure, and N. B. Mandava. 1981. Brassinolide, a growth promoting steroidal lactone. 1-activity in selected auxin bioassays. *Physiologia Plantarum* 46:247-254.



附錄一、火鶴花花朵構造

