

蝴蝶蘭裸根及黑暗模擬貯運對植體葉片 及根部之影響¹⁾

林忠逸²⁾ 林瑞松³⁾

關鍵字: 蝴蝶蘭、裸根、黑暗逆境、葉綠素、根部活性、乙烯、可溶性糖

摘要：本試驗利用蝴蝶蘭 *Phalaenopsis amabilis* 及大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' (*Phal. Asian Elegance* × *Phal. Taisuco Sheen*) 探討經裸根處理後，於 20°C 下經黑暗模擬貯運對其外觀與品質所造成之影響。並且瞭解蘭株於復水後，常造成下位葉黃化及延遲開花之原因。裸根常會造成蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯生成量及呼吸率快速提升。黑暗貯運 3、4 及 5 天出庫之後，葉片外觀無明顯改變，根部則呈現乾癟、木栓化而使其根部活性由原來 2.57 O.D/g 及 6.18 O.D/g 分別下降為 2.01 O.D/g 和 1.89 O.D/g。分析由上數來第二葉葉綠素含量以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉片減少較顯著，平均下降 0.195 mg/g.FW。蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 出庫後各處理間可溶性糖變化不顯著，澱粉含量以蝴蝶蘭大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 隨黑暗天數增加而減少。暗處理出庫後給予復水可促使乙烯含量及呼吸率的上升，導致下位葉黃化，根部活性降低。種植後 *Phal. amabilis* 可溶性糖含量可明顯提升，但大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 下位葉卻會減少，兩品系澱粉含量與種植前則無顯著改變。

前 言

行政院農業委員會動植物防疫檢疫局公布，美國動植物檢查署 (APHIS) 已於九十三年五月四日正式於聯邦公報上刊登宣布，台灣將可附帶栽培介質之蝴蝶蘭至美國，並於六月十四日生效，受限於美國嚴格之規定，裸根貯運方式無法立即有效轉型。但裸根常會導致

-
- 1) 本文承農委會研究經費補助，特表謝忱。
 - 2) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。
 - 3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

植株遭受到許多環境上的逆境而使生育活力下降(Su *et al.*, 2001)。

蝴蝶蘭以裸根貯運會因裸根過程而造成機械性傷害，促使乙烯的生成。乙烯可造成根部產生木栓化現象(Pierik *et al.*, 1999)，結合失水逆境可使徵狀表現更為強烈(North and Nobel, 2000; Steudle, 2000)。無介質保水會導致膨壓降低(朱, 1995)，故外觀上則有葉片軟化及下位葉皺縮的表現。黑暗也常會造成貯運之後葉片黃化、脫落(Marousky and Harnaugh, 1980)。單一黑暗因子不會限制蝴蝶蘭葉片光合作用，但與失水逆境結合則會誘導一系列的抑制現象(Su *et al.*, 2001)。張等(2003)也表示乙烯與黑暗會引起蝴蝶蘭盆花花朵及花苞的萎凋，且經黑暗貯運後植體內貯存的碳水化合物含量會下降。

由於上述種種不利因素促使蝴蝶蘭於復水之後，生長勢減弱及生育活力不佳，到貨後繼續培育至誘導花芽分化常有延遲，需 6-10 個月，較無貯運逆境之培育蘭苗、成株至花芽分化所需之 4 個月延誤 2-6 個月，因而導致貿易糾紛退貨。本試驗之目的主要為探討蝴蝶蘭苗株於黑暗貯運過程中逆境所造成之生理反應與危害之因子，瞭解貯運後蘭株後續栽培延誤花期之主要原因，建立妥善處理流程以確保蝴蝶蘭苗株到貨品質，增加產業競爭力。

材料與方法

一、植物材料

蝴蝶蘭 *Phalaenopsis amabilis* 及大白花 *Phal. Asian Elegance* × *Phal. Taisuco Sheen* 營養系 'H89112' 之選購於台糖公司烏樹林蘭園不帶花梗直徑 8.89 公分盆外銷規格成株苗。*Phal. amabilis* 具有 6-7 片葉，雙葉幅約 27 公分，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 具有 5-6 片葉，雙葉幅約為 32 公分。以水苔為栽培介質，栽種盆鉢為直徑 8.89 公分透明塑膠盆。

二、試驗方法

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 植株購入之後，以去除水苔介質方式裸根處理。裸根後置於室溫 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，12 小時光週環境下 2 天，光源為室內冷螢光燈，光強度約為 $18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，相對溼度未加以控制。植株根部晾乾之後，以外銷蝴蝶蘭模式，裝箱並填入碎報紙，紙箱以膠帶密封移置模擬黑暗貯運下 3、4 及 5 天，一批出庫後立即分析葉綠素含量、根部活性、呼吸率、乙烯生成量及全可溶性糖與澱粉含量之變化。另一批為出庫經種植七天後觀察葉片外觀並分析葉綠素、根部活性及全可溶性糖與澱粉含量。對照組為植株運送至實驗室當天進行各項調查為 CK1、以及裸根後置於 12 小時光週期下 5 天為 CK2。

模擬貯運環境溫度控制於 $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 之下，相對溼度沒有加以控制。全日皆處於 24 小時黑暗的環境之下。出庫後植株以水苔介質進行充填、覆蓋、並種植於直徑為 8.89 公分盆中，置於中興大學園藝試驗場溫室。溫室四周附加 75 % 遮光率黑網，光度控制在陰天

時約為 9 k lux，晴天正午為 20 k lux。

三、調查項目與分析方法

(一) 重量損失百分率之測定

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 以裸根的方式去除水苔之後，於 12 小時光週期下，每半天測量一次鮮重變化，以重量累積百分率表示，連續測量 9 天。對照組為無裸根置於 12 小時光週期(CK)。

(二) 葉綠素含量之分析

取自蝴蝶蘭植株由上數來第二片葉葉片尖端部位樣本共六個葉圓片，稱重之後浸泡於 10 ml 由 80 % acetone 及 20 % methanol 配製之溶液中，置於黑暗中 24 小時，再以分光光度計(Hitachi UV-2001)測定在 645 nm、652 nm、663 nm 波長下之吸收值，並利用下列公式計算單位葉重內葉綠素 a、b 及總葉素含量。每處理為 3 重覆。

$$\text{Chl a (mg/g)} = (12.7A_{663} - 2.69A_{645}) \times V / 1000 / W$$

$$\text{Chl b (mg/g)} = (12.7A_{645} - 2.69A_{663}) \times V / 1000 / W$$

$$\text{Total Chl (mg/g)} = (A_{652} \times 1000 / 34.5) \times V / 1000 / W$$

V: 葉綠素 80 % acetone 及 20 % methanol 萃取液之總體積(ml)

W: 葉片組織鮮重量(g)

(三) 根部活性之測定

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 經裸根暗處理後，取接近根尖部位但未被根被包覆之處，稱重浸置於配製好的三苯基氧化鈦(triphenyl tetrazolium chloride, TTC, pH 7.4) 0.6 % 溶液中，靜置於黑暗下 20 小時(採用 Steponkus and Lanphear, 1967 之方法加以修改)。取出後樣品以蒸餾水清洗 2-3 次，再加入 20 ml 95 % 的乙醇，在 78 °C 下隔水加熱 20 分鐘後，冷卻 2-3 分鐘，定量至 20 ml。利用分光光度計 UV-2001 測定 480 nm 的吸收值，計算單位鮮重之吸光值。每處理 3 重覆。

(四) 呼吸率及乙烯含量之測定

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 裸根後，置於 12 小時光週期下 2 天使植株晾乾，之後進入 20 ± 1 °C 冷藏庫中黑暗模擬貯運 3、4、5 天，於出庫後置於 25 °C、12 小時光週期下。在明期及暗期後 1 小時各取 4 株以 10 公升呼吸缸密封，4 小時後以 1 ml 塑膠針筒自瓶內抽取氣體，利用氣體分析儀測定二氧化碳及乙烯的含量。對照組則為裸根(CK1)與未裸根(CK2)加上 12 小時光週期處理。黑暗處理組連續測量 3 天後給予回水 4 小時，再測其呼吸率及乙烯生成量。CK 組從裸根第 1 天即開始測量二氧化碳及乙烯的含量。每呼吸缸為 1 重覆，共 3 重覆。

二氧化碳濃度以 Shimadzu 公司之 GC-8A 型氣相層析儀分析，其分析原理係利用熱傳導式偵測器(Thermal conductivity detector, TCD)，析儀管為 2.5 公尺長之不鏽鋼管，內部充填活性碳(activated charcoal) 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設為 180 °C，析離管為 100 °C，載體為氫氣。乙烯生成量以 Shimadzu 公司之 GC-14B 型氣相層析儀分析，其偵測器

為火焰離子式偵測器(Flame ionization detector, FID)，析離管為玻璃管內填充 Squalane 60/80 mesh。偵測器及注射孔溫度設為 115 °C，析離管為 65 °C，載體為氮氣。

(五) 全可溶性糖及澱粉之測定

1. 取樣方式

取蝴蝶蘭植株由上數來第二葉(上位葉)，先以自來水洗淨其表面灰塵、雜物，擦乾後置於牛皮紙袋中，置於烘箱中以 80 °C 連續烘乾 48 小時以上，直到樣品乾重不再變動。烘乾之樣品利用磨粉機磨碎成粉後，將粉末裝入硫酸紙袋中保存，供其測量可溶性糖及澱粉之用。

2. 分析方法

(1) 全可溶性糖

精稱乾燥磨粉之蝴蝶蘭葉片樣品 0.1 g，加 10 ml 蒸餾水，於 30 °C 水浴振盪 3 小時，之後以離心機於 2500 rpm 下離心 30 分鐘。取上層澄清液 0.2 ml 加入蒸餾水稀釋成 30 倍，由稀釋液中取出 2 ml 加入 0.1 ml liquid phenol 和 6 ml 濃硫酸，振盪均勻後，靜置 30 分鐘，以分光光度計(Hitachi, UV-2001)測定 490 nm 之吸光值。標準曲線以 0.1 g/L 葡萄糖配製 0、10、20、30、40 及 50 ppm 之 6 種不同濃度定量。

(2) 澱粉

將上述離心後之殘渣烘乾，加入 2 ml 蒸餾水，放入沸水中煮 15 分鐘，取出後以冰水迅速冷卻。加 2 ml 9.2 N HClO₄ 振盪，其後 15 分鐘不時攪拌，加水至 10 ml，室溫下離心。取離心後之上層液 0.1 ml，加入蒸餾水稀釋成 60 倍，取 2 ml 稀釋液加入 0.1 ml liquid phenol 和 6 ml 濃硫酸，振盪均勻後，靜置 30 分鐘，以分光光度計(Hitachi, UV-2001)測定 490 nm 之吸光值。標準曲線以 0.1 g/L 葡萄糖配製 0、10、20、30、40 及 50 ppm 之 6 種不同濃度定量。

四、統計分析

試驗所得數據以變方分析(analysis of variance)測驗其顯著性，並以鄧肯氏多變域分析(Duncan's Multiple Range Test)檢測其 5 % 的差異顯著性。

結 果

一、每日累積鮮重損失百分率

測量蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 裸根與未裸根處理後置於 12 小時光週下，植株每日鮮重累積損失百分率可察知，無論裸根與否，隨時間的遞增，累積重量損失百分率呈現一種穩定上升之表現。蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 經 3、4、5 天裸根處理，依序分別減少了 14.27 %、16.9 % 及 19.66 % 的鮮重(圖 1)，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則各別減少了 4.43 %、6.73 % 及 9.27 % (圖 2)。未裸根處理組因植株吸收介質中水分使得整

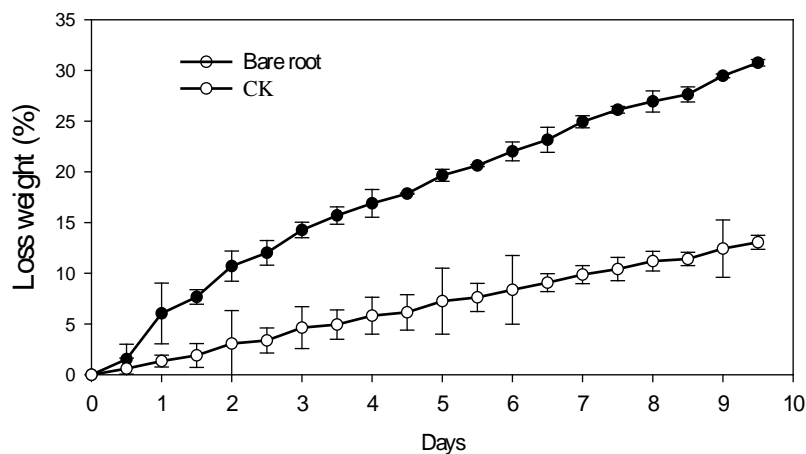


圖 1. 裸根處理對蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 每日鮮重損失變化之影響

Fig. 1. Effect of bare root on daily fresh weight loss of *Phal. amabilis*. CK represents no bare root with 12h photoperiod.

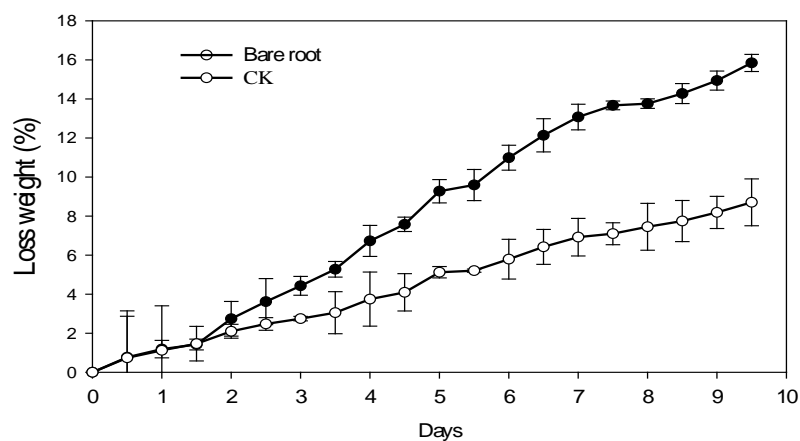


圖 2. 裸根處理對大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 每日鮮重損失變化之影響

Fig. 2. Effect of bare root on daily fresh weight loss of *Phal. hybrid* 'H89112'. CK represents no bare root with 12h photoperiod.

體重量減輕，而外觀無明顯改變。

二、葉綠素含量之分析

蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 經裸根處理置於黑暗下 3、4、5

天之後，於出庫立即分析各處理之中上位葉葉綠素含量的變化。經黑暗處理葉綠素以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 變化較明顯，至於 *Phal. amabilis* 則隨黑暗天數增加而減少(圖 3A、4A)。植株模擬貯運後給予復水種植 7 天，以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉綠素含量減少較顯著(圖 3A)，經黑暗處理 3、4、5 天葉片總葉綠素依序分別減為 0.40 mg/g.FW、0.39 mg/g.FW 及 0.37 mg/g.FW。反觀 *Phal. amabilis* 則無顯著變化。兩品系葉綠素 a 含量變化趨勢相似於總葉綠素含量之情形(圖 3B、4B)，葉綠素 b 也可觀察到相同的現象(圖 3C、4C)。

三、根部活性之測定

大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 的根部活性高於 *Phal. amabilis*(圖 5、6)。經裸根處理，無論 12 小時光週期或是黑暗下皆可造成根部活性的降低，以蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 表現出較明顯的變化。將 *Phal. amabilis* 裸根置於 12 小時光週及黑暗 3、4、5 天活性由未處理對照組的 2.57 O.D/g 依序分別降低為 1.53 O.D/g、1.85 O.D/g、2.06 O.D/g 及 2.01 O.D/g。大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則由未處理對照組的 6.18 O.D/g 降至 1.72 O.D/g、2.81 O.D/g、2.35 O.D/g 及 1.89 O.D/g。復水種植 7 天仍無法恢復，且造成根部褐化、枯死的現象，導致生長緩慢。兩品系經復水種植 7 天，以 *Phal. amabilis* 根部活性較易恢復，而大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 雖活性不再明顯下降，但難以回復至未裸根處理時的狀態(圖 6)。

四、呼吸率與乙烯含量之變化

分析乙烯生成量及呼吸率，經裸根立即測量都較未裸根提升至較高含量。而 *Phal. amabilis* 呼吸率於裸根後半天之內可達到最大的高峰，其值為 2.29 ml/kg.h(圖 7A)，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則一經裸根之後可立即達到最大的二氧化碳釋放量，為 4.83 ml/kg.h(圖 8A)，兩品種呼吸率之後即快速下降。相較之下，兩品種之間以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 產生乙烯的含量是高於 *Phal. amabilis*，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 平均乙烯產生量在 0.15 至 0.25 nl/g.h 之間，而 *Phal. amabilis* 則在 0.1 nl/g.h 左右(圖 7B、8B)。蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 乙烯的產生是在呼吸率上升之前(圖 7)，但是大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯的產生卻是於呼吸高峰之後(圖 8)。當植株經 20°C 黑暗模擬貯運出庫後於 25°C 下，*Phal. amabilis* 乙烯生成量及呼吸率與裸根但未經黑暗處理相似；大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯生成量則是低於 12 小時光週裸根之處理組，呼吸率則相似於裸根未經黑暗處理組。

經復水 4 個小時之後，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯及呼吸率會大幅上升，裸根未經黑暗處理及暗處理 3、4、5 天乙烯含量各別為 0.28 nl/g.h、0.12 nl/g.h、0.11 nl/g.h 及 0.12 nl/g.h，呼吸率則為 2.95 ml/kg.h、2.73 ml/kg.h、2.55 ml/kg.h 及 2.40 ml/kg.h，但半天之後即開始下降。復水對 *Phal. amabilis* 乙烯及呼吸率變動較小，裸根未經黑暗處理及暗處理 3、4、5 天乙烯含量依序分別為 0.14 nl/g.h、0.13 nl/g.h、0.15 nl/g.h 及 0.15 nl/g.h，呼吸率則為 1.48 ml/kg.h、2.05 ml/kg.h、1.78 ml/kg.h 及 1.82 ml/kg.h。

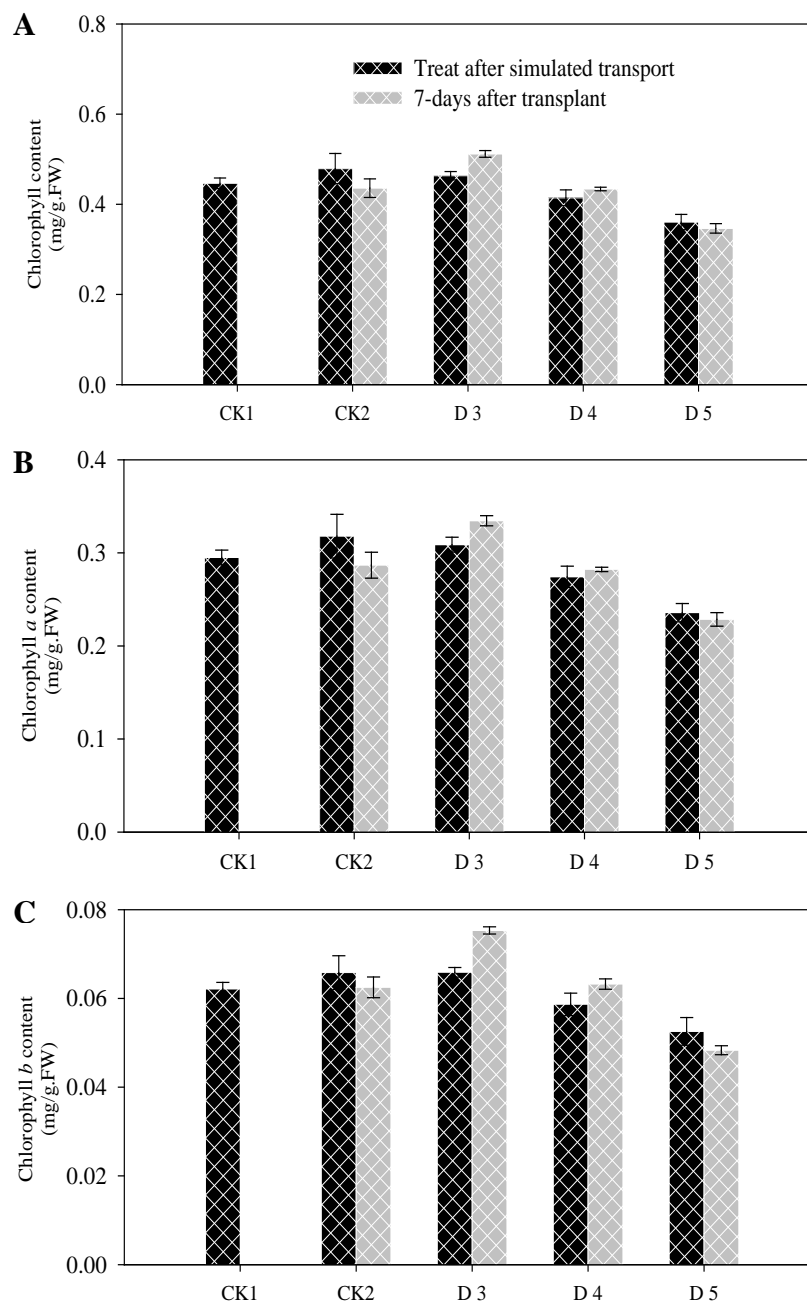


圖 3. 黑暗處理對裸根蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 由上數來第二葉葉片尖端(A)總葉綠素、(B)葉綠素 a 及(C)葉綠素 b 含量之影響

Fig.3. Effect of dark treatment on (A)total chlorophyll, (B)chlorophyll *a*, and (C)chlorophyll *b* content of front of the second leaf from upper of *Phal. amabilis* with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature(no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

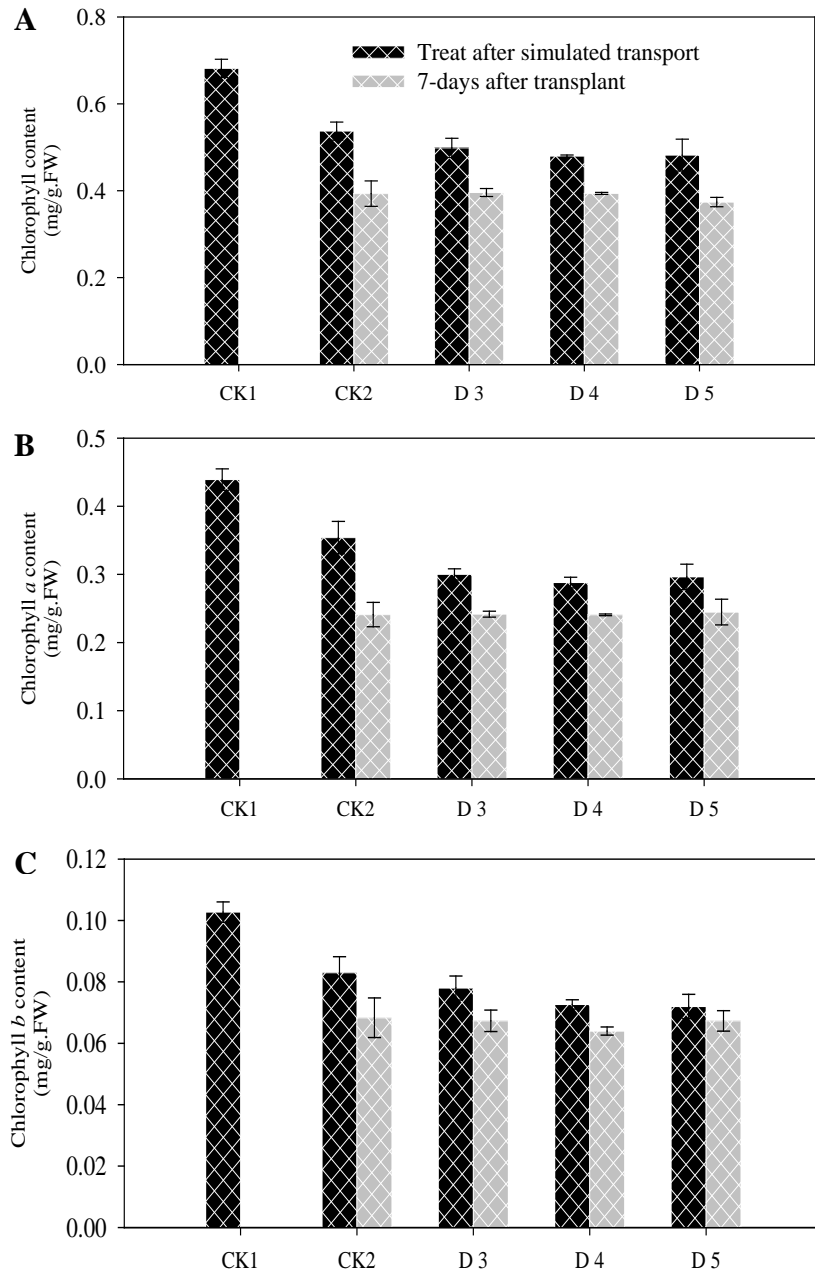


圖 4. 黑暗處理對裸根大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112'由上數來第二葉葉片尖端(A)總葉綠素、(B)葉綠素 a 及(C)葉綠素 b 含量之影響

Fig.4. Effect of dark treatment on (A)total chlorophyll, (B)chlorophyll a, and (C)chlorophyll b content of front of the second leaf from upper of *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature (no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

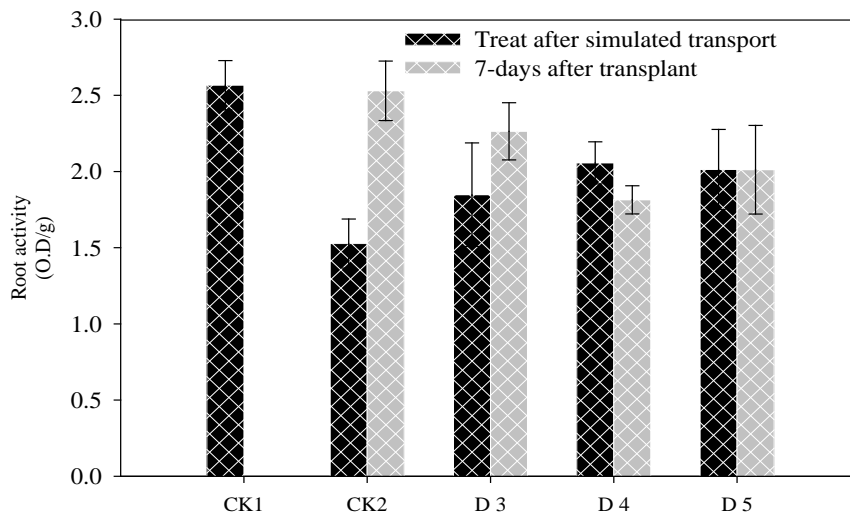


圖 5. 黑暗處理對裸根蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 根部活性之影響

Fig. 5. Effect of dark treatment on root activity(TTC) of *Phal. amabilis* with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature (no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, and simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

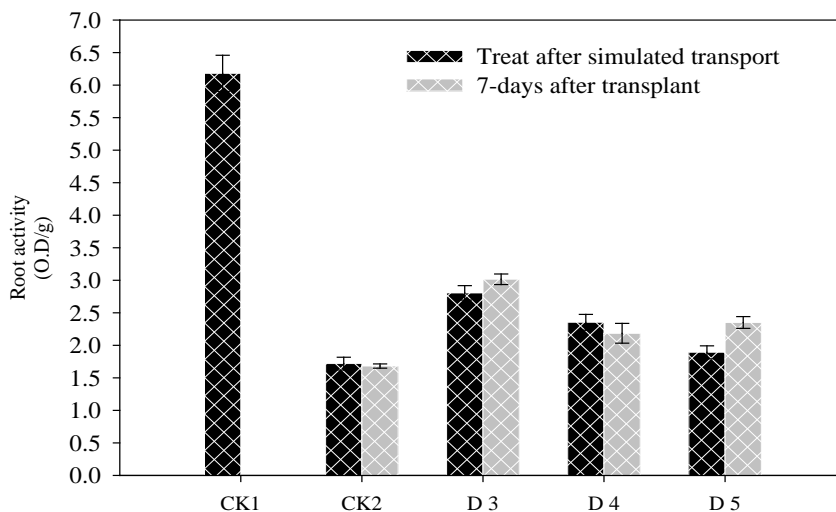


圖 6. 黑暗處理對裸根大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112'根部活性之影響

Fig. 6. Effect of dark treatment on root activity(TTC) of *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root. CK1 & CK2 & D3, 4, 5 represent nature (no treat), bare root with 12h photoperiod for 5 days, and simulated transport for 3, 4, 5 days, respectively.

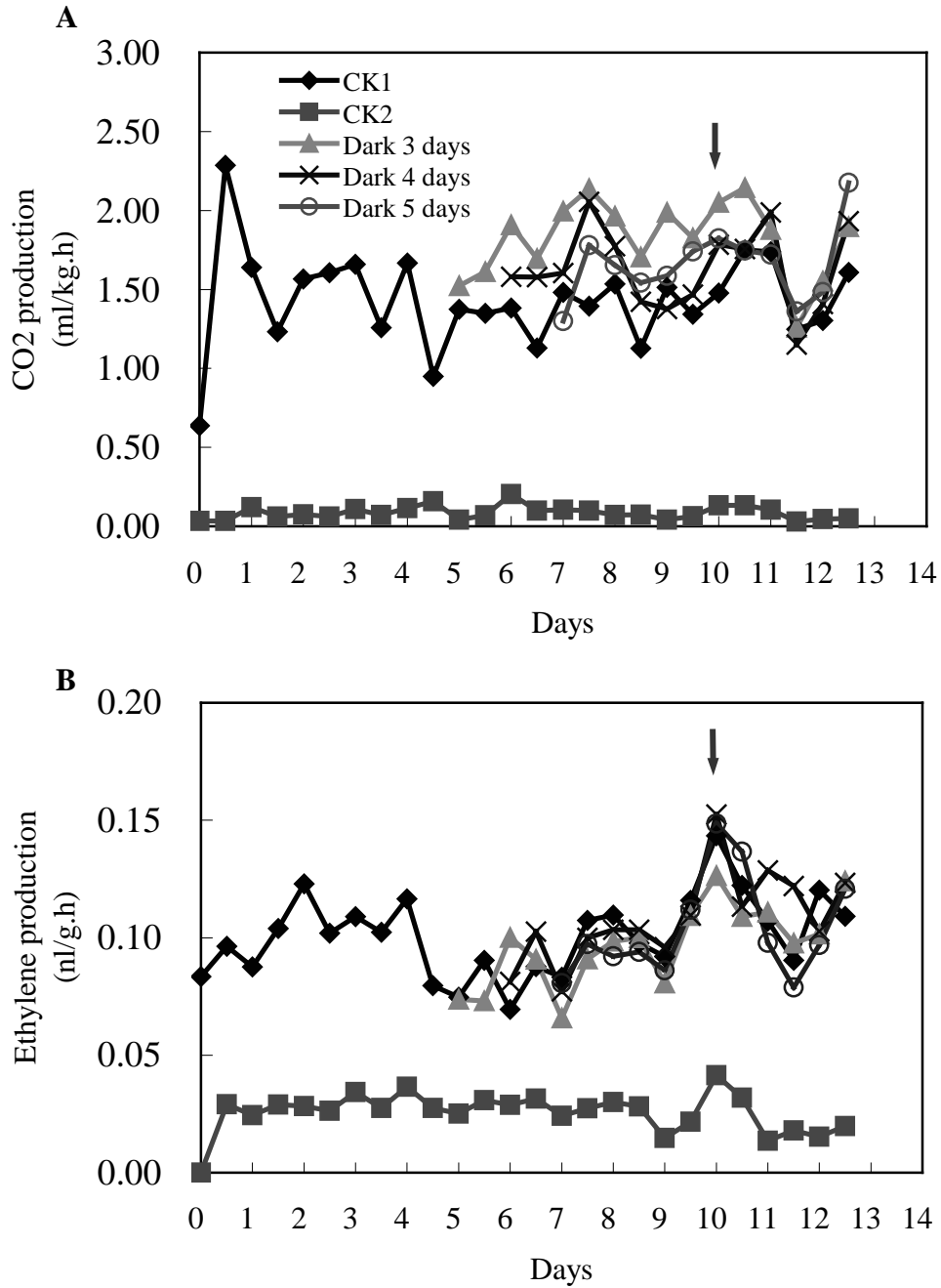


圖 7. 黑暗處理對裸根蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* (A)呼吸率及(B)乙烯生成量之影響

Fig. 7. Effect of dark treatment on (A) respiration rate and (B) ethylene production of *Phal. amabilis* with bare root. CK1 & CK2 & Arrow represent bare root with 12h photoperiod, no bare root with 12h photoperiod, and rewater 4 hours.

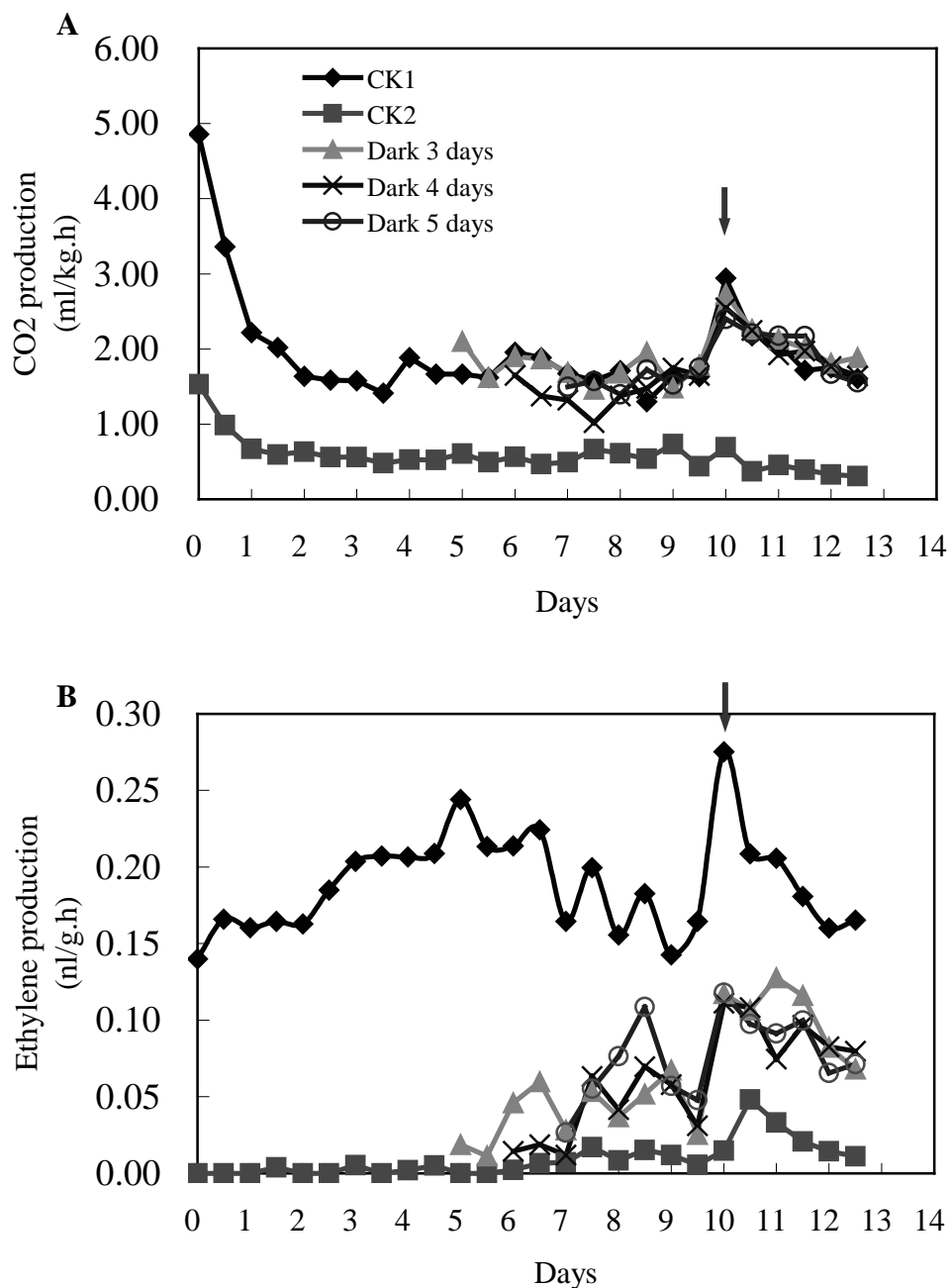


圖 8. 黑暗處理對裸根大白花蝴蝶蘭 *Phal. hybrid 'H89112'*(A)呼吸率及(B)乙烯生成量之影響

Fig. 8. Effect of dark treatment on (A) respiration rate and (B) ethylene production of *Phal. hybrid 'H89112'* with bare root. CK1 & CK2 & Arrow represent bare root with 12h photoperiod, no bare root with 12h photoperiod, and rewater 4 hours.

五、全可溶性糖及澱粉之變化

分析 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 中可溶性糖及澱粉含量可察知，試驗品種 *Phal. amabilis* 經裸根黑暗模擬貯運可溶性糖的含量，以統計方法分析沒有明顯的差異(表 1)。經種植 7 天過後可溶性糖的含量，以黑暗處理 4、5 天者含量較高。與種植前比較，黑暗處理 4、5 天的可溶性糖由 4.94 %DW 及 4.59 %DW 分別提升了 7.19 %DW 及 7.96 %DW，其餘處理變化則不顯著。相較於澱粉含量，貯運之後各處理之間沒有明顯的差異(表 2)。復水種植 7 天過後，黑暗處理組澱粉含量較未裸根處理者呈現下降。與種植前比較只有裸根置於 12 小時光週期下者，澱粉含量有顯著地提升。

分析大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 可溶性糖經裸根黑暗處理，各處理之間無顯著的變化，種植 7 天過後與種植前比較，黑暗處理 4、5 天可溶性糖的含量有顯著的減少(表 1)。澱粉含量經裸根暗處理皆會較未處理對照組為低，3、4、5 天暗處理可由 3.35 %DW 依序分別降至 2.75 %DW、2.75 %DW 及 2.45 %DW。種植 7 天過後則各處理間澱粉含量無差異，但與種植前比較含量只稍些提升，非十分顯著(表 2)。

表 1. 蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 以裸根黑暗模擬貯運及種植 7 天後由上數來第二葉可溶性糖含量變化

Table 1. Effect of simulated dark transport and transplanted for 7 days on total soluble sugar content change of the second leaf from upper of *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root.

Treat	Total Soluble Sugar (%DW)											
	<i>Phal. amabilis</i>						<i>Phal. hybrid</i> 'H89112'					
	After storage			7 days growth			After storage			7 days growth		
CK1 ^y	6.24	A					5.96	A				
CK2	5.77	A	a ^z	4.88	B	a	5.74	A	a	4.46	A	a
Dark 3 days	4.73	A	a	4.79	B	a	5.59	A	a	5.28	A	a
Dark 4 days	4.94	A	b	7.19	A	a	6.02	A	a	4.15	A	b
Dark 5 days	4.59	A	b	7.96	A	a	5.29	A	a	4.37	A	b

^zCapital alphabet letter mean separation with columns by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$. Small alphabet letter mean separation with row by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yCK1 & CK2 represent no treat and bare root with 12 hour photoperiod for 5 days, respectively.

表 2. 蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 與大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 以裸根黑暗模擬貯運及種植 7 天後由上數來第二葉澱粉含量變化

Table 2. Effect of simulated dark transport and transplanted for 7 days on starch content change of the second leaf from upper of *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' with bare root.

Treat	Starch (%DW)											
	<i>Phal. amabilis</i>						<i>Phal. hybrid</i> 'H89112'					
	After storage		7 days growth				After storage		7 days growth			
CK1 ^y	4.77	A					3.35	A				
CK2	4.58	A	b ^z	5.88	A	a	2.72	AB	a	3.21	A	a
Dark 3 days	4.88	A	a	4.24	B	a	2.75	AB	a	3.14	A	a
Dark 4 days	4.34	A	a	5.04	AB	a	2.75	AB	a	3.27	A	a
Dark 5 days	5.39	A	a	4.48	B	a	2.45	B	a	2.94	A	a

^zCapital alphabet letter mean separation with columns by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$. Small alphabet letter mean separation with row by Duncan's new multiple range test at $P \leq 0.05$.

^yCK1 & CK2 represent no treat and bare root with 12 hour photoperiod for 5 days, respectively.

討 論

蝴蝶蘭為厚葉型 CAM 植物，上下表皮細胞具有一層厚的角質，且氣孔外部形成外側角質突出物以及根的表皮會形成木質化與木栓化之根被，可有效防止水分的散失(李和李, 1991)。當蝴蝶蘭 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 裸根保持在 25 °C，12 小時的光週期下，經過 5 天之後，植株各別損失了 19.66 % 及 9.27 % 的鮮重(圖 1、2)。說明在不適合的環境之下，植株仍會嚴重失水，如高溫、低相對濕度及光照等都會加速失水的速率(Su *et al.*, 2001)。

Peterson 和 Blessington(1981)將垂葉榕(*Ficus benjamina* L.)以模擬貯運的方式處理 0、4、5 及 12 天發現隨黑暗天數的增加會造成葉片的掉落。鵝掌藤(*Schefflera arboricola*)於黑暗逆境之下 0、3、6、9 及 12 天，總葉綠素含量隨處理天數增加而減少，且種植 12 週於室內之後不論黑暗貯運天數為何皆使得葉片脫落(Batson and Mlessington, 1983)。分析蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉綠素之變化較 *Phal. amabilis* 多。兩品種經復水重新種植 7 天後，*Phal. amabilis* 的葉綠素含量與種植之前變化差距不大(圖 3)，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 則減少較明顯(圖 4)。迷你玫瑰(*Rosa hybrida* L.)在經過長期黑暗貯運之後，也常常造成葉綠素含量的下降，並有落苞、落蕾的發生(Clark and Kelly, 1991; Nell and

Noordegraaf, 1991、1992)。黛粉葉(*Dieffenbachia maculate*)經 9 天黑暗貯藏也會造成下位葉會輕微黃化(chlorotic)且減少葉綠素的含量(Poole and Conover, 1979)。本試驗結果顯示蝴蝶蘭黑暗貯運 3 天即可造成葉綠素含量有顯著地減少。Sanada 等人(1988)指出老化期間葉綠素 a/b 比率的下降,最常發生在老葉,但在短期 9 天內黑暗下可保持一穩定的數值。故蝴蝶蘭經 4 週的黑暗模擬貯運出庫後,在外觀上仍能維持良好的品質(洪, 1998),至於裸根黑暗貯運後種植之劣變才是真正的問題。Grover 等人(1986)觀察小麥(*Triticum aestivum* L.)於老化期間葉綠素 a 其遠紅光吸收形式是特別敏感且容易喪失,故總葉綠素含量的變化主要受葉綠素 a 所控制。造成此種現象的原因可能與乙烯有關(Poole and Conover, 1983; 陳等人, 2003)。

蝴蝶蘭在貯運的過程中除黑暗之外,因裸根還會造成機械性傷害及失水等逆境。失水、創傷都會促進呼吸率與逆境乙烯(stress ethylene)產量提升(李和林, 1992)。高溫、黑暗及乙烯會導致葉片黃化,掉落以及開花盆栽植物花芽脫落(Nell and Noordegraaf, 1991)。Hoyer(1985)也表示黑暗貯運中乙烯的產生會造成秋海棠(*Begonia elatior* cv. Sirene)落苞、落花及落葉。山菜豆(*Radermachera sinica* L.)在許多室內環境生長良好,但主要經貯運後極易發生完全落葉的現象,此與乙烯的作用有關(Wang and Dunlap, 1990)。在正常生長與發育下乙烯產量很低,但是當植物遭受逆境之時會較正常下產生 2 至 50 倍的產量(Tingey, 1980)。蝴蝶蘭裸根處理後造成機械性的傷害,會使裸根初期乙烯生成量及呼吸率上升。*Phal. amabilis* 乙烯在裸根 4 天之後開始下降,呼吸率也呈現相同的變化;大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 乙烯則在 6 天之後開始下降,呼吸率則一直呈現較低的量(圖 7、8)。在 20°C 黑暗貯運出庫之後,置於 25°C 下乙烯及呼吸率會快速上升至與裸根未經暗處理相似,復水之後更促使乙烯及呼吸率的快速上升(Taiz and Zeiger, 2002),以大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 表現十分明顯。本試驗中經裸根處理乙烯生成量及呼吸率均較未處理對照組高。

乙烯的產生常會造成根部表皮細胞的死亡,此種無活性之皮層可保護植株於逆境之下的生存(Mergemann and Sauter, 2000)。蝴蝶蘭根部具典型根之吸收水分和礦物質功能外,亦是行光合作用、貯藏養分和水分之處,故蝴蝶蘭成株外銷時在黑暗長程貯運中,根可具有提供養分及水分的潛能(李和李, 1991)。分析 *Phal. amabilis* 及大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 貯運期間根部活性,可知裸根對大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 影響較大,經過 5 天黑暗之後,活性已減少了 4.29 O.D/g(圖 6)。若是裸根後處於光照之下則根部活力會大量減少,兩種品系都具有相同的結果(圖 5、6)。隨著植株處理時間愈長,失水愈嚴重(圖 1、2),使植株根部乾癟,照光則會加速水分的喪失。

貯運過程因為處於黑暗的環境之下,無法進行光合作用,只能消耗植物體中貯存的碳水化合物。因此在貯運過程中乾重降低,並伴隨全可溶性糖和澱粉的減少(Trusty and Miller, 1991)。對蝴蝶蘭而言,經貯運後葉片中澱粉含量下降,根中的澱粉含量於貯運後第二週時會上升之後又降低(洪, 1998)。本試驗中,*Phal. amabilis* 和 大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 葉片中可溶性糖的含量增加或減少,在統計上沒有明顯的變化。經種植 7 天之後,

Phal. amabilis 經歷 4、5 天黑暗可溶性糖的含量均會上升，但在蝴蝶蘭 *Phal. hybrid* 'H89112' 中則會下降(表 1)。嘉德麗亞蘭屬(*Cattleya forbesii* Lindl. × *Laelia tenebrosa* Rolfe)在遭受 45 天乾旱下會增加植物體內總糖及蔗糖的含量(Stancato *et al.*, 2001)。說明植株於逆境之下皆會增加糖的含量以渡過不利的逆境，因此 *Phal. amabilis* 對於之後種植的回復較大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 為佳。

分析澱粉含量，*Phal. amabilis* 經裸根黑暗處理澱粉含量無顯著改變，大白花 *Phal. hybrid* 'H89112' 澱粉含量則隨黑暗時間遞增而降低(表 2)。兩品系經種植 7 天之後，澱粉含量無明顯增加或減少。張(2002)指出未抽梗蝴蝶蘭葉片內含大量的碳水化合物，如澱粉和蔗糖，在貯運 1-3 天葉片碳水化合物會快速下降，至第 5 天時葉片中的澱粉含量消耗殆盡，但仍含有大量的可溶性糖。李和李(1996)表示蝴蝶蘭無論實生苗或分生苗同一族群中個體間澱粉、蔗糖和葡萄糖含量有相當大的差異，因此若植株原本碳水化合物含量已在臨界值附近，經長時間貯運的消耗所測得的數值可能就有變異性。

參 考 文 獻

- 朱德民。1995。植物與環境逆境。國立編譯館。台灣。380pp。
- 李晔、林雨森。1992。蝴蝶蘭花朵之呼吸作用。中國園藝 38: 228-240。
- 李嘉慧、李晔。1991。台灣蝴蝶蘭根和葉的形態與解剖的特性。中國園藝 37: 237-248。
- 李嘉慧、李晔。1996。蝴蝶蘭花芽誘引和花序發育時之碳水化合物變化。中國園藝 42: 262-275。
- 洪惠娟。1998。貯運及貯運前後環境對蝴蝶蘭抽梗與開花品質的影響。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。台灣。93pp。
- 張綺恂、李晔、張天鴻。2003。乙烯與黑暗引起蝴蝶蘭盆花花朵及花苞的萎凋。中國園藝 49: 173-182。
- 張綺恂。2002。乙烯、黑暗貯運及 1-MCP 對不同蝴蝶蘭盆花品種產後品質開花之影響。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文。台灣。119pp。
- 陳彥睿、易美秀、魏芳明、蔡宛育。2003。應用 1-MCP 在蝴蝶蘭屬及朵麗蝶蘭屬盆花模擬外銷貯運之研究。臺中區農業改良場研究彙報 79: 1-10。
- Batson, D. B. and T. M. Blessington. 1983. Influence of production light levels on long-term effects of dark storage on the postharvest keeping quality of *Schefflera arboricola*. HortScience 18: 82-83.
- Clark, D. G. and J. W. Kelly. 1991. Postharvest quality characteristics of cultivars of potted rose in response to holding conditions and cytokinins. HortScience 26: 1195-1197.
- Force, A. R., K. A. Lawton, and W. R. Woodson. 1988. Dark-induced abscission of hibiscus

- flower buds. Hortscience 23: 592-593.
- Grover, A., S. C. Sabat, and P. Mohanty. 1986. Relative sensitivity of various spectral forms of photosynthetic pigments to leaf senescence in wheat (*Triticum aestivum* L.). Photosynthesis Res. 10: 00-229.
- Hoyer, L. 1985. Bud and flower drop in Begonia-elatior 'Sirene' caused by ethylene and darkness. Acta Hort. 167: 387-394.
- Marousky, F. J. and B. K. Harbaugh. 1980. Deterioration of flage plants during transit. Foliage Dig. 3: 9-14.
- Mergemann, H. and M. Sauter. 2000. Ethylene induces epidermal cell death at the site of adventitious root emergence in rice. Plant Physiol. 124: 609-614.
- Nell, T. A. and C. V. Noordegraaf. 1991. Simulated transport, postproduction irradiance influence postproduction performance of potted roses. Hortscience 26: 1401-1404.
- Nell, T. A. and C. V. Noordegraaf. 1992. Postproduction performance of potted rose under simulated transport and low irradiance levels. Hortscience 27: 239-241.
- North, G. B. and P. S. Nobel. 2000. Heterogeneity in water availability alters cellular development and hydraulic conductivity along roots of a desert succulent. Ann. Bot. 85: 247-255.
- Peterson, N. C. and T. M. Blessington. 1981. Postharvest effects of dark storage and light source on keeping quality of *Ficus benjamina* L. HortScience 16: 681-682.
- Pierik, R., W. Verkerke, R. A. C. J. Voeselek, K. W. P. M. Blom, and E. J. W. Visser. 1999. Thick root syndrome in cucumber (*Cucumis sativus* L.): a description of the phenomenon and an investigation of the role of ethylene. Ann. Bot. 84: 755-762.
- Poole, R. T. and C. A. Conover. 1979. Influence of shade and nutrition during production and dark storage simulating shipment on subsequent quality and chlorophyll content of foliage plants. HortScience 14: 617-619.
- Sanada, Y., K. Nishida, and G. Edwards. 1988. Prolonged survival of CAM-mode *Mesembryanthemum crystallinum* in darkness and its possible dependence on malate. Plant Cell Physiol. 29: 117-122.
- Stancato, G. C., P. Mazzafera, and M. S. Buckeridge. 2001. effect of a drought period on the mobilization of non-structural carbohydrates, photosynthetic efficiency and water status in an epiphytic orchid. Plant Physiol. Biochem. 39: 1009-1016.
- Steponkus, P. L. and F. O. Lanphear. 1967. Refinement of the triphenyltetrazolium chloride method of determining cold injury. Plant Physiol. 42: 1423-1426.
- Studle, E. 2000. Water uptake by roots: effects of water deficit. J. Exp. Bot. 51: 1531-1542.
- Su, V., B. D. Hsu, and W. H. Chen. 2001. The photosynthetic activities of bare rooted

- Phalaenopsis* during storage. *Sci. Hortic.* 87: 311-318.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland. 690pp.
- Tingey, D. T. 1980. Stress ethylene production – a measure of plant response to stress. *HortScience* 15: 630-633.
- Trusty, S. E. and W. B. Miller. 1991. Postproduction carbohydrate level in pot chrysanthemums. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 1013-1018.
- Wang, Y. T. and J. R. Dunlap. 1990. Leaf abscission in *Radermachera sinica* in response to ethylene and silver thiosulfate. *HortScience* 25: 233.

Effect of Bare Root and Dark Simulated Transport on Root and Leaves of *Phalaenopsis* ¹⁾

Zhong-Yi Lin ²⁾ Ruey-Song Lin ³⁾

Key words: *Phalaenopsis*, Bare Root, Dark Stress, Chlorophyll, Root Activity, Ethylene, Total Soluble Sugar

Summary

Phalaenopsis amabilis and *Phal. hybrid* 'H89112' (*Phalaenopsis. Asian Elegance* × *Phalaenopsis. Taisuco Sheen*) were studied to investigate the transportation stress on plant appearance and quality. The *phalaenopsis* plants with bare root to undergo simulated dark transport at 20 °C. Moreover, the aims of studies tried to find out the cause of basal leaves yellowing and bloom delayed after rewatering. Bare root would make *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' ethylene production and respiration rate increased quickly. After simulated dark transport for 3, 4, 5 days, no significant changes were found in leaves appearance but roots became inactivity resulted in dry and shrinkage and suberized, which led *Phal. amabilis* and *Phal. hybrid* 'H89112' root activity to decrease into 2.01 O.D/g and 1.89 O.D/g from original 2.57 O.D/g and 6.18 O.D/g, respectively. The second upper chlorophyll content of leaf, the leaf of *Phal. hybrid* 'H89112' presented significant decline on chlorophyll, the average decline was 0.195 mg/g.FW. The changes of total soluble sugar between treatment showed no significant change. The starch content of *Phal. hybrid* 'H89112' second leaf decreased following dark days past. Rehydration could make ethylene production and respiration rate arised and led to yellow of basal leaf, set down root activity. Total soluble sugar content of *Phal. amabilis* could be promoted after transplant for 7 days, but its content in *Phal. hybrid* 'H89112' was decreased. The starch content of two species were the same as trend of plant which before transplant.

1) This research was supported by Council of Agriculture, R.O.C.

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

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