

# 溫室機械化遮光設施之研究

## A Study on the Mechanization of a Shading Equipment for Greenhouses

國立嘉義農專農業經營科助教

國立臺灣大學農機系副教授

邱 活 泉

吳 中 興

Ho-Chyuan Chiu

Chung-Hsing Wu

### 摘 要

本研究設計的機械式遮光設施是以馬達為動力源，蝸輪減速機、傳動軸、皮帶輪、惰輪、尼龍索等為傳動機構，控制箱、極限開關等控制開閉遮光網。

經實驗獲得如下之結論：

- 一、遮光網可以降低進入溫室的太陽輻射量及照度，其遮光效果主要由遮光率來決定。
- 二、遮光網裝在溫室屋頂上，可以降低溫室溫度，以50%遮光率之遮光網為例，約可降溫 0.5°C 至 1.5°C 之間。
- 三、間隔式遮光板之遮光效果成週期性變化。
- 四、臺灣天氣變化量大，即使同一日的天氣，陰晴下雨變化亦大，所以溫室遮光設施機械化後，才能適時的機動性開閉遮光網，以獲得植物適宜生長的照度環境。

### Abstract

The motor is adopted as the actuating element in this study. The power is transmitted through wormgear reducer, shaft, pulleys, idlers and nylon ropes. A control panel and the related electronic circuit are used to facilitate the opening or closing action of the shading net.

The results obtained from experiments are as follows:

1. The shading net can reduce the solar radiant flux density and the light intensity entering into the greenhouse. The shading effect is mainly effected by the shading rate.
2. The shading net mounted above the roof of the greenhouse will reduce its inside temperature. In the case that the shading rate is fifty percent, the temperature reduced will be between 0.5°C to 1.5°C.
3. The shading effect changed periodically as the sun light was blocked by the evenly spaced laths under the shading net.
4. The local weather alters rapidly in the daytime, therefore it is necessary to mechanized the opening or closing of the shading net according to the varying conditions of weather to ensure the suitable environment for the plant growth.

## 一、前 言

植物在生長過程中的需光量，依其品種和生長階段而異，需光量少的稱為陰性植物 (shade plant)，如蝴蝶蘭、嘉得利亞蘭、大多數觀葉植物、羊齒類及苔蘚類，需光量多的稱為陽性植物 (sun plant)，如松樹、康乃馨、玫瑰、金魚草、百合、天竺葵等<sup>(6,14)</sup>。多數農作物屬需光量較多的陽性植物，其飽和日照因作物品種而異，但在全日照下對生長不至產生不良影響。但對陰性植物而言，若日照超過其適宜程度時，將使葉綠素受到光氧化 (photooxidation) 而破壞葉綠體或因葉面所蒸散的水分超過由根部吸收的水分，使葉面乾涸而受害，甚至枯萎或發生日燒現象<sup>(14)</sup>。反觀當日照不足時，植物會發生徒長植株較柔弱及黃化現象<sup>(4)</sup>。是以陰性植物各有其適宜生長的照度，例如，蝴蝶蘭為 16,100~19,400 Lux，嘉得利亞蘭為 32,300~37,700 Lux<sup>(14)</sup>。臺灣地處亞熱帶，夏季溫度高，加上溫室效應及溫室通風不良的影響，溫室溫度高達 37~42°C，而本省所大量栽培的滿天星、康乃馨之生長適溫為 15~25°C<sup>(3)</sup>，故如何降低夏季溫室溫度是目前臺灣溫室建築所面臨的一個問題。

本研究的目的是在設計一機械式遮光設施，以改進目前臺灣普遍採用的固定遮光形態，適時的機動性開閉遮光網，以獲得栽培植物適宜生長的照度，並可節省人力，減少操作人員疲勞，及探討遮光設施對降低溫室溫度的效果。

## 二、文 獻 探 討

任何物體與其周圍環境隨時都有輻射能量的交換<sup>(6)</sup>，根據史蒂芬鮑茲曼定律 (Stefan-Boltzmann law)，黑體每單位面積單位時間所逸散的輻射能量與溫度四次方成正比，對非黑體而言，每單位面積單位時間逸散的輻射能量為：

$$E = \epsilon \sigma T^4$$

式中 E：非黑體單位時間單位面積的總輻射量

$\sigma$ ：史蒂芬鮑茲曼常數 (Stefan-Boltzmann constant) =  $5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$

T：非黑體溫度

$\epsilon$ ：表面逸散係數 (emissivity of a surface)

太陽表面溫度高達 5,487°C<sup>(13)</sup>，所以太陽也對周圍環境產生輻射，陽光就是太陽產生輻射，經過

太空臭氧大氣層，到達地球表面，被人眼睛所看到的輻射。一般人眼睛所看到的輻射光波長為 0.4~0.7  $\mu\text{m}$ ，另外太陽還輻射一些眼睛所看不到的輻射，將熱能傳到地球。短波 (0.312~4.75  $\mu\text{m}$ ) 可以穿過玻璃，而長波 (5~40  $\mu\text{m}$ ) 則不能穿過玻璃。太陽因溫度高，所以輻射以短波佔多量，溫室溫度比太陽低的很多，故輻射多為長波，因此穿過玻璃的太陽輻射，大部份不能再輻射出去，使溫室溫度比外界高，此即溫度效應 (greenhouse effect)。大氣層如同一塊玻璃，也產生溫室效應，使地表面氣溫在白天時升高。溫室溫度升高除了溫室效應的影響外，溫室本身是一個密閉的空間，也是一個影響因素。Businger (1963) 認為溫室溫度的升高是由於溫室效應的影響只占 22%，Maher 和 O'Flaherty (1973) 認為溫室溫度的升高是由於溫室內空氣不流通的影響高於溫室效應<sup>(14)</sup>。

北歐、美國及日本因地處高緯度，其太陽輻射比低緯度的臺灣少，溫度也較低。歐美溫室的目的是克服冬季的嚴寒，使植物全年都有適宜生長的環境；而臺灣溫室的目的是遮陽及避免夏季午後暴雨、梅雨、颱風或冬季霜害、寒流等對植物的侵害<sup>(2)</sup>。

溫室所使用的被覆材料有玻璃、玻璃纖維 (fiberglass)、聚乙烯 (polyethylene)、樹脂玻璃 (plexiglass) 等，各種材料對各種波長太陽輻射的穿透率如圖 1 所示<sup>(14)</sup>。

由圖 1 可知，聚乙烯比玻璃有較多的紫外線穿透率。玻璃對 0.32  $\mu\text{m}$  波長以下之紫外線穿透率很低，而玻璃纖維對於各種波長的穿透率均比玻璃

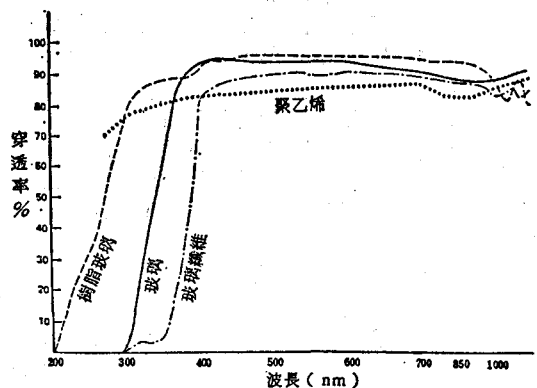


圖 1 常用溫度被覆材料之穿透率 (Masattalerz, J. W. 1977)

更低。

溫室遮光的方法有下列四種：

1. 利用遮光劑 (shading compound)，在夏天時噴在溫室玻璃外面，到冬天來臨時，用清潔劑將遮光劑洗掉<sup>(14)</sup>。2. 將屋頂釘上木板條或鋁板條，以達到遮光的效果<sup>(14)</sup>。3. 在溫室裏面或屋頂上裝遮光網，常用遮光網之遮光率有40%、50%、60%、70%、80%、90%六種，以達不同的遮光效

果。4. 溫室屋頂採用透光率小於1之建材，如玻璃、玻璃纖維、PVC、PE等。

溫室降溫方法有下列幾種：

1. 自然通風：在溫室屋頂開天窗，牆壁開側窗，以促進外面冷空氣的進入，溫室內熱空氣的上升。2. 強制通風：在溫室牆壁上裝風扇，將溫室內熱空氣抽出。3. 遮光冷卻 (cooling by shading)：在溫室屋頂上裝遮光網或木板或鋁板，或者利用

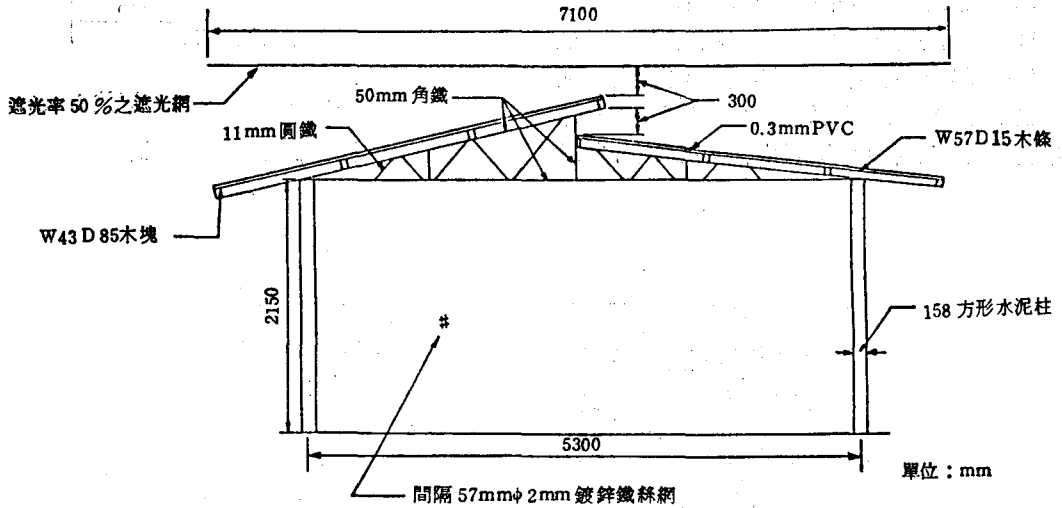


圖2 溫室結構示意圖

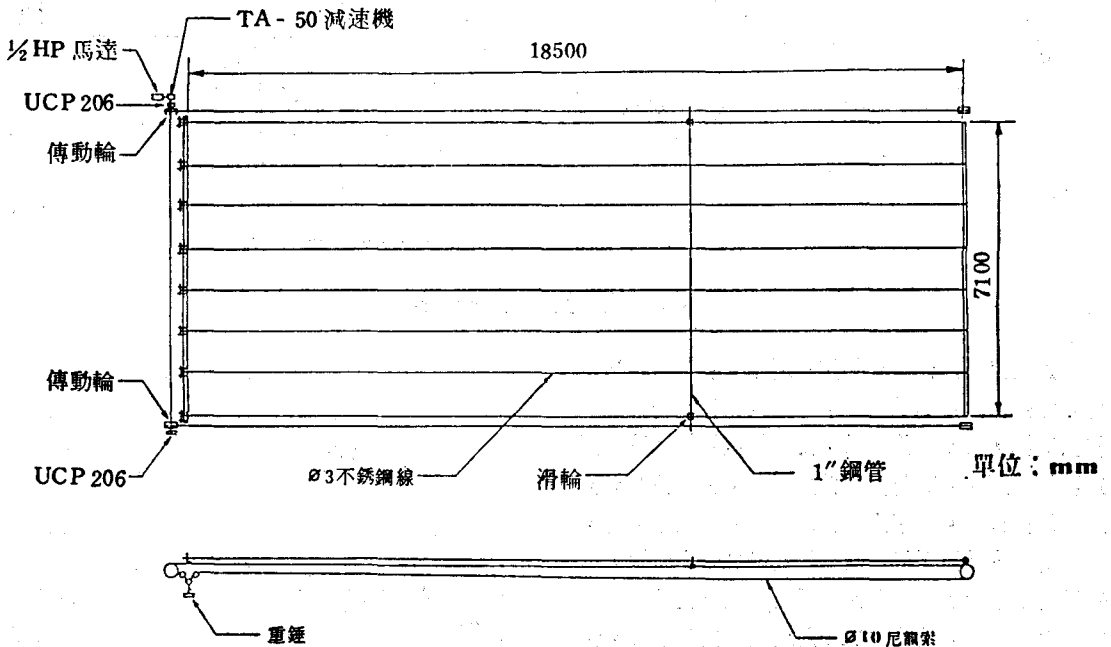


圖3 總組合圖



使鋼管做同步縱向水平移動。遮光網活動端固着在鋼管上，隨鋼管之移動而移動。當鋼管做縱向水平移動時，同時帶動遮光網完成開閉動作。

(二) 打開或關閉遮光網所需時間

本研究採用 $\frac{1}{2}$ 馬力 4 極交流馬達，馬達轉速規格為 1720 rpm，經  $\frac{1}{40}$  蝸輪減速機後，傳動軸轉速為 43 rpm。

尼龍索運動速度(V)：

$$V = \pi \times D \times \omega = 24.3 \text{ m/min}$$

式中D：皮帶輪直徑 (180 mm)

$\omega$ ：皮帶輪轉速 (43 rpm)

打開或關閉遮光網所需時間(t)：

$$t = L/V = 46 \text{ 秒}$$

式中L：遮光網長 (18.5 m)

(三) 電路圖

遮光網動作是藉着電器控制箱、極限開關及控制線路完成的，線路圖如圖 7 所示。

當按下控制箱按鈕  $PB_1$  (FORWARD) 時，促使正轉電磁開關 ( $MS_F$ ) 激磁，則正轉電磁開關接點接通並保持通電狀態，同時使馬達正轉啟動線圈及運轉線圈接通作正向轉動，使遮光網水平向右移動，開啓遮光網，當鋼管碰到極限開關 ( $LS_1$ ) 時，則電源被切斷，馬達停止運轉，鋼管在無動力狀態下前進至平行之擋板上而歸位。當按下控制箱按鈕  $PB_2$  (REVERSE) 時，促使反轉電磁開關 ( $MS_R$ ) 激磁，則反轉電磁開關接點接通並做保持，同時使馬達逆轉啟動線圈及運轉線圈接通作逆向轉動，使遮光網水平向左移動，關閉遮光網，當鋼管碰到極限開關 ( $LS_2$ ) 時，則電源被切斷，馬達停止運轉，鋼管在無動力狀態下前進至平行之擋板

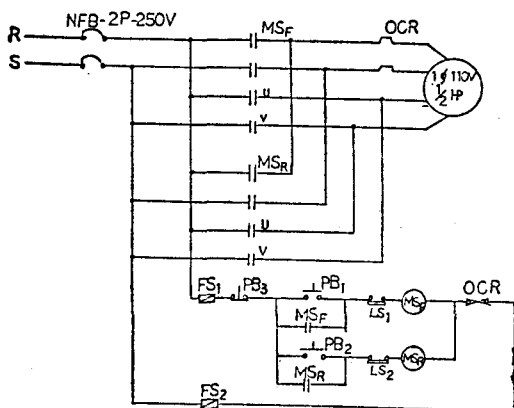


圖 7 線路圖

上而歸位。當遮光網在做向右或向左水平移動途中，只要按下按鈕  $PB_3$  (OFF)，則電源被切斷，馬達停止運轉，如此則溫室一部份遮光，其餘部份沒遮光，以適應同一溫室不同品種植物之栽培。線路中另裝有保險絲及過電流電驛，防止馬達超載。當極限開關 ( $LS_1$  或  $LS_2$ ) 發生故障時，按下按鈕  $PB_3$ ，可使全部動作停止，以策安全。

四、實驗設備與方法

採用 Eppley radiometer model 8-48 輻射儀 (Pyranometer) 量測太陽輻射量，並以 Watanabe 公司的 Servocorder type SR 6102 電壓記錄儀做自動記錄。溫度自動記錄器採用 Data Logger Model 3020 T 及 Multiplexer，配合 T 型熱電偶 (thermocouple) 量測記錄溫度。照度之量測採用 Lambda Inst. 公司之 L1-185 型照度計，量測範圍為  $0 \sim 3 \times 10^5$  Lux。熱電偶放置位置如圖 8，在栽培架平面放置五點，溫室中心高於栽培架 1.6 m 處放置一點，室外放置一點。為避免陽光照射影響溫度量測，每一量測位置均以鋁箔加以遮蓋。溫度記錄由上午六時半至下午六時，每隔半小時自動記錄。一個輻射儀置於溫室中心栽培架上或遮光網下，另一個輻射儀置於溫室最上方之馬達及蝸輪減速機遮雨棚屋頂上，室內輻射儀之轉換係數等於  $10.66 \times 10^{-6} \text{ v/wm}^{-2}$ ，室外輻射儀之轉換係數為  $9.09 \times 10^{-6} \text{ v/wm}^{-2}$ 。照度之量測每隔半小時於溫室中心或遮光網下方 45 公分處量測照度，再立即至室外量測照度，室外照度計置於不受建築物樹木影響之空曠處。

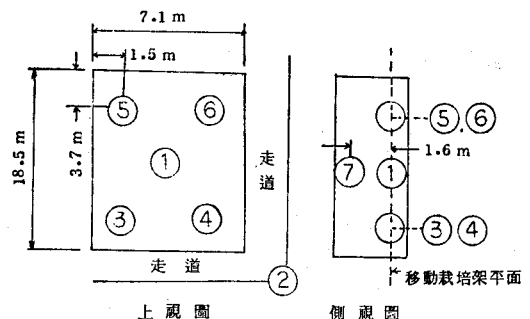


圖 8 熱電偶放置點示意圖

五、結果與討論

1. 遮光網對降低太陽輻射能量效果：

遮光網下方 45 公分處的太陽輻射量，平均降為室外之 40%，如圖 9 所示。

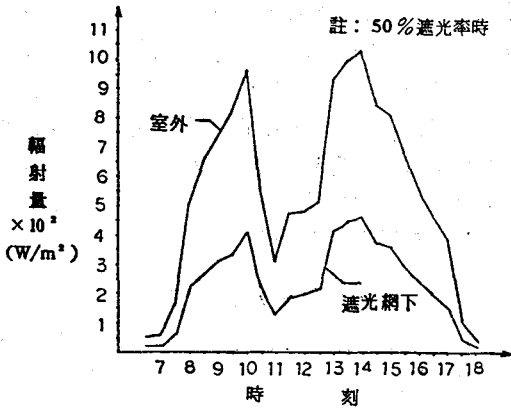


圖9 室外與遮光網下之輻射量 (76年6月24日)

2. 遮光網對降低照度效果：

遮光網下方45公分處的照度，平均降為室外照度之42%，如圖10所示。

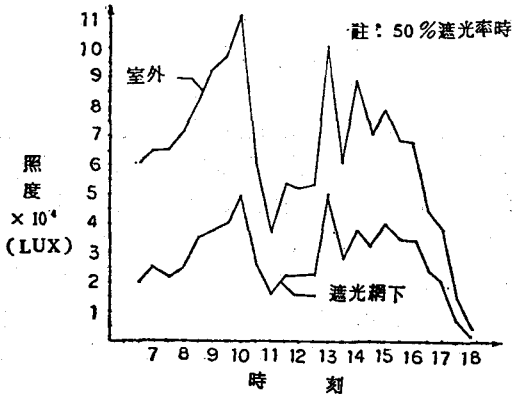


圖10 室外與遮光網下之照度 (76年6月24日)

3. 遮光設施安裝於山型 PVC 溫室對降低太陽輻射能量效果：

由圖11顯示，進入溫室的太陽輻射量除受遮光率50%之遮光網影響外，另外 0.3 mm 厚 PVC 與遮光板均會減少進入溫室的太陽輻射量，其中 PVC 及遮光板固定於溫室屋頂上，對太陽輻射能的降低是固定的，而遮光網可視天候陰晴狀態，適時的開啓或關閉，以獲得植物生長較佳之太陽輻射能。由遮光率50%之遮光網及 0.3 mm 厚 PVC 與遮光板三者共同的影響，溫室中心栽培架上平均太陽輻射量為室外之20%。

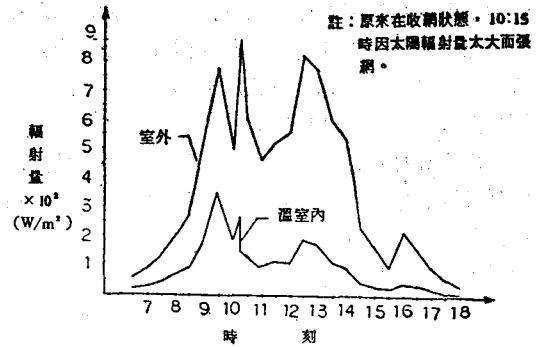


圖11 溫室內外輻射量 (76年6月19日)

4. 遮光設施安裝於山型 PVC 溫室之溫室內外溫度分佈：

由表1顯示，清晨及傍晚溫室內各點溫度與室外溫度幾乎相同，但愈接近中午時，溫室栽培架上各點的溫度均比室外低 1°C 至 3°C，此係由於遮光網、PVC、遮光板等均可減少進入溫室之太陽輻射量，及山型 PVC 溫室四周均祇以鍍鋅鐵絲網作為牆壁，溫室屋頂並有一30公分高18.5公尺長熱空氣流出口，可促進空氣自然對流。又溫室中心高於栽培架 1.6公尺處之溫度比栽培架各點的溫度高，顯示冷空氣下降熱空氣上升的現象。

5. 遮光板之遮光效果：

遮光網及 PVC 下之木材遮光板，寬度為 57mm，間隔 125mm，均勻分佈於溫室屋頂上。遮光板長度方向為南北方位。由圖12顯示，遮光板之遮光效果成週期性，谷峯的距離代表遮光板之最大遮光量。

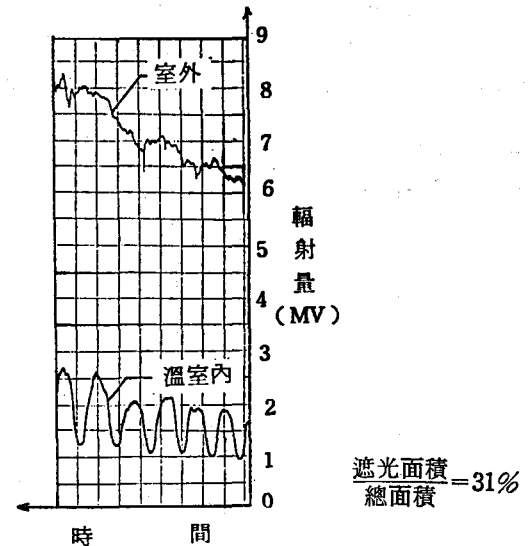


圖12 遮光板遮光效果 (76年5月26日9:00~10:30)

表1 溫室內外溫度比較表 (76年6月19日)

時刻	室外 (°C)	室內 (°C)						備註
		位置①	位置③	位置④	位置⑤	位置⑥	位置⑦	
6:30	26	26	26	26	26	26	27	26.2
7:00	27	26	26	26	26	26	26	26
7:30	27	27	27	26	26	26	28	26.7
8:00	28	27	27	27	27	27	29	27.3
8:30	28	28	27	27	28	28	29	28
9:00	31	29	29	28	29	29	33	29.3
9:30	35	32	32	30	31	32	36	32.2
10:00	34	32	32	30	32	32	35	32.2
10:30	34	33	33	31	33	32	34	32.7
11:00	34	33	32	32	32	32	33	32.3
11:30	33	33	33	31	32	32	34	32.7
12:00	34	34	33	32	33	32	35	33.2
12:30	36	34	34	33	33	33	36	33.8
13:00	37	34	34	34	34	34	37	34.5
13:30	35	32	33	33	31	29	36	32.5
14:00	33	34	34	33	33	33	35	33.7
14:30	32	33	33	31	32	31	33	32.2
15:00	32	33	32	31	32	32	33	32.2
15:30	31	31	30	30	30	29	31	30.2
16:00	30	30	29	29	29	29	30	29.3
16:30	30	30	29	29	29	29	30	29.3
17:00	29	29	29	29	29	29	29	29.0
17:30	29	29	29	28	28	28	29	28.5
18:00	29	29	29	28	28	27	28	28.2

6. 遮光網的降溫效果：

以臺大園藝系花卉研究室前屋頂上裝有遮光率50%遮光網栽培蝴蝶蘭之山型玻璃溫室，與其毗鄰另一間無裝遮光網栽培高莖之玻璃溫室做實驗，量

測兩間溫室中心溫度，其結果如圖13所顯示，遮光率50%之遮光網之降溫效果約在0.5°C至1.5°C之間。中午溫度愈高時，降溫效果愈明顯。

六、結 論

觀察實驗結果可得以下結論：

1. 遮光網可以降低進入溫室的太陽輻射量及照度，其遮光效果主要由遮光率來決定。
2. 遮光網裝在溫室屋頂上，可以降低溫室溫度，以50%遮光率之遮光網為例，約可降溫 0.5°C 至 1.5°C 之間，中間溫度愈高時，降溫效果愈明顯。
3. 間隔式遮光板之遮光效果成週期性變化。
4. 臺灣天氣變化量大，即使同一日的天氣，陰晴下雨變化亦大，所以溫室遮光設施機械化後，才能適時的機動性開閉遮光網，以使植物獲得適宜生

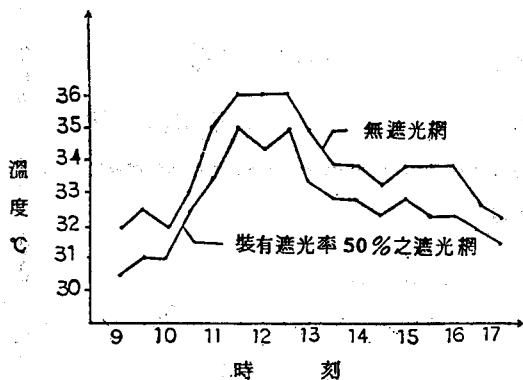


圖13 遮光網對溫室溫度降低之效果 (75年8月7日)

長的照度環境。

5. 颱風來襲前，將遮光網開啓，可使遮光網擠在一起，用塑膠帶將遮光網捆綁在支持不銹鋼線之 $1\frac{1}{2}$ "鋼管上，可減少颱風吹毀遮光網及遮光設施。
6. 溫室上層溫度比下層溫度高，爲利於室外冷空氣的流入，熱空氣的流出，溫室建築屋頂裝設天窗，周圍牆壁裝設側窗，可促進空氣對流及自然通風效果。

### 參 考 文 獻

1. 小栗富士雄原著、張兆豐主編。1977。標準機械設計便覽。第四版。臺隆書局。
2. 王鼎盛。1984。低造價農作物生產溫室（氣候控制）之研究。農業工程研究中心研究報告。pp. 85~100。
3. 王忻譯。1984。溫室花卉栽培法。徐氏基金會，pp.110~116。
4. 朱鈞。1984。作物學通論。臺灣商務印書館，pp. 76~82。
5. 吳中興。1979。太陽能空氣加熱器之熱傳模擬分析。中國農業工程學報，35(2)：60~77。

6. 湯文通。1975。農藝學。大同書局。pp.76~82。

7. 薛安科。1970。電工規則彙編。第四版。金龍彩色印刷廠。

8. Belt Conveyors for Bulk Materials. 2th Edition. CBI Publishing Company Inc.

9. Doughtie, V. L. and A. Vallance. 1964. Design of Machine Members, pp. 287-292. McGraw-Hill Inc.

10. Faires, V. M. 1955. Design of Machine Elements. 3th Edition. The Macmillan Company.

11. Hall, A. S., A.R. Holowenko and H. G. Laughlin. 1972. Machine Design. McGraw-Hill Book.

12. Hannan, J. J., W. D. Holley and K. L. Goldsberry. 1978. Greenhouse Management, pp. 194-195. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York.

13. Hsieh, J. S. 1986. Solar Energy Engineering, pp. 27-38. Prentice-Hall Inc.

14. Mastatalerz, J.W. 1977. the Greenhouse Environment, pp. 11-77, 174-177. John Willey and Sons Inc.

15. Özisik M. N. 1985. Heat Transfer. McGraw-Hill Book Company.

專營土木、水利、建築等工程

家慶營造有限公司

地址：宜蘭縣羅東鎮北成街126—1號 電話：(039)540532

專營土木、水利、建築等工程

棟和營造有限公司

地址：宜蘭市農權路129巷47號 電話：(039)353366

專營土木、水利、建築等工程

錦鼎營造股份有限公司

地址：宜蘭縣冬山鄉珍珠村22—8號 電話：(039)591807