

設施栽培微氣候控制原理

農業機械研究室
楊清富

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



大綱

- 微氣候控制 why & what
- 溫度控制
- 溼度控制
- 光度控制
- 感測器
- 溫室環控系統的新技術

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



為什麼要微氣候控制?

- 增加作物產量或改善生產品質
- 避免不利的生長條件
- 保持適當的溫/溼度
- 省錢又能增加產量的方法：
 - 足夠的通風量
 - 好的通風管理
 - 選擇被覆材料

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



微氣候控制, 我們能控制什麼

- 溫度
 - ◆ 15 - 28 °C
- 溼度
 - ◆ 60- 90 %
- 照度
 - ◆ $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ or W/m^2
 - ◆ Type (PAR / NIR / IR)
- CO₂
 - ◆ 350 - 1000 ppm

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



如何進行微氣候控制

- 溫度
 - 加溫
 - 降溫 (自然通風, 機械通風)
- 溼度
 - 除溼 (自然通風, 機械通風)
 - 噴霧
- 光照
 - 永久型 → 屋頂批覆
 - 可控型 → 遮蔭網

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



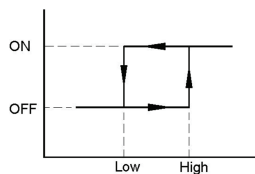
靠什麼進行微氣候控制

- 人工
 - 時間點
 - 費時
 - 控制依據為何(感覺? 達人?)
- 半自動
 - 較快
 - 需靠管理者控制開/關
- 全自動
 - 依感測資訊進行控制(Open Loop)
 - 由電腦依設定進行控制(Close Loop)



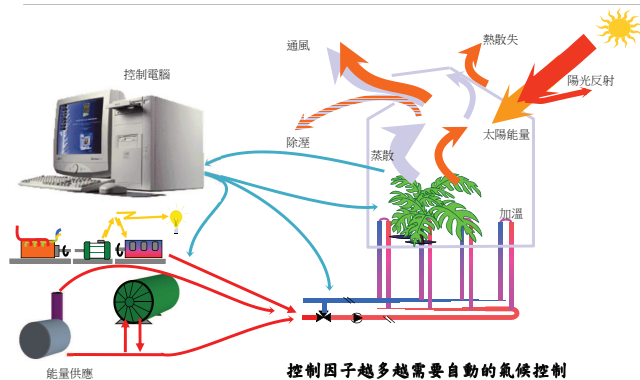
溫室環控常用的控制方法

- 時間延遲控制(Time delay)
- 量測值平均化控制(Average measurements)
- 截止區機能控制(Dead zone)



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

微氣候控制-系統規劃



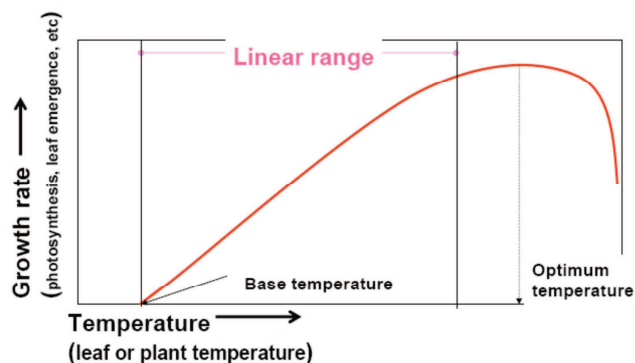
控制因子越多越需要自動的氣候控制

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

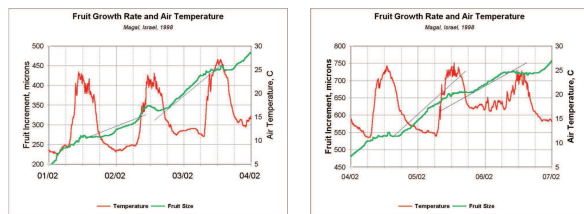
溫度控制

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

溫度與植物生長的關係



生長速率-溫度



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

溫室降溫常用的技術有如下數種

- 通風
- 蒸發冷卻
- 機械空調
- 遮蔭

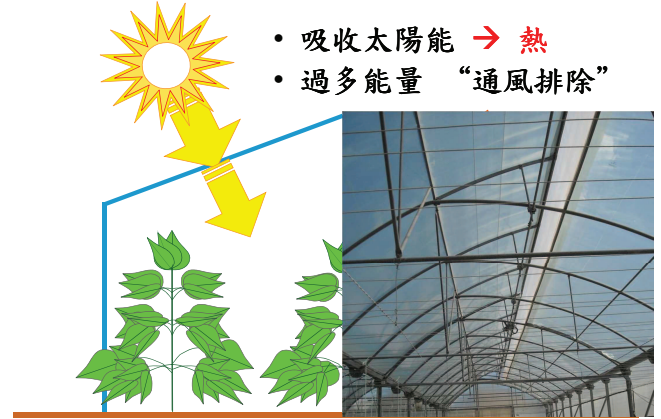
行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

環控作業對於溫室內部微氣候與作物生理之影響

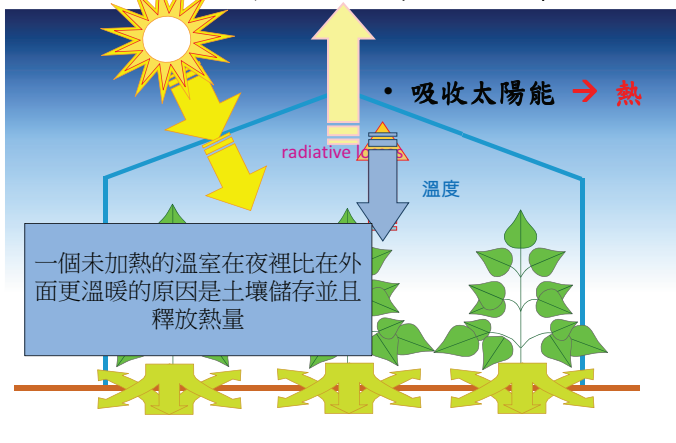
環控作業	溫室內部		蒸氣壓差	作物蒸散作用	灌溉需求
	氣溫	相對溼度			
1. 陽光光量增加	增加	降低	增加	增加	增加
2. 遮蔭	降低	增加	降低	降低	降低
3. 通風 (大氣溫度低於溫室氣溫)	降低	降低或增加	增加	增加	增加
4. 蒸發冷卻	降低	增加	降低	降低	降低
5. 冷凍機械	降低	降低	增加	增加	增加

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

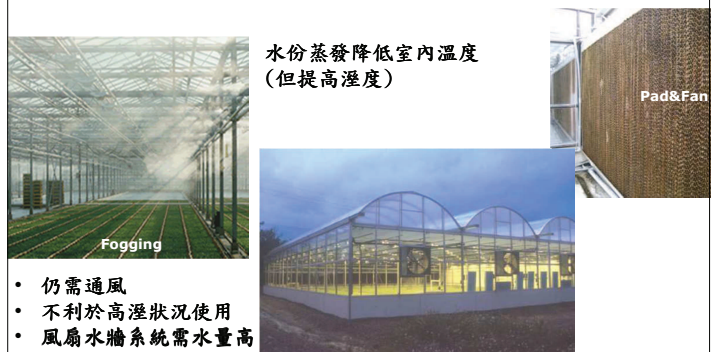
溫室如何運作：溫度



溫室如何運作：熱輻射散失

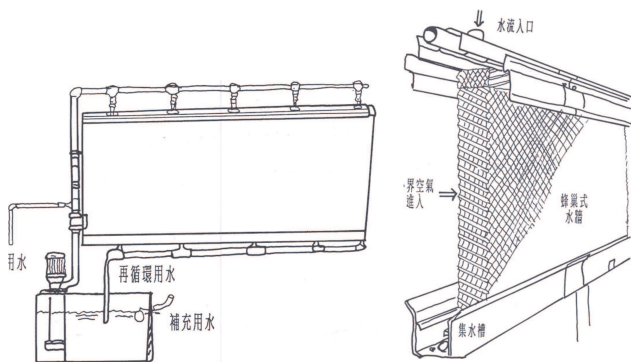


氣候控制-蒸發冷卻



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

風扇水牆系統



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

風扇水牆的特性

- 風扇水牆冷卻，單獨使用內部氣溫可被降低4-6°C之間，而伴隨遮蔭使用則可降低4-12°C。可滿足80%乾燥夏天狀況溫室的冷卻需求。
- 透過蒸發水牆足以在乾燥天氣狀況下使溫室內部達到可容忍的狀況。但是，風扇水牆並不能處理溫室內累積的過度熱(所吸收的太陽能)，因此沿著溫室會有顯著的溫度與溼度梯度。
- 連續操作與不佳水質會引起水牆逐漸阻塞，因而導致冷卻性能的下降。溫室內部高溼度(水分)也促進微生物的生長，也因此使作物容易致病。
- 水牆必需適當地維護，鹽份積累與藻類生長是水牆長壽的最大威脅。

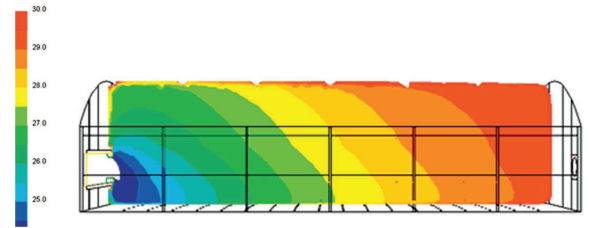
行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

水牆安裝注意事項

- 風扇水牆之最佳距離為30-45m
- 水牆要連續設置不要有缺口
- 溫室密閉性影響水牆效能
- 水牆配水表面乾溼不均影響效能
- 水牆保養
 - 水泵浦關機時間
 - 青苔、細菌、水中雜質沉澱

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

風扇水牆-溫度梯度



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

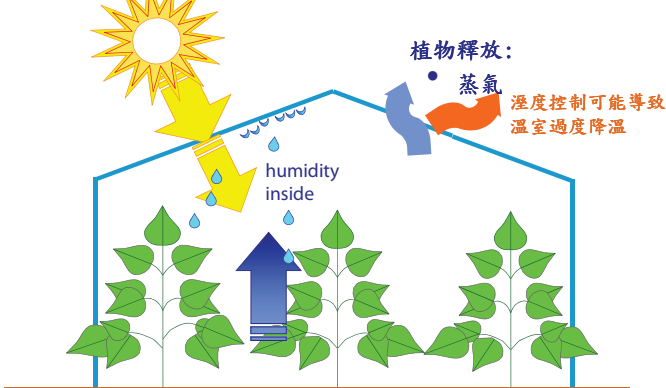
溼度控制

微氣候控制，溼度

- 溼氣的來源
 - 植物蒸散
 - 蒸發
 - 地板潮溼、水槽
- 能量通量
 - 蒸發需要能量
 - 熱的時候能讓溫室降溫
 - 冷的時候需要額外的熱能
 - 凝結釋放能量

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

溫室如何運作：溼度



微氣候控制，溼度

- 溼度，如何控制？
 - 開窗控制 - 依據(RH)
 - 加溫
- 溼度太高的場合
 - 開窗，依據天候狀況 (RH & T)，通風量依據風速及風向而定
 - 測量溼度變化
 - 增加開窗度或反之
- 移除溼氣 .. g/m^3
 - 機械通風 (除溼)
 - 控制性增加但可能導致熱損失



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

微氣候控制, 溼度

- 外面溼度跟裡面一樣高
 - 通風無法改善
 - 少量通風並讓室內升溫
- 日間通常不太需要溼度控制
- 避免凝結
 - 屋頂型式/材質
 - 空氣循環



Tainan District Agricultural Research & Extension Station

加溼系統

- 以低壓噴霧或水滴方式進行植物加溼
 - 成本低
 - 相對溼度不容易控制
- 以低壓霧滴進行空氣加溼
- 以高壓微霧進行空氣加溼
 - 施壓壓力為70-120bar
 - 微霧比其他水滴，或霧滴更能調節相對溼度，而且植物表面能夠保持乾燥

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

微氣候調節之溫度及相對溼度因子

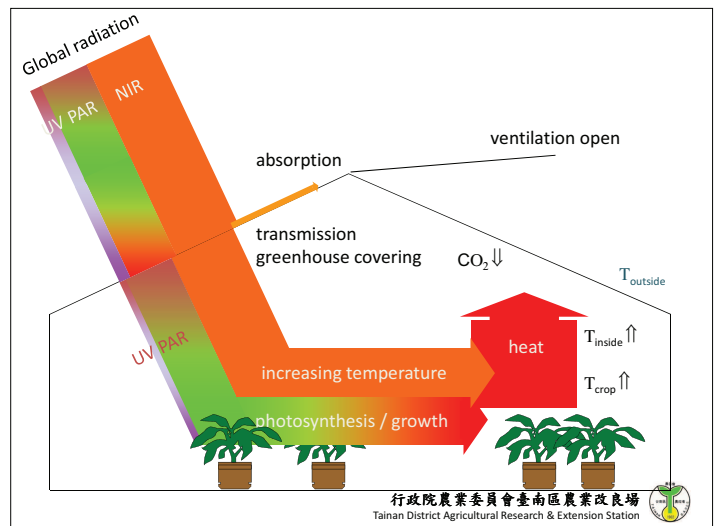
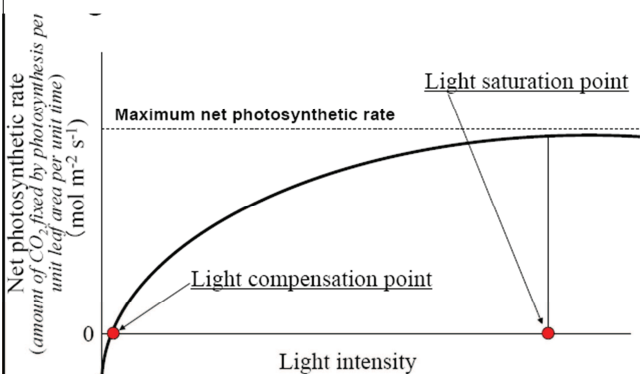
- 溫度太高，相對溼度合適，進行降溫。
- 溫度太高，相對溼度太高，進行降溫除溼。
- 溫度太高，相對溼度太低，進行降溫加溼。
- 溫度適合，相對溼度太高，進行除溼。
- 溫度適合，相對溼度太低，進行加溼。
- 溫度太低，相對溼度適合，進行加溫。
- 溫度太低，相對溼度太高，進行加溫除溼。
- 溫度太低，相對溼度太低，進行加溫加溼。

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

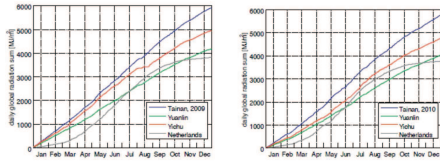
光度控制

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

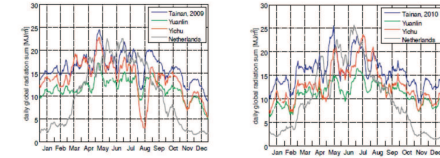
植物葉片光合作用率之光反應曲線



太陽輻射



2009(左)2010(右)年臺南、雲林、義竹的累積日照總輻射量



2009(左)和2010(右)年台南、雲林、義竹和荷蘭的每天日照輻射總量。

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



- 臺南的年日照輻射總量為60億焦耳，荷蘭則為39億焦耳，相對於荷蘭，臺灣有較高的太陽輻射量，此外，全年的日照輻射量也較為穩定，基於這二點，臺灣蔬菜生產的產能也高於荷蘭。
- 但是，由於較高的日照輻射量，可預期溫室內外的溫度相對也較高。

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



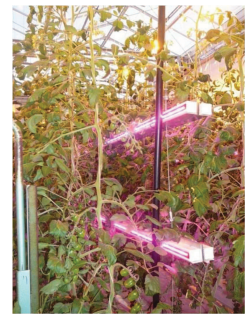
光感測器

- 光量子感測器(Quantum sensor)
 - 400 -700 nm的光線與光合作用有很密切的關係，此範圍的光稱為光合作用有效光譜(Photosynthetically Active Radiation, 簡稱PAR)
 - 植物生理有關的量測應是量測光合作用光子通量密度，即單位時間內落到單位面積的平面上波長範圍在400-700nm的光子數量，常用的單位為 $\mu\text{mol}/\text{sec m}^2$ 或 $\mu\text{E}/\text{sec m}^2$ ，使用的感測器為光量子感測器(Quantum sensor)
- 照度感測器(Photometric sensor)，
 - 用量測可見光(380-780nm)，單位為lux(lumen/m²)，或燭光(fc=lumen/ft²)
- 輻射感測器(Pyranometer)，
 - 用量測來自太陽或天空的輻射，其單位為W/m²，主要感測元件為電熱堆(Thermopile)或光電池(Photo cell)

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



補光



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



光度控制-內外遮蔭



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station



被覆材質-光度



透光率<<50%



透光率>75%

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

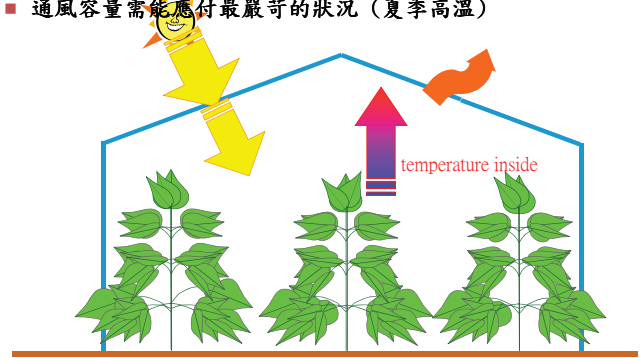


通風

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

微氣候控制, 通風

- 通風是移除多餘太陽能最經濟的方法
- 通風容量需能應付最嚴苛的狀況 (夏季高溫)



通風型態

- 自然通風
- 機械通風



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

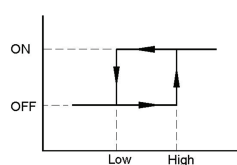
溫室通風換氣量設計標準

- 美國：0.7-0.8次 min^{-1} ，每分鐘0.7-0.8溫室體積換氣率。
- 荷蘭：100 $\text{m}^3/\text{m}^2\text{-hr}$ ，每小時溫室面積每 m^2 ，100 m^3 換氣率。
- 台灣：1.5-1.8次 min^{-1} 。

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

結論 (通風 & 溼度)

- 外面溼度跟裡面一樣高
 - 通風無法改善室內溼度
 - 少量通風並讓室內升溫
- 日間通常不太需要溼度控制
- 增加 加熱及通風 "No-action band"



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

感測器



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

溫室常用的感測器



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

感測器損壞原因與影響因子

原因	影響的因子
1. 感測器失效	1. 損壞，污染，外在環境影響例如浸水，機械傷害，電壓高壓傷害。
2. 接觸不良	2. 感測器與量測對象無正確接觸。
3. 線路失效	3. 線路鬆落，毀損，破裂或連結不良。
4. 設定不良	4. 元件設定不正確，補償或校正的設定不良。

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

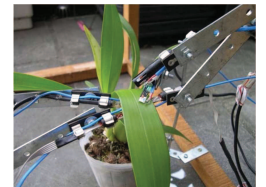
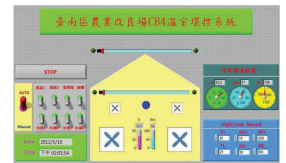
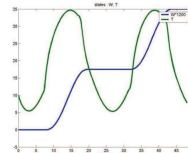
感測器量測問題與原因

量測問題	發生之原因
1. 讀出值之偏差低於規格書範圍	1. 偏差太小，無法診斷
2. 較大的偏離值	2a. 感測器輸出值可能正確，但是參考的標準值反而有誤 2b. 導線連結不良，接地不正確，導線過長，作業環境溫度太高 2c. 部分短路，通常是水份或養液污染線路。將損壞的導線更換，對於元件加以保護可克服此問題。
3. 極大的偏離值	3a. 線路短路或鬆動3b. 感測器已損害
4. 讀出值跳動	4a. 水份傷害導線或感測器 4b. AC頻率選擇錯誤 4c. 接地不正確 4d. 輸入電壓超過需求 4e. 感測器放置位置不良，例如溫度計置放在陽光下，光量計受到遮蔭，CO2感測器放置於鍋爐排氣位置等。

行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

溫室環控系統的新技術

- 圖控與遙距之應用
 - 信號傳送
 - 警告訊號傳送
- 作物本體感測之結合
- 作物生產模式之應用



行政院農業委員會臺南區農業改良場
Tainan District Agricultural Research & Extension Station

謝謝聆聽
敬請指教