

# 1. 設施環控技術



國立中興大學  
生物產業機電工程學系  
生物系統工程研究室  
陳加忠

BSE網站

網址：[bse.nchu.edu.tw](http://bse.nchu.edu.tw)



## 設施定義

- 1. 人為建築。 2. 改善作物生長環境。
- 不利點：增加生產成本。

### (一)、農業所用設施


- 1. 遮雨棚。
- 2. 遮蔭網室。
- 3. 溫網室。





設施定義  
(二)、溫室之定義

1. 有屋頂和牆壁。
2. 透光之覆蓋材料。
3. 人員可在內部工作。





## 使用設施的問題

1. 需求花錢搭建設施?
2. 設施要求要多好?



Greenhouse for *Phalaenopsis* industry



## 設施栽培之三大項作業

1. 生產環境之監控: 結構與環境控制
2. 作業流程之機械化與自動化
  - a. 減少人力需求
  - b. 考慮成本、作業性能、產品品質
3. 作業規劃
 

物料、人員、空間佈置、設備與動線安排



## 設施栽培之演變：

第0階段：傳統露地栽培，作物生長環境由大氣氣候決定，因此又稱為“看天田”階段。

 第1階段：保護作物於不利之環境，例如遮蔭網與遮雨棚

## 設施栽培之演變：

第2階段：利用溫室進行作物栽培，以人為設備控制溫度，相對濕度與二氧化碳濃度，並以遮蔭網與人工光源局部調節光量，因此作物地上部環境得以人為控制，作物不再受到自然氣候環境控制。

## 設施栽培之演變：

第3階段：無土栽培或是人工介質栽培。作物地下物所處之環境為人為調配之介質，並利用灌溉控制以調節水分與養分。介質之透氣性、保性、酸鹼度等物性均可加以預先調整。在此階段作物地下部環境可以人為控制。因此作物不受泥土性質限制。



## 設施栽培之演變：

第4階段：

人工光源控制。作物之光源由人工燈所提供。因此光環境之光週期、光量、與光質完全由人為控制。在國外研究界又稱為“植物工廠”。



## 設施栽培之演變：

第5階段：  
重力由人為控制，應用於未來之太空農場。在重力低於地球重力之情況下，控制與調節作物之生長。



## I、設施環控

- A、氣體環境：溫度、相對溼度、光量、光質、光週期、風速、CO<sub>2</sub>
- B、根部環境：介質水分、通氣性、保水性、養分濃度



## I、設施環控

### C、環境調節：依作物生長需求

#### a. 氣體環境

光合作用、呼吸作用等

溫度、光量、…….

蒸散作用

溫度、光量、相對溼度、風速

#### b. 根部環境

1. 養分與水分之吸收、運輸



## I、設施環控

### D. 決定環境控制之參數

1. 氣體環境：溫室環控

2. 根部環境：灌溉、施肥



## 設施之發展

### 1. 歐洲、北美地區之溫室

日照不足、溫度低。

### 2. 中亞之溫室

白日：高溫低濕，晚上低溫低濕。

利用蒸發冷卻技術。

### 3. 赤道地區高原上之遮雨棚、遮雨棚

溫度：20~25 C，風力強。

問題：暴雨、烈日。

設施技術應用：以日本為例

1. 溫室：全年栽培之用。

2. 遮雨棚：特定季節。



## 台灣特殊之氣候：

1. 春季：光量不足，光質不佳，溫度不穩定。
2. 梅雨季：下雨日期多，光量不足，相對溼度高。
3. 夏季：高溫高濕，烈日，暴雨與颱風。
4. 秋季：氣候涼爽，相對溼度低。
5. 冬季：白日溫度為20-25°C，最低溫度因寒流的時間與威力而不同。

## 台灣設施要求功能

能開放又能氣密

### 1. 春季與秋季：

充分開放，通風良好

### 2. 夏季：

氣密、利用蒸發冷卻進行降溫

### 3. 冬季：

氣密、利用加溫機加溫。

### 設施栽培之選擇

1. 作物：作物生長特性
2. 季節：不同之季節氣候
3. 地點：微氣候特性

### 影響設施環境的三大因子：

#### 1. 大氣條件：

日夜溫、濕度、陽光

能量、光質、光照時間



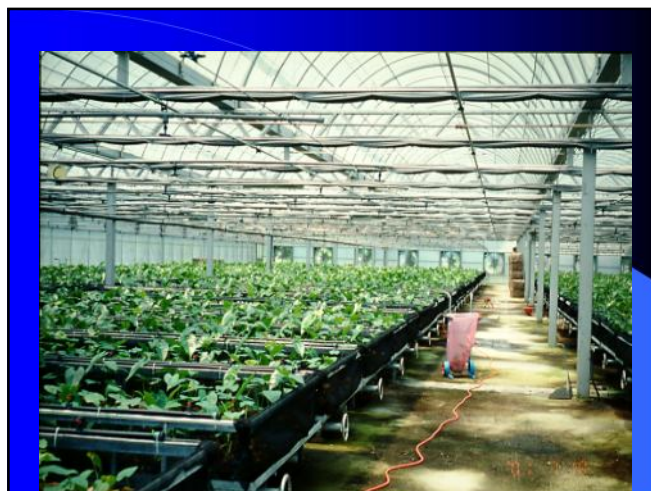
### 影響設施環境的三大因子：

2. 設施結構與材料  
屋頂形狀與角度、  
披覆材料、  
使用之遮蔭網



3. 環控設備

設施環控真正的重點：  
內部的作物真正需要的  
環境是什麼？

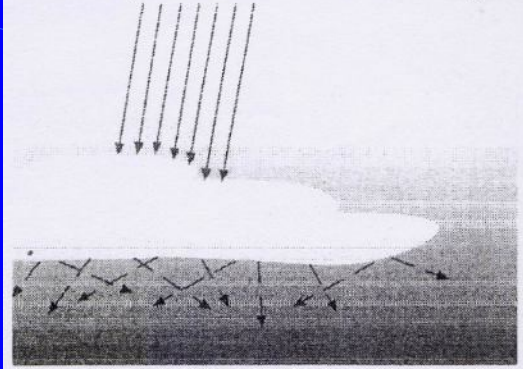


直射光與散射光：因植物需求而不同

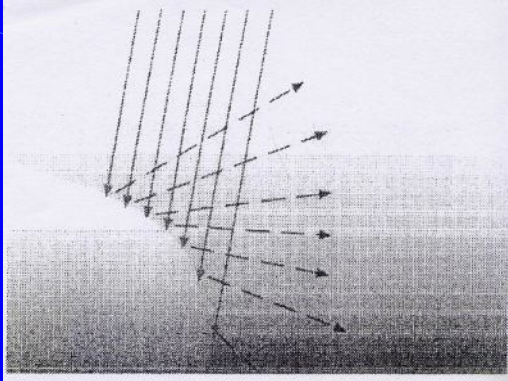
1. 果菜：
  - a. 生長點附近的光線、溫度
  - b. 因此直射光十分重要
2. 蝴蝶蘭：
  - a. 每片葉片均有光合作用能力，都需要光線
  - b. 需求光量不強
  - c. 需要長光照
  - d. 冬季的散射光十分重要



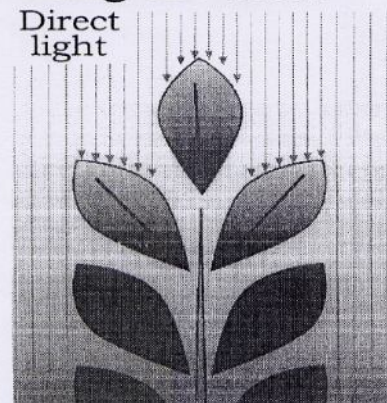
Radiation transmitted through clouds, dust and water drops



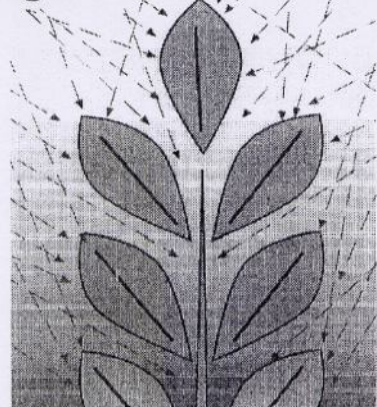
Radiation reflected from reflective material



Distribution of light along the stem



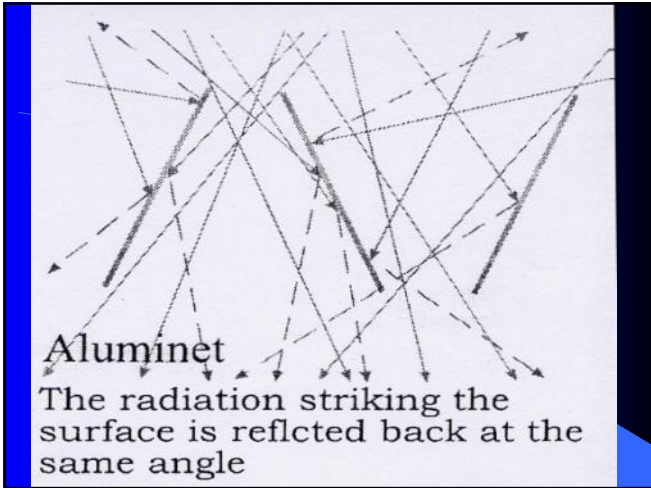
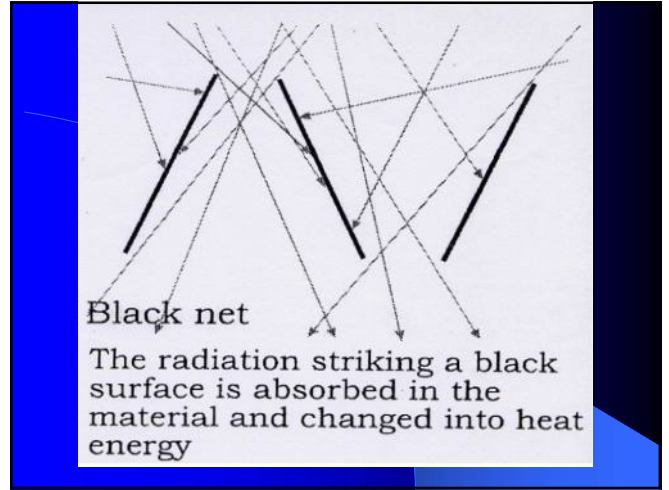
Diffused light



使用遮蔭網的問題：

利用遮蔭網之最初目的在於減弱進入設施內部之熱源，用以疏解熱累積，因此以減少熱源為目的之理想遮蔭網應是以減少了近紅外線範圍之光源為主，但是遮蔭網之遮蔽性能往往不具選擇性，因此也影響了設施內內光合作用有效能量。










## 世界各地區溫室之發展


一、歐洲溫帶海洋型氣候地區

1. 覆蓋材料透光性愈大愈好，因此選擇使用玻璃。
2. 溫度變化不劇烈，因此以熱水管加溫，加溫燃燒天然氣之副產品CO<sub>2</sub>，可用以施用於溫室之內。



## 世界各地區溫室之發展


3. 夏天利用風力進行自然通風，內外溫度差維持於5°C以內。
4. 春秋兩季，白日利用溫室的密閉性以溫室效應調節溫度。內部空氣溫度太高，則以自然通風之風力疏解熱累積。



## 二、溫帶冷冬型氣候

此地區之溫度以北歐諸國，德國，中歐內陸等地為主。

1. 夏天之氣溫與第一型氣候相近，最高日溫不超過25°C
2. 但是冬季氣溫偏低，氣溫可低於-10°C以下。



## 二、溫帶冷冬型氣候

3. 使用的溫室型態與荷蘭溫室相近，但是屋頂以大跨距山型屋頂為主，以避免積雪之重壓力。
4. 冬天加溫機的加溫能力要遠高於第一型地區。



## 三、溫帶大陸型氣候

此地區以北美洲中部，中國大陸之東北，華北等地為例。

1. 冬天酷寒乾燥，溫度可低於-20至-30°C。夏季酷熱，可高達40°C。年溫差極大，
2. 使用的溫室為山型屋頂大跨距溫室，以避免冬天之積雪。



## 三、溫帶大陸型氣候

3. 夏天之大氣高溫高於作物容許溫度。因此使用兩個方式加以解決：
  - a. 夏季休耕，溫室密閉，進行修補維護作業。
  - b. 使用蒸發冷卻技術以降溫，例如使用蜂巢式水牆與風扇。



## 日本與韓國之特殊問題

1. 氣候雖然屬於溫帶季風氣候區，周圍有海洋圍繞，但是夏天與冬天氣溫卻與此溫帶大陸型氣候相同。
2. 高壓帶籠罩在此東北亞地區，造成了夏季溫度最高溫度為35-40°C，而且多雨。

颱風更為日本、韓國之特別問題



## 日本與韓國之特殊問題

3. 此兩地區溫室的結構強度要求更高於其他地區。
4. 由於日本農產品價格昂貴，農民很少終年生產品，因此溫室之使用為季節性。
5. 利用加溫機加溫與各型天窗，側窗以調節內部溫溼度。極少有溫室使用機械性通風或水牆設備降溫。



## 四、亞熱帶氣候區

典型代表即是台灣與中國大陸東南沿海地區、日本九州南部，南韓南部沿岸，與美國東南側大西洋各州。

此氣候區的年溫差比大陸型氣候小。但是由於冬季北極之寒流南下，因此冬季氣溫比同緯度之地區更低。美國墨西哥沿岸也有此氣候特性，但無冬季低溫。



## 台灣特殊之氣候：

1. 春季：光量不足，光質不佳，溫度不穩定。
2. 梅雨季：下雨日期多，光量不足，相對溼度高。
3. 夏季：高溫高濕，烈日，暴雨與颱風。
4. 秋季：氣候涼爽，相對溼度低。
5. 冬季：白日溫度為20-25°C，最低溫度因寒流的時間與威力而不同。



## 設施栽培之環境管理

1. 遮蔭網：利用各種遮蔭之材料以減少陽光到達花卉之日照量。此種設施最嚴重的問題在於通風不良，造成夏天內部之悶溼現象。



## 設施栽培之環境管理

2. 遮雨棚：主要的目的在於擋雨，最早為蔬菜栽培者採用。內部的熱量只有依靠大氣之自然風力加以排除。
3. 遮雨棚加覆遮蔭網



## 台灣花卉溫室四大類型：

- 1、第一型溫室：蝴蝶蘭為主

完全氣密之溫室，不具天窗與側窗。利用水牆與負壓風扇解決夏季問題，以內循環風扇改善內部相對濕度之環境。冬天加設加熱機以提高溫度，近年來研究重點為光質之調整與作物生理感測為主之環控系统



## Greenhouse for *Phalaenopsis* industry



### 2、第二型溫室：文心蘭為主

溫室兩側為防蟲網，兩側加裝捲起裝置以調整氣密性或開放性。有一側加裝負壓風扇，風扇對面山牆增設附有防蟲網之開口。溫室內部加裝噴霧設備以進行蒸散冷卻之降溫作業。噴頭均勻分佈於溫室內部，環控技術為間歇式噴霧降溫。



### 3. 第三型溫室：火鶴花與國蘭

結構與第二型溫室相近，但是噴霧之噴頭分佈集中於空氣入口側三分之二處，環控技術為連續式噴霧降溫，利用噴霧之噴頭作用數目進行環控作業。



### 4、第四型溫室：冬花夏果型

結構與第二型溫室相同，但是不使用蒸發冷卻原理進行降溫。

溫室內部之作物非一年生以上之作物。在冬、春兩季，溫室內部以加溫為主。夏、秋季利用灌溉方式配合機械通風，以作物本身之蒸散作用進行作物本體之降溫作用。



## 環境調整之極限

### 一. 自然通風

1. 溫差作用：  
內溫高於外溫，5~30 C
2. 風力作用：  
內溫高於外溫，0 C以上。

## 環境調整之極限

- 二. 機械通風：  
內溫約等於外溫，0 C以上。
- 三. 蒸發冷卻：  
內溫低於外溫，-5~-7 C
- 四. 冷凍機械。

## 四、溫室環境調節技術：溫度、相對濕度、光能量（光量、光質、光周期）

### （一）溫度

#### A. 加溫：

1. 溫室效應：密閉溫室，留住進入陽光能量
2. 加溫設備：熱風加溫機、熱水管加溫機



#### B. 降溫：

1. 天窗側窗之自然通風：白日大於外界 5-20°C
2. 機械風扇通風：白日與外界溫度相同
3. 水牆與風扇：由大氣相對濕度決定降溫能力，在台灣白日低於外界溫度6-8°C。在美國低濕地區白日低於外界溫度 12-15°C。
4. 冷氣機



Note：溫室夜間部溫度通常與大氣溫度相同，降夜溫的唯一方式：使用冷氣機

### （二）相對濕度

1. 加濕：灑水、噴水、噴霧
2. 除濕：冷氣機、除濕機
3. 維持溫度與濕度，避免凝結水：  
機械通風或內循環



### （三）光能量

#### a. 光量

1. 增加：人工光源
2. 減少：遮蔭網

#### b. 光照時間

1. 增加：人工光源
2. 減短：黑幕處理

#### c. 光質

1. 大氣情況：雲層
2. 遮蔭網材料與製作方式



## 五、環控設備的限制：

環控能力與使用成本

1. 大氣的最大限制條件：陽光光量與夜溫



## II. 溫室栽培之管理

### 一、設施結構與資材：

所處之位置(緯度)、方位、形狀(長、寬、高、屋頂斜率)、連棟時之間距、棟數、建築材料、被覆材料(光學與熱學物性)、設施之密閉性。



## II. 溫室栽培之管理

### 二、環控設備：

1. 環控機械及裝置：內外遮蔭網、天窗、側窗、兩側捲起等機械裝置、噴霧裝置、風扇、蜂巢式水牆及水邦浦等。
2. 控制裝置：開閉式，數位式開關、微電腦控制器等。
3. 決策與控制軟體：



## II. 溫室栽培之管理

### 三、內部作業設備：

包括介質處理，種苗生產與移植，病蟲害防治作業，灌溉施肥作業，內部搬運作業，空間佈置利用，廢棄物處理。

- ### 四、生產規畫與管理作業：
- 包括作業場佈置、機械動線組合、物料管理、收穫物之銷售計劃等。



## 二十一世紀的溫室

1. 單位面積更高的產量。
2. 產品的品質更為提高、更好。
3. 化學品(農藥、肥料等)的使用量愈低。
4. 資源(能源)與資材的消耗愈少。
5. 興建與使用成本愈低。

