

花卉設施栽培技術之現況與發展

國立中興大學農機系教授
陳加忠

花卉設施栽培技術

國內花卉生產面積逐漸擴大，為了穩定產量與品質，以減少外界大氣環境的干擾，設施使用面積也為之增加。利用設施從事花卉之本意即如此：消極地不受到外在不利環境的干擾，損害。積極地利用設施結構配合其他控制設備，調整內部微氣候。使原先不利的環境轉而成為適合的生產環境。

台灣的地理位置位於亞熱帶，由於地形複雜，具有高山、平原、盆地、坡地等各種地形。加上海島氣候，存有各種不利花卉生產之因素如冬日寒流、夏日強日照、強風、暴風與長雨季等。對於短期生產之花卉，只有以季節性生產方式以減少氣候環境之衝擊，例如在冬季種植百合。對於長季節或經年生產之作物，必須利用設施才能進行生產，蝴蝶蘭、文心蘭即是一例。而若要進行產期調節，使作物在原來大氣環境下無法生產的季節進行生產，則必須利用設施配合各種機械設備加以改善設施及內部微氣候。而為了使調節作業更順利，調整之效果更精確，各種自動控制設備也逐漸引入應用。

依據多年之栽培經驗，國內花卉生產逐漸有了共同結論，唯有使用設施生產，才能保障花卉品質，不受外界氣候所干擾、影響。然而設施之利用並不是在地上搭蓋一個建築以提供花卉生產而已，仍然要解決許多衍生的問題。栽培者常存有的問題如下：

問題一、“種植的花卉使用設施一定會賺到錢？”

由國內許多栽培者對設施的使用經驗，溫室與設施並不是萬用工具，真正面對的事實如下：

1. 利用設施或溫室生產花卉，不見得能夠提高花卉的產量或品質，不適當的設施，反而使作物生產產生了負面影響。
2. 使用設施一定會提高生產成本，因此以設施生產雖然提高了產量與品質，但是不一定會有利潤可言。

最完美的設施或溫室是什麼？此問題並沒有一定的答案。以國內研究單位為種原保存而採用荷蘭原裝進口之玻璃溫室為例，常見到夏天內部種植作物因高溫而生長不良的案例。在一般人的觀點中，功能最精密、最具規模的

荷蘭溫室，在國內環境使用時，均無法保證可用，更不用談到賺錢。事實上，沒有“完美的溫室”，只有“適用的溫室”。適用則必須滿足兩個條件：

1. 內部的環境可以適合作物生長。
2. 在成本計算後有利潤可言。

問題二、“為何台灣的溫室無法如同荷蘭，設計與建成相同規格？”

此問題之解答則可說明如下：

1. 荷蘭的溫室面積大約有一萬公頃以上，集中在一定的範圍之內。溫室所處之氣候，地形都相近，因此適用的密閉式玻璃溫室可應用於此地。
2. 以荷蘭之溫室為例，其基本原則為密閉保溫，並使用良好之透光材料為覆蓋物，但其結構並未完全相同。其溫室型態除了國內熟知之 Venlo 型，另外還有寬距型（Wide-Span）與寬距改良型。近年來，開始發展屋頂可完全開閉控制之塑膠布溫室。
3. 近年來，美國花卉產業也開始受到重視，美國花卉生產所用的設施與溫室則隨美國氣候的複雜性而改變，使花卉業者採用之溫室型式亦為各型各色，並沒有一定之型式。

由上述說明可得知，在台灣複雜的地形，多樣化的氣候變化下，以一種固定型態之溫室從事所有花卉之生產是不可能的，因此溫室興建之規畫十分重要，適當的規畫不但可以得到適用的設施及溫室，減少投資成本，並使生產流程順暢。不良的規畫不但造成多餘的浪費，並使作物生產受到阻礙。

在介紹設施結構之前，先有一個結論：“設施栽培因其結構，環控方式，內部作業系統及栽培作物等有不同之型式，因此無法以單一結構之設計以適應所有作物的需求”。從事設施生產相關之技術項目歸類如下：

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。

二、環控設備：

a. 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。

b. 控制裝置：開閉式，數位式開關，類比控制、數位控制器、微電腦控制器等。

c. 決策與控制軟體：依據感測訊號進行決策判斷，指揮控制設備的作業軟體。

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。

整合型設施生產之理念

設施生產所面臨多方面的問題。對溫室本身而言，結構及形式，環控設備與環控系統互相影響，其環控能力受外在大氣情況之限制。而環控設備愈複雜化作業成本愈提高。作物在設施內之栽植狀況又相互影響，例如增加溫室內部的栽植數量，即增加單位面積之種植量，則提高作業資材使用量，增加病蟲害感染機率，影響作物成長期限，作物產量與作物品質，而最後兩項因素產量與品質決定了作物之栽植收益。

在設施栽培時，內部為一複雜多樣性空間，需要合理化規畫使作物生產效率與生產成本有最佳之抉擇點。由設施之結構與環控要求，配合作物生產需要之機具、設備、資材計算生產成本。溫室生產影響因子除了溫室之環控極限之外，作物生產時其生長氣候條件，病蟲害防治工作等因子均影響其產量，市場之售價更影響其收益。因此在從事設施生產之前，作業規畫應考慮以下條件：

規畫條件	業者條件
溫室型式與設備	適種作物
地區氣候條件	單位面積收益
環控能力	
結構能力	
單位面積成本	

對溫室生產業者而言，首先需要考慮以下三項條件：

- A. 種植作物所需要生長條件。（溫度、相對濕度、日照量等）
- B. 種植的地點，即代表其大氣環境。
- C. 在特定季節生產或全年生產。

其他之工作則應由農業工程師或溫室業者協助栽培規劃。而規劃的步驟如下：

首先將作物生產所需之微氣候條件（日照量，溫度，相對溫度，忍受之風速等）與當地之自然氣候資料加以比較，再以設施內部微氣候模式以計算評估加熱、降溫，遮蔭等環控作業需求。由環控之需求性再決定所用設施或溫室之結構是開放型或密閉型，並選擇環控需求之種種設備。此外，由當地氣候特性（季風強度，颱風路徑等）以決定在抗風需求下之結構特性。上述之考慮因子主要針對溫室之結構與環控設備。

其次根據作物生產的作業項目選擇利用的機具及相關設備。這些機具的利用都與溫室結構有所相關。由於許多溫室內部作業設備往往利用溫室之上部空間做為機具之承載部（如懸掛輸送系統，懸吊式自走噴水、施藥系統等），機具負重對於溫室結構之影響必需加以考慮。

再次，在確定溫室結構，環控設備與內部作業機具及設備之後，生產規畫開始進入成本分析階段。以成本計算模式計算溫室、環控設備、內部作業機械、使用能源等年支出成本。此外作物生產各類資材如種苗、盆器、介質、農藥、肥料、藥劑等成本

都需要合併計算於生產成本。

最後，由作物生長模式來估算利用環控設備進行內部微氣候調整後，每年之單位面積產量，配合市場售價以決定年收入。由年支出成與年收入可判斷此生產計劃是否有利潤可言。

在上述之設施生產規劃中，每項作物之生產往往不是只有一項選擇。以生長季節為短期之生產作物（如切花）而言，可以利用簡單的設施配合大氣自然氣候進行特定季節之生產，也可以採用環控設備完善，結構精密性良好之溫室從事週年性生產。兩種生產方式規畫的結果年產量與年收入都不見得相同，因為花卉售價依季節性變化，因此所得利潤亦不同。

在生產規劃中，由於生產技術逐年進步，所需成本受經濟層面影響亦為逐年變動，市場價格影響因子更大，因此無法定出絕對完善之生產計畫。生產規畫為一種動態的計畫，往往必須逐年逐項的評估調整。因此設施經營在生產層次上是一項技術，對經營管理上，則是一種藝術。

國內花卉生產設施與溫室介紹

傳統上，溫室與設施兩個名辭常為使用者所混用，以國內常見的遮雨棚而言，係利用金屬鉸管為骨架，加以覆蓋塑膠布以形成屋頂，主要之目的係用以為擋雨。而此型設施往往被稱呼為簡易溫室，因此反而混淆溫室的原意。農業設施之定義如下：以人為力量建造適合作物生長的空間，使作物不受外在大氣環境之限制。而溫室為各型設施中最複雜的型態。

國內花卉生產採用設施之起源由可自蘭花生產談起。早期蘭花栽培者，為了達到擋雨與遮蔭之雙重目的，利用木材、廢鐵軌、水泥柱等各種材料架構成骨架，再以塑膠布或遮蔭網為覆蓋材料形成屋頂。在冬天為了加溫，則在四周圍繞塑膠布形成牆型，使設施成密閉狀態以增加內部溫度。此種溫室（或可稱設施），到了夏天則發生了熱累積現象，因此業者常討論如何解決夏季降溫問題。對蘭花業者另一種設施利用方式是直接引入溫室或模仿以自行建造，由於日本為蘭友常常觀摩實習之地方，因此通常以日本之“鐵骨溫室”為模仿對象。此型溫室之特色在於大跨距的山型邊牆，具有天窗與推出式側窗。但是日式溫室之利用問題在於夏季降溫功能有限。在利用側窗與天窗開啟進行自然通風作業時，溫室內部溫度仍然高於大氣溫度以上。

建造溫室之目的是可以用來生產作物。使用溫室的國家，經過多年的努力、嘗試，最後開發完成適用其國家環境的溫室。要討論適用國內的溫室，就必須從其他國家的發展談起。溫室因其適用地區而有不同的結構，世界上主要的溫室結構分類如下：

一、溫帶，寒帶地區：因氣候寒冷，日照不足，其溫室之結構係以密閉型、保溫為主

，在內部具有加熱設備，利用人工補光，配合適當通風作業。

歐洲北部國家、北美洲、日本本州、北海道等地，屬於此範圍。

二、乾燥地區：因日夜溫差大，且白日高溫低濕，因此必須利用蒸發冷卻方式以進行環控調節，並需配合加溫作業，其溫室結構以密閉型為主，加上風扇和水牆設備。應用地區如中亞地區，美國西南部等。

三、亞熱帶地區：夏季高溫高濕，冬季氣溫較低，因此溫室結構以開放高架為主，並需配合適當的保溫加溫設備。地中海沿岸國家亦適合此型結構。

以對不同氣候之適用性而言，溫室之分類應以其結構區分：(一)適用溫帶與沙漠地區之密閉型溫室，(二)適用多變氣候環境以開放為主並兼能密閉之開放型溫室。

溫帶國家利用溫室之目的在於採光與保溫，因此主要特色在於其緊密性，以確保其保溫功能。而此型溫室在加裝水牆與通風風扇後，因為其兩側氣密性，特別適用蒸發冷卻作業。在雙重遮蔭、日照量低的條件下，可使國內夏天溫室內部溫度低於大氣溫度 5~7℃。此型溫室自從台糖公司引入國內後逐漸為國內溫室廠商採用推行。但對蝴蝶蘭而言，仍未能夠完全滿足夏天花卉生產之需求功能。

由於使用溫室之目的在於利用人為的設施以克服不良之外在環境，但是溫室之應用亦可能衍生新的問題。由於作物生產環境的不同，不同氣候下所應用的溫室亦有其特殊之問題，這些問題必須以環控技術加以克服。因此溫室生產除了消極抗拒大氣不良環境，也能積極地應用環控技術。由國內溫室的發展歷史可知，由自行建造之各型簡易設施而至利用國外之密閉型溫室都無法能夠解決所有問題。而國內花卉最常採用的設施與溫室，各有其限制因子。其結構簡述如下：

一、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，常用的材料為黑色遮蔭網。由於台灣早、晚陽光斜照之能量仍然高於作物所需要的日照量，多餘能量仍然造成日燒。遮蔭網之利用，除屋頂也包括四周之牆壁，因此形成一個蚊帳形狀的設施結構。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。

二、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。無開口的連棟設施，熱累積更為嚴重。雖然業者對於屋頂採用太子樓型或不規則屋頂之開口方式以改善，但是改良的效果仍然有限。

三、遮雨棚加覆遮蔭網：利用遮蔭網的主要問題在於無擋雨能力，雨滴透過遮蔭網的網目仍然可以落至內部，使作物沾上雨水，產生病害或影響品質。因此在遮雨棚上面覆蓋遮蔭網可同時滿足遮蔭與擋雨之要求。但是此種設施的熱累積又比單一遮雨棚或單純之遮蔭網更嚴重。

四、溫室：溫室在不裝置環控設備時，可以當作一個具有牆壁，窗戶的遮雨棚。對於需要低光照之作物而言，遮蔭網為必需裝備，通常裝設為外遮蔭。溫室在冬天只要密閉則可以發揮其原來之溫室之功能。但是缺乏陽光時，仍然需要加溫機以加溫。在夏天，溫室的降溫能力則因其環控設備而不同。

由於溫室之結構最為複雜，環境改良功能最強。因此溫室各項環控功能都可以應用於其他設施，因此手冊對設施之介紹以溫室為主體。

國內常見之溫室介紹

一、塑膠布溫室

早期塑膠布溫室以鐵材、木材為骨架，利用單層塑膠布為覆蓋材料，結構簡易，成本低廉。覆蓋材質容易更換，又可因地形環境搭蓋成各種形狀。因覆蓋材料更換容易，可依作物之生長需求以配合各種被覆材質。此種傳統塑膠布溫室其主要缺點為結構強度不足，抗颱風能力差。近年來因材料之進步，塑膠布溫室配合利用輕型鋼材為骨架，增加混泥土地基已可克服結構問題，因此在國內採用面積逐漸增加。

1. 國外使用之塑膠布溫室

歐美國家之塑膠布溫室在溫帶地區之結構主要以緊密型雙層塑膠布覆蓋材料為主，利用雙層之良好熱絕緣性以進行保溫作業。在歐洲地中海沿岸國家之塑膠布溫室則以開放，高架為主。

雙層塑膠布溫室之特點在於利用空氣之良好絕緣能力，以減少溫室內部熱量因熱傳作用向大氣逸失。進行施工時，在雙層塑膠布之間加壓空氣，以確實隔離雙層塑膠布，此型溫室主要利用於歐洲北部與北美洲東北地區。

開放高架之溫室係將結構加高，以單層塑膠布構成圓弧型不規則屋頂，配合固定之季風以開啟屋頂，因此減少室內熱累積（圖 1-3）。近年來荷蘭溫室公司其興建之塑膠布溫室之主要型式如下：

A. 鋸齒式溫室 (Sawtooth greenhouse)

此種溫室係為高溫氣候設計，屋頂成鋸齒狀，開口背向當地固定風向，便於利用靜壓作用進行自然通風以移出內部熱量，在鋸齒屋頂之開口裝置電動馬達進行環控。內部結構係利用鍍鋅鋼材，屋頂與四壁利用抗紫外線之塑膠材料。標準跨距為 6.4m 寬，高度可自由調整。

B. A 型溫室

此溫室為亞熱帶與熱帶地區所設計，跨距為 12.8m (2 × 6.4)，高度可自由調整。隨環控需要可加裝機械通風設備與水牆結構係鍍鋅鋼材，屋頂與四面週壁利用抗紫外線之塑膠材料。

C. Shelterhouse 型溫室

此溫室適用氣候激烈變化之地區，其屋頂為可開啟式。跨距為 4 或 8m，高度可

變化，內部結構為鍍鋅鋼材。屋頂為滑動式，可裝置覆蓋材料或遮蔭網，屋頂之開啟部份可高達95%。

2. 國內研發之模組式塑膠布溫室

針對台灣之氣象特殊問題，國內研究單位於農業自動化研究項目內所開發適用國內兩型半固定式塑膠布開放型溫室。規畫內容如下：以鋼材或鍍鋅鐵材為主骨架，配合混凝土地基以增加抗颱風性。屋頂以鉸管搭配，覆蓋材料為PC板或塑膠布，四周牆壁為塑膠布，可開放或密閉。此型溫室可依需要加裝各型環控設備。在國外於地中海沿岸與美國南部各州可見類似之結構。國內發展之重點在於採用工業之標準組件以降低成本。

- A. 溫室骨架與連棟支持物為輕型鋼或鍍鋅鐵材做為基本結構。
- B. 地基為混凝土，以固定支撐結構，達到抗風效果。
- C. 覆蓋物有多重選擇，屋頂可用塑膠布或其他浪板等材料，兩側利用捲揚裝置，周壁可裝設防蟲網。
- D. 可裝設各型環控設備，包括內外遮蔭網，兩側捲起裝置，機械通風扇，內遮蔭網下方裝設固定噴霧。為適應特殊作物的需要，可裝設噴霧型水牆。上述設備之操作可利用人為作業或進行自動控制。
- E. 此型溫室主要以開放狀態作業，兩壁打開以避免溫室之熱累積，並可因外界風力驅散累積熱氣。周壁於需要加溫作業時亦可放下以利用太陽光直射能源進行加熱（溫室效應之應用），在寒流來襲時，可再利用柴油燃燒型之熱風機加溫。

二、玻璃溫室：

1. 國外溫室介紹：

A. 日本式溫室：

日本之玻璃溫室約佔總溫室面積4%左右，其餘96%為塑膠布溫室。在日本溫室發展中，由於其塑膠工業的迅速發展，其溫室材料與結構均已規格化，連棟溫室之間有良好排水槽，以避免雨水流入。通風系統之天窗與側窗均可裝置開啟機構，在側面有捲起裝置，共同配合進行自然通風作業，在加溫方面為節省能源，除了利用雙重塑膠布或自動遮簾裝置設備。日本溫室之特色為大跨距山型屋頂，具有天窗與側窗，側窗之結構十分複雜，通常為推出式，有單層與雙層兩種。日式溫室如同其文化，特點為精經複雜與多種樣式。

B. 歐式溫室：

此溫室之特色為覆蓋材料透光性強，以充份利用陽光。不具側窗，僅依賴天窗進行自然通風。天窗兩側之開啟並非固定角度，而是可以依風向，風速與內外溫差加以調整，此為此型溫室特色。

C. 屋頂開啟式溫室：

溫室之屋頂可開啟大部份，使內部微氣候（溫度，相對溼度與日照量）接近於外界大氣。屋頂開啟的方式有兩種。一種是屋頂依長徑方向前後收起，類似國內活動車庫開啟之結構。另一種屋頂收啟方式係沿屋頂側面捲卷屋頂材料加以

開閉。

2. 國內自建溫室：

國內生產之溫室廠商繁多，如三易公司為典型代表。每棟溫室幾乎都有蜂巢式水牆與機械風扇。另一型國產溫室之特色在於橫拉窗之側窗設計。在能源中斷之緊急狀況下，可以將側窗打開，維持40%之側面開啟，以疏解熱累積。

遮雨棚等設施

一、遮雨棚

此種設施其結構有固定式和可移式。前者類似塑膠布溫室，利用輕型鋼材為骨架，屋頂可用鍍鋅鐵管或金屬樑架加以披覆PVC、PE或浪板等覆蓋材料，後者主要以鍍鋅管直接插入泥土內加以固定。此型設施其主要功能在於防雨，因四周無牆壁，冬日無法以加熱器加溫。

遮雨棚之屋頂有密閉型與部份開放型，其開放方式又可區分為太子樓式，不規則屋頂式與鋸齒式。由於此型設施結構單純，未加裝機械環控設備，僅有的環控功能僅有自然通風。與加裝內外遮蔭網調整設施內部的日照量。

二、遮蔭網

此種設施以不同透光率的遮蔭網加以組成，用以調節植物所受之日照量。只適用於不受雨水影響對光度敏感之作物，遮蔭網內部溫，濕度大致上與外界相同，在充份遮蔭狀態下，內部溫度可略低於外界溫度。

三、溫網室

溫網室係指屋頂為防雨覆蓋材料，周壁為細網的設施。在屋頂未開啟時，因網目對外界風力的阻力，其熱累積十分嚴重。