

## 第三章 設施構造與機械設備

設施園藝的發展乃人類為克服自然界不利作物生長之環境，依保溫（氣溫，地溫）、防暑（防止異常昇溫）、防寒（防止凍霜害）、防雨（土壤水分調節，避免作物直接淋雨）、防風、防蟲或防鳥等不同目的，利用覆蓋、設施或併用其他手段來達成適合栽培或保護作物之條件，以進行園藝作物生產。故設施園藝之本質乃一脫離自然生態系，投入人為資源並運用農業技術的現代化農業。而設施園藝之設施，亦即園藝設施狹義上指提供作物生育空間的栽培設施或育苗設施之意。初期的發展以保溫或防雨等單純目的為其機能，利用簡易栽培設施在冬、夏季作物減產期間提供消費者新鮮園藝產物為主要之著眼點。近來因消費者對園藝產品需求型態的改變，使園藝設施邁向多機能化，在設施內導入各項環境控制設備、省力作業機械來進行環境及栽培管理，使用選別包裝、加工、貯藏設備等處理收穫後產物之現代化農業技術，以提高作業效率，並求達到擴大作物生產期間、增加產量及產物多樣化、高品質化等消費導向，而廣義的園藝設施即包括上述之設備與設施。

由於利用園藝設施可維持作物生長的適宜環境，且可能控制作物的生長與生育，而在設施園藝的發展過程中因技術不斷的開發與改進，蔬菜、花卉、果樹等園藝作物生產中，利用設施生產之比例隨年增加，設施園藝已形成農園藝業中重要的一分野。最近設施園藝技術再融合其他科技，更應用於多方面的研究及提攜相關產業的發展。例如：

- 促進設施農業及環境控制農業的發展。如設施園藝中的育苗生產技術已應用作為一般露地作物種苗及林木種苗的生產技術。又園藝環控技術也應用作為畜產設施內的環控技術。
- 設施生產技術利用於食用作物，工藝作物，菇類及藥草等之設施生產。
- 設施園藝技術提供作為沙漠綠化，都市綠化，家庭綠化及大樓內綠化之技術。
- 設施園藝技術提供作為人工光源植物工場，宇宙農場技術之基礎。
- 設施園藝技術應用於環境對植物的影響，環境與植物間的相互作用等基礎研究。

如上所述，設施園藝技術不僅可使農業生產現代化，達到增加園藝作物產量，提高品質，減輕勞動，增大收益等效益，更可提供新的農業發展方向，並提供生活環境改善及地球環境保護之基礎技術。而也因設施園藝本質上為一投入人為資源之活動，在享受其成果之背後，同時也製造出新的問題，如使用後的大量廢棄塑膠布、栽培介質、養液等污染自然環境問題之處理方法，或盡量減少不必要人為能源的投入等栽培方法的開發，將是今後設施園藝生產中重要的課題。

### 3.1 園藝設施之種類與構造

#### 1) 園藝設施之利用型式

園藝設施的主體為提供作物生育空間的栽培設施，而其主要目的在於利用人為材料，以人為的力量來保護作物，進而製造出作物生長上適宜的環境。目前利用以生產園藝作物的設施依使用目的及構造型式等可歸類為溫室（Greenhouse）、遮雨棚（Rain

shelter)、隧道棚(Tunnel)、浮動層覆蓋(Row cover)、地面覆蓋(Mulch)、溫網室(Screen house)及霜傘(Cap)等幾種使用方式。

上述之各類設施於栽培過程中所能達成之效果各有不同，一般上隧道棚、浮動層覆蓋、地面直接覆蓋等使用簡單之資材，利用資材的物理性質以調整作物生長空間的環境，屬於短期性使用之簡易設施。遮雨棚則為較長期性之設施，而因本身為一開放式構造，其內部環境仍受外界自然氣候左右，對於作物生長空間環境所能達到品質，相同於隧道棚、浮動層覆蓋、地面直接覆蓋等栽培設施，僅限於調整之機能。而溫室其內部環境雖也受自然氣候影響，但因屬於密閉性的設施，藉由冷卻、加溫或灌溉等環境控制機械與設備可達到控制環境之程度，但相對的其所須要的建造成本也較高。而使用設施栽培時，須針對作物之特性及要求之目的，選擇適合之單一設施或配合其他設施使用。如前所述，園藝設施的基本條件要求能提供優於露地田間的栽培環境，達到提昇產量及產值的效益外，對設施的結構形式並須考慮下列諸基本條件，

- 採光性 園藝產物基本上為作物光合作用之產物，而光為光合作用之動力，故設施的第一要義須具有良好的採光性。
- 作業性 便利人員或機械的操作，構造簡單容易保養維修。
- 耐風性 對強風具某程度的抵抗能力，使用期限長。
- 經濟性 考衡栽培效益選擇適當的栽培設施。

#### (1)荷蘭 Venlo 型玻璃溫室

溫室係指外部以玻璃、塑膠布等透光材料被覆，其高度足夠讓作業人員以通常姿勢進入作業且四周能夠密閉的大型設施。依被覆材料又可分玻璃溫室及塑膠溫室(PE、PVC、EVA等軟質塑膠布，PC、FET或PMMA硬質板等玻璃以外的被覆材料)，在構造上僅由單一屋頂構成者稱為單棟溫室，由二個以上屋頂所構成則依序稱為二連棟、三連棟溫室。一般此類設施構造較為精密且容易導入加溫、冷卻等各項環境控制設備及作業機械等重裝備進行多目標自動化作業，為當今設施園藝生產應用之主流。

最近台灣的園藝設施中，溫室栽培使用 Venlo 型溫室(照片 3-1)的比例呈顯著增加，但因建造成本較為昂貴，一般主要利用以栽培高經濟作物如蝴蝶蘭等花卉作物或育苗等。此型玻璃溫室基於大規模栽培之目的而於荷蘭所開發，型式上利用小跨距的溫室棟連結約 10 50 棟而構成的大面積連棟溫室。一般玻璃溫室使用寬 51cm、厚度 3mm 之玻離，Venlo 型溫室則使用寬 73cm、厚度 4mm、長 1M 的玻璃，因其玻璃面積大且桁條等骨架結構採用較細資材，具有良好的採光性為其主要特徵。另外天窗的開口面積大並採交錯排列而無設置側窗，屋頂跨距為 3.2M，兩屋頂間利用排水天溝作連結構材，柱間包括 2 個屋頂單位其跨距為 6.4M，簷高採 3.5M 4.0M 的大高度，整體結構除垂直撐桿外並利用水平撐桿強化。Venlo 型溫室約於 70 年間由荷蘭引進，經改良後對風荷重的設計也加以強化，另外在改善通風方面也設置側窗，或側窗全面利用自動捲簾式的塑膠布可捲起而呈全面開放型設施。

除 Venlo 型溫室外，目前台灣地區所使用的溫室大部分屬於塑膠溫室，溫室型式也當相當繁多，照片 3-2 依溫室形狀區分目前較常使用的數種溫室，此外較為罕見有鋸齒狀、單面屋頂等型式。另外，近年來設施園藝朝向減少投入人為能源的方向發展，盡可能以自然方式提供作物生長環境，在溫室構造上也有新的改革，包括屋頂可由中

央部頂開的 Futura 溫室,可單面開放的 Richel 溫室或屋頂可摺疊開放的 Retract -A- Roof 溫室等,均藉由屋頂開放增大通風面積增加通風量,利用自然通風調節室內環境的觀點研發。在國內也有鉸管塑膠布溫室利用捲簾裝置可將屋頂全面開放的應用例,通風量不足時,配合高壓噴霧或擾流風扇的操作,於台灣之暑熱氣候下也可得良好的室內環境,可為台灣今後溫室發展之參考。

#### (2)太子樓式溫網室

設施型式相同於溫室,而單有屋頂部分覆蓋被覆資材其側壁四周則為開放式的設施稱為遮雨棚。此類設施的主要目的隔離外界降雨,避免雨水導致土壤形成過濕現象以進行適當的水分管理,且因四周均為開放,通風良好可維持類似於外氣之溫濕度、CO<sub>2</sub>濃度狀態。於台灣地區之夏作,通常為雨量較多的時節,利用遮雨棚栽培除可提高作業性外,因被覆之效果如果菜類、葡萄等可延長收穫期,減少異常果、裂果或病害的發生;對花卉因雨滴產生之花腐現象也有良好之防止效果。而為防治害蟲或蟲類傳播病害,於遮雨棚之側壁四周再利用防蟲網覆蓋之設施則稱為溫網室。一般遮雨棚或溫網室設施只要以簡易之構造便可解決雨水產生濕害之問題,而為避免颱風破壞業者也有採用相同於溫室之結構建造,其內部更設置灌溉設備以相同於溫室之型式經營。或有些溫室於保溫期後利用側壁裝設之捲簾裝置,將塑膠布捲起僅單存屋頂覆蓋之方法栽培,也可歸屬以遮雨棚為使用目的之形式。遮雨棚或溫網室之構造形式如照片 3-2,可概分為山形屋頂、太子樓式、圓形屋頂及不規則屋頂等。

太子樓式設施源起於工廠的屋頂通風,乃利用屋頂上方突天窗所造成的煙囪效果,企圖增加通風量以降低設施內溫度之構想而被加以應用。太子樓對設施內溫度環境的影響另於設施內環境特徵與控制之溫室自然通風開口章節內討論,於構造方面因太子樓本身之重量,骨架所要承受的負荷比一般山型屋頂設施為大,且於強風時接受上揚力使太子樓之覆蓋塑膠布或硬質板等被覆材常遭受破壞,故整體上須具備較強的結構;在採光方面則因太子樓之構材也易在作物栽培平面上形成陰影部分,使作物有受光不均一的現象。為增加土地利用效率、節省材料費用,目前業者採用多連棟設施栽培的情況甚多,且為增加通風性太子樓式天窗的應用也極為普遍,如照片 3-2 中所示山形屋頂或圓屋頂型式的設施均有利用太子樓天窗之例,而其構造上又可分為固定式及活動式。

#### (3)鉸管塑膠布溫室

鉸管塑膠布溫室係以鍍鋅鐵管為主要骨架,因所要求之鉸管溫室規格彎曲加工後的鍍鋅鐵管 2 根左右分開將中央頂部連結,下端直管部分直接插入地下構成一組骨架,以 45 50cm 之間隔配置一組,桁條方向再以直管固定。桁架方向的直管一般於頂部、兩肩部及兩腳部等 5 處所固定,插入地下之直管深度約為 30cm,土質軟弱地帶插入深度則須於 40cm 以上。鍍鋅鐵管間的連繫部位均以專用彈簧夾固定,全體骨架完成後於再利用 FRP 塑膠夾固定塑膠布,最後於鉸管溫室兩側邊 10 15cm 處埋設固定樁,所有骨架間的塑膠布以塑膠固定帶押緊後結束於固定樁,即完成鉸管塑膠布溫室之搭建作業。鉸管塑膠布溫室因具有下列之優點,

- 可自行施工,簡單的組合及分解。
- 以規格品生產販賣。
- 包括鐵管骨架、夾具、被覆資材等整套販賣。

- 價格便宜。
- 不使用時可自由拆解，保管便利。
- 因應栽培之作物，溫室的棟高、跨距及長度可自由規畫。

目前使用鋁管塑膠布溫室的比率占總栽培設施面積的大半以上，可說為國內設施園藝生產之主力。此型設施一般採單棟方式栽培，也有部分採用連棟之型式；側面有利用手動捲簾裝置於高溫期可將塑膠布捲起以增加通風，或有僅屋頂部分覆蓋的遮雨棚型式。被覆資材通常使用PVC塑膠布，雖價格便宜但有容易付著灰塵透光率隨使用期間逐漸降低、老化快使用年限短每1~2年須更新一次，及廢棄後不易處理等缺點。而鋁管有容易腐蝕強度減弱之缺點，且其結構之抗風性差，尤以使用期間較短的塑膠布，或近來為改善PVC塑膠布之缺點而改用PO系列塑膠布的設施，受颱風吹襲時因不易破裂而常導致縱長方向中央部骨架的凹陷，或山牆面橫向的傾倒等破壞情景。改善措施方面，可於周圍加置防風網，桁架方向利用斜撐補強及山牆面主管利用固定樁固定等。於颱風期間對已屆更新之塑膠布先行破壞，作物表面再以不織布或防蟲網覆蓋保護則為應急之手段。

#### (4)鋼骨強化鋁管塑膠布溫室

鋁管塑膠布溫室價格雖便宜但有抗風性差、耐用年限短等缺點，為強化結構並運用鋁管的簡便作業性，連棟設施的谷部交叉鋁管等樑、柱部位改用角型鋼支撐，於鋼骨的樑柱架構上再固定鋁管屋頂型式的構造稱為鋼骨強化鋁管塑膠布溫室。此型設施造價較玻璃溫室便宜，國內栽培規模較大的業者有逐漸採用的趨勢，一般以多連棟方式建造，且為減少作物栽培平面的熱累積現象而將柱高也加長為其特徵。按支撐屋頂的樑構造型式不同，鋼骨強化鋁管塑膠布溫室可區分為水平樑型式（參照照片3-6）、拱形樑型式及人字樑型式等三種，其中水平樑型式的結構強度最弱，但因其建造成本較低故為目前最普遍採用的型式。

相對於鋁管溫室45~50cm之鋁管間隔，鋼骨強化鋁管塑膠布溫室的柱間距離為3M，改進連接棟間谷部的利用效率、作業性差之缺點。柱的基礎通常採用混凝土獨立基礎之型式，並分別有混凝土基礎與柱腳一體灌注，及混凝土基礎上先埋設錨固螺絲後再鎖定柱腳等施工方式。柱、樑所使用之角型鋼材依型式而異，大致為50×50、100×50，屋頂鋁管為19.1、25.4。連棟間的谷部則使用溝形鋼作為谷部樑兼排水天溝，於此溝形鋼上預先按鋁管間隔穿孔，屋頂鋁管再以焊接方式直接固定。

#### (5)隧道棚

利用竹木條、塑膠條或鐵條等作成高度約50~100cm之半圓形骨架，外部再以PE、PVC等軟質塑膠布覆蓋的設施稱為隧道棚。台灣地區的隧道棚主要應用於冬季瓜果類之促成、半促成栽培或洋香瓜的防風、防雨等，另也有使用於一些冬季蔬菜育苗或栽培之例。密閉的隧道棚內利用白天的日光及土壤、苗的放熱及蒸發散可維持隧道棚內氣候處於一比較高溫、高濕的環境，可促進苗之成活與生育，又因塑膠布被覆隔離外界降雨、強風等不良天候，也有保持土壤鬆軟性、防止養分流失，減低風害、乾害之效果。

一般作物利用隧道棚栽培之期間包括苗移植至收穫為止之整體作期，在苗株較小的時期內通常以密閉狀態進行栽培。密閉下的隧道棚因高濕度而於塑膠布內表面容易形成水滴凝結現象，此水滴沿著隧道棚兩側面流下，水分透過塑膠布周邊土壤慢慢的

往外部流失，導致中央部位土壤較兩側邊乾燥的現象，實施水分管理時須特別加以注意。在作物光合作用原料CO<sub>2</sub>方面，土壤內微生物呼吸作用所產生的CO<sub>2</sub>濃度可足夠供給小苗株之需求，而隨著苗的成長其上葉部位愈接近隧道棚頂部，此處溫度通常較外氣溫為高，致作物有蒙受高溫障害之慮，且密閉狀態下容易產生CO<sub>2</sub>不足之情況，故隧道棚無法於長期的密閉狀態下栽培。於晝間須將隧道棚兩側開放進行通風以補充CO<sub>2</sub>，並使內外空氣交換以防止棚內形成過度的高溫現象。此外在嚴冬的晴朗夜間，因輻射冷卻效應常發生棚內氣溫低於外氣的溫度逆轉現象，此情況有時也須將側面開放以導入較高溫的外界空氣，圖謀氣溫、作物體溫的上昇。隧道棚基本上屬於簡易設施，因應各種氣候變化的側面開閉作業完全須依賴人工，對農家而言為一勞力、精神負荷相當大的作業項目，簡便的方法可配合浮動層覆蓋使用，將位於下風側側面以作物相同的高度常時開放，同時可達到防風、通風的目的。且隧道棚+浮動層覆蓋的保溫能力也比單純隧道棚或浮動層覆蓋優良，作業勞力可大幅的減少。

#### (6)地面覆蓋

地面覆蓋以防止土壤水分及肥料的流失，保持土壤的膨軟性，維持地溫及防止雜草孳生等為主要用途，而於作物栽種畦面上直接覆蓋塑膠布之方法。地面覆蓋栽培所使用之塑膠布分有透明、白色、綠色、銀色及黑色等，於寒冷地區、季節利用透明塑膠布覆蓋，因可提高畦面白天土壤溫度，夜間維持地溫而有顯著促進作物生長之效果，但相對地面覆蓋下的環境也適宜雜草的生長，旺盛的雜草與栽培作物產生互相競取養水分之現象，故對一些長期性栽培的作物，如草莓等為抑制雜草的生長採用不透光的黑色、綠色等著色塑膠布作地面覆蓋。使用著色塑膠布因具有不透光之性質，除用以抑制雜草並可防止夏天白天地溫過度的上昇，（一般畦面覆蓋不同顏色塑膠布所形成的地溫按白色、銀色、黑色、透明之順序而變高。）塑膠布外表面則吸熱形成顯著高溫，作物葉片接觸後容易引起燒傷現象。近來，塑膠原料內添加鋁粉劑或黏著鋁箔的銀色塑膠布普遍應用作為地面覆蓋之資材，利用其對光反射的效果，塑膠布吸熱量減少不致形成高溫現象外，對日照到達較少的作物下葉部位則因反射光而可增加活性。另外根據部分研究報告之結果，此反射光作用對某些蟲類也具有驅離效果，可防止蟲害的傳播。

台灣屬於多雨地區，土壤侵蝕及養分流失的問題甚多，早期利用地面覆蓋栽培的作物以草莓、果樹居多，近來蔬菜類的地面覆蓋栽培面積也有顯著增加的趨勢。利用地面覆蓋於保護土壤及保持養分方面能顯現出其功能外，土壤因地面覆蓋後水分不易蒸發，且溫度提高對肥料有促進分解之作用，作物對養水分的吸收也較為均暢，可減少灌溉水量及緩效性肥料的使用量。此外可避免下雨或灌溉時水滴掉落所產生的土沙彈跳，不致造成作物葉片或果實污濁的情況，有減少病害發生的效果。

地面覆蓋塑膠布的畦面鋪設或使用後廢棄塑膠布的整收等均屬相當耗費勞力的作業，為取代傳統的人力作業，現已有地面覆蓋機械及塑膠布捲收機械可提供使用，配合具有塑膠布穿孔打洞功能的移植機則更可簡單的進行移植作業。伴隨著地面覆蓋栽培面積的增加，大量使用後廢棄塑膠布的處理也漸突顯成問題，基於環保須求一些不致構成污染公害的資材，如燃燒後無危害氣體產生，或添加有機物等使於固定時間內自然分解生物分解性塑膠材料，或接受定量紫外線後自然風化的自然崩壞性塑膠材料的研發乃逐漸受到重視。

### (7)浮動層覆蓋

浮動層覆蓋為利用不織布、寒冷紗或防蟲網等透氣性材料，直接覆蓋於作物葉面上方（直覆式浮動層覆蓋），或利用簡單支撐與作物隔50~100cm之空間覆蓋（懸掛式浮動層覆蓋），或於隧道棚支架上覆蓋（隧道棚浮動層覆蓋），以抑制過度高溫、防寒、防風、防蟲、防鳥、促進成育、減輕凍霜害等不同目的來保護作物之設施，而其使用目的及效果則因對象作物品目、材料的種類、被覆時期、覆蓋方法及外部氣候環境等各有差異，不當的利用方法可能招致相反效果，必須考慮前述諸因素實施適切的判斷。浮動層覆蓋方法為台灣中南部地區農民所廣泛使用，近年來因浮動層覆蓋材料的改良，使用面積有逐漸增加之趨勢，如中部花農利用通氣性大的遮光材料以降低氣溫及地溫，寒冷時期利用通氣性較小的材料以圖提高氣溫及地溫，而台灣常可見的蔬菜栽培網室或木瓜網室則屬於浮動層覆蓋應用以防止蟲害或病害的例子。

浮動層覆蓋資材因製造材料、方法等不同分有多樣種類，大致上可區分為割纖維或長纖維不織布、寒冷紗及化纖網。其中割纖維係將PVA（polyvinyl alcohol）或PE（polyethylene）塑膠布延伸、割成纖維後積層接著而成之資材，孔隙率約為50%，顏色有透明、銀色、黑色等，一般使用透明顏色，光線透過率及耐久性均優於其他資材，價格也為浮動層覆蓋資材中最昂貴者。長纖維不織布係使用PET（polyester）或PP（polypropylene）為材料，將射出後的纖維積層加工成布狀之資材，重量輕富有柔軟性、價格便宜為主要之特徵。寒冷紗為乙炔（vinylon）或PET等1條或2條以上的纖維編織成網狀之資材，孔隙率約為40~80%，因孔隙大小之不同其通氣性、透濕性、日射透過率及保溫性等各有相異。化纖網則為通常所稱之防蟲網，PET或PE之單條纖維以一定網目大小編織，透光率較高可歸屬於寒冷紗的一種，一般為透明顏色而國內蔬菜網室則使用綠色防蟲網。於眾多種類的浮動層覆蓋資材中，使用時須因栽培目的之要求選擇適用之資材，基本上須把握下列諸點原則：

- 防蟲性 減少作物害蟲侵入危害作物。
- 透光性 太陽光線透過良好，作物無生育障害現象。
- 通風性 有適度的通氣，防止形成過度現象，空氣流動均一，作物均齊生育。
- 保溫性 紅外線透過率低，夜間保溫性良好。
- 吸濕性 吸濕、透濕性良好，防止結露、具防霜效果。避免多濕、過濕，抑制病害發生。
- 耐候性、耐熱性、耐藥品性 無伸縮現象產生，長時間使用。
- 作業性 重量輕，耐風性強，展開容易。
- 經濟性 價格便宜，可長時間使用。

### (8)蔬菜（葉菜類）網室

台灣地區氣候溫暖，害蟲的繁殖與活動能力均極旺盛，為維持農產品的外觀避免蟲害造成品質的降低，作物栽培期間農藥的施用為不可缺少之作業，而大量施用農藥不僅造成栽培成本的增加，對直接進行施藥作業的農民或間接食用的消費者也構成影響健康的問題。為減少農藥的使用量，近來於台灣主要蔬菜產區，如雲林西螺、二崙，彰化永靖等地區的葉菜類栽培普遍利用網室進行生產。基本上網室屬於浮動層覆蓋之應用，採用鐵管或水泥柱搭建高約3m的水平式棚架後側壁、屋頂全面再覆蓋防蟲網之栽培設施，主要用以防止蟲害、病害及減少農藥灑佈次數。而防蟲網有種種不同規

格之網目大小、線徑粗細，各具不同之遮光率及孔隙率，台灣地區所使用防蟲網規格如表 3-1，其中又以 16×6（1 英寸的長度內編織 16 條纖維）之綠色防蟲網為較常使用的規格。

表 3-1 台灣地區使用之防蟲網種類

品名	孔隙率 $\mu$ (%)	網目 (mm)	線徑 d (mm)	顏色
16×6	0.76	1.59	0.20	透明、綠
24×4	0.67	1.06	0.19	透明、綠
32×2	0.62	0.79	0.17	透明

$$\text{孔隙率}(\mu) = \left( \frac{d-d}{d} \right)^2$$

網室選擇適度遮光、通氣的防蟲網覆蓋，除具有防治蟲害之功效外，並可發揮若干的遮光、保溫及保濕性能，此外對防止雨水直接衝擊作物表面避免造成物理傷害，及防止風害、霜害或形成過度高熱現象上均有所助益。而防蟲網覆蓋下所造成的作物生長空間環境，介於裸地及溫室之間，藉由資材間相異遮光率及孔隙率的組合，可將網室下作物生長空間的環境從接近裸地之狀態，大幅調整至接近溫室環境的狀態。但若使用網目過細的防蟲網，於網室內部則易形成高溫現象，且光線的透過率較差，抗風性變弱支撐棚架結構也須加強，故考慮以上之效應盡可能選用網目較大、通氣性良好的防蟲網使用。經驗上，如使用 2mm 網目的防蟲網對稍小於此網目的蟲類便有防治效果，但在滿足防蟲效果的條件下，網目可大至何種程度之問題則仍有待研究。

比較於浮動層覆蓋，網室屬於長期使用的設施，且因有足夠的高度而具有良好的作業性，並有於網室內部設置灌溉設備或其他作業機械以提高作業效率之例。另外類似於蔬菜網室之設施有木瓜網室及花卉作物之遮蔭網室等，木瓜網室採用白色防蟲網覆蓋，以防治蟲類傳播過濾性病害為目的。而遮蔭網室則以防止強日照為主要目的，利用遮光網遮斷部分光量以栽培弱光性作物，或室內作物之馴化等。

#### (9) 霜傘

霜傘之形狀類似三角帽，於開口側利用竹條或塑膠管彎曲成半圓插入土內作簡單支架，其覆蓋塑膠布一邊固定於支架上，另一邊埋入土內作出苗之生長空間。霜傘之主要目的在於防風、防寒與防霜，一般苗的移植愈早其收穫也能提早，於冬季的早期移植上對防霜的要求便愈大，在台灣中部沿海地區的瓜類促成栽培中，為避免強烈海風或低溫等不良天候對作物造成危害，苗定植時經常利用此類霜傘以保護作物。

冬季夜間若苗葉片直接暴露於大氣中，因輻射冷卻之效應，從作物體不斷以輻射方式將熱量往寒冷的天空放射，形成作物體溫度降低的現象。作物常常因而導致溫度低於氣溫的結果而易造成寒害，若溫度持續降低至 0 以下產生結凍則造成霜害。利用霜傘覆蓋，除可減少葉片的熱輻射外，也因空氣停滯在霜傘內而保留住部分的地熱及呼吸熱，可得到比外氣溫暖的環境，具有良好的防霜效果。而在覆蓋材料的方面，

於作物進行光合作用之必要條件下，以選擇光合成有效波長透光性較佳，而熱輻射不易穿透之材質為原則。近來因塑膠布可簡單的取得與使用，霜傘栽培遂以利用塑膠布為主，但因塑膠布不具遮斷熱輻射的性質，在夜間氣候較為寒冷的時段，可利用稻草等長波不易穿透的資材覆蓋於塑膠布外表面上，用以減少土壤面或作物體的輻射熱損失，以達到霜傘栽培之目的。 (黃裕益)

## 引用 參考文獻

1. 黃裕益。2000。台灣地區園藝設施之主要利用型式。興大農業。
2. 黃裕益、相原良安、瀨能誠之、奈良 誠。1992。台灣溫室自然換氣關する研究(1)-開口部用網通氣特性-農業施設 23(2):25-29。
3. 日本設施園藝協會。1998。設施園藝。園藝情報中心。東京。
4. 古在豐樹。1992。新設施園藝學。朝倉書局。東京。

### 2)溫室之構造與設計

溫室設施之結構設計，依據法令規定，在不同建設地區的氣候條件下，應考慮不同容許應力組合（如表 3-2），計算樑柱斷面尺寸，作用於溫室的各項應力如圖 3-1。

表 3-2 應力組合（王，1988）

應力種類	荷重狀態	一般區域	多雪區域	設施分類 Ib
				積雪荷重 600 N/m <sup>2</sup>
長期應力	常時	G + P	G + P + 0.7S	G + P + S
短期應力	積雪時	G + P + S	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35S + W	G + P + S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35S + W	G + P + S + K

G：固定荷重產生之應力（建築物屋頂、樓版等本身之重量）

P：承載荷重產生之應力（設施內設備、堆置物品及畜禽等之重量）

S：積雪荷重產生之應力

W：風壓力產生之應力

K：地震產生之應力

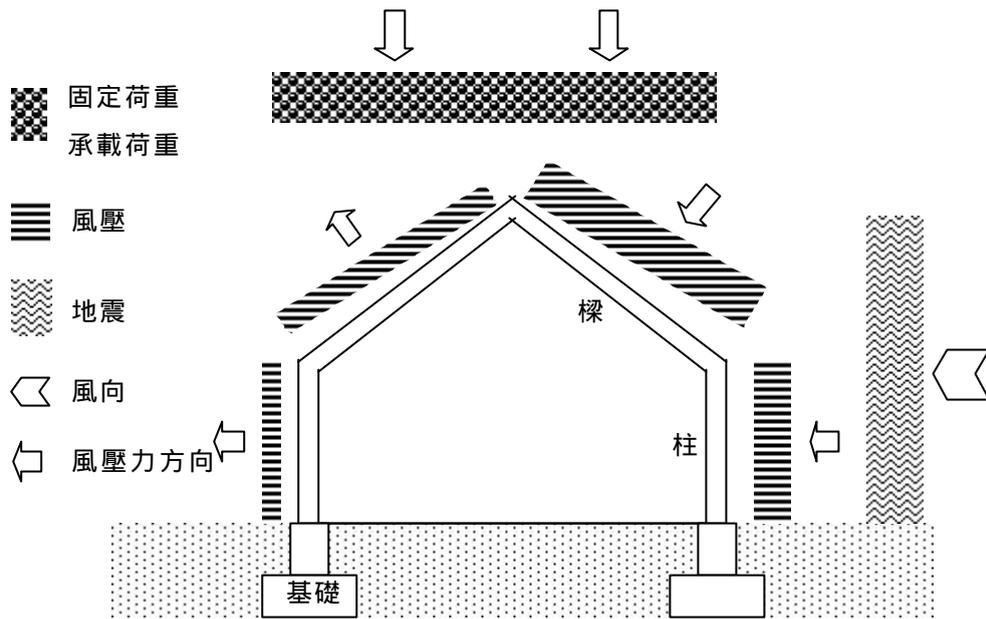


圖 3-1 作用於溫室之應力

相關溫室結構及其構造名稱，茲將利用鋼材與木材建造之分解圖分別列於圖 3-2 與圖 3-3。

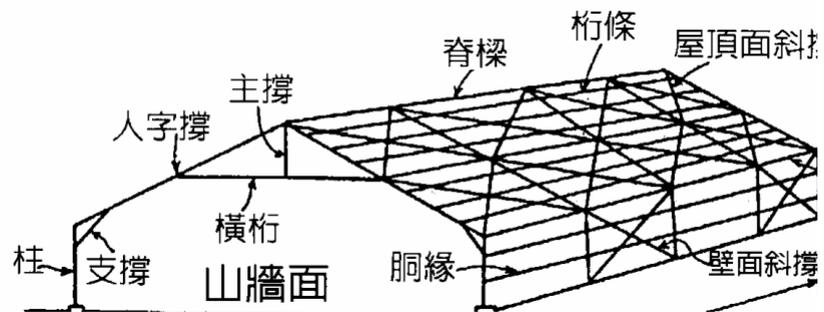


圖 3-2 鋼骨構架設施之構造名稱 (王, 1988)

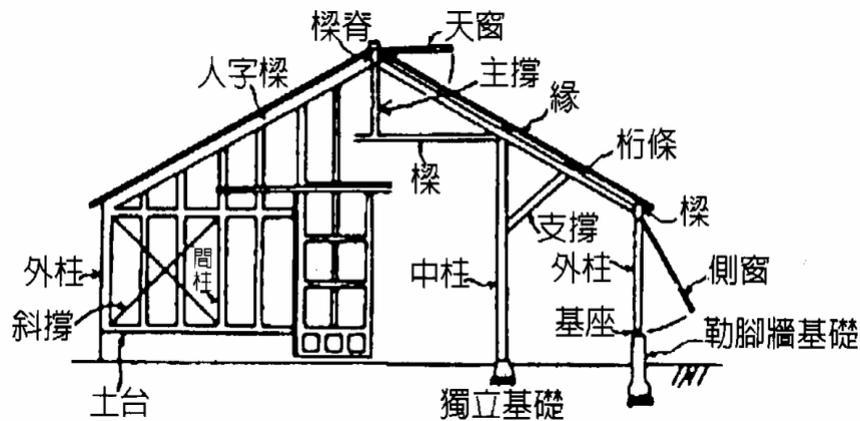
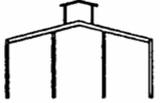


圖 3-3 木造結構設施之結構名稱 (王, 1988)

在考慮外力狀態及力的傳達路徑時，一般將結構骨架分解為平面式骨架做分析，包括樑向之主骨架、桁條向之桁架、屋頂面之桁架等。至於將骨架接合之形式，可分為完全剛節、絞節及處於中間之半剛節等。當柱腳部由混凝土基礎做起，並於柱腳用鋼筋混凝土圍築或用相當厚之底鈹加以肋筋將柱腳固定，或用剛強之錨定鏢栓固定於基礎混凝土，使其緊結時都可以假定為剛節。為達到基礎設計之經濟，一般將柱腳設計為絞節。至於骨架部分，用三角形構面組立之構材稱為桁架，可簡化成樑作結構受力分析，在柱樑接合部，用剛節方式加以接合之構造形式稱為剛架。

而溫室結構體建設所使用的骨架建築材料有鋼材、木材或鋁管等種類。其中，基礎的材料主要為鋼筋混凝土，柱的材料為鋼材或木材，樑或桁架則包括鋼材、木材或鋁管等多種類。骨架之功能在將作用於屋頂或壁體的載重及外力所產生的硬力，確實的傳達到基礎地盤上，形式通常如圖 3-4，應力能夠確實傳達的單純架構，而不論採用鋼材、木材或鋁管，均須依循設計規範進行結構計算。

??? 担

山型構造	附中柱山型構造	架橋式構	
			

??? 担

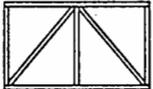
力霸式構造	附中柱帶偶撐構	架橋式構造	附繫條山型構造
			
剪力牆構造	斜撐構造		
			

圖 3-4 溫室骨架的架構形式例 (日本畜產設施機械協會, 2000)

(黃裕益)

### 引用 參考文獻

1. 王鼎盛。1988。設施園藝設計手冊。台灣大學農業工程學系農業設施研究室編印。台北。
2. 日本畜產設施機械協會。2000。畜舍設計規準、同解說。日本畜產設施機械協會。東京。

## 3.2 設施園藝機械與設備

### 1) 育苗用機器與設備

園藝作物栽培趨向大面積與專業化，需要大量且高品質的種苗供應，如需育苗再移植的十字花科、茄科及胡蘆科等，此等種苗的供應早期幾乎全採用土播育苗或簡易箱播方式，此種土播方式種子用量多，育苗勞動管理成本高，且由於土播苗的生長參差不齊且品質不一，又容易受外在氣候影響，移植後成活率較差，因此利用設施與機械化培育的穴盤苗已漸為農友所接受。穴盤育苗利用規格化的穴盤，在省力化、自動化的育苗生產設施中大量均質化生產，可有效提昇育苗品質、產值及作業效率。

育苗所須勞力佔總勞動力的 10-15%，且育苗作業是屬較專業化的工作與技術。播

種機是育苗作業中最基本，也是用得最普遍的機器。播種一般都是真空播種，播種機可分為針式與鼓式兩種，播種機之種子杯槽通常為振動式以提高種子單粒化程度。真空播種時以球形或近球形之種子效果最好，因此亦可以種子造粒技術將形狀不規則之種子加填粉衣材料製作成球形。造粒除了能配合機械播種外，亦可依需要加添營養劑或化學藥劑等有利種子發芽之添加劑。至於須先行發芽處理之種子，則可以流體播種機進行播種。至於扦插，如菊花，則仍然以人工進行為主。

種苗之繁殖方法可分為有性繁殖及無性繁殖兩類。一般之有性繁殖乃以種子之方式為之，如此產生之種苗稱為實生苗。實生苗的種類分覆土苗與無覆土苗兩種，無覆土苗大都為土拔苗，覆土苗大都為穴盤苗。無性繁殖則以植物之營養器官，如根、莖、葉或其組織為繁殖下一代之依據。無性繁殖苗之種類依其分生方式可區分為嫁接苗、扦插苗和組織培養苗等，適用於不同之作物種類。

穴盤苗較適用機械化生產，盤格數及型式之使用端視播種機械之廠牌及作物對象而定，目前國內流行者係源自美國 Blackmore 系統之穴盤，其穴盤規格長 54 公分、寬 27 公分。穴盤密度 (plug Density) 包括有 128、200、242、252、288、392、396、406、512、648 及 800 格等，一般常用者有 128、200、288、406 及 648 格。使用時密度越高成本越低，其經濟價值越高，但是其育苗管理技術則越佳。

#### (1) 育苗用機器

##### 1 土塊苗播種機

歐美國家較多，適合大量且規格化的育苗作業，其將適量的堆肥、泥礦土、土壤、肥料等混合好的介質壓製成立方體（圖 3-5），產量為每小時有 4,000~10,000 個，製成之立方土塊具有成型性、通氣性與保水性。

##### 2 紙筒育苗機

利用外徑 2~5cm，高 5~13cm 的蜂巢狀紙筒為育苗容器，並可自動的覆土與播種至紙筒內。

##### 3 穴盤苗全自動播種系統

目前有很多方式及機型，例如手動之真空吸盤、（手拉式）拋入式播種機、迴轉型之鼓式真空播種機（Drum Type）、間歇型針式真空播種機（Needle Type）等。雖各有其優點及缺點，最理想之系統應具有快速、準確、耐久及操作容易等性能，並可達到多用途的目的。歐美、日本與我國均有商品化的機械，作業能量現已可達每小時 300 箱（穴盤），可配合搬運系統，移植機等使達自動化育苗的目的。一般自動化栽培系統有採平面式或採立體式，生產線移動的方式有採間歇式、有採連續式。穴盤蔬菜育苗生產體系生產模式則以近於植物工場化生產的綠色生產基地運轉模式為主，以創新栽培技術、建立安全蔬菜生產及健全產、銷一體為前提。如圖 3-6 為例，介紹各部份機構：

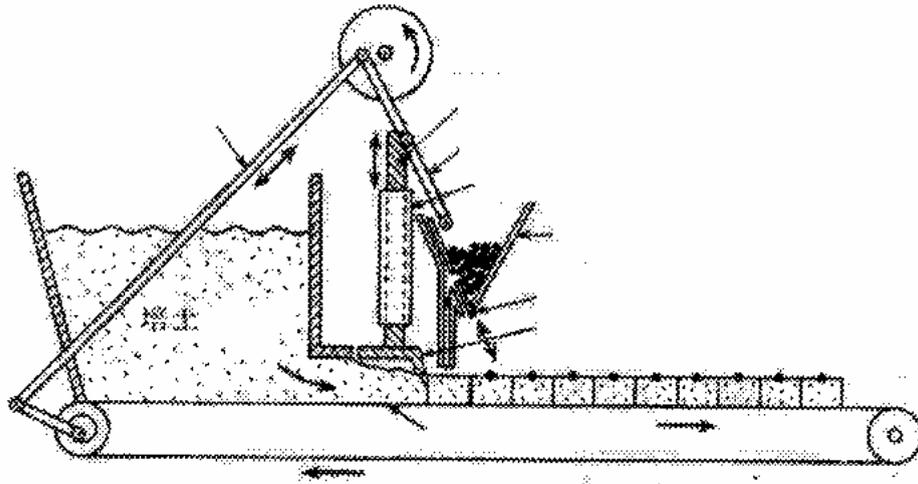


圖 3-5 土塊苗播種機 (古在, 1992)

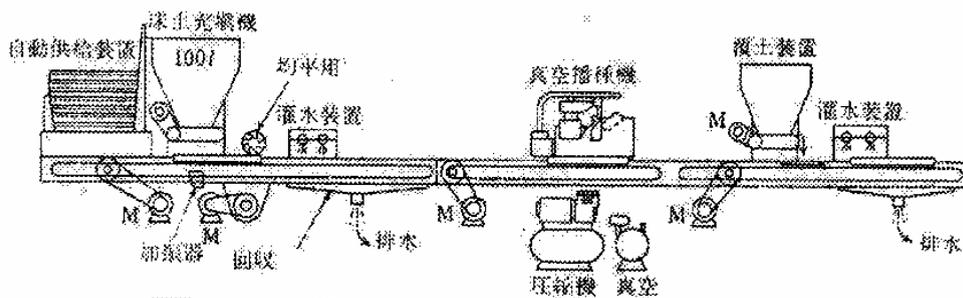


圖 3-6 穴盤苗全自動播種系統 (古在, 1992)

a.攪拌機 主要將介質(如有機肥加沙土或壤土、或泥苔土)粉碎、攪拌後送至介質填充機構中。調配好之介質可先貯於大斗中,依播種之需要,藉由感測器能自動供應並補充介質至播種機之介質盛斗中。在大型的育苗場,數種介質可在土槽內先行拌合,再以輸送裝置送到填土設備。

b.輸送、刷平及打孔機構,為減少勞力需求,包含循環動線輸送設備、介質整平機構、介質回收機構、打孔壓實機構。

c.播種機 可分為

a)振動式播種機構,利用振動造成種子跳躍,再吹送至穴盤內,較不適用於高速多量播種。

b)真空式播種機構,利用負壓將種子吸附在播種頭上,移動播種頭至穴盤正上方,再除去負壓(或用吹的)將種子播入穴格中,有較高的播種精度且可適用於多品種的作物種子。

c)吸引式播種機構,屬半自動個人使用的播種機構。

d)送料器式播種機構,將種子一個個排列在送料器內,在播至育苗容器內,其精

度高、速度慢，適合少量、價高的種子。

e)連續噴出式播種機構，利用滾筒將介質與種子噴出，適用於多量的小種子，其他尚有光學式種子檢出機構等。

d.自動排箱機及自動積箱機 自動排箱機之設計目的在於提供播種機空的穴盤以進行播種。以可程式邏輯控制器，以及可定位氣壓缸進行精確之定位控制。自動積箱機能將播完種子之穴盤堆積至所設定之盤數（如五盤），然後再由輸送帶或搬運系統送至育苗室。自動積箱機亦使用可程式邏輯控制器及可定位氣壓缸來進行定位控制。

#### 4 設施內自動育苗機器

利用自走式軌道車來完成播種、苗接觸刺激、灌水、換氣、不良苗檢出、二氧化碳的供給等各項作業，達成完全的無人化與自動化。

#### 5 嫁接機具

嫁接栽培具有抵抗土壤而來的傳染性病害、增強生長勢及生理代謝等效用。日本方面，使用嫁接苗之作物計有西瓜、小黃瓜、甜瓜、茄子等，這些作物在設施溫室栽培者達 85% 以上使用嫁接苗。台灣方面目前西瓜、苦瓜、蕃茄和絲瓜等作物已開始普遍使用嫁接苗。嫁接種苗需使用瞬間黏著劑與各樣的夾具，及縱切的樹脂製的彈性軟管等，並需在有環控的環境中栽培，自動化的嫁接機械正在發展中，如圖 3-7 為日本生研機構所研發出的嫁接機器，成功率達 98%，存活率可達 94%，約 3 秒鐘一株，有人工 10 倍以上的效率。

#### 6 癒合養生裝置設備

由於嫁接的砧木和接穗苗相當脆弱，在癒合期間對於環境的抵抗能力低，環境稍一管理不當，極易造成苗木存活率的降低和品質的低落。因此對於癒合環境如何控制管理來達到均一性，亦顯得份外的重要。當癒合環境溫度過高易造成砧穗腐爛，在低溫時更要注意保溫。濕度過高會造成嫁接苗木傷口腐爛，濕度太低容易造成接穗萎凋。環境不可過度遮光，以免嫁接苗黃化徒長。癒合環境內亦需考慮通風問題，以避免二氧化碳濃度過高或風速過大造成接穗苗萎凋。目前瓜果嫁接苗之癒合環境是特別需要人力來進行管理，而且要相當有經驗。特別是在台灣海島型氣候，一年四季氣溫變化大，癒合期的管理實在不易，已造成台灣嫁接育苗場相當大的困擾。簡易式之癒合養生設備僅採用隧道式塑膠布棚架，上面需置一層銀黑色遮蔭網，遮光率為 50~70% 間，一則可防止水氣外溢，二則可減少光照強度 40~60%，以避免棚內溫度上昇。若在室內時需以 600~700nm 波長的植物生長燈來代替光照，搭配降溫、加濕與換氣調節設備，提供濕度、溫度與二氧化碳之精密、均勻控制，則可提高嫁接苗的存活率。在國內方面，已完成四坪嫁接苗癒合養生裝置（圖 3-8）之研製，可以提供給嫁接苗一個良好的癒合環境，藉此提升嫁接苗品質，並可節省大量的管理人力。

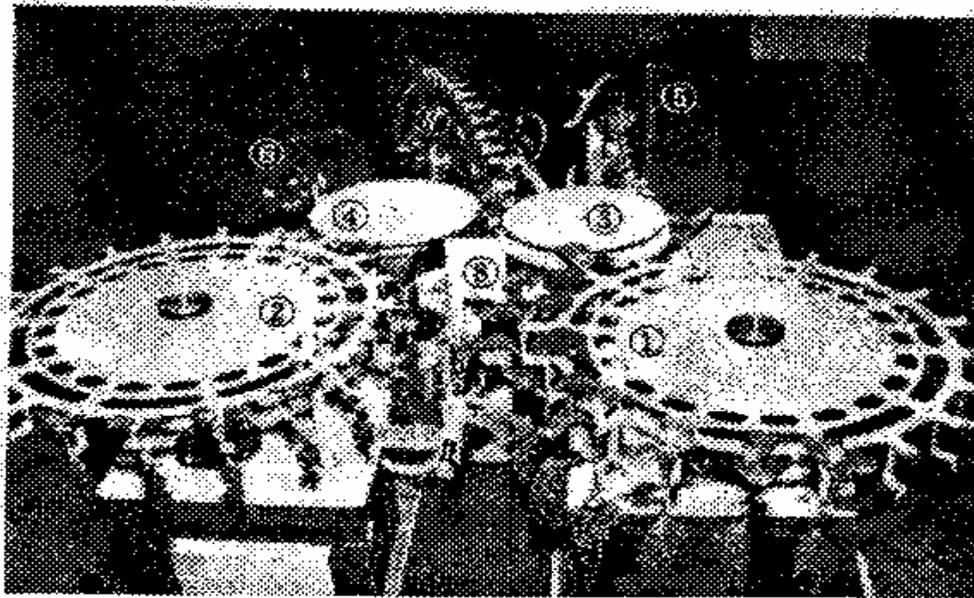


圖 3-7 日本生研機構研發之稼接機具（古在，1992）

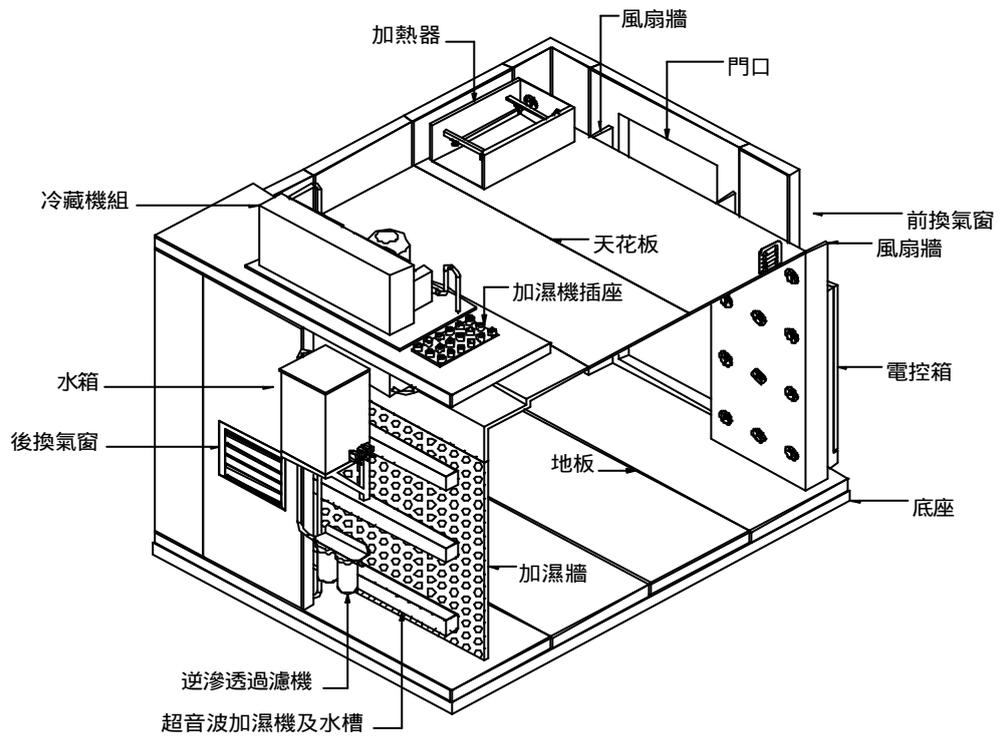


圖 3-8 嫁接苗癒合養生裝置內部構造（陳等，1999）

### 7 流體播種機

穴盤苗全自動播種技術，一般是利用真空播種機播種，雖然效率相當高，但它較適

用於種子形狀整齊及發芽整齊度較高之種類，若形狀不整齊或必須經催芽處理才可獲致整齊發芽之種子，則無法適用。近年來先進國家致力於透過流體播種機配合催芽，利用特殊的種子槽對催芽後的種子進行播種來克服種子發芽不整齊的問題。國內部份，由國立台灣大學與桃園區農業改良場合作，已成功研發出專利商品機，配合催芽程序，設計符合發芽後種子進行機械播種的種子槽，以達到省工，精確的播種效果。

## 2) 灌溉、施藥設備

植物體之組成約有 90 % 為水分，而水分之作用主要供給蒸散作用的消耗及細胞生長所需。植物在其生長過程中，不斷地由根部吸收水分後輸送至各組織細胞中，大部分的水分都經由植物體表之氣孔蒸散於大氣中，此過程即稱之為蒸散作用，蒸散作用會隨著生長環境的不同而變化，若作物吸收的水量不足時，生長發育便受極大的影響，發生所謂的凋萎現象，因此為避免凋萎現象的發生，灌溉作業即成為栽培管理的重要工作之一。

設施栽培的最大特色，就是栽培者可以利用設施並透過環境管理技術，使環境更適於作物的生長需要，從而控制產量、品質與調節產期；利用水分的管理，控制植株及產品的生長快慢和品質。依作物對水分的利用觀點，土壤之水分可分類如圖 3-9 所示，其中 24 時間容水量到植物生長阻害水分點間為正常生育有效水分之範圍。

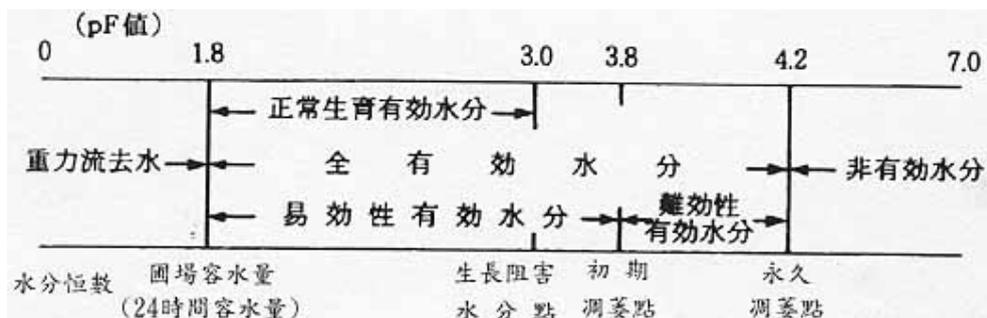


圖 3-9 依作物水分利用點之土壤水分類 (土壤物理性測定法, 1972)

在所有的設施生產作業中，最浪費勞力的可說是灌水（澆）作業，其用人力牽拉軟管的方法大約需要六倍以上的成本，若能機械化作業可以減輕約十五分之一的勞力。設施內灌水（澆）作業一班可分為：

- 點滴（滴水法） 適用於微量且長期灌水（澆）之場合，利用軟管澆水或滴水式的澆水，水慢慢滴流、而軟管有許多個小孔，小孔呈多元化的交錯，以低壓方式將水滲出，多元化的滴水管往下注水，其水的流量較小，不易產生過濕的情況，且具經濟效益，石棉栽培或多纖維類介質亦可使用。
- 灑水法 在長型耕地能均一的灑散水，利用有孔式的軟管與等間隔的噴頭，以達到平均灑水之目的，灑水有效半徑在 1~1.5M 左右（應視噴頭特性與水壓而定），可用於葉上灑水，穴盤、育苗盆、插木、插

芽等的灑水灌溉作業。

- 噴霧式 以細霧噴頭在地上畦道上做固定式的噴霧，其有地上導軌式、二車道行走式、上方懸吊式等。懸吊式噴灑系統，今後は擴大規模和省力化的主角。

(1)灌溉設備

隨著設施栽培自動化的發展，灌溉設備也朝自動化的方向發展，一般灌溉系統主要的灌溉器具有加壓水槽（水源，意）、抽水幫浦、壓力調節及定壓裝置、主給水管、支管（並排方式）、噴頭或滴灌器具等，分別說明如下：

1 蓄水池

蓄水池的容量大小須視補充水源取得、設施經濟效益與灌溉水量而定，建造地點則宜選擇在供水方便、配管最短且不妨礙栽培作業之處。假設蓄水池主幹線水路為 24 小時供水，在設施不用水時必須能儲蓄計畫用水量，若僅以灌溉水量來估計蓄水池之必要容積，可以下式計算：

$$V=10 \cdot Au \cdot Du \cdot (1-Tu/24) \dots\dots\dots (A)$$

V 蓄水池有效容積 (M<sup>3</sup>)

Au 灌溉面積 (ha)

Du 尖峰時粗用水量 (mm/day)

Tu 尖峰時灌溉時間 (hr)

另外可以使用流入蓄水池的流量來計算：

$$V=3.6 (24-Tu) Q_{in} \dots\dots\dots (B)$$

Q<sub>in</sub> 流入蓄水池之流量 (l/sec)

蓄水池另可配備水量與水壓的感測與控制機構。

2 抽水幫浦

水源若未利用水位差或水塔供水時，必須以抽水幫浦為原動力。抽水幫浦之種類與型式有很多，包括離心式、斜流式、軸流式等輪機式幫浦，往復式、旋轉式等排量式幫浦以及其它特殊型式幫浦。幫浦之選擇必需依灌溉作業需求考量，配置適當與否會嚴重的影響抽水幫浦之效率，不良的配置可使效率從 75 % 降至 20 %，直接影響灌溉成本。

3 多孔噴管

如圖 3-10 所示，於直徑約 5cm 之薄聚氯乙烯管上小孔以等間隔兩列或鋸齒型排列，直接鋪設於栽培床上或架設在 50 100cm 的高度處。此法之缺點為栽培床兩側部位水量較多，管正下方水量較少，可以線狀孔方式或變壓法改良此缺點。灌溉過程中需注意監控管內之壓力變化，以防管路堵塞或損壞的問題。

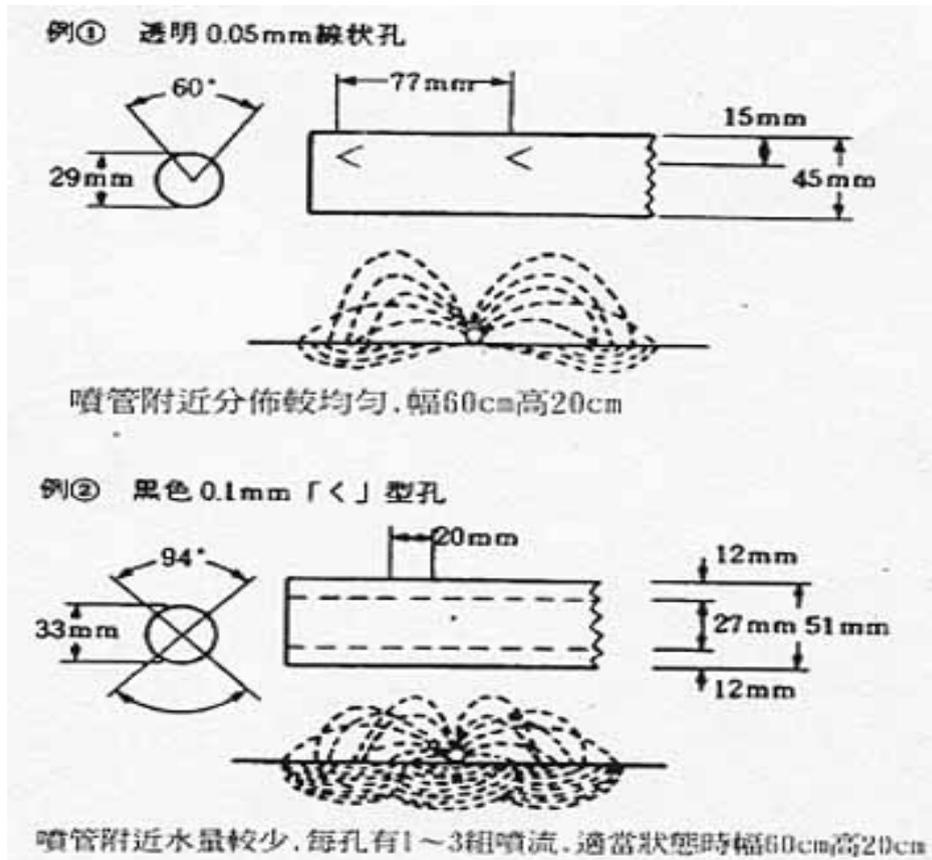


圖 3-10 多孔噴管示例 (植松)

#### 4 多孔管

於硬質塑膠管兩側開孔, 採低壓方式灌溉, 配管原則上如圖 3-11 所示。此法具耐久性、適於大面積灌溉使用。

#### 5 噴頭灌水

大多採硬質塑膠噴頭, 全圓型噴頭適於葉面灌水, 水滴飛散距離大, 供水壓力約  $2 \sim 3 \text{ kg/m}^2$ , 出水量約  $2 \sim 9.3 \text{ l/min}$ , 此法同時可用以維持設施內的空氣濕度。半圓型噴頭常安裝於栽培床兩側, 針對葉面下灌水或基質灌水, 供水壓力約  $2 \sim 3 \text{ kg/m}^2$ , 出水量  $2 \sim 3 \text{ l/min}$ 。二方向型與線型噴頭易於控制噴射角度, 主要用於地表灌水。線型噴頭則適用於植物栽培密度高的情形下。半圓型噴灌分佈較全圓型佳。

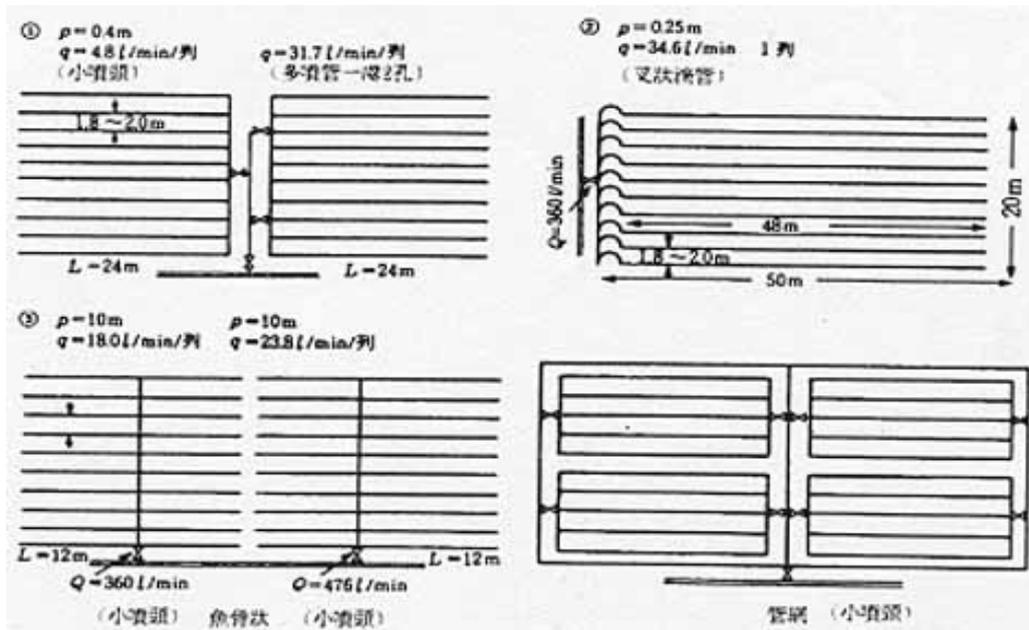


圖 3-11 各種灌溉資材配管組織之示例（水之江，一部修正）

### 6 滴灌器具

一般以直徑 0.5mm 1.0mm 之小孔，開於細塑膠水管上或相連接的滴嘴上，以 0.2 0.5kg/cm<sup>2</sup> 的低壓送水，經小孔慢慢流出進行灌溉，盆栽時則以單一盆為單位用極細的塑膠水管以點滴狀進行灌溉，如圖 3-12 所示為雙層式滴水管，滴管呈雙重構造，由內側塑膠水管小孔流出的水，經由外側塑膠水管的小孔流出至灌溉區。另一種方式的塑膠水管僅有一部分為雙重構造，在直徑約 13mm 的主管平行方向設有副管，主副管斷面積比約 5：1。副管的外側等距離開設 0.5mm 孔徑的小圓孔，主管上小圓孔的孔徑亦為 0.5mm 但孔數較少，與副管的孔數成一定的比例關係，副管上每小孔的流量約 0.07 0.15 l / min。若將滴灌法作為噴灌法之補助灌水，在 50 m 長之水管灌溉區內可將水量不均勻情形降至數百分之一以下。滴嘴之使用最好置於根群區域的中央位置，使用滴灌法時土表蒸發量減少，設施內較為乾燥，節省灌溉水量為其優點，但配管方法須十分注意，以避免水壓落差大，以致出水不均、零件漏水、脫落、斷裂等缺失，並需注意水質處理，以免引起滴嘴之阻塞現象。

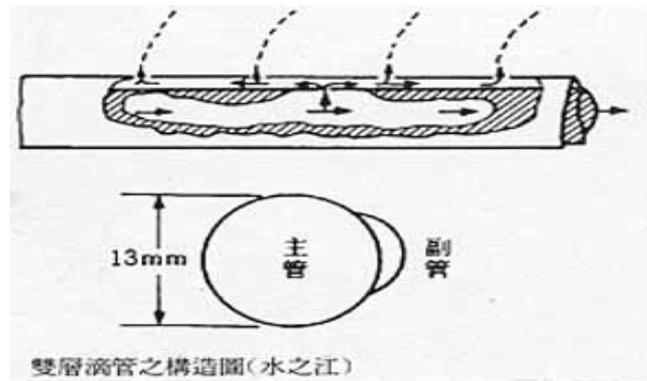


圖 3-12 滴灌用資材之示例

### 7 底面給水

如圖 3-13 所示為底面給水床的範例，經由毛細管作用水經盆底往上吸引至盆內。此法常用於細粒種子播種時，可避免沖失土壤（介質）或種子。此法亦可配合施用液肥，但需注意避免上流之肥料由於優先吸上，以致造成部份植物突長的現象。另若經常使用此法，會有肥料成分集於土表而造成鹽害的問題，同時也容易造成濕度過高的不利現象。

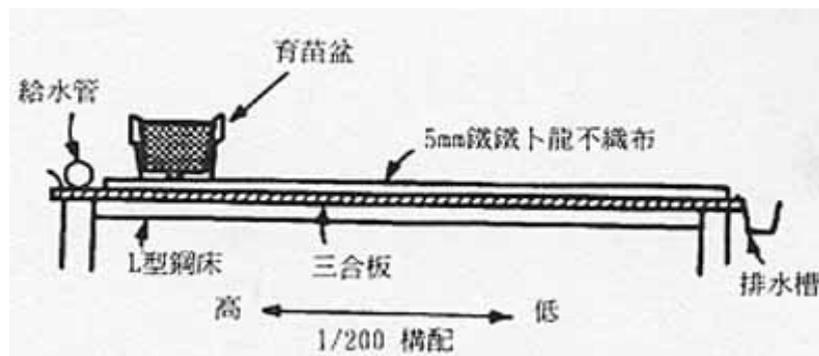


圖 3-13 底面給水栽培床之示例（盛等，1997）

### (2) 施藥設備

園藝設施的病蟲害防除，以人力噴霧機、動力噴霧機、背負噴霧機等為主，在較嚴酷的條件下可適用，從農藥的問題、污染的問題來看，目前最需要無人化及無農藥化。

#### 1 噴霧機

**噴霧散佈的特色** 噴霧散佈可依散佈量分類，液劑稀釋倍率隨之而異。液劑的特色有：藥劑種類多，可用於廣泛範圍的病蟲害、雜草防除。有濕潤性、擴展性、滲透性、固著性，對作物的附著性良好。液劑的微粒子動能大於粉劑，到達性良好。可依散佈目的、對象調節散佈粒子的粒徑。

噴霧機把液劑微粒化而散佈時，需要把液劑加壓的泵（pump）依目的霧化的噴嘴連結到軟管。噴霧機之種類有人力噴霧機、動力噴霧機、微量散佈機與自動化之無人噴藥機。

a.人力噴霧機 人力噴霧機是以人手驅動泵，有背囊形、肩掛形、半自動形、全自動形。背囊形是背負噴霧機，以一手槓桿操作泵，另一手拿噴霧管（噴嘴）散佈，人力噴霧機的藥劑箱容量約 13~20L，噴霧壓力較低，約 0.3~0.5 MPa，也常供家庭園藝用。

b.動力噴霧機 有引擎的可移搬動式機具，可多量散佈 500--2,000 倍的稀釋液（每公頃 600 公升），有自動捲曲軟管的裝置，省力且低噪音，亦有一輪式和三輪式的噴霧機。為增高藥劑散佈的效率與增大效果，以原動機驅動的高壓噴霧機，其結構與往復泵相同，加設調吐出壓力的調壓裝置、減少吐出壓變動的空氣室。動力噴霧機的大小以吸液量表示，每分鐘吸液量從 15L 至 100L，吐出壓最大 4.8 MPa，配合散佈作業狀態（噴嘴和軟管長度）調節壓力使用。將動力噴霧機和引擎固定於可搬式或有輪的架台時，稱為定置動噴。若將之移到藥液槽附近，從動力噴霧機以軟管延伸到散佈對象作物，可在軟管前端依作業安裝各種噴嘴而作業。另有以小型引擎或蓄電為電源的直流馬達驅動動力噴霧機，背負而進行散佈作業之輕量化定置動噴或背負形動噴。亦有將藥劑箱、動力噴霧機及噴嘴搭載於架台，直接安裝於行駛機械之行駛式動力噴霧機。

c.背負式動力噴霧機 為輕量化的塑膠所製，啟動較容易，兩個循環電子引擎和渦流式抽水機相連結，大約 6.5KG 左右，利用直流馬達帶動渦流式幫浦，產生高壓液體（藥液）經噴頭噴出細霧藥劑，其一次的充電可以連續噴霧三個小時，少振動且低噪音。

## 2 散佈機

又稱散粉機，是將粉狀藥劑，使用送風散佈方式，與液劑散佈噴霧機比較時，因使用粉劑所以構造不同。藥劑的重量輕，人力散佈常用背負形動力散佈，其結構由攪拌箱內粉劑的裝置、有粉劑送出和調量裝置的塑膠製藥劑箱、以小形引擎驅動的離心送風機、散粉用噴頭組成，一般普及機可散粉與散粒兼用。動力散粉機的種類有攜帶型、可搬型、裝輪型與行駛型。

粉劑散佈的特點為

- 不必調合藥劑，單位面積所需藥劑量也較少。
- 所用機器型小體輕且便宜，構造簡單、故障較少。
- 粉劑比重小，易載於風而散佈。
- 在無水處也可散佈。

其缺點有

- 粉劑附著性不如液劑。
- 下雨時粉劑易被沖掉。
- 需選無風時散佈。

背負式散佈機 一般粉劑（平均徑 20  $\mu$  以上）、微粉劑（100  $\mu$ ）、粉劑、液劑、FD 劑、DL 劑等散佈時施用，其附有防毒面罩及防護服，有完全防護之對策。FD 劑之散佈，藥劑以 300~ 500g/10A 的能量吹入密閉溫室中，並使之擴散，其藥劑附著十分安全，常常被使用。

## 3 細霧機

細霧散佈是利用高速空氣流，把藥劑微粒化，使液劑成為粒徑比噴霧小的微粒

子，載於空氣流而散佈。細霧散佈的特色有

- 散佈粒子的粒徑小，載於空氣流而散佈，附著性良好。
- 散佈高濃度藥液，不需大量水，減少散佈量，效率高。
- 不必拉張軟管。細霧機之種類有背負形細霧機、高速細霧噴霧機等，近來大都是自走式，有三輪式、四輪二驅式、四輪四驅式、六輪式，適用於各種果園噴藥作業。

#### 4 設施內無人自動噴藥機（溫室無人噴藥機）

設施栽培須採事先規劃，規劃內容為空間的使用與作物栽培方式、種類，規劃妥善之空間將有利於無人自動化施藥作業的進行，如此可避免農藥對施藥者造成的傷害，設施內作物一般可分成直立高型作物，如洋香瓜、蕃茄，與平鋪矮型作物如蘭花、金線蓮等，矮型作物對空間的阻隔性較差，可利用煙霧機進行作業，高型作物對煙霧有阻隔作用，有效作業範圍會被侷限在兩排作物之間。因此煙霧機對高型作物效果有限，此可經由改良煙霧機的運動功能而得到改善。無人自動噴藥機行走於作物之間，以畦溝控制行走，利用軌道進行換畦作業，系統內主要控制功能有行走換向、換畦定位、噴藥啟始、終止與全系統控制。利用噴桿進行業，針對不同的作物可用不同的噴桿，一般噴嘴略微朝上，採用朝上式噴藥，如此可增加葉背面的覆蓋效果，而當藥液自上落下時亦能達到葉正面覆蓋的要求。為增加藥粒的穿透力，藥粒粒徑較大，系統用單流式噴頭，使用普通藥液，雖增加了處理的藥液量，但在藥劑的選擇上彈性較大。

噴藥作業在考量無人化與適量化的要求下，其自動化技術發展的範圍主要包括下列項目：自動化運動、選擇式施藥、流量與壓力控制、位置與方向控制、殘藥回收、藥滴大小控制、物理性防治、智慧型管理與控制等。

#### 設施內噴藥自動化範例

a. 索道式噴藥（Cable Spraying） 利用設施結構於作物上端架設索道供機械沿索道運動，用來進行自動化噴藥系統，即為索道式自動化噴藥系統（如圖 3-14）。索道式噴藥作業控制，主要分為行走控制與噴藥作業控制，單一索道上單一噴頭，其作業範圍有限，為擴大作業效能，常利用噴桿進行多噴嘴面積式作業，亦有利用多條索道者。索道式噴藥依索道式之數量及架設方式，可分為單索、雙索以及複式等類，此機構適合於設施內使用，架設成本低，使用方便，自動化程度亦高。

b. 機器人式噴藥車（Robotic Sprayer） 即無人自動噴藥車。因設施內高型作物對煙霧有阻隔作用，有效作業範圍會被侷限在兩排作物的空間內，針對高型作物可使用機械人式噴藥車，可自動行走於作物栽培床間通道，進行施藥作業。機械人式噴藥車之作業除機械本身具有自動作業功能外，尚須配合作業區之規劃方能達到完全之自動化。此作業系統如圖 3-15，除自動噴藥車外，系統內須有能自動啟止控制之藥液輸送設備，另設施須有適當之規劃，以導引車子行進，在兩端須有作業範圍指標，為系統行動換向控制用，指標的位置務必與栽培床間之通道確實配合。機械人式噴藥車主要之控制機構，如圖 3-16。圖 3-17 為無人噴藥機，主體為四輪驅動的台車上有電池驅動馬達、斜角度噴頭、水平吊桿，可間斷式噴霧、避免觸撞的防撞器、自動軟管迴轉機、控制器等，可引導自耕地、畦溝，往覆漸次的移動噴霧，並且可以防止耕地坑洞的碰撞，其藥劑容器置於溫室之外，回前的稀釋農藥可安全的使用，這種無人防除機，FD 劑的散佈，如後面之常溫煙霧機，今後可能成為無人化的主角。



圖 3-14 索道式自動噴藥系統 (盛等, 1997)

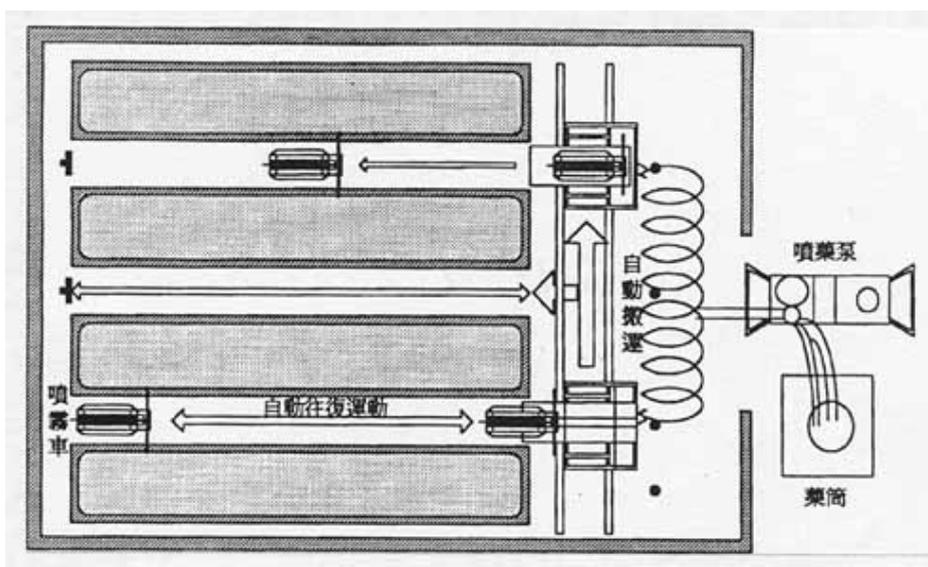


圖 3-15 機器人式噴藥車作業系統圖 (盛等, 1997)

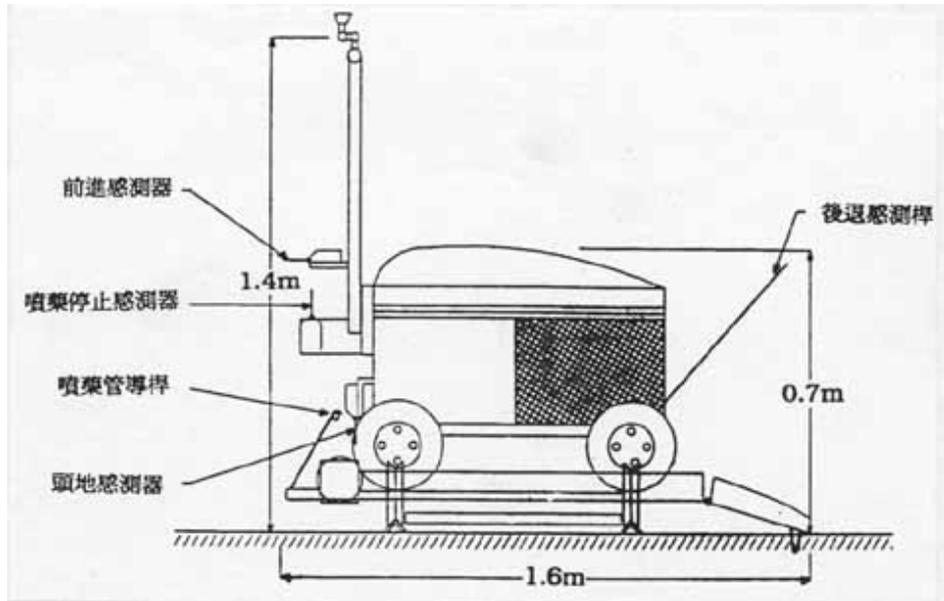


圖 3-16 機器人式噴藥車控制機構 (盛等, 1997)

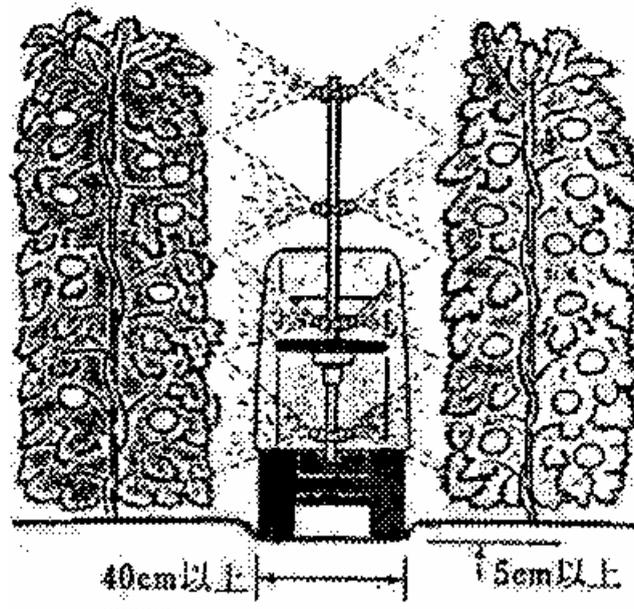


圖 3-17 無人噴藥機 (盛等, 1997)

### 5 煙霧機

煙霧散佈法是使藥劑霧狀粒子，擴散於空中而廣範圍散佈，常溫式主供室內防除用，高溫式主供衛生用。煙霧散佈的特色有

- 散佈粒子粒徑非常小，載於空氣流而浮游擴散，效果遍及各角落。

- 使用高濃度液劑無需稀釋。
- 不需軟管，故室內用常溫式煙霧機可無人化作業。

煙霧機由於所使用藥液霧粒非常細小，為使能發揮病蟲害防治的作用，故須使用 ULV 藥液，此種藥液由於毒性較強，一般限制較嚴，此外施藥後，霧粒在空氣中漂浮的時間很久，24 小時內禁止進入，在進入前必先行通風以免傷及人體。

常溫煙霧機( non-heating fog machine )是在常溫使液劑機械性煙霧化。有藥液箱、有送風機的風筒、風筒中心的有氣噴射嘴利用來自壓縮機的壓縮空氣，使藥液成微細粒子，此噴嘴可生成粒徑極小的煙霧粒子，使粒子載於通過風筒的空氣流。液狀劑由壓縮器內的壓縮空氣使產生煙霧，利用送風機在溫室內擴散，濃度小，微量散佈機有多種構成要素，如圖 3-18 所示，浮游擴散是十分省力的，散佈量少且可防止潮濕，夜間無人管理的密閉防除是十分安全的，其使用之藥劑、濃度之散佈是值得肯定的。但亦有附著力較差、地上小孔多及藥液漂至過遠等情形發生。

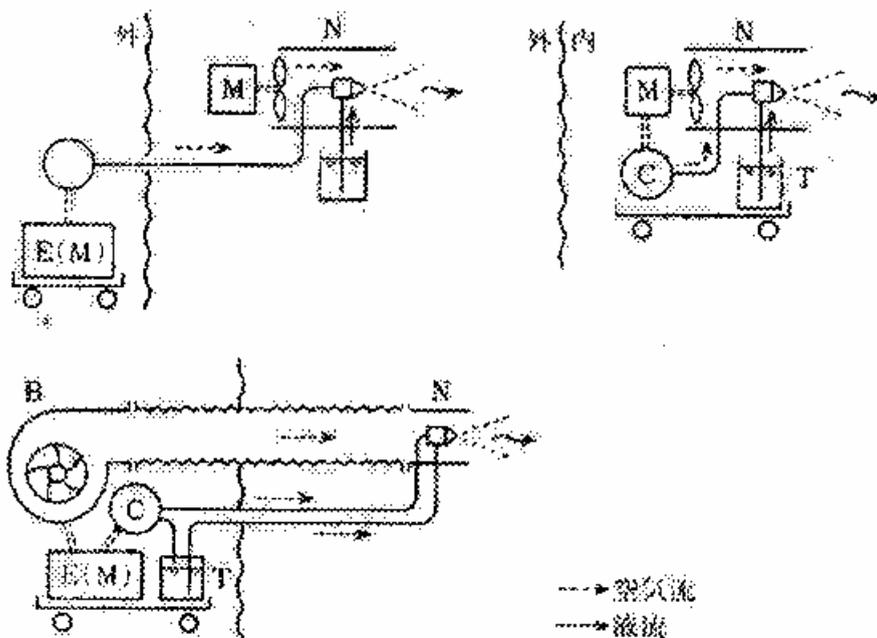


圖 3-18 常溫煙霧機之一例 (盛等, 1997)

### 3) 搬運設備

肥料、資材、介質、苗、收穫物等之搬出搬入作業，須要費相當大的時間和力量，因此搬運機械化漸漸被重視，在狹窄的設施內，運搬車的多目的化和活用化，經濟性、安全性、行走性、迴旋性等均可能被要求，設施內運搬設備之分類如下：

#### (1) 人力運搬車 (作業車)

設施內搬運工作多以用人力推動的搬運車為主要的工具之一，在長型栽種的植床

上，以單輪方式較方便運轉，而溝畦式、低床式的栽培區中，則用四個輪子的作業車較為實用；在土地上，用3-4個輪的較方便，其簡便且效率較高，其中2-4輪為可迴轉輪。

#### (2)動力運搬車

現在動力車的實用例愈來愈少，為適用於朝向大規模化工場化的應用將研究開發自走多目的式且低成本的動力運搬車，如環保的電動車，在作業時，它通常是朝後行走的。利用設施內的架構或配管等（如熱水管），可做多目的利用，如做為動力運搬車的上方軌道，及連結垂掛式的機具。一般一~四輪的動力搬運車在果園等供搬運用，六~八輪則用於不整地、傾斜地、水田等。多輪式的操向機構與履帶式同為側面離合器剎車方式，最近以油壓獨立驅動左右車輪，改善旋回性能，搬運車在溫室等可供作物管理用，也開發自律行駛機器人，將行駛、管理動作無人化。

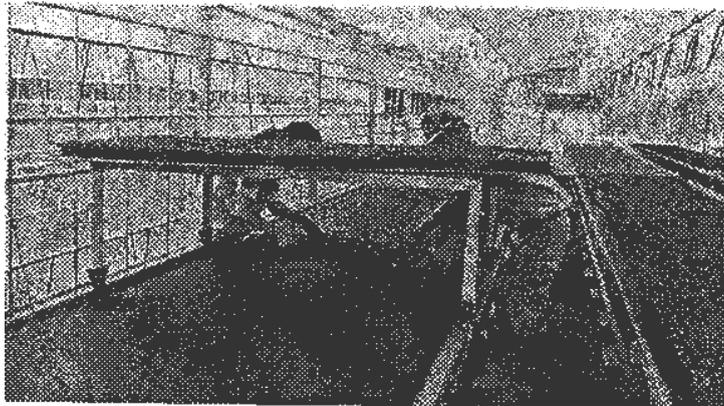


圖 3-19 軌道式臺車（以植床兩側緣為軌道）（古在，1992）

#### (3)軌道式台車

一般應用在跨於育苗植床兩側、或利用植床之兩側緣為臺車軌道（圖3-19，照片3-12），台車可為手動、亦可利用電動機驅動做水平移動，若與母車配合可做二維的移動（照片3-13）。

(4)一般穴盤及苗箱之搬運以輸送帶為主，至適當地點亦有以積箱機堆疊，再以堆高機運送。已堆疊之穴盤或苗箱可用排箱機再一個一個釋出。小型之手動液壓行走車為常見低成本之便利運輸工具。溫室內之高架管或地面水管常被利用作為定置式輸送台架或台車之軌道，物盡其用。另有利用前述之懸掛式台架和地面行走相配合之輸送裝置，行走車一邊之輪子為鐵輪，行走於三角形之軌道上，用以定向，另一邊則為橡膠輪。行走車本身以蓄電池為動力源，將裝滿盆栽或穴盤之（懸掛式）台架運抵定位區後，利用液壓降低本身之高度，台架之上端即附掛於溫室內之高架管，再以人力推送至預定作業區，然後以人工將懸掛式台架上之盆栽等物移放在植床或地面上。

#### (5)自動化搬運系統

利用人工配合氣壓及動力滾軸輸送之方式來搬運整個植床；亦有以感測器配合自動控制將整個植床自動推送至側邊行走車上，行走車有升降裝置，一次可堆放數個植

床，行走車一側為軌道式，另一側為橡皮輪，行走至指定地點後，則依反順序之動作將植床一個一個推出，排列床架上，床架上有動力可以自動推移行走車推出之植床。

#### (6)龍門系統 ( gantry )

是使龍門式起重機形狀的梁架 ( girder frame ) 移動，在其寬廣的作業跨距中，高效率進行耕? 收穫作業 ( 照片 3-14 )。龍門系統未來開發之方向有：

##### 1 寬跨距車輛 ( wide span vehicle )

在作業跨距寬的車架兩端裝設車輪或履帶，在圃場內一定路線自走。以旱作農業為主的歐美積極開發此型式，此型的優點有 a.減輕拖拉機等農業機械行駛壓損作物的程度，b.減少作物的損傷，c.土壤鬆軟時，也可收穫蔬菜等，d.資材、生產物、勞動力的搬運能力大，作業寬度大，增高作業效率。

2 在圃場鋪設永久性軌道，梁架在軌道上移行，此稱裝置化龍門，最終目的在使農作物無人化。除了上述優點外，尚有 a.可高精度作業，b.可自律行駛而可無人運轉，c.不拘晴雨、日夜都可作業，d.可利用商用電力和太陽能。

#### 4)分級、選別設備

分級、選別是農產品採收後至運銷過程中相當重要的工作，分級後品質的均一性，更是提高商品之價格及市場形象與交易進行的必要條件。依除雜後農產品的物理特性，例如大小、形狀、比重、硬度等等項目分類農產品者稱之為選別 ( Sorting )。分級 ( Grading ) 則是另外加入農產品價格因素來分類農產品，分級標準一般屬於公認的商業標準，由政府或產銷機構訂定之。

蔬菜及水果生產體系中，農產品之生產由於產期集中且產量高，以往選別、分級工作多倚賴人工，費時費工，在今日工資高昂的情況下，人工選別成本佔生產成本極大的比例，有鑒於此，利用以機械方式選別各式蔬果，取代傳統人工選別方式以提高效率、降低生產成本。另為提高農產品的附加產值，選別為收穫後處理為一重要之作業。

##### (1)水果分級、選別方式

農產品分級選別作業中，常以農產品的外形尺寸 ( 長寬厚 )、體積、重量、表面特性之色澤等做為分級指標，而分級作業必須根據農產品分級之目的設定分級指標；分級指標的選定對研發分級機是重要的關鍵步驟。國內發展推廣應用在蔬果外型尺寸分級選別方式包含圓盤型、滾筒型、帶型、板型、滾軸型、鏈桿型等多種機型。

如採最大寬度為分級指標已普及使用之圓盤式柑橘、柳丁分級機，使用可變化間隙的分級板做梅子選別及可變滾軸間距之洋蔥、洋香瓜、夜來香種球等分級機。分級作業中以重量為分級指標，發展出彈簧式或天秤式的重量式選別機，已普及用於梨子、蘋果、番荔枝、印度棗、檸檬等果粒較大之水果分級。

隨著科技日益進步，國內近年已研發使用微電腦做為控制器，從事重量選別作業。果品表面的顏色與成熟程度、品質有著密切關係，此方面研究大都以彩色影像處理技術，做為辨認的工作。發展利用影像處理的方式探討大小、投影面積與重量等關係，及利用光電科技進行顏色、大小光電選別機研發等。此新科技利用可提昇精密分級要求，正加以整合發展中。

##### (2)分級與選別機械

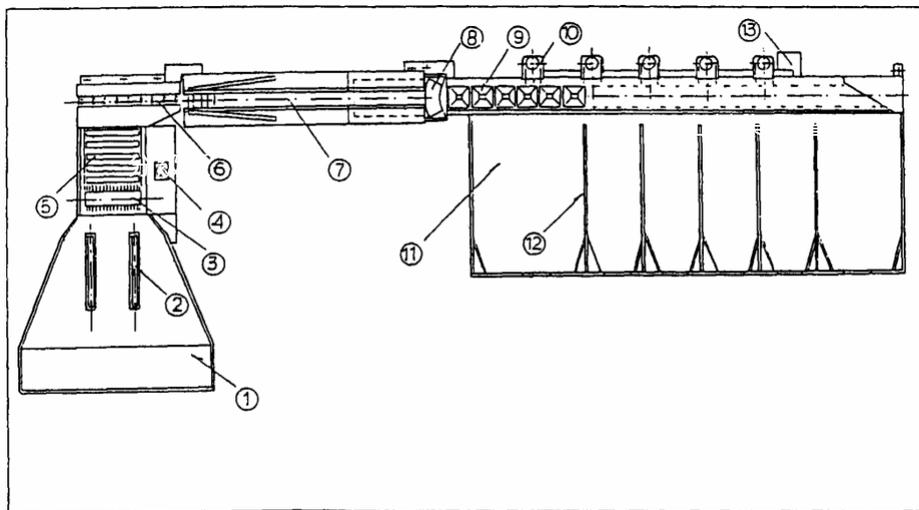
農產品依所處理的品種、產銷、用途的不同，而有不同要求的分級與選別標準，多使用機器視覺、影像處理、光電技術、風選、重量、尺寸大小等方式設計水果分級或選別機械。

### 1 板式分級機

利用斜板由窄而漸行漸寬的原理，將直徑大小不同的球形作物加以分級的機械。作業時藉由控制分級板之角度，使分級板在不同位置形成不同角度，促使改變板與板之間隙來進行果實大小分級，角度可調。板式分級機以果寬大小為分級指標，具有自動整向設計、定量供果分級作業，及分級中無滾動、工作效率高等特色，但僅較適於長橢圓形水果分級，受限不同品種形狀、採收期等影響其分級精度。外觀及作業情形如照片 3-15。

### 2 重量式分級機

重量式分級機以重量為分級指標，係利用天平槓桿原理，以機械式天平秤重量差之感應方式傾承果盤上水果進行分級，即在槓桿一端設有砝碼，另一端為承果盤，當承果盤上果實重量超過砝碼重時，槓桿失去平衡，承果盤翻倒，果實被送到相應位置。圖 3-20 及照片 3-16 為重量式印度棗分級機，分級機構造主要包含自動定量供料、單粒輸送單粒供果、分級及出料集果等裝置，適用於不同品種棗果分級，分級精度穩定性在 95%，損傷率在 3.5%，分級能力每小時 7,200 粒果實。該機可達成單粒化連續自動供果與分級功能為其特點，已商品化推廣普及用於印度棗、檸檬、青蘋果等分級。



- |            |             |            |
|------------|-------------|------------|
| 1. 供料承果槽   | 6. 平面整向輸送裝置 | 10. 分級天平秤  |
| 2. 撥動平面帶   | 7. 單粒輸送裝置   | 11. 出料集果平台 |
| 3. 供料毛刷    | 8. 單粒供果引導裝置 | 12. 分級隔板   |
| 4. 輸送量調控開關 | 9. 分級承果盤    | 13. 減速馬達   |
| 5. 定量輸送裝置  |             |            |

圖 3-20 重量式印度棗分級機構造示意圖(上視圖)

(游, 1997)

### 3 光電式分級機之研究

為改善傳統的機械式大小選別方法選別的精度與速度，且減少對農產品造成損傷，光學式的非破壞性檢定技術是一最可行的方法。光電技術應用在農業工程上，有下列優點：

- 對農產品不會破壞、
- 快速而精確、
- 光電元件與電子零件體積小而質量輕、
- 以微處理程式軟體控制，可因不同需求修改，具有可程式化的優點。

農產品品質的判斷與分級，可應用光電性質。光電選別具有高速、準確、非破壞性與客觀等多項優點。農產品的光反射特性可應用於顏色選別，顏色選別裝置基本上具備進料、選別與出料等功能。利用反射率的差異，可以有效地分辨出不同的顏色與表面缺陷，而採用雙波長組合的顏色選別指標，可有效地分辨不同的顏色等級。光電感測為一種非破壞性的偵測技術，配合微處理機之結合，則可發展出速度快、精度高、非破壞性且自動化之選別裝置。選別機構為避免外界光源的干擾，通常設計在暗室內偵測，多點偵測方式可偵測較大的面積，歷來研究結果顯示，採用水果移動被偵測的方式使用較多。而選別之品質指標建立可依經濟價值與應用性，共可區分為內部品質外部品質等，外部品質為肉眼可分辨之性狀，有顏色、重量（大小）、果形、外部缺陷等，內部品質包含種類較廣，有糖度、成熟度、鮮度等，兩者皆可為分級之指標。

### 4 圓盤式分級機

本型機國內在 10 餘年前即開始量產推廣應用，是一種可進行水果之清洗、吹乾、選別一貫作業水果洗選機，外觀如圖 3-21。在清洗部分採用毛刷滾軸方式。分級是利用圓盤之型狀配合迴轉離心力將果品推向外側，果實沿圓盤滾動，圓盤之圓周端附有不同高度之分級桿片，藉由設置分級桿片與圓盤間之不同間隙達果徑分級作業，分級機構如照片 3-17。本機在分級推出過程往往比較容易造成果品之擦傷，降低果品品質及影響儲藏壽命，對不耐碰撞水果適用性低，目前僅用於較圓型柳丁之清洗、選別用。

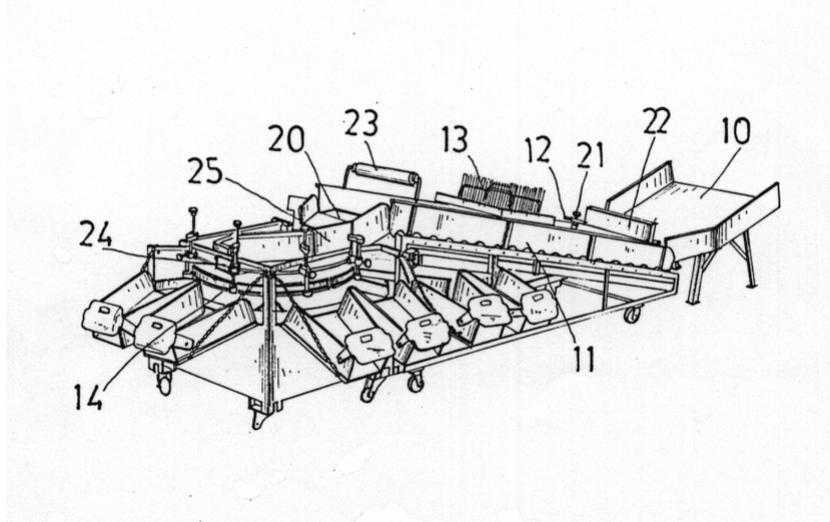


圖 3-21 圓盤式水果清洗選別機(摘自新型專利申請案 75208789 號)

### 5 變化間距的選別分級機

由多段由窄到寬的分級螺旋桿（階段滾軸）組成作業，可為多級選別。分級選別機構之孔洞大小，為隨著農產品原料運動之方向而改變的一種分級機。其主要工作原理為利用兩滾軸排列，則設置構成之間隔即由小變大。

當農產品自供料槽供給進入階段滾軸之一側前進時，滾軸增加彼此滾動的距離，使較小個體的產品先落下，而較大的個體繼前進於滾軸後端落下，如此可引導產品導入適當大小的容器內，供收集或直接裝箱包裝。照片 3-18 為兩列式夜來香種球分級機，屬階段滾軸型選別分級機構。

### 5) 預冷、貯藏設備

新鮮農產品採收後仍具有生命力，其呼吸作用、蒸散作用及其他許多生理變化仍繼續在進行，這些現象通常會加速產品老化、萎凋及黃化等，發生變質、腐爛或發霉等敗壞現象。低溫可抑制引起產品劣變之生理變化進行，及減緩病原菌滋生，因此收穫後降低溫度及適當的溫度管理，對產品保鮮處理上是一項極重要且必要的工作。農產品可透過預冷和凍結、冷藏處理，利用低溫環境維持農產品新鮮度及延長貯存期限之作業，凍結處理溫度在 0 以下，一般為 -18℃，即可長久貯存，而貯存溫度在 0℃ 以上的謂為冷藏處理。

#### (1) 預冷處理及設備

農產品採收後，進行預冷處理 (Precooling) 可降低農產品溫度以抑制輸運期間品質劣化，減少腐損率。預冷方法有田間自然散熱法、水冷卻法、通風冷卻法、真空冷卻法，和使用碎冰冷卻法。各種預冷方法主要區分為連續式與分批式之操作方式，依預冷方式配合之設備各有不同。

#### 1 冰水預冷 (Hydrocooling)

冷卻水的降溫方式一般有：A. 直接應用冷凍系統的蒸發器，B. 應用儲冰系統（冰水槽可蓄冰用），C. 利用外來冰塊（可節省設備費）。冰水是吸熱效果最好的介質，所以如果產品能忍受冰水處理，冰水預冷將是一種迅速且有效的預冷方法。要使預冷能順利進行，必須使冰水溫度維持在 1℃ 左右，因此進行冰水預冷時，預冷設備必須有足夠的冷凍容量才行，且使用之包裝箱必需防水。

冰水預冷是以冰水為冷卻介質的預冷方法，操作方式可分為連續式與分批式（照片 3-19）兩種，連續式設有鏈條輸送帶，將產品放在輸送帶上慢慢通過冷卻室。分批式一般設有吊車或利於起重車操作的滾輪。冷卻室中的冷水處理方式有沖淋式及流水浸泡式，沖淋式可用於甜玉米，而流水浸泡式可用於產品含水率較高者（如竹筍），一台商業用的沖淋式預冷機其冰水沖淋的水量應達 400~600 公升/分鐘/平方公尺作業面積，並視作業場空間與作業量選擇。

使用冰水預冷時常見的問題有：A. 水的溫度不夠低，B. 水的流速或沖淋的水量不夠大，C. 產品在預冷機中停留時間不夠長，因此使得預冷效果大打折扣。另外，由於冰水是循環使用的，因此須隨時注意冰水槽中的水質，避免因經常使用，累積大量有機質及腐敗微生物而使產品受到污染，故需不時加入殺菌劑進行消毒，如 100ppm 氯水。

並非所有農產品皆適用於冰水預冷處理，經調查研究結果得知，適用冰水預冷的

蔬菜有竹筍、蘆筍、芹菜、莧菜、空心菜、網紋洋香瓜、毛豆、豌豆莢、敏豆、甜玉米等。

### 2 室內風冷 (Room cooling)

室內風冷以冷藏庫中的冷空氣作為預冷介質，在美國室內風冷作業被廣泛應用於水果的預冷，但較少用於蔬菜；不過此一作業方式在日本亦普遍應用在蔬菜上。

室內風冷的優點是操作簡單，只要具備一般的機械冷藏庫即可進行。由於冷空氣本身的吸熱效果差，冷卻效率低，故預冷時間通常需要 4~24 小時以上，因此通常只應用於貯藏前預冷，較少應用於運輸前短時間預冷。經調查適用室內風冷的蔬菜有胡蘿蔔、甘藍、結球白菜、花椰菜等大宗貯藏的產品，及一般果菜類。

### 3 壓差預冷 (Forced-air cooling)

壓差預冷 (Forced-air cooling)，是一個普遍應用在水果、蔬菜或切花上的預冷技術。壓差預冷是室內風冷的改良方法，降溫的方式是強迫冷風進入包裝箱中，使冷空氣直接與產品接觸，它與室內風冷不同之處在於使用抽風扇使包裝箱兩側造成壓差，使冷風由包裝箱之一側經過包裝箱上的通風孔進入箱內與產品直接接觸，將熱帶走，在短時間內使產品的溫度迅速降低。優點是設備簡單，且幾乎所有的產品均可使用壓差預冷方式降溫，其使用的包裝箱可非必須是防水的，對於包裝材質之選擇上較多樣化。

一般而言，壓差預冷效率較室內風冷快 4~10 倍，例如草莓在 0.5℃ 冷風中進行壓差預冷，可在 1 小時 15 分鐘內由 24℃ 降至 4℃，對於許多不適冰水等其他預冷方法的產品，壓差預冷是一種很理想的預冷方式。壓差預冷有其缺點：A.降溫速度較其他方法慢（除了室冷），B.在某些產品上會造成 2% 以上的失水，C.操作較繁雜。壓差預冷的最大缺點是操作較繁雜，產品須依一定的方式排列，若排列不良造成抽風時壓差無法形成，則使預冷效率大打折扣，因此增加了處理之前置作業手續。以下介紹數種較常用之壓差預冷作業處理方法：

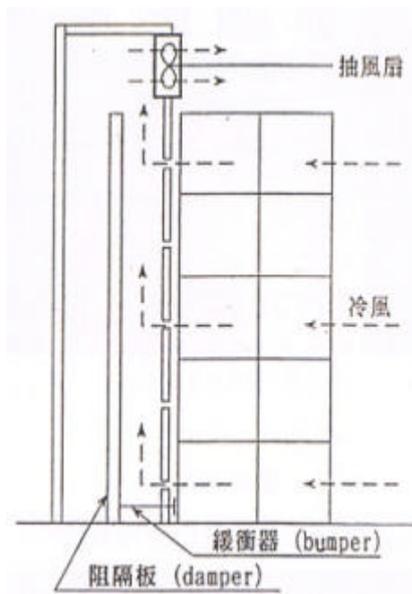
a.隧道式壓差預冷 (Tunnel cooler) 隧道式壓差預冷是最常用來強迫冷風通過箱子的方法，棧板堆積的包裝箱排列成兩行，中央具開放走道（照片 3-20），用帆布覆蓋中央走道的上方及末端以形成一隧道，再用抽風扇抽去隧道內的空氣，如此迫使隧道外的冷空氣穿過箱子中的產品進入隧道中，而由風扇抽出的暖空氣則再經由冷排降溫。棧板可堆高兩層以上，以充份利用庫內空間。使用紙箱裝箱的產品，只要紙箱具有適當的通風孔也可使用此方法降溫。

這個系統可整批操作使大量產品降溫，而不需操作個別箱子或棧板。每一操作系統有單一的抽風扇，此抽風扇最好有速度控制器，當穿過包裝箱的空氣溫度降低時，風速亦逐漸降低，如此可減少風扇耗能、熱量產生及減低產品失水。

b.蛇形式壓差預冷 (Serpentine cooler) 這個系統是設計使用在具底部開孔的包裝木箱上，堆高機操作的側邊底部開孔是用來作為空氣進出的通道，木箱緊靠透空牆 (plenum)，以偶數層堆積，偶數層木箱底部側邊開孔對準牆上通風孔。在交錯的木箱底部開孔分別有阻風板條，如此強迫冷空氣通過木箱上層，再經木箱中的產品後，由底部通道進入透空牆後面經冷排及壓差扇抽出。由於需特殊包裝容器，目前只以美國蘋果包裝的標準木箱使用較普遍。此系統通常是整批操作，但每次可沿著牆壁堆高許多層，蛇形式預冷對庫內空間利用率高（照片 3-21）。

c.冷牆式壓差預冷 (Cold-wall cooler) 這是一種使少量及無法完整棧板堆積的產品有效降溫的通風系統，如切花的預冷作業。單行的棧板排列在透空牆上，透空牆內部有冷排及壓差風扇使造成負壓，棧板靠近牆壁時，壓下彈簧使阻隔通風孔的調氣閥打開，空氣開始流通，調氣閥可安排在一定的高度以適合不同高度堆積的產品預冷，不用調整或怕造成漏氣現象 (圖 3-22)。

切花較常使用冷牆式壓差預冷，透空牆內約需 2~4 cm 水柱的靜壓力，操作時包裝箱沿著牆壁堆積，將箱子的通風孔對準透空牆的孔隙，牆上的孔隙須小到足夠使透空牆內外壓力差大於箱子內外的壓力差，如此操作時通過箱子的風量才不會改變，且沒有調氣閥亦可操作。



B. 牆面吸引式壓差預冷庫 (Thompson et al., 1998)

A. 冷牆式壓差預冷庫示意圖  
(Thompson et al., 1998)

圖 3-22 冷牆式壓差預冷 (林, 1999)

#### 4 真空預冷 (Vacuum cooling)

真空預冷是將產品放在一個耐壓倉中，然後抽氣降低倉內壓力，在正常大氣壓力下 (760 mmHg)，水的沸點是 100℃，隨著氣壓力的降低，水的沸點降低，當壓力降為 4.6mmHg 時，水的沸點降低為 0℃，水由液態變為氣態帶走大量的熱，產品溫度亦迅速降低。由於真空預冷是靠水的蒸發帶走熱，故產品每降溫 5℃，約失重 1%，通常真空預冷時產品約須失重 1.5~5% 不等。由於真空預冷所失去的水份是自產品表面均勻蒸散，只要失水率在 5% 以下，產品因真空預冷所造成的萎凋情況不明顯。較新型的設備則在壓力倉頂部加裝灑水裝置預先加濕。

真空預冷降溫快速，通常在 10~30 分鐘內完成；表面積與容積比大的產品降溫速度更快，如結球萵苣等，且適合已使用具通氣孔塑膠膜包裝的產品。在日本，部份根菜類及果菜類如胡蘿蔔、甜椒等亦採用真空預冷。真空預冷技術是目前操作最簡便

及效率最高的預冷技術，在產地已漸為運銷業者所喜愛。

圖 3-23 為真空預冷設備之模式圖，主體結構為可棧板堆積的真空槽，另須具有真空幫浦以降低倉內壓力。在真空幫浦之前有一冷凍機組是用來凝結幫浦抽出的氣體中之水氣，由於水氣的蒸發會使真空幫浦的負荷加大，因此在真空幫浦之前先行凝結以提高真空幫浦效能。

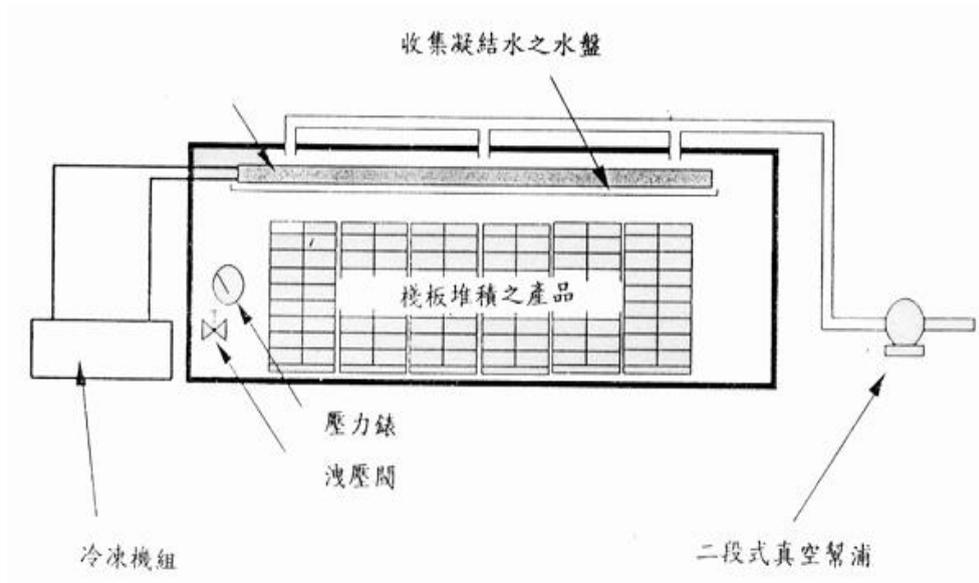


圖 3-23 真空預冷設備之模式圖（林，1999）

#### 真空預冷

##### 優點

- 使產品預冷徹底且降溫均勻，保鮮效果顯著。
- 操作簡便，產品不須特別堆積處理，且經由自動控制設備通常只須按一鍵即可完成所有操作。
- 降溫速度快，以短期葉菜類為例，每次只要 20 30 分鐘即可完成數公噸的處理量。
- 沒有包裝容器的限制，不像水冷式須考慮容器的防水性，氣冷式須考慮冷空氣與產品的接觸性，還可以冷卻塑膠袋裝的小包裝蔬菜。
- 能源使用效率高，由於大幅縮短預冷時間及處理量大，因此操作時之耗能相對的較水冷或壓差預冷少。

##### 缺點

- 部分品目不適合，園產品中水果類並不適合使用，蔬菜類中有部分產品不適合，如果菜類、根菜類由於預冷時蒸散表面積小，因此預冷效率差，但表面積大的葉菜類則大都很適合。
- 處理不當會造成失水萎凋。
- 設備費用高，初期的投資成本大。

- 必須有冷藏庫配合，預冷處理完的產品必須進入冷藏庫中貯藏。

#### 5 碎冰預冷 (Package-icing)

碎冰預冷是在包裝箱內加上碎冰，當冰溶化時以相當快的速度使產品降溫，碎冰預冷的優良是可以維持產品在低溫高濕下一段相當長的時間，尤其在沒有冷藏或保溫的運輸設備情況下，另外不需精良的設備，是最容易做到的預冷方式（照片 3-22）。而其缺點是冰水增加重量增加運輸成本，若使用紙箱包裝內部須襯塑膠袋防止紙箱吸水軟化，或須使用耐水性的包裝箱（照片 3-23），則將增加包裝成本。適用碎冰預冷的產品有芹菜、小包裝蔬菜、菜豆、青蔥、青花菜等。

#### 6 預冷注意事項

- 預冷設施之設置須配合集貨、包裝、冷藏、運銷作業流程。
- 預冷後之產品在未運輸前須暫時冷藏，避免回溫。
- 預冷產品在運輸時最好有保溫或冷運輸設備。
- 預冷產品須標示清楚以區別其他非預冷保鮮產品，提高產品價位。
- 預冷終點溫度選擇依產品而異，大部份產品可預冷至 5℃ 以下，而部份具寒害敏感作物，預冷終點必須設定在寒害溫度以上。

#### (2)貯藏

蔬菜、花卉或果物類等農產品採收後，仍持續進行呼吸及蒸散等生理作用，因而消耗本身體內的成分（碳水化合物、脂肪、蛋白質等），隨著其成熟度及老化程度的進展，產生水分喪失、酸味減少及硬度降低等現象，在無處理的情況下放置一段時間後，將導致風味、鮮度及品質的劣變。故貯藏之意義乃在於抑制其呼吸作用或蒸散作用，使長期間保持其風味、鮮度及品質，達到農產品販賣期間增長，市場消費供給量平衡之目的。

依相異農產品之種類及生理特性，目前從控制溫度、CO<sub>2</sub> 濃度環境及不同通風方式等方面，已發展出多種樣式之貯藏方法與設施，其概略如下：

#### 1 常溫貯藏

常溫貯藏不使用特別的冷凍設備，僅利用冬季、高山地區或地底洞穴等自然的冷空氣，對生產物或加工製品進行暫時性貯藏。

#### 2 低溫貯藏 (Cold Storage)

利用低溫降低產物品溫，以抑制呼吸作用、蒸散作用之貯藏方法，近年來，常先行預冷處理後再實施低溫貯藏。

#### 3 包裝貯藏

利用塑膠布抑制呼吸作用、蒸散作用之貯藏方法，長期間貯藏時，配合低溫貯藏使用。

#### 4 化學貯藏 (Chemical Controlled Storage)

植物本身於正常生理作用下所生成之化學物質，利用人工方式製造並提供植物產生作用，使植物本身控制其生理作用，以抑制老化、發芽及保持鮮度的貯藏方法。

#### 5 環境空氣控制貯藏 (Controlled Atmosphere Storage)

一般稱為 CA 貯藏，貯藏時將空氣調整為高二氧化碳、低氧濃度的氣體成分，利用減少正常呼吸作用所需的氧氣及二氧化碳排放量，以抑制呼吸量的貯藏方法。

#### 6 放射線貯藏 (X-ray Controlled Storage)

利用放射線照射，控制作物的細胞分裂及新陳代謝等。

#### 7 冰溫貯藏 (Controlled Freezing Point Storage)

於貯藏物或其細胞組織不致產生結凍的條件，利用 0 - 3 範圍的零下溫度帶，抑制呼吸作用的貯藏方法。

#### 8 局部冷凍貯藏 (Controlled Partial Freezing Storage)

貯藏物不完全凍結，僅一部分、或表面局部凍結的條件，將溫度降至零下溫度帶貯藏的方法。

#### 9 冰溫冷凍貯藏 (Controlled Freezing Point-Chilled Storage)

相同於局部冷凍貯藏，利用 -1 -2 的溫度範圍，以貯藏物產生結凍前的邊緣溫度來保持鮮度的貯藏方法。

對大部分的農產品，目前以應用冷凍機系統將貯藏庫內的溫度降至低於常溫以下的低溫貯藏為較普遍的方法。而利用低溫貯藏保持品質時，各有不同的貯藏溫度區域，一般生鮮的青果、蔬菜之貯藏適溫約在 0 前後。低溫貯藏設施由機械冷卻裝置及隔熱保溫壁所構成，可概分為木造或混凝土構造的大型設施，及利用小型冷凍機、隔熱壁版之組合式冷藏庫。低溫貯藏庫在送入貯藏物後，如何快速、均勻的將貯藏物冷卻，並於貯藏時期內維持在所設定的溫度，庫內貯藏物的堆積方式、通風及換氣為重要的影響因素

(謝廣文)

## 引用 參考文獻

1. 林棟樑。1999。蔬菜壓差預冷技術 台南區農業專訊第 30 期。15-19。
2. 林棟樑。2001。真空預冷技術原理及應用 台南區農業專訊第 35 期。15-18。
3. 林棟樑。2001。蔬果預冷保鮮技術 台南區農業改良場技術專刊 90-6 No.115。
4. 林棟樑。2001。蔬果冷藏之寒害與管理 台南區農業專訊第 40 期。16-20。
5. 孫文章、謝桑煙。1998。甘藍穴盤育苗技術。台南區農業改良場技術專刊 87-4 (No.76)。
6. 陳世銘、邱奕志、周立強、黃圓滿、戴順發、鄭榮瑞、張武男、張允瓊、張鋼鎚。1999。蔬果嫁接系統之開發研究。研究報告。台北：台灣大學農業機械工程學系。
7. 陳世銘、張金發、鄭榮瑞。芽菜及豆苗生產自動化。自動化技術手冊第五章 1-17。
8. 陳世銘。蔬菜種苗生產自動化。自動化技術手冊第三章 1-21。
9. 游景昌。2000。加工用印度棗劃切作業機之研製。碩士論文。國立中興大學機械工程研究所。
10. 楊紹榮、鄭榮瑞。1997。穴盤蔬菜栽培。台南區農業改良場技術專刊 86-2(No.68)。
11. 劉富文。1994。園產品採後處理及貯藏技術。臺北市 臺灣省青果運銷合作社
12. 鄭榮瑞、施清田、鍾瑞永。1998。甘藍機械收穫技術。台南區農業改良場技術專刊 87-3 (No.75)。
13. 鄭榮瑞。1998。農作物現代化栽培生產技術 - 蔬菜栽培自動化與機械化。台南區農業改良場技術專刊 87-11 (No.83)。
14. 戴順發、張武男。1997。蔬菜嫁接之研究與發展。科學農業 45(9,10)：266-274。

15. Nishiura, H. Murase, N. Honamo, T. Taira. 1995. Development of Plug-in Grafting Robotic System. In Proc. of IEEE Int. Conf. On Robotics & Automation, Vol. 3, pp. 2510-2517.