

園藝生活科技新知

張承晉

臺南應用科技大學生或應用科學研究所 教授兼所長

中華民國生活應用科學學會 理事長

壹、生活與園藝

園藝源自於遠古時代人類的採集，生活中離不開園藝；我們從市場買回來的蔬菜水果是農民的園藝成果；我們穿著的材料與染料早期也都是來自於園藝作物；居住環境中的插花、植栽或庭園造景是園藝的一部分；婚喪喜慶中所餽贈的花卉、盆栽或會場花藝設計也使用園藝作物。園藝作物栽培的過程中，小孩可得到生命教育的啟發，成人有得到休憩的效果，老人能得到怡情養性的空間；因此，無論是在食衣住行育樂各方面，園藝都與生活息息相關。在現代生活中，生活節奏加快，人際互動頻繁，藉由花卉可以陶冶性情、美化環境，更可以傳遞內心豐富細膩的真情，表達美好的祝福與希望，使花卉成為生活中不可或缺的重要元素。因為花卉有促進社會和諧脈動的功能，在經濟、科技及人文的催化下，全球花卉產業是二次世界大戰以來，發展最快的傳統產業之一。

園藝簡單地說是指關於花卉、蔬菜、果樹之類作物的栽培方法，在英文上稱之為horticulture 或 gardening。確切來說是指有關蔬菜、果樹、花卉、食用菌、觀賞樹木等的栽培和繁育的技術。就栽培技術而言，「園藝」一詞，原指在圍籬保護的園圃內進行的植物栽培。然而現代園藝早已打破了這種侷限，早已發展出比其他作物種植更為集約的栽培經營方式，精準的掌握各種生長條件做計畫性的生產。園藝業對豐富人類食材、營養和美化、改善人類生存環境有重要意義。在園藝學上，園藝通常是指與園地栽培有關的集約種植的農作物及其栽培、繁育、貯存與加工利用技術。此者又被稱之為「專園藝(horticulture)」，包含果樹、蔬菜和花卉三個領域的產業科學，其栽培目的是生產優質作物，以期獲得最大的經濟效益。

而以觀賞為主，生產為輔包含景觀、造園、植物栽培過程中的造型藝術、插花藝術等作物的栽培與周邊的延伸與結合，此者又被稱之為「普園藝(gardening)」。隨著現代化都市的發展，地面空間逐漸減少，都市居民如何利用房前屋後以及屋頂、室內、窗臺、陽臺、圍牆等空間或區域，配合城市建

設，美化庭院，加速綠化，越來越受到重視。近年來，隨著人們環境意識的不斷提升，綠化與美化在生活環境中的風尚正在逐漸蔓延，所以“普園藝”內容隨著發展趨勢已不限於祇利用觀賞植物進行栽培有關的技術，開始重視造型藝術，使之向觀賞藝術的方向發展。

本文僅就植栽牆(Plantwall)、屋頂花園(Roof garden)、植物工廠(Plant factory)等最近之發展做介紹。

貳、植栽牆(Plantwall)

植栽牆又稱為牆面綠化或壁面綠化，是一個垂直的植物環境。在環境上的特點是是空間的節省，也給觀賞者震撼的視覺效果，是城市綠化的發展趨勢。過去的植栽牆祇配合一些活動而短暫出現，現在的植栽牆具有可直接施工，並有獨立完善的灌溉系統，室內外都適用的特點。新式的植栽牆可以兼顧造型、施工以及管理方便等要求，可以說是一種立面庭園。

一、植栽牆的優點：

植栽牆除了具有美化空間的作用外，還有：

- (一) 避免陽光直射，降低牆面表面溫度有效降低牆面表面溫度10-14 °C，而室內更可以降低2.0~2.4°C，有效降低空調負荷。
- (二) 吸附空氣中塵埃及改善環境品質；適合植物生長的環境，人也同樣會覺得很舒服。

二、植栽牆的種類

一般的綠牆模式類型特性可分為攀爬型牆、框格型與口袋型植栽牆三大類。

(一) 攀爬型植栽牆

- 一、灌溉：需要使用高效率、節省水源型的澆水方式，可以利用毛細現象來達到給水的目的。
- 二、排水：需設置排水孔與排水管，避免積蓄過多的水分造成溢出或植物根部潰爛。
- 三、植栽：需要選擇適合攀爬的植物，並應顧及和妥善處理植物根部對建築物結構體的影響。

(二) 框格型植栽牆

立體花牆：容器主體以塑膠植材單株栽種為主，植穴與垂直面成一角度。結構以垂直面為原則，且有固定垂直壁面設計，便於施工。組合方式為主體兩具多孔之半圓片插梢式組合方式，支柱為鋅管直立式固定。灌溉方式由上而下溢流，經不織布調整水量使慢速給水達到均質濕潤介質之效果。

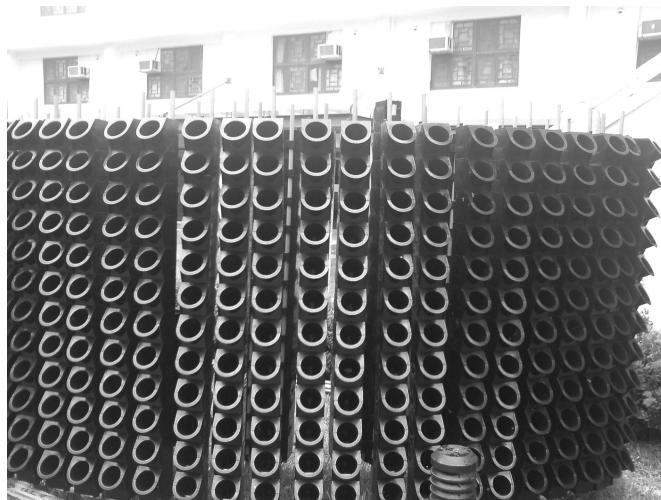


圖1-1、立體花牆組合

(三) 口袋型植栽牆

1.工法

牆體是由許多表面的種植袋組成。包括一個閉合的營養液灌溉系統。構造物非常輕，每天可自動化灌溉。第一層是穩定和保護建物表面免受潮的多層塑膠板料。除了植物，建築表面僅增加2cm的厚度。

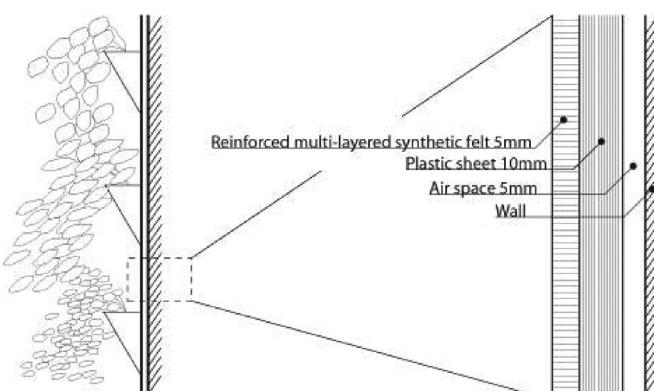


圖1-2、牆面組成

- 2.種植袋：雙層聚硫胺、槿麻纖維(表層塗上一層光觸媒，使之能防止污垢，並兼具分解有害物質的功能。內部填充水苔或輕質土作為介質。)、PET纖維、樹脂網包水苔或立陶宛泥煤。
- 3.人工輕質土：利用發泡樹酯或珍珠岩粉(加上防止飛散的性能)，經處理之後形成的土壤，質量輕，保水力佳，可增進植栽生長水分涵養。

三、植栽牆的管理

(一) 灌溉系統

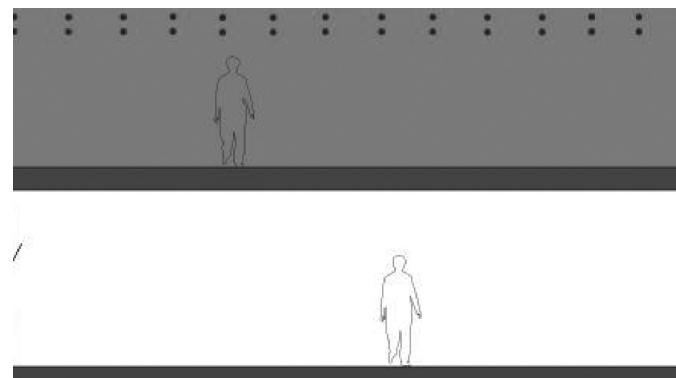


圖1-3、灌溉系統示意圖

營養液從中央儲存槽添加至表面。溶劑浸濕毛氈表面，最後收集在表面下方，然後返回到儲存槽。

需水量愈高的植物，則愈植於下層，便於水往低下流之特性。

(二) 照明系統

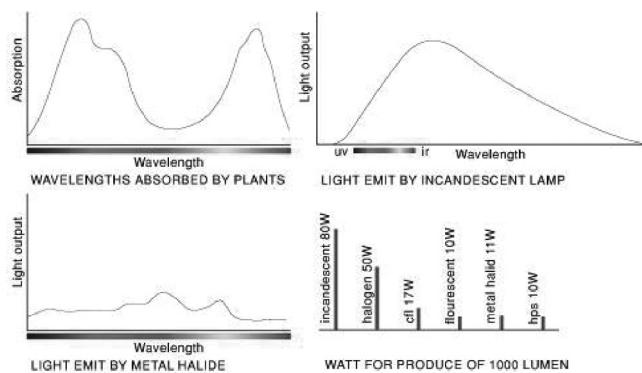
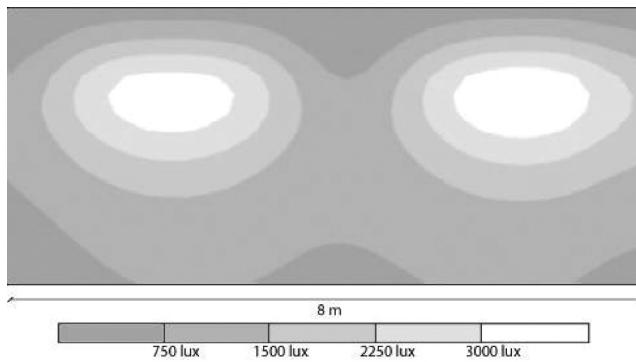


圖1-4、植物吸收光譜與人工光源

在室內培養植物時需要人工光源與照明設備，以補足室外的差距。高照度LED、金屬鹵化燈或高壓鈉為適當的光源，這些燈光可提供植物必要的波長而且非常節能。



圖五、人工光源之照度

由圖所示，光在牆壁上成水平放射，因為使用人工光源，所以光源向外遞減，光源的均衡度的情況是設計重要考慮點。

(三) 植栽選擇

植物是植栽牆的核心，受到顏色構成、葉子結構、成長容量和種植方法的影響。許多不同的類型植物可舒適的生長在植物牆上，但有一些是特別適當的。著生植物是生長在其它植物上，因此他們的根能適應有限空間。如Gesneriaceae(苦苣苔科)著生植物種：金魚花、鯨魚花和口紅花。若植栽牆在室內，植物必須在光源較少的地區也能舒適的生長。熱帶樹木下的植物能符合這些標準，因為他們能適應居住在緊密、熱帶葉子覆蓋下，許多植物也適合種在家中室內。這些植物為了適應遮蔭環境，經常開發大葉子好吸收少量的光，譬如秋海棠、鯨魚花和蕨類。

參、屋頂花園(Roof garden)

都會區中綠地的數量與品質影響城市環境，已成為環保綠建築與適於人居的重要指標，屋頂花園是都市綠化建設中新興的綠化方式之一。在都會區內建造園林開拓綠地不易，因此對於建築物或待建建築物的屋頂部分進行綠化，以補充市區綠地的不足。屋頂綠化的意義，它不僅可以增加城市綠地面積，還可以改善城市建築集中地的生態環境。

一、屋頂綠化的介質與屋頂荷重

(一) 介質

由於屋頂花園是建造在構築物上面，在構築物上面堆積土壤，沒有地下毛細水的上升作用，土層的厚度也受到侷限，有效的土壤水分容量(water holding capacity)小。同時，由於土層薄，受到外界氣溫的變化和下部構造傳來的熱變化兩種影響，土溫變化大。屋頂種植區由於受到屋頂承重、排水、防水等條件的限制，輕量、保水、透水性穩定、可持續利用的屋頂綠化介質的開發，一直是屋頂綠化技術的重點。

在屋頂花園的施工需根據基地的氣候特點及實際情況，特別是針對一些承重條件開發了適合屋頂栽培的介質。目前，比較常用的屋頂輕質材料有草炭、珍珠巖、蛭石等，如表2-1。

表2-1、常用介質的類型與特性

介質種類	型態類別	特性說明
泥炭 (Peat moss)	有機物	質均、保水、不結團、離子交換容量高、緩衝性大、pH值一般較低，使用前需調整pH值、分解緩慢、乾時有斥水性。 泥炭品質好壞差異甚大，顏色較淡褐色、質地較粗而蓬鬆者，因分解尚未完全，其吸水性、保肥性與通氣性較佳，品質較好；顏色較深、質地較細而緊密者，因分解完全，其吸水性、保肥性與通氣性較差，不適於栽種植物。
水苔(Sphagnum)	有機物	質輕、柔軟有彈性、吸水強、容易腐壞，半年至一年就要更換一次。
樹皮 (Bark)	有機物	保水、排水及通氣性佳。可替代部分泥炭、需堆積較久，方能使用。碳氮比高，養液需注意氮肥的施用。不同種類的樹皮pH值不同，松樹皮為酸性，硬木屑則為鹼性，使用時須注意pH值的控制。
椰殼纖維 (Coconut fiber)	有機物	濕潤後的保水性強，且通氣性甚佳。
木屑(Sawdust)	有機物	種金針菇後較佳、需再充分醣酵，可取代部分泥炭苔。
稻穀(Rice hull)	有機物	需醣酵或炭化，通氣性佳，炭化後pH與EC值均高，使用時須注意。

腐葉土(Leaf mold)	有機物	片狀質地(Flaky texture)、分解時釋出養分、使用前需消毒。
活性碳 (Activated charcoal)	有機物，木材 碳化而來，功 能上似粗粒膠 結物	吸附氣味、化合物，經過數個月使達飽和，可用180°C加熱30分鐘，活化之
砂(Sand)	粗粒膠結物	不分解，有良好通氣性及排水性，可增加無土介質的重量，防止倒伏。僅粗粒砂可用，海砂無法利用。外型不規則者為佳
石礫(Gravel)	粗粒膠結物	很重、很粗、不分解。適於仙人掌(cacti)或多肉植物(succulent)。具各種顏色
蛭石(Vermiculite)	粗粒膠結物	乾淨、Mg ²⁺ 、K ⁺ 含量高、保水保肥力強、離子交換容量高、pH值高；結構疏鬆，易受外力破壞，而降低通氣性，適合短期作物，長期使用會造成植物生長不良
珍珠石(Perlite)	粗粒膠結物	乾淨、保水力強、質輕、不易壓碎、無陽離子交換容量、保肥力差、含有氟可能對氟敏感作物(如朱蕉類、小蒼蘭和百合)有害
保綠人造土	粗粒膠結物	乾淨、便宜、不分解、保水性佳
發泡煉石 (Calcined clay)	粗粒膠結物	保肥力很高、通氣性佳、不易碎、粒子穩定，不易變質。顆粒大小有不同規格，適於盆底襯墊或混合介質使用，可增加介質通氣性
岩綿(Rockwool)	粗粒膠結物	吸水性很強、最適密度約為70kg/m ³ 。不易分解，容易造成公害
PP泡綿(Oasis)	粗粒膠結物	具孔隙、通氣性好、孔隙小，毛細作用強而有極佳的吸水性
保麗龍	粗粒膠結物	不具保水、保肥能力，但具有鬆弛介質與防止介質太潮濕的作用
火山灰 (Scoria or lava rock)	粗粒膠結物	近火山的天然沉積物、質輕、色暗
蛇木屑	有機物	排水、通氣均佳，使用1-2年後會腐壞
牛糞	有機物	常與其他介質(稻草、蔗渣)一起醱酵後使用
蔗渣 (Sugar garbage)	有機物	便宜，有機質多，通氣、排水好，纖維多，分解後體積改變大
堆肥(Compost)	有機物	玉米穗軸、高粱桿、稻草等枯枝落葉，需醱酵完全才能使用

(二)荷載

屋頂花園綠化的營造，增加了建築物的荷載。荷載越大，結構材料的斷面越大，成本也相應提高。需要把土壤和植物荷載降低在，並要有防滲漏的處理。因此，在屋頂花園的營造中，土層厚度、植物重量都需要進行詳細的計算。

1. 土層的厚度

在自然土壤中，土壤表層以下30cm處分布著60%～70%的植物根系，而60cm以下，則分布著80%～90%的植物根系。屋頂綠化由於受到建築結構、承重等因素的影響，難以滿足植物生長條件。根據植物種類、栽培的目標可選擇適當的土層厚度。但對於一些薄層屋頂綠化來說，可根據實際情況來確定適宜的土層厚度。

2. 樹木的重量

(1) 地上部的重量樹葉重量為樹幹重量乘以增重率，即

$$W = k \cdot n \cdot (d/2) \cdot 2Hw(l+p), \text{ 其中，}$$

W：樹木地上部的重量

d：目測直徑(m)

H：樹高(m)

k：樹幹形狀系數(因樹種樹齡而不同，估算時約為0.5)

w：樹幹單位體積的重量

p：依樹葉多少的增重率(0.2～0.3)

(2) 地下部的重量

$$W = k \cdot n \cdot A \cdot 3w$$

A：根坨直徑(m)，通常A=4D+0.12，

D：根部直徑(m)

d：目測直徑，D=1.5d(d>0.2m)； D=2-2.5dfd≤0.2m)

k：根坨形狀系數

w：每單位體積根坨重量1·3種植模式的建立

根據不同建築的允許荷重，選擇不同栽培模式來綠化屋頂。對於屋頂綠化的形式，分別選用不同厚度的介質層、排水層；然後選擇不同植物，計算屋頂的荷載。

二、屋頂種植層的構造技術

典型的屋頂種植層由排水層、過濾層及植物的栽培層構成。排水層的設計是為了改善屋頂栽培介質的透氣性，其次是儲存並排出水分。過濾層材料應選擇既能透水，又能過濾、阻隔土壤下滲，經久耐用而又價格低廉的材料。基於以上的要求以及屋頂綠化的條件，用於屋頂綠化的排水、過濾、防根等新材料的開發成為各國研發的熱點。

傳統的人工滲排水結構由粗砂濾層、礫石排水層和盲管(溝)組成。為了減輕建築頂板的荷載，在建築的屋頂上用容重較輕的不同粒徑的陶粒來替代粗砂和礫石。這種構造祇適用於種植草坪和花卉。近年來研發了新的滲排水板材，這種排水板具有對上部土層的支撐作用，它的多孔結構還能將土層中多餘的水滲漏到板層下並通過排水管排走。

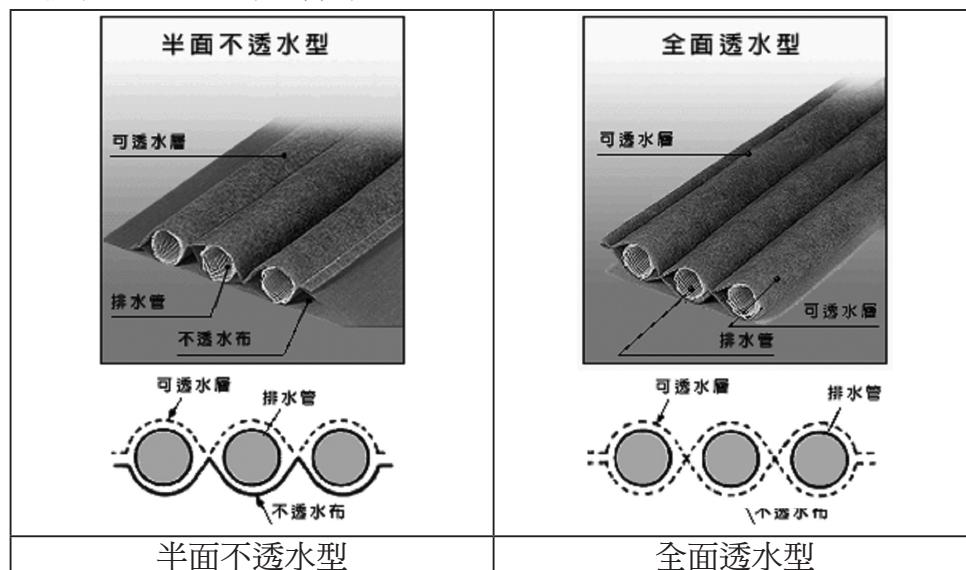


圖2-1、多元排水盲管

三、植物材料的選擇

屋頂種植環境的特殊性，限制其植物種類的選擇和應用。建築屋頂的種植由於隔斷植物與大地的連接，植物缺乏持續的養分、水分的供給調節，加之屋頂上光照強，風速高，空氣濕度變化大，抗旱、耐瘠薄植物是屋頂綠化植物的首選。

歐洲在屋頂綠化植物研究方面一直處於世界前列，德國在“建築物大面積

植被化”的研究中，就曾對植物選擇及其屋頂綠化技術進行過深入研究。1970年，德國將佛甲草、垂盆草等景天科植物用於屋頂綠化中，並在世界各地得到了應用與推廣。在近20年的屋頂綠化植物選擇過程中，約100種(含品種)植物成功地應用於介質厚度15cm以下的屋頂綠化中，其中景天類植物約50種，占總數的50%，成為薄層屋頂綠化植物的最大群體。日本借鑒、引進德國的經驗，也開發多種屋頂綠化植物，目前有約40種景天科等多肉植物用於屋頂綠化，其中的十幾種已經有了成熟的綠化栽植模式。於屋頂綠化的佛甲草(*Sedum lineare*)、垂盆草(*S. sarmentosum*)，已經形成了一套栽培技術，在當地得以推廣並取得了良好的效果。成都市屋頂綠化目前實際採用的植物材料有150多種，其中最常用的有80多種。

四、屋頂綠化的灌水問題

生態、節能、粗放型的屋頂綠化一直是各國追求的目標。屋頂上有限的土壤層，使植物根系的可用水與露地相比大大減少。特別是對於乾燥、年降水量小的地區，屋頂綠化的灌溉也成為關鍵問題。

屋頂的灌水方式有表面灌溉、地中灌溉和底面灌溉3種。表面灌溉也就是簡單的人工澆水，地中灌溉中最為常見的是滴灌。這兩種方法工程量、需水量大，但優點是簡單易行。底面灌溉更適於容器綠化。

五、屋頂綠化的防風對策

位於高層的屋頂，風速要比地面大，加之有限的土層厚度，種植喬木容易被風吹倒。特別是對於一些多風的國家和地區，目前常用的幾種防風方法如(圖2-2)。



肆、植物工廠

植物工廠是指在一定生產管理下的全年無休的植物生產系統或在完全人工環境下的全年無休的植物生產系統，且包含具備環境調節能力的太陽光與人工光源系統(溫室)。由此可知，園藝作物採用人工控制與管理來確保生產，現在已經有許多不同程度的「植物工廠」。因此，在不同的植物工廠中自動化程度越高，受環境因素影響越低；也就越能夠控制植物生產的品質、時間與數量，滿足我們的需求，使園藝作物的生產逐漸脫離看天吃飯的階段，將空間的利用增加到更多的可能。

一、植物工廠的時代意義

- (一)、可提昇農業的生產力：植物工廠可以穩定產品的數量與品質，因此提昇農業生產力，更可協助解決糧食問題。
- (二)、發展極地農業：傳統的農業必須要有豐饒的土地，但是植物工廠可在寒冷地、沙漠地、鹽鹹地、地下、海底與太空等極地中的發展農業。
- (三)、可吸引更多專業技術的投入：過去露天栽培的時代農獲利較低，將自動控制技術導入農業生產以提高獲利水準，不僅解決農業、農產與農民問題，更可以吸引更多的專業技術投入。
- (四)、提供良好作業環境：植物工廠改變園藝生產的環境，使其不再是勞力吃重的粗活，將成為更適合各個年齡層參與的工作。
- (五)、配合農業生技生產高品質作物：在最佳品種與最適環境下栽培蔬果作物，增加農產品內的營養素或保健成分的含量，以提高營養與利用價值。
- (六)、供給安全、安心的新鮮作物：植物工廠在生產過程中受到人為的控制，既可以將有害人體的因素加以去除，又可確保食材的新鮮度，提供人們所需的食物。
- (七)、可在都會區生產作物以減少運輸：植物工廠可以直接設置於都會區的高樓或地下室，將生產的作物直接供給消費者已達到節能減碳的作用。

植物工廠具有「農業工業化」的特質，可將農作物在工廠內(不管是用陽

光或人工光線照射)像製造工業產品那樣的生產出來，除了確保農業生產也可帶動其他的產業(設施、光源、溫溼控制、氣調)。這項節省土地的農業技術，在臺灣這種耕地面積有限、人口稠密的地域不啻是個好事情。



圖3-1、人工環境栽種作物

二、植物工廠的種類

植物工廠依使用光源的不同可分成「太陽光利用型」與「完全控制型」與「綜合型」三種。太陽光利用型植物工廠是水耕栽培法的延伸，使用噴霧(fogging)或風機濕簾法(Pad and Fan)等成本較低的蒸發冷卻設備達到適當的降溫效果，但在高溫高濕的臺灣，多種降溫方法的併用。選擇耐熱品種與遮蔭雙管齊下，輔以強制通風，加上蒸發冷卻方法與策略性的使用空調系統，可達到生產的目標。

完全控制型使用人工光源，連溫度、濕度、二氧化碳濃度、培養液等，凡對植物生長有影響的主要環境條件，都以人工來控制，所以可以說是理想的植物工廠，但在現實上有成本的問題，必須設法降低。完全控制型植物工廠依作物是否需行光合作用的特性分為兩大類：其一，需使用人工光源，耗電成本高，其後續量產均在溫室進行。其二，不需人工光源，如豆芽菜與菇類等，祇需要對其他相關條件控制妥當即可進行量產。

綜合型植物工廠為兩段式的栽培模式，多為在暗處發芽(室內栽培)，軟白栽培，等莖長至適當長度再移至明亮處(溫室)使雙葉綠化。從播種到收穫包裝約1週左右。豌豆苗的栽培型態亦同，豌豆苗在暗處三天進行催芽後，移至溫室生長，4-5天後採收。

三、選擇作物的原則

植物工廠必須考量經濟效益，如單一售價、投入成本與周轉率。可依據每單位面積與單位時間內的淨利(\$/week/m²)，或每單位體積與單位時間內的淨利(\$/week/m³)為指標。選擇適合在完全控制型植物工廠內栽培的作物的原則簡

列如下：

- (一)所佔面積與高度均小的作物
- (二)需光量小的作物
- (三)週轉率高的作物(栽培期短)
- (四)可銷售部分佔整株較大比例的作物(光能利用率高)
- (五)高淨收益的作物
- (六)需要人工維護時間少的作物
- (七)可以用水耕方式栽培的作物

依據上述原則，果菜類一般地光飽和點較高，又須丟棄莖葉，就所生產的可食部分的重量與總光能利用量的比例來看，果菜類應以太陽光利用型植物工廠來生產。完全控制型植物工廠生產花卉則應以小、中苗階段或特殊目的為宜，譬如嫁接苗的癒合養生與花期調節等。

在完全控制型植物工廠生產蔬菜，可選擇芽菜類與菇類。芽菜類需光少，生长期短(一週)，菇類完全不需光。基於耗電成本的考量，葉菜類多採綜合型植物工廠方式生產。葉菜類中萵苣的單價高，生長期也在30天之內。芽菜類、菇類與葉菜類三者除了根部以外都可食用，在論重計價上也頗有利。

伍、結語

科技的進步需要加以水平式的整合，看似無關的技術經過巧思連結產生新式樣與新形式的園藝生活方式。植栽牆綠美化我們的生活空間，屋頂花園開拓都市綠地提供更多的休憩場所，而植物工廠提供安心無毒的蔬菜也達到節能減碳的功效。在在的顯示這些被認為傳統的園藝，有一股新的發展正逐漸的在我們的生活中發生重大的影響。