

淺談設施栽培溫室規劃——以農業試驗所育成基地為例

農試所農場組 蔡璿如 吳錫家

一、前言

受極端氣候變化影響，短時間強降雨及強風等天然災害發生頻率增加，溫室設施在風雨來襲時可保護作物及穩定生產，且設施內環境較露天可控制，利於生產整齊且高品質的農產品。台灣設施蔬果栽培面積逐年增加，隨著智慧農業發展，傳統的簡易溫室逐年進步至現今的智能化環境控制溫室，投入成本亦逐漸提高，對於設施栽培新手而言，溫室結構設計的原則與取舍顯得更為重要，規劃上應依現地條件全方位考量，包括設施周邊大地工程、其他配套設施設計、結構及空間配置、溫室的座向、通風設計、作物栽培系統及智能環境監控系統等。農業試驗所(以下簡稱本所)育成基地於109年啟用，以創新的微型產業輔導模式進行農業設施栽培技術訓練推廣，茲以育成基地之溫室為例，對蔬果智能化溫室結構與設計做介紹。

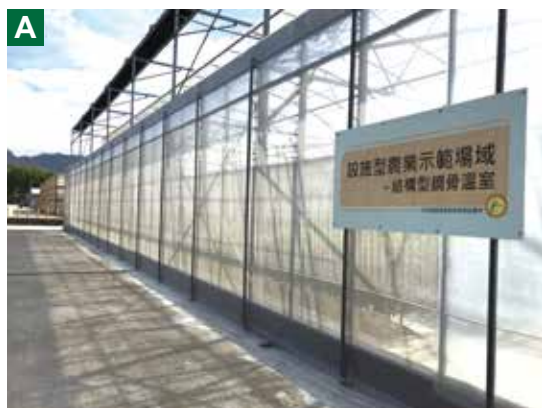
二、設施結構與空間設計

設施類型具有多元選擇，需符合作物生長所需環境條件，並且考量設施建造成本、維護營運操作難易度，本所育成基地溫室規劃以栽種瓜果類為主，如洋香瓜、薄皮甜瓜、小黃瓜、番茄等作物，屬於結構型鋼骨溫室(圖一A)，由於台灣夏季常遇颱風來襲，結構上採圓頂塑膠型溫室(UBP)設計，本類型設施具基礎結構，採用方管類的管件做為跨樑，在結構力學性質小於圓頂力霸塑膠型溫室(UTP)之強度，因此在相同的抗風級數設定下，跨距及柱高均較圓頂力霸塑膠型溫室低，但若設計完善，尚可以較低的架構成本，滿足一定等級的抗風需求。育成基地溫室設計為連棟溫室(圖一B)，包含八間獨立栽培溫室，每間具獨立環控系統，單間面積約0.02公頃，溫室四周輔以風拉桿強化溫室結構，擋泥板可防止外部淹水漫入(圖二A)。溫室區入口設置消毒區，以次氯酸鈉進行入園消毒，獨立栽培溫室入口以防蟲雙重門設計(圖二B)，利

作者：蔡璿如助理研究員
連絡電話：04-23317757

用隔離網及防蟲走道，避免昆蟲進入溫室，溫室四周防蟲網以32目為原則，但考量自然通風問題，可依實際需求選用網目疏密不同之防蟲網，雙重門以暗室設計來設置防蟲走道，更可減少害蟲直接侵入的機率。

溫室內作物栽培區寬度約50-60公分，操作走道寬度150公分，以寬畦密植方式，採雙側呈V型棚架栽培(圖二C)，可應用於多種蔬果作物栽培使用，棚架高度約2公尺，配合網寬約18公分攀爬網，方便人員作業與操作人工授粉。栽培區前後預留約2-3公尺區域，可擺放操作的相關資材(例如授粉蜂)及人員工作



圖一、(A) 農業試驗所育成基地可作為設施栽培技術整合示範場域。(B)獨立的環控溫室提供農民進行實作訓練。

之空間，後方預留小型機具操作時迴轉換行作業空間，並且設有較大之機具專用出入口(圖二D)，以達人機分流目的。全園採自動供給水養液系統，可穩定供水，以少量多次的方式供應，搭配使用水養液供給壓力流量及電導度監測，達到精準控制之目的；相對於傳統栽培模式，僅於作物生長區域給水給肥，可節省肥料用量約2/3，同時也可以避免溫室內土壤鹽漬發生。連棟溫室間的空間設計為操作區(圖二E)，主要作為儲備養液桶與藥劑配置場地，同時也是肥料、藥品、資材及中小型機械儲藏的空間，另外採收時也可以做為理貨及包裝的場地，將栽培區域與其他工作進行分區作業，可減少作物生長受到干擾的機會。

由於溫室內規劃採土耕栽培，栽培區最忌淹水，會造成作物生長受阻，因此需要有妥善的排水設計，溫室周邊環溝排水將可有效阻隔外部水源漫淹進來，設施屋頂應設置集水槽，透過集水槽可將雨水引導至排水溝。另外為驅動設施內設備運轉所需之基本動力，溫室內設有三相220V及110V電源，以供應設施內機械設備使用。

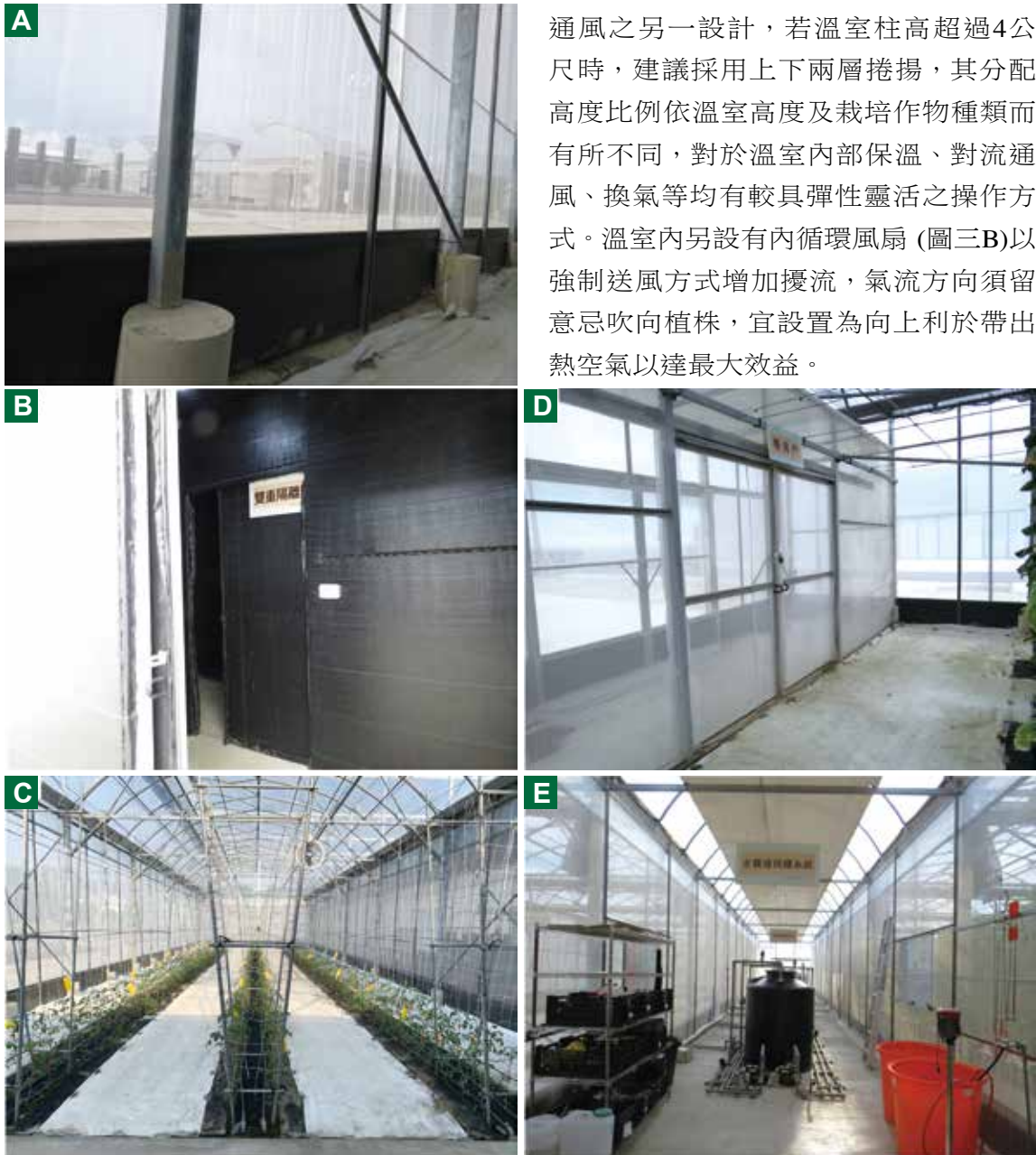
三、設施周邊與栽培設備

台灣夏季高溫容易引起設施內蓄熱，過度高溫將對作物生長帶來負面影響，溫室內適當的通風可防止高溫及高濕現象，促進氣體流動，降低高溫傷害。

本溫室屋頂採單邊鷗翼式天窗(圖三A)，以自然通風方式引導積熱由天窗

排出，天窗設置方向以夏季風向為考量因子，夏季若吹南風，天窗開口位置則朝北開啟，依風的去向由天窗排出帶走熱空氣，天窗開口處應設防蟲網 (約16

目)，以避免昆蟲飛入。鷗翼式天窗建置成本雖然較捲軸式天窗高，但具有結構强度高、抗風性強、開啟與關閉速度快等優勢。因本溫室柱高小於3.5公尺，溫室側邊採單層側捲揚 (圖三A)，為自然通風之另一設計，若溫室柱高超過4公尺時，建議採用上下兩層捲揚，其分配高度比例依溫室高度及栽培作物種類而有所不同，對於溫室內部保溫、對流通風、換氣等均有較具彈性靈活之操作方式。溫室內另設有內循環風扇 (圖三B)以強制送風方式增加擾流，氣流方向須留意忌吹向植株，宜設置為向上利於帶出熱空氣以達最大效益。



圖二、(A)溫室周邊設計風拉桿及擋泥板。(B)雙重隔離門。(C)立體栽培架。(D)栽培區前後預留操作空間與機具出入口。(E)操作區。

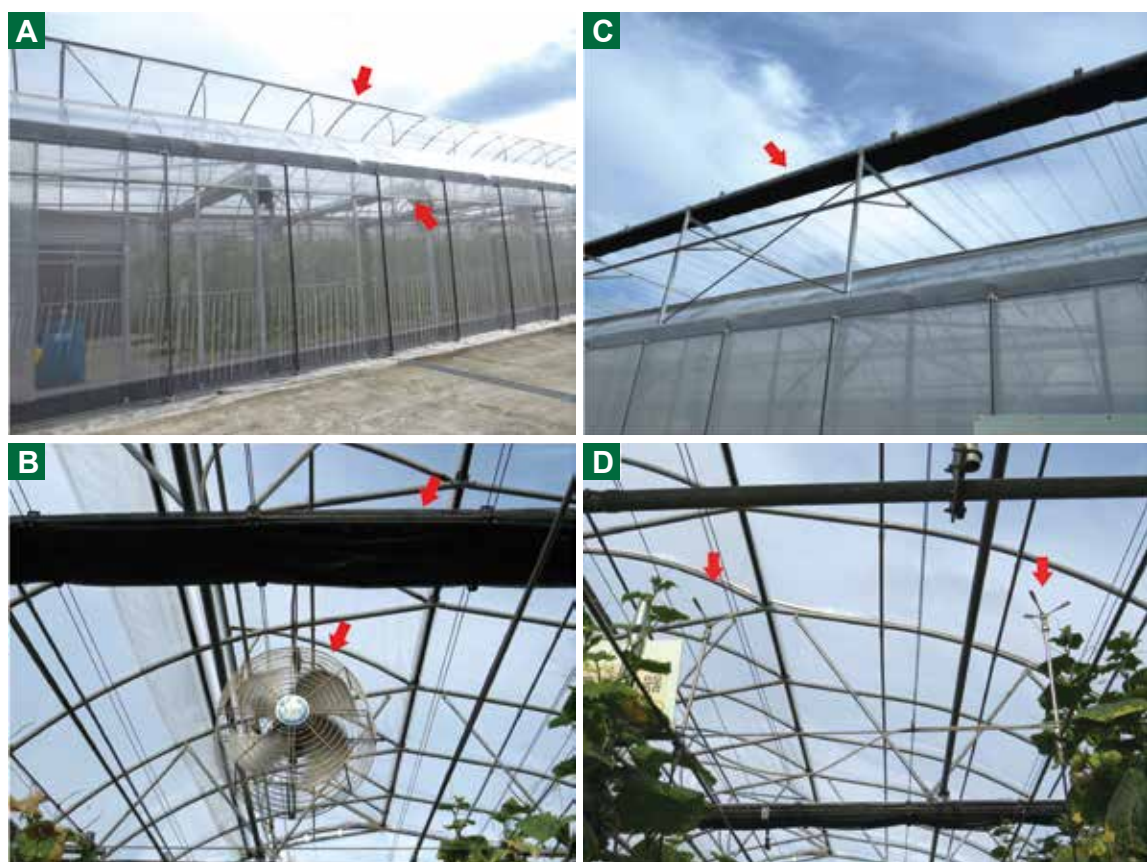
溫室內外遮陰網 (圖三B、C)在夏季能遮陰和減少太陽輻射，在冬季可保溫，外遮陰設置成本較高，但是能有效阻絕輻射熱進入溫室，內遮陰成本較低，降溫效果也相對較低，在氣溫低時相對可發揮保溫效果。

微霧降溫系統 (圖三D)在設施內具有多種功能，微霧噴灑可應用於病蟲害防治、環境消毒、葉面施肥等，搭配內循環風扇增加霧粒均勻擴散，同時也提升蒸散效率，再藉由開頂溫室之自然對流作用，能有效解緩夏季設施內的高溫問題，為一節能簡便之溫室降溫設備。

四、設施智能化管理系統

近年隨智慧農業發展，溫室結合智能化管理系統 (圖四)讓生產者可以依照不同作物生理需求調整栽培環境，結合手機等電子裝置進行設施環境監測與設備控制，降低農業生產的人力成本與負擔，進而達到管理效率的提升。

智能化管理系統可分為環境監測感知系統與遠端程控系統兩部分，環境監測感知系統用於監測設施內作物的生長環境，在設施外部氣象站及內部分別設置環境感測設備，收集監測溫室內外環境參數，該參數亦為天窗與側捲揚等各項



圖三、(A)單邊鷗翼式天窗與側邊單層捲揚。(B)內遮陰與內循環風扇。(C)外遮陰。(D)微霧降溫系統。



圖四、農業試驗所育成基地之設施智能化管理系統。

設備調控依據。外部氣象站包括溫、溼度感知器、光量子計、風速感測器、風向感測器及雨知感測器，而內部環境監測感測器包括室內溫、溼度感知器、光量子計，土壤溫度、介質電導度及土壤水分含量計等，透過即時傳輸設施內環境資料，生產者可即時掌控設施內溫、濕度、光量與土壤狀況。

遠端程控系統可調控設施相關設備的啟閉，調整溫室內生長環境，亦可設定不同環境條件下設備運作的啟閉，同時檢測設施內各項設備是否運作正常，即時回報異常警訊，降低控制系統異常所產生的作物栽培風險。遠端程控系統下設備啟閉考量依據各有不同，如天窗一般以下雨為優先考量，溫室內溫度為次要考量因子，側邊捲揚以設施內溫度為第一設定條件，內循環風扇亦以溫度為主，內外遮陰以外界光照強度為優先、溫度次之，搭配環境監測感知系統

所提供各項外界環境變化參數，調控設施內設備的啟閉，將設施內環境調整至作物生長最佳的條件。

五、結語

設施栽培生產高品質蔬果將成為未來產業的趨勢之一，同時隨著智慧農業導入設施生產，投入成本與生產技術都有別於傳統露天栽培，對於投入設施栽培的農民是新的課題，溫室的結構與設備將影響作物栽培過程的生長與操作管理，在產業應用面上應考量成本與效益，以能生產高經濟價值作物獲得最大的收益為優先考量，農糧署亦提供溫網室設施環境控制及生產設備補助基準可供參考及利用。本所自107年開始進行設施蔬果產業人才培訓，目前已培育60位以上青年農民，育成基地以微型生產基地的模式，提供培訓學員實作場域，促進設施栽培技術擴散之學用銜接。