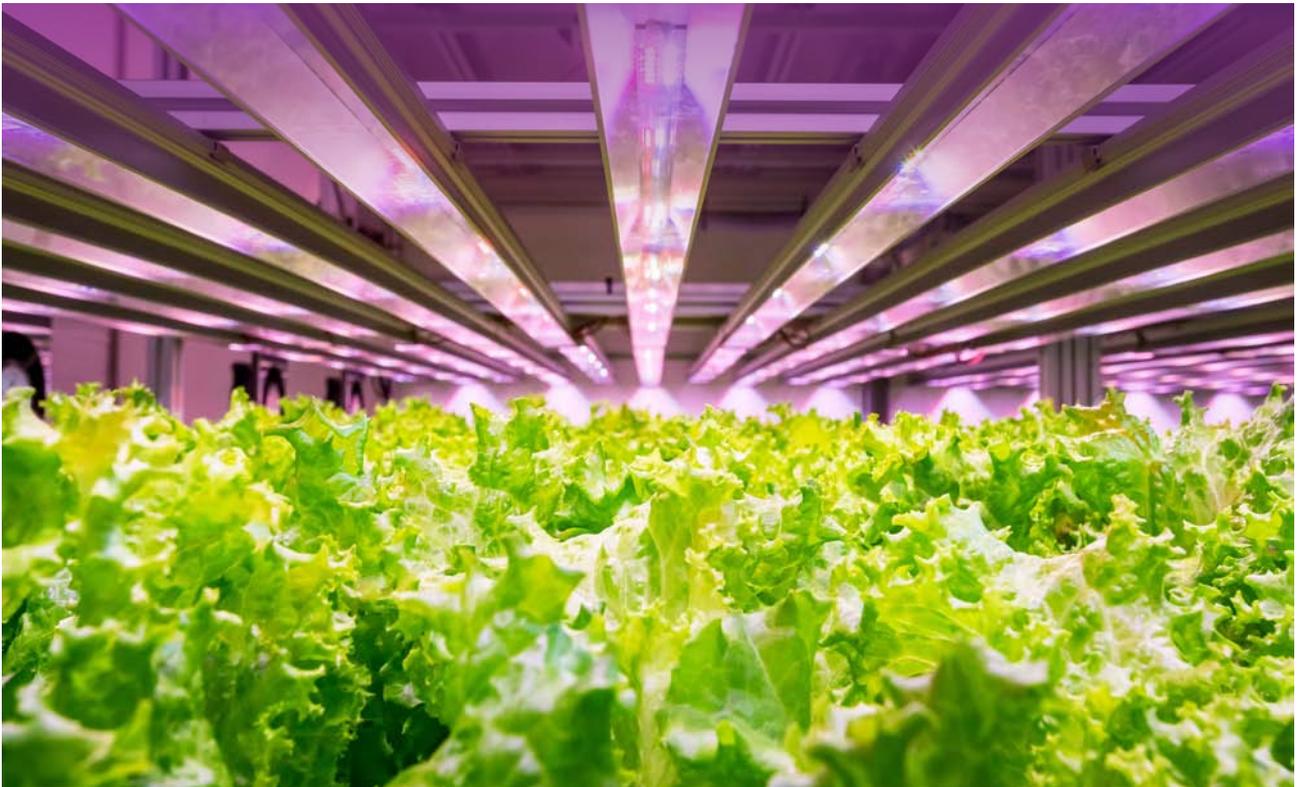


科技翻轉農業新契機

全環控智慧溫室系統 打造台灣農業新藍海

過去，人們總是以「靠天吃飯」來形容農夫收入的不穩定，尤其是地處亞熱帶、熱帶地區的台灣，更因著夏季高溫、多颱風等氣候特性，使得農業發展面臨極大挑戰。然而，拜科技所賜，完善的智慧溫室系統可降低氣候風險，為台灣農業解決困境，點燃新希望。



采青實業採用工研院研發的「全環控水耕栽培系統」，成功量產本地少見的水耕蔬菜，圖為皺葉萵苣。

撰文／鄒明珩

維持攝氏20到24度恆溫的水耕栽植溫室裡，粉紅帶點紫的LED光源，照在嫩綠菜葉上，呈現出夢幻的氛圍。營養液在密布的導管間汨汨循環流動，是這個空間僅有的細微聲響，綠捲鬚、奶油萵苣、皺葉萵苣與凱撒羅蔓等本地少見蔬菜，正隨

著小風扇的微風搖曳著枝葉，溫室一片欣欣向榮，閉上眼睛，宛如來到世外桃源。

老五金工廠變身為水耕栽植農場

這裡是位於彰化溪湖的一座五金工廠，溪湖

鎮是台灣甘藍菜、包心白菜、花椰菜的重要集散地，溪湖果菜市場更是全台三大果菜市場之一。越過大片縱橫菜畦，一幢鐵皮屋頂的高大建築物佇立田間，若不是建築內閒置的加工機，無聲卻鄭重地昭告這個五金工廠曾有的黃金年代，我們可能還不知道它一度滿載3個貨櫃的烤肉架產品，運往美國Walmart，為台灣創造不少外匯。

然而在中國大陸崛起後，工廠面臨轉型挑戰。身為五金工廠第二代，采青實業負責人馬道鑫決定回鄉幫父親的工廠轉型，在一次與朋友聊天中，得知水耕蔬菜的栽種方式，加上台灣當時爆發食安問題，他認為無毒、無蟲的水耕農業深具發展潛力，決定嘗試投入。

雖然有了轉型的方向，但對於毫無農業背景的馬道鑫來說，為進入水耕領域也著實花了相當大的心力，先是上網查詢資料，接著每天開車到桃園的水耕推廣中心學習水耕的種植觀念及技術；之後，更在親友的介紹下，認識工研院溫室系統技術中心經理花士豪，開啟他應用「全環控水耕栽培系統」來栽種高值溫室蔬菜的契機。

馬道鑫表示，最初也考慮過許多不同廠商的溫室系統，但工研院的系統有別於其他廠商規格化的設計，而是可依使用者需求，客製化調整發光源光形、發光強度、發光位置、特殊發光光譜組成、智能化營養液調配控制與自動監控補給養液等系統細節，讓他決定採用工研院的全環控溫室系統。

專為熱帶與亞熱帶氣候設計的溫室

溫室栽培技術發展歷史不算短，台灣自1950年代起，陸續引進日本、荷蘭研發的溫室系統，但由於台灣氣候條件與荷蘭、日本等溫寒帶國家有著極大的差異，多年來均存在營運成本過高、設備回收期長、產量未達預期目標等問題，而無法大規模普及與產業化。

工研院中分院溫室系統技術中心主任黃添富表示，日本與荷蘭的溫室系統主要針對溫寒帶氣候設計，以解決農業在氣候15度以下所面臨的保溫、增



采青實業負責人馬道鑫（右）將老五金工廠變身為綠意盎然的水耕栽植廠。圖左為工研院溫室系統技術中心經理花士豪。

光等問題；而台灣位處熱帶及亞熱帶，屬於海島型氣候，面臨夏季高溫、濕熱、颱風多所導致的通風、降溫、除濕等問題，因此台灣溫室系統亟需針對在地氣候對症下藥，方能發展出適用亞熱帶氣候的溫室系統。

為此，工研院整合光機電、精密環控、材料、生技與自動化等核心技術，與農業產學研單位合作，開發出最適化光源系統、先進立體栽培設施、病原體檢測系統、節能控制及自動監控系統，打造適合亞熱帶氣候的智慧溫室系統。多年來在台灣各地已協助導入眾多不同類型作物的栽植，提升作物的產量與品質。

客製化系統 兼顧產能與節能

然而每一個「客製化」的過程都需要多次調整，才能達到最適合個案的效益。花士豪舉例：水耕蔬菜栽植最重要的環節之一就是「光」，工研院為了符合馬道鑫的需求，不斷地重複嘗試、調校。花士豪說明，工研院的最適化光源技術已在多次實驗中嘗試過不同顏色、亮度的光譜，藉此找到最適合葉菜植物生長的區間；但實際應用時，仍必須依據當時的栽植狀況加以調整，包括特別訂製燈具的發光源、光譜與發光光形等細節，並透過二次光學反射結構，讓光能量有效落在植物上方，達到節能的目的。

而自動監控系統則以感測器偵測作物狀態，可隨時監控營養液、光源等數據，即使業者不在現場，系統也會在偵測到數據變異時，自動修正並輸送適當濃度的營養液；當業者至現場管理時，只需查看外圍主控系統的顯示參數，視情況進行必要的調整。基於節能考量，馬道鑫在頂樓加裝太陽能板為系統供電，除了可將熱能轉化成電能外，也多少為位於頂樓的水耕栽植場提供遮蔽降溫，減少空調耗能。

由於參數可調彈性大，加上自動化程度高，馬道鑫採用「全環控水耕栽培系統」後，只需1人，就可照顧20坪3層共17座的水耕栽植空間，平均每月收成量達240公斤，與傳統栽植模式相比，產量提高了，人力減少了，可望解決目前台灣農業勞動力不足的問題。

馬道鑫現在每周固定前往溫室一到兩次，其餘時間都花在拓銷上，「通路是目前最大的挑戰，」馬道鑫說，目前他的菜除了少數幾家餐廳固定訂菜之外，多以「採青鮮蔬」品牌在網路銷售。由於是全環控溫室種植，菜種不受天候、天災與季節影響，馬道鑫也學會在夏天種茼蒿、菠菜，冬天就種高價的裂葉芝麻葉、羽衣甘藍或綠捲鬚萵苣等，以獲得最大效益。未來，馬道鑫希望逐步擴大栽種範圍，目標是將工廠2樓到3樓的400坪空間全部用作水耕栽植，讓老五金工廠變身為綠意盎然的水耕栽植場。

智慧溫室系統 催生帝王級白舞菇

除了高值蔬菜之外，栽培過程迥異於一般綠色植物的菌菇類，也能透過全環控系統來培植。近10年國內以太空包成功栽培，加上環控栽植技術的進步，杏鮑菇、鴻喜菇等已從稀有珍饈，成為家常食材。具有抗癌、可增強免疫力的白舞菇，因為需要高含氧、高濕度的生長環境，僅生長於日本及中國大陸山區，量少價昂。但透過工研院的環控系統，已讓稀有白舞菇在

地處亞熱帶地區的中台灣實驗室中，美麗綻放。

工研院的「白舞菇研究栽培計畫」與亞洲大學健康學院院長林俊義合作，由專攻植物及植物病理的林俊義帶領團隊負責白舞菇菌絲培育，再由工研院接續開發菌菇類自動化栽培系統，達到白舞菇量產的目標。

黃添富說明，白舞菇的栽培過程從接菌、走菌到出菇，需花費2個月的時間，且在40天的走菌期間，完全不能讓菇群受到汙染，菌絲在尚未形成足夠強壯的族群前，只要一點點環境變異，就會造成整個菌絲群壞死。如此「嬌弱」的特性，使得白舞菇自動化量產系統的開發更添難度。黃添富指出，目前業界僅能以太空包栽培方式出菇；然而，太空包栽培過程難以機械定位抓取的特性，也造成接菌、搔菌的過程中需仰賴大量的人力。

為利於自動化生產，工研院開發出適合白舞菇的新型栽培瓶。研發過程中，除需注意瓶子本身的長、寬、高比例及硬度要適合機器手臂抓取外，更為關鍵的還是瓶蓋的特殊設計，「光是這個瓶蓋，我們就實驗了好幾次，」黃添富表示。

黃添富進一步說明，培育白舞菇的過程中，有一個重要的步驟即是去皮搔菌，此步驟是要給出



在工研院溫室系統技術中心主任黃添富（左二）的帶領下，研發出適合亞熱帶地區的智慧溫室系統技術。



工研院與亞洲大學合作「白舞菇研究栽培計畫」，以智慧溫室系統技術的精準調控白舞菇生長所需環境（右），並打造出專屬的新型栽培瓶（左）。

菇前的白舞菇菌絲群適當的環境刺激，使之順利出菇，「如同蓮霧在生長過程中需要在枝幹基部環刻一圈，切斷營養輸送使蓮霧樹勢弱化，進而誘發其結果實、留後代的概念一樣。」工研院針對白舞菇開發設計的瓶蓋，除了能讓菇菌順利爬滿、降低走菌過程中受到其他菌種污染的機率外，還能讓去皮搔菌的過程更加順利。

傳統採收白舞菇需百名人力，採用工研院的技術後，白舞菇栽植可大幅自動化，採收所需人力降至40人左右，且採收良率較傳統做法提升至90%以上。黃添富表示，由於白舞菇生長環境需要高氧、

高濕，這套自動化溫室生長監控栽培系統也加裝感測器，讓溫室內的溼度與氧氣濃度盡可能均勻，使每一朵白舞菇在出菇後的外型條件趨近一致，提高市場競爭力。

工研院所開發的智慧溫室系統技術，期望以符合成本效益的科技減少環境變異與干擾，打造適合作物生長的場域。在長遠規劃下，當以台灣為解決方案的溫室系統建置愈成熟，擁有更多不同的成功案例後，能進一步輸出至熱帶與亞熱帶氣候區，創造溫室作物每年2億元以上的外銷產值，形成新興產業區塊。■

