以區域農業發展看節能減碳之工程研發-台南場

王仕賢[1]、鍾瑞永[2]、鄭榮瑞[3]、林子傑[4]、楊清富[5]
1.行政院農業委員會台南區農業改良場 場長
3.行政院農業委員會台南區農業改良場 研究員兼主任秘書
2.行政院農業委員會台南區農業改良場 副研究員
4.5.行政院農業委員會台南區農業改良場 助理研究員

一、前　言

自工業革命以來，全球不斷的科學發展及工業技術的進步，造就了人類生活的現代化，帶動全球經濟發展。不過在享受工業發達所帶來生活便利的同時，人類也開始重視產業發展對環境影響問題的嚴重性，近年來尤以溫室氣體過量排放間接導致氣候變遷最為全球所矚目。京都議定書已於 2005 年初正式生效，我國雖非簽署國未被立即要求減量，但在全球低碳經濟與社會發展趨勢下，產業將面臨碳足跡、碳揭露、碳標章、總量管制、效能標準等減排壓力與碳交易需求，仍需早期進行整體產業調整、擬定低碳科技發展目標及規劃配套能源政策。在農業減碳技術發展方面，根據一項不同減排技術成本與效益分析報告，農業管理在成本與效益比較幾乎相當，極具低碳產業發展潛力，而廢棄物處理更被認為具有正經濟效益的減排技術，因此政府應積極確認農業部門的減碳潛力，制定節能減碳發展策略。

台南區農業改良場為全國七個區農業改良場中幅員最大者，服務區域包括雲林、嘉義及台南等五縣市，耕地面積 25 萬 1,429 公頃，佔全台灣 30.83%，農業戶數 22 萬 2,660 戶，佔全台灣 29.75%，農業人口 81 萬 4 千多人，佔全台灣的 26.89%。年平均氣溫為 23.8℃，最高紀錄為 37.8℃，最低為 2.4℃。平均相對溼度為 81%，年平均降雨量為 1,730 公厘，每年 5 月下旬至 9 月中旬為雨季，11 月至翌年 3 月為旱季，年平均降雨日數為 97 天。主要農藝作物為水稻、玉米、落花生、毛豆、綠豆、紅豆、甘藷、胡麻等，主要園藝作物有柑桔類、芒果、龍眼、瓜果類、各種蔬菜、切花及盆植花卉與特用作物。主壤主要為砂頁岩沖積土，排水良好，縱貫鐵路以西概為石灰性，砂土至壤土，肥力較低；鐵路以東則為非石灰性，壤土至黏土，肥力較高。水利設施屬於雲林及嘉南農田水利會灌溉系統，灌溉面積達 14 萬 6 千公頃，但其中有 7 萬 5 千多公頃為輪作田，兩期作灌溉田仍少於本區耕地面積的 14.7%，旱作田達 9 萬 8 千多公頃，因此本

區為全國主要旱作區，輪作制度至為複雜。曾文水庫完成後，對本區農業生產甚有幫助，但仍不敷全區使用。

台南區除雜糧作物多外，設施栽培面積也較多，雲嘉南設施栽培面積極大，其中大部分為水平棚架網室，集中在雲林縣葉菜生產鄉鎮，種植短期葉菜類為主，其次為簡易塑膠布溫室，立柱型(又稱力霸型)塑膠布溫室，另有環控精密溫室以蘭花溫室為主。雲嘉南溫室設施栽培較多地區有雲林縣虎尾、崙背、莿桐、北港；嘉義縣新港、六腳、太保、大林；台南縣官田、後壁等。這些地區部分已發展設施生產專區，如雲林縣虎尾鎮夏菜冬花設施面積達 20 公頃，另莿桐鄉蘿菜設施栽培已有 15 公頃面積並且普遍使用蒸氣消毒土壤，其蘿菜產品具有安全健康特性及穩定通路，已成為蘿菜設施生產專區。此外嘉義縣六腳鄉設施生產小番茄及苦瓜等果菜類也有生產聚落雛型，據估計簡易溫室面積也有 18 公頃左右，但由於設施小番茄栽培地區較多，獲利空間已被壓縮，增加獲利必須提昇產品品質。蘭花溫室除蘭花園區外，民間業者蘭花栽培場建造屋簷更高，面積更大的自動化環控溫室，也引入自動盤床及熱泵加溫技術，快速帶領設施環控發展。中階使用之果菜類溫室則設置內循環風扇或自然通風氣逐漸增加，養液土耕技術也逐漸推廣。

台南場發展區域性農作物品種改良及栽培技術改進試驗研究、植物保護試驗研究及病蟲害發生預測與警報發佈、土壤肥料與施肥技術試驗研究及農業機械及自動化系統研發，在節能減碳與永續農業發展趨勢下，各相關領域研究人員亦著重節能減碳技術發展。近期相關研究有節能、高坪效與自動化蘭花催梗技術；土壤水分含量偵測感應器及自動化灌溉管理系統；自走式噴灌系統；設施週年生產技術；農業廢棄物資源化及太陽能在農業上之應用等，期能為全球低碳經濟及永續農業發展盡一己之力。

二、 台南場設施環控節能與資源再生相關研究

(一) 開發多層架蝴蝶蘭花梗催梗工廠，為完全人工光源型植物工廠理念之設計，其優點如下：(1)蝴蝶蘭苗抽梗整齊，出貨時可省卻分級挑選的人工。(2)蝴蝶蘭苗抽梗時間穩定，容易掌控出貨時間。(3)利用多層架(5 層)設計及自動化作業方式(自走式盤床)，節省降溫費用及操作人力，可以提高硬體設備的利用效率。(4)採用 T5 燈管為人工光源，能源使用效率高。(5)增加灌溉系統可做植物工廠冷季蔬菜。

(二) 發展應用滴水灌溉之節水設備，配合使用土壤水分含量偵測感應器及自動化灌溉管理系統，掌控最佳灌溉時間及灌水量，達成設施甜瓜生產之精準

化灌溉管理目的及成節省農業用水之目標。為求蔬果生產穩定，提升產品良品率及產能，設施蔬菜產業蓬勃發展是必然趨勢，而設施栽培管理自動化、簡單化及省工化更是未來發展及推動目標。因此除已派技術人員前往以色列學習設施蔬菜生產及節水灌溉技術，也規畫派員前往荷蘭學習設施環控管理技術，以提升台南區農業改場於設施蔬菜生產及管理技術發展能力。

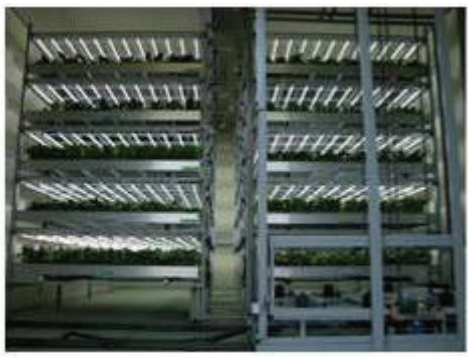


圖 1. 節能高坪效蘭花催梗系統



圖 2. 催梗作業情形



圖 3. 土壤水分含量偵測



圖 4. 自動化滴灌系統應用

(三) 本場自行開發自走式噴灌系統包括驅動主機、噴架、軌道、加壓站、控制系統。驅動主機採用 AC 馬達透過控制器可進行換向及速度控制，且具備緩啟動緩停止等功能，驅動主機配合 U 型齒軌驅動噴架位移進行均勻噴灌作業。噴架為不銹鋼管構架可提供結構剛性並可充當流體管道，其上裝置直動式電磁閥及噴頭可進行分區噴灌控制。加壓站由高壓動力噴霧機及儲液桶組成，可分別加壓灌溉水及養液。控制系統包括配電盤、控制機箱、PC、控制程式(LabVIEW)、人機介面、可進行手動、定時分區控制。本自走式噴灌系統已運轉近半年，噴灌作業均勻平順。使栽培之葉菜品質均一。

(四) 開發設施懸吊輸送裝置，架空軌道動線為圓角矩形鎖固於溫室橫樑，內置牽引鍊條及吊架。配合溫室內不同時期之運量需求，吊籃數量、間距得以拆掛，輸送方向可變換。輸送速度可調整 0~15M/分，主要部份有驅動主機、架空軌道、牽引鍊條、吊籃、控制開關。本系統可附掛作業機具用於噴藥、噴水等作業使具多功能以提高使用率及降低整體設置成本。



圖 5. 自走式噴灌系統



圖 6. 設施懸吊輸送裝置附掛噴桿

(五) 利用設施週年生產以增加設施使用效率的理念，建立夏菜冬花生產模式，充分利用滴灌設備，夏天生產小番茄、小胡瓜，以設施防護避免天然災害的情形下，可穩定夏季蔬果供應量，冬天則以生產高品質的多花菊或洋桔梗外銷日本市場，如此達到設施週年有效利用，增加農民生產利潤且均攤設施成本。

(六) 開發電動葉菜類移植機，利用氣壓缸經由搖臂推轉進給輪，進給輪將穴盤捲入並透過精確之定位機構，逐格移送 200 格穴盤苗供 移植夾爪夾取菜苗。移植機組主要機構為夾爪、伸縮缸、旋轉缸及轉軸。以夾爪將苗從穴盤夾出，夾苗後轉軸即將夾爪向下轉 90 度並配合伸縮缸推出將苗定植於畦面。移植行距具可調性（目前設定為 13 cm），移植株距為 14.25cm。作業速率每分鐘約可完成 20 次移植作業。移植機由可程式控制器(PLC)控制作業，穩定性高。

(七) 推動農作物合理化施肥，應用土壤與作物需肥診斷技術推薦合理施肥量，減少化學肥料用量，並配合有機肥料及綠肥作物，可改善土壤物理性，增加農田地力。進行農作物有機栽培之試驗與示範，以生產清潔安全的農產品，維持生態環境的平衡和諧，確保農地永續利用。

(八) 研究利用蔗渣、椰纖、炭化穀殼及樹皮堆肥等農業廢棄物，與泥炭土調配成栽培介質，使用於天南星科觀賞植物，以達到農業廢棄物資源化。利用豬糞、牛糞、菇類廢棄太空包和穀殼等各種農畜產廢棄物，輔導設置堆肥處理中心，使肥料回歸農田。

(九) 枯草桿菌在食品、酵素、飼料添加及種子保護劑等生技產業上已有多年經驗，屬安全有益微生物。枯草桿菌與病原菌競爭根系營養分，並成為優勢菌種，降低病原菌危害；且可以產生內生孢子，於逆境下易存活；兼且於產孢過程，產生對病原菌有抑制作用的抗生物質，應用性極廣。所以在植物病害防治生物製劑的開發上，倍受重視。本場開發速效型枯草桿菌堆肥製造機，結合農業廢棄物堆肥醱酵、擠壓、燒結、製粒及添加枯草桿菌之機構，完成枯草桿菌堆肥製造機，冀望增加產量，生產具拮抗性微生物製劑，提升廢棄物再利用的附加價值。

(十)隨著石化能源價格高漲以及溫室氣體減量之急迫性，使得世界各國積極投入永續能源開發，其中，太陽能更是我國永續能源的重點項目之一。太陽能不僅屬於能源議題，更與農業息息相關，由於台灣農業具深厚基礎，可作為太陽能農業應用之發展契機，藉由太陽能應用技術的發展，讓台灣農業發展能降低對環境所造成的衝擊，並透過與各項經濟產業緊密結合，開創台灣新農業的發展技術。本場研究太陽能於農業生產管理應用，目前進行太陽能鳥害防治輔具開發：建置太陽能鳥害防治輔具系統，發展田間太陽能光電結合電子晶片等電子技術，提供可驅鳥變頻發聲波器之鳥害持續性防治技術，以阻絕鳥害，確保農民收成。

三、 未來節能減碳之工程研發方向

(一) 高效節能設施應用

傳統簡易塑膠布溫室利用自然通風降溫，以解決夏季高溫問題，藉由內循環風扇改善內部相對濕度，減少病害發生。惟因氣密性低，保溫效果也差，導致夏天太熱、冬天太冷，為改善環控條件耗費相當可觀的能源成本，也因設備效能有限，使產量無法提升。其解決方法應從溫室設計開始，有保溫良好的設施，才能有高效節能的環控設備。在溫室保溫方面可以雙層充氣塑膠布溫室，提升保溫效能；環控部分可應用熱泵系統，利用地下蓄熱槽原理，透過熱泵高效能量轉換，有效調控環境溫度，降低作物生產環控能源成本。



圖 7. 虎尾花卉專區(遮陰網及內循環風扇)



圖 8. 虎尾花卉專區(遮陰網)



圖 9. 遮陰網(一心蘭園)



圖 10. 遮陰網(大林文心蘭產銷班)



圖 11. 雙層塑膠膜式溫室



圖 12. 熱泵系統(一心蘭園)



圖 13. 風扇(一心蘭園)



圖 14. 冷氣及內循環風扇(一心蘭園)



圖 15. 冷氣降溫



圖 16. 溫室微霧降溫-雲林農機展

(二) 設施精準環控

目前環控系統多利用水牆與負壓風扇降溫，以解決夏季高溫問題問題，藉由內循環風扇改善內部相對濕度生長環境，減少病害發生。另外如冷氣、熱泵、熱風機、噴霧降溫等升降溫設備亦漸漸被業者使用，搭配原有水牆及風扇，結合自動化環控設備控制，冀能達成室內作物有效生長環境之控制，惟環控成本亦相對提高。為使成本與效益平衡，精準環控結合自動化元件、環控、遙感設施，整合成高效率的精準作物環境控制系統，利用偵測作物個別的生育狀況及生長環境，給予變率供水、不同施肥及個別的溫度、光量設定，以使作物成長於最佳狀況，並避免多餘資源的浪費。

(三) 自動化灌溉管理系統

整合優質設施果菜生產關鍵技術，應用即時掌控用水量、土壤水分含量環境及植物生長速率的管理系統，評估不同土壤水分含量、不同養液施用量、摘除葉老葉處理對果實品質及產量之影響，以節水及省肥為目標，評估應用自動化肥液滴灌及監測設備，建立設施蔬菜栽培之節水及省肥技術，以求降低設施蔬果菜生產風險及管理成本，兼顧農業生態環境與農業經濟生產之永續經營方式。



圖 17. 環控系統(育品蘭園)



圖 18. 澆水系統(一心蘭園)



圖 19. 養液滴灌系統



圖 20. 滴灌系統應用

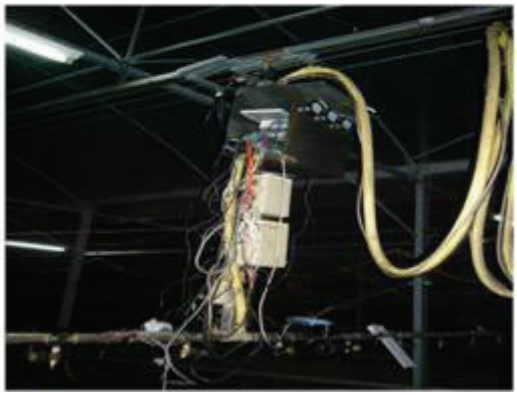




圖 21. 無線遙測溫室監控及變率噴灌系統(吳平育苗場)

(四) 發展自動化作業系統生產模式：開發葉菜類植物工廠栽培系統，為能進行快速穩定生產，採取先行集中育苗再移植栽培得模式進行生產，因此可縮短生育栽培的時間。透過移動式栽培裝置可以輕易移入、移出栽培箱，使栽培植床的利用率達到最高，並可經由計畫性生產規畫而達到連續生產的目標。本系統利用溫室屏蔽不良天候、病蟲害、以自動化技術進行精確之栽培管理提升產量與品質、機械化降低人工成本。使葉菜類得以快速、穩定生產，並能精確控制產期與產能生產優質葉菜。另藉植物工廠化之發展，可使栽培方式由「平面栽培」轉變為「立體式栽培」，提升設施內之空間利用率，並藉由高密度栽培及精準肥灌技術可提升整體產量減少能源耗用，提高農產品單位面積之產量及品質。



圖 22. 移植作業系統



圖 23. 採收出料作業

(五) 節能燈具在作物生產之應用

工業界可應用之節能燈具種類繁多，如省電燈泡、T5 燈管及 LED 燈，在農業上的應用，以菊花栽培為例，需以電照進行產期調節，所使用燈具

從早期白熾燈泡，到現在廣泛使用省電燈泡，甚至使用 LED 燈；本場開發之節能、高坪效與自動化蘭花催梗系統即使用 T5 燈具，節能燈具在作物栽培應用上已有相當成效，惟在農業應用上對作物生長條件的影響，仍有待進一步探討，使節能應用技術發展在成本及效益上取得平衡點。



圖 24. 各式照明燈具



圖 25. 白熾燈泡以 Timer 控制間歇開啟以省電



圖 26. 白熾燈泡目前多已改為省電燈泡



圖 27. 鎢絲燈(菊花)



圖 28. 為節能改用省電燈泡(雞冠花)



圖 29. 育苗室日光燈管



圖 30. 育苗室改用省電燈泡



圖 31. LED 植物生長燈



圖 32. 水銀燈及無電極燈(較不發熱)



圖 33. 新式可拆卸式 LED 燈(可只更換 LED 燈部分，不用更換燈具其他部分)

四、 結論與建議

因應氣候變遷及低碳產業的發展趨勢，農業節能減碳應用技術發展已成為刻不容緩的重要議題，同時農業節能科技的開發常需各領域間技術的相互配合。以台南場為例，已成功研發之節能、高坪效與自動化蘭花催梗技術、現正開發試驗中的土壤水分自動偵測灌溉管理系統及未來設施蔬菜周年生產技術等皆由作物與工程研究同仁配合進行，而植物工廠栽培體系及農業廢棄物資源化處理技術更含蓋了植物保護及土壤肥料人員共同研究。因此農業節能科技開發應用除需整合已開發之相關技術規劃未來研究導向外，更應朝跨領域整合型研究計畫發展，結合各專長領域觀點及技術，同時考量開發技術之成本與效益，有效率地發展農業節能減碳科技。

參考文獻

1. 行政院農業委員會台南區農業改良場簡介。2005。
2. 李堅明。2010。低碳經濟與節能減碳技術發展策略。永續產業發展雙月刊。49：63-67。
3. 陳昌岑。2010。農業生產運用高效節能科技趨勢論談壇紀實(上) 。台灣花卉園藝 269：36-38。
4. 陳昌岑。2010。農業生產運用高效節能科技趨勢論談壇紀實(下) 。台灣花卉園藝 270：32-34。
5. 蔣本基、顧洋、鄭耀文、林志森。2006。我國溫室氣體減量整體因應策略。科學與工程技術期刊：Vol. 2, No. 1, 1-8。
6. 蔡致榮。2010。荷蘭先進密閉溫室簡介。農業世界。325：35-42。