節水省工中改型自動肥灌系統在亞蔬AVRDC

陳令錫

摘　要

隨著臺灣經濟快速發展，城鄉差距擴大，農村人口外移及老化，加上極端氣候造成灌溉水源不穩定，且臺灣夏天多颱風豪雨，驟雨往往造成作物遭受淹水，生產嚴重受損，加上病蟲害等問題，蔬菜產量因此低落且品質不佳，造成蔬菜短缺，價格波動甚大。以上原因造成的蔬菜供給量不穩定的情形需設法解決，而傳統田間蔬菜生產模式不易解決此問題。設施栽培具有耐環境逆境變化的生產特性，尤其以精密溫室之耐環境逆境效果最佳。精密溫室具有控制溫度、濕度及光線等條件，具有節省人力，及提供蔬菜最佳生長環境之優勢，能耐不良氣候環境，確保蔬菜之正常生長，此爲傳統田間蔬菜生產模式所欠缺者。臺灣遭受氣候變遷之影響，驟雨頻率漸增，造成降雨不均，易形成缺水危機，因此提升水資源利用效率，成爲蔬菜生產研發之重要課題。整合施肥與灌溉的管路肥灌系統，加上自動化控制之使用，具有省水及提高施肥效率之優點。如能整合精密溫室及肥灌系統，將可達到控制生產環境、精簡人力、節省灌溉用水、提高肥料使用效率、及有效控制病蟲害等效益。目前先進精密溫室及肥灌系統主要由荷蘭及以色列等研發，然而臺灣氣候條件與這些國家並不相同，其研發之系統及蔬菜生產控制參數，無法完全適用於臺灣，因此，設計並評估出適用於臺灣地區之系統，是爲推廣精密溫室種植蔬菜之重要條件。另外，精密溫室種植蔬菜可能衍生的病蟲害問題，以及生產成本評估，亦是能否成功推廣精密溫室種植蔬菜之重要課題。

102 年亞蔬中心專家與 6 名臺灣農業機構人員，於原生蔬菜、瓜類、番茄、番椒、蔬菜省水設施發展及有機概念農場等項目，各進行 3 個月合作研究。臺中場奉派協助亞蔬執行計畫中 102 年之工作項目 2：蔬菜省水設施發展及週年栽培模式建立，整建省水、省工之肥灌精密溫室 2 間，從 102 年 8 月 1 日報到至 102 年 10 月 31 日止 3 個月期間，根據現場溫室條件完成肥灌系統之規格擬定、建議養液肥灌主機必須遮陰、注意水質與電力品質，並提供足以量測介質水分之感測元件資料。遵照農委會指示規劃 4 次與亞蔬專家及 11 位來自各試驗改良場所之協辦人員

作討論會議，於 8 月 28 日舉辦第一場，除成員自我介紹之外，也瞭解合作研究之意義與各自提供專業經驗與資料的默契。

在該中心完成採購手續之後，積極聯繫技轉廠商備料與趕工組裝介質栽培槽與肥灌主機，於 9 月 14 日功能測試，順利於 9 月 18 日該計畫期中審查前將肥灌主機送抵亞蔬，並於 10 月 16~18 日該中心成立 40 週年慶期間於該中心廣場展出，接著 2 套中改型肥灌主機依據該中心之實驗設計分別建置於 2 間玻璃溫室內，每套肥灌 4 個介質栽培槽上的大果番茄、小果番茄、紅色彩椒、黃色彩椒，每個介質栽培槽爲一單獨田區，可單獨設定給水給肥之水量與肥量。經過 10 月下旬積極趕工與密集測試，該試驗溫室於 10 月 28 日定植以上四種作物，並於 10 月 29 日如期舉行本合作研究主題之期末專題報告，順利完成 3 個月的合作研究。

除了協助亞蔬建置 2 套中改型肥灌主機之外，還參加每日早上的 coffee break，此活動除了聊天寒暄之外，很多公務也在該處溝通協調；參加 Vegetables Go to School (VGtS)部分訓練課程；參加 40 週年慶活動體驗開幕活動中精彩的即席口譯，並一睹諾貝爾獎得主李遠哲院長的風采，等一系列的英語環境體驗。

前　言

全球氣候變遷(如颱風、驟雨造成之環境逆境)正威脅臺灣農業生產體系，導致蔬菜生產不穩定，造成市場上蔬菜價格巨大起伏，影響民生甚巨。此外，新興病蟲害提高蔬菜生產時農藥不當使用之風險，影響生產安全性。另一方面，臺灣加入世界貿易組織後，農產品面臨全球競爭，同時需面臨現今國際區域化發展趨勢(如歐盟、北美自由貿易區、東協自由貿易區加中國大陸等)之衝擊。面對全球化競爭及區域化發展趨勢，拓展農業國際市場爲確保臺灣農業永續發展之利基，因此需增進臺灣農業人員之國際觀，強化臺灣農業之國際聯結，方能確保臺灣農業國際影響力，進而開拓國際市場。

亞蔬-全球蔬菜中心爲總部位於臺灣之非營利性國際農業研究機構，長期致力於研發及推廣高品質蔬菜，以改善全球農民貧窮問題，增進人類健康福祉。因應氣候變遷造成之環境逆境，該中心保存世界上數量最大、物種最多的蔬菜種原(含來自 155 多個國家、分屬 432 物種之 59,719 個品系)做爲基礎，並以抗病蟲害及耐環境逆境爲研發目標。研發的蔬菜族群，以具全球重要性的茄科作物(番茄、甜椒、

辣椒及茄子)、球莖蔥科作物(洋蔥、青蔥及大蒜)、十字花科作物(結球白菜)、瓜類作物(小黃瓜、苦瓜及南瓜)，以及原生蔬菜等爲重點。在生產技術方面，該中心致力研發並推廣病蟲害綜合防治，以減少農藥使用，並增加水資源及肥料的使用效率。以上研發的優良成果及技術，經由國際性推展計畫與訓練課程，無償推廣於世界各地之蔬菜生產。該中心基於工作推展，先後於泰國、坦尙尼亞及印度設立分部，於馬利、烏茲別克、杜拜、印尼及南太平洋地區設立辦公室或工作據點，並建立區域性國際工作網絡，及與其他國際機構合作。該中心蔬菜研發經驗及長期經營的國際網絡，具有成爲臺灣蔬菜研發與國際接軌重要平臺之潛力。

爲強化臺灣研究機構與該中心之合作，在蔬菜種原、育種(南瓜、番茄、甜椒、辣椒及洋蔥)及生產管理等方面進行合作研發，並配合溫室環控及省工省水灌溉技術，共同研發高效益之蔬菜設施栽培模式，以穩定臺灣蔬菜常年供應體系。另利用該中心與臺灣研究機構研發之病蟲害綜合防治技術，精進臺灣蔬菜有機種植及推廣，發展對環境及土壤友善使用的永續農業。此外，該中心將協助臺灣農業人員參與國際性訓練課程、及進行雙方共同合作研究及交流等、強化臺灣農業人員之國際化視野，並藉由該中心之國際合作網絡，連結臺灣研究機構與國際農業機構，進而參與國際事務，掌握國際農業趨勢，以達成我國農業國際發展之目的。

由於貿易自由化，農業科技進步，加上交通之便捷，農業全球化已成趨勢，臺灣面對此世界趨勢，惟有加速農業國際化，提升農業人員國際觀，強化國際聯結，厚植農業國際實力，以確保臺灣農業之發展。蔬菜產業，除確保糧食永續生產，及增進飲食多樣化外，對全人類健康具有難以取代之重要性，而蔬菜生產之多樣化特性，正適合臺灣小農特色，是臺灣農業國際化最佳切入點之一。

臺灣每年蔬菜種植面積約 15 萬公頃，生產量約 3 百萬公噸，約占臺灣農業產值 11.7%。全球性氣候變遷造成的環境逆境及新生病蟲害等，正嚴重威脅全球農作物生產，臺灣蔬菜生產環境亦無法避免的受到影響，種植面積逐年縮減。在氣候變遷衝擊下，耐環境逆境、抗病蟲害及設施栽培等，已成全球蔬菜研發重要課題。該中心保有世界數量最大、物種最多的蔬菜種原，正是因應氣候變遷的基因寶庫，而長期致力於蔬菜抗病蟲害及耐環境逆境研究的國際經驗，正可成爲臺灣蔬菜研發之重要平臺。

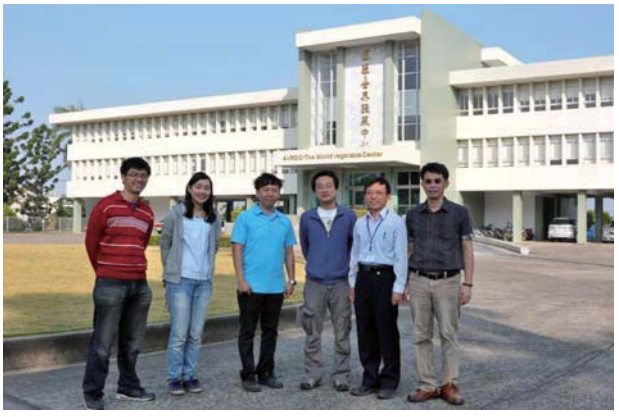
臺灣加入世界貿易組織後，農產品面臨全球競爭，加上現今國際區域化之發展趨勢(如歐盟、北美自由貿易區、東協自由貿易區加中國大陸等)，臺灣農業無可

避免的，面臨此發展趨勢之衝擊。面對全球化競爭及區域化發展趨勢，爲確保臺灣農業永續發展，拓展農業國際市場爲當務之急。因此，需增進臺灣農業人員之國際觀，並強化臺灣農業之國際聯結，確保臺灣農業國際影響力，方能掌握國際農業發展趨勢，進而開拓國際市場。目前臺灣已將花卉及水果成功行銷國際，放眼未來，蔬菜極具開拓國際市場之潛力，本身除具有強大蔬菜研發能量，更有國際化種苗公司，生產的蔬菜品質更具國際競爭力。因此，該中心的國際性訓練課程，長期建立的國際合作網絡，及國際專家與臺灣農業人員合作研發等，將可提供成爲臺灣國際化之重要平臺，以達成我國農業國際發展之目的。

臺灣6位研究人員派駐亞蔬短期訓練3個月

亞蔬中心專家與 102 年派駐亞蔬短期訓練之 6 名臺灣農業機構人員，於原生蔬菜、瓜類、番茄、番椒、蔬菜省水設施發展及有機概念農場等項目，各進行 3 個月合作研究，計有農試所周建明、鳳試所葉姿瑩、花蓮場王啓正、臺東場薛銘童、臺中場陳令錫與臺南場黃瑞彰。本場奉派協助亞蔬執行計畫中 102 年之工作項目 2：蔬菜省水設施發展及週年栽培模式建立，整建省水、省工之肥灌精密溫室 2 間，從 102 年 8 月 1 日報到至 102 年 10 月 31 日止 3 個月期間，根據現場溫室條件完成肥灌系統之規格之擬定、建議養液肥灌主機必須遮陰、注意水質與電力品質，並提供足以量測介質水分之感測元件資料。遵照農委會指示規劃 4 次與亞蔬專家及 11 位來自各試驗改良場所之協辦人員之合作討論會議，於 8 月 28 日舉辦第一場，除成員自我介紹之外，也瞭解合作研究之意義與各自提供專業經驗與資料的默契。

在該中心完成採購手續之後，積極聯繫技轉廠商備料與趕工組裝介質栽培槽與肥灌主機，於 9 月 14 日功能測試，順利於 9 月 18 日該計畫期中審查前將肥灌主機送抵亞蔬，並於 10 月 16~18 日該中心成立 40 週年慶期間於該中心廣場展出，接著 2 套中改型肥灌主機依據該中心之實驗設計分別建置於 2 間玻璃溫室內，每套肥灌 4 個介質栽培槽上的大果番茄、小果番茄、紅色彩椒、黃色彩椒，每個介質栽培槽爲一單獨田區，可單獨設定給水給肥之水量與肥量。經過 10 月下旬積極趕工與密集測試，該試驗溫室於 10 月 28 日定植以上四種作物，並於 10 月 29 日如期舉行本合作研究主題之期末專題報告，順利完成 3 個月的合作研究。



臺灣農業機構派駐亞蔬 6 名人員由左至右分別爲農試所周建明、鳳試所葉姿瑩、花蓮場王啓正、臺東場薛銘童、臺中場陳令錫與臺南場黃瑞彰

表 1.規劃 4 次與亞蔬專家及 11 位來自各試驗改良場所之協辦人員之合作討論會議

Item	Date	Description	Participants
1	28 Aug. 2013	Presentation of the fertigation system installation and experimental design, interactive discussion and information exchange.	Collaborators from COA system, AVRDC staff.
	9-17 Sep. 2013	Construct troughs and Fertigation host assembly	
	18 Sep. 2013	Mid-term review	
	19-30 Sep. 2013	Edit new user manual	
2	2 Oct. 2013	Training of parameters setting and practice.	Collaborators from COA system, AVRDC staff and operators.
	16 Oct. 2013	AVRDC 40th anniversary	
3	17 Oct. 2013	AVRDC 40th anniversary and visit fertigation glasshouse.	Collaborators from COA system.
	23-28 Oct. 2013	Intensive test run.	
4	29 Oct. 2013	Seminar, visit glasshouses and discussion.	Collaborators from COA system, AVRDC staff.

肥灌系統分類暨節水省工中改型自動肥灌系統之研發歷程

肥灌系統分類可概略分成混合桶式與即時注入式二種。混合桶式將稀釋的養液裝在大型混合桶中，可供多日肥灌之用，優點是構造簡單成本低，適於種植單

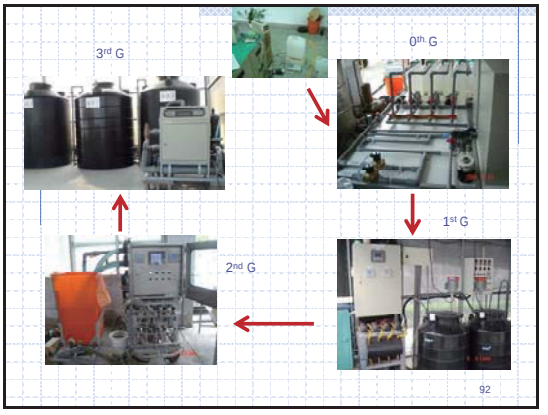
一作物小規模栽培；缺點是種植多種作物或計劃生產相同作物不同田區不同時間種植，各田區作物之生長期不同時需肥量各異，因此不敷使用。即時注入式爲肥灌主機將 3-5 種濃縮母液分次定量注入灌溉水中稀釋成目標濃度的肥料水，優缺點與混合桶式相反。

中改型自動肥灌系統屬於即時注入式，從民國 94 年進行養液注入幫浦基礎試驗，獲得受測幫浦之流量隨驅動馬達之電壓而改變之良好結果，於民國 95 年研究改良出試驗之原型機，除養液注入幫浦之外，母液桶、養液之 pH 計、EC 計、電磁閥、灌溉幫浦、自動控制箱等一應俱全。同年完成第一代自動肥灌系統改良，裝置於臺中場試驗溫室，種植高品質番茄、香瓜與花胡瓜，並增設電子式流量計與擴充遠端監控功能，可以利用網路監控田間養液系統，及記錄灌溉水用量、養液用量、pH、EC、管路壓力、溫度、相對濕度、光度、風速等資料。民國 96 年產學合作開發第二代養液自動灌溉機型，整合管路機械、流體力學、電氣控制、程序控制與 PC-based 遠端連線控制等專業而成就的，研發團隊乃由上述專家組合而成，形成堅強的研發陣容，因此，中改型自動肥灌系統爲一典型的機電整合系統。民國 97 年完成中改型自動肥灌系統技術移轉，研發團隊仍繼續改良系統性能，於民國 100 年完成第三代(3rd G)中改型自動肥灌系統主機。

混合桶式之構造簡單，適於種植單一作物小規模栽培

民國 94 年間農民自行發展組裝的即時注入式肥灌系統

行政院農業委員會臺中區農業改良場於民國 95 年發展的即時注入式肥灌系統



行政院農業委員會臺中區農業改良場研發改良自動肥灌系統主機之進化歷程

結　　語

肥灌系統是根據氣候、土壤條件、作物不同生長發育階段的養分需求，靈活地調節灌水量、養分種類、比例與數量的裝置。肥灌系統具有施灌均勻且及時，節省水、肥料與施灌成本，可有效改進肥料管理，可減低土壤壓實與環境污染等之優點。發揮肥灌系統效益之必要條件：慎選肥料與灌注設備，以及肥灌系統的管理與維護。現代化肥灌設備須能調整：施用量、施用時間、肥料比例、灌溉開始及結束時間。

3rd G 中改型自動肥灌系統主機與母液桶

3rd G 中改型自動肥灌系統主機之養液注入管路

準備肥料亦相對重要：單質液肥(stock solution)、液肥用可溶解固態複合肥料(compound solid fertilizer mixtures)、液態複合肥料等均可，需要注意純度要高、雜質少，調配濃度要適當。

當前能源危機與氣候變遷造成的糧食歉收，導致能源與糧食價格上漲。發展生物能源需要一級產業的農作物爲原料，使得糧食危機問題更形嚴重，諸多糧食生產國限制或減少出口，以確保本國人民溫飽，顯見先人「農爲國本」的睿智，農業不可偏廢。農業生產必須灌溉配合，珍惜水資源，大家落實節約用水，抱持不輕易浪費任何一滴珍貴的水的正確認知，發展節水灌溉技術，期望讓地球上的人類永續生存。

亞蔬裝設二種肥灌系統機型，共用三桶母液

亞蔬中心肥灌系統溫室種植番茄與彩椒各 2 品種

參考文獻

1. 陳令錫　2005　流量控制系統之基礎研究　中華農業機械學會二00五年度農機與生機論文發表會論文摘要集　341-342　屏東科技大學生物系統工程系。
2. 陳令錫　2007　設施養液自動輸送控制系統之開發研究　中華農業機械學會二00七年度農機與生機論文發表會論文摘要集　143-144，臺灣大學生物產業機電工程學系。
3. 陳令錫　2010　文氏管注入器肥灌系統之性能研究　中華農業機械學會二 0 一0 年度農機與生機論文發表會論文摘要集　電子檔，屏東科技大學生物系統工程系。
4. 陳令錫、張金元、田雲生　2012　肥灌系統省工節能與滴灌均勻性之研究　農機與生機學術研討會論文集電子檔　臺南區農業改良場　臺南新化。

5. 陳令錫、林曉志、陳建興　2013　中改型自動肥灌系統操作使用手冊　編輯中。
6. AVRDC　2013　AVRDC The world Vegetable Center. http://avrdc.org/.
7. 農委會　2013　強化亞蔬中心與臺灣研究機構蔬菜科技合作研發　行政院農業委員會主管科技計畫　102 年度單一計畫說明書　計畫編號：102 農科-1.1.2-科-a3。