

出國報告（出國類別：研習）

荷蘭永續節能溫室生產技術與應用

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

行政院農業委員會農糧署

行政院農業委員會台中區農業改良場

行政院農業委員會台南區農業改良場

姓名職稱：蔡致榮 研究員兼主任秘書

方怡丹 科長

田雲生 副研究員、沈原民 助理研究員

鍾瑞永 副研究員、許涵鈞 助理研究員

派赴國家：荷蘭

出國期間：100年10月26日至11月13日

報告日期：101年2月3日

摘 要

本次赴荷蘭主要的研習議題包括蔬菜與花卉永續節能溫室生產、管理、相關應用技術及園藝產業供應鏈等，同時也參觀國際園藝博覽會（International Horti Fair 2011），並體驗主辦單位安排之溫室蔬菜生產導覽行程；於瓦赫寧根大學研究中心（Wageningen UR）溫室園藝創新及展示中心研習溫室氣候控制和資訊技術、節能（水）技術、照明（光、人工光源、LED 燈等）技術、土壤消毒、花卉病蟲害與蔬菜根系消毒管理等相關議題；拜訪環控監測、系統平台與遮陰（或保溫）網等製造廠商，並研習環境監控感測器操作、作物生長與環境資料擷取，以及相關資料之解析判讀，同時更進一步參觀實體溫室的應用情形，並參訪數公頃計之番茄、蘭花等蔬花溫室環控生產現況，以及其盤床、盆栽自動化輸送、分級、選別、包裝等作業流程。研習目的旨在藉由參訪研習之過程，啟發研究人員國際觀與開創性，進而落實於試驗研究工作上，並引進新知、技術及建立人脈，達成在地生產之溫室高效、安全、永續和節能管理的目標。經實地研習，該國園藝產業確有許多足供我國學習之處，尤其荷蘭農業公司善於結合農民組織之力量與專業企業經營，使其經營規模日益擴大，並進行海外生產基地之擴充。然因國內農產業規模小且產銷方式異於荷蘭，如欲引進荷蘭模式之經營概念與生產設備於國內應用，仍需進行相當程度之生產程序調整與修正農民觀念，方可開啟台灣新農業之門。

目 錄

	頁次
一、研習目的	1
二、研習行程	3
三、研習內容	5
荷蘭園藝產業資訊	6
蔡主任秘書訪問Innovation Network機構與相關參訪.....	7
參觀國際園藝博覽會	12
參訪瓦赫寧根大學研究部門農業經濟研究所	22
荷蘭溫室之環控與監測系統	23
方科長個別參訪的公司	25
瓦赫寧根大學研究中心溫室園藝部門之創新研究概念.....	32
荷蘭溫室之人工光源應用	38
荷蘭溫室之植物保護策略	44
荷蘭溫室之水資源管理	48
參訪溫室監控管理與遮網系統業者並進行相關系統之研習.....	50
參訪蔬菜與花卉之溫室生產	60
四、研習心得	72
五、建議事項	80

一、研習目的

人類工業化蓬勃發展，溫室氣體（GHG）大量排放，造成全球暖化與氣溫逐年攀升，使得不尋常的極端氣候發生頻率增加，這種氣候變遷的現象，對於農業生產勢必造成嚴峻的考驗，所以包括台灣地區在內，採行設施溫網室栽培的比例與日俱增，其中又以園藝作物之各類蔬菜、花卉及種苗等為最。荷蘭總面積(約41,000 平方公里)較台灣稍大，無高山峻嶺，人口(約1,600 多萬人)較台灣少約 1/3，人口密度約每平方公里400人，屬於歐洲人口密度較高的國家。荷蘭土地資源並不豐富，農業和非農業用地分別佔70%和30%，然而泰半人口從事與農業相關工作，且園藝作物實施溫室栽培者逾萬公頃，生產額占農業總產值（197 億歐元）的 39% 強，自然成就其為全球之農業大國。荷蘭園藝作物發展成功，以蔬菜、水果、花卉植物、球根和苗木等項目為主，其中蔬菜和鮮花出口量為世界第一，鮮花產量佔全球市場的五成以上。在農產貿易方面，荷蘭為全球第二大農產品出口國，僅次於美國，園藝栽培技術幾乎全數採取設施栽培，且自動化程度高，為引用相關栽培經驗與重點技術於國內產業生產改進參考，爰派員前往荷蘭研習。

為提高研究能量與加速研究進展，赴荷蘭參訪研習園藝作物永續節能溫室生產技術與應用，包括溫室內部微氣候環境量測、遠距無線傳輸、控制與資料整合運算管理系統；蔬花產業環保節能設施策略與荷蘭溫室設備高效環保節能系統；LED 等人工光源之光照技術、光質、光量與遠端自動監測控制系統整合等相關資材整合研習。另歐盟各國對於綠色能源利用的研究與推廣工作成效卓著，可參考引進先進技術與理念，應用於病蟲害發生管理，以減少農藥使用量，降低化學藥劑殘留風險，進而達到周年生產高品質、安全的農產品。期望將各類管理技術與高效、節能設備整合運用，降低農作物生產成本，並使用潔淨能源以符合環保需求，以提升台灣蔬

菜、花卉等園藝作物之永續經營與國際競爭能力，同時達到技術、研究交流的目的。

研習重點除參訪現代化溫控自動化生產設施、園藝產業供應鏈，並拜訪該國重要之農業人才培訓大學Wageningen UR（瓦赫寧根大學研究中心）設於 Bleiswijk的WUR溫室園藝創新及展示中心，及有荷蘭農業智庫之稱的瓦赫寧根大學農業經濟研究所（LEI），瞭解該國園藝研究、生產、產業供應鏈及物流轉運情形並進行交流討論，俾供國內產業規劃發展之參考。

二、研習行程

日期	地點	說明
10/26 (三)	台灣－阿姆斯特丹 (史基浦)	蔡致榮搭乘 22：45 華航航空 CI 65 班機，途經曼谷。
10/27 (四)	阿姆斯特丹(史基浦)－Utrecht-Oldenzaal	蔡致榮 09：15 抵達阿姆斯特丹。 參訪 Innovation Network 機構與 Vision 4 Energy。
10/28 (五)	阿姆斯特丹(史基浦)－Ter Aar-Venlo	參訪 Van der Hoorn Orchids 與 Villa Flora。
10/29 (六)	阿姆斯特丹(史基浦)	整理資料。 鍾瑞永與許涵鈞搭乘 22：20 華航航空 CI 65 班機，途經曼谷。
10/30 (日)	阿姆斯特丹(史基浦)	整理資料。 鍾瑞永與許涵鈞 09：00 抵達阿姆斯特丹。
10/31 (一)	阿姆斯特丹(史基浦)－海牙 台灣－阿姆斯特丹 (史基浦)	參訪 瓦赫寧根大學農業經濟研究所 (WUR/LEI)。 方怡丹、田雲生與沈原民搭乘 22：20 華航航空 CI 65 班機，途經曼谷。
11/01 (二)	阿姆斯特丹(史基浦，RAI)	方怡丹、田雲生與沈原民 09：40 抵達阿姆斯特丹。 赴國際園藝博覽會參觀(International Horti Fair 2011)。
11/02 (三)	阿姆斯特丹(史基浦，RAI)	繼續參觀國際園藝博覽會(方怡丹與沈原民參觀 IFTF 展場)。
11/03 (四)	阿姆斯特丹(史基浦)－Bleiswijk	赴瓦赫寧根大學研究中心 (Wageningen UR Greenhouse Horticulture) 研習溫室氣候控制和資訊技術及節能技術、光、人工照明、LED 燈等。 方怡丹參訪 Anthura BV 公司與 The Greenery 公司。
11/04 (五)	阿姆斯特丹(史基浦)－Bleiswijk	續於瓦赫寧根大學研究中心研習節水技術、土壤消毒、花卉病蟲害與蔬菜根系消毒管理等。 方怡丹參訪瓦赫寧根大學農業經濟研究所 (LEI) 瞭解荷蘭農產品供應鏈與 Gardening Centre Ockenburg。
11/05 (六)	阿姆斯特丹(史基浦)	整理資料。

11/06 (日)	阿姆斯特丹(史基浦)－海牙	整理資料。
11/07 (一)	海牙－ Vlaardingen, Hellevoetsluis	上午拜訪植物監測系統開發業者： Hoogendoorn;下午拜訪遮陰網膜製造業者： Ludvig Svensson。 方怡丹與許涵鈞參訪 FloraHolland 之 Naaldwijk 花卉批發市場、Zuydgeestde Lier 公司與 Greenpack 公司包裝及物流中心。
11/08 (二)	海牙－Waalwijk	拜訪植物監測系統開發業者：Grow Technology，安排二天研習課程，包括溫 室溫度、濕度、二氧化碳、植物溫度、PAR 、光合作用與植物生理的關係，以及如何 控制最佳溫室環境等。 方怡丹11月8日赴瓦赫寧根大學農業經濟 研究中心參加討論後，搭乘華航 CI 66 班 機，途經曼谷，於11月9日返抵桃園機場 。
11/09 (三)		
11/10 (四)	海牙－Monster, Pijnacker	上午拜訪溫室搭建業者：Vijverberg 及環控 系統：Verbakel Bomkas，並參觀蝴蝶蘭溫 室管理；下午拜訪地熱、廢熱發電及熱泵 製造業者：Duijvestijn，並參觀其地熱溫室 與番茄生產應用；另與 Wageningen UR 討 論台灣溫室設計。
11/11 (五)	海牙－ Honselersdijk, Ter Aar	上午參觀現代番茄生產農場：Tomato World；下午拜訪溫室搭建業者：Maurice van der Hoorn，並參觀其蝴蝶蘭溫室。
11/12 (六)	海牙－阿姆斯特丹 (史基浦)－台灣	搭乘 13：30 (阿姆斯特丹時間) 華航 CI 66 班機，途經曼谷。
11/13 (日)	台灣	12：30 (台灣時間) 返抵桃園國際機場。

三、研習內容

本次赴荷蘭參訪研習係執行 100 年度農業試驗所蔡致榮研究員兼主任秘書所辦理「節能精密溫室技術之導入與應用」計畫、台中場田雲生副研究員所辦理「運用節能設備與資通訊技術開發精密溫室生產管理系統」計畫、台中場沈原民助理研究員所辦理「應用綠色能源防治農作物病蟲害之研究」計畫、台南區農業改良場鍾瑞永副研究員與許涵鈞助理研究員所共同辦理「導入節能減碳型溫室生產體系於設施蔬菜生產」計畫，以及農糧署方怡丹科長奉派考察「荷蘭園藝產業發展與供應鏈」，於 100 年 10 月 26 日至 11 月 13 日前往荷蘭阿姆斯特丹參觀國際園藝博覽會（International Horti Fair 2011），並參訪瓦赫寧根大學研究中心溫室園藝（Wageningen UR Greenhouse Horticulture）部門，除研習溫室相關軟硬體研發，並參訪園藝作物生產現地與相關廠商等交流。由於研習屬性皆屬永續節能溫室相關範疇，經四機關出國研習同仁相互連繫、農委會科技處與國際處主導台荷農業合作案的長官積極促成，以及荷蘭農業部門協助安排行程下，特整合為跨機關、領域的團隊赴荷蘭參訪研習，以避免大家因行程與時間重疊，造成對方共同接待之疲於奔命，且一套設計安排即可兼顧不同人員的學習需求。

在荷蘭主要參訪與研習的機構包括：位於 Utrecht 的 Innovation Network 機構與相關參訪；位於 Amsterdam RAI 之國際園藝博覽會（International Horti Fair 2011）；設於 Bleiswijk 且為台荷農業合作計畫對口機構的瓦赫寧根大學研究中心（Wageningen UR）的 Greenhouse Horticulture；設於海牙並有荷蘭農業智庫之稱的瓦赫寧根大學農業經濟研究所（LEI）；毗鄰 Wageningen UR Greenhouse Horticulture 的 GreenQ 園藝專業顧問公司改良中心（Improvement centre）；分別位於 Vlaardingen 及 Waalwijk，販售與開發園藝作物監測儀器設備之 Hoogendoorn 及 Grow Technology 公司；

專業研發製造各類型材質、不同透光比例之內外遮陰網、保溫膜的 Ludvig Svensson 公司。另分別造訪 Piet Vijverberg, Monster 與 Maurice van der Hoorn, Ter Aar 二家花卉生產溫室，以及 Gebroeders Duijvestijn, Pijnacker 與 Tomato World, Honselersdijk 二家番茄生產溫室等。底下依行程安排順序介紹研習內容如后。

荷蘭園藝產業資訊

荷蘭為全球第二大農產品出口國，2010 年園藝產品占所有農業生產 39%，產值約 79 億元，就業人口約 40 萬人。園藝作物為荷蘭農業經濟的重要來源，主要之園藝產業生產數據及分佈如下：

(一)、露天栽培面積 139,111 公頃：

- 1.球根花卉：23,242 公頃，1,631 家。
- 2.觀賞植物：20,727 公頃，2,152 家。
- 3.水果：22,759 公頃，1,716 家。
- 4.蔬菜：72,309 公頃，9,177 家。
- 5.菇類：74 公頃，207 家。

(二)、溫室栽培面積 10,311 公頃：

- 1.蔬菜：5,041 公頃，1,463 家。
- 2.花卉：5,270 公頃，3,001 家。

(三)、園藝產業供應鏈

在荷蘭主要強調生鮮物流管理之供應與運轉過程，意即將「對的生鮮食品」或「花卉」用「對的包裝容量」及「規格」，在「對的時間」內送達「對的地方」。其供應鏈之主要參與者包括下列：

- 1.供應者 (supplier)：包括種子、溫室工程、農業資材及肥料等。
- 2.生產者 (grower)：農民或農民團體。

3. 貿易商 (trader) : 指中間商或批發商, 甚至為進出口業者。
4. 加工廠 (processor) : 將原料轉型為初級或進階之加工產品之食品公司或工廠。
5. 零售商 (retailer) : 指向消費者銷售農產品之商販。
6. 消費者 (consumer) : 供應鏈末端的顧客。

花卉批發市場 (flower auction market) 係提供產銷雙方交易場所, 協助集散花卉, 生產者、貿易商、加工廠、零售商透過花卉批發市場功能完成物流、資訊流及金流交換, 由於花卉批發市場的功能, 促使供應鏈運作更有效率, 將產品迅速有效配送至消費者, 並將交易資訊公開, 使價格形成公正公開。

(四)、荷蘭產業供應鏈之特點

1. 包括重視研發與市場導向之調查與服務、具有強勢的生產與銷售體系、成本效率極高之生產體系、配合度高之生產組織、具合作性質之拍賣市場與大批發商、快速之物流體系 (尤其是生鮮蔬果) 及重視零售系統之需求, 快速且靈活經營的小型花卉植物的零售通路等。
2. 為拓展與超市聯結, 其供應鏈更應具有以下特點:
 - (1) 服務的供應者。
 - (2) 目錄商品的管理。
 - (3) 更好的生產供應者。
 - (4) 及時送達的效率。
 - (5) 產品追溯之功能。
 - (6) 品質與永續經營的管理。

蔡主任秘書訪問Innovation Network機構與相關參訪

10 月 27 日參訪荷蘭農業、自然與食物品質部所設立之 Innovation

Network 機構由 Mr. Peter Oei 接待，Innovation Network 機構係推動使用溫室以提供綠色能量給郊區社區之強力觸媒角色。其 Zonneterp 溫室村示範計畫包括生態住宅區作為能量產製溫室(圖 1)，是符合生態永續性、環境友善性與經濟可行性之解決方案。其概念呈現具有分散式水與廢水處理設施，並以溫室產生熱能提供社區。此設計係基於在夏天從太陽輻射捕獲過剩熱，熱能被儲存在地下自然水池(地下儲水層)中，並在夜裡或冬天使用以暖和溫室。能量平衡顯示仍有足夠能量剩下可用以加熱大量之房子(據估算 2 公頃溫室可以加熱達 200 戶房子)。另外，溫室可提供自來水、處理廢水並產製電力，整個溫室組合在能源與水方面係屬自足，並循環再利用營養與碳。此概念仍非常先進，雖有示範計畫目前並無實際成果，其進一步發展仍值得持續觀察。

Mr. Oei 也展示說明聰明皮層(Smart Skin，圖 2)，其不僅可產製冷熱量，而且可供氣候控制。太陽能藉由讓水流過透明的皮層而被收穫。水被經由傳輸管而被運送，而且多重水路被使用。聚碳酸酯(polycarbonate)聰明皮層的太陽輻射透射值僅有 33.7%，而聰明皮層熱的年產量大約是 $200 \text{ kWh}_{\text{th}}/\text{m}^2$ 。

同時也參訪位於 Oldenzaal 的 Fiwihex 製造工廠 Vision 4 Energy(圖 3 與 4)，其主要生產可於空氣與水間非常有效率(大約 95%)與低溫(少於 5°C)的熱交換器，冷卻係透過從空氣中收穫低溫熱能而產生。非常薄的銅線(0.1 毫米)被裹住毛細管銅管(1.7 毫米)，經由其中水可流動。因為空氣和水之間的大接觸面積熱傳遞可有效率地發生。其優點是它不影響溫室空間的日光透射。而且，其使溫室內部空間在沒有遮陰措施需求下可有準確的氣候控制。以 Fiwihexes 抽取熱量，抽取 30 單位熱需要一單位電。圖 5 與圖 6 分別顯示 Fiwihex Alpha 96 熱交換器與 Fiwihex Alpha 24 熱交換器，圖 7 與圖 8 分別顯示其原理。

10月28日上午首先陪同Mr. Oei赴Ter Aar地區的Van der Hoorn Orchids，針對其郡代表會成員簡報「園藝與創新(Tuinbouw & innovaties)」(圖9與圖10)，其主要介紹創新技術在園藝方面的先進應用，尤其若干溫室方面技術也被應用於更新舊溫室，並強調結合“綠”與“光”在建築設計中(圖11與圖12)是未來趨勢，因為綠色植物與日光的好處在於健康的室內環境、更少的健康問題與經改善工作與學習的位準。

10月28日下午拜訪Floriade 2012的舉辦地Venlo，Floriade在荷蘭每10年舉辦一次，此番從西部綠埠區域首次轉移至荷蘭東南的Venlo，似有區域平衡發展並趁機發展城市的深遠目的，其以「從搖籃至搖籃(from cradle to cradle)」的概念藉舉辦世界花卉園藝展而重新打造環保城市，進入Venlo首先映入眼簾的是Floriade迎賓入口具象徵意義的70米高建築-The Innovatoren(圖13與圖14)。而Floriade 2012辦公室建築Villa Flora(圖15至圖17)的設計，其中玻璃與綠色植物扮演顯著角色，並且整合了能量產製溫室(能量中立)、地下儲水層、細線熱交換器(圖18)、呼吸窗、太陽能、生物氣體(Biogas)與相變化材料(Phase Change Material)等技術。其中電被從兩個來源獲得：來自玻璃溫室區的有機廢棄物與參觀者的糞便。兩者被以厭氧發酵轉變成生物氣體(Biogas)(圖19與圖20)，供作微渦輪機用以產製電的燃料。剩下的氣體被過濾並返回玻璃溫室區被用供植物CO₂肥化。

回程路上順道拜訪一永恆栽培的農家Kainga Permaculture (Permaculture is a theory of ecological design which seeks to develop sustainable human settlements and agricultural systems, by attempting to model them on natural ecosystems.)，其係一女士(圖21)經營2.5公頃的生態封閉系統，捨棄原本必備的溫室環控系統(圖22)，以類似國內一般所知之有機栽培方式種植多種蔬菜與水果，並有乳牛、雞、鴨與豬等牲畜，其原本用意

主要在於回復土地肥力，自己堆肥、不使用農藥並以水桶蓄熱等生態平衡方式運作，看起來雖不起眼，也與目前規模產業所為大異其趣，但我們短暫停留期間卻有其多組熟客蒞臨閒話家常般地購買其農產品，或許這就是另一種形式的在地生產(Local for Local)，除降低農產品運輸的成本外，也可達成農業生產的永續性。

<p>圖 1 溫室村之技術佈局(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 2 PC 材質三層式聰明皮層(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
 <p>圖 3 熱交換片鍍錫銅線架</p>	 <p>圖 4 熱交換片繞線作業</p>
<p>圖 5 FiwiHex Alpha 96 熱交換器(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	 <p>圖 6 FiwiHex Alpha 24 熱交換器</p>
<p>圖 7 FiwiHex Alpha 96 熱交換器的原理(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	
<p>圖 8 FiwiHex Alpha 24 熱交換器的原理(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	



圖 9 Innovation Network 的 Mr. Oei



圖 10 「園藝與創新」簡報

圖 11 綠光建築(一)(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 12 綠光建築(二)(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 13 The Innovatoren 的藝術構圖(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 14 The Innovatoren 的實際現況

圖 15 Villa Flora 的藝術構圖(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 16 Villa Flora 實際興建現況



圖 17 Villa Flora 內部裝潢中



圖 18 內部使用眾多 FiwiHex



圖 19 厭氧發酵槽



圖 20 處理廢水抽送幫浦與暫存桶



圖 21 Kainga permaculture



圖 22 被鳥築巢的廢棄溫室環控系統

參觀國際園藝博覽會 (International Horti Fair 2011, RAI Amsterdam)

荷蘭每年 11 月初定為 HortiWeek，提供國際性園藝展覽。2011 年國際園藝博覽會(Forti Fair)是園藝方面技術、創新與啟發的最大國際交易博覽會，並於 11 月 1 至 4 日舉辦。除主展區 Amsterdam Rai 之外，尚有 Aalsmeer 花

卉批發市場(圖 23 與圖 24)及國際花卉交易展(International Floriculture Trade Fair, IFTF)展場(圖 25)等共 3 大區域，持參觀證可至定點搭車接送至各展場。因為去年交易博覽會因參訪者數量下降及較少的展出者而拼鬥，今年的規劃者決定一新方針：“從平方米至立方米(from square metres to cubic metres)”。今年的結果是強調在更多的內容、更多的專門技能、更多網路連結的機會與更多的場面(圖 26 與圖 27)。值得一提的是在 IFTF 展場，有一家荷蘭的廠商 De Ruiter Innovations BV 將活生生的花卉與許多世界名畫及當地著名畫家的畫作結合，形成新的藝術作品，吸引參觀民眾。例如為蒙娜麗莎別上玫瑰(圖 28)、為 17 世紀荷蘭畫家 Johannes Vermeer 筆下的 Het melkmeisje 配花或將與畫作裡相同的花「種植」在畫布上的田裡，既能連結在地歷史文化，也提升花卉的價值並吸引顧客。

首先，由於行動的新方針導致更多的展出者：599 (增加 10%)，參觀者的數量也上升，此可由園藝博覽會的新線上參觀者註冊系統(參觀者可提前在網站上登錄)看出。根據園藝博覽會的主管 Frans-Peter Dechering 所言，這使得獲致高度準確與透明的數字成為可能。他說“涵括在我們的新方法中，是一甚至更準確的登記與透明的通訊”。今年的園藝博覽會吸引了來自 67 個國家 23,240 位的個別參觀者。而且他們估計此交易博覽會總共有 27,750 位參訪者：大約增加 20%。而提前登錄者的數量總計達 24,244 位。

此園藝博覽會共有 9 個專業展示攤位，在裡面充滿園藝方面的知識與當代發展的企圖心與意念激發：

- 1.品質屋(House of Quality)是從荷蘭與別處種植者競爭提交最佳栽培成果的地方。
- 2.技術與創新屋(House of Technology & Innovation)是技術資訊與知識交換的中心，並且是週遭攤位的服務點。
- 3.AVAG 市場(The AVAG Market)攤位是給 AVAG(荷蘭溫室園藝承包商與裝

配工的主要貿易組織)成員的聚集點，並將供應者一起帶到溫室園藝展區。

- 4.職業廣場(The Career Plaza)是正尋謀園藝方面職位或研究計畫年輕人的最佳聚會地方。
- 5.技術體驗 (Technical Trials)攤位是聚焦在國際園藝企業的新展市攤位，其也透過參訪特定公司與機構(圖 29)而在短時間內提供荷蘭園藝技術的完整印象。
- 6.市場新手攤位(The New to Market Pavilion)是新展示攤位，其係供以前未曾在此博覽會有攤位的公司運用。以這種方式，新公司可以快速熟悉此園藝博覽會。
- 7.供應鏈屋(The House of Supply Chain)提供溫室園藝在軟體方面最新發展的未來聚焦視野。
- 8.通訊屋(The House of Communication)也是新展示攤位，其供具通訊與行銷專長的參加者運用。
- 9.專題討論攤位，主要供聚集專題討論，其各節次題目如下：
 - Sustainable High-Yield Production
 - Sustainable greenhouse produce
 - Sustainable Crop Protection
 - Importance of good water quality
 - Importance of good water quality
 - High-Tech Horticulture
 - The Adaptive Greenhouse
 - NVC PASTEUR – Packaging for the cold supply chain
 - Urban Farming
 - LED-lights enable increased efficiency and more innovations

- German Supply – Latest Technologies
- More crop per drop’ – Being efficient with water
- UK Supply
- Precision Growing
- Algae, chances for horticulture
- Waterproof Greenhouse horticulture SUBSTRATE (hydroponics)

另外，園藝界體認到像食品缺乏、清潔能源、水、健康與健全生存等全球挑戰的解決方法的重要性。同時在此園藝博覽會也召開“第一次國際園藝會議(International HortiCongress):全球議題的解決方法 Solutions for global issues”，而“水”是此次會議“全球議題解決方法”的關鍵要素。來自美國、非洲、中東以及荷蘭的頂尖講者，論述食物用水有效的生產、乾旱地區園藝作物的生產，以及這些解決方法所需技術創新的重要性。其演講主題如下：

- “Technology Challenges Now and in Future for Water Use in Controlled Environment Agriculture”- Applying knowledge of Lessons learned from Mars/Moon
- Genetics: a fantastic toolbox for horticulture to counter the global challenges
- Horticulture, water and food security: new opportunities!
- Water, Horticulture, and Sustainable Development in the Middle East and North Africa

此次 2011 園藝博覽會創新獎係由 Mardenkro 與 Corn. Bak 公司分別獲得，Mardenkro 公司的 ReduFuse 是暫時性塗料(圖 30)，其包含在維持非常高光透射位準下具漫射光特殊特性的特別顏料，而 Corn. Bak BV 公司的 Florinilla Bella (Medinilla 寶蓮燈) (圖 31)獲頒最有前途新“綠色”產品的名望

(prestigious)獎，其特點為可開 10 串花而且花葉同時生長。

Horti fair 2011 會場中也搶先預告 Floriade 2012 (圖 32)。Floriade 是在荷蘭每 10 年舉辦的花卉與園藝國際展覽會。下一次 Floriade 2012 將被以“溶入自然劇場，更接近生活品質(Be part of the theatre in nature; get closer to the quality of life)”主題在 Venlo 被舉辦，並以環境、綠色引擎(Green Engine)、放鬆與療癒、教育與創新及世界展示舞台等 5 個主題區為特色。其最主要靈感來自「從搖籃至搖籃 from cradle to cradle」的環保概念，圖 33 顯示係佔地 66 公頃的節能展覽館 Villa Flora 模型，建材使用可回收的鋼材與玻璃，廢料經過發酵處理成能源，屋頂可以集水過濾成飲用水，展覽期間後還能容納 600 人辦公。

其他值得關注的機型或產品有：

- 1.OPAC (Oval Pipe Air Conditioner) 106 熱交換器(圖 34)：宣稱比 FiWiHEx 每單元冷卻功率具較少耗電，其可不影響溫室空間的日光透射，而且，使在溫室空間內沒有遮陰措施需求下準確氣候控制成為可能。
2. 霧粒帷幕系統(Droplet curtain system) (圖 35 與圖 36)：此博覽會中最具能源效益的冷卻系統之一，其在內部冷卻所需水流率 $72 \text{ m}^3/\text{h}$ 下，內部霧粒帷幕冷卻與外界水柱冷卻的冷卻 COP(性能係數)均介於 100 至 200 間。
- 3.具雙層空氣導管(Double air tube)的 Ultra-clima 溫室環境控制系統(圖 37 與圖 38)：此博覽會中最具能源效益的冷卻系統之一，在 260 公尺長的溫室只有 7 個通風窗必須被安裝，除了較低維修花費外，其允許 4 至 15%較多的光透射，而雙層空氣導管的使用分配空氣進入溫室所需的能量可減低 26%。

圖 37 圖標說明：1.溫室玻璃較大，可增加光量 15%。2.具有防蟲網的

天窗。3. 7 公尺的溫室高度創造玻璃與作物間的較大緩衝。4. 具防蟲網的水牆開口空間是外界空氣的入口。5. 可以角度(0~90°)調節外界空氣與內部空氣混合比例的活動窗。6. 控制溫室內濕度並冷卻進入空氣之蜂巢式水牆。7. 內循環風扇箱創造溫室內足夠風壓以結合空氣導管(12)散佈空氣，其可加裝節能具低溫供應的加溫線圈。8. 溫室內側夾層的空气開口，使內循環成為可能，並充分再利用 CO₂ 與收集熱量。由於這樣遮網安裝可保持關閉(節能/遮暗)。9. 由於半密閉控制任何 CO₂ 濃度都可達到。10. 以空氣循環降低溫室內垂直溫度差異。11. 溫室內部維持正壓使得有害昆蟲不能進入。12. 以 Ultra-Clima 使用雙層空氣導管的長路徑是可能的，其創造一致的溫度分佈。13. 直接的 CO₂ 噴注進入空氣導管。

4. Clean light (UV 光於作物保護的應用)(圖 39 與圖 40)：基於低劑量與每日處理原理的 UV 光技術，可用於作物防護或表面處理，其以人工或自動化施用，具防治 Powdery mildew、改善品質與提供較佳工作狀況的作用，並宣稱具有使用較少殺菌劑、品質增進與無殘留之優點。
5. HortiMax Irrigation Checker(圖 41)：在 2011 年博覽會獲得鼓勵獎 (incentive price)。該系統可精確、有效地量測滴灌噴頭的灌水量，讓您在每一個灌溉週期或整個生產期監視溫室內灌溉水的分佈情形，且任何栽培介質皆適用，種植者不必再以手動方式檢查植株實際灌水量的多寡，操作容易並符合成本效益。
6. Javo Directomatic 蝴蝶蘭種植機(圖 42)：該機器能全自動的將植株的根精確的放入盆內，並將適量的介質(樹皮)導入塑膠盆，來完成蝴蝶蘭的移植換盆作業。它比傳統的人工換盆方式可節省 40% 勞力，實質地降低生產成本。在平順的運轉情況下，每小時可達 3,000 盆的工作能量。因為台灣的蝴蝶蘭栽培介質與荷蘭不同，該套機器可能不適合

台灣使用，但是該套機器的使用可以大幅降低荷蘭的蝴蝶蘭生產成本，對於蝴蝶蘭產業的國際化競爭，具有值得關注的特殊意義。

7. 上部乾燥的水耕系統(Dry Hydroponics system)：此系統係在外界水上種植像萵苣、藥草與花的短週期作物，其係荷蘭 Pater Broersen 公司最先採用的水耕方式，此次國際園藝博覽會中由 Sosefblad 公司展出(圖 43)。在充滿富有營養水的栽培池塘中，作物在漂浮放置且具專利權設計的作物承座(圖 44 與圖 45)中生長，其允許作物始終獲得足夠數量的水、光、營養物、CO₂ 與氧下自然生長，並且不需要人為干涉。上部乾燥的水耕栽培系統係以聚苯乙烯托盤(polystyrene trays)將作物區分為地上部與地下部。此設計對於地上部，提供通氣與光的環境，其係強壯與健康葉片發展的理想微氣候。對於植物的地下部，豐富數量的水與氧氣總是可得。而且，漂浮的隔絕效果與豐富數量的可得水確實不僅提供最佳的栽培氣候，而且它也使上部乾燥的水耕法成為一特別可倚賴的栽培系統。此法的物流處理也非常巧妙，當植物可以收穫時，他們被從栽培池塘轉換至運輸通道，利用推進力把浮動的植物推到輸送帶，然後他們在遮棚下被包裝。以這種方式產品品質高，而且一年從 4 至 9 月可種植 6 或 7 作。作物在水上生長的這種方式在很多方面是永續的：(1)植物實際上不需要作物保護產品；(2)營養物不會被沖洗進地面水中；(3)碳排放是較低的。



圖 23 Aalsmeer 花卉批發市場附設之
切花零售中心



圖 24 花卉批發市場內提供業者之辦公空間



圖 25 IFTF 展場內台灣花卉輸出業同
業公會所佈置之台灣蘭花主題館



圖 26 RAI 展場內利用荷蘭傳統木屐所呈現
之趣味花牆



圖 27 荷蘭最大蘭花公司—Floracultura
在 Horti Fair2011 之展示攤位



圖 28 連結藝術為世界名畫配花

圖 29 技術體驗可參訪的特定公司與機構
(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 30 ReduFuse (尊重智慧財產，未獲授權
不顯示圖片)

圖 31 Florinilla Bella (尊重智慧財產，未
獲授權不顯示圖片)



圖 32 Horti fair 2011 會場中搶先預告
Floriade 2012



圖 33 展示節能展覽館 Villa Flora 模型



圖 34 OPAC106 熱交換器



圖 35 霧粒帷幕系統的正視



圖 36 霧粒帷幕系統的側視

圖 37 Ultra-clima 溫室環境控制系統示意圖(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

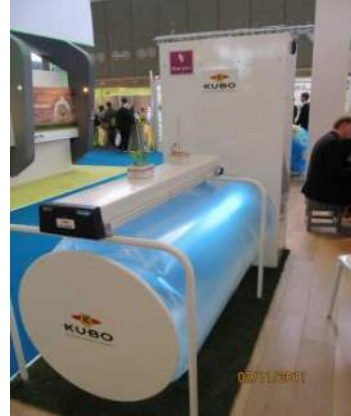


圖 38 雙層空氣導管

圖 39 Clean light 組件(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 40 Clean light 自動化應用系統(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 41 HortiMax 灌溉水量自動檢查裝置(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 42 Javo Directomatic 蝴蝶蘭種植機



圖 43 展場中所展示的 Dry Hydroponics 系統

圖 44 具專利權設計的作物承座與生長其中的作物(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 45 作物與承座的近照

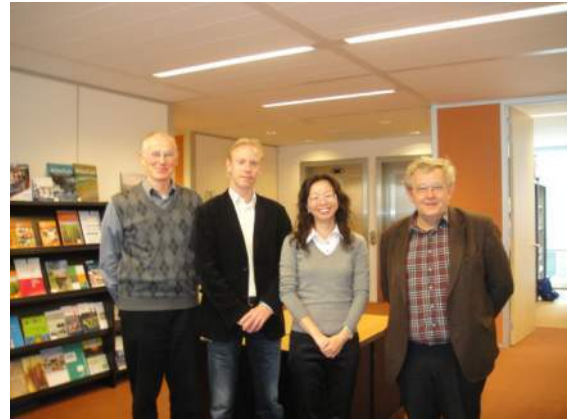


圖 46 方怡丹科長拜會瓦赫寧根大學農業經濟研究中心(LEI)與相關人員合影

參訪瓦赫寧根大學研究中心農業經濟研究所 (LEI) (圖 46)

1. 瓦赫寧根大學為荷蘭重要之農業人才培訓大學，屬國家級之農業專門學校，1940 年代由農民組織發起基金成立，現有研究所下設 6 個研究小組。LEI 每年調查每一戶農民之生產、投資及農業資源，並製作年報，與農民及農民團體合作計畫並提供諮詢服務。
2. 依 LEI 所發表之建議，農業也如同其他產業一樣，應該藉由市場併購擴大規模。以競爭來決定個別生產者的去留，讓適者持續於農業生產鏈，進而強化產業競爭力。而政府的責任則在於維持市場競爭，並營造適合農業經營發展的大環境。
3. 農業人才培育為荷蘭發展精緻農業之強力後盾，瓦赫寧根大學具有紮實的人才培育制度，不僅規劃完整農業教育且荷蘭農業教育向來即由農業部主政，而非教育部。除養成農民的高度專業外，更培養知識創新的能力。
4. 在荷蘭由大型連鎖超級市場與生產者協會或農民組織直接簽約生產已成為常態，生產鏈的整合效率直接影響農場之經營，並涉及未來改善溫室環境所需之貸款保證。以荷蘭之經驗觀察，未來由生產者協會與超級市場直接連結，將成為強勢之銷售通路。
5. 農民合作組織積極扮演農民與政府之間的橋樑，同時協助提供各項產銷資

訊，成為政府決策時的智庫，利用組織與地方政府進行溝通協調，客觀地進行討論。

荷蘭溫室之環控與監測系統

11月3日上午於 Wageningen UR Greenhouse Horticulture 簡報室由 Dr. Silke Hemming 以簡報方式簡介“Wageningen UR Greenhouse Horticulture- Research and innovation: networking with knowledge”。Wageningen UR Greenhouse Horticulture 屬於植物科學群中 Plant Research International，並與 Agrotech & Food 科學群、環境科學群及社會科學群有密切合作(圖 47)，其使命在於創始與刺激永續溫室部門的創新，主要進行策略性與應用研究，研究人員有 100 多人，運轉經費每年 1.2 至 1.4 千萬歐元；研究經費係基於計畫配置，35%來自農部、30%來自園藝產品委員會，而剩下的 35%來自歐盟(European Community)、私人公司、經濟事務部、地方政府與其他。此次造訪的位置只在 Bleiswijk，其包括 85 個溫室隔間、作物防治實驗室與產品味覺感受測試設施。

Dr. Hemming 指出荷蘭園藝目前的高優先議題是經濟可行性、生產效率、能源成本、勞力成本與可得性，以及社會的較高需求與永續性。而 2011 年的研究主要集中在永續與節能溫室(圖 48)、水與排放(圖 49)、先進作物與生產系統(圖 50)、作物與產品品質的感測器技術(圖 51)及永續性作物防治(圖 52)，而且 2010 至 2011 期間 WUR Greenhouse Horticulture 也以其所發展模式化整合再設計達成“適應性溫室(adaptive greenhouse)”的技術(圖 53)，與土耳其、阿布達比、馬來西亞及挪威等國合作研究。

簡報後由 Dr. Hemming 引導參觀 WUR 溫室園藝創新及展示中心試驗溫室(圖 54)氣候控制(圖 55)、電腦區域(圖 56)與監測(圖 57 至圖 59)的一般公共設施(圖 60 至圖 62)，在這些公共設施支援下，各試驗溫室隔間可依需求

個別設定，可謂相當完善。

<p>圖 47 Wageningen UR GH 在荷蘭農業研究群中位置與合作網絡(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 48 2011 年 WUR GH 在“永續與節能溫室”的研究(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 49 2011 年 WUR GH 在“水與排放”的研究(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 50 2011 年 WUR GH 在“先進作物與生產系統”的研究(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 51 2011 年 WUR GH 在“作物與產品品質的感測器技術”的研究(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 52 2011 年 WUR GH 在“永續性作物防治”的研究(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 53 2010 至 2011 年 WUR GH 之國際合作研究(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	 <p>圖 54 WUR 創新及展示中心試驗溫室</p>
 <p>圖 55 試驗溫室的氣候控制裝置</p>	 <p>圖 56 WUR 創新及展示中心試驗溫室雙螢幕控制電腦</p>



圖 57 肥灌監測面板



圖 58 養液 UV 殺菌處理監測面板



圖 59 養液液位監測



圖 60 養液供應控制系統



圖 61 養液 UV 殺菌處理系統



圖 62 各區溫室的養液調配儲存桶

方科長個別參訪的公司

(一) Anthura 公司

1. 為火鶴及蘭花專業生產公司，自行研究、育種，並設有品種展示與觀

察圃等溫室。屬自育種、組織培養苗、小苗至成花均一應俱全之園藝公司。該公司已有客製化能力，蝴蝶蘭自市場下單、育種至量產成品、上市（連鎖超市）約需 7 年。

2. 該公司產品來自 20 家個別生產者，與之合作並輔導依其需求生產，主要通路為荷蘭之花卉拍賣市場，供應大通路商（連鎖超市）或零售商等，並以歐洲為主要銷售地區。
3. 該公司對火鶴花育種已逾 30 年之經驗，為著名之火鶴花專業公司，台灣自該公司進口火鶴花苗再行接續栽培。Anthura BV 為確保品種之穩定性，另於溫室內設置品種觀察圃約 0.3 公頃，火鶴及蘭花每一品種均長期持續觀察品種表現(圖 63)。

(二)The Greenery 公司(圖 64)

1. 專業之食品與農產物流公司，年營業額高達 17 億歐元。旗下有農場、HACCP 包裝場、物流中心及運輸車隊等。該公司所屬農場，其產品自生產到包裝、物流等過程，均實施監控管理。該公司嚴格要求自己客戶下單到包裝完畢，務必在 4-6 小時內完成，並於 24 小時內送達目的地，目標為供應歐洲市場，目前最大之貿易伙伴為德國。
2. 該公司與生產者建立長期之合作夥伴關係，目前旗下有 14 家合作農場，每 2 年召開一次理事會並均以市場導向擬訂生產計畫，每週固定與生產者聯繫或開會，確認種植進度並交換意見，與農民保持良好互動並建立信任，使合作生產者具有穩定收益。
3. 依據不同農民特性，將其產品（包括露天或溫室生產之蔬果）分配至不同市場，協助農民擬訂生產計畫書，由銀行支援資金辦理貸款給農民改善所需之生產設施（備）。
4. The Greenery 公司自 50 年前開始改變為市場導向之農產公司，行銷策略以專業導向並落實分工，確立專業領導風格。積極於世界各國建立生產基地，預定目標為 local to local（在地生產→在地供應）。
5. 市場策略：先創造市場，再改變市場，進而擴大領導市場。為達成市場拓展目標，該公司進行各種必要之活動與廣告，並掌握重要貿易國

家之消費訊息與市場需求，例如：消費者調查等，以持續推出創新產品與服務。

(三)Zuydgeestde Lier (ZDL；長壽花生產農場) (圖 65 至圖 67)

ZDL 公司主要栽培長壽花、蝴蝶蘭與孤挺花，自有花卉品牌 TiSento(感情的創造者)，目前已經是由第二代經營。該公司生產之長壽花和蝴蝶蘭可全年提供上市，孤挺花主要產期在冬季，長壽花利用精密溫室栽培，可週年生產供應。該公司為了消費者不斷提供新產品及達成客戶對品質之需求，精益求精，以生產高品質頂級花卉為目標，銷售通路以 IKEA 及大型超市為主，主要都是依照客戶的需求進行契約栽培及販售，夏季時訂單較少，約有 20%的銷售到拍賣市場。

該公司以家庭農場為核心，是荷蘭農業主要的經營型態，設施生產面積約 4 公頃，員工數約 16 人，工人主要來自波蘭，相較於整個市場，農場的規模尚不足以左右市場，所以除了積極運用專業技術與提升品質塑造自家農場的特色，以獨特的產品來區隔市場競爭外，另為降低生產成本，亦積極引進新設備，農場設施內共有 85 個盤床，以養液潮汐灌溉方式進行栽培，並設有一套自動化裝置自動進行介質充填、輸送、供盆、提盆作業及依據長壽花生長情形，同時於輸送過程中將每盆植株導入影像處理系統，以建立其尺寸規格、花苞數等資料，並記錄於電子標籤內，生產過程幾乎全自動化，整個電腦控制系統清楚的記錄了植床上植株的株齡、株數，除了透過電腦控制，也能夠透過手機監控整個溫室，管理者隨時可透過電腦或智慧型手機掌握溫室每株種苗之生育狀況，做為入出貨供需的參考。

在包裝部份也利用影像識別系統，除了可以依據植株的健康情形予以淘汰或分級，在出貨前依照花色、株高進行分類，並依照顧客需求包裝、出貨；在整個包裝的過程只需要有一個人員操作並且控制機器，當機器在包裝過程中出現兩個失誤便停機進行檢查，溫室工程自動化程度令人印象

深刻。

(四)Flora Holland 花卉批發市場(Naaldwijk 市場)(圖 68 與圖 69)

1. Flora Holland 公司之成立始於 1912 年因花農聯合對抗買家，發展成為 5 千多名花農投資組成之拍賣市場，由花農與花卉承銷商合作組成銷售組織(公司)在荷蘭境內共設有 6 個拍賣點(Aalsmeer, Naaldwijk, Rijnsburg, Venlo, Bleiswijk and Eelde)，透過前述國內及國際拍賣市場，藉由 39 個拍賣鐘，每年處理 120 億支(盆)之花卉植物，形成一個複雜但具高效率的花卉交易制度，合計花卉批發市場每天交易額約 8 千萬—1 億歐元，佔有全球約 6 成的交易量。
- 2.該公司已成為國際性之花卉公司，更是荷蘭最大之花卉拍賣業者與供應商，花卉拍賣市場除提供生產者與消費者之網絡，更作為育種情報、生產及銷售專業之知識中心。

(五)Greenpack 公司(圖 70 至圖 74)

- 1.在荷蘭的生鮮蔬菜供應鏈主要有四家公司，如 The Greenery、FresQ、ZON 及 Haluco 公司等，年營業額高達 3 百萬歐元以上。Fresq 是荷蘭第二大的農民組織，共計有 40 個會員，444 公頃的溫室生產面積，Greenpack 公司在當地屬中型之企業，隸屬於 FresQ 公司之配合廠商，成立於 2001 年，是通路業者與農民共同合作的物流公司，在此集貨的生產面積約有 200 公頃，共有 17 條線進行分級及包裝，主力產品為番茄、胡瓜及甜椒等，以行銷歐洲市場為主。
- 2.該公司利用環保建築，集貨場建築物本身具有良好的隔熱，也使用節能設備，將熱水儲存在地下供冬天加溫時使用，冬天的冰水也儲存起來，做為夏季降溫使用；用來清洗產品(如番茄)的水，經過回收過濾後可以用來清洗採收籃。該公司並自行設置有製作塑膠包裝盒的機器五台，每年要製作至少 20 億個盒子，自生產到成品出貨均導向綠能永續之概念，為台灣農業未來發展應參考之積極作為。
- 3.荷蘭雖以家庭農場作為農業生產之基礎，但近年來之大農戶數卻顯著增加，個別農戶的規模可能仍比不上美國、加拿大及紐、澳等國，但

卻更精進於專業化、企業化與追求經營效率。Greenpack 公司具有前揭優勢、完善之生產基地與管理技術，並擁有現代化的產品檢測、包裝、物流倉儲運輸中心及加工廠，以高能量的創新研發、多樣化的產品為農民創造更高的附加價值。

(六)其他(圖 75 至圖 77)



圖 63 Anthura BV 公司的火鶴花品種觀察與展示區



圖 64 The Greenery 公司配合兒童飲食需求所開發之蔬果點心組合(含胡瓜、甜椒及番茄)



圖 65 ZDL 公司長壽花農場人員解說該場溫室之管理重點



圖 66 ZDL 公司長壽花農場之多層式自動化育苗管理系統

圖 67 精緻且亮麗的長壽花於大型園藝

圖 68 Flora Holland 花卉批發市場鮮花集貨等



中心擺設販售



待入場拍賣之情形



圖 69 花卉批發市場承銷人透過拍賣鐘進行花卉交易之情形



圖 70 Greenpack 公司所屬 Planttop 農場種植番茄之生產環境



圖 71 Planttop 農場之養液與栽培管理設備控制中心



圖 72 Greenpack 公司之包裝中心進行番茄分級包裝作業情形 (1)

圖 73 Greenpack 公司之包裝中心進行

圖 74 Greenpack 公司通過生鮮蔬菜 MPS 環



番茄分級包裝作業情形 (2)



保品質認證管理證書



圖 75 海牙 (Hague) 傳統市場蔬果零售攤位



圖 76 超級市場提供新鮮切花販售情形



圖 77 大型園藝中心販售景觀苗木之情形



圖 78 WUR 與 UDC 簡介

瓦赫寧根大學研究中心溫室園藝部門之創新研究概念

11月3日下午於 Wageningen UR Greenhouse Horticulture 簡報室由 Mr. J.C. Bakker 以簡報方式簡介 WUR Greenhouse Horticulture 創新及展示中心 (Innovation and Demonstration Centre, IDC) 概況(圖 78)及各型節能溫室設計概念與應用狀況(圖 79)。荷蘭設施園藝發展以不使用石化能源為發展目標，進而將溫室視為能量來源發展節能溫室，並設定以至 2020 年 CO₂ 排放應較 1990 年減少 48%，亦即減排 3.3 Mton；每年應提高能源使用效率 2%；設施生產使用永續能源應達 20%及應具備經濟可行性設施發展概念等目標而努力。一項針對 2000 年與 2009 年能源使用分析顯示：天然氣使用量由 $3.7 \times 10^9 \text{ m}^3$ 增加至 $4.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ ；CO₂ 排放量由 6.5 Mton 減少至 5.1 Mton；淨發電量由 $1.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ 增加至 $11.0 \times 10^9 \text{ m}^3$ ；永續能源使用率由 0.1% 增加至 1.3%；每單位產量能源使用率由 82% 降低至 47%，在在顯示荷蘭溫室產學各界在節能減碳發展的重視及研究成果。在 2005 年一項節能溫室設計競賽“Design an energy-neutral greenhouse”中有三型設計獲勝，並依其設計概念建置示範溫室於 WUR 創新及展示中心供進行相關栽培試驗，此三型溫室分別為：

1. Sunergy Greenhouse

顧名思義 Sunergy Greenhouse 設計重點(圖 80)在於最大太陽光量的應用及結合最佳技術應用於園藝生產上，主要設計概念在於陽光利用率愈高就愈能節能。為了在相對高溫時能夠收穫太陽能源，它在高太陽輻射的時期被關閉，但在陰天與夜晚期間讓外界較乾空氣進來以供除濕目的。此型溫室(圖 81)被覆材料使用抗反射玻璃，溫室高 7 公尺並使用輕量結構且無通風氣窗，微氣候控制使用熱水經軌道式鐵管加溫(圖 82)，降溫則使用冷空氣配合風扇進行熱交換(top cooler)，可降溫至 20°C。設置雙層節能網降低熱損失，並引入外界乾空氣除濕，冬季加溫熱源則使用於夏季儲存於地下

水體的熱源。高架的冷卻單元(overhead cooling units, 每 100 m² 一個) 作動時, 此單元以每平方公尺溫室每小時 40 m³ 進行循環。空氣流不能被改變, 因此冷卻的力量係以冷卻水流(溫度被維持在 11°C)而被控制。空氣處理單元(air treatment unit) (圖 83)以經由在植槽下面的空氣導管以每平方公尺每小時 5 至 15 m³ 的可控制流率吹送空氣進入溫室。空氣可被從外面與溫室內部以一可控制比率而獲得。當溫室變得太潮濕時, 外界空氣被導入。當空氣取自內部時, 空氣處理單元可被用以改進均勻度。

Sunergy Greenhouse 總體性能如下: 1. 當適度的能源消耗與 CO₂ 投入被考量時, 產量黃瓜達 30g/MJ 外界輻射, 而番茄達 20g/MJ 外界輻射, 兩者都是高的。2. 由於熱力網的密集使用與高濕度的接受, 此溫室的耗熱量只在每年每平方公尺 32 m³ 左右, 其大約比荷蘭一般慣例低 25%。3. 由於在晴朗與溫暖日子的期間溫室保持關閉的事實, 內部 CO₂ 濃度可以只有 100 kg/(ha h) 的供應率下被維持在 900 與 1000 ppm 之間, 這大約是荷蘭蔬菜溫室所用平均供應率的 40%。4. 一年當中, 此溫室已經儲存每年每平方公尺 500 MJ 的剩餘熱。此意即太陽能源溫室可提供太陽熱能給使用熱幫供加熱的非密閉溫室。根據此第一次測量時期的結果, 為提供長期熱中立的季節性儲存系統, 密閉與非密閉溫室間的面積比率大約是 1 比 1。因此, Sunergy Greenhouse 節能溫室為可能商品化推廣應用的設計型式, 適合果菜類作物栽培, 特別是應用於胡瓜栽培。

2. Sun Wind Greenhouse (Zon Wind Kas)

此型節能溫室(圖 84 與圖 85)使用創新的百葉板設計吸收太陽熱幅射用以加熱熱水, 加熱溫度可達 65°C, 並將熱水儲存於溫室下的暫存水槽以備冬季加溫使用, 在南向的溫室屋頂雙層玻璃間設計可調整式太陽能收集百葉板(圖 86 至圖 89)裝置, 當溫室需要加溫時, 使用暫存水槽內熱水經加溫系統加溫。在實際應用上, Sun Wind Greenhouse 也可使用風車發電提供溫

室所需電力。

3. Flow Deck Greenhouse

此型節能溫室屋頂使用雙層被覆材，其間設計有水流(圖 90)，除提供溫室更好的絕熱效果外，水流並可吸收及收集熱源，並使溫室內溫度保持低溫，通常冷水溫度約 9°C、加熱回收之熱水溫度約 19~20°C，收集的熱源以熱水型態儲存於暫存水槽以備冬天使用。此型溫室已實際應用於傳統的 Venlo 溫室，設計有通風氣窗，微氣候控制使用 ClimecoVent 系統，除濕作業可達到零熱損失，惟有漏水不易修護之致命特性。

結束簡報後由 Dr. Silke Heming 引導參觀 WUR 創新及展示中心各型節能溫室，依序為 VenlowEnergy Greenhouse、Sunergy Greenhouse、Sun Wind Greenhouse 及 Daylight Greenhouse，其中 VenlowEnergy Greenhouse 及 Daylight Greenhouse 型溫室設計概念如下：

Venlow Energy Greenhouse

此型節能溫室為 WUR 創新及展示中心示範最低通風的溫室(圖 91 與圖 92)，在 2010 年 8 月開始使用，其屋頂使用雙層玻璃，主要節能設計在於較好的絕熱功能及較多的太陽光吸收應用，屋頂玻璃厚 3 mm，尺寸為 3.5 × 1.6 m，因此需有較強的結構設計。為以最低之可能通風移除過剩太陽熱，當空氣濕度下降至某特定門檻時，霧化冷卻被立即啟動，而裝設於溫室牆壁的熱再獲得平衡通風系統(a balance ventilation system for heat regain)，會於溫室除濕時由潮溼空氣回收熱量，並以被加熱至溫室內溫度之外界乾空氣進行均勻分布之通風(圖 93)。在實際應用發現，番茄植株生長良好並可提早一週採收，雖產量與傳統溫室相當，但能源使用相對較少，可節省約 43% 之能源；應用於胡瓜栽培方面，可節省 62% 的能源，平均產量約為 21 kg/m²。較好的絕熱功能使溫室氣溫上昇得較快，降低果實結露的機率，同時可減少加溫管路的設計。

Daylight Greenhouse

此型溫室屋頂使用聚光板(圖 94 至圖 99)，將太陽光聚焦於收集器用於發電、儲熱及控制光量，散射光源則用於植物生長。聚光板使用光照感測器控制，當日照強度大時聚焦太陽光用於發電或儲熱，日照強度低時則不聚光而讓陽光直接進入溫室內，藉此原理用以調節控制進入溫室之光量。據指出 Daylight Greenhouse 聚光設計發電量約為 16 kWh/m²/year，加熱熱源約為 4,000 MJ/m²/year，惟因建造成本過高，目前僅供研究試驗用，並未商品化推廣。



圖 79 節能溫室設計概念介紹



圖 80 Sunergy 節能溫室原理

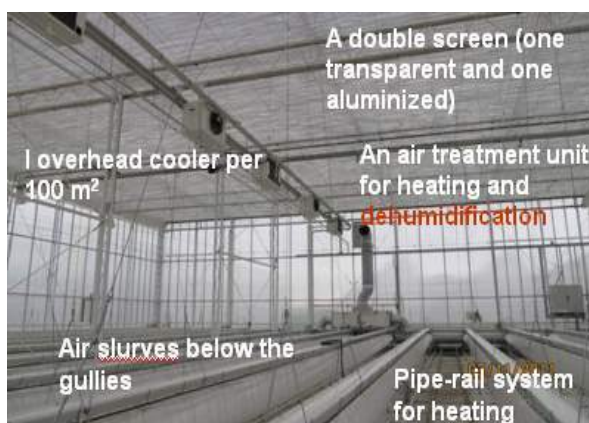


圖 81 Sunergy 節能溫室的配備



圖 82 軌道式加溫管路

圖 83 空氣處理單元內部示意圖(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 84 Sun Wind 節能溫室外觀



圖 85 Sun Wind 節能溫室原理

圖 86 百葉板開閉示意圖(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 87 Sun Wind 節能溫室示意圖(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 88 百葉板作動方式



圖 89 溫室屋頂百葉板太陽能加熱管路

圖 90 Flow Deck Greenhouse 的原理(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 91 VenLowEnergy 節能溫室原理



圖 92 VenLowEnergy 節能溫室

圖 93 VenLowEnergy 節能溫室的主要構成組件(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 94 Daylight 節能溫室外觀



圖 95 Daylight 節能溫室設計原理



圖 96 聚光板原理解說



圖 97 Daylight 節能溫室聚光板屋頂結構

圖 98 離散式聚光板屋頂結構(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

圖 99 直線式聚光板屋頂結構(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 100 Dr. Dueck 介紹溫室光源應用

荷蘭之人工光源試驗應用

WUR Greenhouse Horticulture 之研究員 Dr. Tom Dueck，對於光的干擾、漫射、應用與人工光源（如 LEDs）等方面有諸多研究，特請其針對人工光源在溫室生產提出專題報告與經驗分享(圖 100)，講題為“Artificial

Lighting with LEDs in Dutch Greenhouse Horticulture”，內容包括：光的發展、光合作用的效率、發光二極體（LED）的照明效果，以及照明系統與作物生產和能源的關係等。

- 1.光的發展：使用人工光源主要為了周年都可以收成，而生產所需之光源（Grow light）範圍是PAR（400~700 nm），且光的強度×週期=光的總和；另關於植物形狀、開花等品質所需之光源（Steer light）則是紫外光、紫光、藍光（300~450 nm）、紅光（600~700 nm）及遠紅光（700~800 nm）等。
- 2.在荷蘭高壓鈉燈（HPS）之發展：使用區域達 10,000 ha，約佔 50%的人工照明。番茄/玫瑰光照強度最高，高達 $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ，16~20 hr/day，2,000~2,500 hr/year，相當於 $300 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{year}$ ，系統效率（ μmol 輸出/電能輸入）= 1.7~1.8 $\mu\text{mol}/\text{s}$ 。
3. LED 照明的發展：紅/藍光比例大約是 95：5 ~ 85：15，其中紅光波長約 645 nm，藍光為 450 nm，每 1 w 紅光的系統效率 1.5~1.9 $\mu\text{mol}/\text{s}$ ，藍光則為 1~1.5 $\mu\text{mol}/\text{s}$ 。其應用優點為可選擇特定的波長、組裝方便（室內照明）及具亮度控制（調光器）。但須考量的是系統效率高低、光線分佈均勻否、冷卻所需的成本，以及溫室的氣候改變等因子。
- 4.光合作用效率：溫室栽培使用 LED 紅光和高壓鈉燈（HPS）的搭配應用，可提高二種玫瑰品種（Akito 及 Prestige）的效率達 10~30%。
- 5.荷蘭園藝界對於 LED 光源的看法是：較有興趣應用於玫瑰、番茄等高能耗作物上（高產量作物要求大量的光）；可否在低成本情況下提供足夠的光線；作物生長結果是否優於高壓鈉燈等。經試驗設計 4 種燈照對番茄產量的比較(圖 101)，包括：(1)高壓鈉燈置於作物上方、(2)LED燈置於作物上方、(3)高壓鈉及LED燈混合交錯置於作物上方、(4)高壓鈉及LED燈分別置於作物上方與植株中間，其結果顯示，(1)的產量最高、(4)

的產量最低，另外 2 種則介於前二者之間。另以能源效率觀之，4 種設計單位天然氣之產量各是(1) 0.27、(2) 0.23、(3) 0.26、(4) 0.28 kg/g.e. (g.e. : gas equivalent)。

6. 未來展望：垂直農場—溫室園藝的未來？所謂的植物工廠，必須有精準的規劃，全年統一的產品（可完全控制下一步驟）；有很好的隔絕，沒有熱損失；多層立體栽培，有效地利用空間；在世界各地都可適用，無論是西伯利亞、南極洲或其他各地；在空間配置上，其上為栽培農場，其下卻是一個購物中心。但是，尚有諸多挑戰須予以克服，包括：(1) 能源：太陽光每年免費提供給荷蘭 3,500 MJ/m² 的能量，相當於 100 m³ 的天然氣，其中一半是光能；但在植物工廠中的所有光線都需消耗電力。(2) 空間的限制：對於較大的作物品種，以及需要密集處理的作物，就較難適用。(3) 非節能與高效：荷蘭溫室周年生產的番茄 70 公斤，使用 25 m³ 的天然氣，換算每公斤消耗 0.36 m³；植物工廠每天提供 25 mol PAR，可收穫 113 公斤番茄，但卻用 1,760 kWh/m² (400 m³ 天然氣)，因此每公斤消耗 3.5 m³ 的天然氣，可知植物工廠的能源利用率約為荷蘭傳統溫室的 1/10 倍，另對於葉菜類蔬菜如萵苣則約為 1/5 倍。所以，植物工廠很難取代荷蘭的溫室，主要原因是沒有足夠的能源效率；除非在成本效益夠高、具在地需求且仍符合成本的情況下才有可能。

另外，人工補充同化光源(Supplementary Assimilation Light)使周年生產成為可能、增進產品品質與數量，並且導致更正常的勞力需求。人工補充同化光源的最適化使用意謂在作物管理上的適應，包括較高的種植密度、CO₂ 濃度與溫度(Heuvelink et al., 2006)。Gunnlaugsson 與 Adalsteinsson (2006) 報告當 45% 的人工補充同化光源(238 Wm⁻² 被安裝；在 04:00 與 22:00 間光源被打開)被提供作為中間補光(interlight)以取代所有光在植物上方時，Island 番茄的產量增加 6.5%。

目前荷蘭立法在溫室光害部份需要不透明遮網以降低溫室牆壁的光透射達 95%。在 2008 年溫室屋頂的光透射也必須被同樣地降低，而且補充光源局限於 15,000 lx ($180 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)，除非光的發射被完全避免。在遮網下的溫室氣候管理被容易維持，但是所需 2°C 的日夜溫差(DIF)會被影響，此種光攔截網的使用光獲得平均是 3%，其並導致產量的增加。

Dr. Dueck 簡報後，轉赴他鄰 Wageningen UR Greenhouse Horticulture 之 GreenQ 改良中心參觀拜訪(圖 102)。GreenQ 係一家全球性的園藝專業顧問公司，主要業務除改良中心 (Improvement Centre) 外，還包括教育、研發與諮詢顧問等 3 個部門。在該改良中心令人記憶猶新的是：(1)其溫室區於 11/1~11/4 配合 Horti Fair 作為園藝作物生產技術體驗 (Technical trials) 區域，特安排專人解說與導覽溫室生產現況；(2)接待處提供 4 個品種的小番茄試吃(圖 103)，並請品嚐者於壁報上勾選自己的喜好與撰寫短評；(3)廣告招募參加作物栽培訓練課程，為期一星期 (5 天)，不含食宿之費用 2,000 歐元 (大約新台幣 8 萬元)，所費不貲；(4)進入溫室區必須穿戴防護衣、髮套、手套與鞋套等，可說是全副武裝(圖 104)。另外，有些溫室在每一個出入的門口放置一個簡易的墊子(圖 105)，當人們出入踩過時，墊子會滲透出類似漂白水的物質到鞋子底部，藉此消毒避免病菌傳播，這種方式不須投入很高的成本，且方便使用，也是我們在台灣必須徹底執行的。

溫室內設計為一貫穿的通道，且分成數個不同作物或栽培條件的區域。其番茄生產係以岩棉 (rockwool) 為栽培介質，採用養液滴灌系統管理，並以安裝接近溫室屋頂之高壓鈉燈 (HPS) 照射，感覺室內溫度頗高，所以相信該燈照除提供作物光合作用所需外，亦兼具加溫與除濕的功能。另於植株側邊設置整列紅、藍光相間的LED燈，採紅 5、藍 2 順序排列，此與 Dr. Dueck 所述紅/藍光比例大約是 95：5 ~ 85：15，以及後續 11 月

11 日行程赴 Tomato World 所看到使用紅 4、藍 2 的組合結果稍有出入。但相信不同作物品種與栽培者認知經驗會有不同的使用方式，至少紅光數量多於藍光是眾所肯定的。

根據導覽人員告知：溫室內CO₂的濃度要充足，每公頃約加入 2.5 kg，以幫助番茄生長；否則在低濃度時，葉片氣孔開度較大，水分蒸散也較快。當日所看見之番茄植株是去（2010）年 12 月所栽種的，其生長期已逾 11 個月，每株番茄藤蔓竟可長達 15~20 m，確實壯觀，也達到台灣目前正試驗推廣周年生產的目的。每株番茄可採果 32 串，平均年產量約 80 kg/m²，與台灣地區每年單位面積產量之 15~20 kg/m²（牛番茄）相較，收成確實較為理想。由該公司試驗結果顯示，CO₂濃度較低者，平均年產量約減少 3 kg/m²；若將番茄根部岩棉介質予以遮蔽，可降低水分蒸發量，約有 40%之多。

本次荷蘭研習重點為永續節能溫室生產，參訪之栽培溫室即便稱之為半密閉溫室（Semi-closed greenhouses），也幾乎都是採密閉式環境控制系統運作，並使用各類省工機械與自動化技術輔助生產。由於農作物生長環境與外界隔離，且在室內工作人員有效運用的情況下，與光合作用習習相關的CO₂自然格外受到重視，並於栽培期全程監測和補充；而CO₂的來源，除搭配加溫設備廢氣排放而予以收集外，亦可付費購自於工業區之配送管線。這與台灣地區設施栽培多為遮雨棚、溫網室等型式，並大量使用各種自然或強制通風設備，致室內、外大氣交換的動作頻繁，相對上CO₂之需求似乎不是重點，所以國內溫室生產者對於CO₂感測器的應用並不熱衷。但隨著西風東漸與技術交流，密閉程度愈高的溫室栽培區，也逐步裝設CO₂監測系統，甚至有針對其他特定需求之氣體感測器，例如乙烯監測等。

又參訪之溫室栽培區皆為研究、教學機構或規模較大（佔地面積數以公頃計）的生產業者，大部分規定進入溫室者必須套上防護（塵）衣，有

些甚至要求穿戴髮套、手套與鞋套等，但每一參訪點不盡相同，尤以 GreenQ 最為嚴謹。此作法雖然感覺麻煩與好笑，但可理解的是其強調生產安全，儘量避免引入病蟲害而造成管理失序與損失；惟是否也應驗了普羅大眾認為「溫室的花朵」抵抗力較弱的看法！又 GreenQ 試驗溫室是本次荷蘭研習唯一不允許攝影的參訪點，特此註記。

圖101 4種光源應用之試驗設計(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖102 GreenQ之改良中心一隅



圖103 入口接待處之番茄品嚐與評比



圖104 全副武裝的隔離穿著是進出溫室的必要措施



圖105 溫室出入口放置消毒鞋墊



圖106 一種生物防治天敵的使用方法

荷蘭溫室之植物保護策略

全世界約有 240 萬公頃的植物栽培於溫室內，而荷蘭在 2010 年的溫室面積為 1 萬 311 公頃，由於溫室數量多，因此荷蘭很重視在溫室內的植物保護策略。再加上，近年來歐盟國家的大眾與媒體注意到化學農藥的風險，荷蘭當地超級市場訂定的產品農藥殘留標準甚至比政府制定標準的三分之一還低。由市場需求引導，歐盟委員會（European Commission）管控農藥的登記、審查及使用日益嚴格，許多當地作物生產者已不再仰賴化學農藥作為植物保護的唯一手段，荷蘭的技術研發單位亦投入許多有別於傳統、不依賴化學農藥的有害生物管理技術。

依 Wageningen UR Greenhouse Horticulture 的 Meijer 教授提供的資訊，荷蘭的溫室番茄 100% 採綜合有害生物管理（Integrated pest management, IPM），而栽培切花類的溫室有 60% 採綜合有害生物管理，在整個栽培期間主要應用農藥以外的替代方法防治害蟲、疾病與雜草，合理使用最少量的農藥。另外，荷蘭栽培有機果菜類作物的溫室有 75 公頃，栽培有機葉菜類作物的溫室有 25 公頃，當地的有機規範嚴格，必需使用對環境友善且可持續（sustainable）的方式管理，農作物必需種植在土壤中，且不得使用化學農藥或亞磷酸等資材保護植物。有機農產品於 2009 年在荷蘭的市場占有率約為 2.3%，約 70% 溫室生產的有機農產品外銷至其他國家。

Wageningen UR Greenhouse Horticulture的研究人員研發多種非化學性的植物保護策略，包括(1)利用植物材料在無氧覆蓋環境下，釋出物質作生物性土壤消毒，以降低線蟲及土壤真菌病害：傳統土壤消毒法利用溫度殺死土壤中的有害生物，在 50°C 以上可殺死線蟲、72°C 以上可殺死鐮孢菌 (*Fusarium* sp.)等真菌。而新開發出的方法利用植物材料如黃芥末、薑、檸檬添加至土壤中，釋出物質(Plant Protection products of Natural Origin, PNOs，如二氧化碳、甲烷、硫化氫、一氧化二氮與氰化物)可作生物性土壤消毒，以降低線蟲及土壤真菌病害。在使用黃芥末試驗的情況下，將植物材料進行覆蓋，在無氧環境下抑制線蟲的效果優於未覆蓋的條件下。(2) 瓜類與菊科綠肥作物 *Tagetes* 間作，以達成輪作目的降低線蟲密度：瓜類與菊科綠肥作物 *Tagetes* (*Tagetes* sp. 山椒菊、萬壽菊等)間隔種植，將溫室內臨接的畦面空下種植 *Tagetes*，並將兩倍密度的瓜類種植在間隔的畦面以維持產量，而後在另一個生產期輪替作物，藉此將作物與病原存在空間與時間交錯，以達成輪作目的迴避病原、降低線蟲密度。此方法目前仍有其限制，僅在瓜類有較佳的結果，對甜椒、番茄等生長較慢的作物並不適合，而除了 *Tagetes* 之外的間作作物仍在測試中。此方式的缺點是在第一次種植的產量降低 20%、葉部處理及採收較為困難、較易在操作中傷到果實、雙倍種植可能使植物缺乏養份及種植間作作物可能帶來其他有害生物；而此方式的優點是在栽培期間能作土壤消毒而不急劇影響產量、可產出更多高品質的瓜、減少線蟲危害根部與殘存於土壤內，以及增加土壤耐受病原的能力。(3)應用活化的鹽溶液：Wageningen UR Greenhouse Horticulture發展出運用活化的 10% Aquanox 溶液或 50% Aquanox 溶液，噴撒於玫瑰的試驗，降低 10-50% 的玫瑰白粉病罹病率，噴灑於番茄或胡瓜的試驗，些微降低 *Mycosphaerella* 屬真菌的感染，最適的施用量及施用頻率尚在試驗中。(4)選拔對線蟲、土壤性病害有抗性的植物或抗病根砧，以抵禦根瘤線蟲

或*Verticillium*屬真菌之危害。例如RZ64-10 等父本為Benincasa的胡瓜栽培種在試驗中其根瘤指數低於Aviance、Azman等胡瓜栽培種、07zs102 的甜椒栽培種在試驗中其根瘤指數低於Brutus、3412 等甜椒栽培種。(5)運用特定波長分析作物影像，偵測肉眼無法看見的植物異常：利用接近紫外光波長的影像感測器偵測植物反應，關聯植物影像與植物的表現型，可在約 1 週前偵測植物受到病原、溫度或其他逆境的影響。例如Dr. Hemming指出在植物接種疫病菌後可能在 2 週後才能觀察到病徵，而透過影像偵測系統可在 50 小時後即偵測到植物異常。(6)釋放昆蟲天敵防治害蟲與蟎類：Wageningen UR Greenhouse Horticulture的溫室內使用Syngenta、bcp certis與Koppert等公司生產的昆蟲天敵防治害蟲與蟎類，將產品吊掛在植物上、或灑佈於溫室內防治害蟲，防治對象包括粉蝨、蟎類、薊馬、蚜蟲、介殼蟲與鱗翅目害蟲等，有不同商品已量產可供作生物防治，另外，生物防治菌或有益微生物如木黴菌(*Trichoderma* sp.)、*Coniothyrium minitans*、*Bacillus* sp.、*Pseudomonas fluorescens*等也在一些試驗中運用於溫室內保護植物。

生物防治是荷蘭溫室內普遍應用的植物保護策略之一，提供生物防治產品的公司如 Koppert Biological Systems與研究機構如Wageningen UR Greenhouse Horticulture合作，已將多種昆蟲天敵製成產品銷售給農企業與農民。這些天敵分為專一性較高的specialist predators及較無選擇性的generalist predators，最著名的specialist predator是智利捕植蟎（*Phytoseiulus persimilis*）防治溫室內危害植物的蟎類；而另一種重要的捕植蟎*Amblyseius swirskii*則屬於generalist predator，應用在溫室內的粉蝨與薊馬防治，普遍來說generalist predators的應用表現優於specialist predators。

Wageningen UR Greenhouse Horticulture在溫室內廣泛應用這些植物保護產品，同時亦研究如何混合應用不同種類的昆蟲天敵達到可親合或加成的防治效果(圖 106 至圖 108)，此外，大面積商業生產的溫室內也採用生

物防治，包括在目標農作物旁栽種少量適合天敵繁殖的植物以保護天敵(圖109)，或是定期向生物防治廠商購買產品，釋放到溫室內防治害蟲。以Koppert公司為例，應用於粉蝨防治的天敵已有6種、應用在蟎類防治的已有4種、用在薊馬防治的已有5種、用在蚜蟲防治的已有7種、用在介殼蟲防治的已有3種、用在鱗翅目害蟲的已有3種，總共已經商品化的天敵超過35種以上，也持續與研究機構共同研發新產品(如近期推出*Amblyseius swirskii*捕植蟎)，特別的是，該公司能夠每週將產品配送至農民手中。

Meijer 教授認為現在的市場需求安全、低農藥殘留的食品，講求自然、健康，並注重環境，驅使政府更嚴格審視植物保護產品，代表愈來愈少的植物保護產品或農藥可被農民使用，因此，新的、非化學性的植物保護產品將有需求，未來，預防病蟲害、精準地偵測及預警、生物防治、環境調控、物理阻隔與清潔及害蟲誘引等策略將更加重要。



圖 107 不同的生物防治商品



圖 108 生物防治天敵展示



圖 109 在目標農作物旁栽種少量適合天敵繁殖的植物以保護天敵



圖 110 Mr. Os 簡介荷蘭溫室之水資源管理

荷蘭溫室之水資源管理

Mr. Erik van Os 為我們介紹 Wageningen UR Greenhouse Horticulture 水資源方面的研究(圖 110), 並帶大家參觀溫室內的花卉水耕試驗與介紹溫室內的水及養份需求, 從提供的資料中明確指出, 充足而潔淨的水源, 並在進入溫室內調整到適合的養份量, 是成功栽培的關鍵。溫室內水的品質與提供的養份因地區、栽培作物而異, 一般標準為 EC 值為 3、pH 值在 5-6 之間、適量的氮、磷、鉀、鈣、鎂、鈉、氯、硫及其他微量元素, 並能降低排放到水道或地表, 以避免農藥隨水流動。

因應歐盟委員會在 2000 年制定的水架構指令 (Water Framework Directive; Directive 2000/60/EC), 歐盟成員國必須在 2015 年前妥善管理地表水及地下水之品質: 臨近湖泊與水渠的溫室作物生產者使用農藥受到更嚴格的管控、園藝產業在 2027 年將要達到近乎零廢水排放, 以及未來可合法使用的農藥可能愈來愈少, 因此, 儘可能降低溫室的水排放是研究的主要目標之一。

Mr. Eric van Os 等人(圖 111)研究包括比較溫室栽培與室外栽培使用農藥隨水逸流之程度、在溫室施用農藥對地表水、地下水及空氣之影響,

以及如何移除水中物質使水能再循環利用。將水循環利用的策略模式有兩種，第一種儘量將所有的水回流至系統內，移除回收水裡對作物有害的物質，再精準調整輸入物質的量，將水資源循環使用於溫室系統內；第二種模式在水排出溫室系統前作處理，大部份淨化後的水回流至系統內循環使用，排出少量濃縮的廢水再處理供系統外其他應用，上述兩種模式亦可嘗試整合在一起作水資源再利用。整體而言溫室內的供作回收的水源應有下列特性：

- (1) 低鈉含量：輸入系統的水須注意鈉含量不可過高，妥善處理雨水，或額外添加潔淨的水源如蒸餾水，使水中的鈉含量低於6 mmol/l，此外，施肥也應選用低鈉含量者以利水循環利用。
- (2) 移除不利植物生長的因子：添加過氧化氫、利用UV-C (200~280 nm) 以氧化反應移除不利植物生長的物質。
- (3) 無雜質：利用過濾膜或活性碳過濾，除去水中的顆粒，或是先將雨水靜置沉降後，再將水循環利用
- (4) 移除農藥：可能的策略有上述活性碳、UV、添加過氧化氫、過濾或使用生物性的方式移除農藥，再利用液相層析分析不同種類殺菌及殺蟲劑的濃度。
- (5) 避免不均衡的養份比例：作好適當的養份或施肥管理，以選擇性的離子電極偵測或時常將水送至實驗室檢測水質，確認所檢測水體內化學物質或養份後，再將水循環應用於溫室系統內。在荷蘭的大學或公立研究機構的實驗室不須為溫室栽培業者提供免費水質檢測，而有專門提供檢測的業者提供有償的服務。

Wageningen UR Greenhouse Horticulture致力於上述水資源淨化處理或檢測相關研究，使園藝溫室產業在未來盡可能達到歐盟的法令目標，達到零廢水排放，讓溫室內的水能夠再循環利用，整合不同策略提高水的品質

與再利用量，朝可達經濟上可利用的規模研究、與其他水使用者如工業界連結、建立示範計畫。

參訪溫室監控管理與遮網系統業者並進行相關系統之研習

11月7日上午前往位於 Vlaardingen 的 Hoogendoorn 公司參訪，該公司產品涉及 IT 伺服器、植物生產管理系統、影像設備及工業自動化領域等，從事植物生產管理系統開發整合研究超過 40 年，並持續開發溫室最佳化微氣候管理系統，最近發展滴灌系統水份管理系統，可監測植株重量、滴灌排水量及計算介質水份飽合點，精準控制灌溉水量，達到節水灌溉的目的(圖 112)。

其在植物生產管理系統主要產品包括 iSii 生產管理系統及 LetsGrow。iSii 生產管理系統為一系統工作站，可連結 LetsGrow 使用，具有控制參數設定、圖表製作、天氣預報補償及警報功能，包含 3 個主要工作視窗：Hoogendoorn 端、使用者端及工作表單，使用者需自訂工作表單並設定所需工作參數，本系統具 2 個螢幕，可同時顯示所有工作視窗及操作圖表。植物生長環境隨氣候變化，生產者需靠更多的資料來決定栽培策略，LetsGrow 提供所監測的植物生長資料供使用者分析並制定環控策略，同時 LetsGrow 提供歷史監測資料及生產者間交流的平台，可使生產者得到較多的資訊，甚至國際化的視野，用以訂定產品價格、產量、作業時程及控制品質。LetsGrow 提供 LetsGrow Meteo Consult、LetsGrow Teleview、LetsGrow Stomata Sensor 及 LetsGrow i4All 等產品服務。其中 LetsGrow i4All 為一植物生理監測系統(圖 113 至圖 115)，將監測資料以 GPRS 無線傳輸至系統平台，使用者可透過監測資料分析植物生長微氣候資訊，用以評估最佳環境控制方式。其主要感測元件包括溫濕度感測器(temperature meter and electronic RH meter)、CO₂ 濃度感測器(CO₂ meter)、光合作用有效光譜儀(PAR)

、紅外線葉面溫度感測器(Plant Temperature Camera)及土壤溫、濕度與水分含量感測器，感測器訊號透過轉換介面傳輸至 GPRS 無線傳輸器，將監測資料傳送至遠端系統伺服器。



圖 111 溫室內的水資源管理研究

圖 112 Aquabalance 系統(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 113 LetsGrow i4All 的感測器



圖 114 葉面溫度感測器



圖 115 GPRS 無線傳輸器



圖 116 Mr. Arkesteijn 簡介 Svensson 公司
主要產品特性及選用方法

11月7日下午前往位於 Hellevoetssluis 的 Ludvig Svensson 公司參訪，首先在該公司會議室由 Mr. Paul Arkesteijn 簡介 Ludvig Svensson 公司營運概況及介紹該公司主要產品遮網特性及選用方法(圖 116 至圖 119)，簡報後至加工工廠及原料庫房參觀其運作情形。Ludvig Svensson 總公司位於北歐芬蘭，於 1970 年代中期成立設施遮網部門，協助溫室生產者改善溫室微氣候條件，現有員工 350 人，分公司遍及世界 13 個國家，在亞洲的中國大陸及韓國亦設有分公司，此次參訪點為荷蘭分公司，其原料網布由芬蘭總公司製造出口，再由各該分公司依訂單需求加工出貨。目前全球有 20,000 ha 以上的溫室使用 Ludvig Svensson 的遮網或節能網產品，由於使用遮網等產品，據估計已節省 2,000 ton 的原油消耗、減少 5~6 Mton CO₂ 排放量及減少 20 tWh 用電量，相當於 3~4 座核能反應器的發電量。

由於各主要園藝作物最大日射量：果菜類在 25~30°C 時為 800 W/m²，大於 30°C 時為 700 W/m²；切花類在 25~30°C 時為 600 W/m²，大於 30°C 時為 500 W/m²；盆花類為 200~400 W/m²；蝴蝶蘭則為 80~150 W/m²，顯示出不同作物應用各型適當遮陰網之重要性。Ludvig Svensson 遮網產品包含內外遮陰，遮光率含蓋 20~99%，有透氣及不透氣兩種型式，該公司並為節能網先驅，設計使用 100%防火材質，並有添加鋁料用於冷房用節能網，可反射太陽光及阻絕熱輻射進入溫室內部；HARMONY 型遮陰網可散射陽光，並具防火功能，約 70%陽光被反射而 30%陽光均勻散射進溫室，減少溫室內部陰影使溫室內光線均勻分佈，改善溫室降溫作用，可增加日射量 5%並降低氣溫 2.5°C，據實際作物生產者使用後指出可提高作物生長速度及品質。遮網選用主要考量因素為溫室地點(天候條件)、作物別(栽培微氣候條件)、溫室種類(單層或雙層被覆)及遮陰網設計層數等。

另外，針對漫射光網與近紅外光(NIR) 反射網補充所收集之資訊如下：當光被做成散(漫)射時，與直射光相較它將較深地透射入葉叢中，在高日照

水準下，漫射溫室覆蓋導致較佳光分佈、較低的植物溫度、減少的蒸散，以及增加的光合作用與生長。在晴朗的日子，在漫射溫室覆蓋下黃瓜作物的光截取比在直射光下較高，尤其在中間葉層部分(Hemming et al., 2008a)。就如其可能被期望，在陰天漫射與直射光處理間光截取上並無差異被觀察到。中間葉層的光合作用率在漫射光下比正常光條件下($500 \mu\text{mol PAR m}^{-2} \text{s}^{-1}$)更高(Hemming et al., 2008a)。漫射光下黃瓜的產量比在直射光下高出8-10%。漫射光也正面地影響盆栽菊花與其他盆栽植物的生長。雖然漫射覆蓋材料並未影響溫室的能源使用，但是產量的增加卻導致較高的能量效率。

Stanghellini (2011)指出近紅外光(NIR)反射網材料對於溫室玫瑰作物的影響如下：此近紅外光過濾降低溫室能量負荷8%，而葉叢在NIR範圍內的高反射性造成溫室的能量投入要被降低得比此材料特性所可達成者(25%)來得少。溫室通風需求與作物蒸散兩者被NIR選擇網降低，其減少的數量與溫室及作物能量負荷方面的減少一致。到達葉叢淨輻射在沒有光合作用有效輻射同時減少下，展示給水良好作物的蒸發可能在不必降低產量下被降低，作物經濟的水使用效率相應於此蒸散的減少而被增加。簡而言之，溫室覆蓋中NIR過濾的效果不應該被誇大。

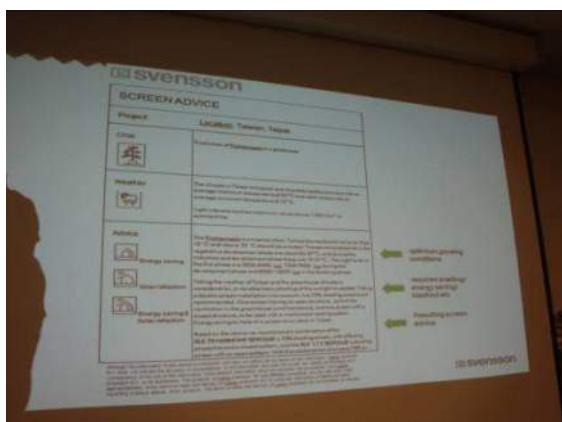


圖 117 Svensson 公司給予台灣使用的建議



圖 118 產品特性應用討論

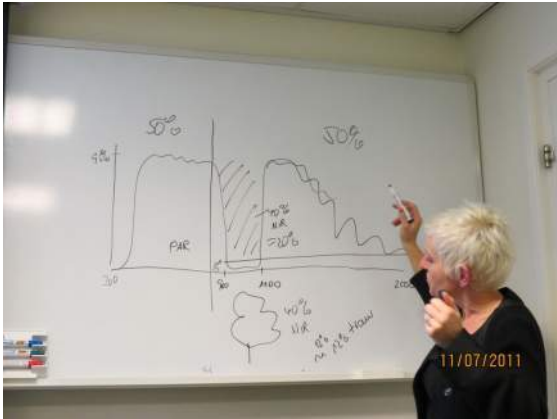


圖 119 Dr. Hemming 補充說明反射 NIR

遮陰網特性

圖 120 Grow Watch 的主要組成與虛擬計算功能(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)

11月8日與9日二天參訪 Grow Technology 公司研習植物生理監測管理系統 Grow Watch，包括溫室溫度、濕度、二氧化碳、植物溫度、PAR、光合作用與植物生理的關係，以及如何控制最佳溫室環境等。Grow Technology 公司的主要產品有：植物生理監測管理系統、種子成熟度分析儀、Horti Hotel 以及植株重量計等產品，其主要的業務範圍都與植物生長有關。

基本上，Grow Watch 植物生理監測管理系統(圖 120 與圖 121)是一種最新雲端科技的應用。它將監測植物生理的各種感測器，如光合作用有效光度、紅外線葉面溫度計、溫室溫度、溫室相對濕度、二氧化碳、植物生長監測儀、土壤水分、土壤溫度、土壤鹽度與葉面厚度等，偵測到的資料，每五分鐘一筆經由 GPRS 無線傳輸系統傳送到伺服器，利用伺服器內的軟體去計算分析後，使用者可利用互聯網在電腦上查看所有的資料，資料包括兩主要項目：一為各感測器所測得的資料，另一為電腦計算分析出來的資料，計有蒸氣壓差、蒸氣差、光合作用產量、高級同化作用、最大同化作用、光合作用電子輸送速率、生長光量、熱光量、有害光量、光合作用效率、露點、平均日溫、日總光量及平均葉面溫度等。而且這些資料都可

以數據及圖表顯示出來，由這些資料可以深入瞭解植物葉面氣孔的啟閉以及光合作用效率等實際情況，對植物生理的研究與生長管理具指標性的功能，助益非常大，是現代化植物生長管理的利器。

該項計算及分析資料儲存於電腦伺服器中，可以透過互聯網，輸入帳號以及密碼後進入系統，觀察、分析與比較實際植物生長情況。也可以透過分享系統，讓公司同事間相互討論，也可以讓同業間對某些生長議題相互討論，更可透過植物栽培管理顧問來對栽培技術進行指導。

其各類感測器稍微說明如下：光合作用光度感測器，可以感測溫室內 400 到 700 nm 植物光合作用的有效光譜。葉面厚度感測器，對 C3 植物來說，葉面的厚度是氣孔關閉的指標，當氣孔關閉時，植物就無法吸收二氧化碳行光合作用。氣孔關閉後葉面厚度急劇增加。灌溉澆水之後，葉面壓力也隨之增加。WET 感測器能感測土壤(介質)的含水率、溫度以及電導度，其可量測容積約 70 立方公分的盆裝介質。除了 WET 感測器外，也可以使用植物重量計(Crop Scale)來量測。植物生長監測儀(圖 122)能量測植物葉面的 PAR 光量、最大光合作用能量與實際葉綠素螢光(無法用在光合作用的光線)。從該監測儀的資料可以計算出光合作用的產量、生長所用掉的光量、沒有被利用且沒有傷害到植物生長的光總量，以及傷害到葉內蛋白質的光量。蒸氣差由相對濕度以及溫室溫度計算而得，它表示在一立方米的空氣中所能吸收的總水量。只要植物的溫度與溫室溫度相同，即是良好的量測，而如果不是這種情形，最好使用 VPD。蒸氣壓差是由相對濕度，溫室溫度以及植物溫度計算而得。蒸氣壓差高時，植物葉面會產生蒸散作用，如果蒸氣壓差太大而造成植物的蒸散大於水分的吸收時，植物便會將氣孔關閉。正確的蒸氣壓差才能維持植物正常的二氧化碳吸收。

光分配方面，照射到植物的光有部份被光合作用所利用；有部份沒被光合作用利用，但對植物並不造成傷害；另有小部份則非但沒被利用，更

形成自由基而造成對植物的傷害。一般說來，被利用的部份約佔 75%，造成光負荷者約有 20–25%，而造成光傷害者約小於 5%。就高級同化作用而言，C3 植物的同化作用係基於植物特定的生長模式、光合作用、照在葉面的光量、二氧化碳濃度、蒸氣壓差與正確的蒸散作用。而最大的成長量係由高級同化作用計算而得，基於相同的光合作用產量以及總光量，且在最大的二氧化碳濃度下。

研習中 Mr. Anton Blaakmeer(圖 123)進一步闡述若干 Grow Watch 關鍵術語與觀念如下：

最大螢光(Maximual Fluorescence, Fm)：植物在受到光合作用儀所發射的極短光波照射後所放射出來的總光量。所有活動中的葉綠素均已飽和而無法將能量轉化為糖，其中能量的 97%轉化為熱，另外的 3%轉化為光，由植物發射出來。

實際螢光(Actual Fluorescence, F0)：未為光合作用所利用並由植物所發射出來的總光量。

Leaf PAR：在葉面所測得的植物光合作用有效光量(400 – 700 nm)

光合作用產量(Yield) = $((Fm-Fo)/Fm)$ ；在晚上最大達 0.8，小於 0.4 植物有問題(光緊迫)。

電子傳輸速率(ETR) = Leaf PAR * Yield * 0.5；此處的 0.5 乃因兩階段光合作用的緣故。

Efficient Light (Light is used) = Leaf PAR * Yield = 使用於光合作用的總光量。例如：

<i>Light (Leaf PAR)</i>	<i>Yield</i>	<i>Efficient Light</i>
100	0.7	70
200	0.6	120
400	0.5	200
800	0.25	200
1000	0.1	100

光總和(Light sum)：光合作用有效光總光量(mol)，例如，Grow Watch 使用兩個光感測器的計算邏輯如下：

期間(min)	PAR A	平均	PAR B	系統使用最大值 (μmol/m ² /s)
0-5	100	105	110	110
5-10	100	95	90	100
10-15	100	100	100	100
15-20	120	125	130	130
				期間總計 440

因此，0 至 20 期間的

$$\begin{aligned} \text{光總和} &= 400 \times 300 \mu\text{mol/m}^2 = 120000 \mu\text{mol/m}^2 \times (\text{mol/ m}^2 / 10^6 \mu\text{mol/m}^2) \\ &= 0.12 \text{ mol/ m}^2 \end{aligned}$$

另外，外界全輻射 x (W/m²)轉換為內部光量的經驗公式 = $2x - 10\%$ (μmol/m²/s)，亦即當外界全輻射為 100 W/m² 時，內部光量為 180 μmol/m²/s。而就同化人工光源高壓納燈(HPS)而言，1000 lux 約等於 13 μmol。

Daily light sum：日光合作用有效光總光量(mol)

Light Stress (光緊迫) = NPQ = 非光化學消散 = (Fm - Fm')/Fm' = (夜間最大螢光 - 日間最大螢光) / 日間最大螢光。CAM 植物的光緊迫區起始點為 0.5，而 C3 植物的起始點為 1.0。

高級同化作用(Advanced assimilation)：植物吸收二氧化碳的總量

最大同化量(Maximal assimilation)：在最佳生長環境下(假設氣孔全開以及溫室內二氧化碳濃度為 1000 ppm 的環境下)，植物吸收二氧化碳的總量

同化效率(Assimilation efficiency) = Advanced assimilation / Maximal assimilation

圖 124 顯示最受喜歡盆栽植物電子傳遞率 (ETR=紅線) 與光之間的關

係。藍色虛線表示最高的效率。高達 $100\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR 線性地增加電子傳遞率。超過 $100\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR 電子傳遞將偏轉最高效率線。過度的光仍然是有限的，但將獲得超過 $200\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR 下與最高效率線(藍色和紅色線)間之差值，並以藍色豎條紋表示。約 $400\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ PAR 是葉子的光飽和點(收益率 <0.4)，並只能勉強地增加電子傳遞率。但是，過多的光線只有更大的差值，這會導致光緊迫(light stress)。一般作物之電子傳遞率與二氧化碳吸收可有如圖 125 之線性模式。而光合作用(二氧化碳吸收)和光的一般關係如圖 126 所示：溫室空氣的兩個二氧化碳濃度位準(藍線 900 ppm；紅線 400 ppm)。在較高的二氧化碳濃度，植物需更高的光處理。

了解重要植物一天的光合效率(藍線)與 PAR 光成長(紅線)的情形(圖 127)也助於操控作業。在黑暗中，健康植物的最高產量大約是 0.8 (80%)。可以被處理的較高光度(紅色線)，有較低的光合產出額。過多的光線製造光緊迫，其普遍一致的收益率低於 0.4。PAR 光吸收的分配(圖 128)顯示使用光進行光合作用的光生長(綠色，0.8 以上是好的)、光熱量(藍色)和光產量損失(紅色)。上方 A 圖顯示一完美的狀況，而下方 B 圖已遠離理想的情況。實際應用上在蝴蝶蘭觀測到光不能轉換為成長的情形(圖 129)，在我們引進的系統於蝴蝶蘭監測中也發現類似的情形。

其他 Grow Technology 公司值得關注的產品有：種子成熟度分析儀與 Horti Hotel。種子成熟度分析儀(Optisch：Seed Analyser，圖 130)係應市場需要而發展，其基於葉綠素螢光(Chlorophyll fluorescence, CF)技術可在 1 分鐘(3,000 量測)內確定種子成熟度，係利用種子成熟與否在葉綠素含量上差異之特性。Horti Hotel (klimaatel，圖 131)概念上係一可完全控制所有環境參數的植物生長箱，其可遠端存取並整合監測微氣候與植物活力的感測器，據 Grow Technology 公司所言已有廠商下單將於明年 Horti Fair 展出此系統。

<p>圖 121 Grow Watch 的外觀(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 122 植物生長監測儀(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<div data-bbox="325 353 641 770" data-label="Image"> </div> <p>圖 123 Mr. Anton Blaakmeer 解說 Grow Watch 關鍵觀念</p>	<p>圖 124 電子傳遞率與光之間的關係(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 125 電子傳遞率與二氧化碳吸收之線性模式(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 126 二氧化碳吸收和光的一般關係(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 127 植物一天的光合效率與 PAR 光成長的情形(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 128 PAR 光吸收的分配(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 129 光不能轉換為成長的案例(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<p>圖 130 種子成熟度分析儀(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>
<p>圖 131 Horti Hotel(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)</p>	<div data-bbox="823 1532 1385 1951" data-label="Image"> </div> <p>圖 132 Piet Vijverberg 之迎賓大門</p>

參訪蔬菜與花卉之溫室生產

(一) Kwekerij Piet Vijverberg (Farm Peter Vijverberg) (圖 132)

該農場已有數十年歷史，目前由第四代在經營，佔地 7.5 公頃，主要生產蝴蝶蘭 (Phalaenopsis)、龍血樹 (Dracaena) 和紅蟬花 (Dipladenia) 等 3 項農產品。該公司非常自豪地強調，藉由不斷地創新與先進的栽培技術，並選擇高品質作物進行繁殖生產，而成就了他們的品質，那就是 5 星級品質。

其生產溫室採用荷蘭最為普及之山型屋頂(圖 133)，而最令人耳目一新的是溫室上方架設 2 台洗屋頂機(圖 134)，使用滾筒毛刷作業；側邊則是大型雨水儲存桶，水質檢驗、處理符合所需後，供應生產管理應用。溫室內具有寬敞的通道，四輪式堆高、搬運機械皆能通行無礙；其次是每間溫室區皆由類似鐵捲門一般的捲簾加以區隔，捲收速率快、密閉性良好。其中蝴蝶蘭換盆作業，係由人工搭配輸送帶將蘭苗投入底端具類似無線射頻系統 (RFID) 電子標籤 (Tag) 之透明塑膠盆內，再由自動化裝置(圖 135)自動進行供盆、提盆作業，以增加一只「高套盆」，同時於輸送過程中將每盆植株導入影像處理系統(圖 136)，以建立其尺寸規格、花苞數等資料，並記錄於電子標籤內，管理者可隨時掌握每株蘭苗 (花) 之生育狀況，做為入出貨供需的參考。該系統每 0.5 秒可處理 1 株作物，其輸送帶、影像處理、盤床及空中輸送等全套系統約需 300 萬歐元，相當於新台幣 1 億 2,000 萬元，且該農場現有 2 套系統在運作，顯見自動化作業成本相當高；但或許因其自許具 5 星級品質，所以根本無需擔心回收問題而大膽投資。另蝴蝶蘭出貨包裝採用上、下雙層輸送與多條生產線(圖 137)並行，可增加空間利用率，更加速作業效能；但也搭配運用許多人力，進行機械不易進行的工作，諸如插支撐鐵絲、掛標籤與重複檢驗等。

龍血樹盆栽生產作業係藉由自動上盆機(圖 138)將整疊塑膠盆單一化進

盆、裝填介質、刷平與打洞後，靠人工將一截植株莖部插入盆中，再由機械將其壓緊，以及採用滾刷、吹氣等方式清理介質，當 1 排達到 14 盆之後，即由擺動式叉爪將其送至寬行輸送帶上，俟其累積達 14 排時，再以輪式搬運堆高機(圖 139)移到栽培區。該栽培區逕設置於地面上，採淹灌方式(圖 140)管理，並有埋在水泥地板下之加熱管(圖 141)可進行加熱，初期須使用被覆膜覆蓋保溫與催芽，並利用各類型簡易式機具輔助登高、懸空移動工作。而噴霧作業採用于母車原理(圖 142 與圖 143)，子車是 1 組共用式懸吊噴桿，母車則藉由寬敞通道之便，以手推輪式機械將噴桿移至其他溫室進行管理工作。該作動方法近似日本某廠牌之噴霧系統，只是日製母車是採用軌道車型式；亦與台中區農業改良場研發之換棟型懸吊桿式自動噴霧系統有著異曲同工之妙。

紅蟬花盆栽依賴人工間拔、修剪徒長枝或過長花梗，並使用上盆機進行介質裝填、打洞(圖 144)與人工投花苗工作，再由空中輸送機置於植床上；至於其他機械化或自動化項目與龍血樹雷同。另每盆花皆貼有二維條碼標籤(圖 145)，應是貨主要求且供給賣場銷售時掃描計價之用。



圖 133 山型尖頂溫室與雨水儲存桶



圖 134 令人耳目一新的溫室洗屋頂機



圖 135 蝴蝶蘭自動高套盆與輸送作業



圖 136 蝴蝶蘭影像處理與檢測紀錄作業



圖 137 蝴蝶蘭雙層、多線作業流程



圖 138 龍血樹以介質上盆機輔助作業



圖 139 龍血樹以堆高機運送至栽培區



圖 140 淹灌栽培區地面



圖 141 埋在水泥板下之加熱管路

圖 142 噴霧作業子母車(母車)(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 143 噴霧作業子母車(子車)



圖 144 紅蟬花以介質上盆機輔助作業



圖 145 紅蟬花盆栽貼有二維條碼標籤



圖 146 地軌式搬運車滿載番茄情形

(二) Gebroeders Duijvestijn 公司

Gebroeders Duijvestijn 公司係一家園藝生產公司，專司高品質番茄的種植、分級和（預）包裝，其玻璃溫室面積有 13.5 公頃，自動化作業程度相

當地高。該公司由四兄弟共同領導，其中Ted Duijvestijn負責人事和組織；Peter主導產品銷售；Ronald負責溫室相關業務；Remco則處理分級和包裝工作。

參觀這家公司最主要的項目是番茄分級與選別自動化作業，但其仍然需要搭配一部分人力進行挑選與搬運工作。當滿載番茄的電動搬運車(圖 146)，從溫室栽培區循著地軌回到分級選別作業區之後，會自動排隊等待(圖 147)，再一輛接著一輛進入卸料位置，控制系統自動將其提高，並將貨斗側邊以前低、後高方式傾斜，使車上的番茄滑落到輸送帶上，若卸料不盡完全，則由人工以類似掃帚之長柄工具將其撥下，而後搬運車復歸降下，繼續依循軌道移動到等候區待命進行之後的動作；另一輛搬運車再重複進行同樣的所有動作。

落到輸送帶上的番茄，先以毛刷輕微撥動，將堆疊的番茄分開為單一層，亦具掃除灰塵的潛在功能；其後以機械進行首次的選別，將級外品但尚有其他用途者篩出，再由人工將過生、太熟等不具商品價值者剔除(圖 148)，直接併同其他過程中產生之果蒂、雜物等，以輸送帶送至廢棄桶承載(圖 149)。而後以影像處理、顏色光電選別等方式，分成數條作業線快速分級與選別(圖 150)，終了則由人工或電動堆高機具輔助搬運，並依據客戶需求而以單位重量散裝、數粒一盒等不同包裝方式處理(圖 151)，進而送入冷藏或配送出場。其中若有客戶要求番茄須去除蒂頭，那麼就會在輸送處理的過程中，將該批果品導入去蒂機械 1~2 次，並以滾刷原理剔除蒂頭，其刷除率幾乎是 100%。

參訪當中，頗有加工處理一切「以客為尊」的感想，但必須其機械或自動化設備可以達到為前提，且具有不錯的利潤為誘因。另這樣的生產作業規模，在台灣應該只有幾家較大型的加工番茄廠才可能具備；而一般鮮食番茄場之分級包裝，則尚待具有更大的市場需求時，方適合投資與應用

o



圖 147 番茄搬運車排隊與卸料情形



圖 148 人工挑選過生或太熟的果實



圖 149 級外堪用與廢棄者分置不同承
桶



圖 150 遠眺整體番茄分級選別作業系
統



圖 151 依客戶需求而篩選裝箱之果品



圖 152 Tomato World

(三) Tomato World

11月11日上午前往位於 Honselersdijk 的 Tomato World(圖 152)參觀，首先在 Tomato World 資訊教育中心由導覽人員簡介中心概況及參訪相關注意事項，並觀看 Tomato World 簡報影片，之後於番茄品種展示區(圖 153)參觀該資訊教育中心，以實物、模型及海報方式展示密閉型溫室番茄栽培管理系統，包括番茄品種(圖 154)、運用大黃蜂授粉(圖 155)及天然氣發電機組(co-generator)等，並以荷蘭 CO₂ 供給網路圖表(圖 156)說明 Westland 區域 CO₂ 供需情形。最後參觀番茄栽培溫室(圖 157)，該溫室為密閉型溫室，使用懸吊式岩棉介質袋栽培番茄(圖 158)，介質袋離地約 50~70 公分，提供舒適的作業環境。設施番茄栽培期約 10 個月，栽培適期為每年 2 至 11 月，配合病害防治與環境控制系統管理，使 Tomato World 栽培示範溫室內之番茄植株均在最佳的狀態下生長，每平方公尺產量約為 40~70 公斤。

Tomato World 位於荷蘭 Westland 溫室專業區中心，包含 1,500 m² 之栽培溫室及 500 m² 之資訊教育中心，荷蘭番茄栽培期約 10 個月，因此在超市至少有 8 個月能買到新鮮的番茄，在 Tomato World 有超過 50 種以上的番茄品種，每個品種均有其獨特的外型、風味及質地，訪客可親身體驗及品嚐高達 50 多種的各式各樣不同品種的番茄，同時 Tomato World 也是研究成果展示窗口，世界各地的人們對番茄口味的要求不一，孕育了番茄品種的多樣化，因此生產者需設法瞭解市場需求以確保能供應消費者真正想要的產品，往往消費導向調查在生產面扮演了極重要的角色。

荷蘭溫室發展著重環境親善，加上溫室栽培者希望保有競爭力，因此自 1990 年代開始經濟規模生產便成為溫室發展趨勢，在 1980 年時荷蘭約有 15,700 溫室栽培業者，但在 2007 年已減少至 7,800 個。隨著業者數量減少，單一業者栽培面積變大，並朝多樣化規模發展，提升了產業競爭力。在 1990 年代初期，荷蘭番茄業者已朝專業化發展，並開始引進新的技術及

生產方法，其中最重要的是開始使用介質耕代替傳統土耕方式，諸如椰纖、岩棉及礦物棉等，其中岩棉(圖 159)在荷蘭被廣為利用。使用介質耕栽培最大的好處是易於控制栽培條件，同時介質經適當處理後可再利用(圖 160)。在授粉方面，發展大黃蜂授粉技術，著眼於大黃蜂可單獨作業且光線愈好工作愈認真的習性，而取代了傳統以蜜蜂授粉的作業方式，通常新購每盒約有 60 隻大黃蜂，2 週後可繁衍至 100~120 隻，據指出每盒可作業面積高達 1 公頃，大黃蜂巢盒以光感測器控制啟閉，夜間補光燈打開時關閉，白天補光燈關閉時打開。最近幾年發展的人工光源、節能網設置及懸吊式栽培排水系統，亦有效提升了番茄栽培的競爭力並降低了生產成本，尤其藉懸吊式栽培排水系統的發展，可監測植株重量、滴灌排水量及計算介質水份飽合點，精準控制灌溉水量，達到節水灌溉的目的，目前設定灌水量為 6 L/day/plant，約有 30%水量排出回收。另外使用天然氣發電設備(co-generator)發電(圖 161)，其所產生的熱可用於溫室加溫，CO₂ 可適當處理後直接用於提高植株光合作用產率，同時降低排碳量，所產生的發電量則可售給發電廠供一般居民用戶使用，亦有部份業者將所發的電力用於冬季補光系統。



圖 153 番茄品種展示區



圖 154 番茄品種特性



圖 155 大黃蜂巢盒



圖 156 CO₂ 供給網路圖



圖 157 栽培示範溫室



圖 158 懸吊式栽培排水系統



圖 159 岩棉介質袋

圖 160 岩棉使用與回收再利用的情形(尊重智慧財產，未獲授權不顯示圖片)



圖 161 天然氣發電示意圖



圖 162 新品種展示室

(四) Van der Hoorn Orchids

11 月 11 日下午前往位於 Ter Aar 的 Mourice Van der Hoorn Orchids 參訪，在簡短相互介紹後隨即參觀蝴蝶蘭新品種展示室，除解說展示室各蝴蝶蘭品種特性及簡介 Mourice Van der Hoorn Orchids 營運概況，並參觀其蝴蝶蘭溫室，該溫室為半密閉型(Semi-closed greenhouse)建於 2006 年，佔地約 1.5 公頃，每平方公尺造價約 400 至 500 歐元。溫室區除機房及管理室外，大致分為分級(圖 163)、育苗、催梗及包裝等區，各作業區種苗以盤床系統移動搬運，育苗及催梗區並設置可換棟式灌溉系統(圖 164)。由於育苗溫度需控制在 28°C，因此育苗區單獨隔間，使用熱泵系統加溫(圖 165 與圖 166)，育苗期約 20~30 週；分級區使用自動搬運系統配合影像分級機進行分級作業；分級後將待催花梗之大苗送至催梗區(圖 167)，催梗區溫度控制在 20°C、相對濕度控制在 75~80%，CO₂ 經由盤床下方之塑膠布管路施用，白天時濃度控制在 450~600 ppm、夜間濃度約 1000~1100 ppm，濃度視溫度而定，溫度低時施放濃度相對較高，花苗在本區約停留 22 週，之後送入包裝區(圖 168)包裝售出，整體栽培期約 52 週，產能約 17,000 plants/week。該溫室遮陰網置於屋頂下方且與屋頂平行(圖 169)，屋頂材質可散射陽光，於遮陰網馬達上方建材均使用防火材質，為其溫室安全設計之特點。

Mourice Van der Hoorn Orchids 之溫控系統以節能減碳為設計目標，係

荷蘭第一家不使用天然氣的溫室(the very first Gas-Free Greenhouse)，除不使用石化燃料外，並以“綠”能為熱泵系統能源主要供給來源，其溫控系統運用深達 80 至 100 公尺之地下儲水層水源進行熱交換。在夏季時，使用地下水進行溫室降溫，抽取出之地下水溫度約為 11°C，經熱交換加熱至 20°C 再送回地下；在冬季時則使用其熱源來對溫室加溫。使用電熱泵於夜間非用電尖峰時對地下水加溫，加熱溫度可達 50°C，熱水則儲存在 400 m³ 之暫存水槽內，利用此溫控系統據估計可節省 40% 之能源，有效達到節能減碳之目標。圖 170 顯示置於植床下之熱交換機組及盤床輸送系統，其係配合置於植床間空氣處理單元的空氣入口(圖 171)而作業。Mourice Van der Hoorn Orchids 共設計 3 組地下水體，每組均分為有冷源及熱源，每組每小時可抽取 60 m³ 之水源，3 組共 180 m³，在夏季時直接冷熱交換，冬季時則使用 1,500 KW 之熱泵對 20°C 之地下水加熱，加熱溫度可達 50°C，以用於育苗區加溫至 28°C。熱泵系統熱源將地下水加熱至 50°C 儲存於暫存水槽以用於溫室加溫；冷源則將地下水降溫至最低 6°C 後送入地下水體儲存，用於提高熱泵能源使用效率，有效達到節能目的。



圖 163 分級區自動化設備



圖 164 育苗區及換棟型噴灌系統



圖 165 熱泵機組



圖 166 備用電熱鍋爐與發電機



圖 167 催花梗區



圖 168 包裝區作業情形



圖 169 與屋頂平行的內遮陰



圖 170 熱交換機組及盤床輸送系統



圖 171 空氣處理單元的空氣入口

四、研習心得：

- (一) 為了參觀每年一度展期 4 天（11 月 1 至 4 日）的 Horti Fair，此次研習選擇 10 月底至 11 月中旬辦理，原本對於天候適應與年終計畫與業務順利推動多所顧慮，也是一大考驗；結果在參與人員事前用心規劃與安排下一切順利，並圓滿達成任務，可說是盡如人意。
- (二) 荷蘭溫室生產朝向大面積發展，所參訪番茄、蝴蝶蘭等蔬花溫室生產，不僅栽培面積數以公頃計，且幾乎完全環境監測與控制，其中感測器廣泛應用、儘量接近作物量測及對於 CO₂ 的重視程度，值得研究人員深入了解；再加上各類盆栽介質裝填、陸空運輸，乃至於分級、選別與包裝等機械化及自動化輔助作業，也值得學習與仿效。尤其影像識別系統為台灣尚未廣泛應用的部分；在 Horti Fair 展出的相關的設備不僅利用在盆花的分級、選別上；菊花的插穗也可透過影像識別系統來輔助進行自動扦插；在 ZDL 也利用影像識別在長壽花的分級包裝上，將不同花色、株高的盆花進行分類，以方便出貨時進行包裝；在 Mourice Van der Hoorn Orchids 蘭花業者則是利用在植株不同花苞數的分級，除了方便栽培管理外，也能依據顧客的需求進行出貨；在 Greenpack 則利用在番茄分級，依據果實色澤不同

，區分不同成熟度的果實，成熟度不足加以淘汰。影像識別在荷蘭已經廣泛的運用在園藝作物的生產及管理上，且有效的節省人力成本同時達到提高品質的目標；台灣的農業生產面積較小且不集中，如果個別農民引入，恐怕成本過高，但若是以農會或規模較大的集貨社場加以利用，應能達到事半功倍的效果。

- (三) 荷蘭溫室栽培作物以番茄為最大宗，參訪的期間拜訪了番茄栽培業者及研究示範中心；由於氣候型態不同，荷蘭溫室番茄栽培體系與台灣有很大差異，荷蘭以養液介質耕為主，使用的介質為岩棉，溫室內普遍使用人工光源、二氧化碳肥化、熱水管加熱及大黃蜂授粉等來增加產量與提升品質；而台灣地區番茄設施栽培，大部份的農民仍維持簡易溫室及土耕栽培；目前設施番茄最大瓶頸為高溫蓄熱無法解決，因此在高溫期無法生產。台灣與荷蘭所面臨的生產瓶頸不同，因此荷蘭溫室生產體系不見得適合台灣，但他們在介質、養液、環控設備及設施推廣的經驗仍值得我們借鏡。
- (四) 在參觀 Duijvestijn 及 Greenpack 進行番茄分級選別及包裝時，除了規模及自動化設備是台灣無法達到外，其對食用安全的要求更值得我們效法；除了員工服裝及動線的規劃與要求，業者本身並具有多張與食品安全及環境友善的認證（如：HACCP 及 MPS）。而台灣目前番茄業者僅針對大果番茄以人工進行分級為 A、B 兩級，但對於包裝並未重視；其他的蔬果類亦是相同情形，特別是集貨包裝的衛生條件通常不符合國際標準，以目前積極拓展蔬果外銷，且部分品項已有不錯的外銷實績，我們更應以國際上相關食品安全認證的管控流程為標準，並輔導取得相關國際認證，以爭取更多外銷訂單。荷蘭在認證的取得及相關經驗，都是值得我們仿效。
- (五) 在溫室栽培管理過程中，尚有部分作業項使用簡易機具輔助，甚至

人工處理，顯見再精良成熟的機器人，仍不及人工的彈性與巧思。但究竟該採人為或機械作業，在規劃評估之初，應精算使用成本與經濟效益。

- (六) 此次參訪發現像 Hoogendoorn 之環境監測或作物生理感測系統，相關資料所有權歸農民，資料分享須經當事人同意，而業者僅提供作業平台，並不作後續資料判讀與生產建議，倘有需求也只做專家之仲介推薦，因此，國內對此類系統之研發與應用仍需加緊腳步自力研發才能有真正適合我們使用需求的系統。
- (七) 此番參訪荷蘭溫室時發現進入溫室前，普遍的防護措施相較於台灣嚴格許多，不管是農業研究機構或是作物生產者，如 Wageningen UR Greenhouse Horticulture、GreenQ 與 Tomato World 等，每次進入溫室前都必須穿著防護衣、戴手套、帽子或鞋套，雖然過程較為繁瑣而較浪費資源，但由此可發現荷蘭對田間衛生程度及標準流程執行極為重視。
- (八) 目前歐盟國家制訂的農藥管理相關法規將使未來農藥使用更趨嚴格，最早是 1993 年生效的 Pesticide Authorisation Directive (PAD) 91/414/EEC，至 Water Framework Directive (WFD) 2000/60/EC 及其他相關可持續規範，可見歐盟國家將投入研發其他非化學農藥之病蟲害管理技術。我們參觀 Horti Fair 國際園藝博覽會時也可看出產業界的狀況，現場幾乎沒有傳統農藥公司出現，而都是一些國際上標榜非化學的植物保護公司參展，例如 Koppert Biological System (荷蘭)、Odus Corporation (韓國) 與 Arvensis (西班牙) 等。
- (九) 荷蘭當地的超級市場內所販售的新鮮切花，價格並不昂貴，顯示在超市內這些花卉有其市場，並使在任何地方都能以合理的價格買到新鮮的花卉。一般民眾將花卉融入生活、融入文化，可能這也是荷

蘭花卉蓬勃發展的原因之一。

(十) 荷蘭的溫室研究走在世界的前端，我們體會到當地研究人員瞭解目前全球知識與技術的侷限，嘗試突破目前技術的瓶頸。他們不在意這些新的嘗試是否成本過高，而且在根據前人的基礎上，對假設的預期結果不設限，相較於台灣來說他們較不畏懼失敗，因此才能夠有嶄新的突破，持續在知識與技術上領先世界。就如至 2020 年荷蘭設施生產使用永續能源應達 20%，但在 2009 年永續能源使用率只由 2000 年的 0.1% 增加至 1.3%，在未來不到十年內要提升至目標值顯然很難，於訪問簡報後提出此問，Dr. Hemming 卻很樂觀地說他們會想盡辦法達成目標，並說荷蘭政府未來會採取適當的作為(例如大量使用太陽光電)，讓人不由得敬佩其自信與恢弘氣度，或許這也是國內研究人員「有為者，亦若是」的學習榜樣。

(十一) 由“荷蘭溫室園藝的進化(Buurma, 2001)”得知：

1. 園藝產品市場從供應導向改變成需求導向：園藝部門建立一研究協調局以轉譯種植者問題成研究問題，並且與研究站及研究所協商特定合約。
2. 為加速傳統園藝的發展，研究與推廣必須專注於與種植者密切合作的問題解決與疑難排解。研究、推廣與種植者間的資訊管道必須儘可能暢通。
3. 為加速企業園藝的發展，研究與推廣必須努力結合產業與政府的興趣。在此情況研究必須聚焦在投入產業(例如植物種苗業者、栽培介質的生產者、溫室建造者與機械化公司)的知識發展。
4. 輸出至其他國家意味著必須遵守國際標準，這也表示必須引進認證體制與第三方檢查，此即在目的國轉譯消費者偏好至產品品質與生產系統，這將需要許多商業資訊與管理鏈。

(十二) 由“荷蘭溫室園藝部門之價格(Bunte, 2009)”得知：

- 1.在過去二十年，蔬菜與水果的分配在零售鏈逐漸集中的背景下已發生革命-蔬菜水果商(greengrocers)消失及批發與園藝部門的聯合統一。在DCs超市已集中食品的購買，有效合理化其供應鏈。需求已成為整體供應鏈的關鍵，而且這伴隨著在新鮮蔬果分配方面革命性的體制改變。
- 2.從前的拍賣合作機構(auction cooperatives)已把他們自己轉變成合作批發商，而如此做已減少他們與商業批發商的區別。這造成合作批發商在市場佔有上50%的損失。另外，許多新生產者協會已經形成。在過去，拍賣鐘象徵蔬果銷售過程中的完美競爭，然而，拍賣鐘現在則被用以販售最多5%的新鮮蔬菜供應。透明度與固定銷售規則的消失已導致在初級蔬菜銷售的雜音。除了價格之外，進一步系列的合約狀況對收入的發展與分配是重要的。

(十三) 荷蘭園藝作物未來的發展趨勢：

- 1.生產者數量逐漸減少，例如1公頃以上溫室之生產者佔其總生產比率之62%，可逐漸降低設施成本並提升使用效率。
- 2.公司的經營規模增加。
- 3.加強技術創新與能源使用節省，尤其是新溫室不再使用石化能源，並強化節省能源之技術與設備之開發。
- 4.以生物防治方法減少化學製品使用量
- 5.取代多層次轉銷，大型批發商的角色更為重要。
- 6.生產地區集中化，降低運輸及集貨成本。
- 7.相較花卉對於外觀型態欣賞之重視，消費者愈來愈關心食品安全，尤其是生鮮蔬果的安全性與人類的健康，對於溫室蔬果之安全生產系統更加關注。因此有效率且安全保證之管理制度為取得消費者信賴的基

本條件，也是蔬果生產者甚至於物流包裝過程均需自我要求之品質規格（例如 Greenpack 公司的食品安全、包裝場及包裝資材之安全驗證及通過食品 MPS 環保品質認證管理等）。

（十四）善用農民組織：

1. 荷蘭農民合作組織以規模經濟降低營運成本為其共同特點；對內由農民自主加入，對外則以公司企業的方式投入市場競爭，農業經營以農民合作組織不斷的合併、擴大，並朝更規模化、更專業化的方向發展。農民可依自家農場特定的需求參與相關的合作組織，獲取市場資訊、產銷技術諮詢與金融貸款支持，有效建構完整的產業供應鏈。
2. 農民合作組織在市場競爭追求利潤，與農民的利益具有一致性，而且採行專業化的經營管理，以企業體制由專業經理人依循市場法則運作，既能為個別家庭農場保有獨立經營的功能與特色，也能為個別農民在市場競爭中獲取最大的收益。
3. 透過合作方式提升農業競爭力，尤其農民合作組織專業化、規模化及企業化的經營模式，提高其市場的佔有率，保障社員在市場的獲利，農民組織依照市場經濟的法則操作及開拓業務，以有效率的經營管理實現最大的經濟利益，既不仰賴政府的任何補助，政府也不做任何的干預，令人印象深刻。

（十五）供應鏈垂直整合減少轉銷層次，創造農民收益：

1. 依市場及消費者需求之方式歸納趨向減少轉銷層次，以創造消費者與生產者之互蒙利益，因此拍賣市場已不是唯一的供應者與銷售方式，超級市場及連鎖超市的銷售量愈來愈大，直銷供應之佔有率日益增加，且向上延伸至生產者之整合與規模擴大，不僅如此，現有的拍賣市場也開始合併與擴充，其影響面不限於在荷蘭本土，已漸形成趨勢。
2. 藉由小農與大型農業公司之合作，例如 Flora Holland 及 The Greenery

等公司，以銷售市場導向之農產品規劃生產品項與目標，減少轉銷層次避免中間利潤損失，有利農民，農民也能依據公司組織之專業規劃藉以擬定生產計畫與投資決策，雙方互利共生。

(十六) 值得學習的荷蘭人理念：

1. 合作：

In a country where land had to be claimed and reclaimed from the sea, there is no time for conflicts; our goals can only be achieved by collaboration. (From Ad van Gaalen, Editor-in-chief of Holland Horticulture Technology Review 2011)

2. 政府態度(Attitude of the government)：

園藝產業國際競爭的根基主要在知識(Knowledge)、創新(Innovation)、合作心理(Cooperative mentality)與政府態度(Attitude of the government)。其中政府態度最是關鍵，下述之理念尤其值得施政者參考：

Government support generally focuses on moving forward, rather than helping out in crisis situations. Entrepreneurs who are willing to move forward receive encouragement, however the ones lagging behind either have to catch up or quit due to 'soft' elimination of old-fashioned farms.

(十七) 荷蘭 Greenport Holland International (GHI) 正開啟新型態的在地生產 (Local for Local)：

1. 為降低農產品運輸的成本與達成農業生產的永續性，除了永恆栽培(Permaculture)的在地生產外，荷蘭園藝部門正國際化投資以加強其本身的國際定位。作為中心接觸點的 Greenport Holland International (GHI) 正設定迅速進入國外合作以持續輸出其知識，其所提供的工具包括栽培知識、新植物選擇、建立完全的物流中心或國際綠埠

(greenports)。

2. 雙贏策略(Win-win)：外國合作請求者利用荷蘭的知識，而荷蘭園藝能更進一步出售其技術與產品。

3. GHI 將園藝企業(產)、政府(官)與知識機構(學研)緊緊凝聚在一起。

(十八) 荷蘭瓦赫寧根大學研究中心 Henten 等人於 2006 年提出“The Adaptive Greenhouse – an Integrated Systems Approach to Developing Protected Cultivation Systems”，以多因子類別設計與最佳化(multifactorial generic design and optimization)工具，使用現時可得知識以涵括探索與數學模式的軟體工具，處理如何設計溫室栽培系統，並強調最能滿足所關注地區的區域狀況。至 2011 年更由博士生 Vanthoor 氏綜整提出“A model-based greenhouse design method”的論文，揭示基於模式的溫室設計方法，並由 4 個關鍵組件組成，即溫室氣候模式、番茄產量模式、經濟模式與設計最佳化演算法，而所應用的性能量測是每年的淨收益。亦即選擇替代者組合以完成所選擇設計元素需求，並產生最大的每年淨收益。同時也與印尼合作以類似技術由博士生 Impron 氏於 2011 年完成“A Greenhouse Crop Production System for Tropical Lowland Conditions”的論文，顯然其以所發展模式化整合再設計達成“適應性溫室(adaptive greenhouse)”的技術已蔚然成形，而此種系統性設計、評估與建造溫室的技術正是國內最為欠缺的技術缺口，值得借鏡與學習。

(十九) 本次赴荷蘭參訪研習，其農業部門 (Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation) 資深顧問 Mr. R. A. Stunt 等人協助行程安排、Wageningen UR Greenhouse Horticulture 之 Dr. Silke Hemming 及其研究團隊的提供新知介紹與研發成果分享，並引導陪同諸多參訪活動，謹藉此致上最高的感激與謝忱！

五、建議事項：

- (一) 本次赴荷蘭參訪研習係整合農委會下農試所、農糧署、台中場及台南場等不同出國計畫而併同前往，此整合跨機關、跨領域而併同出國研習的模式，返國後頗為計畫期末審查委員所認同並肯定，認為此種方式可與個人單點實驗室研習特定技術雙軌並行，才能貼切顯現出國研習交流的目的與結果，建議此種模式可以為後續出國研習者參考採行。
- (二) 2011 年園藝博覽會亦召開國際園藝會議，並針對「水」等全球議題的解決方法進行專題演講與討論；另參訪蔬菜、花卉溫室生產時，發現幾乎每家都有雨水收集槽，顯見荷蘭栽培者對於節省水資源與未雨綢繆的觀念極為落實。而台灣農業用水佔全國總用水量的 71%，年降雨量雖有約 2,500 毫米，近年來因氣候變遷等影響，對於農業生產應用仍有「不患寡而患不均」之窘境，遇強風暴雨雖可採設施溫網室栽培因應，但枯水期就須事先貯備應對，否則民生用水缺乏時，其他需求都將成為次要，並遭限縮。所以，建議農業主管機關應加強省水、儲水的宣傳與輔導，研究單位也應多朝耐旱抗逆境育種、省水灌溉管理及水資源運用等方面進行試驗開發，以期建立各種作物最適栽培模式，進而降低農業總用水量的需求與比例。
- (三) 歐盟國家制訂的農藥管理法規漸趨嚴格，也投入研發非化學農藥之病蟲害管理技術，此次 Horti Fair 會場幾乎沒有傳統農藥公司出現，卻是世界各國標榜非化學植物保護的公司參展。未來無法單靠化學農藥防治病蟲害與討論植物健康問題應可預期，因此，政府及產業界應當及早因應，建議針對民眾的需求、科學的證據及國際趨勢等，分階段訂定非化學農藥使用情境下農業操作技術開發及環境管理法規。

- (四) 此次參訪中，發現荷蘭的花卉生產業者間，雖然競爭得很厲害，但是在栽培技術的研究與突破方面卻是相互合作。這點與台灣業者間的各具「撇步(關鍵技術)」，誰也不願將其所謂的關鍵技術告知其他業者，大異其趣。我們看到他們利用 Grow Technology 的植物生理監測系統來「分享」並互相研究堇花蘭的開花技術問題，各家公司都裝置有 Grow Watch 植物生理監測系統，然後大家互相分享栽培環境資料，共同找出最佳的生長環境，創造最大的收益。此種現象頗值得國內業者借鏡，別人能，我們要如何才會能？值得大家深思。
- (五) 永續節能溫室生產技術與應用係一整合性的議題和方向，並符合我國農業施政方針--推動「健康、效率、永續經營」的全民農業，所以愈來愈多試驗研究工作必須採行跨領域、跨機關，甚至跨國界合作、交流與截長補短，方能快速達成預定目標。而農業生產也應加強機械化、自動化作業，勵行發展節能及低碳排的經營模式，並強化農業減廢、資源利用的觀念，以確保台灣農業的永續發展。
- (六) 在永續溫室操作上我們有很大的改進空間，我們需要的不是完全的高科技移植，而是可在台灣落地生根成長的關鍵技術整合。此次荷方展現積極的合作意願，實是其佈局全球輸出技術與產業商品必然手段的第一步，我們應趁勢掌握機會，與其合作開拓我們在亞熱帶與熱帶有利之機會，站在巨人的肩膀上往上發展，否則等其掌握全局後未必再有機會。
- (七) 科技研發不能太過急功好利，應慎選目標、丈量研究縱深、分段切割並逐段達成階段任務，否則一味講求一步到位、思慮周全，反而永遠躊躇不前一事無成。建議針對溫室園藝研發建立研究協調單位與機制以集中人員物力轉譯種植者問題成研究問題，並且與研究單位及人員協商研發定位與資源分配。

- (八) 荷蘭所發展模式化整合再設計達成“適應性溫室(adaptive greenhouse)”的技術已蔚然成形，而此種系統性設計、評估與建造溫室的技術正是國內產業最為欠缺的技術缺口，建議派遣年輕具潛力之研究人員或鼓勵有意願廠商前往學習，以蓄積未來國內溫室園藝永續發展與自主研發的能量。
- (九) 荷蘭溫室園藝的研究與發展，甚至國際合作都非常講究「園藝企業(產)、政府(官)與知識機構(學研)」的黃金三角合作，反觀國內則因諸多因素欠缺此種「休戚與共」的關係與運用，倘若溫室園藝是我們未來發展的重點，未來形塑有利「園藝企業(產)、政府(官)與知識機構(學研)」合作的環境與機制，應是不可忽視的重要工作。