

出國報告（出國類別：研習）

臺荷合作-導入節能溫室於
設施果菜周年生產之應用

服務機關：行政院農業委員會臺南區農業改良場
姓名職稱：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：103年1月2日至2月16日

目 錄

一、摘要.....	3
二、研習目的.....	4
三、行程與研習內容.....	5
(一)研習人員.....	5
(二)研習行程.....	5
(三)研習內容.....	7
(四)荷蘭設施生產概況.....	10
四、研習心得與建議.....	22
五、附錄.....	26

103 年『臺荷合作-導入節能溫室於設施果菜周年生產之應用』計畫 荷蘭研習報告

一、摘要

本次赴荷蘭研習共計 45 天，除了本場兩位研究之外，同行的尚有嘉義地區兩位青年農民。內容包括本場兩位研究人員至 Wageningen 大學參加為期一個月的碩士班課程「Greenhouse Technology」；一行四人參訪溫室番茄及甜椒栽培業者、檢驗公司、溫室規劃公司、環控設備及外銷公司，充分了解荷蘭在溫室生產產業概況；最後於 Green Q 培訓中心研習設施番茄栽培管理，內容包括植物生理、溫室氣候、栽培體系、相關感測器及員工管理。

藉由本次研習，充分了解荷蘭如何在其氣候條件下達到高效、永續和節能生產的目標。雖然臺灣與荷蘭所面臨的生產瓶頸不同，荷蘭溫室生產體系不見得適合臺灣，但荷蘭設施栽培中在介質、養液、環控設備及設施推廣的經驗仍值得我們借鏡。藉由此次研習擴展國內青年農民視野，實際應用新知於溫室生產；啟發研究人員的國際觀與開創性，並且引進新知、技術及建立人脈；進而推廣新觀念、試驗研究工作上。

二、目的

根據最近一次農林漁牧普查資料，臺灣地區設施約有 33,900 公頃，其中包括隧道棚、水平棚架、網室、溫室及菇舍等。而設施果菜生產以番茄最具有代表性；而小果番茄具有皮薄、糖度高、口感及風味均佳等特性，廣受消費者喜愛。臺灣設施番茄以網室及簡易設施為多數，面對氣候變遷及颱風豪雨，常對農民收益造成嚴重影響；而夏季高溫為設施栽培主要限制因素，高溫障礙往往造成植株生育不良、開花結果率低、品質不佳等問題，小果番茄在夏季生產的果實糖度低且皮厚；近年來消費市場通路變革，高品質且能全年穩定供貨已成為農產品品牌化的要件。而隨著近年市場行情增加，投入設施栽培小果番茄農民也漸增，除了面積快速增加，可能造成量多價跌的情形之外，如何生產穩定且高品質的小果番茄為目前急需克服的目標。

荷蘭溫室發展著重環境親善，加上希望保有競爭力，因此自1990年代開始具經濟規模溫室生產便成為主要發展趨勢，並朝多樣化規模發展，以提升產業競爭力。荷蘭為了達到永續節能的生產目標，產官學界均投入大量的資金與研究，同時設計出七項栽培管理策略以達到節能暨高產的溫室生產目標。有鑑於荷蘭在設施番茄栽培及溫室管理的經驗，本場於101年起與荷蘭Wageningen大學Silke Hemming博士共同合作，規劃適合臺灣地區小果番茄栽培的設施。為提高研究能量與加速研究進展，由Silke Hemming博士建議赴荷蘭Wageningen大學及Green Q研習設施栽培技術，同時安排參訪溫室生產相關業者。

為了讓設施栽培新概念能快速推廣至農民生產溫室中，嘉義地區兩位小果番茄栽培農民自費參加本次參訪行程及Green Q課程。期望能將栽培管理技術與高效、節能環控策略整合運用，降低農作物生產成本，達到以提升台灣設施果菜類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。

三、行程與研習內容

(一)研習人員

團員名單及服務單位一覽表

	姓名	職稱	服務單位
1	許涵鈞	助理研究員	臺南區農業改良場 作物改良課
2	鍾瑞永	副研究員	臺南區農業改良場 作物環境課
3	楊景翔	農民(自費參加2月1日至14日行程)	嘉義縣
4	龔一鳴	農民(自費參加2月1日至14日行程)	嘉義縣

(二)研習過程

1/02 (星期四)

鍾瑞永與許涵鈞搭乘早上 8:25 長榮航空 BR75 班機經曼谷轉機前往荷蘭 Schiphol 機場。

1/03 (星期五)

搭乘火車前往 Wageningen 大學辦理報到等相關事宜。

1/04-05 (星期六、日)

資料彙整與聯繫；移動至 Ede。

1/06-31 (四週)

於 Wageningen 大學研習 Greenhouse Technology(溫室技術)課程，內容包括 Physical Principles of Protected Cultivation(設施栽培管理), Crop Growth and Development(作物生長與發育), Managing the Aerial Environment(設施微氣候管理), Energy Engineering(設施栽培能源工程), Managing the Root Environment(根域環境管理), Closed and Semi Closed Greenhouse Concepts. (密閉型溫室及半密閉型溫室概念)

2/01-02 (星期六、日)

與楊景翔、龔一鳴會合。同時移動至鹿特丹。

2/03 (星期一)

上午拜訪 Gebr. Duijvestijn，瞭解地熱系統利用於溫室番茄栽培生產之利用。
下午拜訪 Groen Agro Control，瞭解荷蘭溫室栽培業者對於養液、土壤及溫室氣體檢測系統。

2/04 (星期二)

上午拜訪Certhon，瞭解該公司設計之通風系統-SupirmAir，討論臺灣地區溫室栽培可行之降溫方式。

下午拜訪Vitapep，瞭解甜椒栽培體系及迷你甜椒栽培管理。

2/05 (星期三)

上午拜訪Koppert公司，討論有益昆蟲及微生物於設施栽培之應用，針對有可能引入臺灣的生物防治產品進一步討論。

下午拜訪Leo Ammerlaan，討論茄子、胡瓜及番茄在育苗階段之水管理。

2/04 (星期四)

上午拜訪Agro Care，瞭解溫室番茄栽培模式，針對養液管理及灌溉頻率深入討論。

下午拜訪Bakker Seeds Production，瞭解茄子、胡瓜及番茄等果菜類採種過程，特別針對採種過程中的病害管理及GSPP認證有深入討論。

2/07 (星期五)

上午拜訪Priva，瞭解該公司歷史及各項產品，針對本場於先前購入的兩套灌溉及環控系統討論擴充功能之可行性。

下午拜訪Levarht，瞭解荷蘭農產品銷售體系及農民團體如何維護農民利益，討論該公司於外銷小果番茄過程中溫度及包裝處理。

2/08-09 (星期六、日)

資料彙整與聯繫。

2/10-14 (星期一-五)

於Green Q研習小果番茄栽培管理，內容包括植物營養管理、溫度管理、水分管理、監測儀器應用及員工管理。討論如何提高臺灣小果番茄單位面積產量。

2/15(星期六)

楊景翔與鞏一鳴搭乘中午12:20中國南南航空經由廣州轉機返國。

鍾瑞永與許涵鈞搭乘晚上9:45長榮航空BR76班機經曼谷轉機返國，並於臺灣時間2/16日晚上8點25分抵達桃園中正國際機場。

(三)研習內容

1.Greenhouse Technology(溫室技術)課程

Wageningen 大學為荷蘭重要的農業人才培育大學，也屬於國家級農業專門學校，於 1940 年代由數位農民創立基金所成立，至目前已經發展為國際性的機構，共設有植物、動物、環境、農業科技、食品 and 社會科學等研究領域；其研究成果推廣遍及世界各地。

Greenhouse Technology 為植物學群的碩士班課程，本年度課程於 1 月 6 日至 31 日，為期四周；本年度共有 60 位碩士班學生修課，學生來自多個國家，如希臘、中國、泰國、越南及荷蘭。課程分為理論與電腦模擬兩部分；共有六個主題：Physical Principles of Protected Cultivation, Crop Growth and Development, Managing the Aerial Environment, Energy Engineering, Managing the Root Environment, Closed and Semi Closed Greenhouse Concepts.分別由 Eldert J. van Henten, Cecilia Stanghellini, Bert van Ooster, Egbert Heuvelink 及 Leo Marcelis 五位講師授課；每天下午則為電腦模擬課程，配合學校的教學模擬軟體讓學生可以充分的了解到當外在環境改變或式環控策略改變時對於溫室內微氣候及產量所造成的影響。課程中也安排至溫室玫瑰及番茄生產溫室中參訪，藉由實地參觀及與農民接觸，幫助理解理論。

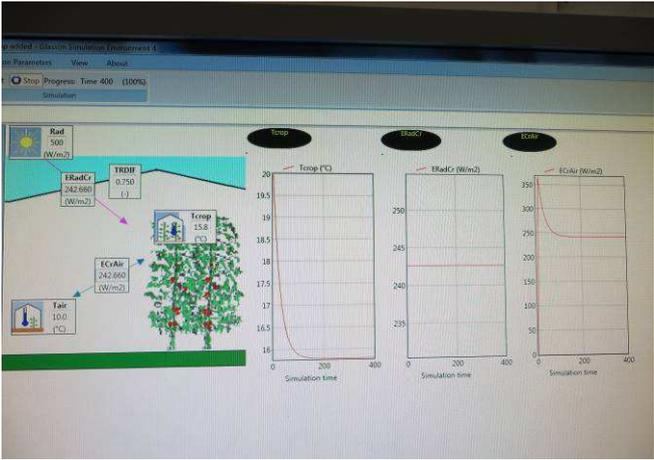
	
<p>圖 1、以教學用軟體，幫助學生了解溫室內物理現象</p>	<p>圖 2、藉由教學用軟體模擬溫室內熱傳導及微氣候改變</p>



圖 3、講師 Eldert J. van Henten 於溫室實地解說人工光源利用



圖 4、參觀番茄生產溫室，討論溫室環境控制策略。



圖 5、參觀玫瑰切花生產溫室，解說溫室內自動化設備。



圖 6、與講師 Bert van Ooster 討論教學軟體模擬的結果。

2. 溫室小果番茄栽培管理

GreenQ 為荷蘭一家私人專業園藝團隊，位於 Bleiswijk，主要經營項目有產品測試、技術諮詢、教育培訓及合作開發新產品。本次參加為期五日的教育培訓課程，內容主要與溫室小果番茄生產相關，著重於如何提高小果番茄產量，同時配合課程安排至試驗溫室中實地觀摩、操作，課程中以自行開發的栽培模擬軟體，配合臺灣日照量、目前農民栽培品種特性、栽培期等資料，估算目前台灣小果番茄產量約為 $10\text{kg}/\text{m}^2$ （農民楊景翔表示非常接近實際產量），講師建議以臺灣的日

照條件，配合環控策略或是簡單降溫措施，能將番茄產量倍增。為了深入了解荷蘭溫室生產過程，本次委請 Green Q 協助安排參訪溫室生產相關業者，本次參訪公司包括採種業者、生物防治資材公司、檢驗公司、生產業者、溫室規劃設計公司及外銷業者。



圖 7、Green Q 溫室門口設置有鞋套、防護衣帽穿戴流程，讓每位員工與學員能夠正確的穿戴。



圖 8、兩位青年農民與 Green Q 培訓的中國顧問討論如何判讀絕對濕度。



圖 9、於課程中安排至 Green Q 溫室實際操作如何記錄植株生長狀況，及如何辨別植株生育勢。



圖 10、與講師 Herebert 討論植株狀態判別結果。



圖 11、Green Q 產量預測程式，配合日射量、栽培品種類型及栽培期，預估產量。



圖 12、由預測程式結果，共同討論如何提高臺灣地區小果番茄產量，照片為提出之對策。

(四)、荷蘭溫室生產概況

荷蘭地勢平坦，降雨充足，但光照不足，全年光照時間只有 1600 小時左右。由於氣候條件及生產成本考量，荷蘭以密閉型溫室取代傳統的開放型溫室；相較於傳統溫室，密閉溫室在夏季溫度與濕度較傳統的溫室高約 5.5 度及 21%，二氧化碳濃度也比傳統的開放溫室高 470ppm，但密閉溫室內化學性的病蟲害防治資材減少 80% 使用量，灌溉水的用量減少 50%，能源使用效率提升 50%。除了節省成本外，以栽培番茄而言，在密閉溫室生產番茄產量可以提高約 20%。

目前在荷蘭最普遍的溫室種類為 Venlo type 溫室；Venlo type 最早於 1930 年代發展，因為具有建造成本低，適合各種園藝作物栽培等特性，因此一直沿用至今。但隨著研究發展，溫室寬度由每垮距 3.2 公尺增加到 4 公尺或 4.8 公尺，高度也增加至 9.6 公尺。也為了提高產量及品質，逐漸由密閉型溫室轉為半密閉型溫室 (semi-closed)。

1. 溫室能源

荷蘭設施園藝發展以永續環保為主要目標，除了節省能源的使用外，同時節省水資源及二氧化碳排放量，目標於 2020 年時二氧化碳排放量較 1990 年減少 48% (約 3.3Mton)，逐年提升能源使用效率，使用 20% 天然燃料及溫室成為主要的發電及熱氣供源。為了達到這個目標，產官學界致力於溫室通風、栽培模式及發電

系統等研究，並提出七項溫室栽培要點來達到節能目的，包括引外氣除溼、利用遮陰網及節能網、依據外部氣候變化調整溫室環控設定、增加濕度、使溫室內空氣分布均勻、適度降溫提高品質及利用地底儲水槽及熱泵系統於溫室降溫。

汽電共生(CHP, co-generation)為目前荷蘭溫室生產最主要的能源來源，透過燃燒天然氣或生物廢棄物來發電，同時將過程中產生的二氧化碳及熱蒐集供溫室生產使用。氣電共生發電效率約為35%，產熱效率為50%。所產生的電除了供溫室生產所需(如:人工光源)，多餘的電力能夠販售給電力公司或其他溫室栽培者使用。所產生的熱可以熱水形式儲存於儲存桶中，二氧化碳則是添加於溫室中供作物生產用。本次參訪甜椒栽培業者Zuidgeest溫室生產面積約為7公頃，所使用的汽電共生系統氣體燃燒量為640m³/hr，可產生2400KW/hr電力，主要作為人工光源使用，夏季或是電價較高時則賣給電力公司。所產生的能在11小時內將800L的水加熱至95度。

地熱(Geothermo)為近年發展的能源系統，主要利用地熱及天然氣等天然資源作為溫室生產能源來源，由於地熱系統的開發需要投入較高的成本且侷限於地理分布，並不能夠普遍的利用。地熱系統是從地底約2.5公里深處將熱水及天然氣抽出，熱水暫時儲存於儲熱桶或是經過熱交換後回存至地下，氣體則經過分離、純化後將二氧化碳利用於溫室中。Gebr. Duijvestijn Tomaten位於Bleawijk的番茄生產溫室約3.5公頃，於2011年開始建置地熱系統，並於2013年完工。目前溫室約有90%能源使用地熱系統，同時能將多餘的熱賣給附近的溫室栽培戶使用。利用馬達將自地底2.5公里深處將液體及氣體抽上來，熱水溫度約維持在75度，經過分離後，可燃的液體(如:油)及氣體(如:烷類)燃燒發電作為地熱系統馬達使用，熱水則進入溫室中進行熱交換或暫時儲存於熱水儲存槽中，經過熱交換後水溫約降至35度，再回存於地下2公里處；地下抽取處與回存處距離約1.5~2公里遠，每年均會移動2~3公尺；估計地熱系統使用約40年後，抽出熱水溫度將會降至73度。



圖13、Bleiswijk距離鹿特丹約15分鐘車程，為荷蘭主要的溫室集中地，放眼望去一片溫室。

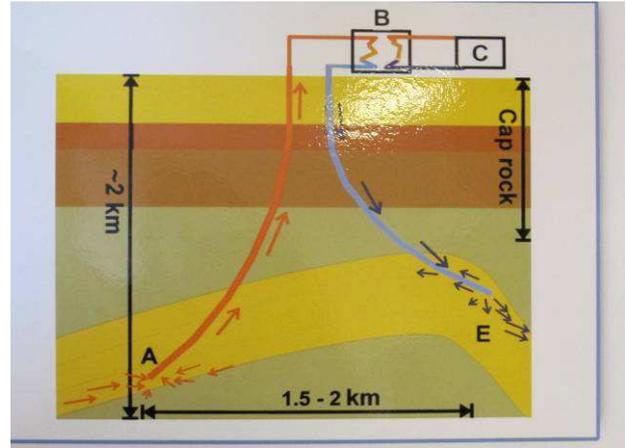


圖14、利用地熱作為溫室生產能源系統示意圖。



圖15、地熱系統之氣體分離槽，將地下抽出氣體分為可燃及二氧化碳。



圖16、利用燃燒天然氣作為溫室加熱及能源主要來源，在早上可見每棟溫室炊煙裊裊。

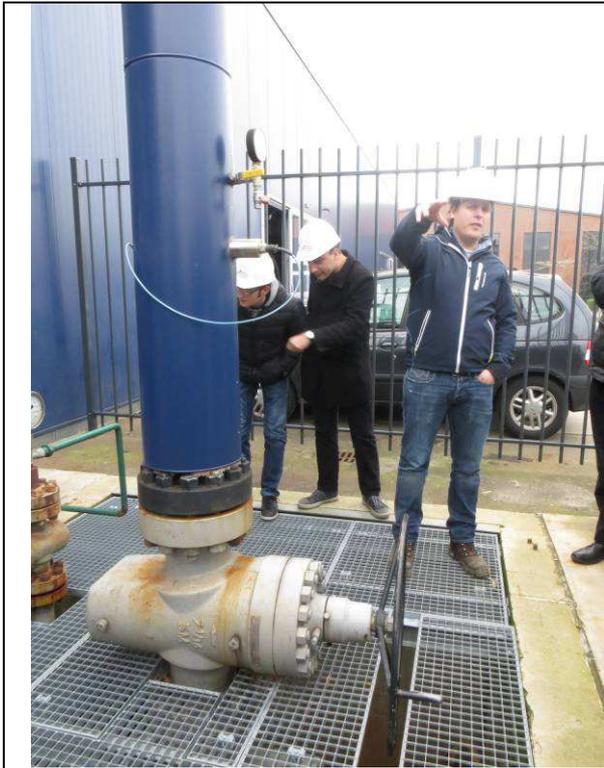


圖17、Gebr. Duijvestijn Tomaten設置地熱系統外觀，利用馬達抽取地下熱水，熱交換後的溫水再回存地下



圖18、Vitapep設置汽電共生設備

2.灌溉與水資源

水資源亦為節能目標之一，除了發展精準灌溉頻率及量之外，灌溉水回收利用亦是節能一環。灌溉系統為密閉式，所有溢流水均回收再利用。水資源主要來自雨水收集及溢流水回收。灌溉頻率以少量多次為主，主要依據日照來決定，介質含水量維持在50%~65%之間，兩次灌溉間的水分含量變化不超過10~15%，灌溉量同時必須要包括20~30%的溢流量；溢流量主要避免養液灌溉造成的鹽積、滴頭間灌溉量的差異及位在溫室內不同位置造成的蒸發散量差異。而養液的EC值主要依據蒸發散量調整，如夏季蒸發散量較高，灌溉的EC值較低。灌溉系統中包含4次pH及EC監測；溢流水回收過程會依序經由過濾、UV殺菌、混合雨水、EC檢測後再與養液混合進入溫室。溫室中與灌溉有關的監測系統包括：滴灌管壓力計、介質水分含量、介質重量及溢流水偵測裝置，依據不同監測儀器變化來作為灌溉策略依據。在荷蘭溫室栽培業者每週將灌溉水、養液、溢流水及跟圈水送交專業檢

驗公司檢驗，檢驗項目除了pH、EC外，更包含了Cl、HCO₃等10多項；Groen Agro Care為荷蘭知名的檢驗公司，提供的檢驗項目除了灌溉水、溫室氣體及土壤，同時提供病蟲害檢驗；檢驗結果可以在三天之內送交客戶手中，因為快速且準確，客戶佈及歐洲、澳洲、美國及中國。



圖19、荷蘭溫室栽培多以岩棉為介質，灌溉以養液滴灌為主。



圖20、溫室中的養液混合槽，依照設定比例及濃度混合後進行滴灌。

Parameter	Value	Parameter	Value	Parameter	Value
EC	1.0	NO ₃	1.0	Ca	1.0
pH	6.5	CO ₃	1.0	Mg	1.0
Cl	3.0	HCO ₃	1.0	K	1.0
SO ₄	1.0	P	1.0	Na	1.0
Fe	1.0	B	1.0	Zn	1.0
Mn	1.0	Cu	1.0	Mo	1.0
Ni	1.0	Si	1.0	Al	1.0
As	1.0	Se	1.0	Br	1.0
I	1.0	Sr	1.0	Ba	1.0
Li	1.0	Rb	1.0	Cs	1.0
Sc	1.0	Y	1.0	Zr	1.0
Nb	1.0	Mo	1.0	Sn	1.0
Sb	1.0	Te	1.0	Pb	1.0
Bi	1.0	Po	1.0	At	1.0
Rn	1.0	Fr	1.0	Ra	1.0
Ac	1.0	Th	1.0	Pa	1.0
U	1.0	Np	1.0	Pu	1.0
Am	1.0	Cm	1.0	Bk	1.0
Cf	1.0	Es	1.0	Fm	1.0
Md	1.0	Lr	1.0		

圖21、每周進行一次養液及溢流水檢驗，檢驗內容包括數十項。



圖22、溫室區的溢流水經由管路回收，在經過一連串的過濾、殺菌後可與灌溉水混合再利用。



圖23、Gron Agro Control水質檢驗實驗室



圖24、Gron Agro Control土壤分析實驗室



圖25、依作物生育期不同需要的養液配方可能不同，圖為溫室內分區灌溉系統



圖26、溫室內用來監測介質溫度、EC及水分含量感測器



圖27、為確保管路兩端壓力一致，圖為溫室內用來監測灌溉管路壓力的感測器。



圖28、利用重量原理，監測介質水分含量的感測器。

3.溫室微氣候

使溫室內氣體循環及分布更加均勻為節能方式之一，因此由密閉型溫室逐漸轉型為半密閉溫室。密閉型溫室的發展主要是為了充分利用太陽輻射，通常搭配 Aquifers，即在夏季蒐集太陽輻射熱將水加熱儲存在地下深約60~100公尺深的儲水槽中，冬天或是低溫期時在將熱水與溫室內加熱管進行熱交換後回存地下冷水儲水槽，冷水儲水槽內的冷水則在夏天抽出進行溫室內降溫，同時藉由太陽輻射再次加溫；此外溫室生產過程中需要耗費能源進行降溫及除溼。密閉型溫室優點能減少30%能源使用及CO₂排放，減少殺蟲劑的使用，減少水浪費，能獲得較高產量(較高的二氧化碳濃度及光線穿透率較佳)；但建造及營運所需的成本較高，而溫室內溫度只能依據由當年所蒐集的太陽輻射加熱，無法達到最佳化。半密閉溫室與密閉型溫室最大的區別在於天窗，透過天窗的開啟與關閉達到調節溫室內二氧化碳濃度及濕度控制的效果，同時溫室內氣體分布更加均勻。Certhon 公司所提出的SuprimAir溫室，溫室外氣體進入溫室內之前必須先經過水牆、熱交換器同時與溫室內氣體混合後，再利用風扇將氣體吹入植槽下方的通風管，經由通風管遍佈溫室內，溫室內的濕空氣則經由天窗散逸至溫室外達到除濕效果，當溫室內需要加濕時則利用水牆系統來加濕溫室外空氣再進入溫室內，溫度調節則是透過熱交換將溫室外空氣加熱或降溫後與溫室內空氣適度混合再進入溫室內。類似概念的溫室系統如Ultra Clima及Gates。

溫度及光線為決定溫室生產產量及品質的主要因素，荷蘭位於高緯度地區，除了夏季之外的季節光線普遍不足，過去荷蘭學者提出減少1%光照就減少1%產量的定律，可見對於光線利用的重視。太陽輻射不只提供作物光合作用所需的光線，同時也將輻射熱帶入溫室中，造成溫室內溫度過高及蒸發散作用旺盛；遮陰網及white wash主要避免過多太陽輻射進入溫室，近年更普遍利用有散射功能的批覆材料使溫室內光線分布更加均勻，增加下位葉光線的擷取以提高光合作用速率及產量。冬季則須要透過人工光源來增加光照強度及延長日照時數，人工光源目前人以高壓鈉燈為主，以番茄生產為例，每天維持日照時數達18~20小時，冬季夜間捕光除了延長光照時數外，同時亦能作為加熱來源；荷蘭在高壓鈉燈（HPS）之發展：使用區域達10,000 ha，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 $\mu\text{mol}/\text{s}$ 。Ludvig Sevansson近年推出的HARMONY遮陰網具有散射光線及防火的功能，可以反射70%的陽光，讓30%的光線散射進入溫室，能夠減少溫室內部的陰影，改善溫室的溫度；根據相關試驗數據，使用這種遮陰網能夠增加溫室內光線5%，同時將低2.5度。

溫度是影響植物光合作用速率及呼吸作用。以甜椒及番茄等瓜果類作物更是影響著果及產量的因素，番茄植株苗期栽培於較高溫的環境下有助於增快生長速率，栽培於日夜溫24度條件下，於播種後40天調查，其鮮重、葉面積及葉片數均明顯較栽培於18度環境下；夜溫過高會增加呼吸作用速率，消耗光合作用產物，而減少碳水化合物在果實的累積，因此，適當的日夜溫差(DIF)有助於提高果實品質及產量，比較在DIF=10及DIF=2兩種溫度條件下栽培的番茄植株，DIF=2者有較長的節間、較多的側芽、葉片較薄及枝條較為開展。

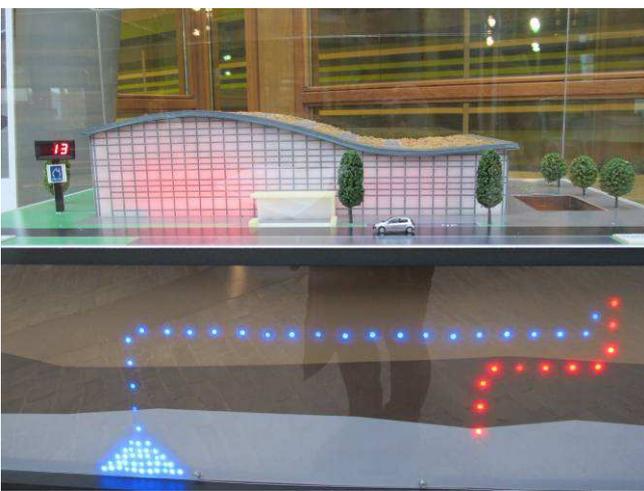
	
<p>圖29、Priva公司展示的溫室內溫度調控方式模型。</p>	<p>圖30、溫室內可見軌道式及植株間的Growth Pipe兩種加熱管。</p>



圖31、Certhon公司所展示的SuprimAir系統模型。



圖32、植槽下方的通風管，讓空氣均勻的分佈於溫室中：



圖33、為了讓溫室內的氣體對流，在植槽下方圍起塑膠布，使大面積溫室中形成數個小對流。



圖34、荷蘭溫室普遍使用雙層網，上層為遮陰網，下層則為節能網。

	
<p>圖35、LED人工光源利用於番茄生產。</p>	<p>圖36、高壓鈉燈為荷蘭主要使用的人工光源種類。</p>

4.生物防治

荷蘭設施栽培果菜類100%採用綜合有害生物管理，利用農藥以外的方式防治病害、蟲害及雜草。釋放昆蟲與天敵防治害蟲與蟎類為主要的一環；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*。大面積商業生產的溫室內採用生物防治，包括在栽培作物旁栽種少量適合天敵繁殖的植物以保護並繁殖天敵，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。Koppert為荷蘭主要的生物防治資材公司，已商品化的天敵超過35種以上，並能每週將產品配送至農民手中。以果菜類栽培常見的銀葉粉蝨，該公司有7種商業化天敵產品中，有臘蚧輪刺孢菌 (*Verticillium lecaniim*) 及小黑粉蝨瓢蟲 (*Delphastus catalinae*)等；在此外，Koppert亦有天敵食物。在生物防治中最重要的一環為監測，除了利用黃色黏蟲板佈於溫室內外，指示植物也廣泛被利用，如在番茄栽培溫室中放置茄子，由茄子上的粉蝨數目來判定是否該施放天敵昆蟲。

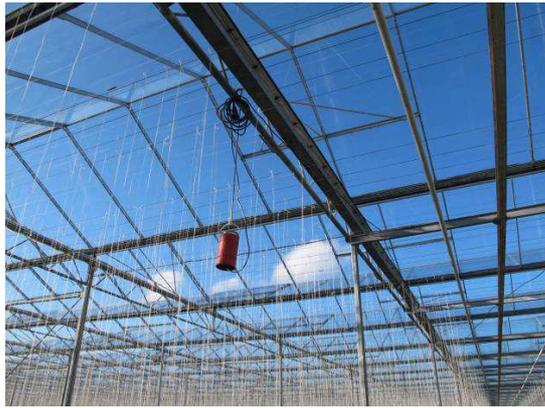


圖37、燻硫磺為主要防治白粉病的方式，通常選在夜間進行防治。



圖38、懸掛於甜椒植株上的天敵防治產品。袋中為天敵幼蟲。



圖39、懸掛天敵卵片於溫室中，待孵化後幼蟲散於植株上。



圖40、飼養天敵的餌料。此亦為Koppert產品。



圖41、長條狀的黃色黏蟲紙懸掛於植株上方，主要用來防治粉蝨。



圖42、用來監測害蟲與天敵數量的黏紙



圖43、在番茄栽培溫室中種植茄子，用來觀察粉蝨數量，藉此判斷是否施放天敵。



圖44、於禾本科植物上飼養蚜蟲，作為天敵食物，以確保溫室中天敵數量。



圖45、施放天敵食物的植株。因葉片上附有餌料，故不進行除葉。



圖46、飼養天敵的餌料施用於葉片上。

四、研習心得與建議

(一)、研習心得

1. 荷蘭地處於溫帶地區，溫室生產面臨為冬季溫度過低、強風、大雪、冬季光線不足及夏季高溫等問題；因此在溫室規劃結構必須要能夠抵抗強風及承載積雪，溫室設備需有高效率加熱系統、保持高光線穿透、有效的保溫、夏季要有足夠的通風與適當的遮陰。而臺灣則是位於熱帶-亞熱帶氣候，溫室規畫首重通風佳，結構須能抵抗颱風。臺灣與荷蘭在氣候條件上存在很大的差異，因此不論是溫室規劃或是栽培體系均不能完全仿照，唯有依據臺灣當地氣候條件及成本等條件規劃才能設計出適合臺灣溫室生產體系的溫室。而荷蘭在溫室生產相關領域已經累積多年經驗，且也有在西班牙、越南、印尼、馬來西亞及韓國等地規劃溫室的實戰經驗。本次研習過程中與Wageningen大學參加為期一個月的密集課程，充分體驗荷蘭對於溫室栽培相關範疇的紮實訓練，尤其是電腦模擬實習課程，藉由教學用的模擬軟體及強大的資料庫，學生可以清楚了解當外在環境改變或是環控策略改變時，溫室內的熱傳導、溫度及濕度會如何變化。Wageningen大學 Dr. Silke Hemming利用專業軟體KasPRO與本場共同研究並規劃一適合於臺灣南部生產小果番茄的溫室；雖然無法實際操作KasPRO，但藉由此教學用軟體可以了解在適應性溫室規劃合作計畫中，需要蒐集相當多的氣候資料、能源成本資料、生產成本資料及市場價格等資訊，同時配合當地栽培習慣才能規劃出適合的溫室。而Green Q所使用的預估程式雖然相對簡單，但卻能準確地估算出產量同時提出改善建議；農業氣象、作物生產成本、作物生理指標及產量預測等資訊的統合應用，也是目前臺灣溫室栽培研究領域所欠缺的。
2. 過去荷蘭Wageningen專家所提供資訊顯示荷蘭設施番茄產量極高，大果番茄達 $80\text{kg}/\text{m}^2\text{year}$ ，小果番茄達 $35\text{kg}/\text{m}^2\text{year}$ ，而臺灣小果番茄單期作產量約 $10\text{kg}/\text{m}^2$ 。而比較荷蘭與臺灣栽培體系，荷蘭設施番茄平均栽培期達10個月，本次參訪的Agro Care栽培期更長達50周，臺灣平均栽培期僅有五個月，即荷蘭小果番茄每月平均產量為 $3.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，臺灣為 $2\text{kg}/\text{m}^2$ 。而荷蘭栽培以追求產量為目標，栽培品種均具高產特性，平均甜度為 $8\sim 9^\circ\text{Brix}$ ，臺灣目前以農友種苗公司推出的「玉女」為大宗，平均糖度可達 $10\sim 11^\circ\text{Brix}$ ，部分農民可以栽培出 12°Brix 以上；除了栽培技術及品種特性造成糖度上的差異外，荷蘭與臺灣的食用習性不同也是主要原因之一；本次研習過程中，曾多次與業者討論對於高糖度小果番茄的看法與需求，業者均表示高產量才是他們追求的目標，顯見臺灣與荷蘭在生產目標上的差異。

3. 荷蘭番茄栽培品種眾多，不論在市集或超級市場均能看到不同規格及不同包裝的番茄商品。如在車站設置的超市，因講求便利、快速、可即時享用，幾乎每一家都販售有隨手杯番茄。而參訪的溫室栽培業者也會依照客戶要求包裝，因此在一家溫室可以見到數種包裝規格及紙箱。此外，不論是育苗業者或是栽培業者，於出貨後均會留下同批植株或是果實觀察，持續為已經出貨的商品進行品質觀察，荷蘭業者對於銷售品質的把關值得國內業者學習。而臺灣目前小果番茄栽培品種以農友種苗公司的「玉女」為主，各品種及品質等級以600g塑膠盒裝為主，僅有部分栽培者設計自有品牌的貼紙貼於盒上，品牌及品質等級辨識度並不高；雖然目前高品質小番茄以宅配為主要銷售通路，荷蘭的多樣化包裝及銷售可作為未來農民在拓展銷售管道時參考。
4. 在Wageningen大學及Green Q研習過程，深刻體驗到研究人員在溫室栽培領域付出的心力包括：測量與記錄在溫室內的各種數值及發生在溫室內的物理現象，因此對於影響產量及成本的各種因子均能提出數據化的資料；為了達到最佳化的栽培條件，溫室內的二氧化碳濃度、光線、溫度及灌溉水均經過一連串生理試驗及成本分析；以灌溉量為例，在荷蘭商業栽培溫室以光積值為灌溉依據，溫室中也設置有監測介質水分含量、介質重量級溢流水偵測等等的感應器，配合不同感測器顯示的資料來精準的控制灌溉水量及頻率。這也是目前臺灣在設施研究領域所欠缺的資料，荷蘭經驗能夠提供我們作為試驗設計依據，但可以預期的，因為氣候條件差異，並無法直接複製荷蘭數據應用於臺灣溫室栽培，我們更應該加速腳步建立相關基礎資訊，提供農民在栽培上參考。
5. 世界各國在溫室生產共同追求的目標之一為食用安全，荷蘭早在30年前就開始以生物防治作為溫室果菜類病蟲害防治的主要方式。在荷蘭及比利時均有具規模的生物防治公司能提供產品。目前臺灣在利用天敵防治害蟲尚未普遍，也還沒有商業生產的公司，目前有應用的種類為利用草蜻蛉防治粉蝨；礙於生態及相關法令限制，若要由國外引入商品於國內推廣，機會並不大。而在荷蘭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，但可由此可發現荷蘭人重視田間衛生的程度及執行標準流程絲毫不馬虎。另外，有些溫室在每一個出入的門口放置一個簡易的墊子，當人們出入踩過時，墊子會滲透出類似漂白水物質到鞋子底部，藉此消毒避免病菌傳播，這種方式不須投入很高的成本，值得推廣。

6. Certhon 為荷蘭在 2012 年選出的百大園藝公司之一，其從事溫室規劃的工程師約有 100 多人，90% 以上的業務不在荷蘭，其溫室設計均考慮當地的氣候與成本，該公司並以「return the key」為口號，即包括溫室的軟硬體及栽培體系均由同一家公司規劃並建造，完成後農民拿到溫室鑰匙便能開始栽培。臺灣溫室面積逐年增加，溫室的規劃幾乎以農民口頭描述需求為主，或溫室公司以自身經驗提供規劃，欠缺氣候條件分析及整體規劃。而規劃出適應氣候條件的溫室需要累積大量的經驗與資料蒐集分析，這都是需要長時間蒐集資料並分析，隨著溫室面積增加及氣候變遷等因素，學校及研究單位應盡速投入相關研究。

7. 本次研習人員於民國 100 年亦曾赴荷蘭研習節能溫室，於當時參觀了國際園藝展及多家溫室栽培業者。事隔兩年再度前往荷蘭研習，兩年的時間已經可以看到荷蘭在溫室栽培過程的改變，包括嫁接苗的使用、溫室內通風系統改善、溫室利用率提升改變及能源來源等。荷蘭在溫室園藝研究於國際上已是領頭羊，近年在節能溫室及適應性溫室的研究成果更是推廣至世界各地，但還是不斷的投入研究期望達到更佳成果。

(二)、建議：

1. 本次研習過程透過 GreenQ 安排拜訪了溫室栽培產業鏈相關業者，包括採種業者、檢驗公司、栽培業者、外銷公司等。深入了解荷蘭溫室產業。建議未來在類似的研習行程，應盡量安排相關的業者，才能充分了解產業營運的狀況。而本次自費同行的兩位青年農民也表示此行獲益良多，未來會將見聞及心得於生產溫室中落實。
2. 本次研習深刻體會到荷蘭不論是業界或是學界對於溫室內熱傳導及植株生長過程生理反應及生產成本都相當專業，這是長時間投入研究所換得的成果。本次行程包含學校課程、業界參訪、業者拜訪及諮詢顧問公司受訓，獲益良多。未來應加速在溫室生產及溫室內溫濕度控制的基礎研究，同時參考 Wageningen 大學經驗，讓實際生產農民參與試驗方向或試驗步驟決定，以達事半功倍效果。
3. 荷蘭在 2012 及 2013 兩年遭遇歐洲經濟不景氣，加上西班牙大量出口番茄至荷蘭，導致番茄價格崩跌，一箱番茄的售價甚至低於包裝紙盒的成本(0.2-0.3 歐元)；因此在過去兩年間，許多規模較小的栽培戶紛紛倒閉。面對臺灣近年來大力補助設施新建，且部分受補助農民並未做好縝密的生產規劃，甚至沒有任何經驗就投入栽培小果番茄，未來可以預見的是大量設施閒置或是大量小果番茄上市造成價格崩跌。有鑒於荷蘭經驗，我們應當審慎評估設施補助政策，同時

協助農民拓展外銷市場。

4. 荷蘭在 2013 年夏天曾經遭遇颶風侵襲，17 級的強風導致許多溫室玻璃損害。臺灣每年遇颱風、地震頻繁，目前僅有農業發展條例規範設施高度及面積，未來應盡速研擬溫室結構標準及規範，以符合實際生產需求。



圖 47、Agro Care 保留每批次番茄觀察，為銷售品質把關



圖 48、進入溫室前必須進行消毒，利用吸滿漂白水的墊子，為最簡單有效的鞋底消毒方式。



圖 49、進入 Leo Ammerlaan 公司前，必須先進行手與鞋底消毒。



圖 50、在包裝作業人員亦需著規定服裝，以確保農產品清潔。

五、附錄

表一、臺荷農業概況比較

	臺灣	荷蘭
土地面積	36,188 平方公里	41,526 平方公里
農業土地	8,800 平方公里	19,500 平方公里
農業產值	55 億美元，佔 GDP2%	267 億美元，佔 GDP1.9%
氣候	夏季炎熱潮濕，冬季溫和少雨	溫帶海洋性氣候
年平均雨量	2582mm	780mm
雨季	每年 4 月至當年 9 月	分布均勻，以 8-9 月最多
年平均日照	2025 小時	1600 小時(冬季約 7.5 小時,夏季 16.5 小時)
園藝生產概況	設施栽培面積約為 33,900 公頃，種類包括隧道棚、水平棚架、溫室、網式及菇舍等。	設施栽培面積約 10,000 公頃，以蔬菜(4,800 公頃)及盆花（5,000 公頃）為主。設施以玻璃溫室為主。
	露天栽培：果樹面積 220 千公頃，蔬菜面積 180 千公頃，花卉面積 10 千公頃。	露天栽培：球根 23,500 公頃，蔬菜 24,000 公頃，果樹 20,000 公頃。

表二、Wageningen 大學 2014Greenhouse Technology 課程表

FTE 31306: Greenhouse Technology Course Schedule 2013 - 2014 (P3)										
WU-week	week	day	Sort	Theme	Subject	Teacher/Supervisor	Location 1	Time	Location 2	Time
P3										
18	1	mo	1	<i>Introduction</i>	L1a - Greenhouse horticulture world wide, motives and focuses, academic topics, 3P's-context - with discussion of topics	EvH	C 221	8:30		
06-Jan			2		Visit Uniform Greenhouses; P2a - Glassim Assignment - Physics around the crop	EvH / AvtO / PvB	Radix Serre	13:30	PC 86	14:30
07-Jan		tue	3	<i>Basics of greenhouse climate physics</i>	L2a - Physical Principles of Protected Cultivation 1 - radiation, convection, ventilation, energy balance - with exercises	CS	C 221	8:30		
			4		P2b - Exercise P2b-1, Glassim Assignment P2b-2	AvtO / PvB			PC 86	13:30
08-Jan		we	5	<i>Balances</i>	L2b - Physical Principles of Protected Cultivation 2 - ventilation, mass balances (vapour, CO2), interactions balances, basics crop transpiration	CS	C 221	8:30		
			6		Prepare test 1					
09-Jan		thu	7		<i>Psychrometrics</i>	L2c - Psychrometrics with exercises	AvtO	P 635	8:30	
			8	P2c - Exercise P2c-1, Glassim Assignments - Greenhouse without crop / heat loss P2c-2, Crop transpiration P2c-3		AvtO / PvB			PC 86	13:30
10-Jan		fr	9		Prepare test 1		P 635			
			10		Prepare test 1; Test 1 (16:00 - 17:00)	AvtO			PC 86	16:00
19	2	mo	11	<i>Crop biological mechanisms; growth and development</i>	L3a - Plant / Crop as a production machine, biological mechanisms, production conditions with exercises	EH	C 221	8:30		
13-Jan			12		P3a - Exercises crop production, P3a-1 Crop growth and yield, P3a-2 Prediction of cultivation time, harvest date and yield	EH / MB			PC 86	13:30
14-Jan		tue	13		L3b - Crop growth and development. Effects of growth factors - light, temperature, CO2 and humidity. With exercises	EH	C 221	8:30		
			14		P3b - GTa-tools - Crop production and growth factors	AvtO / EH			PC 86	13:30
15-Jan		we	15	<i>Managing the aerial environment</i>	L4a - Managing the aerial environment 1 - T/CO2/Vent - with exercises	CS	C 221	8:30		
			16		P4a - Exercises in PC-room (1.5h); Prepare test 2	AvtO/PvB			PC 86	13:30
16-Jan		thu	17	<i>Passive greenhouse</i>	L4b - Managing the aerial Environment 2 - Crop Transpiration / Humidity - with exercises	CS	P 635	8:30		
			18		P4b - Glassim Assignment - Balances of a greenhouse with crop	AvtO / PvB			PC 86	13:30
17-Jan		fr	19		Prepare test 2		P 635			
			20		Prepare test 2; Test 2 (16:00 - 17:00)	AvtO			PC 86	16:00

表二續、Wageningen 大學 2014Greenhouse Technology 課程表

20 20-Jan	3 mo	21	Engineering Greenhouse types	L5a - Greenhouse Types, material properties, standards	AvtO	C 221	8:30	
		22		P4c - Gta-tools - Evaluation performance passive greenhouse	AvtO / PvB		PC 86	13:30
21-Jan	tue	23	Energy engineering - climate controlled greenhouse	L5b - Energy Engineering - Traditional Greenhouse - with exercises	AvtO	C 221	8:30	
		24		P5a - Gta-tools - Ventilation requirement and demand for heating, cooling, carbon dioxide control in a controlled greenhouse	AvtO / PvB		PC 86	13:30
22-Jan	we	25		Prepare test 3		C 221	8:30	
		26		P5b-1 Glassim, CO2 optimization problem - P5b-2 Gta-tools Simulation CO2 enrichment/optimization - Manual exercise	AvtO / PvB		PC 86	13:30
23-Jan	thu	27		L5c - Energy Engineering, facilities and equipment - Traditional Greenhouse - with exercises	AvtO	P 635	8:30	
		28		P5c - Gta-tools - Climate engineering equipment and resources (supply of heat, electricity, CO2) - layout of distribution systems	AvtO / PvB		PC 86	
24-Jan	fr	29		Prepare test 3		P 635	8:30	
		30		Prepare test 3; Test 3 (16:00 - 17:00)	AvtO		PC 86	13:30
21 27-Jan	4 mo	31	Water management and root environment	L7a - Managing the root environment (optimal water quality) - with exercises	AvtO	P 631	8:30	
		32	Climate Engineering in hot climates	P6b - Gta-tools 'Hot' climate greenhouses - alternative systems for cooling	AvtO / PvB		PC 86	13:30
28-Jan	tue	33	Water management and root environment	L7b - Managing the root environment (sub-optimal water quality) - with exercises	CS	P 631	8:30	
		34		P7a - Evaluation of irrigation systems with respect to salinity and its effects on crop production - exercises	AvtO/PvB		PC 86	13:30
29-Jan	we	35	Energy engineering - (semi) closed greenh.	L6a - Closed and semi closed greenhouse concepts - with exercises	LM	P 631	8:30	
		36		P6a - Crop production effects of a (semi)-closed greenhouse / Climate engineering consequences of a (semi)-closed greenhouse	AvtO / PvB		PC 86	13:30
30-Jan	thu	37	Excursion	Excursion to a grower companies and/or equipment suppliers (for details see Blackboard)	EH / MB	Radix West	7:45	
		38		Prepare test 4			PC 86	13:30
31-02-2014	fr	39		Prepare test 4		C 221	8:30	
		40		Prepare test 4; Test 4 (16:00-17:00)	AvtO		PC 86	16:00
22	thu			Re-sit on failed tests (max 2)			PC 86	15:00
34	wed			Re-exam		PC625	14:00	
49	thu			Total Re-exam		C 229	14:00	

Greenhouse Technology - Course Schedule 2013 - 2014

Teachers:	FTE	ir Bert van't Ooster (coordinator)
	HPC	dr ir Ep Heuvelink
	PRI	dr Cecilia Stanghellini
	FTE	prof dr ir Eldert van Henten
	HPC	prof dr ir Leo Marcelis
	FTE	assistant - Peter van Beveren
	HPC	Menno Bakker

Locations:	C 221 / P 631 / P 635	Lecture Rooms at Forum (building 102)
	PC 86	PC-Room at Zodiac (building 122)

表三、臺灣與荷蘭設施小果番茄生產體系之比較

	臺灣	荷蘭
設施種類	塑膠布溫室搭配側捲楊	玻璃溫室搭配天窗
光源	自然光源	人工光源 (高壓鈉燈為主)
介質	土耕為主	岩棉為主
灌溉	滴灌或淹灌 依據經驗決定灌溉頻率 沒有回收溢流水	滴灌 以光積植決定灌溉頻率 溢流水回收後再利用
溫度控制	自然通風	冬天加溫，夏天降溫
濕度控制	自然通風搭配內循環風扇	以引入溫室外乾燥空氣、開天窗及加熱進行除濕
栽培週期	16~20 周	40 周~50 周
授粉昆蟲	無	有(熊蜂)
二氧化碳添加	無	有(600~1000ppm)
栽培制度	一年兩作，高溫期輪作甜瓜	周年生產
單期作平均產量	10kg/m ²	35kg/m ²
病蟲害防治	藥劑防治為主	生物防治





圖、在歐洲超市及市集可以發現許多不同品種及包裝規格番茄商品