

## 出國報告（出國類別：研習）

# 「105 年選送技專校院教師赴國外實務研習」出國報告書

服務機關：國立高雄應用科技大學

姓名職稱：教授

派赴國家：荷蘭

出國期間：105 年 9 月 3 日 至 105 年 9 月 25 日

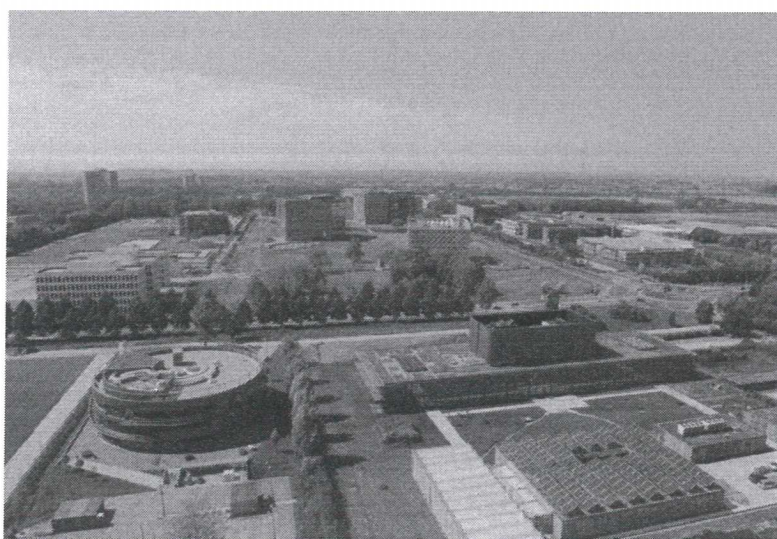
研習期間：105 年 9 月 5 日 至 105 年 9 月 23 日

報告日期：105 年 10 月 6 日

## 摘要

本次有幸參加「105年選送技專校院教師赴荷蘭實務研習」，此研習課程雖然審核結果時間與出國研習時間十分短暫，也感謝屏東科技大學團隊的協助，完成相關出國事宜，並且在出國前安排相關溫室課程讓我們這些工程類之教師先行了解相關知識以便能夠很快進入研習狀況，安排十分仔細詳盡。

在荷蘭 Wageningen University(如圖一)展開一系列的研習課程，在前兩周的課程主要是課程內容的課堂講解，而最後一周的課程為實際參觀相關農業之上下游結構與溫室相關的配合廠商與設計廠商，課程十分扎實且對農業相關的產業鏈均能有深刻的體驗。加上本參加的團隊結合各領域的專家一起參與研習，對於課堂教師授課的內容均有廣泛的討論與學習。因此參與此次研習讓本人獲益良多，並深刻了解荷蘭在此產業之整合性十分完整與密切，不同領域的專家均針對溫室農業研究無私的共同分享與合作，從專業研究、技術研發、學理分析與計算、製程籌劃、產業合作、供應鏈之結合等等均值得我國學習。不愧乎荷蘭 Wageningen University 在農業領域是世界首屈一指的學校。藉由此研習後，未來也期望可協同各領域的專業研究團隊發展跨領域的科學研究並且實際有機會對台灣溫室農業栽培導入新的想發與技術，並促進台灣的農業發展，真正進行台灣新農業的改造，並提升我國農業之競爭力。



圖一 Wageningen University

## 一、目的

參與本次「105年選送技專校院教師赴荷蘭實務研習」之研習課程，主要是協助教師掌握國外產業在新農業趨勢下之未來發展需求，並藉由了解國外學校及產業界因應新農業所需人才培育與關鍵技術開發，及實地參訪了解企業發展定位、規模及實務運作及發展策略，吸取相關推動經驗作為後續調整未來人才培育教學與實務研究方向。學習內容包含環境監控、照明技術、作物生長及環境資料擷取及作物生產及管理、價值鏈分析及洞察國內外市場。並實際參訪育苗栽培、生產設備、生產線包裝及市場行銷公司。藉以學習可以提升台灣農業技術的相關溫室栽培與產業鏈結的相關知識，並未來能夠提升台灣農業之競爭力。

## 二、過程

相關研習包含兩周之專業研習，一周之產業研習，相關課程安排如下所示:

### 第一週：專業課程研習(一)

| Day       | Morning(8:30 -12:00)  | Lunch | Afternoon(13:00-17:00) |
|-----------|---|-------|------------------------|
| Monday    | Introduction to Protected Horticulture                              |       |                        |
| Tuesday   | Passive greenhouse (functions of the cover and natural ventilation) |       |                        |
| Wednesday | Crop physiology and Crop Management                                 |       |                        |
| Thursday  | Natural ventilation   |       |                        |
| Friday    | Root zone Management  |       |                        |

### 第二週：專業課程研習(二)

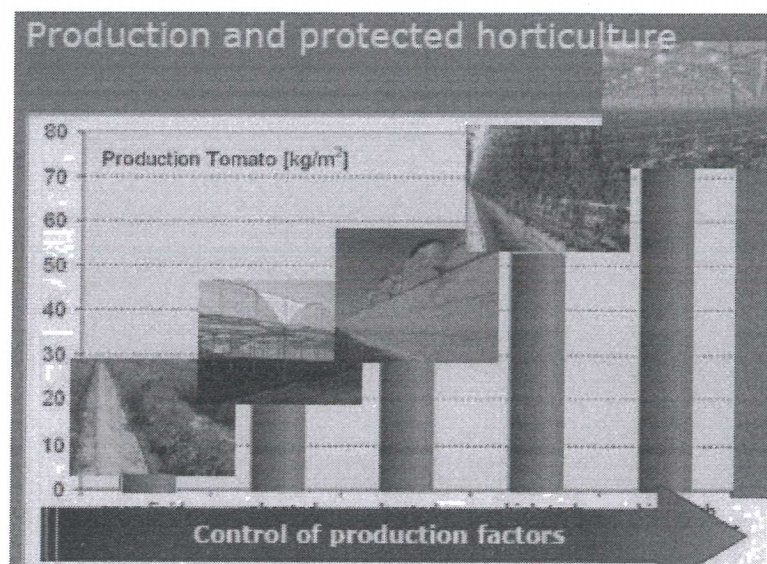
| Day       | Morning(8:30 -12:00)                   | Lunch | Afternoon(13:00-17:00) |
|-----------|--|-------|------------------------|
| Monday    | Crop physiology and Crop Management    |       |                        |
| Tuesday   | Optimal Climate management             |       |                        |
| Wednesday | Energy engineering & Systematic design |       |                        |
| Thursday  | Root zone Management                   |       |                        |
| Friday    | Systematic design & seminar            |       |                        |

### 第三週：產業研習

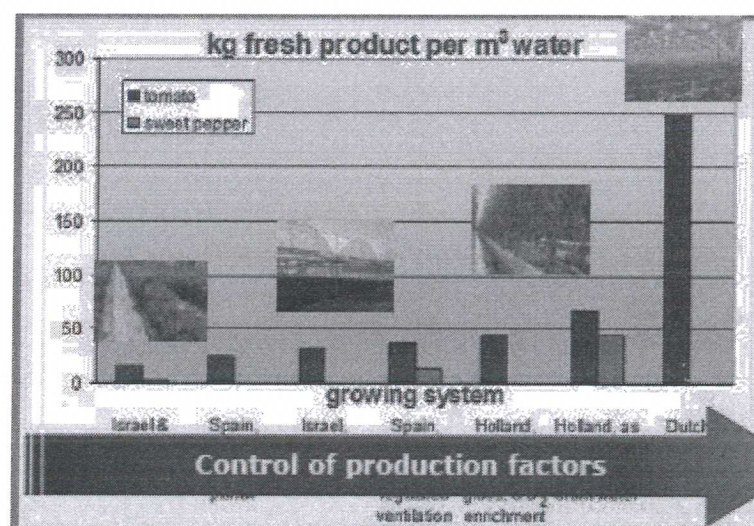
|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| Day  | Excursion to grower companies and equipment suppliers |  |  |
| Monday   | Auction, trading                                      |  |  |
| Tuesday  | Climate and water management                          |  |  |
| Wednesday  | Light management, Greenhouse building                 |  |  |
| Thursday   | Packaging, plastic film                               |  |  |
| Friday   | Young plant production, breeding                      |  |  |
| Related fields: Mechanical engineering, environmental engineering, agriculture, biotechnology, production management, marketing, horticulture, materials, electrical, optical, industrial design, information management |   |  |  |

另外我們也針對這三周的研習內容作一基本的介紹，在課程一天主要是針對 Greenhouse(溫室)在農業上的應用做一介紹，課程中指出對於未來農業的趨勢在於水資源的利用效率與永續、自然品種、可再循環使用、健康與安全的食物、自我供給與食物

安全等方面。因此溫室獎可以解決相關的因為環境變遷的考驗以及未來糧食短缺的問題。由圖二所示，對於一般之土壤露天栽植的番茄其產量均遠小於溫室栽培之番茄，而且若採用密閉式的自動化溫室將可得到最多的產量。且若使用含水循環的高科技溫室設計將也可以大大的節省約五倍以上的水資源浪費，如圖三。



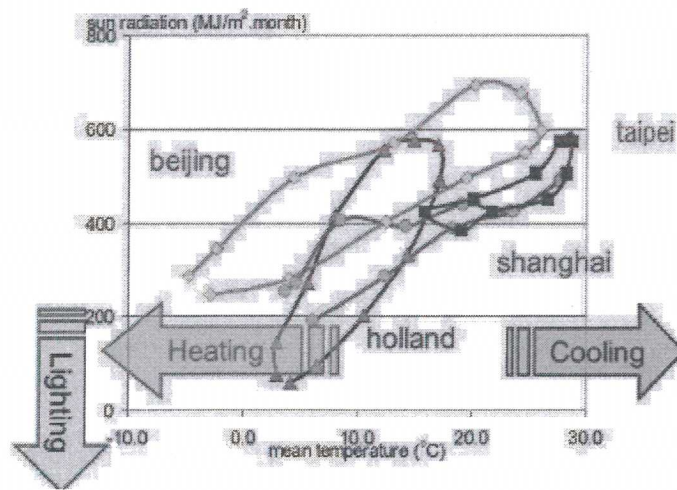
圖二 不同溫室及其產量



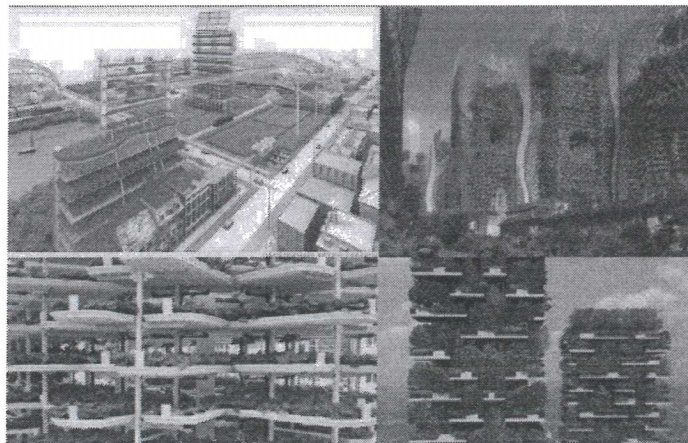
圖三 不同溫室及其水資源節省量

而在溫室的設計方面，由於各地域的天氣情況不同，因此在設計溫室時我們也需要針對不同的地域有不同的設計。如圖四顯示不同地區的整年度之天氣溫度曲線與太陽日照圖，針對大多的作物，由於北京與荷蘭在冬天的時候其溫度較低，因此在設計溫室時需

要設計增溫的裝置以維持作物之生長。而在夏天時，北京、上海與台北地區，則因為其夏天天氣溫度很高，其設計就需要考慮其散熱降溫裝置，而針對台灣而言，由於普遍溫度均較高，其溫室最重要的設計則是在如何能夠降溫。而在日照方面，由於荷蘭其緯度較高，在冬天時日照量普遍不足，因此需要設計照明裝置以維持作物之成長。而圖五顯示出未來作物工廠的示意圖與目前示範作物溫室工廠的實景圖，所有的作物將可經過相關溫室設計生產並減少其空間之利用並增加其產量。



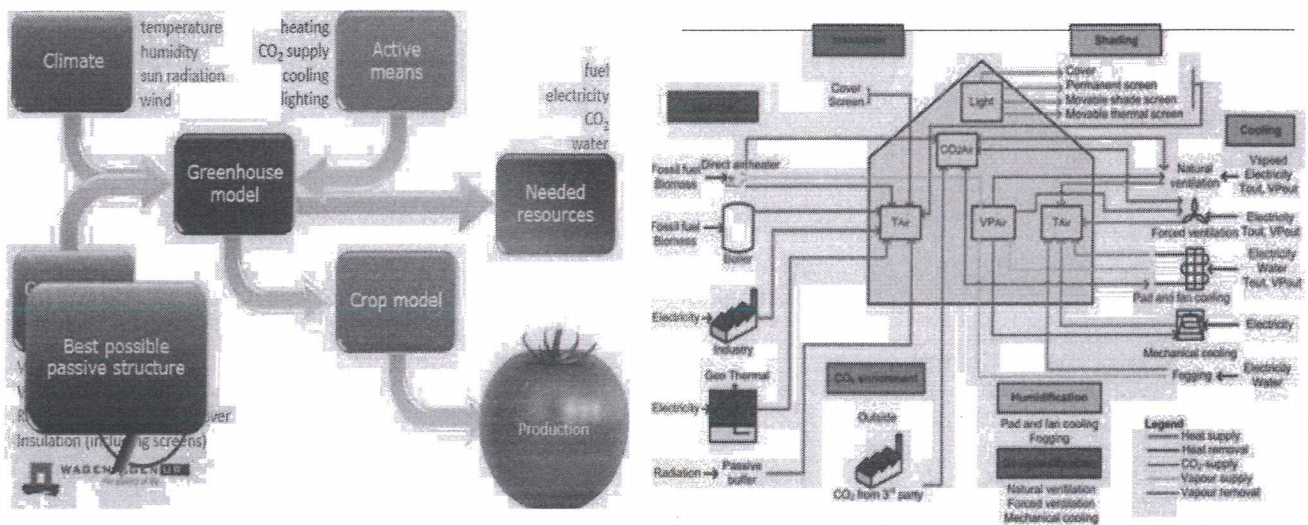
圖四 不同地區的天氣溫度曲線與太陽日照圖



圖五 農作物工廠

因此如何建立一具有創新的農作物生長環境也是非常重要的過程，課程中也指出其建立的步驟包括 1.探究(研究其實用性) 2.整合(尋找整體系統合適之技術) 3.實地展示(包含建立小型模擬平台/監控系統結果) 4.實際實行(進行實際應用) 5.最佳化等五個步驟。

經由不斷的整合研究與實行，並持續改善並建立與產業之聯誼平台，實際將其研究成果分享給產業界並落實到產業之應用。接著課程中也指出未來會影響農業溫室的主要因素分為：環境條件控制(溫室,氣候控制)、土壤(可取代土壤之介質)、水資源節省(水耕法)、消耗能源之節省(永續能源應用)、化學品(生物成長控制)、勞力(物流與機器人應用)、培育技術、先進農作物管理與創業能力。而接續的課程也提及溫室的設計需要包括 1.光線、2.CO<sub>2</sub>、3.水及營養劑、4.溫度、5.濕度等控制因數。所以溫室的設計需要先了解農作物之生長模式進而設計出溫室的模式，並設計所需控制的變數，相關設計流程如圖六所示。



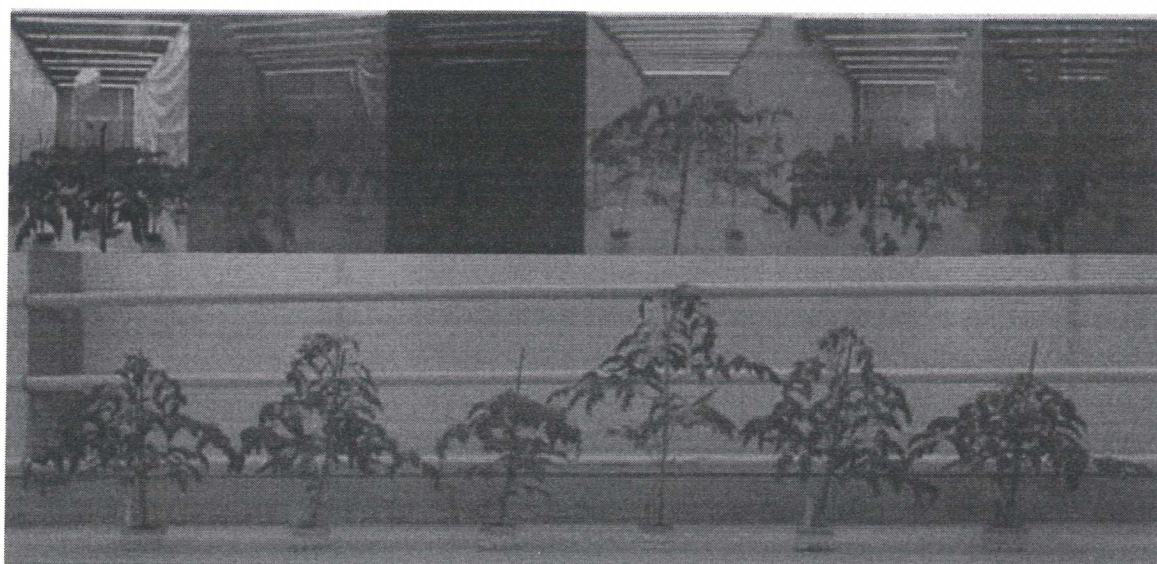
圖六 溫室設計之流程圖

課程中也針對溫室的各部分項目作一仔細地介紹，再針對光線部分，由於植物需要陽光來進行光合作用，因此如何創造出均勻且適合植物生長的陽光是十分重要的，陽光落至地面時，溫室的結構成為陽光通過的障礙。樑柱結構為不透明，對陽光吸收或反射。除了遮蔭網，電路導線，水管，加溫設備與加溫管，內循環風扇，加上裝置上方的人工光源，這些設備都成為陽光的障礙物。目前溫室用膜的光學性質主要有兩種：1.透光率高、2.適當的紫外線阻隔。且其披覆的種類其硬質材料包括玻璃、壓克力板、聚碳酸酯板；軟質披覆材料主要包括 PE、PVC、EVA、PO、PEP 等塑膠膜。但是荷蘭年平均日照時數冬季僅有 7.5 小時，因此對番茄、玫瑰等作物生產而言，光量明顯不足。而高緯

度地區在冬季低光照的影響下，會有延遲開花與產量降低的情形。所以荷蘭生產溫室中普遍以人工照明補光的方式達到周年生產及提高產量的目的，如圖七為常用於取代日照的燈源；且不同顏色的光會對於植物有不同的生長情形，如圖八所示。此外課程中業提供了相關不同溫室的光源的設計模式與作物成長模式，並進行作物成長分析，且荷蘭團隊已經發展出相關的程式可作為未來溫室設計的依據與參考。

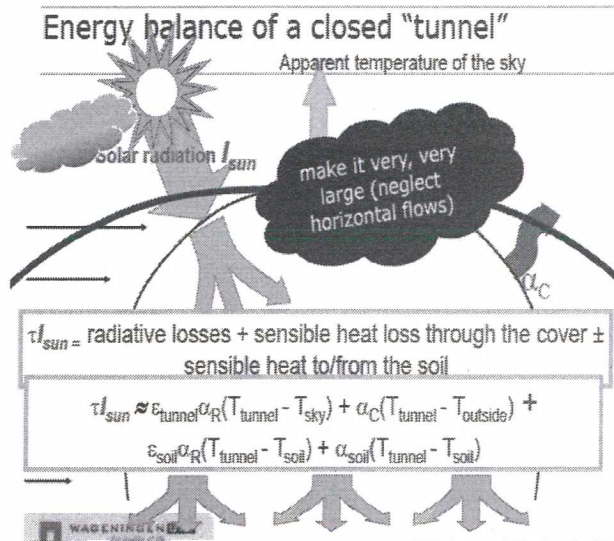
| 光源種類   | 可視光所佔比例 (%) | Wm <sup>2</sup><br>↓<br>μ mol/m <sup>2</sup> s | Klux<br>↓<br>μ mol/m <sup>2</sup> s |
|--------|-------------|--|-------------------------------------|
| 太陽光    | 71          | 4.45   | 18.13                               |
| 日光燈    | 96          | 5.61   | 13.65                               |
| 省電燈泡   | 89          | 5.80   | 14.33                               |
| 鹵素燈    | 46          | 0.63   | 19.08                               |
| 植物燈管   | 90          | 4.82   | 23.23                               |
| 偏紅植物燈管 | 97          | 5.30   | 27.87                               |
| 偏藍植物燈管 | 91          | 5.08   | 24.27                               |
| 白光LED  | 95          | 5.83   | 15.29                               |
| 紅光LED  | 99          | 5.22   | 84.71                               |
| 藍光LED  | 99          | 7.01   | 52.72                               |

圖七 使用於溫室之不同燈具光譜特性圖

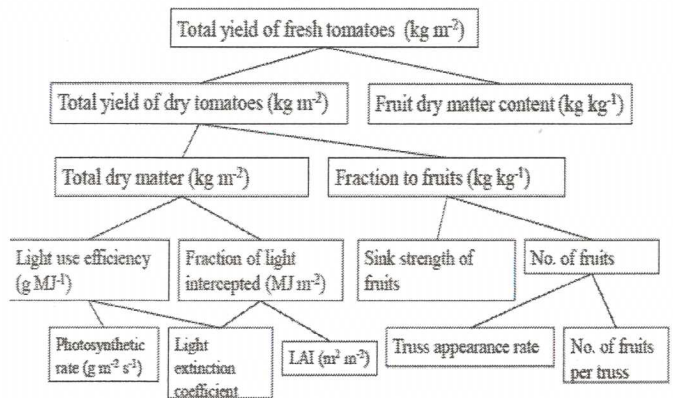


圖八 不同顏色燈源對作物之影響



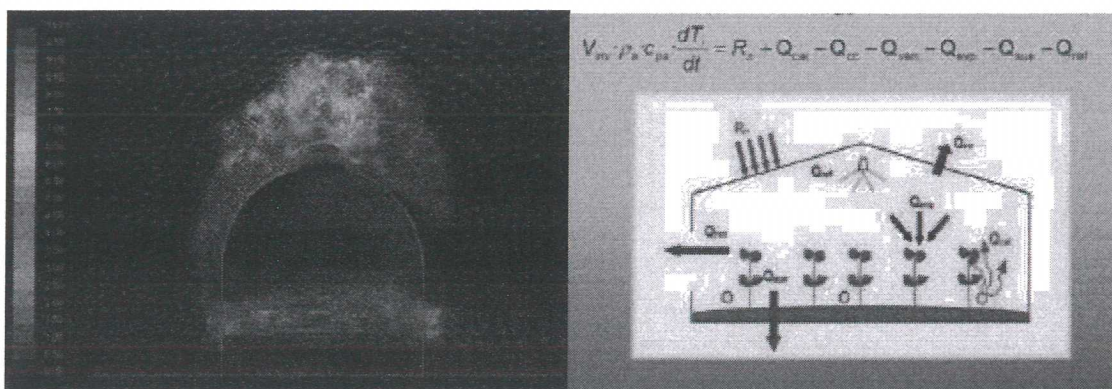


Component analysis: higher fresh fruit yield in modern cultivars



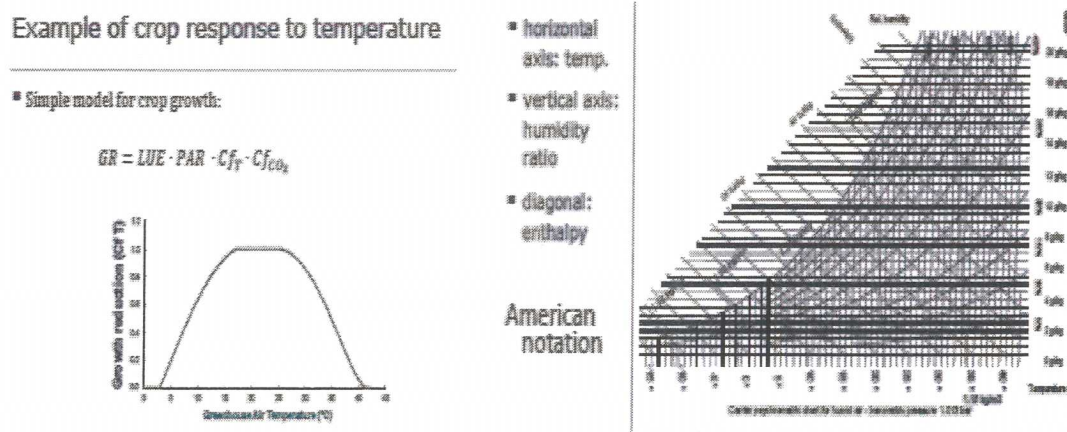
圖九 溫室光源與作物成長的估計模式

此外，為了能夠更準確的了解溫室的通風影響與溫度控制，適當的利用計算流體力學軟體將可以更完整的模擬出正確的氣流場與溫室內部的溫度分布情況。針對溫室之模擬分析模式主要為能量守恆方程式，其熱流動來源包含太陽光之照射、溫室與外界散熱、土壤與溫室之熱交換、植物之吸熱與蒸騰散熱、通風孔之散熱等因子。且模型中若考慮太陽光熱輻射之效應，將能更正確的分析植物在溫室內生長時所處的環境，圖十顯示利用計算流體數值模擬所得的結果與相關分析之能量模式。此外，由於台灣地區位於亞熱帶區，平均氣溫較高，造成夏天土壤溫度十分高，其氣流之浮力項室需要仔細考慮的。且由於溫度太高不利於植物生長，因此在溫室設計時需要考慮通風之設計以達成溫室降溫之效果，也可以增加外界進入溫室的  $CO_2$  氣體量。



圖十 計算流體數值模擬所得的結果與相關分析之能量模式

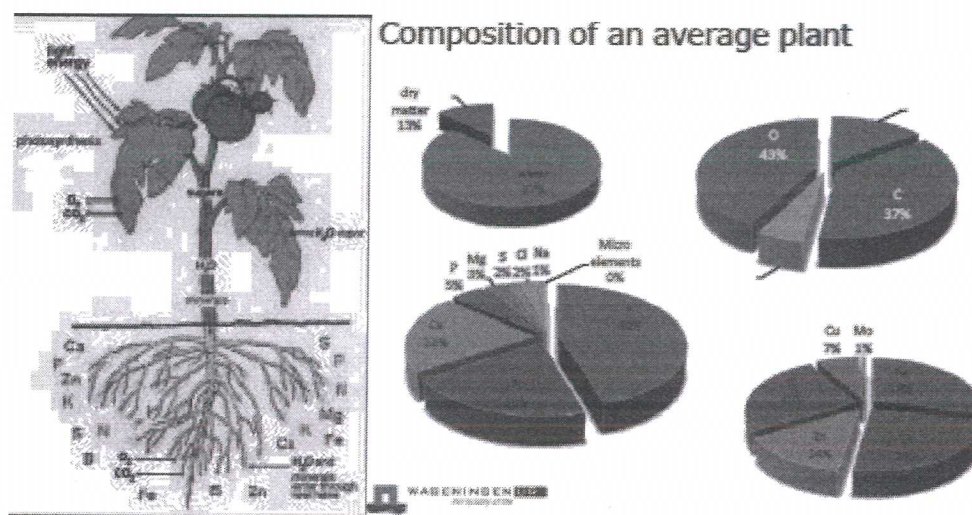
而接續的課程也說明如何建立跟溫度跟 CO<sub>2</sub> 濃度有關的植物生長模型，其模型如圖十一所示，且植物生長與溫度與濕度有相當大的關係，因此設計溫室時，空氣熱力圖就顯得十分重要。以荷蘭而言，由於冬天十分寒冷，且氣候屬於大陸型氣候較為乾冷，因此需要透過加熱裝置與噴霧裝置進行溫度之上升與濕度之調整，及是進行加熱加濕之過程。而對於台灣而言，其濕度與溫度對於植物之生長均較高，因此對於溫室之設計需有冷卻除濕之功能設計，以適合植物生長需求，而這些軍可以由空氣熱力圖進行相關設計。



圖十一 植物生長模型與空氣熱力圖

另外植物生長時，除了溫室之溫溼度控制非常重要外，植物本身生長所需的養分也非常重要，由於維管束中運輸水分的構造叫做木質部，運輸養分的叫韌皮部，而土壤中的水分及礦物質由根毛進入植物體內，到達根部的維管束後，由維管束的木質部運送到莖及葉等各部分的細胞。植物葉所產生的養分由葉部維管束內的韌皮部運送到莖及根各部分的細胞，供植物細胞利用或儲藏。且植物體內水分上升的原理：(1)葉部的蒸散作用；(2)輸送水分的細胞呈毛細管現象；(3)水分子間的吸力；(4)根壓的作用。如圖十二所示。植物為了維持正常的生長、發育、開花和結果，必須吸收多種不同元素。大量元素包含 C、H、O、N、P、K、Ca、Mg、S，而微量元素則有 Cl、B、Mn、Zn、Cu、Mo、Fe 等。其中 C、H、O 主要來自空氣中的 CO<sub>2</sub> 和根部所吸收的 H<sub>2</sub>O，其餘元素主要以無機鹽的形式，由根部吸收進入植物體。且在白天時，由於有葉片的蒸騰作用，木質部的壓力較低，營養液是被動的被牽引上至莖葉，而到晚上時，由於蒸騰作用較少，

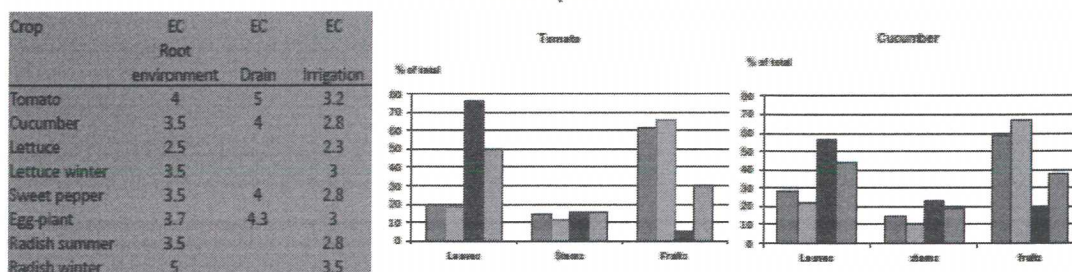
根部木質部壓力較大，其營養液的傳輸則需要根系之生理活動來進行吸取。圖十二顯示植物的營養物傳輸路徑與相關所需之元素。



圖十二 植物的營養物傳輸圖與植物生長相關所需之元素。

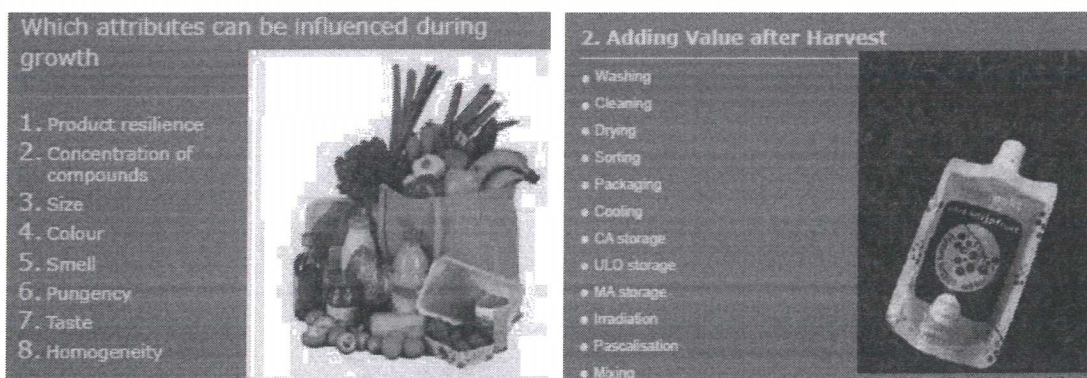
之後課程也介紹些許的培養液管理，近幾年來，無土栽培受到重視，在農業花卉上甚有遠景。其中最常被使用的技術為水耕栽培又稱為養液栽培，為無土栽培的方式之一。水耕栽培在發展上深具潛能，這種栽培方式主要是以液體營養液直接供應植物，使用種植基質上有固態及液態，甚至以懸空根部的方式種植。但由於培養液不像土壤具有非常大的緩衝能力，因此對養份濃度的容許範圍較小。培養液的組成關係著整個水耕栽培的成敗，需將植物生長所需的必要、次要元素及微量元素均勻地溶於水中，供植物吸收利用。若水質不良(如：污染、病蟲害)，對植株的傷害亦較土壤栽培者直接、快速。培養液的 pH 值需維持在 5.5~6.5 間，否則養份不易吸收。其中課程也針對培養液濃度量測(利用電導度 EC 值作為量測)，圖十四顯示相關作物其環境與栽種之 EC 控制值。另外由於種植不同之作物其培養液均織成分也需不同，且不同離子對其莖、葉、果實之成長均有不同影響，圖十三也顯示出 normal(中藍色)、K(橘色)、Ca(深藍色)、Mg(天藍色)對番茄與小黃瓜不同部位成長所需的影響。

Distribution of K, Ca and Mg in the plant, in % of the total uptake



圖十三 相關作物其環境與栽種之 EC 控制值與不同離子對作物不同部位生長影響

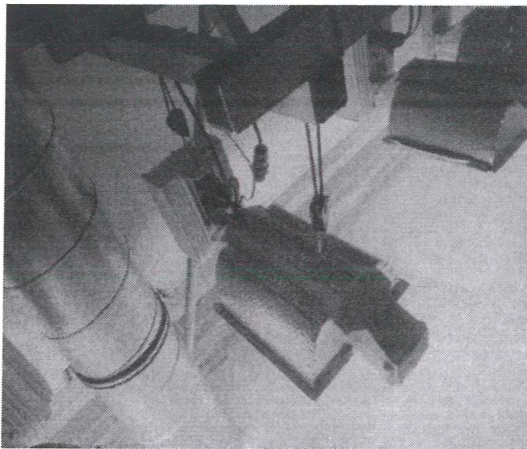
此外課程中也對顧客的行為分析方法與品管物流分析也做一介紹，在種植前農夫需要對作物之結果進行相關成長控制，而對於顧客在購買時較重視的因素包含產品適應力、作物之成分、大小、顏色、香味、口感、均一性等等。而在採收後由於作物均有食用期限，因此需要對收成的作物進行整理分類、運送、儲存等等流程，如圖十四所示。因此整個農業生產是需要考慮到主要生產者、物流、經銷商與顧客間的整合與分工了解。課程中也提到生產者應該也需要能夠與顧客直接溝通。這樣才可以建立最佳的產銷制度。



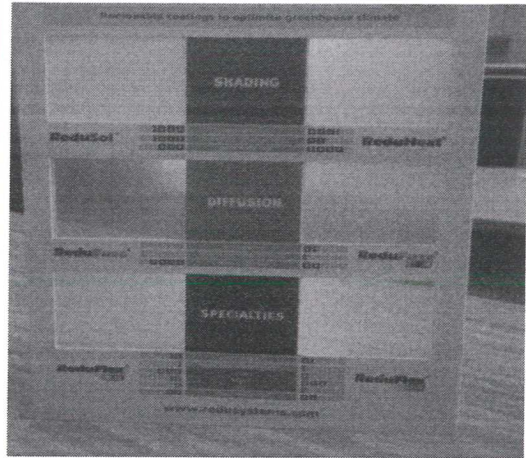
圖十四 生產期間與收成後須考慮之因素

而在第二周課程後期時，課程中也將前面所教授的知識再做一總結，並指出其關聯性，圖十五說明在溫室設計時需要考慮的設計因素與其連結。而建年來荷蘭溫室發展著重環境親善，目標於 2030 年以永續能源取代 30% 的石化燃料；因此荷蘭農部在 2011 年投入 1,800 萬歐元於永續溫室生產體系的研發，包括：太陽能的使用、提升光能利用

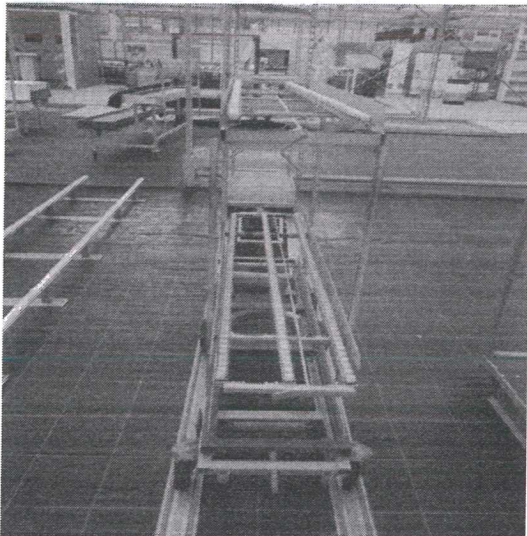




燈源設計公司之量測設備



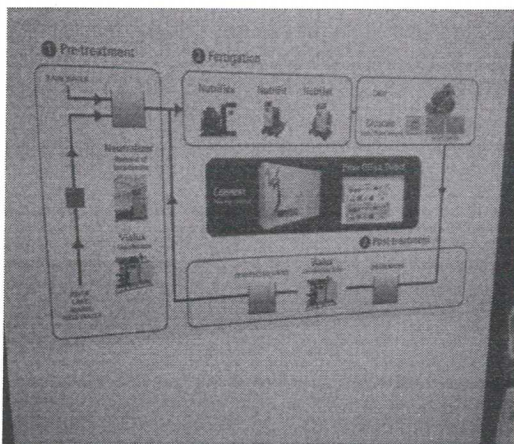
光學膜片公司之光學膜



溫室運送機械公司



實際盆栽溫室



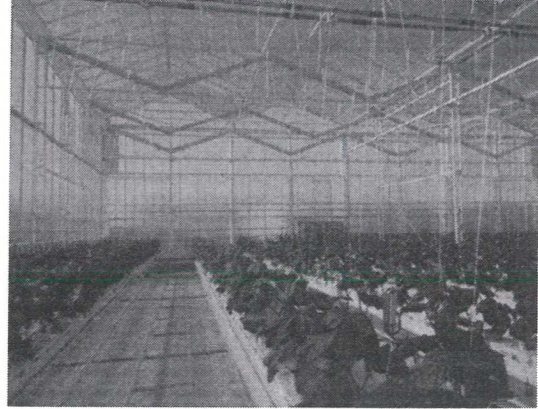
自動灌溉設備公司設計圖



花卉銷售市場



蘭花培養溫室



Wageningen University 實驗溫室

### 三、心得及建議

最後，本次出國參加國際研討會能夠獲得本校補助，在此特別致謝教育部與國立屏東科技大學與本校典範科技大學的贊助，讓我們能夠大開眼界並學習到溫室設計到農作物產銷供應鏈之相關知識。也由於本次我們參加課程之團隊也是包括各領域的專家，包含生物科技、農業、防災、食品科學、化工科學、機械、能源、光電、資工等領域。在課程中也發現荷蘭溫室師資團隊也是跨領域的團隊，也由於我們此次派遣之團隊也是跨領域團隊，因此在課程中也發現，當講授到某特定主題時，我們也有相對定的專家老師，因此在課程中我也學習得相當迅速，大家相互教授各所知的技術並相互討論，獲得相當多。因此也驚嘆到荷蘭在技術跨領域整合方面做得十分徹底，所以在拓展至產業時可十分迅速。且課程中與授課教師閒談時發現，他們在研究所以上均用英文授課，僅在大學部時使用荷蘭文，讓學生具有國際溝通之能力。且在博士班時，老師收博士生時需要有產業認養才可收博士，這些博士生也需要去公司工作兼修讀博士，一旦老師有收博士生時，政府也會補助一些研究經費。亦即其研究之成果可以立即移轉到產業上，並且與產業沒有脫節，此制度讓我覺得十分值得學習效仿。此外 wageningen 大學為了要能夠讓學術與產業結合，也與廠商定期舉行聚會討論，此舉不但能夠尋找更多的產業投入，並可以讓老師的知識擴展到產業中，促進更多的產學合作交流。因此經由這次的研習後，我有些許的建議：

1. 建議能夠建立一產官學的跨領域合作機制，藉由結合跨領域的專家學者與企業，初期定期進行聚會與討論，並藉由相互交流了解信任並討論出相關需求，並找出有能力之跨領域專家團隊，再從政府與企業尋求相關經費成立一整合研究中心，進行相關農業教育推廣、溫室技術研發等等活動，進而提升我國農業技術。
2. 台灣由於其地理位置其實是一個適合農業發展之國家，許多相關技術也領先荷蘭，但缺乏整合單位，且本次出國研習後，後續雖有相關教材與活動，但並無相關經費支持將我們這些跨領域的教師持續整合並將課程所學的溫室實際技術製作出來，各領域老師也只好回歸原本專長之研究，甚為可惜。



3. 經過本次研習後深刻發現，荷蘭土地面積與人口均與台灣相近，且土地鹽化嚴重，冬天氣候不佳。但他們可以克服相關環境因素創造出高產值的農業，相對我國土地肥沃，氣候優良，但從事農業產業似乎還擺脫不了悲情，因此需要建立新農業的思維，政府也需要協助我國農業擴大產業規模，以增加我國農業之競爭力。
4. 觀摩荷蘭展銷公司運作方式，其展銷公司之股東也一定是提供作物之農民，此一制度在受到農損時可藉由展銷之價格提高，藉由展銷公司之獲利也提供了農民的另一份保障，值得我國學習借鏡。
5. 此外在本次研習中另外個人所感受到的另一種思維，在荷蘭幾乎所有的人英文能力頗佳，連農民英文也不錯。也深刻感受到荷蘭為何能夠作為歐洲國際貿易的出入口，其主要原因有可能是其英文教育十分優異，讓其能夠縮短進入國際的門檻，因此同為土地面積較小的台灣，也希望我國能夠加強技職領域的英文教育，讓我國培養的學生能夠更容易與全世界溝通。

在此再度感謝教育部與相關協助人員能夠讓我參加本次研習，此行讓我獲益良多，再次感謝。

## 四、附錄