

行政院國家科學委員會開發型產學合作計畫－"設施果樹（高接梨及枇杷）有機化栽培  
關鍵技術之整合開發與產業化運用(I)" 出差日本參訪設施栽培植物工場田野調查心得  
報告

出差地點：日本名古屋、豐田市岡崎、豐川市、浜松市、浜名湖花博、靜岡縣立果樹  
公園、靜岡縣掛川市、東京中央區植物工場研究所、東京大手町パソナ O2(オーツー)、  
千葉縣植物工場門市

出差期間：98 年 4 月 3 日~4 月 9 日

報告人：行政院農業委員會農業試驗所研究員施昭彰

## 一、 中英文摘要

主持人施昭彰於 98 年 4 月 3 日至 4 月 9 日赴日本名古屋、豐田市岡崎、豐川  
市、浜松市、浜名湖花博、靜岡縣立果樹公園、靜岡縣掛川市、東京、千葉縣，  
進行設施栽培植物工場田野調查。本田野考察報告將日本的設施栽培、市場狀況，  
農業經營的一些看法臚列於後，以供有司於制定政策及有志於植物工場化之企業  
於規劃發展時之參考。

Dr. Jau-chang Shih (Senior Horticulturist of Agricultural Research Institute,  
COA) took an academic investigation on the crops cultivation under the structure  
from APRIL 3 till APRIL 9, 2009 in Japan.

This report points out the situations of the crops cultivation under the structure,  
market conditions, some of the views of the agricultural business in Japan. Maybe it's  
useful for the policy makers and those enterprisers, who are interested in the planning  
and development of crops cultivation under the structure.

## 二、 目的

赴日本參訪植物工場果蔬設施栽培，借重日本多颱風地區設施防風及果蔬設  
施有機化生產的技術及經驗，考察台灣未來應採行的設施栽培方式、某些種類產  
品的市場狀況及台灣極早熟、優質、安全高接梨及枇杷將來輸日之潛力與可能的  
銷售方式。

## 三、 行程

98 年 3 月 28 日 桃園中正機場出發經大阪關西國際機場轉名古屋。

98 年 4 月 3 日 名古屋-愛知縣豐田市。

98 年 4 月 4 日 豐田市岡崎番茄設施栽培-豐川市-浜松市溫室網紋香瓜及生菜設  
施栽培-浜名湖花博。

98 年 4 月 5 日 靜岡縣立果樹公園設施栽培。

98 年 4 月 6 日 靜岡縣掛川市參觀花鳥園、草莓及藍莓設施栽培。

98 年 4 月 7 日 東京都參觀植物工場。

98 年 4 月 8 日 千葉縣參觀植物工場門市。

98 年 4 月 9 日 返台。

#### 四、心得

##### (一) 日本植物工場的發展

台灣農業與日本農業的發展進程極為相似，幾乎可以說台灣是踏著日本的足跡前進，由日本農業發展的軌跡可以推估台灣將要走的下一步極可能會是什麼！日本走過農業機械化，保護過頭斷喪了日本農業的競爭力，現正面臨農業人口老化、年輕人不願從農、進口廉價農產品來勢洶洶等等困境，自 1997 至 2007 十年間日本農業總產值驟降約 2 兆日圓，衰退幅度極為驚人。面臨困境、解決問題所提出的對策與利器，對外是品種權利保護的伸張與進口農產品農藥殘毒的嚴格檢查；對內是農業生產技術的升級——全力朝植物工場化邁進！

日本農業總產出額	
年份	生產額(億日圓)
平成 9 年 (1997)	99,886
平成 19 年 (2007)	81,927

植物工場是繼溫室栽培之後發展的一種高度專業化、科技化的設施農業。它與溫室生產不同點在於完全擺脫露天下自然氣候條件的制約，以先進技術設備，依賴農工知識控制環境條件，全年均衡供應農產品。由於全部是室內作業，所以病蟲害較少，基本上不用農藥，可生產安全蔬果，從食品安全角度來講，有一定的優勢。另一方面由於自動調控環境，生長週期短，可隨時提供各類蔬果。生產效率高、市場適應性較強，是它的優勢所在。植物工場比一般農業能夠充分利用空間，除了農地外，工業區、店鋪、辦公室、住宅都能加以利用，因而僱用從業人員比較容易；而在技術創新方面，能夠帶動 LED 等高效率低耗能光源、太陽能等未利用能源、生產管理機器人、機械設備、高效率生產品種改良等周邊產業的開發。

日本植物工場的最新技術為：

- 人工補光技術，包括螢光燈近距離高效間歇補光、高壓鈉燈超廣角燈具的開發從發光二極體 (LED)、鐳射二極體 (LD) 等新型光源的研製；
- 營養液殺菌系統的開發；

- 利用圖像處理和通訊技術進行遠距離栽培管理；
- 閉鎖式生態生命支援系統（CELSS）的研究；
- 功能性無農藥蔬菜及品質評價；
- 植物工場規劃設計的虛擬技術；
- 利用生物技術進行組培和育種的研究；
- 栽培管理的資訊化、網路化和智慧化等。

基於以上好處，日本政府最近宣告：3年內要增加150處植物工場，產量要增加為目前的5倍。為達到此一目標，日本政府推動植物工場的行動綱領是：

### 1. 產官學一體推進策略

產：生產、販賣擴大。官：制度改善。學：研究推進。

### 2. 農工商連手推進

- 民間業者生產（非農地農企業加入）。
- 生產蔬菜等販賣確保策略（商業模式）。

### 3. 產官學合力解決技術問題

- 環境調控、自動化、節能化、新能源等技術開發；推動低成本資材開發。
- 新項目委託研究。

### 4. 支援植物工場普及與擴大

- 食品製造業者等連携基本模式的設施整備支援檢討。
- 能源（工場廢熱等之有效利用）、基礎設施（水電等）工業等立地支援（經濟產業省連携）。
- 省能源化、新能源活用支援（經濟產業省連携）。
- 其他政策支援。

但是植物工場有它的侷限性：

- 它不強調土地開發，而是鼓勵離地生產蔬果，在解決年輕人不願待在農村的同時，必然促使更多的人離農，因此，農村荒地問題將更加嚴重。
- 植物工場和農村自然生產蔬菜相比，要增加營養液、電腦、機器人、照明用電費，這必然加大農業生產成本，甚至比一般設施栽培的成本更高（見下表）。
- 日本農產品價格本來就高，如何消化生產成本是個大問題，在經濟衰退的情況下，轉嫁給消費者當然不太現實。
- 植物工場和農村自然生產的蔬菜品質相比，缺乏自然陽光、有機土壤滋潤，品質、風味遠遜。
- 植物工場內可以栽植的作物種類極為有限，除了生菜、芽菜類之外，某些果菜類、水果類如草莓等在植物工場（尤其是完全控制型）內缺乏四

季自然變化的韻律，生育欠佳，無法與露天或一般設施下生產產品品質相比。

### ○植物工場と施設生産の10a当たりのコスト比較(事例)

	植物工場※1 (A)	施設生産※2 (B)	A/B
設置コスト	3.1億円	1,800万円	17
運営コスト (光熱費)	1,860万円	40万円	47

※1 K社TSファームタイプ(720m<sup>2</sup>)の完全制御型施設の値に基づく

※2 ピニールハウスでハウレンソウ等の養液栽培を行うM農園(858m<sup>2</sup>)の値に基づく

資料:農林水産研究開発レポートNo.14 (2005)

### (二) 日本的温室設施栽培與感想

從愛知縣及靜岡縣的傳統設施園藝產業發展看來，日本傳統塑膠布網溫室設施栽培應已發展到了一個瓶頸，許多設施老舊沒有更新，過去相當賺錢的產業如溫室網紋香瓜，以土耕的風味最佳，但由於市況不佳，農民不是紛紛改種生菜等短期葉菜就是廢耕，農村人口老化看了讓人怵目驚心，難道台灣也將走到這樣的境地、光景？一趟日本設施之旅走下來，心中五味雜陳，日本科技發展有先進、但產業競爭力則顯得落伍，先進的技術似乎無力與新興國家的後進發展態勢相搏。雖然積極朝植物工場化邁進，但面對的瓶頸及坎坷仍多，東京摩天大樓地下室內植物工場讓人驚嘆與驚艷的絢麗高科技，種出來的產品產量雖高、品質雖然安全，但吃起來沒什麼風味，遠不如歷經自然風霜淬煉的產品，千葉縣植物工場門市的零落，刻畫出對比強烈、扭曲的場景。科技必須與自然相依附、調和、補強，引出了一種新的思維，什麼是台灣將來農業應該走的路已經很明顯了！

花鳥園的設立在引導民眾走向自然、走向休閒、消除工作壓力，在這裡比較能看到農業的活力與希望，景觀溫室餐廳挑高 6 米以上的懸吊花盆以自走式電動升降機來作業整理、置換，似乎十分符合台灣將要發展的「設施內高密度喬化栽植系統」的需要。

### (三) 日本果品的市場售價

1. 枇杷 茂木L級 2,800¥/12粒/箱、1,980¥/7粒/盒、6,300¥/15粒/盒。(4月上旬)

2008年市場平均售價：4,127(溫室產2月)2,686(3月)1,968(4月)~1,002(5月)~634(6月)~553(7月) 円/公斤。

2009年東京大田市場平均售價：7,159(2月上旬)~8,335(2月中旬)~5,618(2月下旬)~6,195(溫室產2月)~3,193(3月上旬)~3,175(3月中旬)~2,023(3月下旬)~2,091(3月)~1,725(4月上旬)~1,610(4月中旬)~1,560(4月下旬)~1,421(4月)~1,511(5月上旬)~1,240(5月中旬)~870(5月下旬)~797(6月上旬)~799(6月中旬) 円/公斤。(註：3月中旬前大都為設施栽培)

2. 草莓 數年前豐香還是日本第一品種，今年在日本各大都市百貨超市及水果店都沒看到產品，日本草莓品種更替速度之快令人驚愕。甜王、越後姬 680~1,050 円/10粒/盒，愛莓 1,300/9粒/盒，章姬 1,000/18粒/盒，幸香、佐賀之香 580/10粒~1,580 円/20粒/箱，促銷時段幸香 299 円/10粒/盒(最便宜者)。(4月上旬，設施栽培)

2008/9年中央市場平均售價：777(4月)~662(5月)~840(6月)~1,516(7月)~2,029(8月)~2,181(9月)~2,152(10月)~1,567(11月)；1,277(12月上旬)~1,317(12月中旬)~1,560(12月下旬)~1,402(12月)~1,192(1月上旬)~1,008(1月中旬)~1,161(1月下旬)~1,090(1月)~1,174(2月上旬)~1,030(2月中旬)~1,028(2月下旬)~1,103(2月)~1,125(3月上旬)~1,060(3月中旬)~841(3月下旬)~953(3月)~769(4月上旬)~655(4月中旬)~729(4月下旬)~692(4月)~825(5月上旬)~622(5月中旬)~632(5月下旬)~773(6月上旬)~943(6月中旬) 円/公斤。

3. 混裝 枇杷 5粒+草莓 10粒 6,300 円/盒(B級)、枇杷 4粒+草莓 8粒 7,875 円/盒(A級)。(4月上旬，設施栽培)
4. 網紋香瓜 18,900 円/2粒/箱(頂級設施栽培)(4月上旬)。

2008/9年中央市場溫室網紋香瓜平均售價：1,249(3月)~1,067(4月)~623(5月)~534(6月)~594(7月)~498(8月)~387(9月)~535(10月)~665(11月)~1,021(12月)~1,192(1月)~1,471(2月)~1,483(3月)~1,080(4月) 円/公斤。

主要販賣市場平均價格—

2008年：954(4月上旬)~694(4月中旬)~541(4月下旬)~633(4月)~458(5月上旬)~448(5月中旬)~435(5月下旬)~429(5月)~398(6月上旬)~375(6月中旬)~361(6月下旬)~352(6月)~359(7月上旬)~395(7月中旬)~425(7月下旬)~357(7月)~406(8月上旬)~361(8月中旬)~285(8月下旬)~347(8月)~271(9月上旬)~319(9月中旬)~411(9月下旬)~308(9月) 円/公斤；

2009年：955(4月上旬)~685(4月中旬)~603(4月下旬)~545(5月上旬)

~484 (5月中旬) ~341 (5月下旬) ~305 (6月上旬) ~312 (6月中旬) ㄩ/公斤。

5. 芒果 宮崎縣溫室產 15,000ㄩ/2粒/盒(頂級), 1,500ㄩ/1粒(小如鴨蛋)。(設施栽培)(4月上旬)
6. 梨 2008年市場平均售價: 377(8月上旬) ~326(8月中旬) ~243(8月下旬) ~209(9月上旬) ~213(9月中旬) ~207(9月下旬) ~193(10月上旬) ~200(10月中旬) ~215(10月下旬) ㄩ/公斤。

2008/9年中央市場平均售價: 214(3月) ~189(4月) ~165(5月) ~1,007(6月) ~450(7月) ~300(8月) ~206(9月) ~190(10月) ~195(11月) ~240(12月) ~234(1月) ~230(2月) ~200(3月) ~174(4月) ㄩ/公斤。

#### (四) 日本市場可能是台灣早熟優質安全果品的最佳出路

由上述不同產品月別市場價格看來，台灣育成枇杷新品種的市場機會在12月至3月間，如果栽培技術可以再提前、品種可以更早熟，當然台灣的勝算更大；草莓的機會在7~11月間，前提必須是：首先，台灣有自育優良品種或是優良但已喪失日本品種權之老品種，其次能有突破氣候限制之有機化栽培技術及高產方法，那台灣草莓就有機會出口到日本市場；網紋香瓜的出口機會在12月至4月間，品種與栽培技術方法之前提與草莓雷同；由於市場及價格條件極佳，台灣應該容易出口芒果到日本，但受限於傳統栽植技術與用藥觀念，加以很難克服炭疽病及果實蠅危害，優質及安全果品良率不高；台灣優質早熟安全高接梨的日本市場機會在6、7兩個月份，以台灣自育綠皮優質品種玉金香及早生黃金，極有機會填補日本最缺乏東方梨的這兩個月真空市場。

### 五、 結論

日本集中全力發展植物工場，雖然其經濟效益在日本泡沫經濟長期影響下備受質疑，發展也相當遲緩，但是日本政府選定其為未來重點發展項目也是需要注意及觀察，尤其是完全控制型的植物工場，台灣發展條件比較不具備，但是對於某些台灣有比較優勢的種類、項目，太陽光併用型植物工場將是台灣發展的強項，理由如下：

台灣發展太陽光併用型植物工場相較於日、荷等先進國家的優勢：

(一) 能源上 因 1.不需補光；2.不需加溫；3.強日照時，以遮陰與水分蒸發、通風換氣降溫即可，所以生產單位乾物質的能耗極為節省。

(二) 空間上 因 1.光線供應充足；2.日長不太長也不太短，易於調控；3.年溫差小，最冷月均溫較高，最熱月均溫相對較低，易於調控；4.地理位置、微氣候極為特殊，全球少有可匹配競爭者。5.設施內除了長期主要作物之外還可發展短期副產品，以充分利用既有設施的功能。

(三) 市場上 對於某些台灣有比較優勢的種類、項目，台灣產品有早熟、優質、高產、安全的特質。

目前在歐、美、日的一些溫室應用電腦調控作物生產環境，發展出多種調控軟體系統。但是無論那種軟體系統都需要以精確的瞭解作物及病蟲害對微氣候環境的生態生理反應為基礎，瞭解掌控了作物及病蟲害的發育規律和變化動態，就能提出有效對策，建立優質安全高效生產體系。

以溫度來說，植物的生長發育及病蟲害的發生對溫度反應的敏感性早為人知，在設施中至少有下列三種溫度關係可以調控：1. 日、夜溫；2. 地下根系與地上莖葉部之間的溫度關係；3. 不同發育階段之間的溫度關係。這些溫度關係對同種植物生長發育的影響就錯綜複雜何況不同種的植物，而且品種之間也有懸殊的差異。因此需要積累大量的生理知識才能選擇出最佳的溫度調控方式。溫度之外，日長、光質、氣體濃度組成、水分營養狀況等都是變因。所以可以這麼說：「以現代科技工藝及關鍵生理知識、生物技術誘導作物基因潛能表現，同時保障作物不受病蟲害侵染，目前尚處於啟動階段，未知的遠遠多過已知的！」。對某一特定設施作物而言，微氣候環境調控虛擬實境的最佳化管理模式只有一個，而實際操作所需要的最佳化模式也只有一個，兩者如何對焦需要無數次持續的研發測試與修正！在找出最佳生長管理及調控系統模式之後，單一作物的植物工廠便開始運作，俟集成數個作物群體之後就可為市場提供更加豐富多元的優質、安全綠色健康食品。

就未來台灣農業發展的潮流與趨勢看：台灣的設施農業將以機械化、產業化、合理化、規模化、自動化的高科技管理向區域化、節能化、專業化的太陽光併用型植物工場發展邁進！品牌農業如無設施農業將無所揮灑，設施農業若無品牌農業也將無所附麗。

## 六、 建議

花卉產業是荷蘭的強項，基於長久以來的天時、地利、人和條件與發展基礎，台灣想要超越絕非容易的事，但是水果與蔬菜產業就不太一樣，肩負著國人健康重任，又能形成外銷優勢產業，是台灣應該積極發展之重點產業。在設施內以高科技管理生產優質、安全果蔬，台灣有如下的堅強基礎與發展遠景：

### （一）台灣果蔬設施栽培的發展遠景

台灣近年來推展農業自動化，坦白說成效不彰，主要原因在於：未聚焦於發展具全球比較優勢的重點產業項目；而且生產規模不足，無法彰顯自動化帶來的好處。既然台灣發展某些果蔬設施栽培具有全球相對優勢，因此應積極利用市場充沛資金和尖端技術朝太陽光併用型植物工場方向規劃發展。台灣氣候類型多樣，各地生態條件不一，果蔬設施栽培的發展也應與此相對應，在發展中充分考慮各地的氣候與生態條件和市場定位，以功能齊全、效能極高的植物工場設施系統實現生產模式的多元化與區域化。

果蔬種類、品種與生產模式的多元化，將大幅度增加設施產品的種類與品種數量、大幅度延長產品上市時間。在形成果蔬設施栽培產業化群體的過程中，首要豐富品類，增加適栽品種組成，改變品種單一的傾向，二要合理搭配不同熟期品種，調節產品上市時間，延長市場供應期；三要實現良種化，重點發展國際知名或具地方特色的優良品種。其次，在專業化的栽培設施型態與設計結構下將作物合理修剪定型、施肥灌溉、

病蟲害綜合防治及環境等因素調控與連年豐產技術模式化組裝配套，綜合運用以極大幅度提升經營效率。

生產模式的區域化將使設施產品的市場供應時段區隔，使每一氣候區域都有以本區域產品為主的市場消費時段，從而降低市場競爭壓力和生產經營風險。因此，各地區應研究找出本地區的氣候特點，重點研究開發並推廣能充分發揮本地區氣候特點的生產模式，開發並佔領屬於自己的消費市場。在規劃中應促進設施作物種類向條件適宜、交通方便地區進行區域化發展，逐步形成相對集中、優勢明顯的較大規模化果蔬設施栽培基地，進行果蔬設施栽培產業化群體的改造工程。

## （二）台灣果蔬設施今後重點研究方向

### 1. 新型設施的研製開發

設施研製應以經濟型、節能型為主，研究適宜的覆蓋材料、構型特徵、成本收益、功能控制等，逐步在儘量可能大的空間做最佳的利用，實現產業商業化生態生理的自動化控制，尤其是用能、節能技術的研發。

### 2. 選育適合設施栽培的品種

從目前產品產銷形勢看，應該把梨、枇杷、葡萄、草莓等樹種，作為設施栽培的主力，夏季葉菜類作為設施栽培的副產品。在果樹品種選擇上則應以需冷量低、自然休眠時間短、花粉量大、自花結實力強、早實豐產性好、果粒大、色澤鮮、品質好、耐貯運的早熟和極早熟品種為主，以晚熟和特晚熟品種延後栽培為輔。

### 3. 確立優質安全高效栽培技術管理模式

整套模式包括整形、修剪、嫁接、土肥水管理、生長發育及花期調控、生理障礙排除、病蟲害綜合防治及環境調控等管理技術。

- （1）根據不同樹齡，採相對應管理。幼齡期以促進生長為主；青壯期加強修剪、根系管理、適當密植、控制樹冠等措施控制生長、穩定產量；老年期則增施有機肥、重短截枝條，達到更新復壯。
- （2）建立適宜通風、降溫、升溫時程的調控模式。
- （3）以昆蟲授粉，提高果實座果率。
- （4）實施病蟲綜合防治，生產安全產品：A. 選用抗耐病品種；B. 種植前改良土壤、栽培介質，多施有機肥，起壟高畦栽植；C. 隨時剪除病枝，摘除病葉、病果，清掃落葉、落果，集中深埋；D. 科學用肥、用藥，使用生物製劑肥料、農藥；E. 建立作物生態生理與病蟲害發生生態脫鉤的設施環境管理技術體系。
- （5）重視採後綜合管理，實現連年豐產。設施果蔬栽培是促成栽培，成熟早，生長期較長，其生育情況直接影響花芽形成、下一季優質豐產。要重視採收前後的管理工作：A. 及早施禮肥和磷、鉀速效肥，加強葉面追肥，增加樹體營養，提高光合效能。B. 進行整枝修剪，調整樹型、栽植結構，建造合理樹形、栽植型態，以充分經營、利用光合作用效能。

#### **4. 強化生態生理特性研究**

觀察設施條件之下，果蔬生長發育規律，加強果蔬周年生長分析和生理方面的研究，探明各種環境因素與果蔬生長發育、產量和品質之間的相關性及最佳生長模式。積極研究不同種類、品種溫度需求量，營養的吸收、分配與運轉規律等。

#### **5. 進行產業化發展配套體系研究**

加強與產業化發展相關的生產基地建設、包裝、保鮮貯藏、運銷等方面的連結，建立健全產—銷—市場訊息服務體系，逐步更新國內市場、開發國際市場。

#### **6. 全面掌握應用果樹設施栽培微氣候環境的調控技術**

設施內溫度、光照和空氣成分等微環境調控是設施栽培成敗的關鍵，要根據果蔬不同品種、不同時期促花、開花、座果等的需求，進行有效調控。