

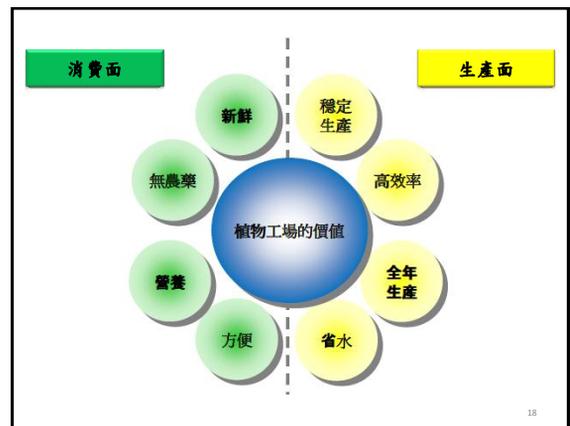
### 植物工廠與傳統栽培之比較

能耗比較 (以短期葉菜類為例)

	露地栽培	植物工廠栽培
整地	√	×
開溝作畦	√	×
灌溉用水	100%	< 10%
噴藥	√	×
施肥	多	少
運輸(碳足跡)進口	√	在地生產
儲藏	√	短期、在地銷售
收穫後處理損失	廢棄物多	極少
溫控	×	√
光控	×	√
可控度	差	可預期、自動化
最佳化	難	資源利用最大化
再生能源利用	難	太陽能、風能、生質能等

### 市場、品質、社會、風險之比較

	露地栽培	植物工廠栽培
市場定位	一般、傳統	高品質、安全
品質：沒有農藥	×	√
沒有重金屬	×	√
低生菌數	×	√
低硝酸鹽	×	√
特定營養	不容易掌控	可調控
社會：價格穩定	×	√
工作環境佳	×	√
工作輕省	×	√
風險：天災影響	極大	極小
病蟲害風險	高	低





## 農業的演進

傳統農業 → 設施農業 → 植物工廠

露天



太陽光利用型植物工廠

隧道



完全人工光型植物工廠

簡易溫室



鋼骨溫室



**植物工廠的特徵與前景**

- 計畫性生產：穩定供給與收入
- 壓倒性的生產力：實現高產量
- 營養、色彩、味道的控制：高品質、低細菌、低(無)農藥、了差別性
- 不受地理位置限制：系統使用之地/銷售地
- 多樣的人才：創造就業機會

成本高了，風險低了，產能高了，對環境的影響小了  
產品品質高了，資源使用效能也高了

## 什麼是植物工廠？

- 一種環境控制的
- 一種對環境友善的
- 一種高效能的
- 一種穩態量產的
- 一種可確保產品品質的
- 一種可確保產品安全的

}

植物生產系統

少受天候干擾



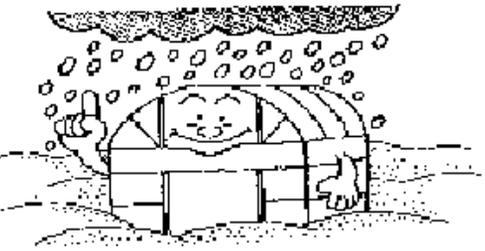
不須廣大土地





資源使用節約

### 酷寒/酷熱地



不毛地

畸零地



無農藥

無病蟲害

低生菌數

無重金屬

低硝酸鹽

低排放

無耗損

### 為何鮮食蔬菜類會是十大致病食物之首？

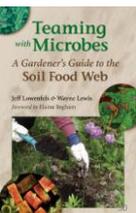
生菌數

- 傳統土耕蔬菜的生菌數為  $10^6$  個/g
- 鮮食蔬菜的生菌數需小於  $10^3$  個/g



台北縣 牛排館生菜含菌超標2.2倍 恐爆病  
完備 39.950 12:35 皇鼎園孩子南山 到現在並未推出完





Teaming with Microbes  
A Gardener's Guide to the Soil Food Web  
Jeff Lowenthal & Maria Lewis  
Foreword by Elaine Inghel

### 什麼是**安全(高品質)**的蔬菜？

#### 熟食蔬菜

- 無農藥殘留
- 無重金屬污染
- 低硝酸鹽

**AAA 兩無一低**

#### 鮮食蔬菜

- 左側三項
- +
- 低生菌數

**AAAA兩無兩低**

### 什麼是**安全方便**的蔬菜？

#### 熟食蔬菜

**AAA 兩無一低**

#### 鮮食蔬菜

**AAAA兩無兩低**

加上**免洗**

- 傳統土耕蔬菜的生菌數為  $10^6$  個/g
- 鮮食蔬菜的生菌數需小於  $10^3$  個/g
- 植物工廠栽培可控制在小於  $10^3$  個/g，只有土耕的 **1/1000**

生菌數

### 什麼是**安全方便健康**的蔬菜？

#### 熟食蔬菜

**AAA 兩無一低**

#### 鮮食蔬菜

**AAAA兩無兩低**

加上**免洗**

再加上**超新鮮、高營養**

### 現代人健康之道—多蔬少肉

- 人體攝入的硝酸鹽，在體內細菌的作用下，會被還原成亞硝酸鹽，並可進一步形成強力的致癌物質亞硝胺。
- 農業上開始大量施用合成的氮肥之後，1960年代相繼發生許多重要症的病例...
- 許多牧場以剛施過氮肥的牧草餵食牲畜，引致許多牛羊群體暴斃的案例...
- 飲用水遭硝酸鹽污染地區的居民罹癌率高...

### 環保救地球之道—多蔬少肉

- 但是
  - 氮/磷肥與農藥施用過度
  - 汙染土地、汙染河川、汙染海洋、汙染地下水
  - 水池、水庫、湖泊優養化，海洋藻華現象



蔬菜硝酸鹽過量 恐罹癌症

14 高牧產農畜年額 10/200-31 彰化溪州

#### 花蓮無毒蔬菜

台大楊利廷調查  
花蓮無毒農業蔬菜產品硝酸鹽檢測(依均值法)

蔬菜種類	硝酸鹽含量 (ppm)	蔬菜種類	硝酸鹽含量 (ppm)
納油白菜	5000	莧菜(A菜)	3600
山芹菜	4867	綠花菜	3175
小白菜	4760	梅山菜	2350
山梗菜	4357	龍鬚菜	1650
日本茼蒿	4033	紅鳳菜	1583
香花菜	3800	綠球莖菜	800

硝酸鹽 NO<sub>3</sub> 須控制在 2,000 ppm 以下  
方，2009年發表



菜硝酸鹽 超標

TOP NEWS

#### 市售有機蔬菜

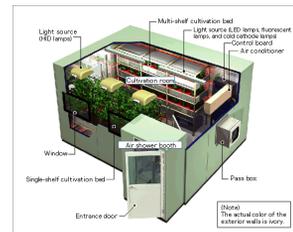
有機蔬菜品種	硝酸鹽濃度 (ppm)
統一有機甜菜	4535
聯勝有機茼蒿	7000
聯勝有機水高菜(A菜)	3867
妙慶有機字仔白菜	5835
統一有機茼蒿	1650

硝酸鹽 NO<sub>3</sub> 須控制在 2,000 ppm 以下  
方，2011年發表

### 安全健康方便的(鮮食)蔬菜哪裡找？

- 無農藥殘留
- 無重金屬污染
- 低生菌數
- 低硝酸鹽
- 免洗
- 超新鮮
- 高營養

只有植物工廠能提供



## 植物工廠八不怕

不怕雨打、不怕風吹  
 不怕菌襲、不怕蟲侵  
 不怕光弱、不怕光強  
 不怕乾溼、不怕冷熱

37

高產能
超新鮮  
好口感
高品質

38

單位面積  
生產力高

十畝田不如一畝園

39

完全人工光控制型  
植物工廠

電能：市電、  
再生能源(風力、太陽能、  
燃料電池、生質能源)

富

絕熱材料：  
屋頂、四壁、  
地板

人工光源

空氣調節  
內循環

多層式  
立體栽培床架

多種作物  
多種栽培系統

40

知識經濟時代  
體驗經濟時代

學得快、學得徹底、錯得少

41

### 農業由3K到3C的轉變!

日本稱植物工廠為  
21世紀的新科技農業，也是新3C產業：

3K產業	3C產業
<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ Kitanaï , 汚い 骯髒</li> <li>◎ Kiken , 危險 危險</li> <li>◎ Kitsui , きつい 辛苦</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ Clean 〇 潔淨</li> <li>◎ Clear 〇 透明</li> <li>◎ COOL 〇 產地認證 Certification Of Origin Labeling</li> </ul>

42

### 植物工廠可確保的**五不變**

產期不變  
品質不變  
產能不變  
成本不變  
價格不變

43

### 工作環境舒適化



### 植物工廠帶來**六種變化**

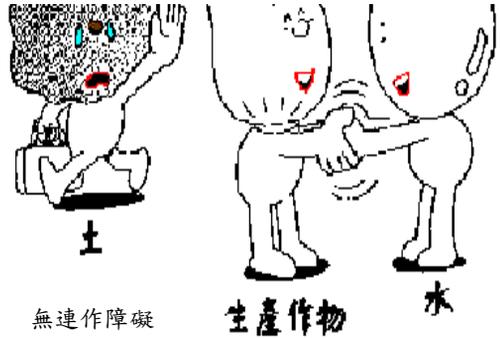
傳統農業

室外變室內  
平面變立體  
工作變輕鬆  
環境變舒適  
務農變上班  
收穫變穩定

環控農業

45

### 與水耕技術結合



無連作障礙

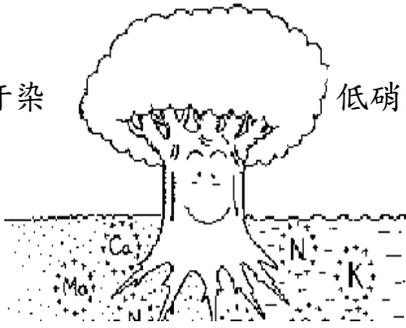
生產作物

水

46

低汙染

低硝酸鹽



營養液循環使用  
可隨時監測與調整

47

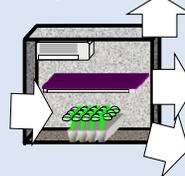
完全人工光源型植物工廠-從水資源角度是否合算?

用水效率計算 Water utilization efficiency

$$= \frac{\text{Dehumidified} - \text{Ventilated}}{\text{Irrigated}} = \frac{(2100 - 58)}{2100} = 0.97$$

Dehumidified by heat pumps for re-use: 2000 kg

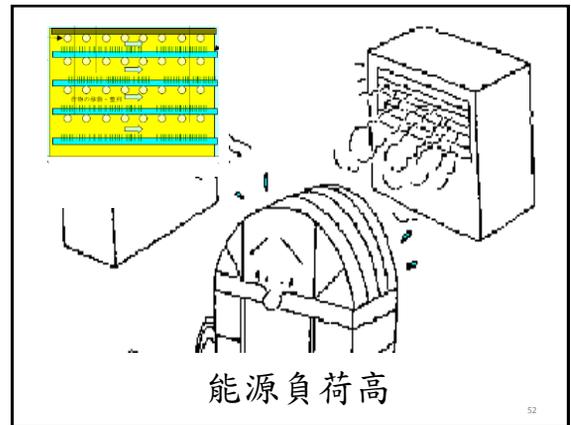
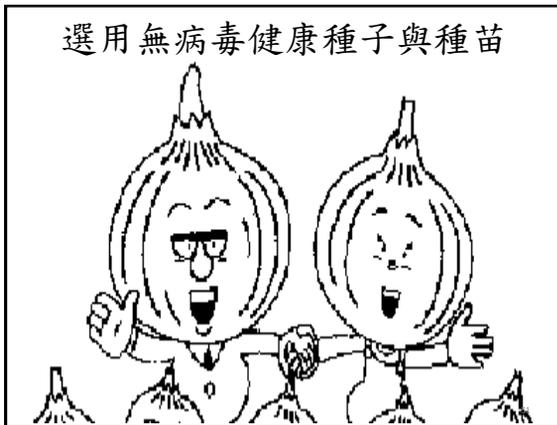
Irrigated:  
2100 kg



Increase in plants and substrate: 42 kg

Ventilated: 58 kg

48

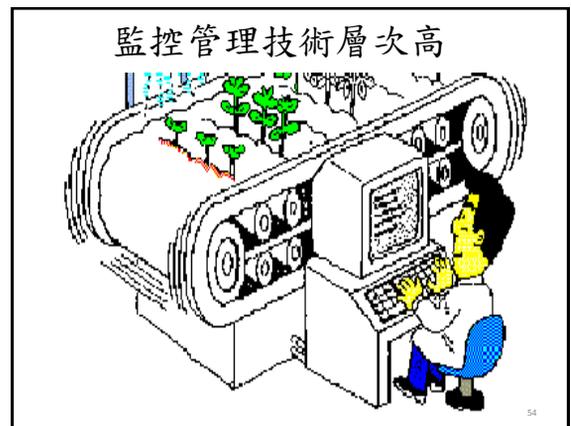


完全人工光源型植物工廠-使用冷氣是否很耗電？

假設使用 COP = 4 的空調熱泵

$$\text{冷氣電費} = \frac{\text{燈管電費}}{\text{COP}} = \frac{\text{燈管電費}}{4}$$

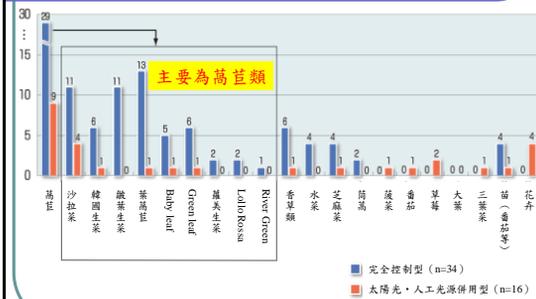
53



# 植物工廠

確保產品安全、安心、健康  
 兼顧對環境友善、  
 土地及水資源使用節約，  
 具有高產能、低風險  
 允許全年穩態量產、地產地消、  
 產品里程短、碳足跡最少等優點。

## 日本植物工廠栽培品目



## 日本植物工廠生產常見的蔬菜



## 冰花 Ice plant

新食感の高級野菜！ 風味とプチ食感

- 左賀大学農学部 野菜教授らが商品化。
- 多肉植物。南アフリカ産のザクロソウ科一年草。
- 根から塩化ナトリウムを吸収し、葉や葉にある液状の透明な細胞(プラッター)に蓄積される。乾燥に耐えるとともに、甜度が強い遠征野菜の一つである。
- 水耕栽培で、ミネラル(ナトリウムなど)管理し、生育させると安定したミネラルが含まれる。
- 土耕栽培では、土の中の重金属が含まれると吸収、蓄積する可能性が高く、不向きとされる。
- C3-C4CAM中間型植物。乾燥や塩ストレスを与えないと一般的に光合成経路であるC3光合成を行い、乾燥/塩ストレスを考えるとCAM型光合成へ移行することができる植物。
- アスパラントには、「イノシトール」「ビニール」というタボ予防に有効な成分が含まれている。イノシトールには中性脂肪を抑える効果、ビニールには血糖値を下げる効果があるとされている。
- 暑さ、寒さに強く、20-25℃が成長に向き、植物工場栽培向き。



## 大綱

- 簡介
  - 世界趨勢不利農業發展
  - 發展植物工廠具時代意義
- 發展中的無所不在的植物工廠
- 植物工廠使用人工光源的演進
- 植物工廠的產業化
- 台灣大學進行中研究
- 世界上 Vertical farming 的一些構想與進展

## 發展中的 無所不在的植物工廠 Developing Ubiquitous Plant Factory (UPF)

- Facility for Research 研究型
- Facility for Demo and Education 示範與教育型
- Street side/Restaurant/Supermarket 店鋪型
- Commercial scale for mass production 量產型
- Facility in Cargo container style 貨櫃型
- Facility in Home appliance style 家電型
- Facility in Furniture style 家具型

## 植物工廠的五多

植物工廠允許

- 以多樣的形式
- 在多樣的地區
  - 不平坦的耕地、大小都市中的空地/畸零地、大型建築物的屋頂、室內、地下室、海埔新生地或荒地上，廢耕農地，混合住宅地，辦公大樓內或中、小鄉村中
- 由多樣的人力
  - 只需輕勞動作業，除了一般工作人員之外，也可提供老年人、身障者、家庭主婦或失業者新的就業機會
- 以多層的方式
- 做多種類植物的量產（葉菜、種苗、小型觀賞作物、蔬果）或趣味栽培或觀賞等



## 2010~2011台北花博未來館

未來客廳

未來庭園

未來廚房

## 2010台北花博未來館之未來廚房

植物工廠家電化







### Plant Factory at home and in the community

**身** Health 健康

**心** Eco 生态

**灵** Lohas 乐活

### - 植物工厂设备 - EQUIPMENT

How 构成要件

Home Growth Light 家庭菜圃

Family Farm 家庭农场

Eco Wall 植生墙

### - 植物工厂设备 - EQUIPMENT

Home Growth Light 环控型植物生长系统

How 构成要件

MR16 卤钨投影照明灯

NBL 无极性双头灯 Festoon (LED Festoon Lamps)

- 1st layer for seedling production (70 plts)
- 2nd layer (15 plts)
- Shelf style (18 plts/layer x 3 layer = 54 plts)

### Plant Factory at home and in the community

Home farm (Stages 1~3, 2~3, 3)

Community farm (Stages 1, 1~2, 1~3)

**1st stage** 播种期 7 days

**2nd stage** 育苗期 14 days

**3rd stage** 育成期 14 days

### 2011 植物工厂开始进入家庭 1/4

## 2011 植物工廠開始進入家庭 2/4



91

## 2011 植物工廠開始進入家庭 3/4



92

## 2011 植物工廠開始進入家庭 4/4



### 植物工廠 家庭化/社區化 之推動

- 播種 7 天
- 育苗 14 天
- 育成 14 天
  
- 家庭農場 (育苗+育成, 育成)
- 社區農場 (播種+育苗, 育成)

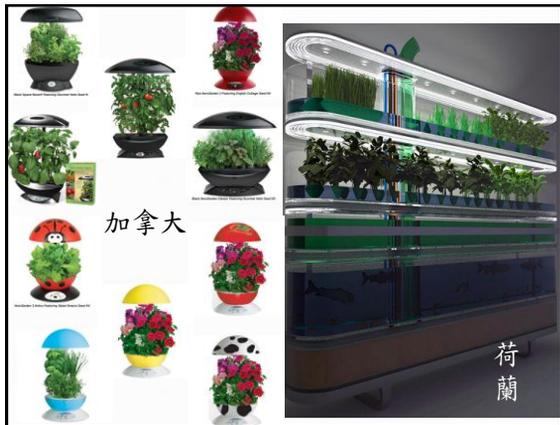
### 家庭農場 / 社區農場

- 趣味、品味、教育
- 生產、生活、生態、生命
- 環保：碳足跡、食物里程
- 健康：生鮮、無農藥/無重金屬污染
- 潔淨：室內空氣清淨、供氧

- 社區育苗中心集中育苗
- 供應住戶自行育成蔬菜
- 供應住戶植生牆植株更換
- 植生牆植株：蔬果、花卉、中草藥與觀葉植物等)

### 植物工廠由 3C 進展到 5C

- Clean：潔淨生產機制 CDM
- Clear：產程透明、可追溯
- COOL: Certification Of Origin Labeling 產地認證
  
- Cheerful 愉悅
- Convenient 方便 (最短的食物里程、最少的碳足跡)



### 植物生長綠牆

- 室內空氣清淨
  - 供氧+吸收CO<sub>2</sub>
  - 吸收環境荷爾蒙
- 室內綠化景觀+夜燈
- 可栽培 88 株植物 (8 x 11)
- 耗電45 W
- 允許小面積造景 (文字、圖案)
- 苗株必須無農藥
- 介質使用製酒廢渣發酵製成
- 介質內含緩效性養分
- 只需補充用水，可定時循環
- 設備可串接



### 大綱

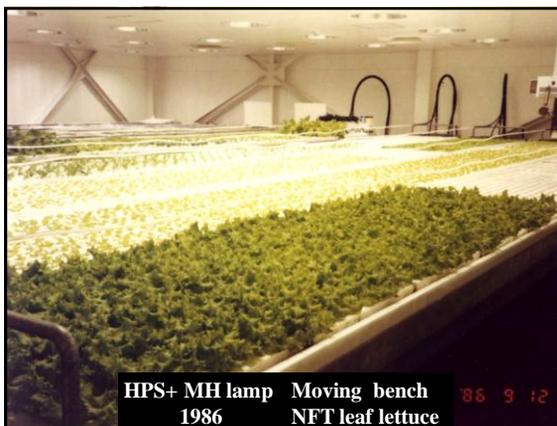
- 簡介
  - 世界趨勢不利農業發展
  - 發展植物工廠具時代意義
- 發展中的無所不在的植物工廠
- **植物工廠使用人工光源的演進**
- 植物工廠的產業化
- 台灣大學進行中研究
- 世界上 Vertical farming 的一些構想與進展

### 植物工廠人工光源的演進

低效率的人工光源 代表

- 低光量
- 更多廢熱
- 加大燈具與植物的距離
- 更多空調能量消耗以移走額外熱能

1. 金屬燈 MH
2. 高壓鈉燈 HPS
3. 螢光燈管 FL (仍是主流)
4. 冷陰極管 CCFL
5. 發光二極體 LED





### TS 型式的植物工廠

使用高壓鈉燈，耗電且熱，能源成本極高

T：三角板，S：灑水

### 網路上批評植物工廠的文章 (1/2)

- 以技術層次而言，半密閉型植物工廠由於成本低，因此相對利潤高，其代價是需要高層次的科技技術。
- 全密閉型植物工廠，生產成本高昂，技術層次需求反而低，不容易得到生產利潤。因此**只是一些有錢國家的奢侈品。**

[http://amebse.nchu.edu.tw/new\\_page\\_393.htm](http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_393.htm)

### 網路上批評植物工廠的文章 (2/2)

- 在成本比較方面，則顯示此為植物工廠的致命傷。以日本農林水產省的調查數據為例，在2005年，**1公頃**的植物工廠其成本與養液栽培用溫室之比較如下：

	植物工廠(A)	溫室栽培(B)	A/B
設置成本	3.1億日圓	1800萬日圓	17倍
能源成本	1860萬日圓	40萬日圓	47倍

[http://amebse.nchu.edu.tw/new\\_page\\_393.htm](http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_393.htm)

### 原文

表6 植物工場と施設生産のコスト比較 (10a当たり)

植物工場の新設費、維持費は従来の施設に比べてはるかに高額です。

	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
ランニングコスト(光熱費)	1,860万円	40万円	47

1) 植物工場は、K社TSファームタイプ (720㎡) の完全密閉型施設の値に基づく  
 2) 施設生産は、ビニールハウスでネウレンソウ等の養液栽培を行うM農園 (858㎡) の値に基づく

日本農林水産研究報告編號14 號 (2005)

## 錯誤與盲點指正

- 錯誤：兩者的面積換算成 1000 m<sup>2</sup>，不是 1 公頃。
- 盲點：
  - 此為2005年舊資料，拿來批評新技術，有失公允。
  - 該型植物工廠為 TS type，使用高壓鈉燈，不僅照明成本高，產生熱能多，空調負荷也大。
  - 面積相同，產能差別不大，利基不能凸顯。
  - 以栽培嫩葉苗菜為主，能維持獲利，主因是可以每14 天採收。
  - 有些公司迄今已營運十多年，仍能存活，可見不是完全不可行。
  - 新技術：耗能少了許多，產能大了許多。



2012/2/29

115

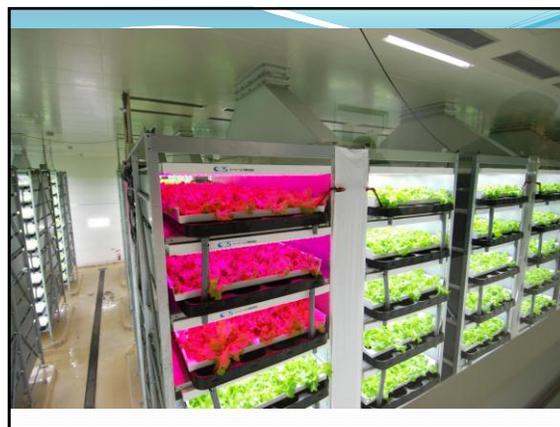




### LED蔬菜工廠

- 植物栽培用光源為改良型水冷式紅色LED (660 nm)。
- 以薄膜水耕法(NFT)栽培生菜、芹菜等葉菜
- 產能：5900株/日，150萬株/年。

124





## 大綱

- 簡介
  - 世界趨勢不利農業發展
  - 發展植物工廠具時代意義
- 發展中的無所不在的植物工廠
- 植物工廠使用人工光源的演進
- **植物工廠的產業化**
  - 台灣大學進行中研究
  - 世界上 Vertical farming 的一些構想與進展

### 超越了工農業的新產業

- 人工光利用型植物工廠採用了製造業生產的光源、空調、測量控制、節電、隔熱及資訊等相關技術。從這一意義上來說，植物工廠具有“**工業性**”。
- 而植物培育本身又是一種生命現象，需要採用農業和農學相關的栽培技術及經驗，所以又具有“**農業性**”。
- 不僅二者缺一不可，而且可以說是一種超越了工農業的新產業領域。

129

### 更具寬廣的格局

- 植物工廠涉及**製造業**、**服務業**以及包含**福利及保健**在內的**健康產業**
- 植物工廠是可滿足多樣性需求的產業
- 植物工廠是可以同時綜合解決環保問題、糧食問題、能源資源問題、高齡化及貧富差距問題的基礎技術之一

130

## 植物工廠

士農工商融合的最佳示範平台

研究：士  
栽培：農  
設備：工  
行銷：商

} 新興產業

131

### 技術面



132

### 植物工廠是把生產行為複雜化了嗎?

不是的  
 是單純化了  
 透過科技的投入 (資金的投入)  
 把風險降低了  
 把無法掌控的因素去除了  
 於是  
 農產品可以像工業產品在工廠一樣的被量產  
 可以固定品質/產期/產量/成本  
 這是被稱為植物工廠的緣由

133

### 植物工廠是工廠嗎?

不是的!  
 所以不需要受經濟部工業局工廠管制條例與  
 管理辦法的約束與限制

134

### 植物工廠生產的蔬菜是有機蔬菜嗎?

不是的!  
 在台灣,  
 有機蔬菜必須種在土裡  
 必須接受到陽光的照射  
 必須不能使用化學肥料

有點落伍?  
 是的!

135

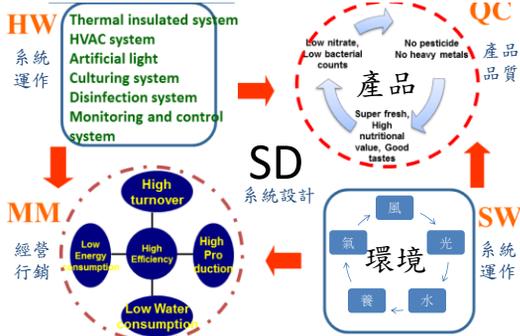
### 植物工廠要如何成功營運

- 系統運作 (HW, SW) 正常
  - 產品品質 (QC) 特優/極優/優
  - 高效經營 (Managing)
  - 市場行銷 (Marketing) 多元、高調、品牌
- 先要有高品質才能談品牌
- 系統設計 (System Design) 最關鍵 (慎始)



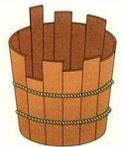
136

### 處處是關鍵/陷阱/機會/商機



137

### 植物工廠 -- 農工商融合的新產業



138

## 農工商融合\_農業區塊

- 軟體系統的整合
- 各類作物的標準化栽培法
  - 播種、育苗、育成
- 新產品的開發
  - 葉菜、香料
  - 中草藥、小型果菜、小型觀賞作物
  - 芽菜、苗菜、嫩葉
  - 特色作物
    - 富營養：高鈣（小松菜）、高Vit. A, Vit. C（嫩葉）、（冰花）
    - 防癌養生：（青花椰菜苗、紫高麗菜苗）
    - 特殊風味：芝麻菜
- 新應用市場的開發：以苗菜作為飼料
- 相關資材的開發



139

## 農工商融合\_工業區塊

- 硬體系統的整合
  - 多層式栽培床架
    - 浮板
    - 循環灌溉系統
  - 室內滅菌系統
    - 空氣環境
    - 水體環境
  - 氣體環境監控系統
  - 水體環境監控系統
  - 人工光源
  - 隔熱庫板資材
  - 資通訊技術的結合
  - 自動化技術的整合
    - 播種機、收穫機
    - 水平輸送裝置
    - 上下層輸送裝置
- 家電型
- 貨櫃型
- 家具型
- 研究型
- 量產型
- 環境監控單元
- 影像監控單元
- 電力系統
- 變電系統
- 穩壓系統
- 再生能源電力轉換



140

## 農工商融合\_商業區塊

- 硬體的行銷與授權使用
- 相關資材的銷售
- 軟體的行銷與授權使用
- 蔬果產品行銷通路的擴建
- 異業結盟商機的擴展
  - 餐廳/超市/店鋪：示範、小規模量產
  - 建築：家庭農場、社區農場
  - 加工、生技醫療、飼料產業等



141

## 投資 -- 工程經濟分析

142

### 植物工廠A與溫室B用於育苗的比較

	完全控制型 植物工廠 (A)	溫室 (B)	比 (A/B)
地板面積	15 m <sup>2</sup>	210 m <sup>2</sup>	<b>0.071</b>
每年苗生產次數	32	18	1.8
每次育苗天數	10	22	0.45
每穴盤苗株數	288	144	2.0
總穴盤數	64	230	0.28
穴盤數 / m <sup>2</sup>	4.3 (=64/15)	1.1 (=230/210)	3.9
每年苗生產總數	589,824株 (=32x288x64)	596,160株 (=18x144x230)	<b>0.99</b>
每年單位面積苗 生產數	39,321株 / m <sup>2</sup> (=589,824/15)	2,839株 / m <sup>2</sup> (=596,160/210)	<b>13.4</b>

143

### 植物工廠A與溫室C用於育苗的比較

	完全控制型 植工廠 A	溫室 C	比例 A/C
床面積	91 m <sup>2</sup> (四層)	1250 m <sup>2</sup>	<b>0.073</b>
週轉次數 / 年	<b>19</b>	4	4.75
栽培日數 / 次	18	34	0.53
株數 / 穴盤	72	72	1
總穴盤數	256	500	0.51
穴盤數 / m <sup>2</sup>	2.8	0.4	7
全年生產數量	350208 株	144000 株	2.43
單位面積生產數量	3848 株 / m <sup>2</sup>	115 株 / m <sup>2</sup>	<b>33.5</b>

144

用於育苗，投資植物工廠較划算

Comparison of initial investment cost between closed system and greenhouse (Unit: 1000 JPY)

Item	Closed System (CS)	Greenhouse (GH)
CS (Floor area: 92 m <sup>2</sup> )	29,400	-
Work room for CS (663 m <sup>2</sup> )	13,650	-
GH (Floor area: 1,994 m <sup>2</sup> )	-	35,700
Env. Cont. Units for GH	-	20,475
Potting/Mixing Units	3,045	3,045
Construction	6,566	4,998
<b>Total</b>	<b>52,661</b>	<b>64,208</b>

145

用於短期葉菜栽培

基於

人工光源、空調

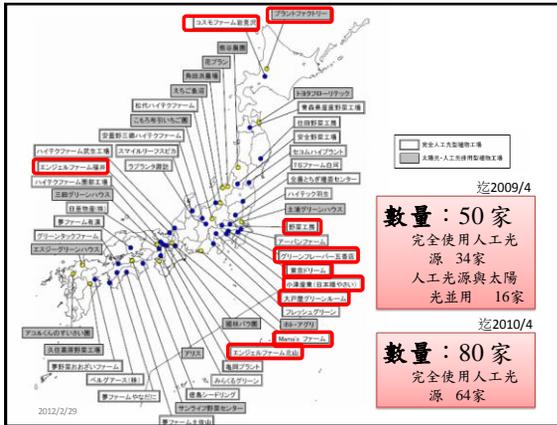
隔熱資材

感測與控制

滅菌

等軟硬體技術的高速發展

植物工廠用於短期葉菜栽培已不僅僅是經濟上可行，通路無礙的話，可以是高獲利。



局部資料彙整

廠名	地板面積 (栽培面積) m <sup>2</sup>	層數	產能 株/日	單位面積年產能 kg/m <sup>2</sup> /yr	造價 千	造價 萬/千株	造價 萬/m <sup>2</sup>
Green Flavor	(66)	7	300	(166)	2178萬	7.26	33
OoToya	(160)	7	350	(80)	5280萬	15	33
Urban Farm	546 (400)	9	1200	67 (91)	1.2億	10	(30)
Ozu	(500)	7	1500	(110)	1.65億	11	33
Mirai	(1000)	10	4000	146	3.3億	8.25	33
Fairy Angle	2870	10	8000	102	15億	18.7	51.9
Mirai	(3000)	10	10000	122	9.9億	9.9	33

\* 假設每株 100g，全年 365 天連續產

148

售價：0.3 NTS/g

人工智慧經濟分析										
每株成本	20	年收穫天數	350	設廠成本	1.4萬NTS/株					
每株售價	36	單株均重	120g							
日產量 株/日	年產量 萬株/年	年營業額 萬	年淨利 萬	投資金額 萬	投資報酬 IRR					
300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	
300	36	10.5	12.6	378	168	420	-14%	10%	22%	29%
400	48	14	16.8	504	224	560	-14%	10%	22%	29%
500	60	17.5	21	630	280	700	-14%	10%	22%	29%
600	72	21	25.2	756	336	840	-14%	10%	22%	29%
700	84	24.5	29.4	882	392	980	-14%	10%	22%	29%
800	96	28	33.6	1008	448	1120	-14%	10%	22%	29%
900	108	31.5	37.8	1134	504	1260	-14%	10%	22%	29%
1000	120	35	42	1260	560	1400	-14%	10%	22%	29%
1500	180	52.5	63	1890	840	2100	-14%	10%	22%	29%
2000	240	70	84	2520	1120	2800	-14%	10%	22%	29%

日本的設廠投資為 7-18 萬日圓/株，約 2.8-7.2萬台幣/株

149

每株成本 20 年收穫天數 350 售價：0.3 NTS/g 每株售價 36 單株均重 120g

設廠成本 1.1萬NTS/株										設廠成本 1.4萬NTS/株										設廠成本 1.7萬NTS/株									
投資金額 萬	2年	3年	4年	5年	投資報酬 IRR	投資金額 萬	2年	3年	4年	5年	投資報酬 IRR	投資金額 萬	2年	3年	4年	5年	投資報酬 IRR	投資金額 萬	2年	3年	4年	5年	投資報酬 IRR						
300	8%	31%	42%	48%	230	1%	25%	36%	42%	360	-4%	19%	31%	37%	400	-4%	19%	31%	37%	480	-4%	19%	31%	37%					
400	8%	31%	42%	48%	440	1%	25%	36%	42%	480	-4%	19%	31%	37%	500	1%	25%	36%	42%	600	-4%	19%	31%	37%					
500	8%	31%	42%	48%	550	1%	25%	36%	42%	660	1%	25%	36%	42%	700	1%	25%	36%	42%	780	-4%	19%	31%	37%					
600	8%	31%	42%	48%	660	1%	25%	36%	42%	770	1%	25%	36%	42%	840	-4%	19%	31%	37%	880	-4%	19%	31%	37%					
700	8%	31%	42%	48%	720	1%	25%	36%	42%	790	1%	25%	36%	42%	880	-4%	19%	31%	37%	900	-4%	19%	31%	37%					
800	8%	31%	42%	48%	780	1%	25%	36%	42%	880	-4%	19%	31%	37%	960	-4%	19%	31%	37%	990	-4%	19%	31%	37%					
900	8%	31%	42%	48%	840	1%	25%	36%	42%	900	1%	25%	36%	42%	1080	-4%	19%	31%	37%	1100	1%	25%	36%	42%					
1000	8%	31%	42%	48%	900	1%	25%	36%	42%	1100	1%	25%	36%	42%	1200	-4%	19%	31%	37%	1150	-4%	19%	31%	37%					
1500	8%	31%	42%	48%	1050	1%	25%	36%	42%	1250	-4%	19%	31%	37%	1300	-4%	19%	31%	37%	1350	-4%	19%	31%	37%					
2000	8%	31%	42%	48%	1200	1%	25%	36%	42%	1400	-4%	19%	31%	37%	1500	-4%	19%	31%	37%	1600	-4%	19%	31%	37%					

150

**售價：0.5 NTS/g**

PF 工程經濟分析										
每株成本		年收穫天數		單株均重		設廠成本		2 萬NTS/株		
每株	售價	20	350	120g	2	投資金額	投資報酬 IRR	2	3	
株/日	kg/日	年產量	年營業額	年淨利	萬	2年	3年	4年	5年	
300	36	10.5	12.6	630	420	600	26%	49%	59%	64%
400	48	14	16.8	840	560	800	26%	49%	59%	64%
500	60	17.5	21	1050	700	1000	26%	49%	59%	64%
600	72	21	25.2	1260	840	1200	26%	49%	59%	64%
700	84	24.5	29.4	1470	980	1400	26%	49%	59%	64%
800	96	28	33.6	1680	1120	1600	26%	49%	59%	64%
900	108	31.5	37.8	1890	1260	1800	26%	49%	59%	64%
1000	120	35	42	2100	1400	2000	26%	49%	59%	64%
1500	180	52.5	63	3150	2100	3000	26%	49%	59%	64%
2000	240	70	84	4200	2800	4000	26%	49%	59%	64%

**售價：0.5 NTS/g**

PF 工程經濟分析										
每株成本		年收穫天數		單株均重		設廠成本		2 萬NTS/株		
每株	售價	20	350	120g	2	投資金額	投資報酬 IRR	2	3	
株/日	kg/日	年產量	年營業額	年淨利	萬	2年	3年	4年	5年	
300	36	10.5	12.6	630	420	600	26%	49%	59%	64%
400	48	14	16.8	840	560	800	26%	49%	59%	64%
500	60	17.5	21	1050	700	1000	26%	49%	59%	64%
600	72	21	25.2	1260	840	1200	26%	49%	59%	64%
700	84	24.5	29.4	1470	980	1400	26%	49%	59%	64%
800	96	28	33.6	1680	1120	1600	26%	49%	59%	64%
900	108	31.5	37.8	1890	1260	1800	26%	49%	59%	64%
1000	120	35	42	2100	1400	2000	26%	49%	59%	64%
1500	180	52.5	63	3150	2100	3000	26%	49%	59%	64%
2000	240	70	84	4200	2800	4000	26%	49%	59%	64%

**台(美國進口)日韓(植物工廠量產)生鮮萵苣產品超市售價**

199~249 NT\$/ for 142 g (1.4~1.75 NT\$/g)  
 ¥360 for 120 g (1.2 NT\$/g)  
 ¥198 for 60 g (1.32 NT\$/g)  
 70 NT\$/ for 50 g (1.4 NT\$/g)

**台灣(泰國進口)植物工廠量產)生鮮沙拉/香料產品超市售價**

109 NT\$/ for 60 g (1.81 NT\$/g)  
 65 NT\$/ for 30 g (2.16 NT\$/g)  
 199~209 NT\$/ for 142 g (1.4~1.47 NT\$/g)

**成本：20 元/株**

### LED vs. T5

20呎貨櫃式植物工廠				
栽培天數	天	LED單價	700	NTS
每禮拜收穫	120	NT	333	NTS
電費	3	NT	1800	NTS/每
硬盤	50000	NTS/每	6993	NTS/每
LED一箱	27	支(20W)	77.76	NTS/day
T5一箱	21	支(28W)	95.26	NTS/day
扇架層數	3	層		
人力	2150	NT\$/月	工人月薪3萬，每次移植花費工人2hs (1/4 天)，每週收成兩次每月收成	

**LED 燈管**

**T5 燈管**

**成本：20 元/株**

### LED vs. T5

LED 燈管				T5 燈管			
燈管	4.54	NTS/head	電費	6.12	燈管	5.56	NTS/head
冷氣(COP4)	1.13	NTS/head	氣體	0.48	冷氣(COP4)	1.39	NTS/head
風扇	0.41	NTS/head	資材	1.2	風扇	0.41	NTS/head
氣泵	0.01	NTS/head	營養	1.314	氣泵	0.01	NTS/head
水泵	0.03	NTS/head	折舊	9.80	水泵	0.03	NTS/head
二氧化碳	0.48	NTS/head	人力	4.18	二氧化碳	0.48	NTS/head
種子	1	NTS/head			種子	1	NTS/head
海绵	0.2	NTS/head			海绵	0.2	NTS/head
營養	1.31	NTS/head			營養	1.31	NTS/head
水	0.004	NTS/head			水	0.004	NTS/head
硬體折舊(10年)	7.99	NTS/head			硬體折舊(10年)	7.99	NTS/head
LED折舊(5年)	1.81	NTS/head			TS折舊(2年)	1.68	NTS/head
人力	4.18	NTS/head			人力	4.18	NTS/head
總和	23.10	NTS/head			總和	24.24	NTS/head
收成重量	148.3	g/head			收成重量	72.8	g/head
每100g成本	15.58	NTS			每100g成本	33.29	NTS

## 大綱

- 簡介
  - 世界趨勢不利農業發展
  - 發展植物工廠具時代意義
- 發展中的無所不在的植物工廠
- 植物工廠使用人工光源的演進
- 植物工廠的產業化
- 台灣大學進行中研究**
- 世界上 Vertical farming 的一些構想與進展

## 台大團隊執行中研究計畫

經費來源	計畫名稱	執行單位
校長	精緻農業高效節能植物工廠	台大生農學院 22位教授
農委會 農糧署	整合節能與精準栽培技術於植物工廠生產體系之研發	台大生機系 4位教授 台大園藝系 3位教授
經濟部 能源局	優化利用太陽能與傳統能源以發展先進植物工廠生產系統	台大生機系 4位教授
教育部	精緻農業、植物工廠課程	台大生農學院

### 精緻農業高效節能植物工廠 (台大校內先導計畫)



### 精緻農業高效節能植物工廠 (台大校內先導計畫)



## 人才培訓與推廣

- 課程：教育部補助經費
  - 精緻農業學分班：一學年、含業界教師、產業參觀
  - 植物工廠概論學分班：一學年、含業界教師、產業參觀
- 譯書：太陽光型植物工廠 (2010/11 出版)
- 譯書：完全控制型植物工廠 (2011/11 出版)
- 試驗研究平台：台大植物工廠 (2011/01 啟用)
- 研討會：農委會補助經費
  - 台灣推動植物工廠之展望研討會 (2010/7/21)
  - 植物工廠與綠色能源研討會 (2010/7/28)
- 研討會：台大補助經費
  - 全球植物工廠研發與產業化發展近況 (2011/3/31)
  - 邀請中、日、韓、美、歐等國相關學者與會

## 進行中研究與推動項目

- 建置植物工廠所需基礎材料與設備的成本降低
- 植物工廠產品與系統的價值創造
- 植物工廠相關技術與前瞻智慧生活應用的結合與產品開發
- 植物工廠節能節水減碳的研究與綠色能源應用
- 植物工廠發展策略規劃與產業佈局
  - 將植物工廠發展成出口產業
  - Ubiquitous 植物工廠的推動

