



Controlled Environment Agriculture (CEA)

Indoor Agriculture

Indoor Vertical Farming

Indoor Farming

Plant Factory (PF) 植物工廠  
Vertical FARM (VF) 垂直農場

SOLUTIONS FOR WORLDWIDE CHALLENGES AHEAD

Protected Horticulture (PH)

Urban Agriculture (UA)

Controlled Environment Horticulture (CEH)

## 產業化徵兆：業界自主成立協會

異業結盟、產學合作平台

### ◆ 台灣

- ✓ 中華植物工廠協會 **CHPFA**、台灣植物工廠產業發展協會 **TPFIDA**

### ◆ 日本

- ✓ 日本植物工場協會 **JPFA**

### ◆ 美國

- ✓ 環控農業中心 **CEAC** 康乃爾大學、亞利桑那大學、羅格斯大學

### ◆ 巴拿馬

- ✓ 垂直農場協會 **VFA (Vertical Farming Association)**

### ◆ 德國

- ✓ 垂直農場協會 **AVF (Association of Vertical Farming)**

3

**全球論壇**

台灣

2010 台灣大學主辦  
2011 多個單位陸續主辦  
2012~2015  
光電協進會主辦



2015 國際植物工廠  
農業設施暨作物培育論壇

**全球論壇**

臺海兩岸  
日、韓  
2011 熱潮  
持續延燒



**全球論壇**

GPEC、日本  
施設園藝協會主辦  
2010, 2012, 2014  
其他  
千葉大學 2011  
大阪府立大學 2014  
京都大學 2014



Plant Factory Conference 2014 (Kyoto & Osaka, Japan, 2014)

**全球論壇與商展連年舉行  
台灣不落人後**

2016.1 新加坡 (巴拿馬 VFA 主辦)

2016.6 荷蘭 (德國 AVF 主辦)

2016.6 台灣 (台大 + 光電協進會主辦)

2017.6 台灣

2018.4 中國

2018.5 台灣

2018.6 荷蘭、中國

International Conference on Vertical Farm and Urban Agriculture (Nottingham, UK, 2014)

VFUA 2014



英國 2014

International Congress on Controlled Environment Agriculture (Panama City, Panama, 2015)

CCEA2015



巴拿馬 2015  
巴拿馬 VFA 主辦

Association for Vertical Farming Symposium (Beijing, China, 2015)

中國 2015  
德國 AVF 主辦  
中國農科院協辦



Join the 3rd ANNUAL INDOOR AGRICULTURE CONFERENCE

INDOOR AG-CON



美國 2015  
德國 AVF 主辦

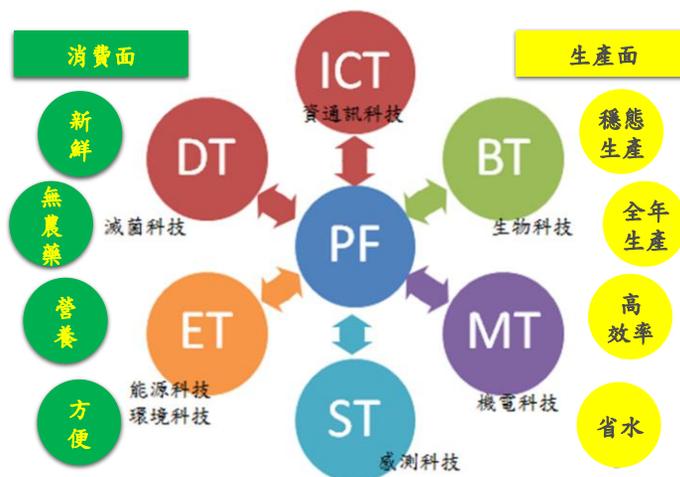
## 台灣主辦的植物工廠相關展覽

- 2013.6 台灣光電展 + 植物工廠展
- 2014.6 台灣光電展 + 植物工廠展
- 2015.6 台灣光電展 + 植物工廠展
- 2015.11 台灣植物工廠暨資材設備展
- 2016.6 台灣光電展 + 植物工廠展
- 2016.7 台灣植物工廠暨資材設備展
- 2017.6 台灣光電展 + 植物工廠展
- 2017.7 台灣植物工廠暨資材設備展



5

## 以技術面為核心支持消費面與生產面



## 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
- 植物工廠的產業化
- 世界上 Vertical farming 的一些構想與進展

世界趨勢  
不利農業發展  
但是  
對植物的需求  
卻與日俱增

## 氣候變遷時代-各種不利之因素齊聚下，農業生產何去何從？



空氣污染



土地沙漠化



農地轉型都市用地

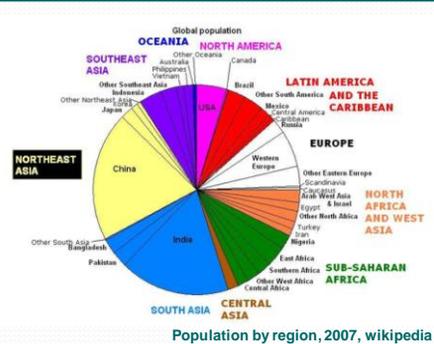
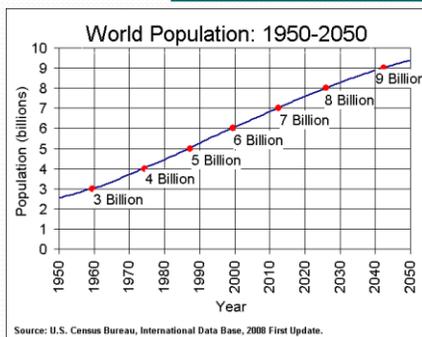


海平面上升



農地轉型工業及能源用地

## 世界又熱、又平、又擠-資源所剩不多，人口卻增長迅速



- 全球人口目前已達68億，估計未來40年有可能增加到92億，以目前仍有10億飢餓人口進行估算，40年內糧食產能需要提升將近58%，實為極大挑戰。
- 目前世界上仍有一半人口居住於**低收入(low-income)**、**糧食不足(food-deficit)**之區域內，無法生產足夠且穩定之食物供應。
  - 農耕土地惡化(soil degradation)、水資源長期儲存(chronic water shortages),不適當農業政策(inappropriate agricultural policies)、人口快速成長是其主因

世界糧食組織FAO,2010

## 糧食安全—臺灣傳統農業所造成之環境負擔與不確定性不可忽視

年別	單位農藥使用量 (公斤/公頃)
1995	48.03
1996	49.89
1997	49.68
1998	45.71
1999	40.98
2000	43.27
2001	46.65
2002	49.71
2003	47.28
2004	44.65
2005	43.93

■ 以2005年為例，臺灣農藥使用量為43.93公斤，依照全球植物保護聯盟統計，**排名全世界第三**。

■ 臺灣農業用水佔總用水量71%，而農業用水自1991年起，總可用水量逐年減少，其中以灌溉用水減少最多主要原因是因乾旱缺水，推行休耕以及移用支援。

■ 農業用水之中，較穩定可靠之水源如水庫或池塘等登記水權量為僅佔10.7%，河川自然引水佔70.8%，動力抽取地面水為10%，抽取地下水佔8.5%。**全國農業水權之80.8%來源不穩定，農民只能靠天吃飯。**

台灣灌溉用水調查評估及調配利用—三、農業灌溉用水移轉使用對社會、經濟及生態環境之衝擊評估，臺灣各地區農田水利會、臺大農業工程研究中心、農委會補助研究計畫，民國92年12月

■ 2008年，臺灣農業用水量計13,514百萬立方公尺，**其中灌溉用水仍占大宗，達11,766百萬立方公尺(87.07%)。**

台灣地區民國97年農業用水量統計報告，經濟部水利署，民國98年12月

台灣地區1995-2005年歷年平均耕地面積的農藥使用變動，全球變遷通訊（2006年6月），第五十期，P21

## 十大致病食物之首

美國  
FDA

The Riskiest Foods Regulated by the  
U.S. Food and Drug Administration – The FDA Top Ten in detail

### LEAFY GREENS

Can salad really make you sick? While nutritionists

the case that nutritious greens can also be highly contaminated with pathogens. Overall, CSPI identified 363 separate outbreaks linked to leafy greens, making them the number one entry in the FDA Top Ten. Salads and other food items containing leafy greens—kale, romaine lettuce, leaf lettuce, butter lettuce, baby leaf lettuce (miniature lettuce or leafy green), escarole, endive, spring mix, spinach, cabbage, kale, arugula or chard—account for 24 percent of all of the outbreaks linked to the FDA Top Ten. These outbreaks sickened over 13,568 people who were reported to have become ill—almost 30 percent of all the reported illnesses caused by the FDA Top Ten.

In 2006, leafy greens hit the national radar screen as a high-risk food when bagged spinach contaminated with *E. coli* O157:H7 caused several deaths and hundreds of illnesses. That same year, deadly *E. coli* O157:H7 appeared in two other outbreaks linked to leafy greens. Though produce companies have voluntarily increased their vigilance, *E. coli* O157:H7 is still cropping up in these products,

and accounts for 10 percent of all outbreaks in leafy greens. Another pathogen appearing frequently in leafy greens is Norovirus, which is commonly spread by the unwashed hands of an ill handler or consumer. This pathogen was linked to 64 percent of the outbreaks in leafy greens. Salmonella was responsible for nearly 10 percent of the outbreaks.

Outbreaks from leafy greens occur anywhere these popular food items are consumed. Contamination may be present from production and processing, or may occur through improper handling and preparation, such as inadequate handwashing and cross-contamination of cutting boards and other equipment. In restaurants, any of these problems in only a single food item can affect multiple patrons. For example, an outbreak of *E. coli* O157:H7 in 2006 began at Taco John's, a popular Iowa eatery. Over 80 people were sickened—including two who developed potentially deadly hemolytic uremic syndrome—from contaminated iceberg lettuce from California's Central Valley. Overall, restaurant outbreaks accounted for almost 240 outbreaks from leafy greens. Private homes accounted for another 24 outbreaks. Notably, outbreaks in school settings—from

elementary to college—tended to be quite large—averaging 89 reported illnesses per outbreak—though luckily infrequent.

Leafy greens can become initially contaminated on the farm through contact with wild animals, manure, contaminated water or poor handling practices during harvest. Once they are contaminated, leafy greens can support, grow, and spread pathogens until consumed. Chlorine washes and other post-harvest treatments can help reduce cross contamination between lots, but they don't make contaminated products truly safe to eat. In fact, bacteria can inhabit the washing systems used in making pre-washed bagged lettuce, transferring dangerous bacteria from one contaminated lot to the next, with the potential of effecting a full day's production.

1875 Connecticut Ave. NW, Suite 300  
Washington, DC 20009  
Phone (202) 338-9110  
www.cspinet.org



LEAFY GREENS



SHELL EGGS

**SHELL EGGS** Often described as a perfect breakfast food, shell eggs are unfortunately among the worst of the FDA Top Ten. Overall, CSPI found 352 outbreaks linked to shell eggs and egg products.<sup>4</sup> The overwhelming majority of illnesses from eggs are associated with *Salmonella*, which

## 國際環境管理標準與碳足跡

由全球各大投資法人合作發起的「碳揭露專案」...

包括美林證券公司 (Merrill Lynch)、安盛集團 (AXA)、澳紐銀行 (ANZ)、巴西銀行 (Banco do Brazil)、三菱UFJ (Mitsubishi UFJ)、友邦投顧 (AIG Investments)、巴克萊銀行 (Barclays)、蘇格蘭皇家銀行集團 (RBS Group) 和匯豐銀行 (HSBC)

**CARBON DISCLOSURE PROJECT**

The Carbon Disclosure Project is an independent not-for-profit organization holding the largest database of primary corporate climate data in the world's late stage policy decision making process. The world's late stage policy decision making process. The world's late stage policy decision making process.

Reporting to CDP in climate change

Read about CDP Cities, a

Carbon footprint diagram showing the lifecycle of a product: Raw materials, Manufacture, Distribution/retail, Consumer use, and Disposal/recycling. The diagram includes a flowchart with boxes for Water, Energy, Materials, and other inputs, leading to various stages of production and consumption, and finally to Landfill or recycling.

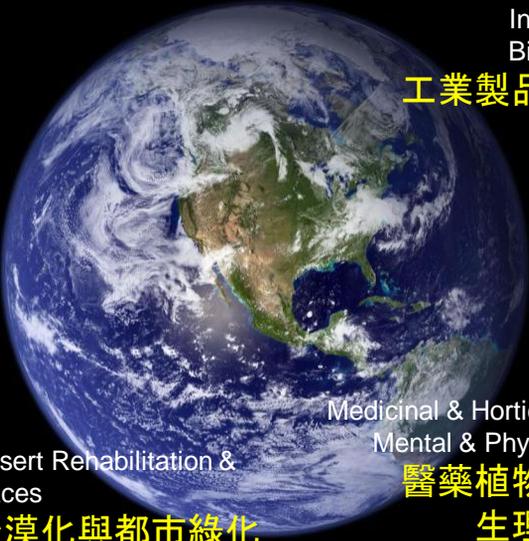
原料 + 製造 + 運輸 + 使用 + 回收

碳足跡 =  $\Sigma$  (活動數據 \* 排放係數)

## 世界趨勢不利農業發展...

- 氣候變遷時代-各種不利之因素齊聚，農業生產何去何從？
- 世界又熱又平又擠-資源所剩不多，人口卻增長迅速
- 糧食安全-自給率只有32%，且傳統農業對環境造成之負擔（水汙染、土壤汙染等）與產能之不確定性（天災之外，工業用水優先於農業的政策）不可忽視
- 食品安全-生菌數、硝酸鹽、農藥殘留等議題受到重視
- 碳足跡、食物里程議題的受到重視
- 要解決全球性的環境/能源/食物/飼料/醫療等問題，對植物的需求與日俱增

要解決環境/食物/飼料/能源/醫療等問題  
需要數以億計的植物



Food & Feed  
農糧與飼料

Industrial products,  
Bio-fuel & Biomass  
工業製品與生質燃料

Medicinal & Horticultural Plants for  
Mental & Physical Health/Care  
醫藥植物用於心理及  
生理之保健治療

Reforestation, Desert Rehabilitation &  
Urban Green Spaces  
造林、減緩沙漠化與都市綠化

## 植物工廠的蓬勃發展具時代意義

類別	社會情勢
與食物相關	消費者對於蔬果安心、安全、無農藥之要求，市場對於穩定提供食品之要求，LCA (Life Cycle Assessment/Analysis)，產地直銷、食物里程 (Food mileage)，GAP (Good Agricultural Practice)
與環境相關	溫室效應、減少二氧化碳排放量、氣象異常、環境保護等地球課題
與資源相關	石油價格上漲、節省能源、水資源匱乏

## 傳統的露天栽培

## 永遠是靠天吃飯

風調雨順有時非好事  
量多價跌→豐收的悲劇



17

## 工作環境差

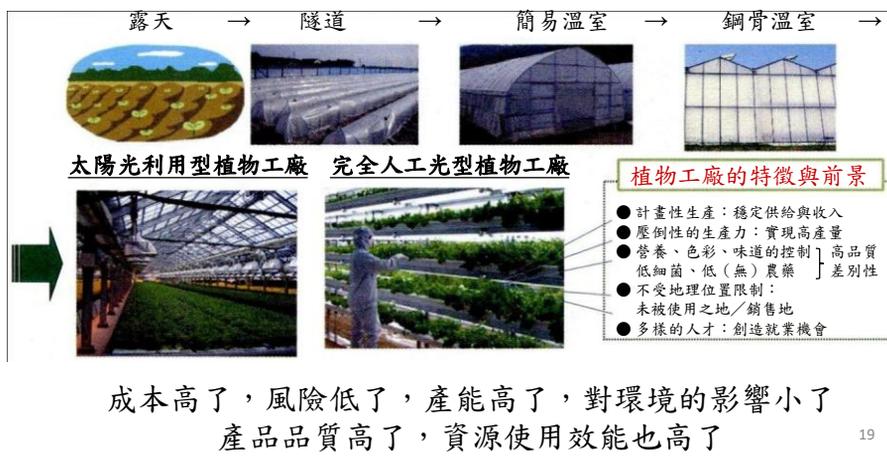
## 年輕人外流



18

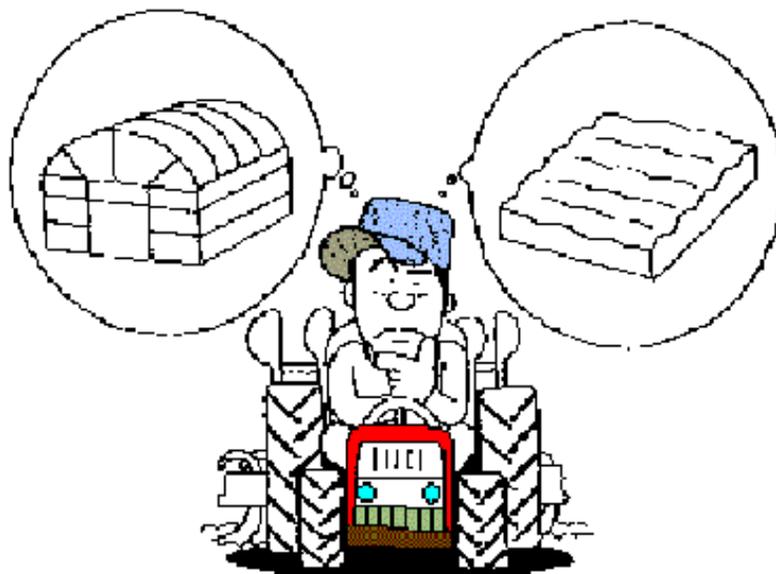
# 農業的演進

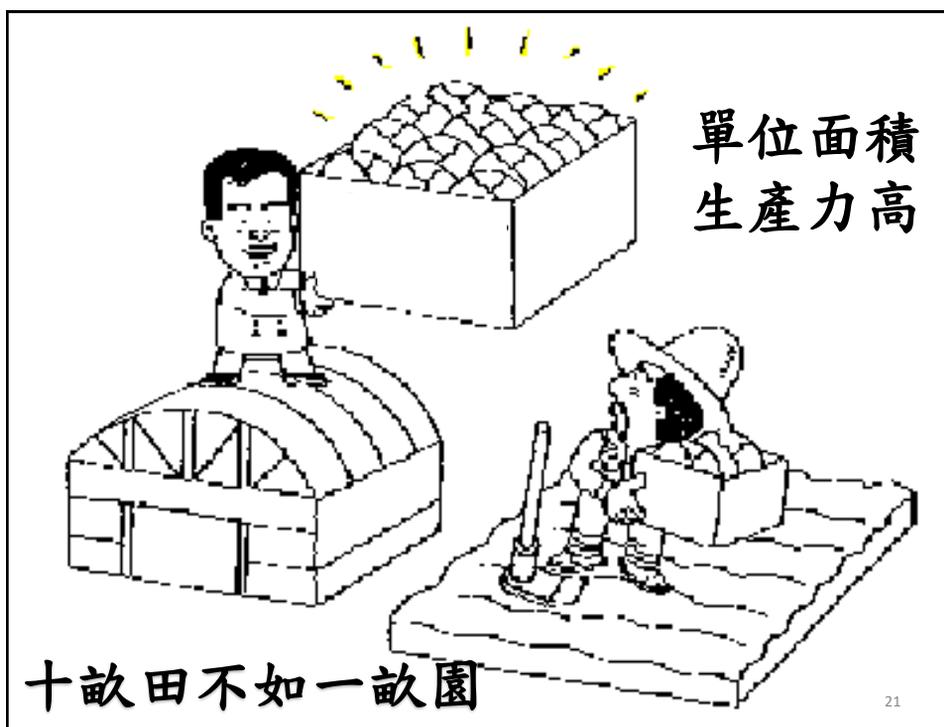
傳統農業 → 設施農業 → 植物工廠



## 設施栽培?

## 露天栽培?





21

### 植物工廠與傳統栽培之比較

#### 能耗比較 (以短期葉菜類為例)

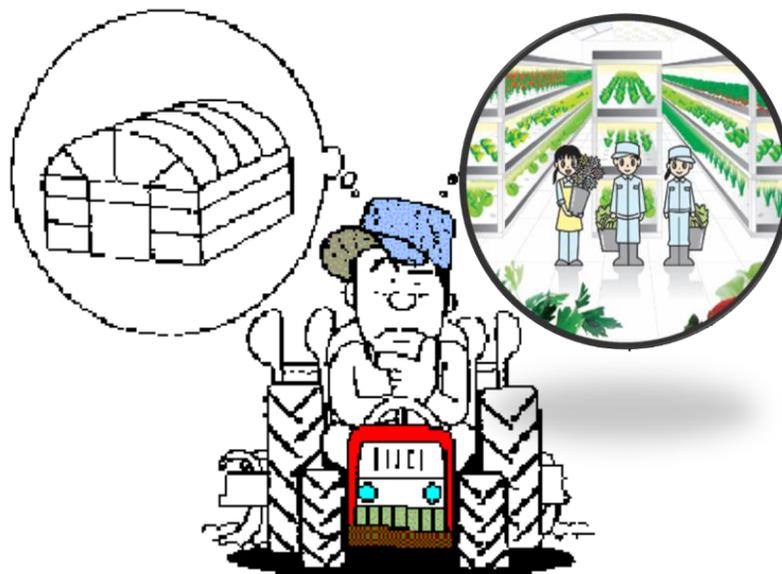
	露天栽培	植物工廠栽培
整地	√	×
開溝作畦	√	×
灌溉用水	100%	< 5 ~ 10%
噴藥	√	×
施肥	多	少
運輸(碳足跡)_進口	√	在地生產
儲藏	√	短期、在地銷售
收穫後處理損失	廢棄物多	極少
溫控	×	√
光控	×	√
可控制度/重現性	差	高
最佳化	難	資源利用最大化
再生能源利用	難	太陽能、風能、生質能等

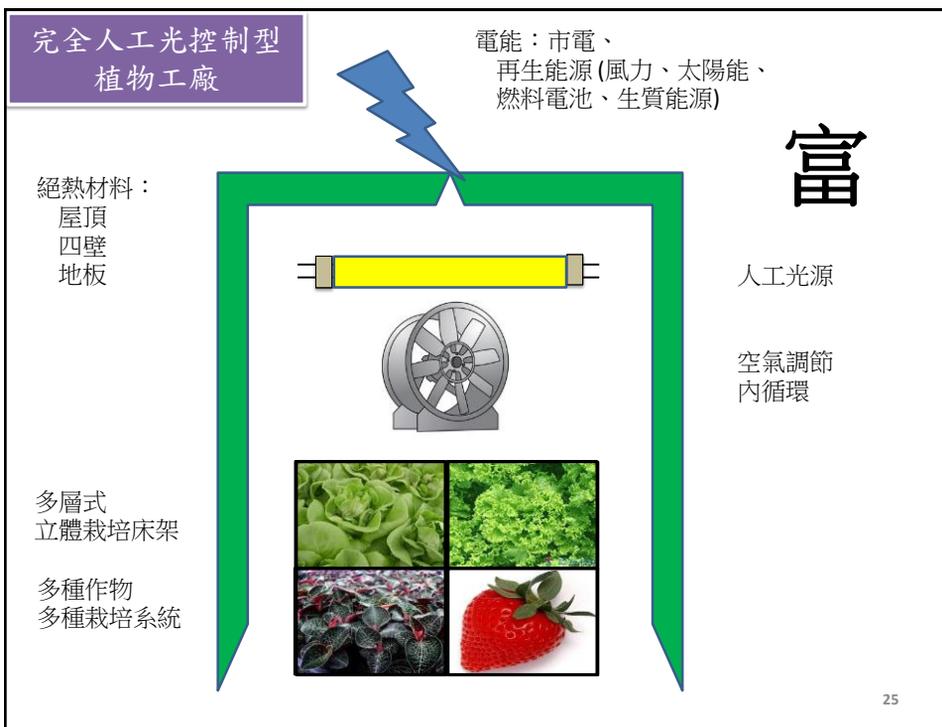
### 市場、品質、社會、風險之比較

	露天栽培	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

## 設施栽培？

## 植物工廠？

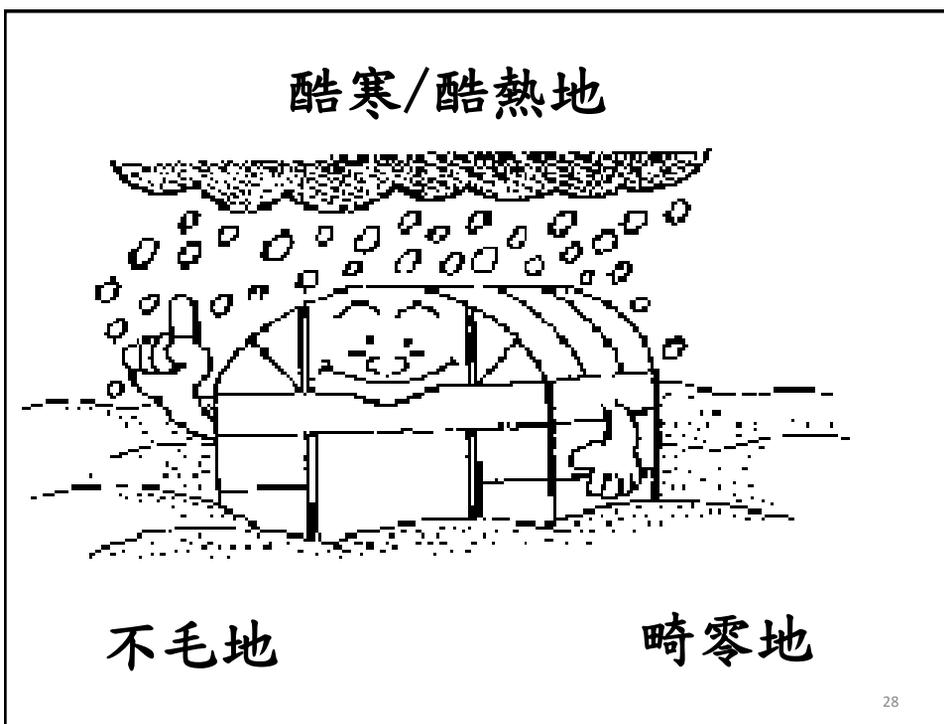
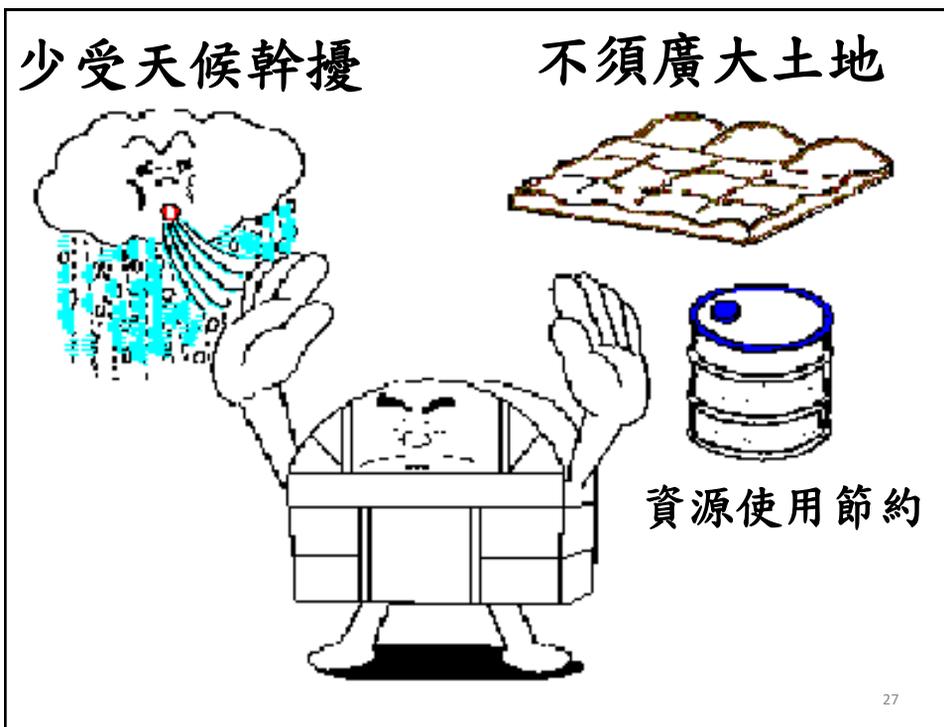




## 什麼是植物工廠？

- 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





## 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  $10^5$  個/g



## 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**

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  $10^5$  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**

什麼是**安全方便健康**的蔬菜？

熟食蔬菜

鮮食蔬菜

**AAA** 兩無一低

**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年代相繼發生許多藍嬰症的病例….
- 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

畜牧產業年華10/30-31彰化濱州

### 花蓮無毒蔬菜

台大福利社銷售  
花蓮無毒農業蔬菜產品硝酸鹽檢測(採均值法)

蔬菜種類	硝酸鹽含量 (ppm)	蔬菜種類	硝酸鹽含量 (ppm)
奶油白菜	5000	萵苣(A菜)	3600
山芹菜	4867	橡木萵苣	3175
小白菜	4750	福山萵苣	2300
山甜菜	4367	龍鬚菜	1650
日本萵苣	4033	紅鳳菜	1583
青花苗	3800	結球萵苣	800

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



有機蔬菜硝酸鹽 超標

TOP NEWS

1:08 以系統行針的驗而機製製

### 市售有機蔬菜

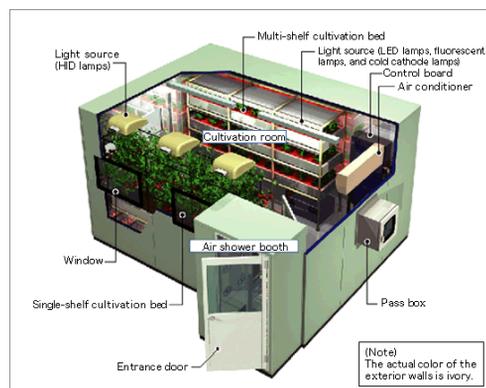
有機蔬菜品種	硝酸鹽濃度 (ppm)
統一有機嫩葉萵苣	4535
蘭陽有機萵苣	7000
蘭陽有機本島萵苣(A菜)	3867
妙麗有機仔仔白菜	5835
統一有機黑葉白菜	1650

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

## 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
- 無輻射污染
- 低生菌數
- 低硝酸鹽
- 免清洗
- 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

## 貨櫃式量產系統



- ▶ 使用 20 呎貨櫃，內部安裝冷藏庫板
- ▶ 室內栽培架 LWH：3.6 m x 1.2 m x 2.2 m
- ▶ 室內栽培區 LW： 3.6 m x 1.17 m x 4 層



室外對照組



精緻農業高效節能植物工廠計畫

# 室外栽培面臨諸多逆境的考驗



風吹雨打日曬  
雨淋病侵蟲咬



精緻農業高效節能植物工廠計畫

光量  
不足  
不均



精緻農業高效節能植物工廠計畫

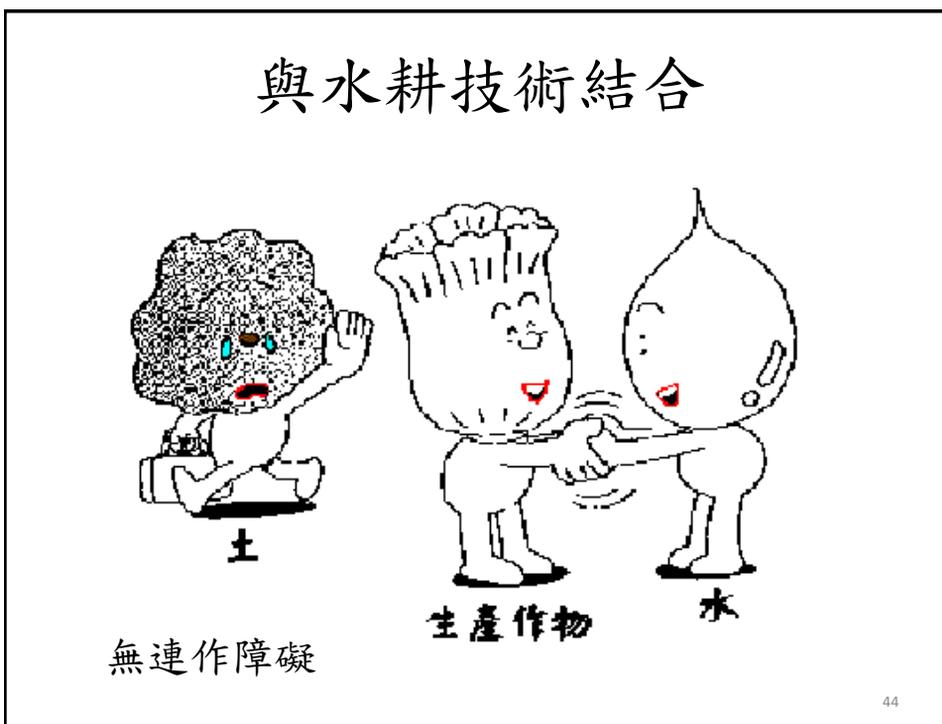
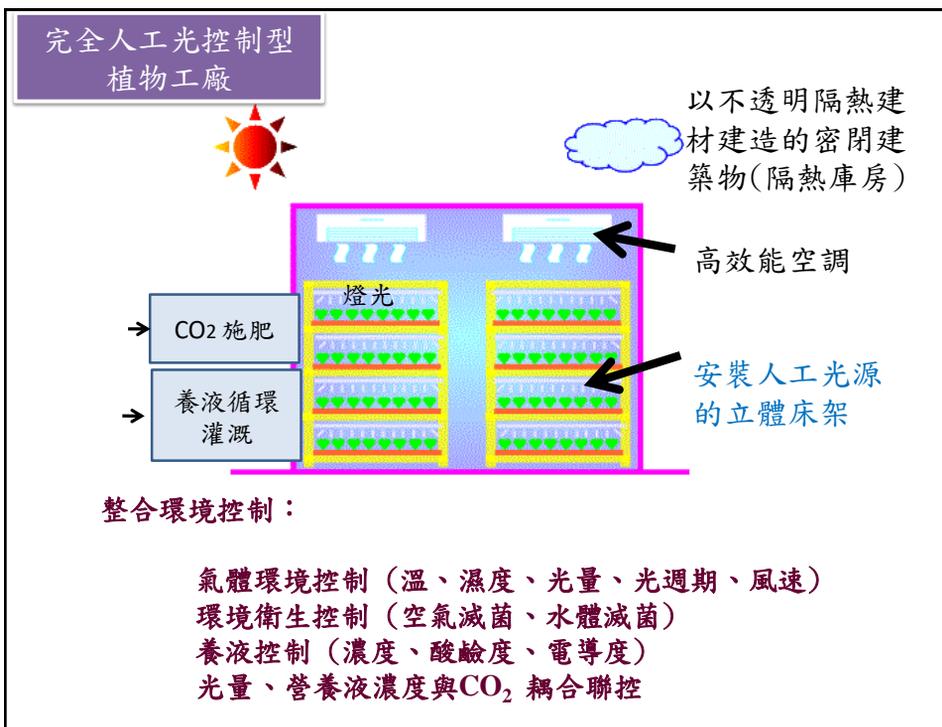


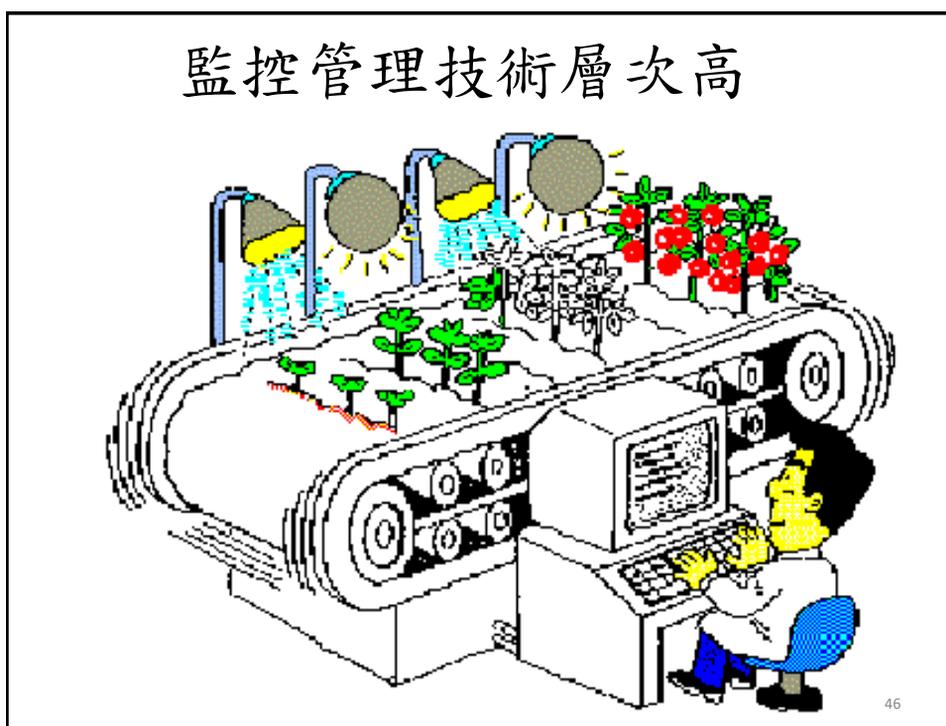
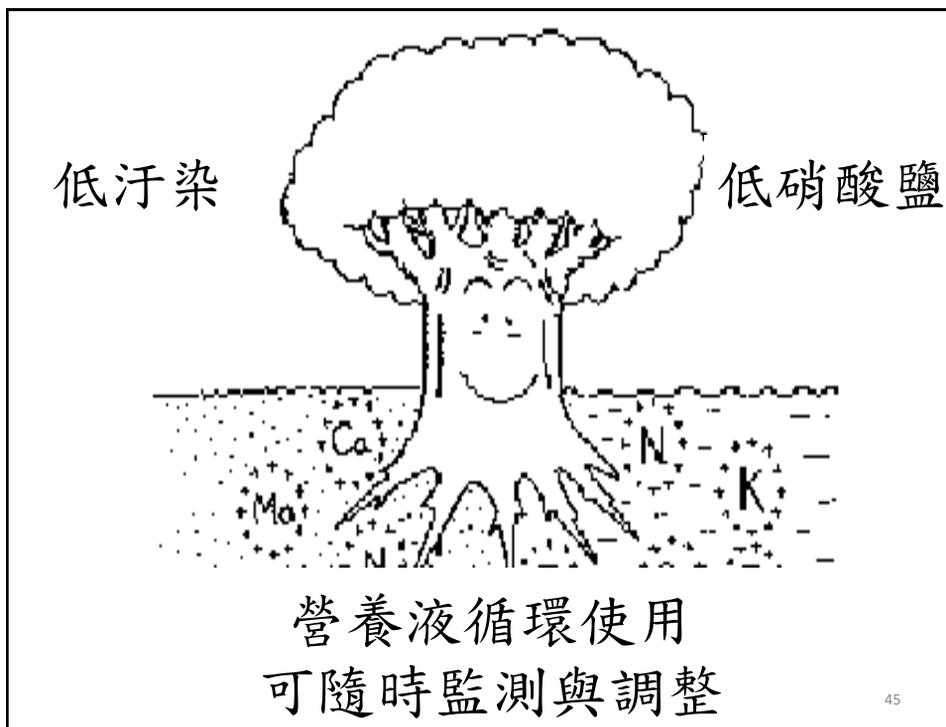
風光水養氣 環境調控易

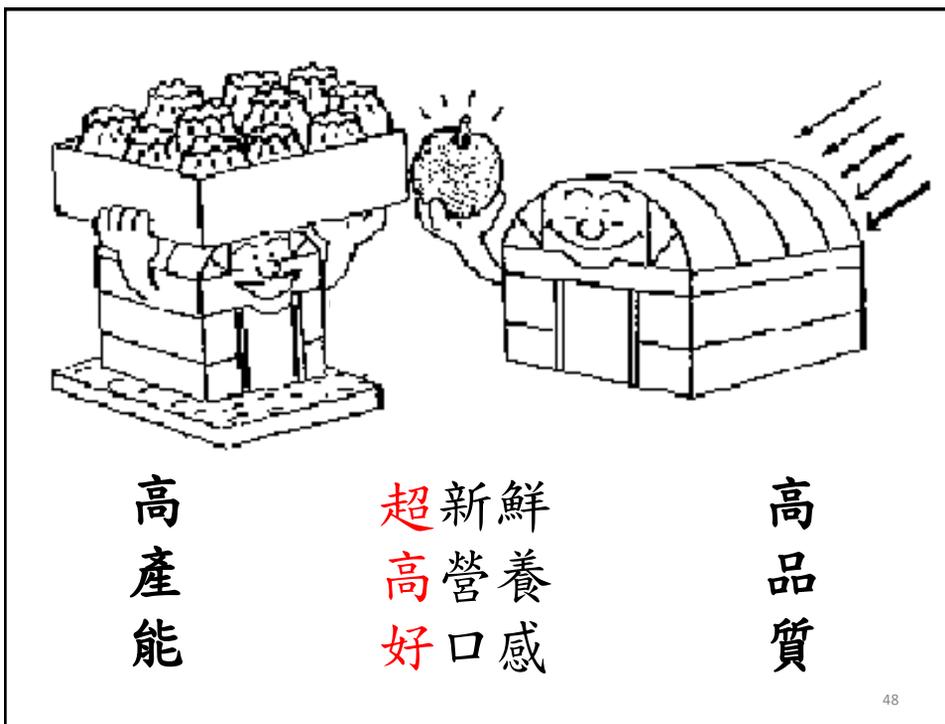
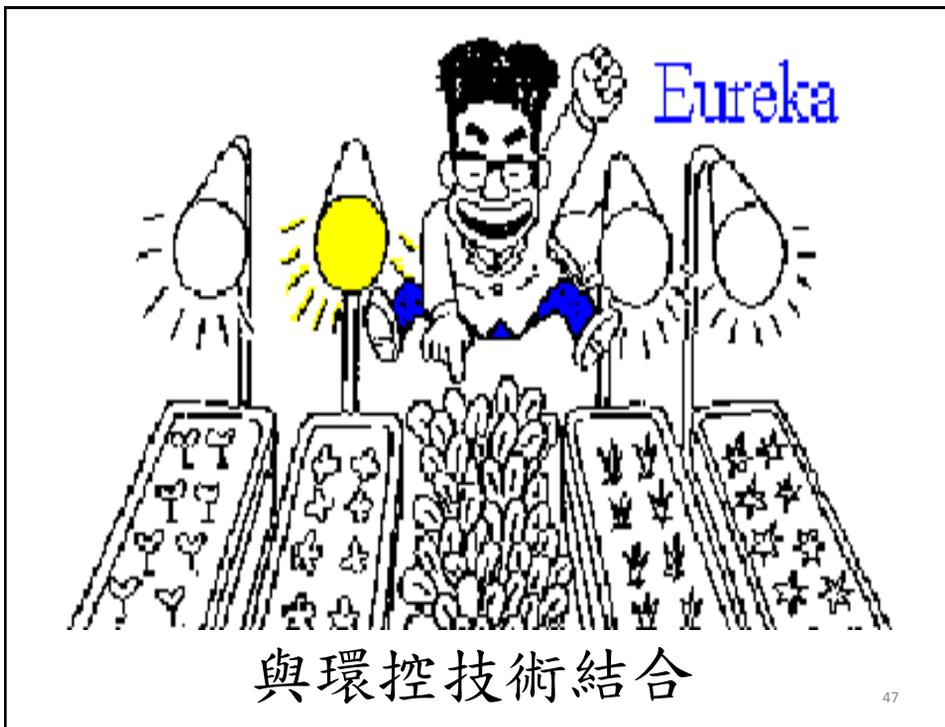


室內全環控

精緻農業高效節能植物工廠計畫







## 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

- ◎ **Kitanai** 汚い 骯髒
- ◎ **Kiken** 危険 危險
- ◎ **Kitsui** きつい 辛苦

### 3C產業

- ◎ **Clean** 潔淨
- ◎ **Clear** 透明
- ◎ **COOL** 產地認證  
Certification Of Origin Labeling

49

## 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

50

## 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

51

## 植物工廠帶來六種變化

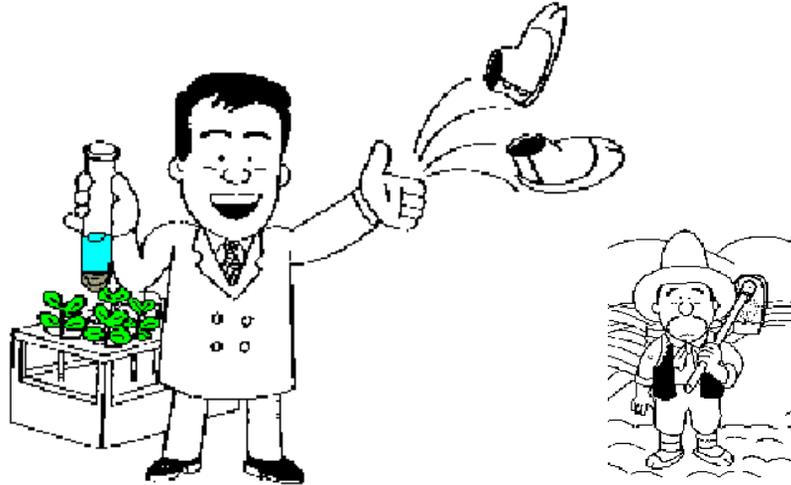
傳統農業

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

52

## 工作環境輕鬆舒適



53

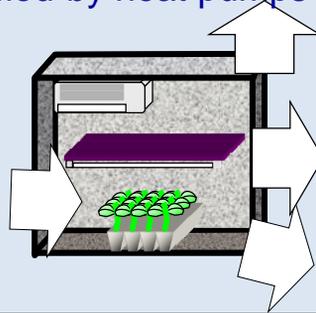
完全人工光源型植物工廠-從水資源角度是否合算？

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

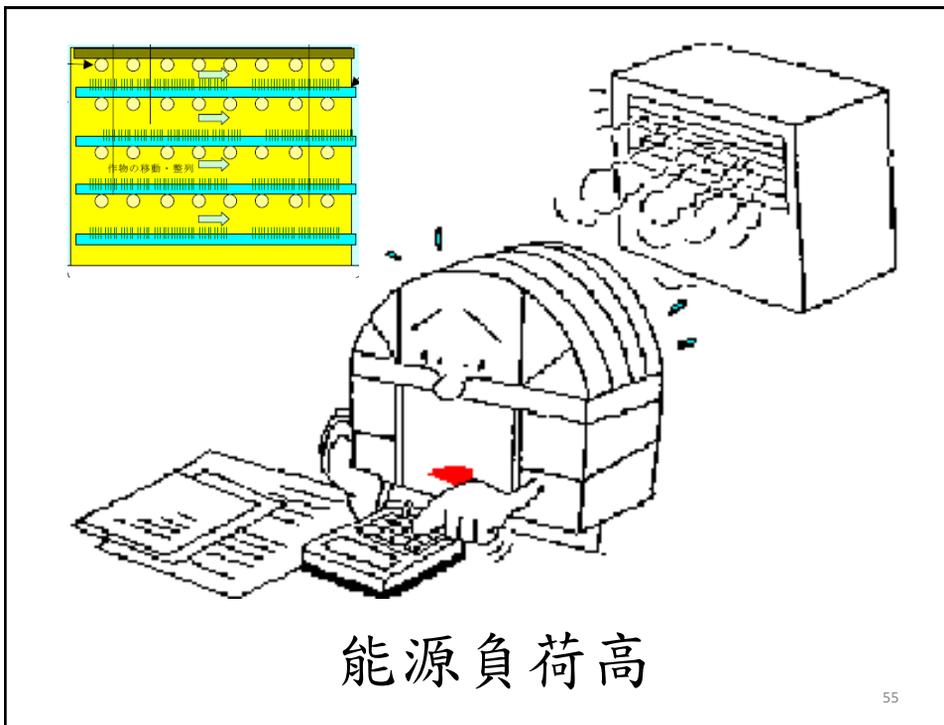
Irrigated:  
2100 kg



Increase in plants and  
substrate: 42 kg

Ventilated: 58 kg

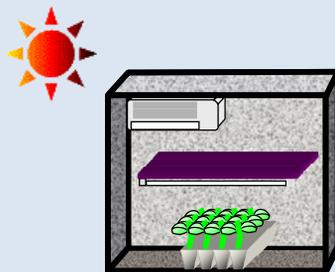
54



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

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



## 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。

57

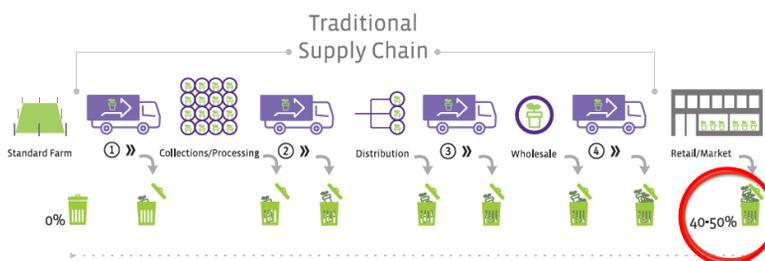
### 一些論點

- 吃蔬菜要吃當季？
- 吃蔬菜要吃有機？
- 植物工廠的蔬菜，天天是當季
- **新鮮**比**有機**更重要

58

## 一些論點

- 農業要適地適作，然後運往消費地？



高損耗、高油耗

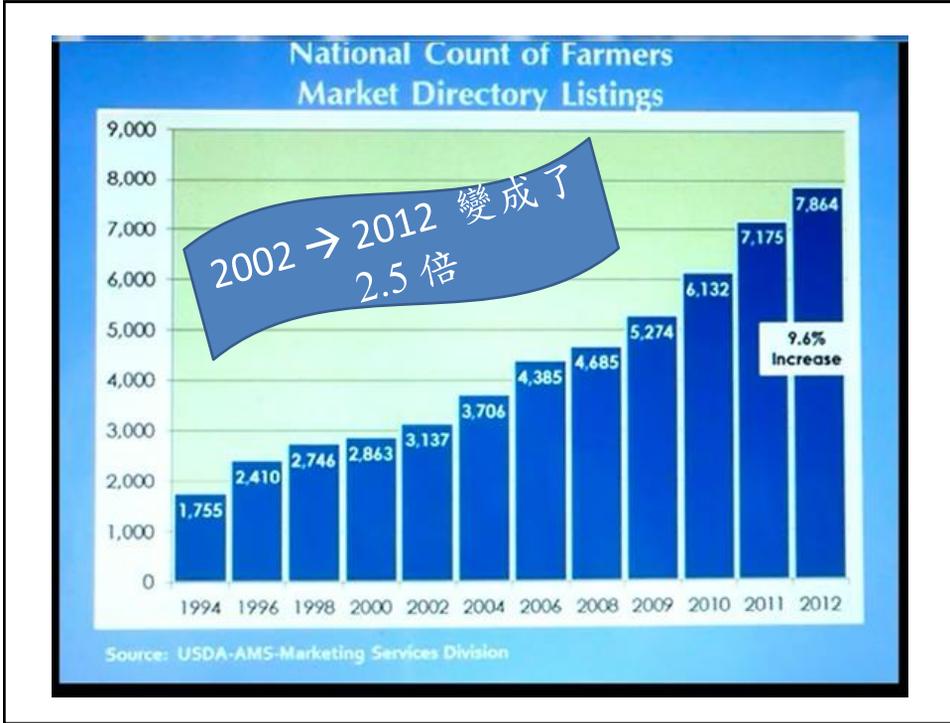
59

## 強調地產地消的農業



低損耗、低油耗

60



2002 → 2012 變成了 2.5 倍





# LOCAL for LOCAL

## 會成為主流

## Some numbers for you to take home

1. Daily production of NTU\_1000 PF is 1000 plts/day, 100 g/plt → **36 tons/yr**  
日產 1000 株，每株 100 g → 年產能 36 噸
2. We need **500** NTU\_1000 PFs to satisfy **1/100** population in Taiwan (23 million → 230 thousand) with a daily consumption of **200** g/person.  
需要 500 間 NTU\_1000 PF 以滿足台灣百分之一人口，每日每人 200 g

65

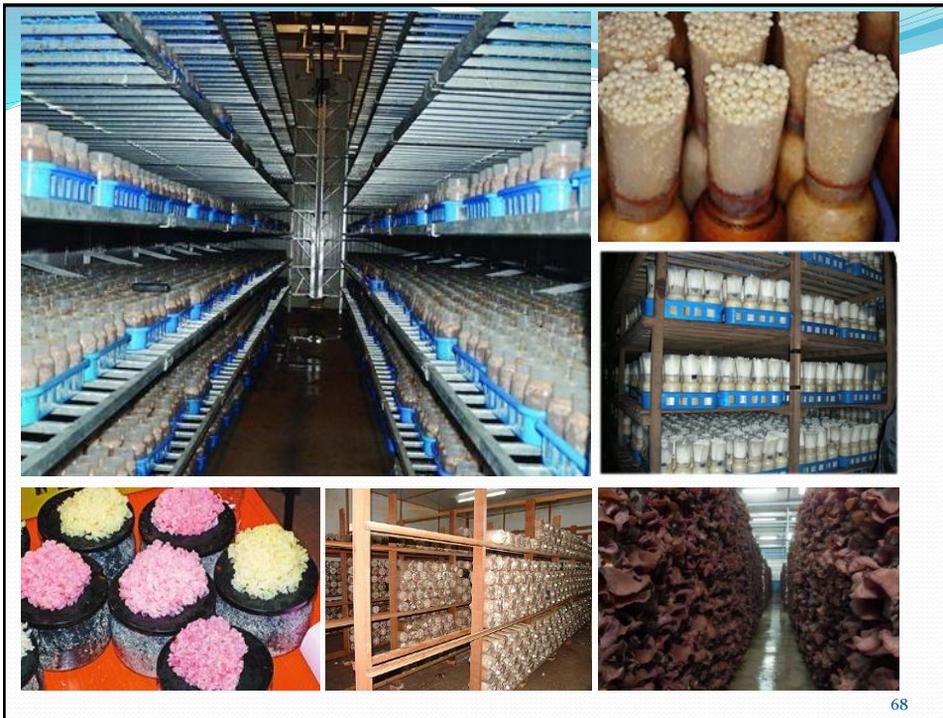
## 大綱

- 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**
  - 早期的植物工廠
  - 發展中的植物工廠
- 植物工廠的產業化
- 世界上 Vertical farming 的一些構想與進展

## PFAL in early days

1. Edible mushroom production (1960~)  
菇類量產 (含木耳)
2. Herb production (1968~)
3. Sprouts production (1970~)
4. Tissue Culture (1980~)
5. *Phalaenopsis* seedling production (1996~ )

67



## PFAL in early days

1. Edible mushroom production (1960~)
2. Herb production (1968~) 中草藥量產
3. Sprouts production (1970~)
4. Tissue Culture (1980~)
5. *Phalaenopsis* seedling production (1996~ )

69

## 北冬蟲夏草 *Cordyceps sinensis*

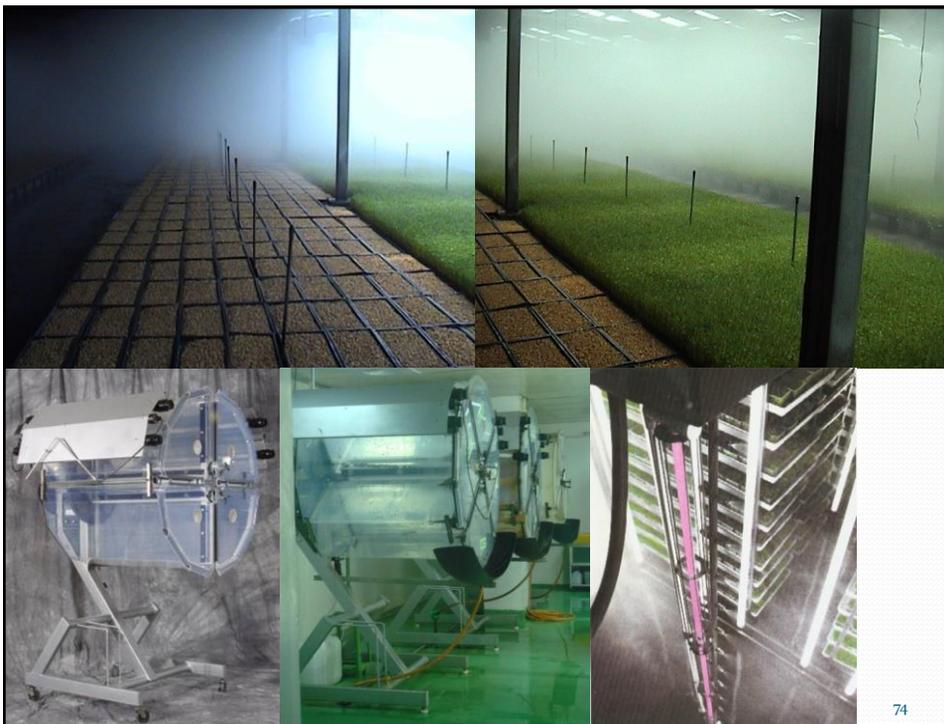


70



## PFAL in early days

1. Edible mushroom production (1960~)
2. Herb production (1968~)
3. Sprouts production (1970~) 芽菜量產
4. Tissue Culture (1980~)
5. *Phalaenopsis* seedling production (1996~ )



## PFAL in early days

1. Edible mushroom production (1960~)
2. Herb production (1968~)
3. Sprouts production (1970~)
4. Tissue Culture (1980~) 組織培養苗量產
5. *Phalaenopsis* seedling production (1996~ )

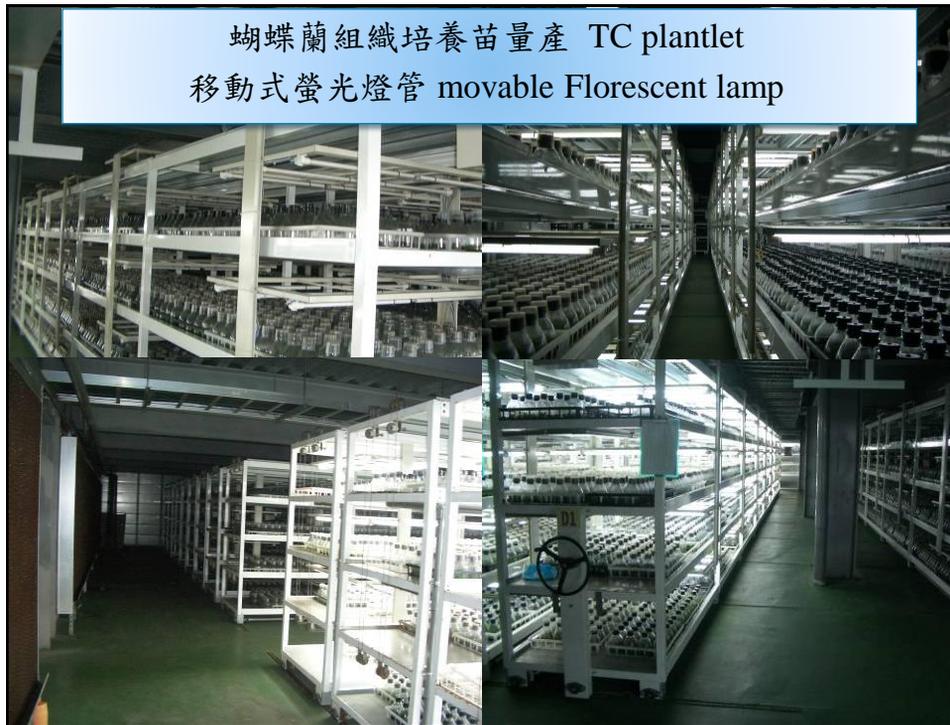
75

## Sunrise Bio-Tech. (1998)

- 蝴蝶蘭組織培養苗量產 TC plantlet
- 移動式螢光燈管與LED光源 movable LED light source



76



## PF in early days

1. Edible mushroom production (1960~)
2. Herb production (1968~)
3. Sprouts production (1970~)
4. Tissue Culture (1980~)
5. *Phalaenopsis* seedling production  
(1996~ ) 蝴蝶蘭聚盆苗與小苗量產



**Benches: 7 layers x 20 benches**



8000 plants/ layer  
1.12 million plants per story  
2.24 million plants / 1170 m<sup>2</sup>  
1914 plants/m<sup>2</sup> Floor area

## Moving light (Fang and Lai, 1998).



81

## TS 型植物工廠：嫩葉苗菜

使用高壓鈉燈，耗電且熱，能源成本極高



T：三角板，S：灑水

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

- 量產型
- 示範與教育型
- 研究型
- 店鋪型
- 貨櫃型
- 傢俱型
- 家電型

## 2010~2011 臺北花博未來館

未來客廳



未來庭園



未來廚房



## 2010臺北花博未來館之未來廚房

植物工廠家電化



## 2010臺北花博未來館之未來客廳

植物工廠傢俱化



## 2010臺北花博爭艷館植物工廠展區

2010/12/25~2011/01/23



## 2010臺北花博爭艷館





## 店產店銷

由於植物工廠的蔬菜生產不受場地限制，所以外食產業可以在店內栽培自家店鋪需要的蔬菜，如此「店產店銷」的方式不但可將生產的蔬菜直接提供給消費者，也可對減少食物里程做出貢獻。

















## 家庭與社區農場

身

Health 健康



心

Eco 生态



灵

Lohas 乐活



- 植物工厂设备 -  
**EQUIPMENT**

How **构 成 要 件**

Family Farm 家庭农场

Home Growth Light 家庭菜圃





Eco Wall 植生墙



105

- 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 情境投射照明灯



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



106



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

107

### Plant Factory at home and in the community

家庭農場 (Stages 1~3, 2~3, 3)  
社區農場 (Stages 1, 1~2, 1~3)

**1<sup>st</sup> stage**

播種期 7 days



**2<sup>nd</sup> stage**

育苗期 14 days



**3<sup>rd</sup> stage**

育成期 14 days



108

## 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)

### 2011 植物工廠開始進入家庭 1/4



## 2011 植物工廠開始進入家庭 2/4



111

## 2011 植物工廠開始進入家庭 3/4



112



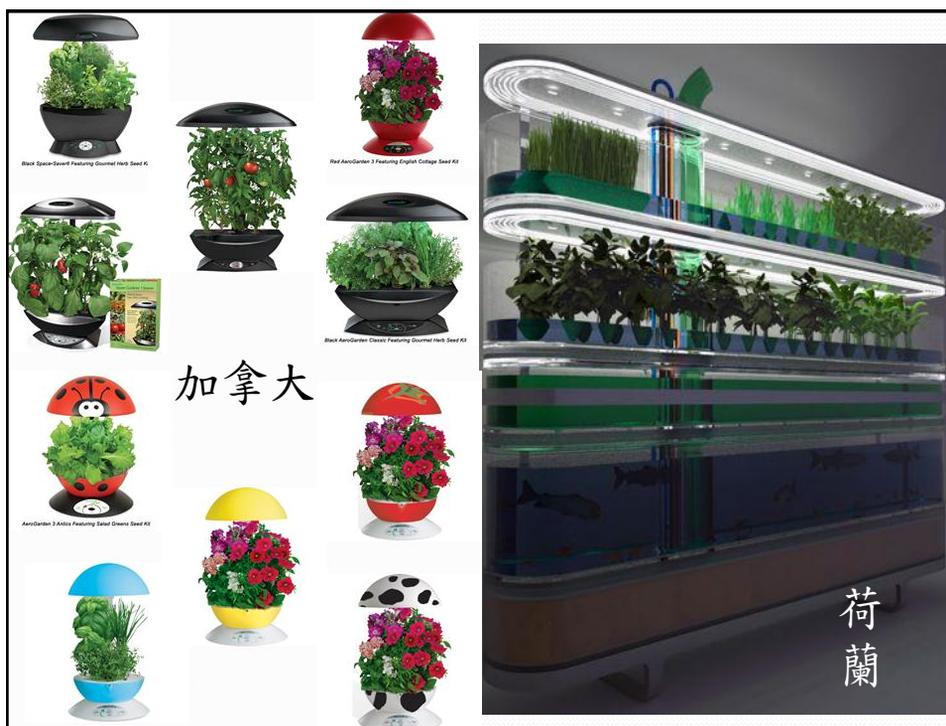
## 家庭農場 / 社區農場

- 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/無重金屬汙染
- 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)



中國



日本







## 植物生長牆

- 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
- **植物工廠的產業化**
- 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。

125



## 具更寬廣的格局

- 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

126

# 植物工廠

士農工商融合的最佳示範平臺

研究：士  
栽培：農  
設備：工  
行銷：商

} 新興產業

127

## 技術面



128

## 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

129

## 植物工廠是工廠嗎？

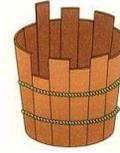
不是的！

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

130

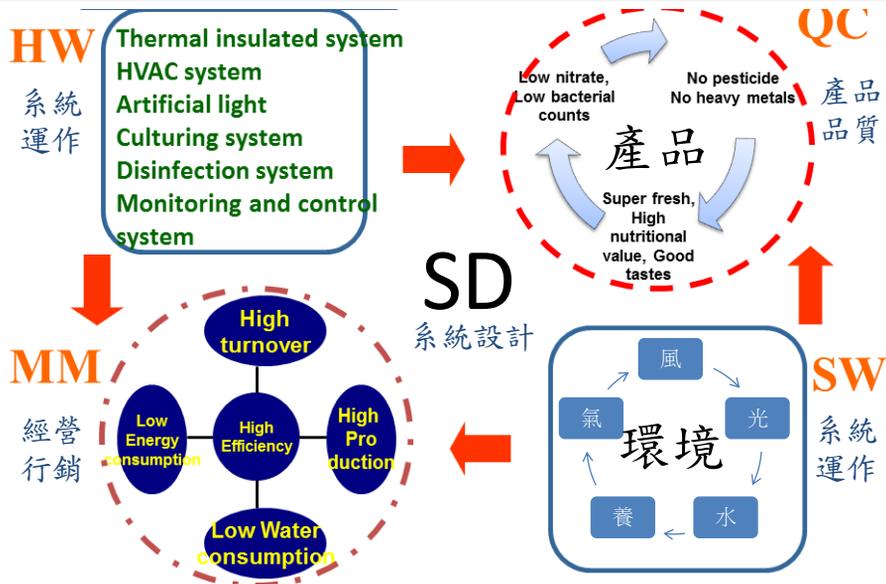
## 植物工廠要如何成功營運

- 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)



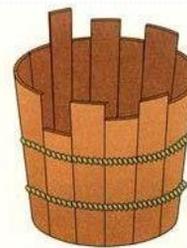
131

## 處處是關鍵/陷阱/機會/商機



132

## 植物工廠 -- 農工商融合的新產業



133

## 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



134

## 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
    - 水準輸送裝置
    - 上下架輸送裝置
- 家電型
- 貨櫃型
- 傢俱型
- 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



135

## 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



136

## 台大推動植物工廠產業化

- 定策略：進口替代、出口擴張
- 辦培訓：編撰教材，先觀念、後實作
- 辦社團：
  - 台灣植物工廠產業發展協會
  - 中華植物工廠協會
- 建平台
- 勤研究：一般、特用、機能性蔬菜/藥材/香料
- 廣交流

### 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)



138

台灣(泰國進口)(植物工廠量產)生鮮沙拉/香料產品超市售價

(3.3 ~ 5.5 NT\$/g) 109 NT\$ for 60 g (1.81 NT\$/g)

SOGO 忠孝店

薄荷 一盒 28.8g 95NT\$  
 紫蘇 一盒 10片 55 NT\$  
 葉片連葉柄4.5~6.4g  
 擦乾後之葉片3.65~3.78g

皇家農場綜合沙拉盒 (燕農樂) MIXED SALADS  
 內容物：皇家農場新鮮沙拉菜(紅萵苣葉、碧綠萵苣、紅梗生菜、綠梗生菜、結球萵苣、紅珊瑚萵苣、日本茼蒿菜、甜菜葉。)  
 重量：淨重 60g  
 有效日期：2012-01-19  
 985584148000787  
 原產地：泰國 清邁  
 皇家農場

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



知識經濟時代  
 體驗經濟時代

學得快、學得徹底、錯得少

農業推廣手冊 67  
 題說「植物工廠」  
 方 博

完全控制型  
 植物工廠

豐年社出版

140

## 台大推動植物工廠產業化



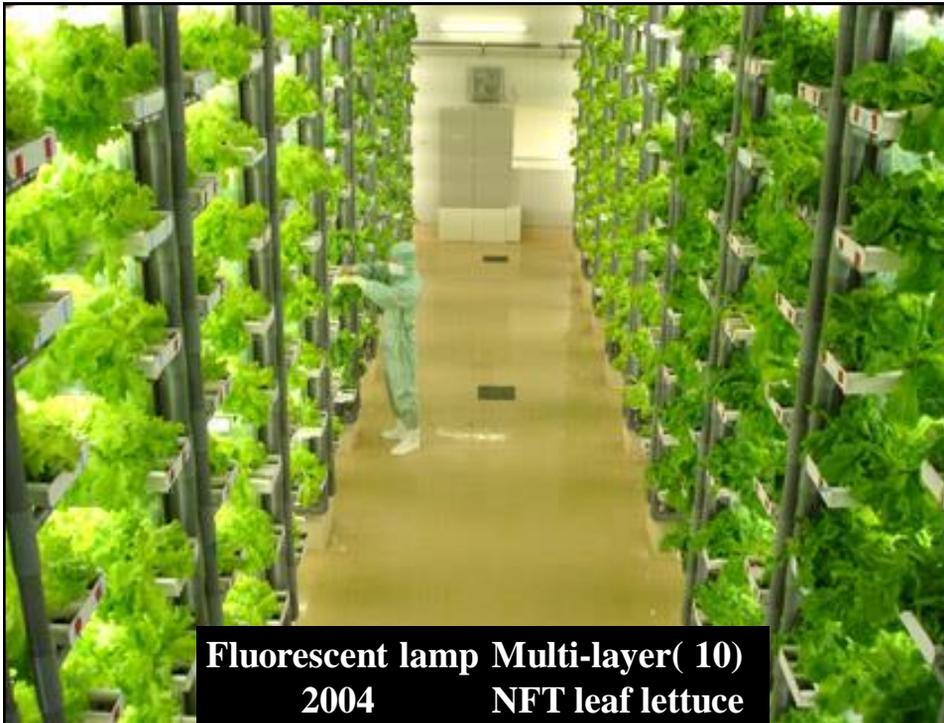
141



# 台大植物工廠 媒體專訪



日本





## 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。



149

栽培區



栽培區



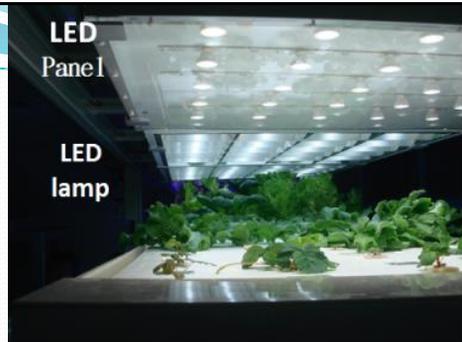
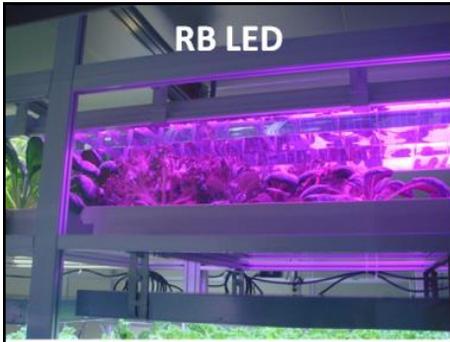
Commercial lettuce production using red LEDs  
 Cultivation area: 800 m<sup>2</sup> in 169 m<sup>2</sup> building (multi-layered system)  
 Production capacity: 1.5 million lettuce heads per year



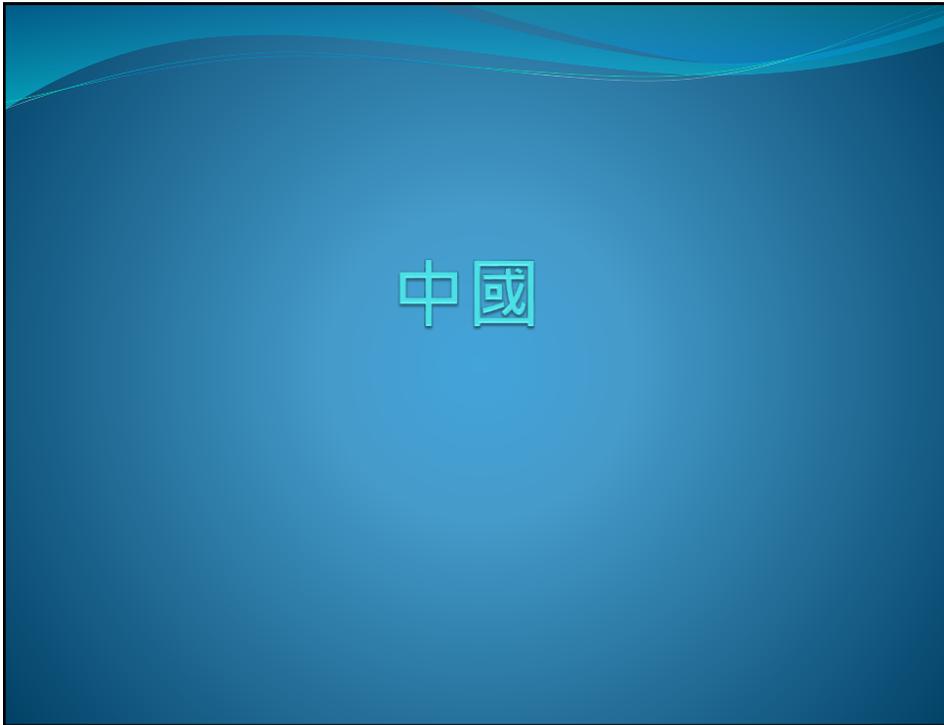


台灣









# 日商在中國



## 苏州松下生产科技有限公司新植物工厂蔬菜出货

2017年10月08日 11:54 太平洋电脑网

**Panasonic 松下健康安全蔬菜**

最新研发培育技术，环境健康、标准、卫生等，为您提供安全放心的蔬菜产品。无公害、无农药、无重金属、无细菌、无病毒、无有害物质。

安全 放心 营养 高品质蔬菜  
健康 绿色 环保 高品质生活



 <b>优糖生菜80G</b> 开袋即食价 <b>15元</b>	 水萝卜24G 开袋即食价 <b>23元</b>	 水萝卜56G 开袋即食价 <b>19元</b>
 迷你生菜180G 开袋即食价 <b>16元</b>	 水萝卜15G 开袋即食价 <b>23元</b>	 水萝卜12G 开袋即食价 <b>23元</b>

【PConline资讯】9月15日，苏州松下生产科技有限公司正式举行了新植物工厂竣工暨「品蔬生活」品牌产品的出货仪式，标志着苏州松下生产科技有限公司新植物工厂蔬菜正式上市，人类的健康优质生活开始起航。

“CLUXTA 松下·智美体验空间”位于上海环球金融中心2楼，2017年7月开始运营。



80

## 中国华录松下植物工厂（大连瓦房店）

占地面积：2430 m<sup>2</sup>  
 栽培面积：3110 m<sup>2</sup>  
 日产量：4500 heads/d

2017年亚洲园艺展-贺冬仙讲座

## 中國三安集團 (官股)

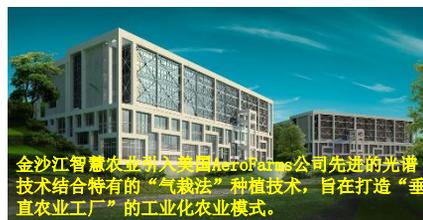
**Floor area: 9000 m<sup>2</sup> Yield: 1.5t d<sup>-1</sup> 7 Billion Yuan for plant factory**





## 美商 + 中資 在中國

金沙江智慧农业科技公司，门头沟，北京



**Beijing IoT Plant Factory**

北京平谷农众物联植物工厂, 26000 m<sup>2</sup>, 菌类、叶菜、果菜






Floor area: 7000 m<sup>2</sup> \* 3 Floors  
Yield: ? heads d<sup>-1</sup>  
For mushroom, leafy and fruit vegetable

衢州首家“植物工厂”种菜销上海

来源: 衢州新闻网 - 衢州日报 2017-09-01 07:13

无阳光无土壤无污染

本报讯(记者 邓亮 报道组 姜伟峰 程伟)8月31日下午,江山市星菜农业科技有限公司一间密封隔离的厂房内,摆满了一排排类似货架样式的栽培架。每个栽培架高达20层,每一层顶部都布满了红色或蓝色的LED灯,底下是一棵棵长势正旺的蔬菜。蔬菜下方不是土壤,而是营养液槽。

**Floor area: 30000 m<sup>2</sup>**  
**Cultivation area: 116000 m<sup>2</sup>**

**20 layers cultivation**



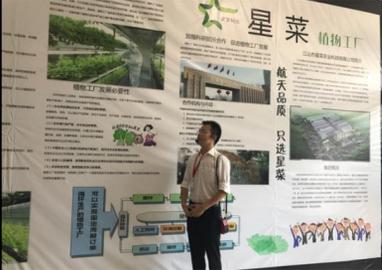

首页 > 衢州 > 江山有家神奇的“植物工厂” 没有土壤,阳光也能种菜!

**江山有家神奇的“植物工厂” 没有土壤、阳光也能种菜!**

2017-08-31 09:34 | 浙江新闻客户端 记者 赵璐洁 报道组 程伟 通讯员 徐斌

从种子到发芽、从幼苗到成熟,植物的生长总是受到自然界土壤、阳光、雨露等各方面因素的影响,但在位海协作区的一家植物工厂里,蔬菜生长在封闭洁净室里,只需要一键启动,系统就能实现全自动栽培,不靠利用植物本身的生长规律,却能大大提高蔬菜的生长质量和效率。

**400 m<sup>2</sup>, 2.5 million Yuan**



## 陕西旭田人工光型植物工厂

陕西旭田秦北植物工厂、陕西杨凌旭田植物工厂、陕西实发旭田植物工厂、江苏淮安旭田植物工厂、江苏涟水旭田植物工厂、江苏洪泽旭田植物工厂、江苏宿迁旭田植物工厂、内蒙古德盛禾旭田植物工厂、重庆潼南旭田植物工厂等。



## 喜萃™植物工厂团队受到李克强总理接见 (2016-10-13 17:31:22)

+ 转载 ▾

标签： 杂谈

2016年10月12日，第二届全国大众创业万众创新活动周（简称“全国双创周”）以“发展新经济、培育新动能”为主题，于深圳湾创业广场拉开序幕，活动持续7天，国家总理李克强在结束了澳门的考察后出席了此次活动。

华星环球喜萃™植物工厂以其革新的科技、可持续发展的主旨与全体团队成员的努力下有幸在150多个创业项目中脱颖而出，成为仅有的5支优秀项目团队受到了李克强总理的接见，并由喜萃工厂创始人夏语先生和蒋晶晶博士作为创客代表向总理介绍了我们的植物工厂项目。总理在详细了解了喜萃植物工厂后对于我们的项目给予了充分的肯定！



喜萃植物工厂

椰纤维育苗+LED光照

占地面积：3000m<sup>2</sup>

产能：日产10000株



## 被拿去當活廣告了



Prof. Toyoki Kozai  
日本植物工厂权威古在丰树教授



Mr. Terry Gou, and Former Minister  
of Agriculture of Taiwan  
郭台铭先生及前台湾农业部长来访

## Visitors 部分来访人士



Founder Dr. Jiang accepted the reception of premier  
Li Keqiang as a representative of maker in National  
Mass Innovation and Entrepreneurship Week.

双创周上创业人蒋晶晶博士作为  
创客代表接受李克强总理接见

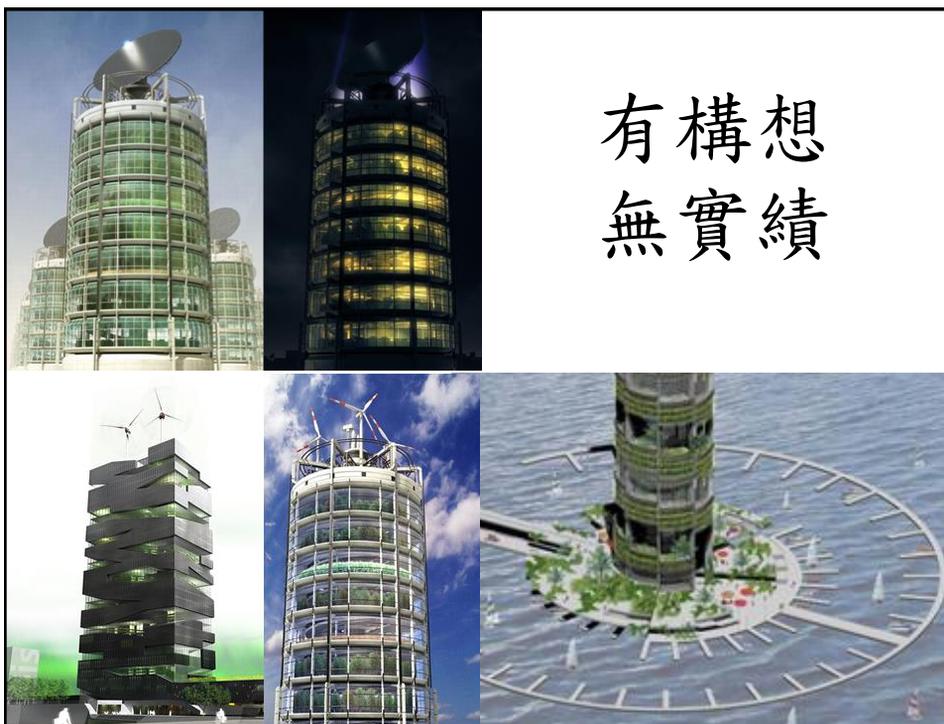


Prof. Wei Fang, The Founder  
of Plant Factory in Taiwan

台湾植物工厂创始人方炜教授

# 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
- 植物工廠的產業化
- **世界上 Vertical farming 的一些構想**

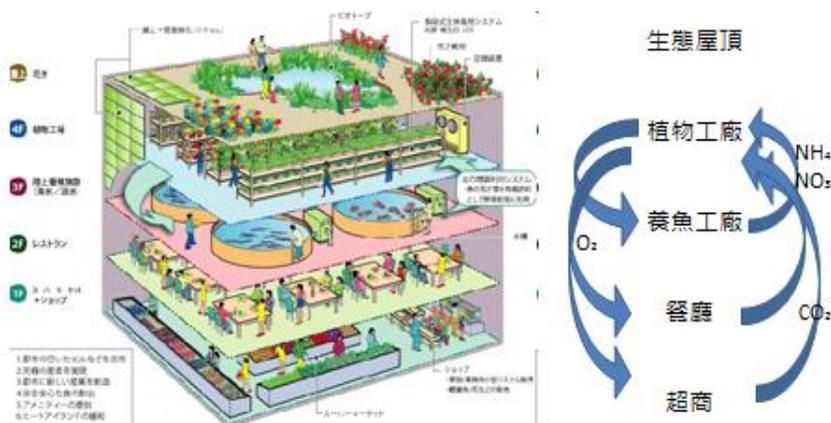


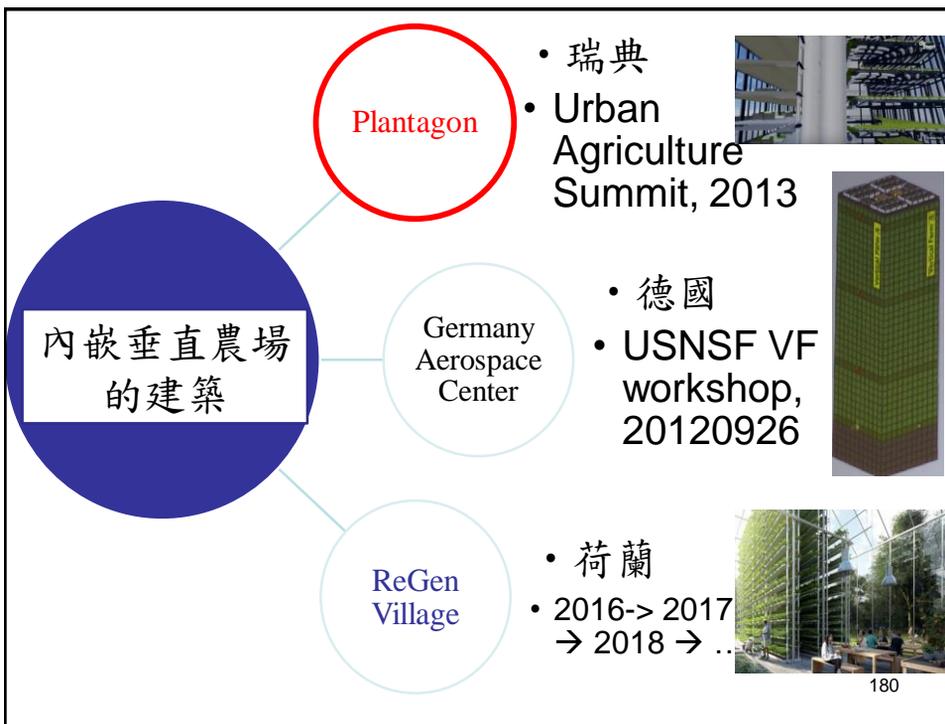
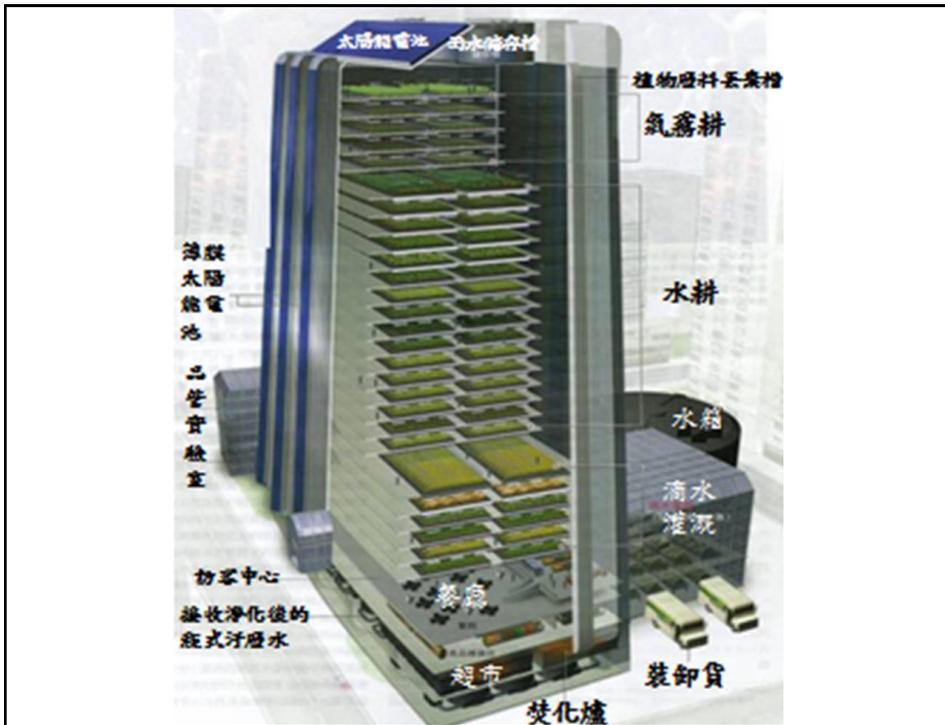




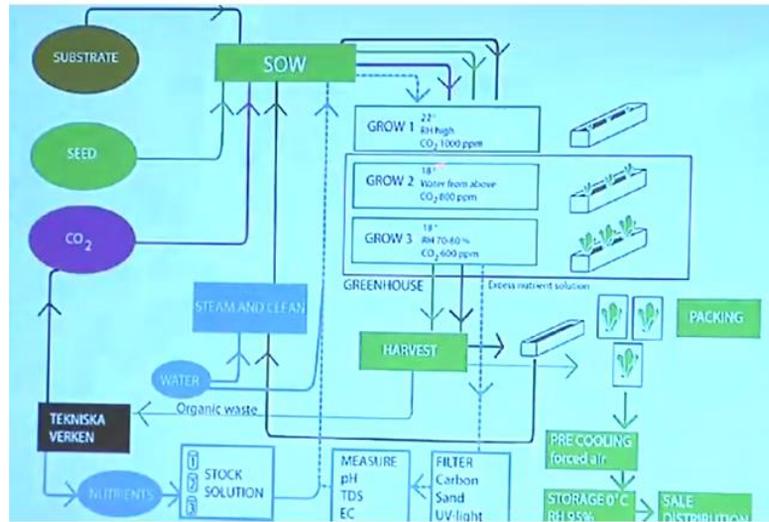
## 植物工廠-運用能源/氮源/碳源循環，資源回收再利用

通用廢棄蚊子館或是各大企業停用的廠房或倉庫，使其再生具有高附加價值



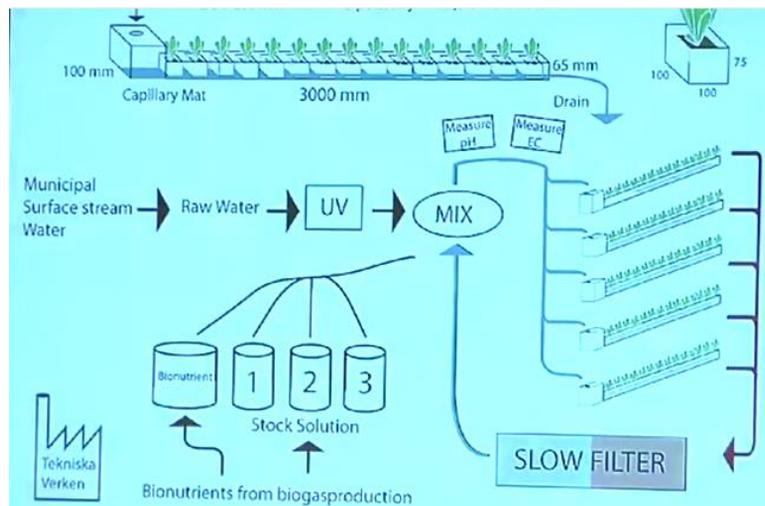


## 2013 Plantagon 系統設計



181

## 2013 Plantagon 系統設計



182

## Spiral in a Dome



## 瑞典 Plantagon



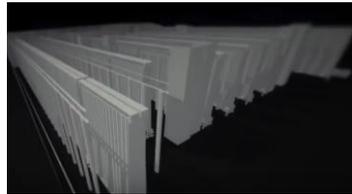
# Various versions

<https://youtu.be/j54XiSc-QRc>

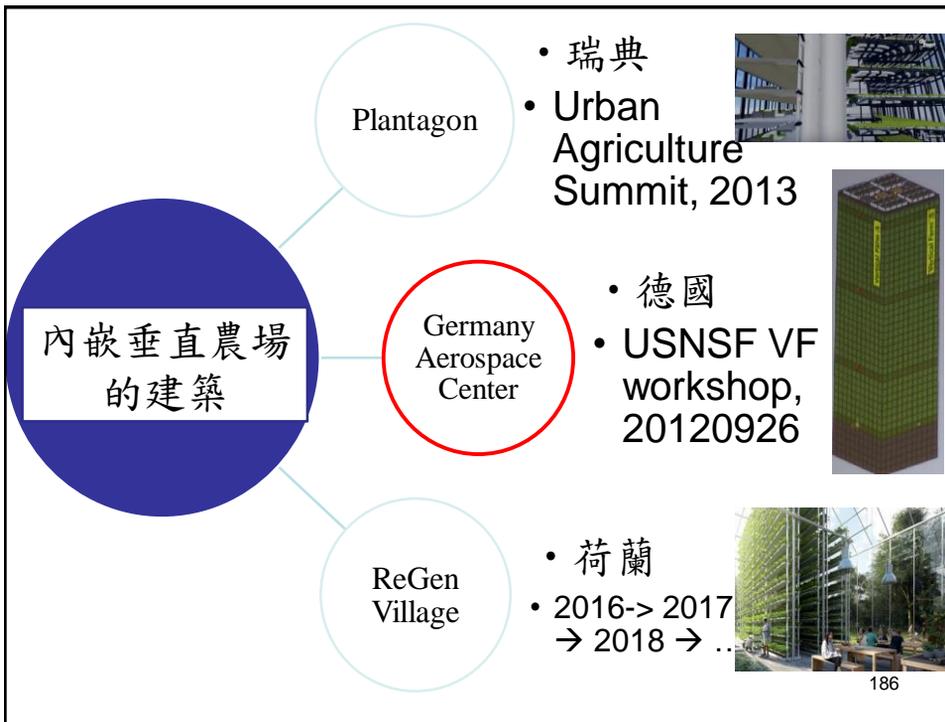
Keep changing version



<https://youtu.be/ACXx1raowdU>



185

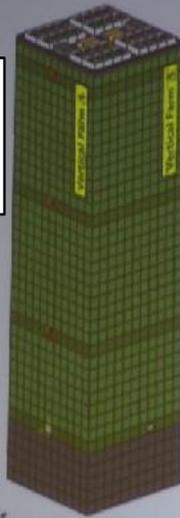


186

## 德國 垂直農場

占地 2000 m<sup>2</sup>  
 建築長寬各 44 米  
 樓高 107 m  
 地上 32 層  
 地下 5 層

German  
DLR  
Aerospace Center



- Building: 44 x 44 m
- Footprint: ~2000 m<sup>2</sup>
- Total height: 170 m
- 37 Floors (5 underground)
- Only artificial light

### Inner Shell:

Nutrient Delivery  
 Environmental Control  
 Plant Cultivation  
 Environmental Control  
 Plant Cultivation  
 Environmental Control  
 Plant Cultivation  
 Germination & Cleaning  
 Food Processing & Control Room  
 Supermarket & Delivery Area  
 Waste Management  
 Fish Farming



### Floors:

- 25 x Plant Cultivation Floors
- 3 x Fish Cultivation Floors
- 3 x Environmental Control Floors
- 2 x Waste Mgmt. Floors
- 1 x Nutrient Delivery Floor
- 1 x Germination Floor
- 1 x Food Processing Floor
- 1 x Supermarket

### Showcase selection:

4 x Lettuce	3 x Tomatoes
2 x Cabbage	2 x Peppers
1 x Spinach	5 x Potatoes
2 x Carrots	4 x Peas
1 x Radish	1 x Strawberry

German  
DLR  
Aerospace Center

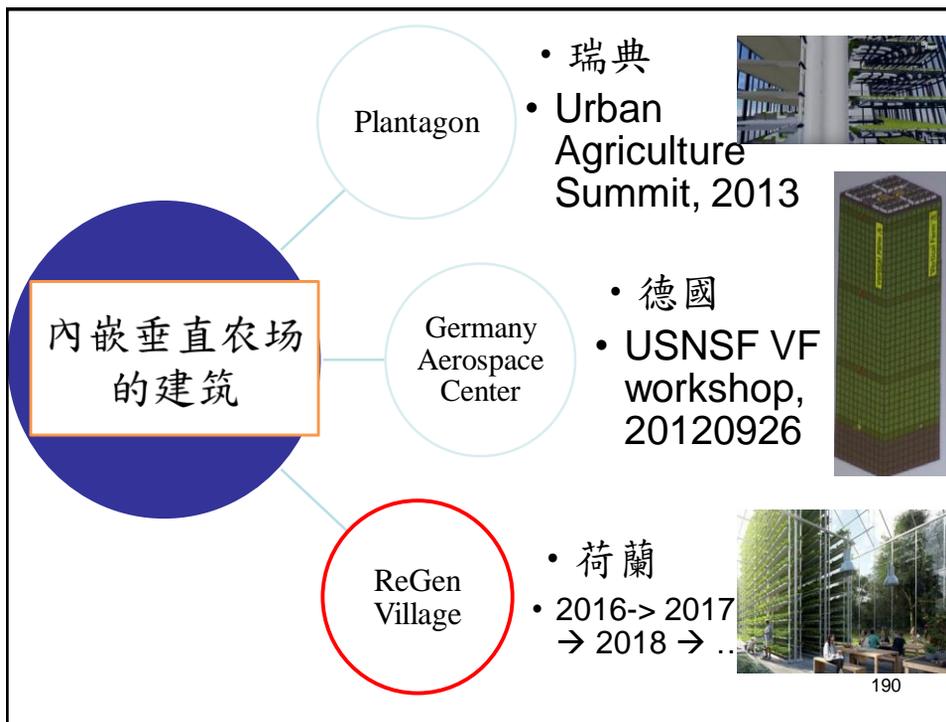
# 與傳統農法的比較

Crop	Expected yield in field agriculture (ton/ha/year) (REF)		Baseline Scenario	
	Yield	Required agricultural land to fulfil VF output (ha)	Yield of VF* (ton/year)	Required agricultural land to fulfil VF output (ha)
Lettuce	13	47	1,475.78	34.32
Cabbage	17	35	1,750.00	17.17
Spinach	17	43	1,750.00	11.11
Carrot	30	48	2,800.00	4.38
Radish	13	49	1,475.78	16.14
Tomatoes	17	50	1,750.00	16.14
Peppers	22	51	2,200.00	11.81
Potatoes	20	52	2,000.00	24.76
Peas	7	53	700.00	27.89
Strawberry	22	54	2,200.00	5.18
Total			4,896.37	215.87

Building footprint: ~2000 m<sup>2</sup> (=> ~4900 t/a)

Equal required agriculture land: 216 ha (2.16 Mio m<sup>2</sup>)

Increase factor: <1000



## ReGen Village 迴圈村落

Tech-Integrated & Regenerative Residential Real Estate Development

- Almere
  - 阿姆斯特丹都會區內的衛星市鎮
  - 位於 荷蘭 福萊佛蘭省  
(Flevoland, The Netherland)
  - 和阿姆斯特丹中間隔著艾湖 (Ijmeer)
- 舊：於2016年夏天開工，2017年底完工，  
可容納 100 戶人家
- 新：2018 夏天開工，聖誕節前第一戶可完工，  
可容納 194 戶人家

191

第一座能夠全面自給自足的村落

一個能

自給食物

自給能源

並自行處理廢棄物 的

超級迴圈村落

192

## 迴圈村落概念 (2018 之前)



(圖片來源：丹麥建築事務所 [EFFEKT](#))

## 迴圈村落概念 (2018 new)



194

天生萬物以養人 (EGO)



人類為生態的一環 (ECO)

195

## 結合五個核心理念

1. 村落的高產有機農作
2. 產能房屋 (Energy positive homes)
3. 混合再生能源
4. 儲集水資源與廢物迴圈
5. 村落營造 (Empowerment of local communities)。

196

## 廢物迴圈

- 收集家家戶戶的廚餘以餵養家畜和行軍蠅（soldier flies），這些蒼蠅可作為魚群的食物，魚群的排泄物則為魚菜共生系統的肥料，生產住戶所需的蔬果。
- 室外的季節花園則利用家畜排泄物製成的肥料施肥。

197

## 能源與水資源自給自足

- 混合地熱、太陽能、太陽能光熱、風能和生物質等再生能源。
- 設置的沼氣池還能夠將不可作為堆肥的家庭廢物化作能源和水資源。
- 設置雨水和灰水的水資源儲集系統，供給魚菜共生系統以及季節花園所需。
- 回收冷凝水迴圈利用
- 智慧電網的技術也將應用於該社區，以確保能源有效供給。

198

## 村落外觀



( 圖片來源 : [EFFEKT](#) ) 199

## 村落之街道



( 圖片來源 : [EFFEKT](#) )

200

## 村落之室內農場



( 圖片來源 : [EFFEKT](#) )

201

## 村落之室內



( 圖片來源 : [EFFEKT](#) )

202

## 循環農業的極致 → 太空農業

植物成為工程元件，負責

- 淨化空氣
- 淨化水質、提供水分
- 提供營養、纖維

其能力，可以被量化

203



謝謝聆聽