



# 全球植物工廠產業發展現況與展望

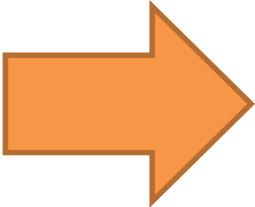
方 煒

臺灣大學生物產業機電工程學系 教授  
臺大生農學院環控農業卓越中心 主任

聖約翰科技大學 2018/12/25



# 大綱



簡介

全球產業現況

高附加價值產品&作物

結論

# Plant Factory



## The Future Farming

未來農業的現在進行式



甚麼是 植物工廠？

使用最少的資源且  
對環境的汙染為最低  
高效能全年穩定量產  
高品質食物、纖維與  
有益植化素的密閉式  
植物量產系統



# Why Plant Factory ?



三大挑戰

全球人口暴增，往都市遷移

2015 7.3 Billion people, ~50%

2050 9.7 Billion people, 70%

食品安全 food security / safety

資源有限：缺地、缺水危機

氣候變遷：極端氣候

消費者：環保、食安意識覺醒

etc.....



# Why Plant Factory ?



三大挑戰可同時紓解

- 省資源

- ⇒ 節水：水量1/50、肥料1/2

- ⇒ 節地：土地 1/100

- 環保、食安

- ⇒ 無農藥、減廢50%

- ⇒ 地產地消：減碳

- 高效、高質、穩態

- 高效能 ⇒ 高週轉、單位面積產能高

- 高品質 ⇒ 超新鮮、高營養、機能性植化素

- 穩態 ⇒ 固定品質、產程、產量、成本

- 生產接近零風險

- ⇒ 不受天候影響

- ⇒ 不受病蟲害影響

# 甚麼是 植物工廠？

一個至少有屋頂保護的栽培系統

- 可具有 保溫外牆
- 可使用 人工光源
- 可使用 多層床架
- 可循環使用 營養液
- 可進行 二氧化碳補充
- 可使用 再生能源

# 高田

環控農業  
室內農業  
設施農業

屋頂下的一口田



Consumer

Producer

# 植物工廠的價值

來自於  
消費者與生產者的  
認同與感謝

新鮮

無農藥

營養

免洗

方便

安全

穩態  
生產

全年  
生產

高效

省水

省地



# Global trends favor the development of PFAL

- Globalization
- Global warming, extreme weather
- Growing population and Urbanization
- Limited resources, such as farm land, fresh water, etc.
- Polluted air, land and water
- Consumer awareness
  - on Food Security / Food Safety
  - on Carbon Footprint / Food Mileage
- **Growing of ABC** (AI, Big data, Cloud computing) intelligent embedded
- **Advancement of LED** and other lighting technology

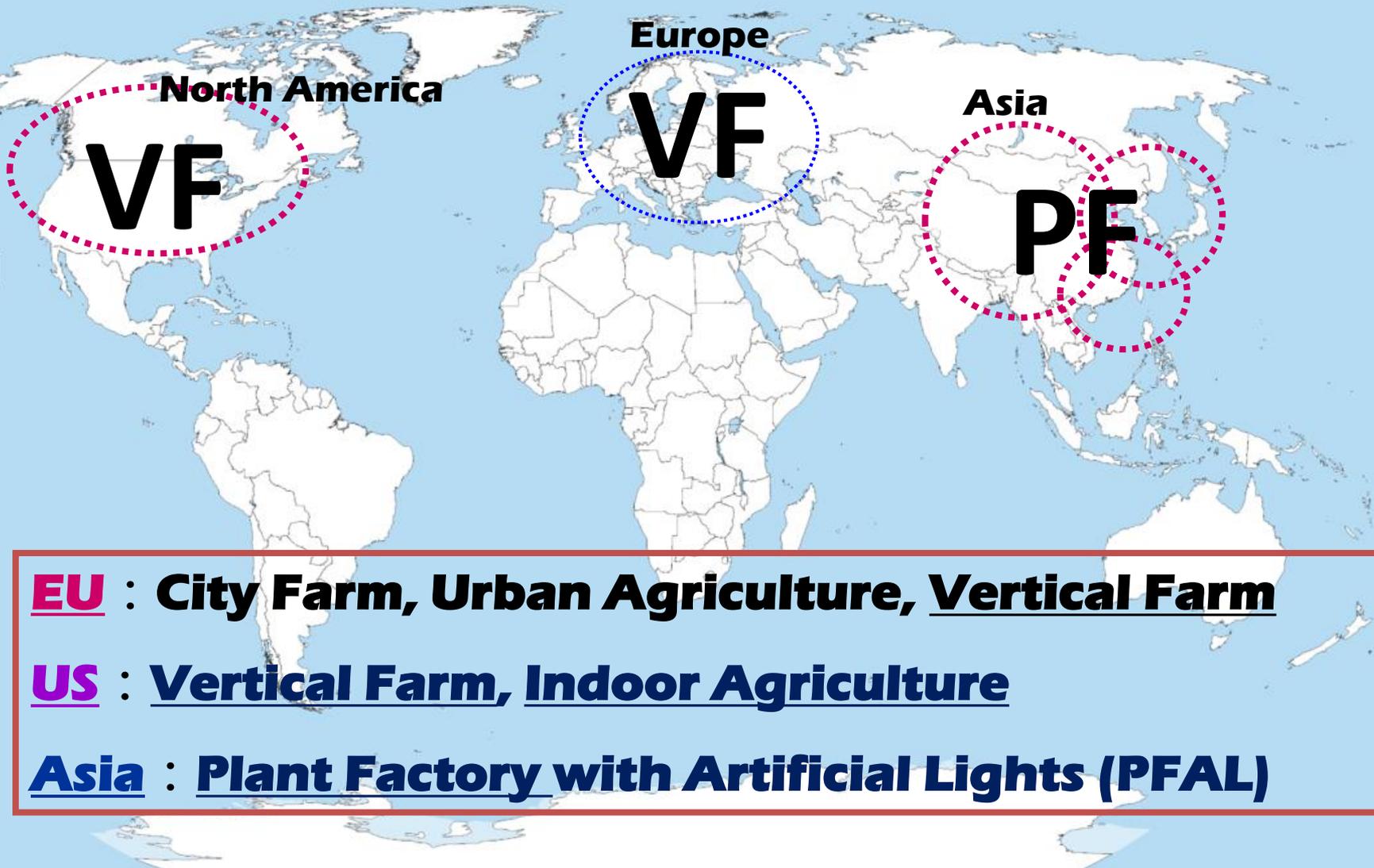
# Places suitable to develop PFAL

- Places with **high population density/high income**

## PLUS locations

- **too hot / too cold** to grow vegetables
- **with too little rain**, such as South CA
- **with shortage of fresh water**, such as middle East
- **with cheap electricity fee**, such as middle East
- **relied on import of agricultural products**, such as SG
- **with lots of unused buildings/factories/basements**
- **with little farm land**, such as SG, HK

# PF, VF, and more



# Various terms converged into ONE

PF, PFAL

VF, VFAL

Urban Agriculture

Urban Horticulture

Indoor Agriculture

Indoor Horticulture

City Farm

Smart Farm

....



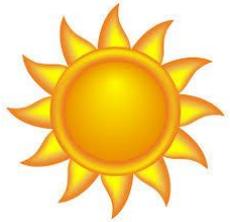
C

E

A



# Controlled Environment Agriculture (CEA)

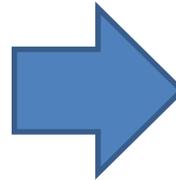


Open field



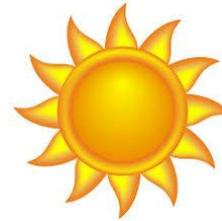
< 3 kg/m<sup>2</sup>/year

防風  
防雨  
防蟲  
省水  
省肥



補光  
遮陽  
保溫  
降溫  
加溫

Greenhouse: Plant Factory with sunlight and/or supplemental light



Semi-closed: Greenhouse



69 kg/m<sup>2</sup>/year



# 中國、山東、濰坊市



# Almeria of Spain



# 荷蘭、Westland City



# 荷蘭、Westland 市 Opti-Flor 公司



5 公頃

5 公頃

Opti-flor Bv

© 2007 Europa Technologies

© 2007 Google

Image © 2007 Aerodata International Surveys

Pointer 52°02'30.53" N 4°12'15.10" E elev 0m

Streaming 100%

Eye alt 483 m





# 美國、亞利桑納、Eurofresh 農場



Arizona sunrise over Eurofresh Farms.



# 超過 74.5 甲的番茄園在同一屋頂下



Over 164 acres of Fresh tomatoes.

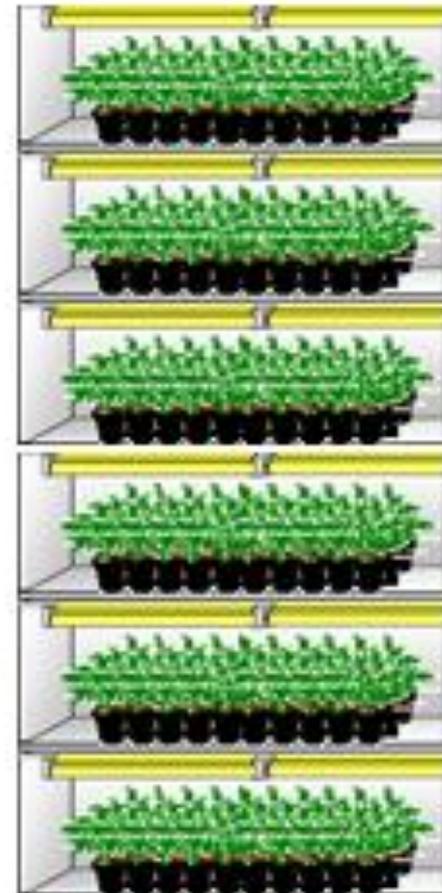


# Controlled Environment Agriculture (CEA)

Greenhouse: Plant Factory with sunlight and/or supplemental light



Plant Factory/Vertical Farm with Artificial Lighting



# Closed: PFAL



3~4 layers

> 100 kg/m<sup>2</sup>/year



# Closed: PFAL



7 layers  $> 200 \text{ kg/m}^2/\text{year}$



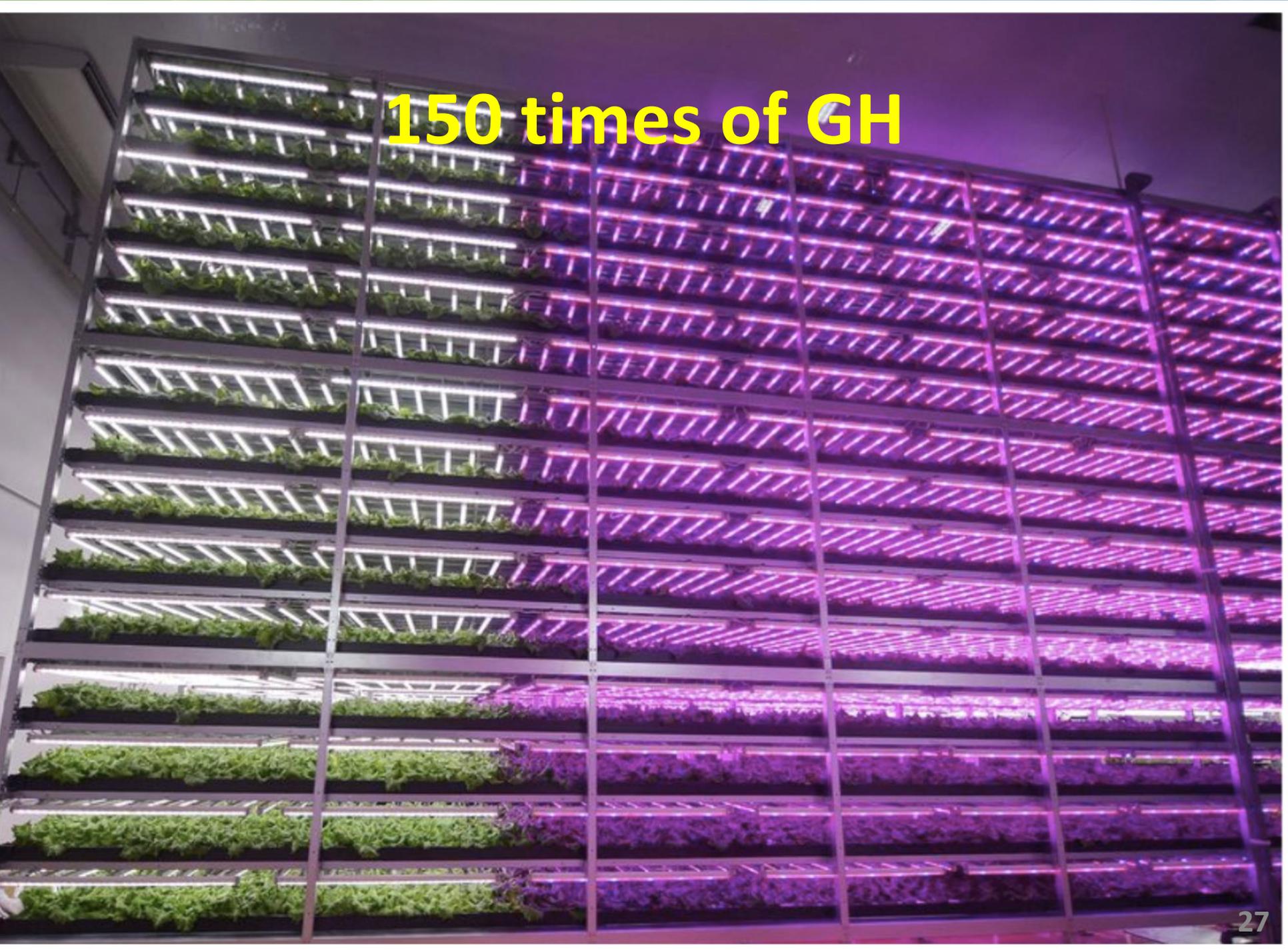
# Closed: PFAL



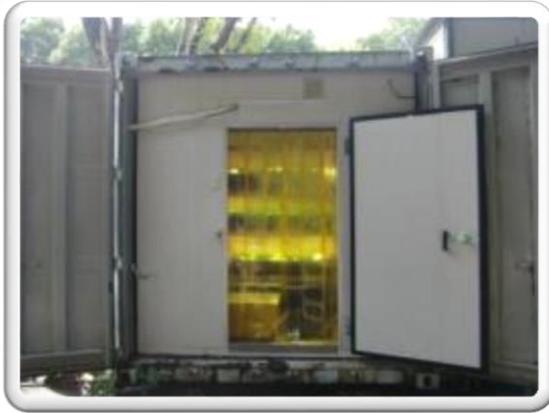
10 layers  $> 300 \text{ kg/m}^2/\text{year}$

More than **100 times** compare with open field production

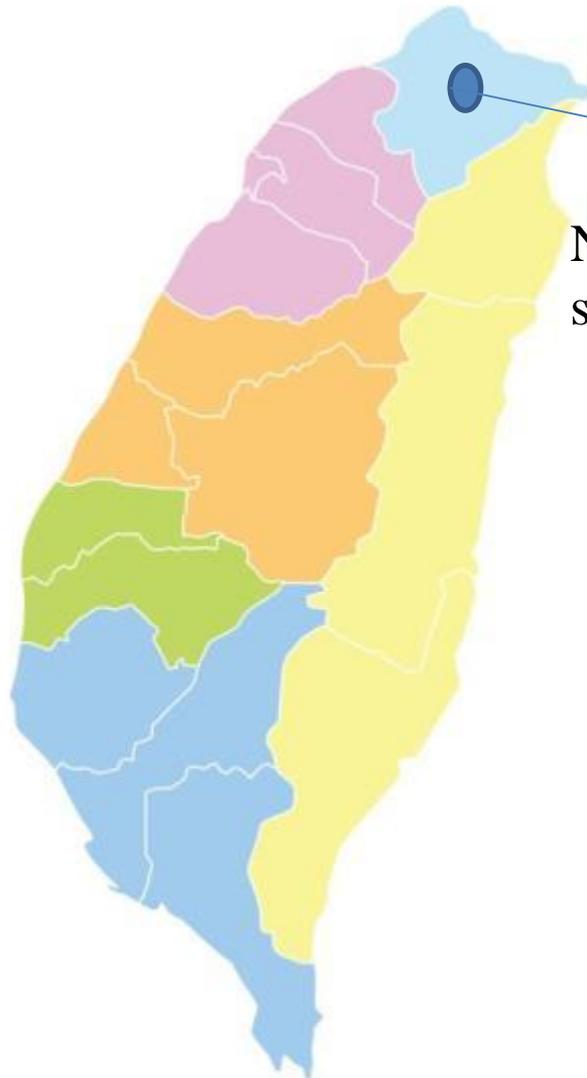
**150 times of GH**



# A brief history of PFAL in Taiwan (1/3)



20 ft. container with thermally insulated walls



**NTU**

National Taiwan University  
supported by NSF, ROC

First PFAL  
related research  
1993



# Lots of stress



# If the plant can talk,

!!HELP!!

SOS



# SOP based CEA

## Less risk / Little stress



Can PFAL make us  
richer, smarter,  
greener, healthier,  
and happier?



# A brief history of PFAL in Taiwan (2/3)

1996  
LED related  
research

Pulse light with adjustable intensity,  
duty ratio, frequency



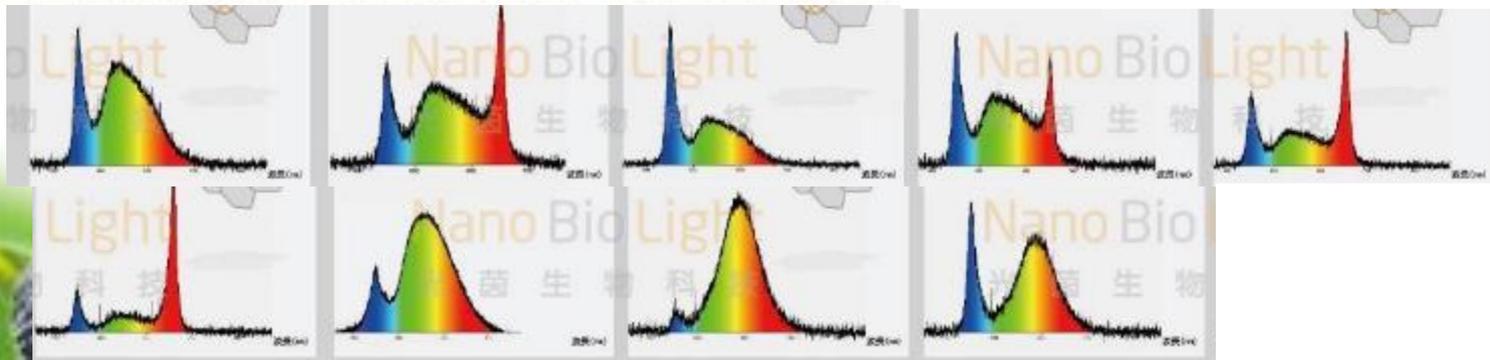
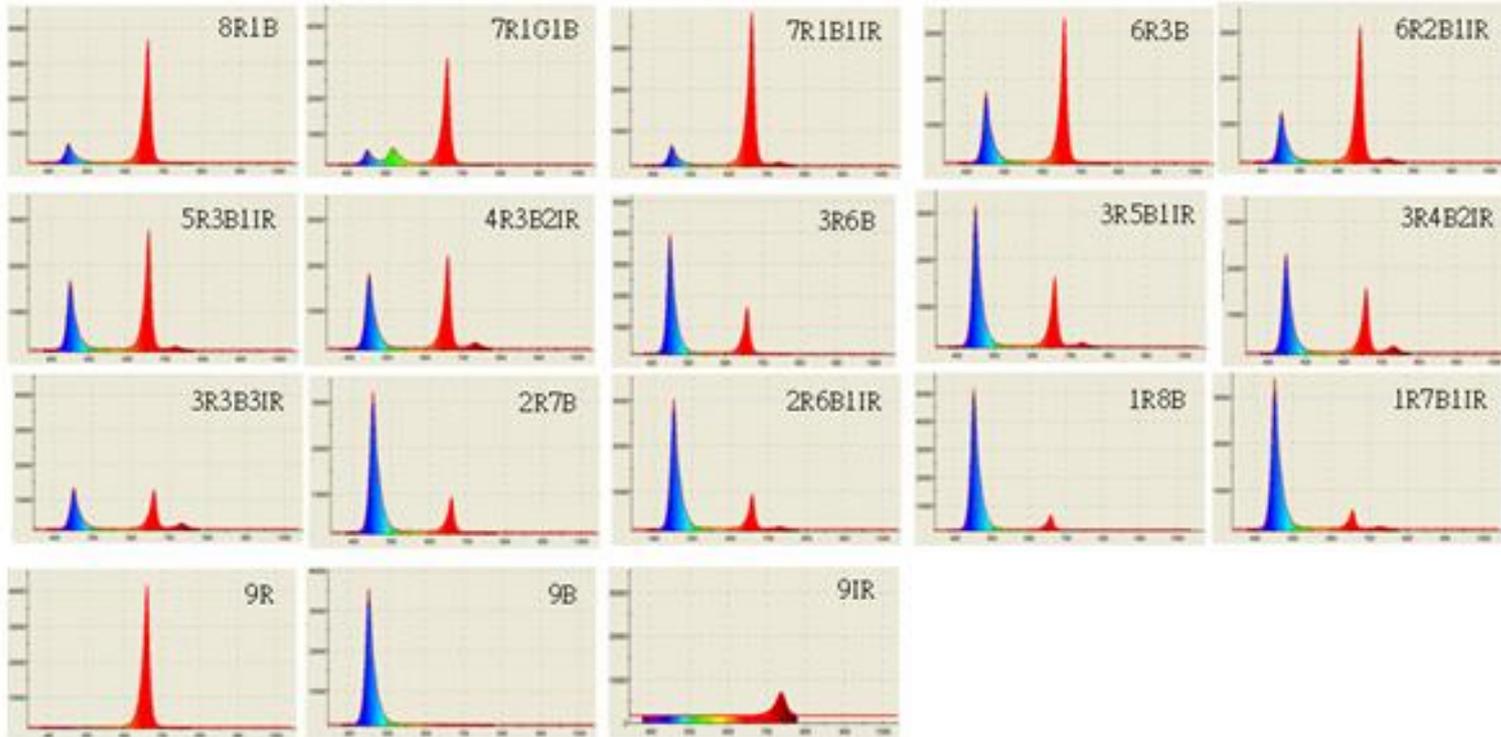
NTU

Central  
Taiwan

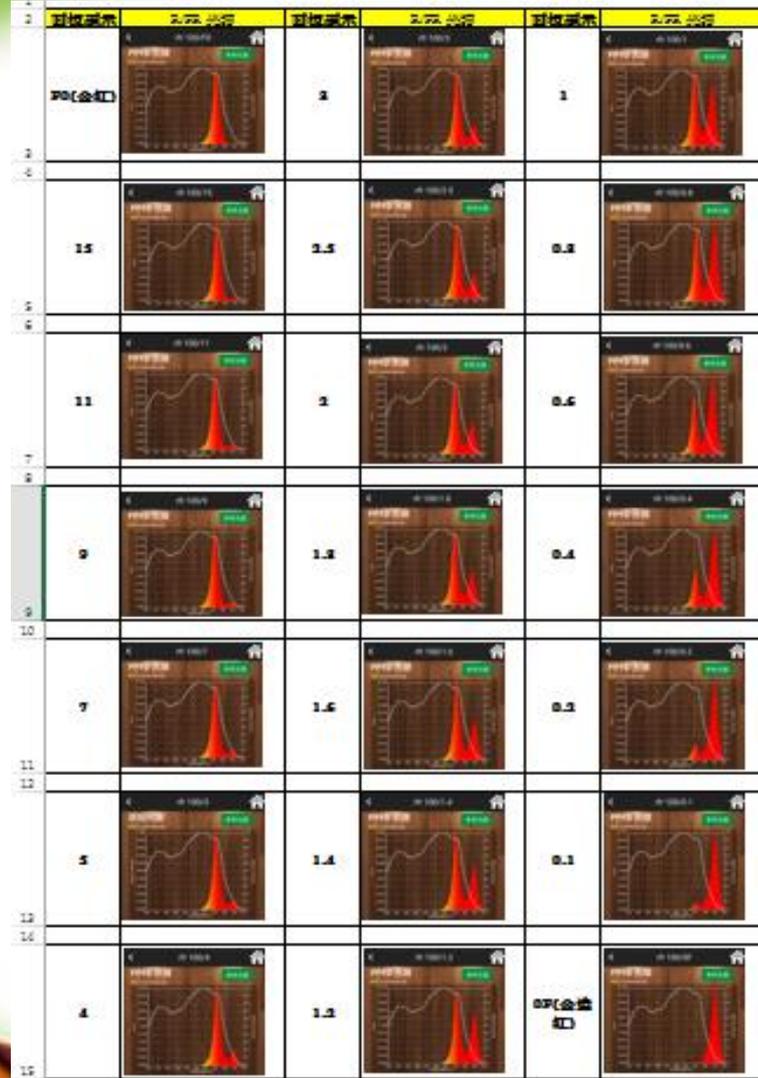


- PF\_AL for tissue culture and for *Phalaenopsis* seedling production with movable light was developed in 2001.
- Two stories building with 7 layers each.

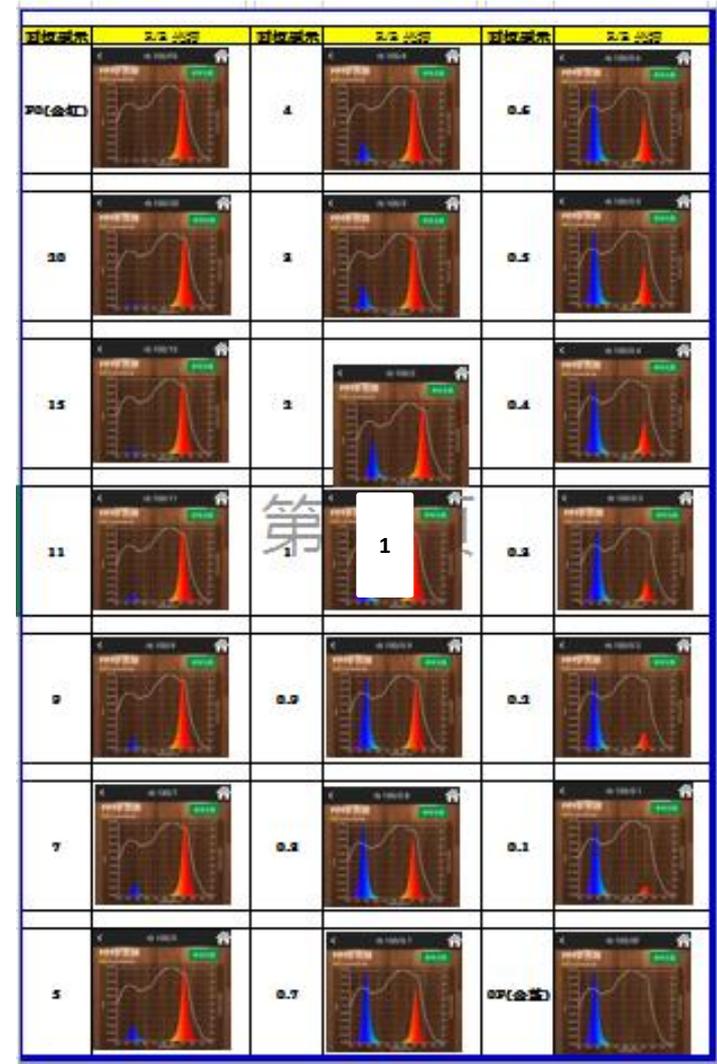
Totally 27 spectra of LED light sources were developed for TC and PF applications



# R/FR



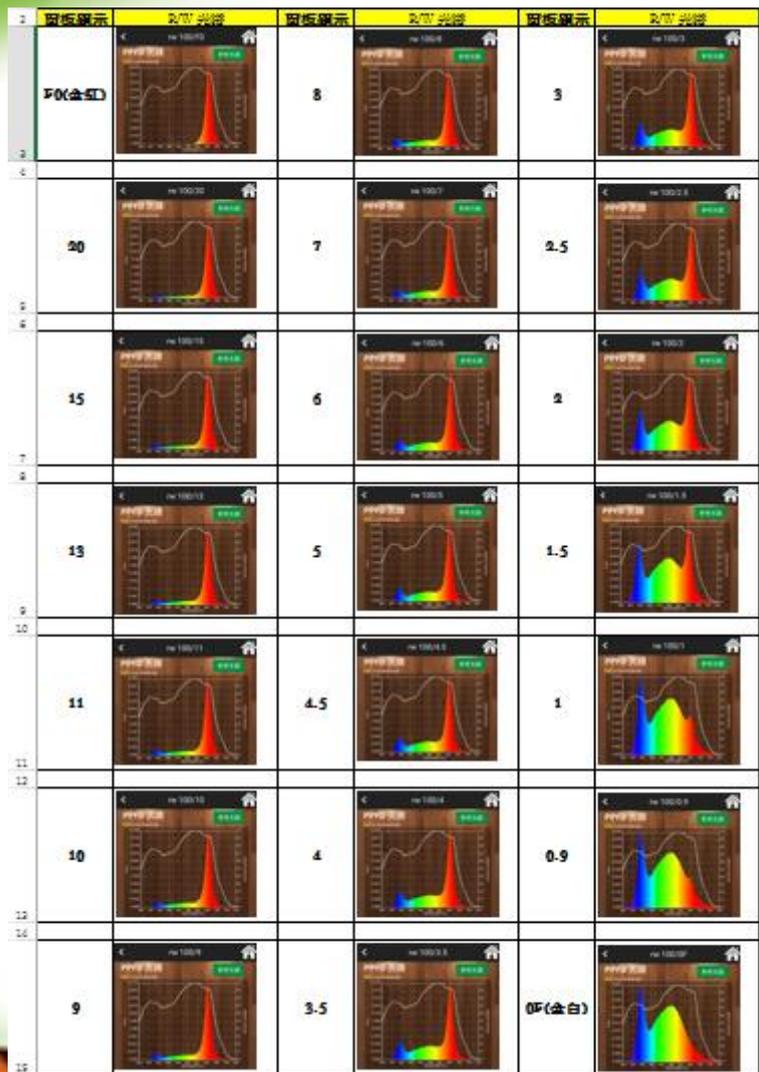
# R/B



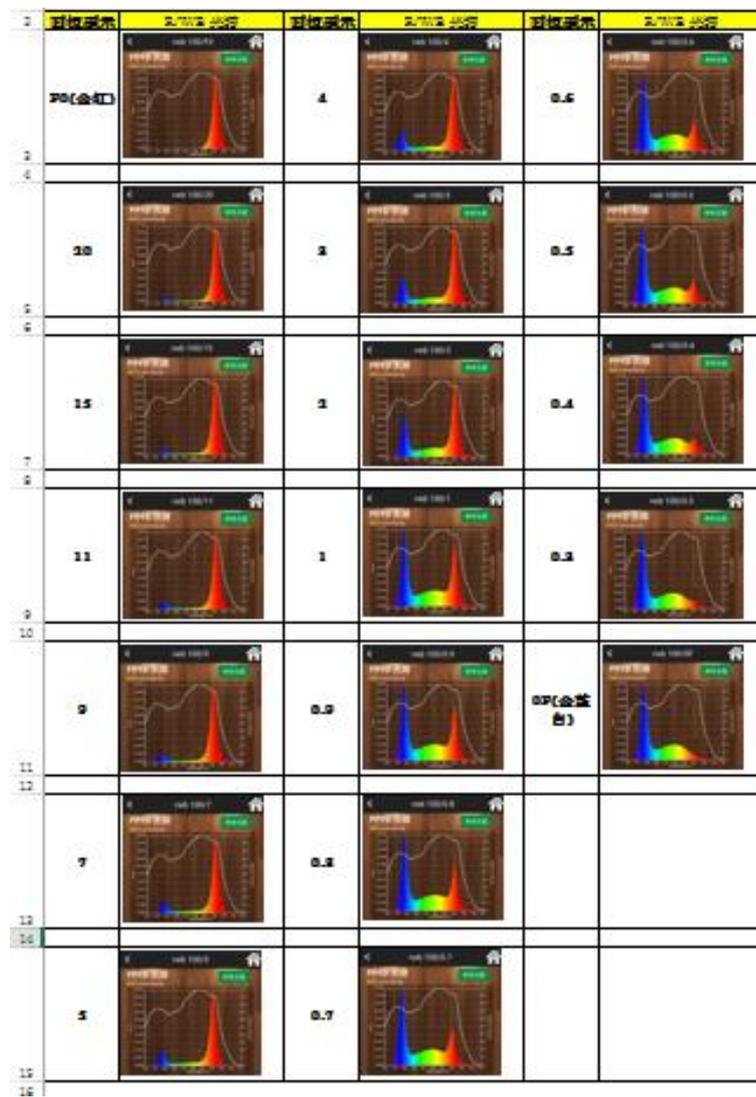
第 1



# R/W



# R/WB



# A brief history of PFAL in Taiwan (3/3)

**Public attention of PFAL** for the first time :

**2010** Taipei Floral Expo

- booth of PF: **8 m x 50 m**
- duration: **one month, 8:00~21:00**



**Taipei  
NTU**



# Extension (step 1/4)

## Demo facility 建模廠

- An experimental pilot plant factory was setup in NTU (2011.1.1)
- Renovated from a discarded roof-top greenhouse

Wind + solar power assisted: 13 kW

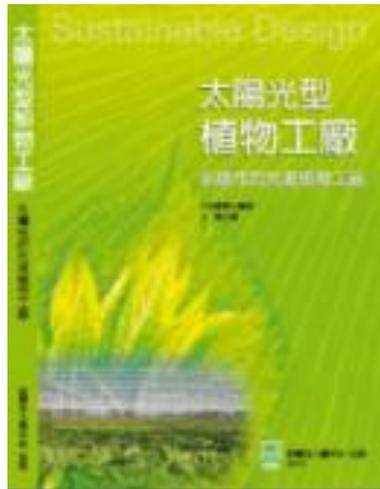


- More than 2800 visitors up to now

# Extension (step 2/4)

## 編教材

農業推廣手冊 67			
話說「植物工廠」			
方 焯			
中華民國 100 年 12 月出版			



2011  
Kozai



2011  
Takatsuji



2012  
Kozai



2013  
Fang

# Extension (step 3/4)

## 辦訓練

- 2010, **54 hrs** credit based course per semester (2 /yr)
- 2011~2016, **30 hrs** Once per semester (2 /yr)
- 2016~now, **16 hrs** Once per season (4 /yr)
- Totally, more than 700 people were trained
- From various Industrial/Business/Agriculture sectors



植物工廠應用技術  
研習班課程講義



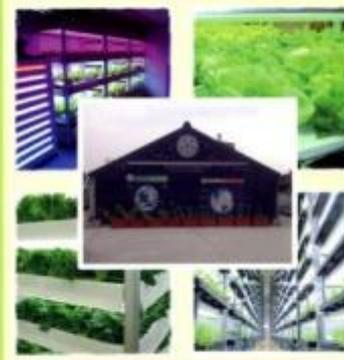
國立台灣大學進修推廣部

將農業從「直觀與經驗」的世界轉變到「科技與標準化」  
透過與工商產業的跨業融合  
提昇台灣農業競爭力

## 台大·植物工廠應用技術研習班 第5期

本課程提供植物工廠進階技術應用之介紹。內容包含：水耕栽培原理與養液監控技術、光照、二氧化碳、植物荷爾蒙對植物生長、開花的影響、影響與感測技術於植物工廠的應用等。並邀請業界請講授實務經驗，並實際參訪城區中之植物工廠。

植物工廠應用技術  
研習班課程講義II



國立台灣大學進修推廣部 40

# Extension (step 4/4)

促聯盟

## Partners and Interested Parties

- Research and educational institutions
- Governments
- Real estate developers and builders
- Construction companies
- HVAC industry
- Electronics industry
- Supermarkets
- Restaurants
- Institutional food services (hospitals, schools, etc.)
- Consumers
- Media
- Etc.

**NGOs**

TPFIDA

CPFA



# 臺灣植物工廠產業化發展

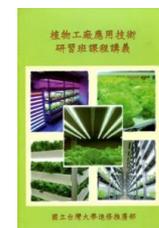
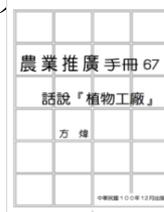
將農業從「直觀與經驗」的世界轉變到「科技與標準化」的世界  
透過與工商產業的跨業融合  
提昇台灣農業競爭力

## 台大·植物工廠應用技術研習班 第5期

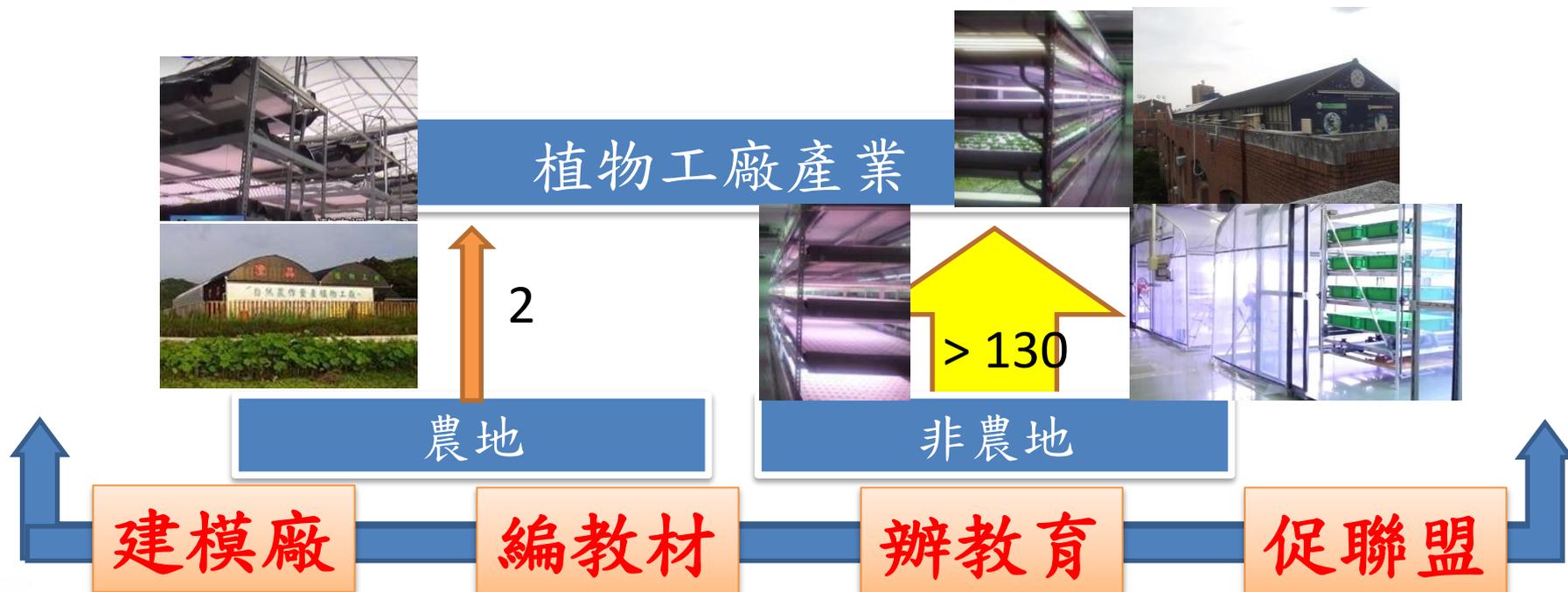
本課程提供植物工廠進階技術應用之介紹，內容包括：水耕栽培原理與養液監控技術、光譜、二氧化碳、植物荷爾蒙對植物生長、開花的影響、影響與感測技術於植物工廠的應用等。並邀請業界講員授課與經驗，並實際參訪營運中之植物工廠。



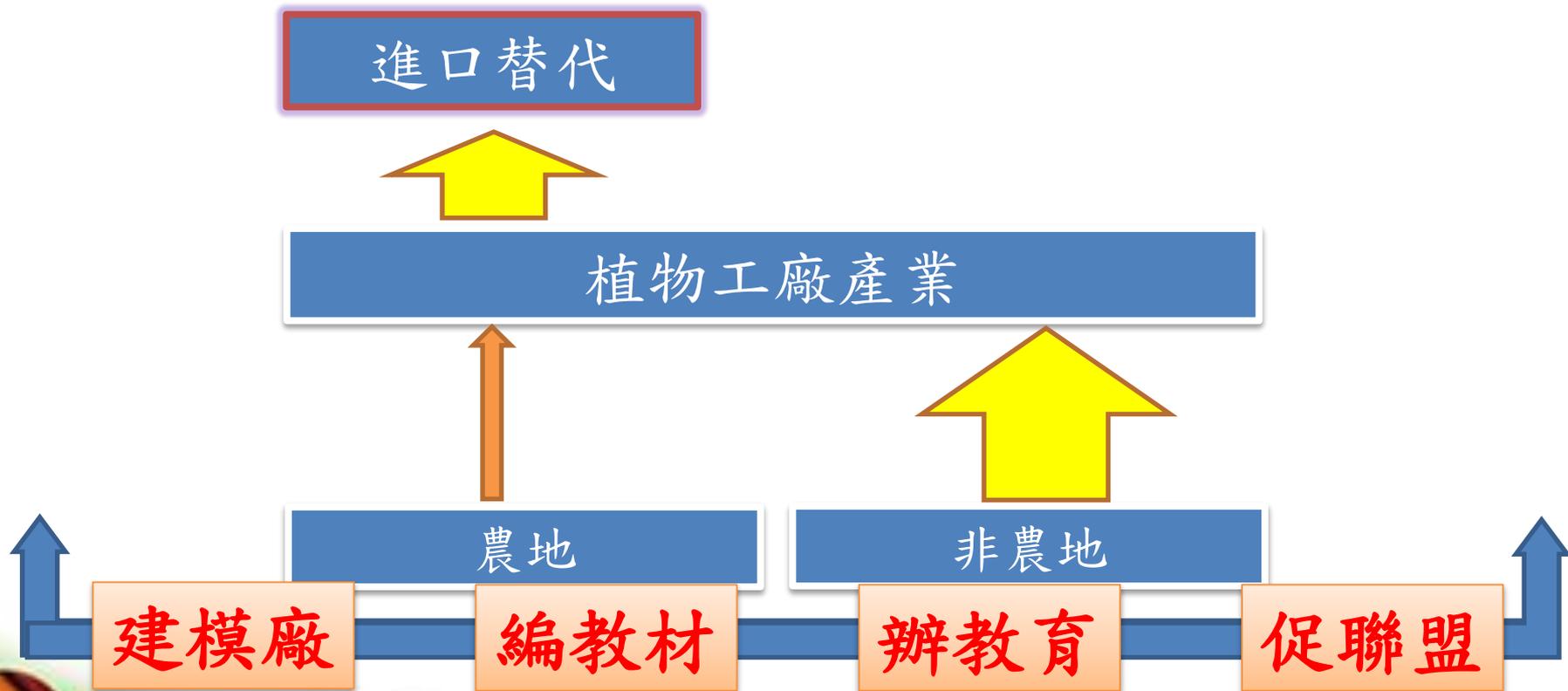
- 成立 示範與微量產平台 → 環控農業卓越中心 (台大)
- 組成 研究團隊 (農委會、國科會/科技部、教育部)
- 開設 培訓班 (理念宣導/實務訓練)
- 辦理 研討會 / 論壇 / 展覽
- 舉辦 參觀活動 (國內、外)
- 編撰/翻譯 教材/教科書
- 成立 協會



# 臺灣植物工廠產業化發展



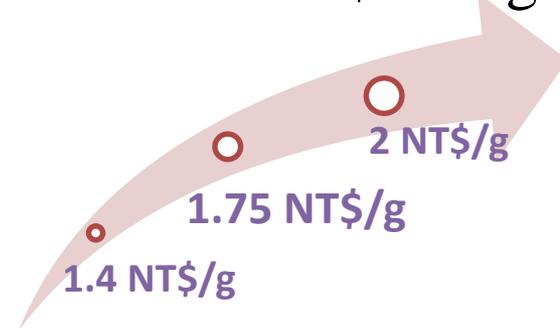
# 產業化發展的策略



# 進口萵苣價格



- 2011: 199 NT\$/142 g
- 2012: 249 NT\$/142 g
- 2013: 288 NT\$/142 g
- 2014: 315 NT\$/142 g
- 2015: 288 NT\$/142 g
- 2016: 288 NT\$/142 g



# 香港超市的蔬菜價格



Source	Market	Varieties	Unit price HK\$/100 g	NT\$/g (1:4.167)
HK	7/11	混裝苗菜 (16 HK\$/30 g by iVeggie)	53.3	2.22
US	Wellcome	各種生菜與混裝苗菜 (盒裝)	48.9	2.03
HK	FreshMart	菠菜 (by UF)	45	1.87
US	Wellcome	各種生菜與混裝苗菜 (袋裝)	44.9	1.87
US	CitySuper	混裝苗菜 (62 HK\$/142g)	43.7	1.82
US	Wellcome	各種生菜與混裝苗菜	34.9	1.41
HK	FreshMart	奶油、皺葉生菜 (by UF)	40	1.67
HK	FreshMart	羅馬、橡葉、綠卷鬚生菜 (by UF)	30	1.25
US	Wellcome	奶油萵苣	27.9	1.12
AU	FreshMart	混裝苗菜	21	0.87
AU	Wellcome	各式芽菜 (15.9/125 g)	12.72	0.53

price of Imported

price at NTU



# 九龍觀塘之超市

142 克售價 43.9 港幣約 176 NT\$/142 g = 1.24 NT\$/g



# 產業化發展的策略

醫療、美容、養生、健康產業

進口替代

植物工廠產業

農地

非農地

建模廠

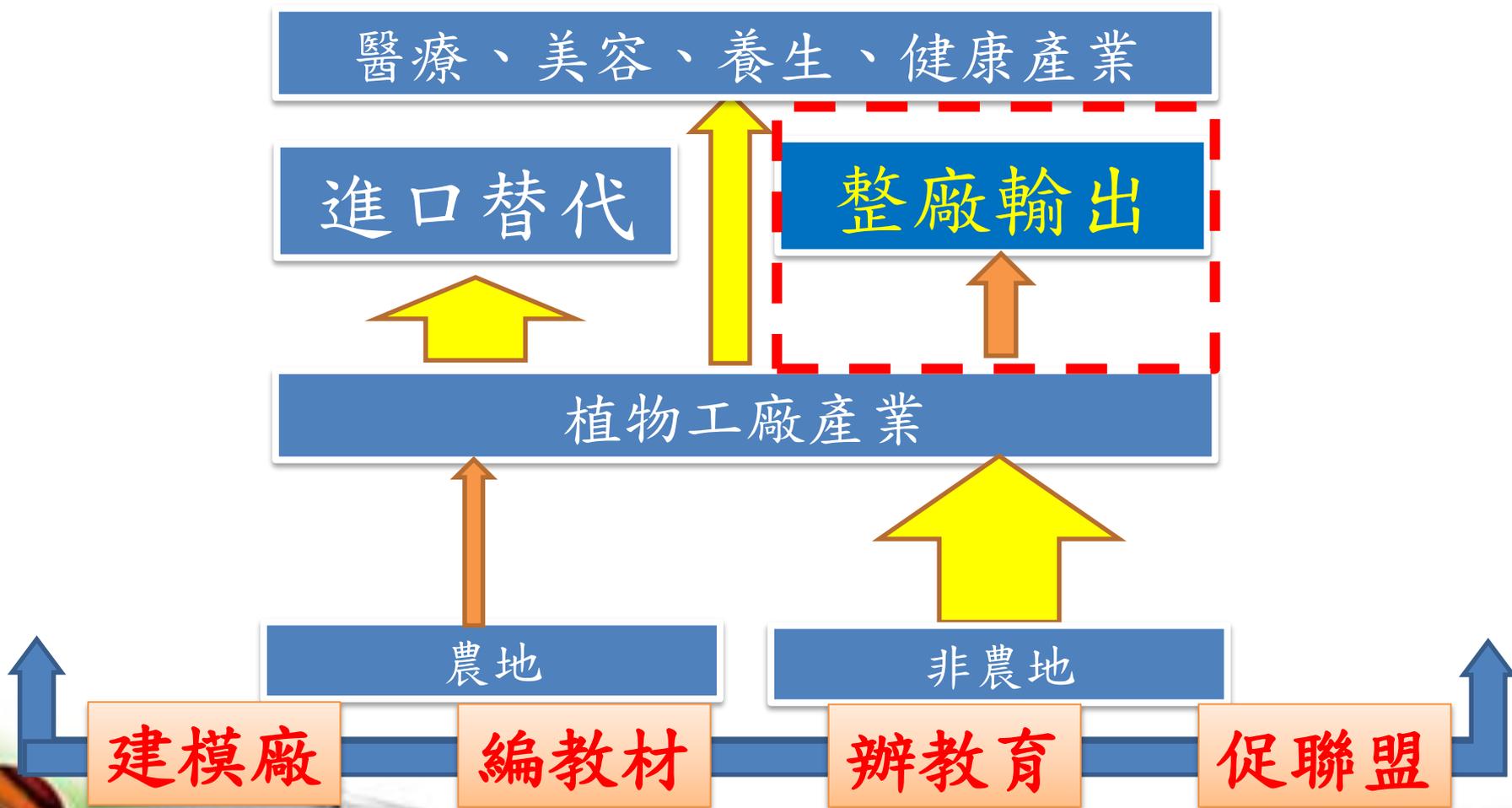
編教材

辦教育

促聯盟



# 產業化發展的策略



# 2013台灣植物工場與農業設施廠商分布

- **台北**: 太平洋森活、美蔬菜(庭茂)、樂鮮良房(勃翔)、創森、樂活(大眾)、澄谷、**台灣大學**
  - **桃園**: 台達電、欣鮮圃(欣興)、賽門、北一農場、三商光電、菁菜園、山福、源鮮、強復、珊蒂妮、**萬能科大**
  - **新竹、苗栗**: 綠四季(詮興)、晶發半導體、中國砂輪、永盟、元通綠能、綠品生物、菁翠、**工研院**
  - **台中、彰化、南投、雲林**: 家樂、旺永、志聖、世華、鎡洲、菁饌、臻里、好田生機、群荃養菌場、台灣堂華、吾邦土、**中興大學、大葉大學**
  - **新北**: 麗萊登、鼎豐康、慶聲、光茵、金寶、東大一、苗廣豐、飛弘、三愛農業、凱傑林
  - **基隆**: 紫山村(海灣國際)
  - **宜蘭、花蓮**: **宜蘭大學、花蓮農工**
  - **嘉義、台南、高雄、屏東**: 綠陽光電、燦鎡、金發、富綠寶、**金工中心、成大、高海大、屏科大、中研院生物技術中心(南分院)**
- 2013 → **61** 家

## Note:

黑體字:投入植物工廠廠商，()內為投資企業  
藍體字:相關公協會、研究單位



# 2014台灣植物工場與農業設施廠商分布

- 
- **台北**: 太平洋森活、美蔬菜(庭茂)、映鮮(大同)、樂鮮良房(勃翔)、創森、綠光能、樂活(大眾)、澄谷、**台灣大學**、**中研院生物技術中心**
- **桃園**: 台達電、欣鮮圃(欣興)、賽門、北一農場、三商光電、菁菜園、山福、源鮮、紅柿子、台灣神農、強復、珊蒂妮、**萬能科大**
- **新竹**: 綠四季(詮興)、晶發半導體、中國砂輪、互光、永盟、元通綠能、綠品生物、益華、**工研院**
- **苗栗**: 雅聞香草、菁翠
- **台中、彰化、南投、雲林**: 家樂、欣陽、安芯養生菜(映興)、旺永、志聖、世華、鉸洲、菁饌、臻里、群荃養菌場、好田生機、台灣堂華、吾邦土、**中興大學**、**大葉大學**、**亞洲大學**、**農試所**
- **新北**: 麗萊登、禮品、鼎豐康、慶聲、研華、光茵、金寶、寰宇、連淨(連展)、鐳德、中福、東大一、苗廣豐、飛弘、台灣農好、三愛農業、凱傑林
- **基隆**: 光苗科技、紫山村(海灣國際)
- **宜蘭、花蓮**: **宜蘭大學**、**花蓮農工**
- **嘉義、台南、高雄、屏東**: 四季洋圃(李時珍)、翠活(樂佳)、碩園、蔬食樂(聚陽)、綠陽光電、山汰、燦鉉、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、吳耕、**金工中心**、**成大**、**高海大**、**屏科大**、**中研院生物技術中心(南分院)**
- 2014 → **89** 家

## Note:

黑體字:投入植物工廠廠商，( )內為投資企業  
藍體字:相關公協會、研究單位



# 2015台灣植物工場與農業設施廠商分布

- 
- 2015 → 110 家
- **台北**: 太平洋森活、美蔬菜(庭茂)、星芝、映鮮(大同)、樂鮮良房(勃翔)、費思科、先端農業、創森、綠光能、樂活(大眾)、澄谷、**台灣大學**、**中研院生物技術中心**
  - **桃園**: 台達電、欣鮮圃(欣興)、賽門、北一農場、三商光電、菁菜園、山福、源鮮、紅柿子、台灣神農、強復、威晶、漁裕、珊蒂妮、**萬能科大**
  - **新竹**: 綠四季(詮興)、晶發半導體、中國砂輪、互光、永生、元通綠能、綠品生技、益華、**工研院**
  - **苗栗**: 雅聞香草、藝軒、菁翠
  - **台中、彰化、南投、雲林**: 景澤、家樂、欣陽、安芯養生菜(映興)、旺永、志聖、世華、鎡洲、菁饌、臻里、群荃養菌場、好田生機、台灣堂華、吾邦土、晁陽、埔里A(植光畝)、**中興大學**、**大葉大學**、**亞洲大學**、農試所
  - **新北**: 根根相連(太極光)、光合齋(驛陞)、麗萊登、澧品、鼎豐康、慶聲、研華、光茵、金寶、寰宇、連淨(連展)、鐳德、中福、輕蔬食(君邦)、東大一、OPCOM Farm(敦樸)、艾佳、苗廣豐、飛弘、威晶、台灣農好、三愛農業、凱傑林、坪林A廠
  - **基隆**: 光苗科技、紫山村
  - **宜蘭、花蓮**: **宜蘭大學**、**花蓮農工**
  - **嘉義、台南、高雄、屏東**: 四季洋圃(李時珍)、翠活(樂佳\*4)、碩園、益菱工業、蔬食樂(聚陽)、綠陽光電、山汰、燦鎡、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、吳耕、震健康、**金工中心**、**成大**、**高海大**、**屏科大**、**中研院生物技術中心(南分院)**

## Note:

黑體字:投入植物工廠廠商，( )內為投資企業  
藍體字:相關公協會、研究單位  
綠色字體:興建中的廠商



# 2016台灣植物工場與農業設施廠商分布

- **台北**: 太平洋森活、美蔬菜(庭茂)、星芝、映鮮(大同)、樂鮮良房(勃翔)、先端農業、創森、綠光能、樂活(大眾)、澄谷、**台北A廠**、**台灣大學\*2**、**中研院生物技術中心**

- **桃園**: 台達電、欣鮮圃(欣興)、賽門、北一農場\*2、三商光電、菁菜園、山福、源鮮、紅柿子、台灣神農、強復、漁裕、珊蒂妮、**萬能科大**

- **新竹**: 綠四季(詮興)、晶發半導體、中國砂輪、互光、永盟、元通綠能、綠品生技、益華、源鮮、**新光綠寶\*4**、**新竹廠**、**工研院\*2**

- **苗栗**: 雅聞香草、藝軒、菁翠

- **台中、彰化、南投、雲林**: 景澤、家樂、欣陽、安芯養生菜(映興)、旺永、志聖、世華、鉸洲、菁饌、臻里、群荃養菌場、好田生機、台灣堂華、吾邦土、晁陽、埔里A(植光畝)、台中A廠、**嘉輝**、**彰化廠**、**埔里B**、**中興大學**、**大葉大學**、**亞洲大學**、**農試所**

2013→61家

2014→89家

2015→110家

2016→**135**家

- **新北**: 根根相連(太極光)、光合齋(驛陞)、麗萊登、禮品、鼎豐康、慶聲、研華、光茵、金寶、寰宇、連淨(連展)、鐳德、中福、輕蔬食(君邦)、東大一、OPCOM Farm(敦樸)、艾佳、苗廣豐、飛弘、威晶、台灣農好、三愛農業、凱傑林、佰鴻、坪林A廠、**金山A廠**、**金山B廠**、**新店廠**、**瑞芳**

- **基隆**: 光苗科技、紫山村

- **宜蘭、花蓮**: **宜蘭A廠**、**宜蘭大學**、**花蓮農工**

- **嘉義、台南、高雄、屏東**: 翠活(樂佳\*4)、蔬食樂(聚陽)、四季洋圃(李時珍)、碩園、益菱工業、綠陽光電、山汰、燦鉸、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、昊耕、震健康、曾鮮的生菜、**綠寶鮮**、**台南善化廠**、**高雄廠**、**屏東廠**、**金工中心**、**成大**、**高海大**、**屏科大**、**中研院生物技術中心(南分院)**

## Note:

黑體字:投入植物工廠廠商,()內為投資企業

藍體字:相關公協會、研究單位

綠色字體:興建中的廠商



# 2017台灣植物工場與農業設施廠商分布

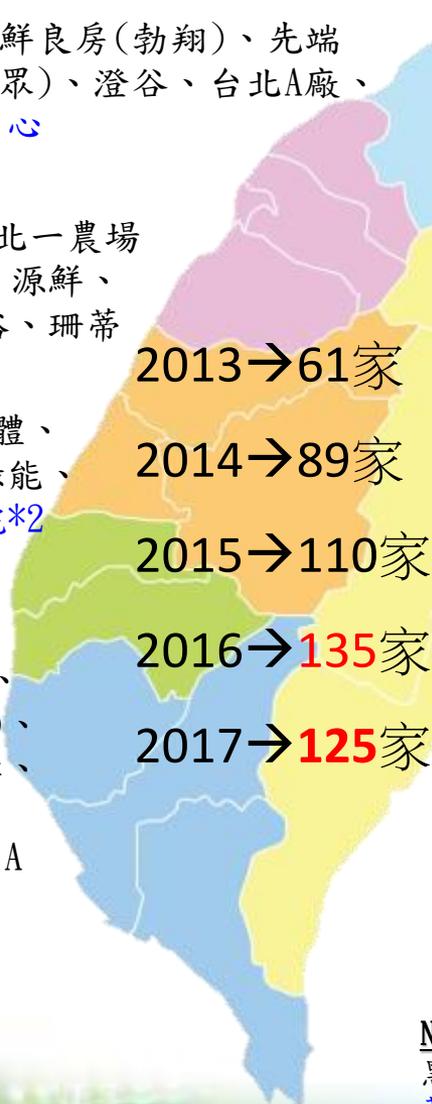
- **台北**:美蔬菜(庭茂)、星芝、樂鮮良房(勃翔)、先端農業、創森、綠光能、樂活(大眾)、澄谷、台北A廠、台灣大學\*2、中研院生物技術中心

- **桃園**:台達電、欣鮮圃(欣興)、北一農場\*2、三商光電、菁菜園、山福、源鮮、紅柿子、台灣神農、強復、漁裕、珊蒂妮、萬能科大

- **新竹**:綠四季(詮興)、晶發半導體、中國砂輪、互光、永盟、元通綠能、綠品生技、益華、源鮮、工研院\*2

- **苗栗**:雅聞香草、藝軒、菁翠

- **台中、彰化、南投、雲林**:景澤、家樂、欣陽、安苾養生菜(映興)、旺永、志聖、世華、鉸洲、菁饌、臻里、群荃養菌場、好田生機、台灣堂華、吾邦土、晁陽、台中A廠、荔輝、彰化廠、魚池鄉、中興大學、大葉大學、亞洲大學、農試所



- Location TDA: 2

- **新北**:根根相連(太極光)、光合齋(驛陞)、麗萊登、鼎豐康、慶聲、研華、光茵、金寶、寰宇、連淨(連展)、鐳德、中福、輕蔬食(君邦)、東大一、OPCOM Farm(敦樸)、艾佳、苗廣豐、飛弘、威晶、台灣農好、三愛農業、凱傑林、佰鴻、坪林A廠、新店廠、瑞芳、健行科大

- **基隆**:光苗科技、紫山村

- **宜蘭、花蓮**:宜蘭A廠、宜蘭大學、花蓮農工

- **嘉義、台南、高雄、屏東**:翠活(樂佳\*4)、蔬食樂(聚陽)、四季洋圃(李時珍)、碩園、益菱工業、綠陽光電、山汰、燦鉸、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、昊耕、震健康、曾鮮的生菜、綠寶鮮、台南善化廠、高雄廠、屏東廠、金工中心、成大、高海大、屏科大、中研院生物技術中心(南分院)

## Note:

黑體字:投入植物工廠廠商, ( )內為投資企業

藍體字:相關公協會、研究單位

綠色字體:興建中的廠商



# 2018台灣植物工場與農業設施廠商分布

- **台北**:美蔬菜(庭茂)、星芝、樂鮮良房(勃翔)、先端農業、創森、綠光能、樂活(大眾)、澄谷、台北A廠、台灣大學\*2、中研院生物技術中心
  - **桃園**:美蔬菜(庭茂)、台達電、欣鮮圃(欣興)、北一農場\*2、三商光電、菁菜園、山福、源鮮\*2、紅柿子、台灣農神、強復、漁裕、珊蒂妮、萬能科大
  - **新竹**:綠四季(詮興)、晶發半導體、中國砂輪、互光、永盟、元通綠能、綠品生技、益華、蔬食樂(店)、工研院\*2
  - **苗栗**:雅聞香草、藝軒、菁翠、研耘
  - **台中、彰化、南投、雲林**:家樂、欣陽、安苾養生菜(映興)、旺永、志聖、世華、鉸洲、菁饌、臻里、群荃養菌場、好田生機、台灣堂華、吾邦土、晁陽、台中A廠、荔輝、彰化廠(荔輝二廠)、原力、中興大學、大葉大學、亞洲大學、農試所
  - **新北**:根根相連(太極光)、光合齋(驛陞)、麗萊登、鼎豐康、研華、金寶、寰宇、連淨(連展)、鐳德、中福、輕蔬食(君邦)、東大一、OPCOM Farm(敦樸)、艾佳、苗廣豐、飛弘、威晶、台灣農好、三愛農業、凱傑林、佰鴻、坪林A廠、新店廠、樂佳、漢科、瑞芳、健行科大、聖約翰科大、慕里諾餐飲
  - **基隆**:光苗科技、紫山村
  - **宜蘭、花蓮**:宜蘭A廠、宜蘭大學、花蓮農工
  - **嘉義、台南、高雄、屏東**:翠活(樂佳\*5、店\*1)、蔬食樂(店\*1、場1)、四季洋圃(李時珍)、碩園、益菱工業、綠陽光電、山汰、燦鉸、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、吳耕、震健康、曾鮮的生菜、綠寶鮮、台南善化廠、高雄廠、三愛、庭茂、屏東農業城、金工中心、成大、高海大、屏科大、中研院生物技術中心(南分院)
- 
- | Year | Number of Sites |
|------|-----------------|
| 2013 | 61              |
| 2014 | 89              |
| 2015 | 111             |
| 2016 | 136             |
| 2017 | 126             |
| 2018 | 136             |

## Note:

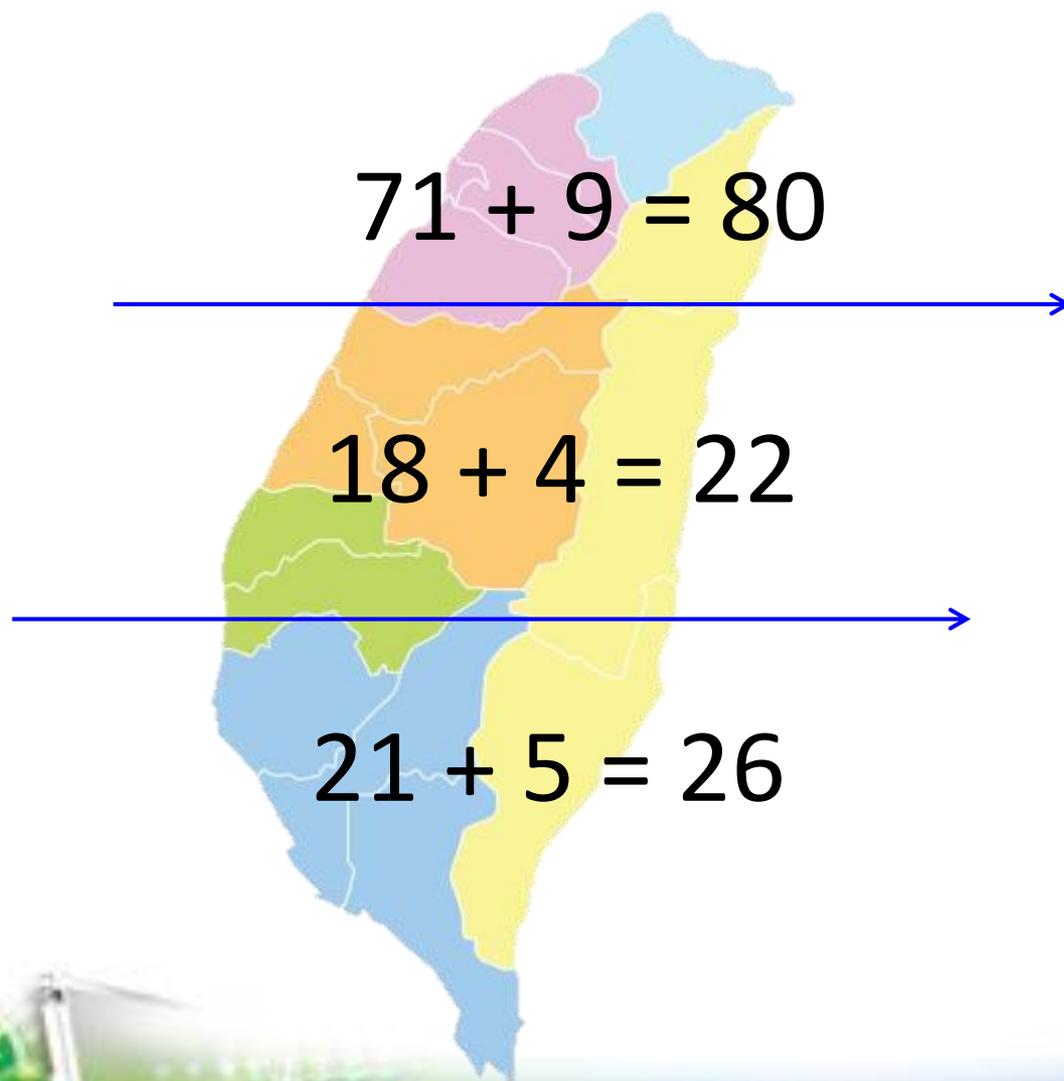
黑體字:投入植物工廠廠商,()內為投資企業

藍體字:相關公協會、研究單位

綠色字體:興建中的廠商



# 2018台灣植物工場與農業設施廠商分布



# How big is the market in Taiwan

- Local for Local
- **1 % of population (0.23 million)**
- 200 g of leafy greens per day per person
- → **460** PFALs with  
daily production of  
**1000** plants @ **100** gFW per plant

# Vegetables consumption per person per day

<b>Country</b>	<b>Daily consumption of vegetables /person/ day</b>
South Korea	578 g
Spain	392 g
France	389 g
USA	337 g
Japan	285 g
Singapore	260 g (95 kg/yr)
Australia	255 g
UK	249 g
The Netherland / Taiwan	200 g (73 kg/yr)

# What is the present status in Taiwan

- Target

- required **200 g** of leafy greens per day per person
- for **1%** of population in Taiwan

- Current status

- Daily sum of **2000 tons** at full capacity for the nearly 100 PFALs in Taiwan
- It is only **0.125%** of the amount needed.

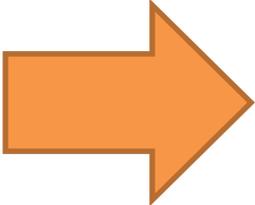
# Future for PFAL industry?

Very Promising due to ..

- Increasing profit
  - **price increase** for value added crops
    - Traditional crops: 葉菜、芽苗菜
    - **Value added crops:** 香料、藥材、醫療、美容產業原料
- Reducing cost
  - **fixed cost** to build a PFAL system drops dramatically
  - **operating cost** drops a lot due to efficiency increase of LEDs, AC, thermally insulated materials

# 大綱

簡介



全球產業現況

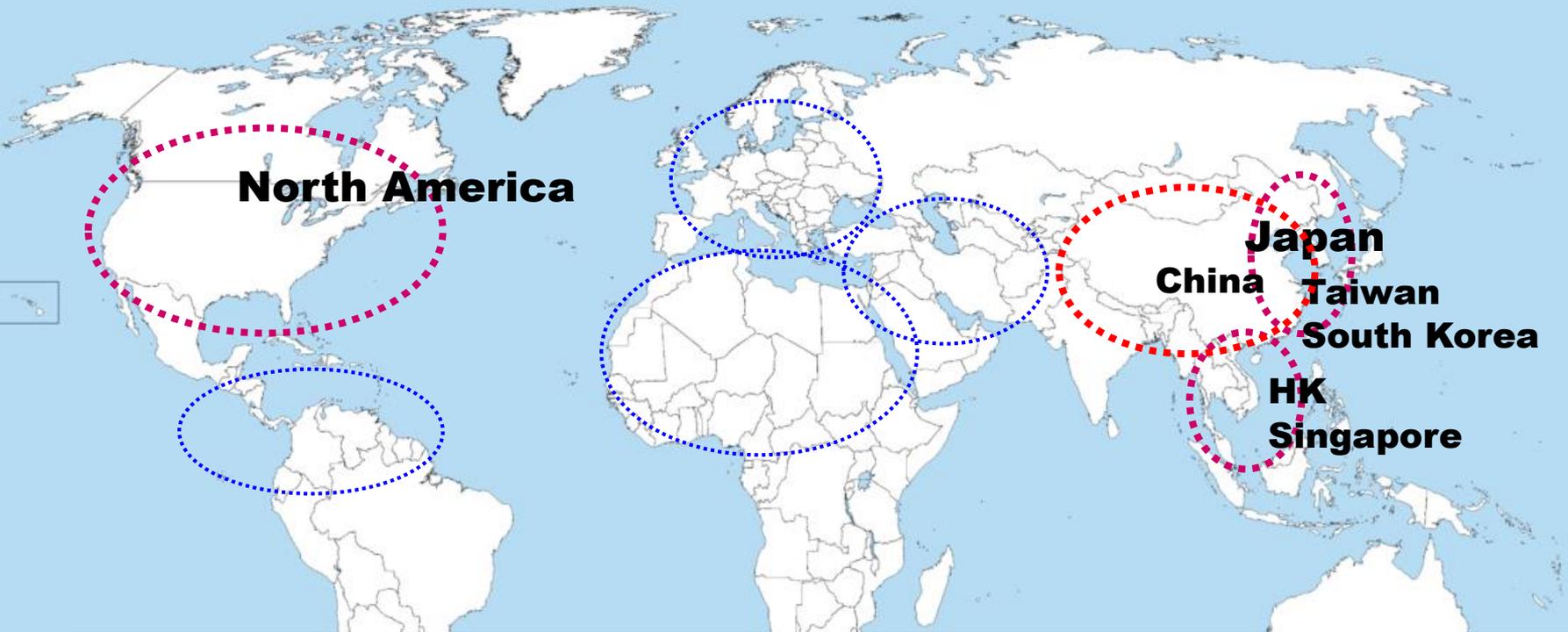
高附加價值產品&作物

結論

# 全球植物工廠現況

- 日本 約 250
- 臺灣 約 135
- 中國 約 120
- 韓國 約 40
- 歐洲 約 20
- 美國 約 10
- 俄羅斯 約 4
- 中東 約 4
- 紐澳 約 4
- 蒙古 約 2
- 中南美 約 1





## **PFAL/Vertical Farm booming worldwide**

- ◆ Japan, Taiwan, USA, China:  
The increasing number of commercial PFALs.  
Operated Farms increasing in the US since 2013.
- ◆ Europe: Greenhouse ⇒ PFAL
  - A leap from conventional farming to PFAL
  - Nursery ⇒ PFAL
  - Bio pharmaceutical PMPs ⇒ PFAL

# Global PFALs -- Japan



# PFALs in Kashiwa-no-ha town of different sizes for different purposes



10,000 heads/d



3,000 heads/d



700 heads/d



Seedling  
Production



Hotel  
Restaurant



Home-use



IRA

*Since 2014*  
**1,400 m<sup>2</sup>**  
**11-14 layers**  
**10,000**  
**heads/day**





**Phillips**

**Syowa  
Denko**



Advanced  
Agri

**TOSHIBA**

**KYOCERA**

Source : Japan Plant Factory Association





# 808 FACTORY

ハチマルハチファクトリー

## Management

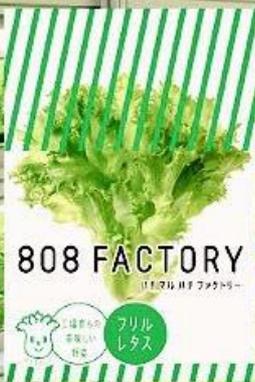
-  **Operation**
-  **Quality**
-  **Brand**

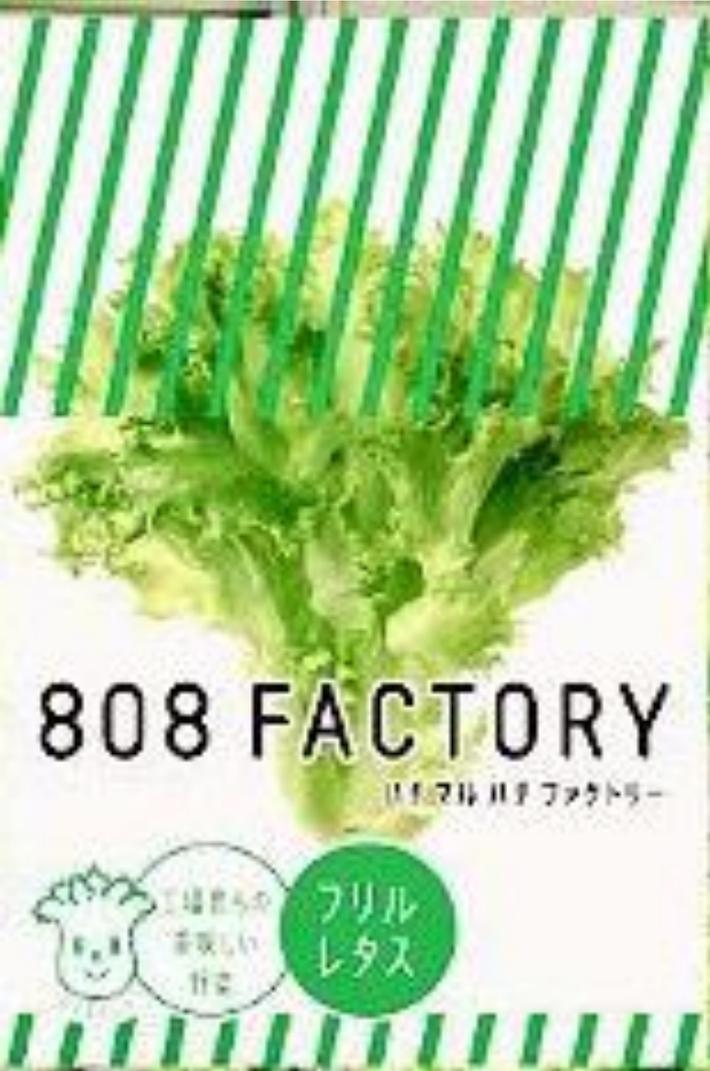


**Labor cost** ↘  
**Profit** ↗



工場野菜、はじまる。808 FACTORY






**808 FACTORY**  
 ハチマル ハチ ファクトリー

  
 MENU

CM ギャラリー

**「808のいいこと！水切り問題解決」篇**  
 洗わなくていい野菜は、料理するひと想いなんだ！



> CMのもとになった「その403」を見る

野菜を洗わず食べられると、どんないいことがあるの？  
 そんなギモンをヒモといた2015年。2016年はさらに  
 パワーアップして、新CMを好評放送中！ ホントウに

**PFAL**

**Veggies**

 **Clean**

 **No Need to Wash**



**Consumer  
Awareness**





# Nisshinbo Strawberry PFAL

Source : Nisshinbo





# Nisshinbo



## Strawberry Business Model



**Ready to  
go abroad**



# Advanced Agri



Source : Nihon Advanced Agri



# Advanced Agri



## Cultivation Techniques



## Lighting Solutions



## Highly Nutritious Plants

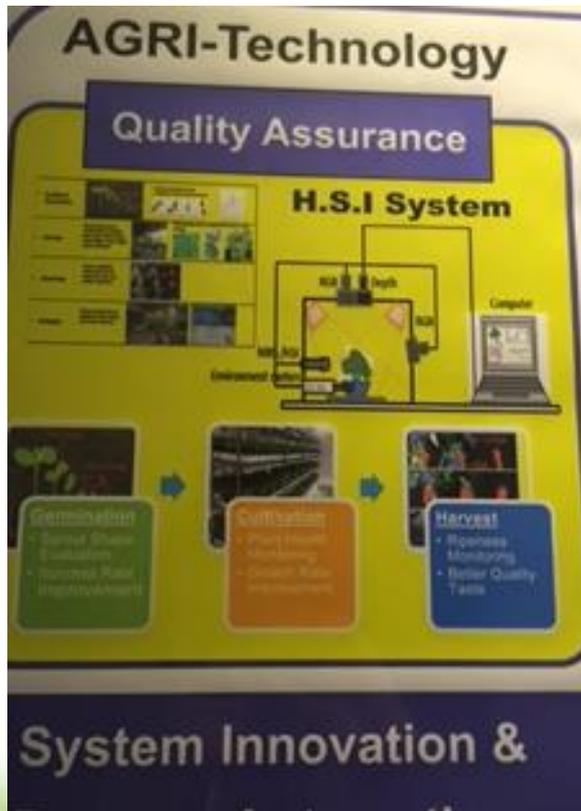


## Health food



# Panasonic Japan + Singapore

## Hydroponic + Soil



# The largest PFAL in Japan built in 2006 producing 23,000 leaf greens daily



80 g/bag



40 g/box

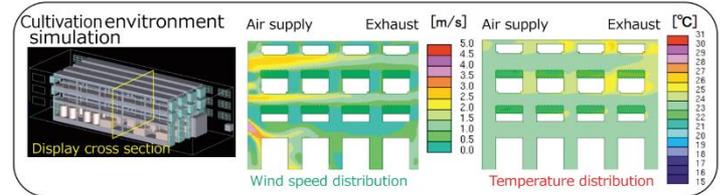
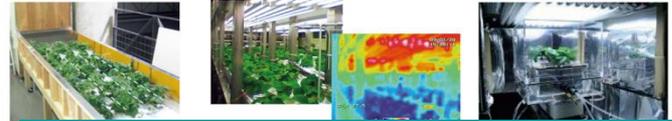
Spread Co. Ltd. Kyoto, Japan



# Agriculture



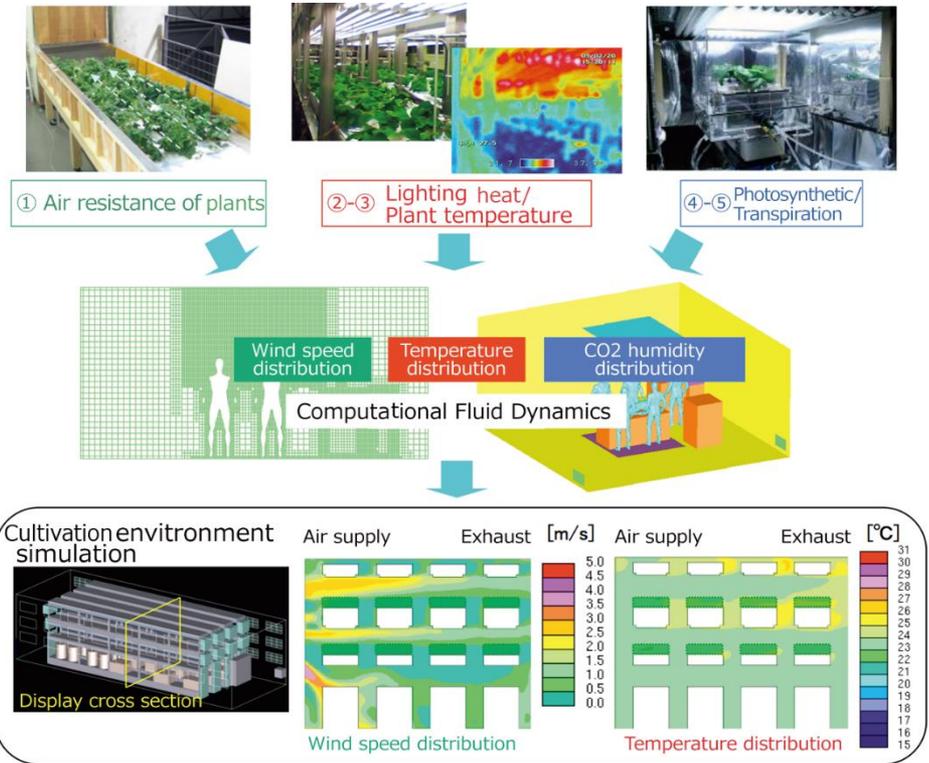
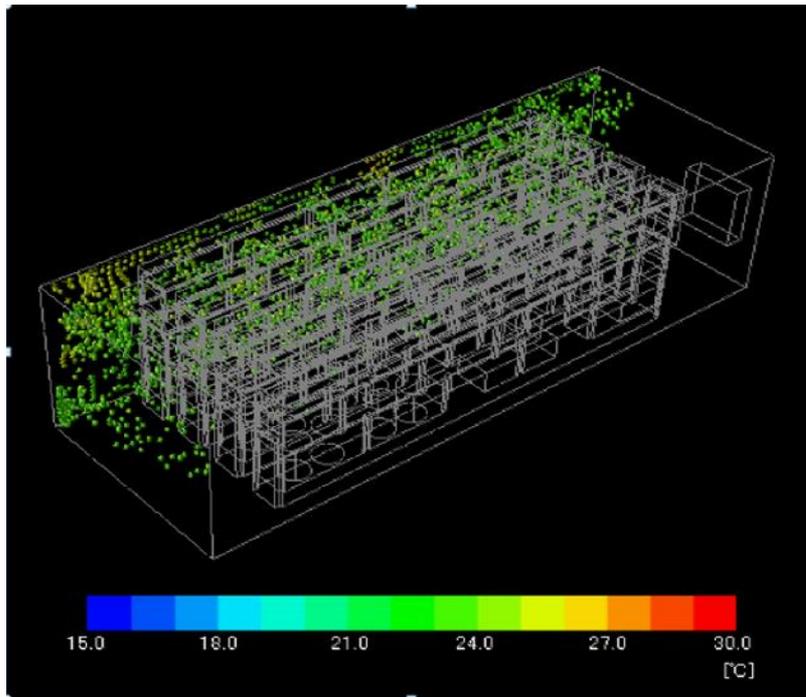
# Engineering



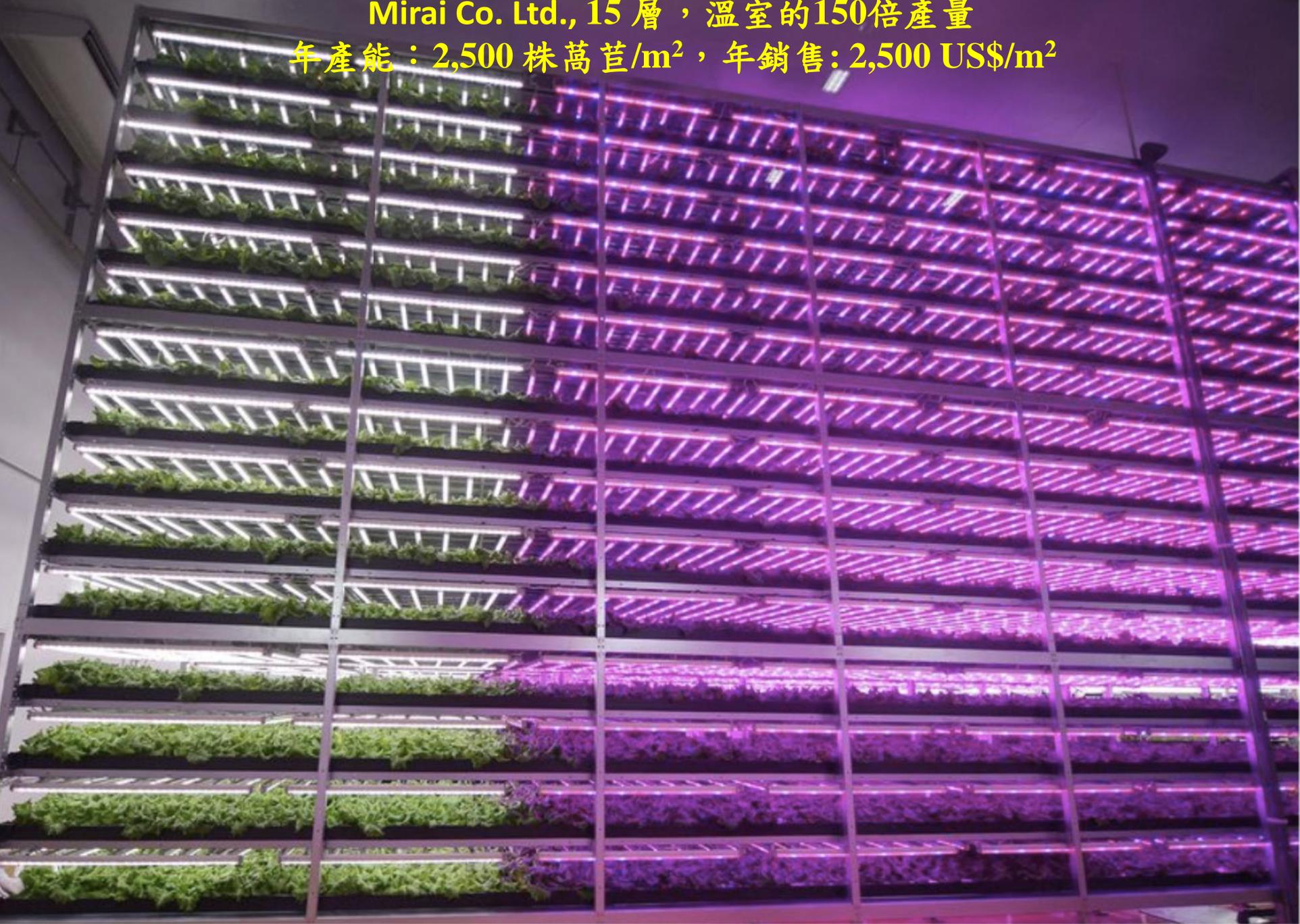
# Plant Factory



# KAJIMA's Engineering Approach



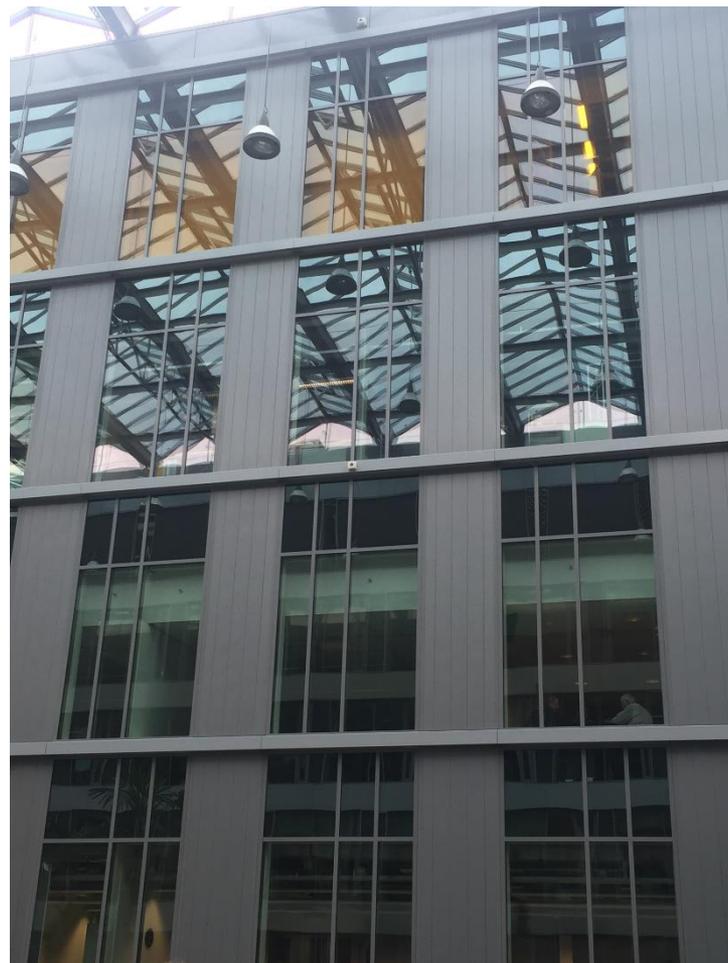
Mirai Co. Ltd., 15 層，溫室的150倍產量  
年產能：2,500 株萵苣/m<sup>2</sup>，年銷售：2,500 US\$/m<sup>2</sup>

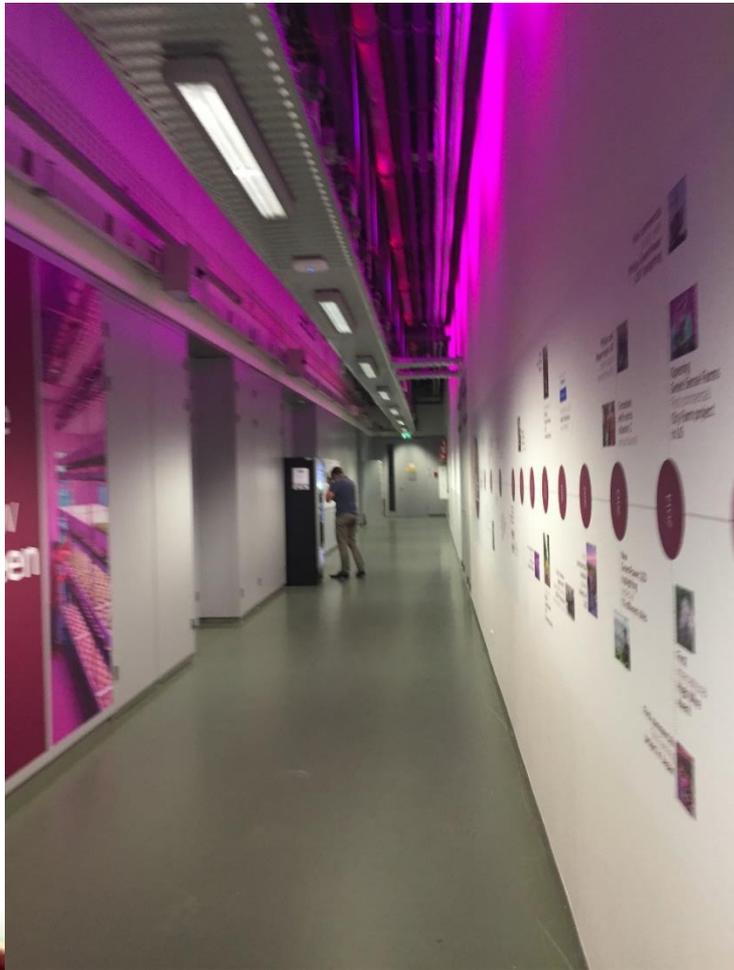


# Global PFALs -- Netherland



# 荷蘭，Philips 公司 ~Grow Wise Center~





## Opening facility HTC7

8 climate rooms, each with  
4 growth layers

540 production modules  
and 6624 research modules

Total growing surface of 2

97 light recipes can be  
trialed per round

PFAL 15 people

GHAL 70 people

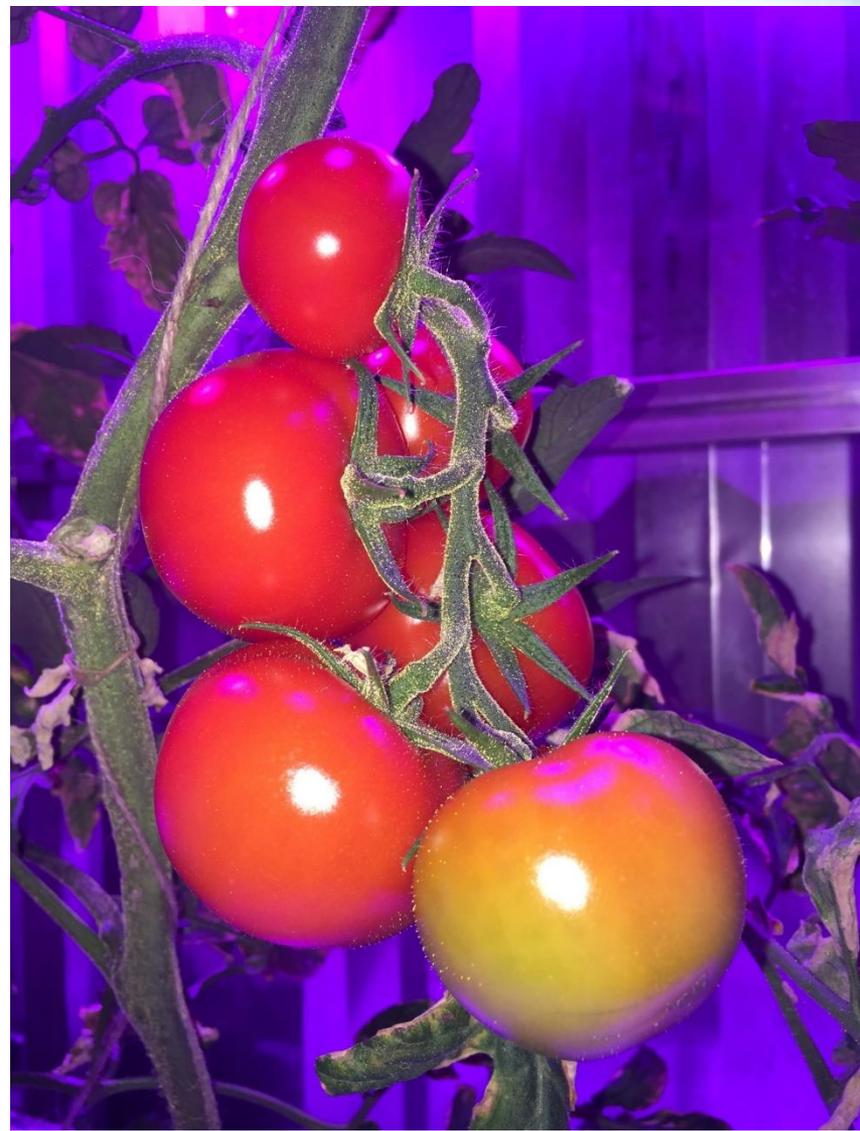


# Brightbox: grow chambers



# Here, There & Everywhere Corp.





# PlantLab Corp.



# PlantLab



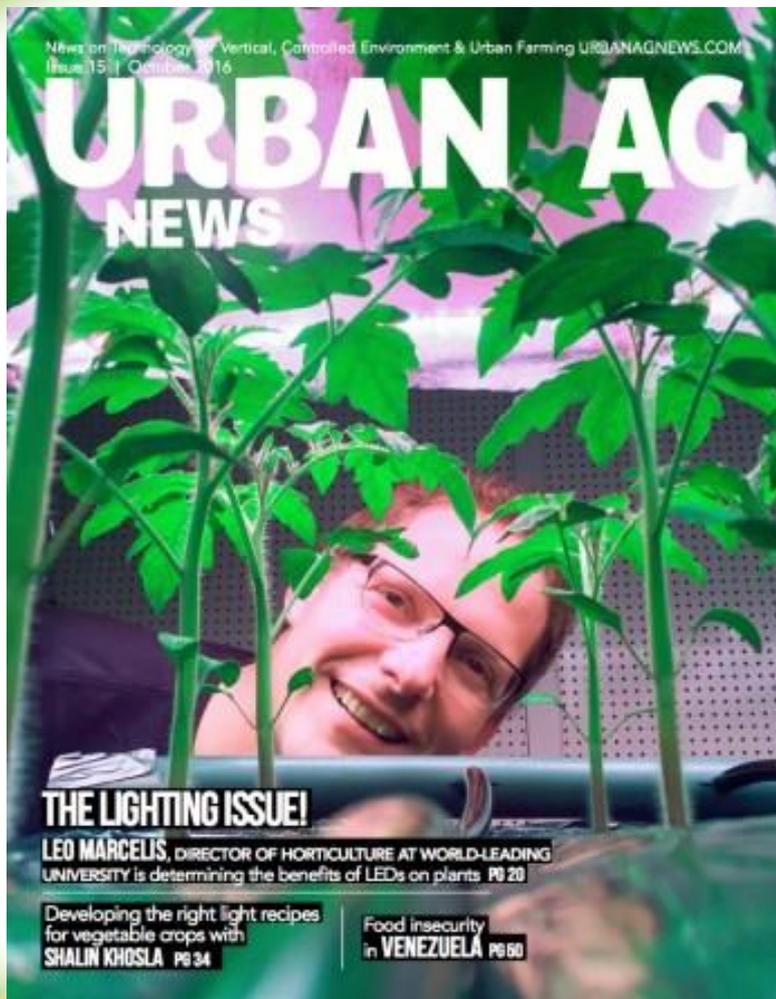
# Vivi “Greenhouse in a Bag”





# UNIFARM, Wageningen UR





## LED it Be Project



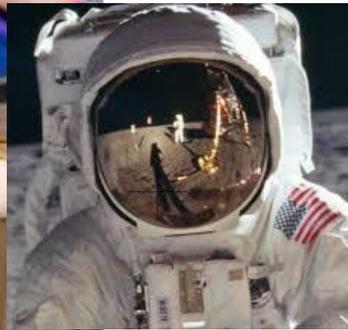
## Research Project on LED Lightings



# Global PFALs -- USA



# Plant Factory in USA



History of  
NASA's R&D  
1990s

Advanced LSS

Bio-regenerative LSS

Controlled ecological LSS



# US MAP

## State and Capital

C A N A D A



# FarmedHere, Chicago, USA



<http://www.gizmag.com/farmedhere-vertical-farm-west-louisville-foodport/41569/>



# FarmedHere, 魚菜共生系統

## 吳郭魚 + 羅勒 / 芝麻菜



# GreenSense Farms

## (Indiana, USA)

- **Started in April, 2014, Factory floor area 2,700 m<sup>2</sup>**
  - **10 layers, Hydroponics(NFT)**
  - **Herbs(Basil, Cilantro, etc), Lettuces, Baby Greens, Micro Greens**
- ⇒ **Another farm in Shenzhen, China**



# MIT Media Lab



Source : MITMediaLab



# Illumitex, (Texas, USA)



# Urban Produce (CA, USA)



# Local Roots Farms (CA, USA)



# Apple

## Sustainable Life Style



# Apple Campus 2: The Earth as Spaceship



# Apple campus 2

Silicon Valley, CA, USA

- Completed in February 2017
- Land area: 2.6 ha, Circle lengthy: 2.6 km
- Net-Zero-Energy : Solar panels on the roof: 6,500 m<sup>2</sup>
- **Serving fresh vegetables to 15,000 employee at 13 restaurants**
- **Operated by: Apple Café team**



# 中國近期設立 的植物工廠



# 中國植物工廠的發展類型

- 自主技術獨立建廠
  - 有政府資金的私人企業：**三安**
  - 私人企業：**星菜、旭田**
- 外來技術協助建廠
  - 美國：**華星環球(喜萃)**
- 外商在中國
  - 日本：**松下、日亞**
  - 台灣：**富士康**



# Sanan Sino-Science Photobiotech Co., Ltd. In China

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





## 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 姜伟锋 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模样的栽培架。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>**

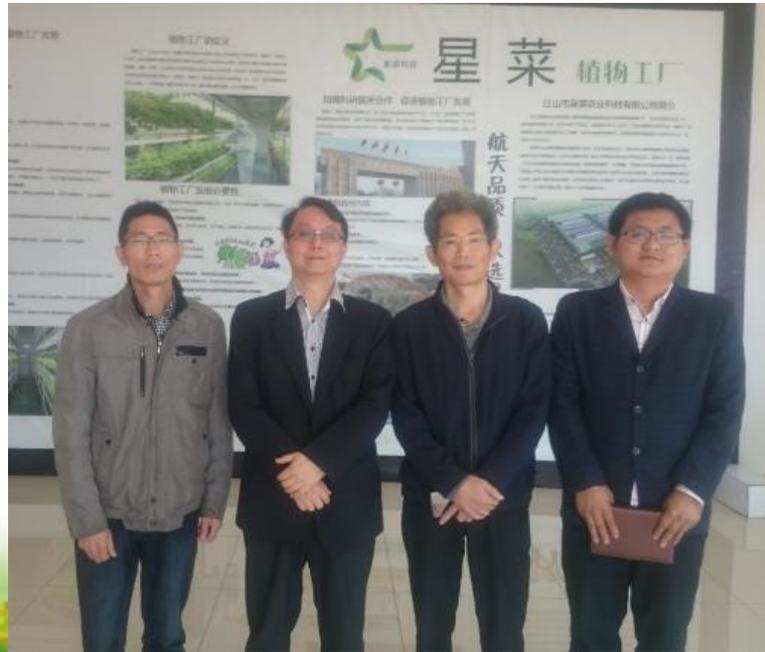
首页 > 衢州 > 江山有家神奇的“植物工厂” 没有土壤、阳光也能种菜！

### 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。

## 20 layers cultivation





監視器畫面





AeroFarms, Newark, NJ, USA 氣霧培



金沙江智慧農業引入美國AeroFarms公司先進的光譜技術結合特有的“氣栽法”種植技術，旨在打造“垂直農業工廠”的工業化農業模式。



**AeroFarms (GSR Capital)** will construct vertical farming in Beijing, Guangzhou, Shenzhen, Hangzhou for producing vegetables and herbs.

## 金沙江智慧農業科技有限公司 門頭溝，北京

This project never came into reality.

只聞樓梯響 … 未見人下來

### 金沙江資本攜手美國Aerofarms佈局中國市場

金沙江資本看好未來國內現代農業的發展前景，於 2013 年在美國早期投資了極具發展潛力的 AeroFarms 公司，目前仍為該公司單一大股東。

據記者瞭解，金沙江資本已獲得大中華區獨家技術授權，引進全球最領先的植物工廠技術，結合金沙江在中國積累的產業資源，攜手發展中國現代農業。預計**第一期**植物工廠將在**北京、廣州、深圳、杭州**等地區建造**第一期10個**全尺寸植物工廠，以滿足未來消費者對高品質、安全的綠色蔬菜需求，搶佔未來農產品高端消費的主流。

金沙江資本總部在北京、香港和矽谷均有辦公室是中國最活躍的科技投資機構之一。金沙江資本專注於投資無線網路、清潔能源、半導體和醫療健康產業，致力於打造同時擁有中國市場資源、顛覆性科技和運營管理能力的全球性偉大技術公司。目前旗下累計管理超過16億美元與34億人民幣的資金。



# 陝西旭田人工光型植物工廠

陝西旭田秦北植物工廠、陝西楊凌旭田植物工廠、陝西實發旭田植物工廠、江蘇淮安旭田植物工廠、江蘇漣水旭田植物工廠、江蘇洪澤旭田植物工廠、江蘇宿遷旭田植物工廠、內蒙古德盛禾旭田植物工廠、重慶潼南旭田植物工廠等。



# 喜萃植物工廠

ShenZhen

華星環球農業科技  
椰糠育苗+LED光照  
占地面積：3000 m<sup>2</sup>  
產能：日產10000株



# 栽培區配置

- 共6座，每座12層
- 每座6連架，每層每架16個穴盤
- 每層96穴盤，每座96 x 12穴盤
- 每穴盤8株
- 上下架人員用升降機/物品用懸吊台車



美國進口設備  
GE LED 燈  
HortiMax 養液控制系統



# 規模與設備

- 共6座，每座12層
- 人員上下架用升降機
- 物品上下架用懸吊台車
- 美國廠商設廠 US installation
- 美國進口設備 US imported LED light  
LED light (GE)  
Nutrient control system (HortiMax)  
Seeding machine 自動播種機





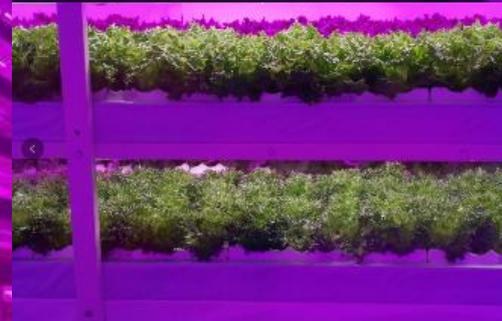
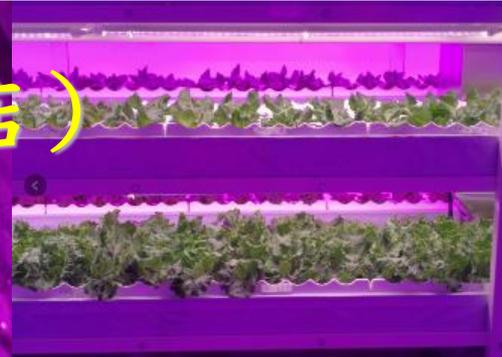
# PFAL 採用基質培 soilless media

- 松下 Panasonic
  - 2 factories in China (蘇州廠、大連廠)
  - 1 in Singapore
- 基質 media
  - 不回收 (non-recycle)
  - 進口 (imported)
- 成本高 (high cost)
  - High price

50-120 g per pack  
Price 16.8-28.8 RMB  
about 200 RMB/kg or 1000 NT\$/kg



# 中國華錄松下植物工廠（大連瓦房店）



占地面積：2430 m<sup>2</sup>  
栽培面積：3110 m<sup>2</sup>  
日產量：4500 heads/d



# 蘇州松下植物工廠的有機生產？（LED光源+基質培）

松下植物工廠蔬菜在蘇州超市上市 2017-02-20 10:04 來源：中國之光網

據可靠消息，松下Panasonic品牌蔬菜已在蘇州松下工廠生產，在蘇州超市上市，此次銷售被稱為植物工廠蔬菜走向大眾的一次銷售試驗。從包裝來看，松下蔬菜的定價主要分為兩種：**4合1蔬菜24.8元**，**3合1蔬菜18.8元**。此外，包裝還**附贈一小袋丘比沙拉醬**方便市民製作蔬菜沙拉。相比於市場上其他生菜，松下安全蔬菜走的還是**高端市場**。



# 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

1 | 3 |



**Panasonic**  
松下健康安全蔬菜

欧洲有机质的营养土，选育健康、耐病、病虫害等  
污染源消除好农业履历的工业洗净，工业化模式。  
使用纯净水灌溉，无农药，无有害重金属。

安全 放心 营养 高品质蔬菜  
健康 时尚 绿色 高品质生活

【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。

<p>优雅生菜80G 零售价14.8元 开业酬宾价 <b>15元</b></p>	<p>水菜12G 水萝卜24G 优惠价77G 芝麻菜7G 零售价29.8元 开业酬宾价 <b>23元</b></p>	<p>水菜35G 水萝卜5G 优惠价7G 芝麻菜3G 零售价18.8元 开业酬宾价 <b>15元</b></p>
<p>绿叶生菜1颗 红叶生菜1颗 水萝卜1颗 零售价18.8元 开业酬宾价 <b>16元</b></p>	<p>绿叶生菜30G 红叶生菜30G 水菜10G 水萝卜15G 优惠价35G 零售价26.8元 开业酬宾价 <b>23元</b></p>	<p>水菜84G 水萝卜12G 优惠价17G 芝麻菜7G 零售价26.8元 开业酬宾价 <b>23元</b></p>

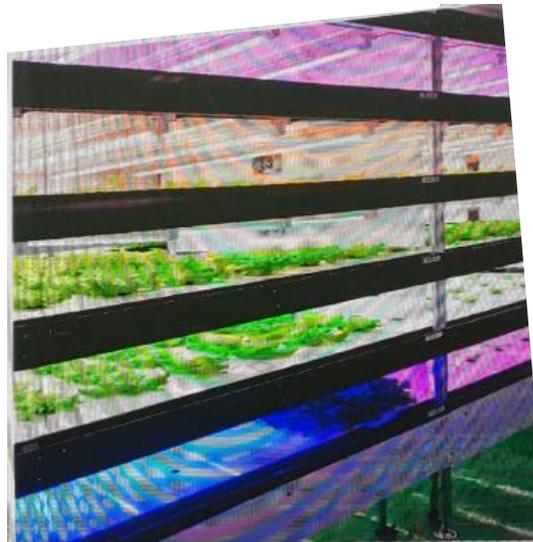


“CLUXTA  
松下·智  
美體驗空  
間”位於  
上海環球  
金融中心2  
樓，2017  
年7月開始  
運營。



# 日亞 Nichia

- 栽培區 350 平方  
米
- 產能約 500 株/日
- 栽培品項  
葉菜  
番茄  
花卉



# 富士康 龍華廠

- 占地 5000 m<sup>2</sup>
- 育苗 16 層 / 栽培 14 層
- 日產 2.5 ton per day
- 2018.5 開始營運



台灣源鮮(YesHealth, Taiwan)

技術合作

使用風扇水簾系統降溫

使用有機液肥



# Turnkey Provided by Taiwan

全球競爭之地

(來自日、美、韓、中、台廠商)

中國目前已有  
近 120 家植物工廠

且快速增加中

澳門 Macao  
香港 HK  
海南

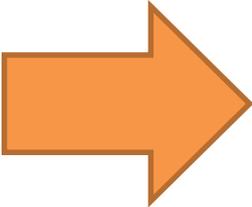
S.E.A.



# 大綱

簡介

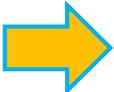
全球產業現況



高附加價值產品&作物

結論

# 植物工廠產品與通路的多元化發展

 生鮮產品  
 加值產品



超市



餐廳



學校



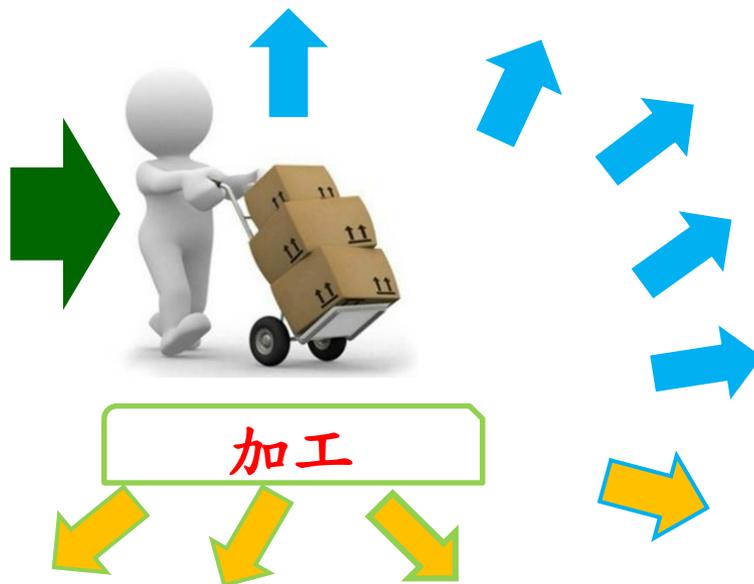
會員



自營餐廳



夜店



加工



# 加值產品

## 1. 加工品

蔬菜粉、蔬菜汁

...

# Vege-Powder solves the pH balancing problem

戰斧豬排沾玫瑰鹽與萵苣粉



烤羊排佐萵苣粉

手工嫩炸雞塊沾煙燻起司醬搭萵苣粉



比目魚鱗邊肉搭萵苣粉



# Powder: Savior to Meat lovers



Vege-Powder replace potato



漢堡肉佐萵苣粉



# Vege-Powder solves the **constipation** problem



體內環保  
一包滿足  
一杯有感

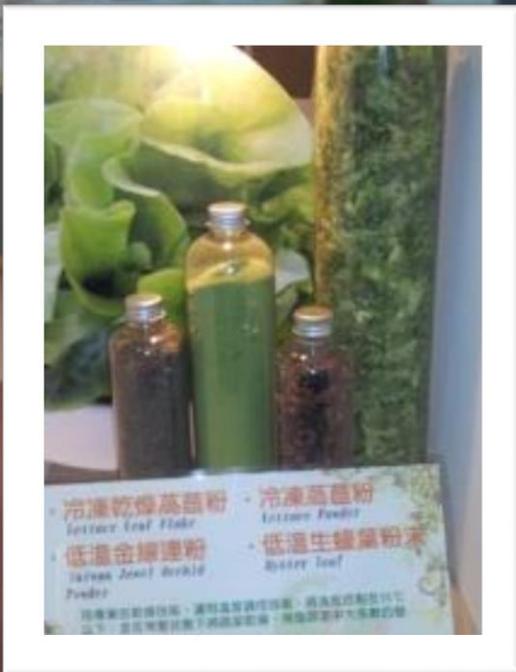
輕瘦  
美肌  
順暢  
好眠



# Vege. Powder in Food



# Vege. Powder in **Cosmetic** products



# Vege. Juice

# Green Latte 綠拿鐵



完美 無瑕肌  
從未如此簡單

重返年輕 鎖水抗陽  
醫美級 無瑕

喝的面膜  
海茴香銀耳露

NICE GREEN 唯一獨家傾力研發  
每日一瓶 肌膚活化 鎖水抗陽  
中西合供秘方 由內而外頂級深層修護  
為肌膚注入防護般的魔法  
閃耀海洋晶透光 綻放天使無瑕肌  
完美尊貴 極緻享受

海茴香小秘密

冠茂農業生技股份有限公司 · 台北市信義區四路458號4樓  
諮詢專線 02 2722-8333 · www.nicegreen.com.tw  
f Nice Green 美肌聖品 · 美肌 NICE GREEN 開始



NICE GREEN 綠菁晶

全程低溫壓榨 · 獨得明超高壓技術 ·  
利用高壓低溫殺菌 · 保留營養不流失 ·  
延長保潔更安心!

NICE GREEN 選用 · 每一滴都是用心的精華結晶

# Blog → Book

- Story to tell / Experience to share
- Green Latte (綠拿鐵) brings
  - Green Touch 綠感動
  - Green Magic 綠魔法
  - Green Miracle 綠奇蹟
  - Green Popular 綠旋風
  - Green Practice 綠實踐



# 加值作物

## 1. 特殊風味

– **Oyster leaf** (*Mertensia maritima*) 生蠔葉

– **Ice plant** 冰花

– 20 US\$ (600 NT\$)/50 g in Taiwan



rich in myoinositol, Vit.K,  $\beta$ -carotene

# Ice Plant in night club



# Bartenders learn from skillful flower arrangement teacher



# Bartending trick: 淋酒、火燒



# Bartending trick: 煙燻



# 加值作物

## 2. 食用花





# 食用花-三色堇 Pansy



# 食用花-琉璃苣 Borage



# 食用花-紫羅蘭 Violet (gillyflower)



# 加值作物

## 3. Functional plants 機能性作物

### — 針對

### 特定成分的加量或減量

High 高 Ca 鈣, Fe 鐵, Zn 鋅, Vit. C, Vit. B,

Low 低 potassium 鉀, sodium 鈉,

Low 低 nitrate 硝酸鹽, nitrite 亞硝酸鹽

# 加值作物

## 4. Functional plants 機能性作物

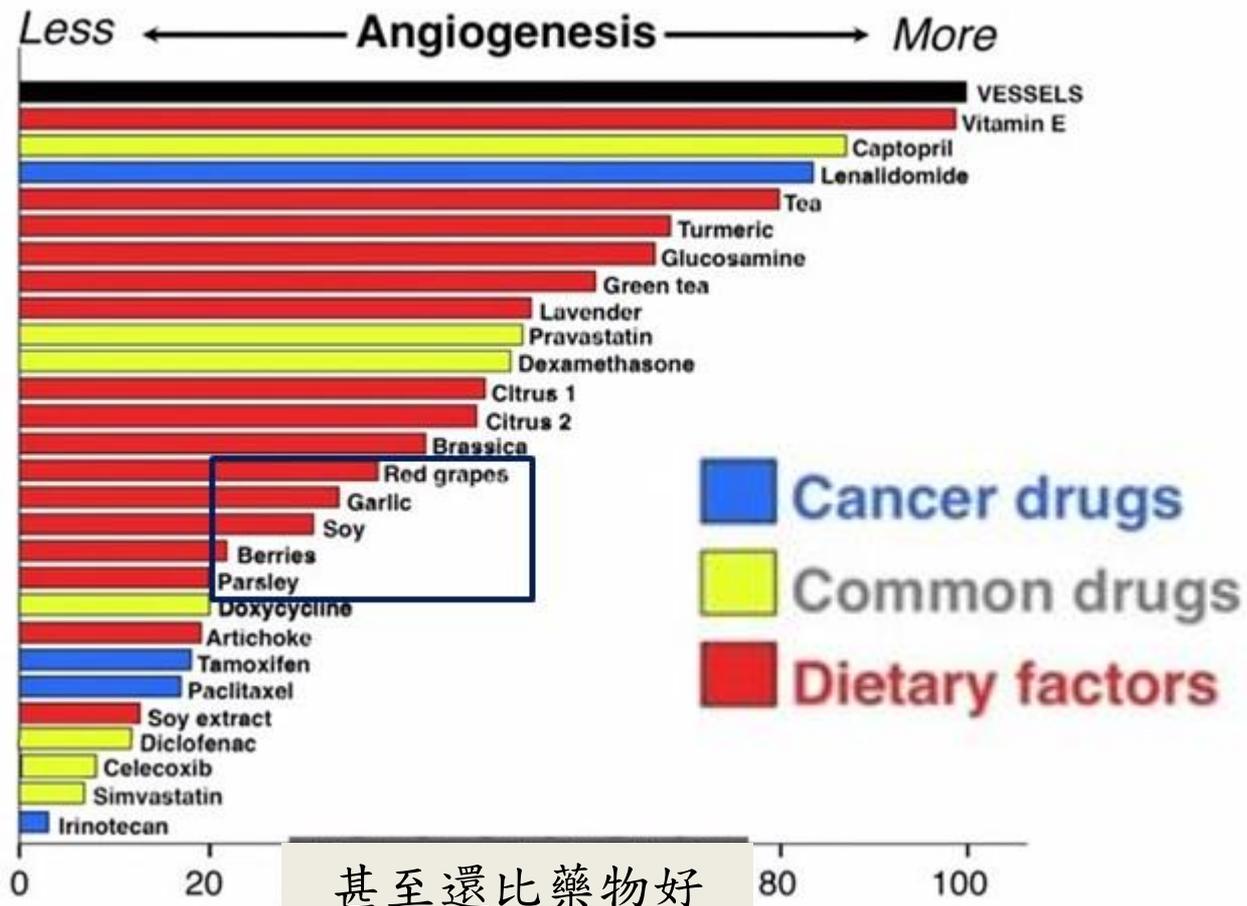
— 提供

具生物活性的物質

對人體有益的植化素

# Homology of medicine and food

## 藥食同源



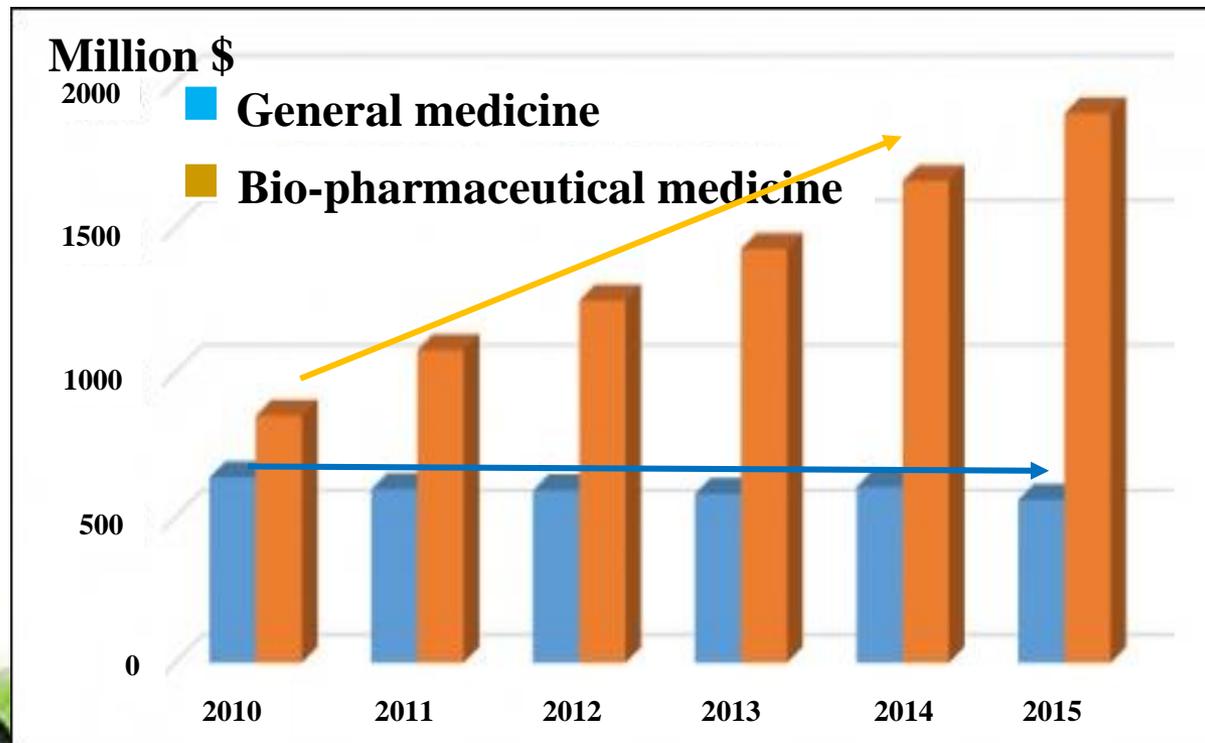
source : William Li, TED 2010



# 全球藥品市場規模

## Why bio-pharmaceutical medicine?

- ◆ Various functions within the body
- ◆ A lot of resources to use
- ◆ Few side effects when used for a long time
- ◆ High cost-effectiveness



# 植物體內產生的二次代謝物

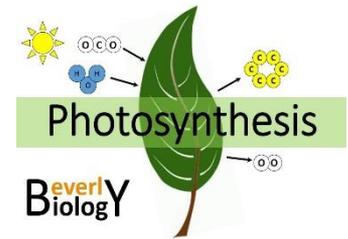
Plants

- 植物體是二次代謝物的最佳產地



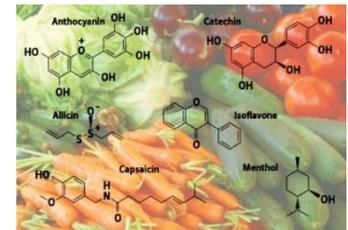
Photosynthesis

- 碳水化合物
- 一次代謝物
- 二次代謝物



Secondary metabolites

- Alkaloids 生物鹼,  
Terpenoids 萜類,  
Phenylpropanoids 苯丙素



Effects

- 抗氧化、抗癌  
抗發炎、抗菌、 ...

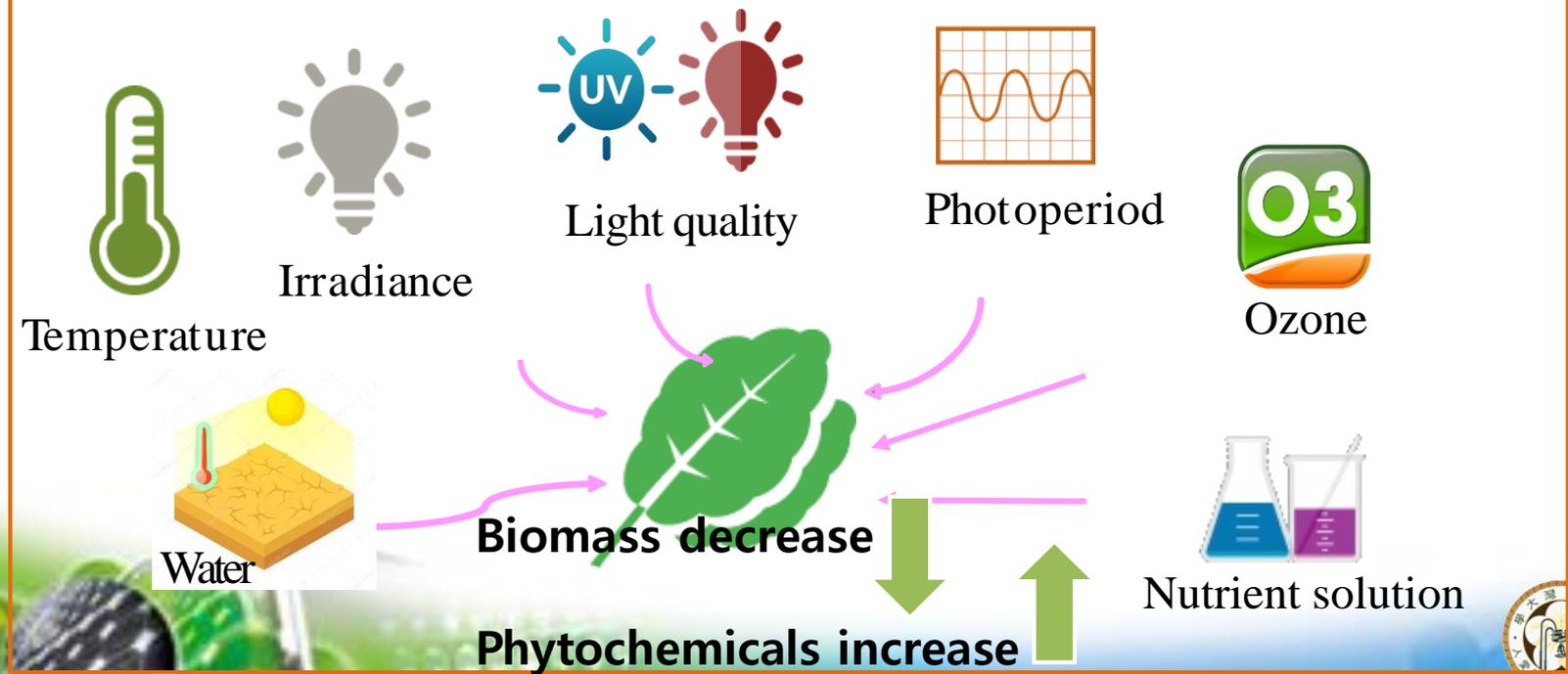


植物因應外界刺激會產生一些物質來保護自己（免疫）  
外來刺激：蟲咬、微生物感染、疾病發生、環境刺激等

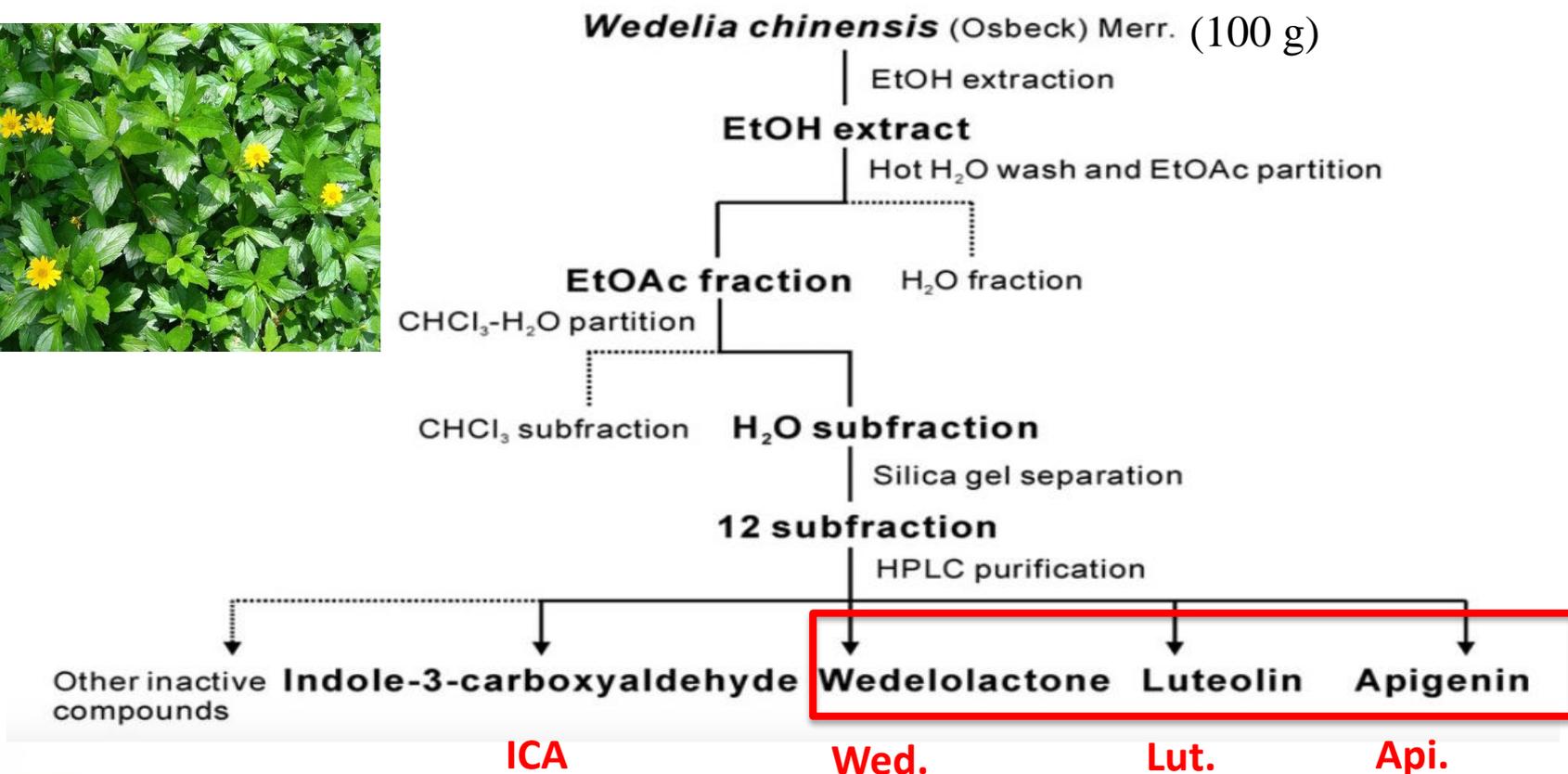
## Elicitors



## Abiotic stress can be controlled in PFAL



# Four bioactive compounds of 黃花蜜菜 (*Wedelia chinensis*)

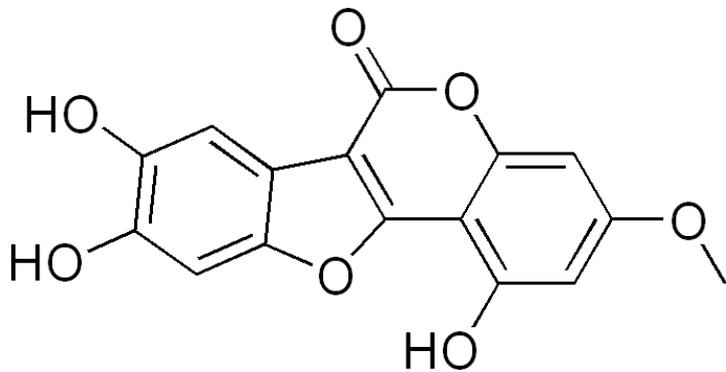


F. M. Lin, et al. (2007) *Carcinogenesis*, 28(12), 2521-2529.

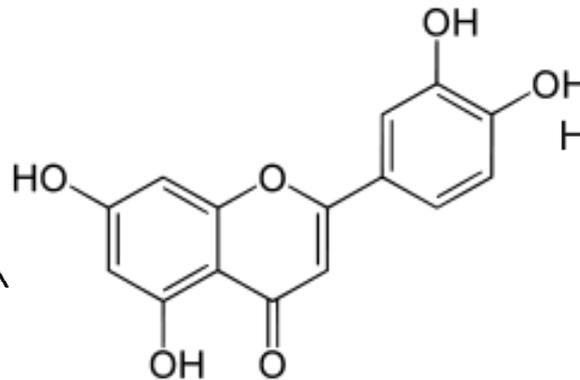


黃花蜜菜 (*Wedelia chinensis*)  
Three bioactive compounds

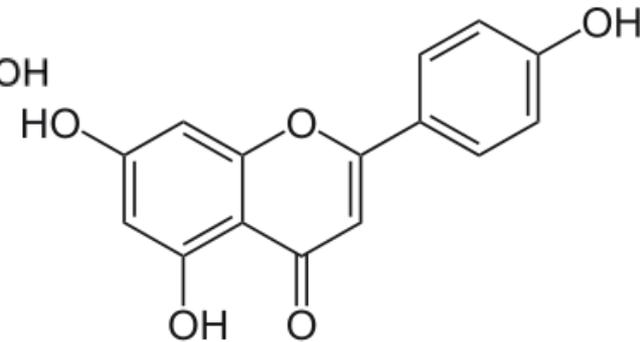
**Wedelolactone**  
(Wed.)  
蟛蜞菊內酯



**Luteolin**  
(Lut.)  
木犀草素

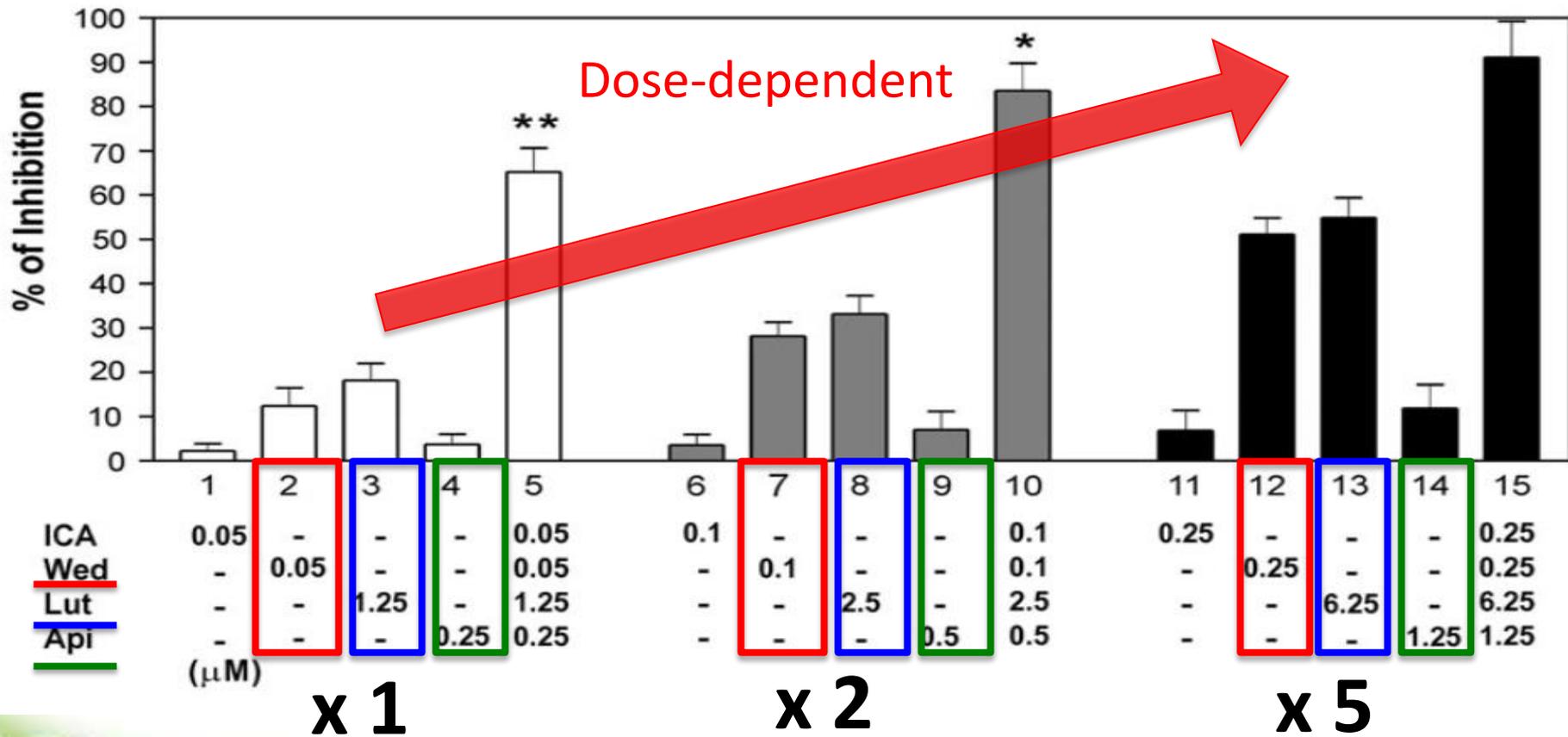


**Apigenin**  
(Api.)  
芹菜素



F. M. Lin, et al. (2007) *Carcinogenesis*, 28(12), 2521-2529.

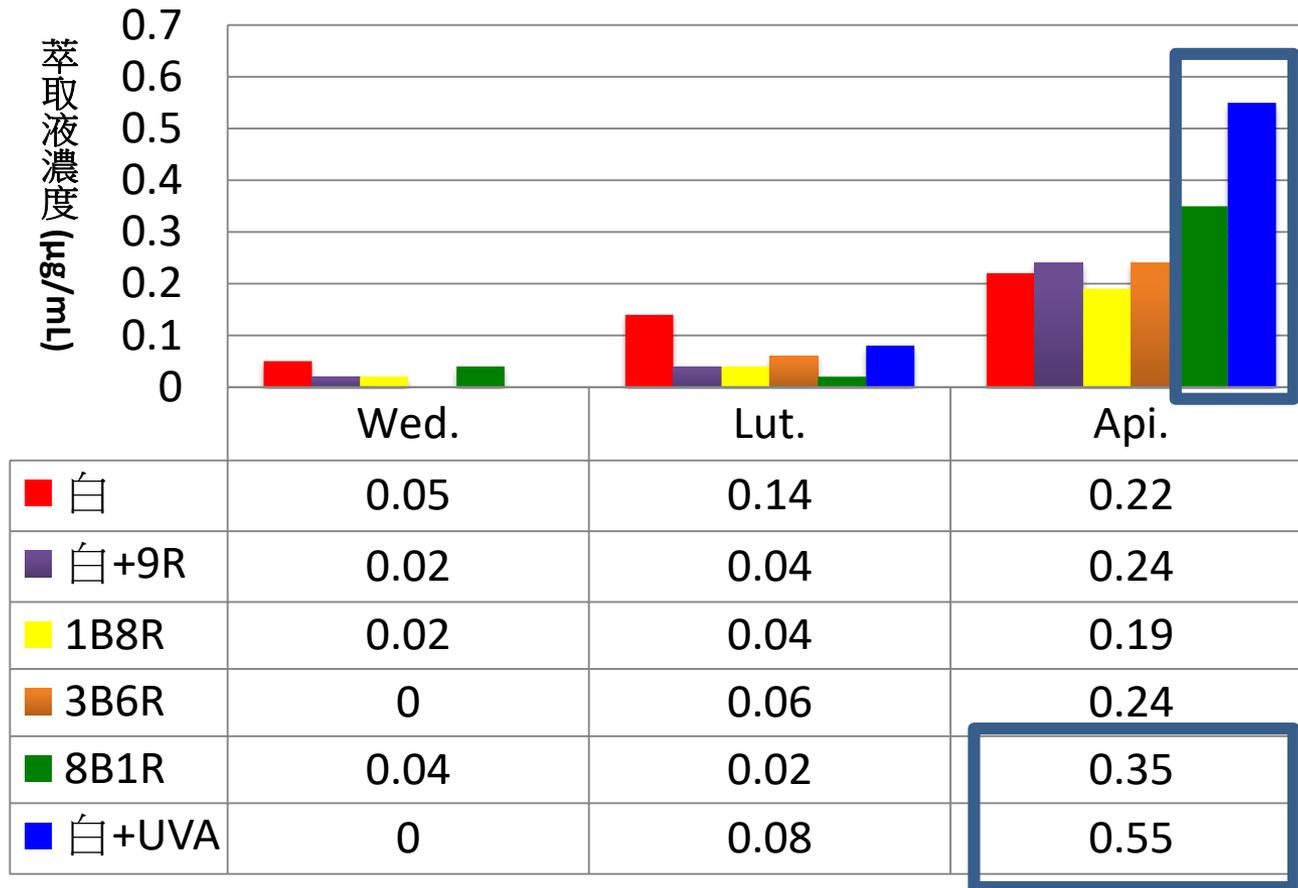
# 黃花蜜菜 (*Wedelia chinensis*) 的三種次生代謝物 能抑制(inhibit)前列腺癌 (prostatic cancer) 細胞生長



F. M. Lin, et al. (2007) *Carcinogenesis*, 28(12), 2521-2529.



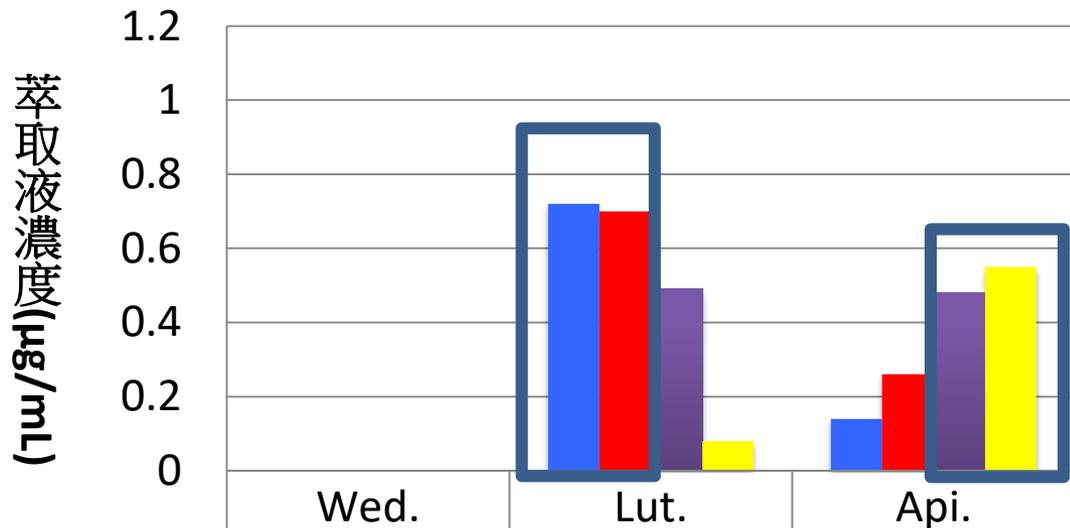
# 照射UV、Blue光 有利於芹菜素產出



Fang, W.. (2017) unpublished data



# 提高環境溫度有利於木犀草素產出 但不利於芹菜素產出



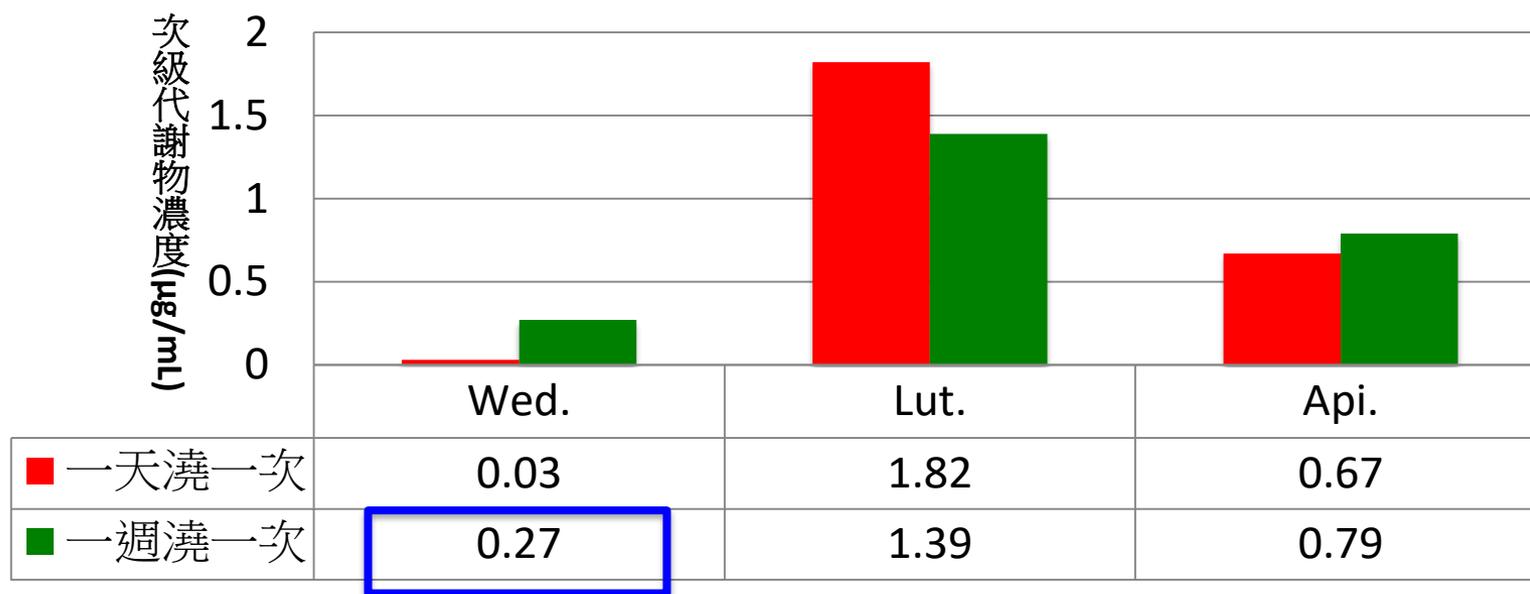
	Wed.	Lut.	Api.
白(高溫)	0	0.72	0.14
白/UVA(高溫)	0	0.7	0.26
白	0	0.49	0.48
白/UVA	0	0.08	0.55

White light@highT  
White+UVA@highT  
White light  
White+UVA

Fang, W.. (2017) unpublished data

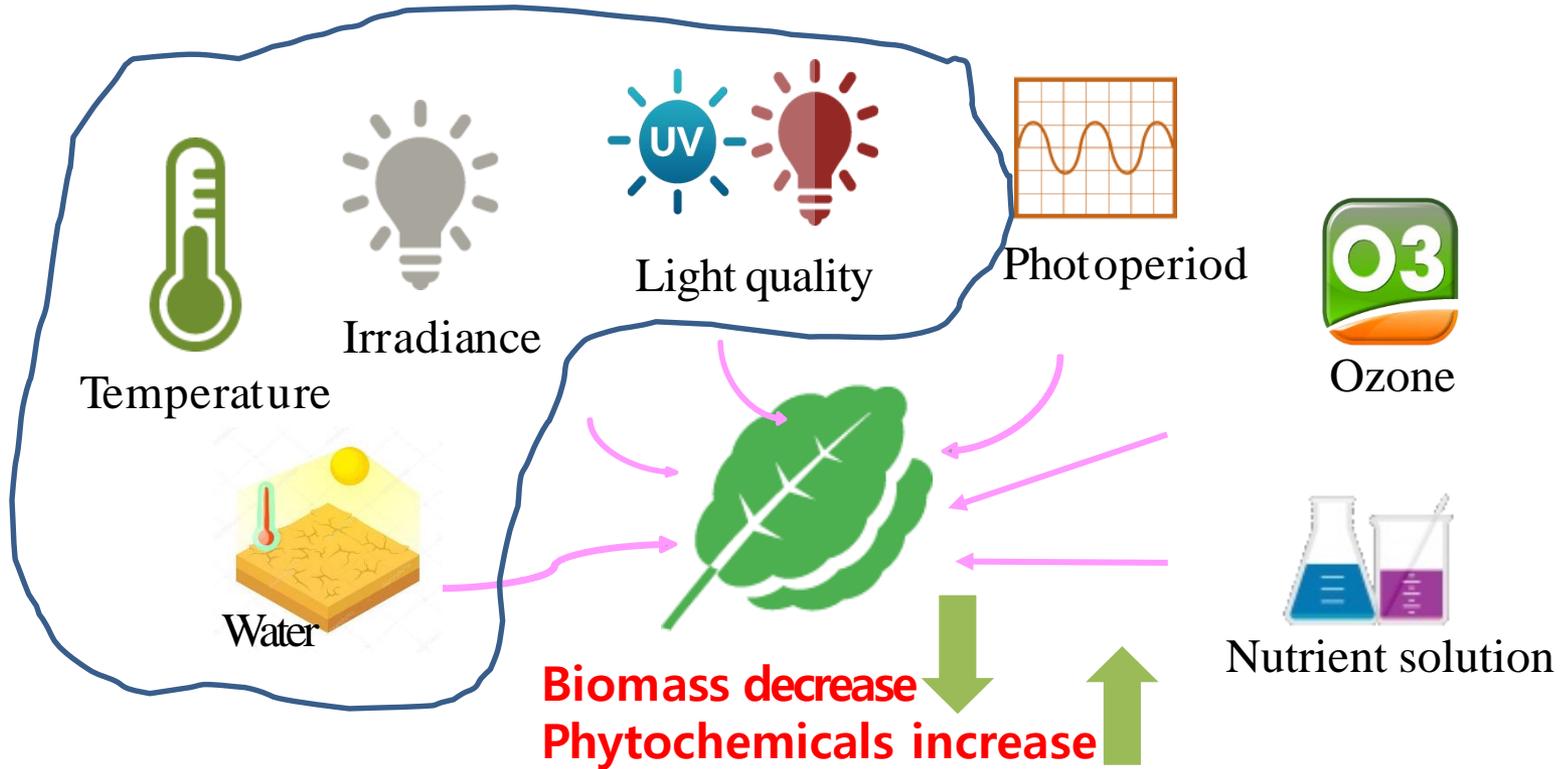


# 乾旱逆境有利於**蟛蜞菊**內酯產出



Fang, W.. (2017) unpublished data

# 環境逆境



$54$  concentration  $\times$  fresh mass  $\times$  cropping density / duration  $3$   
 $\rightarrow \mu\text{g/g} \times \text{g/plant} \times \text{no. of plants/m}^2 \rightarrow \mu\text{g/m}^2/\text{year}$

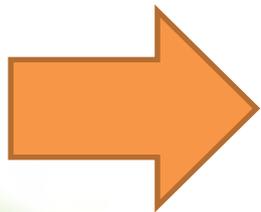
# 大綱

簡介

全球產業現況

高附加價值產品&作物

結論



# 結論

1. LEDs 在環保議題上扮演關鍵角色：  
包括 節能、照明產業與  
植物工廠產業

**L**ighting-up **E**co-friendly **D**ream  
for present and future generation.

# 結論

## 植物工廠

2. 在全球已形成新興產業，規模正急速擴大中
3. 是未來農業的現在進行式
4. 不僅可量產一般作物，更可量產高經濟價值作物
5. 衍生商品正與養生/食療、美容、醫療產業結合

# PFAL 產業展望

醫  
食  
同  
源



You  
are  
what  
you  
eat



PFAL can make us richer, smarter,  
greener, healthier, and happier.

綠拿鐵、綠感動、綠魔法  
綠奇蹟、綠旋風、綠實踐

**Q & A**

