

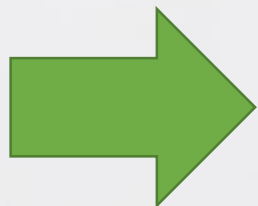
植物工廠簡介與 全球化發展

方煒

臺灣大學生物機電工程學系 教授

臺灣大學環控農業卓越中心 主任

大綱



植物工廠簡介

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

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

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

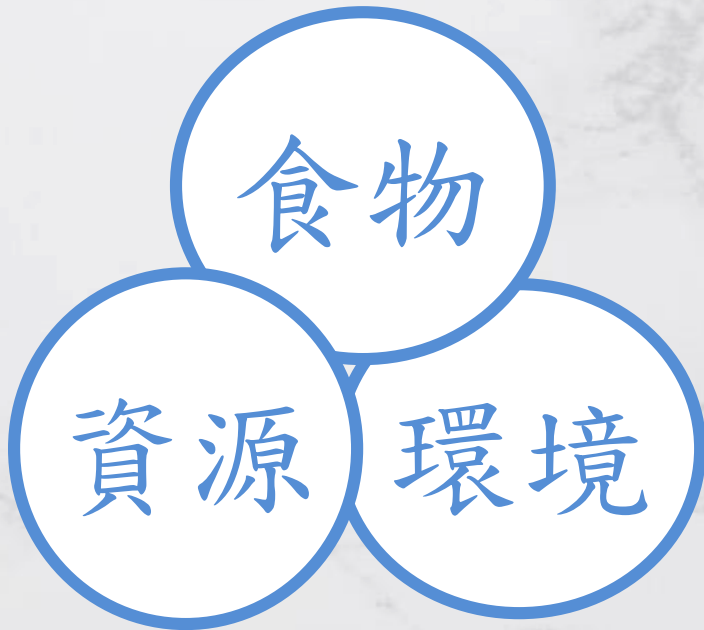
資源有限：缺地、缺水危機

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

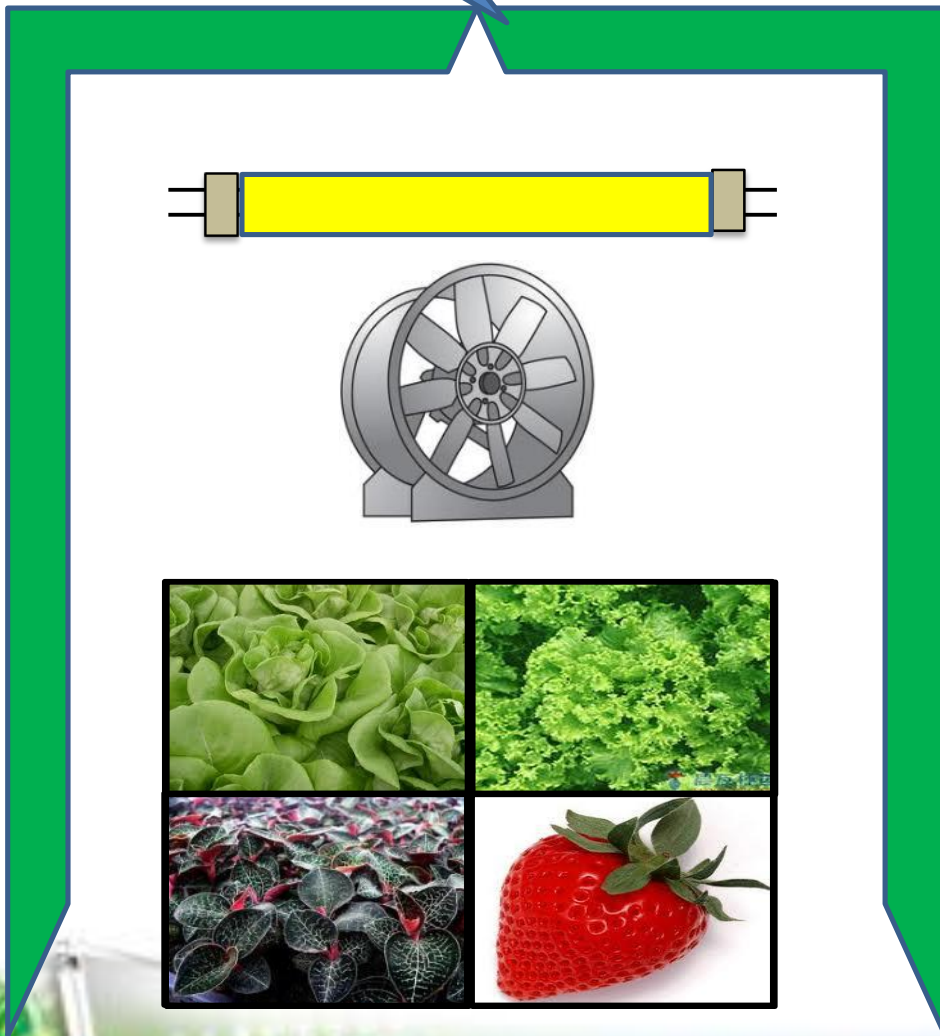
- 生產接近零風險

- ⇒ 不受天候影響
 - ⇒ 不受病蟲害影響

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)

絕熱材料：
屋頂
四壁
地板



人工光源

空氣調節
內循環

多種作物
多種栽培系統

多層式
立體栽培床架

完全人工光控制型
植物工廠

高田

環控農業
室內農業
設施農業

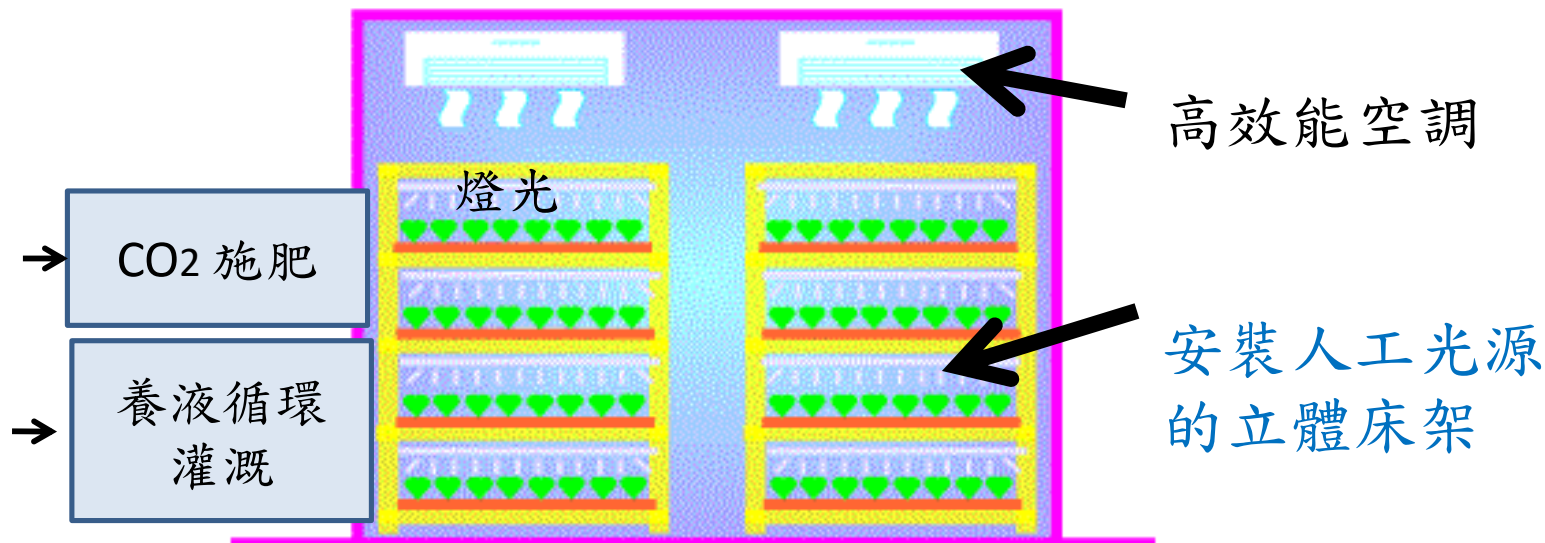
屋頂下的一口田



完全人工光控制型 植物工廠



以不透明隔熱建
材建造的密閉建
築物(隔熱庫房)



整合環境控制：

氣體環境控制 (溫、濕度、光量、光週期、風速)

環境衛生控制 (空氣滅菌、水體滅菌)

養液控制 (濃度、酸鹼度、電導度)

光量、營養液濃度與CO₂ 耦合聯控



完全人工光控制型 植物工廠

Consumer

新鮮

無農藥

營養

免洗

方便

安全

植物工廠的價值

來自於

消費者與生產者的

認同與感謝

Producer

穩態
生產

全年
生產

高效

省水

省地



國際趨勢有利於植物工廠的發展

- Globalization 全球化
- Extreme weather 極端氣候
- Growing population and Urbanization 人口暴增與都市化
- Limited resources, such as farm land, fresh water, etc. 有限資源
- Polluted air, land and water 空氣、土地與水資源汙染
- Consumer awareness 消費者覺醒
 - on Food Security / Food Safety 食品安全
 - on Carbon Footprint / Food Mileage 碳足跡、食品里程
- **Growing of ABC** (AI, Big data, Cloud computing)
intelligent embedded 人工智慧、大數據、雲端運算
- **Advancement of LED** and other lighting technology 科技精進

適合發展植物工廠的地區

- 人口多且密集且人均收入高的地區

與

以下地區

- 太冷/太熱，天然環境不適合蔬菜成長
- 太少雨/太乾，譬如 南加州
- 太多雨/太濕，譬如 旅遊業發達的島嶼型國家
- 水資源缺乏，譬如 中東
- 電價低廉，譬如 中東
- 農產品大幅仰賴進口，譬如 新加坡
- 許多荒廢廠房/教室/地下室/防空碉堡/礦坑，譬如 倫敦
- 農地偏少，譬如 香港、新加坡

Various terms converged into ONE

PF, PFAL

VF, VFAL

Urban Agriculture

Urban Horticulture

Indoor Agriculture

Indoor Horticulture

City Farm

Smart Farm

....

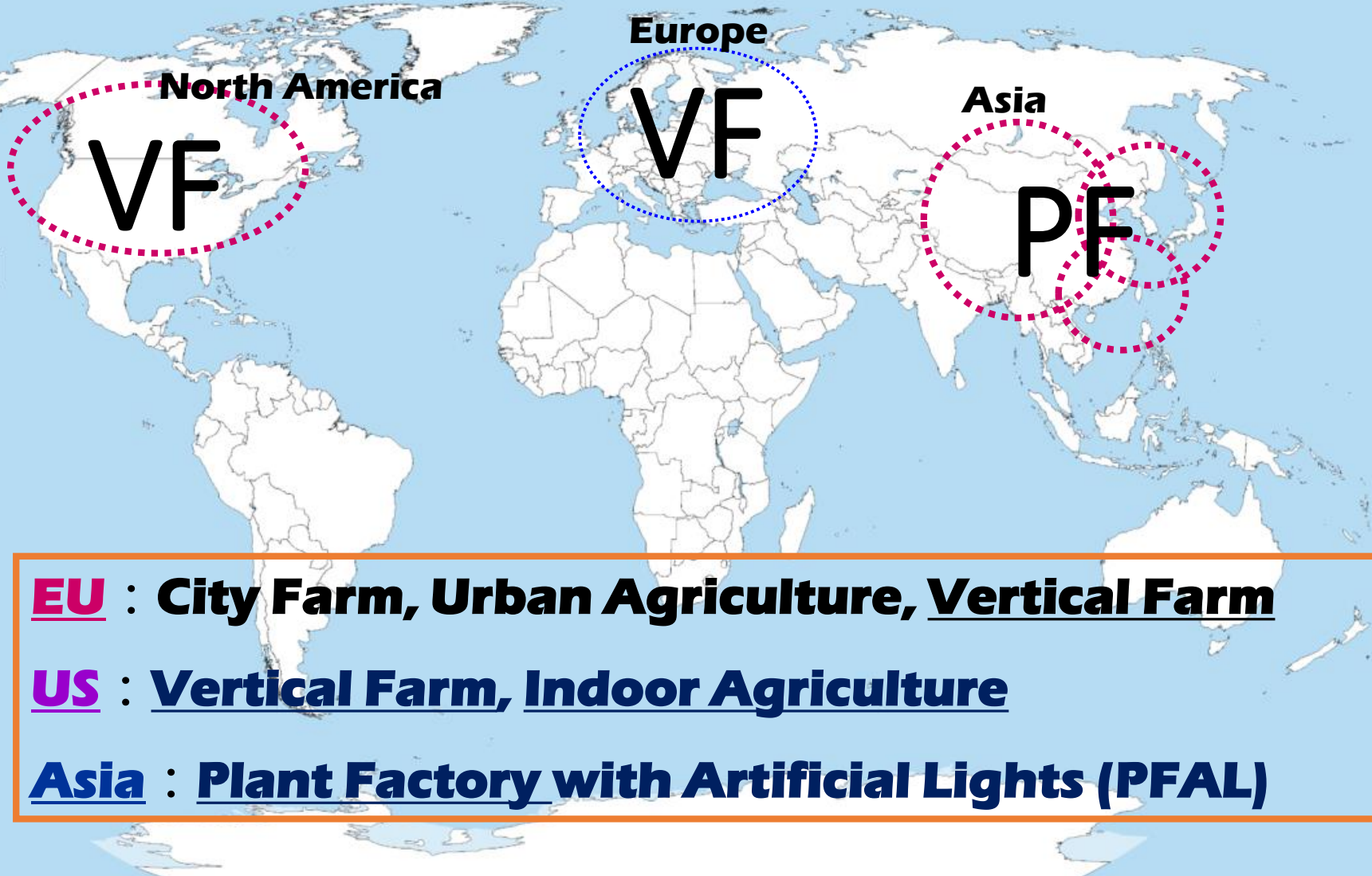


C

E

A

PF, VF, and more

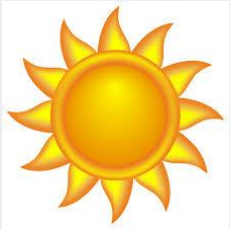


EU : City Farm, Urban Agriculture, Vertical Farm

US : Vertical Farm, Indoor Agriculture

Asia : Plant Factory with Artificial Lights (PFAL)

Controlled Environment Agriculture (CEA)

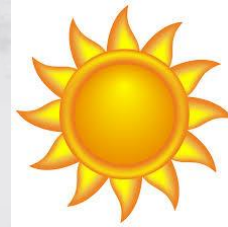


Open field



< 3 kg/m²/year

防風
防雨
防蟲
省水
省肥



Semi-closed: Greenhouse



69 kg/m²/year

補光
遮陽
保溫
降溫
加溫

中國、山東、濰坊市



Almeria of Spain



荷蘭、Westland City



Poeldijk

Flowmagic B.V.

R.J.M. Hendriks Holding B.V.

Opti-flor Bv

© 2007 Europa Technologies

© 2007 Google

Image © 2007 Aerodata International Surveys

Pointer 52°02'06.89" N 4°13'29.63" E elev 0m

Streaming [progress bar] 100%

Eye alt 1.50 km

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.

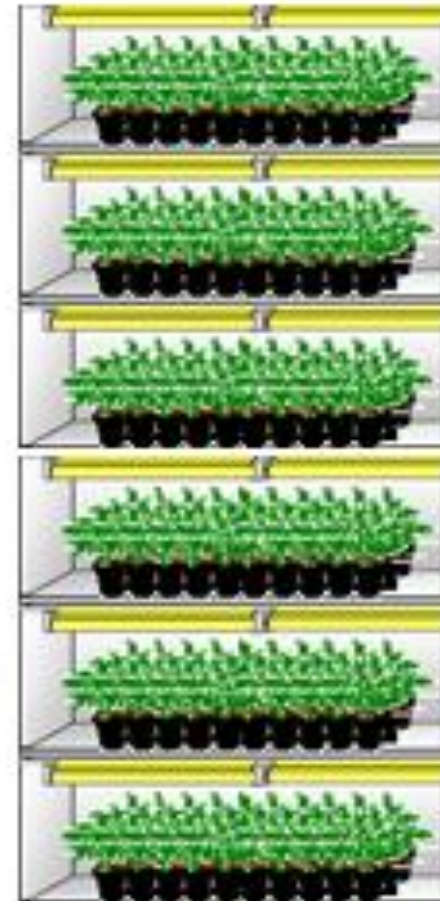


Controlled Environment Agriculture (CEA)

Greenhouse: Plant Factory with sunlight and/or supplemental light



Plant Factory/Vertical Farm with Artificial Lighting



Closed: PFAL

Plant Factory with Artificial Light



3~4 layers

> 100 kg/m²/year

Closed: PFAL



7 layers > 200 kg/m²/year

Closed: PFAL



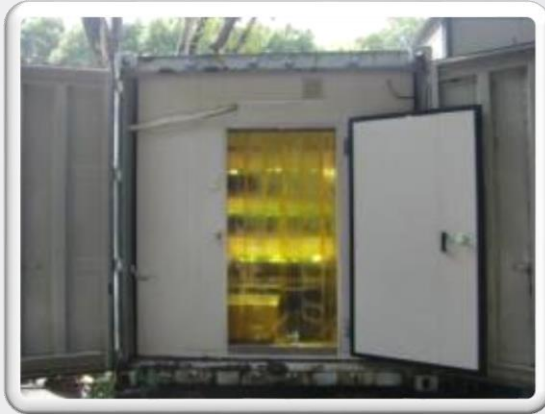
10 layers $> 300 \text{ kg/m}^2/\text{year}$

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

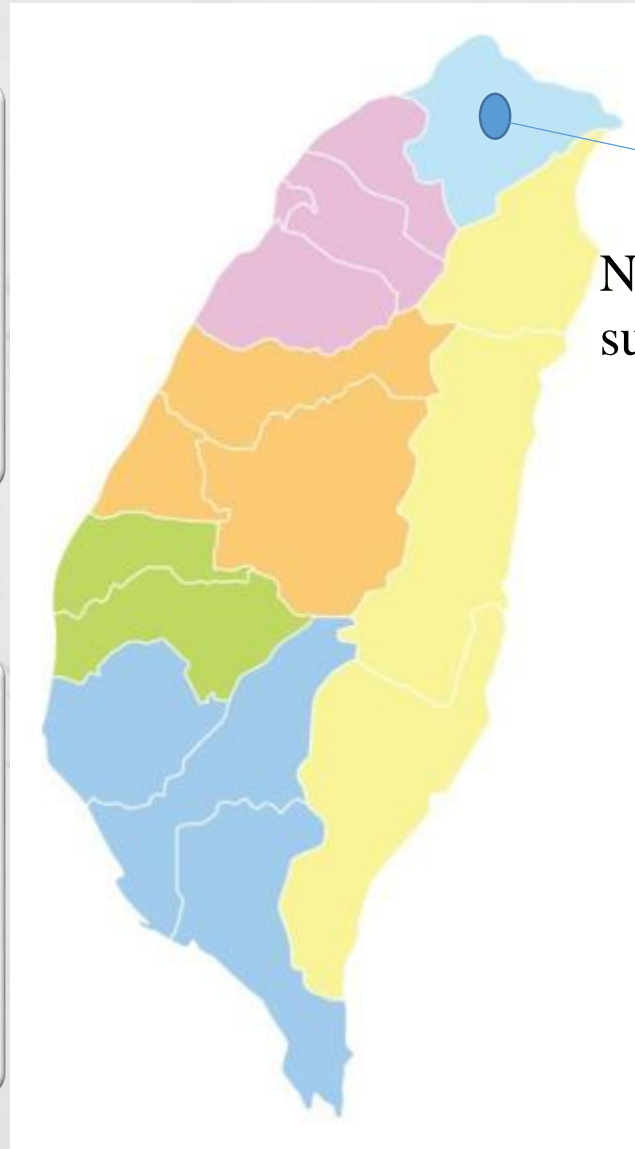
150 times of GH



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



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

1996
LED related
research

Pulse light with adjustable intensity,
duty ratio, frequency



其他

次氯酸水滅菌系統開發

高效率雙效熱泵系統開發



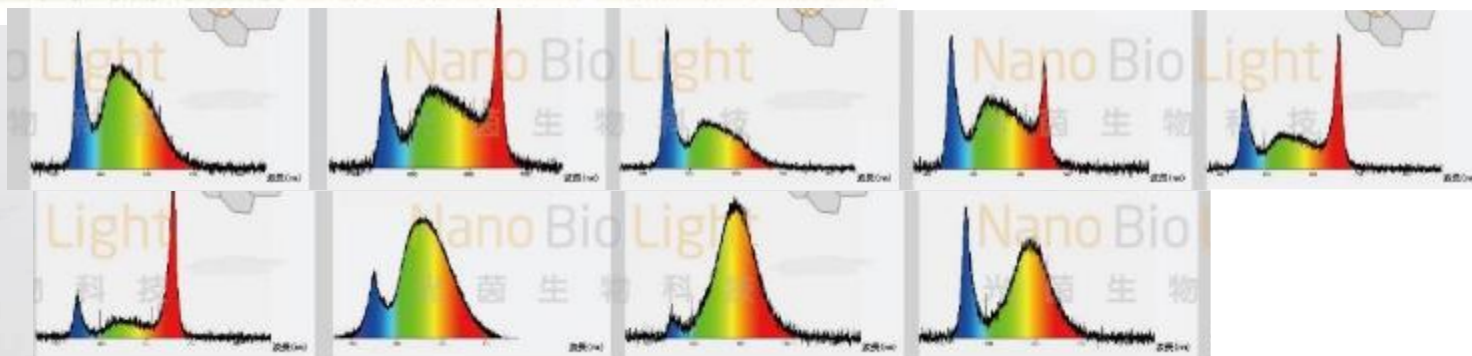
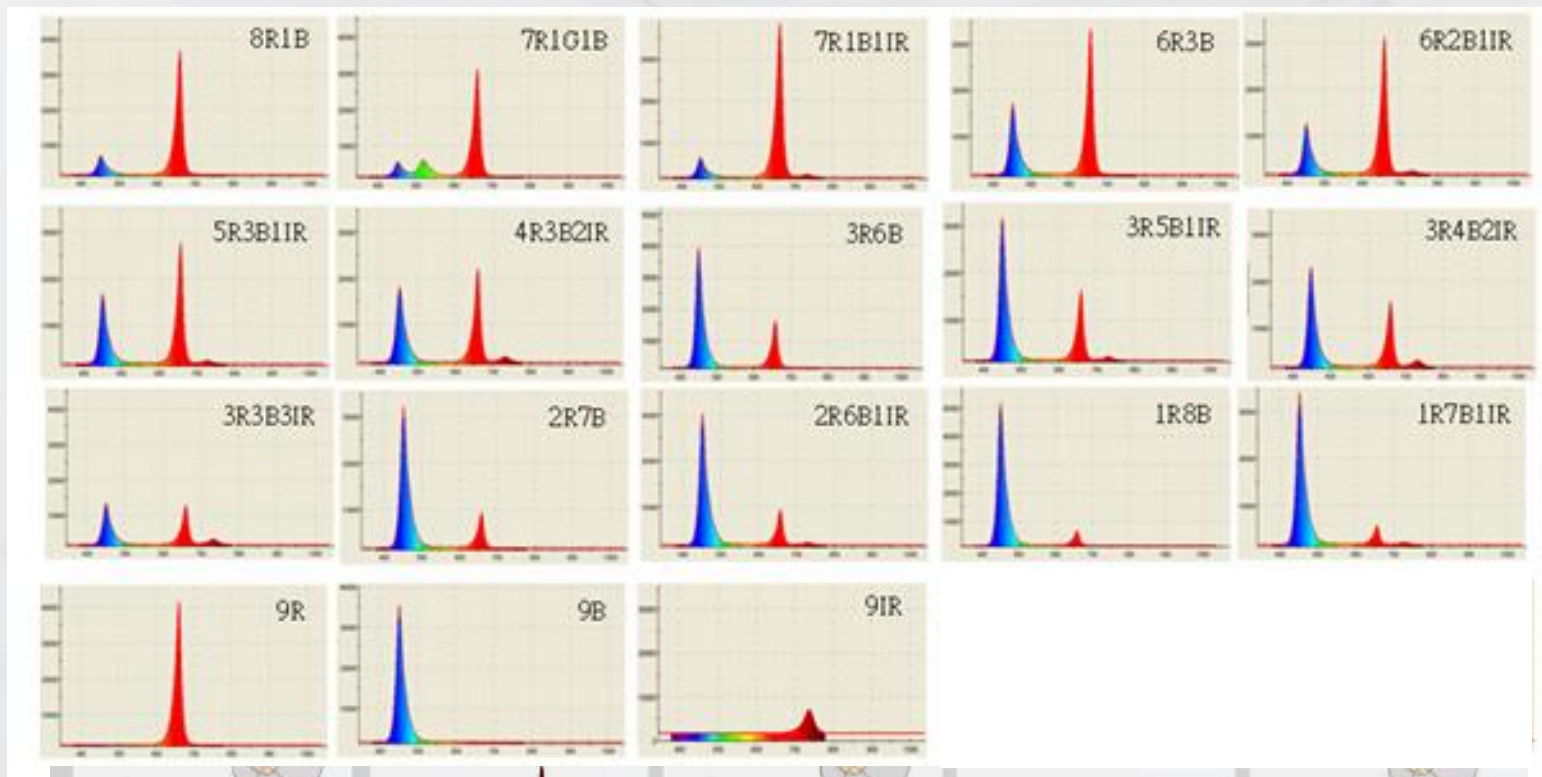
NTU

Central
Taiwan

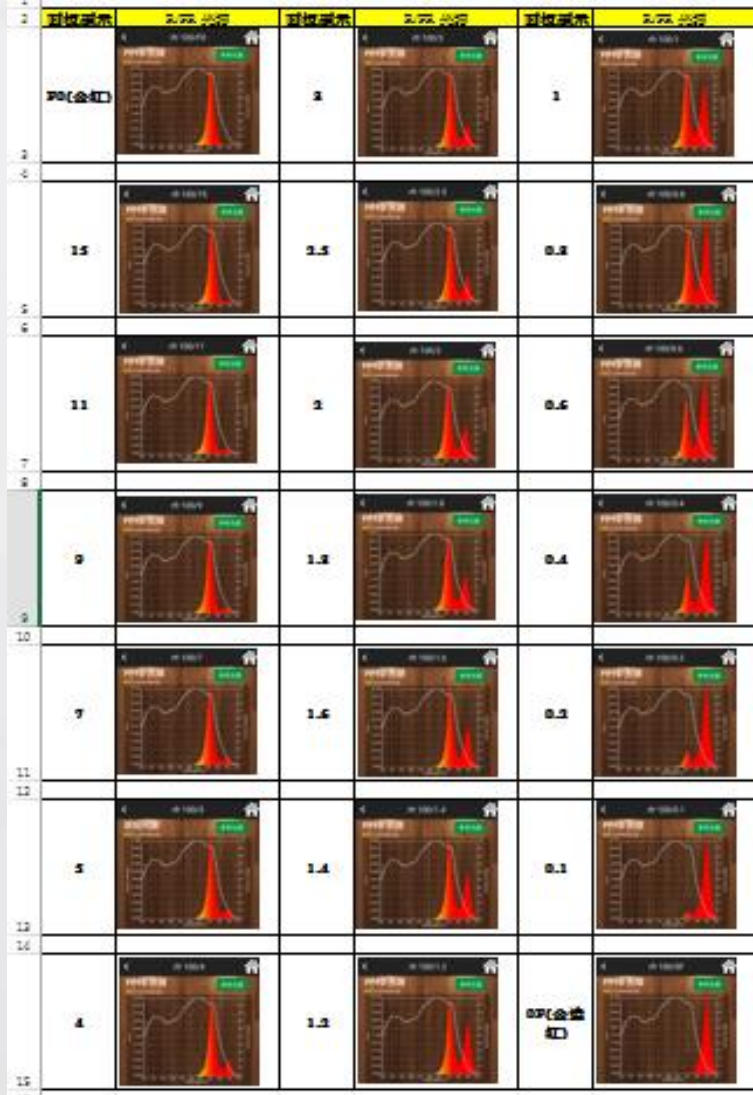


- PFAL for tissue culture and for *Phalaenopsis* seedling production with movable light was developed in 2001.
- Two stories building with 7 layers each.

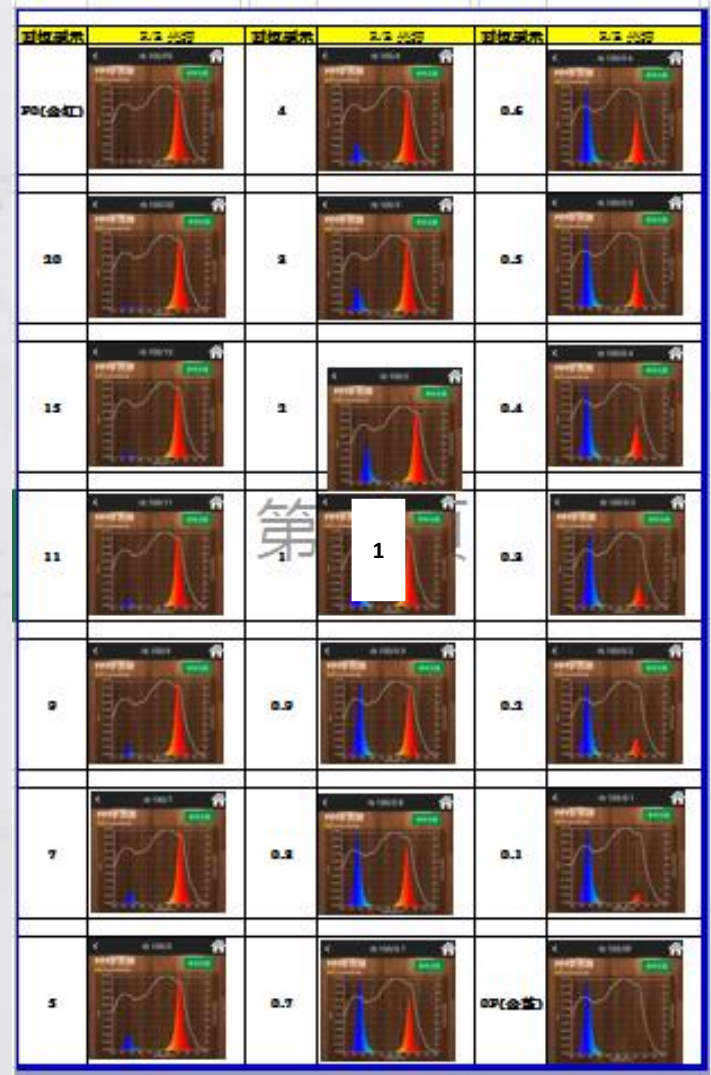
Totally 27 spectra of LED light sources were developed for TC and PF applications



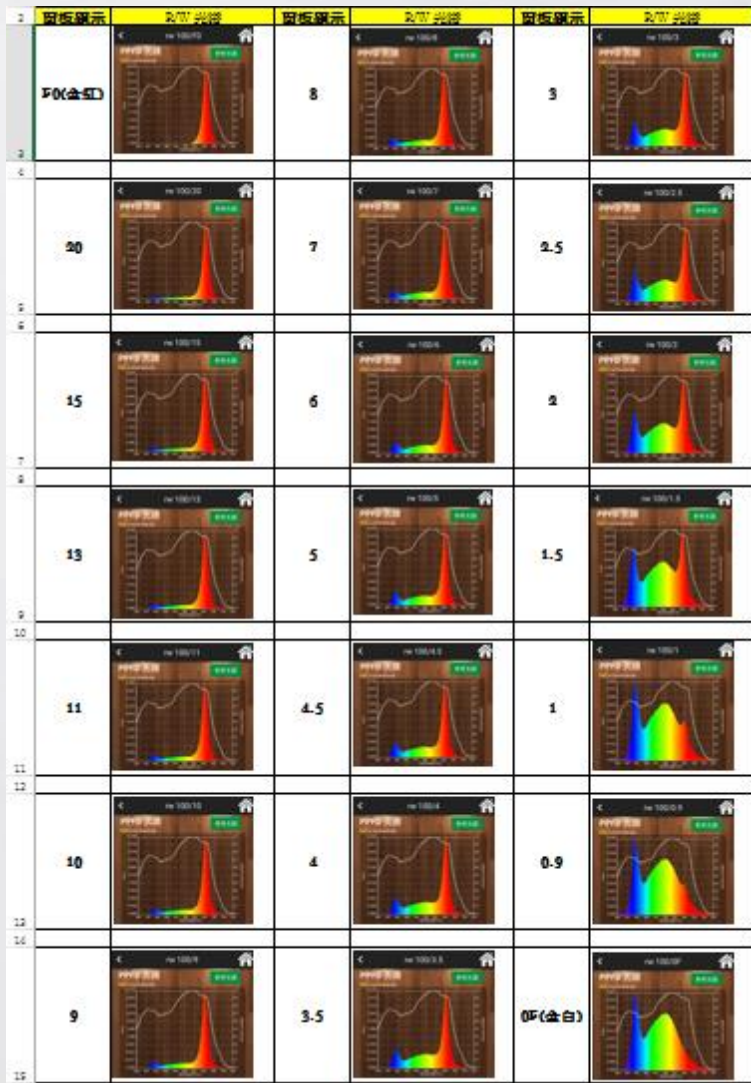
R/FR



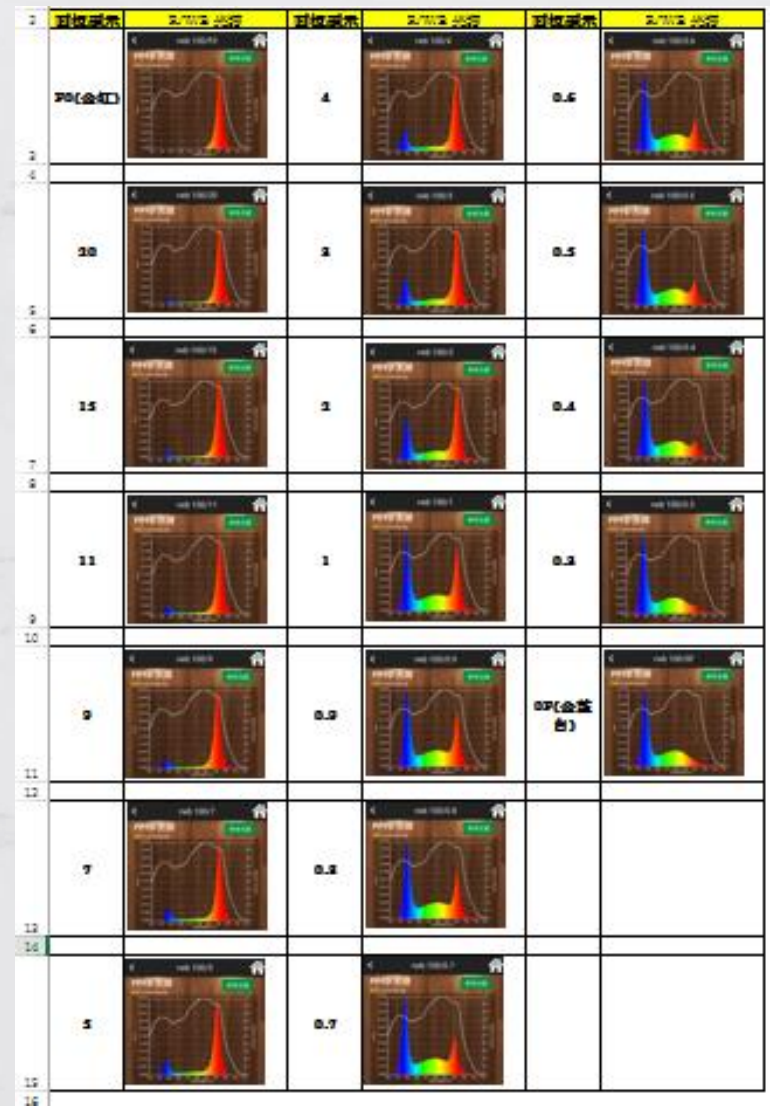
R/B



R/W



R/WB



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

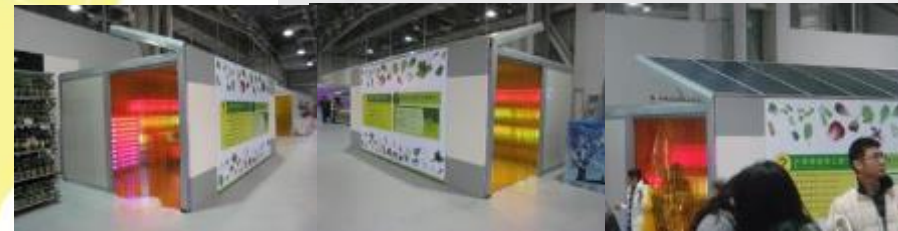
Public attention of PFAL for the first time :

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

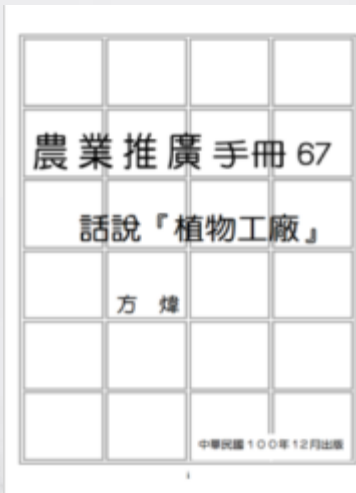
Wind + solar power assisted: 13 kW



- More than 2800 visitors up to now

Extension (step 2/4)

編教材



2010
Fang



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

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

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

2 NT\$/g
1.75 NT\$/g
1.4 NT\$/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

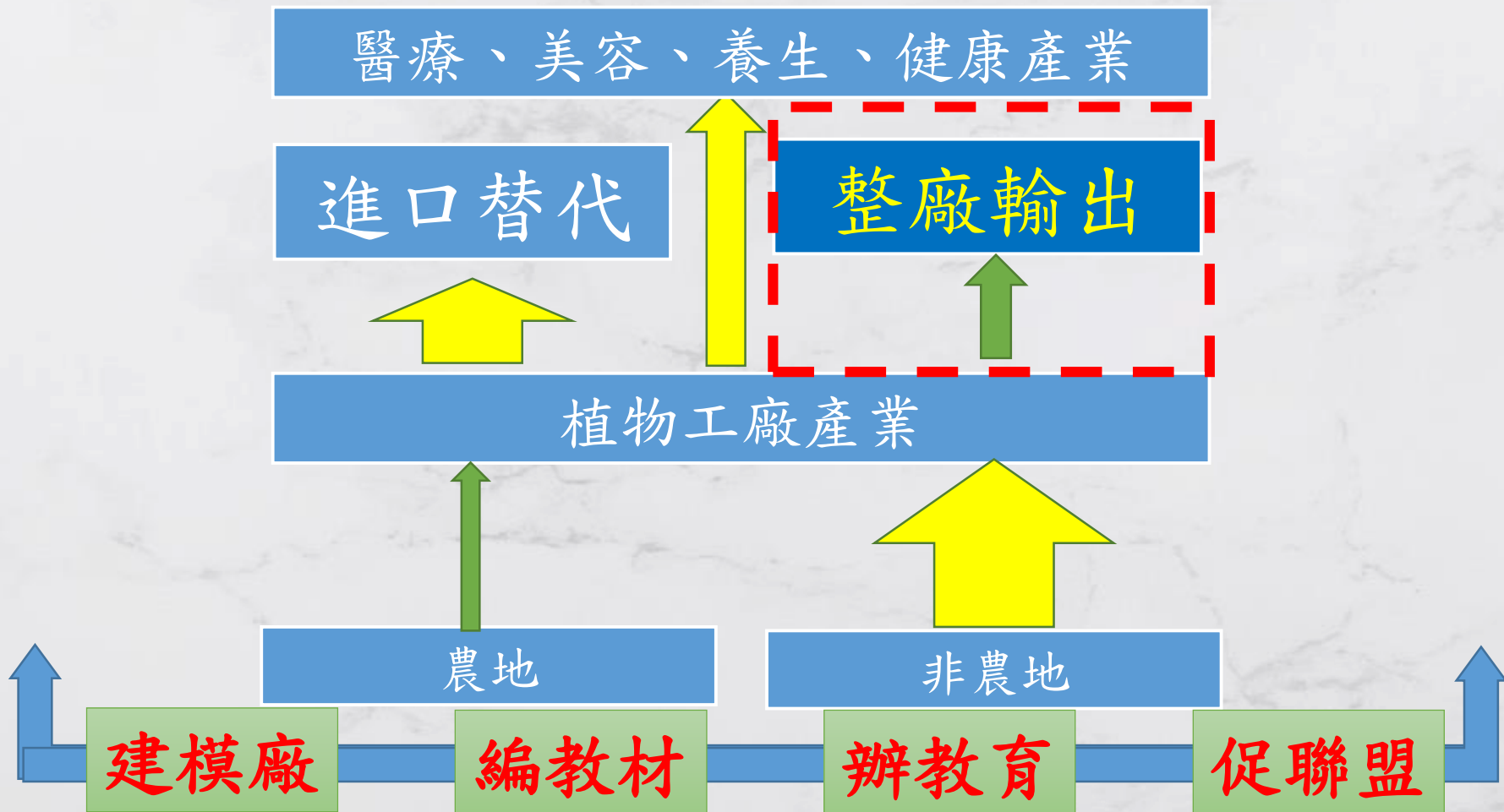
編教材

辦教育

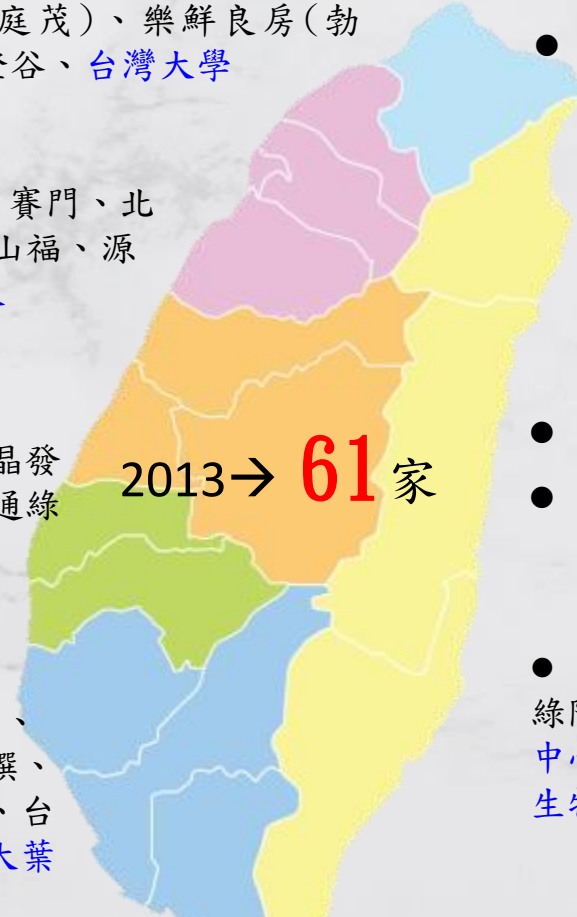
促聯盟



產業化發展的策略



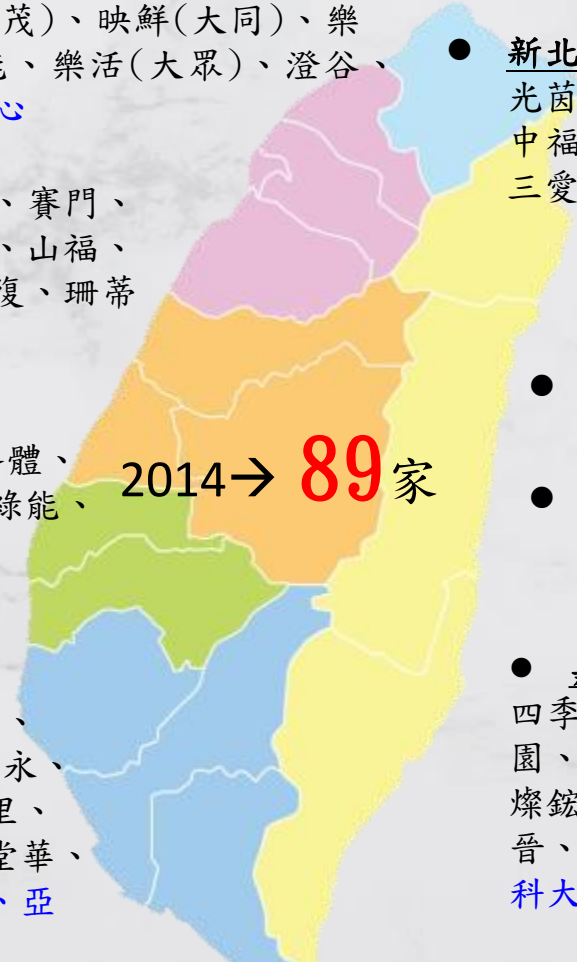
2013台灣植物工場與農業設施廠商分布

- 
- **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、燦鉸、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、昊耕、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

-
- **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、安苾養生菜(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、埔里A(植光畝)、台中A廠、荔輝、**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、吳耕、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**:美蔬萊(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、焱輝、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

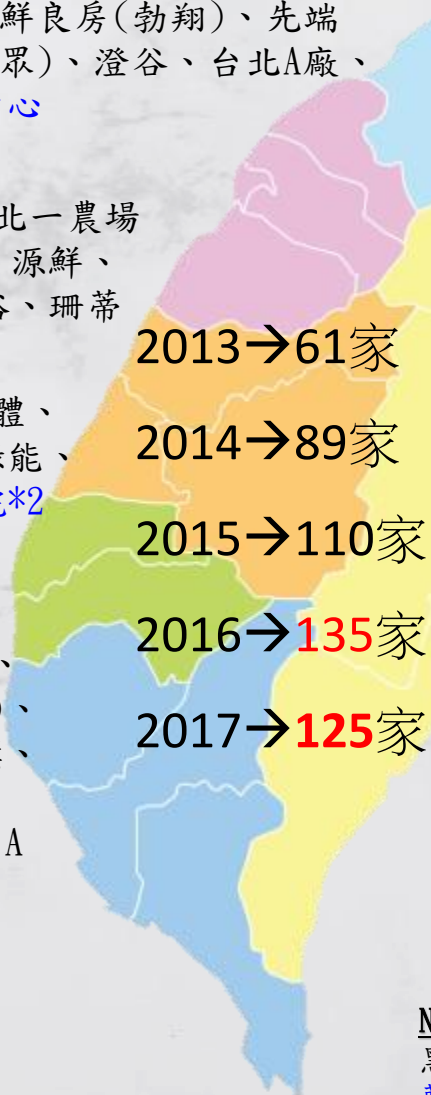
- **嘉義、台南、高雄、屏東**:翠活(樂佳*4)、蔬食樂(聚陽)、四季洋圃(李時珍)、碩園、益菱工業、綠陽光電、山汰、燦鉸、金發、富綠寶、山水資產、庚晉、吳耕、震健康、曾鮮的生菜、綠寶鮮、台南善化廠、高雄廠、屏東廠、金工中心、成大、高海大、屏科大、中研院生物技術中心(南分院)

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)
- 2013→61場
2014→89場
2015→111場
2016→136場
2017→126場
2018→136場

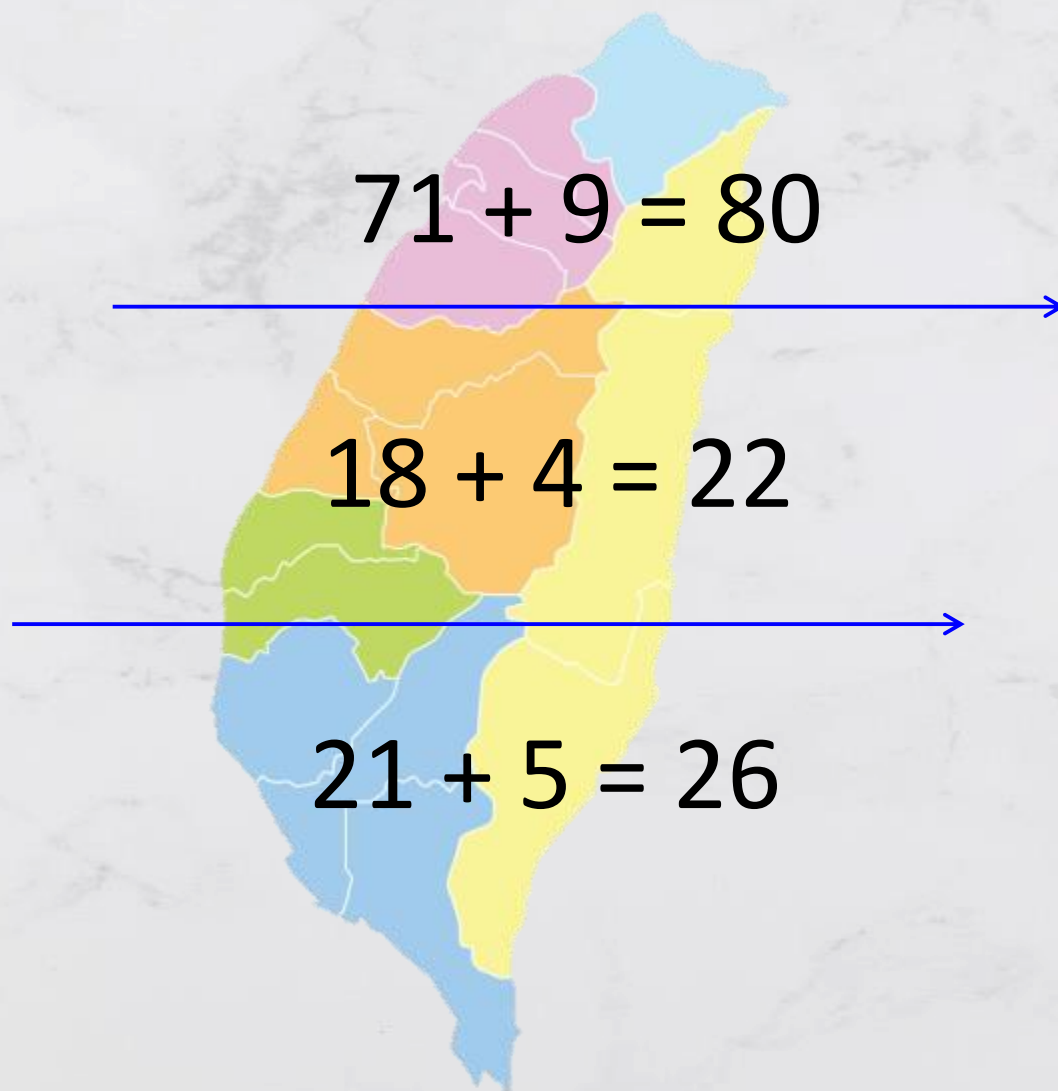
Note:

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



大綱

植物工廠簡介



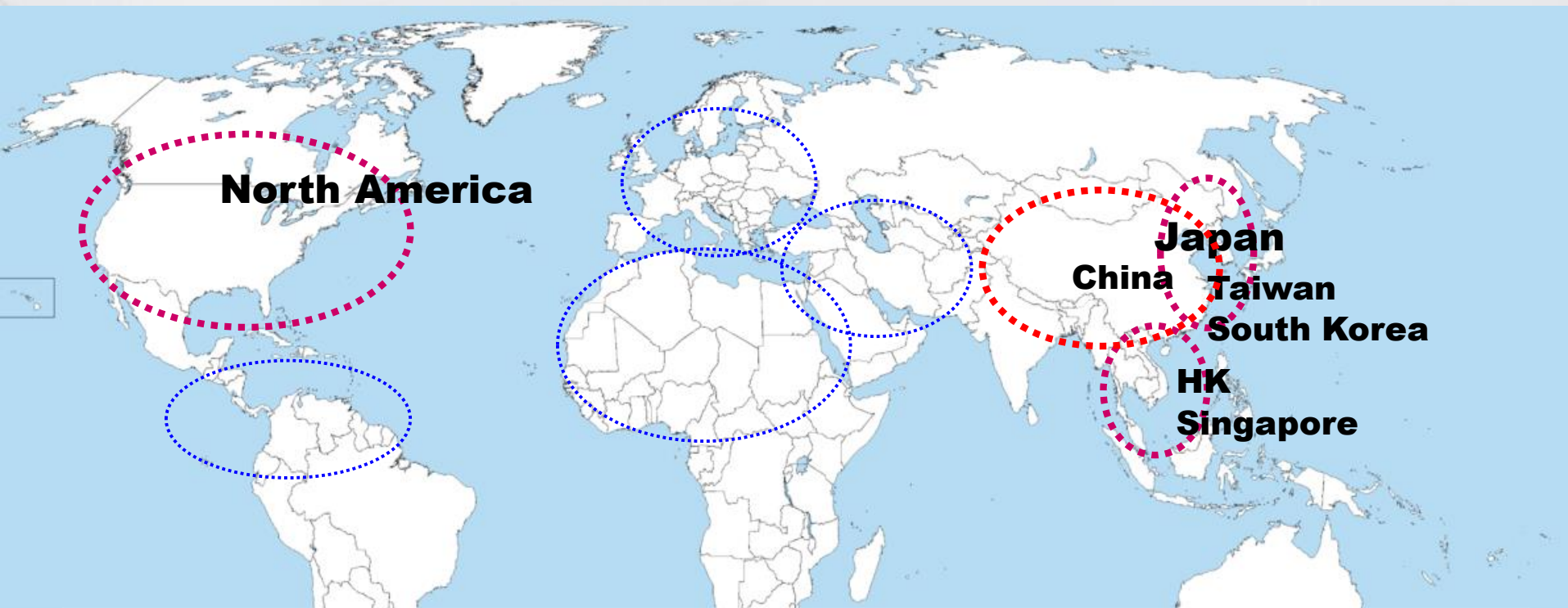
全球產業現況

高附加價值產品&作物

結論

2019_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 20
- 俄羅斯 約 4
- 中東 約 4
- 紐澳 約 4
- 蒙古 約 2
- 中南美 約 1
- 美加 近 20000 (Hemp)



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 m²
11-14 layers
10,000
heads/day





Philips

**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**

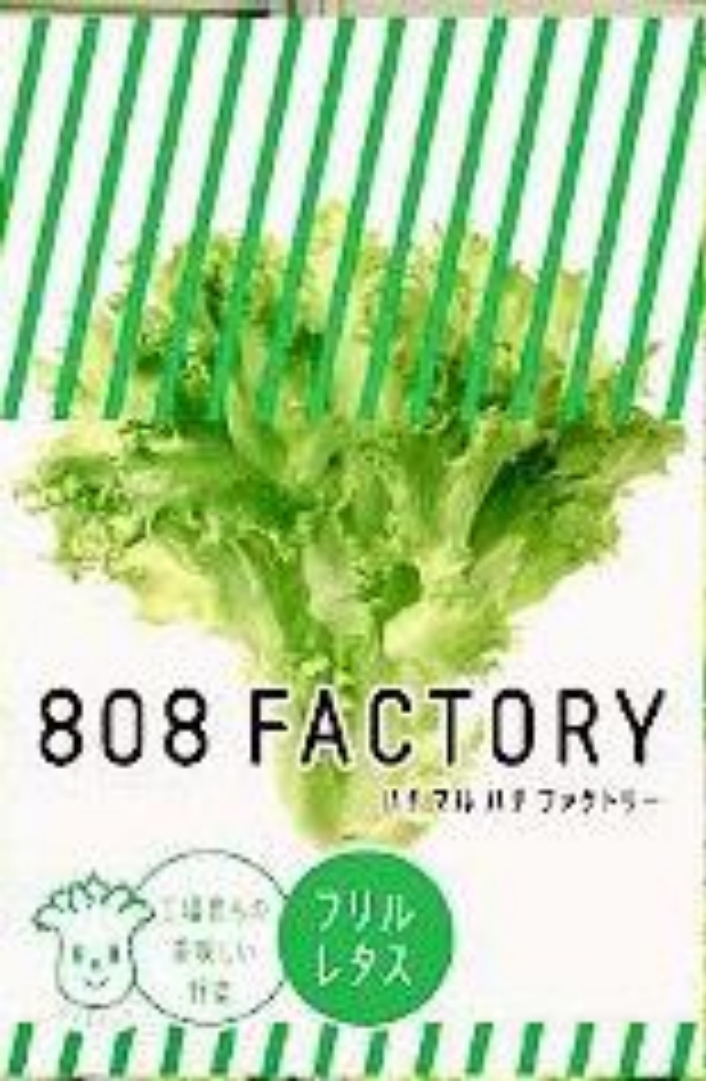


Labor cost ↘
Profit ↗



Clapping, Applause





 **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！



その403/808

> 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

整廠輸出

Advanced Agri



Source : Nihon Advanced Agri

**Advanced
Agri**



**Cultivation
Techniques**



**Lighting
Solutions**



**Highly Nutritious
Plants**



**Health
food**



Panasonic Japan + Singapore

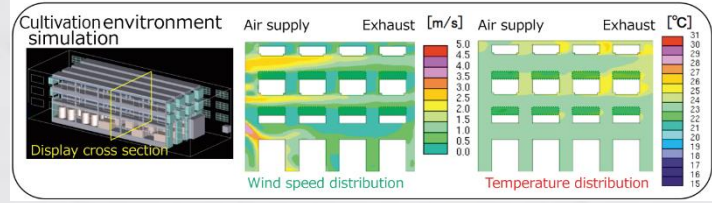
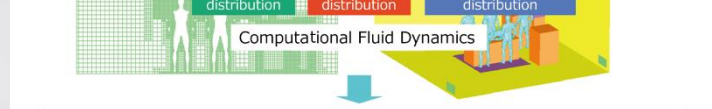
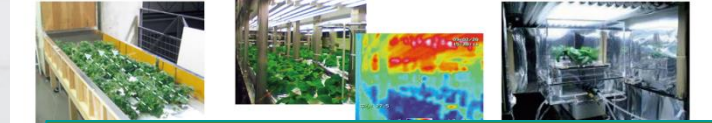
Hydroponic + Soil



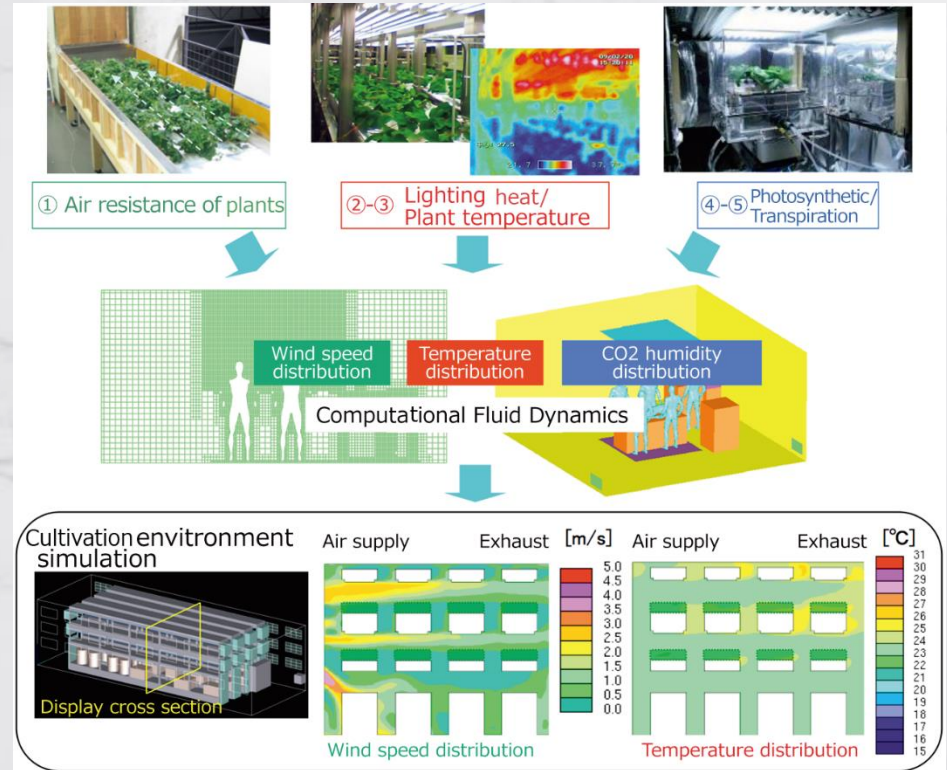
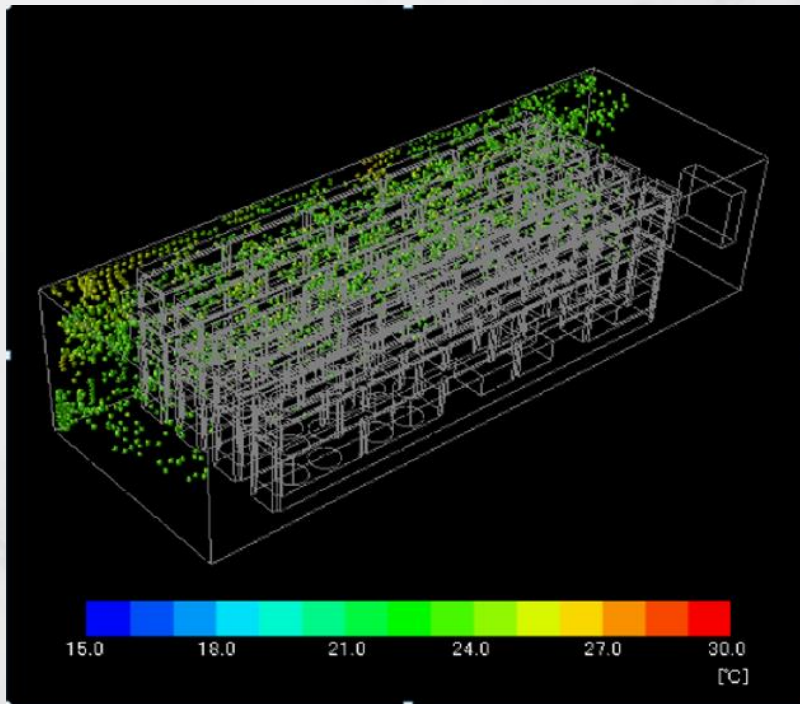
The largest PFAL in Japan built in 2006
producing 23,000 leafy greens daily
present: 3 factories, totally 60,000 leafy greens daily



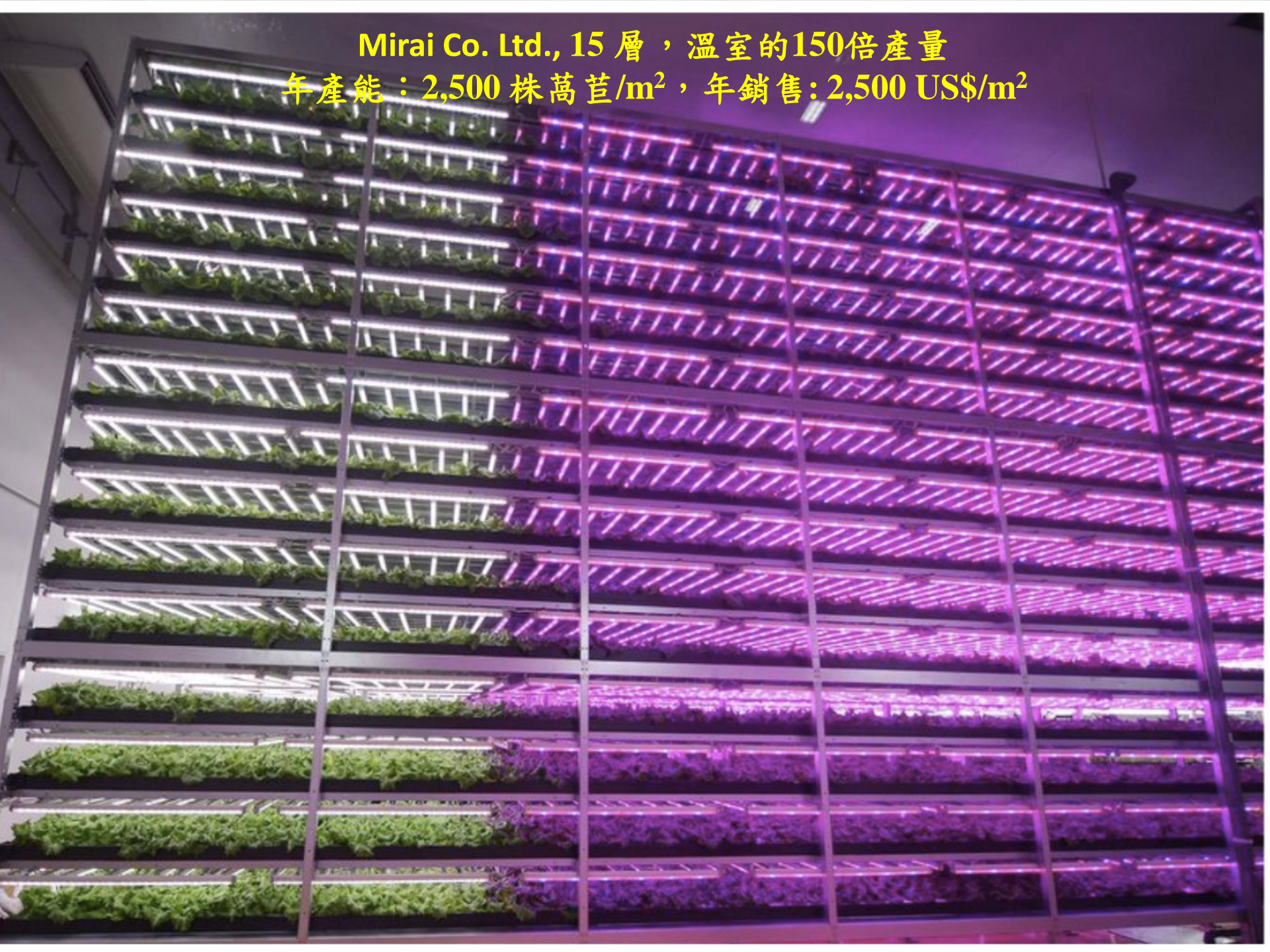
Spread Co. Ltd. Kyoto, Japan



KAJIMA's Engineering Approach



Mirai Co. Ltd., 15 層，溫室的150倍產量
年產能：2,500 株萬苣/m²，年銷售：2,500 US\$/m²

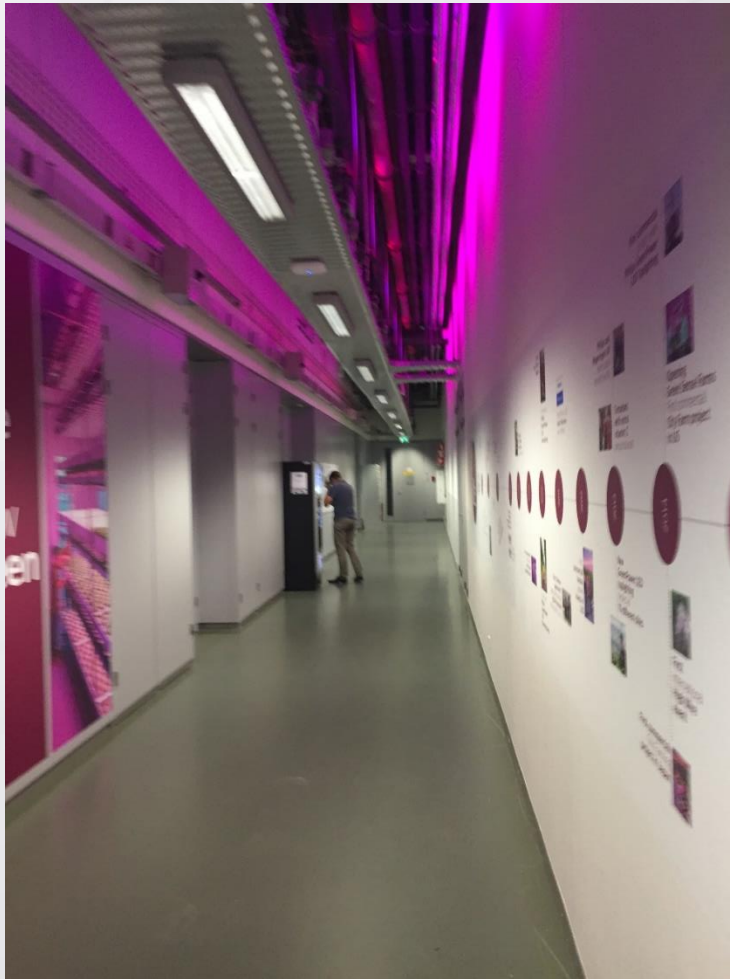




Global PFALs -- Netherland

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

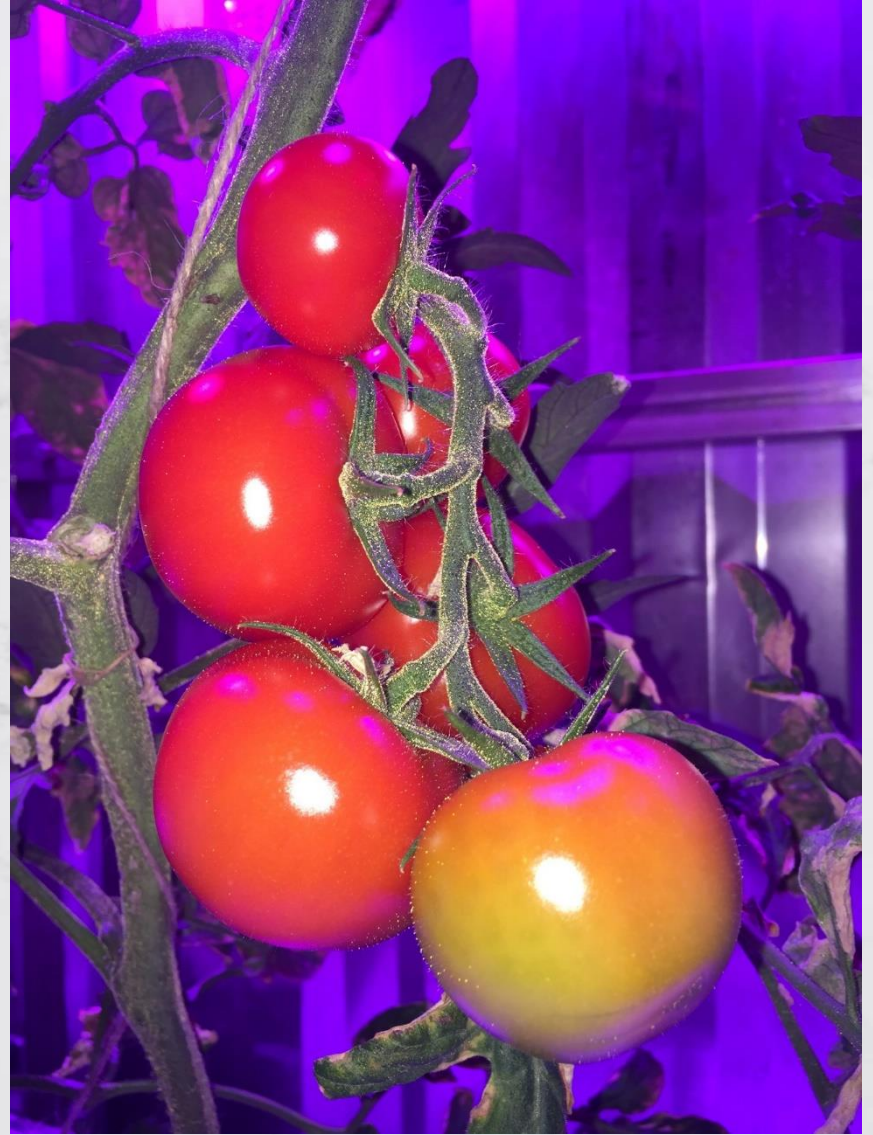
GHAL 70 people

Brightbox: grow chambers



Here, There & Everywhere Corp.

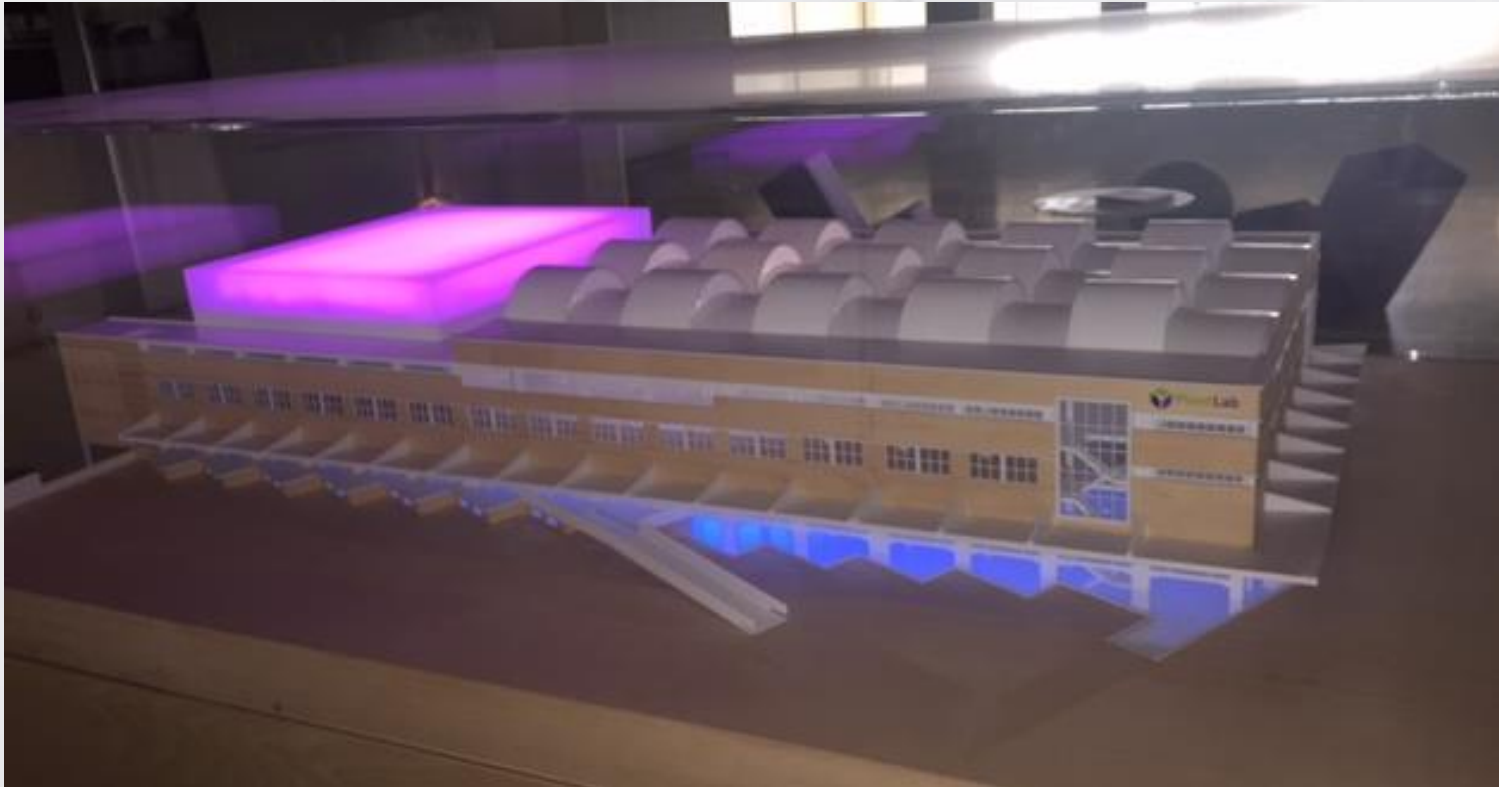




PlantLab Corp.



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

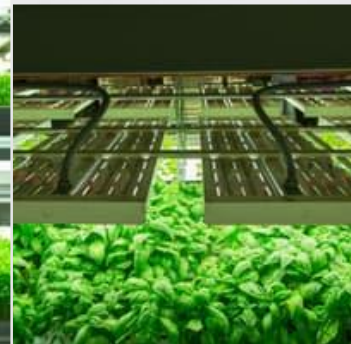
US MAP

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



GreenSenseFarms

(Indiana, USA)

- **Started in April, 2014, Factory floor area 2,700 m²**
 - **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)



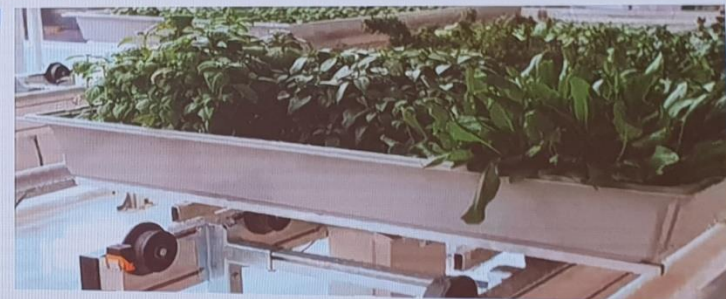
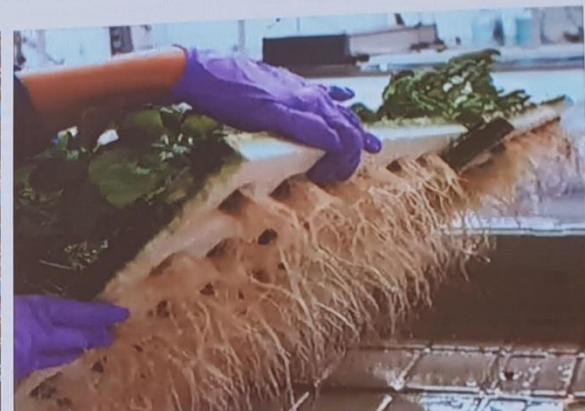
Local Roots Farms (CA, USA)



美国UrbanProduce植物工厂立体栽培



美国Bowery植物工场立体种植



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 length: 2.6 km
- Net-Zero-Energy : Solar panels on the roof: 6,500 m²
- **Serving fresh vegetables to 15,000 employee at 13 restaurants**
- **Operated by: Apple Café team**

加拿大温哥华立体栽培





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 m² Yield: 1.5t d⁻¹ 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 m²

Cultivation area: 116000 m²

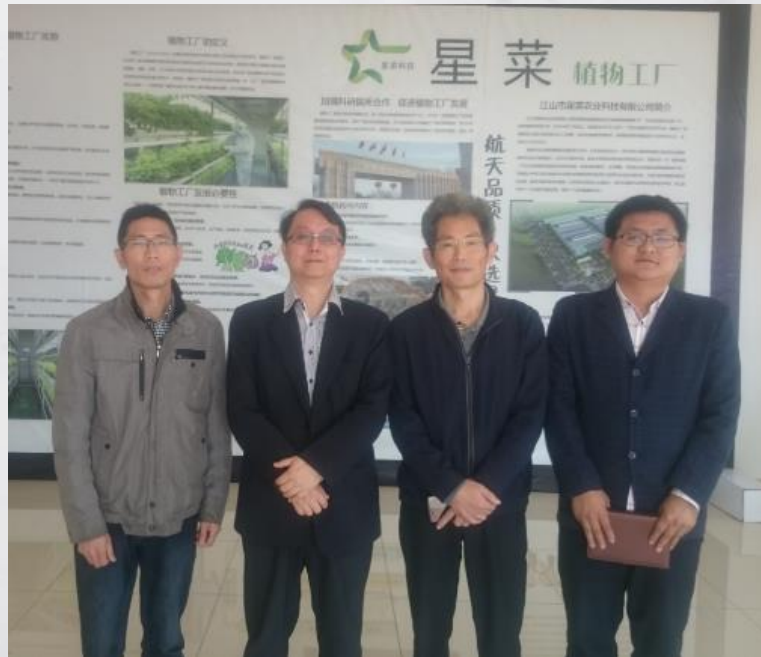
首页 > 衢州 > 江山有家神奇的“植物工厂” 没有土壤、阳光也能种菜！

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 m²

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



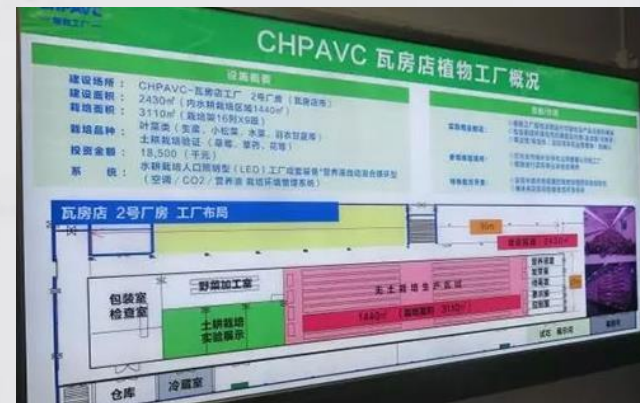


PFAL 採用基質培 soilless media

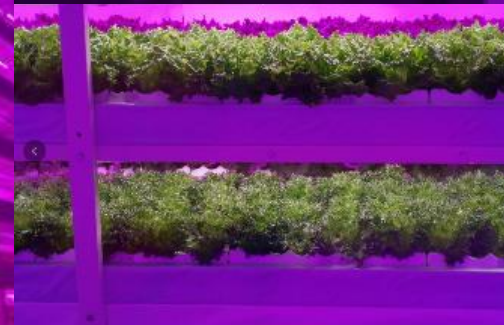
- 松下 Panasonic
 - 2 factories in China (蘇州廠、大連廠)
 - 1 in Singapore
- 基質 media
 - 不回收 (non-recycle)
 - 進口 (imported)
- 成本高 (high cost)

→ 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 m²
栽培面積：3110 m²
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
污染源控制好农业膜质物工业洗净，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 高品位生活

【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。

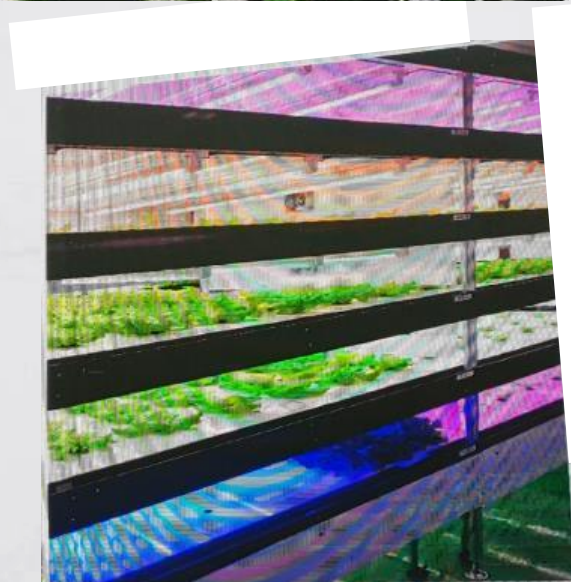
<p>优雅生菜80G 零售价14.8元 开业酬宾价 15元</p>	<p>水菜12G 水萝卜24G 优惠价77G 芝麻菜7G 零售价29.8元 开业酬宾价 23元</p>	<p>水菜35G 水萝卜5G 优惠价7G 芝麻菜3G 零售价18.8元 开业酬宾价 15元</p>
<p>绿叶生菜1颗 红叶生菜1颗 水萝卜1颗 零售价18.8元 开业酬宾价 16元</p>	<p>绿叶生菜30G 红叶生菜30G 水菜10G 水萝卜15G 优惠价35G 零售价26.8元 开业酬宾价 23元</p>	<p>水菜84G 水萝卜12G 优惠价17G 芝麻菜7G 零售价26.8元 开业酬宾价 23元</p>



“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 上海廠

- 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, ShenZhen

- 占地 5000 m²
- 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.

當前挑戰

- 生產效率
- 均勻度/一致性
- 再現性
- 商業模式建立

Future for PFAL industry?

Very Promising due to ..

- Increasing profit 增加效益
 - **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 降低成本
 - **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

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



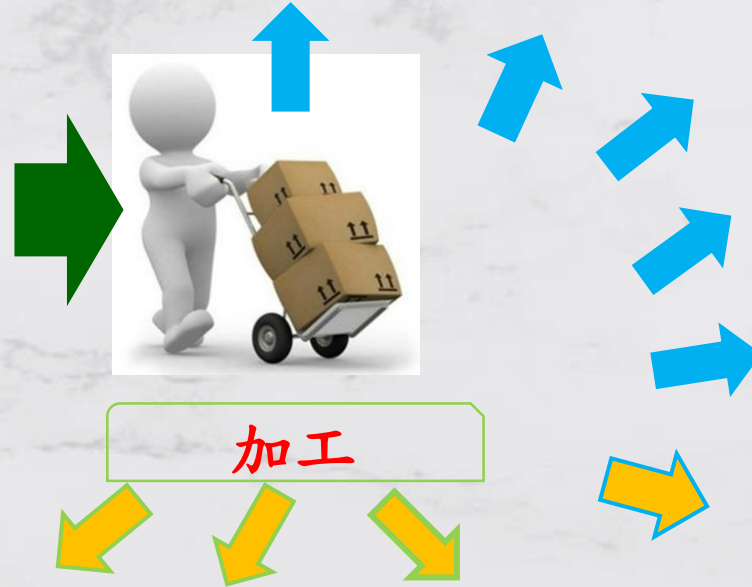
會員



自營餐廳



夜店



加工



동아제약 '스틱렌정' 동아제약 '모리타분정' SK케미칼 '조인스정'
 한국피앤지제약 '레일라정' 구주제약 '아미톡신주' 한국약품 '시네슈리시럽'

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



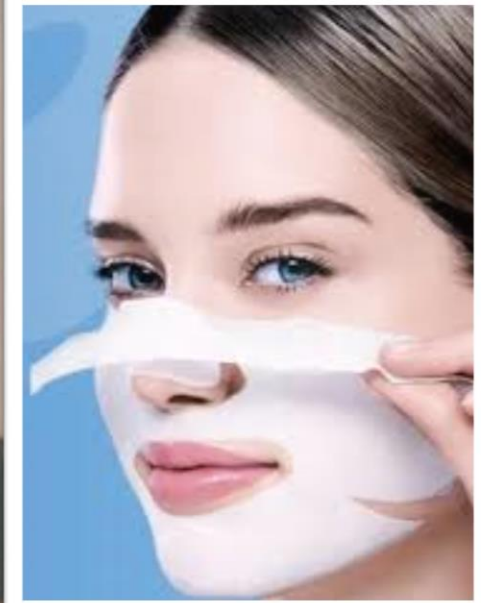
體內環保
一包滿足
一杯有感

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
中西合璧秘方 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

QR Code

廠址：農業生技股份有限公司，台北市信義區四段458號4樓
諮詢專線：02-2722-8338 www.nicegreen.com.tw
f Nice Green 美肌新境界 · 美飲 NICE GREEN 開始

NICE GREEN



NICE GREEN 綠菁晶

全程低溫壓榨，獨研超超高壓技術，
利用高壓低溫殺菌，保留營養不流失，
延長保釋更安心！

適用 每一滴都是用心的精華結晶

NICE GREEN

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, β -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,

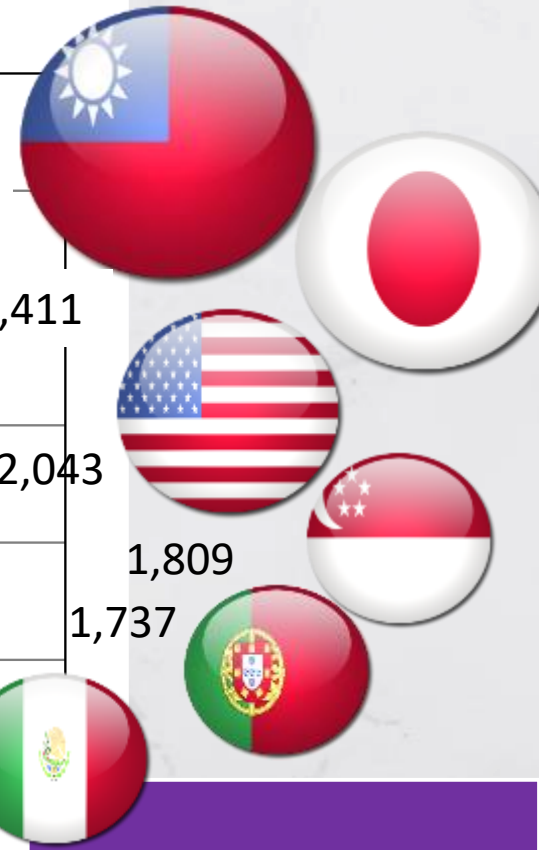
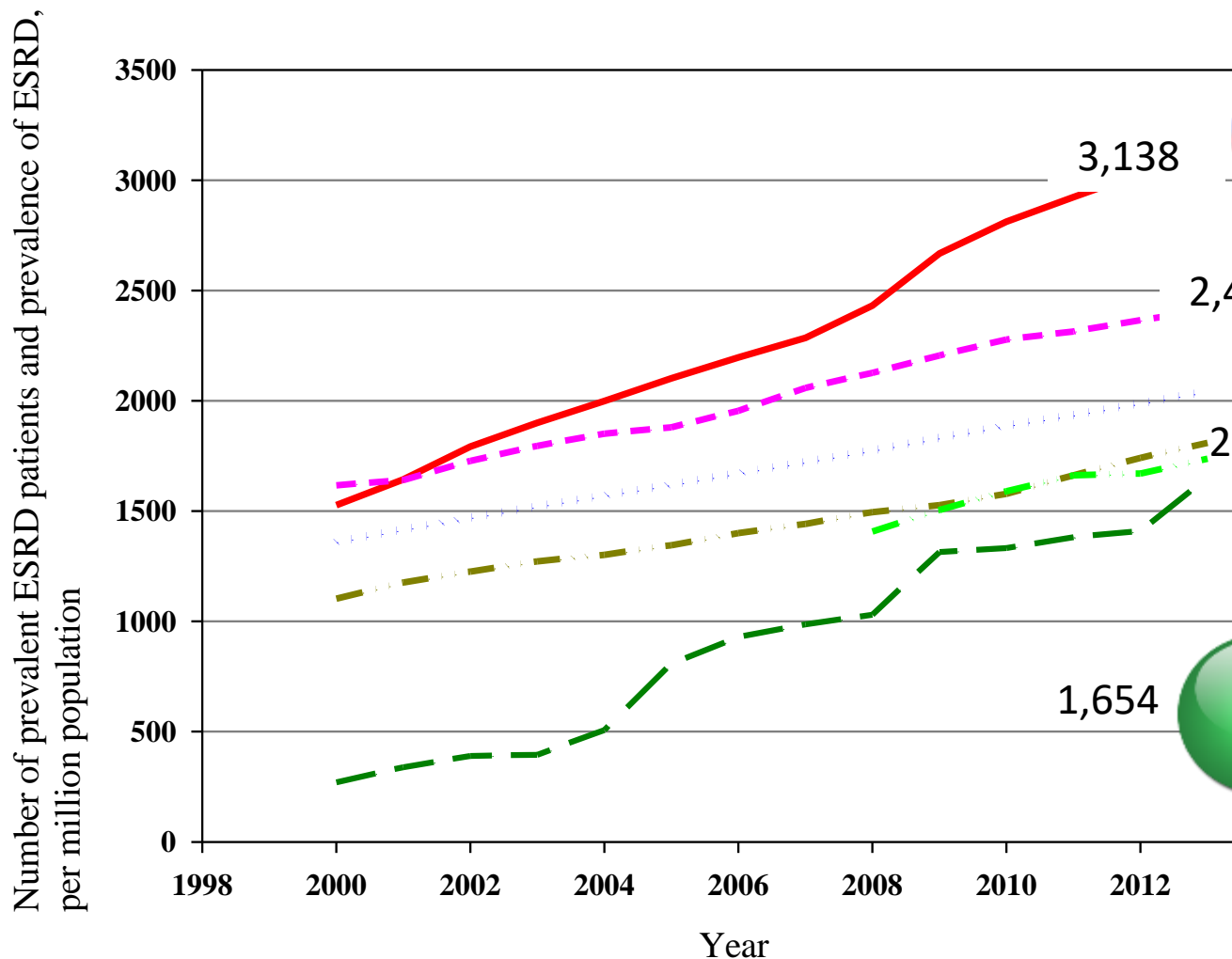
Low 低 nitrate 硝酸鹽, nitrite 亞硝酸鹽

高附加價值蔬菜

- 「機能性 (Functional)」
 - 機能性蔬菜是指經過特殊栽培方式，使蔬菜具有**本來沒有的營養成分**，或**提高/降低特定成分**
- 2015年4月，日本厚生省修正食品標籤制度法
 - 生鮮具有機能性之蔬果也納入機能性食品之認證。
- 針對特定族群開發專屬於他們的蔬菜

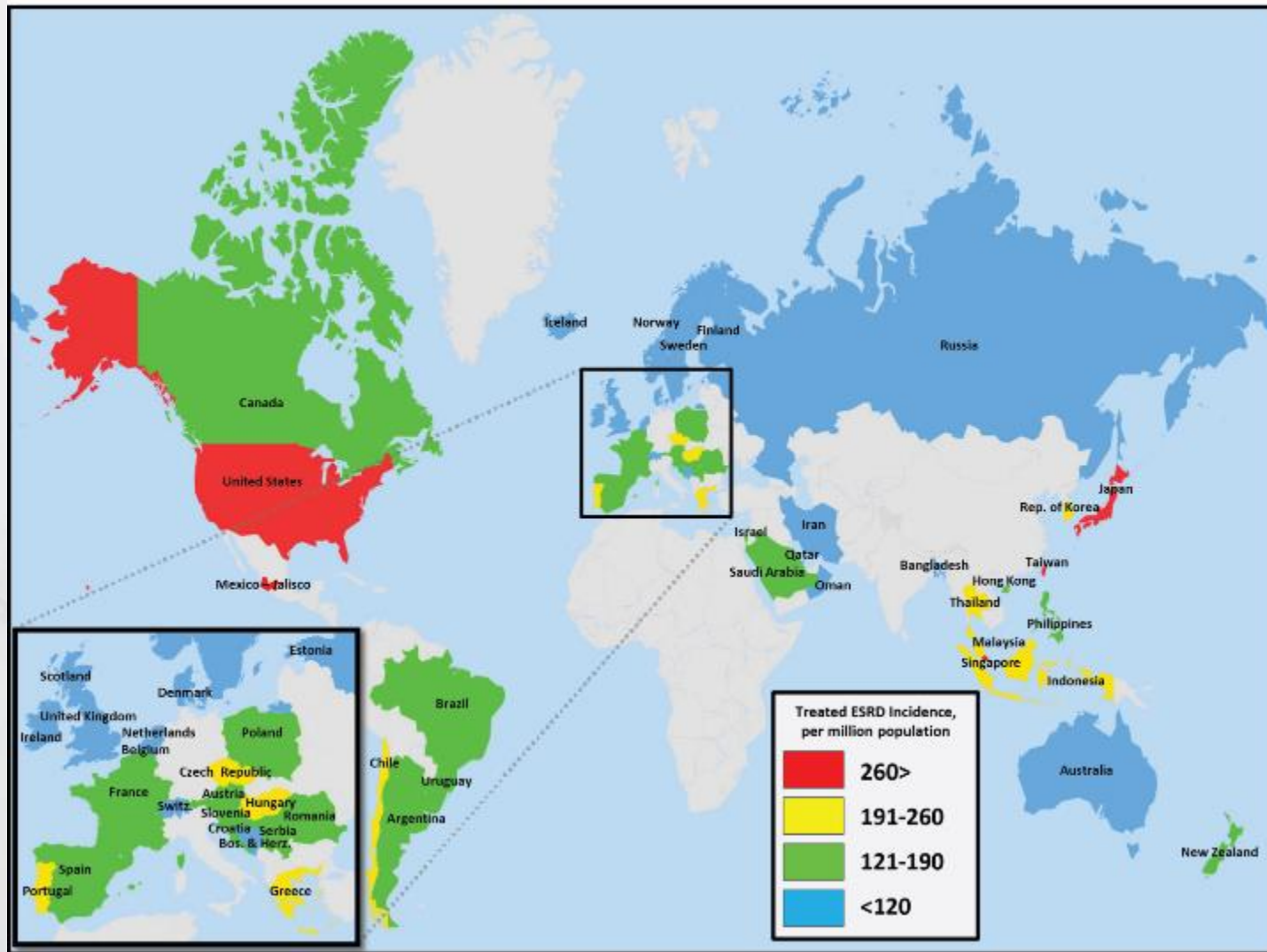


各國末期腎衰竭(ESRD)盛行率(prevalence)之變化 (前 6 名)



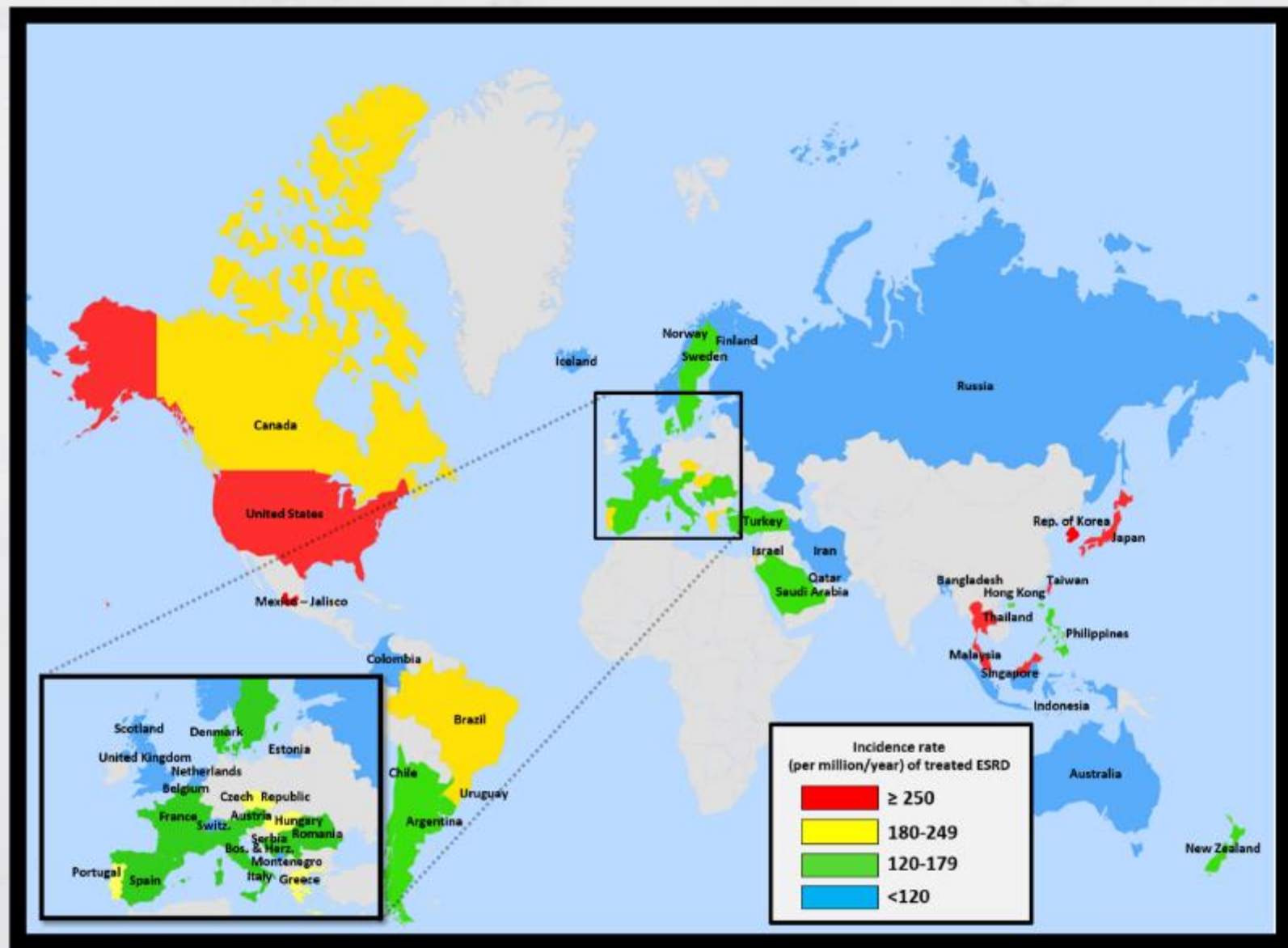
盛行率 =
所有現存病例數
 所有的族群人口數

2013 年各國末期腎衰竭 (ESRD) 之發生率

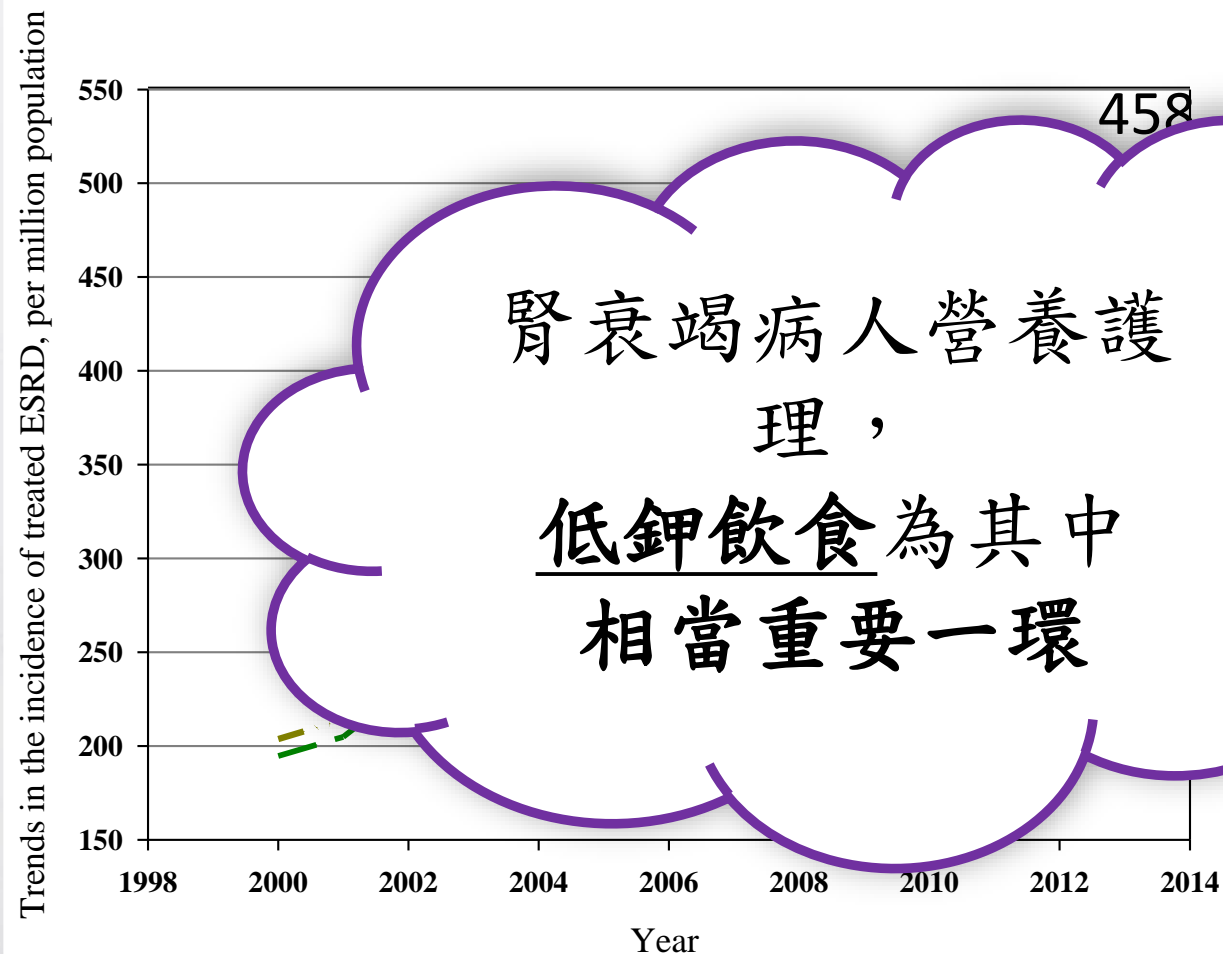


發生率 =
新病例數
有可能罹病的
人口數
(在一段時間內)

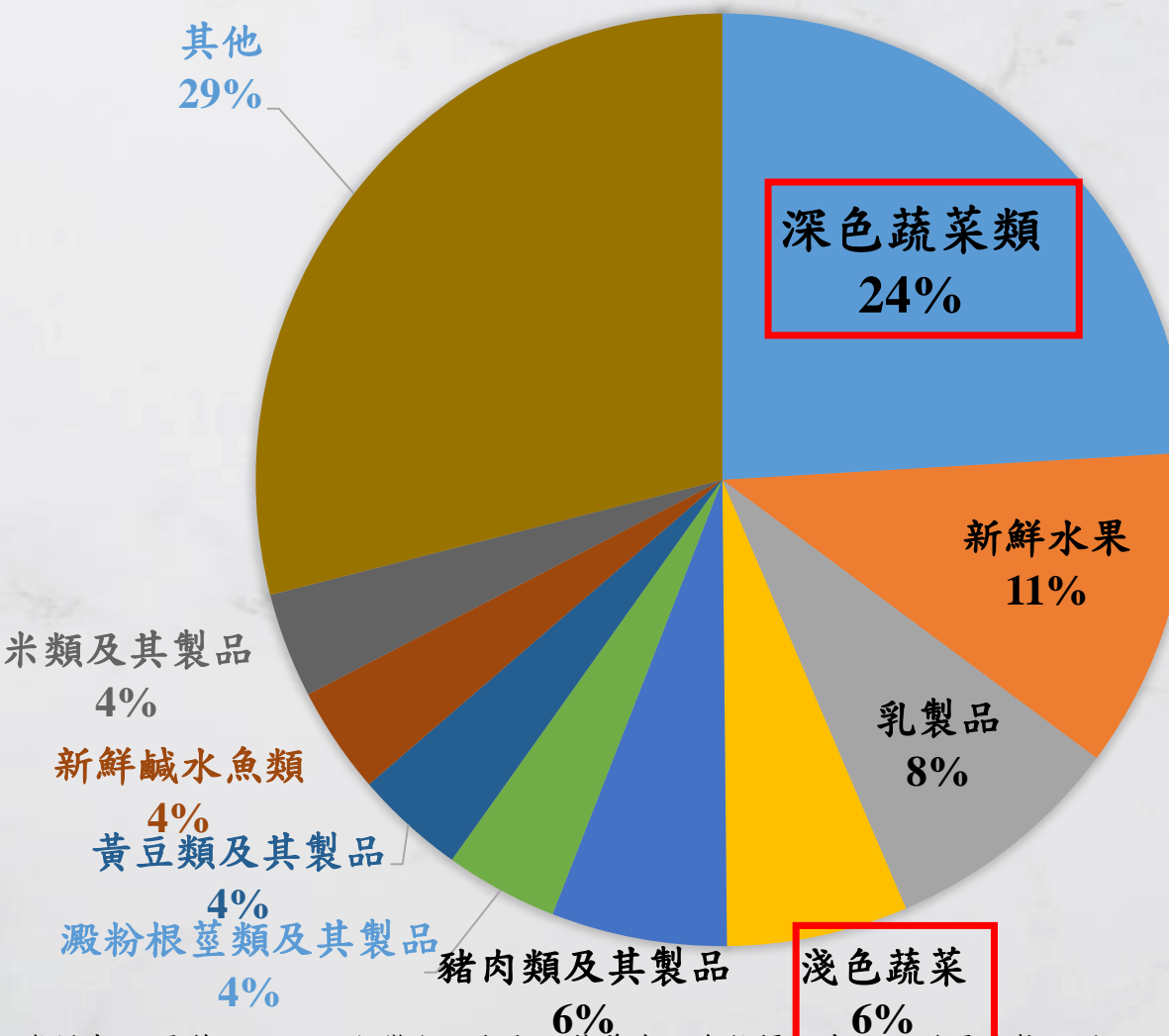
2016 年各國末期腎衰竭 (ESRD) 之發生率



2000~2013年 末期腎衰竭 (ESRD) 之各國發生率 前 6 名



國人老年男性飲食鉀含量之來源(>65歲)



	鉀含量 (mg)
國人男性平均 (>65)攝取鉀量/d	<u>2798</u>
低鉀飲食建議 (39mg/kg/d)	2430 (以60kg計)
萵苣平均含鉀/100g	324
低鉀萵苣/100g	80
萵苣降低/100g	244
2株低鉀萵苣降低	<u>488</u>
2株低鉀萵苣/d	<u>2,310</u>

三低萵苣 (生食) 之設定目標

K 低鉀 < 80 mg/100g

Na 低鈉 < 30 mg/100g (¹美國萵苣平均值)

NO₃ 低硝酸鹽 < 250 mg/100g (²歐盟標準)

NH₄ 使用銨離子作為鉀離子取代劑

¹ Kim, M. J., Y. Moon, J. C. Tou, B. Mou, and N. L. Waterland. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). J. Food Compos. Anal. 49:19-34.

² European Food Safety, A. 2008. Nitrate in vegetables - scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA Journal 6:n/a-n/a.

Wk 1**2, 3****4****5****6**

處理組	育苗期 DAS 1~7	成長期 DAS 8~21	調質期 1 DAS 22~28	調質期 2 DAS 29~35	調質期 3 DAS 36~42
6K (CK)	N1 x 6 週				
5K	N1 x 5 週			N2 x 1 週	
4K	N1 x 4 週			N2 x 2 週	
3K	N1 x 3 週		N2 x 3 週		
4K _{t,w}	N1 x 4 週			N3 x 2 週 (清水)	

育苗期 (DAS : 1-7) :

N1_E1.2_L200_d910_H24_A25_C1200

成長期 (DAS : 8-21) :

N1_E1.2_L200_d45_H16_A25/20_C1200

調質期 (DAS : 22-42) :

Nx_E1.2_L200_d26_H16_A25/20_C1200

操作代碼 :

Nx : N, 養液配方

N1 : 山崎養液 (100% 鉀離子)

N2 : 無鉀養液 (0% 鉀離子)

N3 : 清水 (EC=0.1 mS cm⁻¹)

操作代碼 :

Ex : E, 養液的電導度 (EC)

x, 電導度值, 單位 : mS·cm⁻¹.

Lx : L, LED 燈管 (冷白, 色溫 6500 K)

x : 光量的值, 單位 : μmol·m⁻²·s⁻¹

dx : d, 作物栽培密度

x : 栽培密度之值, 單位 : plts·m⁻²

Hx : H, 光照時間

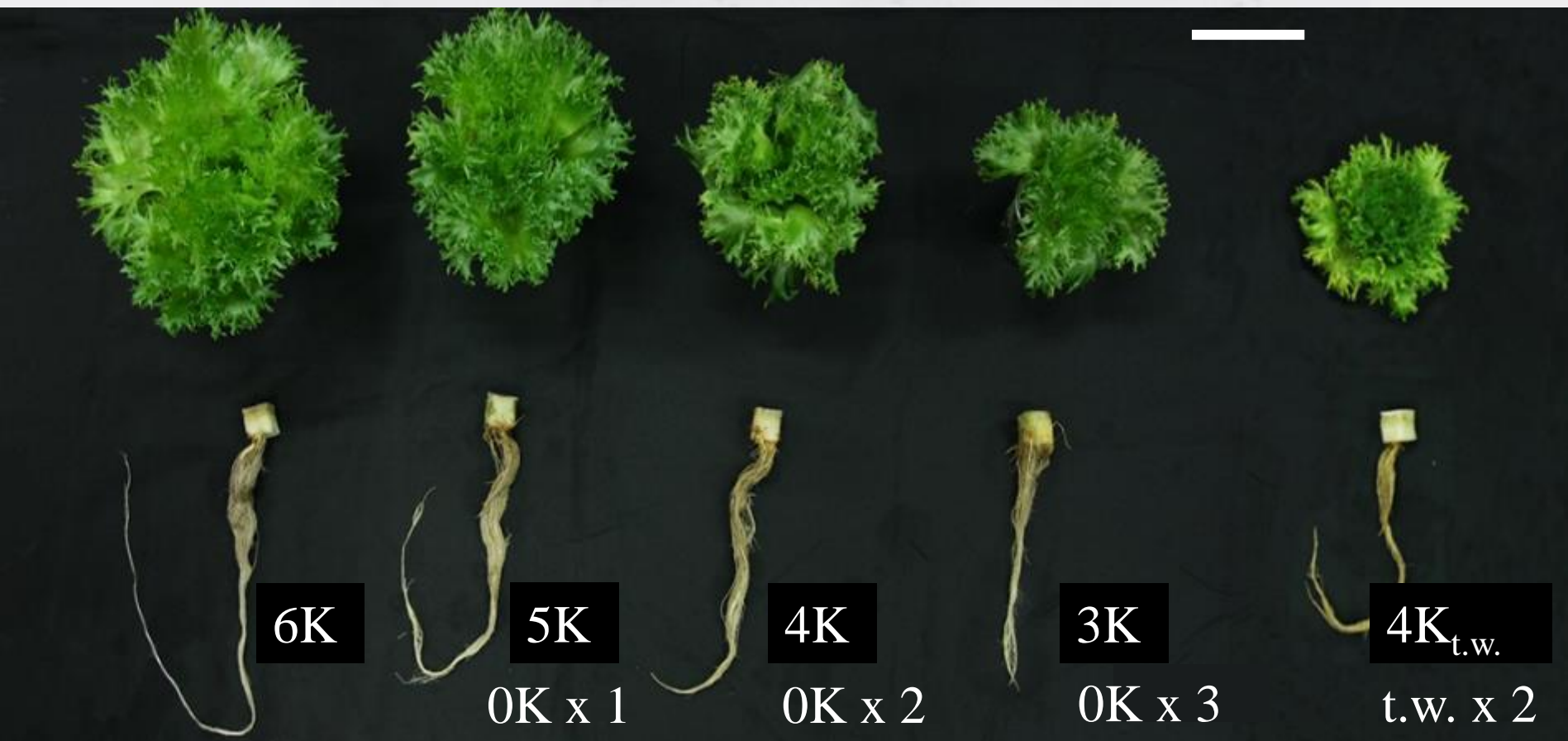
x : 每日照光時數, 單位 : hours day⁻¹

AdT/nT : A, 日/夜溫, 單位 : °C。

Cx : C, 二氧化碳濃度

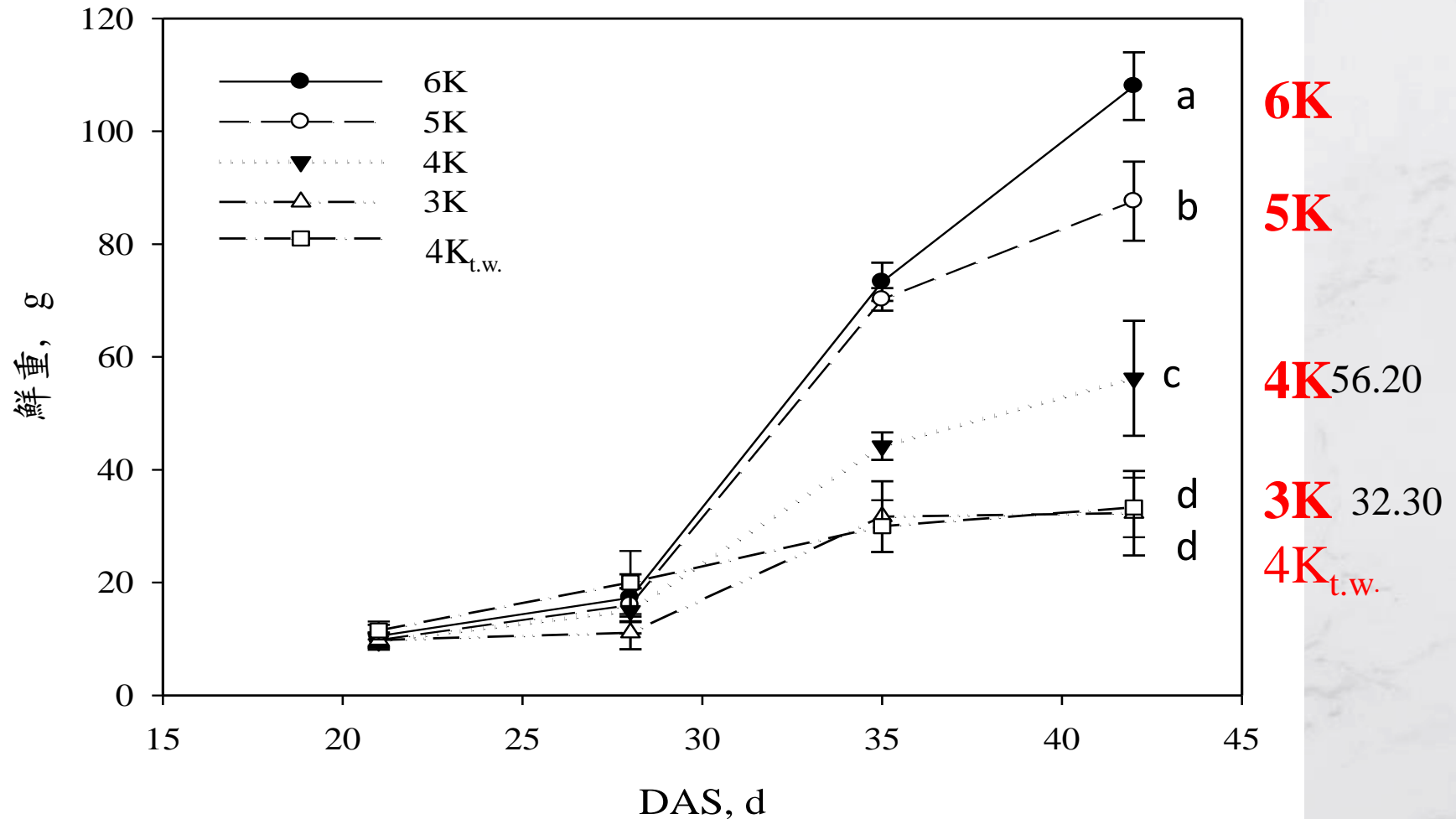
x, 二氧化碳濃度之值, 單位 : μmol mol⁻¹

栽培 42 天之冰山萵苣



Bar = 15 cm

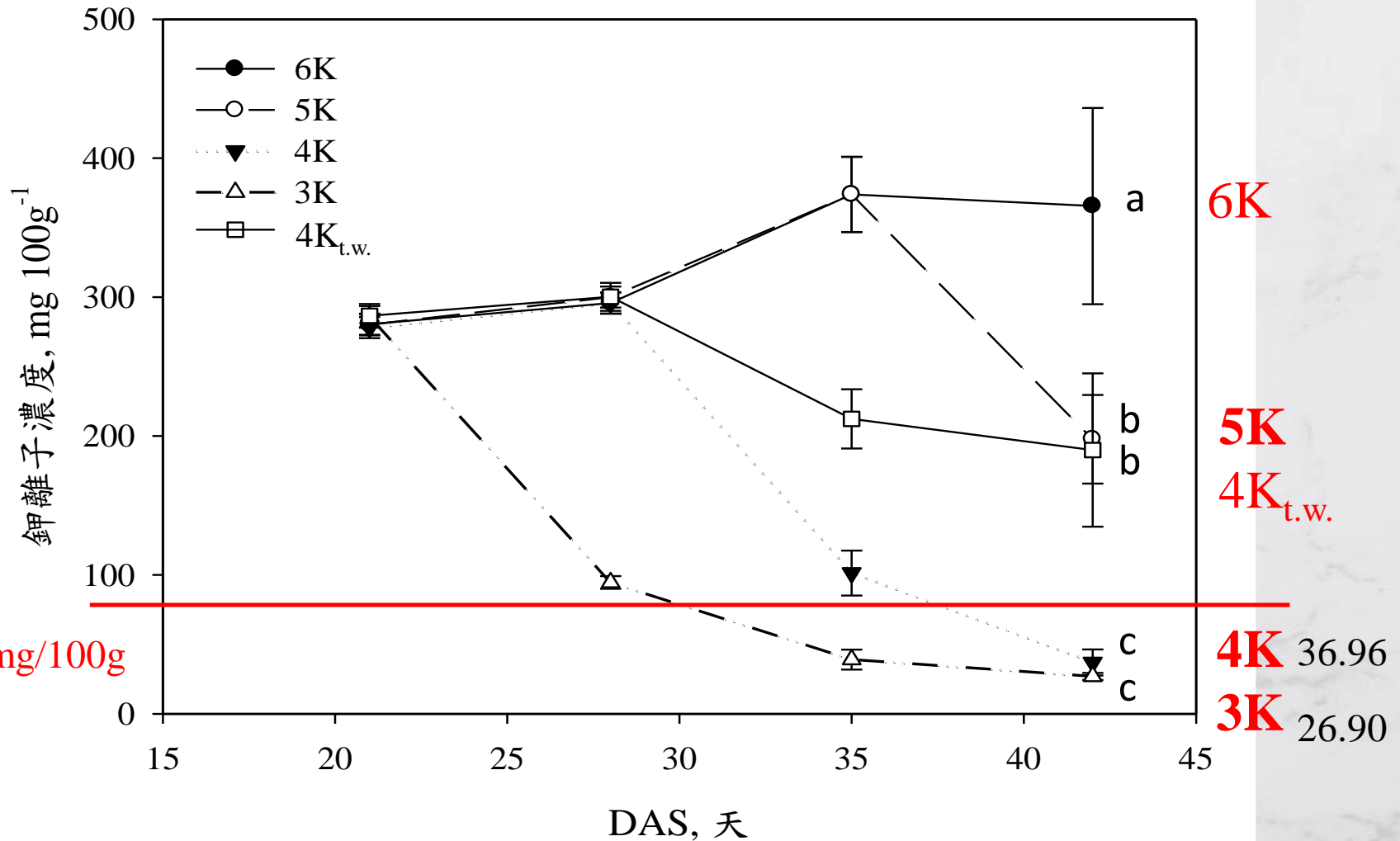
冰山萵苣鮮重 (g per plant) Fresh weight of frill-ice lettuce



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

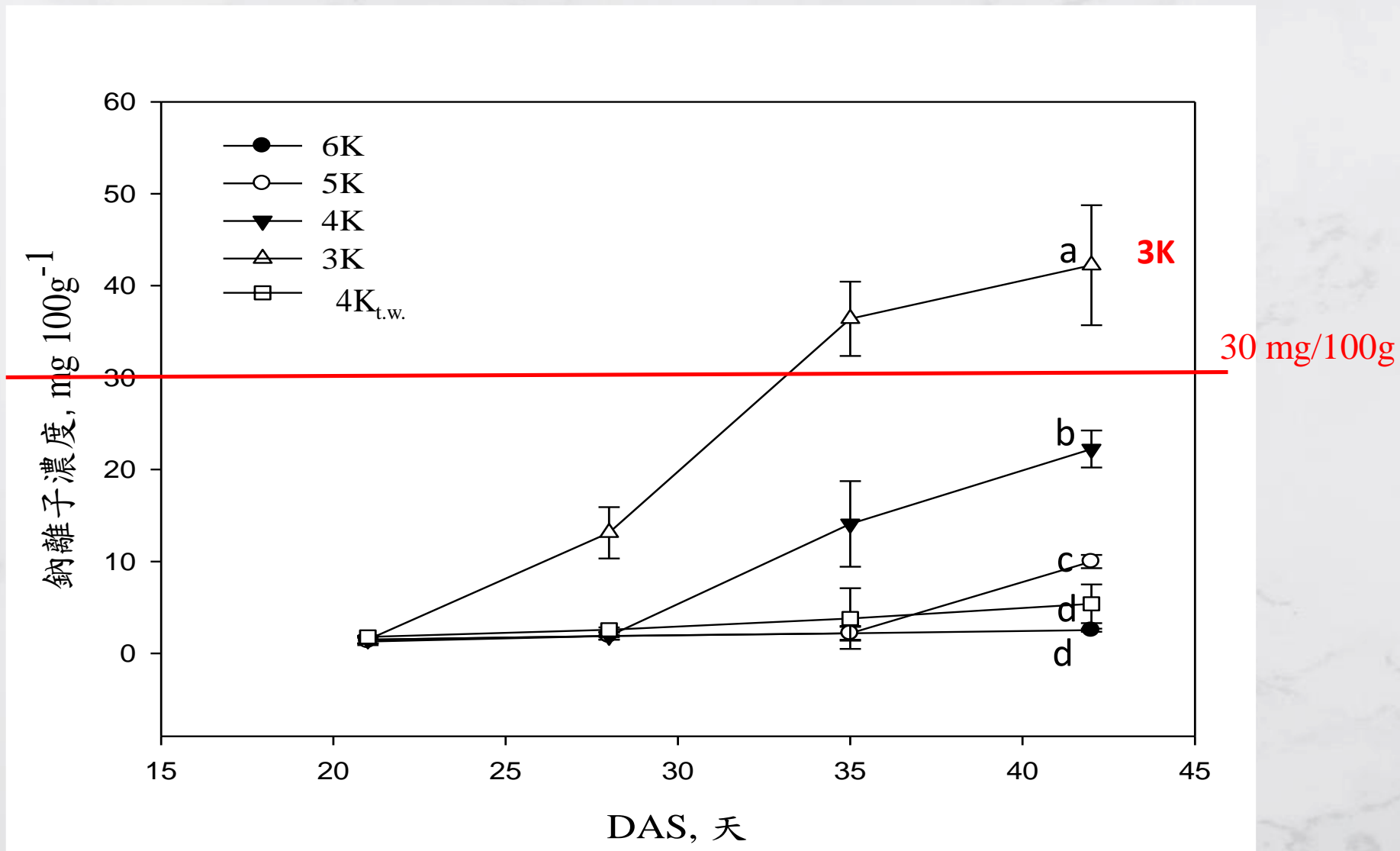
冰山萵苣鉀離子含量

K concentration (mg/100 gFW)



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

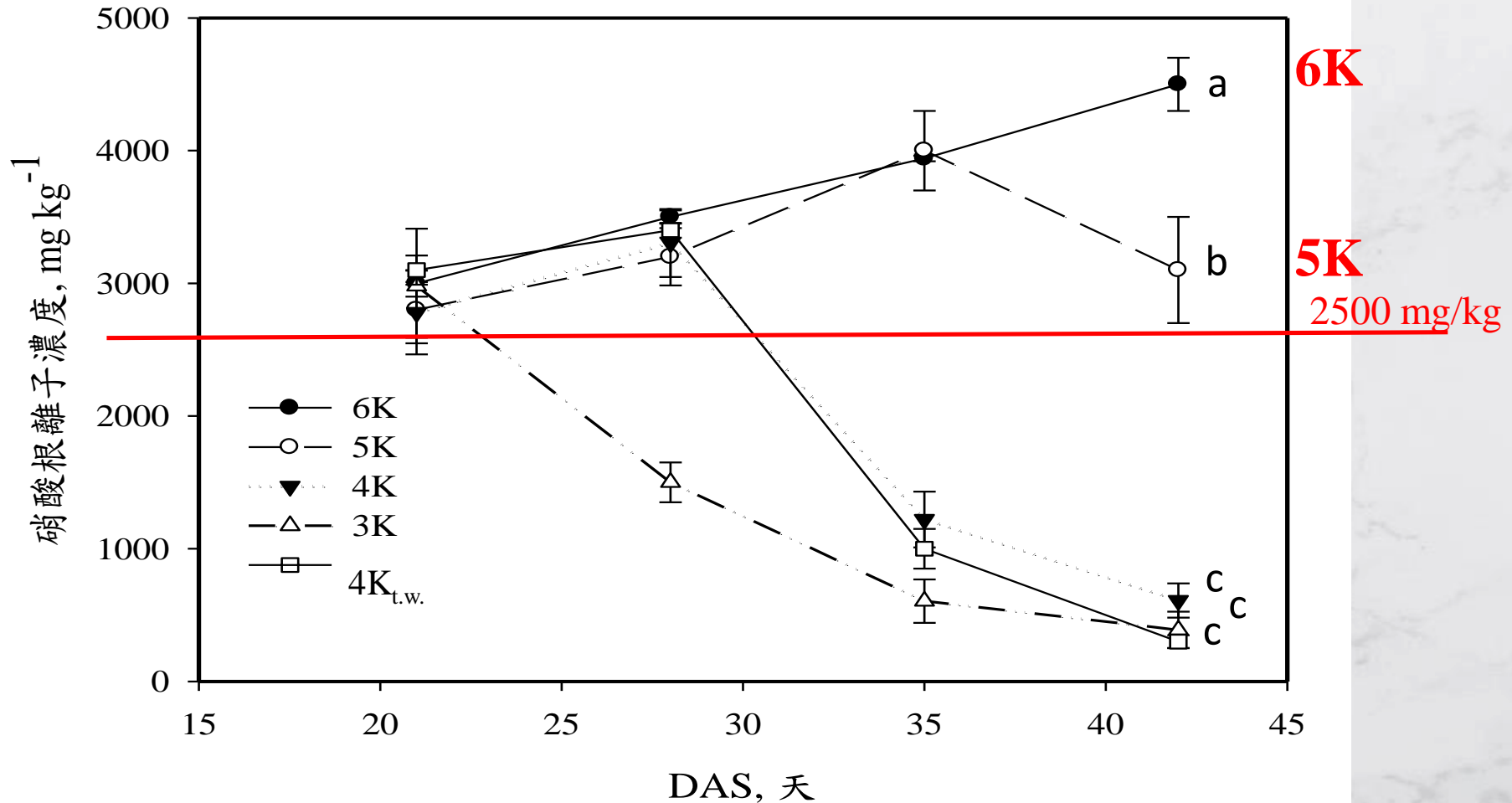
低鉀配方對冰山萵苣鈉離子含量之影響



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

冰山萵苣硝酸根離子含量

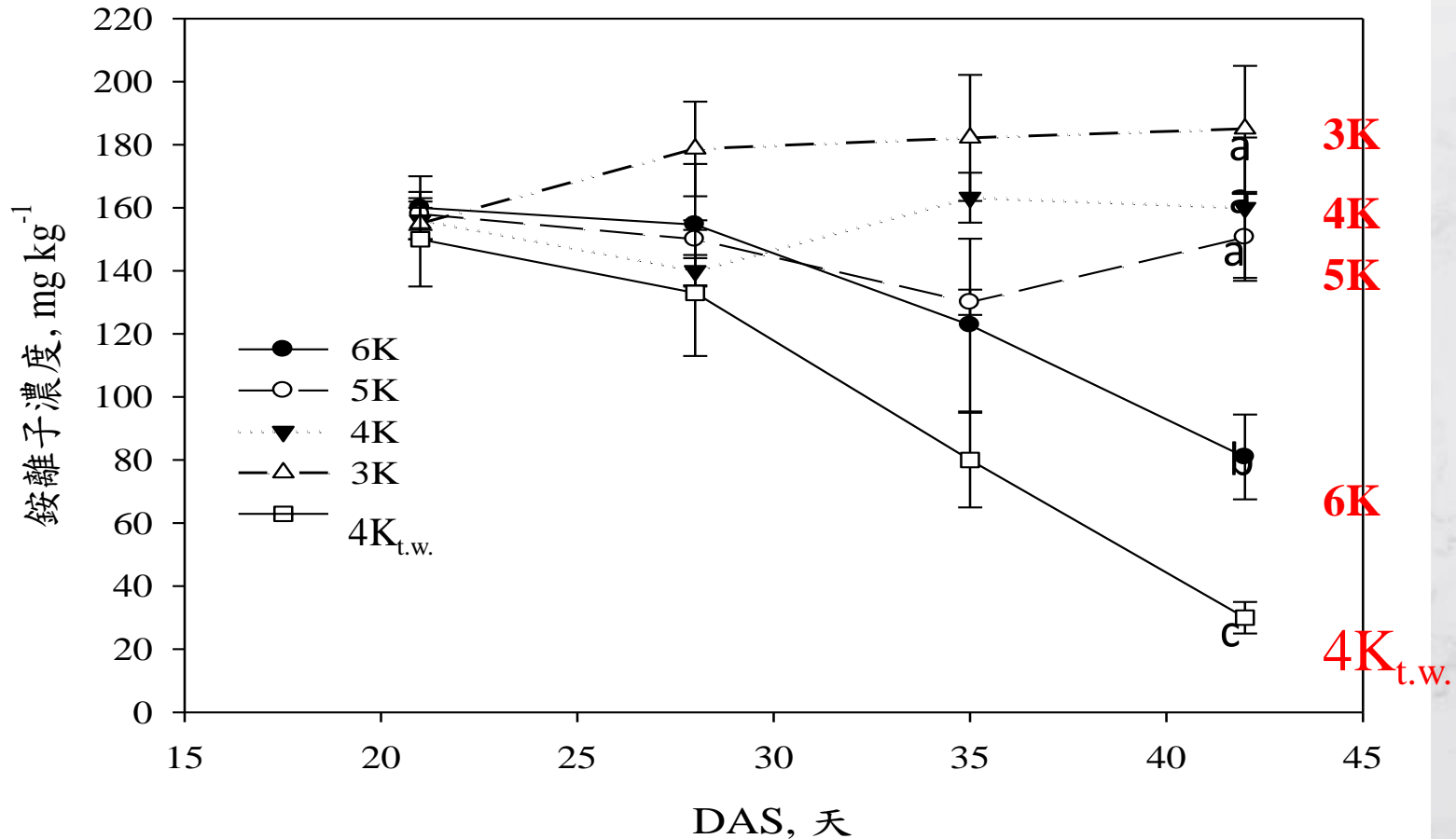
Nitrate concentration (mg/kg)



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

冰山萵苣銨離子含量

Ammonium concentration (mg/kg)



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同天數無鉀處理之栽培流程

處理組	育苗期 DAS 1~7	成長期 DAS 8~30	調質期 DAS 31~32	調質期 DAS 33~34	調質期 DAS 35~42
6K (CK)			N1 x 42 天		
8D		N1 x 34 天		N2 x 8 天	
10D		N1 x 32 天		N2 x 10 天	
12D	N1 x 30 天		N2 x 12 天		

育苗期 (DAS : 1-7) :

N1_E1.2_L200_d910_H24_A25_C1200

成長期 (DAS : 8-29) :

N1_E1.2_L200_d45_H16_A25/20_C1200

調質期 (DAS : 30-42) :

Nx_E1.2_L200_d26_H16_A25/20_C1200

操作代碼 :

Nx : N, 養液配方

N1 : 山崎養液 (100% 鉀離子)

N2 : 無鉀養液 (0% 鉀離子)

操作代碼 :

Ex : E, 養液的電導度 (EC)

x, 電導度值, 單位 : $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Lx : L, LED 燈管 (冷白, 色溫 6500 K)

x : 光量的值, 單位 : $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

dx : d, 作物栽培密度

x : 栽培密度之值, 單位 : $\text{plts}\cdot\text{m}^{-2}$

Hx : H, 光照時間

x : 每日照光時數, 單位 : hours day^{-1}

AdT/nT : A, 日/夜溫, 單位 : $^{\circ}\text{C}$ 。

Cx : C, 二氧化碳濃度

x, 二氧化碳濃度之值, 單位 : $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$

不同低鉀處理天數對 冰山萵苣之影響



CK

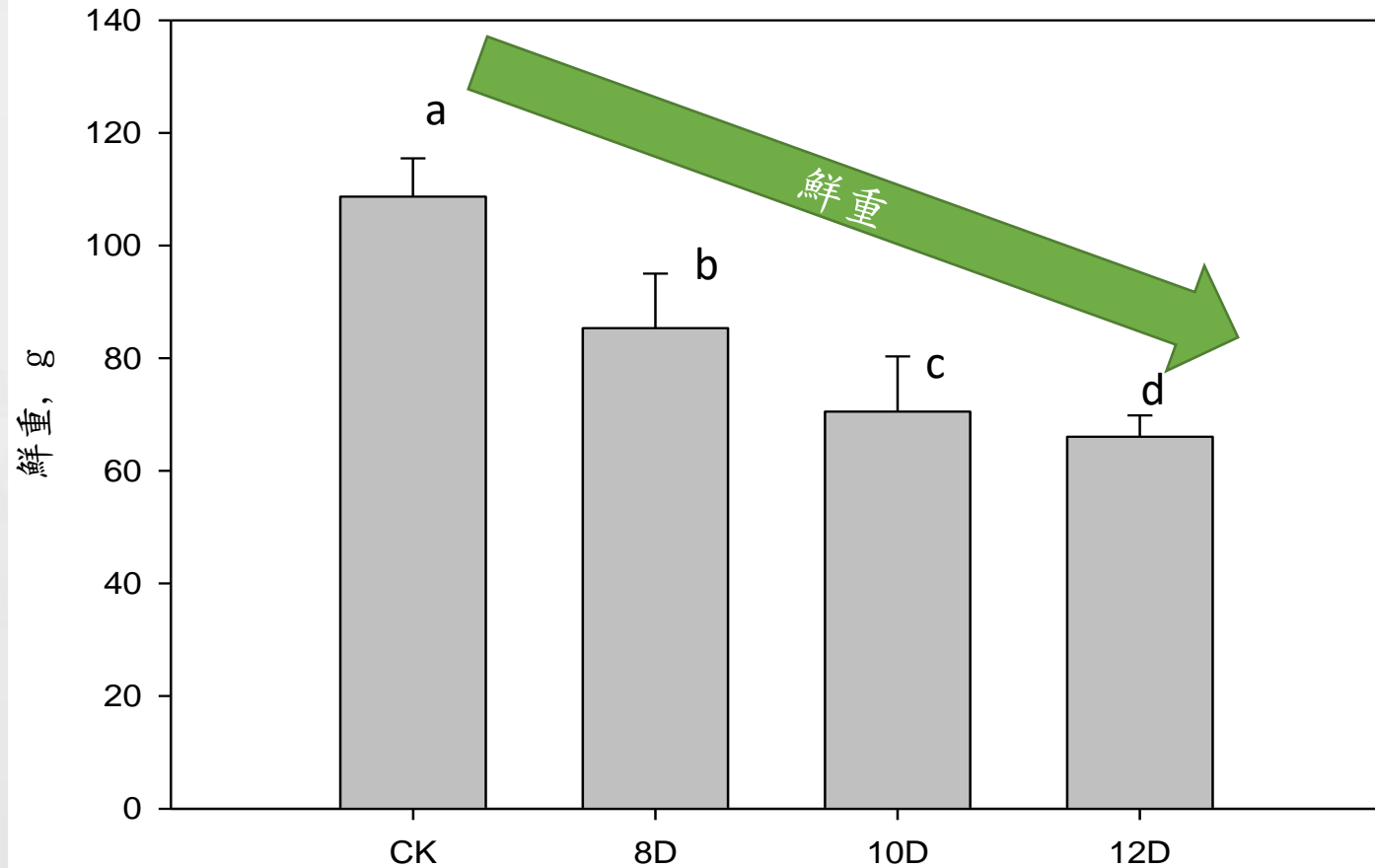
8D

10D

12D

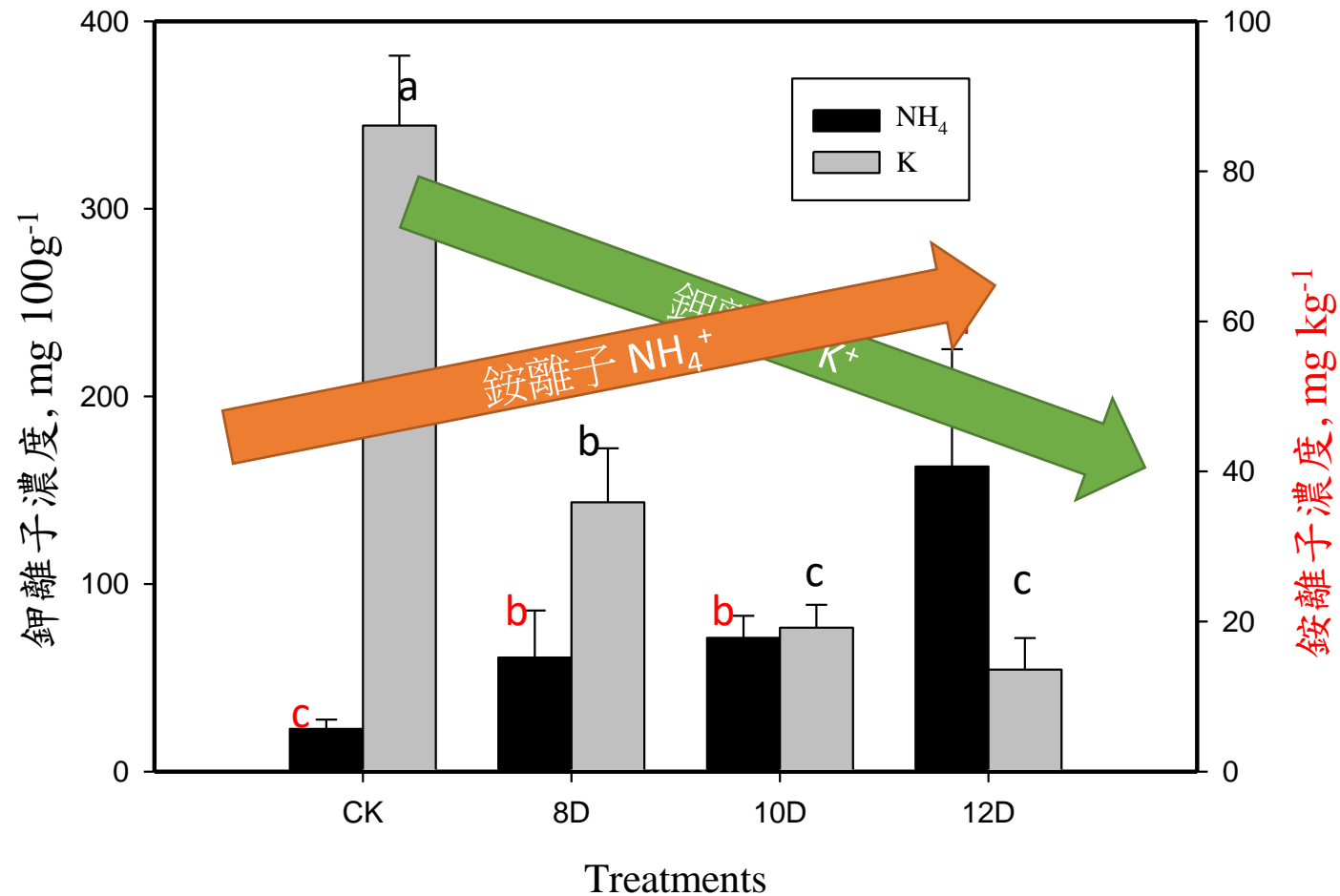
Bar = 15 cm

不同降鉀天數對鮮重之影響



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5) **173**

冰山萵苣之鉀離子與銨離子



Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

無鉀養液處理天數對冰山萵苣之影響

無鉀養液 處理天數	鮮重 (g/plt)	鉀含量 (mg/100g)	鈉含量 (mg/100g)	硝酸鹽含量 (mg/kg)
0	108.67 a	354.96 a	2.53 e	6157.60 a
7	87.40 b	197.69 b	4.31 d	4150.48 b
8	85.32 b	143.50 b	9.18 c	2919.86 c
10	70.50 c	76.66 c	18.54 b	1895.38 d
12	66.03 c	54.32 d	19.96 b	1536.12 d
14	56.20 c	36.96 e	22.23 b	609.26 e
21	32.30 d	26.90 f	42.23 a	388.03 f

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test.

(鮮重n=20，其他n=5)

Comparison

K-free treatment	Fresh Weight g/plant	K mg/100 g	Na mg/100 g	Source
Na replace K	40 (reduced by 63%)	80 (red.by 77%)	100	富士通, Japan
NH₄ replace K for 14 days	56.2 (reduced by 48%)	36.96 (red.by 89%)	18.54	This study
NH₄ replace K For 10 days	70.5 (reduced by 35%)	76.66 (red.by 78%)	22.23	This study
No replacement	108.67	354.96	2.53	This study

三低萵苣(熟食)之設定目標

K

低鉀 < 180 mg/100g (1)川燙蔬菜可以減少約 60% 的鉀離子，
實際熟食萵苣鉀離子約為 72 mg/100g)

Na

低鈉 < 30 mg/100g (2)美國萵苣平均值)

NO₃

低硝酸鹽 < 250 mg/100g (3)歐盟規範)

產量不減低

¹ Martinez-Pineda, M., C. Yague-Ruiz, A. Caverni-Munoz, and A. Vercet-Tormo. 2016. Reduction of potassium content of green bean pods and chard by culinary processing. *Tools for chronic kidney disease. Nefrologia* 36:427-432.

² Kim, M. J., Y. Moon, J. C. Tou, B. Mou, and N. L. Waterland. 2016. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Food Compos. Anal.* 49:19-34.

³ European Food Safety, A. 2008. Nitrate in vegetables - scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. *EFSA Journal* 6:n/a-n/a.

冰山萵苣栽培處理

處理	生長階段 DAS 8~28	調質期 1 DAS 29~35	調質期 2 DAS 36~42
1. CK (2.0 K)	N1 (台大標準配方)	N1 (台大標準配方)	
2. 1.5K		N2 (低鉀 ^{0.75K})	N2 (低鉀 ^{0.75K})
3. 1.25K			N3 (低鉀 ^{0.5K})
4. 1.0K		N3 (低鉀 ^{0.5K})	N3 (低鉀 ^{0.5K})
5. 0.75K			N4 (低鉀 ^{0.25K})
6. 0.5K		N4 (低鉀 ^{0.25K})	N4 (低鉀 ^{0.25K})
7. 0.375K		N4 (低鉀 ^{0.25K})	N5 (低鉀 ^{0.125K})
8. 0.25K		N5 (低鉀 ^{0.125K})	

育苗階段 (DAS 01-07) : N1_E1.2_L200_d850_H24_A23

生長階段 (DAS 08-28) : N1_E1.2_L200_d45_H16_A25/20

調質期 (DAS 29-42) : N?_E1.2_L200_d26_H16_A25/18

註:

N_x : N 養液配方, N1 : 台大標準配方, N2 : 低鉀配方含75% 鉀,

N3 : 低鉀配方含50% 鉀, N4 : 低鉀配方含25% 鉀,

N5 : 低鉀配 方含 12.5% 鉀

E_x : E 養液電導度, x 電導度值, 單位 : mS·cm⁻¹

L_x : L 冷白 LED 燈管, x 光量, 單位 : μmol·m⁻²·s⁻¹

H_x : H 開燈時數, x 小時數, 單位 : 小時·天⁻¹

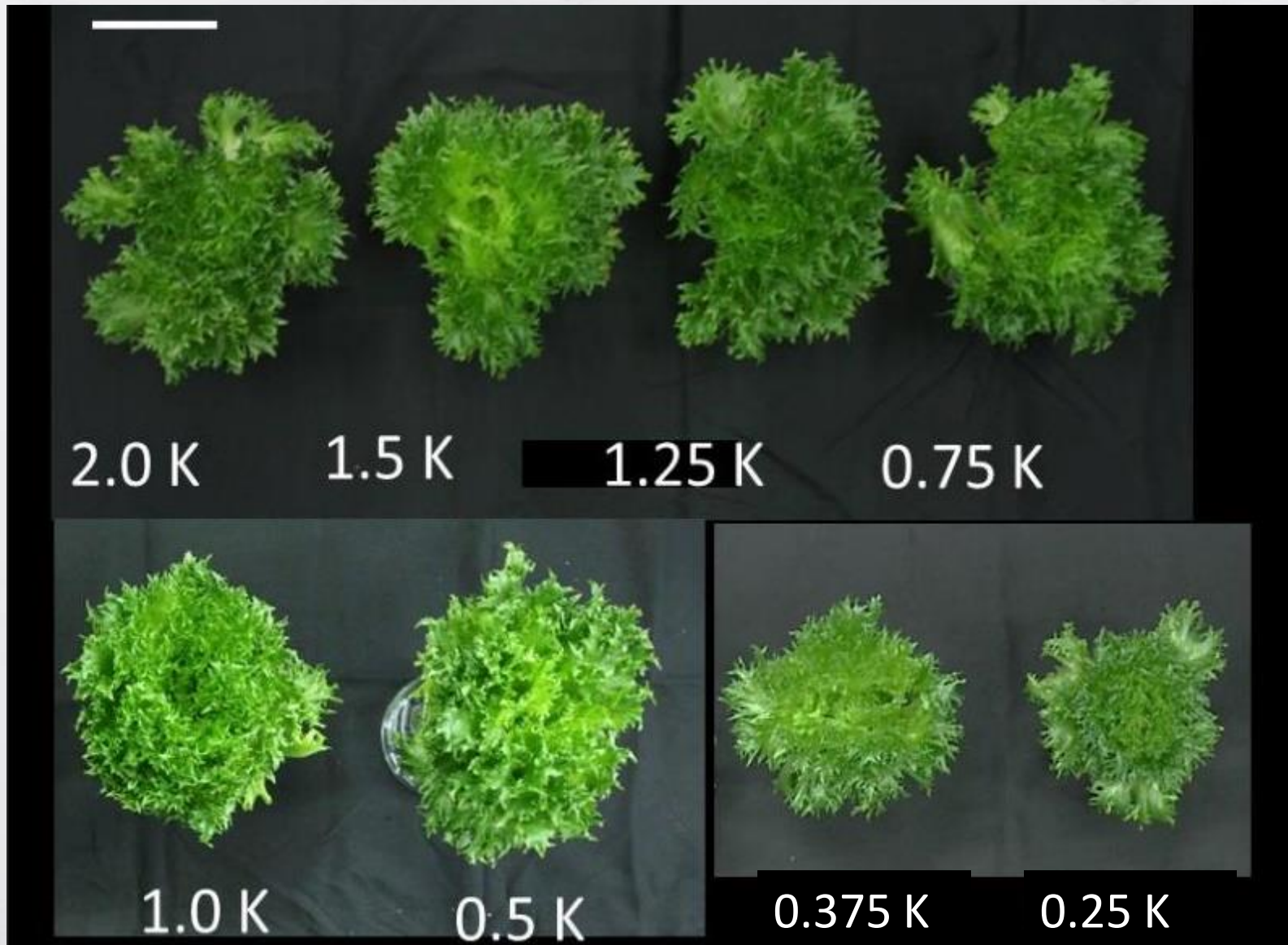
dx : d栽培密度, x 密度, 單位 :
plts·m⁻²

A dT/nT : A 平均空氣溫度,

dT/nT 日溫/夜溫, 單位 : °C
二氧化碳含量 : 1200 ± 100 μmol mol⁻¹

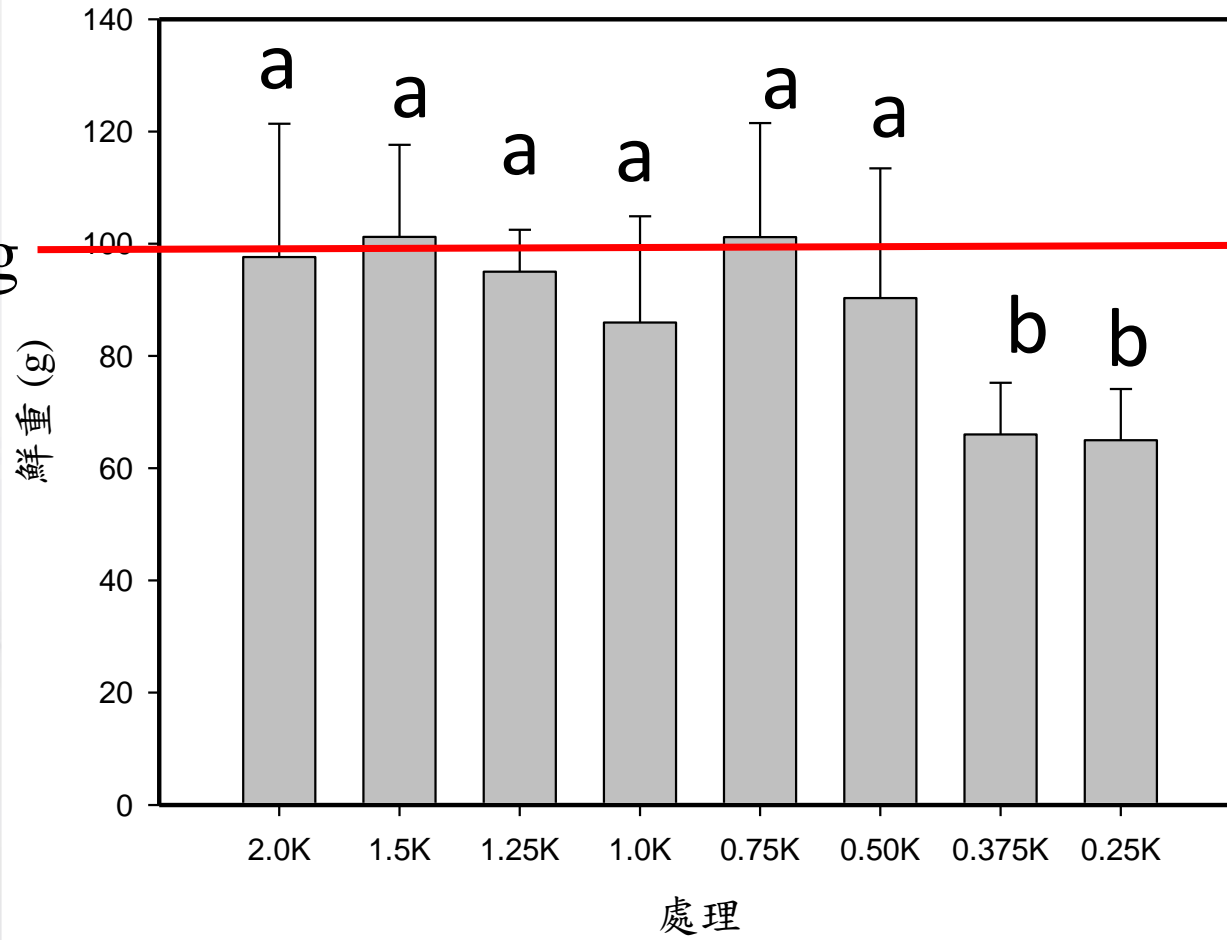
Bar = 15 cm

不同養液處理的冰山萵苣



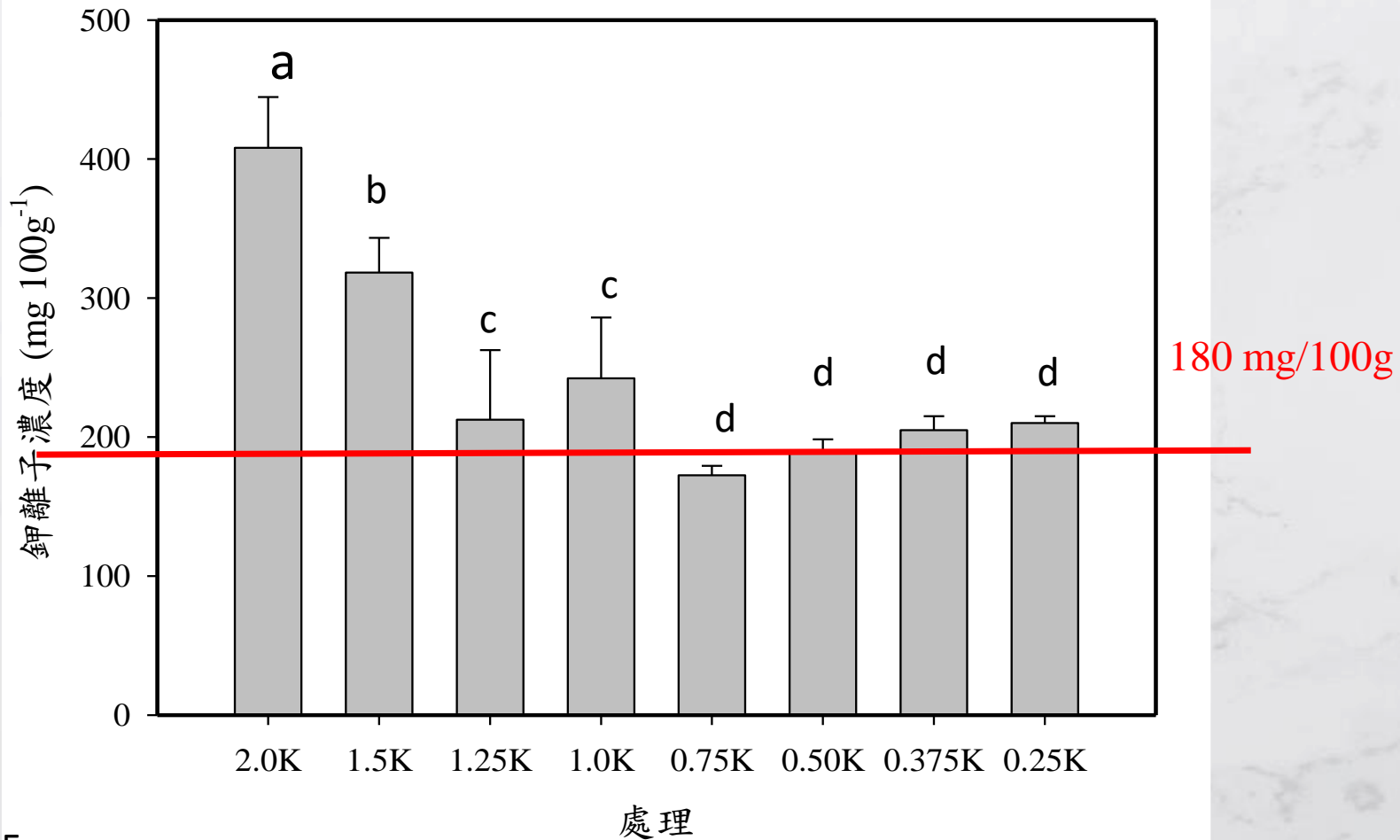
降鉀配方對冰山萵苣鮮重之影響

約 100g



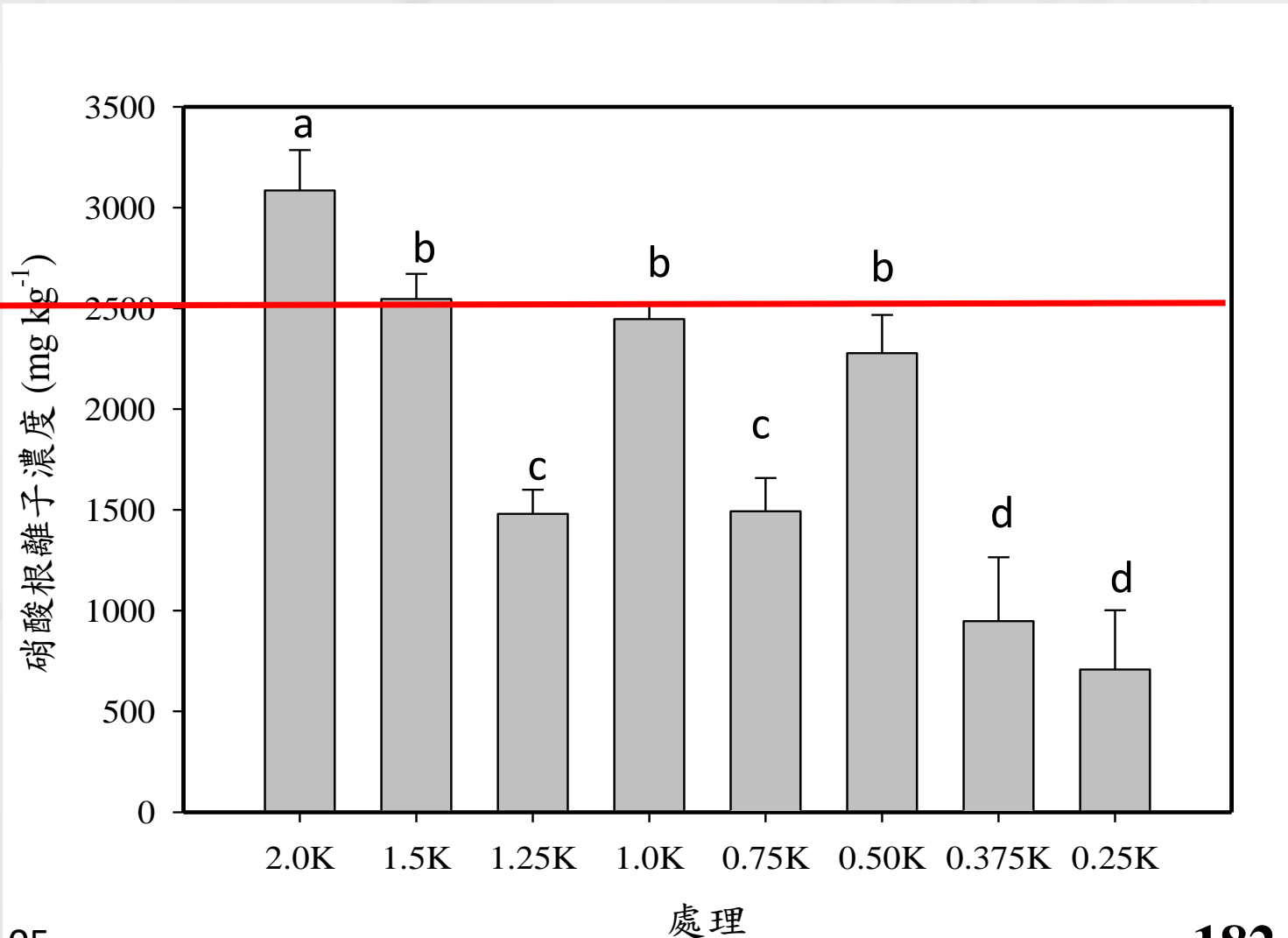
N=20, LSD P<0.05

冰山萵苣葉片中鉀離子含量



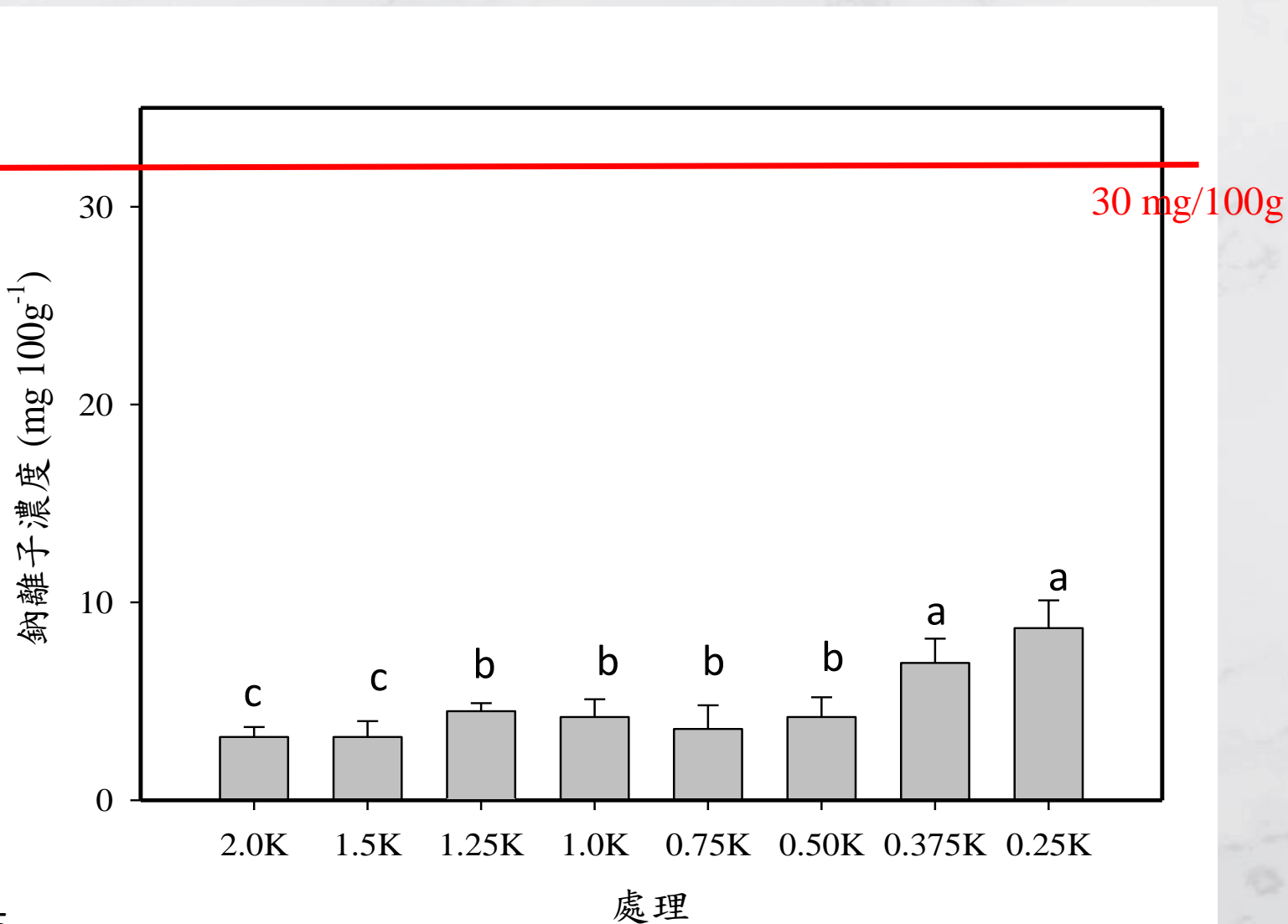
N=5, LSD P<0.05

冰山萵苣葉片中硝酸根離子含量



N=5, LSD P<0.05

冰山萵苣葉片中鈉離子含量



N=5, LSD P<0.05

Treatments	K (mg/100g)	Na (mg/100g)	NO ₃ (mg/kg)	FW(g)
2.00 K (1.0K*2)	408.0 a	3.2 c	3085.0 a	97.6 a
1.50 K (0.75K*2)	318.3 b	3.2 c	2546.5 b	101.2 a
1.25 K (0.75K+0.5K)	212.5 c	4.5 b	1480.8 c	95.0 a
1.00 K (0.5K*2)	242.3 c	4.2 b	2446.4 b	86.0 a
0.75 K (0.5K+0.25K)	172.5 d	3.6 b	1493.9 c	101.2 a
0.50 K (0.25 K*2)	188.5 d	4.2 b	2278.1 b	90.3 a
0.375K (0.25K+0.125K)	190.2 d	9.3 a	1050.6 d	80.5 b
0.25K(0.125K*2)	189.1 d	10.5 a	990.3 d	79.6 b

加值作物

4. Functional plants 機能性作物

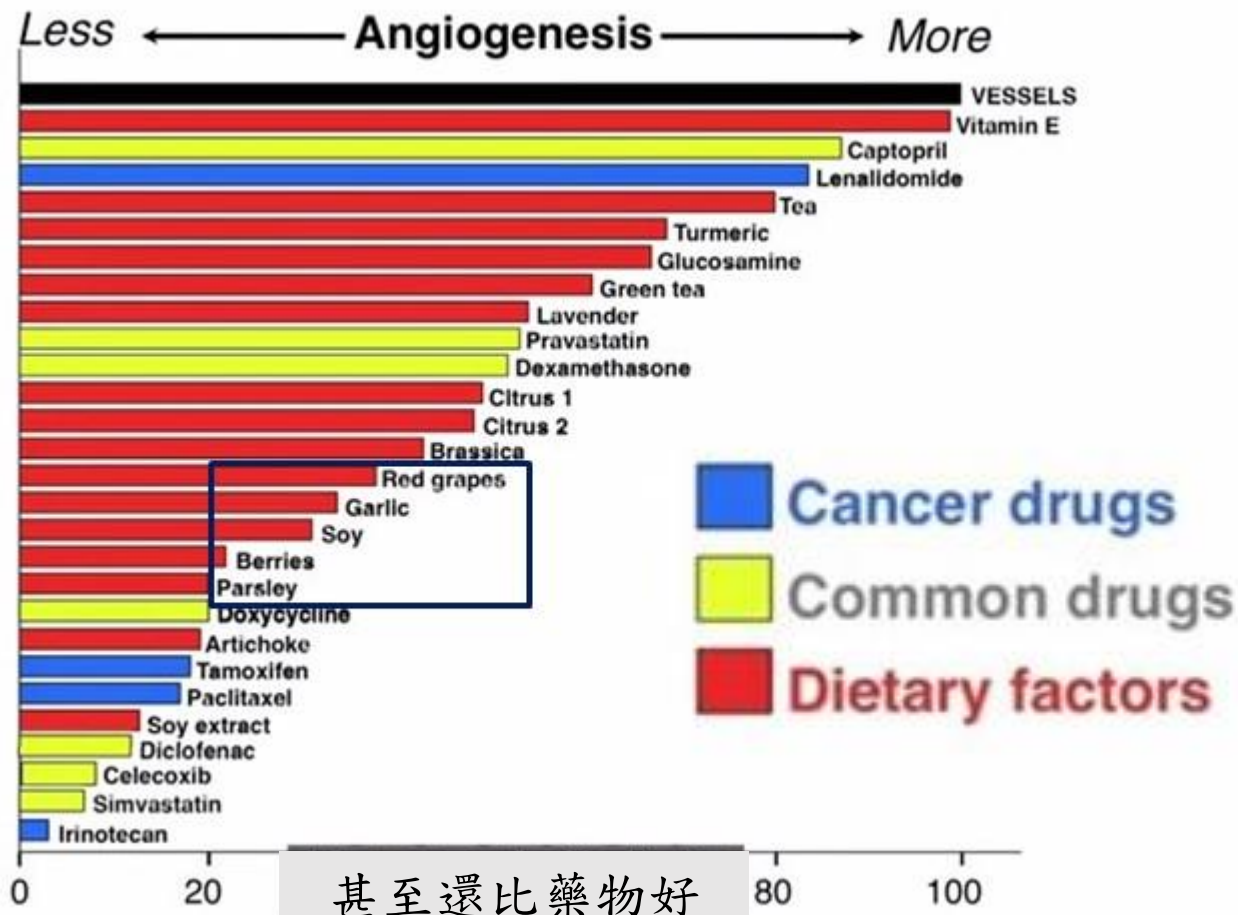
- 提供

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

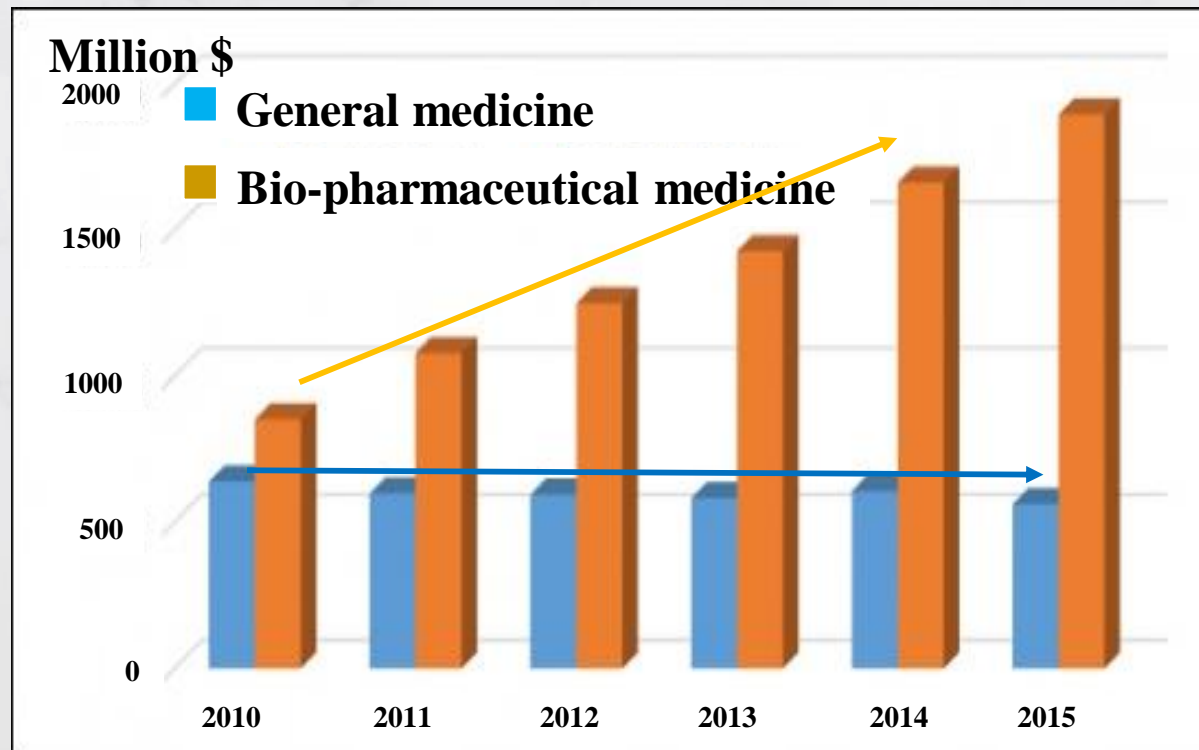


source : William Li, TED 2010

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

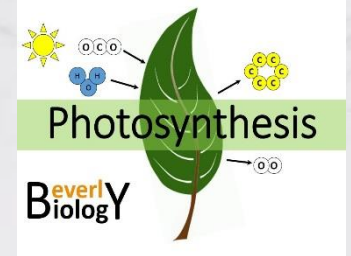
Plants

- 植物體是二次代謝物的最佳產地



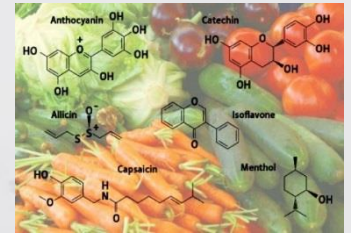
Photosynthesis

- 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、 ...

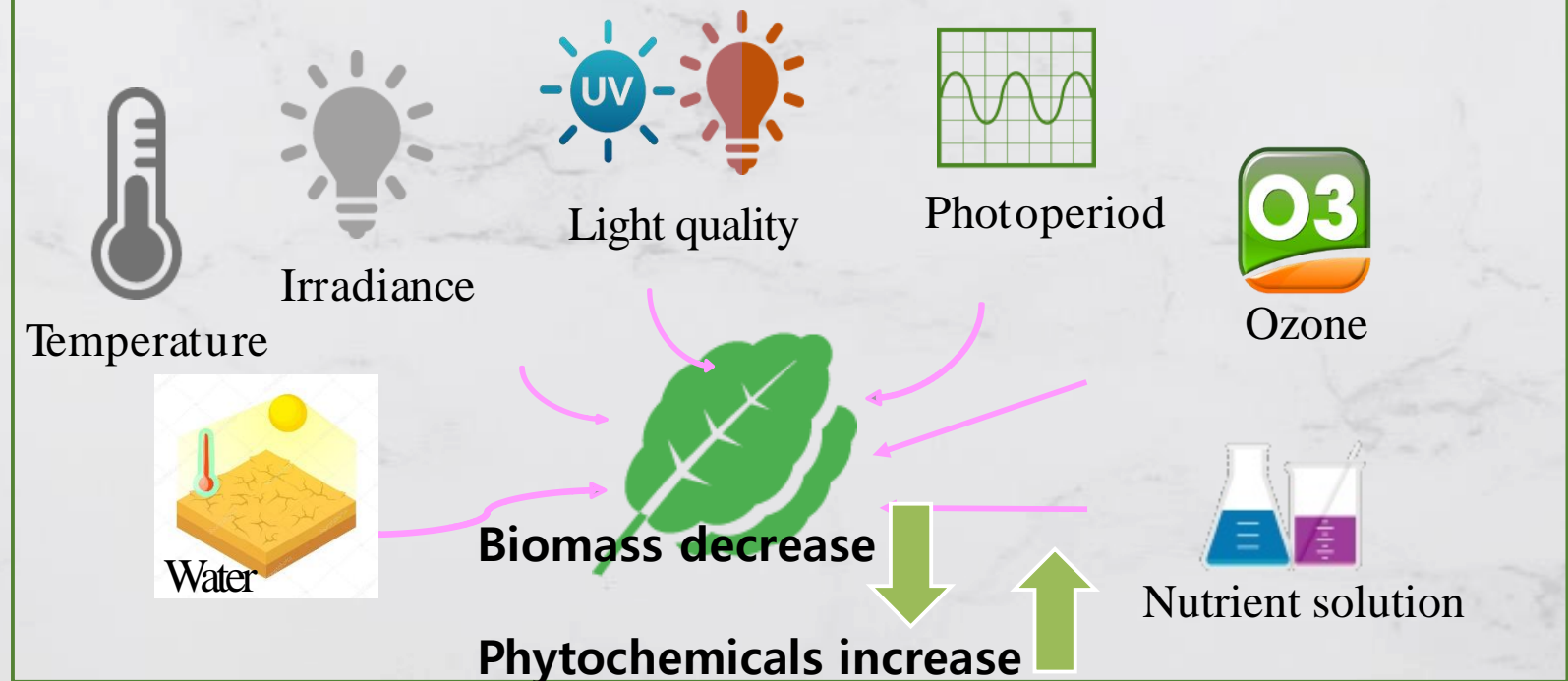


植物因應外界刺激會產生一些物質來保護自己（免疫）
外來刺激：蟲咬、微生物感染、疾病發生、環境刺激等

Elicitors



Abiotic stress can be controlled in PFAL



自由基與人體



維生素類

Vit .C、 Vit .E
與 β -胡蘿蔔素

天然抗氧化
物質

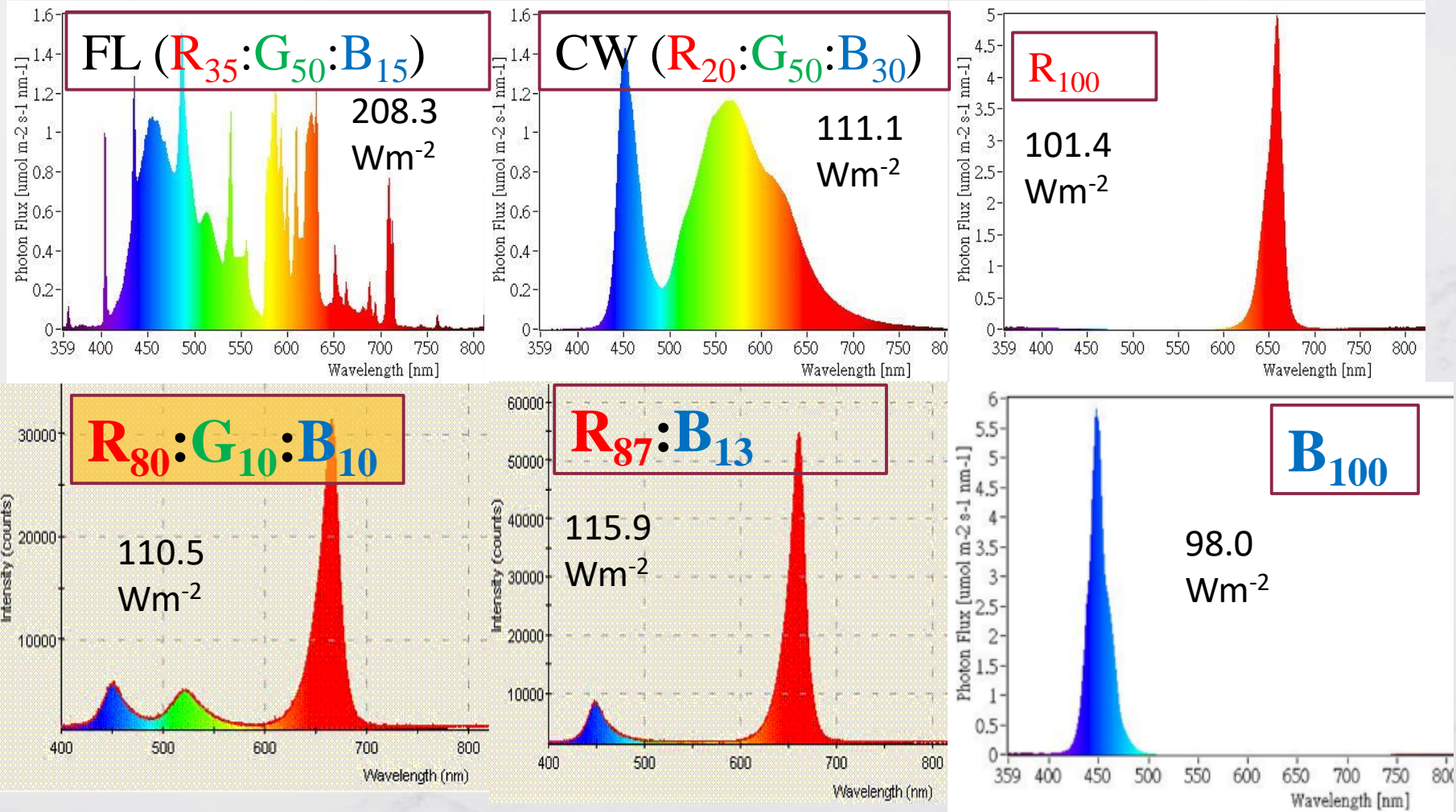
酵素

SOD, CAT,
GSH-Px

植化
素類

酚類、黃酮類、
萜類、花青素、
茄紅素

蘿蔔嬰光譜與環境條件



$120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 12/12 hrs, 26/21 $^{\circ}\text{C}$, CO_2 1200 ppm, 綠化 3、5、7天
11500 plant/ m^2

不同光環境對照光健化3天蘿蔔嬰生長情形



FL



CW



R₁₀₀



R₈₀:G₁₀:B₁₀



R₈₇:B₁₃

黃化

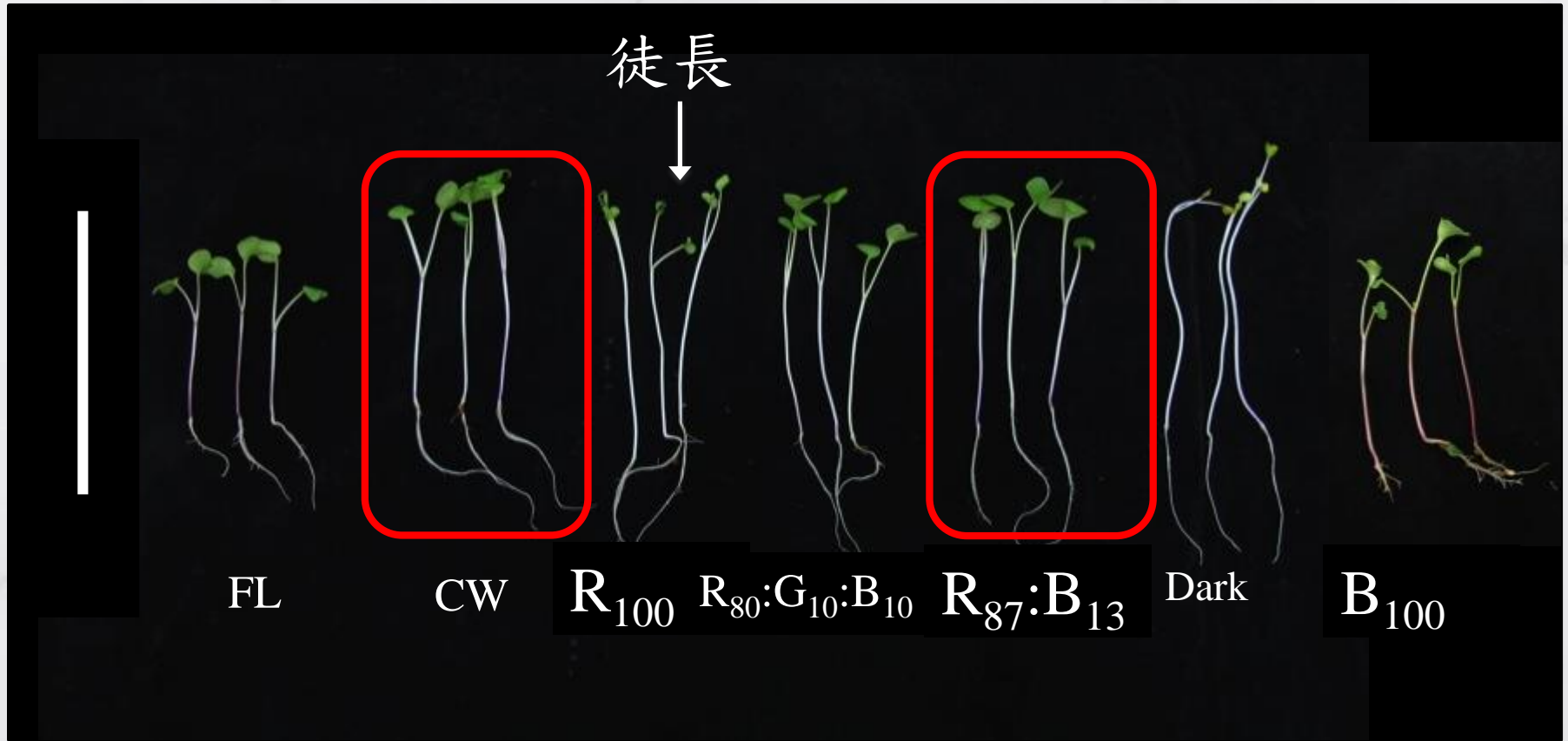


Dark



B₁₀₀

不同光環境對照光健化 5 天蘿蔔嬰生長情形



Bar= 15 cm

不同光環境對照光健化 7 天蘿蔔嬰生長情形

本葉

徒長

徒長



FL



CW



R₁₀₀



R₈₀:G₁₀:B₁₀



R₈₇:B₁₃



Dark



B₁₀₀

不同光環境與照光天數對蘿蔔嬰鮮重之影響

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)		
	健化 3天	健化 5天	健化 7天
R ₁₀₀	1.44 b	2.57 a	2.84 a
R ₈₇ :B ₁₃	1.75 a	2.29 b	2.53 ab
R ₈₀ :G ₁₀ :B ₁₀	1.73 a	2.15 b	2.34 b
B ₁₀₀	1.09 c	1.91 bc	2.06 c
CW	1.76 a	2.15 b	2.75 a
FL	1.10 c	1.43 d	2.72 a
Dark	1.06 c	1.69 c	2.34 b
A (光質)		***	
B (時間)		*	
A*B		*	

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光環境與照光天數對蘿蔔嬰株高之影響

Light quality	Plant height (cm)		
	健化 3天	健化 5天	健化 7天
R ₁₀₀	6.6 a	12.6 a	12.8 a
R ₈₇ :B ₁₃	5.9 a	10.4 b	11.3 b
R ₈₀ :G ₁₀ :B ₁₀	6.2 a	10.5 b	11.2 b
B ₁₀₀	6.2 a	9.9 bc	11.4 b
CW	4.5 b	8.5 c	11.3 b
FL	2.7 c	7.2 d	10.4 b
Dark	6.0 a	12.5 a	12.7 a
A(光質)		***	
B(時間)		n.s	
A*B		***	

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光環境與照光健化時間對Vit. C之影響

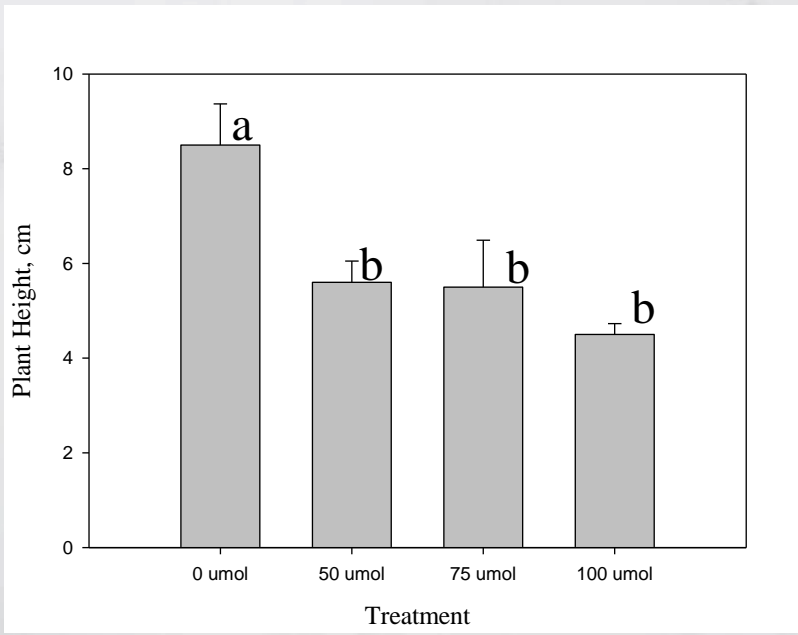
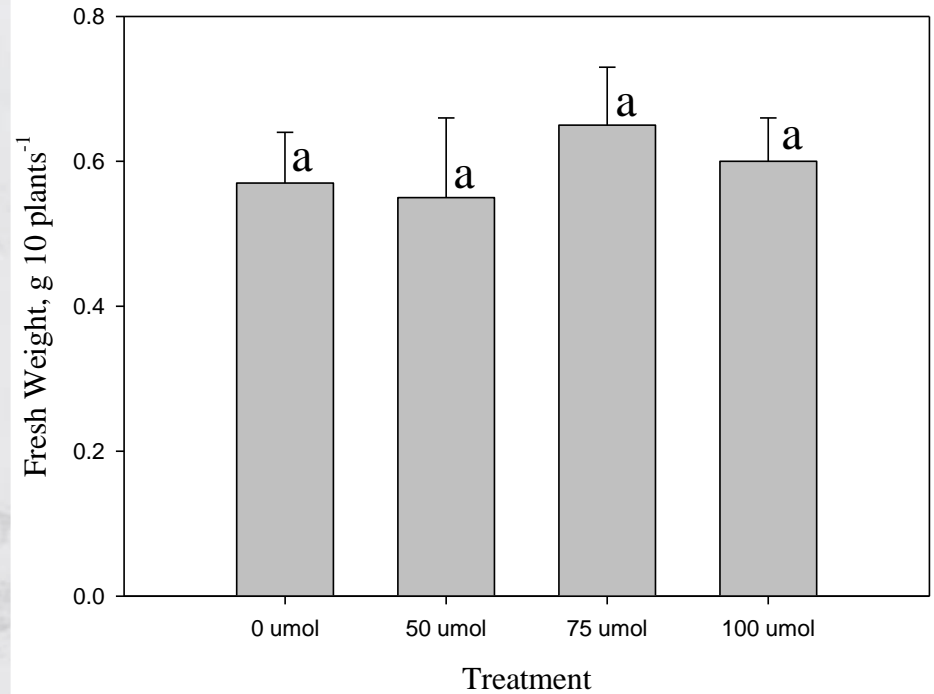
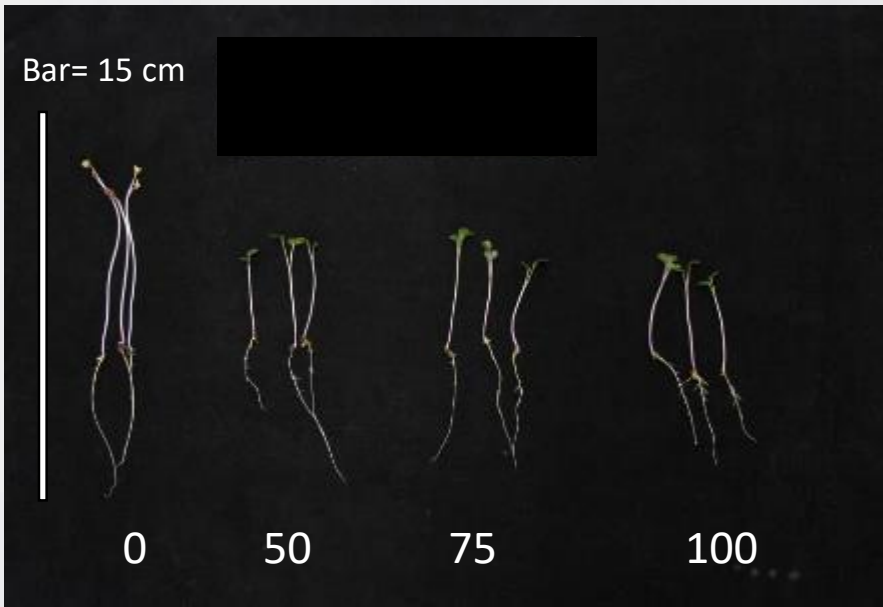
Light quality	Vit. C Content (mg·g ⁻¹)		
	健化 3天	健化 5天	健化 7天
R ₁₀₀	1.17 c	- 2%	0.84 c
R ₈₇ :B ₁₃	1.22 bc	1.39 a	1.19 ab
R ₈₀ :G ₁₀ :B ₁₀	1.21 bc	1.05 bc	1.17 ab
B ₁₀₀	1.28 bc	- 13%	1.03 bc
CW	1.30 b	- 29%	1.13 b
FL	1.71 a	1.12 b	1.23 a
Dark	0.66 d	0.40 d	0.37 d
A(光質)		***	
B(時間)		n.s	
A*B		n.s	

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光環境與照光健化時間對蘿蔔嬰DPPH 清除率之影響

Light quality	DPPH 清除率 (Vit. E_mg·g ⁻¹)		
	健化 3天	健化 5天	健化 7天
R ₁₀₀	0.046 b	0.048 b	0.041 c
R ₈₇ :B ₁₃	0.046 b	0.048 b	0.045 b
R ₈₀ :G ₁₀ :B ₁₀	0.046 b	0.048 b	0.045 b
B ₁₀₀	0.036 c	0.043 c	0.042 c
CW	0.045 b	0.047 b	0.045 b
FL	0.045 b	0.045 b	0.043 b
Dark	0.048 a	0.050 a	0.047 a
A(光質)		**	
B(時間)		*	
A*B		*	

光量對紫甘藍芽之影響



- 光量 ($0\sim 100\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) 提高對紫甘藍芽鮮重沒有顯著影響
- $50\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 以上就可以顯著緩解徒長之情形

光量對抗氧化之影響

Treatments	花青素 (ppm)	總酚 (gallic acid, ppm)	還原力 (%)
0	1.49 b	81.75 b	4.36 b
50	5.01 a	108.75 a	6.74 a
75	5.66 a	112.04 a	6.96 a
100	6.08 a	105.96 a	4.38 b

Treatments	清除 DPPH 率 (Vit .E mg g ⁻¹)	CAT (Units/g)*	螯合亞鐵率 (%)
0	0.34 a	2.96 c	18 a
50	0.24 b	3.98 b	17 a
75	0.22 b	3.95 b	16 a
100	0.25 b	5.16 a	16 a

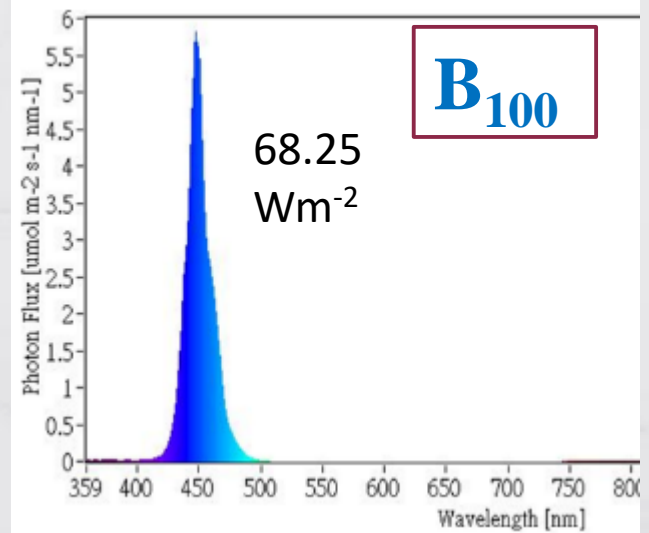
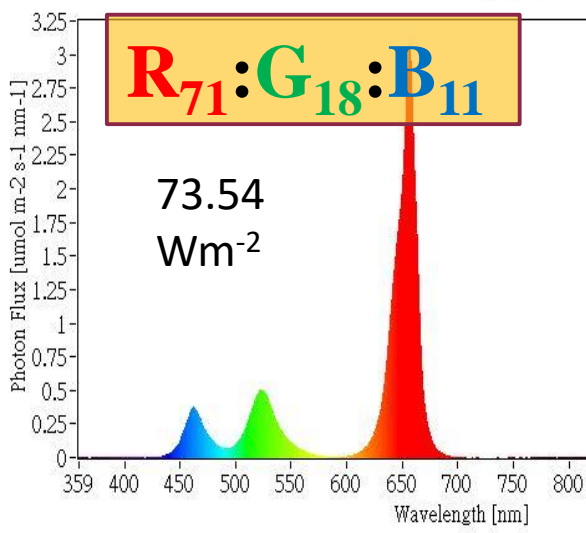
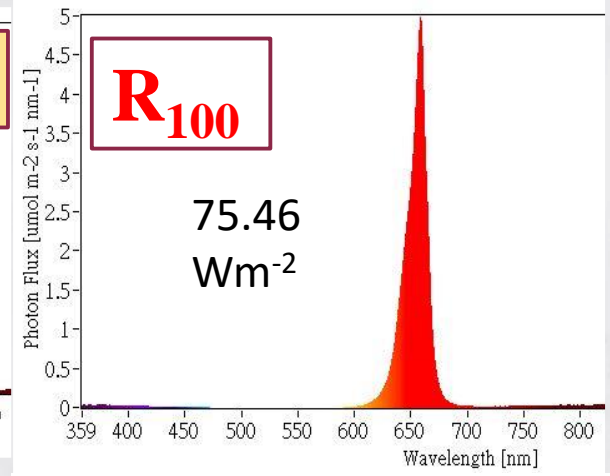
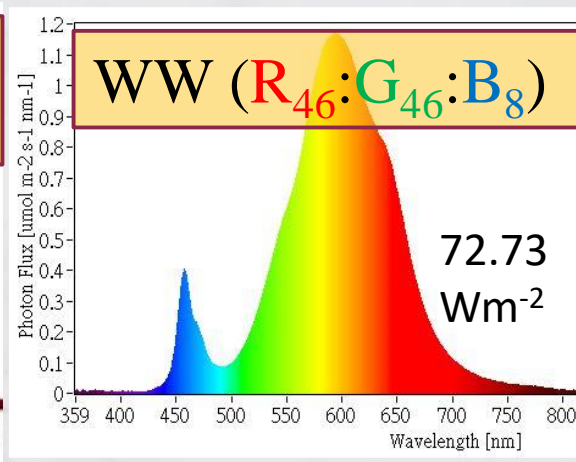
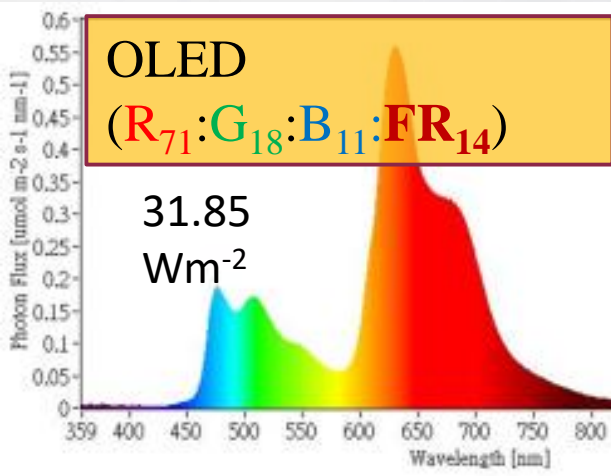
Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test.

* 1 Unit 定義為 1 nmol H₂O₂ consumed min⁻¹

OLED 栽培芽菜



紫甘藍芽栽培之光譜與環境條件



50 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$, 12/12 hrs, 25/18 °C, CO₂ 1200 ppm, 綠化 5 天
18400·plant/m² **203**

不同光環境對紫甘藍芽之生長情形



Bar= 15 cm

不同光質對紫甘藍芽生長之影響

處理	鮮重/10 plants (g)	株高 (cm)
OLED	0.74 a	12.9 b
R ₇₀ :G ₁₈ :B ₁₂	0.75 a	10.5 d
WW	0.77 a	11.4 c
R ₁₀₀	0.82 a	13.5 a
B ₁₀₀	0.67 b	12.3 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光質對紫甘藍芽光合色素之影響

處理	總葉綠素 (mg g ⁻¹)	葉黃素 (mg g ⁻¹)	類胡蘿蔔素 (mg g ⁻¹)
OLED	0.47 a	0.14 a	0.19 a
R ₇₀ :G ₁₈ :B ₁₂	0.48 a	0.15 a	0.19 a
WW	0.44 b	0.13 b	0.18 a
R ₁₀₀	0.42 c	0.12 b	0.16 c
B ₁₀₀	0.42 c	0.12 b	0.17 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光質對紫甘藍芽抗氧化力之影響

處理	花青素 (mg g ⁻¹)	總酚 (mg g ⁻¹)	還原力 (Vit. E_mg·g ⁻¹)
OLED	0.011 b	0.053 b	0.12 a
R ₇₀ :G ₁₈ :B ₁₂	0.014 b	0.068 a	0.14 a
WW	0.013 b	0.049 b	0.10 b
R ₁₀₀	0.014 b	0.048 b	0.12 a
B ₁₀₀	0.032 a	0.032 c	0.13 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光質對紫甘藍芽抗氧化力之影響

處理	DPPH 清除率 (Vit. E_mg·g ⁻¹)	螯合亞鐵率 (Vit. E_mg·g ⁻¹)
OLED	0.048 a	0.067 a
R ₇₀ :G ₁₈ :B ₁₂	0.047 a	0.060 a
WW	0.047 a	0.060 a
R ₁₀₀	0.046 b	0.057 b
B ₁₀₀	0.048 a	0.056 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光質對蘿蔔嬰量化指標之影響

處理	EY (g/kWh)	PY (g/mol)	EY _D (mg_Vit. E/kWh)	PY _D (mg_Vit. E/mol)	Price/ Electricity Fee*
R ₁₀₀	444.82 a	114.19 a	21.35 a	5.48 a	43.69
R ₈₇ :B ₁₃	396.36 b	101.83 a	19.03 a	4.91 b	38.93
R ₈₀ :G ₁₀ :B ₁₀	372.13 c	95.89 a	17.86 a	4.60 c	36.55
B ₁₀₀	330.59 d	85.12 b	14.22 b	3.61 d	32.47
CW	247.51 e	95.86 a	11.63 b	4.47 c	24.31
FL	198.47 e	63.81 c	9.33 c	3.01 e	19.49

*蔬菜價格參考綠藤生機官網價格，蘿蔔嬰 55元/160g，
電費以每度電 3.5 元計算

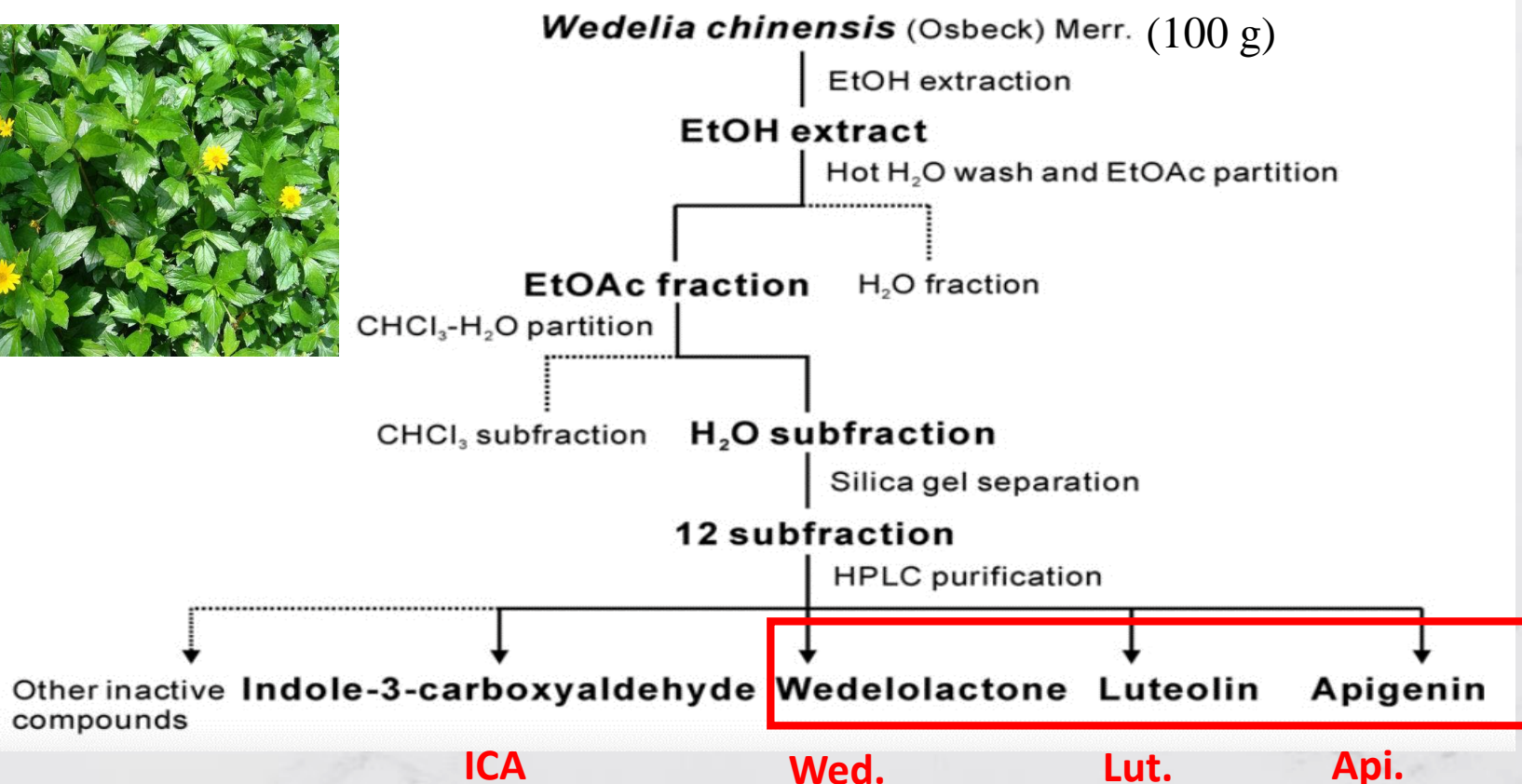
不同光質對紫甘藍芽量化指標之影響

	EY (g/kWh)	PY (g/mol)	EY _D (mg_Vit. E/kWh)	PY _D (mg_Vit. E/mol)	Price /Electricity Fee*
OLED	616.67 a	109.11 b	29.60 a	5.24 a	161.51
R ₇₀ :G ₁₈ :B ₁₂	273.69 b	110.58 b	12.86 c	5.20 a	71.68
WW	280.99 b	113.53 b	13.21 b	5.34 a	73.59
R ₁₀₀	299.23 b	120.90 a	13.76 b	5.56 a	78.37
B₁₀₀	244.49 c	98.79 c	11.74 c	4.74 b	64.03

*蔬菜價格參考綠藤生機官網價格，紫甘藍芽 110元/120g
電費以每度電 3.5元計算

Four bioactive compounds of

黃花蜜菜 (*Wedelia chinensis*)



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

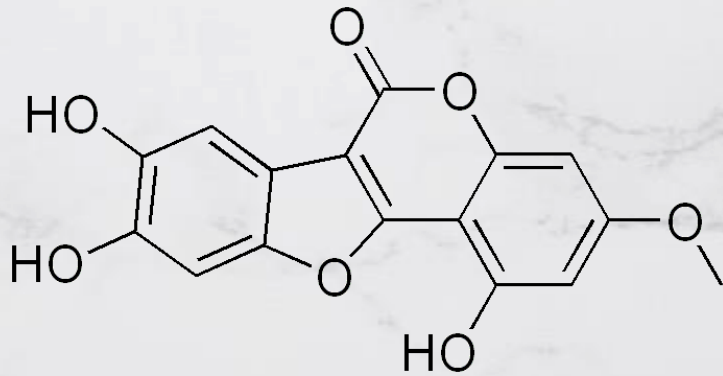
黃花蜜菜 (*Wedelia chinensis*)

Three bioactive compounds

Wedelolactone

(Wed.)

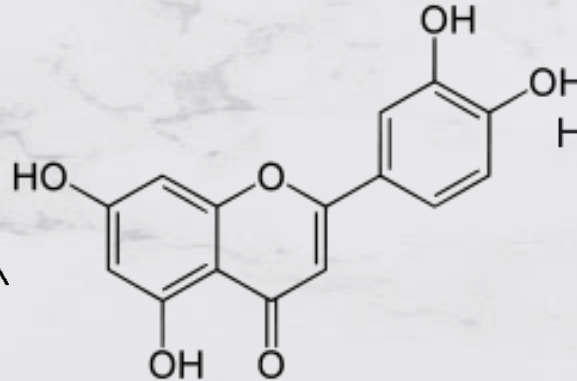
蟛蜞菊內酯



Luteolin

(Lut.)

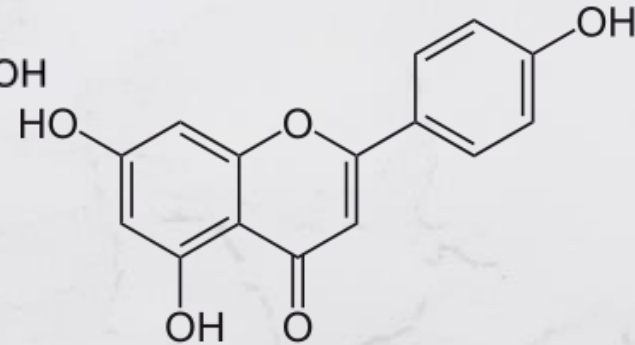
木犀草素



Apigenin

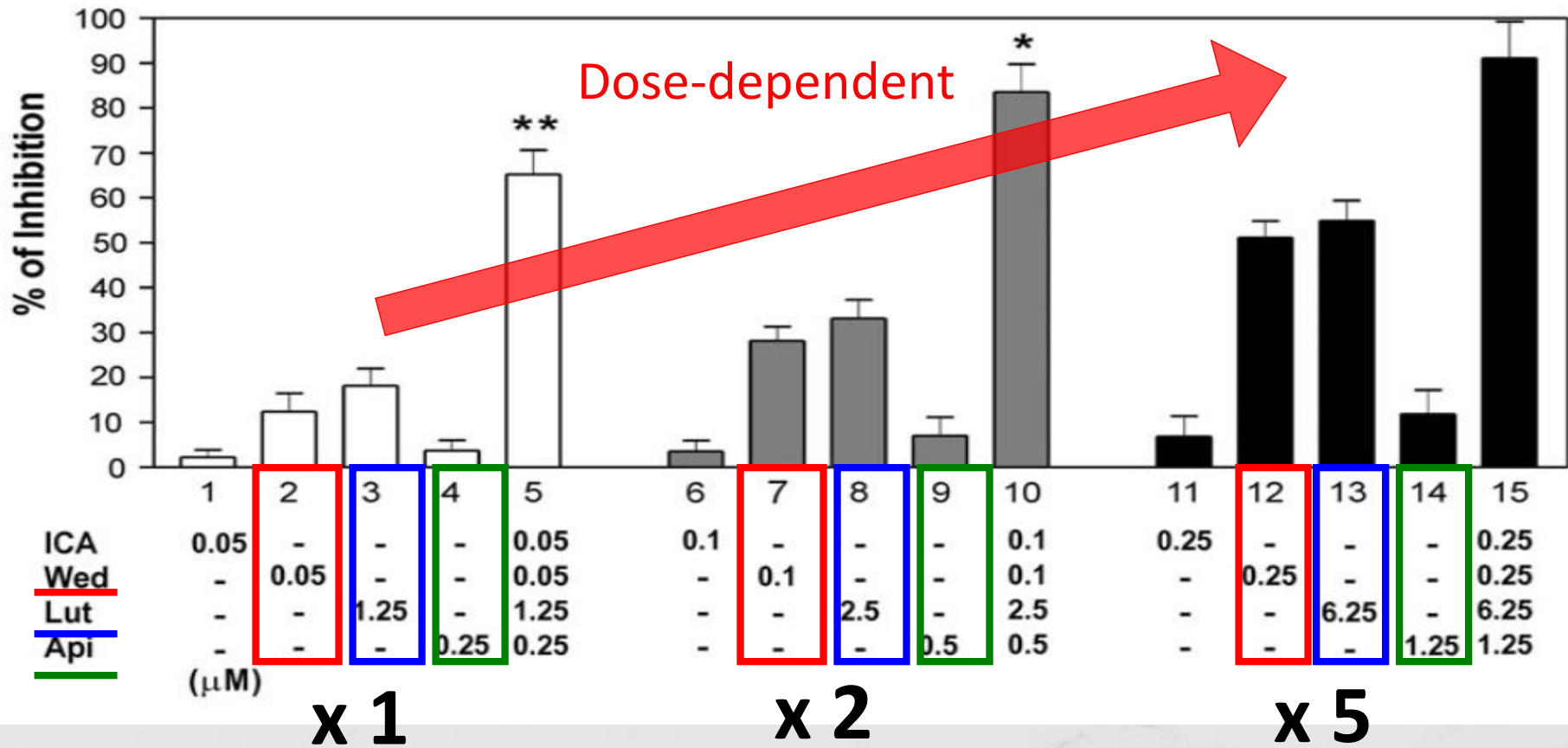
(Api.)

芹菜素



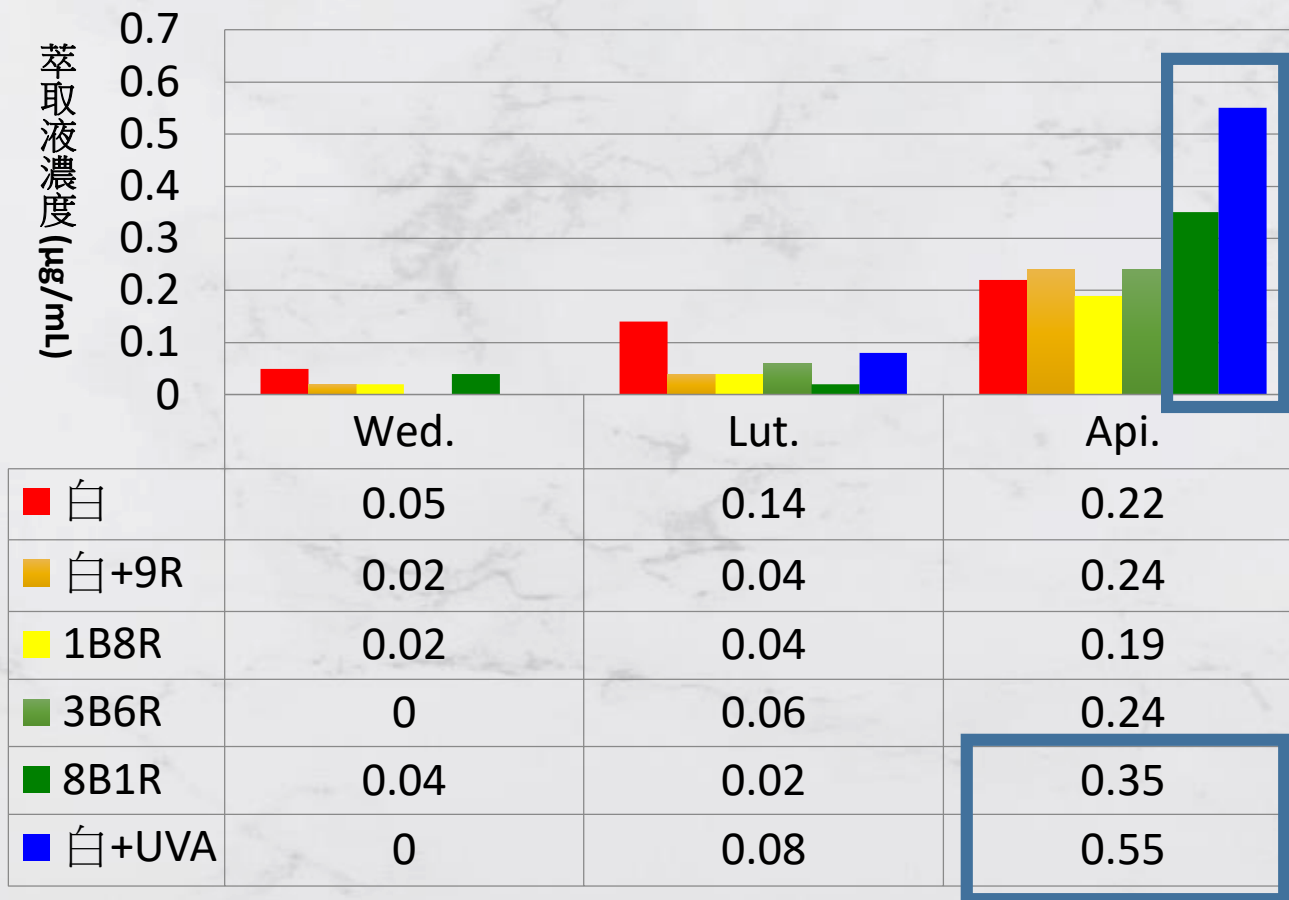
F. M. Lin, et al. (2007) *Carcinogenesis*, 28(12), 2521-2529.

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



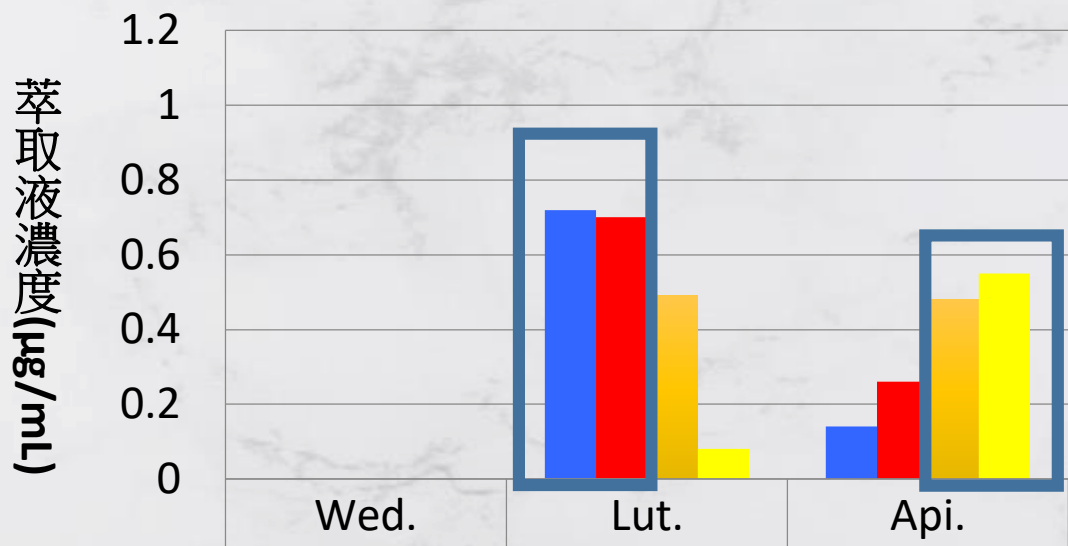
F. M. Lin, et al. (2007) *Carcinogenesis*, 28(12), 2521-2529.

照射UV、Blue光 有利於芹菜素產出



Fang, W.. (2017) unpublished data

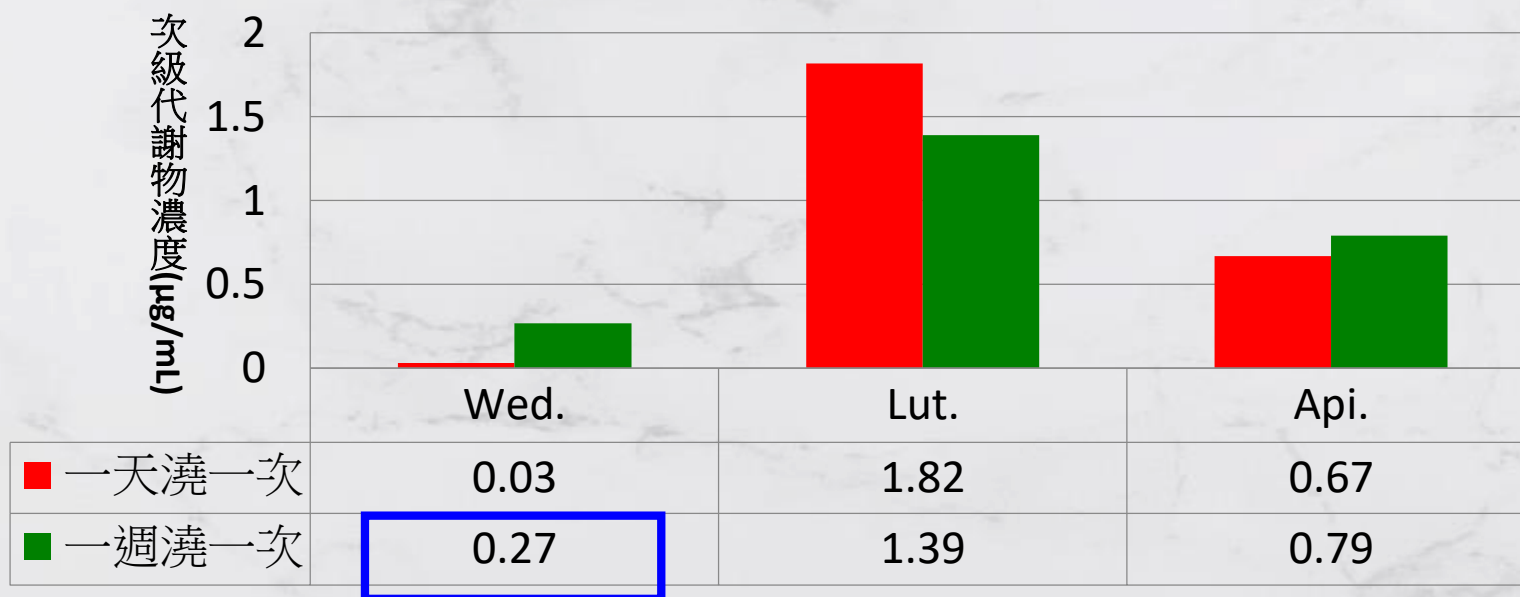
提高環境溫度有利於木犀草素產出 但不利於芹菜素產出



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

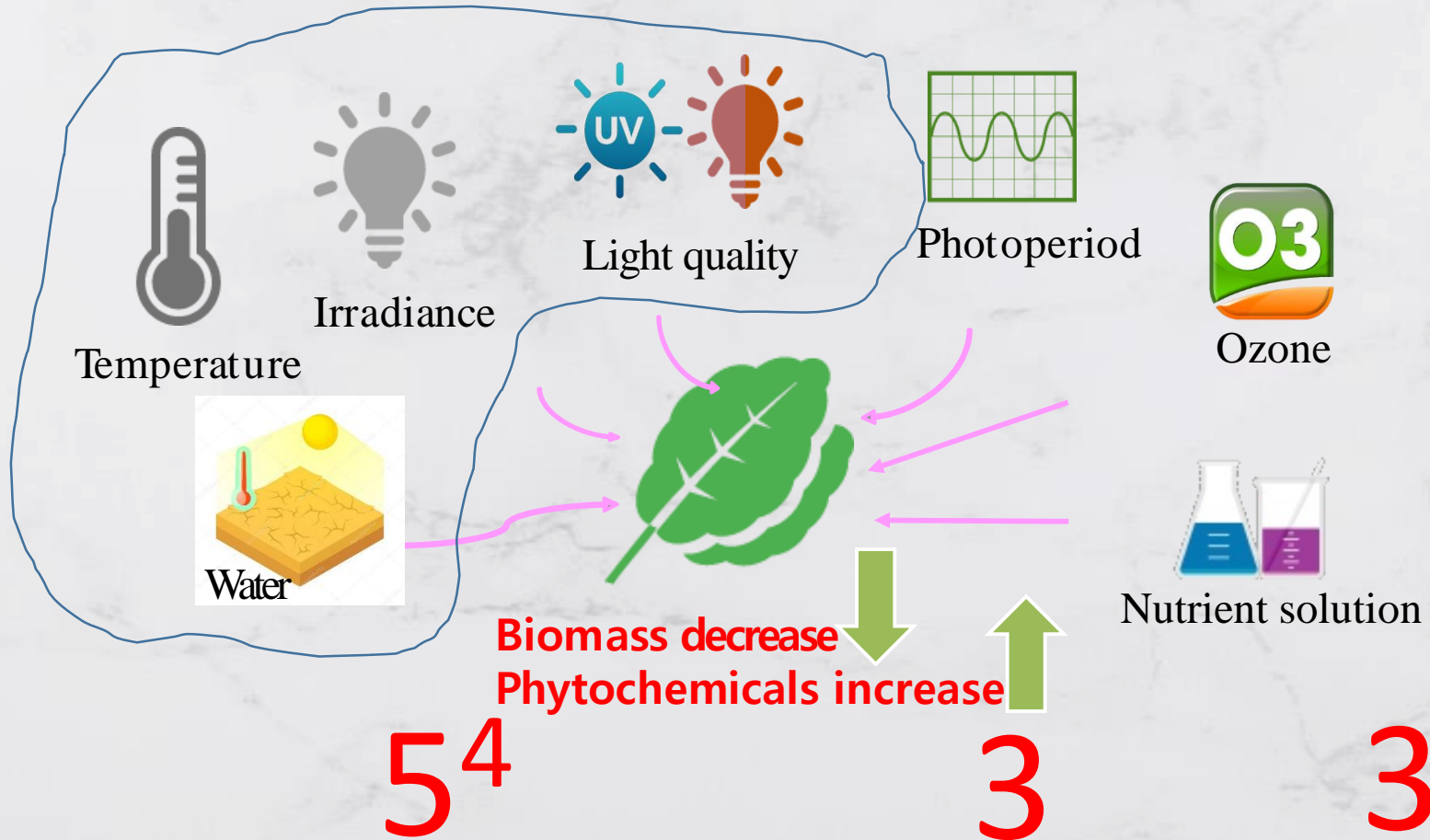
White light@highT
 White+UVA@highT
 White light
 White+UVA

乾旱逆境有利於**蟛蜞菊**內酯產出



Fang, W.. (2017) unpublished data

環境逆境

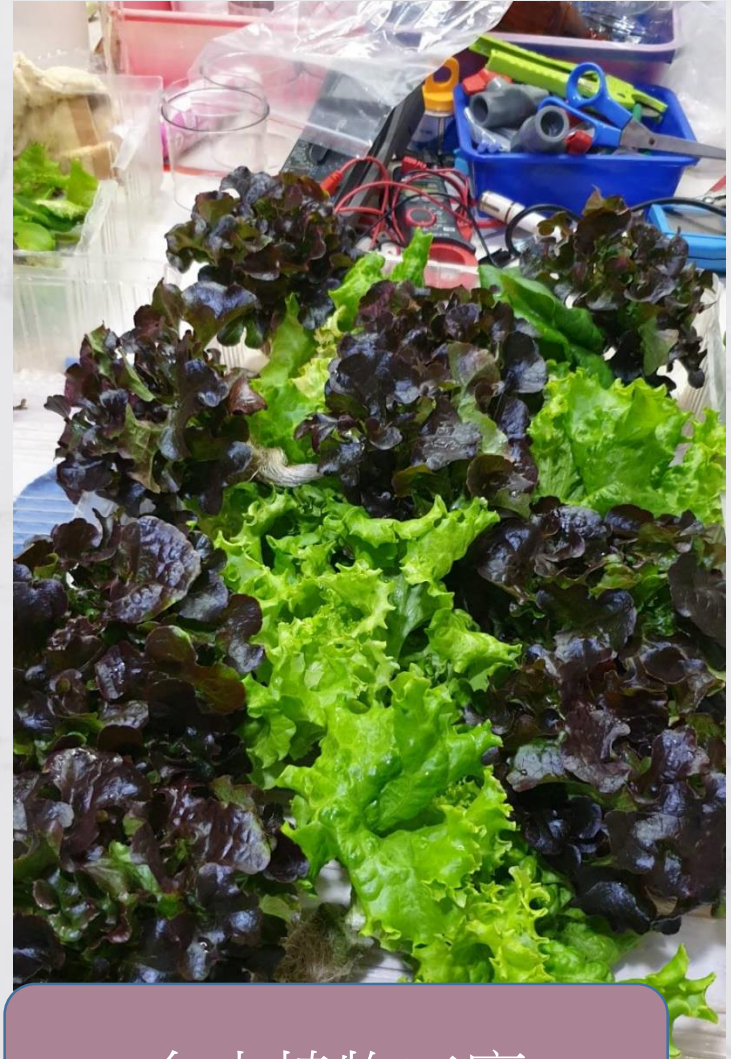


concentration x fresh mass x cropping density / duration
→ $\mu\text{g/g} \times \text{g/plant} \times \text{no. of plants/m}^2 \rightarrow \mu\text{g/m}^2/\text{year}$

花青素含量提升

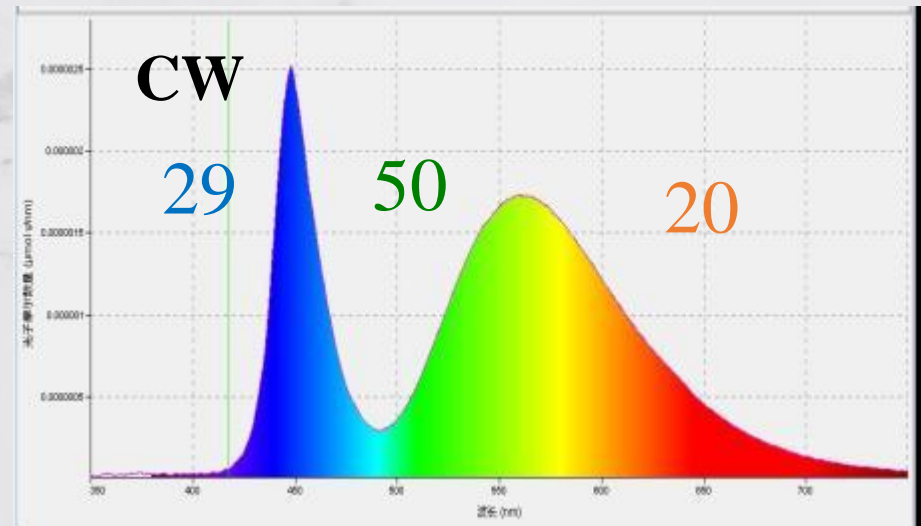
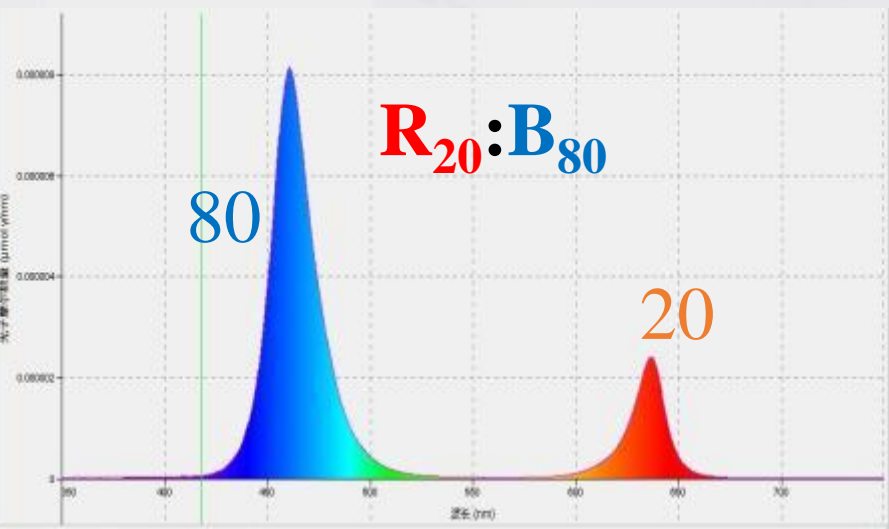
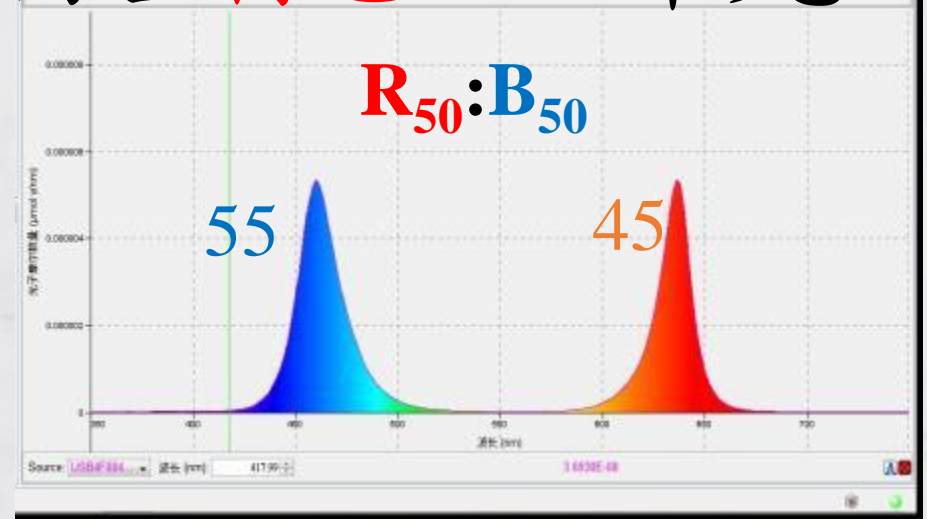
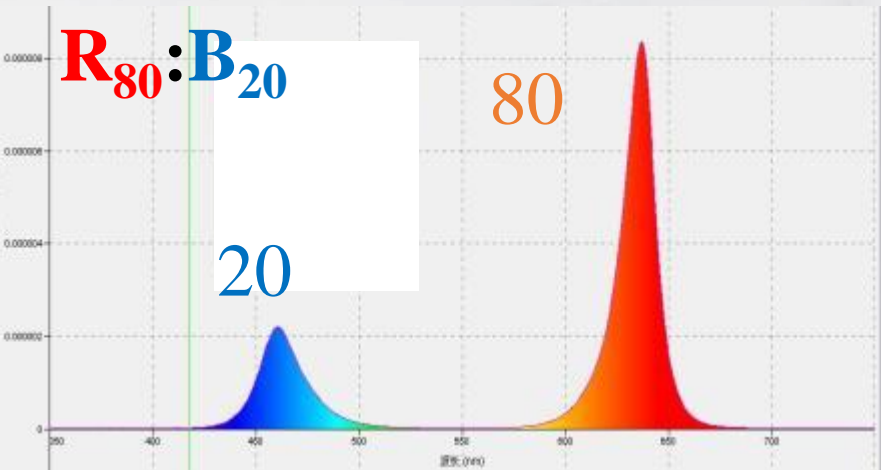


三芝...秋季溫室栽培



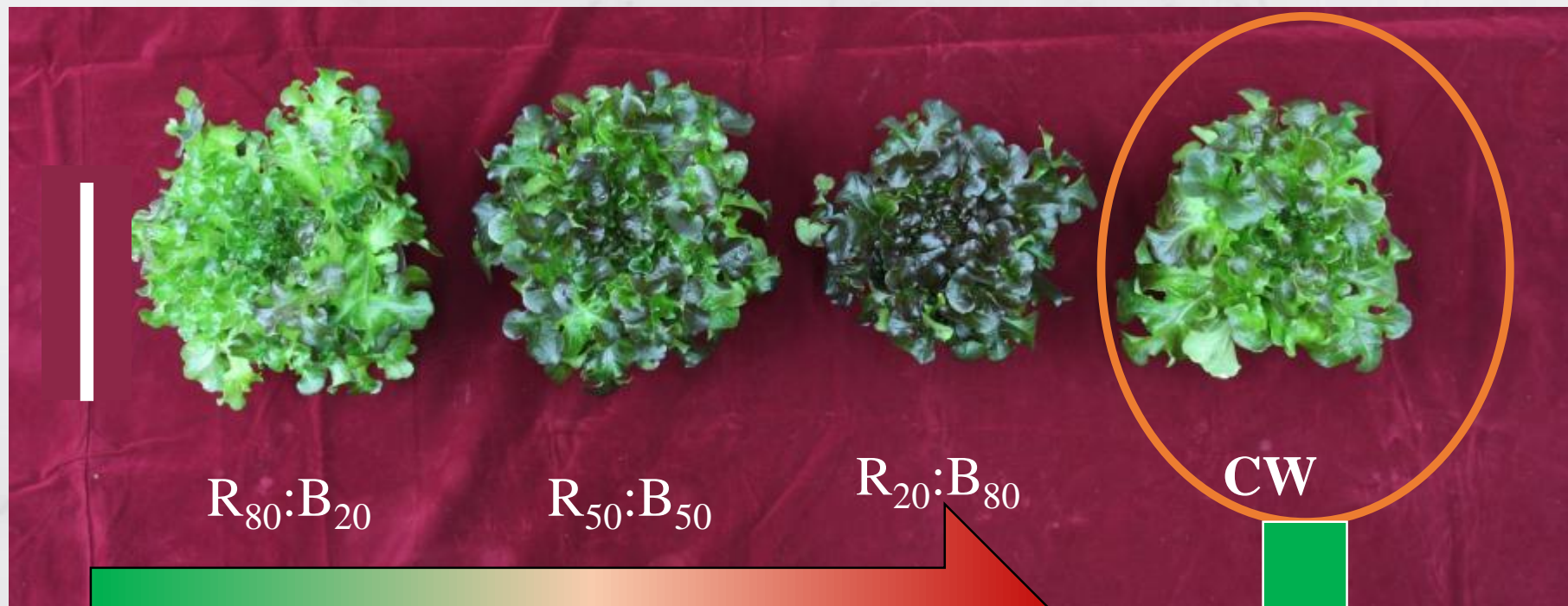
台大植物工廠

紅藍光對紅橡萵苣轉色之研究



150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 16/8 hrs, 25/20 °C, CO₂ 1200 ppm, DAS = 42

不同光質下對紅橡萵苣生長之影響



$R_{80}:B_{20}$

$R_{50}:B_{50}$

$R_{20}:B_{80}$

CW

植株小
轉色不佳

不同光質對紅椗萵苣鮮重、花青素 濃度與花青素含量之影響

處理	鮮重 (g)	AC (mg g ⁻¹)	TAC (mg/plant)	AY (mg m ⁻²)
R ₈₀ :B ₂₀	101.2 a	0.024 b	2.43 a	74.36
R ₅₀ :B ₅₀	78.6 b	0.026 b	2.02 b	61.81
R ₂₀ :B ₈₀	40.5 d	0.046 a	1.86 c	56.91
CW	65.8 c	0.017 c	1.12 d	34.27

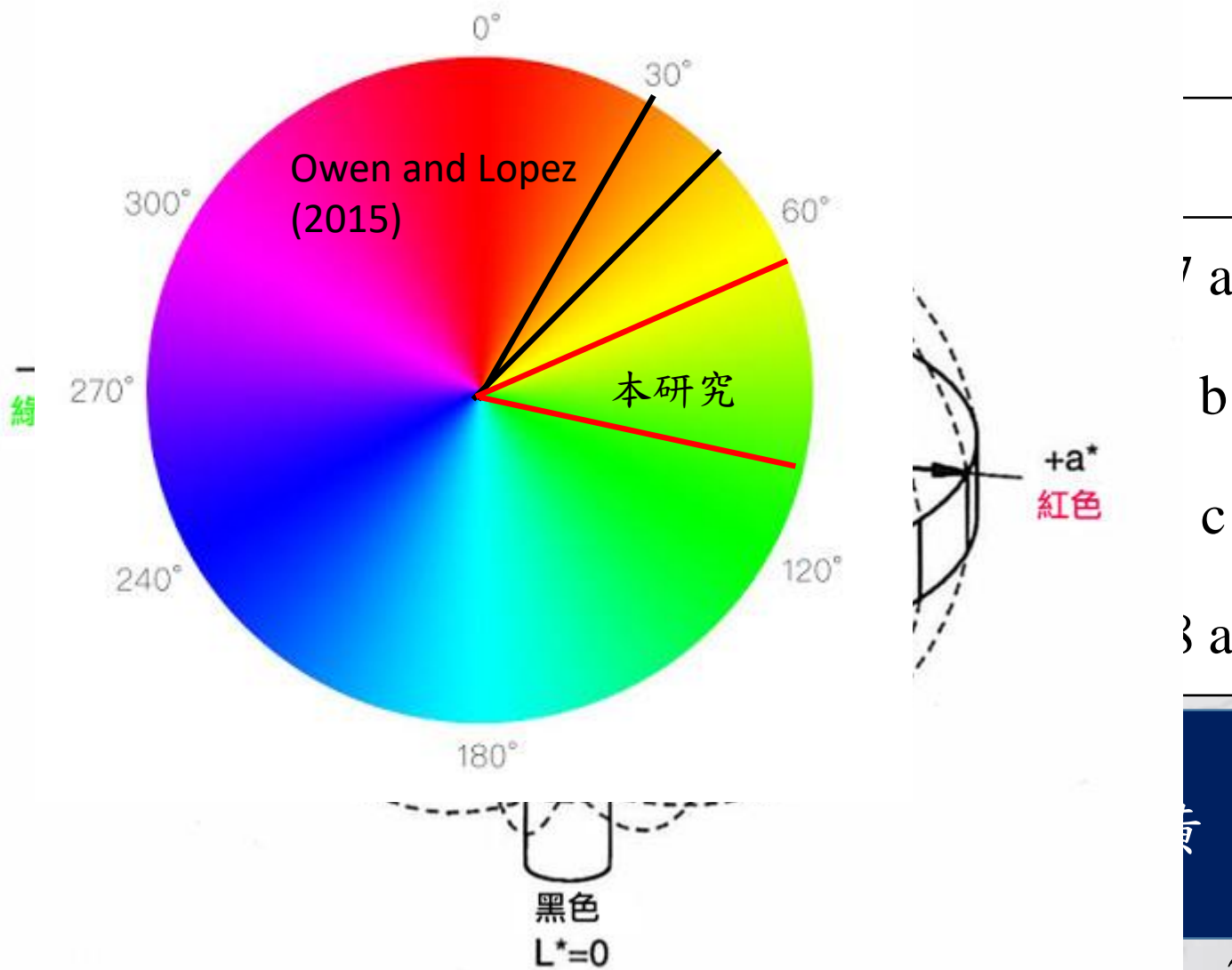
Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (only FW, n=20; others, n=5).

R₅₀:B₅₀ 會提高紅椗萵苣光合色素的含量
CW 各項色素皆是最底的

處理	葉綠素 a (ppm)	葉綠素 b (ppm)	葉綠素 a/b	類胡蘿蔔 素(ppm)	葉黃素 (ppm)
R ₈₀ :B ₂₀	1.17 b	0.34 b	3.49	0.44 b	8.41 b
R ₅₀ :B ₅₀	1.31 a	0.49 a	2.74	0.50 a	11.80 a
R ₂₀ :B ₈₀	1.18 b	0.36 b	3.35	0.45 ab	9.87 ab
CW	1.04 c	0.29 b	3.65	0.38 c	8.37 b

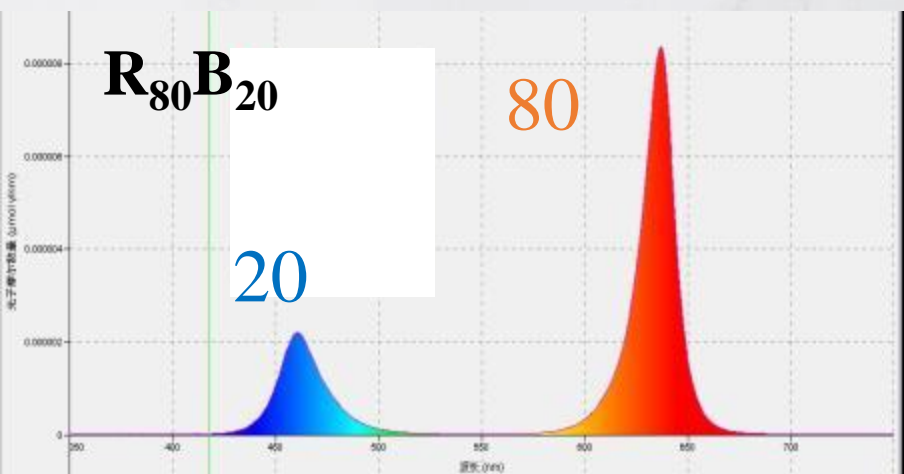
Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

光質對紅椗萵苣葉片色差之影響

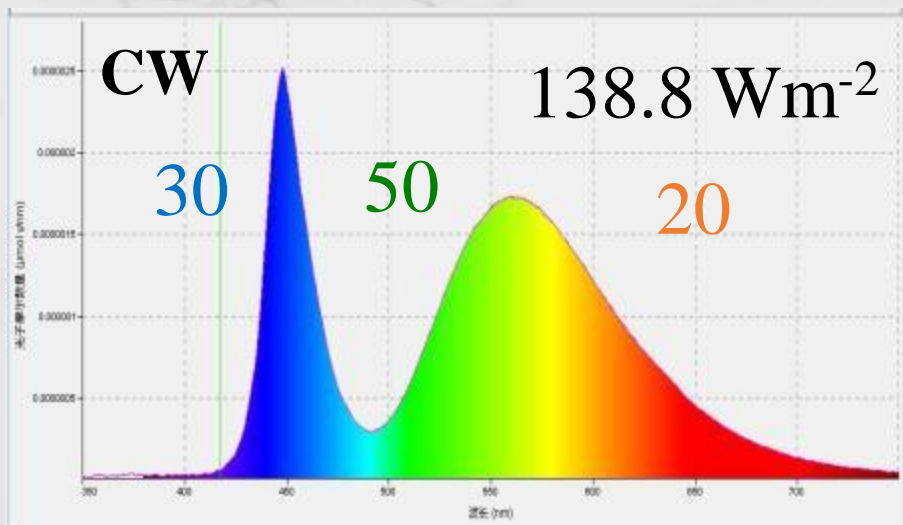
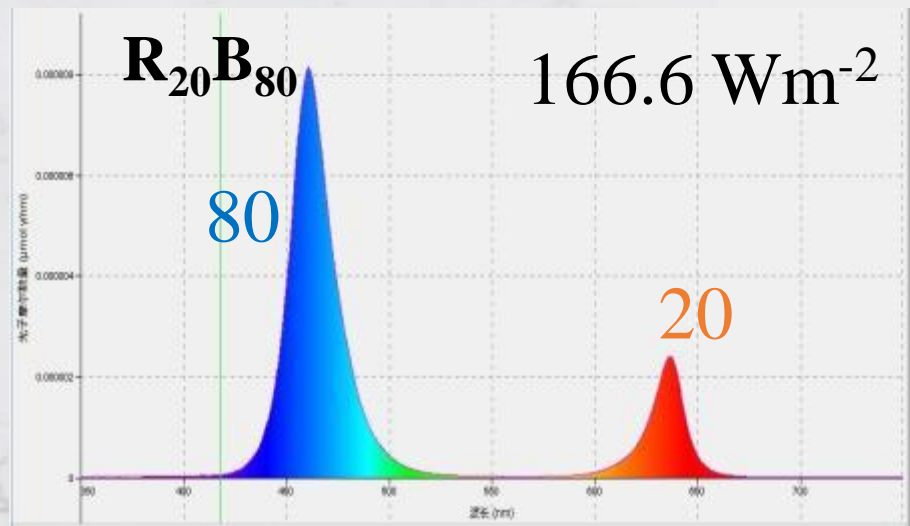


at 5%

不同光譜處理 (皆為 LED 光源)



194.0 Wm⁻²



不同光配方處理與環境參數

處理	播種期 DAS 0-6	育苗期 DAS 7-20	育成期 DAS 21-42		
	1 week	2-3 week	4 week	5 week	6 week
	N1_E1.2_L150_ Pd667_H24_A20	N1_E1.2_L150_ Pd140_H16_A20/18	N1_E1.2_L150_ Pd30_H16_A20/18		
SR6	R ₈₀ :B ₂₀				
SR5SB1	R ₈₀ :B ₂₀				R ₂₀ :B ₈₀
SR4SB2	R ₈₀ :B ₂₀			R ₂₀ :B ₈₀	
SR3SB3	R ₈₀ :B ₂₀		R ₂₀ :B ₈₀		
SB6	R ₂₀ :B ₈₀				
CW (CK)	CW LED (R ₂₀ :G ₅₀ :B ₃₀)				

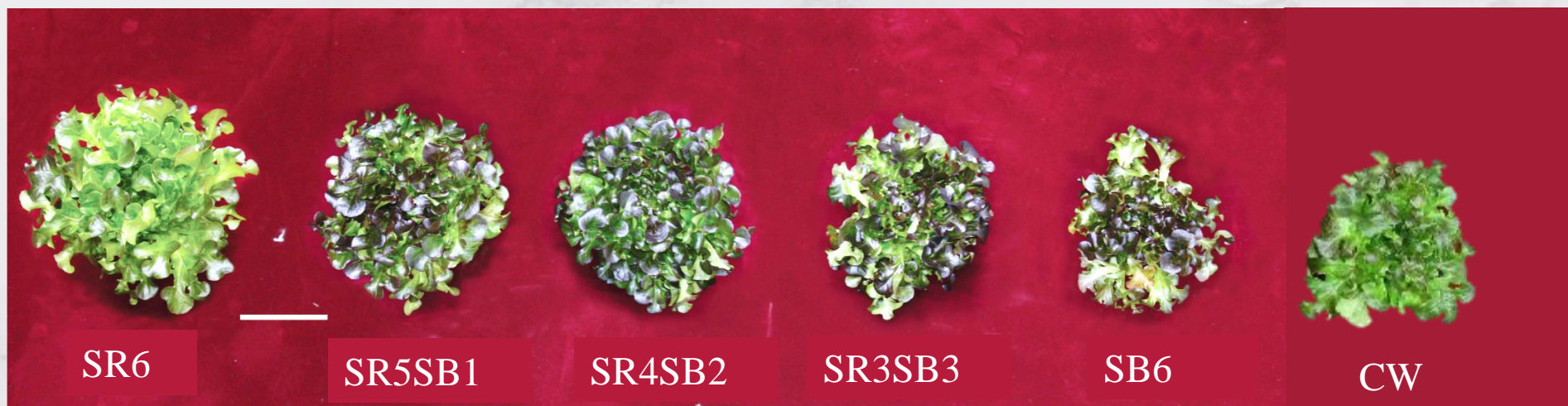
N_x : N 養液配方, N1 : 台大標準配方。E_x : E 養液電導度, x 電導度值, 單位: mS·cm⁻¹。

L_x : L 冷白 LED 燈管, x 光量, 單位: μmol·m⁻²·s⁻¹。H_x : H 開燈時數, x 小時數, 單位: 小時·天⁻¹。

Pd_x : d 栽培密度, x 密度, 單位: plts·m⁻²。

A dT/nT : A 平均空氣溫度, dT/nT 日溫/夜溫, 單位: °C, 二氧化碳含量: 1200 ± 100 ppm

不同光配方對紅橡萵苣生長之影響



Bar=15 cm

不同光配方對紅椗莖鮮重與花青素之影響

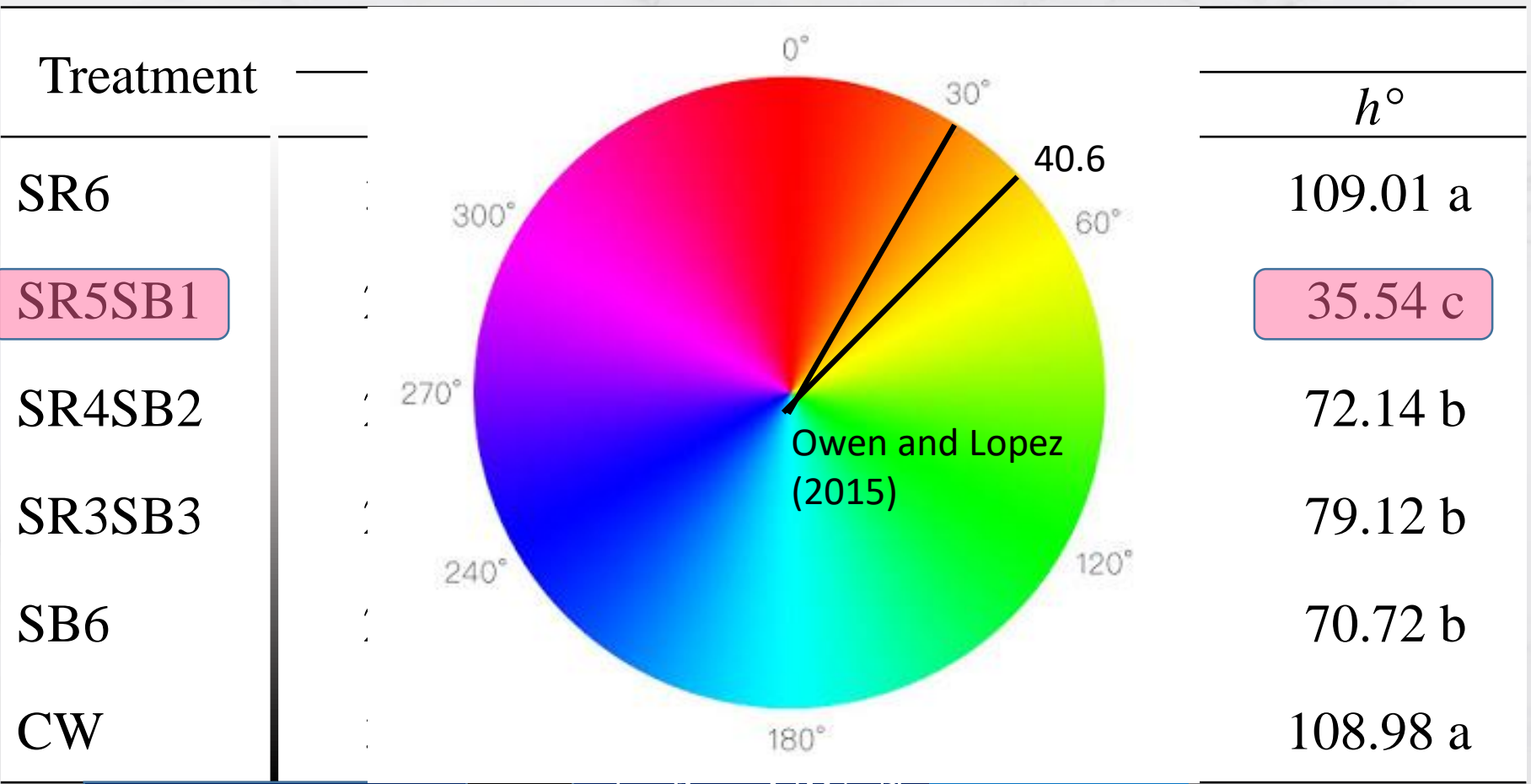
Treatment	FW (g/plant)	Anthocyanin content	
		AC (mg·g ⁻¹)	TAC (mg/plant)
SR6	108.3 a	0.024 c	2.56 b
SR5SB1	87.8 b	0.045 a	3.95 a
SR4SB2	88.7 b	0.038 b	3.34 b
SR3SB3	70.1 c	0.036 ab	2.54 c
SB6	43.2 d	0.045 ab	1.93 d
CW	65.8 c	0.017 d	1.12 e

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

紅光可顯著提高鮮重，藍光可顯著提高花青素含量

SR5SB1 可顯著提高總花青素含量

不同光配方對紅椗萵苣葉片顏色之影響



Me... SR6 & CW 葉片顏色較淡... different... 紅色，CW 最... 綠，紅色隨藍... are significantly different at 5%... CW&SR6 葉片最黃

SR6 & CW 葉片顏色較淡

紅色，CW 最綠，紅色隨藍光比例增加

CW&SR6 葉片最黃

不同光配方對紅橡萵苣量化指標之影響

Treatment	Quantitative indicator				
	EY (g/kWh)	EY _A (mg/kWh)	PY (g·mol ⁻¹)	PY _A (mg·mol ⁻¹)	OPE (mol/kWh)
SR6	43.65 a	1.00 b	15.72 a	0.36 c	2.76 e
SR5SB1	36.63 b	1.63 a	12.73 b	0.57 a	2.88 d
SR4SB2	38.67 b	1.45 b	12.87 b	0.48 b	3.00 c
SR3SB3	31.98 c	1.16 c	10.17 c	0.37 c	3.14 b
SB6	20.20 d	0.90 d	6.27 d	0.28 d	3.22 b
CW	37.13 b	0.63 e	9.55 c	0.16 e	3.88 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by LSD Test. (n=5)

不同光配方對紅椗葛苳綜合效益之評估

Treatment	rEY	rEY _A	rPY	rPY _A
SR6	1.18	1.59	1.65	2.25
SR5SB1	0.99	2.59	1.33	3.56
SR4SB1	1.04	2.30	1.35	3.00
SR3SB3	0.86	1.84	1.06	2.31
SB6	0.54	1.43	0.66	1.75
CW	1.00	1.00	1.00	1.00

SR5SB1 可分別為 2.59 與 3.56 倍

花青素電力產能與花青素光子產能 (與 CW 相比)

CW 雖然有最佳的 OPE 但從生產花青素的角度來看是最差

講了這麼多，來算算帳！！！！



JPFA Research Committee on

Productivity Improvement of Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL)

Resource consumption and production cost/kg of leaf lettuce by components in selected PFALs in Japan

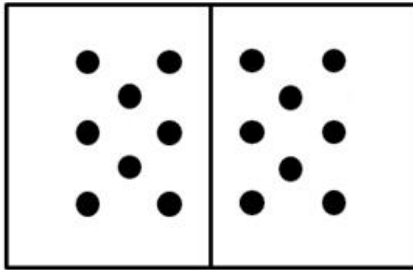
Resources applied	Resource productivity	Cost (US\$/kg)
Electric energy	0.11 – 0.14 kg/kWh	1.09 - 1.28
Labor hours	7.7 – 10.0 kg/h	1.18 - 1.63
Cultivation area (per day)	0.25 – 0.33 kg/m ² /d	1.28 - 1.72
Other resources	-----	1.00 - 1.36
Total cost (US\$/kg)		4.55 - 5.99

Source: Kozai. T., Uraisami. K., Kai. K., Hayashi. E. (2019) Some Thoughts on Productivity Indexes of Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL) (in press)

量化指標



電力產能 (Energy Yield, EY)



● 栽培點



- 栽培面積
- 栽培密度

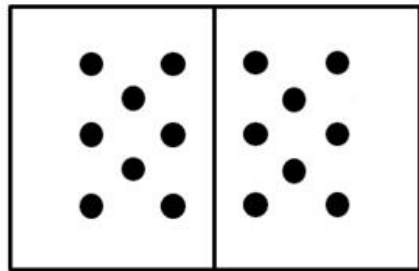
- 單位面積下燈管總消耗功率 PCA (W m^{-2})
 - 單支燈管消耗功率 \times 單位面積下人工光源數量
 - 每日單位面積之燈管消耗功率 DPI ($\text{kWh d}^{-1} \text{m}^{-2}$)
 - PCA \times 光照時數 / 1000
 - 單株植物在不同栽培階段之總累積度數 TPI (kWh/plant)
 - DPI \times 栽培天數 / 植株栽培密度
- OTPI = TPI (播種期) + TPI (育苗期) + TPI (育成期)**

$$\text{EY (g/kWh)} = \text{單株鮮重 FW (g/plant)} / \text{OTPI (kWh/plant)}$$

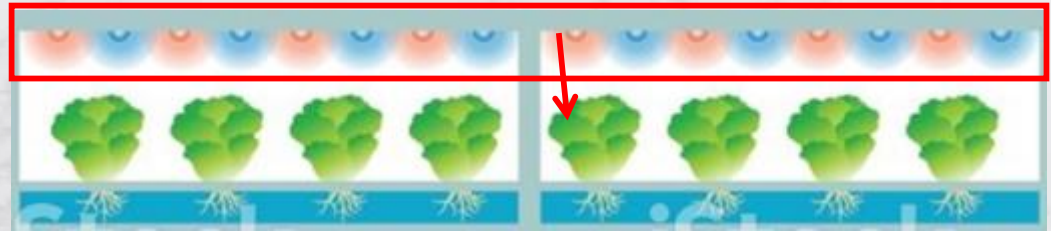
$$\text{EY}_A \text{ (mg/kWh)} = \text{單株花青素含量 (mg/plant)} / \text{OTPI (kWh/plant)}$$

$$\text{EY}_D \text{ (mg/kWh)} = \text{單株抗氧化力 (Vit.E_mg/plant)} / \text{OTPI (kWh/plant)}$$

光子產能 (Photon Yield, PY)



● 栽培點



- 栽培面積
- 栽培密度

- 日累積光量 DLI ($\text{mol day}^{-1} \text{m}^{-2}$)
 - PPFD (400-700 nm, PAR)
- 單株植物在不同栽培階段之總累積光量 TLI (mol/plant)
 - $\text{DLI} \times \text{栽培天數} / \text{植株栽培密度}$

$$\text{OTLI} = \text{TLI (播種期)} + \text{TLI (育苗期)} + \text{TLI (育成期)}$$

$$\text{PY}(\text{gmol}^{-1}) = \text{單株鮮重 FW (g)} / \text{OTLI (mol/plant)}$$

$$\text{PY}_A(\text{mgmol}^{-1}) = \text{單株花青素含量 (mg/plant)} / \text{OTLI (mol/plant)}$$

$$\text{PY}_D(\text{mgmol}^{-1}) = \text{單株抗氧化力 (Vit.E_mg/plant)} / \text{OTPI (kWh/plant)}$$

量化指標延伸

Overall Photon Efficiency

栽培全

蔬菜	價格 (元/g)	參考
紫甘藍芽	0.9	綠藤生機
青花菜芽	0.9	
蘿蔔嬰	0.3	
萵苣類	1.0	庭茂
金線連	15.0	
芝麻葉	7.2	
機能性萵苣 (低鉀、高花青素)	2.0	日本富士通
萵苣有機水耕	1.3	

OPE

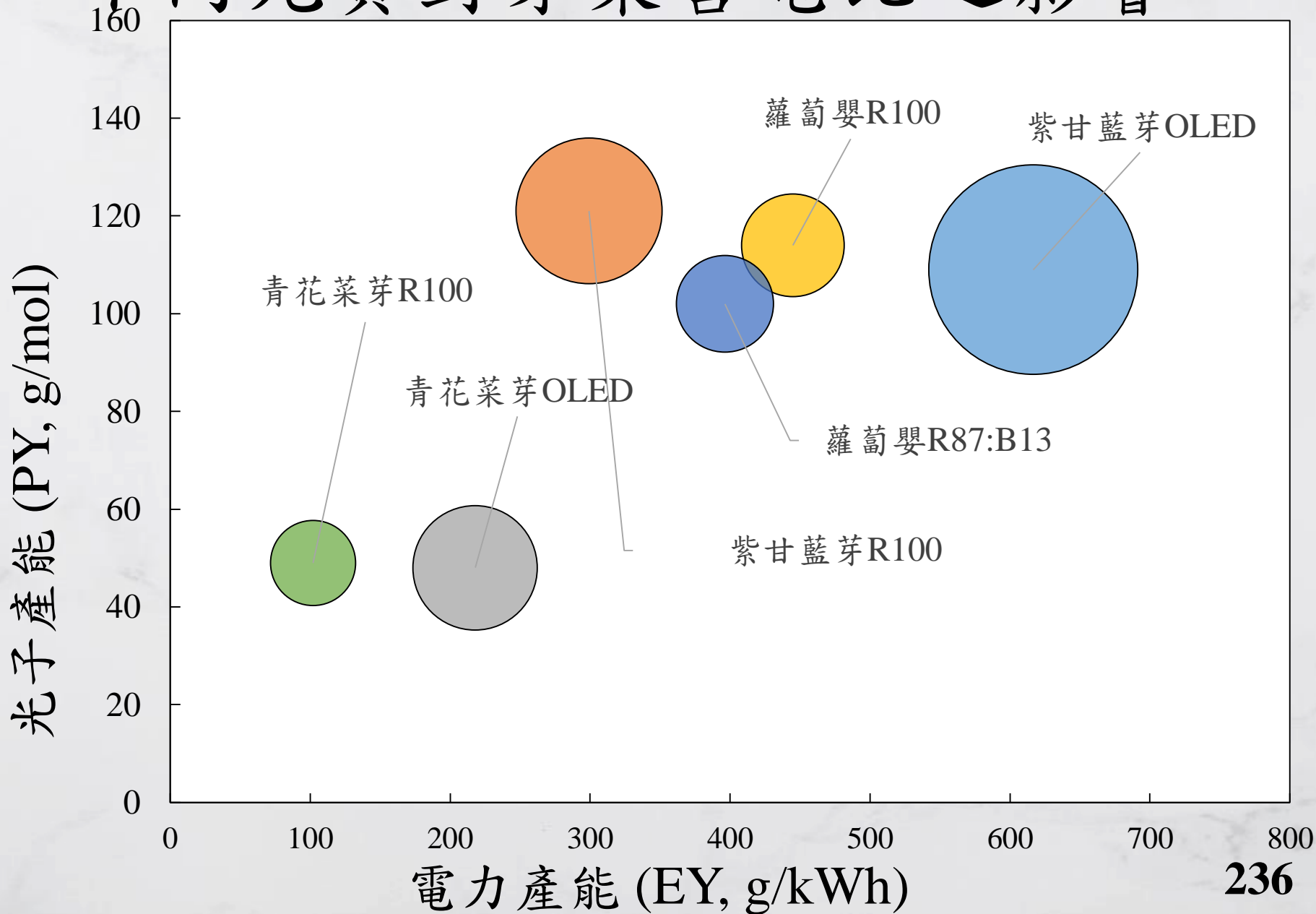
(元/g/Wh)

EY

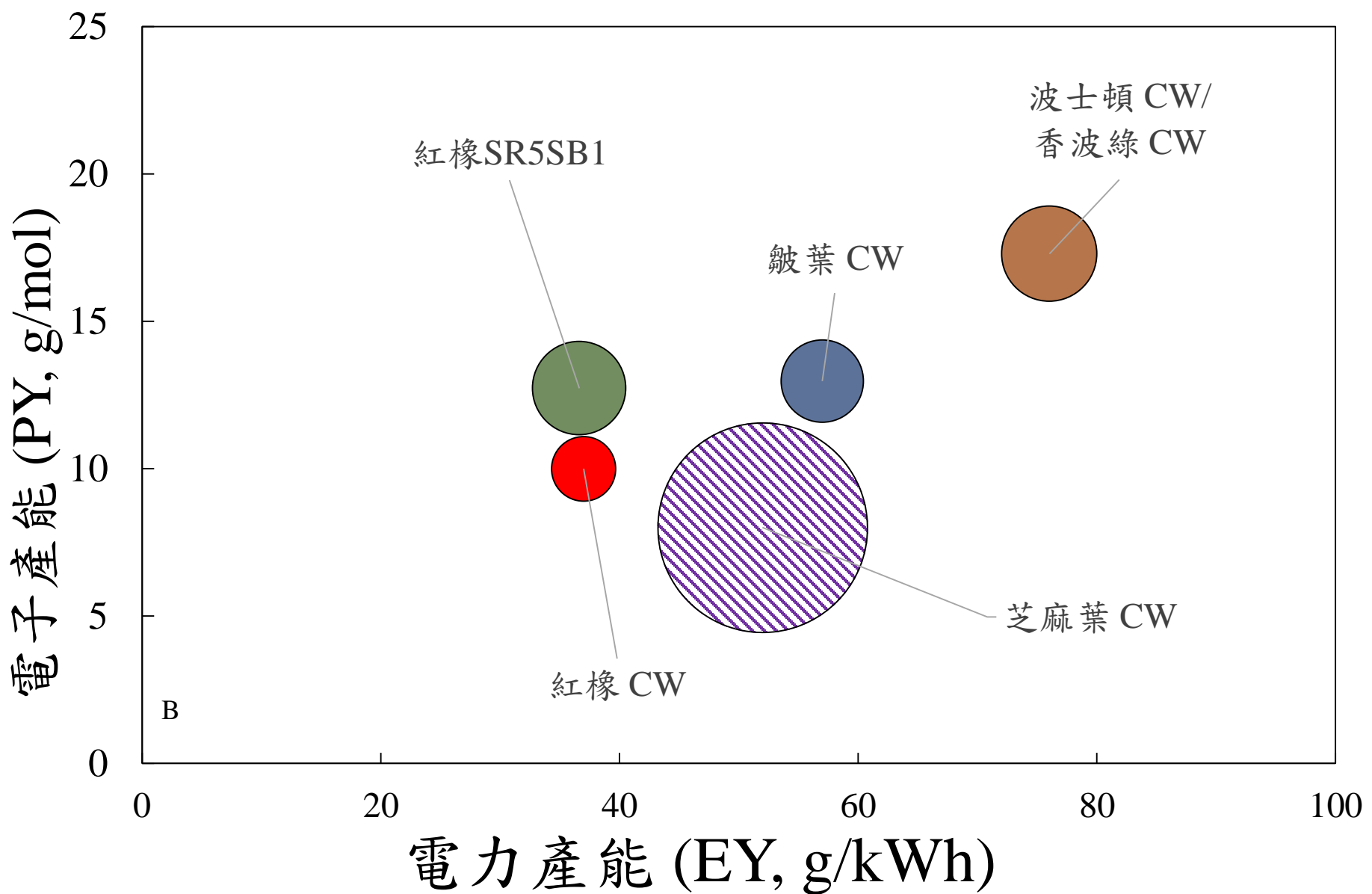
(g/kWh)

(5.5元/kWh)

不同光質對芽菜營電比之影響



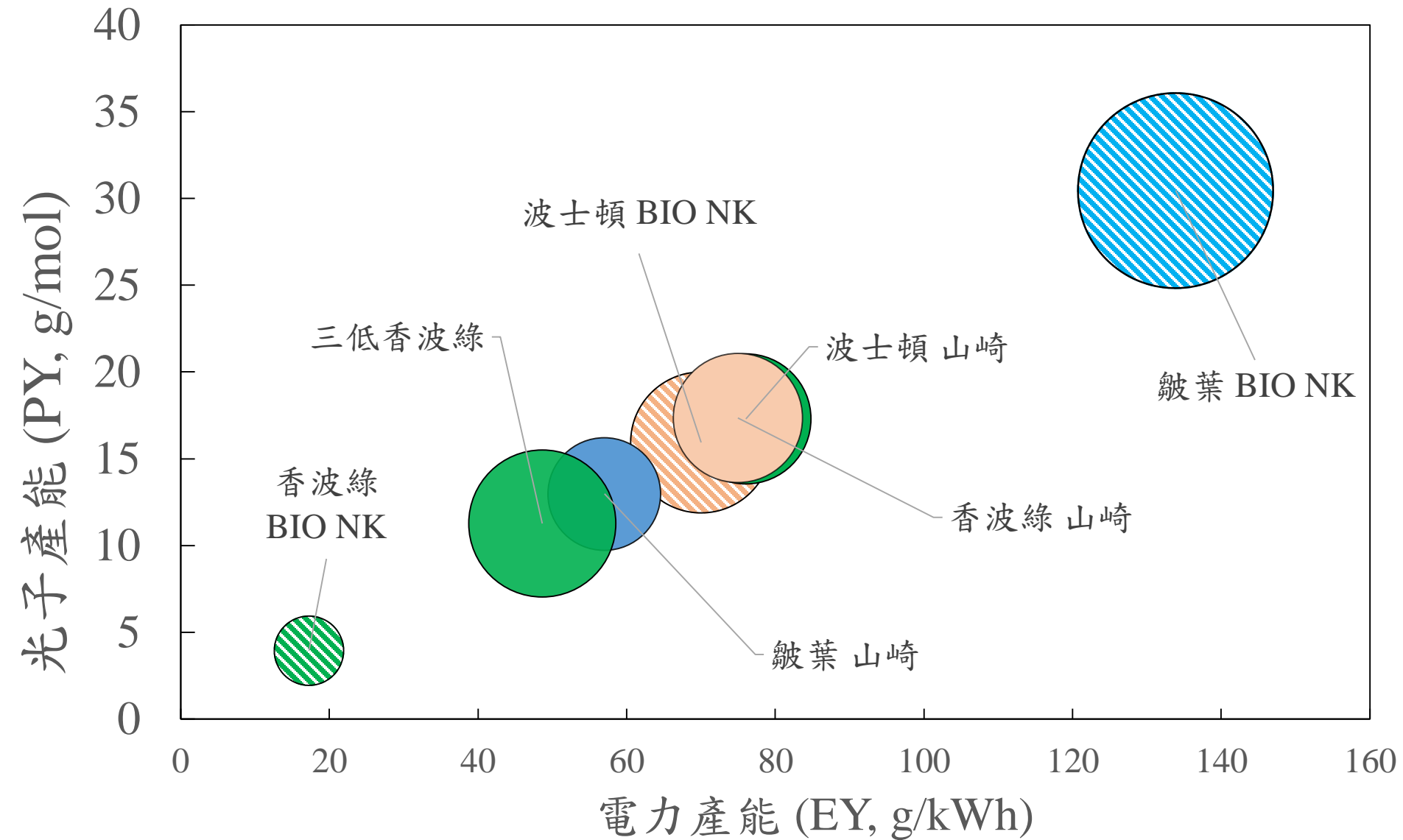
不同光質對機能性作物營電比之影響



不同光源對機能性作物營電比之影響

蔬菜	人工光		EY (g/kWh)	PY (g/mol)	營電比	相對營電比
	光質	PCA (W·m ⁻²)				
紫甘藍芽	OLED	15.8	617	109	231	7.3
紫甘藍芽	R ₁₀₀	35.8	299	121	112	3.5
蘿蔔嬰	R ₁₀₀	72.7	445	114	56	1.8
蘿蔔嬰	R ₈₇ :B ₁₃	71.5	396	102	50	1.6
青花菜芽	R ₁₀₀	70.6	102	49	38	1.2
青花菜芽	OLED	31.8	218	48	82	2.6
芝麻葉	CW	218.18	21	9	63	2.0
香波綠萵苣	CW	185.14	75	17	32	1.0
紅橡萵苣	CW	185.14	37	10	15	0.5
皺葉萵苣	CW	185.14	57	13	24	0.8
紅橡萵苣	SR5SB1	126.39	37	13	31	1.0
波士頓萵苣	CW	185.14	76	17	32	1.0

不同養液對機能性作物營電比之影響



不同養液對機能性作物營電比之影響

萵苣	養液	EY (g/kWh)	PY (g/mol)	營電比	相對營電比
皺葉	BIO NK	134	30	50	2.3
皺葉	山崎	57	13	16	0.7
波士頓	BIO NK	70	16	26	1.2
波士頓	山崎	76	17	22	1.0
香波綠	BIO NK	17	4	6	0.3
香波綠	山崎	75	17	21	1.0
香波綠	低鉀配方	49	11	28	1.3

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

Lighting-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

