

2011 台灣植物工廠產業技術研討會



Toward Ubiquitous Plant Factory in Taiwan

Wei FANG, Ph.D., Professor
Dept. of Bio-Industrial Mechatronics Engineering
Director
Education and Research Center for Bio-Industrial Automation
National Taiwan University

2011/04/13 主辦單位：工業研究院

Outline

- What is (Ubiquitous) Plant Factory ?
- Plant Factory (PF) in the newspaper and responses from the Web
- Semi-closed type PF for **leafy greens** in TAIWAN
- Closed type PF **for various crops** in TAIWAN
- PF related researches presented by NTU_BIME team in recent 2 years.

What is Plant Factory ?

- A factory that grows plants in a (periodic) steady state manner.
- Steady state ?
 - Fixed quality. Fixed quantity.
 - Fixed time to harvest.
 - Fixed cost. Fixed price.
- Production risk can be minimized through the implementation of technologies.

What is Plant Factory ?

An **eco-friendly**

An **environmental controlled**

A **steady state**

A **high efficient**

Quality guaranteed

Safety guaranteed

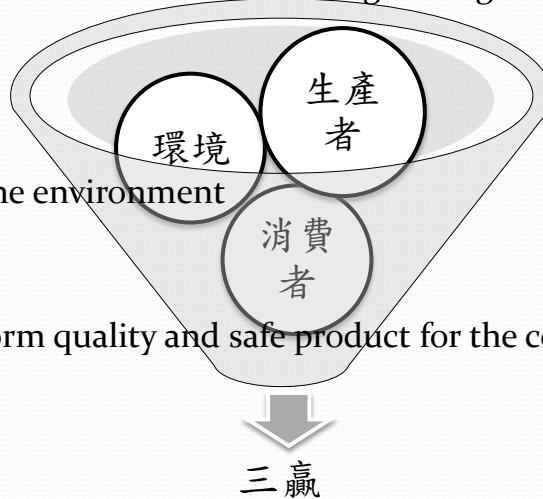
**PLANT
PRODUCTION
SYSTEM**

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

植物生產系統

Plant Factory is a win³ System

A breakthrough for grower



A friend for the environment

A more uniform quality and safe product for the consumer

1 high, 2 none and 3 low features of Plant factory products

High nutritional value

No pesticide, heavy metals

Low nitrate, bacteria counts, wastes

植物工廠產品的特徵：一高兩無三低

高營養

無農藥、無重金屬

低硝酸鹽、低生菌數、低損耗

5 fixed features of plant factory

- Time to harvest can be fixed
- Quality of product can be fixed
- Quantity of product can be fixed
- Cost of production can be fixed
- Price of product can be fixed

植物工廠可確保的五不變

產期不變
品質不變
產能不變
成本不變
價格不變

Plant factory brings 6 changes

Traditional
Agriculture

Open
Field
Agri.

Outdoor → Indoor
Horizontal → Vertical
Heavy → Easy
Dirty → Clean
Part time → All time
Uncertain → Stable

Controlled
Environment
Agriculture

植物工廠帶來六種變化

室外變室內
平面變立體
工作變輕鬆
環境變舒適
務農變上班
收穫變穩定

植物工廠帶來七種變化

傳統
農業

室外變室內

農場變工廠

平面變立體

工作變輕鬆

環境變舒適

務農變上班

收穫變穩定

科技
農業

Eight no-fear of Plant factory

No fear of heavy rain

No fear of strong wind

No fear of bacteria

No fear of bug

No fear of low light

No fear of strong light

No fear of extreme humidity

No fear of extreme temperature

植物工廠八不怕

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

What is Ubiquitous Plant Factory ?

- Ubiquitous computing
- Ubiquitous: everywhere, anytime, ...
- Ubiquitous Plant Factory:
 - Everywhere
 - Many forms
 - Different sizes
 - Different functions
 - Different purposes

投稿媒體 on 2010/01/06

Printed in China Times, TAIWAN, entitled "Plant factory is the key industry in the development of protected agriculture in new Century".

本文刊載於 2010/1/6 中國時報時報廣場

植物工廠是新世紀發展精緻農業具前瞻性的關鍵產業

方焯 台灣大學生物產業機電工程學系教授

中國時報一月二日社論“景氣燈號所未呈現的更值得關注”期勉財經單位的思考絕不能自閉於現有產業之間的補償與輔導，而要著眼於未來。若要在未來保持產業優勢，必須要現在就發展新的關鍵產業。針對政府在半年前推出六大產業方案中的精緻農業，筆者認為台灣應該大力推動植物工廠，它是未來的關鍵產業。

2010/1/6 中國時報 刊出 投稿文章

[貪婪的智慧- 植物工廠是新世紀的關鍵產業](#) 🔍

2010/1/8

2010年1月8日 ... [植物工廠是新世紀的關鍵產業](#). 1404_garden_1280x1024.jpg picture by oolong1001 [植物工廠是新世紀的關鍵產業](#) 2010-01-06 中國時報【方煒】 ...
www.wretch.cc/blog/oolong1001/5571830 - 頁庫存檔

2010/1/28

[看到方煒教授的文章「植物工廠是新世紀的關鍵產業」- 日誌- chientai ...](#) 🔍

看到方煒教授的文章「[植物工廠是新世紀的關鍵產業](#)」。標籤: 土地倫理 2010-01-28 17: 04. 看了謝教授的這篇「[植物工廠是新世紀的關鍵產業](#)」, 我不知道他在開玩笑或是瘋 ...
cl.itri.org.tw/cp25/home/space.php?uid=2&do... - 頁庫存檔 - 類似內容

2010/3/29

[鴻海要蓋LED植物工廠 光電大未來- 光電產業新聞整理](#) 🔍

2010年3月29日 ... 台大農學院教授方煒表示, [植物工廠](#)內的蔬菜、水果及其他作物, 生產線 ... 位於台南科學園區的[新世紀光電](#)公司是LED及雷射二極體 (LD) 廠商, 對[植物工廠](#) ...
wp168.wordpress.com/2010/03/29/鴻海-要蓋led植物工廠/ - 頁庫存檔

2010/11/8

[賺農高科技業翹楚 植物工廠- 倩影 ... 新聞停看聽- udn部落格](#) 🔍

2010年11月8日 ... 另一個LED燈具供應商[新世紀光電](#), 則租下宜蘭一處廢棄工廠改裝為植物 ... 機電工程學系教授方煒分析, 台灣積極發展的「完全人工光利用型」[植物工廠](#), 已 ...
blog.udn.com/tracyhng2388/4578744 - 頁庫存檔

2011/3/1

[強力買進 植物工廠概念股](#) 🔍

1篇文章 - 最新文章: 3月1日
台大生物產業機電工程學系教授方煒說明, 日本已成功用[植物工廠](#)種植出基因轉 ... 積極投入發展植物工廠領域, 目前已投入的科技大廠如鴻海、億光、[新世紀](#) ...
estock.marbo.com.tw/asp/board/v_subject.asp?BoardID=1... - 頁庫存檔

13

已在媒體披露的科技產業的植物工廠計畫

- **億光電子**在土城設置小型植物工廠, 並在苗栗廠蓋新植物工廠。(EverLight)
- **新世紀光電**在宜蘭設置植物工廠 (**Genesis Photonics**)
- **英業達**集團葉董事長投資的**皇基**公司於彰化溪洲新建**蝴蝶蘭**研發中心。(Royal base group)
- **頂新**旗下的**頂品**公司以植物工廠產**洋桔梗**。(Ting-Hsing International group)
- **台電**林口廠**微藻**工廠試營運, 吸附二氧化碳, 並利用副產品做成面膜、DHA等健康食品。(Taiwan Power)
- **鴻海**投資**台大** 3, 1.5 億 (Foxconn group) - still in the cloud
- **台大**

14

台塑、鴻海種菜搶錢，拚「綠金」副業 高科技廠房 改種抗憂鬱的草莓

LED取代陽光，水與肥料可再利用，這種「植物工廠」，不僅中、日著迷，台灣科技大廠也躍躍欲試。

文/呂國朝



台大農機院教授方維(右)為主的團隊，在台大校園中打造了台灣第一個大規模生產的植物工廠。

穿上無塵衣、空氣除塵，再用電解水消毒雙手，走進潔淨室的生產線，竟不是要生產食品或是光碟產品，而是要去種青菜，這是台灣第一座垂直型植物工廠。

這座工廠就位於台大農學院的頂樓，密封的空間，將生命所需要的水、空氣跟陽光全部都跟早上供應。植物要的陽物也成了LED燈，就連電力來源也改成了太陽能電力發電。

怎麼會想蓋工廠來種菜？其實，目前正在高價的植物工廠，不只是台大，進洞洞、英萊

怎麼會想蓋工廠來種菜？其實，目前正在高價的植物工廠，不只是台大，進洞洞、英萊

2011/4/7 商業週刊 1220 期

遙、康師傅、慈光以及工研院等都在發展植物工廠，甚至連台灣集體的六輕也正在研究蓋植物工廠來生產蔬菜。

不只是這些企業，國際上，日本投入超過新台幣百億元，中國更早在第一個五年規畫中就開始發展植物工廠。

怎麼大企業、中國、日本都想發展植物工廠，用昂貴的高科技工廠，來生產呢，我生活中可能相當便宜的蔬菜，植物工廠的商機到底在哪裡？

商機一：附加價值高
高機一，植物工廠成本雖然昂貴，卻可以生產出附加價值

的植物，甚至將植物變成疫苗，讓疫苗更穩定於是吃抗

憂鬱的藥，植物的基因改造，雖然不是什麼新科技，但因為植物工廠的特性，讓基因改造出現更多的應用。

原來是植物工廠與外界完全隔離，可以過濾外來病菌、病菌、不良菌子的進入，避免植物種產生出毒素，也可以確保跟外界隔離，避免基因改造植物影響到外來的植物。

於是，日本已經發展出用植物工廠種出基因轉轉水餃，雲林縣農業處長政璋說，這種水餃還不是「一般的水餃，而是藥用水餃，用水餃栽培生產出疫苗，例如施打感冒疫苗。

台大生物產業機電工程系教授方維說，「吃下十粒米等於打打一針，這就變成是打疫

苗，草蓆植人抗憂鬱的基因，吃草蓆還可以憂鬱症，但目前為止，這些作物都還在臨床實驗階段，種出來的作物不能給動物吃的。

只是，這種植物工廠種出來的水餃，因為需求量大，所以耗電成本比種蔬菜還要高，電費高達五到十倍以上，每平方公尺高達三百美元，但種出來的產品可以賣一千美元。除了基因改造之外，日本還在植物工廠種出補腦藥，不用大量農藥，肥料

商機二：逆季節生產
商機二，逆季節生產，夏天也能種出冬季蔬菜，以雲林

地栽種出冬季蔬菜，以雲林

不僅可以滿足日本的需求，還可以外銷到日本去。但是因為天氣關係，產季只限於冬天，其他時間氣候炎熱，無法大量種植。

夏天無法大量種植只能靠進口，於是商機就來了，走進台大的植物工廠，種植的就是可當生食食用的葉菜類，它的

電力來源是太陽能，水跟肥料是不斷循環再生的，一年四季都可生產自己想要的蔬菜。

所以植物工廠在中國、台灣不怕夏天的暴雨或颱風，甚至連北極或沙漠都能蓋植物工廠。

方維說，加上興建植物工廠的成本比水電等費用，栽種出來的一百公克生菜成本不到新台幣二十元，雖不便宜，但植物工廠不用農藥、肥料也是百分之百吸收，也沒有細菌等問題，也沒有有機生藥，因為氣肥發的菌體問題，可以不用水洗直接食用，食品安全等級更高。

商機三：節能又省錢
所以日本，最大的產業工廠

一週可以生產六十株的生菜，等於是一年生產二百六十噸，一百公克成本八十到一百日圓，平均售價在兩百日圓，售價還高於成本，再加上日本政府補貼一半的費用，所以商業化的植物工廠

廠三年就可以收回。

植物工廠能夠賺錢，第三個商機是，植物工廠城市化，就地生產可以即時採收。

日本的植物工廠就在山谷、在園區的商業大樓之中就地生產，甚至還有自己開發的賣工廠種的蔬菜，植物工廠業者就是城市蔬菜工廠，就地生產比進口便宜，省了運輸成本，還能減少二氧化碳的排放。

但也有學者提出不同的意見，中興大學生物產業機電工程系教授陳加忠說，二十年前，水耕蔬菜也在台灣農業界

很紅，但如今整個台灣看不到一家水耕蔬菜的農場，全副閉型植物工廠，也可能成為下一個水耕蔬菜。

陳加忠說，第一是成本過高，農民負擔不起，第二是植物演化已習慣自然陽光，不會適應LED光源，目前還是個開關，發展植物工廠主要是方維說，發展植物工廠主要是農企，而不是一般農民，目前也尚未全部使用LED燈，還在實驗LED的各種光譜。

但大量使用LED燈，LED、太陽能，吸引了高科技業者

的眼光，方維說，日本已經將植物工廠商品化，把貨櫃改裝成植物工廠，外銷到沙地阿拉伯等地。

這就是海海、英萊運送科技業者看不上植物工廠的原因。

因為除了植物工廠之外，其餘都是海海等科技業者強項，所以一個個都想進入植物工廠領域，呂政璋也說，跟台塑研究，把水轉化成液態二氧化碳，引導到植物工廠給植物用，這套工廠種青菜的熱

滿，正在台灣各地與各產業蔓延開來。

電力來源是太陽能，水跟肥料是不斷循環再生的，一年四季都可生產自己想要的蔬菜。

所以植物工廠在中國、台灣不怕夏天的暴雨或颱風，甚至連北極或沙漠都能蓋植物工廠。

方維說，加上興建植物工廠的成本比水電等費用，栽種出來的一百公克生菜成本不到新台幣二十元，雖不便宜，但植物工廠不用農藥、肥料

也是百分之百吸收，也沒有細菌等問題，也沒有有機生藥，因為氣肥發的菌體問題，可以不用水洗直接食用，食品安全等級更高。

商機三：節能又省錢
所以日本，最大的產業工廠

一週可以生產六十株的生菜，等於是一年生產二百六十噸，一百公克成本八十到一百日圓，平均售價在兩百日圓，售價還高於成本，再加上日本政府補貼一半的費用，所以商業化的植物工廠

廠三年就可以收回。

植物工廠能夠賺錢，第三個商機是，植物工廠城市化，就地生產可以即時採收。

日本的植物工廠就在山谷、在園區的商業大樓之中就地生產，甚至還有自己開發的賣工廠種的蔬菜，植物工廠業者就是城市蔬菜工廠，就地生產比進口便宜，省了運輸成本，還能減少二氧化碳的排放。

但也有學者提出不同的意見，中興大學生物產業機電工程系教授陳加忠說，二十年前，水耕蔬菜也在台灣農業界

很紅，但如今整個台灣看不到一家水耕蔬菜的農場，全副閉型植物工廠，也可能成為下一個水耕蔬菜。

陳加忠說，第一是成本過高，農民負擔不起，第二是植物演化已習慣自然陽光，不會適應LED光源，目前還是個開關，發展植物工廠主要是方維說，發展植物工廠主要是農企，而不是一般農民，目前也尚未全部使用LED燈，還在實驗LED的各種光譜。

但大量使用LED燈，LED、太陽能，吸引了高科技業者

的眼光，方維說，日本已經將植物工廠商品化，把貨櫃改裝成植物工廠，外銷到沙地阿拉伯等地。

這就是海海、英萊運送科技業者看不上植物工廠的原因。

因為除了植物工廠之外，其餘都是海海等科技業者強項，所以一個個都想進入植物工廠領域，呂政璋也說，跟台塑研究，把水轉化成液態二氧化碳，引導到植物工廠給植物用，這套工廠種青菜的熱

滿，正在台灣各地與各產業蔓延開來。



使用人造光再加上完全密封的潔淨空間，蔬菜變成可以在工廠內生產與控制的產品。

HOME PAGE TODAY'S PAPER VIDEO MOST POPULAR TIMES TOPICS

The New York Times **Europe**

Future Farm: A Sunless, Rainless Room Indoors ARTS OPINION

By THE ASSOCIATED PRESS
Published: April 11, 2011 at 9:07 AM ET

DEN BOSCH, Netherlands (AP) — Farming is moving indoors, where the sun never shines, where rainfall is irrelevant and where the climate is always right.

2011/4/11
NY Times



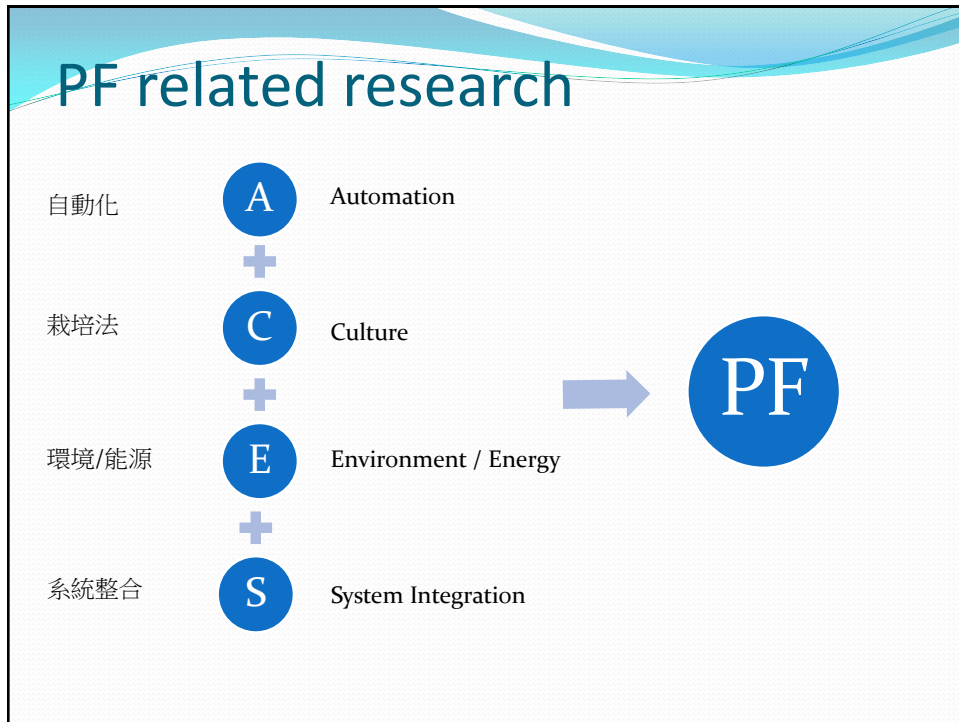
Gertjan Meeuws of PlantLab, a private research company, smiles during an interview with The Associated Press in a lab where he is growing herbs and vegetables under LED lights in Den Bosch, central Netherlands, Thursday, March 24, 2011. Farming is moving indoors, where the sun never shines, where rainfall is irrelevant and where the climate is always right. The perfect crop field could be inside a windowless building with meticulously controlled light, temperature, humidity, air quality and nutrition. It could be in a New York high-rise, a Siberian bunker, or a sprawling complex in the Saudi desert. (AP Photo/Arthur Max)

Farming is moving indoors, where the sun never shines, where rainfall is irrelevant and where the climate is always right.

PF related researches by NTU_BIME team

台大生機系研究團隊 (NTU_BIME)

- 台灣大學植物工廠先導研究 1993~
 - 精密溫室(GH)與植物工廠(PF)可行性研究 1993
 - 蝴蝶蘭小苗(Young plant)量產植物工廠(PF)之建立 1998
 - 蝴蝶蘭組織培養苗(TC plantlets)量產植物工廠(PF)之建立 2000
 - 番茄種苗(Tomato Seedling)量產植物工廠(PF)之建立 2003
 - 2010 COA PF project
 - 2010 NSC PF project
 - 2010 NTU PF project
- Total budget is about 1/2500 of China's budget in PF
- 螢光燈管 與LED 在農業應用 1996~
 - 熱泵(Heat Pump)在農業應用 1998~
 - 無隔膜電解水 (Electrolysis Water) 在農業應用 2004~
 - Web-based wireless monitoring and control 2007~



台灣的半密閉式葉菜栽培植物工廠
Semi-closed type Plant Factory for
leafy greens in Taiwan
(mostly, no supplemental light)

宜蘭康泉公司 (2004) -人工光源型 & 太陽光型



21



Not able to grow in the Summer.

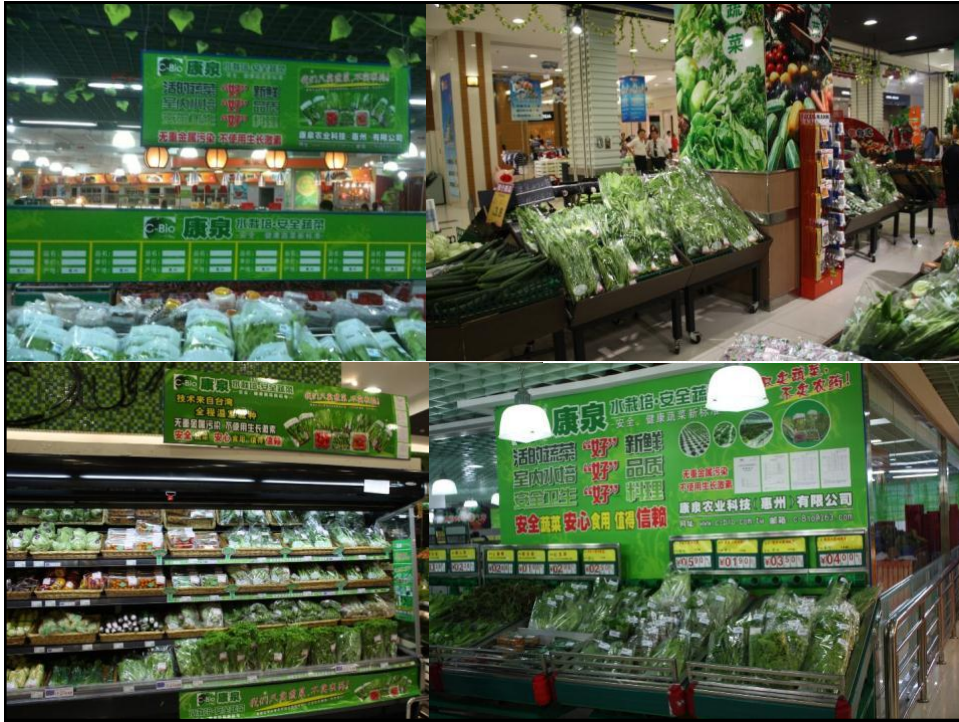


Move to 浙江 China in 2005.



All gone due to heavy snow in 2007





台南農業改良場 銀芽與綠豆芽量產工廠
 Silver sprout and bean sprout production by
 Tainan Agri. Improvement Station



Grow indoor in totally dark condition



Transfer to Greenhouse automatically



Harvest: Silver sprout



Harvest: Bean sprout



Pea sprout production by Taiwan Sugar Company



Germination room



In Greenhouse



In Greenhouse



after harvest

Pea sprout production by 富源 company



紅姑娘農業科技 水耕溫室
Fair Lady Agri. Tech.

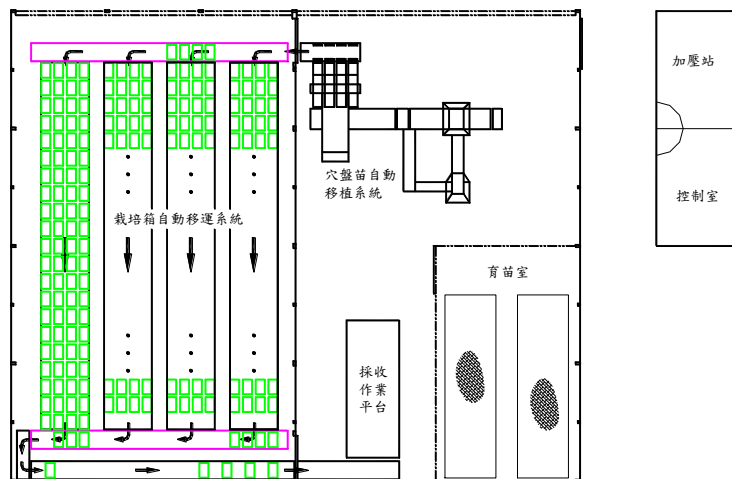
Greenhouse was built locally. Hydroponic system imported from Japan (M 式水耕研究所)

淵崇健康蔬菜 — Positive pressure type GH

32



台南區農業改良場 Tainan Agri. Improvement Station, Taiwan
短期葉菜植物工場生產自動化作業系統配置 Layout



台南區農業改良場短期葉菜生產自動化作業系統
Tainan Agri. Improvement Station, Taiwan



Automatic Transplanter
自動化移植機



照片提供: 楊清富

台南區農業改良場短期葉菜生產自動化作業系統
Tainan Agri. Improvement Station, Taiwan



栽培箱自動輸送



栽培箱定置



栽培管理



移出採收

照片提供:楊清富

台灣的密閉式植物工廠 Closed type Plant Factory for various crops in Taiwan (artificial light only)

- 組織培養苗 Tissue Culture Plantlets
- 菇蕈類 Mushrooms (don't need light for certain varieties)
- 種苗類 Seedlings
- 芽苗菜類 Sprouts (don't need light for certain varieties)
- 葉菜類 Leafy greens

1998

young *Phalaenopsis* seedling production
Using movable (retractable) light
使用自走光源的量产蝴蝶兰苗植物工厂

PLANT FACTORY IN TAIWAN USING MOVING LIGHT WITH MULTI-LAYERS, ISHS 2001

Fig. 2. Schematic diagram of the moving lamps inside the plant factory





日昇生技公司 (目前為皇基集團子公司)
Sunrise Bio-Tech. (Branch of Royal Base Group)

Tissue culture 蝴蝶蘭組培苗植物工廠內立體化栽培
for *Phalaenopsis* seedlings production

Using movable (retractable) light mounting fixture in 2000.

In 2004, test on LEDs.

使用自走燈具，後續進行 LED 光源測試

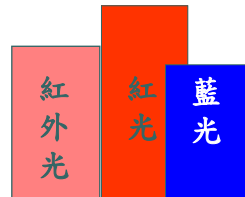
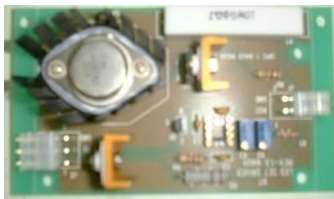
2000

2004





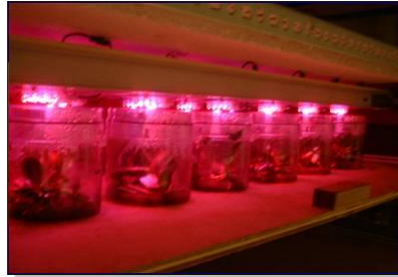
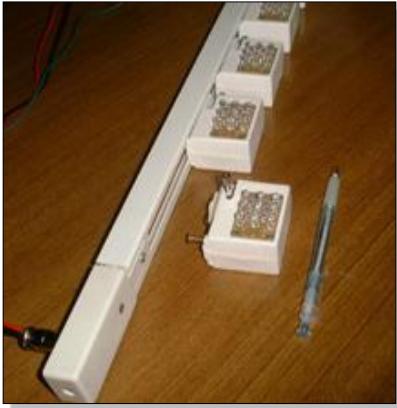
光量，光質，給光頻率與工作比可調



2001 中華民國專利
2002、2003 美國專利
2001 中國專利

LED 種苗栽培 (第一代)

光量、光質、頻率與工作比可調
線上量測頻率、工作比消耗功率與
電流



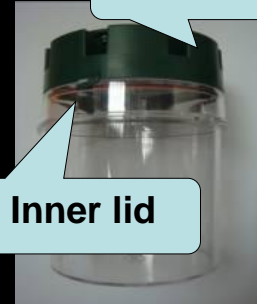
45

1. A TC vessel with double lids was developed.

Inner lid



outer lid



Inner lid

- can be autoclaved
- transparent Poly-Carbonate



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究

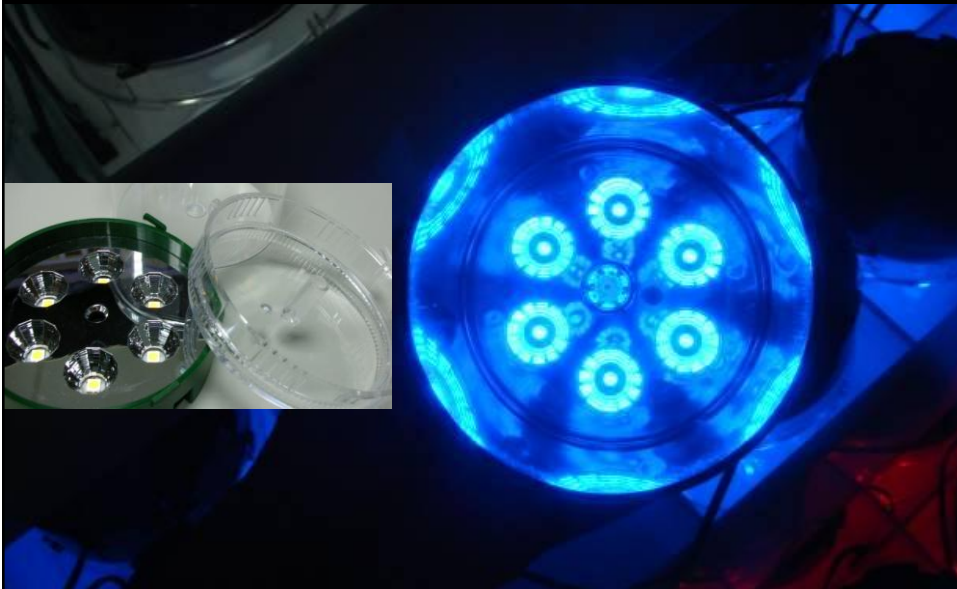


TC vessel with double lids

- outer lids with 6 different spectrums
(essential 6)
- 6 spectrums + 2 with IR (essential 6+2)



2. Upper lid of the vessel contains 6 LED lamps, each with 6 chips



3. Elec. Consumption can be reduced.

This research



Others



Distance from light source to plant
was greatly reduced. ** Intensity $\propto 1/d^2$



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究



4. Light distribution highly uniform inside vessel

This research



Others



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究





5. High space utilization vertically

Double the number of layers compare with traditional bench



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究



6. No pollution from light next to each other.



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究





7. Light quality adjustable



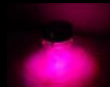
Blue



9R1B



CW



Red



WW



8RGB




Change the Lid, change the light quality




植物組織培養容器內LED光源之開發與研究






8. Separate intensity control of each layer

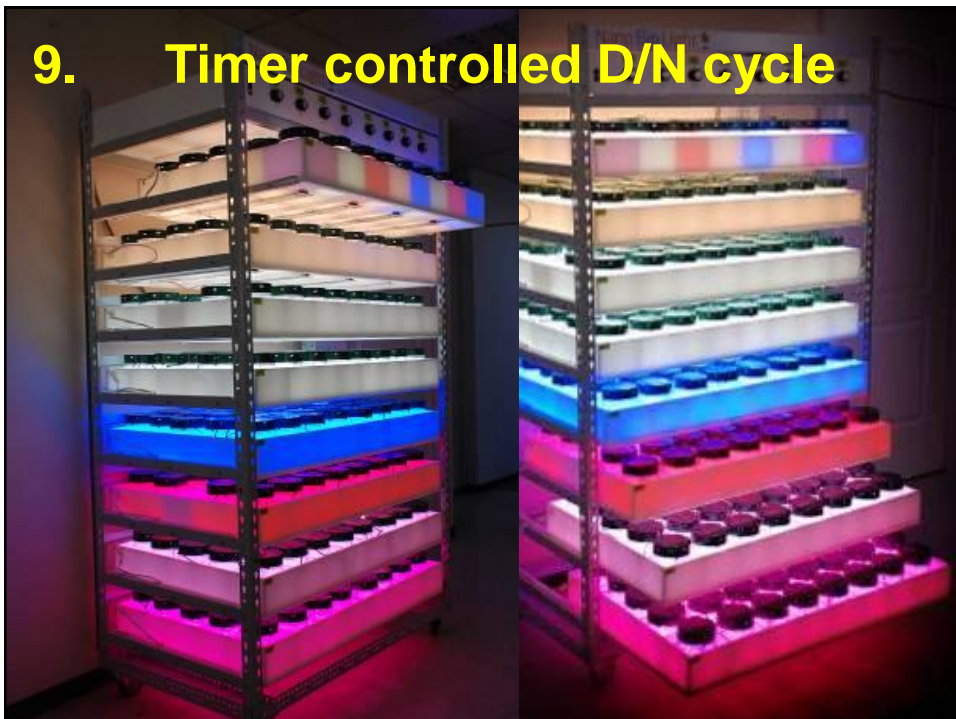
$8 \times 5 = 40$
vessels/layer \times 8
layers = 320
vessels/cart



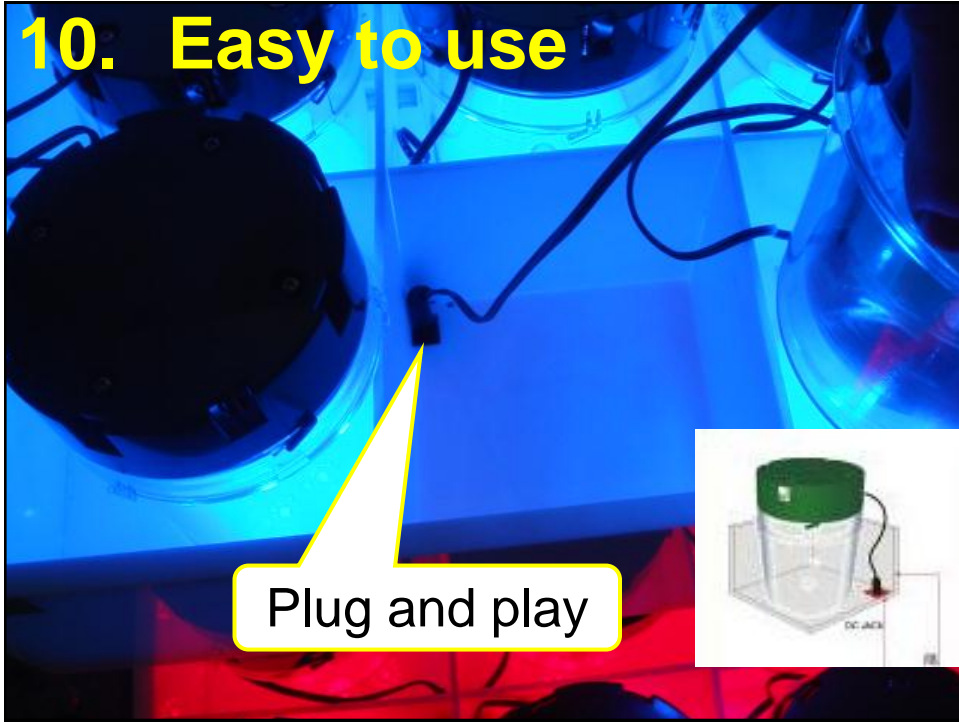
植物組織培養容器內LED光源之開發與研究



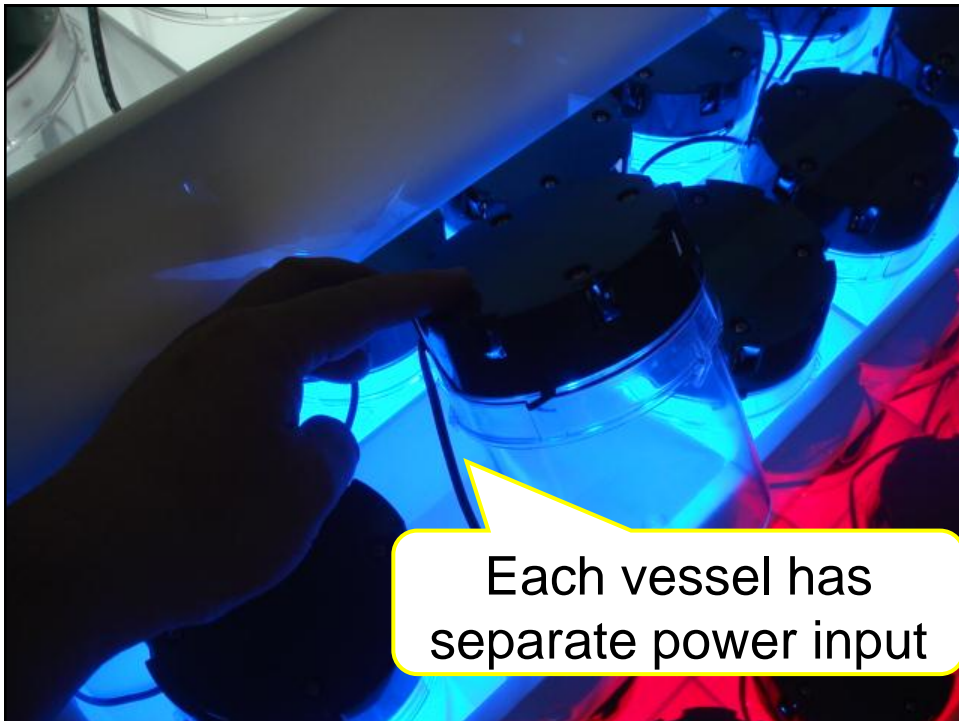
9. Timer controlled D/N cycle



10. Easy to use

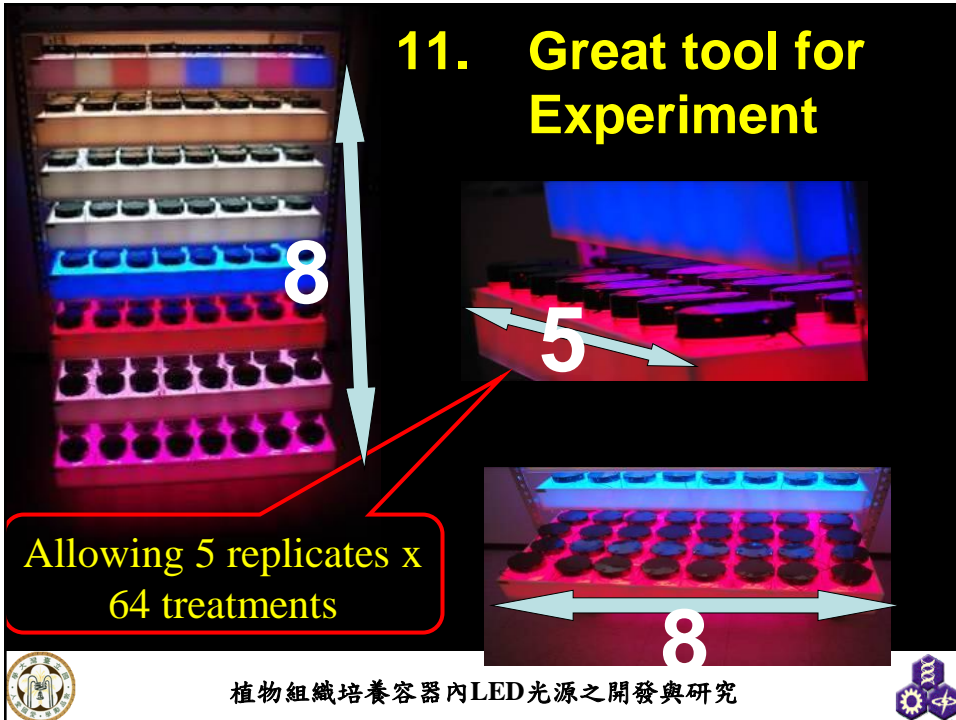


Plug and play



Each vessel has separate power input

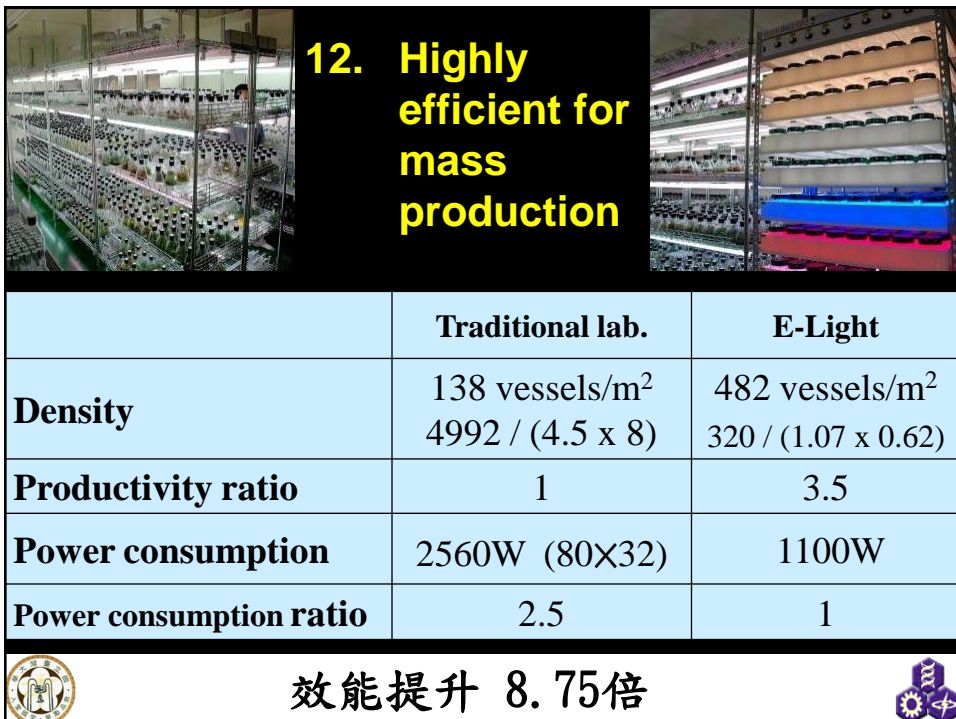
11. Great tool for Experiment



Allowing 5 replicates x 64 treatments

植物組織培養容器內LED光源之開發與研究

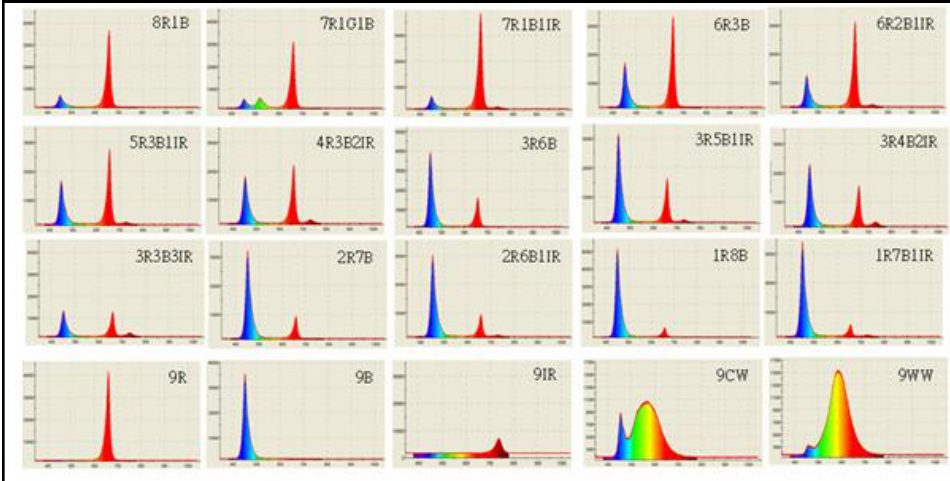
12. Highly efficient for mass production



	Traditional lab.	E-Light
Density	138 vessels/m ² 4992 / (4.5 x 8)	482 vessels/m ² 320 / (1.07 x 0.62)
Productivity ratio	1	3.5
Power consumption	2560W (80X32)	1100W
Power consumption ratio	2.5	1

效能提升 8.75倍

Excellent 20



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究



L107-W62-H195 cm



40 /layer x 8 layers

110VAC/12A

220VAC/5.5A

L66-W40-H80 cm



12 /layer x 2 layers

110VAC/0.61A

220VAC/0.3A

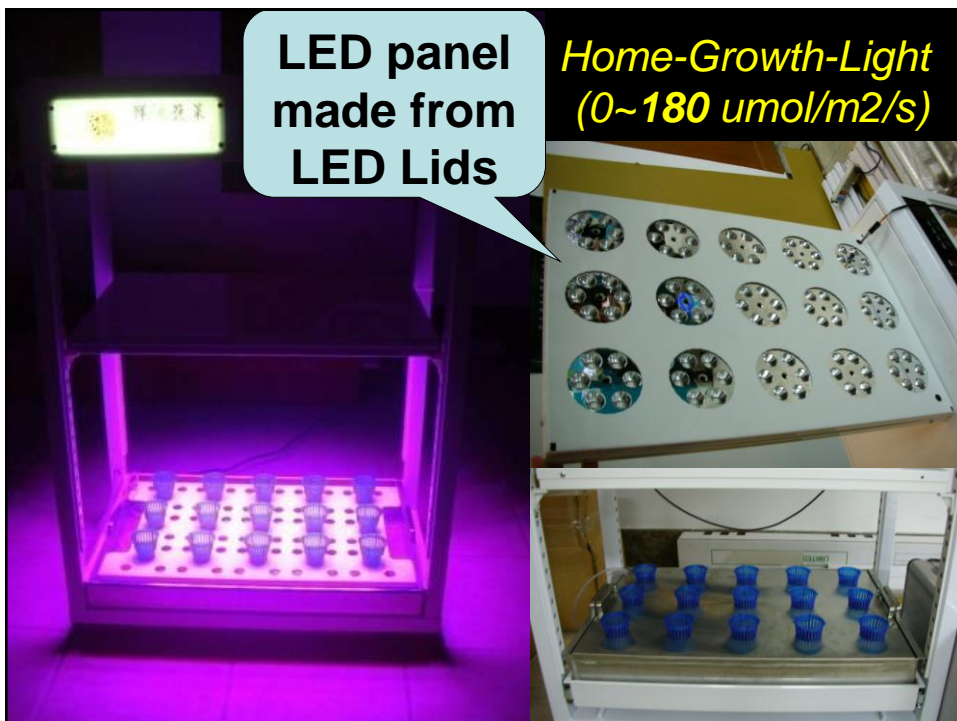


植物組織培養容器內LED光源之開發與研究



From LED Lid to LED Panel

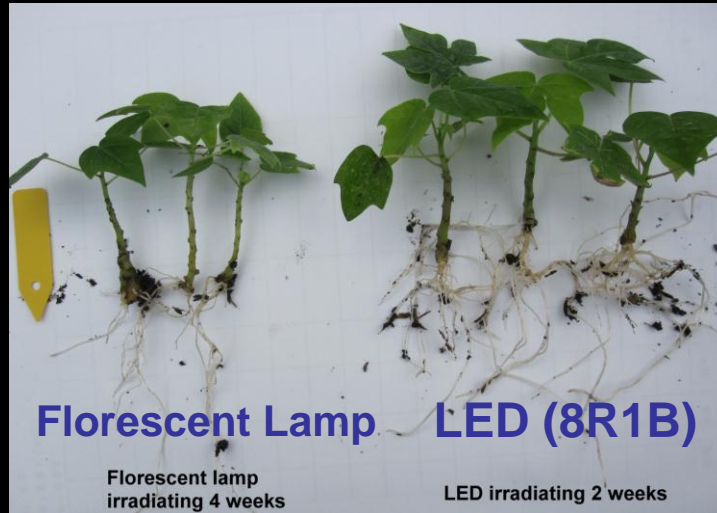
- Development of **Home growth Light** and **Control E Light**



Home-Growth-Light
(0~180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

LED panel
made from
LED Lids

Home Growth-Light Hardening of TC papaya plantlets



植物組織培養容器內LED光源之開發與研究



菇蕈類栽培植物工廠

- 戴養菌農場
- 兆豐興農公司鴻喜農場
- 欣欣菌園
- 慕求生技
- 等

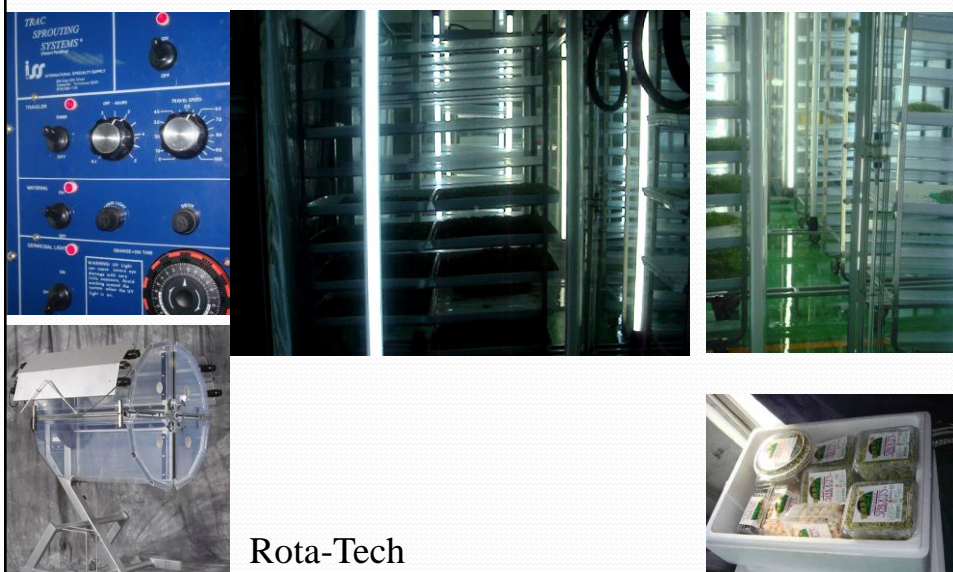


Alfalfa sprout production - Taiwan Sugar Company 台糖公司苜蓿芽量產



No light required. Need low air and water temperature.

Sprout production using imported TRAC system 紅柿子公司芽苗菜量產植物工廠（桃園）進口 TRAC 設備



Rota-Tech

Taiwan branch of a Japanese company

某日商台灣分公司（新北市）2010



Ice plant, Lettuce, Strawberry

Business model: 商業模式 設備展示

Demonstration of hardware (Northern Taiwan)



Business model: 商業模式 廠房在餐廳附近
 Production site next to the restaurant. (central Taiwan)



At least 2 similar systems are under construction in Northern Taiwan.

Demonstration purpose:

1. PF in front of the entrance of a dining room in a recreational beach side. 2011



Demonstration purpose:

2. PF at the first floor of a 2nd floor river side restaurant. 2011



Plant Factory To Be (in 2011)

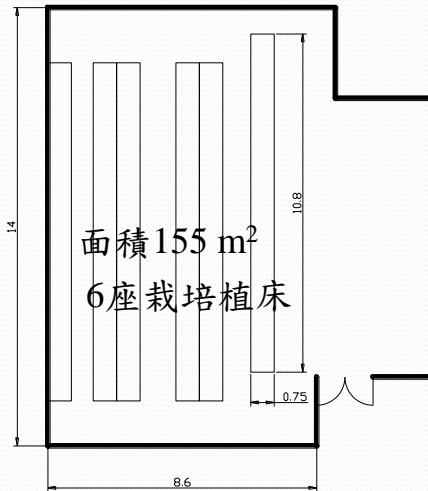
36 m x 36 m x 12 m



新世紀光電公司 Genesis Photonics Corp.

Reactivate of a discarded Factory in Yi-Lan

宜蘭康泉公司廢棄廠房的再利用 2010



- 每架3層，層距42 cm
- 面積
 - 水槽大小 10.8 x 0.75 m²
 - 照光範圍 8.4 x 0.75 m²
 - 工作區 2.4 x 0.75 m²
- 產量
 - 可放置12孔定植板18盤，共216株
 - 若每株0.2 kg，則為43.2 kg/層，
 - 6植床18層共可生產778kg

新世紀光電公司 Genesis Photonics Corp.

Discarded Factory now Reactivated 宜蘭廢棄廠房的再利用 2010



新世紀光電公司 Genesis Photonics Corp.

Discarded Factory now Reactivated 宜蘭廢棄廠房的再利用 2010



非凡新聞周刊

2011.3.6 封面故事



圖：新世紀光電的植物工廠裡頭，採用自動化的控制系統，包括溫、濕、光、水、CO₂等。



新世紀光電植物工廠小檔案

- ▶ 地理位置：宜蘭縣羅東鎮
- ▶ 栽培種類：波士頓高莖、樺木葉紫高莖、綠寶石高莖、義大利半結球高莖
- ▶ 成立時間：2010年7月
- ▶ 栽培坪數：約50坪



鍾寬仁小檔案

- ▶ 出生：1964年
- ▶ 學歷：國立交通大學電子工程系、經營管理研究所
- ▶ 經歷：漢鼎創投副總經理
- ▶ 現職：新世紀光電董事長

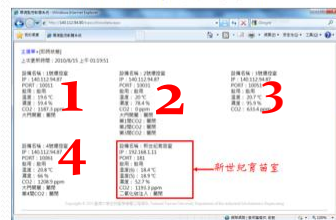
科技農金示範工廠「光」照源 再生能
高科技種高莖 新世

台大生機系研究型植物工廠 (2007~now)

- 人工光型
- 小型電信櫃5.2m²改裝x3
- 20呎貨櫃改裝 x1
- 光源: LED & T5

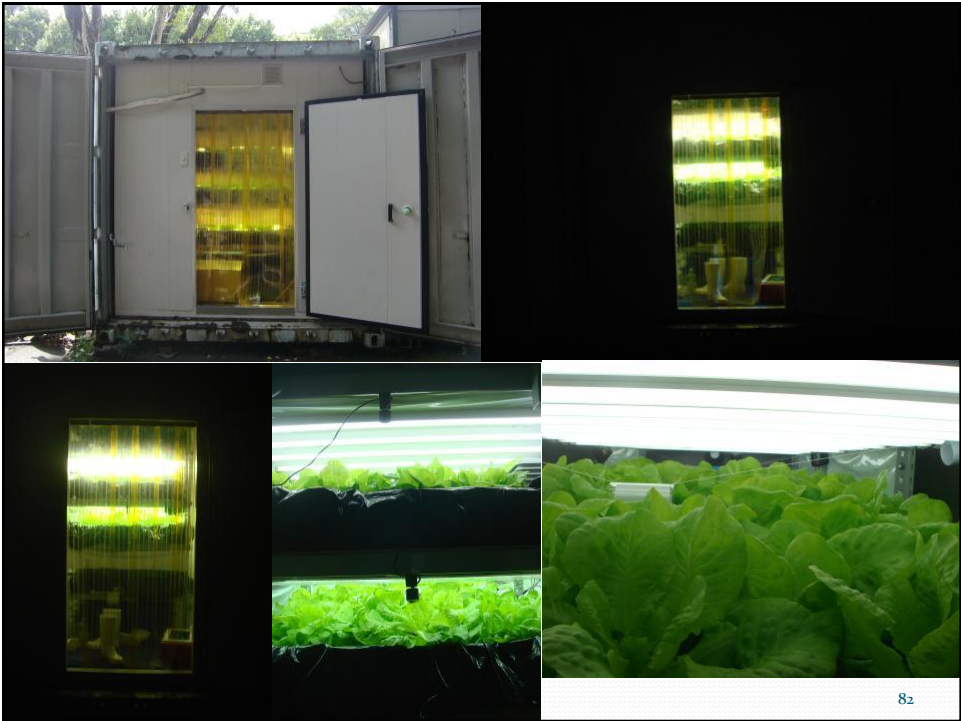


WEB監控即時狀態畫面



79



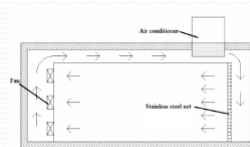


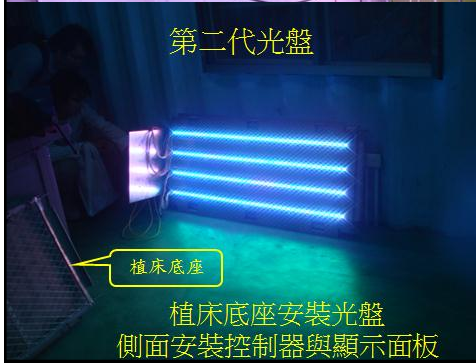
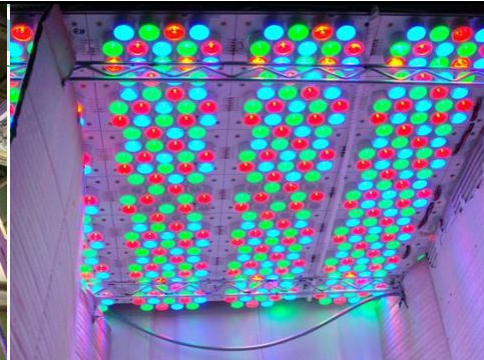
台大生機系貨櫃型植物工廠 NTU_BIME Container type PF



宜蘭大學研究型植物工廠 (2007~now)

- 人工光型
- 冷藏庫改裝，13.2 m²
- 四層立體水耕栽培層架6座
- 光源: LED & T5





第二代光盤

植床底座安裝光盤
側面安裝控制器與顯示面板

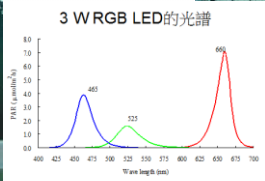


每列的光條由四根光條組成

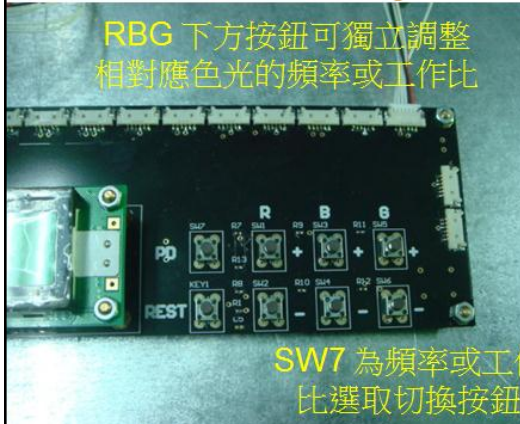
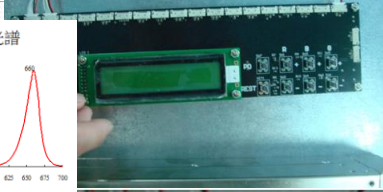
每根10組LED，一列有40組，共計160組



每組由3 W RGB LED組成
每層光盤為4 列 x 40 組/列 x 3 W/組
= 4 x 120 W

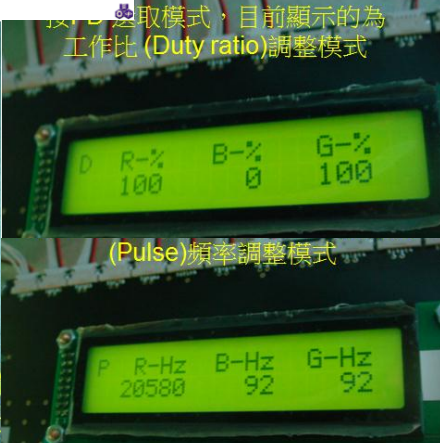


RGB LED 可獨立調控
單板控制器可調控 18列的光條



RGB 下方按鈕可獨立調整
相對應色光的頻率或工作比

SW7 為頻率或工
比選取切換按鈕



按 D 選取模式，目前顯示的為
工作比 (Duty ratio) 調整模式

(Pulse) 頻率調整模式

2010 Taipei Floral Expo demonstrates Plant Factory



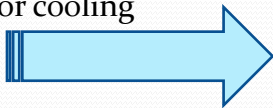
Stalk Inhibiting Greenhouse

50 °C hot water in
for heating



Stalk Initiating Greenhouse

10 °C cold water in
for cooling



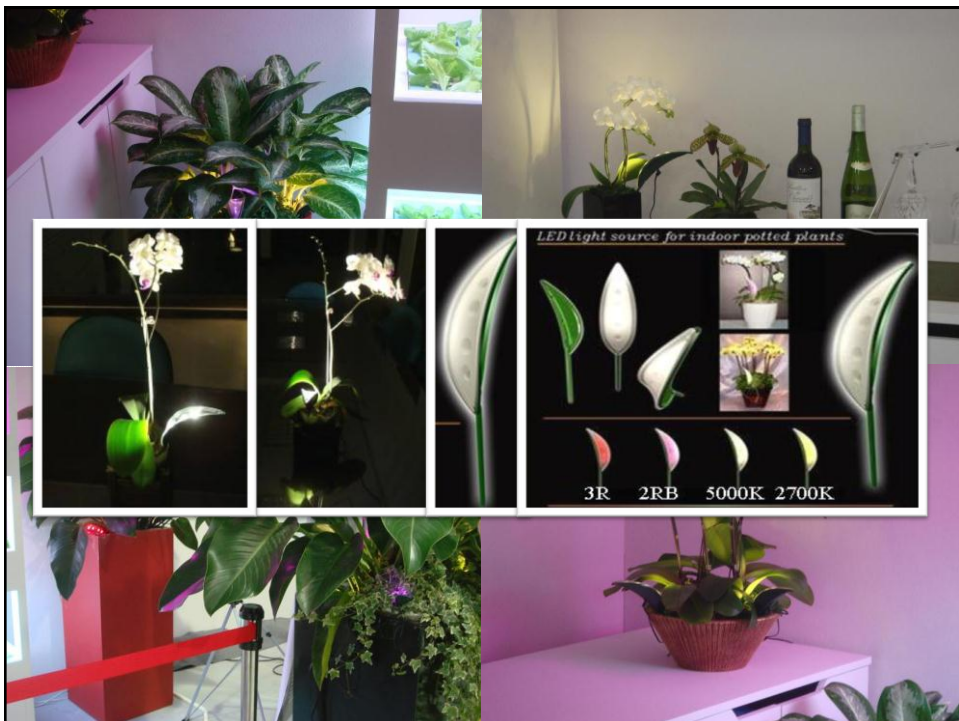
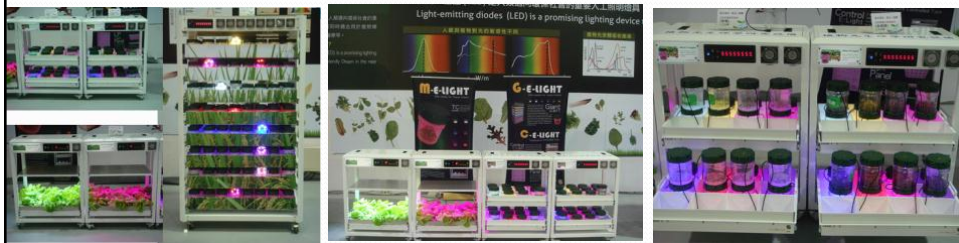
Use Heat Pump to move thermal energy



Create hot & cold water at the same time.







Ubiquitous Plant Factory

無所不在，到處都有的植物工廠

- 研究型
- 量產型
- 嗜好型
- 桌上型
-
-
-
-



家具型



家電型



家具型

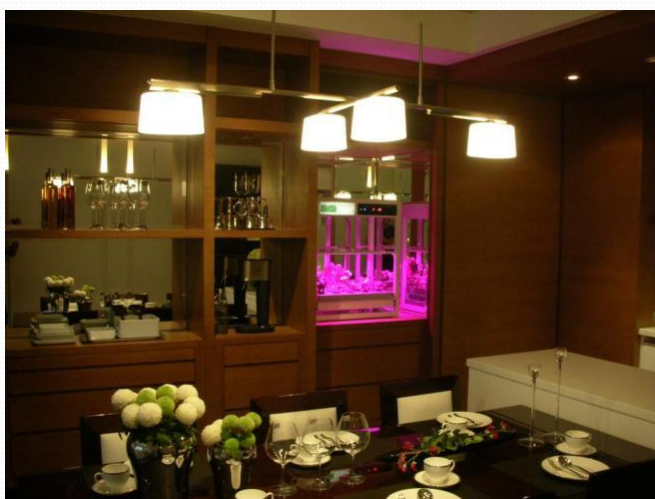
Furniture style PF



Home appliance style PF 花博展示的家電型植物工廠



2011 植物工廠開始進入家庭 1/5



2011 植物工廠開始進入家庭 2/5



99



2011 植物工廠開始進入家庭 3/5



2011 植物工廠開始進入家庭 4/5

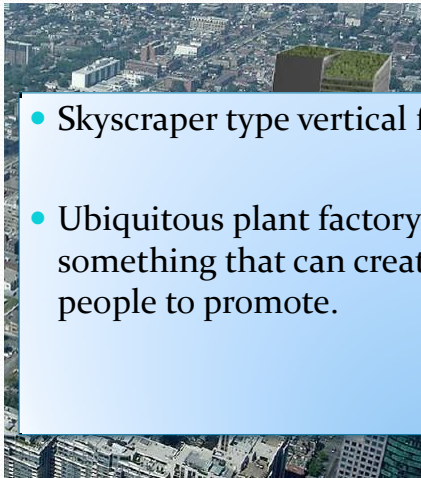


2011 植物工廠開始進入家庭 5/5



Skyscraper type Vertical Farm

都會區內的農場大樓



- Skyscraper type vertical farm is still in imagination.
- Ubiquitous plant factory is something that reachable, something that can create new business models for people to promote.

103

Ubiquitous Plant Factory

- **Hobby type**
- **Demonstration type**
- **Research type**
- **Mass production type**
- **Home use: Future kitchen**
 - Home appliance, Furniture, desktop, countertop
- **Business use:**
 - Street side shop style, supermarket, restaurant
 - Cargo container type
 - Factory type

U 化的植物工廠

- U 化: Ubiquitous 到處都有, 無處不在
- 嗜好型、示範型
- 研究型、量產型
- 貨櫃型、工廠型、櫥櫃型
- 家居型: 主婦農場、未來廚房
 - 家電型、家具型、桌上型、櫥櫃型
- 商用型: 主婦農場
 - 店鋪型、街邊型、商場型、展示型、量產型

Food, Environment and Land

Consumers at home/supermarket/ restaurant, workers at office/factory, students at school can learn to appreciate the beauty of life and learn to understand the relationship among food, environment and land through the promotion of Ubiquitous plant factory.

食物、環境與土地

消費者在家庭/賣場/餐廳裡，
上班族在辦公室/工廠內，
學生在學校裡，均可透過
U 化植物工廠的推動/親近/使用
體會生命之美
瞭解食物、環境與土地的關係

台大研究型與量產型植物工廠

2011~now

- 人工光型 (大樓頂樓舊溫室改建)
 - 2011/1 外殼完工
 - 2011/2 內部完工
 - 2011/3 開始量產，每週 1,3,5 收穫，每批次 100 株
- 太陽光與人工光並用型 (農場舊溫室更新)
 - 2011/3 完工



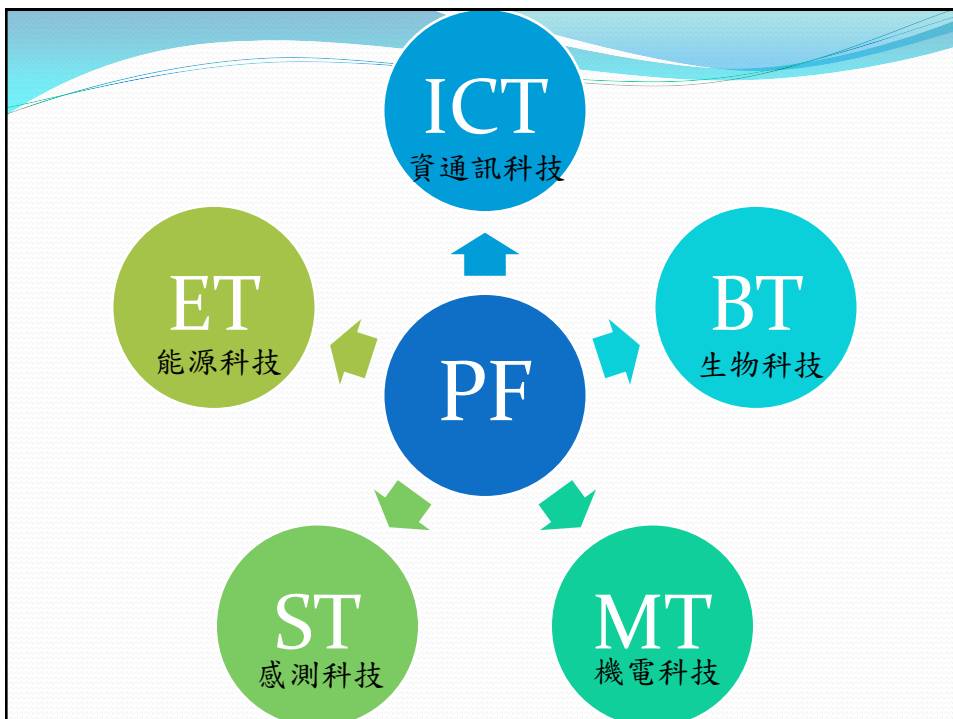
106

PF related researches by NTU_BIME team

台大生機系研究團隊 (NTU_BIME)

- 台灣大學植物工廠先導研究 1993~
 - 精密溫室(GH)與植物工廠(PF)可行性研究 1993
 - 蝴蝶蘭小苗(Young plant)量產植物工廠(PF)之建立 1998
 - 蝴蝶蘭組織培養苗(TC plantlets)量產植物工廠(PF)之建立 2000
 - 番茄種苗(Tomato Seedling)量產植物工廠(PF)之建立 2003
 - 2010 COA PF project
 - 2010 NSC PF project
 - 2010 NTU PF project
- 螢光燈管 與LED 在農業應用 1996~
- 熱泵(Heat Pump)在農業應用 1998~
- 無隔膜電解水 (Electrolysis Water) 在農業應用 2004~
- Web-based wireless monitoring and control 2007~
- Quality measurement 2009~

107



建構環控室內萵苣生長環境之Web-Based遠端監控系統 (蕭伯翰等) 2009
 Development of a web-based monitoring and control system for lettuce production

PICNIC: Programmable Interface Controller with Network Interface Card

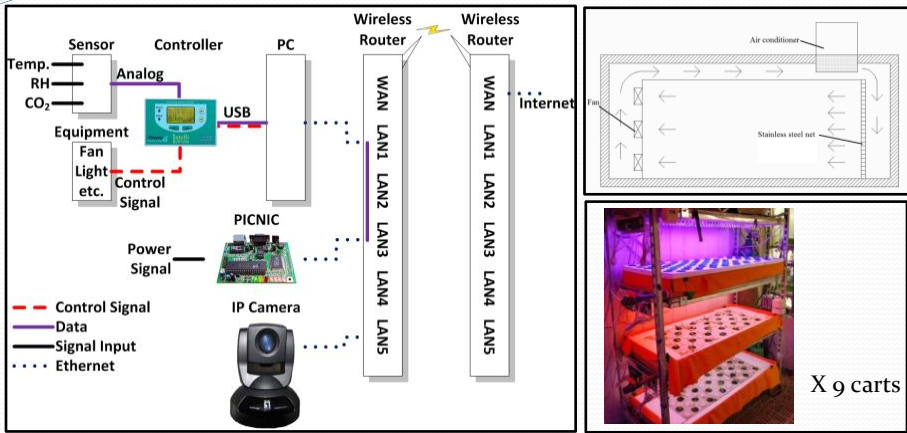
感測功能：
 1. PT-100 溫度感測器
 2. HM-1500 濕度感測器
 3. THP-B7T 溫度感測器
 4. RHU-500M 濕度感測器
 5. 二氧化碳感測器
 6. 流量感測器
 7. 無線 IP Camera

控制功能：
 1. 通風系統
 2. 養液補充系統
 3. 二氧化碳補充系統
 4. 加濕系統
 5. 照明系統
 6. 警報系統

國立台灣大學
 生物產業機電工程學系
 遠端環控室環境監控系統
 作業平台
 版本 1.0.0
 資料庫連結中...

- 本研究所建立之遠端 (雲端) 監控系統, 藉由遠端具固定IP之PICNIC 溝通架構, 成功構築栽培室空間溫、濕度、二氧化碳濃度與養液溫度各種不同感測器之環境因子資訊之整合監測與控制管理。(A Cloud monitoring and control Sys was established.)
- 加入二氧化碳補充機制後, 萵苣之鮮重從平均 $77.5 \pm 16.7g$ 提高至 $101.6 \pm 15.5 g$ 。(After adding CO₂ enrichment control, the harvest fresh weight of Boston lettuce can increase from 77.5 to 101.6 g per plant)

立體化植物栽培環控室之建立 (簡君良等) 2009 P1/2
 Development of a controlled chamber for on-schedule leafy lettuce production



Set Points

Light Bank	Light On	Light Duration	Day Temp	Night drop degC	RH Day	RH Night	RH Max	CO2
Both	08:00	16:00	25	5	70	80	85	1500

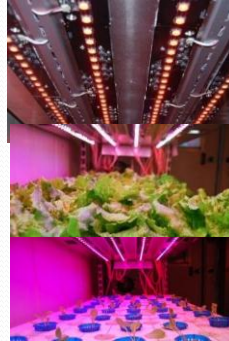


立體化植物栽培環控室之建立 (簡君良等) 2009

P2/2

Development of a controlled chamber for on-schedule leafy lettuce production

- RGB LED Panel : L120 x W55 cm
4 LED light bar/panel x 1 panel/layer x 4 layers / bench
- RGB LED Bar : 10 pieces of 3W RGB LED per bar (R G B : 625、525 and 462 nm)
- Intensity, duty ratio and frequency of R, G, B LEDs are adjustable.
- Two stage production
 - Seedling (21 days)
 - **Production (21 days)**
- 45 plts/layer (82 plts/m²)



- 可自動控溫濕度、光週期及二氧化碳濃度，可透過網路進行遠端監控及擷取環控室內即時影音，在系統跳電時可以手機簡訊通知管理者。
- 葉萵苣株重約在63.7±12.8 g，每層約可收成2.8 kg，一個台車收成 11 kg。
- 環控室為 4 坪(13.2 m²)，可擺放 9 台台車，一次收穫約 100 kg。
- 全年可收穫 $100 \times 365 / 21 / 13.2 = 153 \text{ kg/m}^2/\text{yr}$

環控室內波士頓萵苣栽培系統改善之探討 (邱偉豪等) 2009

P1/2

Improvement on bench system for Boston Lettuce Production

- 實驗中使用的種子、養液與泡棉介質皆購自陽明山迦南農場，品種為波士頓萵苣 (*Lactuca sativa* 'Boston lettuce')
- 所有的研究皆在環控室內進行，內部設備包含：
 - 空調設備 (FTXS25GVL, Daikin, Japan)
 - 自製栽培系統
 - 人工光源(螢光燈管 FL528L, Lixma, Taiwan)



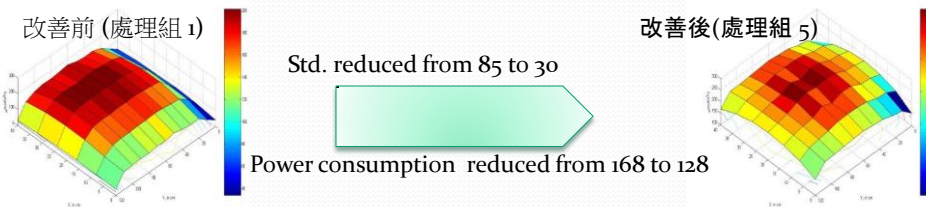
環境因子	設定值
溫度(明/暗)	25°C / 20°C
相對溼度	50% ~ 80%
光量	育苗: 150 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$, DLI : 13 $\text{mol/m}^2/\text{day}$ 栽培: 230 ± 30 $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$, DLI : 13 $\text{mol/m}^2/\text{day}$
CO ₂ 濃度	1200 ± 100 ppm
光週期(明/暗)	育苗期: 24/0 · 栽培期: 16/8
EC值	1.2 ± 0.05 mS/cm

環控室內波士頓萵苣栽培系統改善之探討 (邱偉豪等) 2009 P2/2

Improvement on bench system for Boston Lettuce Production

Various arrangements to improve distribution of light intensity on bench

Treatments	Light Intensity ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)			Power consumption (W)
	Mean	Std.	Max	
1. 等距離排列	246	85	348	168 (6 TFL)
2. 等距離排列，中間間隔增加	215	63	284	168 (6 TFL)
3. 中間間隔增加且兩側補光	236	45	286	184 (6 TFL + 2 short TFL)
4. 於 3. 條件下加入反光紙	337	40	405	184 (6 TFL + 2 short TFL + reflector)
5. 於 4. 條件下減少兩支燈管	230	30	282	128 (4 TFL + 2 short TFL + reflector)



- Under treatment 5, Boston Lettuce, 波士頓萵苣, 於35 days的栽培時間, 平均鮮重FW 為 101.6 ± 15.5 g. (Equals to $23 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{year}$. For a 5-layer bench, the production will be $115 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{year}$).
- 一台車佔地 140×65 cm, 波士頓萵苣育苗 7 天, 育成 28 天後為 $100 \text{ g}/\text{株}$: $5 \text{ 層} * 16 \text{ 株}/\text{層} * 0.1 \text{ kg}/\text{株} * 365 / 28 / (1.4 * 0.65) = 115 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{year}$

環控室內波士頓萵苣栽培育苗條件之探討 (邱偉豪等) 2009

Seedling production of Boston lettuce

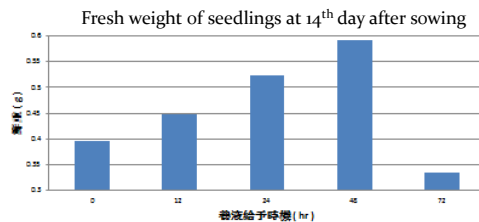
- 使用 5 種泡棉 (5 types of commercially available sponges)
- 一開始便以養液 (EC 1.2 mS/cm) 栽培



Add nutrient solution from day 0

- C, D, E 泡棉中有受損的幼苗, 應該是泡棉本身不易含水, 導致的苗缺水所造成
- A 與 B 泡棉中幼苗皆生長健康, 但 B 泡棉中幼苗成長較快, 可能與藻類多寡有關

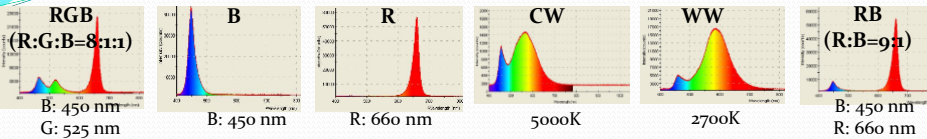
Investigate on the timing to replace tap water with nutrient solution after sowing.



給予養液時機 (hr)	0	12	24	48	72
14 天後鮮重 (g)	0.396 ^{bc}	0.448 ^{bc}	0.524 ^{ab}	0.592 ^a	0.335 ^c

- 在育苗期間起早給予養液能夠加快的苗生長速度縮短收穫時間
- 本研究發現在澆種 48 小時後給予養液, 萵苣能有較高的鮮重

Effects of Strategy for Supplying Nutrients at Seedling Stage under Six Types of LED Light Qualities for the Production of *Lactuca sativa var crispata* (王慧媛等) 2009



Environment factors :
 Temperature: 22 °C
 EC of Solution: 1.2 mS/cm
 Light intensity: 70 μmol m⁻² s⁻¹

Fresh weight : RB > RGB > WW > B > R > CW

RB vs. RGB : add 10% G, does not help.

Under R, seedling has the longest SL, but the FW was low. → R only is not a proper light for this crop.

Fresh weight, shoot length (SL) and root length (RL) under six light sources for 12 days

	FW (mg)	SL (cm)	RL (cm)
WW	168.20b ^z	0.66cd	8.04b
CW	145.80b	0.84bc	6.94b
RB	252.00a	1.02b	8.02b
RGB	241.40a	0.72bc	10.06a
R	160.20b	3.42a	6.94b
B	161.80b	0.34d	7.76b

Fresh weight of lettuce seedlings grown for 12 days under six light sources and three treatments (unit: mg)

	Treatment		
	1	2	3
WW	16.75b ^z	168.52a	34.75b
CW	22c	161.83a	72.17b
RB	30c	252.00a	70.2c
RGB	31c ^z	241.40a	66.25b
R	38b	160.20a	75b
B	22c	161.80a	72b

Experiment of timing in supplying nutrient

- Treatment 1: tap water only (EC: 0.14 mS/cm, day 1-12)
- Treatment 2: nutrient solution only (EC: 1.2 mS/cm, day 1-12)
- Treatment 3: Treatment 1 (day 1-6) follow by Treatment 2 (day 7-12)

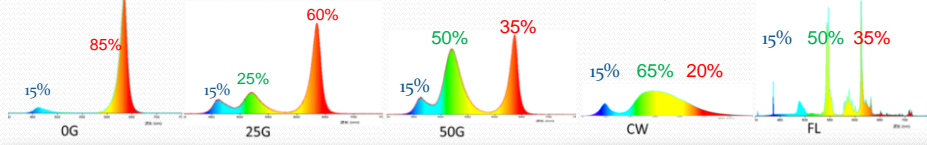
Offering nutrition in early stage can get higher fresh

調控綠光比例對萵苣生長之影響 (張明毅等) 2010 P1/2
 Effect of green light on the growth of lettuce

● 實驗一：不同品種萵苣育苗栽培試驗 (18天)
 ● 單花萵苣
 ● 翠綠萵苣
 ● 紅標萵苣

葉萵苣育苗栽培環境溫度設定20℃：
 ● 萵苣種子浸種5小時，使用CW LED持續提供光照，光量為100 μmol m⁻² s⁻¹
 ● 萵苣子葉完全展開後，移入環控室內的立體水耕栽培植床，密度為180株/m²

光量為150 μmol/m²/s



Light source	SPAD	單花萵苣			
		Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
OG	18.5 a	4.7 a	76.9 a	2.82 a	0.147 b
25G	19.0 a	4.6 a	76.7 a	3.15 a	0.181 a
50G	18.0 a	4.3 b	54.7 b	2.07 b	0.116 c
FL	14.9 c	4.7 a	75.7 a	2.57 ab	0.117 c
CW	16.5 b	4.9 a	70.7 a	2.58 ab	0.120 c

Light source	SPAD	翠綠萵苣			
		Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
OG	23.4 a	6.2 a	64.1 a	2.36 a	0.107 a
25G	24.4 a	5.2 b	47.0 b	1.83 b	0.096 a
50G	21.7 b	4.8 b	35.0 c	1.16 c	0.064 b
FL	19.5 c	5.1 b	43.0 bc	1.36 c	0.055 b
CW	21.2 b	5.1 b	36.0 bc	1.15 c	0.050 b

Light source	SPAD	紅標萵苣			
		Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
OG	25.1 a	5.7 a	47.8 ab	1.68 a	0.086 ab
25G	25.9 a	4.8 cd	40.3 bc	1.46 ab	0.093 a
50G	23.8 b	4.6 d	34.9 c	1.22 b	0.071 b
FL	19.3 d	5.2 bc	50.1 a	1.44 ab	0.076 ab
CW	20.8 c	5.5 ab	51.1 a	1.66 a	0.079 ab

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Light source	翠花莴苣				
	SPAD	Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
0G	18.5 a	4.7 a	76.9 a	2.82 a	0.147 b
25G	19.0 a	4.6 a	76.7 a	3.15 a	0.181 a
50G	18.0 a	4.3 b	54.7 b	2.07 b	0.116 c
FL	14.9 c	4.7 a	75.7 a	2.57 ab	0.117 c
CW	16.5 b	4.9 a	70.7 a	2.58 ab	0.120 c

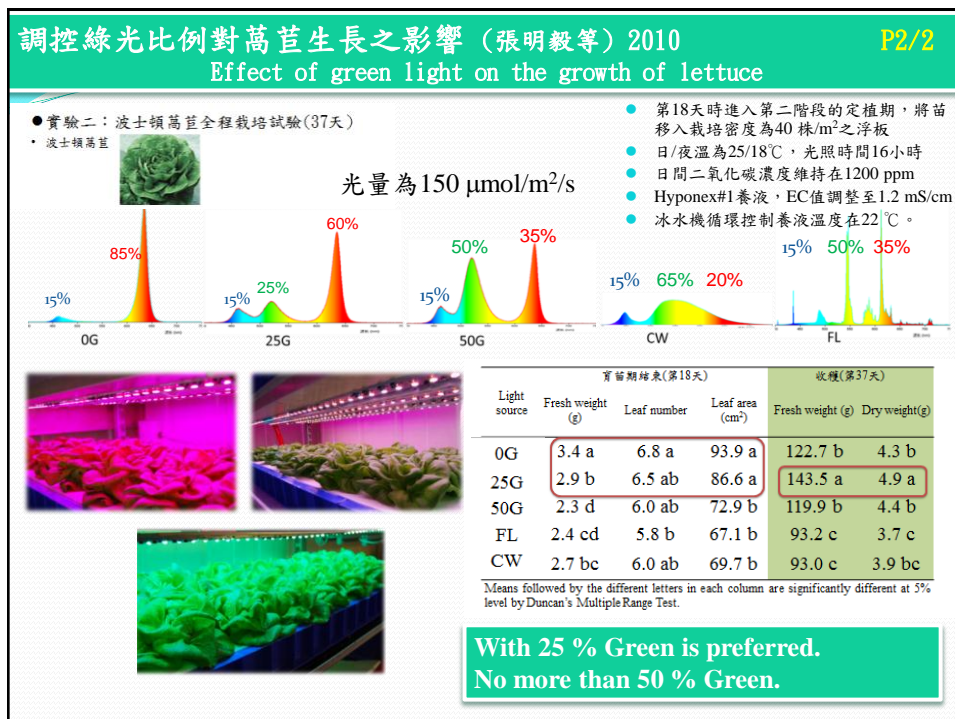
Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Light source	翠妹莴苣				
	SPAD	Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
0G	23.4 a	6.2 a	64.1 a	2.36 a	0.107 a
25G	24.4 a	5.2 b	47.0 b	1.83 b	0.096 a
50G	21.7 b	4.8 b	35.0 c	1.16 c	0.064 b
FL	19.5 c	5.1 b	43.0 bc	1.36 c	0.055 b
CW	21.2 b	5.1 b	36.0 bc	1.15 c	0.050 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

Light source	紅標萵苣				
	SPAD	Leaf number	Leaf area (cm ²)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
0G	25.1 a	5.7 a	47.8 ab	1.68 a	0.086 ab
25G	25.9 a	4.8 cd	40.3 bc	1.46 ab	0.093 a
50G	23.8 b	4.6 d	34.9 c	1.22 b	0.071 b
FL	19.3 d	5.2 bc	50.1 a	1.44 ab	0.076 ab
CW	20.8 c	5.5 ab	51.1 a	1.66 a	0.079 ab

Means followed by the different letters in each column are significantly different at % level by Duncan's Multiple Range Test.



Effect of Light Environment on Runner Plant Propagation of Strawberry (鄔家琪等) 2009

- Strawberry were obtained from a commercial nursery in Miaoli (*Fragaria x ananassa* Duch. cv Toyonoka), Taiwan
- 4 developed leaves
- 7 inches plastic pots
- Medium -2peat: 2sand: 2perlite: 1vermiculite (v/v)
- Fertilizer – Hyponex # 2, 20 - 20 - 20 (in 1000 dilution)



Experiment 1

Color temperature (15 light)

6 Lamps 110 – 122 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	6500 K
	5000 K
3 Lamps 50 – 55 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	4000 K
	3000 K
	6500 K
	5000 K
	4000 K



Experiment 2

LED
83 – 100
 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

R 100% red light
R + B 70% red light + 30% blue light
R + B + G 70% red light + 20% blue light + 10% green light

Table 1. Effect of various radiation source on leaf number, width, length and crown diameter of strawberry plant for 8 weeks

Radiation source	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Crown diameter (mm)
3000 K \times 6	9.8 abc	7.56 a	17.00 abc	20.95 a
4000 K \times 6	9.0 bc	7.31 a	16.40 abc	20.42 a
5000 K \times 6	10.6 a	7.78 a	17.78 a	21.97 a
6500 K \times 6	10.2 ab	7.57 a	16.46 abc	22.20 a
4000 K \times 3	9.0 bc	6.57 b	16.00 abc	20.42 a
5000 K \times 3	9.2 abc	5.81 c	15.10 c	15.36 b
6500 K \times 3	8.4 c	5.86 c	15.36 bc	15.77 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $n = 3$

Table 2. Effect of various radiation source on dry weight, SPAD value, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry plant for 8weeks

Radiation source	Dry weight (g)	SPAD value	Soluble carbohydrate content (mg/g)	Starch content (mg/g)
3000 K \times 6	9.70b	55.66 ab	544.18 b	763.99 ab
4000 K \times 6	12.02a	54.94 ab	598.75 a	499.27 b
5000 K \times 6	11.42 a	56.74 a	633.66 a	856.95 a
6500 K \times 6	11.30 a	56.54 a	638.27 a	841.61 a
4000 K \times 3	6.78 c	54.70 ab	597.95 c	771.73 ab
5000 K \times 3	5.58 c	54.52 ab	513.08 c	480.52 b
6500 K \times 3	6.54 c	52.52 b	527.93 c	841.61 ab

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $n = 3$

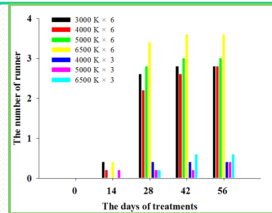


Table 3. Effect of various light quality on leaf number, leaf width, leaf length and crown diameter of strawberry plant for 6weeks

Light quality	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Crown diameter (mm)
R	9.75 a	8.74 a	27.73 a	14.81 ab
R+B	9.60 a	8.36 a	22.66 b	17.32 a
R+B+G	9.20 a	8.26 a	22.10 b	13.52 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $n = 3$

Table 4. Effect of various light quality on dry weight, SPAD value, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry for 6weeks

Light quality	Dry weight (g)	SPAD value	Soluble carbohydrate content (mg/g)	Starch content (mg/g)
R	6.31 ab	40.85 b	248.77 ab	1330.50 a
R+B	7.09 a	44.74 a	294.42 a	1365.29 a
R+B+G	5.07 c	43.12 a	237.07 b	1137.76 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $n = 3$

Table 5. Effect of various light quality on runner number, crown diameter, chlorophyll content, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry ramet

Light quality	Runner number	Dry weight (g)	Crown diameter (mm)	Chlorophyll contents (mg/g)	Carbohydrate contents (mg)
R	4.75 b	0.50 a	5.29 ab	0.69 a	197.22 a
R+B	5.00 b	0.57 a	5.37 a	0.78 a	192.69 a
R+B+G	6.20 a	0.45 a	5.17 b	0.88 a	156.61 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $n = 3$



Table 1. Effect of various radiation source on leaf number, width, length and crown diameter of strawberry plant for 8 weeks

Radiation source	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Crown diameter (mm)
3000 K \times 6	9.8 abc	7.56 a	17.00 abc	20.95 a
4000 K \times 6	9.0 bc	7.31 a	16.40 abc	20.42 a
5000 K \times 6	10.6 a	7.78 a	17.78 a	21.97 a
6500 K \times 6	10.2 ab	7.57 a	16.46 abc	22.20 a
4000 K \times 3	9.0 bc	6.57 b	16.00 abc	20.42 a
5000 K \times 3	9.2 abc	5.81 c	15.10 c	15.36 b
6500 K \times 3	8.4 c	5.86 c	15.36 bc	15.77 b

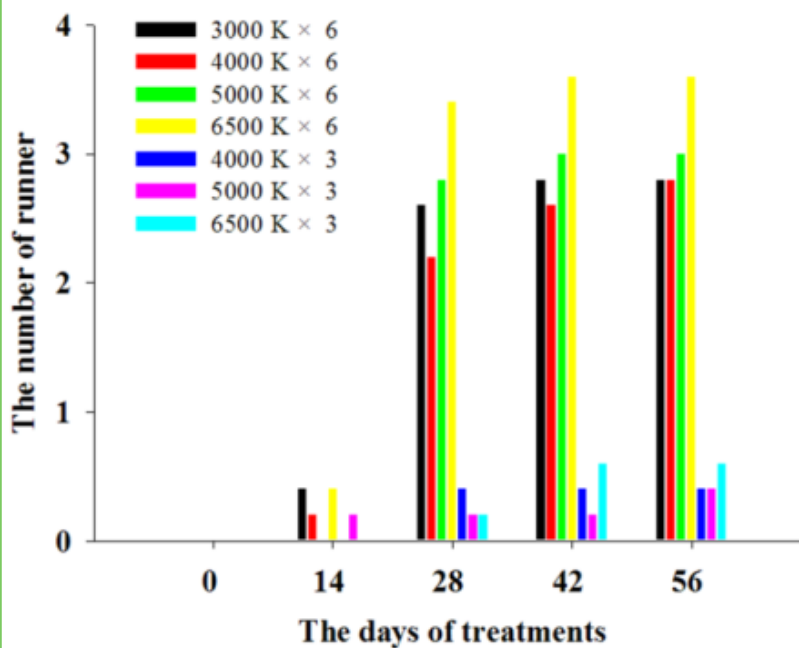
Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $n = 3$



Table 2. Effect of various radiation source on dry weight, SPAD value, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry plant for 8weeks

Radiation source	Dry weight (g)	SPAD value	Soluble carbohydrate content (mg/g)	Starch content (mg/g)
3000 K × 6	9.70 b	55.66 ab	544.18 b	763.99 ab
4000 K × 6	12.02 a	54.94 ab	598.75 a	499.27 b
5000 K × 6	11.42 a	56.74 a	633.66 a	856.95 a
6500 K × 6	11.30 a	56.54 a	638.27 a	841.61 a
4000 K × 3	6.78 c	54.70 ab	597.95 c	771.73 ab
5000 K × 3	5.58 c	54.52 ab	513.08 c	480.52 b
6500 K × 3	6.54 c	52.52 b	527.93 c	841.61 ab

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test
n = 5






Table 3. Effect of various light quality on leaf number, leaf width, leaf length and crown diameter of strawberry plant for 6weeks

Light quality	Leaf number	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Crown diameter (mm)
R	9.75 a	8.74 a	27.73 a	14.81 ab
R+B	9.60 a	8.36 a	22.66 b	17.32 a
R+B+G	9.20 a	8.26 a	22.10 b	13.52 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $\alpha = 5$




Table 4. Effect of various light quality on dry weight, SPAD value, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry for 6weeks

Light quality	Dry weight (g)	SPAD value	Soluble carbohydrate content (mg/g)	Starch content (mg/g)
R	6.31 ab	40.85 b	248.77 ab	1330.50 a
R+B	7.09 a	44.74 a	294.42 a	1365.29 a
R+B+G	5.07 c	43.12 a	237.07 b	1137.76 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test $\alpha = 5$





Table 5. Effect of various light quality on ramet number, dry weight, crown diameter, chlorophyll content, soluble carbohydrate content and starch content of strawberry ramet

Light quality	Ramet number	Dry weight (g)	Crown diameter (mm)	Chlorophyll contents (mg/g)	Carbohydrate contents (mg/g)	Starch contents (mg/g)
R	4.75 b	0.50 a	5.29 ab	0.69 a	197.22 a	1024.60 a
R+B	5.00 b	0.57 a	5.37 a	0.78 a	192.69 a	878.47 a
R+B+G	6.20 a	0.45 a	5.17 b	0.88 a	156.61 b	1005.66 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test
n=5

不同光質對蘿蔔、豌豆苗成長與抗氧力之影響 (張明毅等) 2009 P1/2
Effect of light quality on the growth and anti-oxidation capability of sprouts



芽苗菜 種植時間短與營養價值高

光 光質為蔬菜生長重要因子

Blue	9R1B	CW
Red	WW	8RGB

生長情形 植株高矮胖瘦 **Vit. C** 抗氧化物質

NO₃⁻ 人體致癌物 **Anthocynins** 花青素

DPPH 總抗氧化能力

8 types of light quality were studied : Blue, Red, WW, CW, 9R1B, 8R1G1B (shown above) 2R2B2IR, 螢光燈 (FL)

不同光質對蘿蔔嬰與豌豆苗成長與抗氧化力之影響 (張明毅等) 2009 P2/2

Effect of light quality on the growth and anti-oxidation capability of sprouts

結合兩種苗菜結果來看

株高 SL

RED 徒長

株重 FW

皆無差異
No significant diff.

Vit. C 較多

CW **FL**

硝酸鹽 NO₃⁻

物種間差異大
豌豆 500~2000 ppm
蘿蔔嬰 < 400 ppm

花青素 Anthocynins 較多

CW **WW**

自由基清除力高 DPPH

CW **9R1B**

蘿蔔嬰 1 豌豆 2

CW (LED) 為蘿蔔嬰與豌豆苗抗氧化力及生長最佳光質量產化，因此成本會比其他混光LED要低廉

↓

可用於苗菜照明補光之優良光質

光質與照光健化時間對蘿蔔嬰生長之影響 (鍾興穎等) 2010 P1/2

Effect of Light quality and duration on the growth of radish sprout

浸種
5 小時

黑暗催芽
36 小時

健化
3, 5, 7 days

環境參數

溫度: 26/21 °C
光週期: L12 / D12 hrs
光量: 120 μmol/m²/s
養液: 花寶1號 (稀釋1000倍)

測定項目

- 鮮乾重
- 株高
- 硝酸鹽含量
- 葉綠素 a、b
- 可溶性碳水化合物含量
- 澱粉含量

Light quality

- Red
- 5R1B
- 4R1G1B
- Blue
- CW
- FL
- Dark

光質處理	光量 (μmol m ⁻² s ⁻¹) 比例 (%)		
	Red	Green	Blue
1. Red	100	0	0
2. 5R1B*	87	0	12
3. 4RGB*	80	10	9
4. Blue	0	0	100
5. CW	22	65	13
6. FL	35	51	15
7. Dark	-	-	-

*4RGB 對營養元素與 LED 再滋養量，不與含量比例

圖 1. 不同光環境對照光健化3天蘿蔔嬰生長情形

圖 2. 不同光環境對照光健化5天蘿蔔嬰生長情形

圖 3. 不同光環境對照光健化7天蘿蔔嬰生長情形

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)	Dry weight /10 plants (g)	Plant height (cm)	Nitrate content (ppm)
RED	1.44 b	0.08 b	6.6 a	565.0 b
5R1B	1.75 a	0.09 ab	5.9 a	620.0 b
4RGB	1.71 a	0.10 a	6.2 a	786.7 a
Blue	1.09 c	0.08 b	6.2 a	300.0 d
CW	1.76 a	0.10 a	4.5 b	435.0 c
FL	1.10 c	0.10 a	2.7 c	330.0 d
Dark	1.06 c	0.08 b	6.0 a	433.3 c

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)	Dry weight /10 plants (g)	Plant height (cm)	Nitrate content (ppm)
RED	2.37 a	0.08 b	12.0 a	815.0 a
5R1B	2.29 b	0.09 a	10.4 b	754.0 a
4RGB	2.15 b	0.08 b	10.5 b	715.0 a
Blue	1.91 bc	0.08 b	9.9 bc	298.0 d
CW	2.15 b	0.08 b	8.5 c	450.0 bc
FL	1.43 d	0.08 b	7.2 d	413.3 c
Dark	1.69 c	0.07 bc	12.5 a	515.0 b

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)	Dry weight /10 plants (g)	Plant height (cm)	Nitrate content (ppm)
RED	2.84 a	0.10 b	12.8 a	970.0 a
5R1B	2.53 ab	0.12 a	11.3 b	667.5 b
4RGB	2.34 b	0.09 bc	11.2 b	528.0 b
Blue	2.06 c	0.10 b	11.4 b	163.3 d
CW	2.75 a	0.12 a	11.3 b	330.0 c
FL	2.72 a	0.11 ab	10.4 b	893.3 a
Dark	2.34 b	0.07 cd	12.7 a	95.0 d

表 2. 不同光環境對蘿蔔嬰照光健化 3 天生長與硝酸鹽含量之影響

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)	Dry weight /10 plants (g)	Plant height (cm)	Nitrate content (ppm)
RED	1.44 b	0.08 b	6.6 a	565.0 b
5R1B	1.75 a	0.09 ab	5.9 a	620.0 b
4RGB	1.73 a	0.10 a	6.2 a	786.7 a
Blue	1.09 c	0.08 b	6.2 a	300.0 d
CW	1.76 a	0.10 a	4.5 b	435.0 c
FL	1.10 c	0.10 a	2.7 c	330.0 d
Dark	1.06 c	0.08 b	6.0 a	433.3 c

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

11

表 3. 不同光環境對蘿蔔嬰照光健化 5 天生長與硝酸鹽含量之影響

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)	Dry weight /10 plants (g)	Plant height (cm)	Nitrate content (ppm)
RED	2.57 a	0.08 b	12.6 a	815.0 a
5R1B	2.29 b	0.09 a	10.4 b	755.0 a
4RGB	2.15 b	0.08 b	10.5 b	735.0 a
Blue	1.91 bc	0.08 b	9.9 bc	298.0 d
CW	2.15 b	0.08 b	8.5 c	450.0 bc
FL	1.43 d	0.08 b	7.2 d	413.3 c
Dark	1.69 c	0.07 bc	12.5 a	535.0 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

12

表4. 不同光環境對蘿蔔嬰照光健化7天生長與硝酸鹽含量之影響

Light quality	Fresh weight /10 plants (g)	Dry weight /10 plants (g)	Plant height (cm)	Nitrate content (ppm)
RED	2.84 a	0.10 b	12.8 a	970.0 a
5R1B	2.53 ab	0.12 a	11.3 b	667.5 b
4RGB	2.34 b	0.09 bc	11.2 b	528.0 b
Blue	2.06 c	0.10 b	11.4 b	163.3 d
CW	2.75 a	0.12 a	11.3 b	330.0 c
FL	2.72 a	0.11 ab	10.4 b	893.3 a
Dark	2.34 b	0.07 cd	12.7 a	95.0 d

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

13

表5. 不同光環境對蘿蔔嬰照光健化3天葉綠素含量之影響

Light quality	葉綠素a (mg/g)	葉綠素b (mg/g)	葉綠素a / b	葉綠素a + b (mg/g)
RED	0.30 b	0.10 cd	3.15 b	0.39 ab
5R1B	0.29 b	0.10 cd	3.01 b	0.39 ab
4RGB	0.30 b	0.09 d	3.53 a	0.39 ab
Blue	0.33 b	0.17 a	1.92 c	0.50 a
CW	0.29 b	0.10 c	2.81 b	0.40 ab
FL	0.37 a	0.12 b	2.89 b	0.49 a
Dark	0.07 c	0.05 e	1.91 c	0.12 c

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

14

表 6. 不同光環境對蘿蔔嬰照光健化 5 天
葉綠素含量之影響

Light quality	葉綠素 a (mg/g)	葉綠素 b (mg/g)	葉綠素 a / b	葉綠素 a + b (mg/g)
RED	0.25 d	0.08 d	2.99 b	0.34 b
5R1B	0.33 b	0.10 bc	3.20 a	0.43 ab
4RGB	0.28 c	0.09 c	2.92 b	0.37 b
Blue	0.07 e	0.03 e	2.33 bc	0.09 c
CW	0.32 b	0.11 b	2.62 b	0.44 ab
FL	0.40 a	0.14 a	2.71 b	0.54 a
Dark	0.03 e	0.03 e	1.27 c	0.06 c

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

16

表 7. 不同光環境對蘿蔔嬰照光健化 7 天
葉綠素含量之影響

Light quality	葉綠素 a (mg/g)	葉綠素 b (mg/g)	葉綠素 a / b	葉綠素 a + b (mg/g)
RED	0.24 c	0.11 ab	2.48 b	0.34 c
5R1B	0.30 b	0.11 ab	2.82 ab	0.41 b
4RGB	0.32 b	0.14 a	2.38 b	0.46 ab
Blue	0.30 b	0.19 a	1.57 c	0.49 a
CW	0.38 a	0.13 ab	2.84 ab	0.52 a
FL	0.30 b	0.10 b	3.12 a	0.40 b
Dark	0.08 d	0.12 ab	0.73 d	0.20 d

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

17

表 8. 不同光環境與照光健化時間對蘿蔔嬰
碳水化合物之影響

Light quality	Carbohydrate content (ppm)		
	健化 3 天	健化 5 天	健化 7 天
RED	670.51 a	309.74 c	414.54 b
5R1B	652.09 a	490.39 a	472.55 a
4RGB	665.70 a	346.11 bc	401.92 b
Blue	688.42 a	312.11 c	354.33 b
CW	681.24 a	380.84 b	363.93 b
FL	668.45 a	332.89 bc	267.24 c
Dark	521.98 b	521.19 a	414.54 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

表 9. 不同光環境與照光健化時間對蘿蔔嬰
澱粉含量之影響

Light quality	Starch content (ppm)		
	健化 3 天	健化 5 天	健化 7 天
RED	891.40 d	1,947.21 bc	1,945.46 ab
5R1B	1,063.14 c	2,482.73 a	2,188.72 a
4RGB	1,148.52 bc	1,824.12 bc	1,620.52 c
Blue	1,256.32 bc	1,543.55 c	1,900.21 bc
CW	1,587.09 a	1,698.69 c	1,730.19 bc
FL	1,313.68 b	2,014.88 b	1,615.85 c
Dark	1,038.03 c	2,093.05 b	1,973.46 ab

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test

CW、5R1B為栽培蘿蔔嬰較佳燈源

- 混色LED光對蘿蔔嬰健化前期鮮重顯著FL佳。
- CW會顯著提高葉綠素含量，藍光會顯著降低葉綠素a/b比值，而5R1B會顯著提高蘿蔔嬰可溶性碳水化合物與澱粉之含量。
- 綜合以上幾點可以發現，CW與5R1B對於蘿蔔嬰之生長為最佳之燈源。CW LED、5R1B可能是一種有效提高蘿蔔嬰生長之農業有效措施。

光質與照光健化時間對蘿蔔嬰抗氧化力影響 (鍾興穎等) 2010

Effect of Light quality and duration on the anti-oxidation capability of radish sprout



環境參數
 溫度：26/21℃
 光週期：L12/D12 hrs
 光量：120 μmol/m²/s
 養液：花寶1號
 (稀釋1000倍)

測定項目
 1. 維他命C含量
 2. 類胡蘿蔔素
 3. 花青素
 4. 總酚含量
 5. DPPH清除率

Light quality
 1. Red
 2. 5R1B
 3. 4R1G1B
 4. Blue
 5. CW
 6. FL
 7. Dark

表6. 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(%)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	91.34 b	94.56 b	93.70 d
5R1B	90.66 c	94.52 b	93.70 d
4RGB	90.90 bc	94.24 b	90.20 b
Blue	76.85 e	86.35 e	88.80 e
CW	90.57 c	93.40 c	89.65 b
FL	90.04 d	92.90 d	86.53 c
Dark	94.16 a	97.20 a	93.80 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表5. 不同光環境與照光健化時間對蘿蔔嬰總酚含量之影響

Light quality	Total Polyphenol		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	64.37 cd	53.80 b	39.42 d
5R1B	71.70 b	54.57 ab	46.26 c
4RGB	59.88 d	41.03 b	50.21 b
Blue	52.22 d	41.03 b	30.62 e
CW	69.66 bc	53.86 b	57.82 a
FL	80.70 a	53.86 b	50.74 b
Dark	59.05 d	49.97 b	40.04 d

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表2. 不同光環境與照光健化時間對維他命C之影響

Light quality	Vit. C Content (ppm)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	1170.0 c	1136.7 a	837.0 c
5R1B	1216.7 bc	1356.7 a	1193.3 ab
4RGB	1213.3 bc	1046.7 bc	1170.0 ab
Blue	1276.7 bc	1046.7 bc	1030.0 bc
CW	1300.0 b	1115.0 b	1125.0 b
FL	1713.3 a	1115.0 b	1233.3 a
Dark	660.0 d	396.7 d	370.0 d

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表3. 不同光環境與照光健化時間對類胡蘿蔔素含量之影響

Light quality	Carotenoid content (mg/g)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	0.10 b	0.09 c	0.07 c
5R1B	0.10 bc	0.11 b	0.10 b
4RGB	0.10 c	0.10 c	0.12 a
Blue	0.13 a	0.12 ab	0.13 a
CW	0.10 bc	0.11 b	0.13 a
FL	0.13 a	0.14 a	0.10 b
Dark	0.05 d	0.04 d	0.07 c

表4. 不同光環境與照光健化時間對蘿蔔嬰花青素含量之影響

Light quality	Anthocyanins (unit/g FW)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	1.72 cd	0.58 d	0.94 bc
5R1B	1.43 d	1.14 bc	0.50 cd
4RGB	1.35 d	1.15 bc	0.79 c
Blue	3.84 a	2.07 a	1.68 a
CW	2.15 b	1.41 bc	0.71 c
FL	1.98 c	0.91 d	0.61 cd
Dark	2.29 b	1.49 bc	1.00 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表 2. 不同光環境與照光健化時間對
維他命C之影響

Light quality	Vit. C Content (ppm)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	1170.0 c	1146.7 c	837.0 c
5R1B	1216.7 bc	1386.7 a	1193.3 ab
4RGB	1213.3 bc	1046.7 bc	1170.0 ab
Blue	1276.7 bc	1000.0 bc	1030.0 bc
CW	1300.0 b	1000.0 bc	1125.0 b
FL	1713.3 a	1115.0 b	1233.3 a
Dark	660.0 d	396.7 d	370.0 d

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表 3. 不同光環境與照光健化時間對
類胡蘿蔔素含量之影響

Light quality	Carotenoid content (mg/g)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	0.10 b	0.09 c	0.07 c
5R1B	0.10 bc	0.11 b	0.10 b
4RGB	0.10 c	0.10 c	0.12 a
Blue	0.13 a	0.12 ab	0.13 a
CW	0.10 bc	0.11 b	0.13 a
FL	0.13 a	0.14 a	0.10 b
Dark	0.05 d	0.04 d	0.07 c

表4. 不同光環境與照光健化時間對
蘿葡嬰花青素含量之影響

Light quality	Anthocyanins (unit/g FW)		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	1.72 cd	0.58 d	0.94 bc
5R1B	1.43 d	1.14 bc	0.50 cd
4RGB	1.35 d	1.15 bc	0.79 c
Blue	3.84 a	2.07 a	1.68 a
CW	2.15 b	1.41 bc	0.71 c
FL	1.98 c	0.91 d	0.61 cd
Dark	2.29 b	1.49 bc	1.00 b

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表5. 不同光環境與照光健化時間對
蘿葡嬰總酚含量之影響

Light quality	Total Polyphenol		
	健化3天	健化5天	健化7天
RED	64.37 cd	53.80 b	39.42 d
5R1B	71.70 b	54.57 ab	46.26 c
4RGB	59.88 d	51.03 b	50.21 b
Blue	52.22 d	44.50 b	30.62 e
CW	69.66 bc	44.50 b	57.82 a
FL	80.70 a	53.86 b	50.74 b
Dark	59.05 d	49.97 b	40.04 d

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

表 6. 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(%)		
	健化 3 天	健化 5 天	健化 7 天
RED	91.34 b	94.56 b	83.70 d
5R1B	90.69 c	94.52 b	89.57 b
4RGB	90.90 bc	94.24 b	90.20 b
Blue	76.85 e	86.38 e	88.80 e
CW	90.57 c	93.49 c	89.65 b
FL	90.04 d	92.90 d	86.53 c
Dark	94.16 a	97.20 a	93.80 a

Means followed by the different letters in each column are significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

有夢最美 築夢踏實

Toward Ubiquitous Plant Factory

