



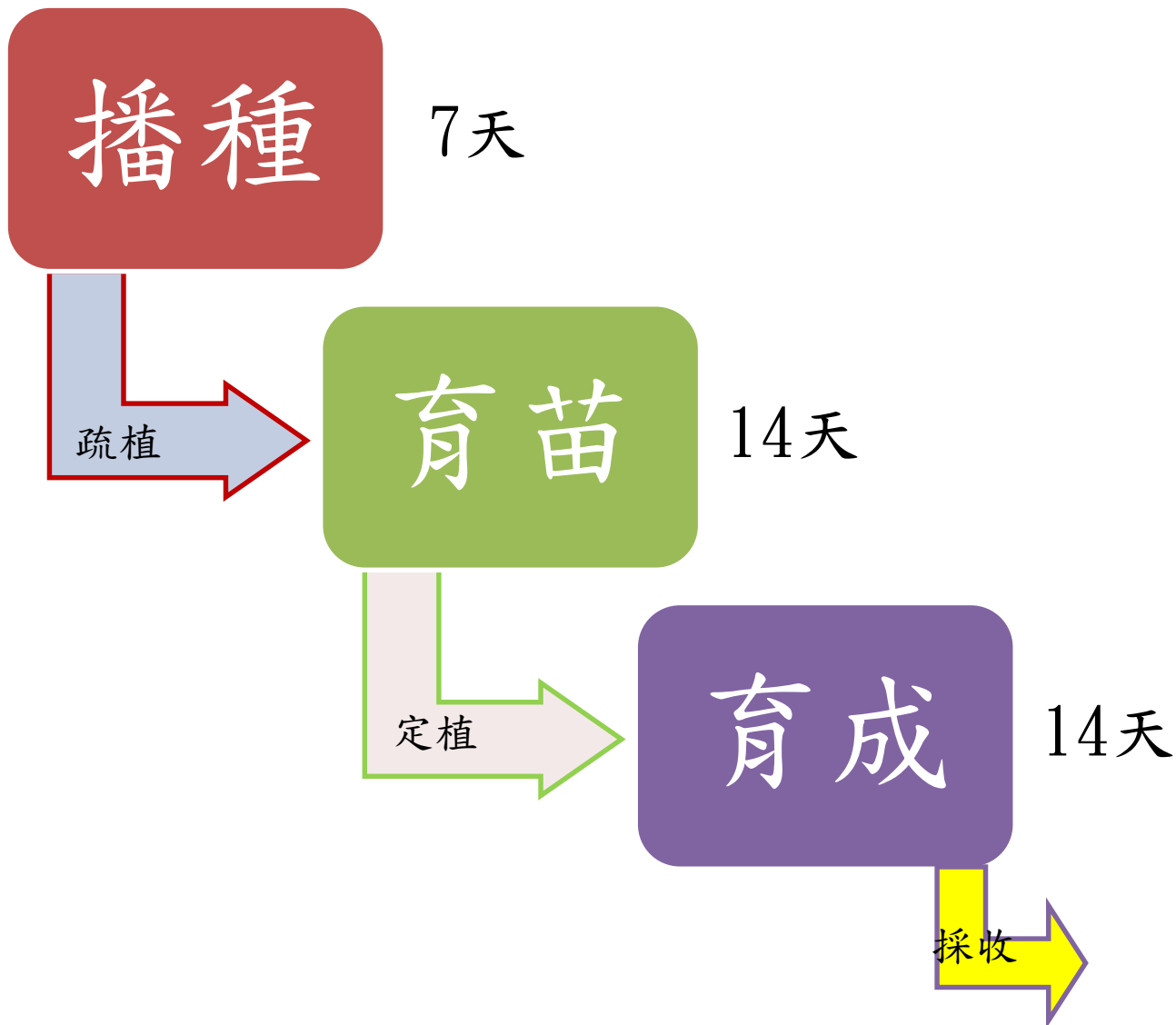
PFAL 系統設計 與 整廠效能評估



方煒 Wei FANG, Ph.D., Professor
Dept. of Biomechatronics Engineering
台大生機系 National Taiwan University



栽培流程



栽培流程的訂定範例

播種期

第一階段 (7天)

- 浸種24 hr後選擇有發芽者移入育苗盤
- 栽培密度：333 plants/m²

育苗期

第二階段 (14天)

- 第一次移植 (又稱為疏植)
- 栽培密度：40 plants/m²

育成期

第三階段 (14天)

- 第二次移植 (又稱為定植)
- 栽培密度：20 plants/m²

排程：空間與時間

stage	days	density plts/m ²	days*den sity	success ful rate	plts- wks/m2	plts-wks ratio	area- wks ratio	Rel. area- wks ratio
1	7	333	2331	1	333	8	0.003	
2	14	40	560	1	80	2	0.05	1
3	14	20	280	1	40	1	0.10	2

排程

		Wk. no							
400 plants		1	2	3	4	5	6		
	stage2	10 m ²	10	10	10	cp3	cp3		
	stage3			20	20	20	20		

栽培流程的訂定範例

育苗期

第一階段 (14天)

- 浸種24 hr後移入育苗系統
- 栽培密度：333 plants/m²

育成期

第二階段 (14天)

- 栽培密度：40 plants/m²

調質期

第三階段 (7天)

- 栽培密度：20 plants/m²

排程：空間與時間

stage	days	density plts/m ²	days*den sity	successf ul rate	plts- wks/m2	plts-wks ratio	area- wks ratio	Rel. area- wks ratio
1	14	333	4662	1	666	33	0.006	
2	14	40	560	1	80	4	0.05	1
3	7	20	140	1	20	1	0.05	1

排程

400	plants	wk1	wk2	wk3	wk4	wk5	wk6	
	stage2	10	10	10	10	cp3	cp3	
	stage3			20		20		cp3
		Not proper						
400	plants	wk1	wk2	wk3	wk4	wk5	wk6	
	stage2	5	5	cp3	cp3	cp5	cp5	
			5	5	cp4	cp4		
	stage3			10	10	cp3	cp4	cp5
		Better						

環境參數設定範例

環境參數	育苗期	育成期	調質期
	第一階段	第二階段	第三階段
PPFD 光量 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	230±30	270±30	
LP 光週期 (明/暗 , h)	24/0	16/8	
DLI ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)	20	16	
T 氣溫 (明/暗 , °C)	22	22/20	
RH 相對溼度 (%)	80 ~ 90		
EC 電導度 (mS/cm)	1.2±0.1		
pH 酸鹼度	5.8±0.1		
二氧化碳濃度 (ppm)	1200±100		

空間需求設計

每天產能	1000 株/日			
育成天數	21 日		總株數	21000
栽培層數	4 層			
株距	18 cm	密度	30.9 株/m ²	
總裁培面積		680.4 m ²		
栽培區面積		170.1 m ²		
其他設施面積		150 m ²		
總面積		320.1 m ² =		97 坪

燈具需求設計

每天產能	1000 株/日				總裁培面積	680.4 m ²		
育成天數	21 日		總株數	21000	栽培區面積	170.1 m ²		
栽培層數	4 層				其他設施面積	150 m ²		
株距	18 cm	密度	30.9 株/m ²		總面積	320.1 m ² =	97 坪	
光量需求	150 μmol/m ² /s		總光量需求 (照明效率=1)			102060 μmol/s		
照明效率	0.7		總光量需求 (照明效率如左)			145800 μmol/s		
人工光源	no. of chips	umol/s						
LED chip	1	0.06	2,430,000	顆 LED chips	115.71	顆LED chips/ 株	0.009	株/LED chip
LED 燈管	200	12	12,150	根 LED 燈管	0.58	根LED 燈管/株	1.728	株/LED 燈管
LED 光盤	400	24	6,075	片 LED 光盤	0.29	片 LED 光盤/株	3.457	株/LED 光盤
TFL 燈管	1	15	9,720	根 TFL 燈管	0.46	根 TFL 燈管/株	2.160	株/TFL 燈管

光源

高效能量產之關鍵

以 40 呎貨櫃為例

40呎貨櫃式植物工廠

貨櫃	40 呎	長, m	12.192	寬, m	2.2	總面積	26.82 m ²
使用比率	0.5	層數	4	總裁培面積	53.64 m ²		
栽培天數	28			單株面積	0.0324 m ² /株	總株數	1656
株距, cm	18			栽培密度	30.9 株/m ²	日收穫株數	59
燈管單價, NT\$	700	燈管長, cm	110				
燈管間距, cm	12	燈管數, 支	406	燈管成本	28.45 萬		
			淨利率	淨利, 萬			
年收穫天數	350		0.1	14.9			
年總株數	20696		0.2	29.8			
g/株	120		0.3	44.7			
售價NT\$/g	0.6		0.4	59.6			
粗收益, 萬	149		0.5	74.5			

單位面積的造價頗高，但也比日本便宜許多（小於1/3）

	造價	造價/m ²
燈具之外的硬體	600000	22369.36
燈管	284480	10606.06

日本設廠造價 33~50 萬日圓/m²
約 13~20 萬台幣/m²

日本設廠投資

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

* 假設每株 100 g，全年 365 天連續量產

以產能來估算的 單株折舊成本並不高

	造價	造價/m ²
燈具之外的硬體	600000	22369.36
燈管	284480	10606.06

	折舊年數	折舊金額 NT\$/年	折舊金額 NT\$/m ² /年	折舊金額 NT\$/株/年
燈具之外的硬體	10	60000	2237	2.90
燈管	5	56896	2121	2.75

sum= 5.65

透過關鍵參數的微調，還可提升 產能，進而降低單株折舊成本

使用比例	株距	栽培天數	層數	燈管間距	燈具之外的 硬體折舊， NT\$/株/年	燈管造價折 舊，NT\$/株/ 年
0.5	15	21	5	15	1.21	1.15
0.5	18	28	4	12	2.9	2.75
0.4	15	21	5	15	1.51	1.15
0.4	18	28	4	12	3.62	2.75
0.7	15	21	5	15	0.86	1.15
0.7	18	28	4	12	2.07	2.75

sum= 5.65

6.37 NT\$/株/年

2.01

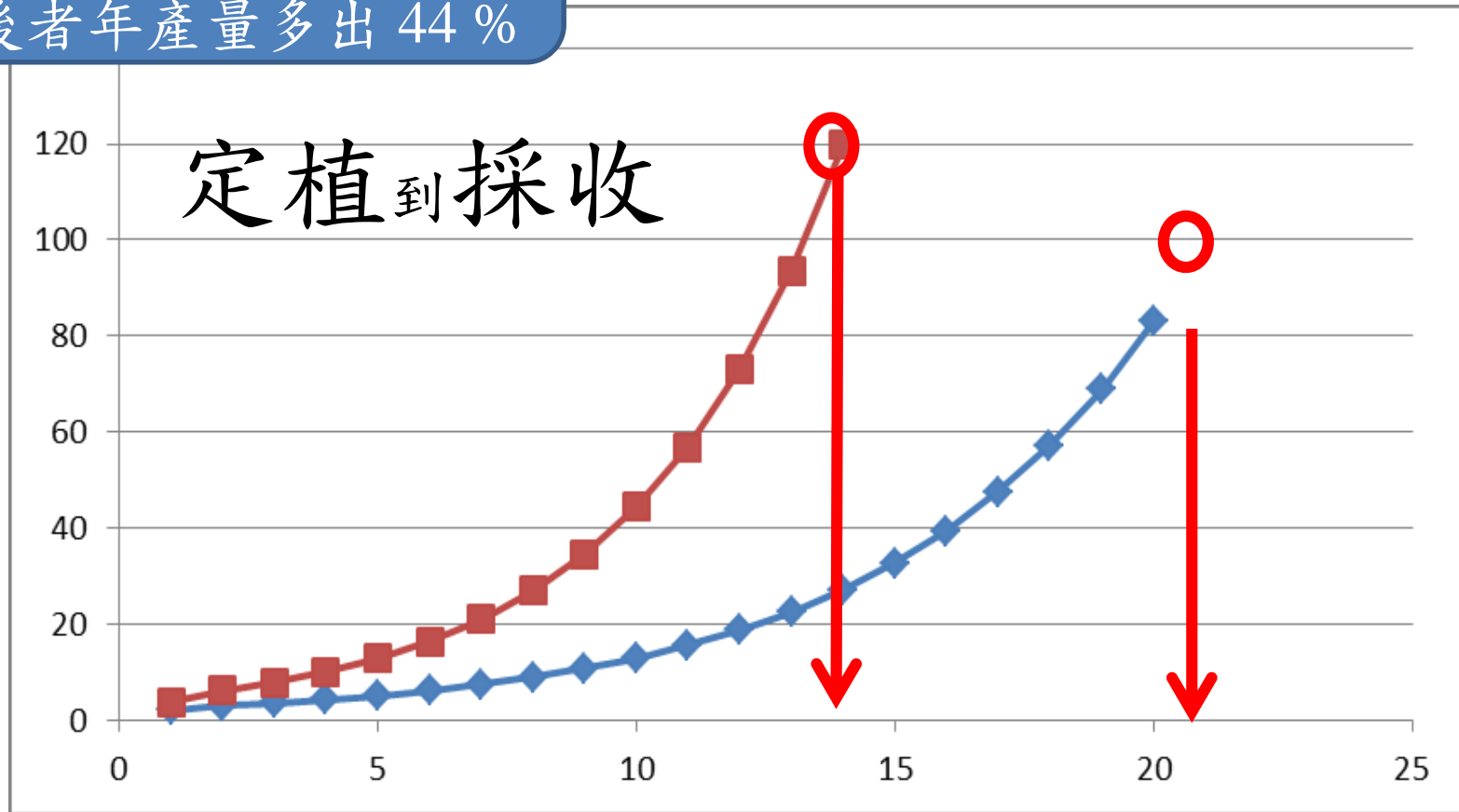
栽培相關計算

- 植株生長速率
- 植株含水率 (1-乾溼重比) → 品質
- 植株大小 → 株距
- 株高，光源表面溫度 → 光源至栽培板距離
葉冠面接收到的光量
- 植株重量 → 收穫日數，累積光量

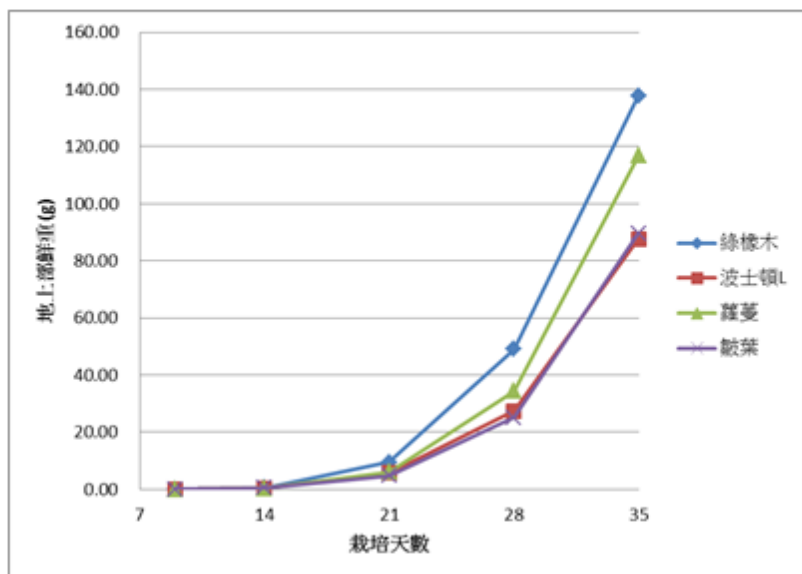
相對生長速率

收穫鮮重	M	100	120 g
定植鮮重	Mo	2	3.69 g
計算	$\ln(M/Mo)$	3.912	3.482
生長天數	t	21	14 日
成長速率			
公式	$r = \ln(M/Mo) / t$	0.186	0.249

21 天：年產 18 批次
 14 天：年產 26 批次
 後者年產量多出 44 %

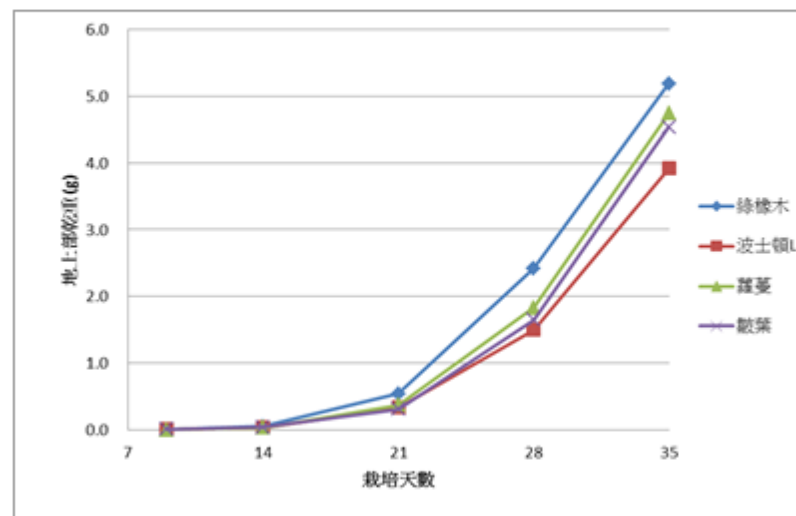


地上部鮮重

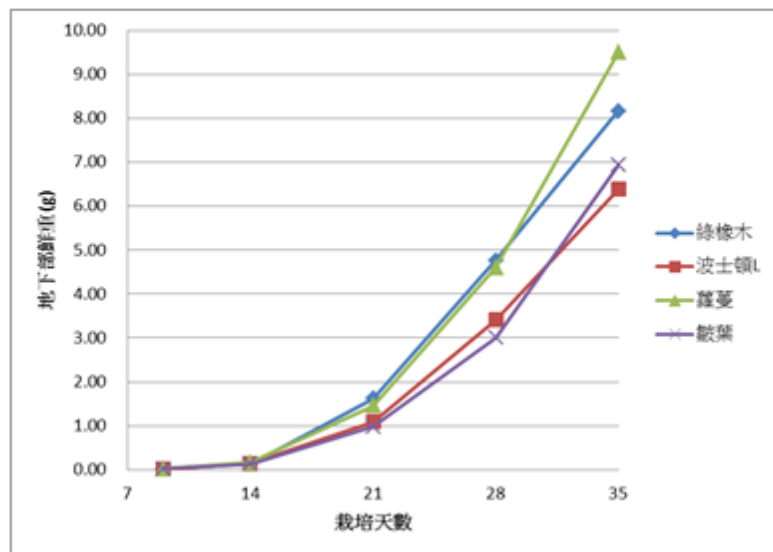


34

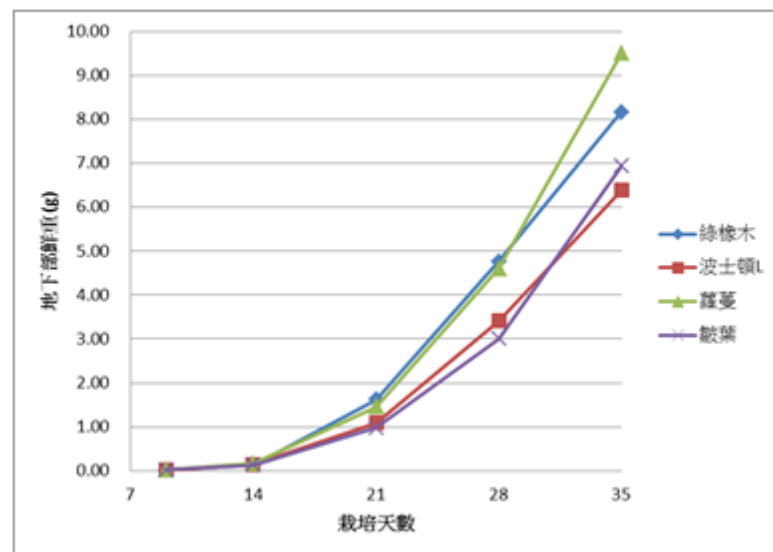
地上部乾重



地下部鮮重



地下部乾重



地下部代表根系

- 根系生長旺盛
 - 營養吸收良好
 - 營養缺乏的症狀較少發生
 - 管理容易
-
- 根系較少，地上部也能生長旺盛，代表地下部空間可以再小，營養液水深可以再少

光譜分布 Spectral distribution、波段占比

	Blue	Green	Red	Far-Red	B/G	R/G	R/Fr
L1: RWB	23	14	63	0	1.64	4.5	-
L2: RW	22	37	40	1	0.59	1.08	40
L3: SunLike	25	36	34	5	0.69	0.94	6.8

BPPFD (300 ~ 800 nm) = 278 ~ 286 ± 10 μmol s⁻¹m⁻²

栽培中有更換燈管時的占比計算

Treatments	Overall B/G ratio	Overall R/G ratio
RWB x 6 wks	1.64 x 6/6 = 1.64	4.5
RWB x 5+RW x 1	(1.64 x 5+0.59 x 1)/6 = 1.465	(4.5 x 5+1.08 x 1)/6= 3.93
SunLike x 6 wks	0.69 x 6/6 = 0.69	0.94

Treatments of 3 LEDs

Treatments	Stage 1 DAS = 0~3	Stage 2 DAS = 4~14	Stage 3 DAS = 15~35	Stage 4 DAS = 36~42
RWB x 6	L1_285			
RWB x 5 +RW x 1	L1_285			L2_286
SunLike x 6	L3_278			

Note :

Stage 1: **N0_E0.1_L?_H24_d750_A25**

Stage 2: **N1_E1.2_L?_H24_d750_A25**

Stage 3, 4: **N1_E1.2_L?_H16_d37_A25/23**

Nx: N Nutrient solution, N0: Tap water, N1: NTU formula

Ex: E EC, x:value , in mS cm⁻¹

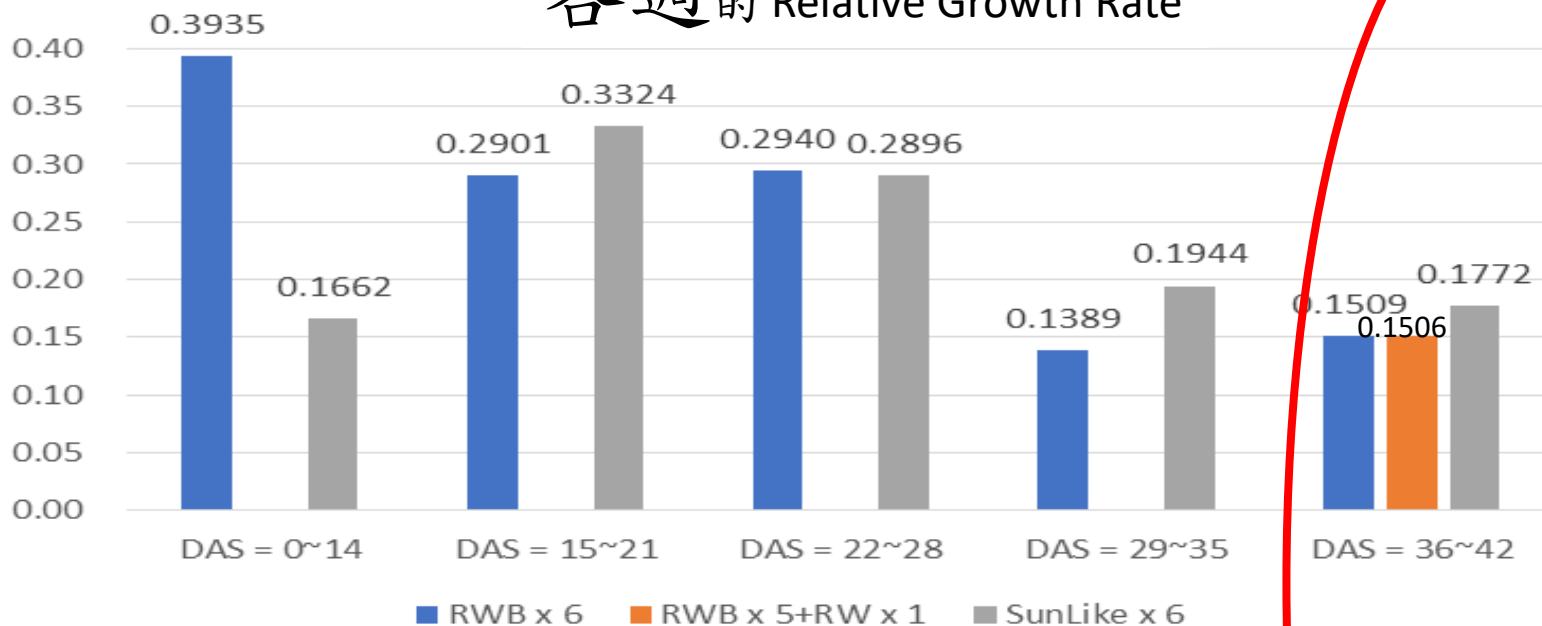
Lx_y: L LED tube, x: type, 1 is RWB (B₂₃:G₁₄:R₆₃), 2 is RW (B₂₂:G₃₇:R₄₀:FR₁),
3 is SunLike (B₂₅:G₃₆:R₃₄:FR₅); y: BPPFD value in μmol m⁻²s⁻¹

Hx: H light period, x in hrs per day

dx: d cropping density, x: in plts·m⁻²

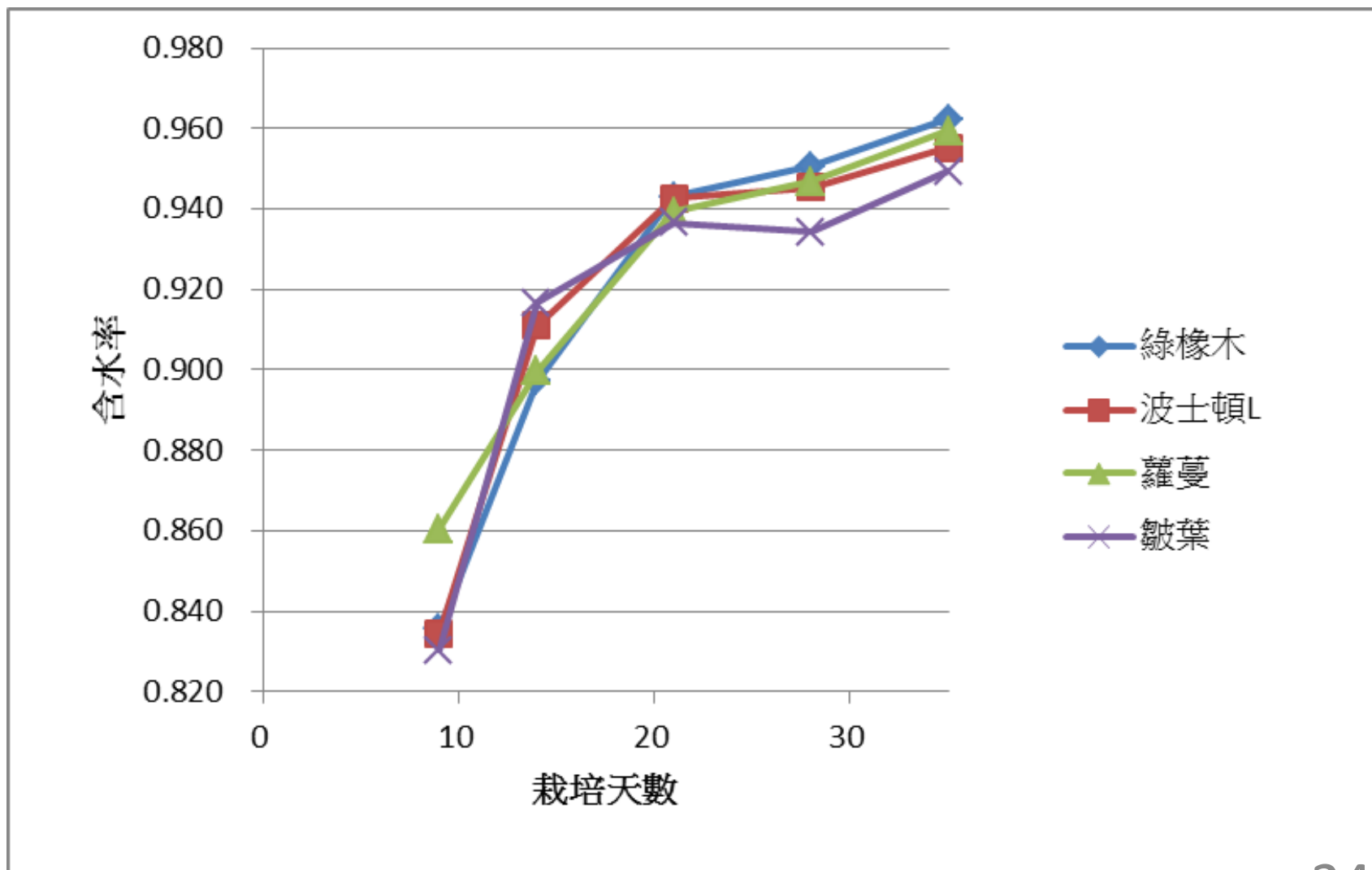
Ax/y: A indoor air temperature, x/y: day/night temp., in °C

各週的 Relative Growth Rate



	DAS = 0~14	DAS = 15~21	DAS = 22~28	DAS = 29~35		DAS = 36~42
RWB	0.3935	0.2901	0.2940	0.1389	RWB	0.1509
					RW	0.1506
Sunlike	0.1662	0.3324	0.2896	0.1944	SunLike	0.1772

$$\text{含水率} = 1 - \text{乾溼重比}$$



含水率

- 乾溼重比 = 乾重 / 濕重 = 乾重 / (水重 + 乾重) ；
- 溼乾重比 = 濕重 / 乾重
- 含水率 = 1 - 乾溼重比 = 濕基含水率 = 水重 / 濕重
- 含水倍數 = 水重 / 乾重 = 乾基含水率 = 溼乾重比 - 1

範例：

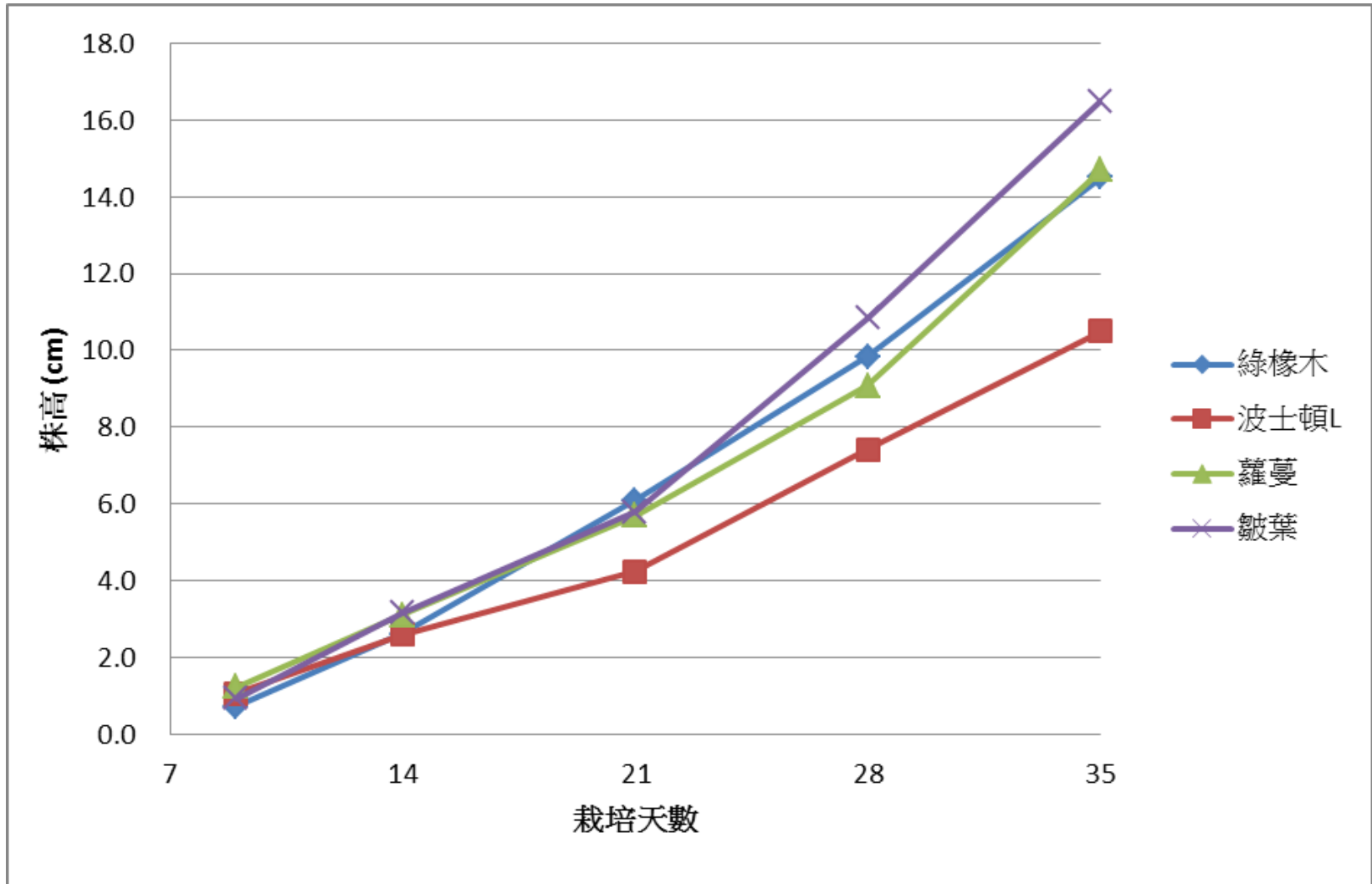
栽培天數	鮮重 (g)		乾重 (g)		含水率	乾濕重比	溼乾重比	含水倍數
	平均	標準差	平均	標準差	平均			
9	0.0375	0.0042	0.0062	0.0009	83.56%	0.164	6.08	5.08
14	0.5000	0.1124	0.0514	0.0110	89.71%	0.103	9.72	8.72
21	9.5250	2.7055	0.5417	0.1563	94.31%	0.057	17.58	16.58
28	49.017	4.3357	2.4187	0.2637	95.07%	0.049	20.27	19.27
35	137.7650	7.3982	5.1892	0.4005	96.23%	0.038	26.55	25.55

含水率(含水倍數)差一點點， 乾重差異擴大20多倍

乾重	濕重	含水率	含水倍數	含水率差異	乾重差異
4.50	100	95.50%	21.222	0	0
4.45	100	95.55%	21.472	0.05%	-1.1%
4.40	100	95.60%	21.727	0.10%	-2.2%
4.35	100	95.65%	21.989	0.15%	-3.3%
4.30	100	95.70%	22.256	0.20%	-4.4%
4.25	100	95.75%	22.529	0.25%	-5.6%
4.20	100	95.80%	22.810	0.30%	-6.7%
4.15	100	95.85%	23.096	0.35%	-7.8%
4.10	100	95.90%	23.390	0.40%	-8.9%
4.05	100	95.95%	23.691	0.45%	-10.0%

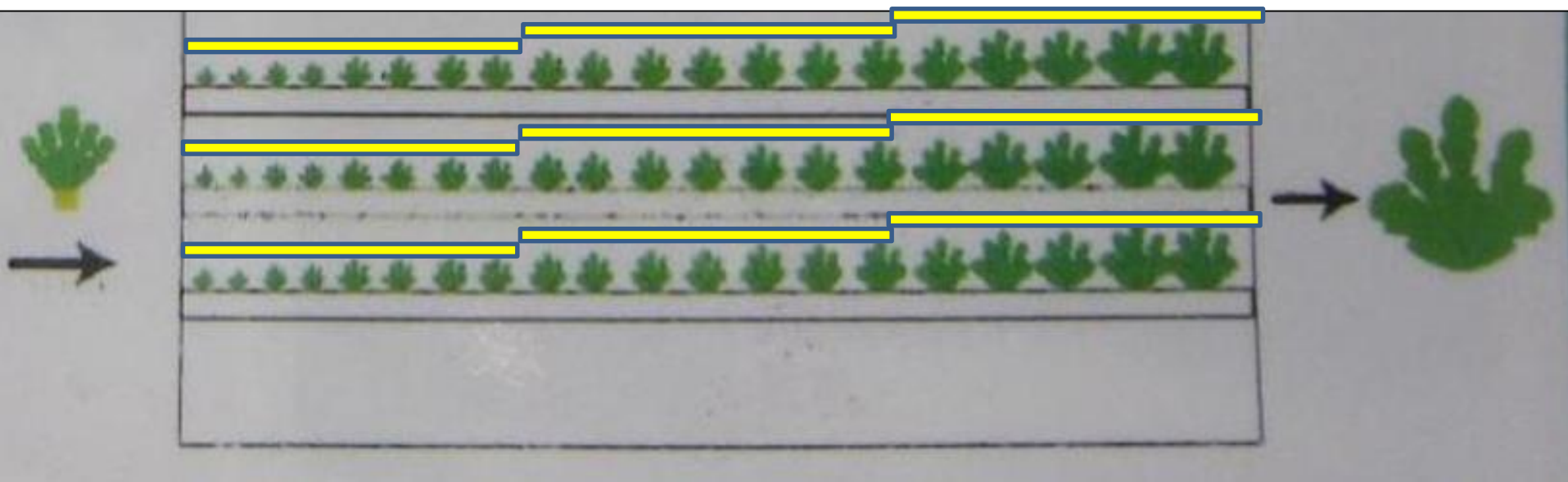
含水率大幅影響品質

株高，公分

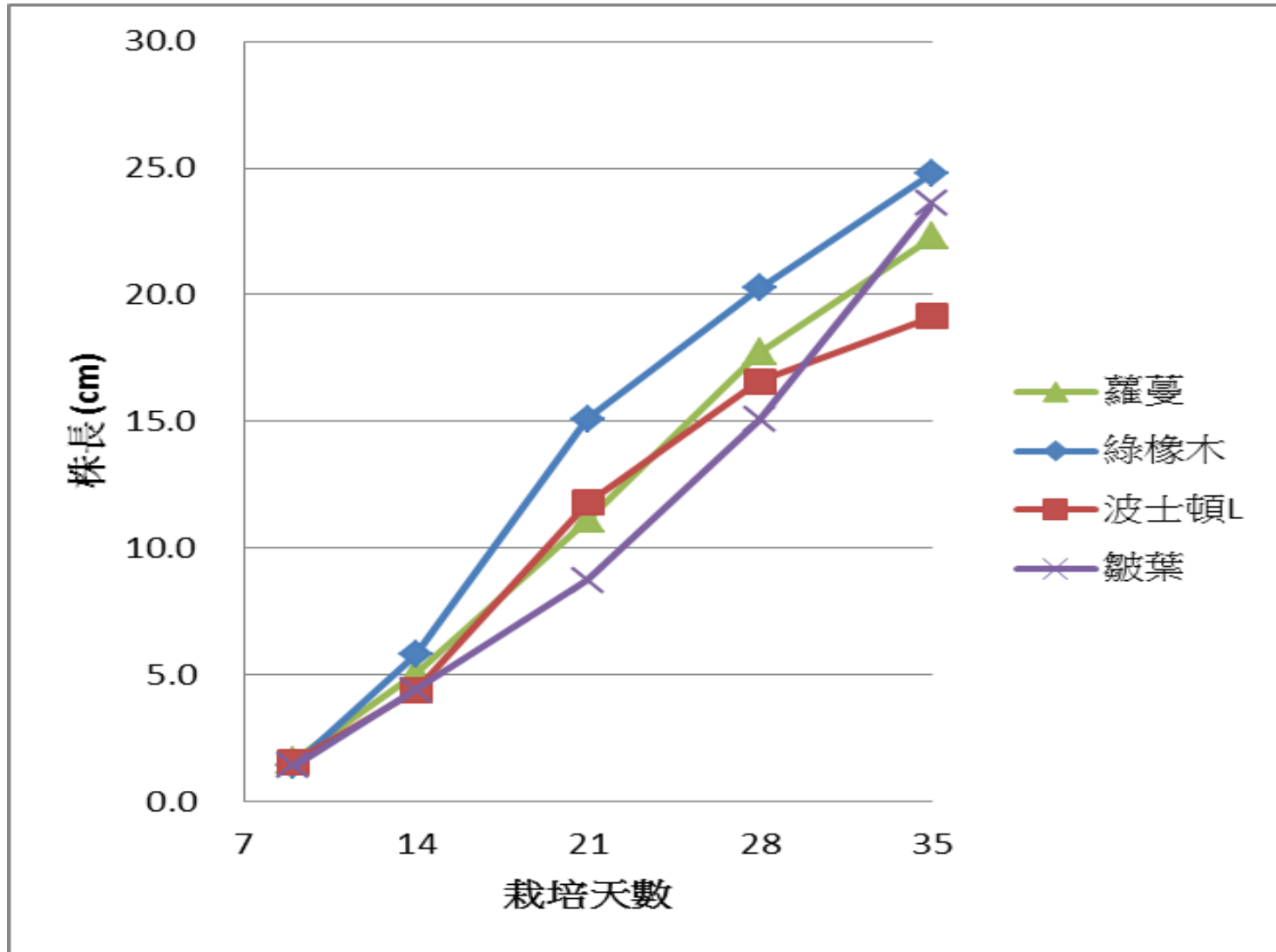


燈具高低隨植株高度調整

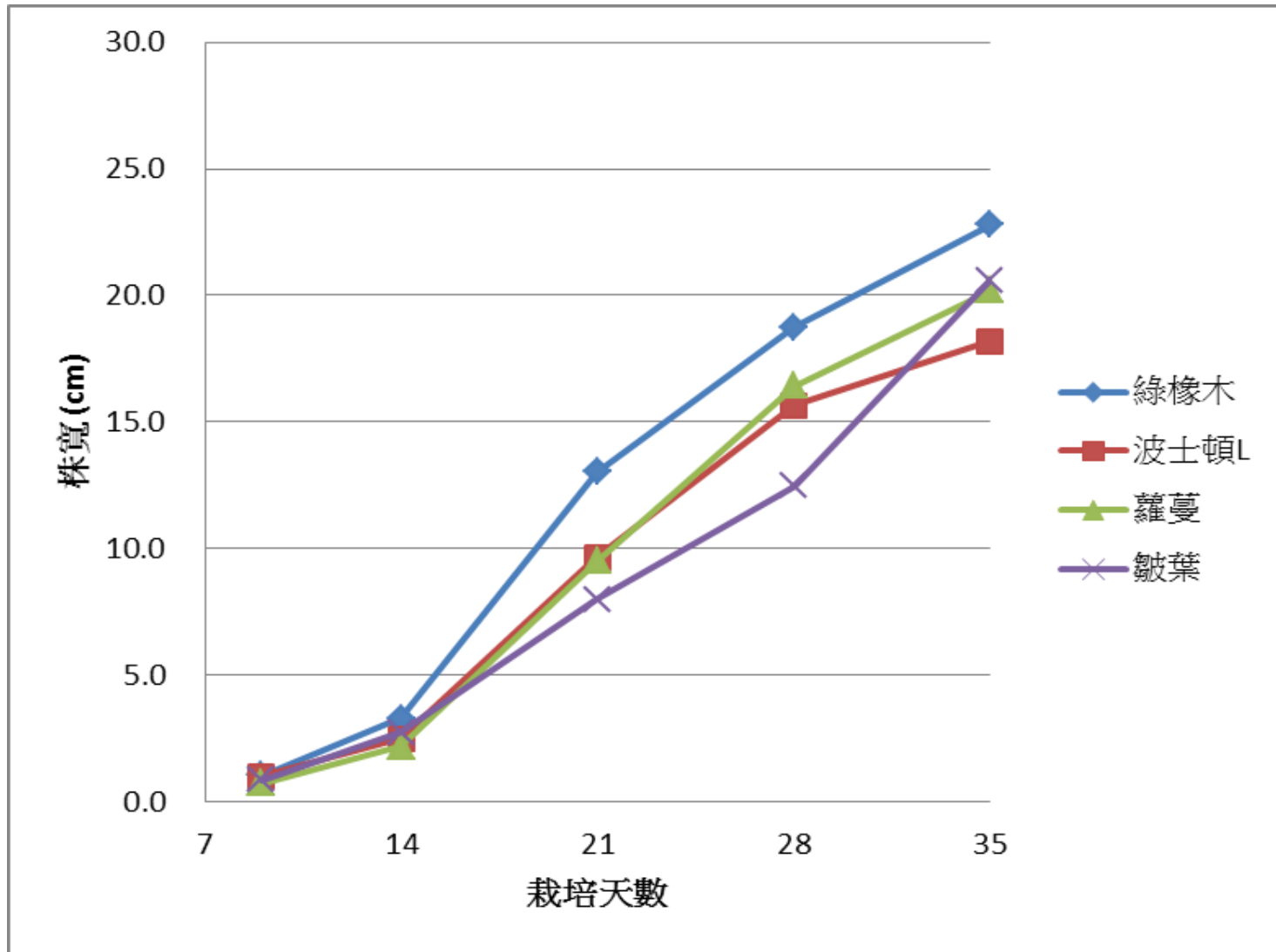
點光源的光量與距離平方成反比
線/面光源也近似，但稍弱些



株長，公分



株寬，公分



長 x 寬 x 高 (in cm)

	Day 9	Day 14	Day 28	Day 35
綠橡木	1.7x1.3x0.8	6.5x4x3	22x21x10	27x25x22
波士頓L	1.9x1.1x1.3	5x2.9x3	19x18x9	21x20x12
蘿蔓	2x1x1.5	6.5x2.6x4	19x18x11	25x22x17
皺葉	1.8x1.2x1	5x4x4	17x13x12	25x22x18

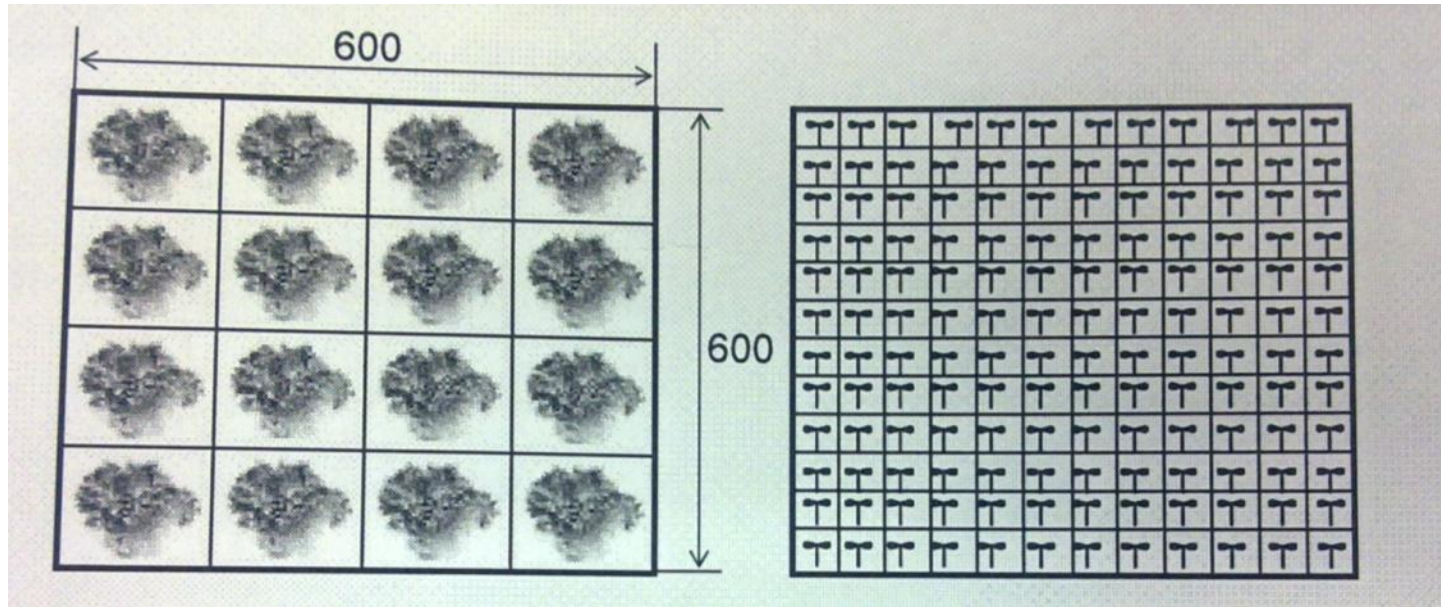
由長、寬決定株距，由高決定燈具距離

株距 VS. 栽培密度

植株間距, cm	栽培密度, 株/m ²
A 12	B 69
C 2.000	D 2500

- $B = 10000 / A^2$
計算例： $69 = 10000 / (12^2)$
- $C = 100 / \text{sqrt}(D)$
計算例： $2 = 100 / \text{sqrt}(2500)$

植株長、寬決定株距

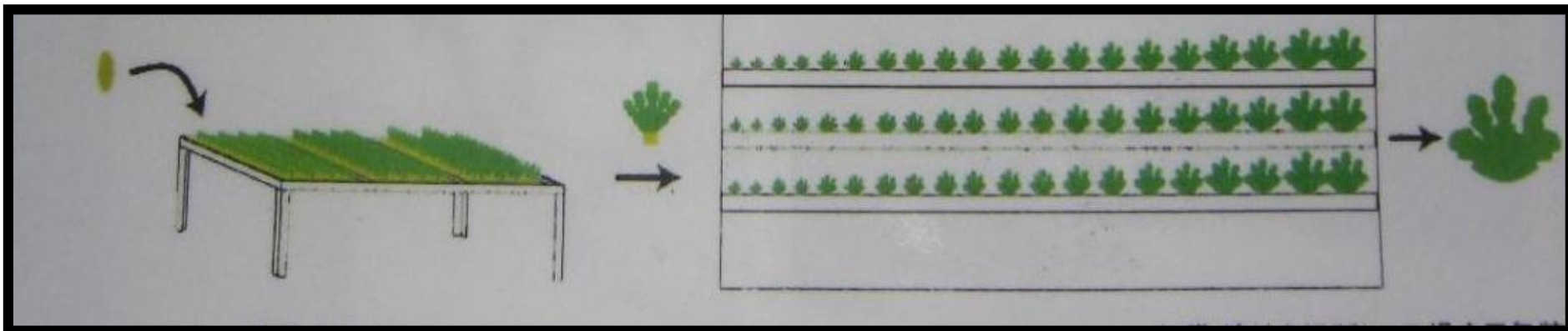
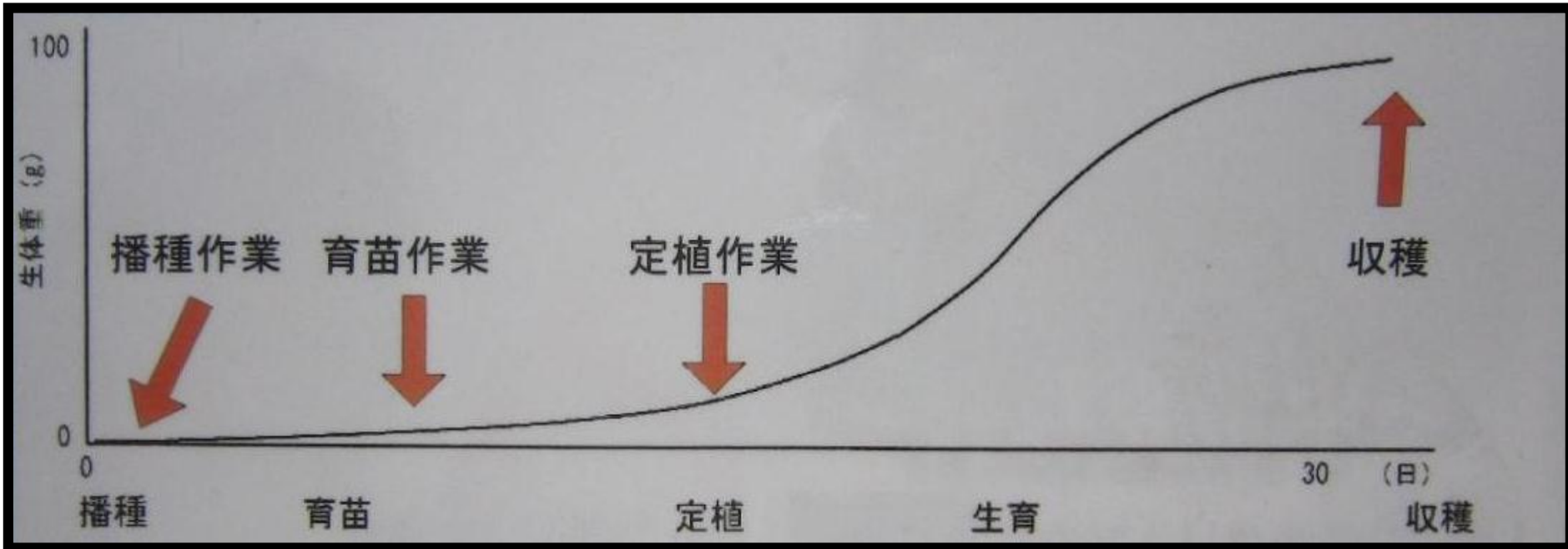


$$16 \text{ 株/盤} = 44 \text{ 株/m}^2$$

$$144 \text{ 株/盤} = 400 \text{ 株/m}^2$$

株距決定栽培密度，影響單位面積產能

隨植株大小分階段調整栽培密度



隨人工成本與自動化程度調整階段數

$$RUI = 1 / \Sigma (1000 Wi / (52Di))$$

	spacing, cm	Di, plts/m ²	Wi, wks	1000*Wi/(52*Di)	RUI	Ratio
2 stages	6.16	264	2	0.15	0.45	1
	18.9	28	3	2.06		
3 stages	2	2500	1	0.01	0.65	1.44
	6.16	264	2	0.15		
	18.9	28	2	1.37		
4 stages	6	278	1	0.07	0.78	1.73
	8	156	2	0.25		
	12	69	1	0.28		
	18.9	28	1	0.69		
5 stages	2	2500	1	0.01	0.89	1.96
	4	625	1	0.03		
	8	156	1	0.12		
	12	69	1	0.28		
	18.9	28	1	0.69		

* RUI: 時空資源利用指標

量化指標

人工光源

性價比 $CPr =$
瓦價比 $WPr \times$ 發光效率 Le

詮興光電

Comparing Solidlite WIDE-BAND LED with generic light sources sold on the market

Experimental plant: Lettuce

Growing duration: 30 days

Category	Power use	Photon flux	Wet weight at harvest	Dry weight at harvest	Height at harvest	Width at harvest	Life expectancy measurement
Units	w	$s \cdot m^{-2}$	g	g	CM	CM	1000hr dimming(%)
WIDE-BAND A type	84	242	174.8	8.7	24.7	40.4	+0.2%
WIDE-BAND B type	84	199	203	10.9	25.3	41.3	+2.3%
Generic R/B LED	85	147	143.6	7.1	20.8	33.8	-30.2%

Note: 1. We use 25 heads of lettuce to run the trial and all records are the averaged number.

2. R/B LED was Red 8: Blue 1

3. Dry Weight is observed after oven drying the plants for 24 hours at 75°C.

Absolute Maximum Ratings at $T_A=25^\circ\text{C}$

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Power Dissipation	P_d	42	W
D.C. Forward Current	I_f	840	mA

Parameter	Test Condition	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward Current	$I_f=840\text{mA}$	V_f	—	48	—	V

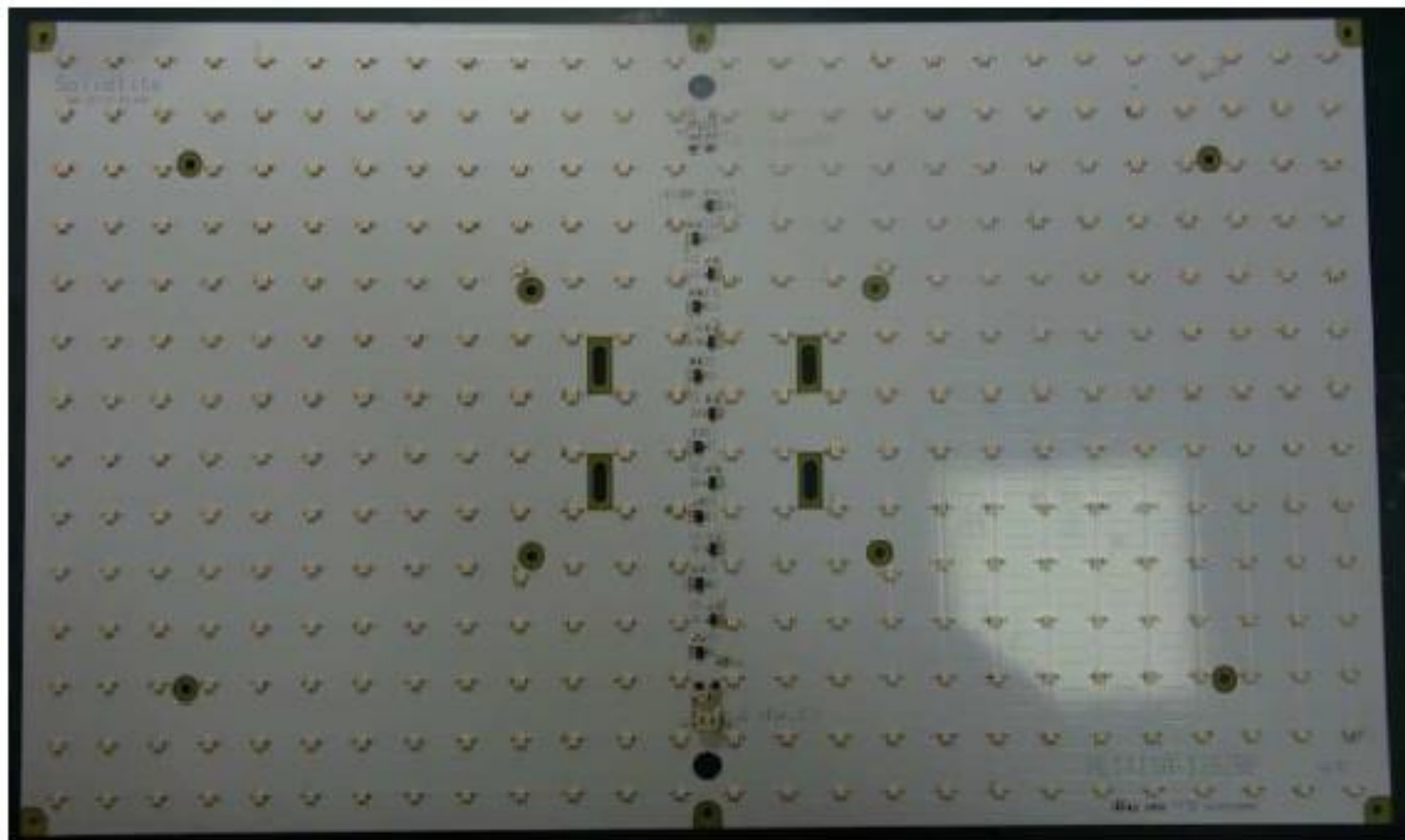
Recommend forward current for longer duration is 840mA.

These values measured by Optical Spectrum Analyzer of SOLIDLITE.

Properties of light (Measurement device model : HD 2102.2 Made in Italy)

Distance	Center(Typ.)
20cm	268
25cm	212
30cm	168
35cm	134
40cm	110






$\mu\text{ mol/set}$



試算 (栽培區 50 cm * 30 cm)

株距 cm	栽培株數 株/光盤	單株耗電 W/株	單株燈光費 用
10	$5 \times 3 = 15$	$42 \text{ W} / 15 = 2.8$	1800 / 15 = 120 元/株
15	$3 \times 2 = 6$	$42 \text{ W} / 6 = 7$	1800 / 6 = 300 元/株
18	$3 \times 1 = 3$	$42 \text{ W} / 3 = 14$	1800 / 3 = 600 元/株

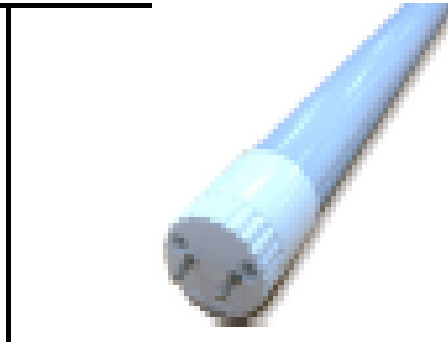


	2FT LED tube		4FT LED tube		Bulb
Photo					
Model	AT060-13W-3A/C/D	LG-FLN09-08-124A-CW/NW/WW-H	AT120-23W-3A/C/D	LG-FLN08-18-124A-CW/NW/WW-H	LG-LBB1F-080-CW0-124A-101
輸入電壓 Input voltage	100V/110V/220V	100V-240V (full range voltage)	100V/110V/220V	100V-240V (full range voltage)	90 - 264V (full range voltage)
耗電量 Power consumption	13W±1W	10W	23.5W±1W	20W	8W
光通量 Typical luminous	700±50 Lm	700 Lm	1400±100 Lm	1400 Lm	600 Lm
演色性 CRI	> 70%	> 70%	> 70%	> 70%	> 75%
色溫 Color temperature	3500K/5000K/6500K	3500K/5000K/6500K	3500K/5000K/6500K	3500K/5000K/6500K	3500K/ 6500K
功率因素 Power factor	> 90%	> 90%	> 90%	> 90%	*****
接頭 Socket spec	G13 Medium	Aluminum/ Plastic	G13 Medium	Aluminum/ Plastic	Aluminum (E27)
尺寸 Dimension	26mm * 582mm	28mm *588mm	26mm * 1198mm	28mm *1198mm	59.9mm * 109.5mm
光束角 Illumination angle	110°	110°	110°	110°	120°
操作溫度 Operating temperature	-10° C~50° C	-20° C~50° C	-10° C~50° C	-20° C~50° C	0° C~50° C
使用壽命 Life time	>30000 hours	>30000 hours	>30000 hours	>30000 hours	>25000 hours
重量/支 Weight/Unit	115g	200±10g	213g	485±10g	50g
MOQ	1000 pcs	1000 pcs	1000 pcs	1000 pcs	1000 pcs
UNIT PRICE	NT\$297	NT\$477	NT\$594	NT\$714	NT\$297

*** 此報價不含5% 營業稅。

*** 規格如需修改，單項產品最低訂購量為2000PCS。

*** 報價日期：2012/5/25



AT120-23W-3A/C/D

LG-FLN08-18-124A-CW/NW/WY

100V/110V/220V

100V-240V
(full range voltage)

23.5W±1W

20W

1400±100 Lm

1400 Lm

--

--

1000 pcs

1000 pcs

NT\$594

NT\$714

試算 (栽培區 180 cm * 110 cm)

燈距 cm	株距 cm	栽培株數 株/光盤	單株耗電 W/株	單株燈光 費用 元/株
10	10	18 x 11 = 198	$20W \times 18 / 198 = 1.82$	$750 \times 18 / 198 = 68$
15	15	12 x 7 = 84	$20W \times 12 / 96 = 2.85$	$750 \times 12 / 84 = 107$
18	18	10 x 6 = 60	$20W \times 10 / 60 = 3.33$	$750 \times 10 / 60 = 125$
10	15	84	$20W \times 18 / 96 = 3.75$	$750 \times 18 / 84 = 160$
15	18	60	$20W \times 12 / 60 = 4$	$750 \times 12 / 60 = 150$

聚陽光能

- $180\text{ cm} * 130\text{ cm} / \text{組燈具} = 0.709\text{ 坪}$
- 地板面積：300 坪 (990 m^2)
- 安裝 900 組
- 栽培面積 = $900 * 0.709 = 638\text{ 坪}$

- 1 組 3 萬，燈具總成本 2700 萬
- 每組 400 W，總耗電 $0.4 * 900 = 360\text{ kW}$

- 單位面積耗電 $360 * 1000 / (638 * 3.3) = 171\text{ W/m}^2$

試算

- 栽培面積： $0.709 \text{ 坪} \times 900 = 638 \text{ 坪}$
- 300 坪土地面積
- 栽培架四層
- 床架佔土地面積 (空間使用率) 約 0.5
- 栽培面積 $300 \times 0.5 \times 4 = 600 \text{ 坪}$
- 由 638 坪反推的空間使用率大約為 0.53

試算 (燈具 180 cm * 130 cm)

株距 cm	栽培株數 株/燈具	單株耗電 W/株	單株之燈光費 用，元/株
10	$18 \times 13 = 234$	$400 \text{ W} / 234 =$ 1.71	$30000 / 234 =$ 128
15	$12 \times 8 = 96$	$400 \text{ W} / 96 =$ 4.17	$30000 / 96 =$ 312
18	$10 \times 7 = 70$	$400 \text{ W} / 70 =$ 5.71	$30000 / 70 =$ 429

三家彙整	燈管間距 cm	株距 cm	單株耗電 W/株	單株之燈光費用，元/株
聚陽光能		10	1.71	128
聚陽光能		15	4.17	312
聚陽光能		18	5.71	429
世晶綠能	10	10	1.82	68
世晶綠能	15	15	2.85	107
世晶綠能	18	18	3.33	125
世晶綠能	10	15	3.75	160
世晶綠能	15	18	4.00	150
詮興光電		10	2.8	120
詮興光電		15	7	300
詮興光電		18	14	1600

三家彙整	單株耗電 W/株	單株之燈光費用 元/株	W價比 W/元
聚陽光能	1.71	128	0.0133
聚陽光能	4.17	312	
聚陽光能	5.71	429	
世晶綠能	1.82	68	0.0266
世晶綠能	2.85	107	
世晶綠能	3.33	125	
世晶綠能	3.75	160	
世晶綠能	4.00	150	
詮興光電	2.8	120	0.0233
詮興光電	7	300	
詮興光電	14	1600	

性價比 = 瓦價比 x 光照效率

- $r = \text{瓦價比} : (W/\text{株}) / (\text{元}/\text{株}) = W/\text{元}$
- **光照效率 Le : $\mu\text{mol} / \text{J}$**
 - 各光源依照前述方式安裝，在栽培板上量測所得的光量 $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ 除以燈具耗電瓦數 W/m^2
- 性價比 k :
$$k = r \times Le$$

單位 : $W/\text{元} \times \mu\text{mol}/\text{s}/W = \mu\text{mol}/\text{s}/\text{元}$
- 投資一元於該燈具可提供 $k \mu\text{mol}/\text{s}$ 的光量於栽培板上

如何選光源：光照 vs. 耗電

	Case A	Case B	
PAR	244.72	180	$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
光照面積	4.212	4.212	m^2
支數	36	36	no.
單支耗電	25.3	26	W
光照效率	1.13	0.81	$\mu\text{mol}/\text{s}/\text{W}$
Le: Lighting efficacy			$\mu\text{mol}/\text{J}$
相對效率	1	0.72	
相對效率	1.4	1	

假設燈管單價均相同

Le of various Lamps installed per cultural bed

Corp._type of LEDs	Distance under lamp (cm)	PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Area (m^2)	PPFD x Area ($\mu\text{mol/s}$)	Power per tube (W/tube)	No. tubes	Total Power (W)	Le $\mu\text{mol/J}$	
SA_CW_1.8 m (0 deg.)	10	313.6 ± 69.8	2.16	677.5	28.83	6	172.97	3.9	
SA_CW_1.8 m (20 deg.)	10	326.2 ± 77.4	2.16	704.6	28.83	6	172.97	4.1	
SA_CW_1.8 m (40 deg.)	10	334.9 ± 86.6	2.16	723.4	28.83	6	172.97	4.2	
AR_CW_1.2 m (0 deg.)	10	281.6 ± 59.4	2.16	608.4	21.67	9	195.00	3.1	
		improve 18.9 %			Save 11.8 %			improve 35.5 %	

*Area of cultural bed : 1.2 m x 1.8 m

Le of various Lamps installed per growth bed

Corp._Spec. LEDs	No. of lamps	Lamp to bed distance (cm)	PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Area (m^2)	PPFD x Area ($\mu\text{mol s}^{-1}$)	Power (W)	Le ($\mu\text{mol J}^{-1}$)
CS_DPN	Tube x 9	20	139.2 ± 34.4	2.16	300.7	196	1.5
CS_DPN	Tube x 9	10	186.7 ± 39.3	2.16	403.2	196	2.1
CS_DPN	Plate x 4	20	120.9 ± 36.4	0.72	87.0	143	0.6
CS_DPN	Plate x 4	10	174.4 ± 47.0	0.72	125.6	143	0.9
CS_DPM	Tube x 9	20	127.8 ± 32.9	2.16	276.0	193	1.4
CS_DPM	tube x 9	10	168.0 ± 39.1	2.16	326.9	193	1.9
CS_DPM	Plate x 4	20	174.0 ± 59.1	0.72	125.3	147	0.9
CS_DPM	Plate x 4	10	261.1 ± 57.9	0.72	188.0	147	1.3
CS_DPM	Plate x 12	10	387.3 ± 99.4	2.16	836.5	442	1.9
CS_DPA	Plate x 4	20	167.6 ± 50.1	0.72	120.7	144	0.8
EG_CW	Tube x 9	20	175.9 ± 45.1	2.16	379.9	228	1.7
EG_RB	Plate x 12	10	291.0 ± 71.3	2.16	628.6	334	1.9
*Area of cultural bed : 1.2 m x 1.8 m FL_CW	Tube x 9	20	** LED tubes with reflectors 250.0 ± 57.5	2.16	540.0	283	1.9

Le of various Lamps installed per growth bed

lamp	No. of lamps	Lamp to bed distance (cm)	AvgPPFD(($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Area (m^2)	PPFD x Area ($\mu\text{mol s}^{-1}$)	Power (W)	Le ($\mu\text{mol J}^{-1}$)
CS_DPN	tube x 9	10	186.7 \pm 39.3	2.16	403.2	196	2.1
CS_DPN	Tube x 12	10	378.4 \pm 95.4	2.16	809.6	428	1.9
CS_DPM	Tube x 9	10	168.0 \pm 39.1	2.16	326.9	193	1.9
CS_DPM	plate x 12	10	387.3 \pm 99.4	2.16	836.5	442	1.9
<u>CS_DPA</u>	Tube x 9	10	225.8 \pm 49.1	2.16	487.8	189	<u>2.6</u>
CS_DPA	plate x 12	10	411.5 \pm 103.2	2.16	888.9	432	2.1
<u>CS_DPV</u>	Tube x 9	10	281.6 \pm 59.4	2.16	608.4	195	<u>3.1</u>
CS_DPY	Tube x 9	10	168.3 \pm 34.7	2.16	363.5	188	1.9
E_WW	Tube x 9	10	210.8 \pm 51.0	2.16	455.3	229	2.0
<u>E_CW</u>	Tube x 9	10	263.8 \pm 64.2	2.16	569.8	228	<u>2.5</u>
S_RB	plate x 12	10	291.0 \pm 71.3	2.16	628.6	334	1.9
D_CW	plate x 1	10	226.9 \pm 87.3	0.27	61.3	46	1.3
CW_FL	tube x 9	20	250.0 \pm 57.5	2.16	540.0	283	1.9
SA_CW_1.8 m	tube x 6	10	334.9 \pm 86.6	2.16	723.4	172.97	4.2

*Area of cultural bed : 1.2 m x 1.8 m

** LED tubes with reflectors

整廠性能評估量化指標

TOTAL PERFORMANCE EVALUATION

Area required to harvest 1 kg

Photons required to harvest 1 kg

Labor required to harvest 1 kg

Electricity cost required to harvest 1 kg

Area required to harvest 1 kg of vegetable

	Option 1				Option 2				Option 3			
	播種 穴盤	育苗 浮板	育成 浮板	累計	播種 端盤	育苗 浮板	育成 浮板	累計	播種 穴盤	育苗 浮板	育成 浮板	累計
Tray or Plate (TorP)												
Area, m ²	0.18	0.54	0.54		0.18	0.54	0.54		0.18	0.54	0.54	
Density, plt/TorP	128	64	32		300	64	32		128	64	32	
Density, plt/m ²	711	119	59		1667	119	59		711	119	59	
Duration, days	14	7	14	35	7	14	14	35	7	7	21	35
Area per 1000 plts	1.41	8.44	16.88	26.7	0.60	8.44	16.88	25.9	1.41	8.44	16.88	26.7
Area ratio	0.1667	1	2		0.0711	1	2		0.16667	1	2	
Area * days	19.7	59.1	236.3	315.0	4.2	118.1	236.3	358.6	9.8	59.1	354.4	423.3
Area&Time ratio	0.3	1.0	4.0		0.036	1.0	2.0		0.1667	1.0	6.0	

Use the least amount of resources

Assuming 100 g per plant, 10 plants can reach 1 kg
 Area required for 1000 plants is 26.7 m², thus
 harvesting 1 kg, you need $26.7 * 10 / 1000 = 0.267$ m²

Photons required to harvest 1 kg of vegetable

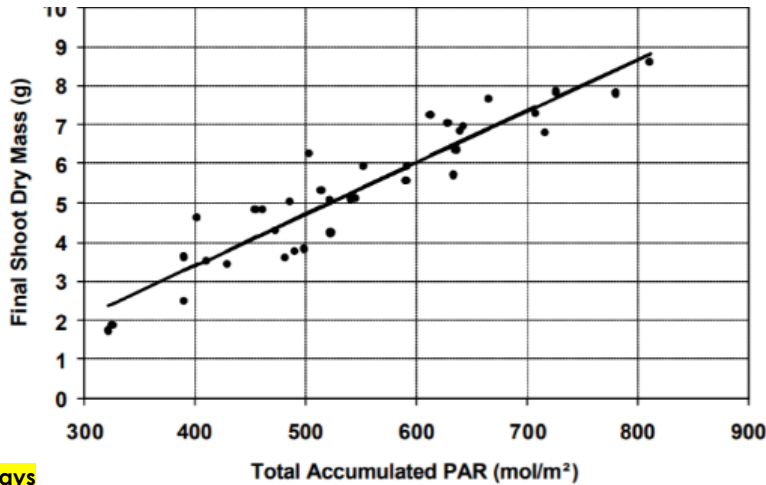


Figure 4. Linear relationship between lettuce (cultivar Ostinata) final shoot dry mass and total accumulated light levels (since seeding). The equation for the line is: $DM = -1.886 + 0.0132(\text{Accumulated light})$; $R^2 = 0.87$.

$$TLI = DLI * \text{Days}$$

$$45 \text{ g DM} = -1.886 + 0.0132 (TLI)$$

$$TLI = 3552 \text{ mol/m}^2$$

$$DM = 0.045 * FM$$

$$FM = DM / 0.045$$

$$100 \text{ g FM} * 0.045 = 4.5 \text{ g DM}$$

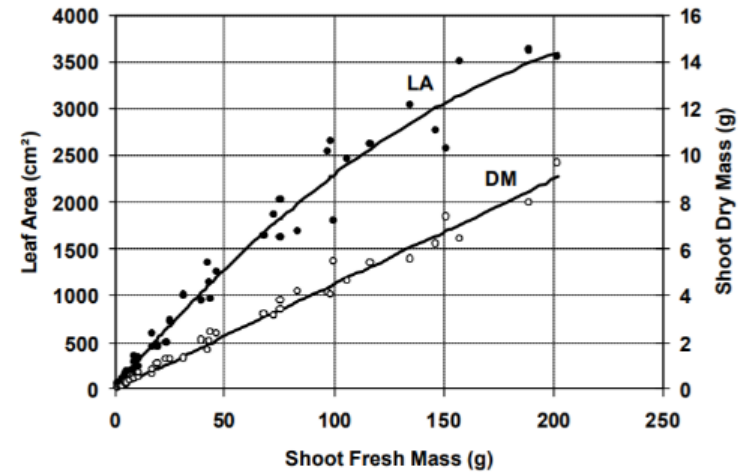
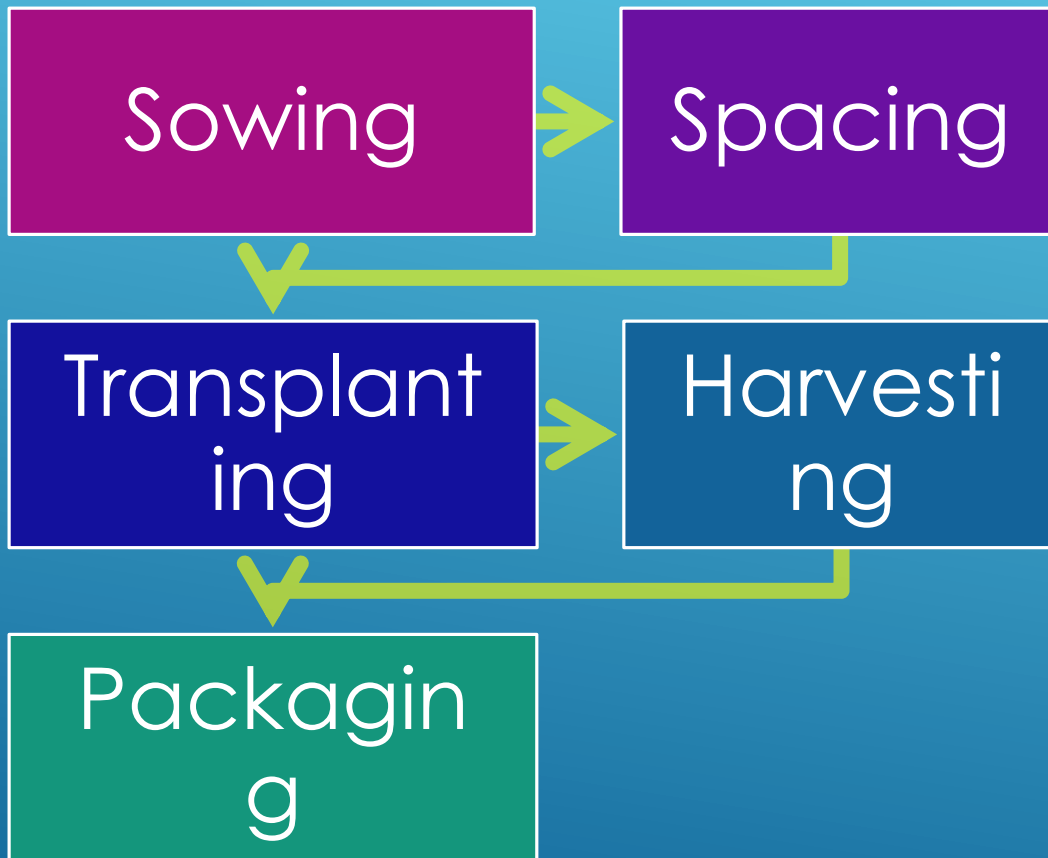


Figure 5. Correlations between lettuce (cultivar Ostinata) leaf area and shoot dry mass, and between shoot dry and fresh mass. The equation for the leaf area line is: $LA = 22.77 + 27.57(FM) - 0.04880 (FM)^2$; $R^2 = 0.97$. The equation for the shoot dry mass is: $DM = 0.045(FM)$; $R^2 = 0.97$.

Labor required to harvest 1 kg of vegetable



Need to have the operating time for all manual operated task.

OP.time(i) = Convert all values into per plant basis, in min/plt.

TOP.time = Sum of OP.time(i) of all task.

TOP.time * number of plants per 1 kg

Electricity cost required to harvest 1 kg of vegetable

To harvest 1 kg, value of kWh needed = $1000 / EY$
Where EY in g_FW/kWh (**EY will be introduced later**)

Given utility fee (U, in \$/kWh)
Electricity cost on light to harvest 1 kg
= $1000 * U / EY$

Given COP of AC,
Electricity cost on light and AC
= $1000 * U * (COP+1) / (COP * EY)$

整廠性能評估量化指標

TOTAL PERFORMANCE EVALUATION

Successful rate

栽培績效

PY, EY and OLe

燈具 vs. 栽培績效

PVr and P2Cr

燈具成本 vs. 栽培績效

栽培的良率、銷售的成功率

Successful rate to grow and to sell are both critical

Target amount	100	stage 1	stage 2	stage 3	all stages	
successful rate		0.7	0.7	0.7	0.343	
cost at each stage		3	6	10	19	
No. of plts remaining		70	49	34		
To harvest 100, need to plant		293	205	143	100	
Cost to harvest target number of plantts						3539

Revenue	sale price				Net profit	sale price			
sale ratio	30	40	50	60	sale ratio	30	40	50	60
0.1	300	400	500	600	0.1	-3239	-3139	-3039	-2939
0.2	600	800	1000	1200	0.2	-2939	-2739	-2539	-2339
0.3	900	1200	1500	1800	0.3	-2639	-2339	-2039	-1739
0.4	1200	1600	2000	2400	0.4	-2339	-1939	-1539	-1139
0.5	1500	2000	2500	3000	0.5	-2039	-1539	-1039	-539
0.6	1800	2400	3000	3600	0.6	-1739	-1139	-539	61
0.7	2100	2800	3500	4200	0.7	-1439	-739	-39	661
0.8	2400	3200	4000	4800	0.8	-1139	-339	461	1261
0.9	2700	3600	4500	5400	0.9	-839	61	961	1861
1.0	3000	4000	5000	6000	1	-539	461	1461	2461

Target amount	100	stage 1	stage 2	stage 3	all stages	
successful rate		1	1	1	1	
cost at each stage		3	6	10	19	
No. of plts remaining		100	100	100		
To harvest 100, need to plant		100	100	100	100	
Cost to harvest target number of plantts						1900

Revenue	sale price				Net profit	sale price			
sale ratio	30	40	50	60	sale ratio	30	40	50	60
0.1	300	400	500	600	0.1	-1600	-1500	-1400	-1300
0.2	600	800	1000	1200	0.2	-1300	-1100	-900	-700
0.3	900	1200	1500	1800	0.3	-1000	-700	-400	-100
0.4	1200	1600	2000	2400	0.4	-700	-300	100	500
0.5	1500	2000	2500	3000	0.5	-400	100	600	1100
0.6	1800	2400	3000	3600	0.6	-100	500	1100	1700
0.7	2100	2800	3500	4200	0.7	200	900	1600	2300
0.8	2400	3200	4000	4800	0.8	500	1300	2100	2900
0.9	2700	3600	4500	5400	0.9	800	1700	2600	3500
1.0	3000	4000	5000	6000	1	1100	2100	3100	4100

Target amount	100	stage 1	stage 2	stage 3	all stages	
successful rate	0.7	1	1	1	0.7	
cost at each stage	3	6	10	19		
No. of plts remaining		70	70	70		
To harvest 100, need to plant	143	100	100	100		
Cost to harvest target number of plantts						2029

Revenue	sale price				Net profit	sale price			
sale ratio	30	40	50	60	sale ratio	30	40	50	60
0.1	300	400	500	600	0.1	-1729	-1629	-1529	-1429
0.2	600	800	1000	1200	0.2	-1429	-1229	-1029	-829
0.3	900	1200	1500	1800	0.3	-1129	-829	-529	-229
0.4	1200	1600	2000	2400	0.4	-829	-429	-29	371
0.5	1500	2000	2500	3000	0.5	-529	-29	471	971
0.6	1800	2400	3000	3600	0.6	-229	371	971	1571
0.7	2100	2800	3500	4200	0.7	71	771	1471	2171
0.8	2400	3200	4000	4800	0.8	371	1171	1971	2771
0.9	2700	3600	4500	5400	0.9	671	1571	2471	3371
1.0	3000	4000	5000	6000	1	971	1971	2971	3971

Target amount	100	stage 1	stage 2	stage 3	all stages	
successful rate	1	0.7	1	0.7		
cost at each stage		3	6	10	19	
No. of plts remaining		100	70	70		
To harvest 100, need to plant		143	143	100	100	
Cost to harvest target number of plantts						2287

Revenue	sale price				Net profit	sale price			
sale ratio	30	40	50	60	sale ratio	30	40	50	60
0.1	300	400	500	600	0.1	-1987	-1887	-1787	-1687
0.2	600	800	1000	1200	0.2	-1687	-1487	-1287	-1087
0.3	900	1200	1500	1800	0.3	-1387	-1087	-787	-487
0.4	1200	1600	2000	2400	0.4	-1087	-687	-287	113
0.5	1500	2000	2500	3000	0.5	-787	-287	213	713
0.6	1800	2400	3000	3600	0.6	-487	113	713	1313
0.7	2100	2800	3500	4200	0.7	-187	513	1213	1913
0.8	2400	3200	4000	4800	0.8	113	913	1713	2513
0.9	2700	3600	4500	5400	0.9	413	1313	2213	3113
1.0	3000	4000	5000	6000	1	713	1713	2713	3713

Target amount	100	stage 1	stage 2	stage 3	all stages	
successful rate	1	1	0.7	0.7		
cost at each stage		3	6	10	19	
No. of plts remaining		100	100	70		
To harvest 100, need to plant		143	143	143	100	
Cost to harvest target number of plantts						2717

Revenue	sale price				Net profit	sale price			
sale ratio	30	40	50	60	sale ratio	30	40	50	60
0.1	300	400	500	600	0.1	-2417	-2317	-2217	-2117
0.2	600	800	1000	1200	0.2	-2117	-1917	-1717	-1517
0.3	900	1200	1500	1800	0.3	-1817	-1517	-1217	-917
0.4	1200	1600	2000	2400	0.4	-1517	-1117	-717	-317
0.5	1500	2000	2500	3000	0.5	-1217	-717	-217	283
0.6	1800	2400	3000	3600	0.6	-917	-317	283	883
0.7	2100	2800	3500	4200	0.7	-617	83	783	1483
0.8	2400	3200	4000	4800	0.8	-317	483	1283	2083
0.9	2700	3600	4500	5400	0.9	-17	883	1783	2683
1.0	3000	4000	5000	6000	1	283	1283	2283	3283

Fail in early stage is a blessing to the business

光子產能

PY
(g mol⁻¹)

EY 電力產能

(g kWh⁻¹)

$OLe = EY/PY$
栽培全程的光照效率

PVr
(Price /
Varcost)

P2Cr
(Price /
(varCost+fix
Cost))

要種甚麼？ 每株耗電狀況的量化

	A	B	C	D	E	F	G
階段	hrs/day	W	no.Lamp	Days	kW.hr	plts	kW.hr/plt
播種	24	15	5	7	12.6	300	0.042
育苗	24	15	5	14	25.2	78	0.323
育成	16	15	5	14	16.8	20	0.840
						累計	1.205

- $E = A * B * C * D / 1000$

- 1 kW.hr = 1 度

- $G = E / F$

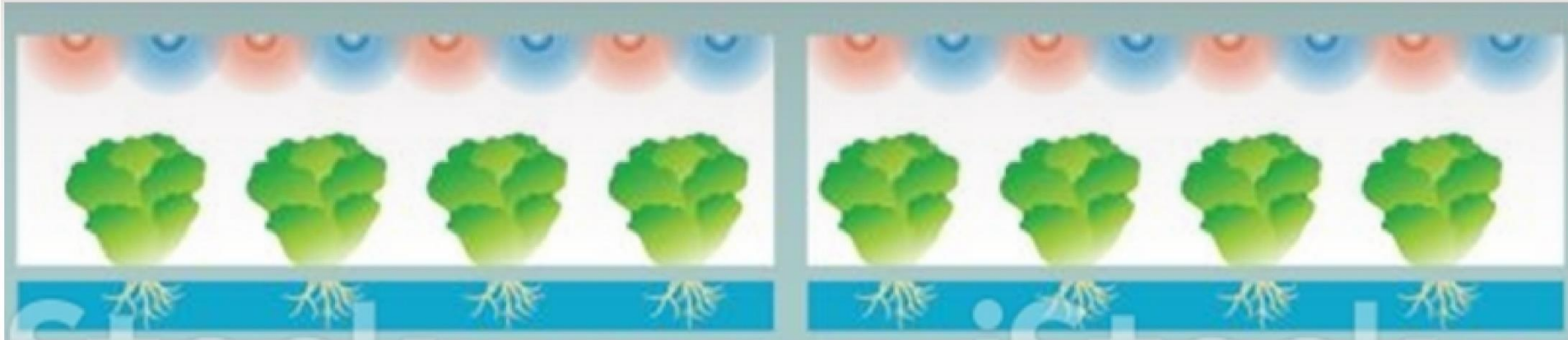
35 天

品種	g/株	度/株	g/度
綠橡木	137.8	1.205	114.3
蘿蔓	116.9	1.205	97.0
皺葉	89.5	1.205	74.3

電力產能

Energy Yield ($\text{g or mg} / \text{kWh}$)

Electric energy use efficiency ?



PCA (in W m^{-2}) Power Consumption per unit Area

DPI (in $\text{kWh d}^{-1} \text{m}^{-2}$) = PCA \times hrs per day / 1000

TPI(i) (in kWh/plant) = DPI(i) \times Days(i) / density(i)

Overall Total Power Integral

OTPI = \sum TPI (stage i) 栽培全程的單株總累積能耗

EY (g/kWh) = FW (g/plant) / OTPI (kWh/plant)

EY_A (mg/kWh) = FW_A (mg/plant) / OTPI (kWh/plant)

EY_E (mg/kWh) = FW_{Vit.E} (mg/plant) / OTPI (kWh/plant)

栽培條件(z1)的標準化

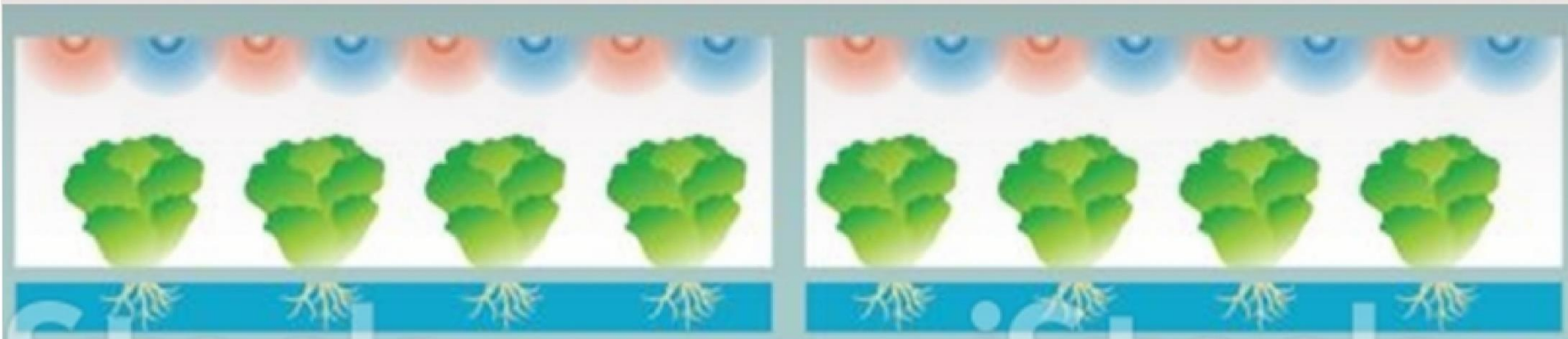
	A	B	C	D	E	F	
階段	株/m ²	PPF	hrs	DLI	days	mol/株	
播種	918	266	24	23	7	0.18	2.1%
育苗	142	266	24	23	14	2.27	27.2%
育成	36	266	16	15	14	5.90	70.7%
					Sum	8.34	100%

- $D = B * C * 3.6 / 1000$
- $F = D * E / A$
- PPF 光合作用有效光，單位： $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
- DLI 日總累積光量，單位： $\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$

光子產能

Photon Yield ($\text{g or mg} / \text{mol}$)

Light energy use efficiency ?



$$\text{DLI}(i) (\text{mol day}^{-1} \text{ m}^{-2}) = \text{PPFD} (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) \times \text{hrs per day} \times 3.6/1000$$

$$\text{TLI}(i) (\text{mol/plant}) = \text{DLI}(i) \times \text{Days}(i) / \text{density}(i)$$

Overall Total Light Integral

$$\text{OTLI} = \sum \text{TLI} (\text{stage } i) \quad \text{栽培全程的單株總累積光量}$$

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

$$\text{PY}_A (\text{mg mol}^{-1}) = \text{FW}_A (\text{mg/plant}) / \text{OTLI} (\text{mol/plant})$$

$$\text{PY}_E (\text{mg mol}^{-1}) = \text{FW}_{\text{vit.E}} (\text{mg/plant}) / \text{OTLI} (\text{mol/plant})$$

量化指標的訂定

$$PY = FW/TLI \quad (\text{單位 g/mol})$$

- Photon Yield: 一個 mol 光子的蔬菜產量
- FW: 收穫時單株鮮重， g/plant
- TLI: 單株之累計總光量， mol/plant

栽培全程單株累計的總光量TLI

s	A	B	C	TLI(s)=B*C/A
階段	株/m ²	DLI	days	mol/株
1	333	20	14	0.84
2	40	16	14	5.6
3	20	17	7	5.95
			Sum	12.39

- DLI = PPF x hrs x 3.6 / 1000
- PPF 光合作用有效光，單位：μmol/m²/s
- hrs 日給光時間，單位：小時
- DLI 日總累積光量，單位：mol/m²/day
- TLI : Total Light Integral per plant

$$TLI = \sum_{s=1}^n TLI(s)$$

電力產能 EY (g/度)之評比

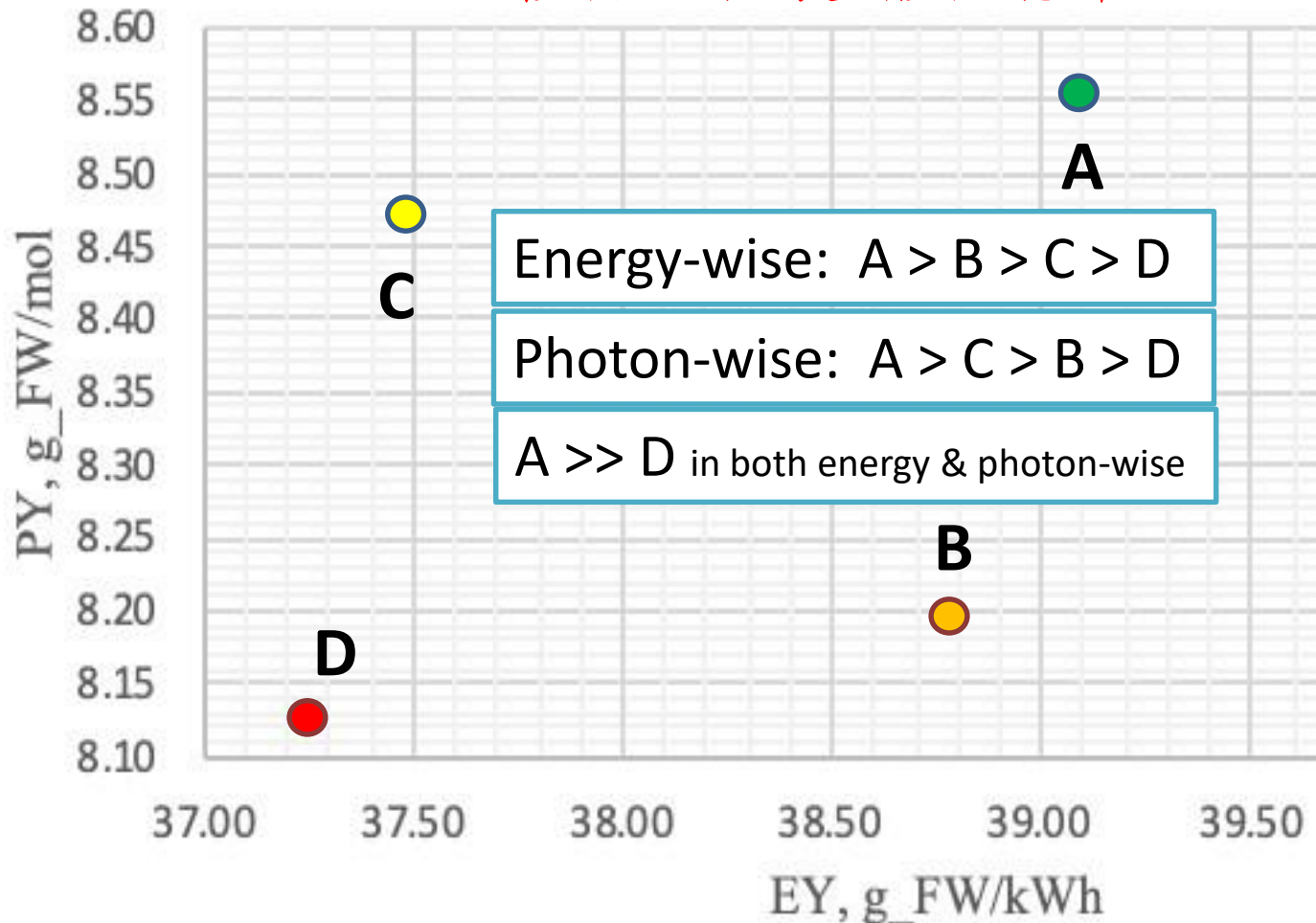
Energy Yield

	A	B	C	D
	g/株	g/mol	g/度	mol/度
蘿蔓	116.9	14.0	97.0	6.9
綠橡木	137.8	16.5	114.3	6.9
皺葉	89.5	10.7	74.3	6.9

- B 為 PY, C 為 EY
- $D = C / B$ ，使用相同光源時 EY/PY 的數值要相同
- 此欄僅作為確認計算有無失誤

PY vs. EY: a powerful diagram for Total Performance Evaluation

植物工廠的整體性能評估



A, B, C, D 可以是
四種光譜
四個公司的燈
四種營養液
四種作物
四種栽培系統
四種栽培法
四個工作人員..等

A, B, C, D can be
4 types of spectra,
lamps from various
company, types of
nutrient, types of
crops, types of
cropping system,
types of cultural
practices or
workers..etc.

另一栽培條件(z2)

	株/m ²	光量	hour	DLI	days	mol/株	
播種	918	70	24	6	7	0.05	0.9%
育苗	142	190	16	11	14	1.08	20.2%
育成	36	190	16	11	14	4.21	78.9%
					Sum	5.34	100%

	A	B	C	D
	g/株	g/mol	g/度	mol/度
蘿蔓	94	17.6	47.7	2.7
綠橡木	106.0	19.9	53.8	2.7
皺葉	76.0	14.2	38.6	2.7

兩栽培條件(z1 vs. z2)之比較

- 弱光 (z2) 時
 - g/mol 值較高 (投資報酬遞減定律)
- 強光 (z1) 時
 - g/株值較高 (鮮重較重)
 - g/度值較高 (每度 (kWh) 電力產出較多的鮮重)
 - mol/度值較高

參數代碼

N??_E??_F??_D??

N??_E??_L??_??_D??

N ?	E ?	F ? L ??_??	D ?
營養液配方	營養液濃度 以電導度表示 (mS/cm, dS/m)	人工光源種類 F 螢光燈管 L 發光二極體 與光量值 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	日累積光量 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)
N1, N2	E1.2 E0.1, E0.6, E1.2	F 230, 270 L 9R 100 L 8R1B 100 L 4CW4R1B 100 L 9CW 100 L RB 270	D 16 D 20, 16, 9 D 15, 16, 17, 18

單位面積之日累積光量 (DLI 單位 mol/m²/day)

- $DLI = \text{光量值} \times \text{每日光照時數} \times 3.6 / 1000$
- 計算例：

光量值	230 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$	270
每日光照時數	24 hrs	16 hrs
DLI	$230 \times 24 \times 3.6 / 1000$ = 19.87 約 20	$270 \times 16 \times 3.6 / 1000$ = 15.55 約 16

1. 養液配方 (第2,3階段) 與養液濃度 (第3階段)

處理組別	第一階段育苗期 (1~14天)	第二階段育成期 (15~28天)	第三階段調質期 (29~35天)
1	N1_E1.2_F230_D20	N1_E1.2_F270_D16	N1_E1.2_F270_D16
2		同上	N1_E0.6_F270_D16
3		同上	N2_E1.2_F270_D16
4		同上	N3_E0.1_F270_D16
5		同上	N3_E0.1_F270_D16*
6		N2_E1.2_F270_D16	N2_E1.2_F270_D16
7		同上	N2_E0.6_F270_D16

E：電導度值 (mS/cm)

F：色溫 3000 K 的螢光燈管光量值 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

D：日累積光量值 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)

*：處理組別5之第三階段的處理期間為33~35天 (收穫前三天)，其他均為收穫前七天

2. 光質處理 (第3階段)

處理組	第一階段 (1~14天)	第二階段 (15~28天)	第三階段 (29~35天)
8	N1_E1.2_F230_D20	N1_E1.2_F270_D16	N1_E1.2_ L9R _100_D9
9	同上	同上	N1_E1.2_ L8R1B _100_D9
10	同上	同上	N1_E1.2_ L4CW4R1B _100_D9
11	同上	同上	N1_E1.2_ L9CW _100_D9

E：電導度值(mS/cm)

F：螢光燈管光量值(3000K) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

LX_Y：光質為X之LED燈管，光量值為Y ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)

D：日累積光量值 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)

3. 日累積光量 (DLI) (第3階段)

- 燈管：三波長高頻 T5 燈管，色溫 3000 K (Wellpower, Taiwan)

處理組	第一階段 (1~14天)	第二階段 (15~28天)	第三階段 (29~35天)
12	N1_E1.2_F230_D20	N1_E1.2_F270_D16	N1_E1.2_F270_D15
13	同上	同上	N1_E1.2_F270_D16
14	同上	同上	N1_E1.2_F270_D17
15	同上	同上	N1_E1.2_F270_D18

E：電導度值 (mS/cm)

F：螢光燈管光量值 (3000K) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

D：日累積光量值 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)

4. 配方 (第2,3階段)、濃度 (第3階段)、日累積光量 (第3階段)

處理組	第一階段 (1~14天)	第二階段 (15~28天)	第三階段 (29~35天)
16	N1_E1.2_F230_D20	N1_E1.2_F270_D16	N1_E0.6_F270_D17
17		同上	N2_E1.2_F270_D17
18		N2_E1.2_F270_D16	同上
19		同上	N2_E0.6_F270_D17

E：電導度值 (mS/cm)

F：螢光燈管光量值 (3000K) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

D：日累積光量值 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)

5. 養液濃度、光質、日累積光量 (第3階段)

處理組	第一階段育苗期 (1~14天)	第二階段育成期 (15~28天)	第三階段調質期 (29~35天)
20	N1_E1.2_F230_D20	N1_E1.2_F270_D16	N1_E0.6_LRB_270_D17
21	同上	同上	N1_E0.2_LRB_270_D17

E：電導度值 (mS/cm)

F：螢光燈管光量值 (3000K) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

LX_Y：光質為X之LED燈管，光量值為Y ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)

D：日累積光量值 ($\text{mol}/\text{m}^2/\text{day}$)

第一階段(1~14天)處理為N1_E1.2_F230_D20

第二階段(15~28天)處理為N1_E1.2_F270_D16

PY的計算

Treatments	Stage 1 (Day 1~14)	Stage 2 (Day 15~28)	Stage 3 (Day 29~35)	Total LI	Shoot FW	PY
1	N1_E1.2_F230_D20	N1_E1.2_F270_D16	N1_E1.2_F270_D16	12.04	138.86	11.52
2			N1_E0.6_F270_D16		106.50	
3			N2_E1.2_F270_D16		125.68	
4			N3_E0.1_F270_D16		79.89	6.63
5			N3_E0.1_F270_D16*		109.55	
6		N2_E1.2_F270_D16	N2_E1.2_F270_D16		91.89	
7			N2_E0.6_F270_D16		85.16	

	units	Stage 1	Stage 2	Stage 3
① DLI	mol/m ² /day	20	16	16
② Duration	Days	14	14	7
③ Density	plants/m ²	333	40	20
TLI(stage) = ① x ② / ③	mol/plant	20x14/333 = 0.84	16x14/40 = 5.6	16x7/20 = 5.6
TLI = Σ TLI(stage)	mol/plant	12.04		

最高與最低 PY 的比較

Treatments	Stage 1 (Day 1~14)	Stage 2 (Day 15~28)	Stage 3 (Day 29~35)	TLI/plt	Shoot FW/plt	81 PY
16	N1_E1.2_F230 _D20	N1_E1.2_F270 _D16	N1_E0.6_F270_D17	12.39	136.5	11.01
17			N2_E1.2_F270_D17		125.2	
18		N2_E1.2_F270_ D16	N2_E0.6_F270_D17		112.4	
19					104.6	
20	N1_E1.2_F230 _D20	N1_E1.2_F270 _D16	N1_E0.6_LRB_270_D17	12.39	159.5	12.87
21			N1_E0.2_LRB_270_D17		104.2	

Treatment no.	Shoot FW/plt, g/plt	TLI/plt, mol/plt	PY, g/mol
The best: no. 20	159.5	12.39	12.87
The worst: no. 4	79.89	12.04	6.63

The best vs. the worst:

$$(12.87-6.63)/6.63 \times 100 = 94.1 \%$$

PY的比較：收穫前七天更換燈管

- 全程35 天（五週） FL (3000 K色溫) vs. RB LED (R:B=9:1)

- 只有收穫前七天（一週）有差別：

FL vs. RB LED

- 鮮重 16.9 % 差異 (RB LED is better due to spectral difference)

處理組別	鮮重g/株	TLI, mol/株	PY, g/mol
20. FL+FL+LED	159.5	12.39	12.87
16. FL+FL+FL	136.5	12.39	11.01

QY= FW/TLI (in g/mol)

收穫前七天的燈管差異影響鮮重與硝酸鹽含量

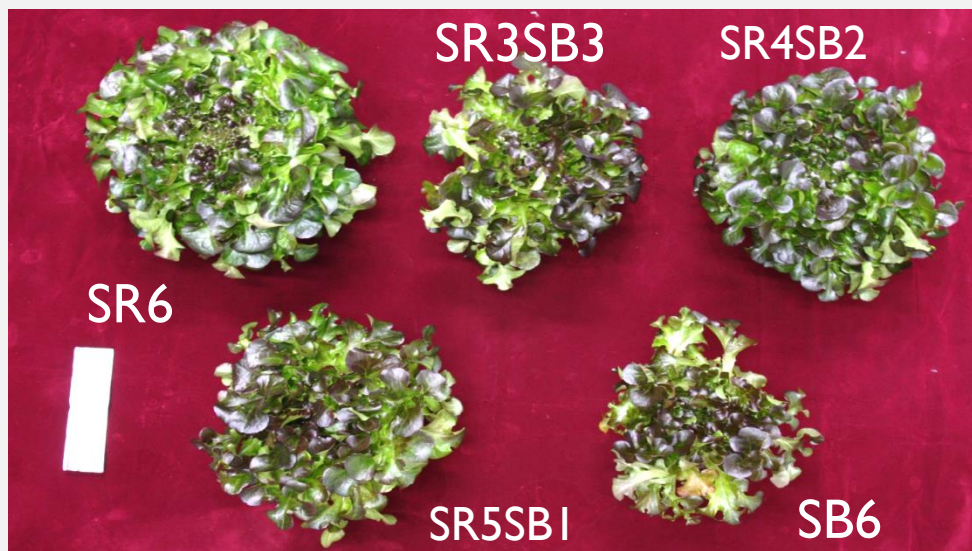
- 全程35 天
- 只有收穫前七天有差別：FL vs. RB LED
- 硝酸鹽 8% 差異 (RB LED is better due to more RED)

FL (3000 K色溫) vs. RB LED (R:B=9:1)

處理組別	鮮重 g/株	硝酸鹽 ppm
20. FL+FL+LED	159 (高者優)	2291 (低者優)
16. FL+FL+FL	136	2475



Treatment	g/plt	Anthocy. mg/g	Anthocy. Content per plant mg/plt	EY g/kWh	EY _A mg/kWh	PY gFW/mol	PY _A mg/mol
SR5	54.06	0.0138	0.74	47.03	0.65	11.01	0.15
SR3SB2	38.77	0.0168	0.65	32.29	0.54	7.89	0.13
SR4SB1	50.12	0.0124	0.62	42.65	0.53	10.20	0.13
SB5	22.14	0.0179	0.40	30.58	0.55	4.51	0.08



PY Photon Yield of fresh mass
 PY_A Photon Yield of Anthocyanin
 EY Energy Yield of fresh mass
 EY_A Energy Yield of Anthocyanin

Overall Lighting Efficacy, in mol/kWh
 (OLe) = EY / PY

Treatments	FW gFW/plt	Anthocya. concentration mg/g	Anthocya. content mg/plt	EY gFW/kWh	EY _A mg/kWh	PY gFW/mol	PY _A mg/mol	OLe mol/kWh
SR6	108.30	0.0138	1.49	67.15	0.93	15.72	0.22	4.271
SR3SB3	70.11	0.0149	1.04	43.47	0.65	10.17	0.15	4.272
SR4SB2	88.70	0.0147	1.31	55.00	0.81	12.87	0.19	4.273
SR5SB1	87.75	0.0197	1.73	54.41	1.07	12.73	0.25	4.274
SB6	43.24	0.0159	0.69	26.81	0.43	6.27	0.10	4.276

Lighting Efficacy (Le) vs. Overall Lighting Efficacy (OLe)

- Le in $\mu\text{mol}/\text{J}$, measured after the installation of light source prior to the growth of any plants.
- OLe in mol/kWh , calculated after the growth, allow the adjustment of light source and light period during any growth stages.
- If no alteration of light source during the growth period, two terms have the relationship as shown below:

$$\text{Le} = \text{OLe} / 3.6$$

光子產能

PY
(g mol⁻¹)

EY 電力產能

(g kWh⁻¹)

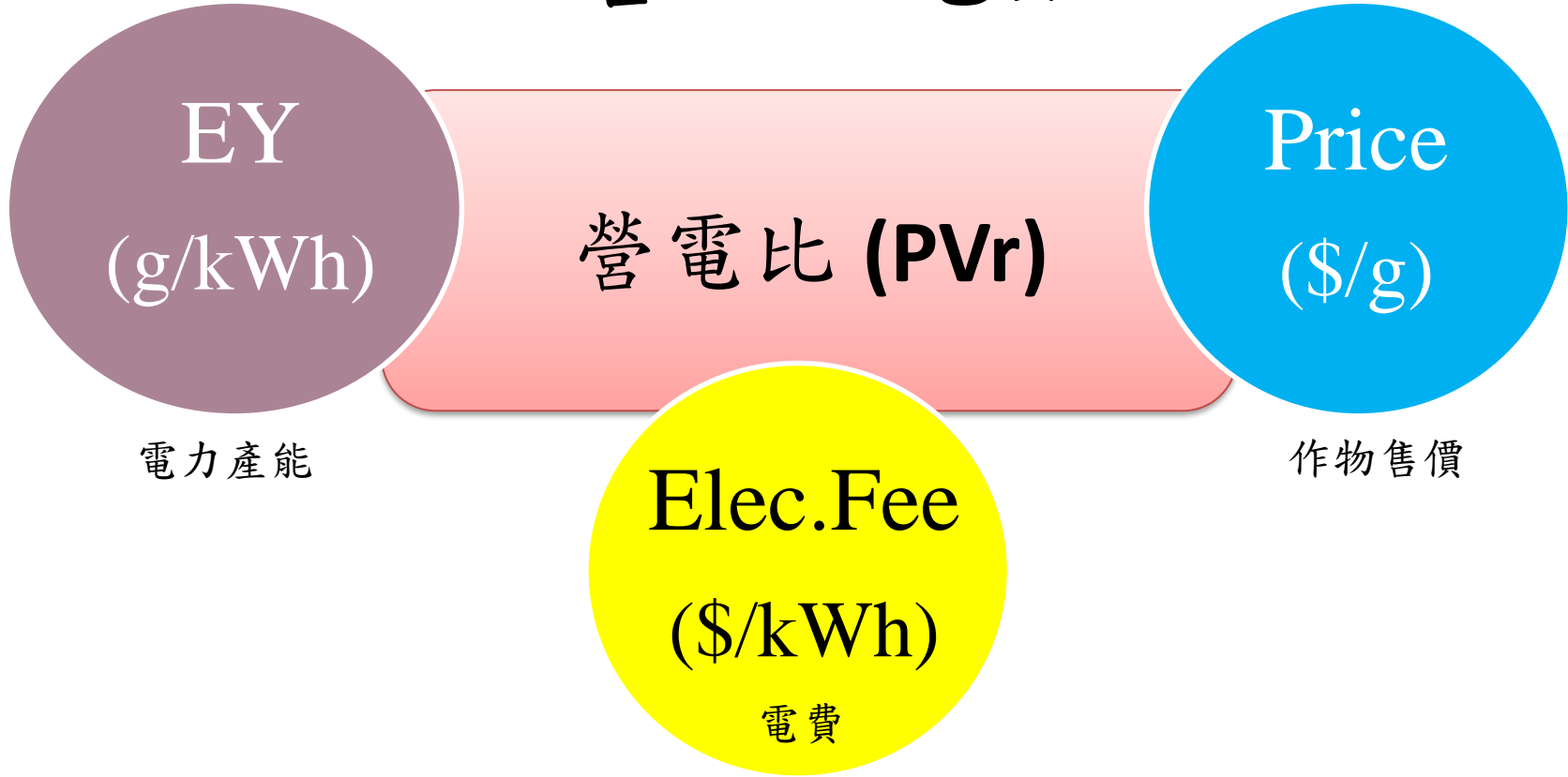
$OLe = EY/PY$
栽培全程的光照效率

PVr
(Price /
Varcost)

營電比

P2Cr
(Price /
(varCost+fix
Cost))

營收 vs 電費



$$PVr = (EY \times Price) / Elec.Fee$$

~~(g/kWh x \$/g) / (\$/kWh)~~

$$\begin{aligned}
 PVr &= P_g / V_g \\
 V_g &= U_{kwh} / EY
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} PVr &= P_g / V_g \\ V_g &= U_{kwh} / EY \end{aligned}} \right\} PVr = P_g * EY / U_{kwh}$$

where,

PVr: PV ratio, in \$/\$

P_g : Price per gram, in \$/g

V_g : Variable cost per gram on lighting, in \$/g

U_{kwh} : Utility fee per kWh, in \$/kWh

EY: Energy Yield, in g/kWh

PVr

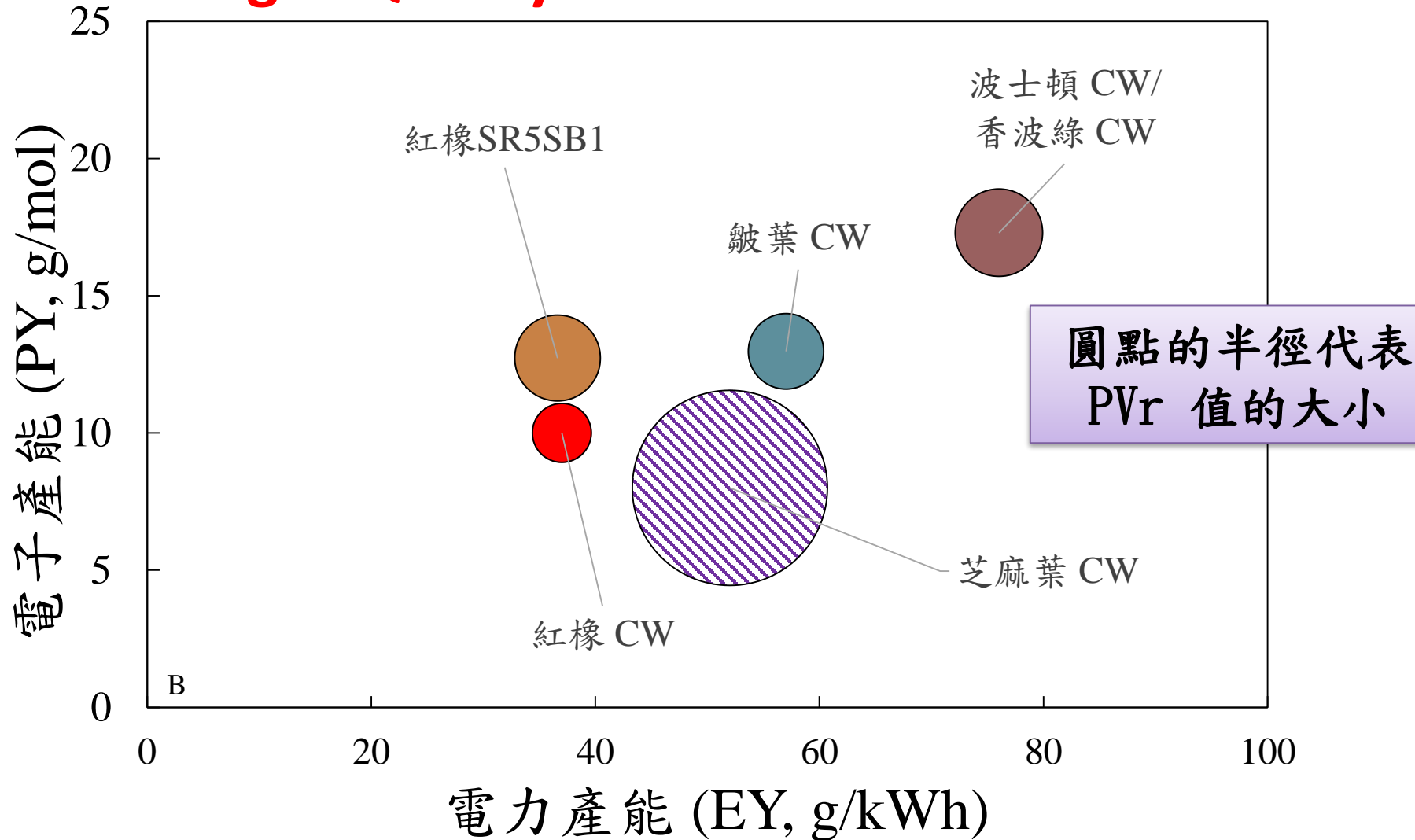
EY
(g/kWh)



Market Value (mVal) / Electricity
Fee on Lightg

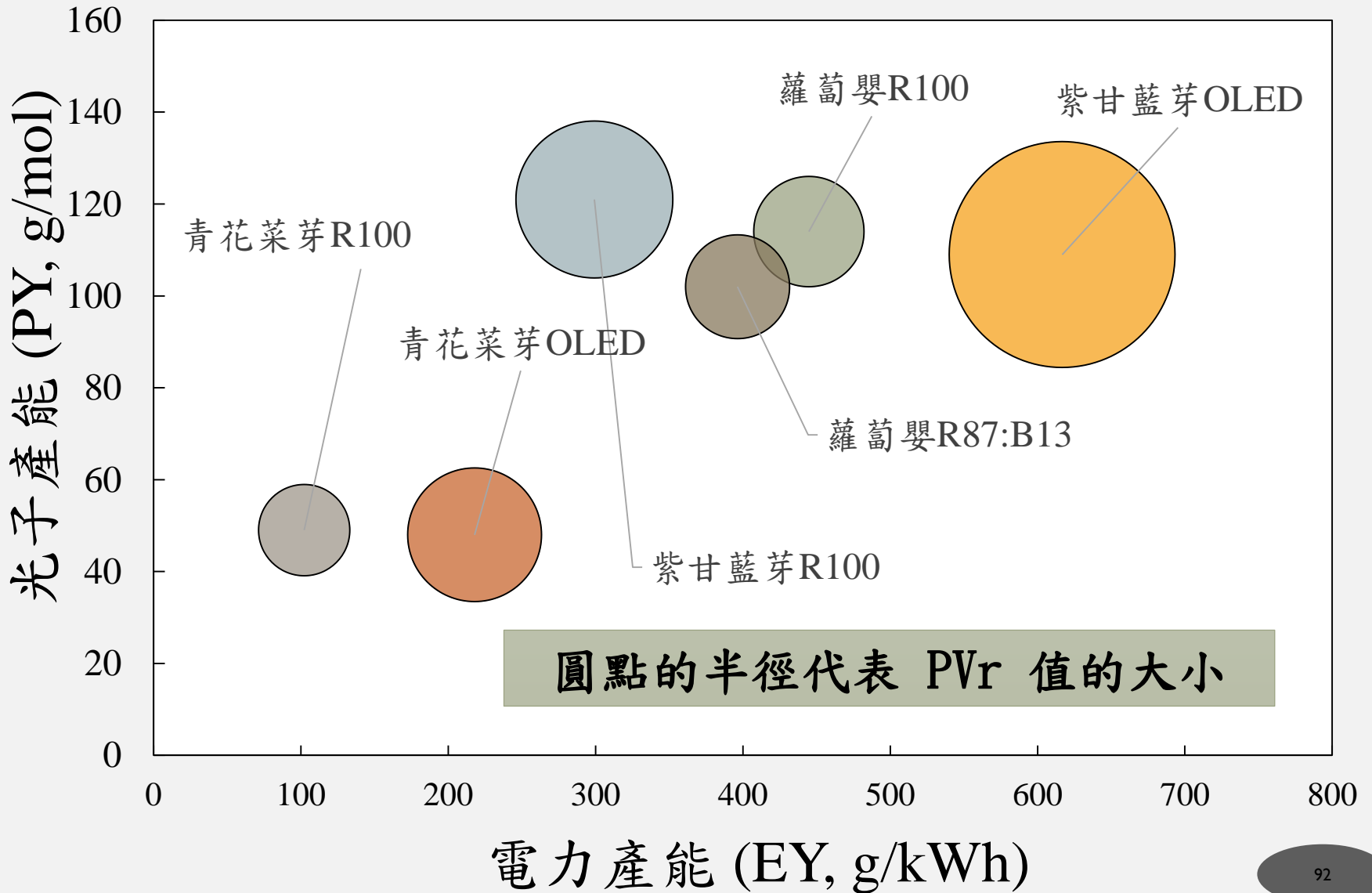
蔬菜	價格 (元/g)	參考
紫甘藍芽	0.9	綠藤生機
青花菜芽	0.9	
蘿蔔嬰	0.3	
萵苣類	1.0	庭茂
金線連	15.0	
芝麻葉	7.2	
機能性萵苣 (低鉀、高花青素)	2.0	日本富士通
萵苣有機水耕	1.3	

不同光質栽培不同生菜與芝麻菜的 PY, EY 與 PVr 比較
different **Light Quality** for different **Lettuce & Rucola**

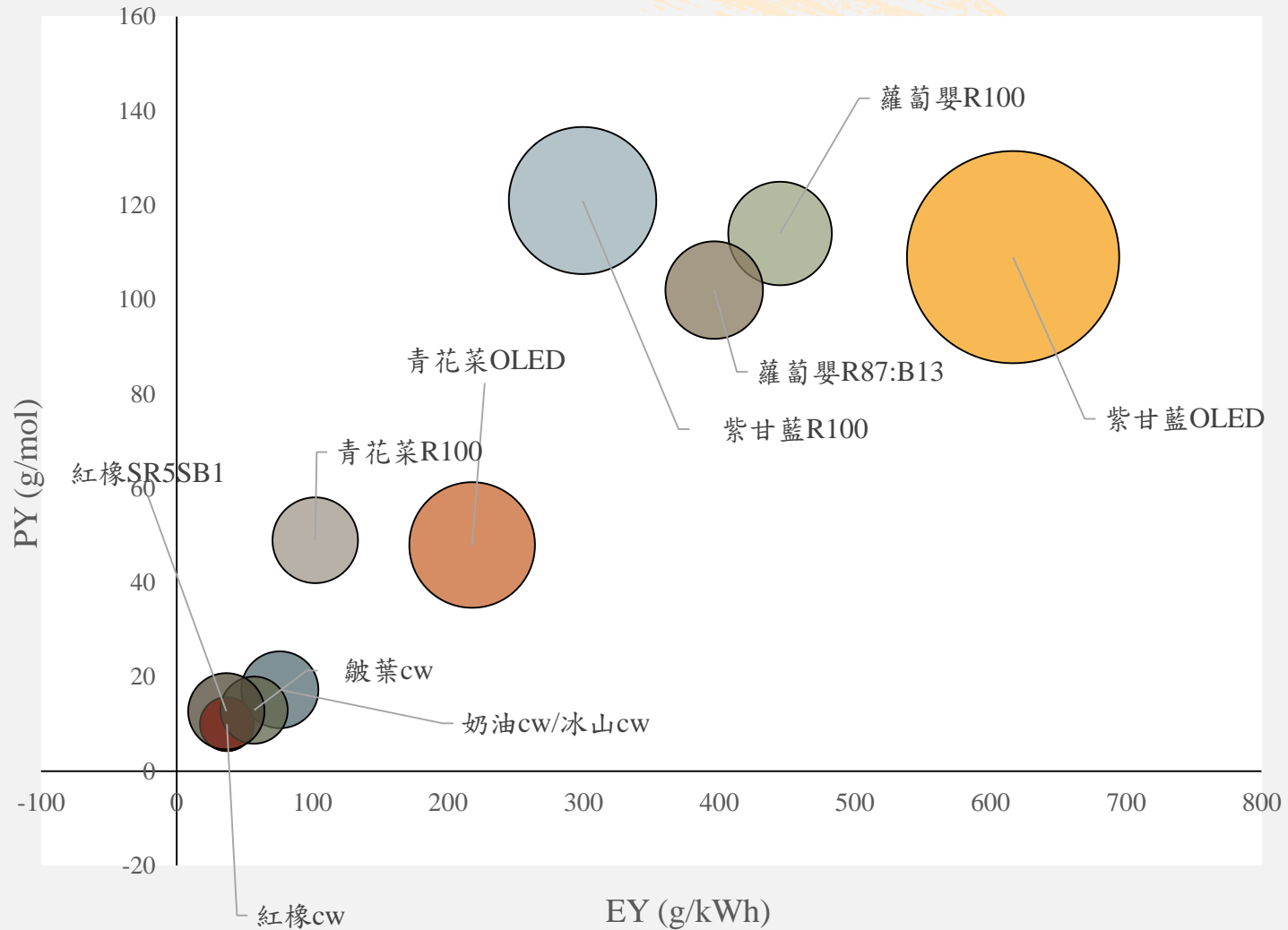


不同光質栽培不同芽菜的PY,EY 與PV_r比較

different **Light Quality** for different **Sprouts**



Lettuce and sprout grown under various light quality shown on TPE diagram



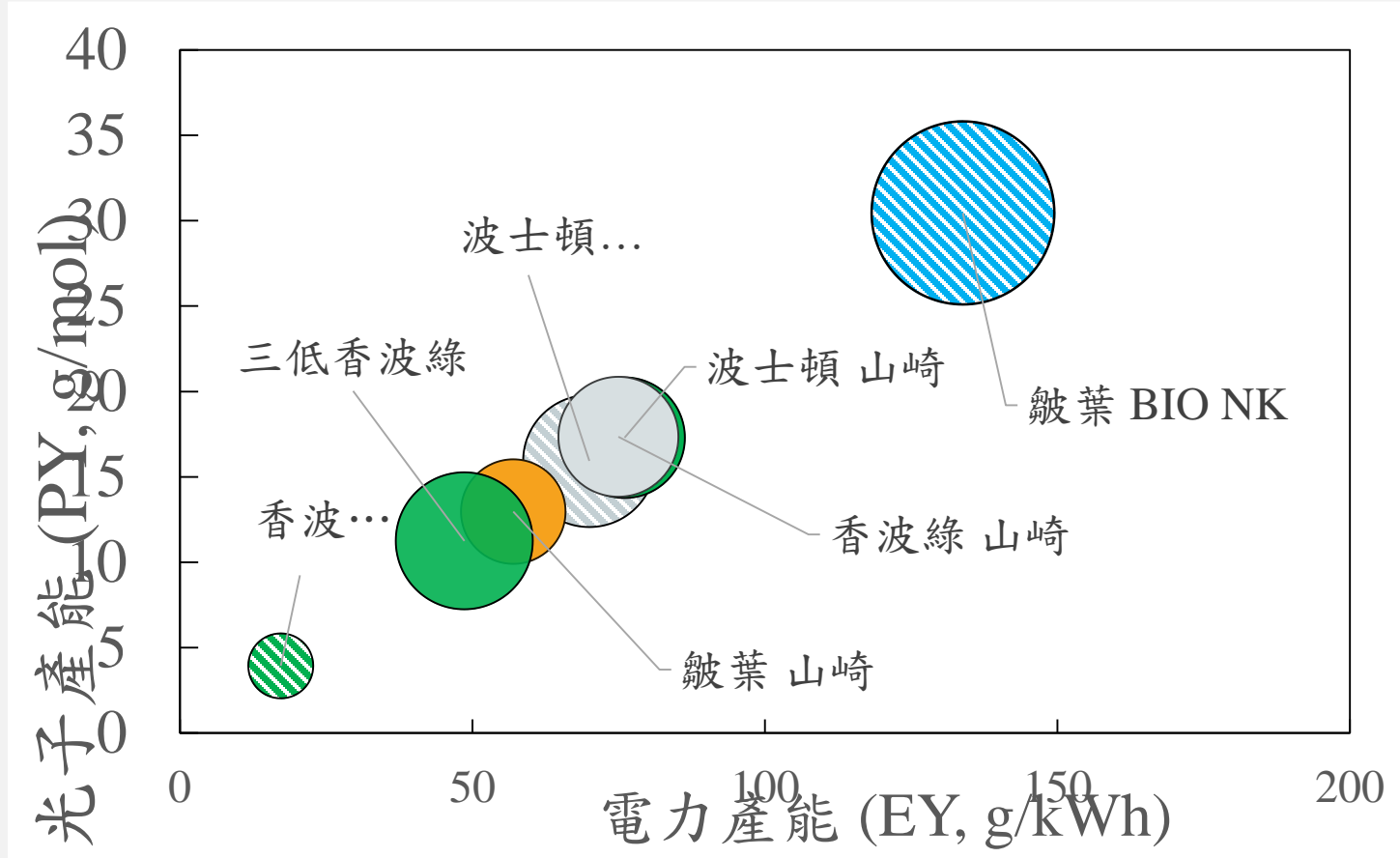
Impact of **light quality** on EY, PY and PVr

vegetable	Artificial Light		EY (g/kWh)	PY (g/mol)	PVr	Relative PVr
	Light quality	Power (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	SR5SBI	126.39	37	13	31	1.0
波士頓萵苣	CW	185.14	76	17	32	1.0

94

不同養液栽培不同生菜的PY,EY 與 PV_r 比較

Impact of **nutrient solution** on TPE diagram



Impact of **nutrient solution** on EY, PY and PVr

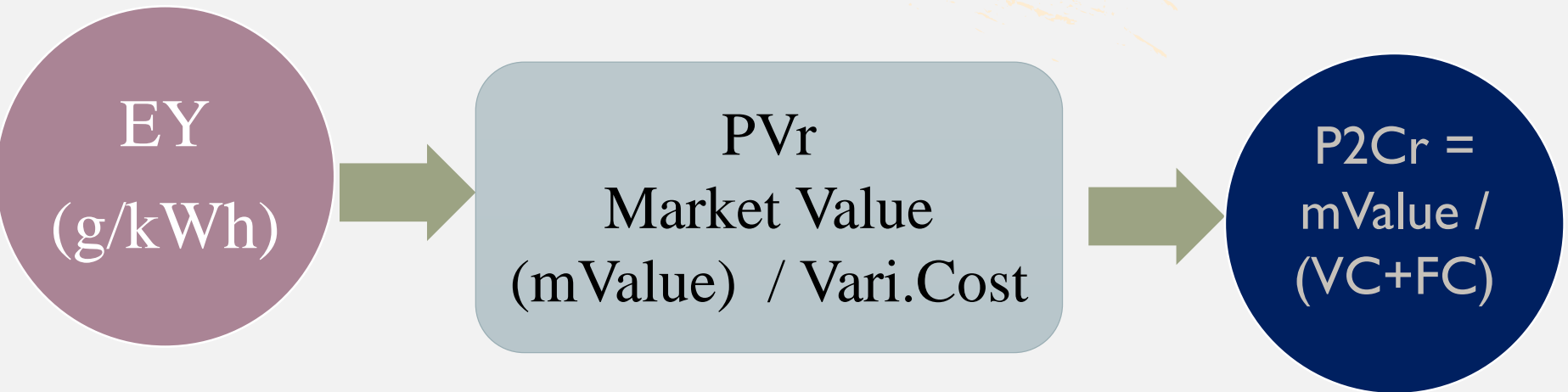
Lettuce	Nutrient solution	EY (g/kWh)	PY (g/mol)	PVr	Relative PVr
皺葉	BIO NK	134	30	50	2.3
皺葉	Yamazaki	57	13	16	0.7
波士頓	BIO NK	70	16	26	1.2
波士頓	Yamazaki	76	17	22	1.0
香波綠	BIO NK	17	4	6	0.3
香波綠	Yamazaki	75	17	21	1.0
香波綠	NTU_low_P	49	11	28	1.3

Vege.	treatment	EY (g/kWh)	PY (g/mol)	PVr	Relative PVr	Value-added
紫甘藍	OLED	617	30	162	7.4	高抗氧化力
	R ₁₀₀	299	14	78	3.5	
青花菜	OLED	218	10	57	2.6	高抗氧化力
	R ₁₀₀	102	20	27	1.2	
蘿蔔嬰	R ₁₀₀	445	21	44	2.0	
	R ₈₇ :B ₁₃	396	19	39	1.8	高抗氧化力
奶油萵苣	BIO N	49	11	18	0.8	民眾信賴
	BIO NK	70	16	26	1.2	
	山崎湛液	76	17	22	1.0	
	<u>山崎潮汐</u>	<u>148</u>	<u>24</u>	<u>42</u>	1.9	<u>高產量</u>
皺葉萵苣	山崎湛液	57	13	16	0.7	民眾信賴
	BIO N	82	19	31	1.4	
	BIO NK	134	30	50	2.3	
冰山萵苣	山崎湛液	75	17	21	1.0	
	低鉀萵苣	49	11	28	1.3	腎臟病人專用
紅橡	CW	37	10	10	0.5	
	SR5SB1	37	13	21	1.0	高花青素
芝麻葉	山崎潮汐	52	8	107	4.9	高產量/藥味

Drawbacks of PVr leads to a new index

- Only reflect the operating cost on electricity of lamps
- Did not includes the cost to purchase the lamps
- Can only be used for evaluation for cases with similar cost to purchase the lamps.
- A new index was developed to include the fixed cost on lamps.

From PVr to P2Cr



$$P2Cr = \frac{FW \left(\frac{g}{plant} \right) \times Price \left(\frac{NT\$}{g}, ex: 1.25 NTD/g \right)}{\left[oTPI \left(\frac{kWh}{plant} \right) \times utility Fee \left(\frac{NT\$}{kWh} \right) \right] + oTD \left(\frac{NT\$}{plant} \right)}$$

PVr & P2Cr

$$PVr = \frac{\text{Price of the product (\$/g)}}{\text{Variable cost (\$/g)}}$$

Price of the product vs. Variable cost on lighting

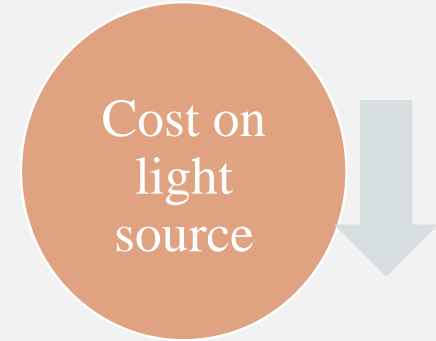
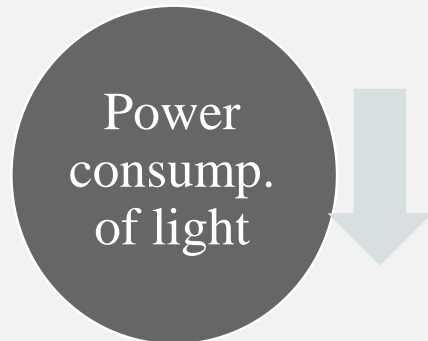
$$P2Cr = \frac{\text{Price of the product (\$/g)}}{\text{variable Cost + fixed Cost (\$/g)}}$$

Price of the product vs. variable Cost + fixed Cost on lighting

Factors affecting P2Cr



$$P2Cr = \frac{FW \times Price}{[oTPI \times utility Fee] + oTD}$$



Overall Total Depreciation of LED (OTD, NT\$/plant)

1. Usable life of LED (h): 35000 (assuming)
2. Cost of light source (NT\$/piece) : WW=1500 , RB=1000 , CW=390
3. OTD: Overall Totally Depreciation of LED per plant (NT\$/plant)

$$De(i) = Plamp(i) * Noflamp(i) / Lf(i)$$

$$TD(i) = De(i) * LP(i) * Days(i) / density(i)$$

$$OTD = \sum_{i=1}^n TD(i)$$

De(i): Depreciation of light source per unit area per hour,, in NT\$ /m² h

Plamp: Unit price of lamp, in NT\$/piece

Noflamp: number of lamps required per unit area, in piece/ m²

Lf: usable life time of the lamp, in h

TD(i): Total depreciation of light source per plant in stage i, in NT\$ / plant

LP(i) : Duration of light period per day, in stage i in h/day

Days(i): duration of days in stage i, in days

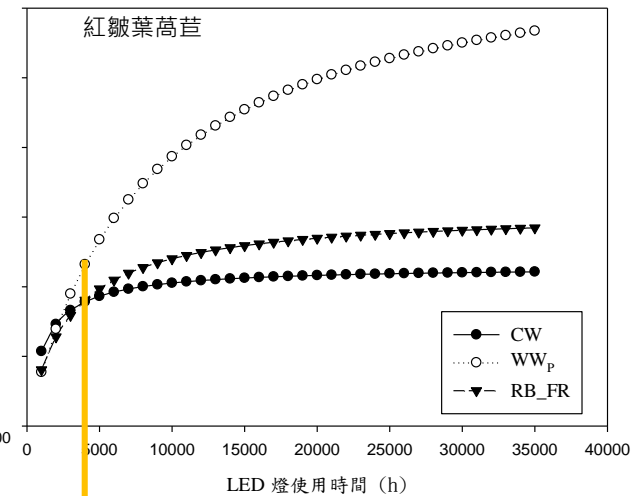
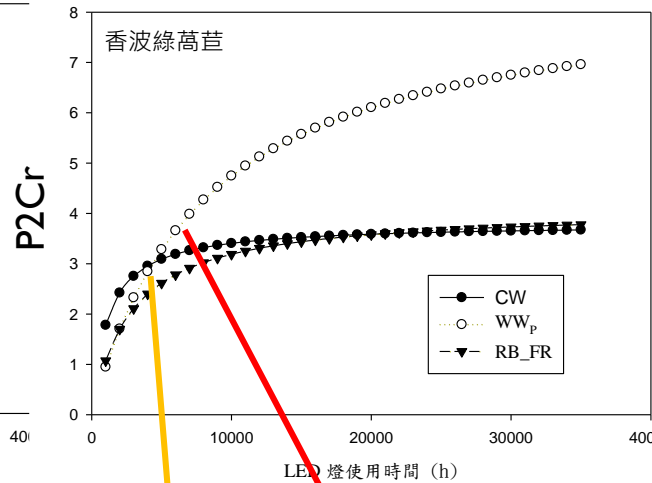
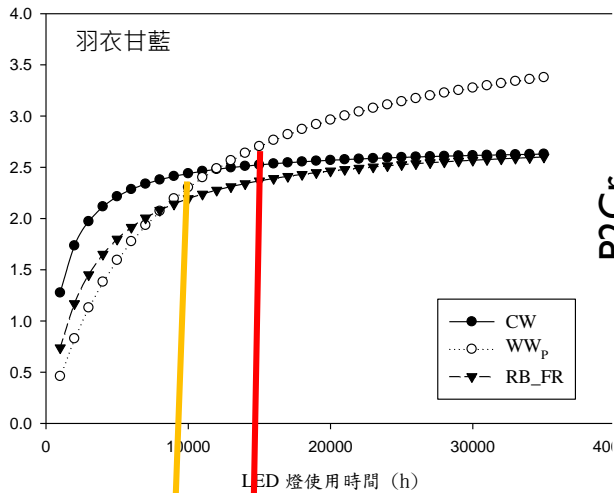
density(i): crop density sta stage i, in plant/m²

Impact of types of light source and crop on index for T.P.E.

Light source	Crop	EY (g/kWh)	PY (g/mol)	P2Cr	OTPI (kWh/plant)	Vari.Cost (NT\$/plant)	OTD=FixCost (NT\$/plant)	LED Cost (NT\$/tube)
CW	羽衣甘藍	26.6 d	6.39 d	2.6				
	香波綠	37.1 c	8.92 b	3.7	7.69	26.9	0.9	390
	紅皺葉	22.4 e	5.38 e	2.2				
WW _P	羽衣甘藍	40.7 c	5.29 e	3.4				
	香波綠	83.8 a	10.90 a	7.0	4.16	14.6	3.3	1500
	紅皺葉	68.3 b	8.22 b	5.7				
RB_FR	羽衣甘藍	27.5 d	6.83 d	2.6				
	香波綠	40.0 c	9.91 a	3.8	7.94	27.8	2.2	1000
	紅皺葉	30.1 d	7.47 c	2.8				

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

Impact of usable life of LEDs to P2Cr of 3 crops



14000 hr (2.3year)

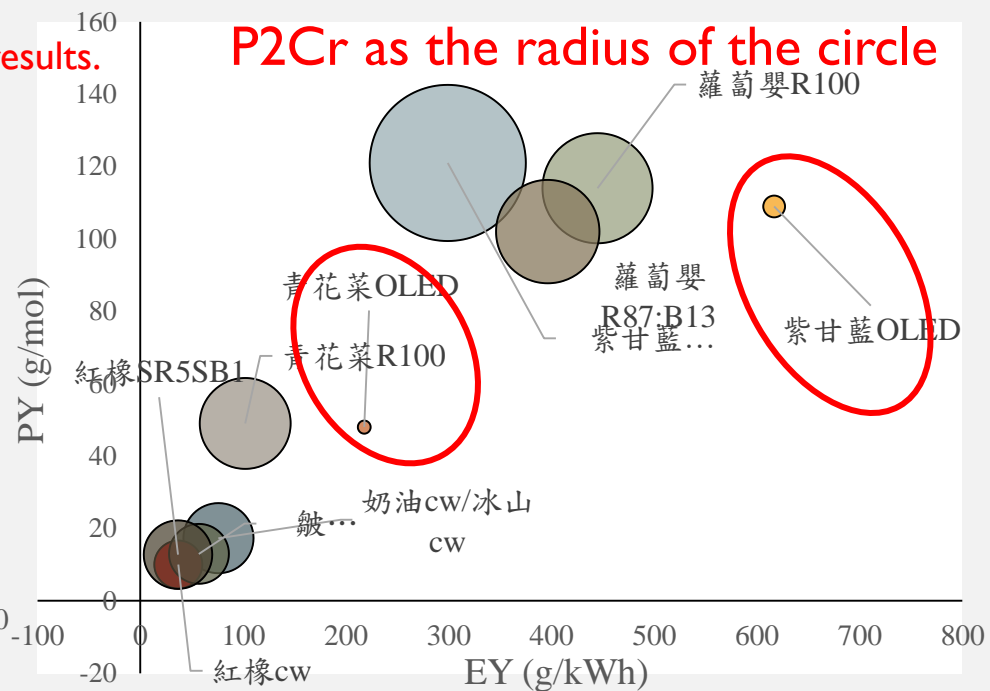
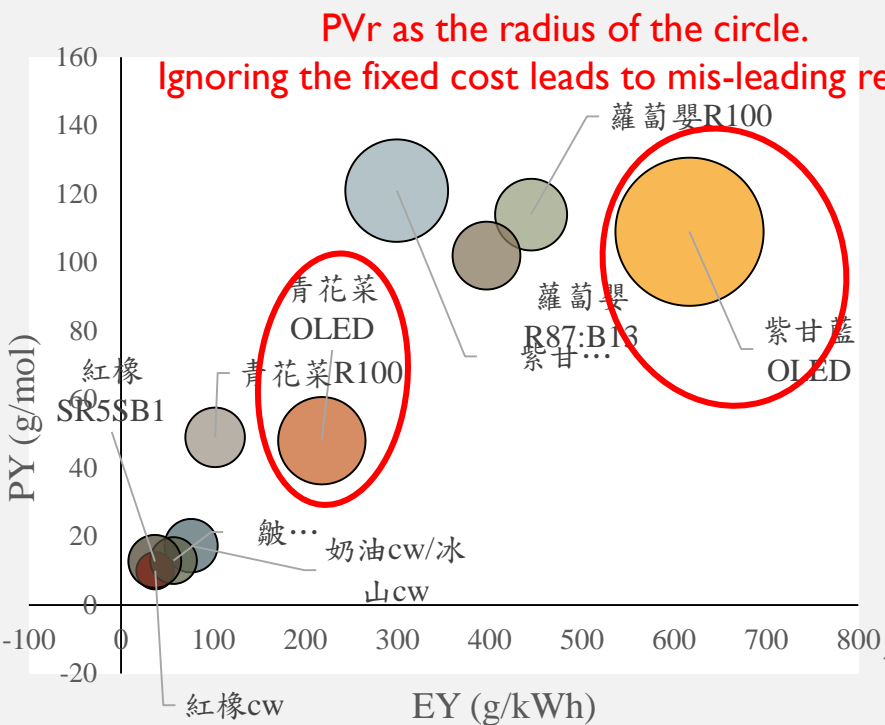
10000 hr (1.7 year)

3000 hr (0.5 year)

5000 hr (0.8 year)

2000 hr (0.3 year)

PVr vs. P2Cr on TPE diagram



EY, PVr and P2Cr of leafy greens grown under various light quality and nutrient solution

Treatments	EY(g/kWh)	PVr	P2Cr	OTD (NT\$/plt)
紫甘藍 _{OLED}	617	231.3	2.4	226.1
紫甘藍 _{R100}	299	112.2	112.2	0.001
蘿蔔嬰 _{R100}	445	55.6	55.6	0.001
蘿蔔嬰 _{R87:B13}	396	49.5	49.5	0.001
青花菜 _{OLED}	218	81.7	0.9	226.1
青花菜 _{R100}	102	38.3	38.3	0.001
皺葉 _{BIONK}	134	72.5	51.2	0.86
皺葉 _{BION}	82	44.6	31.5	0.86
三低冰山	49	40.5	29.8	0.86
奶油 _{BIONK}	70	37.9	27.8	0.86
奶油	76	31.7	23.3	0.86
冰山	75	39.0	22.9	0.86
奶油 _{BION}	49	26.4	19.4	0.86
皺葉	57	23.8	17.4	0.86
紅橡 _{CW}	37	15.4	11.3	0.86
紅橡 _{SR5SB1}	37	30.5	22.4	0.86

- OTD of OLED
- Price: 30000 NT\$/plate
- Usable life: 200 h
- Piece required: 400 piece/m²
- Days : 5 days
- Duration per day : 12 h
- Depreciation per unit area = $30000 \times 400 \times 5 \times 12 / 200 = 3600000$ NT\$/m²
- Crop density: 15923 plant/m²
- OTD = $3600000 / 15923 = \underline{226.1}$

投資

工程經濟分析

售價： 0.3 NT\$/g

PF 工程經濟分析

每株成本	20	年收穫天數	350							
每株售價	36	單株均重	120 g	設廠成本	1.4 萬NT\$/株					
日產量		年產量		年營業額	年淨利	投資金額	投資報酬 IRR			
株/日	kg/日	萬株/年	噸/年	萬	萬	萬	2年	3年	4年	5年
300	36	10.5	12.6	378	168	420	-14%	10%	22%	29%
400	48	14	16.8	504	224	560	-14%	10%	22%	29%
500	60	17.5	21	630	280	700	-14%	10%	22%	29%
600	72	21	25.2	756	336	840	-14%	10%	22%	29%
700	84	24.5	29.4	882	392	980	-14%	10%	22%	29%
800	96	28	33.6	1008	448	1120	-14%	10%	22%	29%
900	108	31.5	37.8	1134	504	1260	-14%	10%	22%	29%
1000	120	35	42	1260	560	1400	-14%	10%	22%	29%
1500	180	52.5	63	1890	840	2100	-14%	10%	22%	29%
2000	240	70	84	2520	1120	2800	-14%	10%	22%	29%

日本的設廠投資為 7 萬日圓/株，約 2.8 萬台幣/株

每株成本	20	年收穫天數	350
每株售價	36	單株均重	120 g

售價：0.3 NT\$/g

設廠成本	1 萬NT\$/株			
投資金額 萬	投資報酬 IRR			
	2年	3年	4年	5年
300	8%	31%	42%	48%
400	8%	31%	42%	48%
500	8%	31%	42%	48%
600	8%	31%	42%	48%
700	8%	31%	42%	48%
800	8%	31%	42%	48%
900	8%	31%	42%	48%
1000	8%	31%	42%	48%
1500	8%	31%	42%	48%
2000	8%	31%	42%	48%

設廠成本	1.1 萬NT\$/株			
投資金額 萬	投資報酬 IRR			
	2年	3年	4年	5年
330	1%	25%	36%	42%
440	1%	25%	36%	42%
550	1%	25%	36%	42%
660	1%	25%	36%	42%
770	1%	25%	36%	42%
880	1%	25%	36%	42%
990	1%	25%	36%	42%
1100	1%	25%	36%	42%
1650	1%	25%	36%	42%
2200	1%	25%	36%	42%

設廠成本	1.2 萬NT\$/株			
投資金額 萬	投資報酬 IRR			
	2年	3年	4年	5年
360	-4%	19%	31%	37%
480	-4%	19%	31%	37%
600	-4%	19%	31%	37%
720	-4%	19%	31%	37%
840	-4%	19%	31%	37%
960	-4%	19%	31%	37%
1080	-4%	19%	31%	37%
1200	-4%	19%	31%	37%
1800	-4%	19%	31%	37%
2400	-4%	19%	31%	37%

設廠成本	1.3 萬NT\$/株			
投資金額 萬	投資報酬 IRR			
	2年	3年	4年	5年
390	-9%	14%	26%	33%
520	-9%	14%	26%	33%
650	-9%	14%	26%	33%
780	-9%	14%	26%	33%
910	-9%	14%	26%	33%
1040	-9%	14%	26%	33%
1170	-9%	14%	26%	33%
1300	-9%	14%	26%	33%
1950	-9%	14%	26%	33%
2600	-9%	14%	26%	33%

設廠成本	1.5 萬NT\$/株			
投資金額 萬	投資報酬 IRR			
	2年	3年	4年	5年
450	-17%	6%	18%	25%
600	-17%	6%	18%	25%
750	-17%	6%	18%	25%
900	-17%	6%	18%	25%
1050	-17%	6%	18%	25%
1200	-17%	6%	18%	25%
1350	-17%	6%	18%	25%
1500	-17%	6%	18%	25%
2250	-17%	6%	18%	25%
3000	-17%	6%	18%	25%

設廠成本	2 萬NT\$/株			
投資金額 萬	投資報酬 IRR			
	2年	3年	4年	5年
600	-31%	-8%	5%	12%
800	-31%	-8%	5%	12%
1000	-31%	-8%	5%	12%
1200	-31%	-8%	5%	12%
1400	-31%	-8%	5%	12%
1600	-31%	-8%	5%	12%
1800	-31%	-8%	5%	12%
2000	-31%	-8%	5%	12%
3000	-31%	-8%	5%	12%
4000	-31%	-8%	5%	12%

售價：0.5 NT\$/g

PF 工程經濟分析

每株成本	20	年收穫天數	350								
每株售價	60	單株均重	120 g	設廠成本	2 萬NT\$/株						
日產量		年產量		年營業額	年淨利	投資金額	投資報酬 IRR				
株/日	kg/日	萬株/年	噸/年	萬	萬	萬	2 年	3 年	4 年	5 年	
300	36	10.5	12.6	630	420	600	26%	49%	59%	64%	
400	48	14	16.8	840	560	800	26%	49%	59%	64%	
500	60	17.5	21	1050	700	1000	26%	49%	59%	64%	
600	72	21	25.2	1260	840	1200	26%	49%	59%	64%	
700	84	24.5	29.4	1470	980	1400	26%	49%	59%	64%	
800	96	28	33.6	1680	1120	1600	26%	49%	59%	64%	
900	108	31.5	37.8	1890	1260	1800	26%	49%	59%	64%	
1000	120	35	42	2100	1400	2000	26%	49%	59%	64%	
1500	180	52.5	63	3150	2100	3000	26%	49%	59%	64%	
2000	240	70	84	4200	2800	4000	26%	49%	59%	64%	

每株成本	20	年收穫天數	350
每株售價	60	單株均重	120 g

售價：0.5 NT\$/g

設廠成本	1 萬NT\$/株			
投資金額	投資報酬 IRR			
萬	2年	3年	4年	5年
300	107%	128%	135%	138%
400	107%	128%	135%	138%
500	107%	128%	135%	138%
600	107%	128%	135%	138%
700	107%	128%	135%	138%
800	107%	128%	135%	138%
900	107%	128%	135%	138%
1000	107%	128%	135%	138%
1500	107%	128%	135%	138%
2000	107%	128%	135%	138%

設廠成本	1.5 萬NT\$/株			
投資金額	投資報酬 IRR			
萬	2年	3年	4年	5年
450	54%	76%	85%	90%
600	54%	76%	85%	90%
750	54%	76%	85%	90%
900	54%	76%	85%	90%
1050	54%	76%	85%	90%
1200	54%	76%	85%	90%
1350	54%	76%	85%	90%
1500	54%	76%	85%	90%
2250	54%	76%	85%	90%
3000	54%	76%	85%	90%

設廠成本	1.75 萬NT\$/株			
投資金額	投資報酬 IRR			
萬	2年	3年	4年	5年
525	38%	61%	71%	75%
700	38%	61%	71%	75%
875	38%	61%	71%	75%
1050	38%	61%	71%	75%
1225	38%	61%	71%	75%
1400	38%	61%	71%	75%
1575	38%	61%	71%	75%
1750	38%	61%	71%	75%
2625	38%	61%	71%	75%
3500	38%	61%	71%	75%

設廠成本	2.5 萬NT\$/株			
投資金額	投資報酬 IRR			
萬	2年	3年	4年	5年
750	8%	31%	42%	48%
1000	8%	31%	42%	48%
1250	8%	31%	42%	48%
1500	8%	31%	42%	48%
1750	8%	31%	42%	48%
2000	8%	31%	42%	48%
2250	8%	31%	42%	48%
2500	8%	31%	42%	48%
3750	8%	31%	42%	48%
5000	8%	31%	42%	48%

設廠成本	3 萬NT\$/株			
投資金額	投資報酬 IRR			
萬	2年	3年	4年	5年
900	-4%	19%	31%	37%
1200	-4%	19%	31%	37%
1500	-4%	19%	31%	37%
1800	-4%	19%	31%	37%
2100	-4%	19%	31%	37%
2400	-4%	19%	31%	37%
2700	-4%	19%	31%	37%
3000	-4%	19%	31%	37%
4500	-4%	19%	31%	37%
6000	-4%	19%	31%	37%

設廠成本	4 萬NT\$/株			
投資金額	投資報酬 IRR			
萬	2年	3年	4年	5年
1200	-21%	2%	15%	22%
1600	-21%	2%	15%	22%
2000	-21%	2%	15%	22%
2400	-21%	2%	15%	22%
2800	-21%	2%	15%	22%
3200	-21%	2%	15%	22%
3600	-21%	2%	15%	22%
4000	-21%	2%	15%	22%
6000	-21%	2%	15%	22%
8000	-21%	2%	15%	22%

台(美國進口)日韓(植物工廠量產)生鮮萵苣產品超市售價



199~249 NT\$ for 142 g (1.4~1.75 NT\$/g)

¥360 for 120 g (1.2 NT\$/g)

70 NT\$ for 50 g (1.4 NT\$/g)

¥198 for 60 g (1.32 NT\$/g)



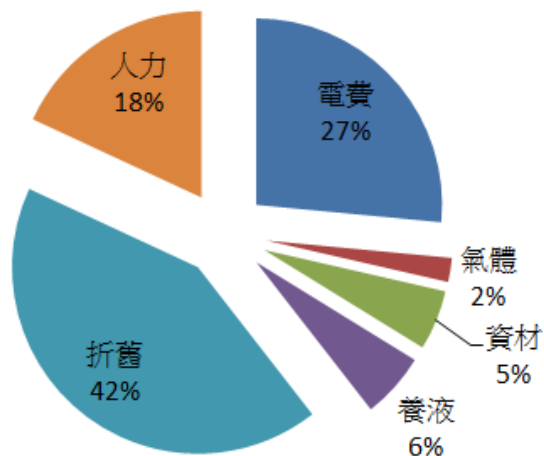
成本：20 元/株

LED vs. T5

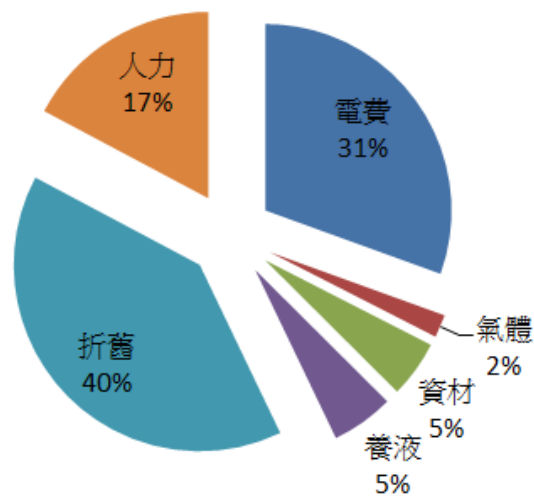
20呎貨櫃式植物工廠

栽培天數	21	天	LED單價	700	NT\$			
每禮拜收穫	120	株	T5單價	333	NT\$			
電費	3	NT	LED總價	18900	NT\$/層			
硬體	500000	NT\$/間	T5總價	6993	NT\$/層	每株電費		
LED一層	27	支(20W)	LED電費	77.76	NT\$/Day	4.54		
T5一層	21	支(28W)	T5電費	95.26	NT\$/Day	5.56		
層架層數	3	層						
人力	2150	NT\$/月	工人月薪3萬，每次移植需花費1人2hrs (1/4 天)，每周收成兩次每月收成8					

LED 燈管



T5 燈管



成本：20 元/株

LED vs. T5

LED燈管					T5燈管				
燈管	4.54	NT\$/head	電費	6.12	燈管	5.56	NT\$/head	電費	7.40
冷氣(COP4)	1.13	NT\$/head	氣體	0.48	冷氣(COP4)	1.39	NT\$/head	氣體	0.48
風扇	0.41	NT\$/head	資材	1.2	風扇	0.41	NT\$/head	資材	1.2
氣泵	0.01	NT\$/head	養液	1.314	氣泵	0.01	NT\$/head	養液	1.314
水泵	0.03	NT\$/head	折舊	9.80	水泵	0.03	NT\$/head	折舊	9.67
二氧化碳	0.48	NT\$/head	人力	4.18	二氧化碳	0.48	NT\$/head	人力	4.18
種子	1	NT\$/head			種子	1	NT\$/head		
海綿	0.2	NT\$/head			海綿	0.2	NT\$/head		
養液	1.31	NT\$/head			養液	1.31	NT\$/head		
水	0.004	NT\$/head			水	0.004	NT\$/head		
硬體折舊(10年)	7.99	NT\$/head			硬體折舊(10年)	7.99	NT\$/head		
LED折舊(5年)	1.81	NT\$/head			T5折舊(2年)	1.68	NT\$/head		
人力	4.18	NT\$/head			人力	4.18	NT\$/head		
總和	23.10	NT\$/head			總和	24.24	NT\$/head		
收成重量	148.3	g/head			收成重量	72.8	g/head		
每100g成本	15.58	NT\$			每100g成本	33.29	NT\$		

投資評估補述1

株距, cm			2	3	4	5	6	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
密度, 株/m ²			2500	1089	625	400	256	144	100	81	64	49	49	36	36	25	25	25	25		
株/片(A栽培浮板)	60	90	1350	600	330	216	150	77	54	40	35	24	24	24	15	15	15	12	12		
株/片(B栽培浮板)	60	100	1500	660	375	240	160	84	60	45	40	28	28	24	18	15	15	15	15		
株/片(C栽培浮板)	60	120	1800	800	450	288	200	105	72	50	50	36	32	32	21	21	18	18	18		
								日產能	1000	需要栽培板數量			實際產能			真正的淘汰率			株/片		
	天數	株距	密度	時空指標	淘汰率	栽培株數	栽培株數/片	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)		
播種	7	4	625	4375	1.00	0.3	17	680	2.1	1.8	1.5	990	750	900					330	375	450
育苗	14	10	100	1400	3.13	0.03	25.75	1030	19.1	17.2	14.3	1080	1080	1080					54	60	72
育成	14	18	25	350	12.50	0	25	1000	66.7	66.7	55.6	1005	1005	1008	98%	50%	80%		15	15	18



	層數	
播種架	1.00	
育苗架	3.13	1
育成架	12.50	4

使用五層的床架，一層用於育苗，其他用於育成
 使用一個 n 層的床架做育苗
 使用四個 n 層的床架作育成
 長度為14 個栽培板的倍數
 使用任意層的床架，長度為5個栽培板的倍數

投資評估補述2

日產株數		株/日	100	200	300	400	500	800	1000
投資金額	萬/株	1	100	200	300	400	500	800	1000
日本行情		2	200	400	600	800	1000	1600	2000
7~8萬日幣/株		3	300	600	900	1200	1500	2400	3000
約 2.8~3.2 萬NT/株		4	400	800	1200	1600	2000	3200	4000
需要栽培面積		m ²	70	140	210	280	350	560	700

投資評估補述3

計算依據	m ² 栽培	25 株							
	每株獲利	30 元			m ² 每月獲利	1607 元			
	栽培天數	14 天			m ² 年獲利	1.929 萬			
投資金額	萬/株	萬/m ²	回收年限	投資報酬率	Yr0	-1.43	-2.857	-4.2857	-5.71
	1	1.43	0.741	133%	Yr1	1.929	1.929	1.9286	1.93
	2	2.86	1.481	61%	Yr2	1.929	1.929	1.9286	1.93
	3	4.29	2.222	35%	Yr3	1.929	1.929	1.9286	1.93
	4	5.71	2.963	20%	Yr4	1.929	1.929	1.9286	1.93
					Yr5	1.929	1.929	1.9286	1.93

投資評估補述4

投資金額 萬/株 萬/m ²		回	每株獲利，元/株					
			10	20	30	40	50	60
1	1.43	收	2.22	1.11	0.74	0.56	0.44	0.37
2	2.86	年	4.44	2.22	1.48	1.11	0.89	0.74
3	4.29	限	6.67	3.33	2.22	1.67	1.33	1.11
4	5.71		8.89	4.44	2.96	2.22	1.78	1.48
投資金額 萬/株 萬/m ²		IRR 投	每株獲利，元/株					
			10	20	30	40	50	60
1	1.43	資	35%	86%	133%	179%	224%	270%
2	2.86	報	4%	35%	61%	86%	110%	133%
3	4.29	酬	-9%	15%	35%	53%	70%	86%
4	5.71	率	-17%	4%	20%	35%	48%	61%