

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030304

“光”科技 LED 展“生”機

—探討高亮度白光 LED 下番茄的生活史

學校名稱：新竹縣立仁愛國民中學

作者： 國一 王奕辰 國一 陳定緯	指導老師： 馮慧梅
-------------------------	--------------

關鍵詞：光合作用、高亮度白光 LED、蕃茄

作品名稱：“光”科技LED展“生”機—探討高亮度白光LED下番茄的生活史

摘要

七年級上學期的生物課 3-3 植物如何獲得養分 中提到了光合作用，課堂引起同學熱烈討論。除了好奇與驚嘆於植物能夠只需要「日光,水和 CO₂」.藉由自身的葉綠體來產生氧氣與葡萄糖。也很想知道光合作用裡的「光」是否非「太陽光」不可。

於是想自行架設一個模擬的照光環境，利用蕃茄此種需要「強日照」的植物來驗證，如果在「人造光源」下，完全不給太陽光的狀況下。有沒有能力完成一個生長週期。除了與同一期間的戶外對照組作比較，也與網路部落客的資料作比較。

所採用的光源則是時下最熱門的「綠能」新光源，「高亮度白光 LED 模組」。藉此來探討這個「光源」究竟是人類所殷盼的「新科技」，還是言過其實的廣告「噱頭」。

整整 110 天的時間，蕃茄現在是用累累鮮綠的果實來告訴我們，「它，高亮度白光 LED 模組，真的，像是個『小太陽』」。

壹、 研究動機

- 一、 在七年級上學期的生物課 3-3 植物如何獲得養分 中提到了光合作用，課堂引起同學熱烈討論。除了好奇與驚嘆於植物能只需日光,水和CO₂.藉由自身的葉綠體產生氧氣與葡萄糖，也一併討論到最熱門的 2012末日說，地球環境劇烈變動,糧食不足等等.雖然不脫杞人憂天與混時間兼起鬨. 但腦海裡也不禁的想--- 有沒有那一種人造光源是可以有效代替或暫代日光來讓植物行光合作用. 如果 ----- 如果有一天人類處於非用人造光源不可的情況下呢?.
- 二、 且說目前地球上生物能夠只靠 陽光,空氣,水就能轉化成自身養分者.能直接想到的就是植物了.而且它也是目前地球食物鏈的源頭,身為食物鏈終端的人類們始終須要面對糧食短缺的問題。在這天災地變的時代,地球暖化,氣候變異的大環境下, 如果陽光在我們的生活區不夠用時，人啊！你該怎麼辦？
- 三、 所以我們想到要測試現代最新的綠色照明光源—高功率白光 LED 是不是可以成為小太陽,在它節能環保的外衣下，能更實際且有效地照亮地球的生命。
- 四、 另外一個想法是,植物對光的需求是主動選擇.它像是個過濾器般，只吸收他所需要的波段光,並反射出不需要的光.但是他也被動的只能從它所處環境中取得.有最低需求,但多了它也不要. 所以我們想從一個持續照光中的環境來了解是不是符合這個假設。(因為用太陽做光源是做不到持續照光)。生命— 祂短時間受限於環境，但生命自己會找出路，達爾文的 物競天擇 不也是在訴說著同樣的事嗎？

貳、 研究目的

- 一、以光合作用的主要原素---光為主題，研究現代最熱門的人造光源---高功率白光 LED (HB-LED) 是否有能力讓植物行光合作用，並完成一個生長週期。
- 二、研究如何在有限能源下架設一個能滿足光合作用的最低光照環境，設計利用小環境加上可反射的介面，讓光可反射及漫射來進行光的回收，增強小環境裡的光照度。
- 三、選擇蕃茄作為此次光合作用實驗的載體，研究蕃茄可否在上述光照環境下完成一個生長週期。因為蕃茄是一種需要---強日照的植物,已知蕃茄為中性日照植物,不受光週期影響，個體發育成熟就能開花。它既是水果且可入菜,如驗證成功，我們只需調整光照條件即可向下相容.而且蕃茄從播種到結果約一個季度可完成.滿足此次研究週期期限。
- 四、研究在育種與幼苗時期的光照對植株後續成長期的影響，除觀察植物趨光性與育苗發芽率是否有關，也觀察日後成長期的影響。
- 五、驗證新光源可否暫代日光來讓植物行光合作用，並完成一個生長週期。
- 六、探究光源，竹北氣象資料及蕃茄的相關資料。使用 Internet 搜尋相關資料，來輔助自己在這研究過程中相關知識的不足。

參、設備與材料

一、使用設備：

(一) 光源：

(一) 120W / 10000 lm 白光LED燈 X 2 圖(1)

(二) 12W/100 lm LED植物成長燈 X1 圖(2)



圖(1)



圖(2)

(二) 量測工具：

1. 光照度計-圖(3)、2. 溫濕度計-圖(4)、3. 米達尺-圖(5)



圖(3)



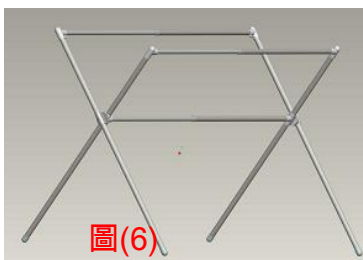
圖(4)



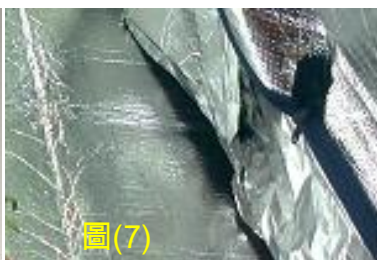
圖(5)

(三) 其他器材：

(一) X型曬衣架-圖(6)、鋁箔墊-圖(7)、4寸花盆-圖(8)、相機-圖(9)、電子定時開關-圖(10)、鏡牆-圖(11)、長支架、桌子、黑色遮光網。



圖(6)



圖(7)



圖(8)



圖(9)



圖(10)



圖(11)

二、 實驗材料：

蕃茄種子-京王子-圖(12)，金王子-圖(13)，瑞珍-圖(14) 3 品種各一包，
培養土-圖(15)， 有機肥-圖(16)，穴盆-圖(17)。



圖(12)



圖(13)



圖(14)



圖(15)



圖(16)



圖(17)

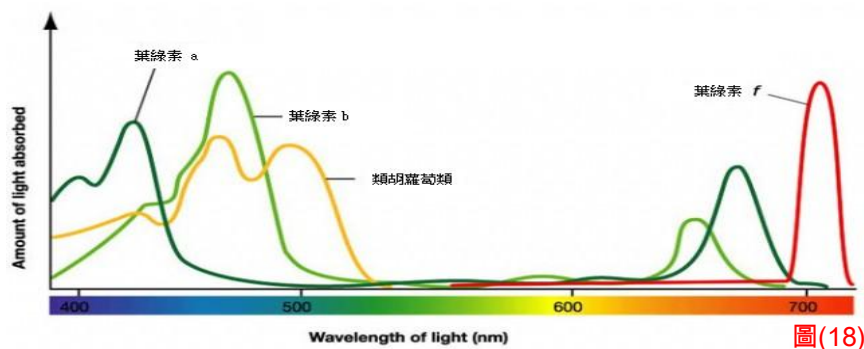
肆、 研究過程或方法



一、 為光合作用選擇一個適當的人造光源:

(一) 探討光合作用的吸收光譜:

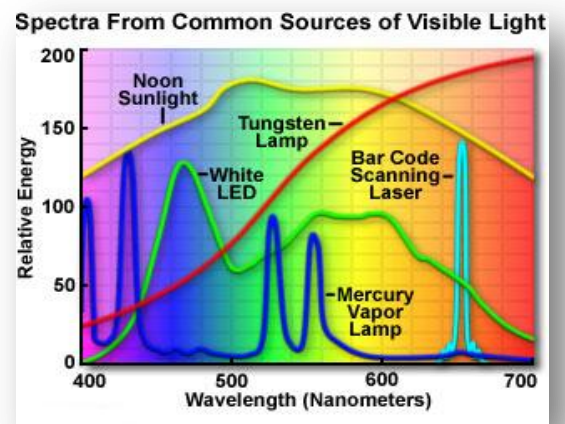
1. 光合作用的吸收光譜:



由上圖我們發現它的波的峰值均落在藍光與紅光兩極。

(二) 我們現在想找一個人工光源來替代它的第一要件是在可見光的部分，必需要它的可見光的頻譜，能和日光愈接近愈好。

(三) 由右邊的頻譜-圖(19)上，可以發現到白光LED的頻譜是最接近正午日光頻譜，所以不假思索，我們設定此次研究的替代光源為白光LED，但也因為這個光源在紅光的部分較弱,我們也想要稍微補充這個波段，於是想到要加入一顆 8R1B 的植物生長燈，用來填補紅光的這波段，也正好可拿此植物生長燈來做育苗的照光研究。



圖(19) (資料來源：<http://www.olympusmicro.com/primer/lightandcolor/lightsourcesintro.html>)

二、架設一個能滿足光合作用的最低光照環境:

- (一) 文獻資料指出照光與環境的設置須滿足光合作用的最低光照12000 lux. 而要植物能完成一個生長週期，更是需要2~3倍的最低光照量，也就是說要能達到24000~36000lux 以上的環境照明。如果我們只單靠二個 120W /10000 lm 的光源而不作任何設置，一旦光線射出後，如因角度因素未照射到植物讓植物所吸收，它就會消失。
- (二) 另一個想法是，日光環境下大部分是反射光，是一個漫射光的環境。我們需要一個模擬漫射光照的小環境來進行此次研究。
- (三) 為了模擬漫射光照環境，我們利用X型曬衣架-圖(六)、鋁箔墊-圖(七)、 120W / 10000 lm 白光 LED 燈 X 2 圖(一)、 12W/100 lm LED 植物成長燈 X1 圖(二)，來架設一個如下圖-圖(14)的模擬漫射光照環境。



圖(20)

- (四) 主要是利用鋁箔的高反射率來進行漫射環境模擬，間接也可隔絕太陽光，來降低實驗參數干擾。

三、 選擇光合作用的載體:

- (一)有了光照環境後，我們需要一種植物做為光合作用的載體,最後我們選擇蕃茄作為載體，原因如下:

1. 因為蕃茄是需要強日照的植物,如驗證成功只需調整光照即可向下相容。
2. 蕃茄從播種到結果約一個季度可完成,滿足此次研究週期期限。
3. 蕃茄為中性日照植物,不受光週期影響,個體發育成熟就能開花。
4. 它既是水果也可入菜,世界上有許多地方它是糧食。

四、 播種及幼苗時期的光照對植株育苗期與成長期的影響:

(一) 育種期:

1. 從播種時開始分設兩組,一組施以紅藍光照射,;另一組則不予照光。來觀察育種時期的一些現象。
2. 我們將三種蕃茄分成兩組,植入黑色育種盆後分裝入六個塑膠藍裏。其裝置如下圖 (21):

說明:

數字:代表植入株數

(未)字則表示種子萌發時期未照光。

金王子 (未)	京王子 (未)	瑞珍 (未)
23	28	29
金王子	京王子	瑞珍
33	28	28

12W 植物成長燈
照光時的狀況



裝置的實體照片



圖(21)

3. 播種日期為 2011/01/05, 並開始觀察紀錄。紀錄 溫度, 濕度, 萌芽數量, 生長狀況。

(二) 育苗期:

1. 於 2011/01/27 加設白光LED於小型環境中並進行24小時持續光照, 開始育苗。其光照設施如圖-圖(22)
2. 開始觀察紀錄。紀錄 溫度, 濕度, 生長狀況。



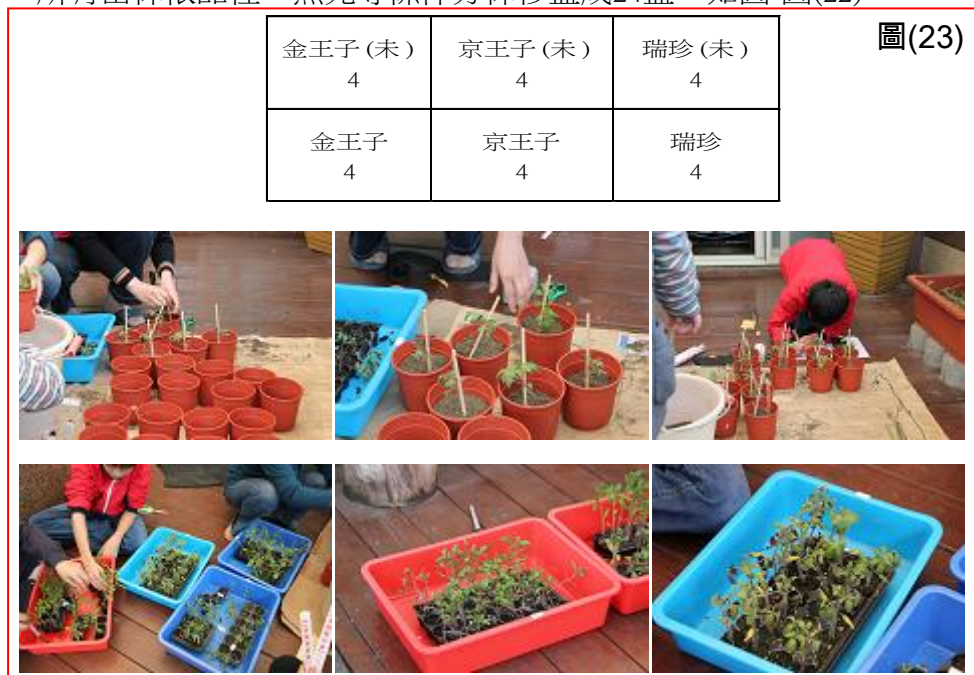
圖(22)

五、 驗證新光源可否暫代日光來讓植物行光合作用:

(一) 竹北冬春之際日照時數較短,氣溫低,多陰雨. 我們從 1/05 播種後,觀察近一個月。於 1/26 時幾乎已沒有發現繼續發芽的植株,已經發芽的也長到第四片本葉, 育種穴盆的空間或養分業已無法供植株良好成長(葉片已有明顯發黃現象,尤其子葉部分), 決定 2/13 進行分株移盆,來進行此次研究最主要的部分。驗證新光源可否暫代日光來讓植物行光合作用。

(二) 分株移盆 (2011/02/13)

1. 為了加設一組對照組於室外進行植栽觀察.以便兩組數據互做比較.我們將所有苗株依品種, 照光等條件分株移盆成24盆。如圖-圖(22)



2. 將此24盆苗株二分成二組,一組進行白光LED的人造光源照光,一組對照組進行自然光照光。

3. 白光 LED 照光組:

- (1). 光照環境設置: 如圖- 圖(24) 持續 24小時照光。



- (2). 設置地點: A 自宅 5F

圖(24)

(3). 觀察記錄如下：

- 2/13:開始觀察紀錄。紀錄 溫度，濕度，生長狀況。
- 2/20:補充有機肥少許，紀錄 溫度，濕度，生長狀況。

- 2/25: 發現葉片部分有白化現象如圖：圖(25)

懷疑是否是光照過度所造成，而白化的地方很快就會變黃枯萎。



圖(25)

- 2/26: 修改光照時間由 06:00~24:00，讓環境更接近自然條件。
- 3/06: 發現第一組花苞。



圖(26)

距離播種日已經二個月了，看到花苞真的很開心。

- 3/07: 植栽有些已長到快頂到 LED 燈了，而且有越長越快的現象。如圖：圖(27)



圖(27)

- 我們不得不重新調整燈具，調整後的設置位置 如圖 因為鋁箔墊不足以包覆全部 X 型衣架，我們利用了環境原有的鏡牆作為反射面。設置後觀察紀錄。紀錄 溫度，濕度，生長狀況。



- 3/12: 陸續發現花苞將開未開與第一朵花。



圖(29)

- 同時也發現了瑞珍(未)-1，莖靠近更步的地方長了黃色顆粒

狀的瘤，同樣在其葉子上也發現了一些顆粒狀的異常。之前所施加的有機肥的地方長出像是蠶絲般的絲狀物。如圖: 圖(30)



- 3/17: 花開得愈來愈多，也發現花朵上有合苞現象如圖: 圖(31)



- 也看到前幾天發現的葉子上的顆粒異常現在更加嚴重如圖, 圖(32) 予以摘除。



- 3/26: 發現第一粒小蕃茄和更多受完粉的花，如圖:圖(33)



- 4/05: 結果現象愈來愈多，如圖: 圖(34)



- 現在就等西紅柿 “紅了”，從播種到現在，三個月整。

4. 自然陽光照光組：

(1) 環境設置: 如圖:圖(35)



(2) 設置位置: B自家陽台

(3) 觀察記錄如下：

- 2/13:開始觀察紀錄。紀錄 溫度， 濕度， 生長狀況。
- 2/20:補充有機肥少許，紀錄 溫度， 濕度， 生長狀況。
- 2/22:成長狀況如圖:圖(36)



- 天氣狀況持續不好如表:表(1)，（此表中之溫濕度均為室內量測）

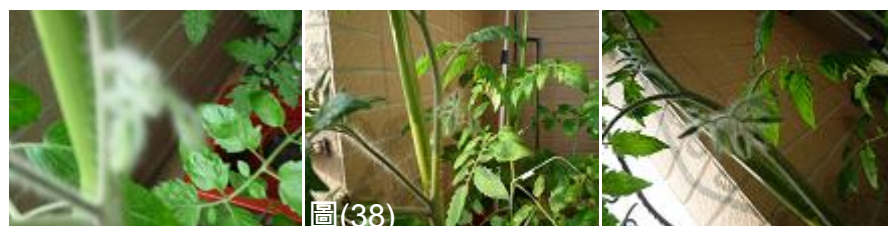
Date	2/13	2/14	2/15	2/16	2/17	2/18	2/19	2/21	2/22	2/23	2/24	2/25	2/27	3/1	3/2	3/3	3/5
天氣	雨	雨	雨	雨	晴	雨	雨	晴	雨	雨	雨	晴	晴	雨	雨	雨	晴
溫度 °C	15.9	16.6	17.8	18.7	21.7	17.7	18	17	18.8	23	20.9	21.7	20.4	19.4	19	19.1	19.2
溼度 %	77	71	68	70	88	76	70	73	60	60	80	74	83	69	75	70	76

表(1)

- 3/05: 難得晴天,抱它曬曬太陽。



- 4/05: 又過了一個多月了,總算比較像樣，終於看到花苞了。



(出現花苞時間落後LED 照光整整一個月。)

- 4/06: 隨著陽光增強，光照時數增加，植株成長有爆發的現象。



- 同時也發現到有黃葉的現象，如圖:圖(40)



- 4/16: 終於見到結果了如圖，距離播種日整整 100 天。



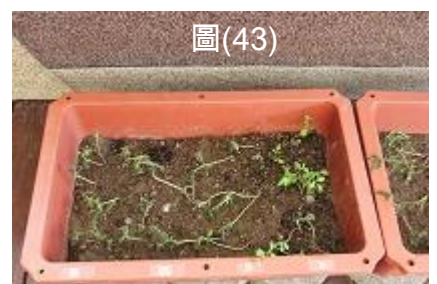
- (出現果實時間落後LED 照光組 21天 。隨著陽光的增強落後的距離有追上的現象。)

5. 分株後剩餘的苗株,

(1) 我們將其集中移種到大的盆子如圖: 圖(42)

(2) 觀察記錄如下:

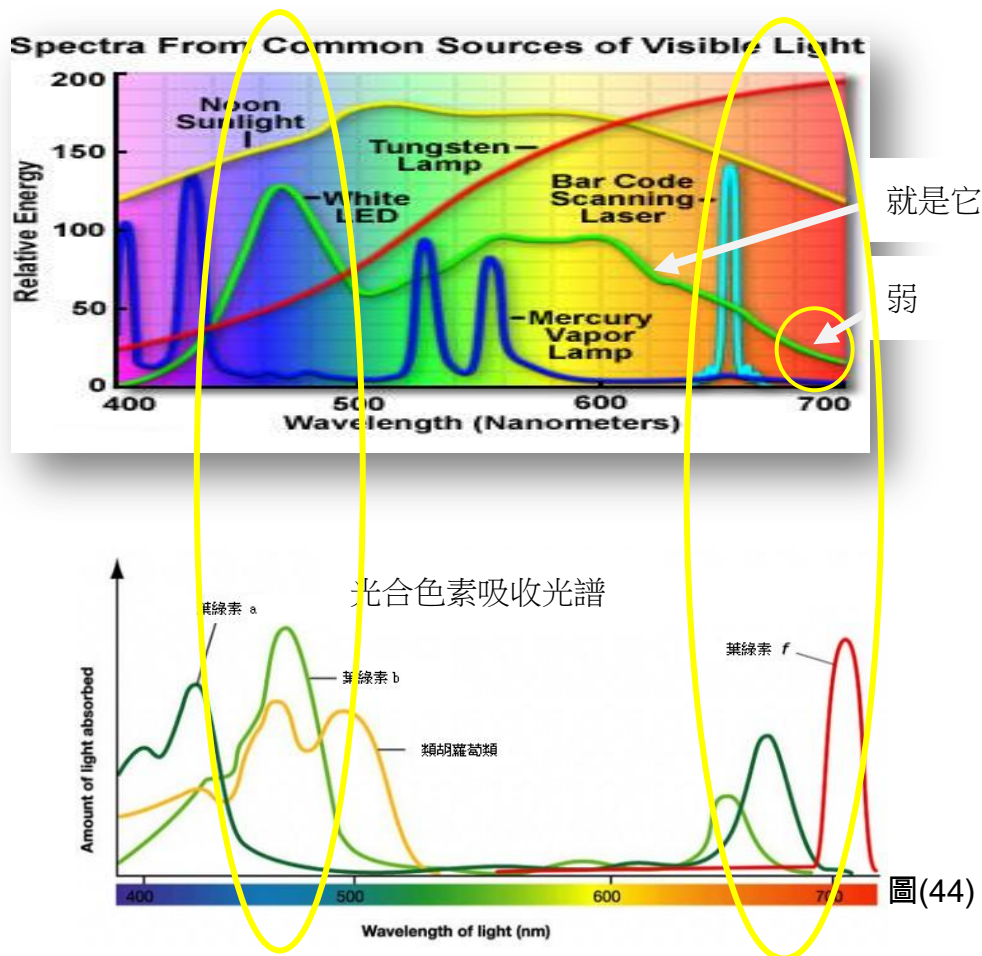
- 2/13: 移盆後開始觀察紀錄。紀錄 溫度，濕度， 生長狀況。
- 3/07: 因日照不足，氣溫過低，風大雨大，就是太陽不大，植株全部凋萎。



伍、 研究結果

一、 選擇適當的人造光源:

(一) 我們由下列兩張圖表可以看來找出最適當的人造光源



(二) 一經比較後，決定了我們的人造光源- 高亮度白光 LED 燈。

(三) 但是也發現它紅色光的部分比較弱，所以我們補上一顆以紅色光為主的 LED 植物生長燈。

(四) 規格外形如下:



圖(1)

120W / 10000 lm 白光LED燈 X 2



圖(2)

12W/100 lm LED植物成長燈 X1

二、 架設一個能滿足光合作用的光照環境:

(一) 小環境照度量測結果:

1. 未鋪設鋁箔等反光材料時其照度量測如下表- 表(2-1)

$E_{max}(97\%):24400 \text{ lx}$ $E_{min}(97\%):4000 \text{ lx}$ $U_0:44.4\%$

表(2-1) 未鋪設鋁箔等反光材料						表(2-2) 有鋪設鋁箔等反光材料					
離地距離	A	D	G	J	M	離地距離	A	D	G	J	M
30 cm	4700	6000	7500	5700	4700	30 cm	30700	44600	51900	43600	30900
24 cm	4500	5800	6800	5300	4500	24 cm	25300	36100	35400	38800	30000
15 cm	4800	5500	5900	5100	5100	15 cm	19200	25300	26800	29500	27500
6 cm	4400	5100	5100	4800	4000	6 cm	15300	21000	20900	17600	22500
0	4300	4800	4600	4000	3000	0	14500	17600	19900	8100	18000
離地距離	B	E	H	K	N	離地距離	B	E	H	K	N
30 cm	12000	20100	32300	18500	11700	30 cm	29700	41600	47500	33200	30400
24 cm	11000	18100	24400	15700	9200	24 cm	24700	30200	36200	30600	32100
15 cm	9600	15800	20700	14300	8200	15 cm	20400	25500	27200	25600	28600
6 cm	8500	13100	15300	12400	7200	6 cm	17500	21200	20900	17500	24200
0	8200	11000	11800	9700	6300	0	15400	18900	21300	15300	18900
離地距離	C	F	I	L	O	離地距離	C	F	I	L	O
30 cm	12500	12700	13900	9200	12600	30 cm	20000	28100	28200	20400	23000
24 cm	9500	11200	9700	8600	9100	24 cm	17200	27000	21800	20200	11800
15 cm	8000	8300	8700	7800	8700	15 cm	18900	21600	20500	20000	23400
6 cm	7100	7500	8000	7600	7000	6 cm	17200	18100	18600	18000	22500
0	6700	7100	7600	6400	6700	0	13600	16700	18400	16200	19300

2. 有鋪設鋁箔等反光材料時其照度量測如上表- 表(2-2)

$E_{max}(97\%):47500 \text{ lx}$ $E_{min}(97\%):11800 \text{ lx}$ $U_0:48.8\%$

(二) 由上述數據比較,可以看出,鋪設鋁箔等反光材料時,可得到我們想要預期的照度。且其光照均勻度也比未鋪設鋁箔來的好。($U_0 = E_{min}/E_{平均}$)

(三) 量測點分布如下表-表(3)

	A	← 35cm →	D	G	J	M
35cm	B		E	H	K	N
	C		F	I	L	O

(四) 由此得到一個結論, 鏡面與鋁箔可有效的為我回收LED光再使用。

(五) 從上述表格表(2-2)中可發現中心(H point) 附近有最大照度, 離燈越近, 照度越大。如此我們有一個 $97\% > 12000 \text{ lux}$ 的小型漫射光照環境。來進行光合作用的實驗了。

(六) 使用照度計時須注意事項:

(七) LED 光對受照體有無溫度影響

測試



三、 選擇光合作用的載體:

(一) 決定是蕃茄以後, 我們打算從播種開始, 於是買了三種蕃茄的種子, 分別是京王子-圖(九), 金王子-圖(十), 瑞珍-圖(11) 3 品種各一包。準備播種育苗。



四、 播種及幼苗時期的光照對植株育苗期與成長期的影響:

(一) 蕃茄播種與育苗

播種到發芽 (2011/01/05~2011/01/19)

說明:

數字代表種子植入株數

(未)字則表示種子萌發時未照光。

金王子(未)	京王子(未)	瑞珍(未)
23	28	29
金王子	京王子	瑞珍
33	28	28

天氣狀況:

Date	1/10	1/19	1/21	1/25	1/26	1/29	1/30
天氣	雨	晴	雨	雨	晴	雨	雨
溫度 °C	13.4	14.3	14.4	14.9	15.6	14.8	14.1
溼度 %	90	80	92	89	88	86	86

萌芽數與高度變化:

表(4)

Date	1/10	1/19	1/21	1/25	1/26	1/29	1/30	2/7	2/8	2/9	2/11	2/13
總發芽數	0	104	124	134	137	-	-	-	-	-	-	分株
最高高度(cm)	0	4.3	5.9	7.9	7.9	8.6	9.7	10.5	11.6	11.6	12.5	分株

依各品種來看發芽率:









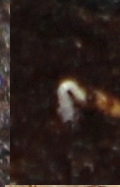
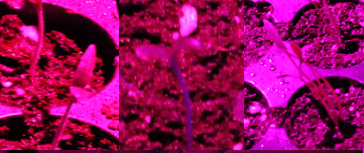

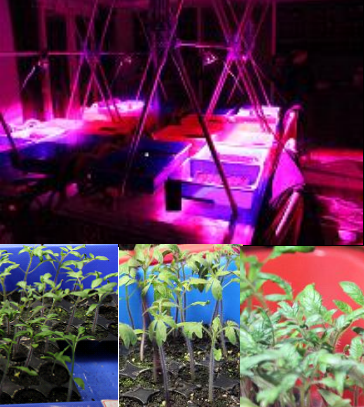



表(5)

發芽數	金王子	京王子	瑞珍	金王子(未)	京王子(未)	瑞珍(未)
1/10	0	0	0	0	0	0
1/19	22	15	23	16	14	14
1/21	23	20	23	18	19	21
1/25	23	21	25	19	22	24
1/26	23	21	25	19	24	25
發芽率	70%	75%	89%	83%	86%	86%

表(6)

很慶幸這些種苗是被安置在室內,以上述觀察記錄的溫濕度,應該早就枯死了.而從發芽率來看是不照光的那一組比較好。

(二) 觀察記錄表：

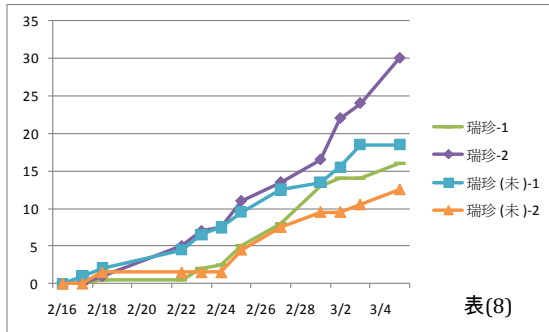
Date	觀察與作為	使用植物成長燈照光			未照光		
		金王子	京王子	瑞珍	金王子(未)	京王子(未)	瑞珍(未)
1/5	播種株數	33株	28株	28株	23株	28株	29株
1/9	器具材料搬移-從學校到自宅, 因考慮農曆假期, 方便照顧與觀察	金王子 33	京王子 28	瑞珍 28	金王子(未) 23	京王子(未) 28	瑞珍(未) 29
1/14	開始發現發芽						
1/16	京王子開始萌芽, 之前萌芽的發現長出子葉, 而且發現未照光的苗株有趨光的現象。						
1/19	趨光的現象愈來愈明顯, 且未照光的苗株其莖的部位長得比照光的苗株還長						
2/8	大部分均長出第四辦本葉, 也發現本葉有開始乾枯現象。						
2/13	分株移盆						

表(7)

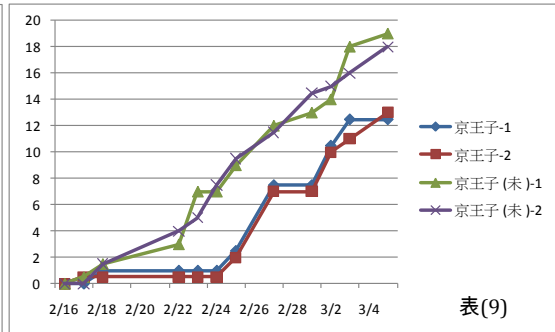
在分株的時候，我們發現有照光的植株的莖比較粗，也比較直，而未照光的部分，莖比較細長也長得彎彎扭扭的。

五、 驗證新光源可否暫代日光來讓植物行光合作用:

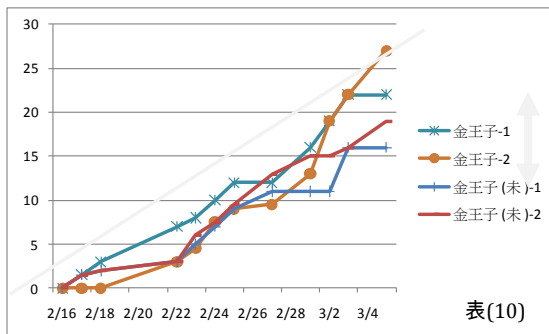
(一) 分株移盆後 LED 照光成長高度記錄 。週期 02/13~3/5



表(8)



表(9)

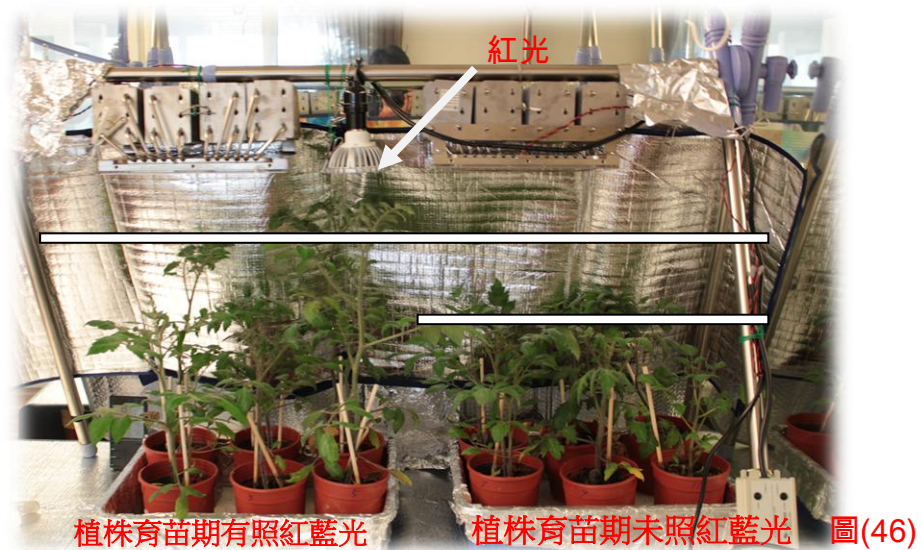


表(10)

Date	2/16	2/17	2/18	2/22	2/23	2/24	2/25	2/27	3/1	3/2	3/3	3/5
京王子-1	0	0	1	1	1	1	2.5	7.5	7.5	10.5	12.5	12.5
京王子-2	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2	7	7	10	11	13
京王子(未)-1	0	0.5	1.5	3	7	7	9	12	13	14	18	19
京王子(未)-2	0	0	1.5	4	5	7.5	9.5	11.5	14.5	15	16	18
金王子-1	0	1.5	3	7	8	10	12	12	16	19	22	22
金王子-2	0	0	0	3	4.5	7.5	9	9.5	13	19	22	27
金王子(未)-1	0	1.5	2	3	5	7	9	11	11	11	16	16
金王子(未)-2	0	1.5	2	3	6	7.5	9.5	13	15	15	16	19
瑞珍-1	0	0	0.5	0.5	2	2.5	5	8	13	14	14	16
瑞珍-2	0	0	1	5	7	7.5	11	13.5	16.5	22	24	30
瑞珍(未)-1	0	1	2	4.5	6.5	7.5	9.5	12.5	13.5	15.5	18.5	18.5
瑞珍(未)-2	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	4.5	7.5	9.5	9.5	10.5	12.5

表(11)

1. 由上面三張折線圖並無法看出,在育苗時期有照光的苗株的成長速度與未照光的苗株成長有明顯差異。且各類種中互有快慢，原因有可能是來自照度。而表<9>中 京王子-1、(未)京王子-1、京王子-2、(未)京王子-2 兩組曲線相近可能是與種子萌發有關係。
2. 由下圖(46)明顯可以看出,在育苗時期有照光的苗株，它的成長狀況比未照光的苗株成長的明顯差異。



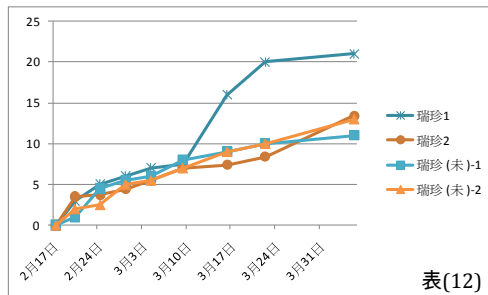
植株育苗期有照紅藍光 植株育苗期末照紅藍光 圖(46)

3. 而由上面圖(46)我們也可以看出中央的植株比兩側的長得快，因為中央部分為照光較強的部分(近45000 lux)，且有較多紅光的加持(來自植物生長燈)。下表為實測照度

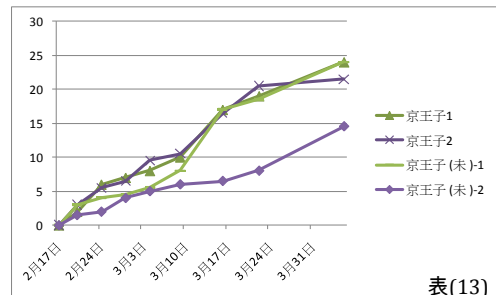
離地距離	A	D	G	J	M
30 cm	30700	44600	51900	43600	30900
24 cm	25300	36100	35400	38800	30000
15 cm	19200	25300	26800	29500	27500
6 cm	15300	21000	20900	17600	22500
0	14500	17600	19900	8100	18000
離地距離	B	E	H	K	N
30 cm	29700	41600	47500	33200	30400
24 cm	24700	30200	36200	30600	32100
15 cm	20400	25500	27200	25600	28600
6 cm	17500	21200	20900	17500	24200
0	15400	18900	21300	15300	18900
離地距離	C	F	I	L	O
30 cm	20000	28100	28200	20400	23000
24 cm	17200	27000	21800	20200	11800
15 cm	18900	21600	20500	20000	23400
6 cm	17200	18100	18600	18000	22500
0	13600	16700	18400	16200	19300

4. 由此可看出光照強弱影響蕃茄成長很大。而且燈看起來需要換位子了。因為蕃茄株已經頂到 LED 燈了。

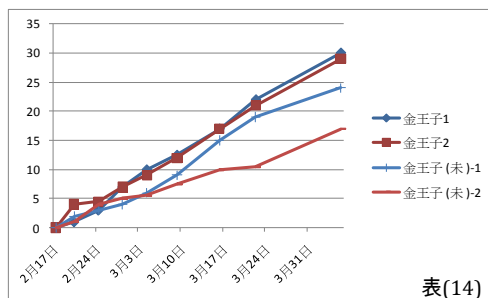
(二) 分株移盆後成長高度記錄—自然照光組，週期 02/13~3/22



表(12)



表(13)



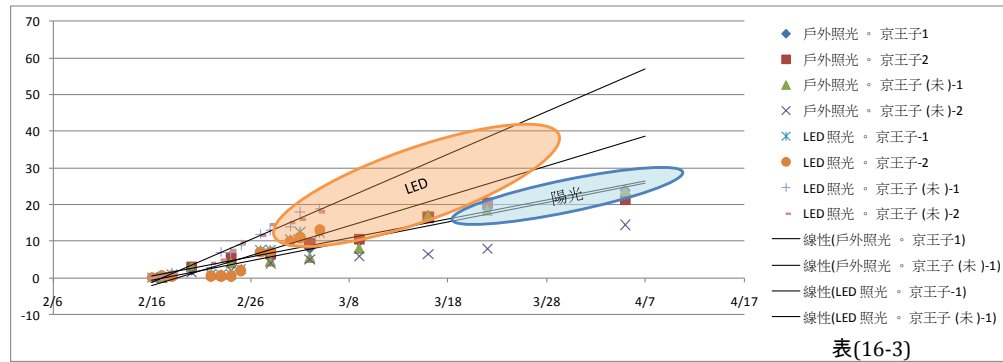
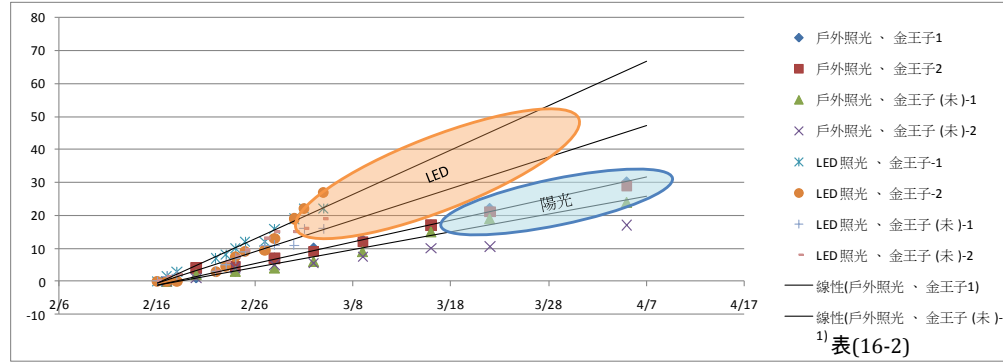
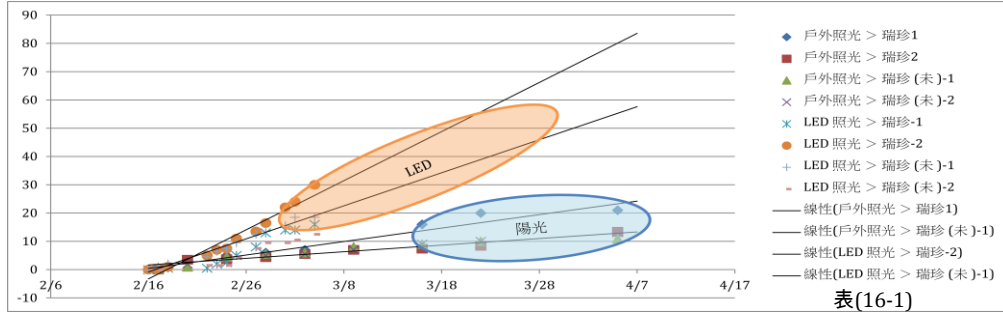
表(14)

日期/品種	2/17	2/20	2/24	2/28	3/4	3/9	3/16	3/22	4/5
金王子1	0	1	3	7	10	12.5	17	22	30
金王子2	0	4	4.5	7	9	12	17	21	29
京王子1	0	2	6	7	8	10	17	19	24
京王子2	0	3	5.5	6.5	9.5	10.5	16.5	20.5	21.5
瑞珍1	0	3	5	6	7	7.5	16	20	21
瑞珍2	0	3.5	3.7	4.4	5.5	7	7.4	8.4	13.4
金王子(未)	0	2	3	4	6	9	15	19	24
金王子(未)	0	1	4	5	5.5	7.5	10	10.5	17
京王子(未)	0	3	4	4.5	5.5	8	17	18.5	24
京王子(未)	0	1.5	2	4	5	6	6.5	8	14.5
瑞珍(未)	0	1	4.5	5.5	6	8	9	10	11
瑞珍(未)	0	2	2.5	5	5.5	7	9	10	13

表(15)

1. 因植株置放於大樓陽台，僅下午西曬陽光較足。
2. 而表<13>中與上表<9>中的京王子-1、(未)京王子-1、京王子-2、也發現曲線相近的現象，這應該是與種子萌發有關係。
3. 由上面折線圖可以看出，在育苗時期有照光的苗株，它的成長速度比未照光的苗株成長的快。

(三) 分株移盆後成長高度-LED 照光與自然照光的比較



- 我們將 LED 照光與室外的太陽照光依蕃茄品種來製成上述圖表來比較，發現 LED 照光成長高度趨勢比較好。

(四) 如果以 LED 照光與在竹北初春的太陽 - 光照來比較，則又以 LED 光照的植株最好。如需評以名次的話，如下表 (16-4)

表(16)	LED照光組	自然照光組
育苗時照紅藍光	★ 1	3
育苗時未照紅藍光	2 (稍勝)	4

表(16-4)

(五) 蕃茄的成長階段與週期比較:

階段	網上資料		LED 照光組		自然照光組	
	天數	圖片	天數	圖片	天數	圖片
種子播種	0		0		同左	
嫩芽出土	7		9			
長成嫩苗	28		30			
蕃茄開花	56		58		62	
結果	70		66		100	
花謝掉後果實 就會慢慢的長大	94		90		111	
蕃茄也開始慢慢 的變紅	108		103		121	
西紅柿長得大 大紅紅的	120		115		135	

表(17)

由此比較表可看出，就算高亮度白光 LED 無法取代日光，但一定有能力暫代日光。如果能經專家詳細計算的話，它的表現應該會更好。

六、 探究光源，竹北氣象資料及蕃茄的相關資料。

(一) 光源：

1. 光通量, 光強度, 照度 如何的計算

- 100 W 的紅色(650nm)燈泡, 相當於 6800 lm, [lm= 683 × V(λ) × 100 W.]
 - 在 2公尺之外, 相當於 136 lx, [lx = lm / area = lm / 4 π × Radius²]
 - 在 1公尺之外, 相當於 544 lx, [or 550 lx], [lx = lm / area = lm / 4 π × Radius²]
- 100 W 的白光燈泡, 相當於 34000 lm, [lm= 683 × V(λ) × 100 W.]
 - 在 2公尺之外, 相當於 680 lx, [lx = lm / area = lm / 4 π × Radius²]
 - 在 1公尺之外, 相當於 2720 lx, [or 2700 lx], [lx = lm / area = lm / 4 π × Radius²]
- 3.1 W 的白光燈泡, 相當於 340 lm, [lm= 683 × V(λ) × 100 W.]
 - 在 2公尺之外, 相當於 6.8 lx, [lx = lm / area = lm / 4 π × Radius²]
 - 在 1公尺之外, 相當於 27.2 lx, [or 27 lx], [lx = lm / area = lm / 4 π × Radius²]

2. 光質與植物發育的關係:

光 譜 範 圍	對 植 物 生 理 的 影 響
280 ~ 315nm	對形態與生理過程的影響極小
315 ~ 400nm	葉綠素吸收少, 影響光周期效應, 阻止莖伸長
400 ~ 520nm (藍)	葉綠素與類胡蘿蔔素吸收比例最大, 對光合作用影響最大
520 ~ 610nm	色素的吸收率不高
610 ~ 720nm (紅)	葉綠素吸收率低, 對光合作用與光周期效應有顯著影響
720 ~ 1000nm	吸收率低, 刺激細胞延長, 影響開花與種子發芽
>1000nm	轉換成為熱量

(資料來源：陳加忠。2002。 「光線光譜與植物光合作用的關係」)

(二) 竹北地區氣象資料：

1. 氣溫

竹北地區氣溫介於亞熱帶及溫帶之間, 近10 年平均溫度為22.8°C, 受高緯度冷氣團影響, 最低平均氣溫為1 月份的15.7°C, 最高平均氣溫為7月份之29.2°C, 全年氣溫變化較小, 氣候舒適且全年為生長季。

表1-1 竹北地區近年平均氣溫統計表:(資料來源：國際綠能智慧園區示範計畫書)

年別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
89	16	15.4	17.2	21.1	24.9	27.4	29.1	28.2	26.3	25.1	21.6	19.2	22.6
90	16.5	16.9	18.6	21.2	25.3	27.9	29	29.4	26.5	24	19.9	17.6	22.7
91	15.6	16.8	20.4	23.1	26	28.1	29.1	29	27	24.7	20.5	18.3	23.2
92	15.3	16.9	17.8	23.2	25.1	26.9	29.6	29.5	28.1	24.3	22.1	16.9	23
93	14.9	16.6	17.6	21.7	26	27.6	28.3	28.5	26.4	22.6	21.8	18.7	22.6
94	14.7	14.7	16	22.3	25.8	27.7	28.8	28.4	27.9	24.8	22.4	15.9	22.5
95	16.4	16.4	17.5	22.4	24.7	27.2	29.2	28.8	26.8	25.2	22.2	18.3	22.9
96	16.3	17.7	19.1	20.8	25.7	27.6	30	28.4	27.6	24.5	20.5	18.6	23.1
97	16.3	13.4	18.3	22.3	25	27.7	28.7	29.2	27.9	26.1	21.5	17.5	22.8
98	14.7	19.3	18.1	21.3	21.3	27.9	29.7	29.4	29.7	24.6	21.1	16.6	22.8
平均	15.7	16.4	18.1	21.9	25	27.6	29.2	28.9	27.4	24.6	21.4	17.8	22.8

表 (19) 2011/01/10~2011/03/05 觀測紀錄 (竹北 自宅 5F)

Date	1/10	1/19	1/21	1/25	1/26	1/29	1/30									
天氣	雨	晴	雨	雨	晴	雨	雨									
溫度 °C	13.4	14.3	14.4	14.9	15.6	14.8	14.1									
溼度 %	90	80	92	89	88	86	86									
Date	2/7	2/8	2/9	2/10	2/11	2/13	2/14	2/15	2/17	2/18	2/19	2/21	2/22	2/23	2/24	2/25
天氣	晴	晴	晴	雨	雨	雨	雨	雨	晴	雨	雨	晴	雨	雨	雨	晴
溫度 °C	20.1	21	20.3	19.8	16.3	15.9	16.6	17.8	21.7	17.7	18	17	18.8	23	20.9	21.7
溼度 %	69	67	79	78	80	77	71	68	88	76	70	73	60	60	80	74
Date	3/1	3/2	3/3	3/5												
天氣	雨	雨	雨	晴												
溫度 °C	19.4	19	19.1	19.2												
溼度 %	69	75	70	76												

表(19)

(資料來源：作著自行整理)

2. 風速、風向

新竹地區為典型季風氣候區，全年平均風速介於2.7~3.1m/s。冬季東北季風強烈，寒風刺骨，夏季則為西南風為主。另最大速約介於5.7~9.5之間(詳如下表)。

年別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年最大
89	13.9	11.6	12	9.9	10.3	8.9	12.5	18.8	11.2	16.3	16.9	14.9	18.8
90	3	13.3	10.9	8.7	12.4	8.4	11.2	11	13.2	11.1	12.8	11.9	13.3
91	10.6	11.7	10.7	9.9	8.7	7.8	9.8	8.2	10.4	11.4	10.3	9.7	11.7
92	9.6	9.3	8.4	7.9	8.2	8.2	5.8	8.6	11.4	10.1	9.7	10.7	11.4
93	8.1	9.2	9.1	7.9	7.2	9.8	11.2	11.4	7	10.2	8.5	8.7	11.4
94	6.2	7.1	9.9	6.3	6.5	5.8	9.9	14.4	12.1	11.4	7.9	7.4	14.4
95	7	7.6	6.8	6.1	7.4	5.1	8.5	8.5	7.7	7.2	7.8	7.6	8.5
96	6.1	6.8	6.1	5.8	6.4	6.3	5.9	10.3	7.3	13.2	8	6.9	10.3
97	7.2	7.2	6.7	5.6	6.3	6.1	9.5	6.3	13.8	6.9	7.7	8.9	13.8
98	8.7	7	6.6	6.7	6.7	5.7	6.4	9.5	7.1	9.1	8.1	6	9.5

表(20)

(資料來源：國際綠能智慧園區示範計畫書)

3. 日照時數

本地區年平均總日照時數量為1,873.2 小時，各月變化則以夏季7 月之日照時數最長，為239.6 小時，冬季2 月的95.4 小時最短。由於台灣位於北回歸線上，而北回歸線緯度為北緯23.5 度。太陽由東方升起後，行進的軌跡會在台灣的南方。

年別	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	總計
89	113.3	35.5	82	61.2	192.8	207.5	229.4	190.3	185.7	176.1	121.6	130	1,725.40
90	127.8	111.8	135.7	77.3	98.7	204.3	184.5	250.5	121.9	191.8	212.7	131.3	1,848.30
91	126.3	121.3	126.4	124.6	156.5	191.5	204.4	210.2	169.9	147.5	134.2	114.7	1,827.50
92	173.1	111.4	110.9	131.7	147	181.4	292.7	214.5	180.3	244.6	116.8	205.3	2,109.70
93	90.5	171	63.2	130.2	197.4	211	217.4	207.3	138.2	219.1	216	154.5	2,015.80
94	64.8	28.9	121.9	113.3	127.5	134.3	246.5	177.6	230.2	172.4	152.4	112.1	1,681.90
95	80.6	90.8	100.5	92.7	104.4	149.5	244	213.3	193	268.5	134.1	150.4	1,821.80
96	100.4	149.5	82.3	96.9	203.4	153	295.6	172.9	189.4	155.4	151.4	128.4	1,878.60
97	90.4	35.5	137.3	95.8	216.5	177.5	239.9	247.6	172.6	219.3	147.3	169.6	1,949.30
98	141.4	98.2	75.9	125.3	125.3	177	241.5	207.5	260.8	159.4	136.9	124.6	1,873.80
平均	110.9	95.4	103.6	104.9	157	178.7	239.6	209.2	184.2	195.4	152.3	142.1	1,873.20

表(21)

(資料來源：國際綠能智慧園區示範計畫書)

(三) 蕃茄資料：

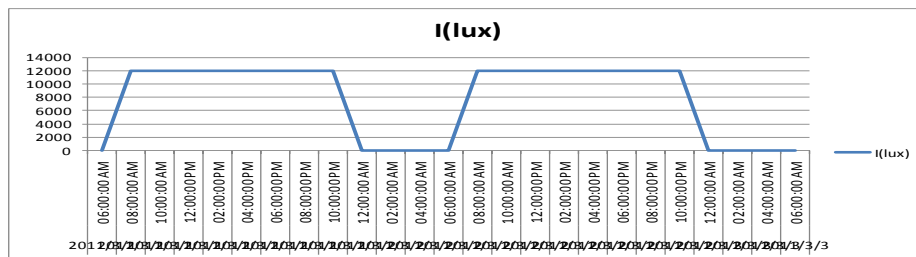
1. 蕃茄：又稱蕃茄、番柿、洋柿子、六月柿、西紅柿。
2. 學名: *Solanum lycopersicum*
3. 英文名：tomato，又名：love apple。
4. 原產地：秘魯和墨西哥，明代傳入中國。
5. 適宜種植溫度：白天適宜的溫度為 25°C—28°C，夜間16°C—18°C。
6. 在3/12 所發現的葉子病變，經查找到相同照片，是感染了蕃茄病毒病 (TMV)²
7. 因防治病害非此次研究課題，所以只將葉子摘除。並未施藥。



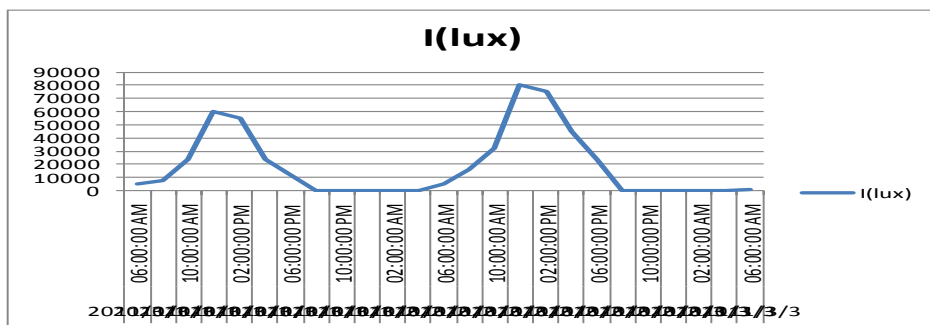
陸、 討論

一、 此次人工光源與自然光源的照光型態有何不同：

(一) 在每次的觀察記錄過程中，我們有時需關閉 LED燈，來這攝影或觀察。我們發現它只要一通電就會馬上亮,不像一般燈具會慢慢的量，比如省電燈泡,或是水銀路燈。所以它的照光是一點亮就是這麼亮，關掉就完全沒有了。它的照度與時間的關係就像是下表(22):



(二) 而自然光源則是時刻在變化，它的照度與時間的關係就像下表:^{表(22)}



表(23)

(三) 此次 LED的光它是一次到位，可是它最大的照度也只有 50,000 LUX。對於這種給

光型態的不同對其他植物的有何影響，也許是我們下一次的課題。

二、 架設一個能滿足光合作用的光照環境的檢討:

- (一) 因為光源有限且直接使用,照度稍嫌不足。直接照光也有另一個光污染問題。
- (二) 為了考慮反射漫射材料架設問題，使得此環境有點小。
- (三) 環境過小又不捨減少樣本數，是我們應該要下次改進的地方。

三、 選擇光合作用的載體為蕃茄的檢討:

- (一) 蕃茄是此次研究成果的大功臣，可是後段成長快速造成光照環境過小。
- (二) 對蕃茄生長知識不足，及過於貪心擺放太多樣本。造成植株伸展空間不夠。而影響到其果實結成，因觀察時的碰撞容易落花。
- (三) 一次進行三品種的栽培，造成樣本數過多，環境空間不足。

四、 播種及幼苗時期的光照對植株育苗期與成長期的影響:

- (一) 將兩期的實驗混為一期導致後續資料分析不易。結果不明顯。
- (二) 在成長期的初期可以明顯看出差異，但在後期因環境溫度回升，植株成長加速。及空間限制，也抵消其差異性。

五、 驗證新光源可否暫代日光來讓植物行光合作用:

- (一) 從此次所有實驗數據來看，我們認為它目前是夠能力來「暫代」日光來讓植物行光合作用。
- (二) 在其農業上的應用抱持非常正面，樂觀的看法。

六、 檢討此次光源，與今年竹北氣候及蕃茄的相關性對此次實驗結果的影響:

- (一) 我們此次因氣候的關係，讓新光源與蕃茄有一次很好的互動的結果，讓我們得到很多很好的數據與圖像。
- (二) 也許因為今年比往年來的冷，雨天也多。記錄如下表:

1. 室內溫濕度記錄: A 區量測

Date	1/10	1/19	1/21	1/25	1/26	1/29	1/30										
天氣	雨	晴	雨	雨	晴	雨	雨										
溫度 °C	13.4	14.3	14.4	14.9	15.6	14.8	14.1										
溼度 %	90	80	92	89	88	86	86										
Date	2/7	2/8	2/9	2/10	2/11	2/13	2/14	2/15	2/17	2/18	2/19	2/21	2/22	2/23	2/24	2/25	
天氣	晴	晴	晴	雨	雨	雨	雨	雨	晴	雨	雨	晴	雨	雨	雨	晴	
溫度 °C	20.1	21	20.3	19.8	16.3	15.9	16.6	17.8	21.7	17.7	18	17	18.8	23	20.9	21.7	
溼度 %	69	67	79	78	80	77	71	68	88	76	70	73	60	60	80	74	
Date	3/1	3/2	3/3	3/5													
天氣	雨	雨	雨	晴													
溫度 °C	19.4	19	19.1	19.2													
溼度 %	69	75	70	76													

(資料來源：作著自行整理)

表(24)

2. 室外溫濕度記錄 B 區量測

Date	2/14	2/15	2/16	2/17	2/18	2/19	2/20	2/21	2/22	2/23	2/24	2/25	2/26	2/27	3/2	3/4	
天氣	雨天	陰天	雨天	陰天	雨天	雨天	雨天	陰天	陰天	晴天	雨天	晴天	晴天	晴天	晴天	晴天	
溫度	℃	9.8	13.2	13.2	16	13.6	13.3	12.7	13.7	15	16.9	17.2	17.5	16.6	17.3	15.6	14
溼度	%	78	79	89	90	89	91	95	78	79	63	90	78	89	82	79	89
Date	3/6	3/8	3/9	3/10	3/11	3/12	3/13	3/14	3/15	3/16	3/17	3/18	3/21	3/22	3/23	3/24	
天氣	晴天	晴天	晴天	雨天	晴天	雨天	陰天	晴天	晴天	陰天	晴天	雨天	陰天	晴天	晴天	晴天	
溫度	℃	12.2	14.9	17	15.2	16	15.2	13.5	15.6	14.6	14	12.5	15.8	20	16.7	18.2	14
溼度	%	57	58	76	80	79	78	76	56	72	52	78	87	89	89	87	78
Date	3/25	3/26	3/27	3/28	3/29	3/30	3/31	4/1	4/2	4/3	4/4	4/5	表(25)				
天氣	晴天	雨天	雨天	晴天	晴天	雨天	陰天	陰天	陰天	晴天	晴天	晴天					
溫度	℃	16.5	17.5	16.5	14	19.5	16.7	17	14.2	20.7	13.7	15.7					
溼度	%	89	78	68	57	60	89	70	50	47	87	76	87	(資料來源：作者自行整理)			

柒、 結語:

- 一、 高亮度白光LED 可讓蕃茄行光合作用。而且與自然光源的生長週期比較：
 - (一) 一般正常室外條件：週期相同，沒有比正常的自然光源差。
 - (二) 此次因特殊氣候條件下得到了「優」於自然光源的結果。
 - (三) 在利用可反射的材料上，來進行「光」能源回收是可行的。
 - (四) LED光屬於冷光，是可以靠近植物來去設計與設置。並無白熾燈泡因高熱無法接近植物的問題。
- 二、 小環境的控制變因比較好掌控。而 LED 將會是一個溫室栽培的很好的補強光。
- 三、 延長光照對常日照植物是有幫助,可是 24 小時持續照,植物會自行改變自身來因應(綠葉白化)。這就是生命。
- 四、 整整110 多天的時間，蕃茄現在是用累累鮮綠的果實來告訴我們，「它，高亮度白光LED 模組，真的，像是個『小太陽』」。
- 五、 如能搭配上適當的環境設計與自動化控制系統，將會是農業上，一個很好「控制」的替代光源。

捌、 參考資料及其他:

- 一、 南一書局。2010。自然與生活科技國一上學期課本。臺南。南一書局出版股份有限公司
- 二、 康軒書局。2010。自然與生活科技國一上學期課本。臺北。康軒文教事業股份有限公司
- 三、 翰林書局。2010。自然與生活科技國一上學期課本。臺南。翰林出版事業股份有限公司
- 四、 新竹縣政府。2010。 國際綠能智慧園區示範計畫書。新竹。新竹縣政府
- 五、 陳加忠。2010。 「光線光譜與植物光合作用的關係」。台中。國立中興大學-生物系統工程研究室。 <http://amebse.nchu.edu.tw>
- 六、 陳加忠。2010。 「LED於農業之應用」。台中。國立中興大學-生物系統工程研究室。 <http://amebse.nchu.edu.tw/>
- 七、 Kenneth R. Spring。2010。「 Sources of Visible Light 」。 Scientific Consultant, Lusby, Maryland, 20657.
Michael W. Davidson。2010。「 Sources of Visible Light 」。 National High Magnetic Field Laboratory, 1800 East Paul Dirac Dr., The Florida State University, Tallahassee, Florida, 32310.
- 八、 蕃茄組曲 。 青青菜園 - Yahoo!奇摩部落格。
<http://tw.myblog.yahoo.com/vegetable-garden>
- 九、 蕃茄病毒病 。 农药网 。 <http://www.nyw.me/>

【評語】 030304

1. 本研究利用 LED 的發光波長結合植物生長燈研究對蕃茄等生長情形，基本上所得數據與日光相當，但臺灣日光充足，本研究應把重點放在需要晚上照明調控花期的應用上。
2. 數據呈現沒有標準差。