

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

第三名

052209

冰花菜一斤兩仟怎麼降 植物工廠再進化

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高二 王盈丰	指導老師： 林孝正
-------------------	------------------

關鍵詞：冰花菜、植物工廠

動機

冰花菜最近常出現在新聞媒體中，報導指出其高營養又高價，美味且適合生吃。冰花菜其實不難栽種，但需要長時間日照，有好的環境才會長得好，所以室內栽種是常見的方式。但室內栽種成本高，這也是其高價的原因。

壹、摘要

綠色植物生長需要藍紅光，室內栽種常用藍+紅 LED 混光，但波長範圍太窄，植物雖會長大但不一定長得好。因此業者常用白光 LED，最接近連續光譜，植物長得較好，但發出大量黃綠光卻也浪費電能。

本實驗研究利用藍光 LED 加紅螢光粉，調出連續波長的藍紅光，且可任意調整藍紅光比例，恰當的光施肥使植物長得快又好，第五週就可以採收冰花菜，較一般需七週快了不少，也省下黃綠光的電能。本實驗利用市售白光、藍紅 LED，和自製 LED 生長燈，種植冰花菜，比較其生長速度。

按台灣人的習性，當冰花菜價高，就會很多人搶種，不久就會價崩。

本實驗提供一個簡易可行且可量化改良的光施肥法，其研究方法也可推廣到不同種類的植物，尋找各種植物最佳的光比例，增加產率。

貳、研究目的

一、比較三種不同植物生長燈光譜

- (一)市售白光 LED 植物生長燈
- (二)市售藍紅光 LED 植物生長燈
- (三)自製 LED 植物生長燈

二、自製植物生長燈 藍光/紅光 比例調整：

螢光粉重量百分比 0%、3.23%、9.10%、14.29%，測得其光譜圖

三、尋找較佳的自製植物生長燈 藍光/紅光 比例：

調整螢光粉重量百分比 3.23%~9.1%之間，測得其光譜圖

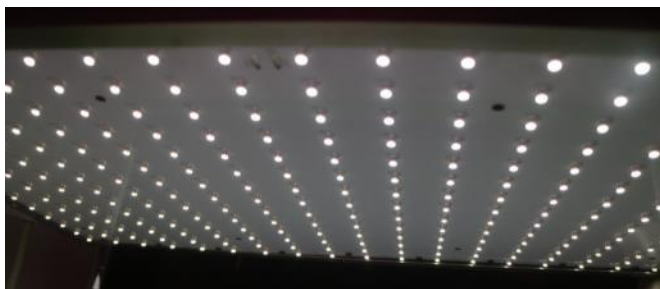
四、以不同比例紅螢光粉的自製植物生長燈種植冰花菜

紅螢光粉以四種重量百分比 3.23%、4.00%、4.76%、9.10%
調配出不同的 藍光/紅光 分別為 0.49、0.20、0.09、0.02

五、以市售白光 LED、藍紅 LED 種植冰花菜比較其生長情形。

參、設備&器材

一、市售白光 LED 植物生長燈(以下簡稱白光 LED)



二、市售藍紅光 LED 植物生長燈(以下簡稱藍紅 LED)



三、自製 LED 植物生長燈(以下簡稱自製生長燈)

在 AB 膠中加入適量的紅螢光粉，再封裝至藍光 LED 上



四、水耕用具：

種植箱 塑膠培養箱
小打氣機+金剛砂氣泡石+風管
箱用保利龍板 孔距 15 公分
水耕用 泡棉專用承籃
泡棉
肥料
冰花菜種子

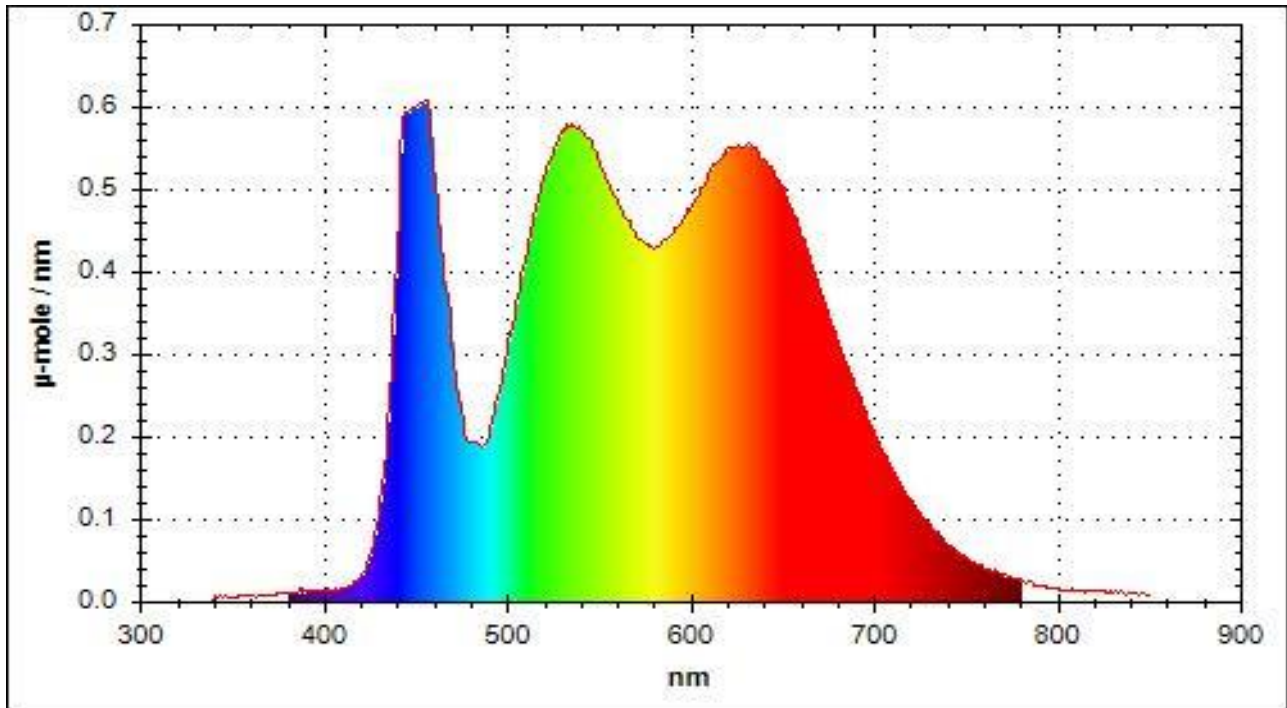
肆、研究過程及方法

一、比較三種不同植物生長燈光譜：

以下皆以相同電功率(44W)、照射相同種植面積(45cm×74cm)、距離燈 20cm 測量

(一)市售白光 LED 植物生長燈(以下簡稱白光 LED)

1.測得白光 LED 光譜圖：



2.討論：

(1)連續光譜

(2)照度：7520Lux

(3)可見光(400nm~720nm)光量子通量密度： $121.5566 \frac{\mu \text{ mole}}{\text{m}^2 \text{ sec}}$

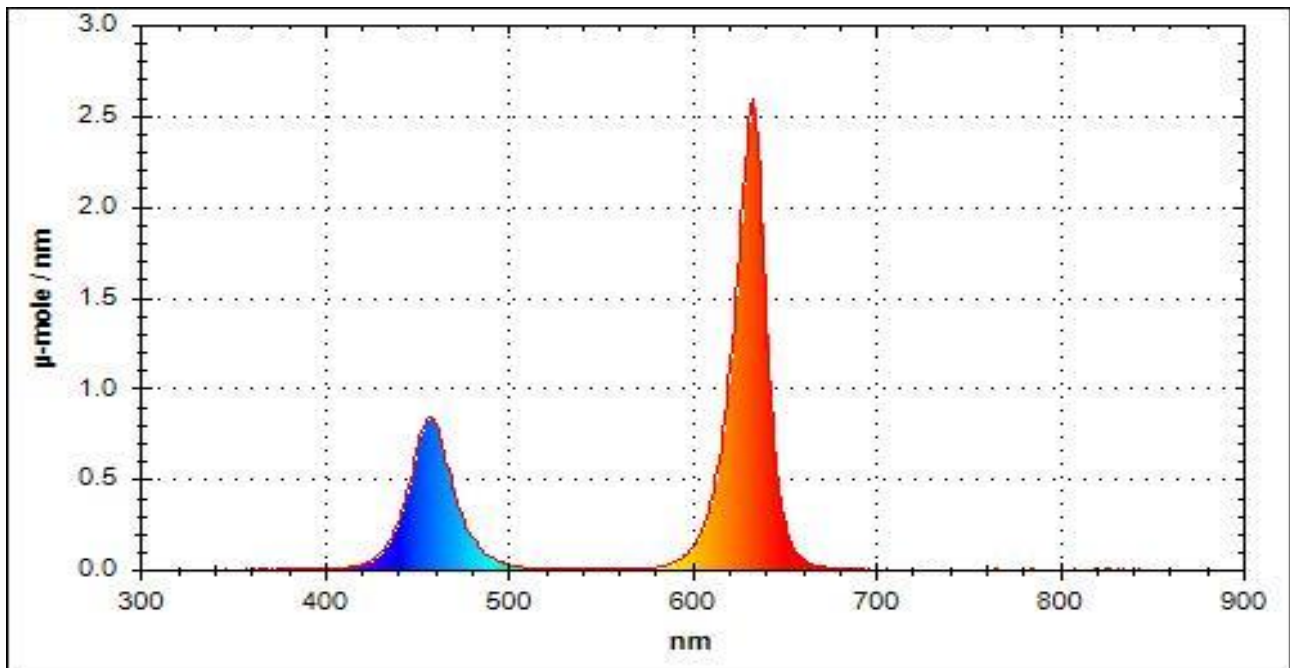
藍(400nm~520nm)：28.33%

綠(520nm~610nm)：37.27%

紅(610nm~720nm)：35.25%

(二)市售藍紅光 LED 植物生長燈(以下簡稱藍紅 LED)

1. 測得藍紅 LED 光譜圖：



2.討論：

(1)非連續光譜

(2)照度：2495.8Lux

(3)可見光(400nm~720nm)光量子通量密度： $85.4681 \frac{\mu mole}{m^2 sec}$

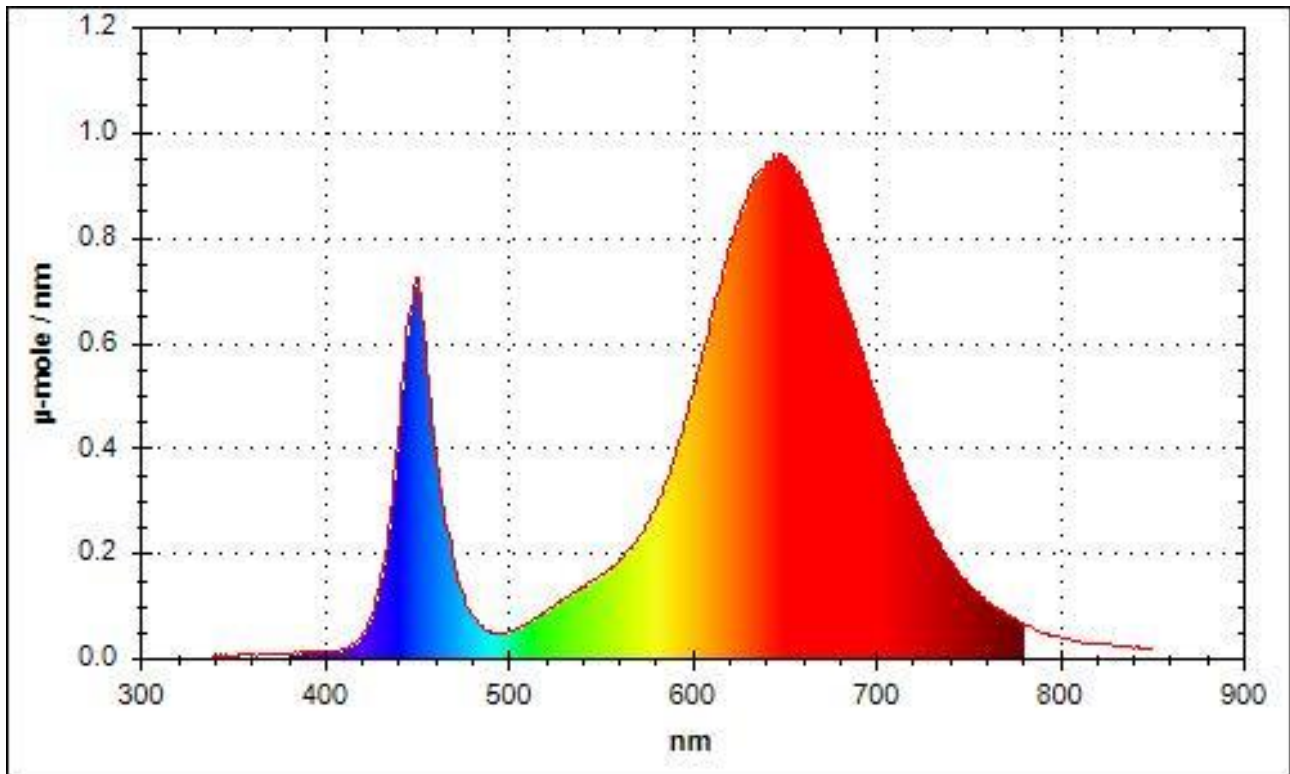
藍(400nm~520nm)：30.95%

綠(520nm~610nm)：4.42%

紅(610nm~720nm)：65.07%

(三)自製 LED 植物生長燈(以下簡稱自製生長燈)

1.測得自製生長燈光譜圖：



2.討論：

(1)連續光譜

(2)照度：4267Lux

(3)可見光(400nm~720nm)光量子通量密度： $125.6375 \frac{\mu \text{ mole}}{\text{m}^2 \text{ sec}}$

藍(400nm~520nm)：17.83%

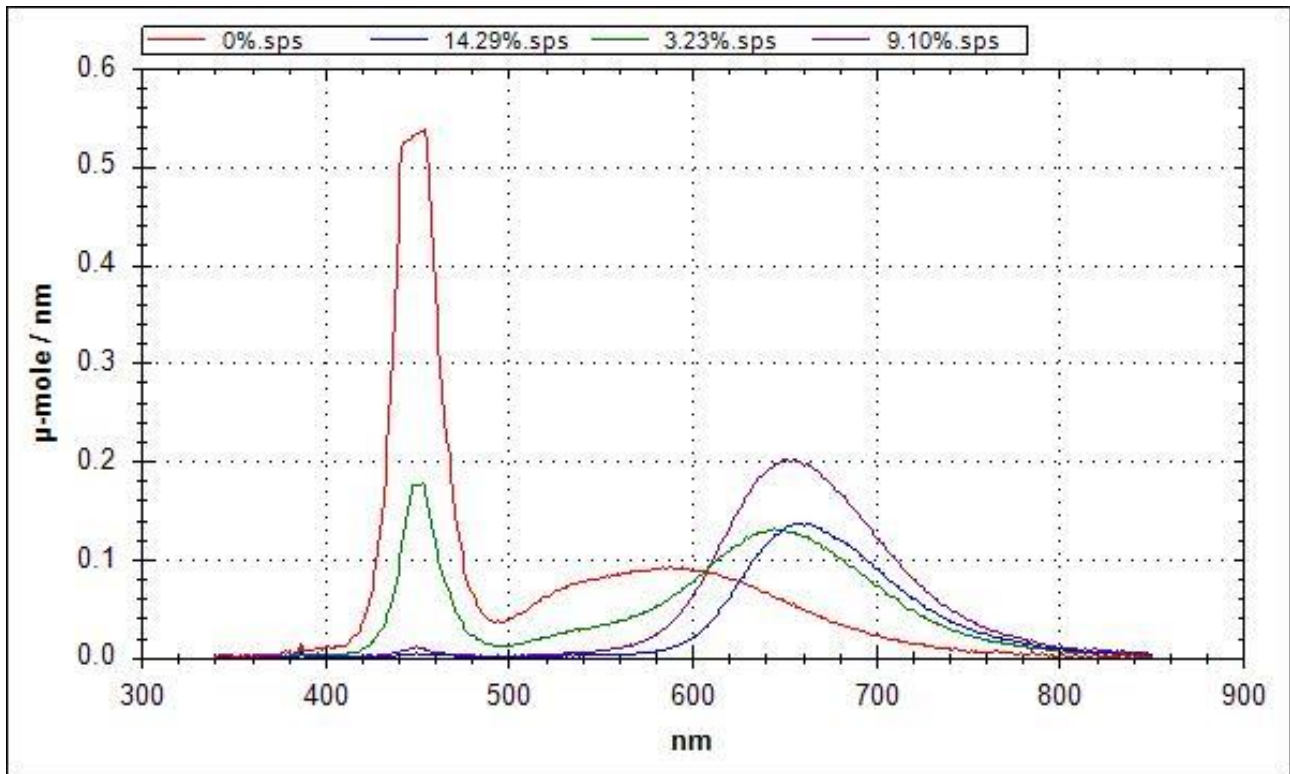
綠(520nm~610nm)：18.79%

紅(610nm~720nm)：63.96%

二、自製植物生長燈 藍光/紅光 比例調整：

(一)調整螢光粉重量百分比 0%、3.23%、9.10%、14.29%，測得其光譜圖：

(以下皆以 4 顆 LED、距離 20cm 測量)



	#1	#2	#3	#4
螢光劑重量百分比	0%	3.23%	9.10%	14.29%
可見光光量子通量密度 $\mu\text{mole}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	31.8795	20.8773	19.4762	11.8748
藍光/紅光	366.61%	49.43%	2.05%	1.33%
藍光/可見光	60.38%	26.66%	1.80%	1.24%
綠光/可見光	23.61%	19.95%	10.89%	5.63%
紅光/可見光	16.47%	53.93%	87.82%	93.44%

(二)討論：

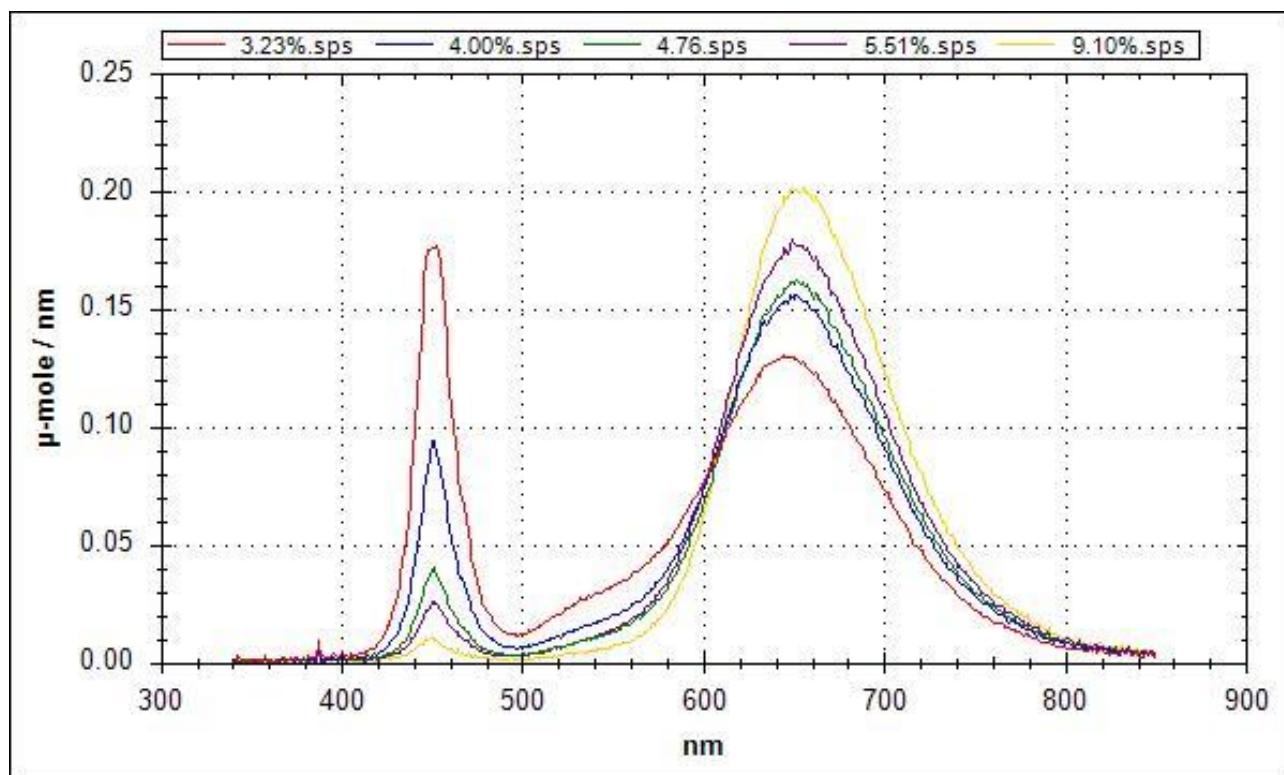
1.由數據知，較多的紅螢光粉可得到較多紅光，但超過 9.10%之後，光量子數變少，即表示過多的螢光粉將會遮光，進而降低光轉換率，所以調配螢光粉應低於 9.10%。

2.由數據知，較少的紅螢光粉可得到較多藍光，但低於 3.23%之後，藍/紅將高於 1/2，但綠色植物需要紅光多於藍光，所以調配螢光粉應高於 3.23%。

3.總結前面兩點，紅螢光粉應介於 3.23%~9.10%之間，有較佳的光量子通量密度，也較容易找到較適合植物的藍/紅光比。

三、尋找較佳的自製植物生長燈 藍光/紅光 比例：

(一)調整螢光粉重量百分比 3.23%~9.1%之間，測得其光譜圖：



(二)討論：

1.調整螢光粉重量百分比 3.23%、4.00%、4.76%、5.51%、9.10%，由光譜圖看出，有明顯的藍/紅變化，是很好的操作區間。

2.此為連續光譜，可避免只用藍紅 LED 混光，只有小範圍波長的不連續光譜。

3.雖為連續光譜，但綠光比例極少，可省去不必要的電能浪費。

四、以不同比例紅螢光粉的自製植物生長燈種植冰花菜

(一)實驗方法：

紅螢光粉以四種重量百分比 3.23%、4.00%、4.76%、9.10%

調配出不同的 藍光/紅光 分別為 0.49、0.20、0.09、0.02

(二)種植冰花菜

1. 苗：



2.成株的葉片樣貌：以紅螢光粉重量百分比 1.64%、3.23%、4.00%種植冰花菜，得知紅螢光粉重量百分比 4.00%種出的冰花菜長得最好最快。



紅螢光粉重量百分比 1.64%



紅螢光粉重量百分比 3.23%



紅螢光粉重量百分比 4.00

2. 使用紅光照射，缺乏藍光，葉面生長緩慢，莖較長。



五、以市售白光 LED、藍紅 LED 種植冰花菜

(一)以市售白光 LED 種植冰花菜的成株的葉片樣貌



白光 LED 種植，冰花菜長得健康，外觀漂亮，風味佳，但長大成株需要兩個月。

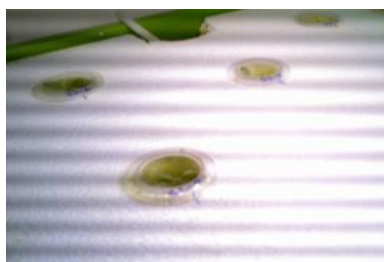
(二) 以市售藍紅 LED 種植冰花菜的成株的葉片樣貌：



市售藍紅 LED 種植冰花菜，外觀不佳，口感較差。

六、成長影片截圖比較：自製生長燈紅螢光粉重量百分比 4%種的冰花菜較快較好

(一)自製生長燈紅螢光粉重量百分比 4%



一週後



二週後



三週後



四週後

(二)白光 LED



一週後



二週後



三週後



四週後

伍、研究結果

一、三種植物生長燈的『光合作用光量子通量密度』(PPFD)之比較：

以下皆以相同電功率(44W)、照射相同種植面積(45cm×74cm)、距離燈 20cm 測量

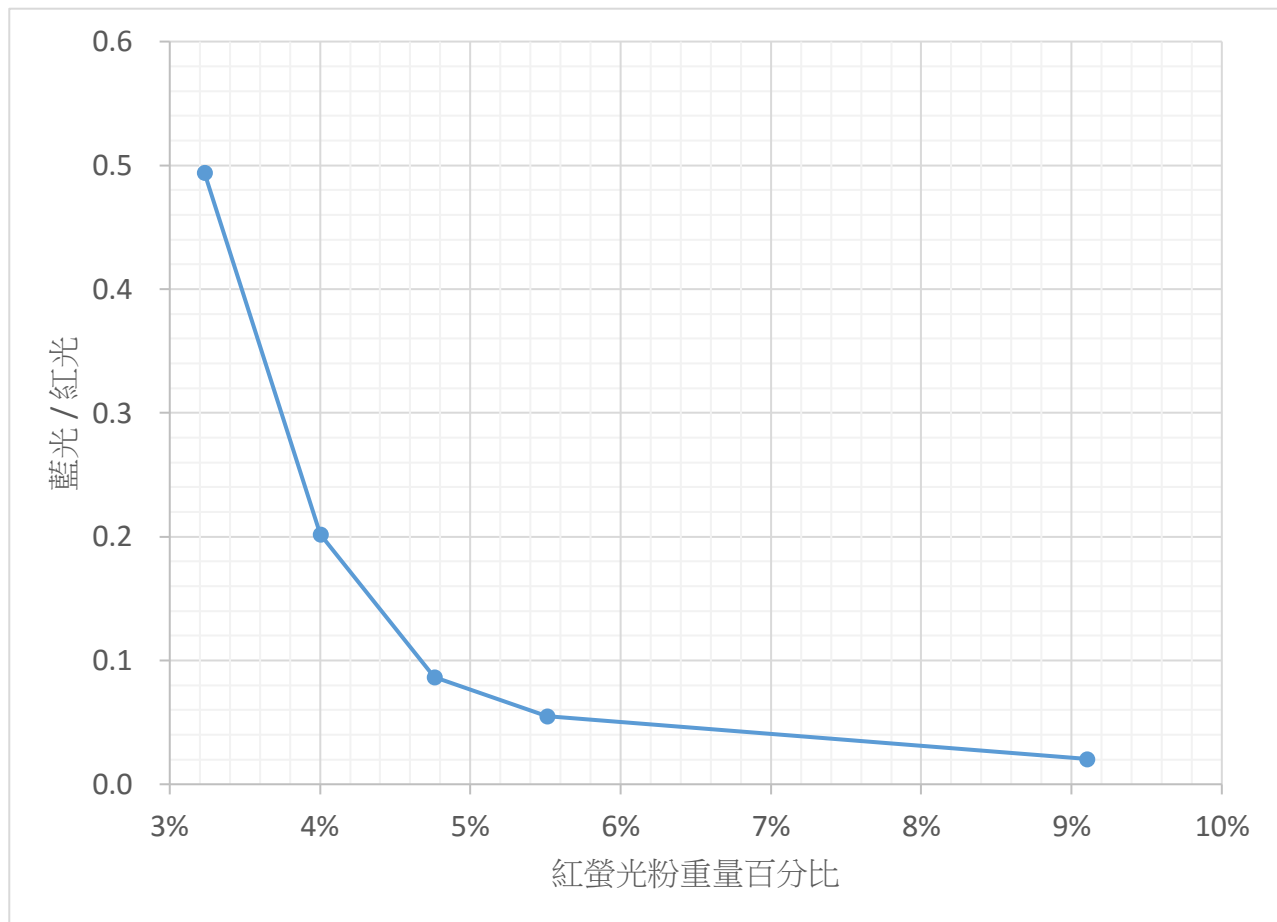
	可見光 (400~720nm)	藍 (400~520nm)	綠 (520~610nm)	紅 (610~720nm)	光合作用 光量子通 量密度 (PPFD)
市售白光 LED	121.5566	34.43698	45.30414 偏高	42.8487	77.28569
市售藍紅 LED	85.4681	26.45238	3.77769	55.61409	82.0664
自製生長燈 (紅螢光粉 4%)	125.6375	22.40117	23.60729	80.38287	102.7840 優勢

註：表格內數據單位為 $\frac{\mu mole}{m^2 sec}$ 。

- 1.市售白光 LED 為連續光譜，但有偏高的綠光($45\frac{\mu mole}{m^2 sec}$)，過多的綠光浪費電能。
- 2.自製植物生長燈較白光 LED 多了約 30%的 PPFD，且有較少比例的綠光，符合植物生長需求。
- 3.市售藍紅光 LED 雖然有更少的綠光，但其紅、藍波長範圍小，植物生長不健全。

二、自製植物生長燈，調整紅螢光粉百分比，以調配任意 藍/紅光比例

(一)測量數據：



(二)討論：

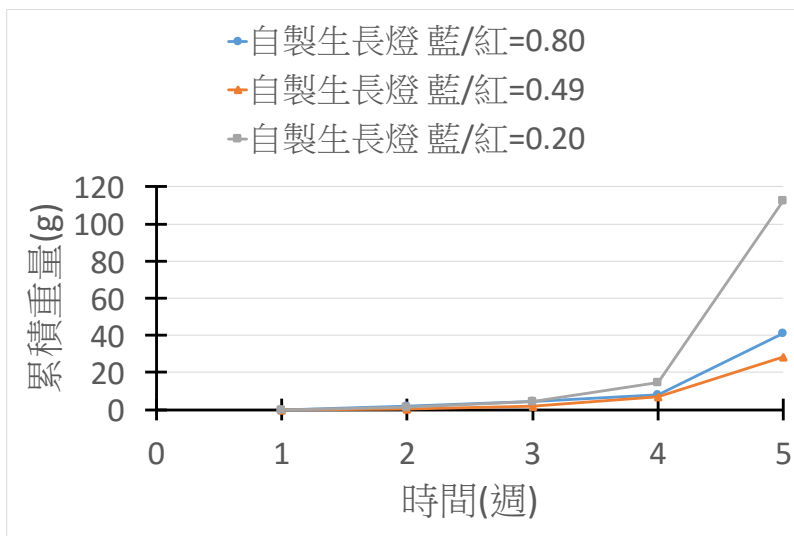
- 1.研究不同種類植物需要不同比例藍紅光時，此數據可做為重要參考。
- 2.紅螢光粉重量百分比 3.23%~4.76%之間有較顯著的藍紅光比例變化，此區間亦可近似為直線，使用內插法，若需要特定比例的藍/紅光，可利用此數據算出所需的紅螢光粉重量百分比。
3. 紅螢光粉 4.00%、藍/紅光比 0.2，所種出的冰花菜長得最好最快。

三、冰花菜隨時間而生長的重量(生長速度)：

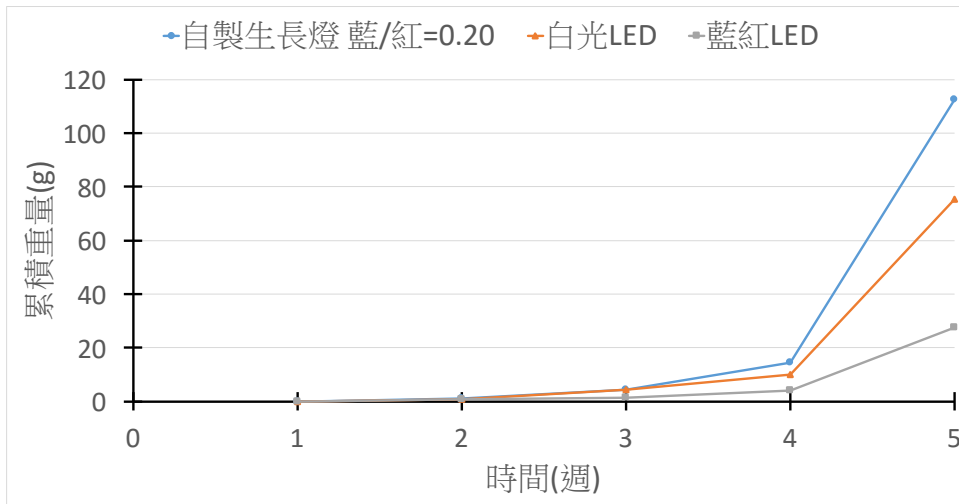
(一)說明：冰花菜葉長大到某個程度就會變黃，所以需不定時剪去大葉子，剪去的葉子重量仍計入「累計重量」中。



(二)自製生長燈種植冰花菜的成長記錄：



(三)三種生長燈種植冰花菜的成長紀錄：

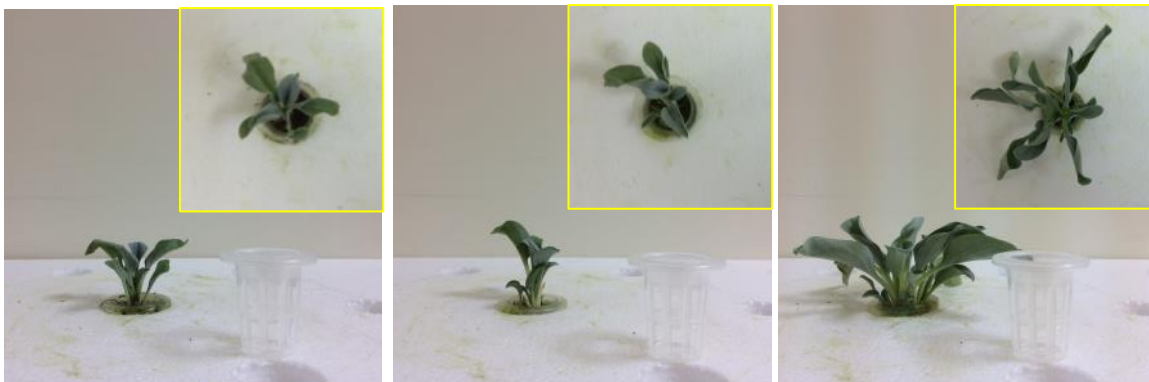


(四)討論：

- 1.自製植物生長燈種植冰花菜，約 5~6 週之後即可開始逐漸採收。
- 2.白光 LED 或藍紅 LED 需 7~8 週之後才可開始採收。

四、其他應用

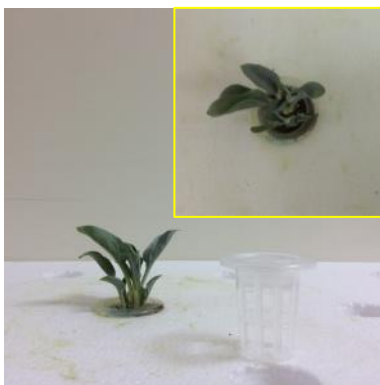
(一)生蠔葉：發現其生長需要較多的紅光



白光 LED

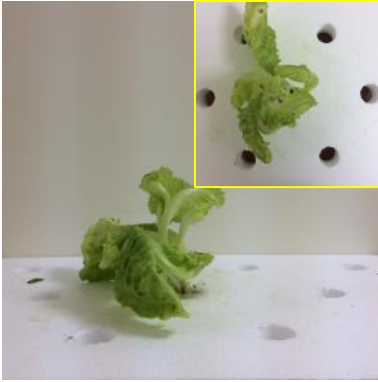
藍紅 LED

自製生長燈 4% (偏紅)

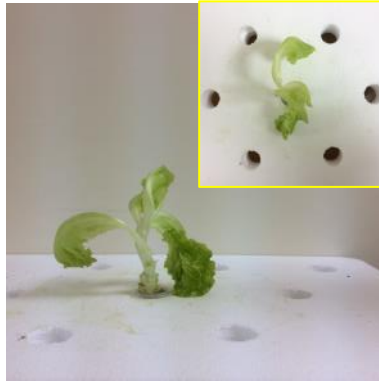


自製生長燈 1.64% (偏藍)

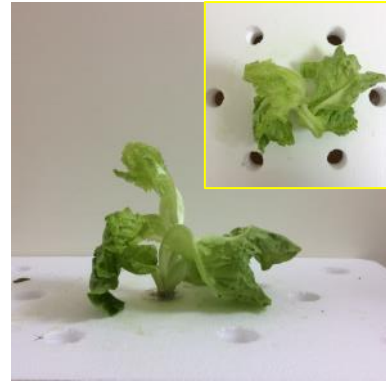
(二)莴苣：發現其生長需要較多的藍光



白光 LED



藍紅 LED



自製生長燈 4% (偏紅)



自製生長燈 1.64% (偏藍)

五、光比例不佳：比例調配不好會使植物生長慢、植株長不大、葉子爛掉。



冰花菜



冰花菜



生蠔葉

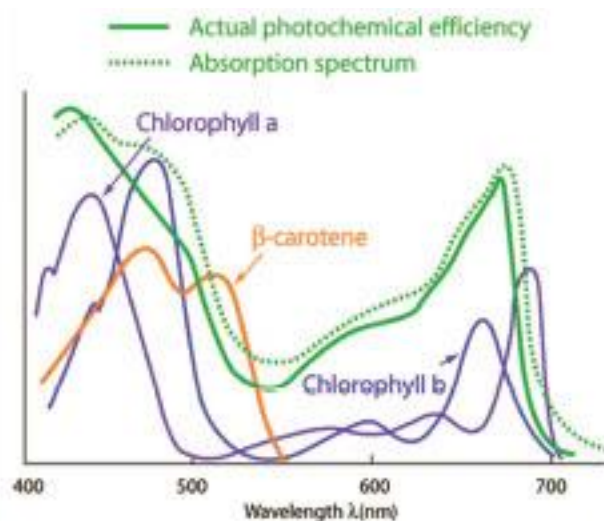
陸、討論

- 1.室內栽種因設備成本昂貴，且電費高，所以無論是種何者蔬菜，價錢都不匪。從市面上買來的植物生長燈，同樣的種植面積(45cm×74cm)，白光 LED 需 2800 元，藍紅 LED 需 2500 元，而自製的成本不到 800 元(主要花在散熱片)，若是一坪的種植面積可省下將近兩萬元 LED 燈的成本。
- 2.市售白光 LED 生長燈的 PPFD 約為 $77\frac{\mu mole}{m^2sec}$ ；自製植物生長燈約 $102\frac{\mu mole}{m^2sec}$ 。若以自製植物生長燈取代白光 LED，可省下約 30%的電費。

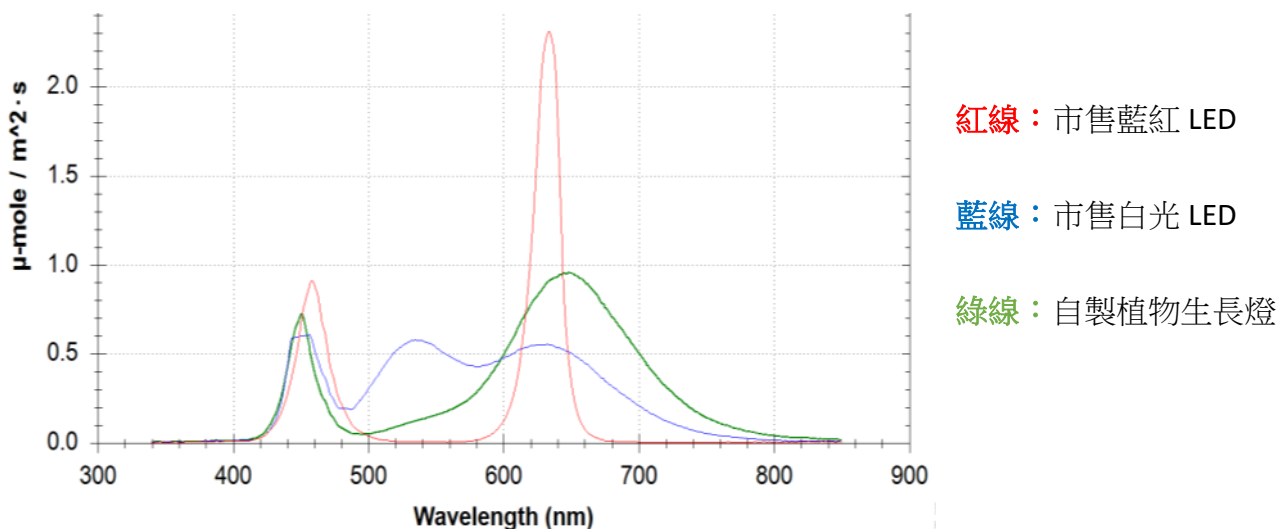
柒、結論

一、光對於植物生長影響的相關研究多如牛毛，也很深入，但複雜的理論難懂也難實用。在台灣室內栽植農場，大都是買現成的燈，仍是習慣以 LUX 計，反正植物都會長大。這個科展作品研究的理念，在於用很簡單的方法，很簡易的測量、記錄、分析，是可以真正走入基層農場，讓一般人不用知學理，不會用複雜的儀器，或學習萃取分離技術，就可以自行調配各種植物需要的光肥料配方，就像每個人可以自己研究化肥比例一樣。簡單才會實用。

二、植物生長主要需要大量藍紅光，黃綠光的需求少。如下圖所示。



三、市售藍紅植物生長燈，採用藍+紅 LED 混光，但其波長範圍很窄，植物需要大範圍波長的藍紅光，所以很多室內農場常採用白光 LED，但植物不需要大量黃綠光。



四、本實驗自製植物生長燈，屬於連續波長，有大量的藍紅光，少量綠光，符合植物需要，植物生長好又快，且省下電能。

五、紅螢光粉超過 9.10%之後，光量子數變少，降低光轉換率。低於 3.23%之後，藍/紅將高於 1/2，但綠色植物需要紅光遠多於藍光。紅螢光粉應介於 3.23%~9.10%之間，有較佳的光量子通量密度(PPFD)，也可能有較適合植物的藍/紅光比。

六、調整螢光粉重量百分比 3.23%~9.10%，有明顯的藍/紅變化(0.49~0.02)，是很好的操作區間。此為連續光譜，且綠光比例極少，可省去不必要的光能浪費。

七、使用紅光照射，缺乏藍光，葉面生長緩慢，莖較長。

八、紅螢光粉 4.00%、藍/紅比 0.2，種出的冰花菜長得最好最快。

九、光比例不佳會使植物生長慢、植株長不大、葉子爛掉。

捌、未來展望

1. 研究光施肥和各種營養素之間的關係，使植物不僅長得快，也可具有更高的營養價值。
2. 這個實驗將日照時間固定為 14 小時，但無法知道植物照光時間與電錢之間如何取捨、平衡，才能達到效益最大化，未來可進一步研究。

玖、參考文獻

- 1.劉偉仁(民 103)。LED 螢光粉技術。台中市：五南。
- 2.傅昭銘、陳義裕(民 100)。普通高級中學基礎物理。台南市：南一
- 3.唐笠馨(民 105)。 高效率藍 LED 路燈的再改造及應用。台灣區國際科展。

【評語】 052209

1. 本研究以自製之 LED 生長燈，應用於冰花菜之室內栽種。結果發現於適當藍紅光比例下，其自製之 LED 生長燈較市售白光 LED 生長燈具有較佳的冰花菜產量。
2. 實驗結果具有產業應用性。
3. 實驗結果分析之量化科學性較為不足。