

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

佳作

080318

點亮花青素的秘密-不同色光照射影響植物花青
素含量之研究

學校名稱：桃園市中壢區龍岡國民小學

作者： 小六 李 謙 小六 朱恩瑤 小六 鍾宜軒 小五 莊歲翔 小五 黃瑋綺	指導老師： 王杉萱 馬慧惠
---	-------------------------

關鍵詞：花青素、LED、光波長

摘要

花青素具抗氧化的能力，我們想了解植物生長時，可見光中不同色光照射與花青素生成多寡是否有關，所以本實驗以不同波長的 LED 照射紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽、紅鳳菜，探討花青素含量與色光的關係。利用花青素具有抗氧化的特性，以碘滴定和自製鐵粉片生鏽面積的方法，檢測含花青素水溶液的抗氧化力，推論花青素的含量。結果發現：可見光的波長愈短，植物抗氧化能力愈好，因此推論紫光照射，可增加植物花青素量。而在不同光照強度影響花青素含量實驗結果發現：各種色光距離愈近，抗氧化能力愈好，花青素愈多，但紫光照射芽菜距離少於 15 公分時，抗氧化力轉差，推論若短波紫光能量太強，會導致破壞，不利花青素生成。





壹、研究動機

之前在科展專題探討不同乾燥方式影響蝶豆花抗氧化效果時，供應實驗用花的花農表示山上的蝶豆花，因為紫外線強所以種出來的花，花青素含量比較多，讓我們好奇可見光中不同色光照射與花青素生成多寡是否也有關，所以想用不同波長色光的 LED 代替植物生長需要的光條件，來探討花青素生成是否與色光有關。但是礙於設備、經驗不足，我們用 LED 種植蝶豆花時，光照不足、通風不良使植物無法順利生長，葉子掉落嚴重也無法開花，因此改用較易培植同樣也是富含花青素的紅鳳菜和採收期短、變因控制較單純的紫莖蘿蔔嬰和紫高麗菜芽來做實驗，在不同色光照射後，利用花青素的抗氧化能力強弱推論其含量的多寡。根據研究顯示，花青素的抗氧化作用，可與自由基結合減少人體的傷害，所以希望依據這樣的機制，利用調整光條件的方式種出富含更多花青素的食用植物。研究出在家就能簡單利用不同光質的 LED 種出營養價值更高的芽菜，所以以此題目成為我們的研究專題。

貳、研究目的

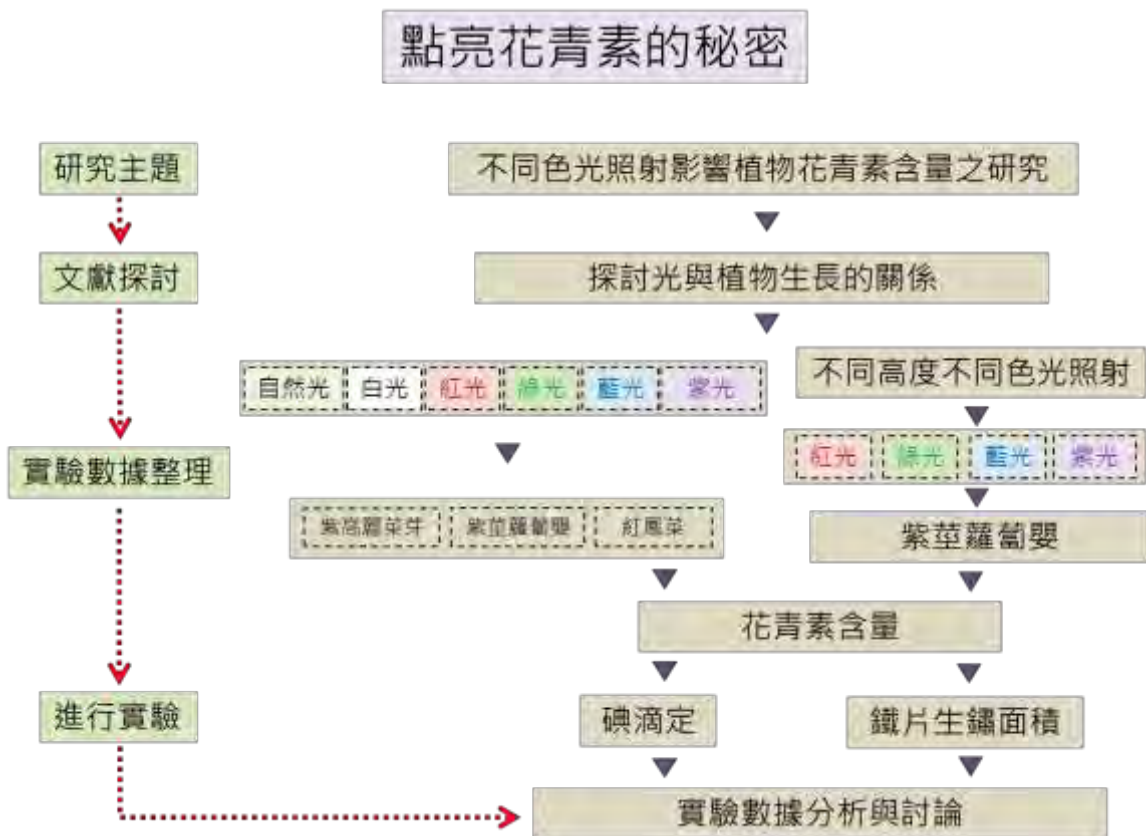
植物所富含的天然色素花青素，是提供人體所需抗氧化物質最佳來源之一，本研究主要探討植物生長過程中，不同波長光源對植物花青素含量多寡是否具有影響性，並利用碘滴定及鐵粉生鏽實驗定量有效抗氧化力，來推論不同波長光照植物花青素含量多寡的差異比較。

參、研究設備及器材

滴定架(管)	量筒	量杯	燒杯
錐形瓶	滴管	溫度計	溼度計
快煮壺	酒精燈	電子秤	計時器
數位相機	1ml 針筒	蒸餾水	樹薯粉
優碘	鐵粉	紅鳳菜	芽菜
植栽照光架	棉紙、透明塑膠片	LED 燈	遮光網
			
長 70 公分、寬 45 公分、高 120 公分	邊長 3 公分正方形	8 條色光+8 條白光相間，燈條長 50 公分，一條 30 顆燈粒	75%遮光率黑紗網

肆、研究過程與方法

一、研究架構



二、文獻探討

(一) 紅鳳菜、紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽

紅鳳菜（學名：*Gynura bicolor*），菊科，葉片背面呈紫紅色，正面呈深綠色，葉肉厚，含水量高，含花青素，原產地熱帶地區、亞洲地區，生產期全年均可採收，成長期約 25~30 天，栽種要點可用扦插嫩莖繁殖，生長適溫為 20~30°C（維基百科）。

紫莖蘿蔔嬰是紫蘿蔔的幼苗，屬於十字花科蔬菜，富含維他命 A、B1、B2、C、E 以及花青素及胡蘿蔔素，還有鈣、鐵、磷、鎂、鋅…等礦物質，栽種方法為種子清洗後浸泡 10~12 小時，然後將種子鋪於容器內，容器底部放一層紗布保濕，每天澆水 2~3 次，培育 6~7 天後可採摘，整株均可食用。

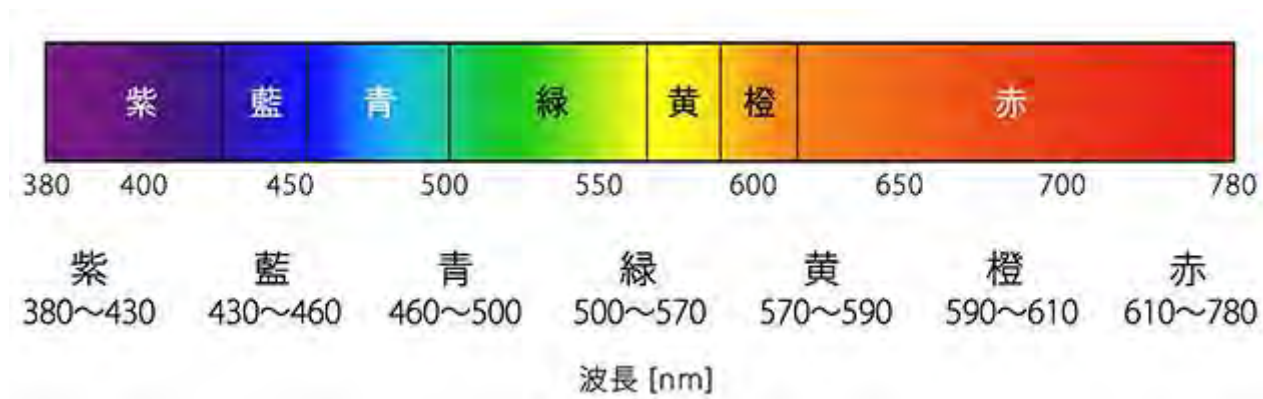
紫高麗菜芽又稱紫甘藍芽，是十字花科的一種蔬菜，它的外葉和葉球都呈紫紅色，紫高麗菜芽中含有維生素 C、E 和 B 群。並富含植化索引朵、花青素，抗氧化力強，種植方法為先將紫高麗菜種子浸泡於水中催芽，再將已泡過水的紫高麗菜種子平鋪於小孔培育網上每天澆水 1-2 次，約 10 天即可採收。

(二) 光對植物生理的影響

光線除影響光合作用外，種子發芽、莖生長、開花、葉綠素合成、蒸散作用、向光性以及植物型態上的改變等都與光線有關。光線通常以光強度、光週性、光質三種方向影響植物生長和發育。

光質是指光線中不同波長的光波之分佈情形。光線除藉著光度和光週影響植物生育之外，由於光線是由許多不同波長的光波所組成，其中波長在 400~700 nm 之光線是人類眼睛所能看見的範圍，稱為可見光。波長比可見光短的光線稱為紫外光，波長比可見光長的光線稱為遠紅光。植物能感應的波長範圍比可見光再稍為寬一點，在 380~780 nm (李晔)。光譜範圍對植物生理的影響為 280~315 nm 對形態與生理過程的影響極小；315~400 nm (紫) 葉綠素吸收少，影響光週期效應，阻止莖伸長；400~520 nm (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；520~610 nm (綠) → 色素的吸收率不高；610~720 nm (紅) → 葉綠素吸收率低，對光合作用與光週期效應有顯著影響；720~1000 nm → 吸收率

低，刺激細胞延長，影響開花與種子發芽；> 1000 nm→轉換成為熱量。



而根據以 LED 進行不同光源與植物之生理反應與花青素和抗氧化的相關研究中發現，紫外輻射會減少植物葉面積、抑制下胚軸伸長、降低光合作用和生產力，使植物易受病原體攻擊，但是可以誘導類黃酮合成及防禦機制。而在長壽花的實驗中，發現白色螢光燈補充藍光 LED 可增加類黃酮含量與抗氧化活力；萵苣生長箱內提供藍色 LED，可增加花青素，類蘿蔔素與酚醛含量（陳加忠）。

（三）LED 照明與植物生長

LED 是「發光二極體 Light Emitting Diode」的縮寫，是半導體材料製成的固態發光元件，發光原理是將電能轉換為光，屬於冷性發光，壽命長達十萬小時以上。由於 LED 可發射出植物生理有效輻射 300~800 nm 範圍內的窄譜單色光，光質豐富、光源光譜可組合調製、光環境智慧可控，LED 光源具有環保、節能、體積小、冷光源、低電壓、直流電等優勢，所以適合植物在室內照光需求中使用。

（四）花青素與抗氧化

花青素 ($C_{15}H_{11}O_6$)，是一種水溶性的植物色素，為植物之葉、花、果實及根莖常見之成分。屬於生物類黃酮物質，目前已知的有二十多種，在植物中常見的有：天竺葵色素 (Pg)、芙蓉花色素 (Cy)、飛燕草色素 (Dp)、芍藥色素 (Pn)、牽牛花色素 (Pt) 和錦葵色素 (Mv) (江晃榮, 2012)。是自由基清除劑，能和蛋白質結合防止過氧化 (Lester Packer, 2002)。研究發現花青素是當今最有效的抗氧化劑之一，效率是維生素 C 的十八倍、維生素 E 的五十倍 (江晃榮, 2012)，花青素會隨酸鹼度的不同而表現不同的顏色，通常鹼性呈藍色、中性成紫色、酸性呈紅色，是一種天然的酸鹼指示劑。

植物中存在著花青素最主要的原因是為了要保護植物的花葉或果實不受紫外光的破壞。高山上的花卉因為常受到強烈紫外線的照射，植物體因而產生「類胡蘿蔔素」和「花青素」等物質來吸收紫外線保護自己，使得花朵的顏色特別豔麗。(陳志雄)

(五) 花青素抗氧化的測定

自然課提到「鐵生鏽」是一種「鐵跟氧結合產生氧化鐵」的氧化現象。而廣義的「氧化」定義，是用「電子移轉」的觀念解釋，並且會跟另一種稱為「還原」現象同時發生，稱為「氧化還原反應」。

因為花青素具有抗氧化的作用，所以可以用鐵生鏽及碘滴定的方法來檢驗。碘滴定法是一種氧化還原的方法，可利用碘液和水溶液中的澱粉指示劑形成深藍色溶液，再將具有還原力的物質加入後，和溶液中的碘反應，如果碘分子被還原成碘離子 ($I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ ，還原反應)，水溶液顏色就會由深藍轉為透明，即為滴定終點(魏明通，2006)。

鐵生鏽面積可透過科學影像的處理與分析「Image J」軟體判定，其影像處理主要是利用影像處理軟體將數位影像的顏色、明暗度、焦距等各種影像畫面做調整。一些基礎的影像處理中比較常見的為減少影像背景雜訊、增強對比度及影像的銳化。這些前置的影像處理是為了要強化影像所提供給人類的資訊，讓使用者可以系統性針對感興趣的物體進行分析。影像分析簡單來說就是從影像中取得資訊，以定量的結果來回答問題。這些問題包括：物體的數量、物體之間的關係、物體的螢光強度等。科學研究領域重視把數據量化，把影像資料轉換成數值資料後，以便能客觀的比較這些數據。而且，只有把數據量化才能用統計方式來檢定此數據是否具有顯著性的差異。最後，再根據數據去判斷資料所代表之意義，以回答科學問題。(李頂華)。

三、研究問題

- (一) 比較不同色光照射紫莖蘿蔔對花青素含量之影響
- (二) 比較不同色光照射紫高麗菜芽對花青素含量之影響
- (三) 比較不同色光照射紅鳳菜對花青素含量之影響
- (四) 比較不同高度紫光照射紫莖蘿蔔對花青素含量之影響
- (五) 比較不同高度藍光照射紫莖蘿蔔對花青素含量之影響

(六) 比較不同高度綠光照射紫莖蘿蔔對花青素含量之影響







(七) 比較不同高度紅光照射紫莖蘿蔔對花青素含量之影響

四、研究過程與方法

(一) 研究過程













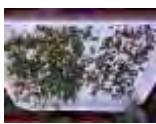

















1.不同色光照射植株成長情形紀錄:

- (1) 將紫莖蘿蔔、紫高麗菜芽、紅鳳菜分設5組，置於自製照光架、75%遮罩黑紗網帷幕內，每日以定時器控制6：00—18：00給予不同波長色光LED燈照光，因實驗前測試單一色光的照度不足，植物無法生存，所以實驗設計每個照光架均加八條白光（燈條長50 cm，每條燈條上30顆燈粒）增加照度，再分別加上八條色光（燈條長50 cm，每條燈條上30顆燈粒）。白光（380~750 nm）紅光（610~720 nm）、綠光（520~610 nm）、藍光（400~520 nm）、紫光（385~395 nm）燈條照光12小時。
- (2) 保持溫度在20~25°C、濕度50%~70%的環境下，種植紫莖蘿蔔7天、紫高麗菜芽10天、紅鳳菜35天後採收。

<p>芽菜種子浸泡一日</p> 	<p>催芽後移至光區栽種</p> 	<p>將種子平舖在培養盤上照光</p> 
<p>培養土:紅泥土(2:1)拌勻</p> 	<p>將已長根的红鳳菜扦插入盆</p> 	<p>自製燈架</p> 
<p>安裝燈板</p> 	<p>Led長50 cm*8條(每條30顆燈)</p> 	<p>75%遮光網</p> 

<p>完成自製燈架照光區照光</p> 	<p>15、30、45 公分植栽架</p> 	<p>溫度20~25°C、濕度50%~70%</p> 
--	---	--

(3) 紫高麗菜芽(右)紫莖蘿蔔嬰(左)生長情形

	自然光	白光	紅光	綠光	藍光	紫光
第一天						
第三天						
第五天						
第七天						
第十天	 (紫高麗菜芽)	 (紫高麗菜芽)	 (紫高麗菜芽)	 (紫高麗菜芽)	 (紫高麗菜芽)	 (紫高麗菜芽)

(4) 紅鳳菜生長情形




	自然光	紅光	綠光	藍光	紫光
第一週					
第二週					
第三週					
第四週					
第五週					

(5) 採收

A. 紫莖蘿蔔7天採收：




測量高度由莖底部量至葉頂端，隨機採樣15根芽菜。平均長度由長至短依序為，自然光（7.5 cm）> 紅光（6.5 cm）> 白光（6 cm）> 藍光（5 cm）> 綠光（4.5 cm）> 紫光（4 cm），呈現自然光最長，紫光最短，波長愈短，植株長度有愈短的趨勢。

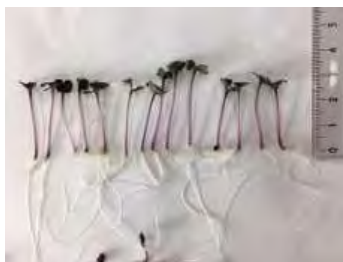


自然光第7天	白光第7天	紅光第7天
平均高度約7.5 cm	平均高度約6 cm	平均高度約6.5 cm

綠光第7天	藍光第7天	紫光第7天
		
平均高度約4.5 cm	平均高度約5 cm	平均高度約4 cm

B.紫高麗菜芽10天採收：




測量高度由莖底部量至葉頂端，隨機採樣15根芽菜。平均長度由長至短依序為，藍光（4 cm）> 紅光（3.5 cm）> 紫光（3 cm）≒綠光（3 cm）> 白光（2.5 cm）≒自然光（2.5 cm），植株高度以藍光最長，植株長短與照光波長無明顯相關性。


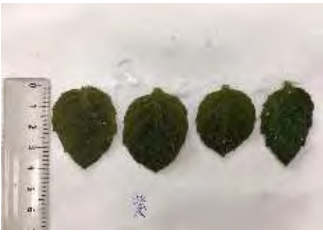
自然光第10天	白光第10天	紅光第10天
		
平均高度約 2.5 cm	平均高度約 2.5 cm	平均高度約 3.5 cm

綠光第10天	藍光第10天	紫光第10天
		
平均高度約 3 cm	平均高度約 4 cm	平均高度約 3 cm

C.紅鳳菜35天採收

測量葉片長度，隨機採樣6片葉子平均。紅鳳菜平均葉片長度由長至短依序為，藍光（7~9 cm）≡紅光（7~9 cm）> 綠光（5~6 cm）> 紫光（4~5 cm）> 自然光（3~4 cm），葉片以藍光、紅光最長、再來是綠光和紫光，自然光最短，所以就實驗樣本來看與照光波長與植株無正相關性。

自然光第35天	紅光第35天	綠光第35天
		
葉片平均長度約3~4 cm	葉片平均長度約7~9 cm	葉片平均長度約5~6 cm

藍光第35天	紫光第35天
	
葉片平均長度約7~9 cm	葉片平均長度約4~5 cm

（二）研究方法

1.浸泡液溶出花青素測試：




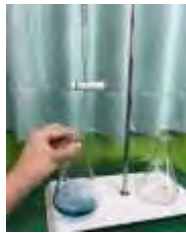

花青素是化學總稱，它的類似結構衍生物非常多，需要較高階設備方能做單一測定，但以目前國小學生的能力尚無法做到。根據文獻，花青素是水溶性，用熱水浸泡的方式，可溶出較多植物花青素，我們決定選擇採用這樣的方式，將不同色光種植的植物採摘下來後泡水作酸鹼測試，確定溶出花青素後，再根據抗氧化能力的好壞去推論花青素含量的多寡。

		
將紫莖蘿蔔嬰浸泡在 100°C 蒸餾水中，靜置 20 分鐘取得濾液	濾液滴入稀鹽酸	濾液由紫色變成紅色，表示花青素已溶於水中

2. 碘滴定檢測花青素抗氧化實驗

(1) 實驗步驟

- ① 取 2 克樹薯粉加 100 ml 蒸餾水，加熱至 70°C，靜置冷卻作為澱粉指示劑。
- ② 錐形瓶放入 30 ml 水加 0.1 ml 碘液。
- ③ 取各種不同種植條件的紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽、紅鳳菜 3 克，放入 100°C，200 ml 蒸餾水浸泡 20 分鐘取得濾液。
- ④ 濾液滴入碘液瓶中，至顏色由咖啡色變淺黃時，再加入 0.2 ml 澱粉指示劑，繼續滴定由藍黑色轉至澄清為滴定終點。
- ⑤ 重複步驟 3 次取平均值，記錄並觀察討論。

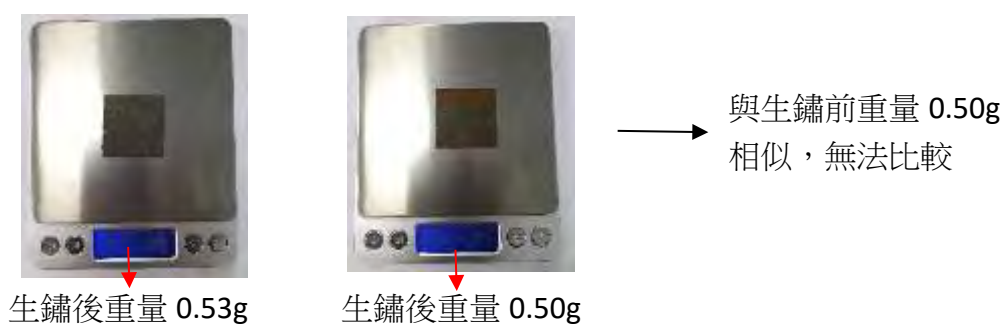
				
不同條件種植，含花青素植物（紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽、紅鳳菜）3g	100°C 蒸餾水浸泡 20 分鐘，取得濾液	碘液瓶：30 ml 水加 0.1 ml 碘液	濾液滴入碘液後，再加入澱粉指示劑，繼續滴定	藍黑色轉至澄清為滴定終點

3. 鐵粉片生鏽輔助觀察抗氧化實驗：



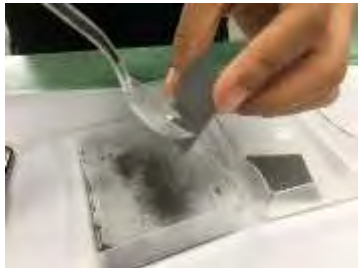


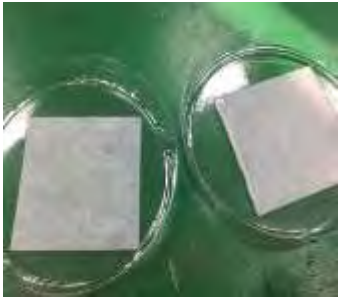
- (1) 在自然課本有提到鐵生鏽是一種氧化反應，查詢相關抗氧化文獻中，常使用鋼絲絨生鏽檢測抗氧化能力，但發現鋼絲絨生鏽在觀察生鏽面積時，鋼絲絨的厚度及以目測方式會影響實驗數據的準確性。

(2) 於是我們從製作沙畫中獲取靈感，利用鐵粉平舖在透明片上，將具抗氧化力的植物浸泡濾液 0.5ml 浸濕棉紙，再將棉紙覆蓋在鐵粉片上。

(3) 鐵生鏽重量會改變，但因生鏽重量差距些微，目前實驗室中使用的電子秤無法精確秤出重量差，所以改以測定生鏽面積來測得花青素抗氧化力。鐵粉片靜置二小時後，將生鏽鐵片拍照，用電腦軟體 Image J 分析生鏽面積像素的差異。



(4) 修正實驗方法後，鐵粉片改善鋼絲絨厚度造成內部不易觀測生鏽面積的問題，利用電腦軟體 Image J 降低目測誤差，提升了實驗樣本的準確性。


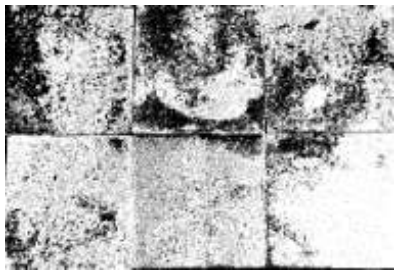

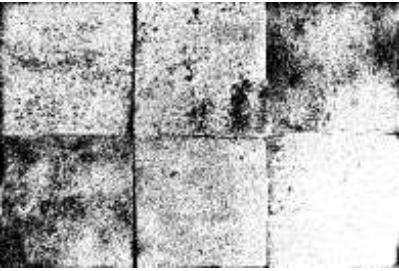

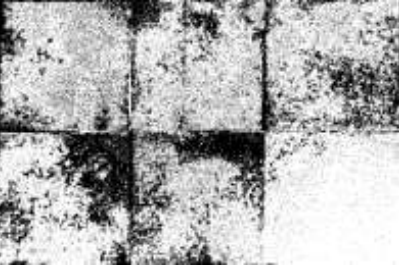
 <p>鋼絲絨有厚度不易觀察生鏽面積</p>	 <p>嘗試用鋪平的方式但效果不佳</p>	 <p>透明片貼雙面膠平均沾上鐵粉</p>
 <p>3*3 cm 透明片貼上雙面膠</p>	 <p>平均沾上 0.05 克鐵粉</p>	 <p>棉紙用花青素植物浸泡液浸濕後蓋上鐵粉片，觀察生鏽情形</p>

(三)研究結果

實驗一：比較不同色光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

1. 實驗結果

表 1 不同色光照射紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）					
	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
自然光	23.7	24.8	26.0	24.83±1.15	71.00%
白光	24.3	24.4	25.2	24.63±0.49	70.40%
紅光	20.3	19.8	22.8	20.97±1.61	69.32%
綠光	17.5	17.7	16.2	17.13±0.81	70.20%
藍光	13.5	17.6	14.3	15.13±2.17	53.38%
紫光	14.0	13.2	13.0	13.40±0.52	52.64%

紫莖蘿蔔嬰浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
色光	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
自然光		
白光		
紅光		

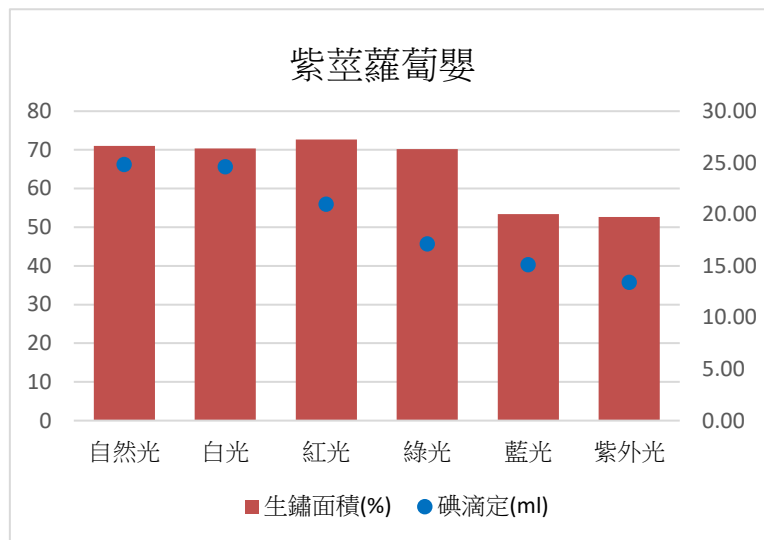
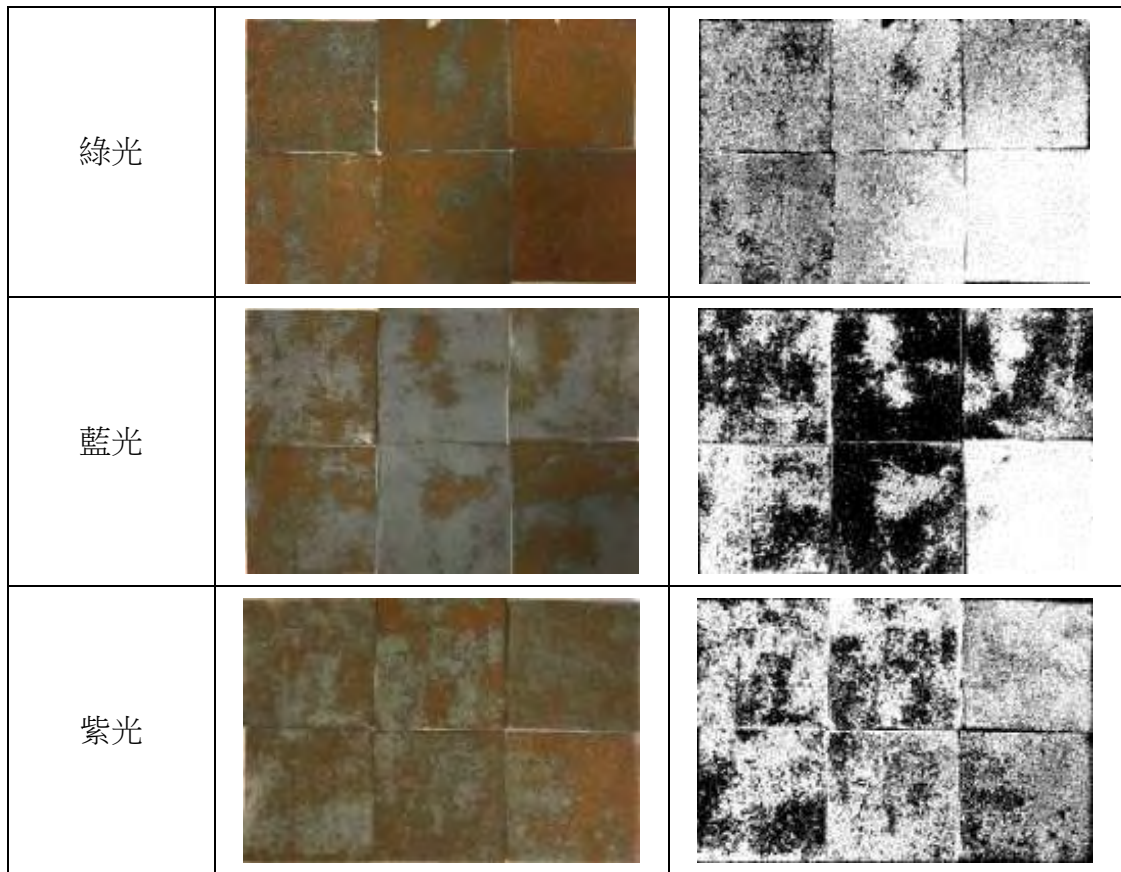


圖 1 紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析

左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量(單位：ml)

2. 討論：

- (1) 根據表 1，不同波長色光照射 7 天後採收的紫莖蘿蔔嬰碘滴定量由多至少的實驗結果為：自然光 (24.83 ml)、白光 (24.63 ml)、紅光 (20.97 ml)、綠光 (17.13ml) 藍光 (15.13 ml)、紫光 (13.40 ml)，所以顯示波長愈短抗氧化力愈佳，花青素的含量


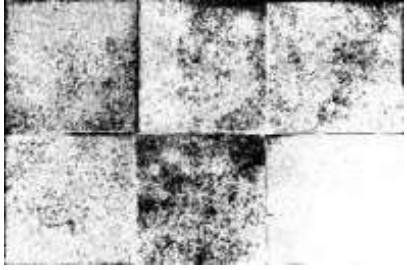

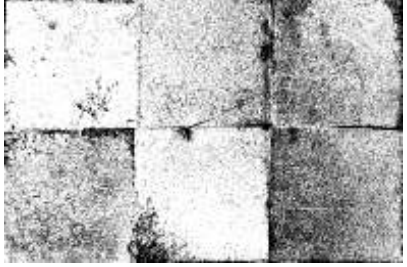
愈多。

(2)從鐵粉生鏽面積來看，生鏽面積由多至少依序為：自然光(71.00%)、白光(70.40%)、綠光(70.20%)、紅光(69.32%)、藍光(53.38%)、紫光(52.64%)。與碘滴定結果相同，均為紫光照光後抗氧化力最好。

實驗二：比較不同色光照射紫高麗菜芽對花青素含量之影響

1. 實驗結果

表 2 不同色光照射紫高麗菜芽抗氧化能力分析 (碘滴定與生鏽面積比率)					
	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
自然光	32.3	28.1	30.2	30.20 ± 2.10	75.42%
白光	31.5	32.4	29.5	31.10 ± 1.48	74.80%
紅光	38.4	41.2	40.6	40.07 ± 1.47	79.09%
綠光	33.1	29.3	29.8	30.73 ± 2.06	74.15%
藍光	26.8	26.5	25.5	26.27 ± 0.68	65.37%
紫光	24.2	26.6	25.3	25.37 ± 1.20	63.46%

紫高麗菜芽浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
色光	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
自然光		
白光		

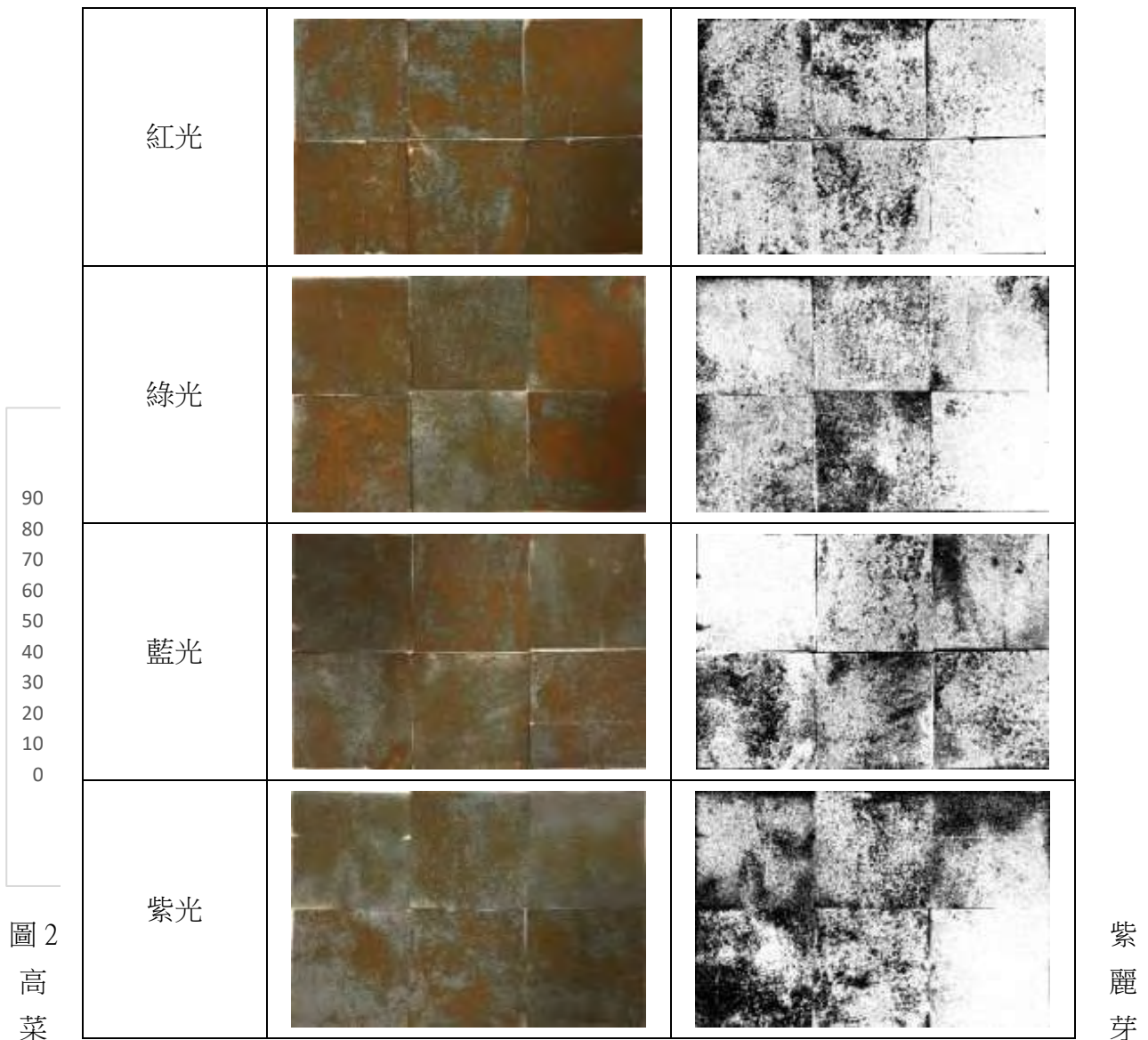


圖 2
高菜

抗氧化能力分析

左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量 (單位：ml)

2. 討論：


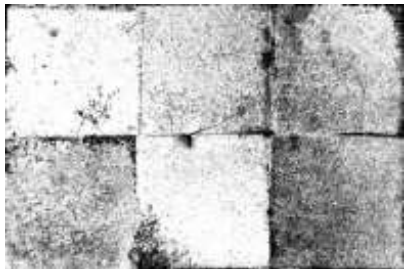
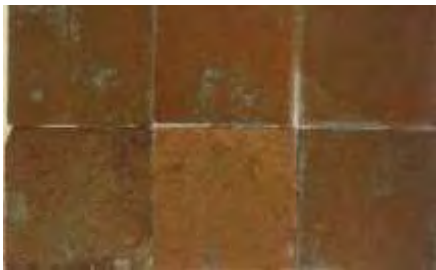
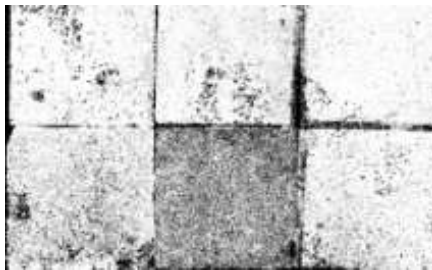


(1) 根據表 2，不同波長色光照射 10 天後採收的紫高麗菜芽碘滴定量由多至少為：紅光 (40.07 ml)、白光 (31.10 ml)、綠光 (30.73 ml)、自然光 (30.20 ml)、藍光 (26.27 ml)、紫光 (25.37 ml)，結果也是顯示波長短的藍光、紫光抗氧化力佳，花青素的含量較多。

(2) 從鐵粉生鏽面積來看，生鏽面積由多至少依序為：紅光(79.09%)、自然光(75.42%)、白光 (74.80%)、綠光 (74.15%)、藍光 (65.37%)、紫光 (63.46%)。與碘滴定結果相類似，均為紫光照光後抗氧化力最好。

實驗三：比較不同色光照射紅鳳菜對花青素含量之影響

1. 實驗結果

表 3 不同色光照射紅鳳菜抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）					
	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
自然光	125.0	110.0	118.0	117.7 ± 7.50	75.55%
紅光	130.0	134.0	137.0	133.7 ± 3.51	79.76%
綠光	100.0	104.0	101.0	101.7 ± 2.08	73.05%
藍光	94.0	91.0	96.0	93.7 ± 2.51	67.76%
紫光	85.0	83.0	80.0	82.7 ± 2.51	63.02%

紅鳳菜芽浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
色光	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
自然光		
紅光		
綠光		

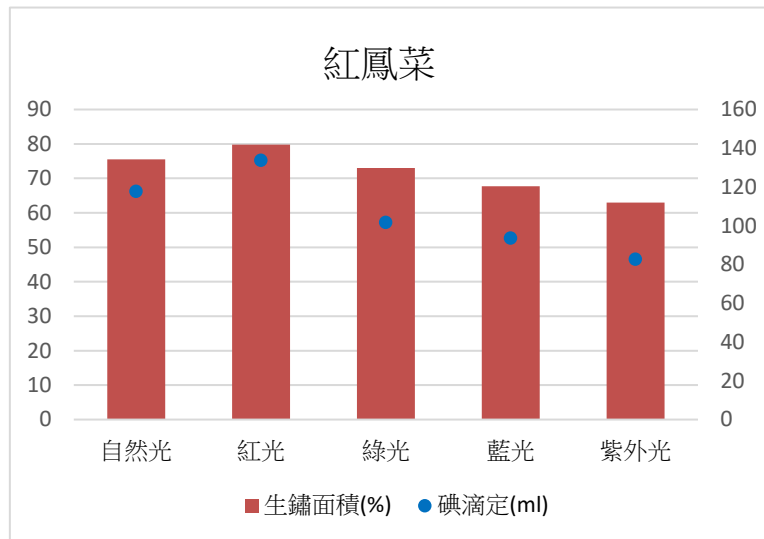
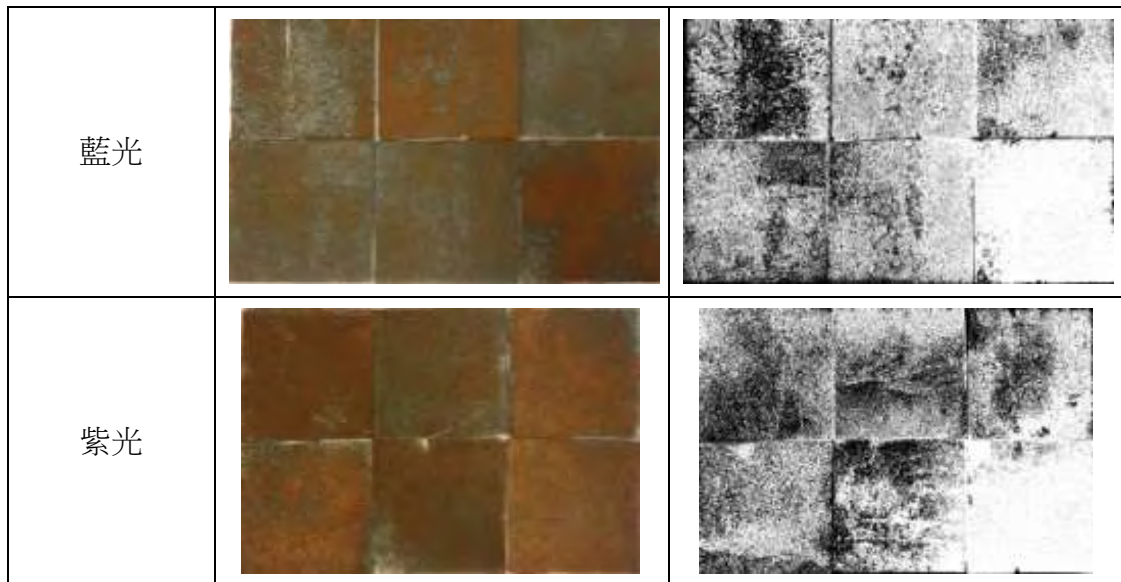


圖 3 紅鳳菜抗氧化能力分析
左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量(單位：ml)

2. 討論：

- (1)根據表 3，不同波長色光照射 35 天後採收的紅鳳菜碘滴定量由多至少為：紅光(133.7 ml)、自然光(117.7 ml)、綠光(101.7 ml)、藍光(93.7 ml)、紫光(82.7 ml)，結果也是顯示結果也是顯示波長短的藍光、紫光抗氧化力佳，花青素的含量較多。
- (2)從鐵粉生鏽面積來看，生鏽面積由多至少依序為，紅光(79.76%)、自然光(75.55%)、綠光(73.05%)、藍光(67.76%)、紫光(63.02%)。與碘滴定結果相類似，均為紫

光照後抗氧化力最好，波長愈短花青素含量愈多。


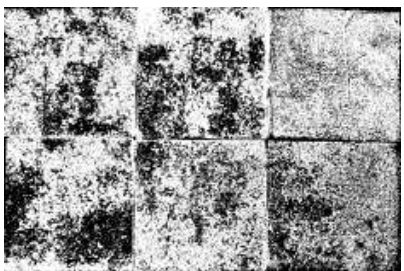
(3) 此外，因為紅鳳菜抗氧化力較芽菜差，所以生鏽實驗採與芽菜相同靜置時間時，兩小時候生鏽面積幾乎達百分之百，所以在紅鳳菜做鐵片生鏽實驗時將靜置時間縮短為 1 小時進行比較。

因為光的強度是跟距離平方成反比，且短波色光穿透力強，所以光照強度、光波長與植物花青素含量多寡可能有關，所以繼續探討不同色光增加光照強度是否會影響花青素含量。在文獻資料我們查到 LED 燈照植物的最佳距離是 30~50 公分，所以分別以紫光、藍光、綠光、紅光，取燈管距離 15 公分、30 公分、45 公分，栽種紫莖蘿蔔嬰，測定其抗氧化力推論花青素含量，觀察是否距離愈近，抗氧化力愈佳，花青素含量愈多。

實驗四：比較不同高度紫光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

1. 實驗結果：

表 4 不同高度紫光—紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）					
	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	14.00	13.20	13.00	13.40 ± 0.52	52.64%
30 cm	12.20	11.40	10.90	11.50 ± 0.66	51.00%
15 cm	15.50	15.30	16.20	15.67 ± 0.47	57.00%

不同高度紫光紫莖蘿蔔嬰浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
照射高度	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
45 cm		

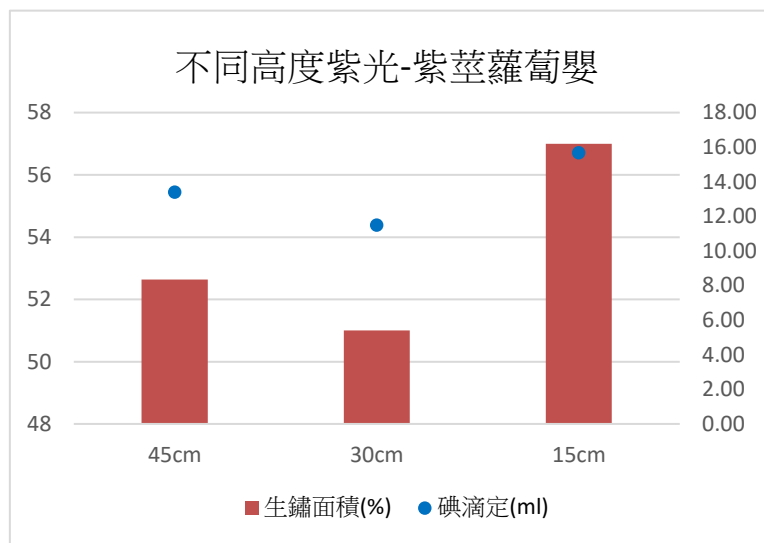
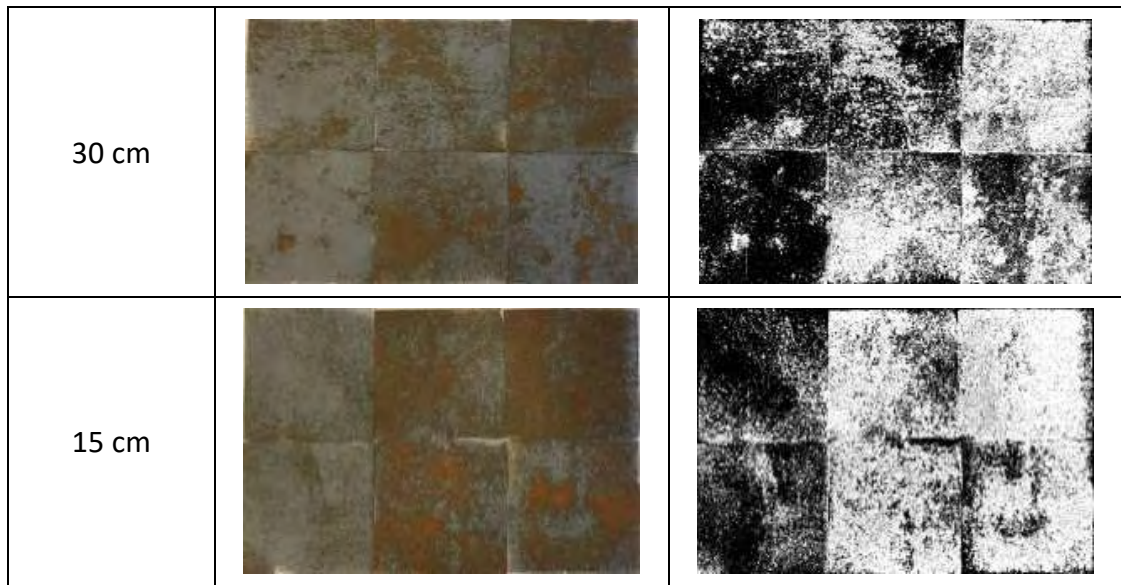


圖 4 不同高度紫光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量 (單位：ml)

2. 討論：


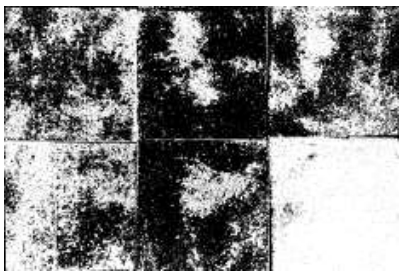

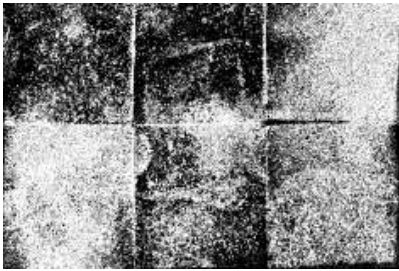
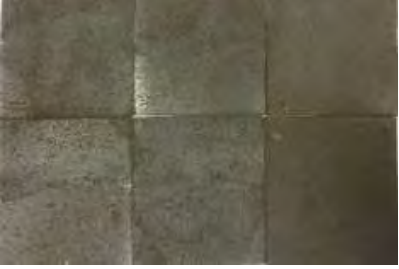

(1) 抗氧化力依序是燈管距離 30 公分 > 45 公分 > 15 公分，所以紫光並非愈近抗氧化能力愈好，推論可能是距離愈近，紫光燈管的能量越強，造成植物內部的損傷也越大，

不利植物製造出更多的花青素，所以以實驗結果來說，紫莖蘿蔔嬰以紫光照射栽種的最佳距離為 30 公分。

實驗五：比較不同高度藍光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

1. 實驗結果：

表 5 不同高度藍光—紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）					
	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	13.50	17.60	14.30	15.13 ± 2.17	53.30%
30 cm	14.30	14.50	13.90	14.23 ± 0.30	52.50%
15 cm	12.70	13.20	13.60	13.17 ± 0.45	51.20%

不同高度藍光紫莖蘿蔔嬰浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
照射高度	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
45 cm		
30 cm		
15 cm		

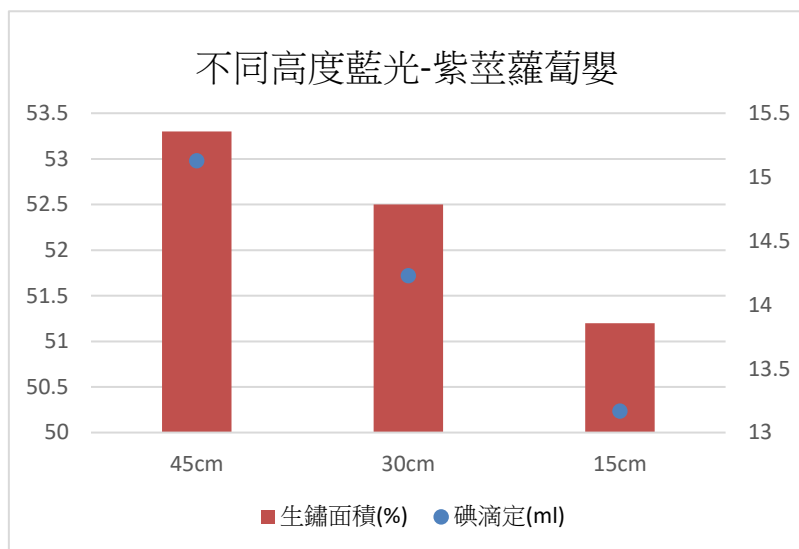


圖 5 不同高度藍光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量（單位：ml）


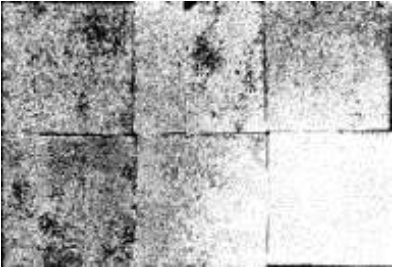

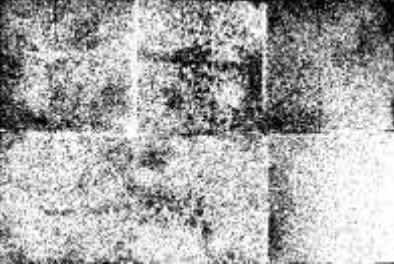

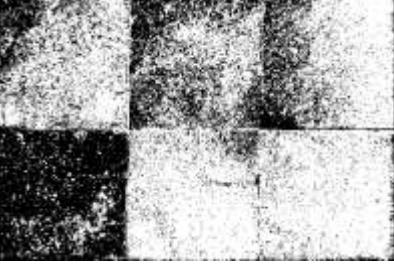
2. 討論：

- (1) 紫莖蘿蔔嬰藍光高度差的實驗，碘滴定和鐵粉氧化的實驗結果，均發現燈照距離愈近抗氧化能力愈好。

實驗六：比較不同高度綠光光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

1. 實驗結果：

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	17.5	17.7	16.2	17.13 ± 0.81	70.20%
30 cm	17.2	16.3	17.8	17.10 ± 0.75	66.49%
15 cm	15.5	16.5	15.0	15.67 ± 0.76	64.49%

不同高度綠光紫莖蘿蔔嬰浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
照射高度	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
45 cm		
30 cm		
15 cm		

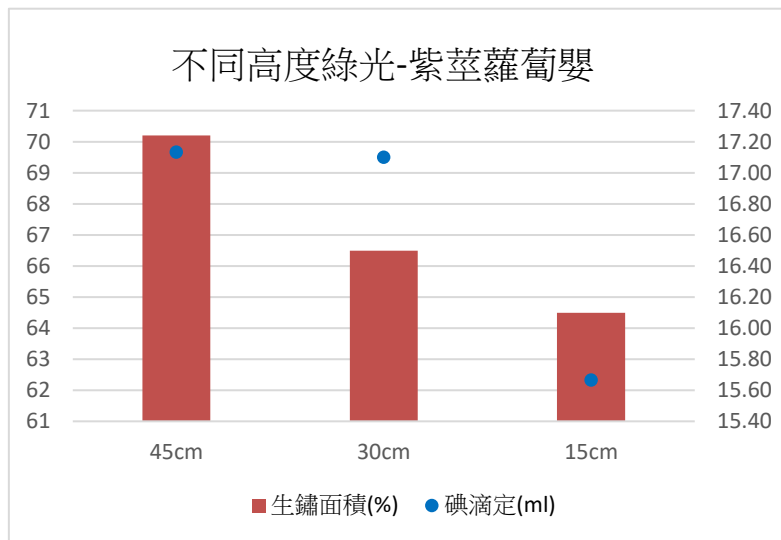


圖 6 不同高度綠光紫莖蘿蔔抗氧化能力分析
 左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量（單位：ml）


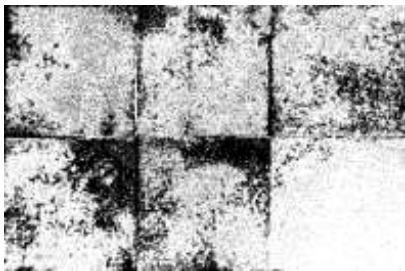

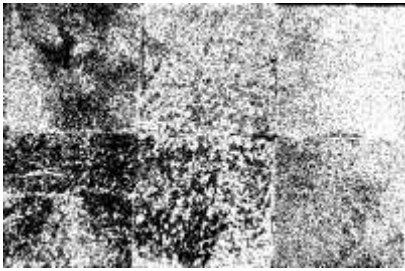
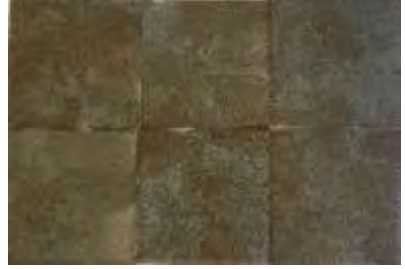
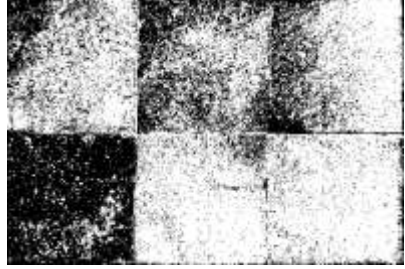
2. 討論：

- (1) 紫莖蘿蔔綠光高度差的實驗，碘滴定和鐵粉氧化的實驗結果均顯示，燈照距離愈近抗氧化能力愈好。

實驗七：比較不同高度紅光照射紫莖蘿蔔對花青素含量之影響

1. 實驗結果：

表 7 不同高度紅光—紫莖蘿蔔嬰碘抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）					
	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	20.3	19.8	22.8	20.97 ± 1.6	69.32%
30 cm	18.5	19.8	19.6	19.30 ± 0.7	60.75%
15 cm	16.5	15.6	17.3	16.47 ± 0.85	58.61%

不同高度紅光紫莖蘿蔔嬰浸泡液鐵粉片生鏽面積圖片		
照射高度	鐵粉片生鏽情形	Image J 像素分析
45cm		
30cm		
15cm		

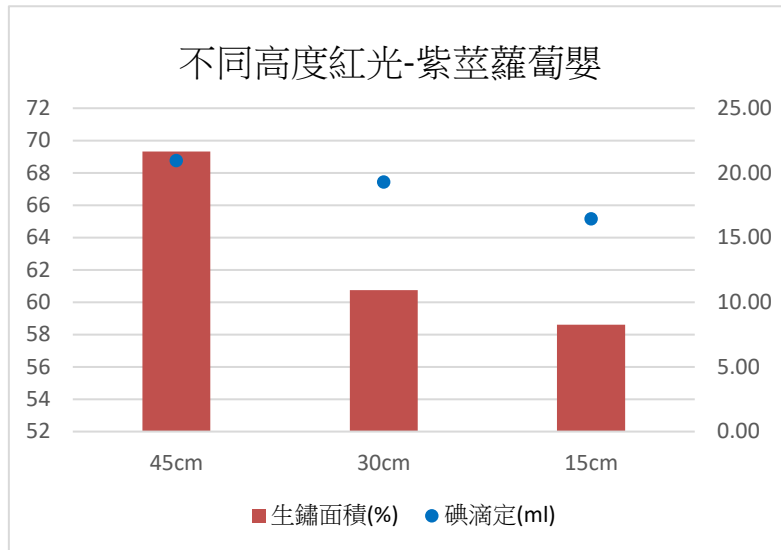


圖 7 不同高度紅光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
左側生鏽面積(單位：%)、右側碘滴定量 (單位：ml)

2. 討論：

- (1) 紫莖蘿蔔嬰紅光高度差的實驗，碘滴定和鐵粉氧化的實驗結果，同樣發現燈照距離愈近抗氧化能力愈好。

綜合以上實驗結果發現：

1. 紫光照射距離少於 15 公分時，抗氧化力轉差。而藍光、綠光、紅光，在不同高度照射下，紫莖蘿蔔嬰均為燈照距離愈近，抗氧化能力愈好（圖 8）。
2. 藍光、綠光、紅光照射距離 15 公分花青素量最多，但仍較紫光 30 公分差。
3. 紫光 30 公分是紫莖蘿蔔嬰花青素含量最多的培植距離。

距離 \ 色光	45 cm	30 cm	15 cm
紅光	20.97 ± 1.60	19.30 ± 0.70	16.47 ± 0.85
綠光	17.13 ± 0.81	17.10 ± 0.75	15.67 ± 0.76
藍光	15.13 ± 2.17	14.23 ± 0.30	13.17 ± 0.45
紫光	13.40 ± 0.52	11.50 ± 0.66	15.67 ± 0.47

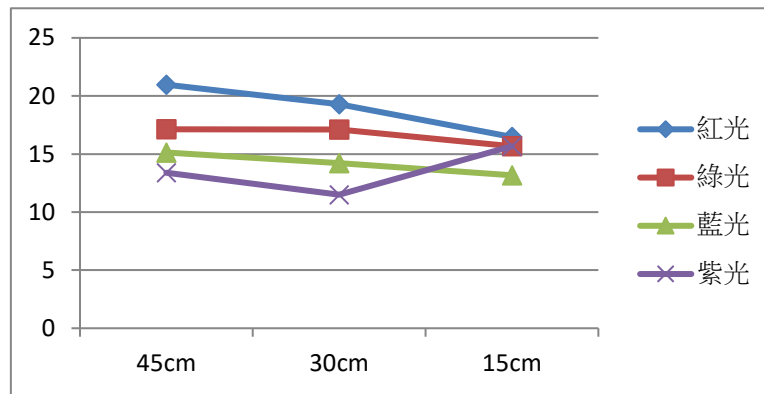


圖 8 不同高度各種色光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
Y 軸碘滴定量 (單位: ml)

伍、研究結論

- 一、植物在不同波長色光照射下 (自然光、白光、紅光、藍光、綠光、紫光)，以抗氧化能力推論花青素含量多實驗中發現：紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽和紅鳳菜以紫光照射下抗氧化能力最好。
- 二、從本實驗探討的三種植物實驗中，發現 LED 波長愈短，抗氧化能力愈強。因此推論植物生長時，光的波長會影響其花青素生成的含量，且波長愈短，花青素含量愈多。
- 三、探討增加各種色光照強度，影響花青素含量實驗結果，發現距離愈近，抗氧化能力愈好，花青素愈多，但紫光距離芽菜少於 15 公分時，抗氧化力會轉差，推論紫光越強，會導致破壞，不利花青素生成。
- 四、利用調整光條件的方式，就能種出富含更多花青素、營養價值更高的食用植物，尤其芽菜種植簡單生長期短，生長過程中變因控制單純，所以值得推廣。

陸、未來研究及建議

- 一、在本研究中針對單一光源對植物花青素含量的影響，未來也可以再延伸探討不同波長色光的配比下是否對植物花青素含量有不同的影響，再做更進一步的研究。

- 二、本研究在實驗方法上，改良了鋼絲絨生鏽的氧化還原實驗，利用自製鐵粉片搭配電腦軟體做更精準地分析，解決了鋼絲絨生鏽面積目測觀察容易造成誤差的問題，且鐵粉片製作簡單有趣，這部分可作為未來國小自然與科技領域實驗課程的參考。
- 三、花青素具抗氧化力，所以本實驗利用抗氧化實驗推論花青素含量，但植物除了花青素外，可能還有其他物質具抗氧化力，所以在未來可以再做更精確實驗，探討花青素生成與色光相關性。

柒、參考資料

- 一、陳志雄 談台灣的高山植物 國立自然科學博物館訊第202期93年9月
- 二、孫朝棟（1987）食品工程學 台北：國立編譯館。
- 三、李頂華 科學影像的處理與分析①—從生命科學觀察開始 科學月刊5月號 569期 2017年4月27日
- 四、方新政 芽苗菜培育及食譜利用 台南區農業改良場技術專刊 85-2 (No.66)
- 五、薛家強 自由基、抗氧化物與健康息息相關 醫藥人醫藥健康雜誌，第93 期。
- 六、江晃榮（2012）•神奇的第七營養素•台北：采竹。
- 七、魏明通（2006）•普通化學•台北：五南。
- 八、黃閔淪、林欣理、陳冠樺•大家來找「茶」—茶抗氧化力之探討•中華民國第52 屆科學展覽會參展作品集。
- 九、黃鈞雲、張鴻云、楊宗翰、劉于楷，「石蓮食美」~抗氧化狠《又》力•中華民國第52 屆科學展覽會參展作品集。
- 十、施雅馨、黃浚硯、許峻瑋、蔡柏宏，紫色魔力，非茄莫屬 ~天然抗氧化劑紫色茄子之探討•中華民國第55屆科學展覽會參展作品集。
- 十一、連羿竑、陳彥叡、江紹宇、勵承廷、宋芮妮•紫蝶飛舞-抗氧新花現—蝶豆花抗氧化研究•中華民國第57屆科學展覽會參展作品集。
- 十二、『設施生產自動化技術』電子書<http://WWW.ECAA.NTU.EDU.TW/weifang/Hort/default.htm>
- 十三、陳加忠 以LED進行不同光源與植物之生理反應

http://amebse.nchu.edu.tw/new_page_370.htm

十四、台灣 WORD•取自<http://www.twword.com/wiki/%E8%8A%B1%E9%9D%92%E7%B4%A0>

十五、閱讀屋•取自 <https://www.readhouse.net/post/812760/>

十六、維基百科•取自<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9D%B6%E8%B1%86>

十七、維基百科<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%BA%A2%E5%87%A4%E8%8F%9C>

【評語】 080318

本作品針對花青素具抗氧化的能力，探討植物生長時不同色光照射與花青素生成多寡是否有關。屬於操作型實驗的設計具有巧思，記錄詳實，能系統化呈現結果，值得鼓勵。然而實驗中以不同波長的 LED 照射紫莖蘿蔔、紫高麗菜芽、紅鳳菜等植物來探討花青素含量與色光的關係，並未對這些不同色光進行波長與光強度的量化，導致對於所得結果無法做有意義的比較，是可以改進的地方。利用不同方法來測量花青素含量的做法值得鼓勵，利用鐵粉紙生鏽的影像分析的作法創新，但具體計算方式宜敘明清楚。實驗能驗證光照對植物花青素的影響，做法簡單有效。

點亮花青素的秘密 — 不同色光照射影響植物花青素含量之研究

摘要

花青素具抗氧化的能力，我們想了解植物生長時，可見光中不同色光照射與花青素生成多寡是否有關，所以本實驗以不同波長的 LED 照射紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽、紅鳳菜，探討花青素含量與色光的關係。利用花青素具有抗氧化的特性，以碘滴定和自製鐵粉片生鏽面積的方法，檢測含花青素水溶液的抗氧化力，推論花青素的含量。結果發現：可見光的波長愈短，植物抗氧化能力愈好，因此推論紫光照射，可增加植物花青素量。而在不同光照強度影響花青素含量實驗結果發現：各種色光距離愈近，抗氧化能力愈好，花青素愈多，但紫光照射芽菜距離少於 15 公分時，抗氧化力轉差，推論若短波紫光能量太強，會導致破壞，不利花青素生成。

壹、研究動機


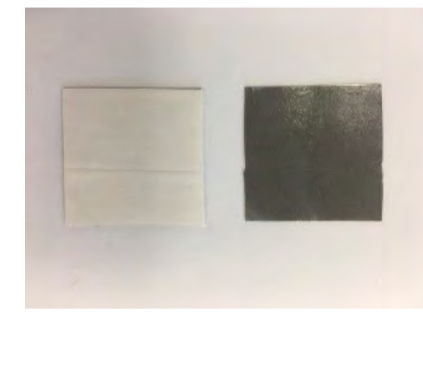

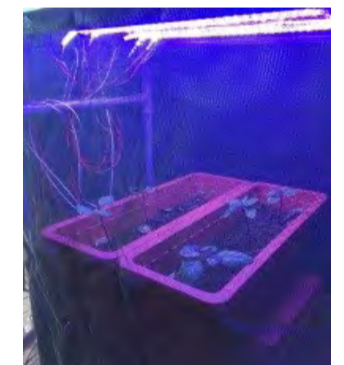
之前在科展專題探討不同乾燥方式影響蝶豆花抗氧化效果時，供應實驗用花的花農表示山上的蝶豆花，因為紫外線強所以種出來的花，花青素含量比較多，讓我們好奇可見光中不同色光照射與花青素生成多寡是否也有關，所以用不同波長色光的 LED 代替植物生長需要的光條件，來探討花青素生成是否與色光有關。但是礙於設備、經驗不足，用 LED 種植蝶豆花時，光照不足、通風不良使植物無法順利生長，葉子掉落嚴重也無法開花。因此改用較易培植，同樣也是富含花青素的紅鳳菜，和採收期短、變因控制較單純的紫莖蘿蔔嬰和紫高麗菜芽來做實驗，在不同色光照射後，利用花青素的抗氧化能力強弱推論其含量的多寡。根據研究顯示，花青素的抗氧化作用，可與自由基結合減少人體的傷害，所以希望依據這樣的機制，利用調整光條件的方式種出富含更多花青素的食用植物。研究出在家就能簡單利用不同光質的 LED 種出營養價值更高的芽菜，所以以此題目成為我們的研究專題。

貳、研究目的

植物所富含的天然色素花青素，是提供人體所需抗氧化物質最佳來源之一，本研究主要探討植物生長過程中，不同波長光源對植物花青素含量多寡是否具有影響性，並利用碘滴定及鐵粉生鏽實驗定量有效抗氧化力，來推論不同波長光照植物花青素含量多寡的差異比較。

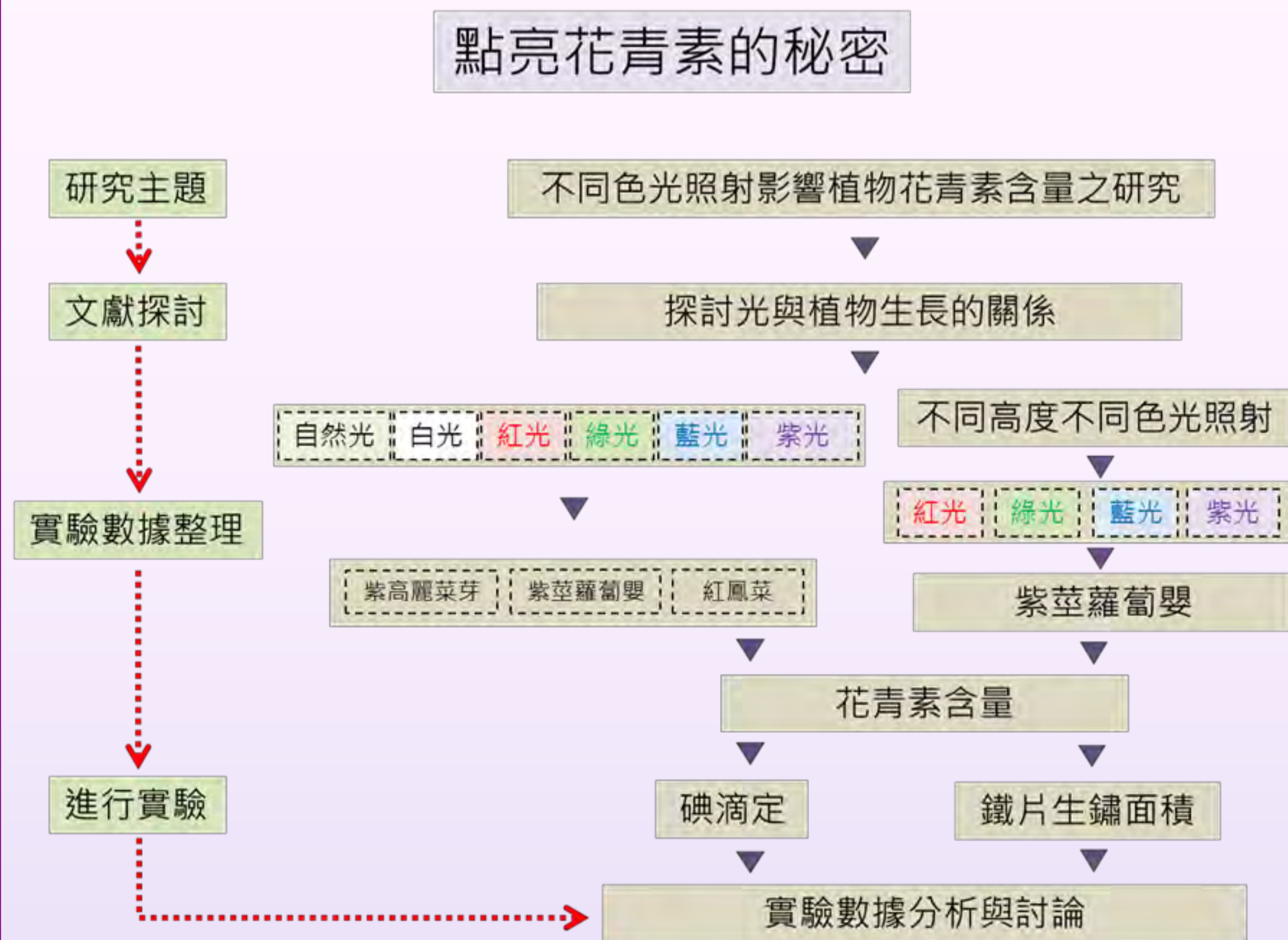
參、研究設備與器材

- 器材：滴定管（架）、量筒、量杯、燒杯、錐形瓶、滴管、溫度計、溼度計、快煮壺、酒精燈、電子秤、計時器、數位相機、1 ml 針筒、植栽照光架、遮光網、LED 燈、棉紙、透明塑膠片
- 藥品：優碘、鐵粉、樹薯粉
- 生物材料：紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽、紅鳳菜

植栽照光架	棉紙、透明塑膠片	LED 燈	遮光網
			
長 70 公分、寬 45 公分、高 120 公分	邊長 3 公分正方形	8 條色光+8 條白光相間，燈條長 50 公分，一條 30 顆燈粒	75%遮光率黑紗網

肆、研究過程與方法

一、研究架構



二、研究問題

- 比較不同色光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響
- 比較不同色光照射紫高麗菜芽對花青素含量之影響
- 比較不同色光照射紅鳳菜對花青素含量之影響
- 比較不同高度紫光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響
- 比較不同高度藍光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響
- 比較不同高度綠光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響
- 比較不同高度紅光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

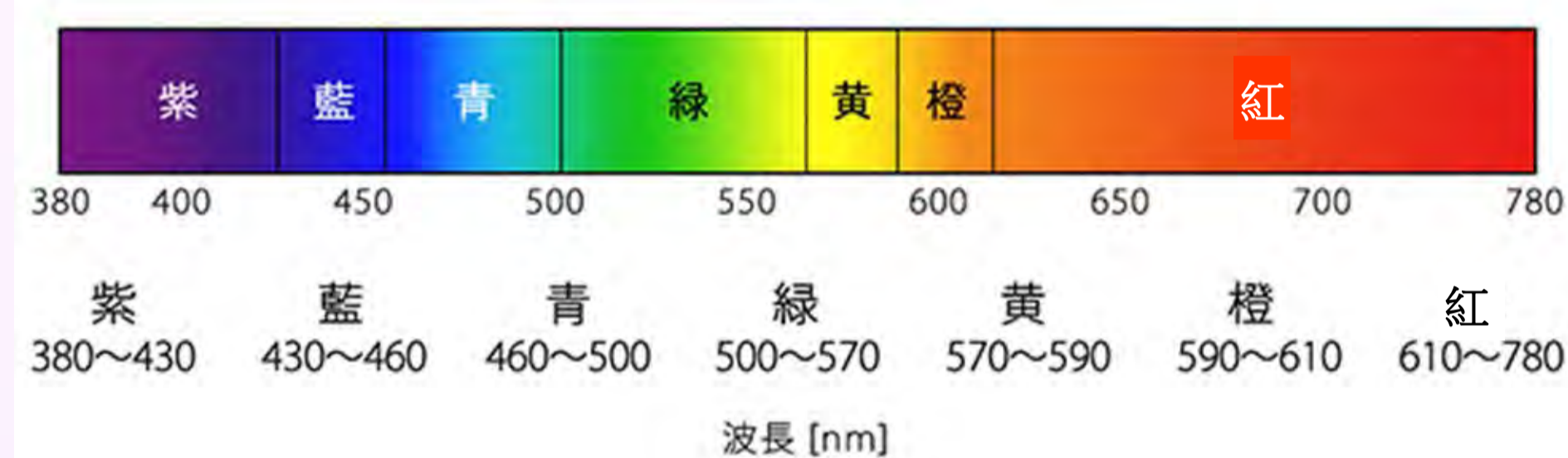
三、研究過程及方法

【不同色光照射植株成長情形記錄】

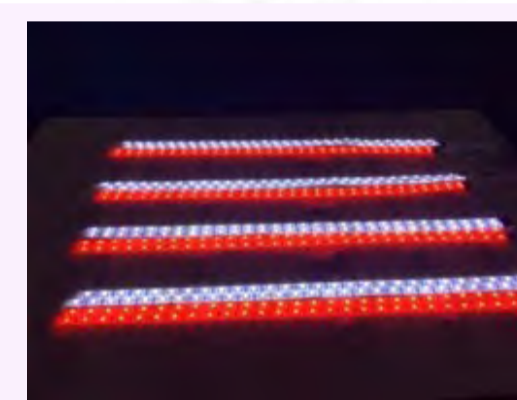
1. 實驗準備

將紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽、紅鳳菜，置於自製照光架、75%遮黑紗網帷幕內，每日以定時器控制 6:00~18:00 給予不同波長 LED 燈照射。每個照光架均八條白光（燈條長 50 cm 每條燈條上 30 顆燈），再分別加上八條色光（燈條長 50 cm，每條燈條上 30 顆燈）。白光（380~750 nm）紅光（610~720 nm）、綠光（520~610 nm）、藍光（400~520 nm）、紫光（385~395 nm）燈條照光 12 小時。

控制溫度在 20~25℃、濕度 50%-70% 的環境下，種植紫莖蘿蔔嬰 7 天、紫高麗菜芽 10 天、紅鳳菜 35 天後採收。



自製燈架



安裝燈板，
8 條白光 + 8 條色光



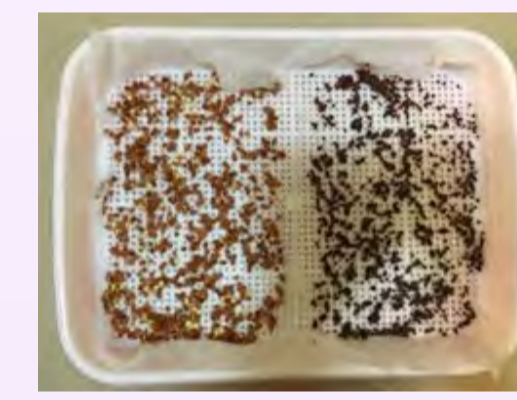
75% 黑紗網帷幕內照光



芽菜種子浸泡一日



催芽後移至光區栽種



平鋪在培養盤上送至燈架內照光



紅鳳菜枝條泡水發根



培養土與紅泥土拌勻
(2:1)



將已長根的红鳳菜扦插入盆

2. 紫高麗菜芽(右)紫莖蘿蔔嬰(左)生長情形

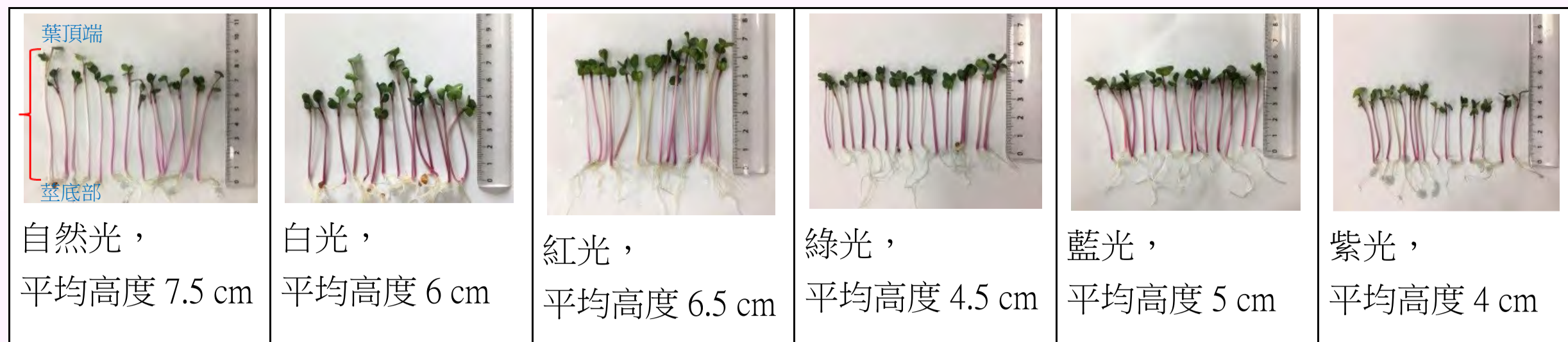
	自然光	白光	紅光	綠光	藍光	紫光
第一天						
第三天						
第五天						
第七天						
第十天						

3. 紅鳳菜生長情形

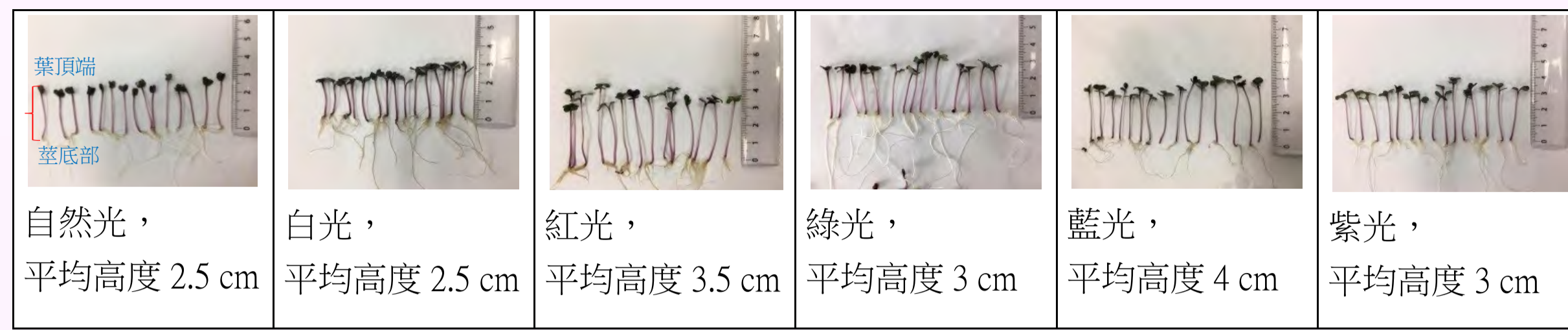
	自然光	紅光	綠光	藍光	紫光
第一週					
第二週					
第三週					
第四週					
第五週					

4、採收

(1) 紫莖蘿蔔芽 7 天：測量高度由莖底部量至葉頂端，隨機採樣 15 根芽菜。



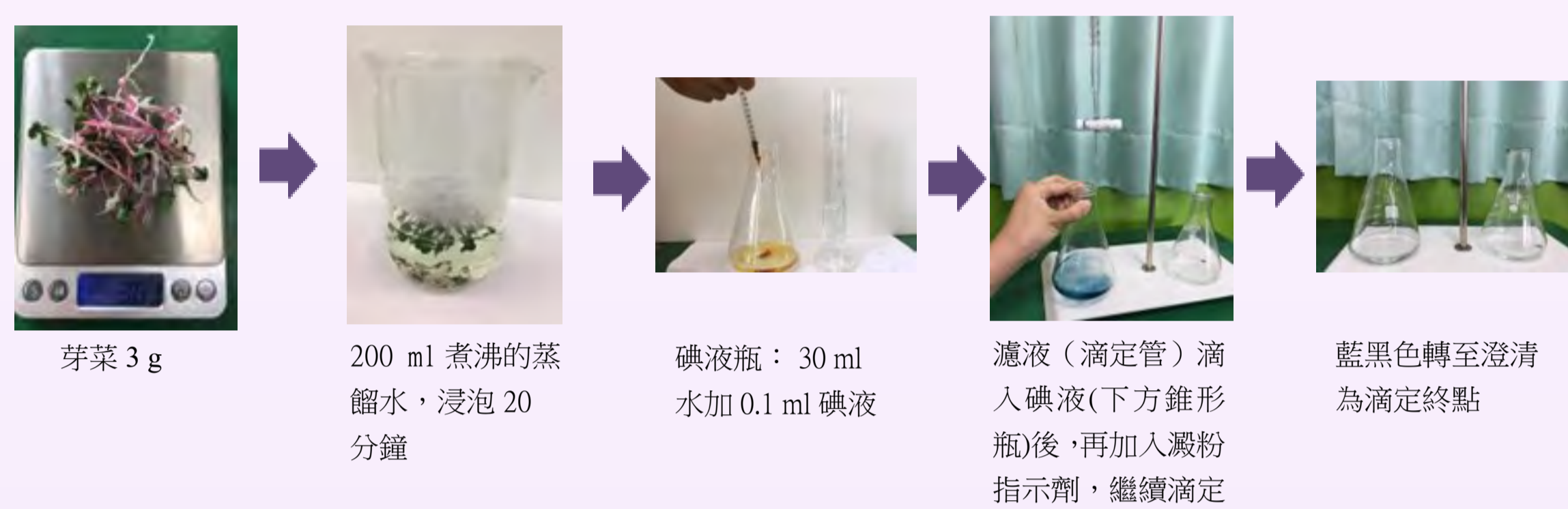
(2) 紫高麗菜芽 10 天：測量高度由莖底部量至葉頂端，隨機採樣 15 根芽



(3) 紅鳳菜 35 天：測量葉片長度，隨機採樣 6 片葉子平均。



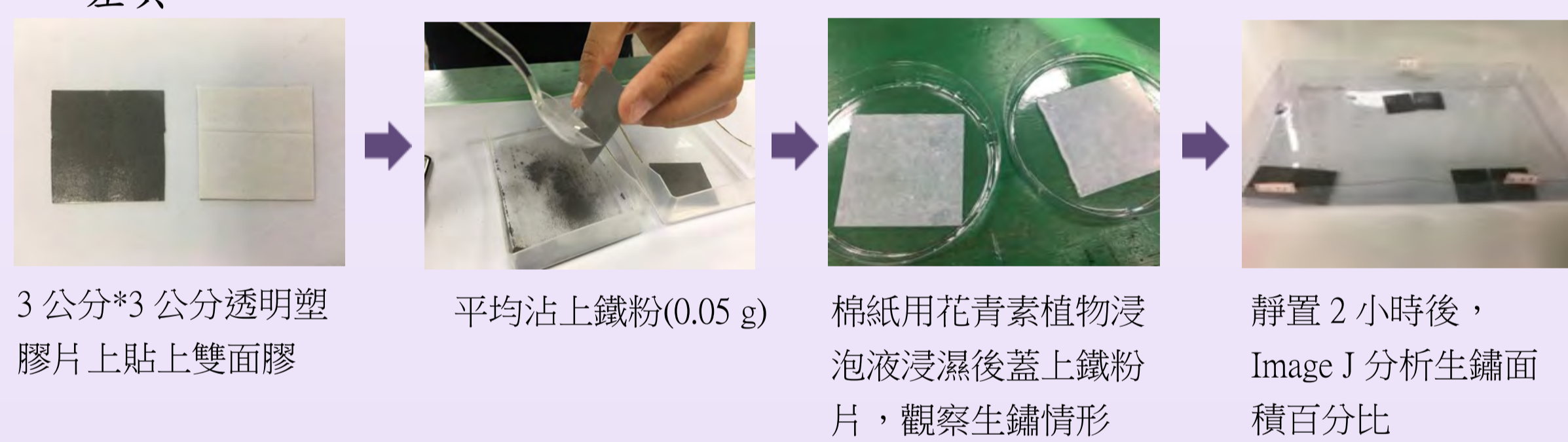
【碘滴定】



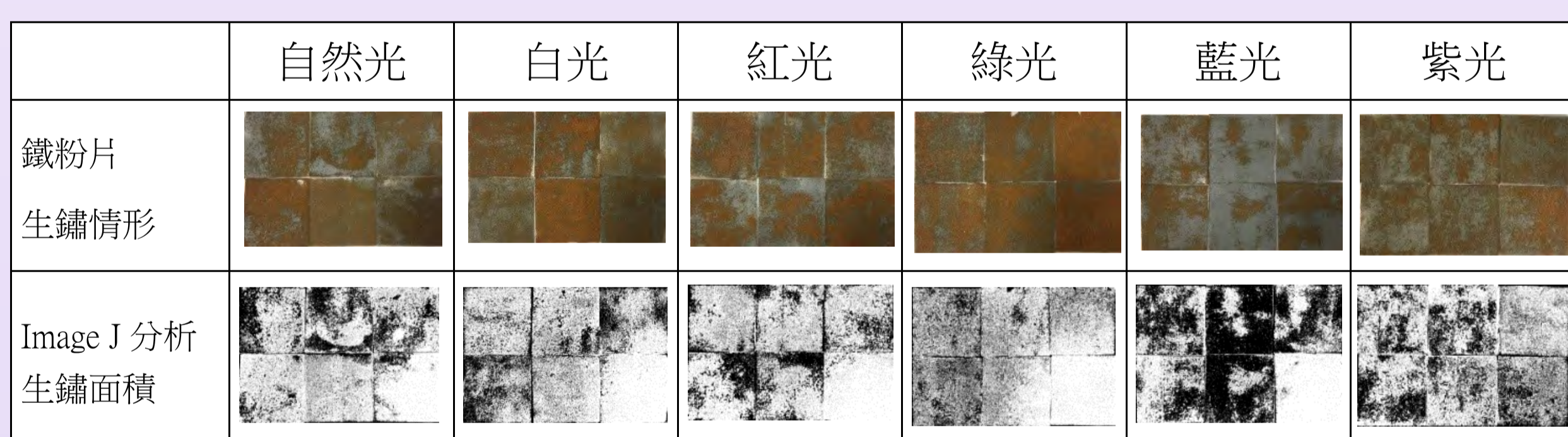
【Image J 分析生鏽面積】

鐵粉片生鏽輔助觀察抗氧化實驗：

- 在自然課本有提到鐵生鏽是一種氧化反應，查詢相關抗氧化文獻中，常使用鋼絲絨生鏽檢測抗氧化能力，但鋼絲絨的厚度及以目測方式會影響實驗數據的準確性。
- 我們從製作沙畫中獲取靈感，利用鐵粉平鋪在透明片上，將具抗氧化力的植物浸泡濾液 0.5 ml 浸濕棉紙，再將棉紙覆蓋在鐵粉片上。
- 鐵生鏽重量會改變，但因生鏽重量差距些微，目前實驗室中使用的電子秤無法精確秤出重量差，所以改以測定生鏽面積來測得花青素抗氧化力。鐵粉片靜置二小時後，將生鏽鐵片拍照，用電腦軟體 Image J 分析生鏽面積像素的差異。



【實驗一】比較不同色光照射紫莖蘿蔔芽對花青素含量之影響



	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
自然光	23.7	24.8	26.0	24.83±1.15	71.00%
白光	24.3	24.4	25.2	24.63±0.49	70.40%
紅光	20.3	19.8	22.8	20.97±1.61	69.32%
綠光	17.5	17.7	16.2	17.13±0.81	70.20%
藍光	13.5	17.6	14.3	15.13±2.17	53.38%
紫光	14.0	13.2	13.0	13.40±0.52	52.64%



圖 1 紫莖蘿蔔芽抗氧化能力分析

從鐵粉生鏽面積來看，與碘滴定結果相同，均為紫光照射後抗氧化力最好。波長愈短抗氧化力愈佳，花青素的含量愈多。

【實驗二】比較不同色光照射紫高麗菜芽對花青素含量之影響

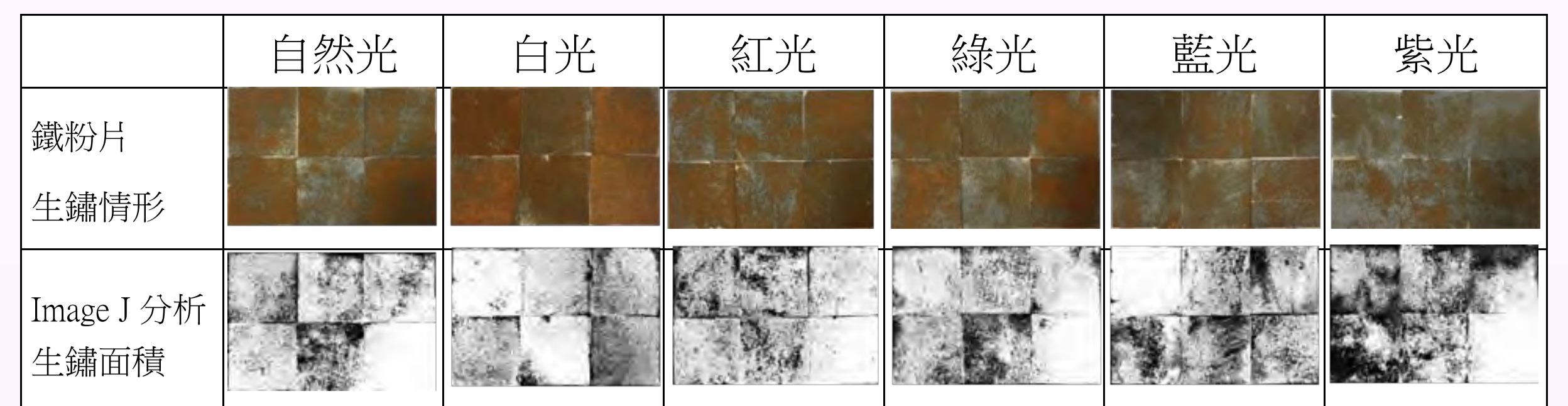


表 2 不同色光照射紫高麗菜芽抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
自然光	32.3	28.1	30.2	30.20 ± 2.10	75.42%
白光	31.5	32.4	29.5	31.10 ± 1.48	74.80%
紅光	38.4	41.2	40.6	40.07 ± 1.47	79.09%
綠光	33.1	29.3	29.8	30.73 ± 2.06	74.15%
藍光	26.8	26.5	25.5	26.27 ± 0.68	65.37%
紫光	24.2	26.6	25.3	25.37 ± 1.20	63.46%



圖 2 紫高麗菜芽抗氧化能力分析

從鐵粉生鏽面積來看，與碘滴定結果相同，均為紫光照射後抗氧化力最好。

【實驗三】比較不同色光照射紅鳳菜對花青素含量之影響

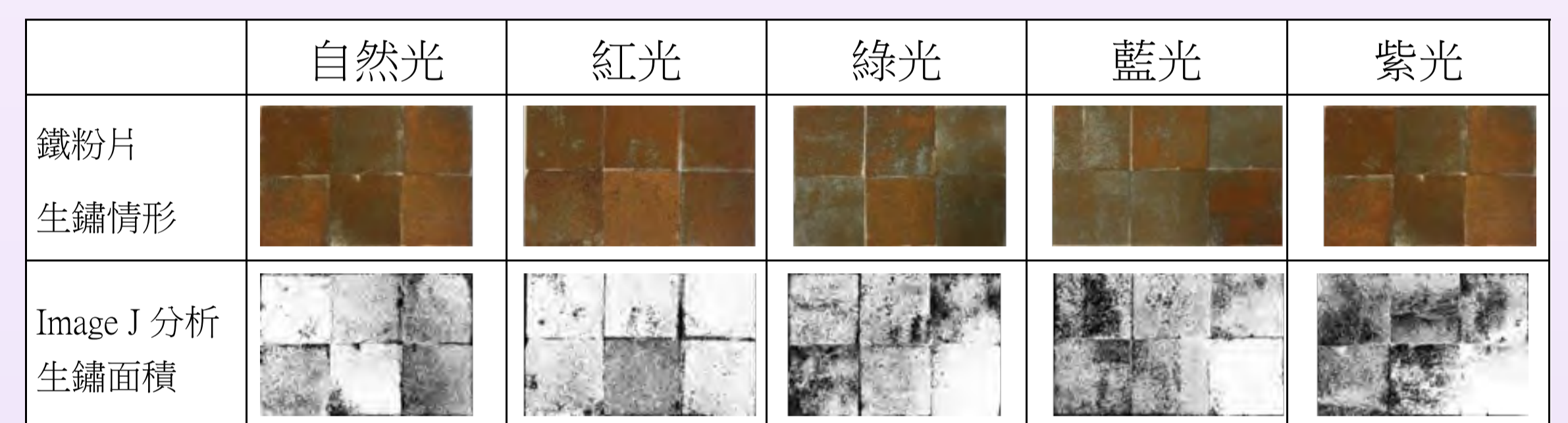


表 3 不同色光照射紅鳳菜抗氧化能力分析（碘滴定與生鏽面積比率）

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
自然光	125.0	110.0	118.0	117.7 ± 7.50	75.55%
紅光	130.0	134.0	137.0	133.7 ± 3.51	79.76%
綠光	100.0	104.0	101.0	101.7 ± 2.08	73.05%
藍光	94.0	91.0	96.0	93.7 ± 2.51	67.76%
紫光	85.0	83.0	80.0	82.7 ± 2.51	63.02%



圖 3 紅鳳菜抗氧化能力分析

從鐵粉生鏽面積來看，與碘滴定結果相同，均為紫外線照射後抗氧化力最好，波長愈短花青素含量愈多。

【實驗四】比較不同高度紫光照射紫莖蘿蔔芽對花青素含量之影響

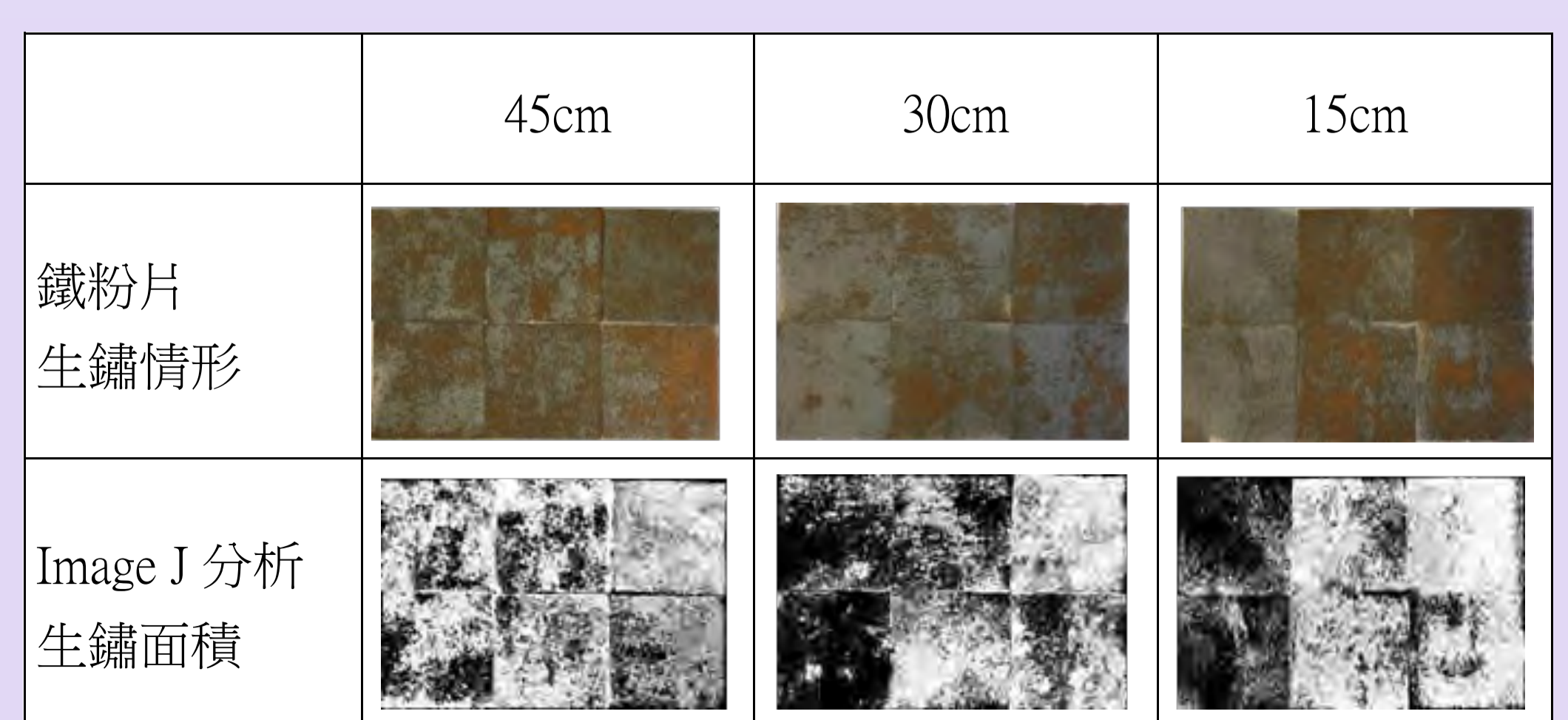


表4 不同高度紫光—紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
(碘滴定與生鏽面積比率)

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	14.00	13.20	13.00	13.40 ± 0.52	52.64%
30 cm	12.20	11.40	10.90	11.50 ± 0.66	51.00%
15 cm	15.50	15.30	16.20	15.67 ± 0.47	57.00%

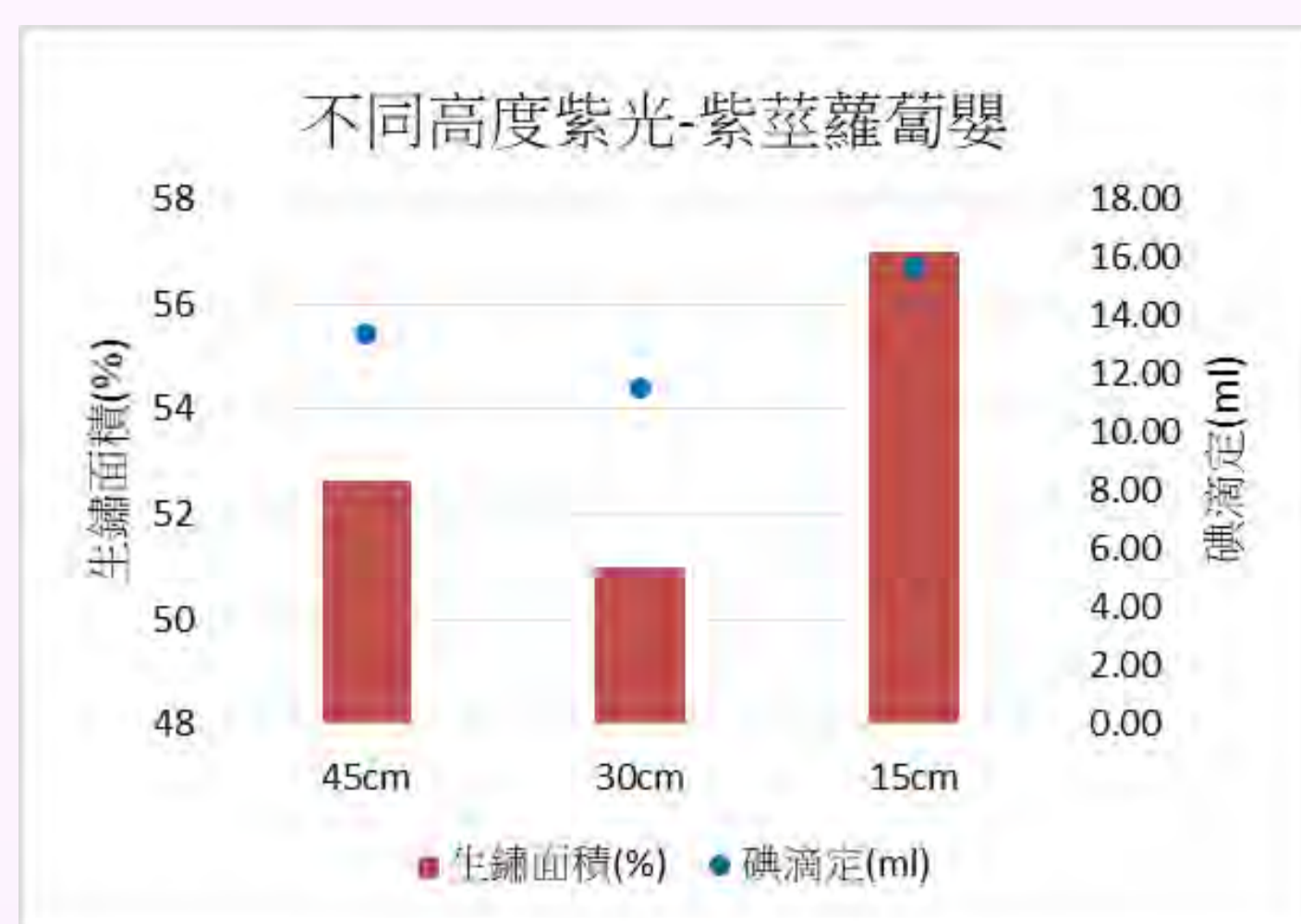


圖4 不同高度紫光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析

紫光並非愈近抗氧化能力愈好，以實驗結果來說，紫莖蘿蔔嬰以紫光照射栽種的最佳距離為30公分。

【實驗五】比較不同高度藍光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

	45cm	30cm	15cm
鐵粉片 生鏽情形			
Image J 分析 生鏽面積			

表5 不同高度藍光—紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
(碘滴定與生鏽面積比率)

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	13.50	17.60	14.30	15.13 ± 2.17	53.30%
30 cm	14.30	14.50	13.90	14.23 ± 0.30	52.50%
15 cm	12.70	13.20	13.60	13.17 ± 0.45	51.20%

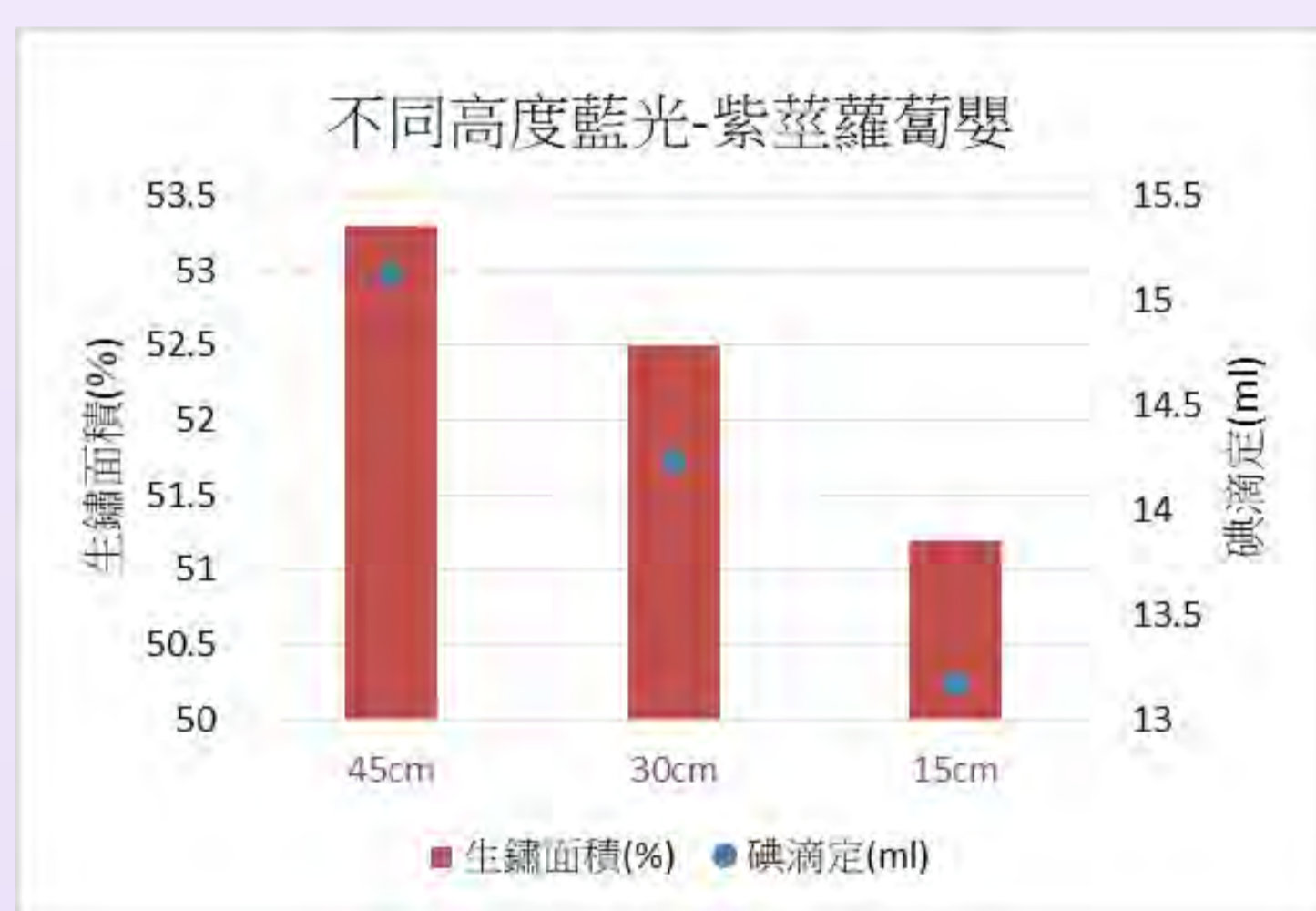


圖5 不同高度藍光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析

紫莖蘿蔔嬰藍光高度差的實驗，碘滴定和鐵粉氧化的實驗結果，均發現燈照距離愈近抗氧化能力愈好。

【實驗六】比較不同高度綠光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

	45cm	30cm	15cm
鐵粉片 生鏽情形			
Image J 分析 生鏽面積			

表6 不同高度綠光—紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
(碘滴定與生鏽面積比率)

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	17.5	17.7	16.2	17.13 ± 0.81	70.20%
30 cm	17.2	16.3	17.8	17.10 ± 0.75	66.49%
15 cm	15.5	16.5	15.0	15.67 ± 0.76	64.49%

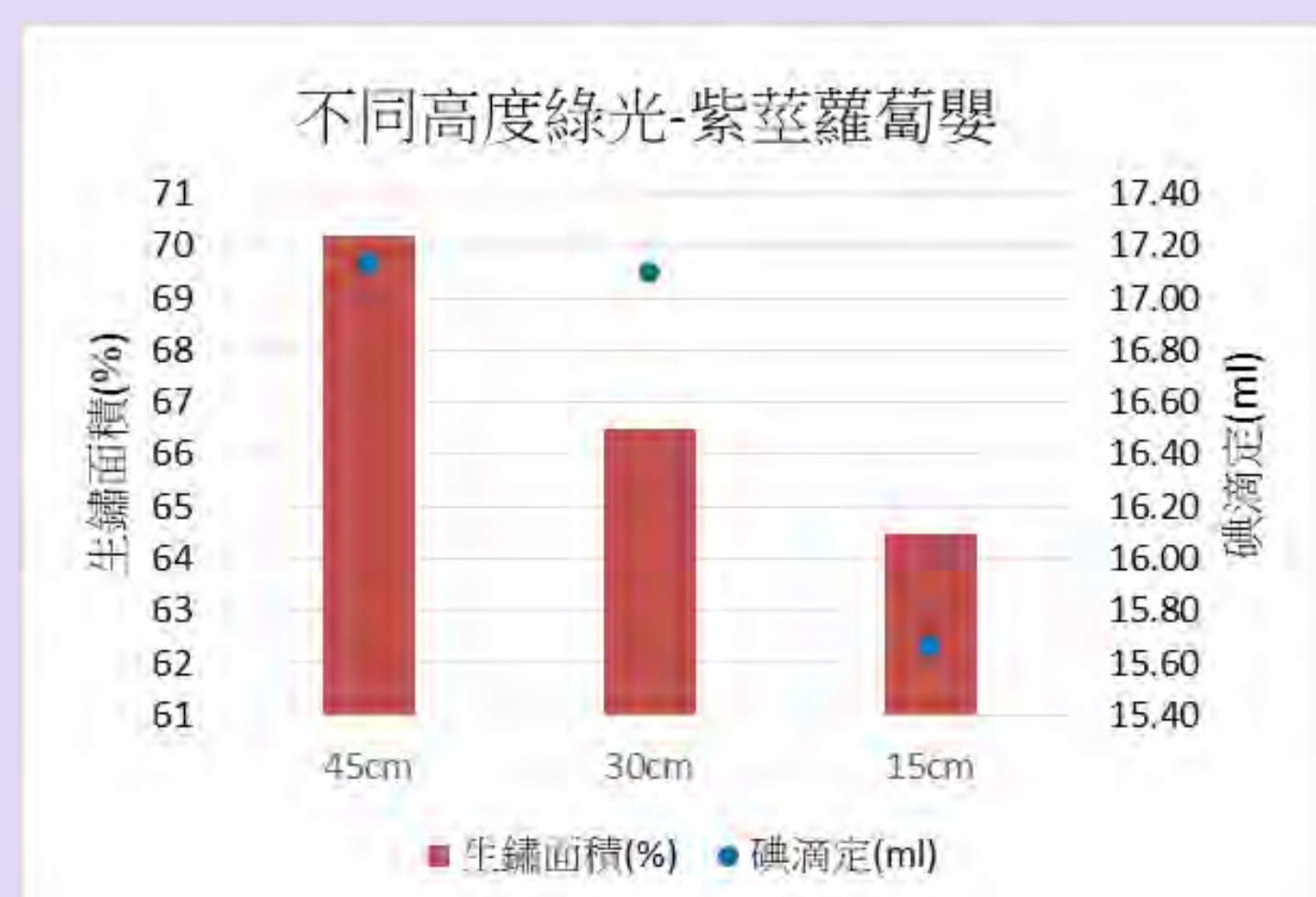


圖6 不同高度綠光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析

【實驗七】比較不同高度紅光照射紫莖蘿蔔嬰對花青素含量之影響

	45cm	30cm	15cm
鐵粉片 生鏽情形			
Image J 分析 生鏽面積			

表7 不同高度紅光—紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析
(碘滴定與生鏽面積比率)

	第一次	第二次	第三次	平均(ml)	生鏽面積(%)
45 cm	20.3	19.8	22.8	20.97 ± 1.6	69.32%
30 cm	18.5	19.8	19.6	19.30 ± 0.7	60.75%
15 cm	16.5	15.6	17.3	16.47 ± 0.85	58.61%

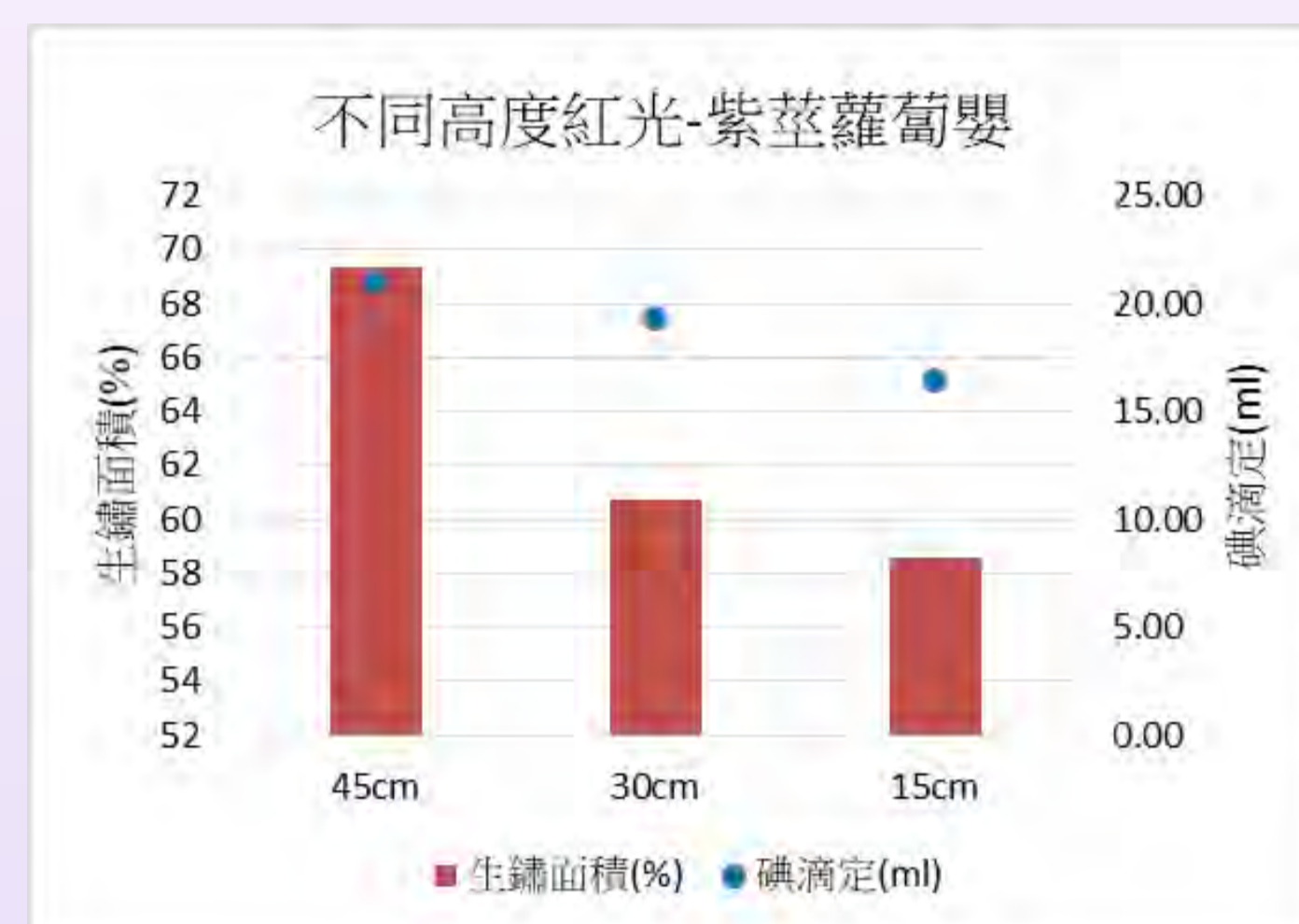


圖7 不同高度紅光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析

紫莖蘿蔔嬰紅光高度差的實驗，碘滴定和鐵粉氧化的實驗結果，同樣發現燈照距離愈近抗氧化能力愈好。

綜合實驗四-實驗七：

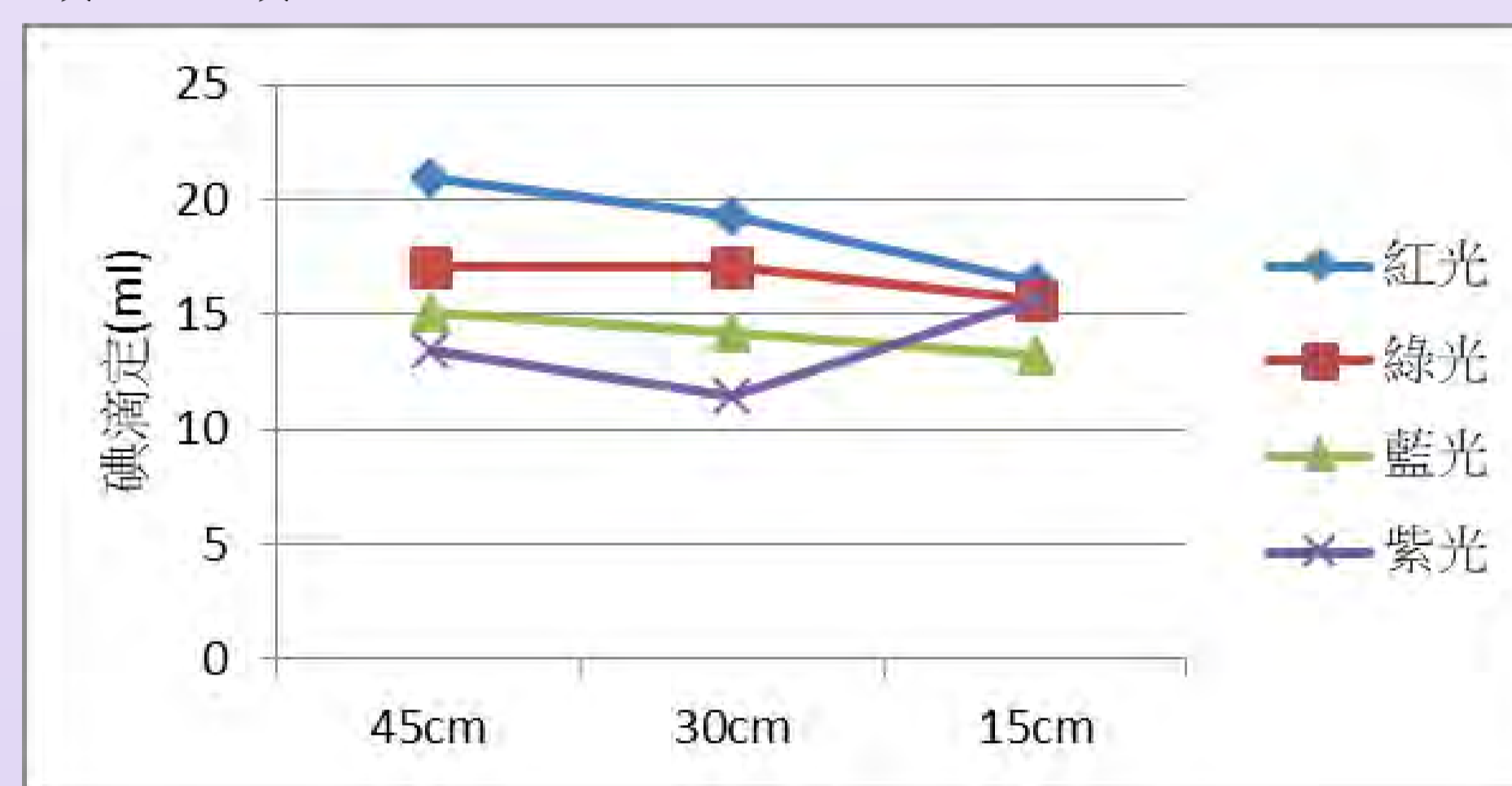


圖8 不同高度各種色光紫莖蘿蔔嬰抗氧化能力分析

紫光照射距離少於15公分時，抗氧化力轉差。而藍光、綠光、紅光，在不同高度照射下，紫莖蘿蔔嬰均為燈照距離愈近，抗氧化能力愈好。

伍、研究結論

- 植物在不同波長色光(自然光、白光、紅光、藍光、綠光、紫光)照射下，以抗氧化能力推論花青素含量多寡實驗中發現：紫莖蘿蔔嬰、紫高麗菜芽和紅鳳菜以紫光照射下抗氧化能力最好。
- 從本實驗探討的三種植物實驗中，發現LED波長愈短，抗氧化能力愈強，花青素含量愈多。
- 探討增加各種色光照強度，影響花青素含量實驗結果，發現距離愈近，抗氧化能力愈好，花青素愈多，但紫光距離芽菜少於15公分時，抗氧化力會轉差。
- 利用調整光條件的方式，就能種出富含更多花青素、營養價值更高的食用植物，尤其芽菜種植簡單生長期短，生長過程中變因控制單純，所以值得推廣。

陸、未來研究及建議

- 在本研究中針對單一光源對植物花青素含量的影響，未來也可以再延伸探討不同波長色光的配比下是否對植物花青素含量有不同的影響，再做更進一步的研究。
- 本研究在實驗方法上，改良了鋼絲絨生鏽的氧化還原實驗，利用自製鐵粉片搭配電腦軟體做更精準地分析，解決了鋼絲絨生鏽面積目測觀察容易造成誤差的問題，且鐵粉片製作簡單有趣，這部分可作為未來國小自然與科技領域實驗課程的參考。
- 花青素具抗氧化力，所以本實驗利用抗氧化實驗推論花青素含量，但植物除了花青素外，可能還有其他物質具抗氧化力，所以在未來可以再做更精確實驗，探討花青素生成與色光相關性。