

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生物科

030301

談紫色變—探討影響紫蘇葉變色的因素

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者：  國二 王子齊  國二 阮品嘉  國二 陳宣錡	指導老師：  蔡名峯  謝雅娟
---	-----------------------------

關鍵詞：紫蘇、色素、層析

## 摘要

紫蘇會出現紅葉或綠葉甚至交雜出現的現象，而綠葉品種的白蘇並無此現象，是什麼因素造成？本組以「**光照時間、不同色光、照射部位、土壤酸鹼度**」來探討紫蘇葉的顏色變化。實驗中發現：葉中紅色部分會從**葉脈**開始變色，然後由葉脈附近擴展到整片葉子，其中**葉背**又比葉面快變紅；葉子變綠時會先從**葉緣**往內開始變綠，最後葉脈才變綠，其中葉面又比葉背快變綠；適度光照(12、16 小時)紫蘇，紅色產生的快且紅，光照少則紅色不易出現；照射單一色光時，**藍色**色光最有利於紫蘇色素產生，雙色光比單一色光更容易使葉片變紅；紅色色素的產生並不受其他部位的葉子的影響；土壤的酸鹼度，對紫蘇葉片顏色的產生沒有影響。

## 壹、研究動機

在這美麗的大自然中有五彩繽紛的花朵和許多綠葉襯托出這些花朵的美，但是有些葉子卻不盡然都是綠色，他們繽紛的色彩不輸給鮮豔美麗的花朵，其中有種植物便是如此，那就是「紫蘇」。紫蘇的葉子中有著神秘的暗紅色，但是有一天在這堆紫色的葉子中，本組發現它長出了綠色的葉子，觀察一陣子後發現，有時葉子全是綠色的，有時則是紅綠交雜出現。面對這樣紅綠互相出現的狀況，不禁令人好奇是什麼樣的因素使紫蘇葉內的顏色改變呢？就讓我們來探討改變紫蘇葉子顏色的神秘面紗吧！

## 貳、研究目的

- 一、探討不同顏色紫蘇葉的**色素**差異。
- 二、探討**光照時間長短**對紫蘇葉顏色的影響。
- 三、探討**不同色光**對紫蘇葉顏色的影響。
- 四、探討紫蘇葉**紅綠消長**的現象。
- 五、探討紫蘇植株**光照部位不同**，對紫蘇葉顏色的影響。
- 六、探討**單一葉片**內光照不同部位後葉片顏色變化。
- 七、探討**土壤酸鹼度**對紫蘇葉顏色的影響。

## 參、研究設備及器材

		<p>藍色 LED 燈：440 ~470nm            綠色 LED 燈：500 ~540nm            紅色 LED 燈：650 ~660nm</p>
<p>光度計</p>	<p>植物生長箱</p>	
		
<p>長條濾紙(40cm)</p>	<p>研鉢及杵</p>	<p>酸鹼度計</p>
		
<p>丙酮</p>	<p>石油醚</p>	<p>紫蘇</p>
		
<p>石灰</p>	<p>酸性肥料</p>	

## 肆、研究方法

### 一、探討紫蘇葉的色素差異

(一)紫蘇種類介紹：紫蘇，學名 *Perilla frutescens*，英文名 *Beefsteak Plant*。唇形科，紫蘇屬，一年生草本，株高 30-90 公分，莖綠色或紫色，密被長柔毛。葉對生，闊卵形或圓形，長 7-13 公分，寬 4.5-10 公分，先端短尖或突尖，基部圓形或闊楔形，邊緣在基部以上有粗鋸齒，膜質；兩面綠色或紫色，或僅下面綠色，上面被疏柔毛，下面被貼生柔毛；側脈 7-8 對，位於下部者稍靠近，斜上升，與中脈在上面微突起，下面明顯突起，色稍淡；葉柄長 3-5 公分，背腹扁平，密被長柔毛。小堅果近球形，灰褐色，直徑約 1-2 公分，具網紋。花期六至九月，果期八至十一月。

紫蘇葉色因品種而異，變異極大，有紫色、紫綠色、綠色等，葉兩面紫色和面青背紫者為紫蘇(圖一)，葉色全綠者為白蘇 (圖二)。



圖一：紫蘇（葉全紫）



圖二：白蘇（葉全綠）

### (二)色素層析法

#### 1.配置展開液

(1)配置展開液：石油醚＋丙酮＋水(石油醚：丙酮：水＝10：9：1)。

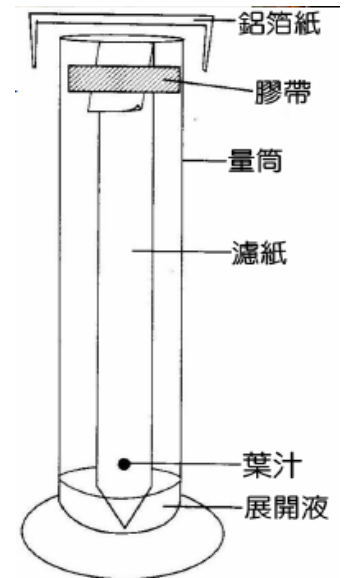
(2)將10ml展開液置於100ml量筒中，量筒口以鋁箔密封。

## 2. 萃取色素

- (1) 分別將紅紫蘇的紅葉、變綠的綠葉，白蘇的綠葉各取10g。
- (2) 捏碎後放入研鉢中，研磨成泥。
- (3) 加10 ml 90%丙酮充分研磨。
- (4) 以雙層濾紙過濾，取濾液。

## 3. 層析(見圖三)

- (1) 取一長條濾紙，將前端剪成尖形，並以鉛筆在離尖端3cm處畫一橫線。
- (2) 以滴管吸取濾液(葉汁)，點一滴在橫線上。  
(點的面積愈小愈好)
- (3) 將濾紙放入含有展開液的量筒中。
- (4) 將濾紙固定好，以鋁箔封口(層析過程切勿晃動展開液)。
- (5) 展開液上升到濾紙全長的90%時，取出濾紙觀察(展開液上升高度切勿超過濾紙)。



圖三 層析方法

(三)分別將紅紫蘇的紅葉、變綠的綠葉，白蘇的綠葉，進行色層分析法。

(四)比較各種葉子所含的色素差異。

## 二、探討光照時間對紫蘇葉顏色的影響

(一)取植株約 15cm 高的紫蘇 12 棵，將整株葉子剪光，放入 25°C、有植物生長燈(波長 1200nm)的植物生長箱中(圖四、五)。



圖四：用剪刀將葉子剪光



圖五：剪完葉子後的紫蘇

(二)每種光照時間準備兩株紫蘇。

(三)每天照光時間分別為 4、8、12、16、20、24 小時，在第 7 天、第 14 天、第 21 天觀察其葉片的變化，並拍照。

### 三、探討色光對紫蘇葉顏色的影響

(一)於植物生長箱（溫度 25℃、光照時間每日 12 小時）中分別用綠光、紅光、藍光、綠光加紅光、綠光加藍光、紅光加藍光的 LED 燈照射株高 15cm 的紅葉紫蘇(圖六～圖十一)，每種處理放入兩盆的紫蘇。



(二)每天觀察記錄照光後葉子顏色變化，將第 1 天、第 7 天、第 14 天的葉片顏色進行比較。

### 四、探討影響紫蘇葉紅色部分出現與消失的原因

- (一)將株高 15cm 暗室處理一星期後，葉片全綠的紫蘇放至室外陽光下培養，每日澆水。
- (二)將株高 15cm 紅葉紫蘇置於暗室中，每日澆水。
- (三)觀察記錄二者葉子顏色變化狀況，於第 3、6、9 日記錄葉子顏色。

## 五、探討紫蘇植株光照部位不同，對紫蘇葉顏色的影響

(一)分別用鋁箔包覆植物頂端和下層的葉子(圖十二、十三)。



圖十二 用鋁箔包覆植物頂端的葉子



圖十三 用鋁箔包覆植物下層的葉子

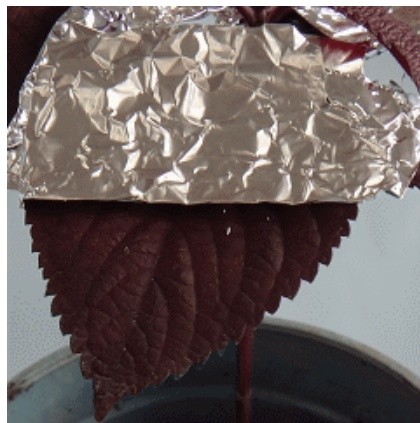
(二)放於室外後觀察其他未包覆鋁箔的葉子顏色變化。

## 六、探討單一葉片內光照不同部位後葉片顏色變化

(一)分別用鋁箔包覆葉片前端、後半、側半(圖十四、十五、十六)，每種處理有 3 片。



圖十四用鋁箔包覆葉片前端



圖十五 用鋁箔包覆葉片後半



圖十六 用鋁箔包覆葉片側半

(二)放於室外後，每天觀察包覆鋁箔後的葉片顏色變化，連續觀察 14 天。



## 七、探討土壤酸鹼度對紫蘇顏色變化的影響

(一)分別在土中加石灰 15g 和酸性肥料 15g(圖十七、十八)，每種處理有 2 盆，放置室外，每日澆水。



圖十七 在土中加酸性肥料



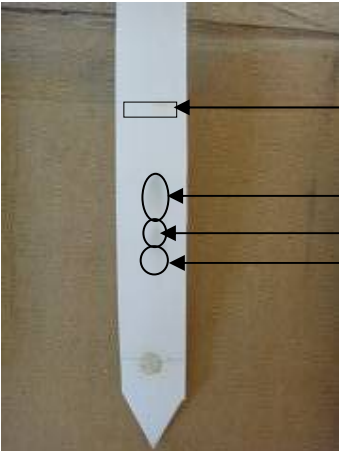

圖十八 在土中加石灰

(二)每天觀察葉子顏色變化狀況，於第 1、7、14 天記錄葉子的顏色。

## 伍、研究結果

### 一、探討不同顏色紫蘇葉的色素差異

表一 紫蘇的紅葉、綠葉及白蘇的綠葉色層分析

品種	圖片	說明
紫蘇的紅葉	 <p>胡蘿蔔素 葉黃素 葉綠素 A 葉綠素 B 花青素</p>	各種色素都很明顯，出現的色素有胡蘿蔔素、葉黃素、葉綠素 A、葉綠素 B、花青素
紫蘇的綠葉	 <p>胡蘿蔔素 葉綠素 A 葉綠素 B 花青素</p>	色素顏色很淡，出現的色素有胡蘿蔔素、葉綠素 A、葉綠素 B。沒有葉黃素，花青素幾乎看不見。
白蘇的綠葉	 <p>葉綠素</p>	只有葉綠素，其它色素沒有出現。

(一)紅葉紫蘇明顯顯現含有五種色素（胡蘿蔔素、葉黃素、葉綠素 A、葉綠素 B、花青素）；而綠葉紫蘇的色素不明顯，沒有葉黃素，花青素幾乎看不見，但含有胡蘿蔔素、葉綠素 A、葉綠素 B；白蘇則只出現葉綠素。

(二)紫蘇的紅葉、綠葉色素種類均比白蘇多。

(三)綠葉紫蘇和白蘇的葉子雖均為綠色，但綠葉紫蘇所含色素種類比白蘇多。

(四)因為色層分析結果顯示紫蘇的紅色成因，並不單純是一種色素造成，因此後續的實驗本組均以『色素』稱呼。

## 二、探討光照時間對紫蘇葉片顏色的影響

表二 光照時間對紫蘇葉片顏色影響比較表

實驗日數 光照長度	第 7 日	第 14 日	第 21 日	觀察說明
光照長度 4 小時				葉片剛長出時有些淡紅色，但 21 日時葉片均呈淡綠色
光照長度 8 小時				葉片剛長出時有些淡紅色，21 日時葉片呈淡綠色葉脈呈淡紅色
光照長度 12 小時				葉片剛長出時有部分呈淡紅色 14 日時葉已全部變紅，21 日時呈深紅色
光照長度 16 小時				葉片剛長出時呈淡綠色，21 日時呈深紅色
光照長度 20 小時				葉片剛長出呈綠色葉脈淡紅色，21 日時呈深紅色，葉緣暗綠色
光照長度 24 小時				葉片剛長出呈綠色葉脈淡紅色，21 日時呈暗綠色，葉脈紅色

從表二可將紫蘇葉變紅分為三大類：

**第一類（光照 4、8 小時）：**光照時間少，紫蘇葉多呈現綠色，紅色只出現在葉脈附近。

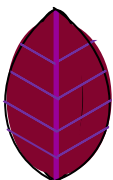








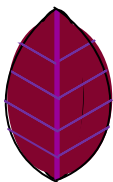








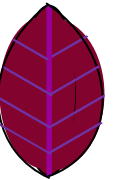








**第二類（光照 12、16 小時）：**光照時間中等，紫蘇葉在第 7 日時已快速變紅。

**第三類（光照 20、24 小時）：**光照時間長，紫蘇葉在第 21 日時並未全部變紅，未變紅部分呈現暗綠色。

### 三、探討色光對紫蘇葉顏色的影響

表三 色光對紫蘇葉顏色影響比較表

照射日數		第 1 日	第 7 日	第 14 日
照射色光				
綠光	新葉葉面			
	舊葉葉面			
	新葉葉背			
	舊葉葉背			
紅光	新葉葉面			
	舊葉葉面			
	新葉葉背			
	舊葉葉背			
藍光	新葉葉面			
	舊葉葉面			
	新葉葉背			
	舊葉葉背			

綠 + 紅	新葉葉面			
	舊葉葉面			
	新葉葉背			
	舊葉葉背			
綠 + 藍	新葉葉面			
	舊葉葉面			
	新葉葉背			
	舊葉葉背			
紅 + 藍	新葉葉面			
	舊葉葉面			
	新葉葉背			
	舊葉葉背			

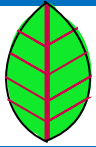
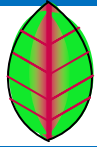

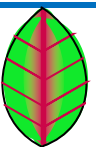


由表三 可以發現：

1. 雙色光比單一種色光照射，紫蘇葉片紅色較持久，較不容易變綠色。
2. 單一色光照射變綠速度：綠光 > 紅光 > 藍光，葉面 > 葉背，新葉 > 舊葉；綠光照射第 7 日紫蘇葉大致呈現綠色，第 14 日時已完全變成綠色，而葉背在藍光照射第 14 日時仍維持紅色。
3. 雙色光照射變綠速度緩慢：綠光 + 紅光  $\approx$  綠光 + 藍光 > 紅光 + 藍光；第 14 日時只有葉面能出現綠色，其餘則維持紅色不變。

#### 四、探討紫蘇葉紅綠消長的現象

(一)綠葉紫蘇放至陽光下葉片顏色變化。

表四 綠葉紫蘇照光後的變化

實驗日數	3日	6日	9日
葉片部位			
葉面			
	葉脈呈淡紅色，其餘的地方為綠色	葉脈和葉脈附近呈淡紅色，其餘的地方為綠色	葉脈呈深紅色，其餘的地方為淺紅色
葉背			
	葉脈和葉脈附近呈淡紅色，其餘的地方為綠色	葉脈呈深紅色，其餘的地方為淺紅色	整片葉子都呈深紅色


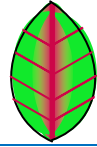
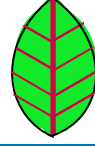


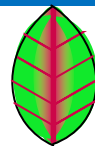
第3日：葉面葉脈呈淡紅色，葉背葉脈和葉脈附近呈淡紅色。

第6日：葉面葉脈和葉脈附近呈淡紅色，葉背呈淡紅色。

第9日：葉面呈紅色，葉背呈深紅色。

(二)紅葉紫蘇葉中紅色消失的狀況。

表五 紫蘇的紅葉於暗室中的變化

實驗日數	3日	6日	9日
葉片部位			
葉面			
	葉脈呈深紅色，其餘的地方為淺紅色	葉脈和葉脈附近呈淡紅色，其餘的地方為綠色	葉脈呈淡紅色，其餘的地方為綠色
葉背			
	整片葉子都呈深紅色。	葉脈呈深紅色，其餘的地方為淺紅色	葉脈和葉脈附近呈淡紅色，其餘的地方為綠色

第3日：葉面呈紅色，葉背呈深紅色。

第6日：葉面葉脈和葉脈附近呈淡紅色，葉背呈淡紅色。

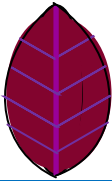
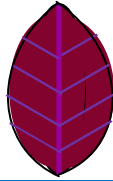
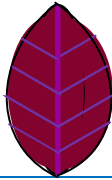
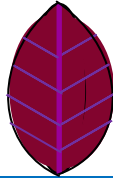
第9日：葉面葉脈呈淡紅色，葉背葉脈和葉脈附近呈淡紅色

由表四、表五可知：綠葉紫蘇葉片會先從葉脈的地方開始變紅，慢慢向外擴及到葉緣；葉背又比葉面還要早變紅，且速度比葉面快、顏色也更紅。紅葉紫蘇葉片會先從葉緣開始變綠，慢慢向內擴及到葉脈；葉面又比葉背還要早變綠，且速度比葉背快、顏色也更綠。



## 五、探討光照部位不同，對紫蘇葉顏色的影響




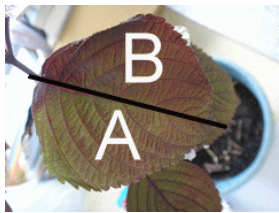
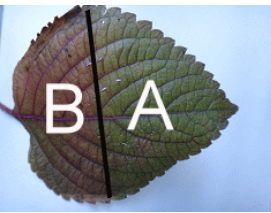
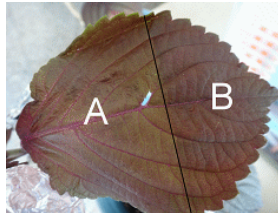
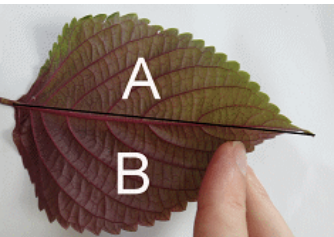
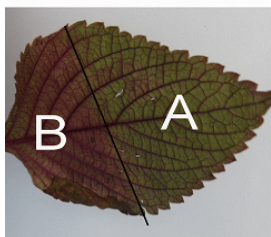
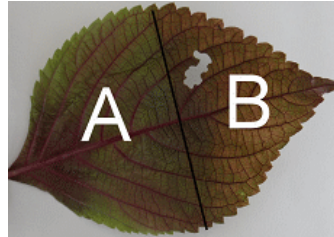
表六 光照部位對紫蘇葉片顏色的變化

光照部位 葉片部位	植物頂端	植物下層
葉面		
	呈深紅色	呈深紅色
葉背		
	呈深紅色	呈深紅色

由表六可發現：紫蘇葉顏色不因光線照射葉面、葉背，植物頂端、下層等不同部位差異而有改變。

## 六、探討單一葉片內光照不同部位後葉片顏色變化

表七 單一葉片內光照不同部位對葉片顏色變化

處理方式 葉片部位	葉片側半照光 A 包鋁箔 B 照光		葉片前端照光 A 包鋁箔 B 照光		葉片後半照光 A 包鋁箔 B 照光	
葉面						
	A 呈綠色葉脈呈淡紅色 B 呈紅色葉脈呈深紅色		A 呈綠色葉脈也呈綠色 B 呈淡紅色葉脈呈紅色		A 呈土黃色葉脈呈紅色 B 呈紅色葉脈呈深紅色	
葉背						
	A 呈綠色葉脈呈紅色 B 呈深紅色葉脈呈深紅色		A 呈綠色葉脈呈深紅色 B 呈淡紅色葉脈呈深紅色		A 呈綠色葉脈呈紅色 B 呈土黃色葉脈呈深紅色	

由表七可發現：包鋁箔不照光的部位，紅色會漸漸消褪，照光部位仍維持紅色。

## 七、探討土壤的酸鹼度對紫蘇葉顏色的影響

表八 酸和鹼對紫蘇葉片顏色的變化

實驗日數 葉片部位	開始	7 日	14 日
新葉葉面			
	呈深紅色	呈深紅色	呈深紅色
新葉葉背			
	呈深紅色	呈深紅色	呈深紅色
舊葉葉面			
	呈深紅色	呈深紅色	呈深紅色
舊葉葉背			
	呈深紅色	呈深紅色	呈深紅色

(一) 土壤酸鹼度對紫蘇新葉葉面、葉背、舊葉葉面、葉背，在酸性及鹼性土壤中培養 7 天及

14 天後，其葉中顏色均無改變，均呈現深紅色(表八)。

(二)第 1 日：整株的葉子都是深紅色。

第 7 日：整株的葉子都是深紅色。

第 14 日：整株的葉子都是深紅色。

(三)由表八 可發現：土壤的酸鹼度並不影響紫蘇葉顏色的改變。

## 陸、討論

- 一、分析色素可發現：紫蘇的紅葉含有五種色素；紫蘇的綠葉雖也有四種，但其中葉黃素不見了，花青素和胡蘿蔔素的濃度有明顯降低，和原本推測是花青素在改變葉子顏色的想法差異甚多。原來紫蘇的紅色是由多種色素交互影響所造成。
- 二、原本推測日照時間越多，製造出的色素就越多；但實驗結果發現，每日光照 12hr 及 16hr 產生的色素濃度最高，而全天光照的色素濃度並不多。這樣的結果顯示植物順應自然光照的生存法則。推測光照時間少則光合作用少，無法製造大量色素使葉呈紅色；而光照時間太長時，缺乏適量的轉換機制，使光合作用產物無法大量轉換成色素累積，所以葉中的色素濃度才沒有最高。
- 三、在單一色光照射時，照綠色光的紫蘇葉最快變綠，照藍色光的葉片許多部位仍呈紅色。本組參考了一些文獻資料，發現綠色光最不利植物行光合作用，藍色光對胡蘿蔔素吸收比例甚大，紅色光對光合作用與光週期效應有顯著影響。故本組推測紫蘇葉呈紅色和行光合作用時製造的葡萄糖、胡蘿蔔素有關。另外，在照射藍色光的實驗過程中，少數舊葉會枯黃掉落(見圖十九)，這是自然衰老脫落或因藍光所造成，值得進一步研究。



四、將葉子呈現綠色的紫蘇放回正常光照下後，會先從葉脈開始變紅，接著葉面其它部位才開始陸續變紅。全國第 29 屆科展(生物科對聖誕紅葉變色的探討)有關聖誕紅變紅的研究，發現當葡萄糖囤積在葉內，無法經由葉脈輸出時，葉內的葡萄糖便會轉換成花青素而造成葉子變紅，最後脫落；而紫蘇色素一樣是光合作用產物的轉換，轉換速度卻可以非常快速，且色素越多越紅所代表的意義是光合作用越旺盛，並非葉子老化掉落前的生理作用。因此本組認為這兩者的變色機制不大相同。

五、本組嘗試找出感應環境並控制色素製造的部位，因此分別從特定部位予以照光後，發現其它部位的葉子顏色並沒有產生變化。因此推測紫蘇葉子顏色的變化並不受其他部位的影響，而是跟個別葉片所遭受到的環境因素有關，而且紅色色素並不會發生轉移現象。

六、本組嘗試討論溫度對紫蘇色素的影響，但觀察紫蘇一年四季都可呈現紅色，並不像楓樹受四季變化的溫度明顯影響，因此在探討的因素中並未對溫度做深入探討。

## 柒、結論

- 一、白蘇(綠色品種)不會出現紅葉現象，而紫蘇(紅色品種)會因外在因素(光照、色光)改變葉子顏色。紅葉紫蘇含 5 種色素，比綠葉紫蘇多含葉黃素及濃度較高的花青素、胡蘿蔔素，而白蘇則只含葉綠素。
- 二、照光會使紫蘇產生色素。光照時間短則紅色不易出現；光照時間適中（光照 12、16 hr）則紅色出現的量多且快速；光照時間太長並不會增加紅色產生的速度及量。
- 三、照單一色光時，綠光最易使紫蘇葉變綠，藍光最能維持紅色。而雙色光比單色光更能維持紫蘇的紅色。
- 四、葉子變紅時會從葉脈開始變色，然後由葉脈附近擴展到整片葉子。變綠時會從葉緣開始變色，然後由葉緣附近擴展到葉脈。
- 五、紫蘇色素的產生不會有運送轉移的現象。
- 七、土壤酸鹼性不會影響紫蘇葉片顏色變化。

## 捌、參考資料

- 1.建中生物 <http://www.fundp.ac.be/facultes/sciences/>
- 2.科教館 <http://science.ntsec.edu.tw/>
- 3.行政務農業委員會  
<http://kmweb.coa.gov.tw/subject/ct.asp?xItem=111400&ctNode=3529&mp=253&kpi=0>
- 4.化學 Rf 值 <http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1405103117293>
- 5.全國第 29 屆科展作品(生物科對聖誕紅葉變色的探討)  
<http://science.ntsec.edu.tw/Query.aspx?fld=1000000&key=%E8%81%96%E8%AA%95%E7%B4%85>
- 6.成功大學普通化學實驗室 <http://www.ncku.edu.tw/~chem/chinese/studlab/GenChem/exp2.htm>

## 【評語】 030301

本研究具基礎研究價值，同學們能針對「光照時間」將多次因素設計實驗加以探討，顯示對研究之作深具熱忱，很值得鼓勵。

可惜本研究對前人研究的文獻內容認識不足，以致忽略從青花素的已知功能來探究，而錯失找出主要因素的機會。此外，本研究的探討內容其實是植物生理學的已知知識。