

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 自然科

第二名

081528

點亮黑夜的小精靈---探究紅蘿蔔中的螢光

學校名稱：臺中市南屯區大新國民小學

作者：	指導老師：
小六 蔡雨倫	岳瑞珠
小六 呂靖文	譚德馨
小六 蔡丞凱	
小六 洪正喬	
小六 曾晟	
小六 黃鈺婷	

關鍵詞：萃取 螢光 紅蘿蔔

# 點亮黑夜的小精靈~探究紅蘿蔔的螢光

## 摘 要

本研究在安全環保原則下，探討萃取紅蘿蔔螢光物質的最佳條件。在自製暗箱內尋找最佳觀測螢光條件，用相機拍攝記錄，並研究濃度、溫度、陽光和放置時間對螢光強弱的影響。

我們用水果紙箱自製觀測螢光的暗箱，並以黑布遮光。而找到最佳觀測條件是紅蘿蔔螢光樣品裝在圓形玻璃試管，紫外線燈油試管下方往上照射最佳，相機在正前下方拍攝記錄效果最好。

最佳觀測條件是紅蘿蔔（公克）：水（毫升）：油（毫升）=1：1.5：0.8 的比例最好，萃取時使用沙拉油，萃取過程中加熱 20 分鐘最好且節省能源，而油層才有螢光物質存在。

最後我們探究濃度愈高的紅蘿蔔油層溶液，螢光愈強。溫度對螢光也有影響，溫度比室溫高，螢光愈強，溫度比室溫低，螢光愈弱。如果放在陽光下照射，會使螢光物質減弱。而在室溫下紅蘿蔔油層溶液放置時間愈久，螢光也會慢慢減弱。

## 壹、研究動機

當我們上過四下「美麗的彩虹」這個單元後，對於光的現象產生好奇，老師說：「自然界除了彩虹之外，也可以看到亮眼的螢光。」看了相關書籍，發現螢光蕈在黑夜會發出淡綠色的螢光，非常絢麗；又發現紅蘿蔔的萃取溶液也有螢光，我們想進一步知道螢光種種特性，及萃取最佳條件和觀測條件。又紅蘿蔔非常容易取得，價錢也不昂貴，不會污染環境，我們決定探索紅蘿蔔中螢光的奧秘。

## 貳、研究目的

- 一、學習自己設計製作觀測螢光的暗箱
- 二、探究暗箱中紅蘿蔔螢光的最佳觀測條件
- 三、探討紅蘿蔔螢光的最佳萃取條件
- 四、探究濃度對紅蘿蔔螢光的影響
- 五、探討溫度對紅蘿蔔螢光的影響
- 六、探討陽光對紅蘿蔔螢光的影響
- 七、探討放置時間對紅蘿蔔螢光的影響

### 叁、研究設備器材

- 一、 材料：紅蘿蔔、沙拉油（統一）、葡萄多酚橄欖油（得意的一天）、蔬菜油（得意的一天）、胡麻油（統一）、苦茶油（私人販售）、葵花油（得意的一天）、自來水、冰塊、食鹽（台鹽）
- 二、 器材：培養皿、溫度計、量筒、燒杯、試管、滴管、注射針筒（去掉針頭）、玻璃片、試管架、過濾紗布（過濾豆漿用的）、果汁機、瓦斯爐（攜帶型）、不鏽鋼鍋子、黑手套、棉手套、美工刀、太陽眼鏡、洗碗精、試管刷
- 三、 設備：紫外線燈管（旭光 FL10BLB 波長 360um 紫外線出力 1.3w ）、數位式照度計（MODEL YF-1065A）、數位相機（Nikon P4）
- 四、 自製觀測螢光暗箱：水果紙箱、書法墊布、黑紙、墨汁、黑膠布
- 五、 自製試管架：厚紙板、墨汁、膠帶、鋸子
- 六、 自製相機盒：手機盒子、餅乾盒、保麗龍板

## 肆、研究過程

### 研究（一）學習自己設計製作觀測螢光的暗箱

**說明：**紅蘿蔔螢光要在暗室觀察，可避免不必要光線的干擾，於是我們自己設計觀察螢光的暗箱。設計觀察螢光的暗箱需考慮下列要求：

1. 避免不必要光線的干擾。
2. 暗箱大小需容納數個樣品，在同一條件下觀測比較。
3. 方便操作、觀察與拍攝記錄。
4. 材料易製作、易取得、價廉、廢棄時不會造成環保問題。

#### 步驟：

- 1 先畫好設計圖（如圖 1-1）。
- 2 找到裝水果的紙箱，大小適合，方便操作。
- 3 用美工刀把箱子左右邊挖圓形洞，以便手能伸入紙箱操作用具（如圖 1-2 A 處）。（安全：使用美工刀需戴棉手套，以免割傷）
- 4 紙箱正前方挖一個大洞，可以放相機及相機盒（如圖 1-2 B 處）。
- 5 正前上方挖像眼鏡的洞，方便觀察（如圖 1-2 C 處）。
- 6 內層塗上黑墨汁或貼上黑紙、黑布，以吸收光線，用黑膠帶黏貼，達到暗室效果（如圖 1-3）。
- 7 外層以黑布遮光，以避免光線進入。
- 8 上方保留紙箱的蓋子可以開合，以方便調整紫外線燈及其他用具。觀測時用砧板壓住。
- 9 最後以數位式照度計測量暗箱內的光線，數字顯示為 0，代表沒有光線進入箱中（如圖 1-4）。

結果：（單位：公分）

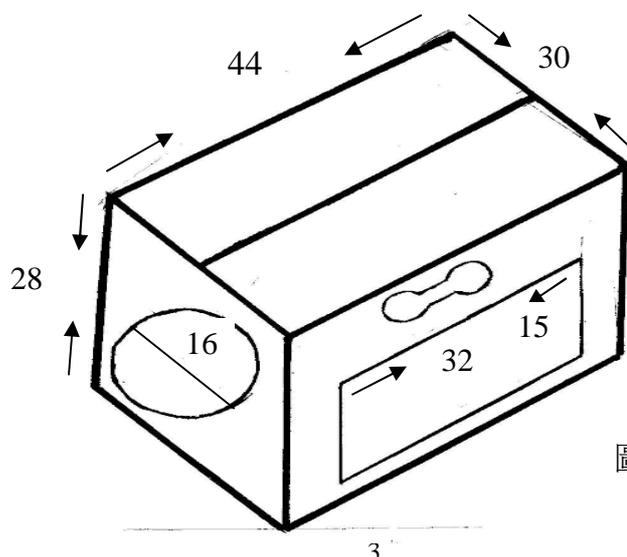


圖 1-1 暗箱設計圖



圖 1-2 暗箱外觀照片



圖 1-3 暗箱內部照片



圖 1-4 暗箱數位式照度計顯示為「0」

#### 討論：

1. 經過多次製作的經驗，厚度太薄的紙箱容易在使用多次後破裂，因此不適合用。
2. 黑布的材質以書法用黑色墊布為宜，材質較厚不易透光，且不反射光。不能使用光面黑布或紙，因為會反射光線。
3. 箱子大小以用具擺得下，相機拍照時可調整焦距為考慮，太大或太小都不適合。

## 研究(二) 探究暗箱中紅蘿蔔螢光的最佳觀測條件

說明：我們試著調整紫外線燈的位置、改變拍攝照片的角度、以及尋找各種形狀大小不同的容器……等，想要找到暗箱中最佳觀測螢光的條件。

### 實驗一：如何選用適合裝樣品的容器

步驟：我們根據文獻資料（66 個挑戰創意的科學實驗）萃取紅蘿蔔螢光物質的步驟如下：

1. 將兩根紅蘿蔔磨成泥。
2. 倒入水中，至淹沒紅蘿蔔泥為止，用中火煮 20 分鐘，期間不停攪拌。
3. 倒入 70 毫升的沙拉油，續煮 10 分鐘。
4. 熄火，放置一晚。
5. 放置一晚後，用布過濾。
6. 將濾液靜置，會分成油層和水層。
7. 用吸管將油層取出。
8. 用紫外線燈照射抽取出的樣品。
9. 我們抽取少許紅蘿蔔的油層，分別放入玻璃燒杯、玻璃培養皿、圓形玻璃試管、方形壓克力杯，放入暗箱用紫外線燈觀察(安全:觀察時請戴上太陽眼鏡)，並用相機拍攝，做成紀錄。

結果：

表 2-1 選用適合裝樣品的容器

	玻璃燒杯	玻璃培養皿	圓形玻璃試管	方形壓克力杯
紫外線燈照射下螢光顏色	黃綠色	黃綠色	黃綠色	暗綠色
螢光強弱	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆

☆ 越多，代表螢光越強

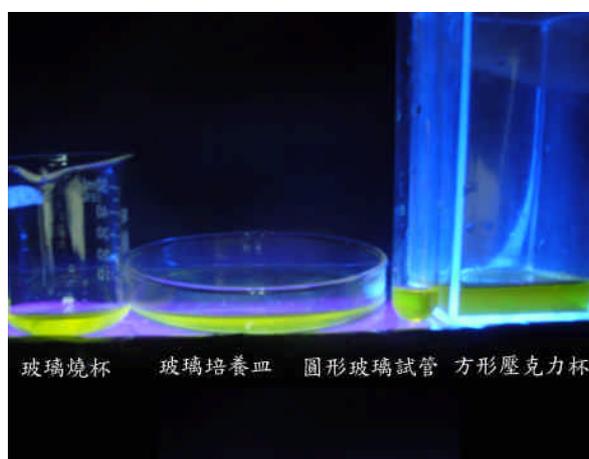


圖 2-1 裝樣品的容器

由表 2-1 及圖 2-1 發現，玻璃燒杯、玻璃培養皿、圓形玻璃試管都適合裝紅蘿蔔的樣品容器，方形壓克力杯螢光最暗，不適合。

#### 討論：

1. 玻璃圓形試管的螢光很強，且樣品用量較少，節省材料，所以下面的實驗都用圓形玻璃試管裝樣品。
2. 雖然玻璃燒杯及玻璃培養皿的螢光也很強，但是底面積太寬，以致樣品的用量較多，且同時擺放多個樣品時，所佔位置太大，因此不適合。
3. 方形壓克力杯因為材質較厚，以致螢光觀測不明顯。

#### 實驗二：如何製作適合觀測螢光的試管架

##### 步驟：

1. 我們將現有的單層試管架下層木條鋸掉。(如圖 2-2 的 A 處)
2. 在最上層下方約 3 公分處 (如圖 2-3 的 B 處)，用厚紙板再加裝一層，用美工刀刻出試管的圓，使試管放入後能固定位置。
3. 在試管架上方也加一層厚紙板 (如圖 2-3 的 C 處)，同樣用美工刀刻出試管的圓 (安全：戴棉手套)，使試管放入後能固定位置。
4. 厚紙板的上下均塗上黑色墨汁。洞要上下對齊。

結果：我們改良的試管架如下圖 2-3 顯示

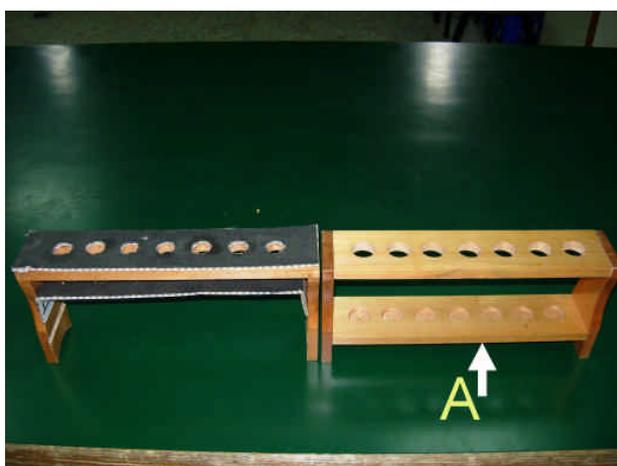


圖 2-2 改良後試管架和原試管架比較

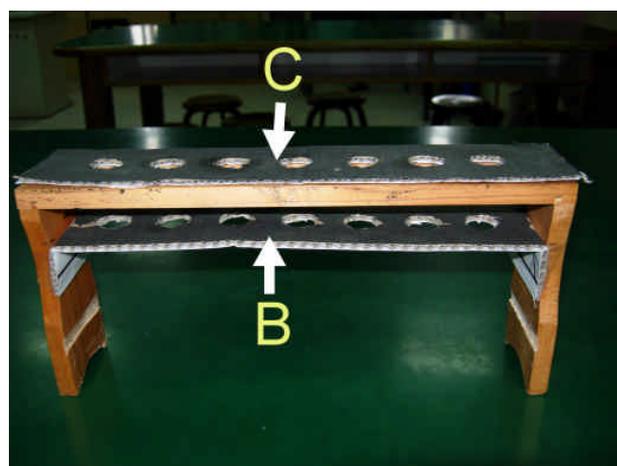


圖 2-3 改良後的試管架

### 討論：

1. 一般的雙層試管架，下方托住試管的木條，會擋住下方的紫外線燈，所以才將下層的木條鉅掉。
2. 加二層有洞的紙版，是爲了使試管更穩定（紙板的洞比原試管架的洞略小），並塗上黑色，避免反光。
3. 試管架一次可以放置 7 支試管，方便同時觀察，比較螢光強弱。
4. 爲了方便放置試管架，我們決定在紫外線燈的上方放置一片玻璃，以便固定試管架。玻璃的透光性很好，不會影響紫外線燈的照射。如下圖 2-4 所示



圖 2-4 紫外線燈上方的玻璃

5. 我們爲了避免紫外線光傷害眼睛，另外加了一塊黑布遮 1/3 部分的光線，務使其能達到最佳觀察效果，並保護眼睛。

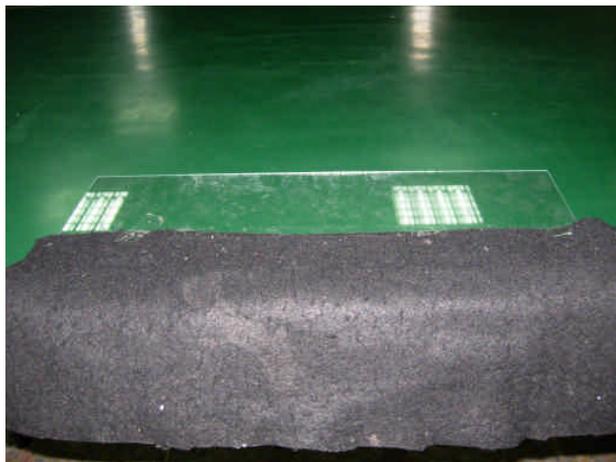


圖 2-5 玻璃片的 1/3 加一塊黑布遮住

6. 試管與玻璃片的擺放位置如圖 2-6 所示（以油土當柱子固定玻璃片）

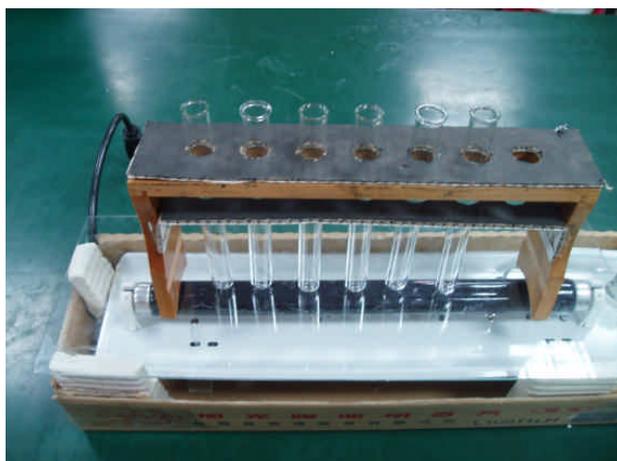


圖 2-6 試管架、紫外線燈和玻璃片的組合

### 實驗三：探究紫外線燈在暗箱中最佳位置

#### 步驟：

1. 將紫外線燈管豎立，擺在試管後面。
2. 放入 6 支相同樣品的試管，打開紫外線燈的開關，觀測螢光的情形。（如圖 2-7）（安全：觀察時請戴上太陽眼鏡）
3. 另將紫外線燈管擺在試管架下面。
4. 放入 6 支相同樣品的試管，打開紫外線燈的開關，觀測螢光的情形。（如圖 2-8）

#### 結果：

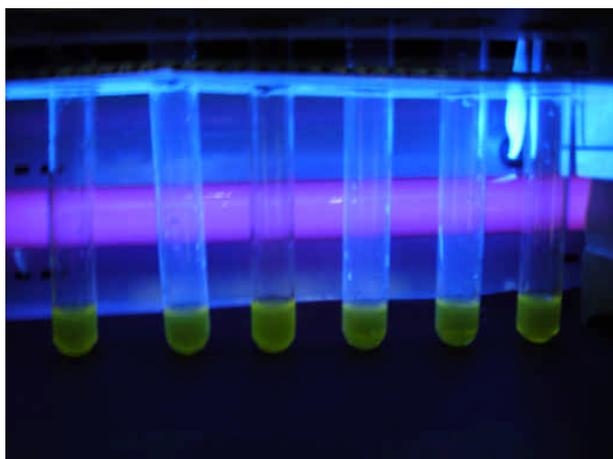


圖 2-7 紫外線燈側立放在試管後面

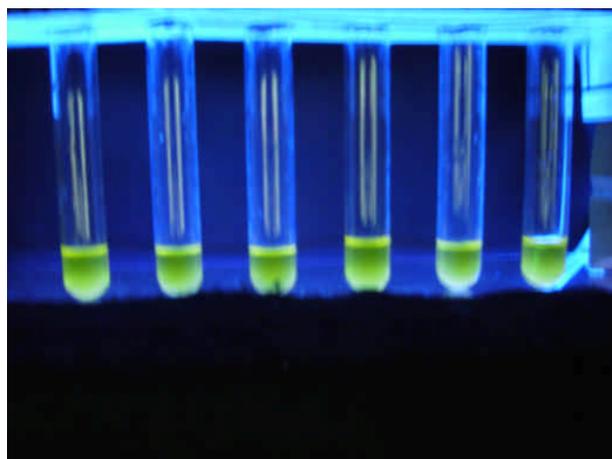


圖 2-8 紫外線燈放試管架下面

由圖 2-8 發現，紫外燈管在試管架下面時，觀測螢光的效果較好。

### 討論：

1. 觀測螢光的効果，以紫外線燈放在試管架下面最好。因為光線和觀測者視線成 90 度角，眼睛不會直視光線，較安全。
2. 由圖 2-7 發現，照片效果較差，而且觀察及照相時，小朋友的眼睛直視紫外線燈，傷害較大，為了安全考量，所以紫外線燈不能放在試管後面。
3. 紫外線燈不繼續用時，立即關閉，以延長使用壽命。

### 實驗四：如何拍出影像最清晰的螢光照片

#### 步驟：

- 1 使用數位相機，拍攝照片。
- 2 圖 2-9 到圖 2-12，是由不同角度拍攝之照片。(暗箱正前下方、正前上方、側面、正上方)

#### 結果：

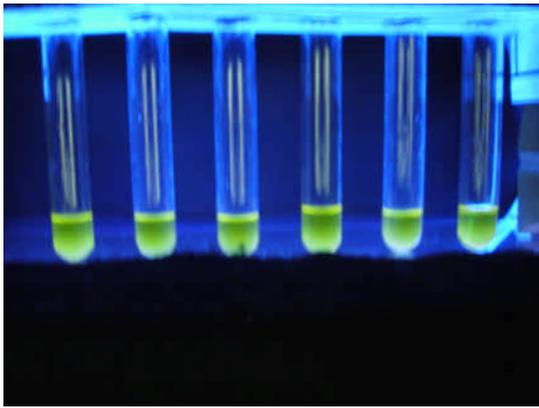


圖 2-9 暗箱正前下方

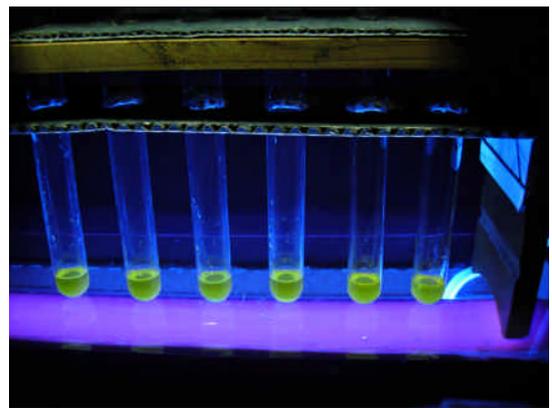


圖 2-10 暗箱正前上方

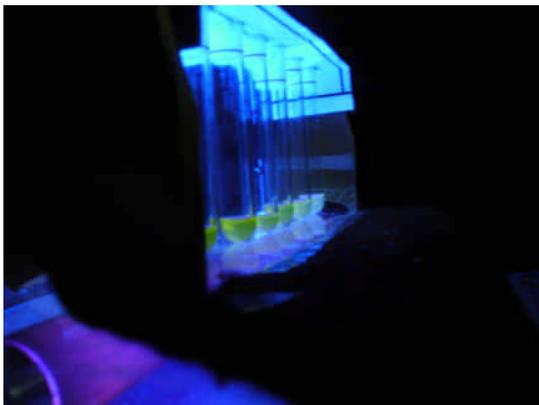


圖 2-11 暗箱側面

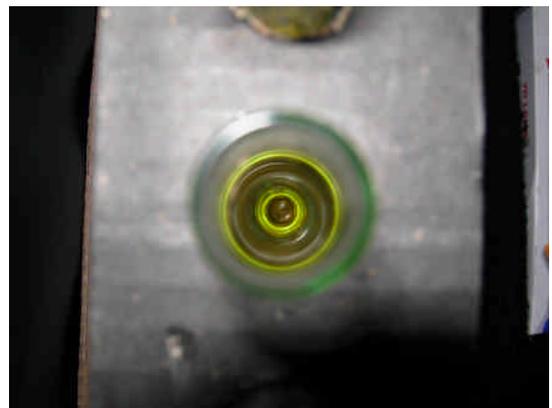


圖 2-12 暗箱正上方

由上圖 2-9 發現，正前下方觀測螢光的強弱變化最清晰而明顯，是最佳的角度。

## 討論：

1. 正前上方之照片，因為視覺的關係，由上往下約 60 度角拍攝，因此不如正前方的照片清楚。
2. 側邊的照片使試管有大小分別，焦距也不能統一，都很模糊，拍攝困難。
3. 正上方俯視拍的照片，螢光集中在與玻璃接觸的那一圈，而且一次只能拍攝一支試管，且需要打開盒子才能拍攝，無法形成暗室效果，效果最差。
4. 由於正前方拍攝的效果最好，所以為了方便往後的拍攝工作，所以我們製作了一個放置相機的盒子。
5. 我們嘗試許多效果，才找出相機拍攝的最佳模式，如果用「夜景模式」，拍出的相片仍然不夠清晰，必須調整感光度到 400，如果用 SCENE 模式，選擇「標準」或「效果一」，也都沒辦法拍出清晰的照片，所以必須將相機調整按鈕到 ISO 的模式，選擇感光度 400，再調到 SCENE 模式，選擇「拍攝夜景」，並選擇「效果二」模式拍攝。

## 實驗五：製作適合固定相機的相機盒

### 步驟：

1. 找一個裝手機的盒子，比數位相機大些，製作相機盒。
2. 量出數位相機大小。
3. 在相機盒一邊挖一個長方體的洞（同數位相機大小，如圖 2-13 A 處）。
4. 在相機盒對面挖一個長方形洞，避免遮住相機螢幕（如圖 2-14 B 處）。
5. 用保麗龍墊高盒底（如圖 2-14 C 處）。
6. 在盒底下再墊餅乾盒（如圖 2-16 D 處），使高度可平行拍攝試管為宜。
7. 將相機擺入相機盒中（如圖 2-15）。
8. 下面再墊一個餅乾盒，一起擺入暗箱，固定餅乾盒的位置，但不固定上方之相機盒，以便調整焦距（如圖 2-16）

### 結果：



圖 2-13 放置相機的盒子正面



圖 2-14 放置相機的盒子反面



圖 2-15 相機放入相機盒中



圖 2-16 相機及相機盒放入暗箱

### 實驗六：探討樣品的用量對螢光觀測之影響

#### 步驟：

1. 在實驗一紅蘿蔔的油層中，抽取 1 毫升、3 毫升、5 毫升，放入 A、B、C 試管中。
2. 放入暗箱用紫外線燈觀察，再用相機拍攝，做成紀錄。

#### 結果：

表 2-2 探討試管內油層最佳螢光觀測容量

	A	B	C
容量	1 毫升	3 毫升	5 毫升
螢光強弱	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆
照紫外線燈 顏色變化	黃綠色	深黃綠色	暗黃綠色

☆ 越多，表示螢光越強

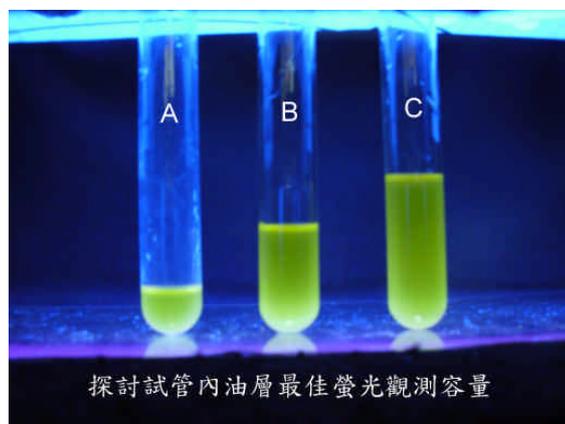


圖 2-17 探討試管內油層最佳螢光觀測容量

由表 2-2 和圖 2-17 發現，以抽取 1 毫升的 A 試管最容易觀察，螢光最強，用量最少。

**討論：**

1. 由表中顯示 A 試管整體的黃綠色螢光最強，B 試管其次，C 試管最暗，B、C 試管的上半部很暗，觀察效果不好，螢光也不明顯。

**總結：**

表 2-3 觀測螢光的最佳條件與標準步驟

觀測螢光的最佳條件	我們找到最佳觀測螢光的條件是：選用圓形玻璃試管，內裝 1 毫升的樣品溶液，試管放於改良試管架中，紫外線燈由試管架下方往上照射，相機置於相機盒中固定，由正前下方拍攝完成。
觀測螢光的標準步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以注射針筒抽取紅蘿蔔油層溶液 1 毫升，加入試管中。</li> <li>2. 將試管放入改良試管架中，調整試管，使與玻璃片垂直。</li> <li>3. 將紫外線燈開關打開。</li> <li>4. 從正前上方觀測螢光強弱（安全：戴太陽眼鏡，以避免傷害眼睛）。</li> <li>5. 觀測後從左右方將手伸入，做細微調整（安全：需戴黑色手套，穿長袖衣服，以避免紫外燈照射皮膚）</li> <li>6. 將數位相機放入相機盒中，調整好焦距拍攝。</li> <li>7. 完成後即將關閉紫外線燈（延長紫外線燈的壽命）。</li> <li>8. 將試管內的紅蘿蔔油層溶液倒入午餐回收桶。（環保：避免污染環境。）</li> <li>9. 清洗試管，以備下個實驗使用。</li> </ol>

### 研究（三）探討紅蘿蔔螢光的最佳萃取條件

說明：我們先比較螢光在油層或水層的現象，找出紅蘿蔔中的螢光物質存在於哪裡。其次爲了提升觀測螢光的效果及萃取過程中能節省材料、能源、時間，我們將改變萃取時水量、油量、加熱時間、不同種類的油及不同來源的紅蘿蔔……等因素，以尋找出最佳萃取條件。

#### 實驗一：觀察紅蘿蔔的水層和油層中的螢光

##### 步驟：

1. 將 200 克紅蘿蔔與 400 毫升的水，放入果汁機，打成紅蘿蔔泥。
2. 將紅蘿蔔泥倒入不銹鋼大鍋內，至於瓦斯爐上，用中火加熱 20 分鐘（10 分鐘後開始沸騰）。
3. 停止加熱後，加入 200 公克的沙拉油，再加熱 10 分鐘（5 分鐘後沸騰）。
4. 靜置 24 小時後，用紗布過濾，再靜置 24 小時。
5. 分別抽取紅蘿蔔的油層、水層 1 毫升滴入不同試管中。
6. 另取兩支試管分別加入 1 毫升的純油和 1 毫升的純水。
7. 將上述四根試管放入暗箱，依最佳螢光觀測的條件，觀察並紀錄。

##### 結果：

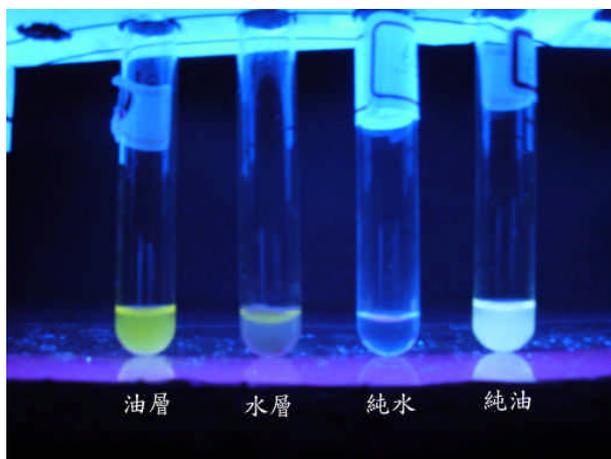


圖 3-1 紅蘿蔔的油層和水層及純水、純油中的螢光

由圖 3-1 中發現，水層呈現淺紫色，無螢光。純水仍是透明無色，無螢光。沙拉油呈現淡藍色，無螢光。油層有非常明顯的黃綠色螢光，推斷螢光物質是溶於油中。

## 實驗二：不同種類的油對萃取螢光物質的影響

### 步驟：

1. 將 500 公克的紅蘿蔔加上 750 公克的水，用果汁機打成紅蘿蔔泥之後，放在鍋子裡直接加熱 20 分鐘。
1. 將紅蘿蔔泥 300 毫升分裝在 6 個燒杯中，各加入 6 種不同的油 60 毫升（麻油、沙拉油、蔬菜油、葵花油、橄欖油、苦茶油），在同一鍋中同時隔水加熱，20 分鐘。
2. 靜置 24 小時後用布過濾，再靜置 24 小時，抽取油層 1 毫升，分裝在 6 支試管中。
3. 依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。
4. 另準備 6 根試管直接倒入上述 6 種不同的油 1 毫升，依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。

### 結果：

表 3-1 不同種類的油對萃取螢光物質的影響

	麻油	沙拉油	蔬菜油	葵花油	橄欖油	苦茶油
螢光強弱	無	☆☆☆ ☆☆	☆☆ ☆☆	☆☆☆	☆☆ ☆☆	☆☆ ☆☆
照紫外線燈 顏色變化	黑色	黃綠色	暗黃綠	淡黃綠	暗黃綠	暗黃綠

☆ 越多，表示螢光越強

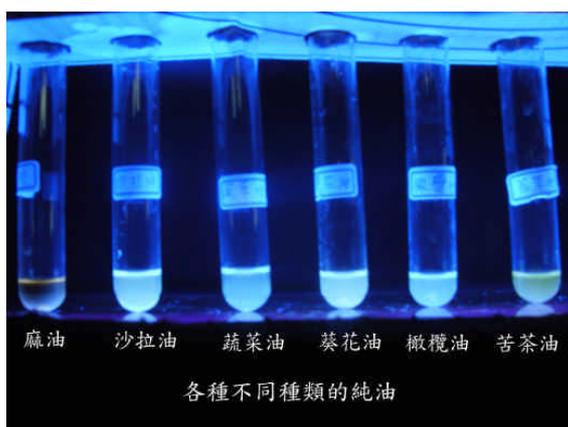


圖 3-2 不同種類的純油

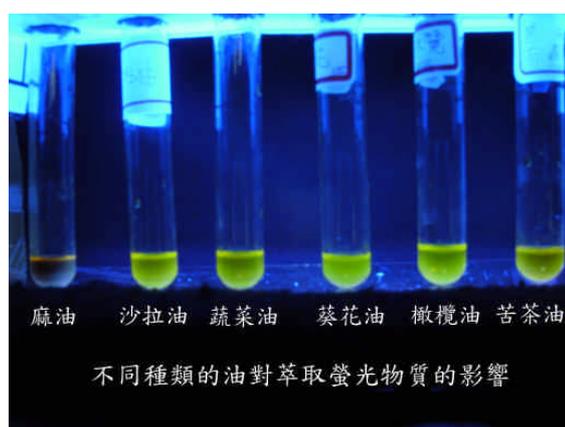


圖 3-3 不同種類的油對萃取螢光物質的影響

由圖 3-2 發現，純油皆無螢光，圖 3-3 發現沙拉油的紅蘿蔔油層溶液螢光最強，橄欖油、蔬菜油和苦茶油的溶液螢光次之，麻油的溶液不容易觀察到螢光。

### 討論：

1. 在萃取的過程中，使用沙拉油的效果最好。
2. 實驗中所使用的麻油，是黑芝麻炸出來的油，不容易觀察到螢光。推測與油的顏色很黑有關。

### 實驗三：探究水量對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

#### 步驟：

1. 將 1200 公克的紅蘿蔔加上 1200 毫升的水，用果汁機打成紅蘿蔔泥。
2. 將紅蘿蔔泥分裝成 6 個燒杯（容量 250 毫升），在燒杯 A~F 中每杯加入 100 毫升的紅蘿蔔泥，其中紅蘿蔔 50 毫升，水 50 毫升。
3. A~F 杯加入不同的水量（如表 3-1），放入大鍋內，隔水加熱 30 分鐘（需不斷攪拌，大約 15 分鐘後水沸騰）。
4. 每杯分別加入 30 毫升的沙拉油，同時在大鍋內隔水加熱 20 分鐘（需不斷攪拌，10 分鐘後開始沸騰）。
5. 靜置 24 小時後再過濾並靜置 24 小時，抽取油層的部份約 1 毫升，裝入試管中。
6. 依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。

#### 結果：

表 3-2 水量對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

燒杯		A 杯		B 杯		C 杯		D 杯		E 杯		F 杯	
紅蘿蔔泥	紅蘿蔔 (公克)	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50
	水 (毫升)		50		50		50		50		50		50
加水量 (毫升)		0		25		50		75		100		125	
紅蘿蔔:水		1:1		1:1.5		1:2		1:2.5		1:3		1:3.5	
螢光強弱		☆☆☆ ☆☆		☆☆☆ ☆☆		☆☆☆ ☆☆		☆☆ ☆☆		☆☆☆		無	
照紫外線燈 顏色變化		黃綠		黃綠		黃綠		淡黃綠		淡黃綠		淡藍	

☆ 越多，表示螢光越強

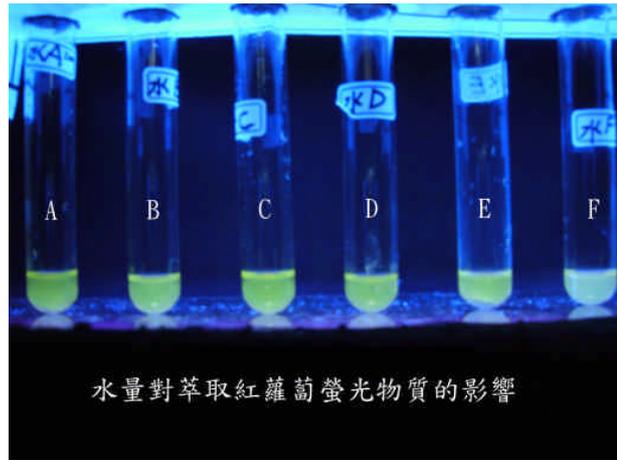


圖 3-4 水量對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

由表 3-2 和圖 3-4 發現，水量愈少，螢光愈強。

#### 討論：

1. 我們曾用 1200 公克的紅蘿蔔加 600 毫升的水打成泥(1:0.5)，發現水太少，果汁機不能運轉。
2. A 試管(1:1)雖然螢光很強，但是在加熱的過程中，很難攪拌容易燒焦，因此萃取的失敗率很高。
3. 我們發現 1200 公克的紅蘿蔔加 1800 毫升的水打成泥(1:1.5)，最適合，螢光也很強，1:2 的濃度螢光也很強，因為要加比較多的水，因此不採用。其它試管水越多，螢光漸漸弱。
4. 放入大鍋同時隔水加熱，是爲了要同時比較，並減少變因，但是加熱時間要比原來多 10 分鐘(原本 20 分鐘，改爲 30 分鐘，加熱 15 分鐘後才能沸騰)。
5. 也可以將紅蘿蔔與水按照比例，分 6 次打成 6 杯紅蘿蔔泥，來進行實驗，但是費時，且果汁機內會殘留紅蘿蔔泥，影響實驗的正確性，因此不建議使用這種方法。

#### 實驗四：探究油量對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

##### 步驟：

1. 將 800 公克紅蘿蔔加上 1200 毫升的水，用果汁機打成紅蘿蔔泥，紅蘿蔔泥分成 5 杯，每杯放 100 毫升的紅蘿蔔泥，並倒進不同量的油。(如表 3-2)
2. 靜置 24 小時後再過濾，並靜置 24 小時，抽取油層的部份 1 毫升，裝入試管中。
3. 依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。

結果：

表 3-3 油量對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

		A		B		C		D		E		F	
紅蘿蔔 泥	紅蘿蔔 (公克)	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40	100	40
	水 (毫升)		60		60		60		60		60		60
加入的油		16		24		32		40		60		80	
紅蘿蔔：水：油		1：1.5：0.4		1：1.5：0.6		1：1.5：0.8		1：1.5：1		1：1.5：1.5		1：1.5：2	
螢光強弱		☆☆☆ ☆☆		☆☆☆ ☆☆		☆☆☆ ☆☆		☆☆ ☆☆		☆☆☆		☆	
照紫外線燈 顏色變化		深黃綠與 淺紫色		黃綠		黃綠		淡黃綠		淡黃綠		淺黃綠	

☆ 越多，表示螢光越強

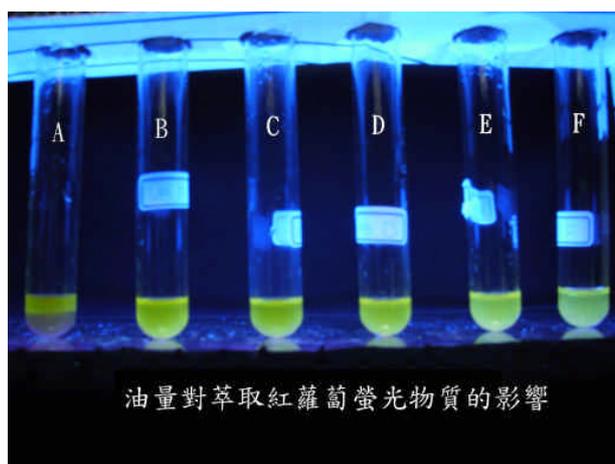


圖 3-5 油量對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

由表 3-3 和圖 3-5 發現，油量愈少，螢光愈強。

討論：

1. A 試管加入的油的比為 0.4 太少了，無法抽取油層，不小心就會抽取到水層，因此試管被分為上下兩層，顏色也有兩種變化，效果不好。
2. B、C 試管的螢光最強，但 B 試管的油層仍太少了，抽取時不易。
3. C 試管的量適合抽取，螢光也很強，其他試管油層量雖多，但螢光較弱。
4. 由實驗二、三得知，紅蘿蔔的重量（公克）：水的體積（毫升）：油的體積（毫升）為 1:1.5:0.8。

## 實驗五：加熱的時間對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

### 步驟：

1. 用紅蘿蔔 850 公克加 1275 毫升的水打成泥加熱 20 分鐘。
2. 加熱完後，將紅蘿蔔泥分裝成 6 個燒杯〈A—F〉，各裝 200 毫升。
3. 每個燒杯各放入 60 毫升的沙拉油。
4. 將其中 5 杯〈B—F〉放置在同一鍋中加熱，10 分鐘後拿取 B 燒杯出來，20 分鐘後拿取 C 燒杯出來，40 分鐘後拿取 D 燒杯出來，60 分鐘後拿取 E 燒杯出來，80 分鐘後拿取 F 燒杯出來。A 杯則不加熱，放在室溫中。
5. 加熱過程中要不斷攪拌。
6. 靜置 24 小時後用布過濾，再靜置 24 小時。
7. 分別抽取 1 毫升放入試管中，依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。

### 結果：

表 3-4 加熱時間對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

	A	B	C	D	E	F
加熱時間(分鐘)	0	10	20	40	60	80
螢光強弱	無	☆☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆
紫外線燈下 顏色變化	淡藍色	淡黃綠	黃綠	黃綠	黃綠	黃綠

☆ 越多，表示螢光越強



圖 3-6 放在同一鍋中煮的情形

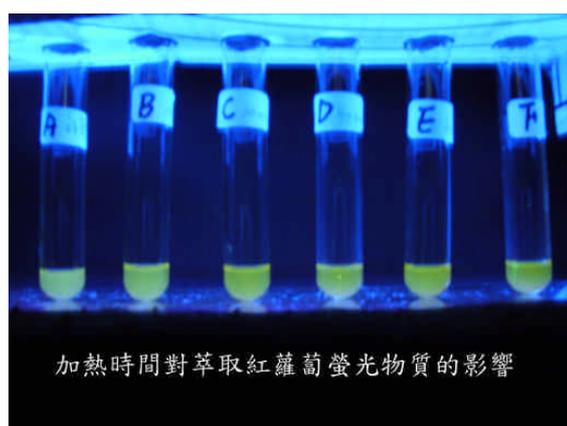


圖 3-7 加熱的時間對萃取紅蘿蔔螢光物質的影響

由表 3-4 和圖 3-7 發現，試管 A 呈現淡藍色，沒有螢光，試管 B 呈現淡黃綠色，螢光稍強，試管 C、D、E、F 均放出強的黃綠色螢光。

討論：

1. 因為 C、D、E、F 呈現的螢光效果明顯，但是為了節省時間及能源，所以採用 C 試管的萃取條件。

實驗六：不同來源的紅蘿蔔對萃取螢光物質的影響

步驟：

1. 分別將不同來源的紅蘿蔔(有機商店、傳統市場、黃昏市場、超市)80 公克加上 120 毫升的水，用果汁機分別打成紅蘿蔔泥。
2. 將四種不同的紅蘿蔔泥分裝在 A、B、C、D 四個燒杯中。
3. 加油 64 毫升加熱過程同實驗一。
4. 抽取油層 1 毫升，依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。

結果：

表 3-5 不同來源紅蘿蔔對萃取螢光物質的影響

試管	A	B	C	D
紅蘿蔔來源	有機商店	傳統市場	黃昏市場	超市
溶液顏色	深橘	橘	橘	深橘
螢光強弱	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆
照紫外線燈 顏色變化	黃綠色	黃綠色	黃綠色	淡黃綠

☆ 越多，表示螢光越強



圖 3-8 不同來源紅蘿蔔中的螢光

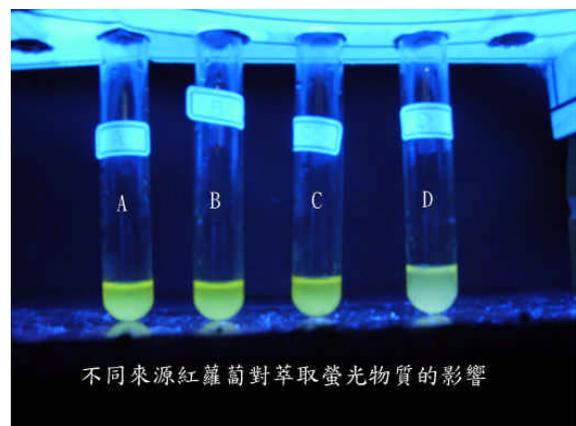


圖 3-9 不同來源紅蘿蔔對萃取螢光物質的影響

由上表 3-5 及上圖 3-9 中發現，A、B、C 試管的螢光都很強，只有 D 管的螢光很微弱，所以不同來源的紅蘿蔔對螢光有影響。

### 討論

1. 將四個燒杯放在室溫一星期，發現 A、B、C 燒杯都沒有發霉，D 燒杯油層發霉的現象非常明顯，推論紅蘿蔔可能放太久了。
2. 根據市場販賣紅蘿蔔的商人說：紅蘿蔔的生產期在冬季，收成後放入大冰箱冷藏，慢慢售出，所以要買現採的紅蘿蔔不容易，因此我們推論 D 管的螢光比較弱，可能是因為紅蘿蔔冰了太久，所以選用新鮮的紅蘿蔔萃取螢光物質效果較佳。

### 總結：

表 3-6 最佳萃取條件與標準萃取步驟

最佳萃取條件	我們發現油層才有紅蘿蔔的螢光，最佳萃取條件是使用沙拉油萃取，以紅蘿蔔（公克）：水（毫升）：油（毫升）為 1：1.5：0.8 的比例最佳，紅蘿蔔需選用新鮮的，加入油後加熱時間以 20 分鐘為宜。
標準萃取步驟	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將紅蘿蔔 1000 公克加水 1500 毫升，用果汁機打成泥。</li> <li>2. 倒入大鍋中用中火加熱 20 分鐘（如果隔水加熱要 30 分鐘）</li> <li>3. 需不斷攪拌（戴棉手套操作比較安全）</li> <li>4. 熄火後再加入 800 毫升的沙拉油在大鍋內，用中火加熱 10 分鐘（如果隔水加熱要 20 分鐘）</li> <li>5. 熄火放置 24 小時後用布過濾。</li> <li>6. 將溶液靜置 24 小時，會分出油層和水層，取出 1 毫升油層溶液放入圓形玻璃試管以觀測螢光。</li> </ol>

#### 研究（四）探究濃度對紅蘿蔔螢光物質的影響

步驟：

1. 依標準萃取螢光物質的步驟萃取後，用注射針筒分別抽取不同量油層溶液，分裝於 6 個燒杯（A~F）（如下表 4-1）。
2. 再分別加入不同量的沙拉油於 A~F 杯攪拌均勻（如下表 4-1），配成等體積但濃度不同的溶液。
3. 各杯抽取 1 毫升溶液在試管中，依最佳螢光觀測條件觀察並紀錄。

結果：

表 4-1 探究濃度對紅蘿蔔螢光物質的影響

	A 杯	B 杯	C 杯	D 杯	E 杯	F 杯
加入的沙拉油 （毫升）	0	10	20	30	40	47.5
萃取的油層 （毫升）	50	40	30	20	10	2.5
相對濃度	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.05
螢光強弱	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆	無
照紫外線燈 顏色的變化	黃綠色	黃綠色	淡黃綠	淡黃綠	淺黃綠	淡藍

☆ 越多，表示螢光亮度越亮

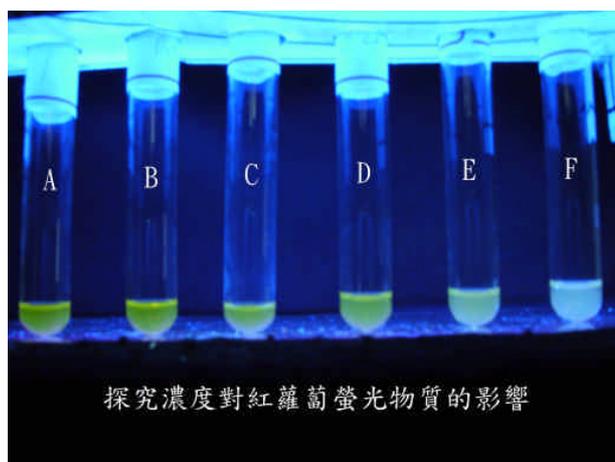


圖 4-1 探究濃度對紅蘿蔔螢光物質的影響

由表 4-1 和圖 4-1 發現，紅蘿蔔油層溶液濃度愈高，螢光愈強。

### 討論：

1. 濃度高者，油裡的螢光物質愈多，所以螢光愈強。
2. 油和空氣接觸的環狀螢光，看得特別清楚的原因，應該是溶液與試管接觸面較薄所致。
3. 用肉眼看，濃度不同的油層溶液比較不出顏色變化，但是放在紫外線燈下觀察，螢光的變化卻非常明顯。

### **研究（五）探究溫度對紅蘿蔔螢光物質的影響**

#### **實驗：溫度效應對螢光影響**

#### **步驟：**

1. 將 500 公克的紅蘿蔔加上 750 毫升的水，及 400 毫升沙拉油，用標準步驟萃取。
2. 用注射針筒抽取油層溶液，分別加入 6 根試管，內放溫度計測量溫度。
3. 溫度控制：
  - (1)-9°C：將 A 試管放入裝有冰塊及鹽巴的大燒杯中，再將溫度計放入試管中測量溫度，如果溫度上升，則再加入冰塊及鹽巴，使溫度下降至-9°C。
  - (2)5°C：將 B 試管放入裝有少許冰塊及鹽巴的大燒杯中，再將溫度計放入試管中測量溫度，如果溫度上升，則再加入冰塊，使溫度下降。
  - (3)22°C：C 試管內的溫度保持室溫 22°C。
  - (4)40 度：準備酒精燈、燒杯，進行隔水加熱實驗，溫度計放入試管中測量溫度，使 D 試管內的溫度達到 40°C。超過時，在燒杯中加入冷水。
  - (5)65°C：準備酒精燈、燒杯，進行隔水加熱實驗，溫度計放入試管中測量溫度，使 E 試管內的溫度達到 65°C，如果溫度下降，則再將試管放入燒杯中加熱。
  - (6)89°C：準備酒精燈、燒杯，進行隔水加熱實驗，溫度計放入試管中測量溫度，使 F 試管內的溫度達到 89°C，如果溫度下降，則再將試管放入燒杯中加熱。
4. 當各支試管到達所需溫度時，立刻請 6 位同學同時將全部試管放入暗箱觀測螢光。
5. 觀測後取出試管，再同時分別測量油層溶液溫度。
6. A、B、C、D、E、F 試管觀測後，再放在室溫中，讓它回到室溫後，再觀測螢光。

結果：

表 5-1 溫度對紅蘿蔔螢光物質的影響

試管	A	B	C	D	E	F
測量前溫度 (°C) * <sup>1</sup>	-9	5	22	40	65	89
測量後溫度 (°C) * <sup>2</sup>	-7	7	22	36	60	83
螢光強弱	☆☆	☆☆☆	☆☆☆ ☆☆	☆☆☆ ☆☆☆	☆☆☆ ☆☆☆	☆☆☆ ☆☆☆
照紫外線燈 顏色的變化	淺黃綠	淺黃綠	黃綠	黃綠	黃綠	黃綠

☆越多，表示螢光越強。

\*<sup>1</sup>測量前是未放入暗箱，六位同學同時測得的溫度。

\*<sup>2</sup>測量後是觀測完，六位同學同時測得的溫度。

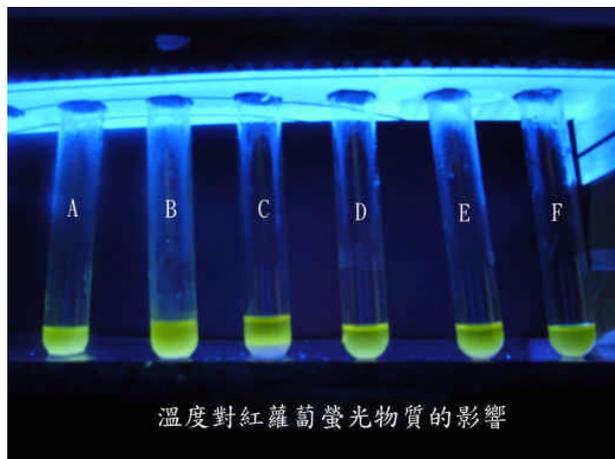


圖 5-1 溫度對紅蘿蔔螢光物質的影響

由表 5-1 和圖 5-1 發現，加溫後螢光增強，40°C、65°C、89°所觀測的螢光皆比室溫強。室溫以下溫度越低，螢光越弱。A、B、D、E、F 試管放在室溫下 30 分鐘，讓它回至室溫，再放入暗箱內觀測，發現和 C 試管（室溫 22°C）的螢光一樣強。

### 研究（六）探究陽光對紅蘿蔔螢光物質的影響

步驟：

1. 將 500 公克的紅蘿蔔加上 750 毫升的水，及 400 毫升沙拉油，使用標準萃取步驟萃取。
2. 分裝成二個燒杯，分別放置在陽光下、室內。
3. 三天後抽取油層溶液 1 毫升，觀察螢光。

結果：

表 6-1 陽光對紅蘿蔔螢光物質的影響

放置地點	室內	陽光下
螢光強弱	☆☆☆☆☆	☆☆
紫外線燈照射下的顏色變化	黃綠	暗綠

☆ 越多，表示螢光越強

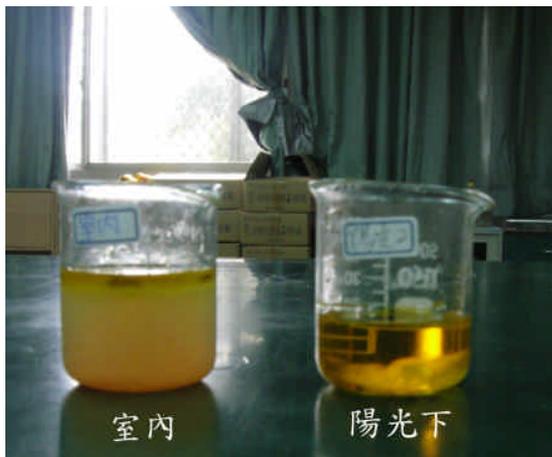


圖 6-1 比較室內、陽光下的螢光

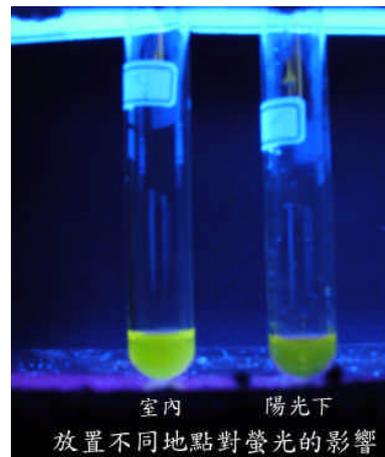


圖 6-2 放置不同地點對螢光的影響

由上表 6-1 和圖 6-2 發現，放在陽光下照的溶液螢光比放置室內者弱。

討論：

1. 陽光曝曬者的螢光較弱，推測是陽光影響紅蘿蔔的螢光物質所致，所以保存紅蘿蔔的螢光以室溫為佳。

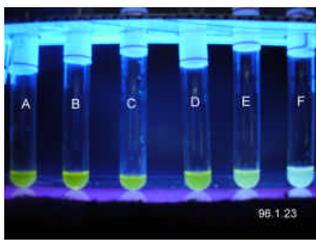
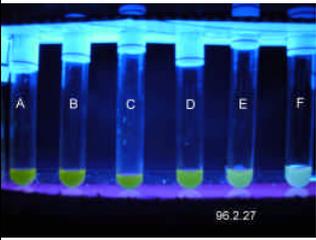
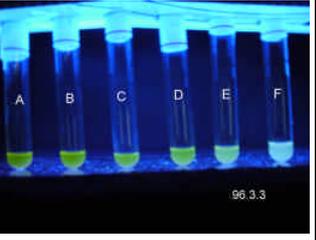
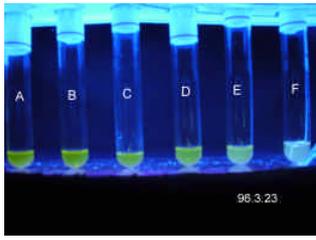
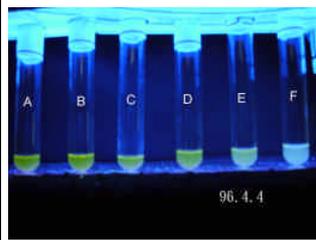
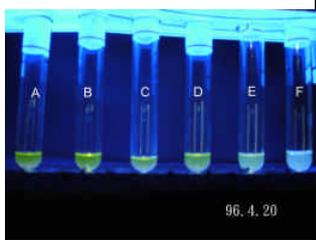
### 研究（七）探究放置時間對紅蘿蔔螢光的影響

#### 步驟：

1. 將等體積的溶液中油量濃度不同所含螢光強弱的實驗，繼續放置室內同一地點，每隔一段時間拍攝一次紀錄，連續 3~4 個月。
2. 所拍攝的照片和第一次拍攝的照片，比較其螢光消長的情形。

#### 結果：

表 7-1 放置時間長短對紅蘿蔔螢光影響

時間	第一次 96.1.23	第二次 96.2.27	第三次 96.3.3
照片			
時間	第四次 96.3.23	第五次 96.4.4	第六次 96.4.20
照片			

由表 7-1 得知，螢光慢慢消失中，但過程很慢。

#### 討論：

1. 用肉眼看，比較不出各個試管的顏色變化，但是放在紫外線燈下觀察，卻非常明顯。
2. D 試管的螢光變化最為明顯，由原來的黃綠色螢光，變為淡黃綠螢光，淺黃綠螢光，到 4 月 20 日時已變成淡藍色無螢光。
3. 由螢光的消失，我們可以推測紅蘿蔔已經放很久了。

## 伍、結論

一、 觀察螢光的環境：要在沒有光線進入的暗室觀察，於是設計了觀察螢光的暗箱來使用。

二、 觀察螢光的最佳條件：

- (一) 圓形玻璃試管最適合裝紅蘿蔔的樣品。
- (二) 試管架必須改良才能裝樣品，並被紫外線燈照射。
- (三) 紫外燈管放在試管架下面，樣品以 1 毫升的容量，觀測螢光的效果最好。
- (四) 正前下方觀測螢光的強弱變化最清晰而明顯，是最佳的角度。
- (五) 相機的模式調整按鈕到 ISO 的模式，選擇感光度 400，再調到 SCENE 模式，選擇「拍攝夜景」，並選擇「效果二」模式拍攝。且相機需固定在相機盒中。

三、 觀測螢光的標準步驟：

- (一) 以注射針筒抽取紅蘿蔔油層溶液 1 毫升，加入試管中。
- (二) 放入改良試管架中，調整試管，使與玻璃片垂直。
- (三) 將紫外線燈開關打開。
- (四) 從正前上方觀測螢光強弱（安全：戴太陽眼鏡，以避免傷害眼睛）。
- (五) 觀測後從左右方將手伸入，做細微調整（安全：需戴黑色手套，穿長袖衣服，以避免紫外燈照射皮膚）。
- (六) 將數位相機放入相機盒中，調整好焦距拍攝。
- (七) 完成後即將關閉紫外線燈（延長紫外線燈的壽命）。
- (八) 將試管內的紅蘿蔔油層溶液倒入午餐回收桶。（環保：避免污染環境）
- (九) 清洗試管，以備下個實驗使用。

四、 紅蘿蔔螢光物質的最佳萃取條件：

- (一) 螢光物質是溶於油中，而不溶於水，所以要抽取油層的溶液觀測螢光。
- (二) 萃取螢光物質以沙拉油的效果最好。
- (三) 紅蘿蔔的重量（公克）：水的體積（毫升）：油的體積（毫升）為 1:1.5:0.8，以這樣的比例萃取螢光物質最好。
- (四) 紅蘿蔔泥加油之後，加熱時間以 20 分鐘為宜。

- (五) 不同來源的紅蘿蔔對萃取螢光物質有影響，新鮮者較佳。
- 五、 標準萃取螢光物質的步驟：
- (一) 將紅蘿蔔 1000 公克加水 1500 毫升，用果汁機打成泥。
- (二) 倒入大鍋中用中火加熱 20 分鐘（如果隔水加熱要 30 分鐘）
- (三) 需不斷攪拌（戴棉手套操作比較安全）
- (四) 熄火後再加入 800 毫升的沙拉油在大鍋內，用中火加熱 10 分鐘（如果隔水加熱要 20 分鐘）
- (五) 熄火放置 24 小時後用布過濾。
- (六) 將溶液靜置 24 小時，會分出油層和水層，取出 1 毫升油層溶液放入圓形玻璃試管，以觀測螢光。
- 六、 紅蘿蔔油層溶液的濃度愈高，其螢光愈強。
- 七、 比室溫高的溫度下，測得的螢光比室溫強，比室溫低的溫度下，測得的螢光比室溫弱，無論高溫或低溫的溶液，回溫至室溫後，其螢光與室溫的溶液都相同。
- 八、 放在陽光下曬的螢光會減弱。
- 九、 紅蘿蔔溶液放置時間越長，其螢光慢慢消失，但過程很慢。

## 陸、參考文獻：

1. 瀧川洋二、山村紳一郎（民 92）66 個挑戰創意的科學實驗。臺北縣新店市：世茂。
2. 塔內植物園的網址  
<http://192.192.42.4/~tbgweb/cgi-bin/view.cgi?forum=3&topic=9130>
3. 中華民國第四十三屆中小學科學展覽會。國小組。化學科。撼動黑夜的光芒—探討螢光棒的特異功能。
4. 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會。國中組。理化科。螢螢眾生天然物中螢光物質的探討。
5. 南一出版，自然與生活科技領域。第四冊第二單元：美麗的彩虹。
6. 柯以侃主編 吳明珠校訂（民 90）儀器分析第五章螢光分析法。臺北縣中和市：文京。

【評語】 081528 點亮黑夜的小精靈---探究紅蘿蔔中的螢光

1. 多方設想嘗試錯誤，良好的實驗觀測條件，表現出探究的精神。
2. 自製實驗儀器工具「暗箱」控制實驗條件良好，表現出很好的操作能力。
3. 解說清楚，表現出良好的知識理解。
4. 內容敘述與實驗事證呈現的一致性有待改進。

例：照片事證顯示攝影角度是微由上往下，但文字敘述卻強調由正下方向上攝影。