

植物葉片變色之探討

初小組生物科第三名

基隆市立五堵國民小學

作者：王佳如、盧雅雯
林可欣

指導教師：賴清昇、鄭惠貞

一、研究動機

在一次自然科學活動中，老師要我們收集各種樹木的葉子做分類，我們在校園中尋找各式各樣的樹葉，發現樹葉除了外形種類很多外，連顏色也有很多不同，有綠、有紅、有黃、有紫也有一片葉子有好幾種顏色，更奇怪的是一株樹它的葉子竟有好幾種顏色，對這種現象我覺得十分好奇，我心裏想：難道樹也和人一樣愛漂亮，喜歡穿美麗的衣裳？又是誰讓葉子換上不同顏色的衣裳？是怎麼換的呢？這麼多的疑問一直圍繞在我的腦海裏，最後請教老師，老師便建議我們參加學校少年科學研習活動，並針對這些疑問在老師指導之下，展開一連串的研究活動。

二、研究問題與目的

1. 哪些樹的葉子會變色？
2. 葉片怎麼變色？
3. 樹葉從哪裏開始變色？
4. 日照對樹葉變色有影響嗎？
5. 溫度對樹葉變色有影響嗎？
6. 酸鹼對樹葉變色有影響嗎？

7. 水含量對樹葉變色有影響嗎？

三、研究設備器材（略）

四、研究過程與步驟

活動一：哪些樹的葉子會變色？

調查方法：我們一面長期觀察校園內的植物，一面參考書籍，蒐集相關的資料。

調查結果：我們將校園內變化比較明顯的幾種植物列在表(-)。

植 物 名 稱	變 色 情 形	備 註
楓	淡 綠 → 綠 → 紅 → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	春天時生出嫩芽， 夏天葉翠綠，秋轉 紅，冬落葉。
槭	淡 紅 → 綠 → 紅 → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	春天生出紅色嫩芽 ，春夏成葉翠綠， 秋轉紅，冬落葉。
地 錦	淡 紅 → 綠 → 紅 → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	春、夏翠綠，秋轉 紅，冬落葉。
朱 蕉	粉紅→中間紅外圍綠→深綠→黃褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	成葉有紅、有綠。
圓 葉 鐵 莧	淡 綠 → 綠 ⇌ 紅 → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	成葉有紅、有綠。
聖誕紅	淡 綠 → (綠→紅) → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	部分葉片呈綠色， 部分會轉紅。

鴨跖草	紫帶綠條紋 → (紫 ⇄ 綠) → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	部分葉片呈綠色， 部分葉片是紫紅色。 。
藍 草	淡 綠 → (綠 ⇄ 藍) → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	部分葉片呈藍色， 部分葉片呈綠色。
彩葉草	葉片綠色，中間粉紅， (淡 綠 ⇄ 紫) → 深紫，綠斑交錯。 → 黃 褐 (嫩芽) (成葉) (枯葉)	
變葉木	淡葉 → (深綠 ⇄ 紫紅) → 黃 褐 (成葉) (枯葉)	葉脈在嫩葉時綠色， 葉脈在成葉時紫 紅色，葉片捲曲狀

表 (一)

討論：由表(一)知道有些植物的葉片的確隨著季節而改變顏色，有的變色則可能與它的生長環境有關，但是，葉片究竟是怎麼變色的呢？於是，我們從事了以下的活動。

活動二：葉片是怎麼變色的？

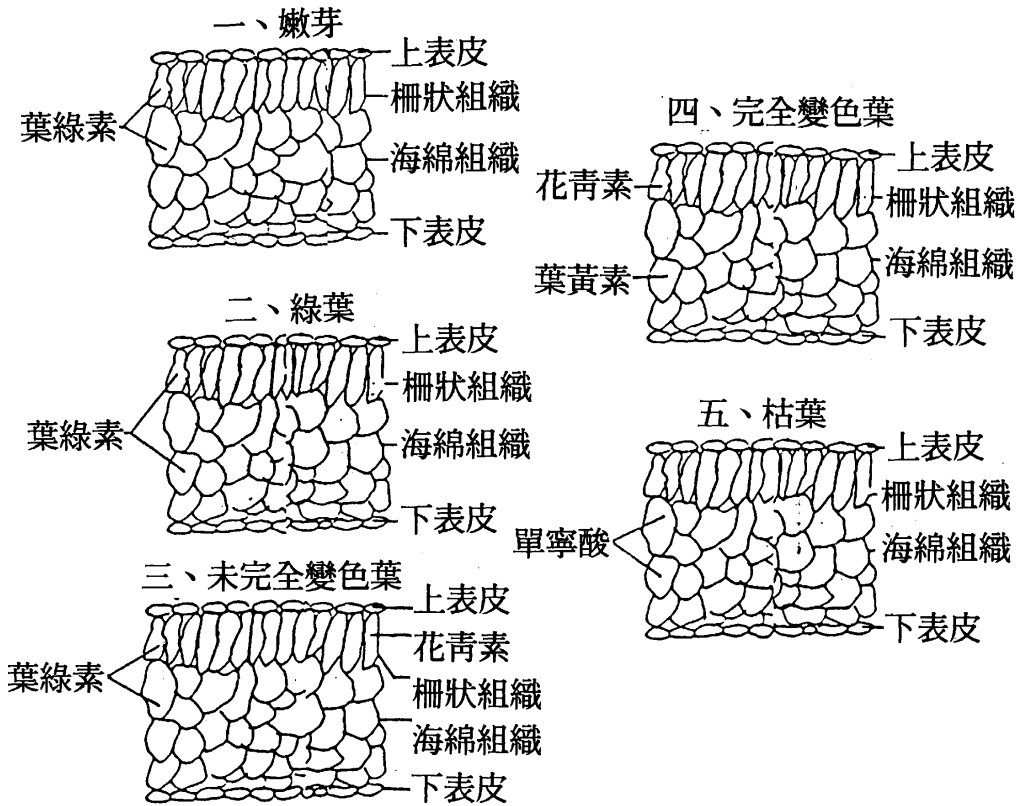
我們長期而仔細觀察楓香發現它的樹葉顏色的變化是由

淺 綠 春夏 綠 秋 紅 冬 枯 黃
 (嫩葉) 生長快速 (成葉) 生長穩定 (成葉) 老化 (掉落)

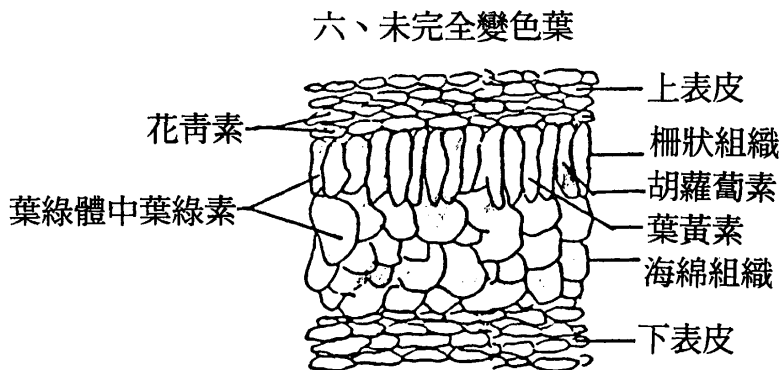
我們很好奇植物的葉片裏究竟藏了那些變色的原料，它們之間有什麼關係？這些顏色是如何轉變的呢？我們做了以下活動。

1. 植物的葉片裏藏有哪些變色原料

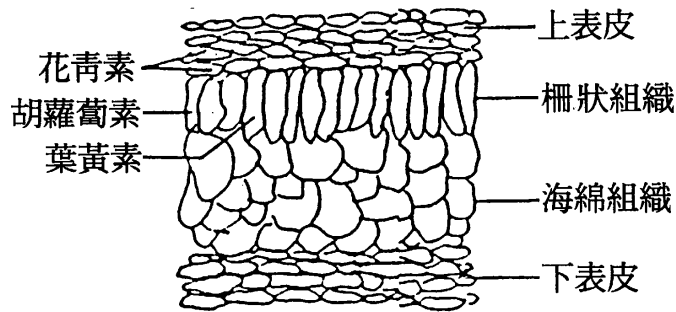
由於學校實驗設備及製作切片技術問題，我們無法親自很清楚的從顯微鏡下看到植物葉片藏有哪些色素，於是，我們收集相關植物色素的資料與圖鑑，從中得到楓香嫩芽、綠葉，未完全變色葉、完全變色葉及枯葉在顯微鏡下的圖片。



但是當我們到師大理學院印證時，教授所作的切片，讓我們從顯微鏡下觀察，却發現圖鑑的內容並不完全正確，紅色色素並非存在柵狀組織中，而是如圖所示，位於表皮細胞中下面一、二層。



七、完全變色葉（紅葉）



我們將各種資料整理成表(二)。

色素名稱	色素原色	形成色素的顏色
葉綠素	綠	綠
花青素	紅、藍	紅、橙、粉紅、青紫
葉黃素	淡黃	黃、淡黃
胡蘿蔔素	黃	黃、橙紅
單寧酸	黃褐	黃褐、深褐

表(二)

- 討論：
- (1)植物的光合色素如葉綠素、葉黃素、胡蘿蔔素都存在於葉綠體中；而花青素及單寧酸通常存在液泡中。
 - (2)嫩葉的柵狀組織及海綿組織中葉綠體逐漸發育，所以葉片是淺綠色。
 - (3)綠葉的柵狀組織及海綿組織中都有許多葉綠體，因此葉片是綠色的。
 - (4)未完全變色葉中有紅斑出現是因為表皮細胞累積許多花青素，因此我們知道樹葉紅色部份是因為有紅色花青素的關係。
 - (5)完全變色葉（紅葉）的柵狀組織及海綿組織中葉綠體內

的葉綠素消失，但仍有胡蘿蔔素及葉黃素，表皮細胞普遍累積大量的花青素。

(6) 枯葉中除單寧酸外，其他色素都消失了，所以葉片是黃褐色。

2. 色素間是如何變換的呢？

我們又更進一步查詢有關植物生理學的資料，終於了解植物色素變換的過程可能如下：

- (1) 葉綠體中的
- | | |
|---|------------|
| { | 葉綠素 → 分解消失 |
| | 葉黃素 → 仍存在 |
| | 胡蘿蔔素 → 仍存在 |

(2) 液泡中的花青素 $\xrightarrow{\text{轉換}}$ 單寧酸

(3) 葉綠體中的葉綠素 $\xrightarrow{\text{光合作用}}$ 澱粉 $\xrightarrow{\text{與酶產生交互作用}}$

葡萄糖；葉中部份葡萄糖 $\xrightarrow{\text{一定溫度下}}$ 花青素
 $\xrightarrow{\text{與酶產生交互作用}}$

$\xrightarrow{\text{轉換}}$ 單寧酸

葉綠體中的葉綠素會隨著葉片成熟、老化及外界環境因素逐漸分解消失，液泡中的花青素亦會隨葉片成熟，植物生理代謝產生並累積於下表皮細胞中。於是，我們採下楓香的綠葉、紅葉及掉落於地上的枯葉從事以下實驗：

實驗步驟：(1) 摘下楓香綠葉、紅葉及掉落於地上的枯葉各一片分別放入裝有200c.c. 水的燒杯中煮。

(2) 30分鐘後將葉片用鑷子夾出來，比較各燒杯中水溶液的顏色。

(3) 再將這三片已褪出花青素的葉子再分別放入內裝有酒精與水(2:1) 混合溶液200c.c. 的燒杯中各煮60分鐘。

(4) 將葉片用鑷子夾出比較各燒杯中水溶液的顏色如表(三)。

結果：

水溶液顏色	葉 別		
	綠 葉	紅 葉	枯 葉
溶出花青素的水溶液	淡 黃	紅	淡 黃
溶出葉綠素的水溶液	深 綠	淡 黃	黃

表 (三)

討論：1. 紅葉中因有大量累積的花青素，所以溶出花青素的水溶液的顏色最深紅。

2. 綠葉中有大量的葉綠素，所以溶出葉綠素的水溶液的顏色最深綠。

結論：1. 葉片中的葉綠素逐漸分解消失，而液泡中花青素累積量會影響葉片變色程度，變換量愈多，葉子會變得愈紅。

2. 葉片中葉綠素和花青素二者都存在時，葉片就會變成藍紫色。

3. 每種葉片的枯葉都是黃褐色，表示葉中最後消失的色素是葉黃素和單寧酸。

4. 剛長的嫩芽是依靠母株的養分供應，尚不會行光合作用，但生長至一定程度後才逐漸可以行光合作用，因此嫩葉會由淡綠漸漸變綠。

5. 楓樹在春、夏抽出的嫩芽快速生長成綠葉，到了秋天會大量製造產生花青素，所以葉片變紅，冬天葉片的各種色素消失，葉片變黃變枯，最後掉落。

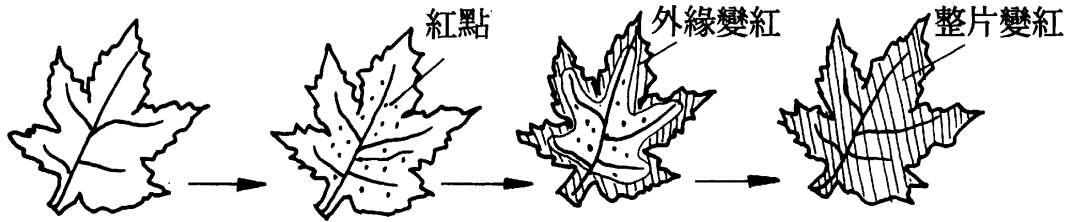
活動三：樹葉從哪裏開始變色？

好奇的我們知道了葉片變色是因為色素間的轉換，不免更想知道它們是從哪裏將葉片換色呢？

(一)單片葉子從哪裏開始變色？

我們天天仔細觀察楓香樹葉的顏色變化發現葉片變色的順序是：首先綠葉邊緣上出現少許紅斑，之後紅斑點愈

增愈多，外緣的紅色逐漸向內延伸，最後整片變紅。



(二)整株樹上的葉子是從哪開始變色？

我們發現同一株楓香樹葉變紅的順序是由靠近樹幹基部的樹葉開始變紅，由下而上最後變紅的是樹梢的葉片，而且先紅的葉片先掉落，愈早長的葉片愈快紅，這大概跟先生的比較會先死的現象一樣。

活動四：日照對樹葉變色有影響嗎？

我們選擇葉片大致相同，土壤成分大致相同的紅葉圓葉鐵莧，紫色鴨跖草各二盆，將其中一盆放在可以充份日照的地方，夜晚及陰雨天則以紫外線燈照射，另一盆以黑紙包住放置於旁，每天觀察並記錄，表(四)。

日照與否 植物名稱	日	未	日	照
	照		照	
圓葉鐵莧	葉片一直都是紅色的		葉片中的紅色慢慢逐日消失，綠色部份逐漸增加→葉片中有紅、有綠、有橙、有黃→綠、橙交雜，第二十天時新長的嫩葉完全是綠色。	
紫鴨跖草	葉片一直都是紫色的		葉片中的紫色漸漸消失，葉片慢慢變綠，葉緣及葉脈部份最後變綠，到了第八天葉片完全變綠。	

表(四)

結果：由以上實驗與觀察，我們能確定日照會影響葉片變色，當日照充分時，葉中的花青素被大量製造出來，因此圓葉鐵

莧的葉片是紅色的，紫鴨跖草的葉片是紫色的。

我們證實了日照會影響葉片變色，那麼日照時間長短是否與葉片變色有關？我們以完全未變色的聖誕紅當做材料，做了以下實驗以了解聖誕紅變色是否與日照長短有關。

- 實驗步驟：
1. 選擇葉片土壤成份大致相同未變色的聖誕紅5盆，盆上標上甲、乙、丙、丁、戊，分別放入外面包有黑紙，內部上方裝有植物紫外線燈的塑膠箱中。
 2. 把5盆聖誕紅依序放在暗室裏，每天分別給予三小時、七小時、十一小時、十五小時、十九小時的紫外線燈照射。
 3. 每天觀察並紀錄葉片變色情形，表(五)。

結果：

月	11																				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
日	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5
盆別																					
甲	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
乙	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
丙	—	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
丁	—	+	+	+	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
戊	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+

—：綠 +：半紅 ++：紅 11/1~12/5
表(五)

- 結論：
1. 日照的確會影響植物葉片的變色。
 2. 日照時間太長或太短都不適於葉片的變色。
 3. 由以上實驗我們發現聖誕紅的最適當日照大約在每日十一小時左右~十五小時左右。

活動五：溫度對樹葉變色有影響嗎？

植物生長環境中除了日照、土壤成分外，還有沒有其他影響因素呢？

實驗步驟：1. 選擇葉片大小，土壤成份大致相同的未變

10%的工研醋稀釋液	PH約6
20%的工研醋稀釋液	PH約4
30%的工研醋稀釋液	PH約3
2%的氨水稀釋液	PH約8
5%的氨水稀釋液	PH約10
10%的氨水稀釋液	PH約12
井水的	PH約7

表(七)

取各種酸鹼不同的水，分別裝入瓶中200c.c.並標上它們的PH值，由同一株鴨跖草上採下枝葉，分別插入各種濃度的工研醋稀釋液、氨水稀釋液及井水，並將各瓶都擺放在陽台上，每天觀察並記錄變化。

結果：由實驗結果得知，不僅土壤中的酸鹼度會影響植物葉片的顏色，水溶液酸鹼度不同，也會在短短的幾天內就有明顯的變化，PH值愈小（水溶液愈酸）鴨跖草的葉片顏色就變得愈紅，PH值愈大（水溶液愈鹼）鴨跖草的葉片顏色就變得愈藍綠色。

活動七：水含量對樹葉變色有影響嗎？

我們觀察校園的許多樹木的葉片，在快掉落或掉落時都會變黃變枯。我們從有關書籍中知道樹木在受到外界環境變化或生理因素影響，使得葉片老化程度加速，葉柄部份產生離層現象阻斷水份輸進葉片，葉片無法進行光合作用製造養分，葉片就慢慢枯死，這時樹葉中的各種色素都漸漸消失，最後只剩單寧。於是，我們以蜚蜞菊為實驗材料，做以下的觀察與實驗：

實驗步驟：摘下兩截大約20公分長的蜚蜞菊，甲株丟入池塘中，乙株放置於池塘邊的木板上，每日觀察並紀錄結果。表(八)

變色情形 株別	日數	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
	甲	未變	”	”	”	”	”	”	”	”	”
乙	+	++	+++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

+ 略凋 ++ 枯萎 +++ 變黃 ++++ 變褐
 表 (八)

討論：由以上實驗得知，這兩株同時摘下的蟛蜞菊放置於不同環境中，甲株因為可以繼續得到水份，所以葉片在一週後仍是翠綠，而乙株在枯萎後便逐漸變黃變枯，最後葉片褪為褐色，因此不僅葉片在老化時，會變色，水分的含量也會影響葉片顏色，這與我們種花很久沒有澆水，花會枯萎的道理相同。

五、結論與心得

從我們長期觀察和實驗中，我們發現：

1. 在我們週遭生長的植物，它們的葉片從剛抽出嫩芽一直到枯黃掉落，顏色不斷在變化著。
2. 葉片顏色的變化主要是因為葉片內葉綠素、花青素、葉黃素和單寧等色素之間轉變而成的。
3. 葉片中的色素會改變，除了本身樹種的特性外，其他外在環境的變化如日照、溫度、酸鹼度、水份等都會使色素間轉換，使葉片千變萬化產生各種顏色。
4. 由活動四我們可以知道日照的長短會影響葉片變色，以聖誕紅為例，日照每日約11~15小時，葉片最先變紅，當植物能獲得較充分日照時，有利於光合作用的進行，葉片大多是綠色。如果日照不適當葉片中的葉綠素逐漸消失，花青素大量製造，因此，葉片會變色。假如完全不給植物日照，植物無法行光合作用。

用，則植物快速老化葉片會變黃變枯。

5. 由活動五我們了解溫度也會影響葉片顏色變化。聖誕紅之所以在聖誕節左右（15~20℃）開始大量變紅，主要因為冬天溫度較低所致。但溫度太低（10℃以下）或是太高（25℃以上）葉片也不易變色。
6. 臺灣地處於副熱帶氣候，溫度變化不明顯，因此臺灣所種植的聖誕紅、楓香、槭等葉片都較歐美晚變色，溫度是一個很重要的因素。
7. 由活動六可知酸鹼度亦會影響植物葉片的顏色，同株的鴨跖草在酸性溶液中會變得更紅，而在鹼性溶液中會變為藍綠色。
8. 由於活動七我們得知水分也是影響葉片顏色的因素之一，當葉片在老化或受傷時，水分便無法由根部經莖運送到葉片就會枯萎而變黃變褐。
9. 除了植物的葉子會變色外，我們同時也發現到植物的花也會隨著外在環境的變化而有所改變。例如，繡球花在酸性土壤中會開出紅色的花朵，在鹼性土壤中，則開出藍色的花朵。
10. 很多植物的果實如香蕉、木瓜、橘子、蕃茄等在成熟前是綠色的，成熟後是黃色、紅色等顏色。這也是和葉片老化的情形一樣，也是由於葉綠素逐漸消失，以及花青素大量累積的關係。
11. 由我們的實驗中，讓我們深深感覺到：大自然雖然奧秘，但人為的因素也可以改變自然規律。
只要我們控制得當，夏天要看到楓葉變紅不是不可能，要隨心所欲改變聖誕紅開花的季節也是可行的。
12. 當我們觀測植物葉片的色素時，我們幾乎花了一個多星期的時間在做葉子切片和圖鑑尋找的工作，但是所獲得的結果却是不正確的，所幸經師大教授的指導，才發現圖鑑的標示是錯誤的，也因教授的指導而獲得真相。
13. 在我們的研究過程中，雖然有很多地方，由於年齡及設備的限制，無法親自觀察而須借用參考資料，以獲得當中的知識，但是深信只要我們保持這份求知的心理，繼續努力，專心研究一

