

新竹市第四十一屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國中組

作品名稱：「光」這樣還不夠～自製分光光度計比較植物對光的
敏感度

關 鍵 詞：光度計、葉綠體、光合作用效率

編 號：112JA-B001

摘要

本研究探討自製分光光度計在平行脈植物與網狀脈植物對紅光、藍光、綠光、黃光以及白光的敏感度。我們以平行脈、網狀脈的葉綠素及葉綠體進行吸光率的測試，透過葉綠素吸光率的實驗中我們發現，兩種植物對藍光的吸光率最高、綠光的吸光率最低。至於葉綠體的實驗中，因為在葉綠體中有許多除了葉綠素不同的物質且葉綠體本身也需要綠光來調節本身光合作用，所以所需要的色光也不同，因此實驗過程中我們發現葉綠體對綠光吸光率不是最低的。最後一部分我們研究葉綠體混合DCPIP溶液在不同時間的光照下光合作用效率的探討。在實驗後，發現DCPIP的光合作用效率，以平行脈植物的光合作用效率較網狀脈來的高。

壹、前言（含研究動機、目的、文獻回顧）

一、研究動機

走在校園中，看到操場旁不同品種的大樹，有鳳凰木、椰子樹、台灣欒樹等。而不同品種的樹木，都有其特色的樹葉，有的是狹長型；有的是扁平狀等。但多數的葉片中，都含有葉綠體和葉綠素。還記得國一在上生物課的時候，課本上總有些圖表，告訴我們有關生物的知識，像：如何判斷單子葉、雙子葉植物，光合作用的反應物等，即使我們懂得這些理論，但我們仍然不知道這些理論是從何而來。因此學完葉綠素的相關知識後，我們希望透過分光光度計去比較葉綠體或葉綠素的光學特性。由於老師在上課時提到分光光度計這台儀器的成本很高，於是我們決定自製分光光度計並運用低成本的材料，如：電阻、可變電阻、比色管和發光二極體等，去探討與分析比較不同植物的葉綠體或葉綠素的光學特性。

二、研究目的

- (一) 透過自製光度計來檢測物體的吸光效率。
- (二) 分析不同植物光合作用的效率。

三、文獻回顧

(一) 分光光度計設計原理

分光光度計的設計原理是將燈源的光分散成七彩色光，並擷取其中一種色光，讓單一色光通過溶液，以光感測量器將光的衰減程度數字化。最後，以單一色光被樣品溶液所吸收的比例，來呈現測量結果，此實驗結果抑或可以使用穿透比例來呈現。透過實驗所得到的這個比例，可以從還沒有放置樣品之前、以及放樣品之後，由光感測器所測得的單一色光強度，來分析實驗樣品在該色光下的相對光度。這便是分光光度計的原理。

（二）分光光度法簡介

分光光度計是一種對有色化合物吸收多少光，及對於其分子進行分析的一種實驗方法。分光光度計通常用於測量溶液，透明或不透明固體（例如拋光玻璃）以及氣體的透射率或反射率，且分光光度計的應用範圍很廣，除了在生物科學可以見到其身影，應用方面上包括了物理學，材料科學，化學，生物化學，化學工程，和分子生物學上。其實驗方法為透過分光光度計將含有各種波長的混合光分散為各種單色光，使每種單色光依次通過某一濃度溶液，測量溶液對每種光波的吸光度。此外，利用特定波長的單色光分別透過標準溶液與待測溶液，比較其吸光度，可作定量分析。

（三）平行脈和網狀脈的差別

位在葉片的脈叫葉脈，與人體經脈不同處在於用肉眼就可以看見。它是分布在葉肉中的較大維管束股，可以輸送水份與養分，也是支撐葉身柔軟組織的骨架。大多數葉片不只有一條葉脈，最粗大、明顯的稱為「中肋」，由它分出的次大葉脈稱支脈，貫通於各支脈間的細小葉脈是「細脈」。整個複雜的網絡則稱為「脈系」或「脈型」。脈系有平行脈、掌狀脈與羽狀脈3種基本形式，掌狀脈與羽狀脈合稱為網狀脈系，接下來就來看它們的區別吧！

一、平行脈系：葉脈多與葉緣平行，可以分為3大類型：

1.簡單平行脈又稱直出平行脈：葉脈粗細相似，都由基部延伸到尖端，有些沒有中肋，例如鳶尾。

2.羽狀平行脈又稱側出平行脈：有明顯中肋，其他葉脈由此伸出且相互平行，例如芭蕉。

3.射出平行脈：葉脈均由葉片基部以輻射狀向葉子邊緣伸展，例如巴拿馬草。

二、掌狀脈系：又稱「掌狀網狀脈」，有數條起自葉柄末端，大小相似的主脈。例如蓮草。

（四）葉脈的概念

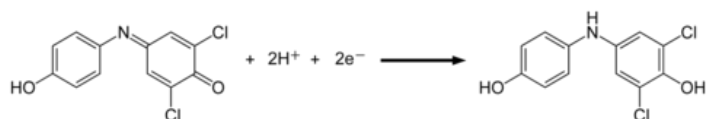
葉脈是由不含葉綠素的薄壁組織、厚角細胞等支持組織包圍維管束所形成的沿葉背軸側凸出的肋條。根據它的排列形式不同科分為稱為脈序，葉脈等。比較粗大的葉脈稱為粗脈，比較細小的葉脈稱為細脈，細脈的末端極細，是由1到2根假導管構成，任何植物到一定程度以下的細脈則不形成維管束鞘。如在網狀脈的主脈、側脈和平行脈的縱脈等粗脈，可與葉肉區別。與此相反，網狀脈的細脈和多數叉狀脈等細脈，維管束一般為維管束鞘所包圍，在葉肉內海綿組織的上層分化，不直接與細胞間隙通連。單子葉植物的縱脈間橫連的脈較少，多由少數的假導管和篩管構成。葉脈的維管束是由莖的中柱分出來的，但是它的數量和走行方式則因植物而異。由外韌維管束基分出來的葉脈木質部分化為向軸側，韌皮部分化為背軸側。雙韌維管束則只限於粗脈在木質部兩側生出韌皮部，在細脈不出現向軸側的篩部。也有在1條葉脈中生1條維管束的植物（例如：榆、極木、槭），但多數是成環狀走行（例如：百合木）。

(五) DCPIP (2,6-二氯靛酚)

為用於氧化還原指示劑的化合物。當DCPIP處於氧化態時呈現藍色，最大吸光值為600奈米；還原態時則為無色。

DCPIP可用於測量光合作用的速率，為希爾反應家族之一。當該指示劑暴露於光合作用系統時，會因化學還原反應而脫色。DCPIP比起鐵氧還蛋白擁有較高電子親合能，可被光合作用的電子傳遞鏈還原，作為光合作用中最終電子載體NADP+的替代品。當DCPIP因還原反應而逐漸脫色時，可經由分光光度法測量到其透光率上升。

DCPIP (藍色) + H⁺ → DCPIPH (粉紅) DCPIPH (粉紅) + HVc (還原型維生素C) → DCPIPH₂ (褪色) + Vc (脫氫型維生素C)



貳、研究設備及器材

表 1：設備及器材

比色管	三用電表	燒杯	滴管	電阻
光電二極體	可變電阻和發光二極體	電池和電池盒	酒精燈、陶瓷纖維網和三腳架	台糖精緻細砂

				
網狀脈（地瓜葉）	平行脈（蜘蛛蘭）	黑色的比色槽	杜邦線	連接線
				
吳竹紅硃砂液	SDI藍墨水	研鉢	Advantec定性濾紙	手電筒

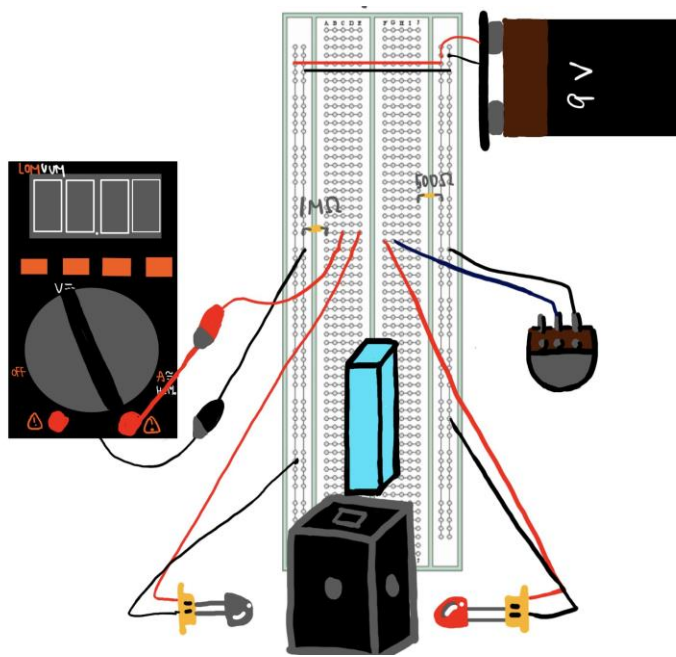
表2：化學藥品



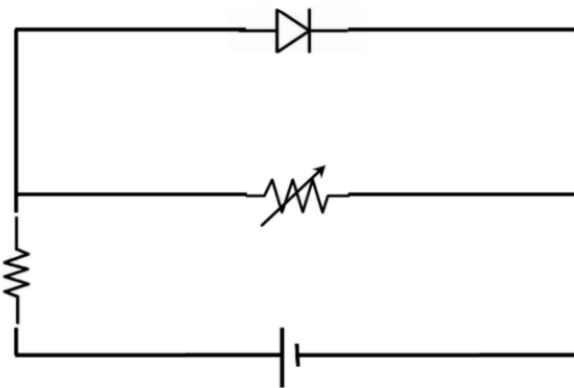
乙醇

DCPIP（2,6-二氯靛酚）

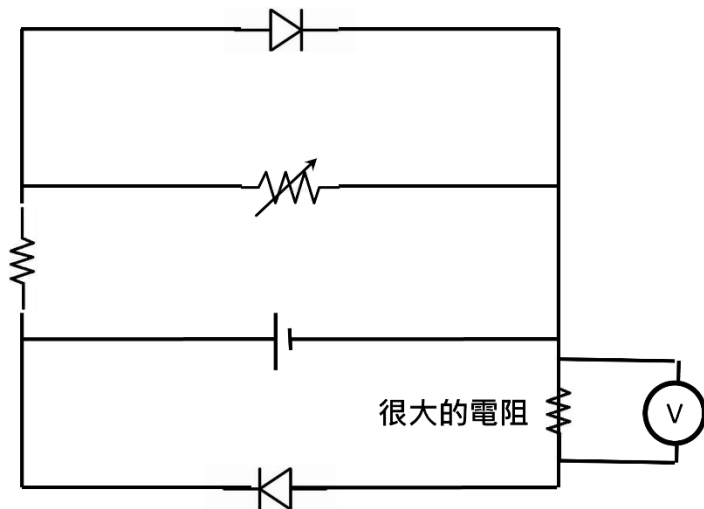
表3：自製分光光度計



以下我們將此圖轉為概念圖



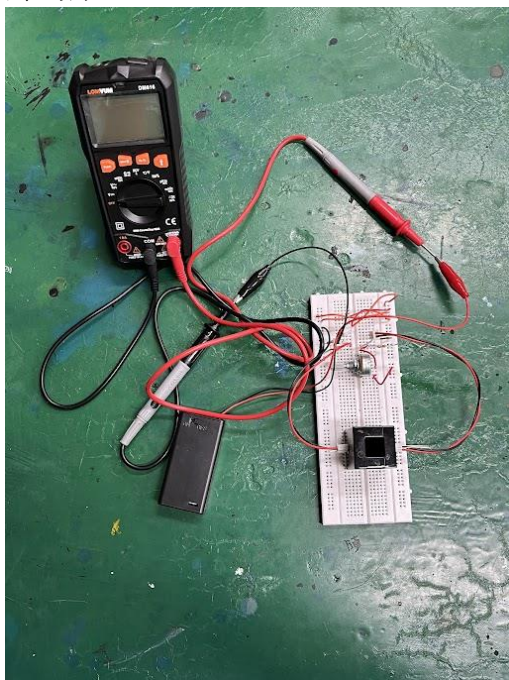
由於二極體的特性，只能容許單一電流方向，因此接法如上圖所示，而實驗中也有調整發光二極體(LED)亮度的需求，因此可以透過並聯的概念接上可變電阻，透過旋鈕調整電阻的大小調整通過發光二極體的電流大小，以達到調整亮度的目的。



光電二極體的接法必須與發光二極體有所不同，光電二極體顧名思義在一般的情況下需要透過「光」的刺激才会有電流通過，因此在這樣的需求下，光電二極體的正極必須與電池的負極相接；然而，光電二極體在光的刺激下所產生的電流太小，因此若是直接接上三用電表進行量測，其數據會變得非常小，變的難以量測，所以在光電二極體串聯上一個百萬等級的電阻，根據「 $電阻R = \frac{電壓V}{電流I}$ 」，而得知

「 $電壓V = 電流I \times 電阻R$ 」，當電阻一大的時候，即便電流很小，也可以藉以量測出合理數據的電壓值。

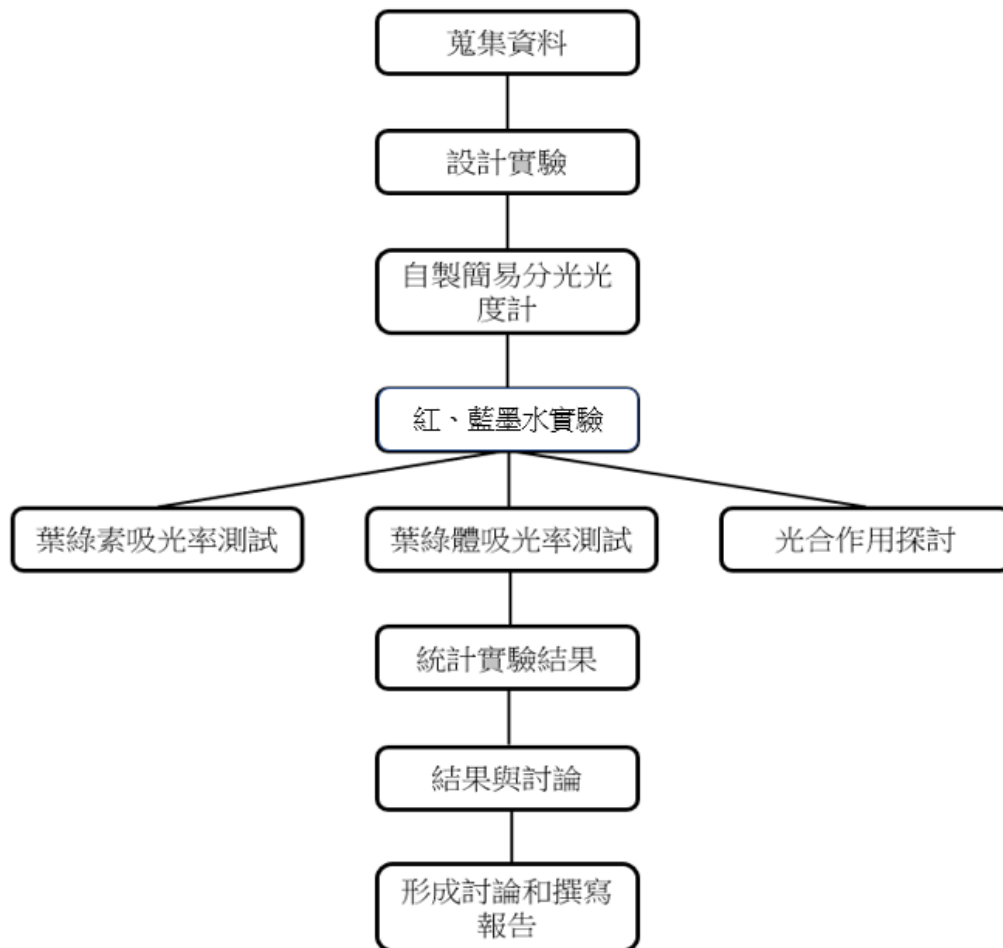
整體來說，發光二極體會放在客製化的黑色比色槽內，而光電二極體則是在客製化的黑色比色槽內的另一端，比色槽中可放入含有樣品溶液的比色管，在有光的時候，光電二極體可受到光的刺激而產生電流，再透過三用電表量測出電壓值，此為自製光度計的原理。



此為分光光度計實際圖片

參、研究過程與方法

一、實驗大綱：



二、實驗方法

(一) 紅墨水的吸光檢測

配製不同稀釋倍率的紅墨水

無稀釋：吸取3毫升無稀釋的紅墨水至比色管。

10倍稀釋：將無稀釋的紅墨水5毫升加上45毫升的水，製成10倍稀釋的紅墨水，並吸取3毫升至比色管。

100倍稀釋：將10倍稀釋的紅墨水吸取5毫升並加上45毫升的水，製成100倍稀釋的紅墨水，並吸取3毫升至比色管。

1000倍稀釋：將100倍稀釋的紅墨水吸取5毫升並加上45毫升的水，製成1000倍稀釋的紅墨水，並吸取3毫升至比色管。

10000倍稀釋：將1000倍稀釋的紅墨水吸取5毫升並加上45毫升的水，製成10000倍稀釋的紅墨水，並吸取3毫升至比色管。



不同稀釋倍率紅墨水顏色濃淡（由左至右為無稀釋到稀釋10000倍）

- 1.準備不同稀釋倍率紅色的墨水並倒入比色管
- 2.將比色管裝入黑色的比色槽，避免接收其他的自然光
- 3.利用自製分光光度計接上電線和三用電表
- 4.測試紅墨水的電壓值
- 5.從電壓值換算吸光值

$V1$ → 紅墨水對照組的電壓值

$V2$ → 紅墨水實驗組的電壓值

$$\frac{V1-V2}{V1} \times 100\% = \text{紅墨水吸光率}$$

（二）藍墨水的吸光檢測

配製不同稀釋倍率的藍墨水

無稀釋：吸取3毫升無稀釋的藍墨水至比色管。

10倍稀釋：將無稀釋的藍墨水5毫升加上45毫升的酒精，製成10倍稀釋的藍墨水，並吸取3毫升至比色管。

100倍稀釋：將10倍稀釋的藍墨水吸取5毫升並加上45毫升的酒精，製成100倍稀釋的藍墨水，並吸取3毫升至比色管。

1000倍稀釋：將100倍稀釋的藍墨水吸取5毫升並加上45毫升的酒精，製成1000倍稀釋的藍墨水，並吸取3毫升至比色管。

10000倍稀釋：將1000倍稀釋的藍墨水吸取5毫升並加上45毫升的酒精，製成10000倍稀釋的藍墨水，並吸取3毫升至比色管。



不同稀釋倍率藍墨水顏色濃淡（由右至左為無稀釋到稀釋10000倍）

- 1.準備不同稀釋倍率藍色的墨水並倒入比色管
- 2.將比色管裝入黑色的比色槽，避免接收其他的自然光
- 3.利用自製分光光度計接上電線和三用電表
- 4.測試紅墨水的電壓值
- 5.從電壓值換算吸光值

$V1$ → 藍墨水對照組的電壓值

$V2$ → 藍墨水實驗組的電壓值

$$\frac{V1-V2}{V1} \times 100\% = \text{藍墨水吸光率}$$






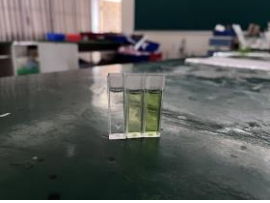
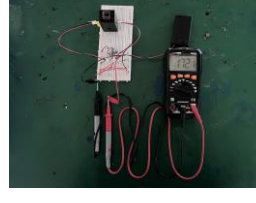
（三）測試平行脈/網狀脈葉綠素的吸光率

- 1.將平行脈和網狀脈的葉子分別採集1公克撕碎並加入60毫升的酒精
- 2.用酒精燈隔水加熱約20分鐘
- 3.將加熱過的平行脈葉綠素、網狀脈葉綠素用滴管滴入3毫升至比色管並放入裝比色管的盒子，避免接收其他的自然光。
- 4.利用自製分光光度計接上電線和三用電表。
- 5.測試平行脈葉綠素、網狀脈葉綠素的電壓值。
- 6.從電壓值換算吸光值。

$V1$ → 葉綠素對照組的電壓值

$V2$ → 葉綠素實驗組的電壓值

$$\frac{V1-V2}{V1} \times 100\% = \text{葉綠素的吸光率}$$

			
採集1公克的葉子並撕碎	分別加入60毫升酒精	隔水加熱20分鐘 葉綠素溶液	降溫
			
過濾	將葉綠素加入比色管	用分光光度計和 三用電表測量電 壓值	

(四) 測試平行脈/網狀脈葉綠體吸光率

- 1.配製0.5莫耳濃度的蔗糖溶液（根據文獻的資料，0.5莫耳的蔗糖溶液對於葉綠體是等張溶液，因此這樣的濃度下，葉綠體可以保持完整性）。
- 2.將網狀脈、平行脈各1克葉子放入石臼加入60克糖水並磨碎
- 3.浸泡1小時並用濾紙過濾雜質
- 4.利用自製分光光度計接上電線和三用電表
- 5.測試平行脈葉綠體、網狀脈葉綠體的電壓值
- 6.從電壓值換算吸光率

$V1$ → 葉綠體對照組的電壓值

$V2$ → 葉綠體實驗組的電壓值

$$\frac{V1-V2}{V1} \times 100\% = \text{葉綠體的吸光率}$$



將1克葉子加入蔗糖溶液並碾碎	浸泡1小時用濾紙過濾	過濾後清澈的平行脈和網狀脈葉綠體	自製分光光度計接上三用電表	測試平行脈葉綠素、網狀脈葉綠素的電壓值
----------------	------------	------------------	---------------	---------------------

(五) 光合作用的探討

實驗方法：

- 1.配製0.5莫耳濃度的蔗糖溶液
 - 2.配製0.05%的DCPIP溶液
 - 3.將網狀脈、平行脈葉子放入石臼加入蔗糖溶液並碾碎
 - 4.萃取葉綠體
 - 5.在葉綠體溶液中加入DCPIP進行光合作用效率的測試
(葉綠體：DCPIP溶液比例為1：2)
 - 6.設計不同的組別，溶液分別為：平行脈葉綠體+DCPIP溶液；網狀脈葉綠體+DCPIP溶液
- 操作變因分別是：不照光、照光1小時、照光2小時、照光5小時、照光16小時和照光24小時
- 7.照光完後攪拌均勻並利用分光光度計測試溶液、運算出光合作用的效率
 - 8.從電壓值換算吸光值。

V_1 →DCPIP溶液對照組的電壓值

V_2 →DCPIP溶液實驗組的電壓值

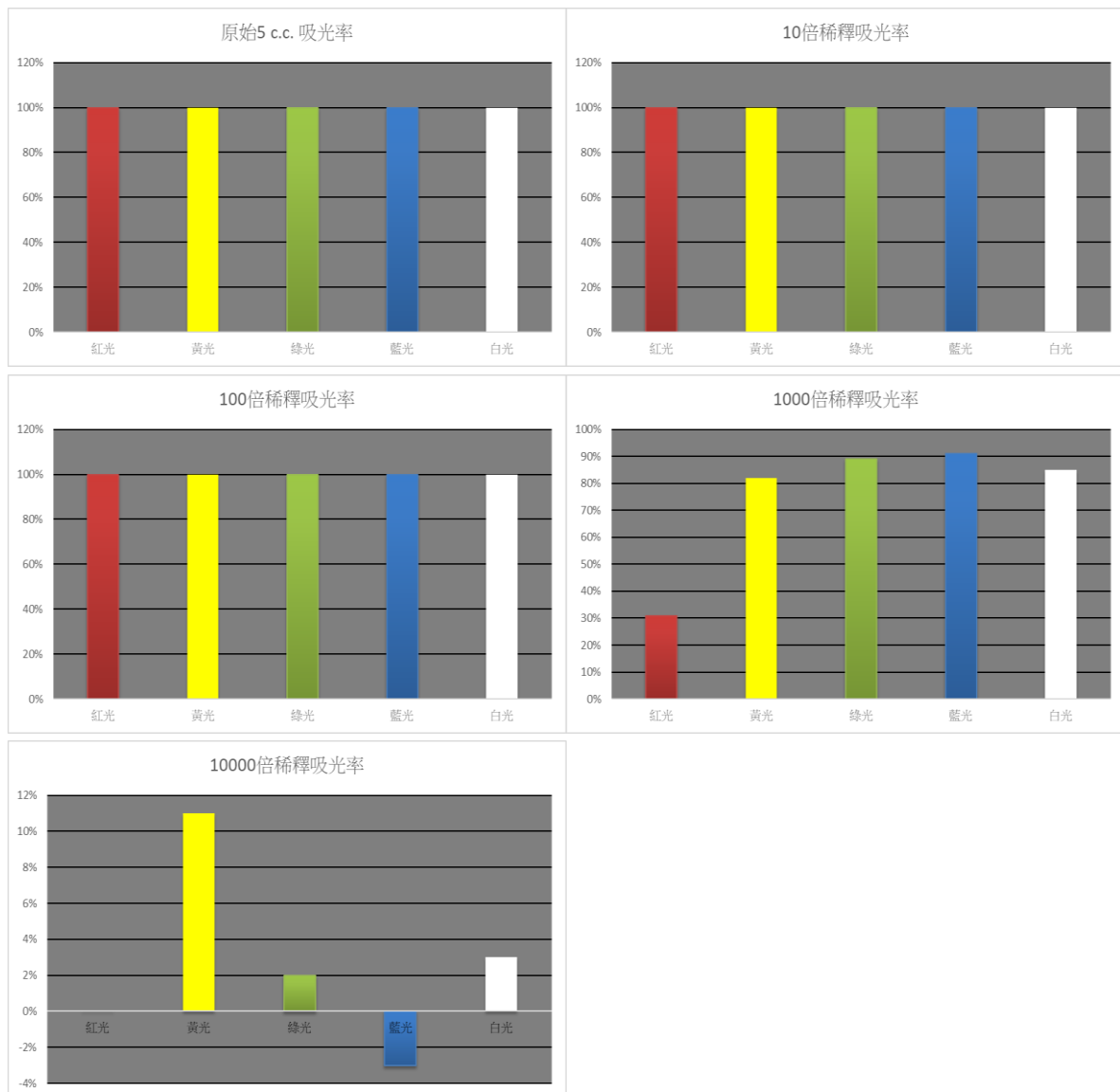
$$\frac{V_2 - V_1}{V_1} \times 100\% = \text{DCPIP溶液的透光率}$$

肆、研究結果

一、紅墨水吸光檢測

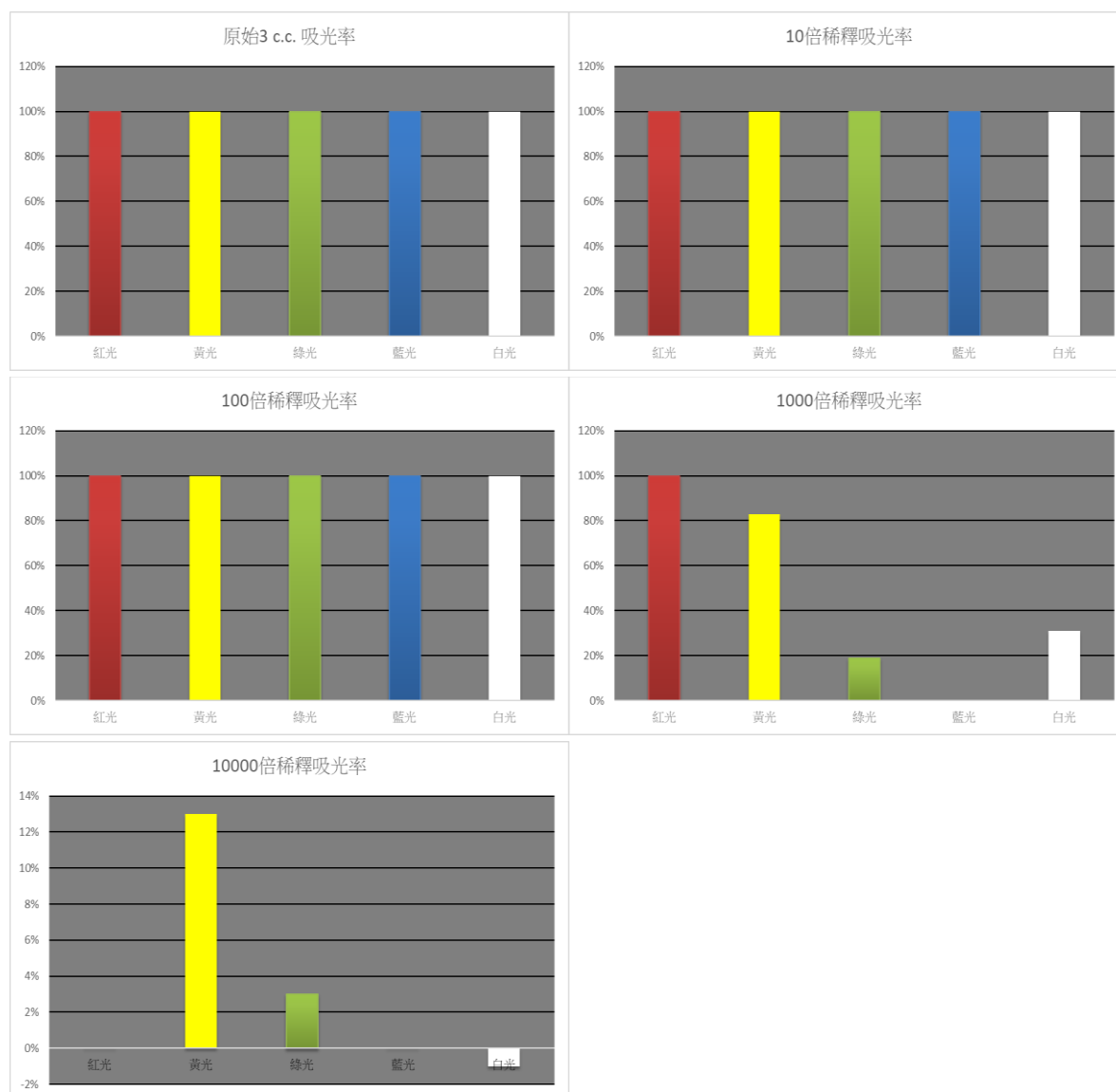
為了確保我們自製的光度計電路，是可以用來測試、換算吸光率，我們決定做紅墨水實驗。做這個實驗理論上，如果是使用紅色的LED照紅墨水時，理論上所得到的電壓值會比較高，將它換算成吸光率會比較低，反之如果是使用其他顏色的LED，它吸光率的數值則會相對較高。做了紅色墨水的實驗，照理來說，這個光度計應當可以進行測試。

我們配製不同稀釋倍率的紅墨水（無稀釋、稀釋10倍、稀釋100倍、稀釋1000倍和稀釋10000倍），並記錄其電壓值換算吸光率，然後將吸光率轉換成圖表，結果如下：



在這次的實驗中，我們發現0倍到100倍稀釋時因為濃度過高，所以吸光率普遍有偏高的情況。而到了1000被稀釋時，數值的表現和藍墨水實驗一樣，才会有明顯吸光率的差異，由於紅墨水會反射紅光，所以紅光的吸收率較低，其他的顏色的色光吸收率相較紅光高出很多

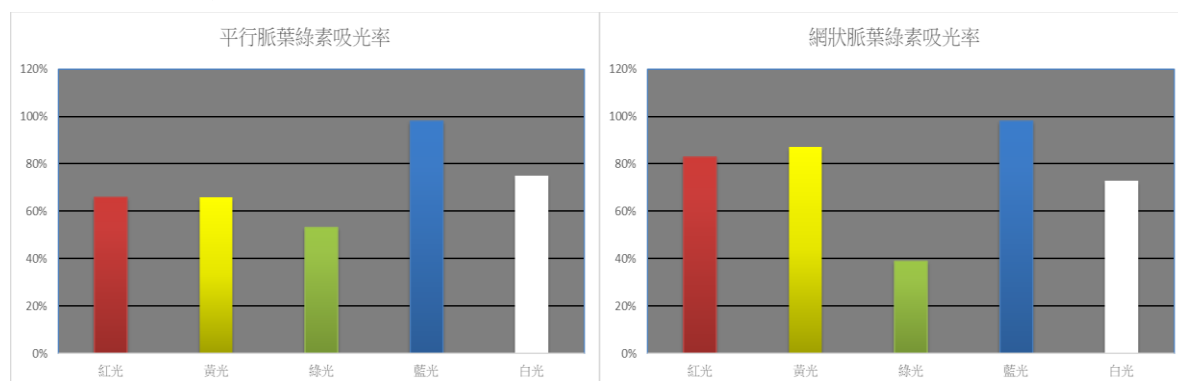
二、藍墨水吸光檢測



在上述實驗中，0倍稀釋到100倍稀釋時的數值較低，因此吸光率經換算後都是100%。而到了1000倍稀釋時，數值才明顯有了差異，從圖表中我們發現，紅光和黃光的吸收率較高，而藍光的吸收率最低接近0%

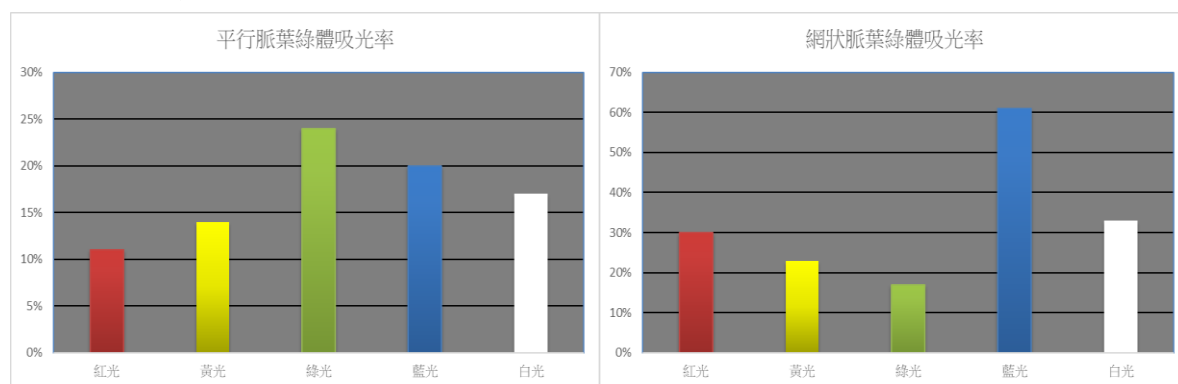
在上述實驗中，我們可以確定自製光度計，是可以正常測試，於是我們將平行脈和網狀脈的葉綠素對各種顏色LED燈，透過三用電壓表，將數值換算出吸光率。

三、葉綠素的吸光測試



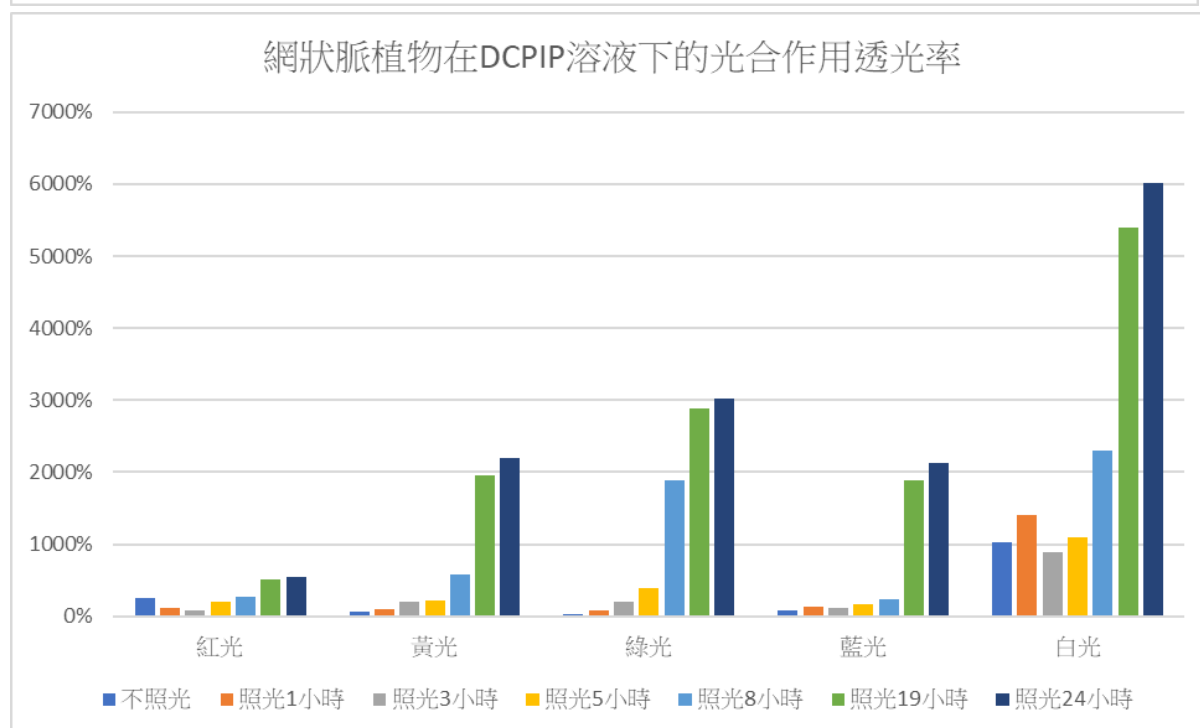
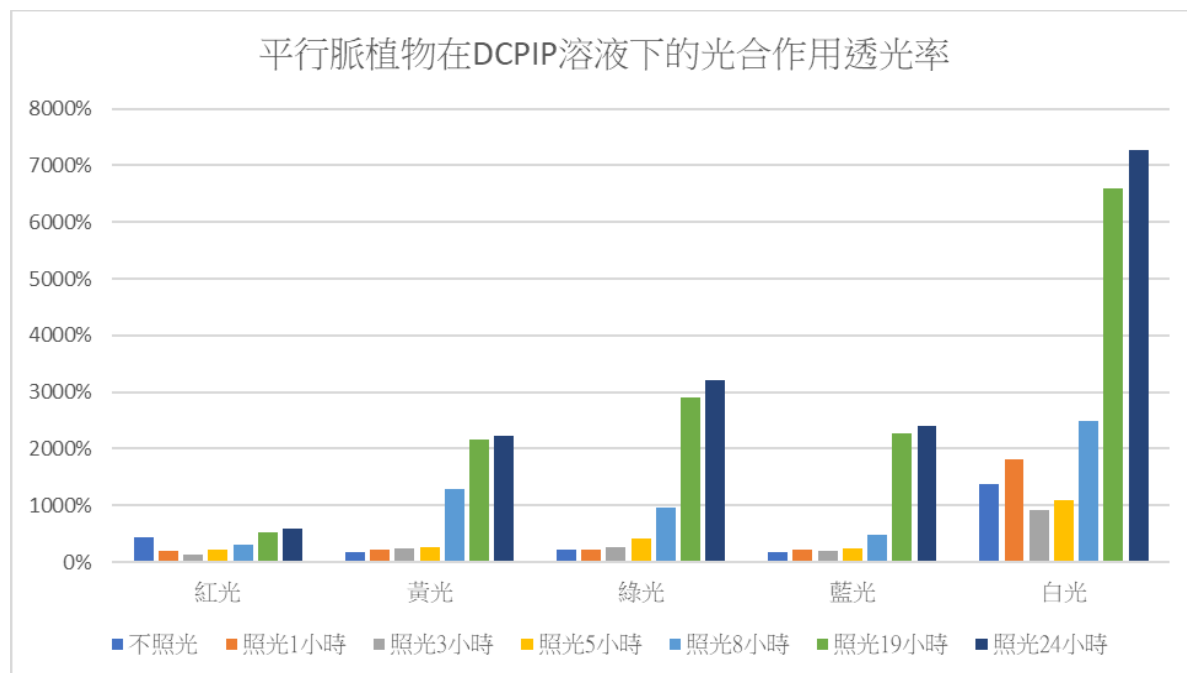
在上述實驗中，我們將各種顏色LED燈測試平行脈葉綠素和網狀脈葉綠素的吸光率反映，透過三用電壓表，將數值換算出吸光率。發現網狀脈紅光、藍光的吸光率相當高；相反，黃光及綠光的吸光率較少；而讓人意外的是，平行脈黃光的吸光率比紅光的吸光率還要高，不過綠色的吸光率跟網狀脈一樣，都是最少的。

四、葉綠體吸光測試

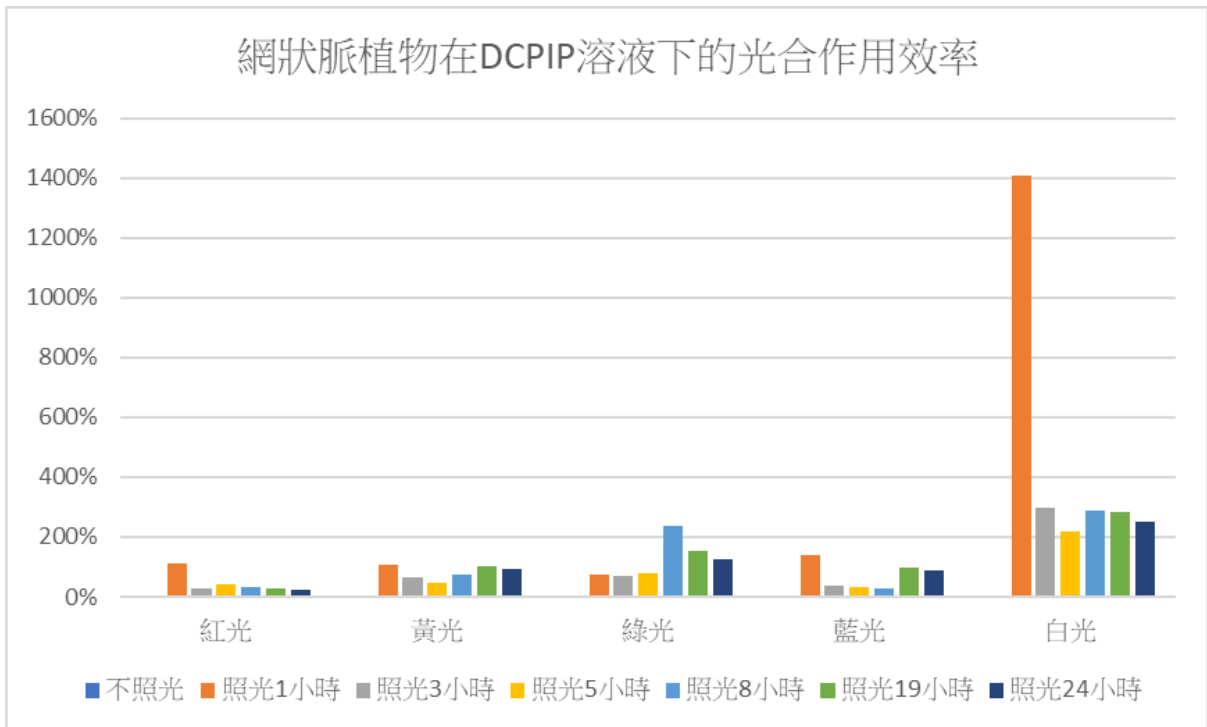
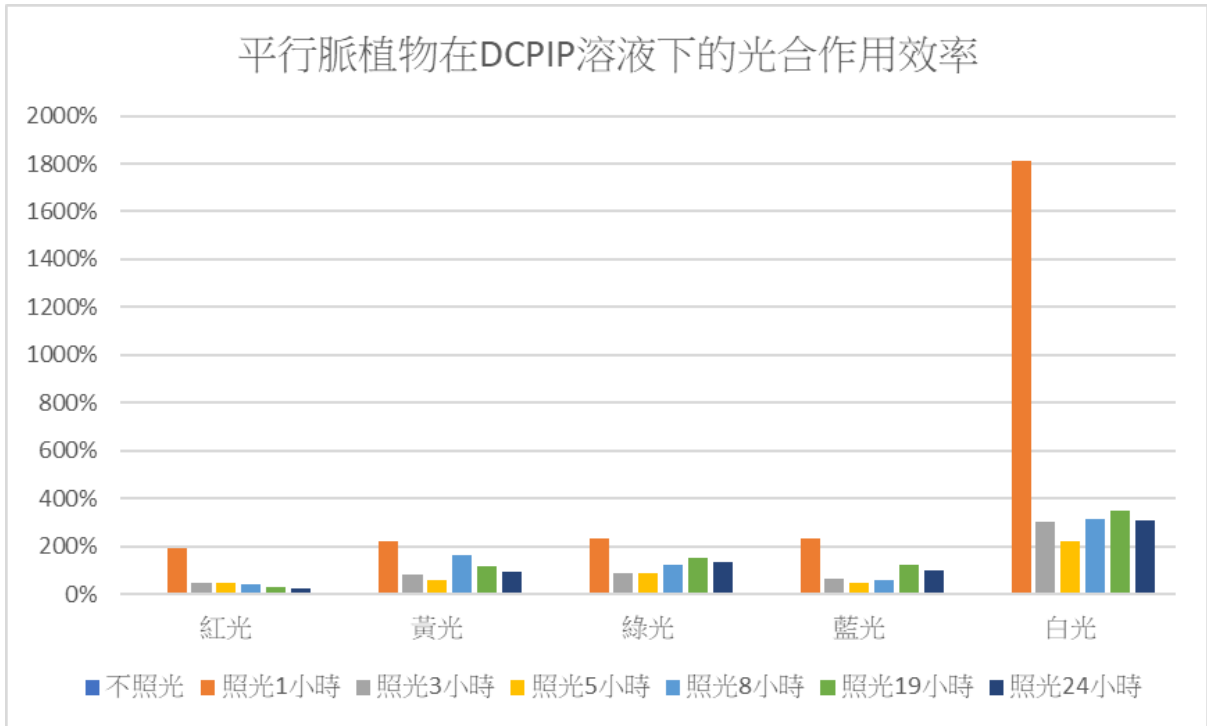


上述的實驗我們將各種顏色LED燈測試平行脈葉綠素和網狀脈葉綠素的吸光率反應，透過三用電壓表，換算平行脈、網狀脈對各種LED光的吸光率。經由此項實驗發現平行脈和網狀脈紅光、藍光的吸光率相當高；相反，黃光及綠光的吸光率較少；令人意外的是網狀脈綠光的吸光率還比黃光高，但在平行脈綠光吸光率反而是最低的。

五、光合作用探討



平行脈葉綠體和網狀脈葉綠體在照射24小時後，透光率是所有組別裡最高的，因為葉綠體的溶液都接近於透明；在8小時到19小時的過程中，透光率上升幅度最顯著；綠光的透光率相對於其他組是比較明顯的。



透過這個實驗我們發現，平行脈植物和網狀脈植物在照光一小時下的效率是變化最為明顯的，特別是在白光的偵測之下，數值變化特別高。總的來說，我們可以看出照光1小時平行脈植物的光合作用效率高於照光1小時的網狀脈植物。

伍、討論

一、實驗結果討論

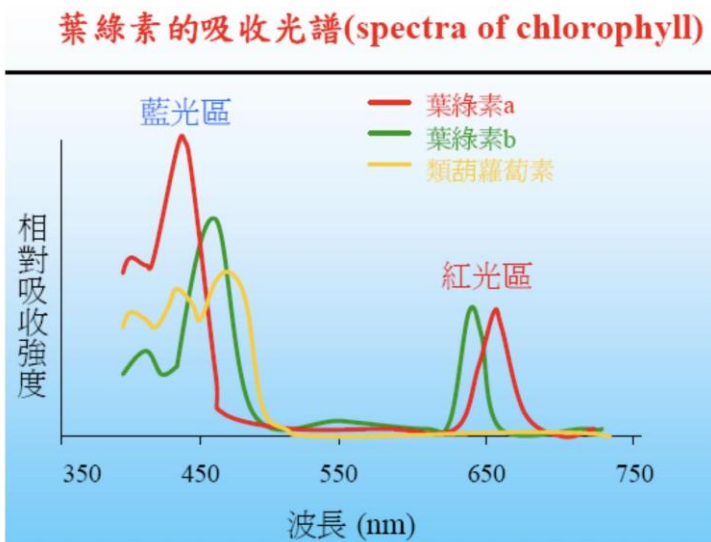
(一) 紅墨水吸光檢測

我們做了不同倍率所稀釋的紅墨水，而從原始的紅墨水、稀釋10倍以及100倍，不難去發現三者的數值幾乎沒有差異，正是因為三者的濃度太深所導致，但到1000倍稀釋的紅墨水中，我們可以在吸光率看出數值有著明顯的落差，我們預期在紅光比較沒有吸收，在此倍率中凸顯了這個特點，因此我們建議在用這個品牌的紅墨水時，可以稀釋成1000倍的濃度，但在10000倍時，我們發現它的濃度高跟清水沒有太大的差異。

(二) 藍墨水吸光檢測

在這次的實驗中我們總共做了5種不同濃度的藍墨水的實驗，分別為0倍稀釋、10倍稀釋、100倍稀釋、1000倍稀釋和10000倍稀釋的藍墨水。在此次的實驗中我們發現，0倍稀釋、10倍稀釋以及100倍稀釋的藍墨水在數值上並不會有太大的差異，我們推測原因是因為水量不足以稀釋藍墨水所導致的現象。而到了1000倍稀釋時，數值才會有明顯的差異，且符合理論數值：藍光的吸收率會較其他顏色低，但到了10000倍稀釋時，我們發現因為稀釋水量太多，所以溶液的顏色過淡，使光線可以容易穿透溶液，而使數值並不會與清水差太多。因此我們建議在使用SDI的藍墨水進行實驗時，若要直接得出理論數值，可以將藍墨水稀釋到1000倍才會使數值具有合理性以及明顯的差異。

(三) 葉綠素的吸光測試



葉綠素吸光率中我們預期白光的數值也會較高，因為白光是所有色光的綜合體。葉綠素在電磁波光譜中的藍光波段有最強的吸收，其次是紅光波段，然而對綠光及鄰近波段的吸收很差，因此含葉綠素的組織呈現綠色。我們從實驗中發現藍光的吸收最多，

次之是紅光，而這個數據顯示與葉綠素的光譜結果相符，兩者在紫光（430~480nm）和紅光區（640~660nm）都有一吸收高峰，葉綠素ab對綠光的吸收很少，所以呈綠色。

（四）葉綠體吸光測試

對照於葉綠素的吸光率結果，葉綠體的吸光率也符合葉綠素的吸收光譜，藍光吸收一樣是最明顯的，除了藍光以外每個都有和葉綠素差不多的吸光率，但葉綠體比較特別的是會吸收綠光，跟文獻提到的一樣，葉綠體會吸收綠光來增加自身光合作用的能力。平行脈跟網狀脈植物在吸收綠光的表現明顯不同，平行脈吸收綠光的程度會大於網狀脈。

（五）光合作用探討

在不同顏色的色光中，葉綠體皆有在吸收的現象，我們在照光中可以看到葉綠體因光合作用而逐漸透明，儘管每個數據上升的趨勢不盡相同，我們還是可以從中得知它需要著不同的顏色的色光。不照光含糖水的DCPIP溶液，因為本來的DCPIP的溶液中成紅色，以至於在不照光的狀況下，我們可以發現它的紅色透光率較高。以藍光為例，因為在葉綠素的吸收率實驗中，我們可以發現藍光與紅光的吸收率最為明顯，但是在DCPIP溶液中情況有所不同，溶液中除了葉綠體以外，最主要的成分是DCPIP分子，於是我們預測在光合作用透光率的測試結果應該會與DCPIP吸收的光波段有關，經過實驗發現，無論哪一種色光進行透光率測試，實際情況則是在照光八小時後的透光率最為明顯。雖然白光的起伏也不低，但是因為白光的色光是所有的綜合，無論是照光多久，在進行白光測試時溶液中可能會讓多數的光波段通過。在此次實驗當中，我們發現黃、藍、綠色光的透光率變化較為明顯，透過文獻資料，我們發現DCPIP溶液分子，較容易吸收綠光，之後要做DCPIP溶液的透光率實驗時，我們可以選擇的色光波段可以在黃綠藍之間。我們發現在一小時左右時，光合作用的效率最為明顯，而在所有色光看來我們可以發現在一小時的白光數值顯著，這是因為我們所使用的手電筒光線是白光，而白光又是所有光線的綜合，在平行脈的效率上，我們可以看見平行脈的效率大於網狀脈，而黃、綠、藍色光也是最為明顯。

二、研究建議

（一）LED燈在持續利用後，發光的效率會降低，導致測出的數值不穩定，因此每過約一個月的時間就必須更換新的LED燈，或者在時間內將相關實驗做完。

（二）當LED燈的發光強度太強時，就會影響、導致分辨不出葉綠體及葉綠素的吸光率大小。

（三）葉子撕碎他的泡入酒精隔水加熱會比整片泡入酒精隔水加熱的效果好，因為葉子有纖維素，將葉子內的葉綠體包裹的很好；將葉子撕碎，比較容易讓葉子內的葉綠素萃取出。

(四) 葉綠體加上DCPIP溶液攪拌和未攪拌的光合作用效率數值會差很多，因為未攪拌的濃度會不均勻(顏色的分層在各層會有濃淡的差異)，所以吸光率會不穩定；而攪拌後濃度比較均勻，吸光率也會比較穩定。

(五) 選擇用糖水萃取葉綠體溶液的原因。葉綠體是親水性的胞器，我們需要用等張溶液去保持它的完整性。

(六) 我們觀察到DCPIP平行脈植物照光多久都不會變色，經過資料的調查後才發現，氫氧化鈉的溶液會破壞葉綠體，由於平行脈植物的外皮十分堅韌，當初在磨時都萃取不出，因此決定使用氫氧化鈉溶液來溶解纖維素好萃取出葉綠體，但是氫氧化鈉對於葉綠體是有破壞性的，因此如果要想出萃取葉綠體植物的溶液要另想他法。

陸、結論

在上述實驗中，我們證實了我們自製的分光光度計是可行的，而在之後我們就可以用低成本的材料製作出光度計，此光度計可以作為後序實驗的器材。在葉綠素的吸光率實驗中，我們得知紅、藍色的吸光著較為高。在葉綠體的吸光率實驗中，除了紅、藍光以外，我們還發現綠光的數值比較高，而這正是因為在葉綠體當中有不同的胞器，它會吸收綠光。而最後則是光合作用的探討，我們從中得到黃、藍、綠三色的色光，它的透光率起伏較為明顯，以這三種色光作為DCPIP溶液的吸光實驗，會比較好的選擇，而其中又以綠光作為最佳選擇，因為綠光的波段，相當接近DCPIP溶液分子所吸收的波段。

柒、未來發展

一、LED的燈在一段實驗後，它的發光效率就會降低，因此我們希望發展出更穩定的實驗材料，不用過段時間就更換一次實驗材料。

二、測試出葉子的吸光率後，可以思考並研究日常葉子吸光率高低對於植物的顏色差別。

捌、參考資料

一、認識光度計的原理

(1) 認識分光光度計(一)原理與設計概念 | 勢動科技

<https://www.acttr.com/tw/tw-report/tw-report-technology/335-tw-tech-spectrophotometer-principle-concept.html>

(2) 分光光度法維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%88%86%E5%85%89%E5%85%89%E5%BA%A6%E6%B3%95>

二、葉脈

(1) 葉脈中文百科<https://www.newton.com.tw/wiki/%E8%91%89%E8%84%88>

(2) 六脈神鑑—植物葉脈種類

<http://web2.nmns.edu.tw/PubLib/NewsLetter/103/318/7.pdf>

三、2,6-二氯靛粉

(1) 2,6-二氯靛粉維基百科

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/2,6-%E4%BA%8C%E6%B0%AF%E9%9D%9B%E9%85%9A>

四、葉綠體的圖片來源

(1) 葉綠體構造

https://www.phyworld.idv.tw/BA_BIO/BOOK_1/CH1/1-2_POINT.pdf