

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

032914

競色~校園植物的最後樂章-有染最美

學校名稱：臺中市立豐東國民中學

作者：  國二 廖昱恩  國二 郭銓恩  國二 張峻端	指導老師：  賴月琴  王瓊誼
---	-----------------------------

關鍵詞：媒染、酸鹼變色、

App 辨色及自製簡易光譜儀

## 摘要

植物不僅花草、葉子可以染，連老樹上的鬚、砍下樹幹上的皮、種子與果實等都可以染！

我們發現，白布去漿、濃染，植物經煮染及上色時間越久染色效果越佳；前媒染比後媒染的顯色效果為佳；先加媒染劑再加染材染色，最後再用媒染劑定色的效果則最佳。

除了以 App 辨色可以輕易的辨別布料的 RGB 值外，我們以不到 15 元的光敏電阻，在麵包板上串接不到 1 元的 180Ω 電阻及回收的手機變壓器插頭連接省電的 3w 超亮光 LED 燈為光源，成功的製造出第三代吸光儀，其感光電壓線性趨勢線的  $R^2$  值可達 0.99，選植物染液稀釋後配製不同濃度做出的檢量線辨色  $R^2$  值也達 0.9 以上，可以定量染後的廢液濃度，回收再利用。



## 壹、研究動機

有一天，我們看到學校工友正在用電鋸把一枝枝的阿勃勒樹枝和主枝旁的樹幹也都一一鋸掉，我們很好奇，就問教生物的衛生組長，他說：「阿勃勒長得太茂密了，遮住了老榕樹的陽光，害得榕樹生病，它快死掉了」。

我們看到校園還有很多地方也在大量修剪樹枝和與花草，據說每學期這些校園植物廢棄物的清運費都要花好幾萬，我們在想，這些植物最後會去哪裡？垃圾焚化場？攪碎當堆肥？（這麼粗、硬的東西需要多少動力啊！）

這些原本美化校園的景觀植物是否還有更好的去處？我們向老師提議：就來研究校園植物的最後美麗的樂章吧—植物染！



## 貳、研究目的

一、校園植物的拓染顯色比較

(一) App 辨色校園植物的採樣

(二)校園植物的乾燥與保存

(三)校園植物的拓染顯色

(四) App 辨色

二、自製吸光儀的可行性

三、校園植物的色階變化

- (一)水平色層分析的比較
- (二)植物與不同濃度酸鹼、油、鹽、糖反應的色階變化
- (三)校園植物與不同濃度媒染劑、水果皮內膜粉反應的色階變化
- (四)校園植物與染布的吸附顯色探究
- 四、校園植物染材的減量回收及再利用之研究
  - (一) 氫氧化鈉加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較
  - (二) 冰醋酸加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較
  - (三) 亮葉朱蕉水溶液與羊蹄甲水溶液染料的檢量線製作
  - (四)亮葉朱蕉或羊蹄甲水溶液染布後的廢液濃度的定量

## 參、研究設備及器材

### 【研究所需器材及藥品】



八角形濾紙漏斗 有固形物的布漏斗 加熱器煮染

日晒乾燥積木架設計

(透明天頂帽及積木裝置組)

校園植物各種粉末、圖畫紙、濾紙、冰醋酸、氫氧化鈉、醋酸錫、醋酸銅、醋酸鐵、明礬、葡萄糖、氯化鈉、滴管、離心管、在來米粉、酥漿粉、洗米水第一次水~第二次水、蛋白、蛋黃、燒杯、量筒、藥勺、量瓶、標籤、洗衣粉、棉布、加熱器、生豆漿、不鏽鋼鍋、勺子、長筷子、篩子、塑膠水槽。

游標尺、直尺、竹籤、報紙、小刀、熱熔膠槍及膠條、護貝機、護貝膠膜、奇異筆、計時器、工作手套、不織布口罩、麵包板、50 mL 燒杯、膠帶、魔帶、50 及 100mL 量筒、塑膠滴管、

六段式變壓器電源、光敏電阻、電阻器、LED 燈、鱷魚夾線、三用電錶、粉碎機、電子秤、紅外線測溫器、智高積木、智高馬達、計時器、智慧型手機、App 辨色軟體、筆電、桌上型電腦、網站

自製第一代~第三代簡易吸光儀辨色





## 肆、研究過程及方法

### 【研究一】校園植物的拓染顯色比較

#### (一)校園植物的採樣

- 1.請教學校的衛生組長的生物專家，校園可做植物染及需處理校園植物垃圾清運的區域，鎖定了十種校園植物。
- 2.以 iPhone 手機 App Store 下載「形色」軟體。
- 3.開始進行校園植物的認識與採集。

#### (二) 校園植物的乾燥與保存

- 1.乾燥：日晒乾燥積木架設計
- 2.粉碎：粗剪及粉碎機



陽光下曝曬羊蹄甲(透明天頂帽及積木裝置組)煙火樹



朱槿乾燥細碎化



羊蹄甲乾燥細碎化



亮葉朱蕉乾燥細碎化



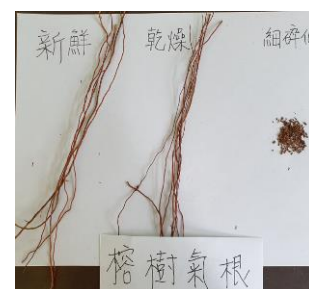
紅蝴蝶乾燥細碎化



海紅豆乾燥細碎化



煙火樹葉乾燥細碎化



榕樹氣根 細碎化



大葉欖仁乾燥細碎化

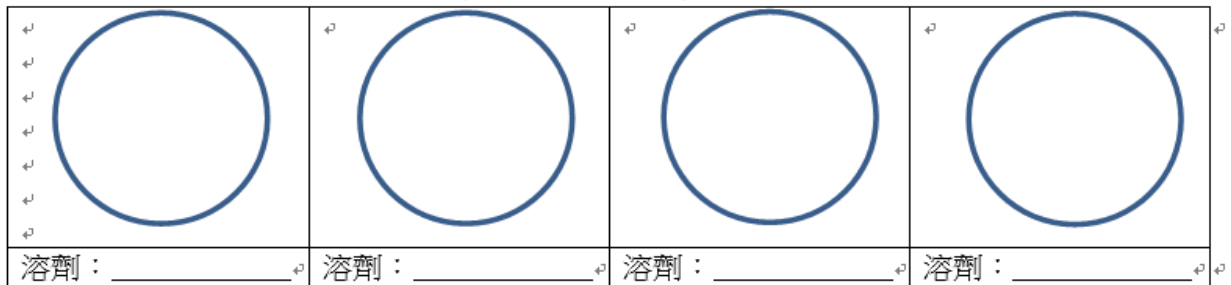
### (三) 校園植物的拓染顯色

想法：為了對照及歸納整理方便，我們不單獨一張一張的圓形濾紙放在桌面上，各別以工具拓染顯色，而是製作統一規格的模板大小，對照拓染顯色的結果比較。

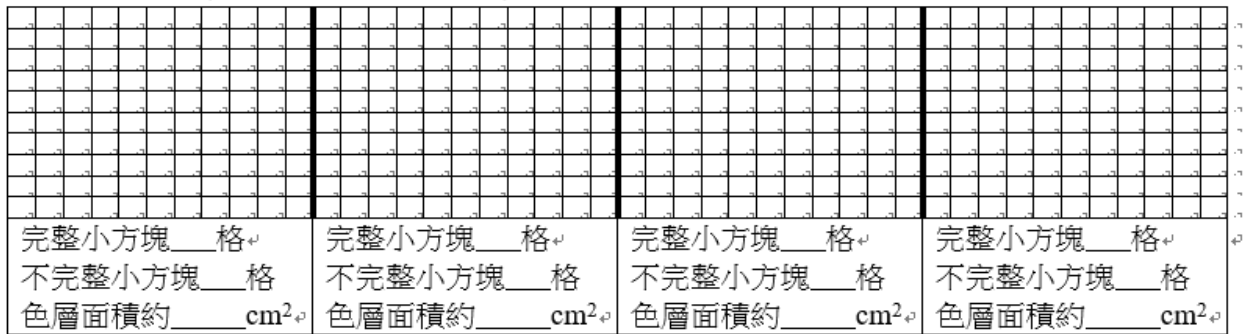
實驗步驟：

1. 拓印區間投影片電腦模板印製設計：以電腦 Microsoft Word 繪製 3cm\*3cm 空心圓及 0.3cm\*0.3cm 小方格板後，將投影片置於雷射印表機內，列印出投影片模板如下圖示(僅各展示一列三欄)

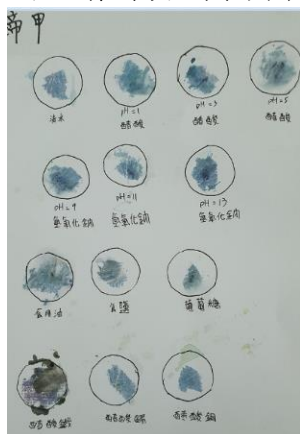
品項：\_\_\_\_\_ 拓印區間模板(3cm\*3cm 空心圓)



拓印區間模板(0.3cm\*0.3cm 小方格板)



2. 選出植物以不同溶劑拓染顏色變化較佳的前幾種校園植物繼續做校園植物的色階變化。



羊蹄甲花瓣拓印



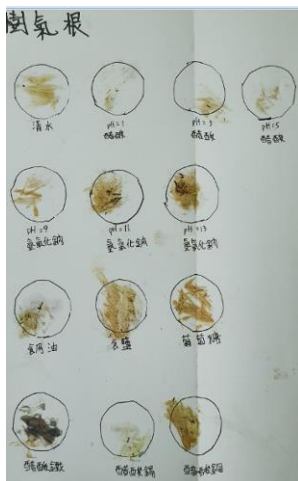
非洲紅葉葉子拓印



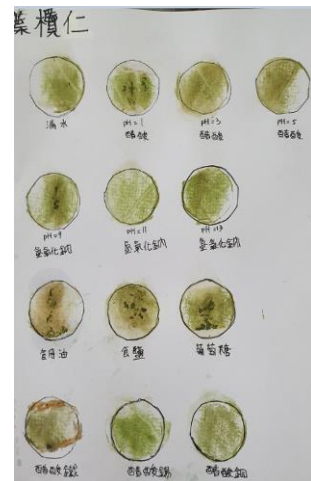
細葉朱蕉葉子拓印



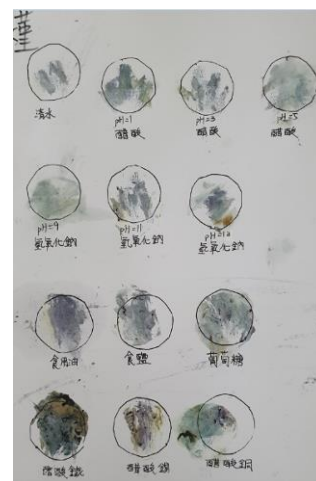
煙火樹葉子拓印



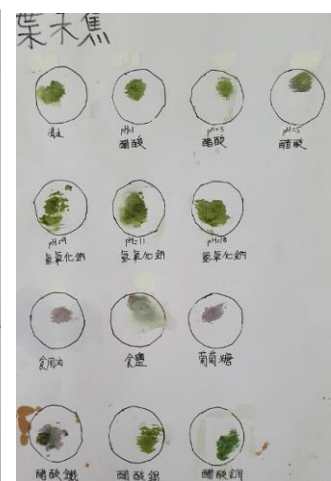
老榕樹氣根拓印



大葉欖仁葉子拓印



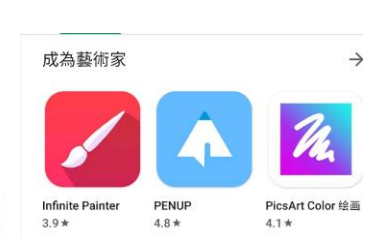
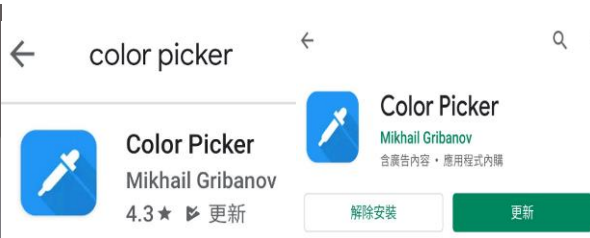
朱槿花瓣拓印



亮葉朱槿花瓣拓印

#### (四) App 辨色

##### App 辨色 RGB





智慧型手機 → 網路 app 商店 → 輸入[ color picker] → 下載 App 辨色軟體程式 → 點選快速連結的畫面 → 以手機拍照片或直接畫面讀取 → 由 APP 辨色記錄 RGB。


### 【研究二】自製吸光儀辨色的可行性

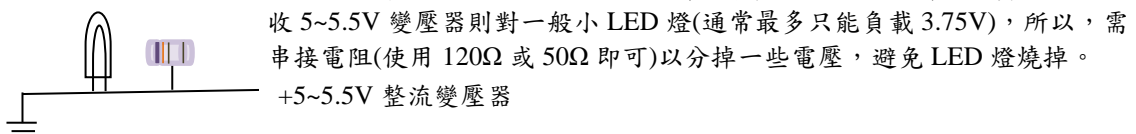
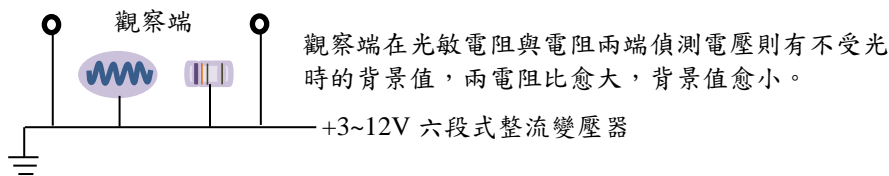
#### (一)吸光度儀設計

1.測定光敏電阻測不同溶液顏色及濃度吸光後的光電壓變化值。

2.以下為本實驗的電路設計及說明：

(1)使用的 5mm 光敏電阻  外型愈小，電阻值愈大，為 18KΩ；10mm 光敏電阻  外型愈大，電阻值愈小，為 2.38KΩ。

(2)為降低背景分壓值，選擇串接的電阻  為比光敏電阻小相當多的 180Ω、120Ω，甚至 50Ω 則幾乎無照光的背景分電壓接近於零；電阻大小不同，電阻上的線條彩色及分布就不同，可用三用電錶實測電阻大小或上網查詢色條碼。

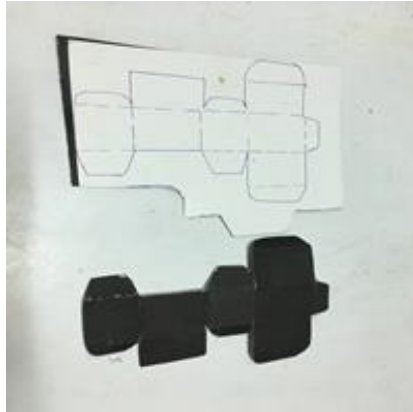




(二) 第一代吸光度儀製作說明



5mm 18KΩ 光敏電阻與綠光 LED 在麵包板上串聯加接線夾後，LED 遮光，麵包板固定在方型空盒上



製作光源盒的正負面展開圖裁片



裁片試折後，比對光敏電阻的高度位置，相對應處打 7.5V 3w 燈泡的洞



7.5V 3w 燈泡的電源為回收變壓器，可輸出 7.5V 400mA 的功率



在光路徑相對位置放好感光元件、比色管、燈源後，將感光元件串接六段式整流變壓器及伏特計歸零備用



六段式整流變壓器切至 3V 電源，未照光時呈現與光敏電阻串接遮光綠光 LED 的背景電壓



變壓器切至 3~12V 電源，以伏特計測試光敏電阻受到 7.5V 3w 燈泡的電源照射的感光後電壓變化



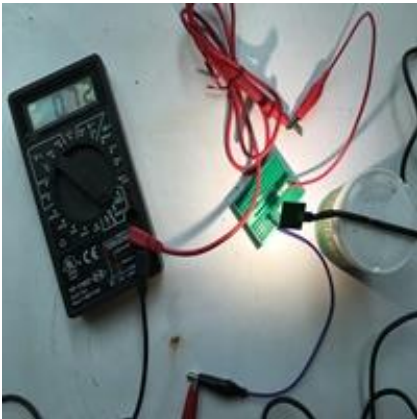
感光路徑盒上蓋闔上，再重新量測光敏電阻在 3~12V 電源下的感光後電壓變化及未感光的各背景電壓



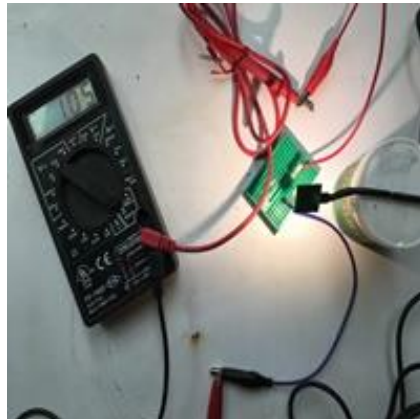
在回收鞋盒內，可整齊擺放全部的吸光儀及伏特計電壓測試器(伏特計可用數位電錶取代之)

(三) 第二代吸光度儀製作說明

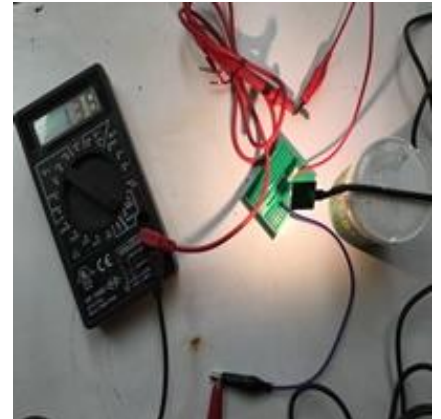
5mm18K $\Omega$  光敏電阻與 180 $\Omega$  電阻串聯(電阻比 1000:1)在 3~12V 六段式整流變壓下，光敏電阻光感應電壓及背景電壓的測試



3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180 $\Omega$  電阻的背景電壓



4.5V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180 $\Omega$  電阻的背景電壓



6V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180 $\Omega$  電阻的背景電壓



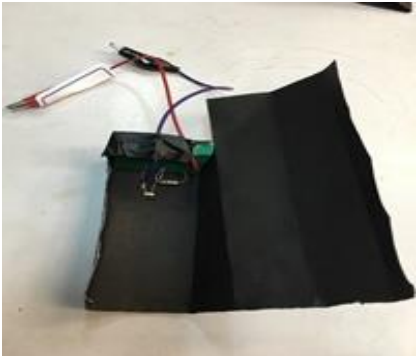
7.5V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180 $\Omega$  電阻的背景電壓



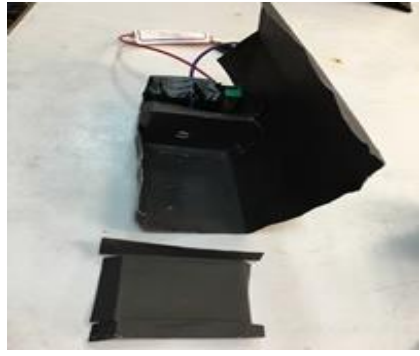
9V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180 $\Omega$  電阻的背景電壓



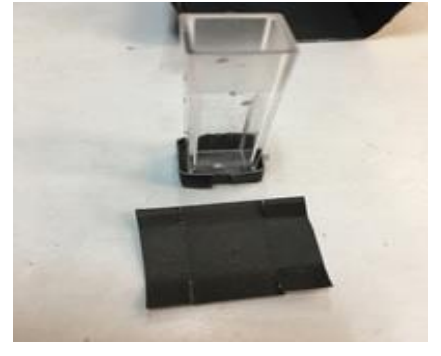
12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180 $\Omega$  電阻的背景電壓



白膠黏結雙層黑紙成光度儀暗箱，先固定光敏電阻和電阻串接的麵包板及觀察測試接線

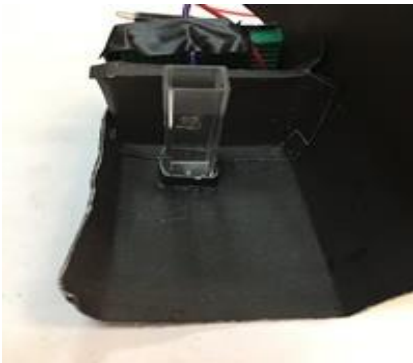


折夾層固定位置並調整好可讓光敏電阻穿透的最佳孔洞大小及位置



製作比色管可放置的凹槽大小





比色管與凹槽放在光敏電阻前的最佳位置上，固定之



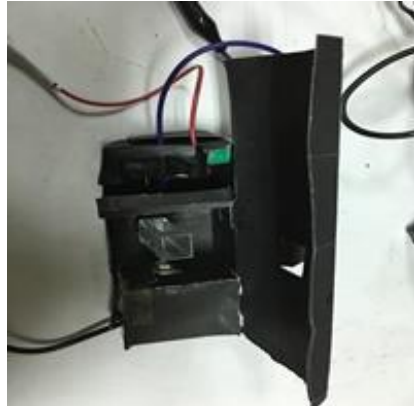
製作光源盒，打洞固定 5V LED 電源 (1 個白光、1 個變色光) 正面



製作光源盒，打洞固定 5V LED 電源 (1 個白光、1 個變色光) 反面



組裝好 5V LED 電源光源盒後備用



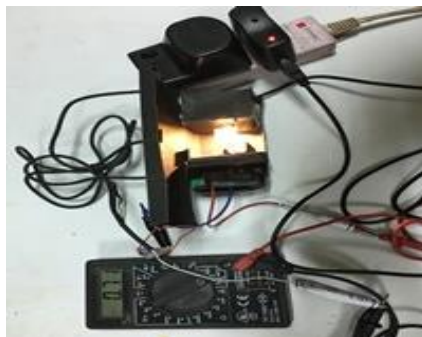
擺放光源盒在比色管另一側，光度儀暗箱蓋可定比色管上方開孔位置



5V LED 整流電源插在一般 110 V 的延長線插孔上通電測試光路徑



照日光的背景電壓值小，只有 0.08V



3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



6V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



7.5V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



9V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含背景電壓



比色管加蓋不照日光的背景電壓值小，只有 0.02V



3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓



比色管不加蓋，3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及日光燈的背景電壓

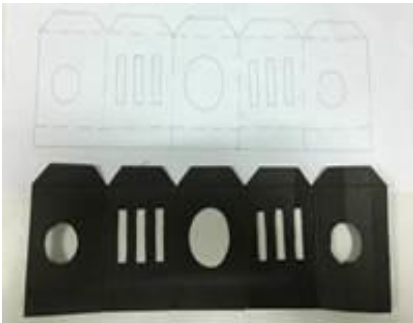


比色管加蓋，3V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及不含日光燈的背景電壓



比色管加蓋，12V 電源下光敏電阻照 5V LED 燈的光感應電壓含 180Ω 電阻及不含日光燈的背景電壓

#### (四) 第三代吸光度儀製作說明



用黑色壁報紙、白膠、小刀、尺畫出透氣白織 LED 燈(插 110V 的交流電源)



插一般用電 100V 測試白光光源



製作光路徑

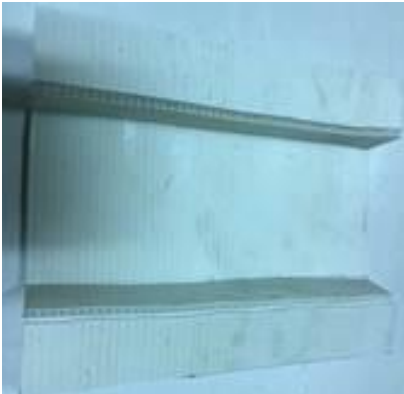




製作置放雙凸透鏡的凹槽



放置雙凸透鏡測試強度



以雙層冷氣封板製作光路徑的可移動式的帽型上蓋，內層加上黑紙完全吸光



光敏電阻與電阻串接在麵包板上，麵包板貼在雙層黑紙上，並插在上蓋的插槽上，另做一個黑色插板，只露出光敏電阻受光。



插上光源測試，發現光經凸透鏡折射路徑偏移



超亮白光 3w 串接 50Ω 電阻在麵包板上，麵包板貼在雙層黑色圖畫紙上，折成可放入光源出口的地方，調整聚焦在光敏電阻上。







超亮白光 3wLED 光源和移動式的帽型光路徑箱



白織 LED 燈光源比色管底盤上提 0 cm



白織 LED 燈光源比色管底盤上提 4cm

光敏電阻端的六段式電壓切至 12V 電壓接受光源的照射



白織 LED 燈光源比色管底盤上提 3 cm 白織 LED 燈光源比色管底盤上提 2 cm 或 1 cm  
光敏電阻端的六段式電壓切至 12V 電壓接受光源的照射比較



## 【研究三】校園植物的色階變化

### 一、水平色層分析的比較

#### (一)色層分析之原理

利用濾紙與溶劑來進行分離色素的一種色層分析法，其原理是顏色被濾紙吸附（Adsorption）能力和溶劑中的分配（Partition）能力不同，而產生不同的遷移速度，在圓形濾紙外層或長條形濾紙上方者為色素較輕、吸附力較差者。

顏料顏色之三原色紅 R、黃 Y、藍 B；綠色是由黃色和藍色混合而成的、紫色是由紅色和藍色混合而成的、而橘色是由紅色和黃色混合而成的；將顏色之三原色紅、黃、藍等三種顏色依照不同比例混合在一起時即可呈現出各種顏色來；混色愈混愈深，故可利用色層將其現形。

反之，色光之三原色為紅 R、綠 G、藍 B；R 紅光、G 綠光混合色光為 Y 黃光，R 紅光、B 藍光混合色光為更淺的洋紅色光而非顏料調出的紫色，顏料紅 R、綠 G、藍 B 調出的顏色為接近暗黑色，但色光紅 R、綠 G、藍 B 混合則為更淺的白色光。

#### (二)找尋水平色層最佳擴散溶劑種類

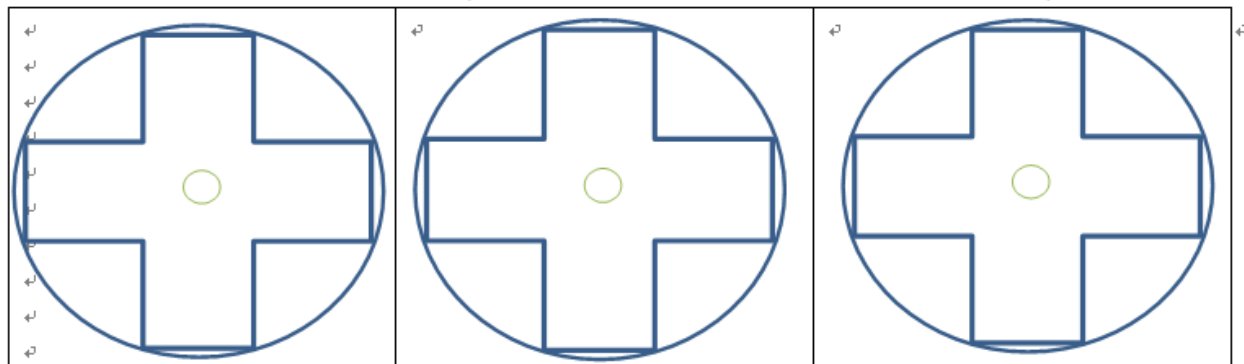
色層分析：設計溶劑由內到外擴散的色層分析模板，以齊一的控制變因，比較出每一種植物的最佳擴散溶劑及色層。

↵

實驗步驟：↵

1.色層分析投影片電腦模板印製設計：以電腦 Microsoft Word 繪製 0.5cm\*0.5cm 及 5cm\*5cm 同心圓後，再於外圓加十字鏤空圖示，將投影片置於雷射印表機內，列印出投影片模板如下圖示(僅各展示一列三欄)↵

品項：\_\_\_\_\_色層分析模板(十字鏤空 0.5cm\*0.5cm 及 5cm\*5cm 同心圓)↵



2.先將投影片模板的第一排外圓以小刀切掉，在 A4 大小的圖畫紙上，畫出外圓範圍。↵

3.再將投影片模板的第二排內圓以小刀切掉，在 A4 大小的圖畫紙上，畫出內圓範圍。↵

4.將投影片模板的第三排十字以小刀切掉，在 A4 大小的圖畫紙上，畫出十字範圍。↵

5.將投影片模板的第四排內圓中間小孔以小刀切掉，以積木支撐及夾擊投影片的四個邊緣處，使投影片等距懸空相同的高度，滴管口可正對下方對映的小孔上。↵

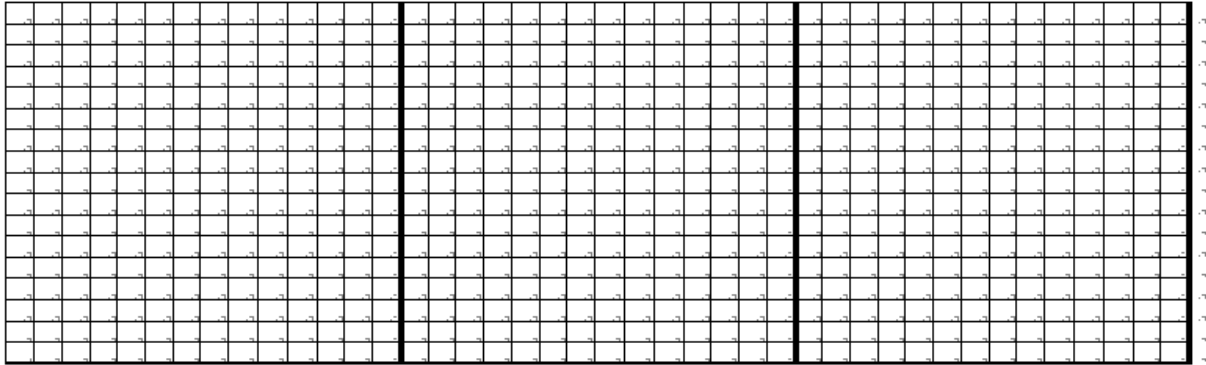
6.取已研磨過篩成細小顆粒大小的試樣以咖啡棒的尾端，各取少量的粉末顆粒在各標示品項的紙上小孔內。↵

7.準備 3 支 3mL 塑膠滴管各吸取 1mL 的溶劑後放在滴管架上，各滴 1 滴溶劑在下方各試樣的小孔內，觀察記錄固體試樣的溶解情形。↵

8.同步驟 7，各溶劑再累加滴到第 3 滴及第 5 滴時，均需拍照記錄之。

9.為了方便觀察記錄比較固體試樣的溶解及毛細擴散情形，我們以相同色層分析模板的方格大小製作：以電腦 Microsoft Word 繪製 0.3cm\*0.3cm 小方格板以搭配 5cm\*5cm 十字鑿空同心圓，將投影片置於雷射印表機內，列印出投影片模板如下圖示(僅展示一列三欄)。

品項：\_\_\_\_\_色層分析模板(0.3cm\*0.3cm 小方格板) 配 5cm\*5cm 同心圓



10.換其它的試樣 B 或其它試樣後，同步驟 6~9 操作比較之。

## 二、校園植物與不同濃度酸鹼、油、鹽、糖反應的色階變化

實驗步驟：

- 1.以冰醋酸配製不同的 pH 大小 1~6，以 pH 計校正之。
- 2.以氫氧化鈉配製不同的 pH 大小 8~13，以 pH 計校正之。
- 3.配製 1M 的氯化鈉水溶液及 1M 的葡萄糖水溶液備用。
- 4.以 3mL 塑膠滴管吸取 1mL 的試樣 A 溶液後放在滴管架上，各滴 1 滴試樣 A 在下方圖畫紙的 12 格小孔內。
- 5.以 3mL 塑膠滴管吸取水 0.5mL (對照組)，滴 3 滴在第 1 格試樣 A 的小孔內。
- 6.再以 3mL 塑膠滴管吸取 0.5mL pH 6 溶液，滴 3 滴在第 2 格試樣 A 的小孔內。
- 7.同步驟 6，將 pH 6 改為 pH5、pH4、pH3、pH2、pH1 觀察記錄每 1 格試樣 A 遇酸鹼的顏色變化，以手機 App 軟體記錄各顏色變化的 RGB 值。
- 8.同步驟 4，將試樣 A 換其它的試樣 B 或其它試樣，再如同步驟 5~7 的方式操作之。
- 9.步驟 5~7，pH 6 溶液換成 pH8 操作之。
10. 同步驟 7，將 pH8 改為 pH9、pH10、pH11、pH12、pH13、1M 的氯化鈉水溶液、1M 的葡萄糖水溶液或油操作之。

## 三、校園植物與不同濃度媒染劑、水果皮內膜粉反應的色階變化

實驗步驟：

- 1.將媒染劑 A 以水稀釋為 1:20 改為 1:15、1:10、1:5 的濃度備用。
2. 3mL 塑膠滴管吸取 1mL 的校園植物水溶液後放在滴管架上，各滴 1 滴校園植物水溶液試樣在下方圖畫紙的各小孔內。
- 3.以 3mL 塑膠滴管吸取水 0.5mL (對照組)，滴 3 滴在第 1 格試樣的小孔內。
- 4.再以 3mL 塑膠滴管吸取 0.5mL A 媒染劑稀釋液 1:20，滴 3 滴在第 2 格試樣的小孔內。
- 5.同步驟 4，將 A 媒染劑稀釋液 1:20 改為 1:15、1:10、1:5 觀察記錄每 1 格試樣遇不同濃度 A 媒染劑稀釋液的顏色變化，以手機 App 軟體記錄各顏色變化的 RGB 值。
- 6.同步驟 1，將 A 媒染劑換成 B 或 C、D 媒染劑、水果皮內膜粉，稀釋成不同比例後備用之。
- 7.同步驟 2~5，同第一種校園植物染料，只是將 A 媒染劑換成 B 或 C、D 媒染劑、水果皮內膜粉的各稀釋液操作之。



#### 四、校園植物與染布的吸附顯色探究

##### 煮染液及染布

用飲水機的熱水，加入染劑(量接近溶解度的劑量為最佳染劑溶質克數加相對比例的水量)後，煮滾後用小火再煮 20 分鐘→趁熱過濾→布沾濕後放入染液中，用小火煮 15 分鐘→冷卻

##### 加媒染定色第一次

用飲水機的熱水，加入媒染液(比例以前實驗的最佳濃度定之)，濃度均勻後，放入染布浸泡 20 分鐘。

##### 複染第二次

將染布從媒染液中取出，擰乾後，拉平再放入染液中，以中火煮沸後關火，冷卻後取出。

##### 染布水洗晾乾

染布從媒染液中取出，擰乾後，再水洗後拉平晾乾。

##### 配製不同濃度的染汁

1.不同水量 200mL、400mL、600mL、800mL 均加熱至 60°C 後，才各加入相同 20 g 碎形染材(染材與水的比例 1：10、1：20、1：30、1：40)，以相同速率的攪拌機攪拌蒸煮 10 分鐘後備用。

2.將各濃度的染液分成四等份，每等份均置放不同發酵時間後再進行染布實驗對照。

控制變因：漿洗及豆汁處理後的相同面積大小的白布(5cm\*5cm 正方形)

相同的染液量 10mL

相同的 50mL 燒杯大小

均以相同速率的攪拌機攪拌各 1 分鐘(目的讓布料完全浸入染液中不浮起)

同一室溫下進行實驗

操縱變因：不同濃度的染汁及發酵不同時間

應變變因：染色效果(測 RGB)

實驗步驟：同前。

#### 【研究四】校園植物染材的減量回收及再利用之研究

想法：能不讓色料的廢水流入水域，就是環保的基本原則。我們想先用廣用指示劑加酸或加鹼，以稀釋法模擬染材廢液的濃度變低，感光電壓會提高，回推定量廢液的濃度，就可以自然水份蒸發增濃定量減量回收或計算需再加染材的劑量混合再利用了。

##### (一) 氫氧化鈉加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較

實驗步驟：

1.以電子秤精秤 0.5 克的氫氧化鈉，加 1mL 的水使其完全溶解，溶解度為 0.5 克 g/1mL 水。

2.加廣用指示劑原液 1mL 於步驟 1 的氫氧化鈉溶液中，使兩者體積比為 1：1，相當於氫氧化鈉稀釋 1 倍。

3.將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至 4.5V 電源，比色管內先加 2 mL 步驟 2 溶液(稀釋倍數 1)，以數位電錶測試光敏電阻受到 4.5V 3w 燈泡的電源照射的感光後電壓變化。

4.將步驟 3 比色管內吸取 1 mL 的鹼性色水溶液於廢液杯中，另吸取 1 mL 的水加到比色管中，小心抽吸來回三次，待 10 秒後液體分子無晃動後，讀取電源照射的感光後電壓變化(稀釋倍數  $1/2=0.5$ )。

5.同步驟 4 的操作，每稀釋一次，濃度倍率就變成原濃度的一半，以此類推。

## (二) 冰醋酸加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較

實驗步驟：

- 1.取 1mL 冰醋酸加廣用指示劑原液 1mL，使兩者體積比為 1：1，相當於冰醋酸稀釋 1 倍。
- 2.將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至 4.5V 電源，比色管內先加 2 mL 步驟 2 溶液(稀釋倍數 1)，以數位電錶測試光敏電阻受到 4.5V 3w 燈泡的電源照射的感光後電壓變化。
- 3.將步驟 2 比色管內吸取 1 mL 的弱酸性色水溶液於廢液杯中，另吸取 1 mL 的水加到比色管中，小心抽吸來回三次，待 10 秒後液體分子無晃動後，讀取電源照射的感光後電壓變化(稀釋倍數  $1/2=0.5$ )。
- 5.同步步驟 4 的操作，每稀釋一次，濃度倍率就變成原濃度的一半，以此類推。

## (三) 亮葉朱蕉水溶液與羊蹄甲水溶液染料的檢量線製作

實驗步驟：

- 1.取亮葉朱蕉的濃縮液 2 mL 備用。
- 2.將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至 3V 電源，比色管內先加 2 mL 步驟 1 最高濃度的亮葉朱蕉水溶液，以數位電錶測試光敏電阻受到 3V 3w 燈泡的電源照射的感光後電壓值。
3. 將 0.5mL 的水加到步驟 2 的比色管中，以吸管小心抽放溶液三次，靜待 10 秒後，先抽出 0.5mL，讓比色管中維持 2.0 mL 體積，靜待 10 秒後，再讀取感光後的電壓變化值。
4. 同步步驟 3 的再依序加 0.5mL 的水，反覆操作測量感光後電壓變化值，以此類推至加水量共達 3 mL 稀釋量為止。
5. 亮葉朱蕉換羊蹄甲濃縮液 2 mL，同步步驟 2~4 操作測量水溶液稀釋感光後電壓變化值。

## (四)亮葉朱蕉或羊蹄甲水溶液染布後的廢液濃度的定量

實驗步驟：(需選後媒染染布後的廢液，因前媒染已有媒染劑在染液中)

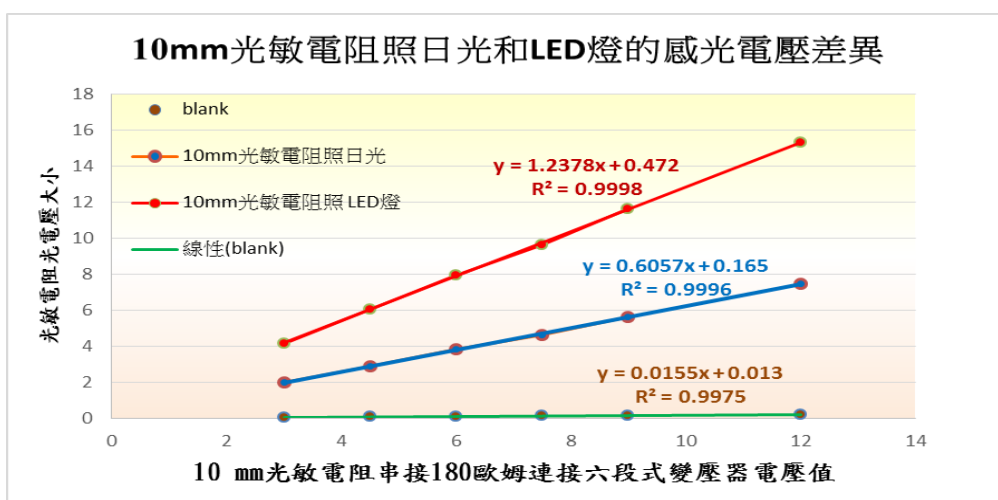
- 1.將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至 3V 電源。
- 2.將亮葉朱蕉染布後的廢液取 2 mL 加到比色管中，以數位電錶測試光敏電阻受到 3V 3w LED 的電源照射的感光後電壓變化。
3. 對照亮葉朱蕉溶液的檢量線公式  $y = 0.0664x + 3.2989$ ，把亮葉朱蕉廢液受電源照射的感光後電壓值  $y$  代入公式中，回推亮葉朱蕉廢液濃度  $x = (y - 3.2989) / 0.0664$  即可。
- 4.同步步驟 2~3，量測共五次，回推亮葉朱蕉廢液濃度後，記錄平均值。
- 5.同步步驟 2~4，換羊蹄甲廢液，換羊蹄甲檢量線公式  $y = 0.1179x + 3.2618$ ，回推羊蹄甲廢液濃度  $x = (y - 3.2618) / 0.1179$  即可。

## 伍、研究結果與討論

### 一、自製吸光儀辨色的可行性

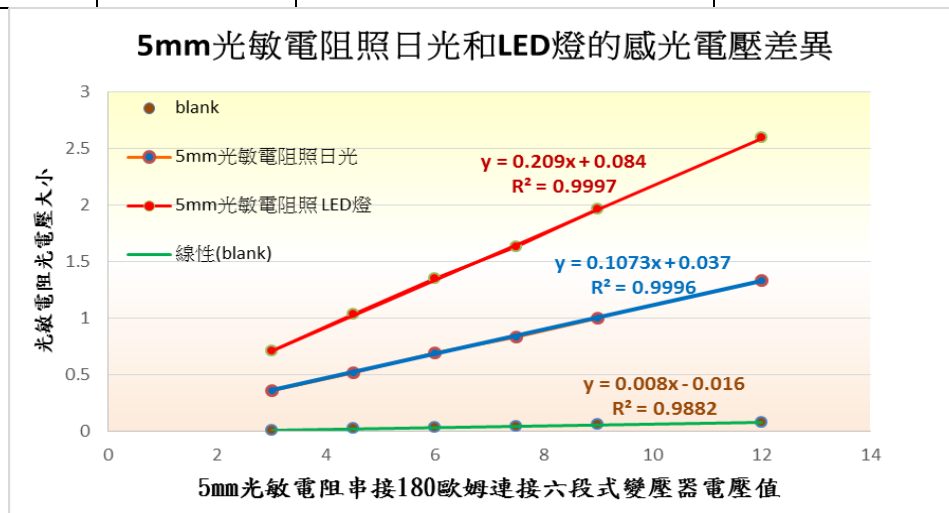
#### 1. 第一代吸光度儀

電壓大小	blank	10mm 光敏電阻照日光	10mm 光敏電阻照 LED 燈
3	0.06	2	4.17
4.5	0.08	2.91	6.07
6	0.11	3.81	7.96
7.5	0.13	4.63	9.64
9	0.15	5.61	11.64
12	0.2	7.47	15.34



#### 2. 第二代吸光度儀 (扣除背景電壓值)

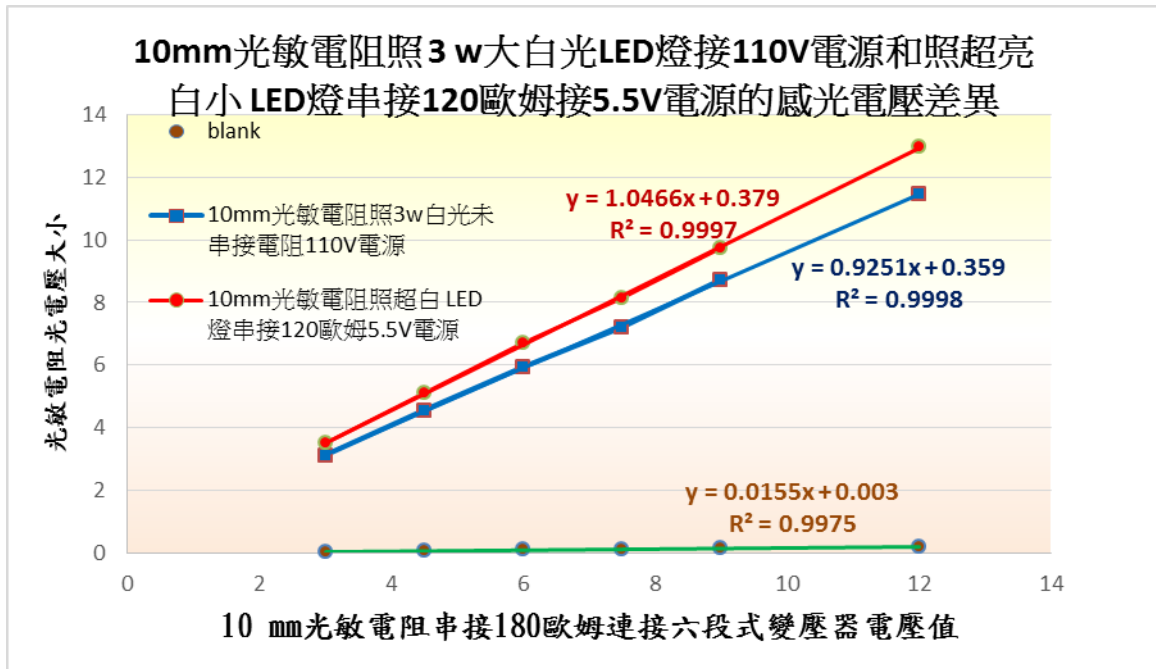
電壓大小	blank	5mm 光敏電阻照日光	5mm 光敏電阻照 LED 燈
3	0.01	0.36	0.71
4.5	0.02	0.52	1.03
6	0.03	0.69	1.35
7.5	0.04	0.83	1.63
9	0.06	1	1.96
12	0.08	1.33	2.6





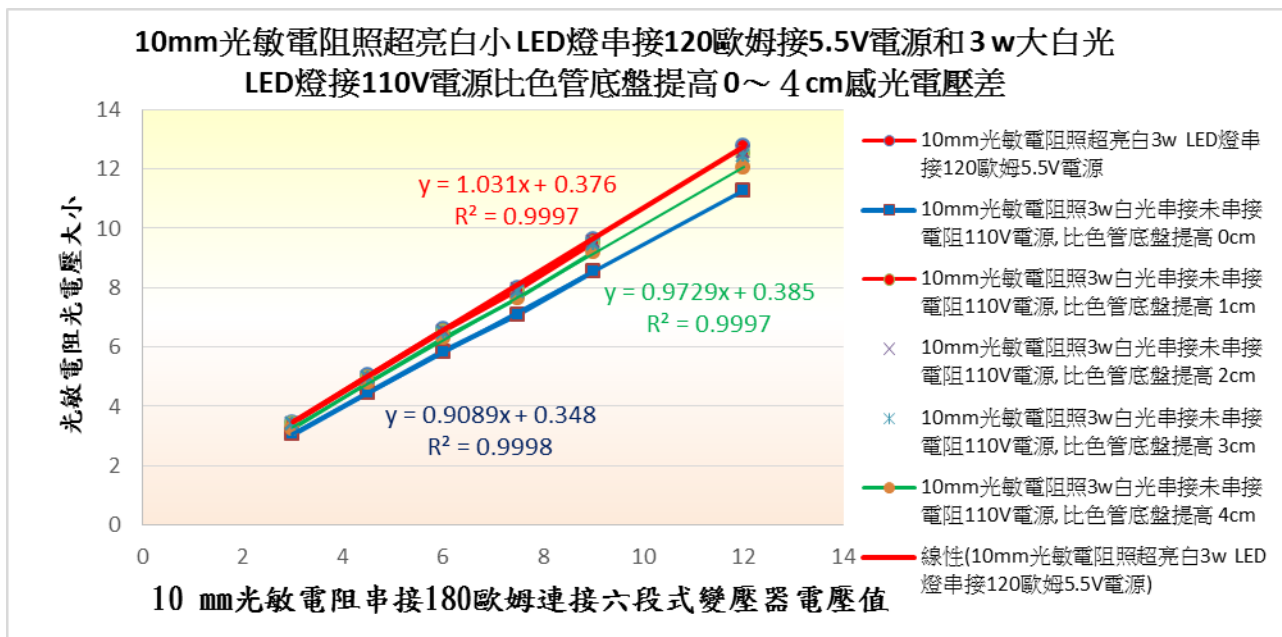
### 3. 第三代吸光度儀-1

電壓大小	blank	10mm 光敏電阻照 3w 白光未串接電阻 110V 電源	10mm 光敏電阻照超白 LED 燈串接 120 歐姆 5.5V 電源
3	0.05	3.12	3.52
4.5	0.07	4.54	5.12
6	0.1	5.95	6.71
7.5	0.12	7.22	8.13
9	0.14	8.72	9.76
12	0.19	11.46	12.99



### 4. 第三代吸光度儀-2 修正

電壓大小	10mm 光敏電阻照超亮白 3w LED 燈串接 120 歐姆 5.5V 電源	10mm 光敏電阻照 3w 白光串接未串接電阻 110V 電源, 比色管底盤提高 0cm	10mm 光敏電阻照 3w 白光串接未串接電阻 110V 電源, 比色管底盤提高 1cm	10mm 光敏電阻照 3w 白光串接未串接電阻 110V 電源, 比色管底盤提高 2cm	10mm 光敏電阻照 3w 白光串接未串接電阻 110V 電源, 比色管底盤提高 3cm	10mm 光敏電阻照 3w 白光串接未串接電阻 110V 電源, 比色管底盤提高 4cm
3	3.47	3.06	3.42	3.43	3.41	3.24
4.5	5.05	4.46	4.98	4.98	4.96	4.8
6	6.61	5.84	6.52	6.54	6.5	6.29
7.5	8.01	7.09	7.9	7.96	7.86	7.63
9	9.62	8.55	9.51	9.56	9.46	9.18
12	12.8	11.26	12.53	12.55	12.45	12.03



## 二、校園植物的色階變化

### (一)校園植物與不同濃度酸鹼反應的色階變化

#### 亮葉朱蕉

內圈		量測值					平均
水	R	170	165	159	168	176	167.6
	G	141	140	137	152	156	145.2
	B	103	100	100	120	126	109.8
pH=1	R	153	163	158	172	169	163
	G	135	146	140	153	151	145
	B	93	111	103	110	119	107.2
pH=3	R	159	176	158	164	165	164.4
	G	141	163	145	146	156	150.2
	B	88	19	101	98	123	85.8
pH=5	R	184	167	177	165	180	174.6
	G	167	145	166	147	168	158.6
	B	121	98	31	111	127	97.6
pH=9	R	149	202	141	137	152	156.2
	G	134	191	126	122	138	142.2
	B	98	163	93	93	109	111.2
pH=11	R	190	207	155	180	163	179
	G	162	193	128	169	140	158.4
	B	117	161	85	141	101	121
pH=13	R	198	205	188	184	201	195.2
	G	173	187	168	161	184	174.6
	B	133	144	123	120	141	132.2
油	R	182	182	196	202	205	193.4
	G	180	179	191	198	200	189.6
	B	161	160	171	179	178	169.8
鹽	R	173	176	176	179	171	175

	G	166	167	166	169	161	165.8
	B	131	137	137	138	129	134.4
糖	R	183	186	194	190	176	185.8
	G	166	170	181	180	185	176.4
	B	133	138	147	152	157	145.4
外圈		量測值					平均
pH=1	R	153	163	158	172	169	163
	G	135	146	140	153	151	145
	B	93	111	103	110	119	107.2
pH=13	R	211	208	209	209	211	209.6
	G	197	196	199	202	204	199.6
	B	158	164	175	175	177	169.8

### 榕樹氣根

內圈		量測值					平均
水	R	158	159	159	158	159	158.6
	G	135	135	136	136	136	135.6
	B	113	114	115	118	116	115.2
pH=1	R	195	202	202	198	201	199.6
	G	184	191	190	186	186	187.4
	B	174	182	180	175	172	176.6
pH=3	R	205	216	215	216	215	213.4
	G	196	207	206	207	206	204.4
	B	188	202	201	202	201	198.8
pH=5	R	185	196	196	193	187	191.4
	G	206	204	201	202	186	199.8
	B	125	147	145	142	128	137.4
pH=9	R	193	173	144	140	163	162.6
	G	165	152	122	111	137	137.4
	B	124	121	88	77	112	104.4
pH=11	R	182	183	180	180	183	181.6
	G	170	169	168	167	170	168.8
	B	159	158	156	157	158	157.6
pH=13	R	200	201	199	196	195	198.2
	G	179	178	181	177	171	177.2
	B	158	157	164	157	141	155.4
油	R	188	216	215	214	215	209.6
	G	180	208	207	205	206	201.2
	B	176	202	202	198	199	195.4
鹽	R	158	182	179	185	185	177.8
	G	125	148	142	152	149	143.2
	B	95	105	98	114	109	104.2
糖	R	193	194	178	179	199	188.6
	G	179	182	164	173	189	177.4
	B	166	168	151	162	173	164
外圈		量測值					平均

pH=1	R	220	224	225	221	217	221.4
	G	208	207	208	109	201	186.6
	B	198	189	158	196	181	184.4
pH=13	R	217	215	215	217	217	216.2
	G	202	204	202	200	199	201.4
	B	182	191	186	179	177	183

### 阿勃勒

內圈		量測值					平均
水	R	195	188	188	196	193	192
	G	181	170	172	179	177	175.8
	B	154	148	146	151	152	150.2
pH=1	R	212	212	202	208	210	208.8
	G	204	209	195	208	210	205.2
	B	191	192	177	196	198	190.8
pH=3	R	212	204	198	210	216	208
	G	198	185	177	195	200	191
	B	172	153	146	166	175	162.4
pH=5	R	215	214	209	211	206	211
	G	203	193	191	185	190	192.4
	B	179	171	172	174	176	174.4
pH=9	R	156	154	156	158	164	157.6
	G	146	142	141	147	153	145.8
	B	141	147	134	142	147	142.2
pH=11	R	155	152	168	173	147	159
	G	132	135	157	161	126	142.2
	B	114	122	148	154	112	130
pH=13	R	174	177	176	183	153	172.6
	G	163	167	166	169	143	161.6
	B	155	159	159	161	137	154.2
油	R	179	172	174	174	173	174.4
	G	156	153	154	153	153	153.8
	B	140	137	139	136	139	138.2
鹽	R	127	125	125	132	126	127
	G	111	107	105	113	106	108.4
	B	99	94	89	100	92	94.8
糖	R	140	125	136	143	144	137.6
	G	120	103	116	120	125	116.8
	B	111	87	100	105	112	103
外圈		量測值					平均
pH=1	R	220	219	214	212	216	216.2
	G	230	224	220	221	219	222.8
	B	231	227	218	220	210	221.2
pH=13	R	174	147	145	169	171	161.2
	G	164	136	139	162	163	152.8
	B	155	124	131	155	156	144.2



## (二)校園植物與與不同濃度或不同媒染劑的色階變化

## 亮葉朱蕉

內圈		量測值					平均	
醋酸鐵	1:5	R	195	200	190	193	149	185.4
		G	135	140	132	134	96	127.4
		B	70	73	66	68	47	64.8
	1:10	R	175	163	158	175	141	162.4
		G	111	110	103	120	93	107.4
		B	57	60	50	64	49	56
	1:15	R	179	184	176	180	170	177.8
		G	114	123	117	124	114	118.4
		B	57	63	60	63	59	60.4
	1:20	R	201	192	194	169	186	188.4
		G	138	121	128	108	123	123.6
		B	70	61	71	56	59	63.4
醋酸銅	1:5	R	158	166	190	151	141	161.2
		G	144	153	132	137	128	138.8
		B	107	117	66	100	93	96.6
	1:10	R	197	200	201	199	211	201.6
		G	186	187	187	187	200	189.4
		B	146	150	149	149	166	152
	1:15	R	197	205	199	206	206	202.6
		G	185	194	190	195	195	191.8
		B	148	158	154	160	164	156.8
	1:20	R	22	216	221	218	211	177.6
		G	214	205	211	208	200	207.6
		B	185	177	183	180	169	178.8
醋酸錫	1:5	R	184	183	196	205	193	192.2
		G	168	168	182	189	177	176.8
		B	142	140	153	161	151	149.4
	1:10	R	224	215	221	199	198	211.4
		G	211	204	211	187	181	198.8
		B	185	178	184	161	157	173
	1:15	R	220	219	218	216	198	214.2
		G	210	211	207	206	189	204.6
		B	181	178	175	178	164	175.2
	1:20	R	229	224	221	221	228	224.6
		G	222	212	208	209	219	214
		B	204	184	179	181	199	189.4
明礬	1:5	R	195	216	204	209	199	204.6
		G	177	205	192	197	180	190.2
		B	146	172	170	165	154	161.4
	1:10	R	200	211	192	198	200	200.2
		G	191	198	184	189	191	190.6
		B	165	167	163	175	165	167
	1:15	R	225	199	216	211	199	210

		G	212	186	205	198	186	197.4
		B	183	154	172	167	154	166
		R	212	220	216	228	218	218.8
	1:20	G	199	211	203	223	212	209.6
		B	161	182	176	206	191	183.2
		R	198	214	205	218	198	206.6
碳酸鉀	1:5	G	163	182	171	189	170	175
		B	104	129	114	135	119	120.2
		R	209	200	203	218	210	208
	1:10	G	195	186	194	206	197	195.6
		B	160	154	167	178	164	164.6
		R	210	209	218	222	206	213
	1:15	G	192	192	189	205	188	193.2
		B	155	152	135	171	153	153.2
		R	207	215	218	211	217	213.6
	1:20	G	189	198	206	196	201	198
		B	152	160	178	163	175	165.6
		R	175	196	185	173	171	180
柳丁	G	157	179	169	156	163	164.8	
	B	113	128	119	116	126	120.4	
	R	188	182	201	197	170	187.6	
橘子	G	173	165	182	178	140	167.6	
	B	134	127	145	139	99	128.8	
	R	156	164	166	184	171	168.2	
百香果	G	149	154	152	172	161	157.6	
	B	118	121	118	137	123	123.4	

### 榕樹氣根

內圈		量測值					平均	
醋酸鐵	1:5	R	98	93	91	116	102	100
		G	55	52	54	68	56	57
		B	29	22	29	29	24	26.6
	1:10	R	178	172	192	169	178	177.8
		G	118	112	129	118	127	120.8
		B	49	41	54	53	61	51.6
	1:15	R	166	148	166	156	164	160
		G	152	134	153	135	149	144.6
		B	102	90	99	77	97	93
	1:20	R	118	133	157	150	159	143.4
		G	110	120	144	138	147	131.8
		B	80	84	107	105	111	97.4
醋酸銅	1:5	R	187	186	196	194	77	168
		G	192	190	204	199	201	197.2
		B	168	164	176	172	104	156.8
	1:10	R	180	194	164	178	196	182.4
		G	167	183	145	164	183	168.4

		B	132	149	113	128	145	133.4
	1:15	R	160	157	134	174	154	155.8
		G	154	152	127	167	146	149.2
		B	125	122	99	137	119	120.4
	1:20	R	198	207	216	201	193	203
		G	187	192	204	190	185	191.6
		B	157	165	197	160	184	172.6
醋酸錫	1:5	R	205	206	182	188	208	197.8
		G	182	188	158	166	191	177
		B	136	148	117	123	148	134.4
	1:10	R	217	211	207	205	218	211.6
		G	202	197	190	187	204	196
		B	161	156	151	149	167	156.8
	1:15	R	209	211	211	204	210	209
		G	202	204	201	194	203	200.8
		B	173	175	172	165	174	171.8
	1:20	R	212	212	212	211	208	211
		G	198	198	200	198	184	195.6
		B	164	163	166	162	160	163
明礬	1:5	R	198	202	189	190	202	196.2
		G	191	195	178	181	191	187.2
		B	159	169	149	150	161	157.6
	1:10	R	155	169	190	132	173	163.8
		G	146	159	178	115	164	152.4
		B	120	131	147	83	135	123.2
	1:15	R	217	227	221	214	178	211.4
		G	210	217	210	204	188	205.8
		B	181	192	181	176	160	178
	1:20	R	202	207	212	215	196	206.4
		G	187	198	200	201	183	193.8
		B	156	161	170	174	150	162.2
碳酸鉀	1:5	R	169	189	168	169	153	169.6
		G	146	167	144	141	130	145.6
		B	117	134	112	112	103	115.6
	1:10	R	182	207	215	202	201	201.4
		G	164	189	200	188	189	186
		B	134	161	171	161	158	157
	1:15	R	184	194	189	188	171	185.2
		G	168	181	168	171	154	168.4
		B	136	148	136	142	124	137.2
	1:20	R	214	210	207	184	188	200.6
		G	203	203	196	173	176	190.2
		B	181	181	175	151	153	168.2
柳丁	R	175	183	195	184	183	196	
	G	157	170	185	175	173	185	
	B	113	134	157	144	145	153	



橘子	R	175	202	195	176	175	184.6
	G	165	194	186	166	169	176
	B	132	162	155	136	140	145
百香果	R	145	140	144	127	128	136.8
	G	132	127	132	113	114	123.6
	B	99	90	100	78	78	89

### 阿勃勒

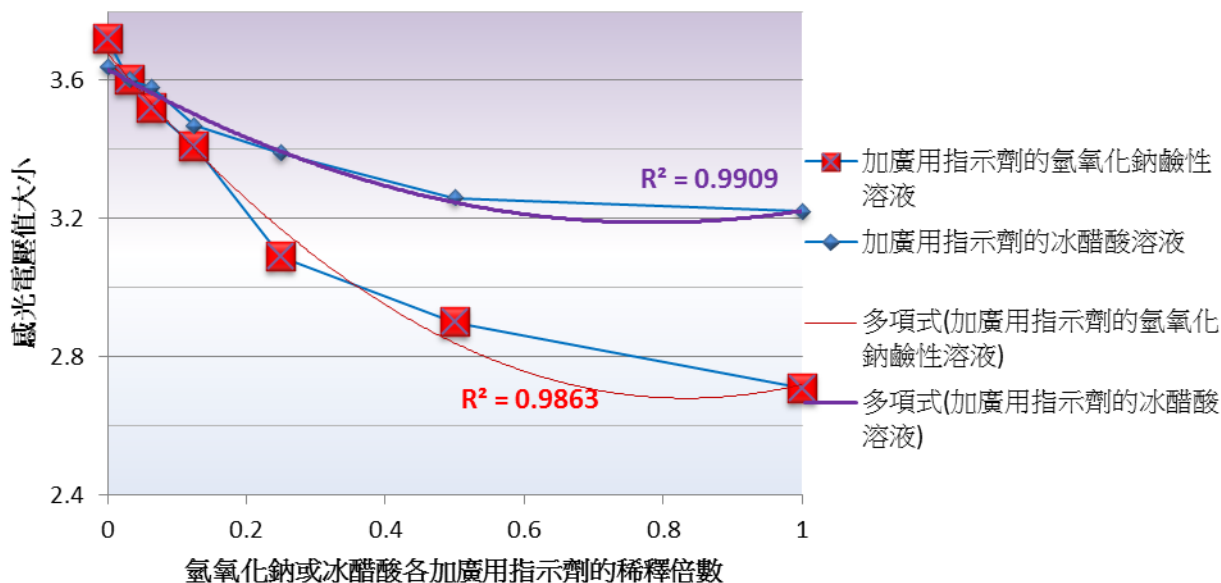
內圈		量測值					平均	
醋酸鐵	1:5	R	189	172	179	179	180.4	180.4
		G	156	136	147	147	147.8	147.8
		B	105	186	85	97	115.6	115.6
	1:10	R	122	115	119	125	118	118
		G	107	101	97	105	98.8	98.8
		B	73	70	64	65	65.2	65.2
	1:15	R	165	168	162	165	164.8	164.8
		G	134	139	133	135	134.6	134.6
		B	87	98	92	94	91.4	91.4
	1:20	R	158	145	153	156	150	150
		G	142	131	135	140	133.6	133.6
		B	116	109	109	114	107.8	107.8
醋酸銅	1:5	R	163	171	183	206	181.6	181.6
		G	160	162	173	196	174.4	174.4
		B	150	151	166	189	165.6	165.6
	1:10	R	138	139	139	136	140.4	140.4
		G	137	136	134	133	137.4	137.4
		B	139	134	130	116	129.8	129.8
	1:15	R	134	131	127	129	130	130
		G	114	114	105	109	110.8	110.8
		B	95	95	85	87	90.6	90.6
	1:20	R	116	119	119	107	115.8	115.8
		G	106	103	95	78	96.8	96.8
		B	83	86	71	60	76.4	76.4
醋酸錫	1:5	R	215	221	205	197	207.6	207.6
		G	213	219	201	187	202	202
		B	207	215	196	179	195.6	195.6
	1:10	R	219	210	206	183	188.2	188.2
		G	208	194	187	165	179.6	179.6
		B	194	177	170	150	163.8	163.8
	1:15	R	170	168	159	211	184.8	184.8
		G	165	150	140	206	174.4	174.4
		B	159	142	128	199	166.8	166.8
	1:20	R	177	198	192	199	189.4	189.4
		G	166	185	181	190	177.6	177.6
		B	159	176	174	181	170	170
明礬	1:5	R	206	205	205	196	199.6	199.6

		G	190	188	188	174	182	182
		B	180	178	177	162	171.2	171.2
	1:10	R	220	210	215	220	214.2	214.2
		G	204	194	197	204	197	197
		B	197	187	189	198	190.2	190.2
	1:15	R	145	143	157	146	147.2	147.2
		G	127	124	140	133	130.6	130.6
		B	118	114	129	123	120.4	120.4
	1:20	R	146	140	129	146	141.8	141.8
		G	123	123	112	127	121.6	121.6
		B	107	110	101	114	107.6	107.6
碳酸鉀	1:5	R	151	137	82	162	137.8	137.8
		G	123	94	44	138	105.2	105.2
		B	102	65	28	120	85	85
	1:10	R	141	144	152	145	146.2	146.2
		G	113	109	120	117	115.2	115.2
		B	83	74	100	99	88.6	88.6
	1:15	R	172	188	183	205	189.6	189.6
		G	140	162	145	172	156.6	156.6
		B	113	142	105	140	128.2	128.2
	1:20	R	115	132	123	132	128.8	128.8
		G	78	101	79	93	92	92
		B	59	77	58	71	71	71
柳丁	R	175	161	161	158	162	157	
	G	157	165	157	158	163	156.4	
	B	113	170	158	160	166	158.2	
橘子	R	175	156	121	123	131	132.8	
	G	165	159	104	112	124	125.8	
	B	132	155	79	89	115	112.8	
百香果	R	145	135	145	141	138	141.2	
	G	132	116	123	120	116	119.6	
	B	99	92	102	93	92	95.6	

### 三、校園植物染材的減量回收及再利用之研究

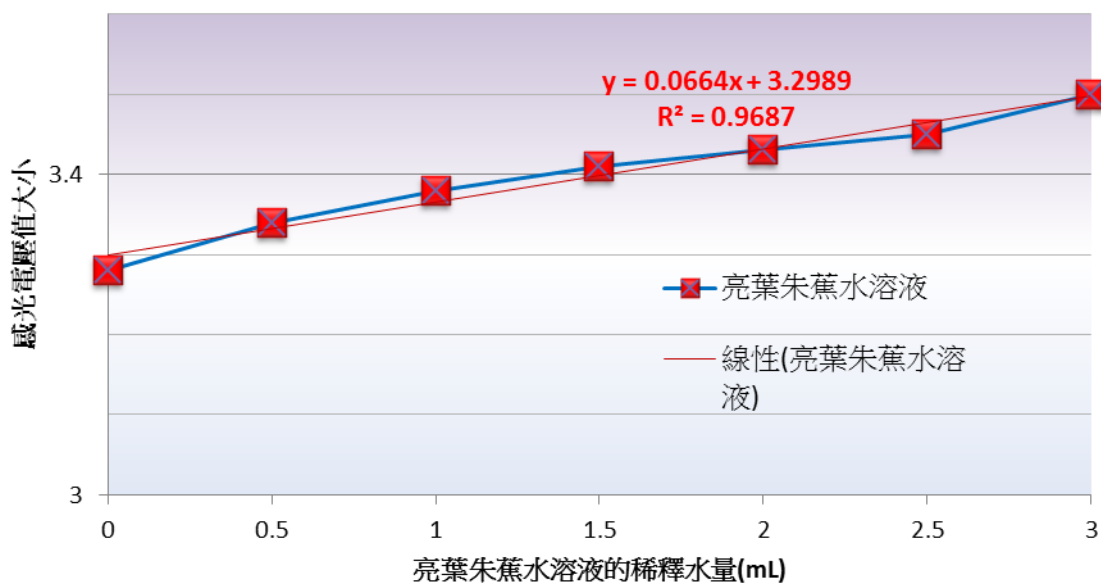
#### (一) 氫氧化鈉與冰醋酸加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較

氫氧化鈉與冰醋酸各加廣用指示劑稀釋顯色後的感光電壓值大小比較

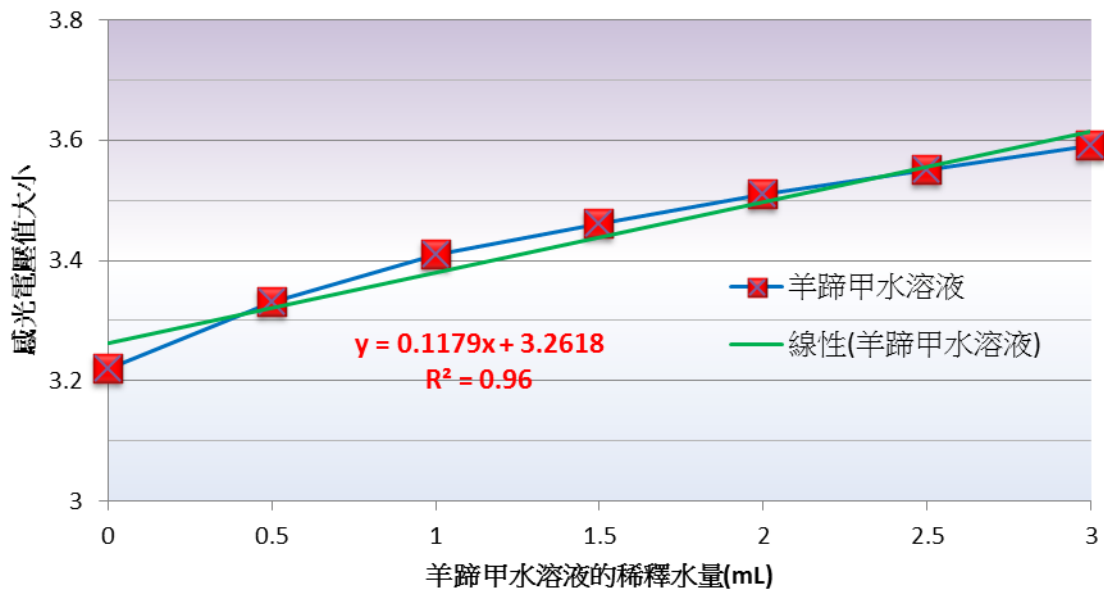


#### (二) 亮葉朱蕉水溶液與甲蹄甲水溶液染料的檢量線製作

亮葉朱蕉水溶液稀釋顯色後的感光電壓值大小比較



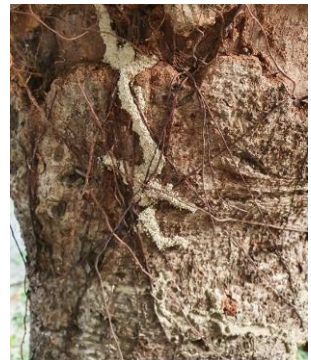
羊蹄甲水溶液稀釋顯色後的感光電壓值大小比較



亮葉朱蕉水溶液是弱酸性的，羊蹄甲水溶液也較酸，兩者色深的濃度也是羊蹄甲的較深色，所以每多加 0.5mL 水的稀釋量，羊蹄甲的感光電壓變化也較大。

## 陸、結論

- 1.以 iPhone 手機 App Store 下載「形色」軟體，可以輕易分辨校園植物的種類，藉此可以進一步查詢各種植物的特性及有無毒性等。
- 2.植物的拓染顯色，可以比較出哪種植物可以當酸鹼指示劑或染布加媒染劑的變色效果佳。
- 3.植物不僅花草、葉子可以染，連老樹上的鬚、砍下樹幹上的皮(右圖被蟲害啃食樹皮，紫膠介殼蟲雌蟲分泌的紫膠或蟲體也可以當染料)、種子與果實等都可以染！
- 4.布料一買來，要浸泡肥皂絲去漿去雜質，植物染前，先加蛋白質定色濃染劑可以使染布顯色效果更好。
- 5.植物經煮染及上色時間越久染色效果越好，先加媒染劑再加植物染劑煮染的前媒染比後媒染的顯色效果好，先加媒染劑再加染材染色，最後再用媒染劑定色的效果則最好。
- 6.以 App 辨色可以輕易的辨別布料的 RGB 值，以光敏電阻當感光元件所自製的簡易吸光儀，可以由感光電壓的變化量，比較不同濃度植物染液做出的檢量線，其線性趨勢線的  $R^2$  值可達 0.99，辨色  $R^2$  值也達 0.9 以上，偵測數值穩定，而且可以定量染後的廢液濃度，回收再利用。





## 【心得與感謝】

鮮材是現煮或發酵後進行植物染，但是每個季節的採樣時間染布的色澤會有差異，為了讓實驗有延續性，班上的同學，也協助我們，進行採樣及乾燥保存的浩大工作量，真是謝謝他們！

## 柒、參考資料

### 1. 參考資料：

光敏電阻遇光的電壓變化值測定

[http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read\\_attach.php?id=19286](http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=19286)

### 2. 國中自然第四冊第一章和莫耳數及濃度的計算相關、第二章和電解質與酸鹼鹽及指示劑相關

南一出版社

### 3. 國中自然第五冊電路

### 4. 高中化學第二冊第八章氧化還原反應 國立編輯館出版，1995

### 5. 中華民國第 55 屆國展中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

高中職農業及生物科技科農食品 「鹽」來如此-植物染鹽之開發

### 6. 陳景林、馬毓秀(2004)。大地之華。台北：天染工坊

### 7. 馬毓秀(2008)。四季繽紛草木染。台北：遠流出版社，台北市。

### 8. 網路資源

(1) <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2011/03/2011032812460675.pdf>/洗米廢水

(2) <https://zhidao.baidu.com/question/587394166.html>/洗米水的成分

## 【評語】 032914

1. 本研究從校園植物中萃取染料，對染布進行拓染及以手機 APP 分析染色之 RGB 值。
2. 能利用自製吸光儀測量染布後廢液的感光電壓值，並檢測出 2 種廢液濃度，以利植物染料回收再利用。
3. 本實驗有助於學生瞭解校園植物的種類，且藉由染布達到善用植物之目的。惟在結果與討論部分，作者宜進一步整理實驗數據並分析。
4. 作品中未呈現實際的染布作品。



## 摘要

植物不僅花草、葉子可以染，連老樹上的鬚、砍下樹幹上的皮、種子與果實等都可以染  
實驗結果顯示：布去漿去雜質、加蛋白質定色濃染劑可以使染布顯色效果更好。

我們也發現，植物經煮染及上色時間越久染色效果越佳；同時也發現，先加媒染劑再加植物染劑煮染的前媒染比後媒染的顯色效果為佳；先加媒染劑再加染材染色，最後再用媒染劑定色的效果則最佳。

除了以App辨色可以輕易的辨別布料的RGB值外，我們以不到15元的光敏電阻，在麵包板上串接不到1元的180Ω電阻及回收的手機變壓器插頭連接省電的3w超亮光LED燈為光源，成功的製造出第三代吸光儀，其感光電壓線性趨勢線的R2值可達0.99，選植物染液稀釋後配製不同濃度做出的檢量線辨色R2值也達0.9以上，可以定量染後的廢液濃度，回收再利用。



## 研究動機

有一天，我們看到學校工友正在用電鋸把一枝枝的阿勃勒樹枝和主枝旁的樹幹也都一一鋸掉，我們很好奇，就問教生物的衛生組長，他說：「阿勃勒長得太茂密了，遮住了老榕樹的陽光，害得榕樹生病，它快死掉了」。

我們看到校園還有很多地方也在大量修剪樹枝和與花草，據說每學期這些校園植物廢棄物的清運費都要花好幾萬，我們在想，這些植物最後會去哪裡？垃圾焚化場？攪碎當堆肥？(這麼粗、硬的東西需要多少動力啊！)

這些原本美化校園的景觀植物是否還有更好的去處？我們向老師提議：就來研究校園植物的最後美麗的樂章吧—植物染！



## 研究目的

### 一、校園植物的拓染顯色比較

- (一) App辨色校園植物的採樣
- (二) 校園植物的乾燥與保存
- (三) 校園植物的拓染顯色
- (四) App辨色

### 二、自製吸光儀的可行性

### 三、校園植物的色階變化

- (一) 水平色層分析的比較
- (二) 植物與不同濃度酸鹼、油、鹽、糖反應的色階變化
- (三) 校園植物與不同濃度媒染劑、水果皮內膜粉反應的色階變化
- (四) 校園植物與染布的吸附顯色探究

### 四、校園植物染材的減量回收及再利用之研究

- (一) 氫氧化鈉加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較
- (二) 冰醋酸加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較
- (三) 亮葉朱蕉水溶液與羊蹄甲水溶液染料的檢量線製作
- (四) 亮葉朱蕉或羊蹄甲水溶液染布後的廢液濃度的定量

## 研究設備及器材



八角形濾紙漏斗 有固形物的布漏斗 加熱器煮染 (透明天頂帽及積木裝置組) 自製攪拌器(智高積木組)

### 其它實驗器材及藥品

自製第一代~第三代簡易吸光儀、校園植物各種粉末、圖畫紙、濾紙、冰醋酸、氫氧化鈉、醋酸錫、醋酸銅、醋酸鐵、明礬、葡萄糖、氯化鈉、滴管、離心管、在來米粉、酥漿粉、洗米水第一次水~第二次水、蛋白、蛋黃、燒杯、量筒、藥勺、量瓶、標籤、洗衣粉、棉布、加熱器、生豆漿、不鏽鋼鍋、勺子、長筷子、篩子、塑膠水槽。游標尺、直尺、竹籤、報紙、小刀、熱熔膠槍及膠條、護貝機、護貝膠膜、奇異筆、計時器、工作手套、不織布口罩、麵包板、50 mL燒杯、膠帶、魔帶、50及100mL量筒、塑膠滴管、六段式變壓器電源、光敏電阻、電阻器、LED燈、鱷魚夾線、三用電錶、粉碎機、電子秤、紅外線測溫器、智高馬達及積木組、計時器、智慧型手機、App辨色軟體、筆電、桌上型電腦、網站

## 研究過程及方法

### 【研究一】校園植物的拓染顯色比較

#### (一) 校園植物的採樣

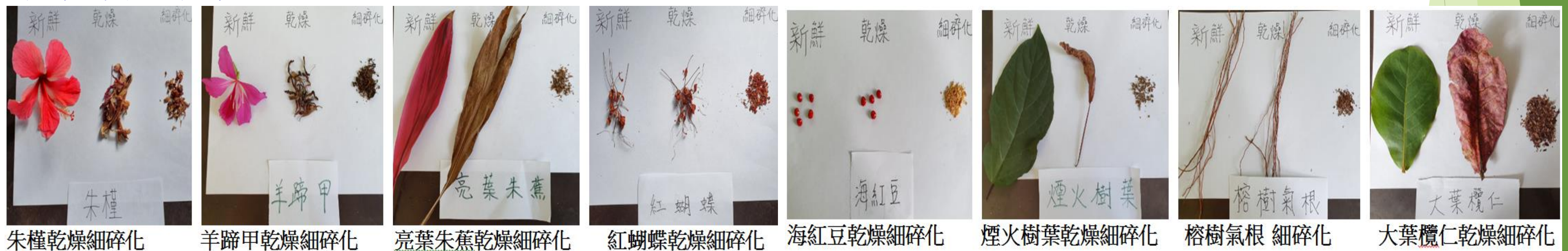
- 1.請教學校的衛生組長的生物專家，校園可做植物染及需處理校園植物垃圾清運的區域，鎖定了八種校園植物。
- 2.以iPhone手機App Store 下載「形色」軟體。
- 3.開始進行校園植物的認識與採集。

#### (二) 校園植物的乾燥與保存

- 1.乾燥：日晒乾燥積木架設計
- 2.粉碎：粗剪及粉碎機



陽光下曝曬羊蹄甲、煙火樹、榕樹氣根(透明天頂帽及積木裝置組)

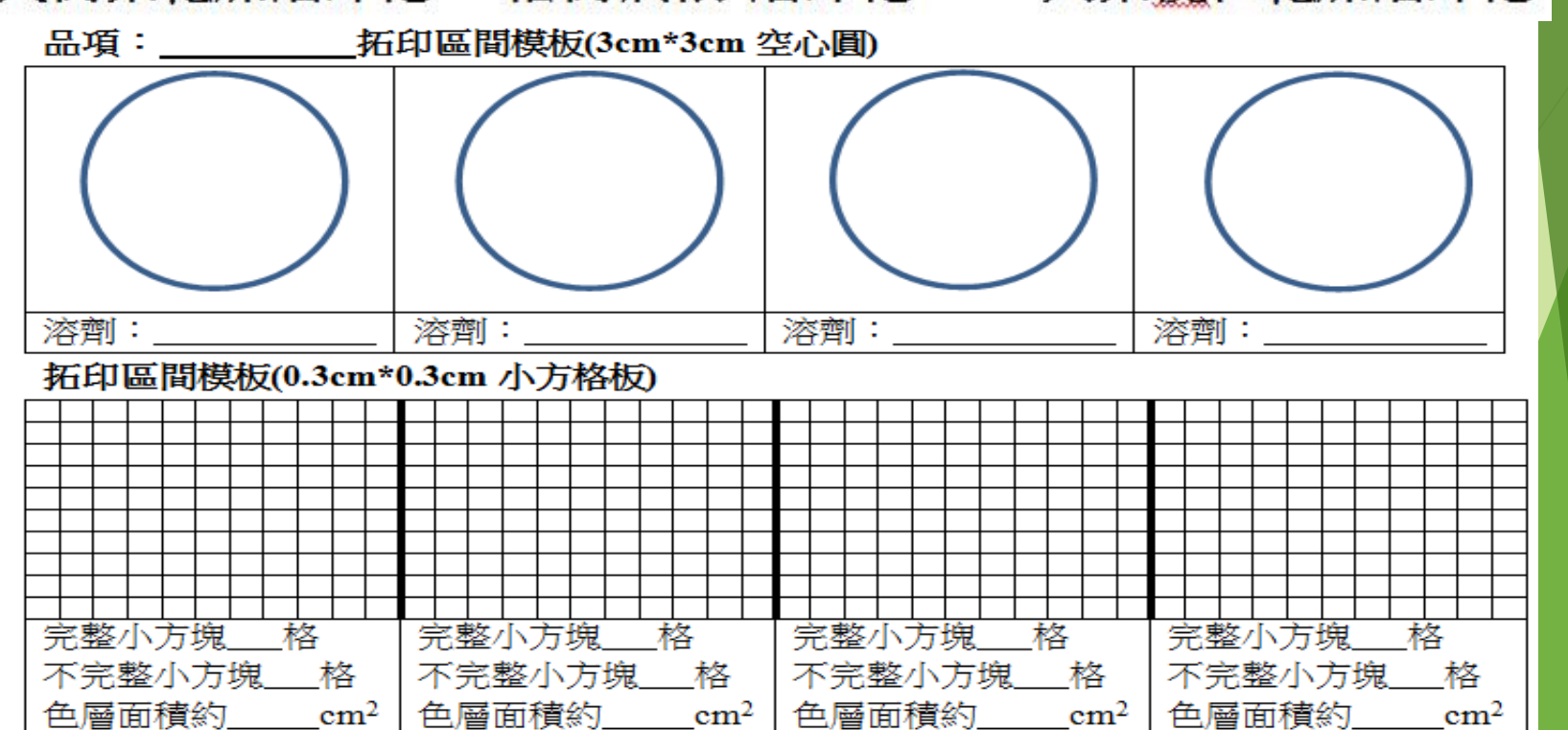


#### (三) 校園植物的拓染顯色

想法：為了對照及歸納整理方便，我們不單獨一張一張的圓形濾紙放在桌面上，各別以工具拓染顯色，而是製作統一規格的模板大小，對照拓染顯色的結果比較。

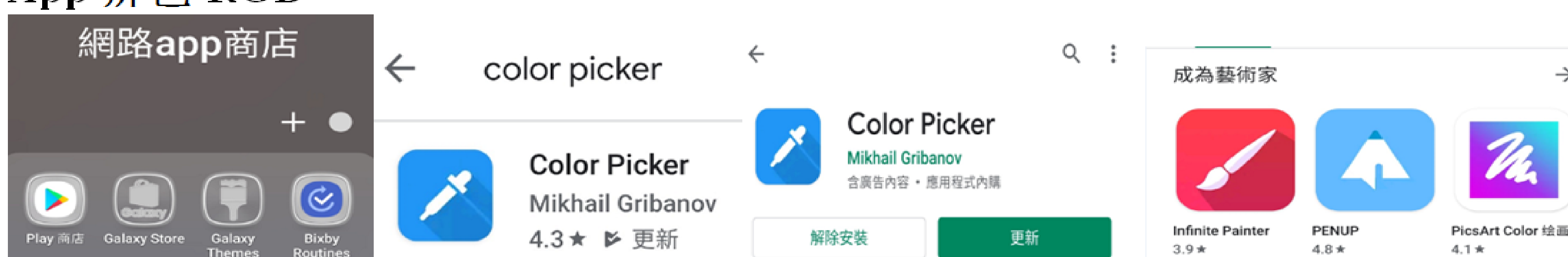
#### 實驗步驟：

- 1.拓印區間投影片電腦模板印製設計：以電腦Microsoft Word繪製3cm\*3cm空心圓及0.3cm\*0.3cm小方格板後，將投影片置於雷射印表機內，列印出投影片模板如右圖示(僅各展示一列四欄)
- 2.選出植物以不同溶劑拓染顏色變化較佳的前幾種校園植物繼續做校園植物的色階變化。



#### (四) App辨色

#### App辨色 RGB



智慧型手機 → 網路app商店 → 輸入[ color picker] → 下載 App 辨色軟體程式 → 點選快速連結的畫面 → 以手機拍照片或畫面直接讀取 → 由 APP 辨色記錄 RGB。





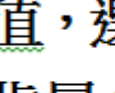
## 【研究二】自製吸光儀辨色的可行性

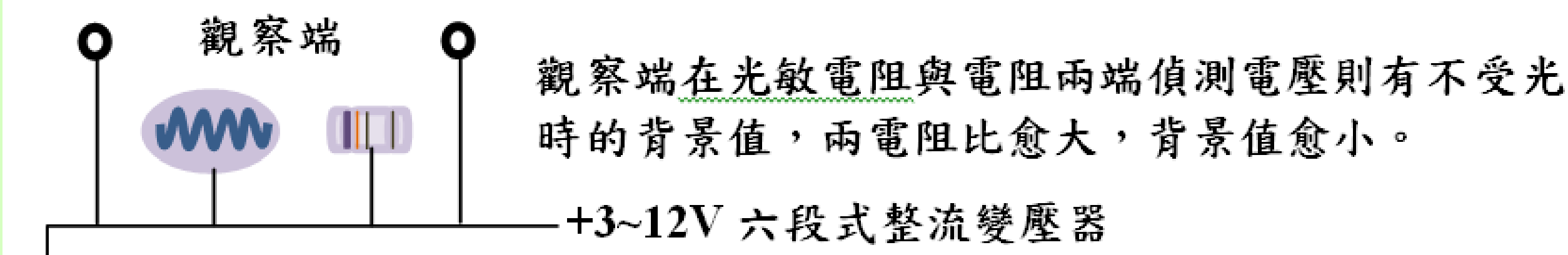
### (一) 吸光度儀設計

1. 測定光敏電阻測不同溶液顏色及濃度吸光後的光電壓變化值。

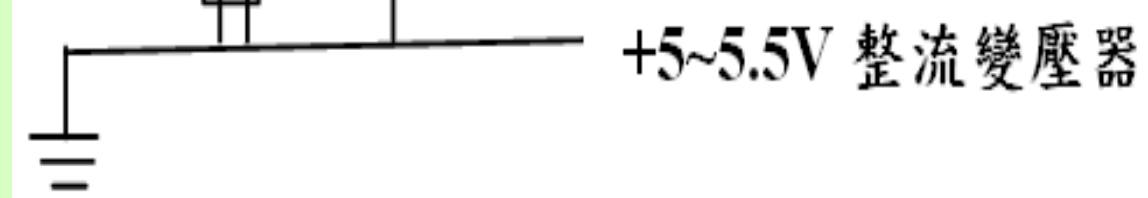
2. 以下為本實驗的電路設計及說明：

(1) 使用的 5mm 光敏電阻  外型愈小，電阻值愈大，為 18KΩ；10mm 光敏電阻  外型愈大，電阻值愈小，為 2.38KΩ。

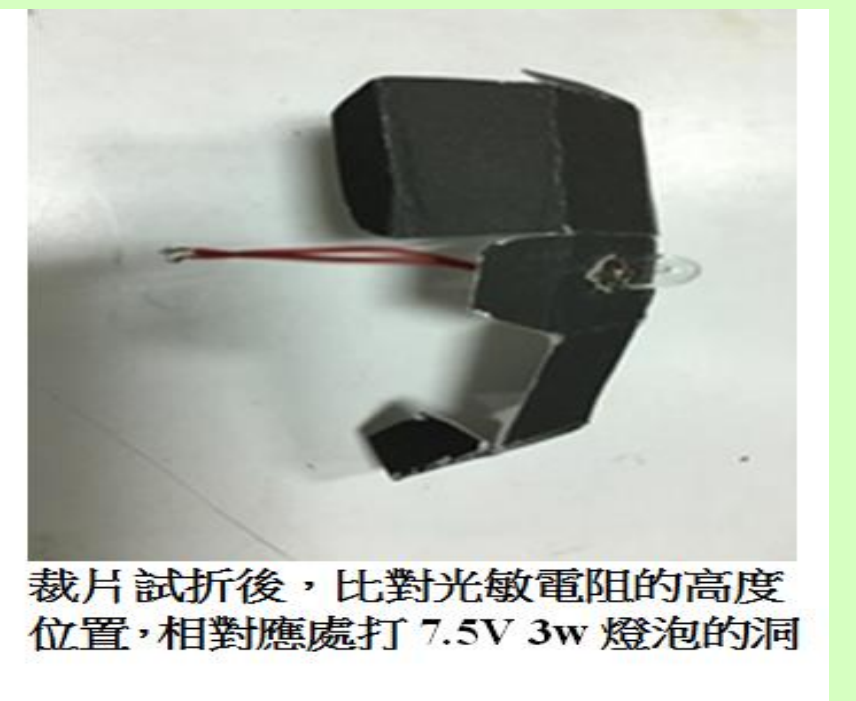
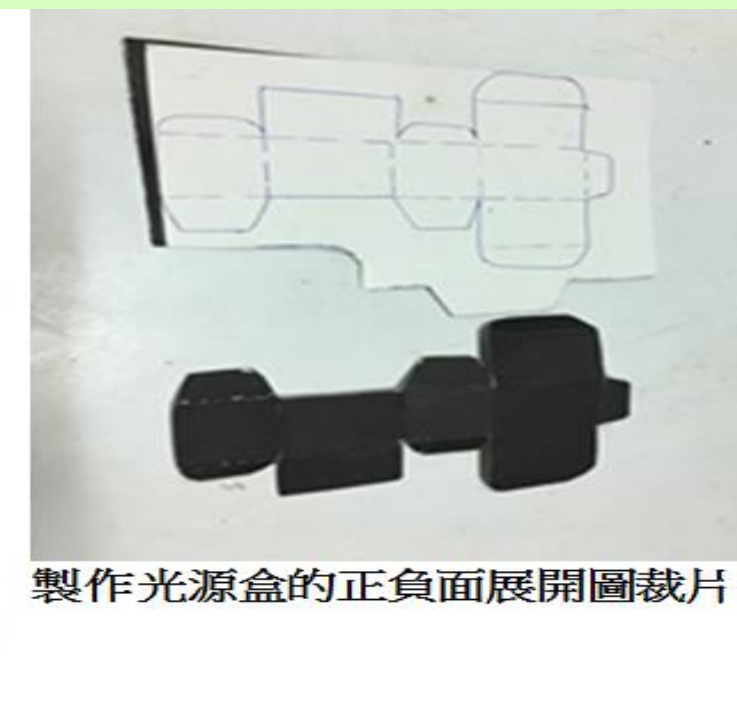
(2) 為降低背景分壓值，選擇串接的電阻  為比光敏電阻小相當多的 180Ω、120Ω，甚至 50Ω 則幾乎無照光的背景分電壓接近於零；電阻大小不同，電阻上的線條彩色及分布就不同，可用三用電錶實測電阻大小或上網查詢色條碼。



照光電源有 110V 3W 白光 LED 燈泡(不需串接任何的電阻)，本實驗使用回收 5~5.5V 變壓器則對一般小 LED 燈(通常最多只能負載 3.75V)，所以，需串接電阻(使用 120Ω 或 50Ω 即可)以分掉一些電壓，避免 LED 燈燒掉。

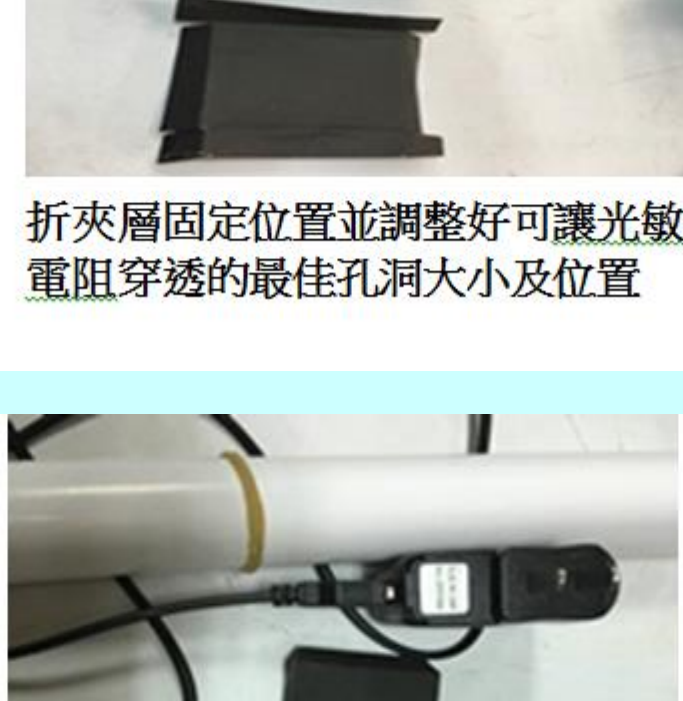
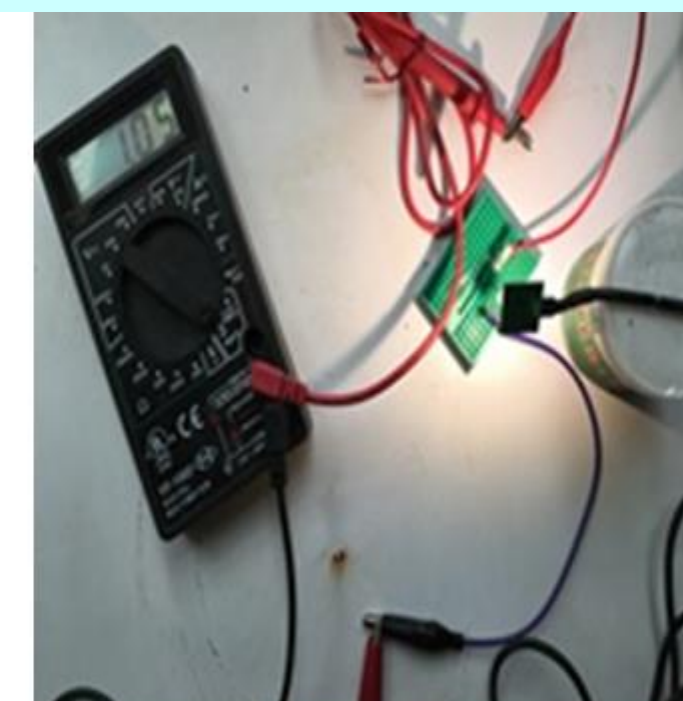
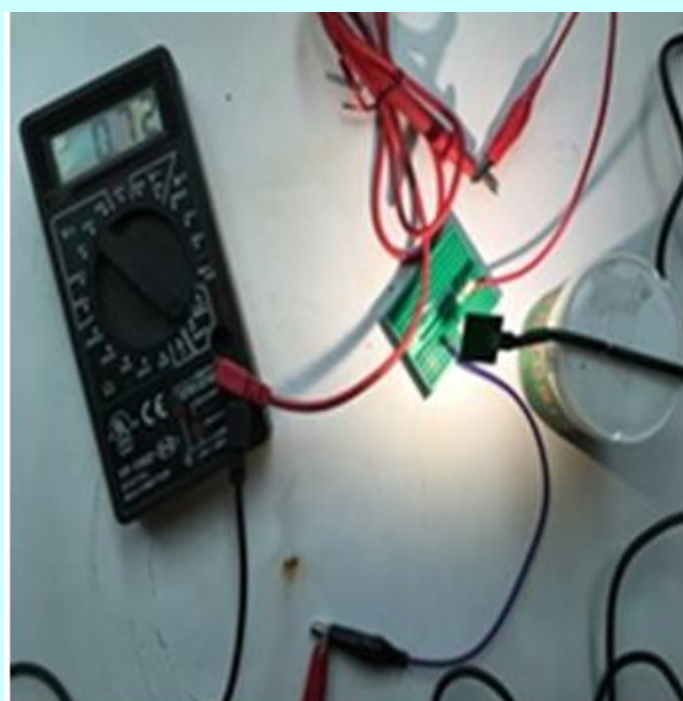


### (二) 第一代吸光度儀製作

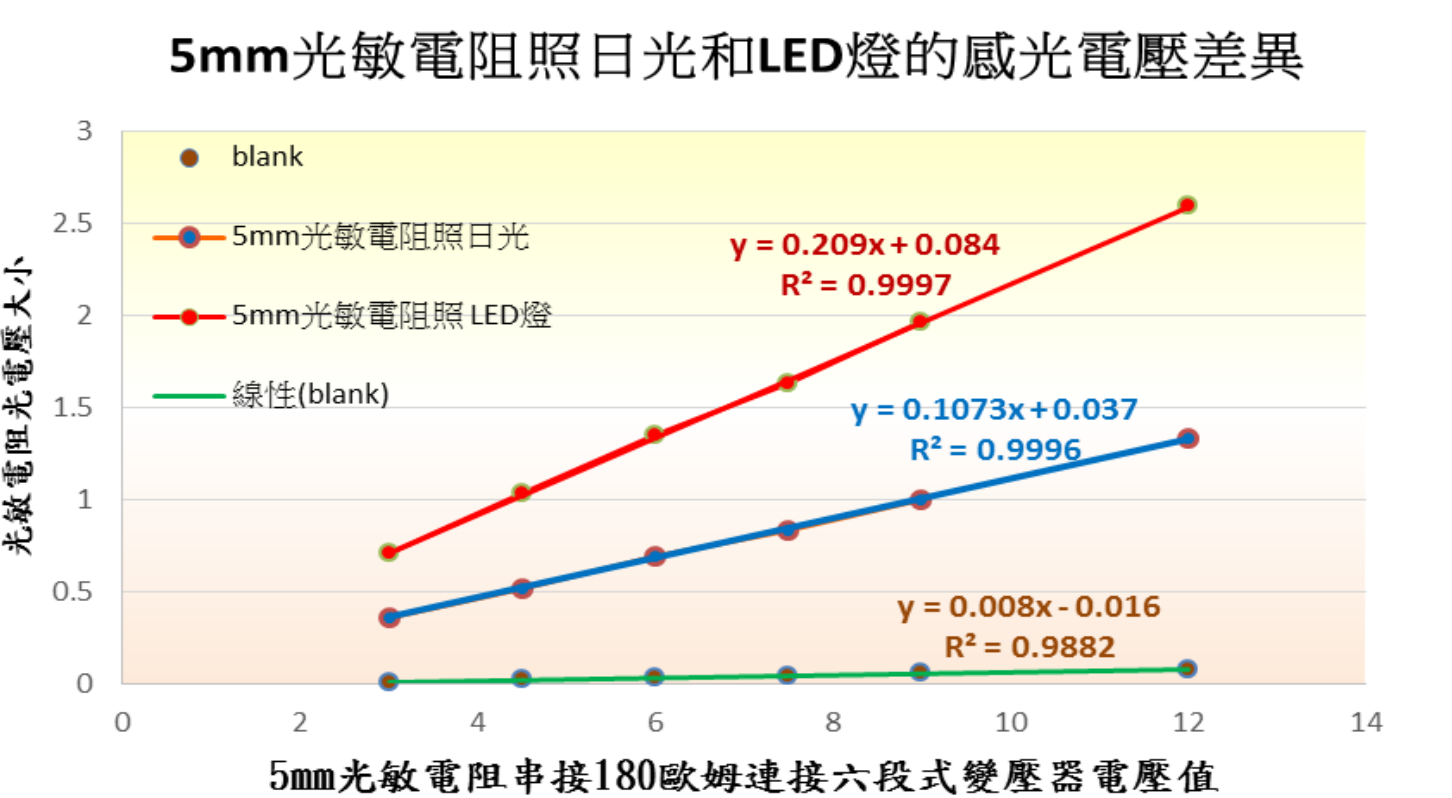


### (三) 第二代吸光度儀製作

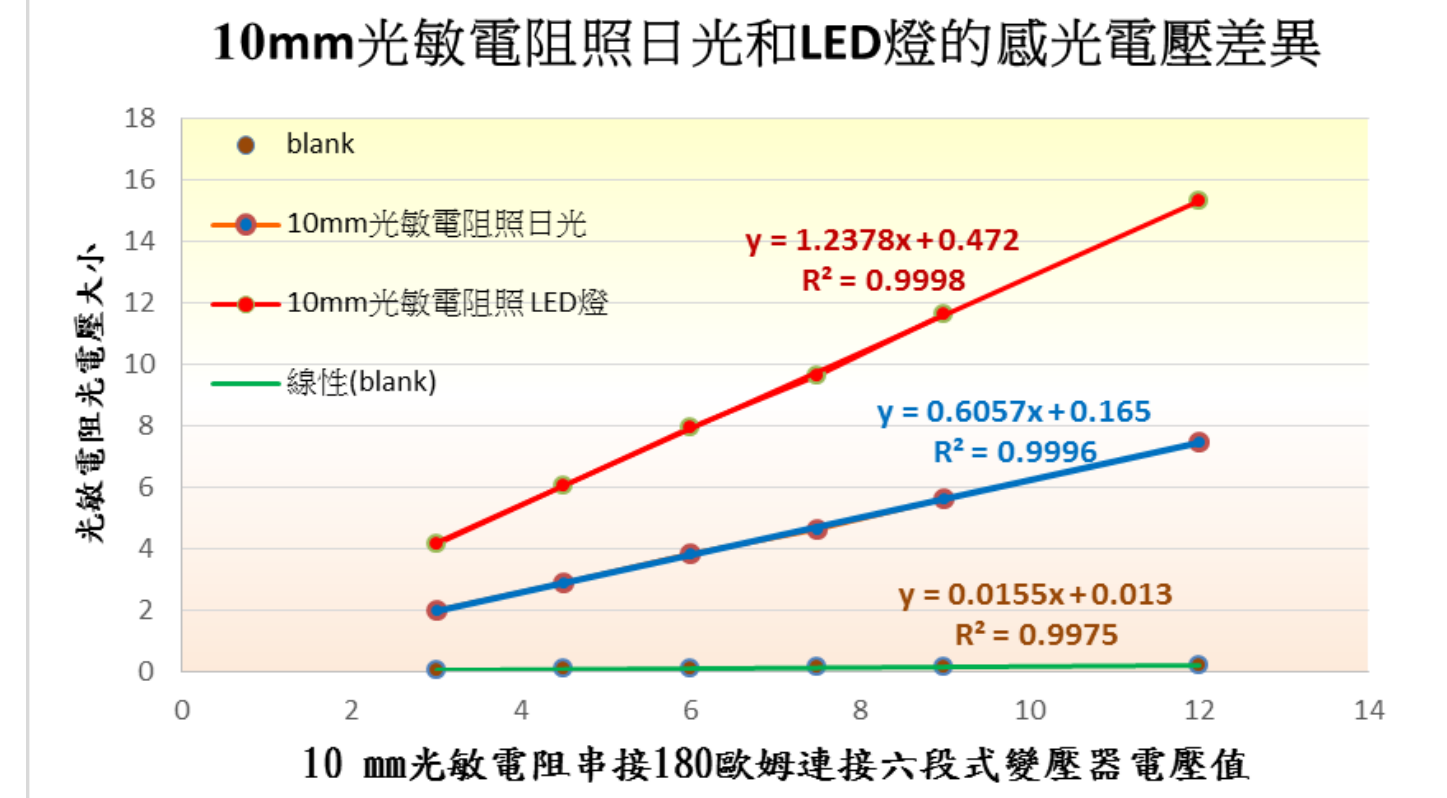
5mm 18KΩ 光敏電阻與 180Ω 電阻串聯(電阻比 1000:1)在 3~12V 六段式整流變壓下，光敏電阻光感應電壓及背景電壓的測試



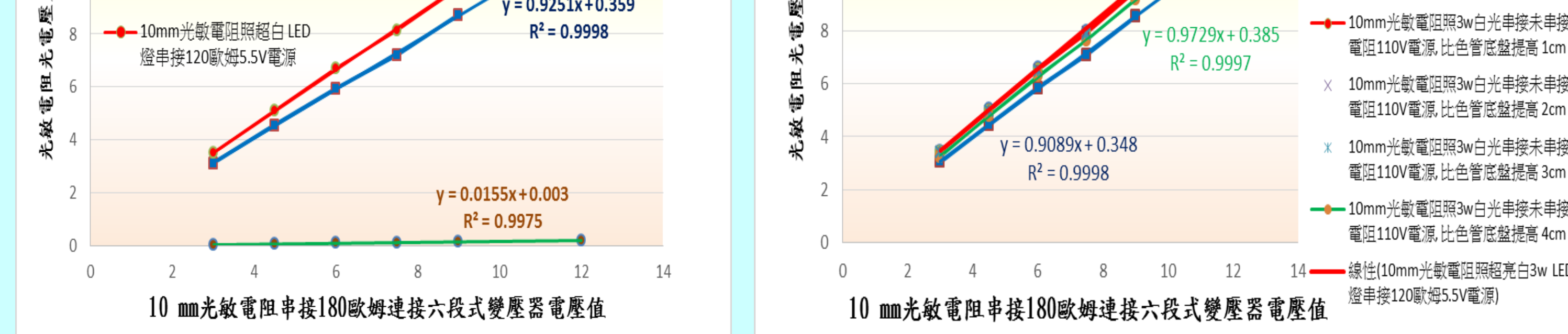
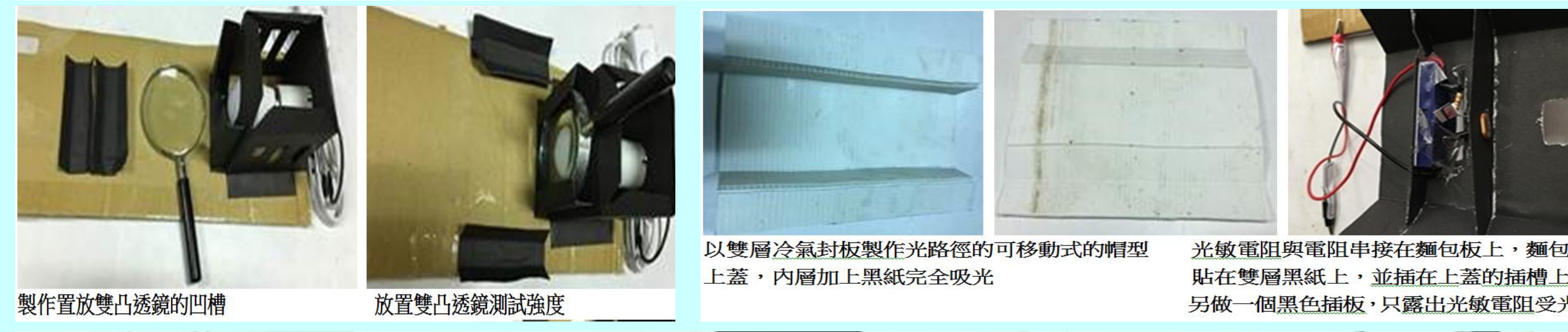
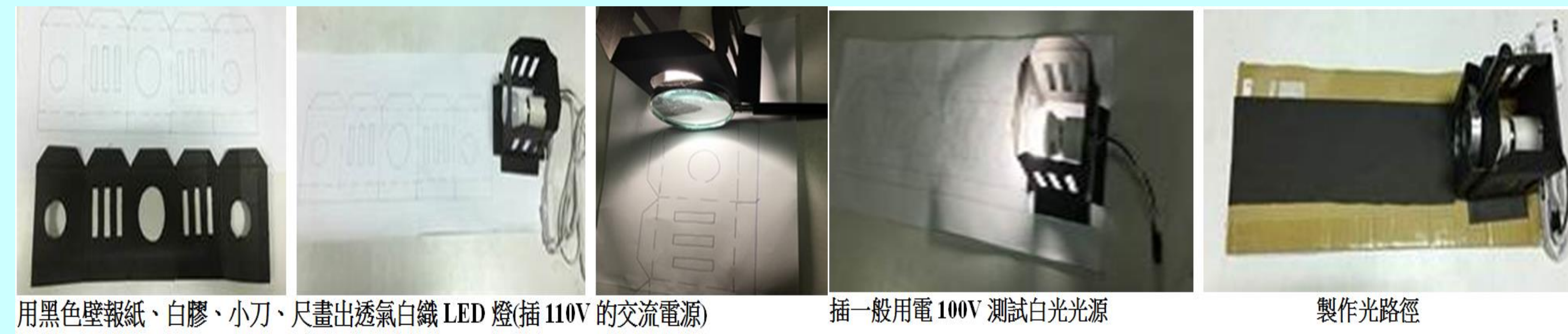
#### 第二代吸光度儀



#### 第一代吸光度儀



### (四) 第三代吸光度儀製作



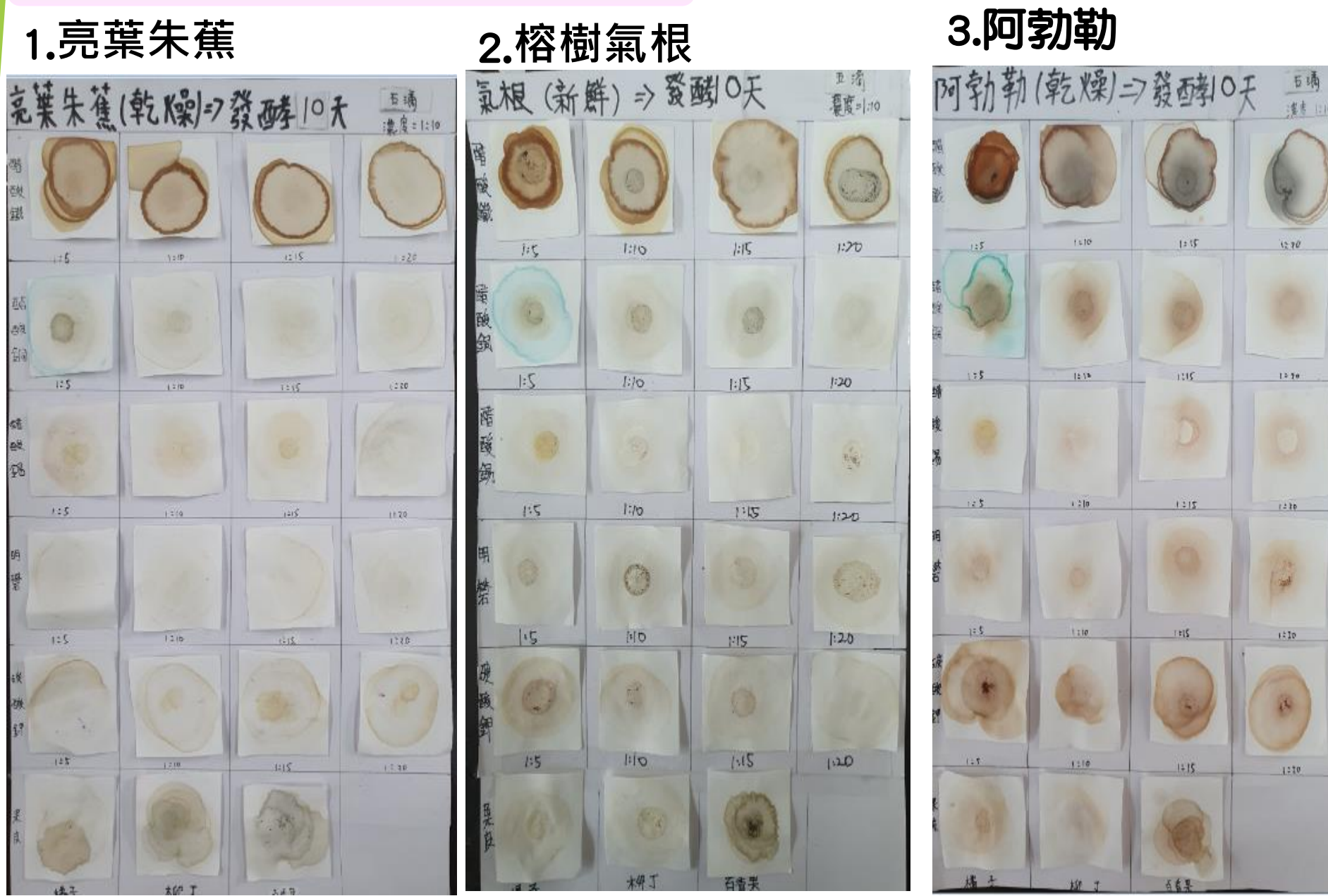
#### 第三代吸光度儀

#### 第三代吸光度儀-2修正



# 研究三】校園植物的色階變化

## 一、水平色層分析的比較



## (三)校園植物與不同濃度或不同媒染劑的色階變化

1.亮葉朱蕉	2.榕樹氣根	3.阿勃勒																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>內圈</th> <th>量測值</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>195</td><td>200</td></tr> <tr><td>G</td><td>135</td><td>140</td></tr> <tr><td>B</td><td>70</td><td>73</td></tr> <tr><td>1:5</td><td>175</td><td>163</td></tr> <tr><td>B</td><td>111</td><td>110</td></tr> <tr><td>B</td><td>57</td><td>60</td></tr> <tr><td>R</td><td>179</td><td>184</td></tr> <tr><td>B</td><td>114</td><td>123</td></tr> <tr><td>B</td><td>57</td><td>63</td></tr> <tr><td>R</td><td>201</td><td>192</td></tr> <tr><td>B</td><td>138</td><td>121</td></tr> <tr><td>B</td><td>70</td><td>61</td></tr> <tr><td>R</td><td>158</td><td>166</td></tr> <tr><td>B</td><td>144</td><td>153</td></tr> <tr><td>B</td><td>107</td><td>117</td></tr> <tr><td>R</td><td>197</td><td>200</td></tr> <tr><td>B</td><td>186</td><td>187</td></tr> <tr><td>B</td><td>146</td><td>150</td></tr> <tr><td>R</td><td>197</td><td>205</td></tr> <tr><td>B</td><td>185</td><td>194</td></tr> <tr><td>B</td><td>148</td><td>156</td></tr> <tr><td>R</td><td>22</td><td>21</td></tr> <tr><td>B</td><td>214</td><td>205</td></tr> <tr><td>B</td><td>185</td><td>177</td></tr> <tr><td>R</td><td>184</td><td>183</td></tr> <tr><td>B</td><td>168</td><td>168</td></tr> <tr><td>B</td><td>142</td><td>140</td></tr> <tr><td>R</td><td>224</td><td>215</td></tr> <tr><td>B</td><td>211</td><td>204</td></tr> <tr><td>B</td><td>185</td><td>178</td></tr> <tr><td>R</td><td>220</td><td>219</td></tr> <tr><td>B</td><td>210</td><td>211</td></tr> <tr><td>B</td><td>181</td><td>178</td></tr> <tr><td>R</td><td>229</td><td>224</td></tr> <tr><td>B</td><td>222</td><td>212</td></tr> <tr><td>B</td><td>204</td><td>184</td></tr> <tr><td>R</td><td>195</td><td>216</td></tr> <tr><td>B</td><td>177</td><td>205</td></tr> <tr><td>B</td><td>146</td><td>172</td></tr> <tr><td>R</td><td>200</td><td>211</td></tr> <tr><td>B</td><td>191</td><td>198</td></tr> <tr><td>B</td><td>165</td><td>167</td></tr> <tr><td>R</td><td>225</td><td>199</td></tr> <tr><td>B</td><td>212</td><td>186</td></tr> <tr><td>B</td><td>183</td><td>154</td></tr> <tr><td>R</td><td>212</td><td>220</td></tr> <tr><td>B</td><td>199</td><td>211</td></tr> <tr><td>B</td><td>161</td><td>182</td></tr> <tr><td>R</td><td>198</td><td>214</td></tr> <tr><td>B</td><td>163</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>104</td><td>129</td></tr> <tr><td>R</td><td>209</td><td>203</td></tr> <tr><td>B</td><td>195</td><td>186</td></tr> <tr><td>B</td><td>160</td><td>154</td></tr> <tr><td>R</td><td>210</td><td>209</td></tr> <tr><td>B</td><td>155</td><td>152</td></tr> <tr><td>R</td><td>207</td><td>215</td></tr> <tr><td>B</td><td>189</td><td>198</td></tr> <tr><td>B</td><td>152</td><td>160</td></tr> <tr><td>R</td><td>175</td><td>196</td></tr> <tr><td>B</td><td>157</td><td>179</td></tr> <tr><td>B</td><td>113</td><td>128</td></tr> <tr><td>R</td><td>188</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>173</td><td>165</td></tr> <tr><td>B</td><td>134</td><td>127</td></tr> <tr><td>R</td><td>156</td><td>164</td></tr> <tr><td>B</td><td>149</td><td>154</td></tr> <tr><td>B</td><td>118</td><td>121</td></tr> </tbody> </table>	內圈	量測值	平均	R	195	200	G	135	140	B	70	73	1:5	175	163	B	111	110	B	57	60	R	179	184	B	114	123	B	57	63	R	201	192	B	138	121	B	70	61	R	158	166	B	144	153	B	107	117	R	197	200	B	186	187	B	146	150	R	197	205	B	185	194	B	148	156	R	22	21	B	214	205	B	185	177	R	184	183	B	168	168	B	142	140	R	224	215	B	211	204	B	185	178	R	220	219	B	210	211	B	181	178	R	229	224	B	222	212	B	204	184	R	195	216	B	177	205	B	146	172	R	200	211	B	191	198	B	165	167	R	225	199	B	212	186	B	183	154	R	212	220	B	199	211	B	161	182	R	198	214	B	163	182	B	104	129	R	209	203	B	195	186	B	160	154	R	210	209	B	155	152	R	207	215	B	189	198	B	152	160	R	175	196	B	157	179	B	113	128	R	188	182	B	173	165	B	134	127	R	156	164	B	149	154	B	118	121	<table border="1"> <thead> <tr> <th>內圈</th> <th>量測值</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>98</td><td>93</td></tr> <tr><td>G</td><td>55</td><td>52</td></tr> <tr><td>B</td><td>29</td><td>22</td></tr> <tr><td>R</td><td>178</td><td>172</td></tr> <tr><td>B</td><td>118</td><td>112</td></tr> <tr><td>B</td><td>49</td><td>41</td></tr> <tr><td>R</td><td>166</td><td>148</td></tr> <tr><td>B</td><td>152</td><td>134</td></tr> <tr><td>B</td><td>102</td><td>90</td></tr> <tr><td>R</td><td>118</td><td>133</td></tr> <tr><td>B</td><td>110</td><td>120</td></tr> <tr><td>B</td><td>80</td><td>84</td></tr> <tr><td>R</td><td>187</td><td>186</td></tr> <tr><td>B</td><td>192</td><td>190</td></tr> <tr><td>B</td><td>168</td><td>164</td></tr> <tr><td>R</td><td>180</td><td>194</td></tr> <tr><td>B</td><td>167</td><td>183</td></tr> <tr><td>B</td><td>132</td><td>149</td></tr> <tr><td>R</td><td>160</td><td>157</td></tr> <tr><td>B</td><td>154</td><td>152</td></tr> <tr><td>B</td><td>125</td><td>122</td></tr> <tr><td>R</td><td>198</td><td>207</td></tr> <tr><td>B</td><td>187</td><td>192</td></tr> <tr><td>B</td><td>157</td><td>165</td></tr> <tr><td>R</td><td>205</td><td>206</td></tr> <tr><td>B</td><td>182</td><td>188</td></tr> <tr><td>B</td><td>136</td><td>148</td></tr> <tr><td>R</td><td>217</td><td>211</td></tr> <tr><td>B</td><td>202</td><td>197</td></tr> <tr><td>B</td><td>161</td><td>156</td></tr> <tr><td>R</td><td>209</td><td>211</td></tr> <tr><td>B</td><td>202</td><td>204</td></tr> <tr><td>B</td><td>173</td><td>175</td></tr> <tr><td>R</td><td>212</td><td>212</td></tr> <tr><td>B</td><td>198</td><td>198</td></tr> <tr><td>B</td><td>164</td><td>163</td></tr> <tr><td>R</td><td>198</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>191</td><td>195</td></tr> <tr><td>B</td><td>159</td><td>149</td></tr> <tr><td>R</td><td>155</td><td>169</td></tr> <tr><td>B</td><td>146</td><td>159</td></tr> <tr><td>B</td><td>120</td><td>131</td></tr> <tr><td>R</td><td>217</td><td>227</td></tr> <tr><td>B</td><td>210</td><td>217</td></tr> <tr><td>B</td><td>181</td><td>192</td></tr> <tr><td>R</td><td>202</td><td>212</td></tr> <tr><td>B</td><td>187</td><td>198</td></tr> <tr><td>B</td><td>156</td><td>161</td></tr> <tr><td>R</td><td>169</td><td>189</td></tr> <tr><td>B</td><td>146</td><td>144</td></tr> <tr><td>B</td><td>117</td><td>134</td></tr> <tr><td>R</td><td>182</td><td>207</td></tr> <tr><td>B</td><td>164</td><td>189</td></tr> <tr><td>B</td><td>134</td><td>161</td></tr> <tr><td>R</td><td>184</td><td>194</td></tr> <tr><td>B</td><td>136</td><td>148</td></tr> <tr><td>R</td><td>214</td><td>210</td></tr> <tr><td>B</td><td>203</td><td>203</td></tr> <tr><td>B</td><td>181</td><td>181</td></tr> <tr><td>R</td><td>175</td><td>183</td></tr> <tr><td>B</td><td>157</td><td>170</td></tr> <tr><td>B</td><td>113</td><td>134</td></tr> <tr><td>R</td><td>175</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>165</td><td>194</td></tr> <tr><td>B</td><td>132</td><td>162</td></tr> <tr><td>R</td><td>145</td><td>140</td></tr> <tr><td>B</td><td>132</td><td>127</td></tr> <tr><td>B</td><td>99</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>	內圈	量測值	平均	R	98	93	G	55	52	B	29	22	R	178	172	B	118	112	B	49	41	R	166	148	B	152	134	B	102	90	R	118	133	B	110	120	B	80	84	R	187	186	B	192	190	B	168	164	R	180	194	B	167	183	B	132	149	R	160	157	B	154	152	B	125	122	R	198	207	B	187	192	B	157	165	R	205	206	B	182	188	B	136	148	R	217	211	B	202	197	B	161	156	R	209	211	B	202	204	B	173	175	R	212	212	B	198	198	B	164	163	R	198	202	B	191	195	B	159	149	R	155	169	B	146	159	B	120	131	R	217	227	B	210	217	B	181	192	R	202	212	B	187	198	B	156	161	R	169	189	B	146	144	B	117	134	R	182	207	B	164	189	B	134	161	R	184	194	B	136	148	R	214	210	B	203	203	B	181	181	R	175	183	B	157	170	B	113	134	R	175	202	B	165	194	B	132	162	R	145	140	B	132	127	B	99	90	<table border="1"> <thead> <tr> <th>內圈</th> <th>量測值</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>170</td><td>165</td></tr> <tr><td>G</td><td>141</td><td>140</td></tr> <tr><td>B</td><td>103</td><td>100</td></tr> <tr><td>R</td><td>153</td><td>163</td></tr> <tr><td>B</td><td>135</td><td>146</td></tr> <tr><td>B</td><td>93</td><td>111</td></tr> <tr><td>R</td><td>159</td><td>176</td></tr> <tr><td>B</td><td>141</td><td>163</td></tr> <tr><td>B</td><td>88</td><td>191</td></tr> <tr><td>R</td><td>184</td><td>167</td></tr> <tr><td>B</td><td>167</td><td>145</td></tr> <tr><td>B</td><td>121</td><td>98</td></tr> <tr><td>R</td><td>149</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>134</td><td>191</td></tr> <tr><td>B</td><td>98</td><td>163</td></tr> <tr><td>R</td><td>190</td><td>207</td></tr> <tr><td>B</td><td>162</td><td>193</td></tr> <tr><td>B</td><td>117</td><td>161</td></tr> <tr><td>R</td><td>198</td><td>205</td></tr> <tr><td>B</td><td>173</td><td>187</td></tr> <tr><td>B</td><td>133</td><td>144</td></tr> <tr><td>R</td><td>182</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>180</td><td>179</td></tr> <tr><td>B</td><td>161</td><td>160</td></tr> <tr><td>R</td><td>173</td><td>176</td></tr> <tr><td>B</td><td>166</td><td>167</td></tr> <tr><td>B</td><td>131</td><td>137</td></tr> <tr><td>R</td><td>183</td><td>186</td></tr> <tr><td>B</td><td>166</td><td>170</td></tr> <tr><td>B</td><td>133</td><td>138</td></tr> </tbody> </table>	內圈	量測值	平均	R	170	165	G	141	140	B	103	100	R	153	163	B	135	146	B	93	111	R	159	176	B	141	163	B	88	191	R	184	167	B	167	145	B	121	98	R	149	202	B	134	191	B	98	163	R	190	207	B	162	193	B	117	161	R	198	205	B	173	187	B	133	144	R	182	182	B	180	179	B	161	160	R	173	176	B	166	167	B	131	137	R	183	186	B	166	170	B	133	138
內圈	量測值	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	195	200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
G	135	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	70	73																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1:5	175	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	111	110																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	57	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	179	184																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	114	123																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	57	63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	201	192																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	138	121																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	70	61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	158	166																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	144	153																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	107	117																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	197	200																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	186	187																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	146	150																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	197	205																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	185	194																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	148	156																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	22	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	214	205																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	185	177																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	184	183																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	168	168																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	142	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	224	215																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	211	204																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	185	178																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	220	219																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	210	211																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	181	178																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	229	224																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	222	212																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	204	184																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	195	216																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	177	205																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	146	172																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	200	211																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	191	198																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	165	167																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	225	199																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	212	186																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	183	154																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	212	220																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	199	211																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	161	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	198	214																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	163	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	104	129																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	209	203																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	195	186																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	160	154																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	210	209																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	155	152																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	207	215																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	189	198																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	152	160																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	175	196																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	157	179																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	113	128																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	188	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	173	165																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	134	127																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	156	164																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	149	154																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	118	121																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
內圈	量測值	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	98	93																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
G	55	52																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	29	22																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	178	172																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	118	112																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	49	41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	166	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	152	134																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	102	90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	118	133																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	110	120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	80	84																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	187	186																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	192	190																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	168	164																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	180	194																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	167	183																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	132	149																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	160	157																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	154	152																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	125	122																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	198	207																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	187	192																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	157	165																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	205	206																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	182	188																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	136	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	217	211																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	202	197																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	161	156																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	209	211																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	202	204																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	173	175																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	212	212																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	198	198																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	164	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	198	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	191	195																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	159	149																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	155	169																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	146	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	120	131																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	217	227																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	210	217																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	181	192																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	202	212																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	187	198																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	156	161																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	169	189																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	146	144																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	117	134																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	182	207																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	164	189																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	134	161																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	184	194																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	136	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	214	210																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	203	203																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	181	181																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	175	183																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	157	170																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	113	134																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	175	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	165	194																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	132	162																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	145	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	132	127																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	99	90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
內圈	量測值	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	170	165																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
G	141	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	103	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	153	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	135	146																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	93	111																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	159	176																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	141	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	88	191																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	184	167																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	167	145																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	121	98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	149	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	134	191																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	98	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	190	207																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	162	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	117	161																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	198	205																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	173	187																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	133	144																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	182	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	180	179																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	161	160																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	173	176																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	166	167																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	131	137																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	183	186																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	166	170																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	133	138																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

## 二、校園植物與不同濃度酸鹼、油、鹽、糖反應的色階變化

1.亮葉朱蕉	2.榕樹氣根	3.阿勃勒																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>內圈</th> <th>量測值</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>170</td><td>165</td></tr> <tr><td>G</td><td>141</td><td>140</td></tr> <tr><td>B</td><td>103</td><td>100</td></tr> <tr><td>R</td><td>153</td><td>163</td></tr> <tr><td>B</td><td>135</td><td>146</td></tr> <tr><td>B</td><td>93</td><td>111</td></tr> <tr><td>R</td><td>159</td><td>176</td></tr> <tr><td>B</td><td>141</td><td>163</td></tr> <tr><td>B</td><td>88</td><td>191</td></tr> <tr><td>R</td><td>184</td><td>167</td></tr> <tr><td>B</td><td>167</td><td>145</td></tr> <tr><td>B</td><td>121</td><td>98</td></tr> <tr><td>R</td><td>149</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>134</td><td>191</td></tr> <tr><td>B</td><td>98</td><td>163</td></tr> <tr><td>R</td><td>190</td><td>207</td></tr> <tr><td>B</td><td>162</td><td>193</td></tr> <tr><td>B</td><td>117</td><td>161</td></tr> <tr><td>R</td><td>198</td><td>205</td></tr> <tr><td>B</td><td>173</td><td>187</td></tr> <tr><td>B</td><td>133</td><td>144</td></tr> <tr><td>R</td><td>182</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>180</td><td>179</td></tr> <tr><td>B</td><td>161</td><td>160</td></tr> <tr><td>R</td><td>173</td><td>176</td></tr> <tr><td>B</td><td>166</td><td>167</td></tr> <tr><td>B</td><td>131</td><td>137</td></tr> <tr><td>R</td><td>183</td><td>186</td></tr> <tr><td>B</td><td>166</td><td>170</td></tr> <tr><td>B</td><td>133</td><td>138</td></tr> </tbody> </table>	內圈	量測值	平均	R	170	165	G	141	140	B	103	100	R	153	163	B	135	146	B	93	111	R	159	176	B	141	163	B	88	191	R	184	167	B	167	145	B	121	98	R	149	202	B	134	191	B	98	163	R	190	207	B	162	193	B	117	161	R	198	205	B	173	187	B	133	144	R	182	182	B	180	179	B	161	160	R	173	176	B	166	167	B	131	137	R	183	186	B	166	170	B	133	138	<table border="1"> <thead> <tr> <th>內圈</th> <th>量測值</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>158</td><td>159</td></tr> <tr><td>G</td><td>135</td><td>135</td></tr> <tr><td>B</td><td>113</td><td>114</td></tr> <tr><td>R</td><td>195</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>184</td><td>191</td></tr> <tr><td>B</td><td>174</td><td>182</td></tr> <tr><td>R</td><td>205</td><td>216</td></tr> <tr><td>B</td><td>196</td><td>207</td></tr> <tr><td>B</td><td>188</td><td>202</td></tr> <tr><td>R</td><td>185</td><td>196</td></tr> <tr><td>B</td><td>206</td><td>204</td></tr> <tr><td>B</td><td>125</td><td>147</td></tr> <tr><td>R</td><td>193</td><td>173</td></tr> <tr><td>B</td><td>165</td><td>152</td></tr> <tr><td>B</td><td>124</td><td>121</td></tr> <tr><td>R</td><td>182</td><td>183</td></tr> <tr><td>B</td><td>170</td><td>169</td></tr> <tr><td>B</td><td>159</td><td>158</td></tr> <tr><td>R</td><td>200</td><td>201</td></tr> <tr><td>B</td><td>179</td><td>178</td></tr> <tr><td>B</td><td>158</td><td>157</td></tr> <tr><td>R</td><td>188</td><td>216</td></tr> <tr><td>B</td><td>180</td><td>208</td></tr> <tr><td>B</td><td>176</td><td>202</td></tr> <tr><td>R</td><td>158</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>125</td><td>148</td></tr> <tr><td>B</td><td>95</td><td>105</td></tr> <tr><td>R</td><td>193</td><td>194</td></tr> <tr><td>B</td><td>179</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>166</td><td>168</td></tr> </tbody> </table>	內圈	量測值	平均	R	158	159	G	135	135	B	113	114	R	195	202	B	184	191	B	174	182	R	205	216	B	196	207	B	188	202	R	185	196	B	206	204	B	125	147	R	193	173	B	165	152	B	124	121	R	182	183	B	170	169	B	159	158	R	200	201	B	179	178	B	158	157	R	188	216	B	180	208	B	176	202	R	158	182	B	125	148	B	95	105	R	193	194	B	179	182	B	166	168	<table border="1"> <thead> <tr> <th>內圈</th> <th>量測值</th> <th>平均</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R</td><td>195</td><td>188</td></tr> <tr><td>G</td><td>158</td><td>172</td></tr> <tr><td>B</td><td>188</td><td>188</td></tr> <tr><td>R</td><td>171</td><td>172</td></tr> <tr><td>B</td><td>154</td><td>148</td></tr> <tr><td>B</td><td>212</td><td>212</td></tr> <tr><td>R</td><td>204</td><td>209</td></tr> <tr><td>B</td><td>191</td><td>195</td></tr> <tr><td>B</td><td>212</td><td>204</td></tr> <tr><td>R</td><td>198</td><td>185</td></tr> <tr><td>B</td><td>172</td><td>153</td></tr> <tr><td>B</td><td>215</td><td>209</td></tr> <tr><td>R</td><td>203</td><td>193</td></tr> <tr><td>B</td><td>179</td><td>171</td></tr> <tr><td>B</td><td>203</td><td>193</td></tr> <tr><td>R</td><td>185</td><td>193</td></tr> <tr><td>B</td><td>202</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>202</td><td>201</td></tr> <tr><td>R</td><td>185</td><td>196</td></tr> <tr><td>B</td><td>202</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>185</td><td>193</td></tr> <tr><td>R</td><td>202</td><td>202</td></tr> <tr><td>B</td><td>185</td><td>193</td></tr> <tr><td>B</td><td>142</td><td>128</td></tr> <tr><td>R</td><td>193</td><td>173</td></tr> <tr><td>B</td><td>165</td><td>152</td></tr> <tr><td>B</td><td>124</td><td>121</td></tr> <tr><td>R</td><td>182</td><td>183</td></tr> <tr><td>B</td><td>170</td><td>169</td></tr> <tr><td>B</td><td>159</td><td>158</td></tr> <tr><td>R</td><td>200</td><td>201</td></tr> <tr><td>B</td><td>179</td><td>178</td></tr> <tr><td>B</td><td>158</td><td>157</td></tr> <tr><td>R</td><td>188</td><td>216</td></tr> <tr><td>B</td><td>180</td><td>208</td></tr> <tr><td>B</td><td>176</td><td>202</td></tr> <tr><td>R</td><td>158</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>125</td><td>148</td></tr> <tr><td>B</td><td>95</td><td>105</td></tr> <tr><td>R</td><td>193</td><td>194</td></tr> <tr><td>B</td><td>179</td><td>182</td></tr> <tr><td>B</td><td>166</td><td>168</td></tr> </tbody> </table>	內圈	量測值	平均	R	195	188	G	158	172	B	188	188	R	171	172	B	154	148	B	212	212	R	204	209	B	191	195	B	212	204	R	198	185	B	172	153	B	215	209	R	203	193	B	179	171	B	203	193	R	185	193	B	202	202	B	202	201	R	185	196	B	202	202	B	185	193	R	202	202	B	185	193	B	142	128	R	193	173	B	165	152	B	124	121	R	182	183	B	170	169	B	159	158	R	200	201	B	179	178	B	158	157	R	188	216	B	180	208	B	176	202	R	158	182	B	125	148	B	95	105	R	193	194	B	179	182	B	166	168
內圈	量測值	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	170	165																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
G	141	140																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	103	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	153	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	135	146																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	93	111																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	159	176																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	141	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	88	191																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	184	167																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	167	145																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	121	98																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	149	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	134	191																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	98	163																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	190	207																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	162	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	117	161																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	198	205																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	173	187																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	133	144																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	182	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	180	179																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	161	160																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	173	176																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	166	167																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	131	137																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	183	186																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	166	170																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	133	138																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
內圈	量測值	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	158	159																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
G	135	135																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	113	114																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	195	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	184	191																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	174	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	205	216																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	196	207																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	188	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	185	196																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	206	204																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	125	147																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	193	173																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	165	152																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	124	121																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	182	183																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	170	169																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	159	158																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	200	201																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	179	178																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	158	157																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	188	216																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	180	208																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	176	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	158	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	125	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	95	105																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	193	194																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	179	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	166	168																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
內圈	量測值	平均																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	195	188																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
G	158	172																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	188	188																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	171	172																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	154	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	212	212																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	204	209																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	191	195																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	212	204																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	198	185																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	172	153																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	215	209																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	203	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	179	171																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	203	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	185	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	202	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	202	201																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	185	196																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	202	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	185	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	202	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	185	193																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	142	128																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	193	173																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	165	152																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	124	121																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	182	183																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	170	169																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	159	158																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	200	201																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	179	178																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	158	157																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	188	216																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	180	208																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	176	202																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	158	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	125	148																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	95	105																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
R	193	194																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	179	182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
B	166	168																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

## 【研究四】校園植物染材的減量回收及再利用之研究

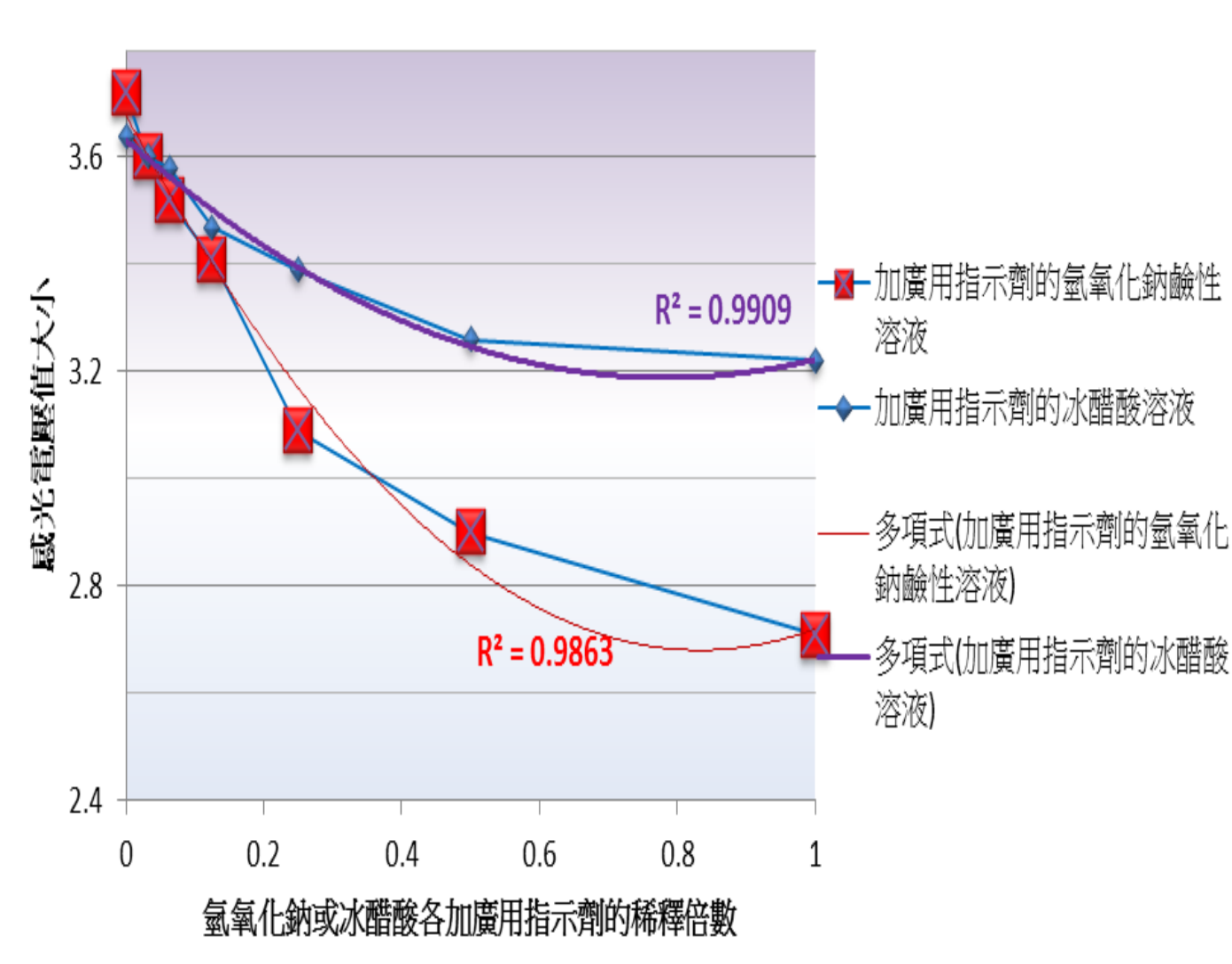
### 三、校園植物染材的減量回收及再利用之研究

#### (一) (二)氫氧化鈉或冰醋酸加廣用指示劑稀釋倍數顯色後的感光電壓值大小比較

實驗步驟：

- 以電子秤秤0.5克的氫氧化鈉，加1mL的水使其完全溶解，溶解度為0.5g/1mL水。
- 加廣用指示劑原液1mL於步驟1的氫氧化鈉溶液中，使兩者體積比為1：1，相當於氫氧化鈉稀釋1倍。
- 將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至4.5V電源，比色管內先加2 mL步驟2溶液(稀釋倍數1)，以數位電錶測試光敏電阻受到4.5V 3w燈泡的電源照射的感光後電壓變化。
- 將步驟3比色管內吸取1 mL的鹼性色水溶液於廢液杯中，另吸取1 mL的水加到比色管中，小心抽吸來回三次，待10秒後液體分子無晃動後，讀取電源照射的感光後電壓變化(稀釋倍數1/2=0.5)。
- 同步驟4的操作，每稀釋一次，濃度倍率就變成原濃度的一半，以此類推。
- 將氫氧化鈉換成冰醋酸，以類似的方法操作之。

氫氧化鈉與冰醋酸各加廣用指示劑稀釋顯色後的感光電壓值大小比較



#### (四)亮葉朱蕉或羊蹄甲水溶液染布後的廢液濃度的定量

實驗步驟：(需選後媒染染布後的廢液，因前媒染已有媒染劑在染液中)

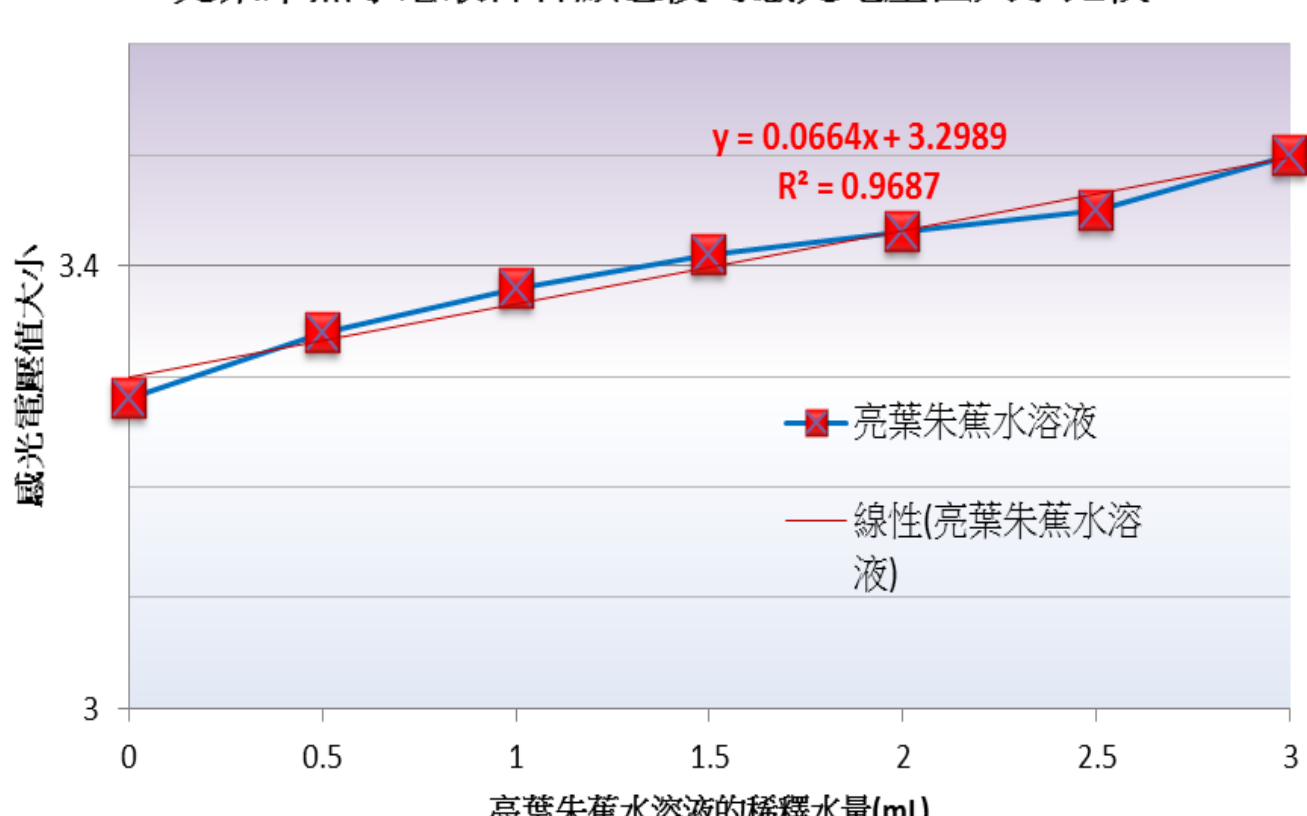
- 將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至3V電源。
- 將亮葉朱蕉染布後的廢液取2 mL加到比色管中，以數位電錶測試光敏電阻受到3V 3w LED的電源照射的感光後電壓變化。
- 對照亮葉朱蕉溶液的檢量線公式 $y = 0.0664x + 3.2989$ ，把亮葉朱蕉廢液受電源照射的感光後電壓值 $y$ 代入公式中，回推亮葉朱蕉廢液濃度 $x = (y - 3.2989) / 0.0664$ 即可。
- 同步驟2~3，量測共五次，回推亮葉朱蕉廢液濃度後，記錄平均值。
- 同步驟2~4，換羊蹄甲廢液，換羊蹄甲檢量線公式 $y = 0.1179x + 3.2618$ ，回推羊蹄甲廢液濃度 $x = (y - 3.2618) / 0.1179$ 即可。

## (三)亮葉朱蕉水溶液與甲蹄甲水溶液染料的檢量線製作

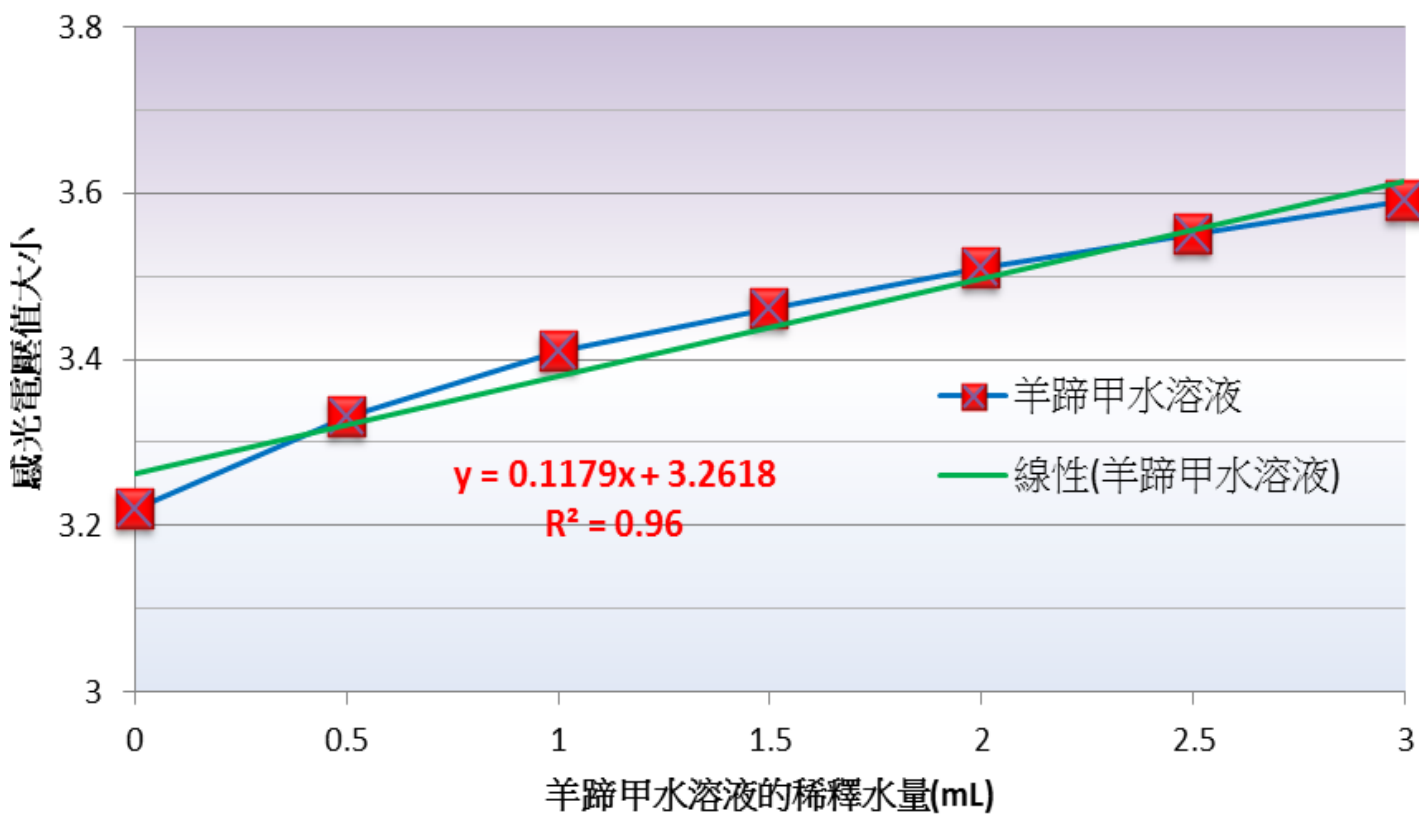
實驗步驟：

- 取亮葉朱蕉的濃縮液2 mL備用。
- 將自製的吸光儀感光元件串接六段式整流變壓器，變壓器切至3V電源，比色管內先加2 mL步驟1最高濃度的亮葉朱蕉水溶液，以數位電錶測試光敏電阻受到3V 3w燈泡的電源照射的感光後電壓值。
- 將0.5mL的水加到步驟2的比色管中，以吸管小心抽放溶液三次，靜待10秒後，先抽出0.5mL，讓比色管中維持2.0 mL體積，靜待10秒後，再讀取感光後的電壓變化值。

亮葉朱蕉水溶液稀釋顯色後的感光電壓值大小比較



羊蹄甲水溶液稀釋顯色後的感光電壓值大小比較



## 結論

- 以iPhone手機App Store 下載「形色」軟體，可以輕易分辨校園植物的種類，藉此可以進一步查詢各種植物的特性及有無毒性等。
- 植物的拓染顯色，可以比較出哪種植物可以當酸鹼指示劑或染布加媒染劑的變色效果佳。
- 植物不僅花草、葉子可以染，連老樹上的鬚、砍下樹幹上的皮(右圖被蟲害啃食樹皮，紫膠介殼蟲雌蟲分泌的紫膠或蟲體也可以當染料)、種子與果實等都可以染！
- 布料一買來，要浸泡肥皂絲去漿去雜質，植物染前，先加蛋白質色濃染劑可以使染色顯色效果更好。
- 植物經煮染及上色時間越久染色效果越好，先加媒染劑再加植物染料煮染的前媒染比後媒染的顯色效果好，先加媒染劑再加染材染色，最後再用媒染劑定色的效果則最好。
- 以App辨色可以輕易的辨別布料的RGB值，以光敏電阻當感光元件所自製的簡易吸光儀，可以由感光電壓的變化量，比較不同濃度植物染液做出的檢量線，其線性趨勢線的R2值可達0.99，辨色R2值也達0.9以上，偵測數值穩定，而且可以定量染後的廢液濃度，回收再利用。

## 【心得與感謝】

鮮材是現煮或發酵後進行植物染，但是每個季節的採樣時間染布的色澤會有差異，為了讓實驗有延續性，班上的同學，也協助我們，進行採樣及乾燥保存的浩大工作量，真是謝謝他們！

## 參考資料

- 參考資料：光敏電阻遇光的電壓變化值測定 [http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read\\_attach.php?id=19286](http://blog.ncue.edu.tw/sys/lib/read_attach.php?id=19286)
- 國中自然第四冊第一章和莫耳數及濃度的計算相關、第二章和電解質與酸鹼鹽及指示劑相關 南一出版社
- 國中自然第五冊電路
- 高中化學第二冊第八章氧化還原反應 國立編譯館出版，1995
- 中華民國第55屆國展中華民國第55屆中小學科學展覽會 高中職農業及生物科技科農食品「鹽」來如此-植物染鹽之開發
- 陳景林、馬毓秀(2004)。大地之華。台北：天染工坊
- 馬毓秀(2008)。四季繽紛草木染。台北：遠流出版社，台北市。
- 網路資源
- (1)<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2011/03/2011052812460675.pdf> 洗米廢水
- (2) <https://zhidao.baidu.com/question/587394166.html> 洗米水的成分

