

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

佳作

030212

「重」「花」了喔!--探究花青素對於重金屬環境  
下的水生植物之抗氧化活性--

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

作者：  國二 蔡欣蓉  國二 潘怡君	指導老師：  陳盈吉  鍾梅英
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：花青素、抗氧化活性、過氧化氫酶

# 摘要

本研究探討花青素對於提高水蘊草植株細胞內的抗氧化物質活性、過氧化氫酶(CAT)活性的影響。並以 0.1%、0.5%之硫酸銅污染水蘊草之後，再加入花青素研究是否可協助細胞內的抗氧化物質提高。研究顯示 5%的花青素可提高水蘊草植株細胞內的抗氧化物質活性、過氧化氫酶活性，並可讓已受到重金屬污染的水蘊草內的抗氧化活性增加，提高其生存的機會。實驗結果也同時顯示花青素、重金屬的添加會影響水蘊草細胞內的葉綠體數量、大小與細胞質的流動速率。

## 壹、研究動機

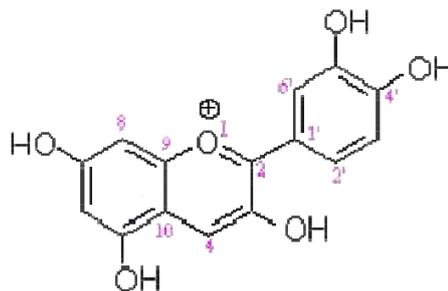
近年來隨著科技發展，水質污染日益嚴重，工業的興盛也帶來更多重金屬污染，無論是河川、大海抑或自然界被迫加入更多污染源，讓水中許多生物遭受破壞因而死亡。為了不讓其情形更加惡化，我們上網查詢相關資料，發現花青素具有保護皮膚細胞之效益和抗氧化作用，且花青素在日常生活中容易取得和萃取。於是我們想要探討如何讓水中生物降低重金屬的毒害，因為綠藻培養不易，我們想先以水蘊草來研究。所以透過簡易的實驗方法檢測花青素的抗氧化效果，以及花青素對已污染的水蘊草是否有回復生命的跡象。希望能在此重金屬氾濫、環保迫切的年代中，研究出既簡便又有效的檢測方法。

## 貳、文獻探討與分析

花青素是一種類黃酮類的水溶性衍生物，是一種細胞內的抗氧化物質，可協助抵禦自由基電子，減少對於身體細胞的傷害，是細胞內一種相當重要的抗氧化養分。而花青素廣泛存在蔬果之中，例如「洛神花」、「深色玫瑰花」、「藍莓/野梅」、「桑葚」、「蔓越莓」、「紫色茄子皮」及「紫葡萄皮」等，其化學結構式如下圖所示：



花青素結構式(一)



花青素結構式(二)

在我們查閱的文獻之中，有一篇研究顯示湖泊中的滿江紅藻類在缺乏鉀離子以及遭受重金屬污染的狀況下，會自身產生花青素來提高體內的抗氧化活性。而國內中小學科展2015年有篇研究中也顯示臺灣的原生種小米在逆境之下，也會在根部累積大量的花青素，而提高體內抗氧化活性酶(過氧化酶(Guaiacol Peroxidase, G-POD)、過氧化氫酶(Catalase, CAT))的活性。

在文獻探討之後，我們感興趣的主題為植物體在遭受重金屬汙染或是逆境的狀況下會自身產生花青素來增加體內抗氧化的能力，若是在不能自行產生花青素的植物遭遇到重金屬汙染，則體內的抗氧化活性有何改變？且若在汙染過後給予外在的花青素，是否也可以協助植物體抵禦重金屬的汙染？於是我們開始我們的研究主題。

## 參、研究目的

### 一、不同花青素濃度對水蘊草之莖葉生長情形的影響。

- (1) 不同花青素濃度對水蘊草葉片細胞的影響如何？
- (2) 不同花青素濃度對水蘊草葉片細胞內的抗氧化物質(抗氧化活性物質)之活影響為何？
- (3) 不同花青素濃度對水蘊草葉片細胞內的過氧化氫酶活性影響為何？

### 二、不同濃度的重金屬對相同數量之水蘊草莖葉的影響。

- (1) 不同濃度的重金屬對水蘊草葉片細胞的影響如何？
- (2) 不同濃度的重金屬對水蘊草葉片細胞內的抗氧化物質(抗氧化活性物質)之活影響為何？
- (3) 不同濃度的重金屬對水蘊草葉片細胞內的過氧化氫酶活性影響為何？

### 三、花青素與重金屬對水蘊草之反應與回復之影響。

- (1) 將重金屬加入已被破壞的水蘊草，再加入花青素，觀察其葉片細胞變化？
- (2) 將重金屬加入已被破壞的水蘊草，再加入花青素，測量抗氧化活性物質活性變化？
- (3) 將重金屬加入已被破壞的水蘊草，再加入花青素，測量過氧化氫酶活性變化？

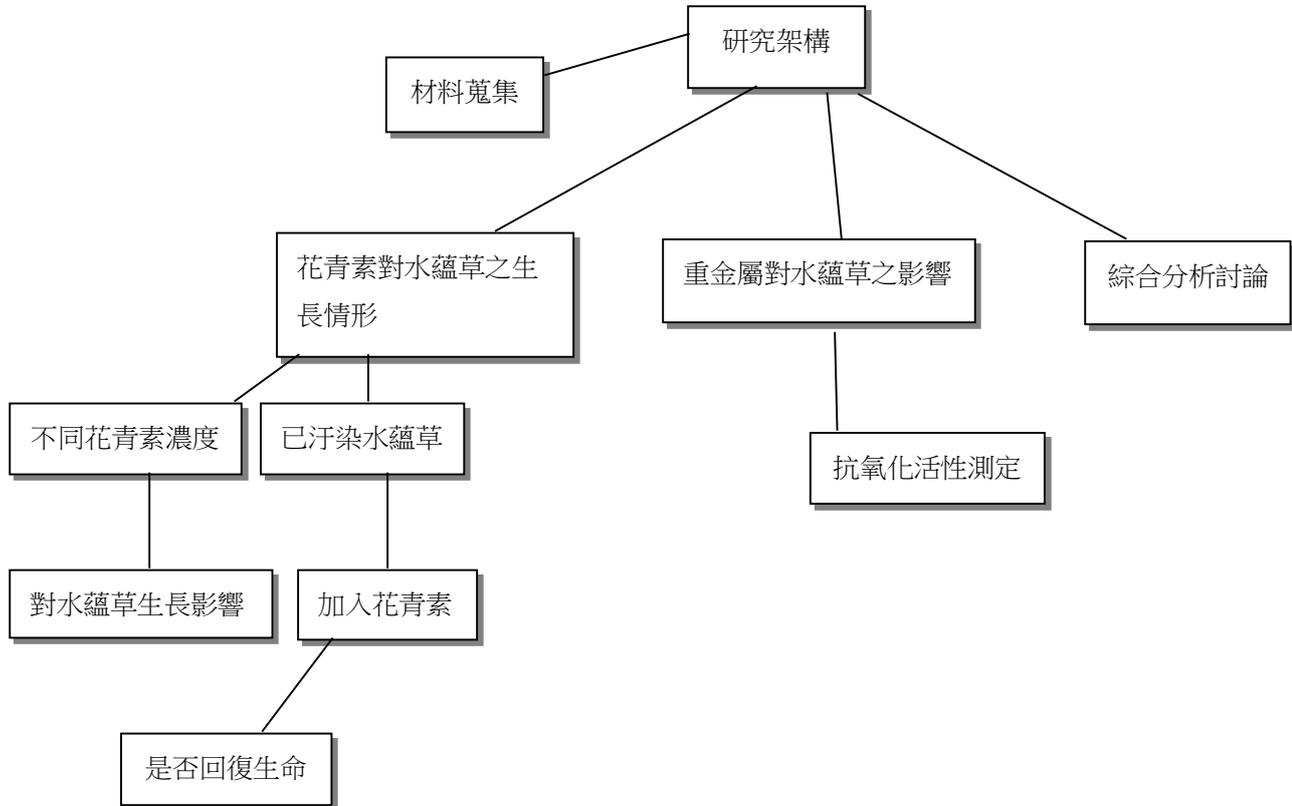
## 肆、研究器材及設備

本實驗所使用的設備與藥品如下：

洛神花	水蘊草	澱粉	碘液	過氧化氫
玻璃棒	溫度計	微量滴管	試管	燒杯
分光度計	電子秤	磁石攪拌器	複式顯微鏡	研鉢和杵
鑷子	紗布	保鮮膜	標籤紙	試管架

## 伍、研究過程或方法

### 一、研究架構

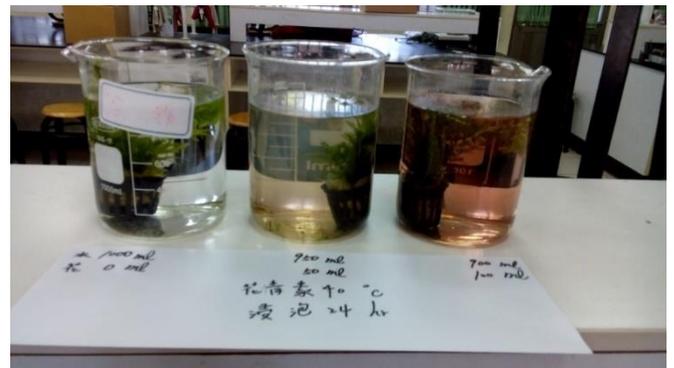


(圖 5-1) 研究架構流程圖

### 二、準備工作—準備水蘊草、洛神花乾

### 三、觀察、比較不同花青素濃度對綠藻的生長情形

(一) 利用 40 度的花青素分別以 0、5、10% 浸泡於水蘊草中 24 小時，如右圖 5-2 所示。



(圖 5-2) 花青素 40 度，浸泡 24 小時

### 四、配製不同溫度之花青素

動機：為了研究不同溫度和不同濃度的花青素對綠藻生長影響

表 5-1：以不同水溫 20、40、60、80℃ 萃取的花青素

		
花青素 40、20 度	花青素 40、20 度	花青素 60、80 度

#### 四、水蘊草和花青素混和培養實驗一

- (一) 準備三個 1000 毫升的燒杯並將水蘊草置入其中
- (二) 分別以 0%→水 1000 毫升、花青素 0 毫升； 5%→950 毫升、花青素 50 毫升； 10%→900 毫升、花青素 100 毫升；以上四種溶液中都加入等量的水蘊草。
- (三) 將浸泡 24 和 48 小時的水蘊草莖葉磨製成液體。
- (四) 觀察浸泡 24 和 48 小時之抗氧化效果

#### 五、配置 1M 硫酸銅

- 50 毫升：硫酸銅 12.5 克加水至 50 毫升
- 25 毫升：硫酸銅 6.25 克加水至 25 毫升

#### 六、設置水蘊草在模擬重金屬溶液中生長--將硫酸銅加入水蘊草中浸泡，24 小時與 48 小時進行觀察

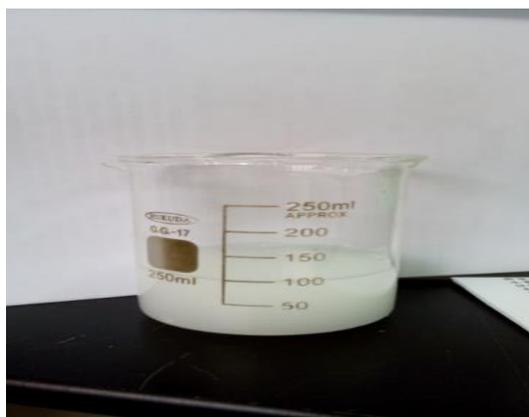
- 0%—水 1000 毫升、硫酸銅 0 毫升
- 1%—水 990 毫升、硫酸銅 10 毫升
- 5%—水 950 毫升、硫酸銅 50 毫升

#### 七、測試水蘊草在遭受重金屬污染後的 24 小時與 48 小時，加入 50 毫升 40 度萃取的花青素，又過 24 小時、48 小時進行觀察。

#### 八、配製澱粉液:動機：為了測試花青素的抗氧化，必須煮比例為 1 公克的澱粉和 99 公克的澱粉液，以碘液測花青素的抗氧化狀況。



(圖 5-3) 磨製葉片萃取液過程



(圖 5-4) 配製好的澱粉液

## 九、抗氧化活性測定、過氧化氫酶(CAT)檢測

- (一) 將水蘊草的葉片 1 公克放置冰浴中的研鉢，加入 10 毫升的水進行磨碎後用紗布過濾，取得綠色液體，稱為葉片萃取液。
- (二) 取葉片萃取液各 10 毫升，加入澱粉指示液 2 毫升，再以碘液進行滴定。若添加的碘液越多才變成藍黑色，則該葉片萃取液中含有越多的抗氧化活性物質。
- (三) 取 500  $\mu$ l 的葉片萃取液，再加入 1500  $\mu$  的蒸餾水稀釋後，放入分光光度計管中，以波長 649nm 的波段進行過氧化氫酶測定。
- (四) 取 500  $\mu$ l 的葉片萃取液，再加入 1500  $\mu$  的蒸餾水稀釋後，加入 500  $\mu$ l 的 8% 雙氧水(過氧化氫)，反應 30 秒後，以波長 649nm 的波段進行過氧化氫酶測定。
- (五) 本實驗之設計組別總覽如下表 5-2：

表 5-2 實驗設計組別總覽

對照組	甲	乙 1+2	丙 1+2	丁 1+2	戊 1+2	己 1+2	庚 1+2	辛 1+2
水 10ML 澱粉液 6ML	葉片萃取液 10ML+澱粉液 6ML							

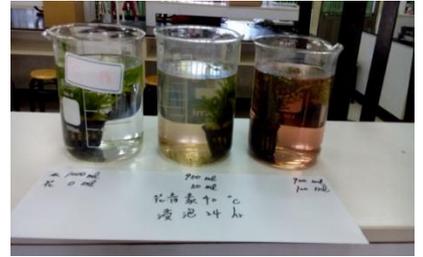
處置	甲	乙 1+2	丙 1+2	丁 1+2	戊 1+2	己 1+2	庚 1+2	辛 1+2
水蘊草	V	V	V	V	V	V	V	V
純水培養	V							
40 度萃取的 5% 花青素 (24 小時、48 小時)		V						
40 度萃取的 5% 花青素 (24 小時、48 小時)			V					
40 度萃取的 10% 花青素 (24 小時、48 小時)				V				
1M 硫酸銅以 1% 培養 (24 小時、48 小時)					V			
1M 硫酸銅以 5% 培養 (24 小時、48 小時)						V		
1M 硫酸銅以 0.1% 培養 48 小時加入 40 度萃取的 花青素原液後觀察 (24 小時、48 小時)							V	
1M 硫酸銅以 0.5% 培養 48 小時加入 40 度萃取的 花青素原液後觀察 (24 小時、48 小時)								V

註：1+2 的設計為該組為 24 小時觀察一次、48 小時觀察一次

## 陸、研究結果

### 一、各組在不同配置下的水蘊草細胞內的差異比較

若把 40 度萃取的花青素溶液當成原液、1M 的硫酸銅當成原液進行配置成各種不同濃度進行水蘊草培養，結果如下所示：

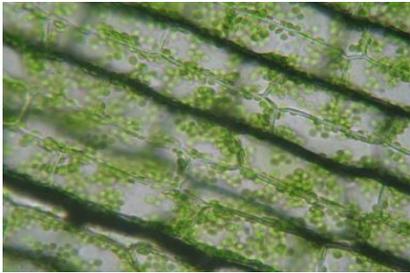
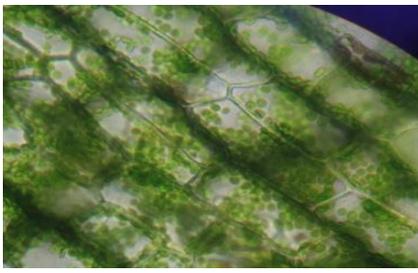
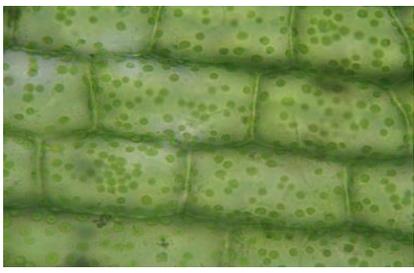


#### (一) 純水、5%花青素、10%花青素的水蘊草生長情形比較

\*\*24 小時→我們利用複式顯微鏡觀察，發現 5%的葉綠體數目較多，其次為 0%，而 10%的則較少；在葉綠體流動方面，則是 0%的葉綠體流動速度較快，5%為其次，而 10%的較慢。

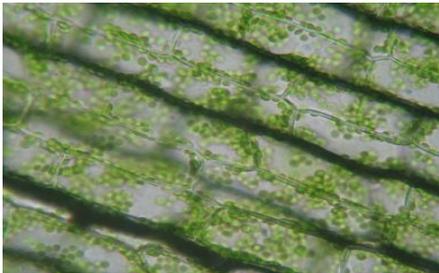
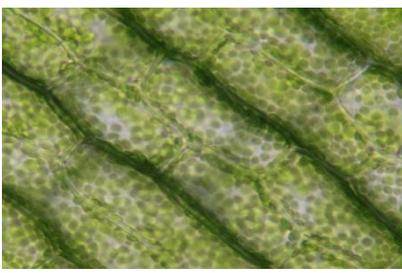
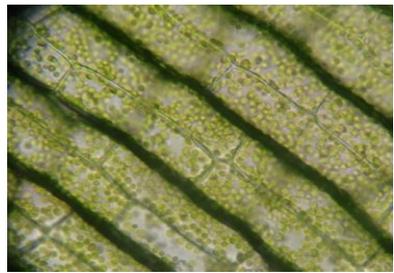


表 6-1 A: 純水、5%花青素、10%花青素的水蘊草葉片觀察(24 小時)

		
花青素 40 度、0%、24 小時	花青素 40 度、5%、24 小時	花青素 40 度、10%、24 小時
純水培養	水 950 毫升加入 50 毫升 花青素	水 900 毫升加入 100 毫升 花青素
流動速度較快	流動速度其次快	流動速度較慢
葉綠體其次多	葉綠體較多	葉綠體較少

\*\*48 小時→我們利用複式顯微鏡觀察後得知 0%的葉綠體數目較多，其次為 5%，而 10%的則較少且 0%的葉綠體體積較大及密集；在葉綠體流動方面，則是 10%的葉綠體流動速度較快，5%為其次，而 0%的較慢，且 5%的流動數目較多。

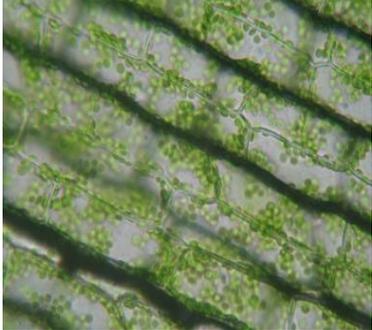
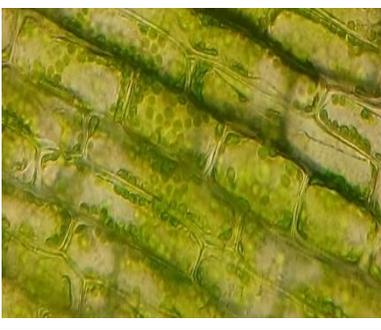
表 6-1 B: 純水、5%花青素、10%花青素的水蘊草葉片觀察(48 小時)

		
純水培養、48 小時	花青素 40 度、5%、48 小時	花青素 40 度、10%、48 小時
流動速度其次快，流動數目較多	流動速度較慢	流動速度較快
葉綠體其次多	葉綠體較多體積較大且密集	葉綠體較少

**(二)純水、0.1%硫酸銅(24 小時、48 小時)、0.5%硫酸銅(24 小時、48 小時)的水蘊草生長情形比較**

- 0.1%硫酸銅 24 小時→利用顯微鏡觀察後得知：0.5%之葉綠體較多，其次為 0.1%，0%則為較少流動速度為 0%較快，0.1%和 0.5%則不流動。葉綠體大都均勻分布。

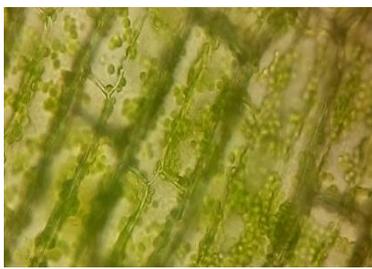
表 6-2 A: 純水、0.1%硫酸銅、0.5%硫酸銅培養水蘊草葉片觀察(24 小時)

		
0%純水培養浸泡 24 小時	0.1%水蘊草—水 999 毫升、硫酸銅 1 毫升 浸泡 24 小時	0.5%水蘊草—水 995 毫升、硫酸 5 毫升 浸泡 24 小時
葉綠體較少	葉綠體其次多	葉綠體較多
流動速度較快	不流動	不流動

**(三)純水、0.1%硫酸銅 48 小時後加入花青素(觀察 24 小時、48 小時)、0.5%硫酸銅 48 小時後加入花青素(觀察 24 小時、48 小時)**

- 24 小時→利用顯微鏡觀察後得知：0%之葉綠體較多，其次為 0.5%，0.1%則為較少流動速度為 0%較快，0.1%和 0.5%則流動緩慢。葉綠體大都均勻分布。

表 6-2 A: 純水、0.1%硫酸銅(24 小時、48 小時)、0.5%硫酸銅(24 小時、48 小時)汙染水蘊草後再加入花青素觀察水蘊草葉片

		
40 度的花青素 50 毫升混和純水培養的水蘊草 浸泡 24 小時	1M 硫酸銅以 0.1%培養 48 小時後加入 40 度萃取花青素原液後觀察 (浸泡 24 小時)	1M 硫酸銅以 0.5%培養 48 小時後加入 40 度萃取花青素原液後觀察 (浸泡 24 小時)
葉綠體較多	葉綠體其次多	葉綠體較少
流動速度較快	流動緩慢	流動緩慢

## 二、各組在不同配置下的水蘊草細胞內的抗氧化活性物質差異比較

### (一)各組的水蘊草葉片萃取液中的抗氧化活性物質的活性比較

此段分析我們以澱粉碘液滴定法，在定量葉片的萃取液 10mL 中加入 2mL 的澱粉液，混合均勻後加入碘液滴定，相對於純水培養的水蘊草葉片萃取液加入澱粉再加碘液的對照組顏色作為滴定終點。其結果如下圖 6-1 所示：

#### 1. 不同濃度花青素的水蘊草葉片細胞內的抗氧化活性比較

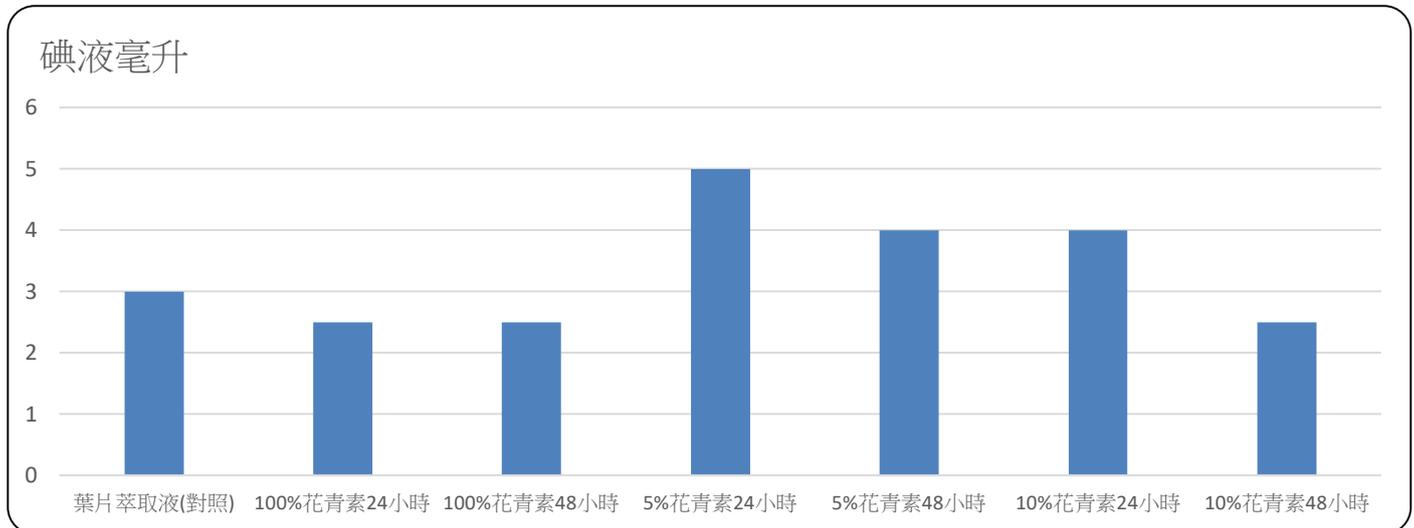


圖 6-1 不同濃度花青素的水蘊草葉片細胞內的澱粉碘液滴定比較

由上 6-1 分析圖中可發現，相較於對照組，共有以下幾點發現：

- 100%的花青素 24 小時、48 小時的葉片內的抗氧化活性物質活性降低，顯示以 40 度萃取的花青素原液，不利於水蘊草內的抗氧化物質保存，讓抗氧化活性物質活性下降 16.67%。
- 5%的花青素 24 小時、48 小時的結果顯示，5%的花青素可有效提高水蘊草葉片細胞內的抗氧化活性約 183.33%、133.33%。
- 10%的花青素 24 小時、48 小時的結果顯示，在前 24 小時內可提高抗氧化活性物質活性約 133.33%，但到了 48 小時相較於原來則降低了 16.67%。

## 2. 不同硫酸銅濃度的水蘊草葉片細胞內的抗氧化活性物質活性比較

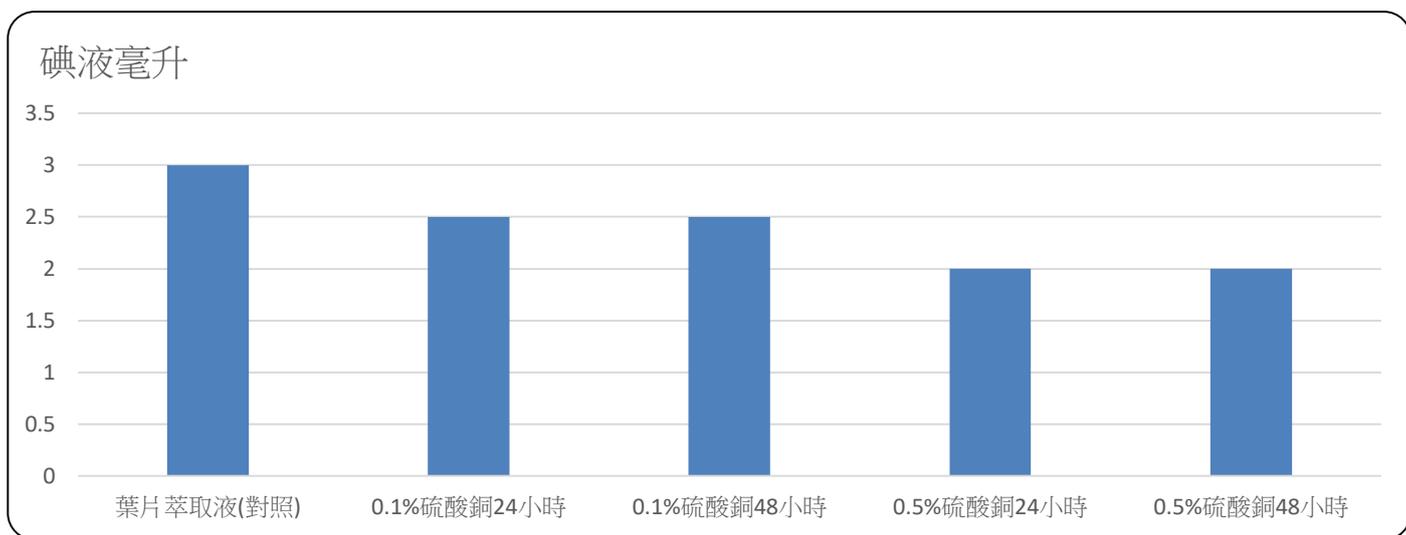


圖 6-2 不同濃度硫酸銅污染的水蘊草葉片細胞內的澱粉碘液滴定比較

由以上 6-2 分析圖中，相較於對照組，共有以下幾點發現：

- 0.1%硫酸銅培養的水蘊草葉片細胞內的 24 小時、48 小時內的抗氧化活性物質皆下降，降低了 16.67%。
- 0.5%硫酸銅培養的水蘊草葉片細胞內的 24 小時、48 小時內的抗氧化活性物質皆下降，降低了 33.33%。

## 3. 不同硫酸銅濃度的水蘊草葉片細胞內在 48 小時後加入花青素，再觀察 24 小時的抗氧化活性物質活性比較

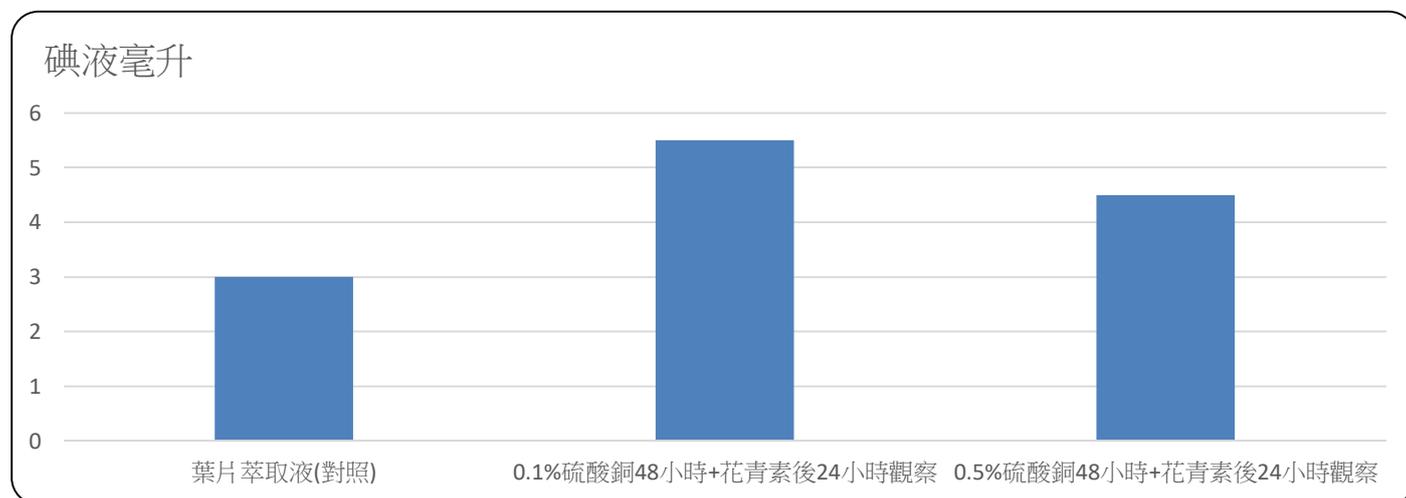


圖 6-3 不同濃度硫酸銅污染的水蘊草再加入花青素後之葉片細胞內的澱粉碘液滴定比較

由以上分析圖中，相較於對照組，共有以下幾點發現：

- 在遭受 0.1%硫酸銅污染的水蘊草葉片細胞，在加入花青素 24 小時之後，其葉片內的抗氧化活性物質活性提高約為原來的 183.33%。
- 在遭受 0.1%硫酸銅污染的水蘊草葉片細胞，在加入花青素 48 小時之後，其葉片內的抗氧化活性物質活性提高約為原來的 150%。
- 在遭受重金屬污染的水質內加入花青素，有利於增加葉片內的抗氧化物質(抗氧化活性物質)。

### 三、各組在不同配置下的水蘊草細胞內的過氧化氫酶活性差異比較

此段分析我們查閱到過氧化氫酶在 679nm 中有最大的吸收波長，利用此吸光特性以 CT 分光光度計將水蘊草莖葉的萃取液原液稀釋成為 12.5%倍之後，進行分光光度計分析。其相關結果如下所敘。

#### 一、 未遭受重金屬汙染(銅離子)，以花青素培養 24 小時、48 小時之後的過氧化氫酶活性比較

此段分析中我們使用分光光度計 679nm 來測量 12.5%水蘊草葉片萃取液中的過氧化氫酶(CAT)活性，測量樣品為未遭受重金屬汙染(銅離子)，以花青素培養 24 小時、48 小時之後的過氧化氫酶活性比較，其中數字表示吸光度值(其數字越大，表示該過氧化氫酶活性越大)。另外，我們也在 12.5%稀釋的葉片萃取液中加入 8%的過氧化氫，測試葉片萃取液的過氧化氫酶分解過氧化氫的狀況(30 秒後)。其結果如下圖 6-4 所示：

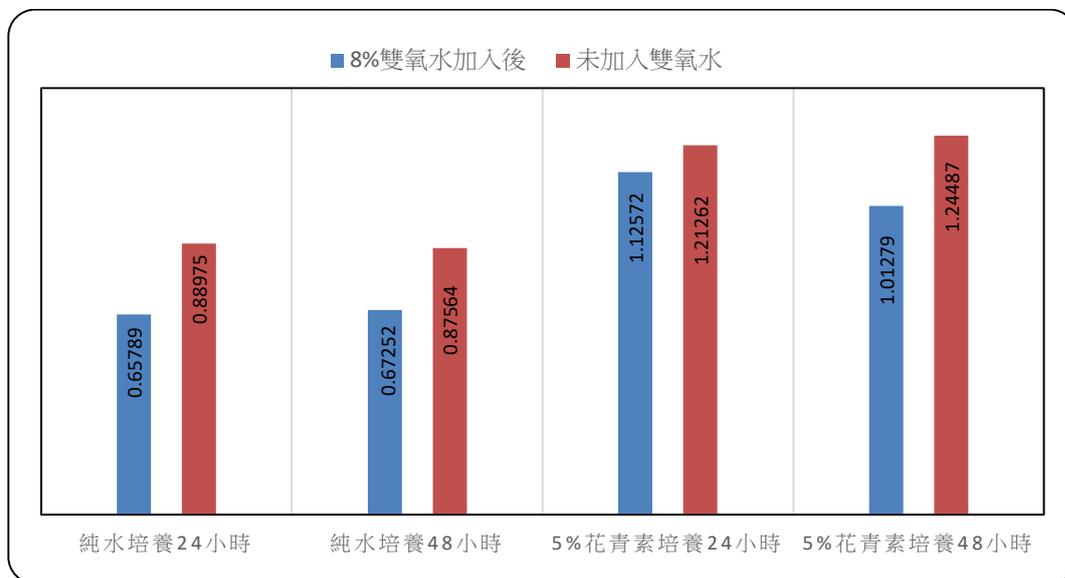


圖 6-4：未遭受重金屬汙染(銅離子)，以花青素培養 24 小時、48 小時之後的過氧化氫酶活性比較

由分析結果中可發現，經過 5%花青素培養 24 小時、48 小時之後的水蘊草細胞內的過氧化氫酶活性相較於純水培養的為高，顯示花青素有利水蘊草細胞內部的 CAT 活性提高與表現。

那麼若使用重金屬汙染水蘊草後，則水蘊草內的過氧化氫酶活性是否有所變化呢?請看下段分析。

## 二、 遭受銅離子汙染 24 小時、48 小時的水蘊草，其葉片內的過氧化氫酶活性分析比較

此段的實驗設計我們使用 0.1%、0.5% 的硫酸銅水溶液汙染水蘊草各 24 小時與 48 小時之後，取其葉片的萃取液以 CT 分光光度計 679nm 進行分析，結果如下圖 6-5 所示：

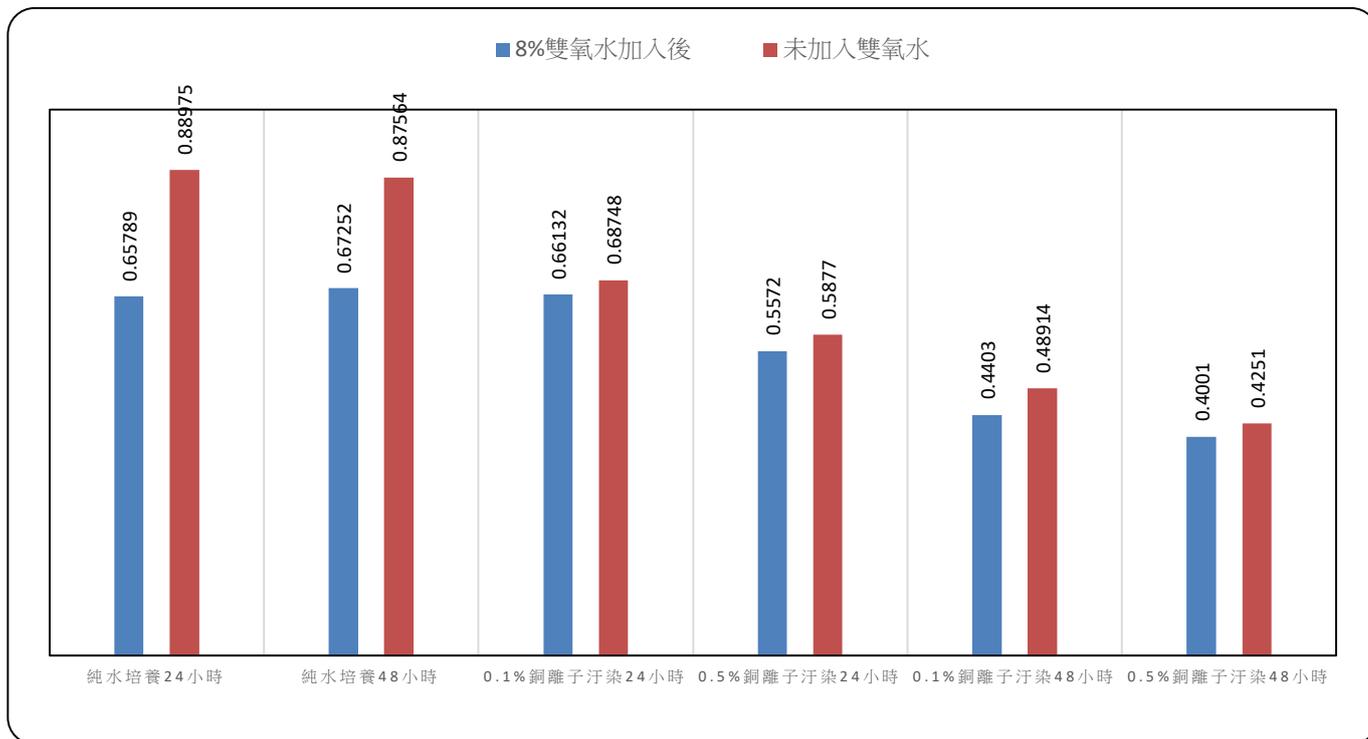


圖 6-5: 遭受銅離子汙染 24 小時、48 小時的水蘊草，其葉片內的過氧化氫酶活性分析比較  
(數字表示吸光度值，數字越大，表示過氧化氫酶活性越高)

由以上的分析結果可知道，當污染的重金屬濃度越高，時間越久，對於水蘊草內的過氧化氫酶活性影響越大，其活性會越來越低。得到這樣的結果之後，我們思考著另一個問題即為在污染過後，若是給予外加的花青素，是否能夠協助已經被汙染的水蘊草細胞重新提高體內的過氧化氫酶活性呢？於是我們進行下一段實驗與分析。

### 三、 遭受銅離子汙染 24 小時之後加入花青素再觀察 24 小時、汙染 48 小時之後加入花青素再觀察 24 小時之過氧化氫酶活性比較

此段分析中，我們使用 0.1%、0.5% 銅離子來汙染水蘊草，在汙染 24 小時之後加入 5% 花青素後再觀察 24 小時；在汙染 48 小時之後，再加入 5% 花青素後繼續觀察 24 小時之後的結果，其分析如下圖 6-6 所示：

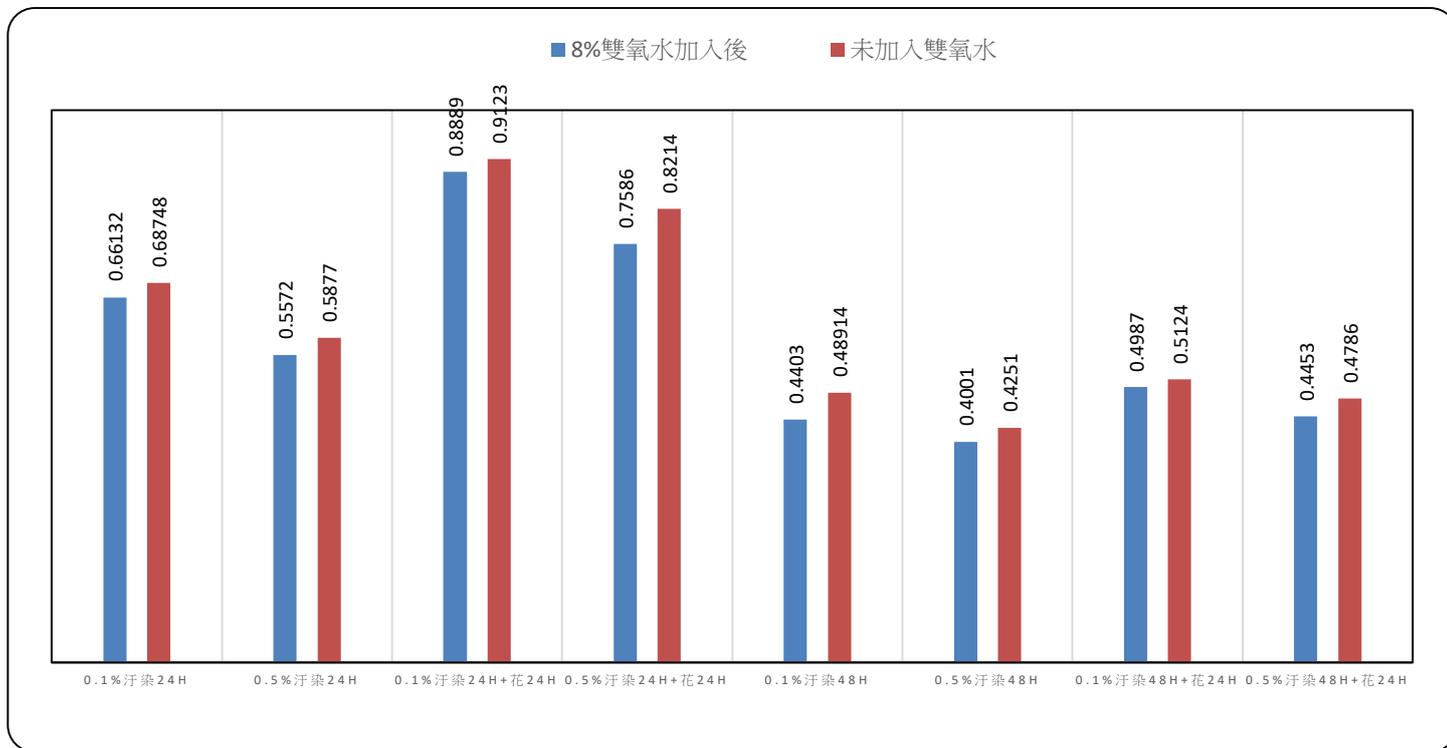


圖 6-6：遭重金屬汙染的水蘊草後再加入花青素，測定過氧化氫酶活性比較

由此段分析中可得知，以不同濃度的硫酸銅去汙染水蘊草之後，再加入花青素後發現都可以提高已經被汙染的水蘊草細胞內的過氧化氫酶活性，顯示外加花青素不但可以提高未受到重金屬汙染的細胞內過氧化氫酶活性，同時也可以協助已經被汙染的水蘊草細胞提高細胞內的過氧化氫酶活性，推測花青素被細胞吸收之後可能與抵禦外來重金屬的威脅有關。

#### 四、 將已經受到重金屬污染後再加入花青素的水蘚草，移植進入純水環境中培養，其體內過氧化氫酶活性的比較

由上段分析中，我們發現若水蘚草細胞遭受重金屬污染之後，再受到花青素的協助，可以提高體內的過氧化氫酶活性而可能增加抵禦重金屬的逆境。所以我們在實驗過後，將已經受到花青素協助的污染水蘚草、未受到花青素協助的污染水蘚草移植到純水環境中培養。結果發現有受到花青素協助的幾乎全數存活，且枝葉慢慢由黃綠色轉變成為深綠色，葉片與莖之間的連結也較強不易脫落。反觀未受到花青素協助的污染水蘚草，雖然已經移植到清水環境中培養，可是在培養約 3 天之後其葉片黃化狀況逐漸嚴重，葉片逐漸腐爛軟化，葉片容易脫落。此時我們在移植過後的第三天，仍摘取葉片進行過氧化氫酶的活性檢測，其結果如下表 6-3 和圖 6-7 所示：

表 6-3：受到花青素協助之污染水蘚草，重新回到清水環境培養三天後的過氧化氫酶活性比較

	純水培養 24 小時	純水培養 48 小時	0.1%污染 48H+花 24H 後+清水環境 再三天	0.5%污染 48H+花 24H+ 清水環境再 三天	0.1%污染 48H 後+清水 環境再三天	0.5%污染 48H 後+清水 環境再三天
8%雙氧水加入後	0.6579	0.6725	0.6521	0.6429	0.0125	0.0012
未加入雙氧水	0.8898	0.8756	0.8456	0.8245	0.0145	0.0015

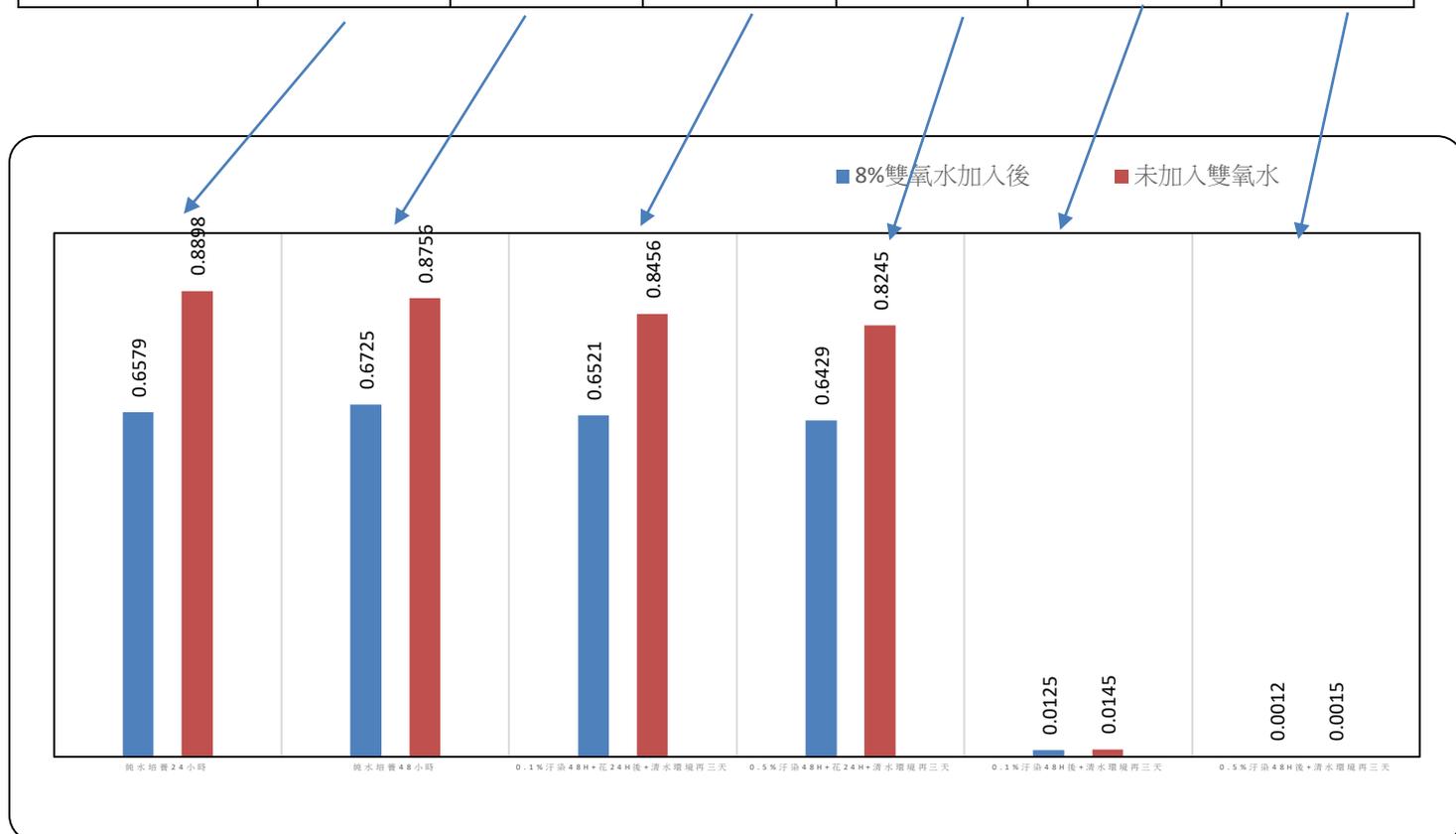


圖 6-7：受到花青素協助之污染水蘚草，重新回到清水環境培養三天後的過氧化氫酶活性比較

## 柒、綜合討論

### 一、 洛神花的花青素在不同溫度的萃取下，其含量是否有所差異？

在文獻中提到花青素若使用分光光度計進行檢測，其吸光波長約若落在 500nm 左右，我們使用 500nm 的波長檢測吸光度值，得到以下結果(圖 7-1)：

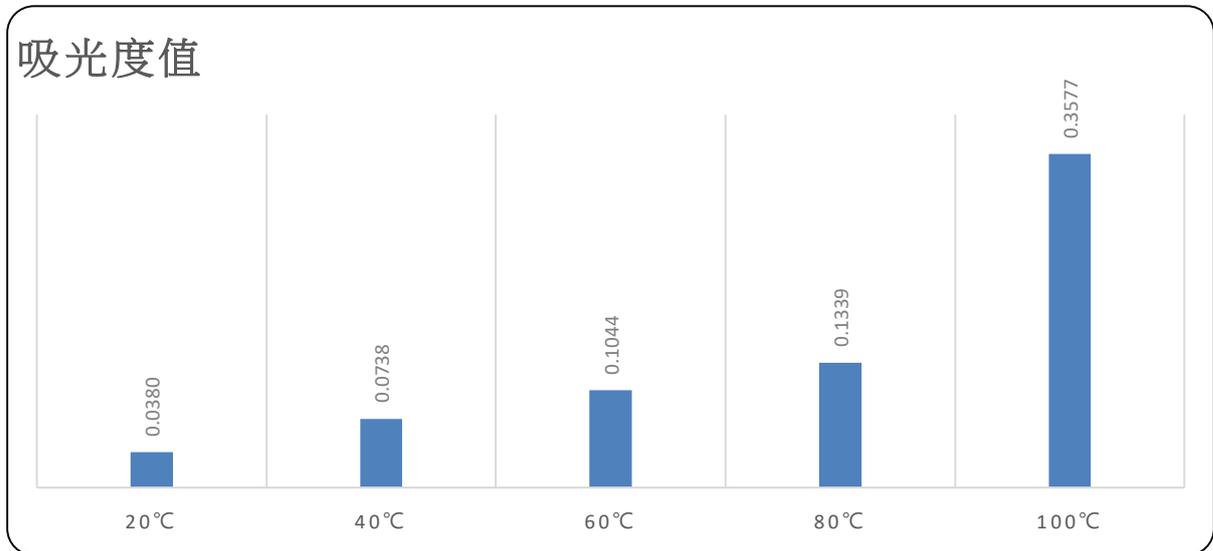


圖 7-1：不同溫度萃取同重量的洛神花之花青素比較

由分析結果中發現，溫度越高的水所萃取出的花青素濃度越高，但是我們在實驗中仍使用 40°C 的水所萃取出的花青素作為實驗的原液，其主要目的有以下幾點考量：

1. 本校的開飲機中的溫水溫度約 38~42°C，使用加熱器進行加熱較為方便。
2. 越高溫度所萃取出的花青素濃度越高，需進行稀釋之後才能夠添加到水蘊草的生活環境之中，不然高濃度的有機物質會讓水質變差，而影響水蘊草生長。
3. 超過 60°C 溫度所萃取出的花青素，其水溶液帶有膠質。經查閱文獻之後為洛神花中的果膠受到高溫而析出。我們考量到果膠可能會影響實驗的結果，所以最後綜合考量決定以 40°C 萃取的花青素作為本實驗的原液。

### 二、 為何要在水蘊草葉片萃取液中加入雙氧水，其作用目的為何？

雖然使用分光光度計波長在 679nm 的波段可檢測過氧化氫酶的存在，可是仍無法看到過氧化氫酶的存在。在我們所學過的實驗中，過氧化氫酶若與雙氧水(過氧化氫)結合反應，會促使雙氧水產稱氧氣，此時在水溶液中可以觀察到冒泡泡的現象。另外我們使用濃度極低的 8% 雙氧水加入水蘊草的葉片萃取液中，可讓水蘊草內的過氧化氫酶作用，作用約 30 秒後再以分光光度計檢測其吸光度值作為量化分析。

### 三、 花青素如何協助水蘊草細胞抵禦重金屬逆境？

在查閱文之後，發現花青素(尤其是前花青素)是一種強力的重金屬螯合物，可以降低自由基與重金屬的危害。雖然水蘊草本身無法產生花青素，可是透過外加的花青素吸收之後，仍可

進入細胞體內與重金屬形成螯合物，降低細胞內部的重金屬含量。同時花青素也是一種抗氧化劑，可以清除細胞內自由基的分子。另外令我們思考的是花青素被水蘊草細胞吸收之後，可能會起動細胞內鈣離子濃度的轉變。因為細胞內的鈣離子濃度變化與過氧化酶、過氧化氫酶的活性調控有關，但是本實驗目前並沒有辦法解釋這一個想法，期待未來有機會可以朝向這方向繼續努力研究。

## 捌、研究結論

綜合本研究目前所完成的內容，共有以下數點結論：

### 一、不同濃度花青素對於水蘊草葉片細胞的影響：

- (一) 純液花青素不利於水蘊草內的抗氧化物質(抗氧化活性物質)活性，而低濃度(5%、10%)的花青素濃度則可讓水蘊草葉片細胞內的抗氧化活性物質活性提高，也回提高體內過氧化氫酶的活性。
- (二) 5%、10%濃度的花青素，會在 24 小時內大都會刺激葉綠體數目增多，且會讓細胞質流動變慢。在 48 小時，葉綠體增生情形降低，且細胞質流也減慢。推測可能為花青素雖然能刺激葉片細胞內的抗氧化活性物質活性提高，但是本身仍為有機物質，若加入過高的濃度的花青素會讓水質變差，所以影響了水蘊草後期的生長。
- (三) 本研究找出最佳的花青素濃度約為 5%左右。

### 二、不同重金屬濃度對於水蘊草葉片細胞的影響：

- (一) 0.1%、0.5%的硫酸銅水溶液會讓水蘊草葉片細胞內的抗氧化活性物質活性降低。顯示重金屬會影響水蘊草細胞內的抗氧化活性，也會讓過氧化氫酶活性下降。
- (二) 水蘊草葉片細胞在 24 小時內遭受較高濃度的重金屬污染時會產生較多的葉綠體，但是細胞內的細胞質流則停止。

### 三、水蘊草在遭受重金屬污染後，若再加入花青素的影響？

- (一) 在遭受重金屬污染 24 小時與 48 小時，加入花青素，發現可提高葉片細胞內的抗氧化活性物質活性，同時體內的過氧化氫酶活性也會較未加入花青素的為高。
- (二) 同時發現抗氧化活性物質活性提高的同時，葉綠體的增生數量減少，且細胞質流的流動也恢復，但仍較對照組緩慢。

### 四、花青素在本研究中的確有利於遭受到重金屬污染的水蘊草提高體內的抗氧化活性物質活性，推測抗氧化活性物質的活性提高可增加水蘊草生存的機會。在研究中也觀察到加入花青素後，受到重金屬污染的水蘊草比未加入花青素(但已經受到重金屬污染)的葉片更不容易腐爛，且葉片的彈性較佳，與莖部的連結較為緊實，不易掉落。

五、研究結果分支總覽圖

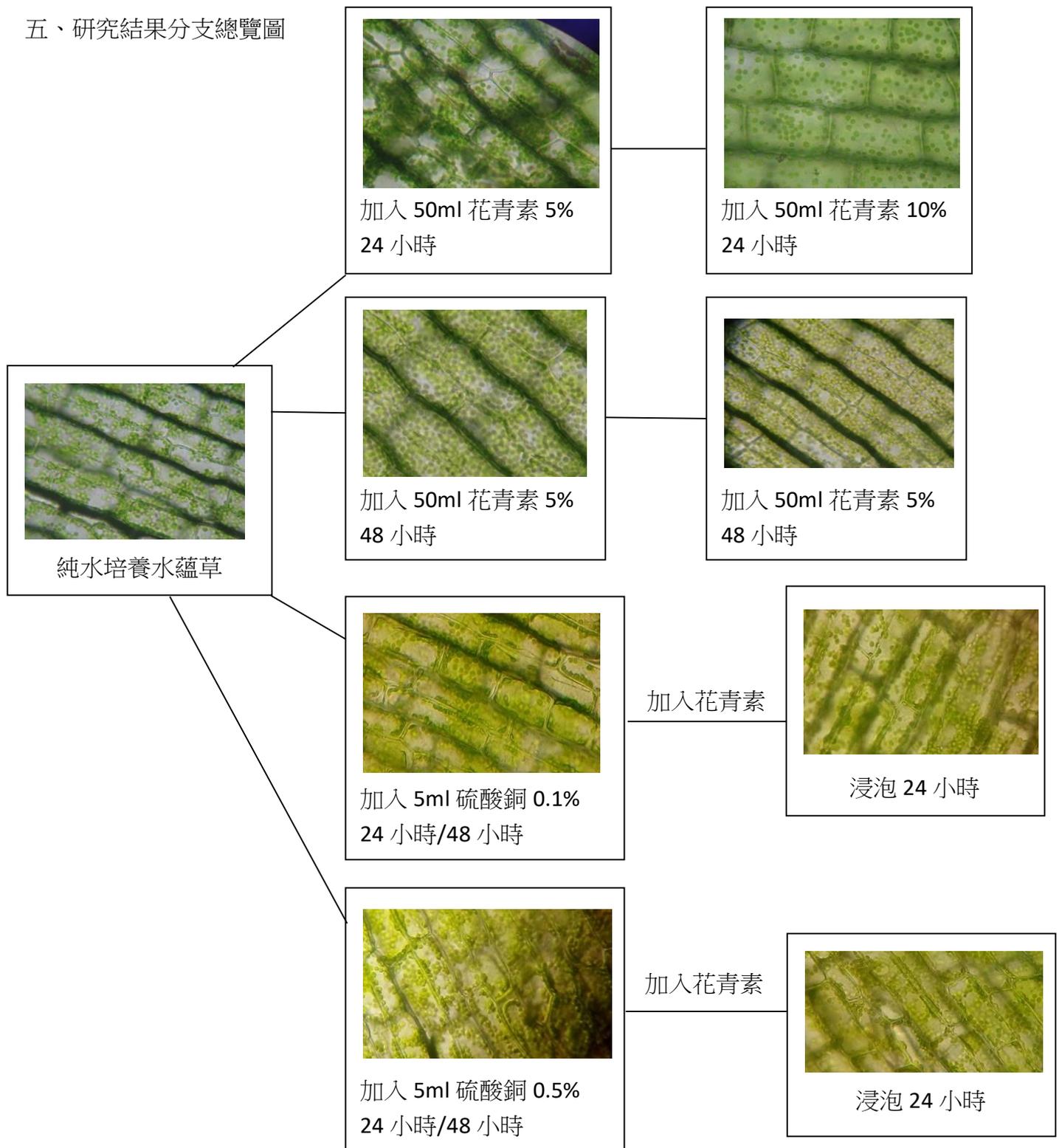


圖 8-1 研究結果分支圖

## 玖、參考文獻

花青素對人體的影響探討，<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2008/10/2008102513123628.pdf>。

養我育我的部落勇士—探討小米(becenge)的生存之秘，2013，楊茜雯、巴洛克、陳奕婷、江芝韻、林恆生。中華民國第54屆中小學科展國中組生物科第三名。

滿江紅花青素在鎘脅迫下的抗氧化作用，<http://wenku.baidu.com/view/b9577933aaea998fcc220e99.html>。

兩種滿江紅花青素生成與PS II 光化學效能之研究，2009，蔡佳娟。國立台灣大學生態學與演化生物學研究所碩士論文，<http://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22098NTU05110002%22.&searchmode=basic>

## 【評語】 030212

探討花青素對於提高水蘊草植株細胞抗氧化能力的影響。並探討硫酸銅污染對抗氧化能力之改變。實驗主題相當有趣，也是大家好奇的議題。學生對實驗的描述以及問題回答都清楚詳盡。唯實驗方法上或可加入定量或更多化學量測。例如葉綠素的顯微鏡觀察可否量化。另外硫酸銅離子的氧化態是否有變化。