

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

080311

戰”顫”兢兢—抑制水族箱中顫藻生長之研究

學校名稱：臺北市北投區明德國民小學

作者： 小六 楊允迪 小六 蔡易昀 小六 林苡暄 小六 紀穎君 小五 陳佩杉	指導老師： 周明怡 吳柏菱
---	-----------------------------

關鍵詞：顫藻、藍綠藻、水生環境

摘 要

顫藻是全世界分布最廣，種類最多的浮游藻類，雖屬於原核生物界，但具有葉綠素行光合作用；在水族箱中若出現顫藻，會產生異味，並影響水族箱中的清潔與美觀。本研究是藉由改變水族箱中的照光、水蘊草、金屬離子、飼料、溶氧量、二氧化碳、硝化菌和餘氯等環境因子來嘗試抑制顫藻的生長並進行實驗比較。研究結果發現：照強光、水蘊草數量多、飼料少、水中含有銅或鋅等金屬離子、以及增加水中溶氧量都可以有效抑制顫藻生長，但考量對其他水中養殖生物的生存條件維護，建議家中水族箱可以添加照光設備、持續打氣、添加硝化菌、種植足夠數量的水蘊草、並適量餵食飼料，便可減緩顫藻的生長，達到長時間維持清澈水質的功效。

壹、 研究動機

我們學校自然教室有養魚，但是魚缸內會長出一點點的綠色藻類，而且味道很臭，我們好奇綠色藻類的名字、習性、特徵，以及為什麼這些藻類生命力這麼強？於是就用顯微鏡觀察那些藻類，並且把看到的畫面拍下來。由於我們無法判別藻類的名稱，就上網查資料並且詢問專家，得知這種藻類名稱叫做顫藻。知道那些藻類是顫藻以後，我們就開始查詢更多文獻和思考抑制顫藻生長的方法，並且決定要透過實驗來驗證我們的想法。

貳、 研究目的

- 一、 了解顫藻的基本構造及特性。
- 二、 探討單一物理環境因子對水箱中顫藻生長的影響。
- 三、 探討單一生物環境因子對水箱中顫藻生長的影響。
- 四、 探討複合環境因子對水箱中顫藻生長的影響。

參、 研究設備及器材

水箱環境操控器材			
 <p>均勻分布在水中的顫藻</p>	 <p>鐵、鋁、銅、鋅、錫片</p>	 <p>水蘊草及金魚藻</p>	 <p>遮光暗箱、 紫外燈、日光燈</p>
 <p>魚飼料</p>	 <p>魚缸打氣幫浦</p>	 <p>二氧化碳錠</p>	 <p>硝化菌</p>

水質檢測儀器、試劑及顫藻量計算工具

 <p>pH 值計</p>	 <p>六合一試紙</p>	 <p>CO₂ 監測器</p>	 <p>溶氧量測試計</p>
 <p>介質(陶瓷環)</p>	 <p>銨／氨測試劑</p>	 <p>硝酸鹽測試劑</p>	 <p>亞硝酸鹽測試劑</p>
 <p>磷酸鹽測試劑</p>	 <p>鐵離子測試劑</p>	 <p>銅離子測試劑</p>	 <p>照度計</p>

實驗安排

硝化菌

水蘊草

打氣

光照


Excel 統計



對照組



顏色比對



表格記錄

依據實驗因子規劃布置水箱
(以實驗十一為例)

水質檢測顏色比對

數據統計與分析

肆、 研究過程與方法

針對研究目的，規畫第一階段單一環境因子實驗及第二階段複合環境因子實驗，以適當的研究方法，進行長期觀察、測量及紀錄，實驗完成後，以各目測水箱顫藻量及測量水箱的透光率，做為顫藻生長情況的結果比較。整理出研究規劃與流程圖如下：

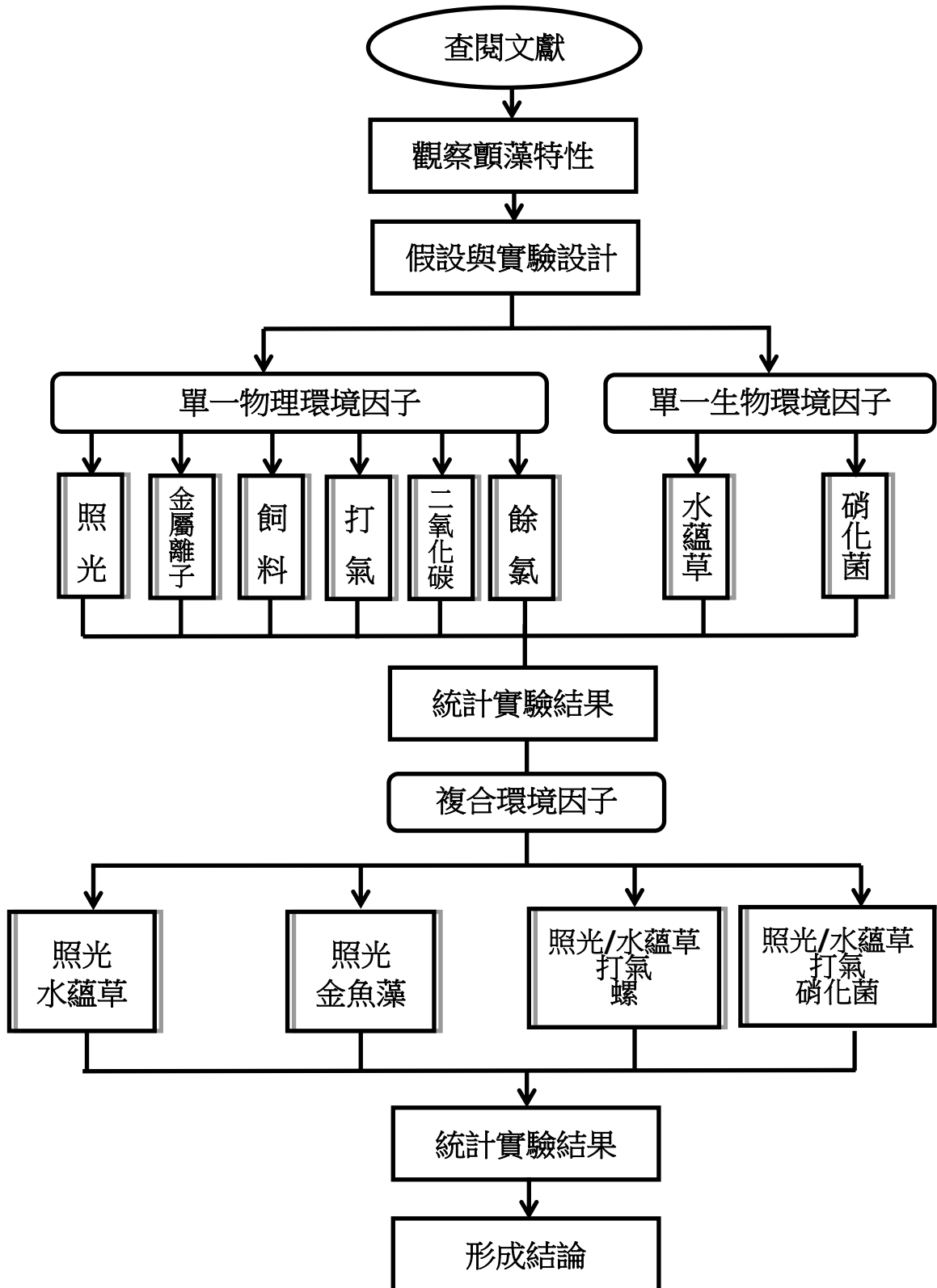


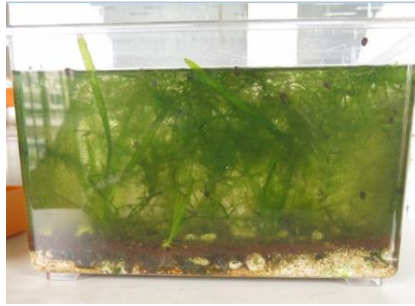
圖 1 研究流程圖

一、認識顫藻的基本特性

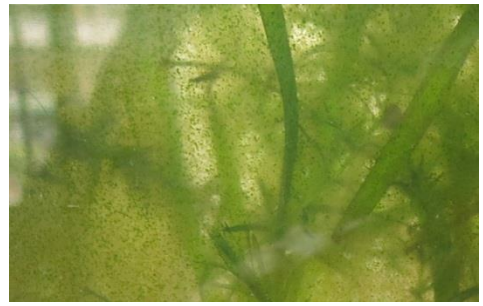
	項目	內容
文 獻 內 容	分類	原核生物界 藍菌門 藍菌綱 顫藻目 顫藻科 顫藻屬
	主要構造	具有細胞壁、細胞膜、細胞質、不具細胞核、無明顯膠鞘、沒有鞭毛
	組成細胞	以一端接一端形成單列不分枝的絲狀體，末端細胞圓鈍狀、無分枝
	光合作用	1. 是產氧光合細菌 2. 具有葉綠素的光合色素，但不形成葉綠體
	移動方式	1. 藉由細胞壁內的小纖維扭曲而造成滑行 2. 成團的顫藻會搖動但不轉動 3. 滑動沒有頭尾之分，會伴隨著轉動，轉動時多以順時針的方向進行
	生態習性	1. 浮游性藻類 2. 全世界分布最廣，種類最多
	生殖方式	斷裂生殖。
	長度	約 4~10um
	寬度	約 2.5~4um
	顏色	藍綠色
實 際 觀 察	生長環境	水溝、濕地等
	巨觀	肉眼觀察顫藻呈現綠色，覆蓋在水草及水族箱底部，形成一層薄膜，並造成臭味。
	微觀	<ol style="list-style-type: none"> 1. 群聚在一起呈團狀且交錯細密且只有週圍在擺動。 2. 顫藻聚集成一片時，外圍的顫藻顏色較深。團狀顫藻沒有移動，可是單獨的一個顫藻則會移動。 3. 用顯微鏡觀察表面看起來很光滑、平整，呈絲或長條狀，沒有分枝，外部包覆一層膜，內部呈現淡綠色透明狀、單細胞排列，兩端是半圓狀。 4. 文獻上提到會以逆時鐘方向旋轉，但只觀察到顫藻滑動，沒有看到逆時鐘方向旋轉。 5. 文獻上提到有顫藻以死細胞進行斷裂生殖，但沒有觀察到。 6. 將顫藻均勻搖晃後成團顫藻存活較多，單獨的顫藻多斷裂不動，可能是因劇烈搖晃造成斷裂死亡，或活動力下降，可待繼續觀察。 7. 顯微鏡下燈太亮時顫藻就不太動，可能因水體過熱，造成顫藻活動力下降。

實際觀察

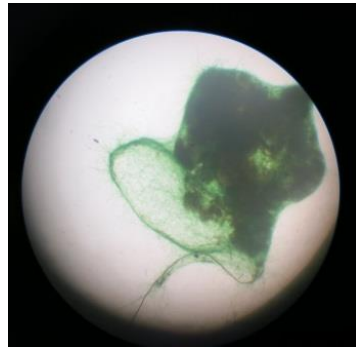
顯微鏡觀察
照片



顫藻是水族箱常見的浮游藻類



顫藻會影響水族箱的美觀



群聚在一起的顫藻會呈團狀且交錯細密



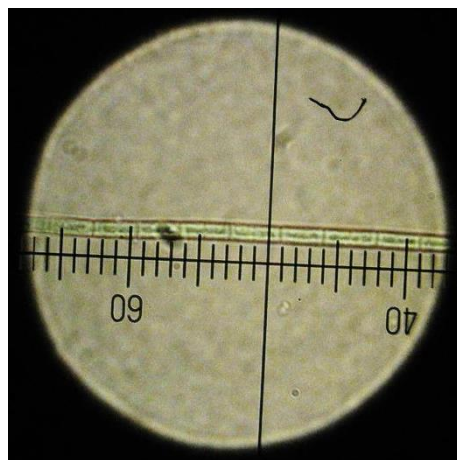
呈綠色深淺不一，部份顫藻呈褐色



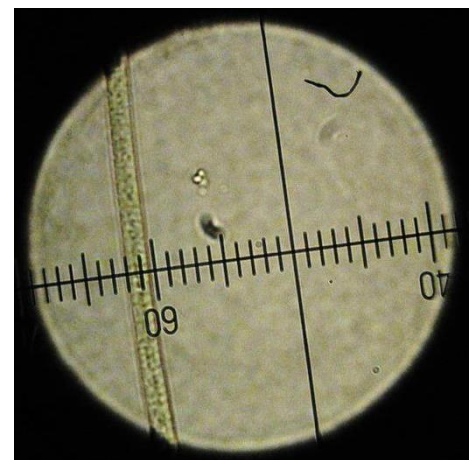
顫藻不分枝，末端細胞圓鈍狀



以一端接一端形成的絲狀體，具葉綠素



顫藻單一細胞長度約 3~4um



顫藻單一細胞寬度約 1~2um

二、氮循環與檢測水質項目

根據文獻在實驗過程中檢測下列數據，以了解不同環境因子對顛藻及水質的影響。

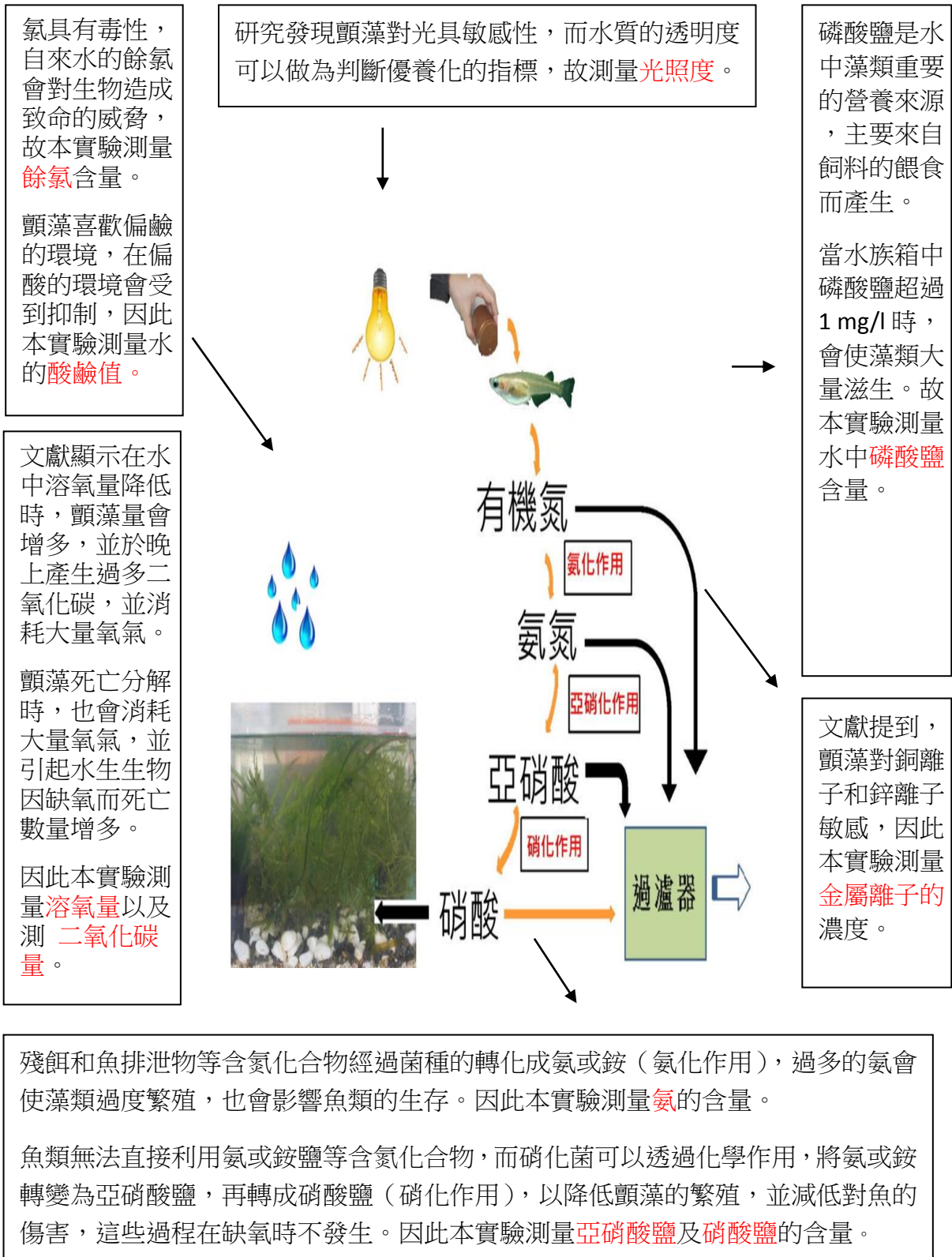


圖 2 氮循環與測量項目明說明圖

三、環境因子實驗設計

針對研究目的，規畫第一階段單一環境因子及第二階段複合環境因子實驗，第一階段進行長期觀察紀錄與假設驗證。第一階段實驗完成後，根據第一階段實驗結果進行第二階段複合環境實驗。實驗完成後，以目測及測量水箱的透光率，做為顫藻生長情況的結果比較。

(一)實驗假設與操控變因

第一階段：單一環境因子實驗		
實驗名稱	實驗假設	操控變因
實驗一： 探討光照對水箱中顫藻生長的影響	假設強光和弱光會幫助藍綠藻的繁殖	無光、弱光、強光、紫外線四組
實驗二： 探討水蘊草量對水箱中顫藻生長的影響	水蘊草會分泌某些物質，可以抑制顫藻的生長。假設水蘊草愈多顫藻數量會愈少	0株、1株、5株、10株四組
實驗三： 探討金屬離子對水箱中顫藻生長的影響	文獻提到：「鐵離子是顫藻生長的重要因子」「顫藻對銅離子與鋅離子敏感」。鋁和錫則是常見金屬，假設在水箱中加入各種金屬片皆會抑制顫藻生長	相同表面積鐵片、鋁片、銅片、鋅片、錫片五組
實驗四： 探討飼料對水箱中顫藻生長的影響	顫藻營養源來自魚飼料及排泄物，假設增加魚飼料會使顫藻生長良好	有無飼料
實驗五： 探討打氣對水箱中顫藻生長的影響	顫藻含葉綠素，行光合作用，強力打氣可趕出水中的二氧化碳，假設強力打氣，顫藻數量會減少	是否打氣
實驗六： 探討二氧化碳對水箱中顫藻生長的影響	顫藻行光合作用，假設較多二氧化碳會增加顫藻的生長速度	有無二氧化碳碇
實驗七： 探討硝化菌對水箱中顫藻生長的影響	硝化菌可將氨轉變為分解為亞硝酸鹽，降低顫藻的營養來源，假設有加硝化菌的水箱的顫藻量應該會較少	有無硝化菌兩組
實驗八： 探討餘氯對水箱中顫藻生長的影響	自來水中加入氯氣殺菌，我們假設餘氯影響顫藻的生長	曝氣0天、3天、7天三組

第二階段：複合環境因子實驗		
實驗九： 探討照光及水蘊草對水箱中顫藻生長的影響	根據第一階段實驗結果，假設照光及水蘊草可以有效抑制顫藻	同時照光及水蘊草
實驗十： 探討照光及金魚藻對水箱中顫藻生長的影響	水蘊草可以抑制顫藻生長，假設金魚藻也可以抑制顫藻	同時照光及金魚藻
實驗十一： 探討照光、水蘊草、打氣及螺對水箱中顫藻生長的影響	第一階段實驗發現打氣及金屬離子可以抑制顫藻生長，查閱文獻發現金屬離子會對水生生物造成傷害，故發展生物防治方法。螺類會吃藻類，故假設照光、水蘊草、打氣並放入螺類可以有效抑制顫藻	同時照光、水蘊草、打氣及螺
實驗十二： 探討照光、水蘊草、打氣及硝化菌對水箱中顫藻生長的影響	第一階段實驗中硝化菌沒有發揮效果，查閱文獻後發現硝化菌須在有氧環境及附著於介質上才能生存，故假設照光、水蘊草、打氣並放入硝化菌及介質可有效抑制顫藻	同時照光、水蘊草、打氣及硝化菌

(二)控制變因與應變變因

1. **控制變因：**所有各實驗的操縱變因之外，其他條件皆相同，如：水箱規格及水量、飼料量、放置地點…相同。
2. **應變變因：**顫藻生長量。

(三)結果分析方法

1.結果分析方法

(1)目測：以目測觀察水箱底部綠色深淺來判斷顫藻量，綠色越深，顫藻量越多。

(2)透光率計算：實驗前以照度計測量透明水箱底部五個定點的照度，計算平均。實驗後五定點測量照度，計算平均。將實驗後的平均照度除以實驗前的平均照度，乘以 100%，即計算出實驗後水箱的透光率，以透光率做為顫藻數量的判斷依據，透光率越高，顫藻量越少；透光率越低，顫藻量越多。

2.檢測水質項目及方法

檢測項目	酸鹼值(Ph 值)	溶氧量	磷酸鹽
檢測方法	以試紙測量	以測試儀測量	以測試劑測量
檢測項目	氨/銨濃度	硝酸鹽	亞硝酸鹽
檢測方法	以試紙及總氨試劑測量	以試紙及測試劑測量	以試紙及測試劑測量

伍、研究結果與分析

一、單一環境因子實驗結果與討論

1. 實驗一 探討光照對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因		無光(0 LUX)	弱光(223LUX)	強光(738LUX)	紫外線(160LUX)
目測 顫藻 生長量	2/09				
	3/11				
水箱底透光率		 圖3 不同光照環境下生長的顫藻量比較直條圖 水箱底透光率 (%) 透光率越高代表顫藻生長量越少 水箱光照環境類型 圖3 不同光照環境下生長的顫藻量比較直條圖			

①比較目測生長量和水箱底透光率測量結果，都是無光最能有效抑制顫藻生長。

②強光組有顫藻但顏色偏黃，有優氧化的現象。弱光組和照紫外線組的顫藻生長快速，以弱光組較深綠。

(2). 水質檢測數據統計分析

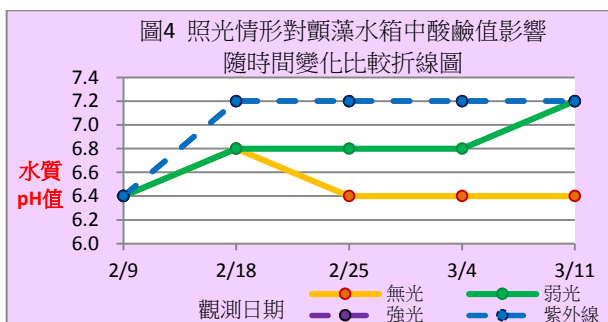


圖4 光照情形對顫藻水箱中酸鹼值影響隨時間變化比較折線圖

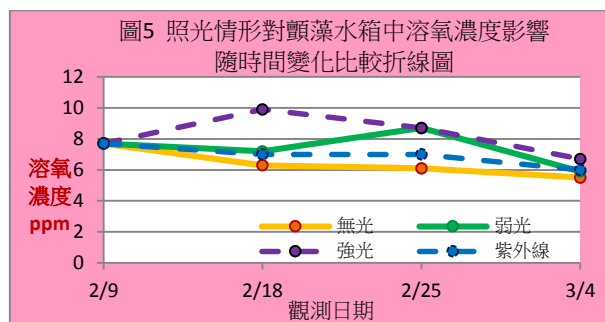


圖5 光照情形對顫藻水箱中溶氧濃度影響隨時間變化比較折線圖

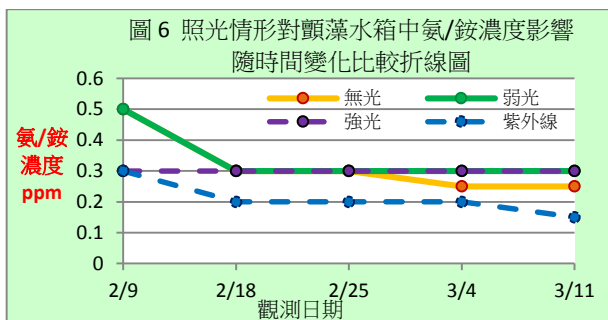


圖6 光照情形對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

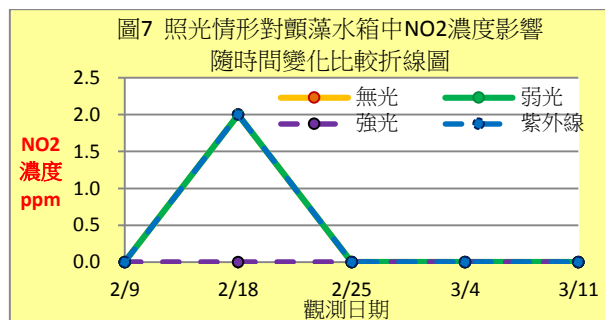


圖7 光照情形對顫藻水箱中NO₂濃度影響隨時間變化比較折線圖

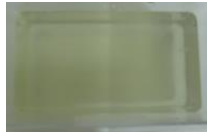

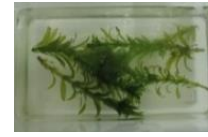
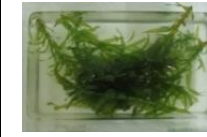
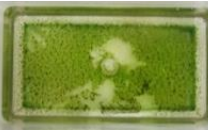

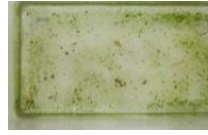

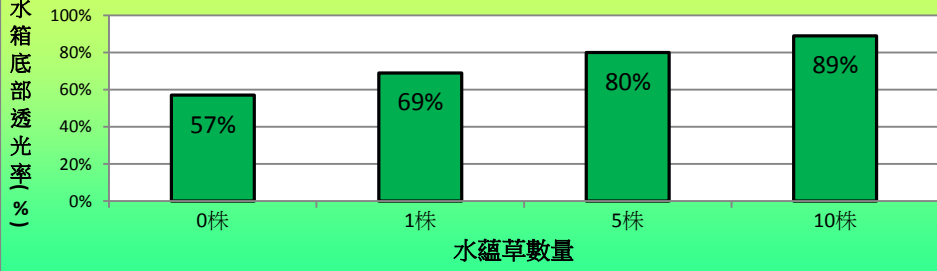
- ①酸鹼值都有上升變鹼的趨勢，以強光和紫外光組變化較明顯。
- ②強光組的溶氧量有增加，其他水箱的溶氧量則下降。
- ③氨濃度有微幅下降，強光和紫外光組變化較明顯。
- ④亞硝酸鹽皆略有上升後下降至 0。

(3). 實驗討論

- ①酸鹼值都有上升偏鹼的趨勢，但根據文獻，顫藻在弱酸環境中會生長較好，所以顫藻在酸鹼值上升最少的弱光水箱中生長較佳，與文獻的理論有符合。
- ②氨濃度的變化都不大，以強光和紫外光變化較明顯。我們推測光線對分解中水質的氨濃度些微影響。對照氮循環過程，氨濃度下降，而亞硝酸鹽上升，應是氨分解成亞硝酸鹽。。

2. 實驗二 探討水蘊草對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因 觀測日期		0 株水蘊草	1 株水蘊草	5 株水蘊草	10 株水蘊草										
目測 顫藻 生長量	2/09														
	3/11														
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		<p style="text-align: center;">圖8 不同水蘊草數量對顫藻生長量比較直條圖</p>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>圖 8 不同水蘊草數量對顫藻生長量比較直條圖</caption> <thead> <tr> <th>水蘊草數量</th> <th>水箱底部透光率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0株</td> <td>57%</td> </tr> <tr> <td>1株</td> <td>69%</td> </tr> <tr> <td>5株</td> <td>80%</td> </tr> <tr> <td>10株</td> <td>89%</td> </tr> </tbody> </table>				水蘊草數量	水箱底部透光率 (%)	0株	57%	1株	69%	5株	80%	10株	89%
水蘊草數量	水箱底部透光率 (%)														
0株	57%														
1株	69%														
5株	80%														
10株	89%														

- ①照片發現 0 株水蘊草的顫藻分佈平均；1 株水蘊草顫藻只分佈約 50%；5 株水蘊草及 10 株水蘊草則分佈不到 40%，有明顯的差異。
- ②從水箱底部透光率測量結果比較，0 株水蘊②5 株及 10 株水蘊草的透光率皆為 80% 以上，差異不明顯，代表水中植入足夠量的水蘊草之後，增加更多水蘊草時，對抑制顫藻生長的影響便差異不大。

(2). 水質檢測數據統計分析

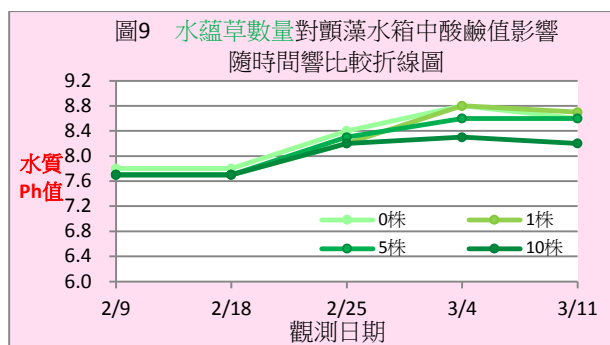


圖9 水蘊草數量對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

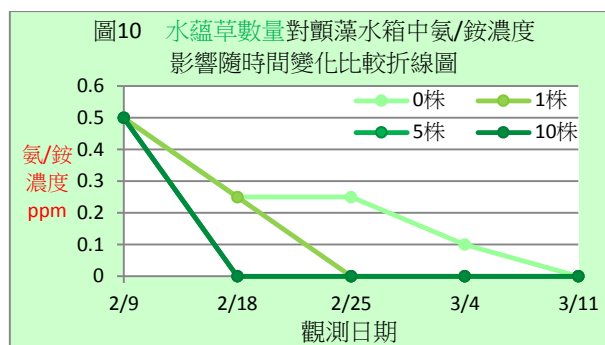


圖10 水蘊草數量對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

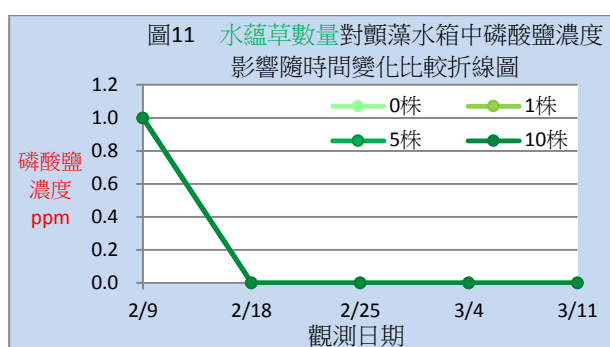


圖11 水蘊草數量對顫藻水箱中磷酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

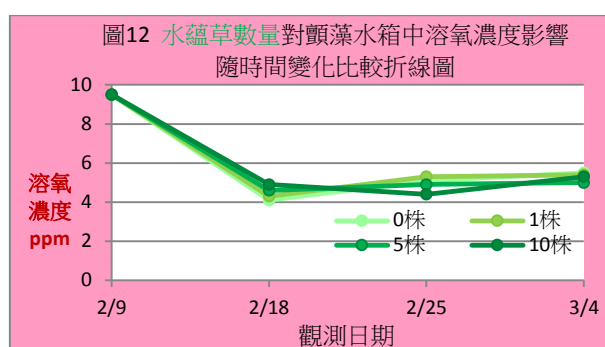


圖12 水蘊草數量對顫藻水箱中溶氧濃度影響隨時間變化比較折線圖

- ①酸鹼值都有上升變中性的趨勢，以 10 株水蘊草水箱變化較明顯。
- ②四組氨濃度皆隨著時間較長而明顯下降，而水蘊草愈多，則氨濃度下降愈快。
- ③水中磷酸鹽濃度皆於第二週都下降至濃度 0。

(3). 實驗討論

- ①推測水蘊草對水質酸鹼值會有影響，所以四組酸鹼值都有上升變中性的趨勢，以 10 株水蘊草水箱上升較明顯；又水中磷酸鹽濃度皆於第二週都下降至濃度 0。根據文獻：「水蘊草隨著 pH 值上升會減緩吸收磷酸鹽的能力。」另一篇文獻指出，顫藻在弱酸環境中生長較佳，由目測觀察顫藻確實在 10 株水蘊草的水箱，酸鹼質接近中性時，生長情況較差。
- ②水蘊草數量對水中氨濃度有影響，四組氨濃度皆隨著時間較長而明顯下降，而水蘊草愈多，則氨濃度下降愈快。又氨為顫藻生長所需營養來源，在氨濃度高的環境中會生長較好。所以顫藻在 10 株水蘊草的水箱中因氨濃度最低而生長最差。
- ③水蘊草對減緩顫藻的生長速度有顯著效果，我們原先不確定是因為水蘊草會分泌物質來抑制顫藻生長，還是因水蘊草數量較多而遮避較多光源而有所疑慮，但另一項實驗發現，受光量較多時顫藻生長情況較佳，顯示此實驗是因水蘊草分泌的物質抑制了顫藻的生長。而此一物質為何，有待進一步的探討。

3. 實驗三 探討金屬離子對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較：

操縱變因		鐵	鋁	銅	鋅	錫
觀測日期	2/09					
	3/11					
目測顫藻生長量						
水箱底透光率		<p>圖13 不同金屬片對顫藻生長量比較直條圖</p> <p>水箱底透光率 (%)</p> <p>透光率越高代表顫藻生長量越少</p> <p>水中放入的金屬片種類</p> <p>圖 13 不同水蘊草數量對顫藻生長量比較直條圖</p>				

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，五種金屬片中只有銅片及鋅片呈現幾乎透明的淡綠色，可以有效抑制顫藻生長。鐵片、鋁片和錫片綠色較深，透光率低，並不能抑制顫藻生長。

(2). 水質檢測數據統計分析

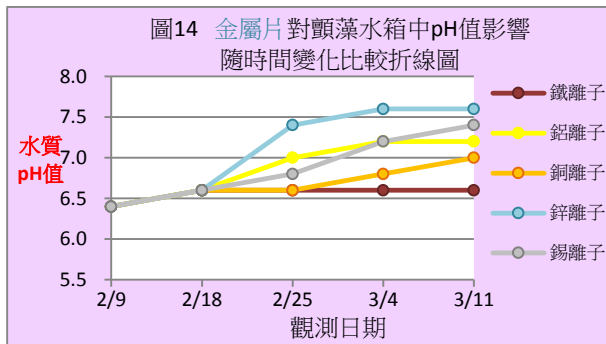


圖 14 金屬片對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

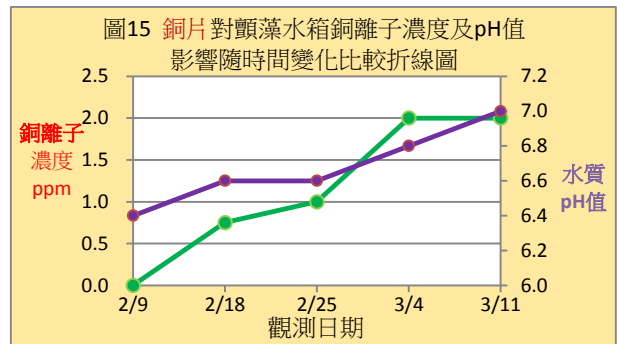


圖 15 銅片對顫藻水箱銅離子濃度及 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

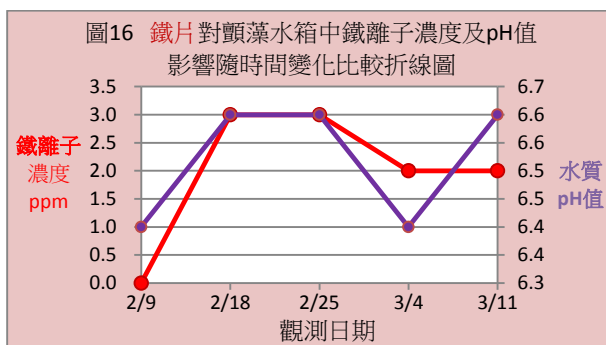


圖 16 鐵片對顫藻水箱中鐵離子濃度及 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

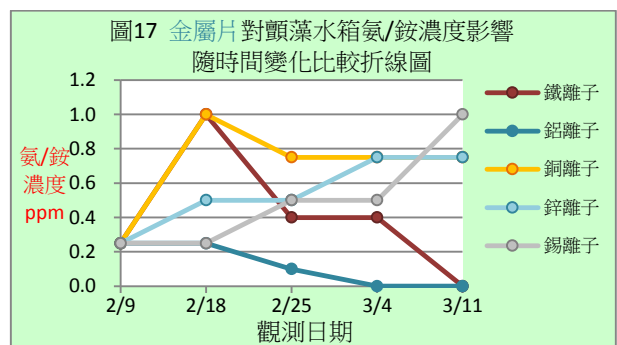


圖 17 金屬片對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

①酸鹼值都有上升變鹼的趨勢，以有鋅離子和錫離子的水箱變化較明顯，銅離子和鐵離子組變化較少。

②水質的銅離子和鐵離子濃度持續上升，最後一週銅離子則維持上週濃度。



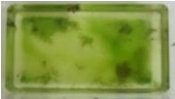
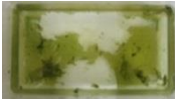
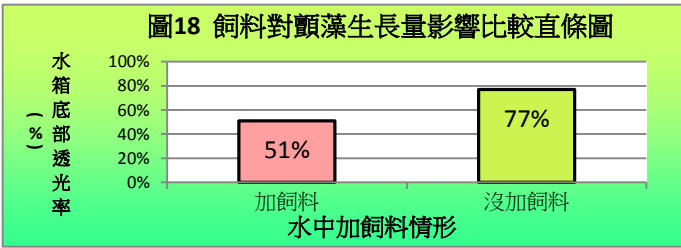
(3). 實驗討論

①對照酸鹼值的變化，酸鹼值都有上升偏鹼的趨勢，以水中有鋅離子和錫離子的水質變化較明顯，水中有銅離子和鋁離子的酸鹼值變化少一點，鐵離子則變化最不明顯。在鋅離子部分，鋅離子組的酸鹼值最快上升，也最高，偏鹼性；根據文獻所稱顫藻在弱酸環境中生長較佳的條件來看，有鋅離子的鹼性環境便不適合顫藻生長。但錫片和鋁片同樣讓水質 pH 值上升偏中性，卻並未有效抑制顫藻生長，所以結果似乎與文獻不符，需進一步研究不符的原因。

②若依酸鹼值的變化來看，銅離子水箱的酸鹼值較低，顫藻數量應較多，但根據文獻：「顫藻對銅這類重金屬離子敏感，運動速度會大幅滑降，且在銅離子多的情況下，顫藻會出現斷裂的狀況。」這可能是銅離子組的顫藻生長情況較差的原因。

4. 實驗四 探討水中加飼料對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因		加飼料	沒加飼料
觀測日期			
目測 顫藻 生長量	2/09		
	3/11		
水箱底透光率		 <p>圖 18 飼料對顫藻生長量影響比較直條圖</p>	
透光率越高代表 顫藻生長量越少			

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，不加飼料會讓顫藻生長較緩慢。

(2). 水質檢測數據統計分析

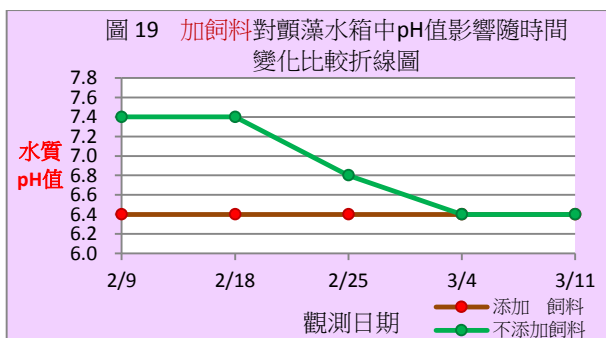


圖 19 加飼料對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

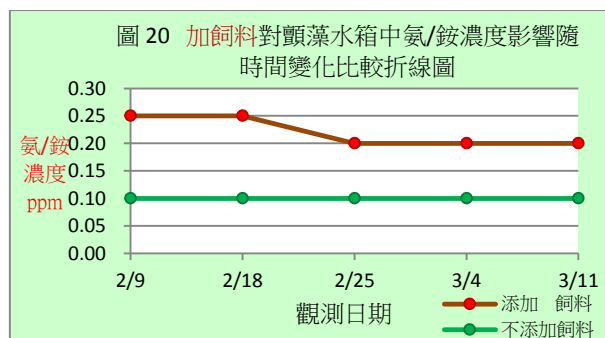


圖 20 加飼料對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

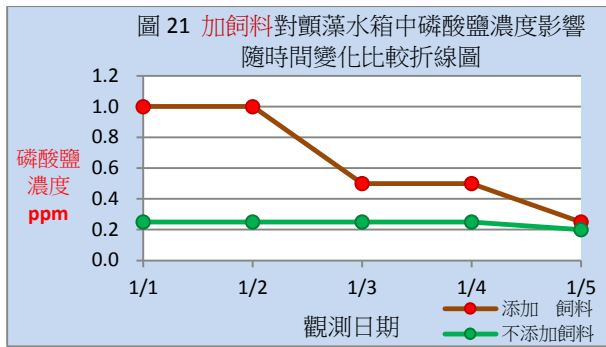


圖 21 加飼料對顫藻水箱中磷酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

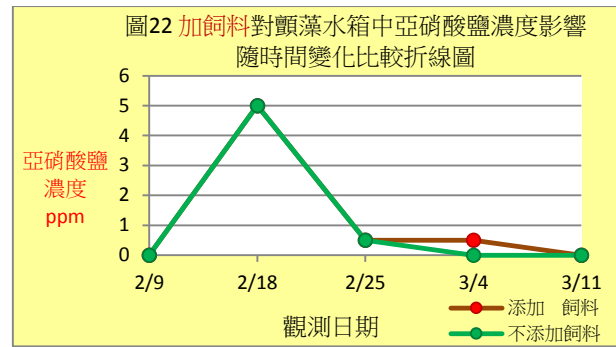


圖 22 加飼料對顫藻水箱中 NO₂ 濃度影響隨時間變化比較折線圖

- ①水質酸鹼值有下降變酸，以添加飼料的水箱較明顯。
- ②有添加飼料的水箱，水中的氨濃度較高，數週後只些微下降，對照組變化不明顯。
- ③有添加飼料的水箱，水中的磷酸鹽濃度較高，數週後開始下降，對照組沒有變化。

(3). 實驗討論

- ①我們認為飼料對水質酸鹼值會有影響，因過剩營養源為藻類生長提供較佳的環境。而根據資料若硝酸鹽含量過高時，易造成藻類大量繁殖。飼料也對氨濃度會有影響，而顫藻在氨濃度較高環境中生長較好。
- ②飼料對磷酸鹽濃度會有影響，而顫藻在磷酸鹽濃度較高的環境中會生長較好。部份文獻又指出磷酸鹽濃度達到一定藻類的「抑制濃度」，則會因而產生對於藻類的抑制作用，這部份可進一步進行研究。

5. 實驗五 探討打氣對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因 觀測日期		打氣		無打氣							
		目測 顫藻 生長量		2/09		2/09					
		3/11		3/11							
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		<p>圖 23 打氣對顫藻生長量影響比較直條圖</p> <table border="1"> <caption>圖 23 打氣對顫藻生長量影響比較直條圖</caption> <thead> <tr> <th>水中打氣情形</th> <th>水箱底部透光率 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>打氣</td> <td>74%</td> </tr> <tr> <td>無打氣</td> <td>77%</td> </tr> </tbody> </table>				水中打氣情形	水箱底部透光率 (%)	打氣	74%	無打氣	77%
水中打氣情形	水箱底部透光率 (%)										
打氣	74%										
無打氣	77%										

圖 23 打氣對顫藻生長量影響比較直條圖

- ①從目測結果比較，有打氣的水箱底部呈淡綠色，部份顫藻沒有附著在水箱，而無打氣組數量較多，打氣是可有效抑制顫藻生長。
- ②有打氣的水箱透光率和無打氣水箱的透光率皆為 75% 上下，顯示差異不大。

(2). 水質檢測數據統計分析

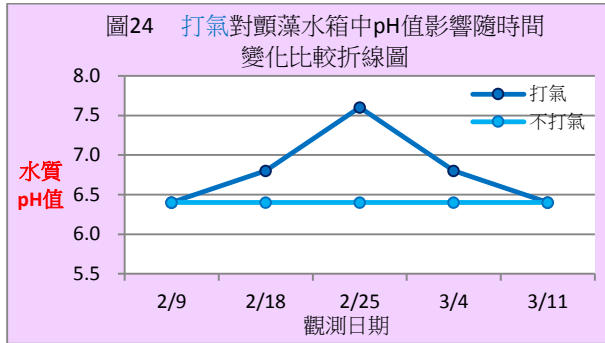


圖 24 打氣對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

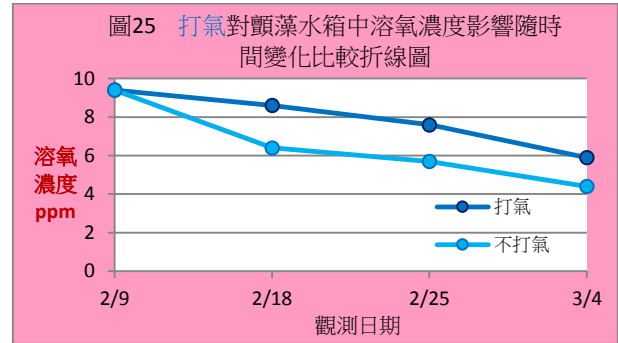


圖 25 打氣對顫藻水箱中溶氧濃度影響隨時間變化比較折線圖

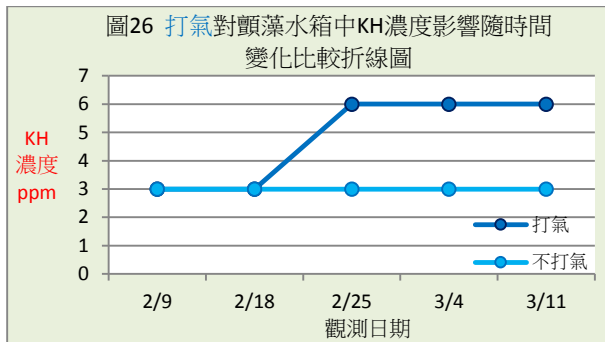


圖 26 打氣對顫藻水箱中 KH 濃度影響隨時間變化比較折線圖

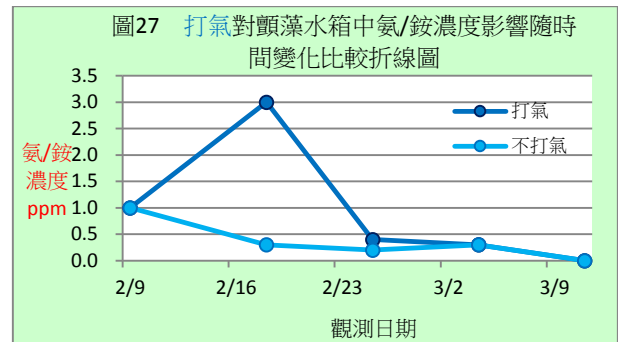


圖 27 打氣對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖



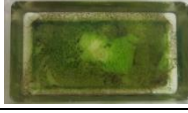
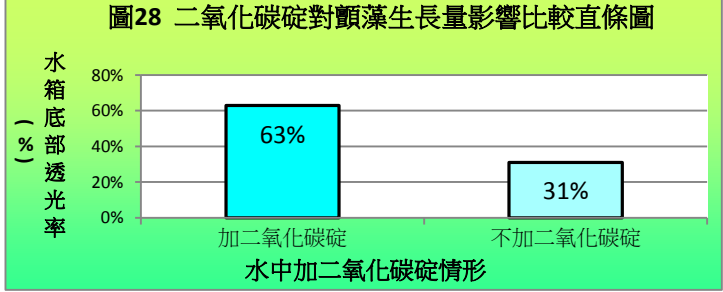
①酸鹼值初時相同，後增加溶氧量，酸鹼值就開始上升變鹼，又因水份蒸發，使溶氧量降低，酸鹼值開始下降。

(3). 實驗討論

- ①溶氧量會對水質酸鹼值有影響，因顫藻在弱酸環境中生長較好，所以當打氣使水箱溶氧量較高時，會使酸鹼值上升而不利於顫藻生長。
- ②我們認為顫藻行光合作用會吸收二氧化碳，使二氧化碳減少。而強力打氣也可以趕出水中的二氧化碳，所以當二氧化碳被大量消耗或減少時，水中的酸鹼值便會增加，讓顫藻生長緩慢。

6. 實驗六 探討二氧化碳氣體對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因 觀測日期		加二氧化碳錠	不加二氧化碳錠
		目測 顫藻 生長量	2/18 
3/11			
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		 <p>圖28 二氧化碳錠對顫藻生長量影響比較直條圖</p> <p>水箱底部透光率 (%)</p> <p>水中加二氧化碳錠情形</p>	

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，增加二氧化碳錠的水箱底部呈淡黃綠色，透光率也較高，而對照組水箱底部綠色較深，即加二氧化碳不會助長水箱中顫藻的生長。

(2). 水質檢測數據統計分析

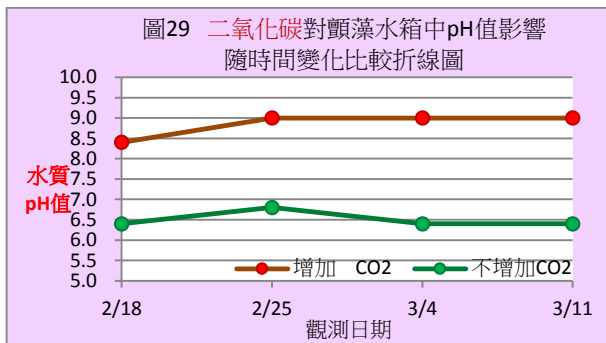


圖 29 二氧化碳對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

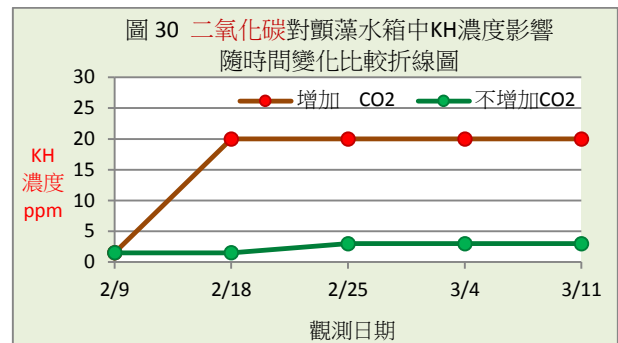


圖 30 二氧化碳對顫藻水箱中 KH 濃度影響隨時間變化比較折線圖

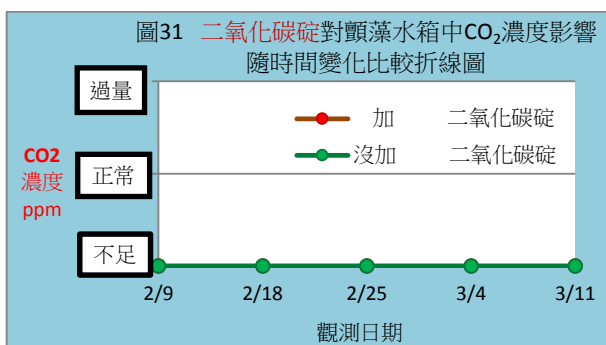


圖 31 二氧化碳錠對顫藻水箱中 CO₂ 濃度影響隨時間變化比較折線圖

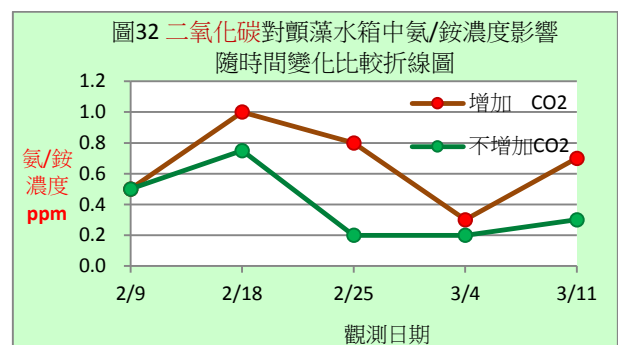


圖 32 二氧化碳對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

①水質的酸鹼值都有上升變鹼的趨勢，其中以加二氧化碳錠的變化較明顯。

②水質的二氧化碳都是不足，即使增加二氧化碳錠仍然不足

(3). 實驗討論

①報告指出：「隨著水中二氧化碳濃度的增加，初期對浮游藻類是有利的。當水中二氧化碳濃度過高時，會導致水質的過度酸化，進而抑制浮游藻類的生長，最後導致浮游藻類的大量死亡。」原本我們認為加入二氧化碳錠水箱的顫藻較少，是因為加入二氧化碳錠會使水中二氧化碳增加，並使水中偏酸進而讓顫藻生長較佳，但水中加入二氧化碳錠後，檢測水中酸鹼值持續上升，而 KH 值也持續上升，後來發現二氧化碳錠產生二氧化碳的效果不佳，幾乎無法將二氧化碳溶入水中，且頻率又太頻繁，使部份二氧化碳錠無法溶解，沈澱在水箱底部，所以讓水質偏鹼。

7. 實驗七 探討硝化菌對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因		加硝化菌	沒有加硝化菌
觀測日期			
目測顫藻生長量	2/09		
	3/11		
水箱底透光率		 水箱底透光率 透光率越高代表顫藻生長量越少 圖 33 硝化菌對顫藻生長量影響比較直條圖	

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，水箱放入硝化菌對抑制顫藻生長的差異不大。

(2). 水質檢測數據統計分析

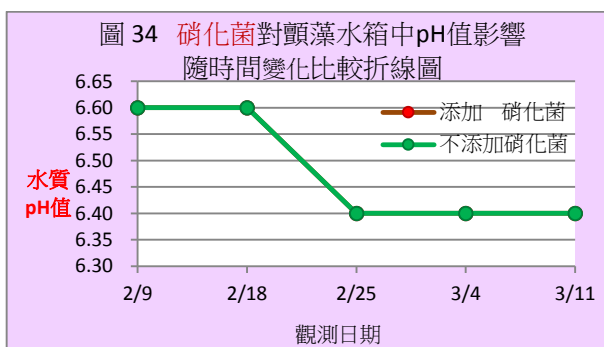


圖 34 硝化菌對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

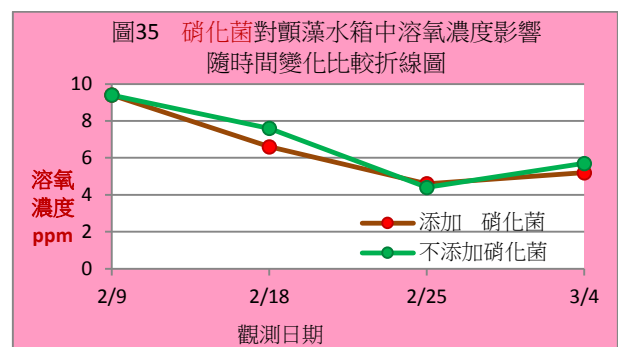


圖 35 硝化菌對顫藻水箱中溶氧濃度影響隨時間變化比較折線圖

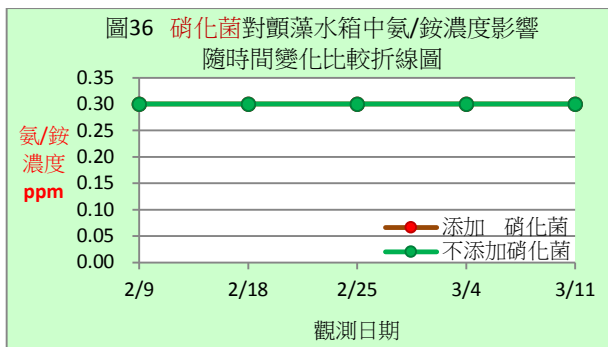


圖 36 硝化菌對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

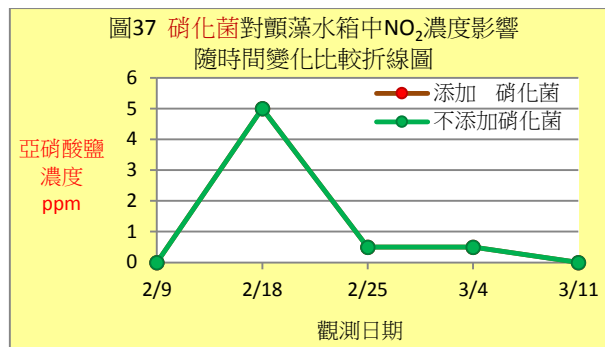


圖 37 硝化菌對顫藻水箱中 NO₂ 濃度影響隨時間變化比較折線圖

①加硝化菌和不加硝化菌水箱的酸鹼值都有下降變酸的趨勢。兩箱水箱的氨都沒有下降的趨勢，且氨濃度一致。

②兩箱水箱的溶氧量都有下降的趨勢，最後一週溶氧量則微幅上升。

(3). 實驗討論

①加硝化菌和不加硝化菌水箱的酸鹼值都有下降變酸的趨勢，氨都沒有下降的趨勢，且氨濃度一致，而溶氧量都有下降的趨勢，最後一週溶氧量則微幅上升。

②根據文獻顯示「硝化作用在中性或鹼性環境遠比在酸性環境中更能快速進行。酸鹼值會影響硝化酵素的活性，依溫度不同而有所差異。由於硝化作用中會產生硝酸，造成水質酸化，會使 pH 降低，影響硝化作用。」水箱中雖然加入了硝化菌，但酸鹼值一直很低，我們認為因為 pH 值太低，使硝化菌的活性降低，且「溶氧是硝化作用中維持硝化細菌生理代謝的重要因子。硝化作用要消耗大量氧氣」，而我們並未打氣增加溶氧量，所以加入硝化菌水箱的硝化菌無法作用，若要進一步實驗，加入硝化菌時，應同時增加溶氧量。

8. 實驗八 探討餘氯對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因 觀測日期		曝氣 0 天	曝氣 3 天	曝氣 7 天
		目測 顫藻 生長量		
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少	2/09			
	3/11			

曝氣時間	水箱底部透光率 (%)
曝氣0天	68%
曝氣3天	81%
曝氣7天	70%

圖 3 曝氣日數對顫藻生長量影響比較直條圖

①從目測結果比較，實驗初期以曝氣 0 天的水箱，顫藻數量較少，放 3 天的水箱則次之，曝氣 7 天的水箱底部綠色面積較多，顯示曝氣 0 天的自來水，水中顫藻量最少，即氯是有效抑制水箱中顫藻生長。

②但從透光率比較，三組差異不大，表示餘氯只在初期抑制顫藻的生長，不會持續。

(2). 水質檢測數據統計分析

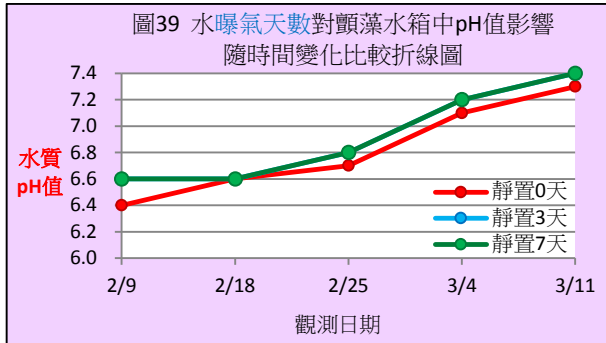


圖 39 水曝氣天數對顫藻水箱中 pH 值影響隨時間變化比較折線圖

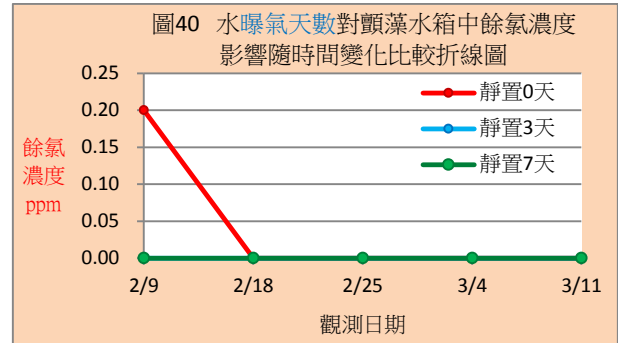


圖 40 水曝氣天數對顫藻水箱中餘氯濃度影響隨時間變化比較折線圖

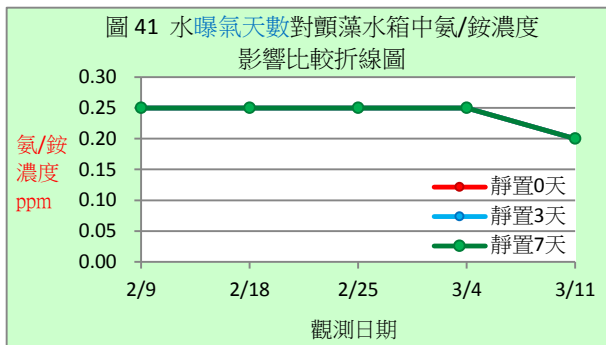


圖 41 水曝氣天數對顫藻水箱中氨/銨濃度影響比較折線圖

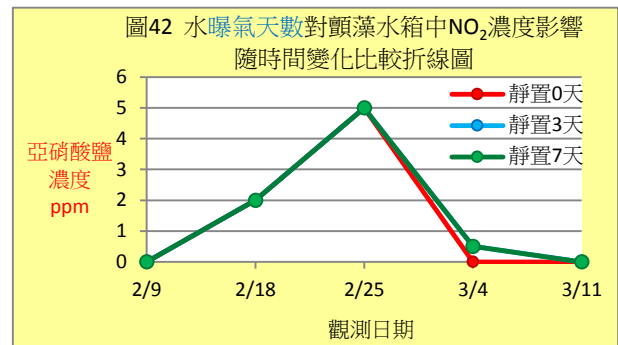


圖 42 水曝氣天數對顫藻水箱中亞硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

①水質的酸鹼值都有上升變鹼的趨勢，以靜置 7 天的水箱變化最明顯。

②水中的餘氯只有前幾天有差別，一週後水中餘氯皆為 0。

③前幾週水中的氨都一直維持相同，數週後水中的氨才略為下降。

(3). 實驗討論



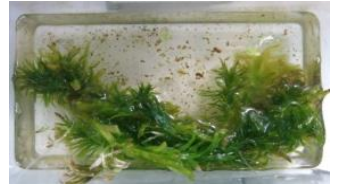
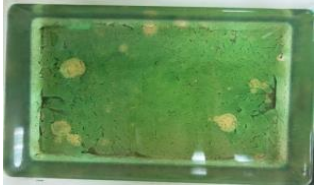
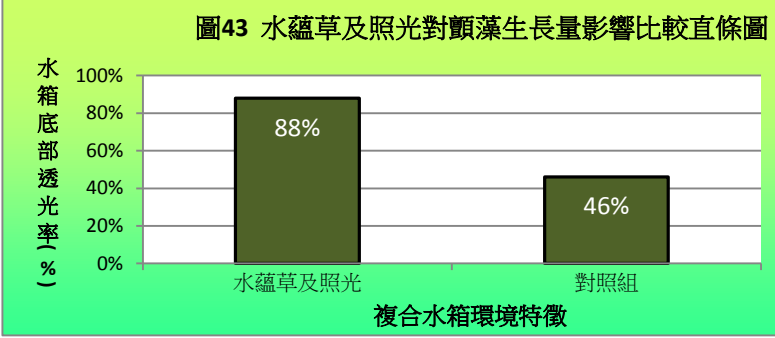
①從結果比較，實驗初期以曝氣 0 天的水箱，水中顫藻量最少，即可證明氯是有效抑制水箱中顫藻的生長。但日數增加時，由於每個水箱的氯氣皆已揮發完畢，使後期顫藻的數量看來相差不大。另外，根據資料「當水的酸鹼度上升時，會使得氯的氧化與殺菌力下降，所以決定某定量氯所能達到的殺菌程度，酸鹼度 pH 控制是主要的因素。」我們認為水中的餘氯對顫藻的生存確實有影響，但數日後餘氯揮發，使顫藻又持續生長。

②我們認為水中餘氯無法分解氨，所以水中含有大量的氨，提供了顫藻的營養來源，使顫藻生存良好。氯氣對於顫藻的生存有影響，是否也會對魚類有所影響，也須做進一步的探討。

二、複合環境因子實驗結果與討論

1. 實驗九 探討照光及水蘊草對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因 觀測日期		水蘊草及照光	對照組
目測 顫藻 生長量	5/21		
	5/31		
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		<p style="text-align: center;">圖43 水蘊草及照光對顫藻生長量影響比較直條圖</p>  <p style="text-align: center;">複合水箱環境特徵</p> <p style="text-align: center;">圖 43 水蘊草及照光對顫藻生長量影響比較直條圖</p>	

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，對照組的水箱底部綠色面積較多，顯示顫藻數量較多，有水蘊草並同時照光的水箱中顫藻量較少，代表此一複合環境可以有效抑制顫藻生長。

②與單一因子實驗一(光照實驗)和實驗二(水蘊草實驗) 比較，複合環境實驗使用較大的水箱，且水蘊草未增加，但抑制顫藻生長的效果仍比只有單一因子要好。

(2). 水質檢測數據統計分析

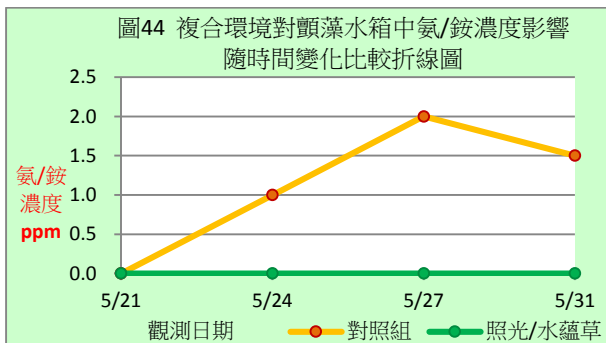


圖 44 水蘊草對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

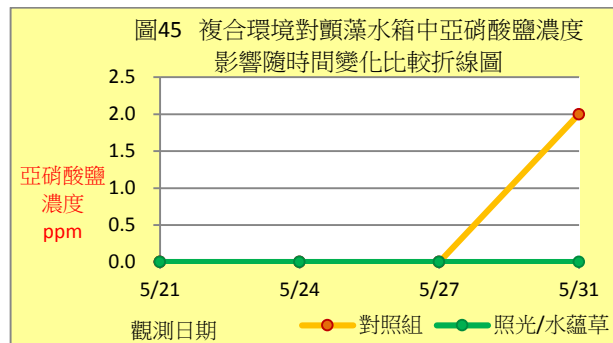


圖 45 水蘊草對顫藻水箱中亞硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

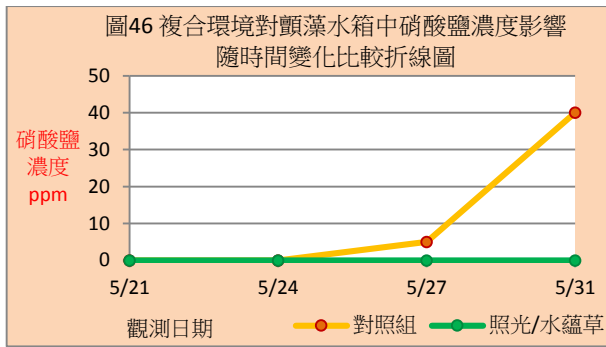


圖 46 水蘊草對顫藻水箱中硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

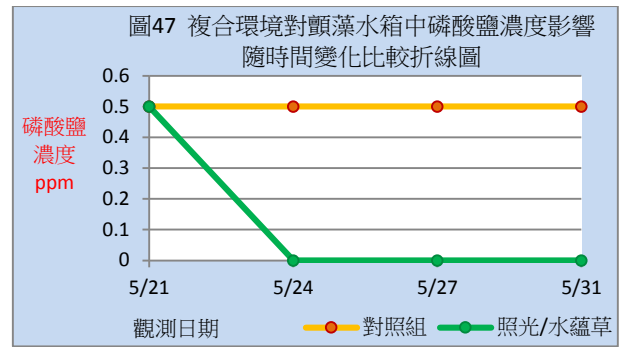


圖 47 水蘊草對顫藻水箱中磷酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖




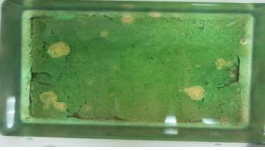
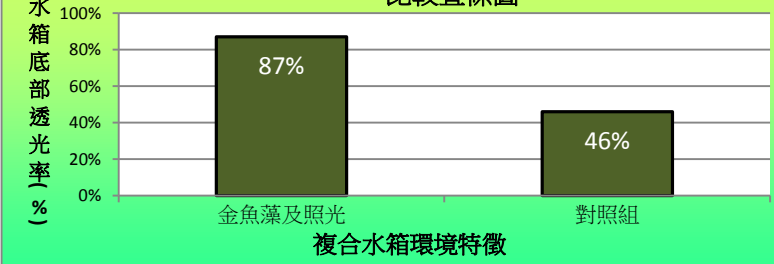
- ①對照組的水箱的氨濃度下降很慢，有水蘊草的水箱的氨濃度未提高。
- ②水蘊草的水箱的亞硝酸鹽及硝酸鹽的數據皆為0，而對照組的水箱分解成亞硝酸鹽及硝酸鹽在第二週及第三週才開始。
- ③水蘊草水箱的磷酸鹽在第二週已下降至0，對照組水箱的磷酸鹽則維持不變。

(3). 實驗討論

- ①對照組剛開始氨濃度會增加，數日後逐漸轉換成硝酸鹽和亞硝酸鹽，所以顫藻大量生長。有水蘊草並照光的水箱，水中的氨濃度未提高、亞硝酸鹽及硝酸鹽的數據也一直為0，我們認為是水蘊草吸收了水中的硝酸鹽，所以顫藻缺少了氮氮物，生長速度變較慢。
- ②有水蘊草並照光的水箱的磷酸鹽在數日後便下降至0，對照組水箱的磷酸鹽則維持不變。
- ③我們查閱文獻後了解水蘊草會分泌抗生素來抑制水中的顫藻，所以顫藻數量較少。但有水蘊草的水箱在日數增加時仍有部份顫藻持續生長，是否水蘊草分泌的抗生素有一定的量，因此顫藻仍可以少量生長，詳細原因可以再探究。

2. 實驗十 探討照光及金魚草對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因		金魚藻及照光	對照組
觀測日期			
目測 顫藻 生長量	5/21		
	5/31		
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		<p>圖48 金魚藻及照光對顫藻生長量影響比較直條圖</p>  <p>水箱底部透光率(%)</p> <p>87% (金魚藻及照光) 46% (對照組)</p> <p>複合水箱環境特徵</p> <p>圖 48 金魚藻及照光對顫藻生長量影響比較直條圖</p>	

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，對照組綠色面積較多且深，顯示顫藻數量較多，有金魚藻並同時照光的水箱中顫藻量較少，代表金魚藻同樣可以有效抑制水箱中顫藻生長。

(2). 水質檢測數據統計分析

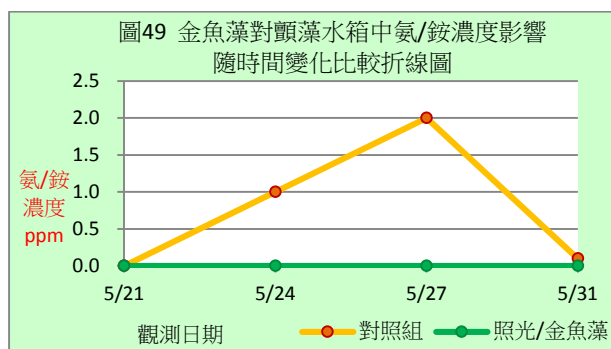


圖 49 金魚藻對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

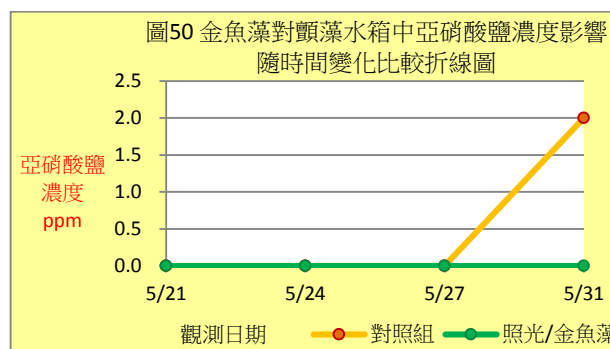


圖 50 金魚藻對顫藻水箱中亞硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

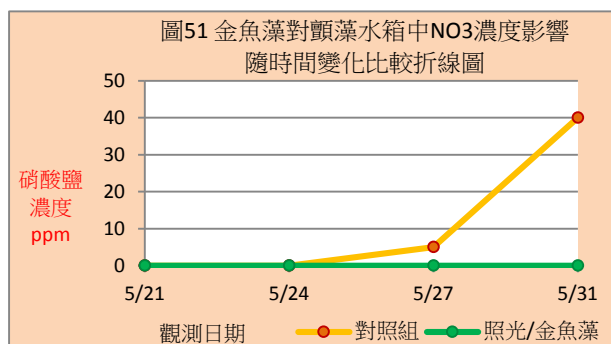


圖 51 金魚藻對顫藻水箱中 NO3 濃度影響隨時間變化比較折線圖

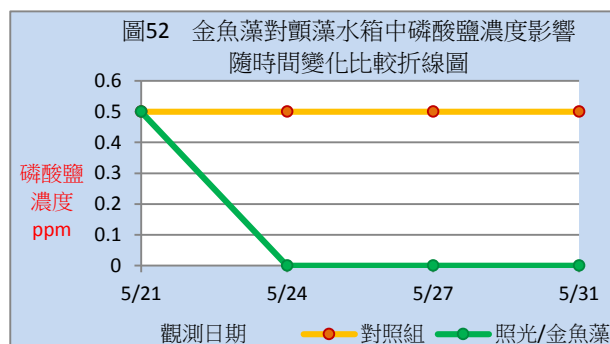


圖 52 金魚藻對顫藻水箱中磷酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖




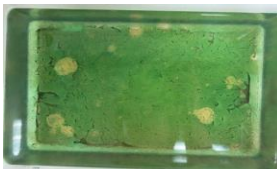
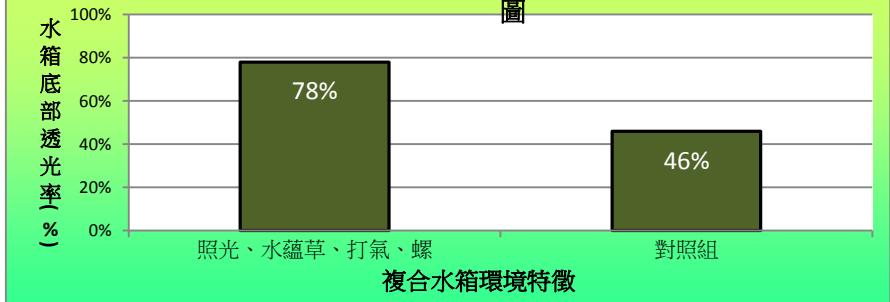
- ①對照組的水箱的氨濃度下降很慢，有金魚藻水箱的氨濃度未提高。金魚藻的水箱的亞硝酸鹽及硝酸鹽的數據皆為 0，而對照組的水箱分解成亞硝酸鹽及硝酸鹽在第二週及第三週才開始。
- ②金魚藻水箱的磷酸鹽在第二週已下降至 0，對照組水箱的磷酸鹽則維持不變。

(3). 實驗討論

- ①雖然實驗證明金魚藻可以有效抑制水箱中顫藻的生長，但並沒有文獻說明金魚藻像水蘊草會分泌某種抗生素來抑制水中的顫藻。另外，我們發現放置金魚藻的水箱和放置水蘊草的水箱一樣，水中的氨濃度會下降，並轉換成亞硝酸鹽及硝酸鹽後下降至 0，因此我們同樣認為是金魚藻吸收了水中了氨氮物，使顫藻生長速度較慢。
- ②綜合實驗九和實驗十，將水蘊草和金魚藻放入水箱都可以抑制顫藻的生長，而比較兩個水箱的實驗結果，目測觀察及透光率的差異性都不大，所以我們認為水蘊草分泌的抗生素物質應該非常少量，主要還是因為植物吸收了水中的氨氮物質，顫藻的營養來源減少，使顫藻生長速度較慢。

3. 實驗十一 探討照光、水蘊草、打氣及螺對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較

操縱變因		照光、水蘊草、打氣、螺	對照組
觀測日期			
目測 顫藻 生長量	5/21		
	5/31		
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		<p style="text-align: center;">圖53 照光、水蘊草、打氣、螺對顫藻生長量影響比較直條圖</p>  <p style="text-align: center;">複合水箱環境特徵</p> <p style="text-align: center;">圖 53 照光、水蘊草、打氣、螺對顫藻生長量影響比較直條圖</p>	

①比較目測生長量和水箱底透光率的測量結果，對照組綠色面積較多且深，顯示顫藻數量較多，有螺及水蘊草並同時照光和打氣組的顫藻量較少，表示可以有效抑制水箱中顫藻生長。

(2). 水質檢測數據統計分析

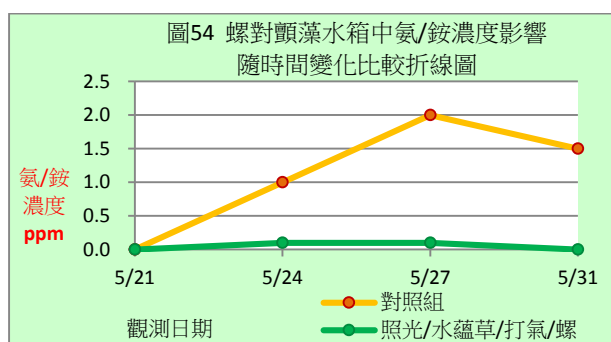


圖 54 螺對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

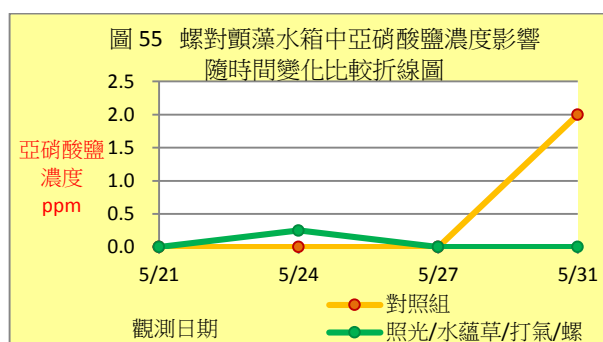


圖 55 螺對顫藻水箱中亞硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

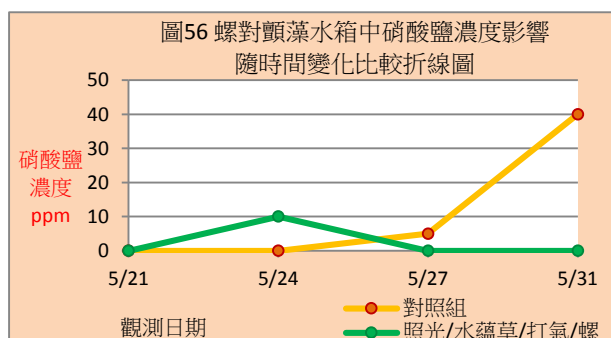


圖 56 螺對顫藻水箱中硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

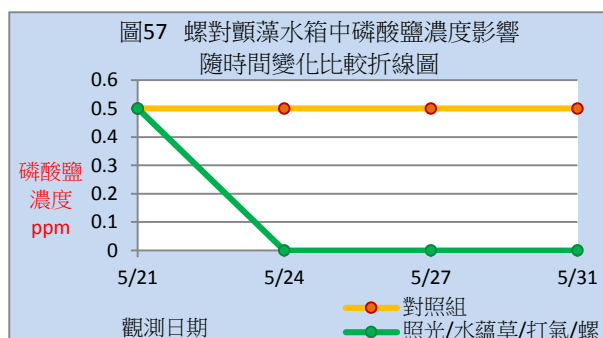


圖 57 螺對顫藻水箱中磷酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

- ①對照組的水箱的氨濃度較高，有螺的水箱的氨濃度較低。
- ②有螺的水箱的亞硝酸鹽及硝酸鹽的數據在第二週略為提高後再下降至 0，而對照組的水箱分解成亞硝酸鹽硝酸鹽在第三週及第四週才開始。
- ③水蘊草水箱的磷酸鹽在第二週已下降至 0，對照組水箱的磷酸鹽則維持不變。

(3). 實驗討論

- ①由氨及硝酸鹽的測量中，我們發現有螺的水箱，水中的氨濃度雖然會下降，但轉換成亞硝酸鹽及硝酸鹽後下降至 0 的速度卻較其他複合環境水箱慢。推測是因為螺雖然會吃水中的藻類，但本身也會排出氨氮，使氨氮分解的速度較其他水箱慢。

4. 實驗十二 探討照光、水蘊草、打氣及硝化菌對水箱中顫藻生長的影響

(1). 目測及透光率比較




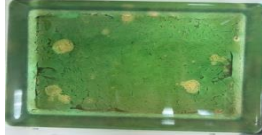
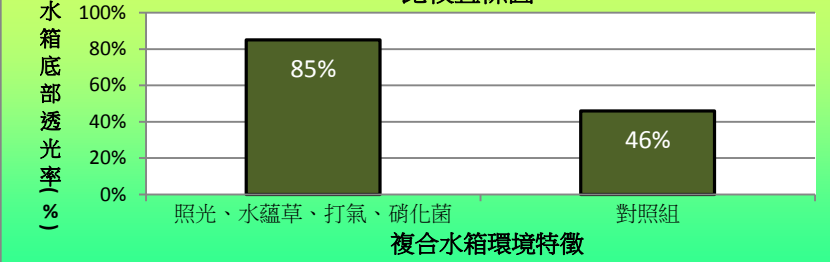
操縱變因		照光、水蘊草、打氣、硝化菌	對照組
觀測日期			
目測 顫藻 生長量	5/21		
	5/31		
水箱底透光率 透光率越高代表 顫藻生長量越少		<p>圖58 照光、水蘊草、打氣、硝化菌對顫藻生長量影響比較直條圖</p>  <p>水箱底部透光率(%)</p> <p>85% (照光、水蘊草、打氣、硝化菌) vs 46% (對照組)</p> <p>複合水箱環境特徵</p>	

圖 58 照光、水蘊草、打氣、硝化菌對顫藻生長量影響比較直條圖

①比較目測和透光率測量結果，有硝化菌及水蘊草並同時照光及打氣的水箱中顫藻量較少，表示是有效抑制水箱中的顫藻生長。

②整體複合環境雖然可以有效抑制顫藻的生長，但與單一因子時的情況差異不大。

(2). 水質檢測數據統計分析

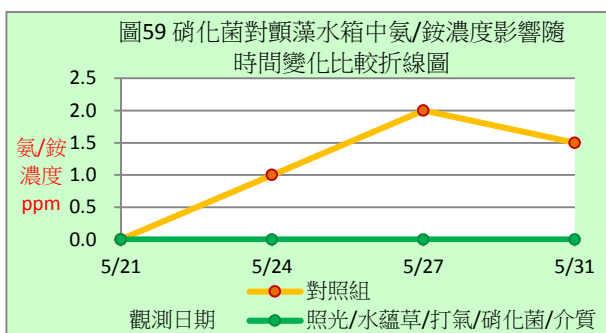


圖 59 硝化菌對顫藻水箱中氨/銨濃度影響隨時間變化比較折線圖

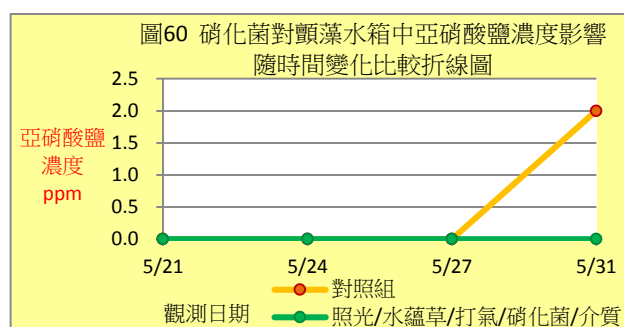


圖 60 硝化菌對顫藻水箱中亞硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

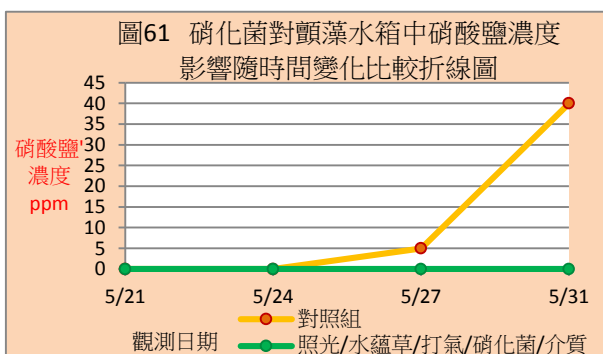


圖 61 硝化菌對顫藻水箱中硝酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

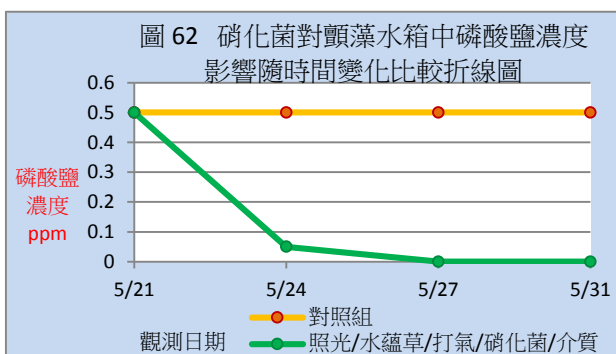


圖 62 硝化菌對顫藻水箱中磷酸鹽濃度影響隨時間變化比較折線圖

- ①對照組的水箱的氨濃度下降很慢，有硝化菌的水箱的氨濃度未提高。
- ②有硝化菌的水箱的亞硝酸鹽及硝酸鹽的數據皆為 0。
- ③有硝化菌的水箱的磷酸鹽在第二次已開始下降至，第三次記錄時已下降至 0，對照組水箱的磷酸鹽則維持不變。

(3). 實驗討論

- ①在單一因子實驗中，硝化菌抑制顫藻的效果並不好，查閱資料後發現硝化菌需要附著介質生長，且需要氧氣，故第二階段再重新實驗，便發現硝化菌是有效果的。
- ②有硝化菌及水蘊草並同時照光及打氣的水箱，水中顫藻量較少，可證明此水箱是有效抑制水箱中顫藻的生長。在第一階段實驗中，我們使用了硝化菌，但效果卻不好，我們查閱資料後發現硝化菌需要介質來附著生長，且需要氧氣，故第二階段在改善後重新實驗，便發現硝化菌是有效果的。

伍、 研究討論

1. 我們發現在水族箱中的氮循環是重要元素，由於餌料、魚屎等含氮元素在分解過程中所產生的物質會產生氨氮物質，經由硝化作用這些氨氮物質會進行分解成亞硝酸鹽，再分解成硝酸鹽（如圖 63），而這些氨氮物質是顫藻的營養來源，故加速水族缸內的氮元素分解或循環，較可以抑制顫藻的生長。經由水質檢測，我們發現水蘊草及金魚藻都會吸收磷酸鹽及氨氮物質，而吸收速度以水蘊草較快。減少氨氮物質可使顫藻生長速度變慢。

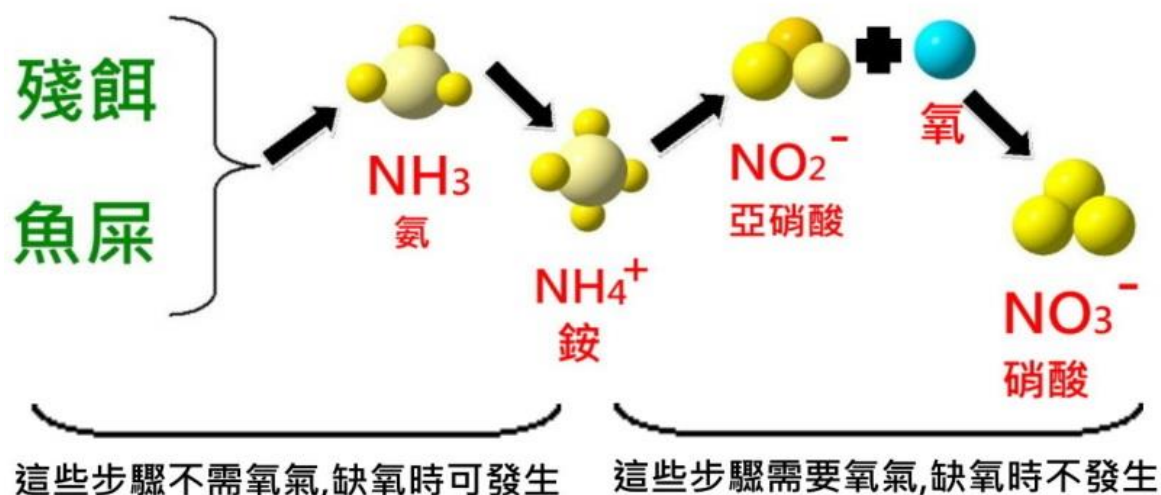


圖 63 氨氮物質分解步驟圖

2. 由文獻及實驗結果，我們發現氨分解成亞硝酸鹽，需要水中的有益菌（如：硝化菌）或是微生物來進行，若水中沒有益菌或微生物，氨氮物質及磷酸鹽都很難分解。但硝化菌是需要介質來附著及有氧的環境才可以生存。
3. 我們發現市面上雖然有抑制藻類的產品，但多使用化學方式，我們認為採用環境控制或是生物防治的方式，可能較不會傷害水生生物。
4. 經過多項實驗，我們發現有時會因為操作技術的問題，造成實驗結果的誤差，故下次進行實驗時應更加注意。

陸、 研究結論

經過我們一連串的實驗，我們對顫藻生長環境的限制有了更深的認識。

以下是我們目前的研究發現：

- 一、在各種不同的環境因子下，光線、打氣、水蘊草、金屬離子及飼料對抑制顫藻的效果較佳。而金屬離子中，顫藻對銅離子最敏感，生存較差。但金屬離子對生物傷害性較大，故不建議使用。
- 二、在複合環境因子中，有水蘊草、金魚藻及硝化菌的水箱對抑制顫藻的效果較佳。
- 三、在複合環境因子中，有螺的水箱雖然也可以抑制顫藻，但效果不如其他複合環境。
- 四、彙整以上環境因子的資料，若要使顫藻數量較少，維持水族箱缸壁清潔，建議水族箱必須打氣，光線要充足，種植水蘊草，適時培養或添加硝化菌，且餵食飼料要適當、不要過量。

柒、 參考資料

- 一、香港水族網。取自 <http://www.hkfishbook.com/blog/articles/1254>
- 二、沼澤缸之家。取自 <http://www.paludarium.net/>
- 三、潘致強（2005）。顫藻型態構造與滑動現象之探究。高雄市立中正高級中學學報，6。201-202。
- 四、沉水植物對於水中磷的去除之研究—以水蘊草為例。取自 <http://www.airtilibrary.com/Publication/alDetailedMesh1?DocID=U0001-1907200411105600>
- 五、環保署全國水質監測資訊網。取自 <http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/Default.aspx>
- 六、藻也碳息--二氧化碳濃度對浮游藻類生存之影響。取自 <http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/48/high/031716.pdf>
- 七、中山大學海洋生物研究所。取自 <http://www.mbi.nsysu.edu.tw/vekin/novel/aquaculture/nitrification/nitro.htm>
- 八、水生動物疾病診斷輔助系統。取自 <http://aqua.nvri.gov.tw/disSheet.aspx?id=k2xuVXQIEGk%3D>
- 九、教育部數位教學資源入口網。取自 http://content.edu.tw/junior/bio/tc_wc/textbook/ch10/supply10-2-0.htm

【評語】 080311

此件作品探討顫藻生長條件，並得到氮循環對顫藻生長有決定性影響的結論，並建議同時培養水蘊草或金魚藻能抑制顫藻生長，實驗設計以及結果清楚，也有明確的結論。惟實驗條件的變因、機制和結論皆屬於已知的範圍，而且實驗設計忽略了水族箱最重要的觀賞魚成分，可再加強。