2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告格式

題目名稱：「氯」色奇蹟：水域重生之水中去優養化

一、摘要

台灣全國水庫優養化比例高達六成五，而造成優養化的元兇，正是進行濫墾與農業施肥的人類。雖然依目前淨水技術去除藻類不是問題，但藥物控制仍然引起人們對於水質的疑慮，因此我們希望透過研究「水中去優養化」的實驗，使用日常可得的食鹽進行近一步實驗研究。

實驗中我們改變食鹽克數、電解電壓、電解時間，藉由光譜圖分析葉綠素 a 波峰與 BOD，探討藻類去優養化的最佳化條件。最後我們發現藻類溶液加入 3g 食鹽電解 7V、12 分鐘的效果最佳，而實驗結果也大致與理論結果相符。

二、探究題目與動機

台灣很多水庫、河川，甚至魚塭都會因為人類施肥、排放污水，讓水中營養鹽濃度過高，導致藻類大量繁殖，水變綠、發臭，嚴重的還會讓魚類缺氧死亡。除了水庫都處於優養化狀態外，最近幾年也因為氣候變遷造成南部地區發生缺水問題愈發嚴重。讓我們開始意識到水資源的珍貴，也開始思考是不是應該找到一種簡單又有效的方法，把已經受污染的水域救回來？

雖然現在的淨水技術已經能處理藻類問題，但很多都是靠加藥劑或是大型設施來運作，不只費用高，也可能會產生副作用，像是讓水中殘留有害物質。我們在討論的時候就覺得，如果有一種方式，不需要加太多化學藥劑，也不會污染環境，甚至可以在家庭、社區或農村自己操作，那會不會更好？於是我們設計實驗，想嘗試看看能不能用「食鹽加電解」的方式，利用產生的氯氣來破壞藻類結構，達到去優養化的效果。

三、探究目的與假設

一、目的：探討優養化藻類電解後之葉綠素 a 吸收度、BOD 之最佳化條件

二、假設：

1. 實驗一、改變食鹽克數
2. 實驗二、改變電解電壓
3. 實驗三、改變電解時間

四、探究方法與驗證步驟

一、實驗器材

1. 直流電源一台、電線 2 條(正負極)、量筒 2 個、滴管、燒杯、樣品瓶、懸滴玻片、碳棒、塑膠瓶、橡皮管、白金絲
2. 藻類、蒸餾水、$NaCl_{(s)}$、雙氧水、$MnO_{2(s)}$
3. 溶氧機、光譜儀、複式顯微鏡

二、實驗方法

1. 配置溶液(分為實驗組（加 NaCl 電解）及對照組（加 NaCl 不電解）)
   (1) 取優養化之藻類母液 15ml
   (2) 分別加入定量食鹽
2. 實驗步驟
   (1) 電解藻類溶液（正負極皆為碳棒且不可互相接觸）
   (2) 利用光譜儀測量藻類溶液之葉綠素 a 吸收度
   (3) 用鋁箔紙將藻類溶液瓶包裹，使其不暴露於光線之下
   (4) 製氧(雙氧水加二氧化錳)並將藻類溶液通入氧氣後，測量其 BOD
   (5) 澡液放入放入恆溫、陰暗處 5 天後，再測量 BOD

三、實驗驗證

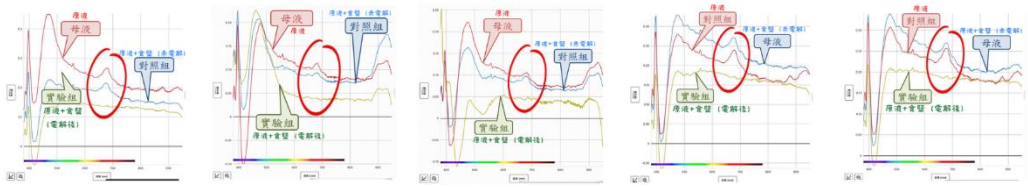
1. 實驗一、改變食鹽克數
   (1) 數據整理

項目	母液	對照組 1g	對照組 1.5g	對照組 2g	對照組 2.5g	對照組 3g
BOD	11.5	10.8	10.1	9.8	10.2	10
項目	-	實驗組 1g	實驗組 1.5g	實驗組 2g	實驗組 2.5g	實驗組 3g
BOD	-	8.9	8.6	8.5	8.4	7.3

表一、食鹽克數對 BOD 之影響數據

   (2) 作圖

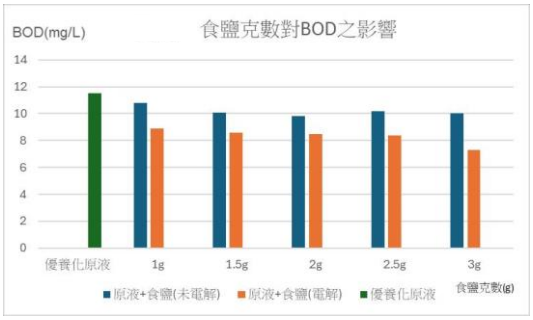
① 光譜圖



圖一　圖二　圖三　圖四　圖五

圖一～圖五 、加入不同食鹽克數之溶液光譜圖

② BOD



表二、食鹽克數對 BOD 之影響作圖

(3) 結論

經過實驗一後得出加入 1g~3g 的食鹽量皆能成功去優養化。不過根據實驗結果，我們選擇耗氧量最低的 3 克：以每 15mL 的藻類溶液加入 3g 的食鹽為控制變因，進行後續實驗。

2. 實驗二、改變電解電壓

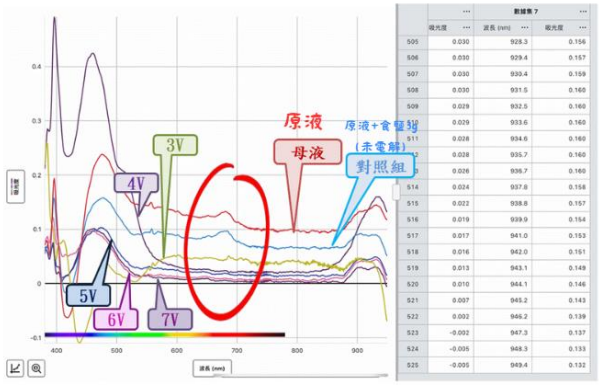
(1) 數據整理

項目	母液	對照組	實驗組 3V	實驗組 4V	實驗組 5V	實驗組 6V	實驗組 7V
BOD	11.8	11.4	9.8	8.7	8.5	8.6	8.3

表三 、電解電壓對 BOD 的影響數據

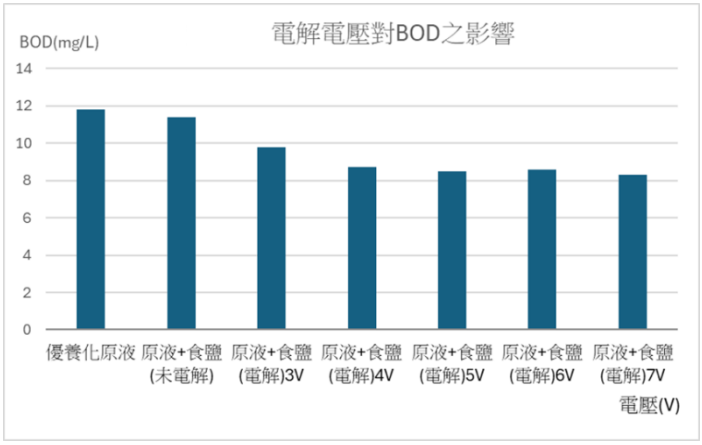
(2) 作圖

① 光譜圖



圖六、不同電壓電解溶液之光譜圖

② BOD



表四 、電解電壓對 BOD 的影響作圖

(3) 分析

① 由葉綠素 a 吸收度

電壓 3V 的波峰未完全消失，其餘的變因皆能看出實驗組的波峰消失，證明

已完成去優養化的效果。

② 由 BOD

只有電壓 3V 的 BOD 數值略高於其餘實驗組的數值，可推論出其液體中可能存在些許藻類，沒有完全去優養化。

3. 實驗三、改變電解時間

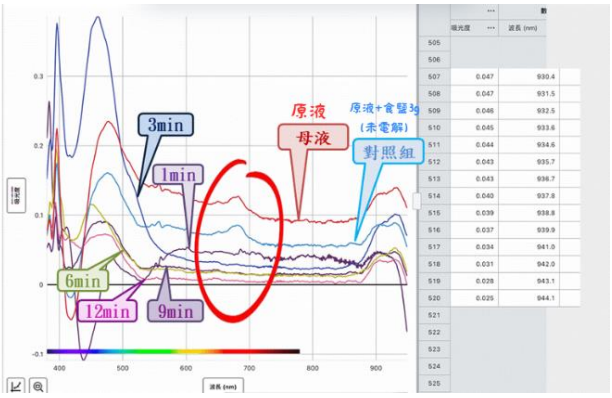
(1) 數據整理

項目	母液	對照組	實驗組 1min	實驗組 3min	實驗組 6min	實驗組 9min	實驗組 12min
BOD	11.8	11.4	10.2	8.7	8.6	8.5	8.1

表五、電解時間對 BOD 之影響數據

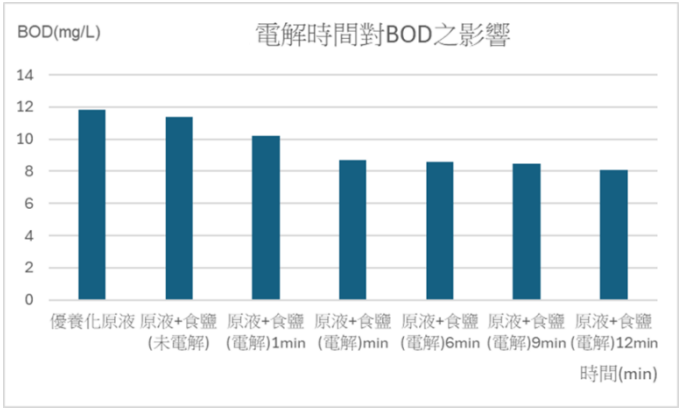
(2) 作圖

① 光譜圖



圖七、不同電解時間電解溶液之光譜圖

② BOD



表六、電解時間對 BOD 之影響作圖

(3) 分析

① 由葉綠素 a 吸收度

電解 1 分鐘的波峰未完全消失，其餘的變因皆能看出實驗組的波峰消失，證明已完成去優養化的效果。

② 由 BOD

只有電解 1 分鐘的 BOD 接近對照組的數值，可推論出其液體中可能存在些許藻類行呼吸作用，耗氧量大，故沒有完全去優養化。

四、定性實驗

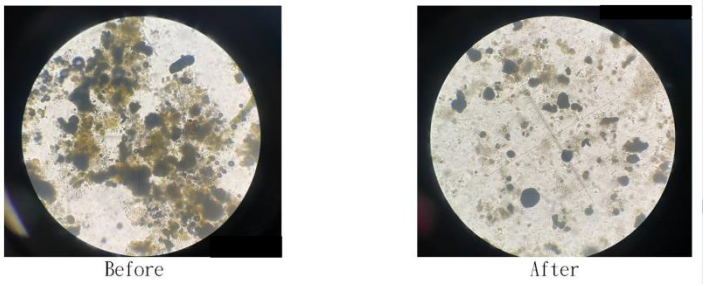
1. 實驗方法

以懸滴玻片為電解槽，取藻類加飽和食鹽水，以 6V 電解，觀察並紀錄顏色變化

2. 分析

(1) 淡水混合藻類

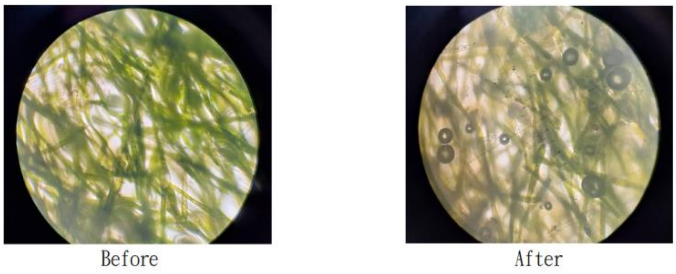
→電解混合藻，以複式顯微鏡 100X 觀察，藻類的含量在畫面中明顯減少許多(由綠色的範圍來觀察)，成功去優氧化。



圖八、電解淡水混合藻前後對照顯微圖(100X)

(2) 球藻

→電解球藻，以複式顯微鏡 100X 觀察，能見電解後顏色較電解前淺，且含氣泡，為陽極產生的氯氣。



圖九、電解球藻前後對照顯微圖(100X)

五、結論與生活應用

1. 結論

(1) 母液與對照組因尚未電解，內含較多藻類，分解需氧量應大於已電解過的實驗組。

(2) 所有變因中，除了實驗二中的電壓 3V，及實驗三中的電解 1 分鐘兩項以外，皆成功去優養化。

(3) 在加入的食鹽充足的前提下，仍需足夠的時間及電壓，去優養化才會成功。

2. 生活應用

(1) 以電解食鹽水方式，淨化水庫或魚塭等水域：

台灣許多水庫面臨藻類過量問題，傳統方式如藥劑處理易造成二次污染。以食鹽水電解產生氯氣，能有效破壞藻類細胞，未來可設計應用在水庫清理前置處理、魚塭藻類過多時的快速處理方案、人工濕地或生態池維護等議題處裡。

(2) 建置社區級或家庭型「去優養化」水再利用系統：

雨水回收或農村再生水若含過多營養鹽，易造成藻類繁生。透過簡單的電解含鹽水過程，即可有效抑制藻類生長，提升水質再利用安全性。可應用於家庭雨水過濾系統中的一環、社區農業灌溉水源的預處理、學校或機關的永續環保教育示範等。

參考資料

1. 自由時報(2022 年 06 月 13 日)。水庫優養化嚴重　環團憂飲用水變喝藥水。https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1522661
2. 農業部水產試驗所(2015 年 05 月 02 日)。漁業問答。https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=310&s=34995
3. 蔣守銘、高信福、蔡國鈞(無日期)。廢水處理實務心得：細說 BOD。https://proj.ftis.org.tw/eta/epaper/PDF/ti054-1.pdf
4. 國家圖書館期刊文獻資訊網(2002 年 12 月)。水稻單葉光譜特徵與葉綠素濃度之關係。https://reurl.cc/DjZV6m
5. 環境部全國環境水質監測資訊網(2020 年 05 月 28 日)。生化需氧量（Biochemical oxygen demand , BOD5）。https://wq.moenv.gov.tw/EWQP/zh/Encyclopedia/NounDefinition/Pedia_04.aspx
6. 泛科學(2021 年 03 月 17 日)。讓水生生物窒息的綠色殺手——優養化。https://pansci.asia/archives/322964
7. 科學 Online - 國立臺灣大學(2014 年 9 月 24 日)。優養化(Eutrophication)(一)。https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=57141