

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040719

海中的環保者-重金屬對牟氏角毛藻影響之探討

學校名稱：高雄縣立林園高級中學

作者：	指導老師：
高二 蘇宗耀	李憶萍
高二 許雅鈴	邱宏江
高二 王炬聖	

關鍵詞：牟氏角毛藻

壹、 摘要：

我們所居住的林園，是重金屬污染嚴重的地區，而矽藻是環境污染的指標，矽藻受不同重金屬的污染不同，且對不同重金屬的吸收能力也不同，如果可以將矽藻的生長當成污水指標，將是更好的生物自動檢測污水的方法，未來甚至可應用於水族除藻功能，將重金屬加入適當濃度於水族箱中，以除去惱人的黑毛藻…與其它綠藻，相信也是未來可以研究的方向之一。由本實驗利用硫酸銨鎳、硫酸鋅、碘化鉛、硫酸錳、硫酸銅對牟氏角毛藻的污染，另外還利用導電度來測量牟氏角毛藻對重金屬的吸收能力。

貳、 實驗動機：

長久生長在林園的我們，經過工業區長久的污染，已經是忍無可忍，所以我們一定要找出一種能制止工業污染的方法，不再讓他們繼續污染我們美麗的環境。而與我們人類最為相關的就非水莫屬了，水在人體及地球佔了七成左右的大比例，所以我們決定從水開始下手。而且工業中排放出的污染大多數都是重金屬，如砷(As)、鉻(Cr)、汞(Hg)、鉛(Pb)、鋅(Zn)、錳(Mn)、銅(Cu)、銀(Ag)、鎳(Ni)...這些重金屬囤積在人體對人體會產生嚴重不良的影響：鎳(Ni)為呼吸系統致癌因子，引發皮膚過敏，WHO 認為鎳(Ni)會造成過敏性病症，如皮膚炎，但主要是經由皮膚接觸而非食入，鎳(Ni)可能還會造成體重減輕、肝臟機能之損害；鋅(Zn)使消化系統失調，神經學上的影響，濃度長期超過 5mg/L 時，會導致煮沸容器壁上產生乳白色滑膩之薄膜；鉛(Pb)對腎臟、神經系統造成危害，對兒童具高毒性；錳(Mn)屬人體必要微量元素之一，但極少出現因缺乏錳而產生之病症，目前仍無證據顯示會導致腫瘤發生；銅(Cu)農作物對銅的吸收仍不顯著，在植物體內傳導性更低，故當人體食用生長在嚴重銅污染土壤之作物時，應仍無虞銅之危害。(參 1)因為林園地區靠海，所以我們經常到海邊遊玩，而在遊玩的同時，常常發現海面上漂浮著褐色的物質，這種褐色的物質便是矽藻，而我們所居住的林園，又是重金屬污染嚴重的地區，因此想以重金屬測試對矽藻的影響。

參、 實驗目的：

一、觀察牟氏角毛藻在不同濃度重金屬之外觀及顏色變化

1.比較各種不同濃度(1ppm.3ppm.5ppm)的重金屬〔NiSO₄(NH₄)₂SO₄、ZnSO₄、PbI₂、MnSO₂、CuSO₂〕對牟氏角毛藻的影響

二、重金屬對牟氏角毛藻葉綠體的影響

觀察何種濃度的重金屬溶液容易使牟氏角毛藻的葉綠體變形

三、牟氏角毛藻是否能吸收重金屬

肆、 實驗設備與器材

量筒	燒杯	滴管	錐形瓶	蒸餾水
試管	電子秤	秤紙	尿素	矽
複式顯微鏡	硫酸銨鎳	碘化鉛	硫酸鋅	硫酸錳
硫酸銅	數位相機	海水	攜帶型瓦斯爐	蓋玻片
載玻片	玻璃棒	溫度計	杓子	針筒
陶瓷網	安培計	電壓供應器	碳棒	秤紙
洗滌瓶	高濃度牟氏角毛藻液			

伍、 實驗方法：

一、將 1600ml 的牟氏角毛藻溶液平均置於 16 瓶 250ml 的錐形瓶中
分別為：

(一)對照組(未滴入任何化學藥品的牟氏角毛藻液) 共一瓶

(二)滴入硫酸銨鎳、硫酸鋅、碘化鉛、硫酸錳、硫酸銅的牟氏角毛藻液(濃度為 1ppm.3ppm.5ppm)
各三瓶，共 15 瓶

二.將化學藥品分別滴入牟氏角毛藻液中
分別為：

將硫酸銨鎳、硫酸鋅、碘化鉛、硫酸錳、硫酸銅溶液(濃度為 1ppm.3ppm.5ppm)各取出 5ml
滴入，並標號

三.沉澱量的計算：

將錐形瓶底下的牟氏角毛藻沉澱量面積以直徑單位 2mm 的圓計算其沉澱的量，再以折線圖
方式呈現。

四.葉綠體的觀察：

以複式顯微鏡觀察，再用數位相機拍攝

五.以電壓供應器接毫安培計(mA)來測加入重金屬的牟氏角毛藻溶液的導電度變化

陸、 實驗過程

一、重金屬水溶液的濃度配置：

〈一〉 1ppm

- 1.將 1g 的重金屬粉末加入 99ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.01(W%)
 - 2.再將(法 I)取 10ml 加入 90ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.0001(W%)
 - 3.再將(法 II)取 10ml 加入 90ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.000001(W%)
- 則重金屬溶液的濃度為 1ppm

〈二〉 3ppm

- 1.將 3g 的重金屬粉末加入 97ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.03(W%)
- 2.再將(法 I)取 10ml 加入 90ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.0003(W%)
- 3.再將(法 II)取 10ml 加入 90ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.000003(W%)則重金屬溶液的濃度為 3ppm

〈三〉 5ppm

- 1.將 5g 的重金屬粉末加入 95ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.05(W%)
 - 2.再將(法 I)取 10ml 加入 90ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.0005(W%)
 - 3.再將(法 II)取 10ml 加入 90ml 的蒸餾水中，此時濃度為 0.000005(W%)
- 則重金屬溶液的濃度為 5ppm

二、牟氏角毛藻液的配置：

將 1400ml 的乾淨海水煮沸至 110 度並持續 30 秒，再以 RO 水將加熱散失的水補滿 1600ml(使鹽度不增高)，使其恢復室溫後，將 200ml 的高濃度牟氏角毛藻液倒入，再各加 2ml 的矽及尿素，我們所需的牟氏角毛藻液就此完成。

三、觀察：

觀察起初、第一、二、三天的顏色變化及第一、二、三天的矽藻沉澱量，並以複式顯微鏡觀察其葉綠素的變化再用數位相機放大拍攝。

四、測量實驗初末牟氏角毛藻的導電度：

以電壓供應器接毫安培計測量實驗初末牟氏角毛藻的導電度變化，來觀察牟氏角毛藻對重金屬離子的吸收能力。

柒、 實驗結果：

一、沉澱量(直徑 2mm 的圓)

(一)對照組：

起初：沉澱量為 0

第一、二、三天：沉澱量為 0 ± 0.1 單位

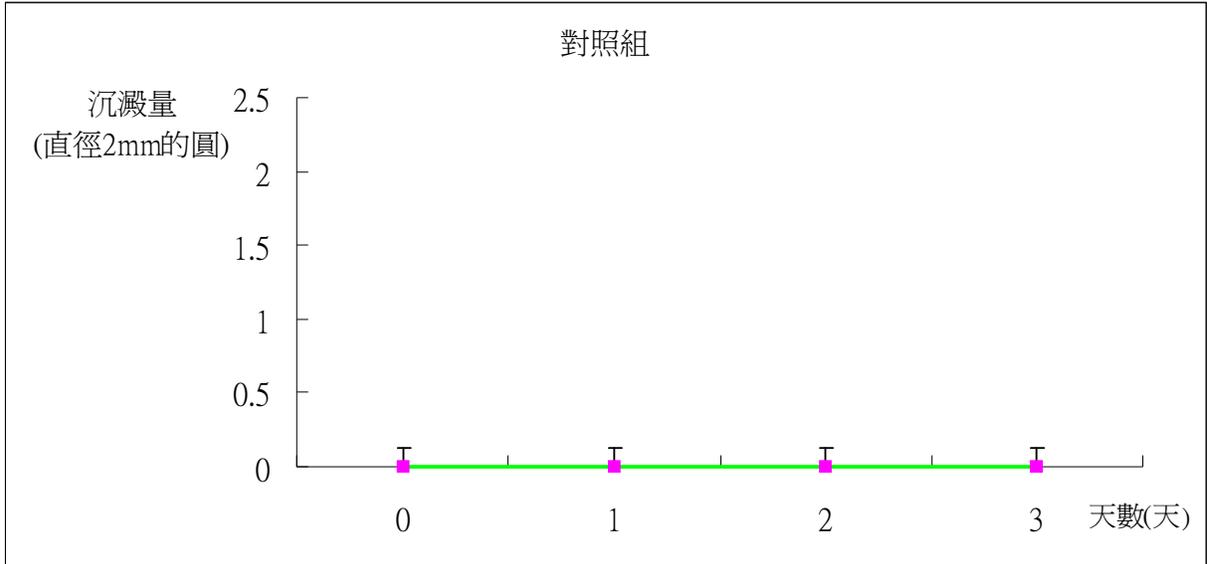


圖-a-1-1

(二)硫酸銨鎳：

1.硫酸銨鎳 1ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 0.6 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

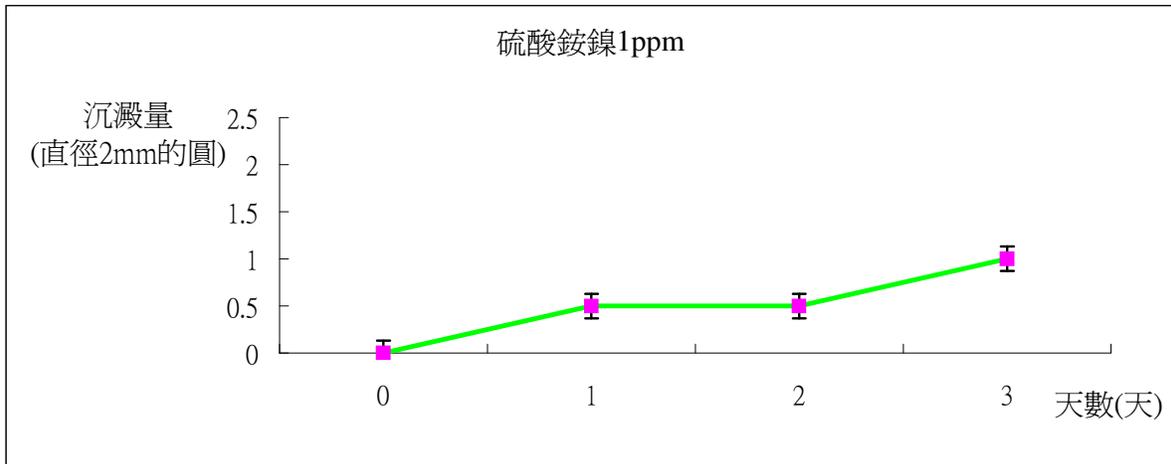


圖-a-2-1

2. 硫酸銨鎳 3ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.4 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

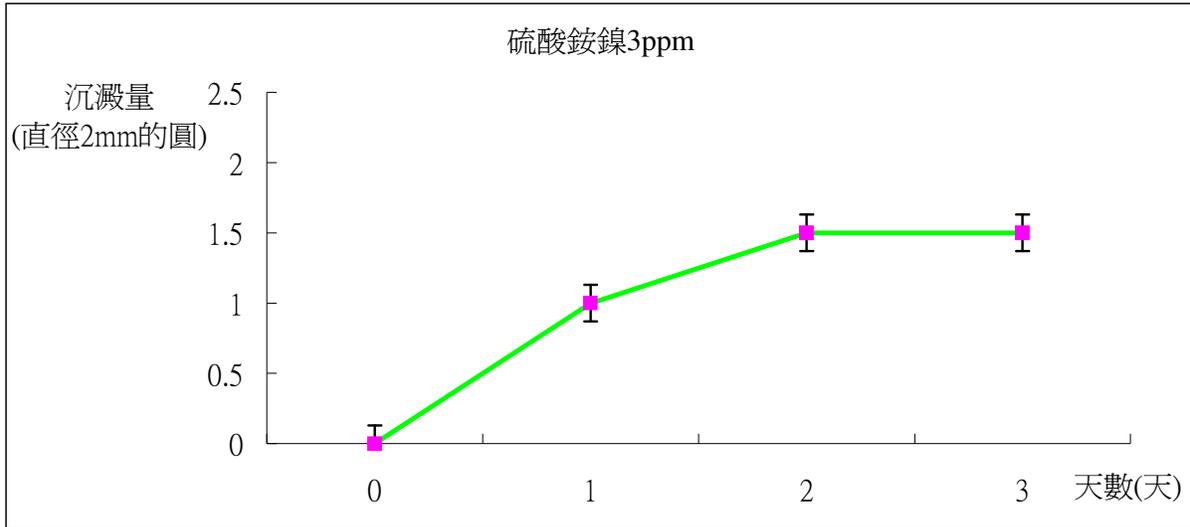


圖-a-2-2

3. 硫酸銨鎳 5ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1.4 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

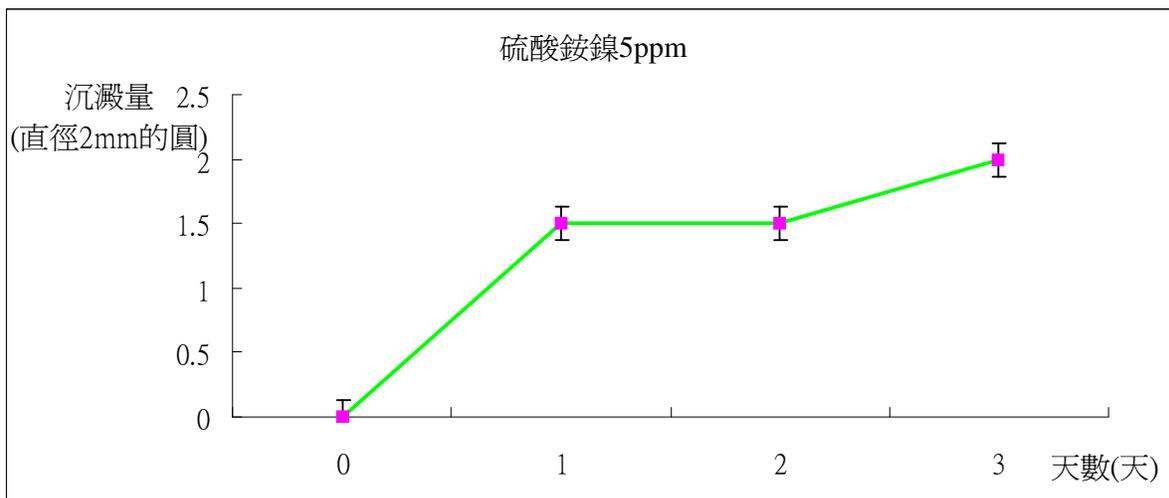


圖-a-2-3

(三)硫酸鋅：

1.硫酸鋅 1ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 0.6 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

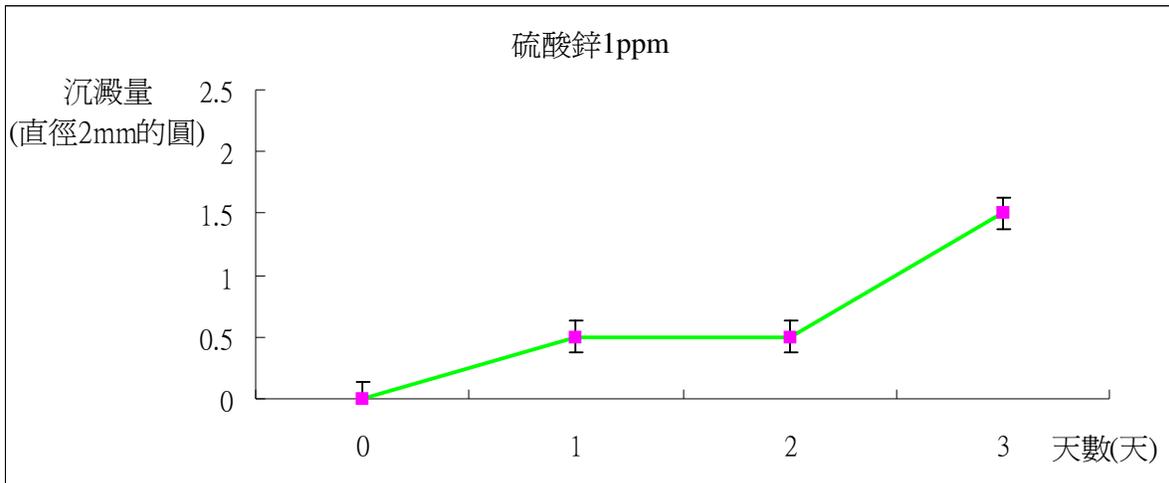


圖-a-3-1

2.硫酸鋅 3ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.4 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

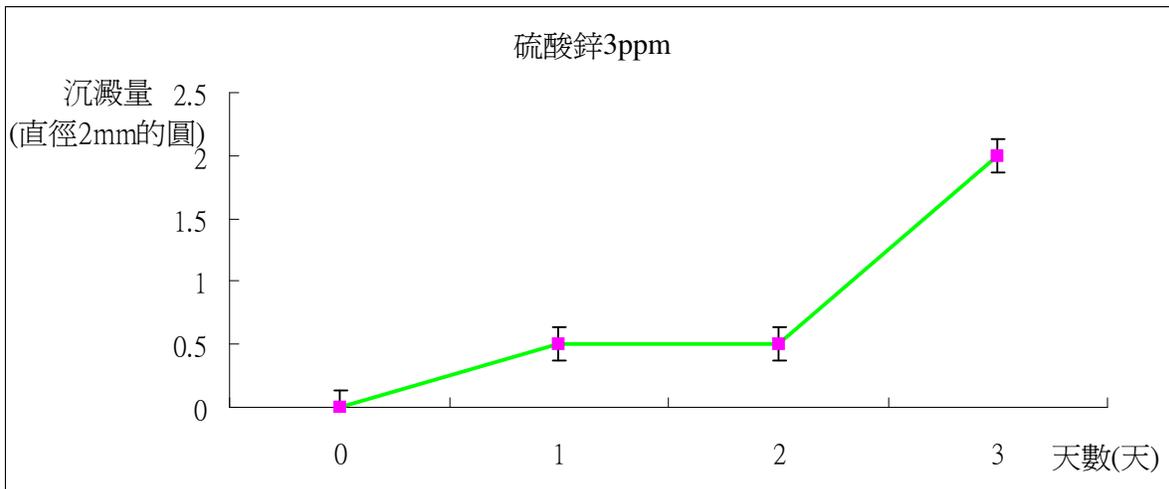


圖-a-3-2

3.硫酸鋅 5ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

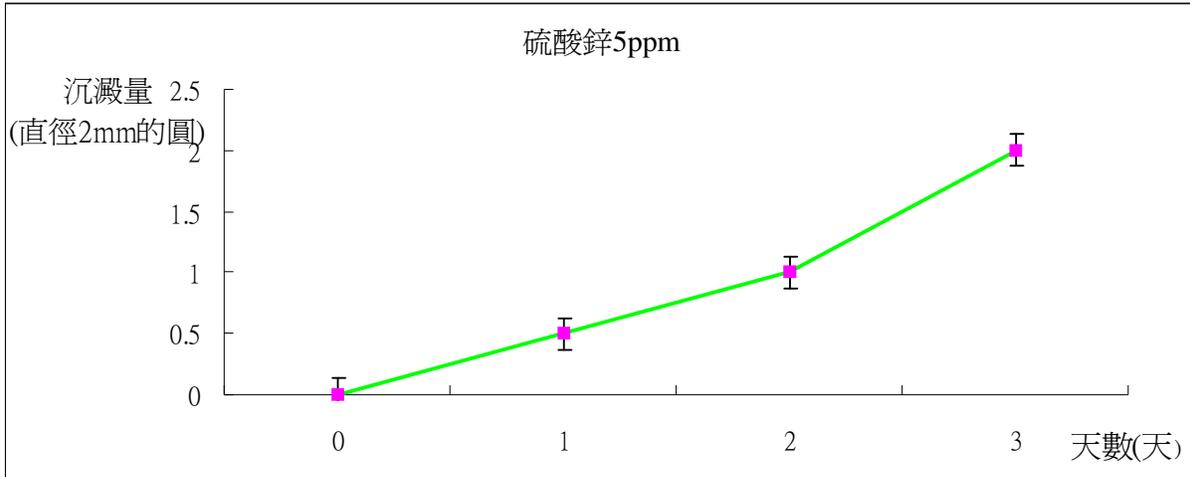


圖-a-3-3

(四)碘化鉛：

1.碘化鉛 1ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.9 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

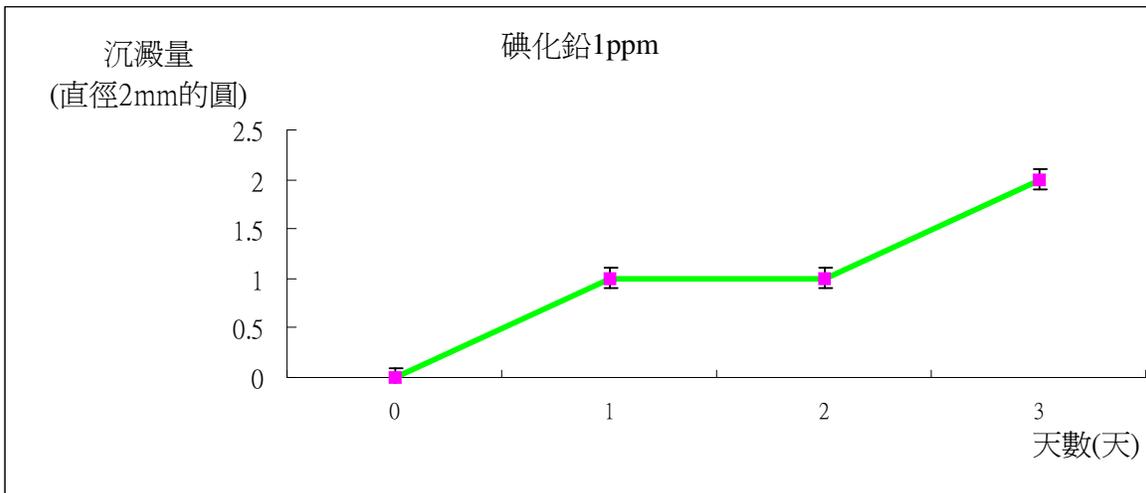


圖-a-4-1

2.碘化鉛 3ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

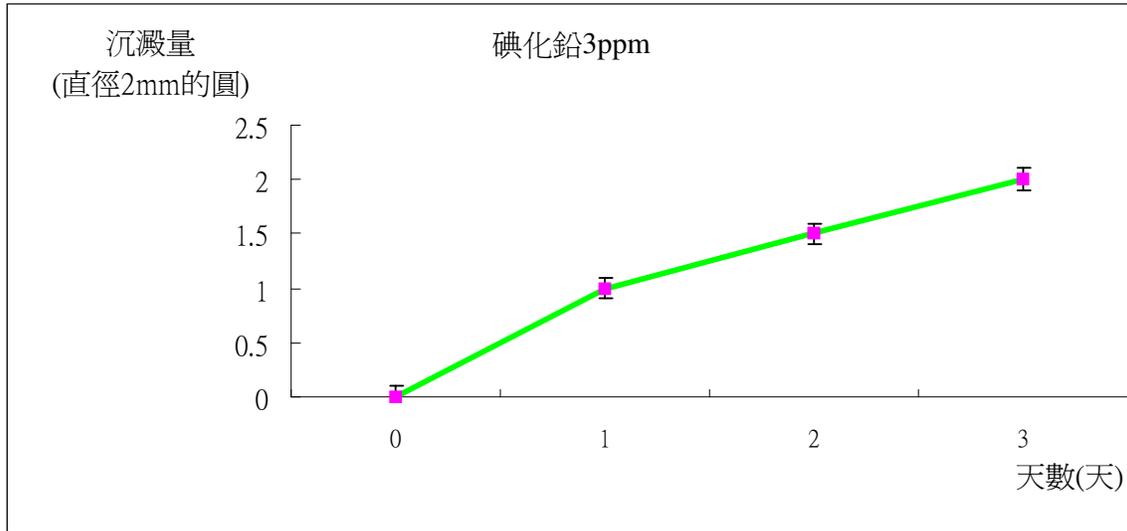


圖-a-4-2

3.碘化鉛 5ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.8 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

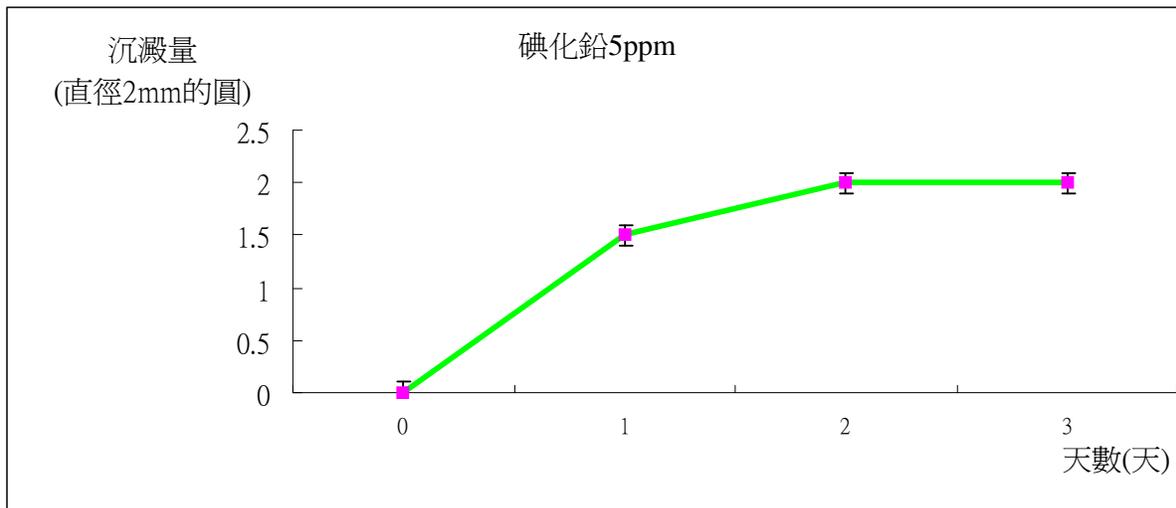


圖-a-4-3

(五)硫酸錳：

1.硫酸錳 1ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

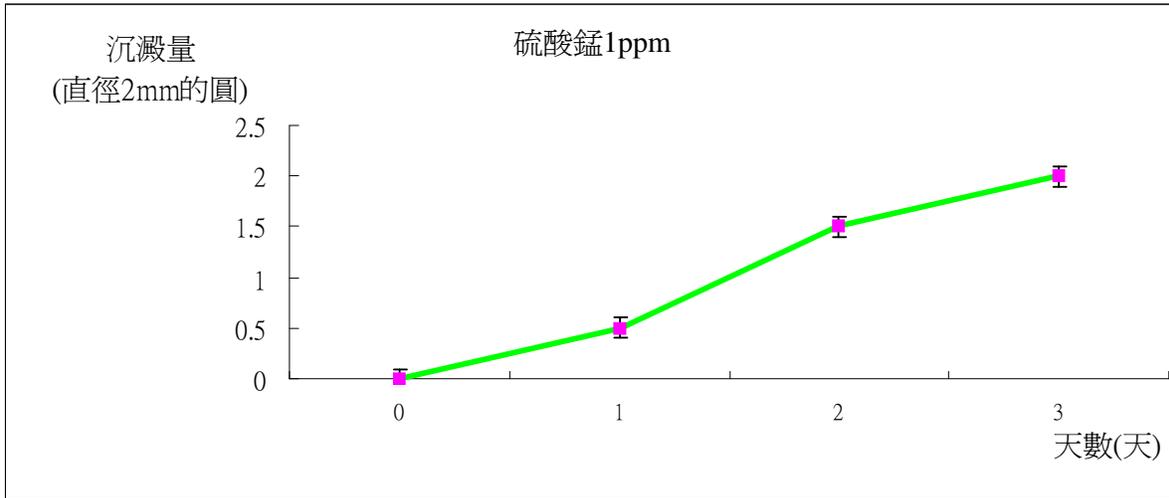


圖-a-5-1

2.硫酸錳 3ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

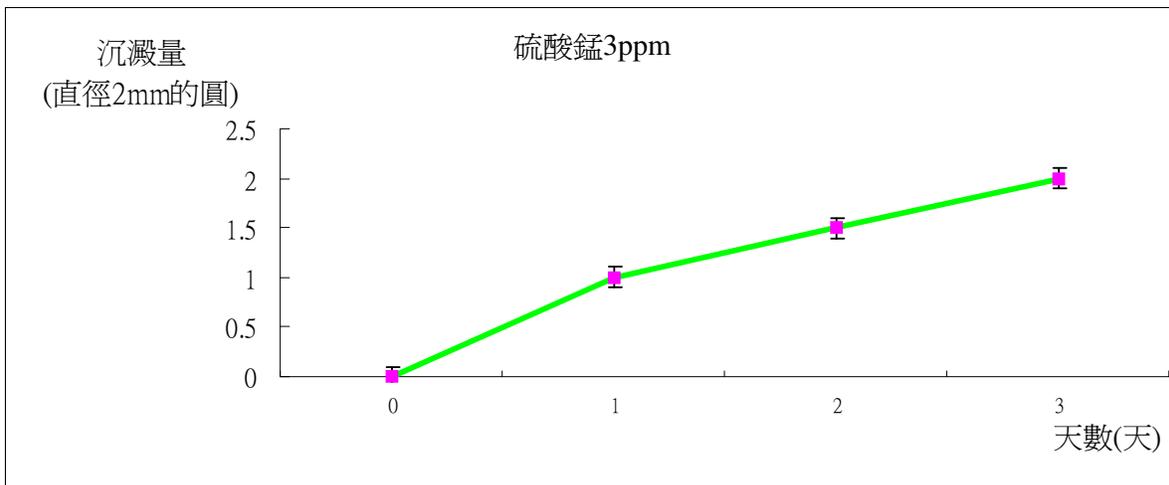


圖-a-5-2

3. 硫酸錳 5ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

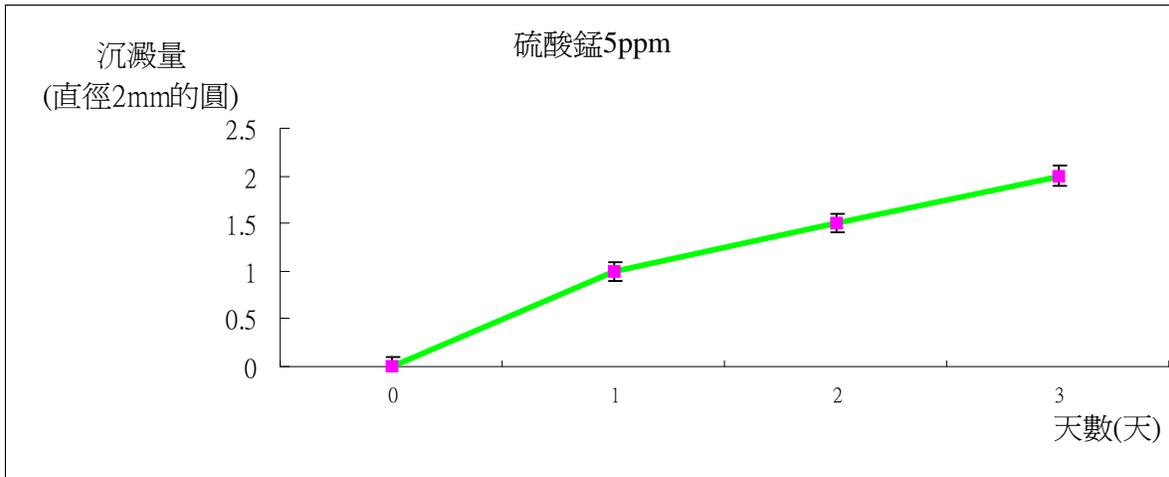


圖-a-5-3

(六) 硫酸銅：

1. 硫酸銅 1ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 0.6 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

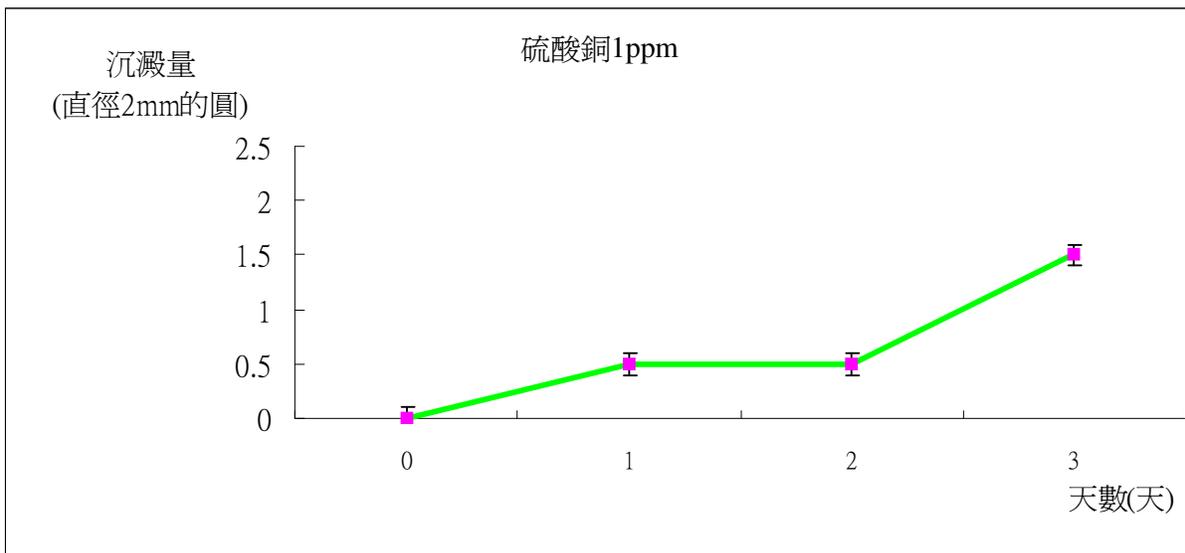


圖-a-6-1

2. 硫酸銅 3ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 0.5 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

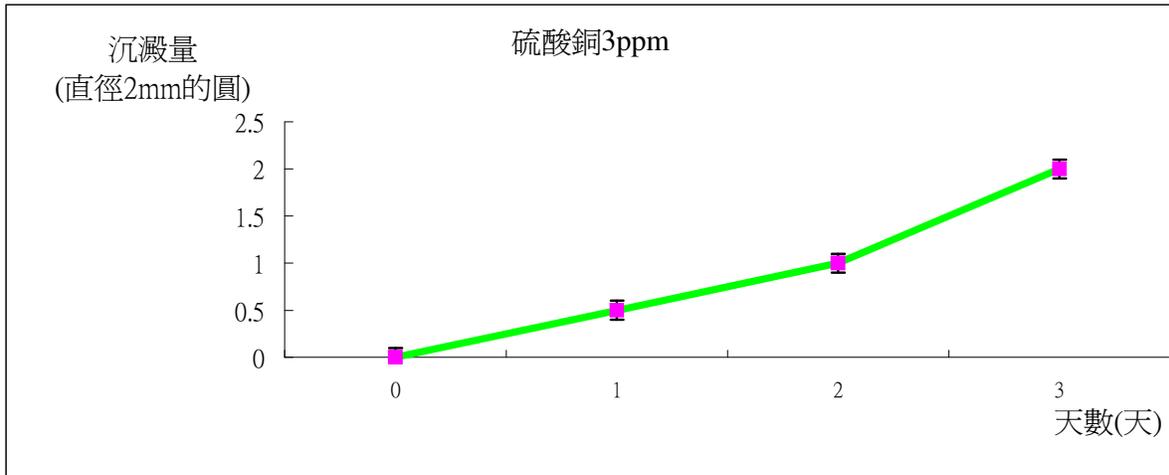


圖-a-6-2

3. 硫酸銅 5ppm 滴入牟氏角毛藻液

起初：沉澱量為 0

第一天：沉澱量為 1 ± 0.1 單位

第二天：沉澱量為 1.5 ± 0.1 單位

第三天：沉澱量為 2 ± 0.1 單位

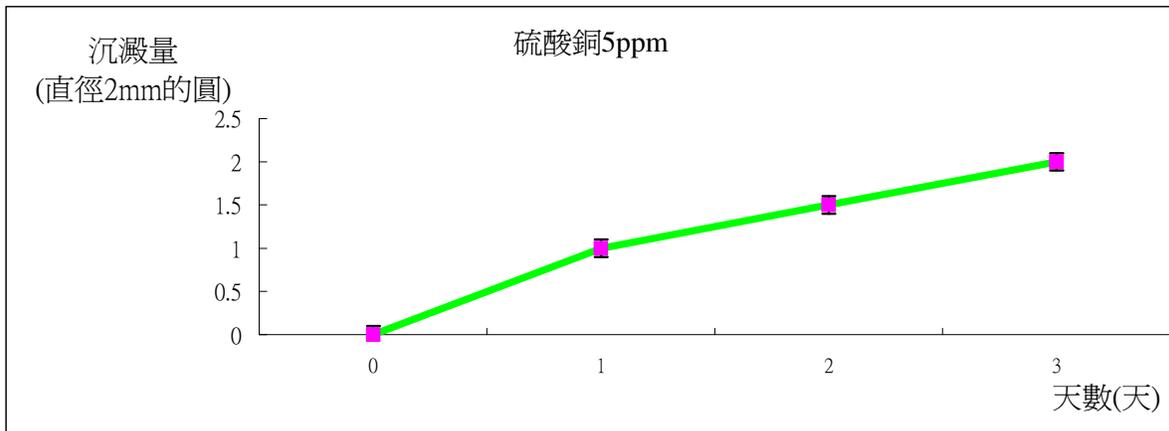


圖-a-6-3

二、測試牟氏角毛藻吸收重金屬對葉綠體的影響

1. 對照組：

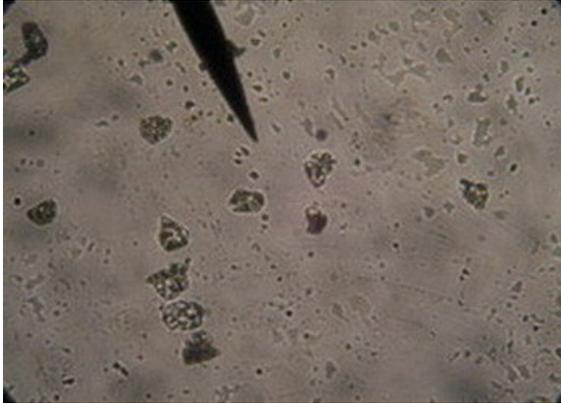


圖-d-1-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-1-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-1-3 第三天牟氏角毛藻的外型

2. 硫酸鉍鎳：(1) 1ppm



圖-d-2-1-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-2-1-2 第二天牟氏角毛藻的外型

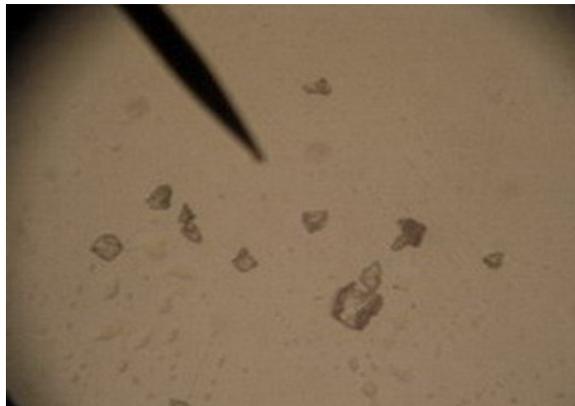


圖-d-2-1-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(2) 3ppm



圖-d-2-2-1 第一天牟氏角毛藻的外型

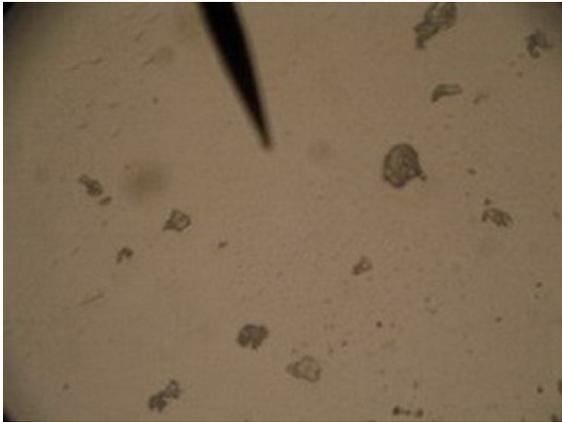


圖-d-2-2-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-2-2-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(3) 5ppm

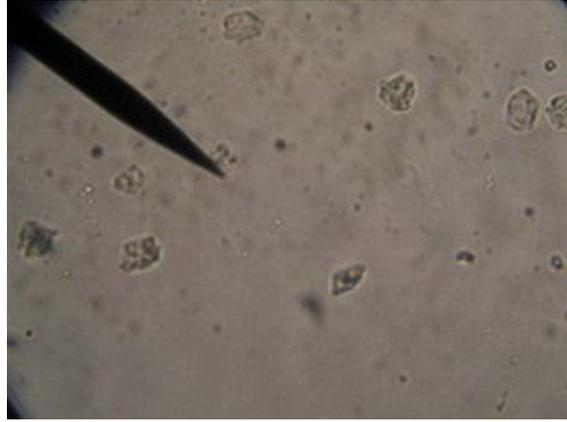


圖-d-2-3-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-2-3-2 第二天牟氏角毛藻的外型

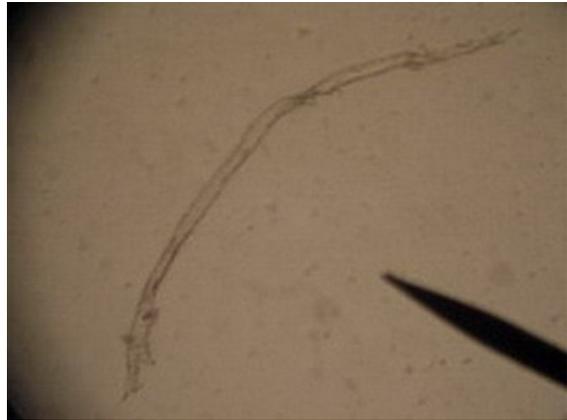


圖-d-2-3-3 第三天牟氏角毛藻的外型

3. 硫酸鋅：

(1) 1ppm

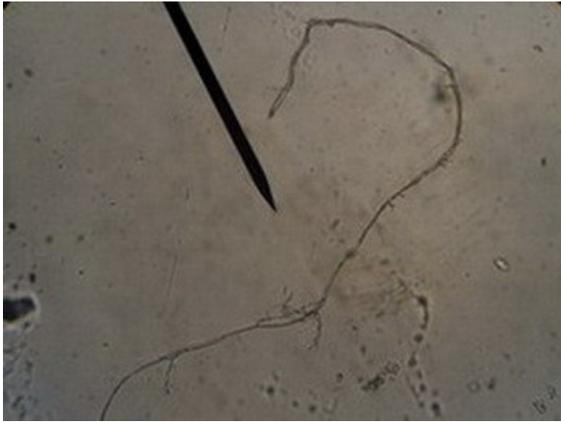


圖-d-3-1-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-3-1-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-3-1-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(2) 3ppm

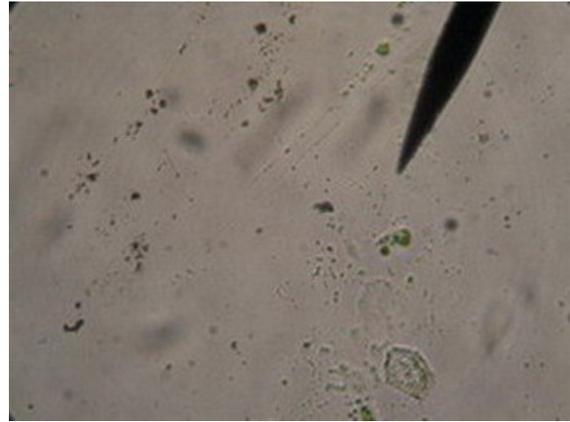


圖-d-3-2-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-3-2-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-3-2-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(3) 5ppm

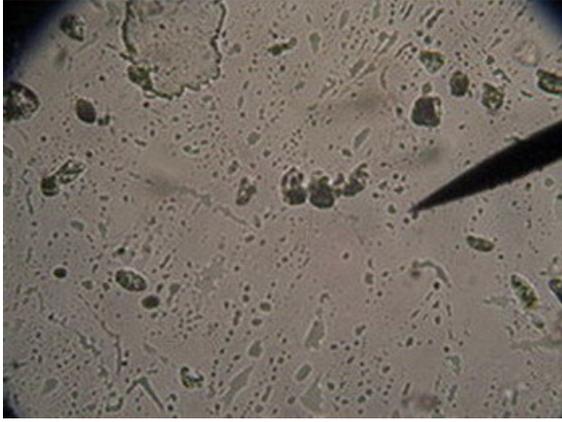


圖-d-3-3-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-3-3-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-3-3-3 第三天牟氏角毛藻的外型

4. 氧化鉛：(1) 1ppm

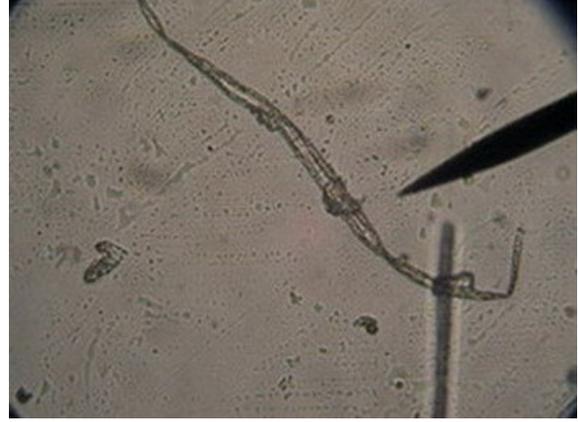


圖-d-4-1-1 第一天牟氏角毛藻的外型

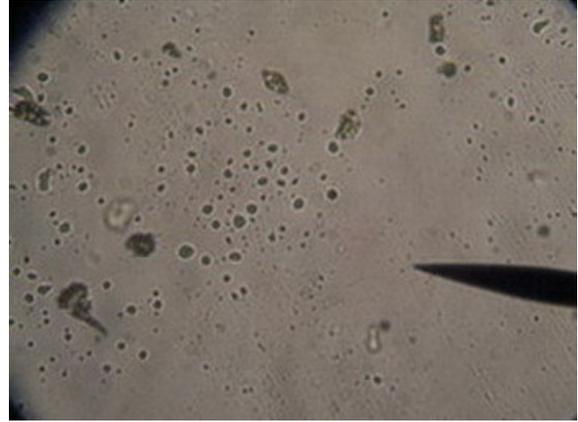


圖-d-4-1-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-4-1-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(2) 3ppm



圖-d-4-2-1 第一天牟氏角毛藻的外型

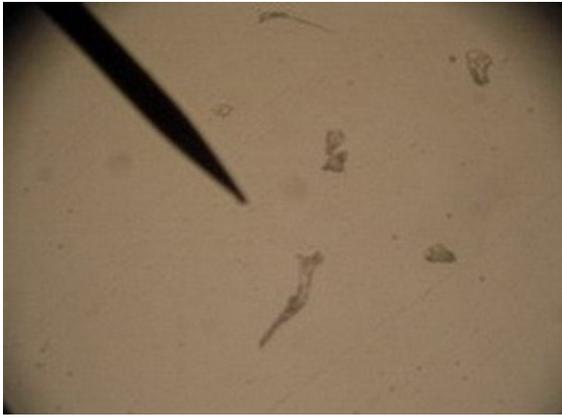


圖-d-4-2-2 第二天牟氏角毛藻的外型

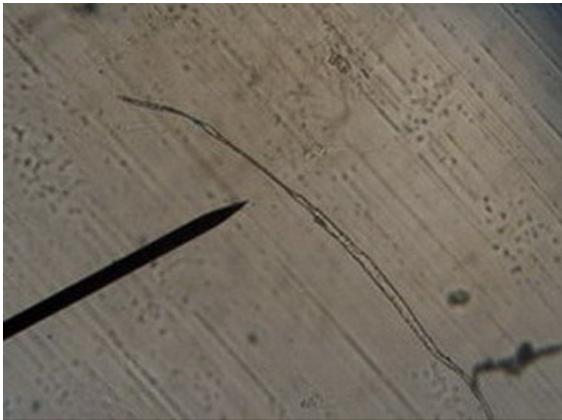


圖-d-4-2-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(3) 5ppm

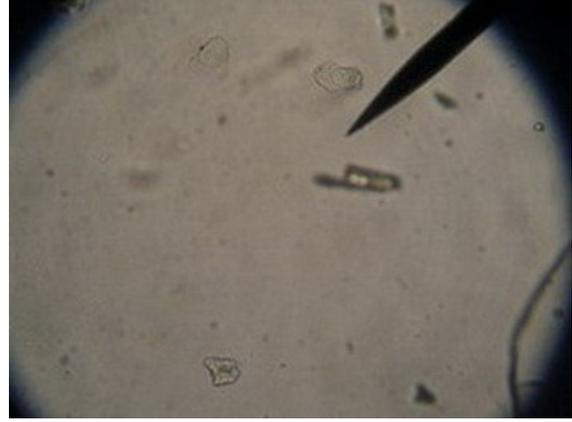


圖-d-4-3-1 第一天牟氏角毛藻的外型

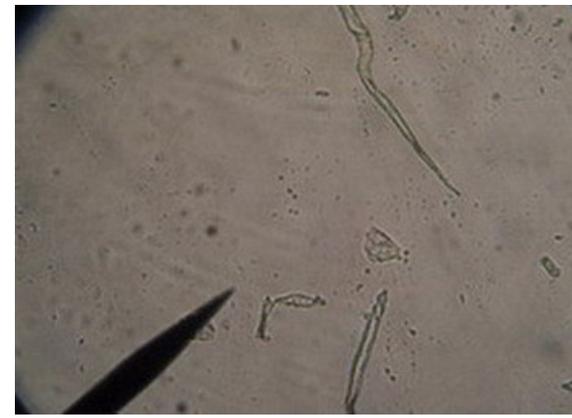


圖-d-4-3-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-4-3-3 第三天牟氏角毛藻的外型

5. 硫酸錳：

(1) 1ppm



圖-d-5-1-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-5-1-2 第二天牟氏角毛藻的外型

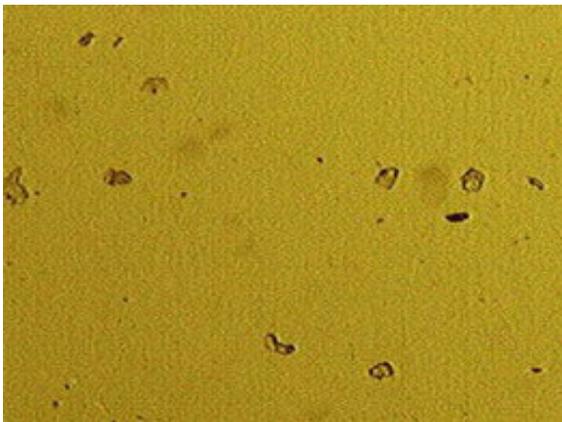


圖-d-5-1-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(2) 3ppm



圖-d-5-2-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-5-2-2 第二天牟氏角毛藻的外型

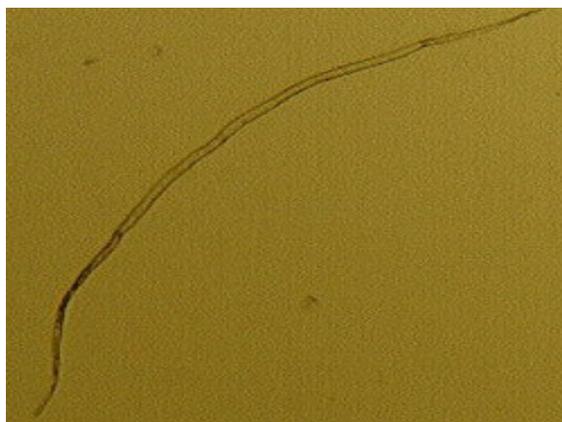


圖-d-5-2-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(3) 5ppm



圖-d-5-3-1 第一天牟氏角毛藻的外型

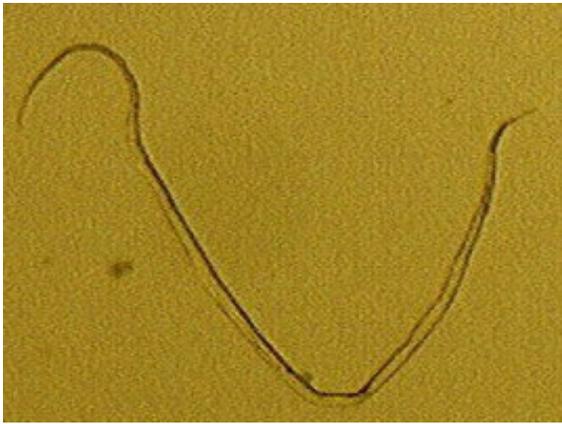


圖-d-5-3-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-5-3-3 第三天牟氏角毛藻的外型

硫酸銅：(1) 1ppm

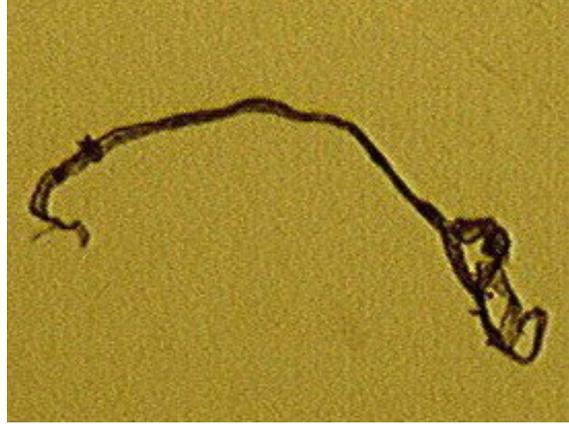


圖-d-6-1-1 第一天牟氏角毛藻的外型

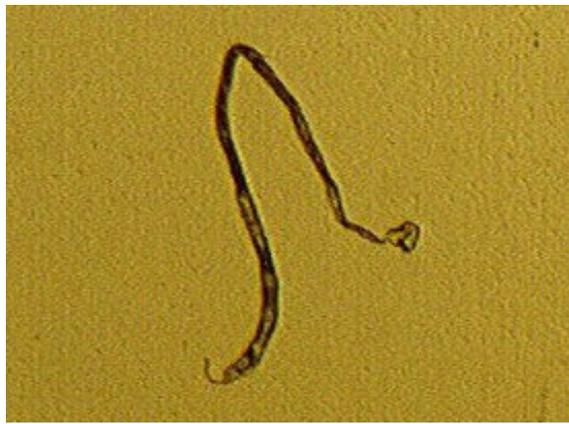


圖-d-6-1-2 第二天牟氏角毛藻的外型

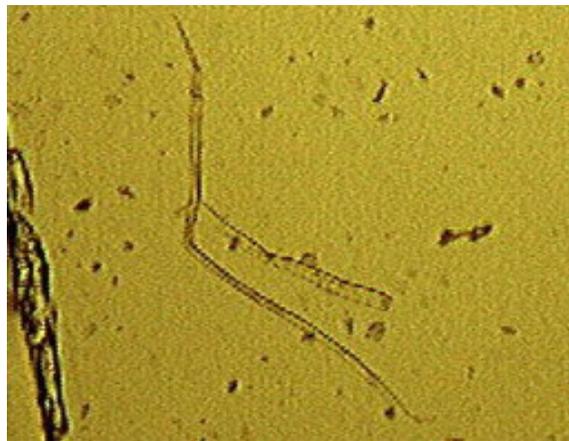


圖-d -6-1-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(2) 3ppm

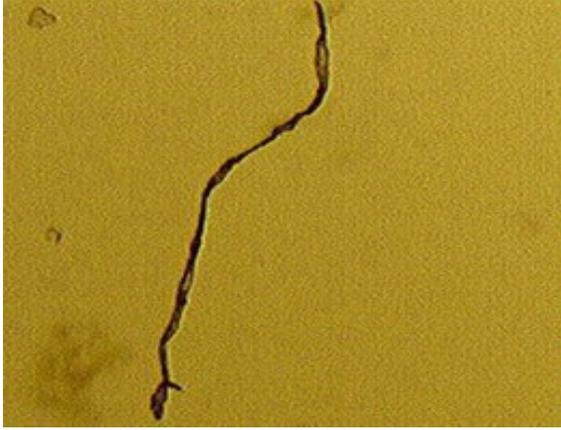


圖-d-6-2-1 第一天牟氏角毛藻的外型

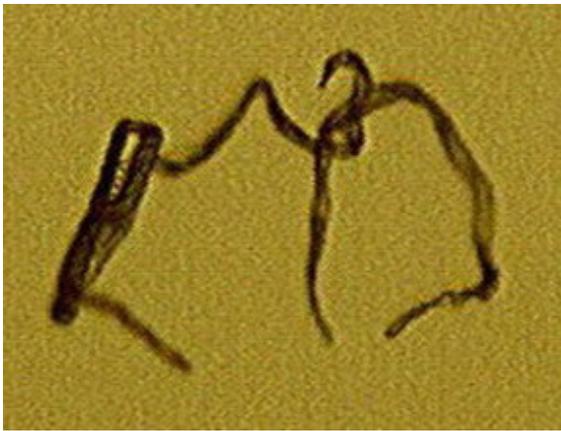


圖-d-6-2-2 第二天牟氏角毛藻的外型

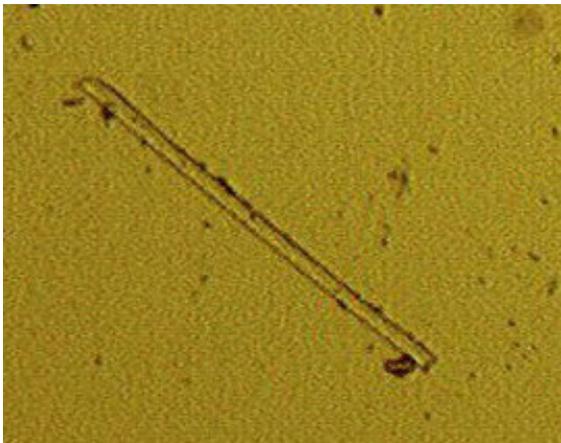


圖-d-6-2-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(3) 5ppm



圖-d-6-3-1 第一天牟氏角毛藻的外型



圖-d-6-3-2 第二天牟氏角毛藻的外型



圖-d-6-3-3 第三天牟氏角毛藻的外型

(一)對照組：

第一、二、三天：矽藻完全存活，葉綠體保持完整。

(二)硫酸銨鎳：

1. 硫酸銨鎳 1ppm

第一、二天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第三天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

2. 硫酸銨鎳 3ppm

第一天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第二、三天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

3. 硫酸銨鎳 5ppm

第一、二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

(三)硫酸鋅：

1. 硫酸鋅 1ppm

第一、二天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第三天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

2. 硫酸鋅 3ppm

第一、二天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

3. 硫酸鋅 5ppm

第一天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

(四)碘化鉛：

1. 碘化鉛 1ppm

第一、二天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

2. 碘化鉛 3ppm

第一天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

3. 碘化鉛 5ppm

第一天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第二、三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

(五)硫酸錳：

1. 硫酸錳 1ppm

第一天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

2. 硫酸錳 3ppm

第一天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

3. 硫酸錳 5ppm

第一天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

(六)硫酸銅：

1. 硫酸銅 1ppm

第一、二天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第三天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

2. 硫酸銅 3ppm

第一天：矽藻些微死亡，葉綠體大部分還存在。

第二天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

3. 硫酸銅 5ppm

第一天：矽藻少部分死亡，葉綠體少部份消失。

第二天：矽藻大部分死亡，葉綠體大部份消失。

第三天：矽藻幾乎已死亡，葉綠體幾乎完全消失。

三、牟氏角毛藻對重金屬離子的吸收能力：

對照組	未加重金屬離子
初 mA	42
末 mA	42
Δ mA	0

圖-b-1

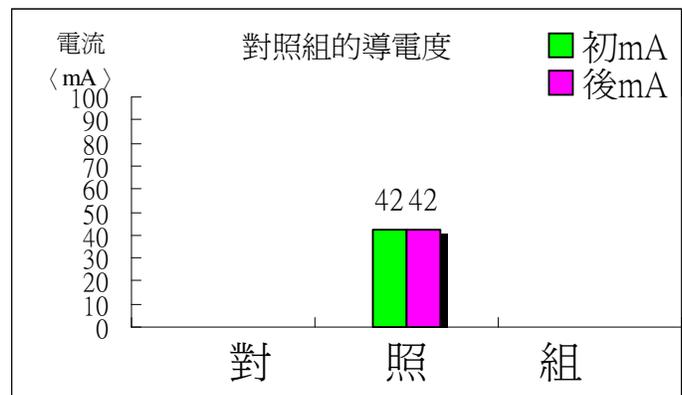


圖-c-1

對照組：經三天後牟氏角毛藻液的導電度不變。

NiSO ₄ (NH ₄)SO ₄	1ppm	3ppm	5ppm
初 mA	51	60	69
末 mA	26	28	29
△mA	-25	-32	-40

圖-b-2

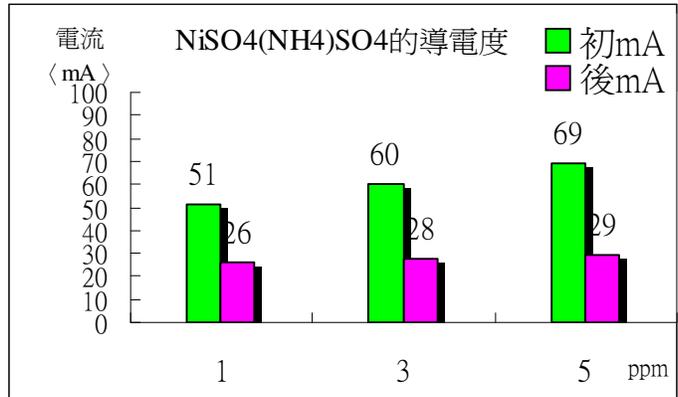


圖-c-2

硫酸銨鎳：測初電流(導電度)，經三天時間，測末電流(導電度)，由電流變化量得知，經加入牟氏角毛藻後，導致 Ni²⁺濃度下降(導電度下降)。

ZnSO ₄	1ppm	3ppm	5ppm
初 mA	58	64	68
末 mA	20	24	22
△mA	-38	-40	-46

圖-b-3

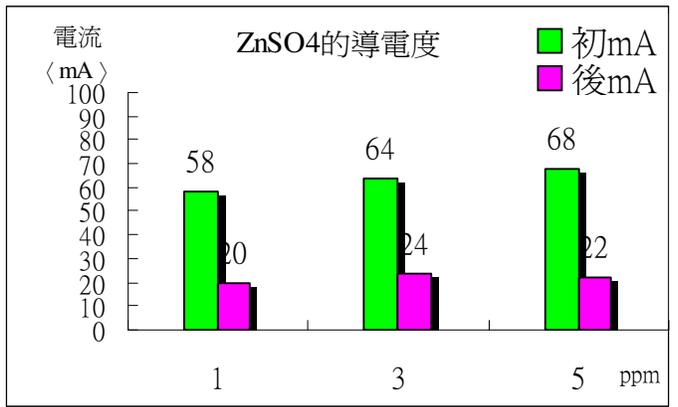


圖-c-3

硫酸鋅：測初電流(導電度)，經三天時間，測末電流(導電度)，由電流變化量得知，經加入牟氏角毛藻後，導致 Zn²⁺濃度下降(導電度下降)。

PbI ₂	1ppm	3ppm	5ppm
初 mA	44	45	46
末 mA	26	26	20
△mA	-18	-19	-26

圖-b-4

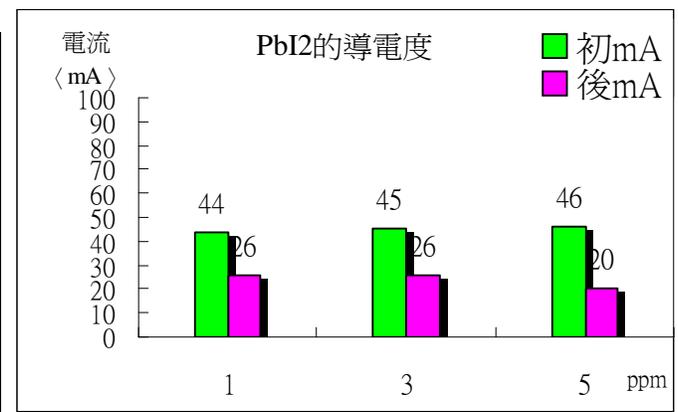


圖-c-4

碘化鉛：測初電流(導電度)，經三天時間，測末電流(導電度)，由電流變化量得知，經加入牟氏角毛藻後，導致 Pb²⁺濃度下降(導電度下降)。

MnSO ₄	1ppm	2ppm	3ppm
初 mA	50	60	69
末 mA	28	27	25
△mA	-22	-33	-44

圖-b-5

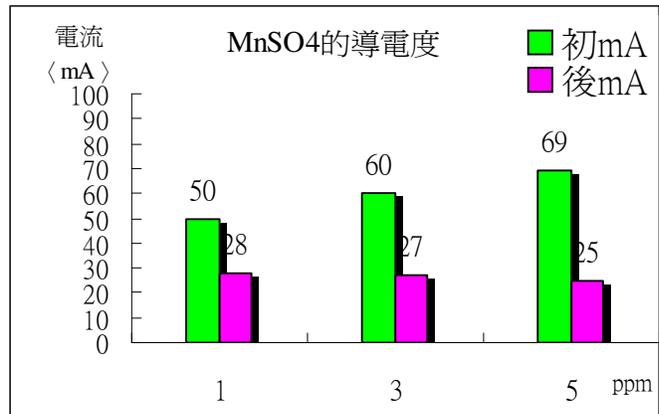


圖-c-5

硫酸錳：測初電流(導電度)，經三天時間，測末電流(導電度)，由電流變化量得知，經加入牟氏角毛藻後，導致 Mn²⁺濃度下降(導電度下降)。

CuSO ₄	1ppm	2ppm	3ppm
初 mA	52	62	72
末 mA	26	25	25
△mA	-26	-37	-47

圖-b-6

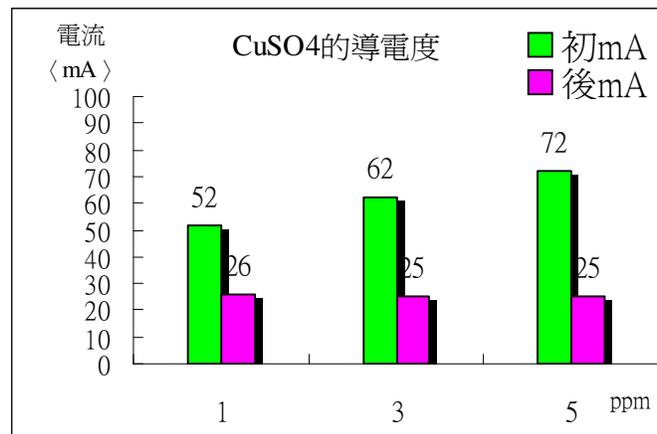


圖-c-6

硫酸銅：測初電流(導電度)，經三天時間，測末電流(導電度)，由電流變化量得知，經加入牟氏角毛藻後，導致 Cu²⁺濃度下降(導電度下降)。

捌、 討論：

一、矽藻何來：

本組組員向他姐姐求尋牟氏角毛藻，因此他姐姐便幫他向宜蘭中央水產研究所的學長要到我們所需的牟氏角毛藻液。

牟氏角毛藻 *Chaetoceros mulleri*

頭髮菜綱 *Bangiophyceae*

角毛藻目 *Goniotrichales*

角毛藻科 *Goniotrichaceae*(參 2)

(一)生物特性：

矽藻是極適用於作為偵測河川水質污染之生物指標，它們之生長受水域環境中的理化因子的影響。矽藻在河川中分佈廣、數量多，主要分類特徵在於矽質化之細胞壁，在採樣運送與保存皆不容易被破壞。(參 3)

牟氏角毛藻可在 5~45 psu 鹽度增殖，15~35 psu 較佳，最適溫度 25—33°C。(參 4)

(二)培養方法：

良好種原是微藻培養成功的第一要件，其次要提供適宜的營養素，如大量的氮、磷、矽、鐵等。微藻大量培養時的用水，依培養規模的大小，做不同等級的處理。室內 10~100 公升的中量培養用水，則需再經 0.8、0.45 微米濾心過濾及紫外線 (UV) 殺菌。1~10 公升的小量培養用水，則需經高溫高壓滅菌。(參 5)

二、不同的重金屬對牟氏角毛藻的影響：

(一)硫酸銨鎳：

文獻：鎳的致死濃度在實驗中未找到(參 6)。

實驗結果：1ppm 的濃度牟氏角毛藻能負荷；3ppm 第三天就幾乎完全死亡；5ppm 濃度第一天的沉澱量就超過 3ppm 濃度，第二天幾乎完全死亡，牟氏角毛藻液的顏色自始至終完全沒改變，只是沉澱越來越多，瓶底死亡的牟氏角毛藻的沉澱顏色則為暗褐色。

比較：本組實驗發現 3ppm 鎳會使牟氏角毛藻死亡。

(二)硫酸鋅：

文獻：用能量散射 X 光譜(energy dispersive X-ray spectroscopy)及穿透式電子顯微鏡觀察到鋅累積在紅藻(*Gracilaria sordida*)的細胞壁、細胞外的聚合物為多，而外皮層細胞的細胞質內為最少(參 7)。

實驗結果：1ppm 及 3ppm 的濃度第一、二天的沉澱量皆同，直至第三天 1ppm 濃度的牟氏角毛藻大部分死亡，而 3ppm 及 5ppm 的牟氏角毛藻則是幾乎死亡，牟氏角毛藻液的顏色自始至終完全沒改變，只是沉澱越來越多，瓶底死亡的牟氏角毛藻的沉澱顏色則為暗褐色。

比較：雖然鋅大部分累積在藻類的細胞壁及細胞外的聚合物，可是本組實驗發現鋅會刺激葉綠素變性，使牟氏角毛藻死亡。

(三)碘化鉛：

文獻：鉛的濃度增加，細胞的分裂速度降低。(參 8)

實驗結果：1ppm 至第三天牟氏角毛藻大部分已死亡，3ppm 第三天就幾乎死亡，5ppm 第一天的沉澱量較 3ppm 的沉澱量多，第二天幾乎死亡，牟氏角毛藻液的顏色自始至終完全沒改變，只是沉澱越來越多，瓶底死亡的牟氏角毛藻的沉澱顏色則為暗褐色。

比較：分裂速度降低，牟氏角毛藻生殖量減少，隨著濃度增加，牟氏角毛藻死亡率增高。

(四)硫酸錳：

文獻：無文獻。

實驗結果：1、3、5ppm 皆隨時間對牟氏角毛藻的影響變大，至第三天所有濃度的硫酸錳都使牟氏角毛藻幾乎死亡，牟氏角毛藻液的顏色自始至終完全沒改變，只是沉澱越來越多，瓶底

死亡的牟氏角毛藻的沉澱顏色則為暗褐色。

比較：無法比較。

(五)硫酸銅：

文獻：銅會減緩 *Asterionella glacialis* 和 *Chlorella pyrenoidosa* 光合作用及細胞分裂。(參 9)

實驗結果：1ppm 和 3ppm 第一、二天的沉澱不太顯著，5ppm 則是沉澱較多，而 3、5ppm 在第三天時幾乎都已死亡，牟氏角毛藻液的顏色自始至終完全沒改變，只是沉澱越來越多，瓶底死亡的牟氏角毛藻的沉澱顏色則為暗褐色。

比較：銅減緩牟氏角毛藻行光合作用及細胞分裂，使得牟氏角毛藻隨時間漸漸死亡。

玖、 結論：

一、重金屬對葉綠體的影響：

對照組：

沒有加任何重金屬溶液的牟氏角毛藻能夠正常生長。

硫酸銨鎳：

5ppm 的濃度易使牟氏角毛藻的葉綠體消失，而其他濃度對牟氏角毛藻影響較小。

硫酸鋅：

各種濃度的硫酸鋅溶液剛開始對牟氏角毛藻影響不大，可是隨著時間的增加，5ppm 漸漸對牟氏角毛藻的葉綠體造成影響。

碘化鉛：

各種濃度的氧化鉛溶液對牟氏角毛藻影響頗大，尤其是 5ppm 的濃度。

硫酸錳：

各種濃度隨著時間對牟氏角毛藻葉綠體的影響皆大。

硫酸銅：

5ppm 易使牟氏角毛藻葉綠體消失，而其他濃度對牟氏角毛藻影響較小。

二、牟氏角毛藻對重金屬離子的吸收能力：

對照組：經三天後牟氏角毛藻溶液的導電度不變。

重金屬：證明牟氏角毛藻對重金屬(Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+})有吸收作用，而且重金屬(Ni^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Cu^{2+})濃度越高，牟氏角毛藻吸收作用越明顯。

➡ 重金屬對牟氏角毛藻的影響大小：碘化鉛>硫酸錳>硫酸銨鎳>硫酸銅>硫酸鋅

➡ 牟氏角毛藻吸收重金屬能力的大小：硫酸鋅>硫酸銅>硫酸錳>硫酸銨鎳>碘化鉛

➡ 矽藻是極適用於作為偵測河川水質污染之生物指標

三、未來展望：目前仍使用化學方法來處理重金屬污染，若本組實驗能繼續發展，使矽藻能夠完全有效吸收重金屬，此後，即能用物理方法避免造成二次污染。

拾、 參考文獻

參 1-<http://www.epa.gov.tw/main/index.asp> 行政院環境環保署

參 2-http://www.ntm.gov.tw/seaweeds/f/f3_list.asp 台灣海藻資源

參 3-<http://www.niea.gov.tw/analysis/publish/month/50/50th3-2.htm> 東吳大學微生物學系

參 4-<http://web.nsc.gov.tw/> 行政院農委會水產試驗所

參 5-<http://web.nsc.gov.tw/> 行政院國家科學委員會

參 6- Deviprassad *et al.*, 1982

參 7- Holmes, 1991

參 8- Reed and Moffat, 1983

參 9-Stauber and Florence 1987

宜蘭中央水產試驗所

<http://www.bio.ncue.edu.tw/> 國立師範大學生物學系

<http://www.bio.ncue.edu.tw/~algae/courses/EnvAlgae/envalg07/envalg07.htm> 藻類和重金屬

評 語

040719 海中的環保者-重金屬對牟氏角毛藻影響之探討

1. 重金屬種類可再增加，再歸納出重金屬離子的影響。
2. 實驗結果宜“量化”取代“文字”敘述。例如：大部份、幾乎、些微、少部份，界定較模糊。