

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 環境學科

探究精神獎

052601

防曬乳好蝦—探討防曬乳進入水體對黑殼蝦生長之影響

學校名稱：新北市立丹鳳高級中學

| | |
|-------------------------|--------------|
| 作者： 高二 黃語柔 高二 江宜臻 | 指導老師： 周慧萱 |
|-------------------------|--------------|

關鍵詞：黑殼蝦、防曬乳、水質

摘要

本研究主要探討人類使用防曬乳進入水體後，對水生生物的影響。我們將防曬乳分為物理性和化學性防曬乳，依據不同濃度加入水體之中，觀察黑殼蝦成長和存活率變化，同時也觀察魚缸水體的改變，藉此初估探討不同種類防曬乳對環境和水生生物的影響。實驗進行一共七週，我們發現化學性防曬乳成分可以誘發綠藻大量生長，而物理性防曬乳可以促使矽藻生長。黑殼蝦在 1ppm 化學性防曬乳存在的環境中，生長和存活率不受影響，但濃度太高仍然會抑制其生存。物理性防曬乳則不論濃度多少，對黑殼蝦的影響相較於化學性防曬乳都較大。所以我們建議如果要進行水上活動，最好可以用化學性防曬乳產品，減低對水域生態的危害和影響。

壹、前言

一、研究動機

近年來氟氯碳化合物的排放量日益增加，使得臭氧層日漸稀薄、紫外線輻射量大幅增加，人們為了避免皮膚被陽光及紫外線曬傷、曬黑，因此防曬乳成為了我們外出時不可或缺的好朋友。而夏天前往海灘和溪邊戲水，因為要長時間暴露在大太陽下，玩水又無法穿長袖防曬，所以許多人都會擦上防曬乳來保護皮膚，防曬乳因此被間接帶入了海水和溪流中。我們在溪邊玩水時想到了這個問題，因此想探究究防曬成分在進入水域後，是否會對水中生物造成影響？其中黑殼蝦為水域中較好飼養且對污染耐受性較高的常見水中生物，所以本研究選用黑殼蝦為實驗對象，探討不同成分防曬乳對其生長影響。

二、文獻探討

針對市售的防曬乳種類和成分我們作了以下分析，以了解物理和化學防曬乳的成分差別及使用時機。

(一) 防曬乳種類

1. 物理性防曬

目前市面上物理性防曬成分只有氧化鋅(Zinc Oxide)和二氧化鈦(Titanium dioxide)這兩種。這些成分的顆粒會在肌膚表層停留，並透過反射、折射或散射陽光中的紫外線來防止皮膚受到紫外線傷害。物理性防曬劑穩定性較高，比較不容易刺激皮膚引起

皮膚過敏反應，建議嬰兒、幼童與敏感肌膚者使用。物理性防曬對 UVA 的防護力較弱，對 UVB 的防護力則較強。

2.化學性防曬

化學防曬成分的種類超過 30 種，常見的有桂皮酸鹽(octinoxate)、二苯甲酮(oxybenzone)和水楊酸辛酯(octisalate)等。這些成分通常會滲透至肌膚裡，塗抹後會透過分子結構吸收陽光中的紫外線並轉化成無害的熱能釋放出來，藉此降低皮膚傷害。

化學性防曬劑質地較為輕透，但比較容易刺激皮膚、引起皮膚過敏反應。

(二) 防曬乳優缺點分析

1. 物理性防曬乳優點

- (1) 塗抹後立刻有防曬的效果。
- (2) 適合嬰兒、幼童及敏感肌膚者使用，幾乎沒有刺激皮膚的風險。

2. 物理防曬乳缺點

- (1) 有泛白感，膚色越深的人，泛白感會越明顯，需搭配良好的物理防曬配方。
- (2) 必須完整的塗抹至皮膚每個地方才能有完善防護。

3. 化學性防曬之優點

- (1) 塗抹後好吸收，不易沾染衣物。
- (2) 非常適合油性膚質、容易長痘痘的人使用，通常質地較為輕透。

4. 化學防曬乳缺點

- (1) 肌膚敏感的人要避免使用。
- (2) 成分在接觸到水或流汗時較不容易變成乳白色的，是防水型防曬成分的首選。

三、研究目的

本研究主要分析物理和化學性防曬乳成分對黑殼蝦生長和存活情形，想進一步了解哪些成分的防曬乳對黑殼蝦影響較小，進一步給使用者建議，若要前往水域玩水使用哪些防曬乳較不會影響水中生物。因此訂定了研究目的如下：

- (一) 探討防曬乳成分對水體環境的影響。
- (二) 比較防曬乳成分對黑殼蝦生長之影響。
- (三) 比較防曬乳對黑殼蝦存活率的影響。

貳、研究設備及器材

一、實驗材料

- (一) 黑殼蝦 420 隻(60 隻*7 缸)
- (二) 觀賞蝦飼料 1 罐
- (三) 化學性防曬乳 1 罐 (商品名：自白肌)
- (四) 物理性防曬乳 1 罐 (商品名：Biore)



圖 1. 本研究使用的防曬乳

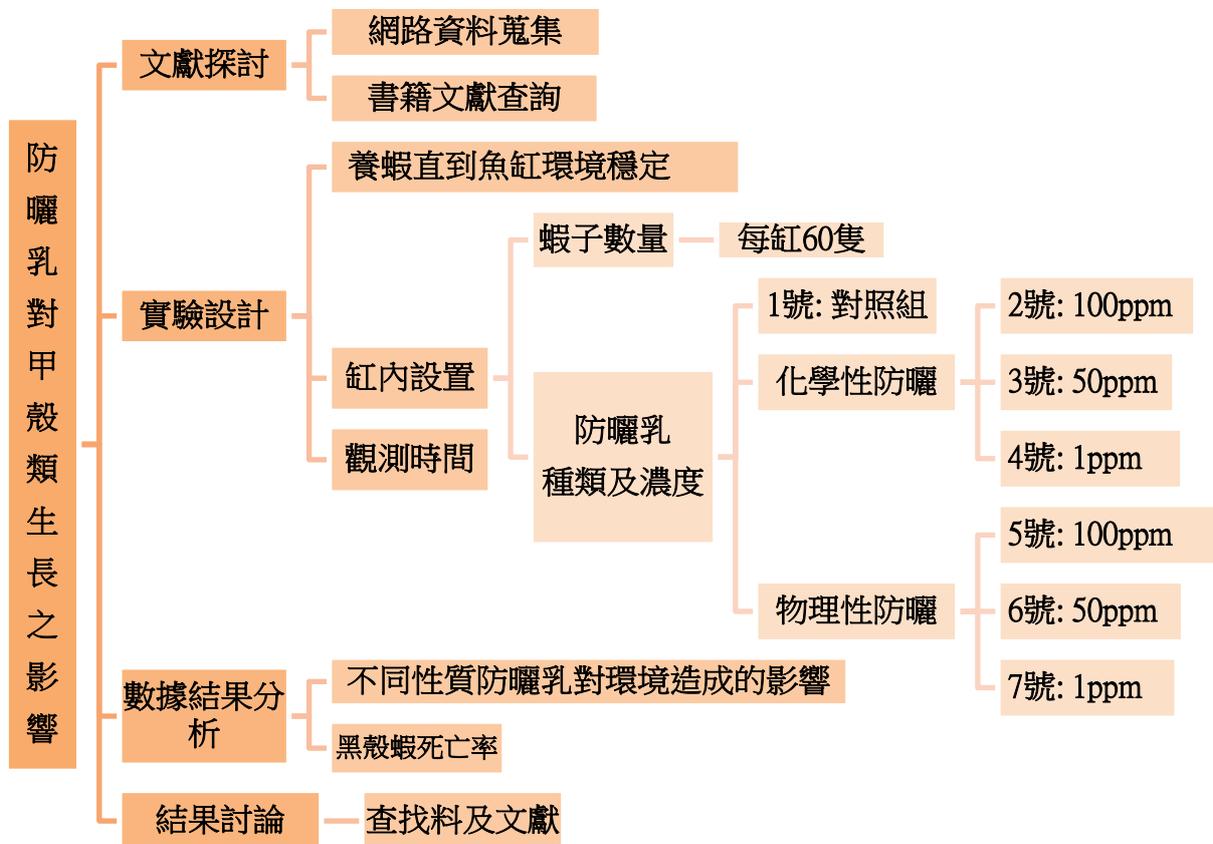
二、實驗設備及器材

| | 項目 | 數量 | 項目 | 數量 |
|------|--------------------|------|----------|-------------|
| 飼養器材 | 玻璃魚缸(44.5*28*25cm) | 7 個 | 棉盆(蝦附著用) | 21 盆(3 盆/缸) |
| | 水妖精過濾器 | 7 個 | 定時水族燈 | 1 組 |
| | 水妖精過濾棉 | 14 個 | | |
| | 微量吸管(1000 μ l) | 1 支 | 500ml 燒杯 | 7 個 |
| | 撈網 | 1 個 | 50ml 燒杯 | 7 個 |

| | | | | |
|------|-----|-----|---------|-----|
| 測量器材 | 長夾 | 1 支 | 尺(15cm) | 1 支 |
| | 培養皿 | 7 個 | 玻片組 | 7 組 |
| | 溫度計 | 7 支 | 電子秤 | 1 台 |
| | 顯微鏡 | 1 台 | pH 測定儀器 | 1 台 |

參、研究過程或方法

一、研究架構



二、研究方法

(一)蝦子飼養

1. 飼養前先養水，將魚缸裝水且曝氣兩個週。
2. 每缸個別放入一個水妖精過濾器 and 三個棉花盆讓蝦子有東西附著。
3. 將魚缸照順序編號 1~7 號。
4. 每缸放入 60 隻黑殼蝦。



圖 2. 魚缸實驗前環境設置

(二)魚缸內設置

1. 編號第 1 缸作為對照組。
2. 計算加入防曬乳的量，經過前測實驗，我們決定選用濃度 100ppm、50ppm 和 1ppm 的防曬乳當作飼養環境。
 - (1) 100ppm： $0.0001 * 31150 \text{ ml(魚缸內水量)} = 3.115 \text{ ml}$
 - (2) 50ppm： $0.00005 * 31150 \text{ ml(魚缸內水量)} = 1.558 \text{ ml}$
 - (3) 1ppm： $0.000001 * 31150 \text{ ml(魚缸內水量)} = 0.032 \text{ ml}$
3. 以微量吸管測好 3.115ml、1.558ml、0.032ml 的化學性防曬乳分別加入第 2 缸到第 4 缸。
4. 第 5 缸到第 7 缸則分別加入 3.115ml、1.558ml、0.032ml 的物理性防曬乳。

(三)蝦子測量(一個禮拜測量一次)

1. 拿兩個 500ml 的燒杯裝魚缸內的水備用。
2. 用撈網隨機撈出 10 隻黑殼蝦放入第一個裝水的燒杯中。
3. 拿一個培養皿倒蓋，在上方鋪上沾濕的衛生紙。
4. 一次取一隻黑殼蝦放在培養皿上，並用尺測量長度並拍照記錄。
5. 測量完後將其放入第二個裝水的燒杯中。

6. 重複第 4 步驟直到 10 隻蝦子全部測量完畢。
7. 長度量完後，將 10 隻蝦子從第二個裝水的燒杯中撈出放進培養皿。
8. 將裝蝦子的培養皿放上電子秤測重量並拍照紀錄。
9. 把蝦子放回原缸內。
10. 第 1 缸到第 7 缸同樣步驟。



圖 3. 蝦子長度測量方法



圖 4. 蝦子重量測量方法

(四)水質測量

1. 準備 7 支溫度計放入 1~7 缸，等待 15 分鐘後，記錄每缸溫度。
2. 準備 7 個 50ml 的燒杯，分別裝入第 1 到第 7 缸內的水。
3. 照順序用酸鹼度測定計測其 pH 值。
4. 測完一杯後，以純水清洗酸鹼度測定計並擦乾。
5. 重複步驟 4、5，直到 7 缸都測量完畢。



圖 5. 酸鹼值測量方法

(五)資料分析

1. 將收集好的數據匯入 Microsoft Excel 後繪製成折線圖和柱狀圖。
2. 觀察圖表趨勢、分析每缸內蝦子死亡情形及原因。

肆、研究結果

一、魚缸水體環境變化

我們每週測量一次魚缸內水體環境，包括溫度、酸鹼值和外表樣態觀察，得到相關結果作圖及拍照紀錄資料如下。

(一) 魚缸水溫

每缸內固定放置玻璃溫度計測量，每週讀取一次數值，確保水體溫度無劇烈變化或異常，得到表一紀錄結果。由表一可看出每週魚缸溫度居維持在 15-20 度間，確保黑殼蝦的生長環境溫度是穩定且無熱傷害的。

表一、每週魚缸內水溫

| 溫度(°C) | 一號缸 | 二號缸 | 三號缸 | 四號缸 | 五號缸 | 六號缸 | 七號缸 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 第一週 1/06 | 20 | 20 | 15 | 19 | 19 | 16 | 20 |
| 第二週 1/13 | 18 | 18 | 17 | 18 | 17 | 16 | 17 |
| 第三週 1/20 | 19 | 19 | 18 | 19 | 18 | 17 | 18 |
| 第四週 1/27 | 20 | 21 | 21 | 21 | 20 | 20 | 20 |
| 第六週 2/10 | 18 | 18 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 |
| 第七週 2/17 | 19 | 19 | 20 | 19 | 18 | 18 | 19 |

(二) 魚缸酸鹼值

每週我們從每缸分別取出 30ml 水體，利用 pH 儀進行水質酸鹼度測量，得到水體酸鹼值變化如下圖 6. 到圖 12. 所示。可看出不論示對照組一號缸或是其他實驗處理的魚缸，每缸水體酸鹼值在這七週之內均有逐漸偏高趨勢，至於是什麼原因導致魚缸水體 pH 值偏高(鹼)，我們將在討論中討論各種可能狀況。

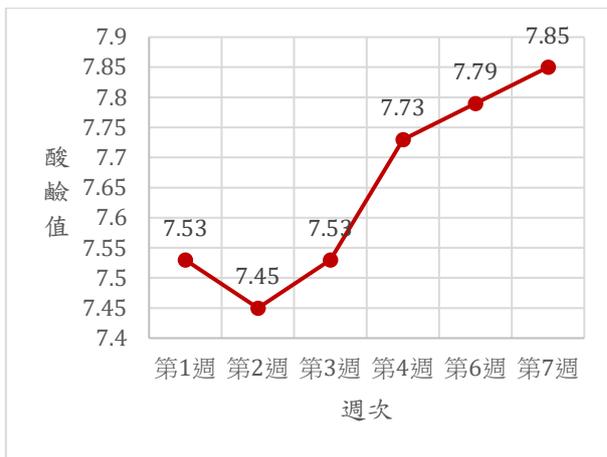


圖 6. 一號缸水中酸鹼值變化

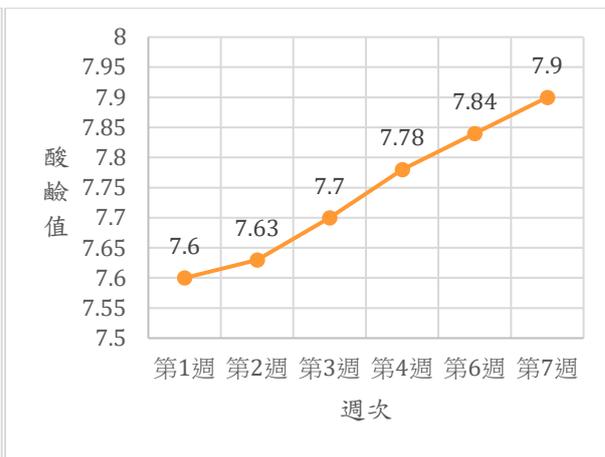


圖 7. 二號缸水中酸鹼值變化

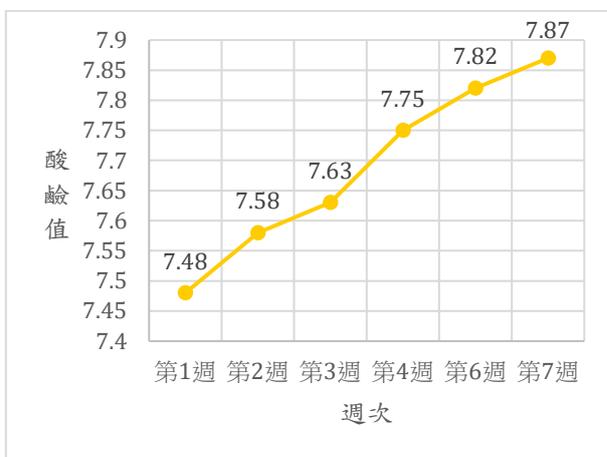


圖 8. 三號缸水中酸鹼值變化



圖 9. 四號缸水中酸鹼值變化

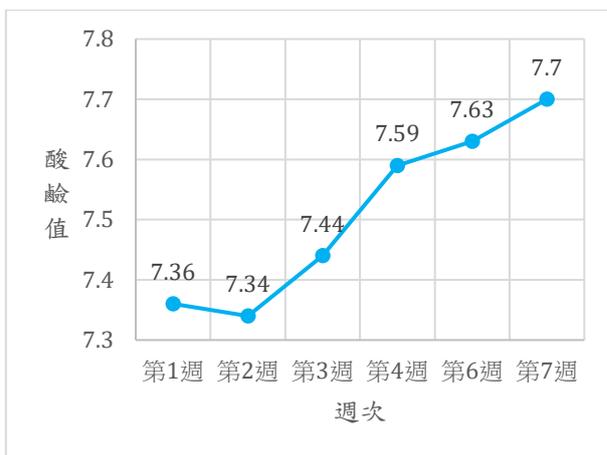


圖 10. 五號缸水中酸鹼值變化

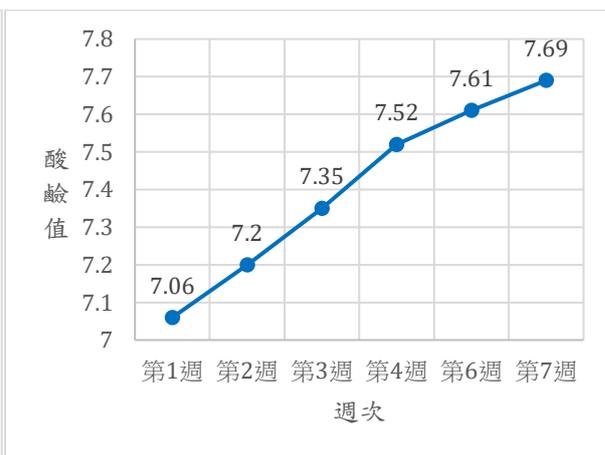


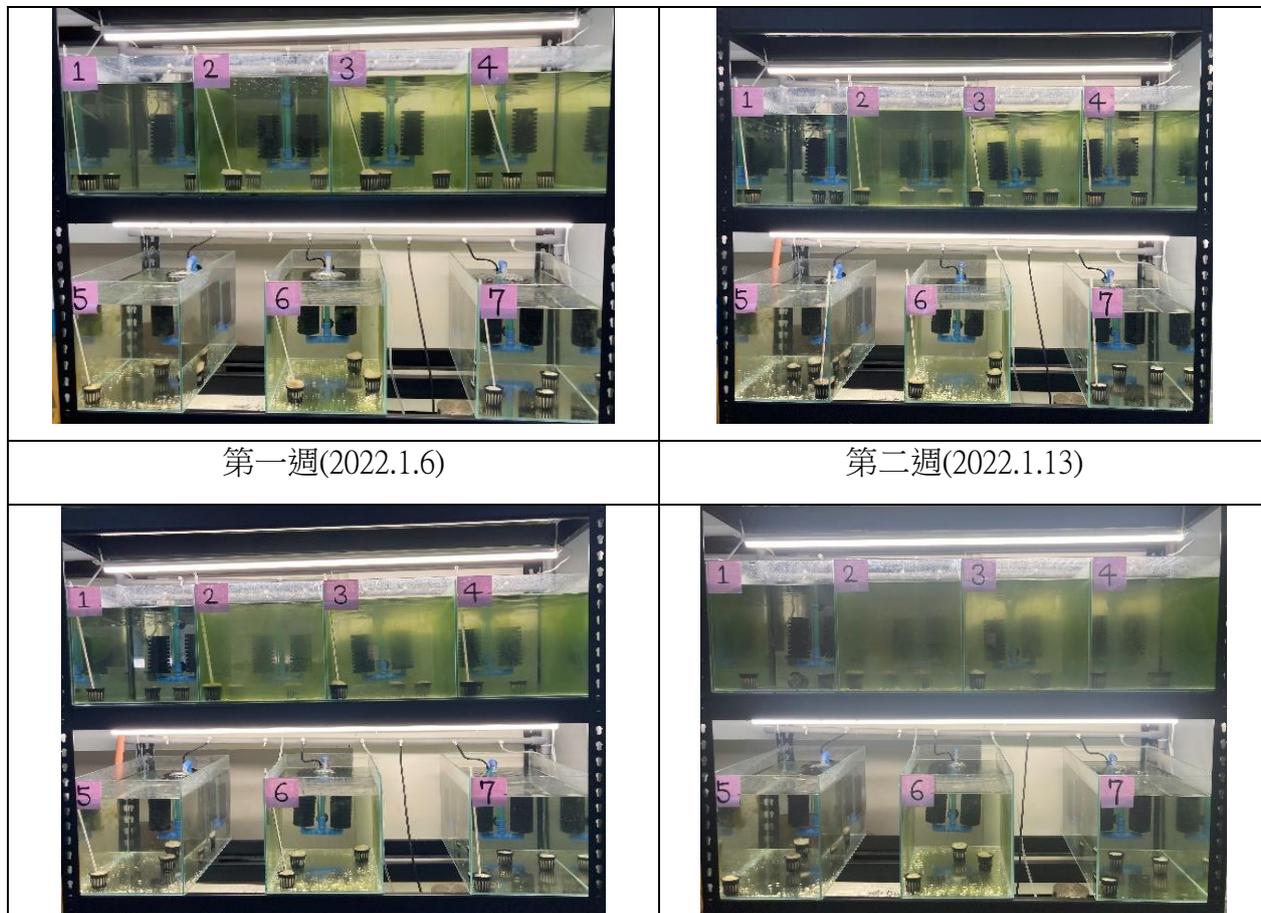
圖 11. 六號缸水中酸鹼值變化



圖 12. 七號缸水中酸鹼值變化

(三) 魚缸樣態

我們也記錄魚缸外表樣態並拍照留存如下圖 13.，可看出對照組一號缸直至第四週開始逐漸長出藻類附著缸壁。而第二到四號缸為化學防曬乳處理，可看出隨著防曬乳濃度增加，缸壁出現綠色藻類附著的時間越快，數量也越多。第五到七號缸為物理性防曬乳處理，則一直到了第六週以後才陸續出現藻類附著，五號缸有褐色藻類出現，六和七號缸則有些許綠色和褐色藻類同時出現。



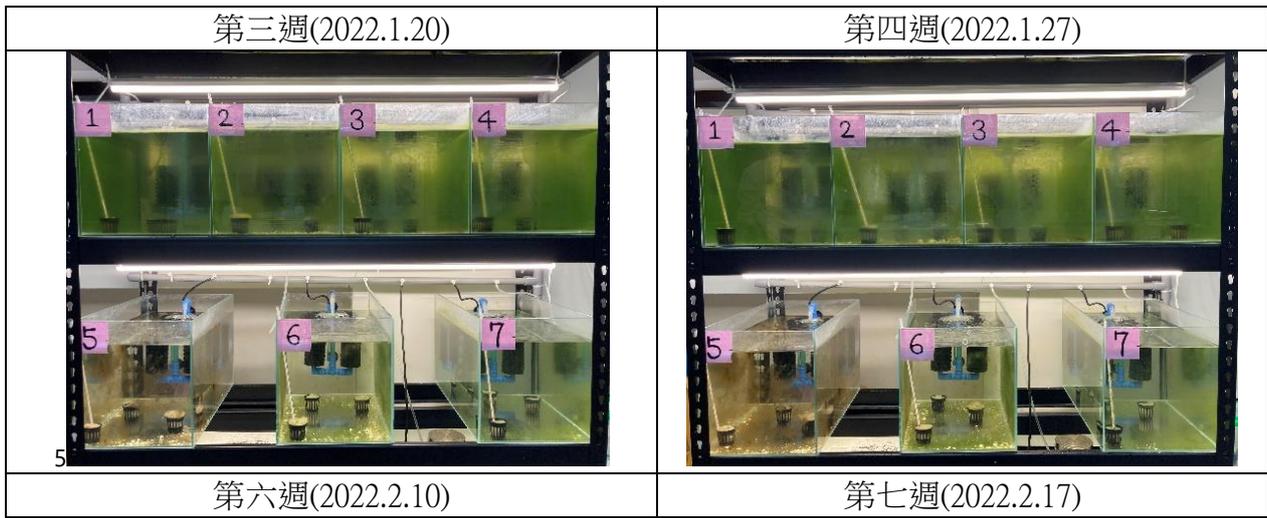
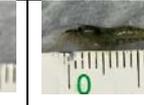


圖 13. 魚缸水體外觀於各週樣態

二、黑殼蝦生長狀況

表二、黑殼蝦起始體長

| | 第 1 缸 | 第 2 缸 | 第 3 缸 | 第 4 缸 | 第 5 缸 | 第 6 缸 | 第 7 缸 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 第一隻 | | | | | | | |
| 第二隻 | | | | | | | |
| 第三隻 | | | | | | | |
| 第四隻 | | | | | | | |
| 第五隻 | | | | | | | |
| 第六隻 | | | | | | | |
| 第七隻 | | | | | | | |
| 第八隻 | | | | | | | |
| 第九隻 | | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|--|---|---|
| 第十隻 |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均 | 1.57 cm | 1.55 cm | 1.61 cm | 1.61 cm | 1.59 cm | 1.58 cm | 1.61 cm |

為了減少個體差異影響實驗結果，我們這次研究主要想觀察黑殼蝦的生長變化，所以在蝦子進入防曬乳水體生長前，我們先穩定飼養了近一個月以後，再針對每缸分配到的 60 隻蝦子分別採樣 10 隻進行體長和重量的測量。表二顯示出測量黑殼蝦的方式以及個別體長，最後一列算出實驗起始黑殼蝦平均體長，作為日後對照比較生長狀況的依據。下圖 14. 到圖 20. 為開始實驗後各缸蝦子體長生長平均值。其中圖 18.在物理防曬乳水體環境中成長的黑殼蝦體長為負成長，其他實驗組別黑殼蝦體長均有成長，只是多寡差異。



圖 14. 一號缸黑殼蝦體長平均



圖 15. 二號缸黑殼蝦體長平均



圖 16. 三號缸黑殼蝦體長平均



圖 17. 四號缸黑殼蝦體長平均



圖 18. 五號缸黑殼蝦體長平均

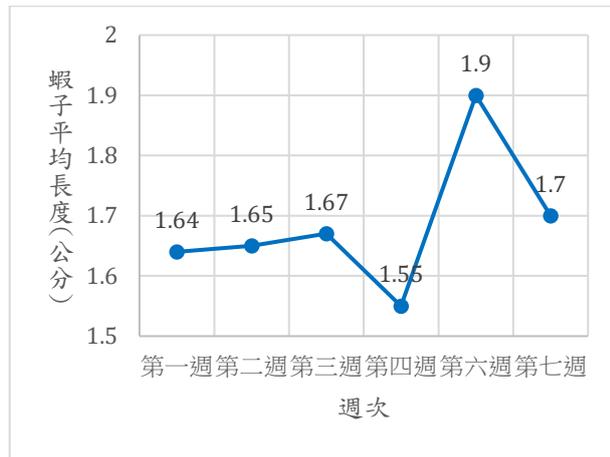


圖 19. 六號缸黑殼蝦體長平均

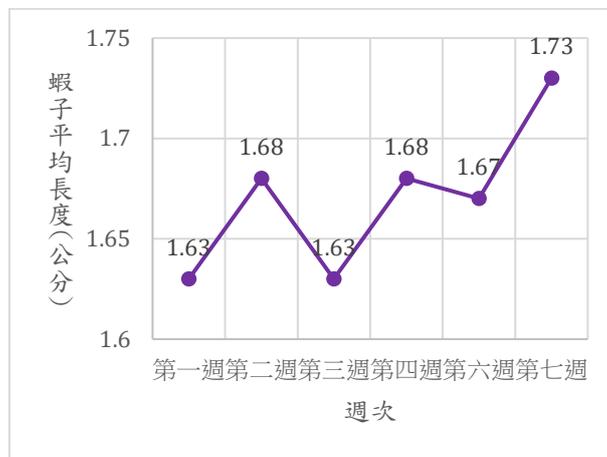


圖 20. 七號缸黑殼蝦體長平均

除了體長，體重也代表著蝦子生長狀況，我們也針對蝦子體重進行測量並平均量化，得到以下圖 21.到圖 27. 的結果。圖 21. 表示對照組的黑殼蝦在實驗進行的這七週是穩定成長，體重也穩定增加，而第二到七缸雖然體重有不穩定增減的狀況，但到第七週測量時均有成長 0.02g-0.03g 左右，其中以化學防曬乳濃度 100ppm 的四號缸體重增加了 0.05g 最多。

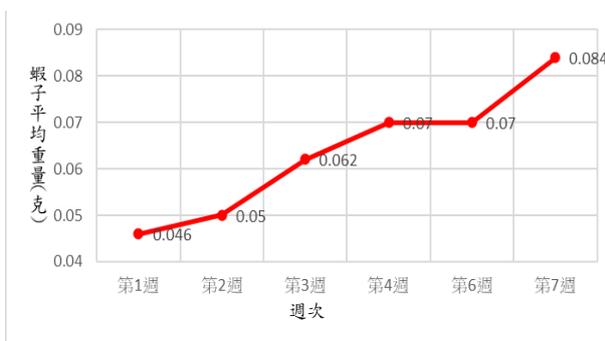


圖 21. 一號缸每週蝦子平均重量



圖 22. 二號缸每週蝦子平均重量

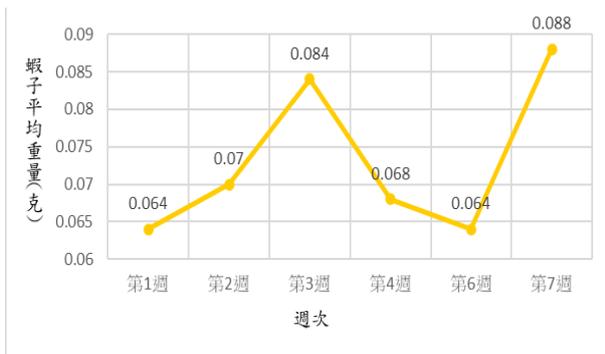


圖 23. 三號缸每週蝦子平均重量



圖 24. 四號缸每週蝦子平均重量

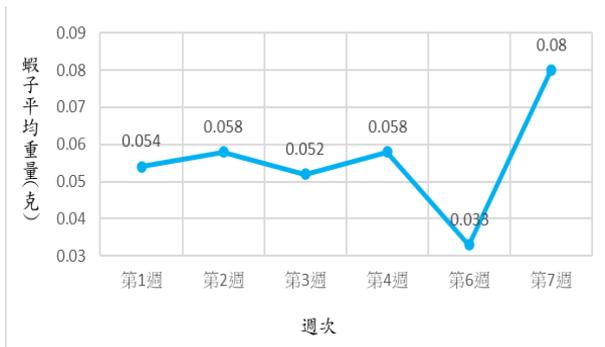


圖 25. 五號缸每週蝦子平均重量

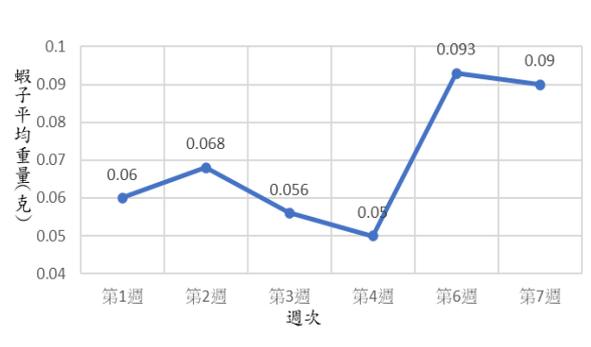


圖 26. 六號缸每週蝦子平均重量



圖 27. 七號缸每週蝦子平均重量

三、黑殼蝦死亡率

紀錄黑殼蝦生長狀況的同時，我們每週也計算一號到七號缸黑殼蝦數量作為死亡率和存活率參考數值，得到以下圖 28.到圖 34.。由圖可看出在第六週時普遍出現死亡數大幅增加的狀況，推測是因為第五週適逢農曆過年，我們無法進入學校實驗室進行飼養環境與測量所致。討論部分將會把這部分的實驗放入誤差，主要以其他數據和前後數值進行主要考量。

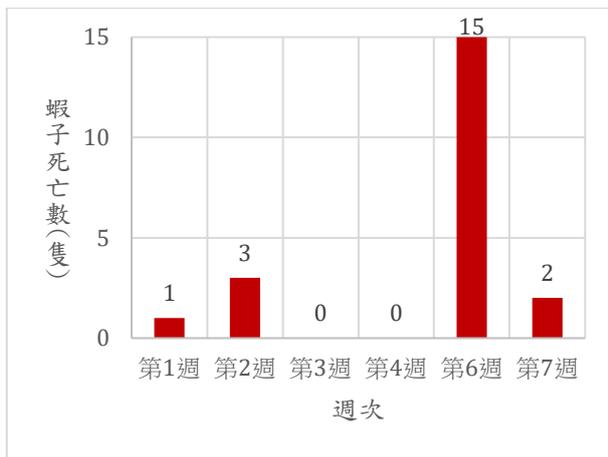


圖 28. 一號缸黑殼蝦每週死亡數

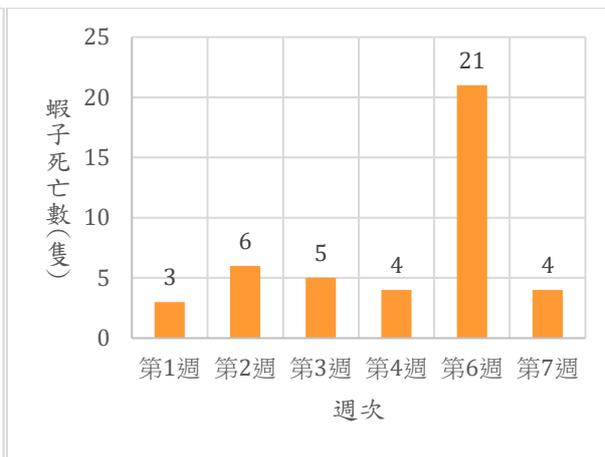


圖 29. 二號缸黑殼蝦每週死亡數

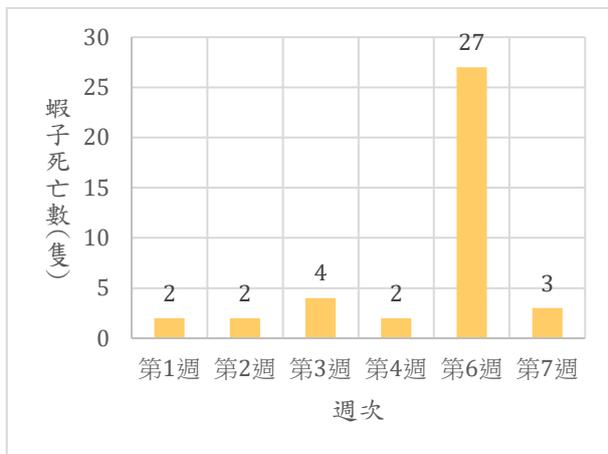


圖 30. 三號缸黑殼蝦每週死亡數

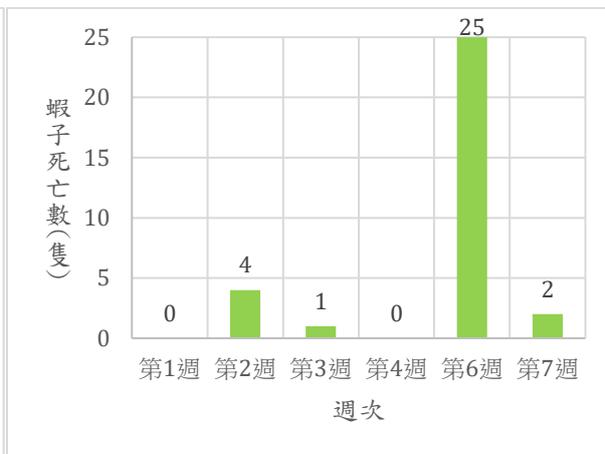


圖 31. 四號缸黑殼蝦每週死亡數

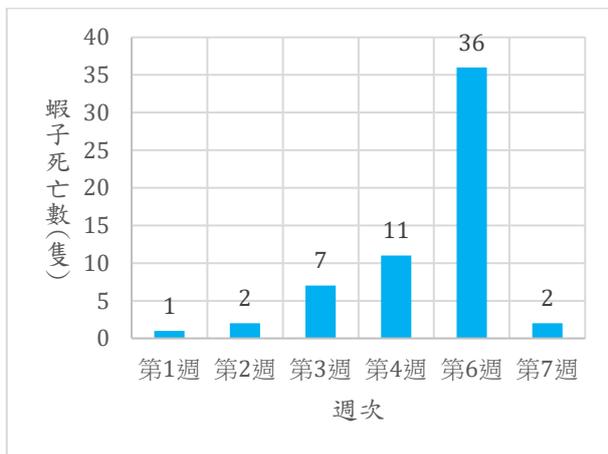


圖 32. 五號缸黑殼蝦每週死亡數

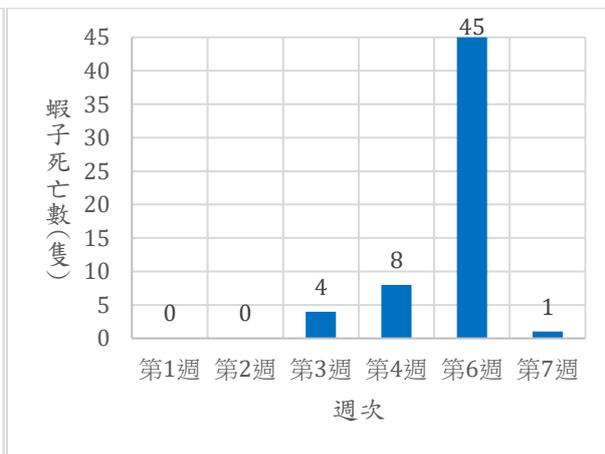


圖 33. 六號缸黑殼蝦每週死亡數

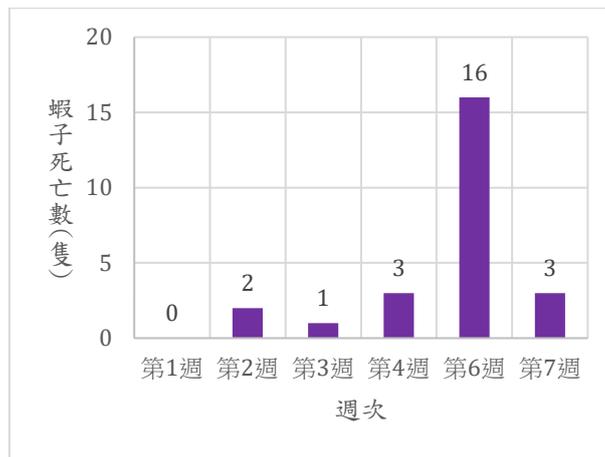


圖 34. 七號缸黑殼蝦每週死亡數

伍、討論

一、探討防曬乳成分對水體環境的影響。

(一) 防曬乳成分分析

表三、物理及化學防曬乳成分分析

| | |
|---------------------|---|
| 化學性 防曬乳 (自白肌) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Octinoxate 桂皮酸鹽 2. Zinc Oxide 氧化鋅 3. DI water 去離子水 4. Glycerol 丙三醇 5. 2-ethylhexyl-2-cyano-3 歐托奎雷 6. Cyclomethicone 矽靈 7. Cyclopentasiloxane 環戊矽氧烷 8. PEG/PPG-18/18 dimethicone 聚二甲基矽氧烷 9. C12-15 alkyl benzoate 烷醇苯甲酸酯 10. Decyl Glucoside 癸基葡萄糖苷 11. Propylene Glycol 丙二醇 12. Xanthan Gum 黃原膠 |
|---------------------|---|

| | |
|--------------------------------|--|
| | <p>13. Titanium Dioxide 二氧化鈦</p> <p>14. Alumina 氧化鋁</p> <p>15. Triethoxycaprylylsilane 三乙氧基辛基矽烷</p> <p>16. Dexpanthenol 維生素原 B5</p> <p>17. Hydrolyzed Hyaluronic Acid 水解透明質酸</p> <p>18. Hydroxypropyltrimonium Hyaluronate 羥丙基三甲基氯化銨透明質酸</p> <p>19. Pentylene Glycol 戊二醇</p> <p>20. Sodium Hyaluronate Crosspolymer 透明質酸鈉交聯聚合物</p> <p>21. Diethylamino Hydroxybenzoyl Hexyl Benzoate 二乙基氨基羥基苯甲酰苯甲酸己酯</p> |
| <p>物理性 防曬乳 (Biore)</p> | <p>1. Octinoxate 桂皮酸鹽</p> <p>2. Zinc Oxide 氧化鋅</p> <p>3. DI water 去離子水</p> <p>4. Glycerol 丙三醇</p> <p>5. Alcohol 乙醇</p> <p>6. Lauryl methacrylate 月桂醇甲基丙烯酸酯</p> <p>7. Dimethicone 矽靈</p> <p>8. Isopropyl Palmitate 十六酸異丙酯</p> <p>9. Talc 滑石、滑石粉</p> <p>10. Cyclopentasiloxane 環戊矽氧烷</p> <p>11. PEG-32 聚乙二醇-32</p> <p>12. Methicone 聚甲基聚矽氧烷</p> <p>13. PEG-12 Dimethicone 聚乙二醇 12 聚二甲基矽氧烷</p> <p>14. Polysilicone-9 聚矽氧烷-9</p> |

| |
|-------------------------------------|
| 15. PEG-3 Dimethicone PEG-3 聚二甲基矽氧烷 |
| 16. Dibutyl Hydroxy Toluene 二丁基羥基甲苯 |
| 17. Tocopherols 維生素 E |
| 18. Phenoxyethanol 苯氧乙醇 |
| 19. Parfum 香料 |

我們比較兩種防曬乳成分分析如表三，可看出化學性防曬多了很多有機化合物、膠類、醣類和化學性的紫外線吸收劑 2-ethylhexyl-2-cyano-3(歐托奎雷)，而物理性防曬則有大量的含矽化合物和物理性反射紫外線成分氧化鋅，比較特別的是物理性防曬還多了苯氧乙醇，這種具有抗菌效果的油性物質對水中生物具有很大毒性。

(二) 化學性防曬乳成份引起小球藻增生

實驗開始第二週時，二號(100ppm 化學防曬乳)和三號缸(50ppm 化學防曬乳)就開始出現了綠色的藻類副著在缸壁，四號缸(1ppm 化學防曬乳)也在第三週開始出現此類藻。第三週起，從化學防曬乳含量濃度最高(100ppm)的水缸中開始薄層狀的藻類佈滿魚缸，導致整個缸子看起來霧霧的，第三缸稍微少一點，而第四缸則是只有少許。我們將這些藻類取下來以顯微鏡觀察比對(圖 35.)，發現應屬於小球藻。

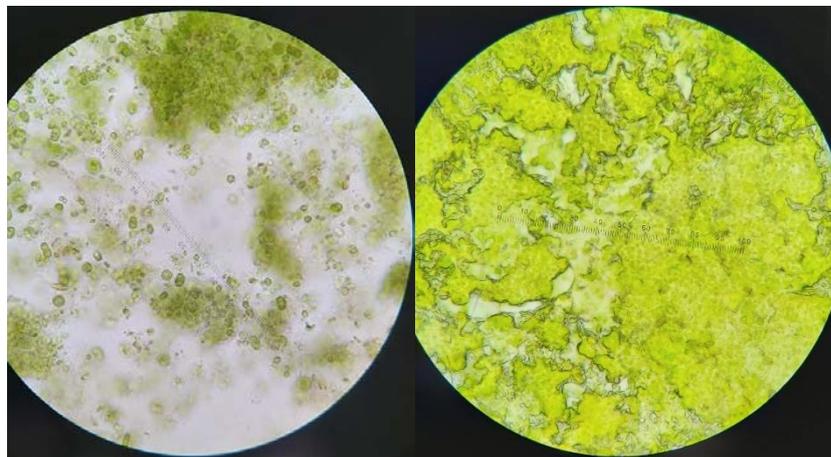


圖 35. 顯微鏡下的綠藻—小球藻

我們分析防曬乳的成分發現含有許多由此結果我們推論可能是少量的化學防曬乳成分具有許多透明質酸和玻尿酸等保濕劑，以及一些黃原膠、醣類和維生素 B5 等，都是很好的藻類養分，這些成分含碳氫氧元素可提供綠藻適合的生長養分，

所以化學防曬乳處理的魚缸出現綠藻的時間比對照組快，而黑殼蝦排泄以後的含氮廢物正好更適合植物及藻類生長，所以開始出現大量小球藻。

(三) 物理性防曬乳成份引起褐藻增生

第二周開始時，五號缸(物理性防曬乳 100ppm)開始出現褐色藻類附著在缸壁，第三周時則所有以物理性防曬乳處理的魚缸都出現了此類藻，五號缸的藻類比六、七號缸多，而且可以明顯看出一塊塊咖啡色片狀結構。我們把這種藻類刮下來，使用複式顯微鏡觀察鑑定得知是矽藻(圖 36.)。

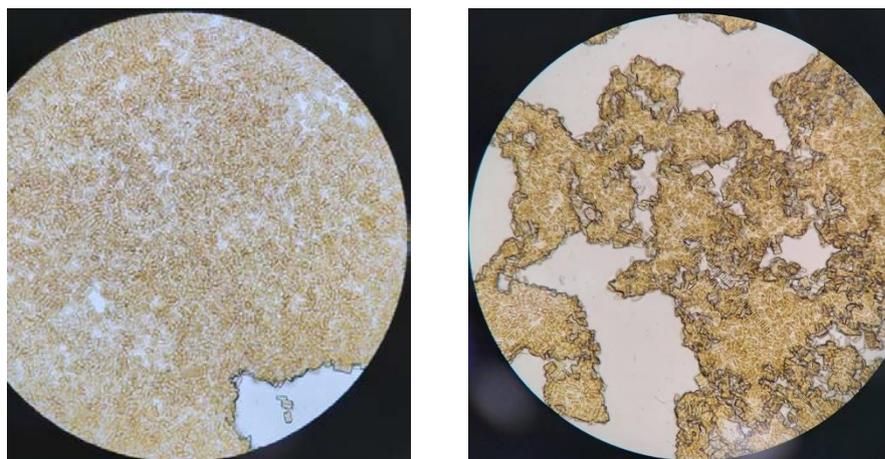


圖 36. 顯微鏡下的矽藻

矽藻生長條件不需像綠藻一樣要充足的光源，只要有些微的光照就可以，而物理性防曬乳的原理就是利用成分中的二氧化鈦等物理性質成分來反射紫外線，所以紫外線反射出去後，添加物理性防曬乳的魚缸內光源就沒有像一號到四號缸那麼充足，因此比較不利於綠藻生長。而五號到七號缸之所以會長出矽藻，我們推論是物理性防曬乳中含有許多中的含矽化合物。這些有機矽化合物被細菌分解後進而產出矽酸鹽，而矽藻繁殖生存需要矽化合物存在，所以導致環境中非常適合矽藻生長。此外，矽藻具有尿素循環系統，也可和黑殼蝦安然共同生存。所以隨著物理性防曬乳濃度越高，矽藻生長速率越快也越多。

(四) 飼養環境酸鹼值改變

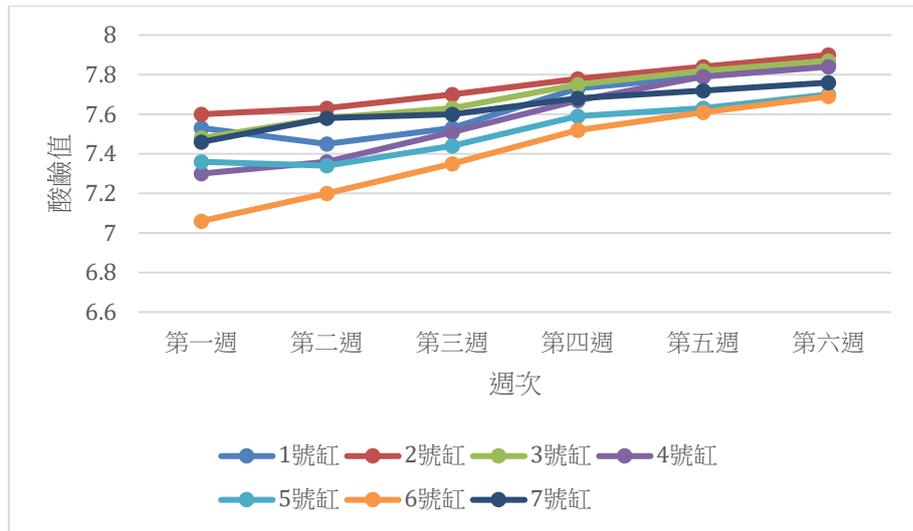


圖 37. 飼養黑殼蝦水體酸鹼值改變趨勢

連續觀察飼養黑殼蝦的七缸水中酸鹼值變化差異比較，我們可以看到圖 37.中顯示，pH 值都隨著飼養時間增加持續上升，雖然一號缸和五號缸在第二週的時有些許偏酸，第一缸減少 0.08，而第五缸只有些微減少 0.02。但整體的數值都是增加，逐漸偏鹼的。本研究中我們為了模擬大自然生態，減少出現人為的一些動作，所以實驗期間都沒有換水，只把蒸發掉的水補回去，所以隨著時間增加，水中累積的氨越來越多，**氨在經過亞硝化菌代謝成亞硝酸鹽，導致水質漸漸變鹼。**這些亞硝酸鹽也可能造成蝦子的死亡或不健康，但也因此讓這些含氮廢物豐富了藻類的營養來源，若日後要進行延伸研究或許可以加入硝化菌來協助飼養環境更完整。

二、比較防曬乳成分對黑殼蝦生長之影響。

(一) 防曬乳成分對黑殼蝦體長的影響

我們每周從七個缸內撈取 10 隻黑殼蝦進行體長測量，並取得平均值，將數據作圖如下圖 38.及圖 39.。由圖中可看出除了五號缸(物理性防曬乳 100ppm)呈現負成長趨勢，其他實驗處理的黑殼蝦體長還是有成長。但這些數據是個別體長成長，所以我們將這些觀測值和起始數據(第零週)相減，做出每周的體長成長率如圖 39.。

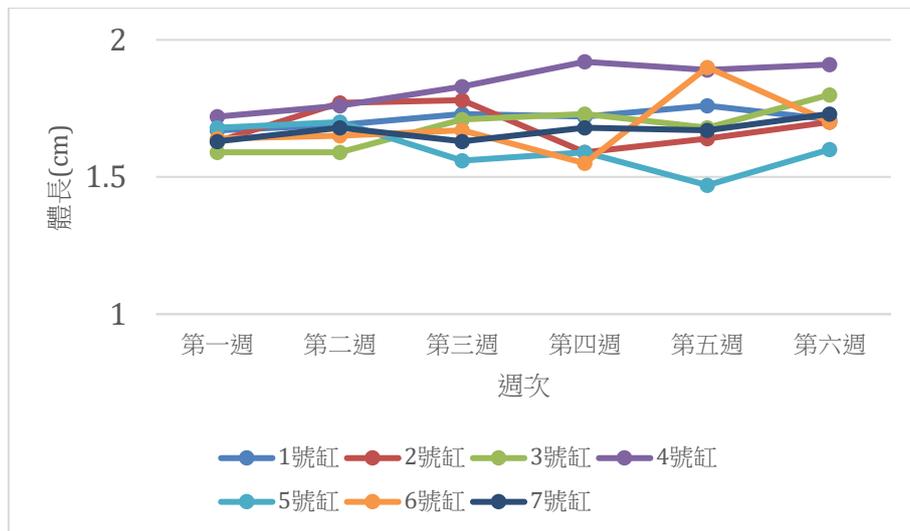


圖 38. 黑殼蝦生長體長變化

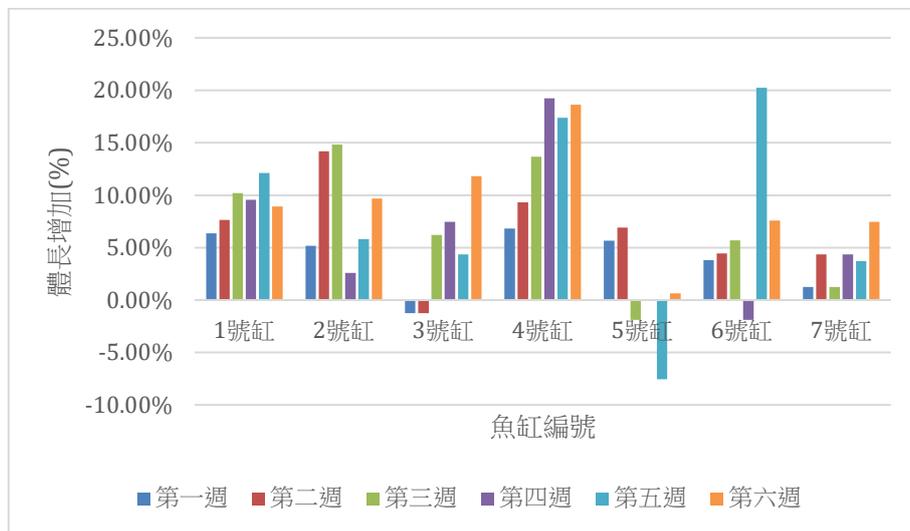


圖 39. 黑殼蝦每週平均體長成長率

上圖 39.中可看出對照起始數據(第零週)，各缸蝦子的體長成長狀況。相較於一號缸(對照組)每週的體長穩定成長來看，四號缸(化學性防曬乳 1ppm)的蝦子體長成長速率比對照組還好，幾乎每週都有顯著穩定成長，可能是化學防曬乳裡的一種界面活性劑成分，癸基葡萄糖苷(Decyl Glucoside)，具有良好的生物分解能力，且能提供足夠的化學營養，作為黑殼蝦生長的營養源。而且小球藻在化學性防曬乳處理過後的第二週開始大量生長，黑殼蝦有豐富的食物來源(飼料投放相同數量)，導致黑殼蝦生長狀況比對照組還好，但是存活率就會因為這些化學成分而受到影響。但化學性防曬乳濃度太高的二號(100ppm)和三號缸(50ppm)，黑殼蝦成長狀況就不佳，可見化學性防曬乳即使帶來較多綠藻生長，但還是會影響黑殼蝦成長。

而物理性防曬處理後的黑殼蝦，體長成長狀況不佳，尤其是五號缸(物理性防曬 100ppm)甚至一度出現負成長，扣除個體差異，表示整體幾乎零成長。原因可能是物理性防曬乳中的化學成分抑制黑殼蝦生長，因為五號到七號缸裡有許多矽藻可以讓黑殼蝦當食物，相較於對照組來說應該比純飼料養餵生長更好，但實際不然。所以我們推論物理性防曬乳成分對黑殼蝦的體長成長有很大的阻礙，只是哪一種成分還需要進行延伸實驗來探究。

(二) 防曬乳成分對黑殼蝦體重的影響

下圖 40.可以看出黑殼蝦體重在最後結果均是增加，但以對照組一號缸和四號缸(化學性防曬 1ppm)的體重成長最穩定，其他實驗組均有起伏不定的變化。

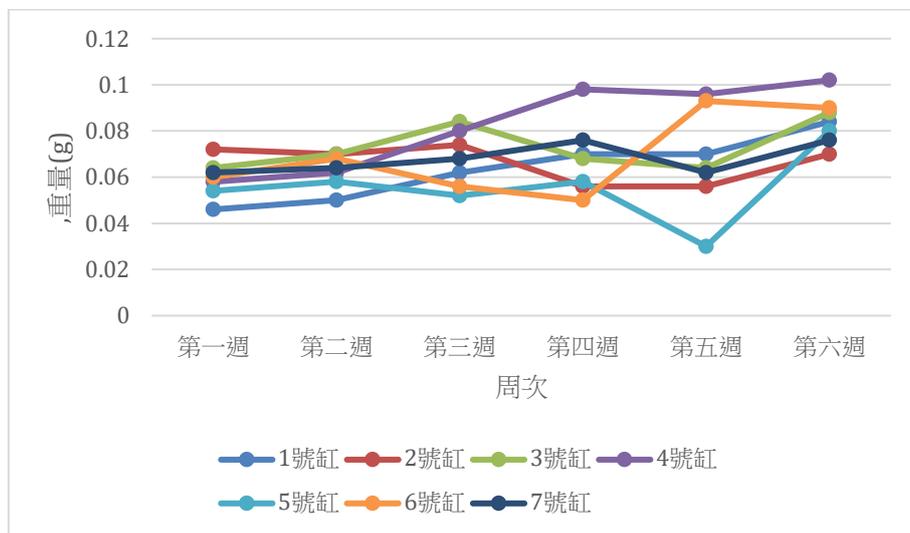


圖 40. 黑殼蝦體重變化

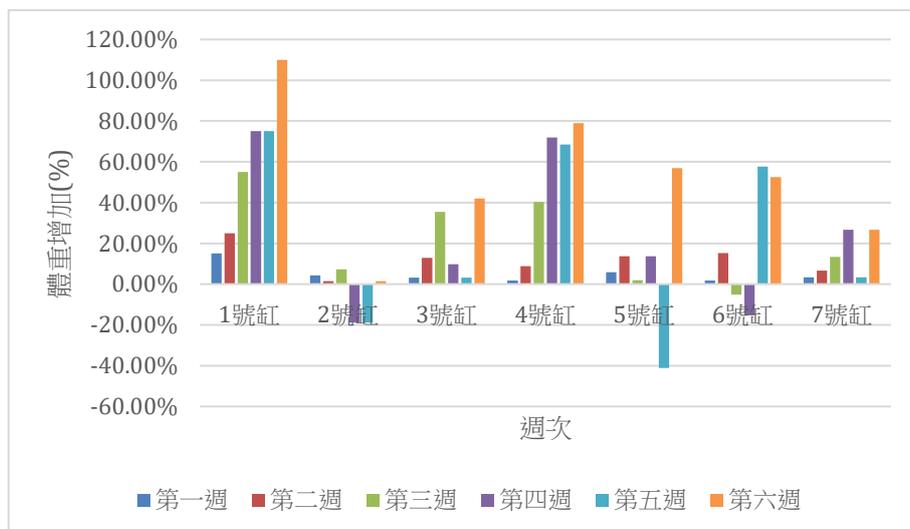


圖 41. 黑殼蝦每週平均體重成長率

為了讓數據判讀更準確，我們將蝦子體重和原始數據(第零週)相減得到圖 41.，表示每週體重的成長率，可以看出對照組的黑殼蝦體重穩定成長且到了第七週甚至成長超過體重一倍以上。而四號缸(化學性防曬 1ppm)的黑殼蝦體重也有成長，二號缸(化學性防曬 100ppm)和五號缸(物理性防曬 100ppm)的體重卻起伏不定，甚至有幾週一度減輕，可見不論物理或化學性防曬乳，只要有超過 100ppm 劑量以上殘留在水體內，都會抑制黑殼蝦的體重繼續增加。

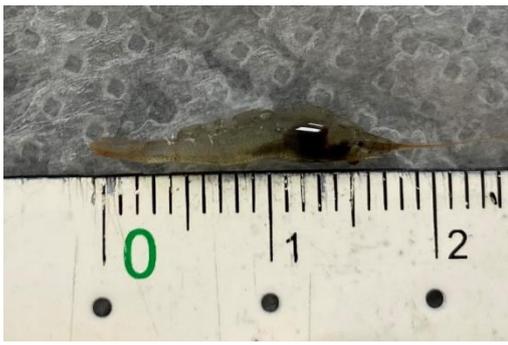
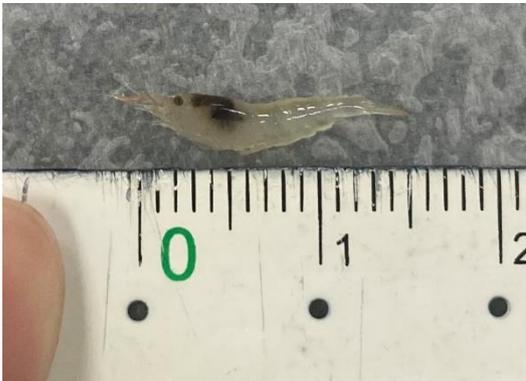
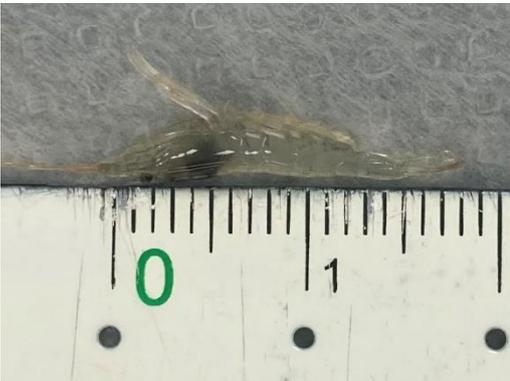
比較圖 39.和圖 41.可以得到蝦子整體成長狀況，一號缸(對照組)的體重和體長都穩定成長，二號缸(化學性防曬乳 100ppm)的蝦子體長增加，但體重下降；三號缸(化學性防曬乳 50ppm)的蝦子體長增加，體重些微增加；四號缸(化學性防曬 1ppm)的蝦子體長和體重都明顯增加；五號缸(物理性防曬 100ppm)的蝦子體長和體重都沒增加；六號缸(物理性防曬 50ppm)的蝦子體長和體重都沒增加；七號缸(物理性防曬 1ppm)的蝦子體長和體重微幅增加。

綜合黑殼蝦體長和體重的生長狀況，我們推論 1ppm 的化學性防曬乳能讓黑殼蝦的體長和體重增加，但在高濃度(50ppm)以上就開始會抑制黑殼蝦生長。而物理性防曬乳則會抑制黑殼蝦生長，不隨濃度改變，即使矽藻生長也不足以使黑殼蝦食物充足而長大。

(三) 防曬乳成分對黑殼蝦外觀的影響

五號缸的蝦子在添加物理性防曬且濃度 100ppm 的環境下，身體會變成白色，甚至接近透明，且蝦線會變紅，但是其他缸皆不會有此現象，請見下表四。而蝦殼的成分需要鈣質才能變硬變白，所以我們推測可能是物理性防曬乳的某些成分與蝦殼鈣質成分整合導致蝦子鈣質不足而呈現透明，日後可以作為延伸研究方向，了解物理性防曬物質和蝦殼體色改變的機制。

表四、蝦子在物理性防曬乳環境下外觀比較差異

| | |
|--|---|
|  |  |
| <p>對照組</p> | <p>物理性防曬 100ppm</p> |
|  |  |
| <p>物理性防曬 50ppm</p> | <p>物理性防曬 1ppm</p> |

三、比較防曬乳對黑殼蝦存活率的影響

在下圖 42.可以看出蝦子在每週的死亡率，第五周開始飆高大量死亡，其中以五號和六號缸死亡率最高，死亡率接近 100%。原因可能是五號缸和六號缸的環境常常長出水黴菌，雖然我們即時清除水黴菌，但蝦子會出現食慾降低(不吃長出水黴菌的飼料)。雖然我們每次都將水黴菌的飼料夾出，並放入新的飼料，所以蝦子還是死亡。推測可能在 50ppm-100ppm 濃度的物理性防曬乳成分環境下，水黴菌生長旺盛，感染黑殼蝦導致死亡。而物理性防曬 1ppm 的水質則不易長出水黴菌，所以蝦子的存活率可以維持。

另外，添加物理性防曬乳的五、六、七號缸一開始蝦子死亡數比添加化學性防曬乳的死亡數少，但是在添加化學性防曬乳的二、三、四缸長出小球藻後，添加化學性防曬乳的二、三、四缸的死亡數開始少於添加物理性防曬乳的五、六、七缸。所以小球藻的出現對黑殼蝦的生長和存活率帶來很大的幫助。而且物理性防曬乳的成分中具有**苯氧乙醇**，為一種油性抗

菌劑，這種成分常用來應用在現今的水生生物麻醉劑中，因為對水生生物有慢性毒害作用。所以導致隨著時間拉長以後，物理性防曬乳濃度越高，黑殼蝦飼養的死亡率也越高。

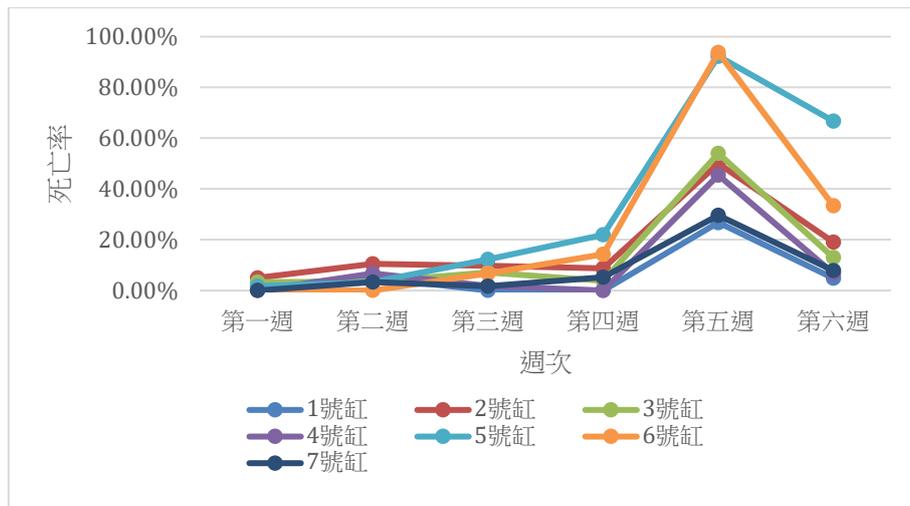


圖 42. 黑殼蝦死亡率變化

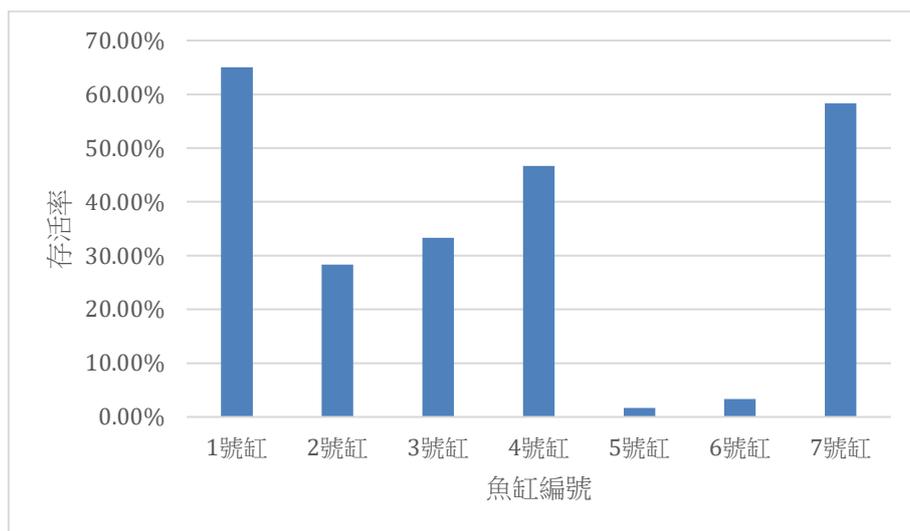


圖 43. 黑殼蝦每週存活率

陸、結論

- 一、化學性防曬乳成分能使綠藻(小球藻)增生，但濃度不宜過高，否則還是會影響黑殼蝦生長及存活率。
- 二、物理性防曬乳成分能使矽藻增生，但物理性防曬乳成分中的苯氧乙醇會危害黑殼蝦生長，所以即使矽藻能提供黑殼蝦食物，仍無法阻止黑殼蝦死亡和成長遲滯。
- 三、在濃度 50-100ppm 的物理性防曬濃度水體中，水黴菌的繁殖非常快速，進而導致黑殼蝦大量死亡。
- 四、水體在飼養黑殼蝦的過程中會因為含氮廢物而逐漸偏鹼性。
- 五、低濃度(1ppm)的化學性防曬乳成分能使黑殼蝦穩定成長且存活率高，對黑殼蝦生存影響最小。
- 六、物理性防曬乳成分會使黑殼蝦死亡，水體大量出現矽藻。
- 七、若要進行水上活動，建議使用化學性防曬乳，對水中生物(黑殼蝦)影響較小。

柒、參考資料及其他

- 一、林旻憲(2017 年 6 月 6 日)。皮膚科醫生教您看懂防曬乳。
(<https://www.careonline.com.tw/2017/06/sun-cream.html>)
- 二、每日頭條(2019 年 7 月 16 日)。魚缸長褐藻的原因，7 個方法有效控制褐藻。
(<https://kknews.cc/zh-tw/other/2ympn6g.html>)
- 三、林正坤(2021 年 7 月 10 日)。防疫也要記得防曬 2 類防曬劑原理報你知。
(<https://health.ltn.com.tw/article/breakingnews/3599168>)
- 四、林雨葳、詹沂瑾、鍾易純(2017 年 1 月 5 日)。防曬乳對海洋生物的影響。
(<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/11/2017110513085538.pdf>)
- 五、尤柏恩、黃育婷、趙珮雯(2013 年)。我的貼身保鏢-鹿港高中學生對防曬乳的認知。

(<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2013/11/2013110110175554.pdf>)

六、林澄琴(2021年8月9日)。Hold住水噹噹 防曬美白要正確。

(<https://www.cmuh.cmu.edu.tw/NewsInfo/NewsArticle?no=7455>)

七、洪子恆、陳思羽、蕭卉庭(2012年11月20日)。不讓你黑—防曬乳幫很大。

(<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/11/2012111311104969.pdf>)

八、KENJI(2017年6月1日)。《防曬寶書：打響你的肌膚保衛戰！》。中國：人民郵電出版社。

九、陳威名(2014年6月13日)。紫外線輻射知識認知與防曬措施調查-以參加繼續教育之藥事人員為例。中華科技大學：碩士論文。

十、每日頭條(2018年10月12日)。如何清除綠藻及預防！

(<https://kknews.cc/home/yel8b6g.html>)

【評語】 052601

- 一、 本作品探討物理性防曬乳和化學性防曬乳在水體中對黑殼蝦生長的影響。兩種防曬乳各有 3 組不同的濃度，另有一組為不加防曬乳之對照組，共進行七週的實驗，量測蝦子長度、重量及死亡數，水質的 pH 與溫度及魚缸水體外觀，以顯微鏡觀測藻類等。報告書內容架構符合科學研究報告，簡報的邏輯性清楚
- 二、 研究數據結果呈現與分析比較，除個參數與各周的比較建議可以整合共同比較，但是簡報對於黑殼蝦的長度等變項只比較第一周到第四周，報告中則比較 1~7 周或 1~6 周，然而實驗進行七周，報告內容中應說明五到七周的變化狀況，為何部分數據不只被採用，方能提供更明確的驗證實驗設計。
- 三、 建議將所有圖表，以統計重新分析，並分別比較物理性防曬組與化學性防曬組哪些濃度組別與控制組具有統計的顯著差異；以及物理性防曬組與化學性防曬組之間的差異性，將較具有科學表達的嚴謹性。
- 四、 實驗進行中，並未控制氮氮的濃度，造成 pH 均持續上升，水質分析除了溫度 pH 值之外，當初是否有考慮監測葉綠素

A，可提供另外一 v 項防曬乳對水質變化之影響。且各組在第六週都出現蝦子大量死亡的情況，連對照組亦不例外，顯示實驗設計架構設計仍需再多考慮變數之控制，未來可以提升實驗研究設計的方向。

五、研究推測化學性防曬乳成分含碳氫氧元素可提供綠藻適合的生長養分，可能誘發綠藻大量生長；而物理性防曬乳含有機矽化合物，被細菌分解後產出矽酸鹽，而提供矽藻繁殖生存營養源，導致環境中非常適合矽藻生長。建議可進一步統計這些生長指標是否與防曬乳濃度呈現濃度-效應的關係？建議可探討防曬乳其他所含的化學物質在文獻上是否對水生生物的影響，能夠提供更深入分析實驗結果的資料驗證。

作品簡報

防曬乳好蝦——探討防曬乳進入 水體對黑殼蝦生長之影響

高級中等學校組
環境學科

壹、前言

一、研究動機

前往水域戲水都會擦上防曬乳來保護皮膚，防曬乳因此被間接帶入海水和溪流中。因此想探究防曬成分在進入水域後，是否會對水中生物造成影響？所以本研究選用黑殼蝦為實驗對象，探討不同成分防曬乳對其生長影響。

二、文獻探討

| | 物理性防曬 | 化學性防曬 |
|--------|---|--|
| 主要防曬成分 | 氧化鋅(Zinc Oxide)和二氧化鈦(Titanium dioxide) | 桂皮酸鹽(octinoxate)、二苯甲酮 (oxybenzone) 和水楊酸辛酯(octisalate)等 |
| 原理 | 反射、折射或散射紫外線 | 分子吸收紫外線轉化成熱能釋放 |
| 優點 | 1.穩定性較高 2.較不容易刺激皮膚引起過敏 3.塗抹後立刻有防曬效果 | 1.質地較為輕透 2.接觸到水或流汗時較不容易變成乳白色的 |
| 缺點 | 有泛白感 對UVA的防護力較弱，對UVB的防護力則較強 | 比較容易刺激皮膚、引起皮膚過敏反應 塗抹後需等待吸收 |

壹、前言

三、研究目的

1. 探討防曬乳成分對水體環境的影響。
2. 比較防曬乳成分對黑殼蝦生長之影響。
3. 比較防曬乳對黑殼蝦存活率的影響。

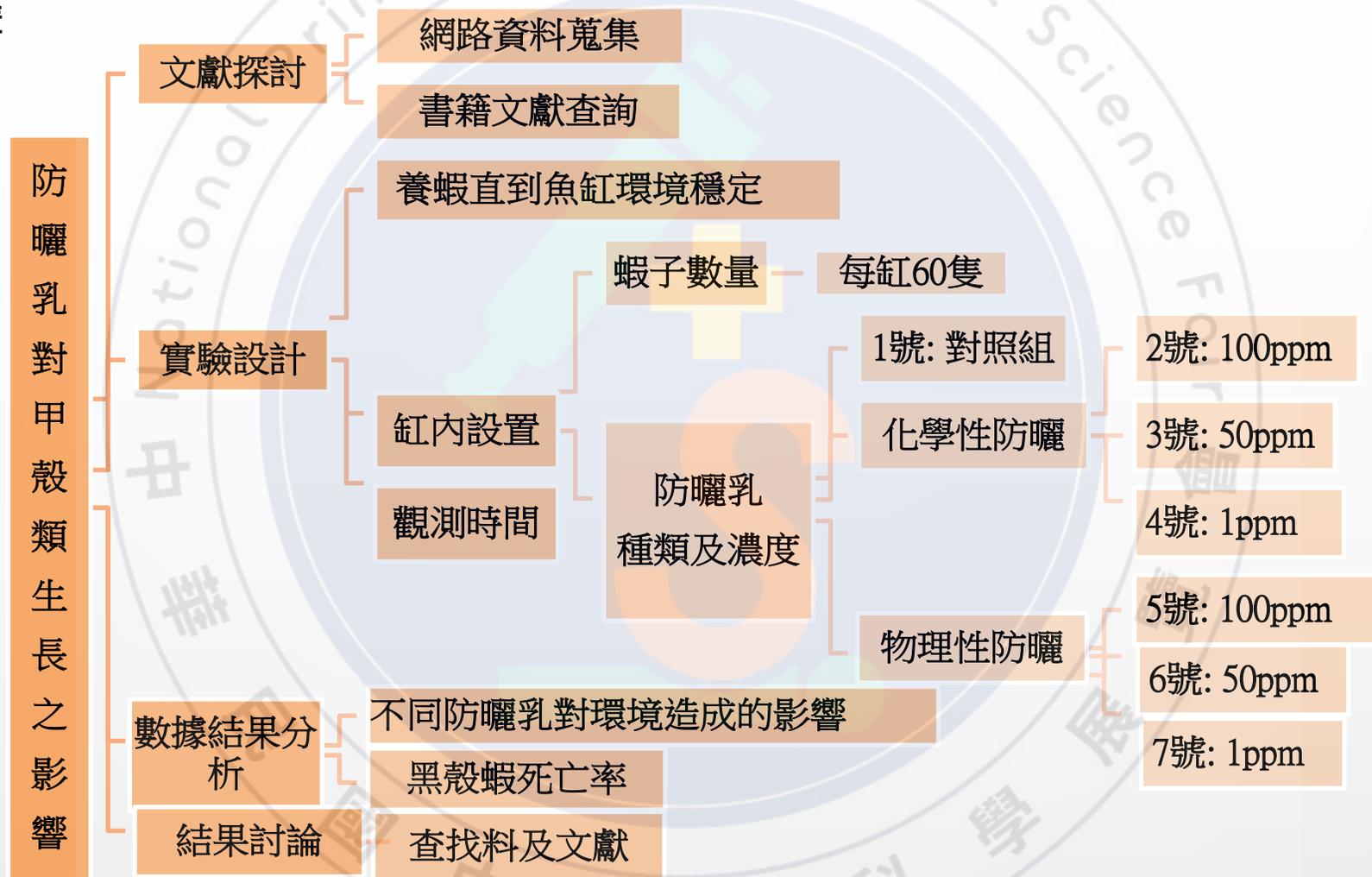
貳、研究設備及器材



| | 項目 | 數量 | 項目 | 數量 |
|------|------------------------|-----|----------|---------------|
| 飼養器材 | 玻璃魚缸 (44.5*28*25cm) | 7個 | 棉盆(蝦附著用) | 21盆 (3盆/缸) |
| | 水妖精過濾器 | 7個 | 定時水族燈 | 1組 |
| | 水妖精過濾棉 | 14個 | | |
| 測量器材 | 微量吸管(1000μl) | 1支 | 500ml燒杯 | 7個 |
| | 撈網 | 1個 | 50ml燒杯 | 7個 |
| | 長夾 | 1支 | 尺(15cm) | 1支 |
| | 培養皿 | 7個 | 玻片組 | 7組 |
| | 溫度計 | 7支 | 電子秤 | 1台 |
| | 顯微鏡 | 1台 | pH測定儀器 | 1台 |

參、研究過程或方法

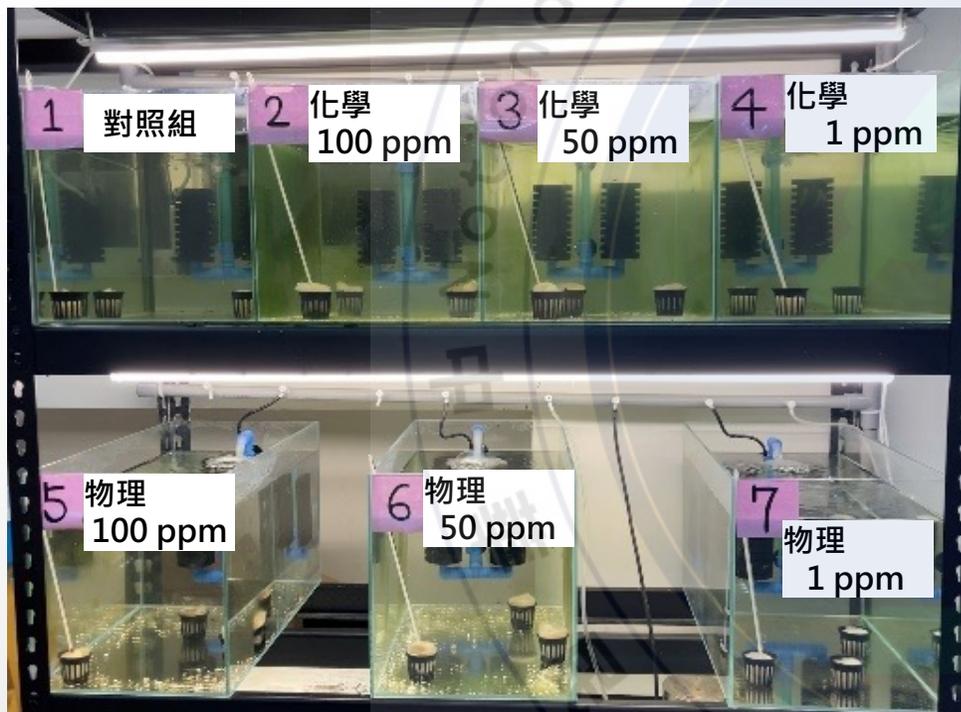
一、研究架構



參、研究過程或方法

二、研究方法

1. 魚缸設置



2. 測量方式



測量體長



測量體重



測量水體酸鹼值

肆、研究結果與討論

一、防曬乳對水體的影響

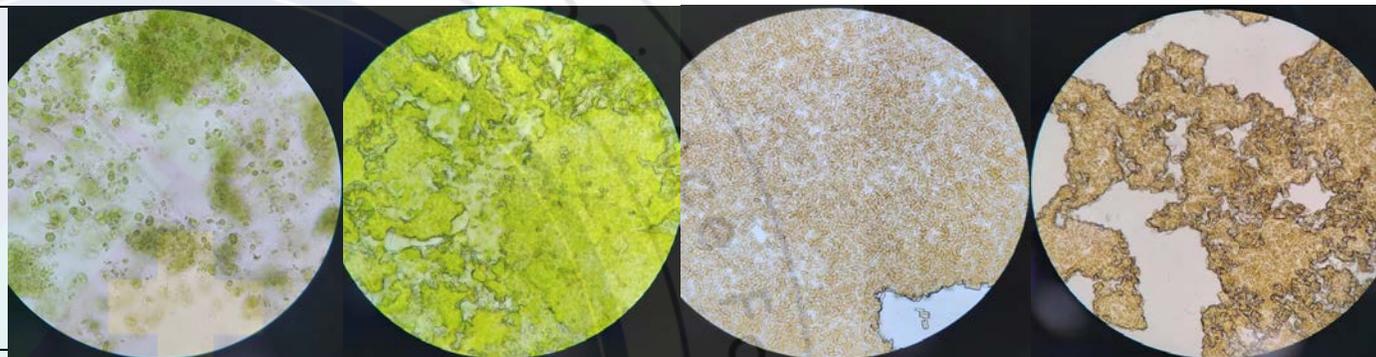
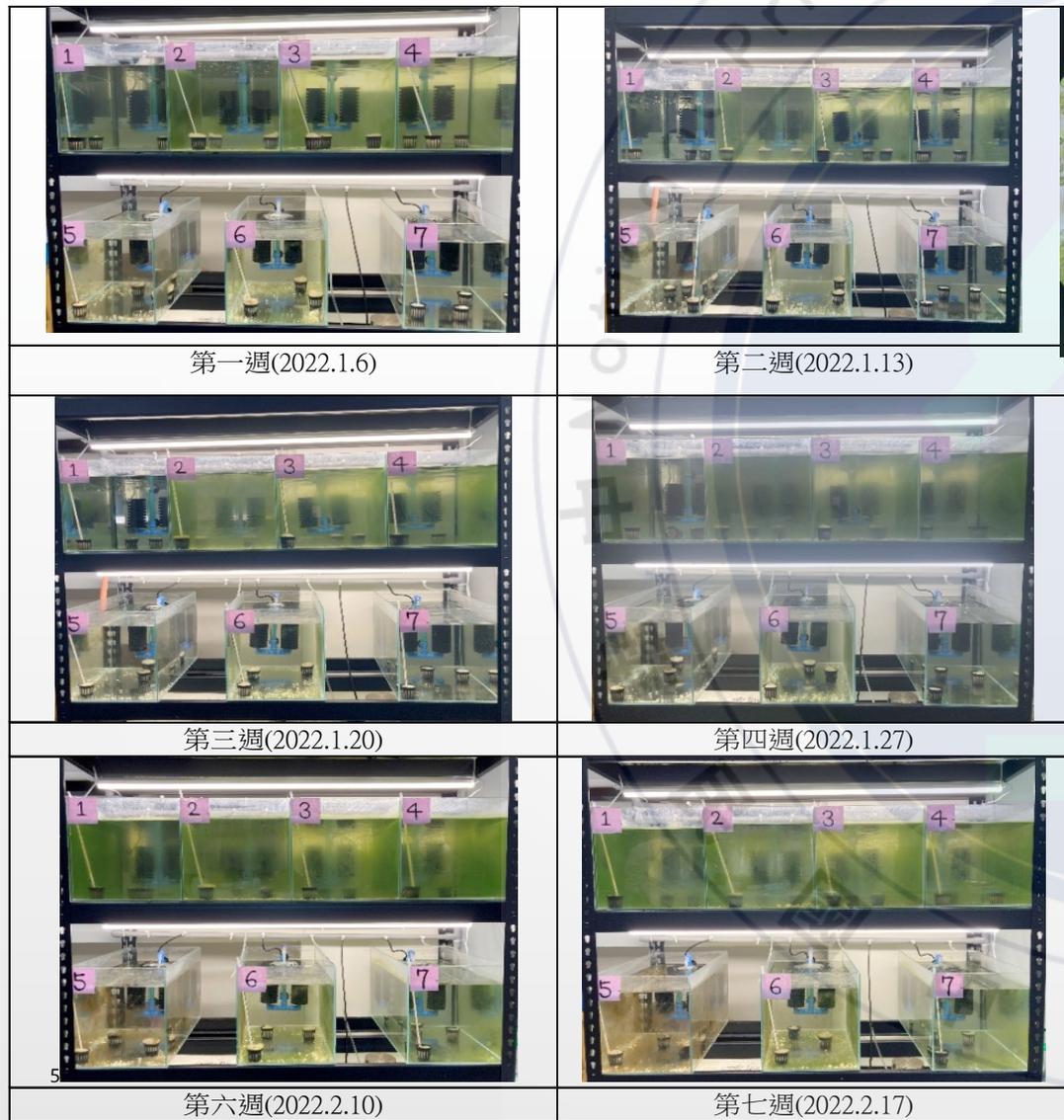


圖1.化學防曬乳蝦缸中的藻類顯微照

圖2.物理防曬乳蝦缸中的藻類顯微照

化學性防曬乳成份引起**小球藻**增生

透明質酸、玻尿酸保濕劑、黃原膠、醣類和維生素B5等，是很好的藻類CHO養分，可提供綠藻適合的生長養分。

物理性防曬乳成份引起**矽藻**增生

成分有許多有機矽化合物被細菌分解後進而產出矽酸鹽，而矽藻繁殖生存需要矽化合物存在，所以導致環境中非常適合矽藻生長。

肆、研究結果與討論

一、防曬乳對水體的影響

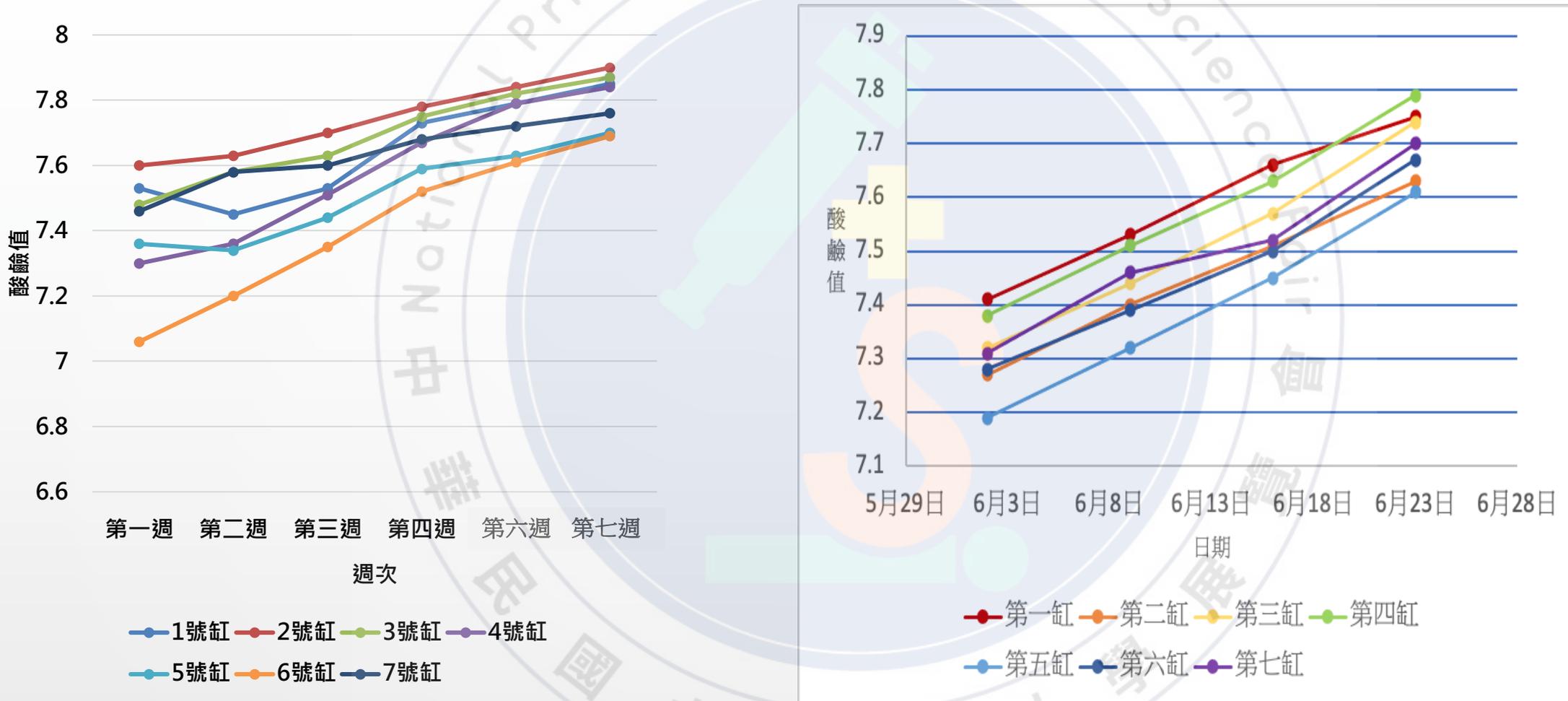


圖3. 飼養黑殼蝦水體酸鹼值改變趨勢

肆、研究結果與討論

二、防曬乳對黑殼蝦生長的影响

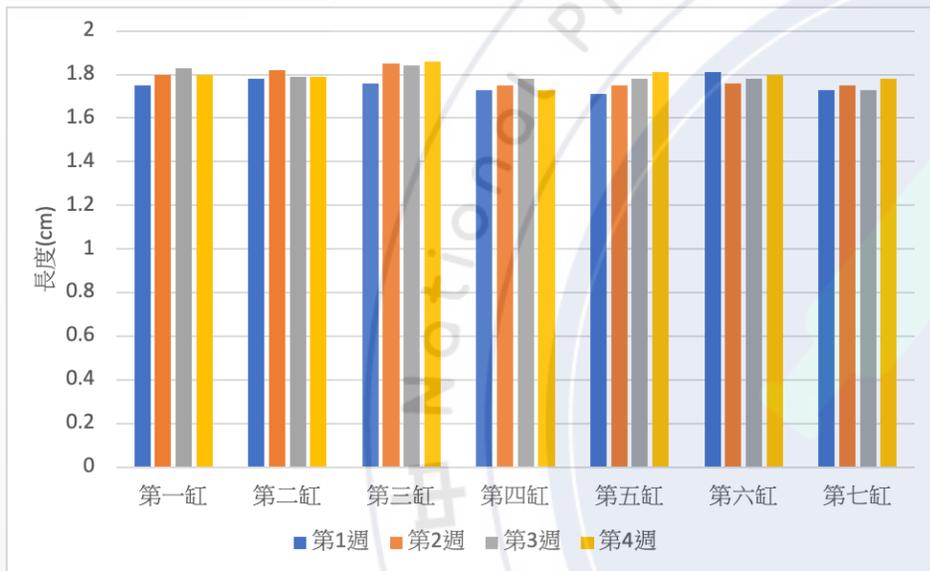


圖4. 黑殼蝦每週平均體長

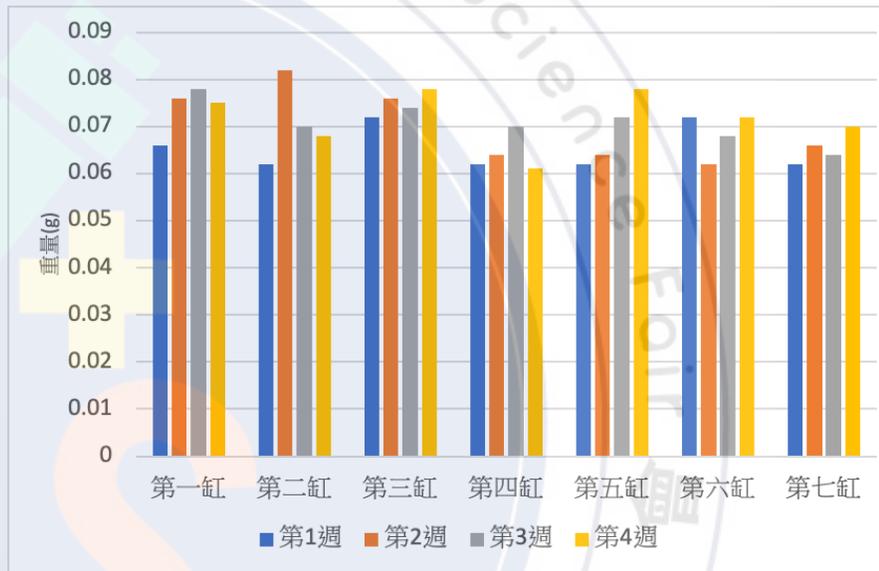
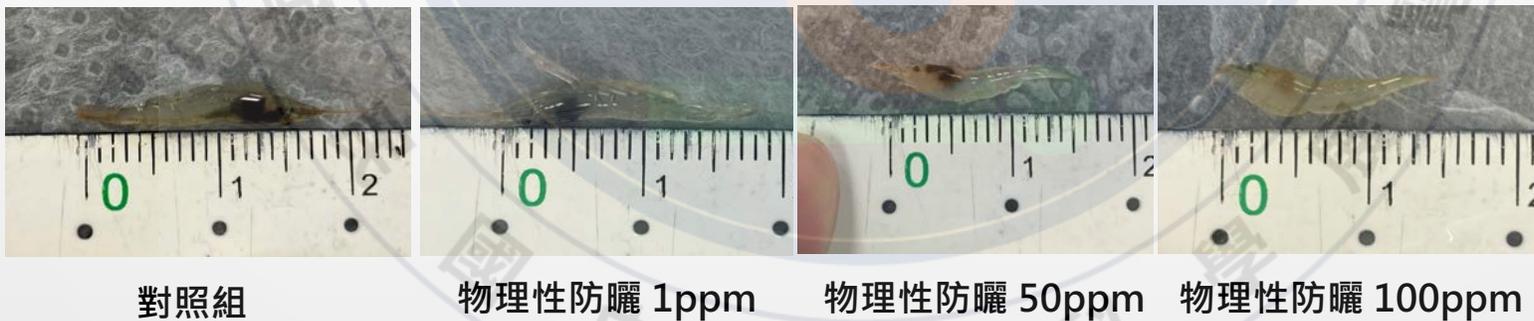


圖5. 黑殼蝦每週平均體重



→ 物理性防曬乳濃度越高，黑殼蝦體色越白，且蝦線越偏向紅棕色

伍、討論

三、防曬乳對黑殼蝦生長存活率的影響

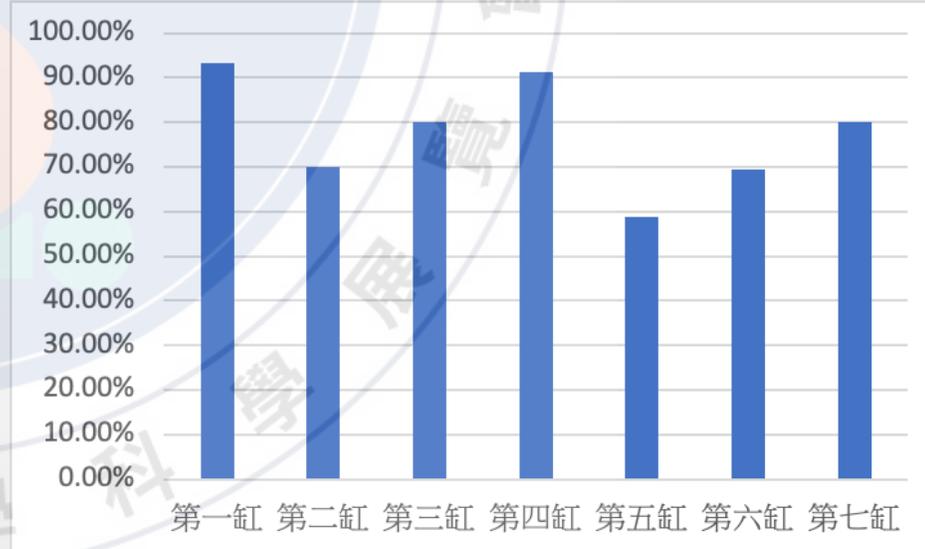
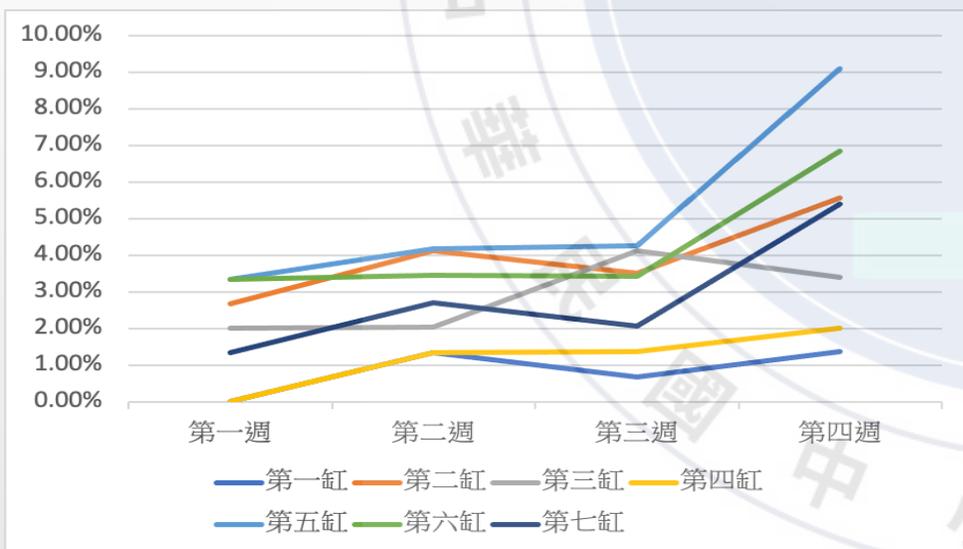
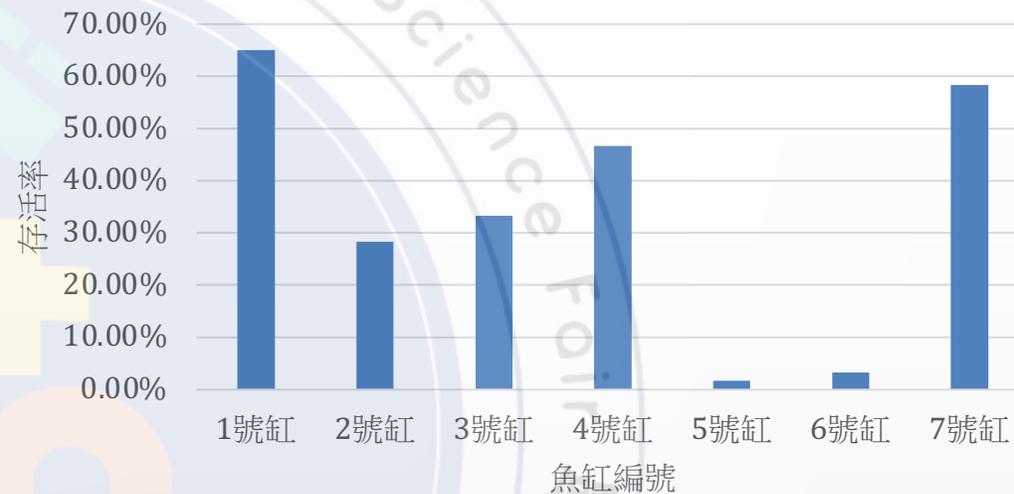


圖6. 黑殼蝦死亡率變化

圖7. 黑殼蝦每週存活率

陸、結論

1. 化學性防曬乳成分能使綠藻(小球藻)增生，但濃度不宜過高，否則還是會影響黑殼蝦生長及存活率。
2. 物理性防曬乳成分能使矽藻增生，但物理性防曬乳成分會危害黑殼蝦生長，所以即使矽藻能提供黑殼蝦食物，仍無法阻止黑殼蝦死亡和成長遲滯。
3. 濃度50-100 PPM的物理性防曬濃度水體中，水黴菌的繁殖非常快速，亦會導致黑殼蝦大量死亡。
4. 水體在飼養黑殼蝦的過程中會因為含氮廢物而逐漸偏鹼性。
5. 低濃度(1 PPM)的化學性防曬乳成分能使黑殼蝦穩定成長且存活率高，對黑殼蝦生存影響最小。
6. 若要進行水上活動，建議使用化學性防曬乳，對水中生物(黑殼蝦)影響較小。

柒、參考文獻

- 一. 林旻憲(2017年6月6日)。皮膚科醫生教您看懂防曬乳。(HTTPS://WWW.CAREONLINE.COM.TW/2017/06/SUN-CREAM.HTML)
- 二. 每日頭條(2019年7月16日)。魚缸長褐藻的原因，7個方法有效控制褐藻。(HTTPS://KKNEWS.CC/ZH-TW/OTHER/2YMPN6G.HTML)
- 三. 林正坤(2021年7月10日)。防疫也要記得防曬2類防曬劑原理報你知。(HTTPS://HEALTH.LTN.COM.TW/ARTICLE/BREAKINGNEWS/3599168)
- 四. 林雨葳、詹沂瑾、鍾易純(2017年1月5日)。防曬乳對海洋生物的影響。(HTTP://WWW.SHS.EDU.TW/WORKS/ESSAY/2017/11/2017110513085538.PDF)
- 五. 尤柏恩、黃育婷、趙珮雯(2013年)。我的貼身保鏢-鹿港高中學生對防曬乳的認知。(HTTPS://WWW.SHS.EDU.TW/WORKS/ESSAY/2013/11/2013110110175554.PDF)
- 六. 林澄琴(2021年8月9日)。HOLD住水噹噹 防曬美白要正確。(HTTPS://WWW.CMUH.CMU.EDU.TW/NEWSINFO/NEWSARTICLE?NO=7455)
- 七. 洪子恆、陳思羽、蕭卉庭(2012年11月20日)。不讓你黑—防曬乳幫很大。(HTTPS://WWW.SHS.EDU.TW/WORKS/ESSAY/2012/11/2012111311104969.PDF)
- 八. KENJI(2017年6月1日)。《防曬寶書：打響你的肌膚保衛戰！》。中國：人民郵電出版社。
- 九. 陳威名(2014年6月13日)。紫外線輻射知識認知與防曬措施調查-以參加繼續教育之藥事人員為例。中華科技大學：碩士論文。
- 十. 每日頭條(2018年10月12日)。如何清除綠藻及預防！(HTTPS://KKNEWS.CC/HOME/YEL8B6G.HTML)