

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生物科

團隊合作獎

080303

雌雄莫辨-蘋果螺繁殖行為之探討

學校名稱：臺中市私立華盛頓國民小學

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 作者：<br><br>小六 翁語霏<br>小五 魏弘亮<br>小六 涂丞涵<br>小四 周榆庭<br>小四 郭書帆<br>小五 王曄鈞 | 指導老師：<br><br>黃久倫<br>梁元菁 |
|---|-------------------------|

關鍵詞：蘋果螺、雌雄同體、繁殖行為

## 摘要

蘋果螺(*Biomphalaria glabrata*) 只吃藻不吃草的特性成為水族世界熱門觀賞螺，但牠繁殖力超強，於是我們針對蘋果螺的雌雄同體身體構造及其特殊繁殖行為進行觀察研究。我們觀察研究每一對蘋果螺繁殖期產卵約二十幾顆卵囊，每個卵囊約有二十顆卵，卵的孵化時間只要十天左右。透過水迷宮設計觀察蘋果螺的求偶行為，在相同的水迷宮下，兩隻會合的時間會變短，代表牠們具有學習的能力。雌雄同體的蘋果螺用主動求偶行為判別雄性蘋果螺，並發現積極求偶行為的蘋果螺會產下較多的卵。透過不同體型的交配組合，得知蘋果螺以雄性器官為優先發育。在產卵條件的研究中發現，水溫在高於 25 度或低於 20 度、全暗的環境及水中二氧化碳量濃度高的條件下，產卵率都會明顯降低。

## 壹、研究動機

自然教室的魚缸玻璃一直都是很乾淨的，不像家裡的魚缸玻璃髒髒的長滿青苔和藻類，詢問老師後才知道原來老師養了蘋果螺，蘋果螺是具有除藻功能的一種螺類，牠能夠貼著缸底和缸壁覓食，清潔魚缸的效果相當棒。但是老師說牠是雌雄同體的生物，不但可以異性繁殖有時也會無性繁殖，所以繁殖力相當驚人，於是我們很好奇蘋果螺究竟是從小是雌雄同體，還是長大後為了要繁殖後代才改變生殖器官，如果是從小到大都是雌雄同體，在每次交配時擁有雌雄同體的蘋果螺，會是以一隻雄性一隻雌性的形態受孕，還是同時兩隻可以一起受孕呢？也因為蘋果螺的繁殖力超強，也常會造成飼主的困擾。所以我們探究蘋果螺的卵其生長環境會因為水溫、環境的明暗變化，影響卵的孵化成功率嗎？最後希望能藉此以上的研究達到抑制蘋果螺繁殖的目的。



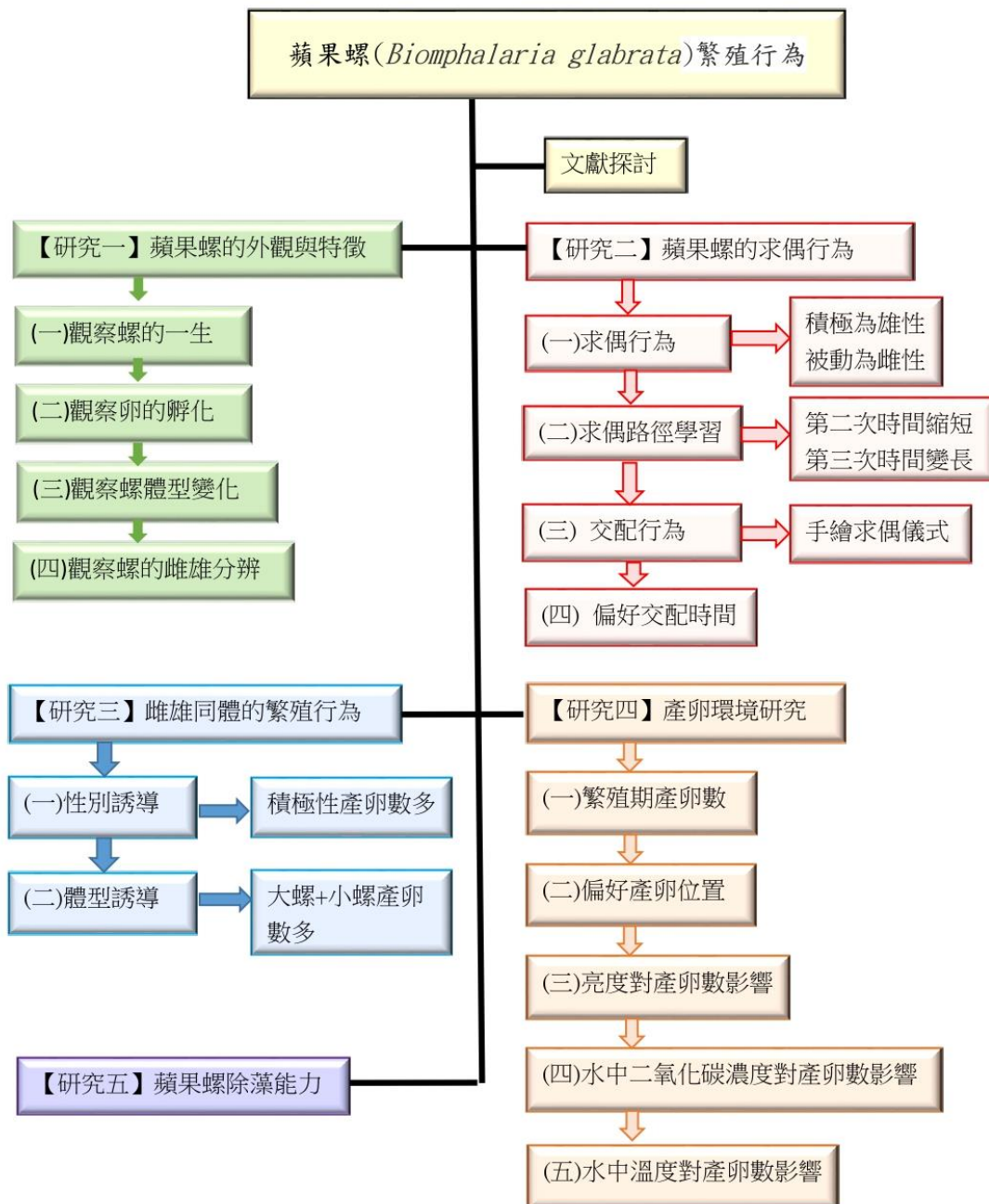
爆缸的蘋果螺

## 貳、研究目的及架構

### 一、研究目的

- (一)觀察蘋果螺的形態、特徵
- (二)蘋果螺的求偶行為(Courtship Behavior)
- (三)蘋果螺的繁殖行為(Reproductive Behavior)
- (四)蘋果螺產卵環境探究
- (五)蘋果螺除藻能力

### 二、研究構圖



### 三、文獻探討

#### (一) 市面上常見的觀賞螺

水族觀賞螺一般指具有觀賞價值，其功用在美化水族缸，清淤除藻，活化底床.....常見的觀賞螺有蘋果螺、金鋼螺、羊角螺、黃金螺、斑馬螺等.....針對這些觀賞螺，我們將其外觀、體型、生長環境與食性整理成表。其中汽水又稱為半海水或鹹淡水，指的是鹽度介於淡水與海水之間的水域，大多見於河海交匯處。在汽水水域生活的魚類螺類大多對滲透壓有很強的適應能力，能夠忍受漲潮、退潮帶來的鹽度波動，甚至可以在純淡水或純海水中存活一段時間。淡水水域通常屬於內陸水域，包括了流動和靜止兩種類型的水域。

| 觀賞螺的比較 |   |   |   |  |   |
|--------|---|---|---|--|---|
| 品種     | 蘋果螺   | 金鋼螺   | 羊角螺   | 黃金螺  | 斑馬螺   |
| 外觀     |  |  |  |  |  |
| 最大體型   | 2 公分  | 3 公分  | 6 公分  | 1.5 公分   | 2 公分  |
| 身體顏色   | 紅、黑   | 黑   | 黑色斑紋  | 黃色斑點   | 黑色條紋  |
| 吃藻     | ○   | ○   | ○   | ○  | ○   |
| 吃水草    | ×   | ×   | ○   | ○  | ×   |
| 爆缸     | ○   | ×   | ×   | ○  | ×   |
| 繁殖水域   | 淡水  | 汽水  | 淡水  | 淡水   | 汽水  |

我們比較分析台灣常見的觀賞螺後，將選擇**蘋果螺**為研究對象，因為牠只會吃藻不會吃水草、適合的繁殖水域為淡水、繁殖力高容易造成魚缸爆缸，以下是我們整理蘋果螺的基本資料。

| 蘋果螺的基本資料 |   |
|----------|---|
| 分類地位     | Kingdom Animalia 動物界<br>Phylum Mollusca 軟體動物門<br>Class Gastropoda 腹足綱<br>Basommatophora 基眼目<br>Planorbidae 扁蝸科<br>Biomphalaria 紅扁蝸屬<br><i>Biomphalaria glabrata</i> (Say, 1818) 蘋果螺 |
| 外觀特徵     |    |
| 習性介紹     | 蘋果螺是一種著名的觀賞螺，有著多種多樣的花色品種。蘋果螺的殼為左旋方向。牠們沒耳朵，但能看見牠們的環境，牠們視力只能分辨明暗。蘋果螺是雌雄同體的生物牠們在交配時會翻開外套膜伸出連結器進行交配，如果是兩隻雄性的螺其中一隻就會變性，其產的卵囊裏在無色透明的膠質中，一個卵囊裡面大約有十個卵，約一個多禮拜就會孵化了。                         |

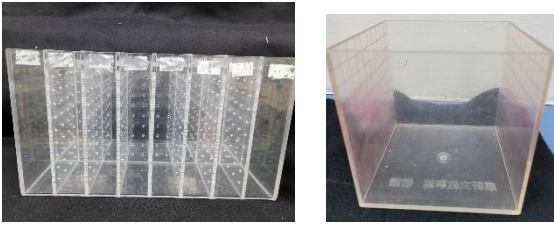

(二) 分析歷屆全國科展『螺』相關主題

| 屆別              | 題目                        | 研究焦點  |
|-----------------|---------------------------|---|
| 57 屆科展<br>國小生物組 | 當我們蝟在一起-環境因子對淡水螺行為影響之探討   | 研究石水螺、網蝟、瘤蝟這三種螺對水溫、水質、水流及流速的適應力生長影響。                      |
| 55 屆科展<br>國小生物組 | 潮間帶的過客-海兔的觀察與研究           | 研究海兔會連鎖交配，海兔也是雌雄同體的生物會有連鎖交配的行為，但是不同種類的海兔會因為交配的姿勢影響連鎖交配行為。 |
| 51 屆<br>高中生物組   | 生生不息-本土種石田螺及外來種多稜角螺化生殖生物學 | 比較石田螺與多稜角螺的生殖繁衍調查，研究兩種物種的生殖能力競爭關係。                        |
| 51 屆科展<br>國小生物組 | 網『螺』高手-紅扁蝟生活習性之探討         | 研究紅扁蝟的食物喜好及生活習性，可用什麼菜葉來誘捕紅扁蝟。                             |
| 48 屆科展<br>國小生物組 | 螺生門-翻轉螺的生態與生活習性探討         | 研究翻轉螺的身體構造，運動方式及棲息位置，性別分辨。對日照、水質溫度、顏色反應及酸鹼耐受性。            |

透過文獻我們歸納出重點：

- 1.各種螺的繁殖方法與日照水質水溫都有相關性。
- 2.螺是一種雌雄同體的動物，但是牠是可以自體授精產卵還是異體交配產卵，網路上各種說法都有。
- 3.螺的卵孵化會受環境的影響。

### 參、研究設備與器材

|        |   |
|--------|---|
| 實驗物種來源 | 專門繁殖蘋果螺的養殖場   |
| 飼養環境   | 1 公升正方形魚缸 10.5cm×10.5cm 數個、飼料、濾水器、自製水缸 18cm×32cm 2 個<br> |
| 實驗觀察   | 平板、游標尺、培養皿  |
| 實驗環境   | 檯燈、加熱棒、二氧化碳鋼瓶、自製水迷宮<br>                                  |

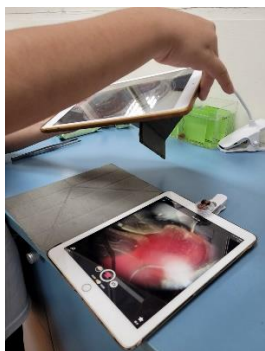
## 肆、研究過程或方法

### 研究一、蘋果螺的外觀與特徵

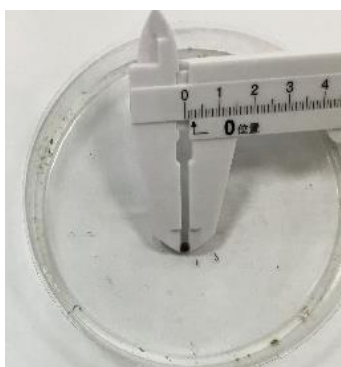
(一)研究動機：為了瞭解蘋果螺，所以根據文獻的飼養條件開始飼養蘋果螺，觀察記錄卵的孵化、幼螺及成年螺的生命週期。

(二)研究目的：瞭解蘋果螺的外觀與生命週期。

(三)實驗方法：



1.使用平板，每日紀錄觀察蘋果螺。



2.將蘋果螺的卵孵化的時間及成長體型的變化觀察紀錄。



3.使用生物顯微鏡觀察卵巢及精囊

圖 1：觀察記錄蘋果螺的外觀與特徵

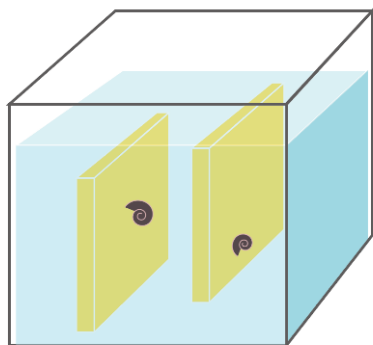
### 研究二、蘋果螺的求偶行為

#### 實驗二-1、蘋果螺的求偶行為

(一)研究動機：運用自然界中，大部份雄性個體負責基因傳播，因此會廣泛求偶、積極交配，擴展族群的特性，分辨出蘋果螺求偶行為中，何者為主動的雄性？何者為被動的雌性？

(二)研究目的：以求偶行為分辨雄性螺與雌性螺。

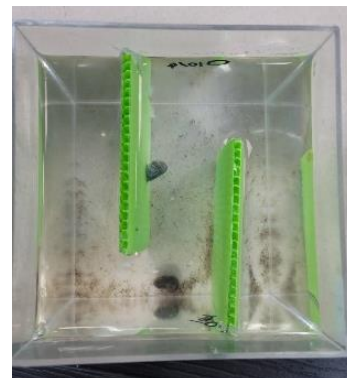
(三)實驗方法：在水缸裡，設計水迷宮，將兩隻螺各自放置在水缸的對角處，觀察記錄兩隻螺靠近彼此的時間。



水迷宮設計圖



實際水迷宮側面圖



實際水迷宮俯視圖

圖 2：水迷宮

## 實驗二-2、蘋果螺的求偶路徑學習

(一)研究動機：由研究二-1 知道蘋果螺有尋找同伴的能力，並能在找到同伴後完成交配行為產下卵。蘋果螺是否能記住尋找同伴的路線呢？如果牠能記得路線縮短尋找時間，可以推測出蘋果螺具有學習能力。

(二)研究目的：蘋果螺是否有學習能力。

(三)實驗方法：

- 1.在同一天每一組連續測試三次，觀察紀錄兩隻螺的相會合時間，藉此證明蘋果螺有學習能力。
- 2.水迷宮設計：簡易版水迷宮、困難版水迷宮。
- 3.每次實驗不重覆兩隻相同的螺，以確定沒有學習路徑的誤差，共測量 10 組。

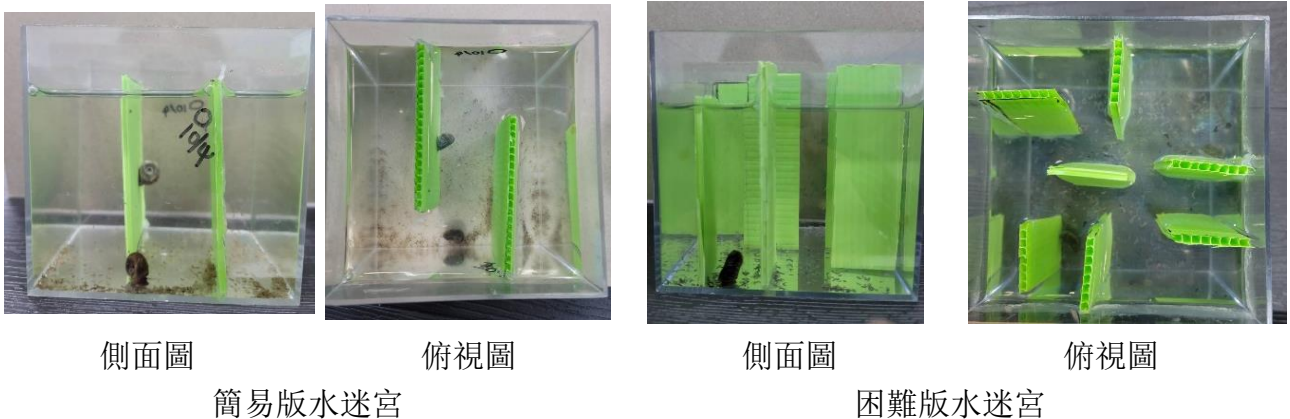


圖 3：不同難度水迷宮

## 實驗二-3、兩隻雌雄同體的蘋果螺交配行為

(一)研究動機：當兩隻雌雄同體的蘋果螺交配時，牠們會採取什麼樣的求偶儀式，來決定哪一隻扮演雄性的，哪一隻扮演雌性的呢？

(二)研究目的：探討由牠們的交配行為，瞭解雄性與雌性的分別。

(三)實驗方法：取兩隻體型約 2 公分的成年螺，經過研究二的簡單水迷宮的篩選找出**積極主動為雄性螺**，**被動為雌性螺**，在雄性螺殼上塗指甲油做記號，並放入同一小水缸飼養觀察，透過平板記錄牠們的交配行為。



圖 4：觀察記錄蘋果螺交配行為

## 實驗二-4、蘋果螺在一天當中偏好的繁殖時間

(一)研究動機：由研究二-2 知道蘋果螺是繁殖行為很頻繁，想瞭解他們是不是有生理時鐘？哪個時段繁殖行為次數最多？

(二)研究目的：透過交配行為瞭解一天中蘋果螺的交配偏好時間。

(三)實驗方法：連續五天的早、晚，每天觀察紀錄蘋果螺的繁殖行為次數。



圖 5：記錄蘋果螺偏好繁殖時間示意圖

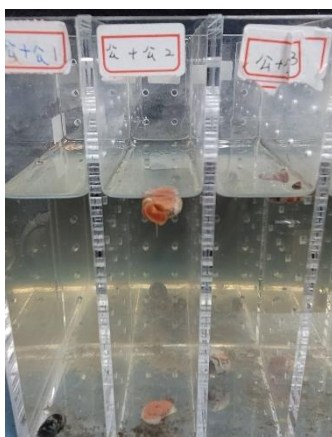
## 研究三、雌雄同體的蘋果螺繁殖行為

### 實驗三-1、蘋果螺的性別誘導

(一)研究動機：在研究二-3 我們發現了**雌性螺的殼上竟然有卵囊**，於是我們想瞭解雌雄同體的蘋果螺，是在什麼環境下會改變性別？兩隻雄性或兩隻雌性的蘋果螺產卵數會比一雄一雌產卵數多嗎？

(二)研究目的：探討蘋果螺在不同性別組合下的產卵數。

(三)實驗方法：以研究二的方式，用主動尋找另一隻螺的行為判斷為雄性螺，被動者判斷為雌性螺，放入自製水族缸中，在同樣水質、水溫下，進行雄性和雄性、雌性和雌性、雄性和雌性各三組實驗，記錄觀察並比較其產卵數量，來判斷性別的改變是否會影響產卵數量。



雄性螺和雄性螺



雌性螺和雌性螺



雄性螺和雌性螺

圖 6：蘋果螺的不同性別組合



### 實驗三-2、蘋果螺的體型誘導

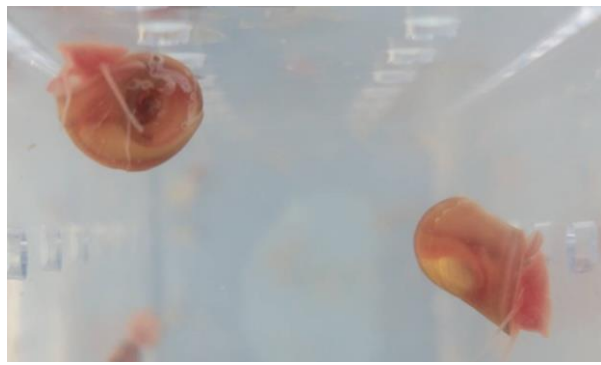
(一)研究動機：雌雄同體的蘋果螺，會因為交配的對象體型大小，而影響性別變化嗎？

(二)實驗目的：探討蘋果螺在不同體型的組合下產卵數。

(三)實驗方法：依體型大小區分為大隻螺與小隻螺，大隻螺體型約 2 公分，小隻螺約 1 公分。將螺放入自製水族缸中，在同樣水質、水溫下，進行大隻螺和小隻螺、小隻螺和小隻螺各三組實驗。依產卵數量來判斷兩隻螺的體型大小是否會影響性別的改變。



第一組：大隻螺與小隻螺



第二組：小隻螺與小隻螺

圖 7：蘋果螺的不同體型組合

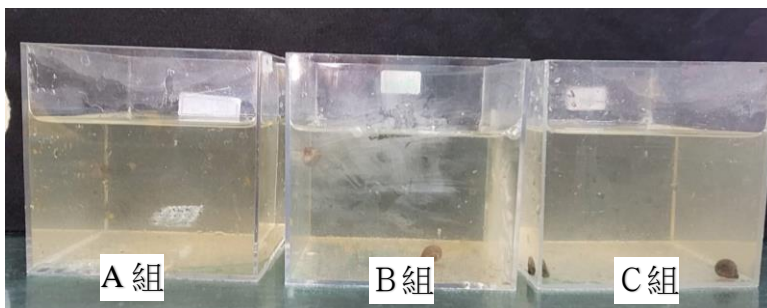
### 研究四、產卵環境研究

#### 實驗四-1、蘋果螺的繁殖期產卵數量

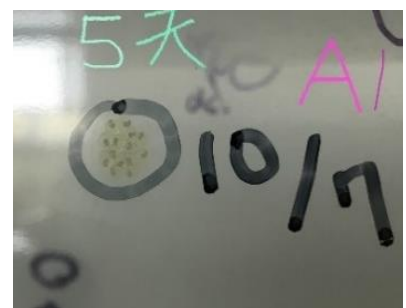
(一)研究動機：蘋果螺在繁殖期可以產下多少卵？

(二)研究目的：兩隻蘋果螺在為期兩個月的繁殖期可以產下多少顆的卵囊。

(三)實驗方法：將三對蘋果螺飼養在不同的三個小水缸中，各為 A、B、C 三組，實驗時間兩個月，每天紀錄觀察所產卵囊的數量。



實驗組



每天紀錄卵囊數量

圖 8：觀察蘋果螺繁殖期產卵情形

#### 實驗四-2、蘋果螺產卵在水中的位置偏好

(一)研究動機：蘋果螺的產卵位置大部份在小魚缸的四面壁上，但有時候也會出現在水面上方位置，於是我們很好奇蘋果螺會像其他螺類產卵在水面上嗎？

(二)研究目的：蘋果螺喜歡在魚缸的哪一個位置產卵。

(三)實驗方法：每天固定水的體積，將小水缸分為淺水區、深水區和底部區，並計算蘋果螺的產卵位置在淺水區、深水區和底部卵囊數量。

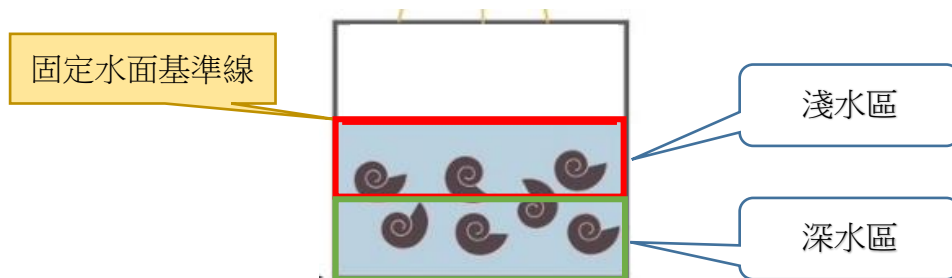


圖 9：蘋果螺的產卵位置

#### 實驗四-3、環境亮度對蘋果螺產卵數的影響

(一)研究動機：蘋果螺在水族箱中飼養，水族箱的光照亮度會對產卵產生影響嗎？

(二)研究目的：蘋果螺在不同亮度下，產卵數及孵化率最高。

(三)實驗方法：在不同的燈光下（全暗，半暗，全亮），每組放入四隻蘋果螺，紀錄觀察二個月的產卵數量及孵化情況。

全暗：模擬在野外的石頭縫下

半暗：模擬在野外的樹蔭下

全亮：模擬在野外沒有遮避物下

蘋果螺孵化率： $\left( \frac{\text{成功變成小螺數量}}{\text{總產出的卵數量}} \right) * 100\%$

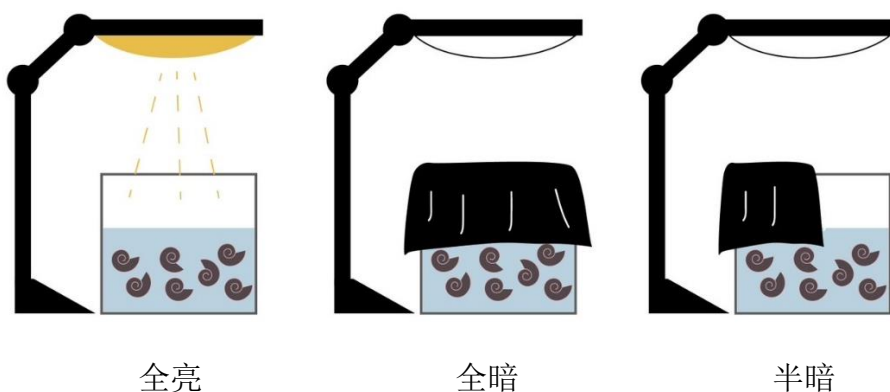


圖 10：蘋果螺卵的產卵環境亮度設計

#### 實驗四-4、水中二氧化碳濃度對蘋果螺產卵數的影響

(一)研究動機：網友說防止蘋果螺的卵大量孵化，可以在水中提高二氧化碳濃度，所以我們在蘋果螺最喜歡繁殖的早上時間，進行二氧化碳的注入。

(二)研究目的：水中二氧化碳濃度是否會抑制蘋果螺產卵。

(三)實驗方法：將兩缸的相同數量的蘋果螺，一缸沒有二氧化碳做為對照組，另一組，用二氧化碳打氣瓶，每天早上 10 點進行注入二氧化碳 3 分鐘。每天紀錄觀察產卵數量及水草生長情形。

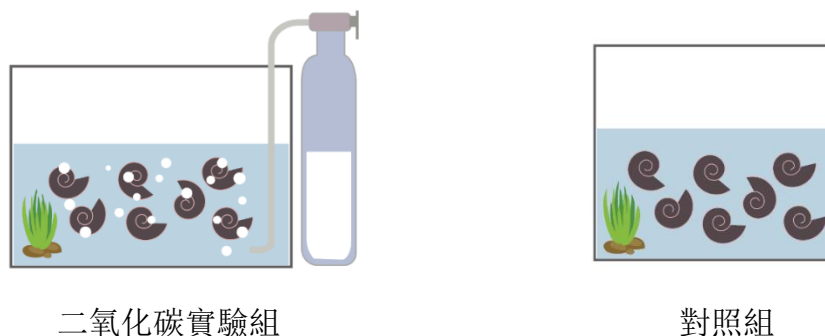


圖 11：二氧化碳對蘋果螺的產卵影響設計

#### 實驗四-5、水中溫度對蘋果螺產卵數的影響

(一)研究動機：查閱文獻發現蘋果螺在冬天活動力會下降，我們想知道當氣候逐漸暖化時，會不會對蘋果螺的繁殖率產生變化呢？

(二)研究目的：探討蘋果螺最佳卵產的水中溫度。

(三)實驗方法：將水溫設計為 20 度 25 度 27 度三組，觀察記錄三組的卵孵化成功率，此設計為冬天進行，冬天氣溫大多介於 15~20 度之間，再用控溫棒來控制水溫變化。

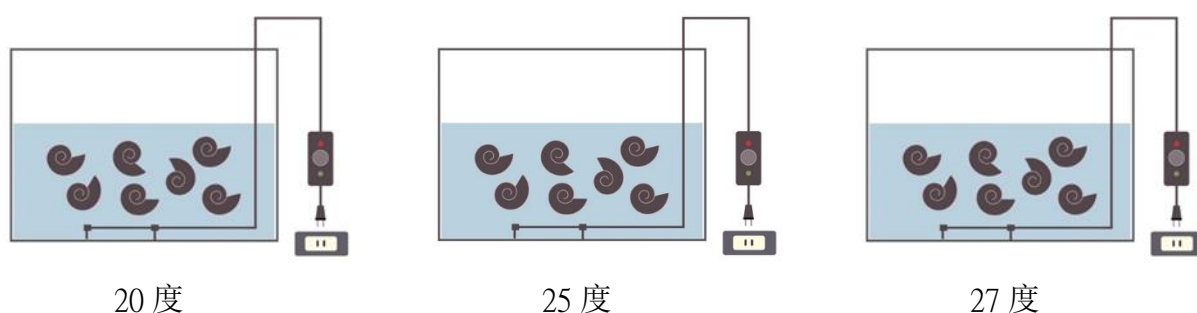


圖 12：溫度對蘋果螺的產卵影響設計

#### 實驗五、蘋果螺的除藻能力

(一)研究目的：探討蘋果螺的除藻能力。

(二)實驗方法：將佈滿綠藻的魚缸放入 20 顆蘋果螺，觀察記錄魚缸玻璃的乾淨度。

## 伍、研究結果

### 研究一：蘋果螺的外觀與特徵

#### (一)實驗結果：

##### 1.螺的一生



卵囊



一個月的幼螺



二個月的成年螺

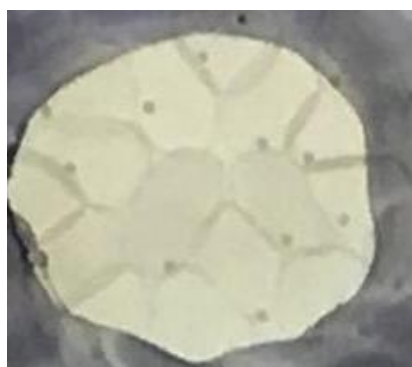
圖 13：蘋果螺的一生

(1)卵：金黃色透明的卵囊裡，包覆大約 20~30 顆的卵，呈現凝膠狀，體長：約 1 公分。

(2)幼年螺：卵大約 10 天後，孵化成為一點點的小黑點，體長：約 0.2 公分。

(3)成年螺：大約一個月多後的螺，就開始可以進行繁殖交配，體長：約 1.2 公分。

##### 2.卵的體型變化



第一天



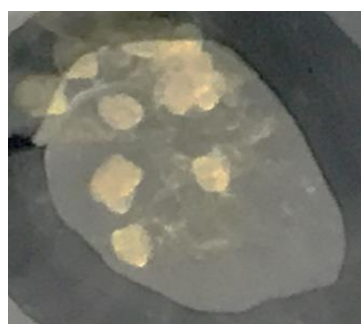
第二天



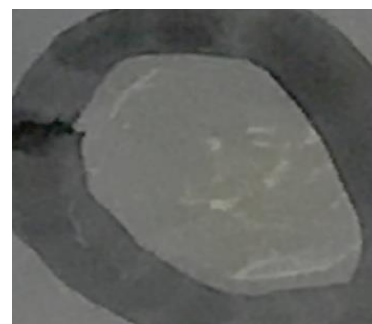
第五天



第六天



第七天



第九天

圖 14：蘋果螺的孵化情形（紅色箭頭放大圖）

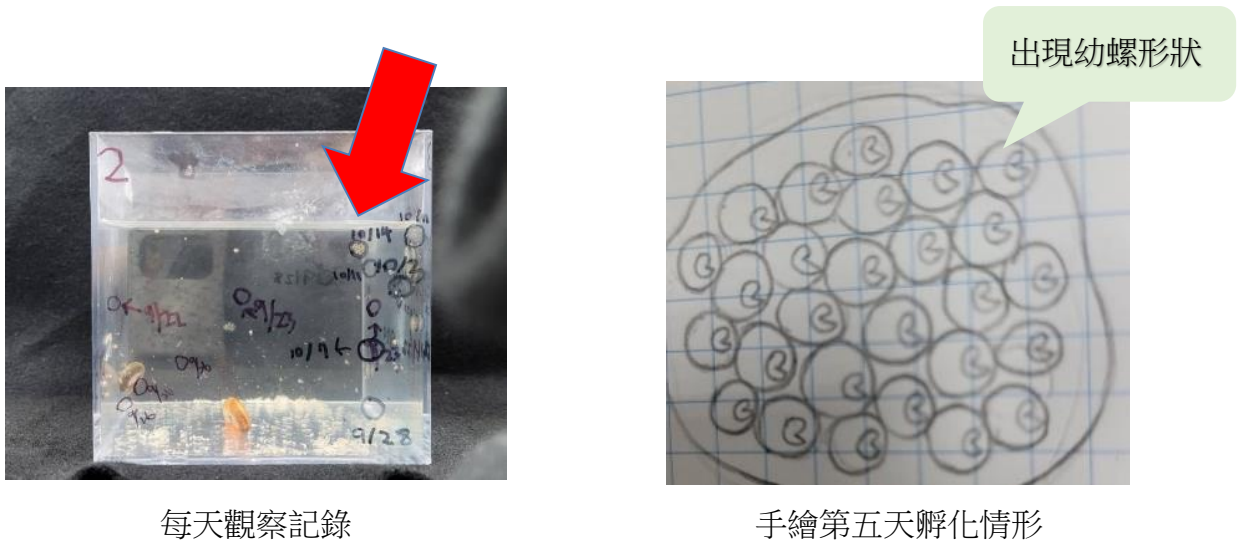


圖 14-1：蘋果螺的孵化記錄

- (1)第一天的淡黃色的卵囊，面積 1\*1 平方公分不規則的圓，裡面有好幾個透明卵囊組成，透明泡泡裡面能看到非常小的黑色點。
- (2)第二天觀察發現透明卵囊裡的小黑點，已經變成白色的圓點。
- (3)第三~五天開始出現白色的蘋果螺的形狀。
- (4)第七天開始發現卵囊中的卵漸漸不見了，直到第九天整個卵囊的卵幾乎不見消失了，孵化的蘋果螺已經離開卵囊。

### 3. 蘋果螺的體型變化



圖 15：幼螺到成年螺的體型大小變化

- (1)第一天剛孵化的蘋果螺，體長大約 0.1 公分比芝麻粒還要小，用數位顯微鏡放大觀察發現，蘋果螺的殼呈現透明淡黑色，還佈滿一塊一塊的黑色斑紋，這個黑色斑紋在幾天後就會消失。
- (2)螺的體型大小會隨著動物體的大小，而增加殼的體積，但是這種增長不是連續不間斷的，有時在繁殖期或是食物不足的情況下會停止生長。

#### 4. 蘋果螺的外觀



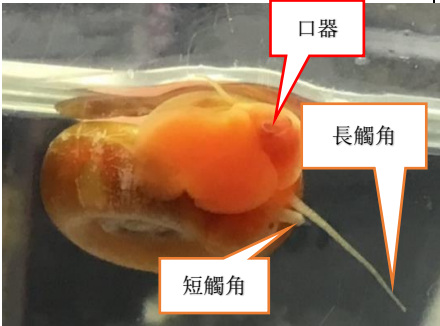

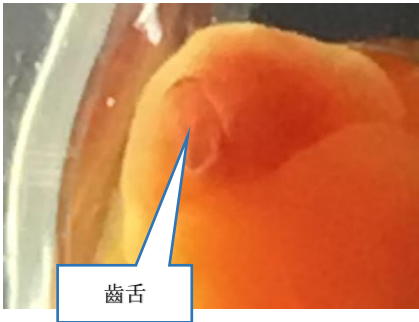


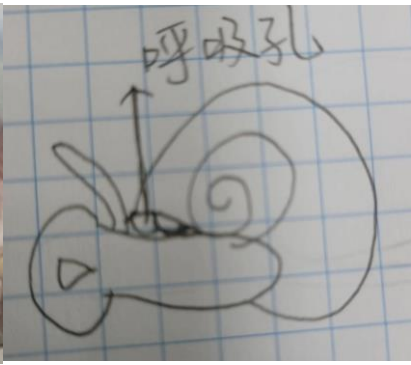
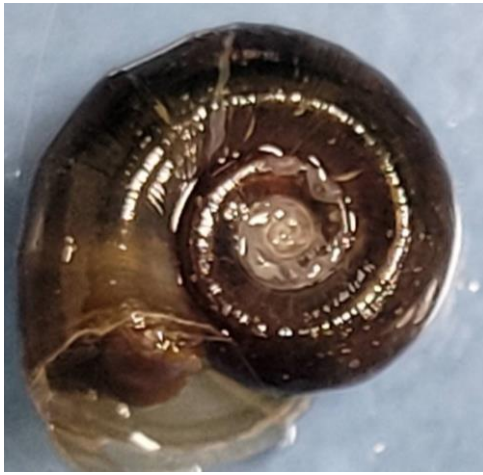
| 部位  | 說明                | 照片  | 科學繪圖   |
|-----|-------------------|---|--|
| 外殼  | 身上的條紋正是記錄蘋果螺成長的痕跡 |    |    |
| 觸角  | 有一大一小的兩對觸角        |    |    |
| 口器  | 口器中有齒舌            |   |   |
| 呼吸孔 | 位於足部與外殼中間         |  |  |

圖 16：蘋果螺身體外觀構造描述

- (1) 蘋果螺的外觀帶著兩對觸角，一長一短，比較容易看到的是細長的大觸角，小觸角短又粗，不容易看出來。
- (2) 蘋果螺的嘴巴在足部的前端位置，兩側有 1 對大側唇，口器中有齒舌，齒舌像「銼刀」一開一合的，所以能夠刮取魚缸上的藻。
- (3) 腹足靠近外殼位置有兩個孔，如果腹足朝下是位於右側，我們根據內臟分部的位置，那個位置是靠近腮/肺，查閱文獻資料判斷是螺的呼吸孔。



健康的螺殼



出現破洞又修補痕跡

缺鈣的螺殼

圖 17：比較蘋果螺身體外觀描述

- (4)蘋果螺的外殼是由碳酸鈣組成，會隨著身體漸漸長大，在外殼與身體組織之間的外套膜會不斷分泌碳酸鈣，繞著殼軸向外擴充、成長，建構出像螺旋般的外殼，蘋果螺的外殼的顏色則是由所分泌的色素相關。但是蘋果螺如果長期生活在缺鈣的環境下，牠的外殼則會產生較白的顏色，生長痕變的十分明顯。外殼也變得較脆弱，容易破損。但是如果殼的破損程度沒有造成螺的死亡，外殼會留下修補的痕跡。
- (5)觸角和身體交界處有兩顆黑黑小小的點（眼點），用肉眼不容易看得到。

### 5.蘋果螺雌雄分辨：

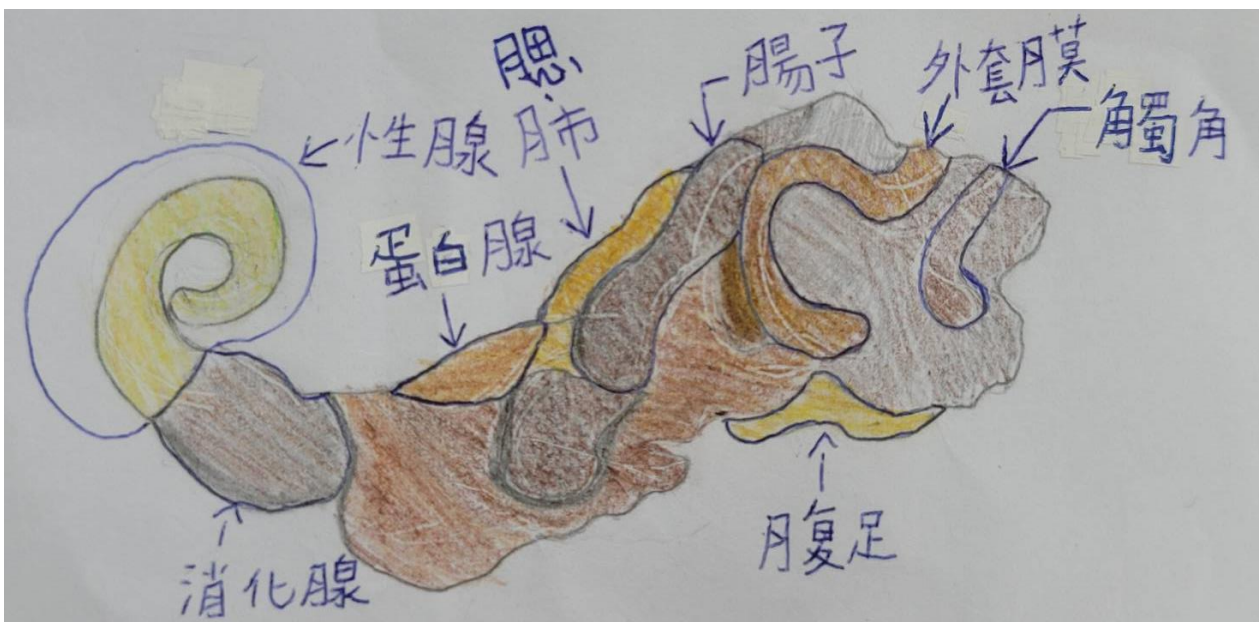


圖 18：手繪蘋果螺各器官

(二)研究結果討論：

- 1.成年蘋果螺的體型為 2 公分，我們比照福壽螺的身體器官相對位置判斷出，經由顯微鏡下觀察後有發現蘋果螺性腺位置。
- 2.由於蘋果螺的體型十分小，用顯微鏡放大觀察還是不易看出雌性或雄性生殖器官。
- 3.大自然中的雄性為了基因傳播，會積極求偶，雌性則主要負責育幼工作，且生產會消耗牠們大量能量和營養，所以活動力會較弱，所以根據這些特性我們決定用求偶行為模式來探討其性別。

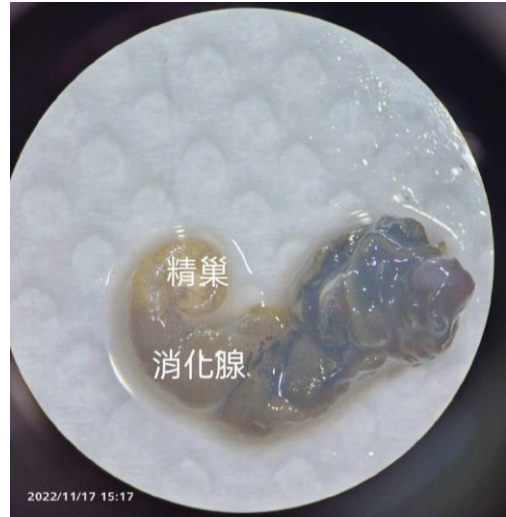
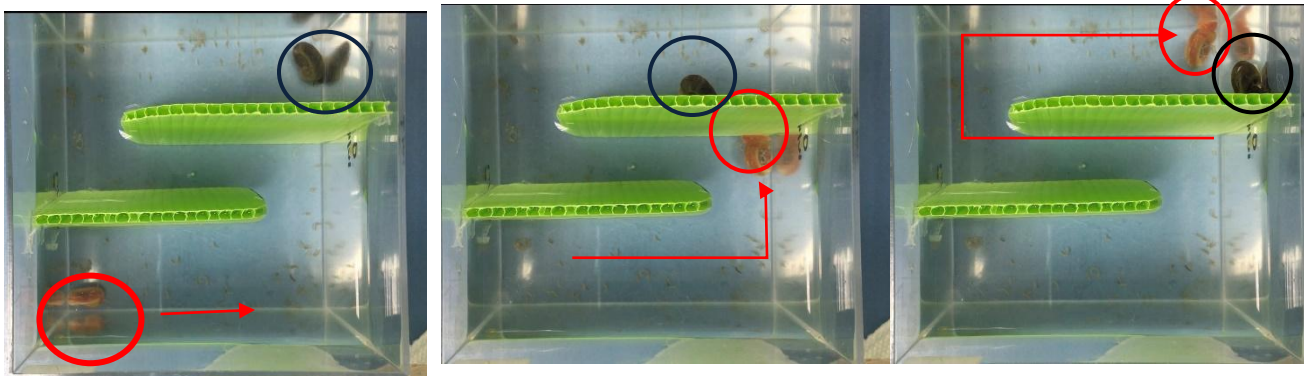


圖 19：顯微鏡下的蘋果螺身體構造

研究二：蘋果螺的求偶行為

實驗二-1、蘋果螺的求偶行為

(一)實驗結果：



Step1:兩隻蘋果螺放在對角

Step2:紅色蘋果螺快速尋找另一隻

Step3:兩隻蘋果螺終於相會

圖 20：蘋果螺求偶路徑圖

(二)研究結果討論：

- 1.蘋果螺尋找同伴方式，兩隻蘋果螺一開始分散在水缸的對角線位置，大約 1 分鐘就可以發現紅色螺往黑色螺的位置靠近，速度很快不到十分鐘就可以到達黑色蘋果螺的位置。經過幾次實驗發現一直都是紅色蘋果螺主動去尋找黑色蘋果螺。
- 2.蘋果螺不管是簡易版的迷宮或是困難版的迷宮大都能順利的找到另一隻蘋果螺，並留在彼此都看得到的空間內。實驗一中我們觀察到，蘋果螺的外觀並沒有很明顯的眼睛只是一個小黑點，查閱文獻得知螺類的視力是模糊的，也沒有耳朵，只能靠大觸角探



索環境的變化。所以當實驗中的紅色蘋果螺主動往前時，牠的觸角會像雷達一樣的擺動，很像在偵測目標物，直到尋找到另一隻，而且會停留在看得見彼此的空間。

3.蘋果螺在測試簡易迷宮時，第一次我們覺得可能是巧合，於是重覆測試了幾次，果然還是會找到另一隻，而且我們發現主動尋找的蘋果螺都是同一隻，另一隻則一直處於被動的角色。我們想要知道牠們尋找同伴的能力，於是我們又設計了更困難的水迷宮，來檢測蘋果螺，蘋果螺一樣可以順利找到對方，而且我們也發現找到同伴的時間會縮短，於是我們推測蘋果螺有學習路徑的能力。

## 實驗二-2、蘋果螺的求偶路徑學習

(一)實驗結果：

表 1：會合時間統計表

| 次數<br>組別 | 第一次 | 第二次 | 第三次  |
|----------|-----|-----|------|
| A組       | 955 | 830 | 647  |
| B組       | 910 | 402 | 616  |
| C組       | 881 | 750 | 1337 |
| 平均秒數     | 915 | 661 | 867  |

三組蘋果螺在三次連續測試下，每次兩隻螺所相會合的時間，愈來愈短。所以蘋果螺喜歡找同伴，並生活在同一空間內(實驗數據請參閱附錄)。

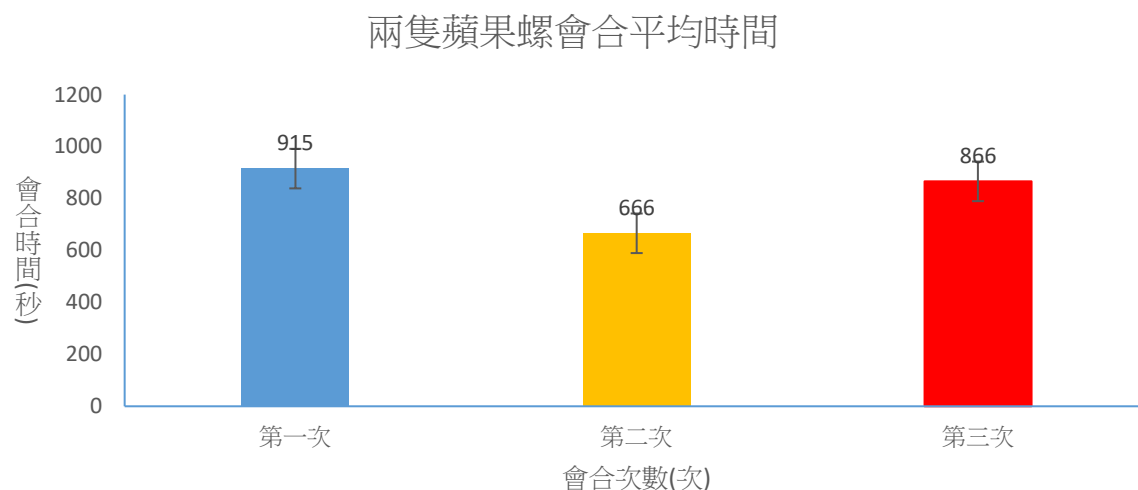


圖 21：兩隻蘋果螺會合時間趨勢

(二)研究結果討論：

1.由於擔心實驗組數太少影響測驗結果，於是進行了十組測驗，並去除極端值。

2.實驗結果發現，每組蘋果螺在第一次時，所花費的時間比較長。測驗第二次時，每組主動的蘋果螺找到另一隻蘋果螺的時間，則縮短很多。第三次則花費較長時間，甚至不想再找。我們原本推測蘋果螺經過反覆測試後，已經熟悉小水缸的位置，以至不須積極找到同伴。後來查閱文獻發現，很多的生物為達到最佳的繁殖的效率，會產生柯立芝效應機制，這種繁殖現象說明雄性生物的繁殖動機在與熟悉的伴侶反復相遇時會下降，但在遇到新的雌性生物時又會復甦起來。於是本實驗的蘋果螺為了達到最好的繁殖效率，才會在第三次會合時，時間才會又變長。

### 實驗二-3、兩隻雌雄同體的蘋果螺交配行為

(一)實驗結果：



主動的紅色螺開始翻滾黑色螺

紅色螺將黑色螺翻滾到身體部份

主動的紅螺將腹足張開像V字型，朝黑螺包裹住。



黑色螺也張開腹足往紅色螺靠近

兩隻互相接合在一起

圖 22：求偶儀式

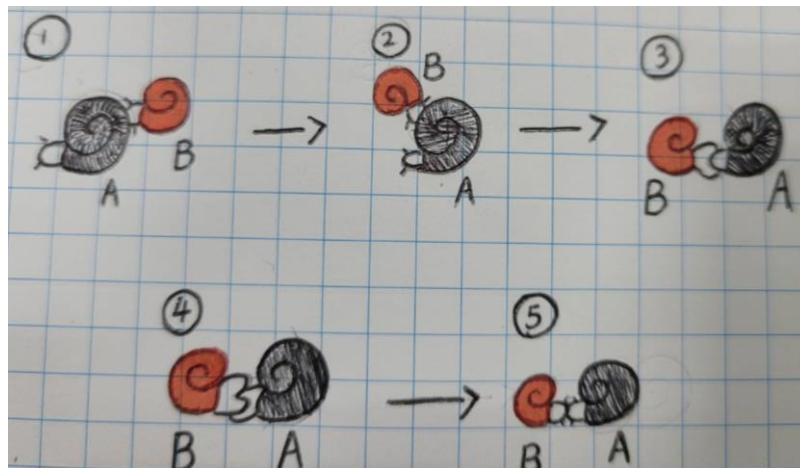


圖 23：蘋果螺求偶儀式手繪圖



在放大鏡上觀察

兩隻交配時會有一隻連接器伸向另一隻螺。

兩隻會同時接合在一起

圖 24：蘋果螺交配情形

(二)研究結果討論：

1.當兩隻螺很靠近時，我們觀察到大部份的蘋果螺會有一隻很主動往另一隻蘋果螺爬過去，另一隻則呈現被動狀態等著主動的蘋果螺。本實驗我們觀察到這隻主動的蘋果螺在找到被動的蘋果螺時，先用觸角探測被動蘋果螺並爬到牠的身上，並且在被動蘋果螺身上繞來繞去然後慢慢靠近被動蘋果螺腹足的地方，也觀察到有時主動的蘋果螺會用力翻滾被動蘋果螺，沿著被動蘋果螺的腹足移動。

2.當兩隻的腹足接觸在一起時，我們發現主動的蘋果螺會主動將腹足呈現大V狀態，將被動蘋果螺的腹足緊緊的包覆起來，被動的蘋果螺也會呈現小V狀態，回應主動蘋果螺，兩隻交配時間大約 10 分鐘。我們也觀察到主動的蘋果螺連接器會伸向另一隻。

3.在實驗中，我們都將蘋果螺**主動行為者**作為**雄性蘋果螺**，**被動蘋果螺**則作為**雌性蘋果螺**，在觀察的第四天時，我



圖 25 :在雌性蘋果螺身上發現卵囊

們卻**觀察到雌性蘋果螺的殼上竟然出現卵囊**，讓我們不經懷疑難道主動行為者的蘋果螺，其實也是可以產下卵囊的雌性蘋果螺。

## 實驗二-4、蘋果螺在一天當中偏好的交配時間

(一)實驗結果：

表 2:偏好交配時間

| 天數<br>時段 | 第一天 | 第二天 | 第三天 | 第四天 | 第五天 | 交配<br>平均次數 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|
| 早上       | ✓   |     | ✓   | ✓   | ✓   | 4          |
| 晚上       | ✓   | ✓   | ✓   |     |     | 3          |

(二)研究結果討論：

- 1.三重複的實驗中，發現這些實驗組的蘋果螺偏好在白天及黑夜進行交配行為。牠們似乎不像文獻所提到夜行性動物會在喜歡在夜晚交配。
- 2.我們推測應該是蘋果螺的視力不佳，需要靠著光線增加視線清晰度，減少尋找同伴困難度。蘋果螺雖然是夜行性動物，但是實驗的環境是小水缸生活範圍不大，也沒有任何的天敵以至於白天也會進行交配。

## 研究三：雌雄同體的蘋果螺繁殖行為

### 實驗三-1、蘋果螺的性別誘導

(一) 實驗結果：

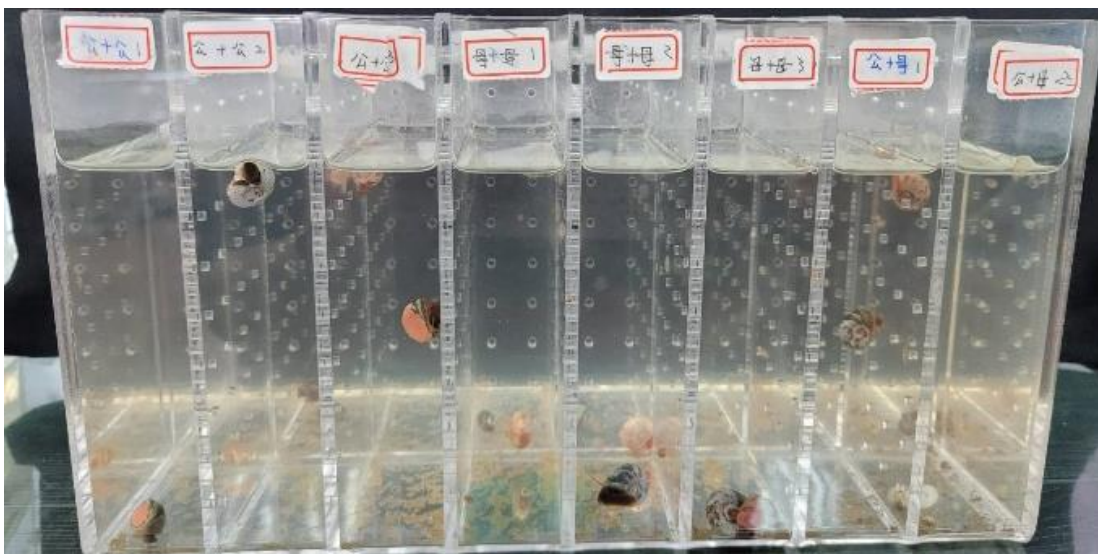


圖 26：不同性別的產卵情形

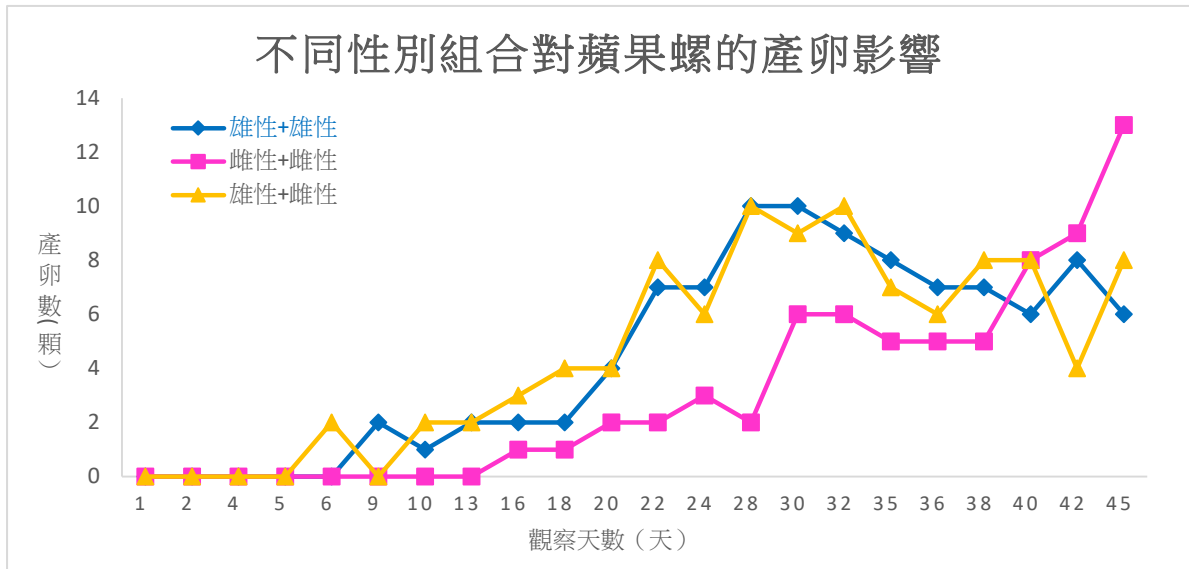


圖 27：不同性別組合的產卵影響

(二)研究結果討論：

1. 雄性+雄性組，由於雄性螺是被認定較主動的角色，所以兩隻主動的螺有較積極的繁殖行為，查閱外國文獻也發現，蘋果螺的授精是有互相性的，牠們兩隻可以互相放入連接器，並儲存在自體內，等有需要時在形成受精卵排出。
2. 雄性+雌性組與雄性+雄性組卵產的數量差不多，雌性+雌性組都是由研究二篩選出被動性的螺，兩隻被動的螺所產出的卵也少很多，於是我們推測蘋果螺的主動積極性交配行為的確對繁殖產卵有顯著性影響。有趣的是雌性+雌性組竟然在第三十八天後產卵數有急劇增加的現象，我們推測兩隻被動的雌性蘋果螺為了繁殖，還是會由被動行為轉向主動行為的雄性蘋果螺，所以產卵數才會明顯增加。

實驗三-2、蘋果螺的體型誘導

(一) 實驗結果：

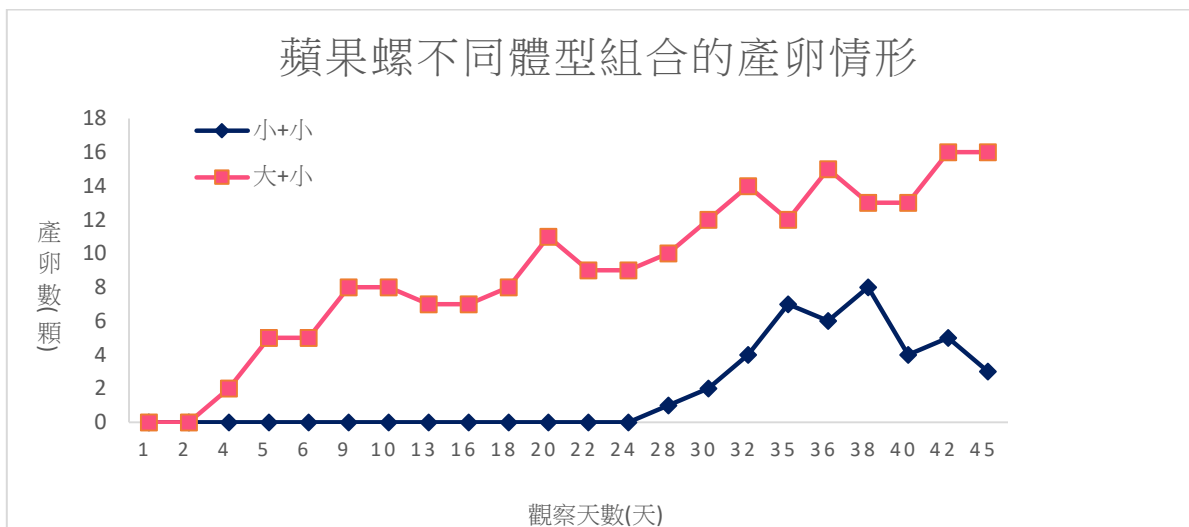


圖 28：不同體型的產卵情形

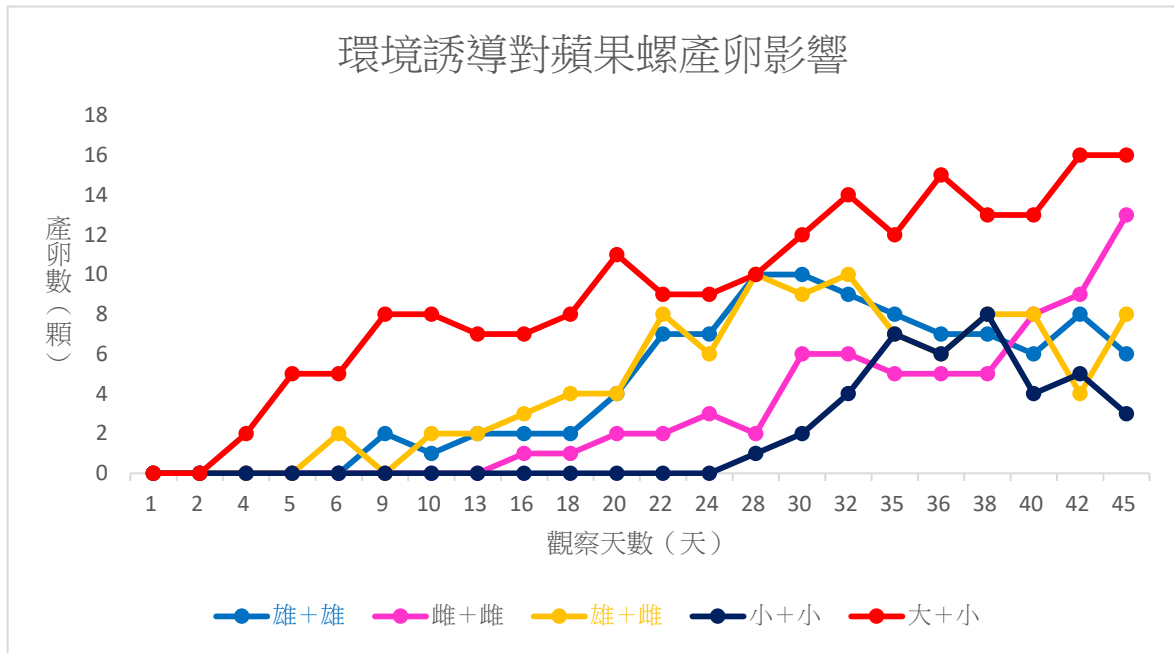


圖 29：環境誘導的產卵影響

表 3:不同組別產卵數

| 組別    | 累計數量 |
|-------|------|
| 雄性+雄性 | 100  |
| 雌性+雌性 | 68   |
| 雄性+雌性 | 101  |
| 小+小   | 40   |
| 大+小   | 202  |

(實驗數據請參閱附錄)

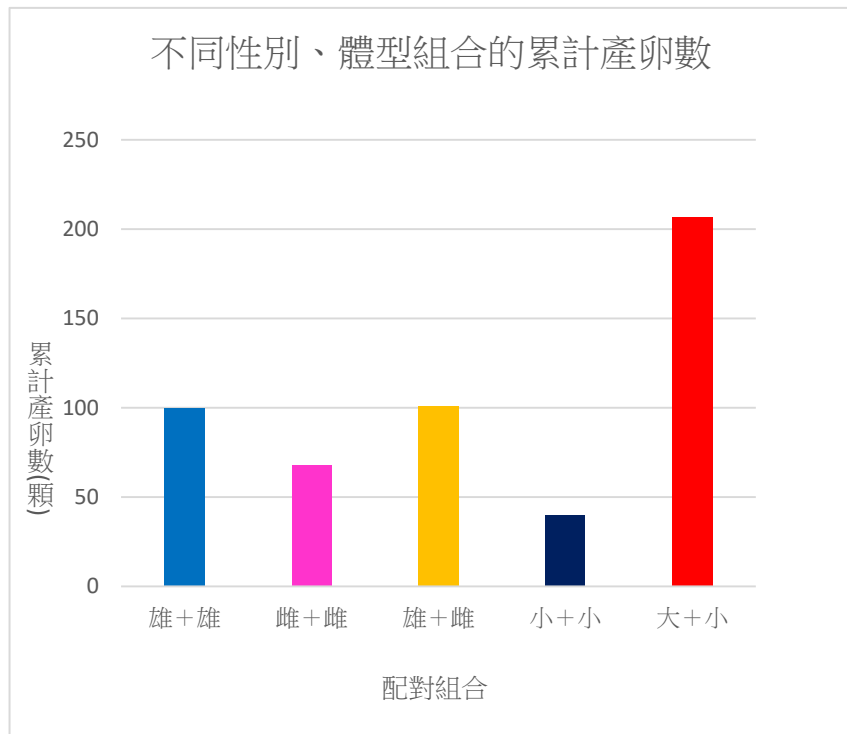


圖 30：不同性別、體型對蘋果螺產卵影響

(二)研究結果討論：

- 1.我們發現一個有趣的現象，當所有的組合一起比較時，會發現累計產量數量分別是：  
大+小 > 雄性+雌性 > 雄性+雄性 > 雌性+雌性 > 小+小。

2.大+小組中，小隻的蘋果螺一直是扮演主動的角色，我們觀察到小隻蘋果螺常常黏在大隻蘋果螺身上游走，也發現到這缸的卵幾乎是大螺所產下的，我們推測當小隻螺與大螺在一起時，主動的小隻螺擔任的雄性螺角色，被動的大隻螺則擔任雌性螺，由於產卵需要大量能量產出卵，大螺具有成熟的身體構造，所以具有產卵優勢，小隻螺則擔任較省力的雄性螺角色。



圖 31：小隻蘋果螺主動往大隻蘋果螺游去，小隻螺翻滾大隻螺

3.小+小產卵數是最少，查閱文獻後推測蘋果螺應該是繁殖器官先發育雄性生殖器，以至於兩隻小螺的雌性生殖器官尚未發育成熟，在一開始時並無產卵情形，直到十五天後才開始有產卵情形，在實驗期間產卵數量相較下沒有其他組多。

#### 研究四：產卵環境研究

##### 實驗四-1、蘋果螺的繁殖期產卵數量

(一)實驗結果：三對蘋果螺飼養在不同的水缸，每天觀察兩隻螺所產的卵。

表 4:繁殖期總產卵數

| 組別 | 總產卵數 |
|----|------|
| A組 | 21 顆 |
| B組 | 31 顆 |
| C組 | 19 顆 |

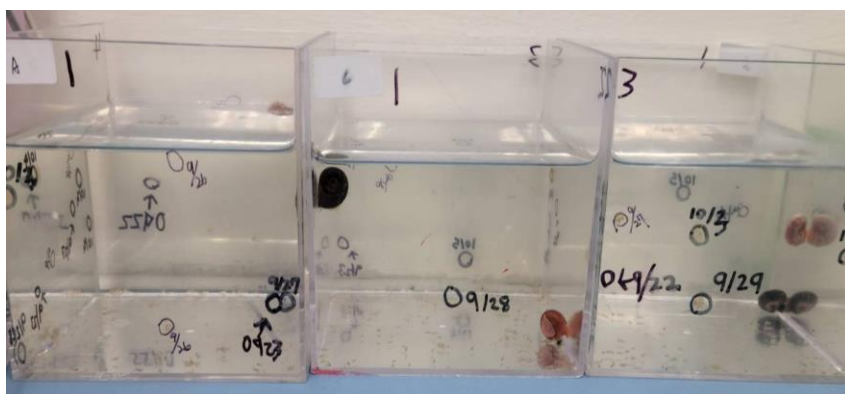


圖 32：每天幾乎有產卵

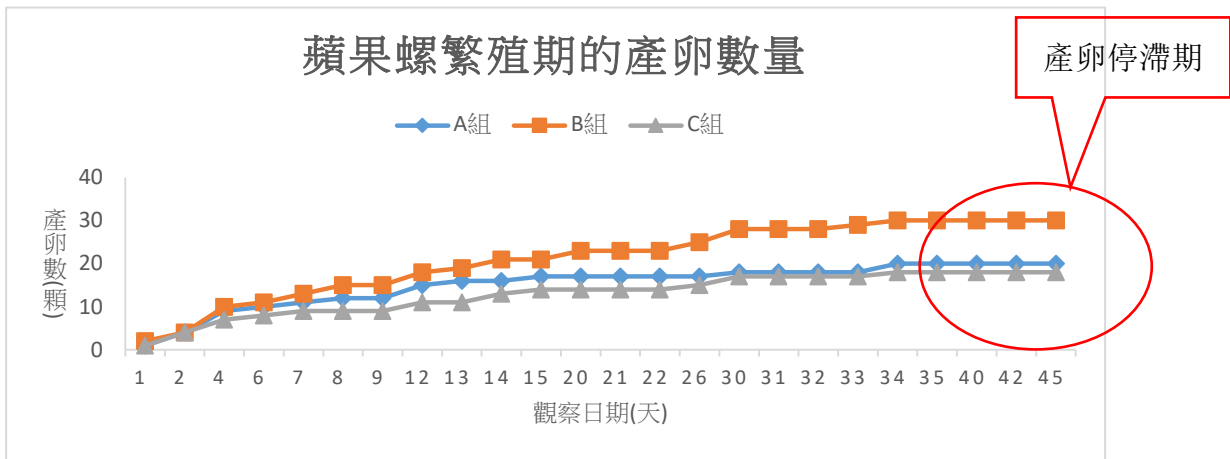


圖 33：蘋果螺繁殖期產卵情形

(二)研究結果討論：

- 1.剛開始飼養蘋果螺時，幾乎天天都有產卵，兩隻螺的交配行為十分密集，原本觀察期為兩個月 60 天，但是大約觀察到第 34 天時，三組螺產卵情形出現停滯狀態並無增加。
- 2.我們所飼養螺蘋果螺的環境是 1 公升的小缸，只有餵食水族館所賣的螺飼料磨成粉餵食，實驗期間發現蘋果螺積極產卵時間大約是 30 天左右，之後產卵數越趨下降，甚至再也沒有產卵。本實驗結果一對蘋果螺在繁殖期大約可以平均產下 23 顆卵囊，我們推測蘋果螺的一生積極繁殖期大約是一個月左右，幾乎可以每天產卵，之後雖然也會觀察到有產卵情形，但是產卵數量非常少。
- 3.我們觀察到蘋果螺不但會產卵在水裡，也會在水面上產卵。於是我們好奇蘋果螺會偏好水體座的哪一層產卵呢？

實驗四-2、蘋果螺產卵在水中的位置偏好

(一)實驗結果：

表 5:不同位置產卵數

|     | 產卵數 |
|-----|-----|
| 水面上 | 4   |
| 淺水區 | 82  |
| 深水區 | 44  |
| 底部  | 5   |

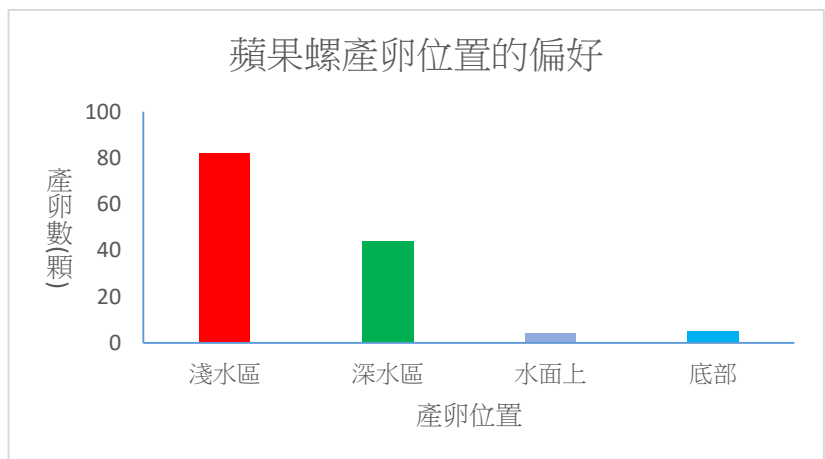


圖 34：蘋果螺產卵位置偏好



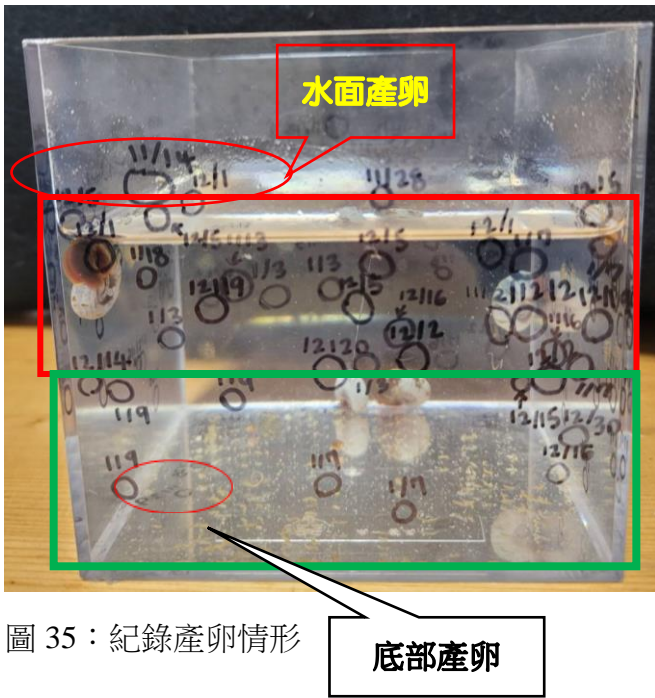


圖 35：紀錄產卵情形

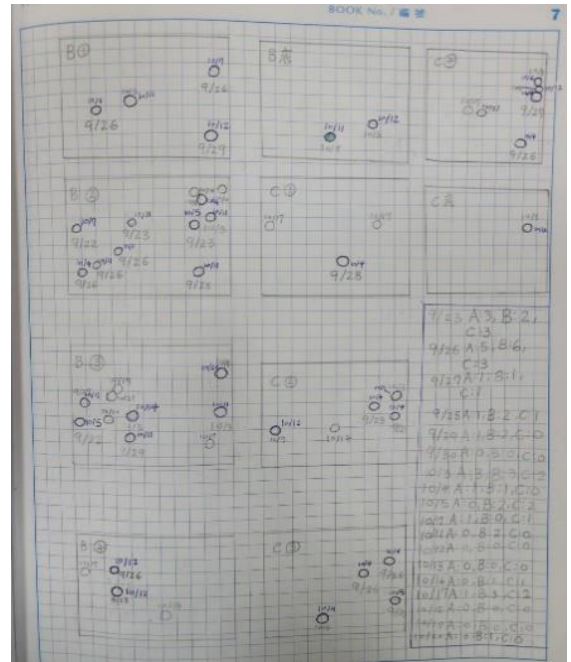


圖 36：手繪記錄每天產卵的地方

## (二)研究結果討論：

1. 觀察發現蘋果螺產卵地方的偏好是：小水缸的淺水區 > 深水區 > 底部 > 水面上。
2. 淺水區產卵數最多應該是淺水區的溶氧量最多，有適宜的水溫和浮游生物，幼螺一孵化則有豐富的食物可以覓食，所以蘋果螺喜歡產卵在淺水區。
3. 蘋果螺會產卵於水面上但是卻不多，與其他螺類喜歡將卵產在水面上躲避魚類捕食，大不相同。我們觀察到蘋果螺產在水面上的卵，則會因為風乾變硬，無法孵化。蘋果螺的卵囊沒有堅硬的外殼屬於濕軟凝膠狀，所以大部份蘋果螺會產卵於水中，讓卵囊可以保持濕潤順利孵化。

## 實驗四-3、環境亮度對蘋果螺產卵數的影響

### (一)實驗結果：

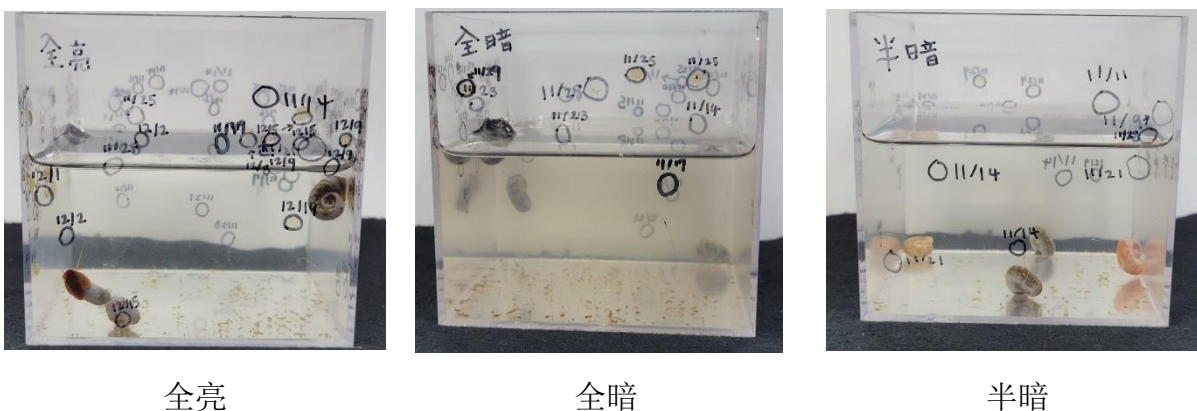


圖 37：不同亮度環境下的產卵情形

## 2.環境亮度對蘋果螺產卵的影響

表 6：不同環境亮度產卵數

| 組別<br>天數 | 全亮  | 全暗 | 半暗 |
|----------|-----|----|----|
| 第 5 天    | 13  | 8  | 8  |
| 第 10 天   | 27  | 17 | 19 |
| 第 15 天   | 37  | 23 | 36 |
| 第 20 天   | 65  | 25 | 43 |
| 第 25 天   | 70  | 27 | 43 |
| 第 30 天   | 83  | 28 | 44 |
| 第 35 天   | 85  | 28 | 44 |
| 第 40 天   | 95  | 36 | 51 |
| 第 45 天   | 113 | 39 | 55 |
| 第 50 天   | 120 | 45 | 61 |

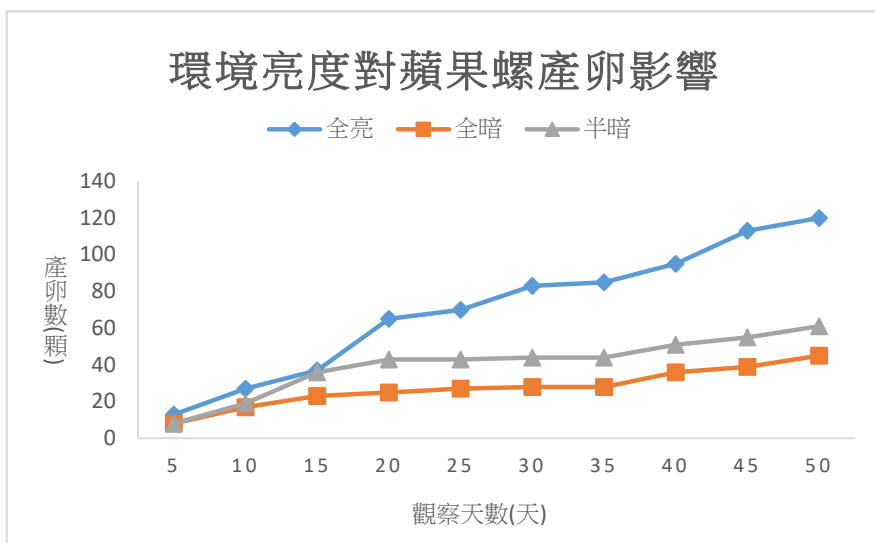


圖 38：環境亮度對蘋果螺產卵影響

## 3.光線對蘋果螺孵化影響

表 7：不同亮度的孵化數

|     | 全亮    | 全暗    | 半暗    |
|-----|-------|-------|-------|
| 產卵數 | 120   | 44    | 61    |
| 小螺數 | 3     | 10    | 3     |
| 孵化率 | 2.50% | 22.7% | 4.92% |

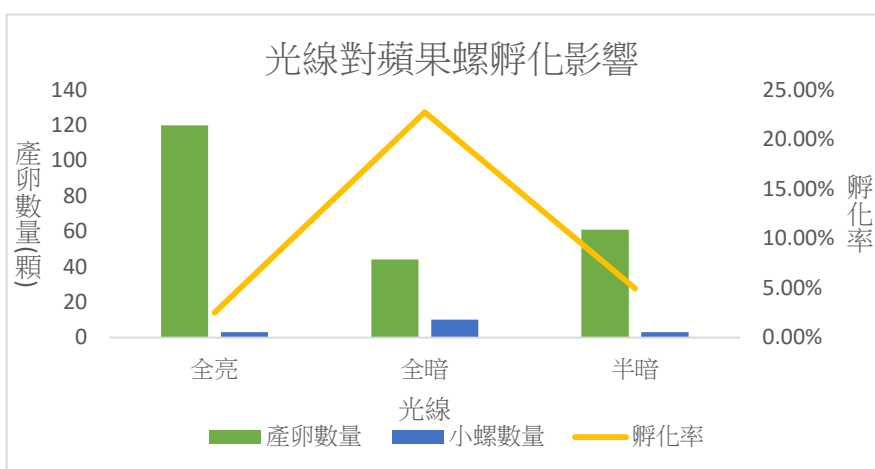


圖 39：光線對蘋果螺的繁殖影響

### (二)研究結果討論：

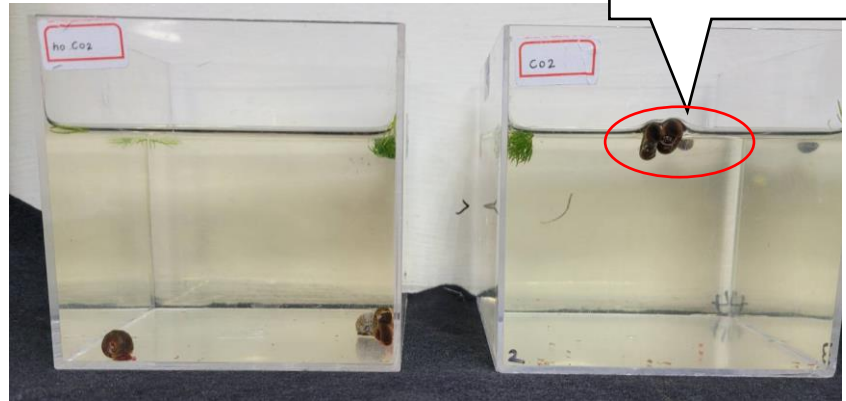
- 1.實驗結果顯示，產卵數：全亮組 > 半暗組 > 全暗組，我們推測實驗中的水我們採用大魚缸的水，裡面有些懸浮生物，所以全亮組在整天燈光照射下，水中的浮游生物及藻類大增，全亮組的蘋果螺生長環境自然優於其他兩組，全暗組更是在實驗期間都沒有光源照射，以至全暗組的蘋果螺除了飼料外，並沒有其他營養的食物來源。
- 2.實驗觀察了 50 天，實驗小水缸發現有小螺孵化，我們觀察到蘋果螺的孵化率最多的是：全暗 > 半暗 > 全亮，所以光線對於小螺的孵化率是有顯著的影響。

#### 實驗四-4、水中二氧化碳濃度對蘋果螺產卵數的影響

(一)實驗結果：



將二氧化碳灌入水中



對照組

二氧化碳組

圖 40：小水缸注入二氧化碳後對蘋果螺產卵影響

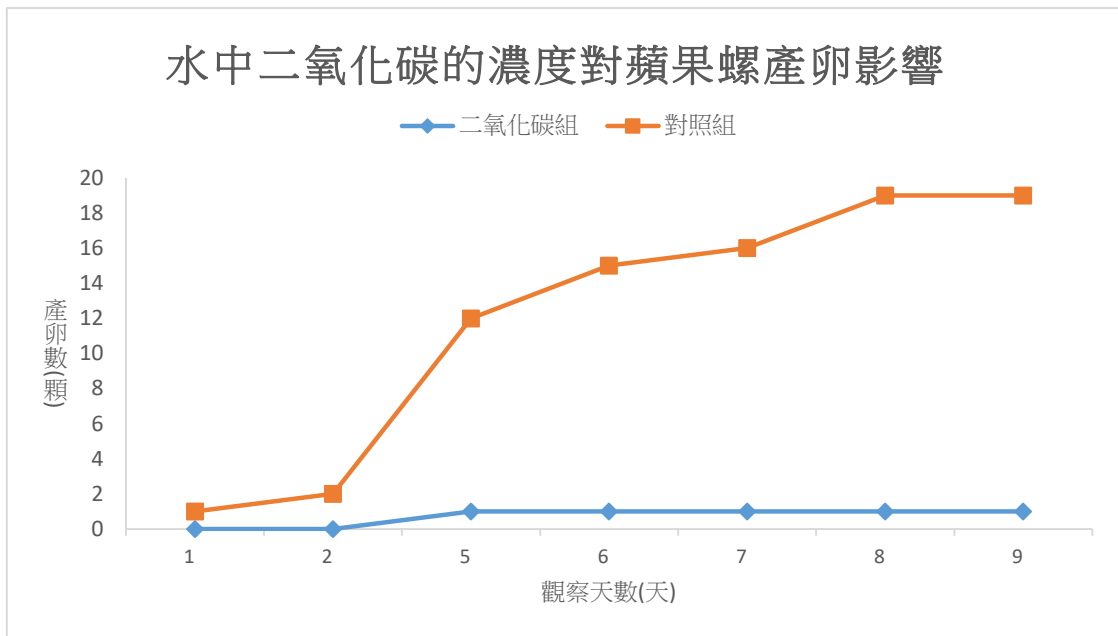


圖 41：水中二氧化碳的濃度對蘋果螺產卵影響

(二)研究結果討論：

- 1.實驗結果發現產卵數量：對照組 > 二氧化碳組。
- 2.灌入二氧化碳的小水缸，因為二氧化碳會溶解在水中並沉降在小水缸底部，於是我們觀察到此缸的蘋果螺比較不活潑大部份時間停留在淺水區，應該是水中二氧化碳濃度高導致蘋果螺繁殖行為比較少，進而影響產卵數量。
- 3.我們推測網友會建議用二氧化碳來抑制蘋果螺繁殖的目的，是使用二氧化碳可以讓水族箱中的水草生長茂盛，又可以抑制蘋果螺繁殖。

## 實驗四-5、水中溫度對蘋果螺產卵數的影響

(一)實驗結果：

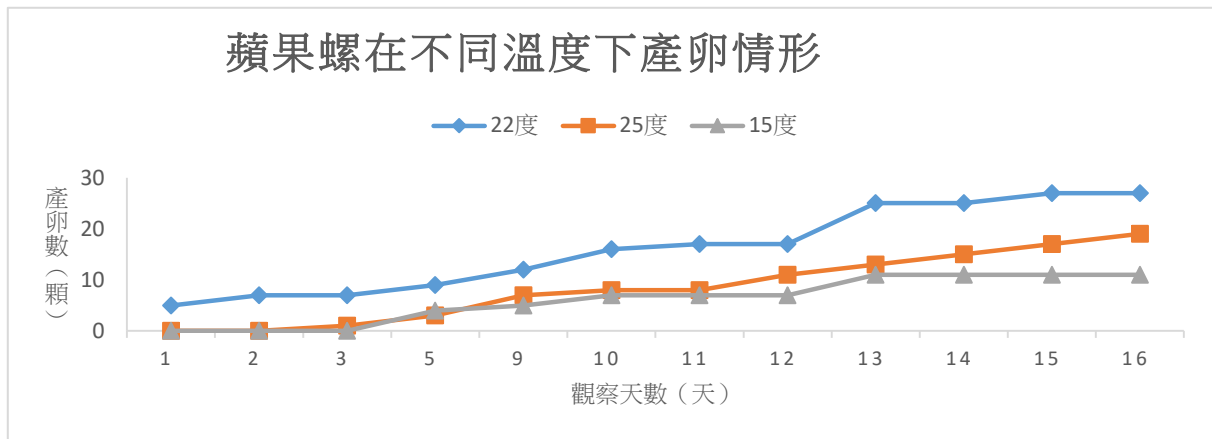


圖 42：不同溫度下對蘋果螺產卵影響

(二)研究結果討論：

- 1.由於實驗時間剛好在冬天，實驗日期為 1/4~1/19，共 16 天。室內平均溫度為 22 度，戶外溫度平均為 15 度，加熱溫度為 25 度，我們發現蘋果螺的產卵表現：22 度 > 25 度 > 15 度。
- 2.蘋果螺是小型的變溫生物，對於環境的要求敏感度相當高，環境溫度相差 10 度則有很明顯的產卵差異。水溫在 25 度時產卵數就比水溫 22 度少 8 顆，低溫時的產卵則相對更少只有 11 顆。

## 實驗五、蘋果螺的除藻能力

(一)實驗結果：



未使用蘋果螺除藻



使用蘋果螺除藻

圖 43：蘋果螺除藻情形

(二)研究結果討論：

- 1.光照充足會導致魚缸充滿綠藻，大量的綠藻粘附在魚缸壁上，在放入蘋果螺第七天後魚缸壁很明顯的開始乾淨，此實驗結果證明蘋果螺的確除藻效果相當良好。

## 陸、討論

### 一、蘋果螺的繁殖行為

我們在文獻中得知兩隻雌雄同體的動物相遇會有三種情況，分別是自給自足、互相傷害、互幫互助。我們在實驗中觀察發現，雌性螺殼上出現卵囊，因此我們推測蘋果螺的繁殖行為是屬於「互幫互助」的形式。我們觀察到每一組蘋果螺中，都會有一隻會出現主動尋找另一隻的行為。根據貝特曼原理中提到，雌性在生育時比雄性投入更多能量，所以較被動。我們判定被動的為雌性，主動的為雄性。

### 二、螺的性別轉換

查閱文獻後發現，雌雄同體的魚會隨著環境的改變而轉換性別，一開始我們以為蘋果螺和雌雄同體的魚一樣，但是實驗顯示雌性+雌性組的蘋果螺都是被動的，到了十三天後才有卵囊。這是因為蘋果螺為了達到最佳繁殖效率，有一隻性別轉換為雄性，卵囊開始增加。我們還發現不同體型的組合中，在大隻螺+小隻螺的組合裡，小隻螺會扮演積極主動的雄性，追逐大隻螺，而大隻螺則會扮演被動的雌性。小隻螺+小隻螺的組合中，實驗開始後的三個禮拜才開始產卵，所以我們覺得蘋果螺在序列性以雄性器官先成熟。

### 三、蘋果螺喜好的產卵環境

蘋果螺喜好產卵在水面下淺水區，是因為淺水區溶氧量較多，浮游生物也較多，因此產卵在水面下淺水區可以使剛孵化的小螺獲得更多營養。我們的研究結果也發現，當環境的營養不足時，產卵數也會減少。而在環境亮度實驗中，也可以得到相似的結果，全亮組在整天燈光的照射下，生長環境優於其他兩組，產卵數量最多。蘋果螺是變溫動物，所需食物較少，節省能量導致產卵數減少。由於牠對溫度敏感，所以在全球暖化的狀況下，容易因此而滅絕。

## 柒、結論

- 一、從卵期孵化時間大約 10 天，幼螺到成螺約一個月。呼吸系統有肺和腮，所以牠可以短時間離開水面。**生殖系統有精囊和卵巢**，是雌雄同體的水生生物。
- 二、蘋果螺可以透過水迷宮找到同伴，並**有學習的能力**。雖然是夜行性生物，但是安全的環境也會使蘋果螺在白天進行交配繁殖。
- 三、繁殖行為中，主動性較強的螺可以產下較多的卵囊。兩隻雌性的蘋果螺的組合，一陣子後會性別轉換為雄性，產下卵囊。體型上的組合以大隻加上小隻的組合產卵最多，蘋果螺在**序列性雌雄同體以雄性器官先成熟**。
- 四、成年的蘋果螺積極繁殖期可以天天產卵，產卵位置偏好產在淺水區，產卵數量會依照光線的明亮度產量增加，當水中的二氧化碳濃度太高，水溫超過 25 度或是太低溫則會抑制蘋果螺產卵。根據以上的實驗結果可以做為防治蘋果螺繁殖過剩的方法。

## 捌、參考文獻

- 1.中華民國第 57 屆科展國小生物組：當我們蜷在一起-環境因子對淡水螺行為影響之探討。
- 2.中華民國第 55 屆科展國小生物組：潮間帶的過客-海兔的觀察與研究。
- 3.中華民國第 51 屆科展高中生物組：生生不息-本土種石田螺及外來種多稜角螺化生殖生物學。
- 4.中華民國第 48 屆科展一國小生物組：螺生門-翻轉螺的生態與生活習性探討。
- 5.蘋果螺會吃水草? [https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=1907](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=1907)
- 6.福壽螺為什麼要爬高產卵。  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/24/pdf/24s/168.pdf>
- 7.臺灣貝類資料庫 [https://shell.sinica.edu.tw/chinese/shellpic\\_T.php?science\\_no=8605](https://shell.sinica.edu.tw/chinese/shellpic_T.php?science_no=8605)

# 附錄

## 一、環境誘導產卵記錄

| 組合     | 日期 | 12/16 | 12/19 | 12/20 | 12/21 | 12/22 | 12/26 | 12/27 | 12/29 | 1/3 | 1/5 | 1/7 | 1/9 | 1/10 | 1/11 | 1/13 | 1/15 | 1/17 |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 公<br>+ | 1  | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 2   | 2   | 2   | 2   | 2    | 1    | 3    | 0    | 0    |
|        | 2  | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 5   | 5   | 5   | 5   | 5    | 7    | 2    | 3    | 2    |
|        | 3  | 0     | 2     | 2     | 3     | 5     | 5     | 7     | 6     | 7   | 7   | 7   | 7   | 8    | 12   | 8    | 5    | 4    |
| 公<br>+ | 1  | 1     | 1     | 1     | 2     | 3     | 3     | 3     | 3     | 12  | 12  | 12  | 12  | 10   | 10   | 10   | 6    | 5    |
|        | 2  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 6   | 6   | 6   | 6   | 9    | 12   | 9    | 1    | 2    |
|        | 3  | 0     | 1     | 1     | 1     | 2     | 2     | 4     | 4     | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 5    | 2    |
| 母<br>+ | 1  | 1     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     | 4     | 3     | 13  | 13  | 13  | 13  | 8    | 10   | 10   | 1    | 6    |
|        | 2  | 1     | 1     | 1     | 2     | 3     | 3     | 4     | 2     | 4   | 4   | 4   | 4   | 3    | 7    | 4    | 13   | 11   |
|        | 3  | 0     | 0     | 0     | 1     | 3     | 3     | 5     | 6     | 16  | 16  | 16  | 16  | 18   | 8    | 8    | 1    | 9    |
| 小<br>+ | 1  | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 2     | 5     | 5   | 5   | 5   | 5   | 8    | 6    | 8    | 2    | 2    |
|        | 2  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 14  | 14  | 14  | 14  | 12   | 10   | 5    | 4    | 4    |
|        | 3  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 10  | 10  | 10  | 10  | 10   | 10   | 9    | 3    | 3    |
| 大<br>+ | 1  | 1     | 3     | 3     | 3     | 5     | 5     | 5     | 7     | 7   | 7   | 7   | 7   | 7    | 8    | 7    | 1    | 1    |
|        | 2  | 1     | 3     | 3     | 5     | 6     | 6     | 6     | 8     | 3   | 3   | 3   | 3   | 2    | 3    | 1    | 1    | 1    |
|        | 3  | 1     | 2     | 2     | 3     | 5     | 5     | 7     | 5     | 1   | 1   | 1   | 1   | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    |

## 二、繁殖期產卵記錄

| 日期<br>組別 | 9/22 | 9/23 | 9/26 | 9/27 | 9/28 | 9/29 | 9/30 | 10/3 | 10/4 | 10/5 | 10/7 | 10/11 | 10/12 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| A組       | 1    | 3    | 5    | 1    | 1    | 1    | 0    | 3    | 1    | 0    | 1    | 0     | 0     |
| B組       | 2    | 2    | 6    | 1    | 2    | 2    | 0    | 3    | 1    | 2    | 0    | 2     | 0     |
| C組       | 1    | 3    | 3    | 1    | 1    | 0    | 0    | 2    | 0    | 2    | 1    | 0     | 0     |

| 日期<br>組別 | 10/1 | 10/1 | 10/1 | 10/1 | 10/1 | 10/2 | 10/2 | 10/2 | 10/2 | 10/2 | 10/2 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 3    | 4    | 7    | 8    | 9    | 0    | 1    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| A組       | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 2    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| B組       | 0    | 2    | 3    | 0    | 0    | 1    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| C組       | 0    | 1    | 2    | 0    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 0    |

## 【評語】 080303

本作品是探討蘋果螺的雌雄同體身體構造及其求偶、繁殖行為。由實驗結果得知，蘋果螺以雄性器官為優先發育，水溫在高於 25 度或低於 20 度、全暗的環境及水中二氧化碳量濃度較高的條件下，其產卵率都會明顯降低。本作品研究主題清楚且聚焦，有很好的研究動機，研究步驟與流程有清晰的構圖呈現，值得鼓勵。

建議：

1. 對於雌性與雄性的定義與名詞的使用建議可以積極/不積極、主動/被動或其他較描述行為的形容詞來替換，避免混淆。
2. 溫度的影響，方法的地方寫 20 度、25 度、27 度，但結果呈現是 15 度、22 度、25 度，需再仔細檢視。
3. 學習行為可以再進一步探討，三次的測試，只有第二次時間減少，支持學習行為的證據比較薄弱。
4. 環境亮度對於產卵數及孵化數（孵化率）的影響結果有趣，解釋為何？能解釋其生存策略嗎？



## 作品海報



雌

雄



莫辨

蘋果螺繁殖行為之探討

.....

# 摘要



蘋果螺(*Biomphalaria glabrata*) 只吃藻不吃草的特性成為水族世界熱門觀賞螺，但牠繁殖力超強，於是我們針對蘋果螺的雌雄同體身體構造及其特殊繁殖行為進行觀察研究。我們觀察研究每一對蘋果螺繁殖期產卵約二十幾顆卵囊，每個卵囊約有二十顆卵，卵的孵化時間只要十天左右。透過水迷宮設計觀察蘋果螺的求偶行為，在相同的水迷宮下，兩隻會合的時間會變短，代表牠們具有學習的能力。雌雄同體的蘋果螺用主動求偶行為判別雄性蘋果螺，並發現積極求偶行為的蘋果螺會產下較多的卵。透過不同體型的交配組合，得知蘋果螺以雄性器官為優先發育。在產卵條件的研究中發現，水溫在高於25度或低於20度、全暗的環境及水中二氧化碳量濃度高的條件下，產卵率都會明顯降低。



## 壹 研究動機

自然教室的魚缸玻璃一直都是很乾淨的，不像家裡的魚缸玻璃髒髒的長滿青苔和藻類，詢問老師後才知道原來老師養了蘋果螺，蘋果螺是具有除藻功能的一種螺類，牠能夠貼著缸底和缸壁覓食，清潔魚缸的效果相當棒。但是老師說牠是雌雄同體的生物，不但可以異性繁殖有時也會無性繁殖，所以繁殖力相當驚人，於是我們很好奇蘋果螺究竟是從小是雌雄同體，還是長大後為了要繁殖後代才改變生殖器官，如果是從小到大都是雌雄同體，在每次交配時擁有雌雄同體的蘋果螺，會是以一隻雄性一隻雌性的形態受孕，還是同時兩隻可以一起受孕呢？也因為蘋果螺的繁殖力超強，也常會造成飼主的困擾。所以我們探究蘋果螺的卵其生長環境會因為水溫、環境的明暗變化，影響卵的孵化成功率嗎？最後希望能藉此以上的研究達到抑制蘋果螺繁殖的目的。



爆缸的蘋果螺

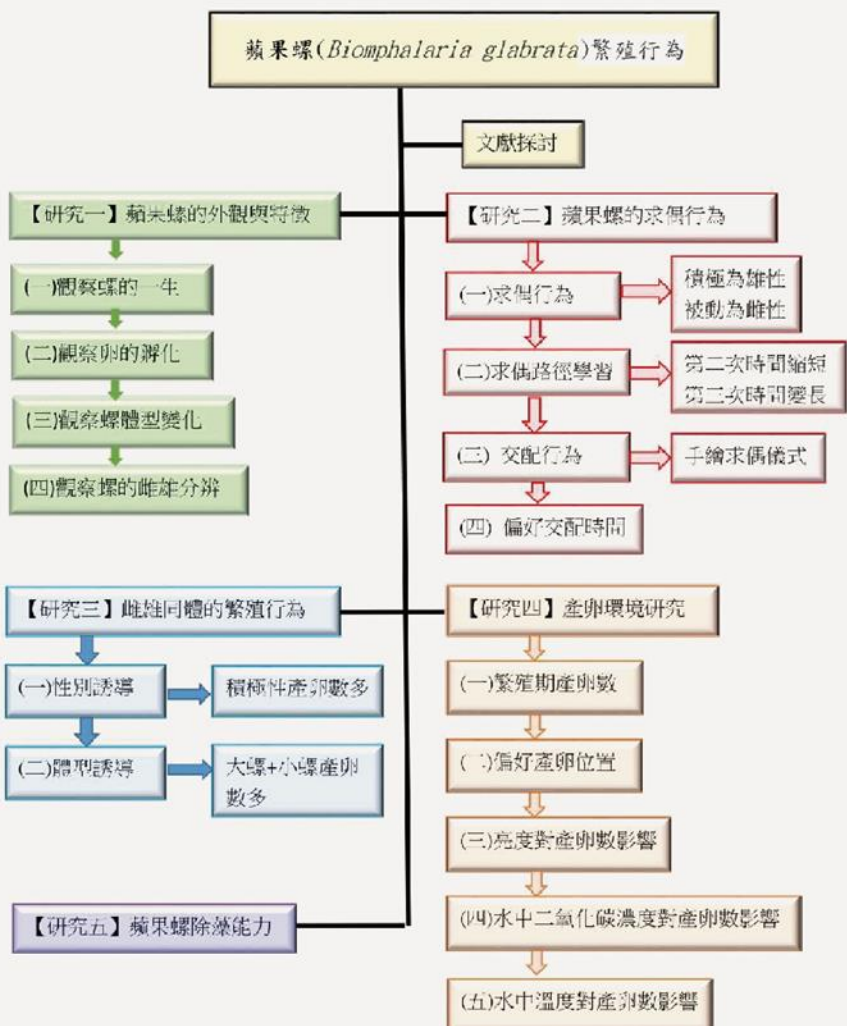


## 貳 研究目的及架構

### 一、研究目的

- (一) 觀察蘋果螺的形態、特徵
- (二) 蘋果螺的求偶行為(Courtship Behavior)
- (三) 蘋果螺的繁殖行為(Reproductive Behavior)
- (四) 蘋果螺產卵環境探究
- (五) 蘋果螺除藻能力

### 二、概念圖



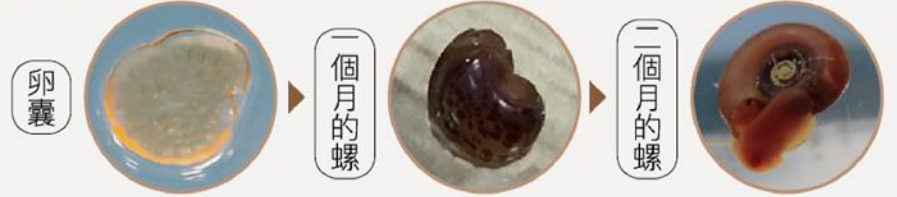
# 參 研究設備與器材

|        |   |
|--------|---|
| 實驗物種來源 | 專門繁殖蘋果螺的養殖場                                     |
| 飼養環境   | 1公升正方形魚缸10.5cm×10.5cm數個、自製水缸18cm×32cm 2個、飼料、濾水器 |
| 實驗觀察   | 平板、游標尺、培養皿                                      |
| 實驗環境   | 檯燈、加熱棒、二氧化碳鋼瓶、自製水迷宮                             |

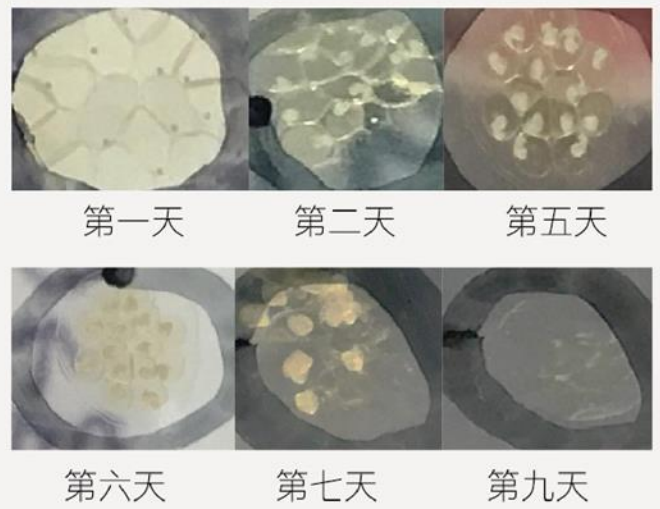
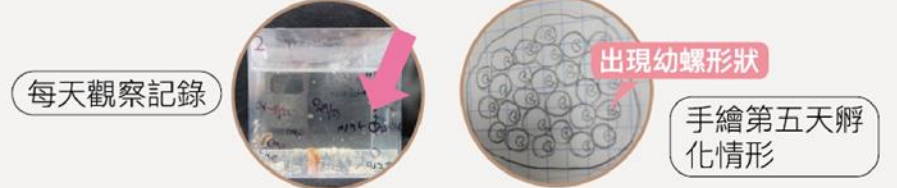
# 肆 研究過程或方法

## 研究一、蘋果螺的外觀與特徵

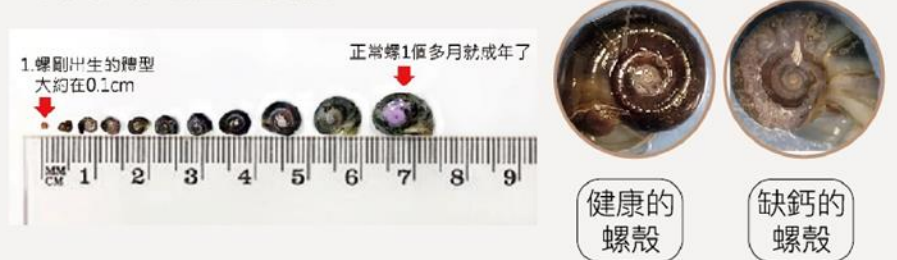
### 1. 螺的一生：



### 2. 卵的體型變化：



### 3. 蘋果螺的體型變化：



| 部位  | 說明                | 照片 | 科學繪圖 |
|-----|-------------------|----|------|
| 外殼  | 身上的條紋正是記錄蘋果螺成長的痕跡 |    |      |
| 觸角  | 有一大一小的兩對觸角        |    |      |
| 口器  | 口器中有齒舌            |    |      |
| 呼吸孔 | 位於足部與外殼中間         |    |      |

### 4. 蘋果螺雌雄分辨：

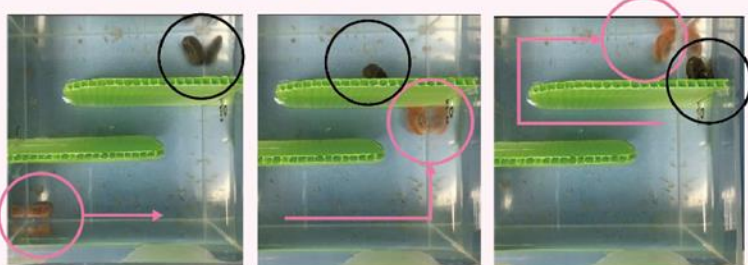


### 研究結果討論

1. 成年蘋果螺體型為2公分，我們比照福壽螺身體器官相對位置判斷出，經解剖的蘋果螺有發現性腺位置。
2. 由於蘋果螺的體型十分小，用顯微鏡放大觀察還是不易看出雌性或雄性生殖器官，於是我們決定用行為模式來探討其性別。

## 研究二、蘋果螺的求偶行為

### 實驗二-1、蘋果螺的求偶行為



兩隻蘋果螺放在對角

快速找到另一隻

兩隻蘋果螺終於相會

#### 研究結果討論

1. 實驗一中我們觀察到，蘋果螺的外觀並沒有很明顯的眼睛只是一個小黑點，查閱文獻得知螺類的視力是模糊的，也沒有耳朵，只能靠大觸角探索環境的變化。所以當實驗中的紅色蘋果螺主動往前時，牠的觸角會像雷達一樣的擺動，很像在偵測目標物，直到尋找到另一隻，而且會停留在看得見彼此的空間。

### 實驗二-2、蘋果螺的求偶路徑學習



側面圖

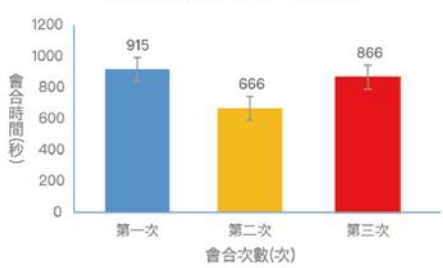
俯視圖

側面圖

俯視圖



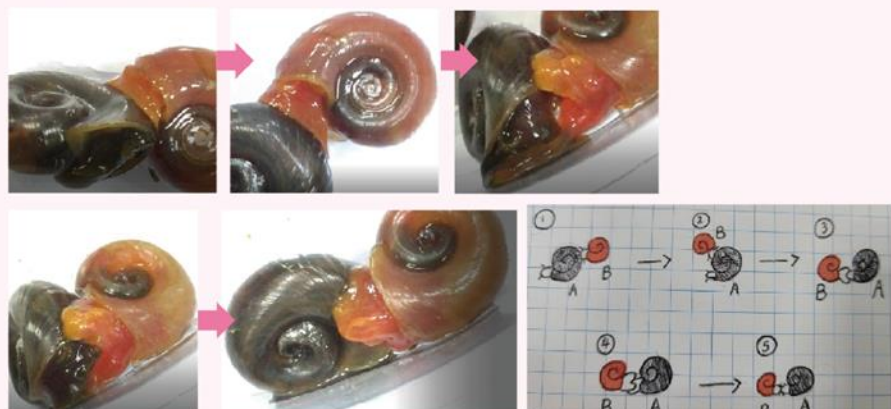
兩隻蘋果螺會合平均時間



#### 研究結果討論

1. 實驗結果發現，每組蘋果螺在第一次時，所花費的時間比較長。測驗第二次時，每組主動的蘋果螺找到另一隻蘋果螺的時間，則縮短很多。第三次則花費較長時間，甚至不想再找。我們推測蘋果螺經過反覆測試後，已經熟悉小水缸的位置，以至不須積極找到同伴。

### 實驗二-3、兩隻雌雄同體的蘋果螺交配行為



#### 蘋果螺交配情形



在放大鏡上觀察

兩隻交配時會有一隻連接器伸向另一隻螺。

兩隻會同時接合在一起

### 實驗二-4、蘋果螺在一天當中偏好的交配時間



#### 偏好交配時間

| 天數 | 第1天 | 第2天 | 第3天 | 第4天 | 第5天 | 交配平均次數 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 早上 | ✓   |     | ✓   | ✓   | ✓   | 4      |
| 晚上 | ✓   | ✓   | ✓   |     |     | 3      |

#### 研究結果討論

我們推測應該是蘋果螺的視力不佳，需要靠著光線增加視線清晰度，減少尋找同伴困難度。蘋果螺雖然是夜行性動物，但是實驗的環境是小水缸生活範圍不大，也沒有任何的天敵以至於白天也會進行交配。

## 研究結果討論



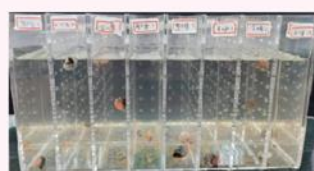
1. 主動的黑色蘋果螺在找到被動的紅色蘋果螺時，先用觸角探測紅色蘋果螺並爬到紅色蘋果螺的身上且在紅色蘋果螺身上繞來繞去然後慢慢靠近紅色蘋果螺腹足的地方，有時黑色蘋果螺也會用力翻滾紅色蘋果螺，沿著紅色蘋果螺的腹足移動。

2. 當兩隻的腹足接觸在一起時，發現主動的黑色蘋果螺會主動用腹足將紅色蘋果螺的腹足緊緊的包覆起來，時間大約10分鐘。

3. 在實驗中，蘋果螺主動行為者作為雄性蘋果螺，被動蘋果螺則作為雌性蘋果螺，在第四天時，我們卻觀察到雌性蘋果螺的殼上竟然出現卵囊，讓我們不經懷疑難道主動行為者的蘋果螺，其實也是可以產下卵囊的雌性蘋果螺。

## 研究三、雌雄同體的蘋果螺繁殖行為

### 實驗三-1、蘋果螺的性別誘導



不同性別的產卵情形



#### 研究結果討論

1. 雄性+雄性組，由於雄性螺是被認定較主動的角色，所以兩隻主動的螺有較積極的繁殖行為，查閱外國文獻也發現，蘋果螺的授精是有互相性的，牠們兩隻可以互相放入連接器，並儲存在自體內，等有需要時在形成受精卵排出。

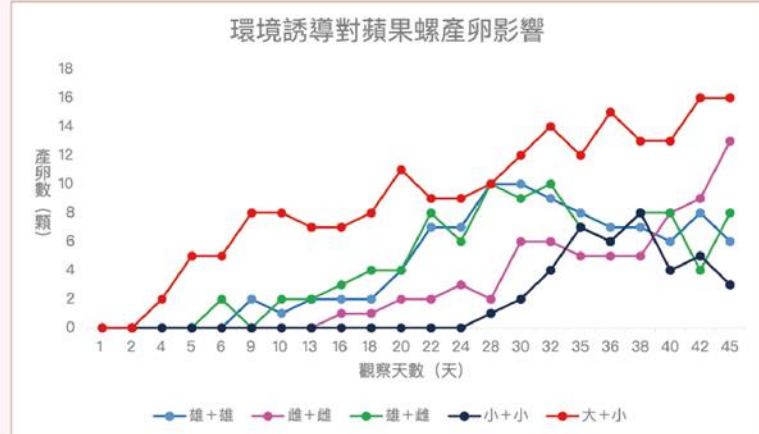
2. 雄性+雌性組與雄性+雄性組卵產的數量差不多，雌性+雌性組這組都是由研究二篩選出被動性的螺，兩隻被動的螺所產出的卵也少很多，於是我們推測蘋果螺的主動積極性交配行為的確對繁殖產卵有顯著性影響。有趣的是雌性+雌性組竟然在第三十八天後產卵數有急劇增加的現象，我們推測兩隻被動的雌性蘋果螺為了繁殖，還是會由被動行為轉向主動行為的雄性蘋果螺，所以產卵數才會明顯增加。

### 實驗三-2、蘋果螺的體型誘導

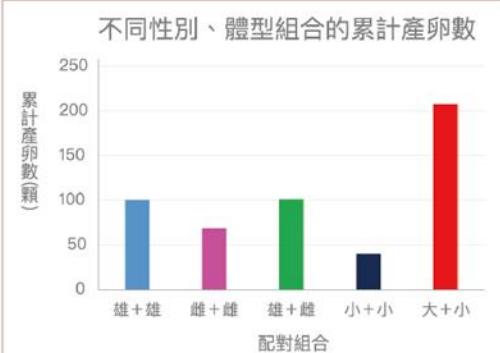


第一組：大隻與小隻

第二組：小隻與小隻



| 組別    | 累積數 |
|-------|-----|
| 雄性+雄性 | 100 |
| 雌性+雌性 | 68  |
| 雄性+雌性 | 101 |
| 小+小   | 40  |
| 大+小   | 202 |



小隻蘋果螺主動往大隻蘋果螺游去，小隻螺翻滾大隻螺

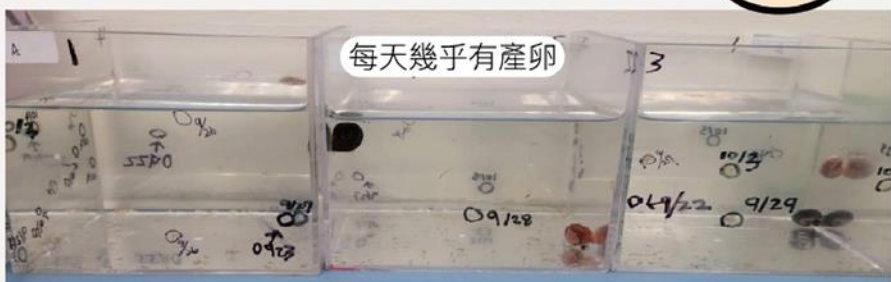


### 研究結果討論

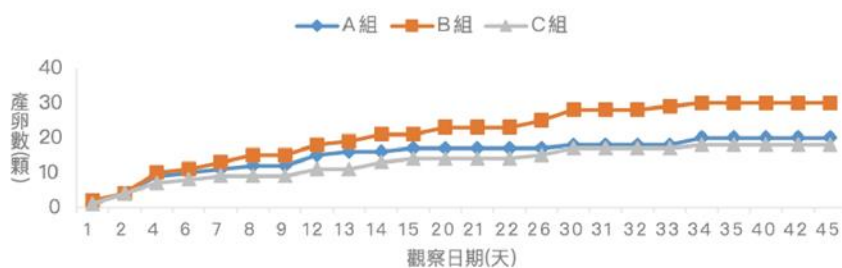
- 1.當所有的組合一起比較時，會發現：大+小>雄性+雌性>雄性+雄性>雌性+雌性>小+小。
- 2.大+小組中，小隻的蘋果螺一直是扮演主動的角色，主動的小隻螺擔任的雄性螺角色，被動的大隻螺則擔任雌性螺，由於產卵需要大量能量產出卵，大螺具有成熟的身體構造，所以具有產卵優勢，小隻螺則擔任較省力的雄性螺角色。
- 3.小+小產卵數是最少，推測蘋果螺應該是繁殖器官先發育雄性生殖器，以至於兩隻小螺的雌性生殖器官尚未發育成熟，在一開始時並無產卵情形。

## 研究四、產卵環境研究

### 實驗四-1、蘋果螺的繁殖期產卵數量



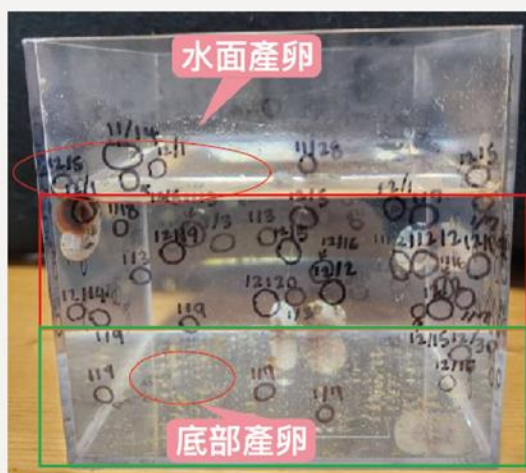
### 蘋果螺繁殖期的產卵數量



### 研究結果討論

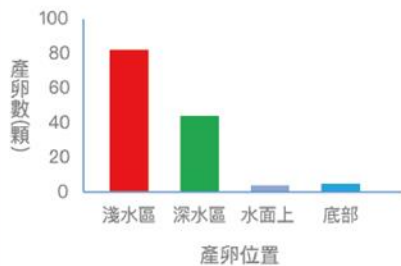
剛開始飼養蘋果螺時，幾乎天天都有產卵，兩隻螺的交配行為十分密集，原本觀察期為兩個月60天，但是大約觀察到第34天時，三組螺產卵情形出現停滯狀態並無增加。我們推測螺的一生積極繁殖期大約是一個月左右，幾乎可以每天產卵，之後雖然也會觀察到有產卵情形，但是產卵數量非常少。

### 實驗四-2、蘋果螺產卵在水中的位置偏好



| 產卵數 |    |
|-----|----|
| 水面上 | 4  |
| 淺水區 | 82 |
| 深水區 | 44 |
| 底部  | 5  |

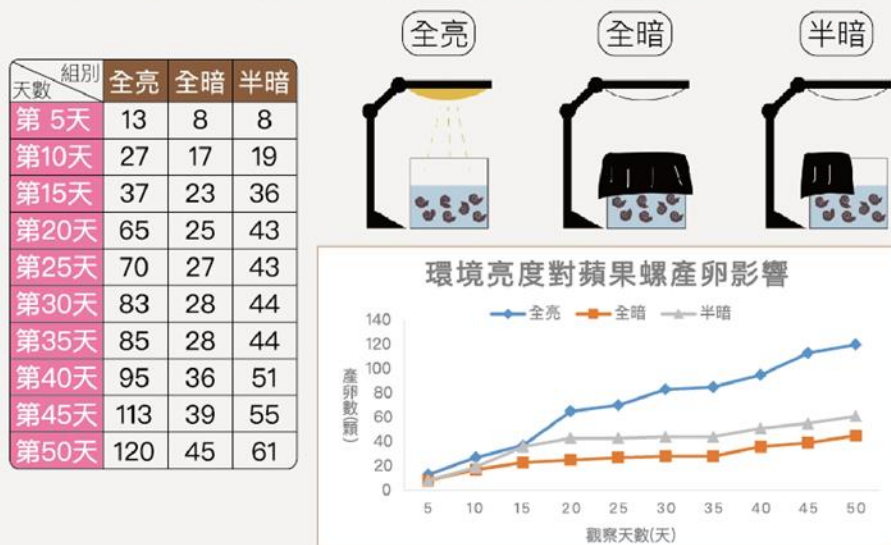
### 蘋果螺產卵位置的偏好



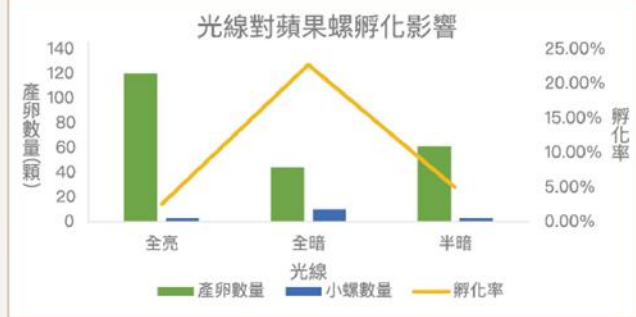
### 研究結果討論

淺水區產卵數最多應該是淺水區的溶氧量最多，有適宜的水溫和浮游生物，幼螺一孵化則有豐富的食物可以覓食，所以蘋果螺喜歡產卵在淺水區。

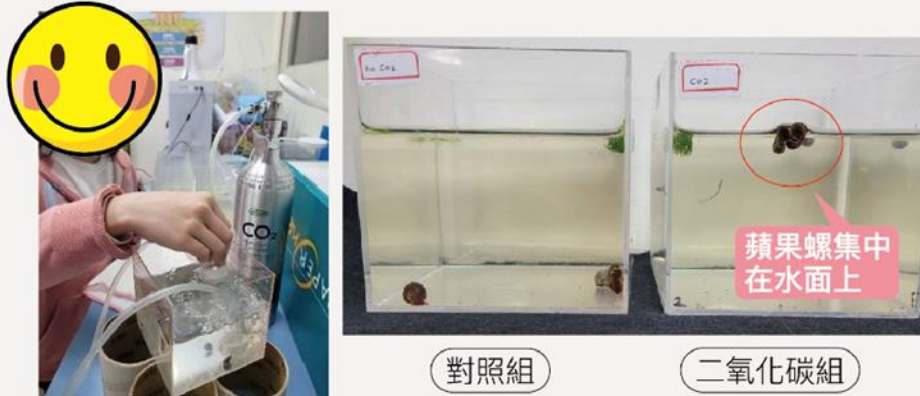
### 實驗四-3、環境亮度對蘋果螺產卵數的影響



|     | 全亮    | 全暗    | 半暗    |
|-----|-------|-------|-------|
| 產卵數 | 120   | 44    | 61    |
| 小螺數 | 3     | 10    | 3     |
| 孵化率 | 2.50% | 22.7% | 4.92% |

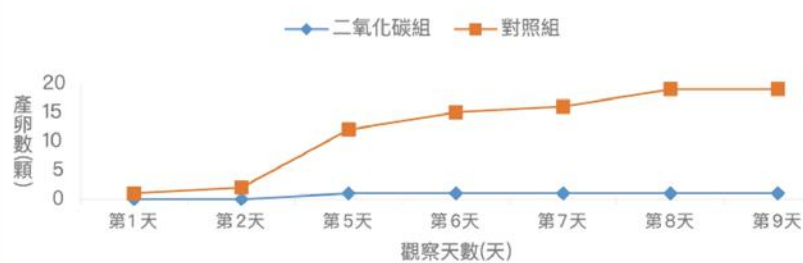


### 實驗四-4、水中二氧化碳濃度對蘋果螺產卵數的影響



將二氧化碳灌入水中

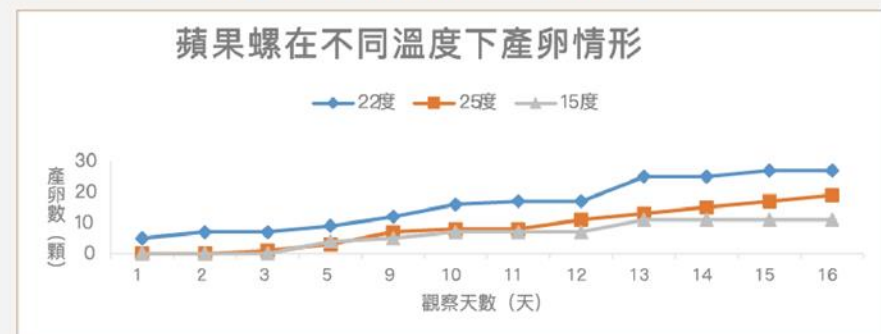
### 二氧化碳的濃度對蘋果螺產卵影響



### 研究結果討論

實驗觀察了50天，實驗小水缸發現有小螺孵化，我們觀察到蘋果螺的孵化率最多的是：全暗>半暗>全亮，所以光線對於小螺的孵化率是有顯著的影響。

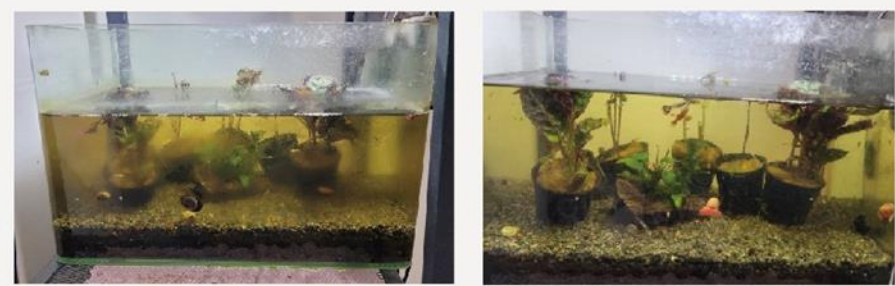
### 實驗四-5、水中溫度對蘋果螺產卵數的影響



### 研究結果討論

蘋果螺是小型的變溫生物，對於環境的要求敏感度相當高，環境溫度相差10度則有很明顯的產卵差異，水溫在25度時產卵數就比水溫22度少8顆，低溫時的產卵則相對更少只有11顆。

### 實驗五、蘋果螺的除藻能力



未使用蘋果螺除藻

使用蘋果螺除藻

## 伍 結論

- 一、從卵期孵化時間大約10天，幼螺到成螺約一個月。呼吸系統有肺和腮，所以牠可以短時間離開水面。生殖系統有精囊和卵巢，是雌雄同體的水生生物。
- 二、蘋果螺可以透過水迷宮找到同伴，並有學習的能力。雖然是夜行性生物，但是安全的環境也會使蘋果螺在白天進行交配繁殖。
- 三、繁殖行為中，主動性較強的螺可以產下較多的卵囊。兩隻雌性蘋果螺的組合，一陣子後性別轉換為雄性，產下卵囊。體型上的組合以大隻加上小隻的組合產卵最多，蘋果螺在序列性雌雄同體以雄性器官先成熟。
- 四、成年的蘋果螺積極繁殖期可以天天產卵，產卵位置偏好產在淺水區，產卵數量會依照光線的明亮度產量增加，當水中的二氧化碳濃度太高，水溫超過25度或是太低溫則會抑制蘋果螺產卵。根據以上的實驗結果可以做為防治蘋果螺繁殖過剩的方法。