

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

第三名

030321

海「蛞」天空-揭開眼斑多葉鰓的秘密

學校名稱：澎湖縣立馬公國民中學

作者： 國二 林函希	指導老師： 洪立泰 陳聿凡
---------------	---------------------

關鍵詞：生殖行為、趨光實驗、海蛞蝓

摘要

眼斑多葉鰓 *Plakobranchus ocellatus* 體型扁平狀，身體兩側和頭部的斑點通常較大，眼點位於頭部中間的後側，身體內側佈滿葉綠體。

具有極佳的保護色。交尾時，交尾器會發出藍紫色螢光，並表現出有趣的『交配三部曲』。產卵處跟交尾器一樣在身體右前方，卵團為逆時針旋轉，受精卵約在排卵後第 2.5 小時進行第一次卵裂，約 3 天會發育成面盤幼蟲，幼體具殼。成體具有明顯的趨光性，對於色光的偏好依序傾向為：白光>紫光>藍光>綠光>黃光>紅光。當長波長的色光(紅、黃)與黑色做選擇時，做了折返的行為。

光合作用氧氣生成量與同重量石蓴比約為 3:20。在紅、黃光有較高的氧氣生成量，在藍光中，光合作用產量少；白光在與各色光相較之下，擁有最高的氧氣生成量。

壹、研究動機

我從小就常和家人去潮間帶，一邊撿螺絲，一邊欣賞澎湖日落的美。有一次我去海邊時，偶然發現一種海蛞蝓，牠們的保護色極佳，乍看之下還以為牠們是沙子，甚至還會不小心踩到，十分有趣。因此而感到好奇，所以回家後便去查資料，發現牠們叫眼斑多葉鰓(*Plakobranchus ocellatus*)，且目前國內還沒有牠們的詳細資料和研究，最重要的是牠們的身上帶有葉綠體，講到葉綠體大家第一個想到的一定是植物，可是牠是動物，怎麼會有葉綠體，難道牠是新版的綠巨人浩克？於是就想投入研究，希望能讓大家更了解牠們。

貳、研究目的與架構

一、了解眼斑多葉鰓的基礎生物學：

(一) 分類學

(二) 形態學

二、了解眼斑多葉鰓的採集飼養：

(一) 採集方式

(二) 飼養方式

三、了解眼斑多葉鰓的生殖行為：

(一) 交配時間

(二) 交配行為

(三) 產卵行為

(四) 胚胎發育

四、眼斑多葉鰓對光的反應：

(一) Y 型管裝置

(二) 趨光實驗一

(三) 趨光實驗二

(四) 趨光實驗三

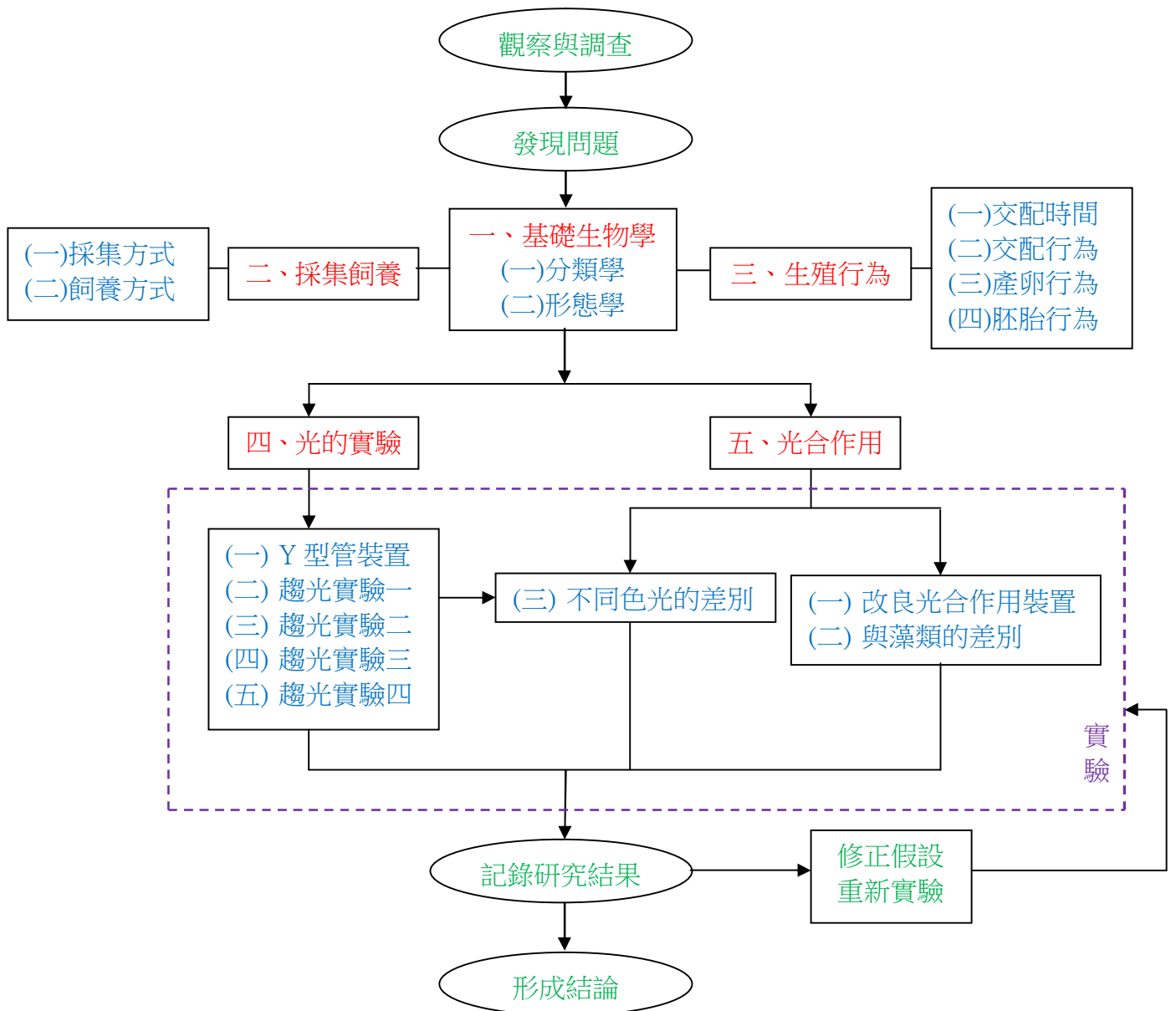
(五) 趨光實驗四

五、了解眼斑多葉鰓的光合作用：

(一) 改良光合作用裝置

(二) 眼斑多葉鰓光合作用和藻類的差別：

(三) 眼斑多葉鰓在不同色光行光合作用的差別



參、研究設備與器材

- | | | | | |
|--------|---------|--------------|---------|---------|
| 1.海水 | 2.海蛞蝓 | 3.相機(Canon) | 4.透明粗吸管 | 5.透明膠帶 |
| 6.打火機 | 7.黑色膠帶 | 8.棉花 | 9.檯燈 | 10.水族箱 |
| 11.過濾器 | 12.放大鏡 | 13.顯微鏡(ESPA) | 14.托盤 | 15.計時器 |
| 16.棉花棒 | 17.塑膠湯匙 | 18.線香 | 19.黑色色紙 | 20.竹棍 |
| 21.塑膠碗 | 22.石蓴 | 23.溫度計 | 24.石頭 | 25.沙子 |
| 26.砂布 | 27.淺盆 | 28.鑷子 | 29.鉛塊 | 30.資料夾 |
| 31.玻璃紙 | 32.針筒 | 33.溶氧儀 | 34.血清瓶 | 35.無菌海水 |

肆、研究方法與結果

一、基礎生物學

(一) 分類學

1、方法：查閱相關圖鑑、網站確認分類學地位。

2、結果：

眼斑多葉鰓 *Plakobranthus ocellatus* 屬於：

動物界 Animalia

軟體動物門 Mollusca

腹足綱 Gastropoda

囊舌目 Sacoglossa

多葉鰓科 Plakobranchidae

Plakobranthus

(二) 形態學

1、外部構造

(1) 方法：觀察、描述、歸納、整理。

(2) 結果：

- ①體型：眼斑多葉鰓體型為扁平狀，裹沙的面積比較大，且比較能夠隱藏在沙堆裡，行光合作用的面積也較大。頭部有一對觸角，末端為藍紫色，身體為兩翼(側翼)所包成，有許多斑點(圖 1)。他們的葉綠體藏在兩翼下，側翼為青綠色，只在行光合作用時會打開一點點，以確保自己飯碗(葉綠體)的安全。大部分個體體長約為 3cm，採集的個體中最大體長為 5.5cm，最小體長為 1.5cm。

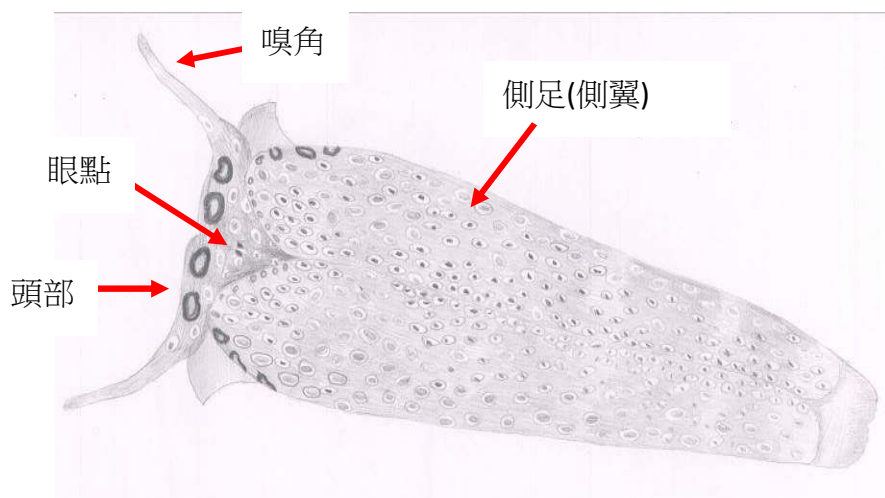


圖 1

②體色：將其體色分為 5 類：

- a. 黑斑點: 兩翼上有數個實心的黑色斑點，若明顯的話會倆倆並排約八個(圖 3)。
- b. 橫條紋: 較深的斑點會集中在特定橫條斑紋上,像纏上深色膠帶,通常在尾部更明顯(圖 4)。
- c. 顏色淡: 整體顏色較淡，無明顯黑色斑點或橫條斑紋,就像驚嚇後的慘白臉色(圖 5)。
- d. 顏色深: 體色明顯較深(圖 6)。
- e. 較無明顯特徵。

在採集個體中(圖 2)以黑斑點和橫條紋兩種數量較多，各約佔 40% (圖 7)其次為顏色淡佔 14%。



圖 2



圖 3 黑斑點



圖 4 橫條紋



圖 5 顏色淡



圖 6 顏色深



圖 7

③斑點：眼斑多葉鰓海蛞蝓，顧名思義就是身上有許多斑點，而在身體不同部位的斑點也不太一樣，各有各的特色。

a. 頭部前方和身體兩側的斑點較大為黑色圓框(圖 8)。

b. 兩翼上的斑點較小(圖 9)有兩種，分別是中間一黑點外面一圈白框，和中間較大的黃色圓點外面一圈白框(圖 11)，這兩種斑點像眼睛一樣，可能是牠叫眼斑多葉鰓的原因。

c. 腹足的斑點為小的實心黑點(圖 10, 11)，像一粒粒的小芝麻散佈在底下。



圖 8

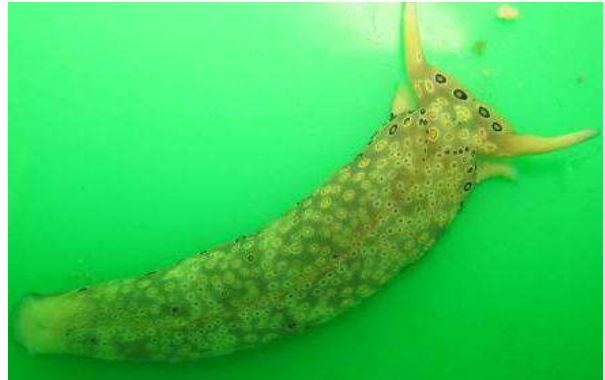


圖 9



圖 10



圖 11

④眼點：

眼斑多葉鰓的眼點位於頭部的正中央，在兩嗅角的正中間有一個扁平狀的突起物，兩個眼點就分別位在此凸起物的兩側(圖 12)，不要懷疑，就是那兩個小黑點，牠們兩個就像鄰居一樣，中間只有約 0.1 公分的距離。

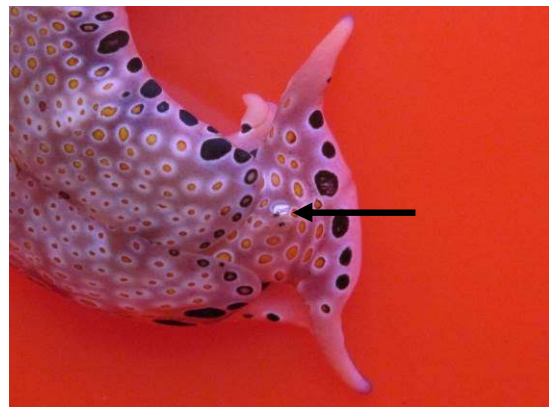


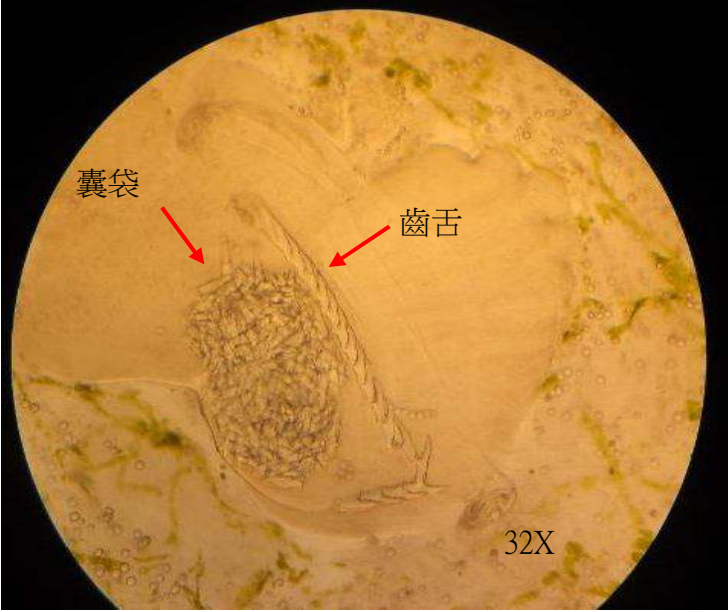
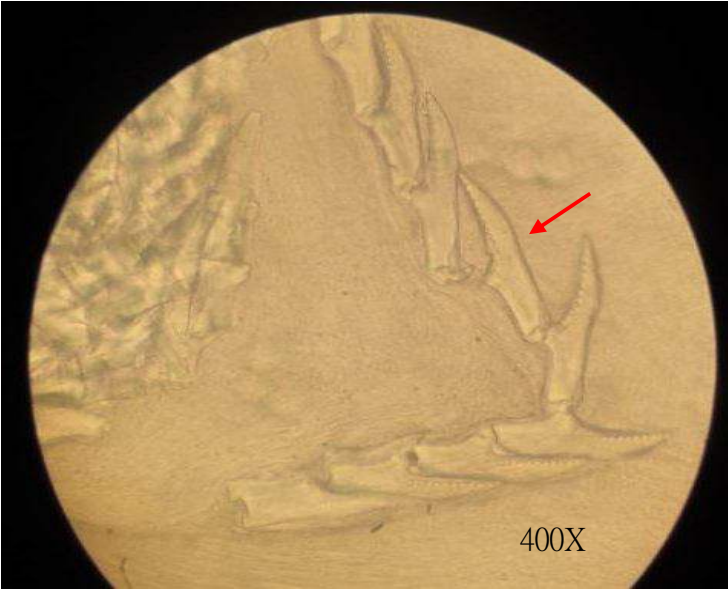
圖 12

2、內部構造

(1) 方法：將實驗過程中死亡的個體，取出相關部位，於顯微鏡下觀察並記錄。

(2) 結果：

①齒舌：

 <p>囊袋</p> <p>齒舌</p> <p>32X</p> <p>圖 13</p>	<p>此圖為眼斑多葉鰓的齒舌，外圍是牠正在使用的牙齒，若已磨損淘汰的牙齒，就放在後面的囊袋中，因此稱為囊舌目。</p>
 <p>400X</p> <p>圖 14</p>	<p>齒舌像刀子一樣銳利是一個接一個排列而成，牠們一生都不用看牙醫，牙齒壞了就往囊袋裡丟，真方便。</p>

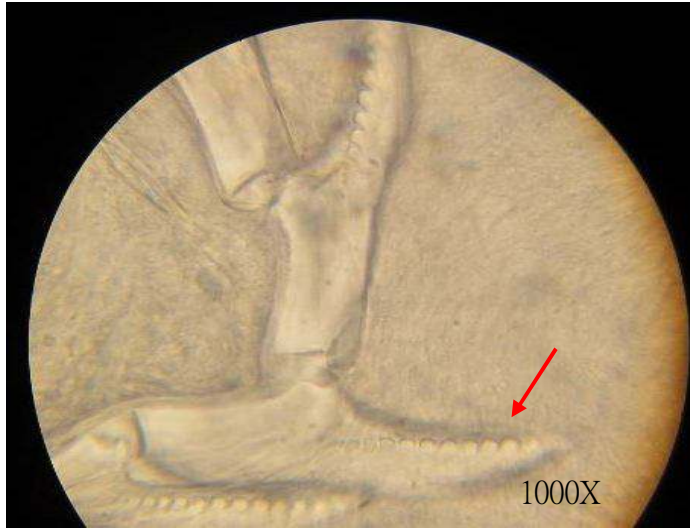


圖 15

每一個牙齒的前端都呈鋸齒狀，就像一把把小鋸齒刀，讓海蛞蝓能輕鬆地大快朵頤。

②交尾器：交尾器在交尾時會發出藍紫色螢光(圖 16)。有一條明顯的細管子連接到身體裡，末端有一個小鉤(圖 17)。

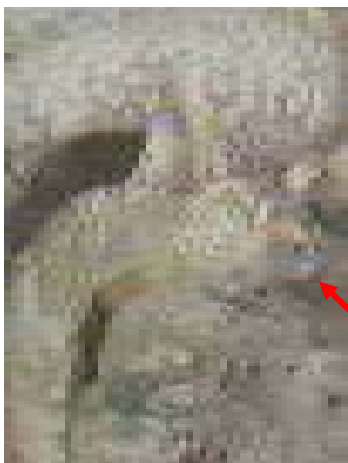


圖 16 螢光交尾器

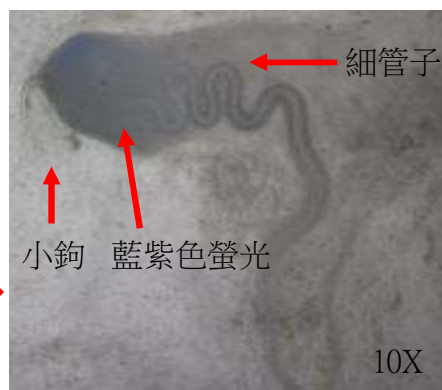


圖 17 交尾器

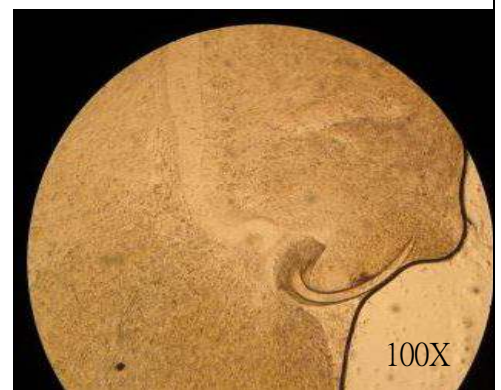


圖 18 小鉤

③葉綠體：



圖 19 身體內側



圖 20 內側充滿葉綠體

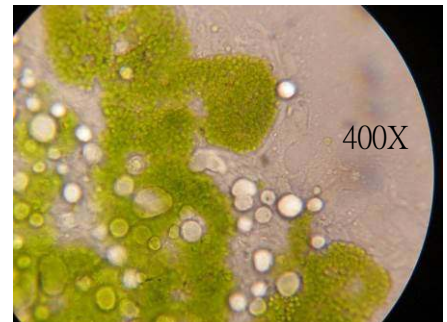


圖 21 葉綠體

二、採集飼養

(一) 採集方式

1、方法：

(1)地點：湖西鄉紅羅村潮間帶，大部分的底質為砂礫質(圖 22)，地形為岩岸，且有珊瑚礁的分布。坡度較陡，要利用大退潮才能抵達。

(2)工具：因海蛞蝓身體柔軟，使用毛筆及湯匙協助避免其受傷。穿膠鞋戴手套，可避免滑倒或割傷(圖 22~24)。



圖 22



圖 23



圖 24

(3)時間：藉由中央氣象局網站，查詢大退潮時間(農曆初一或十五前後)及當日天候狀況，確定是否適合採集。



圖 25 大退潮



圖 26 小退潮

2、結果：

在採集眼斑多葉鰓時相當不易，因為牠有很好的保護色，需要相當的眼力和耐心，才能突破其保護色發現牠們。經由不斷地採集及觀察，將尋找牠的難易度歸納成三個等級以便於採集辨識。

第一級：一眼就看穿

一眼就能看出來，因為牠還沒有潛到沙子裡面，所以很好認（圖 27~29）。



圖 27



圖 28



圖 29

第二級：潛沙但露餡

已經潛到沙子裡，但技術不佳，觸角、體色、形狀等露餡，只要稍加仔細觀察就能找到牠們（圖 30~32）。



圖 30



圖 31



圖 32

第三級：與砂合為一

最厲害的是第三級，不但能潛到沙子底下，觸角等部位也藏得天衣無縫，消失在沙子裡，與整個環境合而為一，這應該就是偽裝術最高的境界了。但這就要花點時間才能找到牠們（圖 33~35）。



圖 33



圖 34



圖 35

以下兩張照片可為判斷能力的依據，若能分辨出來，則半小時之內約可採集到 100 隻。



圖 36



圖 37

(二) 飼養方式

1、方法：以 15 公升的飼養箱，裝上過濾器及溫度計，放置面向東的陽台(圖 38)，適度添加蒸餾水以維持鹽度(圖 38)。

2、結果：

(1) 飼養狀況：從去年 10 月至今年 6 月的飼養過程中，11~2 月白天會照燈(240LUX)，3 月起因陽光較強並沒有照燈。除了因做光合作用實驗，溫度過高死亡外，並沒有其他死亡的個體。

(2) 活體放生：飼養的海蛞蝓經過數次實驗及產卵完(約一個月)，都會放回之前採集的地方，讓牠們回家，然後再採集新一批海蛞蝓回家飼養、進行實驗。同時飼養那批海蛞蝓的海水和沙子，也會一起放回大海(圖 38~39)，不能隨意丟棄，因為產卵後的海水和沙子可能有海蛞蝓的卵、面盤幼蟲，甚至是亞成體依附在上面，放回大海可以增加存活機率，讓下次採集時能有更多的海蛞蝓進行實驗。



圖 38



圖 39

三、生殖行為

(一) 交配時間

1、方法：觀察是否有交配行為並記錄時間及溫度。

2、結果：

(1) 交配時間：在溫度約 20 - 26°C 之間最易發生交配行為，照度約為 1000~3000 LUX。通常在早上 8-12 點是交尾的高峰期，一個飼養箱裡就有約 10 對海蛞蝓在交尾(圖 40)。

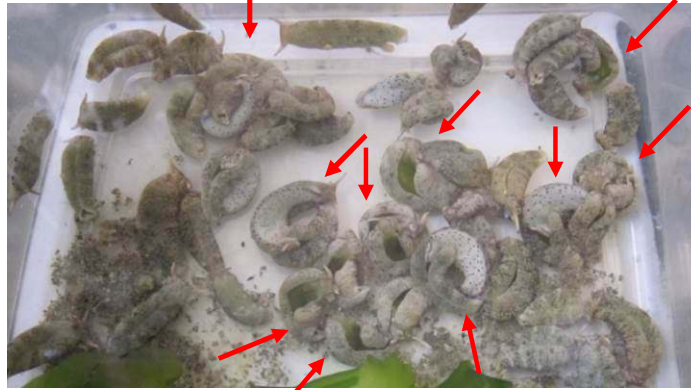


圖 40

(二) 交配行為：

1、方法：觀察並記錄交配行為的過程。

2、結果：根據觀察，將其過程歸納為『交配三部曲』，敘述如下：

		
圖 41 第一部 頭尾相接，繞圈圈	圖 42 第二部 發出螢光，開側翼	圖 43 第三部 相互擁抱，受精去。
當牠們選定要交配的對象時，會先頭對頭尾對尾持續繞圈圈，形成簡單有趣的求偶行為。	露出螢光色的交尾器互相探測對方，並把右邊的側翼打開約 1/3。	將交尾器放入對方體內且互相卡在對方身上且旋轉，進行交尾，持續約 5~40 分鐘不等。

交配後，可馬上與另一隻做交配；進行交配行為時，若未受到干擾，可持續 40 分鐘；交配後在飼養箱放入石蓴，很容易產卵。

(三) 產卵行為：

1、方法：觀察是否有產卵現象，若產卵就將卵隔離，置於培養皿上放入水槽過濾袋中，並記錄產卵時間，給予適量的打氣 (圖 44)。



圖 44

2、結果：

(1) 眼斑多葉鰓海蛞蝓產卵時，為一邊旋轉一邊產卵，且幾乎產於石蓴的背面，推測是因為安全性較佳(圖 45)。產卵處跟交尾器一樣在身體右前方(圖 46)。



圖 45



圖 46

(2) 如果產卵量大的話，一片石蓴上最多可有五、六個卵團(圖 47)。卵團為逆時針旋轉(圖 48)，直徑約 1~2cm，體型越大，卵團直徑越大。

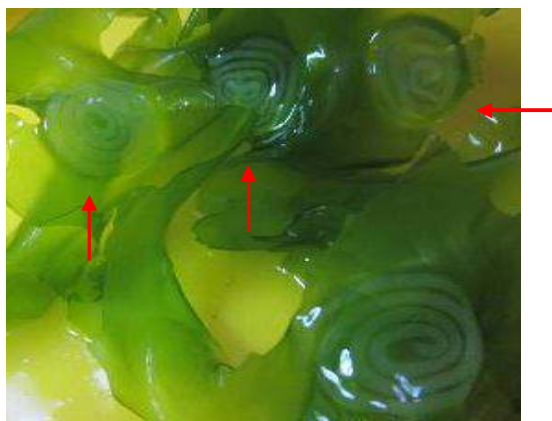


圖 47



圖 48

(四) 胚胎發育：

1、方法：每天藉由顯微鏡觀察卵發育的狀況，若遇假日產卵，則每二十分鐘觀察並紀錄。

2、結果(400x)：

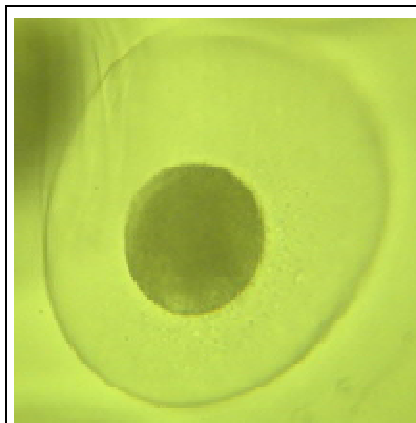


圖 49 受精卵

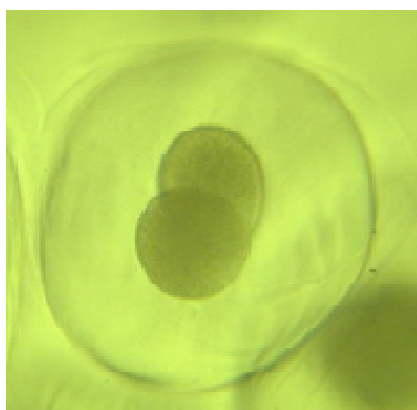


圖 50 2 個細胞期(第一次卵裂)約產卵後 2.5 小時

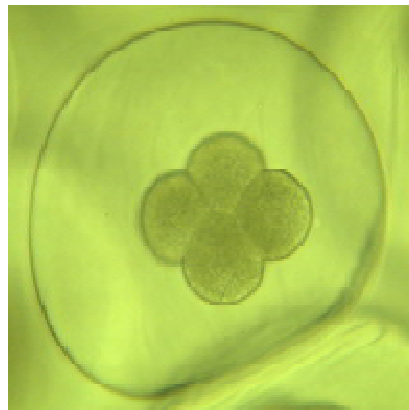


圖 51 4 個細胞期(第二次卵裂)約產卵後 3.5 小時

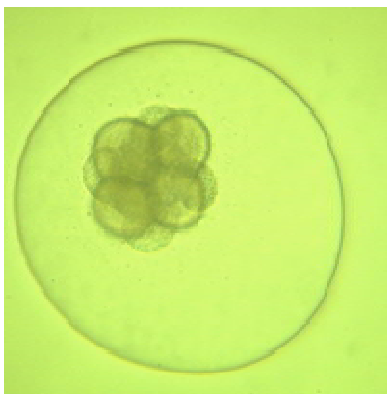


圖 52 8 個細胞期(第三次卵裂)約產卵後 4.5 小時

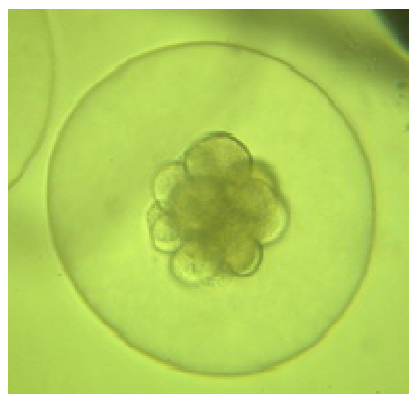


圖 53 16 個細胞期(第四次卵裂)約產卵後 6 小時

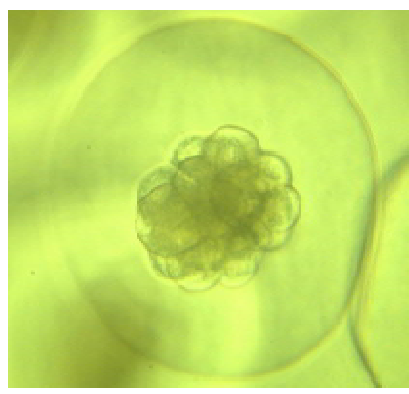


圖 54 32 個細胞期(第五次卵裂)約產卵後 10 小時



圖 55 桑椹期(第 14 小時)

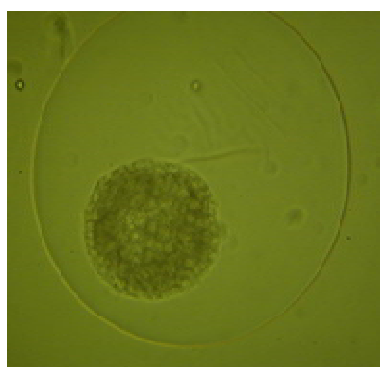


圖 56 囊胚期(第 24 小時)細胞排列成單層中空狀



圖 57 囊胚期(第 30 小時)可發現中間有兩個較大的細胞，此兩個細胞在原腸期會向內凹

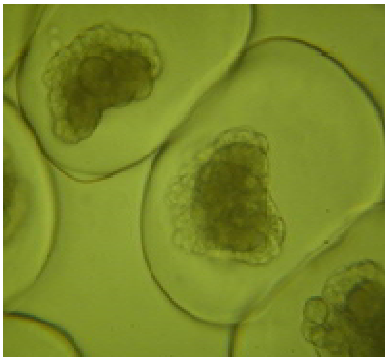


圖 58 原腸期(第 36 小時)細胞開始分化，準備成為擔輪幼蟲。

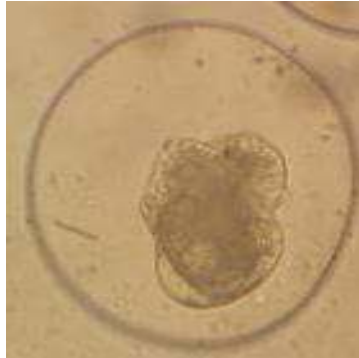


圖 59 擔輪幼蟲(第 2.5 天)開始輕微轉動

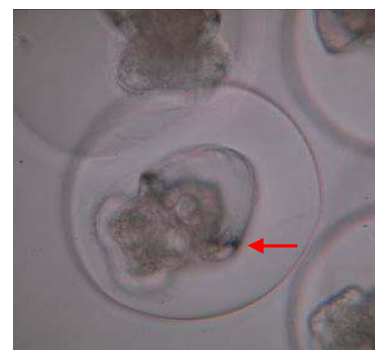


圖 60 面盤幼蟲(第 5 天)出現殼線，轉動明顯



圖 61 還未破卵膜的面盤幼蟲，可見面盤及纖毛。



圖 62 脫離卵膜，幼蟲體帶殼(第 7 天)



圖 63 眼點明顯



圖 64 剛脫離殼

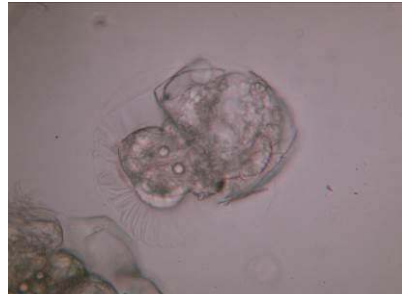


圖 65 脫離殼的幼蟲(第 8 天)

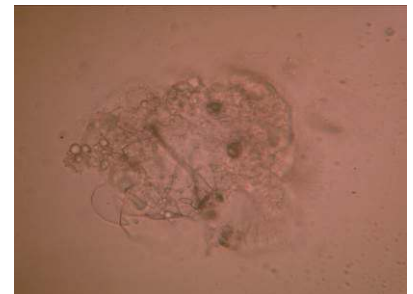


圖 66 脫離外殼

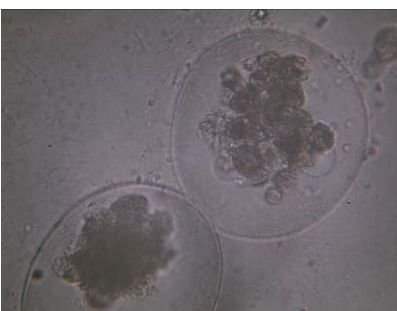


圖 67 卵裂不正常
曝氣不能太大，因過度震動會影響卵的發育

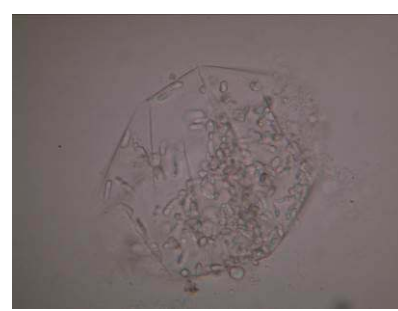


圖 68 原生動物侵蝕
海水中有許多原生動物，鑽進卵膜吞食幼蟲



圖 69 原生動物鑽進殼內侵蝕幼蟲體

四、光的實驗：因為眼斑多葉鰓海蛞蝓有非常特殊的眼點，猜測他對光應該會有反應，是趨光還是背光？因此設計此光的實驗。

(一) Y 型管裝置

1、方法：

- (1) 把喝波霸奶茶的大吸管剪成適當長度，並將其中一端剪成三角形，取三段吸管兩兩相接，形成一個 Y 字型通道，讓海蛞蝓爬行(圖 70~71)。
- (2) 在 Y 字型吸管的兩端用膠帶黏上不同顏色的玻璃紙，放入裝海水的臉盆照光，讓海蛞蝓選擇，藉此判斷海蛞蝓喜歡的顏色和程度(圖 72)。
- (3) 於晚上關掉室內燈光只開兩組燈管(480LUX)進行實驗(圖 73)。
- (4) 因為海蛞蝓在爬行時會留下黏液，所以在每次實驗過後要用小刷子清洗通道，清除黏液，黏液才不會對牠的選擇造成影響，導致實驗誤差。



圖 70

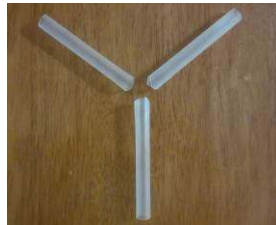


圖 71



圖 72

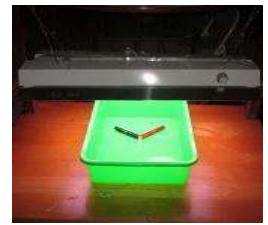


圖 73

(二) 趨光實驗一(趨光或背光)：

1、方法：

- (1) 將 Y 形管裝置的兩端用膠帶各黏上透明玻璃紙(代表白光)和黑色膠帶(代表黑暗)。
- (2) 取 20 隻海蛞蝓，分別放入 Y 型管裝置的通道內(假設左邊白光右邊黑暗為擺放 1 (圖 74)，觀察其反應。
- (3) 再將 Y 型管裝置左右翻轉(左邊黑暗右邊白光則為擺放 2 (圖 75)，用此 20 隻海蛞蝓再做一次，觀察其反應。



圖 74



圖 75

2、結果：

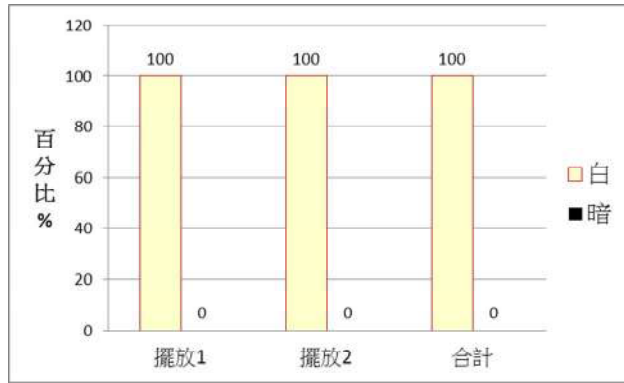


圖 76 白光>黑暗 (縱軸為：選擇個體數/總個體數)

海蛞蝓對光喜好的程度 白光>黑暗 (圖 76)，顯示他們具有趨光性。

(三) 趨光實驗二(色光二選一)：由趨光實驗一得知，海蛞蝓有明顯的趨光性，故將光再區分成不同顏色比較。

1、方法：

- (1) 從紅、黃、綠、藍、紫和透明共 6 種不同的玻璃紙交叉配對，任取 2 種顏色，分別黏於 Y 形管裝置的兩端(共 15 種組合)。
- (2) 取 20 隻海蛞蝓，分別放入 Y 型管裝置的通道內(擺放 1) (圖 77)，觀察其反應。
- (3) 再將 Y 型管裝置左右翻轉(擺放 2) (圖 78)，用此 20 隻海蛞蝓 再做一次，觀察其反應。

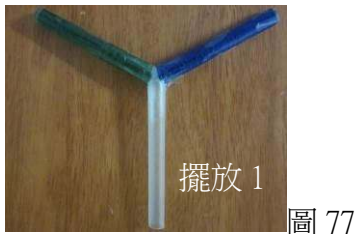


圖 77



圖 78

2、結果：

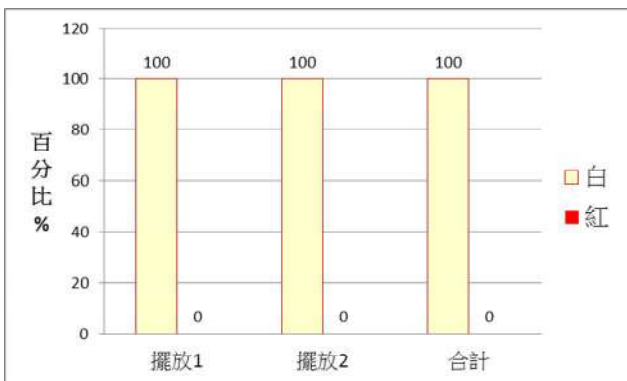


圖 79 白光>紅光

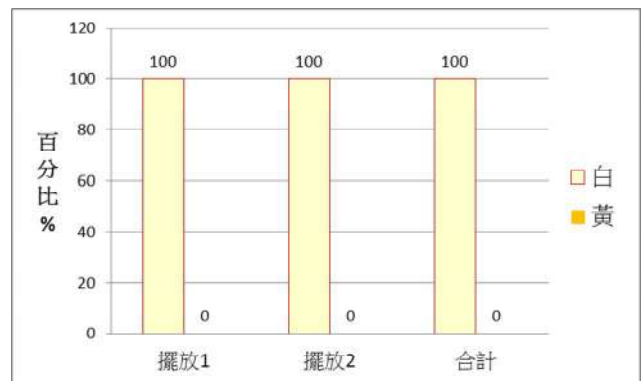


圖 80 白光>黃光

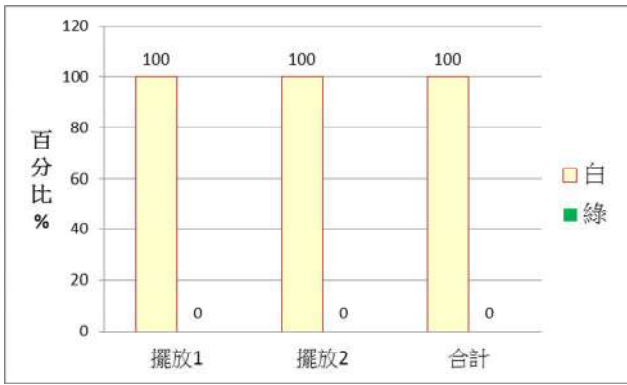


圖 81 白光>綠光

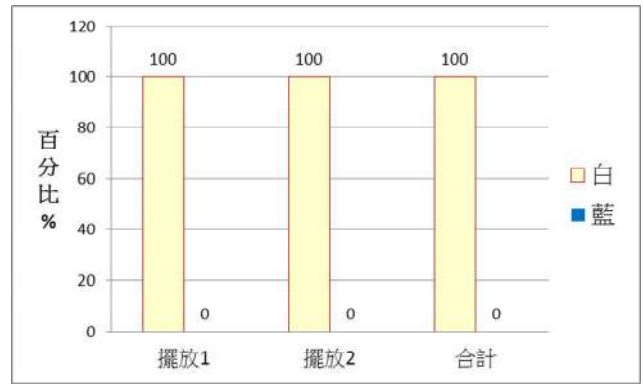


圖 82 白光>藍光

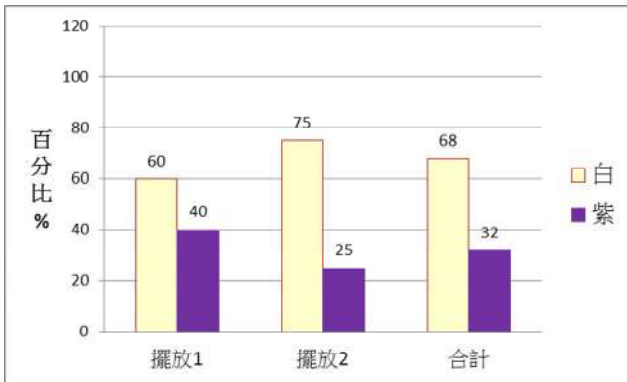


圖 83 白光>紫光

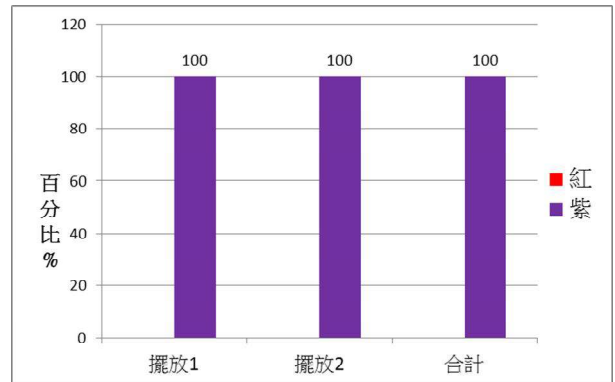


圖 84 紫光>紅光

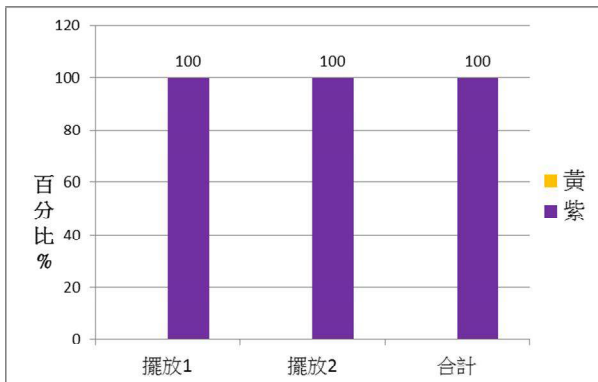


圖 85 紫光>黃光

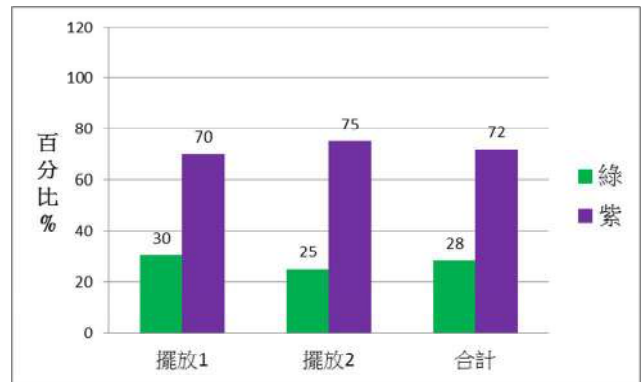


圖 86 紫光>綠光

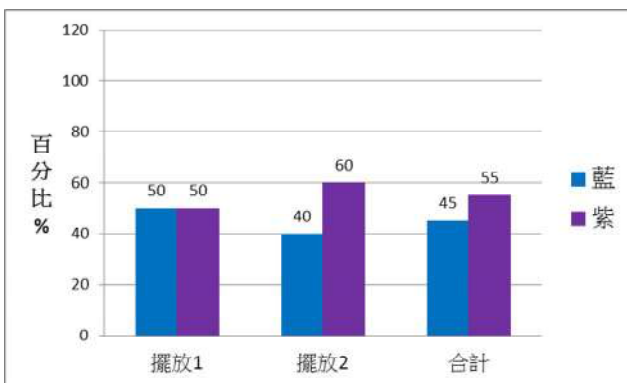


圖 87 紫光>藍光

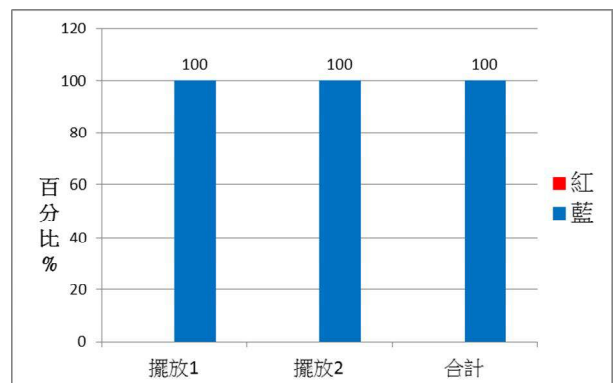


圖 88 藍光>紅光

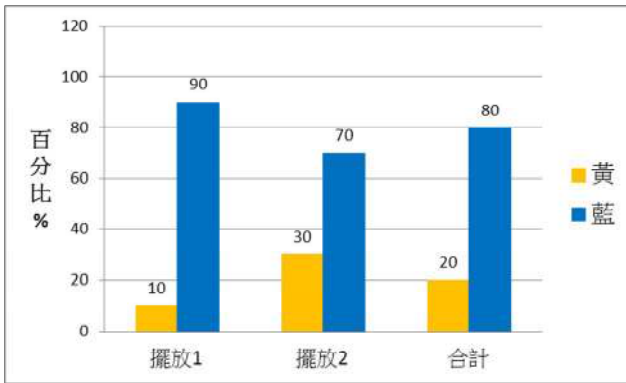


圖 89 藍光>黃光

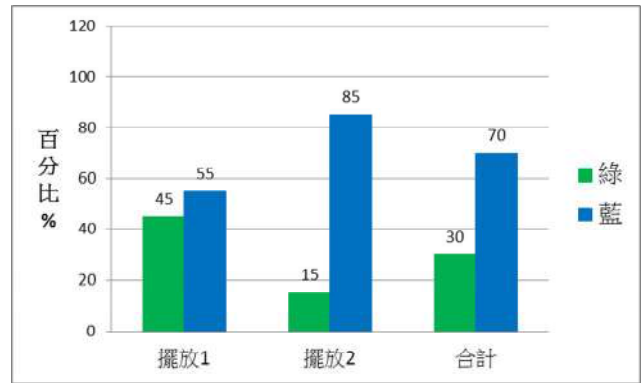


圖 90 藍光>綠光

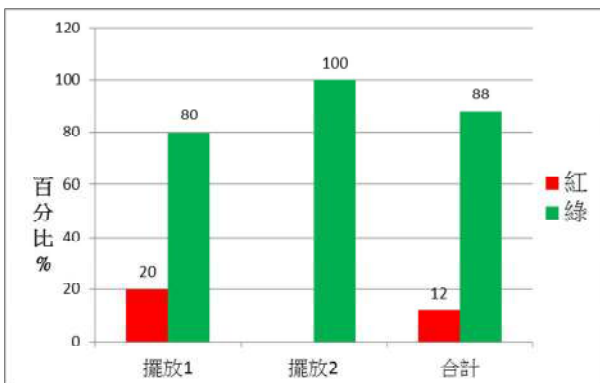


圖 91 綠光>紅光

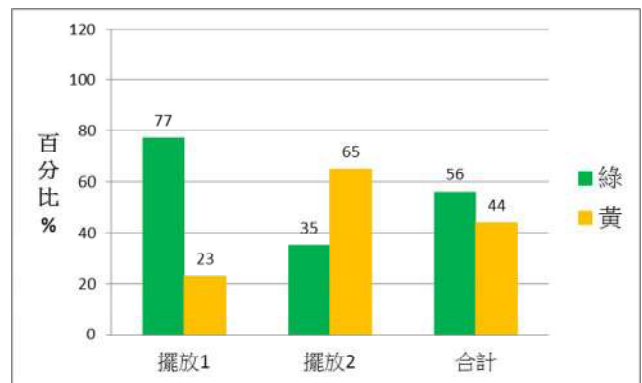


圖 92 綠光>黃光

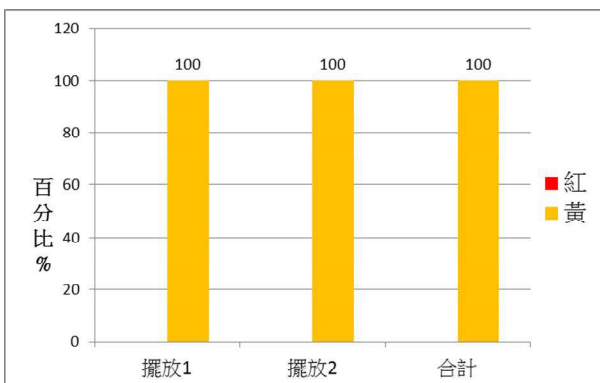


圖 93 黃光>紅光

- (1) 當白光分別與紅光、黃光、綠光和藍光做比較，皆明顯 100% 偏好白光(圖 79~82)。唯獨與紫光沒有 100% 的偏好現象，但也有 68% 偏好白光(圖 83)。
- (2) 對於色光的偏好依序傾向於為:白光>紫光>藍光>綠光>黃光>紅光。
- (3) 對於波長相差越大的色光越易表現偏好現象，且偏向波長較短的色光(圖 84、85、88、91)。
- (4) 雖然紅、黃光波長較接近但牠不喜歡紅光(波長長)且紅光較暗，所以他選擇了黃光，且比率高達 100%(圖 93)。

(四) 趨光實驗三(色光多選一)：因為趨光實驗二，只有兩個顏色讓海蛞蝓選擇，若多種顏色一起出現，他會如何選擇？於是又設計趨光實驗三。

1、方法：

- (1) 於五金行買一個大圓白色淺盤，用細木條當骨架，再黏上不同顏色的玻璃紙，一次就有紅.黃.綠.藍.紫.透明等六種顏色讓牠選，而在中間加放一張圓形黑色色紙(圖 94)。
- (2) 一開始先將 30 隻海蛞蝓聚集在膠帶的內圈紙板(圖 95)，放在此黑色色紙的陰影下照光(圖 96)，牠們會因不喜歡陰影而開始移動，這樣就不會因放的位置而導致實驗誤差。
- (3) 每三分鐘記錄海蛞蝓所在色光的數量，持續 30 分鐘(圖 97)，實驗三重覆。



圖 94



圖 95



圖 96



圖 97

2、結果：

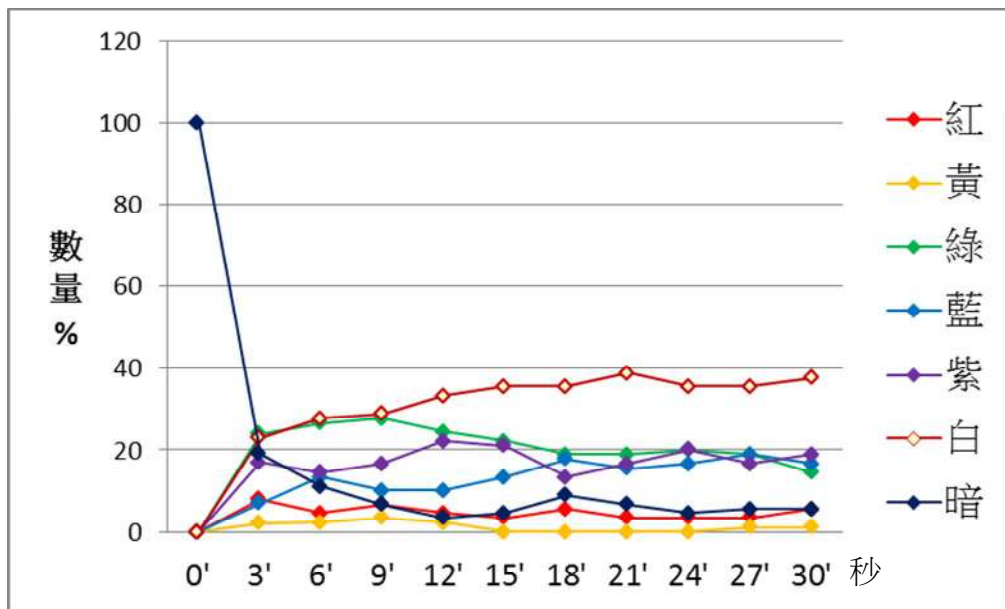


圖 98 趨光實驗三 (三次實驗平均值) (縱軸為：選擇個體數/總個體數)

三次實驗皆明顯快速離開黑色區塊，大部分個體停留在白光、紫光、藍光和綠光區這結果也與趨光實驗一~二相符。

(五) 趨光實驗四：為了更確定前面的實驗，拿黑暗分別與各色光做比較，於是又設計了趨光實驗四。

1、方法：在 Y 形管裝置的兩端用膠帶黏上玻璃紙(紅、黃、綠、藍、紫)和黑色膠帶，取 20 隻海蛞蝓，分別放入 Y 型管的通道內(擺放 1) (圖 99)，觀察其反應。再將 Y 型管左右翻轉(擺放 2) (圖 100)，用此 20 隻海蛞蝓再做一次，觀察其反應，來測試海蛞蝓面對黑色和其他顏色的反應。



圖 99



圖 100

2、結果：

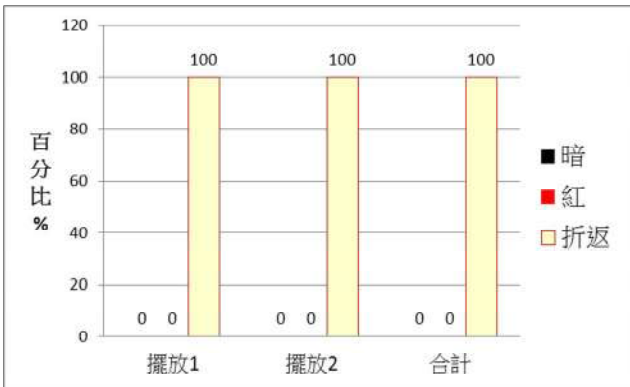


圖 101

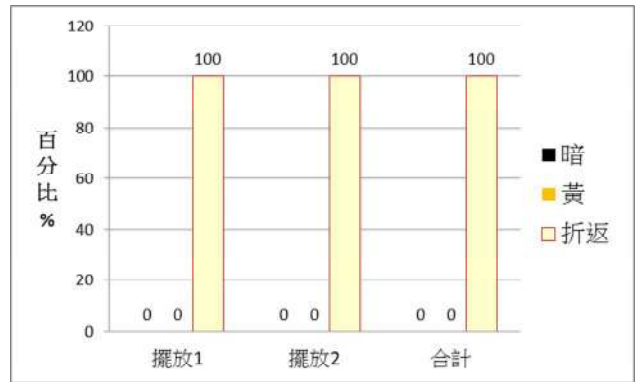


圖 102

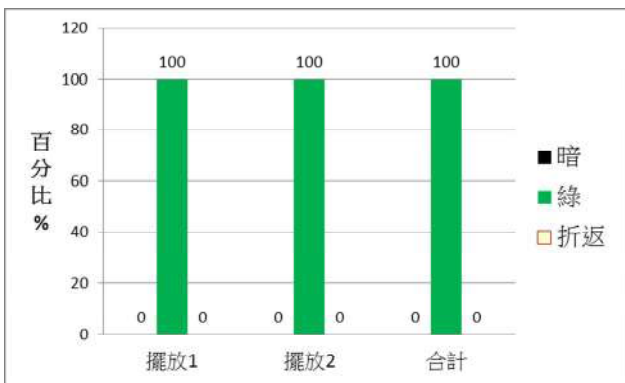


圖 103

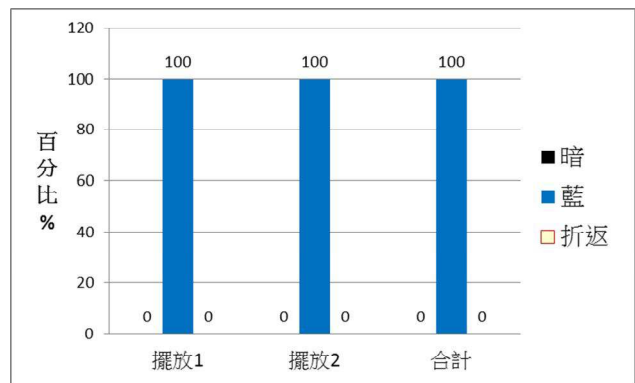


圖 104

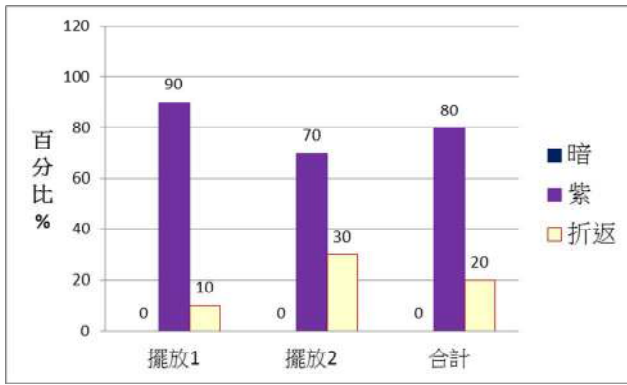


圖 105


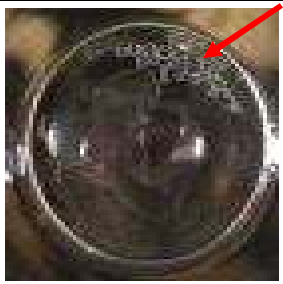

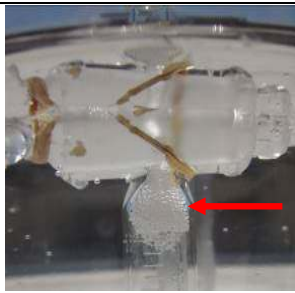


- (1) 當紅、黃色光與黑色做選擇時，居然做了折返的行為(圖 101~102)，牠們直接回頭。因不喜歡黑暗也不喜歡紅、黃光，當紅、黃光與黑暗做比較時他選擇折返。
- (2) 當波長較短的光(綠、藍)與黑暗做選擇時，他就選擇了綠、藍光(圖 103~104)。
- (3) 當波長更短的紫光與黑暗做選擇時，卻有 20%選擇折返(圖 105)。

五、光合作用

從觀察中得知，眼斑多葉鰓身上擁有葉綠體，於是就想設計實驗應證並推估光合作用與藻類的差別。

(一) 改良光合作用裝置：

方 法		結 果
<p>將 30 隻海蛞蝓放進漏斗內，倒放於透明杯中，漏斗上再倒放 25ml 量筒，給予照光 3 小時，利用排水集氣法，收集氣體。</p>	<p>圖 106</p>	<p style="text-align: center;">圖 107</p> <p>漏斗壁上有些許氣泡產生但有少數海蛞蝓從縫隙跑出來；由於黃光溫度太高，多數海蛞蝓皆熱死，經測量海水溫度，竟高達 40°C。</p> <p style="text-align: right;">失敗</p>



<p>第二 代</p>	<p>1.將第一代的漏斗底層鋪上絨布，防止海蛞蝓爬出，海蛞蝓數量減為 10 隻，讓他們有較多的活動空間。 2.改照射太陽光，但要在下午四點到七點進行(避免溫度過高)。</p>	 <p>絨布</p> <p>圖 108</p>	 <p>圖 109 從量筒底部俯視，只有極少數氣泡產生。</p>	<p>失敗</p>
<p>第三 代</p>	<p>1.為了容納較多海蛞蝓（20 隻），改用光合作用專用漏斗，並以白色濾網袋套住漏斗，避免海蛞蝓往外爬出 2.置於頂樓，在下午四點到七點進行實驗。</p>	 <p>圖 110</p>	 <p>圖 111 有較多氣泡產生，但被海蛞蝓的黏液裹在一起。</p>	<p>失敗</p>
<p>第四 代</p>	<p>1.將 L 型資料夾剪裁成圓錐體，以增加海蛞蝓的數量(50 隻)，並提供海蛞蝓足夠活動空間，提升光合作用產量。 2.將圓錐體上方剪一小洞，並用熱熔槍黏上 1ml 的細針筒，以利觀察微量氣體的收集。 3.針筒上方再裝一個三路活塞，方便抽取所收集的氣體。 4.圓錐體頂端內部再黏一個約 300 公克的鉛錘，增加整個裝置的重量以固定圓錐體，避免海蛞蝓從縫隙中爬出。 5.將此裝置置於 15 公升的圓柱型玻璃缸內，至於頂樓，在下午四點到七點進行實驗。</p>	 <p>圖 112</p>	 <p>圖 113 圓錐體與玻璃缸底部密合度不夠，海蛞蝓還是會爬出。</p>	<p>失敗</p>

<p>第五代</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為了防止海蛞蝓爬出，用熱熔槍將第四代的圓錐體底部黏上半個圓周範圍的紗布。 2. 把 100 隻海蛞蝓放進去後，再把底部剩下的半個圓周的紗布黏起來，實驗完後再把紗布剪開。 3. 將此裝置至於頂樓，在下午四點到七點進行實驗。 	 <p>圖 114</p>	 <p>圖 115 第五代設計不錯，收集到氣體。</p>	<p>成功</p>
------------	---	---	---	-----------



(二) 眼斑多葉鰓光合作用和藻類的差別：

1、量的比較

(1) 方法：

<p>將 150 隻海蛞蝓(約 100g)與同重量的石蓴分別放入第五代裝置中，同時同地進行光合作用，比較兩者的產氧量。</p>	 <p>圖 116 海蛞蝓</p>	 <p>圖 117 石蓴</p>
---	--	---

(2) 結果：

<p>實驗後兩邊的圓錐壁上都有氣泡附著，結果海蛞蝓只產生約 3ml 的氣體(圖 118)，石蓴約產生 20ml 的氣體(圖 119)。推測同重量的海蛞蝓和石蓴光合作用產氧量比約為 3：20。</p>	 <p>圖 118 海蛞蝓</p>	 <p>圖 119 石蓴</p>
---	--	--

2、質的檢測：

(1) 方法：用線香檢視氣體的成分，

(2) 結果：① 將兩者所收集的氣體以點燃的線香測試皆有助燃的現象，推測有氧氣產生(圖 120~123)。

② 因海蛞蝓產氧量低，故收集四次實驗的氣體才夠做線香實驗且火焰較石蓴小。



圖 120 點燃的線香
(海蛞蝓)



圖 121 助燃現象
(海蛞蝓)



圖 122 點燃的線香
(石蓴)



圖 123 助燃現象
(石蓴)

(三) 眼斑多葉鰓在不同色光行光合作用的差別：

在趨光實驗中發現海蛞蝓有明顯的色光偏好，進一步想探討色光的偏好是否與海蛞蝓的光合作用有關，因其產氧量少，我們利用光暗瓶實驗來進行。

1.方法:

(1)準備 7 瓶血清瓶中各放入 10 公克的海蛞蝓，其中 5 瓶分別包上紅、黃、綠、藍、紫色玻璃紙，2 瓶不包任何紙。另外再準備 2 瓶只裝海水做對比的空白實驗。

(2)將以上 9 瓶裝滿無菌海水，紀錄溶氧量(為了確定各瓶水質相等)，再如下表(表一)分別放置於光照處及陰暗處，同時同地進行，以上實驗重複進行 3 組(圖 124)。

(3) 4 小時後，再次記錄各瓶的溶氧量，並計算實驗後光照處與陰暗處的溶氧量差距。

(4)依據重複進行 3 次實驗中各光暗瓶溶氧量之差求出平均值，將其視為各光瓶之氧氣生成量。

表一 光合作用中的色光選擇性

生物		10g 海蛞蝓							無(空白實驗)		
處理方式	地點	光照處							陰暗處	光照處	陰暗處
	玻璃紙	紅	黃	綠	藍	紫	無	無	無	無	
溶氧量	前										
	前										
實驗後光暗瓶溶氧量之差											

註 1：光照處為全日照之開放露天環境，陰暗處為套上鋁箔袋後置放於書櫃抽屜。

註 2：為了避免微藻影響實驗數據，所以全程使用無菌海水(澎科大藻類研究室提供)，避免誤差。



圖 124

2. 結果

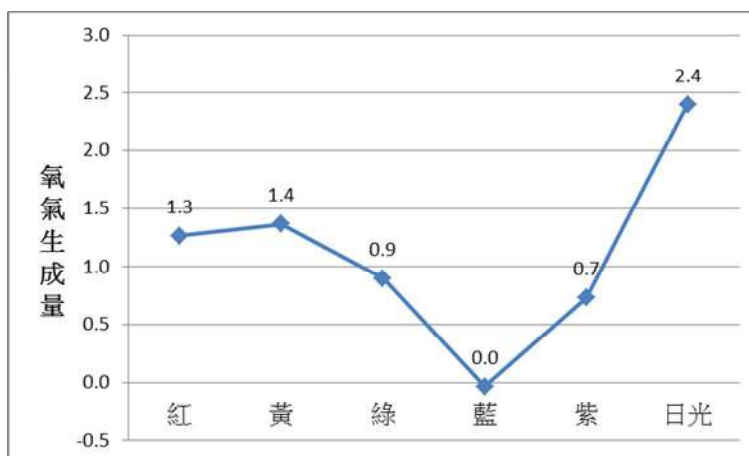


圖 125 三次實驗平均值

照射日光，氧氣生成量最多，其次為黃、紅光，藍紫光反而是最低。

表二 實驗後光暗瓶數據統計表

處理方式		實驗後 光瓶溶氧量 ppm	實驗後 暗瓶溶氧量 ppm	實驗後 光暗瓶溶氧差 ppm	平均值
紅	紅 1	6.2		1.5	1.3
	紅 2	5.9		1.2	
	紅 3	5.8		1.1	
黃	黃 1	6.6		1.9	1.4
	黃 2	6.1		1.4	
	黃 3	5.5		0.8	
綠	綠 1	6.0		1.3	0.9
	綠 2	5.5		0.8	
	綠 3	5.3		0.6	
藍	藍 1	5.3		0.6	0.0
	藍 2	4.7		0.0	
	藍 3	4.0		-0.7	
紫	紫 1	6.1		1.4	0.7
	紫 2	5.7		1.0	
	紫 3	4.5		-0.2	
日光	日光 1	7.1		2.4	2.4
	日光 2	7.1		2.4	
	日光 3	7.1		2.4	
暗室	暗室 1		4.7	0	0
	暗室 2		4.7	0	
	暗室 3		4.7	0	

伍、討論

- 一、眼斑多葉鰓身體平時呈扁平狀，但在產卵時卻呈螺旋狀。只在交配及行光合作用時會開翼，交尾器隱藏技術好，型態與顏色和身體很相似，這些都可保護其避免受傷。
- 二、晚上或陽光強時易潛沙故在早晨或黃昏進行採集，可得到較多個體。利用無風、水面無波浪，也較易於觀察採集。溫度、潮汐大小、風和光的強度，讓採集受到很大的限制。
- 三、交配行為從3月到5月，4月是高峰期，推測與溫度、光線有關。而當發現溫度、光照度適宜時，必須隨時注意是否產卵，記錄時間，才能準確算出卵裂時間。從卵的發育得知，幼體具有殼，這與很多腹足綱具有外殼的特徵相似，也推測從胚胎發展過程中可看到演化的相關性。
- 四、飼養箱中放有裂片石蓴(*Ulva fasciata*)、石蓴(*Ulva lactuca*)、孔石蓴(*Ulva pertusa*)和牡丹菜(*Ulva conglobata*)，唯獨沒有在牡丹菜上產卵，可能是因為牡丹菜葉狀體較小，安全性較差。
- 五、眼斑多葉鰓會行光合作用，又具有明顯的趨光性，陽光對牠們來說當然是不可或缺，然而好的東西太多也會變成壞的東西，如果給牠的陽光太強，牠一樣會因為溫度過高而死亡。過多的紫外線也會傷害葉綠體，所以日正中午時，為了保護自己的葉綠體牠會潛到沙子裡。我有做過一個實驗，把整缸的海蛞蝓曝露在大太陽之下，牠們立刻潛到沙子裡去，身體只露出四分之一，以保持自己的體溫不要過高，整個潛沙過程約只有30秒，這也同時發揮身上保護色的作用遠離天敵。
- 六、在趨光實驗中，當不喜歡的光色(紅、黃光)與黑色做選擇時，牠們居然都不選，直接回頭，真有趣！但當紫光與黑暗做選擇時，卻有20%選擇折返，推測可能是因為紫光較暗，也顯示光色偏好現象與波長和光照度有關。在光色盤實驗中，沒有海蛞蝓在黑色部分停留，皆選擇快速離開，可能是為了尋找光源行光合作用。
- 七、在光合作用實驗中，眼斑多葉鰓的黏液與使用熱熔膠造成凹凸不平的表面皆會影響排水集氣法的氣體收集量。
- 八、於各色光中進行的光合作用，我們發現在紅光、黃光波長較長的色光中，有較高的氧氣生成量。波長較短的藍光中，光暗瓶的溶氧量差值最低，推測有下列幾種可能。一是在藍光時進行某些生理代謝耗掉大量氧氣或是藍光時光合作用低或是兩者都有。但若是在藍光時光合作用低，這與偏好藍光(趨光實驗二)不符合。其次，一般植物的光合色素主要為葉綠素 a、b，主要吸收紫、藍、橙和紅色光，而類胡蘿蔔素則主要吸收紫、藍色光，與海蛞蝓的光合色素不盡相同。

陸、結論

- 一、眼斑多葉鰓體型為扁平狀，葉綠體藏在兩翼下。體色以黑斑點和橫條紋兩種數量較多。身上有許多斑點就像眼睛一樣，眼點位於頭部的正中央。若已磨損淘汰的齒舌，就放在齒舌後面的囊袋中，因此稱為囊舌目。保護色極佳可歸納成三級。第一級：一眼就看穿，第二級：潛沙但露餡，第三級：與砂合為一。
- 二、最佳採集時間為大退潮且時間在早晨或黃昏，晴朗無風的天氣。
- 三、具有有趣的『交配三部曲』，交尾時交尾器會發出藍紫色螢光，產卵處跟交尾器一樣在身體右前方，卵團為逆時針排列。第一次卵裂約產卵後 2.5 小時，約一星期可發育為面盤幼蟲。
- 四、成體具有明顯的趨光性，對於色光的偏好依序傾向於：白光>紫光>藍光>綠光>黃光>紅光。對於波長相差越大的色光越易表現偏好現象，且偏向波長較短的色光。雖然紅、黃光波長較接近但牠不喜歡紅光(波長長)且紅光較暗，所以他選擇了黃光，且比率高達 100%。當長波長的色光(紅、黃光)與黑色做選擇時(皆為他們不喜歡的色光)，牠做了折返的行為。
- 五、藉由線香測試，眼斑多葉鰓能行光合作用。同重量的眼斑多葉鰓和石蓴光合作用產氧量比約為 3:20。於各色光中進行的光合作用，發現海蛞蝓在紅光、黃光波長較長的色光中，有較高的氧氣生成量。波長較短的藍光中，光合作用產量較少，這與他對色光的偏好剛好相反。白光是強度最強的光，在與各色光相較之下，擁有最高的氧氣生成量，這點與趨光實驗中觀察到的結果相同。
- 六、想研究眼斑多葉鰓已有 5、6 年了，去年終於突破牠們的保護色及潛沙行為，才能順利採集到足夠的數量，進行實驗，這也證實敏銳的觀察力是進行科學實驗的首要步驟。生物行光合作用有助於降低溫室效應，雖然他是隻不起眼的海蛞蝓，也不能忽略這些小動物的重要性。

未來展望

- 一、眼斑多葉鰓身上邊端有些許藍紫色，交尾時會發出藍紫光，趨光實驗中又偏好藍紫光，但卻在藍紫光中耗氧量最多，這之間的關聯性值得進一步探討。
- 二、飼養過程中沒有特別餵食，也未曾發現過進食行為，食性可作為下次研究的主題。

柒、參考文獻

- 1.王盈斌、林昕佑、揭維邦、鄭明修、劉莉蓮、劉銘欽、蕭美足（2012）。*發現海蛞蝓特展專刊*（一版三刷）。屏東縣：國立海洋生物博物館。
- 2.任淑仙（2000）。*無脊椎動物學*（上冊）。台北市：淑馨出版社。
- 3.邱郁文、黃彥銘、蘇俊育（2011）。*寶貝東沙：潮間帶軟體動物篇*（初版）。高雄市：海洋國家公園管理處。
- 4.徐振豐、張睿昇、周立進、吳烈慶（2011）。*澎湖的海藻與生活應用*。澎湖縣：澎湖縣政府文化局。
- 5.揭維邦、詹景堯（2009）。*七彩海蛞蝓：台灣的裸鰓動物*（初版）。屏東縣：國立海洋生物博物館。
- 6.蔡英亞、張英、魏若飛（1997）。*貝類學概論*（初版）。基隆市：水產出版。
- 7.台灣生物多樣性資訊入口網。取自：<http://taibif.tw/>

【評語】 030321

1. 記錄眼斑多葉鰓的交配、產卵過程、受精卵發育、幼蟲與成蟲生態等資料豐富，極具參考價值。
2. 不斷設計改良趨光性研究，歷程清楚，表現出極佳的研究精神。
3. 研究者表示該動物體內的葉綠體可能來自於藻類的共生或是吃食藻類後所留在體內的葉綠體，建議應設計實驗去探究這些葉綠體的成因；另外研究動物會產生氧氣，這些氧氣如何離開動物體，建議應多加探究，如此可讓實驗更加完整。
4. 研究材料體內的葉綠體，研究者認為與石蓴體內的葉綠體相同，建議應該提供相關的比較，會更具有說服力。