

第三屆旺宏科學獎  
成果報告書

作者：鍾佩軒

作品名稱：渦蟲生態初探

關鍵詞：渦蟲、再生能力、學習行為

參賽編號：SA3-200

## 摘要

渦蟲在分類上屬於扁形動物門(Phylum platyhelminthes)，渦蟲綱(Class turbellaria)，三岐腸目。本省發現的渦蟲是屬於三角頭渦蟲科(Dugesuedae)的東亞三角頭渦蟲(*Dugesia japonica*)，分布在全省各地，高度從海拔 1 到 3350 公尺都有分布，此種渦蟲也分佈於亞洲的其他地區如中國大陸、日本、韓國以及海森威一帶。本省產渦蟲體長約 10~15 mm，寬約 2~2.5 mm，頭呈三角形，體褐色，但不同地區的個體在體型、大小及顏色上有很大的區別(張等，2002；黃等，2002)。再生作用對於許多生物而言是很重要的存活機制，再生作用可以從斷面的成熟細胞進行細胞分裂，以補充損失的組織細胞(黃等，2002)，許多扁形動物均具有特殊的再生能力，渦蟲及其他行無性生殖之各屬，其再生力尤為顯著。

學習行為有消極學習(negative learning)及積極學習(positive learning)兩種。積極學習中最簡單的是制約反射(條件反射)，此種反應是學習行為中的反射行為，是藉著正增強物或負增強物來訓練動物對命令發生反應(吳京一，2001)。制約反射又分為古典制約反射(classical conditioned reflex)和工具制約反射(instrumental conditioned reflex)兩種。大部份的工具制約反射學習比古典的制約反射複雜，工具制約反射指動物經過訓練學到須以積極的態度來作用於環境，才能獲得報酬或除去不愉快的事情發生。例如欲得食物而學習按鍵盤(報酬訓練)，或為逃避電擊的痛苦而學習逃避行為(逃避訓練)等皆是。這與古典的方法不同，因為動物須要幾次強化，而以積極的態度來影響於環境才能獲得學習。換言之，學到了制約反應才可以獲得報酬，而學習當中，需要使用一些手段(工具)來強化，因此稱為工具制約反射。本研究主要探討環境溫度、光照及紫外線對渦蟲存活率、再生能力之影響，並就工具制約作用，探討渦蟲是否具有學習行為。

研究結果顯示：(一)渦蟲頭部之再生能力均較尾部佳。20 時渦蟲之生長情況與生長速率(頭部  $0.043 \pm 0.006 \text{ cm day}^{-1}$ 、尾部  $0.017 \pm 0.006 \text{ cm day}^{-1}$ )最好，其次為 24 時，而溫度 30 時，隔天渦蟲即死亡，無法再生。(二)紫外線照射時間愈久，渦蟲的存活率愈低，並且渦蟲頭部之存活率較尾部佳。照射紫外線後，部分渦蟲(頭部)之眼點會消失。(三)正增強物實驗中，三隻渦蟲經過 50 次的試驗後，正確到達固定線的平均時間約  $109 \pm 20$  秒，平均錯誤次數約  $15 \pm 4$  次(錯誤率  $0.31 \pm 0.08$ )，由移動平均線可看出到達固定線的時間有逐次減少的趨勢。而在負增強物實驗中，三隻渦蟲經過 50 次的試驗後，正確到達固定線的平均時間約  $101 \pm 1$  秒，平均錯誤次數約  $8 \pm 1$  次(錯誤率  $0.17 \pm 0.02$ )，由移動平均線亦可看出到達固定線的時間有逐次減少的趨勢。

## 目錄

摘要.....	1
目錄.....	2
一、研究動機.....	3
二、文獻探討.....	3
三、研究目的.....	6
四、研究器材.....	6
五、研究過程與方法.....	7
(一)實驗動物.....	7
(二)型態觀察.....	7
(三)環境溫度對渦蟲存活率、再生能力之影響.....	7
(四)光照時間對渦蟲存活率、再生能力之影響.....	8
(五)紫外線對渦蟲存活率、再生能力之影響.....	8
(六)渦蟲之學習能力.....	8
六、結果.....	9
七、討論.....	14
八、結論.....	15
九、參考文獻.....	16
十、附錄.....	17

## 一、研究動機

高一生物課時，生物老師向我們介紹了一種扁形動物—渦蟲，老師簡短的介紹雖然很有趣，但還是無法滿足我們對渦蟲的好奇心，於是進一步尋找一些關於渦蟲的報導，便深深被它的再生能力所吸引，在稍加了解後心中產生了更多疑問，生活在水裡的它們會不會因為現在溫室效應及臭氧層破洞造成的過多紫外線照射，而發生再生時的變異呢？它們是否也和其他動物一樣，具有學習能力呢？

教材相關性：高一基礎生物 第四章第四節---淡水中的生物  
高二生命科學下冊 第六章第四節---動物的行為

## 二、文獻探討

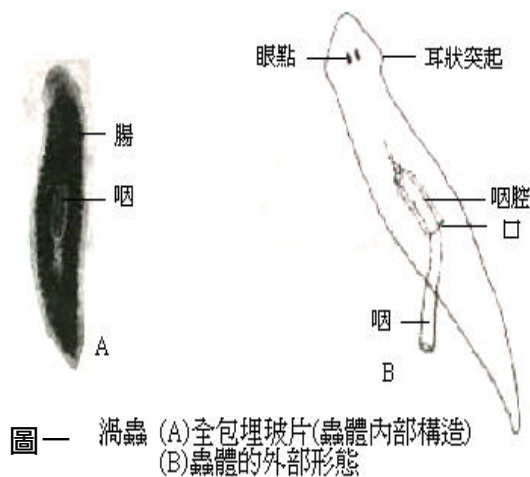
### (一)渦蟲介紹

扁形動物，又稱為蠕形動物，為一群蠕蟲狀的動物，約有 10,000 種，在演化上是一種非常重要的動物，因為牠們在所有動物中，最先具有三胚層(內胚層、中胚層、外胚層)及兩側對稱(有明顯的前、後、左、右以及正面和背面的分別)的體制。兩側對稱與動物向前移動有關，動物向前移動也造成動物的感覺構造和神經系統聚集在身體的前端，此現象稱之為頭化現象(cephalization)，並逐步發育出腦部，而使兩側對稱的動物移動更有效率。有些科學家認為所有高等動物的形狀，都是從這種動物慢慢演化而來的。

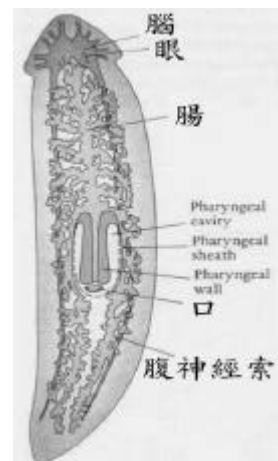
扁形動物的身體扁平且柔軟，具消化管，但口和肛門為同一開孔，在胃皮層及表皮層之間填滿了若干組織，包括有肌肉層、結締組織以及生殖器官等，無體腔，亦無循環系。扁形動物分佈於淡水、海水或濕土壤中，有些營養方式為寄生，少部分的扁形動物，如渦蟲，是能在水中獨立生活的動物。

渦蟲在分類上屬於扁形動物門(Phylum platyhelminthes)，渦蟲綱(Class turbellaria)，三岐腸目。本省發現的渦蟲是屬於三角頭渦蟲科(Dugesuedae)的東亞三角頭渦蟲(*Dugesia japonica*)，分布在全省各地，高度從海拔 1 到 3350 公尺都有分布，此種渦蟲也分佈於亞洲的其他地區如中國大陸、日本、韓國以及海森威一帶。本省產渦蟲體長約 10~15 mm，寬約 2~2.5 mm，頭呈三角形，體褐色，但不同地區的個體在體型、大小及顏色上有很大的區別(張等，2002；黃等，2002)。

渦蟲一般以小型的浮游生物或一些有機體的碎塊作為食物，並且渦蟲對光線甚敏感，具背光性，因此渦蟲常棲息在黑暗較陰涼處，如淡水的湖泊、溪流、溝渠或沼澤裏，附著在石塊或落葉的底層。渦蟲靠腹部肌肉的收縮及體表的纖毛之擺動而作滑行運動，頭前端具有眼點(ocelli)及耳狀突起(auricle)各一對(圖一)，眼點能感光，但不能看到影像，耳狀突起具有嗅覺功能(陳雲桃、張珮菁，2000)。每一眼點有一面向側邊之色素杯(Pigmpntcup)，色素杯中空，內含視覺細胞(visualcells)之桿狀延長部分。



圖一 渦蟲 (A)全包埋玻片(蟲體內部構造)  
(B)蟲體的外部形態

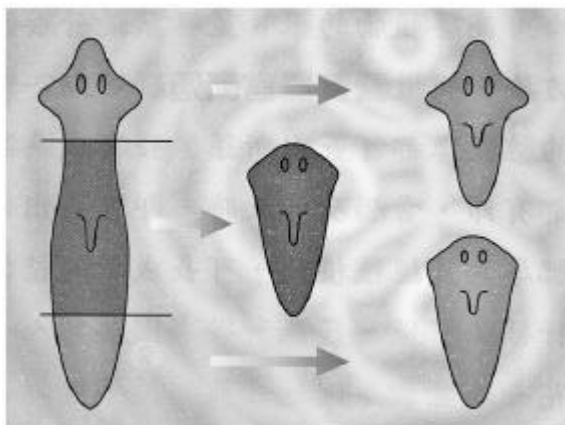


圖二 渦蟲解剖圖

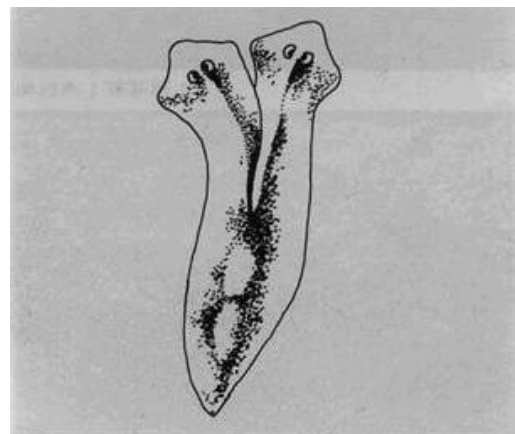
渦蟲所有感覺的消息，特別從頭部來的，都要先經神經纖維傳達於腦，腦位於兩眼之中間，為具有二分葉的白色構造，由腦派出的神經分枝向各方分佈，其中主要的一對為腹神經索(ventrolateral nerve cords)(圖二)。如將腦除去，其協調作用即受嚴重的損傷，感覺與行動間的關係，幾乎全部喪失。

渦蟲的生殖構造同時具有精巢和卵巢，但無法自體受精，必須不同的渦蟲彼此之間才能行有性生殖(雌雄同體，異體授精)，產出卵鞘繁殖後代。有時渦蟲也會進行無性生殖—斷裂生殖，牠的身體在嘴下部位受到壓擠，便裂成兩段，前段會長出下半身，後段會長出頭部，成為兩隻新渦蟲。

再生作用對於許多生物而言是很重要的存活機制，再生作用可以從斷面的成熟細胞進行細胞分裂，以補充損失的組織細胞(黃等，2002)。許多扁形動物均具有特殊的再生能力，渦蟲及其他行無性生殖之各屬，其再生力尤為顯著，如將一渦蟲切成二個，其結果與天然的分裂生殖甚少區別。如將蟲體橫切，新切之處，只要在前端腦後之線，與後端距尾部同等距離之線，二線中間的範圍以內，切後之兩段蟲體，都能生存而再生，各變為一個完全的蟲體(圖三)。最有趣的是，當從牠頭部的中央切下去以後，左右兩邊都只剩下半個頭，不久被切開的地方，又會長出完整的頭來(圖四)。



圖三 渦蟲的斷裂生殖



圖四 渦蟲頭部之再生



### 三、研究目的

- (一)探討環境溫度對渦蟲存活率、再生能力之影響。
- (二)探討光照對渦蟲存活率、再生能力之影響。
- (三)探討紫外線對渦蟲存活率、再生能力之影響。
- (四)探討渦蟲是否具有學習能力。

### 四、研究器材

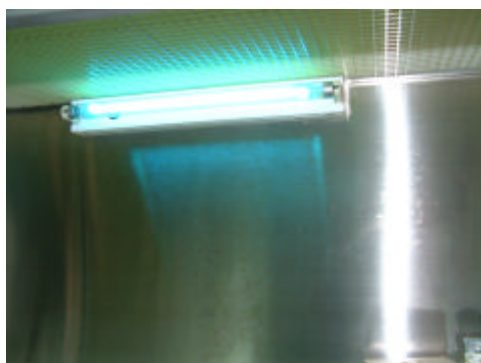
名稱	數量	名稱	數量
光學顯微鏡	1 台	溶氧測定計	1 台
解剖顯微鏡	1 台	導電度計	1 台
顯微照相機	1 台	溫/濕度計	1 台
紫外燈	1 台	酸鹼度計	1 台
數位照相機(FUJIFILM FinePix 6900)	1 台	水溫加熱器	1 台
飼養箱(15 cm×10 cm×15 cm)		打氣設備	10 台
燒杯數個		培養皿	
毛筆、滴管數支		保利龍板	



圖六 光學顯微鏡



圖七 解剖顯微鏡



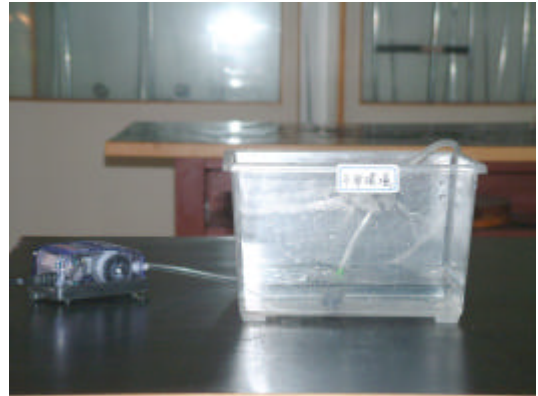
圖八 紫外燈



## 五、研究過程與方法

### (一)實驗動物

- 1.名稱：渦蟲
- 2.採集地點：台東知本白玉瀑布
- 3.採集時間：92/11/28、93/03/17
- 4.採集方法：從水域底部拾起石塊、木片、落葉或沉積物，以肉眼尋找渦蟲；或利用豬、雞等肝臟切成薄片，作成餌誘陷阱，沉入棲息水域底，放置數個鐘頭後檢查陷阱，利用毛筆、水彩筆或吸管吸取。
- 5.飼養方法：將渦蟲培養在飼養箱內，飼養箱放置在溫度較低且黑暗的地方，並以打氣設備打入空氣(如圖九)，餵以切碎的生雞肝，每週二次，餵食後二小時，必須除去食物並換以清潔水(放置二天以上的自來水)。



圖九 渦蟲的飼養環境

### (二)型態觀察

- 1.用毛筆取渦蟲一隻，置於載玻片上，加少許水。
- 2.用解剖顯微鏡觀察渦蟲外觀、運動方式，並紀錄之。

### (三)環境溫度對渦蟲存活率、再生能力之影響

- 1.用解剖顯微鏡觀察對照組與實驗組渦蟲的外觀和活動情形。
- 2.準備四組飼養箱，各放入 2 公升的水，各組溫度分別維持在室溫(20 )、24 、28 、30 ，並以溫度計測定溫度(裝置如圖十)。
- 3.各組分別放置 10 隻渦蟲，並待其身體伸展，用刀片將其身體切成頭尾兩段(切時渦蟲的咽常會脫出，將咽丟棄)。
- 4.將四組飼養箱放置暗處。每天觀察紀錄，若有死亡片段立刻移除並換水。
- 5.每兩天換水一次，連續觀察紀錄十天，期間不餵食食物。



圖十 環境溫度對渦蟲影響之實驗裝置

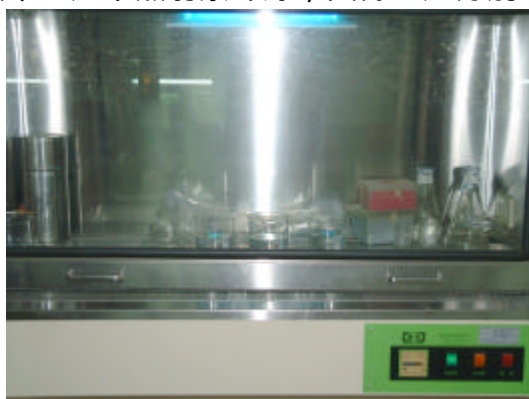


#### (四)光照時間對渦蟲存活率、再生能力之影響

- 1.用解剖顯微鏡觀察渦蟲的外觀和活動情形。
- 2.準備七組飼養箱，各放入 2 公升的水，各組控制光照時間分別為 0、4、8、12、16、20、24 小時。
- 3.各組分別放置 10 隻渦蟲，並待其身體伸展，用刀片將其身體切成頭尾兩段。
- 4.將七組飼養箱放置在溫度較低的地方。每天觀察紀錄，若有死亡片段立刻移除並換水。
- 5.每兩天換水一次，連續觀察紀錄十天，期間不餵食食物。

#### (五)紫外線對渦蟲存活率、再生能力之影響

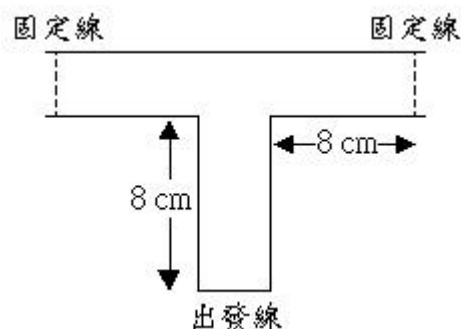
- 1.用解剖顯微鏡觀察渦蟲的外觀和活動情形。
- 2.準備四組飼養箱，各放入 2 公升的水，其中一組不照射紫外線，其餘三組分別照射紫外線 10、30、50 分鐘(裝置如圖十一)。
- 3.各組分別放置 10 隻渦蟲，並待其身體伸展，用刀片將其身體切成頭尾兩段。
- 4.將四組飼養箱放置在溫度較低且黑暗的地方。每天觀察紀錄，若有死亡片段立刻移除並換水。
- 5.每兩天換水一次，連續觀察紀錄十天，期間不餵食食物。



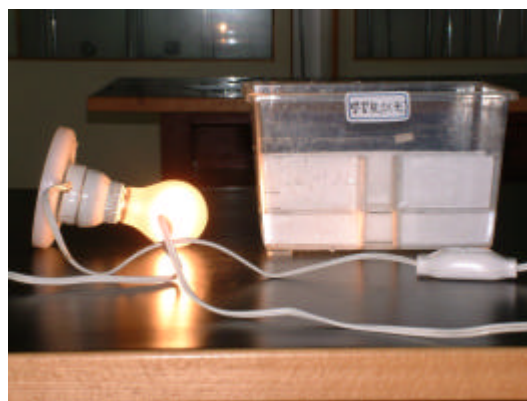
圖十一 紫外線對渦蟲影響之實驗裝置

#### (六)渦蟲之學習能力

- 1.用解剖顯微鏡觀察渦蟲的外觀和活動情形。
- 2.把渦蟲放入用保利龍板自製的 T 型模型迷宮(圖十二)，讓其自由選擇方向，並在其走到正確方向的固定線時，給予正增強物(豬肝)或負增強物(光線)(裝置如圖十三)。
- 3.每次實驗間隔 5 分鐘進行一次。
- 4.將渦蟲每次到達固定點時的時間，依序紀錄下來。



圖十二 T 型模型迷宮



圖十三 渦蟲學習能力實驗裝置

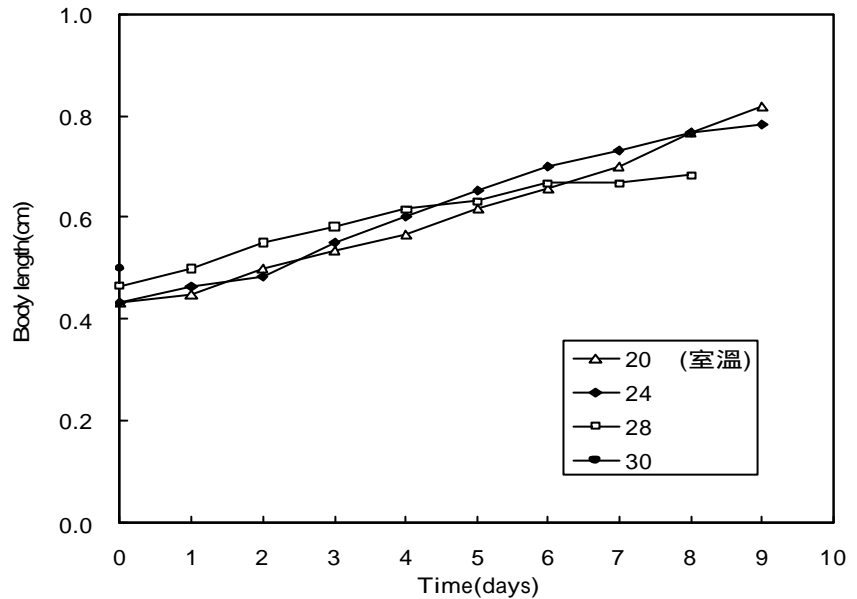
## 六、結果

### (一)環境溫度對渦蟲存活率、再生能力之影響

由數據及圖表(圖十五、十七、附表一、二)結果顯示：比較渦蟲頭部、尾部之生長情況與生長速率，可以看出無論在不同溫度(< 30 )下，渦蟲頭部之再生能力均較尾部佳。另外，由圖表(圖十八、十九)結果顯示：20 時渦蟲之生長情況與生長速率(頭部  $0.043 \pm 0.006 \text{ cm day}^{-1}$ 、尾部  $0.017 \pm 0.006 \text{ cm day}^{-1}$ )最好，其次為 24 ，而溫度 30 時，隔天渦蟲即死亡，無法再生。



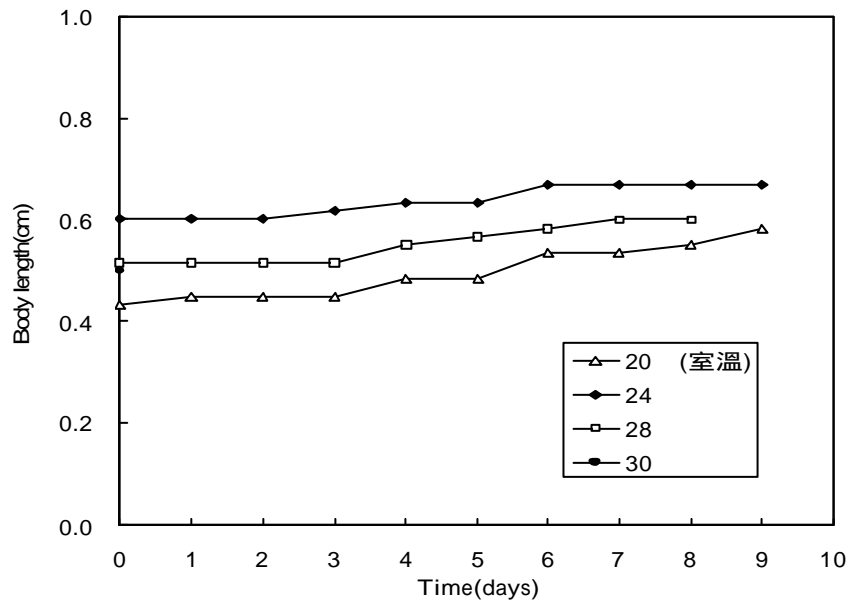
圖十四 切除尾部之渦蟲



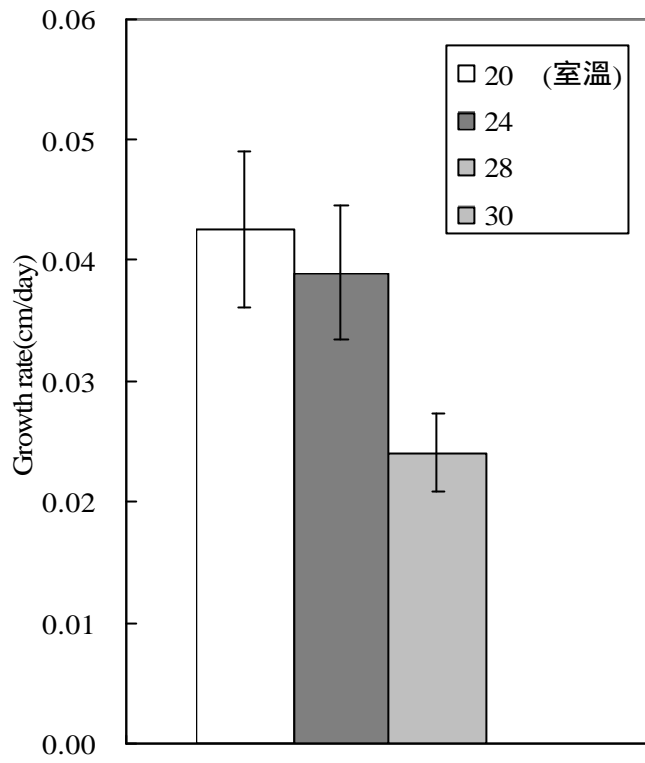
圖十五 溫度對渦蟲(頭部再生)生長之影響



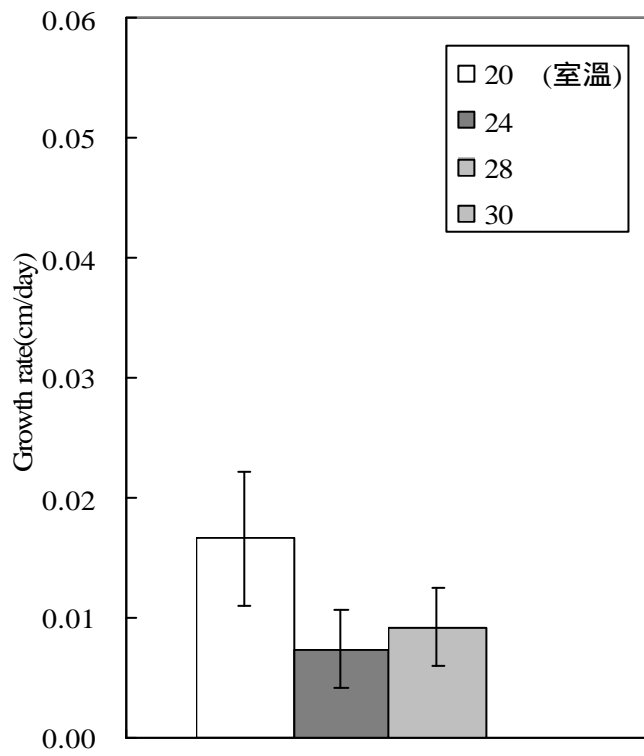
圖十六 切除頭部之渦蟲



圖十七 溫度對渦蟲(尾部再生)生長之影響



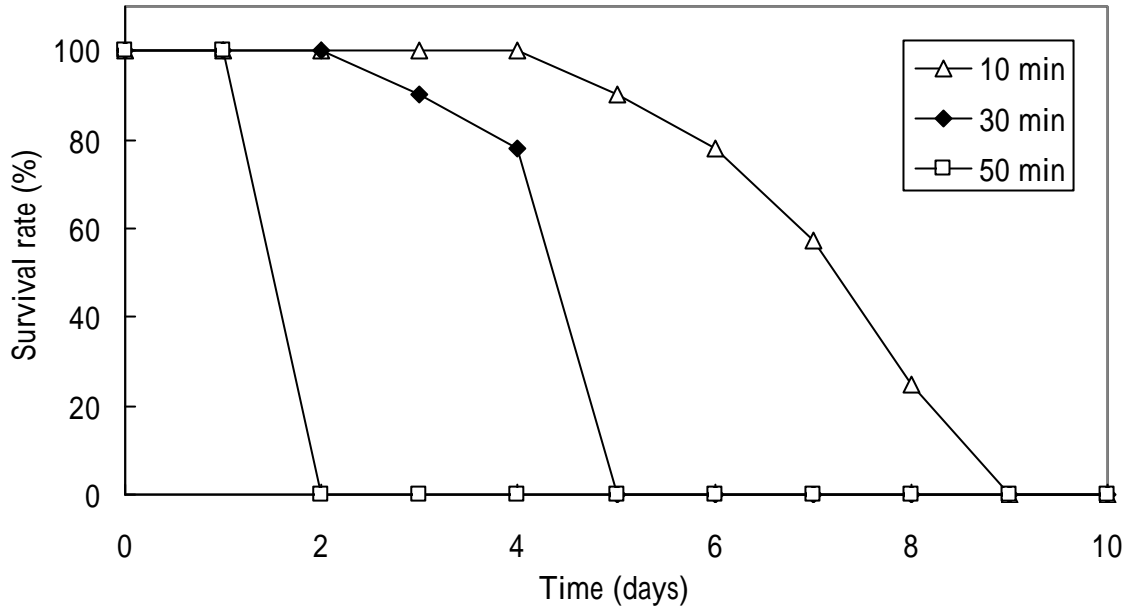
圖十八 溫度對渦蟲(頭部再生)生長速率之影響



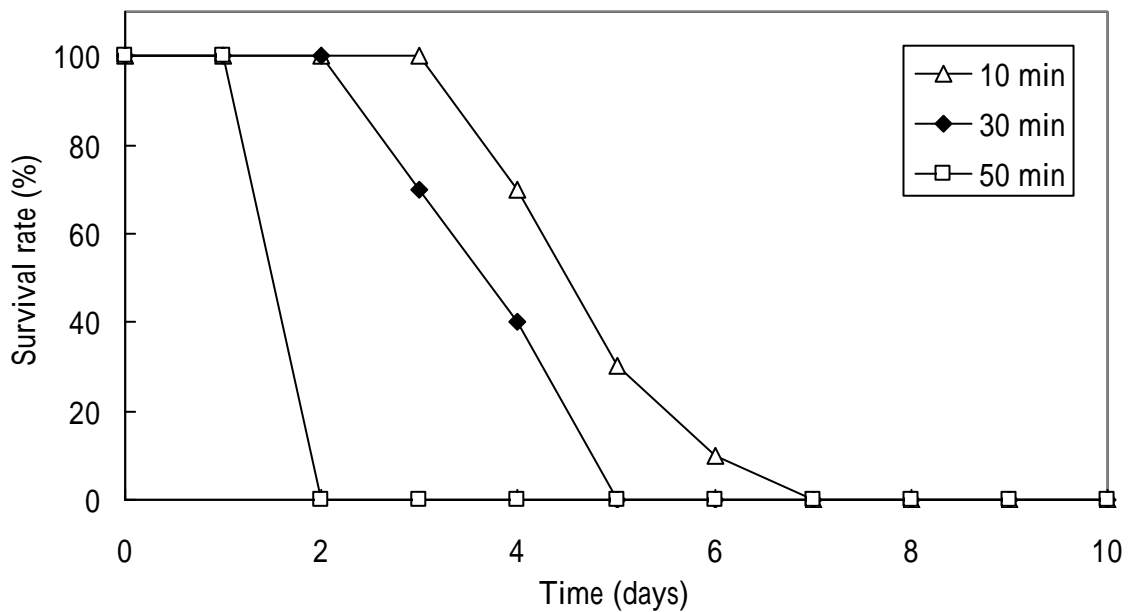
圖十九 溫度對渦蟲(尾部再生)生長速率之影響

## (二)紫外線對渦蟲存活率、再生能力之影響

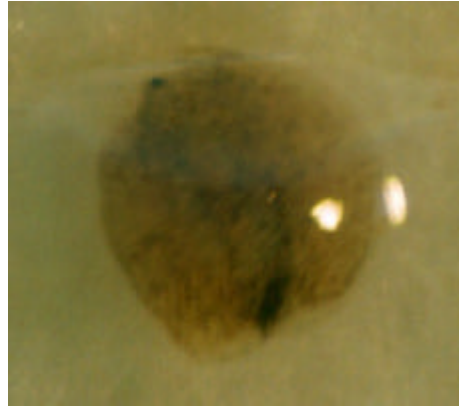
由圖表(圖二十、二十一、附表三、四)結果顯示：紫外線照射時間愈久，渦蟲的存活率愈低，並且渦蟲頭部之存活率較尾部佳。另外，亦發現到當照射30分鐘紫外線後，部分渦蟲(頭部)之眼點於第4天消失(圖二十二)。



圖二十 紫外線對渦蟲(頭部)存活率之影響



圖二十一 紫外線對渦蟲(尾部)存活率之影響

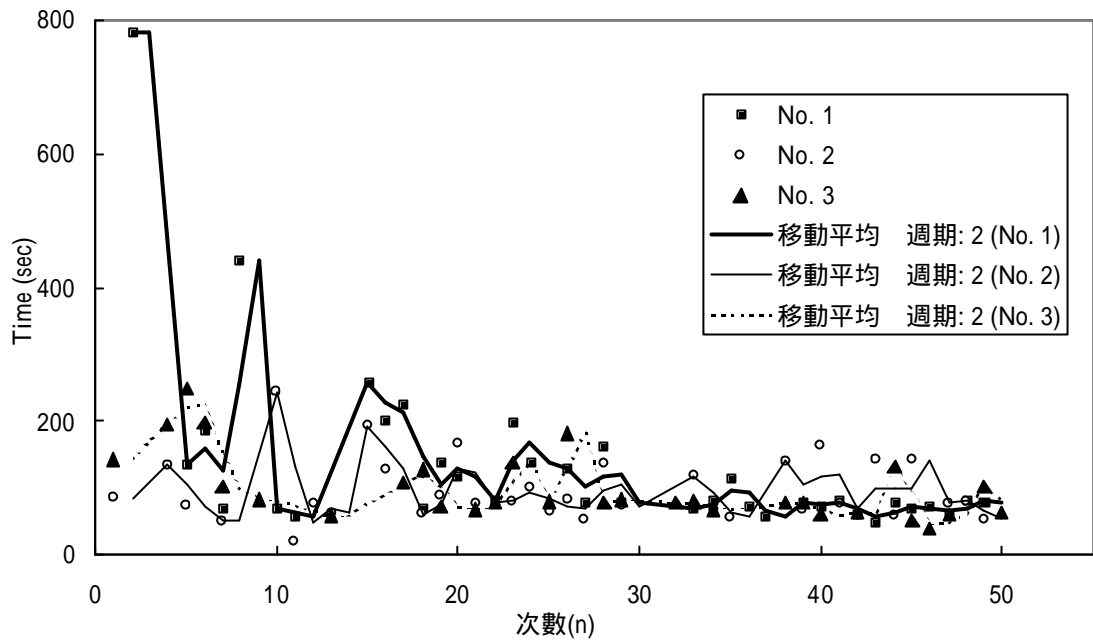


圖二十二 渦蟲照射紫外線，第四天後一個眼點消失

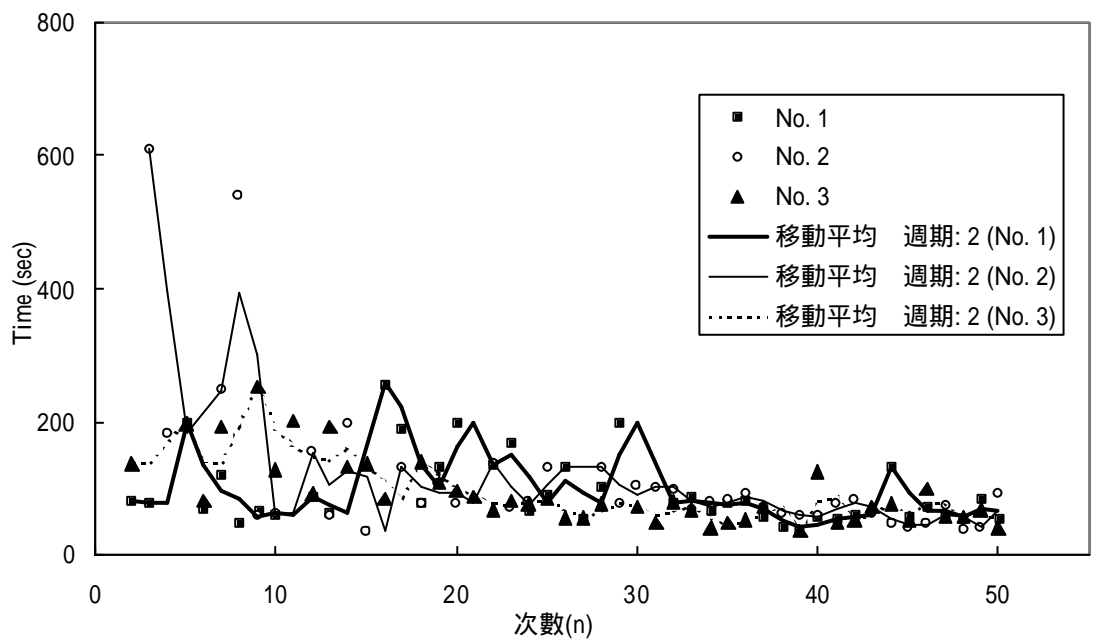
### (三)渦蟲之學習能力

由圖表(圖二十三、二十四、附表五、附表六)結果顯示：正增強物實驗中，三隻渦蟲經過 50 次的試驗後，正確到達固定線的平均時間約  $109 \pm 20$  秒，平均錯誤次數約  $15 \pm 4$  次(錯誤率  $0.31 \pm 0.08$ )，由移動平均線可看出到達固定線的時間有逐次減少的趨勢。

而在負增強物實驗中，三隻渦蟲經過 50 次的試驗後，正確到達固定線的平均時間約  $101 \pm 1$  秒，平均錯誤次數約  $8 \pm 1$  次(錯誤率  $0.17 \pm 0.02$ )，由移動平均線亦可看出到達固定線的時間有逐次減少的趨勢。



圖二十三 渦蟲於學習實驗(正增強物)中，到達固定點所需時間



圖二十四 渦蟲於學習實驗(負增強物)中，到達固定點所需時間

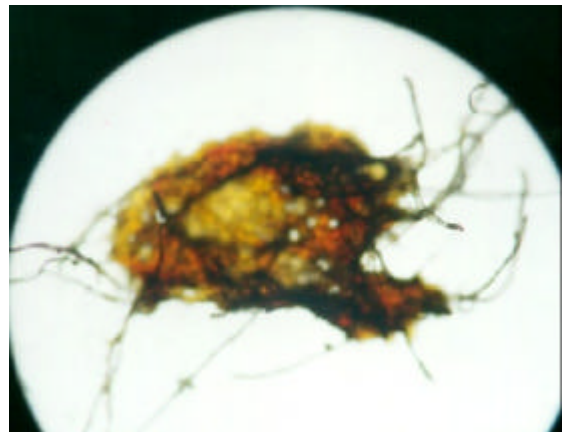
## 七、討論

(一)在整個實驗中，測量渦蟲時會因為它的身體無法伸直，測量時會造成些許誤差，所以我們試過了許多方法來測量渦蟲的長度，但都找不到最恰當的方法，因此我們在每一次紀錄時就取渦蟲三次長度測量值的平均值作為它當天的長度值。

在渦蟲再生 vs. 環境溫度的實驗中水溫大致和渦蟲採集地的水溫相近，並且根據初步實驗數據顯示渦蟲在室溫環境下的頭尾再生長度都有逐漸增加，並且渦蟲攝食狀況良好，因此我們認為 20 的水溫對渦蟲再生能力來說，是一個良好的再生環境，這點也符合了文獻(張等，2002)上說的渦蟲都棲息於水溫為 20 的環境裡。

由附表一、二的數據得知當水溫提升到了 30 時，渦蟲便死亡了，因此我們判定此溫度為渦蟲對溫度的最高極限，在我們討論後決定了 24 和 28 做為渦蟲再生能力的實驗溫度，根據實驗，渦蟲頭尾再生能力都會停滯或下降，經過一段時間後，其再生能力又逐漸增加，經過我們討論認為剛開始渦蟲必須先對提升的溫度有所適應後，才能正常再生，因此水溫的提高對它來說是一再生時的負擔。另外，我們亦發現在同一溫度下的三隻渦蟲都會在同一天共同長出眼點或尾部，而長出尾部的時間又都較長出眼點的時間晚，因此尾部的再生能力可能較頭部微弱，另外，在 24 水溫中渦蟲長出尾部的速度和室溫時相同，而生長在 28 的渦蟲尾部的再生卻慢了一天，我們便由此結果推論 28 的水溫會讓渦蟲生長變為緩慢，因此，溫度愈高對其再生能力也愈為困難，所以溫室效應的現象對渦蟲來說是一個惡劣的再生環境；我們的這個推論也符合附表一、二的數據，眼點的長出隨著水溫的升高，也都分別延後了一天。

(二)現今的大氣層中臭氧坑遭受破壞，致使臭氧層阻擋陽光中紫外線的作用減弱，進而造成紫外線到達地表的劑量增加，我們以渦蟲當紫外線劑量的指標，觀察渦蟲每天適應於不同時間的生長情形。在紫外線的實驗中我們都可發現渦蟲身長變短的情形，且飼養燒杯中我們也發現渦蟲身體部分脫落的殘骸，我們將其脫落殘骸放置解剖線為鏡下觀察，發現了此殘骸已被黴菌纏繞(圖二十五)，我們推測渦蟲因長期紫外線的照射，使表皮成為壞死細胞而剝落，身長因而變短。



圖二十五 渦蟲殘骸被黴菌纏繞

在每天 50 分鐘的紫外光燈，在第二天的照射下渦蟲只剩下單個眼點，我們拿手電筒照射他，測其是否有感光能力，發現並無如正常的渦蟲有快速走開的情形，可知它已喪失了感光的能力，第三天渦蟲死了，而我們拿死的殘骸拿至解剖



顯微鏡下觀察也發現了，上述被黴菌侵蝕的狀況。而在每天以 30 分鐘的紫外燈照射下，渦蟲體長大幅下降，甚至到第 5 天有些渦蟲的頭部眼點完全消失，也是完全喪失感光能力，到第 6 天渦蟲已全數死亡。而每天 10 分鐘的紫外光燈下，渦蟲也有體長變短的情形，到第 9 天渦蟲已全數死亡。由上述可知，越長時間的紫外線照射量，便會使渦蟲存活率降低，而今如果渦蟲數大量死亡，有可能部份原因是紫外線的劑量增加。

從附表三、四可發現渦蟲尾部比頭部更易死亡，與溫度實驗有相同的結果，看出渦蟲頭部有比尾部對抗惡劣環境更強的能力。

(三)渦蟲在光與豬肝的學習能力比較中，以光為負增加物的學習效果為較佳，在 50 次的實驗當中最多僅失誤了 9 次，由圖二十四中可看出其完成任務的時間都有明顯減短的趨勢。而在以豬肝為正增加物的學習實驗中，其所表現出的學習能力較差，失誤頻繁，由圖二十三中可看出較沒有表現出已有選擇方向的現象，因此，經過討論後，認為光對其有強烈的刺激，所以是一個對渦蟲學習能力訓練很好的負增加物，而豬肝相對於光對渦蟲的刺激就顯得較弱，所以正增加物對渦蟲學習能力方面，還尚有待尋找最佳的報酬品；雖然在兩個實驗中，渦蟲並沒有都學會了方向的選擇，但還是在光的實驗中證明了渦蟲和文獻中提到的其他低等生物一樣，也都能有學習能力。

(四)在整個實驗中，渦蟲的數量太少，使得我們無法在模擬的污染環境中做出更多的變因，來使每項實驗更求精確，所以在這方面我們希望日後能自行飼養渦蟲，並讓其繁殖到一定數目時，再重複上面的實驗，以求取更精確的結果，並也可操作多污染因子的測試，例如：環境中不同 pH 值、溶氧量.....等等的實驗。

## 八、結論

- (一)渦蟲頭部之再生能力均較尾部佳。20 時渦蟲之生長情況與生長速率(頭部  $0.043 \pm 0.006 \text{ cm day}^{-1}$ 、尾部  $0.017 \pm 0.006 \text{ cm day}^{-1}$ )最好，其次為 24 時，而溫度 30 時，隔天渦蟲即死亡，無法再生。
- (二)紫外線照射時間愈久，渦蟲的存活率愈低，並且渦蟲頭部之存活率較尾部佳。照射紫外線後，部分渦蟲(頭部)之眼點會消失。
- (三)正增強物實驗中，三隻渦蟲經過 50 次的試驗後，正確到達固定線的平均時間約 109  $\pm$  20 秒，平均錯誤次數約 15  $\pm$  4 次(錯誤率 0.31  $\pm$  0.08)，由移動平均線可看出到達固定線的時間有逐次減少的趨勢。而在負增強物實驗中，三隻渦蟲經過 50 次的試驗後，正確到達固定線的平均時間約 101  $\pm$  1 秒，平均錯誤次數約 8  $\pm$  1 次(錯誤率 0.17  $\pm$  0.02)，由移動平均線亦可看出到達固定線的時間有逐次減少的趨勢。

## 九、參考文獻

- 1.吳京一 (2001) 學習行為之神經生理。科學教育月刊，238，24-35。
- 2.呂光洋 (1989) 台灣產之淡水棲渦蟲。生物科學，32(1)，29-42。
- 3.呂光洋、(1979) 生物實驗的寵兒--渦蟲。科學教育，32，57-60。
- 4.林民雄 (1992) 高中生物科實驗活體培養工作及蘭陽地區教材生物分部調查。科學教育月刊，123，42-53。
- 5.張永達、郭章儀、陳立琇、許長青 (2002) 中學生物實驗活體的採集與培養。科學教育月刊，249，26-34。
- 6.張路西、張永達、李琦玫 (1994) 高中生物實驗活體的採集和培養。科學教育月刊，175，27-31。
- 7.陳雲枕、張珮菁 (2000) 生物學實驗。新文京開發出版公司。
- 8.黃鈞蕙、郭章儀、張永達 (2002) 再生作用。科學教育月刊，251，30-36。

## 十、附錄

附表一 渦蟲(頭部再生)生長紀錄

溫度 日期	室溫			24			28			30		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4/7	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40	0.50	0.40	0.60
4/8	0.55	0.40	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.55	0.45	*	*	*
4/9	<b>0.60</b>	<b>0.45</b>	<b>0.45</b>	<b>0.50</b>	<b>0.45</b>	<b>0.50</b>	0.55	0.60	0.50	*	*	*
4/10	0.60	0.50	0.50	0.60	0.50	0.55	<b>0.60</b>	<b>0.65</b>	<b>0.50</b>	*	*	*
4/11	0.60	0.60	0.50	0.65	0.55	0.60	0.65	0.65	0.55	*	*	*
4/12	0.65	0.60	0.60	0.70	0.60	0.65	0.65	0.70	0.55	*	*	*
4/13	0.67	0.70	0.60	0.75	0.65	0.70	0.70	0.70	0.60	*	*	*
4/14	0.75	0.75	0.60	0.75	0.70	0.75	0.70	0.70	0.60	*	*	*
4/15	0.80	0.75	0.70	0.80	0.75	0.75	0.70	0.70	0.65	*	*	*
4/16	0.85	0.85	0.75	0.80	0.75	0.80				*	*	*

「粗體紅字」表頭部再生出尾部

附表二 渦蟲(尾部再生)生長紀錄

溫度 日期	室溫			24			28			30		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4/7	0.50	0.40	0.40	0.65	0.50	0.65	0.60	0.50	0.45	0.5	0.6	0.5
4/8	0.55	0.40	0.40	0.65	0.50	0.65	0.60	0.50	0.45			
4/9	0.55	0.40	0.40	0.65	0.50	0.65	0.60	0.50	0.45			
4/10	<b>0.55</b>	<b>0.40</b>	<b>0.40</b>	0.65	0.50	0.70	0.60	0.50	0.45			
4/11	0.55	0.40	0.50	<b>0.70</b>	<b>0.50</b>	<b>0.70</b>	0.65	0.55	0.45			
4/12	0.55	0.40	0.50	0.70	0.50	0.70	<b>0.65</b>	<b>0.55</b>	<b>0.50</b>			
4/13	0.60	0.50	0.50	0.70	0.60	0.70	0.65	0.60	0.50			
4/14	0.60	0.50	0.50	0.70	0.60	0.70	0.65	0.60	0.55			
4/15	0.60	0.50	0.55	0.70	0.60	0.70	0.65	0.60	0.55			
4/16	0.60	0.55	0.60	0.70	0.60	0.70						

「粗體紅字」表尾部再生出眼點

附表三 渦蟲(頭部)照射紫外線後之存活數目

存活時間(days) 存活數目(N) 紫外線照射時間(min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	10	10	10	10	10	9	7	4	1	0
30	10	10	9	7	0	0	0	0	0	0
50	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表四 渦蟲(尾部)照射紫外線後之存活數目

存活時間(days) 存活數目(N) 紫外線照射時間(min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	10	10	10	10	7	3	1	0	0	0
30	10	10	7	4	0	0	0	0	0	0
50	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表五 渦蟲之學習能力(正增強物實驗)測試

時間(sec) \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.1	90	780	*	*	135	184	67	440	*	70
No.2	85	*	*	135	73	*	50	*	*	243
No.3	142	*	*	194	247	198	101	*	82	
時間(sec) \ n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
No.1	57	*	*	*	258	200	225	70	138	117
No.2	20	78	63	*	193	127	*	59	90	166
No.3	*	*	57	*	*	*	108	128	73	*
時間(sec) \ n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
No.1	*	80	197	137	*	128	76	161	78	*
No.2	78	*	79	102	64	82	54	138	73	*
No.3	68	78	138	*	79	181	*	78	81	*
時間(sec) \ n	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
No.1	*	*	69	81	113	72	58	*	78	73
No.2	*	*	118	68	56	*	*	139	67	163
No.3	*	77	79	68	*	*	*	77	78	59
時間(sec) \ n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
No.1	81	60	49	78	68	72	59	81	78	*
No.2	78	57	141	57	141	*	78	79	52	*
No.3	*	62	*	132	51	38	60	*	102	62

附表六 渦蟲之學習能力(負增強物實驗)測試

時間(sec) \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No.1	*	82	77	*	200	70	120	48	67	59
No.2	*	*	610	182	*	*	248	540	59	62
No.3	*	136	*	*	197	81	191	*	253	128
時間(sec) \ n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
No.1	*	87	63	*	*	258	190	77	131	198
No.2	*	154	57	198	37	*	131	78	109	77
No.3	203	91	193	131	138	83	*	139	107	95
時間(sec) \ n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
No.1	*	135	169	68	89	133	54	100	198	*
No.2	*	138	69	79	132	*	*	133	78	104
No.3	87	68	81	78	85	56	55	76	*	73
時間(sec) \ n	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
No.1	*	78	87	68	79	81	57	44	36	57
No.2	102	98	67	79	81	91	72	63	57	59
No.3	48	80	67	42	48	52	73	*	37	124
時間(sec) \ n	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
No.1	55	60	*	131	57	72	58	55	84	52
No.2	78	81	63	48	42	47	74	39	42	91
No.3	49	53	72	76	53	98	58	58	168	42