

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030301

色光影響渦蟲生長與覓食行為記憶的探討

學校名稱：雲林縣私立正心高級中學(附設國中)

作者： 國二 許家瑜 國二 徐慧恩 國二 丁妍軒	指導老師： 黃睦晴
---	------------------

關鍵詞：渦蟲、光譜、再生

摘要

渦蟲本身具有負趨光性，是由於牠的感光眼能夠感應光線而作出的反應。而本實驗透過研究渦蟲在紅、黃、藍三種色光中的趨向性(相較於白光，渦蟲是否偏好紅、黃、藍光)，並且從渦蟲的細胞修復、記憶性等方面著手實驗，觀察不同色光對渦蟲這二個方面是否有影響。根據研究結果，相較於白光，渦蟲對紅光較具趨向性，且在細胞修復、記憶性此二個方面，紅光之結果皆較佳，黃光次之，藍光則明顯不利於渦蟲。未來我們可再更深入研究渦蟲的神經系統，進而推論為何不同色光對渦蟲會有此影響，在醫療的色光應用上也能有更進一步的發展。

壹、研究動機

有一次上生物課時，老師提到渦蟲是個「不死之身」，切割後仍然可以再生修復並繼續生存，我們對此深感不解，於是上網查詢渦蟲的相關研究，發現渦蟲不但可以再生，就連牠的「記憶」也可以延續，國內外也有許多人針對渦蟲的記憶做了研究、探討。再加上物理老師在教導我們關於光譜、不同色光的波長時，提到不同色光在醫學上有不同用途，例如紅光能增加氧氣和營養運送、黃光能加速傷口癒合和代謝黑色素等。我們於是進一步連結，不同色光對渦蟲的記憶、細胞修復會產生影響嗎？

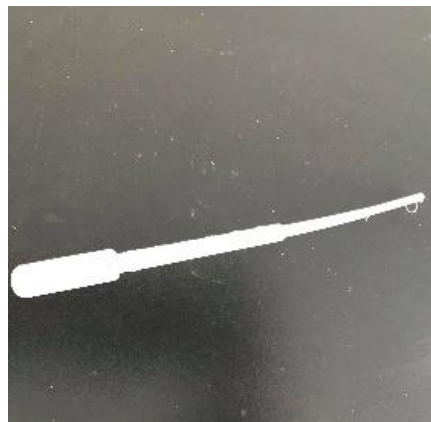
貳、研究目的

- 一、觀察渦蟲對不同色光的趨向性以及其受學習行為的影響。
- 二、探討不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響。
- 三、探討不同色光對渦蟲學習行為、記憶性之影響。

參、研究設備及器材



燒杯



滴管



鑷子



培養皿



研鉢



光學顯微鏡



複式顯微鏡



渦蟲



冰塊



檯燈



蝦子



碼錶



透明塑膠容器



毛筆(水彩筆)



自製解剖刀



玻璃紙(紅、黃、藍)

肆、研究過程或方法

一、研究過程(文獻探討)

(一) 渦蟲介紹

1. 基本資料

本實驗所使用的渦蟲是屬於三角頭渦蟲科(*Dugesuedae*)的東亞三角頭渦蟲(*Dugesia japonica*)(圖一)。渦蟲為扁形動物(又稱蠕形動物)。體長約 10~15 mm，寬約 2~2.5 mm，頭部為三角形，體褐色。渦蟲一般以小型的浮游生物、蚯蚓等作為食物。實驗中，我們以新鮮草蝦餵食，一個星期餵食一次。



圖一、日本三角渦蟲圖示。

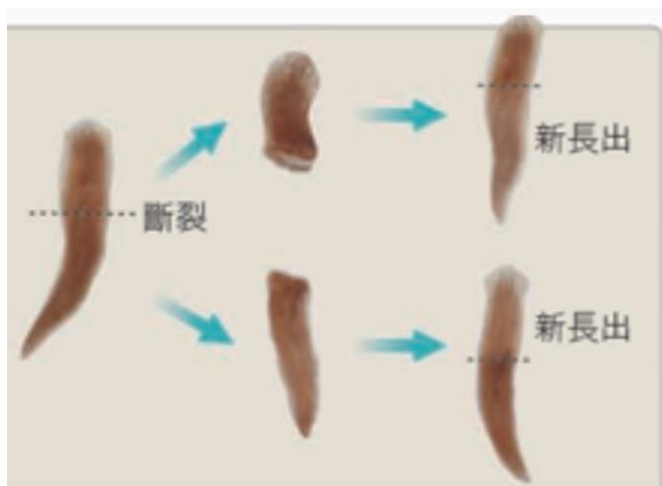
2. 固定行為模式

(1) 負趨光行為

渦蟲的頭部有兩個黑色眼點，能夠感光。渦蟲對光甚為敏感，具有負趨光性，喜歡陰暗處，因此時常躲在石頭下方避光。本實驗利用其負趨光行為探討再生修復後的影響，並測定再生修復後的爬行速度。

(2) 再生修復

渦蟲的再生能力非常強，即使蟲體被切割成兩個部分，也能藉由斷裂生殖再生，重新生成完整的個體(圖二)。因其特殊的再生能力，近年來也應用在更多研究中。



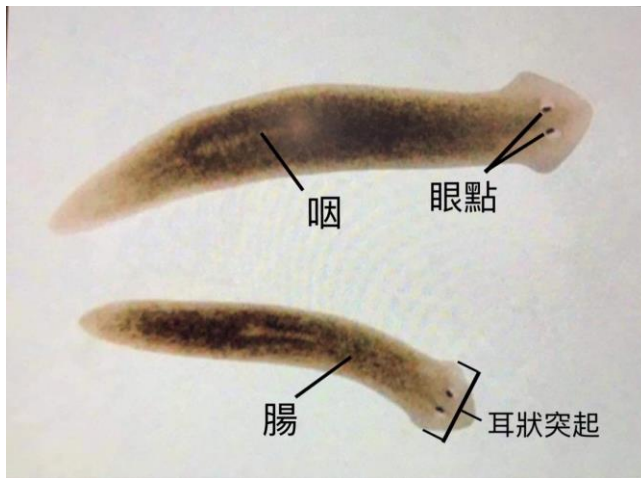
圖二、渦蟲的再生修復圖示

(取自: [http://yenbiology.weebly.com/1-2-](http://yenbiology.weebly.com/1-2-289612461529983275421.html?fbclid=IwAR2b_fItD9dCXbP2KgtQTfUiOAZf3AQ2KS1PZcoNjLQIIVDT5bsAQZP19Nc)

[289612461529983275421.html?fbclid=IwAR2b_fItD9dCXbP2KgtQTfUiOAZf3AQ2KS1PZcoNjLQIIVDT5bsAQZP19Nc](http://yenbiology.weebly.com/1-2-289612461529983275421.html?fbclid=IwAR2b_fItD9dCXbP2KgtQTfUiOAZf3AQ2KS1PZcoNjLQIIVDT5bsAQZP19Nc))

(3)基本構造

渦蟲的感覺構造和神經系統主要集中於蟲體前端。感覺構造主要有眼點及耳狀突起,眼點的功能為感光,但並不能分辨影像,耳狀突起則具有嗅覺功能(圖三)。



圖三、渦蟲的基本構造

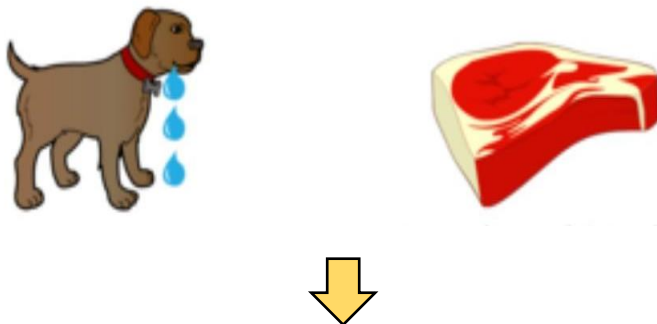
(二) 動物的學習行為

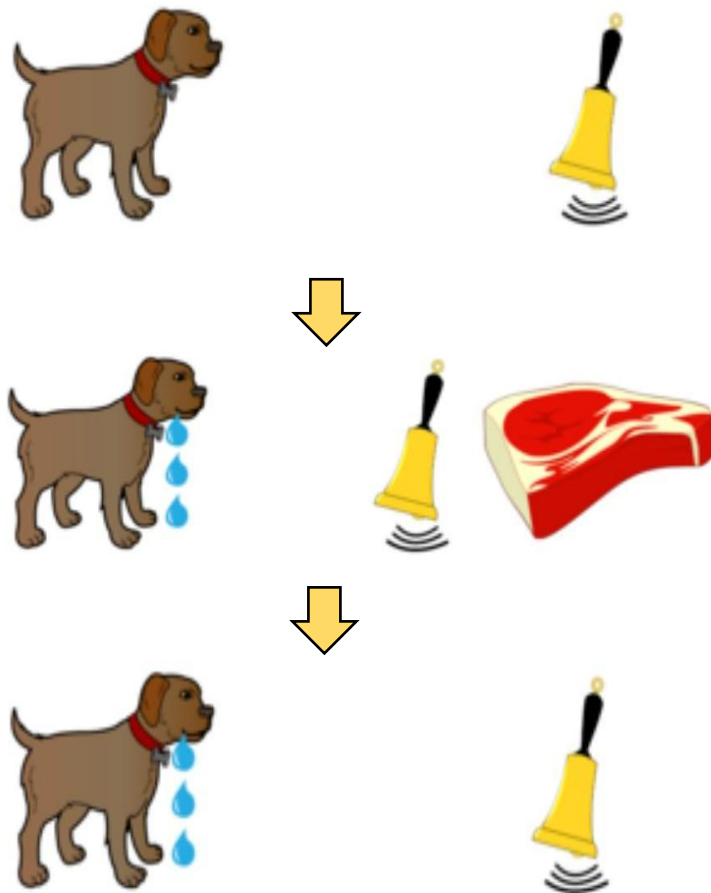
行為是動物的一種特色，而動物的行為包括表現、反應、繁殖和學習等。動物的學習行為，也就是動物適應環境的方法。動物本具有求生能力，為了要在受改變的環境下生存、繁衍後代，動物必須要對外來刺激有反應的能力，使他們能在有利的情況下繼續生存，而這些反應就是動物的學習行為。

動物可學習將一個刺激與另一個刺激關連在一起，動物學習將自己的行為與報酬(正增強物)或懲罰(負增強物)聯結在一起，並且重覆或避免此行為。

俄國神經生理學者 Pavlov 所導入的古典制約反射或稱第一型制約反射(圖五)，其中有一例很有名的實驗，是利用狗看到肉會流口水的習性。當狗看到肉時，就搖鈴產生鈴聲，經過制約後，狗就學習到「當鈴聲響起時就有肉」，而之後即使狗的面前沒有肉，但一聽到鈴聲，狗就會開始流口水。

本實驗就工具制約作用，透過渦蟲的食物(蝦子)做為制約刺激，進而連結光波波長，以探討渦蟲是否具有學習行為。





圖四、古典制約

(取自: https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Classical_Conditioning_Diagram.png#mw-jump-to-licens)

實驗方法

(一) 渦蟲的培養

1. 本實驗的渦蟲由雲林大大水族館提供，使用的品種為日本三角渦蟲。
(學名； *Dugesia japonica*)
2. 將渦蟲置於透明飼養箱中，內有底沙、水草(不放置頂蓋，避免氧氣不足)。
3. 飼養渦蟲的水要先曝氣一天，避免渦蟲死亡。
4. 每周以新鮮草蝦餵食。
5. 每周換一次水避免汙染。

(二) 渦蟲對不同色光的趨向性

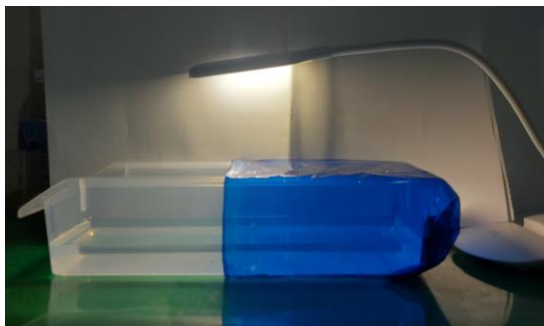
1. 取長、寬、高分別為 30、9、6 公分的透明塑膠容器三個。
2. 將透明塑膠容器的一半以玻璃紙(共三組，分別為藍、紅、黃)覆蓋，另一半透光作為對照組(分別表示為紅光-透光、黃光-透光、藍光-透光組)。
3. 倒入已曝氣的水至容器 3 公分處。
4. 以毛筆將十隻渦蟲放入透明塑膠容器中，並將白光檯燈置於其上。
5. 等待 30 分鐘過後，觀察並記錄渦蟲在二個顏色區塊分布的數量。



圖五、實驗渦蟲對不同色光的趨向性。放置於紙箱內進行，並設置白光檯燈(共有紅光-透光、黃光-透光、藍光-透光三組)。

(三) 渦蟲的學習與記憶行為

1. 取長、寬、高分別為 30、9、6 公分的透明塑膠容器一個。
2. 將透明塑膠容器的一半以玻璃紙(藍)覆蓋，另一半透光作為對照組。
3. 倒入已曝氣的氫置容器 3 公分處。
4. 以毛筆將十隻渦蟲放入透明塑膠容器中，並將白光檯燈置於其上。使其適應環境 30 分鐘後，將蝦子置於藍色區域中。
5. 每隔兩天重複步驟 5 一次，觀察渦蟲行徑。(所使用的渦蟲為同一批)
6. 步驟 6 實行一個禮拜後，將操作變因蝦子取出，並觀察渦蟲在藍光-透光兩個顏色區塊分布的數量。



圖六、實驗渦蟲的學習與記憶行為。容器的一半以藍色玻璃紙覆蓋，另一半透光作為對照組。

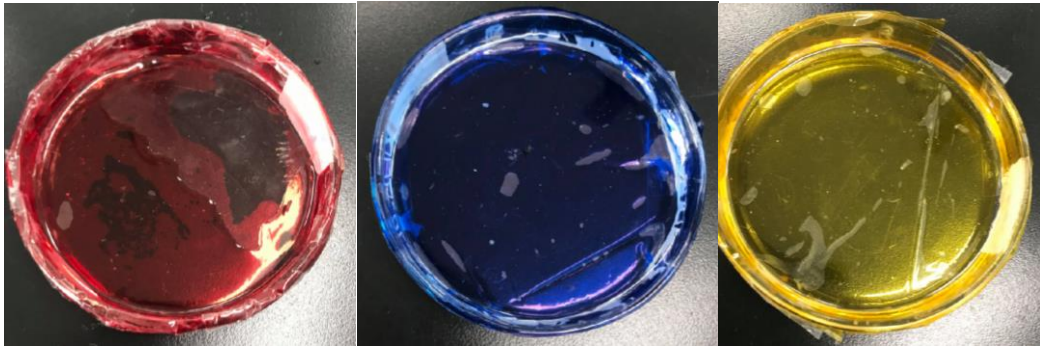
(四) 渦蟲的學習行為對不同色光趨向性的影響

1. 取長、寬、高分別為 30、9、6 公分的透明塑膠容器一個。
2. 將透明塑膠容器的一半以玻璃紙(紅)覆蓋，另一半透光作為對照組。
3. 倒入已曝氣的氫置容器 3 公分處。
4. 以毛筆將十隻渦蟲放入透明塑膠容器中，並將白光檯燈置於其上。
5. 將檯燈置於其上，觀察渦蟲在紅光-透光兩個顏色區塊分布的數量。(註:一天一次觀察，並實行一周)

(五) 不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響

1. 取直徑 9.5cm、高 1.3cm 的培養皿。
2. 用不同顏色的玻璃紙(紅、藍、黃，共三組)包覆培養皿。
3. 每組培養皿中各放入兩隻渦蟲(長度需一致)。

4. 以自製切割刀切去渦蟲的頭(頭與身體之交接處)。
5. 每隔 4-5 天觀察、記錄渦蟲的生長情形。



圖七、實驗不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響。



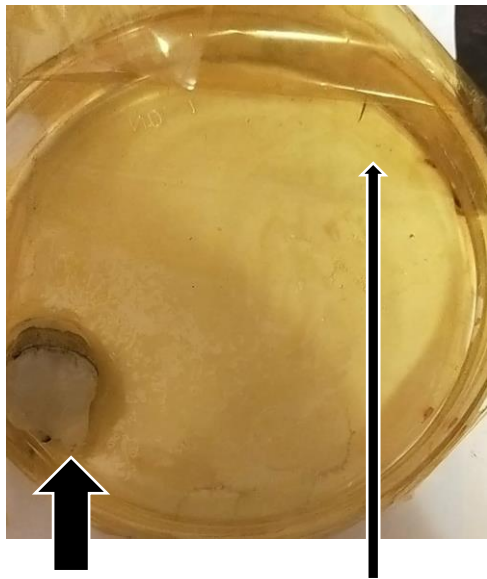
圖十一、各色培養皿上方以該色玻璃紙覆蓋。

(六) 不同色光對渦蟲記憶性的影響

1. 取三個培養皿，分別貼上不同顏色的玻璃紙（紅、藍、黃）。
2. 將渦蟲及蝦肉分別放置於培養皿兩端，並記錄渦蟲成功找到蝦肉的時間，每組做兩次，時間間隔一天。
3. 總共做五組(註:每一組每種色光使用不同批的渦蟲)。



註: ○ 處為渦蟲位置。



蝦肉

渦蟲



渦蟲

蝦肉

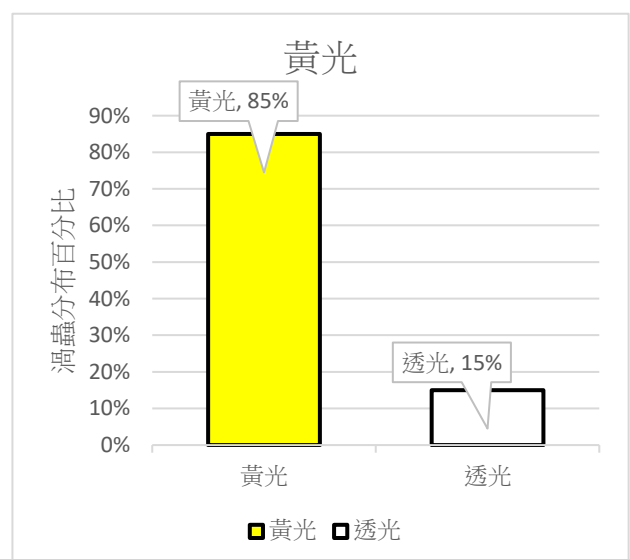
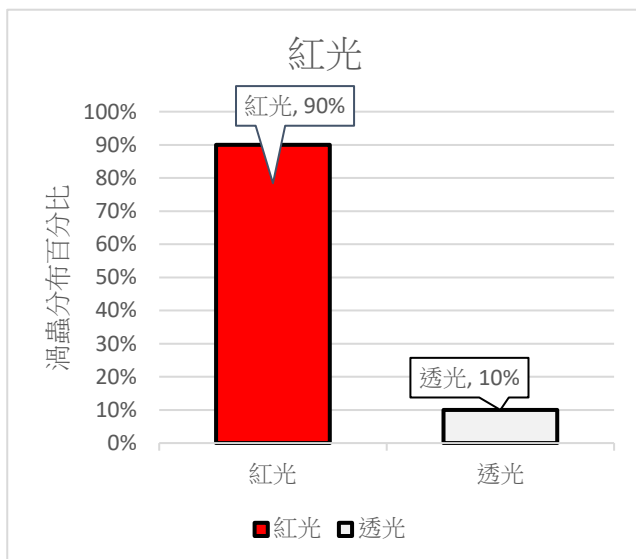
圖八、實驗不同色光對渦蟲記憶性的影響。將渦蟲與蝦肉放置於培養皿直徑二端。

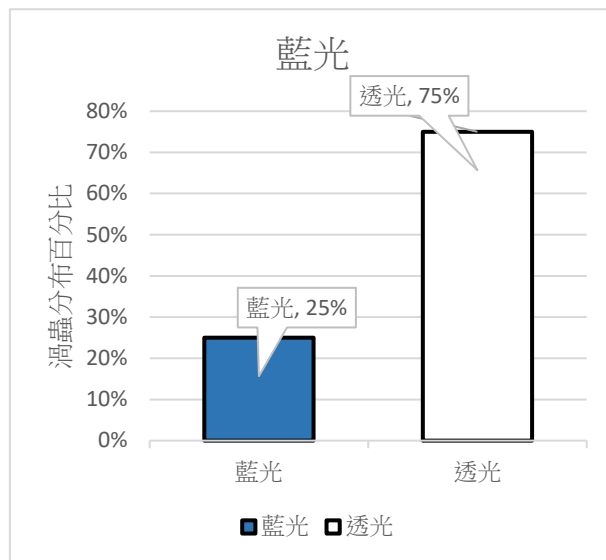
伍、研究結果

一、渦蟲的感光眼作用性質

(一) 渦蟲對不同色光的趨向性

渦蟲本身具有負趨光性，而我們分別將其放置於紅光、黃光及藍光中，每一組塑膠容器的另一邊皆有透光作為對照，並依此實驗裝置觀察渦蟲的分布。由實驗結果可得知，渦蟲對紅光與黃光的趨向性比例大於白光許多，而渦蟲則較不趨向於藍光。





圖九、渦蟲在紅、黃、藍與透光的环境中比例分布圖。根據實驗結果，渦蟲較趨向於紅光，黃光次之，且較不趨向於藍光。

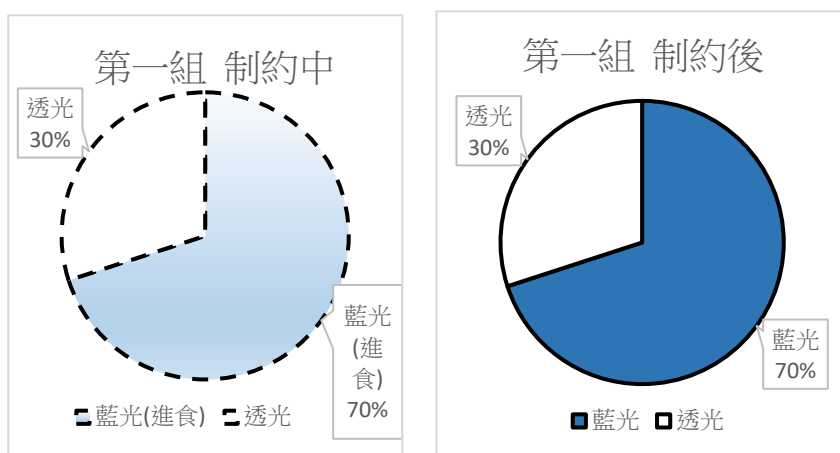
(二) 渦蟲的學習行為

此實驗中，我們根據渦蟲(動物)的學習制約性、記憶能力來設計實驗，進行觀察(第一組及第二組為相同實驗，能確保實驗結果之可信度)。從實驗結果中可得知，即便渦蟲不趨向於藍光，但因為蝦子的吸引，還是會往藍色區域食用蝦子(制約中)。經過連續一週的訓練，當我們不再放蝦子於藍色色光區域時，渦蟲仍會往藍色區域找尋食物。這證明了渦蟲具有學習行為。再對照測定渦蟲對不同色光的趨向性實驗結果(藍光組)，會發現制約後渦蟲在藍光的分布數量比例提高許多。

第一組 制約中			第一組 制約後		
項目	藍光(進食)	透光	項目	藍光	透光
日期			日期		
12/15	7	3	12/23	7	3
12/16	6	4	12/25	8	2
12/17	4	6	12/27	6	4
12/19	10	0			
12/21	8	2			

(單位:隻)

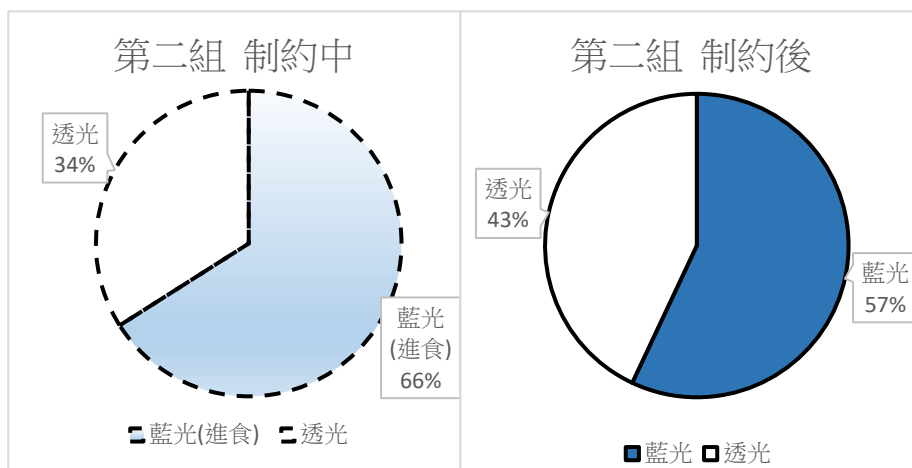
表一、實驗記錄:渦蟲的學習行為。訓練渦蟲「在較短波長(藍光)下會有食物(蝦肉)」的記憶，再將結果與圖一的藍光組相比，發現制約後渦蟲在藍光的分布數量比例提高許多。



圖十、渦蟲的學習行為第一組。渦蟲在藍光-透光下，制約中(有蝦肉)與制約後(無蝦肉)的比例分布圖(制約中及制約後透光:30%，藍光:70%)。註:虛線代表已餵食過。

第二組 制約中			第二組 制約後		
項目 日期	藍光(進食)	透光	項目 日期	藍光	透光
12/15	6	4	12/23	6	4
12/16	6	4	12/25	6	4
12/17	5	5	12/27	5	5
12/19	7	3			
12/21	9	1			

表二、實驗記錄:與第一組實驗(表二)結果大致相同，確保其平均值。

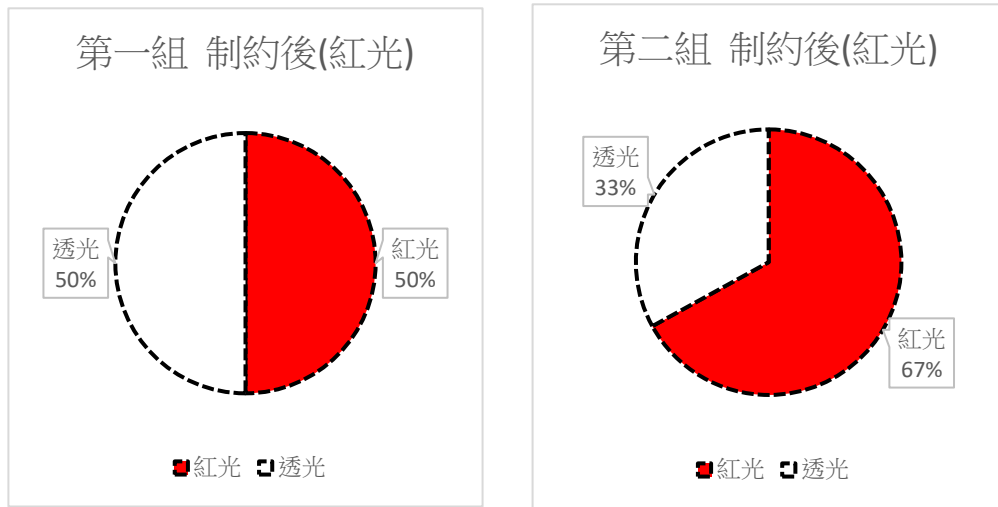


圖十一、渦蟲的學習行為第二組(制約中透光:34%，藍光:66%；制約後透光:43%，藍光:57%)。

(三) 渦蟲的學習行為對不同色光趨向性的影響

為了探討渦蟲的感光原理(渦蟲究竟是能直接感受色光，抑或是只能感受光波的波長?)我們將測定渦蟲的學習行為實驗中的渦蟲，放入一個紅光-透光的塑膠容器中。由實驗結果可得知，渦蟲雖然大多數都還是會往紅光區域跑，但相較於未制約過的渦蟲，比例仍少了許多(在測定渦蟲對不同色光的趨向性實驗中，未制約過的渦蟲在紅光-透光的環境裡，往紅光區域的渦蟲佔比高達 90%)，證實渦蟲確實有

「在較短波長(藍光)下會有食物(蝦肉)」的記憶，可能影響渦蟲原本趨向紅色光的特性。。由此推論，渦蟲學習行為可能會影響原本趨向於紅色光的特性。



圖十二、渦蟲在制約前與制約後，於紅光-透光中的比例分布圖

二、渦蟲在其較趨向的色光下修復速率較快

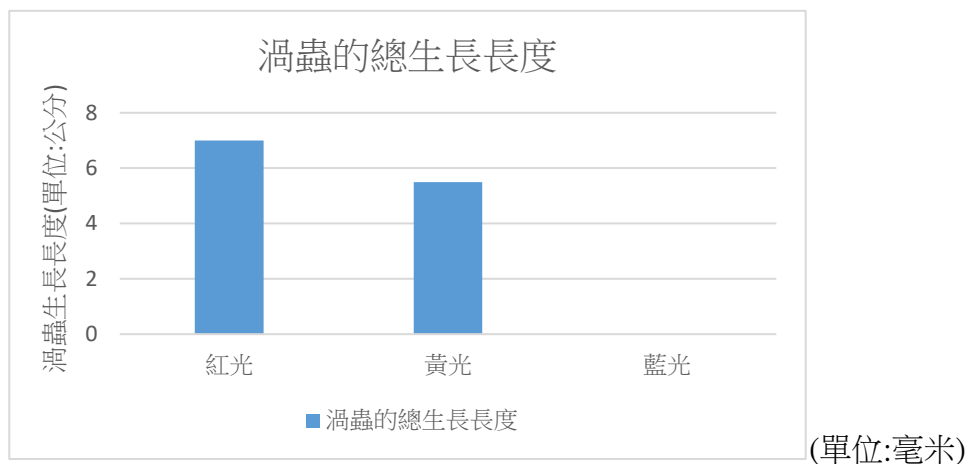
本實驗中，我們取了差不多長度的渦蟲進行切割，並在三組培養皿中(紅光、黃光、藍光)各放入兩隻渦蟲，觀察其修復的長度(使用複式顯微鏡及直尺測量，頭與尾分開記錄)。由表三中可得知，相同的時間中，渦蟲在紅光裡共生長了 5mm，成長最多，其次是在黃光中，共生長了 4.5mm，最後是藍光中，毫無成長。根據研究結果一，我們可得知渦蟲較趨向的色光為紅光，其次是黃光，並不偏好藍光，經過對比後可發現，渦蟲在其較趨向的色光下，生長的速率較快，也證明了色光確實會對細胞的生長有所影響。

色光	部位	時間	長度		時間	長度	
			渦蟲①	渦蟲②		渦蟲①	渦蟲②
紅光	頭	109/12/21 13:00	2.5 mm	3 mm	109/12/28 13:00	3 mm	3.5 mm
	尾		4 mm	4 mm		4 mm	5 mm
黃光	頭		2 mm	3 mm		2 mm	3.5 mm
	尾		3 mm	3.5 mm		3 mm	4.5 mm
藍光	頭		2.5 mm	3 mm		2 mm	2.5 mm
	尾		3.5 mm	3 mm		3.5 mm	4 mm
			渦蟲①	渦蟲②		渦蟲①	渦蟲②

色光	部位	時間	成長長度		全成長長度	排行(多到少)
紅光	頭	109/12/21 13:00 至 109/12/28 13:00	0.5 mm	0.5 mm	2 mm	1
	尾		0 mm	1 mm		
黃光	頭		0 mm	0.5 mm	1.5 mm	2
	尾		0 mm	1 mm		
藍光	頭	-0.5 mm	-0.5 mm	0 mm	3	
	尾	0 mm	1 mm			
			渦蟲①	渦蟲②		

色光	部位	時間	長度		成長長度		全成長長度
紅光	頭	109/12/30 13:00	4.5 mm	5 mm	1.5 mm	1.5 mm	5 mm
	尾		6 mm	5 mm	2 mm	0 mm	
黃光	頭		4 mm	3.5 mm	2 mm	0 mm	4 mm
	尾		4.5 mm	5 mm	1.5 mm	0.5 mm	
藍光	頭	2 mm	2.5 mm	0 mm	0 mm	0 mm	
	尾	3.5 mm	4 mm	0 mm	0 mm		
			渦蟲①	渦蟲②	渦蟲①	渦蟲②	

表三、實驗記錄:渦蟲在紅、黃、藍光下的總修復長度記錄，經過統整，從 109/12/21 至 109/12/30，紅光中渦蟲總生長長度為 7 mm 黃光為 5.5 mm，藍光為 0 mm。



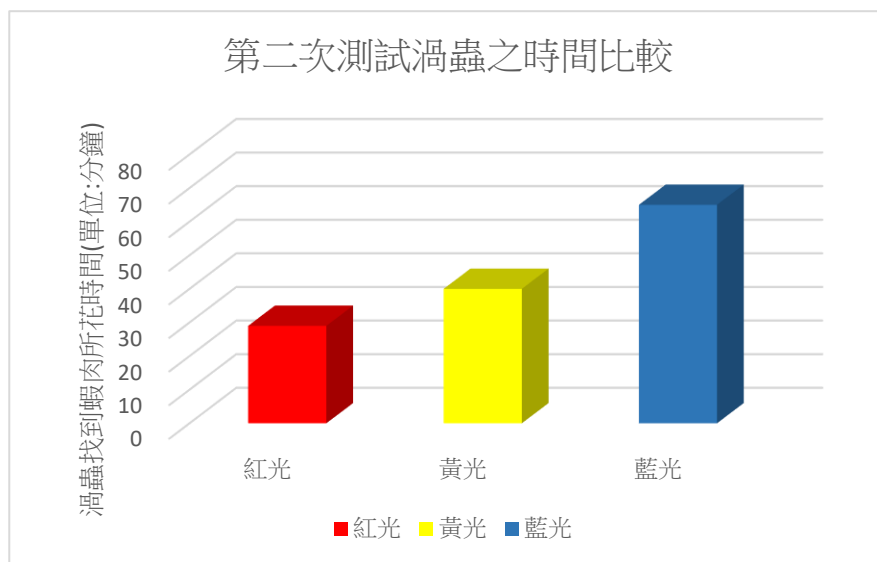
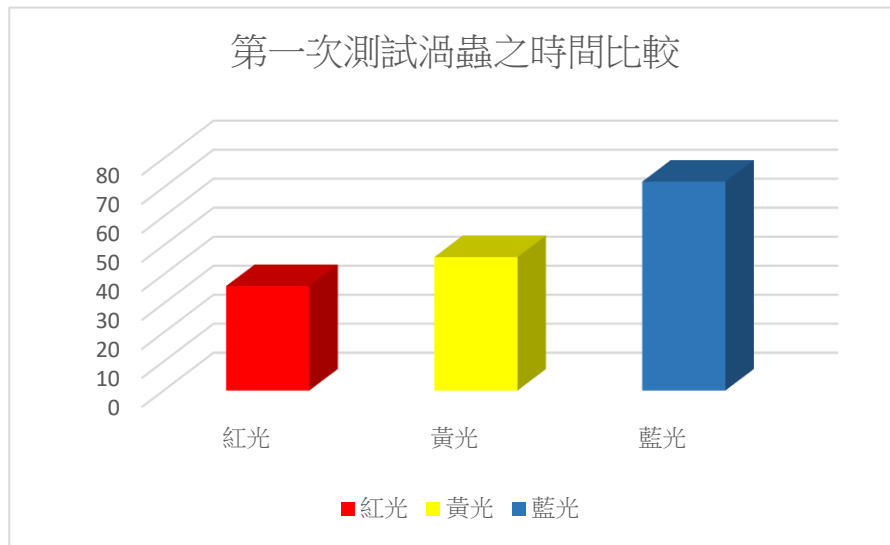
圖十三、渦蟲在三色光(紅、黃、藍)中總生長長度

三、不同色光對渦蟲的記憶能力的影響

由實驗結果之平均值可得知，渦蟲第二次實驗比第一次實驗更快的速度找到食物，證明渦蟲具有記憶性。數據顯示，渦蟲在紅光時能以相對較短的時間找到食物，黃光次之，藍光則花了最多的時間，證明渦蟲對原來的色光有記憶性，因此不同的色光影響渦蟲找到食物的速度。以此證明渦蟲對原來的色光具有記憶力。

項目	第一次測試	第二次測試	兩次相差時間
色光			
紅光	37分 46秒	28分 49秒	8分 57秒
黃光	46分 46秒	41分 36秒	5分 10秒
藍光	1小時 16分 45秒	1小時 11分 39秒	5分 6秒

表四、實驗記錄:渦蟲在紅、黃、藍光下，找到蝦肉所花的時間(平均值)。(單位:分鐘)

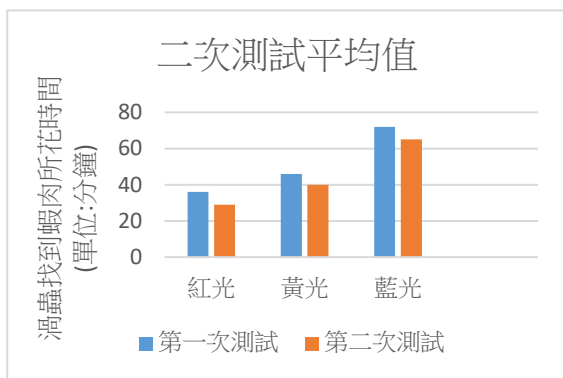


(單位:分鐘)

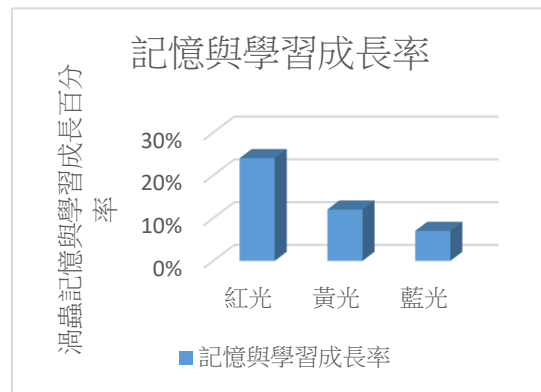
圖十四、渦蟲在三色光(紅、黃、藍)中找到食物之時間比較

	紅光	黃光	藍光
記憶與學習之成長百分率(註:記憶與學習之成長百	0.236981465	0.120099786	0.066449511

分率=二次相差時間除以第一次時間。)	≈24%	≈12%	≈7%
--------------------	------	------	-----



(單位:分鐘)



(單位:%)

圖十五、渦蟲在三色光(紅、黃、藍)下之記憶與學習成長率

陸、討論

- 一、根據文獻指出，渦蟲能夠分辨光線的有無，但並未明確指出渦蟲是否能辨別特定的波長，過去有研究顯示渦蟲的感光眼只能感應光的波長差異，而不能直接感受色光，但因為其研究結果未被正式證實(賴金承、蔡凱捷、曾琦鈞。篇名:渦蟲眼點的感光原理及記憶行為探討)，因此本研究決定再親自證實，也確保所購買之渦蟲具有能感應波長長短的特性。未來可針對渦蟲的感光細胞與它的神經系統之聯結作研究，期盼能對渦蟲感光的整體運作機制有更深入的了解。
- 二、實驗過程中，我們發現藍光對渦蟲是有傷害的，例如將它放置於藍光、透光的環境下，渦蟲會選擇透光區，且渦蟲對周遭環境進行探索時，會刻意的避開藍光，並沿著透光、藍光的界線走，再折返到透光處。除了發現藍光對渦蟲有害，有幾次因為照射時間過久，渦蟲因而死亡，這也反映了燈光亮度及照射時間長短也是影響實驗結果的重要因素。
- 三、我們參考了「光波能量療法(網址:<http://www.lukeclinic.com.tw/208092787433021373273027427861.html>)」此網站，得知光具有不需介質即能輕易穿透肌膚，以及產生熱效應的特性，可以使人體血液循環加速、增強組織修復等等效用。我們因而進一步思考:是否能將實驗(五)不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響中的結果與之連結，作進一步的運用？
- 四、在不同色光對渦蟲的記憶能力之影響中，未來可用錄影的方式記錄渦蟲在不同色光下之行徑路線及覓食行為，進而推導其反應速率，並將渦蟲的行徑路線結合渦蟲找到蝦肉的時間，或許會有不同的發現。

柒、結論

- 一、渦蟲對色光的偏好：紅光最佳，黃光次之，藍光最差。
- 二、即使渦蟲對藍光具負趨向性，但是以食物訓練後能提升渦蟲往藍光移動的比例，說明學習行為能夠改變渦蟲對不同色光的趨向性。
- 三、不同色光會對渦蟲的再生修復及行動、記憶性有所影響。
- 四、在渦蟲較趨向的色光下，不論是細胞修復、提升記憶性等方面，皆有較好的效率。

捌、參考資料及其他

- 一、林金盾主編（2007）。高中基礎生物。台中市：康熙圖書網路股份有限公司。
- 二、Morgan, T.H.（1898）。Experimental studies of the regeneration of *Planaria maculata*. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen* 7, 364-397
- 三、Alejandro Sañchez Alvarado（2003）。The freshwater planarian *Schmidtea* 13:438 - 444
- 四、彭慧雯、曾昀婷、劉力文（2016）。渦光食色！群下的秘密—探討渦蟲個體與群體的游泳行為。第56屆科展作品。
- 五、維基百科。渦蟲綱。取自維基百科，渦蟲綱網址: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B6%A1%E8%99%AB%E7%BA%B2>
- 六、賴金承、蔡凱捷、曾琦鈞。篇名:渦蟲眼點的感光原理及記憶行為探討
- 七、唐僑志、李昱甫、劉希哲、廖奕翔(2005)。身首異處，記憶猶存！？。中華民國第四十五屆中小學科學展覽會，高中組生物(生命科學)科。
- 八、「磁伴渦行」-渦蟲的行為研究及在電磁場再生修復後的改變。中華民國第五十四屆中小學科學展覽會，高中組生物(生命科學)科。
- 九、鍾佩軒(2003)。渦蟲生態初探。第三旺宏科學獎成果報告書。
- 十、吳京一（2001）。學習行為之神經生理。科學教育月刊，238，24-35。
- 十一、黃鈞蕙、郭章儀、張永達（2002）。再生作用。科學教育月刊，251，30-36。
- 十二、光波能量療法。網址:<http://www.lukeclinic.com.tw/208092787433021373273027427861.html>

玖、附錄

實驗(二):渦蟲對不同色光的趨向性--渦蟲分布數據

日期	時間	渦蟲分別在紅光-透光、黃光-透光、藍光-透光下的分布數量					
12/13	13:00	放入渦蟲					
		紅光	透光	黃光	透光	藍光	透光
	13:00	4	1	4	1	1	4
	14:00	5	0	3	2	2	3

註:此實驗中，共有紅光-透光、黃光-透光、藍光-透光三組，每組放入 5 隻渦蟲。(單位:隻)

日期	時間	渦蟲分別在紅光-透光、黃光-透光、藍光-透光下的分布數量					
12/14	08:30	放入渦蟲					
		紅光	透光	黃光	透光	藍光	透光
	09:00	9	1	10	1	2	8
	10:00	10	0	8	2	3	7
	11:00	7	3	9	1	3	7
	12:00	10	0	9	1	2	8
	13:00	9	1	8	2	2	8

註:此實驗中，共有紅光-透光、黃光-透光、藍光-透光三組，每組放入 10 隻渦蟲。(單位:隻)

實驗結果:

紅光-透光組		黃光-透光組		藍光-透光組	
紅光	透光	黃光	透光	藍光	透光
90%	10%	85%	15%	25%	75%

實驗(三) 渦蟲的學習與記憶行為--完整實驗紀錄已附於研究結果(二)中(表一)。

實驗(四)渦蟲的學習行為對不同色光的趨向性影響數據--制約後的渦蟲在紅光-透光環境下的分布

日期	第一組(左欄:紅光；右欄:透光)		第二組(左欄:紅光；右欄:透光)	
12/27	5	5	5	5
12/28	4	6	6	4
12/29	5	5	4	6
12/30	6	4	6	4
12/31	5	5	6	4
01/01	6	4	9	1
01/02	5	5	8	2

註:1.此實驗中，共有紅光-透光第一組及第二組，每組放入 10 隻渦蟲（單位:隻）

2.本實驗的渦蟲皆以制約過(已訓練「藍光中有食物」的記憶)

實驗結果:

第一組		第二組	
紅光	透光	紅光	透光
50%	50%	67%	33%

實驗(六)不同色光對渦蟲的記憶能力的影響數據

組別	次數	紅光	黃光	藍光
第一組	第一次	36' :30"	46' :41"	1:12' :47"
	第二次	29' :37"	40' :53"	1:05' :27"
第二組	第一次	38' :21"	44' :07"	1:18' :57"
	第二次	31' :43"	39' :56"	1:13' :31"
第三組	第一次	33' :25"	47' :40"	1:16' :10"
	第二次	25' :04"	43' :54"	1:14' :56"
第四組	第一次	40' :51"	42' :09"	1:15' :17"
	第二次	31' :04"	37' :26"	1:09' :38"
第五組	第一次	39' :41"	53' :14"	1:20' :32"
	第二次	26' :36"	45' :53"	1:14' :43"
平均值	第一次	2265.6" ≈37' :46"	2806.2" ≈46' :46"	4604.6" ≈76' :45"
	第二次	1728.8" ≈28' :49"	2496.4" ≈41' :36"	4299" ≈71' :39"
記憶與學習成長率		0.236981465 ≈0.24	0.120099786 ≈0.12	0.066449511 ≈0.07

單位:時:分' :秒"

註:每一組每種色光使用不同的渦蟲

【評語】 030301

本實驗利用不同色光來探討對渦蟲覓食行為與記憶，並連結到色光對細胞修復能有關其生存與修復能力有關。

優點：

1. 實驗頗具創意，實驗設計嚴謹，實驗結論符合相關研究結果。
2. 實驗設計先確認渦蟲對色光的趨性，以渦蟲的藍光負趨性，再進行制約學習的實驗測試，了解其是否有學習行為，此部分實驗脈絡清晰。
3. 研究結果顯示渦蟲對紅光較具趨向性且紅光對細胞修復、記憶性皆較佳，而藍光對渦蟲似乎較有害，是一個有趣的發現。

建議改善：

1. 實驗一探討渦蟲對不同色光的趨性以玻璃紙打造色光環境，無法證明渦蟲是因色光產生的趨性行為?而非因玻璃紙營造不同明暗導致
2. 實驗的重複次數不足，可考慮增加實驗重複次數以增加實驗準確度。渦蟲在不同的色光下生長修復速率研究中，每組實驗僅有兩隻渦蟲樣品，建議各組實驗的重複試驗宜有獨立三重複以上為佳。

3. 建議加入統計分析，描述數據間的差異，且應清楚標示每次實驗樣本數。
4. 研究目的第一項：觀察渦蟲對不同色光的趨向性以及其受學習行為的影響與第三項：探討不同色光對渦蟲學習行為、記憶性之影響。這兩項研究在所引用的參考資料6也有做過相類似的實驗。
5. 照片應標示比例尺，才知道該生物的實際大小為多少。

作品簡報

色光影響渦蟲生長與覓食行為 記憶的探討

生物科 國中組

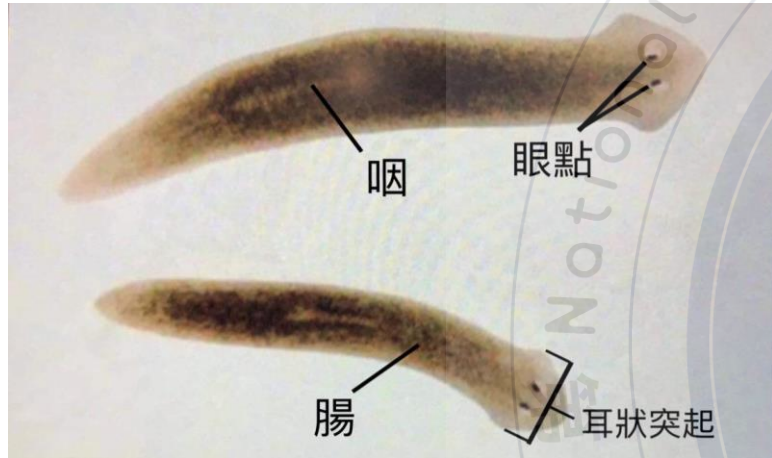
編號:030301

相關文獻探討

渦蟲介紹

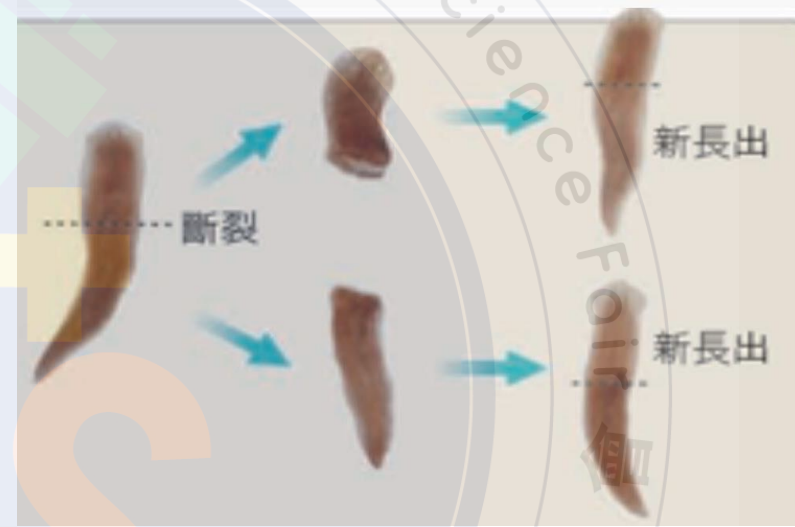
1. 基本資料及構造

本實驗所使用的渦蟲是屬於三角頭渦蟲科(*Dugesuedae*)的東亞三角頭渦蟲(*Dugesia japonica*)。



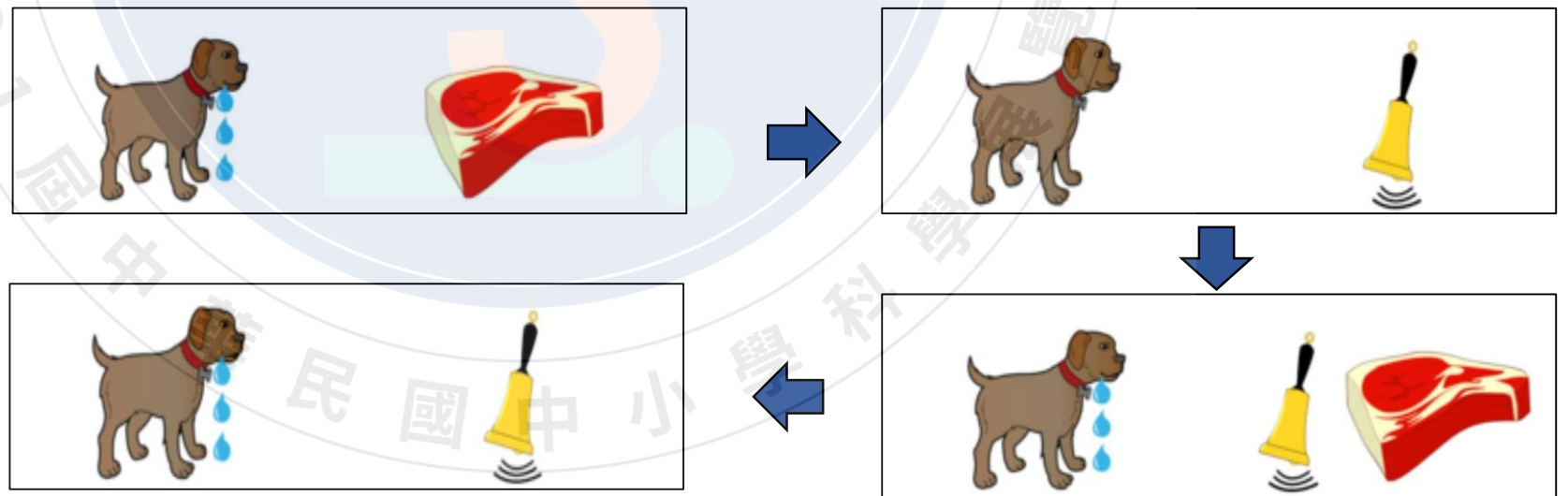
2. 固定行為模式

(1) 負趨光行為 (2) 再生修復



3. 動物的學習行為

動物學習將自己的行為與報酬(正增強物)或懲罰(負增強物)聯結在一起，並且重覆或避免此行為。



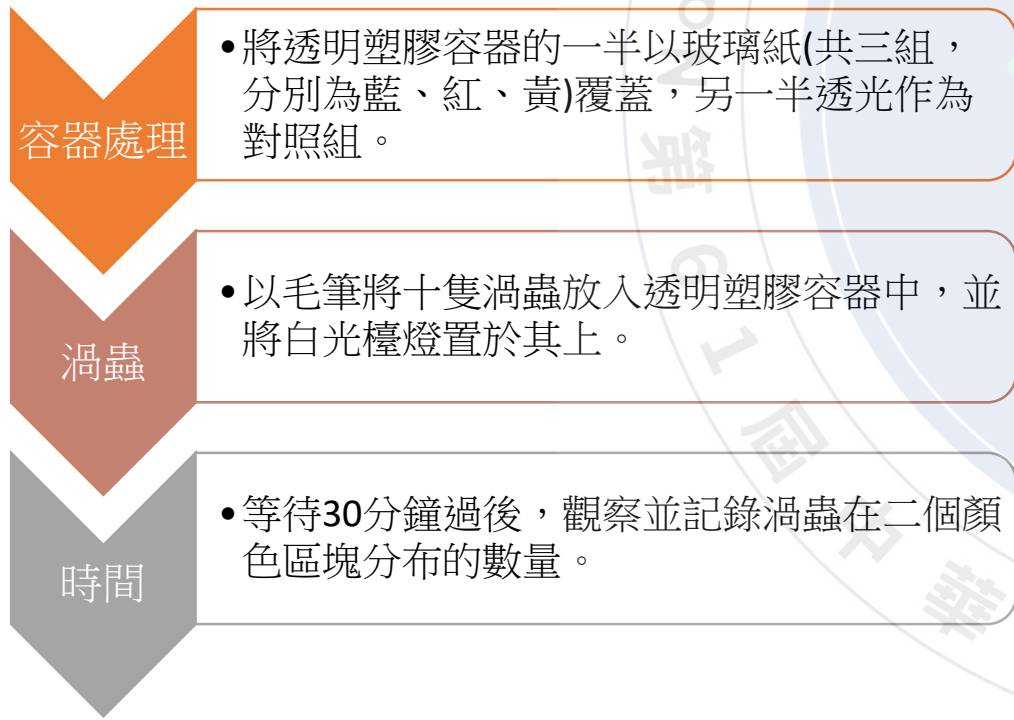
研究目的

- 一、觀察渦蟲對不同色光的趨向性以及其受學習行為的影響。
- 二、探討不同色光對渦蟲學習行為、記憶性之影響。
- 三、探討不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響。



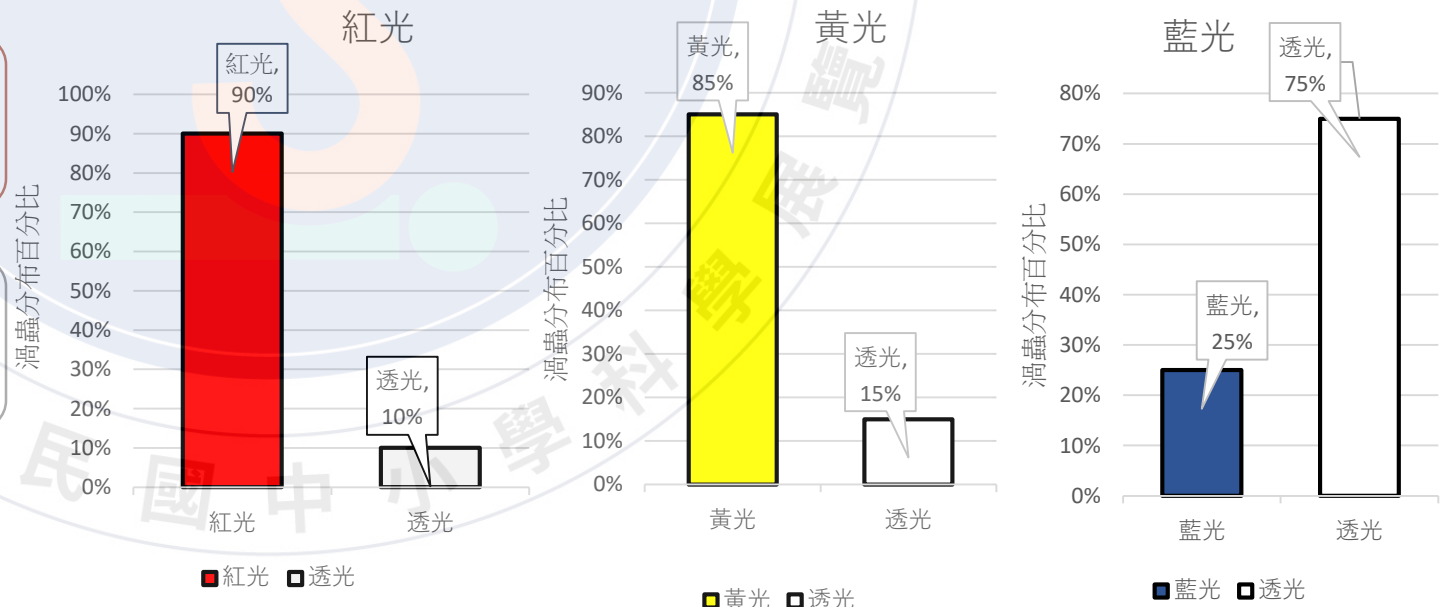
實驗方法及研究結果

實驗(一)渦蟲對不同色光的趨向性



研究結果(一)

渦蟲對紅光與黃光的趨向性比例大於白光許多，而渦蟲則較不趨向於藍光。



實驗(二)渦蟲的學習與記憶行為

容器處理

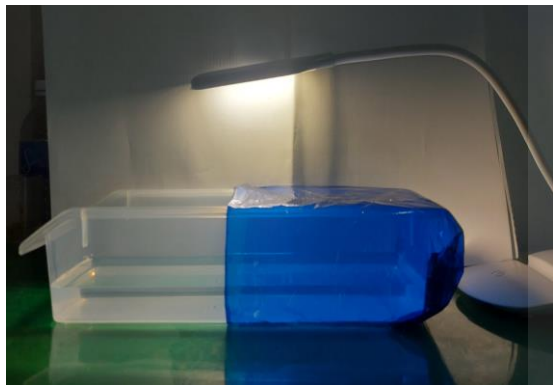
- 將透明塑膠容器的一半以玻璃紙(藍)覆蓋，另一半透光作為對照組。

操作變因:
蝦子

- 同實驗(一)
- 使其適應環境30分鐘後，將蝦子置於藍色區域中，一小時後將蝦子取出。

時間

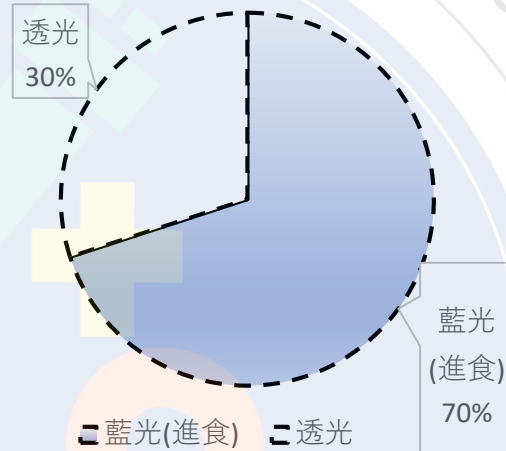
- 每隔兩天重複上述步驟一次，觀察渦蟲行徑。(所使用的渦蟲為同一批)
- 實行一個禮拜，並觀察渦蟲在藍光-透光兩個顏色區塊分布的數量。



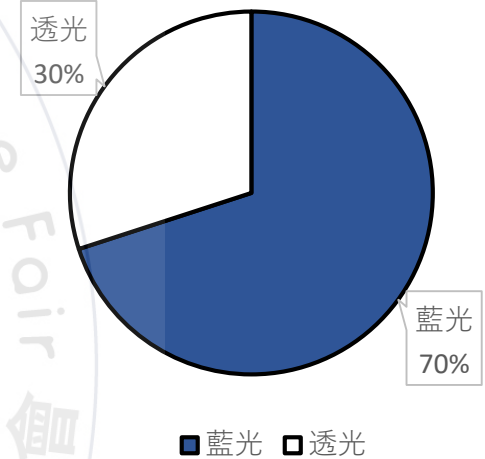
研究結果(二)

制約後渦蟲在藍光的分布數量比例提高許多。

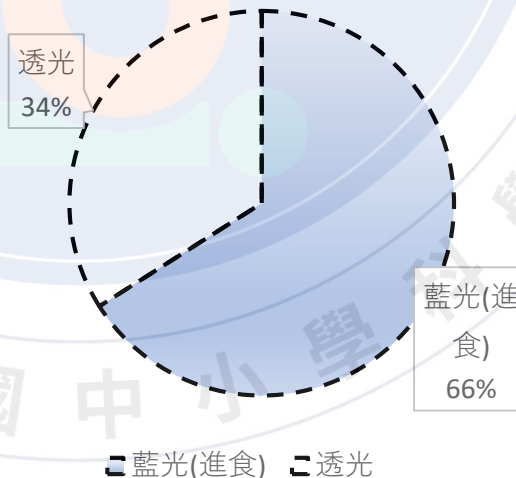
第一組 制約中



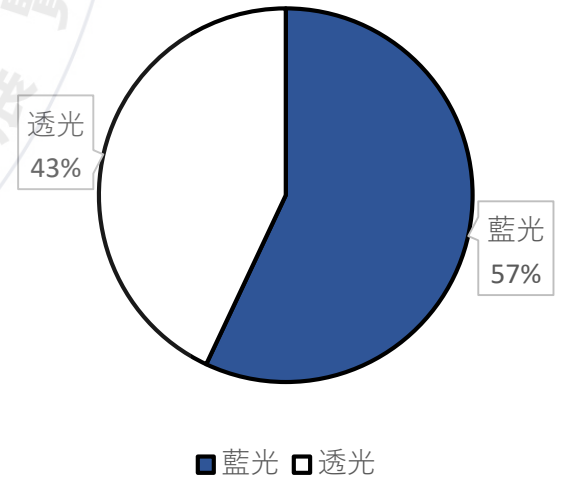
第一組 制約後



第二組 制約中



第二組 制約後



實驗(三)渦蟲的學習行為對不同色光趨向性的影響

容器處理

- 將透明塑膠容器的一半以玻璃紙(紅)覆蓋，另一半透光作為對照組。

渦蟲

- 以毛筆將十隻渦蟲(已制約)放入透明塑膠容器中，並將白光檯燈置於其上

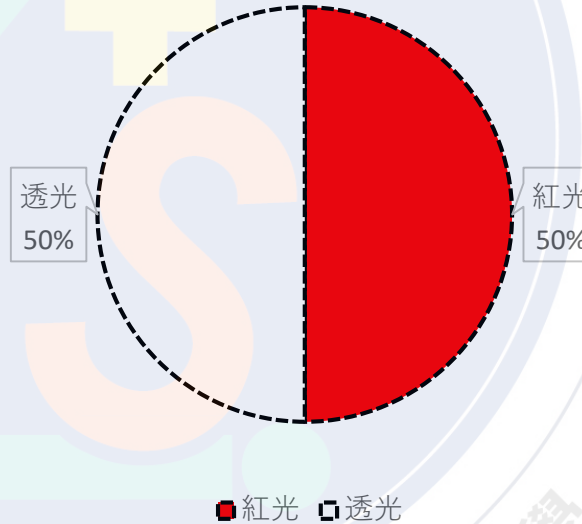
時間

- 觀察渦蟲在紅光-透光兩個顏色區塊分布的數量。(註:一天一次觀察，並實行一周)

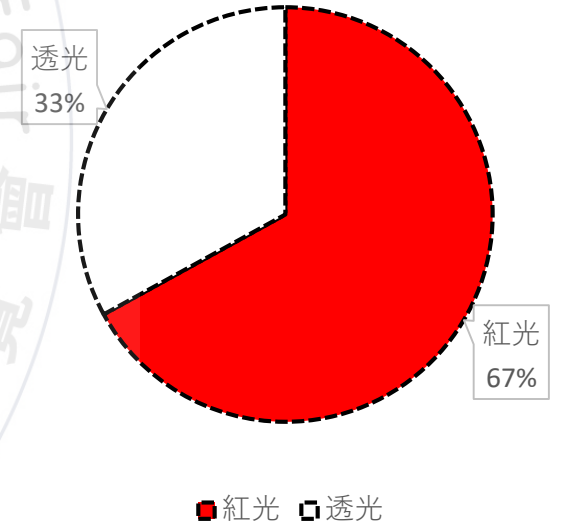
研究結果(三)

渦蟲有「在較短波長(藍光)下會有食物(蝦肉)」的記憶，可能影響渦蟲原本趨向紅色光的特性。

第一組 制約後(紅光)



第二組 制約後(紅光)



實驗(四)不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響

容器處理

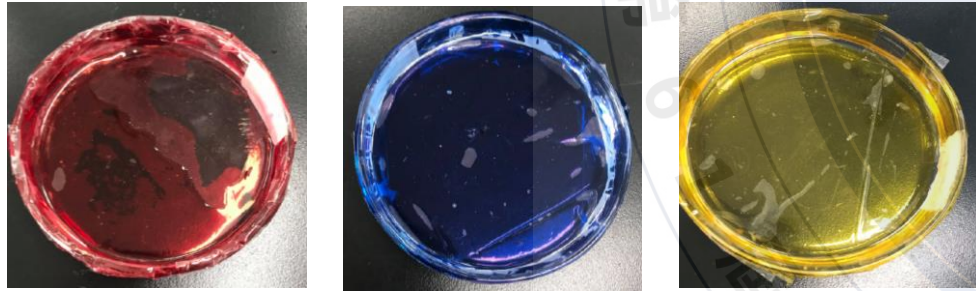
- 用不同顏色的玻璃紙(紅、藍、黃，共三組)包覆培養皿。

渦蟲

- 每組培養皿中各放入兩隻渦蟲(長度需一致)。
- 以自製切割刀切去渦蟲的頭(頭與身體之交接處)。

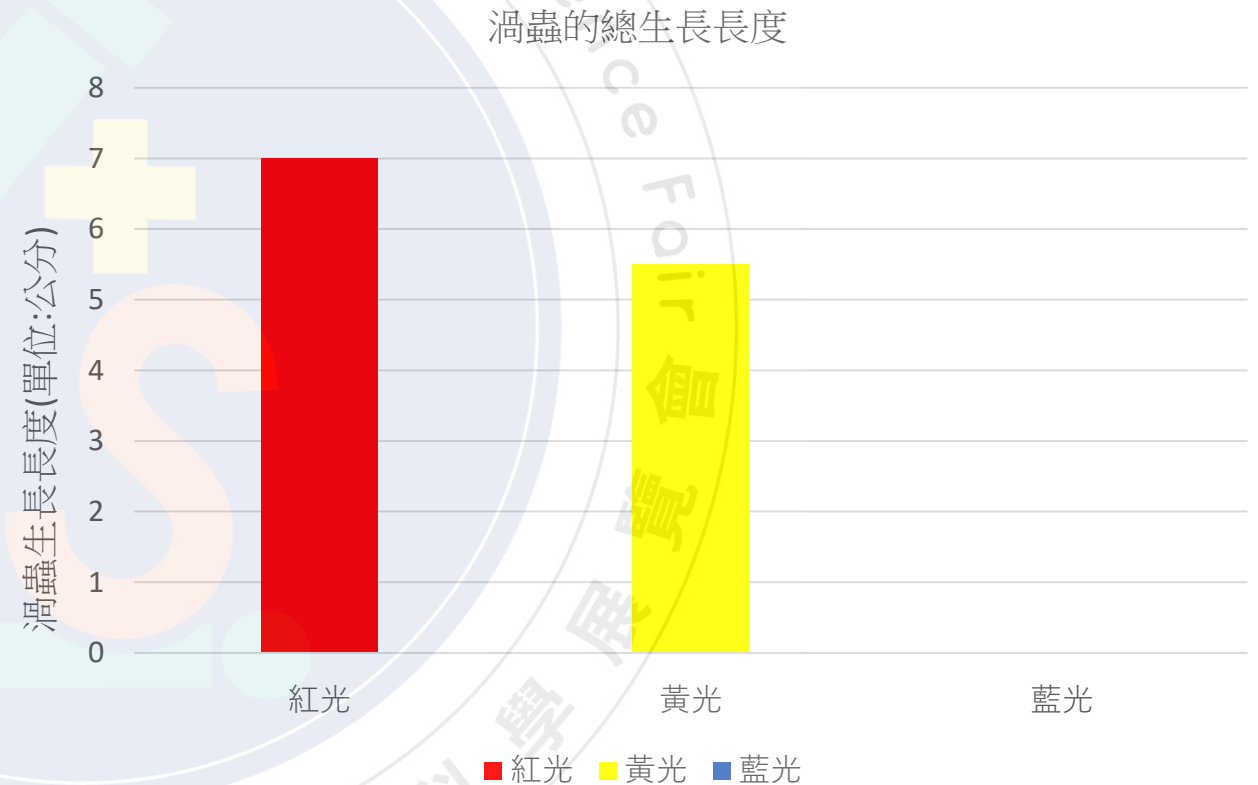
時間

- 每隔4-5天觀察、記錄渦蟲的生長情形。



研究結果(四)

渦蟲在其較趨向的色光下，生長的速率較快，也證明了色光確實會對細胞的生長有所影響。

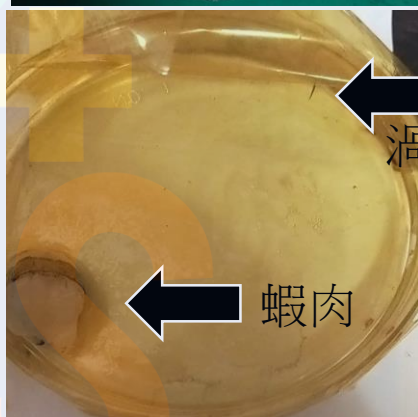
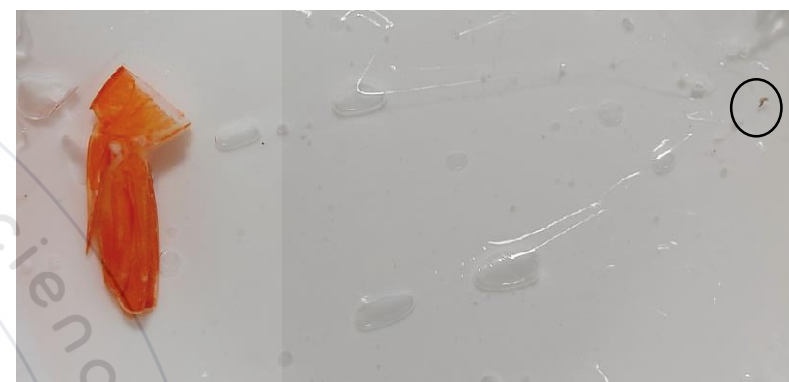


色光	部位	時間	成長長度		全成長長度	排行(多到少)
紅光	頭	109/12/21 13:00 至 109/12/28 13:00	0.5 mm	0.5 mm	2 mm	1
	尾		0 mm	1 mm		
黃光	頭		0 mm	0.5 mm	1.5 mm	2
	尾		0 mm	1 mm		
藍光	頭	-0.5 mm	-0.5 mm	0 mm	3	
	尾	0 mm	1 mm			
			渦蟲①	渦蟲②		

色光	部位	時間	長度		成長長度		全成長長度
紅光	頭	109/12/30 13:00	4.5 mm	5 mm	1.5 mm	1.5 mm	5 mm
	尾		6 mm	5 mm	2 mm	0 mm	
黃光	頭		4 mm	3.5 mm	2 mm	0 mm	4 mm
	尾		4.5 mm	5 mm	1.5 mm	0.5 mm	
藍光	頭	2 mm	2.5 mm	0 mm	0 mm	0 mm	
	尾	3.5 mm	4 mm	0 mm	0 mm		
			渦蟲①	渦蟲②	渦蟲①	渦蟲②	

實驗(五)不同色光對渦蟲記憶性的影響

- 容器處理**
 - 取三個培養皿，分別貼上不同顏色的玻璃紙（紅、藍、黃）。
- 渦蟲**
 - 將一隻渦蟲及蝦肉分別放置於培養皿直徑兩端，並記錄渦蟲成功找到蝦肉的時間。
- 時間**
 - 每組做兩次，兩次之間時間間隔一天。
 - 總共做五組(註:每一組每種色光使用不同批的渦蟲)。



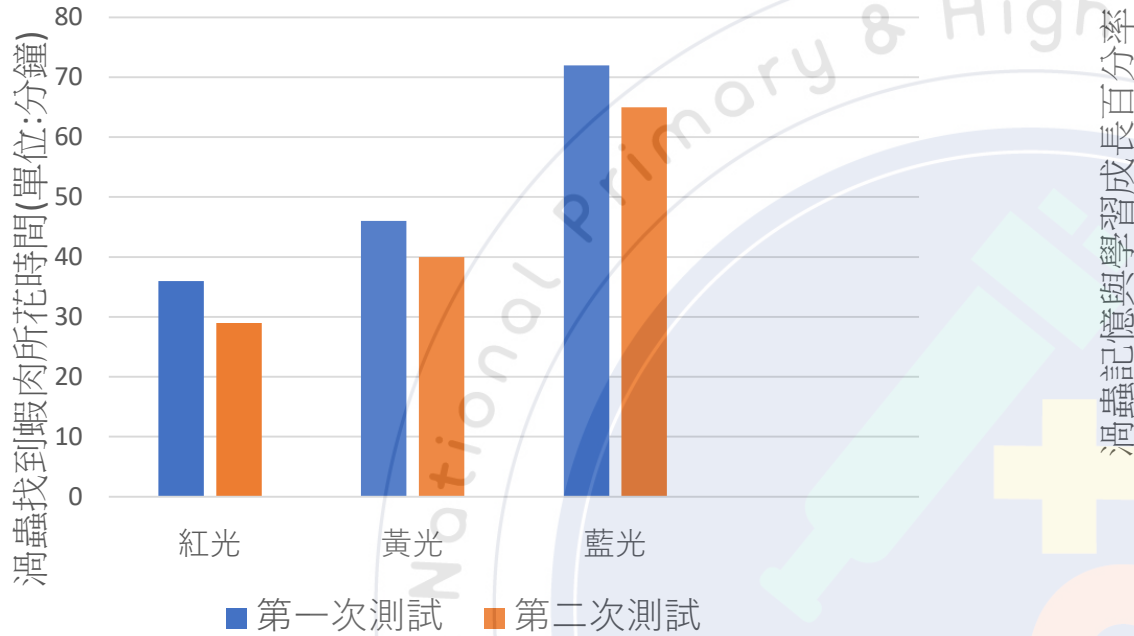
註:○處為渦蟲位置。

研究結果(五)

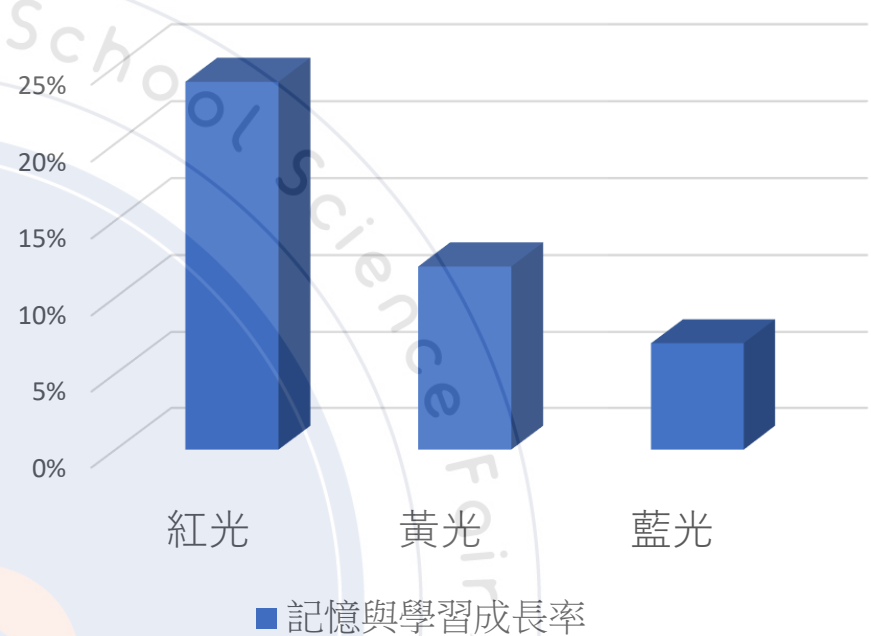
不同的色光影響渦蟲找到食物的速度。

項目	第一次測試	第二次測試	兩次相差時間
色光			
紅光	37分46秒	28分49秒	8分57秒
黃光	46分46秒	41分36秒	5分10秒
藍光	1小時16分45秒	1小時11分39秒	5分6秒

第一次、第二次測試平均值



記憶與學習成長率



註:實驗(五)不同色光對渦蟲記憶性的影響中，共有五組，每組分為第一次及第二次測試，且每一組每種色光使用不同的渦蟲。

	紅光	黃光	藍光
記憶與學習之成長百分率(註:記憶與學習之成長百分率=二次相差時間除以第一次時間)	0.236981465 ≈24%	0.120099786 ≈12%	0.066449511 ≈7%

討論

- 一、過去有研究顯示渦蟲的感光眼只能感應光的波長差異(賴金承、蔡凱捷、曾琦鈞。篇名:渦蟲眼點的感光原理及記憶行為探討)，本研究為確保所購買之渦蟲具有能感應波長長短的特性，因而重現其實驗。
- 二、實驗過程中，我們發現藍光對渦蟲是有傷害的，例如將它放置於藍光、透光的環境下，有時會有刻意的避開藍光，並沿著透光、藍光的界線走，再折返到透光處的現象。
- 三、光具有不需介質即能輕易穿透肌膚，藉由產生熱效應的特性使人體血液循環加速、增強組織修復等等效用。我們因而進一步思考:是否能將實驗(五)不同色光對渦蟲細胞再生修復的影響中的結果與之連結，作進一步的運用？
- 四、在不同色光對渦蟲的記憶能力之影響中，未來可用錄影的方式記錄渦蟲在不同色光下之行徑路線及覓食行為，或許會有不同的發現。

結論

- 一、渦蟲對色光的偏好：紅光最佳，黃光次之，藍光最差。
- 二、即使渦蟲對藍光具負趨向性，但是以食物訓練後能提升渦蟲往藍光移動的比例，說明學習行為能夠改變渦蟲對不同色光的趨向性。
- 三、不同色光會對渦蟲的再生修復及行動、記憶性有所影響。
- 四、在渦蟲較趨向的色光下，不論是細胞修復、提升記憶性等方面，皆有較好的效率。

未來展望

未來可針對渦蟲的感光細胞與它的神經系統之聯結作研究，期盼能對渦蟲感光的整體運作機制有更深入的了解。

參考資料

- 一、彭慧雯、曾昀婷、劉力文（2016）。渦光食色！群下的秘密—探討渦蟲個體與群體的游泳行為。第56屆科展作品。
- 二、維基百科。渦蟲綱。取自維基百科，渦蟲綱網址: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B6%A1%E8%99%AB%E7%BA%B2>
- 三、賴金承、蔡凱捷、曾琦鈞。篇名:渦蟲眼點的感光原理及記憶行為探討
- 四、唐僑志、李昱甫、劉希哲、廖奕翔(2005)。身首異處，記憶猶存！？。中華民國第四十五屆中小學科學展覽會，高中組生物(生命科學)科。
- 五、「磁伴渦行」-渦蟲的行為研究及在電磁場再生修復後的改變。中華民國第五十四屆中小學科學展覽會，高中組生物(生命科學)科。
- 六、鍾佩軒(2003)。渦蟲生態初探。第三旺宏科學獎成果報告書。
- 七、吳京一 (2001)。學習行為之神經生理。科學教育月刊，238，24-35。
- 八、黃鈞蕙、郭章儀、張永達 (2002)。再生作用。科學教育月刊，251，30-36。
- 九、光波能量療法。網址:<http://www.lukeclinic.com.tw/208092787433021373273027427861.html>
(詳細資料紀錄於書面報告)