

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

第三名

040709

身首異處，記憶猶存！？

臺中縣私立華盛頓高級中學

作者姓名：

高一 唐僑志 高一 李昱甫 高一 劉希哲
高一 廖奕翔

指導老師：

劉肇芳

第四十五屆中小學科學展覽會

身首異處，記憶猶存！？



科別：生物科

組別：高中組

作品名稱：身首異處、記憶猶存！？

關鍵詞：渦蟲×記憶×再生吧！

編號：

壹、摘要：

以各種不同的刺激如電、光、溫度、磁，施加於渦蟲，觀察其反應，以判定渦蟲的趨性，再使用制約的方法，使其改變原本的趨性藉此達到學習的效果，再對訓練後具有學習成果的渦蟲進行切割，探討渦蟲經斷裂生殖後所產生的子代的記憶效果。

貳、研究動機：

起初研究渦蟲的動機是爲了了解其神經細胞再生，而能使記憶保持不滅而達到知識接龍的效果，且藉此對比聯想至人類腦細胞，記憶延續的奧妙，以探求每個人都有的黑盒子，但在科學上仍留下許多空白領域的智慧之根－大腦。

參、研究目的：

以電、光、溫度、磁，訓練渦蟲，探究再生後的子代是否可延續前代的記憶？

肆、研究器材：

名稱	數量	名稱	數量
渦蟲	100 餘隻	電流計	1 台
自製解剖刀	1 支	電線	若干
氣泡石	1 顆	培養皿	16 個
滴管	4 支	水肺	1 台
小罐子	84 個	燒杯	2 個
蝦子	若干	飼育箱	1 個
溫度計	1 支	磁鐵	30 個
樂高積木	若干	冰塊	若干
碼表	1 個	日光檯燈	1 座
顯微鏡	1 座	曬衣夾	24 個



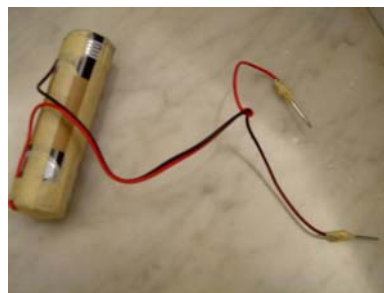
↑ 實驗器材



↑ 渦蟲



↑ 碼表



↑ 電池與電線



↑ 樂高積木



↑ 磁鐵



↑ 培養皿



↑ 滴管與燒杯



↑ 蝦肉



↑ 小罐子



↑ 冰塊



↑ 電流計



↑ 水肺與飼育箱



↑ 日光檯燈



↑ 自製解剖刀



↑ 溫度計



↑ 氣泡石



↑ 相機



↑ 複式顯微鏡

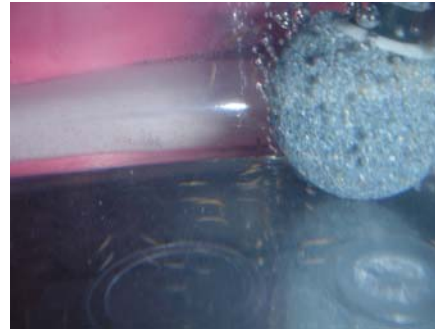
伍、研究過程或方法：

一、飼養渦蟲：

- (一) 從科博館和水族專賣店取得。
- (二) 將渦蟲置於飼育箱，加入蒸餾水至 6 分滿，並用水肺和氣泡石供給氧氣。
- (三) 每一個星期以煮熟的蝦肉餵食一次，餵食完後清洗魚缸(用滴管吸取雜質，再將渦蟲取出，全面清洗。)



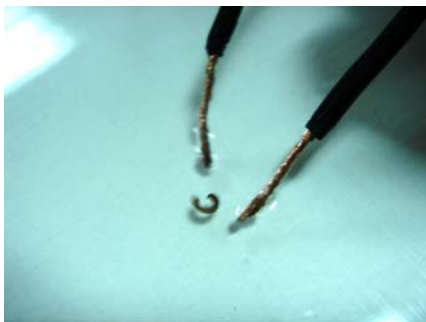
↑ 飼育箱和水肺的組合



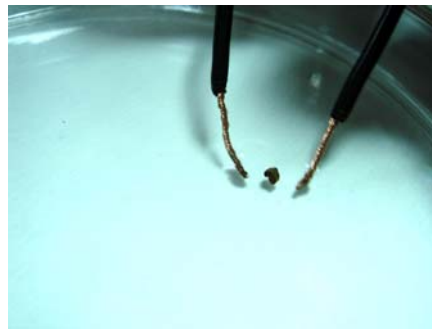
↑ 以氣泡石打氣

二、訓練過程及方法：

- (一) 選用 4 個可能對牠有影響的因素：電、溫度、光線、磁，各編號為 A、B、C、D。
- (二) 對 4 個因素各準備 12 隻渦蟲(共 48 隻)，對其編號 A1、A2、…、A12，B1、B2、…、B12，C1、C2、…、C12，D1、D2、…、D12，開始實驗。
- (三) 判定渦蟲是否被電的方法：電擊時，先將電極(3V)的兩端至入水中，在水面下移動至渦蟲兩端，以免引起水波。被電擊的渦蟲會捲曲成球狀，若牠正在移動時被電擊，會捲曲，也會改變其原來的運動方向。



↑ 首尾兩端加以電擊



↑ 被電擊的渦蟲會捲曲成球狀

- (四) 判定渦蟲是否已記憶的方法：將渦蟲從正中央放入具有正負因素(正電/負電、溫/冷、明/暗) 的培養皿中，待渦蟲靜止後觀察是否位在我們訓練他前往的區域(正電、溫、明)。

(五) 訓練過程：

1、電極對渦蟲的影響

(1) 測試趨性：

- (a) 取一培養皿，在其兩端各放置連接 2 顆 1 號電池(共計 3V)的正電、負電。
- (b) 將渦蟲放入培養皿中，發現它們習慣聚集到負電那一半，接著把正、負電位置對調，渦蟲將運動到新的負極，可見渦蟲有正趨電性，趨向負極。

(2) 訓練過程：

(a)方法一：

- (i) 準備十二個裝置好的培養皿，加入少許足以覆蓋培養皿底的水。
- (ii) 煮熟的蝦肉放入培養皿正極處約三分鐘，使蝦肉之味道擴散。
- (iii) 十二隻渦蟲分別放入裝置電極的培養皿中，讓牠自由運動。
- (iv) 當渦蟲接觸蝦肉時紀錄時間。
- (v) 訓練時間：共 4 天，每天餵食一次。
- (vi) 目的：用食物誘惑以訓練渦蟲習慣至正極覓食。

(vii) 實驗紀錄：

	2/10	2/11	2/12	2/13
A1	不接近食物	不接近食物	不接近食物	不接近食物
A2	不接近食物	50：33	48：21	不接近食物
A3	不接近食物	不接近食物	55：02	不接近食物
A4	36：14	不接近食物	不接近食物	不接近食物
A5	50：31	不接近食物	不接近食物	29：55
A6	不接近食物	不接近食物	不接近食物	不接近食物
A7	不接近食物	40：03	不接近食物	不接近食物
A8	不接近食物	不接近食物	不接近食物	不接近食物
A9	不接近食物	不接近食物	40：50	46：20
A10	不接近食物	不接近食物	不接近食物	不接近食物
A11	不接近食物	不接近食物	不接近食物	40：40
A12	不接近食物	不接近食物	不接近食物	不接近食物

時間單位(分：秒)

- (viii) 結果：渦蟲留在負極不移動，無法達到訓練的效果，故採取方法二。

(a)方法二：

- (i) 準備十二個裝置好的培養皿，加入少許足以覆蓋培養皿底的水。
- (ii) 十二隻渦蟲分別放入培養皿常溫的水中，不放置任何食物。
- (iii) 渦蟲爬到負極不走時，加以電擊(3V、30MA)，驅使牠前往正極。
- (iv) 紀錄電擊後渦蟲爬到正極的平均時間。

(v) 訓練時間：共 5 天，平均每天電擊 30~40 次。

(vi) 目的：用電擊的方式訓練渦蟲不到負極停留。

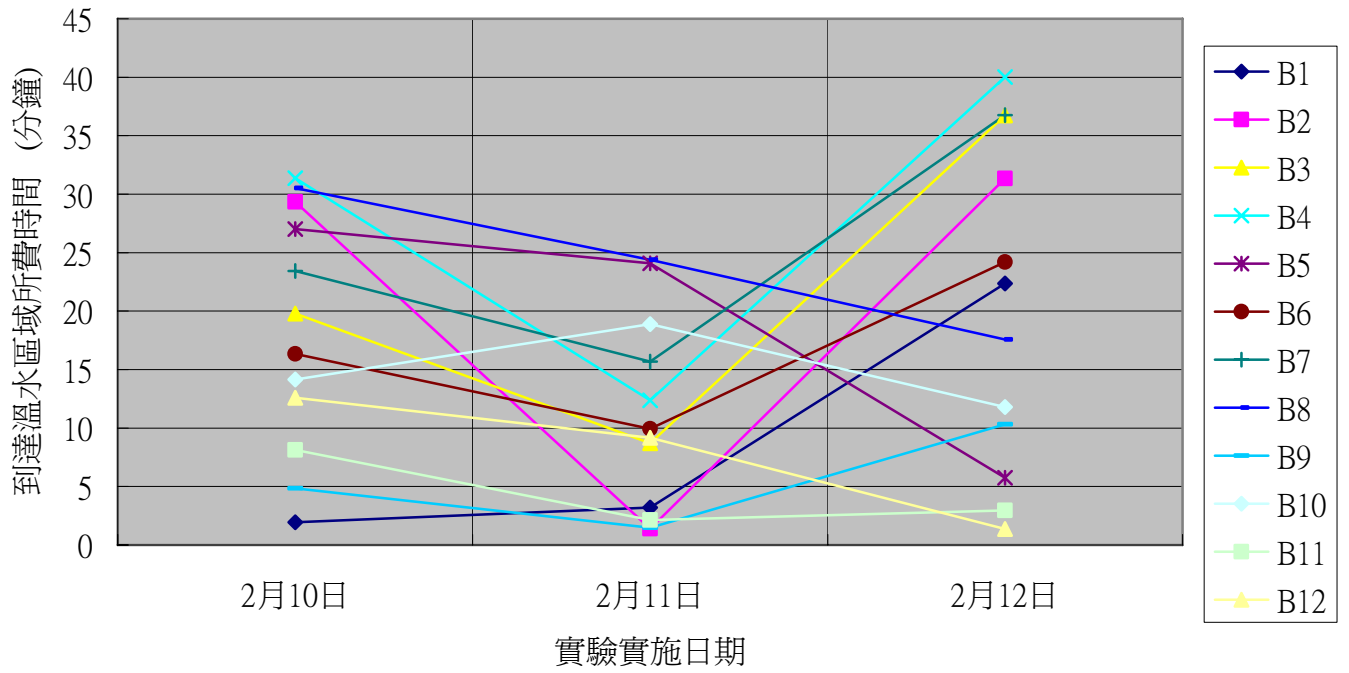
(vii) 實驗紀錄：

	2/15	是否 記憶	2/16	是否 記憶	2/17	是否 記憶	2/18	是否 記憶	2/19	是否 記憶
A1	10:03	否	07:56	否	04:33	否	02:08	否	00:30	是
A2	16:15	否	16:00	否	10:22	否	03:40	否	01:32	是
A3	10:55	否	06:30	否	03:45	否	01:50	否	00:30	是
A4	13:05	否	07:03	否	04:27	否	03:30	是	×	是
A5	09:08	否	08:56	否	08:57	否	05:06	否	03:00	是
A6	24:05	否	16:23	否	13:22	否	08:54	否	04:36	是
A7	22:51	否	15:40	否	15:50	否	09:00	否	05:12	是
A8	38:23	否	31:03	否	26:20	否	13:03	否	07:22	是
A9	10:59	否	07:50	否	03:00	否	00:40	是	×	是
A10	25:45	否	19:31	否	09:00	否	03:02	否	05:26	是
A11	33:43	否	22:41	否	15:22	否	10:40	否	05:10	是
A12	08:22	否	04:10	否	02:21	否	00:23	是	×	是

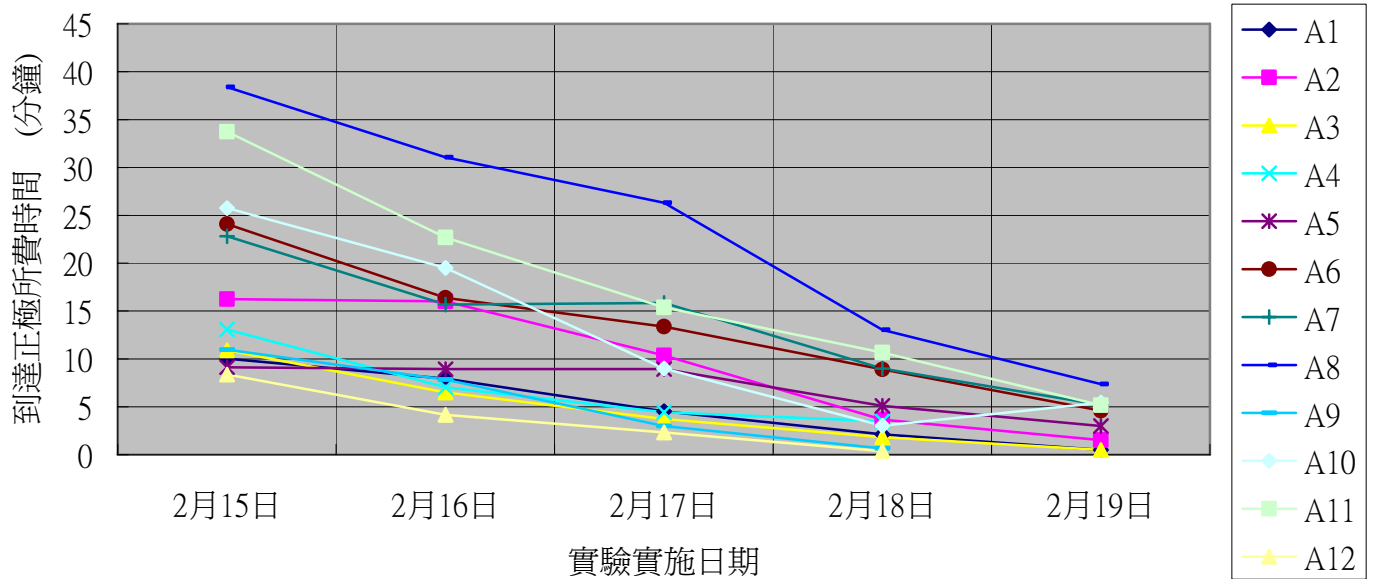
時間單位(分：秒)

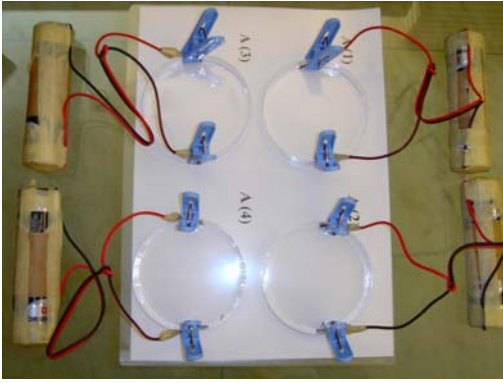
(viii) 結果：在第五天十二隻渦蟲放入培養皿後皆爬向正極處停留。

溫度對渦蟲之影響(實驗方法一)實驗結果

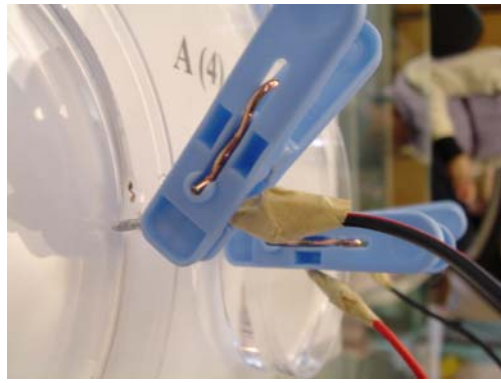


電極對渦蟲之影響(實驗方法二)實驗結果

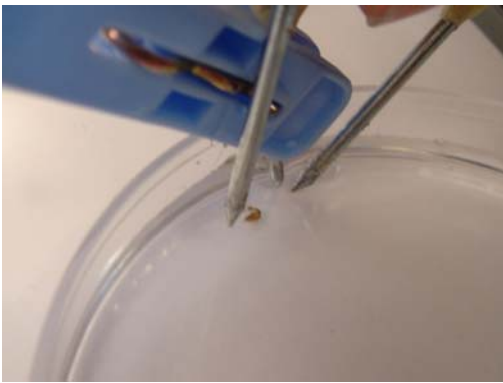




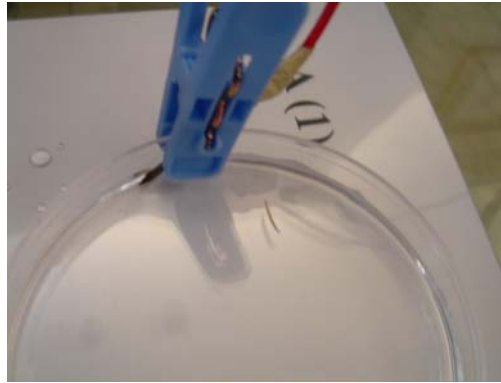
↑ (1) 將電池置於培養皿兩端



↑ (2) 渦蟲原本爬到負極



↑ (3) 渦蟲在負極就加以電擊



↑ (4) 被電擊過的渦蟲將爬到正極

2、溫度對渦蟲的影響

(1) 測試趨性：

- (a) 取一培養皿，在其下方一半放置冰塊並用塑膠袋包著，使水溫大約維持在 13°C，另一半用樂高積木墊著，水溫為常溫，並保持培養皿的水平。
- (b) 將渦蟲放入培養皿中，發現它們習慣聚集到有放置冰塊的那一半，接著把培養皿底下的冰塊位置對調，渦蟲將運動到新的冰塊處。可見渦蟲有偏向低溫的習性。

(2) 訓練過程：

(a) 方法一：

- (i) 備十二個裝置好的培養皿，加入少許足以覆蓋培養皿底的水。
- (ii) 煮熟的蝦肉放入培養皿常溫的水中約三分鐘，使蝦肉之味道擴散。
- (iii) 後把十二隻渦蟲分別放入培養皿的冰水中，讓牠自由運動。
- (iv) 紀錄電擊後渦蟲爬到溫水區域的平均時間。
- (v) 訓練時間：共 3 天，每天餵食一次。
- (vi) 目的：用食物誘惑以訓練渦蟲習慣至溫水處覓食。

(vii) 實驗紀錄：

	2/10	2/11	2/12
B1	01 : 56	03 : 12	22 : 16
B2	29 : 20	01 : 24	31 : 20
B3	19 : 48	08 : 42	36 : 43
B4	31 : 23	13 : 23	40 : 02
B5	27 : 02	24 : 06	05 : 45
B6	15 : 20	09 : 56	24 : 12
B7	23 : 25	15 : 41	36 : 45
B8	30 : 31	24 : 23	17 : 35
B9	04 : 51	01 : 29	10 : 19
B10	14 : 09	18 : 54	11 : 48
B11	08 : 07	02 : 08	02 : 57
B12	12 : 36	09 : 11	01 : 22

時間單位(分：秒)

- (viii) 結果：渦蟲爬至溫水處覓食。但因為此方法成效不彰，故更改為方法二。

(b)方法二：

- (i) 準備十二個裝置好的培養皿，加入少許足以覆蓋培養皿底的水。
- (ii) 接著把十二隻渦蟲分別放入培養皿常溫的水中，不放置任何食物。
- (iii) 當渦蟲爬到冰水處並遲遲不走時，加以電擊(3V、30MA)，驅使牠前往溫水處。
- (iv) 紀錄電擊後渦蟲爬到溫水區域的平均時間。
- (v) 訓練時間：共 4 天，平均每天電擊 20~30 次。
- (vi) 目的：用電擊的方式訓練渦蟲不到冰水處停留。

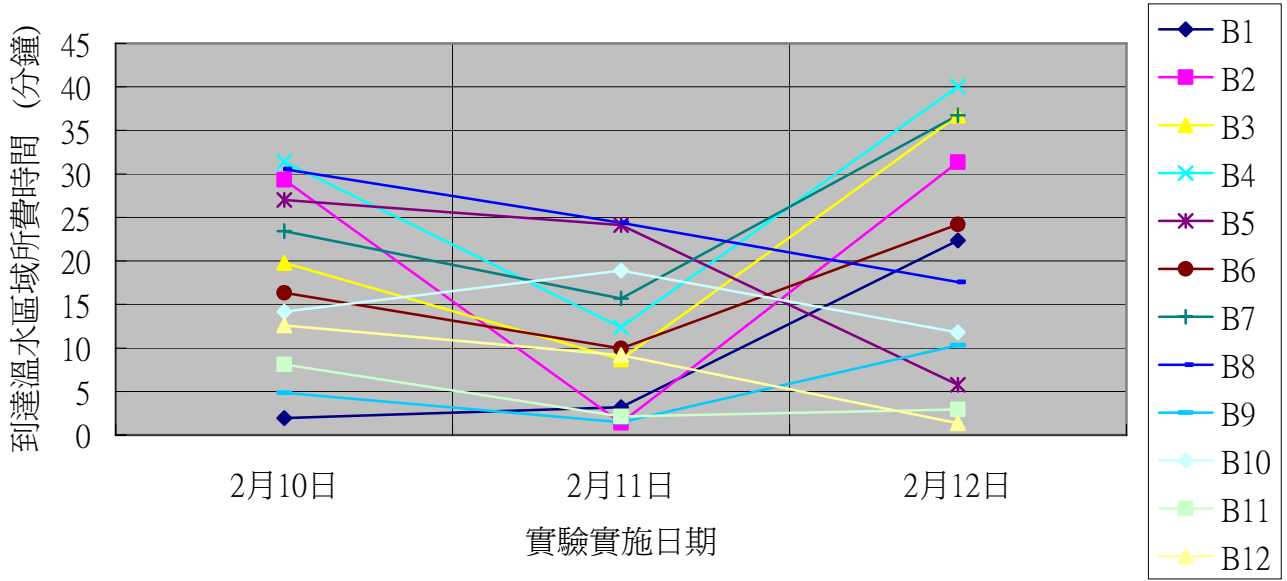
(vii) 實驗紀錄：

	2/15	是否記憶	2/16	是否記憶	2/17	是否記憶	2/18	是否記憶
B1	01 : 41	否	01 : 38	否	05 : 51	是	×	是
B2	00 : 58	否	01 : 44	否	06 : 12	是	×	是
B3	02 : 36	否	00 : 55	否	04 : 31	否	11 : 28	是
B4	00 : 43	否	01 : 27	否	08 : 11	是	×	是
B5	03 : 25	否	05 : 32	是	×	是	×	是
B6	00 : 56	否	01 : 03	否	06 : 45	是	11 : 28	是
B7	04 : 02	是	×	是	×	是	×	是
B8	04 : 47	否	18 : 11	否	05 : 36	是	7 : 42	是
B9	00 : 54	否	09 : 07	否	04 : 03	是	×	是
B10	00 : 26	否	02 : 18	是	×	是	×	是
B11	04 : 15	否	03 : 32	否	07 : 05	否	14 : 59	是
B12	06 : 09	否	01 : 58	是	×	是	×	是

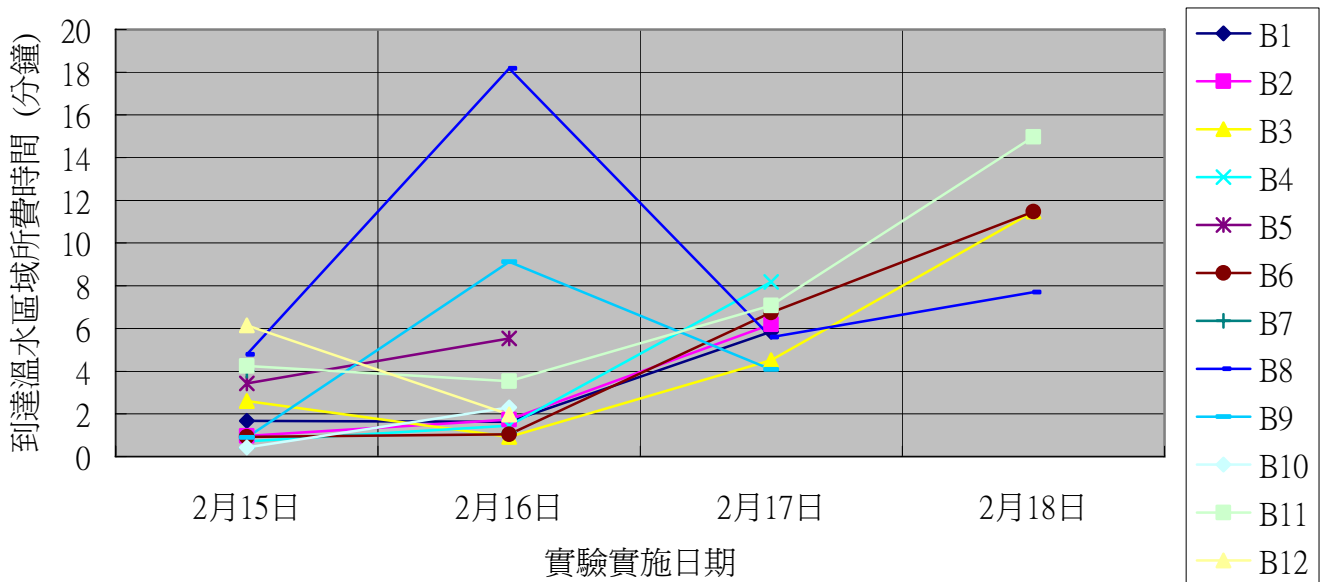
時間單位(分：秒)

- (viii) 結果：在第 4 天十二隻渦蟲放入培養皿後皆爬向溫水處停留。

溫度對渦蟲之影響(實驗方法一)實驗結果



溫度對渦蟲之影響(實驗方法二)實驗結果

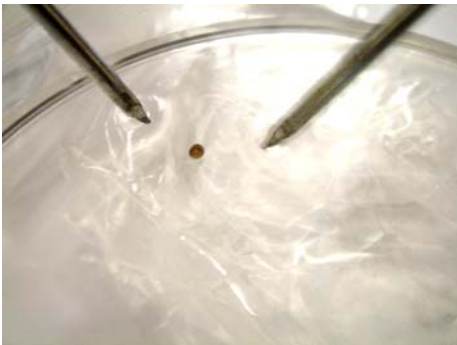




↑ (1) 培養皿兩端各放冰塊、積木



↑ (2) 渦蟲原本爬到冰水處



↑ (3) 渦蟲在冰水處就加以電擊



↑ (4) 被電擊過的渦蟲將爬到溫水處

3、光線對渦蟲的影響

(1) 測試趨性：

- (a) 取一培養皿，加入少許足以覆蓋培養皿底的水，將其一半用厚紙板遮蓋，在正上方用白色日光燈照射，使培養皿分為明暗兩區。
- (b) 將渦蟲放入培養皿的中間處，結果顯示它們偏好於聚集到被遮蓋的那一半。接著將明暗對調，渦蟲還是會爬到暗處。由此可證明渦蟲的天性是待在於暗處。

(2) 訓練過程：

(a) 方法一：

- (i) 準備十二個潔淨的培養皿，以測定趨性的方法裝置。
- (ii) 將煮熟的蝦肉放入培養皿的水中約三分鐘，使蝦肉之味道擴散。
- (iii) 後把十二隻渦蟲分別放入培養皿的中間，讓牠自由運動。
- (iv) 紀錄電擊後渦蟲爬到明亮處的平均時間。
- (v) 訓練時間：共 3 天，每天餵食一次。
- (vi) 目的：用食物誘惑以訓練渦蟲習慣至明亮處覓食。

(vii) 實驗紀錄：

	2/10	2/11	2/12
C1	06 : 37	34 : 27	39 : 46
C2	03 : 11	01 : 03	15 : 24
C3	10 : 23	04 : 19	11 : 53
C4	31 : 43	08 : 17	04 : 16
C5	05 : 16	04 : 09	05 : 26
C6	10 : 24	09 : 15	13 : 48
C7	18 : 13	01 : 56	15 : 21
C8	02 : 05	15 : 54	00 : 58
C9	06 : 01	02 : 45	12 : 36
C10	01 : 48	12 : 56	14 : 17
C11	07 : 26	00 : 45	04 : 45
C12	00 : 53	01 : 12	01 : 51

時間單位(分：秒)

- (viii) 結果：渦蟲爬至明亮處覓食。但因為此方法成效不彰，故更改為方法二。

(b)方法二：

- (i) 準備十二個潔淨的培養皿，以測定趨性的方法裝置，此外利用物品將厚紙板架高，以方便電擊。
- (ii) 接著把十二隻渦蟲分別放入培養皿的水中，不放置任何食物。
- (iii) 當渦蟲停留在暗處並遲遲不走時，即予以電擊(3V、30MA)數次，驅使牠前往明亮處。
- (iv) 紀錄電擊後渦蟲爬到明亮處的平均時間。
- (v) 訓練時間：共 5 天，平均每次電擊 3~6 次。
- (vi) 目的：用電擊的方式訓練渦蟲不到暗處停留。

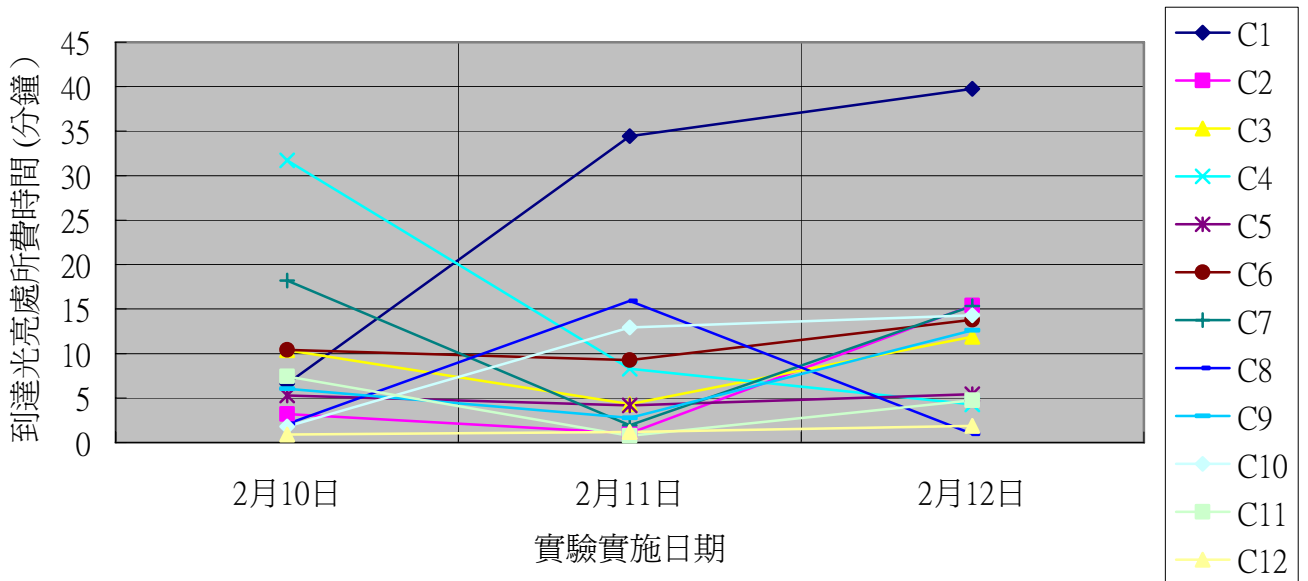
(vii) 實驗紀錄：

	2/15	是否 記憶	2/16	是否 記憶	2/17	是否 記憶	2/18	是否 記憶	2/19	是否 記憶
C1	02:12	否	02:36	否	01:27	否	00:46	是	×	是
C2	02:43	否	02:18	否	00:48	是	×	是	×	是
C3	05:56	否	05:12	否	02:46	否	01:32	是	×	是
C4	10:41	否	07:17	否	04:39	否	03:11	否	02:27	是
C5	21:37	否	26:36	否	20:48	否	14:36	否	07:12	是
C6	16:14	否	15:28	否	14:14	否	05:15	是	×	是
C7	14:05	否	12:48	否	10:02	是	×	是	×	是
C8	33:43	否	23:31	否	12:14	否	12:37	否	05:27	是
C9	44:05	否	30:36	否	32:27	否	19:31	是	×	是
C10	32:01	否	23:30	否	15:26	否	09:16	否	04:25	是
C11	38:23	否	31:52	否	26:48	否	13:20	否	02:11	是
C12	25:45	否	17:29	否	20:55	是	×	是	×	是

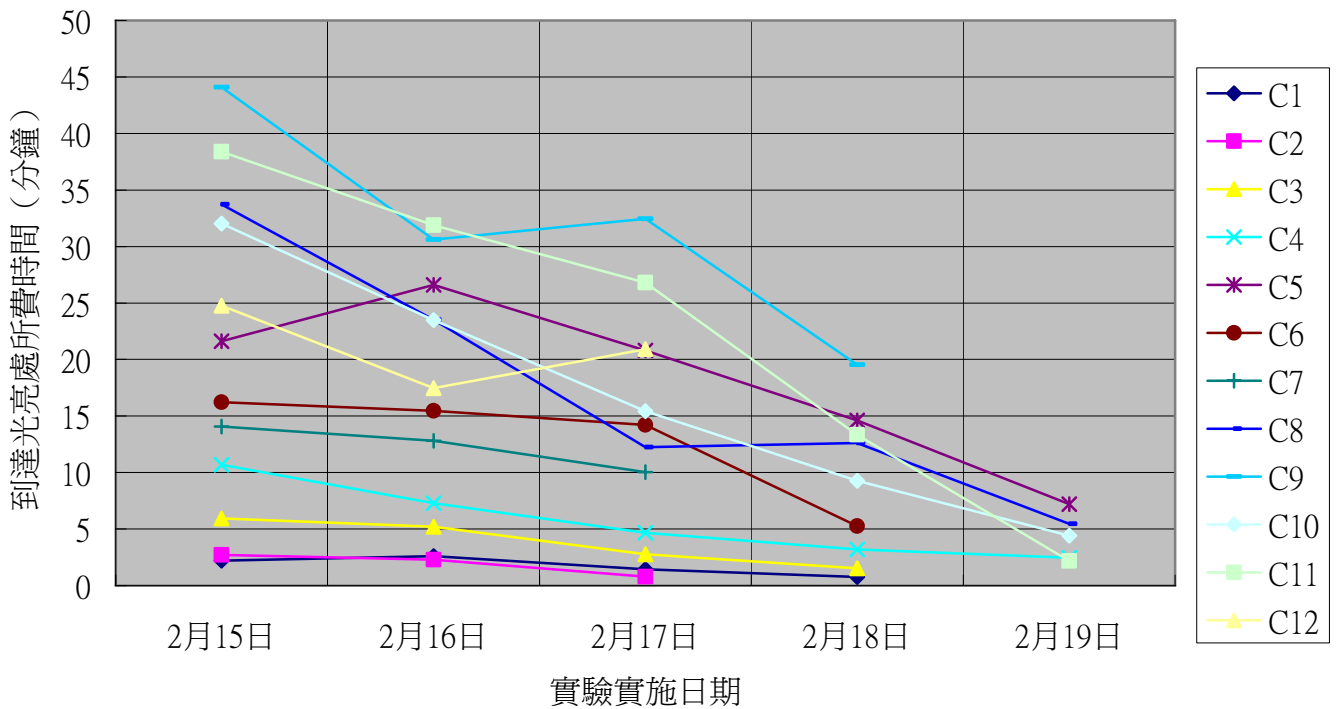
時間單位(分：秒)

- (viii) 結果：在第 5 天十二隻渦蟲放入培養皿後皆爬向明亮處停留。

光線對渦之影響(實驗方法一)實驗結果



光線對渦蟲之影響(實驗方法二)實驗結果





↑ (1) 以厚紙板遮住一半的燈光



↑ (2) 渦蟲原本爬到陰暗處



↑ (3) 渦蟲在陰暗處就加以電擊



↑ (4) 被電擊過的渦蟲將爬到明亮處

4、磁力對渦蟲的影響

(1) 測試趨性：

(a) 取一培養皿，並於左右二端放置 N 極、S 極二磁鐵。

(b) 將渦蟲放入培養皿中，發現它們對於 N 極、S 極並無特別偏好。即使其碰巧停留於某一極，在對調磁極後亦無反應。



↑ (1) 培養皿兩端各放置 N、S 極

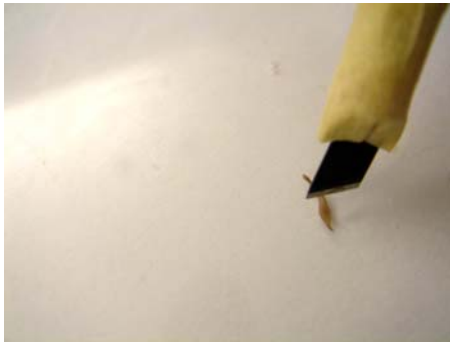


↑ (2) 渦蟲沒有特別喜好的磁極

(c) 討論：渦蟲對於磁極無反應之原因，據討論後應為渦蟲體內並無存在磁性物質，故不採用。

(六) 切割：在前面三組(A、B、C) 訓練完後，將經過學習的渦蟲進行切割，切割方法如下：

- (1) 在培養皿內注入水，爲了減少水的影響，並讓渦蟲充分伸展以利切割，故使水的高度盡量維持在 1~2mm 左右。
- (2) 放入渦蟲以自製解剖刀切割，切割位置在距離頭部 3 分之 1 處橫切。
- (3) 將切開後，頭部的編號碼加上“h”，尾部的編號碼加上“t”，以利區別。
- (4) 將頭部和尾部分別裝入做了記號的小罐子內飼養，兩天換一次水。
- (5) 約 9 天後，分別長出頭尾。

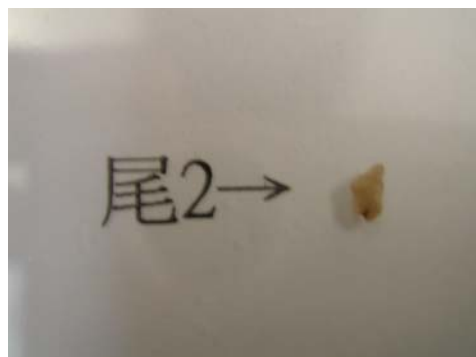


↑(1) 切割渦蟲



↑(2) 一刀兩段！

9 天的成長紀錄：





首7→



尾7→



首8→



尾8→



首9→



尾9→



(七) 分別測定頭尾的記憶：

(1) 將切割過且長出頭尾的第一子代從正中央放入具有正負因素(正電/負電、溫/冷、明/暗) 的培養皿中，待其靜止後觀察是否位在我們訓練他前往的區域(正電、溫水、明亮)，並紀錄到達的時間。

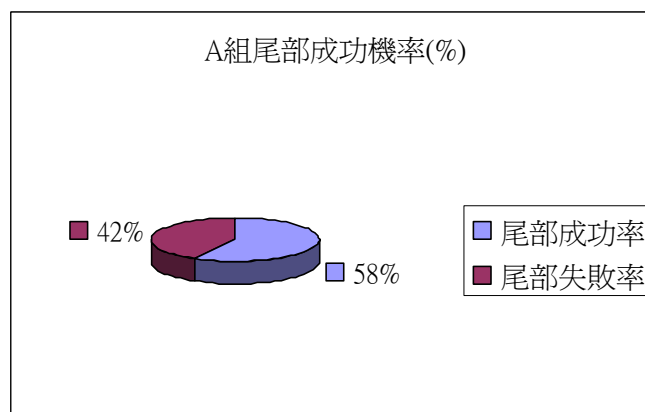
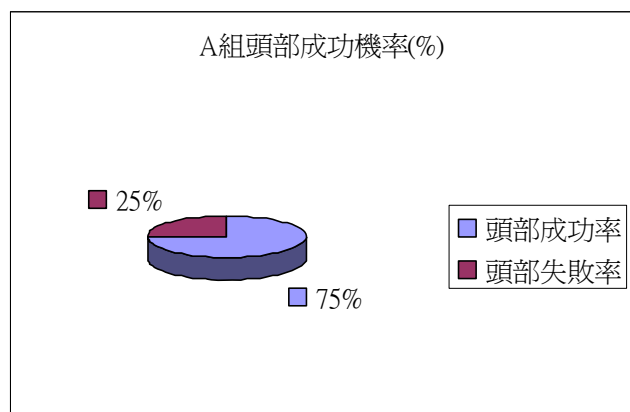
(2) 測定結果：

(a) A 組的記憶測定：

(i) A 組頭部：

組別	A1h	A2h	A3h	A4h	A5h	A6h	A7h	A8h	A9h	A10h	A11h	A12h
到達正極時間	×	×	30 : 40	06 : 54	12 : 13	05 : 21	48 : 18	01 : 20	02 : 02	×	11 : 27	07 : 33
是否記憶	否	否	是	是	是	是	是	是	是	否	是	是

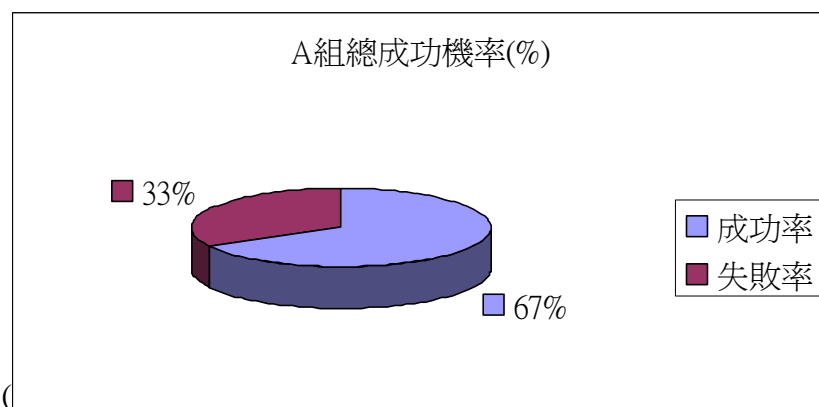
時間單位(分：秒)



(ii) A 組尾部：

組別	A1t	A2t	A3t	A4t	A5t	A6t	A7t	A8t	A9t	A10t	A11t	A12t
到達正極時間	23 : 21	×	×	×	10 : 12	09 : 34	03 : 52	11 : 08	×	03 : 41	×	12 : 29
是否記憶	是	否	否	否	是	是	是	是	否	是	否	是

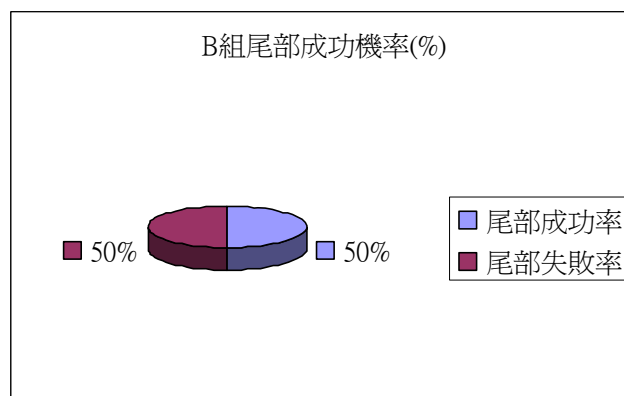
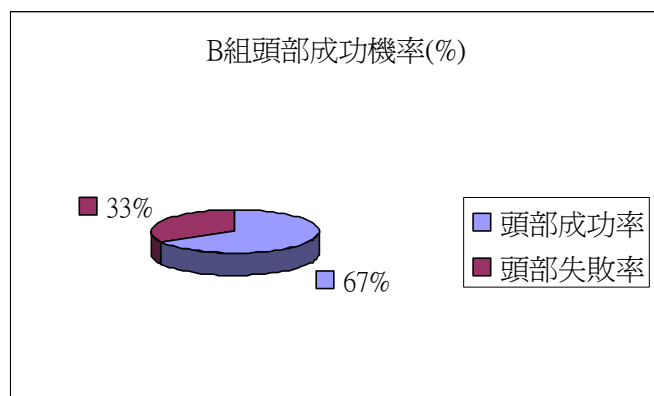
時間單位(分：秒)



(i) B 組頭部：

組別	B1h	B2h	B3h	B4h	B5h	B6h	B7h	B8h	B9h	B10h	B11h	B12h
到達 溫水 時間	09 : 15	31 : 26	×	×	01 : 24	×	00 : 32	10 : 14	21 : 56	×	10 : 02	06 : 25
是否 記憶	是	是	否	否	是	否	是	是	是	否	是	是

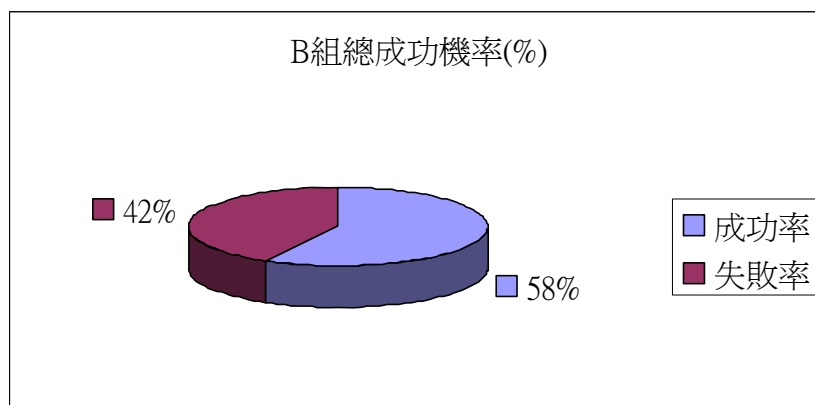
時間單位(分：秒)



(ii) B 組尾部：

組別	B1t	B2t	B3t	B4t	B5t	B6t	B7t	B8t	B9t	B10t	B11t	B12t
到達 溫水 時間	×	×	11 : 02	×	02 : 01	×	07 : 21	×	21 : 39	23 : 37	×	12 : 17
是否 記憶	否	否	是	否	是	否	是	否	是	是	否	是

時間單位(分：秒)

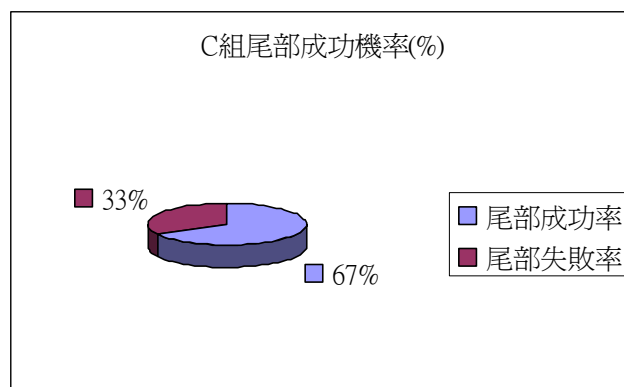
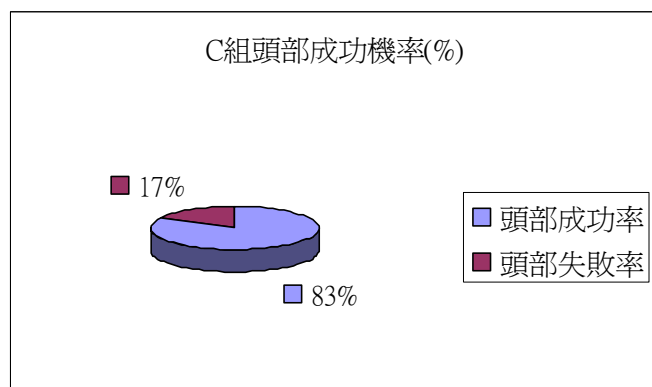


(c) C 組的記憶測定：

(i) C 組頭部：

組別	C1h	C2h	C3h	C4h	C5h	C6h	C7h	C8h	C9h	C10h	C11h	C12h
到達明亮時間	13 : 05	×	04 : 57	02 : 51	12 : 53	31 : 27	×	40 : 49	15 : 35	03 : 56	18 : 21	21 : 20
是否記憶	是	否	是	是	是	是	否	是	是	是	是	是

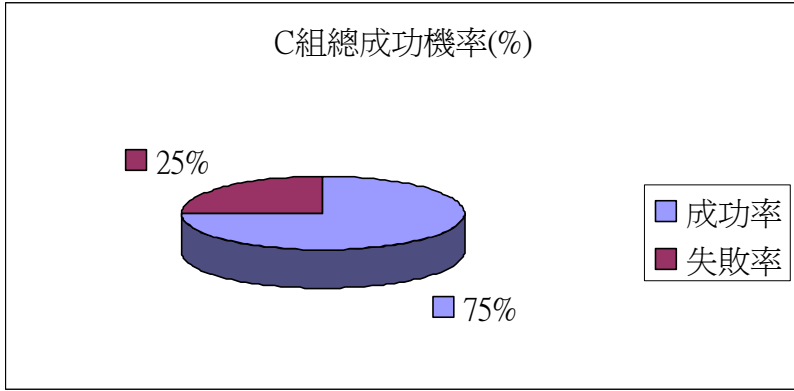
時間單位(分：秒)



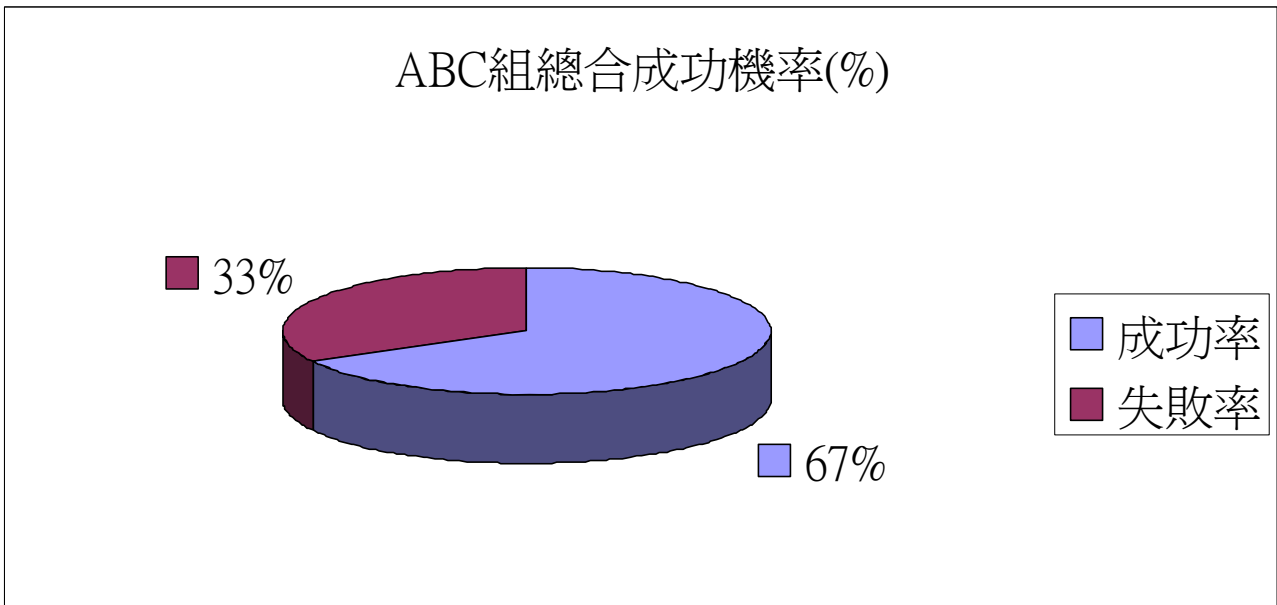
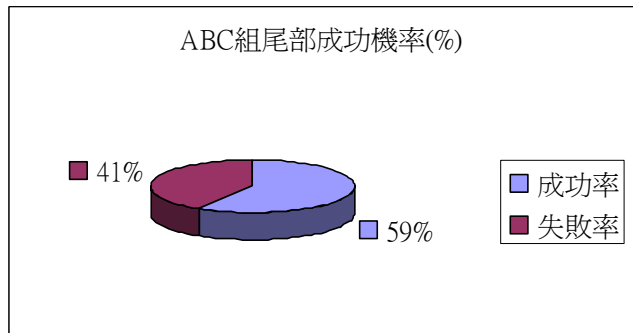
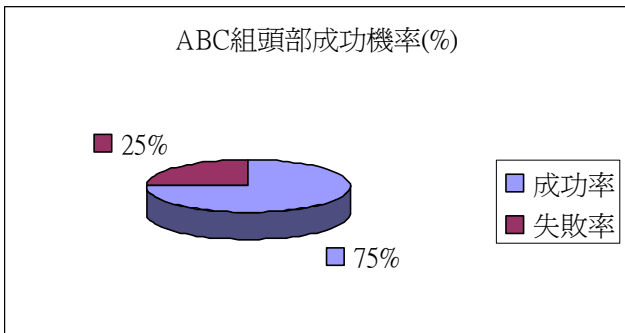
(ii) C 組尾部：

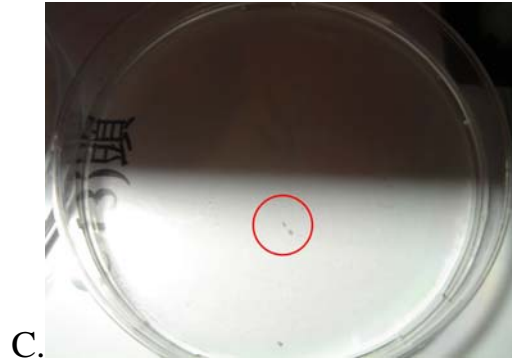
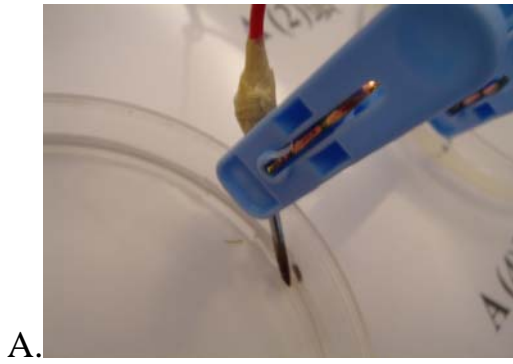
組別	C1t	C2t	C3t	C4t	C5t	C6t	C7t	C8t	C9t	C10t	C11t	C12t
到達明亮時間	×	09 : 29	×	死亡	17 : 21	65 : 21	19 : 35	×	42 : 17	14 : 54	05 : 48	14 : 07
是否記憶	否	是	否	×	是	是	是	否	是	是	是	是

時間單位(分：秒)



(d) A、B、C 組分類機率：





← ↑ 記憶測定の結果

陸、研究結果：

在三項不同的實驗中，等待渦蟲完全停至某一定點(平均約半小時)再行觀察是否有學習效果。結果顯示，再生頭部的學習記憶能力測試成功率 75%，尾部的學習記憶能力測試成功率 59%，顯示再生的渦蟲可能具有記憶傳承的能力。

柒、討論：

- 一、頭部的記憶能力較尾部佳。
- 二、頭部的生存率較尾部高。
- 三、切割後的體型較原來體型小。
- 四、切割後再生時的活動力較弱。
- 五、切割後長成的個體活動力與原個體相同。
- 六、不採用紫外光作為變因的原因：經紫外線照射後多數死亡。
- 七、不採用紅外光作為變因的原因：紅外光的溫度不易區隔。
- 八、不採用食物作為變因的原因：我們很難掌握渦蟲的飽食與否。
- 九、不採用鹽度作為變因的原因：鹽水會使渦蟲脫水而死。
- 十、因大部分具記憶的構造位於頭部，故頭部較尾部有較高的成功率。
- 十一、無法達百分之百成效的原因：
 - (一) 渦蟲本身為較低等的動物，且神經較不發達，故無法完全記住如此複雜的訓練。
 - (二) 成長須時過長，渦蟲在切割後有九天的成長期未受訓練，所以牠已將之前訓練的過程遺忘。
- 十二、對照組：
 - (一) 以同樣方式培養渦蟲但不加以電擊。
 - (二) 每天測試渦蟲，發現渦蟲必移向原趨性處(負電、冰水、暗處)。
 - (三) 切割對照組渦蟲並使其完全長成。
 - (四) 測試渦蟲，發現渦蟲依舊移向原趨性處(負電、冰水、暗處)。
 - (五) 與實驗組比較，可得知經訓練過的渦蟲，確實有記憶的效果。

捌、結論：

由實驗資料顯示，渦蟲在身首異處後(橫切)記憶有殘存在子代中的傾向，特別是子代與未經訓練的母代相較，已有不同的趨性。以再生頭部為例，75%的子代，和最初母代完全不受影響的情況，有很大的轉變。更奇妙的是，沒有腦細胞殘存的再生尾部之中，依然有 59% 具有記憶留下。經由訓練後，已能大致了解渦蟲可能有記憶傳遞行為。有藉於此，對於一隻小小的渦蟲而言，能有如此奧妙的機制，實在是非常地令人驚訝！！更何況是稱為萬物之靈的人類呢？我們擁有充足的腦容量，能容納繁複的記憶，利用我們獨特的思考力和創造力，必定能解讀神秘的黑盒子一大腦，並在這空白的領域留下繽紛的色彩，以此造福人群，進而邁向科學的一大步。

玖、參考資料：

網頁名稱	網址
(90)臺北市立中山女子高級中學 科學暨藝文展覽會 作品說明書	http://www.csghs.tp.edu.tw/student/90science/b/b_7.htm
部頒教科書－生殖(渦蟲)	http://www.wcjs.tcc.edu.tw/bio/textbook/ch07/supply7-2-0.htm
華文生技網	http://www.bioweb.com.tw

作者	書名	版次	出版地	出版社	頁數	出版年
任淑仙	無脊椎動物學(上)	第二版	台北市	淑馨出版社	p180~p203	西元 2000 年
長野敬	牛頓科學研習百科 (生命)	第一版	台北市	牛頓出版股 份有限公司	P134	西元 1993 年
小原秀雄、 小菅貞男、 內田康夫、 日浦勇、 布村昇、 松井孝爾、 廣崎芽次	牛頓科學研習百科 (動物)	第一版	台北市	牛頓出版股 份有限公司	P74	西元 1993 年
田中英彥	牛頓科學研習百科 (人體)	第一版	台北市	牛頓出版股 份有限公司	P119~p121	西元 1993 年

作者	出版年	論文篇名	期刊名稱	卷期	頁數
菲爾德(Douglas Fields)	2005	深植記憶	科學人	37	P94~P101
鄭仕坤	2005	記憶真的來自實際經驗嗎?	科學人	37	P102~P103

※ **Special thanks**：一、指導老師：劉肇芳老師。

二、渦蟲提供者：(一) 國立台中自然科學博物館，蔡義田先生。

(二) 人一水族館。

三、器材贊助：創意自然科學研習中心，葉家驊先生。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

高中組 生物(生命科學)科

第三名

040709

身首異處，記憶猶存！？

臺中縣私立華盛頓高級中學

評語：

1. 能觀察並記錄渦蟲之記憶、學習
2. 建議加強對國外的研究參考資料之搜尋
3. 鼓勵繼續深入研究