

中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

國中-生物科

科 別：生 物 科

組 別：國 中 組

作品名稱：水中的 F117—大肚魚

關 鍵 詞：體色變化、鑽地行為、學習能力

編 號：030308

學校名稱：

桃園縣立大成國民中學

作者姓名：

吳月里、邱怡瑄、楊廷詠

指導老師：

王麗珍、彭慶英



一、摘要:

本實驗探討大肚魚適應環境之方式以及大肚魚對顏色探究與學習能力之相關性，主要內容如下：

生殖方面：體內受精、卵胎生、一年四季的生產、族群中雌雄數量比約 3：1 及性反射刺激，此皆有助於種族的延續。

生存方面：攝食具活動力的餌；對細長形且會動之物體，具攻擊性傾向；體色會隨所處周遭環境顏色改變；刺激源（強度及加速度改變）影響鑽地隻數，上述皆有利大肚魚獵補食物或避免受到敵害攻擊。

學習能力與探究行為：探究行為出現時，先前學習經驗及防禦反射——鑽地行為均受到抑制，但大肚魚對顏色的偏好，會影響探究行為之表現。

（作品名稱由來：我們認為大肚魚在水中有如 F117 隱形戰機般，具反雷達、隱形、快速等特色，此對大肚魚之生存具重要意義。）

二、研究動機

學期中，我們在實驗室看到大肚魚，發現牠很可愛，肚子大大的在水中游來游去，仔細一看魚兒的體色不盡相同，老師說這是一種食蚊魚，且告訴我們如何分辨雌雄，當仔細靠近一看時，魚兒立刻鑽入石頭中，在石縫中看到剛出生的小仔魚，引起我們對牠的好奇心，開始我們的探索大肚魚之旅。

三、研究目的

- (一) 觀察大肚魚生殖行為。
- (二) 藉由不同活動力的餌來探討大肚魚的擇食。
- (三) 藉由改變周遭環境顏色來探討大肚魚的體色變化。
- (四) 大肚魚是否會因不同程度的刺激而影響其鑽地行為。
- (五) 大肚魚是否會因加速度的改變而影響鑽地隻數。
- (六) 大肚魚是否有學習能力。

四、實驗器材

實驗一：大肚魚(雌雄各十隻)、曝氣的水、數位攝影機、昆蟲箱(1 個)、網子。

實驗二：孑孓(100 隻)、大肚魚(5 隻)、廣口瓶(5 個)、曝氣的水、鑷子、蝌蚪(3 隻)、大肚魚(9 隻)、培養皿(3 個)、紙、麥克筆、數位攝影機。

實驗三：玻璃紙黃、綠、紅、透明顏色、廣口瓶、橡皮筋、大肚魚 12 隻、曝氣的水、數位攝影機、培養皿、剪刀、網子、護貝膠膜、護貝機。

實驗四：尺、剪刀、鑷子、曝氣的水、杯子(5 個)、吸管(粗)、大肚魚(30 條)、鐵板、砝碼(20、50、100、200 克)

實驗五：粗與細吸管數根、平口杯數個、大肚魚 40 隻、曝氣的水、鑷子、標籤、剪刀、尺(30 公分)、滑輪一個、釣魚線、寶特瓶、磅秤、透明塑膠袋、砝碼數個、桿子、尼龍繩。

實驗六：昆蟲箱(3 個)、玻璃紙(黃、藍、透明)、美工刀、剪刀、護貝膠膜、護貝機、曝氣的水、大肚魚(60 隻)、石頭(數個)、尺、計時器。

五、實驗步驟

實驗一、大肚魚生殖行為的觀察：

- (一) 從陽明公園抓回大肚魚分雌雄並紀錄數量。
- (二) 數位攝影機拍攝大肚魚交配與生殖情形，並使用電腦軟體擷取交配畫面。

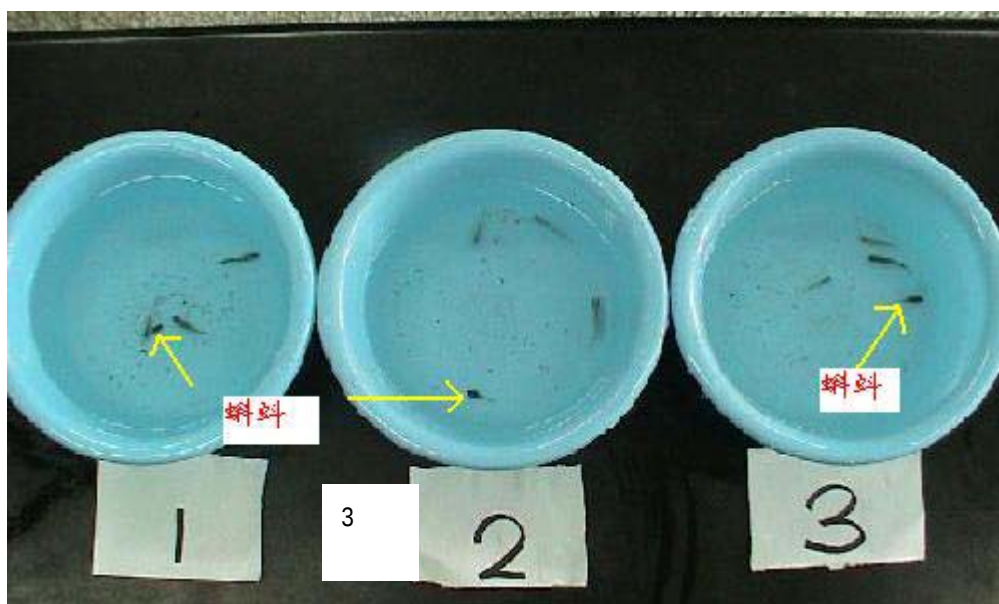
實驗二、第一部份 對不同活動力餌的選擇——子子篇：

- (一) 取 5 個杯子各裝入 250 毫升的水及 1 隻大肚魚。
- (二) 以鑷子將子子（50 隻死及 50 隻活的），分別放入前述 5 個杯內(每個杯子 10 隻活及 10 隻死的子子)。
- (三) 每天記錄大肚魚吃活的和死的子子隻數，共 5 天。

第二部份 對不同活動力餌的選擇——蝌蚪篇：

大肚魚又稱食蚊魚

（吃子子），於觀察中看到有些大肚魚會吃自己剛生下的小仔魚，子子和小仔魚共通點皆為細長形且會動，實驗設計為大肚魚是否對具此特點之生物



具攻擊性？

- (一) 取 3 個盆子各裝入適量水、3 隻大肚魚及 1 隻蝌蚪。
- (二) 先以數位攝影機拍攝後，每隔 2 小時觀察蝌蚪的尾巴是否被吃。
- (三) 以數位攝影機拍攝被吃掉尾巴的蝌蚪。

實驗三、周遭環境對大肚魚體色的影響：

- (一) 取玻璃紙黃、綠、紅、透明的顏色裁成 20 公分×20 公分的大小各三張。
- (二) 取 12 個廣口瓶，將剛從陽明公園撈回的大肚魚先以數位攝影機拍照後，各別放入廣口

瓶中後，包上步驟一的紙。

(三)經一星期後，拆下玻璃紙各別將大肚魚放入培養皿中，以數位攝影機拍照。

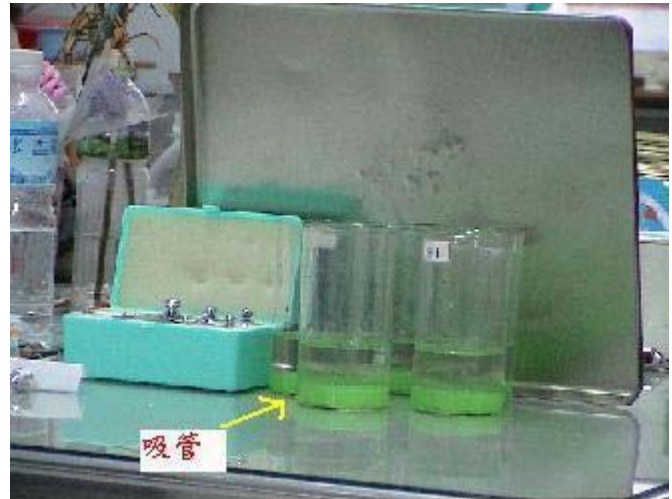
實驗四、不同重量之砝碼影響鑽地隻數：

(一)將數根吸管剪成長度約 1 公分的大小。

(二)以鑷子將吸管塞滿杯底(以將杯子倒放至吸管不掉出為止)。

(三)每杯裝入 100 毫升的水，並放入兩條魚(不分雌雄)，共 5 杯。

(四)把五個杯子聚集排成圓形，杯子上方放置一鐵板。



(五)以 20、50、100、200 克砝碼距離鐵板中間上方 10 公分處，使其由靜止狀態落下，每個砝碼各做十次，每次間隔五分鐘，並計算當砝碼落在鐵板上時，魚鑽地的隻數。

(六)重覆步驟五，共三次。

實驗五、第一部份 不同上升之加速度影響鑽地隻數

當拿起裝魚的玻璃杯時，魚出現鑽地行為，試驗幾次皆出現此一行為，將玻璃杯往下時，魚卻依然如故無任何動靜，我們想了解不同上升之加速度下，是否會影響其鑽地隻數，而大肚魚在不同下降之加速度真的不鑽地嗎？

空白實驗（求此裝置產生的摩擦力）：將滑輪裝置兩端各放 230 克，一端改變重量（每次增加一克），直到滑輪開始滑動，重複三次。

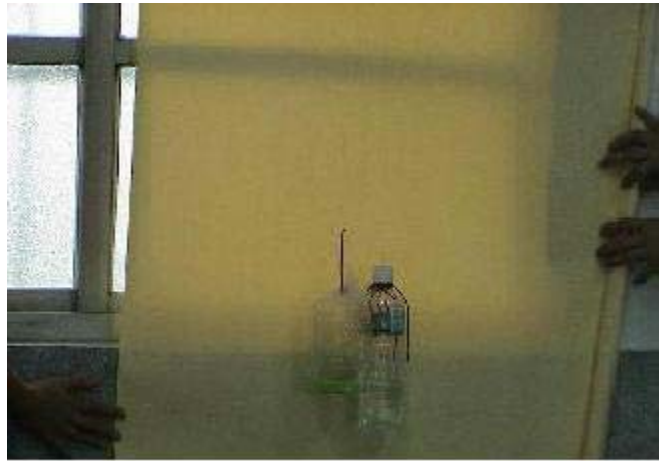
(一)將吸管剪成 1 公分，塞滿玻璃杯底(以杯子倒放時吸管不掉出為止)每杯放入兩條魚(不分雌雄)及水，總重 230 克，共三組各五杯，並編號。

(二)使用定滑輪裝置，甲端掛上 230 克重的寶特瓶(離地 70 公分)，乙端掛



上玻璃杯瓶，離地 75 公分（地上鋪棉花防止落地時過度震動）。

- (三)甲端加 120 克砝碼，兩端於靜止狀態使其自由落下以乙端上升 70 公分處為主，再記錄乙端魚鑽地隻數。
- (四)每次增加 40 克，至 480 克為止。



第二部份 不同下降之加速度影響鑽地隻數：

- (一)將吸管剪成 1 公分，塞滿杯底（以杯子倒置時吸管不掉為止）共五杯。
- (二)使用定滑輪裝置，一端（乙）掛上 230 克重的寶特瓶（離地 70 公分），另一端（甲）掛上 230 克重的魚加水之玻璃杯瓶，離地 75 公分（地上鋪棉花防止落地時過度震動）。



- (三)乙端加 120 克水袋，兩端於靜止狀態使其自由落下，記錄乙端魚鑽地隻數（甲端上升 70 公分處為主）。
- (四)每次增加 40 克，至 480 克為止。
- (五)利用重力加速度的公式扣除摩擦力，求得總加速度。

$$m_1g - m_2g - F_{\text{摩擦力}} = (m_1 + m_2) a$$

實驗六、大肚魚的學習能力：

實驗之設計，令其只能通過阻隔物之某一圓孔處，而經過一段時間適應後，測試其是否在受驚後往對邊游時，會直接通過圓孔，此實驗之目的主為想得知，大肚魚是否具有學習能力。

第一部份 單色阻隔物實驗：

(一)將黃、藍、透明的玻璃紙裁成 7×7cm 的正方形在其中間各剪一個直徑 2.5cm 圓孔護貝後，再裁成適當大小(以能放入昆蟲箱為準)，當作阻隔物。



(二)昆蟲箱內放入高度 17cm 的水，10 隻魚及石頭，共 3 箱。

(三)將阻隔物置昆蟲箱中間處，將石頭和魚分開後給一刺激（輕拍昆蟲箱），計時 10 分鐘，紀錄大肚魚進出不同玻璃紙中間的圓孔隻數，各做 15 次。

(四)紀錄第 1 天與適應 18 天阻隔物後大肚魚碰撞通過、順利通過圓孔隻數。

第二部份 三色阻隔物實驗：

(一)將黃、藍、透明的玻璃紙裁成 6×17cm 的長方形在其中間各剪一個直徑 2.5cm 圓孔並排後護貝，再裁成適當大小(以能放入昆蟲箱為準)，當作阻隔物。



(二)昆蟲箱內單色護貝之阻隔物置換成上述三色護貝阻隔物。

(三)將阻隔物置昆蟲箱中間處，將石頭和魚分開後給一刺激（輕拍昆蟲箱），計時 10 分鐘，紀錄大肚魚進出不同玻璃紙中間的圓孔次數，各做 15 次。

大肚魚的簡介

1. 中文名：大肚魚，又稱食蚊魚，屬於鮡形目，花鮡科

科名：Poeciliidae

學名：Gambusia affinis

2. 型態外觀：

體型淡灰至暗褐，略有螢光，腹部淡白，群居於緩流水域表層，以水棲昆蟲為食，是孑孓的天敵。體長：通常為 2 - 4 公分，雄性大肚魚體長可達 4 公分、雌性為 6 公分。出生後二個月可達性成熟，產卵間隔約 1 個月，每次可產生 30 - 200 個後代，大肚魚為卵胎生，直接產下小魚，小魚離開母體後數秒即可自行游泳，成長快、繁殖容易，因有吞食小魚之習性，需準備掩蔽物供小魚躲藏。

雌魚：腹部膨大圓突，頭部中大，吻部短小。體被有大型圓鱗，臀鰭扇形，背鰭小，起點較近尾鰭基部，腹鰭腹位。

雄魚：臀鰭第 3、4、5 鰭條特化而成一延長的交尾器，以行體內授精，尾鰭成圓形。

3. 地理分布：台灣地區的外來魚種。原生於北美洲的水系，約於 1913 年引入台灣。現已普遍存在於各溪流、湖沼及田渠等水域。

4. 生態習性：大肚魚喜好在暖水域活動，為表層魚類，大多成群在水體的表層活動。偏好在低海拔溪河的緩流區、湖泊、田間、渠道等棲所。對於環境污染的耐受力強，可以在污染的水域或低溶氧的環境生存。

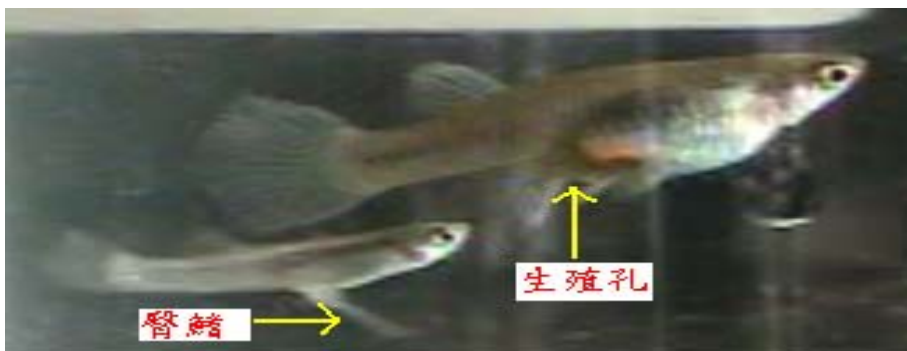
六、研究結果

(一) 觀察大肚魚生殖行為：

1. 三月份以數位攝影機錄影，並使用電腦軟體處理擷取交配畫面。下圖為雄性大肚魚交配時，臀鰭（第 3、4、5 鰭條特化而成一延長的交尾器）擺動變化。



圖一：進行曲 1

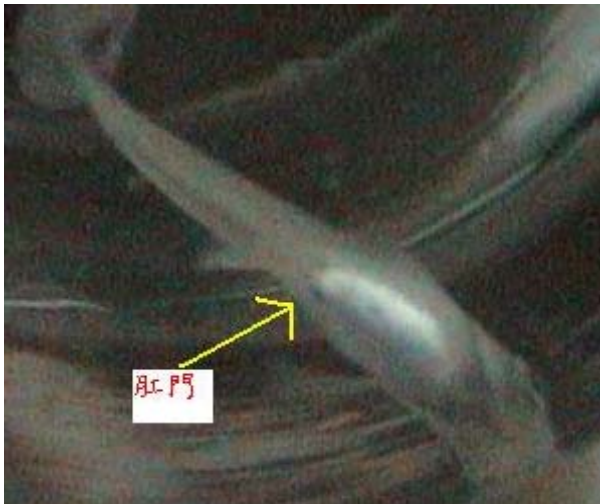


圖二：進行曲 2

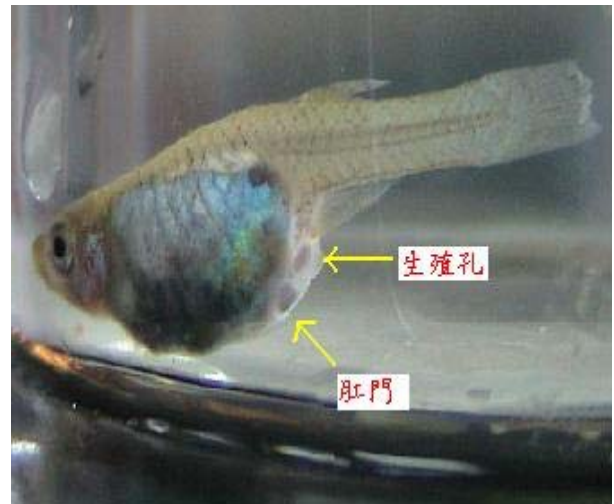


圖三：進行曲 3

2. 未懷孕與懷孕大肚魚的比較



圖四：未懷孕大肚魚的生殖孔不明顯



圖五：懷孕大肚魚的生殖孔明顯可見

3. 大肚魚的生產：



圖六



圖七

(二) 第一部份 對不同活動力餌的選擇——子子篇：



圖一



圖二

表一：大肚魚食活子子與死子子數量表

星期	星期一		星期二		星期三		星期四		星期五	
被吃數量 杯	死	活	死	活	死	活	死	活	死	活
第一杯	0	5	0	0	0	2	0	1	0	3
第二杯	0	2	0	5	0	1	0	4	0	2
第三杯	0	4	0	0	0	8	0	1	0	2
第四杯	0	2	0	4	0	0	0	3	0	3
第五杯	0	3	0	2	0	4	0	1	0	3
總數	0	16	0	11	0	15	0	10	0	13

第二部份 對不同活動力餌的選擇——蝌蚪篇：

結果：



圖一：實驗前



圖二：實驗後（4 小時）



圖三：實驗前



圖四：實驗後（4 小時）蝌蚪
尾巴被吃



圖五：實驗前



圖六：實驗後（4 小時）

(三) 周遭環境對大肚魚體色的影響：



甲圖（一）：第一隻大肚魚



甲圖（二）：透明玻璃紙處理後



甲圖（三）：第二隻大肚魚



甲圖（四）：透明玻璃紙處理後



甲圖（五）：第三隻大肚魚



甲圖（六）：透明玻璃紙處理後



乙圖（一）：第一隻大肚魚



乙圖（二）：紅色玻璃紙處理後



乙圖（三）：第二隻大肚魚



乙圖（四）：紅色玻璃紙處理後



乙圖（五）：第三隻大肚魚



乙圖（六）：紅色玻璃紙處理後



丙圖（一）：第一隻大肚魚



丙圖（二）：黃色玻璃紙處理後



丙圖（三）：第二隻大肚魚



丙圖（四）：黃色玻璃紙處理後



丙圖（五）：第三隻大肚魚



丙圖（六）：黃色玻璃紙處理後



丁圖（一）：第一隻大肚魚



丁圖（二）：綠色玻璃紙處理後



丁圖（三）：第二隻大肚魚



丁圖（四）：綠色玻璃紙處理後



丁圖（五）：第三隻大肚魚



丁圖（六）：綠色玻璃紙處理後

(四) 不同重量之砝碼影響鑽地隻數：



圖一：藉由吸管延遲大肚魚短暫的鑽地時間，以便計算其鑽地隻數

表一：掉落不同重量之砝碼影響大肚魚鑽地隻數紀錄表（第一組）

克數 次數 \ 隻數	20 克	50 克	100 克	200 克
1	0	2	0	5
2	1	3	0	4
3	1	2	2	3
4	0	1	4	2
5	0	1	1	3
6	1	4	0	2
7	0	0	3	6
8	1	3	4	4
9	2	0	4	4
10	1	1	1	5
總計	7	16	19	36

表二：掉落不同重量之砝碼影響大肚魚鑽地隻數紀錄表（第二組）

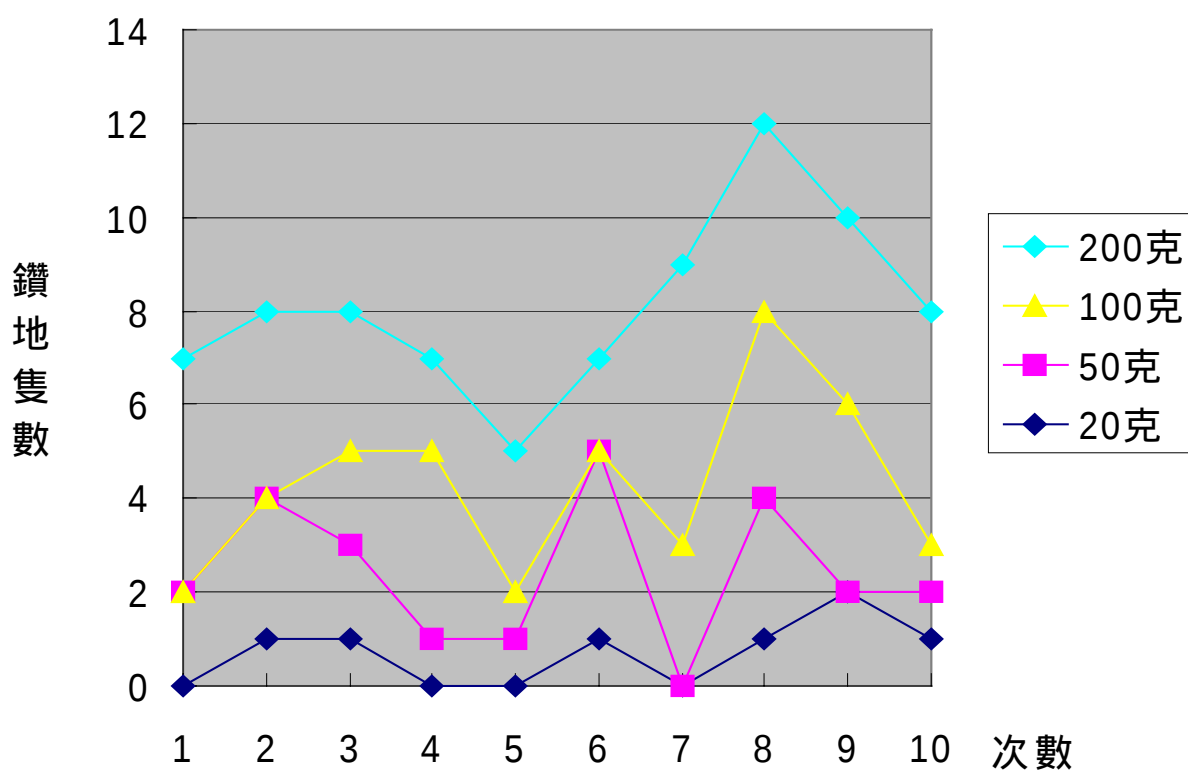
克數 次數 隻數	20 克	50 克	100 克	200 克
1	0	0	1	6
2	0	0	0	2
3	0	0	1	4
4	0	0	1	4
5	0	0	0	3
6	0	0	1	3
7	0	0	2	1
8	0	0	1	2
9	0	0	0	2
10	0	0	1	0
總計	0	0	8	27

表三：掉落不同重量之砝碼影響大肚魚鑽地隻數紀錄表（第三組）

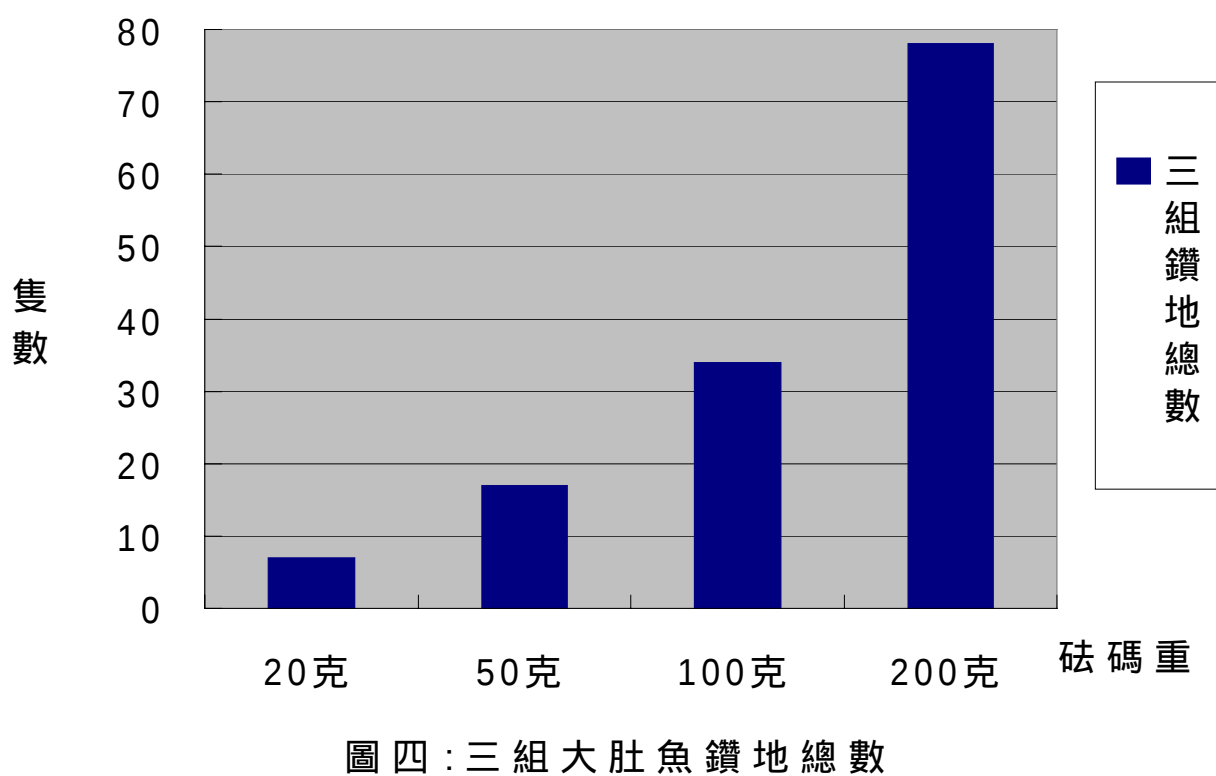
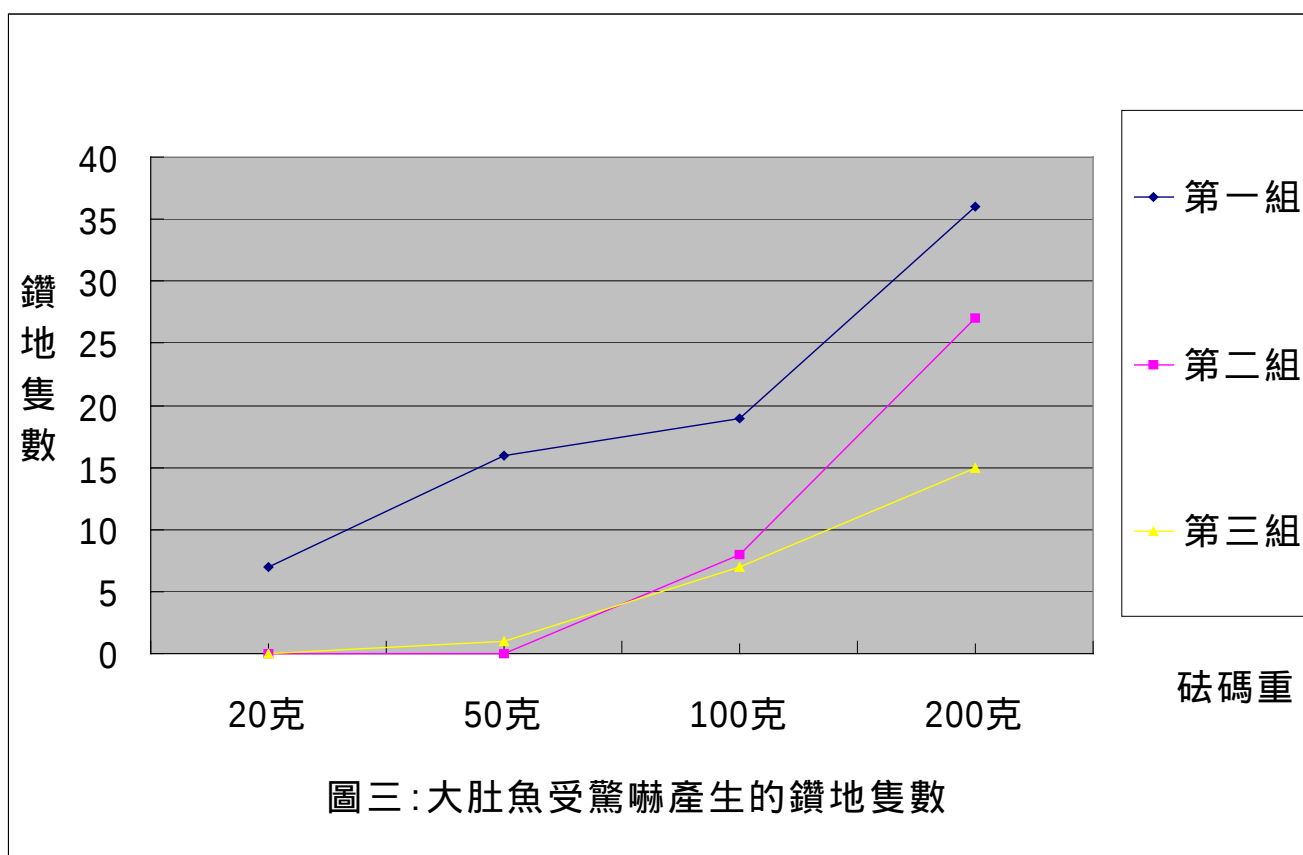
克數 次數 隻數	20 克	50 克	100 克	200 克
1	0	0	0	0
2	0	0	1	3
3	0	0	0	3
4	0	0	0	2
5	0	0	2	3
6	0	0	0	3
7	0	0	1	1
8	0	0	0	0
9	0	0	2	0
10	0	0	1	0
總數	0	1	7	15

表四：掉落不同重量之砝碼影響大肚魚鑽地隻數三組總數

克數 次數 隻數	20 克	50 克	100 克	200 克
第一組	7	16	19	36
第二組	0	0	8	27
第三組	0	1	7	15
總數	7	17	34	78



圖二：第一組大肚魚在不同刺激下，每次的鑽地隻數



(五) 第一部份 不同上升之加速度影響鑽地隻數：

表一：不同上升之加速度下，第一組鑽地隻數紀錄表

杯 (m/s^2) 隻數 加速度效應	第 1 杯	第 2 杯	第 3 杯	第 4 杯	第 5 杯
1.96	1	1	0	0	0
2.47	1	1	0	0	0
2.91	0	1	0	0	0
3.30	0	0	0	1	0
3.66	0	1	1	1	0
3.97	0	1	1	1	0
4.25	2	1	1	1	0
4.51	0	1	1	1	1
4.75	1	1	1	0	1
4.96	1	1	0	1	0

總 $G=9.8+$ 加速度效應

表二：不同上升之加速度下，第二組鑽地隻數紀錄表

杯 (m/s^2) 隻數 加速度效應	第 1 杯	第 2 杯	第 3 杯	第 4 杯	第 5 杯
1.96	0	0	0	1	1
2.47	0	0	0	1	1
2.91	1	0	0	0	2
3.30	0	0	0	1	1
3.66	0	0	0	0	0
3.97	1	0	0	0	1
4.25	1	0	1	1	1
4.51	1	0	0	0	2
4.75	0	0	0	0	1
4.96	0	0	0	0	0

總 $G=9.8+$ 加速度效應

表三：不同上升之加速度下，第三組鑽地隻數紀錄表

杯 (m/s^2) 隻數 加速度效應	第 1 杯	第 2 杯	第 3 杯	第 4 杯	第 5 杯
1.96	0	0	0	0	0
2.47	0	0	1	0	1
2.91	1	1	0	0	0
3.30	0	0	1	0	0
3.66	1	1	1	0	0
3.97	0	0	0	0	0
4.25	0	1	1	0	0
4.51	0	2	2	1	1
4.75	0	1	1	0	0
4.96	0	1	1	0	0

總 $G=9.8$ +加速度效應

第二部份 不同下降之加速度影響鑽地隻數：

表四：不同下降之加速度下，第四組鑽地隻數紀錄表

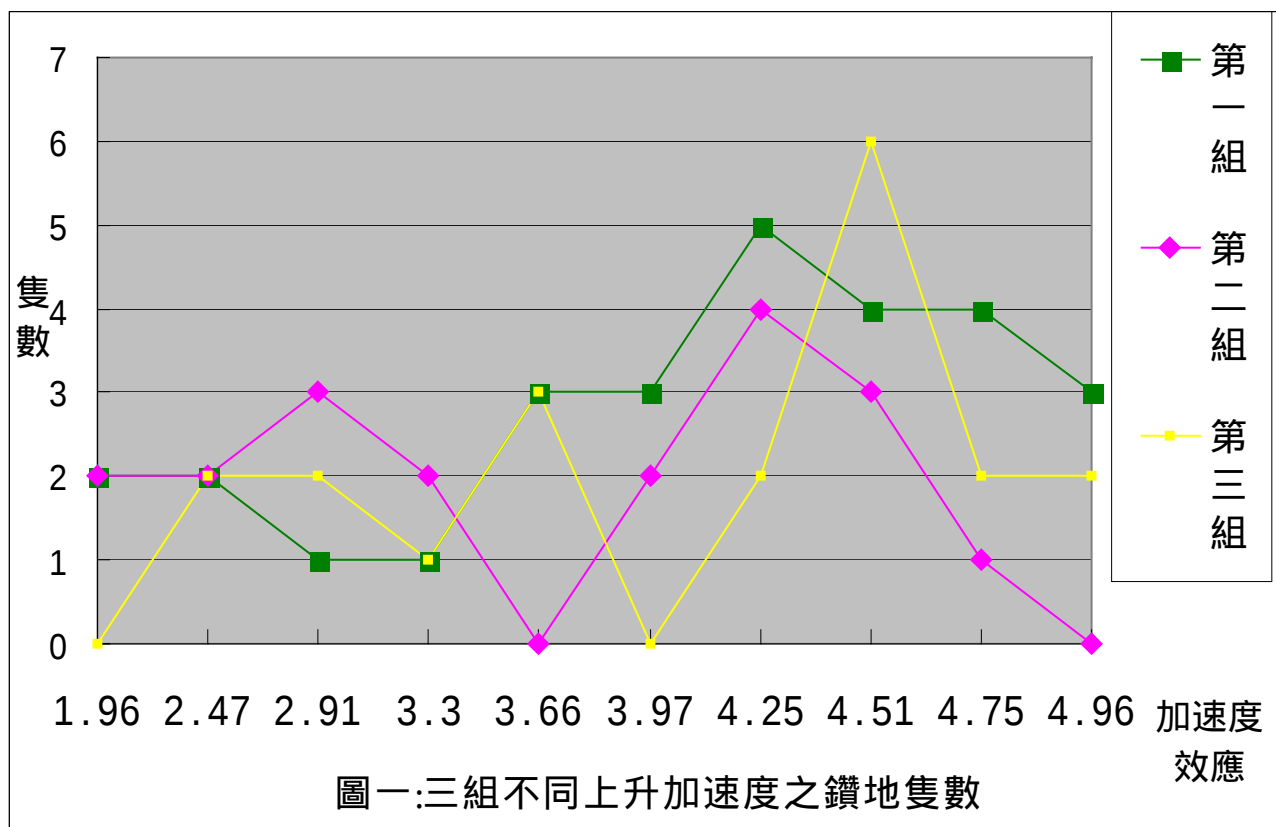
杯 (m/s^2) 隻數 加速度效應	第 1 杯	第 2 杯	第 3 杯	第 4 杯	第 5 杯
-1.96	0	0	0	0	0
-2.47	0	0	0	0	0
-2.91	0	0	0	0	0
-3.30	0	0	0	0	0
-3.66	0	0	0	0	0
-3.97	0	0	0	0	0
-4.25	0	0	0	0	0
-4.51	0	0	0	0	0
-4.75	0	0	0	0	0
-4.96	0	0	0	0	0

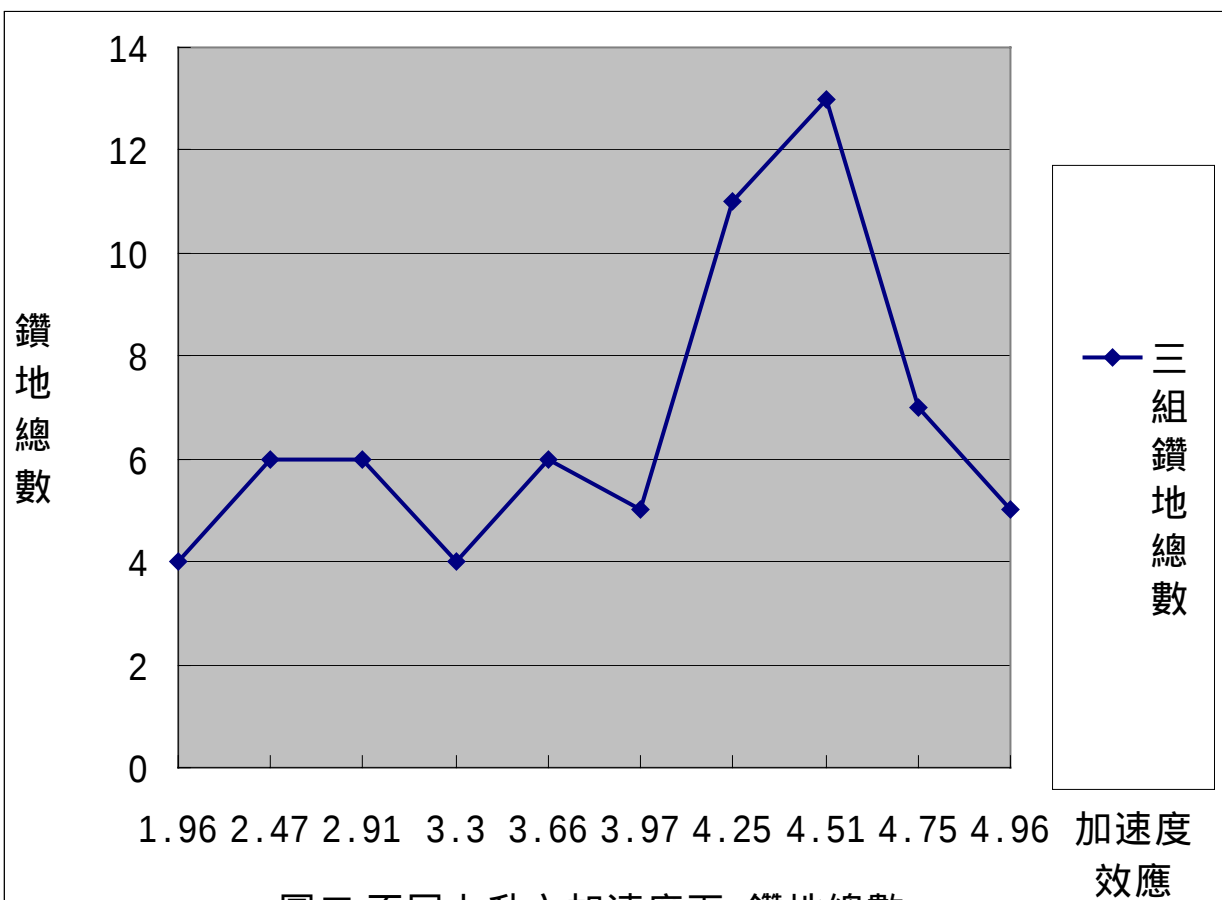
總 $G=9.8$ +加速度效應

表五：各組於不同上升之加速度下，鑽地總數總

組別 (m/s^2) 隻數 加速度	第一組	第二組	第三組	總數
1.96	2	2	0	4
2.47	2	2	2	6
2.91	1	3	2	6
3.30	1	2	1	4
3.66	3	0	3	6
3.97	3	2	0	5
4.25	5	4	2	11
4.51	4	3	6	13
4.75	4	1	2	7
4.96	3	0	2	5

總 $G=9.8$ +加速度效應





圖二:不同上升之加速度下,鑽地總數

(六) 第一部份 單色阻隔物實驗：

表一：大肚魚對不同顏色的阻隔物來回數量之紀錄表

組別 (顏色)		A 組 (透明)				B 組 (藍色)				C 組 (黃色)			
天數		第一天		第十九天		第一天		第十九天		第一天		第十九天	
次數	通過情形 隻數	順利 通過	碰撞 通過	順利 通過	碰撞 通過	順利 通過	碰撞 通過	順利 通過	碰撞 通過	順利 通過	碰撞 通過	順利 通過	碰撞 通過
1		0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	4	0
2		0	0	0	7	1	0	0	0	1	0	0	5
3		1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1
4		0	0	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0
5		1	0	1	2	1	0	3	0	0	0	1	2
6		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
7		0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	1
8		2	0	0	2	0	0	4	0	0	0	1	0
9		0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	5	1
10		0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3	1
11		0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	2	0
12		0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	0
13		0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4	0
14		0	0	4	2	1	0	1	0	0	0	8	0
15		0	0	2	0	0	0	2	0	3	0	1	0
總數		4	0	10	24	6	0	27	0	6	0	37	11
各組通過總數		4		34		6		27		6		48	

註：A.B.C.組適應阻隔物(18 天)

第二部份 三色阻隔物實驗：

表二：A 組大肚魚選擇不同顏色的阻隔物來回數量之紀錄表

顏色		透明				藍色				黃色			
通過情形 隻數 次數	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	
1	0	0	0	1	3	0	1	0	1	0	0	0	
2	5	0	2	0	3	0	0	0	3	0	1	0	
3	7	0	3	0	2	0	3	0	0	0	2	0	
4	2	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	
5	1	0	0	0	4	0	2	0	7	0	2	0	
6	2	0	0	0	1	0	0	0	7	0	2	0	
7	1	0	0	0	5	0	1	0	4	0	1	0	
8	3	0	2	0	2	0	2	0	6	0	4	0	
9	0	0	0	0	2	0	0	0	9	0	6	0	
10	1	0	2	0	3	0	0	0	5	0	0	0	
11	0	0	0	0	2	0	0	0	7	0	0	0	
12	0	0	0	0	5	0	0	0	4	0	2	0	
13	0	0	0	0	4	0	0	0	6	0	1	0	
14	0	0	0	0	2	0	0	0	8	0	3	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3	0	
總數	22	0	9	0	40	0	9	0	79	0	27	0	
通過或返回總數	22		10		40		9		79		27		
各色通返總數	32				49				106				
通返總數	187												

註：A 組實驗前，有做過透明阻隔物實驗

表三：B 組大肚魚選擇不同顏色的阻隔物來回數量之紀錄表

顏色		透明				藍色				黃色			
通過情形 次數 \ 隻數	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
3	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
4	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1	0	
5	1	0	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	
6	1	0	2	0	2	0	0	0	2	0	1	1	
7	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	1	1	
8	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
9	4	0	0	1	2	0	0	1	1	0	0	1	
10	5	0	0	0	1	0	1	0	4	0	3	0	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	
12	1	0	0	1	1	0	1	0	4	0	1	0	
13	0	0	0	0	1	0	0	0	4	0	2	0	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
總數	20	0	9	2	13	0	2	1	29	0	12	3	
通過或返回總數	20		11		13		3		29		15		
各色通返總數	31				16				44				
通返總數	92												

註：B 組實驗前，有做過藍色阻隔物實驗

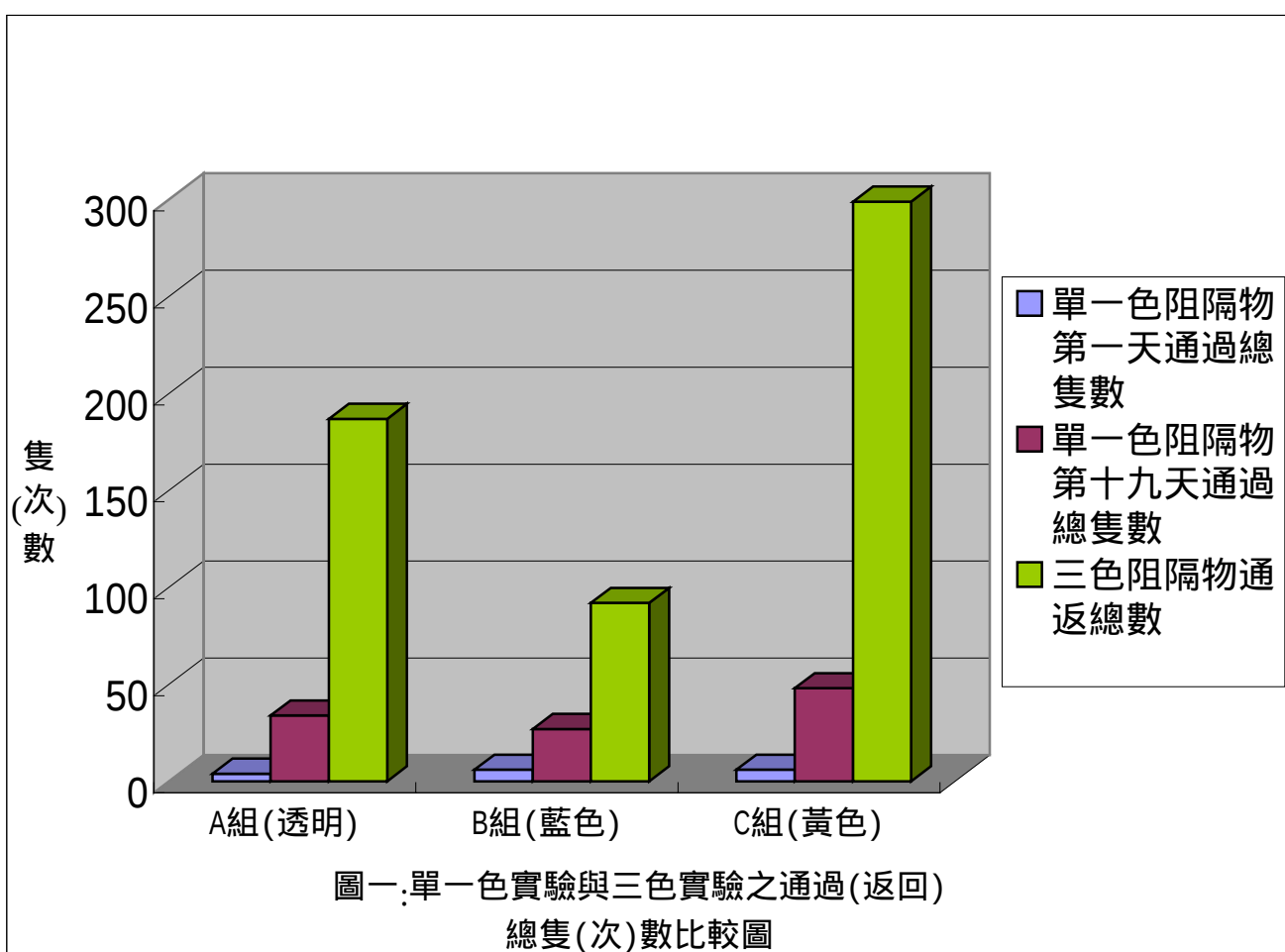
表四：C 組大肚魚選擇不同顏色的阻隔物來回數量之紀錄表

顏色		透明				藍色				黃色			
次數	通過情形 隻數	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回	順利 通過	碰撞 通過	順利 返回	碰撞 返回
	1	0	2	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0
	2	0	2	0	0	2	0	0	0	6	0	1	0
	3	4	0	0	0	3	0	0	0	6	0	6	0
	4	2	0	0	0	6	0	1	0	5	0	4	0
	5	2	0	2	0	3	0	1	0	7	0	3	0
	6	2	0	0	0	4	0	1	0	6	0	7	0
	7	3	0	0	0	2	0	0	0	14	0	11	0
	8	0	0	0	0	0	0	2	0	20	0	11	0
	9	1	0	0	0	0	1	1	0	9	0	5	0
	10	0	0	0	0	2	0	2	0	12	0	6	0
	11	0	1	2	0	2	0	0	0	10	0	6	0
	12	0	1	0	0	4	0	1	0	8	0	4	0
	13	0	0	0	0	1	0	0	0	14	0	6	0
	14	0	0	0	0	2	0	0	0	13	0	7	0
	15	0	0	0	0	2	0	0	0	12	0	5	0
	總數	14	6	4	0	36	1	9	0	147	0	82	0
通過或返回總數		20		4		37		9		147		82	
各色通返總數		24				46				229			
通返總數		299											

註：C 組實驗前，有做過黃色阻隔物實驗

表五：單一色實驗與三色實驗之通過（返回）總數歸納表

單一色與三色	組別（顏色）	A 組	B 組	C 組
	通返總隻（次）數	（透明）	（藍色）	（黃色）
單一色第一天通過總數		4	6	6
單一色第十九天通過總數		34	27	48
三色通返總數		187	92	299



七、討論

(一) 觀察大肚魚生殖行為

1. 圖一至圖三顯示，雄性大肚魚成功交配時，臀鰭（第 3、4、5 鰭條特化而成一延長的交尾器）之擺動約 180 度左右。
2. 當雄性交配器碰觸雌性大肚魚生殖孔時，雌性大肚魚會馬上游離，有時不到一分鐘時間，雄性大肚魚又會再度由斜後方靠近雌性大肚魚試圖交配。
3. 雄性大肚魚對不管有無懷孕之雌性大肚魚皆會出現交配行為，但對懷孕之雌性大肚魚較常出現交配行為，我們認為較不符合經濟效益，資料顯示除了水與溫度外，雌魚鼓脹的腹部也可引起魚類性反射；圖五，懷孕的大肚魚生殖孔較未懷孕明顯，推測生殖孔的大小也是引起其性反射刺激之一，或許在這些刺激下，可增加與未懷孕雌魚的交配次數，有助於此種族的延續！
4. 圖六，大肚魚為體內受精、卵胎生，其受精卵停留在母體內，藉卵本身的卵黃供給養分並發育成幼體，一待成熟，母體即將幼體連同卵膜產出體外（參閱國中生物課本下冊第七章——有性生殖）。
5. 剛生下的小仔魚體色較深，約 30 分鐘後小仔魚的體色變淺。小仔魚體色的改變，顯然是受外界光亮環境影響。出生後的小仔魚，觀察到其卵黃囊約於隔天慢慢消失不見——卵黃囊提供小仔魚身體活動所需的能量。
6. 大肚魚會吃自己剛生下的小仔魚，其卵黃囊應是大肚魚的最愛，因為當看到小仔魚的屍體時，大多只剩頭與殘缺的身體，在提供水草作為小仔魚的隱蔽處後，被吃之情形才得以改善。
7. 本實驗大約由去年 9 月份開始到今年 5 月實驗結束，除 1 月份外，大肚魚一直有生產情形，一年四季的生產，應與被稱為大肚魚有關。
8. 實驗期間，從陽明公園抓回的大肚魚總數為 407 隻，雌雄數量比約 3：1（雌：雄 = 308：99），雌性個體的數量偏高；對照資料——大肚魚在生態系統中，屬於較弱勢族群，常被其他較大型魚類吃，或被用來當做釣餌，對其生存壓力相當大，我們推測此與其一年四季的生產及雌性佔族群個體多數有關。

(二) 對不同活動力餌的選擇

1. 大肚魚只吃具活動力的子子，對不具活動力的子子則毫無反應(例如死的子子)。
2. 蝌蚪篇中，取材蝌蚪主因——蝌蚪尾巴可再生，且其與小仔魚共通點皆為細長形且會動，大肚魚是否對具此特點之生物具攻擊性呢？圖四顯示大肚魚在 4 小時內將蝌蚪尾巴吃了，而圖二、圖六之蝌蚪尾巴完整如初。
3. 此實驗中並非每隻大肚魚皆對蝌蚪出現攻擊行為，影響此一結果之可能因素：本性（有些大肚魚不吃自己剛生下的小仔魚）、胃飽滿度……等。雖然此現象是生態系中食物鏈之一環，但在驚訝與不願再見到蝌蚪尾巴被吃（有些因此而死掉，有些順利長大成蛙）情形下，未再繼續相關實驗設計。
4. 綜上，大肚魚對不動之生物無反應，但對細長形且會動之物體（例如活的子子、蝌蚪尾巴和小仔魚）具攻擊性傾向。

(三) 大肚魚體色的改變

1. 陽明公園帶回之大肚魚即開始分組實驗，抓魚處的水偏深黑色，大肚魚體色也多偏深黑，雖個體彼此體色有差異，但實驗結果各組皆比在陽明公園之體色淺（約三天時間，體色即可變淡）。
2. 個體由不同角度觀看其體色亦不太相同，與光折射有關，難以一一呈現比較，故僅以結果中所呈現的圖，討論每組實驗前後之變化及在四組中共同較明顯之處：
 - (1) 透明玻璃紙處理（甲圖）：四組中體色變化最大，體色約為淡土黃色。
 - (2) 紅色玻璃紙處理（乙圖）：四組中體色似乎是較紅之一組，第一隻大肚魚——乙圖（一），明顯可見其體色較偏深土黃，與未實驗前之其他各組體色有明顯程度之不同（個體體色的差異符合生物下冊第九章達爾文演化論：個體本身會有一些性狀的差異此為變異），實驗顏色變化為三隻中較偏紅之一隻。
 - (3) 黃色玻璃紙處理（丙圖）：實驗後，三隻體色皆變的較淡土黃。
 - (4) 綠色玻璃紙處理（丁圖）：本組三隻體色皆較透明、紅色、黃色玻璃紙處理之組別稍深。
2. 整體而言，以綠色玻璃紙處理的組別顏色稍深，紅色玻璃紙處理組別顏色偏紅，黃色玻璃紙處理組別顏色最淺，透明玻璃紙處理組別顏色次之。
3. 為何透明玻璃紙處理組別顏色會較黃色玻璃紙處理組別顏色稍深，由甲圖（一）（三）（五）

及丙圖（一）（三）（五）比較，此六條魚雖同處一相同環境，但丙圖（一）（三）（五）體色較甲圖（一）（三）（五）體色淺，可能是受本身個體變色的能力差異影響導致。

4. 文獻提及魚類基本色素細胞有四種：黑色素細胞、黃色素細胞、紅色素細胞、光彩細胞（實驗二結果：圖一可見）；魚類色彩的濃淡變化與此些色素顆粒的位移有關，而色素顆粒的位移與光有關，故其體色非永遠一成不變，會隨環境的變化以及個體的發育成長而發生顯著的改變，對其生存（避免受到敵害攻擊或獵捕食物）極具重要意義。

（四）不同重量之砝碼影響鑽地隻數

- 1.圖三，受相同刺激下，每組鑽地隻數有差異，且觀察到有些大肚魚確實較易受驚嚇而有較多鑽地行為。
- 2.圖二、三得知，大肚魚受驚嚇鑽地隻數會隨砝碼加重而有增加的趨勢。
- 3.圖二呈現大肚魚受驚嚇鑽地隻數不受前一次刺激影響。“魚類對於外界異常刺激或外敵的襲擊都會產生隱藏或逃避反應，這種反應的表現形式為採取突然的、速度很快的“猛衝行為”或“下潛行為”，背離刺激源向水域的水平或垂直方向逃避或隱藏，此種行為通常是短暫的，只要異常刺激源消失後，一般都會恢復到原來狀態；魚類此種逃避行為應是一種防禦反射，對個體生存與種族繁衍有重大意義”（何大仁、蔡厚才，1999年）。

（五）不同加速度影響鑽地隻數

- 1.由表四、五得知，往上之加速度效應會因為慣性運動的關係，加強對大肚魚的刺激令其產生防禦反射——鑽地行為，但往下之加速度效應未令大肚魚產生鑽地行為，推測可能往下加速度產生的慣性方向與魚鑽地方向相反，使魚不易產生鑽地行為。
- 2.三組大肚魚的鑽地隻數皆大約在 $14.05\sim14.31\text{m/s}^2$ 加速度下，出現明顯高峰，推論在此加速度之範圍下，對其鑽地行為，影響最大；超過此範圍，三組皆下降，推測可能實驗中未考量每次的間隔時間造成魚對此刺激產生習慣化（包含疲勞和感覺適應）。

（六）大肚魚是否有學習能力

1. 單色阻隔物實驗：
 - （1）A組透明阻隔物：觀察第一天及第十九天皆有多數大肚魚會碰撞阻隔物，第一天未適應過阻隔物的A組因碰撞而通過隻數為0，適應過18天阻隔物後，碰撞而通過隻數為24。
 - （2）B組藍色阻隔物：第一天，大肚魚在前幾次實驗中，未見有大肚魚碰撞藍色阻隔物，之

後有嘗試碰撞情形出現，但碰撞通過隻數為 0；之後通過圓孔的大肚魚皆順利通過，未有碰撞情形出現。適應 18 天阻隔物後，一開始就有魚順利通過圓孔，但碰撞而通過的隻數為 0。

- (3) C 組黃色阻隔物：觀察第一天及第十九天皆有嘗試碰撞情形，但適應過阻隔物 18 天後其碰撞通過的隻數較第一天（未適應過阻隔物）高。

2. 三色阻隔物實驗中：

- (1) A 組各色圓孔通過率：透明 < 藍色 < 黃色，實驗前雖有適應過透明阻隔物實驗，但通過透明部分之圓孔次數反而是最少。
- (2) B 組各色圓孔通過率：藍色 < 透明 < 黃色，實驗前適應過藍色阻隔物實驗，但通過藍色部分之圓孔次數也最少。
- (3) C 組各色圓孔通過率：透明 < 藍色 < 黃色，實驗適應過黃色阻隔物實驗，通過黃色部分之圓孔次數明顯大增。

3. “有些魚類有趨光性——對光刺激產生定向運動特性”（何大仁、蔡厚才，1999 年），而大肚魚實驗前測試過不透明護貝物與透光護貝物（皆為黃色、藍色），魚群會往透光（黃色、藍）護貝物聚集，對不透明護貝物則無反應，故大肚魚應屬具有趨光性之魚類。

4. 由圖一中明顯可見，各組通過總數：

單一色實驗第一天 < 單一色實驗第十九天 < 三色阻隔物實驗（出現折返情形），顯示大肚魚確實有學習能力。

5. 探究行為（指動物對內外環境起反應，使感受器接觸刺激的行為）是動物先天具有的反射，在新異刺激出現的瞬間，探究行為在動物所有活動中將占具優勢地位，此時所有條件反射（出生後通過訓練或學習而形成的反射）、非條件反射（與生具有的，不需經過學習）均會受到抑制，此論點與以下實驗觀察相符：

- (1) 實驗時當輕拍昆蟲箱，只見魚往阻隔物——新異刺激聚集碰撞，反不出現鑽地行為。
- (2) 單色阻隔物實驗中，透明、黃色組別之多數魚類會嘗試碰撞圓孔周圍，藍色組別前幾次未出現碰撞圓孔周圍（藍色框），但碰撞旁邊透明護貝物，而適應過單一色阻隔物之組別，再經過三色阻隔物實驗後之數據仍顯示大肚魚對新刺激（不同以往適應之顏色）選擇，原先適應過的阻隔物通過次數反是最少的。

- 6.顏色偏好：實驗中有趣的是黃色似乎是大肚魚的最愛，不論是單一色阻隔物或三色阻隔物
實驗數據顯示通過隻數均是最多且觀察對其碰撞也最多，反觀藍色一開始令大肚魚不敢嘗試碰撞，但多次的實驗反而讓魚可以正確無誤的通過圓孔。
- 7.綜上，大肚魚對顏色的偏好，影響其探究行為的選擇。

八、結論

1. 大肚魚為卵胎生動物；雌魚鼓脹的腹部是造成雄性大肚魚性反射刺激之一。
2. 交配時，雄性大肚魚由斜後方靠近雌性大肚魚，臀鰭往前擺動約 180 度左右，對準雌性大肚魚生殖孔往前碰觸，但雌性大肚魚會馬上游離，交配時間不到一秒，但交配次數頻繁。
3. 大肚魚會吃自己剛生下的小仔魚，其卵黃囊是大肚魚的最愛。
4. 剛出生的小仔魚，卵黃囊提供其身體活動所需的能量，而約隔天卵黃囊會慢慢消失不見。
5. 大肚魚對不動之生物無反應，但對細長形且會動之物體，具攻擊性傾向，例如具有活動力的孑孓、蝌蚪尾巴及小仔魚。
6. 大肚魚受驚嚇時，會產生防禦反射——鑽地行為，受驚嚇鑽地隻數會隨砵碼加重而增加。
7. 往上之加速度效應會刺激大肚魚令其產生鑽地行為，但往下之加速度效應不令大肚魚產生鑽地行為。
8. 阻隔物實驗中，顯示大肚魚確實有學習能力。
9. 大肚魚的探究行為出現時，先前學習經驗及防禦反射——鑽地行為均受到抑制，但大肚魚對顏色的偏好，會影響探究行為之表現。
10. 大肚魚常被其他較大型魚類吃，或被用來當做釣餌，屬弱勢族群，但今日卻在生態系佔據一席，其對抗生存壓力之道為：
 - (1) 一年四季的生產及雌雄數量比約 3：1，有助於種族的延續。
 - (2) 大肚魚個體之體色彼此有差異，但皆會隨所處周遭環境顏色改變自己的體色，剛生下不久的小仔魚體色亦隨外界環境改變，此改變可逃避敵害。
 - (3) 鰓蓋後側、腹部下側、腹部後側有光彩細胞具反光作用，屬趨光性之魚類，此可避免受到敵害攻擊或獵捕食物。

九、參考資料

- (1) 何大仁、蔡厚才著，魚類行為學，初版，基隆市，水產出版社，P182 P185、P187、P317 P320，民國 88.2。
- (2) 邵廣昭、林沛立著，溪池釣的魚，初版，台北市，渡假出版社有限公司，P85，民國 80.11。
- (3) 孫振聲譯、佐藤魚水著，海洋魚的型態與習性，初版，台北市，易知圖書出版有限公司，P11、P25、P26、P35，民國 61.9。
- (4) 楊元方著，世界水族魚珍輯，初版，台北市，遠大文化出版事業有限公司，P118，民國 70.3。
- (5) 鄒源琳譯、J. R.門諾著，魚類史，初版，台北市，五洲出版社，P22、P221、P311、P312，民國 77.元。
- (6) 薛夢廣著，淡水魚養殖手冊，初版，台北市，五洲出版社，P258、P339，民國 77.7。
- (7) 鐘文訓譯，熱帶魚飼養法，初版，台北市，大展出版社有限公司，P56、P118、P141、P204、P206 207、P217、P224、P238、P247、P259、P260，民國 77.11。