

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

030309

算數「蓋」厲害-蓋斑鬥魚的數感與攝食偏好

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

作者： 國一 陳芷儀 國一 范芷甯 國一 朱子鈞	指導老師： 莊麗頤
---	------------------

關鍵詞：蓋斑鬥魚、數感、攝食偏好

摘要

為了探討蓋斑鬥魚的攝食偏好以及數感，實驗設計採視覺主導的攝食行為，將餌食放入二選一的實驗箱，讓蓋斑鬥魚做出攝食選擇。我們透過不同種類及大小的餌食來確認蓋斑鬥魚的攝食偏好；再以不同數量的餌食來驗證其數感，並記錄反應時間以確認其算數能力。結果發現，比起飼料，蓋斑鬥魚偏好選擇吃紅蟲；也偏愛較大顆及數量多的餌食。另外，對於 5 以內的餌食具有數感，感數能力則會隨著兩側餌食數量的比值接近 1 而下降；當比值在 0.75 (3v.s.4 及 4v.s.5) 以上，反應時間明顯增加，顯示蓋斑鬥魚具有算數能力。最後，不同性別部分，公魚對於紅蟲的偏好高於母魚，其他變項則沒有明顯差異。體型部分，大於 8cm 的蓋斑鬥魚算數能力明顯優於小於 8cm 的蓋斑鬥魚。

壹、研究動機

有一次無意間看到網路上有一篇關於烏賊有數感的文章，研究者設計了各項實驗，證明烏賊具有鑑別數字的能力，並且對於數量的選擇會依據獵物的品質與食慾狀態而改變，非常有趣。

能準確分辨獵物數量的能力在動物的攝食決策中極為重要（楊璨伊，2016），因此研究動物是否有數感或辨別數字的能力有其重要的意義。這一點，引發了我們的好奇心，繼而發現，文章中指出除了烏賊，許多動物也都有數感。其中便包含生活於我們周遭的食蚊魚。

食蚊魚包含孔雀魚、大肚魚及蓋斑鬥魚，我們先拿最方便取得的孔雀魚做了 3 組實驗，發現牠們真的會分辨數量多寡，但孔雀魚為外來種，而且對於孔雀魚學習能力方面的研究很多；而本土種的大肚魚近年來因水質汙染的關係，不易取得；因此我們決定使用蓋斑鬥魚來進行數感及攝食決策的研究。

本實驗與國中階段課程相關內容包括：

- 一、國民中學自然與生活科技第一冊：緒論-科學方法、4-3 生物的感應
- 二、國民中學自然與生活科技第二冊：3-1 生物的命名與分類、3-6 動物界

貳、研究目的

本研究依據研究動機，先觀察並設計實驗確認蓋斑鬥魚的攝食偏好，再利用視覺主導的攝食行為以及數字比例系統設計數感與算數的實驗，實驗目的如下：

- 一、觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性
- 二、探討蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好
- 三、探討蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好
- 四、探討蓋斑鬥魚對不同食物數量多寡的分辨能力
- 五、探討蓋斑鬥魚對不同食物數量的算數能力
- 六、分析不同性別與體型變項的蓋斑鬥魚對攝食偏好與數感之差異情形

參、研究設備及器材

一、實驗物種

本研究所使用的實驗物種為蓋斑鬥魚，學名是 *Macropodus opercularis* (Linnaeus,1758)。在分類學上，蓋斑鬥魚屬於動物界、脊索動物門、脊椎動物亞門、硬骨魚綱、鱸形目 (Perciformes)、絲足鱸科 (Osphronemidae)、鬥魚屬 (Macropodus)、蓋斑鬥魚種。水族館將其稱為彩兔。

依據胡家怡 (2012)「蓋斑鬥魚 (*Macropodus opercularis*) 形態、行為特徵與賀爾蒙分泌量對生殖成功率之重要性」的論文指出，蓋斑鬥魚在台灣為本土型魚類，普遍被稱為台灣鬥魚或三星攀鱸，主要分布在台灣西部的低地池塘、溝渠與農田等靜水域。蓋斑鬥魚的第一對鰓弧特化成呼吸輔助器官—迷器，可直接到水面呼吸空氣。過去幾十年，由於環境汙染及土地過度開發蓋斑鬥魚在台灣的数量逐漸稀少，行政院農委會於 1990 年 8 月 31 日起，將蓋斑鬥魚列為「珍貴稀有保育類野生動物」。然而，近幾年來由於人工復育使其族群漸趨穩定，行政院農委會於 2009 年 4 月 1 日將其從保育類名錄中除名。

本實驗所研究之蓋斑鬥魚共 18 隻 (如圖 1~18)，分別來自於新竹縣某國中生態池以及新竹縣竹北市魚中魚寵物水族大賣場所購買。實驗前，先將每隻魚都編號並測量魚身總長，觀察其形態後再進行實驗。第一批取得的魚，編號為 M01~M10；實驗過程中有魚因互鬥跳

缸或水黴病而死亡，因此又另外補了 3 隻魚，並將第二批取得的魚編號為 M11~M13；完成實驗後我們將部分魚放回至學校生態池，但進全國科展後因增加實驗，無法全部撈回實驗魚隻，於是又取得第三批魚，編號為 M21~M25。



圖 1 蓋斑鬥魚編號 M01 ♂



圖 2 蓋斑鬥魚編號 M02 ♀



圖 3 蓋斑鬥魚編號 M03 ♀



圖 4 蓋斑鬥魚編號 M04 ♂



圖 5 蓋斑鬥魚編號 M05 ♂



圖 6 蓋斑鬥魚編號 M06 ♂



圖 7 蓋斑鬥魚編號 M07 ♀



圖 8 蓋斑鬥魚編號 M08 ♀



圖 9 蓋斑鬥魚編號 M09 ♂



圖 10 蓋斑鬥魚編號 M10 ♀



圖 11 蓋斑鬥魚編號 M11 ♀



圖 12 蓋斑鬥魚編號 M12 ♀



圖 13 蓋斑鬥魚編號 M13 ♂



圖 14 蓋斑鬥魚編號 M21 ♂



圖 15 蓋斑鬥魚編號 M22 ♂



圖 16 蓋斑鬥魚編號 M23 ♀



圖 17 蓋斑鬥魚編號 M24 ♀



圖 18 蓋斑鬥魚編號 M25 ♀

二、研究材料與器材

1. 實驗用的餌食

- (1) 紅蟲：搖蚊科幼蟲，體長約 0.8~1cm。(如圖 20-21)
- (2) 孑孓：大孑孓約身長 1cm、小孑孓身長小於 0.5cm。(如圖 22)
- (3) 飼料：顆粒狀，成分：動、植物性蛋白質，維他命(A,D,E,C)。(如圖 19)



圖 19 飼料



圖 20 市售冷凍紅蟲



圖 21 解凍後的紅蟲



圖 22 孑孓

2. 實驗儀器與器材

表 1 實驗器材一覽表

器材名稱	數量	器材名稱	數量	器材名稱	數量
鑷子	1 支	黑色瓦楞板	2 片	燒杯(1000ml)	6 個
透明塑膠盆	8 個	萬能黏土	2 片	燒杯(500ml)	3 個
玻璃滴管	6 支	方格紙	1 本	燒杯(100ml)	2 個
地下水	適量	塑膠湯匙	3 個	培養皿	3 個
鹽巴	適量	透明投影片	7 片	魚缸	1 個
水草	少許	膠帶	1 捲	底砂	1 包

表 2 研究設備一覽表

儀器名稱	數量	儀器名稱	數量
手機	1 臺	加溫棒	1 支
相機	1 臺	筆記型電腦	1 臺

三、實驗設備

實驗設置魚缸示意圖如下：

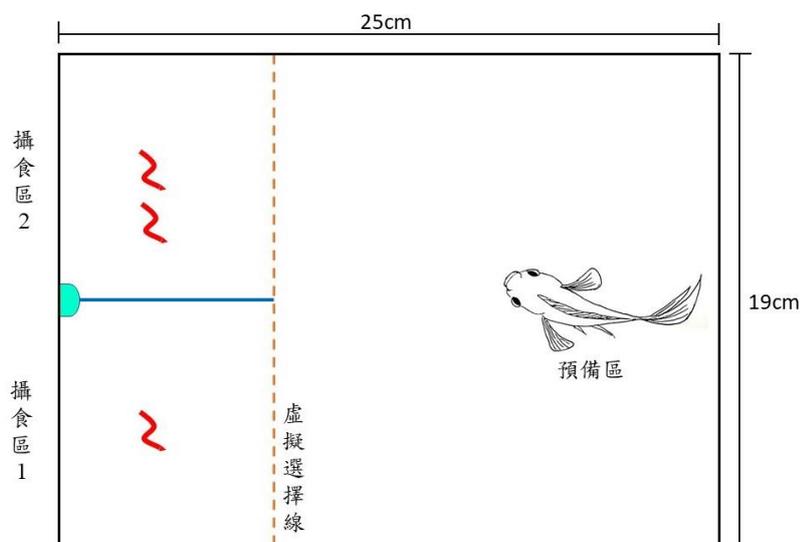


圖 23 實驗設備實際樣貌圖

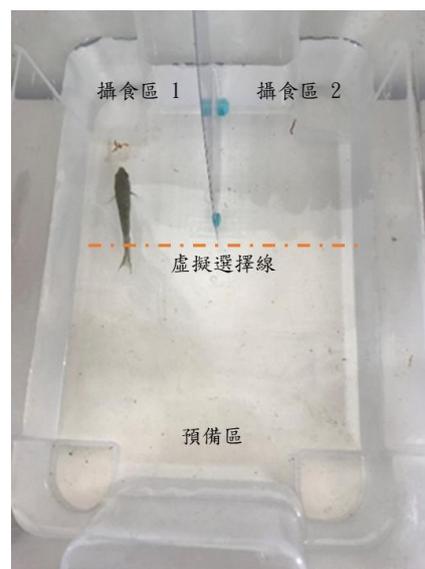


圖 24 實驗箱實際實驗情形

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

(一) 什麼是數感？

數感又稱「數量感」或「數字感」，就是衡量物體多寡的概念。以人類來說，一般人就算沒有學數學，也都知道1和2不同、3比2多、4和3比3和1的相差小等概念，因此數感似乎是人類與生俱來的能力，就像時間與空間的概念，都不需學習（焦傳金、楊燦伊，2017）。

(二) 感數能力與算術能力

焦傳金、楊燦伊（2017）指出，人類的數感還分為兩種系統，一種稱為「感數」能力（subitization），另一種則是「算數」能力（counting）。在數量較少（通常小於或等於4個物體）時，我們可以立即辨識物體數量，此為感數能力；無論是1、2、3、4個物體，我們分辨多寡所花的時間都很接近。但是當數量超過4，我們就無法依賴感數能力，而必須利用算數能力，把所有物體一一計數後，才能確認總數；而且隨著物體數量增加，我們所花的時間也會增長。

(三) 比例系統

學者認為，動物的計數系統最多不超過4；面對更大的數字時，只能使用較粗略的「這個比那個多」的比例系統。這兩種方法並不容易區分，若根據比例系統區分兩個數字，那麼隨著比例接近1，精確度也將隨之降低，例如：1比4（比例為0.25）的區分度比起3比4（比例為0.75）要容易得多。但如果動物能夠「數數」，那麼這兩種情況下的表現就會一致（Philip Ball，2016）。

二、研究設計

(一) 觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性

1. 將蓋斑鬥魚個別置於1000c.c燒杯中，將其編號為M01～M18。
2. 將欲測量的蓋斑鬥魚移至方形透明玻璃缸，背景面放置方格紙，測量魚的總長，如圖25所示。
3. 記錄其他特徵，如體色、花紋等，再觀察攝食行為並攝影記錄。

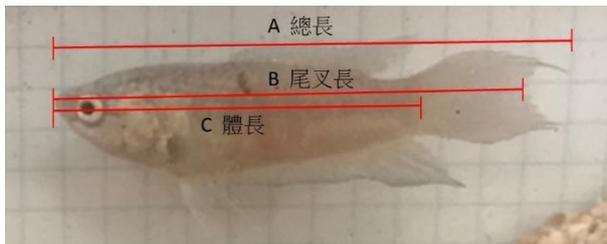


圖25 魚身測量示意圖

- A、魚總長：魚嘴至尾鰭最末端。
- B、魚尾叉長：魚嘴至尾鰭內凹處。
- C、魚體長：魚嘴至鱗片與尾鰭交界處。

(二) 探討蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好

【操縱變因】解凍紅蟲與顆粒狀飼料

【實驗步驟】

1. 分別將實驗區的兩側以滴管放置欲實驗的不同餌食（紅蟲和飼料）。
2. 等魚游至預備區，並將飼料分別放在兩支玻璃滴管讓魚可以看到。
3. 將紅蟲先置於左邊、飼料置於右邊，開始餵食，紀錄魚選擇吃哪一邊的飼料。
4. 魚一旦選擇吃一邊的餌食，另一邊立刻撈起來，避免魚太快飽足，不吃餌食。
5. 按照步驟4，將紅蟲和飼料交換位置，開始餵食，並記錄。
6. 每隻魚實驗10次，再進行數據分析。

(三) 探討蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好

為了讓大顆粒飼料與小顆粒飼料的成分與味道相同，我們決定使用10顆小顆粒飼料沾水揉成大顆粒飼料，而不是買市售的較大顆粒的飼料。實驗步驟如下：

【操縱變因】大顆粒飼料與小顆粒飼料

【實驗步驟】

1. 將紅色顆粒狀飼料每10顆沾水搓揉成1大顆，製成大飼料備用（如圖26、27）。
2. 等實驗盆中的魚游至預備區，並將飼料分別放在兩支玻璃滴管讓魚可以看到。
3. 將大飼料先置於左邊、小飼料置於右邊，開始餵食，記錄魚選擇吃哪一邊。
4. 魚一旦選擇吃一邊的飼料，另一邊立刻撈起來，避免魚太快飽足，不吃飼料。
5. 按照步驟4，將大飼料和小飼料交換位置，開始餵食，並紀錄。
6. 每隻魚實驗20次，再進行數據分析。



圖26 用10顆小飼料沾水黏成的大飼料

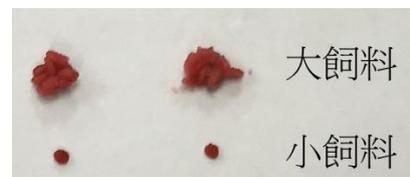


圖27 小飼料與大飼料的比例

(四) 探討蓋斑鬥魚對不同食物數量多寡的分辨能力

為了進行數感能力的實驗，我們採用視覺主導的攝食行為來進行實驗設計。進行時，按照比例系統讓魚區分兩個數量的紅蟲，隨著比值接近1，預期精確度將隨之降低，因此實驗按照下列的步驟，隨機進行1比5 (0.2)、1比4 (0.25)、1比3 (0.33)、1比2 (0.5)、2比3 (0.67)、3比4 (0.75) 及4比5 (0.8) 的實驗。

【對照組】 1 比 1

【實驗組】 1 比 5、1 比 4、1 比 3、1 比 2、2 比 3、3 比 4 及 4 比 5

【實驗步驟】

1. 取一隻蓋斑鬥魚，置於實驗盆中。
2. 將欲實驗數量的紅蟲分別放在兩支玻璃滴管中，置於實驗區兩側，讓魚看到。
3. 等魚游至預備區，確認魚看到紅蟲，開始餵食，記錄魚選擇吃哪一邊的紅蟲。
(為了避免味道影響實驗，魚游過選擇線才放下紅蟲)
4. 魚一旦通過「選擇線」，選擇吃一邊的餌食，另一邊立刻撈起來，避免魚太快飽足，不吃紅蟲。
5. 重複實驗10次，若魚超過三次都不進食，先暫停實驗，隔一段時間再繼續。
6. 不同數量的紅蟲交替放入實驗區進行實驗，每隻魚實驗20次，並紀錄。
7. 重複步驟1~6，**隨機完成**對照組與實驗組的各組實驗。

(五) 探討蓋斑鬥魚對不同食物數量的算數能力

【對照組】 0 比 1、0 比 5 及 1 比 1

【實驗組】 1 比 5、1 比 4、1 比 3、1 比 2、2 比 3、3 比 4 及 4 比 5

【實驗步驟】

實驗步驟同上述(四)的實驗步驟，增加計時的步驟：

1. 實驗區兩側準備欲實驗數量的紅蟲，並倒數3、2、1，放下紅蟲。
2. 按下碼錶開始計時，魚一旦吃到其中一邊的其中一隻紅蟲，計時立刻停止。
3. 不同數量的紅蟲交替放入實驗區進行實驗，每隻魚實驗10次，並紀錄。

(六) 分析不同性別及體型變相對蓋斑鬥魚的攝食偏好及數感是否有差異

我們分析以上4組實驗的實驗結果，以確定性別及體型是否會影響蓋斑鬥魚的選擇。

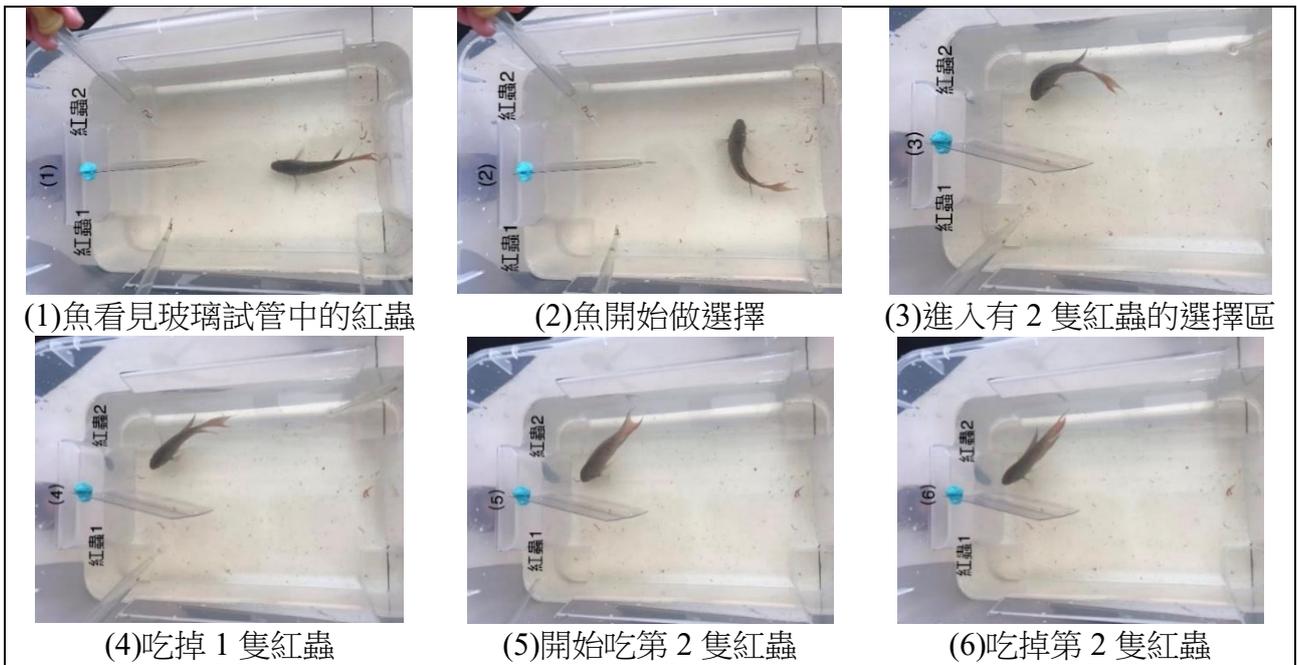


圖 28 蓋斑鬥魚攝食過程示意圖

三、研究架構圖

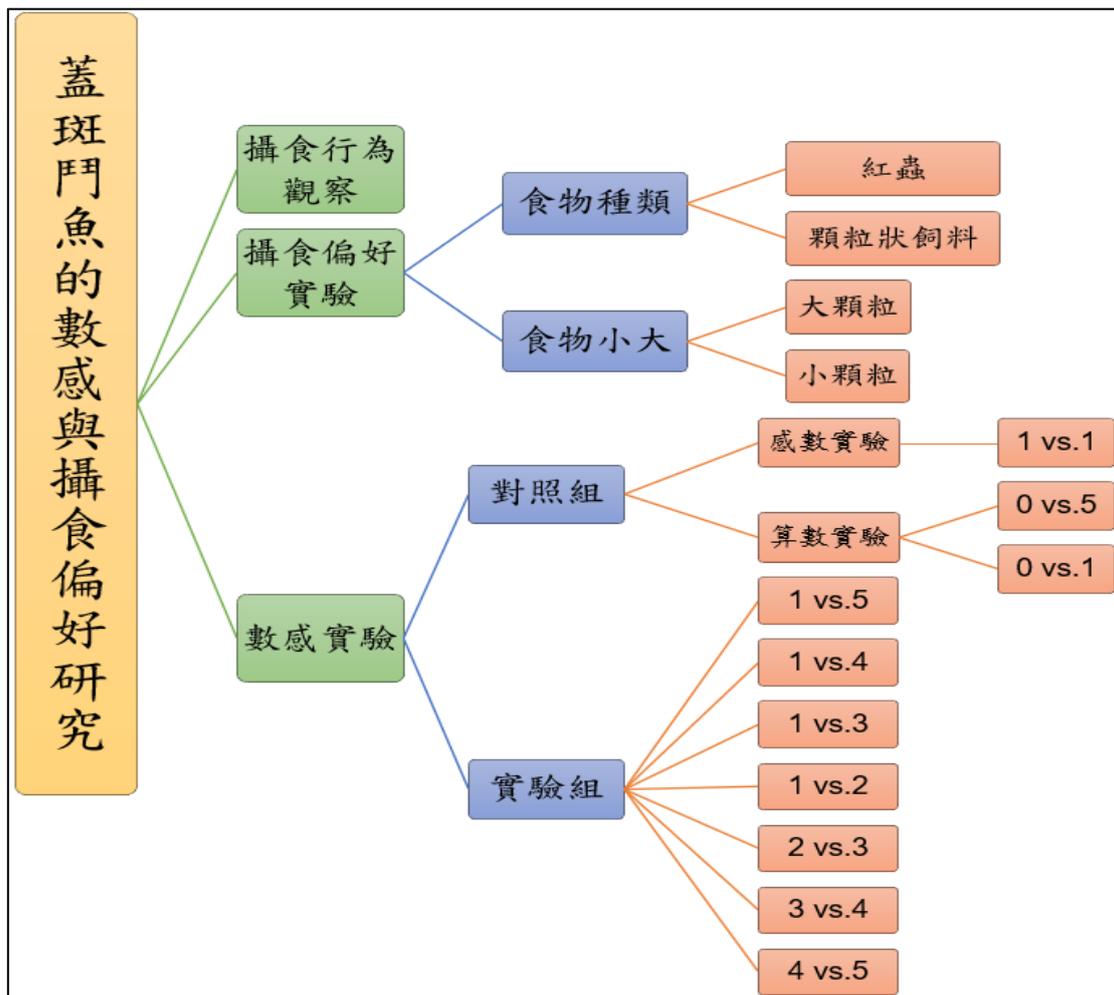


圖 29 研究架構圖

伍、研究結果

一、觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性

(一) 觀察記錄

1. 蓋斑鬥魚的形態與特徵

自108年11月至109年6月期間，所實驗的蓋斑鬥魚共18隻，公魚9隻、母魚9隻，觀察紀錄如下表所示：

表3 蓋斑鬥魚的總長與特徵記錄表

編號	性別	總長	特徵
M01	公	10.0cm	體色鮮紅，亮麗，身體和尾巴一樣長，尾鰭上下葉不等長。會吐泡巢。
M02	母	7.5cm	體色呈乳白色，嘴巴有紅點，體色漸層。
M03	母	6.5cm	體色偏暗，灰色，有黑色斑點，尾鰭較無色(漸層)。
M04	公	9.0cm	體色青藍，偏深，尾巴細長，條紋及斑點有些微反光，灰綠色和淡紅色相間。會吐泡巢。
M05	公	9.7cm	體色青藍，瘦，背鰭黑橘相間，尾巴橘紅色，嘴巴左上方有小傷口，斑紋不明顯，灰綠色和淡紅色相間。會吐泡巢。
M06	公	12.9cm	體色鮮紅，尾鰭長，腹鰭下方黑色，左側斑紋部分斷開。會吐泡巢。
M07	公	6.1cm	體色土棕色，體型很小的公蓋斑，尾鰭剛分岔。會吐泡巢。
M08	母	8.4cm	體色青藍，前半身顏色深，後半身顏色淺。
M09	公	8.7cm	體色靛藍色，尾鰭鮮紅色，尾鰭上下葉等長。會吐泡巢。
M10	母	7.2cm	體色土棕色，體色嘴下有紅點，右大左小。
M11	母	6.4cm	體色土棕色，偏深，頭部延伸至背部有許多黑色斑塊。
M12	母	7.4cm	體色土棕色，偏淺，尾鰭上下葉等長。
M13	公	5.4cm	色澤偏紅，斑紋明顯，尾鰭鮮紅色但皺縮無法展開。
M21	公	6.2cm	體色呈乳白色，體型很小的公蓋斑，尾鰭剛分岔。
M22	公	12.6cm	體色鮮紅，亮麗，身型最巨大，肚子特別大，尾鰭特長。
M23	母	8.5cm	體色淺，頭部附近有黑色斑點，尾鰭分岔。
M24	母	6.8cm	體色較淺，斑紋明顯，小腹微凸。
M25	母	7.5cm	體色灰白色，有身黑色斑點。

由上表可知，不同性別的蓋斑鬥魚在特徵與體長上有明顯差異，母魚體長最長不會超過8.5公分；公魚體長可以超過12公分。

2. 攝食行為觀察記錄：

為了解蓋斑鬥魚的攝食偏好，我們對蓋斑鬥魚餵食活孑孓、死孑孓、解凍紅蟲、顆粒狀飼料等餌食，並採用錄影方式輔助觀察記錄，錄影截圖如下所示：

(1) 活孑孓和死孑孓的選擇

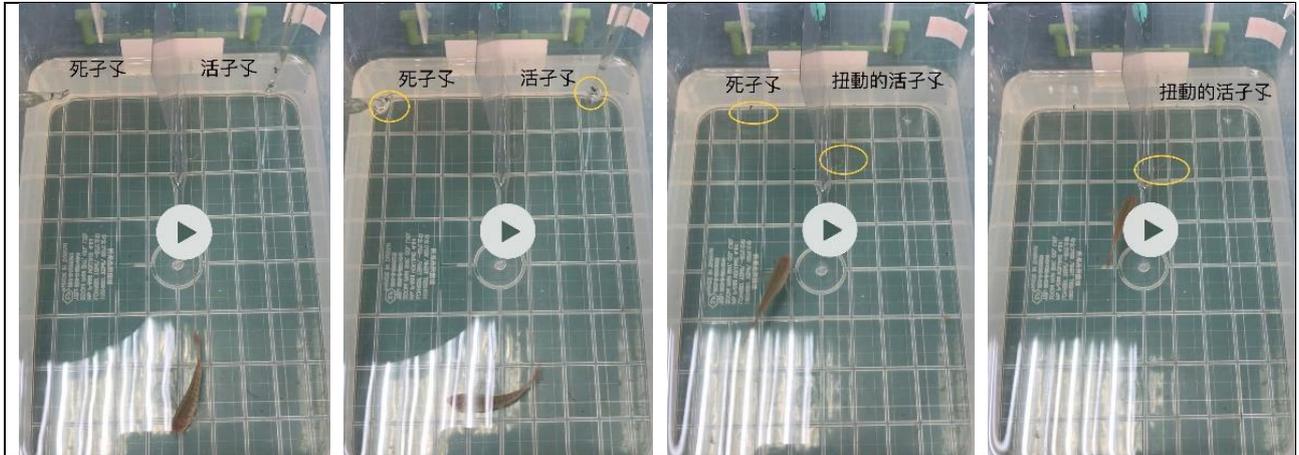


圖30 影片截圖—死活孑孓二選一，蓋斑鬥魚毫不猶豫選擇吃掉活的孑孓

(2) 活孑孓和死紅蟲的選擇

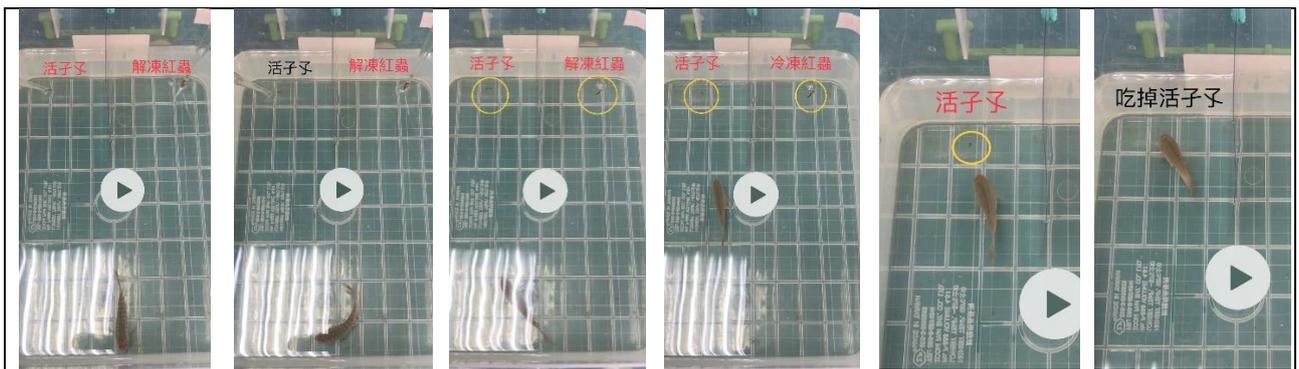


圖31 影片截圖—孑孓和紅蟲二擇一，蓋斑鬥魚毫不猶豫選擇吃掉活的孑孓

(3) 大紅蟲（死）和小子孓（活）的選擇

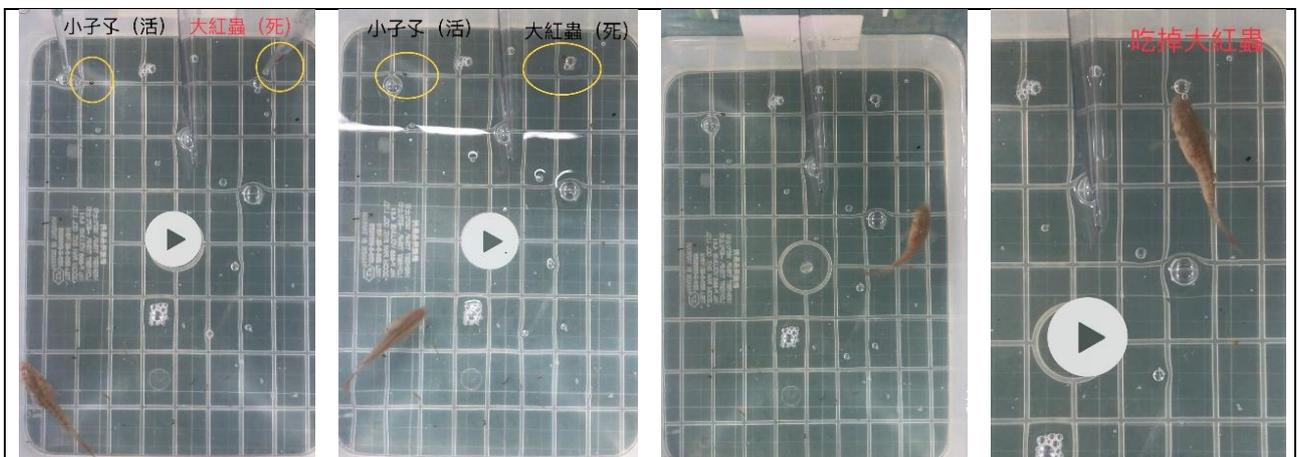


圖32 影片截圖—小子孓和大紅蟲二擇一，蓋斑鬥魚選擇吃大紅蟲

(4) 很多紅蟲（數量多）和1隻紅蟲（數量少）

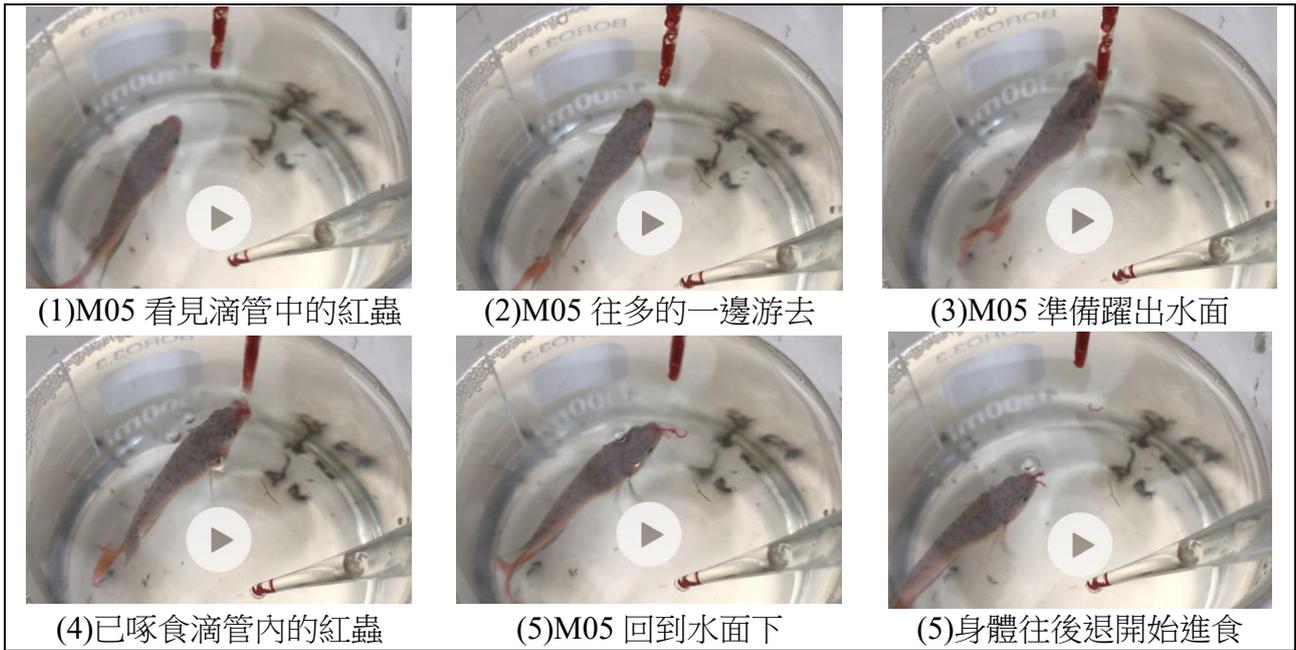


圖 33 蓋斑鬥魚躍出水面啄食紅蟲的影片截圖

(5) 確認蓋斑鬥魚會先用眼睛觀察再取食

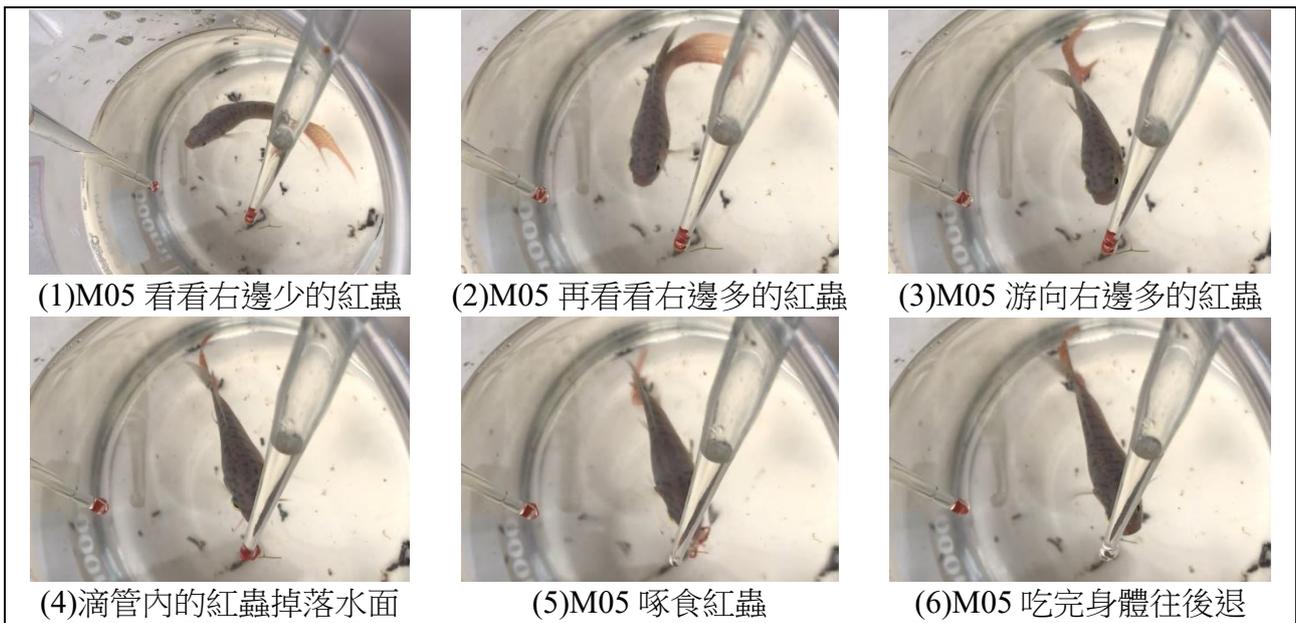


圖 34 蓋斑鬥魚會先用眼睛觀察，再選擇攝食數量多紅蟲的影片截圖

(6) 漂動的红蟲與沉在水底的红蟲二擇一

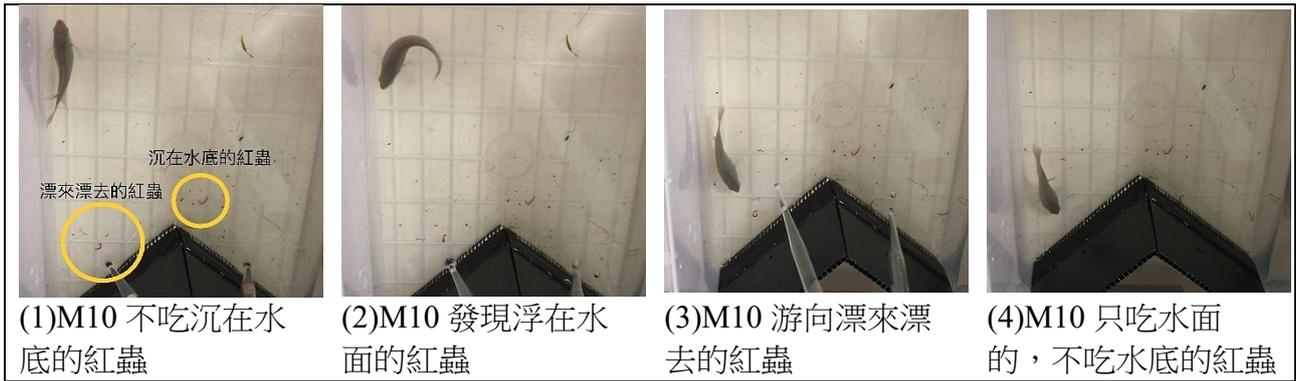


圖35 蓋斑鬥魚選擇優先吃浮在水面的紅蟲影片截圖

(7) 浮在水面的飼料與沉在水底的飼料二擇一

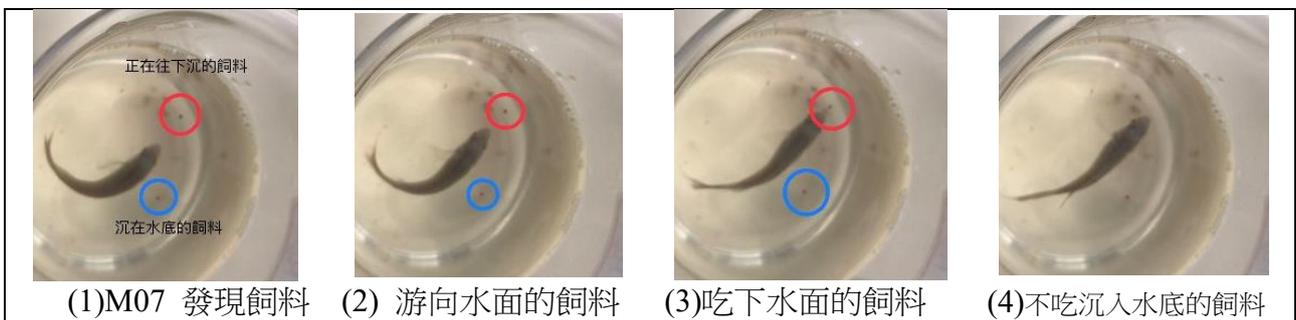


圖 36 蓋斑鬥魚選擇優先吃浮在水面的飼料影片截圖

(二) 實驗結果

1. 活孑孓和死孑孓，蓋斑鬥魚偏好吃活孑孓。
2. 孑孓（活）和紅蟲（死），蓋斑鬥魚偏好吃活孑孓。
3. 小孑孓（活）和大紅蟲（死），蓋斑鬥魚偏好吃大紅蟲。
4. 實驗觀察到蓋斑鬥魚偏好吃數量多的餌食。
5. 實驗觀察到蓋斑鬥魚公魚較凶猛，會躍出水面搶食飼料。
6. 實驗觀察到大部分的蓋斑鬥魚偏好吃大顆粒的飼料。
7. 蓋斑鬥魚會先用眼睛觀察飼料後，再選擇攝食的數量。
8. 實驗觀察到大部分的蓋斑鬥魚對於飼料的種類有偏好，偏好程度為：浮在水面
往下沉的紅蟲 > 沉入水底的紅蟲 > 浮在水面的飼料 > 沉入水底的飼料。

由上述觀察結果第7點可知，蓋斑鬥魚會採用視覺主導的攝食行為，因此實驗設計採用視覺主導來進行後續的攝食偏好與數感的實驗。

二、探討蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好

(一) 10隻魚總和的實驗記錄與結果

實驗記錄及結果統計圖如下所示：

表4 不同餌食種類的實驗記錄

編號	紅蟲			顆粒狀飼料			實驗次數
	先吃	後吃	不吃	先吃	後吃	不吃	
M01	10	0	0	0	0	10	10
M02	6	3	1	4	3	3	10
M03	6	0	4	0	0	10	10
M04	9	0	1	0	0	10	10
M05	7	3	0	3	7	0	10
M06	7	3	0	3	4	3	10
M07	9	1	0	1	1	8	10
M08	8	0	2	0	2	8	10
M09	8	2	0	2	3	5	10
M10	7	0	3	0	0	10	10
總次數	77	12	11	13	20	67	100

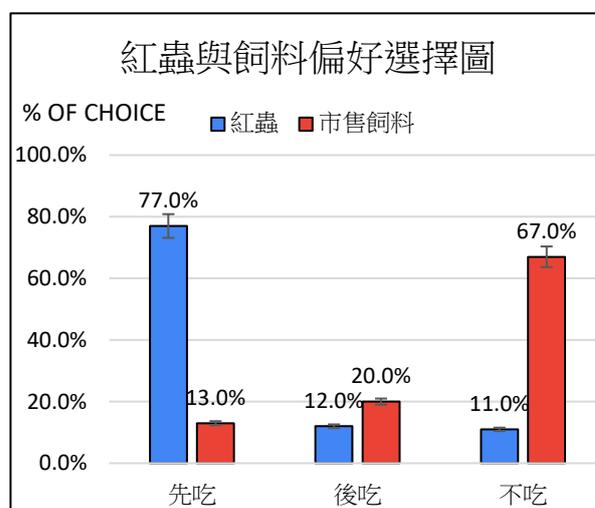


圖37 不同餌食種類偏好長條圖

根據100次實驗的統計結果，可知：

1. 蓋斑鬥魚在有紅蟲與顆粒狀飼料兩種食物的選擇下，先吃紅蟲的比例有77%，而先吃顆粒狀飼料的只有13%。
2. 蓋斑鬥魚食髓知味，一但吃了紅蟲之後就不吃飼料的比例高達67%。
3. 所有的蓋斑鬥魚，先吃市售飼料的比例皆低於先吃紅蟲的比例。換句話說，所有蓋斑鬥魚偏好選擇攝食紅蟲更甚於顆粒狀飼料。

三、探討蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好

(一) 10隻魚總和的實驗記錄

表5 不同食物大小的攝食偏好實驗記錄

編號	選擇次數		實驗次數
	大飼料	小飼料	
M01	14	6	20次
M02	14	6	20次
M03	16	4	20次
M04	15	5	20次
M05	13	7	20次
M06	12	8	20次
M07	15	5	20次
M08	19	1	20次
M09	15	5	20次
M10	14	6	20次
總計	147	53	200次
%	73.50%	26.50%	100%

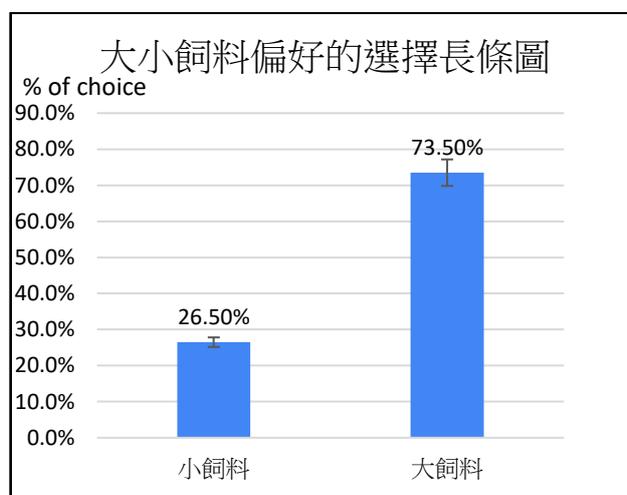


圖38 不同食物大小偏好的選擇長條圖

(二) 實驗結果

1. 10隻魚選擇大顆粒飼料的比例皆超過60%。
2. M08尤其喜歡大顆粒飼料，20次實驗中選擇了19次大飼料。
3. 整體而言，蓋斑鬥魚有超過73.5%的比例選擇大顆的飼料，只有26.5%的比例選擇小顆的飼料，因此說明**蓋斑鬥魚偏好選擇大顆粒的飼料。**

四、探討蓋斑鬥魚對不同食物數量多寡的分辨能力

(一) 實驗記錄

表6 蓋斑鬥魚對不同食物數量的攝食偏好實驗記錄

編號	實驗組(選擇次數)							
	1 vs.5		1vs.4		1 vs.3		1 vs.2	
	少	多	少	多	少	多	少	多
M01	1	19	3	17	5	15	5	15
M02	9	11	5	15	6	14	6	14
M03	--	--	--	--	--	--	5	15
M04	6	14	7	13	8	12	8	12
M05	--	--	--	--	4	16	7	13
M06	7	13	11	9	5	15	5	15
M07	--	--	--	--	--	--	3	17
M08	3	17	6	14	5	15	6	14
M09	3	17	4	16	5	15	6	14
M10	1	19	3	17	3	17	5	15
M11	4	16	5	15	6	14	6	14
M12	5	15	5	15	9	11	10	10
M13	4	16	5	15	6	14	6	14
總和	43	157	54	146	62	158	78	182
百分比	21.50%	78.50%	27.00%	73.00%	28.20%	71.80%	30.00%	70.00%

表7 蓋斑鬥魚對不同食物數量的攝食偏好實驗記錄

編號	實驗組(選擇次數)						對照組	
	2 vs.3		3 vs.4		4 vs.5		1 vs.1	
	少	多	少	多	少	多	左	右
M01	3	17	8	12	11	9	8	12
M02	12	8	9	11	9	11	11	9
M03	6	14	6	14	8	12	12	8
M04	9	11	7	13	4	16	8	12
M05	7	13	5	15	9	11	10	10
M06	7	13	6	14	8	12	8	12
M07	7	13	8	12	10	10	8	12
M08	4	16	7	13	9	11	10	10
M09	5	15	8	12	10	10	10	10
M10	6	14	8	12	10	10	12	8
總和	66	134	72	128	88	112	97	103
百分比	33%	67%	36%	64%	44%	56%	48.5	51.50%

實驗期間，有魚跳缸或因水黴病而死亡，因此又補了3隻魚，故1vs.2實驗為13隻魚的平均，1vs.3實驗為11隻魚的平均；而1vs.5、1vs.4、2vs.3、3vs.4、4vs.5及1比1則是10隻魚的平均結果。

實驗小結：

1. 對照組1比1的實驗結果顯示，當兩邊數量相當的時候(比值為1)，蓋斑鬥魚是近乎隨機選擇左邊和右邊。
2. 數值差距越大，即比值越小，越好分辨。但如果就單一隻魚來看，M02對1比5的分辨力卻比較差；M06甚至出現分辨1比4的數值時，居然選擇1的次數比4較多。因此本實驗僅採用全體蓋斑鬥魚的總和分析結果。
3. 整體而言，蓋斑鬥魚對於1比2 (0.5)、1比3 (0.33)、1比4 (0.25) 及1比5 (0.2) 都有很大的分辨力，選擇數量多的一邊都有超過70%的比例。
4. 但1比2 (0.5)、1比3 (0.33)、1比4 (0.25) 及1比5 (0.2) 之間分辨力，卻沒有明顯的差距，僅1比5的分辨力稍高，達78.5%；而1比2和1比3的選擇比例只差1.8%而已。
5. 蓋斑鬥魚在1到5之間的比值，呈現比值越大，越難分辨的結果。選擇數量多的比例，從72%、67%、64%到只剩56%，顯示蓋斑鬥魚在4、5之間的數值已經不太能分辨了。

(二) 8組數值的實驗記錄與結果

將1比5 (0.2)、1比4 (0.25)、1比3 (0.33)、1比2 (0.5)、2比3 (0.67)、3比4 (0.75)、4比5 (0.8) 以及1比1 (1)，共8組數量偏好實驗數據彙整分析製成趨勢圖如下：

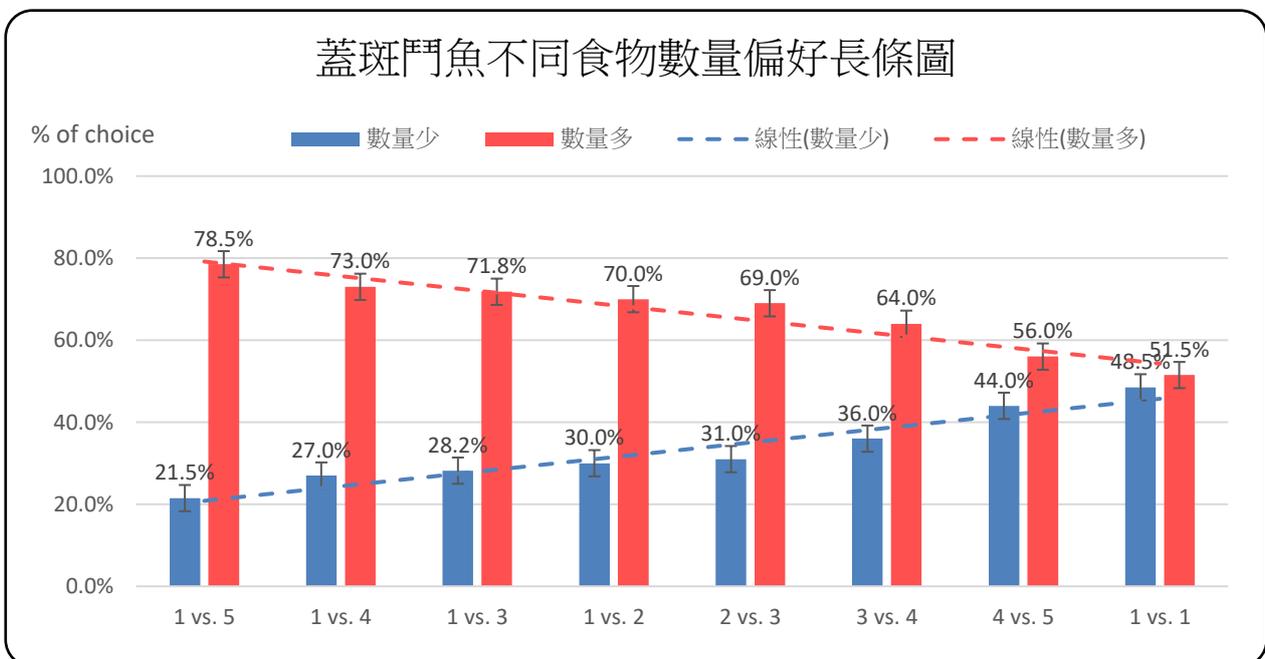


圖39 蓋斑鬥魚對食物數量的分辨能力(全)趨勢圖

實驗結果：

1. 研究結果發現，整體而言蓋斑鬥魚偏好選擇較多的數量。
2. 如圖56所示，蓋斑鬥魚在分辨數量上，比值為0.2時選擇多的比例有78.5%；比值為0.25時，比例為73%；比值為0.33時，比例為71.8%；比值為0.5，比例為70%；比值為0.67，比例為67%；比值為0.75，比例為64%；比值為0.8，比例為56%。所以當兩邊的比值愈接近1時，蓋斑鬥魚選擇數量多的比例就越來越低，顯示蓋斑鬥魚分辨數量的能力就越來越弱。

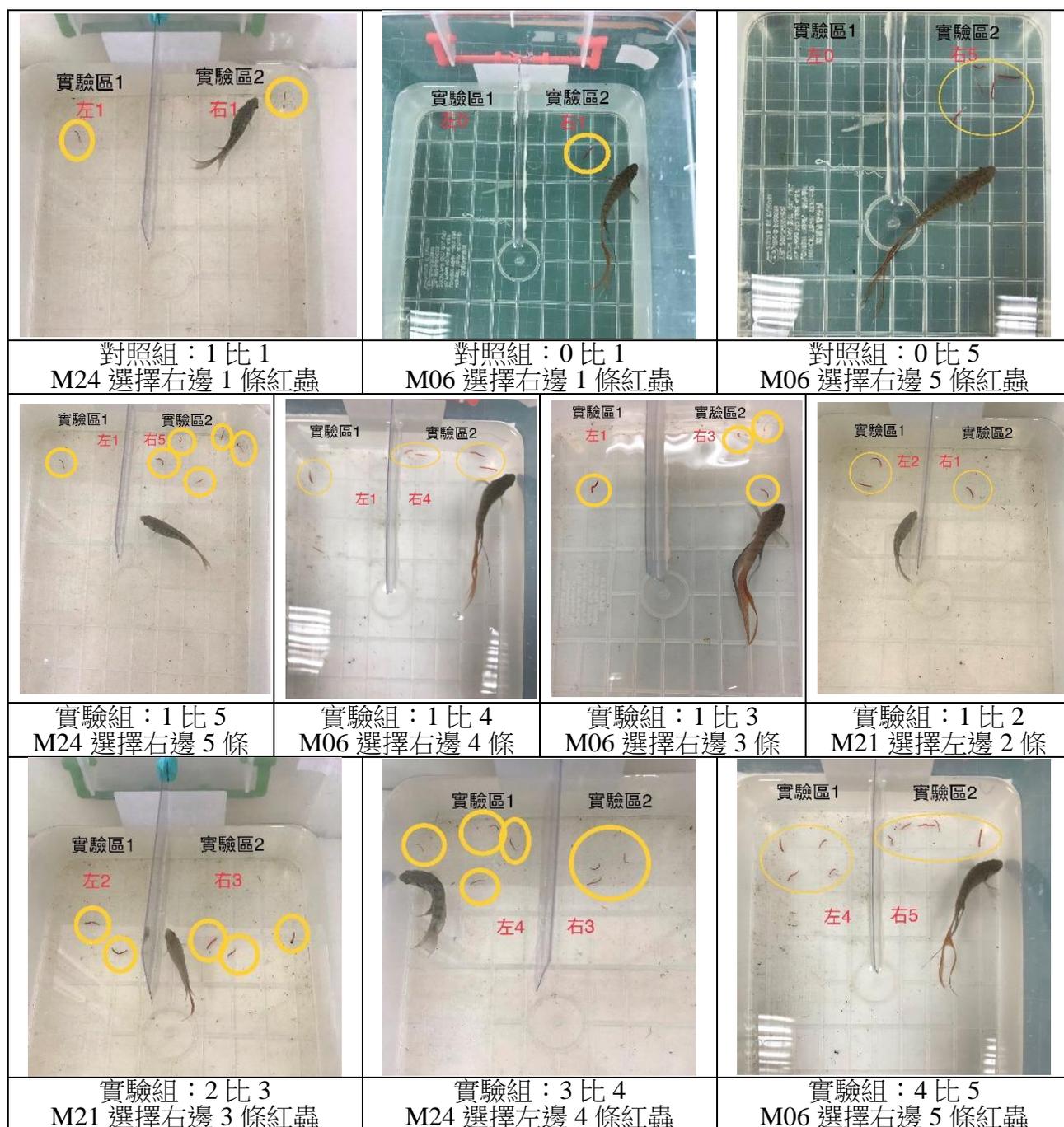


圖 40 蓋斑鬥魚比例實驗結果示意圖

五、探討蓋斑鬥魚對不同食物數量的算術能力

以下是109年5月~6月期間，針對8隻蓋斑鬥魚，分別在不同數量比例組別，各實驗10次，選擇數量所花的平均反應時間記錄表及結果統計圖：

表8 蓋斑鬥魚對不同數量比例辨識的反應時間記錄表（單位：秒）

秒數	1v.s.5	1v.s.4	1v.s.3	1v.s.2	2v.s.3	3v.s.4	4v.s.5	0v.s.1	0v.s.5	1v.s.1
M01	1.155	1.479	2.496	2.493	2.664	2.270	3.765	1.964	2.080	1.753
M06	1.533	2.661	1.987	2.047	2.097	3.010	5.672	2.508	2.500	1.136
M08	2.421	2.218	2.002	1.934	2.062	2.243	3.740	2.125	2.489	1.294
M13	2.757	1.745	2.272	2.491	3.183	--	6.131	1.749	2.674	1.647
M21	3.614	1.989	3.034	2.977	2.109	2.666	2.601	1.730	2.473	1.592
M23	2.082	2.978	0.573	2.168	1.980	3.203	4.110	2.017	1.700	1.988
M24	1.631	3.445	3.484	2.245	2.391	3.162	3.050	2.125	1.953	1.134
M25	1.966	4.747	5.225	3.096	3.202	5.425	7.218	2.542	1.280	2.585
平均	2.145	2.658	2.634	2.431	2.461	3.140	4.536	2.095	2.144	1.641

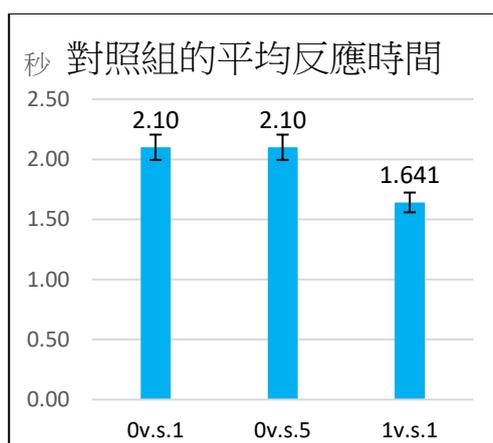


圖41 對照組的反應時間長條圖

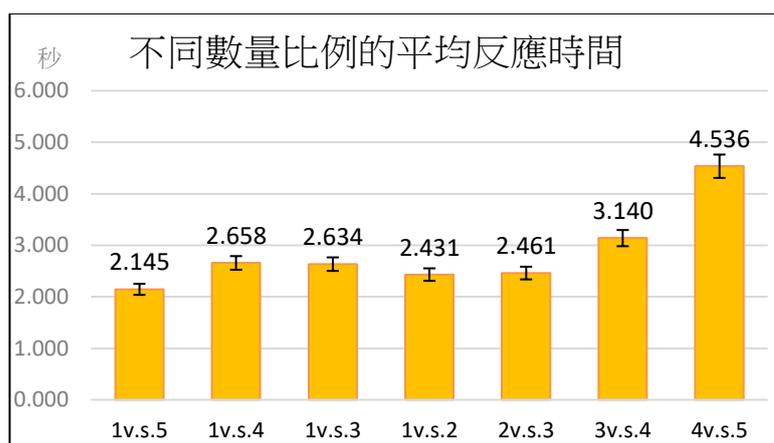


圖42 實驗組的反應時間長條圖

統計8隻魚的實驗結果：

1. 對照組部分，蓋斑鬥魚在0比1和0比5的實驗中，選擇有的一邊，不論是1條或5條紅蟲，反應時間都是一樣的，皆為2.1秒左右。1比1的反應時間則是1.6秒左右。
2. 實驗組部分，蓋斑鬥魚在1比5、1比4、1比3、1比2和2比3的表現都在2秒到2.7秒之間，表示對蓋斑鬥魚在比值低於0.75時，對數字辨識的難易度一樣。
3. 實驗組部分，當比值在**0.75 (3v.s.4及4v.s.5)**以上，反應時間明顯增加，顯示蓋斑鬥魚具有算數能力。

六、不同性別的蓋斑鬥魚的攝食偏好及數感是否有差異

(一) 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物種類選擇的數據分析

以下為不同食物種類攝食偏好的分析結果：

表9 蓋斑鬥魚公魚對不同食物種類的偏好

公魚	紅蟲			顆粒狀飼料			實驗次數
	先吃	後吃	不吃	先吃	後吃	不吃	
M01	10	0	0	0	0	10	10次
M04	9	0	1	0	0	10	10次
M05	7	3	0	3	7	0	10次
M06	7	3	0	3	4	3	10次
M07	9	1	0	1	1	8	10次
M09	8	2	0	2	3	5	10次
總數	50	9	1	9	15	36	60次
百分比	83%	15%	2%	15%	25%	60%	100%

表10 蓋斑鬥魚母魚對不同食物種類的偏好

母魚	紅蟲			顆粒狀飼料			實驗次數
	先吃	後吃	不吃	先吃	後吃	不吃	
M02	6	3	1	4	3	3	10次
M03	6	0	4	0	0	10	10次
M08	8	0	2	0	2	8	10次
M10	7	0	3	0	0	10	10次
總數	27	3	10	4	5	31	40次
百分比	68%	8%	25%	10%	13%	78%	100%

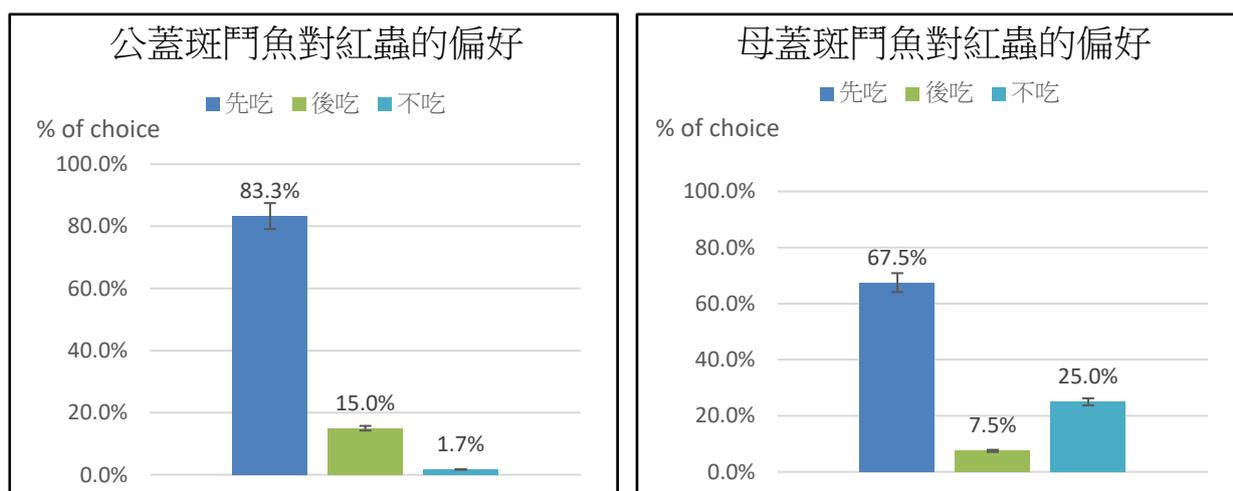


圖43 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物種類偏好長條圖（選擇紅蟲部分）

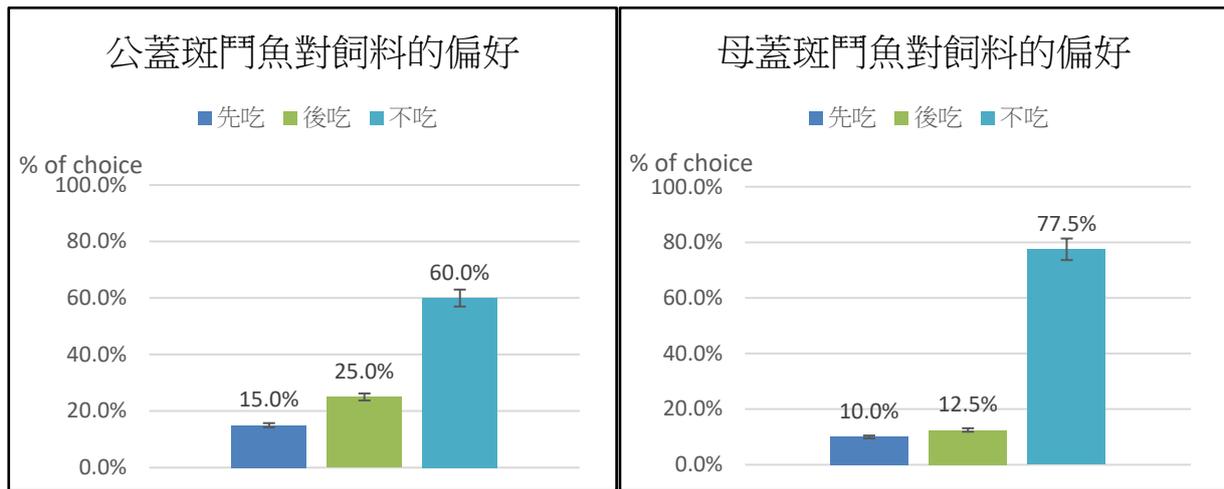


圖44 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物種類偏好長條圖（選擇顆粒狀飼料部分）

（二）不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物大小選擇的數據分析

表11 蓋斑鬥魚公魚對不同食物大小的偏好

公魚	大飼料	小飼料	實驗次數
M01	14	6	20次
M04	15	5	20次
M05	13	7	20次
M06	12	8	20次
M07	15	5	20次
M09	15	5	20次
總數	84	36	120次
百分比	70%	30%	100%

表12 蓋斑鬥魚母魚對不同食物大小的偏好

母魚	大飼料	小飼料	實驗次數
M02	14	6	20次
M03	16	4	20次
M08	19	1	20次
M10	14	6	20次
總數	63	17	80
百分比	79%	21%	100%

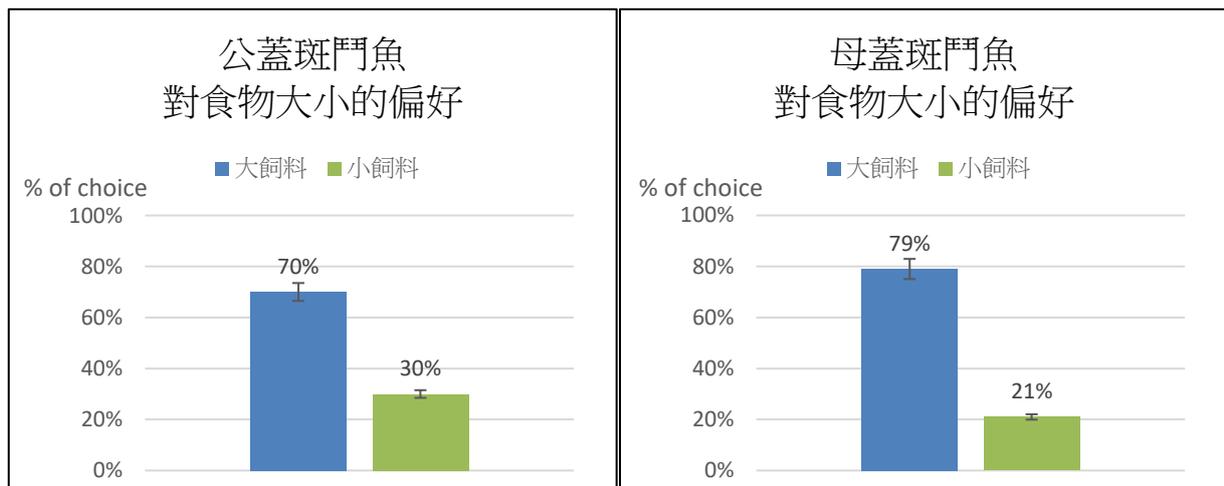


圖45 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物大小偏好長條圖

（三）不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物數量選擇的數據分析

以下為對於食物數量分辨能力的實驗記錄：

表13 蓋斑鬥魚公魚對食物數量的分辨能力

公魚	1 vs.2		2 vs.3		3 vs.4		4 vs.5	
	少	多	少	多	少	多	少	多
M01	5	15	3	17	8	12	11	9
M04	8	12	9	11	7	13	4	16
M05	7	13	7	13	5	15	9	11
M06	5	15	7	13	6	14	8	12
M07	3	17	7	13	8	12	10	10
M09	6	14	5	15	8	12	10	10
統計	34	86	38	82	42	78	52	68
百分比	28.3%	71.7%	31.7%	68.3%	35.0%	65.0%	43.3%	56.7%

表14 蓋斑鬥魚母魚對食物數量的分辨能力

母魚	1 vs.2		2 vs.3		3 vs.4		4 vs.5	
	少	多	少	多	少	多	少	多
M02	6	14	8	12	9	11	9	11
M03	5	15	6	14	6	14	8	12
M08	6	14	4	16	7	13	9	11
M10	5	15	6	14	8	12	10	10
統計	22	58	24	56	30	50	36	44
百分比	27.5%	72.5%	30.0%	70.0%	37.5%	62.5%	45.0%	55.0%

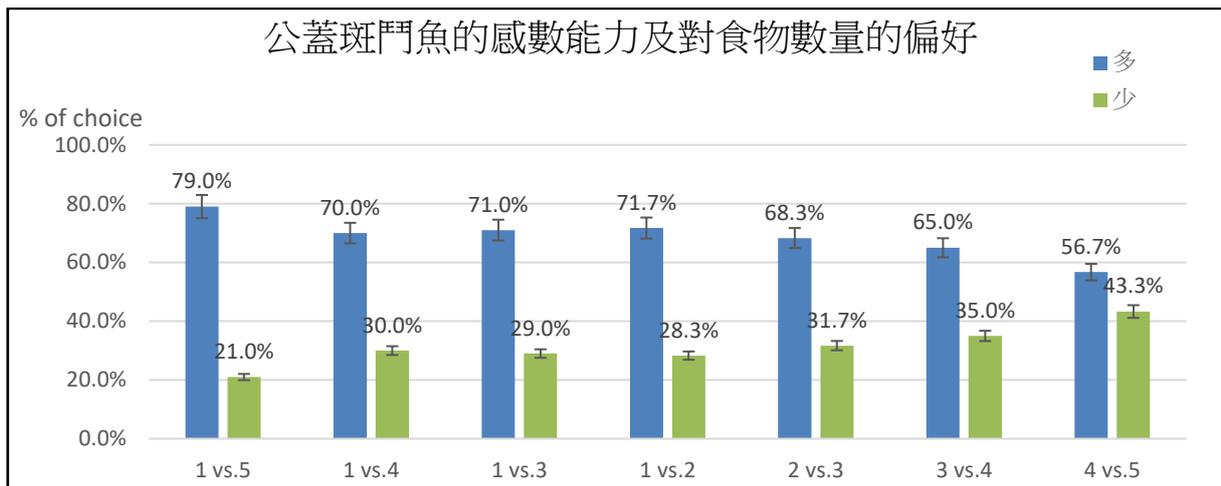


圖46 公蓋斑鬥魚食物數量分辨能力長條圖

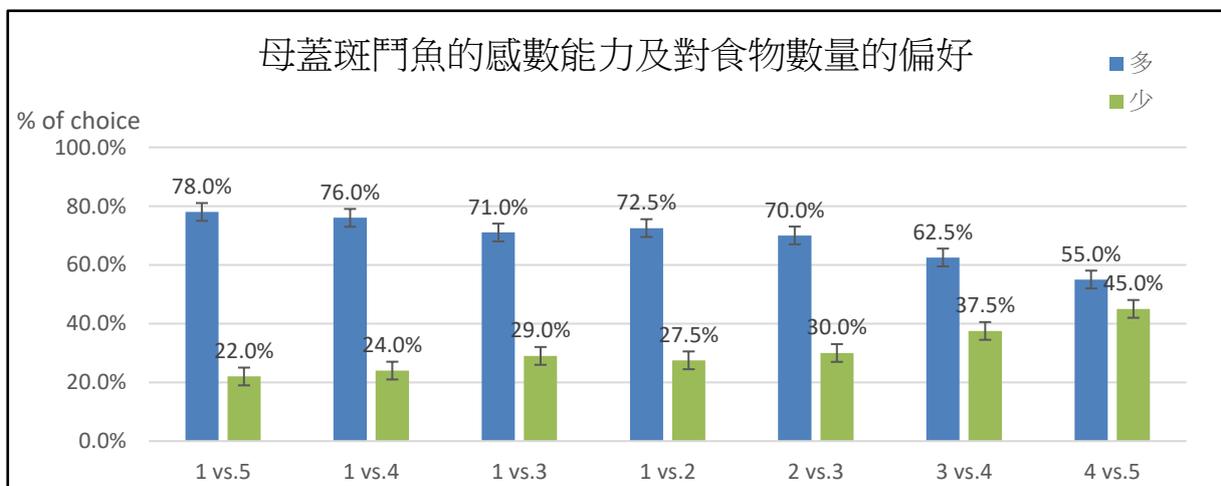


圖47 母蓋斑鬥魚食物數量分辨能力長條圖

(四) 不同性別蓋斑鬥魚的算數能力分析

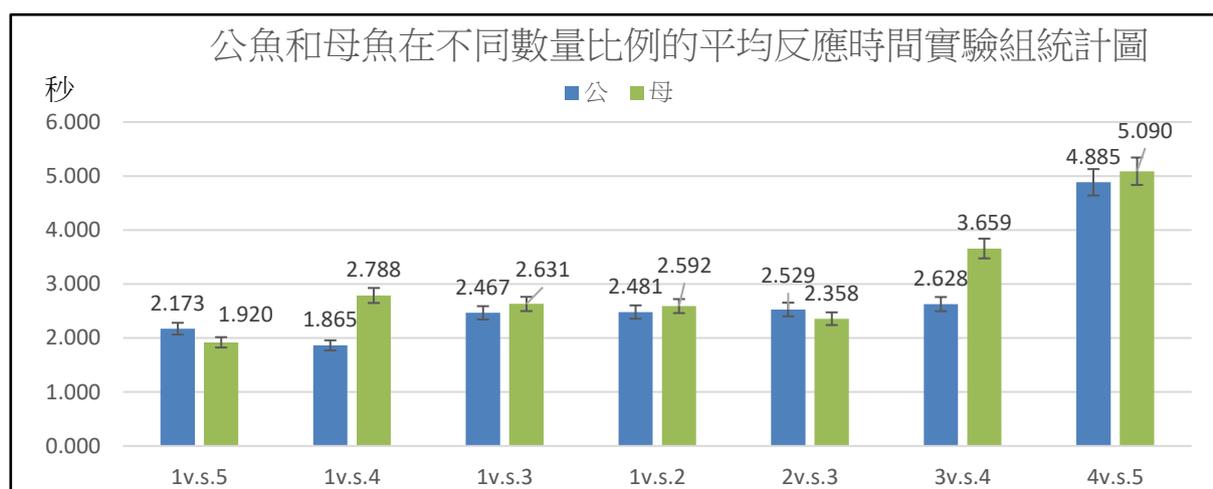


圖48 不同性別的蓋斑鬥魚算數能力實驗組結果長條圖

(五) 研究結果

從上述的數據分析結果顯示：

1. 在食物種類的偏好方面，蓋斑鬥魚公魚優先選擇紅蟲的比例達83%，而母魚優先選擇紅蟲的比例達68%，兩者差距15%，顯示**公魚明顯比母魚更喜歡攝食紅蟲**。
2. 選擇飼料攝食的部分，蓋斑鬥魚公魚優先選擇顆粒狀飼料的比例只有15%，母魚也只有10%，差距只有5%，顯示蓋斑鬥魚不論公母，都比較偏好攝食紅蟲。
3. 不吃紅蟲與飼料的比例，母魚比公魚比例高得多，顯示公魚真的比較愛吃。
4. 在食物大小的偏好方面，公魚攝食大飼料的比例為70%，而母魚為79%，兩者差距9%，顯示蓋斑鬥魚喜歡攝食大顆粒飼料，但公魚母魚沒有太大差異。
5. 對於食物數量的分辨能力，蓋斑鬥魚的公魚及母魚並無明顯差異。

七、不同體型的蓋斑鬥魚的攝食偏好及數感是否有差異

(一) 不同體型的蓋斑鬥魚對不同食物種類選擇的數據分析

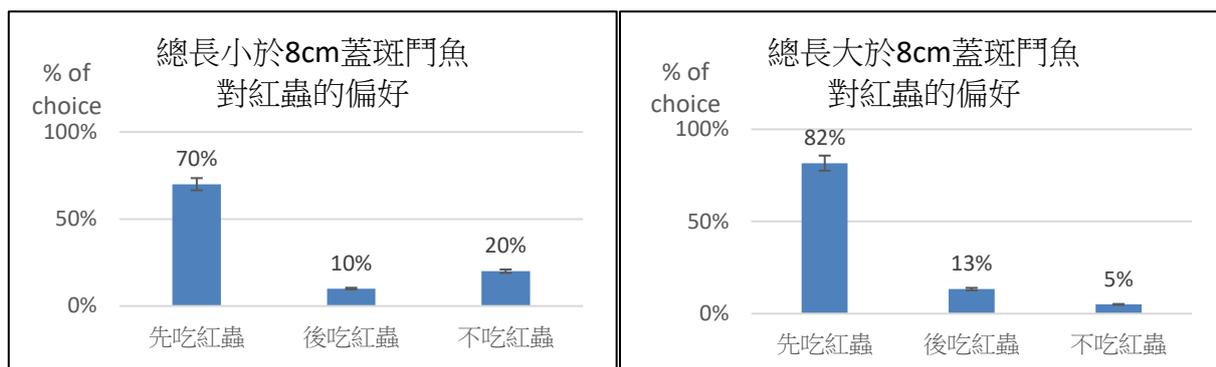


圖49 不同體型的蓋斑鬥魚對紅蟲偏好的長條圖

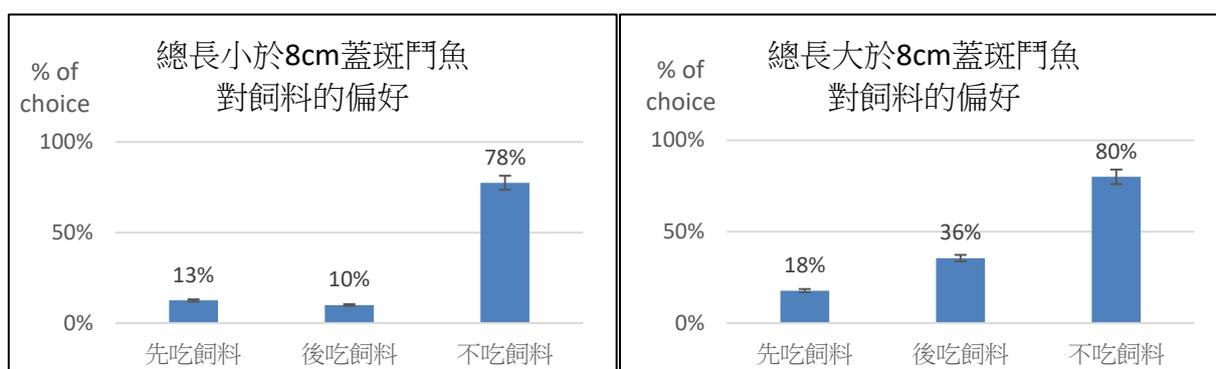


圖50 不同體型的蓋斑鬥魚對飼料偏好的長條圖

(二) 不同體型的蓋斑鬥魚對不同食物大小選擇的數據分析

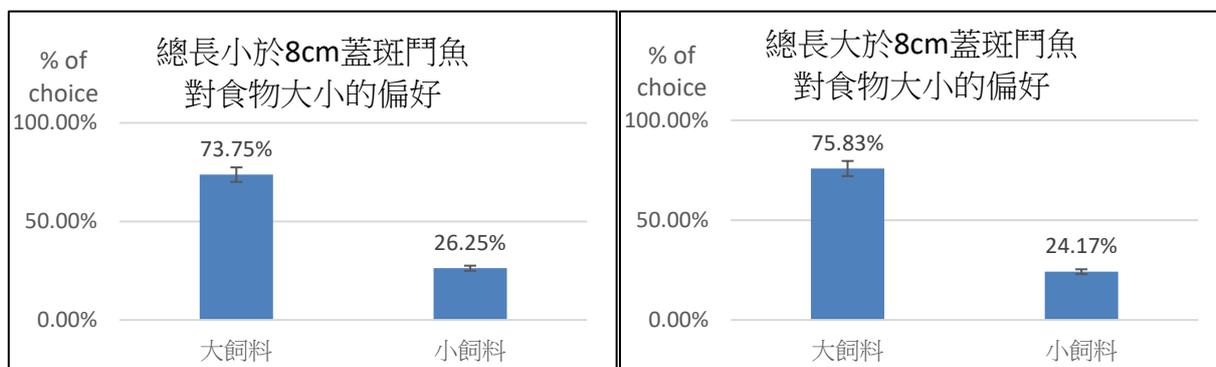


圖51 不同體型的蓋斑鬥魚對食物大小偏好的長條圖

(三) 不同體型的蓋斑鬥魚對不同食物數量選擇的數據分析

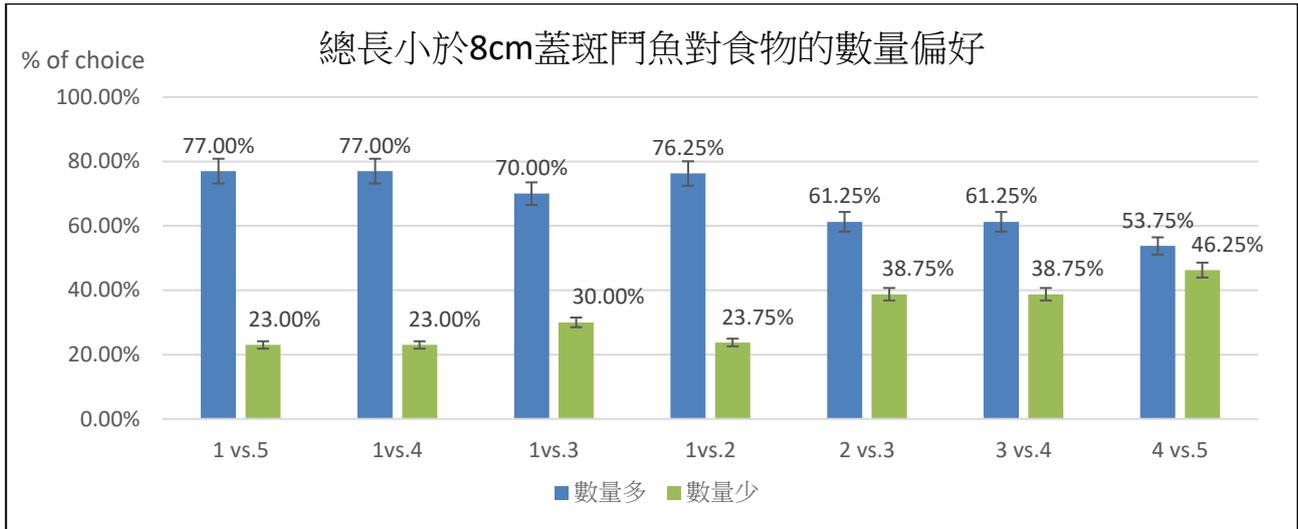


圖52 總長小於8公分的蓋斑鬥魚對不同食物數量偏好的長條圖

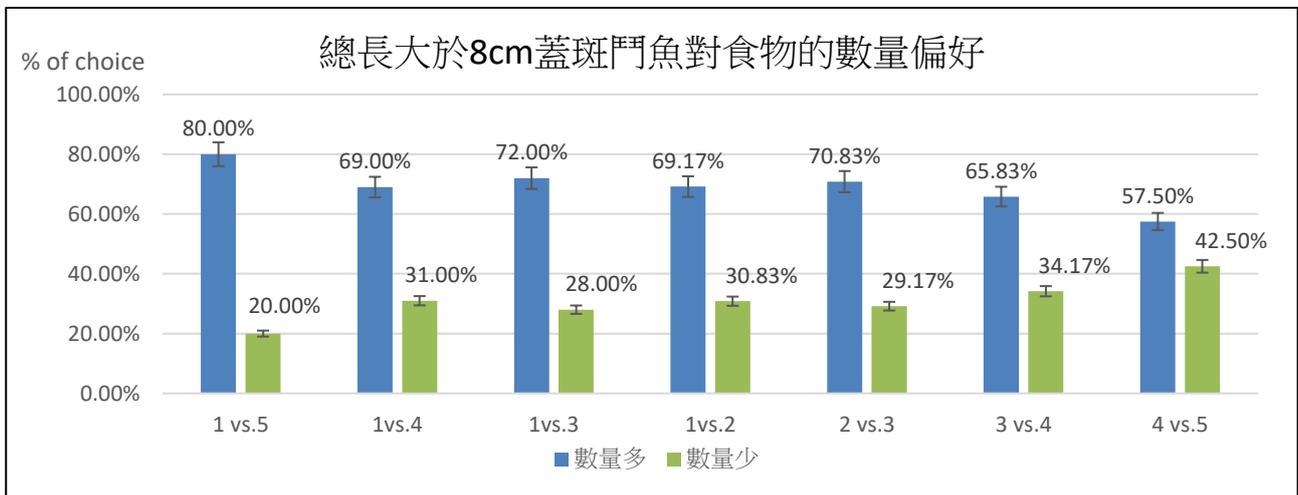


圖53 總長大於8公分的蓋斑鬥魚對不同食物數量偏好的長條圖

(四) 不同體型的蓋斑鬥魚的算數能力的數據分析

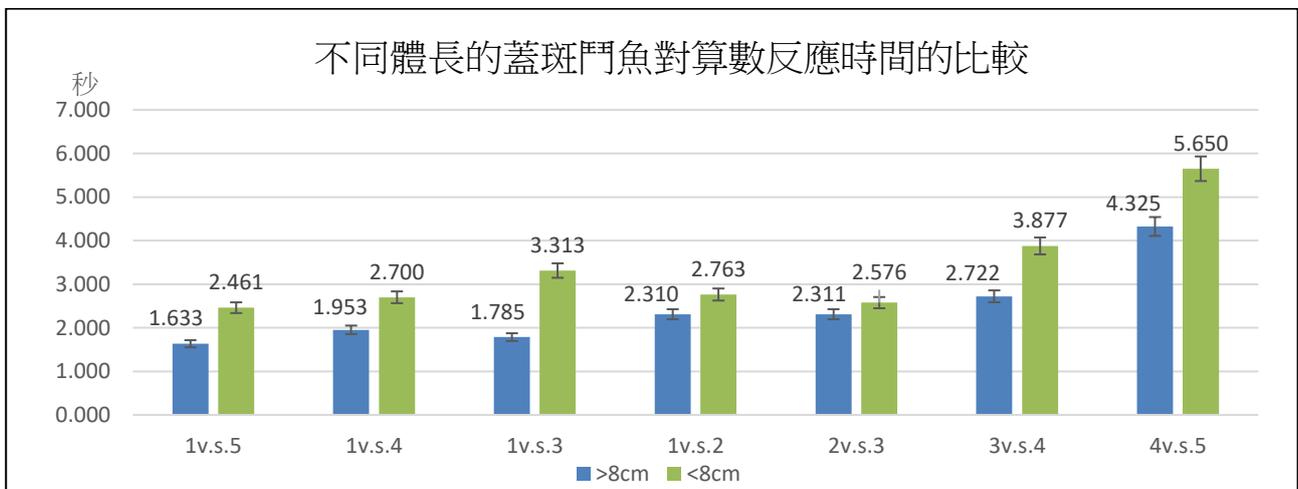


圖 55 不同體長的蓋斑鬥魚對算數反應時間的統計圖

（五） 研究結果

從上述的數據分析結果顯示：

1. 在食物種類偏好方面，總長大於8公分的蓋斑鬥魚選擇不吃紅蟲的比例比總長小於8公分的蓋斑鬥魚低。由此得知，體型較大的蓋斑鬥魚更偏好攝食紅蟲。
2. 在食物大小及數量的偏好方面，兩類的蓋斑鬥魚並沒有太大的差異。
3. 在算數能力方面，1比3及3比4及4比5的比例中，兩類蓋斑鬥魚的平均反應時間差距超過1秒。且總長大於8公分的蓋斑鬥魚在所有比例實驗中的平均反應時間皆比總長小於8公分的蓋斑鬥魚短。由此可知，體型較大的蓋斑鬥魚算數能力較佳。

陸、討論

一、 觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性

（一） 形態

由結果可知，不同性別的蓋斑鬥魚在特徵與體長上有明顯差異，母魚體長最長不超過8.5公分；公魚體長則可超過12公分。胡家怡（2012）也指出，雄魚在標準體長、體重與肥滿度皆顯著大於雌魚。測量體長時，我們雖然測的是總體長而非標準體長，但結果仍與其相符。

（二） 對餌食的偏好

進行前置實驗時，我們發現活孑子和死孑子，蓋斑鬥魚偏好吃活孑子；但活的小孑子（0.5cm）和死的大紅蟲（1cm），蓋斑鬥魚偏好吃大紅蟲，有可能是紅蟲體型較大、顏色鮮豔較易察覺的緣故。因此正式的實驗便選用紅蟲做為主要餌食。再者，因為蚊子生活史短，孑子大小及數量都不易控制，而冷凍紅蟲可以直接在水族館購買取得，牠同時也是搖蚊科的幼蟲，這也是選用紅蟲的主要原因。

此外，前置實驗時我們曾多次觀察到大部分蓋斑鬥魚對於食物偏好是：浮在水面往下沉的紅蟲 > 沉入水底的紅蟲 > 浮在水面的飼料 > 沉入水底的飼料。這是一項非常有趣的現象，根據我們的實驗設計，目前只能證明蓋斑鬥魚喜歡攝食紅蟲更甚於顆粒狀飼料。未來如果有時間，希望能繼續設計實驗證明上述觀察到的攝食偏好，並加入孑子做比較。

二、分析蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好

本研究使用的紅蟲餌食為搖蚊科幼蟲，並非顛蚓。實驗時，我們使用約1公分長的紅蟲作為實驗餌食，而較小隻的紅蟲則用於平常餵食。實驗過程雖然採用視覺主導的攝食行為進行實驗，但我們發現紅蟲有很濃郁的味道，因此將紅蟲放入玻璃滴管中讓蓋斑鬥魚看見後再置入水中。但滴管有開口，味道依然會擴散到水中，因此無法完全排除嗅覺主導攝食的可能性。未來我們認為可以嘗試用試管裝進餌食，沒入水中，以避免氣味影響攝食。

另外，雖然我們是以一顆飼料及一隻紅蟲進行實驗，但事實上紅蟲的體積比飼料的體積大，我們的後續實驗也證實蓋斑鬥魚較喜歡體積較大的飼料，因此這或許也是蓋斑鬥魚偏好攝食紅蟲的原因之一。

三、分析蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好

從研究結果可知，蓋斑鬥魚有超過73.5%的比例選擇大顆的飼料，只有26.5%的比例選擇小顆的飼料，顯示蓋斑鬥魚偏好選擇大顆粒的飼料。實驗過程中，直接挑選市售的大顆粒飼料可能會因為飼料的內容物不同而無法控制變因，因此我們將原本的10顆小飼料沾水揉成大飼料，但實驗過程中我們也發現，飼料稍微溶於水，會導致每次的飼料大小有些許差異，可能影響蓋斑鬥魚的選擇。

此外，市售飼料因為不同配方有不同顏色，或許蓋斑鬥魚對食物的顏色也有選擇偏好，未來也可以針對顏色偏好進行實驗。

四、分析蓋斑鬥魚對不同食物數量的分辨能力

數感又稱「數量感」或「數字感」，就是衡量物體多寡的概念。以人類來說，一般人就算沒有學數學，也都知道1和2不同、3比2多、4和3比3和1的相差小等概念，所以數感是與生俱來的能力（焦傳金、楊燦伊，2017）。研究結果可知，蓋斑鬥魚偏好選擇數量多的食物，證實蓋斑鬥魚也具有感數能力，且在1到5之間的數字，呈現比值越大，感數能力愈弱的結果。

能準確分辨獵物數量的能力在動物的攝食決策中極為重要（楊燦伊，2016），因此研究動物是否有數感或辨別數字的能力有其重要的意義。本研究證實蓋斑鬥魚有數感，未來也想瞭解影響蓋斑鬥魚攝食決策有那些因素。

五、算數能力實驗

焦傳金、楊燦伊（2017）指出，人類的數感還分為兩種系統，一種稱為「感數」能力（subitization），另一種則是「算數」能力（counting）。在數量較少（通常小於或等於4個物體）時，我們可以立即辨識物體數量，此為感數能力；無論是1、2、3、4個物體，我們分辨多寡所花的時間都很接近。但是當數量超過4，我們就無法依賴感數能力，而必須利用算數能力，把所有物體一一計數後，才能確認總數；而且隨著物體數量增加，我們所花的時間也會增長。

從算數能力的實驗結果可知，蓋斑鬥魚在數量小於4以前，反應時間都在2秒左右，顯示蓋斑鬥魚採用了感數能力；但當比值在0.75（3v.s.4及4v.s.5）以上，反應時間明顯增加，顯示蓋斑鬥魚運用了算數能力。

值得討論的是，1比1對照組的結果不符合預期，理論上兩側數量相同應該難以抉擇，所以選擇時間會較長。但結果顯示1比1(比值1)的反應時間是全部比例中最短的，4比5的實驗(比值0.8)的選擇時間最長。我們認為造成此結果的原因可能是我們的實驗設計所導致。蓋斑鬥魚進行二選一時，即便他選擇少的一邊，我們都會讓蓋斑鬥魚吃到他選擇的那邊的食物(類似給牠獎勵)，於是牠會選擇數量較多的那邊，讓自己能吃到最多食物。1比1的實驗中，蓋斑鬥魚依照之前的學習經驗做選擇，卻發現兩邊數量一樣，反而不做考慮，而是隨機選擇一邊攝食。未來也可以嘗試做2比2，3比3，4比4及5比5的實驗，看看當比值相同時，選擇時間的長短是否受到數量大小的影響。另外，未來也可以嘗試不讓蓋斑鬥魚吃到選擇的食物，實驗牠的選擇是否會受到學習能力影響。

實驗組部分，蓋斑鬥魚在比值低於0.75時，反應時間都在2秒到2.7秒之間，而在兩數字比值超過0.75（3vs.4）之後，選擇數量多的時間明顯慢了很多。這表示在數字比值小於0.75時，對蓋斑鬥魚來說分辨數字的難易度較簡單，但在數字比值大於0.75時，難易度則開始上升。我們認為蓋斑鬥魚在難易度簡單時，可能是使用感數能力分辨數字，當難易度上升時，則使用算數能力。感數能力的實驗結果顯示，比值越接近一時，蓋斑鬥魚分辨數字的能力愈弱，綜合感數能力及算數能力的實驗結果，蓋斑鬥魚在數字難易度上升時，雖然反應時間變久，但正確率依然不高，表示蓋斑鬥魚的算數能力非常弱。

六、不同性別、體型變項對蓋斑鬥魚的攝食偏好及數感是否有差異

進行蓋斑鬥魚的攝食觀察時，我們發現公蓋較凶猛，會搶食飼料，並躍出水面攝食。因此認為不同性別的攝食偏好可能有差異。分析數據後，卻發現公魚僅在攝食紅蟲的偏好較母魚高，其餘如食物大小、數量以及感數能力等，都不受性別影響。體型部分，我們認為，公魚體型較大，需要的能量也較多，因此在攝食主動性與攻擊性上也會比較強。在算數能力方面，體長大於8公分的蓋斑鬥魚的反應時間比體長小魚8公分的蓋斑鬥魚的反應時間短，由此推測體型較大的蓋斑鬥魚腦部發育較好。未來也可嘗試加入不同年齡的變項來做實驗。

七、其他

實驗過程中我們發現，食物的顏色可能也會影響蓋斑鬥魚的選擇，若食物過於接近環境顏色，蓋斑鬥魚可能較難察覺飼料，影響牠做選擇，所以我們盡量將周圍呈現白色、米色等背景顏色，並用紅蟲及紅色顆粒狀飼料進行實驗。

本研究主要是讓蓋斑鬥魚進視覺主導的攝食行為，但野生蓋斑鬥魚是生活於很混濁的水域，所以牠們尋找食物的主要攝食方式或許是靠嗅覺主導。若未來有時間，我們可以利用嗅覺主導的攝食行為進行實驗，試著將燈光調暗，以此讓蓋斑鬥魚看不到食物，只能利用嗅覺攝食，進一步了解蓋斑鬥魚。我們也可以試著利用以不同感官主導的攝食行為進行實驗，比如利用水的波動，實驗蓋斑鬥魚是否會在攝食時，受到水波大小的影響。

八、應用

農委會特有生物保育中心的調查發現，在野外以小蟲和孑孓為食的蓋斑鬥魚，雄魚一天可以吃掉多達三百七十四隻孑孓(張靜茹, 2002)。加上養殖蓋斑鬥魚通常不需要打水，在低氧的水中亦能生存，因此蓋斑鬥魚的攝食偏好的研究可以應用於防範病媒蚊滋生的生物防治上。

柒、結論

由本研究可知：

一、在攝食偏好的部分：

- (一) 紅蟲與飼料二擇一，蓋斑鬥魚偏好選擇吃紅蟲。
- (二) 蓋斑鬥魚偏好選擇大顆粒的飼料。
- (三) 蓋斑鬥魚偏好選擇較多數量的餌食。

二、在感數與算數能力的部分

- (一) 蓋斑鬥魚具有感數能力，且在1到5之間的數字，呈現比值越大，感數能力愈弱的結果。
- (二) 蓋斑鬥魚具有算數能力，當比值在0.75（3v.s.4及4v.s.5）以上，反應時間則明顯增加，且正確率隨之下降。

三、不同性別與體型的蓋斑鬥魚在攝食偏好與數感的差異性

- (一) 公魚比母魚偏好吃紅蟲。
- (二) 體型大於8cm的蓋斑鬥魚算數能力明顯優於小於8cm的蓋斑鬥魚。

捌、參考資料及其他

Philip Ball (2016). *How to teach a fish to count*. 取自：<https://www.bbc.com/future/article/20130429-how-to-teach-a-fish-to-count>

王湘瑜、但漢真、許筱瑜、郭瓊華、林獻升 (2006/11)。溫度對蓋斑鬥魚生殖表現有何影響？
取自：[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95\(286-295\)/294-PDF/03.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95(286-295)/294-PDF/03.pdf)

林煥雯 (2008)。魚也可以很聰明—探討孔雀魚的學習能力。中華明國第 48 屆中小學科學展覽會作品說明書。

胡家怡 (2012)。蓋斑鬥魚 (*Macropodus opercularis*) 形態、行為特徵與賀爾蒙分泌量對生殖成功率之重要性。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。

張靜茹 (2002)。大自然的捕蚊高手—蓋斑鬥魚重回溪流。臺灣光華雜誌。取自：
<https://www.taiwan-panorama.com/Articles/Details?Guid=7452756a-de45-4f69-bd81-535a39fcc1ec&CatId=7>

郭丞婕、陳怡婷、施妤誼 (2012)。從孔雀魚的條件反應看人的學習。取自：
<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/10/2012101219533321.pdf>

焦傳金、楊燦伊 (2017)。烏賊也知 1、2、3。科學人雜誌，183，72~76。

楊燦伊 (2016)。烏賊的數感與攝食決策。國立清華大學系通神經科學研究所碩士論文。新竹市：未出版。

楊燦伊、焦傳金 (2016)。烏賊會算數—烏賊的數感與風險評估。科學月刊，564。取自：
<http://www.mksh.phc.edu.tw/News/FileUpload/%E7%83%8F%E8%B3%8A%E6%9C%89%E6%95%B8%E6%84%9F-%E7%A7%91%E5%AD%B8%E6%9C%88%E5%88%8A-%E6%9C%80%E7%B5%82%E7%89%88.pdf>

詹見平 (2009)。蓋斑鬥魚。臺北市，親親文化出版。

【評語】 030309

本作品測試蓋斑鬥魚是具有數感，再討論性別與體型對於數感表現的差異，研究方法簡單，討論邏輯清晰。關於生物是否具有數感的研究在近期是一個新興且熱門的研究題材，這個題目選擇蓋斑鬥魚作為研究題材，發現蓋斑魚在5以內具有數感，是一個有趣的研究。不過研究方法的適切性仍有待確認。

優點：蓋斑鬥魚主要生活於很混濁的水域，嗅覺應是魚類選擇攝食的一個重要因素，本研究發現魚類也有數感，是一個有趣的發現。不過應該還要考慮紅蟲及飼料是否有可能在嗅覺甚至視覺上也影響鬥魚的抉擇，值得進一步研究。

建議：

1. 研究顯示體長大於8公分的蓋斑鬥魚的反應時間比體長小魚8公分的蓋斑鬥魚的反應時間短，這個結果可能與鬥魚的年齡有關，建議增加年齡變因。
2. 鬥魚先選擇吃紅蟲的原因，除了數感之外，嗅覺也可能是主要原因，建議學生可以思考如何排除這個變因，舉例來說，可以考慮先把等數目的紅蟲放在兩邊水池中，最後再將紅蟲從其中一側的水池移開，再進行蓋斑魚攝食測試。
3. 實驗結果的標題宜用實驗結論為標題，而非用實驗方法做為標題。
4. 實驗結果描述繁瑣，應精簡敘述。

作品海報

摘要

為了探討蓋斑鬥魚的攝食偏好以及數感，實驗設計採視覺主導的攝食行為，將餌食放入二選一的實驗箱，讓蓋斑鬥魚做出攝食選擇。我們透過不同種類及大小的餌食來確認蓋斑鬥魚的攝食偏好；再以不同數量的餌食來驗證其數感，並記錄反應時間以確認其算數能力。結果發現，比起飼料，蓋斑鬥魚偏好選擇吃紅蟲；也偏愛較大顆及數量多的餌食。另外，對於5以內的餌食具有數感，感數能力則會隨著兩側餌食數量的比值接近1而下降；當比值在0.75 (3v.s.4及4v.s.5) 以上，反應時間明顯增加，顯示蓋斑鬥魚具有算數能力。最後，不同性別部分，公魚對於紅蟲的偏好高於母魚，其他變項則沒有明顯差異。體型部分，大於8cm的蓋斑鬥魚算數能力明顯優於小於8cm的蓋斑鬥魚。

壹、研究動機

在學校的資優專題課程，曾經討論過科學人雜誌刊登的「烏賊也知1、2、3」文章。文中指出，能準確分辨獵物數量的能力，在動物的攝食決策中極為重要（楊璫伊，2006），因此研究動物是否有數感或辨別數字的能力有其重要的意義。這一點，引發了我們的好奇心，繼而發現，文章中指出除了烏賊，許多動物，包括食蚊魚也有數感。

食蚊魚的種類中，因為孔雀魚為外來種；大肚魚近年來因水質汙染較不易取得；因此我們決定使用蓋斑鬥魚來進行數感及攝食決策的研究。

貳、研究目的

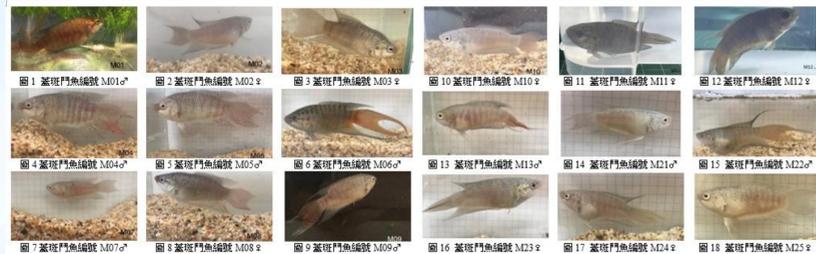
- 一、觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性
- 二、探討蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好
- 三、探討蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好
- 四、探討蓋斑鬥魚對不同食物數量多寡的分辨能力
- 五、探討蓋斑鬥魚對不同食物數量的算數能力
- 六、不同性別及體型蓋斑鬥魚在攝食偏好與數感的差異性

參、研究設備與器材

一、實驗物種

本研究的實驗物種為蓋斑鬥魚，學名是*Macropodus opercularis* (Linnaeus,1758)。

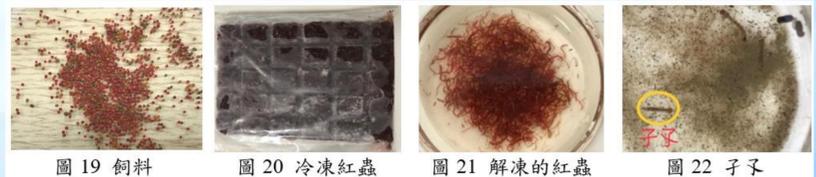
本實驗所研究之蓋斑鬥魚共18隻（如圖1~18），分別來自於新竹縣某國中生生態池及寵物水族大賣場所購買。實驗前，先將每隻魚都編號並測量魚身總長，觀察其形態後再進行實驗。



二、研究材料與器材

(一) 實驗用的餌食

1. 紅蟲：搖蚊科幼蟲，體長約0.8~1cm。
2. 孑孓：大孑孓約長1cm、小孑孓體長小於0.5cm
3. 飼料：顆粒狀。成分為動、植物性蛋白質，維他命A、D、E、C。



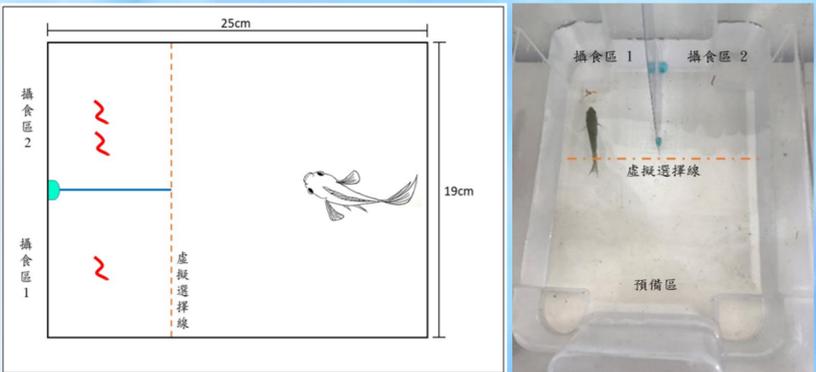
(二) 研究器材

器材名稱	數量	器材名稱	數量	器材名稱	數量
冷凍紅蟲	2片	魚飼料	1罐	燒杯(1000ml)	6個
鑷子	1支	黑色瓦楞板	2片	燒杯(500ml)	3個
透明塑膠盆	4個	萬能黏土	2片	燒杯(250ml)	2個
玻璃滴管	6支	方格紙	1本	燒杯(100ml)	2個
地下水	適量	塑膠湯匙	3個	培養皿	3個
鹽巴	適量	透明投影片	7片	魚缸	1個
水草	少許	膠帶	1捲	底砂	1包

三、研究儀器

儀器名稱	數量	儀器名稱	數量
手機	1臺	加溫棒	1支
相機	1臺	筆記型電腦	1臺

四、研究設備

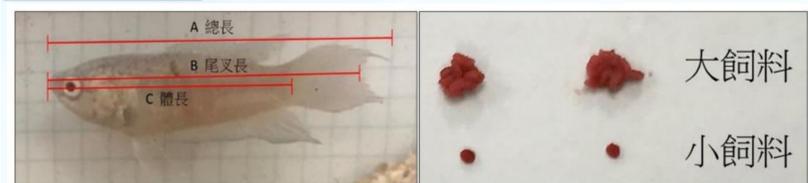


肆、研究過程或方法

一、研究設計

實驗設計採視覺主導的攝食行為，將餌食放入二選一的實驗箱，讓蓋斑鬥魚做出攝食選擇。研究過程如下：

(一) 蓋斑鬥魚的形態與攝食行為觀察



(二) 蓋斑鬥魚的攝食偏好實驗

1. 不同食物種類的攝食偏好實驗

【操縱變因】紅蟲與紅色顆粒狀飼料

【實驗次數】每隻魚10次，實驗魚10隻，共100次。

2. 不同食物大小的攝食偏好實驗

【操縱變因】大顆粒飼料與小顆粒飼料(如圖27)

【實驗次數】每隻魚20次，實驗魚10隻，共200次。

(三) 蓋斑鬥魚的感數與算數能力實驗

1. 感數能力實驗

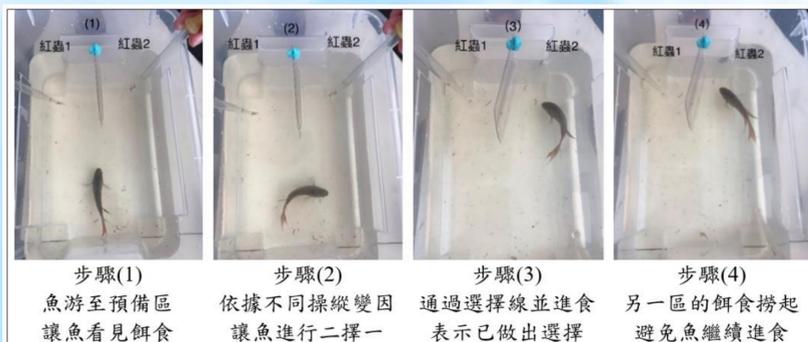
【實驗設計】比例系統

【操縱變因】對照組：1比1

實驗組：1比2、1比3、1比4、1比5、2比3、3比4、4比5

【實驗次數】每隻魚20次，實驗魚10隻，共200次。

【實驗步驟】



2. 算數能力實驗

【操縱變因】對照組：0比1、0比5、1比1

實驗組：1比2、1比3、1比4、1比5、2比3、3比4、4比5

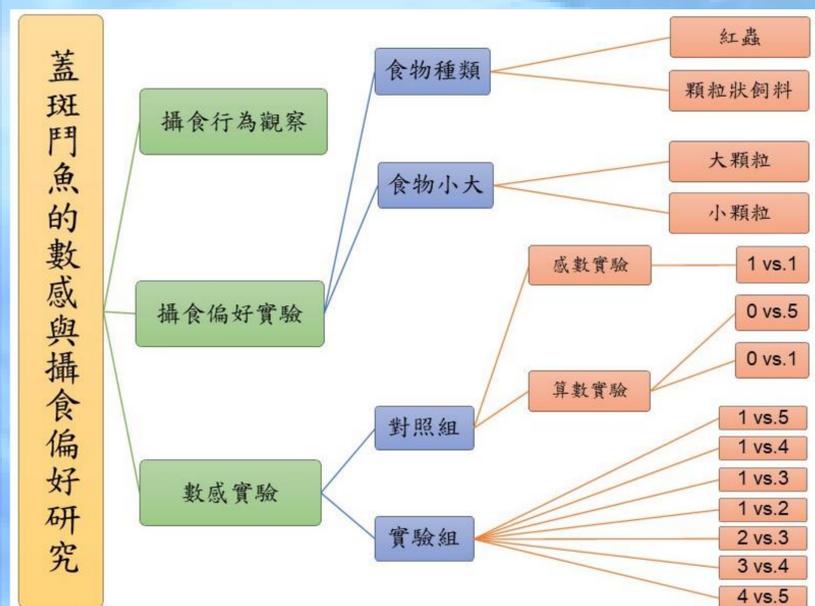
【實驗次數】每隻魚10次，實驗魚8隻，共80次。

【實驗步驟】同上，增加計時的步驟。

(四) 性別及體型變項的數據分析

我們分析以上4組實驗的實驗結果，以確定性別及體型是否會影響蓋斑鬥魚的選擇。

二、研究架構圖



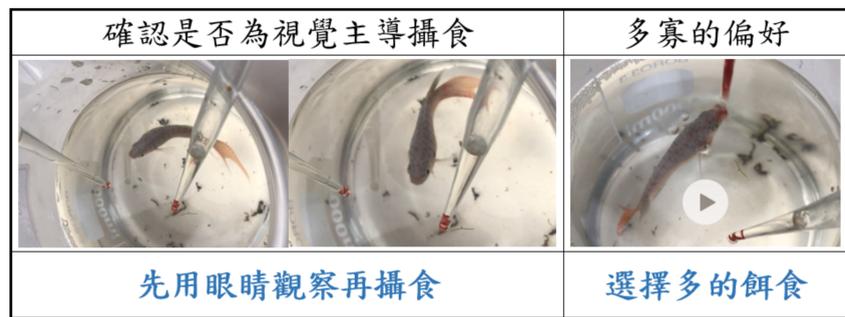
伍、研究結果

一、觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性

(一) 觀察記錄及結果：

1. 確認蓋斑鬥魚為視覺主導攝食

2. 多與少二擇一



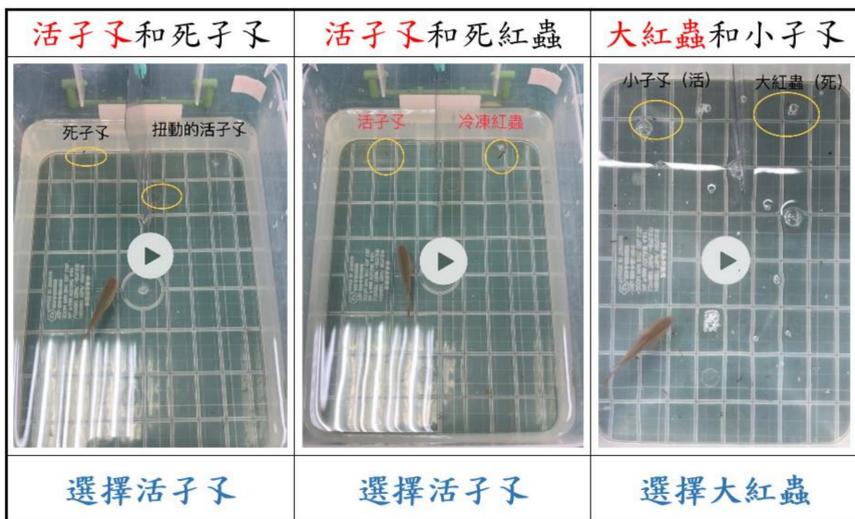
3. 浮動與下沉的餌食二擇一



紅蟲與飼料相比，偏好程度為：

浮動下沉的紅蟲 > 沉入水底的紅蟲 > 浮動的飼料 > 水底的飼料

4. 不同條件的孑孓與紅蟲二擇一



孑孓與紅蟲相比，偏好程度為：

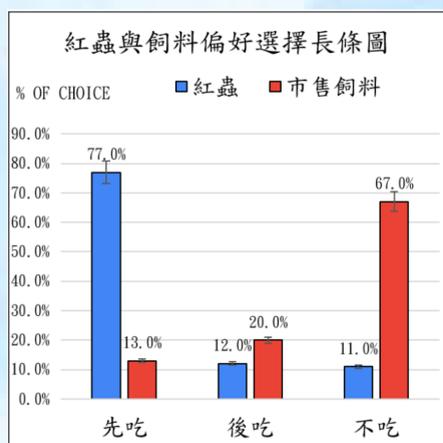
大孑孓(活) > 大孑孓(死) > 大紅蟲(死) > 小孑孓(活)

由上述第1點結果可知，蓋斑鬥魚會採用**視覺主導**的攝食行為，因此實驗設計採用**視覺主導**來進行後續的實驗。

二、分析蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好

(一) 實驗記錄

(二) 實驗結果

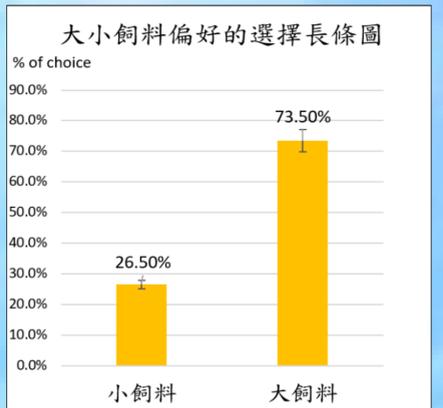


1. 紅蟲與飼料二擇一時，先吃紅蟲的比例有77%，而先吃顆粒狀飼料的只有13%。
2. 一旦吃了紅蟲之後就不吃飼料的比例高達67%。
3. 所有的蓋斑鬥魚，先吃市售飼料的比例皆低於先吃紅蟲的比例。換句話說，**蓋斑鬥魚偏好選擇攝食紅蟲更甚於顆粒狀飼料。**

三、分析蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好

(一) 實驗記錄

(二) 實驗結果



1. 蓋斑鬥魚有73.5%的比例選擇大顆的飼料。
2. 蓋斑鬥魚有26.5%的比例選擇小顆的飼料。
3. 由此可知，**蓋斑鬥魚偏好選擇大顆粒的飼料。**

四、分析蓋斑鬥魚對不同食物數量的分辨能力

(一) 實驗記錄

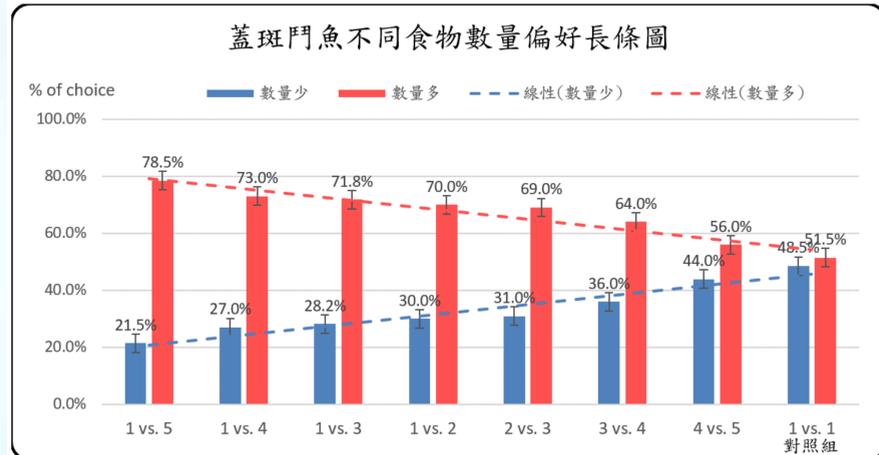


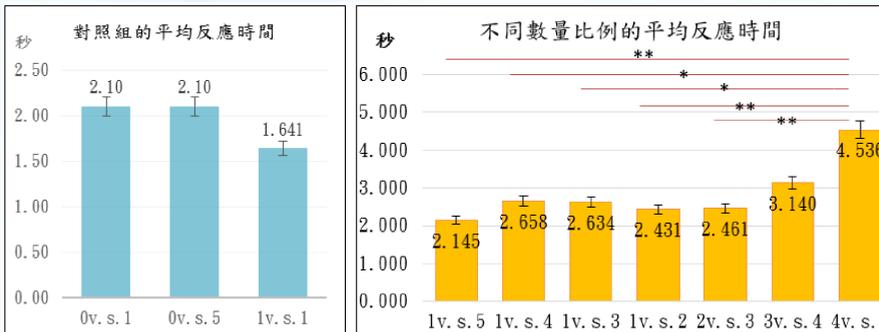
圖39 蓋斑鬥魚對食物數量的分辨能力(全)趨勢圖

(二) 實驗結果

1. 研究結果發現，整體而言**蓋斑鬥魚偏好選擇較多的數量**。
2. 如上圖所示，蓋斑鬥魚在1到5之間的數字，呈現當**兩邊的比值愈接近1時**，選擇數量多的比例就越低，顯示**蓋斑鬥魚分辨數量的能力就越來越弱**。

五、探討蓋斑鬥魚的算數能力

(一) 實驗記錄



(二) 實驗結果

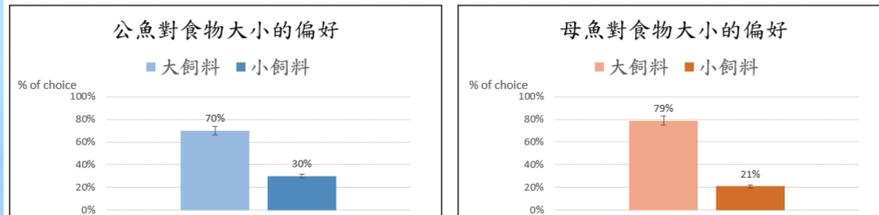
1. 對照組部分，蓋斑鬥魚在0比1和0比5的實驗中，選擇有的一邊，不論是1條或5條紅蟲，反應時間都是一樣的，皆為2.1秒左右。1比1的反應時間則是1.6秒左右。
2. 在比值低於0.75時，對蓋斑鬥魚來說辨識識字的難易度一樣。
3. 實驗組部分，當比值在0.75以上，反應時間明顯增加，顯示**蓋斑鬥魚具有算數能力**。

六、性別是否影響蓋斑鬥魚的攝食偏好與數感

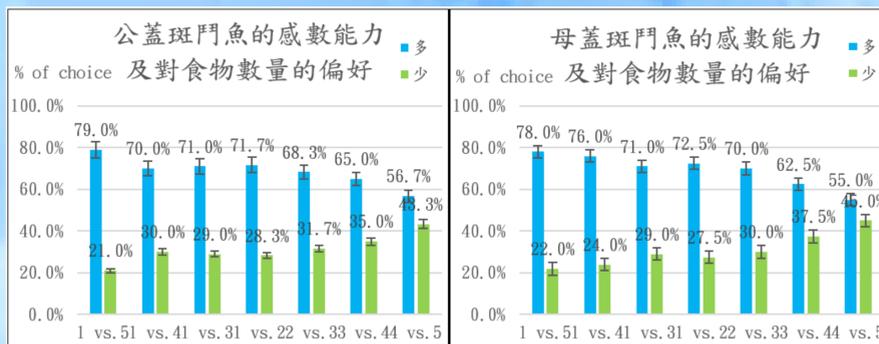
(一) 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物種類選擇偏好的數據分析



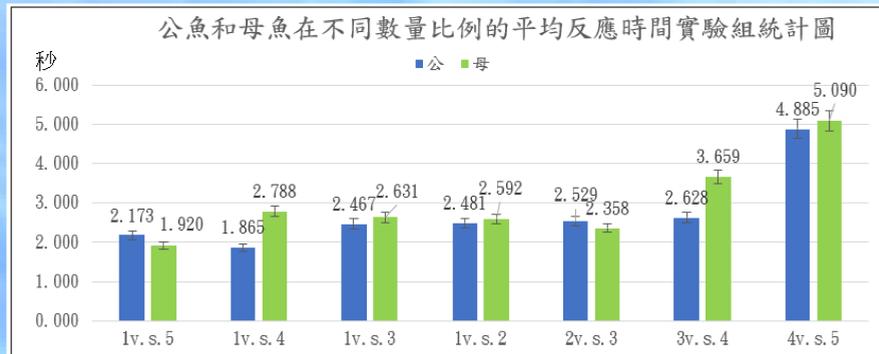
(二) 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物大小選擇偏好的數據分析



(三) 不同性別的蓋斑鬥魚對不同食物數量選擇偏好的數據分析



(四) 不同性別的蓋斑鬥魚的算數能力分析

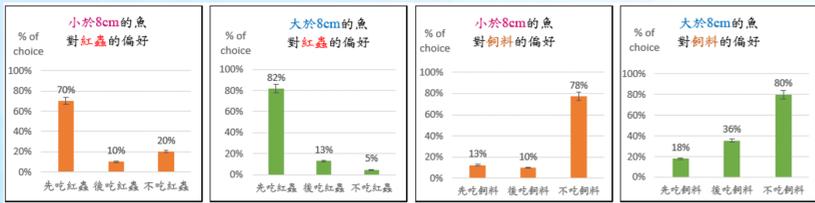


(五)研究結果

- 在食物種類偏好方面，結果顯示**公魚比母魚更喜歡攝食紅蟲**。不吃紅蟲與飼料的比例，母魚比公魚比例高得多，顯示公魚真的比較愛吃。
- 食物大小的偏好方面及數感能力部分，蓋斑鬥魚公魚及母魚並無明顯差異。

七、不同體型對蓋斑鬥魚攝食偏好及數感的差異性

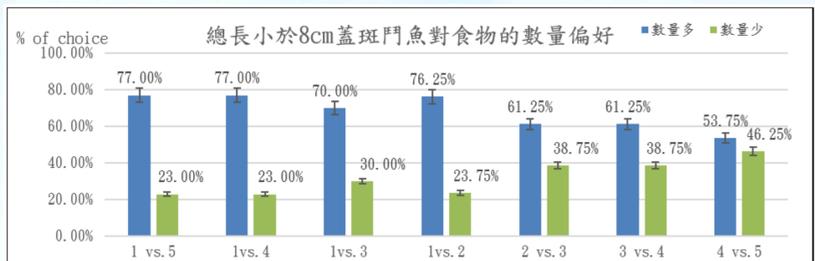
(一)不同體型的蓋斑鬥魚對不同食物**種類**選擇的數據分析



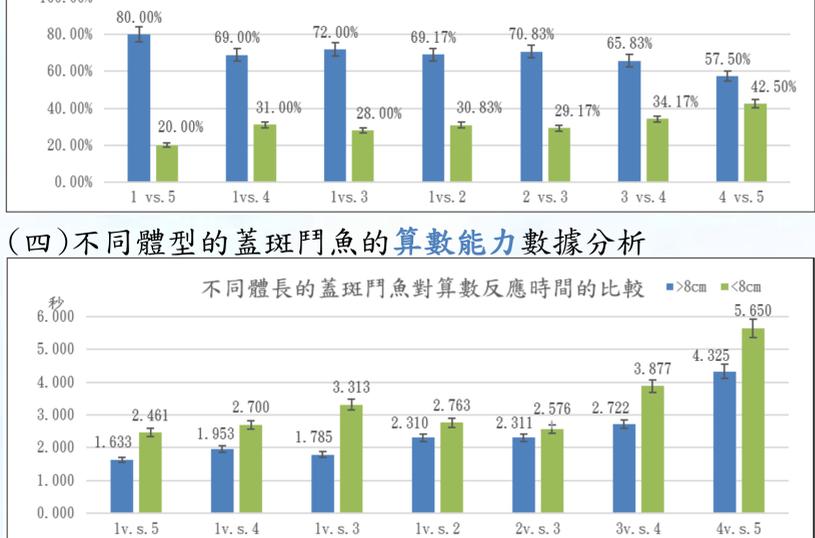
(二)不同體型的蓋斑鬥魚對不同食物**大小**選擇的數據分析



(三)不同體型的蓋斑鬥魚對不同食物**數量**選擇的數據分析



(四)不同體型的蓋斑鬥魚的**算數能力**數據分析



(五)研究結果

- 不同體型的蓋斑鬥魚對食物種類的偏好有差異，**總長大於8公分的蓋斑鬥魚更偏好攝食紅蟲**。
- 不同體型的蓋斑鬥魚對食物大小及數量的偏好沒有差異。
- 不同體型的蓋斑鬥魚的算數能力有差異，**體型較大的蓋斑鬥魚算數能力較佳**。

陸、討論

一、觀察蓋斑鬥魚的形態與攝食習性

(一)形態

- 不同性別蓋斑鬥魚的形態與特徵也不同。
- 公魚總體長大於母魚，與胡家怡(2012)的結果相符。

(二)餌食偏好

對餌食的偏好部分，進行前置實驗時，我們發現活的小子子(0.5cm)和死的大紅蟲(1cm)，蓋斑鬥魚偏好吃大紅蟲，有可能是紅蟲體型較大、顏色鮮豔較易察覺的緣故。因此正式的實驗便選用紅蟲做為主要餌食。

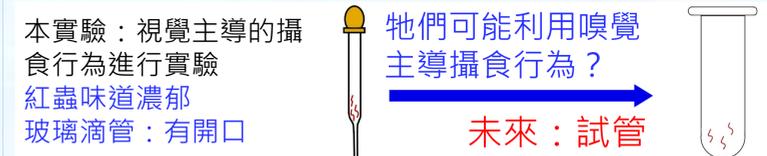
儘管多次觀察到大部分蓋斑鬥魚的攝食偏好為：

- 浮動的紅蟲 > 不動的紅蟲 > 浮動的飼料 > 水底的飼料
- 大子子(活) > 大子子(死) > 大紅蟲 > 小子子

但尚未針對上述現象進行量化的實驗，目前只能證明蓋斑鬥魚比起飼料更喜歡攝食紅蟲。希望未來能更進一步了解蓋斑鬥魚對不同餌食的偏好，並加入子子做比較。

子子	紅蟲
活體	冷凍，非活體
生活史短，不易培養	可直接購得，不需培養
體型大小及數量不易控制	數量多，體型易控制
顏色不明顯，無味道	艷色鮮豔，味道濃郁

二、分析蓋斑鬥魚對不同食物種類的攝食偏好



三、分析蓋斑鬥魚對不同食物大小的攝食偏好



四、分析蓋斑鬥魚的感數能力及算數能力

綜合感數能力及算數能力的實驗結果，我們認為蓋斑鬥魚在難易度簡單時，使用感數能力分辨數字，難易度上升時，則使用算數能力。蓋斑鬥魚在數字難易度上升時，雖然反應時間變久，但正確率依然不高，表示蓋斑鬥魚的算數能力非常弱。

值得討論的是，結果顯示1比1的反應時間是全部比例中最短的，這並不符合我們的預期。我們認為這可能是我們的實驗設計所導致。蓋斑鬥魚進行選擇時，無論牠選哪一邊，我們都會讓牠吃到牠選擇的食物，於是牠會選擇數量較多的那邊，讓自己能吃到最多食物。蓋斑鬥魚依照之前的學習經驗進行1比1的實驗，卻發現兩邊數量一樣，反而不考慮，而是隨機選擇一邊攝食。未來可以試做2比2，3比3，4比4及5比5的實驗，看看當比值相同時，選擇時間是否受到數量大小的影響。另外，也可以嘗試不讓蓋斑鬥魚吃到選擇的食物，實驗牠的選擇是否受學習能力影響。

五、性別、體型是否影響蓋斑鬥魚攝食偏好及數感

在觀察階段，我們發現公魚母魚有很多不同，因此認為不同性別的攝食偏好可能有差異。分析數據後，發現公魚僅在攝食紅蟲的偏好較母魚高。體型部分，體長大於8公分的蓋斑鬥魚算數能力較佳，由此推測體型較大的蓋斑鬥魚腦部發育較好。未來也可嘗試加入不同年齡的變項來做實驗。

六、其他

本研究主要是讓蓋斑鬥魚進視覺主導的攝食行為，但野生蓋斑鬥魚能生活於很混濁的水域，所以牠們尋找食物的主要方式或許是嗅覺主導。若未來有時間，我們可以利用嗅覺主導的攝食行為進行更進一步的實驗。

七、應用

農委會特有生物保育中心的調查發現，在野外以小蟲和子子為食的蓋斑鬥魚，雄魚一天可以吃掉多達三百七十四隻子子(張靜茹, 2002)。未來能試著將蓋斑鬥魚的攝食偏好的研究應用於防範病媒蚊滋生的生物防治上。

柒、結論

- 蓋斑鬥魚偏好選擇吃紅蟲、大顆粒的飼料、數量較多的餌食。
- 蓋斑鬥魚具有感數能力及算數能力。
- 公魚比母魚更偏好吃紅蟲。
- 體型較大的蓋斑鬥魚算數能力較佳。

捌、參考資料及其他

- Philip Ball (2016). *How to teach a fish to count*. 取自：
<https://www.bbc.com/future/article/20130429-how-to-teach-a-fish-to-count>
- 王湘瑜、但漢真、許筱瑜、郭瓊華、林獻升 (2006/11)。溫度對蓋斑鬥魚生殖表現有何影響? 取自：
[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95\(286-295\)/294-PDF/03.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95(286-295)/294-PDF/03.pdf)
- 林煥燮 (2008)。魚也可以很聰明—探討孔雀魚的學習能力。中華民國第48屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 胡家怡 (2012)。蓋斑鬥魚 (*Macropodus opercularis*) 形態、行為特徵與賀爾蒙分泌量對生殖成功率之重要性。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文。
- 張靜茹 (2002)。大自然的捕蚊高手——蓋斑鬥魚重回溪流。臺灣光華雜誌。取自：<https://www.taiwan-panorama.com/Articles/Details?Guid=7452756a-de45-4f69-bd81-535a39fcc1ec&CatId=7>
- 郭丞婕、陳怡婷、施好誼 (2012)。從孔雀魚的條件反應看人的學習。取自：<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/10/2012101219533321.pdf>
- 焦傳金、楊燦伊 (2017)。烏賊也知1、2、3。科學人雜誌, 183, 72~76。
- 楊燦伊 (2016)。烏賊的數感與攝食決策。國立清華大學系統神經科學研究所碩士論文。新竹市：未出版。
- 楊燦伊、焦傳金 (2016)。烏賊會算數—烏賊的數感與風險評估。科學月刊, 564。取自：<http://www.mksh.phc.edu.tw/News/FileUpload/%E7%83%8F%E8%B3%8A%E6%9C%89%E6%95%B8%E6%84%9F%E7%A7%91%E5%AD%B8%E6%9C%88%E5%88%8A-%E6%9C%80%E7%B5%82%E7%89%88.pdf>
- 詹見平 (2009)。蓋斑鬥魚。臺北市：親親文化出版。