

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

第三名

030306

「嗅」聞是虛，眼觀為實—蓋斑鬥魚之攝食行為
研究

學校名稱：新竹縣立成功國民中學

作者： 國二 涂雁云 國二 林承進 國二 曾苗家	指導老師： 莊麗頤 詹曼旎
---	-----------------------------

關鍵詞：蓋斑鬥魚、攝食行為、視覺、嗅覺

「嗅」聞是虛，眼觀為實—蓋斑鬥魚之攝食行為研究

摘要

為了探討蓋斑鬥魚的攝食偏好以及找出主導攝食行為的感官系統，我們採用了 3 種實驗槽，17 隻蓋斑鬥魚，設計 9 項實驗來進行證明我們的假設。結果發現，蓋斑鬥魚偏好吃顏色鮮艷味道濃郁紅蟲 (48.3%) 明顯高於顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲 (22.5%)。蓋斑鬥魚無法正確分辨真假餌 (1:1)，假餌偏好紅色 > 棕色 > 白色。只要有微弱光線就能成功攝食，達 78.64%。但只靠嗅覺的黑暗中只有 10% 成功率，而明亮環境中找到有味道水體的比例為 68%。在只能依靠視覺的情況下確有更高的正確攝食率，選擇顏色鮮豔卻未無味道紅假餌有 82%，且在近距離時主要依靠視覺攝食，遠距離時，則會加入嗅覺輔助。綜合以上，蓋斑鬥魚的攝食行為主導感官是以視覺為主，嗅覺為輔。

壹、前言

一、研究動機

偶然間在學校生態池中發現蓋斑鬥魚，回想起生物老師曾提過蓋斑鬥魚是臺灣原生種魚類，過去常在池塘、沼澤地帶、稻田等水流和緩的地區棲息，而這些水域因為是靜水域，大多較混濁的，而蓋斑鬥魚又是如何在能見度較低的水中覓食呢？我們猜想蓋斑鬥魚是否會利用嗅覺為主的感官來輔助在水中的攝食呢？查閱文獻後發現，在學長姐「算數『蓋』厲害-蓋斑鬥魚的數感與攝食偏好」的第 60 屆全國科展報告中，評審的評語指出，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。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（陳芷儀、范芷甯、朱子鈞，2020）。有鑒於此，除了視覺之外，更加深了我們對**嗅覺主導攝食**的可能性，因此，我們設計了一系列的實驗去探討蓋斑鬥魚是否會以嗅覺主導攝食行為，以及嗅覺和視覺是否都會影響攝食行為。

二、研究目的

本研究依據研究動機以及欲設計的實驗，列出以下幾點研究目的：

(一) 探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗一、探討蓋斑鬥魚對於冷凍紅蟲和乾燥紅蟲的攝食偏好

實驗二、探討蓋斑鬥魚在明亮環境中，正確分辨真假餌食的比例

(二) 探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

實驗三、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

(三) 探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

實驗四、探討蓋斑鬥魚在不同照度的環境中，成功攝食的比例

(四) 探討蓋斑鬥魚在只能依靠嗅覺的情況下的攝食行為

實驗五、探討蓋斑鬥魚在黑暗無光的環境中，成功攝食的比例

實驗六、探討蓋斑鬥魚對於有味道水體和無味道水體的選擇比例

(五) 探討蓋斑鬥魚在只能依靠視覺的情況下的攝食行為

實驗七、探討餌食置入隔離缸的情況下，蓋斑鬥魚成功找到餌食的時間

實驗八、探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和無味道白假餌的選擇比例

(六) 探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

實驗九、探討蓋斑鬥魚在不同距離下，選擇無味的紅色假餌和有味的白色假餌的比例

三、文獻回顧

(一) 蓋斑鬥魚

蓋斑鬥魚(*Macropodus opercularis*)在分類上屬於動物界、脊索動物門、條鰭魚綱、攀鱸目、絲足鱸科、鬥魚屬，俗名有三斑鬥魚、台灣鬥魚及彩兔等（臺灣魚類資料庫，2016）。蓋斑鬥魚頭部眼後到鰓蓋有一黑色紋，鰓蓋上有一暗綠色圓斑。成魚體長約5至7公分，通常雄魚體型較大、雌魚較小，雄魚顏色較為鮮豔，身上的條狀斑紋較為明顯、色彩也較艷麗；雌魚的色澤則比較淡。此外，雄魚會擁有較長的尾鰭且呈燕尾狀，雌魚的尾鰭短，燕尾狀不明顯（取自：維基百科）。

蓋斑鬥魚主要棲息於平原緩流區或池塘、湖沼及稻田等靜水域中。因具有迷器輔助呼吸器官，可直接和空氣中的氧氣進行氣體交換，故能耐低溶氧環境。

蓋斑鬥魚的食性為雜食性，以浮游動植物、水生昆蟲幼蟲或藻類為食。最佳生長的水溫範圍約為攝氏 20 度~27 度，但在攝氏 4 度~38 度的水溫中依然可存活。適合生活的 pH 值在 6.0 至 8.0（取自：維基百科）。

(二) 魚類的攝食行為 (feeding behavior)

魚類的攝食行為大致可分為分成三階段，首先是注意、喚醒和警覺的覓食階段；接者是充滿食慾尋找食物的捕食階段；最後階段則包含進食成功或吐出（宋嘉軒、陸振岡，2017；曹曉慧、劉晃，2021）。

綜合上述文獻說明以及我們觀察到的現象，本研究將「蓋斑鬥魚的攝食行為」，定義為蓋斑鬥魚注意到餌食展開覓食、產生行動進行捕食，到發生吞入或吞入後再吐出一連串動作，稱為蓋斑鬥魚的攝食行為。

(三) 影響魚類攝食行為的因素

魚類的攝食行為容易受到溫度、水流、光照、水深等環境中的物理因子以及溶氧、pH 值、氨、氮濃度和水中離子等化學因子所影響（宋嘉軒、陸振岡，2017）。此外，曹曉慧、劉晃（2021）也指出，影響魚類攝食行為的主要因素則包含光照、水溫、鹽度及養殖密度等。綜合以上，本研究決定先採用**不同照度**這項因素，來看看是否會影響蓋斑鬥魚的攝食行為。

（三）主導魚類攝食行為的感官

魚類的攝食過程中，需要倚靠多種感覺能力共同作用來進行覓食以及探測食物位置，然後藉著本能捕食並吞下食物。過去的研究發現，絕大部分魚類會依靠視覺、嗅覺、味覺以及側線等感覺器官進行覓食（曹曉慧、劉晃，2021）。

然而，不同種的魚類使用的感官不盡相同。梁旭方、何大仁（1998）指出，白晝覓食的中上層魚類，視覺在捕食中具有重要意義，有些種類甚至在視覺不能起作用時完全無法捕食。換句話說，具有一定照度的水體中，由於視覺能起很好的作用，故魚類一般優先利用視覺捕食。對於一般夜間或及低照度下攝食的魚類，則主要利用化學感覺攝食。

R. Douglas Fields（2007）指出，鯊魚在覓食時，嗅覺與聽覺最適於遠距離定位獵物，視覺、側線感覺與味覺則在近距離較重要。曹曉慧、劉晃（2021）也認為，所有不同生態習性的魚類，在覓食時，不同程度上都會利用嗅覺、聽覺對食物進行遠距離定向，在攝取食物後，才利用味覺、觸覺對食物進行辨別。

貳、研究設備及器材

一、實驗材料：

（一）實驗魚類來源

本次實驗用魚種，分為兩批魚，共 17 隻。

第一批魚 A01~A12 共 12 隻，採購自新竹縣某市的魚中魚貓狗水族大賣場，因購買時實驗魚年齡尚小，故色澤偏淺、性徵尚不明顯。實驗魚有 6 隻公，6 隻母，其中兩隻 A02 及 A05 分別於馴養三個月及五個月左右病故及跳缸死亡。

第二批魚 B01~B05 共 5 隻，採購自新竹市魚中魚貓狗水族大賣場，為 5 隻公魚，分開馴養時，皆會吐泡巢。

（二）飼養條件

每 2 日餵食飼料 1 次，當日欲進行實驗的魚，則不餵食固定實用的飼料。每週更換清水 1 次，所有養殖用水皆採用學校有流動過濾系統的生態池池水。環境溫度維持於 26~28°C 左右，寒流來時給予魚缸用加溫棒使水溫維持一定而不會凍傷。

(三) 實驗空間

根據行政院農業委員會 2010 年出版的實驗動物管理與使用指南第三版指出，每缸 45 公升的魚箱可容納 25 條斑馬魚成魚（成魚可長成 5 公分）。由於使用指南中並未提及蓋斑鬥魚飼養的相關規定，我們又查了「塔魚網站」，得到的資訊是一建議 1cm 魚要對上 1 公升的水，因此我們的實驗缸大小為長 37cm *寬 24cm*水深 7cm 以及長 75cm*寬 30cm*水深 10cm，皆符合規定。



圖 1 編號 A01(母)

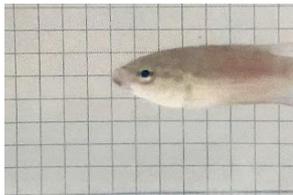


圖 2 編號 02(公)



圖 3 編號 A03(公)



圖 4 編號 A04(公)



圖 5 編號 A05(母)



圖 6 編號 A06(母)



圖 7 編號 A07(母)



圖 8 編號 A08(公)



圖 9 編號 A09(母)



圖 10 編號 A10(公)



圖 11 編號 A11(母)



圖 12 編號 A12(公)



圖 13 編號 B01(公)



圖 14 編號 B02(公)



圖 15 編號 B03(公)



圖 16 編號 B04(公)



圖 17 編號 B05(公)



圖 18 吐泡巢的公魚

二、研究器材與儀器設備

(一) 實驗用餌食

本研究使用的餌食包含三類：

1. 平時餵食用：一般顆粒狀飼料(圖 19)。

2. 實驗用真餌：冷凍紅蟲(圖 20)、乾燥紅蟲(圖 21)。

3. 實驗用假餌：1cm 紅色棉線(圖 22)、1cm 棕色麻線(圖 23)、1cm 白色棉線(圖 24)。

為了模擬冷凍紅蟲，我們用紅色棉繩剪成與真餌一樣的大小來做實驗。模擬乾燥紅蟲，則用編織麻繩，將它拆開變成只有一絲線，使它的粗細與乾燥紅蟲一致，再剪成大小一樣的線段來模擬乾燥紅蟲。此外，也使用 1cm 白色棉線做為對照組。



圖 19 一般飼料

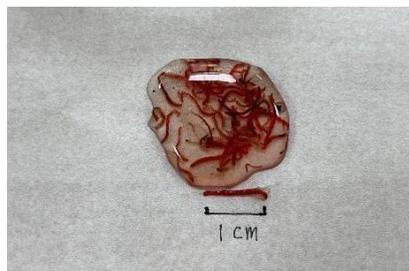


圖 20 冷凍紅蟲



圖 21 乾燥紅蟲

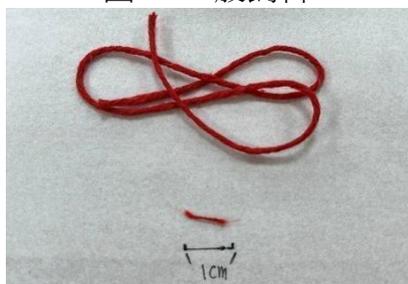


圖 22 冷凍紅蟲假餌(鮮紅)

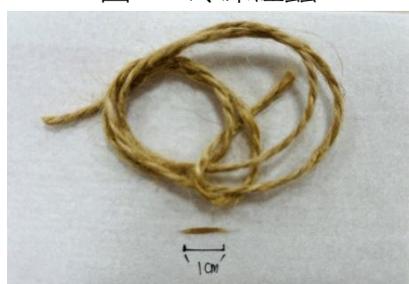


圖 23 乾燥紅蟲假餌



圖 24 假餌(白色)

(二) 研究器材與儀器

1. 研究器材

研究用的器材如表 1 及圖 25~圖 30 所示。

表 1 設備器材一覽表

器材名稱	數量	器材名稱	數量	器材名稱	數量
大方盆	2 個	玻璃滴管	2 支	計時器或平板	2 台
自製方形塑膠盆	3 個	鑷子	3 支	紅外線夜視攝影機	1 個
不透明板	3 片	燒杯(500ml)	10 個	照度計	1 台
生態池水	適量	燒杯(100ml)	10 個	手機(拍照用)	1 台
水草	少許	鉢與杵	2 對	電子天平	1 台
方格紙	1 本	培養皿	3 個	筆記型電腦	1 台
透明投影片	3 片	紅色棉繩	1 捆	遮光布	1 條
撈魚網	2 支	棕色麻繩	1 捆	水族用加溫棒	2 支



圖 25 計時器



圖 26 紅外線夜視攝影機



圖 27 照度計



圖 28 溫度計



圖 29 水族用加溫棒

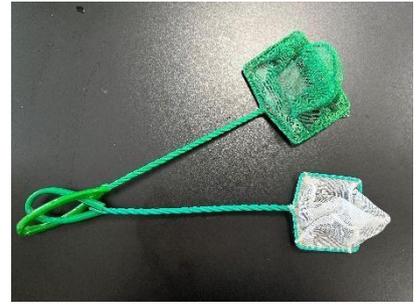


圖 30 撈魚網

(三) 攝食行為實驗槽

1. 第一代實驗槽

我們以長 37 公分，寬 24 公分，深 15 公分的塑膠置物箱作為實驗箱（如圖 31），並以保利龍膠黏住 10*10cm 的塑膠瓦楞板，做為選擇區一和選擇區二的格板。每次實驗時，固定加水至 10 公分高，然後放入實驗魚，並在選擇區餌食，當於在實驗區準備就緒，通過虛擬出發線便開始計時，魚一旦通過虛擬選擇線便代表實驗魚已經做出選擇。

第一代實驗槽由於體積不大，所以用於探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好的實驗一、實驗二，以及不同光照和黑暗中的實驗四和實驗五，共四項實驗。

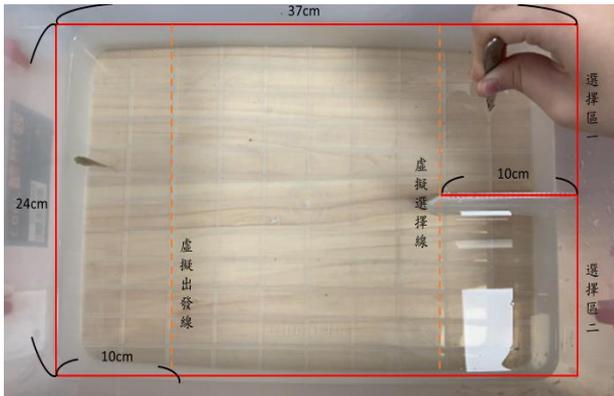


圖 31 第一代實驗槽設置圖



圖 32 放在暗箱中及架設的紅外線攝影機

原本剛開始進行黑暗環境實驗（照度為 0）時，我們將實驗槽放入不透光的木頭櫃中，然後用紅外線攝影機進行錄影，但實驗時發現，木櫃開關門的聲音非常大，魚很容易受到驚嚇，因此無法確定是受到驚嚇還是環境太暗導致不吃魚餌。所以我們決定改用教室做為實驗環境，用窗簾和遮光布將門窗全部遮住，再進行黑暗及不同照度的實驗。

2. 第二代實驗槽

為了測試蓋斑鬥魚定位餌食的時間與可視距離，我們利用長 75cm、寬 30cm，水深固定為 10cm 的長型魚缸進行實驗三和實驗七，共兩項實驗。進行實驗前，先將魚缸底部以膠帶每隔 10cm 做為標示距離的測距線（圖 34）；再將魚缸四周為以黑色瓦楞紙全面封住（圖 33），以防實驗魚受到魚缸外界的各種光線或影子等因素干擾；最後，在

準備區，即起跑線處，架一個黑色檔板，以避免實驗魚因產生學習效果，在還沒看到餌食之前，先看到滴管，就已經知道有餌食可吃了！

此外，為了進行只能利用視覺，而無法利用嗅覺搜尋餌食的實驗，我們又在第二代實驗槽中放入一個長 14.5cm、寬 6.5cm、高 15cm 的隔離缸（如圖 35~36），來進行蓋斑鬥魚在只能依靠視覺的情況下的攝食的實驗。



圖 33 第二代實驗槽側面



圖 34 第二代實驗槽俯視 1



圖 37 放入隔離缸的實驗槽 2



圖 35 隔離缸



圖 36 放入隔離缸的實驗槽 1

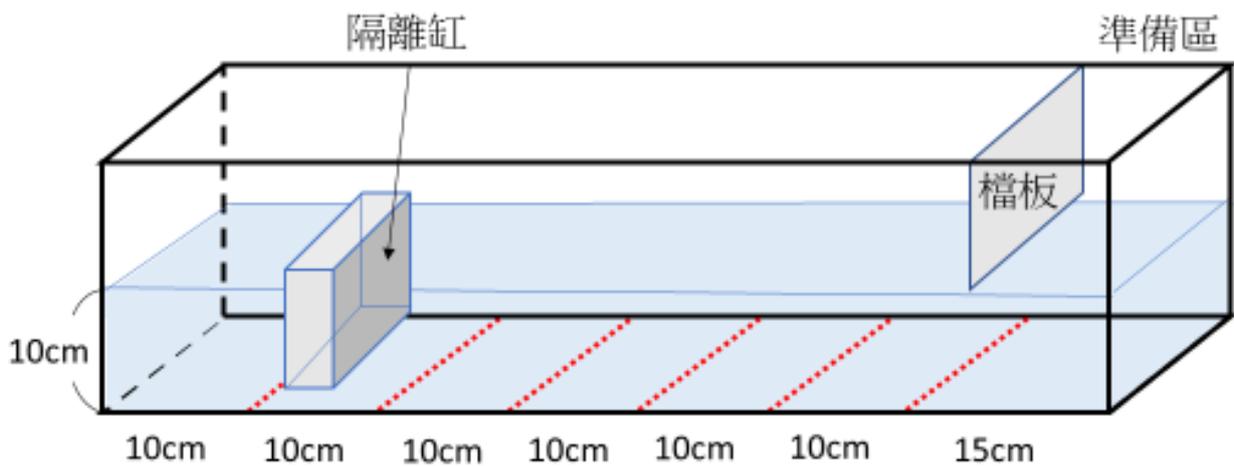


圖 38 第二代實驗槽照片與示意圖

3. Y 型迷宮實驗槽

由於我們的實驗有許多項都是二選一的實驗，因此參考動物行為相關的研究文獻後，決定自行製作 **Y 型迷宮實驗槽**。我們利用透明的壓克力板，貼上黑色的卡紙，再以熱熔膠拼接，並固定在實驗室用的大方盆中，如圖 39。製作成的 **Y 型迷宮**，A、B、C 三個單臂長皆固定為 20cm，迷宮寬度設定為 8cm，確保實驗魚能順利轉身，自由移動。

採用 Y 型迷宮實驗槽的實驗有實驗六、實驗八和實驗九。

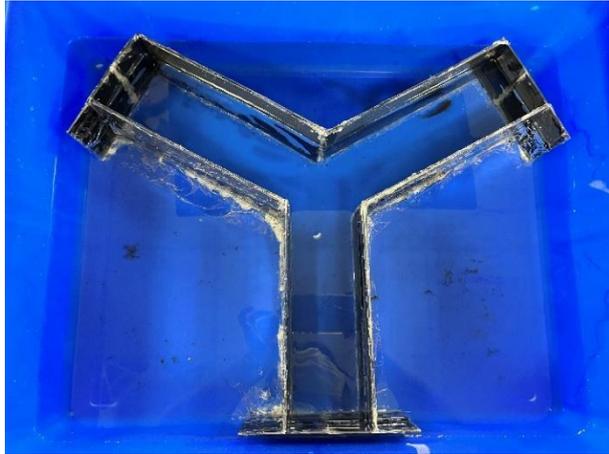


圖 39 Y 型迷宮實驗槽

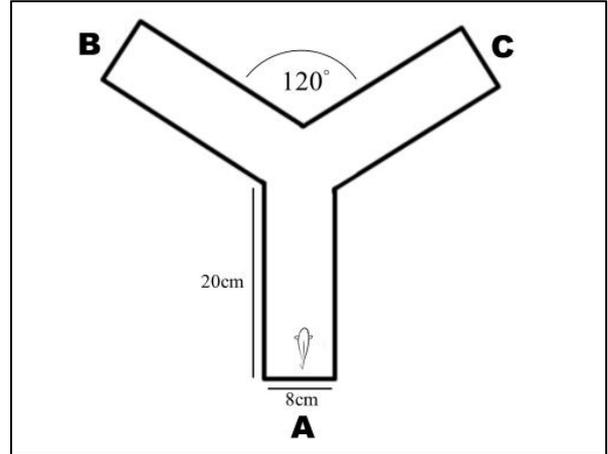


圖 40 Y 型迷宮實驗槽示意圖

參、研究過程或方法

一、研究架構

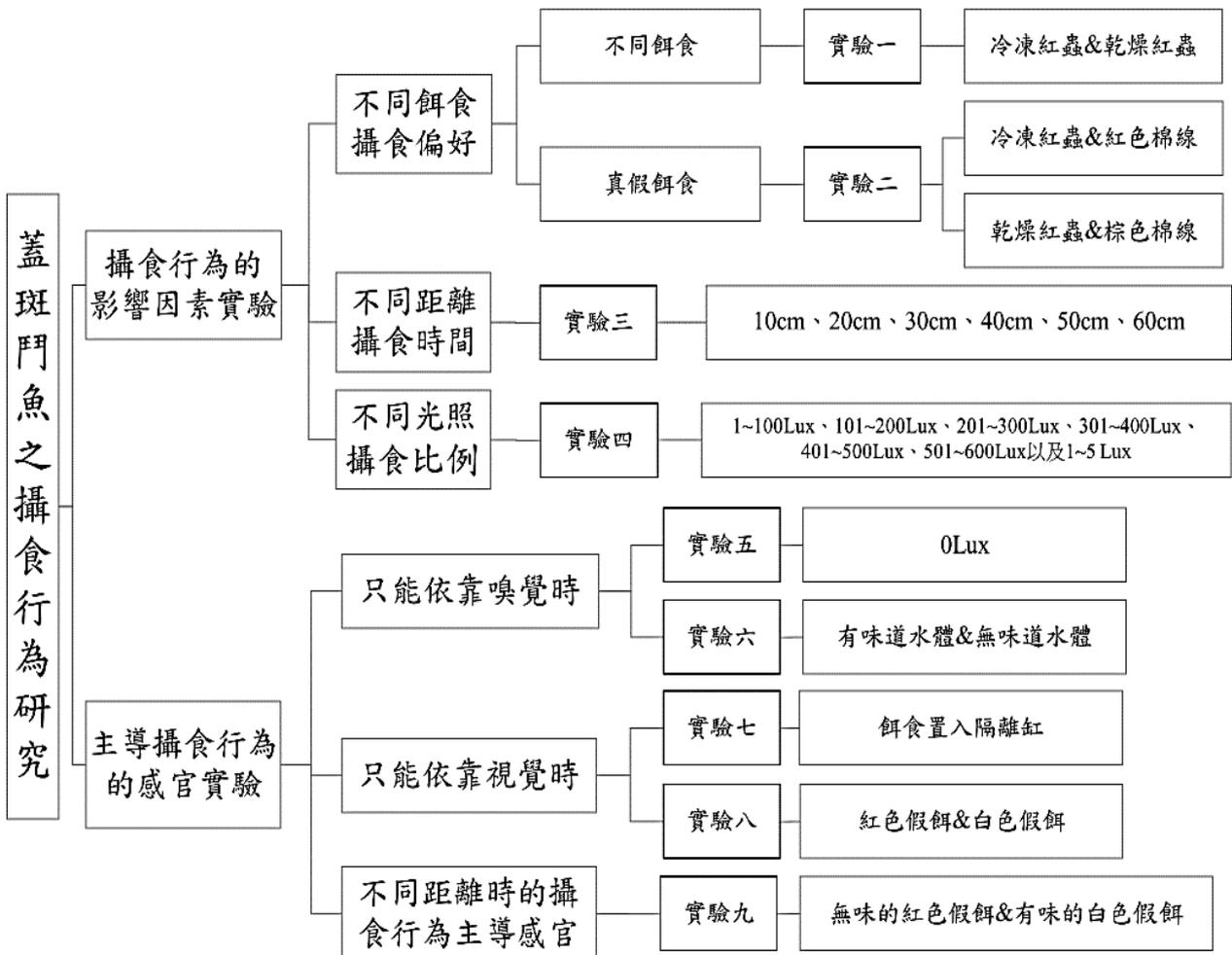


圖 41 研究架構圖

二、研究方法

本研究共有 9 項實驗，每一項實驗的實驗槽水深皆固定為 10cm 高，放入實驗魚讓它適應環境的時間也都固定為 2 分鐘。9 項實驗的方法說明如下：

(一) 探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗一、探討蓋斑鬥魚對於冷凍紅蟲和乾燥紅蟲的攝食偏好

1. 說明：本實驗欲測試並記錄在相同條件下，蓋斑鬥魚是偏好選擇顏色鮮紅、味道濃郁的冷凍紅蟲，還是顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲。
2. 操縱變因：不同處理方式的餌食（**冷凍紅蟲和乾燥紅蟲**）
3. 實驗設計：
 - (1) 等待實驗槽中的實驗魚游至預備線之後，同時在攝食區兩側分別放下乾燥紅蟲與冷凍紅蟲，並計時 1 分鐘，記錄魚選擇哪一邊進食。
 - (2) 超過 1 分鐘未攝食或已選擇攝食即撈起剩餘魚餌。
 - (3) 每隻進行 10 次，再進行數據分析。
4. 實驗流程：攝影截圖如下所示。

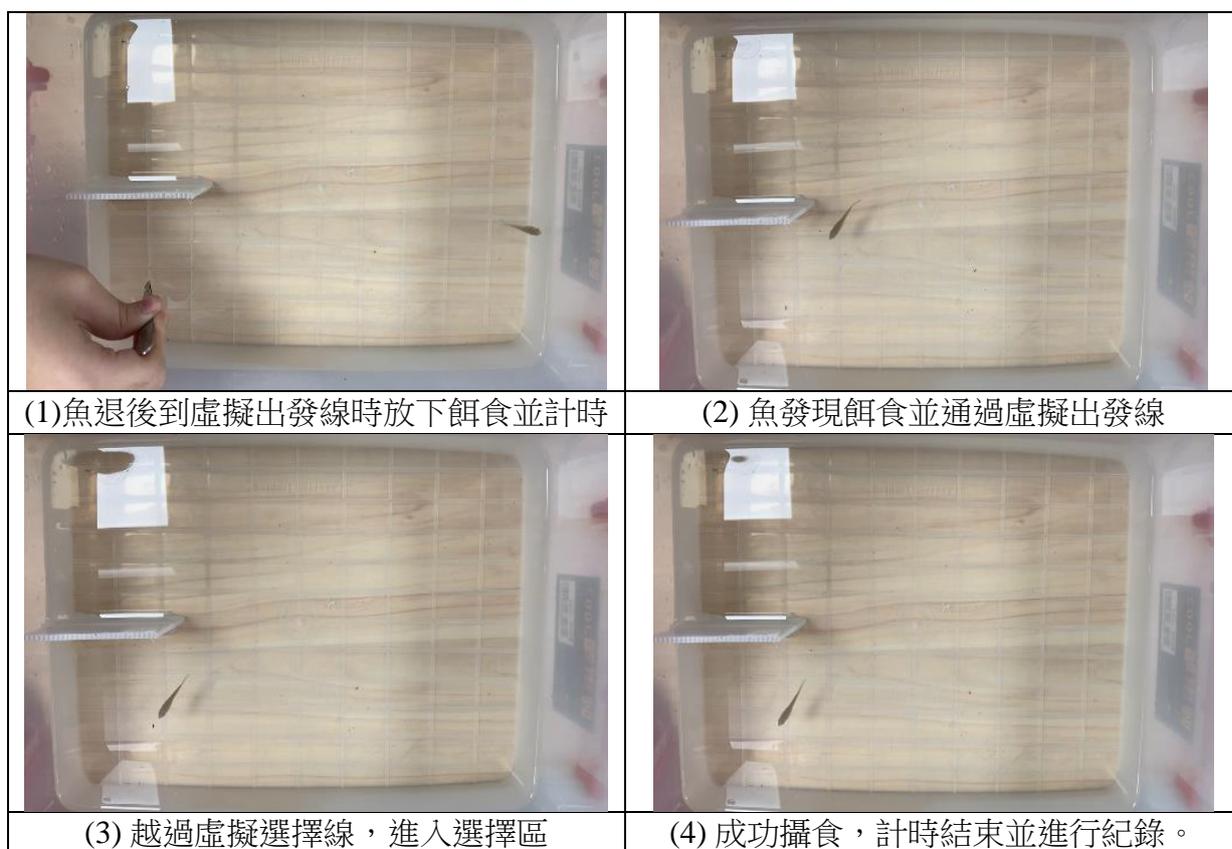


圖 42 蓋斑鬥魚攝食過程示意圖

實驗二、探討蓋斑鬥魚在明亮環境中，能正確分辨真餌和假餌的比例

1. 說明：我們發現在黑暗完全無光的環境下，蓋斑鬥魚雖然能定位出冷凍紅蟲的大概位置，能正確吞入餌食完成攝食的比例卻比較低，而且呈現在餌食附近游動而沒有吞入的動作，所以我們想探討蓋斑鬥魚是否能依靠嗅覺分辨無味道的假餌—棉線，與紅蟲的差異。而模擬冷凍紅蟲和乾燥紅蟲的假餌，我們是用紅色棉繩和棕色麻繩剪成與真餌一樣的大小來做實驗。
2. 操縱變因：真餌與假餌(冷凍紅蟲與紅色棉線、乾燥紅蟲和棕色麻繩)
3. 實驗步驟：
 - (1) 將紅色棉線、棕色麻繩剪成 1cm 的長度備用。
 - (2) 待實驗魚游至預備線之後，同時在攝食區兩側分別放下紅色棉線與冷凍紅蟲，並計時 1 分鐘，記錄魚選擇哪一邊攝食。
 - (3) 超過 1 分鐘未攝食或已選擇攝食即撈起剩餘魚餌。
 - (4) 每隻進行 5 次，再進行數據分析。
 - (5) 以乾燥紅蟲和棕色麻繩重複上述 1~5 步驟。
4. 實驗過程：攝影截圖以乾燥紅蟲和棕色麻繩的實驗為例，如下圖所示。

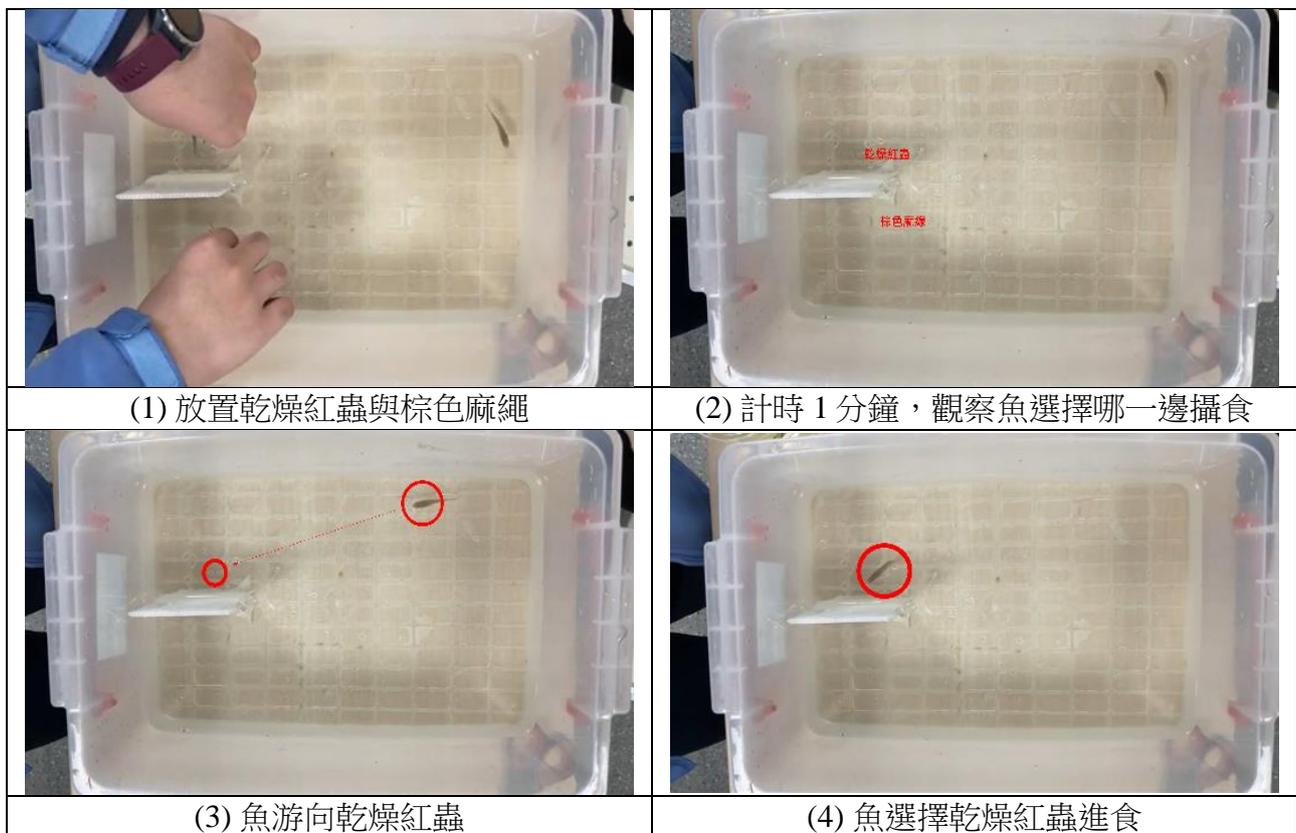


圖 43 棕色麻繩與乾燥紅蟲攝食選擇實驗

(二) 探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

實驗三、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

1. 說明：測試並記錄蓋斑鬥魚在一般室內有光(約 500Lux)的環境中，在距離餌食 10、20、30、40、50、60cm 的平均攝食時間，並測量其速度。
2. 操縱變因：不同距離的餌食 (10cm、20cm、30cm、40cm、50cm、60cm)
3. 實驗步驟：
 - (1) 待實驗魚游至預備區，且魚頭面向測距線的方向。
 - (2) 在 10cm 測距線上放下冷凍紅蟲，記錄魚的攝食時間。
 - (3) 共 10 隻魚，每隻魚測 5 次，求平均，計算速度。
 - (4) 重複上面步驟，改以 20cm、30cm、40cm、50cm、60cm 進行實驗。

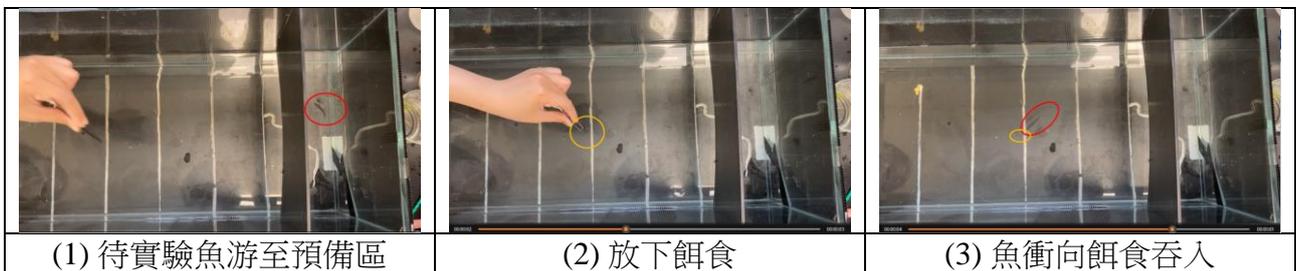


圖 44 餌食距離 20cm 實驗影片截圖

(三) 探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

實驗四、探討蓋斑鬥魚在不同照度的環境中，成功攝食的比例

1. 說明：由於在黑暗完全無光的環境下，蓋斑鬥魚能正確吞入餌食完成攝食的比例比較低，所以想再測試蓋斑鬥魚在不同光照強度下，是否會影響牠正確攝食的比例。
2. 操縱變因：不同照度的環境 (1~100Lux、101~200Lux、201~300Lux、301~400Lux、401~500Lux、501~600Lux 以及 1~5 Lux、0 Lux)
3. 實驗步驟：
 - (1) 調整環境明度到欲實驗的照度，等待 2 分鐘讓魚適應環境。
 - (2) 在攝食區放入冷凍紅蟲，記錄魚是否成功進食並記錄覓食時間。
 - (3) 超過 1 分鐘未攝食或已選擇攝食即撈起魚餌。
 - (4) 每隻魚進行 5 次，再調整其他欲實驗的照度，重複上述步驟進行實驗。

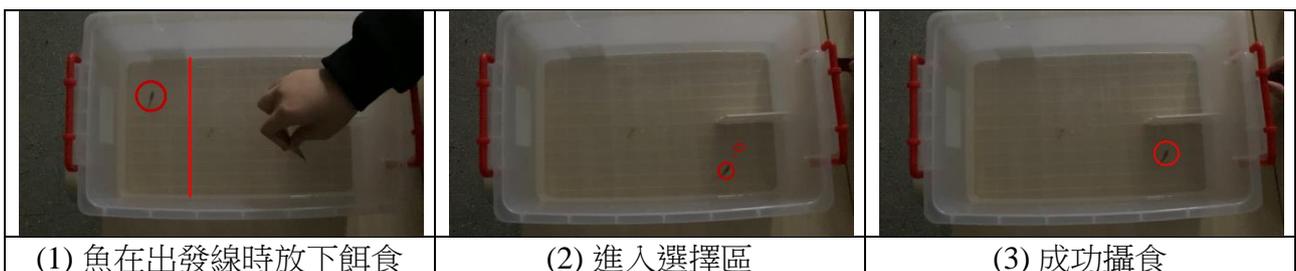


圖 45 蓋斑鬥魚在照度 1~5Lux 環境下成功攝食影片截圖

(四) 探討蓋斑鬥魚在只能依靠嗅覺的情況下的攝食行為

實驗五、探討蓋斑鬥魚在黑暗無光的環境中，成功攝食的比例

1. 說明：在黑暗(0 Lux)的環境中，蓋斑鬥魚應該只能靠嗅覺尋找食物，因此想確認蓋斑鬥魚是否能在黑暗完全無光的環境中，正確找到魚餌並成功攝食。由於淡水魚對於紫外光與紅光較敏感，但看不見紅外光，因此在黑暗無光的環境下使用紅外線攝影機進行錄影的紅外光並不會影響蓋斑鬥魚的攝食行為。
2. 操縱變因：環境的明度(照度為 0)
3. 實驗步驟：
 - (1) 調整環境明度到 0 Lux，等待 2 分鐘讓魚適應環境。
 - (2) 待實驗魚游至預備線之後，同時在攝食區放下冷凍紅蟲，並計時 1 分鐘，記錄是否正確攝食。超過 1 分鐘未攝食或已選擇攝食即撈起魚餌。
 - (3) 每隻進行 5 次，再以乾燥紅蟲重複以上步驟。
4. 實驗流程：攝影截圖如下所示。

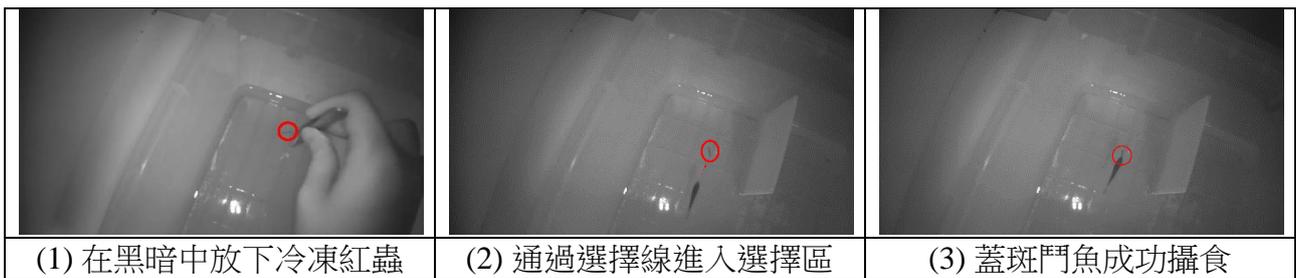


圖 46 以紅外線攝影機錄下蓋斑鬥魚攝食過程示意圖

實驗六、探討蓋斑鬥魚對於有味道水體和無味道水體的選擇比例

1. 說明：為了證明蓋斑鬥魚可以只利用嗅覺正確覓食並完成攝食行為，我們採用自製 Y 型迷宮實驗槽，在 B 臂和 C 臂端點，同時以玻璃滴管分別滴入 1ml 以冷凍紅蟲研磨過濾配置而成濃度 20% 的有味道水體以及 1ml 水，每次交替滴入兩種水體，以觀察實驗魚是否能正確游向有味道卻看不到的水體處。
2. 操縱變因：有味道水體和無味道水體
3. 實驗步驟：

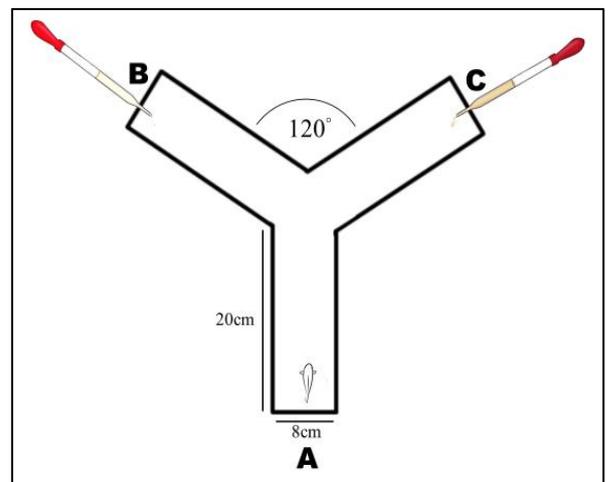


圖 47 實驗示意圖

- (1) 等待適應環境後的實驗魚游至 A 臂端點，魚頭朝向 B、C 臂方向。

- (2) 在 B 臂端點和 C 臂端點同時滴下有味道水體和無味道水體。
- (3) 記錄實驗魚的選擇區與個別行為表現。
- (4) 更換 Y 型槽內的水，避免味道停留在水中造成干擾。
- (5) 每隻魚依次交換 B、C 滴入的水體，重複實驗 10 次，共實驗 10 隻魚。

(五) 探討蓋斑鬥魚在只能依靠視覺的情況下的攝食行為

實驗七、探討餌食置入隔離缸的情況下，蓋斑鬥魚成功找到餌食的時間

1. 說明：在餌食攝食偏好的實驗中，我們發現蓋斑鬥魚較偏好選擇吃顏色鮮艷且味道濃郁的紅蟲，但這樣無法完全證實牠是否是視覺主導或嗅覺主導攝食。因此決定將有味道的餌食放入隔離缸，讓實驗魚看得到卻聞不到，然後看看這樣的情況下是否能正確攝食。測試時，我們發現實驗魚如果 3 次覓食成功卻無法吞入餌食(在隔離缸內)，這樣實驗魚後面就不會再去搜尋餌食了。所以為了避免蓋斑鬥魚學習到隔離缸中的餌食無法真正吃到，實驗時會在第 2 次及第 4 次的測試後餵食冷凍紅蟲 1 條。
2. 操縱變因：不同距離的被隔離的餌食(10cm、30cm、50cm)
3. 實驗步驟：
 - (1) 在 75cm 長、水深 10cm 的魚缸中放入一隻蓋斑鬥魚，靜待 2 分鐘讓魚適應環境，並在 10cm 測距線上放置隔離缸。
 - (2) 待魚進入準備區時，在隔離缸中放入冷凍紅蟲 1 條，記錄魚抵達隔離缸位置的時間，每隻魚重複測試 5 次，共實驗 10 隻魚。
 - (3) 將隔離缸放置位置改為 30cm、50cm 測距線上，重複上述步驟。
4. 實驗流程：

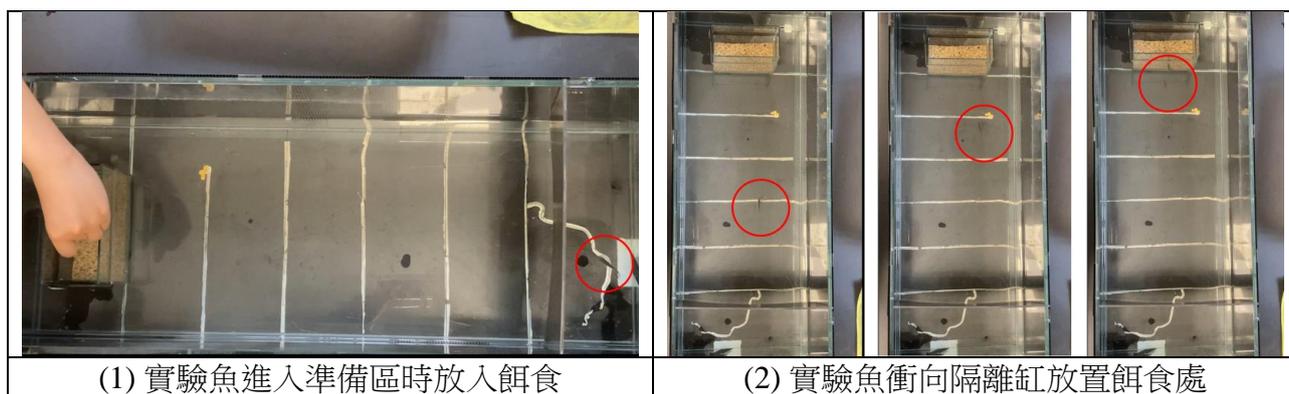


圖 48 以攝影機錄下蓋斑鬥魚游向隔離缸覓餌過程示意圖

實驗八、探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和無味道白假餌的選擇比例

1. 說明：在真假餌食偏好實驗中，魚會吞入假餌再吐出，因此想再確認如果是沒有味道，只有顏色的假餌，也就是只靠視覺沒有嗅覺時，魚依然會選擇攝食嗎？
2. 操縱變因：有無味道的假餌(無味道紅假餌和無味道白假餌)
3. 實驗步驟：
 - (1) 等待適應環境後的實驗魚游至 A 臂端點，魚頭朝向 B、C 臂方向。
 - (2) 魚游到三角形抉擇區(距離餌食 20cm)時，再於 B、C 兩端同時放下紅線和白線。
 - (3) 記錄實驗魚的選擇區與個別行為表現(注意是否吞入再吐出)。
 - (4) 依次交換 B、C 放入紅、白假餌，重複實驗 10 次，共實驗 10 隻魚。
4. 實驗流程：

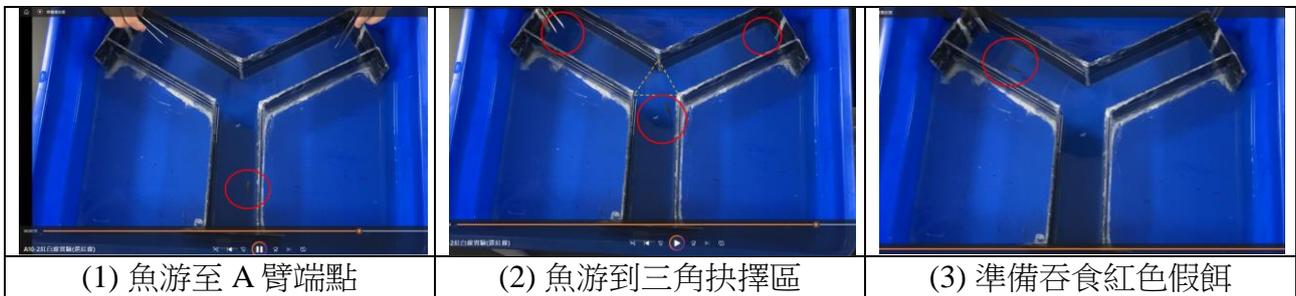


圖 49 選擇紅線假餌錄影示意圖

(六) 探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

實驗九、探討蓋斑鬥魚在不同距離下，選擇無味的紅色假餌和有味的白色假餌的比例

1. 說明：最後想證實不同距離下是否使用不同的感官主導攝食行為，推論是近距離使用視覺主導，遠距離使用嗅覺主導。
2. 操縱變因：無味的紅色假餌和有味的白色假餌、距餌食 10cm 組和距餌食 20cm 組
3. 實驗步驟：
 - (1) 等待適應環境後的實驗魚游至 A 臂端點，魚頭朝向 B、C 臂方向。
 - (2) 魚游到三角形抉擇區時，於 B、C 兩臂距離抉擇區 10cm 處，同時放下無味的紅色假餌和有味的白色假餌。
 - (3) 記錄實驗魚的選擇區與個別行為表現(注意是否吞入再吐出)。
 - (4) 依次交換 B、C 放入紅、白餌食，重複實驗 10 次，共實驗 10 隻魚。
 - (5) 將步驟(2)改成距離抉擇區 20cm 處同時放下餌食，重複上述步驟再做一次實驗。

肆、研究結果

一、探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗一、探討蓋斑鬥魚對於冷凍紅蟲和乾燥紅蟲的攝食偏好

1. 實驗記錄

表 2 蓋斑鬥魚選擇冷凍紅蟲或乾燥紅蟲的實驗記錄表

編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總數	百分比
選擇冷凍紅蟲次數	3	8	3	4	6	6	5	5	5	4	4	5	58	48.3%
選擇乾燥紅蟲次數	3	1	2	4	2	2	2	3	3	2	1	2	27	22.5%
不吃	4	1	5	2	2	2	3	2	2	4	5	3	35	29.2%

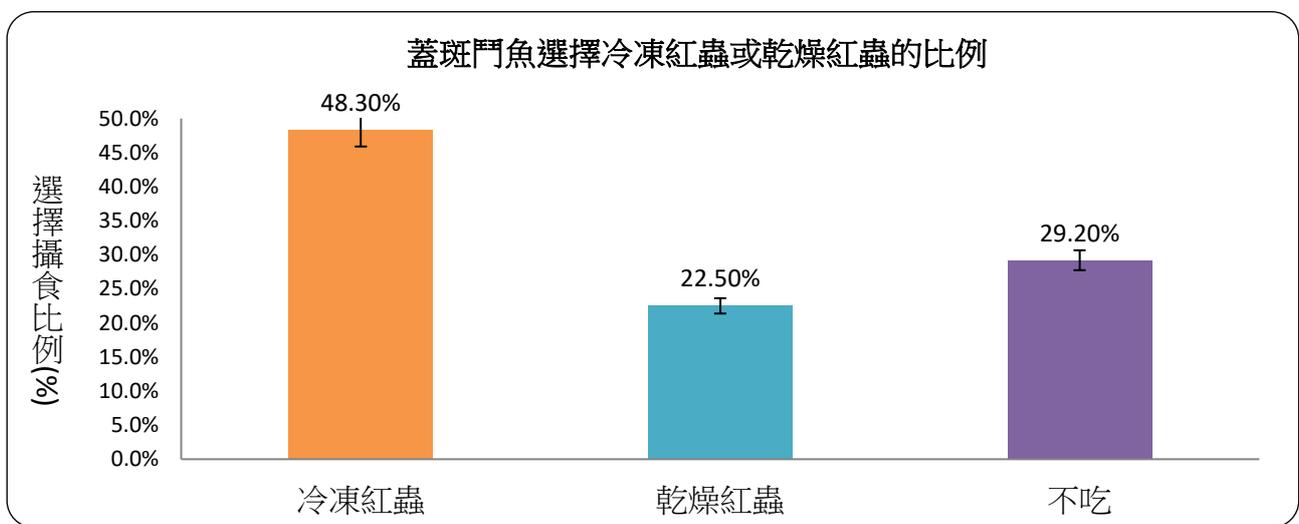


圖 50 蓋斑鬥魚選擇冷凍紅蟲或乾燥紅蟲的比例長條圖(N=12)

2. 實驗結果

- (1) 根據數據顯示，蓋斑鬥魚有 48.3% 選擇吃冷凍紅蟲，只有 22.5% 吃乾燥紅蟲。
- (2) 蓋斑鬥魚 偏好選擇吃冷凍紅蟲的比例(48.3%)大於乾燥紅蟲(22.5%)。
- (3) 編號 02、03、04、08、10、12 是公魚，其餘是母魚。在這實驗中，無論公魚或母魚，每隻魚選擇冷凍紅蟲攝食的比例都大於乾燥紅蟲的比例。

實驗二、探討蓋斑鬥魚在明亮環境中，正確分辨真假餌食的比例

1. 實驗記錄

表 3 餵食冷凍紅蟲（真餌）與紅色棉線（假餌）實驗記錄表

編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總和	百分比
冷凍紅蟲	3	5	2	3	2	1	4	1	1	1	2	3	28	46.67%
紅色棉線	2	0	3	2	3	4	1	4	4	4	3	2	32	53.33%

表 4 餵食乾燥紅蟲（真餌）與棕色麻繩（假餌）實驗記錄表

編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總和	百分比
乾燥紅蟲	3	2	/	3	/	3	3	1	4	3	1	2	25	50%
棕色麻繩	2	3	/	2	/	2	2	4	1	2	4	3	25	50%

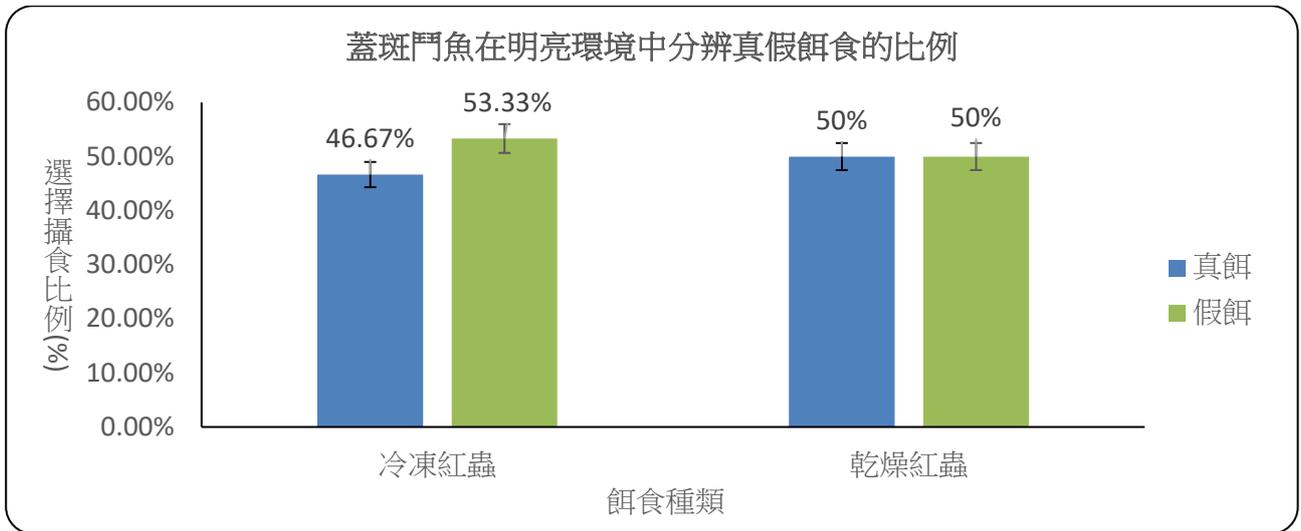


圖 51 真假餌食的選擇比例長條圖(N=12)

2. 實驗結果

根據實驗五的實驗數據，我們分析出以下結果：

- (1) 在真假冷凍紅蟲的實驗中(紅色棉線與冷凍紅蟲)，蓋斑鬥魚選擇紅色棉線的比率為 53.33%，而選擇冷凍紅蟲的比率為 46.67%，選擇假餌的比率略高於真餌。
- (2) 在真假乾燥紅蟲的實驗中(棕色麻線與乾燥紅蟲)，蓋斑鬥魚選擇棕色麻線與乾燥紅蟲的機率相同，皆為 50%。
- (3) 無論冷凍紅蟲或乾燥紅蟲，蓋斑鬥魚皆無法分辨真餌與假餌。

小結：

蓋斑鬥魚對不同餌食有攝食偏好。蓋斑鬥魚偏好吃顏色鮮艷味道濃郁紅蟲的比例(48.3%)明顯大於顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲(22.5%)。蓋斑鬥魚無法分辨真餌與假餌，選擇比例接近 1：1。

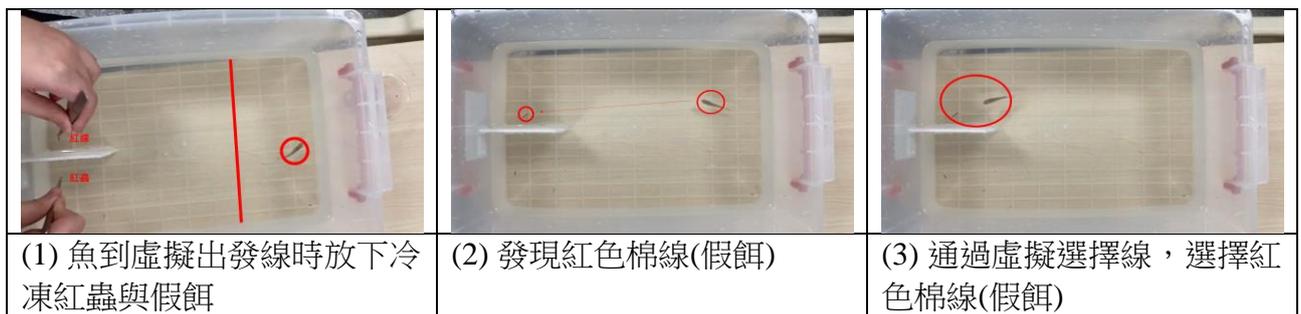


圖 51 蓋斑鬥魚選擇攝食紅色棉線(假餌)影片截圖

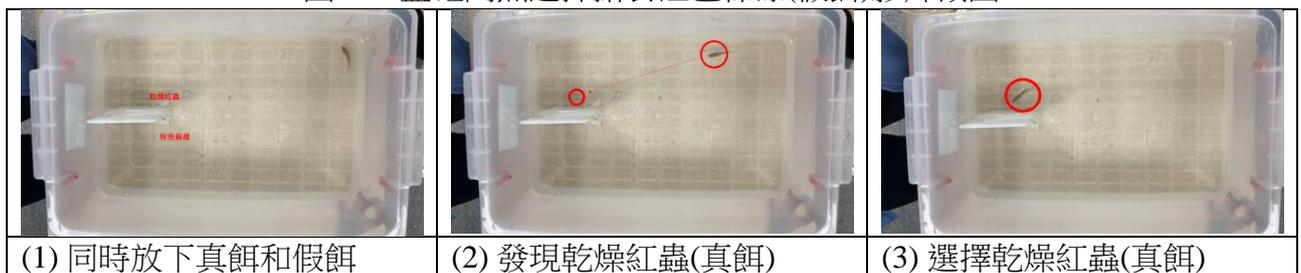


圖 52 蓋斑鬥魚選擇攝食乾燥紅蟲(真餌)影片截圖

二、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

實驗三、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

1. 實驗記錄

表 5 10 隻蓋斑鬥魚在不同距離下的 5 次攝食平均時間及速度記錄表

組/編號	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	平均(秒)	速度 cm/s
10cm	4.816	5.656	3.944	4.2	5.636	5.6	5.2	9.6	4.2	8.912	5.7764	1.7312
20cm	7.4	19.4	13.2	4.6	6.0	6.6	6.4	21.2	6	24.2	11.5000	1.7391
30cm	8.276	14.4	17.4	12	7.8	14	5.8	17.8	4.2	13.2	11.4876	2.6115
40cm	11.96	15.446	14.258	23.502	13.702	11.762	11.926	22.322	22.648	18.064	16.5590	2.4156
50cm	21.202	38.668	36.078	22.622	5.33	14.812	9.924	28.58	16.792	46.3	24.0308	2.0807
60cm	24.82	28.852	30.576	30.402	12.178	27.898	13.282	31.53	17.906	>60秒	24.1604	2.4834

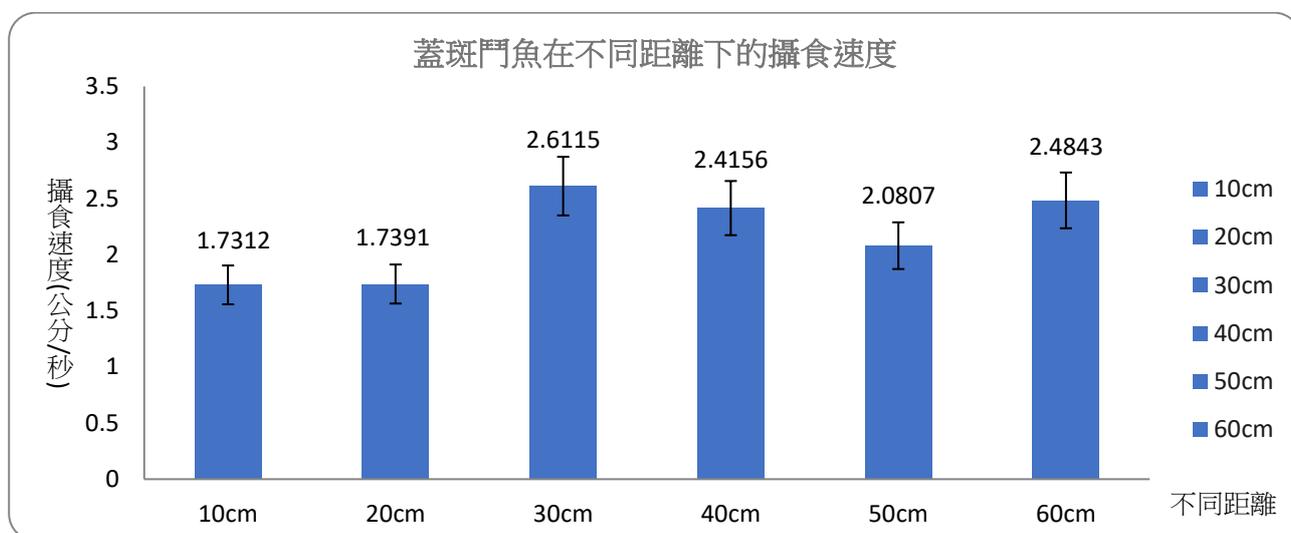


圖 53 蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度長條圖(N=10)

表 6 5 隻公魚在不同距離下的 10 次攝食平均時間及速度記錄表 (N=5)

組/編號	A03	A04	A08	A10	A12	平均 s	速度 cm/s	平均速度
公魚	10cm	5.656	3.944	5.6	9.6	8.912	6.7424	1.4832
	20cm	19.4	13.2	6.6	21.2	24.2	16.92	1.1820
	30cm	14.4	17.4	14	17.8	13.2	15.36	1.9531
	40cm	15.446	14.258	11.762	22.322	18.064	16.3704	2.4434
	50cm	38.668	36.078	14.812	28.58	46.3	32.8876	1.5203
	60cm	28.852	30.576	27.898	31.53	>60 秒	29.714	2.0193
								1.7669 cm/s

表 7 5 隻母魚在不同距離下的 10 次攝食平均時間及速度記錄表(N=5)

組/編號	A01	A06	A07	A09	A11	平均 s	速度 cm/s	平均速度
母魚	10cm	4.816	4.2	5.636	5.2	4.2	4.8104	2.0788
	20cm	7.4	4.6	6.0	6.4	6	6.08	3.2895
	30cm	8.276	12	7.8	5.8	4.2	7.6152	3.9395
	40cm	11.96	23.502	13.702	11.926	22.648	16.7476	2.3884
	50cm	21.202	22.622	5.33	9.924	16.792	15.174	3.2951
	60cm	24.82	30.402	12.178	13.282	17.906	19.7176	3.0430
								3.0057 cm/s

2. 實驗結果

- (1) 由以上數據可得知，蓋斑鬥魚在 60 公分以內的不同距離下，平均攝食時間在 5~24 秒之間，因此接下來的投餵餌食的相關實驗，設定每次觀察 1 分鐘，超過 1 分鐘則停止計時，重新實驗。
- (2) 實驗過程中，編號 A12 自 50cm 開始，5 次實驗，只有 1 次是 46.3 秒，其餘都超過 60 秒；60cm 的距離更是 5 次都無法在 60 秒內找到餌食，因此並未列入平均時間的計算。且除了 A12 之外，所有實驗魚皆能在 1 分鐘以內完成所有攝食行為。
- (3) 從上圖可知，10cm 和 20cm 距離的速度皆為 1.73cm/s，但到了 30cm 以上的速度就都超過 2cm/s 的速度，可知蓋斑鬥魚不會因為距離更遠而速度變慢，反而是加快速度，但 30~60cm 的速度沒有明顯差異。
- (4) 雄魚和雌魚攝食時間分析

由表 6 和表 7 所示，公魚在平均攝食速度為 **1.7669**cm/s，母魚為 **3.0057**cm/s，顯示母魚在攝食速度上明顯比公魚快很多。

小結：

蓋辦鬥魚的攝食速度不會因為距離增加而變慢，而且母魚在攝食速度上明顯比公魚快很多。

三、探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

實驗四、探討蓋斑鬥魚在不同照度的環境中，成功攝食的比例

1. 實驗記錄

表 6 蓋斑度魚在不同照度下是否成功攝食的記錄表

單位：次數

Lux/編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總計	%
501~600	吞入	5	/	/	5	/	4	5	5	4	1	5	5	39 87%
	未吞食	0	/	/	0	/	1	0	0	1	4	0	0	6 13%
401~500	吞入	4	2	/	5	/	5	1	4	4	/	5	0	30 65%
	未吞食	1	3	1	0	/	0	4	1	1	/	0	5	16 35%
301~400	吞入	3	/	/	4	/	4	3	5	4	/	5	5	33 83%
	未吞食	2	/	/	1	/	1	2	0	1	/	0	0	7 18%
201~300	吞入	/	/	1	5	/	/	/	5	/	5	5	5	26 87%
	未吞食	/	/	4	0	/	/	/	0	/	0	0	0	4 13%
101~200	吞入	4	3	/	2	2	4	4	3	4	3	4	4	37 71%
	未吞食	1	2	/	3	/	1	1	2	1	2	1	1	15 29%
1~100	吞入	3	4	5	5	0	5	5	5	4	2	5	5	48 76%
	未吞食	2	1	0	0	5	0	0	0	1	3	0	0	12 20%
1~5	吞入	/	/	5	5	0	5	5	5	4	3	5	4	41 82%
	未吞食	/	/	0	0	5	0	0	0	1	2	0	1	9 18%
0	吞入	/	0	/	2	/	1	/	0	0	1	0	0	4 10%
	未吞食	/	5	/	3	/	4	/	5	5	4	5	5	36 90%

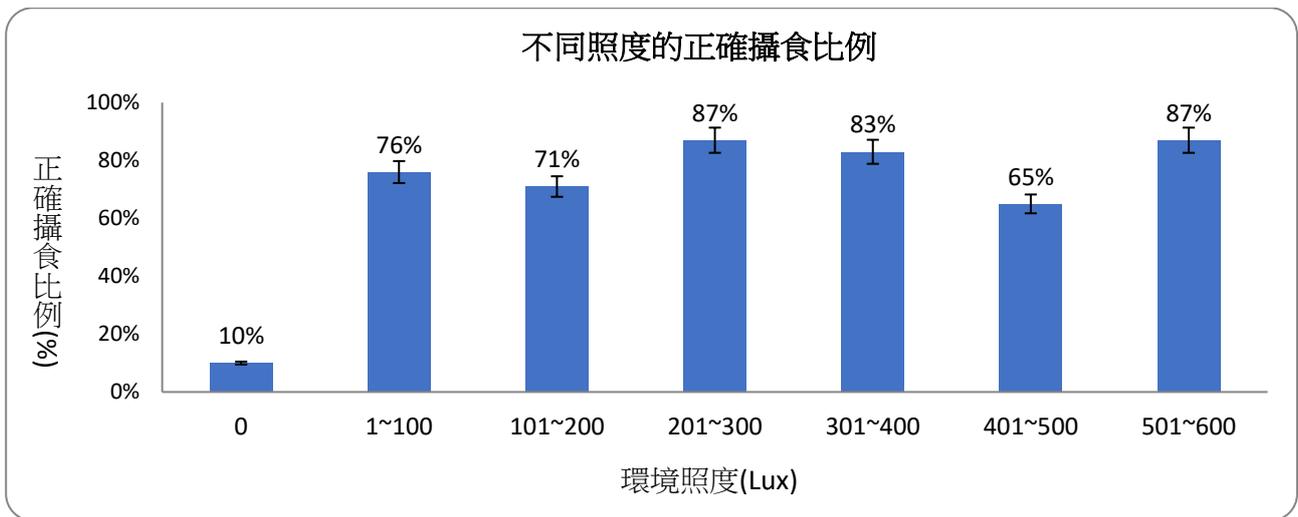


圖 54 蓋斑鬥魚在不同照度的環境中，成功攝食的比例長條圖(N=12)

2. 實驗結果

根據實驗四的實驗數據，我們分析出以下結果：

- (1) 在 501~600 Lux、401~500 Lux、301~400 Lux、201~300 Lux、101~200 Lux、1~100 Lux 的數據中，蓋斑鬥魚的正確攝食率都有 65% 以上。
- (2) 為了確認蓋斑鬥魚是否僅有微光就能準確攝食，因此又加做了 1~5Lux 的實驗。發現蓋斑鬥魚在只有微弱光線的環境下(1~5 Lux)也有 82% 的正確攝食率，只要有光的平均正確攝食率是 78.64%，但在 0 Lux 下正確攝食率只剩下 10%，表示蓋斑鬥魚只要有微弱光線就能利用視覺正確攝食。

小結：

蓋斑鬥魚在 0 Lux 下正確攝食率只剩下 10%，但在 1~5 Lux 的微弱光線的環境下就有 82% 的正確攝食率，表示蓋斑鬥魚只要有微弱光線就能利用視覺正確攝食。

四、探討蓋斑鬥魚在只能依靠嗅覺的情況下的攝食行為

實驗五、探討蓋斑鬥魚在黑暗無光的環境中，成功攝食的比例

1. 實驗記錄

表 6 蓋斑鬥魚在黑暗環境中是否成功攝食的紀錄表

餌食	編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	總和	百分比
乾燥	吞食	1	1	/	2	0	0	0	0	0	1	0	0	5	8.33%
	未食	4	4	/	3	5	5	5	5	5	4	5	5	55	91.67%
冷凍	吞食	1	0	/	1	/	0	0	0	0	0	2	1	5	10.00%
	未食	4	5	/	4	/	5	5	5	5	5	3	4	45	90.00%

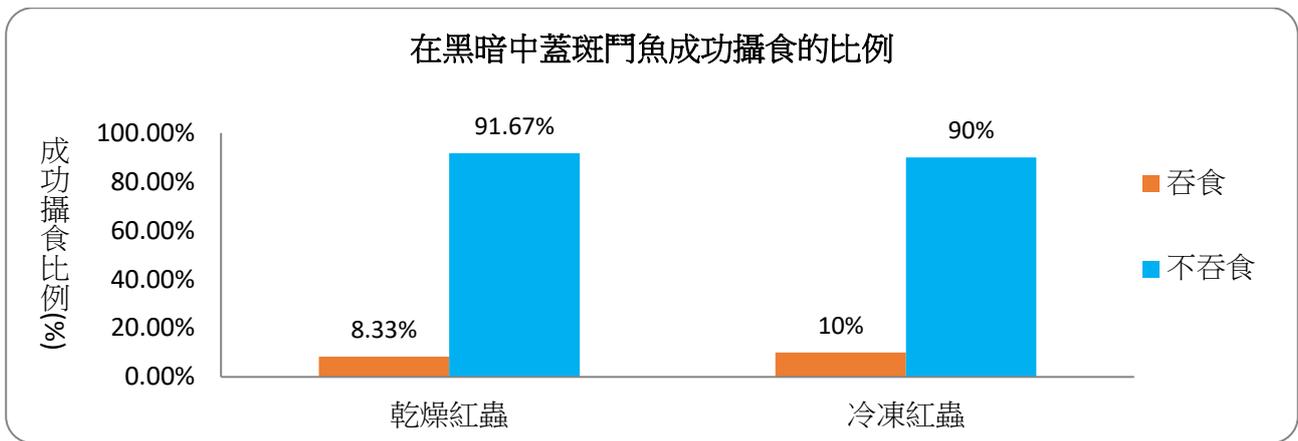


圖 55 在黑暗中成功攝食的比例長條圖(N=12)

表 9 雄魚與雌魚在黑暗環境中是否成功攝食兩種餌食的比例

性別	雄魚		雌魚	
	次數	百分比	次數	百分比
吃到餌食	4	7%	6	12%
未吃到餌食	51	93%	44	88%

2. 實驗結果

根據實驗數據，我們分析出以下結果：

- (1) 蓋斑鬥魚在黑暗完全無光的情況下，能夠正確吃到味道較淡的乾燥紅蟲的機率僅有 8.33%，能夠正確吃到味道較濃郁的冷凍紅蟲的機率也僅有 10%。
- (2) 蓋斑鬥魚在黑暗完全無光的情況下，無法正確進食的的機率高達 90%以上。
- (3) 在實驗過程中，我們觀察到，蓋斑鬥魚在黑暗中雖然成功攝食的次數不高，但多數時候會選擇游往有飼料的選擇區，卻無法正確吃到餌食。
- (4) 雄魚在黑暗中能正確吃到乾燥紅蟲的比例為 16%，吃到冷凍紅蟲的比例只有 8%。
- (5) 雌魚在黑暗中能正確吃到乾燥紅蟲的比例則只有 3%，冷凍紅蟲卻有 12%。
- (6) 整體而言，兩者的能在黑暗中正確吃到兩種餌食的比例，雄魚為 12%，母魚為 7%，比例都不高。
- (7) 編號 03 及編號 05 實驗魚，實驗期間胃口不佳，故未蒐集實驗數據進行分析。

實驗六、探討蓋斑鬥魚對於有味道水體和無味道水體的選擇比例

1. 實驗記錄

表 10 蓋斑鬥魚對於有味道水體和無味道水體的選擇次數記錄表

次數	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	%
選擇有味道次數	7	5	8	9	6	7	7	6	8	5	68%
選擇無味道次數	3	5	2	1	4	3	3	4	2	5	32%

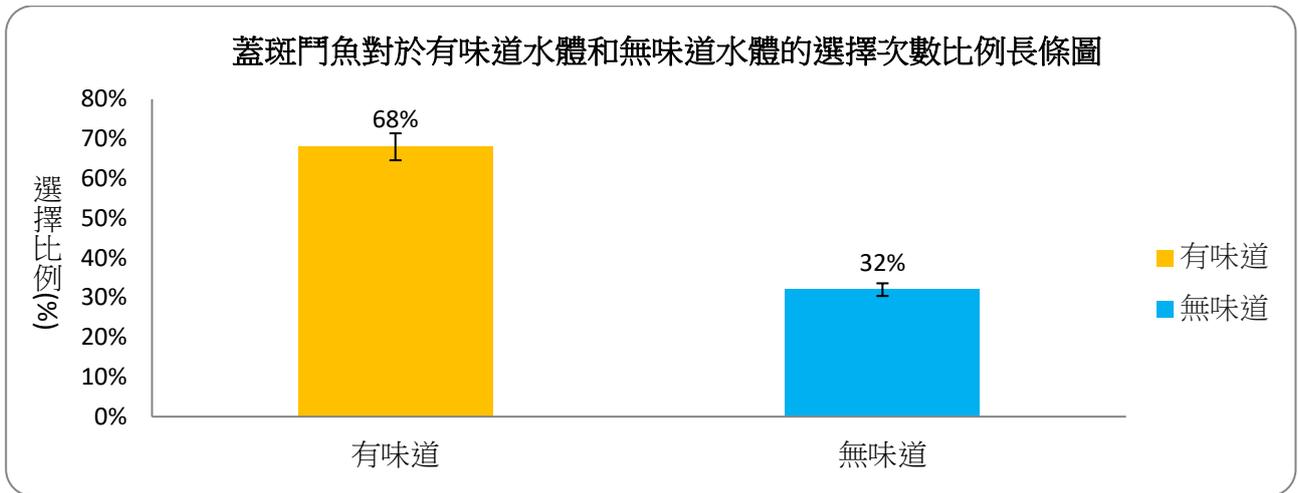


圖 56 蓋斑鬥魚對於有味道水體和無味道水體的選擇次數比例長條圖(N=10)

2. 實驗結果

- (1) 實驗過程中我們發現，蓋斑鬥魚在游至有味道水體滴入的位置後，即使沒有看到餌食，仍會張嘴做出吞食的動作。
- (2) 根據數據顯示，蓋斑鬥魚在只能利用嗅覺的情況下，能正確游向有味道水體的一端，並有張口吞食動作比例有 68%，而游向無味道水體一端處只有 32%。

小結：

蓋斑鬥魚在黑暗完全無光的情況下，正確進食的比例只有 10%；在明亮環境卻只能利用嗅覺的情況下，能正確選擇有味道水體的比例則增加為 68%，但也僅僅是 3 次就有 1 次選錯沒得吃。還句話說，只靠嗅覺主導攝食的準確率並不高。

五、探討蓋斑鬥魚在只能依靠視覺的情況下的攝食行為

實驗七、探討餌食置入隔離缸的情況下，蓋斑鬥魚成功找到餌食的時間

1. 實驗記錄

表 11 餌食置入不同距離的隔離缸，蓋斑鬥魚成功找到餌食的時間記錄表

距離 餌食	秒	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12
	10c	1	3.09	5.17	3.04	13.39	2.04	53.07	4.88	23.64	4.14
m	2	3.54	7.82	1.97	0.95	2.03	1.13	2.17	3.65	3.81	--
	3	2.72	2.77	2.68	13.24	8.54	25.81	3.01	2.46	0.97	--
	4	3.1	5.51	17.21	20.31	3.82	3.43	1.87	8.08	1.36	--
	5	2.67	5.47	37.2	18.91	2.3	4.07	5.97	9.95	17.25	--
	平均	3.024	5.348	12.42	13.36	3.746	17.502	3.58	9.556	5.506	--
總平均 8.227 sec											
距離 餌食	秒	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12
	30c	1	7.38	6.47	4.76	6.8	3.38	3.45	14.42	1.27	2.53
m	2	3.35	4.85	10.24	3.11	10.7	3.41	4.19	11.87	5.46	--
	3	3.21	4.28	4.51	5.7	5.33	7.75	2.23	24.9	24.09	--
	4	2.28	4.98	7.31	3.28	6.43	3.88	5.29	12.06	1.72	--
	5	6.15	4.81	6.08	3	25.2	6.71	37.82	17.58	29.16	--
	平均	4.474	5.078	6.58	4.378	10.208	5.04	12.79	13.536	12.592	--
總平均 8.297 sec											

秒	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12
1	2.03	7.91	2.95	11.42	8.46	28.92	27.25	2.25	2.55	--
2	3.38	5.74	3.01	9.66	9.03	22.08	51.06	2.1	4.69	--
3	9.44	5.23	3.33	6.96	39.04	6.58	6.06	3.86	4.77	--
4	2.08	42.59	17.02	8.03	9.58	6.06	10.11	3	2.93	--
5	6.9	15.17	3.45	9.57	7.25	6.26	6.63	5.51	2.52	--
平均	4.766	15.328	5.952	9.128	14.672	13.98	20.222	3.344	3.492	--
總平均 10.098 sec										

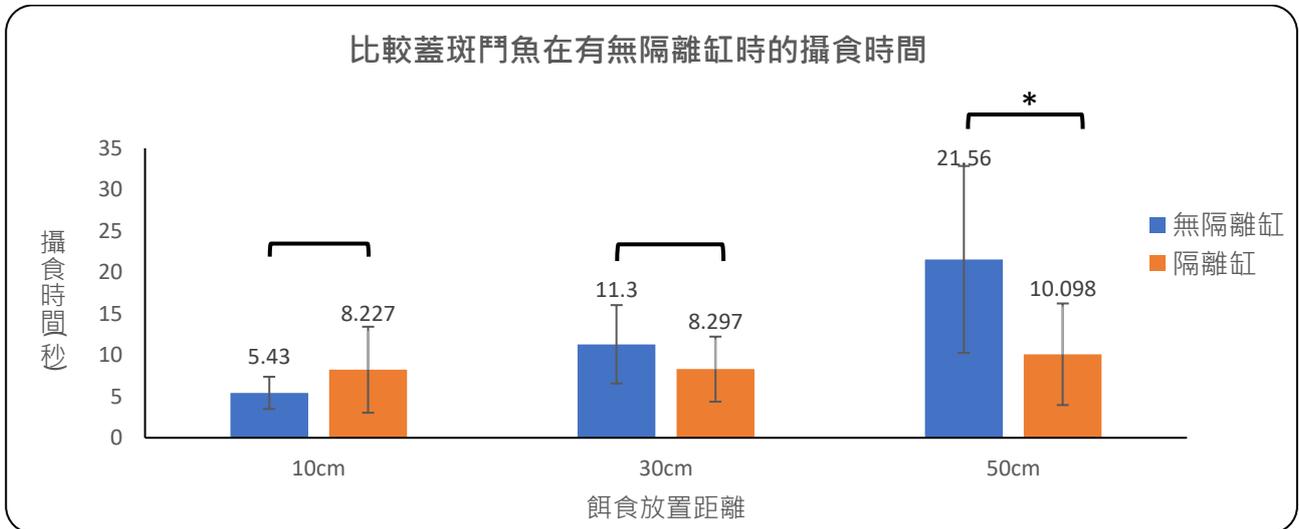


圖 57 比較蓋斑鬥魚在有無隔離缸時的攝食時間長條圖(N=9)
(p 值=0.016657<0.05，標註*)

2. 實驗結果

- (1) 蓋斑鬥魚在 10 公分無隔離缸的攝食速度較快，而在 30 公分、50 公分蓋斑鬥魚在有隔離缸的攝食速度則較快。
- (2) 在 10cm 的餌食距離下，若餌食沒有放入隔離缸，蓋斑鬥魚的平均攝食時間為 5.43 秒；若餌食有放入隔離缸，平均攝食時間則為 8.227 秒。餌食放入隔離缸的攝食時間較長，但經 t 檢定得兩平均數沒有顯著差異(p 值=0.1558>0.05)。
- (3) 在 30cm 的餌食距離下，若餌食沒有放入隔離缸，蓋斑鬥魚的平均攝食時間為 11.3 秒；若餌食有放入隔離缸，平均攝食時間則為 8.297 秒。餌食放入隔離缸的攝食時間較短，但經 t 檢定得兩平均數沒有顯著差異(p 值= 0.1755>0.05)。
- (4) 在 50cm 的餌食距離下，蓋斑鬥魚攝食未隔離餌食的平均時間為 21.56 秒；覓食隔離缸餌食的平均攝食時間則為 10.098 秒。餌食放入隔離缸的攝食時間比為放置隔離缸的較短，兩者有顯著差異(p 值= 0.0167<0.05)。顯示蓋斑鬥魚透過視覺無須嗅覺輔助也能找到餌食。

實驗八、探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和無味道白假餌的選擇比例

1. 實驗記錄

表 12 探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和無味道白假餌的選擇次數記錄表

次數	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	%
選擇紅假餌	9	8	8	10	8	9	6	8	7	9	82%
選擇白假餌	1	2	2	0	2	1	4	2	3	1	18%

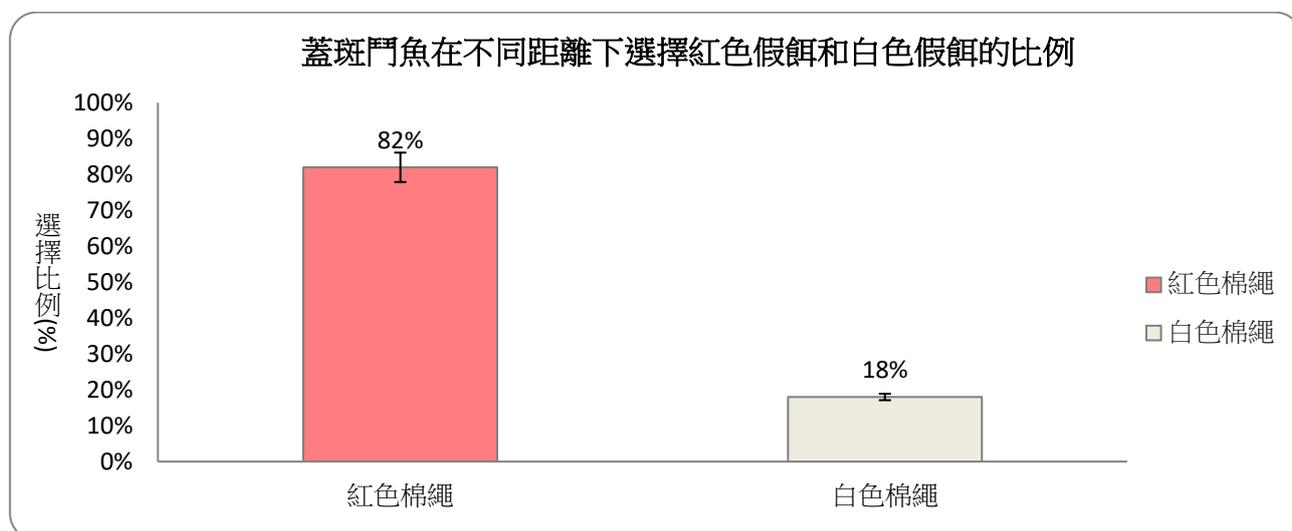


圖 58 蓋斑鬥魚選擇無味道紅假餌和無味道白假餌的比例長條圖(N=10)

2. 實驗結果

- (1) 由實驗記錄可知，選擇紅假餌的比例有 82%，明顯高於白假餌 18% 的比例。
- (2) 實驗過程中我們也發現，編號 A06 完全不吞食白假餌；A01 則在最後一次雖游向白假餌，也只是看一看就離開了，沒有吞食動作。
- (3) 再與實驗二比較，可發現蓋斑鬥魚對假餌有顏色上的偏好，分別是紅色假餌 > 棕色假餌 > 白色假餌。

小結：

蓋斑鬥魚選擇顏色鮮豔卻無味道紅假餌的比例有 82%，明顯高於無味道白假餌 18% 的比例，且選擇假餌有顏色上的偏好，分別是紅色假餌 > 棕色假餌 > 白色假餌。此外，餌食放入隔離缸的攝食時間比未放置隔離缸的較短，兩者有顯著差異，顯示蓋斑鬥魚只透過視覺無需嗅覺輔助也能找到餌食。

六、探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

實驗九、探討蓋斑鬥魚在不同距離下，選擇無味的紅色假餌和有味的白色假餌的比例

1. 實驗記錄

表 13 探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和有味道白假餌的選擇次數記錄表

距離	次數	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	%
10cm	選擇無味紅線	6	6	5	8	7	6	10	8	6	--	68.89%
	選擇有味白線	4	4	5	2	3	4	0	2	4	--	31.11%
20cm	選擇無味紅線	5	3	5	5	6	7	5	5	6	--	52.22%
	選擇有味白線	5	7	5	5	4	3	5	5	4	--	47.78%

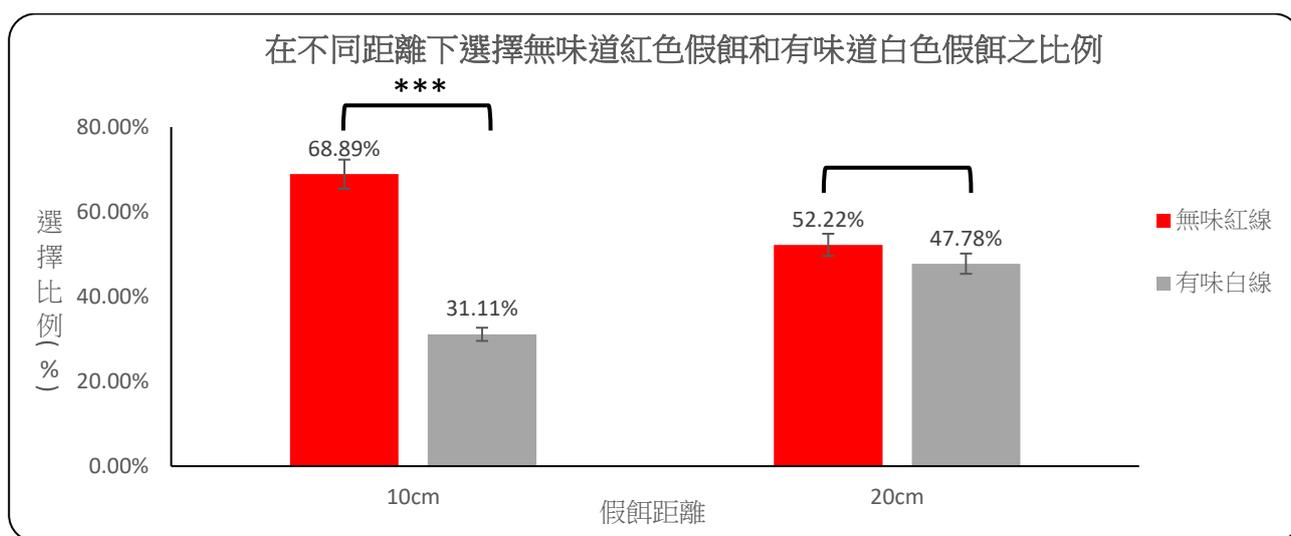


圖 59 蓋斑鬥魚在選擇無味道紅色假餌和有味道白色假餌之比例長條圖(N=9)
(p 值= 0.000338<0.001，標註***)

2. 實驗結果

根據實驗九的實驗數據，我們分析出以下結果：

- (1) 蓋斑鬥魚在距離餌食只有 10cm 的情況下選擇無味道紅線的比例為 68.89%，選擇有味道白線比例為 31.11%，兩者之間差異非常顯著 (p 值= 0.000338<0.001)，表示近距離情況下，蓋斑鬥魚以視覺為主導，看到東西先吃再說。
- (2) 距離 20cm 時，選擇無味紅線的比例為 52.22%，相較 10cm 時的比例降低了，雖然 10cm 和 20cm 兩者數據未達顯著差異，但從數據上可以發現，20cm 開始，選擇有味白線與無味紅線兩者比例已經接近五成，所以距離增加，需要利用嗅覺的攝食的比例也開始增加了。

小結：

蓋斑鬥魚選擇紅色無味的假餌是基於視覺主導，則印證蓋斑鬥魚在近距離時，主要依靠視覺攝食；遠距離時，則會加入嗅覺輔助。

伍、討論

一、探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗結果可知在固定距離(30cm)、相同照度下，蓋斑鬥魚選擇攝食冷凍紅蟲的機率為 48.3%，高於乾燥紅蟲的 22.5%，可推測蓋斑鬥魚較喜歡冷凍紅蟲，冷凍紅蟲相較於乾燥紅蟲，冷凍紅蟲的顏色較鮮艷、味道較重，猜測蓋斑鬥魚的攝食選擇可能同時與視覺(顏色)和嗅覺(氣味)有關。

選擇乾燥的紅蟲做為實驗餌食，原因是因為它的顏色及大小與孑孓相近，而且冬天實驗較不易取得孑孓，故採用乾燥紅蟲做為實驗用餌食。此外，根據陳芷儀、范芷甯、朱子鈞等人(2020)的研究，發現蓋斑鬥魚偏好吃大紅蟲甚於小孑孓，故本研究不再選擇孑孓做為餌食實驗。

為了進一步證明蓋斑鬥魚主要依靠視覺攝食，我們設計了真假餌食實驗，並分為真假冷凍紅蟲以及真假乾燥紅蟲兩組，然而無論冷凍紅蟲組或乾燥紅蟲組，蓋斑鬥魚的正確選擇機率相差不大，我們多次觀察到蓋斑鬥魚將紅色棉線或棕色麻繩食入，發現是假餌後再吐出。判斷相較於具有味道的真餌，蓋斑鬥魚選擇攝食沒有味道的假餌是基於視覺所做出的選擇，由此證明蓋斑鬥魚主要依靠視覺攝食。

二、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

超過餌食 40cm 的距離，覓食時間明顯從 16.39 秒變成 24.03 秒，從 50cm 開始會增加搜尋餌食的難度，但 50cm 和 60cm 的攝食時間都是 24 秒，反而沒有太大差距，因此後來隔離缸的實驗，我們就把間距改成了 10cm、30cm 和 50cm 三個距離。

受限於魚缸大小，最遠只能測到 60cm，未來若能改良設備，則可再增加距離或進行不同深度的實驗。

由於公魚母魚有體型上的差異，且公魚個性比較凶悍，因此我們額外進行了雄魚和雌魚攝食速度分析，發現公魚在平均攝食速度為 1.7669cm/s，母魚為 3.0057cm/s，顯示母魚在攝食速度上明顯比公魚快很多。可能是母魚為了生存，速度比較快較能搶到食物或吃得較多。

三、探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

在照度 1~600 Lux 的環境中，蓋斑鬥魚的攝食次數沒有顯著差異，到 0 Lux 攝食次數則驟降，表示蓋斑鬥魚可在極微弱的光線下攝食，卻無法在完全黑暗的環境下攝食，由此推測蓋斑鬥魚視覺敏銳，且主要依靠視覺攝食。

在此實驗中有 4 隻蓋斑鬥魚(編號 1、3、5、10)的攝食情況明顯異於其他蓋斑鬥魚，而攝食表現最差的 5 號魚也於 112 年 3 月死亡，我們認為 5 號魚在實驗過程中有生病，

導致 5 號魚無法在 30 公分的固定距離下從虛擬出發線游至虛擬選擇線完成攝食行為。

蓋斑鬥魚主要生活於混濁的淡水水域，在河口地區或沿岸的海，因為懸浮物質很多，反而會先把長波長的紫光藍光吸收掉，留下紅光（CASE 報科學，2017/07/03）。基於以上原因，我們發現水體混濁度對蓋斑鬥魚的視覺能力有照度以外的影響，因此未來我們可以新增水體混濁度的實驗設計，模擬出蓋斑鬥魚的真實生存環境，來探討各變因對蓋斑鬥魚攝食行為的影響。

四、探討蓋斑鬥魚在**只能依靠嗅覺**的情況下的攝食行為

蓋斑鬥魚在黑暗完全無光，也就是只能靠嗅覺的情況下，能夠正確吃到乾燥紅蟲的機率僅有 8.33%，能夠正確吃到味道較濃郁的冷凍紅蟲的機率也僅有 10%，推測在無光下蓋斑鬥魚無法靠視覺主導攝食。

此外，我們觀察到蓋斑鬥魚在黑暗中雖然成功攝食率很低，但多數時候會選擇游往有飼料的選擇區，並在餌食附近徘徊，由此推測蓋斑鬥魚雖可藉由嗅覺輔助找到餌食的大致位置，但卻因為黑暗環境中看不到餌食，而無法成功攝食，表示視覺能力在蓋斑鬥魚攝食行為中的重要性。

我們又進一步再利用 Y 型實驗槽來進行有味道水體和無味道水體的交替選擇實驗，發現每 3 次中就有 1 次選則沒味道水體的一端，顯示蓋斑鬥魚的攝食行為很難只依靠嗅覺主導攝食行為。實驗時，我們發現，當看不到餌食時，實驗魚會在 Y 型實驗槽的三角形抉擇區短暫停留（如圖 60），似乎是確認味道來源之後，才會決定游向有味道的一方。

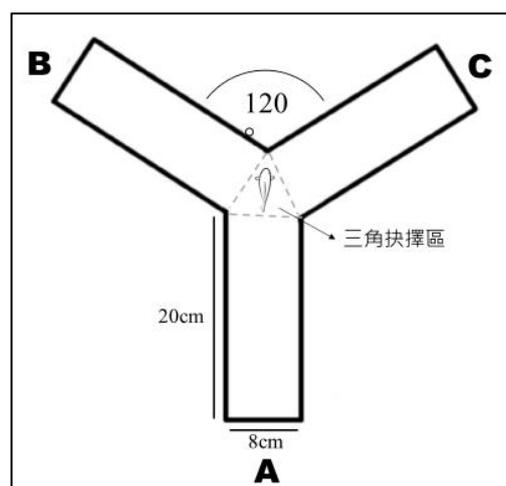


圖 60 三角抉擇區

五、探討蓋斑鬥魚在**只能依靠視覺**的情況下的攝食行為

餌食置入隔離缸的實驗中，除了 10 公分組，是無隔離缸的攝食速度比有隔離缸的速度快，然而在 30 公分組和 50 公分組，卻是餌食在隔離缸中的攝食速度則較快。我們推測產生這種情況，可能是實驗與產生了學習效果，因為知道隔離缸會有餌食，而且隔離缸在水中是一個大型目標物，因此只要很可能只要發現手的影子或鏟子等影像就往隔離缸衝過去，造成數據反而比較快的現象。

此外，針對無味道假餌部分，蓋斑鬥魚偏好偏紅色假餌 > 棕色假餌 > 白色假餌，顯示蓋斑鬥魚對於紅色是比較敏感的。動物偵測光線的視覺基因可以分為五大類：在昏暗環境下感測微弱光線的視紫蛋白基因，以及感測四種色光—紫外光、藍光、綠光

與紅光的視覺基因，而淡水魚則比海水魚擁有更多的感知紫外光與紅光的視覺基因（PanSci 泛科學，2018/03/02）。蓋斑鬥魚對紅色餌食較偏好可能也是這個原因。未來也可以增加不同色光是否影響蓋斑鬥魚攝食行為的實驗。

聽聞經常釣魚的行家說：「**水輕重色，水渾重味。**」也就是選擇魚餌釣魚必須要注意環境的不同而選擇不同魚餌的氣味與顏色，一般夜釣偏重氣味；白天則偏重顏色（取自每日頭條文章：講述釣魚最常用的餌料誘魚方法有哪些）。我們的實驗，則完全印證了此一說法。也可以應用在魚類研究上。

六、探討蓋斑鬥魚在**不同距離下**選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

前面的八個實驗已經證實了蓋斑鬥魚的攝食行為是視覺主導嗅覺輔助，最後，我們想證明在近距離時，主要依靠視覺攝食；遠距離時，則為嗅覺主導。實驗時，礙於實驗裝置距離不夠長，只能測到 20cm 的距離，因此未來如有時間，可以再改良實驗槽，進行更遠距離的測試。

七、蓋斑鬥魚的學習行為

實驗過程中，我們發現很多蓋斑鬥魚有趣的行為，例如：魚會照鏡子、魚看到鑷子或滴管出現，就知道有食物可以吃等等。有的魚完全不吃白色假餌卻會吃棕色假餌；有的魚吞食假餌後會再吐出來；有的魚吞食2個假餌後就飽了吃不下了，很多行為都很有趣。實驗過程中，不同編號魚的表現差異也很大，例如編號 A12 的攝食時間特別長，而且距離超過 50cm 以後，就完全找不到餌食，所以可能有近視或生病了。

我們為了證實蓋斑鬥魚也是有學習行為的，也就是很可能魚看到滴管或鑷子就會發生捕食行為，而不一定是真的看到餌食才行動的，就想說再買一批魚重新做實驗，就能知道會不會受到學習行為影響實驗結果。如表 14 所示，B01~B05 是第二批魚，來到實驗室的第一項實驗就是餌食距離 10cm 的實驗，很明顯地，第二批魚 B01~B05 的平均攝食時間是 10.396 秒，而第一批魚A01~A12 的平時時間是 5.428 秒；而從 20cm 以後的數據就沒有什麼差別了，足以證明蓋斑鬥魚是有學習行為的。

表14 第一批魚和第二批魚在不同距離的攝食平均時間記錄表

單位：秒數

組/編號	B01	B02	B03	B04	B05	平均時間 (秒)	A01~A12 平時時間
10cm	7.786	16.972	8.364	4.466	14.394	10.396	5.428
20cm	13.672	16.09	6.32	4.402	12.302	10.556	10.088
30cm	9.8	12.44	4.79	10.26	19.4	11.337	11.297
40cm	12.862	29.46	4.95	13.128	17.8	15.641	16.392
50cm	8.108	11.94	7.94	10.556	13.966	10.502	24.031
60cm	15.702	19.97	22.6	35.11	19.318	22.541	24.160

陸、結論

由本研究的九項實驗可歸納出一下幾點結論：

- 一、蓋斑鬥魚對不同餌食有攝食偏好，喜歡吃顏色鮮艷味道濃郁紅蟲的比例(48.3%)明顯大於顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲(22.5%)，且無法分辨真餌與假餌。
- 二、蓋辦鬥魚的攝食速度不會因為距離增加而變慢，而且母魚攝食速度明顯比公魚快。
- 三、蓋斑鬥魚只要有微弱光線就能成功攝食，在只能依靠嗅覺情況下的正確攝食率不佳，黑暗中只有 10%成功率，足見視覺在攝食行為的重要性。
- 四、餌食即使放入隔離缸隔絕味道，蓋斑鬥魚透過視覺無須嗅覺輔助也能正確找到餌食。
- 五、蓋斑鬥魚在近距離時主要依靠視覺攝食，遠距離時，則會加入嗅覺輔助。

綜合九項實驗結果，我們發現蓋斑鬥魚在攝食行為上，視覺比嗅覺更重要，所以主導感官仍以視覺為主，嗅覺則為輔助，這恰恰印證了蓋斑鬥魚「『嗅』聞是虛，眼觀為實」的攝食行為。

柒、參考文獻資料

- PanSci 編輯部 (2018/03/02)。不同的水下環境，不同的魚眼睛：魚類視覺基因如何因應環境演化？PanSci 泛科學。取自：<https://pansci.asia/archives/136825>。
- 小牛頓編輯部 (2012/12/11)。魚有沒有鼻孔？晚餐桌上聊科普(系列4)。小牛頓電子書。取自：<https://pansci.asia/archives/32435>。
- 宋嘉軒、陸振岡 (2017)。點帶石斑攝食行為與促攝食基因調控初探。水試專訊，059，1-3。取自：https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=300&sms=9025&s=26913。
- 周姿妙、李紀廣、王馨敏、陳嘉耘、黃裕翔、林姿儀 (2009)。天生好鬥-泰國鬥魚與蓋斑鬥魚習性差異之探討。中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 曹曉慧、劉晃 (2021)。養殖魚類攝食行為的特徵提取研究與應用進展。漁業現代化，第 28 卷第 2 期，1-8。取自：
<http://www.aquaticjournal.com/fileSCKX/journal/article/yyxdh/2021/2/PDF/20210201.pdf>。
- 梁旭方、何大仁 (1998)。魚類攝食行為的感覺基礎。水生生物學報，第 22 卷第 3 期，278-284。取自：<https://core.ac.uk/download/pdf/41440772.pdf>。
- 陳芷儀、范芷甯、朱子鈞 (2020)。算數「蓋」厲害—蓋斑鬥魚的數感與攝食偏好。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 菲爾茲 (R. Douglas Fields) (2007)。鯊魚的第六感。科學人雜誌，第 67 期 9 月號。取自：<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=1065>。
- 漁業百科 (2018/12/10)。講述釣魚最常用的餌料誘魚方法有哪些，文章內容較多建議收藏後看。每日頭條網站。取自：<https://kknews.cc/life/z8mrjqj.html>。
- 臺灣魚類資料庫 (2016)。蓋斑鬥魚。取自：
<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/species.php?id=381391>
- 蓋斑鬥魚(無日期)。蓋斑鬥魚。維基百科。取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%93%8B%E6%96%91%E9%AC%A5%E9%AD%9A>。
- 嚴宏洋、王希文 (2017/07/03)。感覺的故事：魚類的視覺與嗅覺。CASE 報科學。取自：
<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=28369>。

【評語】 030306

優點：

蓋斑鬥魚是研究魚類行為蠻有趣的材料，其鬥性高、移動力強，因此勢必極端仰賴視覺和嗅覺兩大重要感官系統。為釐清生活於混濁水域的鬥魚其攝食行為主導感官為何？整個研究方向明確，實驗使用多種實驗槽和真假餌料來探討蓋斑鬥魚的攝食行為。討論的內容通過分析實驗結果說明了可能性，並且有標示統計差異，這有助於支持研究結果的可靠性，其行為實驗設計極富巧思，研究結果對蓋斑鬥魚攝食偏好和感官系統獲得有價值資訊，在魚類行為學和生態學研究有貢獻。

建議及檢討：

1. 研究樣本數偏低有可能因樣本偏差導致差異，而使對蓋斑鬥魚攝食行為的理解出現偏差，建議可再增加樣本數來提高結果可靠性。
2. 建議考慮測試沾過具有食物味道的相同棉線，作為嗅覺食性測試的一個條件。這樣的設計可以更全面地探索蓋斑鬥魚的嗅覺對於攝食行為的影響
3. 攝食偏好實驗的條件未說明清楚，如鬥魚在實驗前是否有先經斷食處理，以確定其都具有相似的進食意願；實驗一中為何只給 1 分鐘的進食時間，而不是 3 分鐘或 5 分鐘時間，應予說明？

4. 在研究結果部分，論述內容提到須由後續實驗進一步驗證，但直接寫明是基於視覺和嗅覺的判斷，這可能過於主觀。建議在論述中表達更謹慎，並提醒讀者後續驗證的必要性。

作品海報

「嗅」聞是虛，眼觀為實—

蓋斑鬥魚之攝食行為研究



摘要

為了探討蓋斑鬥魚的攝食偏好及主導攝食行為的感官系統，我們利用17隻蓋斑鬥魚，3種實驗槽，設計9項實驗來印證假設。結果發現，蓋斑鬥魚偏好吃顏色鮮艷、味道濃郁的紅蟲 (48.3%) 明顯高於顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲(22.5%)，且無法正確分辨真假餌食 (1:1)，假餌偏好紅色 > 棕色 > 白色。只要有微弱光線就能成功攝食 (78.64%)，黑暗中只有10%成功攝食率，而明亮環境中找到有味道水體的比例為68%。選擇顏色鮮豔卻無味道紅假餌為82%，顯示只依靠視覺時有更高的正確攝食率，且近距離時主要依靠視覺攝食；遠距離時，則會加入嗅覺輔助。綜合以上，蓋斑鬥魚的攝食行為主導感官是以視覺為主，嗅覺為輔。

壹、研究動機

蓋斑鬥魚是臺灣原生種，過去常在池塘、沼澤地帶、稻田等水流和緩的混濁靜水域棲息，於是猜想蓋斑鬥魚可能是利用嗅覺主導攝食的，為此，我們設計了一系列的實驗去探討蓋斑鬥魚的攝食偏好、影響攝食行為的因素以及找出主導攝食行為的感官系統。

貳、研究目的

(一) 探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗一、探討蓋斑鬥魚對於冷凍紅蟲和乾燥紅蟲的攝食偏好
 實驗二、探討蓋斑鬥魚在明亮環境中正確分辨真假餌食的比例

(二) 探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

實驗三、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

(三) 探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

實驗四、探討蓋斑鬥魚在不同照度的環境中，成功攝食的比例

(四) 探討蓋斑鬥魚在只能依靠嗅覺的情況下的攝食行為

實驗五、探討蓋斑鬥魚在黑暗無光的環境中，成功攝食的比例
 實驗六、探討蓋斑鬥魚對於有味道和無味道水體的選擇比例

(五) 探討蓋斑鬥魚在只能依靠視覺的情況下的攝食行為

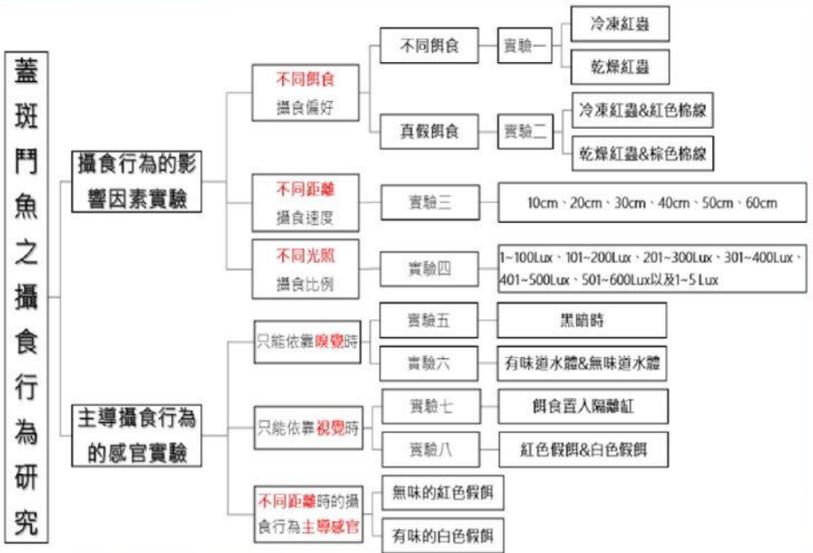
實驗七、探討餌食置入隔離缸的情況下，蓋斑鬥魚成功找到餌食的時間
 實驗八、探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和無味道白假餌的選擇比例

(六) 探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

實驗九、探討蓋斑鬥魚在不同距離下，選擇無味的紅色假餌和有味的白色假餌的比例

參、研究過程及設備器材

一、研究架構圖



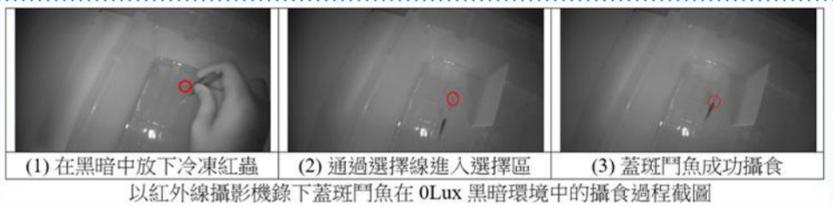
二、研究設備與器材

(一) 實驗用的真假餌食

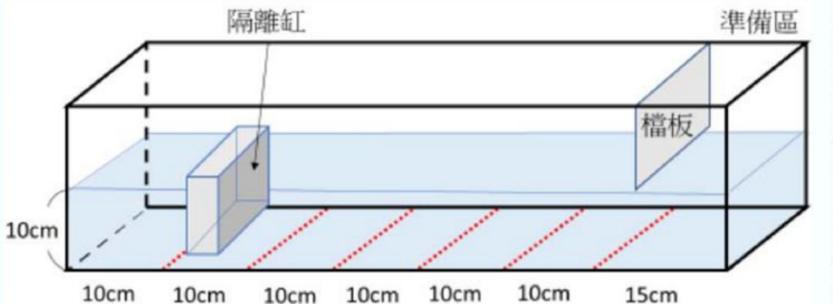


(二) 攝食行為實驗槽--水深皆設定為10cm高

1. 第1代實驗槽



2. 第2代實驗槽

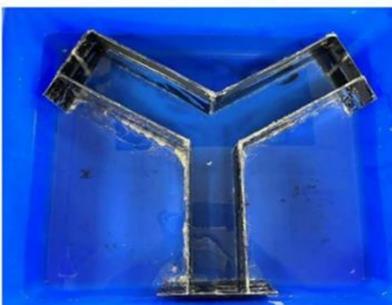


第二代實驗槽側面圖

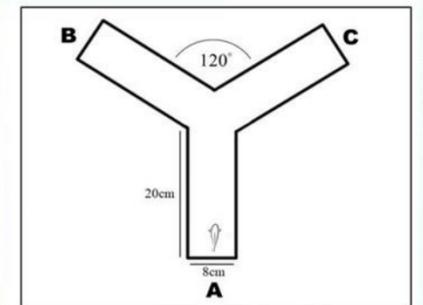


第二代實驗槽俯視圖

3. Y型迷宮實驗槽



Y型迷宮實驗槽照片



Y型迷宮實驗槽示意圖

肆、研究過程與結果

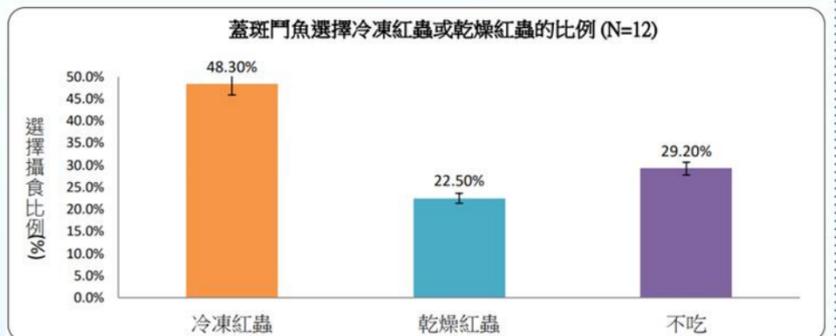
一、探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗一、探討蓋斑鬥魚對於冷凍紅蟲和乾燥紅蟲的攝食偏好

- 操縱變因：不同處理方式的餌食 (冷凍紅蟲和乾燥紅蟲)
- 實驗記錄：

編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總數	百分比
選擇冷凍紅蟲次數	3	8	3	4	6	6	5	5	5	4	4	5	58	48.3%
選擇乾燥紅蟲次數	3	1	2	4	2	2	2	3	3	2	1	2	27	22.5%
不吃	4	1	5	2	2	2	3	2	2	4	5	3	35	29.2%

3. 實驗結果：

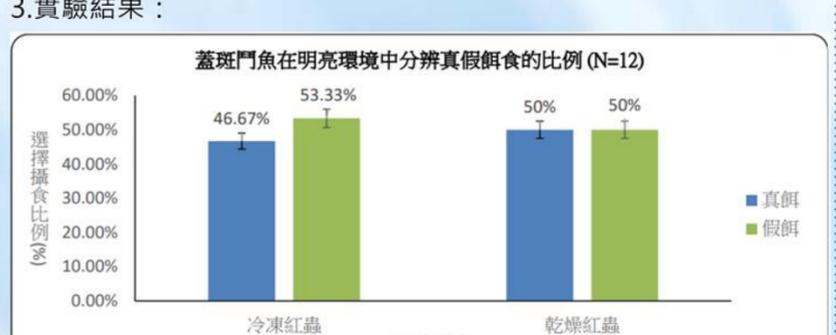


實驗二、探討蓋斑鬥魚在明亮環境中正確分辨真假餌的比例

- 操縱變因：真餌與假餌 (冷凍紅蟲與紅色棉線、乾燥紅蟲和棕色麻線)
- 實驗記錄：

編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總和	百分比
冷凍紅蟲	3	5	2	3	2	1	4	1	1	1	2	3	28	46.67%
紅色棉線	2	0	3	2	3	4	1	4	4	4	3	2	32	53.33%

3. 實驗結果：



★小結：

蓋斑鬥魚對不同餌食有攝食偏好。蓋斑鬥魚偏好吃顏色鮮艷味道濃郁紅蟲的比例(48.3%)明顯大於顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲(22.5%)。蓋斑鬥魚無法分辨真餌與假餌，選擇比例接近 1:1。

二、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

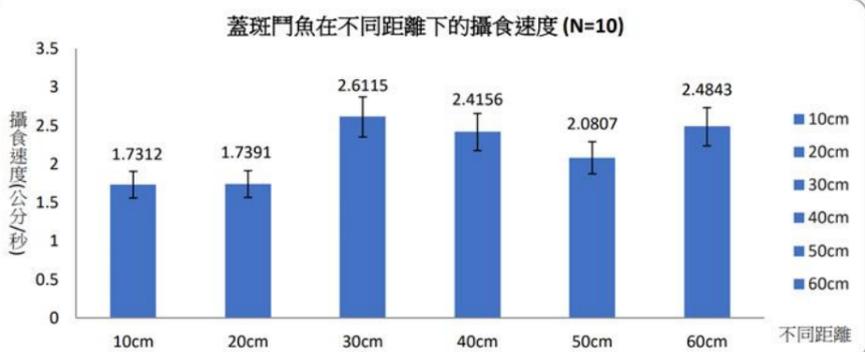
實驗三、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

- 操縱變因：不同距離的餌食 (10、20、30、40、50、60cm)
- 實驗記錄：

組編號	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	平均(秒)	速度 cm/s
10cm	4.816	5.656	3.944	4.2	5.636	5.6	5.2	9.6	4.2	8.912	5.7764	1.7312
20cm	7.4	19.4	13.2	4.6	6.0	6.6	6.4	21.2	6	24.2	11.5000	1.7391
30cm	8.276	14.4	17.4	12	7.8	14	5.8	17.8	4.2	13.2	11.4876	2.6115
40cm	11.96	15.446	14.258	23.502	13.702	11.762	11.926	22.322	22.648	18.064	16.5590	2.4156
50cm	21.202	38.668	36.078	22.622	5.33	14.812	9.924	28.58	16.792	46.3	24.0308	2.0807
60cm	24.82	28.852	30.576	30.402	12.178	27.898	13.282	31.53	17.906	>60秒	24.1604	2.4834

組編號	A03	A04	A08	A10	A12	平均 s	速度 cm/s	平均速度
10cm	5.656	3.944	5.6	9.6	8.912	6.7424	1.4832	
20cm	19.4	13.2	6.6	21.2	24.2	16.92	1.1820	公魚 平均速度 1.7669cm/s
30cm	14.4	17.4	14	17.8	13.2	15.36	1.9531	
40cm	15.446	14.258	11.762	22.322	18.064	16.3704	2.4434	
50cm	38.668	36.078	14.812	28.58	46.3	32.8876	1.5203	
60cm	28.852	30.576	27.898	31.53	>60秒	29.714	2.0193	

組編號	A01	A06	A07	A09	A11	平均 s	速度 cm/s	平均速度
10cm	4.816	4.2	5.636	5.2	4.2	4.8104	2.0788	母魚 平均速度 3.0057cm/s
20cm	7.4	4.6	6.0	6.4	6	6.08	3.2895	
30cm	8.276	12	7.8	5.8	4.2	7.6152	3.9395	
40cm	11.96	23.502	13.702	11.926	22.648	16.7476	2.3884	
50cm	21.202	22.622	5.33	9.924	16.792	15.174	3.2951	
60cm	24.82	30.402	12.178	13.282	17.906	19.7176	3.0430	



- 3.實驗結果：
- 蓋斑鬥魚在 60 cm 內的不同距離下，平均攝食時間在 5~24 秒之間。
 - 蓋斑鬥魚不會因為距離更遠而攝食速度變慢，而是加快速度，但 30~60cm 的速度沒有明顯差異。
 - 數據顯示母魚在攝食速度上明顯比公魚快很多。

★小結：
蓋斑鬥魚的攝食速度不會因為距離增加而變慢，而且母魚在攝食速度上明顯比公魚快很多。

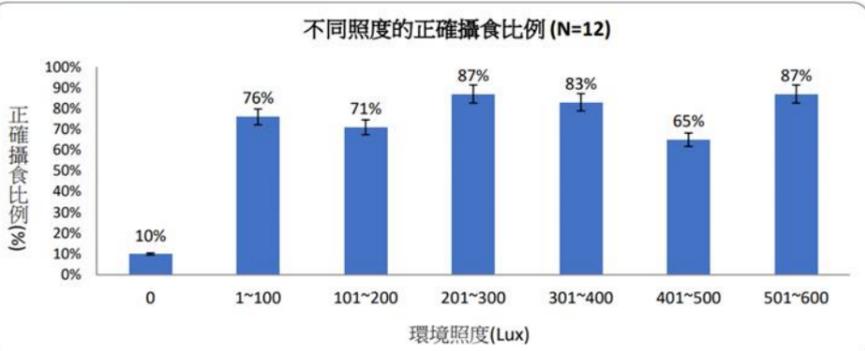
三、探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

實驗四、探討蓋斑鬥魚在不同照度的環境中，成功攝食的比例

- 1.操縱變因：不同照度的環境 (1~100Lux、101~200Lux、201~300Lux、301~400Lux、401~500Lux、501~600Lux 以及 1~5 Lux、0 Lux)

2.實驗記錄：

Lux/編號	A01	A02	A03	A04	A05	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總計	%	
501~600	吞入	5	/	/	5	/	4	5	5	4	1	5	5	39	87%
	未吞食	0	/	/	0	/	1	0	0	1	4	0	0	6	13%
401~500	吞入	4	2	/	5	/	5	1	4	4	/	5	0	30	65%
	未吞食	1	3	1	0	/	0	4	1	1	/	0	5	16	35%
301~400	吞入	3	/	/	4	/	4	3	5	4	/	5	5	33	83%
	未吞食	2	/	/	1	/	1	2	0	1	/	0	7	18%	
201~300	吞入	/	/	1	5	/	/	/	/	5	/	5	5	26	87%
	未吞食	/	/	4	0	/	/	/	0	/	0	0	4	13%	
101~200	吞入	4	3	/	2	2	4	4	3	4	3	4	4	37	71%
	未吞食	1	2	/	3	/	1	1	2	1	2	1	1	15	29%
1~100	吞入	3	4	5	5	0	5	5	5	4	2	5	5	48	76%
	未吞食	2	1	0	0	5	0	0	0	1	3	0	0	12	20%
1~5	吞入	/	/	5	5	0	5	5	5	4	3	5	4	41	82%
	未吞食	/	/	0	0	5	0	0	0	1	2	0	1	9	18%
0	吞入	/	0	/	2	/	1	/	0	0	1	0	0	4	10%
	未吞食	/	5	/	3	/	4	/	5	5	4	5	5	36	90%



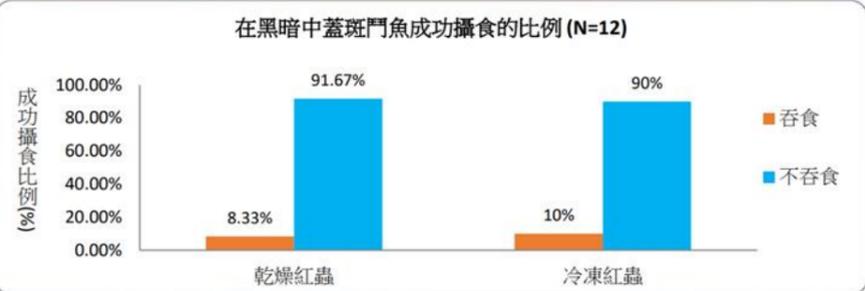
- 3.實驗結果：
- 蓋斑鬥魚在 1~5 Lux 下就有 82% 的正確攝食率。但在 0 Lux 下正確攝食率只剩下 10%，表示只要有微弱光線就能利用視覺正確攝食。

四、探討蓋斑鬥魚在只能依靠嗅覺的情況下的攝食行為

實驗五、探討蓋斑鬥魚在黑暗無光的環境中，成功攝食的比例

- 1.操縱變因：環境的明度(照度為0)
- 2.實驗記錄：

餌食	編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	總和	百分比
乾燥紅蟲	吞食	1	1	/	2	0	0	0	0	0	1	0	0	5	8.33%
紅蟲	未食	4	4	/	3	5	5	5	5	5	4	5	5	55	91.67%
冷凍紅蟲	吞食	1	0	/	1	/	0	0	0	0	0	2	1	5	10.00%
紅蟲	未食	4	5	/	4	/	5	5	5	5	5	3	4	45	90.00%

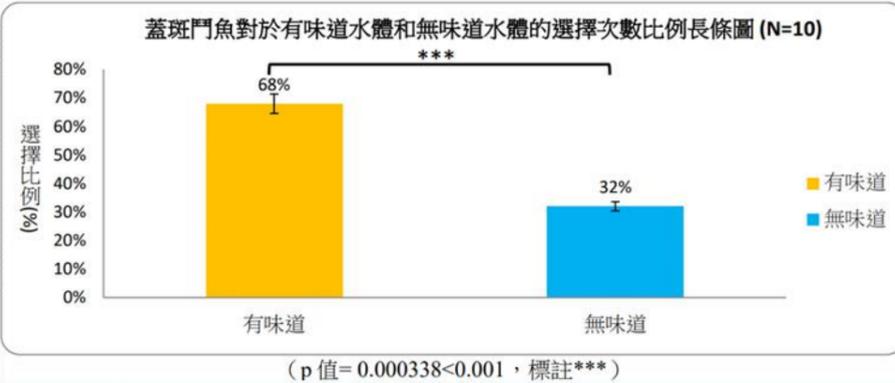


- 3.實驗結果：
- 蓋斑鬥魚在黑暗無光的情況下，能正確吃到味道較淡的乾燥紅蟲有 8.33% 能夠正確吃到味道較濃郁的冷凍紅蟲的機率也僅有 10%。
 - 蓋斑鬥魚在黑暗無光情況下，無法正確進食的的機率高達 90% 以上。

實驗六、探討蓋斑鬥魚對於有味道水體和無味道水體的選擇比例

- 1.操縱變因：有味道水體和無味道水體
- 2.實驗記錄：

次數	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	%
選擇有味道次數	7	5	8	9	6	7	7	6	8	5	68%
選擇無味道次數	3	5	2	1	4	3	3	4	2	5	32%



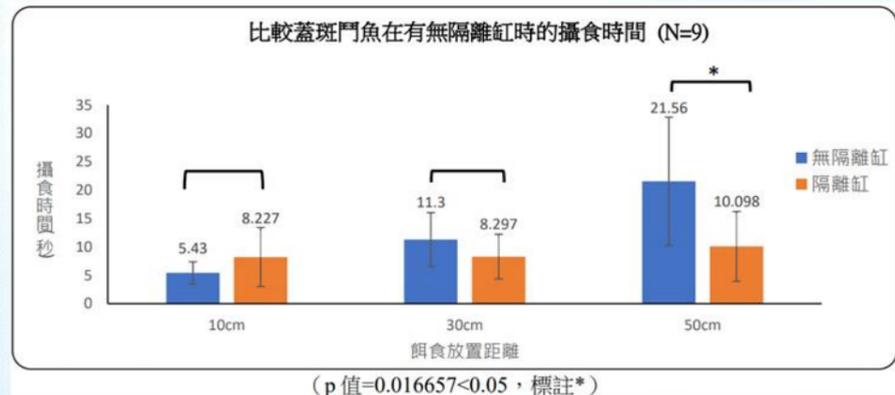
★小結：
蓋斑鬥魚在黑暗完全無光的情況下，正確進食的比例只有 10%，在明亮環境卻只能利用嗅覺的情況下，能正確選擇有味道水體的比例則增加為 68%，但也僅僅是 3 次就有 1 次選錯沒得吃。換句話說，視覺主導攝食的準確率仍然比嗅覺主導攝食的準確率高。

五、探討蓋斑鬥魚在只能依靠視覺的情況下的攝食行為

實驗七、探討餌食置入隔離缸的情況下，蓋斑鬥魚成功找到餌食的時間

- 1.操縱變因：不同距離的被隔離的餌食(10cm、30cm、50cm)
- 2.實驗記錄：

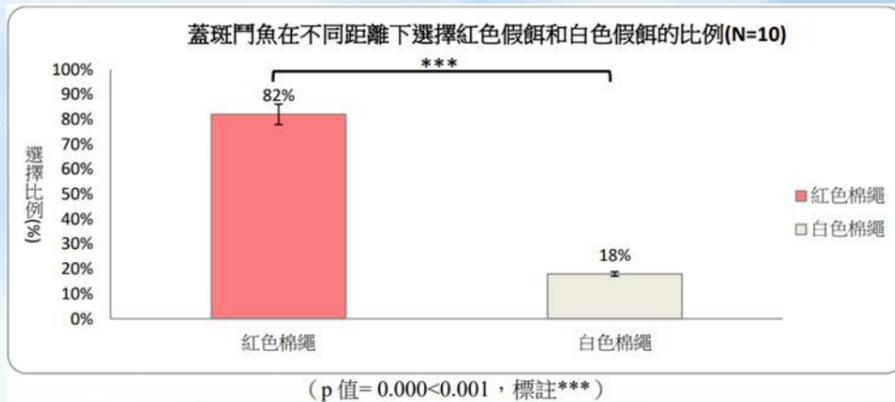
距離	餌食	秒	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	總平均
10cm	1	3.09	5.17	3.04	13.39	2.04	53.07	4.88	23.64	4.14	--	--	8.227 sec
	2	3.54	7.82	1.97	0.95	2.03	1.13	2.17	3.65	3.81	--	--	
	3	2.72	2.77	2.68	13.24	8.54	25.81	3.01	2.46	0.97	--	--	
	4	3.1	5.51	17.21	20.31	3.82	3.43	1.87	8.08	1.36	--	--	
	5	2.67	5.47	37.2	18.91	2.3	4.07	5.97	9.95	17.25	--	--	
30cm	1	7.38	6.47	4.76	6.8	3.38	3.45	14.42	1.27	2.53	--	--	8.297 sec
2	3.35	4.85	10.24	3.11	10.7	3.41	4.19	11.87	5.46	--	--		
3	3.21	4.28	4.51	5.7	5.33	7.75	2.23	24.9	24.09	--	--		
4	2.28	4.98	7.31	3.28	6.43	3.88	5.29	12.06	1.72	--	--		
5	6.15	4.81	6.08	3	25.2	6.71	37.82	17.58	29.16	--	--		
50cm	1	2.03	7.91	2.95	11.42	8.46	28.92	27.25	2.25	2.55	--	--	10.098 sec
2	3.38	5.74	3.01	9.66	9.03	22.08	51.06	2.1	4.69	--	--		
3	9.44	5.23	3.33	6.96	39.04	6.58	6.06	3.86	4.77	--	--		
4	2.08	42.59	17.02	8.03	9.58	6.06	10.11	3	2.93	--	--		
5	6.9	15.17	3.45	9.57	7.25	6.26	6.63	5.51	2.52	--	--		



實驗八、探討蓋斑鬥魚對於無味道的紅假餌和無味道白假餌的選擇比例

- 1.操縱變因：顏色不同的無味道假餌(無味道紅假餌和無味道白假餌)
- 2.實驗記錄：

次數	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	%
選擇紅假餌	9	8	8	10	8	9	6	8	7	9	82%
選擇白假餌	1	2	2	0	2	1	4	2	3	1	18%



★小結：
蓋斑鬥魚選擇顏色鮮豔卻無味道紅假餌的比例有 82%，明顯高於無味道白假餌 18% 的比例，且選擇假餌有顏色上的偏好，分別是紅色假餌 > 棕色假餌 > 白色假餌。
此外，餌食放入隔離缸的攝食時間比未放置隔離缸的較短，兩者有顯著差異，顯示蓋斑鬥魚只透過視覺無需嗅覺輔助也能找到餌食。

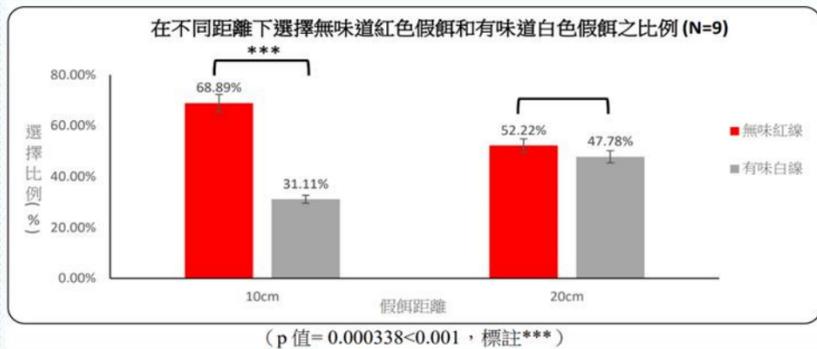
六、探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

實驗九、探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

- 操縱變因：無味的紅色假餌和有味的白色假餌、距餌食10cm組和距餌食20cm組

2. 實驗記錄：

距離	次數	A01	A03	A04	A06	A07	A08	A09	A10	A11	A12	%
10cm	選擇無味紅線	6	6	5	8	7	6	10	8	6	--	68.89%
	選擇有味白線	4	4	5	2	3	4	0	2	4	--	31.11%
	選擇無味紅線	5	3	5	5	6	7	5	5	6	--	52.22%
20cm	選擇有味白線	5	7	5	5	4	3	5	5	4	--	47.78%



★小結：

蓋斑鬥魚選擇紅色無味的假餌是基於視覺主導，則印證蓋斑鬥魚在近距離時，主要依靠視覺攝食；遠距離時，則會加入嗅覺輔助。

伍、討論

一、探討蓋斑鬥魚對不同餌食的攝食偏好

實驗結果可知在固定距離(30cm)、相同照度下，蓋斑鬥魚選擇攝食冷凍紅蟲的機率為48.3%，高於乾燥紅蟲的22.5%，可推測蓋斑鬥魚較喜歡冷凍紅蟲，冷凍紅蟲相較於乾燥紅蟲，冷凍紅蟲的顏色較鮮艷、味道較重，猜測蓋斑鬥魚的攝食選擇可能同時與視覺(顏色)和嗅覺(氣味)有關。

蓋斑鬥魚的正確選擇機率相差不大，我們多次觀察到蓋斑鬥魚將紅色棉線或棕色麻線吞入，發現是假餌後再吐出。判斷相較於具有味道的真餌，蓋斑鬥魚選擇攝食沒有味道的假餌是基於視覺所做出的選擇，由此證明蓋斑鬥魚的攝食行為主要依靠視覺主導。

二、探討蓋斑鬥魚在不同距離下的攝食速度

超過餌食40cm的距離，覓食時間明顯從16.39秒變成24.03秒，從50cm開始會增加搜尋餌食的難度，但50cm和60cm的攝食時間都是24秒，反而沒有太大差距，因此後來隔離缸的實驗，我們把間距改成10cm、30cm和50cm三個距離。

我們額外進行了雄魚和雌魚攝食速度分析，發現公魚在平均攝食速度為1.7669cm/s，母魚為3.0057cm/s，顯示母魚在攝食速度上明顯比公魚快很多。可能是母魚為了生存，速度比較快較能搶到食物或吃得較多。

三、探討蓋斑鬥魚在不同光照環境下的攝食行為

在照度1~600 Lux的環境中，蓋斑鬥魚的攝食次數沒有顯著差異，到0 Lux攝食次數則驟降，表示蓋斑鬥魚可在極微弱的光線下攝食，卻無法在完全黑暗的環境下攝食，由此推測蓋斑鬥魚視覺敏銳，且主要依靠視覺攝食。

四、探討蓋斑鬥魚在只依靠嗅覺情況下的攝食行為

蓋斑鬥魚在黑暗完全無光只能靠嗅覺的情況下，能夠正確吃到乾燥紅蟲的機率僅有8.33%，能夠正確吃到味道較濃郁的冷凍紅蟲的機率也僅有10%，推測在無光下蓋斑鬥魚無法靠視覺主導攝食。

我們又進一步利用Y型實驗槽來進行有味道水體和無味道水體的交替選擇實驗，發現蓋斑鬥魚的攝食行為很難只依靠嗅覺主導攝食行為。

五、探討蓋斑鬥魚在只依靠視覺情況下的攝食行為

餌食置入隔離缸的實驗中，除了10公分組，在30公分組和50公分組，卻是餌食在隔離缸中的攝食速度則較快。可能是實驗產生了學習效果，因為知道隔離缸會有餌食，而且隔離缸在水中是一個大型目標物，造成數據反而比較快的現象。

六、探討蓋斑鬥魚在不同距離下選擇無味道的紅色假餌和有味道的白色假餌的比例

前面的八個實驗已經證實了蓋斑鬥魚的攝食行為是視覺主導嗅覺輔助，最後，我們想證明在近距離時，主要依靠視覺攝食；遠距離時，則為嗅覺主導。

七、蓋斑鬥魚的學習行為

實驗過程中，我們發現很多蓋斑鬥魚有趣的行為，例如：魚會照鏡子、魚看到鑷子或滴管出現，就知道有食物可以吃等等。

我們為了證實蓋斑鬥魚也是有學習行為的，設計了以下實驗。如表14所示，B01~B05是第二批魚，來到實驗四的第一項實驗就是餌食距離10cm的實驗，很明顯地，第二批魚B01~B05的平均攝食時間是10.396秒，而第一批魚A01~A12的平時時間是5.428秒；而從20cm以後的數據就沒有什麼差別了，足以證明蓋斑鬥魚是有學習行為的。

組編號	B01	B02	B03	B04	B05	平均時間(秒)	A01~A12 平時時間
10cm	7.786	16.972	8.364	4.466	14.394	10.396	5.428
20cm	13.672	16.09	6.32	4.402	12.302	10.556	10.088
30cm	9.8	12.44	4.79	10.26	19.4	11.337	11.297
40cm	12.862	29.46	4.95	13.128	17.8	15.641	16.392
50cm	8.108	11.94	7.94	10.556	13.966	10.502	24.031
60cm	15.702	19.97	22.6	35.11	19.318	22.541	24.160

陸、結論

由本研究的九項實驗可歸納出以下幾點結論：

- 蓋斑鬥魚對不同餌食有攝食偏好，喜歡吃顏色鮮艷味道濃郁紅蟲的比例(48.3%)明顯大於顏色灰黃、味道較淡的乾燥紅蟲(22.5%)，且無法分辨真餌與假餌。
- 蓋斑鬥魚的攝食速度不會因為距離增加而變慢，而且母魚攝食速度明顯比公魚快。
- 蓋斑鬥魚只要有微弱光線就能成功攝食，在只能依靠嗅覺情況下的正確攝食率不佳，黑暗中只有10%成功率，足見視覺在攝食行為的重要性。
- 餌食即使放入隔離缸隔絕味道，蓋斑鬥魚只透過視覺無須嗅覺輔助也能正確找到餌食。
- 蓋斑鬥魚在近距離時主要依靠視覺攝食，遠距離時，則會加入嗅覺輔助。

綜合九項的實驗結果，我們發現蓋斑鬥魚在攝食行為上，視覺比嗅覺更重要，所以主導感官仍以視覺為主，嗅覺則為輔助，這恰恰印證了蓋斑鬥魚「『嗅』聞是虛，眼觀為實」的攝食行為，也就是視覺顯得比嗅覺更重要。

柒、參考文獻資料

- PanSci編輯部 (2018/03/02)。不同的水下環境，不同的魚眼睛：魚類視覺基因如何因應環境演化？PanSci泛科學。取自：<https://pansci.asia/archives/136825>。
- 小牛頓編輯部 (2012/12/11)。魚有沒有鼻孔？晚餐桌上聊科普(系列4)。小牛頓電子書。取自：<https://pansci.asia/archives/32435>。
- 宋嘉軒、陸振岡 (2017)。點帶石斑攝食行為與促攝食基因調控初探。水試專訊，059，1-3。取自：https://www.tfrin.gov.tw/News_Content.aspx?n=300&sms=9025&s=26913。
- 周姿妙、李紀廣、王馨敏、陳嘉耘、黃裕翔、林姿儀 (2009)。天生好鬥-泰國鬥魚與蓋斑鬥魚習性差異之探討。中華民國第49屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 曹曉慧、劉晃 (2021)。養殖魚類攝食行為的特徵提取研究與應用進展。漁業現代化，第28卷第2期，1-8。取自：<http://www.aquaticjournal.com/fileSCKX/journal/article/yyxdh/2021/2/PDF/20210201.pdf>。
- 梁旭方、何大仁 (1998)。魚類攝食行為的感覺基礎。水生生物學報，第22卷第3期，278-284。取自：<https://core.ac.uk/download/pdf/41440772.pdf>。
- 陳芷儀、范芷甯、朱子鈞 (2020)。算數「蓋」厲害—蓋斑鬥魚的數感與攝食偏好。中華民國第60屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 漁業百科 (2018/12/10)。講述釣魚最常用的餌料誘魚方法有哪些，文章內容較多建議收藏後看。每日頭條網站。取自：<https://kknews.cc/life/z8mrjqj.html>。
- 臺灣魚類資料庫 (2016)。蓋斑鬥魚。取自：<https://fishdb.sinica.edu.tw/chi/species.php?id=381391>
- 蓋斑鬥魚(無日期)。蓋斑鬥魚。維基百科。取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%93%8B%E6%96%91%E9%AC%A5%E9%AD%9A>。
- 嚴宏洋、王希文 (2017/07/03)。感覺的故事：魚類的視覺與嗅覺。CASE報科學。取自：<https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=28369>。
- 菲爾茲 (R. Douglas Fields) (2007)。鯊魚的第六感。科學人雜誌，第67期9月號。取自：<https://sa.ylib.com/MagArticle.aspx?id=1065>。