

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

030311

鯨來的故事—二齡三棘鯨的發育與攝食

學校名稱：苗栗縣立竹南國民中學

作者： 國一 吳彤洋 國一 吳昱廷 國一 曾能毅	指導老師： 陳弘昇 陳渝喬
---	-----------------------------

關鍵詞：鯨、室內養殖、感官與行為

蠶來的故事—二齡三棘蠶的發育與攝食

摘要

本研究探討蠶在室內養殖環境下的之生長情形及視覺嗅覺感官對攝食的影響，結果發現在室內養殖環境裡，蠶受精卵在水溫恆定 30°C 環境下孵化為一齡蠶的速率較室溫環境下明顯為快。另外，一齡蠶在經過長時間未進食後，在 75 天後爆發式的成長至二齡蠶。幼蠶在不同亮度環境下，多數的幼蠶會持續停留在照度適宜的區域。少數明顯對白光表現趨避行為的幼蠶，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性。分別在綠紅藍三種色光的環境下，多數蠶會持續停留在初始區域。少數明顯對色光表現趨避行為的蠶，對綠光與藍光較會表現逃避的特性，呈現向暗區移動，對紅光的則顯示趨近的特性。二齡蠶能分別以嗅覺與視覺感知食物的位置並朝其方向移動接近。

壹、研究動機

在學校的創意自然課程中，我們看到了蠶卵，當老師詢問是否有人願意擔任蠶母照顧小蠶，我們幾個同學舉手了，聽老師說，小蠶會來我們學校，是因為三年前一位蠶博士-楊明哲博士到我們學校演講，於是成就了我們學校與小蠶的緣分，第一年老師參加基隆國立海洋科技博物館的海洋公民行動計畫分到顆 6 顆蠶卵，經過學姊細心照料，沒想到居然一顆都沒孵化；第二年再接再厲接收了 117 蠶卵，終於成功孵出 54 隻 1 齡蠶，孵化率也有百分之 46；今年由我們接手照顧小蠶，看著蠶卵變成小蠶的可愛模樣，不由得讓我們對牠產生好奇。

當我們開始查詢有關蠶的相關知識，發現蠶為蠶科 *Limulidae*，學名：*Tachypleus tridentatus*，又名「馬蹄蟹」、「蟹兜」、「夫妻魚」、「中華蠶」，屬於劍尾目的海生節肢動物，而劍尾目最早出現的時間可回溯至奧陶紀，是一種古老的物種。原本常見於台灣的金門、媽祖、澎湖、西部與北部海岸，偶見於宜蘭，然而過去數十年，隨著大規模的海岸發展，大片潮間帶環境遭受破壞、長期的捕撈、海洋汙染，蠶的族群因而大量縮減。另外，蠶在維護自然生態的平衡，扮演了一個重要的角色，美國魚類及野生動物管理局發現，美洲蠶卵數量的多寡會影響一種名為紅腹濱鵝的候鳥族群數量。在自然環境裡，只有保留足量的蠶卵在海灘上，才可讓長途跋涉、向北遷徙、瀕臨絕種的候鳥補給體力，使其完成旅途，到達目的地繁衍下一代。另外，由於蠶血在製作疫苗上有極大的助益，蠶血只要與細菌接觸便會

凝結，即使只有一點會導致人體發燒甚至死亡的內毒素，都能讓蠶血呈現果凍般的稠度，如此一來，就能更快速的檢測藥物、疫苗或醫療設備是否能安全地使用。但是正因為蠶血深具醫藥商業價值，自然引起人類的大量捕捉。然而蠶自孵化後需要 10-15 年才能成長至成年個體，在蠶的生活史中，成蠶產卵於高潮帶沙礫中，稚蠶成長於潮間帶，很容易因人類各種行為(如捕撈、污染、棲地破壞等)的干擾，中斷其生命史，所以蠶的存在最能反映潮間帶的健康情況，是相當實用的指標物種。在聽到在台灣成蠶上岸產卵的機率越來越低，難道蠶就要在我們這一代滅絕了嗎?因此，我們決心要好好研究蠶的相關知識，希望能以後能在台灣本島成功復育更多蠶。

貳、研究目的

- 一、了解蠶的受精卵在不同水溫環境下的孵化情形。
- 二、了解蠶自受精卵階段孵化後成長至二齡蠶的生長情形。
- 三、探討幼蠶在不同亮度環境下的趨避行為。
- 四、探討二齡蠶在不同色光環境的趨避行為。
- 五、探討二齡蠶是否能以嗅覺感知食物。
- 六、探討二齡蠶是否能以視覺感知食物。

參、研究方法

一、文獻探討

(一) 生物介紹:

1.蠶分類:

界:動物界 *Animalia*

門:節肢動物門 *Arthropoda*

綱:肢口綱 *Merostomata*

目:劍尾目 *Xiphosura*

科:蠶科 *Limulidae*

屬 :東方蠶屬 *Tachypleus*

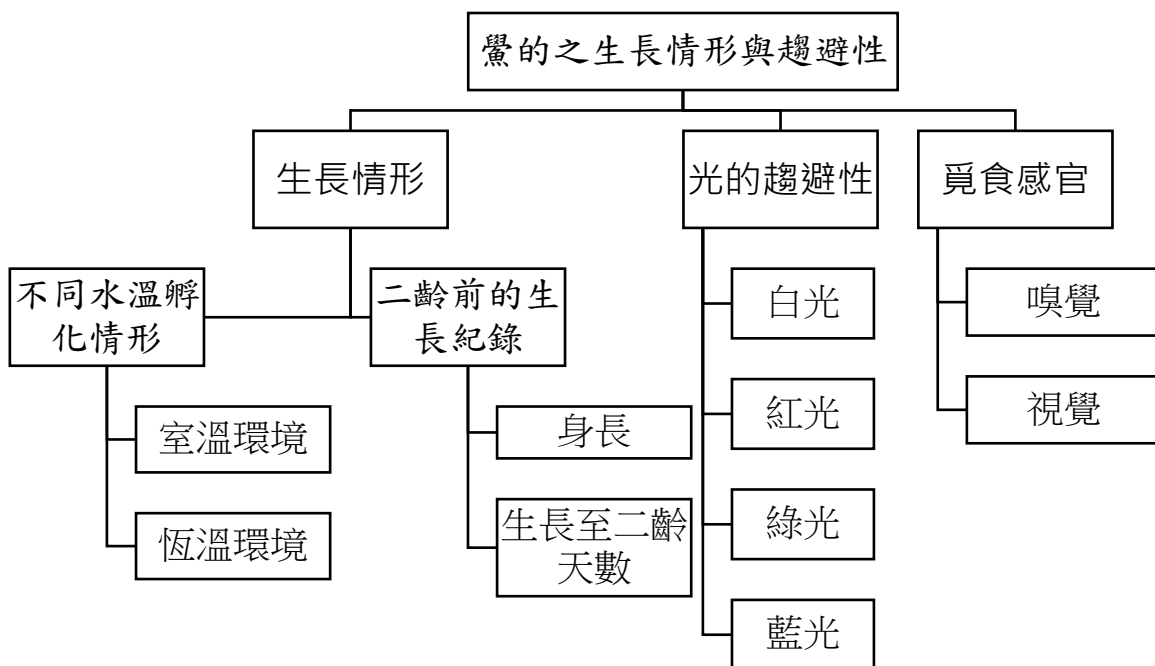
種:中華三棘蠶 *T.tridentatus*

(二) 文獻探討

莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君（1998）的研究指出，在野外環境裡，25°C 的海水中，孵化的時間，快則 45 天，慢可超過三個月。鰲卵在受精後經過七週，可透過卵膜觀察到幼鰲在卵中翻轉，在 18°C 以下低溫下，幼鰲於卵膜內呈現休眠狀態而不孵出，若水溫提高至 30°C 以上，則幼鰲會在 2 至 3 小時內悉數孵化。另外，採取產出 4 週後卵殼已經脫離的胚體，用不同水溫條件處理，以間歇 12 小時 30°C 加溫條件的孵化最快，持續 30°C 加溫者居次；常溫冬天常溫約 18°C 的孵化速度最慢。剛孵化的新生幼鰲為一齡鰲，體長約為 6.3mm 到 6.9mm，體寬約 6.6mm 到 7.3mm，腹甲較透明，有如三葉蟲般的腹甲橫紋。在水中常以腹面朝上仰泳，偶有腹面朝下游動。新生幼鰲對光有正趨光性，但對不同色光的反應並不明顯。而洪承欣、陳旻禧（2018）的研究則是自野外撿拾稚鰲，進行人工飼養，經過九個月後，多數為 4 齡鰲及 6 齡鰲。

然本次研究的所獲取的鰲卵，乃取自於金門水試所人工受精到成長二齡鰲的過程，全程置於人工飼養的室內環境，與前述歷經野外生長環境的情況有所不同。由於幼鰲成長至二齡鰲時才會進食，本研究以剛孵化的豐年蝦作為飼料，才得以進行鰲的視覺與嗅覺感知之研究。另外，由於配合國立海洋科技博物館的「鰲知鰲學」送小鰲回大海活動時程，本研究所孵育幼鰲預計於二齡鰲階段放流至大海，因此本研究僅針對鰲生長到二齡前的階段。

二、 研究架構圖



參、研究設備及器材

(一) 採樣物種：國立海洋科技博物館提供的鬻卵。

(二) 研究場地：學校生物實驗室。

(三) 設備與器材：撈網、燒杯、透明水缸（15x18x29cm）、海水素、打氣設備、溫度計、尺、標籤紙、解剖顯微鏡、實驗紀錄本、燒杯、滴管、氨測試劑、海水比重計、LED小燈（白色、紅色、綠色、藍色）、豐年蝦孵育筒、卜型玻璃連接管數支。

器材	用途
鬻孵育與飼養的環境（圖 3-1）	於實驗室中孵育鬻卵與飼養小鬻，減少干擾
液晶顯示型解剖顯微鏡（圖 3-2）	觀察與記錄小鬻的身長、劍尾長
監測飼養環境之用品（圖 3-3）	讓飼養環境保持穩定，有利於小鬻生長
錄影器材（手機、手機架）	觀察與記錄小鬻的行為動作
LED 小燈（白、紅、綠、藍色），（圖 3-4）	作為鬻的各種光趨避性之光源
卜型玻璃連接管數個	作為鬻的各種光趨避性及感官測試的場所

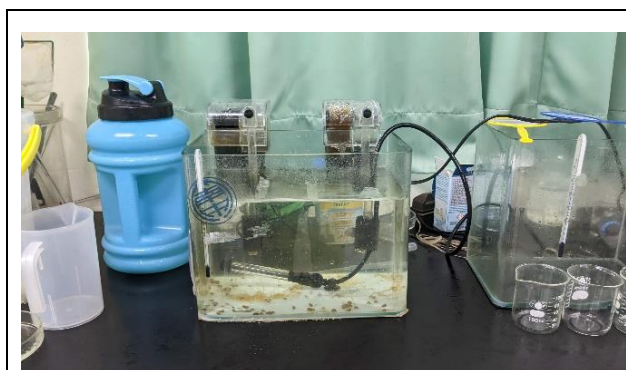


圖 3-1 鬻孵育與飼養的環境



圖 3-2 液晶顯示型解剖顯微鏡



圖 3-3 海水比重計與氨測試劑



圖 3-4 LED 小燈（紅、綠、白、藍）

肆、研究過程與方法

一、鰻的受精卵在不同水溫環境下的孵化情形。

(一) 實驗一：鰻的受精卵在不同水溫環境下的孵化是否有差異？

1.目的：了解鰻的受精卵在不同水溫環境下的孵化是否有差異

2.器材：透明養殖水缸（2個）、溫度計（2支）、恆溫加熱棒（1支）

3.步驟：

實驗組：

（1）水族箱裡面的飼養環境是保持打氣，每週換水清潔一次，底部不鋪海砂，鹽水使用海水素調製，海水鹽度維持在 29.85 到 33.6345（g/L）。

（2）將 30 顆鰻的受精卵置於水族箱內，然後利用加熱棒將水溫固定在 29 到 31 度之間，每日觀察孵化出來的小鰻數量，並記錄之。

對照組：

（1）水族箱養殖環境與實驗組相同。

（2）將 31 顆鰻的受精卵置於水族箱內，然後水族箱的水溫隨著室溫而變化，在觀察期內水溫的變化範圍為 21 度到 27 度之間。每日觀察水溫與孵化出來的小鰻數量，並記錄之。

二、鰻自受精卵階段孵化後成長至二齡鰻的生長情形。

(一) 實驗二：幼鰻在孵化後至成長二齡鰻初期體長隨時間的變化情形如何？

1.目的：透過每日記錄幼鰻在孵化後至成長二齡鰻初期體長的變化，了解體長隨時間的變化情形

2.器材：透明養殖水缸（2個）、溫度計（1支）、恆溫加熱棒（1支）、液晶顯示型解剖顯微鏡

3.步驟：

（1）將剛孵化後的幼鰻數量共計 61 隻，合併置於同一水族箱內養殖，水族箱裡面的飼養環境是保持打氣，每週換水清潔一次，底部不鋪海砂，鹽水使用海水素調製，鹽度維持在 29.85 到 33.6345（g/L）

（2）每日隨機取出 10 隻幼鰻，置於液晶顯示型解剖顯微鏡下，測量並記錄幼鰻的頭尾身體長度。

三、幼鰻在不同亮度環境下的趨避行為。

(一) 實驗三：幼鸞在不同亮度環境下是否出現趨避行為？

1.目的：了解幼鸞在不同亮度環境下的趨避行為。

2.器材：卜型玻璃連接管 5 支、白色 LED 燈 1 個、抹布 2 條、軟木塞。

3.步驟：

(1) 將 5 個卜型的玻璃連接管頭尾相接成一長條狀測試管，中間段的分歧管朝上，作為小鸞放入的入口處，同時注入養殖環境的海水。

(2) 在長型的測試管一端上方，以白光 LED 燈照射，作為光亮區，在另外一端則以兩層抹布包覆阻絕光線，整個測試環境的亮度由白光 LED 燈下的極亮區到另一端的暗區，形成一個照度不同的連續區域，其中開始放置的位置光的照度居中。如圖 4-1 所示。

(3) 隨機選取 10 隻幼鸞，由中間段連接管放入水中，並以中間段連接管為靜置區。紀錄幼鸞的起始位置，然後將室內的燈光關閉，使白光 LED 燈成為室內的唯一光源。分別經過 45 分鐘和 100 分鐘後，觀察幼鸞的所在位置並記錄之。如圖 4-2 所示。

四、幼鸞對於環境不同色光環境的趨避行為。

(一) 實驗四之一：幼鸞在綠色光環境下是否出現趨避行為？

1.目的：了解幼鸞在綠色光環境下的趨避行為。

2.器材：卜型玻璃連接管 5 支、綠色 LED 燈 1 個、抹布 2 條、軟木塞。

3.步驟：

(1) 將 5 個卜型的玻璃連接管頭尾相接成一長條狀測試管，中間段的分歧管朝上，作為小鸞放入的入口處，同時注入養殖環境的海水。

(2) 在長型的測試管一端上方，以綠光 LED 燈照射，作為光亮區，在另外一端則以兩層抹布包覆阻絕光線，整個測試環境的亮度由綠光 LED 燈下的極亮區到另一端的暗區，形成一個照度不同的連續區域，其中開始放置的位置光的照度居中。如圖 4-3 所示。

(3) 隨機選取 10 隻幼鸞，由中間段連接管放入水中，並以中間段連接管為靜置區。紀錄幼鸞的起始位置，然後將室內的燈光關閉，使綠光 LED 燈成為室內的唯一光源。觀察紀錄頻率為每經過 3 分鐘紀錄一次，最終於 15 分鐘停止後，觀察幼鸞的所在位置並記錄之。

(二) 實驗四之二：幼鸞在紅色光環境下是否出現趨避行為？

1.目的：了解幼鸞在紅色光環境下的趨避行為。

2.器材：卜型玻璃連接管 5 支、紅色 LED 燈 1 個、抹布 2 條、軟木塞。

3.步驟：

(1) 同實驗四之一。

(2) 在長型的測試管一端上方，以紅光 LED 燈照射，作為光亮區，在另外一端則以兩層抹布包覆阻絕光線，整個測試環境的亮度由紅光 LED 燈下的極亮區到另一端的暗區，形成一個照度不同的連續區域，其中開始放置的位置光的照度居中。

(3) 隨機選取 10 隻幼鸞，放置於靜置區，並紀錄幼鸞的起始位置，然後將室內的燈光關閉，使紅光 LED 燈成為室內的唯一光源。觀察紀錄頻率為每經過 3 分鐘紀錄一次，最終於 18 分鐘停止觀察，觀察幼鸞的所在位置並記錄之。

(三) 實驗四之三：幼鸞在藍色光環境下是否出現趨避行為？

1.目的：了解幼鸞在藍色光環境下的趨避行為。

2.器材：卜型玻璃連接管 5 支、藍色 LED 燈 1 個、抹布 2 條、軟木塞。

3.步驟：

(1) 同實驗四之一。

(2) 在長型的測試管一端上方，以藍光 LED 燈照射，作為光亮區，在另外一端則以兩層抹布包覆阻絕光線，整個測試環境的亮度由藍光 LED 燈下的極亮區到另一端的暗區，形成一個照度不同的連續區域，其中開始放置的位置光的照度居中。如圖 4-4 所示。

(3) 隨機選取 10 隻幼鸞，由中間段連接管放入水中，並以中間段連接管為靜置區。紀錄幼鸞的起始位置，然後將室內的燈光關閉，使藍光 LED 燈成為室內的唯一光源。觀察紀錄頻率為每經過 3 分鐘紀錄一次，最終於 15 分鐘停止觀察，觀察幼鸞的所在位置並記錄之。

五、幼鸞是否能以嗅覺感知食物。

(一) 實驗五：二齡鸞是否能以嗅覺感知食物？

1.目的：利用二齡鸞可以開始進食飼料的特性，探討二齡鸞是否能以嗅覺感知食物。

2.器材：卜型玻璃連接管 5 支、脫脂棉花、抹布 10 條、軟木塞。

3.步驟：

(1) 同實驗四之一。

- (2) 在五段玻璃管中，第一段與第二段之間以及第四段與第五段之間，塞入棉花隔離兩邊的空間，將豐年蝦放置在第五段玻璃管內，讓豐年蝦無法穿過棉花到其他空間，但是豐年蝦的氣味可以傳達到其他段的玻璃連接管。
- (3) 12 隻二齡鬻放入靜置區後，以兩層抹布包覆全部的玻璃管，以阻絕光線，同時室內關燈拉上窗簾，避免鬻的視覺發揮作用。由於考量在水中氣味分子通過棉花的擴散速率，因此分別經過 45 分鐘和 100 分鐘後，觀察幼鬻的所在位置並記錄之。如圖 4-5 所示。

六、幼鬻是否能以視覺感知食物。

(一) 實驗六：二齡鬻是否能以嗅覺感知食物？

- 1.目的：利用二齡鬻可以開始進食飼料的特性，探討二齡鬻是否能以視覺感知食物。
- 2.器材：卜型玻璃連接管 5 支、方形玻璃瓶 2 個、軟木塞。
- 3.步驟：
 - (1) 同實驗四之一。
 - (2) 取三段玻璃管連接中，在整段玻璃管的左右兩端以矽利康黏著劑黏貼於二個方形透明玻璃瓶瓶壁，以達到玻璃管與玻璃瓶空間實質隔離，將豐年蝦放置在一端的玻璃瓶內，讓豐年蝦無法移動到玻璃管，但是豐年蝦的影像可以為在玻璃管的二齡鬻所看見。
 - (3) 將二齡鬻 11 隻二齡鬻放入靜置區後，同時打開室內天花板日光燈照明。觀察紀錄頻率為每經過 3 分鐘紀錄一次，最終於 18 分鐘停止觀察，觀察幼鬻的所在位置並記錄之。如圖 4-6 所示。

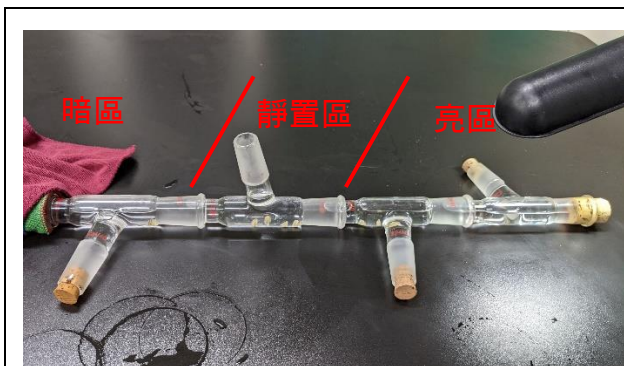


圖 4-1 長條狀測試管



圖 4-2 於觀測時間紀錄其分佈位置

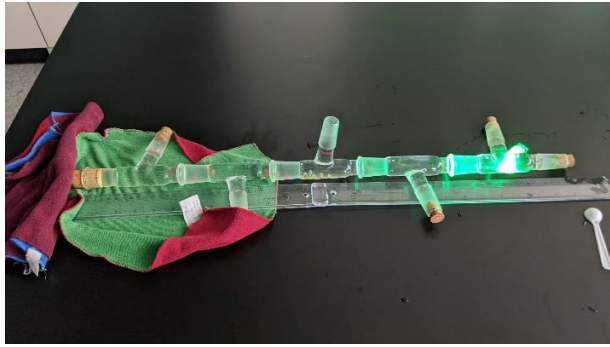


圖 4-3 綠光趨避行為測試管

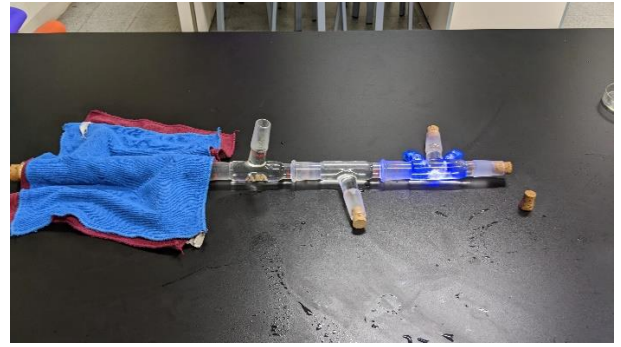


圖 4-4 藍光趨避行為測試管



圖 4-5 嗅覺感知測試管

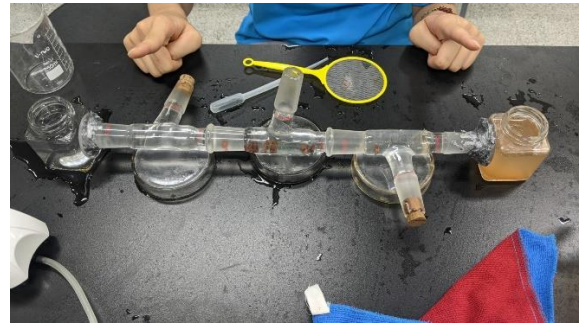


圖 4-6 視覺感知測試管

伍、研究結果與討論

一、蠶的受精卵在不同水溫環境下的孵化情形。

由實驗一的數據可以發現，在 30°C 左右的恆溫養殖環境中，蠶卵孵化的數量快速的增加，遠遠大於室溫組別的孵化數量。雖然兩組在記錄開始的第 10 天後，孵化的累積數量都進入平原期，沒有明顯的變化，但是到了 12 月 9 日，之後兩組的孵化數量就接近一致了。由此可知，在恆溫 30°C 的養殖環境之下，起初的 10 天內，蠶卵的孵化速率比室溫還快。兩組的孵化累積數量圖，如圖 5-1 所示。

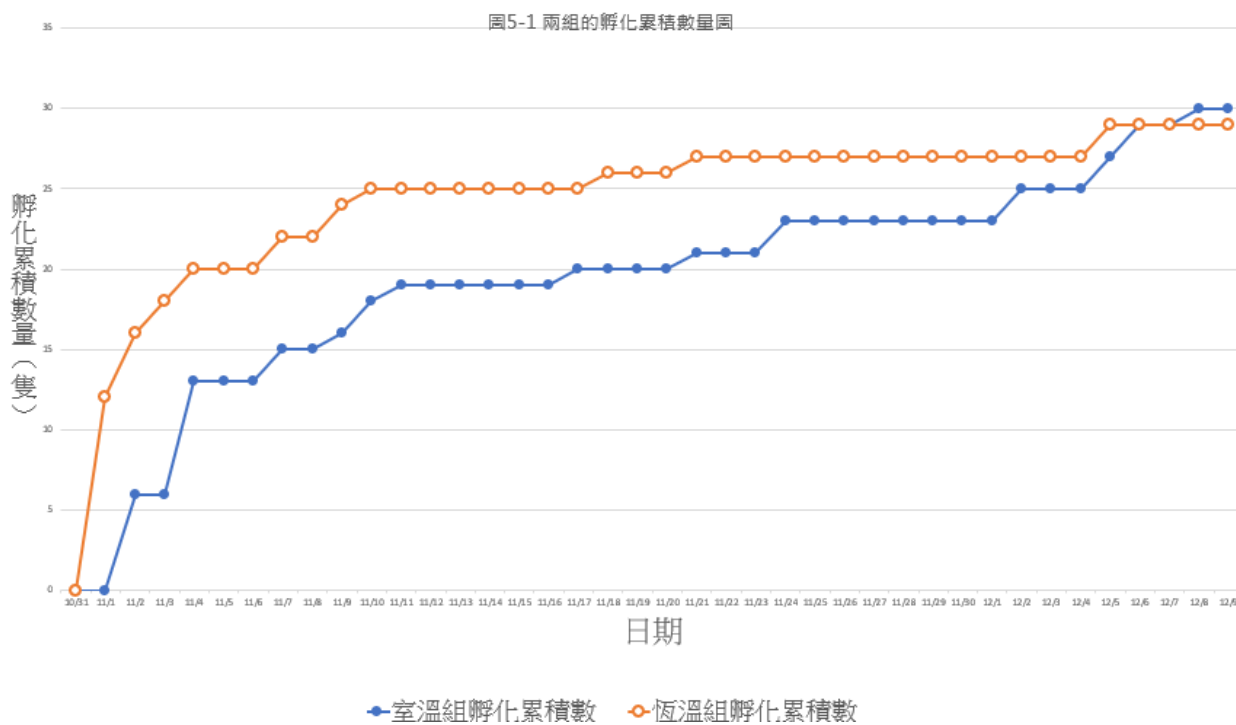


圖 5-1 兩組的孵化累積數量圖(10/31-12/09)

二、鰲自受精卵階段孵化後成長至二齡鰲的生長情形。

由實驗二的數據，可以鰲卵孵化後於 12 月 23 日到隔年 3 月 22 日觀察期內的身長平均與日期繪製成關係圖，如圖 5-2-1 所示。從圖中我們可以看出鰲卵孵化後，從 12 月 23 日至隔年的 3 月 8 日，時隔 75 天，小鰲的平均身長約維持 6.1mm 左右，沒有明顯的變化。

到了 3 月 8 日之後，二齡鰲陸續出現，使得測量到的平均身長急劇增加，如圖 5-2-2 所示。在 3 月 8 號至 3 月 22 日的調查數據中，我們可以透過身長平均與日期關係圖，發現在這 14 天內，平均身長與天數呈現線性的關係，斜率為 0.1504，相關係數平方大於 0.7($R^2=0.94$)，如圖 5-2-2 所示。

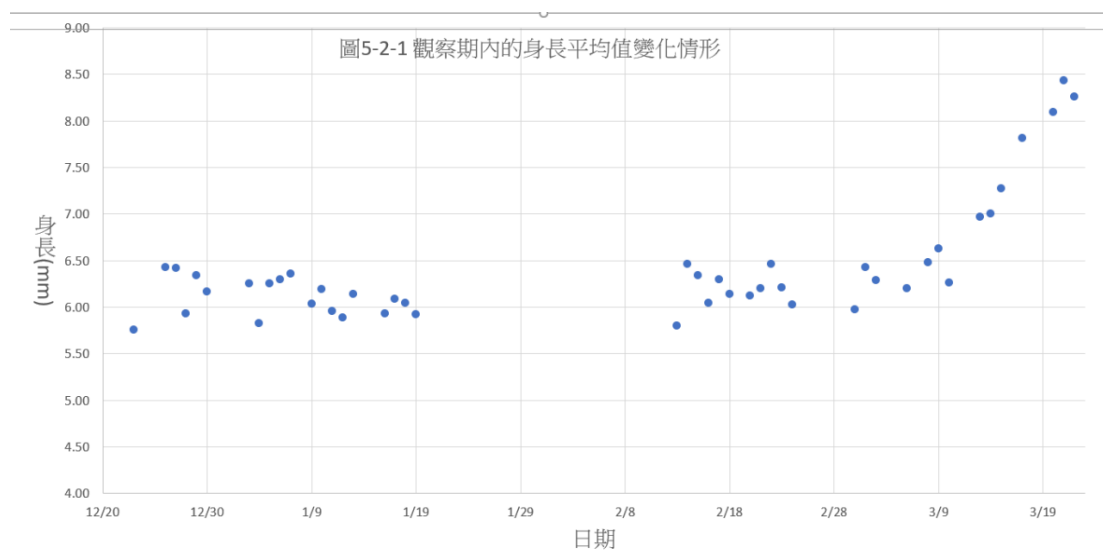


圖 5-2-1 觀察期內的身長平均值變化情形

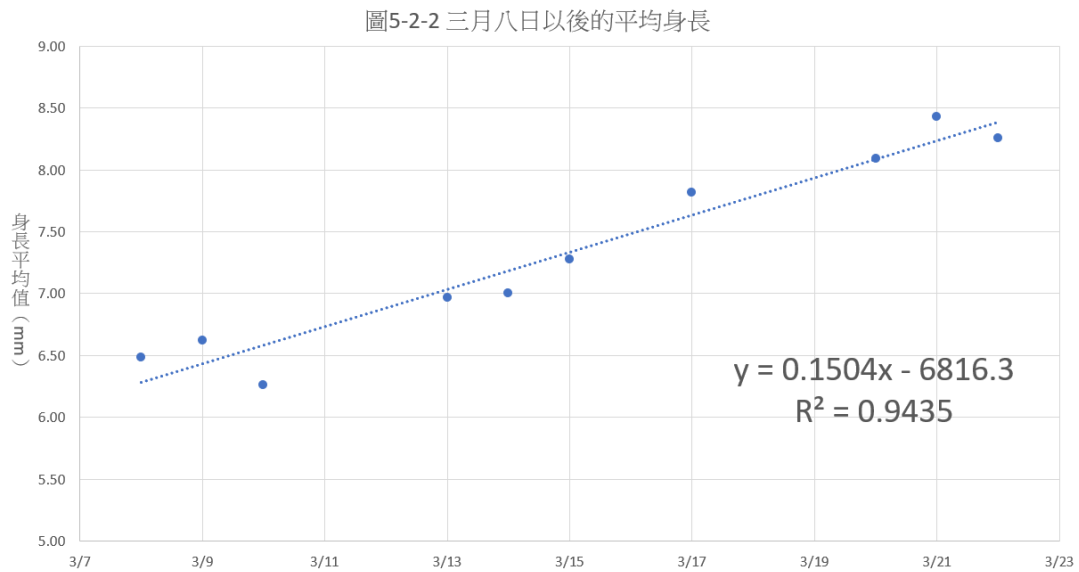


圖 5-2-2 三月八日以後的平均身長與日期之關係

三、探討幼蠶在不同亮度環境下的趨避行為。

在實驗三中探討幼蠶在不同亮度環境下的對於白光的趨避行為，我們在不同日期，分別重複做 3 次實驗，實驗的結果如圖 5-3-1、圖 5-3-2 和圖 5-3-3 所示。

在這第一次實驗中，我們可以發現隨著時間過去，11 隻裡有 8 隻停留在靜置區，3 隻幼蠶移到暗區，而在亮區沒有幼蠶出現。移動到暗區的 3 隻幼蠶中，只有 1 隻二齡蠶，其餘為一齡蠶。

在第二次實驗中，10 隻裡有 4 隻停留在靜置區，5 隻幼蠶移到暗區，而 1 隻一齡蠶移到亮區。移動到暗區的 5 隻幼蠶中，有 1 隻二齡蠶，其餘為一齡蠶。

第三次實驗中 10 隻裡面有 9 隻停留在靜置區，只有 1 隻移動到暗區，這一隻是二齡蠶。

整體來看幼蠶會停留在照度適宜的區域，以光度計測量，此區域之光亮度約在 10 至 50 勒克斯的範圍內，不會對光產生明顯的趨向或逃避的特性。在明顯對白光表現趨避行為的蠶，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性。尤其是二齡蠶容易有出現移動到暗區的特性。若以光度計測量亮區之光亮度，約為 2000 勒克斯，此亮度接近於臺灣五月下旬時，戶外中午時日照之光亮度。

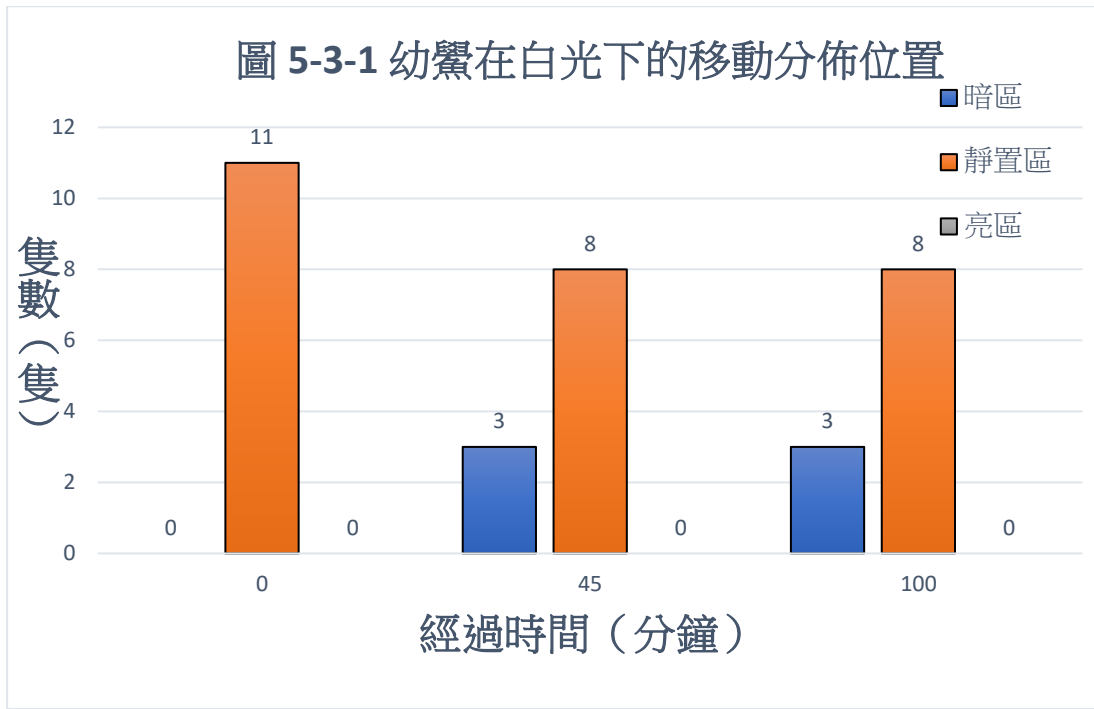


圖 5-3-1 幼鸞在白光下的移動分佈位置

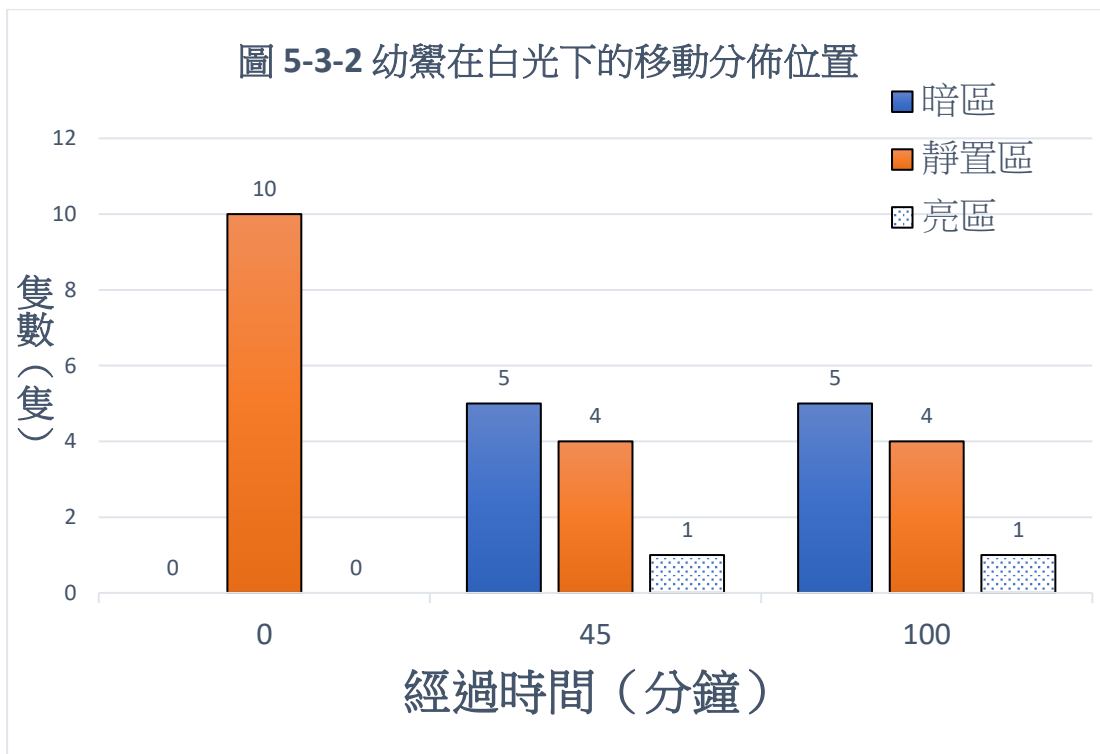


圖 5-3-2 幼鸞在白光下的移動分佈位置

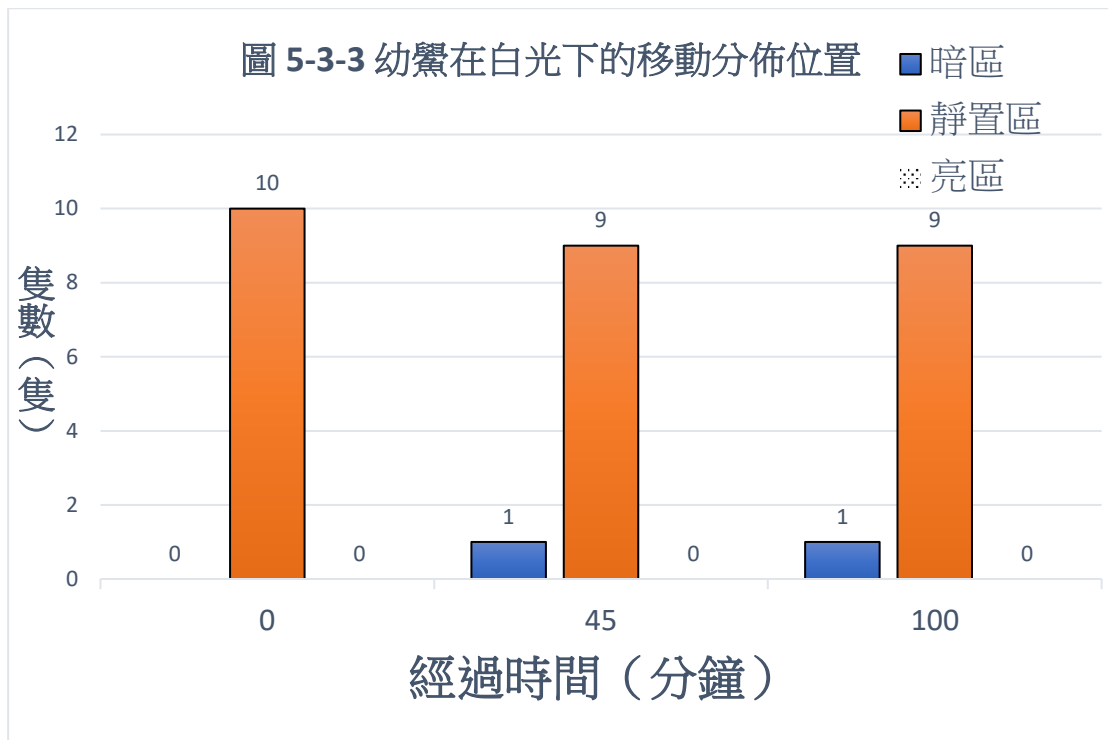


圖 5-3-3 幼蠶在白光下的移動分佈位置

四、探討二齡蠶在不同色光環境的趨避行為。

在實驗四之一裡，8 隻二齡蠶在綠光環境下，大部分都會停留在靜置區，隨著時間過去，顯示有少數的蠶會向暗區移動。其移動的位置與關係圖，如圖 5-4-1-1 至圖 5-4-1-3 所示。三次實驗的二齡蠶在綠光下的平均移動分佈位置，如圖 5-4-1-4 所示，顯示部分二齡蠶有遠離綠光的特性。

在實驗四之二裡，9 隻二齡蠶在紅光環境下，大部分的二齡蠶都會停留在靜置區，隨著時間過去，顯示有少數的蠶會向亮區移動。其移動的位置與關係圖，如圖 5-4-2-1 至圖 5-4-2-3 所示。三次實驗的二齡蠶在紅光下的平均移動分佈位置，如圖 5-4-2-4 所示，顯示部分二齡蠶有趨近紅光的特性。

在實驗四之三裡，8 隻二齡蠶在藍光環境下，大部分都會停留在靜置區，隨著時間過去，顯示有少數的蠶會向暗區移動。其移動的位置與關係圖，如圖 5-4-3-1 至圖 5-4-3-3 所示。三次實驗的二齡蠶在藍光下的平均移動分佈位置，如圖 5-4-3-4 所示，顯示部分二齡蠶有遠離藍光的特性。

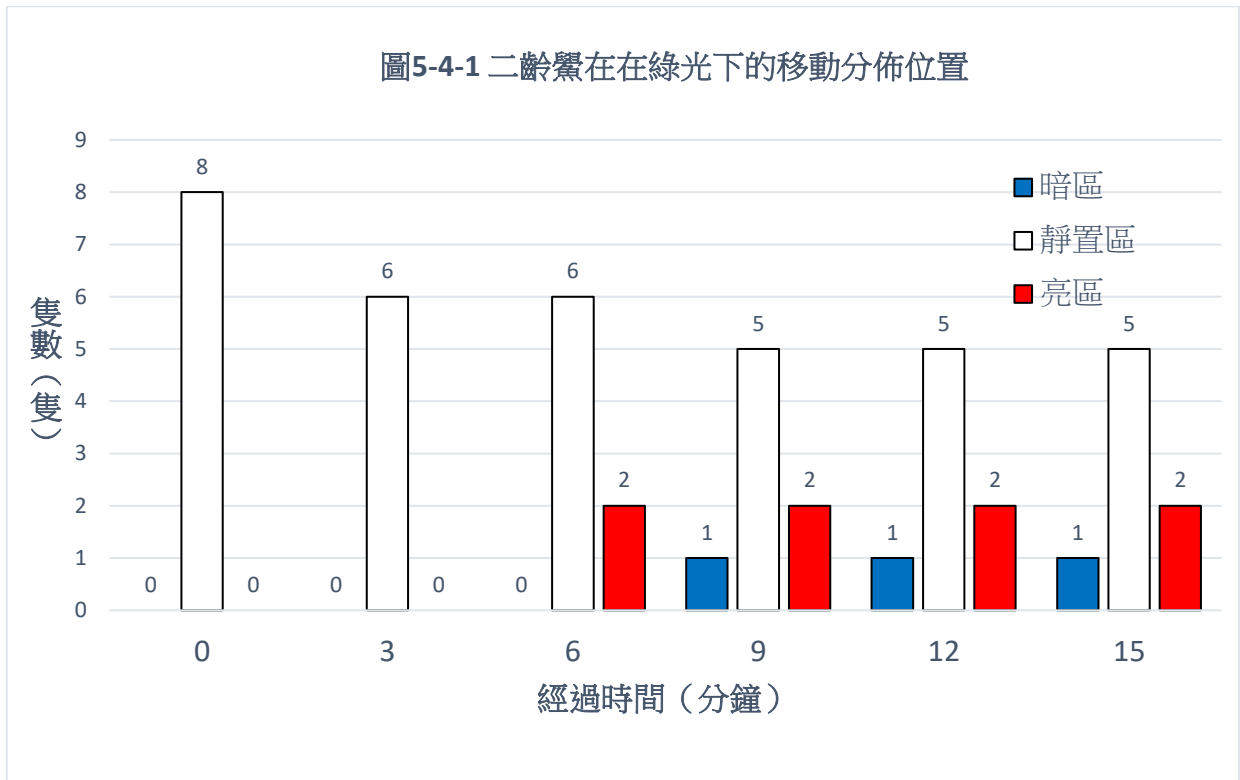


圖 5-4-1-1 二齡鸞在綠光下的移動分佈位置

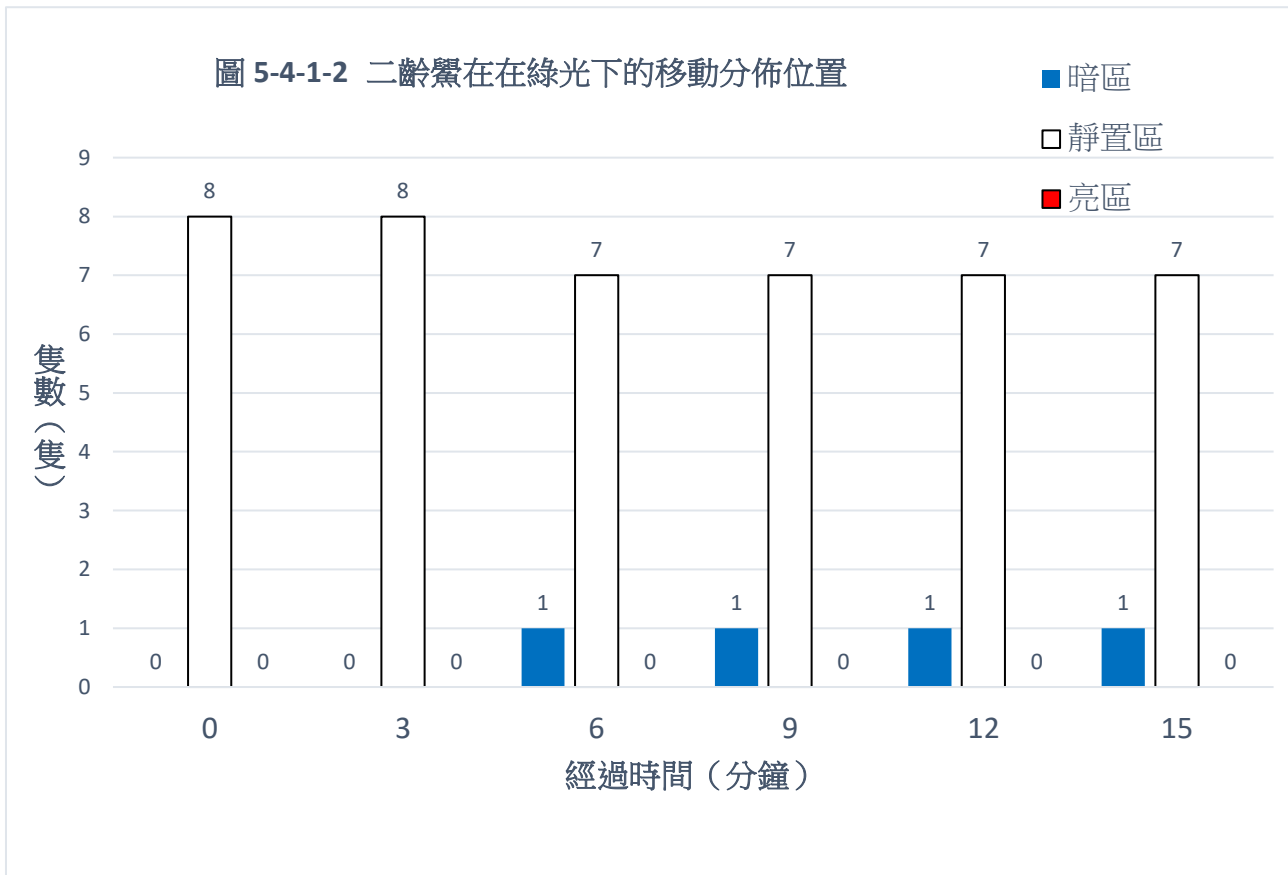


圖 5-4-1-2 二齡鸞在綠光下的移動分佈位置

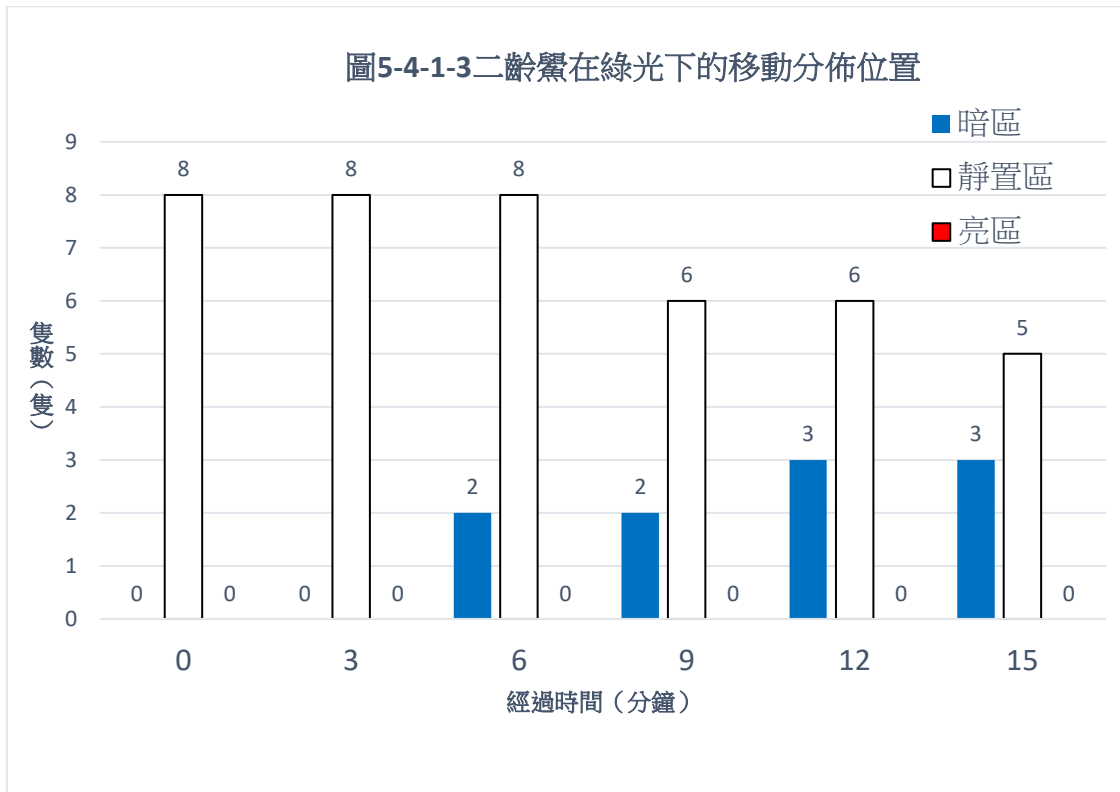


圖 5-4-1-3 二齡蟹在綠光下的移動分佈位置

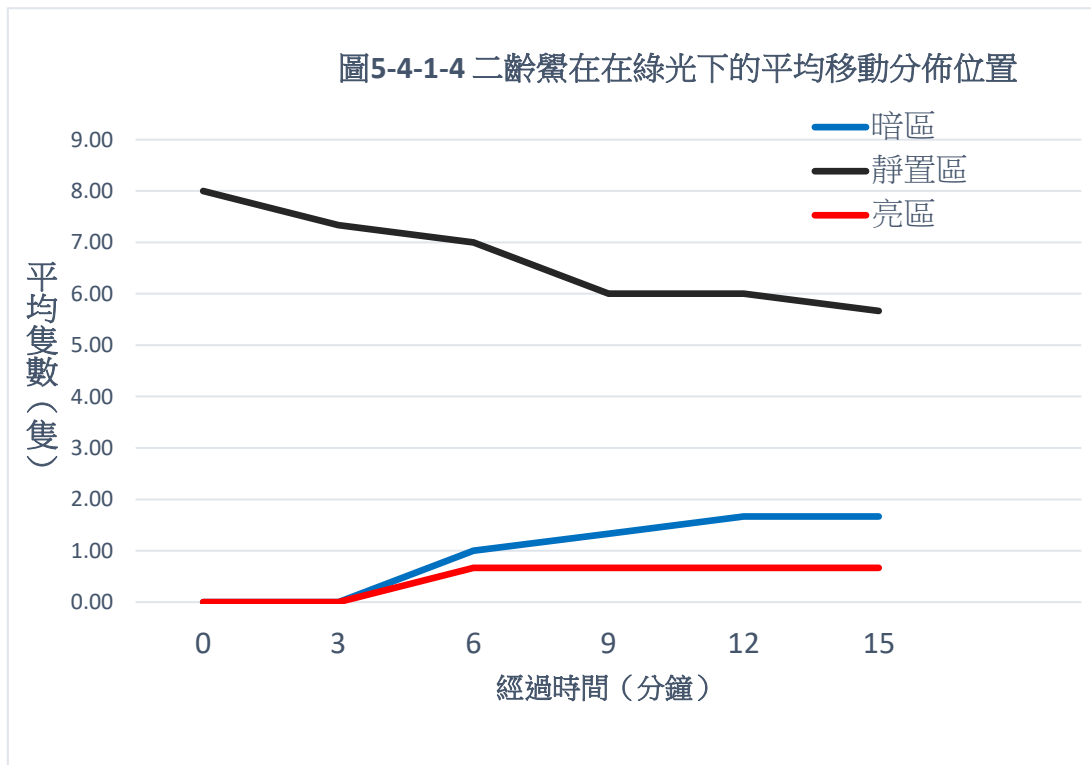


圖 5-4-1-4 二齡蟹在綠光下的平均移動分佈位置

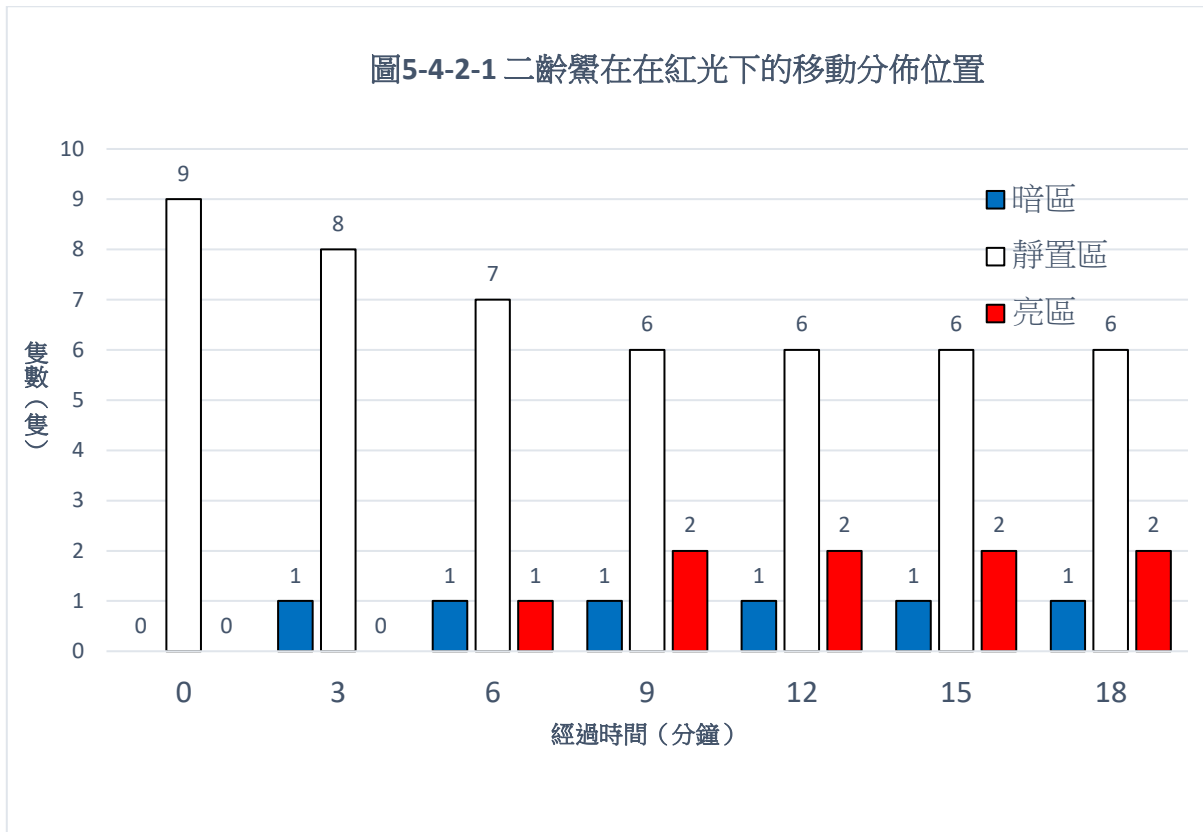


圖 5-4-2-1 二齡鸞在紅光下的移動分佈位置

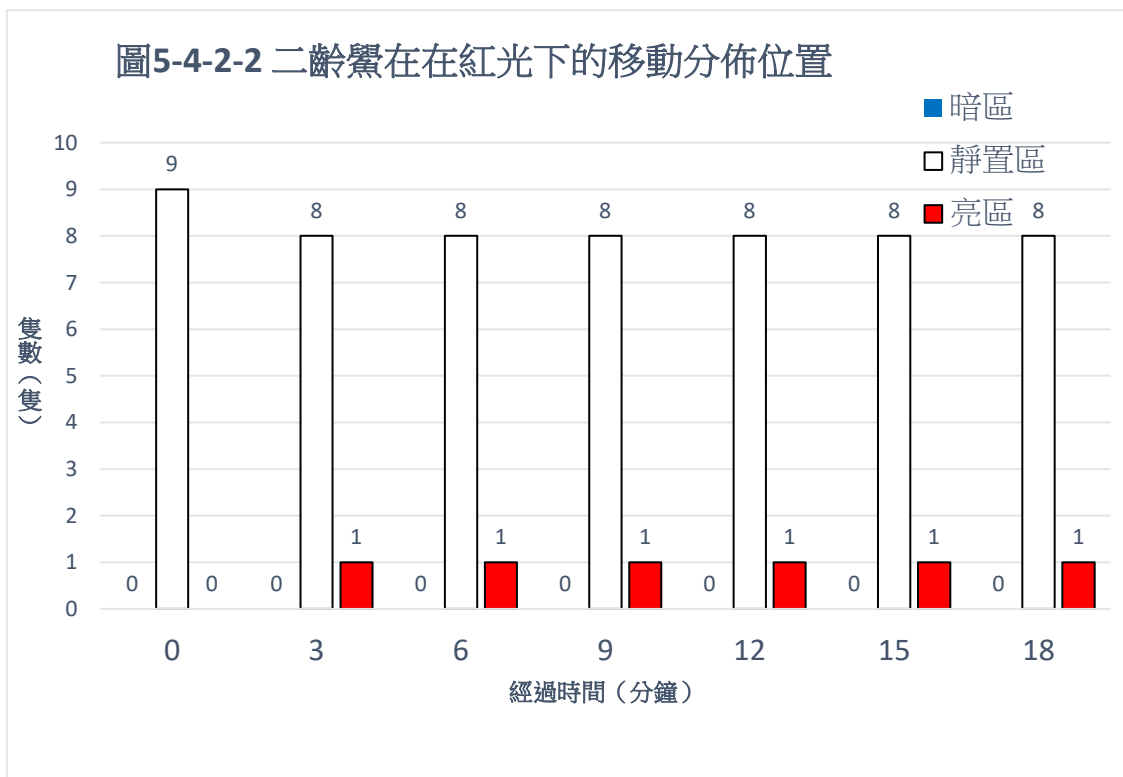


圖 5-4-2-2 二齡鸞在紅光下的移動分佈位置

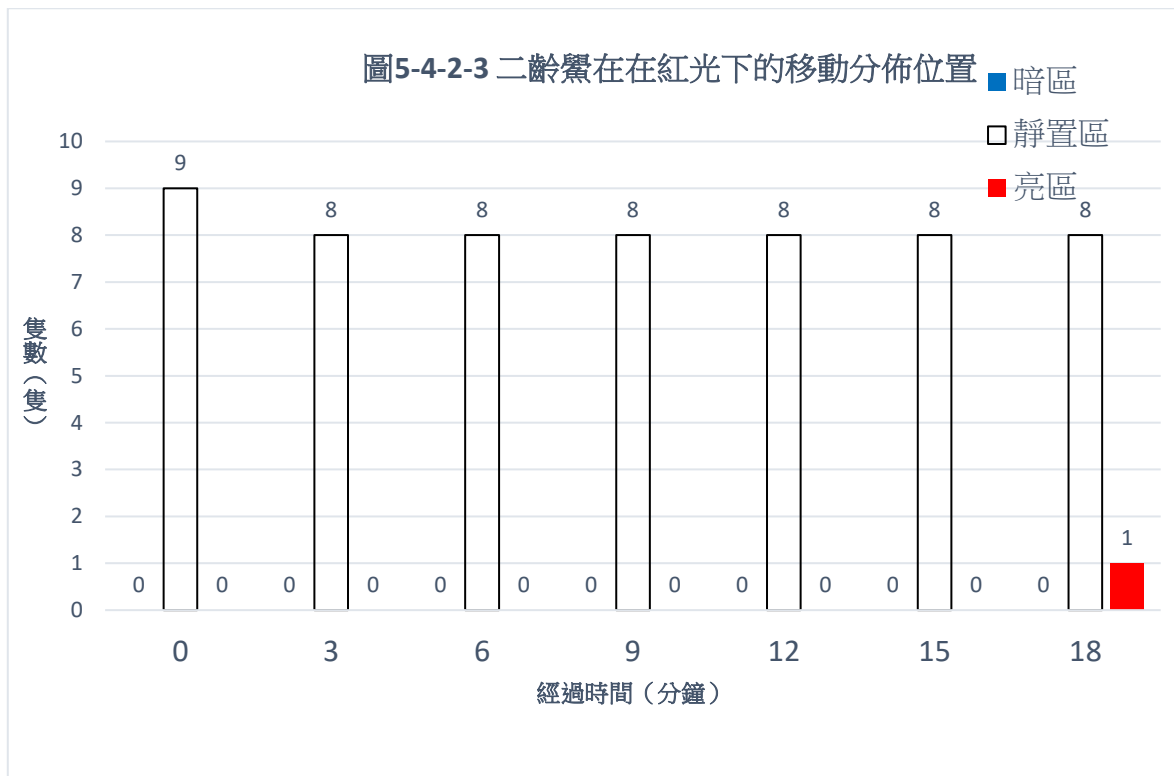


圖 5-4-2-3 二齡鸞在紅光下的移動分佈位置

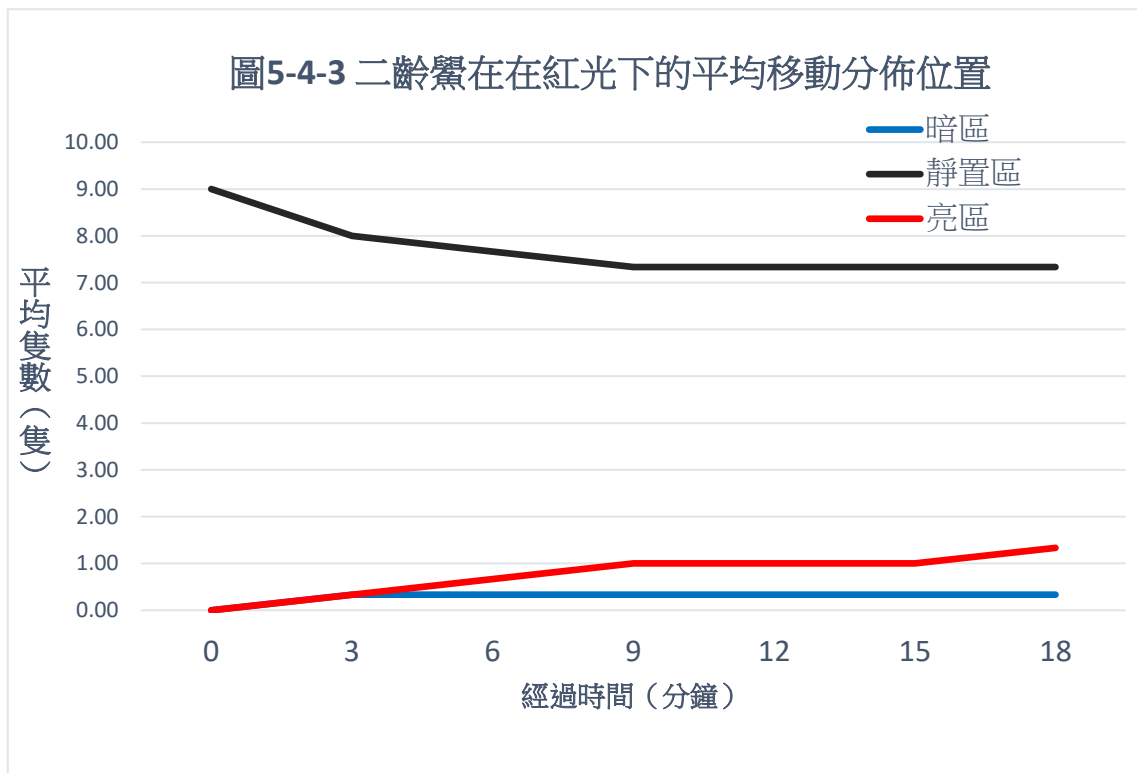


圖 5-4-2-4 二齡鸞在紅光下的平均移動分佈位置

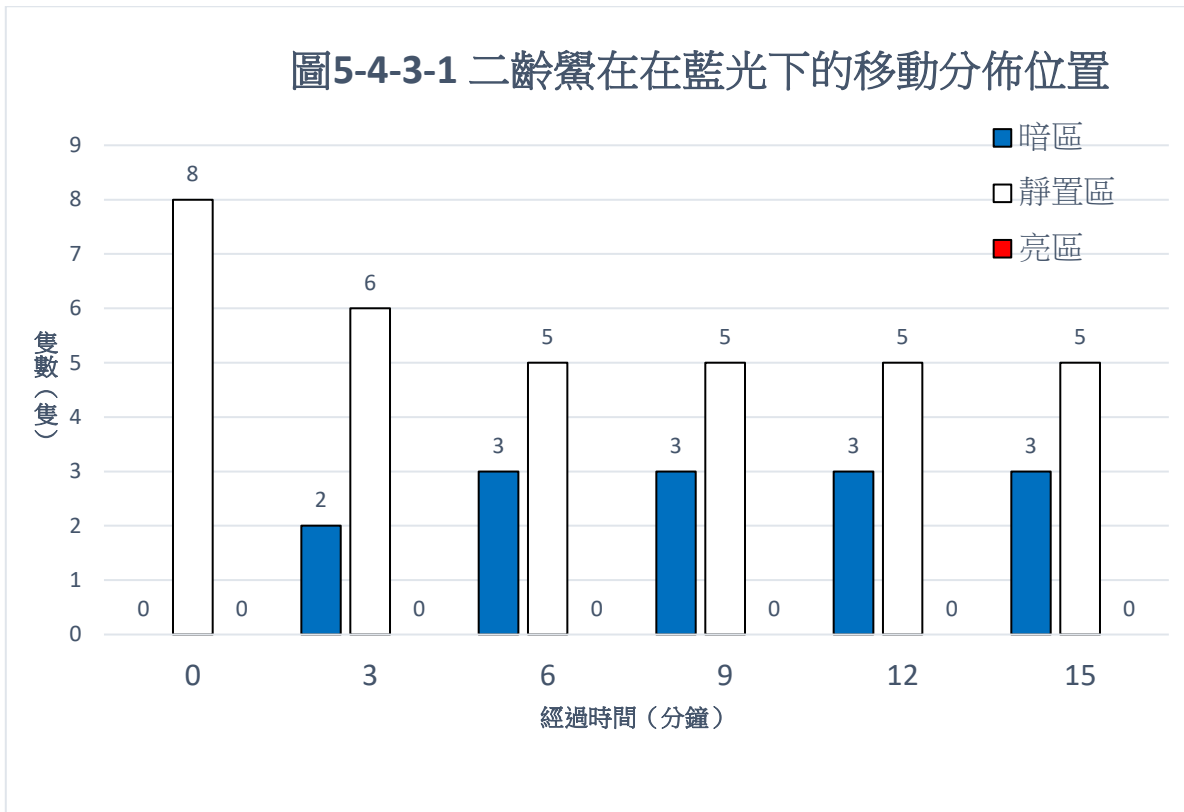


圖 5-4-3-1 二齡鸞在藍光下的移動分佈位置

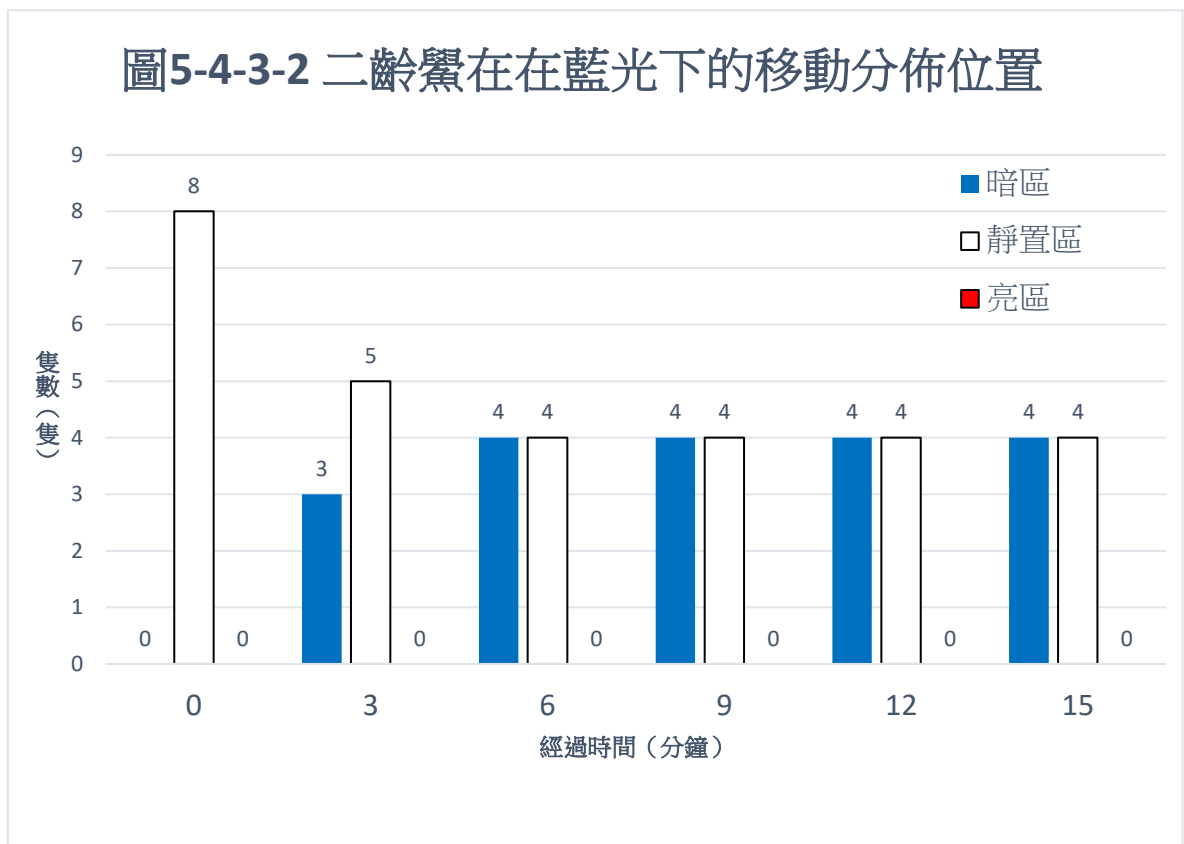


圖 5-4-3-2 二齡鸞在藍光下的移動分佈位置

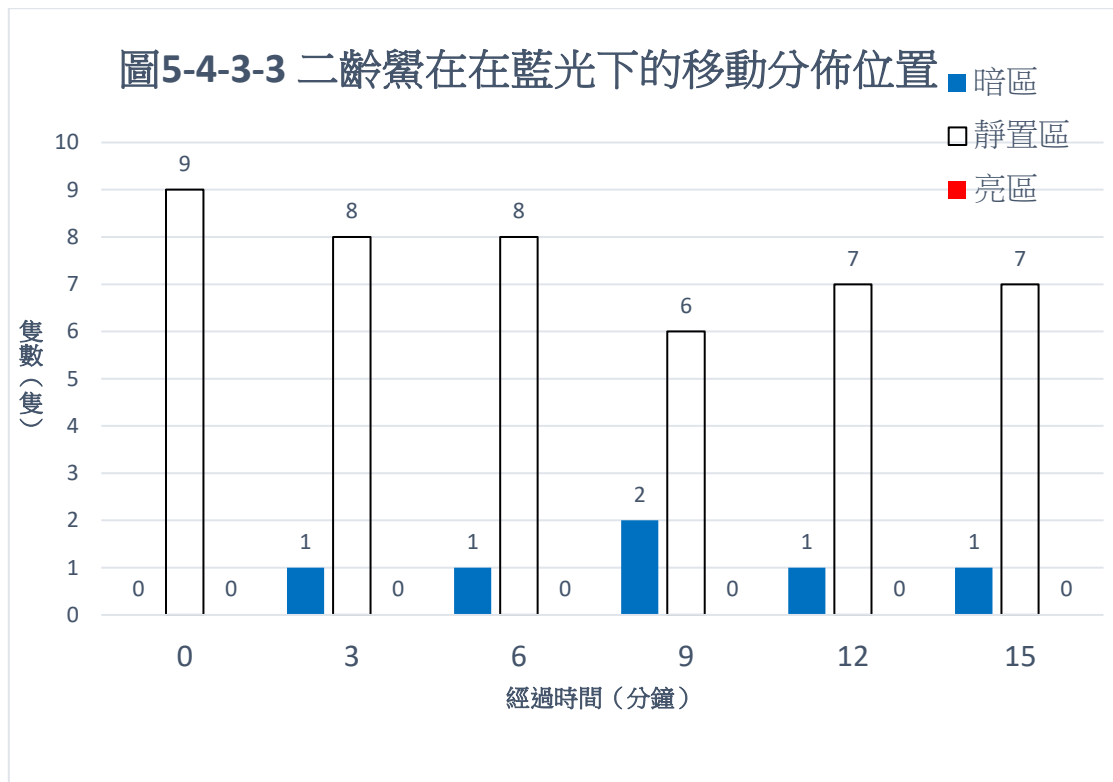


圖 5-4-3-3 二齡鸞在藍光下的移動分佈位置

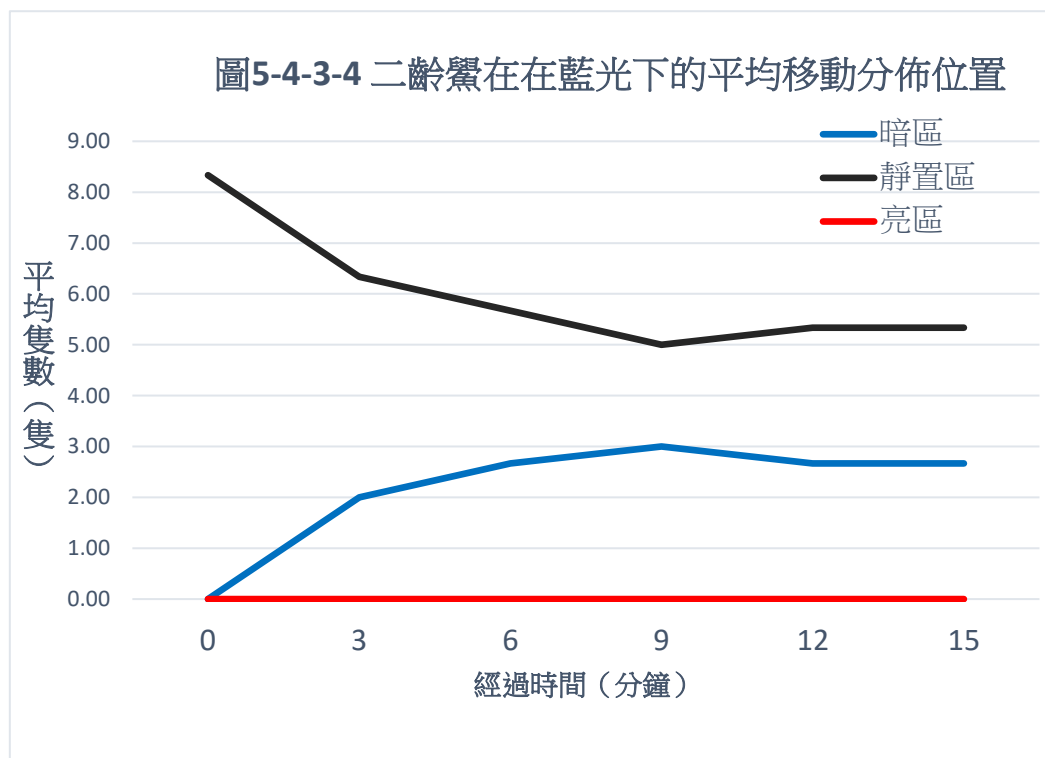


圖 5-4-3-4 二齡鸞在藍光下的平均移動分佈位置

五、二齡鸞是否能以嗅覺感知食物。

在實驗五的結果中，顯示 12 隻二齡鸞在第一次觀測時間裡，有 6 隻移動到食物區，其餘 6 隻停留在起始位置。在第二次觀測時間裡，累積到 7 隻移動到靠近食物區的一端，在整個過程中，沒有任何一隻鸞移動到靠近對照區的一端，其分佈位置與時間的關係圖，如圖 5-5 所示。顯見二齡鸞可以藉由嗅覺感知食物的存在。

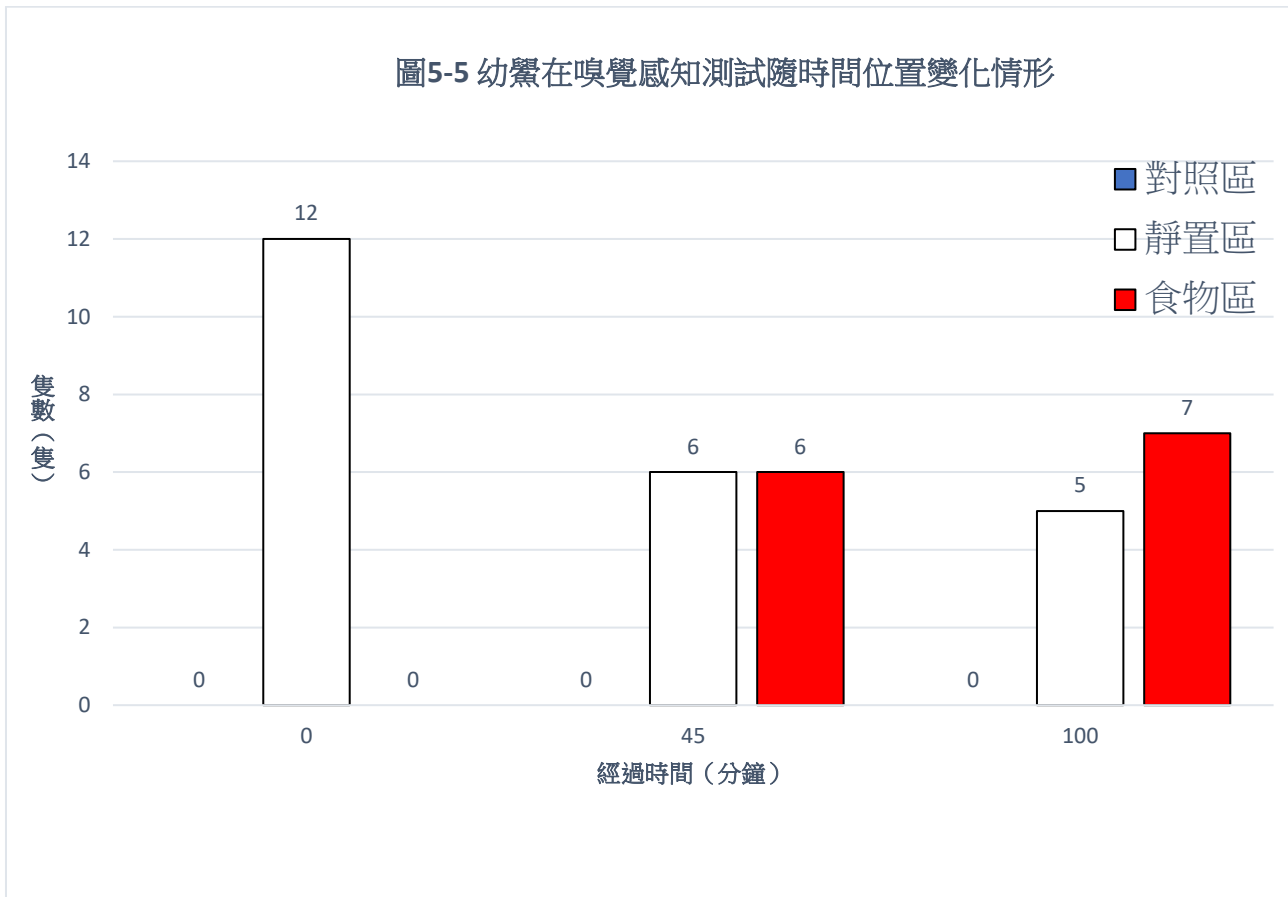


圖 5-5 二齡鸞在嗅覺感知測試隨時間位置變化情形

六、二齡鸞是否能以視覺感知食物。

在實驗六的結果中，顯示 15 隻二齡鸞在第一次觀測在第 18 分鐘時，有 4 隻移動到食物區。在第二次觀測於第 18 分鐘時，累積到 5 隻移動到靠近食物區的一端，在第三次觀測於第 18 分鐘時，累積到 4 隻移動到靠近食物區的一端，在第四次觀測於第 18 分鐘時，累積到 2 隻移動到靠近食物區的一端，其分佈位置與時間的關係圖，如圖 5-6-1 至圖 5-6-4 所示。四次實驗之時間位置與平均分佈隻數，如圖 5-6-5 所示。顯見二齡鸞可以藉由視覺感知食物的存在。

圖 5-6-1 二齡鸞在視覺感知測試隨時間位置變化情形

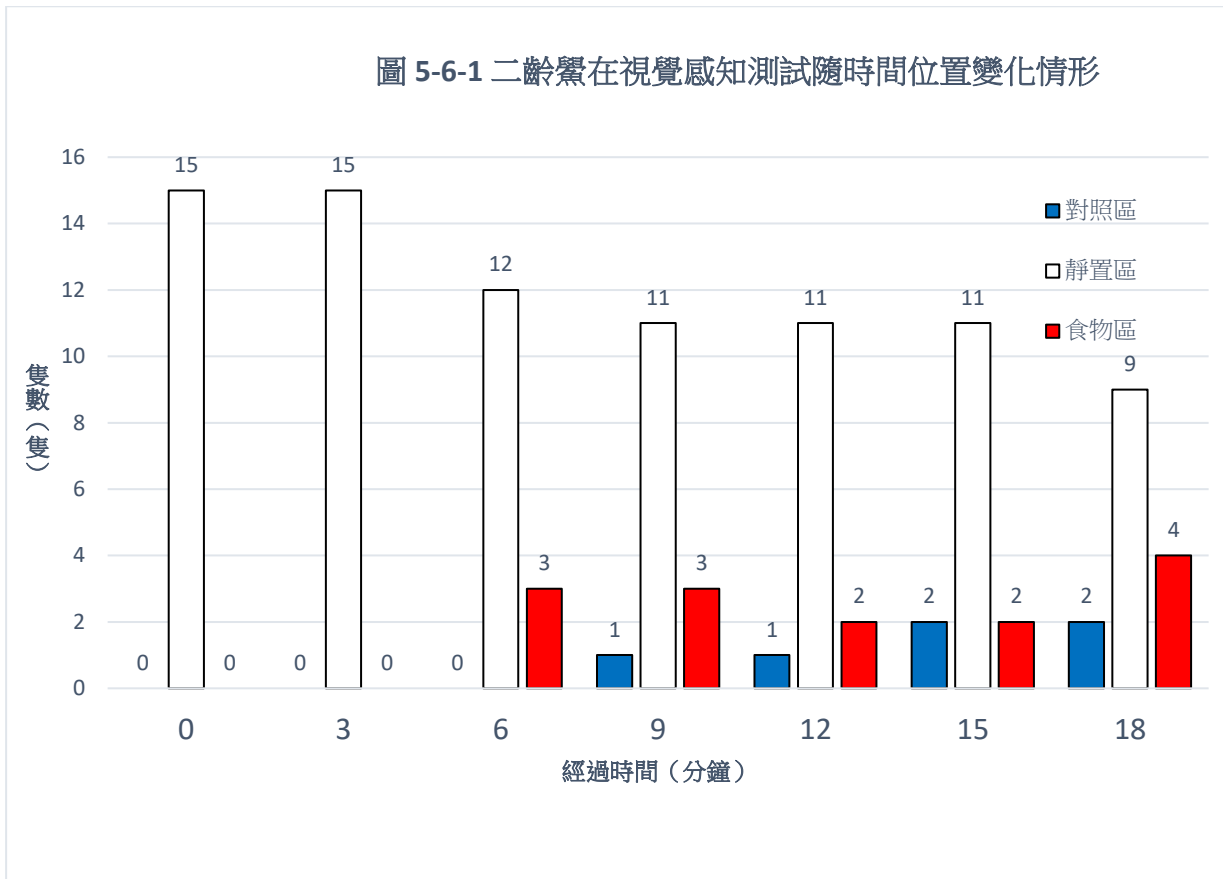


圖 5-6-1 二齡鸞在視覺感知測試隨時間位置變化情形

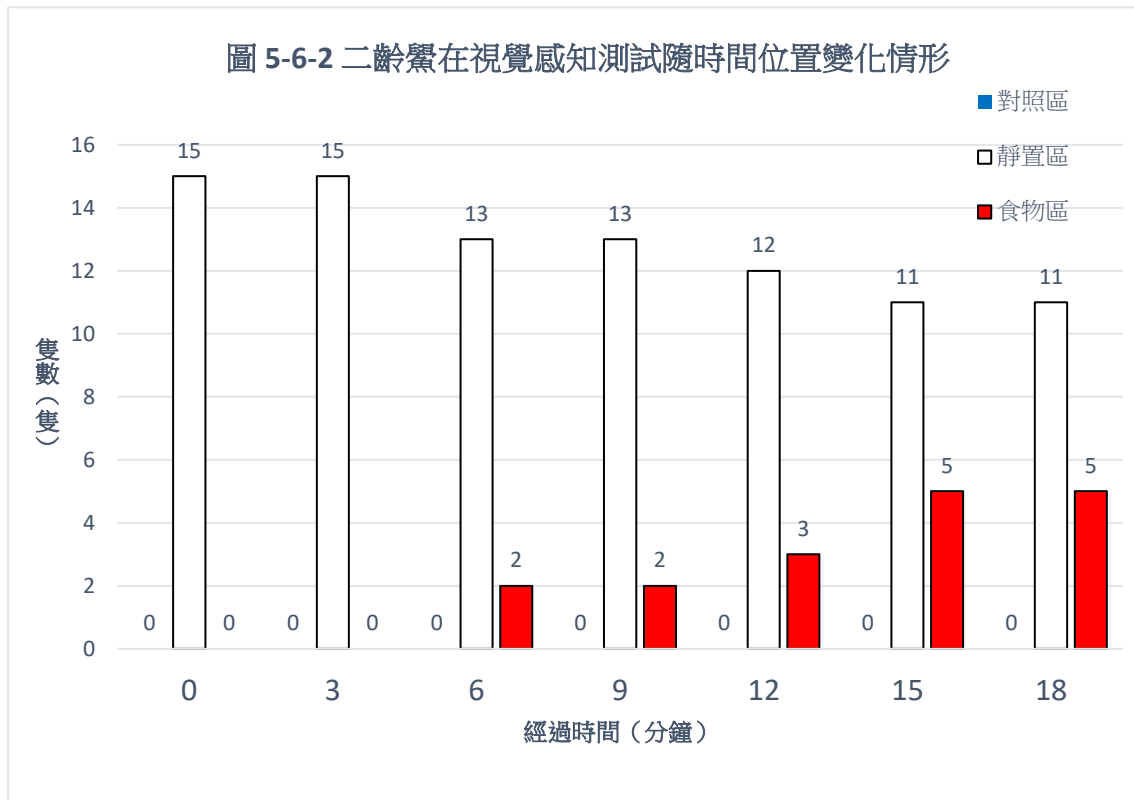


圖 5-6-2 二齡鸞在視覺感知測試隨時間位置變化情形

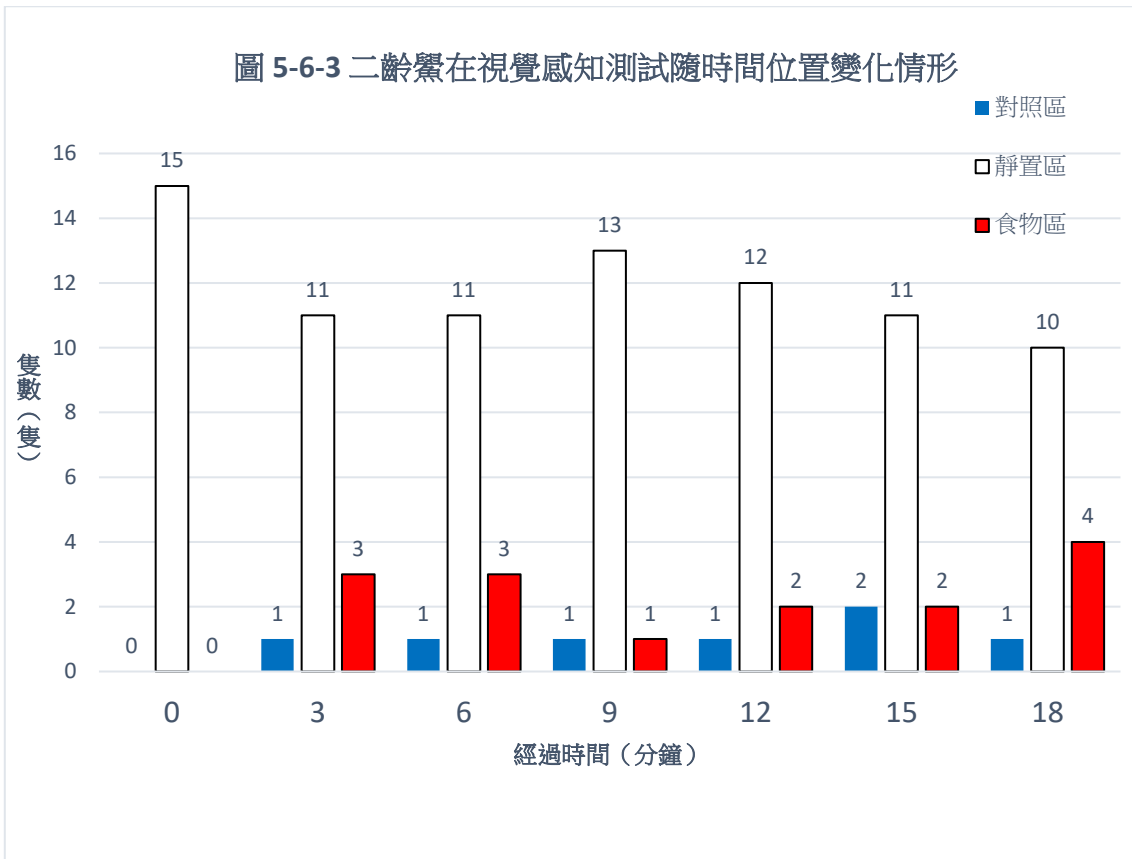


圖 5-6-3 二齡鸞在視覺感知測試隨時間位置變化情形

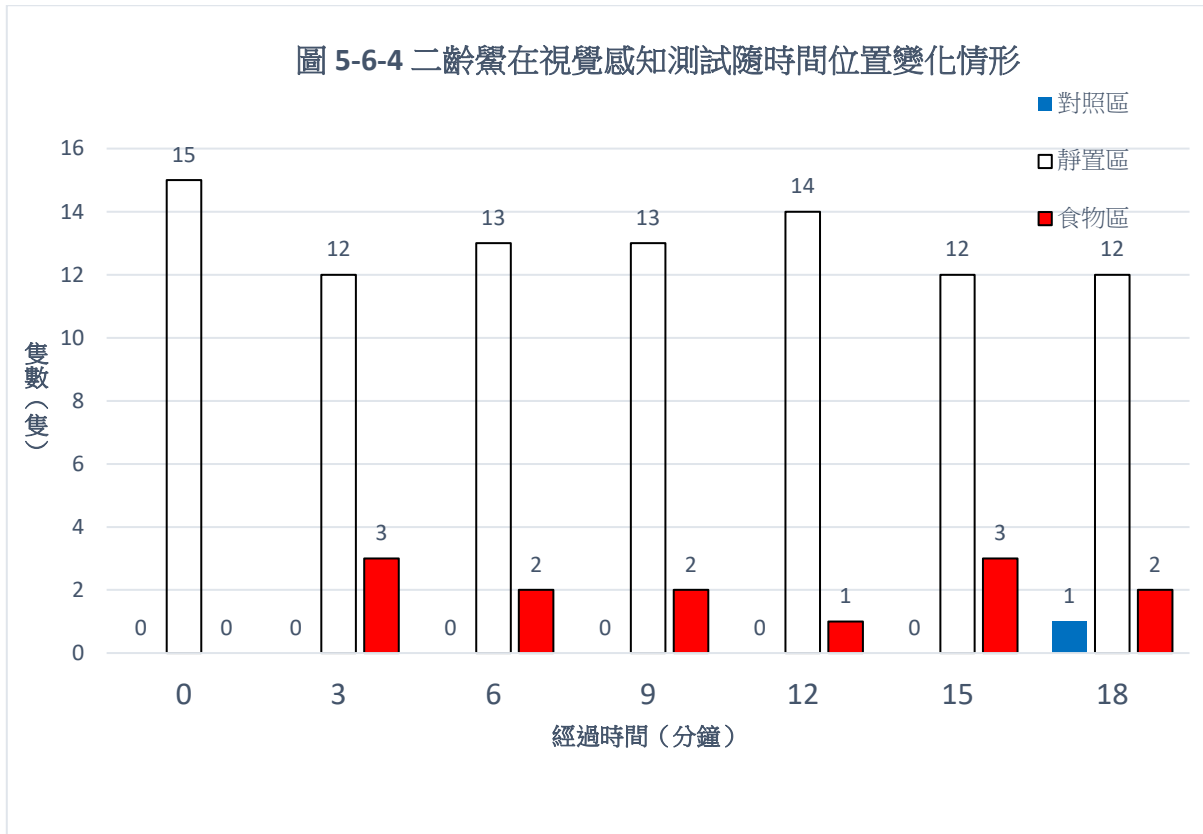


圖 5-6-4 二齡鸞在視覺感知測試隨時間位置變化情形

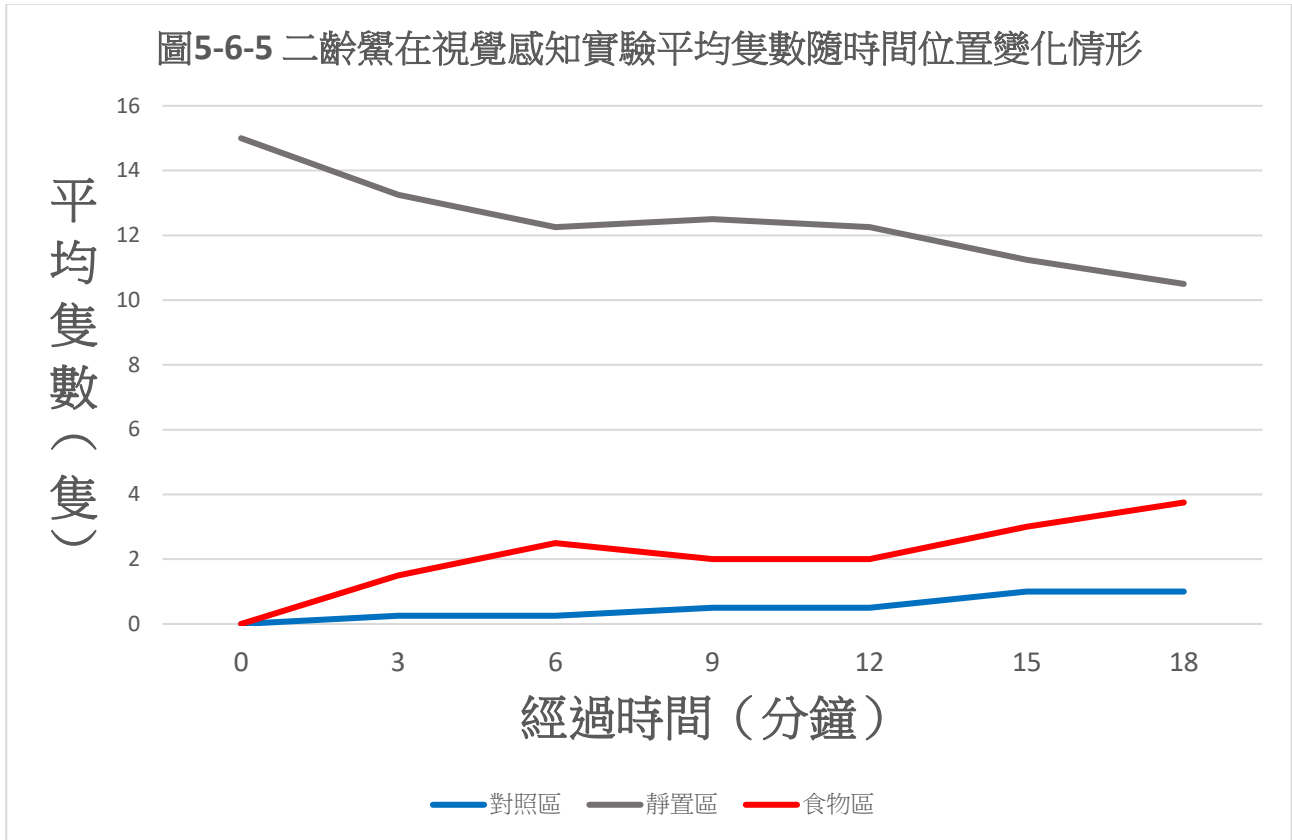


圖 5-6-5 二齡鸞在視覺感知測試隨時間位置變化情形

陸、結論與展望

一、結論

(一) 鸞的受精卵在水溫恆定 30°C 環境下的孵化速率較隨室溫變的環境下明顯為快。

(二) 本次的幼鸞孵化後，在經歷 75 天後陸續成長至二齡鸞，且二齡鸞數量的快速增加，在二齡鸞出現的 14 天裡，數量與時間顯示一次函數的線性關係，可視為成長的爆發期。

(三) 幼鸞在不同亮度環境下，整體來看會喜歡停留在照度適宜的區域內，光亮度經測量約在 10 至 50 勒克斯的範圍內，不會對光產生明顯的趨向或逃避的特性。在少數明顯對白光表現趨避行為的幼鸞，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性。尤其是少數二齡鸞容易有出現移動到暗區的特性。

(四) 二齡鸞在綠紅藍三種色光的環境下，如同白光，多數的鸞會喜歡停留在照度適宜的區域，不會對色光產生明顯的趨向或逃避的特性。在少數明顯對色光表現趨避行為的鸞，對綠光與藍光較會表現逃避的特性，呈現向暗區移動，對紅光則有趨近的特性。

(五) 二齡鬻能以嗅覺感知食物的位置並朝其方向移動接近。

(六) 二齡鬻能以視覺感知食物的位置並朝其方向移動接近。

二、展望

在本次的研究裡，我們在二齡鬻在綠紅藍三種色光的環境下，少數鬻表現出對色光有趨避行為，這個與之前莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君（1998）在金門野外觀察結果不同，是否為能在觀察樣本數更多的條件下，進行相同實驗，是未來可再進一步深入研究的地方。另外，本次研究結果顯示，幼鬻對白光的反應裡，在少數明顯對白光表現趨避行為的幼鬻，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性，此結果也與莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君（1998）在金門野外觀察結果不同，其中造成結果差異的原因，是否為室內與戶外生長環境不同所致，也有待未來進一步的研究。

另外，在做幼鬻是否能以視覺感知食物的實驗裡，在每次實驗結束後，最快需要等 30 分鐘以上，才能再次做相同的實驗，否則不會呈現明顯的感知移動現象。這種實驗間的不反應等待時間，是否為鬻有記憶學習能力所致，或是因其他動物行為的因素影響，也是待未來進一步的研究探討。

鬻是一種古老的動物，構造雖然相對簡單，外型極為特殊，同時又看到關於鬻的新聞報導，激發出我們想研究鬻的動機。我們從對牠一無所知，到現在對牠有較深入的了解，經過了許多困難，因為我們面對的不是可任意操控的實驗器材和數據，而是有生命，活生生在在海水中悠遊著的鬻。

為了配合基隆國立海洋科技博物館辦理的二齡鬻的野外流放活動，我們在有限的時間內，循著小鬻的生長史，配合小鬻的生長史在不傷害及過份干擾小鬻生長的前提之下，設計並執行實驗，由於小鬻的生長是不停止的連續狀態，如果實驗的預備工作及事前的設計沒有很完善的話，幾乎沒有再重做實驗的機會，當很多一齡鬻就會變成二齡鬻，實驗的條件就不再相同了，因此整個過程中是十分緊湊的。經過這次科展的洗禮，我們除了更了解鬻之外，我們也見識到平常在教室中看不到的事物。過程中也學到了解決問題的方法，像是如何佈置適合鬻生活的飼養環境，如何讓觀察管不會漏水、不透光，用了定時拍攝軟體紀錄觀察牠們整天的生活。我們也設計實驗了解環境對鬻趨避性的影響，雖然要花費很多時間在學校照顧小鬻與做實驗，但在過程中我們收穫良多，解決實驗遇到的困難會讓我們很開心，很有成就感；另外當結果不如預期，我們會探討為什麼，並且思考怎麼解決問題。更多的經驗累積，我們知道面對不進食的一齡鬻不用太過擔憂，了解鬻成長的爆發期，抓準了準備豐年蝦來養殖二齡鬻的時機點，讓我們照顧鬻的過程更加順利，亦可以分享給其他參加計畫的學校參

考。

由於國內研究蠶相關的文獻資料有限，且多是著重於生物科技的應用與野外生活時的狀況調查，對於蠶在室內養殖時的一些生物行為特性就較少有相關研究，因此我們遇到困難時，我們只能在一邊照顧小蠶一邊找資料及與指導老師討論可能的解決方法。在今年 3 月時，指導老師因公到金門出差，在金門與烈嶼當地發現有大型蠶殼，並聽到當地居民反映由於蠶的棲息地受到人為開發而面積日益減小，因此在海邊發現野生蠶的數量也越來越少，為加強保育及復育此種寶貴的物種，金門水產試驗所會對蠶進行人工受精，再將受精卵採人工孵育至較成熟後，野放至大海環境。聽完老師的轉述之後，對於蠶在人工孵育階段的室內養殖環境裡，對幼蠶的習性研究，覺得有其重要性。回顧研究過程的點點滴滴讓人體悟到大自然的奧妙，期盼未來有更多人能夠投入蠶的棲地保育與研究工作，幫助這種在野外數量越來越少的蠶營造適合的棲地環境，為大自然盡一份心力，這應該也是我們研究的最終目標。

柒、參考資料

1. 有影秀台灣-守蠶的人-中集（2013） 農業虛擬博物館。
<https://www.youtube.com/watch?v=1y7wHrH3Kjw>
2. 洪承欣、陳旻禧（2018）。光耀「蠶」世—金門三棘蠶自體螢光現象之探究。全國中小學科展。
3. 莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君（1998）。潮間帶的鐵甲武士~水頭沿海中國蠶（*Tachypleus Tridentatus*）的生殖與族群動態之研究。全國中小學科展。
4. 陳章波, 邱琬淑, & 葉欣宜. (2016). 蠶的保育與復育. 行政院農委會林務局自然保育網。 <https://conservation.forest.gov.tw/0001650>
5. 游品清（2008）。蠶之生態與在醫學上之應用介紹。行政院農業委員會全球資訊網。 <https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=13598&print=Y>
6. 謝明昌、張志堅、林金榮、陳其欽、黃丁士、蔡萬生（2011）。蠶的研究與應用。水試專訊，33，11-15。

【評語】 030311

優點：

國際自然保育聯盟在 2019 年已將三棘鰲列入紅皮書「瀕危」物種名單中，因此，推廣三棘鰲的保育以及保護海洋環境的課題刻不容緩。

本研究立意良善，除了以人工飼養細心照料小鰲外，更希望藉由二齡稚鰲的行為觀察，進而探究稚鰲與環境各因子間的互動關係。利用卜型玻璃管裝置進行鰲的行為分析。實驗過程和方法的內容清晰。

建議及檢討：

1. 探討內容多屬已知知識，新穎性不足。趨避試驗應有位置效應的對照排除設計，不太清楚靜置區的存在意義，建議在實驗中進一步解釋靜置區的目的和作用。
2. 二齡稚鰲善於在具有底質（如砂質或泥質）的環境爬行及潛沙，而對於光滑面（玻璃管內）則是較難自由活動，另外，此齡期的稚鰲游泳能力也不佳。基於上述原因，由於稚鰲的自主運動可能會受限，因此對於本研究之結果仍待商榷。

3. 如果實驗進行了三次重複，建議將結果統整成一張圖表。資料的整理為結果部分的重要項目，此處由圖表無法得知重複實驗驗證的相關資訊，包含標準差等資訊。
4. 資料顯示鯊能以嗅覺和視覺感知食物位置並接近，可進一步設計實驗研究鯊的攝食行為。

作品海報

摘要

本研究探討鬩在室內養殖環境下的之生長情形及視覺嗅覺感官對攝食的影響，結果發現在室內養殖環境裡，鬩受精卵在水溫恆定30°C環境下孵化為一齡鬩的速率較室溫環境下明顯為快。另外，一齡鬩在經過長時間未進食後，在75天後爆發式的成長至二齡鬩。幼鬩在不同亮度環境下，多數的幼鬩會持續停留在照度適宜的區域。少數明顯對白光表現趨避行為的幼鬩，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性。分別在綠紅藍三種色光的環境下，多數鬩會持續停留在初始區域。少數明顯對色光表現趨避行為的鬩，對綠光與藍光較會表現逃避的特性，呈現向暗區移動，對紅光的則顯示趨近的特性。二齡鬩能分別以嗅覺與視覺感知食物的位置並朝其方向移動接近。

壹、研究動機

當我們查詢有關鬩的相關知識，發現鬩為鬩科Limulidae，學名：*Tachypleus tridentatus*，又名「馬蹄蟹」、「蟹兜」、「夫妻魚」、「中華鬩」，屬於劍尾目的海生節肢動物，而劍尾目最早出現的時間可回溯至奧陶紀，是一種古老的物種。原本常見於台灣的金門、媽祖、澎湖、西部與北部海岸，偶見於宜蘭，然而過去數十年，隨著大規模的海岸發展，大片潮間帶環境遭受破壞、長期的捕撈、海洋汙染，鬩的族群因而大量縮減。另外，鬩在維護自然生態的平衡，扮演了一個重要的角色，美國魚類及野生動物管理局發現，美洲鬩卵數量的多寡會影響一種名為紅腹濱鵝的候鳥族群數量。在自然環境裡，只有保留足量的鬩卵在海灘上，才可讓長途跋涉、向北遷徙、瀕臨絕種的候鳥補給體力，使其完成旅途，到達目的地繁衍下一代。另外，由於鬩血在製作疫苗上有極大的助益，鬩血只要與細菌接觸便會凝結，即使只有一點會導致人體發燒甚至死亡的內毒素，都能讓鬩血呈現果凍般的稠度，如此一來，就能更快速的檢測藥物、疫苗或醫療設備是否能安全地使用。但是正因為鬩血深具醫藥商業價值，自然引起人類的大量捕捉。然而鬩自孵化後需要10-15年才能成長至成年個體，在鬩的生活史中，成鬩產卵於高潮帶沙礫中，稚鬩成長於潮間帶，很容易因人類各種行為(如捕撈、污染、棲地破壞等)的干擾，中斷其生命史，所以鬩的存在最能反映潮間帶的健康情況，是相當實用的指標物種。在聽到在台灣成鬩上岸產卵的機率越來越低，難道鬩就要在我們這一代滅絕了嗎?因此，我們決心要好好研究鬩的相關知識，希望能以後能在台灣本島成功復育更多鬩。

貳、研究目的

- 一、了解鬩的受精卵在不同水溫環境下的孵化情形。
- 二、了解鬩自受精卵階段孵化後成長至二齡鬩的生長情形。
- 三、探討幼鬩在不同亮度環境下的趨避行為。
- 四、探討幼鬩在不同色光環境的趨避行為。
- 五、探討幼鬩是否能以嗅覺感知食物。
- 六、探討幼鬩是否能以視覺感知食物。

參、研究方法

一、文獻探討

(一) 生物介紹:

1.鬩分類:

界:動物界Animalia

門:節肢動物門Arthropoda

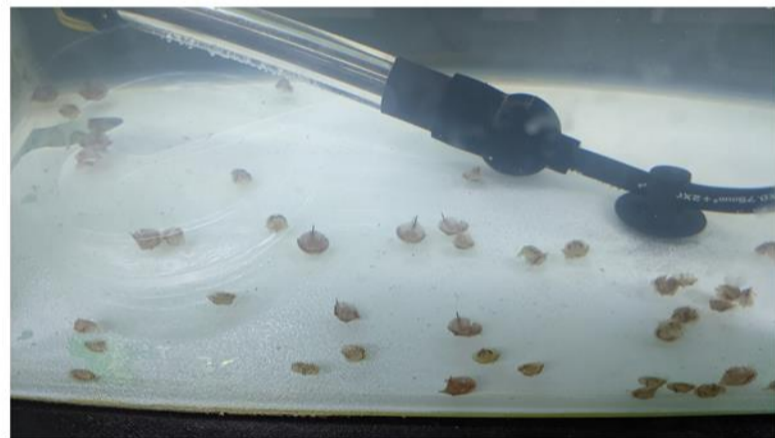
綱:肢口綱Merostomata

目:劍尾目Xiphosura

科:鬩科Limulidae

屬:東方鬩屬Tachypleus

種:中華三棘鬩T.tridentatus

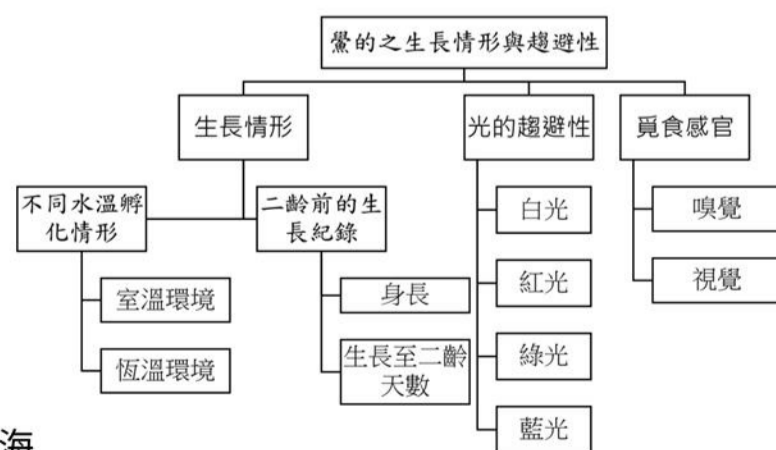


(二) 文獻探討

莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君(1998)的研究指出，在野外環境裡，25°C的海水中，孵化的時間，快則45天，慢可超過三個月。鬩卵在受精後經過七週，可透過卵膜觀察到幼鬩在卵中翻轉，在18°C以下低溫下，幼鬩於卵膜內呈現休眠狀態而不孵出，若水溫提高至30°C以上，則幼鬩會在2至3小時內悉數孵化。另外，採取產出4週後卵殼已經脫離的胚體，用不同水溫條件處理，以間歇12小時30°C加溫條件的孵化最快，持續30°C加溫者居次；常溫冬天常溫約18°C的孵化速度最慢。剛孵化的新生幼鬩為一齡鬩，體長約為6.3mm到6.9mm，體寬約6.6mm到7.3mm，腹甲較透明，有如三葉蟲般的腹甲橫紋。在水中常以腹面朝上仰泳，偶有腹面朝下游動。新生幼鬩對光有正趨光性，但對不同色光的反應並不明顯。而洪承欣、陳旻禧(2018)的研究則是自野外撿拾稚鬩，進行人工飼養，經過九個月後，多數為4齡鬩及6齡鬩。

然本次研究的所獲取的鬩卵，乃取自於金門水試所人工受精到成長二齡鬩的過程，全程置於人工飼養的室內環境，與前述歷經野外生長環境的情況有所不同。由於幼鬩成長至二齡鬩時才會進食，本研究以剛孵化的豐年蝦作為飼料，才得以進行鬩的視覺與嗅覺感知之研究。另外，由於配合國立海洋科技博物館的「鬩知鬩學」送小鬩回大海活動時程，本研究所孵育幼鬩預計於二齡鬩階段放流至大海，因此本研究僅針對鬩生長到二齡前的階段。

三、研究架構圖



四、研究設備及器材

(一) 採樣物種：國立海洋科技博物館提供的鬩卵。

(二) 研究場地：學校生物實驗室。

(三) 設備與器材：撈網、燒杯、透明水缸(15×18×29cm)、海水素、打氣設備、溫度計、尺、標籤紙、解剖顯微鏡、實驗紀錄本、燒杯、滴管、氨測試劑、海水比重計、LED小燈(白色、紅色、綠色、藍色)、豐年蝦孵育筒、卜型玻璃連接管數支。

器材	用途
鬩孵育與飼養的環境(圖3-1)	於實驗室中孵育鬩卵與飼養小鬩，減少干擾
液晶顯示型解剖顯微鏡(圖3-2)	觀察與記錄小鬩的身長、劍尾長
監測飼養環境之用品(圖3-3)	讓飼養環境保持穩定，有利於小鬩生長
錄影器材(手機、手機架)	觀察與記錄小鬩的行為動作
LED小燈(白、紅、綠、藍色)(圖3-4)	作為鬩的各種光趨避性之光源
卜型玻璃連接管數個	作為鬩的各種光趨避性及感官測試的場所

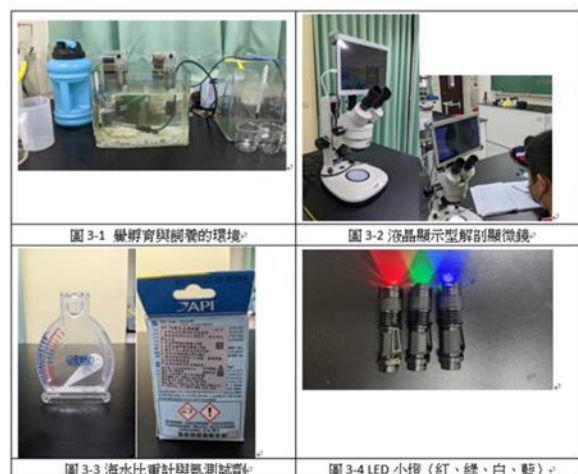


圖 3-1 鬩孵育與飼養的環境

圖 3-2 液晶顯示型解剖顯微鏡

圖 3-3 海水比重計與氨測試劑

圖 3-4 LED 小燈(紅、綠、白、藍)

肆、研究過程與方法

一、蠶的受精卵在不同水溫環境下的孵化情形。

【實驗一】：蠶的受精卵在不同水溫環境下的孵化是否有差異？

二、蠶自受精卵階段孵化後成長至二齡蠶的生長情形。

【實驗二】：幼蠶在孵化後至成長二齡蠶初期是體長的變化情形是否與時間有線性關係？

三、幼蠶在不同亮度環境下的趨避行為。

【實驗三】：幼蠶在不同亮度環境下是否出現趨避行為？

四、幼蠶對於環境不同色光環境的趨避行為。

(一) 【實驗四之一】：幼蠶在綠色光環境下是否出現趨避行為？

(二) 【實驗四之二】：幼蠶在紅色光環境下是否出現趨避行為？

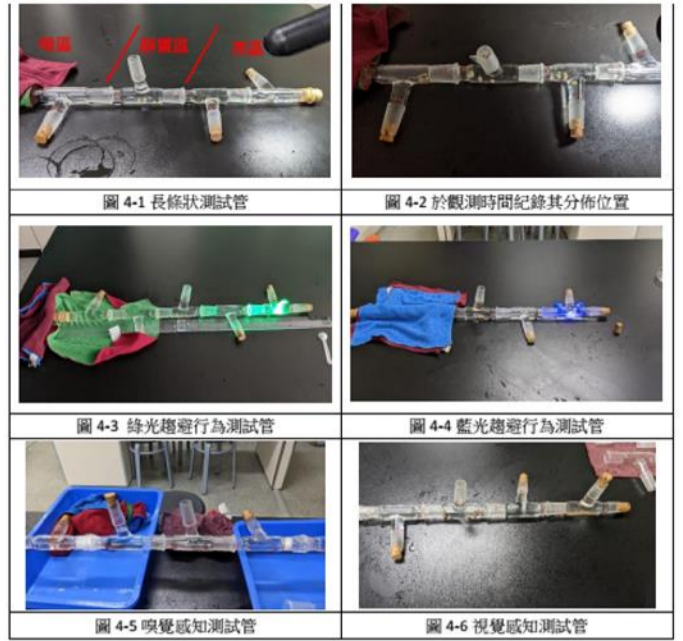
(三) 【實驗四之三】：幼蠶在藍色光環境下是否出現趨避行為？

五、幼蠶是否能以嗅覺感知食物。

【實驗五】：二齡蠶是否能以嗅覺感知食物？

六、幼蠶是否能以視覺感知食物。

【實驗六】：二齡蠶是否能以嗅覺感知食物？



伍、實驗結果

【實驗一】：蠶的受精卵在不同水溫環境下的孵化是否有差異？

在 30°C 左右的恆溫養殖環境中，蠶卵孵化的數量快速的增加，遠遠大於室溫組別的孵化數量。雖然兩組在記錄開始的第 10 天後，孵化的累積數量都進入平原期，沒有明顯的變化，但是到了 12 月 9 日，之後兩組的孵化數量就接近一致了。由此可知，在恆溫 30°C 的養殖環境之下，起初的 10 天內，蠶卵的孵化速率比室溫還快。兩組的孵化累積數量圖，如圖 5-1 所示。

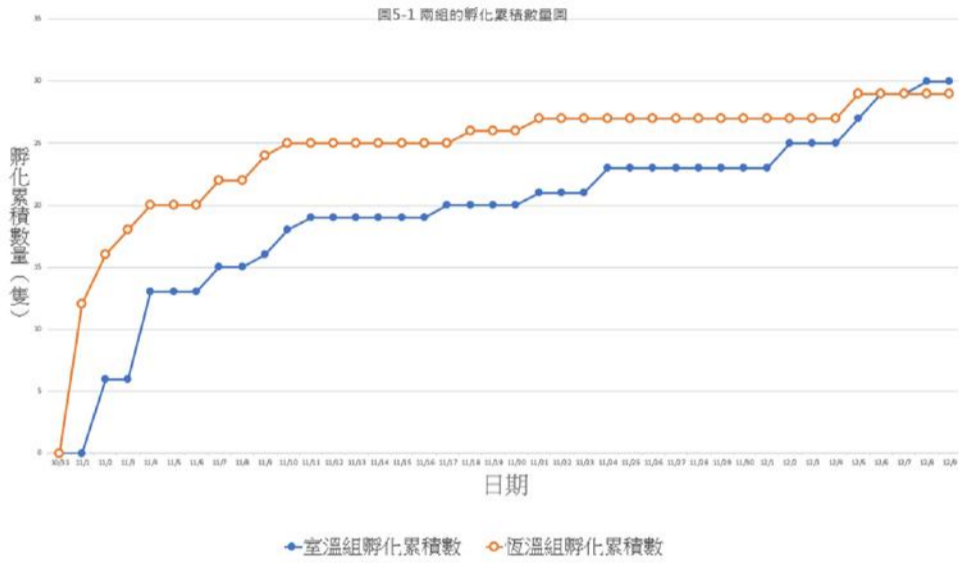


圖 5-1 兩組的孵化累積數量圖(10/31-12/09)

【實驗二】：幼蠶在孵化後至成長二齡蠶初期是體長的變化情形與時間有何關係？

由實驗二的數據，可以蠶卵孵化後於 12 月 23 日到隔年 3 月 22 日觀察期內的身長平均與日期繪製成關係圖，如圖 5-2-1 所示。從圖中我們可以看出蠶卵孵化後，從 12 月 23 日至隔年的 3 月 8 日，時隔 75 天，小蠶的平均身長約維持 6.1mm 左右，沒有明顯的變化。

到了 3 月 8 日之後，二齡蠶陸續出現，使得測量到的平均身長急劇增加，如圖 5-2-2 所示。在 3 月 8 號至 3 月 22 日的調查數據中，我們可以透過身長平均與日期關係圖，發現在這 14 天內，平均身長與天數呈現線性的關係，斜率為 0.1504，相關係數平方大於 0.7(R²=0.94)，如圖 5-2-2 所示。

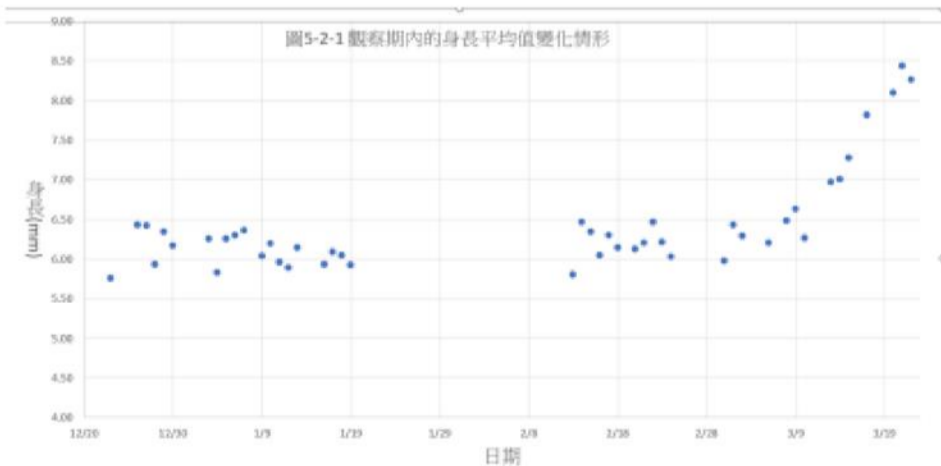


圖 5-2-1 觀察期內的身長平均值變化情形

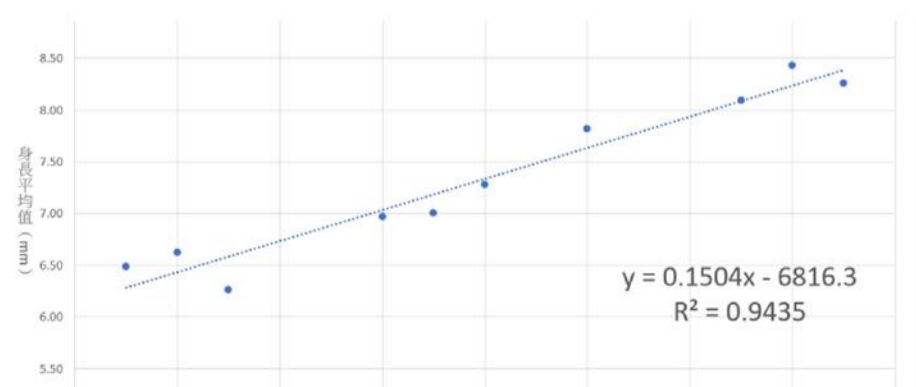


圖 5-2-2 三月八日以後的平均身長與日期之關係

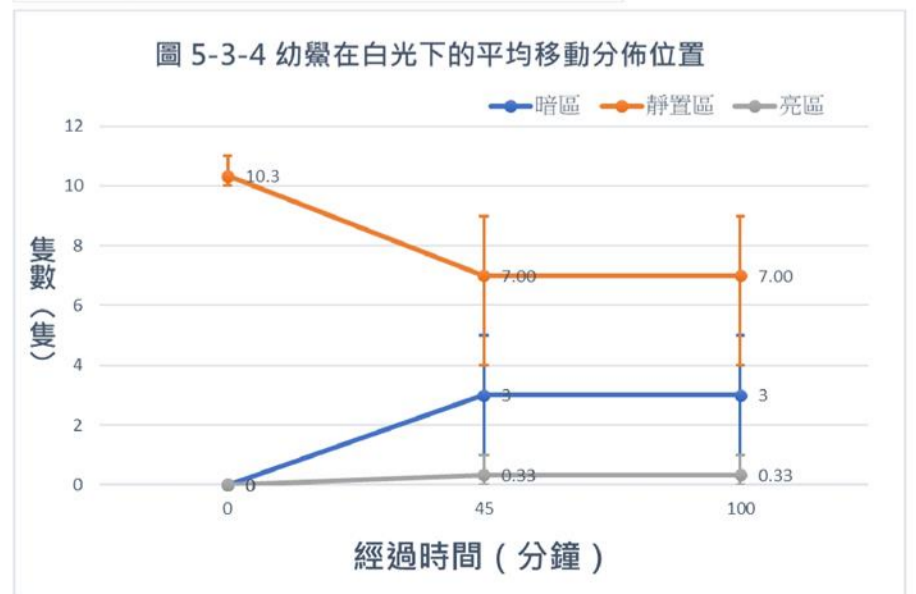
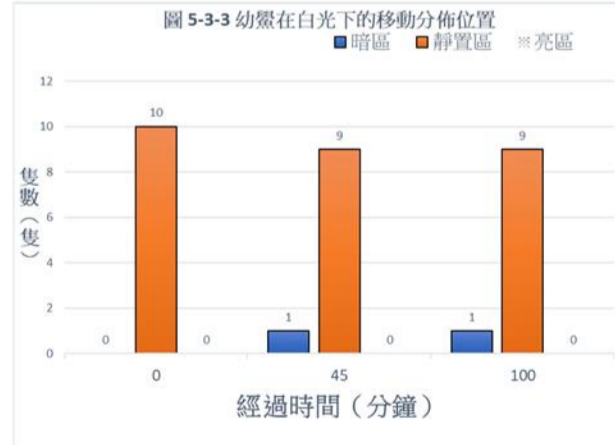
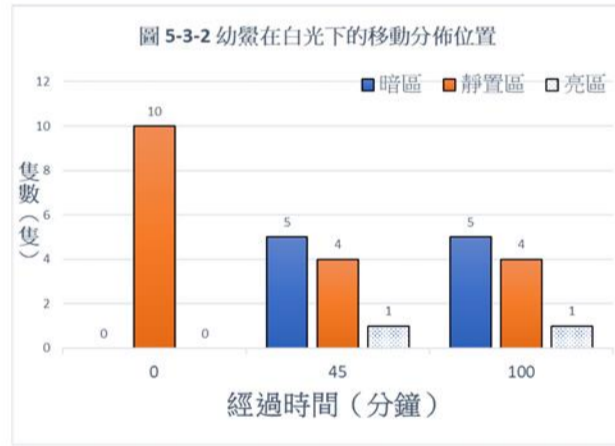
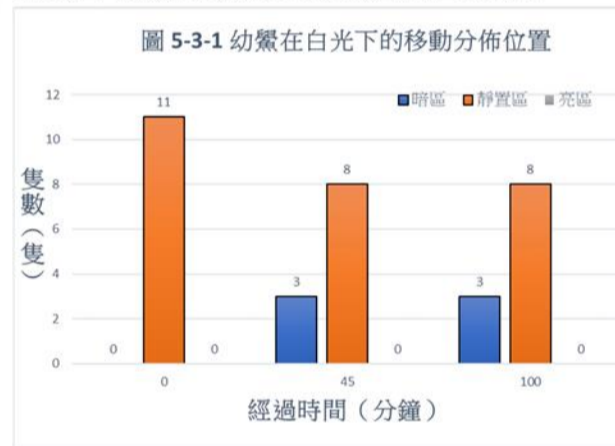
【實驗三】：幼蠶在不同亮度環境下是否出現趨避行為？

在實驗三中探討幼蠶在不同亮度環境下的對於白光的趨避行為，我們在不同日期，分別重複做 3 次實驗，實驗的結果如圖 5-3-1、圖 5-3-2 和圖 5-3-3 所示。在這第一次實驗中，我們可以發現隨著時間過去，11 隻裡有 8 隻停留在靜置區，3 隻幼蠶移到暗區，而在亮區沒有幼蠶出現。移動到暗區的 3 隻幼蠶中，只有 1 隻二齡蠶，其餘為一齡蠶。

在第二次實驗中，10 隻裡有 4 隻停留在靜置區，5 隻幼蠶移到暗區，而 1 隻一齡蠶移到亮區。移動到暗區的 5 隻幼蠶中，有 1 隻二齡蠶，其餘為一齡蠶。

第三次實驗中 10 隻裡面有 9 隻停留在靜置區，只有 1 隻移動到暗區，這一隻是二齡蠶。整體來看幼蠶會停留在照度適宜的區域，不會對光產生明顯的趨向或逃避的特性。

在明顯對白光表現趨避行為的蠶，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性。尤其是二齡蠶容易有出現移動到暗區的特性。

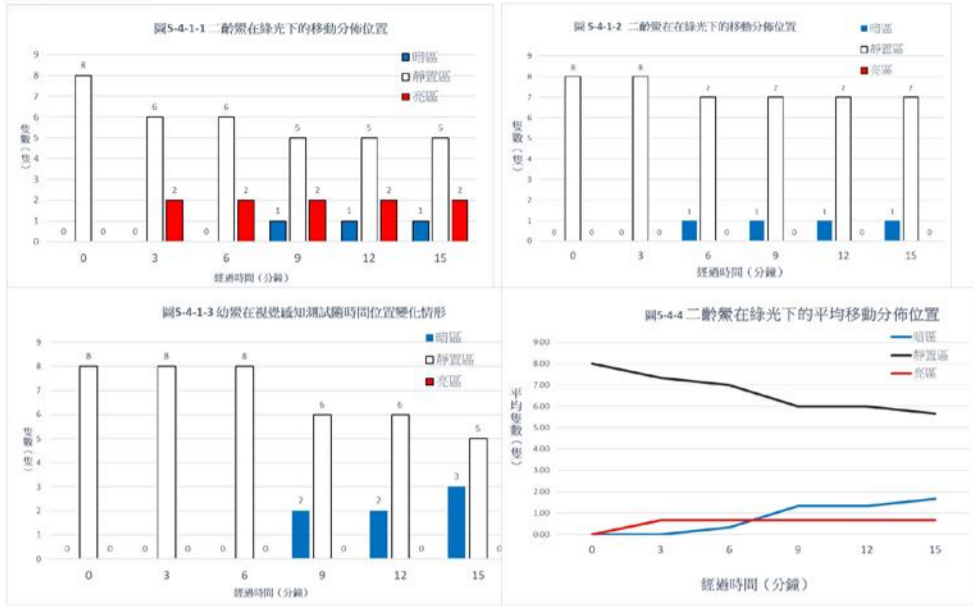


【實驗四之一】：幼蠶在綠色光環境下是否出現趨避行為？

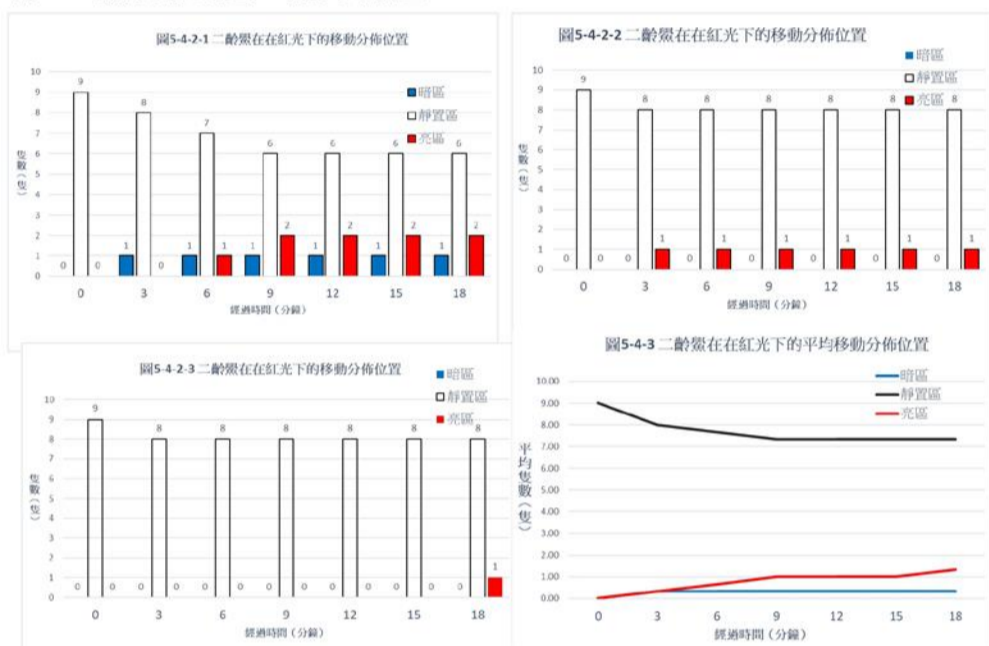
【實驗四之二】：幼蠶在紅色光環境下是否出現趨避行為？

【實驗四之三】：幼蠶在藍色光環境下是否出現趨避行為？

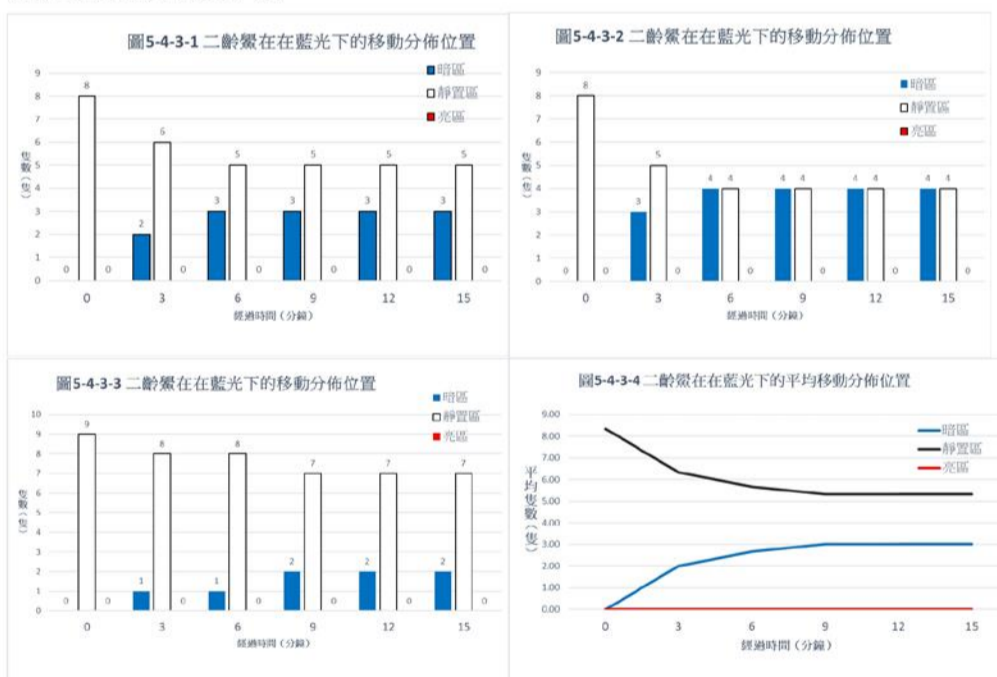
在實驗四之一裡，8隻二齡蠶在綠光環境下，大部分都會停留在靜置區，隨著時間過去，顯示有少數的蠶會向暗區移動。其移動的位置與關係圖，如圖5-4-1-1至圖5-4-1-3所示。三次實驗的二齡蠶在綠光下的平均移動分佈位置，如圖5-4-1-4所示，顯示部分二齡蠶有遠離綠光的特性。



在實驗四之二裡，9隻二齡蠶在紅光環境下，大部分的二齡蠶都會停留在靜置區，隨著時間過去，顯示有少數的蠶會向亮區移動。其移動的位置與關係圖，如圖5-4-2-1至圖5-4-2-3所示。三次實驗的二齡蠶在紅光下的平均移動分佈位置，如圖5-4-2-4所示，顯示部分二齡蠶有趨近紅光的特性。

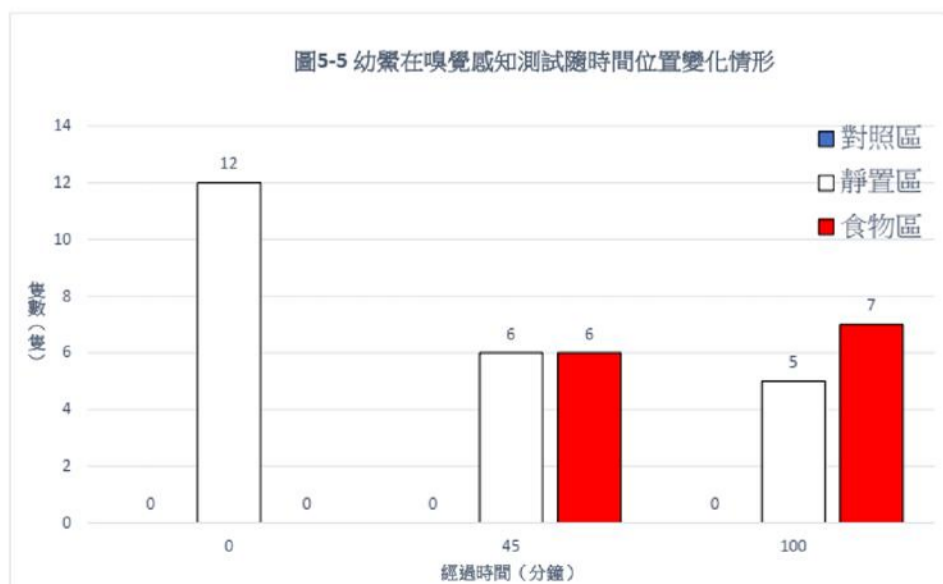


在實驗四之三裡，8隻二齡蠶在藍光環境下，大部分都會停留在靜置區，隨著時間過去，顯示有少數的蠶會向暗區移動。其移動的位置與關係圖，如圖5-4-3-1至圖5-4-3-3所示。三次實驗的二齡蠶在綠光下的平均移動分佈位置，如圖5-4-3-4所示，顯示部分二齡蠶有遠離藍光的特性。



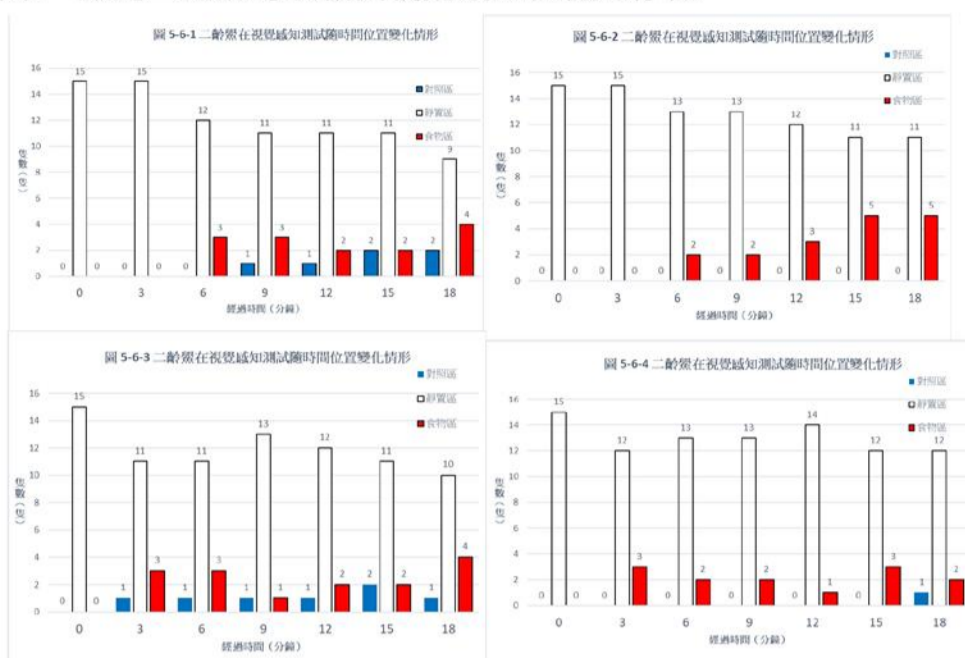
【實驗五】：二齡蠶是否能以嗅覺感知食物？

在實驗五的結果中，顯示 12 隻二齡蠶在第一次觀測時間裡，有 6 隻移動到食物區，其餘 6 隻停留在起始位置。在第二次觀測時間裡，累積到 7 隻移動到靠近食物區的一端，在整個過程中，沒有任何一隻蠶移動到靠近對照區的一端，其分佈位置與時間的關係圖，如圖 5-5 所示。顯見二齡蠶可以藉由嗅覺感知食物的存在。



【實驗六】：二齡蠶是否能以視覺感知食物？

在實驗六的結果中，顯示15隻二齡蠶在第一次觀測在第18分鐘時，有4隻移動到食物區。在第二次觀測於第18分鐘時，累積到5隻移動到靠近食物區的一端，在第三次觀測於第18分鐘時，累積到4隻移動到靠近食物區的一端，在第四次觀測於第18分鐘時，累積到2隻移動到靠近食物區的一端，其分佈位置與時間的關係圖，如圖5-6-1至圖5-6-4所示。四次實驗之時間位置與平均分佈隻數，如圖5-6-5所示。顯見二齡蠶可以藉由視覺感知食物的存在。



陸、結論與展望

一、結論

- (一) 蠶的受精卵在水溫恆定30°C環境下的孵化速率較隨室溫變的環境下明顯為快。
- (二) 本次的幼蠶孵化後，在經歷75天後陸續成長至二齡蠶，且二齡蠶數量的快速增加，在二齡蠶出現的14天裡，數量與時間顯示一次函數的線性關係，可視為成長的爆發期。
- (三) 幼蠶在不同亮度環境下，整體來看會喜歡停留在照度適宜的區域內，光亮度經測量約在10至50勒克斯的範圍內，不會對光產生明顯的趨向或逃避的特性。在少數明顯對白光表現趨避行為的幼蠶，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性。尤其是少數二齡蠶容易有出現移動到暗區的特性。
- (四) 二齡蠶在綠紅藍三種色光的環境下，如同白光，多數的蠶會喜歡停留在照度適宜的區域，不會對色光產生明顯的趨向或逃避的特性。在少數明顯對色光表現趨避行為的蠶，對綠光與藍光較會表現逃避的特性，呈現向暗區移動，對紅光則有趨近的特性。
- (五) 二齡蠶能以嗅覺感知食物的位置並朝其方向移動接近。
- (六) 二齡蠶能以視覺感知食物的位置並朝其方向移動接近。

二、展望

在本次的研究裡，二齡蠶在綠紅藍三種色光的環境下，少數蠶表現出對色光有趨避行為，這個與之前莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君 (1998) 在金門野外觀察結果不同，是否為能在觀察樣本數更多的條件下，進行相同實驗，是未來可再進一步深入研究的地方。另外，本次研究結果顯示，幼蠶對白光的反應裡，在少數明顯對白光表現趨避行為的幼蠶，大多是向暗區移動，對白光呈現逃避的特性，此結果也與莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君 (1998) 在金門野外觀察結果不同，其中造成結果差異的原因，是否為室內與戶外生長環境不同所致，也有待未來進一步的研究。另外，在做幼蠶是否能以視覺感知食物的實驗裡，在每次實驗結束後，最快需要等30分鐘以上，才能再次做相同的實驗，否則不會呈現明顯的感知移動現象。這段實驗間的不反應等待時間，是否為蠶有記憶學習能力所致，或是因其他動物行為的因素影響，也是待未來進一步的研究探討。

柒、參考資料

1. 有影秀台灣-守蠶的人-中集 (2013) 農業虛擬博物館。
<https://www.youtube.com/watch?v=1y7wHrH3Kjw>
2. 洪承欣、陳昱禧 (2018)。光耀「蠶」世—金門三棘蠶自體螢光現象之探究。全國中小學科展。
3. 莊曜陽、翁嘉謙、翁文慶、李龍君 (1998)。潮間帶的鐵甲武士~水頭沿海中國蠶 (Tachypleus Tridentatus) 的生殖與族群動態之研究。全國中小學科展。
4. 陳章波、邱琬淑、葉欣宜。(2016)。蠶的保育與復育。行政院農委會林務局自然保育網。
<https://conservation.forest.gov.tw/0001650>
5. 游品清 (2008)。蠶之生態與在醫學上之應用介紹。行政院農業委員會全球資訊網。
<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=13598&print=Y>
6. 謝明昌、張志堅、林金榮、陳其欽、黃丁士、蔡萬生 (2011)。蠶的研究與應用。水試專訊，33，11-15