

新竹市第四十四屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科別：生物科

組別：國中甲組

作品名稱：水中的「斑馬效應」探討靜態與動態視覺刺激對水生節肢動物趨性的影響

關鍵詞：複眼、趨光性、節肢動物

編號：115JA-B002

## 摘要

本研究以蚌蟲和米蝦為實驗對象，探討靜態與動態的黑白圖案對這兩種節肢動物趨性的影響。在靜態背景下，蚌蟲展現出趨光性，停留時間長短依序為：明亮區>明暗交錯區>黑暗區。米蝦則表現出負趨光性，停留時間與蚌蟲相反。在實驗圖案尺寸上，無論圖案的大小如何改變，皆不會影響兩者的停留時間，說明牠們的選擇主要是受環境整體的亮度所影響。另一方面，動態環境並未改變兩者在靜態環境下的趨向，我們推論此現象源於生存習性：面對潛在危險時，兩者傾向維持原有棲地偏好以求穩定，而非展現主動趨避，說明環境光感優先於動態訊息處理。

# 壹、前言

## 一、研究動機：

在研究斑馬的相關文獻時，我們注意到一個重要觀點：黑白條紋對馬蠅的降落控制造成干擾，使其難以順利著陸。這引起我們思考，若高對比的條紋圖案能影響昆蟲行為，那麼是否同樣會對具有複眼結構的水生節肢動物產生特定反應，尤其是在類似視覺刺激的情境下。基於這一假設，我們參考斑馬研究中的實驗方法，設計了以下實驗。

## 二、研究目的：

我們以蚌蟲及米蝦為研究對象，觀察水生節肢動物在下列不同類型的明暗交錯環境下，是否有行為趨性差異，以探討複眼視覺的特殊性。

### (一)靜態明暗背景環境對水生節肢動物移動趨性的影響

- 1.條紋背景環境對移動趨性的影響
- 2.方格背景環境對移動趨性的影響
- 3.條紋與方格背景對移動趨性差異
- 4.條紋或方格大小對移動趨性差異

### (二)動態明暗背景環境對水生節肢動物移動趨性的影響

- 1.移動條紋背景環境對移動趨性的影響
- 2.條紋移動方向對移動趨性的影響

### (三)比較靜態與動態條紋環境對移動趨性影響的差異性

### 三、文獻回顧：

#### (一)、斑馬對於節肢動物的影響

學界對於斑馬條紋的演化用途有許多爭論，像是偽裝、擾亂捕食者、社交識別及體溫調節等。而近年來提出的文獻中，將演化的用途轉向「防禦吸血性節肢動物」的攻擊。由於許多小型節肢動物（如馬蠅等.....）在非洲環境中常攜帶對馬科動物的傳染病，且斑馬的毛皮比較薄，易受節肢動物的叮咬，因此條紋被視為是一種視覺防禦的方式。

本研究（文獻一）透過對照實驗後發現，條紋並不是在遠距離產生「隱身」效果，而是在近距離影響節肢動物的降落行為。節肢動物在飛行時極度依賴視覺來判斷距離與速度。黑白相間的條紋會導致馬蠅在接近目標時產生視覺錯覺，無法正確感知目標表面的距離與運動狀態。影片分析顯示，馬蠅在接近純色的馬時，會有明顯的減速動作並平穩的降落，但在接近條紋的表面時，馬蠅無法及時減速，導致飛行的路徑混亂。

#### (二)、蚌蟲生長環境

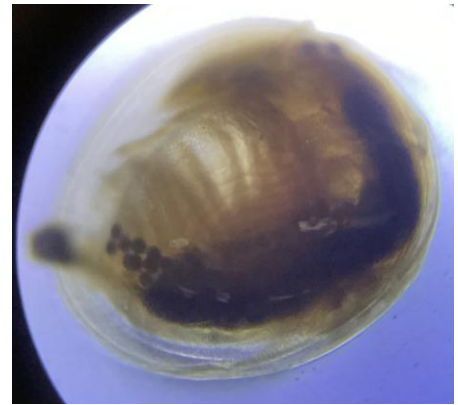
此研究(文獻二)研究主要探討陽明山向天池這種暫時性池塘中，特殊生物「蚌蟲」的分類及其生長受溫度的影響。研究經形態比對，初步鑑定出向天池共有兩種蚌蟲，分別為貓眼蚌蟲（*Lynceus biformis*）與真湖蚌蟲（*Eulimnadia sp.*）。透過野外採集與實驗室的孵育觀察，研究發現蚌蟲的生長曲線呈 S 型，且 20 至 25°C 為其最適合生長的溫度。在 20°C 時，幼蟲生長速率最快且體型最大，但壽命略短，相對而言，15°C 的低溫環境則不利於其生長。這項研究顯示了對向天池的蚌蟲來說，溫度對其族群發展有很大的關係。

## 貳、研究設備及器材

### 一、實驗物種介紹

#### (一)真湖蚌蟲(學名：*Eulimnadia braueriana*)

小型淡水甲殼類動物，屬於鰓足綱、雙甲目、真湖蚌蟲科、真湖蚌蟲屬。牠們主要棲息於暫時性池塘等水域，在台灣的陽明山向天池等地有分佈。本次實驗的真湖蚌蟲在 11/9 取自陽明山向天池。(採集證請見附件一)



圖(一)

#### (二)米蝦(學名：*Caridina cantonensis*)

屬於軟甲綱、十足目、匙指蝦科、米蝦屬，是一個淡水蝦類。廣泛分佈於亞洲、大洋洲及非洲的熱帶或亞熱帶水域。天生喜好躲藏在茂密的水生植物、沉木與石縫中，本次實驗的米蝦是由購買取得。

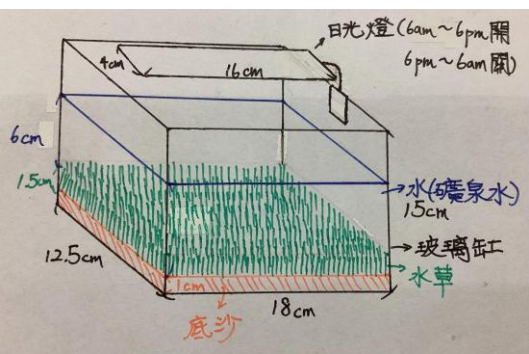
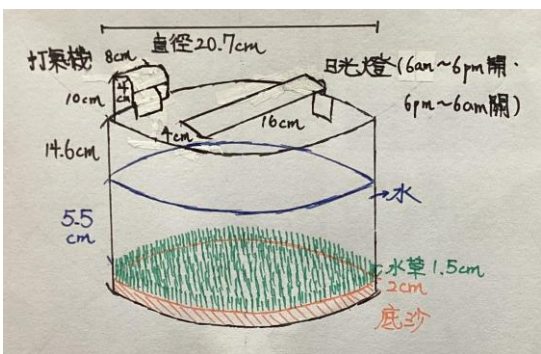
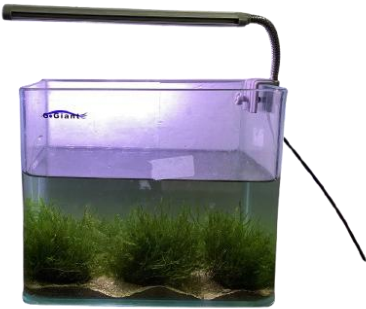



圖(二)

二、實驗器材：

物品	水草肥料	硝化菌	水草
介紹	自然生長<水草冠軍>	超級硝化活菌冠軍 2	三角莫斯 (學名： <i>Vesicularia filicina</i> ) 聖誕莫斯 (學名： <i>Vesicularia montagnei</i> )

三、飼養裝置：

蚌蟲飼養缸示意圖	米蝦飼養缸示意圖
	
蚌蟲飼養缸照片	米蝦飼養缸照片
	

#### 四、蚌蟲飼養方式：

(一)光照週期：每日早上 6：00 打開飼養缸燈，每日晚上 18：00 關燈

(二)硝化菌加入頻率：每周一、四加入 0.3ml

(三)綠藻水餵食：每日餵食 15ml

(四)綠藻水培養：每日加入 0.008ml 水草肥料 / 400ml 水

藻水培養：藻水：水=1：3

放在半日曬的位置(不能有強光直射)

(五)換水頻率：每周一、四換水 1000ml(若水質汙濁，視情況調整)

(六)pH 值測量頻率：無換水日每日測一次，有換水日分別在換水前、換水後各測一次

(七)如蚌蟲全部死光後，可把底沙曬乾加水(底沙中有蚌蟲卵休眠，曬乾之後加水可重新孵化)

#### 五、米蝦飼養方式：

(一)光照週期：每日早上 6：00 開啟，每日晚上 18：00 關閉飼養缸燈

(二)硝化菌加入頻率：每周一、四加入 0.6ml

(三)飼料餵食：每周一、四餵食半茶匙

## 參、研究過程與方法

我們在實驗容器的底部設置了黑白條紋、方格和純色紙(黑、白色)不同圖案，模擬不同的視覺複雜程度，再觀察米蝦在這些底部樣式下的分布情況。希望能夠驗證這些圖案對其停留的時間與位置是否存在影響，並進一步探索視覺干擾的現象是否在水中也會發生。

前置實驗步驟：地磁方向對水生節肢動物移動趨性的影響

- (一)設置背景環境: 將水盆底部分為純色與條紋(1cm 黑白條紋相間)兩側，純色側固定不動，條紋側則用平板播放移動(移動方向有由內向外、由外向內兩種)的影片，如圖 3-2。
- (二)將十隻米蝦或蚌蟲放到水盆中央，以中線為界，記錄兩分鐘內米蝦或蚌蟲分別停留在兩邊底部的時間。
- (三)將背景環境轉 90 度，重複觀測米蝦或蚌蟲停留在兩邊底部的時間。
- (四)取另十隻米蝦重複步驟(一)到(三)操作，共操作五次實驗。
- (五)比較米蝦或蚌蟲分別停留在兩邊底部的時間。

一、靜態明暗背景環境對單隻水生節肢動物移動趨性的影響

\*實驗裝置如圖 3-1

- (一)設置背景環境:將純色紙與條紋紙/方格紙分別鋪在桌面兩邊，用白色模擬明亮環境，黑色模擬黑暗環境，不同粗細、大小的黑白條紋和方塊則模擬不同的視覺複雜度。
- (二)將水盆的中線對齊紙中央，兩邊分別用不同的純色紙與條紋紙/方格紙包覆塑膠盆，並將水加至水缸 4cm 處，如圖 3-1。
- (三)將一隻蚌蟲/米蝦放到水盆中央，以中線為界，記錄兩分鐘內蚌蟲/米蝦分別停留在兩邊底部的時間。
- (四)數據整理並以 Excel 進行資料分析及繪製統計圖
- (五)取另一隻蚌蟲/米蝦重複步驟(一)到(四)操作，共採用 5 隻蚌蟲/米蝦個別操作實驗。

二、動態明暗背景環境對單隻水生節肢動物移動趨性的影響

\*實驗裝置如圖 3-1

- (一)設置背景環境: 將水盆底部分為純色與條紋(1cm 黑白條紋相間)兩側，純

色側固定不動，條紋側則用平板播放移動(移動方向有由內向外、由外向內兩種)的影片，如圖 3-2。

(二)將一隻米蝦放到水盆中央，以中線為界，記錄兩分鐘內米蝦分別停留在兩邊底部的時間。

(三)數據整理並以 Excel 進行資料分析及繪製統計圖。

(四)取另一隻米蝦重複步驟(一)到(三)操作，共採用 5 隻米蝦個別操作實驗。

### 三、靜態明暗背景環境對水生節肢動物群體移動趨性的影響

考量單隻動物與動物群體的移動趨性可能不同，我們同時放置多隻米蝦模擬群體做移動實驗，\*實驗裝置如圖 3-1 步驟如下:

(一)設置背景環境:將純色紙與條紋紙/方格紙分別鋪在桌面兩邊，用白色模擬明亮環境，黑色模擬黑暗環境，不同粗細、大小的黑白條紋和方塊則模擬不同的視覺複雜度。

(二)將水盆的中線對齊紙中央，兩邊分別用不同的純色紙與條紋紙/方格紙包覆塑膠盆，並將水加至水缸 4cm 處，如圖 3-1。

(三)將 10 隻米蝦放到水盆中央，以中線為界，記錄兩分鐘內停留在兩邊底部的米蝦隻數變化。

(四)數據整理並以 Excel 進行資料分析及繪製統計圖

(五)取另外 10 隻米蝦重複步驟(一)到(四)操作，共操作三次實驗。

### 四、動態明暗背景環境對水生節肢動物群體移動趨性的影響

(一)設置背景環境:將水盆底部分為純色與條紋(1cm 黑白條紋相間)兩側，純色側固定不動，條紋側則用平板播放移動(移動方向有由內向外、由外向內兩種)的影片，如圖 3-2。

(二)將十隻米蝦放到水盆中央，以中線為界，記錄兩分鐘內米蝦分別停留在兩邊底部的時間。

(三)數據整理並以 Excel 進行資料分析及繪製統計圖。

(四)取另一隻米蝦重複步驟(一)到(三)操作，共採用 10 隻米蝦個別操作實驗。

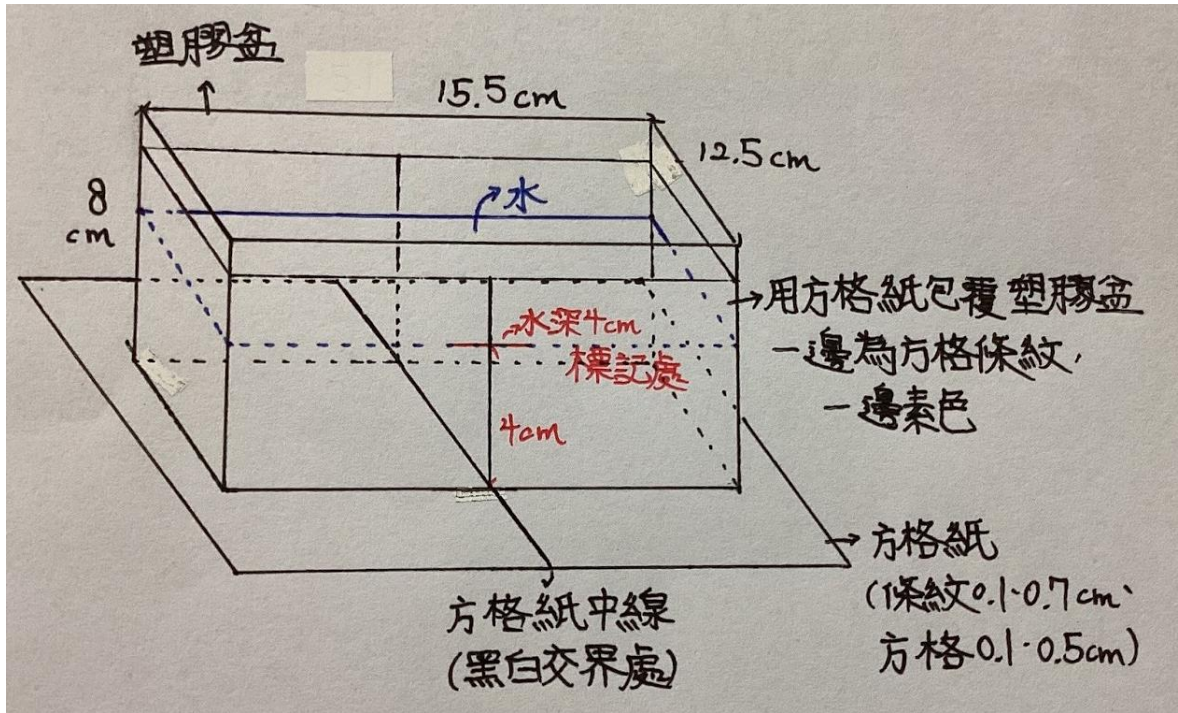


圖 3-1 靜態實驗裝置圖

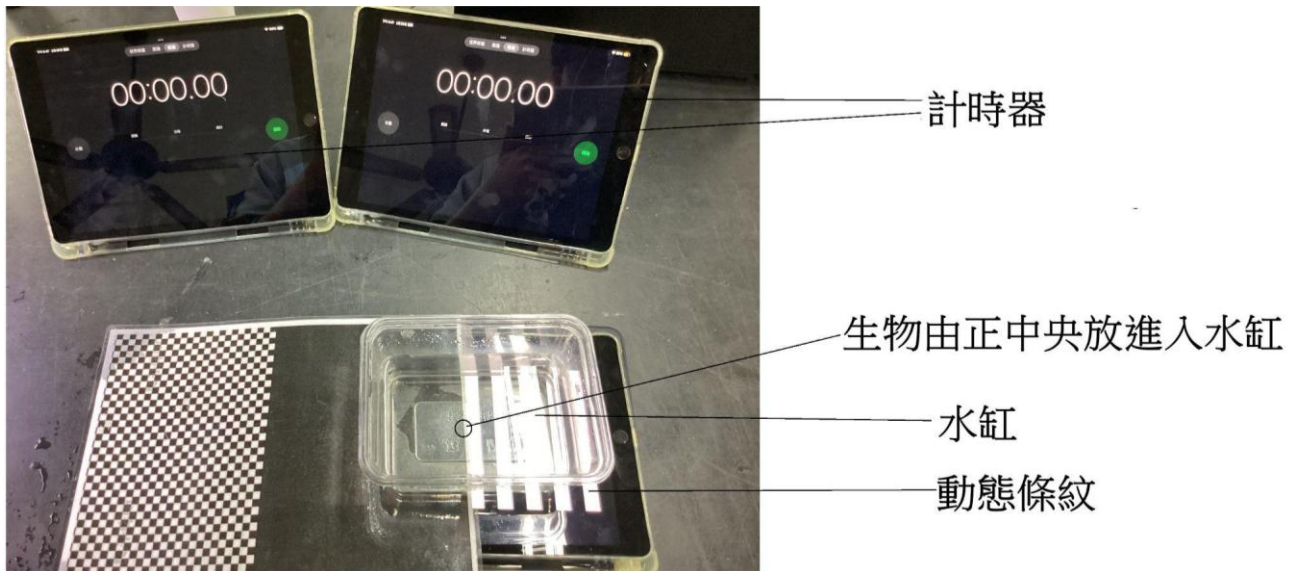


圖 3-2 動態實驗裝置圖

## 肆、研究結果

### 一、前置實驗：

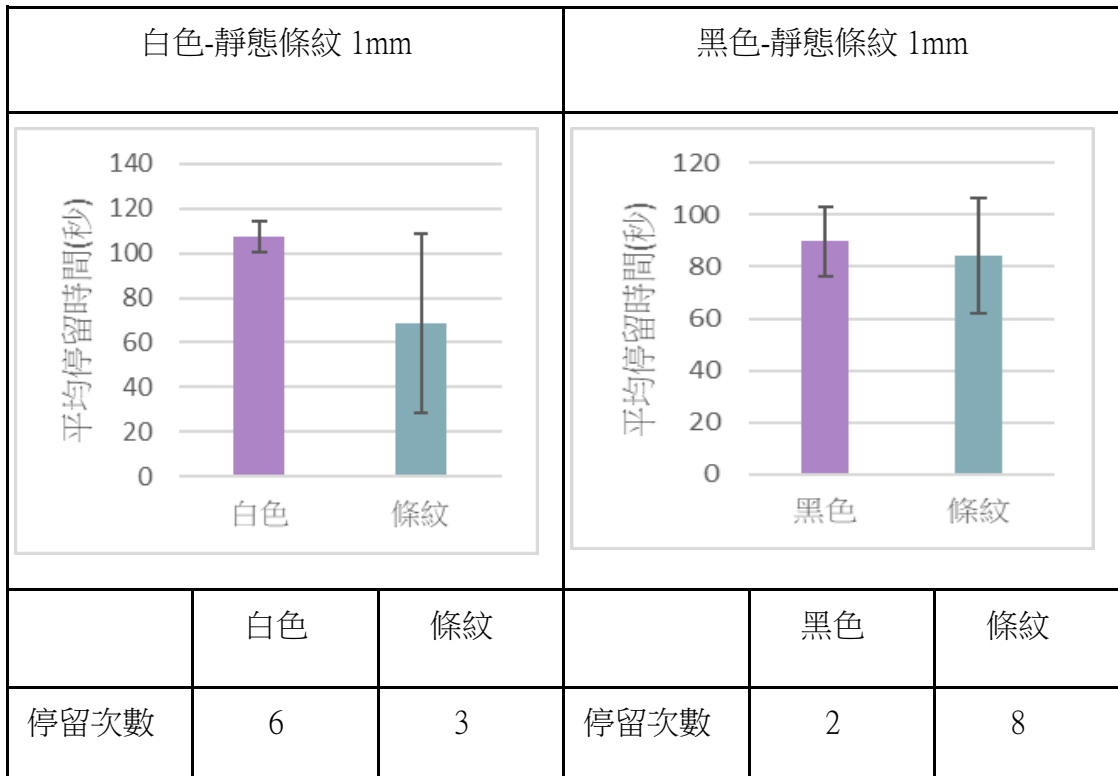
探討米蝦的移動行為是否會受到地磁影響

	白色西南		白色東北		黑色西南		黑色東北	
	白色	條紋方格	白色	條紋方格	黑色	條紋方格	黑色	條紋方格
停留次數	5	5	5	4	5	5	5	3
停留平均 時間	17.87	42.59	32.47	33.82	99.54	16.90	65.60	33.36

由此實驗可知：地磁方位對於米蝦的行為無顯著影響，但與環境的明暗程度相關，因此之後的實驗將不考慮地磁對行為的影響。

## 二、靜態條紋背景環境對水生節肢動物移動趨性的影響

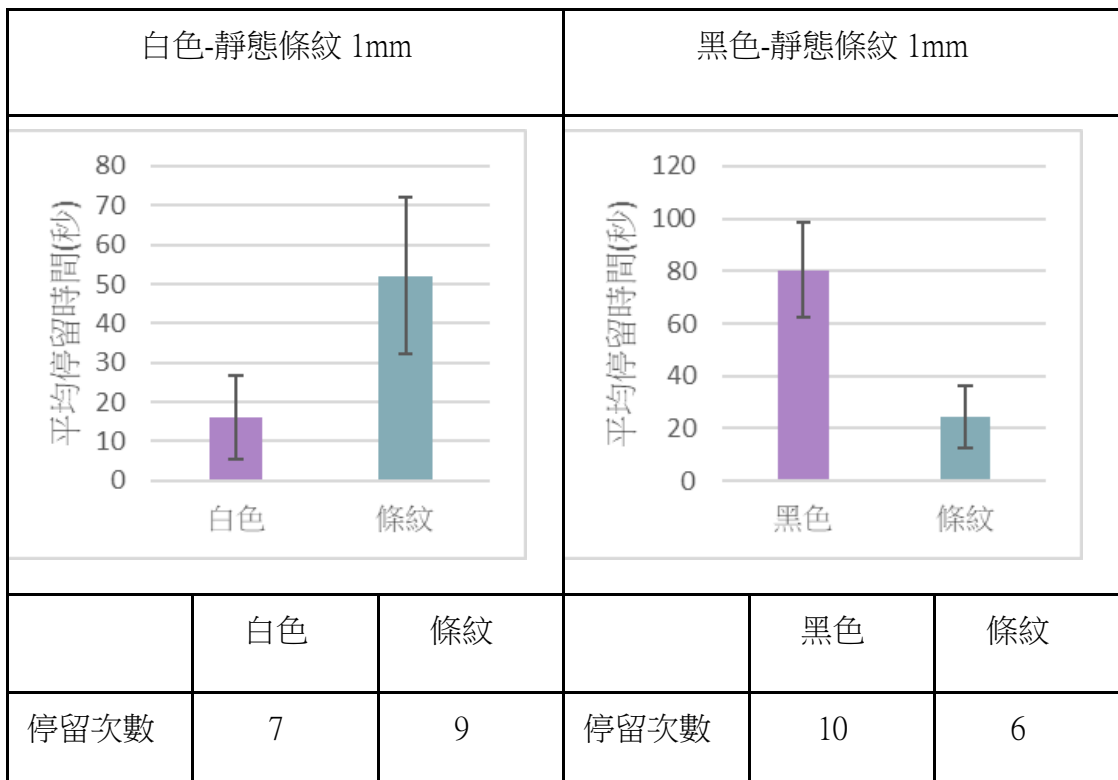
### (一)靜態條紋對於單隻蚌蟲移動趨性的影響



由以上結果可知：

- 1.在明亮(白色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，蚌蟲停留在明亮環境的次數較多，且停留時間較長。
- 2.在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，蚌蟲停留在明暗交錯環境的次數較多。

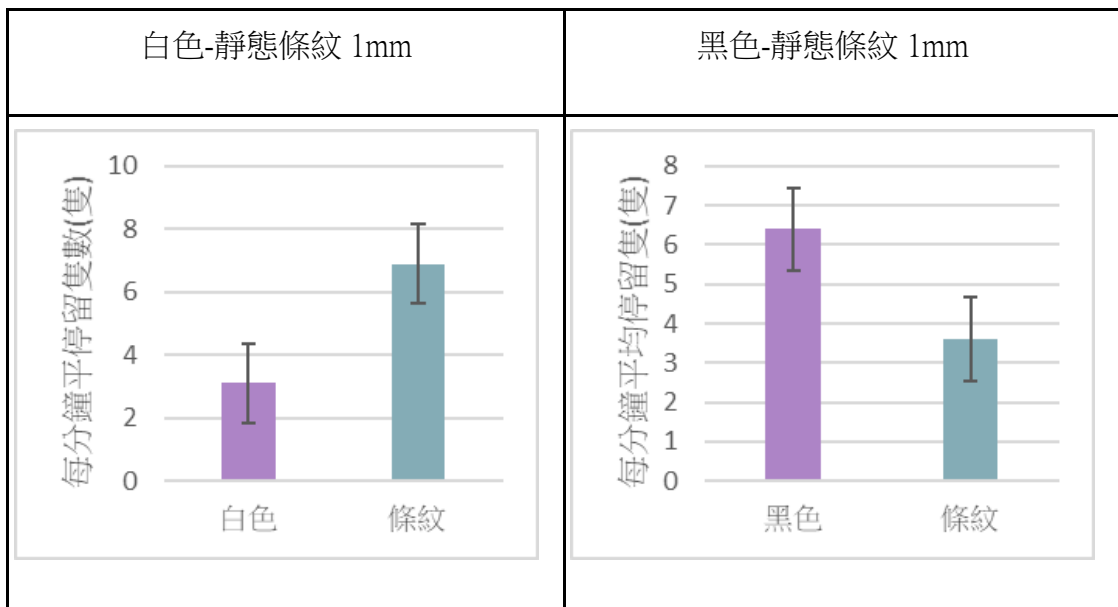
(二)靜態條紋對於單隻米蝦移動趨性的影響



由以上結果可知:

- 1.在明亮(白色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，米蝦停留在明暗交錯環境次數較多，且停留時間較長。
- 2.在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，米蝦停留在黑暗環境次數較多，且停留時間較長。

(三)靜態條紋對於米蝦群體移動趨性的影響

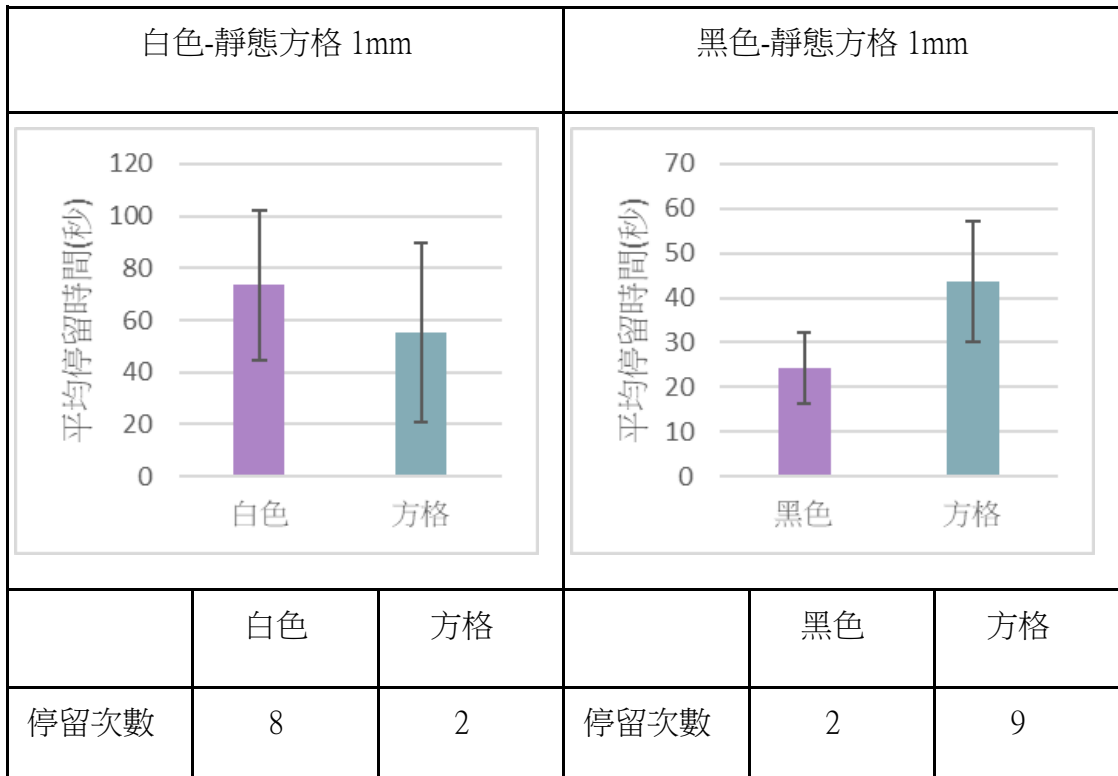


由以上結果可知:

- 1.在明亮(白色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，群體中的米蝦有較多個體停留在明暗交錯環境。
- 2.在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，群體中的米蝦有較多個體停留在黑暗環境。

## 二、靜態方格背景環境對水生節肢動物移動趨性的影響

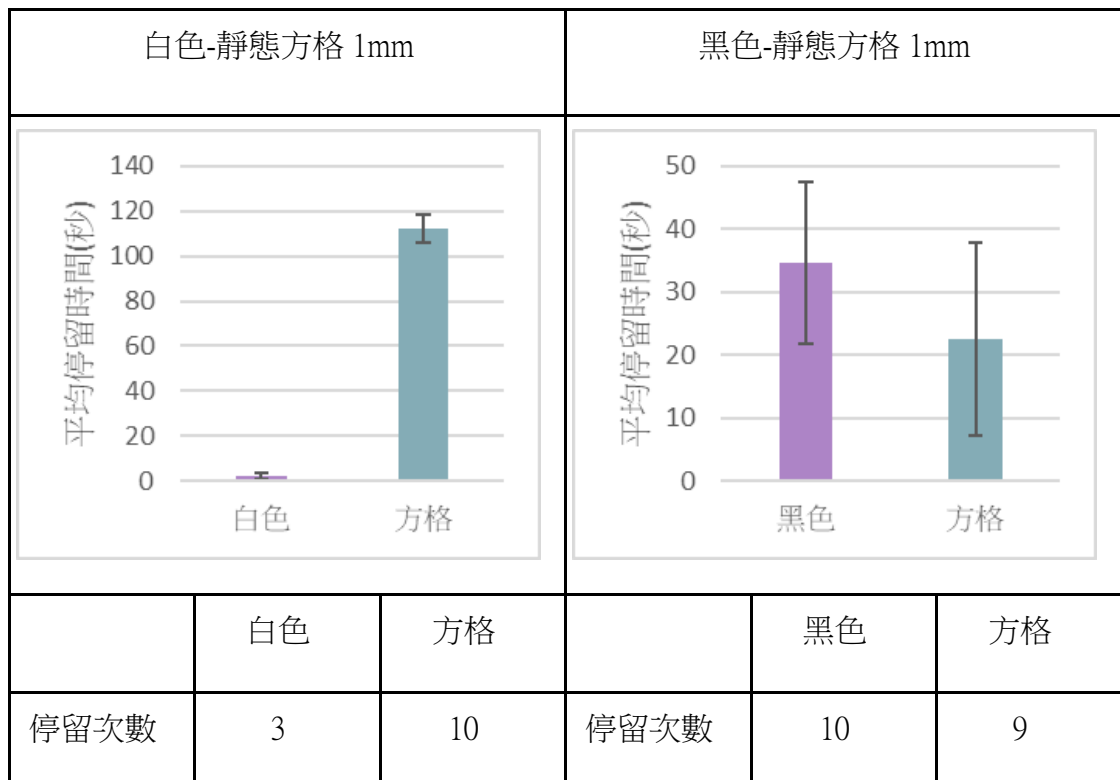
### (一)靜態方格對於單隻蚌蟲移動趨性的影響



由以上結果可知:

- 1.在明亮(白色)與明暗交錯(方格)的靜態背景環境下，蚌蟲停留在明亮環境次數較多，停留時間較長。
- 2.在黑暗(黑色)與明暗交錯(方格)的靜態背景環境下，蚌蟲停留在明暗交錯環境次數較多，停留時間較長。

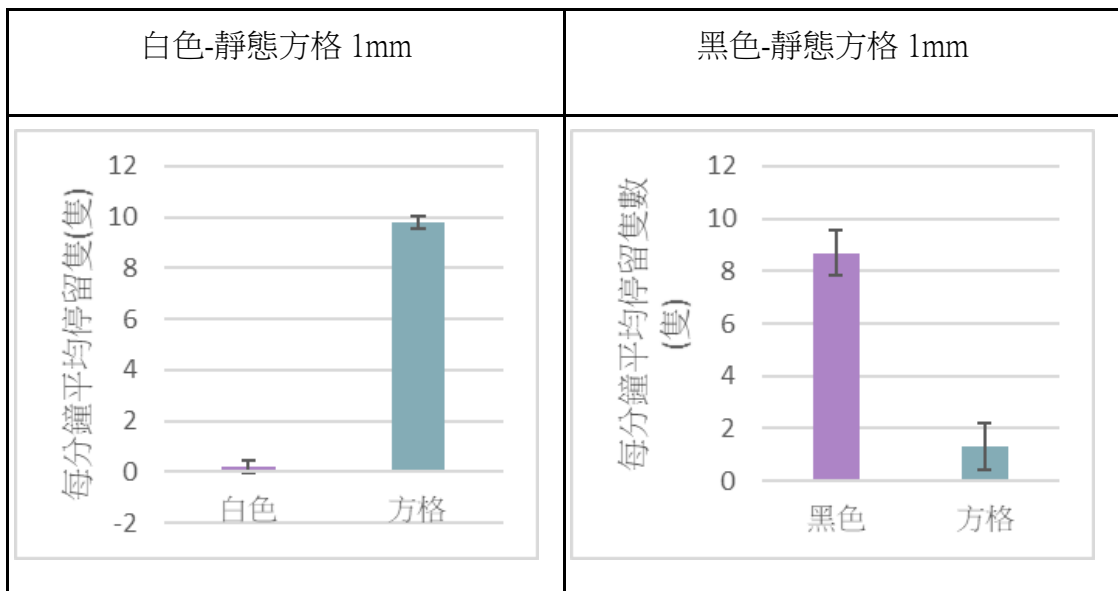
(二)靜態方格對於單隻米蝦移動趨性的影響



由以上結果可知:

- 1.在明亮(白色)與明暗交錯(方格)的靜態背景環境下，米蝦停留在明暗交錯環境的次數較多，停留時間較長。
- 2.在黑暗(黑色)與明暗交錯(方格)的靜態背景環境下，米蝦停留在黑暗環境次數較多，停留時間較長。

(三)靜態方格對於米蝦群體移動趨性的影響

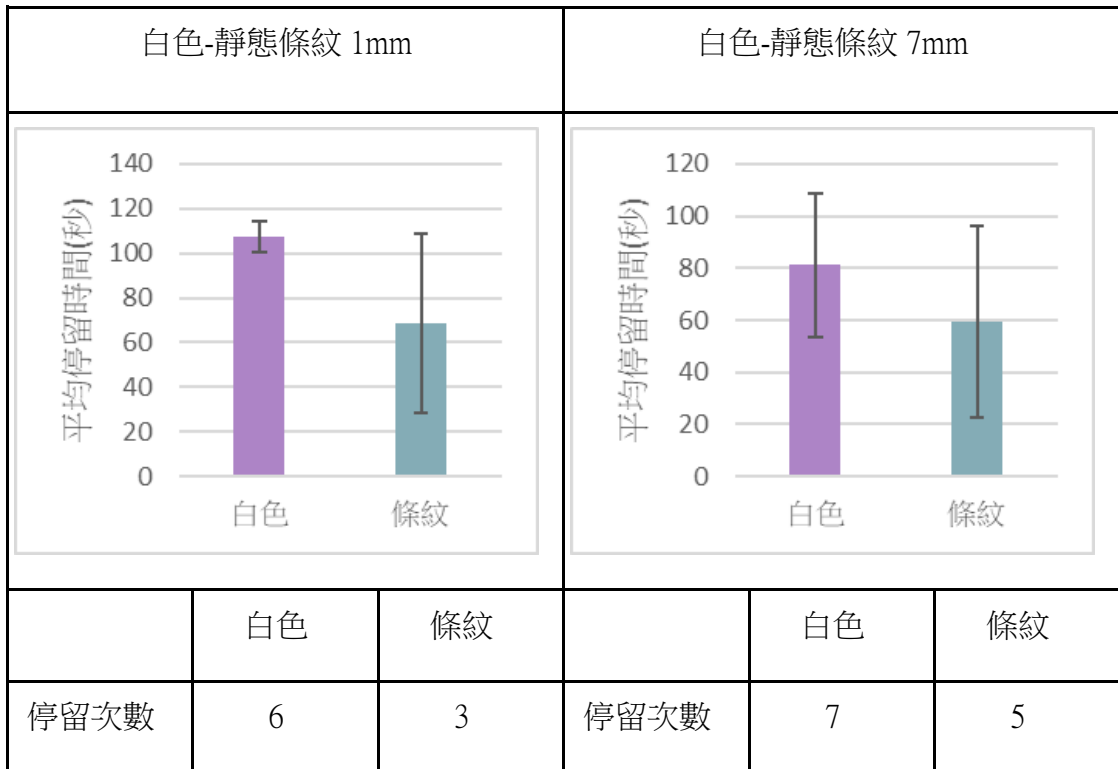


由以上結果可知:

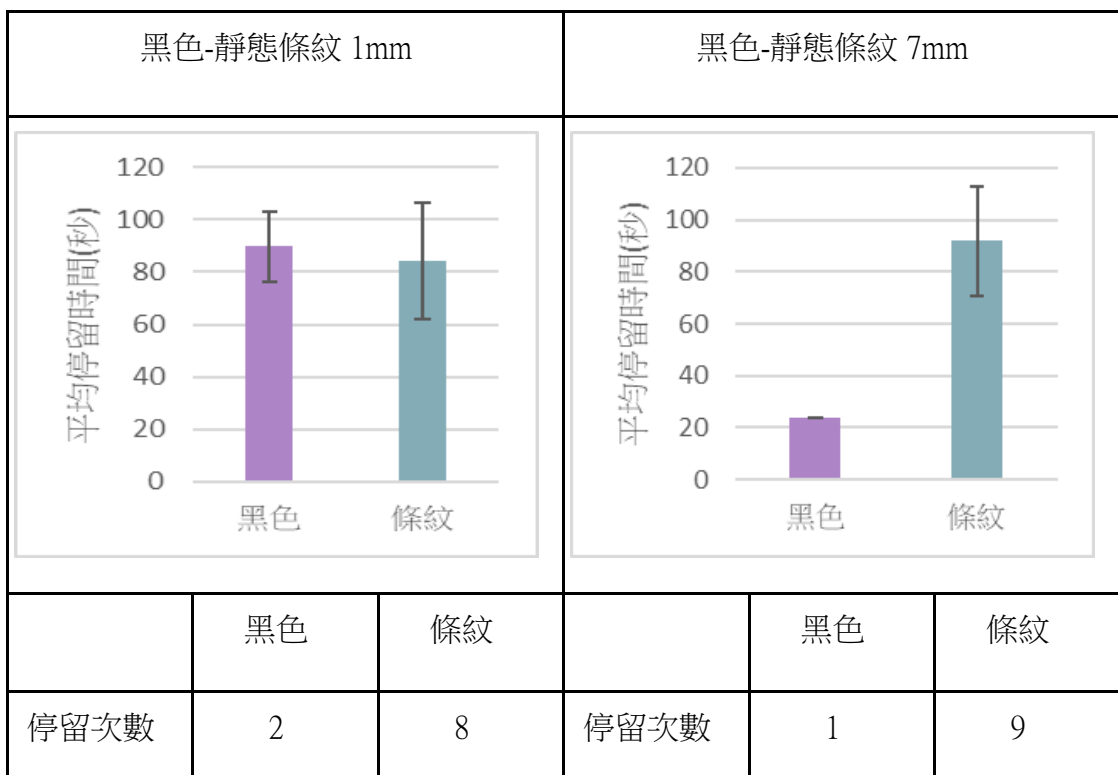
- 1.在明亮(白色)與明暗交錯(方格)的靜態背景環境下，群體中的米蝦有較多個體停留在明暗交錯環境。
- 2.在黑暗(黑色)與明暗交錯(方格)的靜態背景環境下，群體中的米蝦有較多個體停留在黑暗環境。

### 三、靜態不同黑白間隔背景對單隻水生節肢動物趨性的影響

#### (一)靜態不同條紋粗細背景對單隻蚌蟲趨性的影響

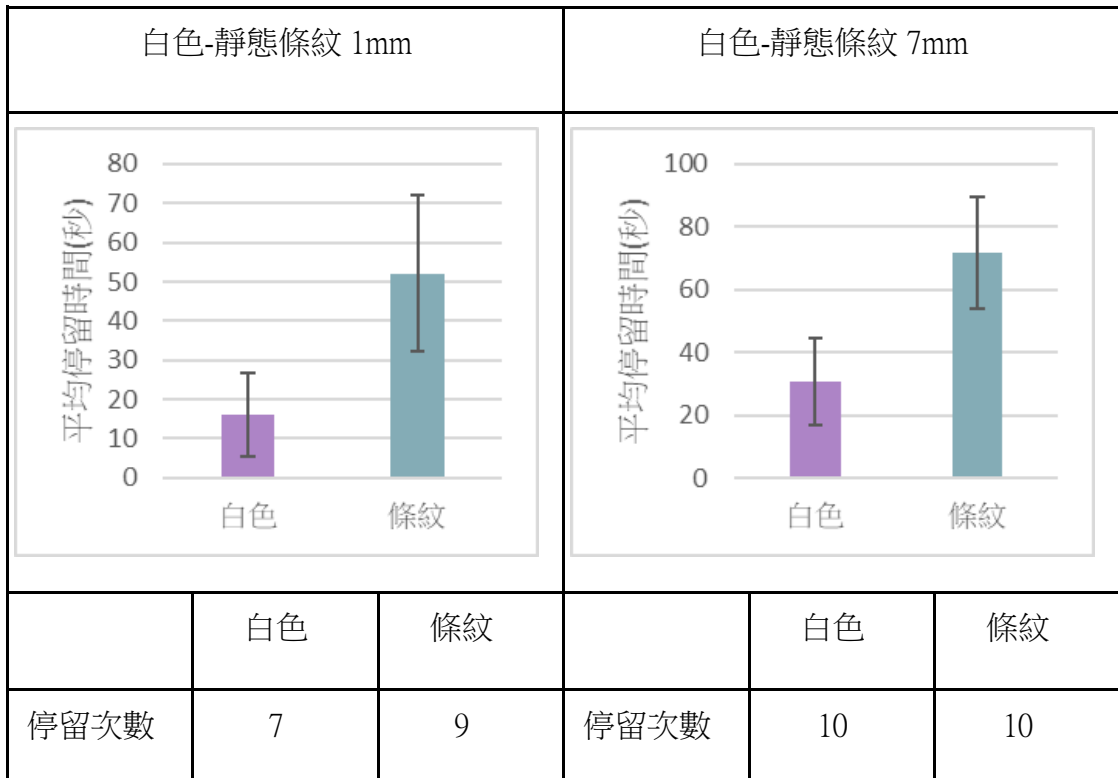


由以上結果可知:在明亮(白色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，不論黑白間隔大小(條紋粗細)，蚌蟲停留在明亮環境次數均較多，停留時間也較長。

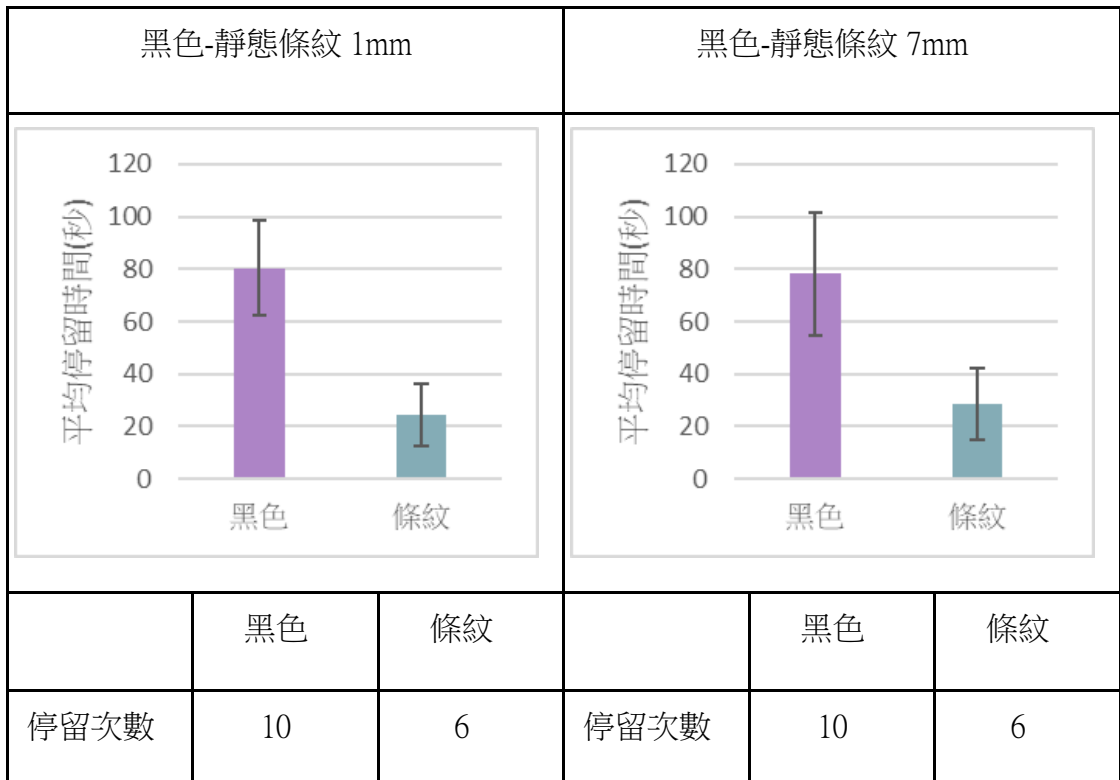


由以上結果可知:在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，不論黑白間隔大小(條紋粗細)，蚌蟲停留在明暗交錯環境次數均較多。

(二)靜態不同條紋粗細背景對單隻米蝦趨性的影響



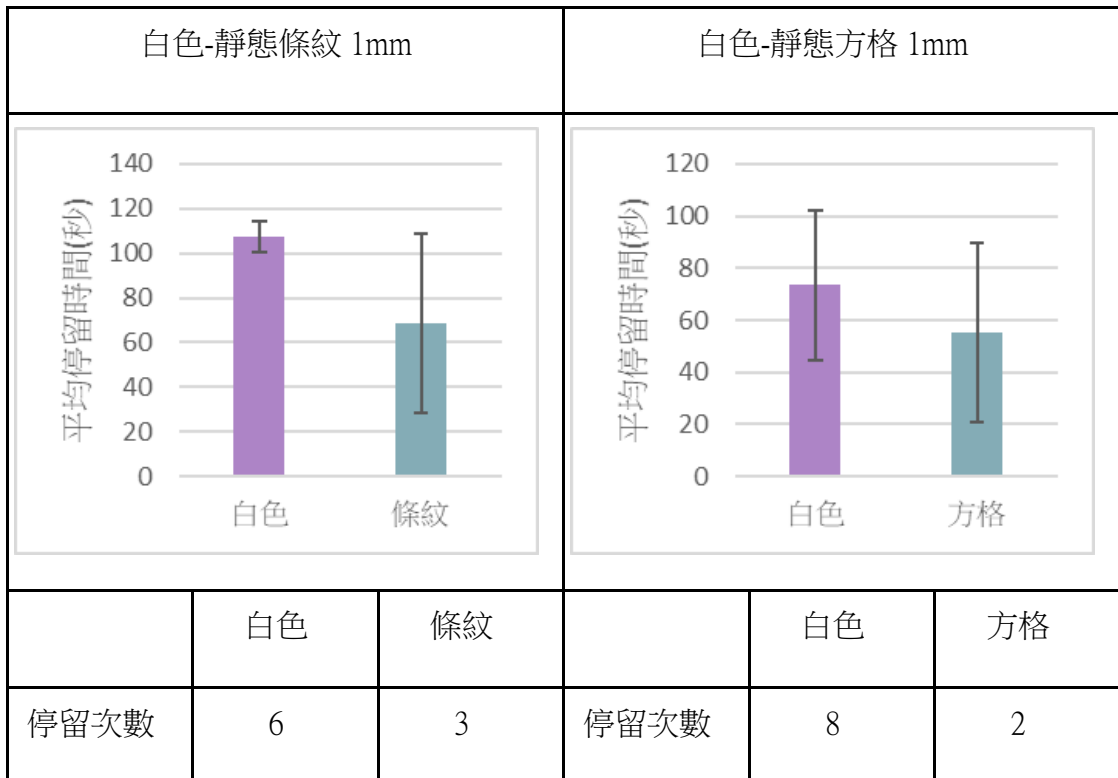
由以上結果可知:在明亮(白色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，不論黑白間隔大小(條紋粗細)，米蝦停留在明暗交錯環境次數較多，時間均較長。



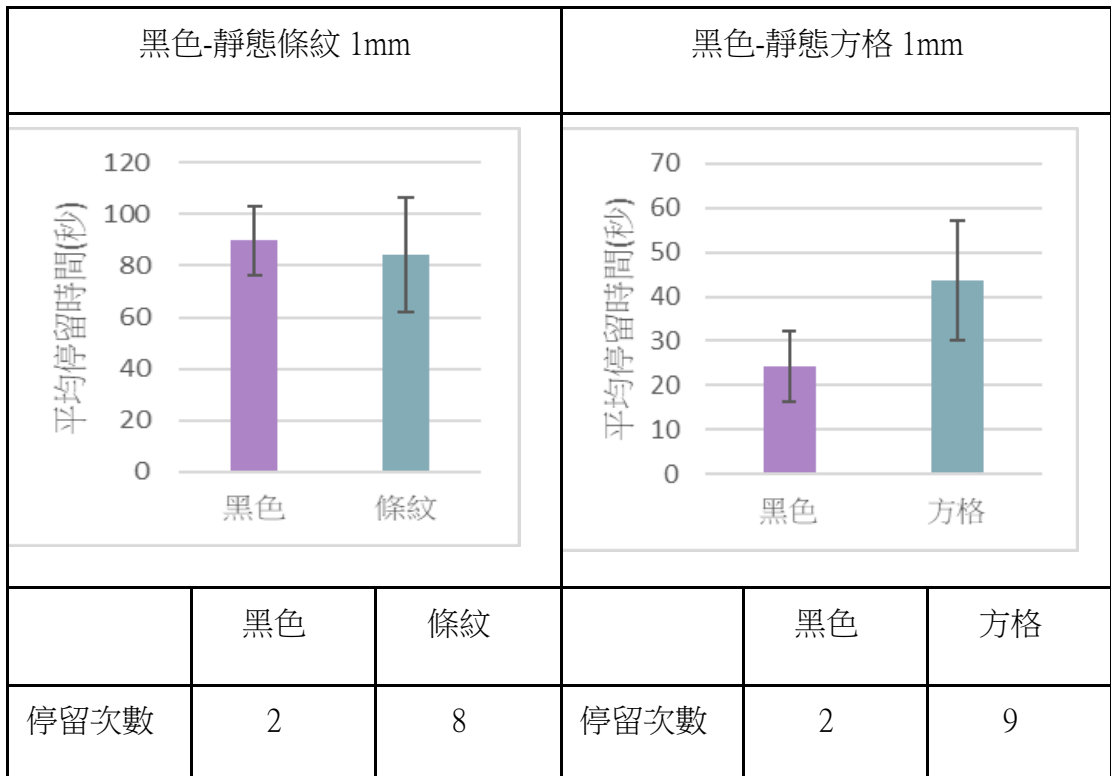
由以上結果可知:在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋)的靜態背景環境下，不論黑白間隔大小(條紋粗細)，米蝦停留在黑暗環境次數較多，時間均較長。

#### 四、靜態不同黑白底部圖案背景對單隻水生節肢動物趨性的影響

##### (一)靜態不同黑白底部圖案背景對單隻蚌蟲趨性的影響

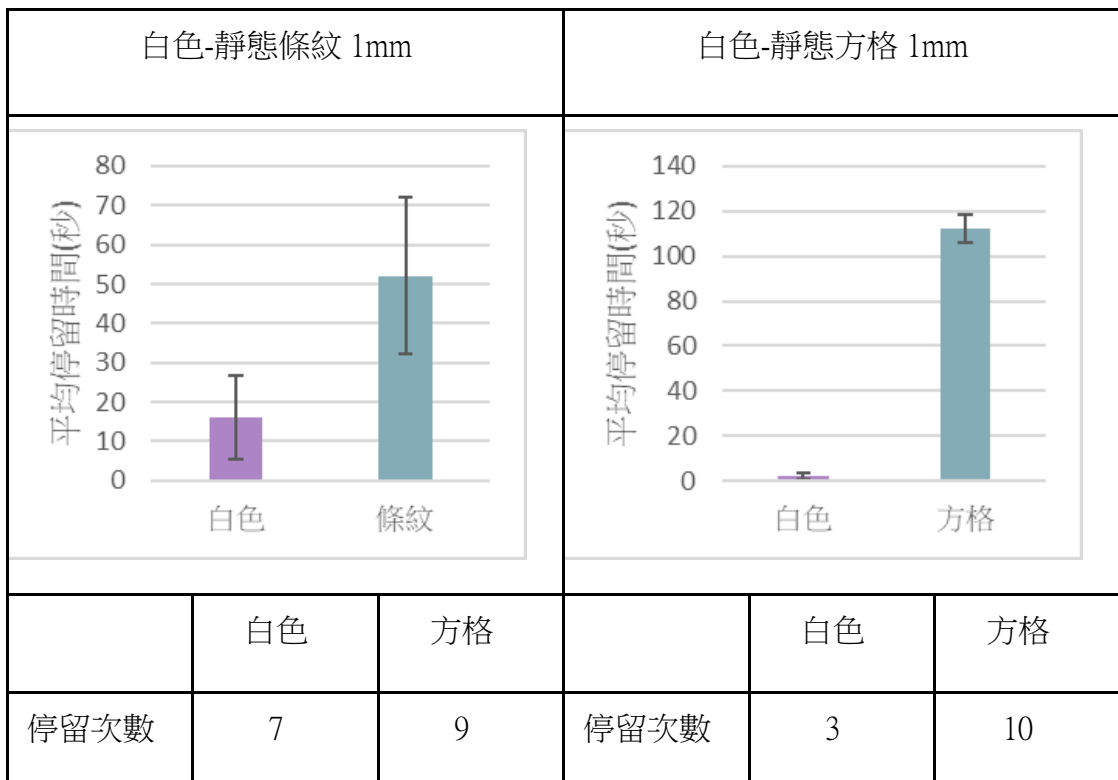


由以上結果可知:在明亮(白色)與明暗交錯(條紋和方格)的靜態背景環境下，不論黑白底部圖案為何(條紋、方格)，蚌蟲停留在明亮環境次數較多，時間均較長。

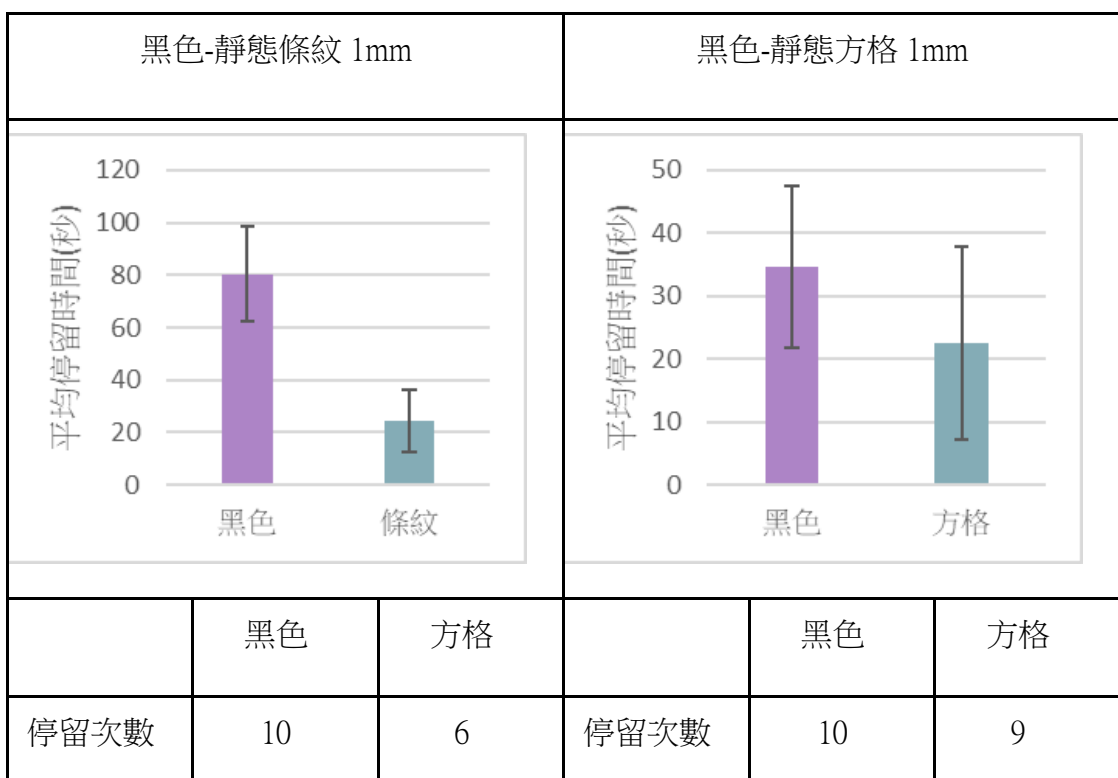


由以上結果可知:在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋和方格)的靜態背景環境下，不論黑白底部圖案為何(條紋、方格)，蚌蟲停留在明暗交錯環境次數均較多。

(二)靜態不同黑白底部圖案背景對單隻米蝦趨性的影響



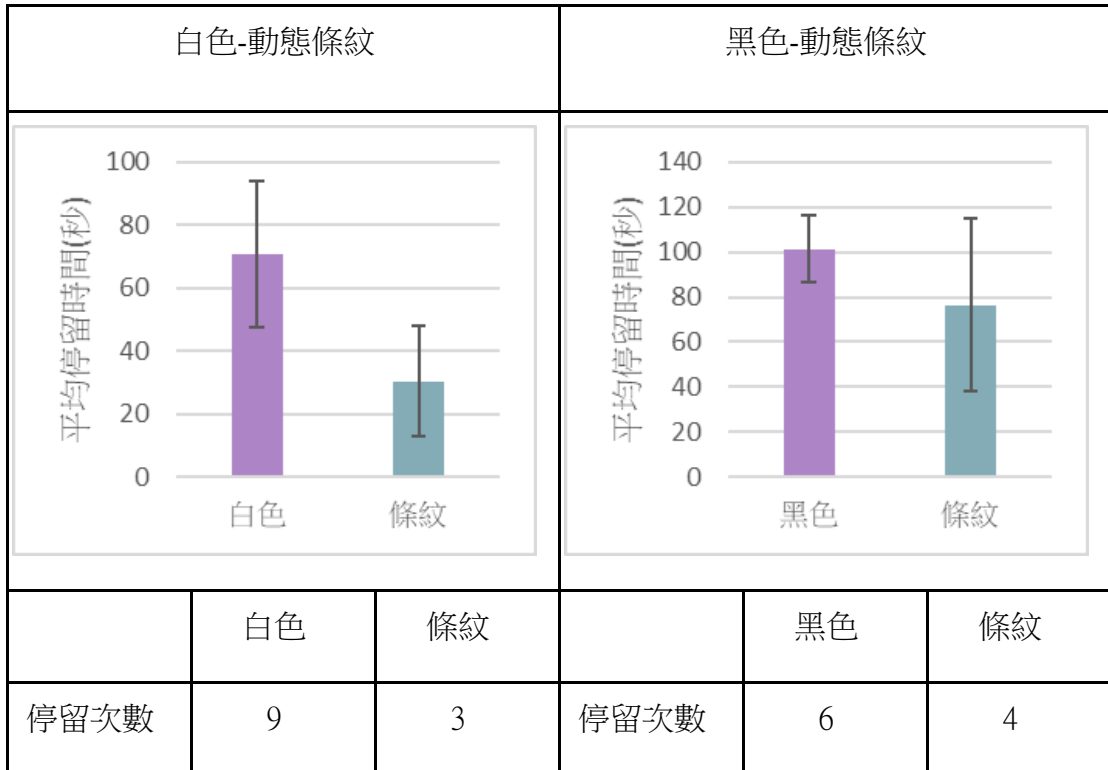
由以上結果可知:在明亮(白色)與明暗交錯(條紋和方格)的靜態背景環境下，不論黑白底部圖案為何(條紋、方格)，米蝦停留在明暗交錯環境次數較多，時間均較長。



由以上結果可知:在黑暗(黑色)與明暗交錯(條紋和方格)的靜態背景環境下，不論黑白底部圖案為何(條紋、方格)，米蝦停留在黑暗環境次數較多，時間均較長。

## 五、動態明暗背景環境對水生節肢動物移動趨性的影響

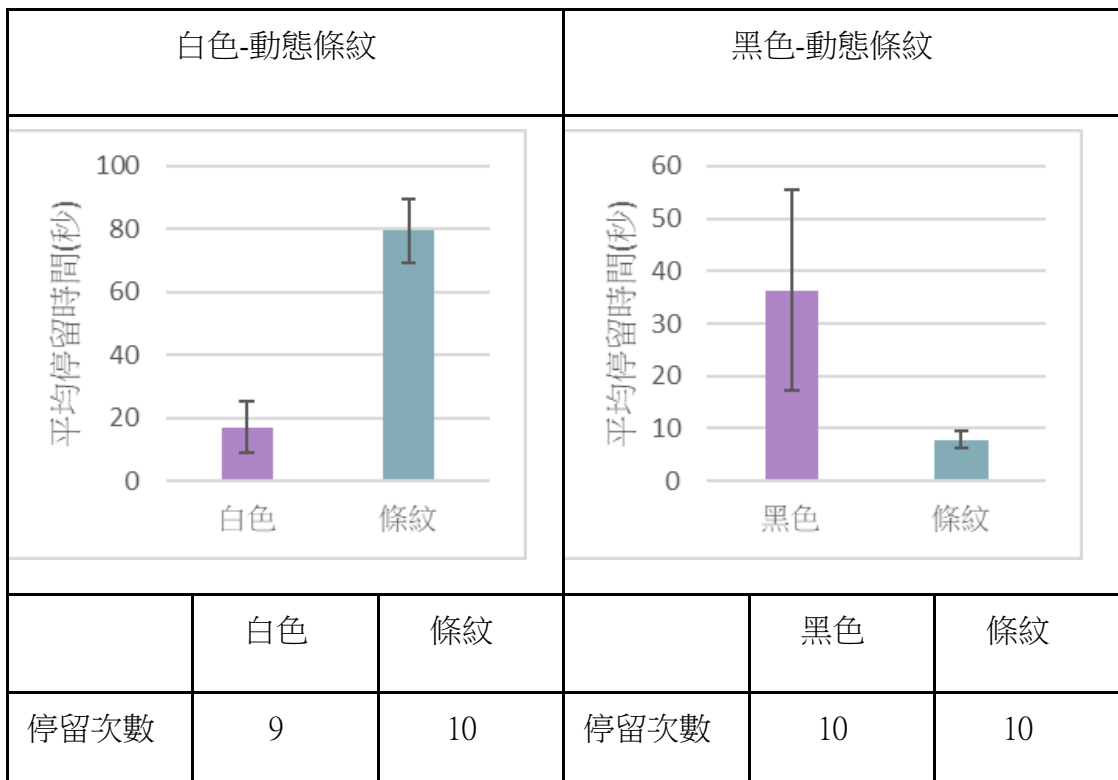
### (一)動態條紋對於單隻蚌蟲移動趨性的影響



由以上結果可知:

- 1.在明亮(白色)與動態明暗交錯(條紋)環境下，蚌蟲停留在明亮環境次數較多。
- 2.在黑暗(黑色)與動態明暗交錯(條紋)環境下，蚌蟲停留在兩側頻率及時間差異不大。

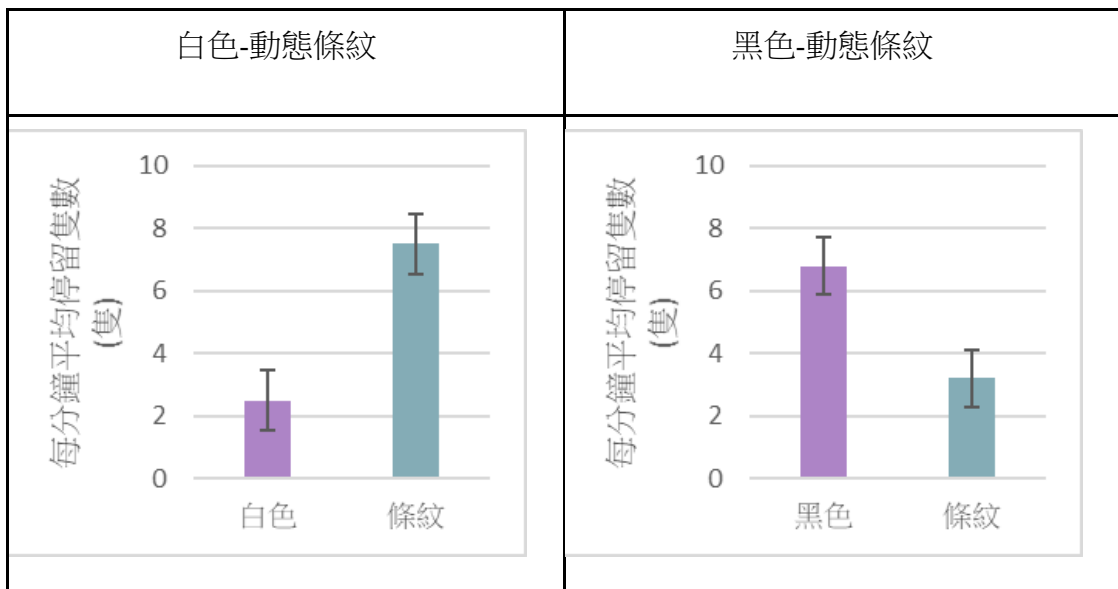
(二)動態條紋對於單隻米蝦移動趨性的影響



1.在明亮(白色)與動態明暗交錯(條紋)環境下，米蝦停留在明暗交錯的環境時間較長，停留兩側的頻率相近。

2.在黑暗(黑色)與動態明暗交錯(條紋)環境下，米蝦停留在黑暗環境時間較長，停留兩側的頻率相近。

### (三)動態條紋對於米蝦群體移動趨性的影響



由以上結果可知:

- 1.在明亮(白色)與動態明暗交錯(條紋)環境下，群體中的米蝦平均每分鐘有較多個體停留在明暗交錯環境。
- 2.在黑暗(黑色)與動態明暗交錯(條紋)環境下，群體中的米蝦平均每分鐘有較多個體停留在黑暗環境。

## 伍、討論

一、米蝦與蚌蟲在靜態環境時展現出不同的視覺趨性，推測與牠們的自然棲地與生態需求有關。在實驗中我們發現，米蝦比較趨向暗色的區域，展現出了負趨光性，推測是因為牠們的生存環境是水草、石縫之間。而蚌蟲比較喜歡明亮的區域，表現出了明顯的正趨光性。推測是因為牠們棲息於陽明山向天池等間歇性水域，蚌蟲必須在短暫的積水期內快速生長，所以比較趨向靠近水面、透光佳或無遮蔽物等高亮度的區域，為特殊環境的適應策略。這種對明暗環境的趨向，與文獻中提到的「物種會受視覺對比影響進行不同移動狀況」(文獻 1)的想法相同。

二、從數據中「圖案尺寸與形狀對兩者分布無顯著差異」的結果可以說明：對於米蝦與蚌蟲而言，圖案的大小粗細較不會影響到兩者的分布，應該是因為他們的行為選擇是以環境的「亮度」來決定。表示在靜止的環境中，整體的明暗對比圖案變化更具有視覺刺激。這項發現與文獻的結論互相呼應：馬蠅的複眼分辨能力有限，從遠距離無法有效辨識條紋的圖案，環境的整體亮度與對比才是影響牠接近行為的原因(文獻 1)。

三、在動態實驗中，若有明亮環境存在，蚌蟲停留在明亮環境的頻率較高、時間較久，但若沒明亮處，蚌蟲對視覺變化的趨性不明顯。而米蝦不論單隻或群體皆會偏向於暗處。

四、我們原本預想動態條紋可能代表威脅接近或遠離(如:掠食動物的移動)，因此推論蚌蟲和米蝦應有不同於靜態環境中的趨性行為。然而從實驗結果可以看出兩者在靜態與動態實驗中的趨向是相同的，與預期不同。我們推論此現象可能與其生存習性有關，在遇到危險時(如:掠食者)，會選擇維持現況或相對穩定趨性行為，而沒有主動的趨避反應，所以其複眼雖能感知到動態刺激，但最終趨性反應和在靜態環境中的結果相近，說明環境光感優先於動態訊息處理。

五、未來展望：預計之後可以再分析水生節肢動物的複眼寬度對於行為的影響。我們計劃研究不同複眼大小的物種，在面對各種背景圖案時，會不會有不同的分布狀況，進而了解水生節肢動物視覺感知與行為的關聯。

## 陸、結論

一、靜態紋環境對水生蚌蟲、米蝦移動趨向的影響：

(一)蚌蟲停留在底部的時間為白色大於條紋大於黑色，趨向較亮區域；米蝦停留的時間黑色大於條紋大於白色，趨向較暗區域。推測與其生存習慣與生存需求相關。

(二)條紋寬度、方格寬度並不會影響蚌蟲與米蝦停留時間。推測是因為其對於環境整體的亮度比較敏感。

二、動態條紋環境對水生蚌蟲、米蝦移動趨性的影響：

(一)蚌蟲停留在動態條紋環境的時間小於黑白單色環境，推測是因複眼對於感受到動態影像較敏感。而米蝦停留的時間則是黑色大於條紋大於白色。推測是因其遇不利之環境時，以移動至暗處躲避為主。

## 柒、參考文獻資料

一、Tim, C., Yvette, A., Emmanuelle, S. B., Joren, B., Maurice K., Jai, L., Matthew, J. M., Sarah, R. & Martin, H. (2019, February 20). *Benefits of zebra stripes: Behaviour of tabanid flies around zebras and horses*. plosone.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0210831>

二、周蓮香(2006, 12月31日)。陽明山國家公園向天池蚌蟲之分類學鑑定及溫度對其生長速率的影響。陽明山國家公園網站保育專欄。

<https://www.ymsnp.gov.tw/ch/specialreport/conservation-column/1055>

三、forpetsupply(2025, 4月14日)。【養蝦入門】米蝦怎麼養？一文了解4大養米蝦要點&米蝦食物。forpetsupply。

<https://www.forpetsupply.com/shrimp/>

四、Zuzanna, P., Jaroslaw, K., Rafal, M. & Tomasz, K. (2021, April 9) *All Shades of Shrimp: Preferences of Colour Morphs of a Freshwater Shrimp Neocaridina davidi (Decapoda, Atyidae) for Substrata of Different Colouration*. MDPL.

<https://www.mdpi.com/2076-2615/11/4/1071>

五、CG 水族物語(n.d.)。蘇拉維西蝦飼養與繁殖。aquastory。

(擷取於 2026, 3月20日) <http://www.cg-aqua.com/aquastory/cardinal.php>

# 附錄一

## 陽明山向天池採集證

國家（自然）公園標本採集證	
姓名	
申請單位	
研究計畫	蜂蟲的趨性行為研究
核准字號	1141016639
研究地區	陽明山國家公園
計畫期間	114/10/30-115/07/30
核准期間	114/11/03-115/07/30
入園期間	114/11/09-114/11/09
採集方式	請見附件
採集種類	請見附件
核發批次	第 1 次核發
持證人須知	
	1. 請先下載至個人行動裝置（手機、平板電腦）或列印紙本。
	2. 本證限本人使用，不得轉借或塗改。
	3. 進入園區請攜帶本證及身分證，並於每次進入前通知管理處，以確保安全。
	4. 研究結束後務必將研究地區回復原狀，如標區標記撤除、設備拆除。
	5. 進入園區內務必遵守各保育相關法令之規定。
	6. 本證未載明核准採集或採集內容與核准不符者，依法辦理。

