

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生物科

第一名  
探究精神獎

080315

大「腳」流星，趕盡殺「子」 -探討中華粗仰  
椿(*Enithares sinica* (Stål, 1854))的生態習性與  
動物行為

學校名稱：臺南市善化區小新國民小學

作者：  小六 曾妙華  小六 周緯琳  小五 鄭凱睿  小五 張祭恩	指導老師：  鄭東益  陳奕萍
---	-----------------------------

關鍵詞：中華粗仰椿、捕食行為、生物防治

## 得獎感言

秉著好奇心，我們加入科展團隊，時常野外採集。中午都和隊友一起努力做實驗，星期三的下午也留下來，從一開始的觀察中華粗仰椿的生態，漸漸開始進行動物行為的實驗；從一開始的努力到準備上場比賽，我們都秉著初始的熱情，終於在市賽獲得第一名。一連串的集訓裡，團隊合作的正能量非常強烈。有次採集完，老師還帶我們去吃芒果冰，慰勞我們的辛苦，好懷念喔！暑假，許多人都在玩樂，但我們要來學校練習，雖然很辛苦，但家長們都準備點心為我們打氣，非常感謝。集訓時，主要集中在複習實驗與練習題目上，過程中，因為大家都很幽默，所以都有笑聲，雖然累，但有隊友與笑聲的陪伴，覺得每天都很充實。比賽前練習時，某天，老師突然驚呼，我們全部都嚇一跳，原來我們也入圍了另一個比賽(台灣昆蟲學會正瀚創新獎)，之後，大家又更賣力練習了。比賽的前一天，非常緊張，很謝謝有位學弟問我們：「你們想好得獎感言了嗎？」這句話在無形中給了我們很多自信。比賽當天，我們覺得表現不錯，所以比完賽後天天抱著手機，希望成績快出來，終於，看到成績那一刻，全體進入開心模式，辛苦值得了。

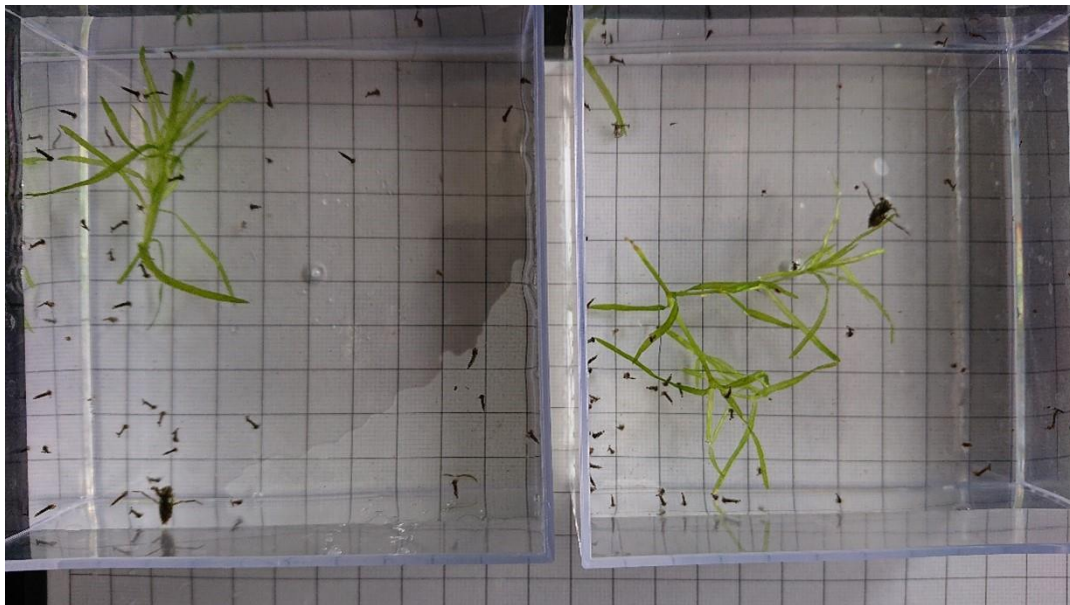
回顧以往，我們像華椿一樣，從一開始稚嫩的新手慢慢蛻皮成為能出去比賽的選手，我們受到了許多人的幫助，但最想感謝的是我們的指導老師：東益老師，老師本來可以在暑假好好休息，但卻在學校陪伴我們練習，非常辛苦；科展的訓練開啟我們通往科學殿堂的大門，學習過程中培養我們對事情的堅毅態度及責任心，謝謝大家不放棄的共同努力，完成一項有價值的研究。我們領略大自然的神奇奧妙，了解尊重生命的真諦，也知悉研究要足夠的耐心和細心，要貫徹始終，俗話說：「有努力不一定會成功，但是不努力就一定不會成功。」因科展體驗到比賽的壓力，學習去抗壓，相信對我們長大後在社會職場上會有很大的幫助。

對於野外採集、做實驗、觀察，一連串的循環，最後完成一本說明書，這「結晶」就是我們每天早休、午休、下課、放學還有放假累積的成果，努力了將近一年，想想當時付出的努力可真沒白費。

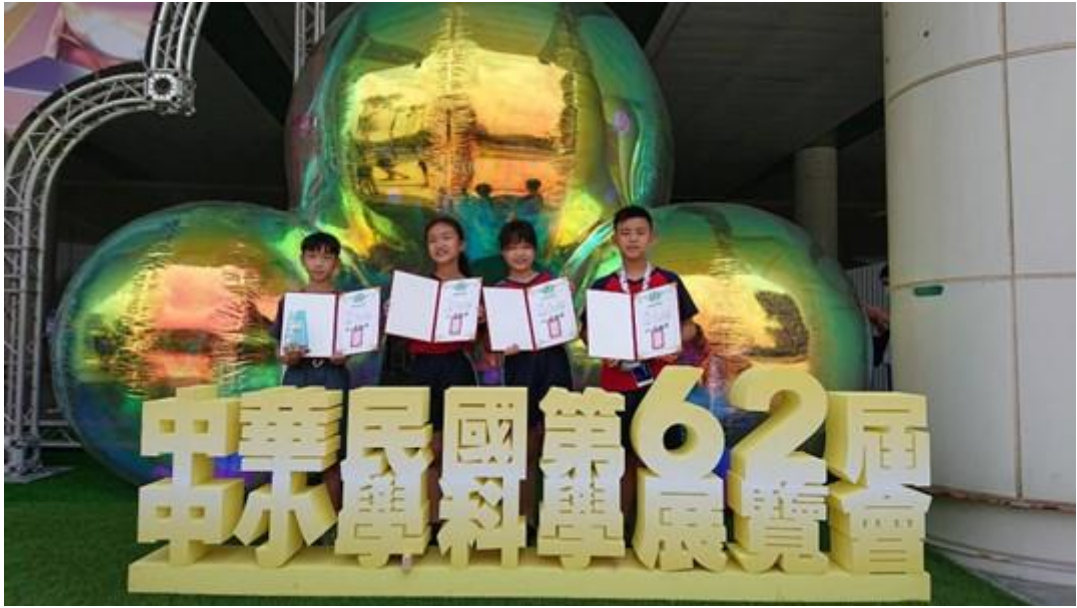
也許在外人看來科展只是個比賽，但對於我們而言，科展最重要的並不是獲獎，而是我們一起努力、一起討論，一起研究生物與力學跨領域的真、善、美，並培養出默契和團魂，最後共同為努力的成果慶祝！最後謝謝老師和夥伴們一起秉著熱情、扛起壓力…，雖然也像別人一樣在假日的時候出去玩，但這些都是別人無法體會的，很榮幸可以在全國賽拿到最好的成績，為台南市爭取榮耀，為小新國小爭光！



熱愛野外調查的我們



中華粗仰椿捕食孑孓實驗



謝謝評審們的肯定

# 摘要

中華粗仰椿(*Enithares sinica* (Stål, 1854))屬於漸進變態的水棲昆蟲，從卵到成蟲約 2 個月，需蛻皮 5 次。雄蟲的後足腿節基部各有一突刺，雌蟲則無此構造，雄、雌體長相當。屬於肉食性，偏好在水中上層活動，在 50 隻孑孓裡，華椿成蟲一天平均吃食孑孓 46 隻，且雌蟲食量大於雄蟲，建議可當生物防治孑孓的物種。可藉由視覺(光影變化)、振動(腹部尾端有 4 根明顯的感覺毛)來偵測獵物存在的位置，但嗅覺相對不明顯。滑動一次後足前進的距離約為體長的 21.68 倍。攻擊獵物模式為:偵測→趨向→鎖定→攻擊，華椿處理一隻孑孓的時間約 8 分 30 秒。華椿偵測到獵物的距離為 7.79cm; 有效把握攻擊距離為 3.10cm。攻擊獵物的時間約 0.084 秒，在同樣有蛹及孑孓的環境下，捕食蚊子蛹的機率比起孑孓還要高。

## 壹、 研究動機

老師帶我們進行野外水田調查時，利用掃網法，採集到狀似小仰泳椿，但比牠大一號的水棲昆蟲，在實驗室飼養觀察時，發現牠很特別，牠的腹部有二個藍色斑紋，而且能快速擺動後足使其維持在一定深度的定點，詢問了專家學者，才知道其種名為 *Enithares sinica* (Stål, 1854) 「中華粗仰椿」，觀察中發現牠的後足很長，快接近體長且游泳行為十分特殊，捕捉獵物也很快，還會捕食孑孓。針對牠的行為，我們產生了一股濃厚的好奇心，想進一步了解牠，因此對中華粗仰椿展開一連串的研究！

## 貳、 研究目的及架構

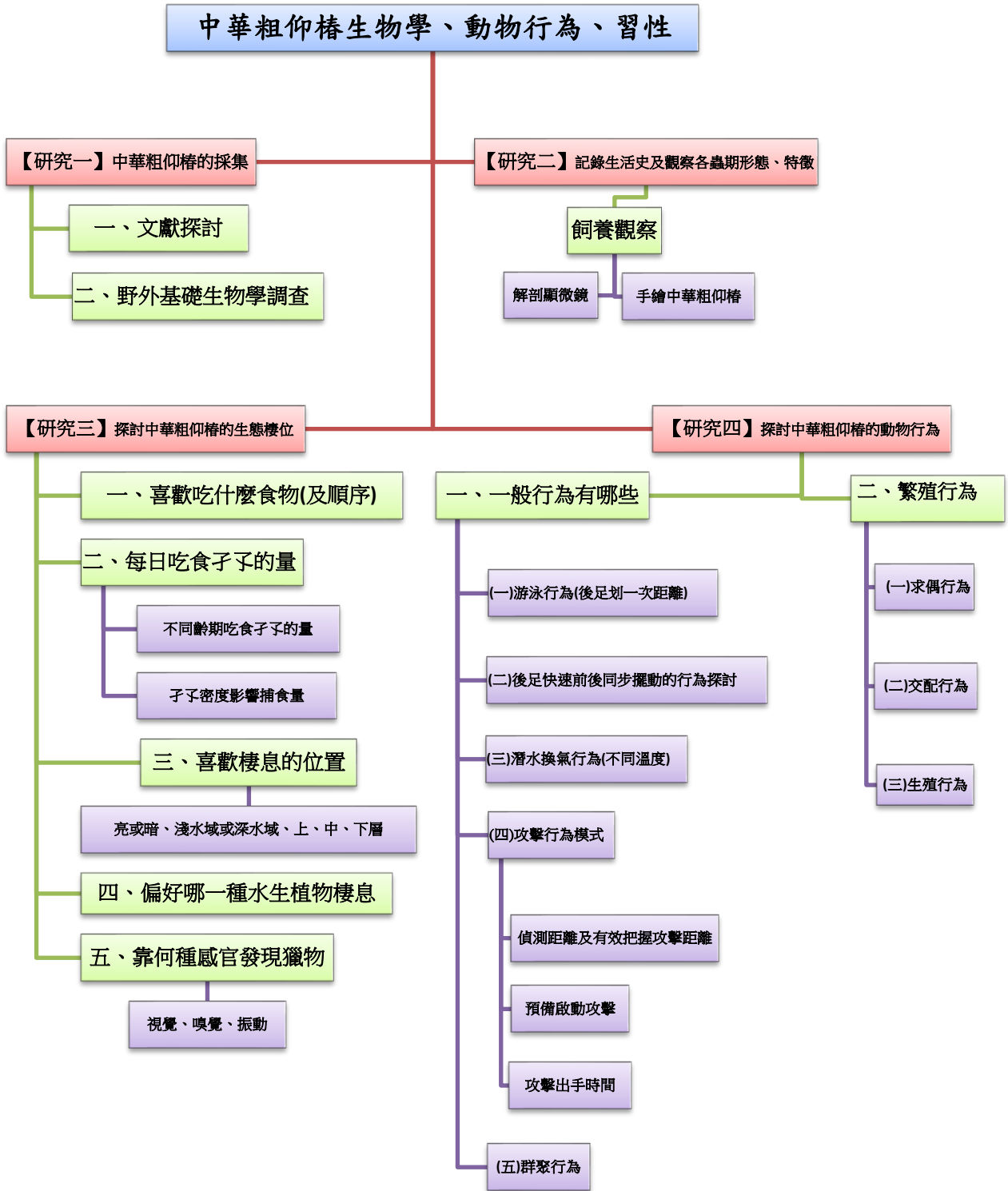
### 研究目的

- 一、 中華粗仰椿的採集與文獻探討。
- 二、 記錄及觀察中華粗仰椿的形態、特徵。
- 三、 探討中華粗仰椿的生態棲位(Ecological Niche)。
- 四、 探討中華粗仰椿的動物行為(Animal Behavior)。

### 研究進度

研究步驟	110 年				111 年					
	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
文獻蒐集										
飼養觀察										
實驗設計與進行										
資料整理與統計										
撰寫作品說明書										





## 參、 研究設備與器材

中華粗仰椿的採集	昆蟲捕捉網(水網)、昆蟲箱(27×11.5×12 cm)。
中華粗仰椿的形態、特徵觀察	培養皿、圖畫紙、實體顯微鏡、鑷子 3 隻、昆蟲針、電子式游標卡尺、數位相機。
中華粗仰椿的生態棲位探討實驗	鑷子、1 公升正方形容器(10cm×10cm×10cm)、可控溫加溫棒、溫度計、孑孓(來自中興大學提供的卵條)、冰塊、冷凍赤紅蟲、活體赤紅蟲、絲蚯蚓、碼錶。
中華粗仰椿的動物行為相關實驗	綠色透明網袋、夾鏈袋、魚屍體、玻璃魚缸(60cm×25cm×35cm)、硬塑膠昆蟲箱(28cm×18.6cm×16.9cm)10 個、長方形大水桶(50×40×12cm)2 個、不同顏色的底石、DV 攝影機。

## 肆、 研究過程、方法、結果及討論


### 【研究一】中華粗仰椿的採集與文獻探討。

#### 一、文獻探討與物種鑑定：

(一)方法：搜尋文獻及昆蟲類相關書籍進行閱讀與整理並請某大學教授協助鑑定。

(二)結果：發現在臺灣物種名錄網站有記載，但未有正式的研究紀錄，統整資料如下表：

表 1-1 中華粗仰椿的分類地位

分類地位如下： Kingdom Animalia 動物界 Phylum Arthropoda 節肢動物門 Class Insecta 昆蟲綱 Order Hemiptera 半翅目 Family Notonectidae 仰椿科 Genus Enithares 粗仰椿屬 <i>Enithares sinica</i> (Stål, 1854) 中華粗仰椿	 <p>圖 1</p> <p>中華粗仰椿的腹面有兩個淡藍色色斑</p>
---	--

台灣仰椿科現有的紀錄有 3 屬 8 種，其中粗仰椿屬的只有 1 種，粗仰椿屬於漸進變態，從卵到成蟲需蛻皮 5 次，約 2 個月。請教大學教授後，確定鑑定為中華粗仰椿 *Enithares sinica* (Stål, 1854)。中國大陸部分省分(江蘇、浙江、江西、四川、貴州)都有分布記錄，在臺灣則棲習於低海拔平地等靜水區，體型略大於小仰泳椿，我們採集時，在同一區域兩種皆有採集到。文獻中雖有仰泳椿的記錄，但關於中華粗仰椿的研究非常少，只有網路上粗淺的簡介，在觀察中發現許多有趣的生態行為，於是我們討論後，擬定計畫並著手設計實驗，本文將『中華粗仰椿』簡稱「華椿」。

#### 二、野外採集：

方法：到鄰近校園附近的水塘進行採集，分成以下三種方式：

1.目視與網捕法(netting)：在岸邊發現華椿時，快速用昆蟲網撈起。

2.蝦籠式誘餌陷阱法(bait trap)：將蝦籠用尼龍繩及竹筷子固定於岸邊，籠內放置餌料(魚、蝦屍體)並在蝦籠內放保麗龍球使其能漂浮於水面上，以便誘捕到水生昆蟲，不致於窒息死亡，約一週收籠。

3.水中捕撈法：沿著岸邊隨機撈取。

(二)結果: 1.目視與網捕法與水中捕撈法才有採集到，蝦籠式誘餌陷阱法皆無採集到。  
採集樣區如下圖 2。

		
目視與網捕法	蝦籠式誘餌陷阱法	水中捕撈法

圖 2

2. 採集樣區及華椿照片，如下圖 3

		
低海拔山間溼地樣區 1	低海拔山間溼地樣區 2	低海拔山間溼地樣區 3
		
圈圈為華椿	除了華椿外，也採集到溪蝦	撈起後很專注的找尋
		
所採集到的華椿 1	所採集到的華椿 2	所採集到的華椿 3
		
採集回來放置實驗室內容器	成蟲一部分隔離分開飼養	熱愛研究的我們

圖 3



捕捉到的水生動物總數如下表 1-2：

時間：110.8~111.3

表 1-2 野外採集水生昆蟲的種類及數量

物種	中華粗仰椿	姬牙蟲	划椿	蜻蜓水蠶	豆娘水蠶	小仰泳椿	水黽	蝌蚪	溪蝦
總計	63	4	3	36	54	202	1	12	101

### (三)討論:

- 1.採集地裡都能同時捕撈到中華粗仰椿及小仰泳椿，但小仰泳椿的數量比華椿多很多。
- 2.主要以水中捕撈法採集到的數量較多，而蝦籠式誘餌陷阱法皆無採集到，由此可推測其嗅覺可能較不靈敏(文中有設計感官實驗)。

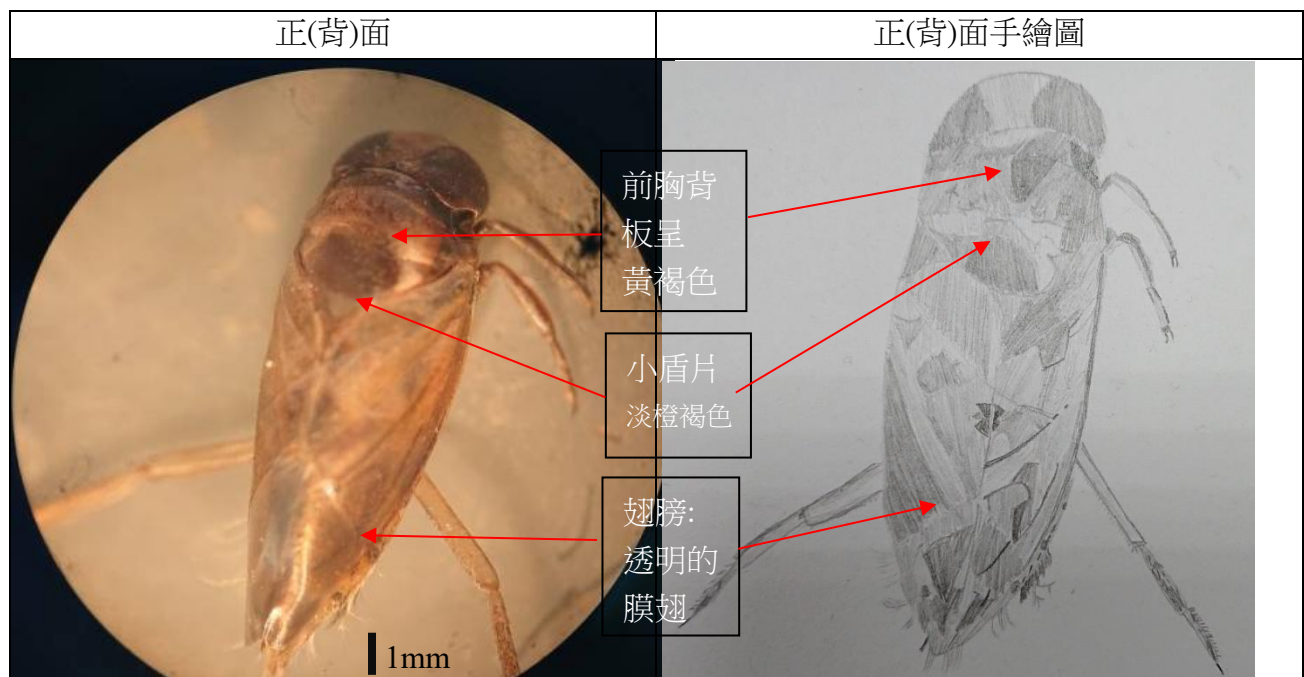
### 【研究二】觀察中華粗仰椿的形態、特徵

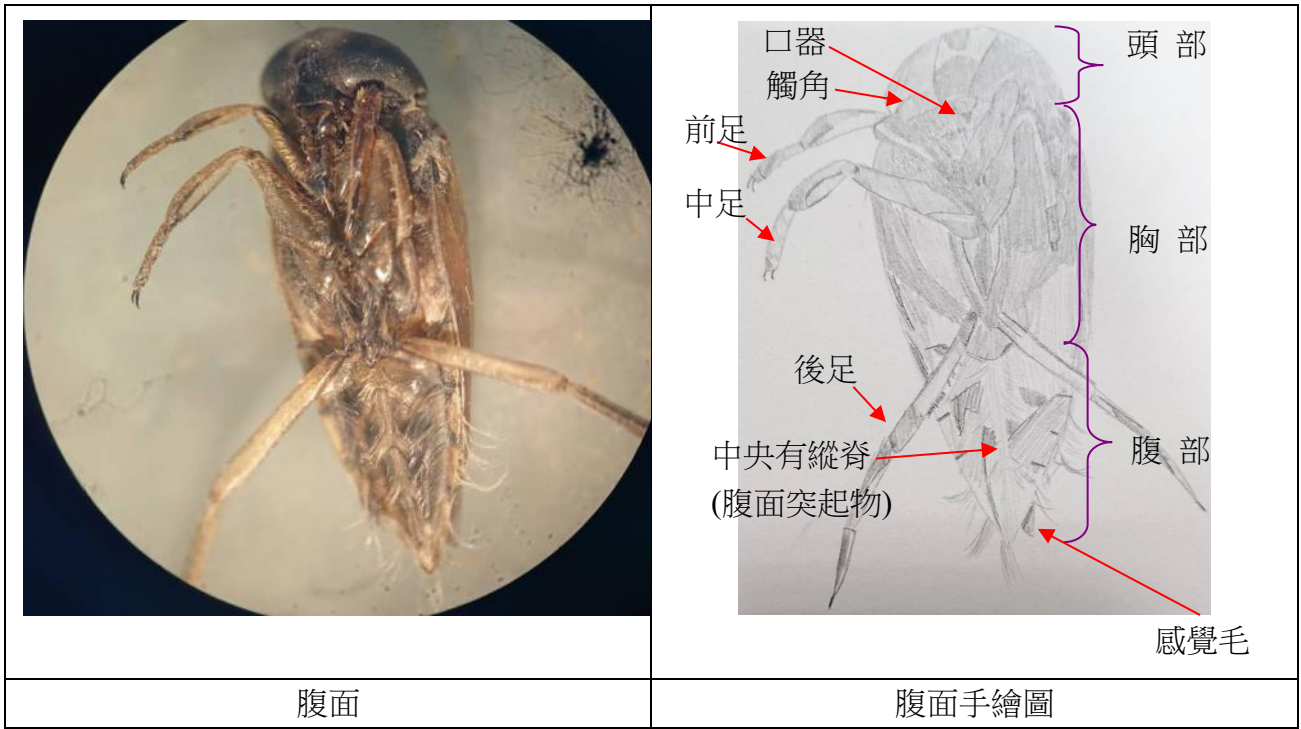
#### 一、成蟲形態與特徵：

(一)方法：在學校以水族箱、水箱桶子等容器長時間飼養、觀察、測量並拍照、錄影。

- 1、量測成蟲的體長、最大體寬(胸寬)。
- 2、觀察成蟲各部位構造及功能：描繪的部位包括全身背部、全身腹部、觸角、口器、前足、中足、後足、感覺毛、腹部尾端突起物及疏水毛等主要分類特徵。

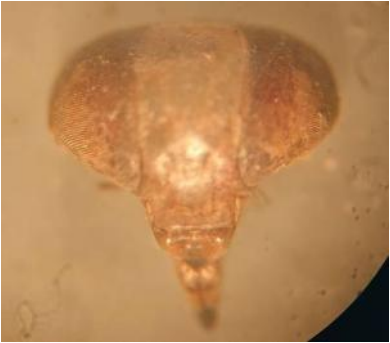
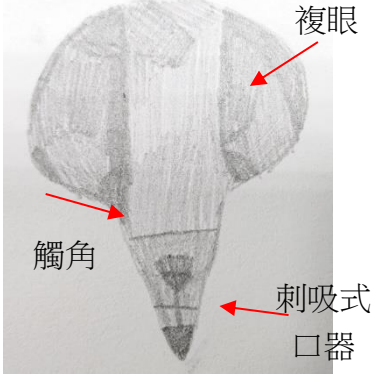



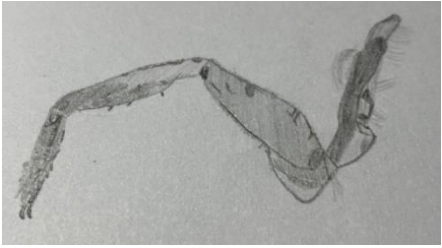

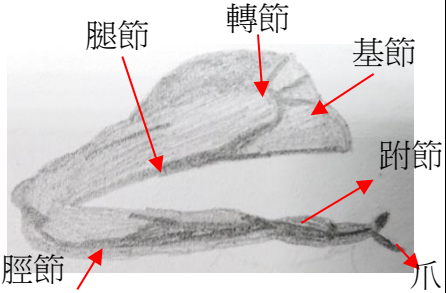
(二)結果：透過形態觀察將身體各部位形態構造整理如下：





下表 2-1 為成蟲身體各部位形態構造及功能描述

圖 4

部位	形態與功能描述	照片	繪圖
頭部及複眼	頭部的兩顆圓球形複眼約占了整顆頭的三分之二，一對觸角著生於複眼下方呈短棒狀。口器為刺吸式，外觀為三節。兩顆大複眼由無數顆小眼所組成，呈現淡紅棕色。		
觸角	著生於左右腹眼內側下緣，呈短鬚狀，共3節，具短毛。顏色為黃褐到褐色分布。		
口器	為刺吸式口器，外觀明顯分成三節，末端為針狀，非吸食時隱藏於第三節內。		
前足(捕捉足)	長約5.0 mm，轉節與跗節為深褐色，其餘為黃褐色，前跗節為兩爪狀，可幫助抓取食物，平時即張開狀態，有別於小仰泳椿蜱縮起來。		
中足(捕捉足)	長約5.5mm，中足腿節明顯比前足粗壯，脛節與跗節為深褐色，捕捉時具有協助抱抓獵物的功能(實驗過程中，華椿能同時處理三隻子子，即		




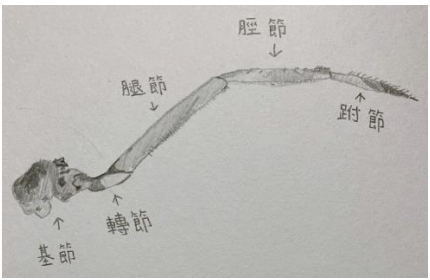
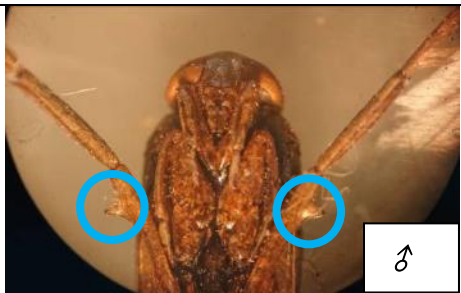





	是中足能分擔抓取抱握的功能)。		
後足(游泳足)	後足細長，長約8.0mm，著生長「緣毛」，脛節、跗節扁平如槳狀，主要功能為游泳，平時也會清理腹部末端，跗節無勾爪。		
後足能分辨雄雌	雄蟲的後足腿節基部各有一突刺，交配時能架住雌蟲，雌蟲則無此構造。		
腹部	(1) 腹部：腹節有6節。腹面中央有一突起物。 (2) 腹部左右側著生很多細毛(具疏水性)，能將吸進來的空氣包覆在腹面。		 腹部外觀有六節 腹部末節左右兩側著生很多感覺毛；華椿時常會利用後足清理感覺毛以偵測獵物所在。
翅膀	華椿的內翅為透明無色，平時折疊於外翅內，華椿感受到水溫異常變化時會飛離該水體(實驗時有錄到起飛的過程)。右圖為展翅的華椿(內翅為膜)。		

圖 5



表 2-2 成蟲體長、體寬: (n=5) ※雄蟲約略與雌蟲相仿 註:

單位(mm)	雄蟲(♂)	雌蟲(♀)
體長平均	9.2	9.0
體寬平均	4.1	4.0

- 1、體長為頭部尖端至腹部尾端。
- 2、體寬為身體最寬處(前胸寬)。
- 3、從野外捕捉的成蟲隨機抽樣雄 5 隻、雌 5 隻。


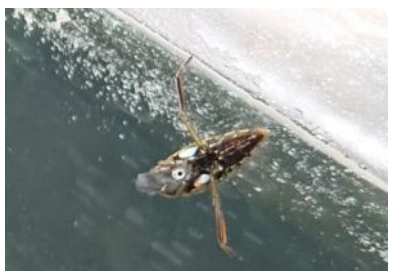
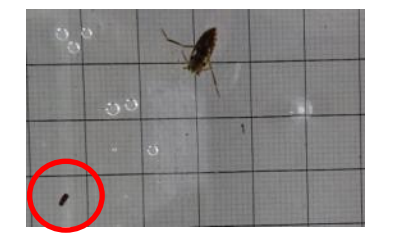
**討論:** 華椿整體呈現船型狀，頭部鈍圓狀，腹部尾端逐漸尖細，呈流線形。背部翅膀呈透明白色，因疏水毛等構造夾藏空氣，所以有白白亮亮的反光，滑行時有別於小仰泳椿(前中足會蜷縮於胸部)，華椿則是張開的狀態，好像隨時準備抓獵物狀態，靠後足滑行。

### 【研究三】探討中華粗仰椿的生態棲位(Ecological Niche)。

#### 一、中華粗仰椿喜歡吃什麼食物(順序)?

(一)方法：餵食華椿不同類別的食材: ※觀察華椿是否會進食?

1. 活體類:大肚魚(仔魚)、水蠶(蜻蜓)、水蠶(豆娘)、溪蝦、小仰泳椿、孑孓、孑孓的蛹、赤紅蟲、蝌蚪、絲蚯蚓、蝗蟲。
2. 屍體類:赤紅蟲、魚屍體。

		
餵食赤紅蟲(屍體)	餵食赤紅蟲(活體)	餵食溪蝦
		
餵食小仰泳椿	餵食大肚魚(仔魚)	一段時間後仔魚已被吸扁
		
餵食孑孓	孑孓已被捕捉到	餵食孑孓的蛹

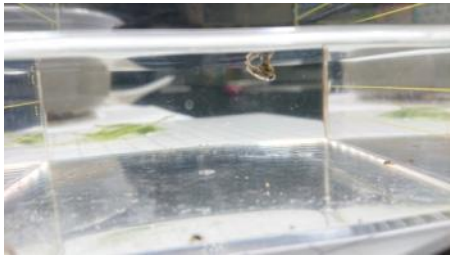





		
餵食蝌蚪	餵食水蠶(蜻蜓)	餵食水蠶(豆娘)
		
餵食絲蚯蚓	餵食魚屍體	餵食掉落物-蝗蟲

表 3-1 對於不同食材的吃食結果

(二)結果：華椿對於不同食材的吃食結果，如表 3-1 進食的結果

圖 6

會吃食的類別	不會吃食的類別
活體動物(孑孓、孑孓的蛹、赤紅蟲、蝌蚪、絲蚯蚓、大肚魚(仔魚)、落水的蝗蟲、溪蝦、水蠶(豆娘)、小仰泳椿)。動物屍體類(赤紅蟲)。	活體動物(水蠶(蜻蜓)、比華椿大的大肚魚)動物屍體類(大肚魚)。



(三)討論：1. 華椿會吃食活體動物類及赤紅蟲屍體，屬於肉食性的水生昆蟲。

2. 絲蚯蚓是在水底蠕動的生物，華椿能捕捉吃食物，間接也證明華椿不是只有捕捉水面上層的生物，水底層的生物也會捕食，但前提是獵物要會動比較能吸引華椿注意。

3. 華椿對於體長相當的水中動物大部分都會吃食，於是我們選取三種原棲地有的物種實驗看是否有取食偏好。

### 一之 1 中華粗仰椿是否有取食偏好

- (一)方法：1.將三種物種(水蠶、溪蝦、小仰泳椿)各一隻放入一公升容器(水位五公分高)。  
2.紀錄最先捕食哪一物種。3.重複步驟五次。

	
華椿與三種物種共處一公升容器	華椿最先捕食到溪蝦

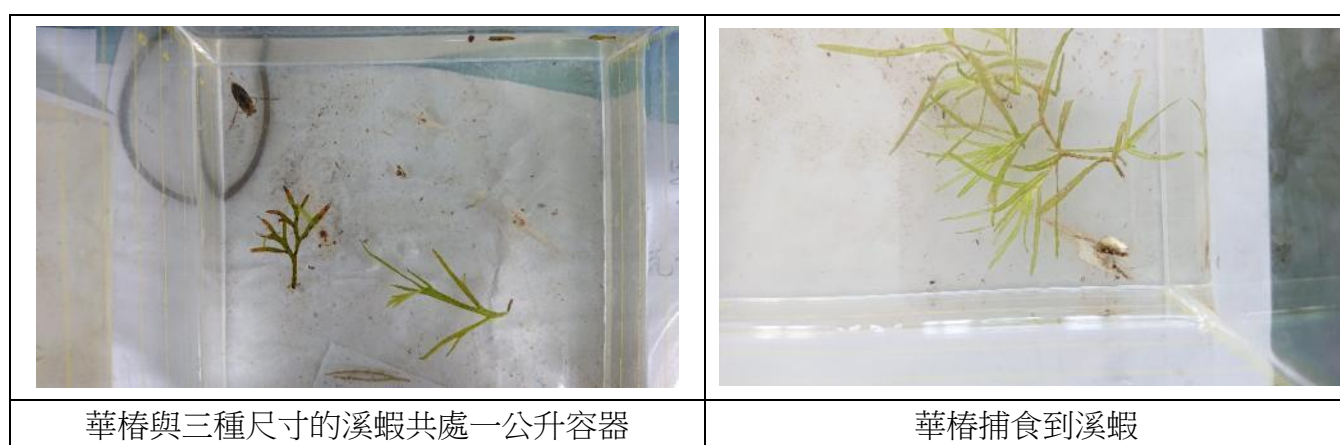
(二)結果：五次實驗裡，有四次捕食到蝦子，只有一次捕食到小仰泳椿。(詳細紀錄於科展日誌)

(三)討論：根據實驗結果，為什麼偏好吃溪蝦呢?推論因為蝦子體型比小仰泳較大，震動也較大，所以被捕食次數較多;小仰泳因為游得比較快，體型也較小，所以華椿較難捕捉;水蠶則是因為體型較大，較難捕捉。

## 一之 2 延伸實驗-捕食尺寸的限制與偏好

※想法:依據上述實驗，既然華椿偏好捕食溪蝦，是否有偏好何種尺寸，最大的尺寸是多少呢?

(一)方法：1.一公升容器，內裝 5 公分水位高，放入華粗仰椿成蟲和三隻蝦子，分別為大(約 1.5cm)、中(約 1cm)、小(約 0.5cm)。2.紀錄何種尺寸的溪蝦最先被捕食。3.共實驗 16 次。



(二)結果：表 3-2 捕食尺寸偏好

溪蝦尺寸大小	小尺寸 (約 0.5cm)	中尺寸 (約 1.0cm)	大尺寸 (約 1.5cm)
最先捕食到的隻次	11	4	1

(三)討論:從實驗結果得知，華椿偏好吃食小尺寸的溪蝦(約 0.5cm)，因為華椿成蟲體長約 9mm，較有能力捕捉比牠體長較小的溪蝦，但也有捕獲 1.5cm 大尺寸的紀錄(1 次)，因此若同時存在三種尺寸，華椿偏好選擇小尺寸，最大限制約 1.5cm 的溪蝦。

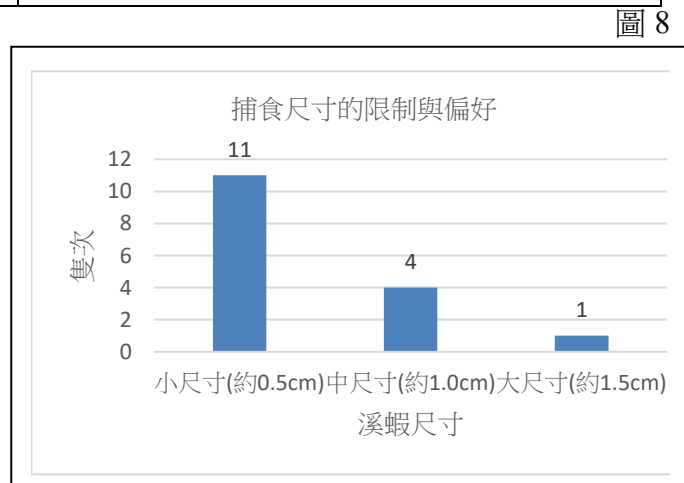


圖 9

## 二、 每日吃食子子的量及雄、雌捕食量比較

(一)方法：1.取 5 盒一公升容器，內裝 5 公分水位高，各放入 50 隻子子(四齡約 7mm)與一隻華椿成蟲。2.於中午 13:00 開始實驗，到隔天中午 13:00 停止實驗。3.計數捕食的數量，求其平均。4.另外準備三隻雄蟲與雌蟲，各放入 50 隻子子，重複上述步驟，計數雄、雌蟲平均吃食子子的數量。



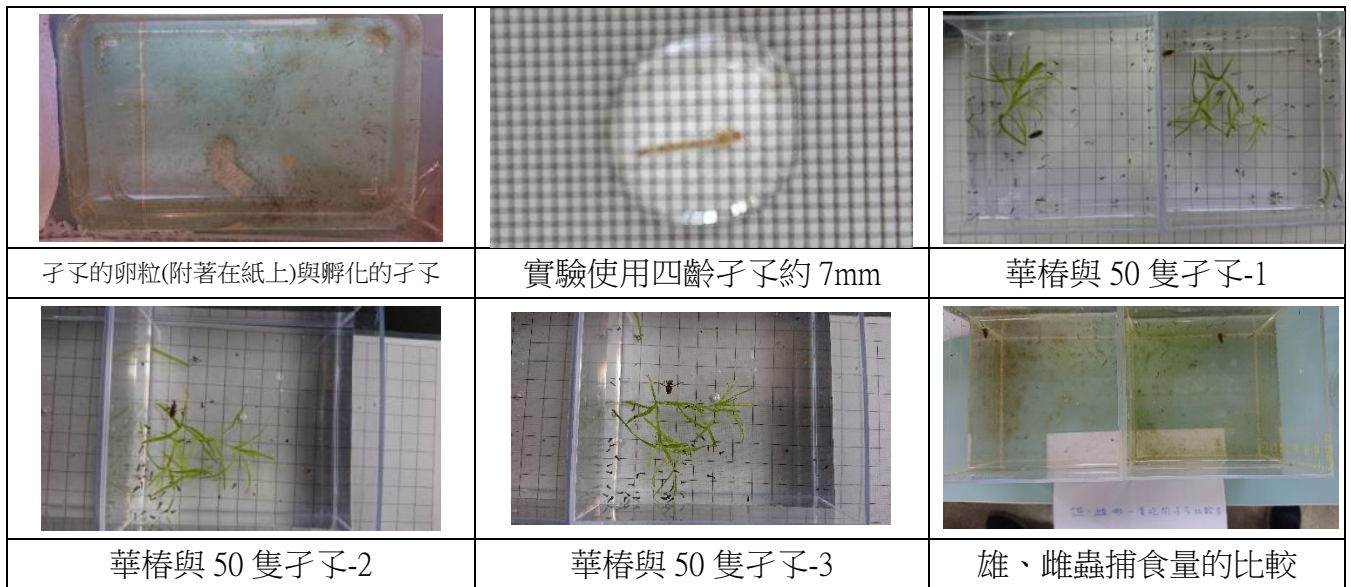


圖 10

(二)結果: 表 3-3 一隻華椿成蟲 vs50 隻孑孓

50 隻組	原有的孑孓數量	剩下的孑孓數量	吃掉的孑孓數量
A 盒	50 隻	6 隻	44 隻
B 盒	50 隻	2 隻	48 隻
C 盒	50 隻	5 隻	45 隻
D 盒	50 隻	6 隻	44 隻
E 盒	50 隻	1 隻	49 隻
平均	※50 隻孑孓組:華椿成蟲一天平均吃食隻孑孓 46.0 隻		



圖 11

※平均吃食雄蟲:35.0 隻、雌蟲:40.7 隻，雌蟲>雄蟲(詳細紀錄於科展日誌)

(三)討論:

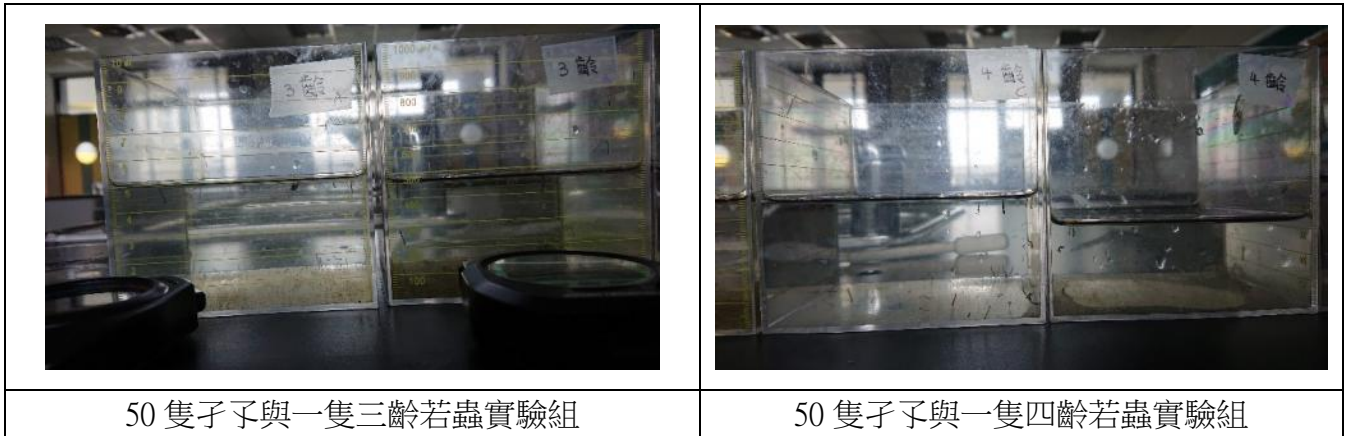
1.實驗結果顯示，華椿成蟲對孑孓的高捕食量可應用在防治孑孓上，在較偏僻的農田，水利設施較不好，為了灌溉，農夫會準備大型蓄水箱，如圖 11，但常滋生蚊蟲，如果能在蓄水箱內放養華椿，相信能減少蚊蟲害的影響。2. 雌蟲吃食孑孓的量大於雄蟲，我們推論可能因為雌蟲要產卵，需要更多的養分，因此捕食量比雄蟲大一些。

**延伸實驗: 不同齡期吃食孑孓的量**

※想法:既然華椿成蟲會吃孑孓，那麼若蟲也會進食嗎?其捕食量又是多少呢?

(一)方法: 1.取三盒一公升容器，內裝 5 公分水位高，各放入 50 隻孑孓(四齡約 7mm)與一隻華椿三齡若蟲。2.於中午 13:00 開始實驗，到隔天中午 13:00 停止實驗。3.計數捕食的數量，求其平均。4.重複上述實驗，但改成華椿四齡若蟲，計數捕食的數量，求其平均。





50 隻孑孓與一隻三齡若蟲實驗組

50 隻孑孓與一隻四齡若蟲實驗組

(二)結果：表 3-4 一隻華椿三齡幼蟲 vs50 隻孑孓

50 隻組	原有的孑孓數量	剩下的孑孓數量	吃掉的孑孓數量
A 盒	50 隻	37	13
B 盒	50 隻	35	15
C 盒	50 隻	46	4
平均	10.66 隻		

表 3-5 一隻華椿四齡若蟲 vs50 隻孑孓圖 12

50 隻組	原有的孑孓數量	剩下的孑孓數量	吃掉的孑孓數量
A 盒	50 隻	34	16
B 盒	50 隻	31	19
C 盒	50 隻	31	19
平均	18.00 隻		

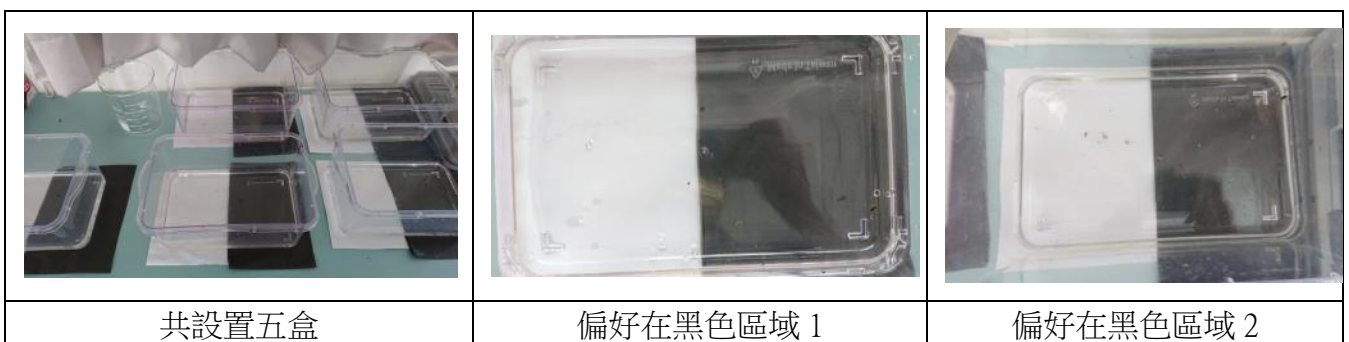
(三)討論:分析實驗結果得知，同樣數量的孑孓(50 隻)，捕食量的順序為:成蟲(46 隻孑孓) > 四齡若蟲(18 隻孑孓) > 三齡若蟲(10.66 隻孑孓)，我們推論齡期愈大，其捕食量也愈大，至於一、二齡期若蟲的捕食量實驗，因為當時蚊子卵尚未孵化成孑孓，所以沒有完成一、二齡期若蟲捕食量的實驗，未來會持續努力。

### 三、 中華粗仰椿喜歡棲息的位置?

※想法：我們想知道華椿在水中(白或黑、淺水域或深水域、上、中、下水層)比較喜歡哪些環境?

#### 三之 1:偏好白或黑環境

(一)方法：1.在透明昆蟲箱容器底部平分成兩部分，各鋪白紙與黑紙，製造亮與暗的環境。2.放入一隻華椿，每天早上 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點紀錄其位置。3.共設置五盒 (ABCDE)，實驗五天，計 25 次。



共設置五盒

偏好在黑色區域 1

偏好在黑色區域 2

圖 13

(二)結果：表 3-6 偏好黑或白色系環境

共計 25 次	A 盒	B 盒	C 盒	D 盒	E 盒	平均
黑色區域	22	22	23	23	23	22.6
白色區域	3	3	2	2	2	2.4

(詳細紀錄於科展日誌)

※實驗結果:偏好黑色系環境。

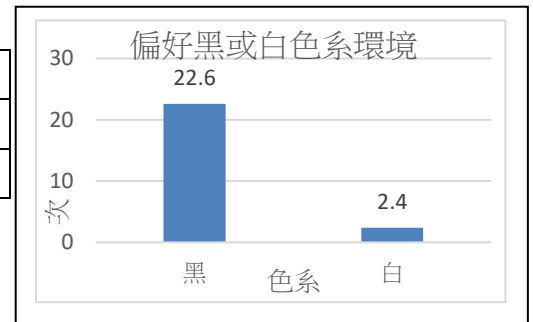


圖 14

三之 2: 偏好淺水域或深水域

※想法：採集的地方屬於斜坡水域，我們想知道華椿是喜歡棲息在淺水層或深水層呢？

(一)方法：1.在透明昆蟲箱內放入小礫石，製造斜坡。2.昆蟲箱底下墊一張白紙，畫等分線，將斜坡分成三等分(深水層、中間層、淺水層)。3. 放入一隻華椿，每天早上 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點紀錄其位置。4.共實驗三隻(A 隻、B 隻、C 隻)，每隻每天紀錄 5 次，紀錄 5 天，每隻共有 25 次紀錄。

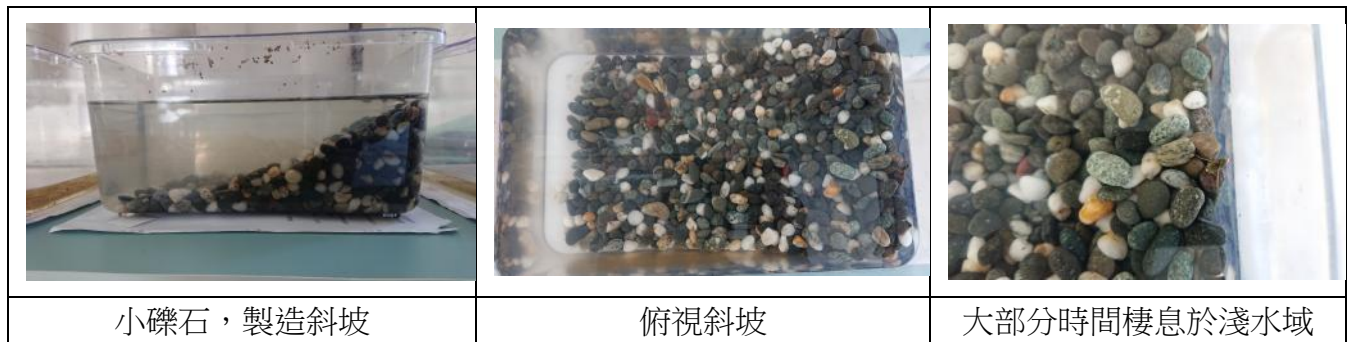


圖 15

(二)結果：表 3-7 偏好淺水或深水域環境

深度(公分)	A 隻	B 隻	C 隻	平均次數
淺水區(0-4)	19	17	3	13
中間層(4-8)	5	7	17	9.67
深水區(8-12)	1	1	5	2.33

(詳細紀錄於科展日誌)

※實驗結果:華椿偏好淺水層區域。

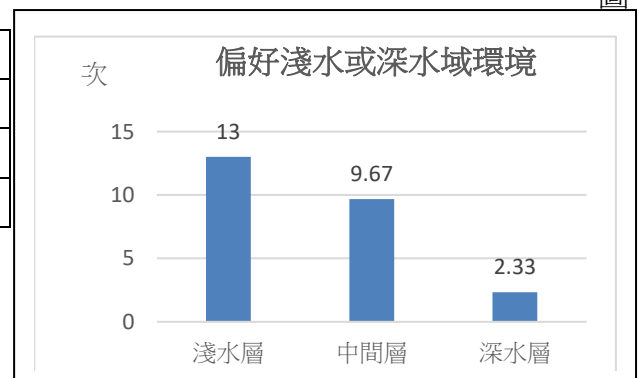
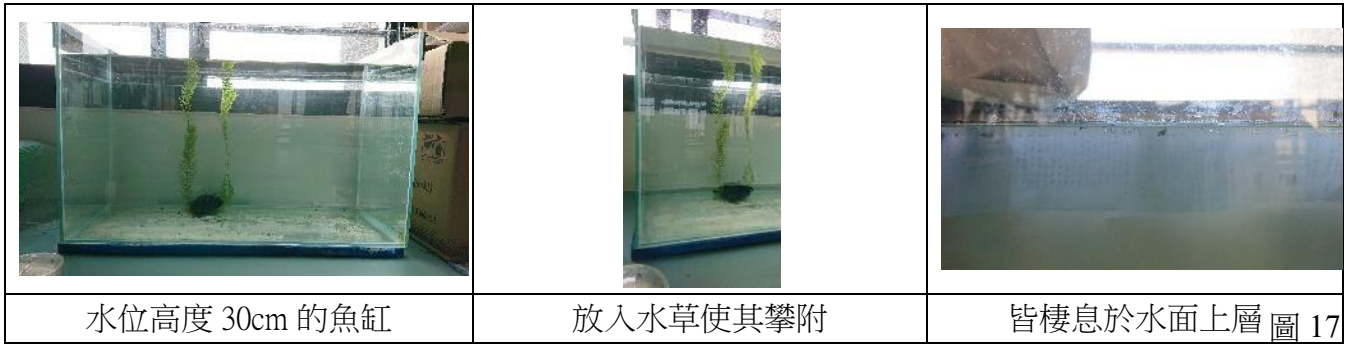


圖 16

三之 3:華椿偏好棲息於水體的上、中、下哪一層呢？

※想法：華椿的棲位是在水體裡的哪一層呢？

(一)方法：1.加水入魚缸到水位高度 30cm，將高度等分成 3 等分;上、中、下各 10cm。2.放入水草使其攀附。3. 放入一隻華椿，每天早上 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點紀錄其位置。4.共實驗三隻(A 隻、B 隻、C 隻)，每隻每天紀錄 5 次，紀錄 5 天，每隻共有 25 次紀錄，統計分析其結果。



水位高度 30cm 的魚缸

放入水草使其攀附

皆棲息於水面上層 圖 17

(二)結果：如下表 3-8 偏好棲息於水體哪一層

高度	上層	中層	下層
平均	25	0	0

(詳細紀錄於科展日誌)

※實驗結果:華椿的棲位為水體的上層。

(三)綜合討論：1.華椿偏好在黑色系環境，推論可能暗色系能提供保護色的功用，因此偏好黑色系環境。2. 華椿偏好在淺水域環境，實驗時有觀察到華椿直接停棲在接近水面的礫石上，推論這樣可以節省力氣，而且接近陸域環境會有更多的獵物掉落的可能。3. 華椿偏好在水體的上層，可能與其覓食有關聯，華椿主要取食孑孓或赤紅蟲，獵物需上來換氣，生活圈主要在水體上層，捕食較容易;另外因為身體存有空氣，因為浮力的關係，所以不游動就會往上漂升，加上換氣也比較不費力，因此棲位在上層。

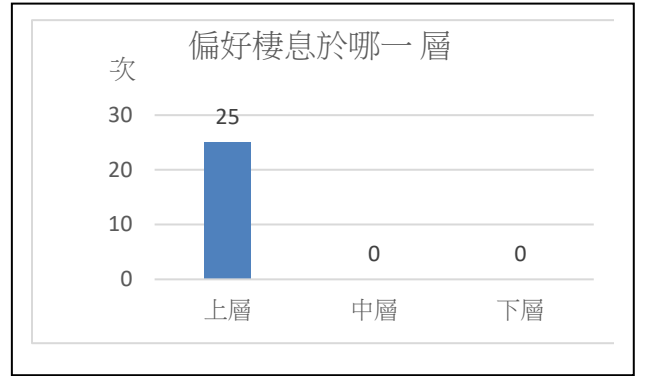
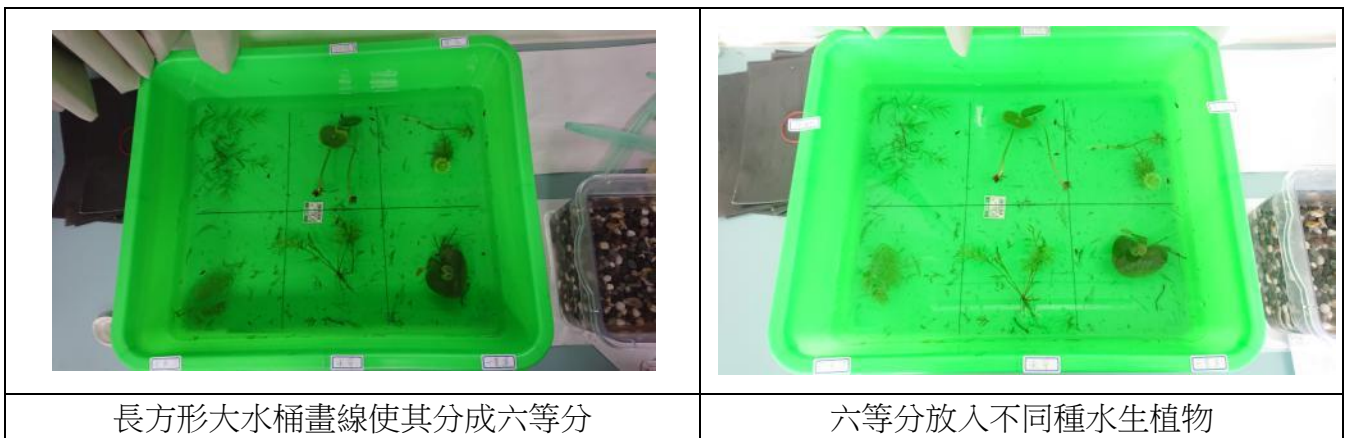


圖 18

#### 四、中華粗仰椿喜歡棲息在何種水生植物呢?

※想法:華椿會偏好棲息在哪一種水生植物嗎?

(一)方法：1.先利用奇異筆在一個長方形大水桶(50x40x12cm)畫線使其分成六等分，再注入水位高達 5cm。2. 隨機取六隻華椿放入。3. 六格分別放入一葉蓮、水芹、金魚藻、雪花、銅錢草、陽明柳。4. 每天早上 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點紀錄其所在位置。5. 在非紀錄時段投入食餌，六格平均餵食華椿。



長方形大水桶畫線使其分成六等分

六等分放入不同種水生植物

圖 19



(二)結果: 如下表 3-9 偏好棲息於何種水生植物

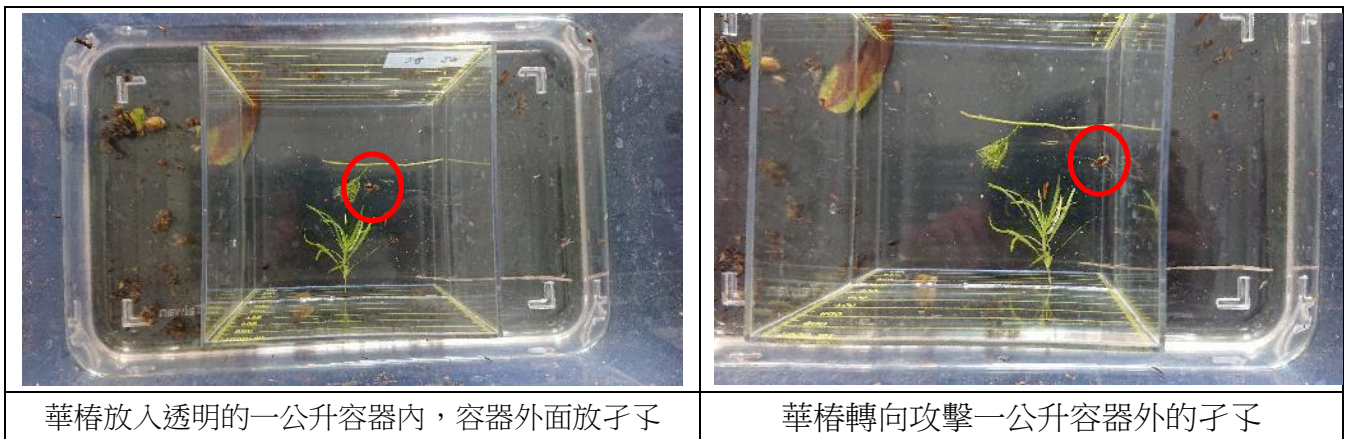
植物種類	水芹	銅錢草	雪花	金魚藻	陽明柳	一葉蓮
所在位置 總次數	26	22	41	22	33	66

(三)討論: 六種植物中, 華椿偏好棲息於一葉蓮, 我們推論可能因為一葉蓮的遮蔽面積比較大, 能幫助華椿掩蔽, 避免天敵發現, 於是偏好棲息於一葉蓮。

## 五、中華粗仰椿是靠何種感官(視覺、嗅覺、振動)來偵測獵物的存在呢?

※想法: 華椿是肉食性水棲昆蟲, 我們想進一步了解, 牠是利用什麼感官發現獵物的呢?

視覺:(一)方法: 1.將華椿放入透明的一公升容器內, 水位高 5cm。2.將一公升容器放入裝有孑孓的昆蟲箱(隔絕振動的影響)(裡面是華椿, 外面是孑孓)。3.觀察華椿是否因視覺偵測到孑孓而衝去捕食。4.重複不同的五隻華椿實驗。



華椿放入透明的一公升容器內, 容器外面放孑孓

華椿轉向攻擊一公升容器外的孑孓

(二)結果: 五隻華椿都能游到容器邊緣甚至衝撞, 想捕食孑孓, 因此, 證實了華椿偵測獵物的存在會利用視覺, 因為容器的隔離已去除掉水波振動的影響因子, 不是受到振動的影響。

視覺延伸實驗:

※想法: 根據研究三之二: 每日吃食孑孓數量的實驗裡, 實驗環境是自然光線, 我們推想, 如果操縱變因是光線, 在無光環境裡, 華椿每日吃食孑孓的量若有減少, 那又可以證明華椿會依靠視覺來捕食獵物。

(一)方法: 1.取 3 盒一公升容器, 內裝 5 公分水位高, 各放入 50 隻孑孓(四齡約 7mm)與一隻華椿成蟲, 將容器放入不透光的櫃子裡。2.於中午 13:00 開始實驗, 到隔天中午 13:00 停止實驗。3.計數捕食的數量, 求其平均。





計數 50 隻孑孓中



將實驗組放入不透光的櫃子裡 圖 21

(二)結果: 表 3-10 無光環境下吃食孑孓的量

無光環境	原有的孑孓數量	剩下的孑孓數量	吃掉的孑孓數量
A 盒	50 隻	37	13
B 盒	50 隻	40	10
C 盒	50 隻	35	15
平均		12.67 隻	

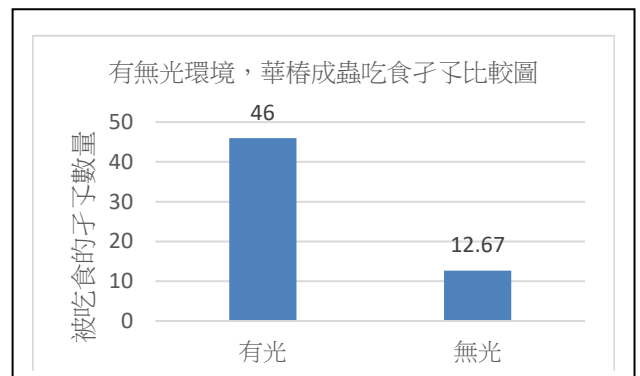


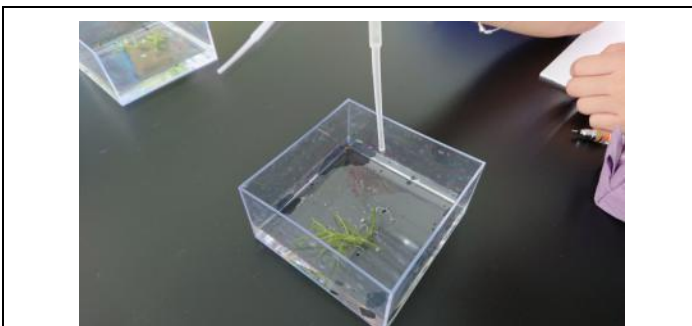
圖 22

※根據研究三之二與本次的實驗結果:無光環境華椿成蟲捕食孑孓的量足足少了 3.63 倍，可見視覺對華椿偵測獵物占有絕對的重要性(但無光環境仍有被捕食，可見還可靠其它感官，接下來會再進行其它實驗測試)。

嗅覺:

※想法:已證實視覺對華椿的捕食有幫助，想了解嗅覺是否也有作用呢?

(一)方法: 1.利用滴管吸取飼養孑孓的水，每次約 2 毫升。2.在華椿成蟲前約 2 公分的距離滴 1 次，相隔 10 秒，重複動作 10 次。3.紀錄華椿的行為反應。4.行為觀察紀錄表程度分成四等級: I :快速前進攻擊、II :緩慢前進攻擊、III :後足振動、IV :毫無動靜。5.共實驗 6 隻 (ABCDEF)。



利用滴管吸取飼養孑孓的水，約成蟲前 2 公分的距離滴入



相隔 10 秒，重複動作 10 次，並紀錄下來

圖 23

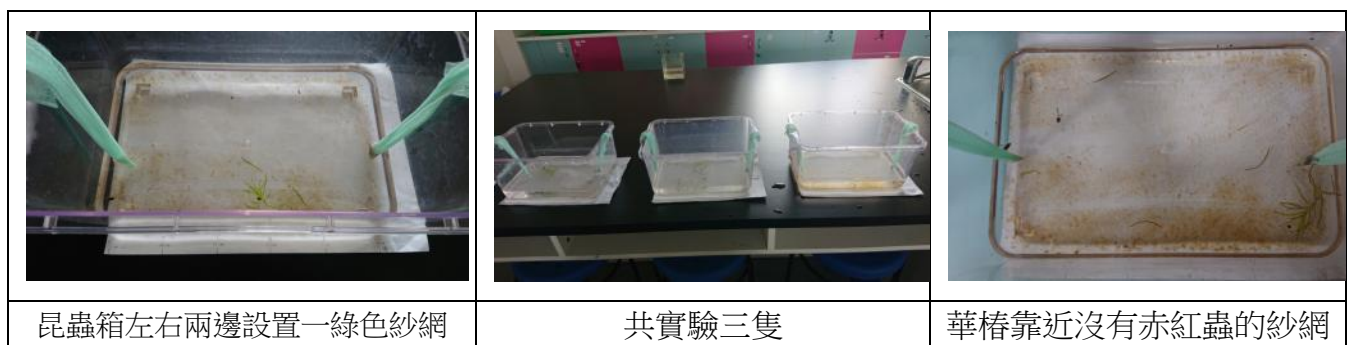
表 3-11 華椿進嗅覺的反應

編號 \ 行為	I	II	III	IV
A 隻	0 次	2 次	1 次	7 次
B 隻	0 次	2 次	1 次	7 次
C 隻	0 次	0 次	0 次	10 次
D 隻	0 次	0 次	0 次	10 次
E 隻	0 次	1 次	1 次	8 次
F 隻	1 次	0 次	4 次	5 次
總次數	1	5	7	47
比率	1.67%	8.33%	11.67%	78.33%

(二)結果:實驗結果顯示,毫無動靜的反應占比最高,但也有部分行為有緩慢前進,但不顯著,因此推論華椿利用嗅覺來偵測獵物其效果相對不明顯。

**嗅覺延伸實驗:**

(一)方法: 1.在昆蟲箱左右兩邊設置一綠色紗網(味道能擴散出來,但看不清楚紗網內餌料),一邊放冷凍赤紅蟲(實驗組),一邊沒有放(對照組)。2.將昆蟲箱底部分成五等分(ABCDE),A是靠近冷凍赤紅蟲的區域(實驗組),E是(對照組)。3.放入一隻華椿,每天早上8點、10點、12點、14點、16點紀錄其位置。4.共實驗三隻,每隻每天紀錄5次,紀錄5天,每隻共有25次紀錄,統計分析其結果。



昆蟲箱左右兩邊設置一綠色紗網

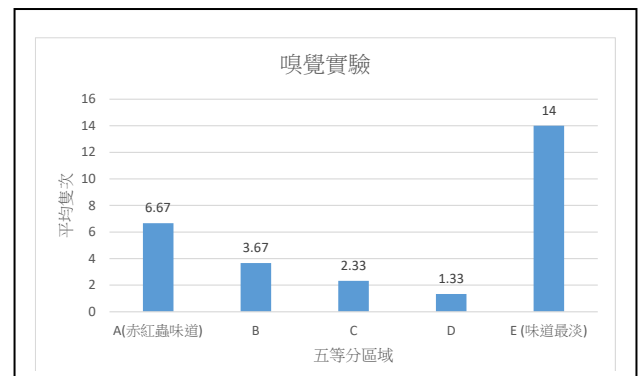
共實驗三隻

華椿靠近沒有赤紅蟲的紗網

圖 24

(二)結果: 表 3-12 嗅覺實驗-每隻各區域的總次數

等分 5 個區域	A (實驗組)	B	C	D	E (對照組)
第一隻	7	3	2	1	12
第二隻	8	3	1	2	10
第三隻	5	5	4	1	10
平均	6.67	3.67	2.33	1.33	14.00



※實驗結果顯示:華椿停棲反而偏好在無赤紅蟲味道的區域,綜觀上述兩個嗅覺實驗,我們推論華椿的嗅覺不靈敏。

圖 25

**振動:**

※想法:華椿除了靠視覺偵測獵物外,是否也會偵測水波的振動呢?

(一)方法: 1.在竹筷子上,綁住釣魚線,再用透明膠帶黏上玻璃片。2.由同一位同學(控制振動幅度與頻率),在水面上一秒點動一下。3.由遠到近,慢慢靠近華粗仰椿。4.每一次實

驗點動 60 下，依行為觀察紀錄表(I:快速前進攻擊、II:緩慢前進攻擊、III:後足振動、IV:毫無動靜。)紀錄下來。5.共實驗五隻，每隻實驗三次。6.將透明玻璃片黏上黃色、紅色、綠色、藍色、黑色、灰色膠帶，重複上述實驗步驟進行實驗。



用透明膠帶黏上玻璃片點動 慢慢靠近華粗仰椿 利用不同種顏色的膠帶實驗

(二)結果: 表 3-13 振動對華椿的行為反應 圖 26

以透明玻璃片振動的行為觀察紀錄表(I:快速前進攻擊、II:緩慢前進攻擊、III:後足振動、IV:毫無動靜。)

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	8	5	1	1	15
占比率%	53.33	33.33	6.66	6.66	100

黃色膠帶

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	1	0	5	9	15
占比率%	6.66	0.00	33.33	60.00	100

紅色膠帶

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	4	1	9	1	15
占比率%	26.66	6.66	60.00	6.66	100

綠色膠帶

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	4	2	5	4	15
占比率%	26.66	13.33	33.33	26.66	100

藍色膠帶

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	8	1	5	1	15
占比率%	53.33	6.66	33.33	6.66	100

黑色膠帶

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	5	4	3	3	15
占比率%	33.33	26.66	20.00	20.00	100

灰色膠帶

級別	I	II	III	IV	總次數
次數	7	1	7	0	15
占比率%	46.66	6.66	46.66	0.00	100



### (三)綜合討論:

利用透明玻璃片振動的目的地就是想只單純的製造水波震盪而沒有光影變化，結果有 86.66%( I + II)的機率會快速朝波源前進甚至攻擊玻璃片，可見野外平靜的池面若有掉落物在水面掙扎，會引起華椿前來覓食。另外，在不同色系膠帶測試下(光影有變化)，藍色、黑色與灰色( I + II 大於 50%)深色系比起其它顏色相對明顯，因此我們推論華椿偵測獵物存在的位置，可藉由視覺(光影變化)、振動(腹部尾端有 4 根明顯的感覺毛)來感知，但嗅覺相對不明顯。我們推論華椿的神經系統可以將獵物的視覺信息轉化為一個運動信號，因此華椿會主動追擊獵物，定位並跟著獵物的移動軌跡，在動物行為研究裡有深入探究。

### 【研究四】探討中華粗仰椿的動物行為(Animal Behavior)。

#### 一、一般行為

##### (一)、游泳行為(包含後足划動一次前進的距離)

※想法:平日觀察時，發現其游泳除了仰著游之外，似乎前進方向與水平面夾有特定角度，甚至能在水下固定於某一定點，以及後足划動一次能前進多少距離，這是我們想探究的問題?

(一)方法一:前進方向與水平面夾有特定角度實驗:1.觀察錄影並拍照，利用 ImageJ 軟體量測出華椿水平游動的角度(前進方向與腹部尾端及複眼等三點間的夾角為水平游動的角度)。

方法二:後足划動一次能前進多少距離:1.準備一個長方形大水桶(50×40×12cm)，內加入 5 公分高的水。2.在水桶內放入 1 個塑膠管當作游道，在旁邊放一把長 30 公分的尺。3.放入一隻華椿，放至游道口干擾牠使之向前游動。4.實驗 5 隻每隻重複做十次，共五十次，記錄每一次游動的距離。5.最後算出牠游動的平均距離是體長的幾倍。



利用 ImageJ 軟體量測出華椿水平游動的角度

後足划動一次能前進多少距離

(二)結果一: 華椿水平游動的傾斜角度(n=10): $26.373^\circ$ (結果一、二詳細紀錄在科展實驗日誌)圖 27

結果二:華椿滑一次後足所游動的距離÷華椿的體長 $\frac{19.73\text{cm}}{0.91\text{cm}} \approx 21.68$  倍。

(三)討論: 1.為什麼華椿游動時會有一傾斜角呢?

我們認為可能因為腹部有很多防水毛，能夾藏空氣，因空氣的浮力，所以往上升，另外，我們推想牠以這樣的角度(約: $26.373^\circ$ )往前游泳，就像飛機機翼有傾斜角一般，這跟流體力學有相關性，流體力學原理中提到當流體(氣體或液體)流速減少時，壓力會增加，空氣流經飛機機翼截面，通過機翼上方的流體因為行徑路線比較長(機翼上半部曲面弧長較長)，因此速度比較快。因此下方氣壓大於上方氣壓，造成淨力為飛機的昇力。因傾斜角關係，所以產生了流速的差異性而有壓力差，淨力與浮力(因腹面有很多防水毛，能貯存空氣)間

取得動態平衡，但華椿要能在同一深度游泳或停留，後足必須一直滑動，產生相對水流，水流產生的力量往下，使合力(往上的力與往下的力)約相等才能停留在某一定點，否則會因空氣浮力的關係一直往上漂。

2. 華椿在受到刺激下，滑動後足一下可游至約身長 21.68 倍的距離，而且可連續游動，直到脫離險境為止，所以我們題目才取名為大「腳」。

## (二)、中華粗仰椿後足快速前後同步擺動的行為探討?

※想法：我們發現華椿的後足好像很有勁，能一直滑動，想了解到底有多快，不同的深淺滑動速度有不一樣嗎?

(一)方法：1.隨機選出一隻華椿成蟲，放置於水深 30cm 的魚缸，將水深分成三等分(上、中、下層，各為 10cm)。2.干擾華椿使牠向下划動。3.利用 DV 錄影機拍攝華椿停留於一定點時，後足擺動的情形。4.利用影像軟體分析不同深度下，10 秒鐘內能划動幾下。5.重複五隻華椿，紀錄其次數，求其後足擺動次數的平均。



圖 28

(二)結果:表 4-1 不同深度 10 秒鐘內後足能划動幾下

10 秒內後足來回的次數	第一隻	第二隻	第三隻	第四隻	第五隻	平均
上層	83	70	81	87	77	79.6
中層	90	80	72	83	97	84.4
下層	96	101	89	97	75	91.6

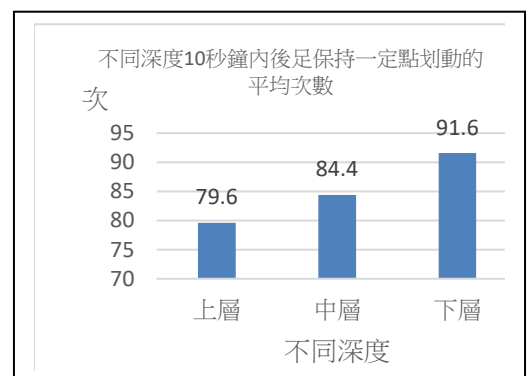


圖 29

(三)討論:根據實驗結果，我們發現愈下層時，華椿固定於一定點其後足擺動的次數會愈多下，由於華椿所受到的浮力不管深淺，其大小都一樣(浮力 = 物體沒入液體後所排開的液體重)，但愈深，華椿受到水的壓力(液壓 $P = \text{深度}(h) \times \text{液體的密度}(d)$  [  $P = h \times d$  ])愈大(往下的力量愈大)，因此華椿需要藉由後足更快速的划動，使其增加往上的力量，如此淨力(往下與往上的力)才會約略相等，華椿才能在水中維持在一特定的地點，因此華椿想要在水中維持一定的話，愈下層其後足擺動的次數會愈多下。

## (三)、在不同溫度下華椿的潛水換氣時間一樣嗎?

※想法：華椿的腹面防水毛能貯存空氣，我們想了解華椿換氣一次後能多久不換氣，以及不同的溫度下，換氣間隔會改變嗎?

(一)方法：1.在常溫下(約 20-22℃)，利用碼錶紀錄華椿從吸氣後下潛到下一次上來換氣的間隔時間。2.共實驗五隻，每隻重複四次，共二十次。3.利用水族加溫器，控制水體溫度約 30℃，重複上述步驟，統計分析結果。



利用碼錶紀錄華椿從吸氣後下潛到下一次上來換氣的間隔時間(常溫組)



利用碼錶紀錄華椿從吸氣後下潛到下一次上來換氣的間隔時間(高溫組) 圖 30

(二)結果: 表 4-2 不同溫度下的潛水時間

共 20 組	常溫組	高溫組
平均潛水時間	3 分 18 秒	2 分 06 秒

(三)討論:實驗結果顯示高溫組較快上來換氣，我們推論在高溫狀態，華椿新陳代謝較快速，耗氧量較大，因此潛水時間較短。

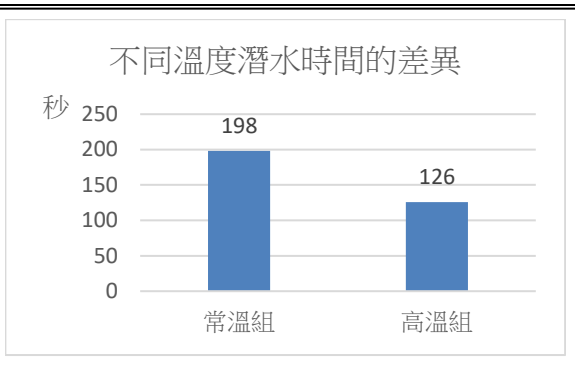
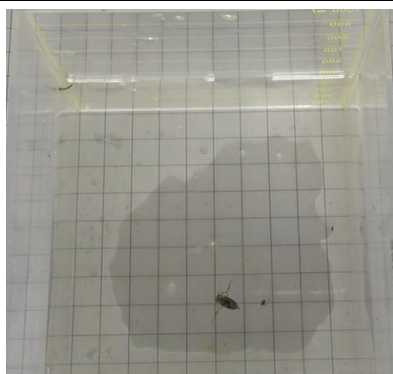


圖 31

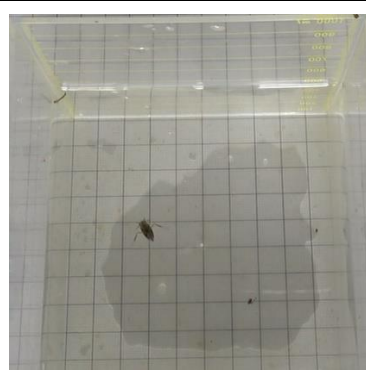
#### (四)、中華粗仰椿的攻擊行為模式

※想法：華椿主要靠視覺及振動來感知及捕食獵物，我們想了解華椿偵測獵物及捕捉到獵物的攻擊行為模式有哪些階段？

(一)方法：1.將一隻華椿放入正方型透明塑膠盒(10 cm×10 cm×10 cm)，水位高度為 5 cm。2.再放入一隻孑孓及蛹，全程以 DV 錄影機錄影。3.實驗裝置放在有刻度(1cm×1 cm)的板子上方。4.分析影片，從華椿偵測獵物到捕食的階段。5.錄製 10 隻華椿，分析攻擊行為模式。

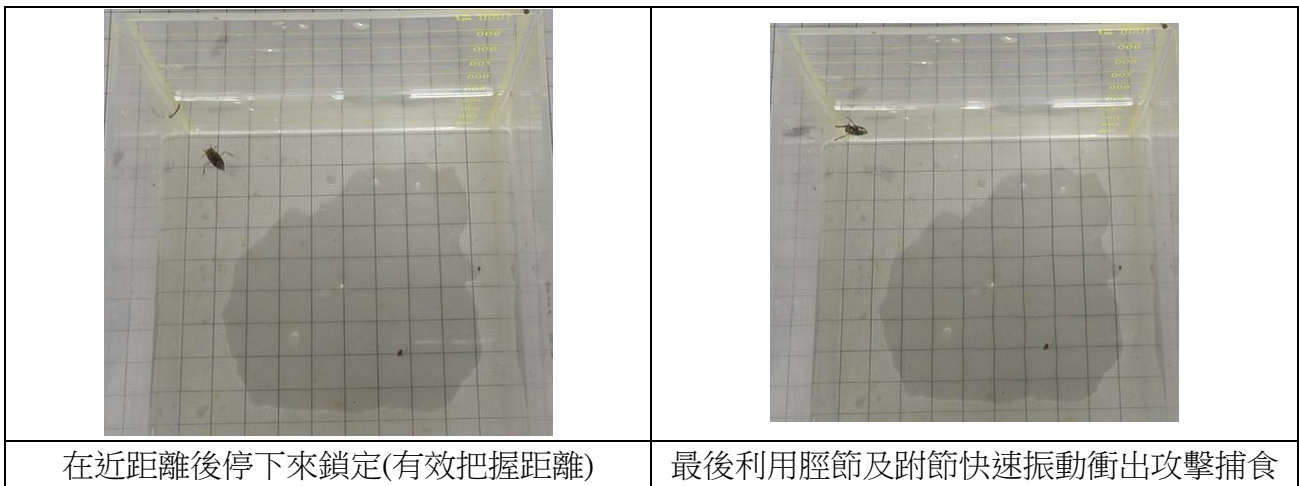


華椿偵測到獵物時會朝向獵物



之後會利用後足划動靠近獵物





(二)結果:我們發現華椿偵測到獵物時會朝向獵物(獵物在後方頭就會轉到後面,在左方,頭就會轉到左邊),之後會利用後足划動靠近獵物,在近距離後停下來鎖定,最後利用脛節及跗節快速振動衝出攻擊捕食。所以攻擊模式階段為:偵測 → 趨向 → 鎖定 → 攻擊  
 抓到獵物後開始刺吸分泌麻醉液,使獵物不再掙扎,再分泌消化液吸食組織液。

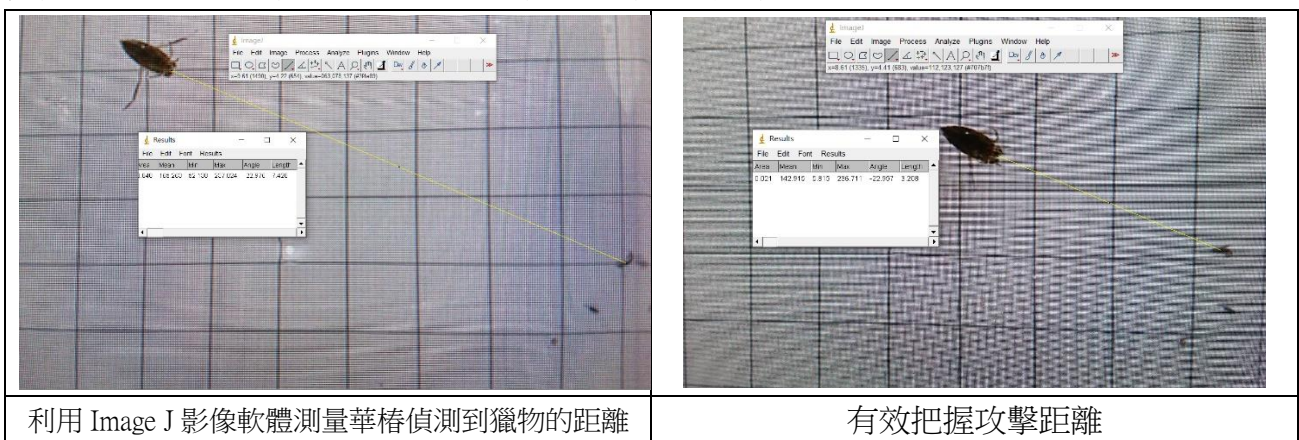
(三)討論:分析影片結果,我們想更進一步了解:

- 1.華椿在多遠的距離即能偵測到獵物?
  - 2.華椿鎖定獵物後,會利用後足的脛節及跗節快速振動,我們認為即在暖身預備啟動攻擊,我們想了解振動幾下後衝出捕食?
  - 3.當華椿划到近距離後停下來鎖定,我們定義這段距離為有效把握攻擊距離,想了解這段距離是多少?
  - 4.當華椿鎖定到攻擊出手捕食成功需要花多少時間?
  - 5.當同時有蛹或孑孓存在時,華椿會想先捕食何者?
- 依上述的問題,規畫以下的實驗:

### (五)、中華粗仰椿的偵測距離及有效把握攻擊範圍距離

※想法:我們很好奇華椿在多遠處就能偵測到獵物進而發動攻擊?

(一)方法:1.根據上面研究四的方法,分析10部捕食的影片,利用Image J影像軟體測量華椿偵測到獵物的距離。2.測量出10組偵測距離,求其平均。



(二)結果:如下表 4-3 偵測距離

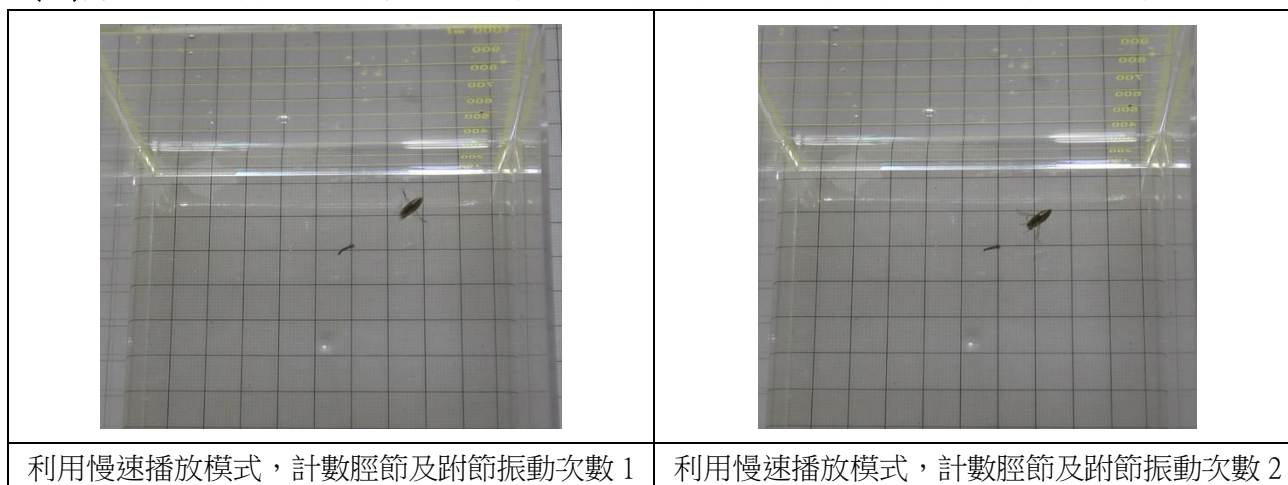
圖 33

偵測距離(cm)		偵測距離(cm)		有效把握攻擊距離(cm)		有效把握攻擊距離(cm)	
編號 1	7.420	編號 6	7.758	編號 1	3.208	編號 6	2.889
編號 2	8.322	編號 7	8.657	編號 2	2.982	編號 7	3.214
編號 3	7.568	編號 8	8.147	編號 3	3.154	編號 8	3.245
編號 4	6.856	編號 9	7.548	編號 4	2.897	編號 9	2.879
編號 5	7.489	編號 10	8.147	編號 5	3.165	編號 10	3.412
平均	7.79cm			平均	3.10cm		

## (六)、中華粗仰椿的暖身預備啟動攻擊

※想法:我們發現當華椿已接近獵物(有效把握攻擊距離時)，會停一下(鎖定)，隨即後足的脛節及跗節會快速振動，再衝出，我們想了解華椿在暖身啟動攻擊時脛節及跗節會振動幾下?

(一)方法：1.分析 15 部華椿捕食的影片。2.利用慢速播放模式，計數脛節及跗節振動次數。



(二)結果: 如下表 4-4 暖身啟動攻擊時脛節及跗節振動次數

圖 34

振動	1號	2號	3號	4號	5號	6號	7號	8號	9號	10號	11號	12號	13號	14號	15號	平均
次數	8	10	7	4	2	5	3	11	5	8	6	5	10	5	3	6.13

※依實驗結果顯示，當華椿暖身啟動攻擊時脛節及跗節會振動約 6.13 下，我們認為這是一種預備動作，非常有趣。

## (七)、中華粗仰椿的攻擊出手時間

※想法:螳螂出手攻擊的時間約為 0.04 秒，華椿主要靠視覺及振動來捕食獵物，平日飼養觀察時，發現牠能很快速地捕捉子子，我們很好奇牠從鎖定、衝出、到抓住獵物要花多久的時間?

(一)方法: 1.以子子及子子的蛹當獵物。2.用 DV 攝影機拍下捕食的過程，再利用電腦播放軟體慢速格放捕食過程，計算暖身預備啟動攻擊到捕捉到子子的時間，格放速度每一格 1/30 秒。3.隨機選取 5 隻華椿進行實驗。

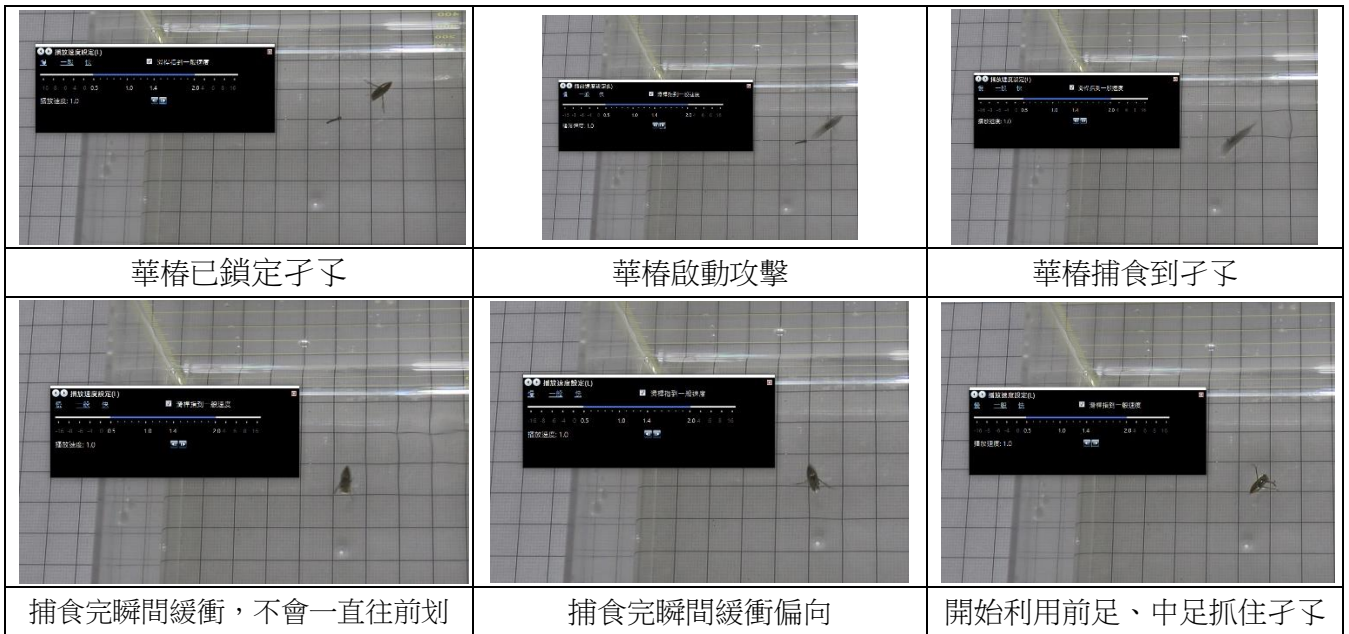


圖 35

(二)結果: 如下表 4-5 啟動攻擊到捕捉到孑孓的時間

編號	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	平均
出手時間(秒)	0.10	0.06	0.10	0.10	0.06	0.084

### (八)、中華粗仰椿會先攻擊孑孓還是蛹呢?

※想法:我們知道華椿會捕食孑孓及蛹，那如果同時存在，會先吃食哪一種呢?

(一)方法:1.將一隻華椿放入正方形透明塑膠盒(10 cm×10 cm×10 cm)，水位高度為 5 cm。2.再放入一隻孑孓及蛹，全程以 DV 錄影機錄影。3.當某一種被捕捉即停止實驗。4.重複 20 隻次，計算捕食比率。

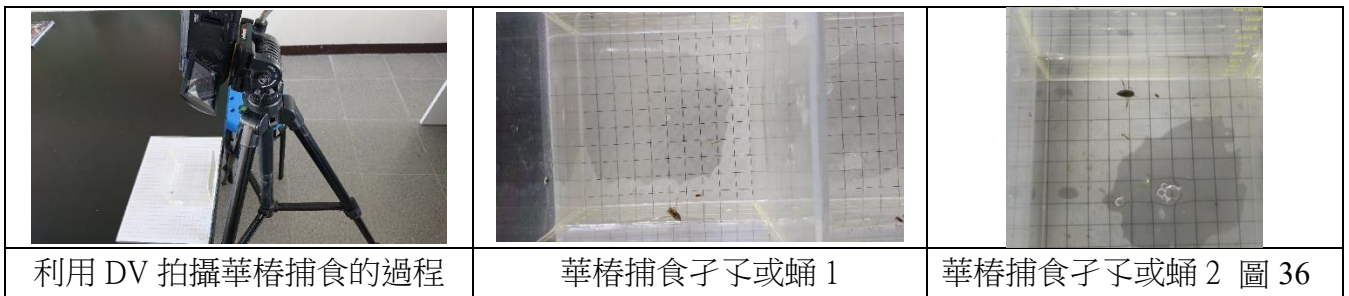


圖 36

(二)結果: 如下表 4-6 最先捕食孑孓或蛹

最先捕食的種類	孑孓	蛹	總計
次數	5	15	20
優先捕食比率	25%	75%	100%

另外，我們也有紀錄仰椿吃食一隻孑孓(終齡孑孓)所需要的時間，共十五組，結果如下:

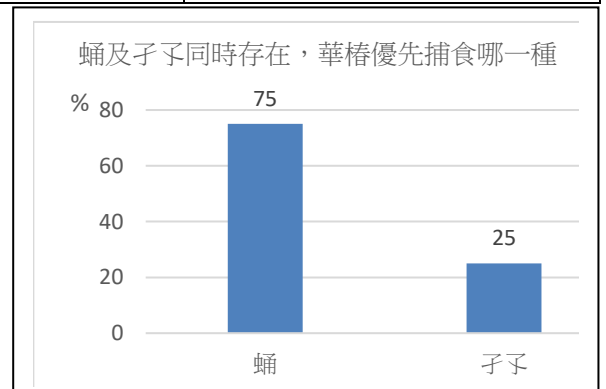


圖 37





表 4-7 華椿處理一隻子子的時間

圖 38

編號	處理時間	編號	處理時間	編號	處理時間
1	9'41"1	6	6'24"61	11	6'03"5
2	10'04"2	7	6'20"35	12	12'40"1
3	6'25"38	8	4'34"1	13	10'07"3
4	8'52"71	9	9'37"14	14	2'37"1
5	8'30"6	10	9'28"26	15	9'28"79
平均處理時間: 8'30					

※發想:當華椿面對不同數量的子子時,其處理第一隻子子的時間會不會不同呢?於是我們設計了一隻華椿 vs 五隻子子及一隻華椿 vs 十隻子子的實驗,紀錄處理第一隻子子的時間。

(一)方法:1.將一隻華椿放入正方形透明塑膠盒(10 cm×10 cm×10 cm),水位高度為 5 cm。2.放入五隻子子。3.當第一隻子子被捕食即開始計時,當吃完即停止實驗。4.重複 5 隻次,統計時間。5.重複上述步驟,改成十隻子子。

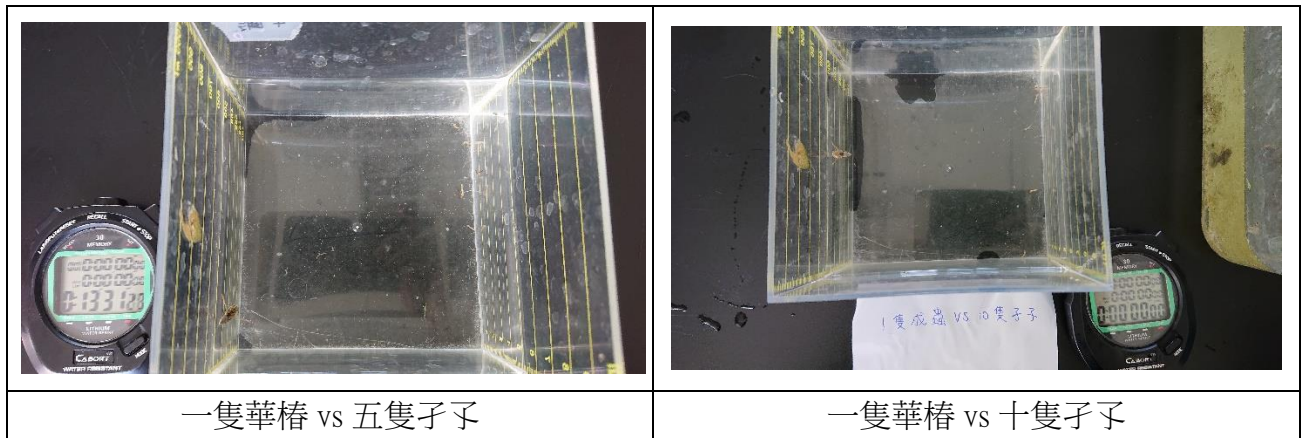


圖 39

(二)結果: 下表 4-8 華椿處理不同隻數子子的時間

一隻華椿 vs 五隻子子		一隻華椿十隻子子	
編號	處理第一隻時間	編號	處理第一隻時間
1	9'28	1	9'10"09
2	10'30	2	8'01"74
3	5'37	3	11'03"54
4	6'07	4	8'12"63
5	9'05	5	9'13"42
平均:8'6		平均:9'7	

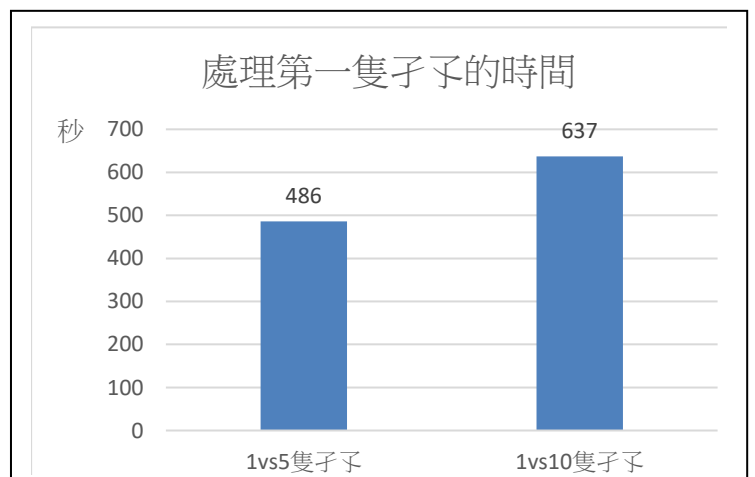


圖 40

### (三)研究五~八之綜合討論:

實驗結果顯示華椿能藉由視覺及振動偵測到遠在約 7.79cm 的獵物，感知到即開始趨前游至有效攻擊範圍內(約 3.1cm)，鎖定後，後足脛節及跗節會快速前後振動約 6.13 下，此時為暖身預備啟動攻擊，隨即以約 0.084 秒的極短時間捕食獵物，完成一次主動捕食攻擊行為。實驗結果顯示華椿捕食蚊子蛹的機率比起孑孓還要高，我們推論蛹的活動力比孑孓高，活動力越大，引起華椿的注意更顯著，水的震動也越大，因此捕食到蛹的機率比較高，建議可當生物防治病媒蚊的物種之一。對孑孓的處理時間，在面對 1 隻、5 隻、10 隻孑孓的環境裡，吃食第一隻孑孓的時間無特別差異，不會因為有愈多的獵物而隨便吃食，浪費食物。另外，華椿屬於主動攻擊型的，非坐等策略型。

### (九)、中華粗仰椿有群聚行為嗎?

※想法:在野外掃網時，有時網內出現一隻華椿，有時出現三隻以上，我們想了解華椿是否有群聚行為呢?

(一)方法:1.隨機取六隻華椿，放入長方形大水桶(50×40×12cm)，分成六個區域，每個區域放入金魚藻供其躲藏棲息，水位高度約 5 公分高。

2. 每天記錄五次，每兩小時記錄一次;分別是 8 點、10 點、12 點、14 點、16 點，共紀錄 7 天，共計 35 次。

3.是否有群聚以該區域聚集最多隻數為主，例如發現該次觀察記錄中發現 4 隻與 2 隻群聚，則紀錄為 4 隻，以此類推。再計算平均值，若平均值 $\geq 3$ 隻，則視為具群聚性。




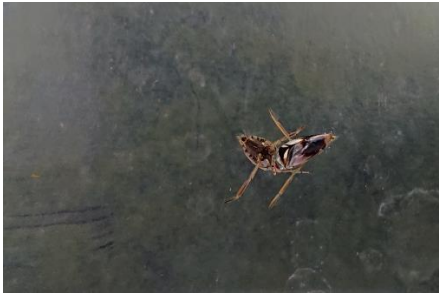




圖 41

(二)結果: 群聚隻數共計 122 隻次;共有 35 次紀錄，因此平均值為  $122 \div 35 = 3.4 > 3$ ，具群聚性。  
(詳細紀錄於科展日誌)

(三)討論:實驗結果顯示平均值  $\approx 3.4$  隻  $> 3$  隻;因此華椿具群聚性，我們推論因為群聚在繁衍下一代時更有機會相遇，因此會群聚在一起，但 3.4 隻的數值並不高，雖群聚，但彼此之間不會靠得太近，因為華椿為肉食性，若太靠近，可能有被同類捕食的風險。

### 二、繁殖行為-求偶行為、交配行為、生殖行為

(一)方法:長期觀察飼養箱(27×11.5×12 cm)，水深 8cm，雄雌之間(三雄三雌共域)的互動。

		
求偶時-雄蟲會衝撞雌蟲	求偶時-雄蟲會衝撞雌蟲	交配行為(雄在下、雌在上)
		
卵產在水生植物的表面上	卵後期轉為黃褐色，且有明顯的紅褐色蟲眼	敷化後的一齡若蟲 圖 42

(二)結果:我們發現交配前，雄蟲會不定時的衝撞雌蟲，我們推論這可能是一種求偶信息的傳遞，目的在刺激雌蟲，告訴雌蟲，雄蟲準備與雌蟲交配。交配的過程，雄蟲的前、中足會勾住雌蟲的前胸、中胸邊緣，時間約 4 分(n=5)再放開，交配時周圍曾發現有別隻雄蟲(衛星雄性)，原交配雄蟲分開後，衛星雄性會與雌蟲再交配，因此交配沒有專一性。華椿卵產在水生植物葉的表面，非葉子內部，卵期約 9 天(n=16)。

## 伍、 結論

- 一、分類地位為動物界/節肢動物門/昆蟲綱/半翅目/仰椿科/粗仰椿屬的中華粗仰椿，屬於漸進變態的水棲昆蟲，從卵期到成蟲期約 2 個月。雄蟲的後足腿節基部各有一突刺，雌蟲則無此構造。雄蟲、雌蟲體長、體寬約略相仿。
- 二、華椿屬於肉食性，獵物為水中小型動物，例如孑孓、赤紅蟲、溪蝦、蝌蚪、小魚。
- 三、在有小仰椿、溪蝦、水蠶的食餌裡，華椿偏好吃食溪蝦。
- 四、同時存在三種尺寸 0.5cm、1cm、1.5cm 溪蝦裡，華椿偏好吃食尺寸 0.5cm 的溪蝦。
- 五、在 50 隻孑孓裡，華椿成蟲一天平均吃食隻孑孓 46 隻，且雌蟲捕食量大於雄蟲，建議可當生物防治孑孓的物種。
- 六、華椿齡期愈大，對孑孓的捕食量也愈大。
- 七、華椿偏好棲息於黑色系環境。
- 八、華椿偏好棲息於淺水層區域。
- 九、華椿偏好棲息在一葉蓮的水生植物。
- 十、華椿偵測獵物存在的位置，可藉由視覺(光影變化)、振動(腹部尾端有 4 根明顯的感覺



毛)來感知，但嗅覺相對不明顯。

十一、華椿水平游動的傾斜角度約  $26.373^\circ$ 。

十二、華椿滑動後足一下的距離約身長 21.68 倍。

十三、華椿想要在水中維持一定的深度，愈下層其後足擺動的次數會愈多下

(不同深度 10 秒鐘內後足能划動次數深 20cm~30cm(91.6 下)> 10cm~20cm (84.4 下)> 0cm~10cm (79.6 下)。

十四、在高溫狀態(約  $30^\circ\text{C}$ )，華椿新陳代謝較快速，耗氧量較大，因此潛水時間較短。

十五、攻擊獵物模式為:偵測→趨向→鎖定→攻擊，華椿處理一隻孑孓的時間約 8 分 30 秒。

十六、華椿的偵測距離為 7.79cm; 有效把握攻擊距離為 3.10cm。

十七、當華椿暖身啟動攻擊時脛節及跗節會振動約 6.13 下，我們認為這是一種預備動作。

十八、出手攻擊的時間約為 0.084 秒。

十九、華椿捕食蚊子蛹的機率比起孑孓還要高。

二十、華椿卵產在水生植物葉的表面，非葉子內部，卵期約 9 天。

## 陸、 未來展望

一、中華粗仰椿腹部有二個藍色斑紋，未來可設計相關實驗來了解其功能。

二、未來可嘗試做在不同齡期下對不同齡期的孑孓其捕食量的實驗。

## 柒、 參考文獻

### 書籍資料：

一、鄭勝仲、林義祥(2013)。椿象圖鑑。台中市。晨星出版社。

二、麥葛文(2007)。世界昆蟲圖鑑。貓頭鷹出版社。

三、張永仁(1998)。昆蟲圖鑑 2。臺北市。遠流出版社。

四、楊平世(1994)。臺灣的常見昆蟲。臺北市。渡假出版社。

五、楊平世(1992)。水棲昆蟲生態入門。臺灣省政府教育廳。

六、郭玉吉(1988)。昆蟲入門。南投縣。水生昆蟲博物館。

### 網路資料：

一、嘎嘎昆蟲網-華粗仰椿 *Enithares sinica* (Stål, 1854)。民 110 年 8 月 30 日，取自

<http://gaga.biodiv.tw/9701bx/in94.htm>

二、臺灣物種名錄- *Enithares sinica*(Stål, 1854)。民 110 年 8 月 30 日，取自

[https://taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet\\_species\\_detail.php?name\\_code=339375](https://taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet_species_detail.php?name_code=339375)

三、基隆生物多樣性資料庫- *Enithares sinica*(Stål, 1854)。民 110 年 8 月 30 日，取自

<https://kite.biodiv.tw/gallery/taxonomy/35315>

捌、 附錄照片






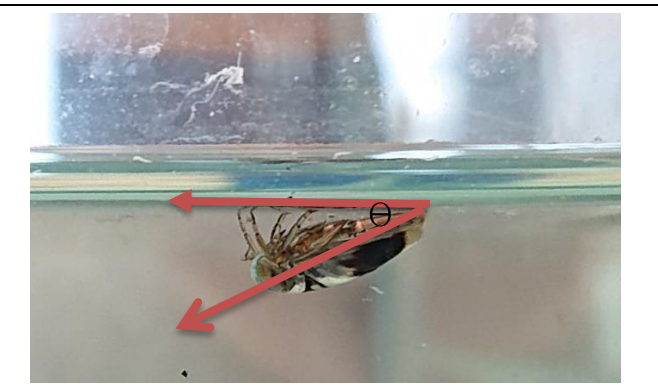

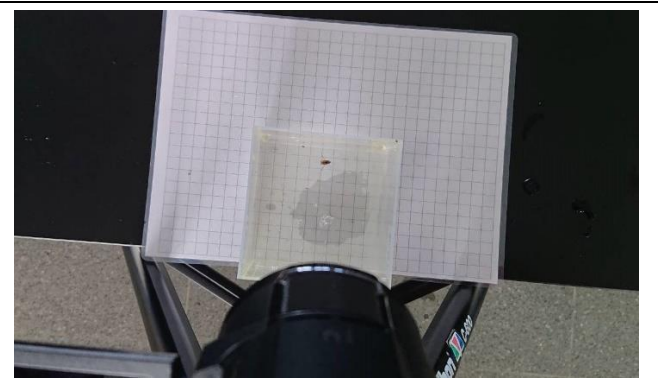
	
<p>華椿正脫皮，從前胸背部開始出來</p>	<p>剛脫皮完仍是黃白色</p>
	
<p>華椿卵產在水生植物葉的表面</p>	<p>剛孵化的一齡若蟲</p>
	
<p>華椿利用後足清潔身體</p>	<p>定點停留或游泳時，與行進方向有一夾角約 <math>26.373^\circ</math></p>
	
<p>捕食到大肚魚仔魚</p>	<p>利用 DV 錄製華椿偏好吃食孑孓或蛹實驗</p>

圖 43

## 【評語】 080315

此研究針對中華粗仰椿進行生態、行為等問題進行一系列的探討，觀察中華粗仰椿的各部位基本形態，和探討棲息、獵食、游泳和攻擊行為。有具體內容，資料相當豐富，實驗數據整理得很好，顯示研究者用心探索問題的精神。研究發現中華粗仰椿可大量捕食蚊子蛹與孑孓，是生物防治蚊子很好的水棲昆蟲，學生觀察仔細；透過觀察將各個構造手繪圖入微，和利用有趣的實驗設計測試分析動物行為，每個問題相互延伸發展，使作品具有邏輯性。以下幾點建議提供給同學參考：

1. 形態特徵的分析多屬可查詢知識。
2. 因為研究的方向及所得的數據相當多，難免作品呈現容易失焦。建議應該基於所得的結果更進一步思考值得深入探討的科學性問題，設計實驗檢視之。
3. 本研究為了了解中華粗仰椿喜歡獵捕的食物，使用脊椎動物(大肚魚與蝌蚪)，犧牲脊椎動物的實驗在生物科展是禁止的，建議學生改用田野觀察是否獵食大肚魚與蝌蚪。
4. 部分實驗的動物隻數及實驗重複次數不明確。增加實驗樣本數量可以提升作品的完整度。
5. 平均值為  $122 \div 35 = 3.4 > 3$  具有群聚性？應有詳細說明。



## 作品簡報

組 別：國小組

科 別：生物科

大「腳」流星，趕盡殺「子」

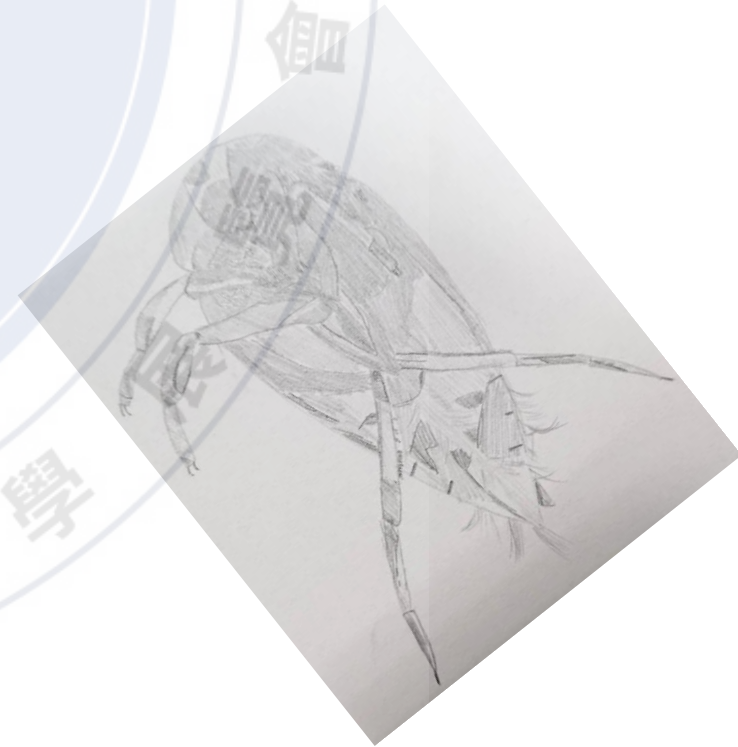
探討中華粗仰椿的生態習性與動物行為

# 壹、前言

台灣仰椿科現有的紀錄有3屬8種，其中粗仰椿屬的只有1種，粗仰椿屬於漸進變態，從卵到成蟲需蛻皮5次，約2個月。請教大學教授後，確定鑑定為中華粗仰椿 *Enithares sinica* (Stål, 1854)。日本、臺灣、中國大陸部分省分都有分布記錄，在臺灣則棲習於低海拔平地等靜水區，體型略大於小仰泳椿，我們採集時，在同一區域兩種皆有採集到。**關於中華粗仰椿的研究極少**，大部分都是小仰泳椿的介紹。本研究除探討中華粗仰椿的生態習性外，主要著重捕食孑孓及蛹的能力、分析攻擊獵物模式、後足擺動的次數與深度的關係並探討生物防治的可行性。本文將『中華粗仰椿』簡稱「華椿」。

# 貳、研究目的

1. 中華粗仰椿的採集與文獻探討。
2. 記錄及觀察中華粗仰椿的形態、特徵。
3. 探討中華粗仰椿的生態棲位(Ecological Niche)。
4. 探討中華粗仰椿的動物行為(Animal Behavior)。





# 參、研究方法、結果與討論

## 【研究一】中華粗仰椿的採集與文獻探討。

捕捉方式：

1. 目視與網捕法
2. 蝦籠式誘餌陷阱法
3. 水中捕撈法



水中捕撈法



撈起後很專注的找尋



所採集到的華椿

討論：

主要以水中捕撈法採集到的數量較多，而蝦籠式誘餌陷阱法皆無採集到，由此可推測其嗅覺可能較不靈敏(文中有設計感官實驗)。

## 【研究二】觀察中華粗仰椿的形態、特徵。



正(背)面



腹面



雄蟲(♂)



雌蟲(♀)



華椿卵產在水生植物葉的表面

單位(mm)

雄蟲(♂)

雌蟲(♀)

體長平均

9.2

9.0

體寬平均

4.1

4.0

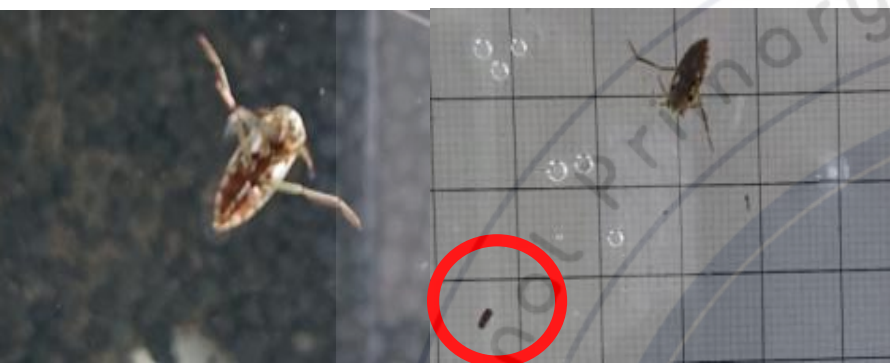
雄蟲的後足腿節基部各有一突刺

雌蟲則無此構造

※雄蟲體長體寬約略與雌蟲相仿

# 【研究三】探討中華粗仰椿的生態棲位(Ecological Niche)。

## 一 中華粗仰椿喜歡吃什麼食物(順序)?



捕捉到孑孓

孑孓的蛹

### 會吃食的類別

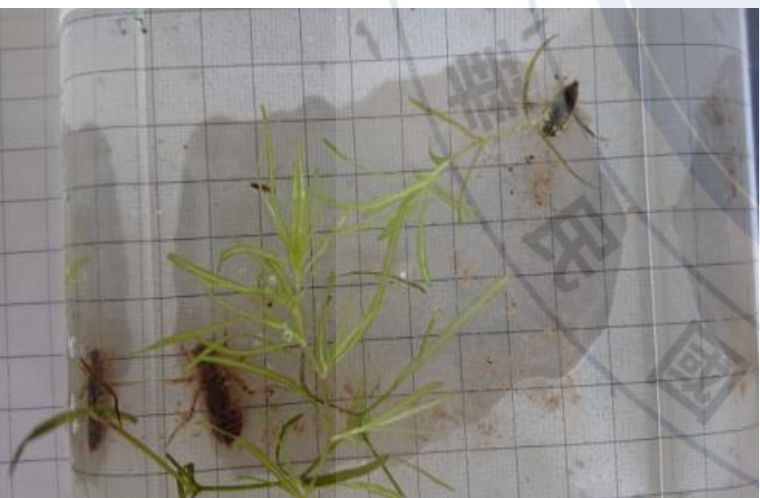
活體動物(孑孓、孑孓的蛹、赤紅蟲、蝌蚪、絲蚯蚓、大肚魚(仔魚)、落水的蝗蟲、溪蝦、水蠶(豆娘)、小仰泳椿)。動物屍體類(赤紅蟲)。

### 不會吃食的類別

活體動物(水蠶(蜻蜓)、比華椿大的大肚魚) 動物屍體類(大肚魚)。

- (三)討論：1. 華椿會吃食活體動物類及赤紅蟲屍體，屬於肉食性的水生昆蟲。  
2. 絲蚯蚓是在水底蠕動的生物，華椿能捕捉吃食物，間接也證明華椿不是只有捕捉水面上層的生物，水底層的生物也會捕食，但前提是獵物要會動比較能吸引華椿注意。  
3. 華椿對於體長相當的水中動物大部分都會吃食，於是我們選取三種原棲地有的物種實驗看是否有取食偏好。

## 一之1中華粗仰椿是否有取食偏好?



華椿與三種物種共處一公升容器

(二)結果：五次實驗裡，有四次捕食到蝦子(80%)，只有一次捕食到小仰泳椿。

(三)討論: 為什麼偏好吃溪蝦呢?  
推論因為蝦子體型比小仰泳椿較大，震動也較大，所以被捕食次數較多;  
小仰泳椿因為游得比較快，體型也較小，所以華椿較難捕捉;  
水蠶則是因為體型較大，較難捕捉。



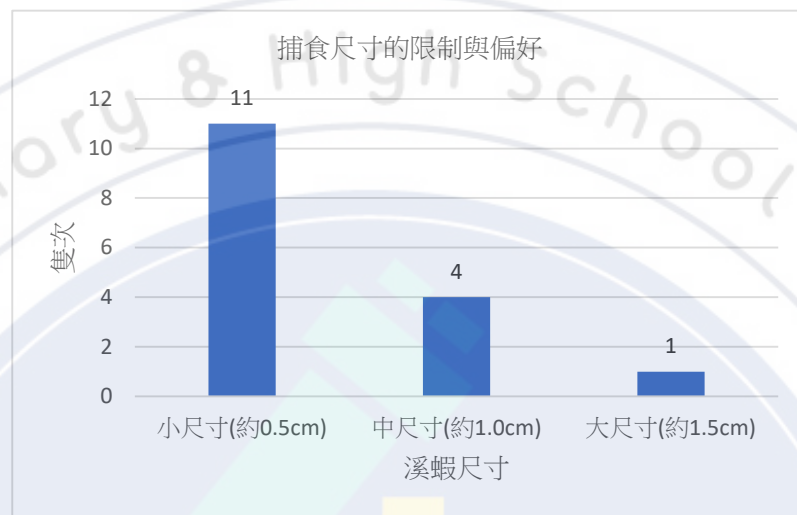
華椿最先捕食到溪蝦



## 延伸實驗-捕食尺寸的限制與偏好

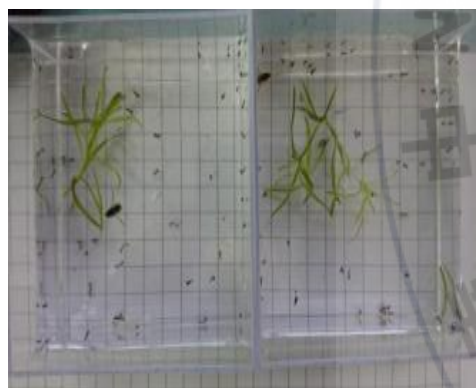


華椿與三種尺寸的溪蝦共處一公升容器

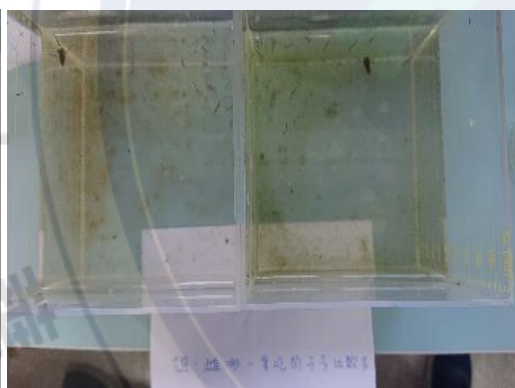


(三)討論:從實驗結果得知，華椿偏好吃食小尺寸的溪蝦(約0.5cm)，若同時存在三種尺寸，華椿偏好選擇小尺寸，最大限制約1.5cm的溪蝦。

## 二、每日吃食子了的量及雄、雌捕食量比較



華椿與50隻子了



雄、雌蟲捕食量的比較

※50隻子了組:

華椿成蟲一天平均吃食隻子了46.0隻。

※雌蟲吃食子了的量大於雄蟲，我們推論可能因為雌蟲要產卵，需要更多的養分，因此捕食量比雄蟲大一些。

實驗結果顯示，華椿成蟲對子了的高捕食量可應用在防治子了上。

## 延伸實驗:不同齡期吃食子了的量

討論:分析實驗結果得知，同樣數量的子了(50隻)，每日捕食量的順序為:

成蟲(46隻子了) > 四齡幼蟲(18隻子了) > 三齡幼蟲(10.66隻子了)，我們推論齡期愈大，其捕食量也愈大。



50隻子了與一隻三齡幼蟲實驗組

50隻子了與一隻四齡幼蟲實驗組



### 三、中華粗仰椿喜歡棲息的位置？

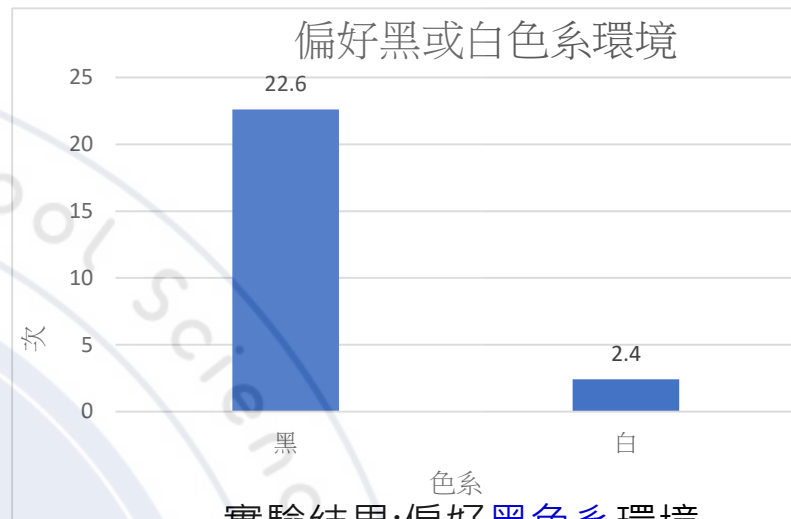
#### 三之1: 偏好白或黑環境



共設置五盒



偏好在黑色區域

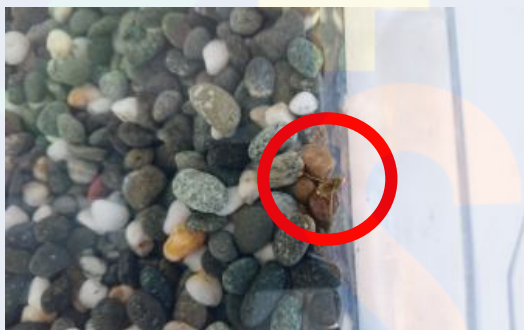


實驗結果: 偏好黑色系環境。

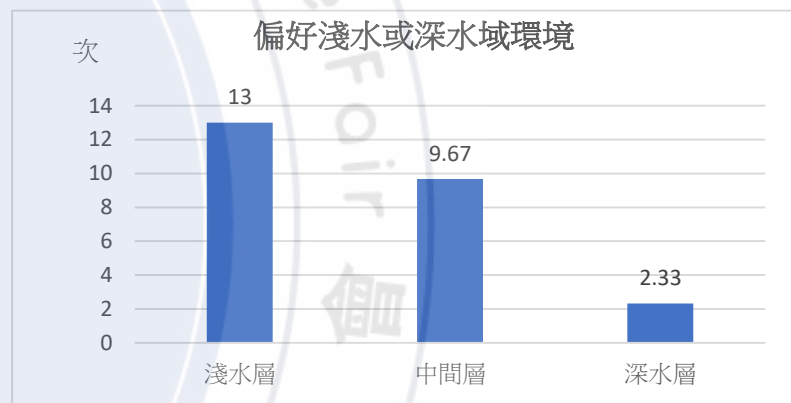
#### 三之2: 偏好淺水域或深水層



小礫石，製造斜坡



大部分時間棲息於淺水域



實驗結果: 華椿偏好淺水層區域。

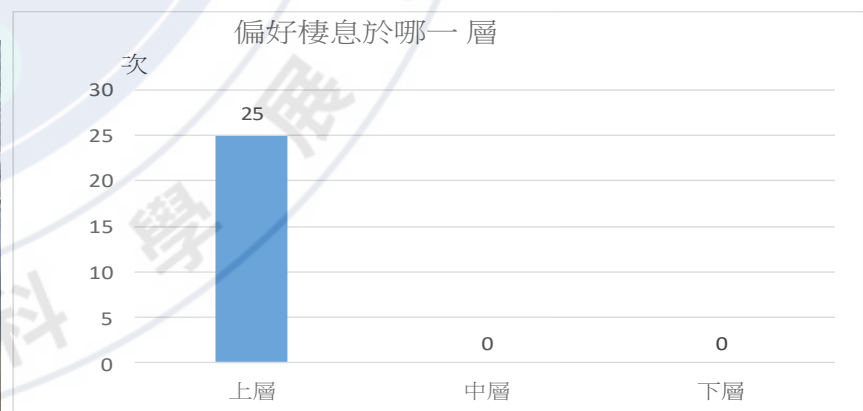
#### 三之3: 華椿偏好棲息於水體的上、中、下哪一層呢？



水位高度30cm的魚缸

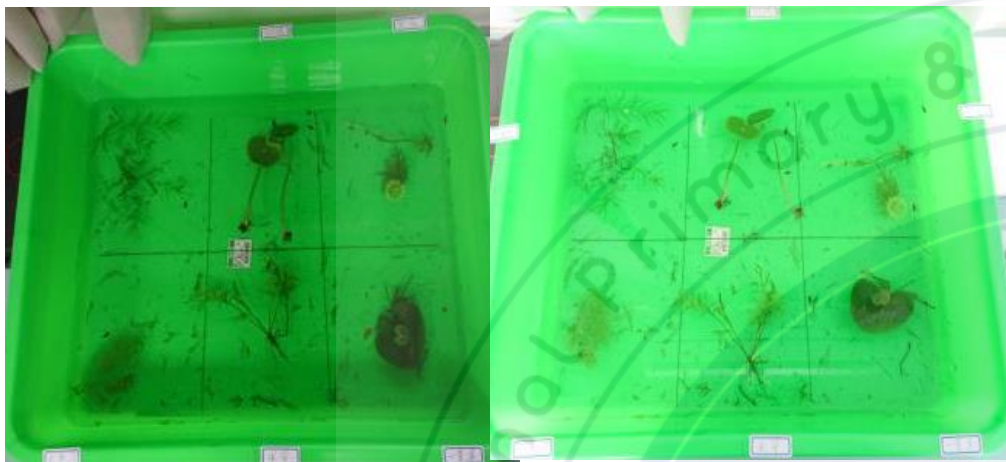


皆棲息於水面上層



實驗結果: 華椿的棲位為水體的上層。

#### 四、中華粗仰椿喜歡棲息在何種水生植物呢？



植物種類	水芹	銅錢草	雪花	金魚藻	陽明柳	一葉蓮
所在位置 總次數	26	22	41	22	33	66

(三)討論：六種植物中，華椿**偏好**棲息於**一葉蓮**，我們推論可能因為一葉蓮的遮蔽面積比較大，能幫助華椿掩蔽，避免天敵發現，於是偏好棲息於一葉蓮。

長方形大水桶畫線使其分成六等分

放入不同種水生植物

#### 五、中華粗仰椿是靠何種感官(視覺、嗅覺、振動)來偵測獵物的存在呢？



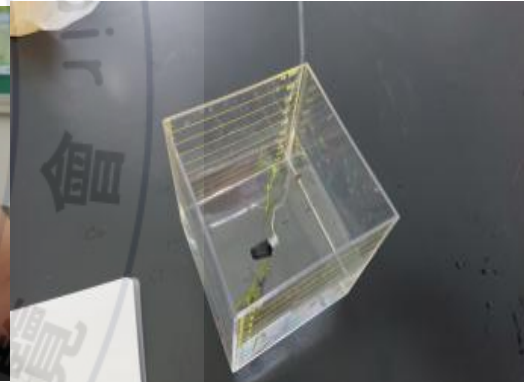
(視覺)華椿放入透明的一公升容器內，容器外面放種子



(嗅覺)利用滴管吸取飼養子子的水，約成蟲前2公分的距離滴入



(振動)用透明膠帶黏上玻璃片點動



(光影變化)利用不同種顏色的膠帶實驗

實驗結果顯示:華椿偵測獵物存在的位置，**可藉由視覺(光影變化)、振動來感知**，但嗅覺相對不明顯。



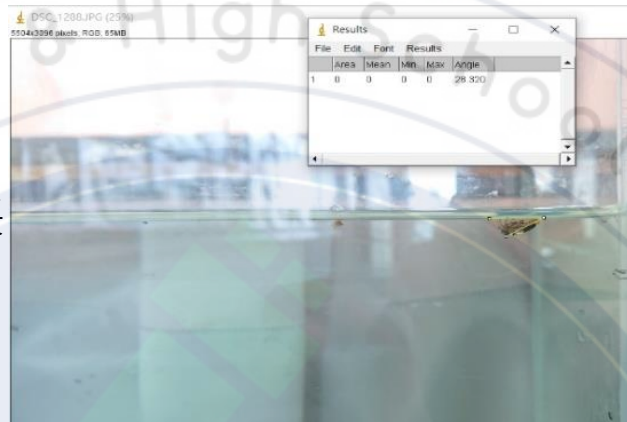
## 【研究四】探討中華粗仰椿的動物行為 (Animal Behavior)

### 一、一般行為

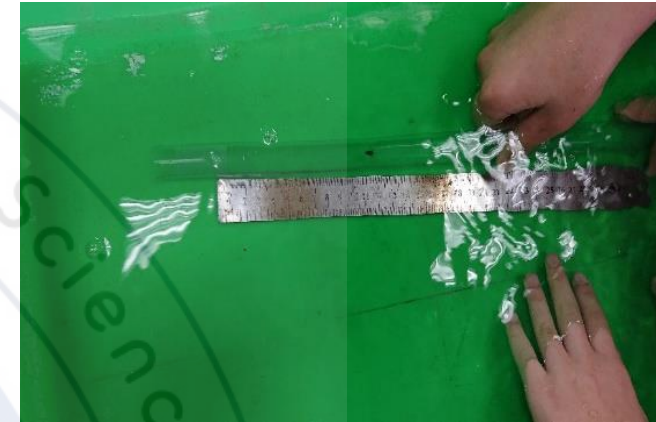
(一)、游泳行為(包含後足划動一次前進的距離)

華椿水平游動的傾斜角度(n=10): $26.373^\circ$

華椿滑一次後足所游動的距離÷華椿的體長  
 $19.73\text{cm} \div 0.91\text{cm} \approx 21.68$ 倍



利用ImageJ軟體量測出華椿水平游動的角度



後足划動一次能前進多少距離

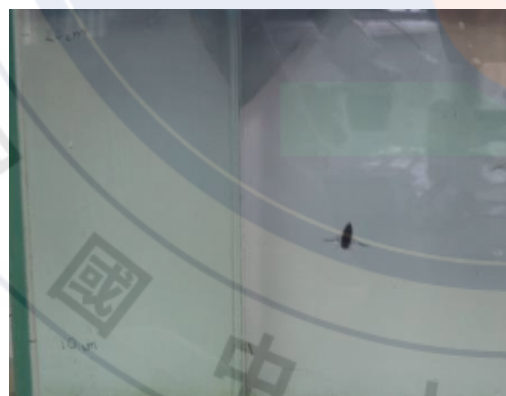
討論: 1.為什麼華椿游動時會有一傾斜角呢?

我們認為可能因為腹部有很多防水毛，能夾藏空氣，因空氣的浮力，所以往上升，造成有這樣一個傾斜角，因傾斜角關係，所以產生了流速的差異性而有壓力差，淨力與浮力(因腹面有很多防水毛，能貯存空氣)間取得動態平衡，但華椿要能在同一深度游泳或停留，後足必須一直滑動，產生相對水流，水流產生的力量往下，使合力(往上的力與往下的力)約相等才能停留在某一定點，否則會因空氣浮力的關係一直往上漂。

### 二、中華粗仰椿後足快速前後同步擺動的行為探討?



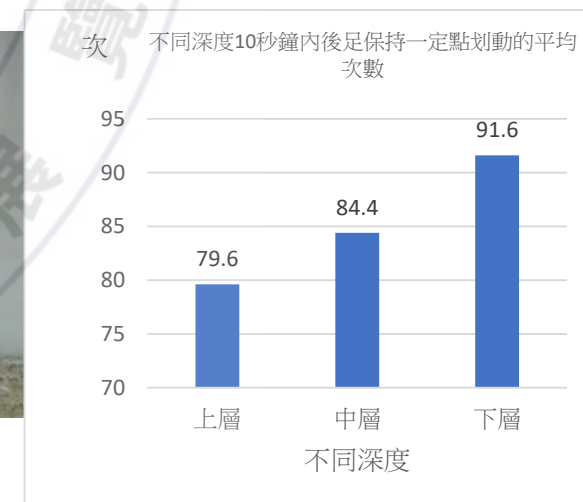
利用DV拍攝華椿停留於上層



華椿停留於中層



華椿停留於下層



實驗結果:華椿想要在水中維持一定深度的話，愈下層其後足擺動的次數會愈多下。



### 三、在不同溫度下華椿的潛水換氣時間一樣嗎？

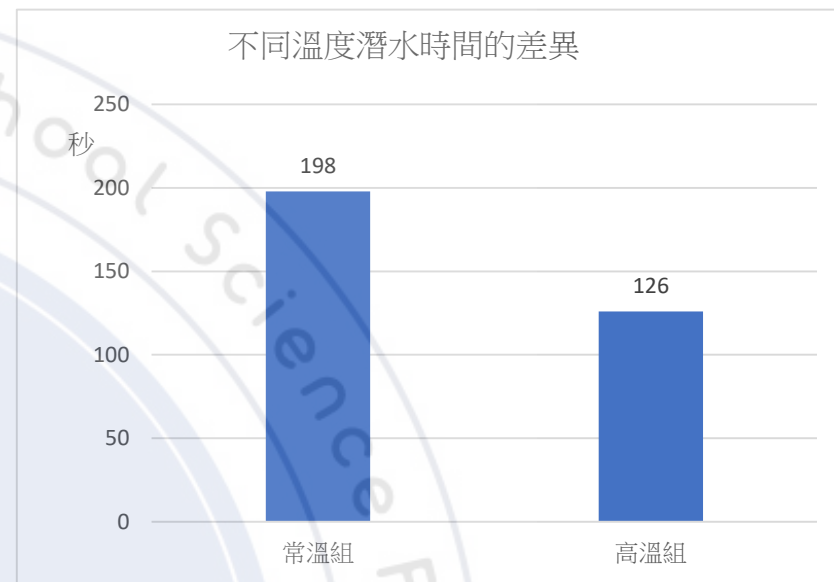
(三)討論:實驗結果顯示**高溫組較快上來換氣**，我們推論在高溫狀態，華椿新陳代謝較快速，耗氧量較大，因此潛水時間較短。



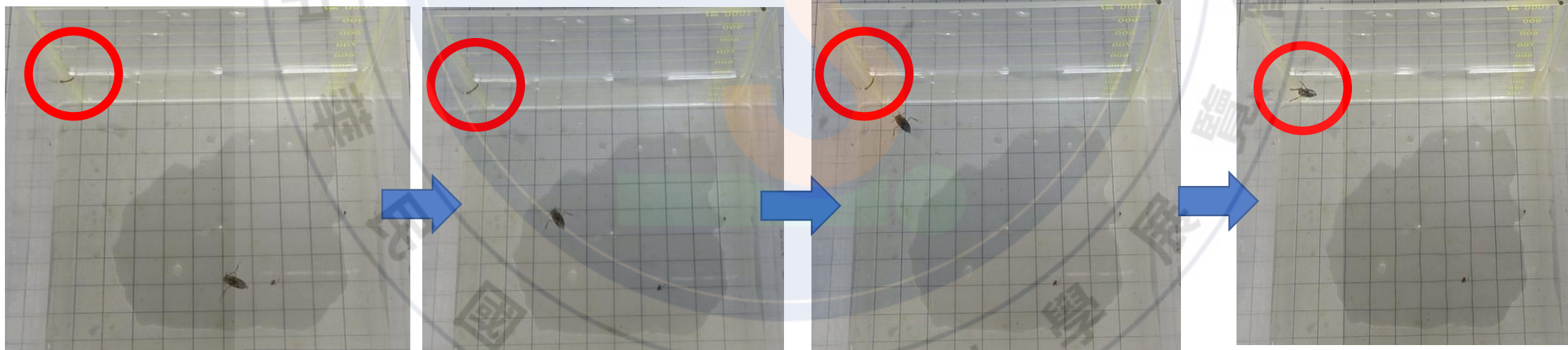
利用碼錶紀錄華椿從吸氣後  
下潛到下一次上來換氣的間  
隔時間(常溫組)



利用碼錶紀錄華椿從吸氣後下  
潛到下一次上來換氣的間隔時  
間(高溫組)



### 四、中華粗仰椿的攻擊行為模式



華椿偵測到獵物時會朝向獵物

之後會利用後足划動靠近獵物

在近距離後停下來鎖定(有效把握距離)

最後利用脛節及跗節快速振動衝出  
攻擊捕食

攻擊模式階段為:偵測

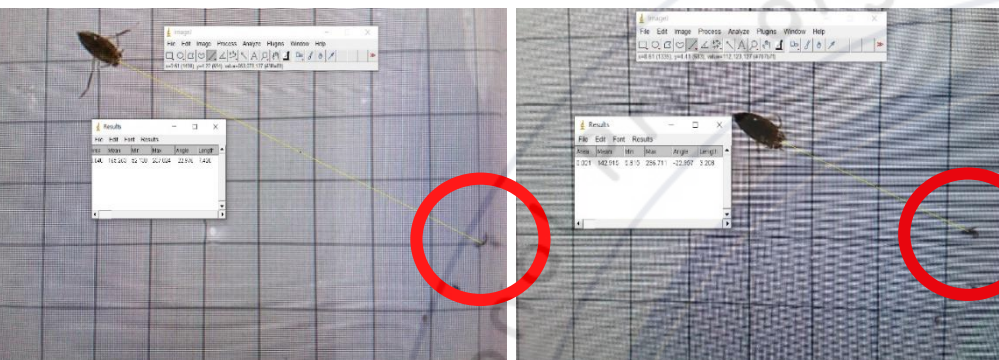
趨向

鎖定

攻擊

抓到獵物後開始刺吸分泌麻醉液，使獵物不再掙扎，再分泌消化液吸食組織液。

## 五、中華粗仰椿的偵測距離及有效把握攻擊範圍距離



偵測距離(cm)		偵測距離(cm)		有效把握攻擊距離(cm)		有效把握攻擊距離(cm)	
編號1	7.420	編號6	7.758	編號1	3.208	編號6	2.889
編號2	8.322	編號7	8.657	編號2	2.982	編號7	3.214
編號3	7.568	編號8	8.147	編號3	3.154	編號8	3.245
編號4	6.856	編號9	7.548	編號4	2.897	編號9	2.879
編號5	7.489	編號10	8.147	編號5	3.165	編號10	3.412
平均		平均	7.79cm	平均		平均	3.10cm

利用Image J影像軟體測量華椿偵測到獵物的距離

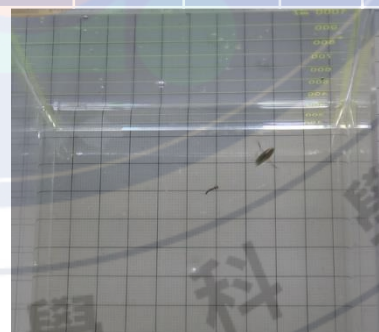
有效把握攻擊距離

※華椿能藉由視覺及振動偵測到遠在約7.79cm的獵物，感知到即開始趨前游至有效攻擊範圍內(約3.1cm)。

## 六、中華粗仰椿的暖身預備啟動攻擊

後足脛節及跗節會快速前後振動約6.13下，此時為暖身預備啟動攻擊

振動次數	1號	2號	3號	4號	5號	6號	7號	8號	9號	10號	11號	12號	13號	14號	15號	平均
	8	10	7	4	2	5	3	11	5	8	6	5	10	5	3	6.13



利用慢速播放模式，計數脛節及跗節振動次數1



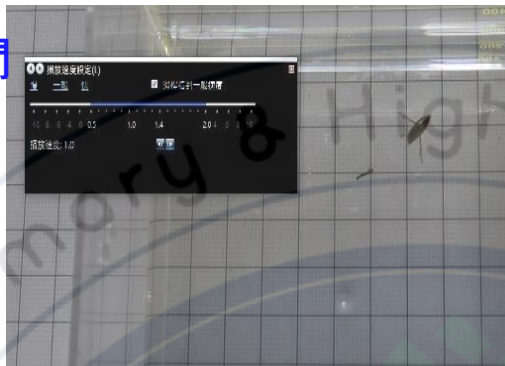
利用慢速播放模式，計數脛節及跗節振動次數2



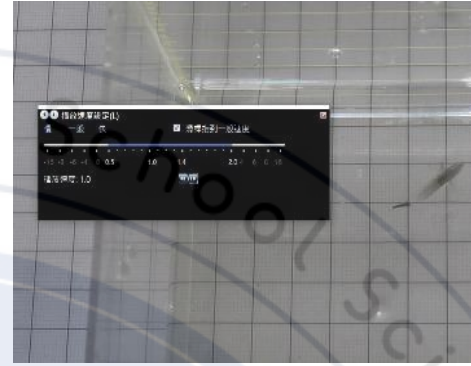
## 七、中華粗仰椿的攻擊出手時間

華椿以約**0.084秒**的極短時間捕食獵物，完成一次主動捕食攻擊行為。

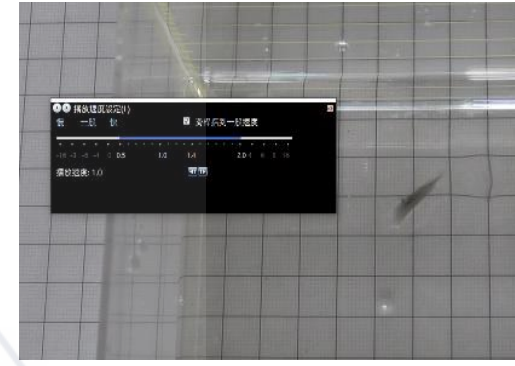
結果: 如下表4-5 啟動攻擊到捕捉到子子的時間



華椿已鎖定子子



華椿啟動攻擊

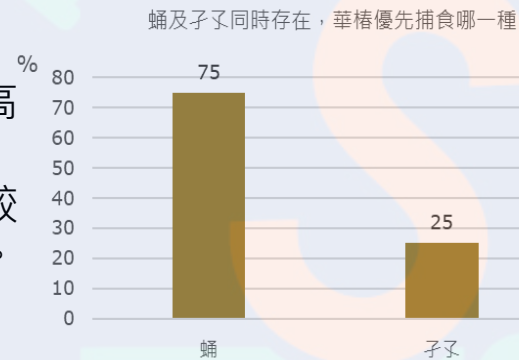


華椿捕食到子子

編號	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5	平均
出手時間 (秒)	0.10	0.06	0.10	0.10	0.06	0.084

## 八、中華粗仰椿會先攻擊子子還是蛹呢?

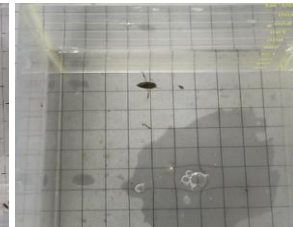
實驗結果顯示華椿捕食蚊子蛹的機率比起子子還要高，我們推論蛹的活動力比子子高，活動力越大，引起華椿的注意更顯著，水的震動也越大，因此捕食到蛹的機率比較高，建議可當生物防治病媒蚊的物種之一。



利用DV拍攝華椿捕食的過程



華椿捕食子子或蛹1



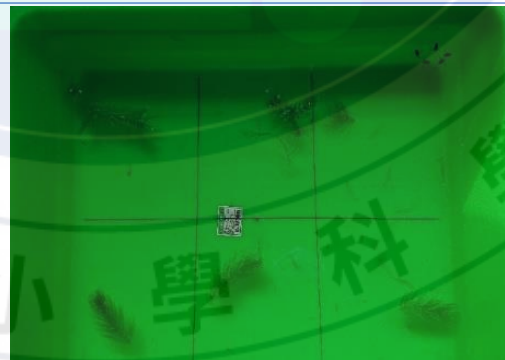
華椿捕食子子或蛹2

## 九、中華粗仰椿有群聚行為嗎?

結果: 群聚隻數共計122隻次;共有35次紀錄，

因此平均值為

$$122 \div 35 = 3.4 > 3, \text{ 具有群聚性。}$$



群聚實驗裝置圖



群聚的狀態



## 十、繁殖行為-求偶行為、交配行為、生殖行為

交配前，雄蟲會不定時的衝撞雌蟲，我們推論這可能是一種求偶信息的傳遞，目的在刺激雌蟲，告訴雌蟲，雄蟲準備與雌蟲交配。交配時周圍曾發現有別隻雄蟲(衛星雄性)，原交配雄蟲分開後，衛星雄性會與雌蟲再交配，因此交配沒有專一性。華椿卵產在水生植物葉的表面，非葉子內部，卵期約9天(n=16)。



求偶時-雄蟲會衝撞雌蟲



交配行為(雄在下、雌在上)



卵產在水生植物的表面上

## 肆、主要結論

- 一、在50隻孑孓裡，華椿成蟲一天平均吃食隻孑孓46隻，建議可當生物防治孑孓的物種。
- 二、主要藉著振動併光影變化知覺獵物觸動攻擊行為。
- 三、華椿滑動後足一下的距離約身長21.68倍。
- 四、華椿想要在水中維持一定的深度，愈下層其後足擺動的次數會愈多下。
- 五、攻擊獵物模式為:偵測→趨向→鎖定→攻擊，偵測距離為7.79cm; 有效把握攻擊距離為3.10cm，出手攻擊的時間約為0.084秒，捕食蚊子蛹的機率比起孑孓還要高。



以上是我們的研究報告

謝謝評審的聆聽