

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

最佳團隊合作獎

080313

隱形劊子手－紅娘華動物行為之研究

學校名稱：臺南市柳營區柳營國民小學

作者：	指導老師：
小六 黃詩婷	鄭東益
小六 陳心蕙	張喬茵
小六 劉 莉	
小六 楊于寧	
小六 林欣怡	
小六 陳亮宇	

關鍵詞：大紅華娘、捕食行為、動物行為

摘要

大紅娘華屬於漸進變態昆蟲，生活史為卵→若蟲(經過五齡)→成蟲(從卵到成蟲約 79 日)。生活於低海拔的水田，為水中掠食者，以水中小動物為食，偏好吃食蝌蚪，主要以視覺(但無法感受到靜止不同的獵物)及獵物的震動來偵測獵物，視覺偵測極限距離約 8cm，水平偵測角度約 232.94 度(左方加右方)，垂直方向約 173.68 度。出手攻擊的時間僅約 1 / 7 秒，有效捕捉到獵物的距離約為 1.591cm，約前足長的 1 / 2。體型愈大的獵物，被麻醉昏迷的時間也愈長，會多處注入麻醉液讓獵物進入昏迷狀態。隨著食餌密度的增加，其捕食量也增加，但食餌密度愈大，其處理時間愈短。溫度愈高(30°C 以下)其捕食率也愈高，偏好棲息在泥土的環境，藏於底土裡，等待獵物上門，為坐等型獵食者。

壹、研究動機

我們在教室內的昆蟲標本收集盒中，發現一種長得很像蠍子的生物，詢問老師後，老師提示我們牠生活在水中，令我們訝異的是，水中怎麼會有這麼像蠍子的水生昆蟲?引起了我們極大的好奇心，後來尋找昆蟲圖鑑才知道牠叫做紅娘華，於是上網查詢有關於牠的資料，才知道牠是水中的掠食者，吃食水中的動物，有了基本的了解並與老師討論後，我們對於牠的捕食很有興趣，於是我們決定來研究紅娘華的捕食行為，便開始擬定計畫，並以南一版四上第二單元(水生生物)、南一版四下第二單元(昆蟲世界)及南一版五下第三單元(動物的生活)為知識背景，進一步設計相關實驗來探索紅娘華的世界。

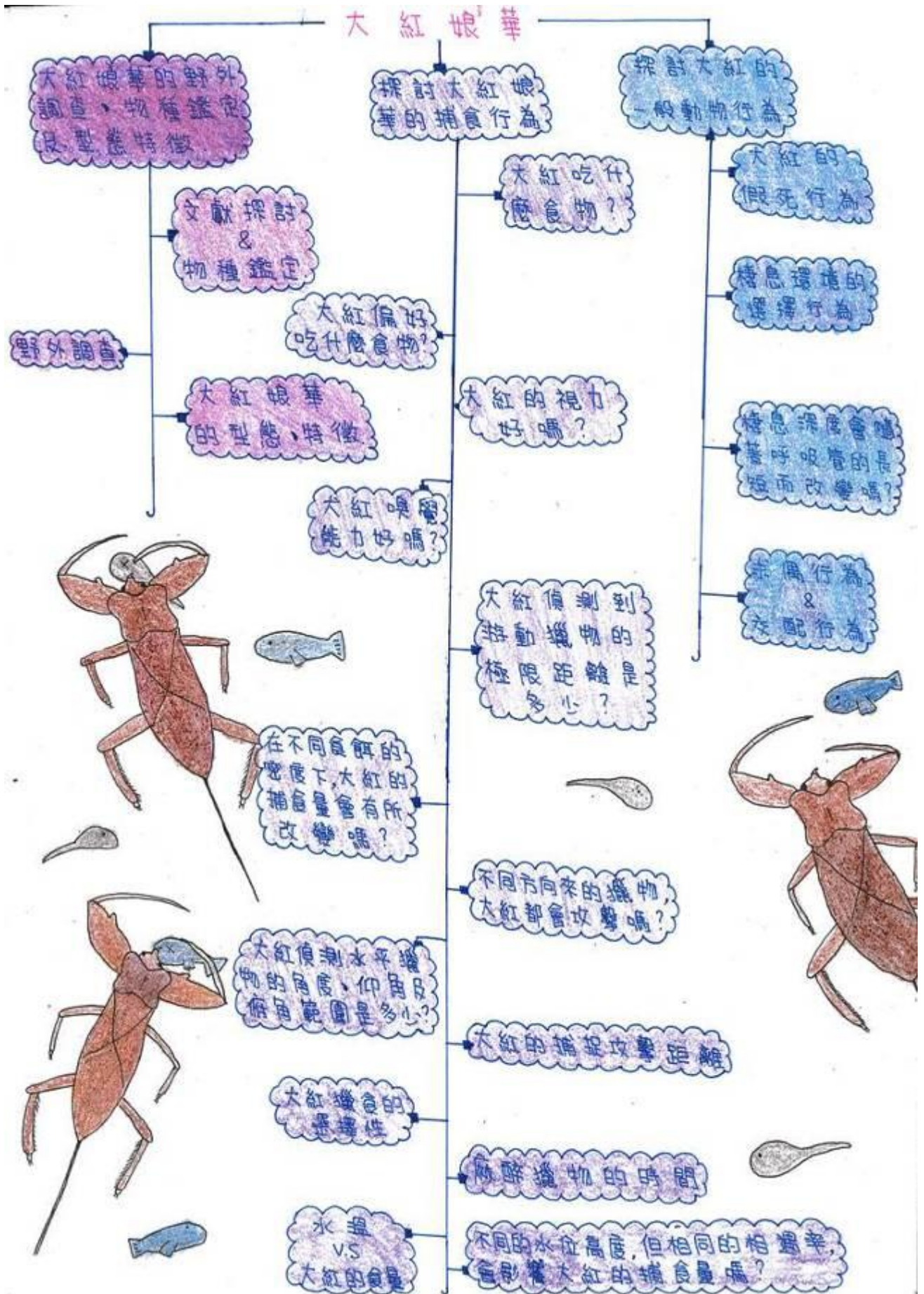
貳、研究目的與架構

研究目的

- (一)大紅娘華的野外調查、物種鑑定及型態特徵。
- (二)探究大紅娘華的捕食行為(Predatory Behavior)。
- (三)探討大紅娘華的一般動物行為(Animal Behavior)。

研究進度

研究步驟	102 年					103 年					
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
文獻蒐集											
田野調查											
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

大紅娘華的採集	水棲昆蟲捕捉網 3 支、昆蟲箱 5 個、半徑 5cm 的塑膠圓碗 20 個。
形態、特徵觀察	培養皿、圖畫紙、解剖顯微鏡 20&40 倍率、鑷子 5 枝、昆蟲針、放大鏡、電子式游標卡尺、數位相機。
捕食行為實驗	大肚魚、蝌蚪(赤蛙科、蟾蜍科)、蘋果螺、黑殼蝦、金魚藻、螺帽 2 個、鑷子 4 支、朱文錦魚、1 平方公分方格紙、1 公升正方形容器(10cm×10cm×10cm)10 個、可控溫加溫棒 2 組、溫度計 5 枝、冰塊、橡膠手套、碼錶
一般動物行為相關實驗	軟塑膠飼養箱(25cm×15.2cm×14.8cm)10 個、夾鏈袋、紗網袋、魚屍體、竹筷子、玻璃魚缸(60cm×25cm×35cm)3 個、硬塑膠昆蟲箱(28cm×18.6cm×16.9cm)10 個、高桶箱(70cm×45cm×40cm)一個、低桶箱(70cm×45cm×13cm)二個、保麗龍箱(57cm×35cm×13cm)二個、顏色不同的底石、沙子和土壤、數位相機、DV 攝影機、碼錶 5 個。


肆、研究過程、方法、結果及討論

【研究一】大紅娘華(本研究報告簡稱為**大紅**) 野外調查、物種鑑定及型態特徵。

一、文獻探討與物種鑑定：

- (一)方法:搜尋網路上的資料及昆蟲類相關書籍進行閱讀與整理並請某昆蟲館研究員協助鑑定
 (二)結果:在臺灣物種名錄、何健鎔的自然觀察昆蟲圖鑑 2-椿象、林義祥&鄭勝仲的椿象圖鑑有記載以及前人研究過**大紅**的基礎生物學，歸納統整資料如下表 1:

表 1 大紅分類地位

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 Nepidae 蠍蝽科 Genus Laccotrepes 蠍蝽屬 Cybister Laccotrepes pfeiferiae (Ferrari, 1888) 大紅娘華	
圖 1 英文俗名 Water Scorpions	
文獻探討及專家訪談與鑑定歸納如下:台灣的紅娘華已知的有 5 種，分別有大紅娘華、臺灣紅娘華、日本紅娘華、小紅娘華、卵圓蝎蝽;其中體長超過 40mm 的為大紅娘華，在臺灣比較常見到的為大紅娘華及臺灣紅娘華，兩者最大的區別除了體長外(大紅 > 臺紅) 在腿節基部內側刺突也能區辨，大紅呈彎刺狀、臺紅呈圓突狀 。因其剛孵化時及成蟲腹部及翅下之背面呈 紅色 ，因此中文名稱為「紅」娘華。其為不完全變態類昆蟲中的漸進變態，生活史為 卵 → 若蟲(共經過五齡) → 成蟲 。依據前人(林幸鈺，2008)的研究「台灣紅娘華與大紅娘華之基礎生物學研究」指出 (1) 在 15、20、25 及 30℃ 不同定溫下飼養大紅娘華，其發育速率隨溫度上升而增加。 (2) 卵期以 15℃ 最長，為 54.94 日，30℃ 最短，為 13.42 日。而在 15℃ 下，因溫度偏低無法	

完成若蟲期，若蟲期以 20°C 最長，為 96.03 日， 30°C 最短，為 50.26 日。另外在第五十一屆全國科展國中組生物科也有兩件研究紅娘華的作品，分別為:「我不『娘』—大紅娘華的型態觀察與行為探索」研究及紅色獵殺-紅娘華的異速生長與覓食方式及棲息偏好的關係，前者研究大紅娘華、後者研究臺灣紅娘華，詳讀上述報告後，其紀錄了很多紅娘華生理變化特徵及一些行為，**但仍有很多面向值得深入研究、探討**，於是我們邊飼養邊細心的觀察並設計實驗來解決觀察到的疑惑，**並著重在這位掠食者的捕食行為**上，我們想做進一步的探究。



圖 2

二、野外調查：

(一)調查方法:

- 1、**野調地點**：我們到台南、嘉義、南投等低海拔的蓮花池、菱角田、沼田、魚塢…等水生池。
- 2、**捕捉方式**：(1)在岸邊觀察尋找法。(2)掃網法(岸邊雜草叢生時使用)





紅娘華躲藏於落葉堆中

很像落葉的紅娘華

紅娘華前半部躲藏於土壤中

雜草叢生的岸邊用掃網法

意外掃到水螳螂

背上用泥土掩護的紅娘華

圖 3

(二)結果：捕捉到的水生昆蟲總數如下表 2:

時間:102.8 ~103. 3

物種	大紅娘華	臺灣紅娘華	水螳	姬牙蟲	水螳螂
若蟲	33	5	豆娘水螳 12	5	0
成蟲	25	21	蜻蜓水螳 9	13	1

註：1.野調的日期及捕獲的物種、隻數詳見實驗日誌。2.紅娘華若蟲包含 1~5 齡期。



圖 4 為所採集的紅娘華一部分

(三)討論：1.野調過程中，大部分都隱於底土裡或落葉堆中 2.能利用找尋呼吸管的方法來找到牠，也藉助手電筒來尋找，縮小尋找範圍，聚焦於光圈內找尋，效果也較好。3.在岸邊為水泥的水田皆找不到，推測應該是紅娘華需上陸產卵，因此水泥地岸邊不適於棲息孕育下一代，需在岸邊為土壤的環境才有機會找到。

三、大紅娘華的形態、特徵：

(一)方法：長時間以水族箱、水箱等容器飼養、觀察、測量並拍照、錄影。

- 1、量測大紅的體長、最大體寬(腹部第三節)、口器長、呼吸管長。
- 2、觀察大紅各部位構造及功能：如表 5

(二)結果：1.大紅自卵孵化歷經五個齡期羽化後變成蟲。

		
卵剛產下時呈米白色的	快孵化的卵偏紅色及稍腫脹	剛羽化的一齡若蟲
		
二齡若蟲&大肚魚	三齡若蟲	四齡若蟲
		
五齡若蟲	五齡若蟲末期(約羽化前 3 天)	成蟲

圖 5 各齡蟲

		
二齡脫皮變三齡	三齡脫皮變四齡	三齡脫皮變四齡(側面照)



圖 6 脫皮紀錄

2、成蟲的體長、體寬: (n=5) ※雄蟲、雌蟲體型相當。

表 3:雄雌蟲體長、體寬比較表

單位(mm)	雄蟲(♂)	雌蟲(♀)	附註說明: 1、體長為頭部尖端至腹部尾端。 (不含呼吸管) 2、體寬為身體最寬處(腹部第三節)。 3、從野外捕捉的成蟲隨機抽樣量測 雄 5 隻、雌 5 隻。 4、平均長度為四捨五入取至小數第二位。
體長平均	40.62	40.53	
體寬平均	12.03	12.06	
呼吸管	39.7	36.82	
口器長	3.32	3.42	



圖 7 量測紀錄

量測大紅的體長及呼吸管

利用電子式游標卡尺量測大紅(假死中)全長

3、在文獻「台灣紅娘華與大紅娘華之基礎生物學研究」中已提到大紅娘華若蟲期以 20°C 最長，為 96.03 日，30°C 最短，為 50.26 日(下表 4-4 為 25°C 的生命表)，因此我們便不重復其生命史的實驗，轉而研究更有趣的動物行為學。

表 4 大紅娘華在水溫 25°C 時各期的發育表

各發育日數	卵期	一齡齡期	二齡齡期	三齡齡期	四齡齡期	五齡齡期	總計
單位:日	18	7.51	8.67	10.9	12.51	21.78	79.37

註:表 4-4 引自文獻「台灣紅娘華與大紅娘華之基礎生物學研究」的大紅生命史資料。

4、各階段型態描述:(1)卵:像米粒般的外型，尖端有六~九根呼吸角(利用解剖顯微鏡細數的)，長度約 4mm，我們發現卵色由白色轉變成橘紅色時即快孵化了。(2)我們觀察到雌蟲將卵產在

離水面上約 3~5cm 的土堆裡，分兩個聚集點(卵團)，每個聚集點約 13~15 個卵，有幾顆卵不在聚集點內，反而在水中。(3)一齡若蟲用頭頂出卵殼，約 3~4 分鐘完全脫離卵殼，在 30 秒到 1 分鐘內會下水。(4)孵化後約 2 個小時體色才由紅色變成深褐色。(5) 齡期轉變脫皮時:由前胸背板之中線破裂，脫皮完成有一些白色細絲殘留於殼上，脫皮完時體色呈淡橘色，腹部周邊呈淡粉紅色。

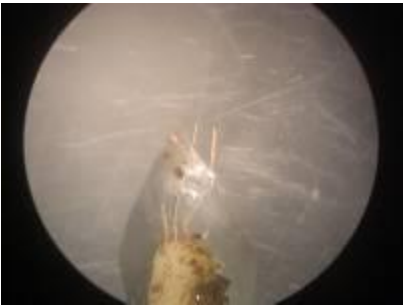








		
卵的呼吸角有六~九根	有兩個卵團	卵團特寫照
		
也有一些卵散落在水中	由頭部頂破卵殼出來	依序孵化
		
孵化後靜置在土上約 30 秒到 1 分鐘	之後陸續下水	孵化約 2 個小時變成深褐色

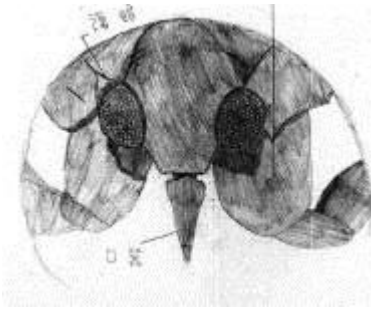

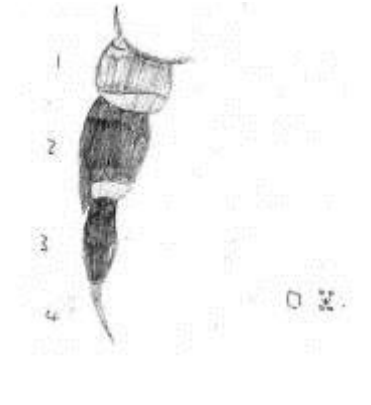
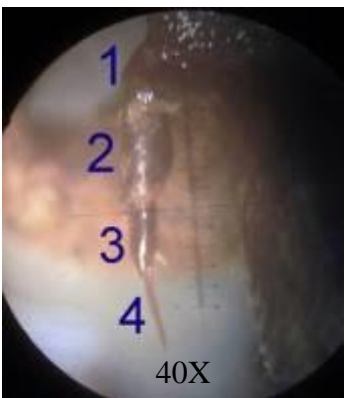

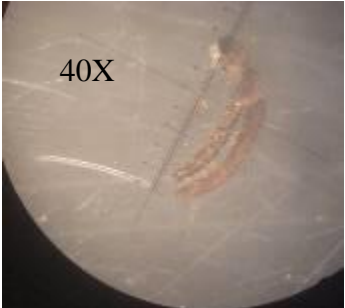
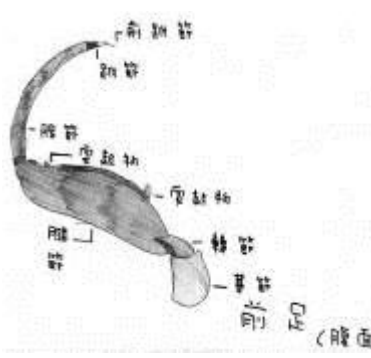

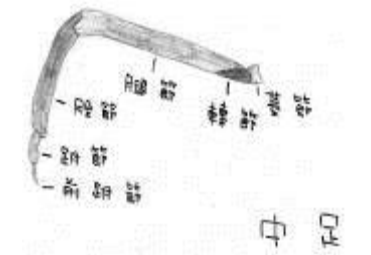

圖 8 卵孵化紀錄

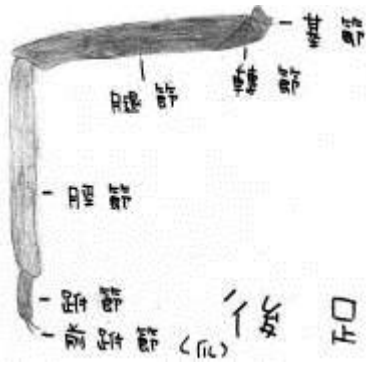

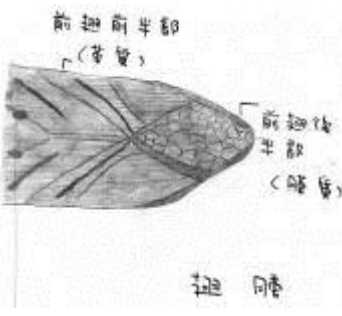




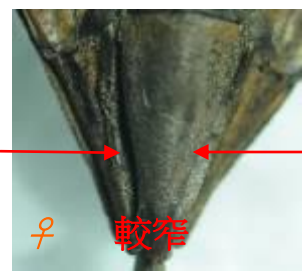


5、成蟲各部位構造及功能：將形態觀察的描述、手繪圖及鑷影照片整理如下：

圖 9 成蟲標本照及手繪圖



表 5 成蟲各部位構造及功能描述表

部位	描述	手繪圖	照片
頭部(背面)	呈菱形狀，有兩顆大複眼但無單眼、有一對觸角隱藏於頭部的複眼下方、有一刺吸式口器。		
口器	為刺吸式口器，全長約 3.25 mm，共為四節，但可見為三節(最後一節隱藏於第三節內)，其最後一節只有在刺吸時才會伸出，以第二節最長約 1.25mm，右圖為標本，且最後一節有伸出，如針狀；能注入獵物麻醉液及消化液		
觸角	(1)為鞭狀呈鉗形具有 3 節，隱藏於頭部複眼與前足間的夾縫處，全長約 2 mm。 (2)顏色呈黃褐色。		
前足	前足特化成捕捉足，利用脛節與腿節來抓夾獵物而腿節基部內側有一突起物可幫助夾力更緊防止獵物脫逃。腿節內側有一溝槽可收納脛節，腿節有帶狀的紋路呈黑褐，脛節主要呈黃褐色。約 32.28mm。		
中足	全足呈現黑褐色分布;其前跗節為爪狀。其功能為水中步行或滑行游泳。約 25.59mm。		

後足	<p>腿節為黑褐色居多，脛節黃褐色分布，且著生細毛，其前跗節也為爪狀。功能除了水中步行或滑行游泳外，也會利用後足將周圍的土壤掩蓋在背上加以掩護或揚起土壤讓水變混濁，使得獵物看不清而得以順利獵捕，約 37.22mm。</p>		
翅膀	<p>前翅為革質，後翅為膜質，覆蓋整個背上，平時在水中不會打開，需遷徙，上岸時等翅膀乾了才有機會飛行。</p>		
中胸腹板	<p>辨識大紅與臺紅特徵的其中之一部位;大紅略成梯形，臺紅略成長方形。</p>		
腹部	<p>外觀可見為 5 節，末節的亞生殖板可區辨雄雌，雄蟲兩側稍呈弧形、雌蟲兩側凹入呈尖形。</p>		
呼吸管	<p>由尾毛特化而成，分為兩根，通常合在一起，在雄蟲交尾伸出交尾器時會將呼吸管分開或清理時也會分開，其功用為幫助牠不用出水面即能呼吸，但呼吸管斷掉並不會使其失去生命，只是棲息範圍在較淺的位置。</p>		

註:目鏡測微尺上的每一個最小刻度在放大倍率是 20X 時是 0.05mm，在 40X 時是 0.025mm。

【研究二】探究大紅娘華的捕食行為(Predatory behavior)

一、大紅吃什麼食物?

(一) 方法：餵食的種類如下：

大肚魚、朱文錦魚、水蠶(豆娘、蜻蜓)、蝌蚪(赤蛙科)、大麥蟲、麵包蟲、負子蟲、黑殼蝦、孑孓(家蚊)、螳螂、蚱蜢、青蛙、赤紅蟲、蒼蠅、蝦虎魚、吳郭魚、魚屍體…等。

※觀察是否會進食?

			
大紅 vs 大肚魚	大紅 vs 朱文錦魚	大紅 vs 水蠶(豆娘)	大紅 vs 蝌蚪
			
大紅(若蟲)vs 孑孓	大紅 vs 麵包蟲	大紅 vs 負子蟲	大紅(若蟲)vs 黑殼蝦
			
大紅 vs 大麥蟲	大紅 vs 螳螂	大紅 vs 蝗蟲	大紅 vs 青蛙(幼體)
			
大紅 vs 赤紅蟲(白色為吸食完)	大紅(若蟲)vs 蒼蠅	大紅 vs 蝦虎魚	大紅 vs 吳郭魚

圖 10 大紅吃食不同類別的食材

(二) 結果：

表 6 對於不同食材的進食結果表

會吸食的類別	部分吸食類別
抓得到的動物活體，但太大的朱文錦魚(約 4cm 以上)部分被抓到仍逃脫或 5cm 吳郭魚也無法捉到。	一些屍體類的有部分進食。 (前提為屍體有被擾動，大紅偵測到，牠即會捕捉)

(三) 討論：1.我們發現會動的生物大都會引起大紅的注意，甚至漂動的水草，牠也會伸出捕捉足夾過來刺吸，但發現非食物便又放開。2.大紅會刺吸子子，曾觀察到左右捕捉足各抓一隻，口器又刺吸一隻(即可同時處理三隻)，是很好的子子防治者。3.不僅會捕捉水中動物，落至水面上的陸生動物也會捕捉，曾觀察到大紅追著活的蟑螂移動最後成功捕食。

二、大紅偏好什麼食物?

(一)方法：1.取五盒硬塑膠昆蟲箱(ABCDE)，每盒分別放入蝌蚪、大肚魚、蘋果螺、黑殼蝦各五隻及每盒各一隻大紅。2.每天上午及下午各紀錄一次，紀錄吃食何物種幾隻次，每做完一次便將每盒各物種補足五隻，共紀錄五天，計十次。

(二)結果:如下表 7

圖 11 取食偏好實驗



隻次 \ 物種	蝌蚪	大肚魚	蘋果螺	黑殼蝦
第一天(兩次)總計	26	11	0	3
第二天(兩次)總計	22	4	0	4
第三天(兩次)總計	25	5	0	5
第四天(兩次)總計	18	6	0	3
第五天(兩次)總計	24	7	0	0
平均	23	6.6	0	3

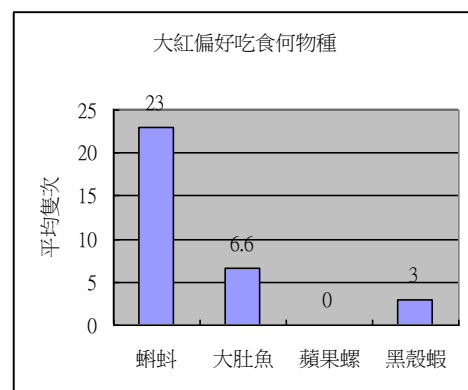


表 7

圖 12 大紅取食偏好統計圖

(三)、討論:實驗結果大紅偏好吃食蝌蚪，我們推測應該是蝌蚪的游速或敏感度相對比大肚魚及黑殼蝦慢，但蘋果螺的速度不是比蝌蚪更慢嗎?為什麼一隻也沒有被捕食到呢?據我們長期觀察發現大紅牠的視力沒有很好，只對瞬間變化的光影或獵物的游動有所感覺，對於不動的食物好像不為所動，因此對於蘋果螺的龜速行動可能無法感覺到，因此才都沒有捕食，對此，我們更加好奇，大紅是否能真的如我們推測的對不動的生物沒有感覺呢?於是我們設計底下的實驗。

三、大紅的視力好嗎?

(一)方法：1.設置三盒(ABC)塑膠箱，各放入大紅成蟲一隻(實驗前先停止餵食三天)2.將朱文錦魚屍放入雙層夾鏈袋內，確保魚屍味道無法逸散。3.每次觀察 3 小時，共觀察 5 次。4.如有抓取捕食行為則算成功(代表看得到獵物)，並紀錄下來。



圖 13 大紅對靜止魚屍體的實驗

(二)結果：皆無明顯趨向魚屍體或捕食攻擊的行為發生。

(三)討論：由上述結果推論大紅無法感受到靜止不動的獵物，對此我們也做了另一項小實驗加以證實，我們利用鑷子夾一隻麵包蟲在大紅的上方移動，當瞬間移動到其上方時，牠的前足張開呈預備攻擊姿勢，但當我們停止不動時，大紅卻沒有攻擊，儘管食餌就在其正上方(距離近到只要牠夾就抓到了)，但當我們再次快速移動鑷子時，大紅前足才快速一夾，可見牠真的只對會動的東西有興趣，或視力不好只對閃動的東西有反應。(有錄影檔，現場解說時播放)



圖 14 大紅對動的獵物(用鑷子夾麵包蟲)的捕食紀錄

四、大紅嗅覺能力好嗎？

(一)方法：1.設置三盒(ABC)塑膠箱，各放入大紅成蟲一隻(實驗前先停止餵食三天)2.將魚屍體放入藍色的紗網(即看不到獵物但味道能擴散出來)。3.共分三組實驗，第一組魚屍體距離大紅約 15cm，第二組約 10cm，第三組約 5cm，每組每次實驗 3 小時，每組共實驗 5 次。4. 如有抓取捕食行為則算成功(代表聞得到獵物)，並紀錄下來。



(二)結果：不管遠距離或近距離，大紅皆無偏向獵物的趨勢或捕食行為的發生。

(三)討論:由上述兩項實驗(靜態獵物、嗅覺),我們推論大紅定位捕捉獵物的方式應該是獵物移動時產生的光影變化,牠接受到獵物閃動的光影進而趨近再捕食,於是我們設計了底下的實驗。

五、大紅偵測到游動獵物的極限距離是多少?

(一)方法:1.在低桶箱內畫上每隔 1cm 的同心圓,在圓半徑 3cm 內放入一個塑膠杯,杯內放入五隻蝌蚪。2.利用滴管擾動杯內蝌蚪在實驗其間使其持續游動。3.在杯外放置一隻大紅,從距離杯緣 1cm 起,觀察是否會趨前攻擊,漸漸拉長其距離,直至不趨前攻擊為止。每一次距離重複五次實驗。4.另外測試五齡若蟲,其視覺偵測極限距離為何?

(二)結果:1.大紅成蟲在半徑 11cm 以內皆成功趨進杯子,而且有捕食行為發生,但在 12cm 時的五次實驗只有一次成功,因此推論成蟲對於游動獵物的偵測極限距離約 8cm(11-3=8)。

2.大紅五齡若蟲在半徑 8cm 以內皆成功趨進杯子,而且有捕食行為發生,但在 9cm 時的五次實驗只有兩次成功,因此推論五齡若蟲對於游動獵物的偵測極限距離約 5cm(8-3=5)。

(三)討論:由於蝌蚪是在杯內,所以蝌蚪游動擾動的水波是不會傳遞出去,而大紅會趨前捕食,表示大紅視力在有限的距離內能偵測到動態的獵物,另外,實驗過程中也曾放入蝌蚪屍體,但大紅呈現不為所動的狀態,因此更證實了大紅攻擊捕食的趨動力是靠視覺但前提是獵物是活體而且活動的程度要大紅能感受得到。

圖 16 視覺偵測距離實驗



六、在不同食餌的環境下,大紅的捕食量是否有所改變?

(一)方法:1.我們準備五盒昆蟲箱(28cm×18.6cm×16.9cm)(ABCDE),放入水草及 1 公升的水,各放入大紅一隻,先行飢餓三天再分別放入一隻、二隻、四隻、八隻、十六隻野外溝渠所撈的孔雀魚(體長約 1.5cm)。2.紀錄觀察日取食量。3.實驗時間為早上八點至次日早上八點再來計數剩餘的孔雀魚。4.共重複實驗五次,每次實驗完將所有的魚撈起再讓大紅飢餓三天再將魚補好為原本各組的隻數。

圖 17 不同食餌密度實驗



(二)結果：如下表 8

孔雀魚隻數 隻次	1 隻	2 隻	4 隻	8 隻	16 隻
第一次捕捉量	1	2	4	7	10
第二次捕捉量	0	2	1	7	9
第三次捕捉量	1	2	2	6	10
第四次捕捉量	1	1	2	7	10
第五次捕捉量	0	2	1	6	9
日平均捕食量	0.6	1.8	2	6.6	9.6

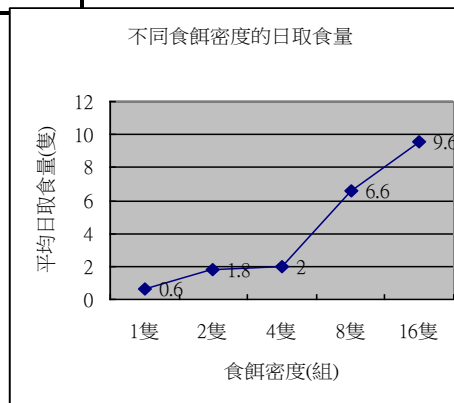


圖 18 不同食餌密度實驗統計圖

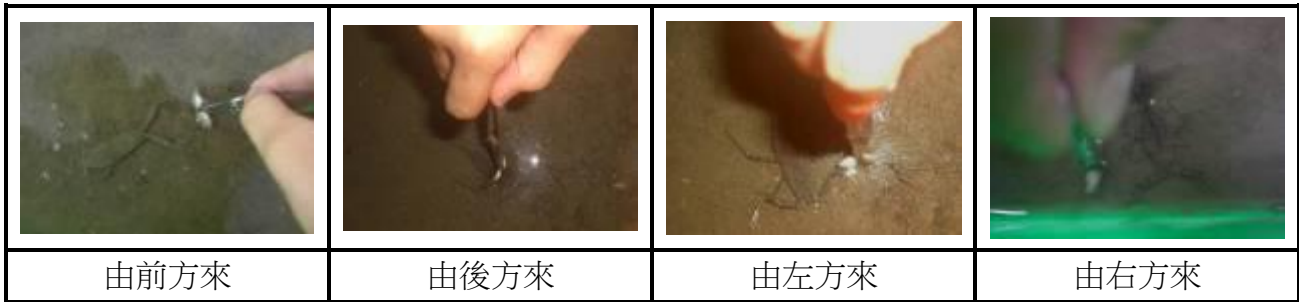
(三)討論:1.實驗結果顯示隨著食餌密度的增加，大紅的捕食量也增加。2.另外在實驗過程中我們也發現在高密度組(8 隻、16 隻)，大紅吸食孔雀魚的時間(處理時間)相對比低密度組(1 隻、2 隻)的時間來得短，因此實驗中我們討論著當大紅抓到孔雀魚時，就開始利用碼錶紀錄直到刺吸完放開那隻孔雀魚為止。在 16 隻組裡最快的處理時間為 4 分 24 秒 28 毫秒，最慢的處理時間為 1 時 14 分 39 秒 13 毫秒，但在 1 隻組裡最快的處理時間為 1 時 26 分 44 秒 16 毫秒，最慢的達到 4 小時之久。而且在高密度組也發現過大紅曾同時處理兩隻魚(左右捕捉足各抓一隻)。實驗時我們一直等待，只要觀察到孔雀魚正被捕食時就開始紀錄處理時間(刺吸到放開)並記錄下來(如下表)，但有些魚被捕食是發生在我們的睡眠時間，所以只紀錄到我們所觀察到的。依據結果，我們推論食餌密度愈大，其處理時間愈短。(食物愈多只吸取其精華部分，往往只刺吸獵物身上的一兩個位置，反而食物愈少，愈珍惜，刺吸食餌上許多地方)下表 9

有記錄到的處理時間	一隻組(n=3)	二隻組(n=3)	四隻組(n=3)	八隻組(n=11)	十六隻組(n=11)	
第一次	1時26分44秒16毫秒	2時2分56秒	1時6分46秒69毫秒	22分12秒07毫秒	25分27秒46毫秒	
第二次	4時	1時30分53秒	1時51分11秒	48分40秒36毫秒	14分40秒57毫秒	
第三次	3時12分8秒9毫秒	53分16秒55毫秒	48分30秒08毫秒	36分28秒45毫秒	6分18秒80毫秒	
第四次		1時23分17秒46毫秒	54分32秒75毫秒	11分38秒07毫秒		
第五次		1時19分34秒	1時20分7秒12毫秒	1時2分35秒57毫秒		
第六次		38分53秒	19分20秒60毫秒	56分01秒18毫秒		
第七次		1時15分35秒16毫秒	42分31秒18毫秒	26分12秒34毫秒		
第八次		1時38分16秒89毫秒	34分27秒30毫秒	4分24秒28毫秒		
第九次		1時12分58秒40毫秒	29分51秒94毫秒	1時14分39秒13毫秒		
第十次		1時26分50秒	1時4分37秒37毫秒	11分29秒14毫秒		
第十一次		2時2分6秒	48分57秒33毫秒	47分32秒72毫秒		
平均處理時間		2.88 時	1.48 時	1.37 時	0.72 時	0.51 時

圖 19 不同食餌密度處理時間統計圖

七、不同方向來的獵物，大紅都會攻擊嗎？

(一)方法：1.我們準備低桶箱(70cm×45cm×13cm)，放入一隻大紅(已飢餓三天)，先行適應環境一小時。2.利用鑷子夾著朱文錦魚屍體，(模擬魚游動左右震動的方式)靠近大紅，分別記錄由前方、後方、左方、右方游向大紅，記錄捕捉成功的次數(有出手攻擊即算成功)，共測試 10 隻，每隻前、後、左、右各實驗十次。



(二)結果:如下表 10 表 10 隻次統計表

次數 \ 方位	前方 (成功次數)	後方 (成功次數)	左方 (成功次數)	右方 (成功次數)
第一隻(實驗 10 次)	10	9	8	10
第二隻(實驗 10 次)	10	0	9	9
第三隻(實驗 10 次)	10	2	7	9
第四隻(實驗 10 次)	7	3	6	6
第五隻(實驗 10 次)	9	8	9	6
第六隻(實驗 10 次)	10	3	6	7
第七隻(實驗 10 次)	8	0	1	0
第八隻(實驗 10 次)	7	5	4	7
第九隻(實驗 10 次)	10	9	8	10
第十隻(實驗 10 次)	8	3	6	4
平均成功次數	8.9	4.2	6.4	6.8
平均攻擊率	89%	42%	64%	68%

圖 20 不同方位來的獵物

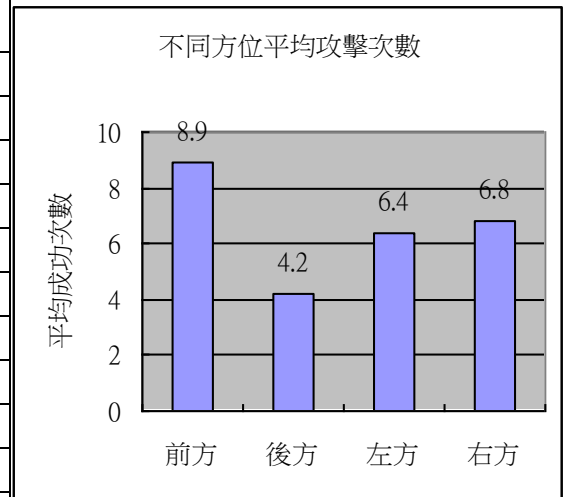


圖 21 不同方位攻擊次數統計圖

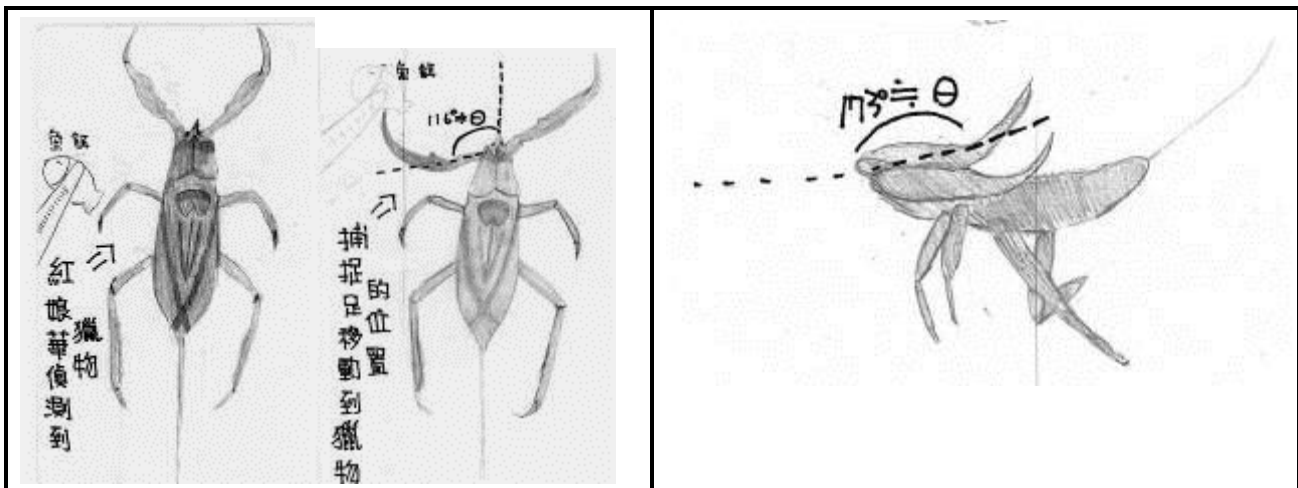
(三)討論:1.實驗結果顯示，大紅較偏好由前方來的獵物其次是左方及右方，後方來的獵物較不能引起大紅的注意。2.實驗過程中我們發現，左右方來的獵物(模擬魚的游動方式靠近)，大紅能偵測到並轉身攻擊或靠近獵物那方的捕捉足夾擊，另外用鑷子夾食餌由上方往下墜時，大紅也能偵測到，因此引發我們討論，到底大紅能偵測到獵物的仰角及平面的角度範圍是多少呢?若大紅停棲於水草上方，獵物從下往上，牠是否也能偵測到?於是我們設計底下的實驗。

八、大紅偵測水平獵物的角度及仰角、俯角的範圍是多少呢？

(一)方法 1：(1)將大紅靜置在實驗箱適應環境一小時，用鑷子夾朱文錦魚屍體，從距離大紅約 3cm 的左後方往前模擬魚游動左右震動的方式靠近大紅(如下示意圖)，直至大紅左方的捕捉足張開(意指偵測到獵物)，同樣方式，實驗右後方的模式。(2)全程用 DV 錄影，再利用 ImageJ 軟體量測出偏向角度，每隻左右方向各測 2 次，共實驗 5 隻。

(一)方法 2：(1)將大紅靜置在玻璃魚缸適應環境一小時(2)用細線綁住螺帽，從大紅的背部上方垂下，全程用 DV 拍下其捕捉足能往後彎到何種程度(即轉節能後轉到幾度)(3)再利用 ImageJ 軟體量測出仰角的偏向角度，每隻重複 2 次，共實驗 5 隻。

(一)方法 3：(1)將大紅靜置在玻璃魚缸內放在漂浮在水面上的水草上，適應環境一小時(2)用鑷子夾住魚屍體從大紅的頭部正下方約 10cm 處為起始點模擬魚游動的方式往上直至約頭部 1cm 處，全程用 DV 拍下其捕捉足能往下彎到何種程度(即轉節能下轉到幾度)(3)再利用 ImageJ 軟體量測出俯角的偏向角度，每隻重複 2 次，共實驗 5 隻。下圖 22 為最大偵測角度圖



偵測水平(左方)獵物角度示意圖

偵測垂直獵物角度示意圖



拍攝偵測水平獵物角度(左方)



拍攝偵測上方獵物角度(轉節能轉向後方幾度)

(二)結果 1: 左方偵測角度共十次如下表 11

結果 2: 偵測上方獵物的角度如下表 13

115.632°	100.691°	100.493°	133.427°	130.365°
134.520°	79.911°	138.092°	145.369°	89.788°
左方偵測角度十次平均		116.829°		

右方偵測角度共十次如下表 12

131.133°	126.341°	87.612°	151.143°	123.122°
72.943°	118.729°	91.738°	124.779°	133.611°
右方偵測角度十次平均		116.115°		

角度 次數	轉節能轉向後方幾度		
第一次	176.532°	第六次	175.538°
第二次	177.230°	第七次	174.644°
第三次	159.775°	第八次	176.203°
第四次	171.314°	第九次	176.634°
第五次	175.236°	第十次	173.723°
十次平均	173.683°		

結果 3: 俯角實驗大紅皆沒有攻擊的反應。

(一) 討論:1.實驗結果顯示,水平方向大紅能偵測到約 232.94 度(左方加右方),垂直方向約 173.68 度,可見其感受偵測到獵物的範圍很廣,難怪牠的捕食模式偏好在一固定位置等待獵物上門,但我們發現獵物需靠近到一定的範圍,大紅才會出手,好像不夠靠近,攻擊成功的機率會下降。2.當我們把大紅放在漂浮在水面上的水草上方時,獵物從下方上來時,實驗過程中皆無攻擊反應,我們推測這可能與大紅的複眼是長在頭部的上方所致,因此下方來的獵物較無法偵測出。況且,長期觀察下來,大紅是偏好在底棲生存並偽裝自己等待獵物上門,如此模式也能省下主動追擊獵物所需消耗的能量(除非很飢餓時也會主動出擊)、同時也會降低被天敵捕捉的風險,是名副其實的坐等型獵食者。(sit and waiting predator)

九、大紅的捕捉攻擊距離

(一)方法:1.將大紅放置在一公升的正方形容器,加入 500 毫升的水。2.放入孔雀魚組或放入朱文錦魚組。3.在一公升容器的兩面黏上 1cm 方格紙,利用 DV 攝影機錄大紅捕捉獵物的影像。4.再利用 ImageJ 軟體量測出捕捉的攻擊距離。5.出手有效攻擊距離定義為複眼到捕捉足的腿節與脛節夾住時的中心點。6.每隻重複 2 次,共實驗 5 隻。 圖 23 攻擊距離



(二)結果:共測出十次距離如下表 14(單位 cm)

1.209	1.561	1.823	1.306	1.928
1.782	1.779	1.456	1.543	1.526

平均為 1.591cm,與捕捉足足長 3.23cm 比為 $0.492 \approx 0.5$ 。*有效捕捉距離為前足長的 1 / 2 內。

(四) 討論整理如下表:

<p>雖然偵測出獵物,但不急於出手,原因如下</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.如果棲地環境有土壤,能利用土壤掩護自己,使自己隱藏起來,讓獵物不覺得有異狀。 2.揚起土壤,使微環境變得更混濁,來個”迷霧戰”,當獵物游至捕捉足的可利攻擊範圍內(1.591cm),再以迅雷不急掩耳的速度出手攻擊(我們利用播放軟體的慢格播放模式,推算出大紅出手攻擊的時間僅約 1 / 7 秒) 	<p>攻擊模式大致如下</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.等待並隱藏自己(同時偵測獵物,大部分都停棲底部不動的狀態) 2. 捕捉足有時會隨著獵物移動 3. 獵物進入攻擊範圍內定位出手攻擊 4. 攻擊失敗有時會再擺動後足掩護自己 5. 若捕捉成功後大部分會直接用口器注入麻醉液(有時會先夾住後在獵物上找尋有利的刺吸點) 6. 再注入消化液分解獵物組織進而吸食肉湯 7. 刺吸完後丟棄屍骸便不會再去刺吸
---	--

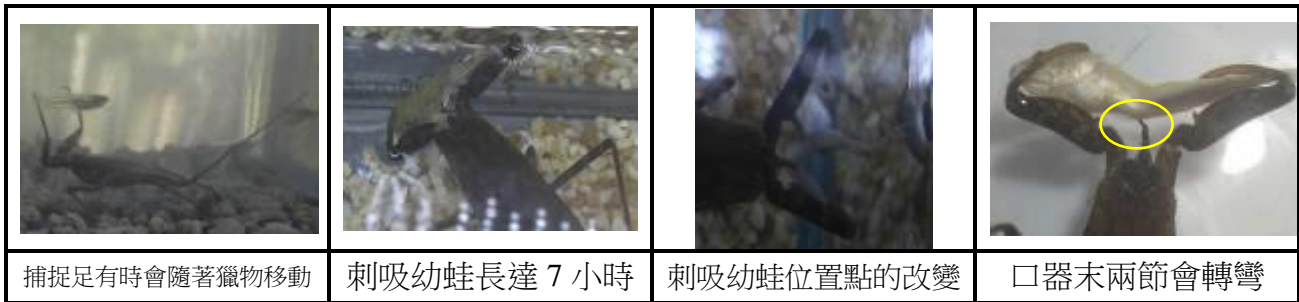


圖 24 刺吸點位置的改變

十、大紅獵食的選擇性(最適取食大小)

(一)方法：1.將五隻已飢餓三天的大紅分別放入一公升的容器(ABCDE)，放入 500 毫升的水
 2.再各別放入體長約 2cm、3cm、4cm 的朱文錦魚一隻於容器內，即每盒有朱文錦魚三隻，大紅一隻。
 3.記錄第一隻被捕食獵物的大小。
 4.每次實驗五組同時進行，每次實驗前會先行飢餓，重複實驗八次。
 5.統計獵物體長隻次並算出獵物/大紅的身長比與攻擊率的關係。



(二)結果：如下表 15 各組第一隻被捕食的體長次數統計表 圖 25 不同大小獵物的選擇性

表 15 各組第一隻被捕食的體長次數統計表

體長 次數	2cm	3cm	4cm
重複八次實驗中第一隻被捕食的總隻次	21 隻	17 隻	2 隻
成功捕食各體長的攻擊率	52.5%	42.5%	5%
獵物/大紅 (身長比)	0.49	0.74	0.98

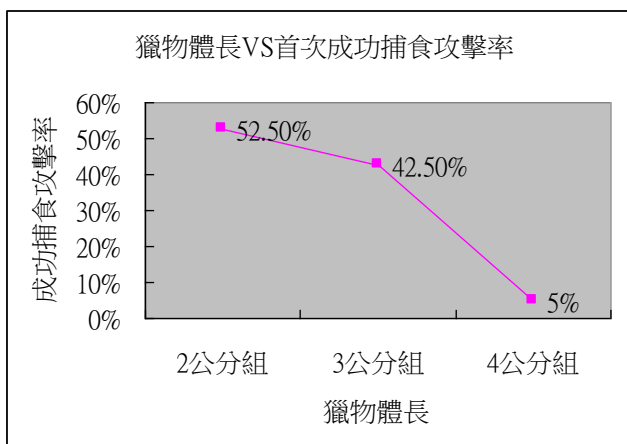


圖 26 不同獵物大小首次成功捕食統計圖

(三)討論:從實驗結果發現 2cm 的朱文錦魚(身長比為 0.49)第一隻被捕食率高達 52.5%為最高,而 4cm 的朱文錦魚(身長比為 0.98)第一隻被捕食率只有 5%,雖然如此,但在實驗過程中我們發現,大紅也有出手捕捉 4cm 的魚,只是捕捉不到而已,因此我們推論大紅是不具備有選擇性的捕捉,不管 2cm、3cm、4cm 的獵物皆會攻擊,只是 4cm 的魚對大紅來說被成功捕食的機率較低,推估以魚來說在身長比 0.98 以上的獵物是牠的最大捕食極限。

十一、大紅麻醉獵物的時間

(一)方法:1.放一隻大紅與一隻朱文錦魚在一公升的容器,分別有 2cm 組、3cm 組、4cm 組,記錄觀察大紅捕捉到魚時,利用口器刺入魚體時便開始計時,直到魚昏迷為止(鰓蓋停止及嘴巴停止)。2.過程中也觀察記錄在昏迷前,刺吸點是否有移動位置。3.各組重複五次實驗。

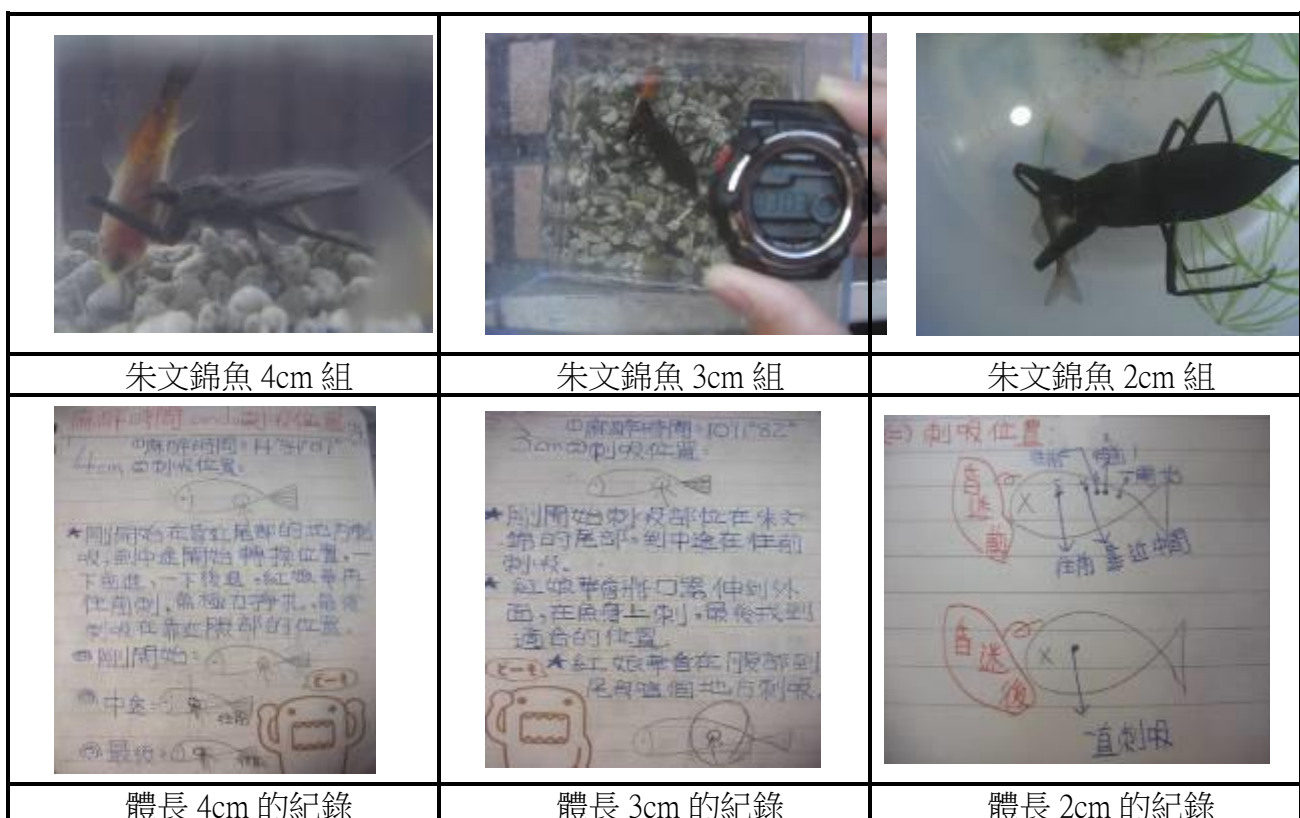


圖 27 麻醉獵物圖

(二)結果:如下表 16 不同體長其從麻醉到昏迷時間統計表
表 16

時間 \ 體長	2cm 組	3cm 組	4cm 組
第一次	2'10''98	10'11''82	14'29''61
第二次	2'52''32	12'22''89	14'34''07
第三次	4'10''89	10'47''12	24'15''01
第四次	4'32''21	10'33''29	20'34''17
第五次	5'20''98	11'57''63	18'11''49
平均	3.82 分	11.18 分	18.41 分

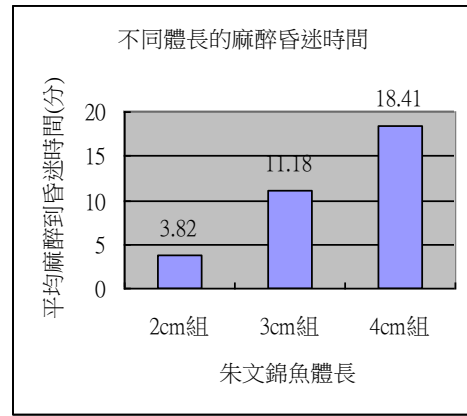


圖 28 不同體長的麻醉昏迷時間統計圖

(三)討論:1.實驗結果顯示,魚的體型愈大,被麻醉昏迷的時間也愈長;實驗過程中,有時大紅出手但沒有捕捉到,有時捉到,也已經開始刺吸,但沒多久又讓魚掙扎給逃走了,而我們是以捉到開始刺吸直到昏迷為準。2.每次前足抓到的位置皆不一,有時捕捉到尾部,有時捕捉到腹部,但是,我們發現大紅會變換刺吸點的位置,體型愈大的魚,在魚昏迷前變換的位置也愈多且最後多半往胸鰭或背部附近移動,我們推論牠是要多方注入麻醉液好讓獵物進入昏迷狀態,之後注入消化液,再好好的「品嚐」。



圖 29 刺吸位置的改變

下表 17 為處理時間(從捉到刺吸到放開,其中包含麻醉時間)

時間 \ 體長	2cm 組	3cm 組	4cm 組
第一次	4時 27分 14秒	8時 22分 9秒	10時 18分 20秒
第二次	5時 39分 42秒	8時 44分 7秒	10時 14分 40秒
第三次	5時 11分 29秒	7時 56分 29秒	9時 50分 31秒
第四次	7時 06分 41秒	8時 56分 23秒	11時 08分 12秒
第五次	6時 12分 30秒	9時 12分 51秒	10時 24分 35秒
平均	6.05 時	8.64 時	10.39 時

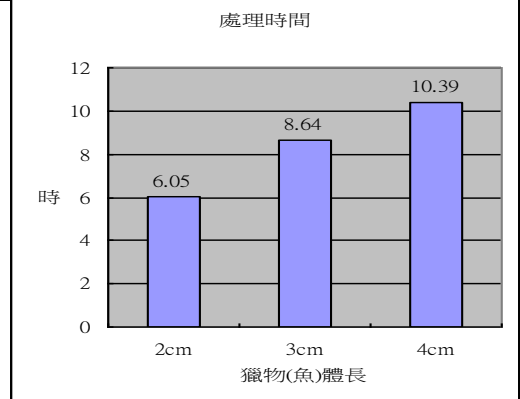


圖 30 不同體長的獵物之處理時間統計圖

十二、水溫 VS 大紅的食量

※實驗結果顯示:愈大型獵物其處理時間也愈久。

(一)方法:1.準備四盒 1 公升的正方形容器,分別放入大紅一隻及赤蛙科蝌蚪(約 1.5cm)十隻。2.利用冰袋及定溫加溫棒維持四盒的溫度分別為 10℃、17~20℃(常溫)、25℃及 30℃(使用隔水加熱法)。3.從早上八點至隔日早上八點,紀錄日取食量。4.每實驗完一次,飢餓其三天再做下一次實驗。5.重複實驗七次。

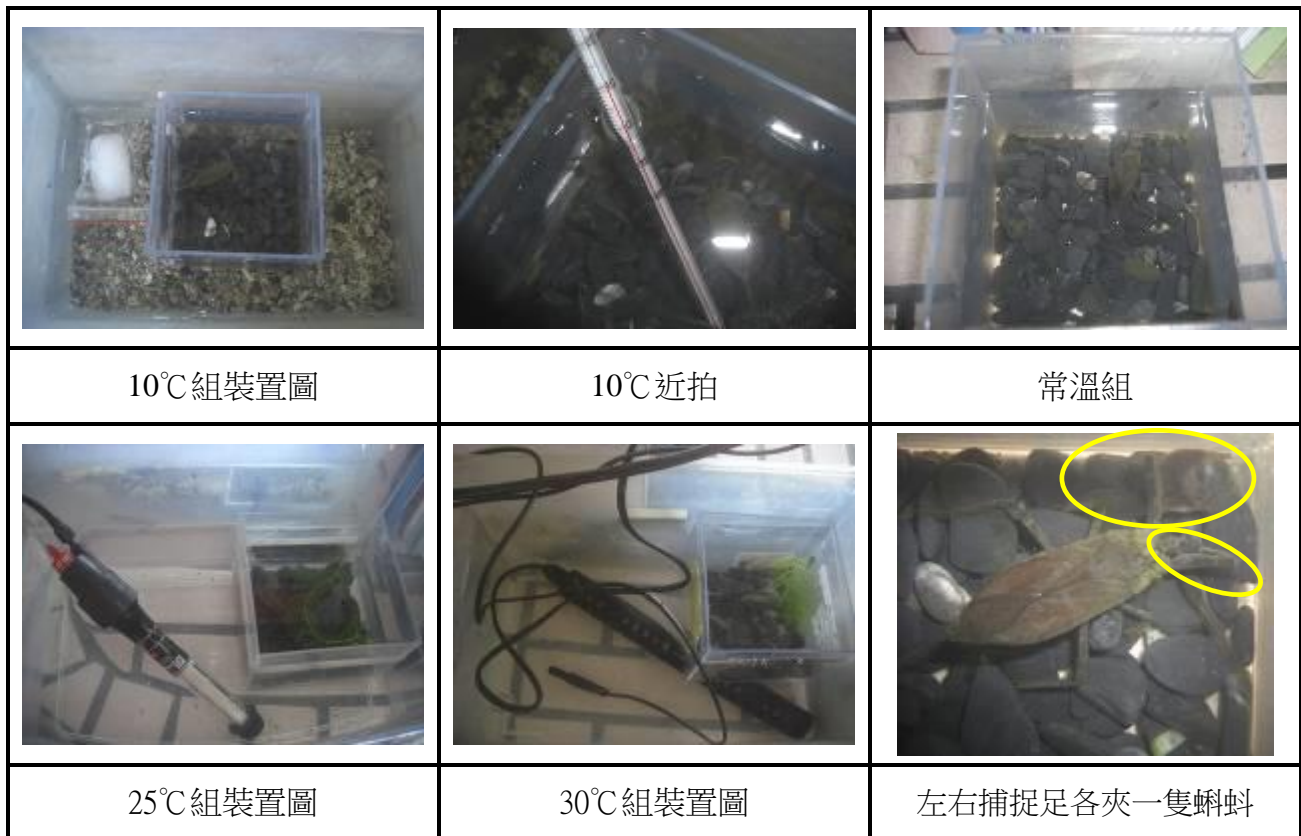


圖 31 不同溫度環境與捕食量的關係

(二)結果: 如下表 18 不同溫度下大紅捕食蝌蚪隻次統計表

溫度 \ 隻次	10°C	17-20°C (常溫)	25°C	30°C
第一次捕食隻次	1	2	3	2
第二次捕食隻次	0	3	2	4
第三次捕食隻次	2	1	4	6
第四次捕食隻次	3	4	4	8
第五次捕食隻次	1	5	4	5
第六次捕食隻次	2	4	6	5
第七次捕食隻次	1	3	4	4
平均	1.43	3.14	3.86	4.86

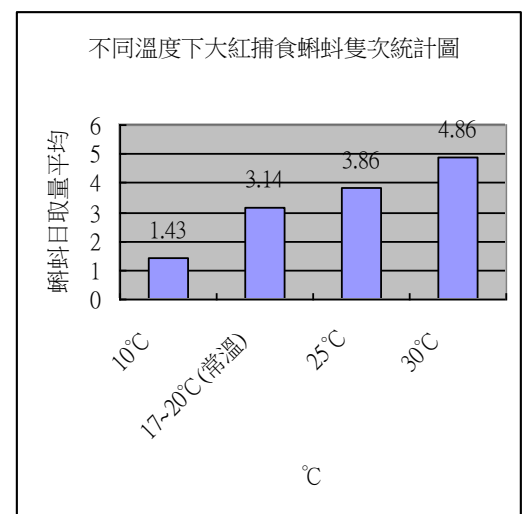


圖 32 不同溫度環境與捕食量的統計圖

(三)討論: 實驗結果顯示低溫組(10°C)的大紅其捕捉量明顯低於其它組別, 我們推論在低溫環境大紅的新陳代謝也相對較慢, 因此捕食的意願也較低, 而高溫組新陳代謝(蟲體內的消化系統處理食物的速度)相對較快, 因此捕食率較高。

十三、不同的水位高度但相同的相遇率, 會影響大紅的捕食量嗎?

(一)方法: 1. 準備三盒昆蟲箱(25cm×15.2cm×14.8cm), 各放入一隻大紅, 水位高度分別為 2cm、4cm、8cm。2. 各放入 5 隻、10 隻、20 隻的野生孔雀魚(約 1.5cm), 使其容積率一樣(獵物與大紅的相遇率一樣)。3. 從早上八點開始實驗至隔日八點, 記錄其日取食量, 每次實驗完, 停止三天後再做實驗, 共實驗七次。



(二)結果: 如下表 19

水位高 孔雀魚隻次	2cm	4cm	8cm
第一次捕食量	1	2	1
第二次捕食量	3	5	11
第三次捕食量	5	5	7
第四次捕食量	2	1	1
第五次捕食量	4	2	1
第六次捕食量	1	0	1
第七次捕食量	1	0	0
日平均捕食量	2.43 隻	2.14 隻	3.14 隻

圖 33 水位不同與捕食量的關係

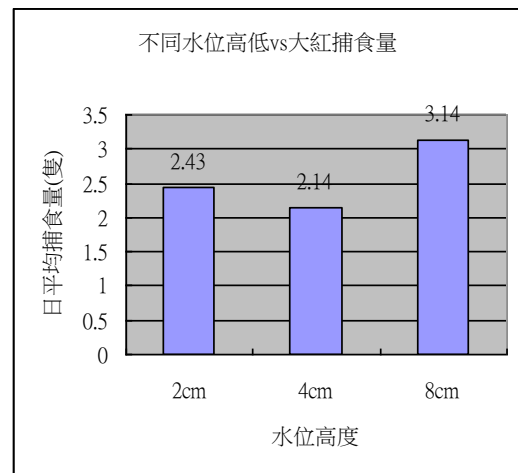


圖 34 水位不同與捕食量的關係統計圖

(三)討論: 實驗結果顯示雖然水位 8cm 組 **大紅** 的日平均捕食量最高, 但三者之間的差異並不大, 因此只要與獵物相遇率相同(即獵物密度一樣), **大紅** 的捕食量是不會隨生存空間大小而有太大的變化。

【研究三】探討大紅娘華的一般動物行為(Animal Behavior)。

一、大紅的假死行為

(一)方法: 1. 將 **大紅** 抓起來, 呈現假死行為時, 再放入水中, 記錄假死行為持續多久, 直到六足中的某一足有動, 即停止碼錶。2. 將 **大紅** 抓起來, 呈現假死行為時, 放置在桌上, 記錄假死行為持續多久, 直到六足中的某一足有動, 即停止碼錶。3. 隨機取五隻 **大紅** (ABCDE), 每隻各做水中假死與陸地假死實驗五次。



圖 35 假死圖

(二)結果:如下表 20、21

(1)水中假死時間紀錄表 20

組別 次數	A	B	C	D	E
第一次	18分 48秒 08毫秒	59分 35秒 75毫秒	56分 57秒 0毫秒	7分 19秒 57毫秒	6分 40秒 03毫秒
第二次	7分 38秒 36毫秒	20分 39秒 17毫秒	9分 15秒 0毫秒	19分 7秒 31毫秒	4分 13秒 06毫秒
第三次	11分 55秒 98毫秒	7分 39秒 95毫秒	5分 13秒 29毫秒	19分 27秒 21毫秒	4分 05秒 98毫秒
第四次	20分 36秒 10毫秒	8分 06秒 26毫秒	5分 46秒 53毫秒	22分 11秒 91毫秒	9分 21秒 10毫秒
第五次	1時 18秒 53毫秒	7分 14秒 16毫秒	4分 57秒 33毫秒	23分 09秒 31毫秒	9分 30秒 21毫秒
水中假死平均	17.19分				

(2) 陸地假死時間紀錄表 21

組別 次數	A	B	C	D	E
第一次	56分 32秒 0毫秒	1時 24分 44秒 31毫秒	1時 58分 42秒 11毫秒	1時 49分 16秒 44毫秒	1時 28分 14秒 77毫秒
第二次	56分 40秒 27毫秒	1時 58分 13秒 26毫秒	3時 33分 26秒 99毫秒	58分 06秒 19毫秒	59分 50秒 21毫秒
第三次	2時 16分 20秒 13毫秒	2時 07分 24秒 72毫秒	2時 22分 30秒 91毫秒	1時 24分 44秒 21毫秒	3時 17分 02秒 90毫秒
第四次	1時 18分 17秒 90毫秒	56分 21秒 38毫秒	2時 49分 50秒 79毫秒	4時 02分 18秒 80毫秒	2時 26分 19秒 88毫秒
第五次	2時 23分 08秒 73毫秒	2時 42分 09秒 80毫秒	2時 26分 54秒 52毫秒	2時 10分 12秒 47毫秒	1時 52分 31秒 27毫秒
陸地假死平均	1.9 小時(114分)				

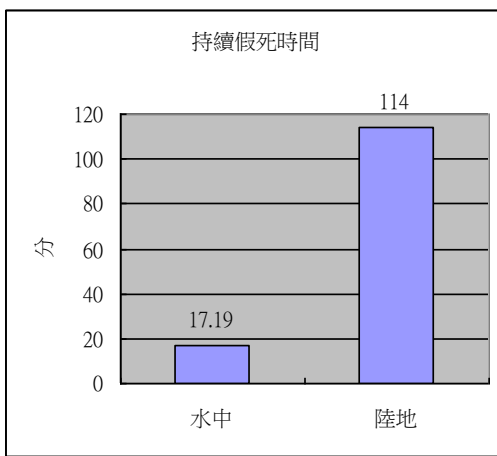


圖 36 不同環境假死時間統計圖



警戒狀態(前足的脛節內縮至腿節溝槽內，而腿節呈一直線狀態與身體垂直)若蟲也會有警戒行為。

(三)討論:1.大紅假死時，中足與後足皆變成直的往後伸，前足也會往前伸，而且前足脛節內縮至腿節溝槽內，整隻看起來像落葉一樣，如果在野外，有偽裝的效果。實驗結果顯示在陸地上的假死比水中假死較久，我們推論因為大紅本為水棲昆蟲，因此在水中較為安全。2.在沒有太大的威脅時大紅不會假死只會有警戒的行為產生，感覺好像受到驚嚇的樣子，前足的脛節內縮至腿節溝槽內，而腿節呈一直線狀態與身體垂直，而人慢慢移動並不會讓大紅呈現警戒狀態，所以我們推論人走動造成光影的劇烈變化，好像其天敵水鳥下降一樣，使其呈現警戒狀態，在此也可證明大紅視覺能感受得到光影的劇烈變化。



圖 37 警戒行為

二、大紅棲息環境的選擇行為

(一)方法：1.將三隻大紅(ABC)分別放入高桶箱(70cm×45cm×40cm)一個、低桶箱(70cm×45cm×13cm)二個，其箱內分成四等分，分別佈置成黑色大石頭(粒徑約 26mm)、黑色小石頭(粒徑約 8mm)、細沙、泥土。2.將大紅放置於中心點，讓牠自由選擇，每天的 8:00、10:00、12:00、14:00、16:00 紀錄牠的棲息位置，共實驗 7 天。



箱內分成四等分

利用足部將泥土覆蓋其背上

與底泥融為一體



圖 38 棲息環境選擇

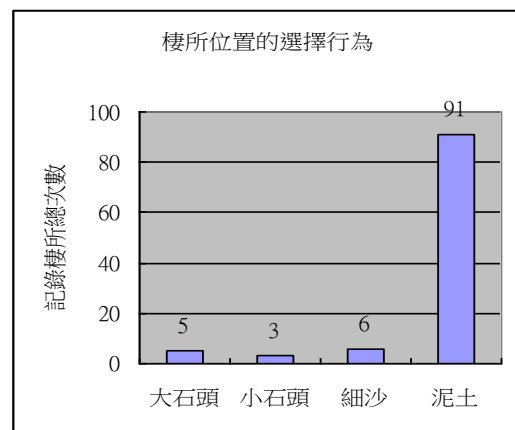


圖 39 棲息環境選擇統計圖

(二)結果:下表 22 為每天紀錄 5 次，共七天 105 次的結果

類別 次數	大石頭	小石頭	細沙	泥土
三隻大紅 記錄總次數	5	3	6	91
每天的五次紀錄於實驗日誌呈現				

註:其中有一次觀察記錄時，跨越細沙與泥土區，但大紅在細沙的面積較大，將該次記錄登記在細沙區。

(三)討論:實驗結果顯示，大紅偏好在泥土的環境，我們推論，因為牠能利用泥土掩護自己(利用後足將泥土覆蓋其背上)，使自己免於受到天敵的注意，與底泥融為一體。另外，水中的小動物也不知道該處有掠食者，也利於大紅自己實行坐等策略捕食獵物。

三、大紅的棲息深度會隨著呼吸管的長短而改變嗎?

(一)方法：1.將採集的三種不同長短呼吸管的成蟲(呼吸管長度分別為 0cm、1.8cm、3.9cm)分別放入鋪設底石深度 15cm 的斜坡。2.先讓其適應 3 天後開始實驗。3.每天的 8:00、10:30、12:40、2:10、4:00 各量測其棲息的水深，量測五天共 25 次。4.以頭部到水平面的深度為棲息深度。

(二)結果:如下表 23

次數 呼吸管	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	平均
0cm	1.4	1.2	0.9	1.1	0.9	1.2	0.9	1.4	2.8	0.9	0.8	0.9	1.3	0.8	0.9	1.1	0.9	0.8	0.7	0.8	1.1	1.0	1.2	1.3	0.9	1.08
1.8cm	2.1	1.3	1.3	1.5	2	1.9	1.3	1.8	1.8	1.3	2.2	1.8	1.0	1	1.2	2	1.9	1.0	1.1	1.9	3.3	2.6	2.8	2.9	3.5	1.86
3.9cm	6.6	7.8	6.3	7.1	8.5	3.3	4.5	4.9	3.2	7.7	5.4	6.8	6.3	6.5	7.0	5.0	5.1	6.3	5.6	6.1	6.3	7.1	6.9	7.1	8.0	6.21

※ 棲息深度:6.21cm(呼吸管 3.9cm) > 1.86 cm(呼吸管 1.8cm) > 1.08 cm(呼吸管 0cm)

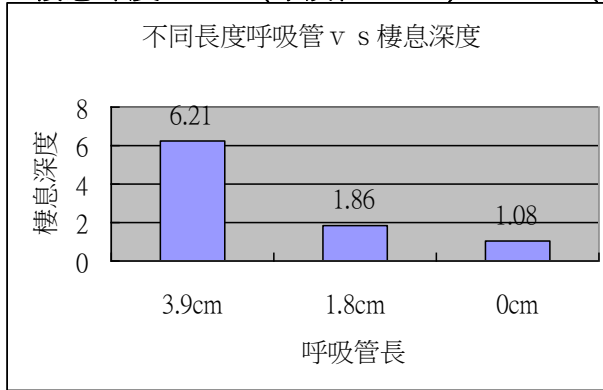
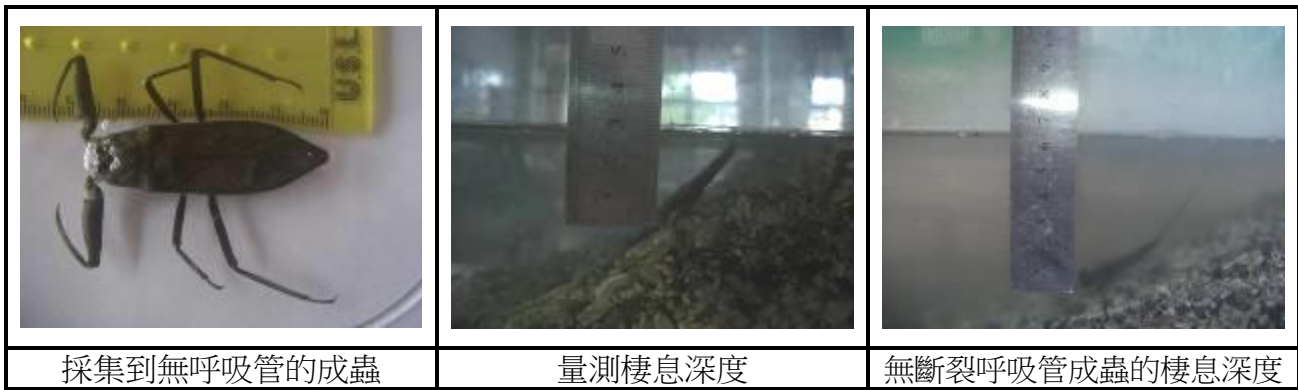


圖 40 不同呼吸管其棲息深度統計圖

圖 41 棲息深度選擇



(三)討論:實驗結果顯示,呼吸管的長度愈長,大紅成蟲在斜坡棲息的深度也愈深。在實驗過程中,曾經刻意拍打水面(製造如天敵般的襲擊),大紅會往更深處爬行(即使無呼吸管的也會),但若無特別的擾動,大紅便會隨呼吸管的長短來選擇棲息位置的深淺。

四、求偶行為&交配行為

(一)方法:長期觀察大紅雄雌成蟲間的互動。

(二)結果:1.我們發現是雄蟲去找雌蟲交配,交配過程為雄蟲攀附住雌蟲背上,雄蟲會用捕捉足(有時一隻有時兩隻腳)夾住雌蟲的胸部,再利用中足及後足摩擦雌蟲的腹部,且動作的頻率為震動一下,停止又震動(滴答滴答的像秒針一樣的頻率)一直持續約 2~3 分鐘,此為求偶行為。
2.接著仍攀附住雌蟲,交配期間,雄蟲兩根呼吸管會前後伸縮,之後雄蟲會打開兩根呼吸管,露出腹部背面最後一節的交尾器插入雌蟲腹部腹面最後一節的生殖孔,每次交尾(定義:雄蟲交尾器插入雌蟲生殖孔)時間不一,有紀錄到的交尾時間如下表 4-24 : 平均交尾時間為:2.54 分

5 分 36 秒 66 毫秒	5 分 50 秒 32 毫秒	3 分 26 秒 45 毫秒	5 分 27 秒 30 毫秒	1 分 14 秒 03 毫秒
46 秒 08 毫秒	52 秒 47 毫秒	36 秒 50 毫秒	30 秒 05 毫秒	1 分 06 秒 48 毫秒

每次交尾完之休息間隔可從 2 分多鐘到 10 分多鐘不等,整個交配時期短可 2 個多小時,長可達 6 小時。

3.觀察過程中,交配中的成蟲也會遭到第三者雄蟲的競爭,曾發現正在交配的大紅,被第三者雄蟲干擾,而且第三者硬是要把原雄蟲給「擠」下來,形成二雄搶一雌的局面,結果還成功呢!

		
前足夾住胸部，中足後足摩擦腹部	動作的頻率為震動一下，停止又震動	雄蟲打開兩根呼吸管準備伸出交尾器
		
交尾器插入雌蟲生殖孔	持續交尾中	交尾完一次暫時休息還沒結束交配
		
再一次交尾	另一對交配 第三者雄蟲準備來搶妻	第三者雄蟲搶妻
		
搶妻成功，另一隻雄蟲離開	準備進入交配期	開始交尾
		
另外一對的交尾	交尾器特寫	另一組 無呼吸管雄蟲 的交尾

圖 42 交配行為

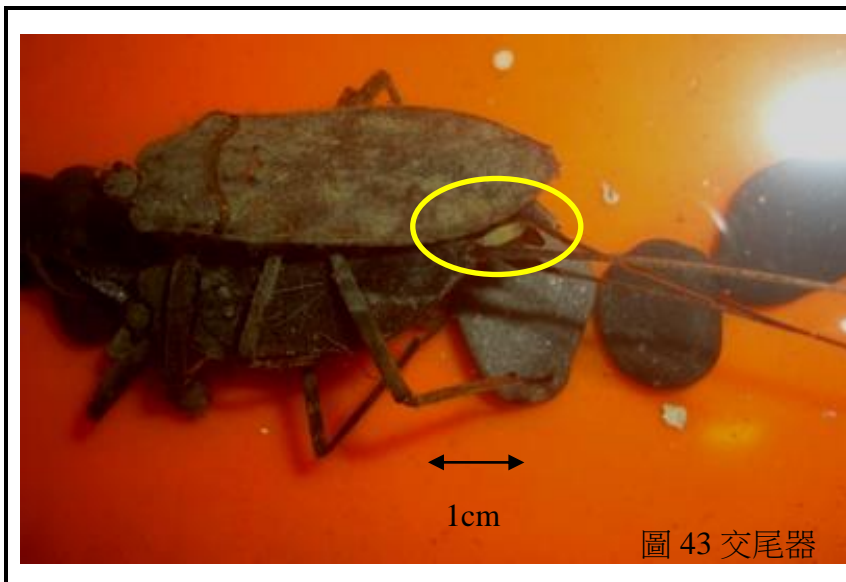


圖 43 交尾器

雄蟲交尾器特寫交尾器長約 5mm，交尾時雄蟲會將其兩根呼吸管分開，交尾器再從生殖板內向上伸出來。



圖 44 共食大肚魚

交配時共食一隻大肚魚

(三)討論:1.我們推論求偶行為(雄蟲中足及後足摩擦雌蟲腹部及震動)應該是雄蟲在刺激雌蟲排卵。交尾時雄雌皆會進食，但大部分皆只有雌蟲在進食，可能與產卵時需要大量的能量有關。2.交尾的過程中我們試圖去擾亂牠們甚至抓起，牠們仍不停止交配，可見傳宗接代是如此的重要，連自己遭受危險了仍要繼續交配。

伍、結論

- 一、分類地位為動物界/節肢動物門/昆蟲綱/半翅目/蠹蟻科/蠹蟻屬的大紅娘華，其雌蟲、雄蟲體長、體寬差異不大。從亞生殖板可以區辨雄雌，雄蟲呈圓鈍狀三角形，雌蟲呈瘦長狀三角形。生活史為卵→若蟲(共經過五齡)→成蟲(從卵到成蟲約 79 日)。
- 二、大紅與臺紅的區辨在於大紅體長需超過 40mm，且捕捉足的突起物大紅呈彎刺狀、臺紅呈圓突狀，另外在中胸腹板部位大紅呈梯形狀，臺紅呈長方形狀。(如表 5)
- 三、大紅為肉食性，主要是獵捕會動的動物，靠著震動及視覺(無法感受到靜止不同的獵物)來感知獵物，視覺感知極限為 8cm。(如圖 10、圖 14、圖 15、圖 16)
- 四、活體餌料中，大紅偏好獵捕的順序分別為蝌蚪> 大肚魚> 黑殼蝦> 蘋果螺。(如圖 11、圖 12)
- 五、隨著食餌密度的增加，大紅的捕食量也增加，但食餌密度愈大，其處理時間愈短。(如圖 17、圖 18、圖 19)
- 六、大紅較偏好攻擊前方來的獵物其次是左方及右方，後方最少。(如圖 20、圖 21)
- 七、大紅能偵測到水平方向的角度約 232.94 度(左方加右方)，垂直方向約 173.68 度，其感受偵測到獵物的範圍很廣。大紅是坐等型獵食者(sit and waiting predator)。(如表 11、表 12、表 13)
- 八、大紅出手攻擊的時間僅約 1 / 7 秒，有效捕捉距離為 1.591cm，約前足長的 1 / 2。(如表 14)
- 九、攻擊模式為: 等待並隱藏自己→獵物進入攻擊範圍內定位出手攻擊→攻擊失敗有時會再擺動後足掩護自己→若捕捉成功後大部分會直接用口器注入麻醉液→再注入消化液分解獵物組織進而吸食肉湯→丟棄屍體。

- 十、大紅不具備有選擇性的捕捉，以魚來說在身長比 0.98 以上的獵物是牠的最大捕食極限。(如圖 25、26)
- 十一、體型愈大的獵物，被麻醉昏迷的時間也愈長，會多處注入麻醉液好讓獵物進入昏迷狀態。(如圖 27、28)
- 十二、體型愈大的獵物其處理時間(從捉到刺吸到放開)愈久，最長紀錄為 11 時(如圖 30)
- 十三、溫度愈高(30°C 以下)其捕食率也愈高。(如圖 31、圖 32)
- 十四、大紅的捕食量在相同的獵物相遇率下(儘管水面高低不一樣)不會有太大的變化。(如圖 33、圖 34)
- 十五、在陸地上的假死比水中假死較久。(如圖 35)
- 十六、大紅偏好棲息在泥土的環境。(如圖 38、圖 39)
- 十七、呼吸管的長度愈長，大紅成蟲在斜坡棲息的深度也愈深。(如圖 40、圖 41)
- 十八、有求偶行為:雄蟲利用中足及後足摩擦雌蟲的腹部，且動作的頻率為震動一下，停止又震動一直持續約 2~3 分鐘。(如圖 41)
- 十九、平均交尾時間為 2.54 分，會重複交尾，通常交配歷時約 2 個多小時。(如表 24)
- 二十、會有雄蟲搶雌蟲交配的狀況，雄蟲交尾器約 5mm。(如圖 42、圖 43)

陸、參考文獻

<p>一、書籍資料:</p> <ul style="list-style-type: none"> 一、鄭勝仲、林義祥(2013)。椿象圖鑑。臺中市。晨星出版社。 二、陳佳瑜、吳冠穎、侯斯揚(2011)。我不『娘』—大紅娘華的型態觀察與行為探索。第 51 屆全國科展國中組生物科。 三、黃郁真、賴玫秀(2011)。紅色獵殺—紅娘華的異速生長與覓食方式及棲息偏好的關係。第 51 屆全國科展國中組生物科。 四、朱耀沂、盧耽(2010)。昆蟲 Q&A，初版。臺北市。天下遠見出版社。 五、林幸鈺(2008)。台灣紅娘華與大紅娘華之基礎生物學研究。國立嘉義大學生物資源學系研究所碩士論文，嘉義市。 六、何健鎔(2003)。椿象。臺北市。親親文化事業有限公司。 七、張永仁(1998)。昆蟲圖鑑。臺北市。遠流出版社。
<p>二、網路資料:</p> <ul style="list-style-type: none"> 一、臺灣物種名錄。民 102 年 8 月 29 日，取自 http://taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet_species_list.php?T2=Laccotrephes&T2_new_value=true&fr=y 二、臺灣大學昆蟲標本館數位典藏-紅娘華。民 102 年 9 月 18 日，取自 http://www.imdap.entomol.ntu.edu.tw/CommonInsectImage.php?CIindex=image&L=C&CI_ID=14262 三、嘉義大學昆蟲館昆蟲標本數位典藏。民 102 年 9 月 2 日，取自 http://insect.ncyu.edu.tw/dap/arc_description_species.php?insct_id=193

柒、未來研究的方向

- 一、大紅刺吸時，是先麻醉完獵物後，再注入消化液吸食，還是邊麻醉邊注入消化液呢?
- 二、生技學家們是否能萃取其麻醉液，分析其成分並運用在生物科技方面。

【評語】 080313

1. 研究成員研究熱心，合作默契佳。
2. 問的問題太多，宜集中幾個主要問題深入探討。
3. 樣本數及重覆數應增加（同一研究團隊去年有同樣的問題）。