

# 中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

第三名

080307

犀利水龜一點刻三線大龍蝨全記錄

學校名稱：臺南市柳營區柳營國民小學

作者：	指導老師：
小六 葉盛暘	鄭東益
小六 羅羽晴	張喬茵
小六 劉汶宜	
小六 劉袁志	
小六 連志憲	
小六 楊佺澂	

關鍵詞：點刻三線大龍蝨、生態、動物行為

## 摘要

本研究記錄本土種點刻三線大龍蝨(*Cybister tripunctatus*)生活史中各蟲期的形態特徵，並探討其生態棲位與動物行爲。野外採集性別比 ♂: ♀ 約 1.51:1，從卵經一齡、二齡、三齡、蛹到成蟲約需 71.44 天。肉食性兼腐食性昆蟲，是水中的清道夫，成蟲主要是靠嗅覺採搜尋方式覓食，且雄性搜尋能力比雌性強。幼蟲口器內有麻醉功能，先採坐等策略再主動攻擊策略。

成蟲會從前胸背板與頭部接縫處滲出乳藍白色液體，其對於水中脊椎動物具有傷害性，對於非脊椎動物則無影響。雌蟲偏好在水芋莖內產卵，且具分散風險的習性。

成蟲是一種適應力很強(水陸空三棲)的水生昆蟲，若發現有點刻三線大龍蝨死亡的水體，其可能屬於重度汙染或表面水體有不透水物質覆蓋。另外，有鳴叫、彈跳等有趣行爲。

## 壹、 研究動機

去年我們研究褐負蝽時，在蓮花池意外誘集到點刻三線大龍蝨(*Cybister tripunctatus*)，發現牠時我們非常震驚，怎麼水中有這麼大隻的水棲昆蟲，與老師討論後，我們決定要來了解這家鄉蓮花池難得一見的水中大甲蟲。我們以南一版四上第二單元(水中生物)、南一版四下第二單元(昆蟲世界)為理論基礎，並結合南一版五下第三單元(動物的生活)為討論指標，進一步設計相關實驗來探索「點刻三線大龍蝨」的世界。

## 貳、 研究目的與架構

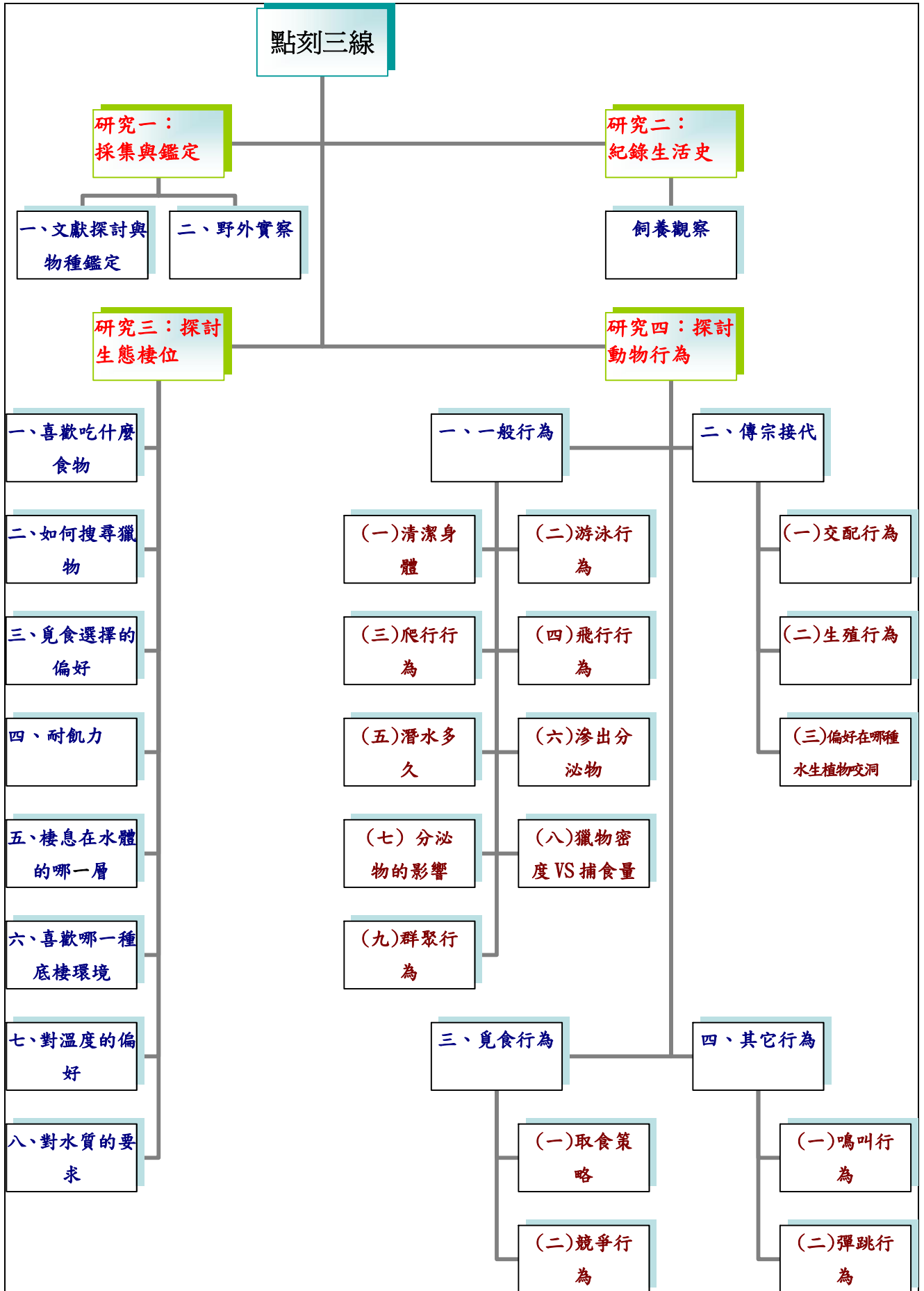
### 研究目的

- (一)點刻三線大龍蝨的採集(蓮花田、菱角田、埤塘)。
- (二)記錄生活史及觀察各蟲期形態、特徵。
- (三)探討點刻三線大龍蝨的生態棲位。
- (四)探討點刻三線大龍蝨的動物行爲。

### 研究進度

研究步驟	100 年					101 年				
	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 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										

研究架構



## 參、 研究設備與器材

鑷子 5 枝、鬥魚杯(直徑 4 cm 高 8 cm)40 個、玻璃魚缸(60cm×25cm×35cm)2 個、一公升(10cm×10cm×10cm)的盒子 30 個、硬塑膠昆蟲箱(28cm×18.6cm×16.9cm)30 個、軟塑膠飼養箱(25cm×15.2cm×14.8cm)30 個、放大鏡、高桶箱(70cm×45cm×40cm)一個、低桶箱(70cm×45cm×13cm)一個、保麗龍箱(57cm×35cm×13cm)二個、顏色不同的底石、蝦籠 10 個、數位相機、DV 攝影機、可控溫加溫棒 3 組、解剖顯微鏡 20&40 倍率、碼錶 5 個、保麗龍、培養皿、圖畫紙、溫度計 3 枝、水棲昆蟲捕捉網 3 枝、冰塊、焊接器、冰醋酸、氫氧化鈉、電子秤、鹽、沙拉脫、肥皂、pH 儀、柳丁、青江菜、楊桃、菠菜、小白菜、子孓、蘋果螺、福壽螺、囊螺、大肚魚、孔雀魚、水蠹(蜻蜓、豆娘)、赤紅蟲、蝌蚪(蟾蜍科)、大麥蟲、松藻蟲、姬牙蟲、姬龍蝨、紅邊大龍蝨、黑殼蝦、水蘊草、金魚藻、水芋、睡蓮、沙子和土壤、電子游標尺、夾鏈袋、橡膠手套、尼龍繩、朱文錦、紅娘華、福壽螺(卵)、豬肉、羊肉、虱目魚肉。

## 肆、 研究過程、方法、結果及討論

### 【研究一】點刻三線大龍蝨(本研究報告簡稱為點三)的採集

#### 一、文獻探討與物種鑑定：

- (一) 方法：翻閱圖書館及書店的書籍並利用網路尋找點三的文獻資料進行閱讀與整理。  
(二) 結果：

在臺灣生物多樣性資訊入口網、嘉義大學昆蟲館昆蟲標本數位典藏、臺灣大學昆蟲標本館數位典藏等網站都有其資料，摘要如下：

台灣龍蝨科現有的紀錄有 27 屬 61 種，其中 *Cybister* 屬的有 7 種，點刻三線大龍蝨就是 *Cybister* 屬的一種。其學名為 *Cybister tripunctatus*，中文別名為東方黃緣龍蝨，生活史為卵→幼蟲→蛹→成蟲，屬於完全變態昆蟲。成蟲體型為橢圓形，體色呈墨綠色且光滑具光澤，背面兩側具黃褐色長條斑紋，兩片翅鞘上各有縱向點狀刻痕線三條，後足為游泳足。雄蟲前足為抱握足；分佈於台灣低海拔地區的池塘、沼澤等水域。除台灣外，亦分佈於日本、中國等地區。由於外型有點像烏龜，所以早期農村社會稱牠為「水龜」。

分類地位如右圖下：

Kingdom Animalia 動物界  
Phylum Arthropoda 節肢動物門  
Class Insecta 昆蟲綱  
Order Coleoptera 鞘翅目  
Family Dytiscidae 龍蝨科  
Genus *Cybister* 大龍蝨屬  
*Cybister tripunctatus* (Olivier, 1795) 點刻三線大龍蝨

(三) 討論：

蒐集文獻後，為深入了解點三的生物特性，我們實際飼養以研究其生命史並設計相關應用實驗，從飼養過程中我們有許多新發現是文獻所沒有記載的。

#### 二、野外實察：

(一) 方法：

- 1、捕捉地點：(1)柳營蓮花田 4 處樣區(A、B、C、D)、菱角田 1 處樣區(E) (2)白河蓮花田 2 處樣區(F、G) (3)善化蓮花田 2 處樣區(H、I)(4)六甲蓮花田 1 處樣區(J)。

A: N23°15'779" E120°22'544"	B: N23°15'586" E120°21'172"	C: N23°15'689" E120°20'935"	D: N23°16'258" E120°18'979"	E: N23°16'175" E120°22'544"
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

F: N23°21'329" E120°24'915"	G: N23°21'420" E120°25'253"	H: N23°7'65" E120°19'262"	I: N23°7'50" E120°19'279"	J: N23°14'710" E120°19'006"
--------------------------------	--------------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------------------

※利用車上 GPS 定位系統得知野外調查點附近的經緯度。

2、捕捉方式：(1)蝦籠式誘餌陷阱法(bait trap)：將蝦籠以廢棄竹筷子及尼龍繩連結成固定裝置，蝦籠旁綁兩塊保麗龍，使其能浮在水面上，以便讓誘集到的點三能呼吸，完成捕蟲陷阱。籠內放入到菜販要來的虱目魚肉、水族館要來的朱文錦魚屍體及麥皮蟲當誘餌，每個樣區依每十公尺設一陷阱點，每個樣區共設 5 個陷阱，三天至一週後收籠。

(2)等待網捕法(netting)：直接在田埂邊等待點三起來呼吸時，迅速用昆蟲網撈起來。



(二)結果：1、利用蝦籠捕捉到的昆蟲總數如下表：








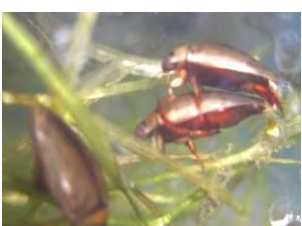


時間:100.8.16~101.4.15

物種	點三	灰龍蝨	姬龍蝨	紅邊龍蝨	姬牙蟲	負子蟲	蜻蜓水蜃	豆娘水蜃	紅娘華
總計	218	38	184	7	252	32	39	17	22

註：1.捕捉到其他水生生物(囊螺、福壽螺、扁蝨、草蝦、鯰魚、水蛇)就不計列在上表。2.野調的日期及捕獲的物種、隻數詳見實驗日誌。3.以龍蝨科來說，點三是屬於優勢種。※野外採集性別比 ♂: ♀=131:87=1.51:1。

2、等待網捕法(netting)：只捕撈到五隻點三。

(三)討論：1.利用等待網捕法需等待點三上來呼吸才能掃網，而且不一定都能捕撈到，需眼明手快，加上經過擾動，點三就會游離掃網的區域，游到別處上來呼吸了，因此更難捕捉到了，所以我們用蝦籠式誘餌陷阱法為主要的誘捕方法。最高紀錄一個蝦籠捕到九隻點三。2.令我們吃驚的是，竟然誘集到水蛇(共三次，二次已死剛好當誘餌，一次放走)。3.也有嘗試夜間燈光誘集(室內室外皆有)，但毫無所獲，與一些文章說牠具有趨光性不符。

			
蝦籠近照	蝦籠內誘集到的 <b>點三</b> (最高紀錄有九隻)	將蝦籠內的生物放置昆蟲箱	利用朱文錦魚屍體當餌料
			
誘集到的 <b>點三</b>	利用朱文錦魚屍誘集到的 <b>點三</b>	意外誘集到水蛇	灰龍蝨近照
			
紅邊龍蝨近照	姬龍蝨近照	姬牙蟲近照	蜻蜓水蠶&豆娘水蠶近照
			
誘集到的成蟲之一	捕撈到的紅娘華	誘集到的成蟲之一	






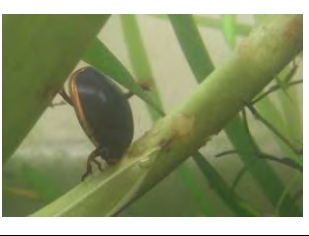






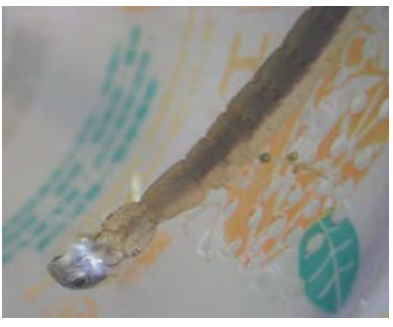


## 【研究二】記錄生活史及觀察各蟲期形態、特徵

### 一、飼養觀察：

(一)方法：在學校、家中以水族箱、水箱、塑膠杯長時間飼養、觀察、測量並拍照、錄影。



#### 1、量測各蟲期的長度及紀錄各幼蟲期的發育時間








- (1)、將捕捉到的**點三**成蟲(♂)(♀)各五隻放入水族箱內，其內放入金魚藻、水蘊草、水芋、水芙蓉供其抓取攀附。
- (2)、每日餵食五隻麥皮蟲(*Zophobas morio*) (約4公分)或兩塊虱目魚肉(約3克)。
- (3)、等待其產卵。
- (4)、紀錄卵期。
- (5)、等待其孵化後，將各一齡幼蟲飼養於塑膠杯(旁邊挖洞)中，每天餵食赤紅蟲(搖蚊科 Chironomidae 的一種)兩隻。
- (6)、等到其三齡時，每天餵食一隻麵包蟲(*Tenebrio molitor*) (約2公分)或孔雀魚。
- (7)、將三齡幼蟲放於有水及汙泥的實驗裝置中，讓其挖蛹室。
- (8)、紀錄各齡期、蛹期與測量各齡期的體長。
- (9)、測量野外捕撈的成蟲體長與體寬並比較雄蟲與雌蟲是否有差異。

			
室外觀察區之一	室外觀察區之一	室外觀察區之一	室內觀察區(餵食時所拍)、成蟲區之一
			
室內觀察區、飼養幼蟲佈置之一	點三在水芋莖上咬洞後將產卵	水芋的莖上佈滿點三咬的洞	水芋莖上的洞近拍
			
水芋莖上洞內的卵(此有二顆)	雌點三正在產卵(產卵管伸入水芋)	一齡幼蟲正在吸食赤紅蟲	三齡幼蟲正在吸食孔雀魚
			
三齡幼蟲正在吸食孔雀魚近照	三齡幼蟲攻擊水蘆後吸食其體液	點三的卵	

2、觀察幼蟲及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、小顎鬚、下唇鬚、口器、前足、中足、後足、及呼吸管、氣孔等主要分類特徵。

(二)結果：1、各齡期的體長及發育時間。

		
量卵長	量一齡幼蟲	量二齡幼蟲

			
量三齡幼蟲	量蛹室洞內徑長	量蛹室洞內徑深約 3cm	量蛹長
			
剛羽化時體色為茶褐色	羽化隔天已變成墨綠色	量成蟲體長	量成蟲體寬

(1)各齡期體長:皆為該期脫皮隔天所量取的長度

室內溫度約 25°C

單位:mm	卵長	第八天卵	一齡	二齡	三齡	蛹
長度	7.15	8.2	17.3	45.75	54.66	26.48

註:1、第一齡期階段隨機抽取十隻量測後取平均,但長到三齡所飼養的幼蟲只剩下一隻,其餘的三齡幼蟲是野外所誘集到的。2、卵來源為室內飼養成蟲所產下的卵。3、卵長測量為卵產下隔天及第八天。4、平均長度為四捨五入取至小數第二位。

(2)雄成蟲與雌成蟲體長比較表:(n=20)※雄蟲稍大於雌蟲

單位(mm)	雄蟲(♂)	雌蟲(♀)
體長平均	27.79	26.85
體寬平均	13.21	12.64

註:1、體長為頭部尖端至腹部尾端。  
2、體寬為身體最寬處(腹部第一節)。  
3、從野外捕捉的成蟲隨機抽樣雄 20 隻、雌 20 隻。  
4、平均長度為四捨五入取至小數第二位。

(3)各齡期發育時間:

室內溫度約 25°C

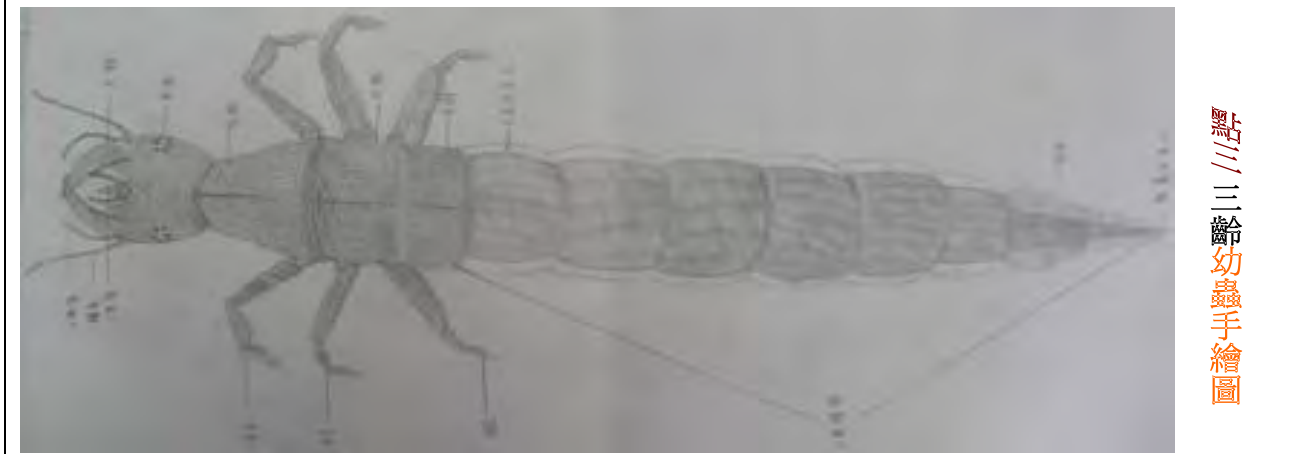
單位:日	卵期	一齡	二齡	三齡	蛹期	卵到成蟲
時間	7.73	9.17	12.34	16.70	25.50	71.44

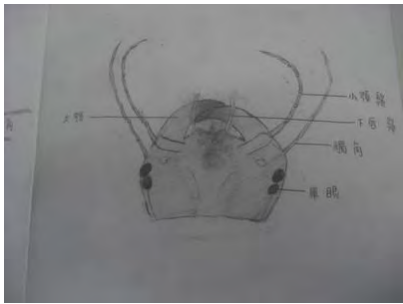

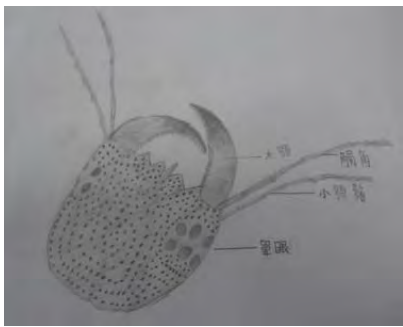

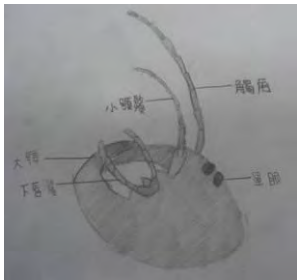

註:1、卵期計算為室內飼養雌蟲咬洞產完卵後直到在水箱中發現一齡幼蟲為準。

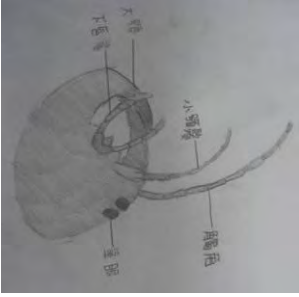
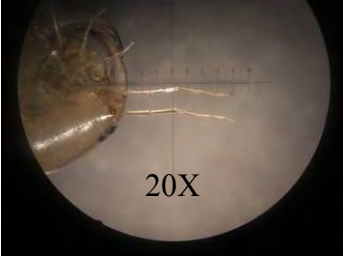
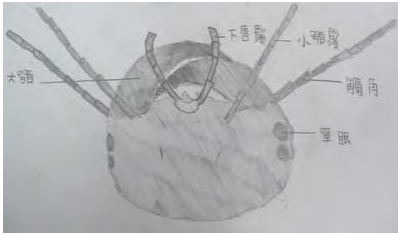
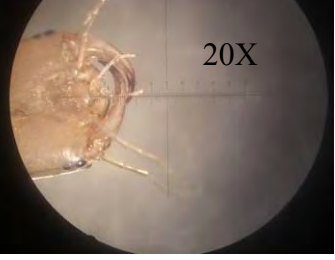
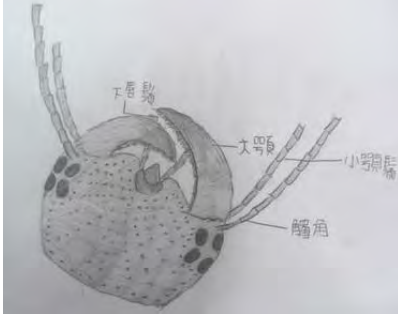
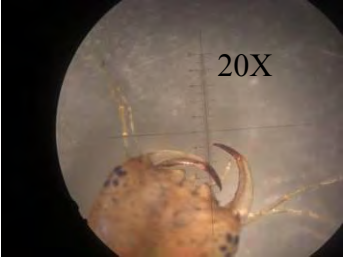
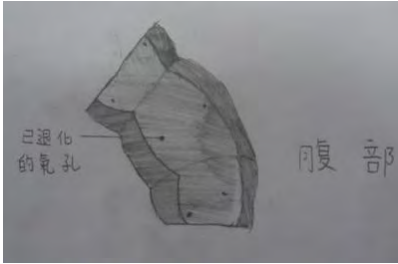
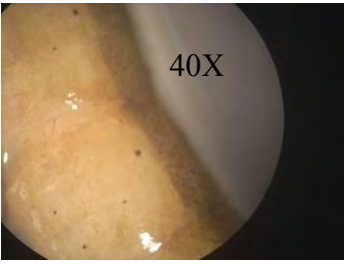

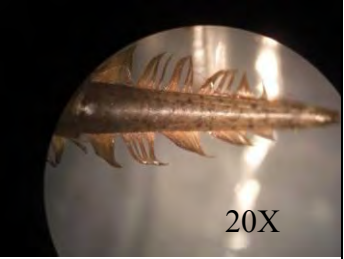
2、所飼養的一齡幼蟲至二齡幼蟲時,大量死亡,只有一隻生長至三齡,因此數據不夠其平均,所以上表之二齡至三齡的發育時間引用自<點刻三線大龍蝨之形態及生活史研究報告>(吳怡欣、何嘉浩,2001)。  
3、現在有六隻蛹(野外誘集到的三齡幼蟲自己築蛹室化蛹)在蛹室內,已有兩隻羽化,其餘的仍在紀錄中。  
4、目前仍在培育建立完整的生命年表,記錄是否與文獻相符或有差異。



2、幼蟲及成蟲各部位構造及功能：將形態觀察的描述、手繪圖及攝影照片整理如下：

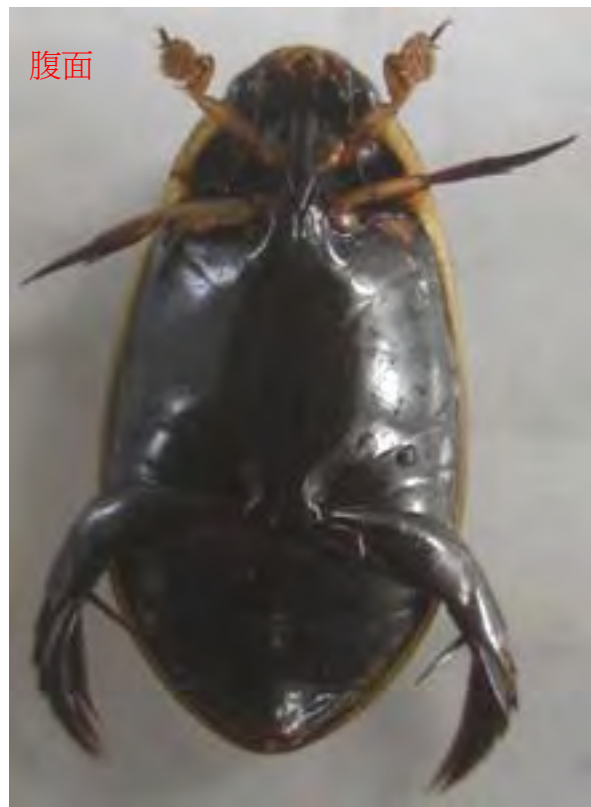
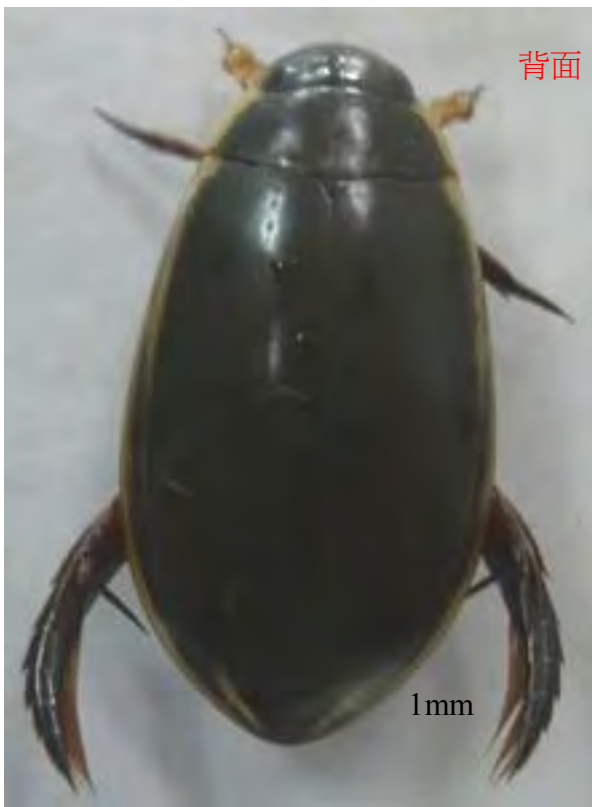
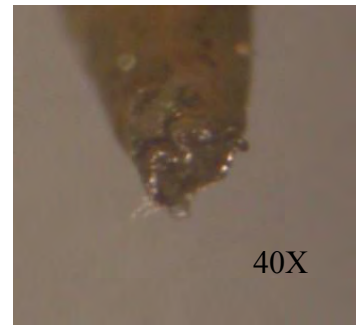
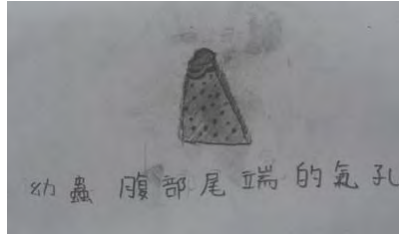


部位	描述	手繪圖	照片
頭部	狀似上底較長的梯形，具有單眼、大顎、觸角、小顎鬚、下唇鬚等構造。 (右圖為腹面照)		
單眼	左右兩側各有 6 顆單眼，頭頂上沒有，也無複眼，單眼前後兩顆排列整齊，一邊共三排。		
觸角	呈絲狀。一對，有 9 節，長約 4.5mm。 主要功用為感覺，包括嗅覺、觸覺、味覺等。 (右圖為腹面照)		

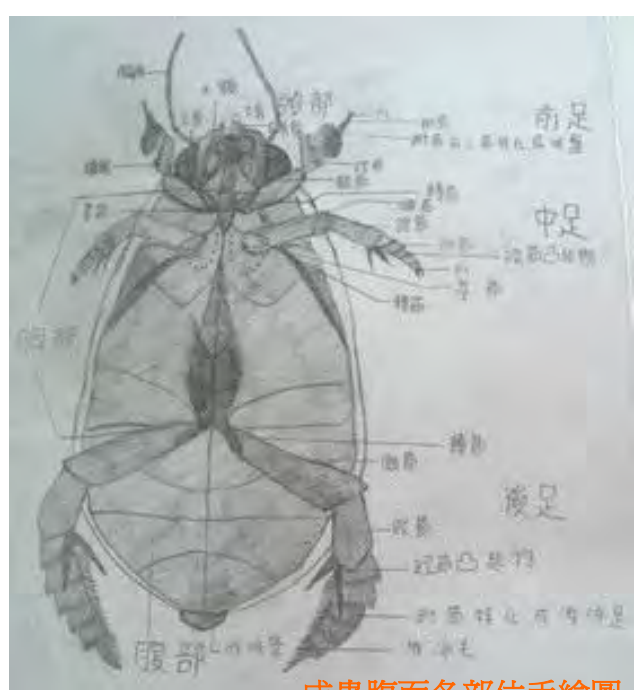
<p>小顎鬚</p>	<p>一對，有 7 節，長約 3.75mm 協助觸角幫忙偵測氣味。 (右圖為腹面照)</p>		
<p>下唇鬚</p>	<p>一對，有 4 節，長約 1.25mm 有味覺的功能。可以判別食物的種類。 (右圖為腹面照)</p>		
<p>大顎</p>	<p>頭前方有一對大顎，長約 2.87mm，大顎內有消化管會分泌消化液，柑住獵物後先行體外分解，再吸入體腔內。觀察其進食時，有明顯的體液進入體腔內，不像成蟲有嚼碎食物功能</p>		
<p>體節側邊氣孔</p>	<p>腹部第一節到第七節左右兩側皆有黑點的封閉氣孔。</p>		
<p>腹側部邊最剛後毛二節</p>	<p>腹部共 8 節，最後兩節逐漸變窄，且兩邊著生剛毛，腹部擺動時能幫助其游泳。</p>		

腹部最後一節氣孔

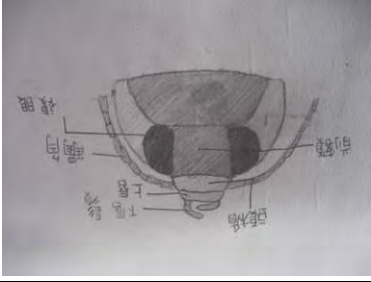
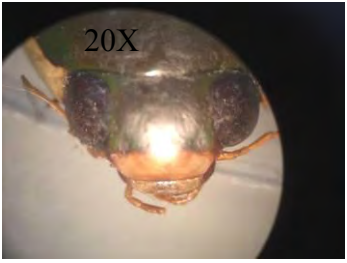



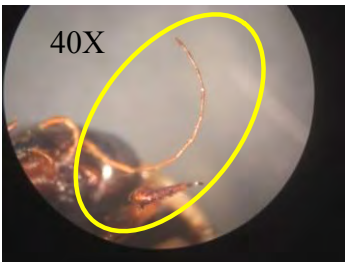


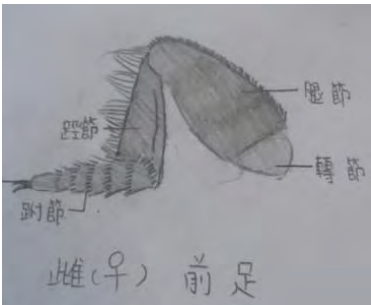
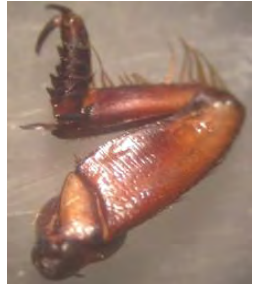

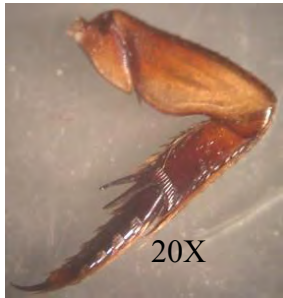
由兩個圓形開口所組成，狀似橫躺的葫蘆。是全身的氣孔當中，唯一開放的氣孔，沒有開關的構造。

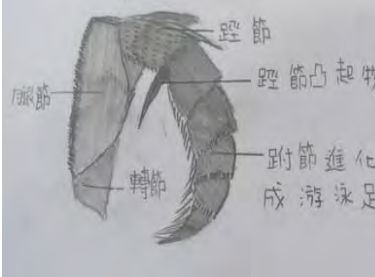
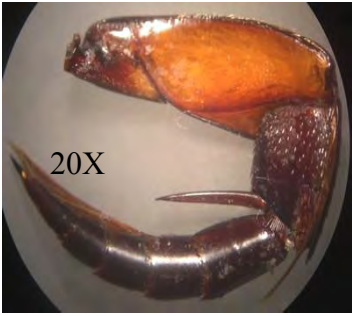


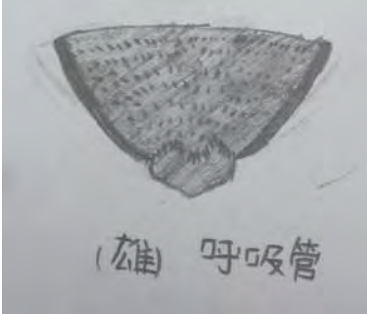

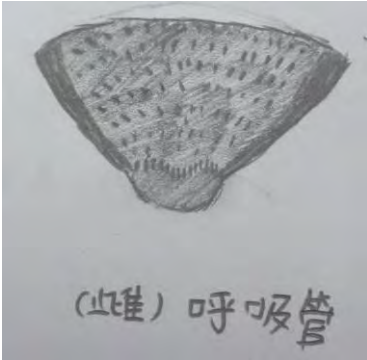





成蟲正面各部位手繪圖



成蟲腹面各部位手繪圖

部位	描述	手繪圖	照片
頭部(背面)	<p>頭部為銳角三角形:</p> <p>(1)兩顆複眼為深褐色,若以40X倍率來觀察,發現複眼上有無數的六角形小眼。(右圖為20X倍率)</p> <p>(2)無單眼。</p>		
頭部(腹面)	<p>有大顎(咀嚼式口器)、小顎、下唇、觸角、小顎鬚、下唇鬚等構造。</p>		
觸角	<p>(1)有9節。</p> <p>(2)生於複眼靠近中端眼尖。</p> <p>(3)約9.40mm。</p> <p>(4)第1節最長,約0.80mm。</p> <p>(5)呈絲狀。</p>		
前足(雄)	<p>雄蟲前足的跗節前三節特化呈掌形吸盤,主要功能在於交配時,吸住雌蟲背板以防逃離之用,也是肉眼分辨雄雌的主要特徵。其餘肢節與雌蟲無所差異。</p> <p>主要為黃褐色。</p>		
前足(雌)	<p>與一般昆蟲前足型態大同小異,包含基節、轉節、腿節、脛節、跗節、前跗節。</p> <p>跗節有5節,主要為黑褐色。</p>		
中足	<p>(1)跗節為5節。</p> <p>(2)最前端前跗節為兩爪。</p> <p>(3)脛節內側有兩根突起狀肢條。</p> <p>(4)腿節呈黃褐色,脛節、跗節為黑褐色。</p>		

後足游泳足	<p>(1)跗節為 5 節。</p> <p>(2)最前端前跗節為尖狀。</p> <p>(3)全肢呈扁平狀，似船槳，能降低水的阻力。</p> <p>(4)脛節內側有兩根突起狀肢條。</p> <p>(5)除腿節呈黃褐色外其餘為紅黑褐色。</p>		
腹部	<p>(1)腹部共 5 節</p> <p>(2)氣孔位於腹部背面第一節。</p> <p>(3)點三到水面上利用尾部的特殊構造(呼吸管)吸入空氣儲存在翅鞘與腹部之間，因此形成類式氧氣瓶功能，能使其長時間潛沉在水中。</p>		
呼吸管(雄)	<p>是除了前足吸盤辨識雄雌之外的第二辨別方法，較雌的有稜有角，看似菱角狀。平時縮於腹部內，呼吸時才會伸出來。(右圖為標本且擠腹部露出來的呼吸管)</p>		
呼吸管(雌)	<p>雌生殖板較圓滑，近似半橢圓。平時縮於腹部內，呼吸時才會伸出來。(右圖為標本且擠腹部露出來的呼吸管)</p>		
氣孔	<p>剪去剛死去成蟲的上翅，在腹部(背面)第一節的左右兩側有明顯的氣孔。</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。

(三)討論：1、剛產下的卵其頭端(彎曲度較大那端)較大，尾端較小，顏色為白色，到了孵出(約

8天)前，顏色變成米白色，稍為膨脹，這是因為**卵胚胎發育**的結果。2、幼蟲孵化後需將其分開獨立飼養，或孵化前便將卵獨立放置，否則會互相攻擊，即使分開飼養，一、二齡若蟲死亡率極高，幾乎全部會死亡，屬於**幼年高死亡型**。3、推測死亡原因為幼蟲對水質的要求很高，吸食體液後的屍體沒有馬上抽離，導致水質惡化，目前仍在克服生命史的建立。4、野外捕捉的成蟲，雄蟲體長與體寬皆比雌蟲大(n=20)，但無顯著差異(相差不到1mm)。5、**點三**在水面上藉由尾部特殊結構(呼吸管)吸氣後，會將氣體儲存翅鞘與腹部背面之間，形成一個儲氣裝置，以提供氣體能從腹部背面的氣孔進入，而能在水中生存，即所謂的**腹甲式呼吸法**。

### 【研究三】探討點刻三線大龍蟲的生態棲位

#### 一、**點三**喜歡吃什麼食物?

(一) 方法：餵食不同的食材:孑孓(家蚊)、蘋果螺、福壽螺、囊螺、網蝥、大肚魚、孔雀魚、水蠶(豆娘、蜻蜓)、赤紅蟲、蝌蚪(赤蛙科及黑眶蟾蜍)、蚯蚓、麥皮蟲、麵包蟲、仰泳蝽、姬牙蟲、姬龍蟲、蝦子、碎豬肉、魚屍、虎皮蛙屍、鼠屍、椿橡、蟑螂、柳丁、青江菜、楊桃、菠菜、小白菜。觀察是否會進食?









(二) 結果：對於不同食材的進食結果

會吃食的食材	(三)討論：1、 <b>點三</b> 對所有餵食的屍體皆能進食，來者不拒，是 <b>水中很重要的食屍性分解者</b> ，但對於活體獵物而言，不見得能捕捉得到，上述實驗中捕捉到的孔雀魚、大肚魚是呈現病態的魚，即奄奄一息的，恰好讓 <b>點三</b> 收尋獵物時抓到，或移動速度慢的(ex:螺類)、常靜置同一位置的(ex:水蠶)才有可能被 <b>點三</b> 抓到，至於游速算快的姬牙蟲 {5.98(cm/s)} 爲什麼會被抓到呢?在我們的觀察，姬牙蟲毫無警覺性，常常在 <b>點三</b> 身上爬來爬去，不被活抓才怪呢!
孑孓(家蚊)、蘋果螺、福壽螺、囊螺、大肚魚、孔雀魚、水蠶(豆娘、蜻蜓)、赤紅蟲、蝌蚪(黑眶蟾蜍)、仰泳蝽、蚯蚓、麵包蟲、麥皮蟲、姬牙蟲、蝦子、碎豬肉、鼠屍、澤蛙屍體、螳螂、虎皮蛙。	
不會吃食的食材	
柳丁、楊桃、小白菜、青江菜、高麗菜、菠菜	

2.在餵食屍體時、麥皮蟲時，明明餌料就在**點三**前面(不到一公分)，**點三**還一直在四周打轉尋找且觸角一直在抖動，即直接攻擊命中的機率很低，不禁令我們懷疑，牠的視力是不是很弱呢?因此我們設計了二、「**點三到底是靠視覺或嗅覺來搜尋獵物**」的實驗。

(一)方法：1.將 5 克的虱目魚肉放入透明夾鏈袋裡後，再放入一個透明夾鏈袋裡，以確保肉味不會逸散出來。(僅靠視覺搜尋食物) 2.用綠色的紗網將 5 克的虱目魚肉包起來，使其肉味能逸散出來但看不見裡面爲何物。(僅靠嗅覺搜尋食物) 3.測五隻(ABCDE)，每隻兩種方法各重覆施測三次(123)，利用碼錶紀錄**點三**游至魚肉處並攀附住夾鏈袋或紗網的時間，再求取平均以比較收尋時間。(水溫:22℃)

(二)結果:單獨靠視覺的實驗每隻皆已超過一天都沒有游至夾鏈袋處，因此不紀錄至下表。

隻次	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3
嗅覺 (時間)	0'19" 06	0'20" 00	1'48" 18	0'27" 72	0'59" 72	2'00" 18	0'28" 10	1'15" 80	1'23" 45	0'30" 01	1'21" 76	1'30" 28	0'20" 89	0'23" 05	1'20" 82
															
僅靠視覺搜尋食物裝置		僅靠視覺搜尋食物近照		僅靠嗅覺搜尋食物裝置		僅靠嗅覺搜尋食物近照									

※**僅靠嗅覺**搜尋食物(此食物爲虱目魚肉)平均時間爲:1'00'93

(三)討論:由實驗結果得知,單獨利用嗅覺搜尋食物所花費的時間遠比單獨利用視覺搜尋食物所花費的時間來得短,而且單獨利用視覺都已超過一天仍找不到食物,加上平時餵食餌料時,明明食物就在眼前仍需摸索一陣子才能抓取,分析結果,證明**點三成蟲視力不好而且主要是靠嗅覺在搜尋食物。**

3、實驗結果呈現, **點三是屬於肉食性動物、食屍性動物, 蔬菜水果皆不吃食**, 而且即使是非水中的動物也會吃食, 例如不慎掉入水中且死亡的椿橡、蟑螂、蚯蚓…等。

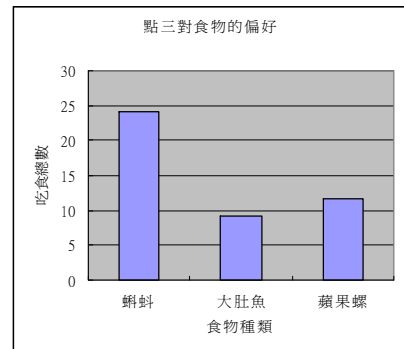
### 三、點三覓食選擇的偏好

(一) 方法: 1.設置五盒昆蟲箱, 各放入**點三成蟲**一隻、黑眶蟾蜍蝌蚪、大肚魚、蘋果螺各五隻。2.每次觀察一週, 紀錄並計算被捕食的隻數與種類的比例, 重覆五次, 計算五次的平均值, 判斷點三的取食偏好。



(二)結果: (n=5)以下為 5 盒實驗組每種生物被吃食的平均數。

吃食的平均數量	黑眶蟾蜍蝌蚪	大肚魚	蘋果螺
第一週	5	2.4	3
第二週	5	3.6	4.4
第三週	5	0.6	0.2
第四週	4.4	1.6	0.8
第五週	4.8	1	3.2
吃食總數	24.2	9.2	11.6



(三)討論: 1.實驗結果呈現**點三偏好吃食蝌蚪**, 推論蝌蚪比起大肚魚活動力較弱, 比較好隨機搜尋抓到, 而蘋果螺活動力不是更慢, 牠不是更容易被吃食嗎?在我們的觀察中, 點三是會抱住蘋果螺, 但大部分的時間蘋果螺會蜷收在螺殼內, 因此**點三**就沒有那麼容易吃食到蘋果螺了。

### 四、**點三**的耐飢力是多久?

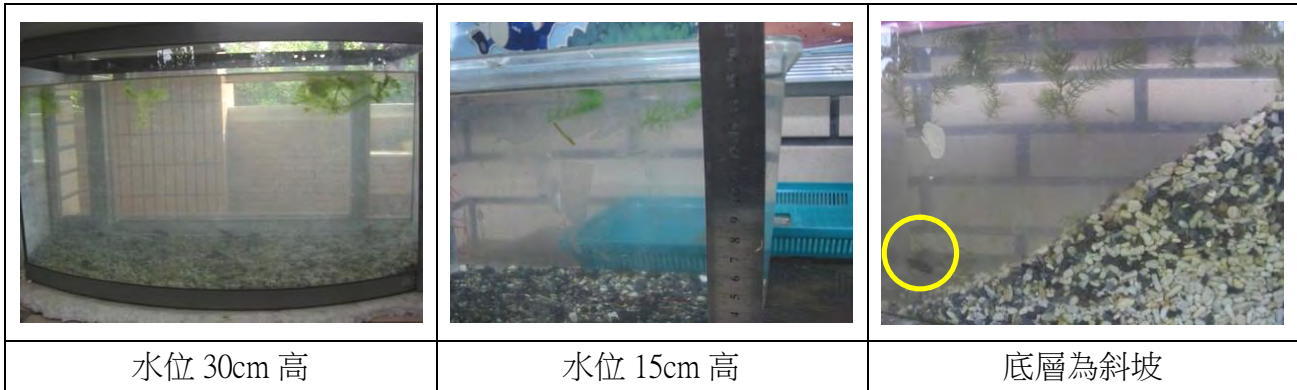
(一) 方法: 1.將十隻**點三**分別放入一公升的正方形容器中(水源為自來水曝氣二天), 容器中放水蘊草使其攀附。 2.將其放在教室陽台(白天可照得到太陽) 3.記錄觀察**點三**能不進食而能存活多久。 時間:101年2月6日到101年3月26日

	<p>耐飢共十盒</p>	<p>(二)結果:我們發現實驗中的<b>點三</b>除非人為干擾, 否則幾乎不動, 都一直漂浮在水面上。直到3月發現<b>點三</b>奄奄一息飄浮在水面上, 我們立即終止實驗。</p> <p>(三)討論: 1.<b>點三</b>飢餓狀態時, 為節省其能量, 幾乎攀附在水草上不動, 因此可維持約2個月的生命力。</p>
--	--------------	---



## 五、點三喜歡棲息在水體中的上、中、下哪一層呢？

- (一)方法：1.在水位 30cm 的魚缸(有沉水性植物、底質沙石< 10mm)，放入 10 隻點三成蟲。  
 2.在水位 15cm 的塑膠飼養箱(有沉水性植物、底質沙石< 10mm)放入 1 隻點三成蟲，重覆方法實驗 5 隻。  
 3.每日觀察三次，觀察時確定靜止再記錄棲息在哪一水層，持續一週。



(二)結果：不管是水位 30cm 還是水位 15cm 的高度，點三都躲藏至底層除非游至水面上吸氣。

(三)討論：實驗結果得知，不管水位高或低，點三主要棲息位置在於底層，然而我們想更進一步了解假如底層是一個斜坡，點三的棲息位置仍然是在最底部嗎？於是我們設計底層是一個顆粒< 10mm 的斜坡，最高點接近水面，最低點為飼養箱底層，垂直高度為 12cm，每天觀察三次，觀察一週(5 天)，測試 5 隻，觀察時確定靜止再記錄棲息在斜坡的哪個位置。

結果:有兩次是在底層往上 2cm 的斜坡位置上，其餘皆棲息在最底層。

綜合上述，無論水面高低，底層位置高低，點三皆棲息於最底處，屬於底棲型水生昆蟲，主要原因在於大部分時間都在底層搜尋獵物及避免被天敵發現所致。

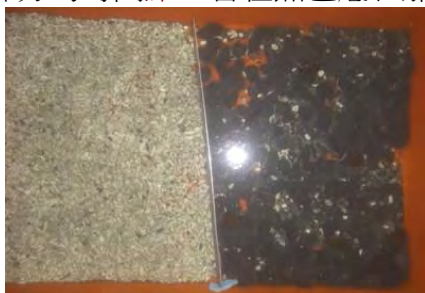
時間 \ 顏色	白色底石一邊	黑色底石一邊
100.11.7 早上 7:30	1	9
100.11.7 下午 13:00	1	9
100.11.7 下午 16:00	3	7
100.11.8 早上 7:30	3	7
100.11.8 下午 13:00	4	6
100.11.8 下午 16:00	3	7
100.11.9 早上 7:30	2	8
100.11.9 下午 13:00	2	8
100.11.9 下午 16:00	4	6
100.11.10 早上 7:30	2	8
100.11.10 下午 13:00	1	9
100.11.10 下午 16:00	2	8
100.11.11 早上 7:30	0	10
100.11.11 下午 13:00	2	8
100.11.11 下午 16:00	0	10
平均出現隻次	2	8

## 六、點三喜歡哪一種底棲環境、對顏色是否有偏好呢？

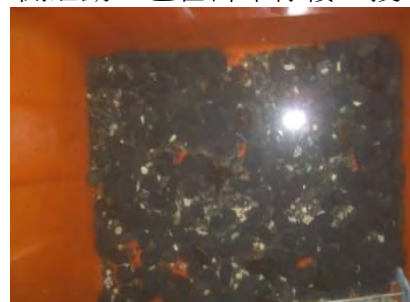
(一)方法 1：點三比較喜歡在哪一種顏色的底棲環境呢？

- (1).將顏色不同(黑與白)的底石布置在水箱兩側，放入 10 隻點三成蟲。(2).每日上午 7 時 30 分及下午 1 時、4 時觀察，記錄隻數，持續五天。(3).計數方式:躲藏在底石及在水面上換氣的都計數在內。(4).每日餵食麥皮蟲 4 隻，平均分散位置投擲，以排除餵食地點而影響實驗結果為原則。

(二)結果 1：大部分的時間點三皆在黑色底石那一側活動，包含群聚停棲、搜尋食物。



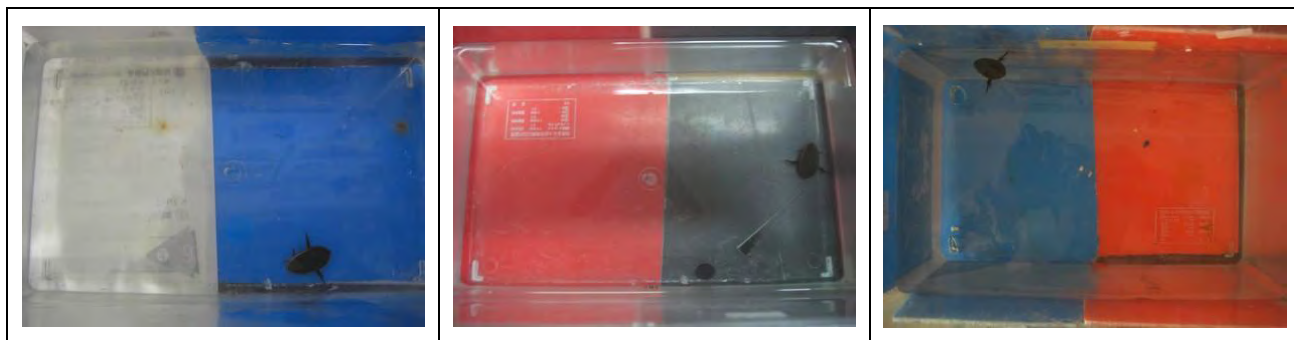
底棲顏色實驗裝置



黑色底棲環境特寫

(一)方法 2：點三對顏色的偏好?

(1) 將點三放在兩種不同顏色珍珠板的硬塑膠盒，珍珠板共有白色、紅色、橘色、黃色、綠色、藍色、黑色，依交叉配對共有 21 組模式，每組測試 3 隻成蟲，每隻重覆實驗 5 次，實驗時間為 1 小時，觀察其待在哪一種顏色區域，並記錄顏色。



(二)結果 2：由實驗發現，點三對顏色的偏好為黑色>藍色>紅色>橘色>黃色>綠色>白色，因此點三比較偏好在暗色系的地方。如下表

	白	紅	橘	黃	綠	藍	黑
白							
紅	紅						
橘	橘	紅					
黃	黃	紅	橘				
綠	綠	紅	橘	黃			
藍	藍	藍	藍	藍	藍		
黑	黑	黑	黑	黑	黑	黑	

※上表中的顏色是指每種顏色在 15 次的實驗中，偏向顏色較多者。此與深色為保護色有關。

七、點三對溫度的偏好

(一)方法：在塑膠盆(60cmx48cm)中，一邊放置控溫加溫棒(調成 35°C)周圍約 30°C，另一邊放置冰塊(0°C)周圍約 20°C，將一隻點三放在中間，如下圖，觀察 5 分鐘後朝哪一種溫度環境移動，同一隻重複 5 次，且測 5 隻，記錄並計算移動比例。



從塑膠盆中間施放      從塑膠盆中間施放      無溫度偏好只尋找隱蔽處躲藏

(二)結果：點三沒有明顯的喜好高溫或低溫，我們發現牠棲息的喜好是選擇可以躲藏的地方，不是選擇控溫棒底下就是選擇冰塊底下躲藏，因此推測對水溫沒有特別的偏好。

八、點三對水質的要求高嗎?(耐酸鹼度、耐溫度、耐鹽度、濁度、受汙染的水)

(一)方法:1.耐酸鹼度實驗:調配酸鹼度分別為 pH2.5、pH3、pH3.5、pH4、pH4.5、pH5、pH6、pH8、pH9、pH9.5、pH10、pH10.5、pH11、pH11.5、pH12、pH12.5、pH13 等水溶液各三盒，

每盒各放一隻**點三**，觀察一週並紀錄。**2.耐溫度實驗**:設置三盒實驗組，每盒1隻，利用控溫棒加溫，使其控溫在30°C、35°C，另外利用冰桶加冰塊控溫在10°C、5°C，冰桶內放入保麗龍，使其攀抓，觀察**點三**的行為，重複上述實驗5次。**3.耐鹽度實驗**:調配鹽度分別為5 ppt、10 ppt、15 ppt等濃度的實驗組，3盒各放一隻，觀察一週並紀錄。**4.濁度實驗**:利用沙奇盤標籤組，在水體中加泥土至看不到水底沙奇盤標籤，即調到濁度為超過100NTU，放入**點三**，重複上述實驗5次。**5.受汙染的水**:分別調配溶質為肥皂1mg、0.5mg、0.1mg、0.01mg及溶濟1000ml的肥皂水溶液4盒及溶質為洗碗精1滴(約1c.c.)、5滴(約5c.c.)、10滴(約10c.c.)及溶濟1000ml的洗碗精水溶液3盒，每盒各放一隻**點三**，重複上述實驗3次;3盒塑膠杯，各放入一隻**點三**，在杯內加入沙拉油，使其水面上浮著一層油。**6.校園水溝的水**:撈取校園水溝(來源為生活汙水，如洗手肥皂用水、洗碗沙拉脫用水、牙膏泡沫…等)的水5組來飼養**點三**，並測其水溫、溶氧、pH值觀察其存活情形。以上各項實驗每天定期餵食。

			
酸鹼度實驗	酸鹼度實驗	耐高溫實驗(攀爬上來)	耐低溫實驗
			
耐鹽度實驗	濁度實驗	肥皂水溶液	10滴洗碗精水溶液
			
沙拉油水溶液	校園水溝的水	pH11 以上的水體對雌蟲有威脅性擾亂其生殖系統	校園水溝的水 DO 測量

(二)結果：**1.**在酸鹼度實驗持續一週後，pH2.5及pH13的**點三**呈現奄奄一息狀態，我們便終止實驗。**2.**在35°C組中，每次實驗**點三**皆會爬至加溫棒線上，離開水面。**3.**在5°C組中，**點三**呈現後足無力狀並飄浮在水面上。**4.**在15 ppt鹽度濃度的實驗組，當天下午，**點三**呈現奄奄一息狀態，其中有一次(隻)撈出後不久便死亡。**5.**在濁度實驗中，所有的**點三**皆活動良好。**6.**除了肥皂0.5mg水溶液及洗碗精10滴水溶液及沙拉油實驗中的**點三**呈現虛弱奄奄一息狀態外，其餘皆活動良好。**7.**校園水溝的水實驗中(pH為7.8)，每組皆活動良好。


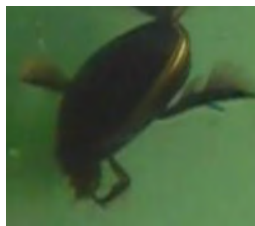
(三)討論：1.從**結果1**，我們推測**點三**的酸鹼耐受度為 pH2.5~pH13，而一般埤塘、溪流其酸鹼度正常情況下平均為 pH6.8~8.2 之間，而校園水溝的生活汙水 pH 也才為 7.8，因此我們推論**點三**可以在野外水體 pH5~pH9 的環境生存的很好。2.我們在實驗 pH11 以上的實驗時，發現大部分的雌蟲皆會產卵在容器底部，撈出後靜置在曝氣後的自來水裡待其孵化，但最後皆無孵化，因此我們推測 pH11 以上的水體對雌蟲有威脅性，擾亂其生殖系統，使其亂下卵(有可能是無受精的)。2. 從**結果2**，我們推測**點三**的溫度耐受值為 5°C~35°C，在野外水體夏季中午的水溫常超過 34°C，我們推測此時**點三**大都會爬離水體。3. 從**結果3**，我們推測**點三**如果隨著溝渠到河口附近(鹽度約 6~10ppt)仍然可以存活。4.雖然洗碗精 10 滴水溶液其 pH 值為 9.7 仍在**點三**適應範圍，但為什麼會導致死亡呢?我們觀察到該水溶液水面上皆是泡泡，而**點三**一直想將腹末呼吸管伸出水面呼吸，但總是突破不了，此與沙拉油實驗組狀況一樣，是窒息而呈現奄奄一息狀態。因此我們推論**點三**是一種適應力很強(水陸空三棲)的水生昆蟲，除非水面上有突破不了的物質導致其窒息死亡，否則**點三**的生存力極強，因此若發現有**點三**死亡的水體，該水體可能屬於重度汙染或表面水體有不透水物質覆蓋。

#### 【研究四】探討點三的動物行爲

一、**點三**的一般行爲有哪些? ※**清潔身體**：**點三**有哪些自潔的動作呢?

(一)方法：觀察**點三**清潔身體各部位的情形，並紀錄清潔的時間

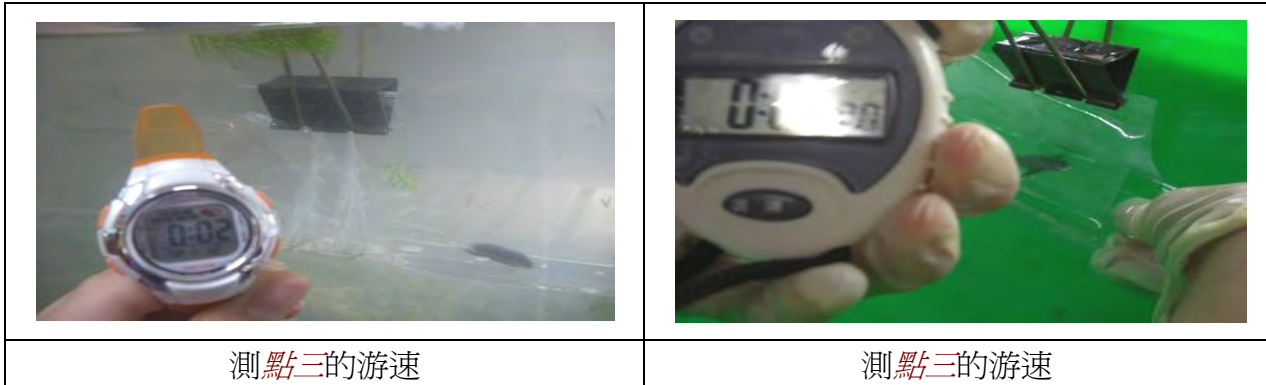
(二)結果：

清潔部位	清理方式	圖例	清潔時間平均 (n=10)	清潔 頻率
後足	後足往前伸，利用前足交互摩擦後足。		5.74 秒	☆☆
前足、中足	前足、中足交互摩擦		14.29 秒	☆☆☆ ☆
口器	以前足摩擦其咀嚼式口器		3.92 秒	☆

(三)討論：1.清潔行爲皆在水面下進行而且大部分在進食後才會。

※**游泳行爲**：點三<sub>3</sub>的游泳姿勢如何，游速多快？

(一)方法：1.觀察點三<sub>3</sub>游泳的方式。2.挑選雄雌各五隻，利用自製的游泳通道(起始點至終點為20cm)，以碼錶紀錄游全程一次時間。3.每隻測五次，雄雌各測二十五次，取二十次(刪除差異過大的)時間數據來求平均花費時間，再利用20cm除以平均花費時間，計算游泳的平均速率並且與姬龍蝨、姬牙蟲、紅邊大龍蝨做比較。4.水溫以控溫器設定在25°C



測點三<sub>3</sub>的游速

測點三<sub>3</sub>的游速

(二)結果 1:點三<sub>3</sub>游泳方式為後足的左右兩肢皆同步向後划(類似蛙式游泳)，中足時而蛙式游泳，時而狗爬式游泳，前足常收縮於前胸腹面。

結果 2:

♂ 點三 <sub>3</sub>	♀ 點三 <sub>3</sub>	紅邊大龍蝨	姬龍蝨	姬牙蟲
13.4(cm/s)	10.01(cm/s)	10.61(cm/s)	5.68(cm/s)	5.98(cm/s)

註:四捨五入至小數第二位

※ 水中常見甲蟲游速比較: ♂ 點三<sub>3</sub> > 紅邊大龍蝨 > ♀ 點三<sub>3</sub> > 姬牙蟲 > 姬龍蝨

(三)討論：1. 測量速率時，若施測同一隻太多次，偶爾有因疲累而游速變慢的因素，因此每一隻只測定五次；測量時若遇有往回游者，便重測一次。  
2. ♂ 點三<sub>3</sub>游速較雌點三<sub>3</sub>稍快些，我們推測是因為交配時，♂ 點三<sub>3</sub>爲了要快速游到 ♀ 點三<sub>3</sub>背部並利用前足吸盤吸住 ♀ 點三<sub>3</sub>，因此演化後的結果爲游速較快。

※**爬行行爲**：無水的環境，點三<sub>3</sub>是否會爬行，爬行速度爲何？

(一)方法：1.觀察點三<sub>3</sub>爬行的方式。2.挑選雄雌各五隻，利用自製的爬行通道(起始點至終點為20cm)，以碼錶紀錄游全程一次時間。3.每隻測五次，雄雌各測二十五次，取二十次(刪除差異過大的)時間數據來求平均花費時間，再利用20cm除以平均花費時間，計算爬行的平均速率。



爬行實驗

(二)結果：1.爬行的方式類似步行蟲的方式，即三點式爬行。

距離爲 20cm	雄	雌
二十次的平均時間	0'13'23	0'11'65
二十次的平均速率	1.51cm/s	1.72cm/s

(三)討論:點三一離開水面，會爬行，但有時爬行一段距離(n=3, 約 8.5cm)便停止，有時打開翅鞘，展開膜翅飛行。

※**飛行行爲**：點三是否會飛行？

- (一)方法：1.將點三抓離水體，放置地上觀察其飛行行爲。 2.將點三放置無水塑膠杯，觀察是否會飛離。3.長期觀察生活在水體的點三(有足夠活動空間的水體)是否會飛離水體。  
 (二)結果：1.離開水體的點三通常先爬行，再飛行。 2.點三會飛離無水環境。(見影片)3.生活在水中的點三能一直待在水裡，不會飛離。



(三)討論：由實驗結果推測只要環境不利於點三生存，點三會飛離該環境，即遷徙到別處。我們長期觀察，發現點三在水體裡就不會飛離，因為牠要起飛前會先有預備姿勢(前足、中足直挺起來，身體呈仰角約 30°)，再來後足會前後擺(背部會震動，手摸的時候會麻麻的)再張開前翅，隨即就飛起，有時飛起失敗，即飛起後向後倒，如果在水中因為有水的阻力，牠無法張開前翅，因此在水體裡的點三無法飛行，除非牠爬離水體。

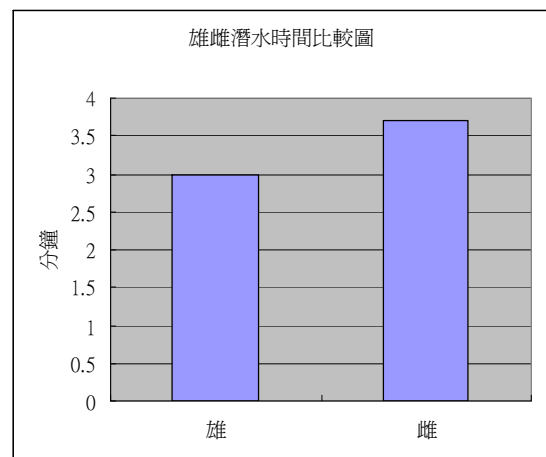
※**潛水多久**：點三在水面上呼吸一次後可待在水裡多久？

- (一)方法：1.觀察點三伸出呼吸管的行爲，並記錄至水面上呼吸的間隔時間(即潛水時間)。2.隨機從大魚缸中選取五隻，每隻記錄五次，共計二十五次。 水溫:25°C 水深:30cm



(二)結果：(n=25)以下為非餵食時所測的時間。

潛水時間比較	雄	雌
第一隻 5 次平均	3'16'55	3'05'63
第二隻 5 次平均	1'55'81	2'21'47
第三隻 5 次平均	2'46'62	2'15'47
第四隻 5 次平均	3'20'30	2'03'26
第五隻 5 次平均	1'36'21	3'35'86
共 25 次的平均	3'00'61	3'42'58



(三)討論：1.一般情況，點三至水面上吸氣所停留的時間約 2 秒左右，「儲氣裝置」飽滿後便往底棲環境游去;待其「儲氣裝置」沒氣了，有時快速地往上游；有時頭朝下尾端朝上慢慢地往上游至水面上吸氣或忽上忽下游至水面吸氣(有欺敵行爲)。 2.長期觀察結果，在活動旺盛時(如搶食時)其換氣時間較短。 3.雌蟲潛水時間顯著大於雄蟲，是因為雄蟲活動力較旺盛(如搜尋食物能力大於雌蟲)，因此消耗氧氣的速率較快，所以雄蟲比較快就到水面換氣了(即潛水時間較短)。

※ **滲出分泌物**：在收籠時(離開水面)，發現點三會在前胸背板與頭部接縫處分泌出一種乳藍白色的液體，我們覺得很好奇，有哪些刺激源會使點三分泌乳藍白色的液體，因此做更進一步的探討。

(一)方法：1.壓迫點三胸腹部。2.分別播放十種水鳥(天敵)叫聲(聲音來源自臺灣大學動物博物館鳥類資料庫)。3.與小魚放在一起。4.與其它水生昆蟲放在一起。5.在夾鏈袋裡輕壓點三頭腹部收集點三的分泌物，再利用 pH 儀量測其酸鹼度。

		
雄蟲分泌乳藍白色液體	雌蟲也會分泌	收集點三的分泌物
		
用 pH 儀量測其酸鹼度	播放鳥(天敵)叫聲刺激	與小魚放在一起

(二)結果：1.發現乳藍白色液體從前胸背板與頭部接縫處流出，每隻每次約 0.5cc 左右，而雄蟲分泌的量比雌蟲稍多一點。 2.分泌物有一股異味(像塑膠燃燒的味道) 3.分泌物的酸鹼度為 5.9~6.0。 4.分泌完的成蟲需隔天擠才會再分泌。 5.鳥叫聲不會誘發分泌乳藍白色液體。 6.與小魚放在一起發現有時小魚會有昏迷的跡象。

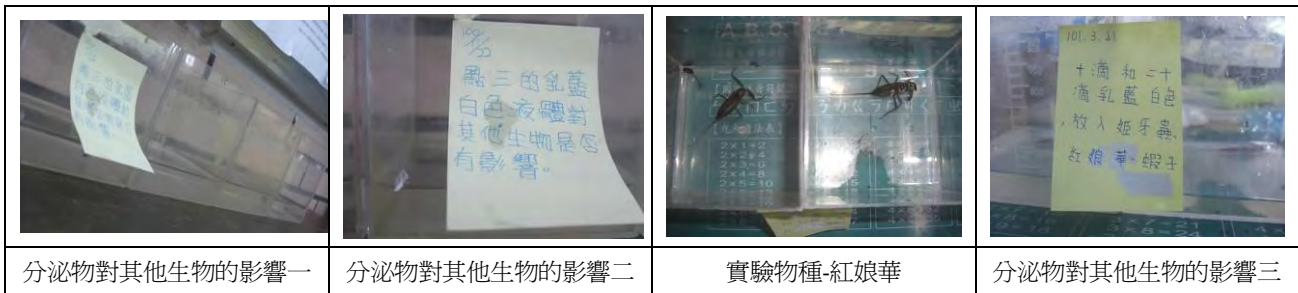
(三)討論：野外收籠時，抓起時，發現點三會滲出分泌物，將全部誘集到的生物全放在昆蟲箱，帶回來時，發現有些小魚呈現奄奄一息狀態，且軀體有時呈現扭曲樣態，進一步思考這種分泌物是否會影響水中的其他動物。因此設計底下的實驗。

※ **分泌物對其它生物是否有影響**：

(一)方法 A:1.分別將一隻點三所分泌的乳藍白色液體(約 0.5 cc)，溶入在水 100ml 中，共 12(盒)種生物，為孔雀魚、姬龍蝨、灰龍蝨、姬牙蟲、紅邊大龍蝨、非自體分泌乳藍白色液體的點

三雄、雌、紅娘華、黑眶蟾蜍蝌蚪、黑殼蝦、水薑、朱文錦魚，觀察其加入前及加入後行為是否有所改變。2.每種生物各有三隻。3.每次實驗時間持續 6 小時。

方法 B:1.重製上述實驗過程，唯一隻點三所分泌的乳藍白色液體，改成五隻(滴)、十隻(滴)及二十隻(滴)。

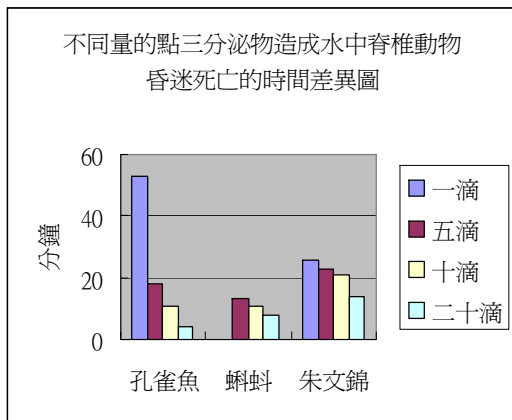


(二)結果 A:分泌物對其它生物的影響如下表:X:表示結果死亡，○:表示無影響，△:五隻(滴)以上的會造成死亡

孔雀魚	姬龍蝨	灰龍蝨	姬牙蟲	紅邊大龍蝨	其他點三雄	其他點三雌	紅娘華	蝌蚪	黑殼蝦	水薑	朱文錦
X	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	X

下表為乳藍白色液體一隻(滴)、五隻(滴)、十隻(滴)、二十隻(滴)VS 孔雀魚、蝌蚪、朱文錦使其昏迷死亡的時間。每種物種皆 5 隻，下表為三種物種其 5 隻從滴入乳藍白色液體後到該物種死亡的平均時間。

物種	孔雀魚	蝌蚪	朱文錦
一滴	53'09'01	無死亡	26'02'82
五滴	18'03'46	13'38'29	23'05'93
十滴	11'38'45	11'23'61	21'08'03
二十滴	4'25'59	8'26'23	14'45'75



(三)討論：1.在我們測試孔雀魚、朱文錦時，發現在一隻、五隻、十隻、二十隻點三所分泌的乳藍白色液體實驗組中，皆呈現翻肚現象(軀體會扭曲)，我們趕緊撈起放入正常水中，過不久又活了起來，重覆實驗三次，每次皆翻肚，我們再做五隻孔雀魚、朱文錦，也是同樣結果，但一節課時間(40 分鐘)有些小魚便死亡了，隨著濃度的增加，也加速其死亡，我們推測乳藍白色液體可能有毒(對魚、蝌蚪有影響);但對於其它水生昆蟲(姬龍蝨、灰龍蝨、姬牙蟲、紅邊大龍蝨、其他點三、水薑、紅娘華、黑殼蝦)的測試皆無死亡的結果。

2.因此我們推論該乳藍白色液體對於水中脊椎動物是有傷害性的，可能是所謂的神經毒。



加入乳藍白色液體後朱文錦翻肚

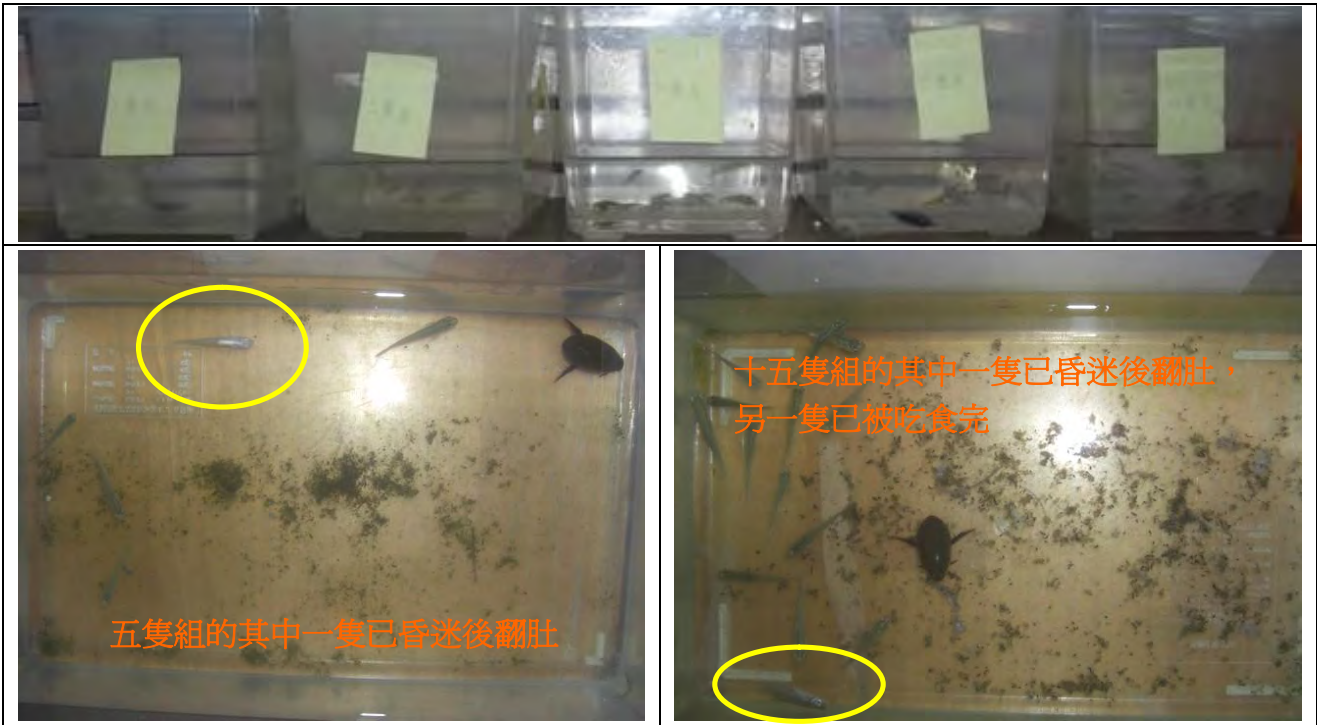
加入乳藍白色液體後孔雀魚翻肚

加入乳藍白色液體後測試黑眶蟾蜍蝌蚪



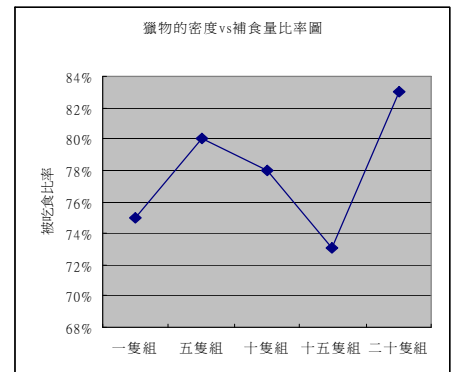
※**獵物的密度是否會影響其補食量**：我們思索著，除了受到刺激外，**點三**會分泌乳藍白色液體，平時分泌物的產生是否有助於牠覓食？

(一)方法：1.由上述的實驗，我們已知乳藍白色液體對水中脊椎動物有顯著影響(先昏迷，後死亡)，因此我們設計了五盒實驗裝置(軟塑膠飼養箱)，分別放入**點三**成蟲一隻及大肚魚1隻、5隻、10隻、15隻、20隻，觀察**點三**與大肚魚共域環境中，大肚魚被吃食情形及被吃食的過程。 2.每週計數吃食的數量，實驗四週，每週計數完之後，補齊實驗裝置內的數量。



(二)結果：每週吃食大肚魚數量

大肚魚	一隻組	五隻組	十隻組	十五隻組	二十隻組
第一週	1	5	8	5	17
第二週	0	5	9	15	20
第三週	1	5	10	15	20
第四週	1	1	4	9	9
被吃食平均	0.75	4	7.75	11	16.5
被吃食比率	75%	80%	78%	73%	83%



(三)討論：1.我們發現有一些魚的身體呈現扭曲，載浮載沉的狀態，而**點三**一直以搜尋的方式找昏迷或翻肚(死亡)的大肚魚，因此我們證實**點三**會利用分泌乳藍白色液體來使魚昏迷，進而捕食活動力較弱的動物，是其中一種捕食策略。另一種捕食策略則是利用觸角來偵測水中屍體所散發出來的味道，進而慢慢接近吃食之。 2.獵物的密度與被捕食量沒有顯著關係。

※ **群聚行為**：**點三**偏好群聚或各別行動？

(一)方法： 1.在大水箱(70cm×45cm×40cm)內放入六隻**點三**成蟲。 2.將底部利用沙石等分成六等分，群聚範圍指在等分範圍內稱之。 3.每天早上 8:00、中午 1:00、下午 4:00 記錄其群聚情形，維期六天。 4.群聚隻數取最多隻為主，用分數量化之，例如有四隻及二隻群聚，則取該次為 4 分，以此類推。

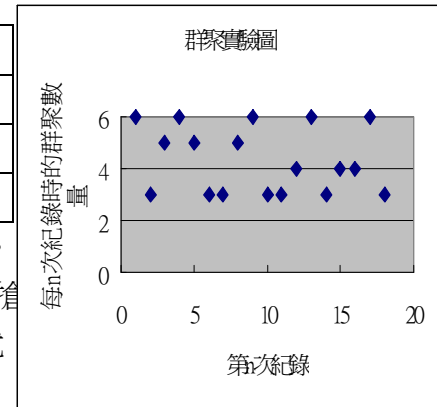


(二)結果：群聚隻數記錄如下表

日期	101.2.23	101.2.24	101.2.29	101.3.1	101.3.2	101.3.3
早上 8:00	6 NO.1	6 NO.4	3(3) NO.7	3(3) NO.10	6 NO.13	4(2) NO.16
中午 1:00	3(3) NO.2	5(1) NO.5	5(1) NO.8	3(3) NO.11	3(3) NO.14	6 NO.17
下午 4:00	5(1) NO.3	3(3) NO.6	6 NO.9	4(2) NO.12	4(2) NO.15	3(3) NO.18

※平均群聚分數:4.34。註:( )內的數字為另一群聚的數量。

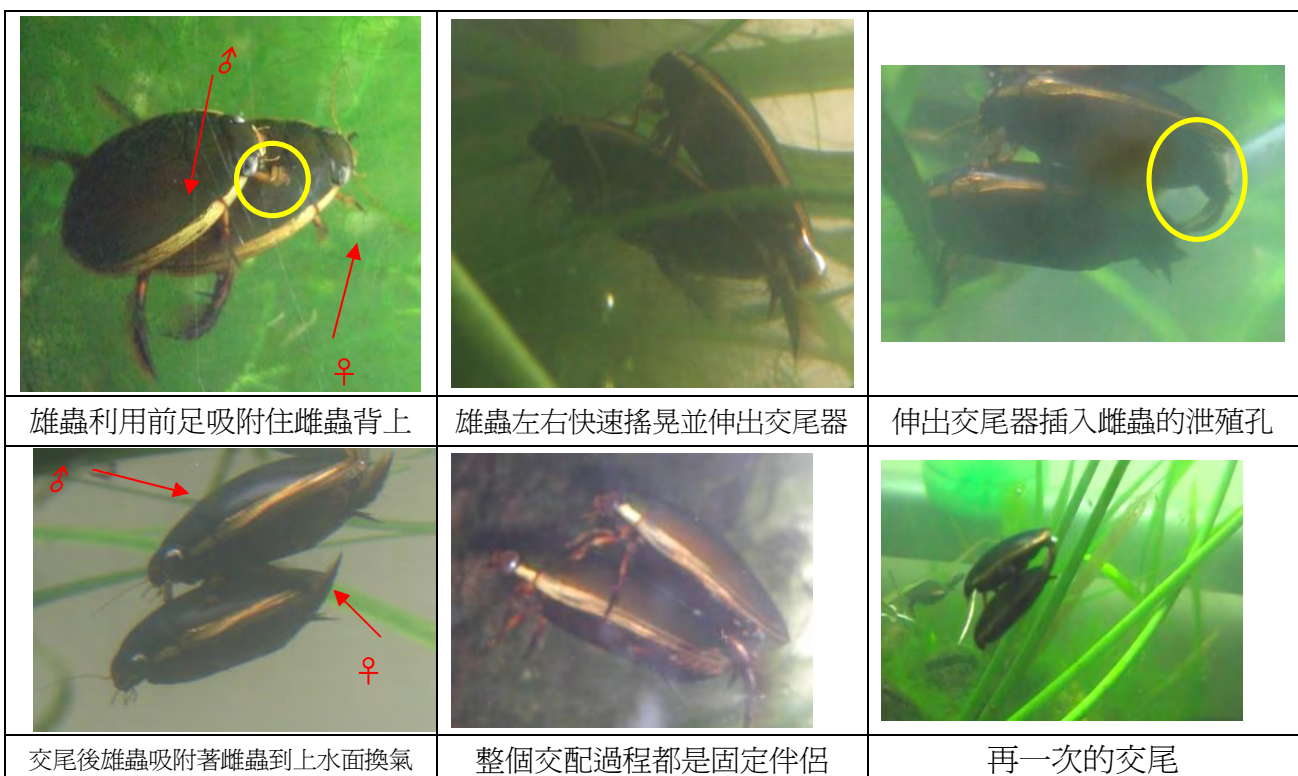
(三)討論：由結果得知，**點三**是屬於群聚性動物，這與集體捕食有關，只要有一隻尋覓到食物，咬破食物，其他的同類就會「聞」之而來;此群聚行為也與減少被攻擊的機會有關。



## 二、傳宗接代:交配行為、生殖行為、產卵地之選擇

※ **交配行為**：交配、生殖是如何進行的？

(一) 方法：1.長期觀察群養中的點三成蟲及配對的成蟲共 10 盒。2.利用錄影方式拍下交配的過程。

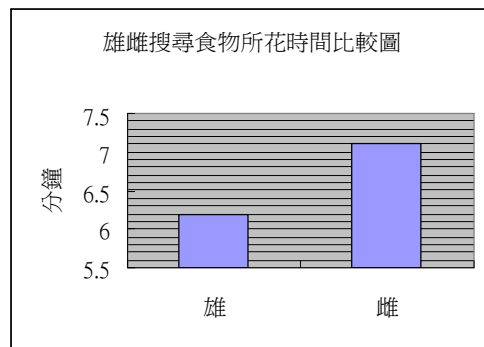


(二)結果：長期觀察結果，交配活動(雄蟲前足吸附住雌蟲背部稱爲交配)皆在水中進行，交配順序爲 1.雄蟲會主動游至雌蟲背部，利用前足吸附住雌蟲背上。 2.雄蟲左右快速搖晃自己的腹部約 3 秒。 3.伸出交尾器(兩根長條狀)插入雌蟲的泄殖孔。 4.每交尾(雄蟲交尾器插入雌蟲的泄殖孔稱爲交尾)一次約 1 秒。 5.交尾後大部分雄蟲還是吸附住雌蟲，少部分馬上放開雌蟲。 6.吸附住雌蟲的，休息最短 6 秒，最長 15 秒左右又會再度交尾後再放開，最高記錄爲 4 次交尾之多都沒有放開。 7.其間雄蟲吸附著雌蟲到上水面換氣，但只有雄蟲換氣，雄的不給雌的換，此時雌蟲後足會呈現麻木狀，即後足僵直。 8.若雄、雌分開後，雌蟲會快速游至水面上換氣再各至游至水底躲藏，之後雄蟲一感覺到原雌蟲游出來便快速地再吸附住雌蟲交尾，交配期間有 6~8 次的交配，交配間隔時間最短約爲 3 分鐘，最長約爲 7 分鐘，平均約 5 分鐘，觀察記錄整個交配歷時約 40 分，最多交尾次數爲 26 次。 9.我們發現幾乎是在餵食過程中，才有交配的行爲出現。 10.整個交配過程都是固定伴侶，屬一夫一妻制。 11.交配過程中無追逐過程，但雌蟲一開始不大配合，會試圖想掙脫，之後便很順利進行(雌蟲一游離底部躲藏位置，雄蟲便快速游至雌蟲背上吸附住雌蟲)。

(三)討論：1.據我們長期觀察發現，交配皆在餵食過程中發生(但並不是餵食就有交配發生)，而且我們推論是雄蟲咬破食物，藉此吸引雌蟲(靠嗅覺)前來，好讓雄蟲得以吸附雌蟲來交配，支持論點如下：野外蝦籠誘集時，誘捕到的雄蟲比雌蟲多(44 隻):表示雄蟲的偵測食物的能力較雌蟲好，而我們也做了一個實驗來證明是否雄蟲的偵測能力比雌蟲好。

※**搜尋食物能力**：實驗方法如下: (1).在昆蟲箱中放入一對成蟲使其適應一天 (2).放入食餌(大麥蟲一隻)。 (3).利用碼錶記錄雄蟲與雌蟲搜尋到食物的時間。 (4).重複實驗三次。 (5).共實驗 5 對後取平均值。

搜尋時間	雄	雌
第一對三次平均	6'35'79	7'02'11
第二對三次平均	6'22'57	7'18'05
第三對三次平均	3'28'19	5'33'81
第四對三次平均	6'11'23	7'25'16
第五對三次平均	6'05'54	6'15'09
共 15 次的平均	6'13'66	7'10'84



☆我們發現即使在混養環境(多隻雄、多隻雌)整個交配過程有專一性(即固定伴侶)，但我們仍找不出爲什麼雄蟲能快速的游至雌蟲背上並吸附住牠(當雌蟲從水底隱蔽處游至水中時)，因先前的實驗及觀察發現雌蟲的視覺很差，因此可能雌蟲有放出一些化學訊號(溶在水中)讓雄蟲能偵測到進而交配之，這原因未來必需再更深入的研究。

☆因雄蟲搜尋到食物的時間比雌蟲短，所以雄蟲搜尋能力較強。而且雄蟲咬破食餌後，雌蟲才較順利找到食餌方向，互相進行搶食行爲。因此雄蟲偵測食物的能力比雌蟲好。

※**生殖行爲**：雌蟲怎麼產卵，產卵在哪裡呢？產卵多少呢？

※**偏好在哪種水生植物咬洞(產卵地之選擇)**？

(一)方法:1.觀察交配完後雌蟲的動向、產卵過程。2.在大水箱內設置四種水生植物(水芋、睡蓮、布袋蓮、水芙蓉)，放入五對雌蟲，觀察偏好在哪種水生植物咬洞產卵，實驗維期一個月。

(二)結果:1.交配完一天內便開始有生殖行爲，產卵過程先咬洞，雌蟲再伸出產卵管下蛋，產一顆卵的時間約爲 17.8 秒(n=5) 2.實驗結果比較喜歡在水芋咬洞(13 洞)、睡蓮次之(3 洞)。 3.

觀察中的雌蟲最少產 16 顆，最多產 26 顆(將水芋莖桿用美工刀劃開後一顆一顆計數)。4.野外誘集到的成蟲竟然在昆蟲箱底部有發現蟲卵。(有四次紀錄)

		
搜尋好位置 1	搜尋好位置 2	找好後開始咬洞
		
伸出產卵管	產卵管插入咬好的洞內	產卵時前足及中足會豎起使身體挺起
		
偏好在哪種水生植物產卵_1	偏好在哪種水生植物產卵_2	水芋莖上被點三所咬的洞

(三)討論:1.我們曾經將挖開一對成蟲在水芋所咬的所有洞來計數卵的顆數，結果水芋上被點三所咬的洞(28 個)而有些並沒有卵在裡面(全部只有 26 顆)，其他組也有類似情況(洞較多卵較少)，我們推測這是屬於欺敵行爲，而且所有卵也不會全部集中在同一條莖上(一棵水芋會長出三至四條莖)，有分散風險的習性(沒有全部產在同一條莖上)。2.野外誘集到的雌蟲暫時放在昆蟲箱，隔天箱底有發現蟲卵(有四次紀錄)，但卵皆無孵化且長霉菌，推測這是因為雌蟲受到驚嚇而異常排卵。3.之所以會偏好在於水芋莖內產卵，推論由於水芋莖比睡蓮莖粗大，產卵位置較深且較不易折斷，因此保護卵的效果比睡蓮好。

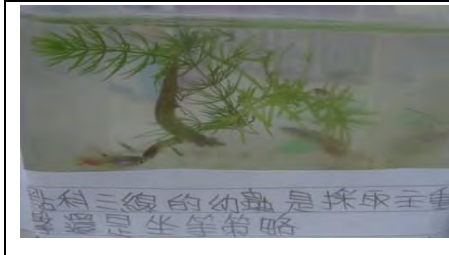
### 三、成蟲與幼蟲覓食行爲策略選擇

※**取食策略**：點三成蟲與幼蟲獵食方式有一樣嗎？

(一)方法：1.準備十個昆蟲箱，其中五個各放成蟲一隻，另五個各放三齡幼蟲一隻。2.每箱皆放入孔雀魚十隻，實驗維持一週。3.另外設置一、二齡幼蟲分別與孑孓、仰泳蝽共域。4.長期觀察點三成蟲與幼蟲的獵食方式。(二)結果:我們發現點三成蟲與幼蟲有不同的取食策略。成蟲:地毯式搜尋，少主動攻擊。幼蟲:坐等式及主動攻擊皆有。(三)討論如下表:



**成蟲:**我們發現被吃食者是孔雀魚本身體弱或已死亡後(乳藍白色分泌物使其昏迷死亡)才被吃食，而非成蟲直接捕捉命中。在先前的取食偏好實驗中也發現蝌蚪被捕機率較大(移動較緩慢)，而且點三成蟲覓食時皆採取**搜尋方式策略**，猶如清道夫般在水底層尋覓。食物以屍體為主。



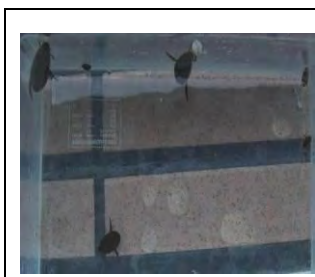
**三齡幼蟲:**孔雀魚被捕食隻數，五盒平均 4.8 隻，我們發現當孔雀魚游至點三約 2~3 公分處以內時，**點三幼蟲**才會主動攻擊(頭尾部往中間縮後，瞬間突擊，詳細可見影片)，雖然如閃電般出擊快速，但也是會撲空，屬**先採坐等策略再主動攻擊策略**。**一、二齡幼蟲:**觀察結果皆主動攻擊孑孓、仰泳蝽。

※**競爭行爲(種內競爭、種間競爭)**

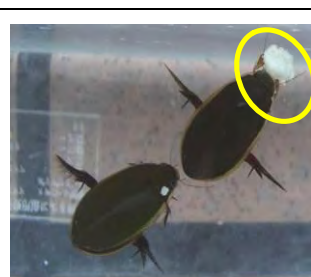
: 在共域環境，**點三**會與水生昆蟲有競爭或打鬥行爲嗎?

(一)方法: 1.設置五盒昆蟲箱，每箱有**點三**雄、雌、灰龍蝨、姬牙蟲、紅邊大龍蝨、姬龍蝨共六隻。 2.分別放入量秤好的豬肉 0.5 克，觀察紀錄之間的競爭。 3.長期觀察群養的**點三**是否有打鬥行爲及幼蟲間是否有打鬥行爲。

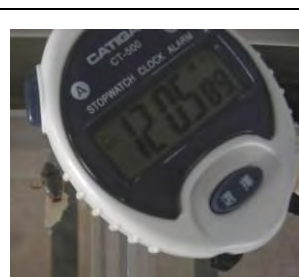
(二)結果: 1.我們發現**點三**雄蟲是六隻水中甲蟲中占據(吃食)食物時間最久的，其次是**雌點三**; 六隻蟲彼此會互相搶食，但往往**點三**雄蟲會贏，且姬牙蟲往往會被點三所吃食。 2.長期觀察群養的**點三成蟲**沒有發現有任何打鬥的行爲或同性之間的爭鬥，但自然死去的**點三成蟲**會被同類所吃食。 3.**幼蟲**間彼此會互相攻擊，**會互相殘殺**，且幼蟲一旦拊住獵物後，不久獵物便停止掙扎，推論其唾液具有麻醉功能。 4.我們整理出**點三**在蓮花田的食物網，如下。



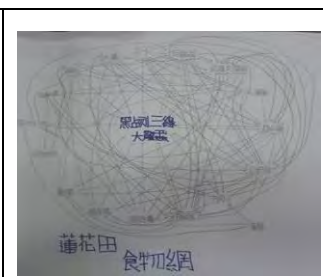
六隻甲蟲共域



雄蟲搶贏雌蟲



處理食物及占據時間



蓮花田食物網

四、其它行爲：鳴叫、彈跳等行爲。

(一)方法: 長期觀察。 (二)結果 1: 在觀察蛹室時，意外發現**三齡幼蟲**會發出吱吱吱的叫聲，好似用指甲刮黑板的聲音(見錄影檔)，之後我們嘗試擾亂幼蟲，皆會發出叫聲。 2.**成蟲**也會發出聲音，但頻率不多。 3.**成蟲**翻倒時(腹面朝上)，會利用後足彈跳以利翻身。



(三)討論: 刺激牠時有叫聲反應伴隨反擊樣態，我們推測為應為**警戒聲**(別靠近我，我不好惹)。

## 伍、結論

- 一、野外採集性別比 ♂ : ♀ = 131:87, 約 1.51:1, 雄蟲體長與體寬皆比雌蟲大, 但無顯著差異(相差不到 1mm)。
- 二、雄蟲的前足的跗節前三節特化呈掌形吸盤; 雌性前足沒有特化。
- 三、從卵經一齡、二齡、三齡、蛹到成蟲約需 71.44 天。
- 四、為肉食性(偏好吃食蝌蚪)兼腐食性昆蟲, 是水中的清道夫。
- 五、成蟲口器為咀嚼式, 幼蟲為刺吸式, 幼蟲口器內有麻醉功能。
- 六、成蟲視力不好而且主要是靠嗅覺在搜尋食物, 且雄蟲搜尋能力比雌蟲好。
- 七、點三耐飢力約 2 個月。
- 八、點三喜歡棲息在水體中的下層及暗色系之環境, 屬於底棲型水生昆蟲。
- 九、點三沒有偏好高溫或低溫。
- 十、耐酸鹼度範圍為 pH2.5~pH13; pH11 以上的水體對雌蟲有威脅性, 擾亂其生殖系統; 溫度耐受值為 5°C~35°C; 鹽度耐受值為 15ppt; 點三是一種適應力很強的水生昆蟲, 若發現有 點三死亡的水體, 該水體可能屬於重度汙染或表面水體有不透水物質覆蓋。
- 十一、雄點三游速約 13.4(cm/s); 雌點三游速約 10.01(cm/s), 會在地面爬, 也會飛, 是水陸空三棲的水生昆蟲。
- 十二、在水底下潛水時間雌蟲比雄蟲久。
- 十三、會從前胸背板與頭部接縫處滲出乳藍白色液體, 酸鹼度為 5.9~6.0, 其對於水中脊椎動物(大肚魚、孔雀魚、朱文錦魚、蝌蚪)是有傷害性的, 對無脊椎動物則無影響。
- 十四、點三是屬於群聚性動物。
- 十五、雄蟲藉由咬破食物所散發出來的味道來吸引雌蟲以進行交配行為。
- 十六、偏好在水芋莖內產卵。
- 十七、點三成蟲覓食時皆採取搜尋方式策略; 幼蟲則是先採坐等策略再主動攻擊策略。
- 十八、成蟲間沒有任何打鬥的行為或同性之間的爭鬥; 而幼蟲具有殘殺性。
- 十九、刺激幼蟲會發出吱吱吱的叫聲; 成蟲也會發出聲音, 但頻率不多。

## 陸、 參考文獻

### 中文部分

- 一、許家樺、羅聖興、陳則丞(2010)。足下天地大, 掌中有乾坤—探討龍蟲抱握足的形態與吸附力。中華民國第五十屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 二、吳怡欣、何嘉浩(2001)。點刻三線大龍蟲 (Cybister tripunctatus Olivier) 之形態與生活史研究。動物園學報 13: 1-9。
- 三、木村義志(2000)。李毓昭譯。可以在桌上養的小生物。晨星出版社。
- 四、廖智安(1999)。台灣昆蟲記。臺北市。大樹文化出版社。
- 五、陳維壽(1998)。台灣昆蟲大探險。台北市。青新出版社。
- 六、張永仁(1998)。昆蟲圖鑑。臺北市。遠流出版社。
- 七、楊平世審定(1996)。水棲昆蟲。高雄縣。龍泰出版社。
- 八、楊平世(1994)。臺灣的常見昆蟲。臺北市。渡假出版社。
- 九、楊平世(1992)。水棲昆蟲生態入門。臺灣省政府教育廳。
- 十、郭玉吉(1988)。昆蟲入門。南投縣。木生昆蟲博物館。

網路資料

一、臺北動物園動物保育專欄-水生昆蟲的呼吸。民 100 年 8 月 20 日，取自

<http://member.zoo.gov.tw/epaper/>

二、國立嘉義大學生物資源學系、數位典藏與數位學習。民 100 年 7 月 15 日，取自

<http://catalog.digitalarchives.tw/item/00/46/d3/d2.html>










三、臺灣物種名錄-點刻三線大龍蝨。民 100 年 6 月 12 日，取自

[http://taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet\\_species\\_detail.php?name\\_code=333098](http://taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet_species_detail.php?name_code=333098)

四、臺灣大學昆蟲標本館數位典藏-龍蝨。民 100 年 5 月 15 日，取自

[http://www.imdap.entomol.ntu.edu.tw/CommonInsectImage.php?CIindex=image&L=C&CI\\_ID=14236&Img=ALL](http://www.imdap.entomol.ntu.edu.tw/CommonInsectImage.php?CIindex=image&L=C&CI_ID=14236&Img=ALL)

**附錄**：其它實驗照片記錄

		
幼蟲從四種棲地中選擇泥質地來化蛹	蛹室內非常完整、圓滑	從蛹室內移出的蛹及皮
		
分泌乳藍白色液體特寫照	三齡幼蟲在蛹室皆呈 u 字型	擾亂幼蟲會發出警戒叫聲
		
蛹室的外觀	蓮花池旁燈光誘集毫無所獲	室內燈光誘集點三，也無趨光

## 【評語】 080307

1. 研究架構完整，過程詳實嚴謹。
2. 研究者對於龍蝨的生活狀態與行為特性相當瞭解，實驗過程的掌握度亦佳。
3. 建議可針對某些研究子題做更深入的探討，例如滲出藍白液體的部分，讓得出的結果可以更具說服性。