

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第三名

團隊合作獎

080305

千萬「驚」「助」—狄氏大田鱉動物行為之探討

學校名稱：嘉義市東區崇文國民小學

作者： 小五 張司函 小五 蔡宜霏 小五 范筑茵	指導老師： 李宗來 廖建溢
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：狄氏大田鱉、捕食行為、繁殖行為

摘要：

大田鰲卵到成蟲發育日數約 36.7 天，偏好棲息淺水域及深色環境。主要以振動併光影變化觸動攻擊，獵物進入複眼上方約 67.6° 與下方約 29.5° 的垂直面，兩側約 97.9° 的水平面，雌雄蟲複眼前方約 18.2 及 15.7mm 的熱區時以約 0.07 秒出手捕獵。

模擬雄蟲以振幅 5mm 的振動容易吸引雌蟲。離較遠時頻率高易吸引雌蟲，最高約 2 下/秒，接近時則振動慢易吸引雌蟲，最慢約 1.4 下/秒。產卵偏好保濕性佳，角度垂直水面，形狀圓柱形，直徑約 1.2cm 的圓柱形枝條，產卵高度約在水面上 37.6cm 至 65.9cm 間

一至三齡蟲可捕食孑孓。獵物殘渣有助蛋白質與脂肪分解，並可作為稻秧養分來源。

壹、研究動機：

四年級經過自然老師的教室時，發現老師的水族箱中養著一種大型的水生昆蟲。咦！這不是遊戲機裡到島嶼中才能釣到的田鰲嗎？這樣的相遇讓我覺得新鮮好奇，大田鰲是怎麼樣的生物呢？又有什麼有趣的生物行為呢？於是我們開始了大田鰲的探索之旅。

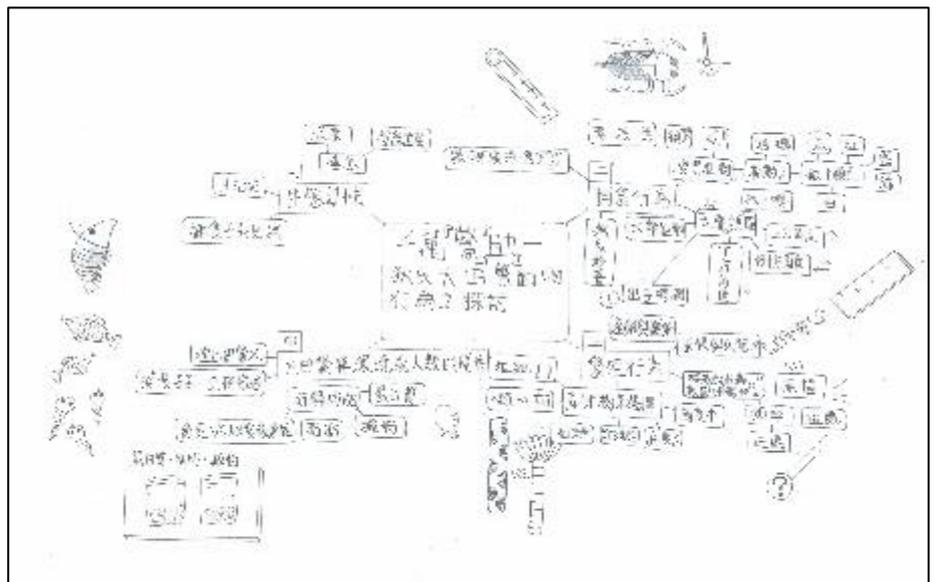
貳、研究目的：

- 一、大田鰲的生態習性
- 二、大田鰲捕食行為之探討
- 三、大田鰲繁殖行為之探討
- 四、大田鰲與環境或人類的關係

參、研究設備及器材：

解剖顯微鏡、電子游標卡尺、數位相機、數位攝影機、加溫棒與控溫器、M5stack 載體、土壤濕度計、伺服馬達。

肆、研究架構：如右圖



伍、研究過程、方法、結果與討論：

※本研究使用的生物餌料主要為向水族館索取剛死亡新鮮魚屍體以及超市販售的冷凍魚肉。

研究一、大田鱉的生態習性

(一)生活史

研究過程與方法：

1.雌雄田鱉放入飼養缸中，放入突出水面的木條供產卵。

2.記錄卵的形態及發育日數，與一齡至五齡各齡期若蟲發育日

數、死亡率與生態習性。

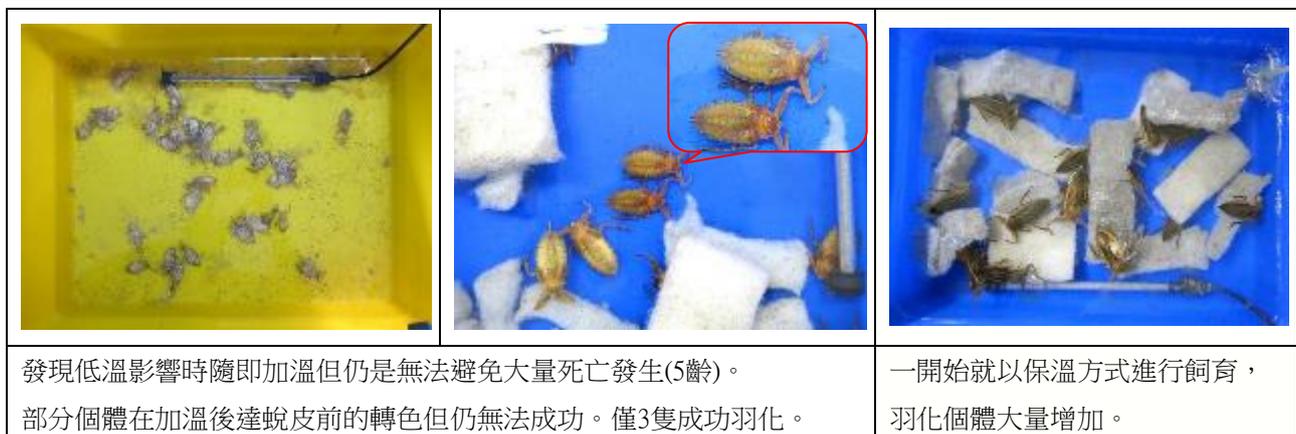
3.記錄各齡期捕捉足與體長比例關係(若蟲以各齡期蛻皮測量)，每齡期各測5隻。



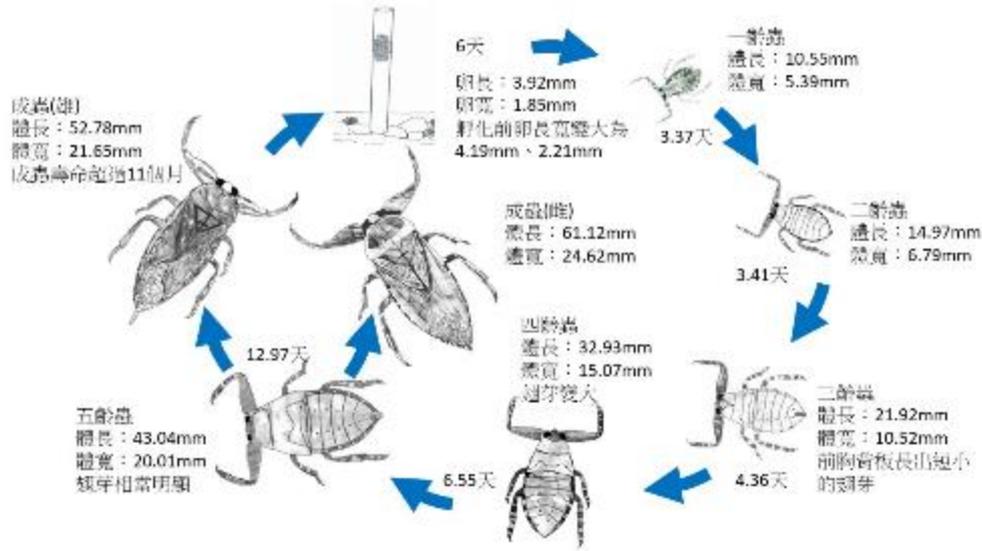
結果：1.大田鱉的生活史

大田鱉生活史包含了卵、若蟲與成蟲期等三個時期，除卵期外，若蟲與成蟲生活史完全在水中完成的大型水棲昆蟲。室溫下紀錄各蟲期發育日數，卵期約6天，若蟲期分成一至五齡，各齡期發育期各為3.37天、3.41天、4.36天、6.55天、12.97天，齡期越大發育日數越長。卵發育至成蟲約需36.66天，成蟲壽命可超過11個月。

此外，發現於冬天低溫孵化的若蟲，除發育日數增加外，幾乎無法成功成長至成蟲，紀錄中發現最多至五齡蟲就大量死亡(有一批至四齡蟲時全部死亡)，即使立即以加溫棒加溫，最後僅剩3隻成功羽化。另一批一開始以保溫飼育，成功羽化個體則大量增加。我們認為大田鱉在野外很難以若蟲越冬。



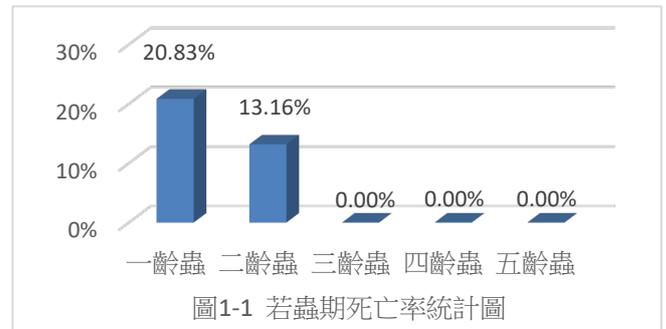
生活史整理如下圖：



2.大田鱉若蟲期的死亡率：

結果：一齡蟲死亡率最高為 20.83%，如圖 1-1。

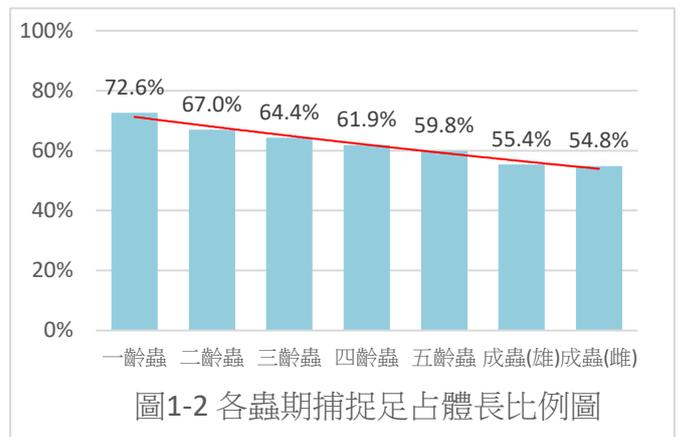
討論：大田鱉在一齡蟲的死亡率最高，三齡蟲後死亡率皆降至 0%。大田鱉若蟲齡期越小死亡率會越高。



3.大田鱉各齡期捕捉足與體長比例之探討

結果：捕捉足與體長比例測量結果如圖 1-2。

討論：捕捉足占體長比例隨著齡期增加逐漸減少，一齡蟲捕捉足占較長比例可能可提高捕食靠近身邊獵物的成功機率，儘快成長並提高自身的存活率。

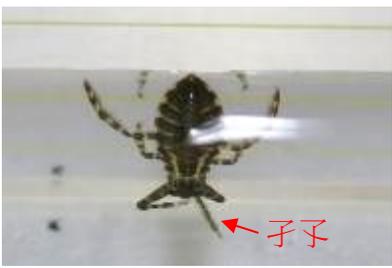


(二)大田鱉捕食孑孓測試

研究過程與方法：

- 1.將各齡期若蟲及成蟲各 1 隻放入容器內，再放入適當數量的終齡孑孓。
- 2.觀察其捕食情形，時間持續 4 小時。實驗重複 3 次。

結果：發現一至三齡若蟲皆可正常捕食孑孓，而四齡蟲至成蟲階段則不會捕食孑孓。

		
一齡蟲捕食孑孓	二齡蟲捕食孑孓	三齡蟲捕食孑孓
		
四齡蟲不捕食孑孓	五齡蟲不捕食孑孓	成蟲不捕食孑孓

討論：透過實驗發現大田鱉只有一到三齡期的若蟲會捕食孑孓，四齡以上的蟲期可能捕捉足過長不易捕捉，又或體型增大許多，孑孓無法提供生長所需養分，因此不捕食。

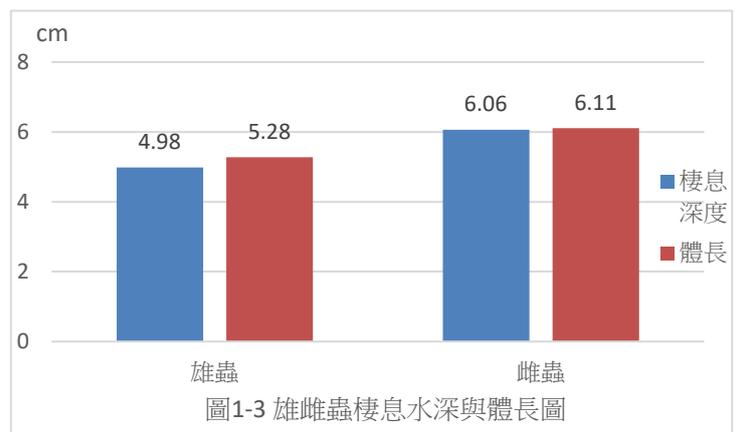
(三)棲息深度

研究過程與方法：

- 1.以細沙堆成深度不同的水域環境並放置長條過濾綿供大田鱉停棲。
2. 放入雄蟲，24 小時後紀錄其棲息深度，共測試 5 隻。
- 3.將雄蟲改成雌蟲，重複上述實驗步驟。

結果：雄蟲棲息深度約為 4.98cm，雌蟲約為 6.06cm。雌蟲棲息深度較雄蟲深。如圖 1-3。

討論：我們認為棲息在這樣的水深時，大田鱉平時可以整個身體潛入水中，換氣時再以中後足抬升身體再伸出呼吸管進行換氣，如此可能有助於躲避水面上天敵的攻擊且可以較不耗



能的進行換氣。雌蟲則可能因體長較大，因此棲息在較雄蟲略深的水域中。

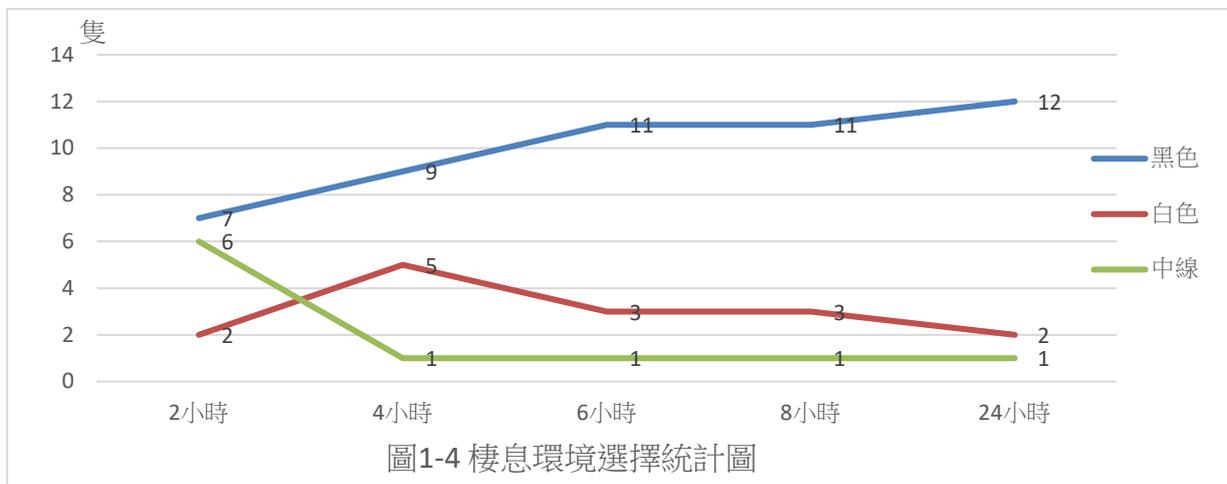


(四)棲息環境的選擇：

研究過程與方法：

容器底部分成黑白兩等分，再將一成蟲放入黑白兩部分之間，記錄每 2 小時與隔日 08:00(24 小時)的棲息位置。每次進行三組，實驗重複 5 次。

結果：大田鰲棲息於黑色環境的隻數大於白色環境，將實驗結果紀錄如圖 1-4



討論：棲息於黑色環境的隻數隨著時間越來越多，雖然有些移往白色環境，但隨即慢慢減少。且每個紀錄時間棲息於黑色環境的隻數都大於白色環境。因此我們認為大田鰲會選擇棲息於較具保護色的環境以躲避敵害。

研究二、大田鰲的捕食行為

(一)大田鰲如何感覺獵物的存在：

※大田鰈屬於坐等捕食型的昆蟲，那麼大田鰈如何感覺獵物的接近而進行捕食攻擊呢？

1.嗅覺測試：

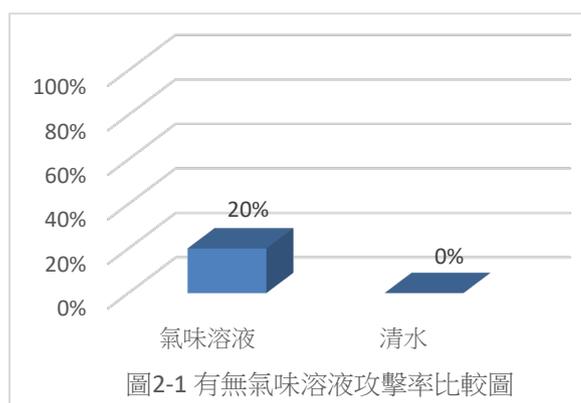
研究過程與方法：

(1)將一群朱文錦放入盛約 1 公升水的容器內一段時間，成為朱文錦氣味溶液。

(2)透明滴管吸取 20cc 的氣味溶液，緩慢的噴在大田鰈前方；隨機選取飢餓 7 天的大田鰈 10 隻進行測試。對照組:以清水替代氣味溶液重複上述實驗步驟進行對照實驗。

結果：氣味溶液組攻擊率為 20%，而清水組攻擊

率為 0%。實驗結果如圖 2-1：(如影片)



討論：大田鰈對於氣味溶液的攻擊率偏低，飼養時我們曾發現用鑷子要將大田鰈取食後殘渣夾出時，大田鰈有時也會攻擊沒氣味的鑷子，因此我們認為嗅覺並非大田鰈感覺獵物存在的主要方式。

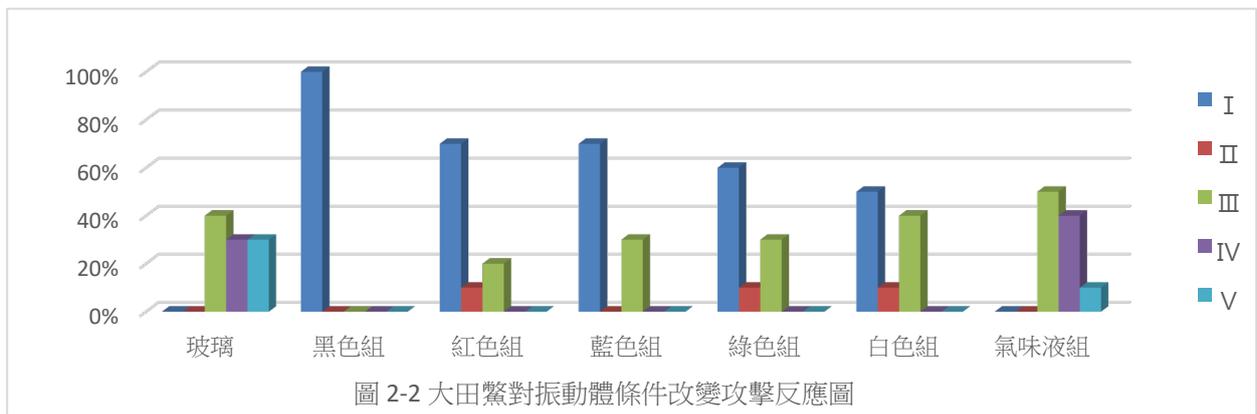
2.振動測試：

研究過程與方法：

(1)隨機選取飢餓 7 天的大田鰈 10 隻，以一透明玻璃塊，在大田鰈前方一段距離振動並緩慢靠近(玻璃組)。將透明玻璃塊包上黑色(黑色組)、紅色(紅色組)、綠色(綠色組)、藍色(藍色組)膠帶與泡在朱文錦氣味溶液 1 分鐘(氣味組)，重複上述實驗步驟後進行比較。

(2)紀錄大田鰈的攻擊反應，分為 **I** 級：衝出停棲物攻擊；**II** 級：停棲物上衝出攻擊；**III** 級：停棲物上攻擊；**IV** 級：捕捉足微動；**V** 級：未攻擊等五個等級。未攻擊反應(**V** 級)為每隻大田鰈測三次無反應才視為未攻擊。

結果：透明玻璃振動：**III** 級反應的機率為 40%；包上黑色、紅色、綠色、藍色、白色膠帶的玻璃振動：**I** 級反應的機率分別為 100%、70%、70%、60%、50%。實驗結果如圖-2-2



		
遠處慢慢振動靠近(包黑色膠帶)	感覺到獵物準備衝出	衝出停棲物並攻擊
		
改變振動源顏色、氣味等重複實驗(紅色：開始)	黑色以外其他顏色振動源有些個體在停棲物上衝出攻擊(紅色：捕捉)	透明玻璃振動常需到眼前才進行攻擊(等級：停棲物上攻擊)

討論：一開始以透明玻璃振動測試大田鰲的攻擊，反應不如我們預期，甚至有 50%(IV+級 V 級)的個體沒有快速揮動捕捉足的攻擊反應，但以鑷子或手指在大田鰲前方振動時，大田鰲卻有明顯的捕食攻擊反應，是否是光影變化的影響?因此將玻璃包覆黑色膠帶進行振動測試，發現明顯的捕食攻擊反應(皆為 I 級反應)(如影片)。再將黑色膠帶替換成紅色、藍色、綠色與白色再進行測試，發現可能紅、藍色光影變化較綠、白兩色明顯而有較高的 I 級反應率。由此可知大田鰲不只以振動感覺獵物存在，光影變化應也是相當重要的因素，接下來我們進行大田鰲對光影變化的攻擊反應實驗。而從玻璃組與氣味液組的結果發現在 III 級與 IV 級反應方面，氣味液組反應略增加，由此可驗證研究二-(一)-1 嗅覺測試實驗的結果。

3.視覺測試:只有光影變化能引起大田鰲捕食攻擊反應嗎?

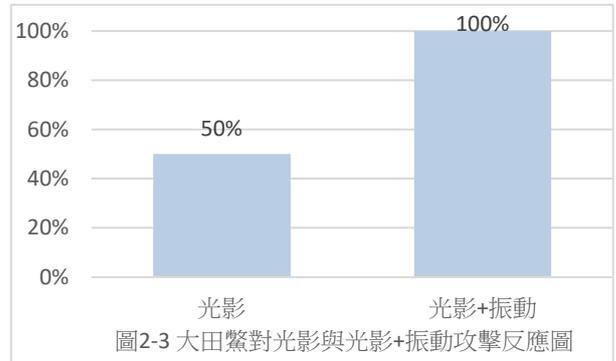
研究過程與方法：

(1)在接近大田鱉捕捉足前方的位置上放置一透明空容器，隨機選取飢餓7天的大田鱉10隻，在透明空容器內以貼有黑色膠帶的玻璃塊進行振動，隔絕振動的影響，為光影組。

(2)以直接在捕捉足前方的水中進行振動測試作為對照組，為光影+振動組；連續測試三次皆無反應時視為無攻擊反應。

結果：大田鱉在光影組的攻擊反應率為 50%，光影+振動對照組的攻擊反應率為 100%。(如影片)

討論：大田鱉應有視覺反應，而若再加上振動時，大田鱉的攻擊反應達 100%。透過視覺測試、嗅



覺測試、振動測試實驗，我們認為大田鱉主要藉著振動加光影變化感覺獵物的存在。



(二)大田鱉的攻擊熱區：

※接著我們想知道當獵物接近到什麼範圍時大田鱉會進行捕食攻擊呢？

1.坐等攻擊距離：

研究過程與方法：

(1)以誘餌魚肉振動接近大田鱉成蟲的複眼前方，並擷取成功捕食到魚肉畫面。

(2)以 imageJ 軟體測量攻擊距離，隨機選取 5 隻飢餓七天的雌雄成蟲進行實驗。

結果：攻擊距離分別雄蟲平均約為 15.7mm，雌蟲約 18.2 mm，實驗紀錄如表 2-1：

表 2-1 大田鱉攻擊距離實驗紀錄表

編號	1	2	3	4	5
雄蟲攻擊距離(mm)	14.9	18.9	14.5	14.2	15.9
雌蟲攻擊距離(mm)	17.8	20.3	17.2	19.7	16.2

雄蟲攻擊距離=15.7mm；雌蟲攻擊距離=18.2 mm

		
誘餌魚肉振動接近複眼前方	雄蟲最長攻擊距離約為 18.9mm	雌蟲最長攻擊距離約為 20.3mm

討論：發現當獵物接近至雄蟲複眼前平均 15.7mm，雌蟲平均 18.2mm 的距離時，大田鱉會進行捕食攻擊。而雌蟲的平均攻擊距離略長應是捕捉足較雄蟲長的關係。

2.上方攻擊角度：

研究過程與方法：

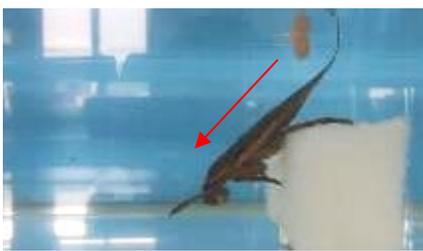
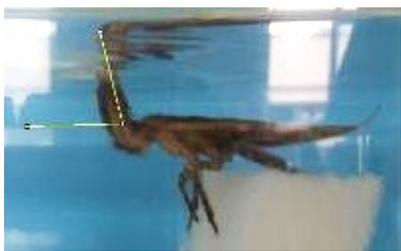
- (1)以誘餌魚肉從大田鱉身體尾部上方慢慢往頭部方向振動移動，擷取成功捕食到魚肉的瞬間畫面。
- (2)以 imageJ 軟體測量捕食的上方角度。隨機選取 5 隻飢餓 7 天的大田鱉進行測試。

結果：大田鱉上方攻擊角度平均約為 67.6°，實驗紀錄如表 2-2：

表 2-2 大田鱉上方攻擊角度紀錄表

編號	1	2	3	4	5
上方攻擊角度(度)	62.8	76.2	54.8	66.3	77.8

上方攻擊角度平均值=67.6°

		
由身體後方往頭部方向開始振動	最大上方攻擊角度約為 77.8°	最小上方攻擊角度約為 54.8°

討論：大田鱉捕食上方獵物時會將其捕捉足舉起到頭部後方(超過 90°)，但卻未在 90° 以上的位置進行捕食，而是將捕捉足往前方快速甩出，最後在平均約 67.6° 的角度進行捕食攻擊。我們認為這樣的動作有如打羽球的引拍動作以產生較大力量與較快速度，如此更能有效的捕捉到獵物。

3.下方攻擊角度：

研究過程與方法：

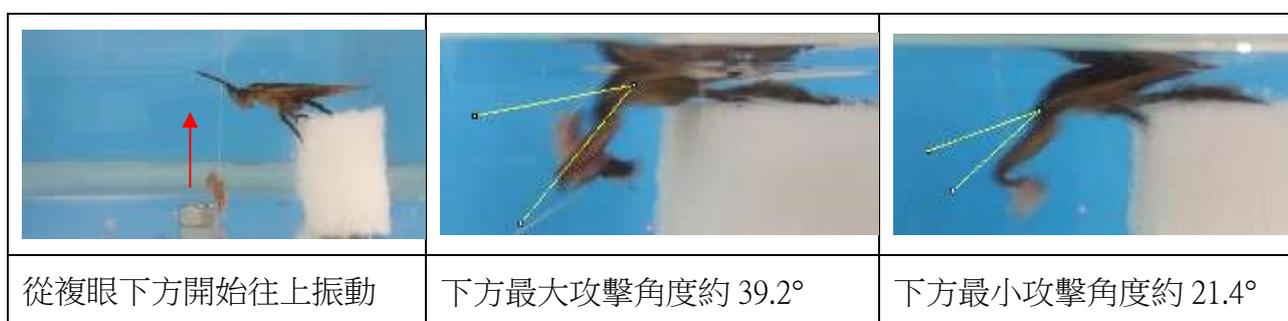
(1)如攻擊上方角度實驗步驟。

(2)唯以誘餌魚肉從大田鰲複眼最下方緩慢向上方振動接近。

結果：大田鰲下方攻擊角度平均約為 29.5°，實驗紀錄如表 2-3：

表 2-3 大田鰲下方攻擊角度紀錄表

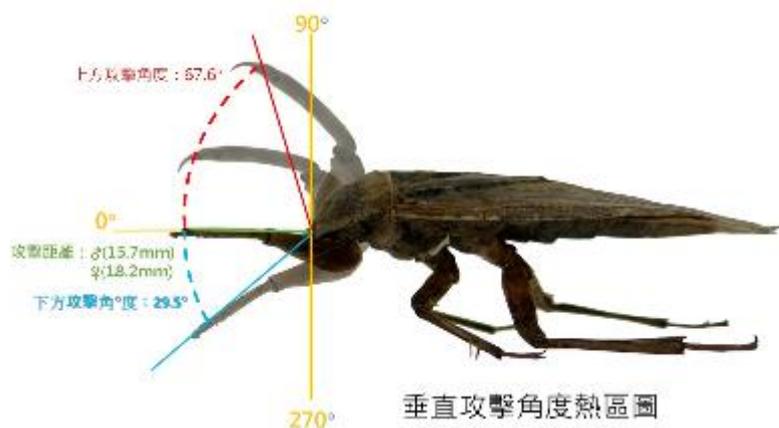
編號	1	2	3	4	5
下方攻擊角度(度)	28	21.4	26.3	32.4	39.2
下方攻擊角度平均值=29.5°					



討論：大田鰲攻擊下方獵物時，往

往在水平角度展開捕捉足(攻擊預備姿勢)，再向下進行攻擊捕食。

角度並不大，約為 29.5°。綜合上方與下方攻擊角度，以垂直攻擊角度熱區圖表示：



4.水平攻擊角度：

研究過程與方法：

(1)如上方攻擊角度實驗步驟。

(2)唯誘餌魚肉從大田鰲尾部沿著身體側面緩慢向前方振動移動，紀錄大田鰲瞬間轉側面連續動作攻擊獵物的水平角度。

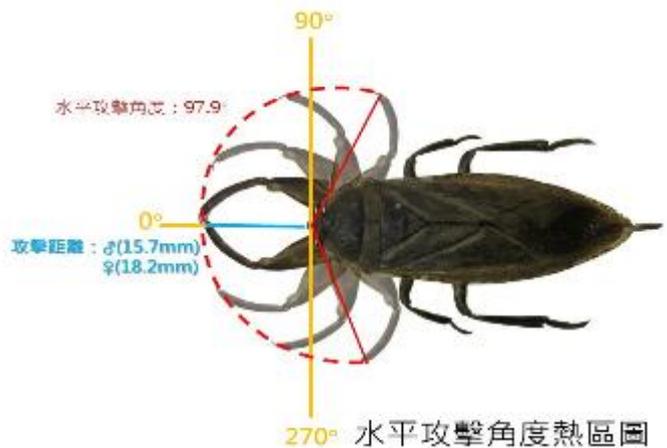
結果：大田鰲水平攻擊角度平均約為 97.9°，實驗紀錄如表 2-4：

表 2-4 大田鰲水平攻擊角度紀錄表

編號	1	2	3	4	5
水平攻擊角度(度)	107.6	97.8	97.7	103.9	82.5
水平攻擊角度平均值=97.9°					

		
從身體後方沿側邊往前振動	最大水平攻擊角度 107.6°	最小水平攻擊角度 82.5°

討論：發現大田鰲並不需等獵物來到複眼的正前方才進行攻擊。而轉向的角度常可大於 90°。如水平攻擊角度熱區圖：



(三)攻擊出手時間：

研究過程與方法：

- 1.以誘餌魚肉在大田鰲複眼前方振動吸引捕食並以影片記錄捕食過程。
- 2.利用影片格放方式計算攻擊出手時間。隨機選取飢餓 7 天的成蟲 5 隻進行實驗。

結果：大田鰲攻擊出手時間平均約 0.07 秒，實驗結果紀錄如表 2-5：

表 2-5 大田鰲攻擊出手時間紀錄表

編號	1	2	3	4	5
攻擊出手時間(秒)	0.08	0.05	0.08	0.05	0.08
攻擊出手時間平均值=0.07 秒					

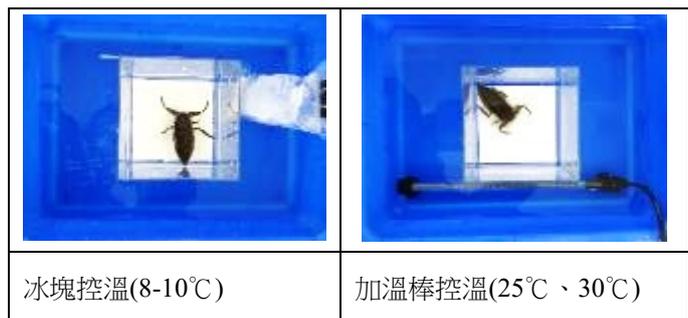
討論：我們認為大田鰲攻擊出手時間相當短，因此當獵物進入攻擊熱區後將不容易逃離大田鰲的捕食。



(四)溫度對捕食的影響：

研究過程與方法：

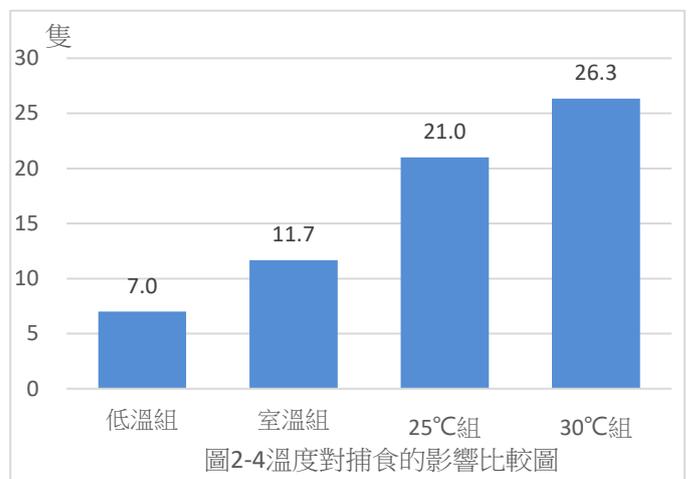
1.4 組相同水量公升盒內各放入一隻大田鰲雌成蟲，外以水盤放置冰塊(低溫控制)與加溫棒(升溫控制)，水溫分別設為低溫(8-10℃)、室溫(15-18℃)、25℃、30℃。



2.放入 5 隻體長約 2cm 的黑殼蝦，取食後隨即補上新的食餌以維持盒內的食餌密度，紀錄大田鰲 8 小時的捕食量，重複三次。

結果：捕食量依序為 30℃組>25℃組>室溫組>低溫組，結果如圖 2-4。

討論：發現溫度越高捕食量越大，可能溫度越高，新陳代謝越快，活動力越大使捕食量增加。另外我們在冬天進行繁殖的實驗時，會將水溫控制在 27℃左右，大田鰲都能夠正常發育繁殖。而在研究一-(一)發現大田鰲不容易以若蟲越冬。綜合上述，我們推測水溫對於成蟲與若蟲的發育有著明顯影響。



(五)獵物殘渣誘集實驗：

※觀察發現獵物殘渣會吸引其他動物前來取食，進而接近坐等中的大田鰲，使得大田鰲更容捕捉到獵物，我們想知道獵物殘渣會吸引那些動物前來取食？



研究過程與方法：獵物殘渣為大田鰲取食新鮮剛死亡的朱文錦所留下的殘渣

1.將大田鰲獵物殘渣分別放入三種不同規格的蝦籠各兩個，並分散放置於靜水水域內。

2.7 天後回收蝦籠，統計受吸引進入蝦籠的物種與數量。

		
誘集前的準備	準備大中小各二個蝦籠	將蝦籠放入水域中

結果：發現誘集到最多的物種為蝌蚪，其次為福壽螺。實驗結果如表 2-6。

表 2-6 誘集動物數量紀錄表

野外採集數量	物種	蝌蚪	青蛙	龍蝨	姬牙蟲	福壽螺
	數量	35	3	1	1	28
	占比	51.5%	4.4%	1.5%	1.5%	41.2%

		
一週後回收蝦籠	將誘集生物進行數量統計	誘集到蝌蚪的數量最多

討論：「水中生活的蝌蚪，以嘴部細細角質啃食水裡腐爛落葉、石頭上藻類或小動物屍體」(楊懿如等，2019)。台北市立動物園(2015)提到大田鰲一齡若蟲對於太大獵物無法捕捉，以斑腿樹蛙蝌蚪供若蟲食用。另外與大田鰲同為坐等捕食的大型水生椿象紅娘華偏好取食蝌蚪(黃詩婷等，2014)。而我們發現殘渣誘集到蝌蚪最多，佔 51.5%。綜合上述，我們認為大田鰲在野外捕食食物後，殘渣再度誘集來的蝌蚪可能又成為大田鰲的獵物，推測蝌蚪可能是大田鰲在野外相當重要的食物來源，而兩者可能有著一定程度的生物依存關係。

研究三、大田鱉的繁殖行為

(一)求偶與交尾：

求偶行為主要由雄蟲在水面振動產生水波開始(如影片)，振動頻率介於 1.4 下/秒到 2.0 下/秒之間，平均振動頻率為 1.7 下/秒。而



每次平均約振動 5 下，每次間隔平均約為 5.4 秒。雌蟲在接收到訊息後會游向雄蟲，雄蟲在雌蟲碰觸後可能會離開，接著雌蟲也會在水面振動產生水波與雄蟲進行溝通，大都振動一至二下即停止，隨即又游向雄蟲，在幾次溝通確認彼此後，會在水中進行多次交尾(如影片)，甚至雌蟲在枝條上產卵時，雄蟲仍會爬上枝條與雌蟲進行交尾。(如影片)

※大田鱉雄蟲會以振動吸引雌蟲靠近，那怎樣的振動較容易吸引雌蟲接近呢？

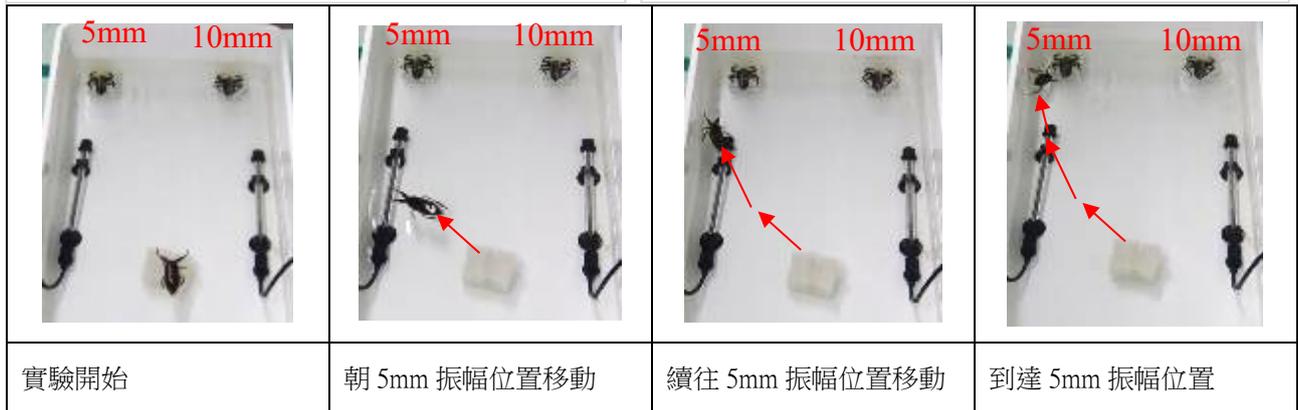
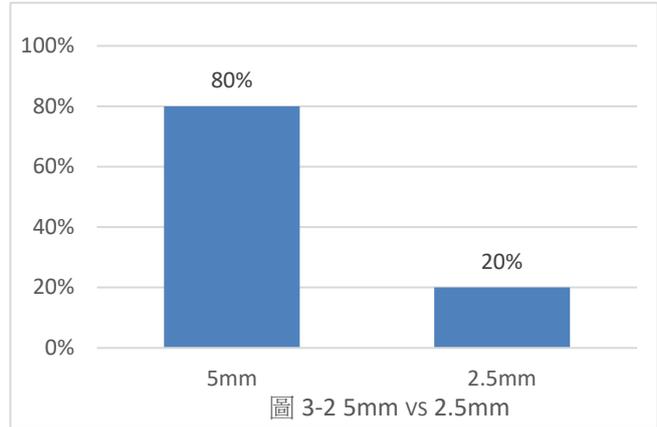
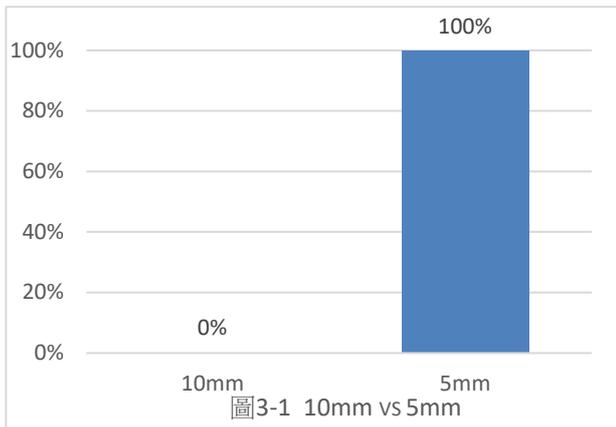
1.模擬雄蟲振動求偶實驗—振幅測試：

研究過程與方法：

- (1)以石膏模製作假雄蟲。分別放在容器同端的兩側，並使成熟雌蟲停棲在離假雄蟲 26cm 處。
- (2)伺服馬達連結冰棒棍並以細綿線連結兩隻假雄蟲，以 M5stack 載體驅動伺服馬達產生振動。
- (3)振動條件為頻率 1.7 下/秒，每次振動連續 5 下，每次間隔 5.4 秒；振動幅度分別為：10mm vs 5mm、5mm vs 2.5mm。實驗重複 5 次。



結果：雌蟲受吸引率分別為：在 10mm(0%) vs 5mm(100%)；5mm(80%) vs 2.5mm(20%)。結果如圖 3-1、3-2：(如影片)



討論：發現振動幅度越大的雄蟲並沒有越容易吸引雌蟲前來進行交尾，而振動太小(2.5mm)對雌蟲的吸引率也不高，因此我們認為振幅約 5mm 時應是最容易吸引雌蟲的振動幅度。

2. 模擬雄蟲振動求偶實驗—頻率測試：

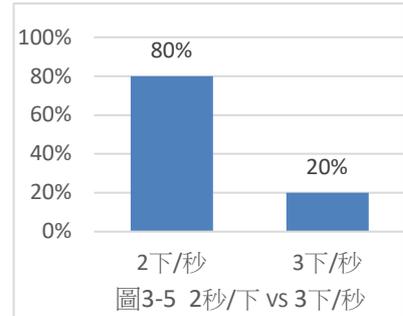
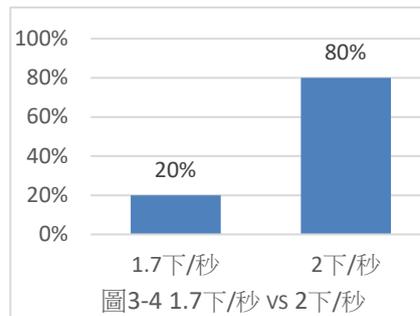
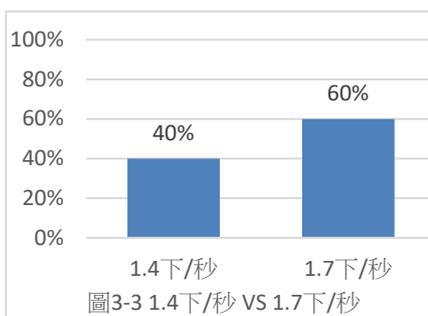
研究過程與方法：

(1) 如振幅測試實驗步驟(1)至(2)。

(2) 振動條件為振幅 5mm，每次振動連續 5 下，每次間隔 5.4 秒。振動頻率測試組合分別為：

1.4 下/秒 vs 1.7 下/秒、1.7 下/秒 vs 2 下/秒、2 下/秒 vs 3 下/秒。實驗重複 5 次。

結果：雌蟲受吸引率分別為：1.4 下/秒(40%) vs 1.7 下/秒(60%)、1.7 下/秒 (20%)vs 2 下/秒(80%)、2 下/秒(80%)vs 3(20%)下/秒，實驗結果如圖 3-3、3-4、3-5：(如影片)





討論：發現頻率越高越容易吸引雌蟲，在 2 下/秒時比例最高，超過後反而遞減，因此我們認為雄蟲最容易吸引雌蟲前來交配的頻率應約為 2 下/秒，而 3 下/秒以上的頻率可能已超出大田鱉生物習性的頻率，因此較難吸引雌蟲。

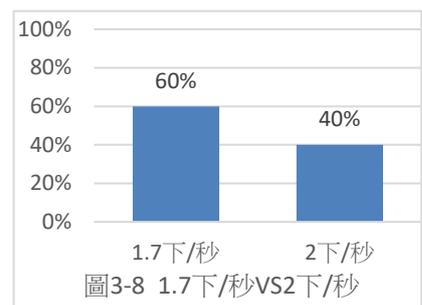
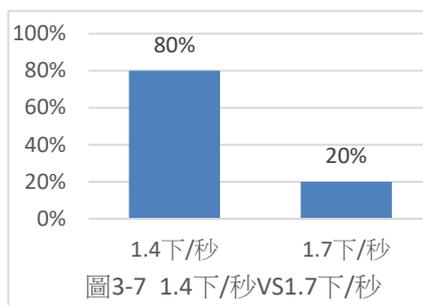
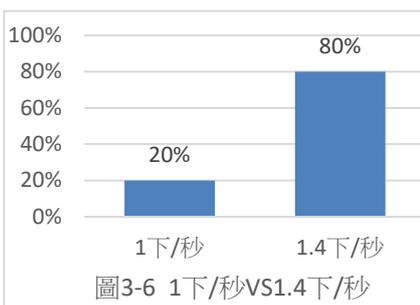
※我們想如果雌蟲來到雄蟲身邊時，雄蟲會不會改變牠的求偶密碼呢？因此我們試著將雌蟲停棲位置移至更靠近模擬雄蟲的位置進行測試。

研究過程與方法：

(1)將雌蟲停棲位置移近至雄蟲後方 1cm 處，其餘實驗步驟如上述頻率測試實驗步驟(1)。

(2)振動條件如上述頻率測試實驗步驟(2)。振動頻率測試組合分別為：1 下/秒 vs 1.4 下/秒、1.4 下/秒 vs 1.7 下/秒、1.7 下/秒 vs 2 下/秒。實驗重複 5 次。

結果：雌蟲受吸引率 1 下/秒 (20%)vs 1.4 下/秒(80%)、1.4 下/秒(80%) vs 1.7 下/秒(20%)、1.7 下/秒 (60%)vs 2 下/秒(40%)，實驗結果如圖 3-6、3-7、3-8：(如影片)



討論：當雌蟲接近假雄蟲時，發現雄蟲振動頻率越慢反而越容易吸引雌蟲接近，甚至有個體

爬上了假雄蟲。但頻率慢到 1 下/秒時，可能因振動太慢而降低了吸引率。綜合上述兩實驗結果我們推測大田鱉在雌蟲未靠近時會以高振動頻率吸引雌蟲靠近獲得與雌蟲交尾的機會，而在雌蟲靠近後降低振動頻率可能準備進入下一個階段-交尾的緩衝銜接過程。

(二)產卵與護卵：

根據觀察，雄蟲求偶引來雌蟲後，會先到雄蟲邀請的產卵枝條上來回爬行檢視，若認可則雄蟲微振後雌蟲張開捕捉足後很快就交尾，若不接受，會推離雄蟲選擇其他枝條。雌蟲產卵時會爬上枝條，打開亞生殖板產生透明膠質泡沫塗上枝條，再由上往下開始產卵，平均約 92 個卵，從求偶行為開始到產卵完成整個過程約 10 小時。

雌蟲產卵後就鬆足脫落離開(如影片)，雄蟲則會在產卵枝條水面附近守護，且會爬上枝條頭部朝下利用身體覆蓋卵塊並利用身體的水分保濕卵塊。另外曾發現不同雌蟲繁殖時會有搶奪枝條將其他雌蟲所產的卵塊刮下的行為。

※雌蟲在交尾前出現選擇枝條的行為，到底選擇枝條的條件是什麼呢?

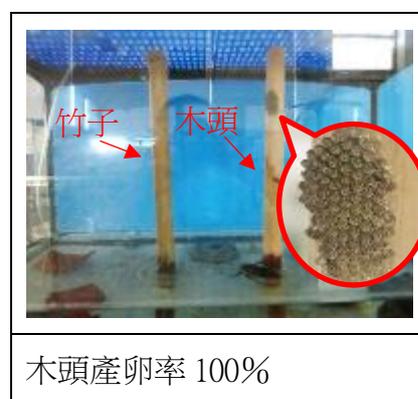
			
雌蟲產卵	卵以膠質固定於枝條上	雄蟲護卵	正在將卵刮下的雌蟲

1.不同材質的枝條是否會影響雌蟲產卵意願?

研究過程與方法：

將相同直徑、長度與顏色相近的圓柱型木頭與竹子兩種不同材質枝條置於水族箱內供大田鱉產卵選擇，實驗重複三次。

結果：木頭產卵率為 100%。結果如圖 3-9：



討論：發現大田鱉都選擇木頭材質進行產卵，因雄蟲會上產卵枝條利用身體進行卵的保濕，是否因為木頭的保濕性較好，所以大田鱉最後都選擇了木頭進行產卵呢？

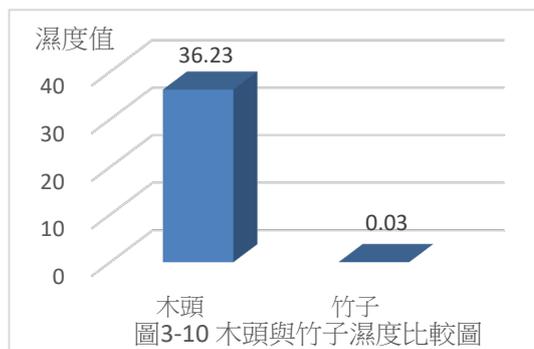
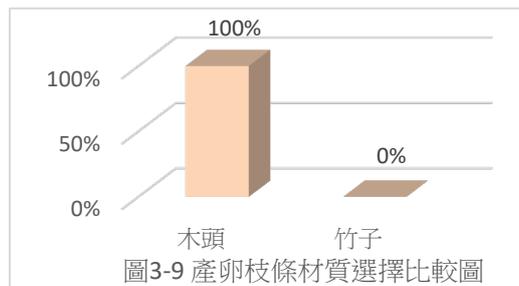
※我們想比較木頭與竹子的保濕程度來驗證。

研究過程與方法：

- (1)將木頭與竹子完整放入水中 1 分鐘。
- (2)取出後等待 3 分鐘，以 M5 載體組合的土壤濕度計檢測木頭與竹子前段、中段與後段的濕度，濕度數值越高代表濕度越大。實驗重複三次。

結果：木頭濕度值為平均約 36.23，竹子平均約為 0.03。

如實驗結果圖 3-10：



討論：發現木頭保濕性比竹子好，我們推測大田鱉可能選擇保濕性較好的枝條進行產卵。

		
測量工具	木頭最大濕度值為 65.02	竹子最大濕度值為 0.25

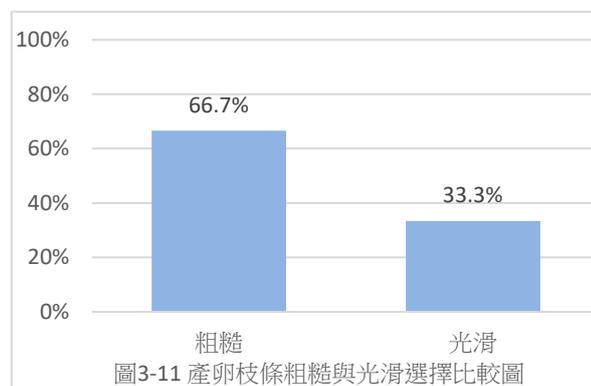
※由上實驗推測保濕效果可能影響田鱉產卵選擇，如果將相同材質表面做不同處理讓保濕性產生差異，有沒有可能影響產卵選擇呢？

2.產卵枝條粗糙與光滑是否會影響雌蟲產卵意願？

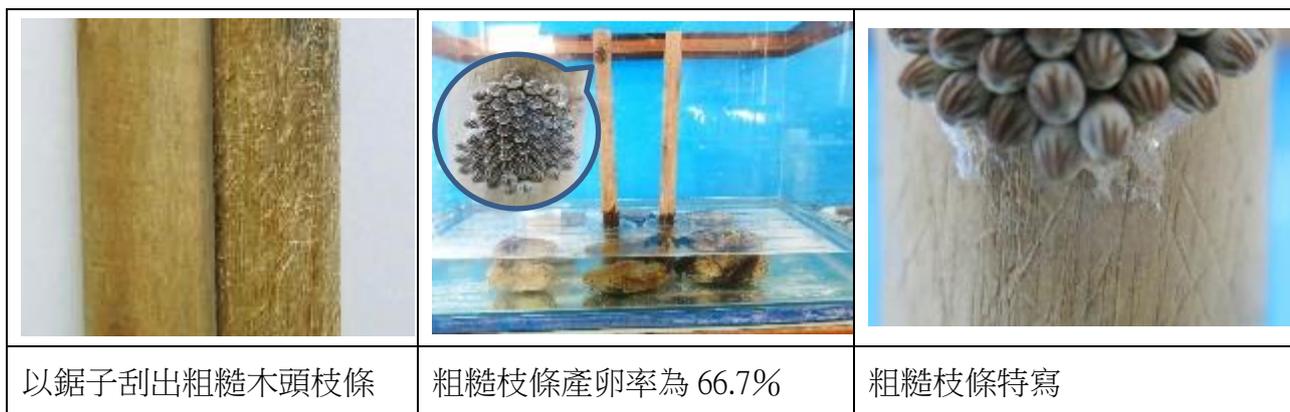
研究過程與方法：

選取相同直徑與材質的木頭枝條各一枝，一枝以鋸子在表面刮出粗糙表面。另一枝則維持原本較光滑的表面放入水族箱內供大田鱉產卵選擇，實驗重複三次。

結果：粗糙枝條產卵機率較高(66.7%)，結果如圖 3-11：



討論：發現偏好產卵在較粗糙的枝條上，推測可能是因粗糙枝條較容易攀附、黏著與保濕性較好，使得大田鱉傾向選擇粗糙的枝條進行產卵。



3.產卵高度是否會影響雌蟲產卵意願？

※平常我們以接近一個水族箱高度的枝條(約離水面 26cm)供大田鱉產卵，發現大田鱉常將卵產在枝條頂端附近，若枝條加高，大田鱉也會將卵產在枝條頂端附近嗎？

研究過程與方法：

- (1)將平常高於水面 26cm 的圓柱形木頭枝條更改成高於水面 108cm 木頭枝條。
- (2)放入成對的雌雄蟲，記錄產卵高度，產卵高度計算水面至卵塊最高處。實驗重複三次。

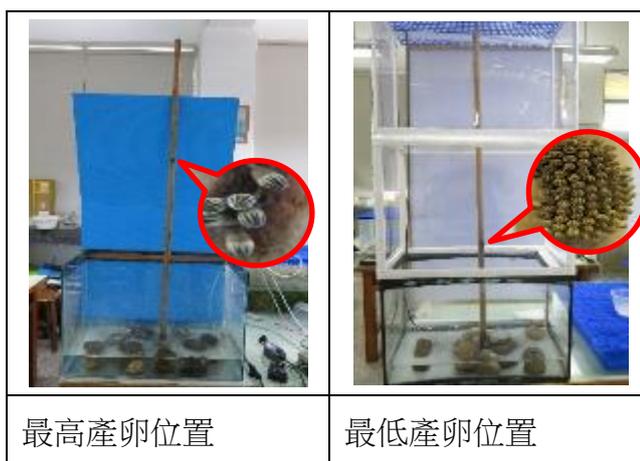
結果：產卵高度最高為 65.9cm，最低為 37.6cm。

實驗結果記錄如表 3-1。

表 3-1 大田鱉產卵高度紀錄表

編號	1	2	3
產卵高度(cm)	37.6	46.6	65.9
產卵平均高度=50.0cm			

討論：發現當枝條高度提高，產卵平均高度高於平常設置的枝條高度 (26cm)，產卵高度最高約 65.9cm，我們認為雖然大田鱉可能將產卵高度提高



高度偏好產卵圖

到一定高度預防卵塊泡水，但若太高可能有雄蟲護卵耗能較大、卵塊明顯暴露位置等問題，因而未再將產卵高度提高。推測 65.9cm 左右應是產卵的

最大高度,37.6cm 左右至 65.9cm 左右可視為大田鱉的高度偏好產卵範圍。如高度產卵偏好圖。

4.產卵枝條粗細選擇是否會影響雌蟲產卵意願?

研究過程與方法：

(1)選擇五種粗細不同材質相同的圓柱型木頭各 1 枝，直徑分別為 3.2cm、2.6cm、2.3cm、1.5cm、1.2cm。同時放置在水族箱內供大田鱉產卵選擇。

(2)放入成對的大田鱉雌雄蟲，觀察記錄大田鱉的產卵選擇，實驗重複三次。

結果：直徑 1.2cm 枝條產卵機率較高 (66.7%)，實驗結果如圖 3-12：

討論：過程中，發現大田鱉在 1.5cm 與 1.2cm 枝條之間選擇了一段時間，最後產卵於 1.2cm 的枝條上。我們認為大田鱉偏好在直徑 1.2cm 的枝條上產卵。推測在自然水域中一般水生植物的莖並不會太粗，因此大田鱉

可能偏好產卵於莖約 1.2cm 左右的水生植物上。

※那麼再更細的枝條大田鱉會不會選擇產卵呢？

研究過程與方法：

將木條直徑改成 1.2cm、0.9cm、0.7cm、0.5cm、0.3cm，其餘實驗步驟如上述產卵枝條粗細選擇實驗。

結果：大田鱉都產卵在直徑 1.2cm 的枝條。

實驗結果如圖 3-13。

討論：我們發現大田鱉並不會產卵在直徑 <1.2cm 的枝條上，可驗證大田鱉在環境中應偏好將卵產在直徑約 1.2cm 的水生植物莖或突出物上。

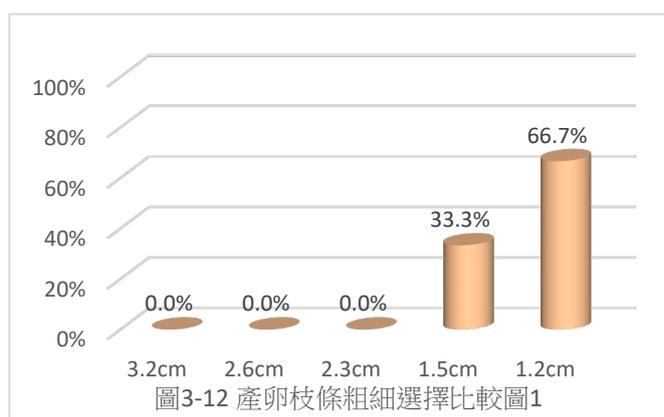


圖3-12 產卵枝條粗細選擇比較圖1

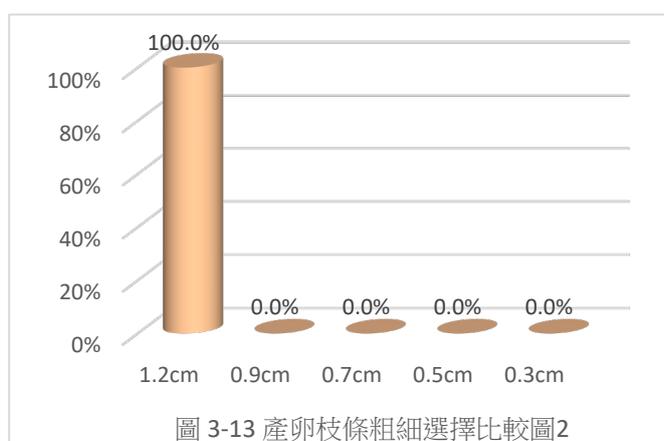
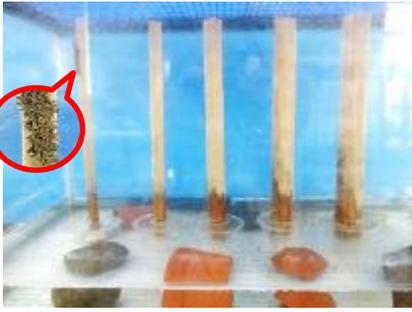
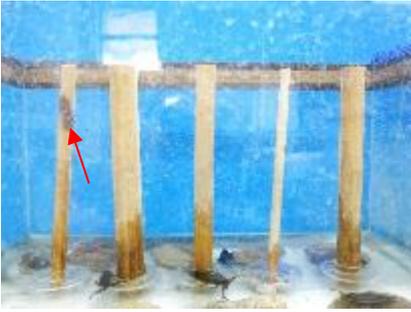


圖 3-13 產卵枝條粗細選擇比較圖2

		
直徑 3-1.2cm 枝條：1.2cm 枝條產卵率 66.7%	直徑 3-1.2cm 枝條：1.5cm 枝條產卵率 33.3%(紅色箭頭處)	直徑 1.2-0.3cm 枝條：1.2cm 枝條產卵率為 100%

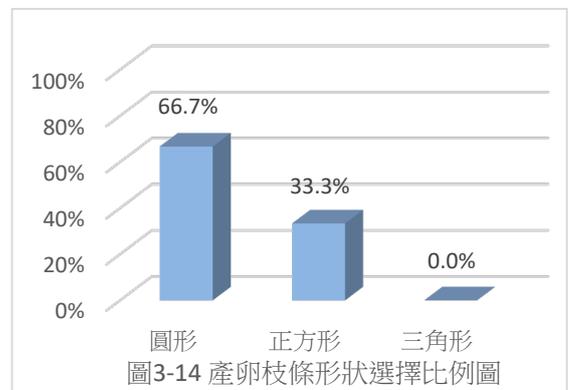
5.產卵枝條形狀是否會影響雌蟲產卵意願?

研究過程與方法：

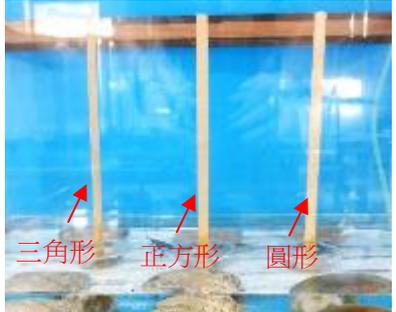
選擇三種粗細材質都相同，但形狀不同的木頭各 1 枝，分別為圓形(直徑 1.2cm)、正方形(邊長 1.2cm)、等腰直角三角形(腰長 1.2cm)。同時放置在水族箱內供大田鱉產卵選擇。實驗重複三次。

結果：圓形木頭產卵機率較高(66.7%)。實驗結果如

圖 3-14：



討論：發現圓形產卵枝條有較高的產卵機率，而正方形枝條也可進行產卵。我們認為越接近圓形的枝條或植物的莖應都可以作為大田鱉產卵的枝條。

		
三種形狀枝條	圓形枝條產卵率 66.7%	正方形枝條產卵率 33.3%

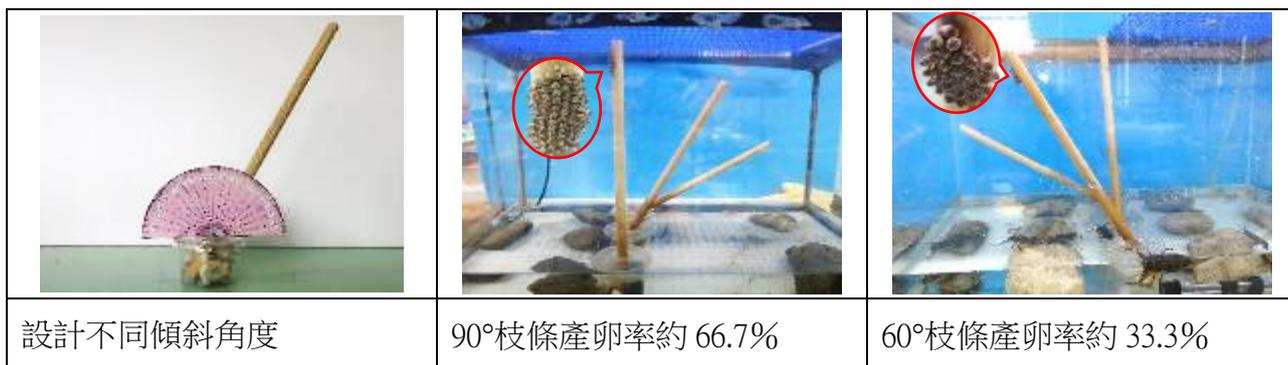
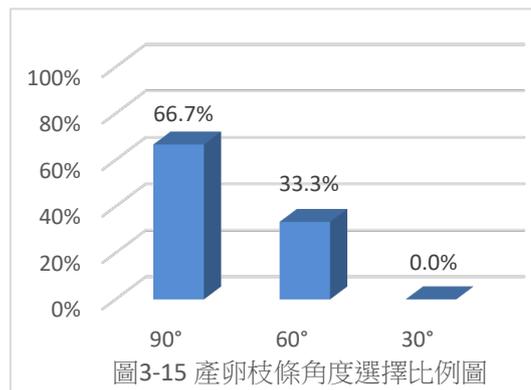
6.產卵枝條傾斜角度是否會影響雌蟲產卵意願?

研究過程與方法：

- (1)以三種材質相同的圓形木頭製作出傾斜角度不同的枝條各 1 枝，角度分別為 90°、60°與 30°。
- (2)放入成對的大田鱉雌雄蟲，觀察記錄大田鱉的產卵選擇，實驗重複三次。

結果：產卵枝條角度 90°的產卵機率較高(66.7%)。實驗結果如圖 3-15：

討論：發現 90°枝條的產卵率最高，我們認為若枝條具傾斜角度時大田鱉需爬行更長的距離方能達到偏好的高度產卵，而 90°應是最有效率達到產卵高度的角度，推測越接近 90°的枝條應該是大田鱉越容易選擇的產卵枝條。



7.棲地植物產卵枝條選擇

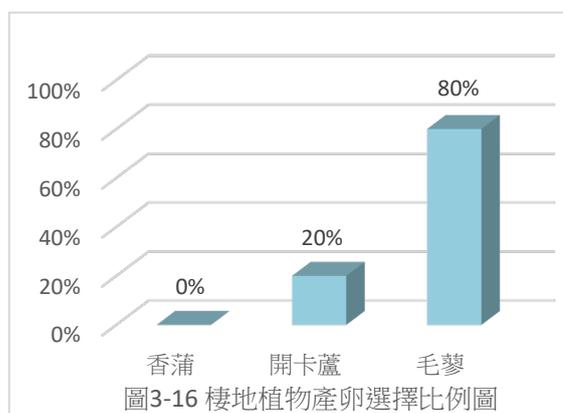
在棲地植物選擇時，我們搜尋文獻並無狄氏大田鱉棲地環境植物相的相關資料，而我們發現的狄氏大田鱉棲地為一私人魚塢，僅發現一次大田鱉的蹤跡，棲地環境並不穩定且植物相單一。因此我們以期刊文章中印度大田鱉穩定棲息環境中的水生植物進行實驗。

研究過程與方法：

- (1)將三種棲地植物栽種在裝有美國矽沙的水族箱內。
- (2)放入成對的大田鱉雌雄蟲，觀察記錄大田鱉的產卵選擇，實驗重複 5 次。

結果：產卵於毛蓼莖上的機率較高(80%)，實驗結果如圖 3-16：

討論：發現大田鱉偏好產卵在毛蓼上。我們認為香蒲因葉鞘抱莖使得大田鱉的產卵偏好高度區變得較扁平狀，因此大田鱉並未在香蒲上產卵。而蘆竹科的開卡蘆可能因保濕性不如毛蓼，因此產卵比例較低。綜合上述，我們認為在野外環境中，大田鱉偏好將卵產於保濕性好且形狀越接近圓柱形的水



生植物莖或枝條。

			
實驗設計圖	毛蓼上產卵率約為 80%	開卡蘆產卵率約為 20%	香蒲的葉鞘抱莖形態可能讓大田鱉較難產卵

研究四、大田鱉與環境或人類的關係

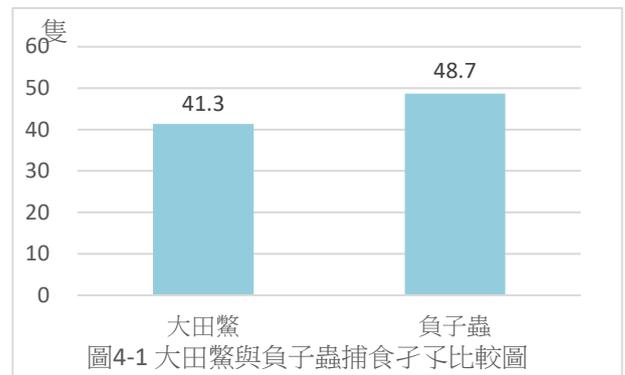
(一)捕食孑孓—生物防治：

在研究一-(二)捕食孑孓測試實驗中發現大田鱉一至三齡蟲會捕食孑孓，因此選擇了之前台北市動物園建議作為病媒蚊防治新星的負子蟲作為大田鱉捕食孑孓能力的比較測試。

大田鱉捕食孑孓能力測試：大田鱉 vs 負子蟲

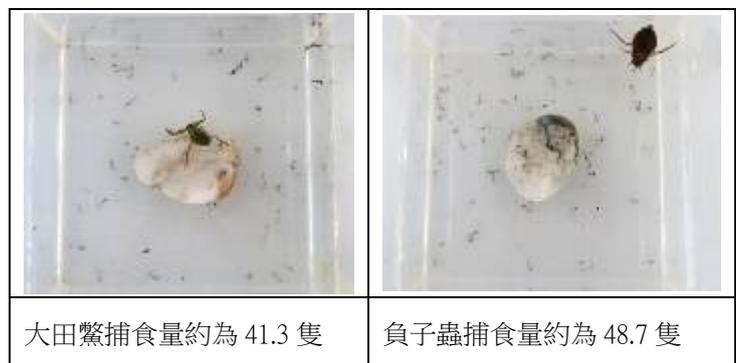
研究過程與方法：

- 2 個容器內分別放進 1 隻與負子蟲成蟲體型相當的二齡大田鱉若蟲與負子蟲成蟲，並飢餓三天。
- 分別在容器內放入 50 隻孑孓，24 小時後記錄捕食量。實驗重複 3 次。



結果：發現大田鱉二齡若蟲與負子蟲成蟲 24 小時捕食孑孓的量分別平均為 41.3 隻與 48.7 隻，比較圖如圖 4-1。

討論：雖然大田鱉二齡若蟲在捕食孑孓的能力略小於負子蟲，但仍能在 24 小時之內捕食大約 41.3 隻的孑孓，因此我



們認為大田鱉應可作為在病媒蚊生物防治上的參考物種。

(二)獵物殘渣的分解功能：

觀察與想法：

有一次我們忘了將大田鱉取食後的殘渣丟棄，發現時整個殘渣全不見了，變成了褐色有肥料味的液體，殘渣怎麼分解得這麼快？文獻中曾提到田鱉捕獲獵物時會先以刺吸式口器注入毒液，除麻痺外還會將獵物分解後吸食，殘渣是否殘有分解的物質可以協助分解生活中的廚餘或環境中的其他物質(如動物屍體等)呢？又是否有助於環境中植物的生長呢？

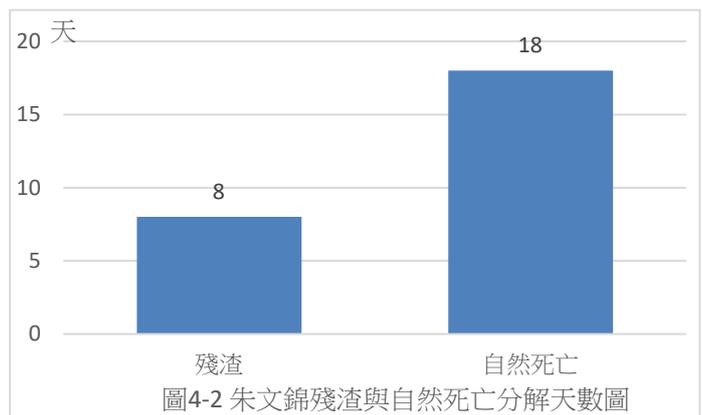
1.獵物殘渣分解力—獵物殘渣 vs 自然死亡魚屍體：

研究過程與方法：獵物殘渣為大田鱉取食新鮮剛死亡的朱文錦所留下的殘渣

(1)將大田鱉的獵物殘渣與自然死亡的朱文錦屍體分別秤取 9 公克後放入相同大小的夾鏈袋內，並放入塑膠抽屜內。

(2)每 24 小時記錄分解狀況。夾鏈袋內的朱文錦無法分辨出任何魚的形態時視為完全分解。

結果：殘渣與自然死亡朱文錦屍體完全分解需要天數分別為 8 天與 18 天。實驗結果如圖 4-2：



討論：根據觀察記錄，約四天時殘渣組剩下幾隻較大且不完整魚屍體未分解完，而自然死亡組則還有不少數量仍可見魚的外形，於此已可看出兩組魚屍分解速度的差異。

比較完全分解時間，殘渣組需要 8 天，明顯分解速度較自然死亡組的 18 天來的快。毒液中消化酵素或其他成分可能加快獵物殘渣分解。



		
自然死亡組：開始(秤取 9 公克)	4 天後還有不少魚屍體相當完整	8 天時，仍有一些魚屍可分辨出外型，直至 18 天後才完全分解完

2. 獵物殘渣分解力—分解廚餘：

研究過程與方法：獵物殘渣為大田鱉取食新鮮剛死亡的朱文錦所留下的殘渣

(1) 秤取水煮蛋蛋白、豬排與白飯各 1.35 公克分別放入夾鏈袋內各兩組，兩組物質形狀盡量調整成相似的形狀，分為實驗組與對照組。實驗組中分別加入獵物殘渣 20.5 公克，對照組則無。

(2) 每 24 小時觀察紀錄分解狀況。夾鏈袋內物質完全分辨不出時視為完全分解。

結果：蛋白與豬排完全分解需 9 天，而白飯即使已過 25 天仍未分解完成。對照組則 25 天後都未分解完成。實驗結果記錄如表 4-1：

表 4-1 大田鱉獵物殘渣分解物質比較表

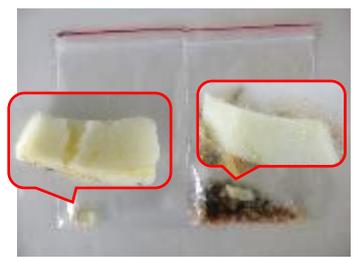
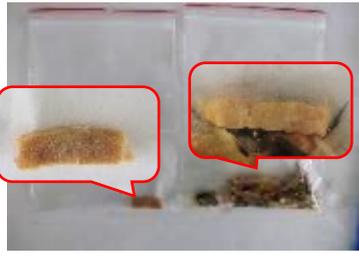
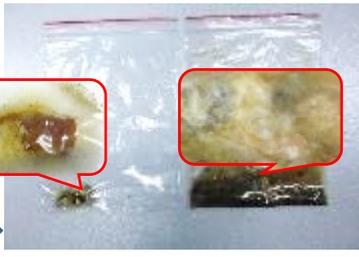
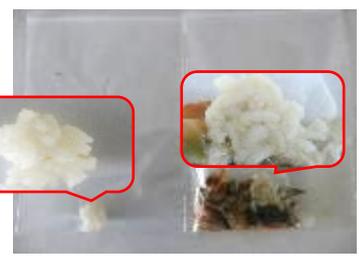
廚餘種類	組別		
	蛋白	豬排	白飯
實驗組分解時間	9 天	9 天	25 天仍未分解
對照組分解時間	25 天仍未分解	25 天仍未分解	25 天仍未分解

討論：根據記錄，5 天後實驗組的蛋白與豬排的形狀幾乎都鬆散了，而實驗組的白飯雖然米飯有鬆散現象但大都還維持原來的飯粒形態。對照組部分，蛋白與豬排都還維持著彈性，形狀並沒改變，而白飯出現發黴，但飯粒彈性與形狀仍在。

而在 9 天後實驗組的蛋白與豬排都已分解而無法辨識，白飯則仍維持著飯粒形態。對照組形狀則幾乎都沒有改變，蛋白與豬排有變鬆軟現象，白飯雖被黴菌蓋住但以手觸碰仍可感覺飯粒形狀。直到紀錄的最後一天，實驗組飯粒仍維持之前狀態，而對照組亦都改變不大。

我們認為大田鱉的毒液中的消化酵素或其他成分可能可以分解蛋白質與脂肪，所以對蛋白與豬排有著較明顯的分解效果，棲地中大田鱉的獵物殘渣應也可幫助分解自然環境中的蛋

白質與脂質物質(如動物屍體等)，加速生態環境中的營養循環。

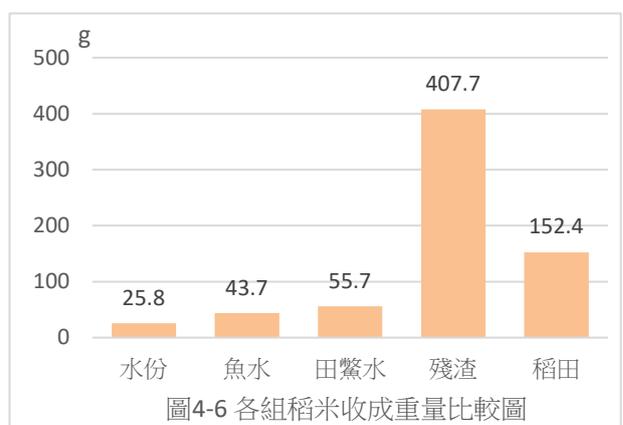
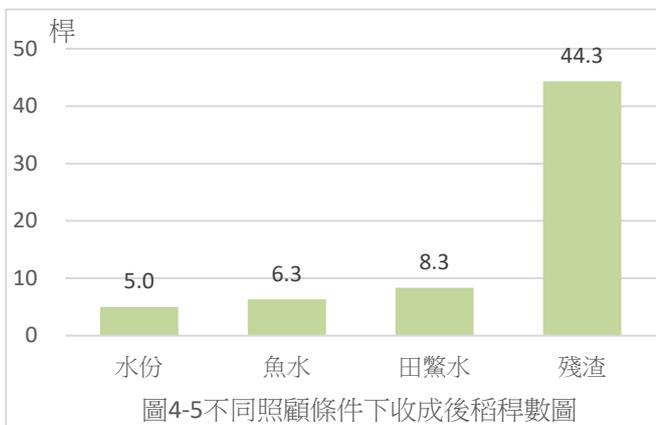
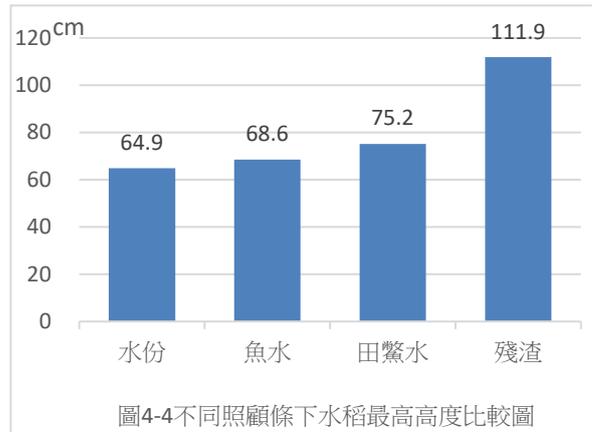
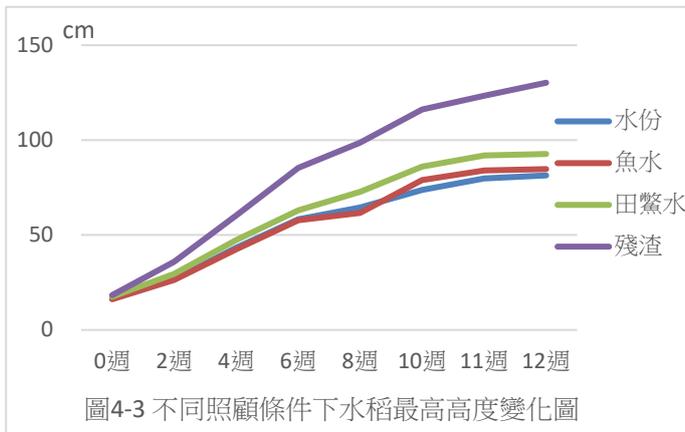
		
<p>蛋白：對照組(左)實驗組(右)</p>	<p>5 天後實驗組蛋白鬆散分解了，對照組則是幾乎沒什麼改變</p>	<p>9 天後實驗組完全分解完，對照組則還是幾乎沒有改變</p>
		
<p>豬排：對照組(左)實驗組(右)</p>	<p>5 天後實驗組幾乎都鬆散分解了，對照組形狀幾乎沒變，但發黴了</p>	<p>9 天後實驗組完全分解完，對照組則是白色黴少了，其他幾乎沒變。</p>
		
<p>白飯：對照組(左)實驗組(右)</p>	<p>5 天後實驗組鬆散但維持飯粒形狀，對照組發黴但仍具飯粒形狀</p>	<p>9 天後實驗組飯粒分散在袋中但許多形狀仍在，對照組則幾乎沒變。</p>

(三)種出田鱉米：

研究過程與方法：

- 1.同批稻苗中每 5 株一束，分別在四個長方形花盆中各種入三束，測量各束水稻最高高度。分別為**水份組**：只澆水；**魚水組**：澆 20 隻朱文錦代謝一天後的水；**田鱉水組**：澆大田鱉取食 20 隻新鮮剛死亡的朱文錦一天後所留下的水；**殘渣組**：澆田鱉水另將取食後的殘渣(大田鱉取食新鮮剛死亡的朱文錦所留下的殘渣)放入花盆內。每兩週紀錄各束水稻最高高度直到長出稻穗。收成後記錄各組稻稈數平均值，並比較各組稻米重量。
- 2.至實驗用稻苗來源稻田區採收三束水稻，為稻田組。再與其他各組進行稻米重量比較。採收方式為選取原稻苗田區三邊田埂中央位置採收水稻一束。

結果：殘渣組在高度成長幅度最大(111.9cm)、收成稻稈數最多(44.3 桿)、稻米收成重量最重(407.7 公克)，結果如圖 4-3、4-4、4-5、4-6。



<p>種下稻苗</p>	<p>6週成長狀況(每2週測量水稻高度)</p>	<p>12週後準備收成了</p>
<p>採收後進行相關統計</p>	<p>殘渣組最多稻稈數可達 54 桿</p>	<p>稻米收集秤重比較</p>

討論：殘渣組在水稻高度成長幅度明顯較其他各組來得大，在收成後的稻稈數明顯較各組多，而田鱉水組也有相同的結果，但差異較不明顯。另外在稻米收成的重量方面，殘渣組明顯較各組都重，尤其也比原稻田組來的重，但原稻田組採集的僅為田埂邊的水稻，因此這方面我們仍持較保留的態度。我們認為大田鱉在稻田環境生存應能夠提供稻田生長一定的養分，甚至可能不比化學肥料差(原稻田組為施用化學肥料稻田)。

大田鱉的獵物殘渣可成為滋養稻田生長的養分，農田環境中若能提供大田鱉棲息的環境，獵物殘渣會誘集其他動物前來，屆時又提供了大田鱉食物來源，捕食後又再度提供殘渣，應可提供稻田一定程度的養分，對於稻收應有所助益，如此形成友善耕作的農田環境，不僅對大田鱉的復育有所幫助，也為環境保護盡一份心力。

在稻田中，有時會看到農人在稻田中放上土地公拐，本來是祈求稻田豐收的習俗，我們想土地公金的枝條可以做為大田鱉產卵的枝條，藉此讓大田鱉更容易在稻田環境繁殖與生存，這樣土地公拐可能就不再只是習俗，而可能有著實質的效益。但建議將土地公拐的枝條改成木頭而非是傳統的竹子應會更適合。綜合上述，整理如以下生態循環圖。



陸、結論

- 一、大田鱉從卵、若蟲到成蟲發育日數約需 36.66 天，一齡蟲死亡率最高，若蟲齡期越大，發育日數越多，成蟲壽命可超過 11 個月。捕捉足占體長比例隨蟲期增加會越來越小。
- 二、獵物殘渣容易吸引蝌蚪，另以相關文獻作為佐證，蝌蚪與大田鱉可能有一定程度的生物依存關係。
- 三、棲息位置方面，傾向棲息在淺水域且偏向棲息深色環境。
- 四、大田鱉主要藉著振動併光影變化知覺獵物觸動攻擊行為。
- 五、大田鱉的攻擊熱區為複眼上方攻擊角度平均約 67.6° ，複眼下方平均約為 29.5° ，水平攻擊角度約為複眼兩側 97.9° 。攻擊距離雄蟲約為 15.7mm，雌蟲約為 18.2mm。進入攻擊熱區的獵物則以 0.07 秒的出手時間進行攻擊。
- 六、大田鱉難以若蟲越冬、冬天控溫下能正常發育與繁殖及溫度越高捕食量越大，溫度對大田鱉成蟲與若蟲的發育有著顯著影響。
- 七、透過模擬雄蟲振動求偶實驗，振幅 5mm 的振動吸引雌蟲接近率最高。振動頻率方面，雄蟲離較遠時，頻率越高越容易吸引雌蟲，最高約 2 下/秒，接近雄蟲時則振動越慢越容易吸引雌蟲，最慢約 1.4 下/秒。
- 八、產卵枝條由雄蟲邀請雌蟲選擇決定，偏好保濕性佳，角度越垂直於水面，形狀越接近圓柱形，粗細約直徑 1.2cm 的圓柱形枝條。棲地植物中選擇毛蓼產卵，形狀與保濕性為可能選擇產卵的原因。
- 九、偏好產卵高度約在水面上 37.6cm 至 65.9cm 的範圍。
- 十、一至三齡蟲可捕食孑孓，應可做為防治病媒蚊的參考物種。
- 十一、大田鱉獵物殘渣具分解功能，可協助分解廚餘或自然環境中含蛋白質與脂肪的物質。
- 十二、大田鱉獵物殘渣能作為稻秧的肥料且肥效明顯，友善耕作的農田若能提供大田鱉棲息環境，獵物殘渣可能誘集其他動物，被捕食後又重新提供殘渣，可能對稻田增加相當程度的肥份滋養，能對收成有益，是土地公拐下默默增加稻米收成量的水下守護神。

柒、參考資料及其他：

- 一、董景生等。2014。台灣產印度大田鱉基礎生物學。台灣昆蟲 Formosan Entomol 34：251-

254。

二、彭琪涵、余沂錡。2014。水螳螂密碼—長翅水螳螂型態、習性與捕食行為之探討。中華民國第五十四屆中小學科學展覽作品說明書。

三、顏郁恩等。2017。深負孑技—大負子蟲捕食與繁殖行為之探討。中華民國第五十七屆中小學科學展覽作品說明書。

四、楊懿如、李鵬翔。2019。台灣蛙類與蝌蚪圖鑑。台北市：貓頭鷹出版。

五、台北立動物園新聞稿。2015。野外難見狄氏大田鱉 動物園保育繁殖成功。2020年9月28日取自

https://www.zoo.gov.taipei/News_Content.aspx?n=BD065B2FA7782989&sms=72544237BBE4C5F6&s=5EDF60B8087811CE

六、黃詩婷等。2014。隱形劊子手—紅娘華動物行為之探討。中華民國第五十四屆中小學科學展覽作品說明書。

捌、未來研究方向

一、透過以 M5 載體驅動假雄蟲振動求偶研究結果增加狄氏大田鱉棲地搜尋成功率，發現棲地後探討狄氏大田鱉與棲地蛙類的依存關係。

二、探討狄氏大田鱉毒液分解蛋白質與脂質酵素或其他成分，提供更有效率且環保的廚餘分解方式。

【評語】 080305

1. 此作品主要的重點在於田鱉對於攻擊行為的視覺生態學。作品內容有清楚的實驗描述，對於問題的描述清楚。手寫實驗記錄詳實之外，在探討大田鱉生活史中捕食及繁殖行為也是觀察仔細，是個不錯的作品。
2. 研究中透過實驗得知大田鱉前側後方攻擊距離與活動深度，並分別針對雌、雄成蟲的求偶相關實驗進行研究；此外，也進行模擬雄蟲振動求偶實驗—振幅測試，非常的有趣，也有創意。
3. 未來若持續發展此主題，建議可以多考慮適當的對照組設計，得以呈現出實驗組現象的真實性。由於此團隊已經建立田鱉的基礎行為與生態觀察，未來可以著重在某一項感覺生理功能上做更深入的研究。

作品簡報

組 別：國小組

科 別：生物科

千萬「鯊」「助」-

狄氏大田鯊動物行為之探討

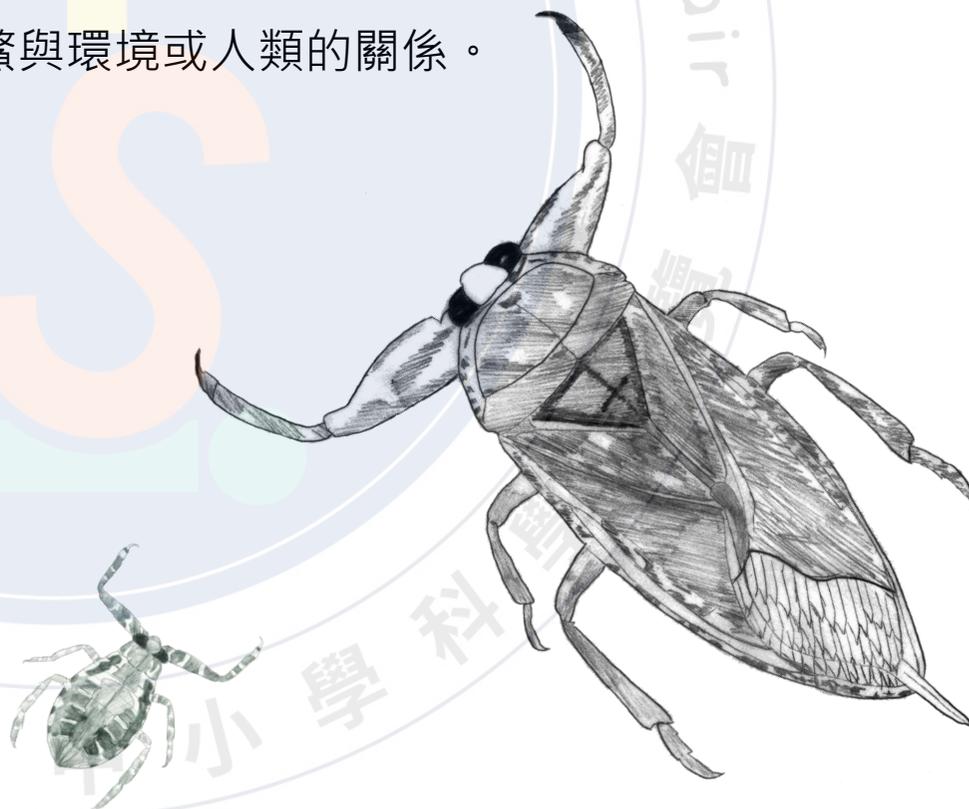
壹、前言

嘉義大學調查大田鰲現況僅於台南玉井發現族群，中南部其餘縣市大田鰲族群可能極少或已完全消失(朱本勛等，2016)。學者專家在林務局2008年舉辦台灣保育類昆蟲評估分類機制計畫中，將大田鰲列為8種待評估昆蟲之首(廖靜蕙，2013)，且相關研究極少，以族群數量稀少程度及對於生態習性了解缺乏，對於大田鰲的研究有急迫與重要性。

本研究除探討大田鰲的生態習性、捕食行為、攻擊模式外，以程式模組破解其繁殖密碼找出誘引雌蟲最佳模式，並歸納出大田鰲與環境或人類的關係。

貳、研究目的

- 1.大田鰲的生態習性
- 2.大田鰲捕食行為之探討
- 3.大田鰲繁殖行為之探討
- 4.大田鰲與環境或人類的關係



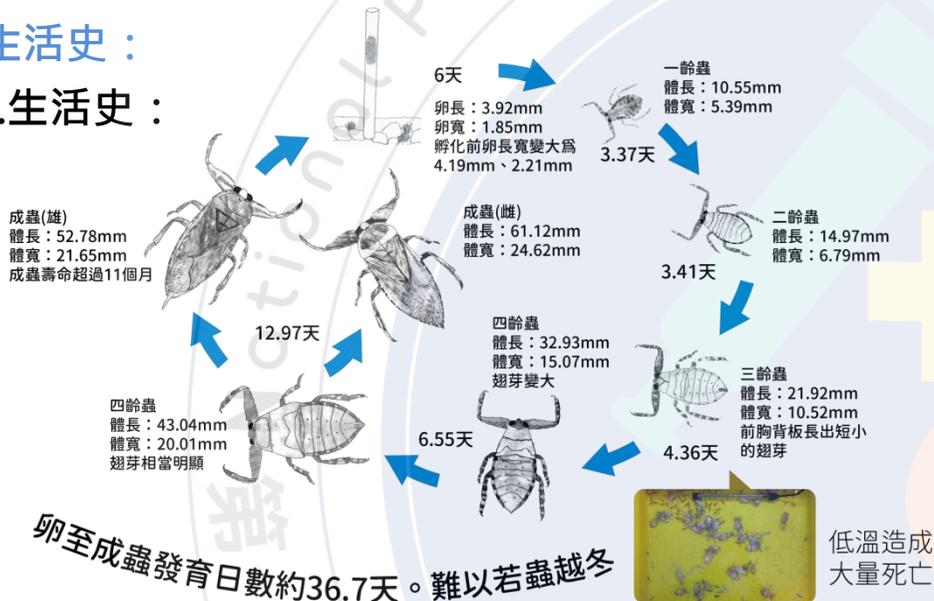
參、研究方法、結果與討論

※本研究使用的生物餌料，主要為向水族館索取剛死亡新鮮魚屍體，以及超市販售的冷凍魚肉。

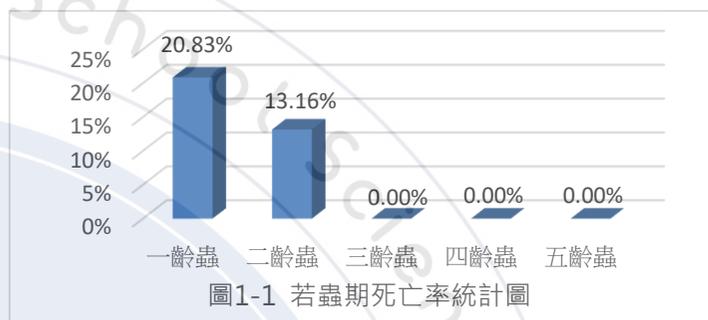
研究一、大田鰲的生態習性

(一)生活史：

1.生活史：

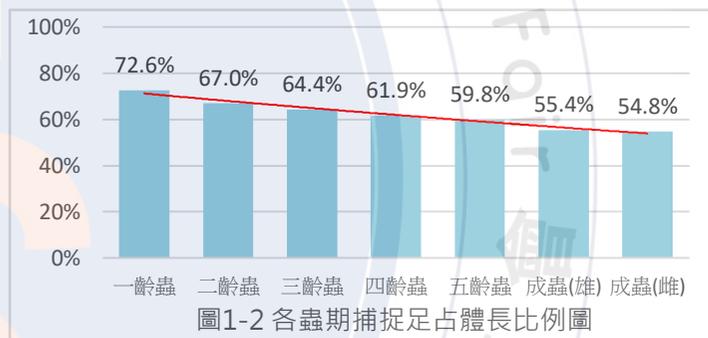


2.大田鰲若蟲期的死亡率：



3.大田鰲各齡期捕捉足與體長比例之探討

一齡蟲較長捕捉足比例可能有助於提高存活率。



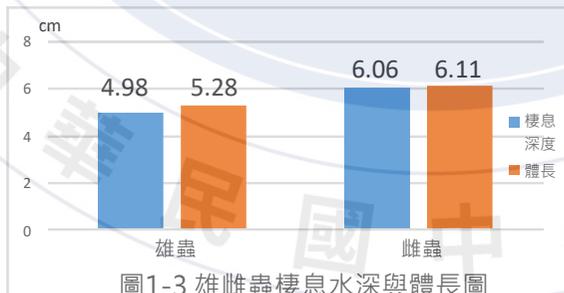
(二)大田鰲捕食孑孓測試



一至三齡若蟲可捕食孑孓，四齡蟲以後不會。

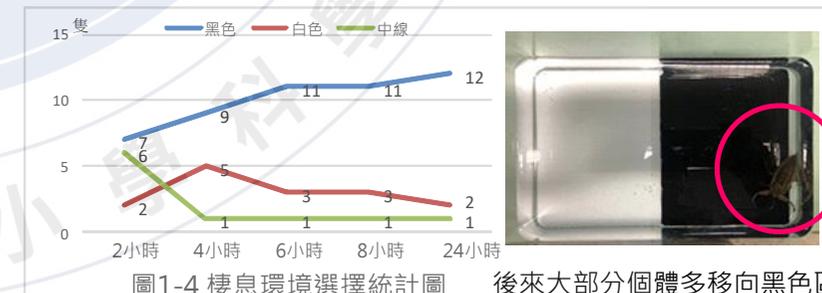
(三)棲息深度

棲息深度有助於躲避敵害與有效率進行換氣



(四)棲息環境的選擇：

棲息深色環境有助於躲避敵害



研究二、大田螿的捕食行為

(一)大田螿如何感覺獵物的存在：

1.嗅覺測試：

嗅覺應不是主要感覺獵物存在的方式。



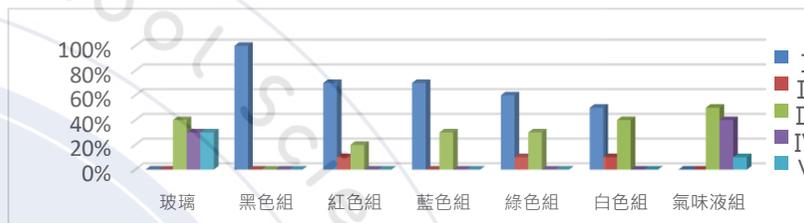
2.振動測試：

振動+光影變化應是主要感覺獵物存在的方式

攻擊反應: I : 衝離停棲物攻擊 ; II : 停棲物上衝出攻擊 ; III : 停棲物上攻擊 ; IV : 捕捉足微動 ; V : 未攻擊



感覺到獵物準備衝出 衝出停棲物並攻擊
獵物：透明玻璃，玻璃包不同顏色膠帶，
泡氣味液等

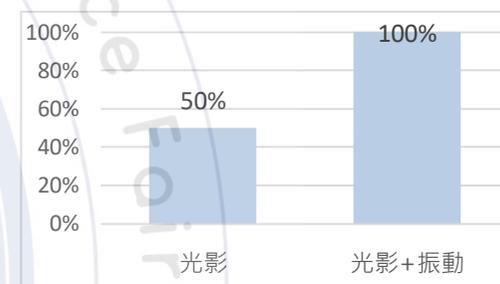


3.視覺測試：

主要藉著振動併光影變化
知覺獵物觸動攻擊行為



只有光影變化攻擊率較低
(約為50%)



(二)大田螿的攻擊熱區：

1.坐等攻擊距離：

攻擊距離：雄蟲平均約為15.7mm，
雌蟲約18.2 mm。



雌蟲最長攻擊距離
約為20.3mm

上方攻擊角度：67.6°

攻擊距離：
♂(15.7mm)
♀(18.2mm)

下方攻擊角度：29.5°



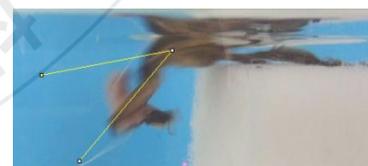
垂直攻擊角度熱區圖

2.上方攻擊角度：

上方攻擊角度平均約為67.6°

3.下方攻擊角度：

下方攻擊角度平均約為29.5°



下方最大攻擊角度約39.2°

4.水平攻擊角度：

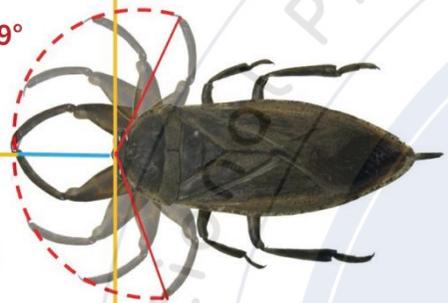
水平攻擊角度平均
約為97.9°



最大水平攻擊角度107.6°

水平攻擊角度：97.9°

攻擊距離：
♂(15.7mm)
♀(18.2mm)



270° 水平攻擊角度熱區圖

(三)攻擊出手時間：

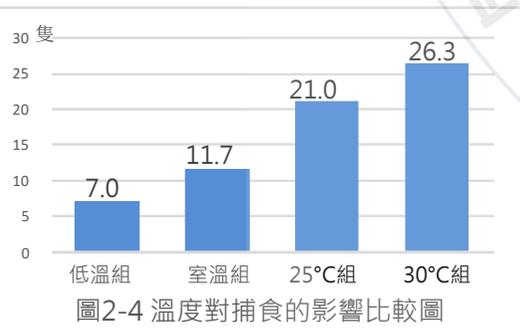
攻擊出手時間平均約
0.07秒



揮動捕捉足開始計算時間

(四)溫度對捕食的影響：

溫度對於若蟲與成蟲發育有顯著的影響



(五)獵物殘渣誘集實驗：

誘集到最多的物種為蝌蚪，占51.5%。
與蝌蚪可能有一定程度的依存關係。

誘集動物數量紀錄表

野外採集數量	物種	數量	占比	蝌蚪	青蛙	龍虱	姬牙蟲	福壽螺			
		35	51.5%	3	4.4%	1	1.5%	1	1.5%	28	41.2%



殘渣吸引其他獵物前來取食

研究三、大田蟹的繁殖行為

(一)求偶與交尾：



想法

大田蟹雄蟲會以振動吸引雌蟲靠近，那怎樣的振動較容易吸引雌蟲接近呢？



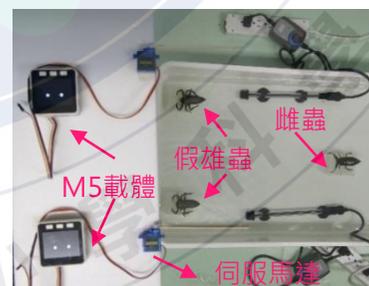
水中交配，雄蟲伸出交配器與雌蟲交尾

研究方法：

- (1)以M5stack驅動伺服馬達帶動石膏模製作的假雄蟲在水面產生振動。
- (2)依不同實驗設定振幅與頻率數值。其他固定設定值為：每次振動5下，每次間隔5.4秒。



石膏造模製作熱熔膠假雄蟲



實驗器材組合圖



振幅程式碼與M5操作介面

1. 模擬雄蟲振動求偶實驗—振幅測試：

程式設定：不同振幅測試(10mm、5mm、2.5mm)，頻率(1.7下/秒)

振幅約5mm時應是最容易吸引雌蟲的振動幅度。

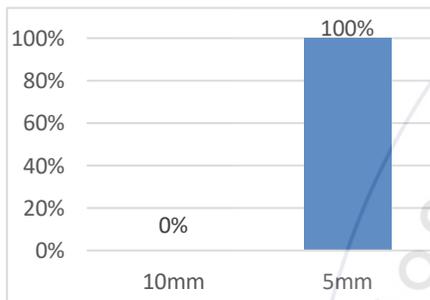


圖3-1 10mm VS 5mm

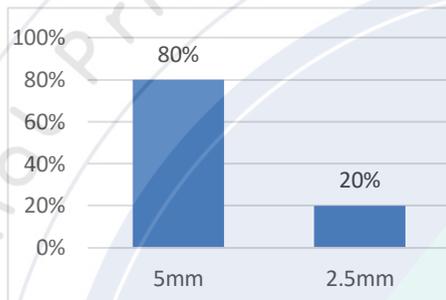


圖 3-2 5mm VS 2.5mm



2. 模擬雄蟲振動求偶實驗—頻率測試：

程式設定：不同頻率測試 (1.4下/秒、1.7下/秒、2下/秒、3下/秒)，振幅(5mm)。

雌蟲距離遠時，振動頻率越快越容易吸引雌蟲，最快約為2下/秒。

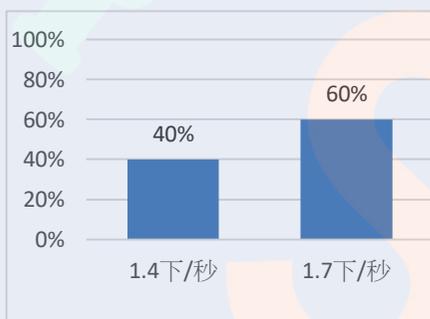


圖3-3 1.4下/秒 VS 1.7下/秒

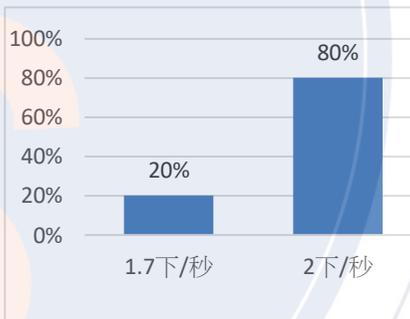


圖3-4 1.7下/秒 VS 2下/秒

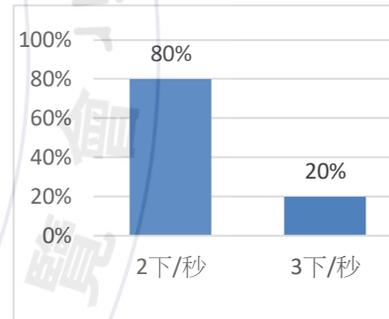


圖3-5 2下/秒 VS 3下/秒

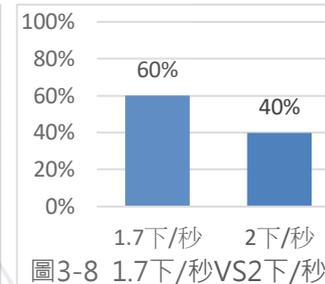
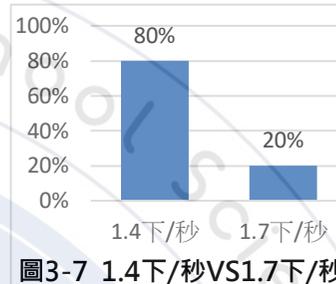
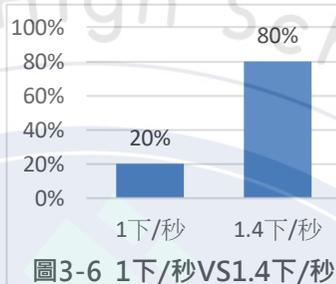




想法

如果雌蟲來到雄蟲身邊時，雄蟲會不會改變牠的求偶密碼呢？

將雌蟲原來距離雄蟲26cm縮短至1cm。
雌蟲距離近時，振動越慢越容易吸引雌蟲，最慢約1.4下/秒。降低振動頻率可能是準備進入下一個階段-交尾的緩衝銜接過程。



(二)產卵與護卵：



雌蟲產卵



卵以膠質固定於枝條上



雄蟲護卵



正在將卵刮下的雌蟲



想法

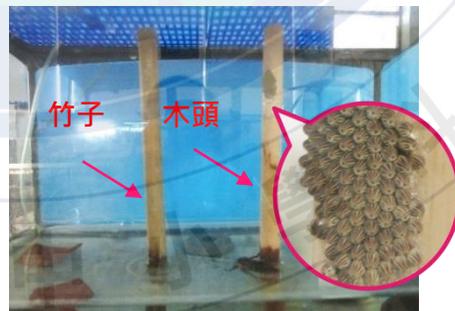
雌蟲在交尾前出現選擇枝條的行為，到底選擇枝條的條件是什麼呢？

研究方法：

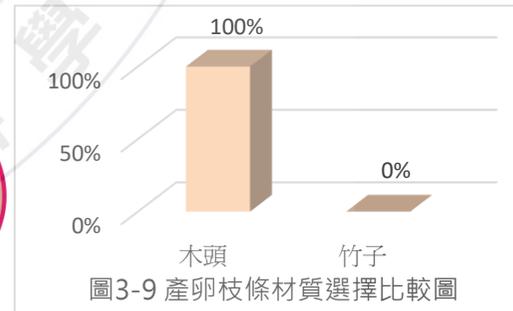
- (1)設計不同產卵枝條變項供大田蟹進行產卵。
- (2)變項：材質、粗糙與光滑、高度、粗細、形狀、傾斜角度、棲地植物。

1.不同材質的枝條是否會影響雌蟲產卵意願？

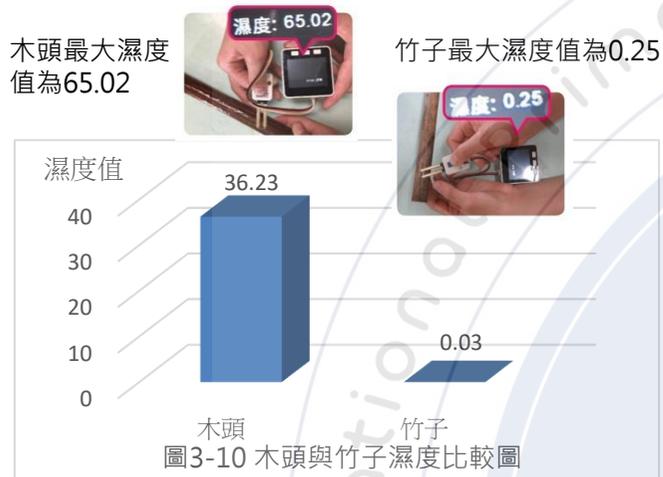
可能與材質的保濕度有關



木頭產卵率100%

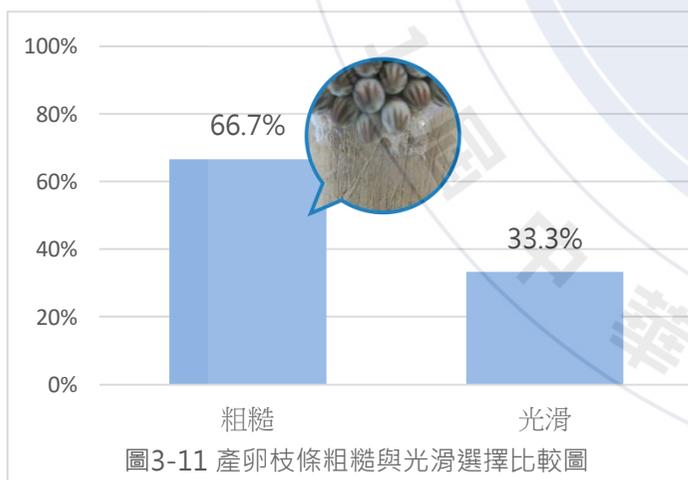


※比較木頭與竹子的保濕程度來驗證。
可能選擇保濕性較好的枝條進行產卵。



2. 產卵枝條粗糙與光滑是否會影響雌蟲產卵意願?

粗糙枝條可能較容易攀附、黏著與保濕性較好，使得大田鱉傾向選擇粗糙的枝條進行產卵。



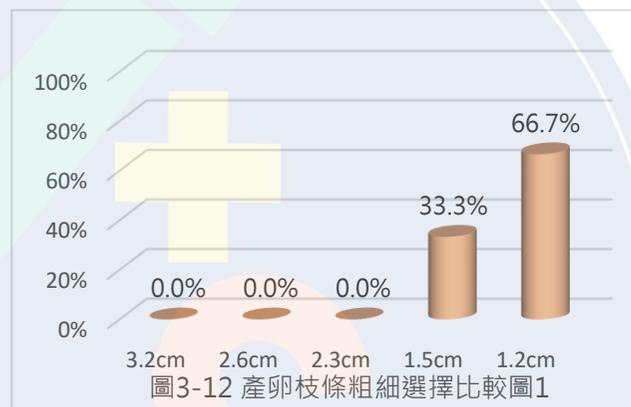
3. 產卵高度是否會影響雌蟲產卵意願?

這樣的高度範圍可能可以預防卵塊泡水，減少雄蟲護卵耗能與明顯暴露卵塊位置。



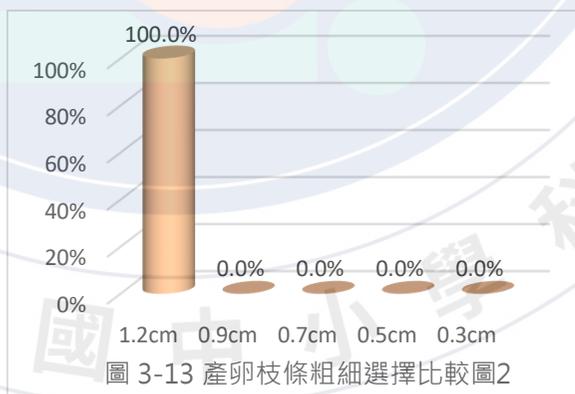
4. 產卵枝條粗細選擇是否會影響雌蟲產卵意願?

偏好在直徑1.2cm的枝條產卵



想法

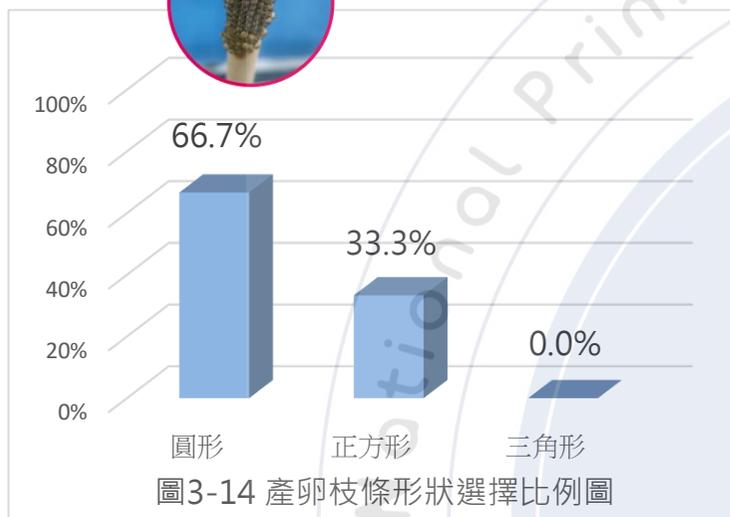
那麼再更細的枝條大田鱉會不會選擇產卵呢？
應偏好在直徑約1.2cm枝條或植物的莖上產卵



直徑1.2-0.3cm枝條：1.2cm枝條產卵率為100%

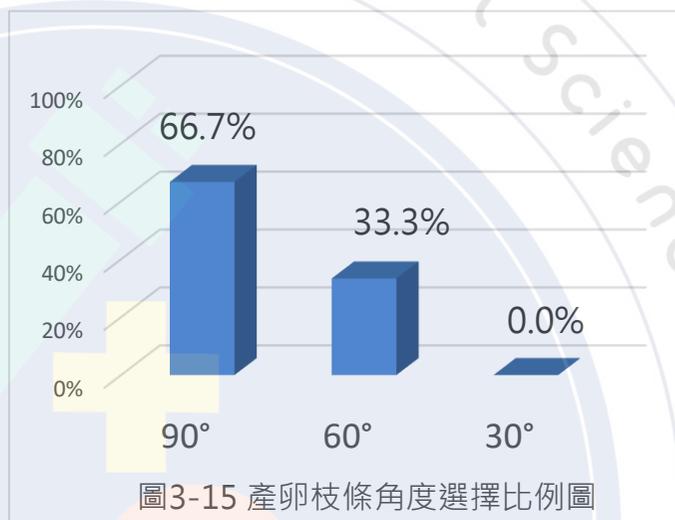
5.產卵枝條形狀是否會影響雌蟲產卵意願?

偏好接近圓柱形的枝條產卵



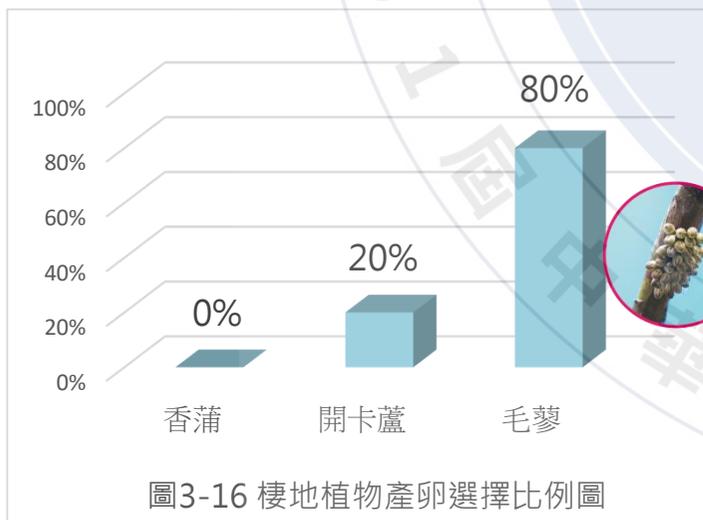
6.產卵枝條傾斜角度是否會影響雌蟲產卵意願?

枝條與水面成90°應是最有效率達到產卵偏好高度的角度。



7.棲地植物產卵枝條選擇

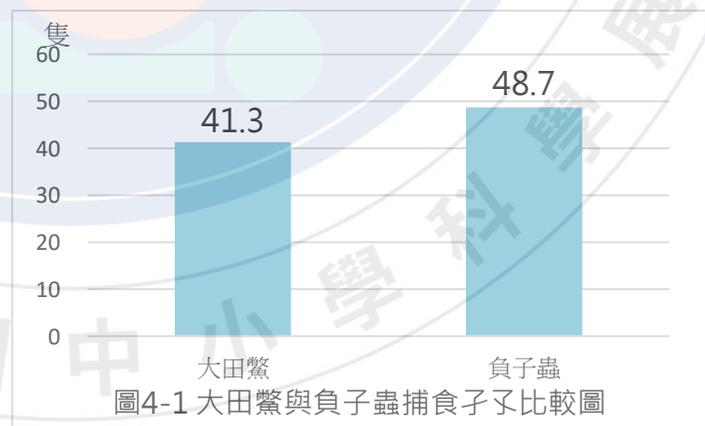
枝條形狀與保濕性為可能選擇產卵的原因。



研究四、大田鱉與環境或人類的關係

(一)捕食子子-生物防治：

大田鱉捕食子子能力測試：大田鱉VS負子蟲



(二) 獵物殘渣的分解功能：

1. 獵物殘渣分解力—獵物殘渣VS自然死亡魚屍體：

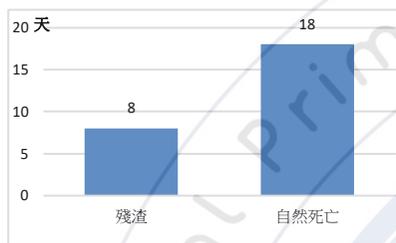


圖4-2 朱文錦殘渣與自然死亡分解天數圖

2. 獵物殘渣分解力—分解廚餘：

研究方法：

實驗組：(蛋白、豬排、白飯)加入殘渣；
對照組：不放殘渣。

討論：

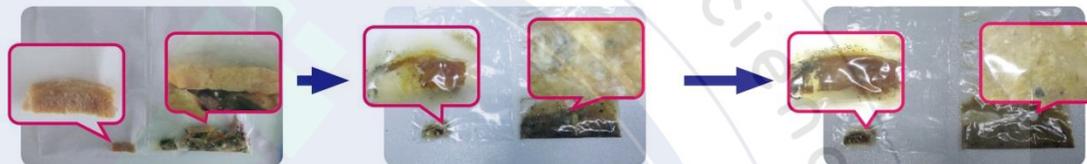
獵物殘渣中的消化酵素或其他成分可能有助於分解蛋白質與脂質。



蛋白：對照組(左)實驗組(右)

5天後實驗組蛋白鬆散分解了，對照組則是幾乎沒什麼改變

9天後實驗組完全分解完，對照組則還是幾乎沒有改變



豬排：對照組(左)實驗組(右)

5天後實驗組幾乎都鬆散分解了，對照組形狀幾乎沒變，但發黴了

9天後實驗組完全分解完，對照組則是白色黴少了，其他幾乎沒變



白飯：對照組(左)實驗組(右)

5天後實驗組鬆散但維持飯粒形狀，對照組發黴但仍具飯粒形狀

9天後實驗組飯粒分散在袋中但許多形狀仍在，對照組則幾乎沒變。

(三) 種出田鰲米：

研究方法：

1. 以不同照顧條件比較水稻的成長，共分成：水份組、魚水組、田鰲水組與殘渣組。

2. 再與稻苗取得之原稻田水稻比較收成稻米重量。

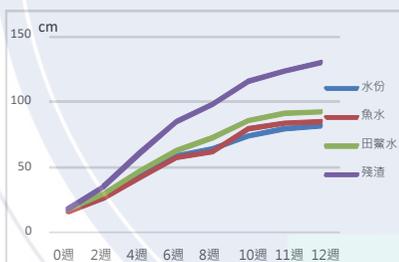


圖4-3 水稻最高高度變化圖



圖4-4 水稻最高高度比較圖



圖4-5 收成後稻稈數比較圖

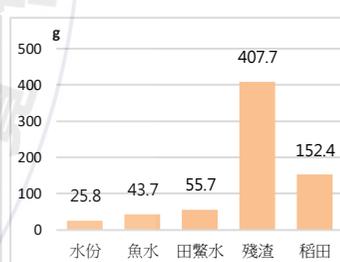
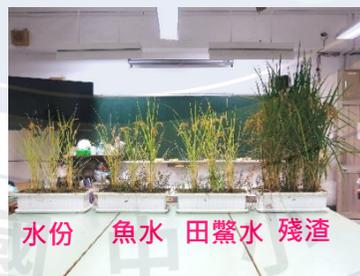


圖4-6 稻米收成重量比較圖



6週成長狀況(每2週測量水稻高度)



12週後準備收成了



殘渣組最多稻稈數可達54桿



殘渣 稻田 田鰲水 魚水 水份

稻米收集秤重比較

※大田鰲與生態環境循環圖





肆、主要結論

- 一、蝌蚪與大田鰲可能有一定程度的生物依存關係。
- 二、主要藉著振動併光影變化知覺獵物觸動攻擊行為。
- 三、獵物進入複眼上方角度約 67.6° 與下方角度約 29.5° 的垂直面，兩側約 97.9° 的水平面，雌雄蟲複眼前方約18.2及15.7mm的熱區時，以約0.07秒出手捕獵。
- 四、模擬雄蟲以振幅5mm的振動容易吸引雌蟲。雌蟲離較遠時假雄蟲振動頻率高易吸引雌蟲，最高約2下/秒，接近時則振動慢易吸引雌蟲，最慢約1.4下/秒。
- 五、產卵偏好保濕性佳，角度垂直水面，形狀圓柱形，直徑約1.2cm的圓柱形枝條，產卵高度約在水面上37.6cm至65.9cm間。
- 六、獵物殘渣有助蛋白質與脂肪分解，並可作為稻秧養分來源。

陸、主要參考資料及其他

- 一、楊懿如、李鵬翔。2019。台灣蛙類與蝌蚪圖鑑。台北市：貓頭鷹出版。
- 二、彭琪涵、余沂錡。2014。水螳螂密碼—長翅水螳螂型態、習性與捕食行為之探討。中華民國第五十四屆中小學科學展覽作品說明書。
- 三、顏郁恩等。2017。深負子技—大負子蟲捕食與繁殖行為之探討。中華民國第五十七屆中小學科學展覽作品說明書。
- 四、台北立動物園新聞稿。2015。野外難見狄氏大田鰲 動物園保育繁殖成功。

伍、未來研究方向

- 一、透過以M5載體驅動假雄蟲振動求偶研究結果增加狄氏大田鰲棲地搜尋成功率，發現棲地後探討狄氏大田鰲與棲地蛙類的依存關係。
- 二、探討狄氏大田鰲毒液分解蛋白質與脂質的酵素或其他成分，提供更有效率且環保的廚餘分解方式。

