

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

080313

登「螳」入世-寬腹斧螳之孵育與捕食行為探討

學校名稱：臺南市中區忠義國民小學

作者： 小六 周立期 小五 周彥翔 小六 蘇亮云 小六 黃禾薰	指導老師： 孫瑞廷 楊孟勳
---	-----------------------------

關鍵詞：寬腹斧螳、蝶蛸、捕食行為

摘要

本研究為探討寬腹斧螳之孵育與捕食行為。首先，設計 AI 螳螂與蝶蛸辨識工具並進行野外踏查，以了解寬腹斧螳生存環境；接著，以自行設計製作之實驗裝置進行蝶蛸孵育實驗，了解溫度與濕度會影響蝶蛸孵化天數，光照時間則沒有明顯影響；接著，進行寬腹斧螳若蟲的飼育，發現以 10mL 自製容器可提高一齡若蟲的存活率，而隨著齡期的增加，若蟲對食物數量的需求逐漸增加。

最後，進行寬腹斧螳捕食行為實驗，發現光照強度、聲波頻率會影響寬腹斧螳若蟲捕獲果蠅的時間，寬腹斧螳若蟲的捕食距離可達兩步長。最後，關於食物部分，寬腹斧螳若蟲可捕食移動中的人工飼料、水中的孑孓、停駐的蚊子、比自己小的爬行昆蟲-黃迷若蟲和比自己小的步行昆蟲-紅姬緣椿象。

壹、前言

一、研究動機

(一)可愛又迷人的反派角色

第一次看到螳螂就對這個物種深深地著迷，一方面是因為螳螂獵食時伺機而動，然後猛然精準出擊捕食的動作，可說是昆蟲界數一數二的殺手!另一方面則是來自牠靜止不動時，前足合併好像雙手合十，加上身體隨風輕輕搖擺，像極了廟裡佛前寧靜地喃喃祈禱的人們，因此，在外國又稱為祈禱蟲；螳螂在殺手與祈禱者兩種角色間切換，讓人不著迷也難呀!

(二)阿嬤說的不可能的任務

在層層高樓的都市叢林中、在恣意揮灑農藥的農田裡……，只能在昆蟲寵物店裡看到螳螂的倩影，但是動輒數百元的高價實在無法鼓起勇氣說服爸媽購買，於是詢問來自美好過去的阿嬤，阿嬤總說自己小時候見過許多昆蟲，滿山飛舞的蝴蝶、螢火蟲，俯拾即是獨角仙、金龜子，唯獨螳螂，阿嬤搖搖手說：「很少見!很少見!螳螂會互食，兄弟姊妹都互相吃光光了，只看過一兩隻獨活，更不用說要養啦!螳螂要吃活昆蟲，很難養啦!不可能養啦!」。

(三)有機農業發展空間無限

回想小時候曾有一陣子居住在農村，辛苦的農人為求多一點的收穫，除了時不時點鞭炮、放風箏驅趕麻雀、八哥等鳥類之外，在作物生長期最大的重頭戲之一就是噴農藥了，常常上學經過農田時，農人們早已經摸黑趁太陽酷曬前背起農藥桶走進一畦畦的田裡，仔仔細細噴灑農藥，希冀能少一點蟲害，偶爾風向一變，噴出的農藥全吹向了農人，都會讓人捏一把冷汗，而村里面因為噴農藥而中毒的消息也時有所聞，因此，開始思考，是否有機會像鴨間稻的做法一樣，讓殺手級的螳螂有機會一展身手？

從以上三方面的了解，我們對螳螂深深地著迷，因此，這次的科學研究試圖從尋找、認識台灣本土種螳螂開始，並嘗試設計適合螳螂的孵化與飼養環境，進而了解螳螂孵化、捕食的行為及影響因素。

二、研究目的

- (一) 認識台灣本土種螳螂。
- (二) 了解影響寬腹斧螳螳若蟲孵化的影響因素。
- (三) 了解影響寬腹斧螳若蟲生長的影響因素。
- (四) 了解寬腹斧螳的捕食行為。

三、文獻回顧

(一) 螳螂

1. 螳螂的外觀

- (1) 頭部：呈倒三角形，有兩個大複眼，複眼由約 10,000 個小眼構成，提供高解析度影像，使螳螂擁有動態視覺，複眼上有一黑點看起來像是瞳孔注視著觀察者，稱「偽瞳孔」，是因為部分小眼吸收入射光後卻沒有反射光線而產生的誤解。此外，頭部有一對觸角，口器以咀嚼方式進食；頭部與前胸連接處柔軟有彈性，讓螳螂的頭部能夠轉動，不少種類甚至有達 180°的轉動範圍。
- (2) 胸部：胸部三節（前、中及後）清楚可見，分別連接前足、中足和後足；前胸細長，連接著一對前足(捕捉足)，前足特化成鐮刀狀捕捉獵物，其樣態如圖 1-3-1，中、後足為步行足用來移動。翅膀部分，雌成蟲兩對翅膀有時會

消失，但雄成蟲大部分都具有兩對發育完整翅膀，前翅呈革質，後翅膜質。

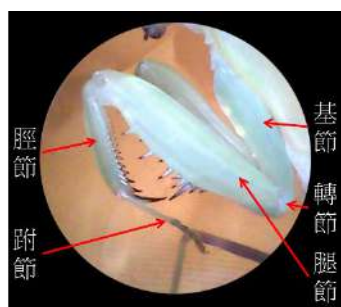


圖 1-3-1 螳螂的前足
(圖片來源：本圖由作者 1 拍攝製作)

(3)腹部：腹部背側由 10 片背板組成，雄蟲的腹側可見腹板有 9 片、雌蟲則為 7 片，兩性的腹部末端皆有兩根尾毛，雄蟲第 9 片腹板的末端有兩根尾針。

2. 螳螂的卵囊(又稱螳螂卵塊)

剛生產出來時有點黏稠，很像人類吐出來的唾沫，遇空氣一段時間後凝固，表面粗糙，內部結構堅硬，每個卵囊內的卵粒數量不一定，約數十至數百粒。

3. 螳螂的捕食行為與害蟲控制

螳螂自然情況下只捕食活著的獵物，取食範圍廣泛，從比自己體型小的同類，到小型脊椎動物(蜥蜴、青蛙、小型鳥類等)都有，少部分吃草。通常靜候獵物經過或是以緩慢速度接近獵物，在獵物進入攻擊範圍後，以捕捉足高速抓取獵物，在極度飢餓的情況下，有時也會主動攻擊被偵測到的獵物。

有機農業工作者有時會使用螳螂控制農業害蟲，但因其繁殖速度不足以應付害蟲，且其捕食對象並無專一性，可能同時捕殺農業益蟲，中華大刀螳及薄翅螳曾被引入北美洲進行害蟲控制，但卻造成物種入侵。

4. 螳螂的分布與俗稱

分布從溫帶(有明顯生長季節)到熱帶地區都有，因外觀或行為，螳螂在各地有許多俗稱。

表 1-3-1 各地螳螂的俗稱與含意(資料來源：維基百科整理)

俗稱	含意
mantis	螳螂的英文名稱，來自希臘文，意指占卜或預言家
Praying mantis	英語系國家和德國形容螳螂舉起前足的樣子，提醒人們別忘了祈禱。某些信仰伊斯蘭教國家，人們篤信螳螂常面向麥加祈禱。
天馬	中國人認為螳螂舉起前足行走的樣子，搭配細長的前胸就像是一匹馬
草猴(台語)	意思是螳螂就像是在草叢上跳來跳去的猴子。

(二) 台灣本土種螳螂

台灣的螳螂依據台灣物種名錄與螳螂圖鑑兩個主要螳螂查詢網站，我們整理出 12 屬 24 種，如下表 1-3-2。

表 1-3-2 台灣本土種螳螂分類(資料來源：台灣物種名錄網站、螳螂圖鑑網站)

科名	屬名	中文名	學名
跳螳科	異跳螳屬	名和異跳螳	<i>Amantis nawai</i>
	樹皮螳屬	樹皮螳	<i>Theopompa ophthalmica</i>
花螳科	姬螳屬	南方姬螳	<i>Acromantis australis</i>
		臺灣姬螳	<i>Acromantis formosana</i>
		日本姬螳	<i>Acromantis japonica</i>
	異巨腿螳屬	大異巨腿螳	<i>Astyliasula major</i>
	齒螳屬	綠大齒螳	<i>Odontomantis planiceps</i>
	奇葉螳屬	角胸奇葉螳	<i>Phyllothelys cornutum</i>
魏氏奇葉螳螂		<i>Phyllothelys werneri</i>	
螳科	斧螳屬	雙突斧螳	<i>Hierodula bipapilla</i>
		寬腹斧螳	<i>Hierodula patellifera</i>
		蘇氏斧螳	<i>Hierodula saussurei</i>
		亮翅斧螳	<i>Hierodula venosa</i>
	螳屬	薄翅螳	<i>Mantis religiosa</i>
	靜螳屬	棕污斑螳(棕靜螳)	<i>Statilia maculata</i>
		綠污斑螳(綠靜螳)	<i>Statilia nemoralis</i>
		小污斑螳(小靜螳)	<i>Statilia parva</i>
	大刀螳屬	狹翅大刀螳	<i>Tenodera angustipennis</i>
		枯葉大刀螳	<i>Tenodera aridifolia</i>
		擬大刀螳	<i>Tenodera capitata</i>
		中華大刀螳	<i>Tenodera sinensis</i>
		細胸大刀螳	<i>Tenodera superstitiosa</i>
	巨斧螳屬	臺灣巨斧螳	<i>Titanodula formosana</i>
	半翅螳屬	翼胸半翅螳	<i>Mesopteryx alata</i>

其中有些種類螳螂稀少，有些則較普遍，如寬腹斧螳、中華大刀螳、棕污斑螳、臺灣姬螳等，其成蟲體長約如下表 1-3-3。

表 1-3-3 台灣常見螳螂體長(資料來源：台灣物種名錄網站、螳螂圖鑑網站)

物種名	成蟲體長(mm)	物種名	成蟲體長(mm)
寬腹斧螳	73.8(n=1)	棕污斑螳	58.1±6.0 (n=10)
中華大刀螳	79.1(n=1)	臺灣姬螳	16.4±2.7 (n=7)

(三) 真空吸力與不同截面積管子中流體流動情形

真空吸力形成的主因，是兩個壓力不相同的空間，為了達平衡，兩空間產生的氣流作用，氣流的方向是氣體壓力較大一方會流向氣體壓力較小一方。

應用真空吸力最常見的例子就是真空幫浦(抽氣機)，真空幫浦藉由內部的馬達帶動螺旋扇翼將氣體不斷的往外抽，使內部氣壓變小(接近真空)，而讓外部空氣、灰塵……等隨氣流方向進入內部，如下圖 1-3-2 所示。



圖 1-3-2 真空吸力應用
(圖片來源：本圖由作者 2 繪製)

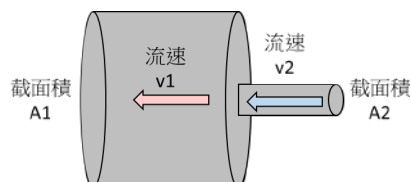


圖 1-3-3 流體流動示意圖
(圖片來源：本圖由作者 2 繪製)

另一方面，當不可壓縮的流體在不同截面積的管子中流動，如上圖 1-3-3，會產生以下效應：

1. 截面積小的管子附近流體流速較大。

根據流體力學的連續方程式(又稱質量守恆方程式)，同一時間流過的質量相等，即

$$d_1 A_1 v_1 t = d_2 A_2 v_2 t \quad \dots\dots \text{同除以 } t$$

$$d_1 A_1 v_1 = d_2 A_2 v_2 \quad \dots\dots \text{假設同一流體密度相同 } d_1 = d_2, \text{ 同除以密度}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \dots\dots \text{式 1-3-1}$$

其中 d：流體密度，A：截面積，v：流速，t：時間

由式 1-3-1 可知，當截面積越小，流體流速越大。

2. 截面積小的管子附近氣壓較小。

根據伯努力定律，當不考慮重力位能時(即管子水平放置)，可表示如下：

$$P + \frac{1}{2} d v^2 = \text{常數} \quad \dots\dots \text{伯努力定律}$$

$$P_1 + \frac{1}{2} d v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} d v_2^2 \quad \dots\dots \text{式 1-3-2, 同一流體在不同位置}$$

小 + 大 = 大 + 小
(截面積小) (截面積大) 其中 P：流體壓力，d：流體密度，v：流速

由截面積大、小區域的壓力差造成吸力，**壓力差越大，吸力越大。**

(四) 科技裝置-Arduino UNO 相關元件與樂高 SPIKE 相關元件

1. Arduino UNO 相關元件



圖 1-3-4 Arduino UNO 開發板
(圖片來源：本圖由作者 2 拍攝)

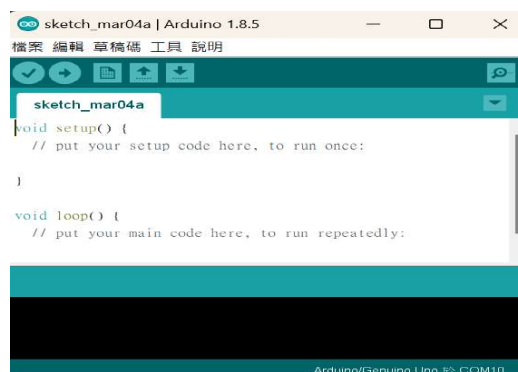


圖 1-3-5 Arduino 1.8.5 IDE 程式軟體
(圖片來源：本圖由作者 2 拍攝)

由 Arduino IDE 程式軟體(圖 1-3-5)撰寫程式，上傳至 Arduino UNO 開發板(圖 1-3-4)，操控與開發板連接的元件，接收各種資訊(如溫溼度等)，發生各種動作(如加熱器啟動升高溫度)，以下分別就本次應用到元件進行說明，如下表 1-3-4。

表 1-3-4 Arduino 元件說明(資料來源：由作者 1、2 整理)

元件名稱	說明	元件名稱	說明
DHT11 溫溼度感測器	濕度範圍：20-95%±5% 溫度範圍：0°C -50°C ±2°C	繼電器	高電平觸發
Photoresistor 光敏電阻傳感器	DO：數字訊號(0 或 1)輸出 AO：模擬電壓輸出	風扇	含油軸承風扇， 長 4cm，寬 4cm
陶瓷加熱片 鋁片	電壓：5V 尺寸：長 4cm，寬 4cm	SG90 迷你舵機	扭矩：1.5kg/cm 死帶寬(Deadband)：10 微秒
超聲波霧化片 寶特瓶	孔徑：5 μm，孔數：740 孔 頻率：110kHz	鈕扣式震動馬達 SER217	額定電壓：DC3V-3.7V 電壓越高，振動力越好
白光 LED 元件	由全彩 LED 燈製成，藉由三針調節三原色光的強度		

2. 樂高 SPIKE 相關元件

由 SPIKE 程式(圖 1-3-7)撰寫程式，上傳至主機(圖 1-3-6)，操控各機械元件。

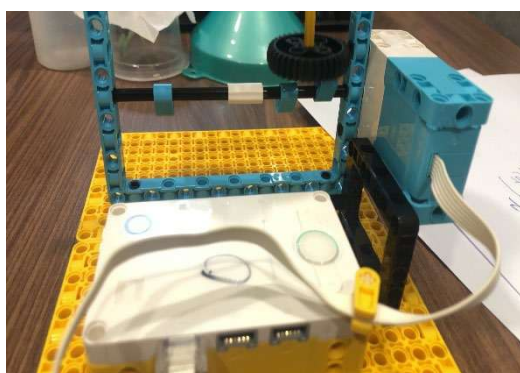


圖 1-3-6 樂高主機與機械元件
(圖片來源：本圖由作者 1 拍攝)

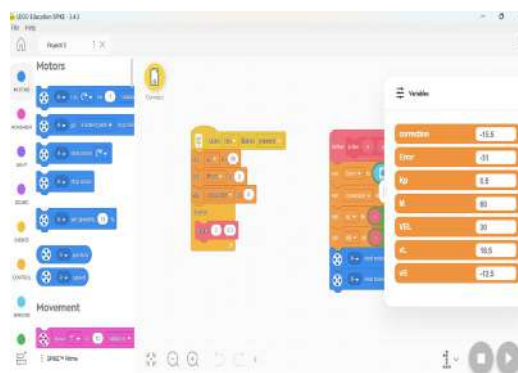


圖 1-3-7 樂高 SPIKE 程式介面
(圖片來源：本圖由作者 1 拍攝)

(五) 歷屆科展研究

翻查並整理近十年科學展覽會中關於螳螂、昆蟲棲息環境、捕食行為之相關研究，如下表 1-3-5，有以下三點發現：

1. 目前台灣本土種螳螂僅有兩種螳螂在全國科學展覽中研究觀察過。
2. 關於各種昆蟲棲息環境研究，在經過原生態觀察後，經由溫度、照度、濕度、空氣流通等各種變因控制，進行實驗研究，了解昆蟲最適合的棲息環境。
3. 關於各種昆蟲捕食行為研究，分為直接捕食與特殊捕食行為探討；直接捕食行為探討捕食範圍、感測獵物方式等，特殊捕食行為則因蟲而異。

表 1-3-5 歷年科學展覽會相關研究彙整(資料來源：由作者 1 彙整)

分類	研究主題	研究內容
螳螂 孵化 條件 飼養 捕食	精雕花刃的草叢獵人-- 棕汗斑螳螂	1.孵化：孵化時間與溫度的關係，溫度愈高蝶蛸孵化時間愈短。 2.捕食：捕食與獵物體型的關係，以本身 1/5 體型獵物最喜愛，能在光線極低環境仍能捕捉獵物，對於螢幕播放移動昆蟲能區分真實程度，也能分辨不同昆蟲種類。
	草叢中的獵人 utun dayu 關鍵(台灣大刀螳螂)	1.生活型態：練習飼養、餵食和照顧。一個蝶蛸至少有 100~200 多顆的卵，可孵化出百隻以上的小螳螂，一齡若蟲死亡率極高，二齡以上的若蟲存率漸漸提高。若蟲脫皮的空間至少是要原來體積的 2.5~3 倍。 2.天敵：寄生性螳小蜂、皮蠹蟲。
棲息 環境 研究	陸生三葉蟲？~二種潮 蟲環境適應及生存策略 探討	1.棲息環境：棲息於陰濕且透氣的土壤，食量和溫度有關。 2.繁殖：雌雄異體的潮蟲雖為卵生，交配後將受精卵抱於卵囊中，待胚胎孵化且有足夠的水份才產出。
	『脩』也不知休--探討 環境因子對葉脩生長速 度的影響	1.生長習性：照度、不同空氣流動情形、不同季節對葉脩生長的影響。 2.孵化條件。
	白蟻非蟻—黑翅土白蟻 生態行為觀察與防治	1.生態行為：在廢棄木材用紅土築巢 2.防治方法：設置其適合生存的人工環境，並設計了明暗、濕度、溫度、木材喜好、音頻、氣味趨避等實驗。
捕食 行為	千萬「螿」「助」—狄 氏大田螿動物行為之探 討	1.卵到成蟲發育日數。 2.偏好棲息淺水域及深色環境。 3.觸動攻擊原因為振動併光影變化，獵物進入複眼上下方及兩側會出手捕獵，可捕食孑孓，獵物殘渣可作為稻秧養分來源。 4.繁殖：雄蟲以振動吸引雌蟲並研究產卵位置與條件。
	深負子技-大負子蟲捕 食與繁殖行為之探討	1.捕食行為：以嗅覺與振動來感覺獵物，採坐等方式捕食，飢餓、獵物密度低或獵物在一定範圍內時可能主動出擊，了解前、側、後方攻擊距離及活動深度。 2.繁殖：雄蟲會在水面起伏求偶。
	仰天藏毛怪—探討普小 仰椿象的毛特性、習性 及動物行為	1.身體特殊結構：身上表面很多細毛 2.生存環境：空間上適存值約 8.166 隻/公升 3.捕食策略為主動攻擊，以視覺為主，振動為輔進行偵測，偵測(發現)到獵物距離約 55.29±5.6mm; 攻擊獵物的時間約 0.29 秒。

貳、研究設備及器材

表 2-1 研究器材實驗設備一覽表(資料來源：由作者 1 彙整)

自製孵化裝置	自製飼育容器 ABCDE	自製人工飼料餵食機構 FGH
尺與方格紙	電子放大鏡 (放大倍率 30 倍)	解剖顯微鏡 (放大倍率 30 倍)
可變焦手電筒	照度計 (LM - 81LX)	精密天平 (最小秤重 0.01 克)
冰箱	手機	電腦

參、研究過程或方法

- 一、發展研究架構。
- 二、認識台灣本土種螳螂。
- 三、寬腹斧螳蝶蛸孵化研究。
- 四、寬腹斧螳若蟲飼育研究。
- 五、寬腹斧螳捕食行為研究。

肆、研究結果與討論

一、發展研究架構

經過資料查詢後，開始設計本次研究架構，並隨實驗討論的進行隨時修正架構，如右。

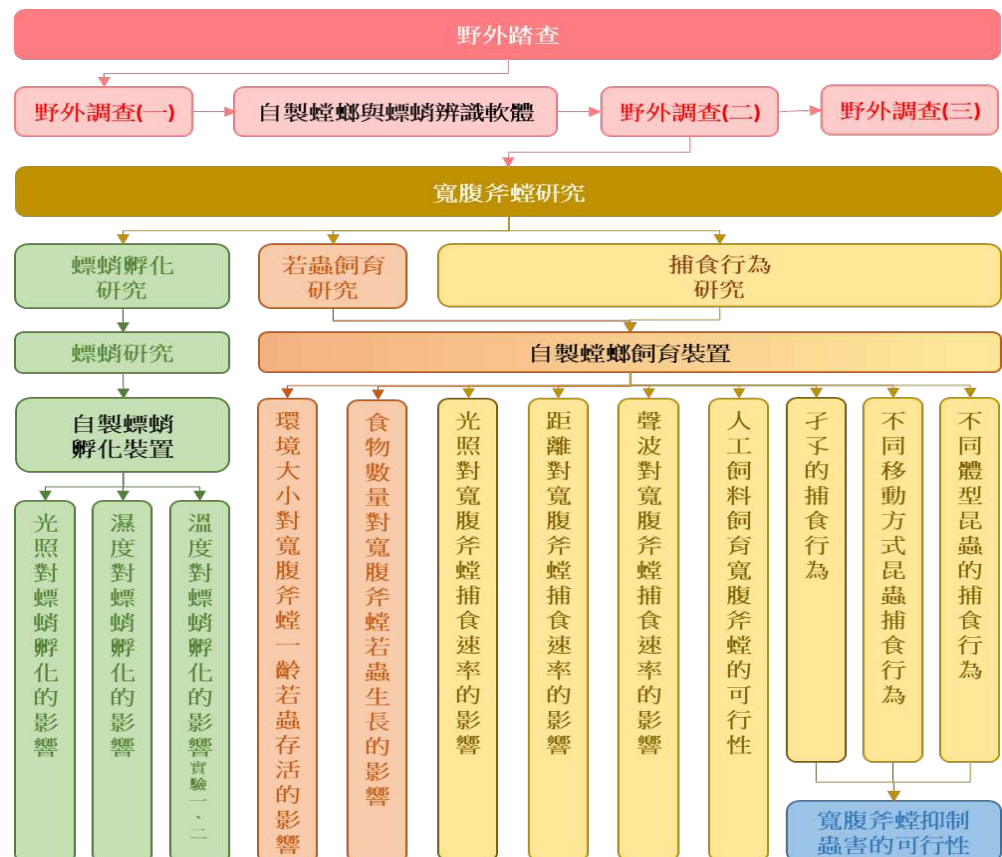


圖 4-1-1 研究架構圖
(圖片來源：本圖由作者 2 繪製)

二、認識台灣本土種螳螂

為了認識台灣本土種的螳螂，我們利用假日到各地進行野外調查。

(一) 第一組野外調查

1.提出問題：在台灣各地可見到哪些螳螂?牠們棲息環境有哪些共通點?或差異?

2.踏查步驟：

(1)確認台灣可能有螳螂的目的地並前往。

(2)以上、中、下巡視方式，觀察植物是否有螳螂出沒。

(3)紀錄觀察到的螳螂品種、數量與地點。

3.研究結果： 表 4-2-1 第一組踏查記錄(資料來源：由作者 2 整理)

時間	地點	觀察到的昆蟲(或節肢動物)		
112年08月06日 13:00至16:00	台南市 中西區 竹溪			
112年08月13日 13:00至16:00	台南市 白河區 關子嶺			
112年08月20日 13:00至16:00	台南市 六甲區 靜態公園			
112年08月24日 13:00至16:00	桃園市 龍潭區 小人國 主題樂園			
				

4.研究討論：

(1)112年08月陸續至表4-2-1所列地區踏查，均無發現螳螂蹤跡，只有在關子嶺的水溝旁看到一坨唾沫，疑似是未成形的蝶蛹，因此，我們有三個討論方向，如下：一是踏查時間錯誤，不是螳螂出沒的時間；其二是觀察位置錯誤，雖然以上、中、下的順序仔細觀察，但未翻查植物葉背、內部等處；三

則是我們發現即使看到昆蟲，因為知識不足，也不知道牠們的物種，針對第三個方向，除了查詢相關書籍與網站，我們加入台灣螳螂研究公會與台灣螳螂討論群兩個社群，增加資料收集的即時性與廣度，而分析了兩個社群在112年07月至112年09月的討論貼文分布如圖4-2-1與圖4-2-2，發現分別有53%與48%的貼文是詢問螳螂物種，顯示辨別螳螂物種是大家共同的困惑。

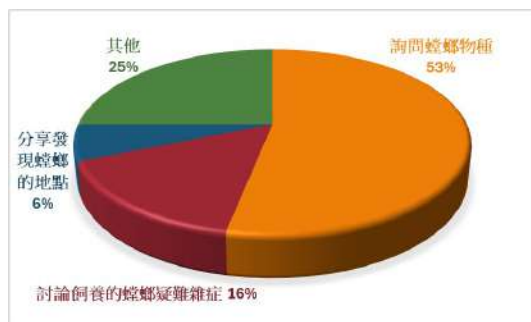


圖 4-2-1 台灣螳螂研究公會貼文分布
(圖片來源：本圖由作者 1 彙整)

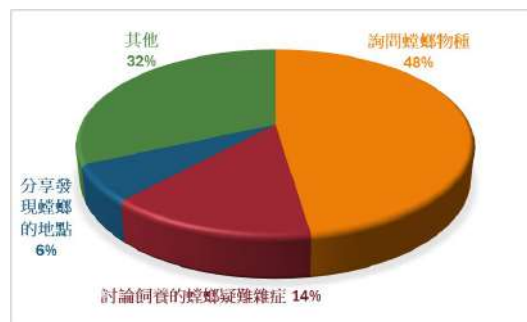


圖 4-2-2 台灣螳螂討論群貼文分布
(圖片來源：本圖由作者 1 彙整)

(2)112年09月有蘇拉(SAOLA)、海葵(HAIKUI)、小犬(KOINU)等颱風以及多場降雨，暫停野外踏查。

(二) 自製螳螂辨識工具與蝶蛸辨識工具(以下設計步驟圖片由作者 2 拍攝)

1.提出問題：有沒有什麼方法可以讓沒有昆蟲分類知識的人迅速辨識螳螂的物種？

2.深度學習：

(1)使用大量標記的數據訓練模型，模型自動地從數據中學習數據的特徵和模式，目前應用在圖像識別、語音識別、自然語言處理等領域。

(2)常見的深度學習架構包括卷積神經網絡 CNN(我們這次研究使用的深度學習架構)、循環神經網絡 RNN 和自動編碼器 Autoencoder 等。

(3)缺點是因為大量標記數據，對於硬體計算能力需求很高，否則將消耗較多的時間進行數據處理。

3.設計步驟：(因硬體需求高，故於 Google Colab 環境製作辨識工具)

- (1) 蒐集台灣各種螳螂圖片，每個物種 10 張，壓縮後上傳雲端
- (2) 連上存放螳螂圖片壓縮檔的 Google Drive

```
from google.colab import drive
drive.mount('/content/drive')
```

Drive already mounted at /content/drive: to attempt to forcibly remount, call drive.mount("/content/drive", force_remount=True).

- (3) 載入人工智慧相關套件

```
[ ] %matplotlib inline
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

from tensorflow.keras.applications import ResNet50V2
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense
from tensorflow.keras.utils import to_categorical
from tensorflow.keras.applications.resnet_v2 import preprocess_input
from tensorflow.keras.preprocessing.image import load_img, img_to_array
```

(4) 載入螳螂圖檔及解壓縮

```
import os
import zipfile
#local_zip = '/content/5mantis.zip'
local_zip = '/content/drive/MyDrive/5mantis.zip'
zip_ref = zipfile.ZipFile(local_zip, 'r')
zip_ref.extractall('/content')
zip_ref.close()
```

(5) 列出資料夾的照片檔名

```
base_dir + mantis_folders[0]
mantis_fnames = os.listdir(thedir)
for mantis in mantis_fnames:
    print(base_dir + mantis_folders[0] + mantis)
```

```
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis02.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis04.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis05.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis09.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis08.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis10.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis01.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis07.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis06.png
/content/Tenodera_sinensisTenodera_sinensis03.png
```

(6) 將每個資料夾底下的照片作成輸入 (data)、輸出 (target)

```
data = []
target = []
for i in range(5):
    thedir = base_dir + mantis_folders[i]
    mantis_fnames = os.listdir(thedir)
    for mantis in mantis_fnames:
        img_path = thedir + '/' + mantis
        img = load_img(img_path, target_size = (256, 256))
        x = img_to_array(img)
        data.append(x)
        target.append(i)
```

(7) 觀察照片及進行預處理

```
n = 1
plt.imshow(data[n]/255)
plt.axis('off');
```



```
[30] x_train = preprocess_input(data)
```

```
plt.imshow(x_train[n])
plt.axis('off');
```

WARNING:matplotlib.image:Clipping input data to the va



(8) 打造神經網路

```
from tensorflow.keras.applications import ResNet50V2
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense

resnet = ResNet50V2(include_top=False, pooling='avg')
Downloading data from https://storage.googleapis.com/tensorflow/keras-applications/94668760/94668760...
再來就是正式打造我們選擇學習版的的數學習機! 可以發現我們只是加入了最後一層..

[27] model = Sequential()
[28] model.add(resnet)
[29] model.add(Dense(5, activation='softmax'))
```

```
model.summary()
```

```
Model: "sequential"
```

Layer (type)	Output Shape	Param #
resnet50v2 (Functional)	(None, 2048)	23564800
dense (Dense)	(None, 5)	10245

```

Total params: 23575045 (89.93 MB)
Trainable params: 10245 (40.02 KB)
Non-trainable params: 23564800 (89.89 MB)
```

(9) 訓練模型

```
model.compile(loss='categorical_crossentropy',
              optimizer='adam',
              metrics=['accuracy'])

model.fit(x_train, y_train, batch_size=20, epochs=10)

Epoch 1/10
3/3 [#####] - 15s 3s/step - loss: 1.8506 - accuracy: 0.2187
Epoch 2/10
3/3 [#####] - 11s 3s/step - loss: 1.4100 - accuracy: 0.4510
Epoch 3/10
3/3 [#####] - 11s 4s/step - loss: 1.1645 - accuracy: 0.5400
Epoch 4/10
3/3 [#####] - 9s 3s/step - loss: 0.9119 - accuracy: 0.7481
Epoch 5/10
3/3 [#####] - 11s 3s/step - loss: 0.7321 - accuracy: 0.8235
Epoch 6/10
3/3 [#####] - 11s 4s/step - loss: 0.5918 - accuracy: 0.9020
Epoch 7/10
3/3 [#####] - 11s 3s/step - loss: 0.5029 - accuracy: 0.9216
Epoch 8/10
3/3 [#####] - 10s 3s/step - loss: 0.4243 - accuracy: 0.9008
Epoch 9/10
3/3 [#####] - 11s 3s/step - loss: 0.3541 - accuracy: 0.9804
Epoch 10/10
3/3 [#####] - 11s 4s/step - loss: 0.3040 - accuracy: 0.9804
Clear, see callbacks.History at 0x7d2894852d960
```

(10) 將模型打造成網路工具，完成螳螂辨識工具

```
[ ] import gradio as gr

[ ] def classifi_image(inp):
    inp = inp.reshape((-1, 256, 256, 3))
    inp = preprocess_input(inp)
    prediction = model.predict_topk_flatten()
    return [labels[i] if i in prediction[i] for i in range(5)]

[ ] image = gr.Image(shape=(256, 256), label="螳螂照片")
label = gr.Label(min_top_klasse=5, label="AI辨識結果")
some_text="我能不能辨識螳螂，快換照片來考我吧!"

[ ] sample_images = []
for i in range(5):
    thdir = base_dir + mantis_folders[i]
    for file in os.listdir(thdir):
        sample_images.append(mantis_folders[i] + '/' + file)
```

(11) 重複步驟 1 至 10，製作蝶蛸辨識工具

4.研究結果：如圖 4-2-3、圖 4-2-4 所示。



圖 4-2-3 AI 螳螂辨識機
(圖片來源：本圖由作者 2 拍攝)



圖 4-2-4 AI 螳螂蝶蛸辨識機
(圖片來源：本圖由作者 2 拍攝)

5.研究討論：

使用 CNN 深度學習架構設計出的辨識機可以讓使用者知道目前辨識的螳螂(或蝶蛸)與哪一種已知物種較接近，但是，辨識的照片必須拍得很清楚才能提供足夠的特徵供 AI 辨識。

(三) 第二組野外調查

1.提出問題：在台灣各地可見到哪些螳螂?牠們棲息環境有哪些共通點?或差異?

2. 踏查步驟：

(1)確認台灣可能有螳螂的目的地並前往(以南部地區為主)。

(2)以上、中、下巡視方式，觀察植物是否有螳螂出沒以及植物枝桠是否有蝶蛸。

(3)紀錄觀察到的螳螂(或螳螂蝶蛸)品種、數量與地點。

3.研究結果： 表 4-2-2 第二組踏查記錄(資料來源：由作者 2 整理)

時間	地點	觀察到的生物
112 年 10 月 08 日 13:00 至 16:00	屏東縣屏東市 屏菸 1936 文化基地	未發現螳螂，有看到蝴蝶。
112 年 10 月 09 日 13:00 至 16:00	屏東縣東港鎮 大鵬灣跨海大橋河流沿岸	未發現螳螂，有看到蝴蝶、蝗蟲。
112 年 10 月 10 日 13:00 至 16:00	台南市中西區 竹溪沿岸	在河岸的構樹枝桠發現寬腹斧螳蝶蛸 1 個。
112 年 10 月 20 日 13:00 至 16:00	屏東縣恆春鎮 墾丁國家公園	未發現螳螂，有看到山豬、猴子、蝗蟲、蜻蜓、蝴蝶、水獺等。

4. 研究討論：

(1)根據文獻探討，螳螂分佈以熱帶地區為主，因此，這次踏查以屏東為主，但仍然未見到螳螂，只看到蝶蛸，推測有兩種可能，一種是螳螂警戒能力強，在我們靠近發現之前就已經離開；另一種是螳螂數量很少，所以不易見到。

(2)在竹溪水岸邊的構樹枝桠發現寬腹斧螳蝶蛸，觀察四周環境，發現竹溪園區有許多樹叢可見到充足的食物(昆蟲)，但是母螳螂卻選擇把蝶蛸產在水邊構樹枝桠，因此，蝶蛸孵化是否需充足水氣成為我們想要了解的問題之一。

(四) 第三組野外調查

1.提出問題：水岸邊是否可以找到寬腹斧螳蝶蛸?

2. 踏查步驟：至各種水岸邊尋找寬腹斧螳蝶蛸。

3.研究結果： 表 4-2-3 第三組踏查記錄(資料來源：由作者 2 整理)

時間	地點	觀察到的生物
113 年 05 月 19 日 13:00 至 16:00	台南市安平區 台江生態文化園區	於路邊塑膠網上發現 1 個已孵化寬腹斧螳蝶蛸。
113 年 06 月 10 日 13:00 至 16:00	彰化縣員林市 員林大排沿岸	於路邊水泥製紐澤西護欄發現 2 個寬腹斧螳蝶蛸。

4. 研究討論：

(1)本組踏查找到寬腹斧螳蝶蛸的地點都在水體(河流或海)附近約 100 至 200 公尺處，顯示自然環境中母寬腹斧螳會將蝶蛸產在水邊(濕度較高處)。

(2)在台江生態文化園區發現已孵化寬腹斧螳蝶蛸，顯示海濱亦有寬腹斧螳生存，未來可朝海岸環境(海風鹽度、風向等)對寬腹斧螳的生長影響持續進行研究。

根據以上研究，發現在野外可能因為寬腹斧螳警戒能力強或是數量很少，所以不易見到；但可以在水邊發現蝶蛸，證明確實有寬腹斧螳在此地生存、繁殖；此外，我們自製的辨識工具也發揮極大的協助，經由手機拍照上傳至辨識工具讓我們可以輕易辨識蝶蛸是較偏向哪個物種的螳螂。

三、寬腹斧螳蝶蛸孵化研究

在上一階段第二組野外踏查後發現寬腹斧螳蝶蛸，因此，接下來實驗以寬腹斧螳為主，蒐集、研究蝶蛸，並自行設計孵化裝置以了解影響蝶蛸孵化因素，共分成五個部分研究。

(一) 蝶蛸(the egg capsule of a mantis)研究

1.提出問題：寬腹斧螳的蝶蛸大概有多大?外觀有哪些特徵?

2.定義：

(1)蝶蛸長(length of the egg capsule, L_{egg})：蝶蛸最大的長度，單位為 mm。

(2)蝶蛸寬(width of the egg capsule, W_{egg})：蝶蛸最大的寬度，單位為 mm。

(3)蝶蛸高(thickness of the egg capsule, T_{egg})：蝶蛸最大的厚度，單位為 mm。

(4)蝶蛸重量(weight of the egg capsule, WG_{egg})：蝶蛸重量，單位為 g。

3.研究步驟：

(1)收集 9 月至 10 月產之寬腹斧螳蝶蛸(來源：彰化飼育家 15 個、新竹飼育家 10 個、高雄飼育家 15 個、中藥行 25 個，共計 65 個)。

(2)將蝶蛸放在方格紙上，利用手機拍攝蝶蛸之正面與側面，放大列印，讀取蝶蛸長 L_{egg} 、寬 W_{egg} 、高 T_{egg} 等數據資料，如圖 4-3-1 所示。

(3)將蝶蛸放在精密天平(最小秤重 0.01 克)上，讀取蝶蛸重量 WG_{egg} 數據資料。

(4)進行分析與討論。



圖 4-3-1 蝶蛸尺寸量測示意圖(圖片來源：由作者 2 拍攝)

4.研究結果：如圖 4-3-2 所示。

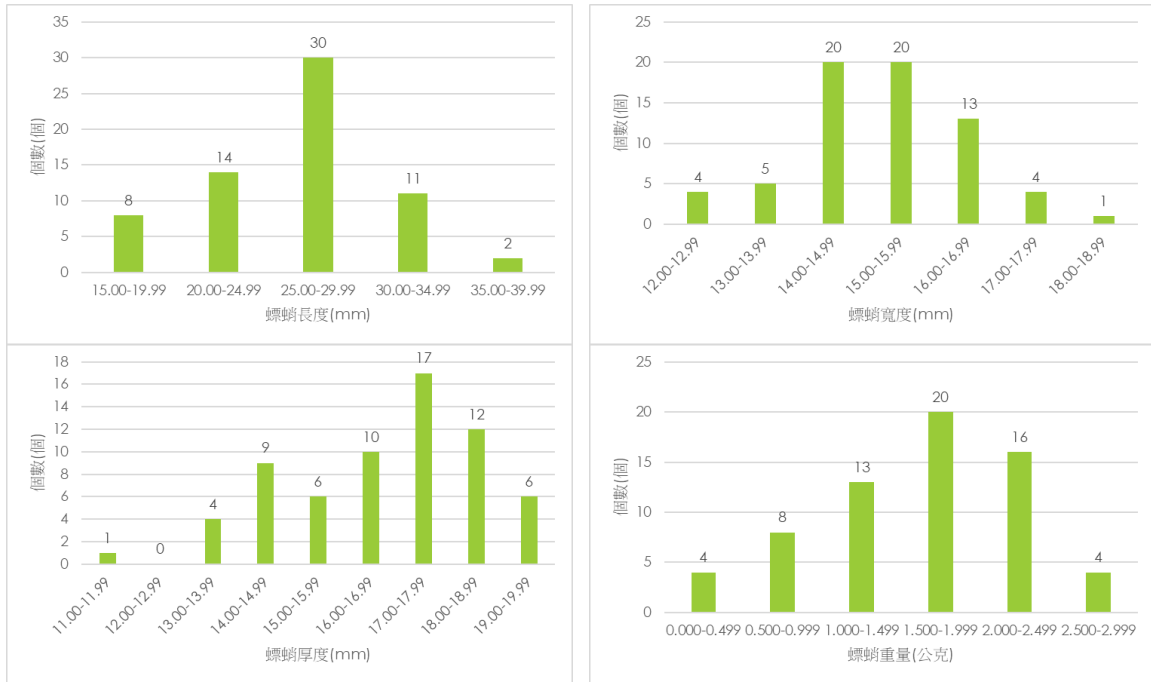


圖 4-3-2 寬腹斧螳蝶蛸長度、寬度、厚度、重量分布圖(圖片來源：由作者 1 整理)

5.研究討論：

- (1)根據研究結果，發現寬腹斧螳蝶蛸長度主要分布在 25.00 至 29.99mm 間、寬度主要分布在 14.00 至 15.99mm 間、重量主要分布在 1.500 至 1.999 公克間。
- (2)至於寬腹斧螳蝶蛸厚度沒有明顯的分布趨勢，根據螳螂產卵方式推測，厚度與螳螂足長是否有關?未來若有母螳螂足長與蝶蛸厚度資訊後值得繼續探究。
- (3)此外，在觀察蝶蛸外觀及孵化實驗結果，發現當外觀有破損時，極有可能遭鯉節蟲寄生，且在同樣環境下鯉節蟲比螳螂孵化時間短，以螳螂卵囊為食。



圖 4-3-3 蝶蛸遭寄生情形 (圖片來源：由作者 2 拍攝)

(二) 自製蝶蛸孵化裝置

1.提出問題：影響蝶蛸孵化的因素有哪些?如何設計一個可控制的孵化裝置?

2.定義：

- (1)溫度(temperature, T)：環境溫度，單位為 $^{\circ}\text{C}$ 。
- (2)相對濕度(relative humidity, RH)：環境潮濕程度，單位為 $\%$ 。
- (3)光照時間(light application time, t)：蝶蛸照光時間，單位為小時。

3.設計步驟：

(1)將蒐集到的蝶蛸以牙籤及米飯糰糊固定後，以橡皮筋固定在底座上。



圖 4-3-4
蝶蛸固定方式
(圖片來源：由
作者 1 拍攝)

(2)將 Arduino UNO 板連接 DHT11 溫溼度感測器、繼電器、風扇降溫組、陶瓷加熱片、霧化器模組、白光 LED 燈模組，並用 Arduino 1.8.5 撰寫控制程式。

(3)將步驟 2 連接好的線路裝置裝設於保麗龍盒(長 22.5cm 寬 20.5cm 高 15cm)，並置入固定好的蝶蛸。

4.研究結果與討論：

(1)孵化裝置在環境溫度部分使用 DHT11 進行監控，因 DHT11 測溫誤差範圍為 2℃，所以設定當 DHT11 讀取溫度高於實驗溫度 2℃時啟動降溫風扇、低於實驗溫度 2℃時啟動加熱片，至讀取溫度等於實驗溫度為止。

(2)孵化裝置在濕度部分使用 DHT11 進行監控，因 DHT11 濕度誤差範圍為 5%，所以設定當 DHT11 讀取濕度低於實驗濕度 5%時啟動霧化器產生水霧，至讀取濕度等於實驗濕度為止。

(三) 光照對蝶蛸孵化的影響

1.提出問題：不同的光照時間，對蝶蛸孵化是否有影響?

2.研究步驟：

(1)取同一來源 4 枚蝶蛸置於自製孵化裝置中，共 3 組。

(2)設定環境溫度為 25℃、濕度為 80%，分別設定光照時間分別為 24 小時、12 小時與 0 小時(不照光)，觀察蝶蛸孵化情形，紀錄並討論。

3.研究結果： 表 4-3-1 不同光照時間，蝶蛸孵化紀錄(資料來源：由作者 1、2 整理)

光照時間(小時)	24				12				0			
編號	001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012
蝶蛸孵化天數(天)	52	52	54	未孵化	未孵化	54	53	50	55	未孵化	54	53
■表示牙籤發霉 △表示牙籤上有小蟲		■		△	△	■		△	■	△	■	

4.研究討論：

(1)根據表 4-3-1，關於光照時間對孵化天數的影響，沒有顯著的差異。

(2)牙籤發霉是實驗過程意外觀察到的現象，原本以為實驗會失敗，但可能由於牙籤發霉部分未靠近蝶蛸，所以牙籤發霉仍有孵化出螳螂。

(3)牙籤上有小蟲(鯉節蟲，約 1 至 5mm)爬行的蝶蛸，4 個中只有 1 個孵化，可見螳螂卵有遭小蟲破壞的可能，未來繼續蝶蛸實驗時，需要留意寄生蟲問題。

(四) 濕度對蝶蛸孵化的影響

1.提出問題：不同濕度，對於蝶蛸孵化是否有影響?

2.研究步驟：

(1)取同一來源 4 枚蝶蛸置於自製孵化裝置中，共 3 組。

(2)設定環境溫度為 25°C、光照時間為 24 小時，分別設定濕度分別為 80%、60% 與 40%，觀察蝶蛸孵化情形，紀錄並討論。

3.研究結果： 表 4-3-2 不同濕度，蝶蛸孵化紀錄(資料來源：由作者 1、2 整理)

濕度(%)	80				60				40			
編號	013	014	015	016	017	018	019	020	021	022	023	024
蝶蛸孵化天數(天)	47	45	48	47	50	未孵化	未孵化	未孵化	未孵化	未孵化	未孵化	未孵化
■表示牙籤發霉		■		■	6 隻 螳螂							

4.研究討論：

(1)根據表 4-3-2，發現濕度對於蝶蛸的孵化情形有明顯的影響，當濕度 60%時雖有孵化，但是未見到明顯成串的若蟲，僅見到 6 隻螳螂孵化，在孵化裝置中爬行；當濕度 40%時則未見到孵化。

(2)在進行本組實驗時，一開始在學校地下室進行實驗，但地下室溼度始終超過 60%，甚至有時達 80 至 90%，後來改放置到家裡較乾燥的櫃子才順利完成實驗，未來可考慮加裝除溼裝置，讓自製孵化裝置可以自由使用在不同地點。

(五) 溫度對蝶蛸孵化的影響(實驗一)

1.提出問題：不同的環境溫度，對於蝶蛸孵化是否有影響?

2.研究步驟：

(1)取同一來源 4 枚蝶蛸置於自製孵化裝置中，設定濕度為 80%、光照時間為 24 小時，共 2 組。

(2)設定環境溫度分別為 25°C 與 30°C，觀察蝶蛸孵化情形，紀錄並討論。

3.研究結果： 表 4-3-3 不同溫度，蝶蛸孵化紀錄(資料來源：由作者 1、2 整理)

溫度(°C)	25				30			
編號	025	026	027	028	029	030	031	032
蝶蛸孵化天數(天)	52	52	54	55	38	37	37	未孵化
■表示牙籤發霉		■			■	■		■

4.研究討論：

(1)根據表 4-3-3，發現溫度對於蝶蛸的孵化情形有明顯的影響，當環境溫度 30°C 時孵化天數較環境溫度 25°C 時的孵化天數明顯約有 10 天以上的差距。

(2)在高溫(30°C)與高濕度(80%)的環境之下，蝶蛸孵化天數最短，但是牙籤發霉現象最明顯，未來可考慮更換為粗糙(供螳螂攀爬)且不易發霉的材質。



圖 4-3-5 實驗照片
(圖片來源：由作者 2 拍攝)

(六) 溫度對蝶蛸孵化的影響(實驗二)

1.提出問題：在低溫的環境溫度下儲存，蝶蛸是否產生變化?

2. 研究步驟：

取同一來源 4 枚蝶蛸置於冰箱冷凍 0°C 與冷藏 5°C，放置 5 個月後，觀察蝶蛸內部情形，紀錄並討論。

3.研究結果： 表 4-3-4 不同溫度，蝶蛸孵化紀錄(資料來源：由作者 3、4 整理記錄)

溫度(°C)	0		5	
蝶蛸內部情形				
說明	蝶蛸內部卵粒呈現黑色。	未孵化完成之若蟲呈現發黑現象。	蝶蛸內部卵粒呈現黃色。	未孵化完成之若蟲呈現黃色，且經過碰觸，尾端會有運動現象。

4.研究討論：

根據表 4-3-4，發現溫度 5°C 時蝶蛸緩慢孵化中，且若蟲仍存活；但當溫度 0°C 時呈現發黑、死亡；此項實驗結果應可做為未來寬腹斧螳保種與人工孵育時控制數量的參考。

根據以上研究，發現光照時間對於蝶蛸孵化天數沒有顯著影響，但是環境溫度高(30°C)與濕度高(80%)可降低蝶蛸孵化天數，而支撐蝶蛸的牙籤發霉明顯，恐有影響蝶蛸孵化的可能，至於低溫環境下，可減緩蝶蛸孵化速率，但 0°C 低溫會導致卵粒與若蟲死亡；此外，寄生蟲是影響蝶蛸孵化的重要因素，尤其蝶蛸孵化天數越長，越可能遭到破壞。

另外，除了以上實驗之外，我們也觀察到以下 3 點：

- 1.當孵化的空間太小時，若蟲無法順利伸展，導致大量未伸展成功的螳螂死亡。
- 2.當攀爬網目太大(目前測試以洗衣袋網目最佳)時，會造成初生螳螂卡死在網目裡。
- 3.孵化環境不可積水(尤其是蝶蛸下方)，我們發現有數量不少的初生螳螂淹死在積水中。

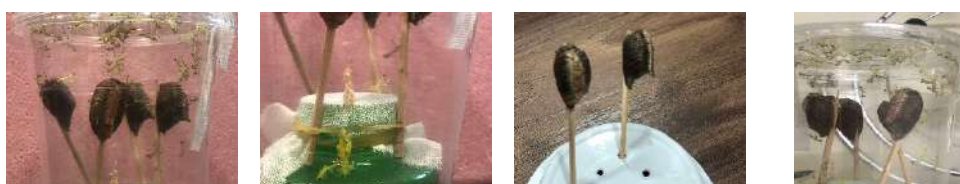


圖 4-3-6
實驗觀察照片
(圖片來源：由作者 2
拍攝)

四、寬腹斧螳若蟲飼育研究

在上一階段實驗中瞭解影響寬腹斧螳蝶蛸孵化因素，也觀察到蝶蛸從若蟲出現到孵化完成，需經過 1 天以上，第一次孵化因經驗不足，移動孵化中蝶蛸，導致連接蛻皮中若蟲的細絲斷裂，若蟲成串掉落蛻皮失敗死亡，因此，從蝶蛸開始孵化起，除維持濕度與溫度外，都要耐心等待 1-2 天，等到完全孵化後再開始後續一齡蟲分裝作業。

而統計孵化結果，發現雖孵化出「大量」一齡若蟲，但未孵化完成就死亡的個體數量不少，在假設蝶蛸內的卵粒全部孵化情況下，孵化成功比率約為 0.57，相關可能影響因素有待未來繼續進一步探討。

接著，將若蟲單獨分裝(關於若蟲互食，根據 60 屆全國科展作品「精雕花刃的草叢獵人-棕汗斑螳螂」實驗結果建議螳螂必須一螳一室，再加上考量若蟲間互相干擾，故選擇一隻一隻分裝)，進行若蟲飼育研究(平均溫度 28°C，平均濕度 80%)，共分成兩個部分進行實驗。

首先，根據飼養經驗與資料收集結果，螳螂於一齡期最容易大量死亡，因此，第一部分主要針對寬腹斧螳一齡若蟲進行實驗，希望能找到提高存活率的環境容積；接著，針對二齡期以後若蟲進行長期實驗，了解食物數量對螳螂生長的影响。

(一) 環境大小對寬腹斧螳一齡若蟲存活率的影響

1. 提出問題：不同的環境大小是否會影響寬腹斧螳一齡若蟲的存活率？

2. 定義：





(1) 環境容積(volume, V)：放置螳螂的容器容積，單位為 mL。

(2) 螳螂存活率(the survival rate, R)：
$$R = \frac{\text{存活螳螂個數(個)}}{\text{全部螳螂個數(個)}} \times 100\%$$
，單位為 %。

3. 第一次實驗研究步驟：

(1) 蒐集網路飼育家分享之螳螂飼育容器及飼育資料，如表 4-4-1。


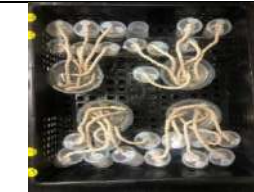


表 4-4-1 網路飼育家使用之飼養螳螂容器(資料來源：由作者 1 整理)

飼育容器				
說明	由左起分別是 140mL、250mL、1000mL、975mL 塑膠容器，上蓋切開，貼上透氣貼紙	140 mL 醬料杯，底部切開，貼上洗衣袋網布，以原本布丁杯之上蓋為底，方便清理蟲糞	體積約為 12mL 藥盒 內部貼攀爬膠帶	梅子罐小、中、大、超大，底部切開後貼透氣布，以原本的上蓋為底，側邊貼攀爬紙
來源	蝦皮：阿玉兜兜工作室	蝦皮：810183andy	台灣螳螂研究院 ocean	台灣螳螂研究院 ocean

(2) 考慮保濕、提供水分、容易餵食果蠅等條件，自行設計以下飼育容器，將孵

化 2 天的寬腹斧螳若蟲裝入以下自製飼育容器(各 100 個)中，如表 4-4-2。

表 4-4-2 自製螳螂飼育容器(圖片來源：由作者 2 拍攝)

編號	A	B	C	D
自製飼育容器照片				
環境容積	10mL 有蓋量杯 側邊貼攀爬網布	20mL 有蓋量杯 側邊貼攀爬網布	100mL 尖嘴噴瓶	140 mL 醬料杯
透氣方式	上蓋打洞(直徑 0.5cm)，洞上貼透氣紙	上蓋打洞(直徑 0.5cm)，洞上貼透氣紙	底部切開，貼上網布	底部切開，貼上網布
保濕方式	以棉花棒裝水保濕	以棉線吸水保濕	以棉線吸水保濕	噴水保濕
給水方式	一天噴水一次	一天噴水一次	一天噴水一次	一天噴水一次
餵食方式	開上蓋倒入果蠅	開上蓋倒入果蠅	以真空幫浦(抽氣機)貼於網布，吸入果蠅	開上蓋倒入果蠅

(3) 每日餵食殘翅果蠅 1 隻，觀察寬腹斧螳一齡若蟲進食狀況以及存活情形(為期

兩週)，紀錄並進行討論。

4.研究結果：如圖 4-4-1 所示。

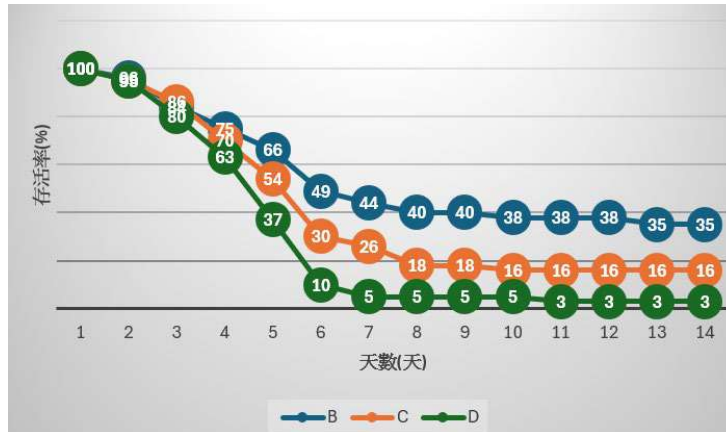


圖 4-4-1 第一次實驗不同環境容積中寬腹斧螳若蟲存活率折線圖(圖片來源：由作者 2 繪製)

5.研究討論：

- (1)根據實驗結果發現環境容積 $V=20\text{mL}$ 存活率最高，而 $V=140\text{mL}$ 存活率最低，可推測環境容積大小與存活率有相關性，但從圖 4-4-1 中未見到明顯規律性，因此，思考是否可做更進一步的容器設計，讓實驗可以更精準找出相關性；而自製容器 A 因為保濕用棉花棒脫落，造成若蟲逃逸，故無法列入討論中。
- (2)根據觀察，環境容積較大的 B 容器與 C 容器，在死亡的若蟲容器中均仍有殘存的果蠅，推測因環境容積較大，若蟲捕食果蠅不易，最終耗盡力氣死亡。
- (3)另外，在實驗過程中一開始因為果蠅數量不足，意外發現未食用果蠅、僅喝水的若蟲仍能存活 2 至 3 天，但未提供水分的若蟲則無法存活。

6. 第二次實驗研究步驟：



圖 4-4-2 第二次實驗研究使用的飼育容器(圖片來源：由作者 2 拍攝)

- (1)根據上段實驗，重新設計飼育容器 E，如圖 4-4-4，調整吸管長度即可改變環境容積大小，將孵化 2 天的寬腹斧螳一齡若蟲分別裝入 5cm、10cm、15cm 長的自製容器(共 250 個)中，再裝入保麗龍盒控制環境溫度，並裝入水維持環境溫濕度，每日噴水一次。
- (2)每日餵食殘翅果蠅 1 隻，觀察寬腹斧螳一齡若蟲進食狀況以及存活情形(為期兩週)，紀錄並進行討論。

7.研究結果：如圖 4-4-3 所示。

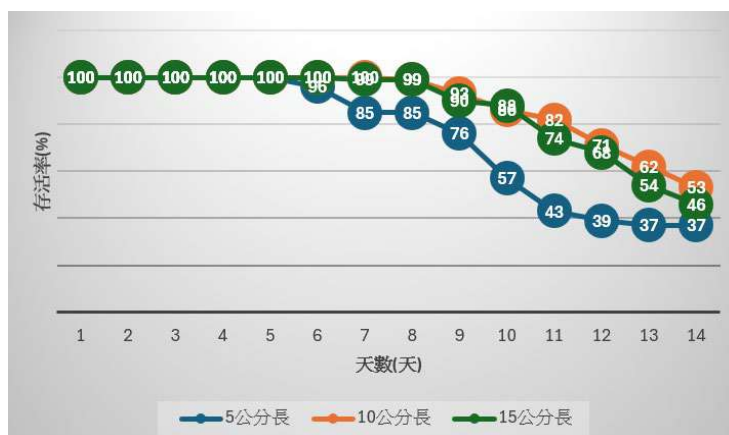


圖 4-4-3 第二次實驗不同環境容積中寬腹斧螳若蟲存活率折線圖(圖片來源：由作者 2 繪製)

8.研究討論：

(1)根據實驗結果發現長度 10 公分自製容器 E(V≈10mL)存活率最高，而非本次實驗環境容積最小的長度 5 公分自製容器，與上一實驗推測環境容積越小與存活率越大的相關性，經過觀察，推測原因是過小的環境容積雖捕食果蠅較容易，但內部易積水(給水造成)使個體因太潮濕而死亡，如圖 4-4-4。



圖 4-4-4 死亡寬腹斧螳若蟲(長度 5 公分自製容器內與其他死亡因素比較)(圖片來源：由作者 2 拍攝)

(2)根據以上兩次實驗，我們得知一螳一室的情況下，一齡寬腹斧螳在環境容積 10mL 存活率最高，達 53%；過大或過小的環境容積都會降低存活率。

(二)食物數量對寬腹斧螳若蟲生長的影响

1.提出問題：不同食物數量是否會影響寬腹斧螳若蟲的生長與存活率?

2.定義：

(1)食物數量(food number, N)：提供給若蟲的果蠅數量，單位為隻。

(2)螳螂存活率(the survival rate, R)：
$$R = \frac{\text{存活螳螂個數(個)}}{\text{全部螳螂個數(個)}} \times 100\%$$
，單位為%。

(3)螳螂長(length of the mantis, L)：螳螂體長，單位為 mm。

(4)齡期(instar, I)：若蟲每蛻一次皮，增加一齡，單位為齡。

3.研究步驟：

(1)將二齡若蟲分別置入自製飼育容器 D 中，維持溫度 28°C、濕度 80%，固定每日噴水一次，分成 3 組 N1、N2、N3，各 13 個。

(2)每天固定提供果蠅 1 次，N1 組 N=2、N2 組 N=4、N3 組 N=6，紀錄若蟲狀況並進一步分析與討論。

4.研究結果：如圖 4-4-5 所示。



圖 4-4-5 不同食物數量寬腹斧螳若蟲存活率與螳螂長折線圖(圖片來源：由作者 1 繪製)

5.研究討論：

(1)在 2、3 齡期若蟲階段一次餵食 4 及 6 隻果蠅，根據實驗觀察，若蟲無法捕食完，造成果蠅干擾若蟲的情況；直至 4 齡期後，若蟲才能捕食全部果蠅。

(2)餵食 2 隻果蠅的若蟲，自 3 齡後平均體長明顯較小，到了 6 齡只達餵食 4 及 6 隻果蠅的若蟲平均體長 70%左右，且存活率亦明顯較低，所以推測餵食 2 隻果蠅的若蟲在 3 齡後食物不足；我們嘗試在本次實驗後提供本組實驗若蟲足夠的食物，經過 1 至 2 次蛻皮後，與其他實驗組若蟲無明顯差異。

(3)根據以上實驗發現隨著齡期增加，若蟲對食物數量的需求不同，逐漸增加。

根據以上研究，一齡寬腹斧螳在環境容積 10mL 存活率最高，達 53%；過大或過小的環境容積都會降低存活率；隨著齡期增加，若蟲對食物數量的需求逐漸增加。

此外，研究過程中需餵食的個體很多，於是改良果蠅餵食方式，從用倒的(不易控制數量)到後來設計用抽氣馬達採主動吸取方式，讓餵食螳螂的工作方便、快速許多。



圖 4-4-6
實驗操作過程
(圖片來源：由第 1 指導教師拍攝)

五、寬腹斧螳捕食行為研究

前面兩段研究過程，讓我們對蝶蛸孵化與若蟲飼育有了更進一步的認識，接著對寬腹斧螳的捕食行為進行研究，分別以 1 齡、3 齡、6 齡與 8 齡若蟲為實驗對象進行探究。

(一)光照對寬腹斧螳捕食速率的影響

1.提出問題：不同的光照強度，會不會影響寬腹斧螳捕獲果蠅的快慢？

2.定義：

(1)光照強度(illumination, I)：單位面積上可見光的光通量，單位為 Lux。

(2)捕獲果蠅時間(time, t)：螳螂放到實驗環境到捕獲果蠅花費的時間，單位為秒。

3.研究步驟：

(1)在直徑 15 公分、高 10 公分的保麗龍盒上方放置不同的 LED 光源，用照度計測量光照強度 I。

(2)在保麗龍盒中放入 10 隻果蠅，接著放入寬腹斧螳若蟲，並開始計時。

(3)紀錄若蟲捕獲果蠅時間 t，進行分析討論。

(4)在保麗龍盒底部鋪上黑紙，重複步驟(1)至(3)。

4.研究結果：如圖 4-5-1，1 齡若蟲因為捕獲時間超過 2 分鐘，所以沒有畫在圖中。

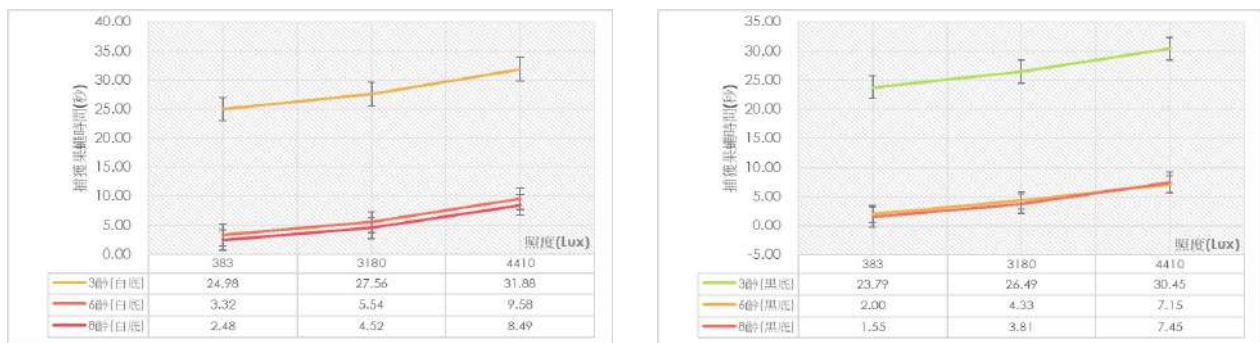


圖 4-5-1 光照強度與若蟲捕食時間關係圖(圖片來源：由第 2 指導教師協助繪製)

5.研究討論：

(1)不論在哪一種光照強度下 1 齡若蟲捕獲果蠅時間均很久(幾乎可以說是沒有捕食行為)，也印證前一實驗階段結果，需在小環境容積才能有好的飼育結果。

(2)3、6、8 齡若蟲隨著光照強度增加，捕獲果蠅時間也增加，顯示太強的光會降低若蟲捕食速率；且在黑底環境下捕獲時間均較白底環境下捕獲時間短，經過討論，推測是否與黑色環境吸收周圍光線，降低光照強度有關。



圖 4-5-2 實驗過程
(圖片來源：由第 2 指導教師拍攝)

(二) 距離對寬腹斧螳捕食速率的影響

1. 提出問題：果蠅在多遠的距離可被寬腹斧螳偵測到? 捕獲的時間多久?

2. 定義：

(1) 距離(distance, d)：螳螂與果蠅之間的距離，單位為 cm。

(2) 捕獲果蠅時間(time, t)：螳螂查覺果蠅到捕獲果蠅花費的時間，單位為秒。

3. 研究步驟：

(1) 在保麗龍盒中放入 10 隻果蠅，接著放入螳螂若蟲。

(2) 紀錄若蟲察覺果蠅到捕獲果蠅時間 t 以及察覺時的距離，進行分析討論。

4. 研究結果與討論：

(1) 研究發現 1 齡若蟲即使果蠅在牠的面前經過，也不一定會有捕食行為，但根據觀察，1 齡若蟲會主動前往喝水，因此，在 1 齡若蟲存活率不高情況下，嘗試以糖水沾濕衛生紙讓若蟲吸食，未來可再進一步研究糖水相關餵食實驗。

(2) 研究發現 6 與 8 齡若蟲捕食果蠅能力較 3 齡若蟲強，齡期越大、距離越近捕獲果蠅時間越短，尤其是果蠅由若蟲前經過時，可說是秒殺、雙殺(兩支前足分別各抓一隻果蠅)、三殺(兩支前足分別各抓一隻果蠅，再一起夾住第三隻果蠅)；而捕捉距離每隻若蟲略有差異，若蟲察覺果蠅到前往捕捉，最多可前進 2 步。

(3) 這個實驗設計因為果蠅也在移動，若蟲也在移動，非常不易控制，未來可以考慮改採移動緩慢的其他飼料蟲重新再實驗。

(三) 聲波對寬腹斧螳捕食速率的影響

1. 提出問題：不同聲波會不會影響螳螂捕食速率?

2. 定義：

(1) 聲波頻率(frequency, f)：聲波振動快慢頻率，單位為赫。

(2) 捕獲果蠅時間(time, t)：螳螂放到實驗環境到捕獲果蠅花費的時間，單位為秒。

3.研究步驟：

- (1)在直徑 15 公分、高 10 公分的保麗龍盒中放入 10 隻果蠅，上方放置手機用 phyphoxAPP 聲調產生器播放 500、1000、1500、2000、2500 及 3000 赫音頻。
- (2)若蟲放入保麗龍盒中，並紀錄若蟲捕獲果蠅時間 t ，進行分析討論。

4.研究結果：如下圖 4-5-3 所示。

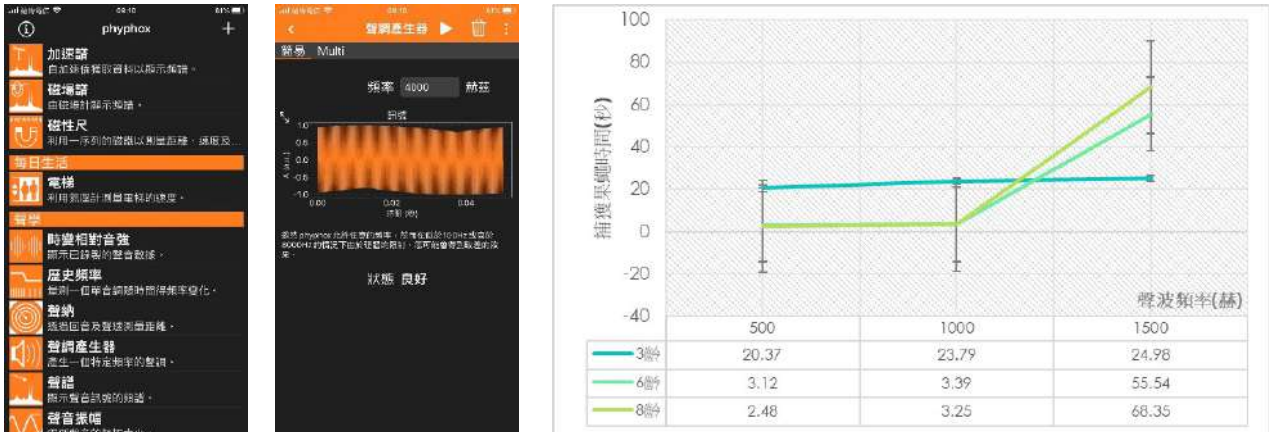


圖 4-5-3 不同音頻與若蟲捕獲果蠅時間折線圖(圖片來源：由第 2 指導教師協助繪製)

5.研究討論：

- (1)不同的音頻對 1 齡若蟲沒有顯著的差異，均呈現隨意前進的狀況。
- (2)當音頻為 500、1000 赫時，3、6、8 齡若蟲捕獲果蠅時間與無外加音頻的捕獲果蠅時間相近。
- (3)當音頻達 1500 赫時，發現 3 齡若蟲雖捕獲果蠅時間無顯著差異，但需前撲多次才能抓到果蠅；6、8 齡若蟲動作緩慢，且有前足互搓、前足搓觸角現象，而果蠅亦緩慢移動，捕獲果蠅時間拉長，顯示音頻對螳螂若蟲捕食行為具有影響，且若蟲齡期越大，影響越明顯。
- (2)當音頻超過 2000 赫，3、6、8 齡若蟲呈現靜止，不斷地前足互搓、前足搓觸角現象。



圖 4-5-4 實驗過程(圖片來源：由第 2 指導教師協助拍攝)

(四) 人工飼料飼育寬腹斧螳的可行性

1.提出問題：飼育螳螂一定要用活蟲嗎?是否可用飼料替代?

2.定義：

(1)人工飼料(feed, F)：由蟲粉製作的鬥魚飼料，單位為顆。

(2)抓取飼料時間(time, t)：螳螂放到實驗環境到抓取飼料花費的時間，單位為秒。

3.研究步驟：

(1)根據資料查詢，確實有些人分享螳螂飼料製作方式，如表 4-5-1。

表 4-5-1 螳螂人工飼料配方(資料來源：百度搜索，由作者 1 整理)

配方編號	1	2	3
材料與做法	酵母片、蛋黃、蜂蜜、蔗糖 攪拌均勻後蒸熟	豬肝、蔗糖拌勻	豬肝，蚜蟲粉、豆粉、蔗糖、酵母片拌勻

(2)經過討論，表 4-5-1 製作的人工飼料不易保存，所以，我們重新尋找適合的人工飼料，選定以全蟲粉製作的鬥魚飼料(粒徑約 3mm)，以水泡開後晾乾至可在自製飼育容器中移動，不會黏附在器壁的程度。

(3)進行以下 3 種飼育容器設置，如表 4-5-2。

表 4-5-2 飼育容器設計(資料來源：由作者設計並整理)

編號	方式	裝置設計
F	轉動人工飼料	在飼育容器 D 的上蓋裝置 SG90 Servo 伺服馬達(舵機)並與 arduino uno 連接，控制轉動情形，伺服馬達轉軸 0 度，停 1 秒，再轉到 90 度，再停 1 秒，再轉到 180 度，然後再轉回 90 度、0 度，反覆執行
G	震動人工飼料	在飼育容器 D 的上蓋裝置震動馬達並與兩顆 3 號電池連接，控制震動
H	使人工飼料不規則運動	在飼育容器 D 的上蓋裝置樂高 SPIKE 組裝之凸輪結構，控制馬達轉速

(4)在飼育容器 D、飼育容器 F、飼育容器 G、飼育容器 H 中加入步驟(2)完成的人工飼料，放入 1、3、6、8 齡若蟲啟動轉(震)動，觀察若蟲捕食行為。

4.研究結果： 表 4-5-3 人工飼料餵食紀錄(資料來源：作者 2 整理)

編號		1 齡若蟲	3 齡若蟲	6 齡若蟲	8 齡若蟲
D		×	×	×	×
F		×	有捕食行為 未捕食成功	有捕食行為 未捕食成功	有捕食行為 未捕食成功
G		×	×	捕食成功	捕食成功
H	馬達轉速 10 圈/分	×	捕食成功	捕食成功	捕食成功
	馬達轉速 20 圈/分	×	×	×	×
	馬達轉速 30 圈/分	×	×	×	×
×表示未有捕食行為					

5.研究討論：

- (1)飼育容器 F 為整體轉動，若蟲也隨之轉動，1 齡若蟲因攀附不住而隨容器轉動，十分令人擔心蟲體受傷，其餘齡數若蟲亦有攀附不住的現象。
- (2)飼育容器 G 雖為小幅度震動(如手機來電震動)，1 齡若蟲亦有掉落現象，而令人欣喜的是 6、8 齡若蟲有捕食人工飼料成功。
- (3)飼育容器 H 為飼育容器 F 與 G 之改良版本，經過實驗發現控制馬達轉速 10 圈/分驅動凸輪結構使人工飼料不規則震動，可讓 3、6、8 齡若蟲捕食人工飼料成功，且齡數越高捕食時間越短，此方式可減少人工餵食對若蟲的干擾(如開關容器時壓斷螳螂腳……等)並能適時補充若蟲缺乏的養分。

(五) 子子的捕食行為實驗(感謝國衛院協助提供白線斑蚊若蟲子子)

1.提出問題：寬腹斧螳是否會捕食子子?

2.定義：

(1)水深(the depth of water, d)：指放置子子的水深度，單位為 mm。

(2)子子體長(length of mosquito larvae, L_m)：指餵食螳螂之子子長度，單位為 mm。

3.研究步驟：

(1)將若蟲置於自製飼育容器 D 中，利用滴管將水置於飼育容器底部，水深分別為 1mm、3mm 與 5mm。

(2)於水中加入子子 5 隻，觀察若蟲捕食行為並分析討論。



圖 4-5-5
實驗操作過程
(圖片來源：作者 2 拍攝)

4.研究結果： 表 4-5-4 若蟲捕食子子情形觀察紀錄表(資料來源：作者 2 整理)

水深(mm)	1	3	5
子子狀態	水深太淺，子子扭動緩慢	子子正常扭動	子子正常扭動
1 齡若蟲	○	×	×
3 齡若蟲	○	○	×
6 齡若蟲	×	○	○
8 齡若蟲	×	○	○

○表示捕食，×表示經過 4 小時均未捕食

5.研究討論：

- (1)當水深為 1mm 時，孑孓扭動十分緩慢，1、3 齡若蟲有發現並捕食。
- (2)當水深為 3mm 和 5mm 時 1 齡若蟲雖發現孑孓，但並未捕食，推測水深對齡期小的若蟲造成部分的威脅。
- (3)齡期越大的若蟲對正常扭動的孑孓捕食能力越高，6、8 齡若蟲幾乎是一隻吃完接著一隻捕食。

(六) 不同移動方式昆蟲捕食行為實驗

1.提出問題：陸生昆蟲的移動方式有飛行、步行、爬行，螳螂會捕食哪些移動方式的昆蟲？

2.研究步驟：

(1)在我們生活周遭找到三種移動方式的昆蟲，分別是飛行昆蟲(蚊子)、步行昆蟲(吸食台灣欒樹種子的紅姬緣椿象)、爬行昆蟲(寵物店販售的黃迷若蟲)，配合蚊子大小尺寸，篩選體長相近的個體，放入飼育容器 D，各 10 組。

(2)放入 1、3、6、8 齡若蟲，觀察若蟲捕食行為並分析討論。

3.研究結果與討論：

6、8 齡若蟲會捕食紅姬緣椿象與黃迷若蟲，但無法捕食飛行中蚊子，需等候蚊子停住才會捕食；1、3 齡若蟲只能捕食黃迷若蟲，未捕食蚊子與紅姬緣椿象。

(七) 不同體型昆蟲的捕食行為實驗

1.提出問題：螳螂可以捕食比自己大的昆蟲嗎?還是只能捕食比自己小的?

2.研究步驟：

(1)準備不同大小的紅姬緣椿象與黃迷若蟲，分別放入放入飼育容器 D，各 10 組。

(2) 放入 1、3、6、8 齡若蟲，觀察若蟲捕食行為並分析討論。

3.研究結果： 表 4-5-5 若蟲捕食不同尺寸黃迷情形紀錄表(資料來源：作者 2 整理)

黃迷體型	比 1 齡若蟲小	介於 1 齡與 6 齡若蟲間	比 6 齡若蟲大
1 齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
3 齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
6 齡若蟲捕食情形	○	○	沒有這個尺寸
8 齡若蟲捕食情形	○	○	沒有這個尺寸

○表示捕食，×表示經過 4 小時均未捕食

表 4-5-6 若蟲捕食不同尺寸紅姬緣椿象情形紀錄表(資料來源：作者 2 整理)

紅姬緣椿象體型	比 1 齡若蟲小	介於 1 齡與 6 齡若蟲間	比 6 齡若蟲大
1 齡若蟲捕食情形	×	×	沒有這個尺寸
3 齡若蟲捕食情形	×	×	沒有這個尺寸
6 齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
8 齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
○表示捕食，×表示經過 4 小時均未捕食			

4.研究討論：

1、3 齡若蟲能捕食體型比自己小的黃迷若蟲，未捕食比自己體型小的紅姬緣椿象，且疑似遭紅姬緣椿象吸食；6、8 齡若蟲能捕食體型比自己小的黃迷若蟲，但僅捕食體型小於自己許多的紅姬緣椿象，推測除了體長因素之外，是否有其他影響因素(如分泌防禦物質)。

伍、結論

- 一、野外踏查發現不易見到螳螂，可能是因為螳螂警戒能力強或是數量很少；經由手機拍照上傳至自製螳螂與蝶蛸辨識工具可以較輕易辨識出螳螂(或蝶蛸)是較偏向哪個物種。
- 二、環境溫度高(30℃)與濕度高(80%)可降低蝶蛸孵化天數，但寄生蟲會影響蝶蛸孵化，尤其蝶蛸孵化天數越長，越可能遭到破壞。
- 三、一齡若蟲在環境容積 10mL 存活率最高(53%)；過大或過小的環境容積會降低存活率。
- 四、隨著齡期增加，寬腹斧螳若蟲對食物數量的需求逐漸增加，果蠅餵食方式從用倒的改良到用抽氣馬達吸取，可讓餵食螳螂工作更快速。
- 五、強光、1500 赫以上音頻會影響若蟲捕食，小幅度震動可以使若蟲捕食人工飼料，若蟲可以捕食孑孓、停住的蚊子、比自己體長小的黃迷若蟲與紅姬緣椿象；1 齡若蟲捕食行為不明顯，可捕食體長小於自己的黃迷若蟲。

陸、參考文獻資料

1. 吳春美、章加寶（2011），闊腹螳螂生物學特性的觀察初報，行政院農業委員會苗栗區農業改良場研究報告。
2. 倪克齊等人（2020），精雕花刃的草叢獵人-棕汗斑螳螂，中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書。

【評語】 080313

這項研究針對寬腹斧螳的孵育與捕食行為進行了全面的探討，使用自製工具和裝置，並通過實驗分析了多種環境因素對螳螂行為的影響。

研究主題及價值：

寬腹斧螳的孵育與捕食行為是一個重要且具有研究價值的主題，有助於深入了解這種螳螂的生態習性和生存策略。研究設計並使用了 AI 螳螂與蝶蛸辨識工具，展示了技術創新和現代科技在生態研究中的應用，這種方法有助於提高野外調查的效率和準確性。

創意與科學方法：

研究通過設計自製實驗裝置進行蝶蛸孵育實驗，並分析了溫度與濕度對孵化天數的影響，實驗設計合理且細緻，結果具有一定的科學價值。詳細觀察了寬腹斧螳若蟲的飼育過程，發現不同齡期若蟲對食物數量的需求不同，並提出以 10mL 自製容器可提高一齡若蟲存活率的建議，這些發現對螳螂的人工飼育具有實際意義。

研究成果與實用價值：

研究深入探討了光照強度和聲波頻率對寬腹斧螳若蟲捕獲果蠅時間的影響，並記錄了若蟲的捕食距離和食物種類，這些結果豐富了對寬

腹斧螳捕食行為的理解，具有重要的生態學意義。結果顯示，環境溫度高(30°C)與濕度高(80%)可降低蝶蛸孵化天數，一齡若蟲在環境容積 10mL 時存活率最高，強光和 1500 赫茲以上的音頻會影響若蟲捕食行為。這些發現對於生態環保等議題具有重要性。

建議與未來展望：

這項研究通過創新方法和合理設計，深入探討了寬腹斧螳的孵育與捕食行為，結果具有重要的科學價值和實際應用潛力。未來可以通過增加樣本數量、進行長期觀察、擴展環境變量和深入機制探討，進一步提升研究的深度和廣度。同時，將研究結果應用於實際的生態系統管理中，將有助於提高螳螂在害蟲防治中的應用價值。

改善建議：

1. 本研究試圖利用 AI 進行深度學習製作螳螂辨識工具，但應有實例驗證其正確性。
2. 各作者分工明確，需註明貢獻者。
3. 需探討為何過大的環境容積會降低存活率。
4. 捕食行為實驗中的昆蟲數量及進行次數需具體說明。
5. 第 5 頁關於真空吸力與不同截面積管子流體流動情形的內容與主

題無關，應刪除或改寫以保持內容一致性。

總結來說，本研究展示了很高的教育價值和科學探究精神，未來可以通過更精細的實驗設計和多樣化的研究方法進一步提升研究的深度和廣度。

作品簡報

A large, detailed illustration of a green mantis (寬腹斧螳) on a leaf, serving as the background for the left half of the banner. The mantis is shown in profile, facing right, with its characteristic raptorial front legs and long body.

登「螳」



-寬腹斧螳之孵育與捕食行為探討



壹、前言

第一部份：研究動機

一、可愛又迷人的反派角色

第一次看到螳螂就對這個物種深深著迷，一方面是因為螳螂獵食時伺機而動，猛然精準出擊捕食的動作，另一方面是牠靜止不動時，前足合併好像雙手合十，加上身體隨風輕輕搖擺，像極了廟裡佛前寧靜地喃喃祈禱的人們，因此，在外國又稱祈禱蟲；螳螂在殺手與祈禱者兩種角色間切換，讓人深深著迷！

二、阿嬤說的不可能的任務

阿嬤總說自己小時候見過許多昆蟲，滿山飛舞的蝴蝶、螢火蟲，俯拾即是獨角仙、金龜子，唯獨螳螂，阿嬤搖搖頭說：「很少見！很少見！螳螂會互食，兄弟姊妹都互相吃光光了，只看過一兩隻獨活，更不用說要養啦！螳螂要吃活昆蟲，很難養啦！不可能養啦！」。

三、有機農業發展空間無限

常常上學經過農田時，農人們早已經摸黑背起農藥桶走進田裡，仔仔細細噴灑農藥，希冀能少一點蟲害，偶爾風向一變，噴出的農藥全吹向了農人，都會讓人捏一把冷汗，因為噴農藥而中毒的消息時有所聞，因此，開始思考，是否有機會像鴨間稻一樣，讓殺手級的螳螂有機會一展身手？

從以上三方面的了解，我們對螳螂深深地著迷，因此，這次的科學研究試圖從尋找、認識台灣本土種螳螂開始，並嘗試設計適合螳螂的孵化與飼養環境，進而了解螳螂孵化、捕食的行為及影響因素。

第二部份：研究目的

- 一、認識台灣本土種螳螂。
- 二、了解影響寬腹斧螳蝶蛹孵化的影響因素。
- 三、了解影響寬腹斧螳若蟲生長的影响因素。
- 四、了解寬腹斧螳的捕食行為。



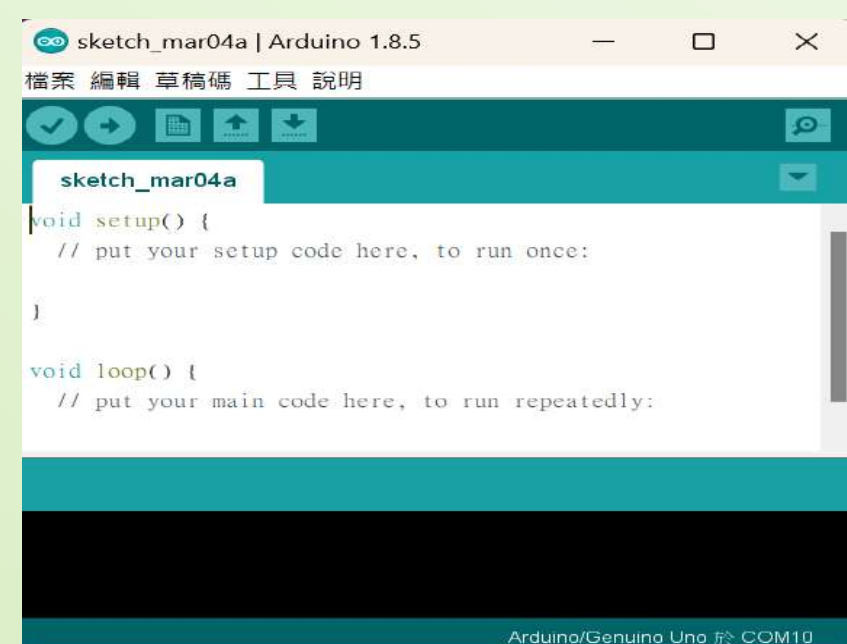
貳、研究設備及器材

(資料來源：由作者1彙整)

自製孵化裝置	自製飼育容器 ABCDE	自製人工飼料餵食機構 FGH
尺與方格紙	電子放大鏡 (放大倍率 30 倍)	解剖顯微鏡 (放大倍率 30 倍)
可變焦手電筒	照度計 (LM-81LX)	精密天平 (最小秤重 0.01 克)
冰箱	手機	電腦



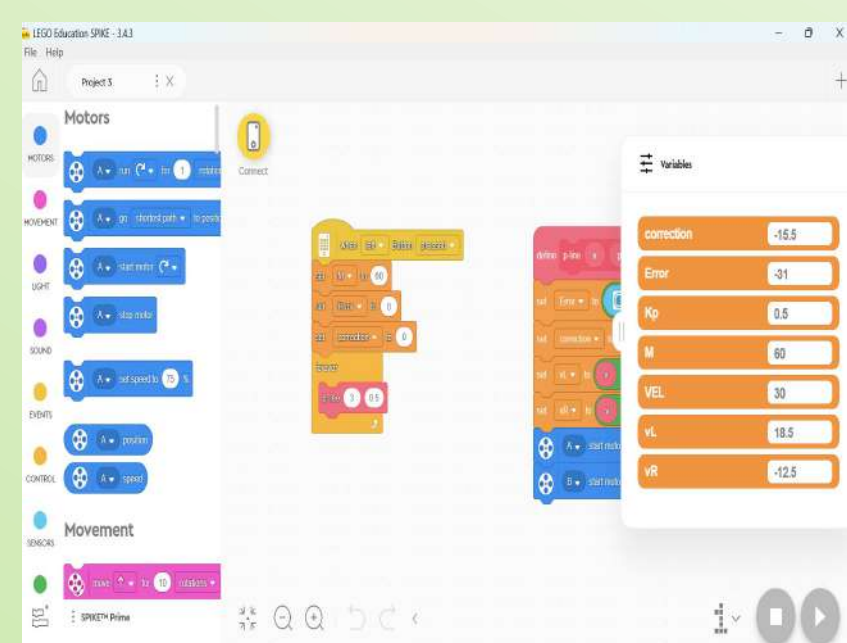
(圖片來源：本圖由作者2拍攝)



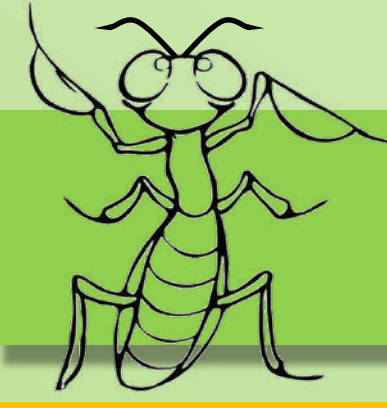
(圖片來源：本圖由作者2拍攝)



(圖片來源：本圖由作者1拍攝)



(圖片來源：本圖由作者1拍攝)



肆、研究結果與討論

第一部份：認識台灣本土種螳螂

(一)第一組野外調查

問題：台灣可見到哪些螳螂？牠們棲息環境有哪些共通點？或差異？

結果：

時間	地點	觀察到的昆蟲(或節肢動物)		
112年08月06日 13:00至16:00	台南市中西區竹溪			
112年08月13日 13:00至16:00	台南市白河區關子嶺			
112年08月20日 13:00至16:00	台南市六甲區靜態公園			
112年08月24日 13:00至16:00	桃園市龍潭區小人國主題樂園			

(資料來源：由作者2整理)

討論：
1.踏查均無發現螳螂蹤跡，只有在關子嶺的水溝旁看到一坨唾沫，疑似是未成形的蝶蛹，因此，有三個討論方向，如下：
一是踏查時間錯誤；二是觀察位置錯誤；三是即使看到昆蟲，因為知識不足，也不知道牠們的物種；因此除了查書籍與網站，我們分析FB社群的討論貼文發現分別有53%與48%的貼文是詢問螳螂物種，顯示辨別螳螂物種是大家共同的困惑。

第三部份：文獻回顧

一、螳螂

螳螂的分布從溫帶(明顯生長季節)到熱帶地區都有，頭部呈倒三角形，有兩個大複眼(提供高解析度影像)，使螳螂擁有動態視覺，前足特化成鐮刀狀捕捉獵物。螳螂卵囊(蝶蛹♀-♀T-♀)剛生產出來時有點黏稠，很像人類的唾沫，遇空氣一段時間後凝固，表面粗糙，內部結構堅硬。

二、台灣本土種螳螂

依據台灣物種名錄與螳螂圖鑑兩個主要螳螂查詢網站整理出12屬24種，其中有些種類稀少，有些較普遍，如寬腹斧螳、中華大刀螳等。

三、真空吸力與不同截面積管子中流體流動情形

吸力的主因是兩個壓力不相同的空間為達平衡所產生的氣流作用，氣流的方向是氣體壓力較大的一方會流向氣體壓力較小的一方；另外當不可壓縮的流體在不同截面積的管子中流動，截面積小的管子附近氣壓較小，使得壓力差變大，吸力變大。

四、科技裝置-Arduino UNO相關元件與樂高SPIKE相關元件

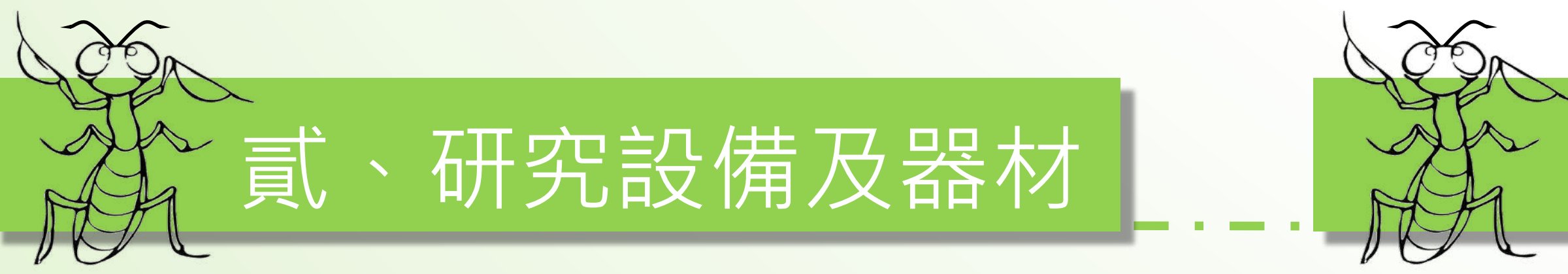
(一) Arduino UNO相關元件

(二)樂高SPIKE相關元件

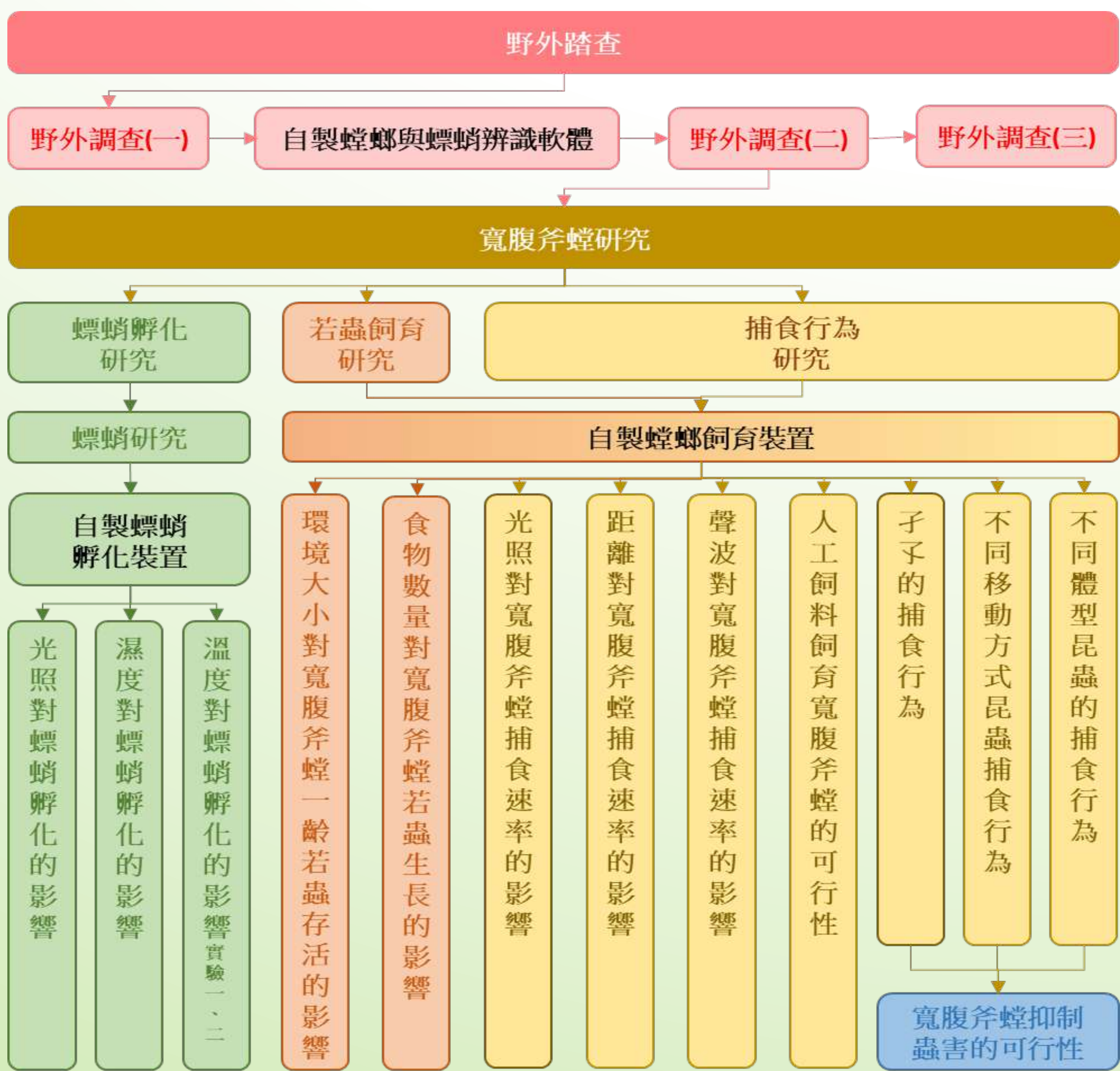
五、歷屆科展研究

(資料來源：由作者1彙整)

分類	研究主題
螳螂飼養捕食	精雕花刃的草叢獵人--棕汗斑螳螂
	草叢中的獵人 utun dayu關鍵(台灣大刀螳螂)
棲息環境研究	陸生三葉蟲？~二種潮蟲環境適應及生存策略探討
	『脩』也不知休--探討環境因子對葉脩生長速度的影響
捕食行為	白蟻非蟻-黑翅土白蟻生態行為觀察與防治
	千萬「蟹」「助」-狄氏大田蟹動物行為之探討
	深負子技-大負子蟲捕食與繁殖行為之探討
	仰天藏毛怪-探討普小仰椿象毛特性、習性及動物行為



參、研究過程與方法



(圖片來源：本圖由作者2繪製)

第一部份：認識台灣本土種螳螂

(二)自製螳螂辨識工具與蝶蛹辨識工具

問題：有沒有方法可讓沒有昆蟲知識的人迅速辨識螳螂的物種？

設計步驟：(使用Google Colab環境製作辨識工具)

- 1.蒐集台灣各種螳螂圖片，每個物種10張，壓縮後上傳雲端
- 2.連上存放螳螂圖片壓縮檔的Google Drive
- 3.載入人工智慧相關套件
- 4.載入螳螂圖檔及解壓縮
- 5.列出資料夾的照片檔名
- 6.將每個資料夾底下的照片作成輸入 (data)、輸出 (target)
- 7.觀察照片及進行預處理
- 8.打造神經網路
- 9.訓練模型
- 10.將模型打造成網路工具，完成辨識工具



(圖片來源：本圖由作者2拍攝)



(圖片來源：本圖由作者2拍攝)

(一)環境大小對寬腹斧螳一齡若蟲存活率的影響(進階研究)

問題：不同的環境大小是否會影響寬腹斧螳若蟲的存活率？

步驟：

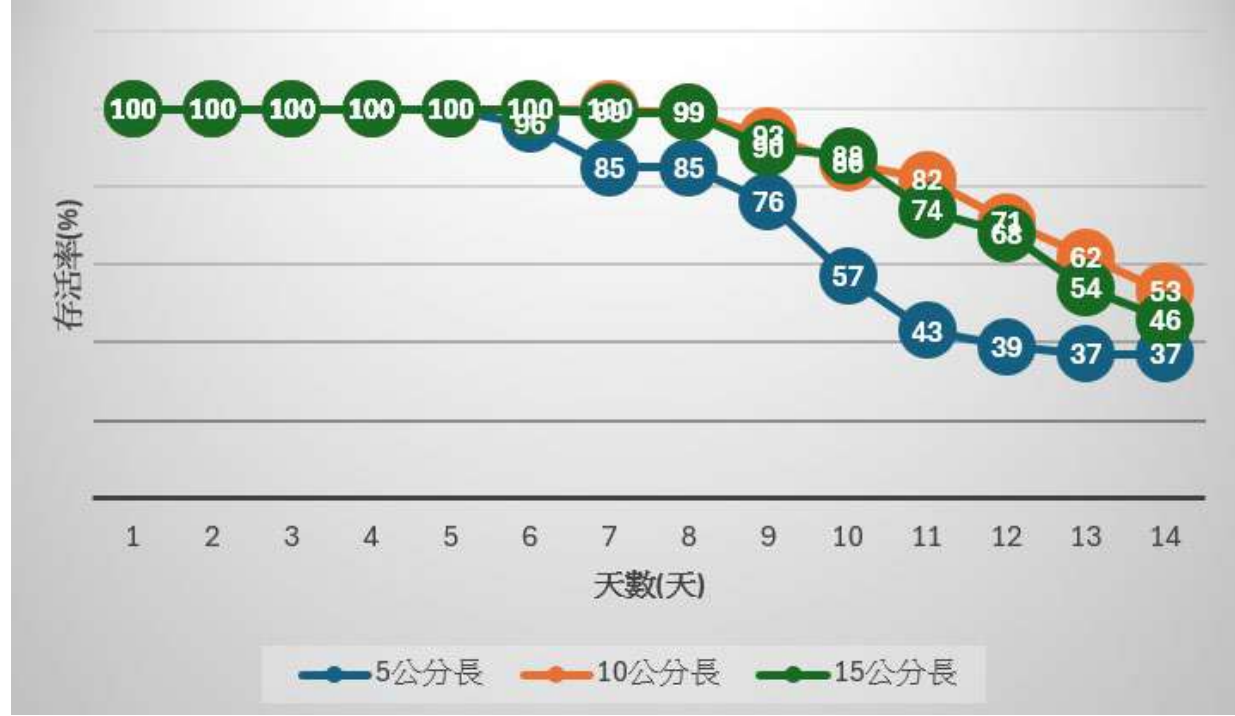
- 根據上段實驗，重新設計飼育容器E，調整吸管長度即可改變環境容積大小，將孵化2天的寬腹斧螳幼蟲分別裝入5cm、10cm、15cm長的自製容器(共250個)中，再裝入保麗龍盒控制環境溫度，並裝入水維持環境溫濕度，每日噴水一次。
- 每日餵食殘翅果蠅1隻，觀察寬腹斧螳幼蟲進食狀況以及存活情形(為期兩週)，紀錄並討論。



(圖片來源：由作者2拍攝)

結果與討論：

- 根據實驗結果發現長度10公分自製容器E(V≈10mL)存活率最高，而非本次實驗環境容積最小的長度5公分自製容器，與上一實驗推測環境容積越小與存活率越大的相關性，經過觀察，推測原因是過小的環境容積雖捕食果蠅較容易，但內部易積水(給水造成)使個體因太潮濕死亡。
- 實驗得知一螳一室情況下，一齡寬腹斧螳在環境容積10mL存活率最高，達53%；過大或過小環境容積會降低存活率。



(圖片來源：由作者2繪製)



(圖片來源：由作者2拍攝)

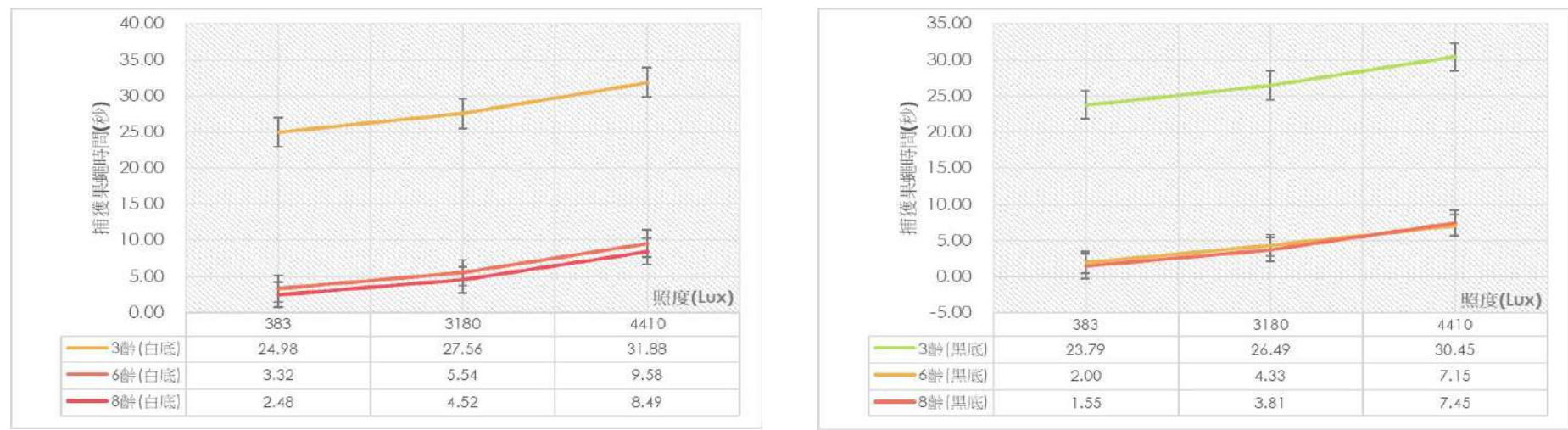
根據以上研究，一齡寬腹斧螳在環境容積10mL存活率最高(達53%)；過大或過小的環境容積都會降低存活率；隨齡期增加，若蟲對食物數量需求逐漸增加。此外，因為在研究過程中要飼養的個體實在很多，我們改良了果蠅的餵食方式，從原本一開始用倒的(自製飼育容器A、B、D，不易控制倒入果蠅數量)到後來設計用抽氣馬達採主動吸取的方式(自製飼育容器C、E)，讓餵食螳螂的工作輕鬆、快速許多。

第四部份、寬腹斧螳捕食行為研究

(一)光照對寬腹斧螳捕食速率的影響

問題：不同的光照強度，會不會影響螳螂捕獲果蠅的快慢？

結果：



(圖片來源：由第2指導教師協助繪製)

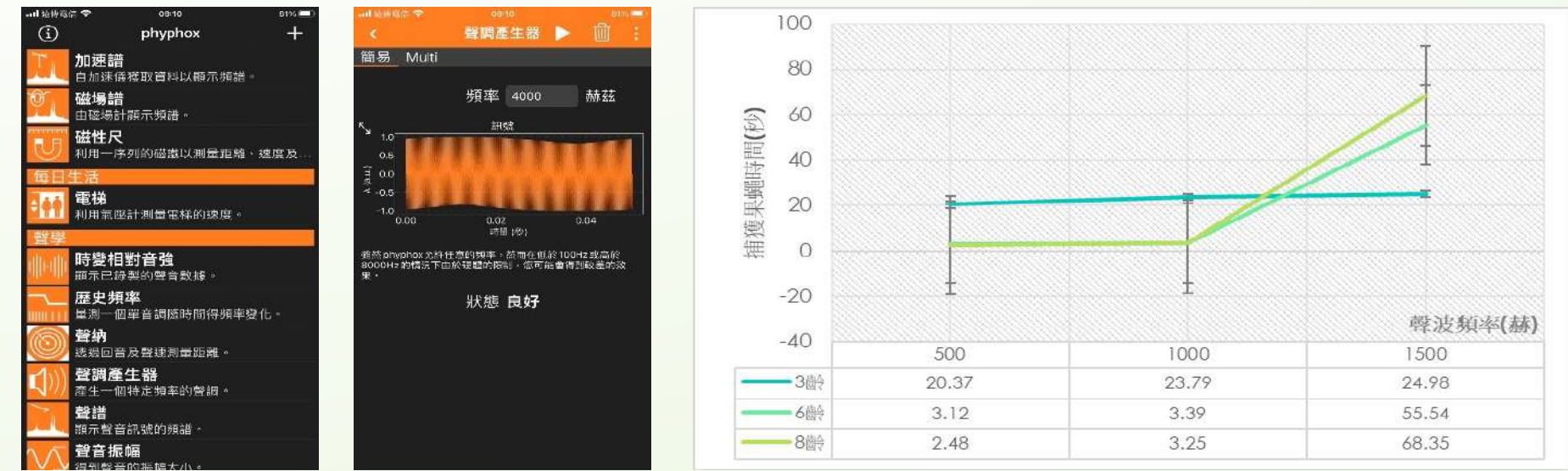
討論：

- 不論在哪一種光照強度下1齡若蟲捕獲果蠅時間均很久(幾乎可以說是沒有捕食行為)，也印證前一實驗階段結果，需在小環境容積才能有好的飼育結果。
- 3、6、8齡若蟲隨著光照強度增加，捕獲果蠅時間也增加，顯示太強的光會降低若蟲捕食速率；且在黑底環境下捕獲時間均較白底環境下捕獲時間短，經過討論，推測是否與黑色環境吸收周圍光線，降低光照強度有關。

(三) 聲波對寬腹斧螳捕食速率的影響

問題：不同聲波會不會影響螳螂捕食速率？

結果：



(圖片來源：由第2指導教師協助繪製)

討論：

- 不同的音頻對1齡若蟲沒有顯著的差異，均呈現隨意前進的狀況。
- 當音頻為500、1000赫時，3、6、8齡若蟲捕獲果蠅時間與無外加音頻的捕獲果蠅時間相近。
- 音頻達1500赫時發現3齡若蟲雖捕獲果蠅時間無顯著差異，但需前撲多次才能抓到果蠅；6、8齡若蟲動作緩慢，且有前足互搓、前足搓觸角現象，果蠅亦緩慢移動，捕獲果蠅時間拉長，顯示音頻對螳螂若蟲捕食行為具有影響，且若蟲齡期越大影響越明顯。
- 音頻超過2000赫，3、6、8齡若蟲呈現靜止，不斷地前足互搓、前足搓觸角現象。

(五)子了的捕食行為實驗(感謝國衛院協助提供白線斑蚊若蟲子了)

問題：寬腹斧螳是否會捕食子了？

結果：



(圖片來源：作者2拍攝) (資料來源：作者2整理)

水深(mm)	1	3	5
子了狀態	水深太淺，子了扭動緩慢	子了正常扭動	子了正常扭動
1齡若蟲	○	×	×
3齡若蟲	○	○	×
6齡若蟲	×	○	○
8齡若蟲	×	○	○

○表示捕食，×表示經過4小時均未捕食

討論：

- 當水深為1mm時子了扭動十分緩慢，1、3齡若蟲有發現並捕食。
- 當水深為3mm和5mm時1齡若蟲雖發現子了，但並未捕食，推測水深對齡期小的若蟲造成部分的威脅。
- 齡期越大的若蟲對正常扭動的子了捕食能力越高，6、8齡若蟲幾乎是一隻吃完接著一隻捕食。



伍、結論

- 野外踏查發現不易見到螳螂，可能是因為螳螂警戒能力強或是數量很少；經由手機拍照上傳至自製螳螂與蝶蛸辨識工具可以較輕易辨識出螳螂(或蝶蛸)是較偏向哪個物種。
- 環境溫度高(30°C)與濕度高(80%)可降低蝶蛸孵化天數，但寄生蟲會影響蝶蛸孵化，尤其蝶蛸孵化天數越長，越可能遭到破壞。
- 一齡若蟲在環境容積10mL存活率最高(53%)；過大或過小的環境容積會降低存活率。
- 隨著齡期增加，寬腹斧螳若蟲對食物數量的需求逐漸增加，果蠅餵食方式從用倒的改良到用抽氣馬達吸取，可讓餵食螳螂工作更快速。
- 強光、1500赫以上音頻會影響若蟲捕食，小幅度震動可以使若蟲捕食人工飼料，若蟲可以捕食子了、停住的蚊子、比自己體長小的黃迷若蟲與紅姬緣椿象；1齡若蟲捕食行為不明顯，可捕食體長小於自己的黃迷若蟲。

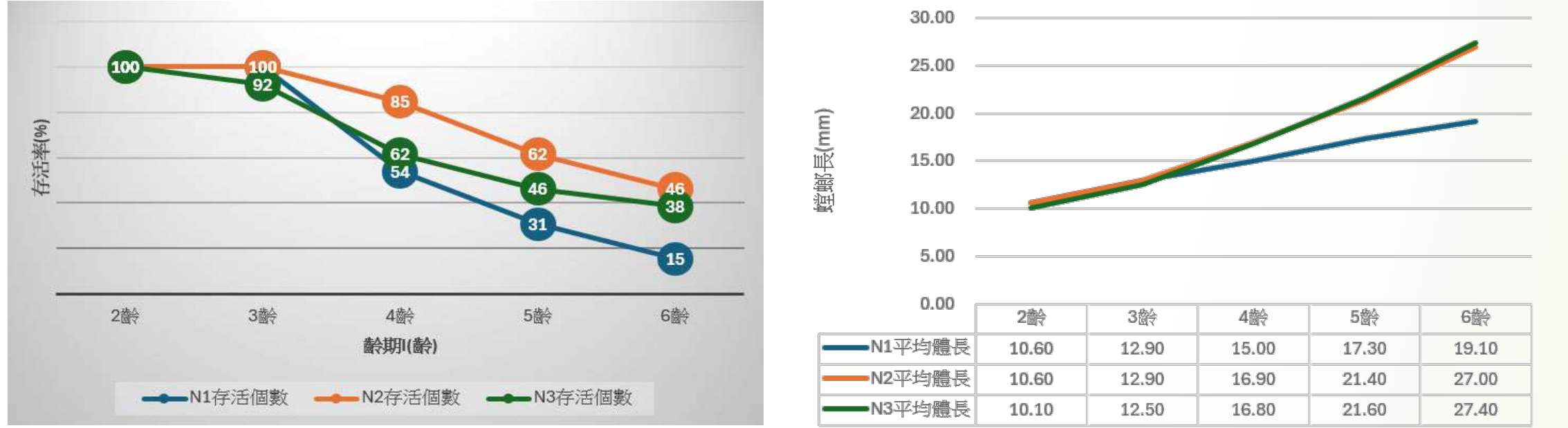
(二)食物數量對寬腹斧螳若蟲生長的影響

問題：不同食物數量是否會影響寬腹斧螳若蟲的生長與存活率？

步驟：

- 將二齡若蟲分別置入自製飼育容器D中，維持溫度28°C、濕度80%，固定每日噴水一次，分成3組N1、N2、N3，各13個。
- 每天固定提供果蠅1次，N1組N=2、N2組N=4、N3組N=6，紀錄若蟲狀況並進一步分析與討論。

結果：



討論：

- 在2、3齡期若蟲階段一次餵食4及6隻果蠅，若蟲無法捕食完造成果蠅干擾若蟲的情況；直至4齡期後若蟲才能捕食全部果蠅。
- 餵食2隻果蠅的若蟲，自3齡後平均體長明顯較小，到了6齡只達餵食4及6隻果蠅的若蟲平均體長70%左右，且存活率亦明顯較低，所以推測餵食2隻果蠅的若蟲在3齡後食物不足；我們嘗試在本次實驗後提供本組實驗若蟲足夠的食物，經過1至2次蛻皮後，與其他實驗組若蟲無明顯差異。
- 根據以上實驗發現隨著齡期增加，若蟲對食物數量的需求不同，逐漸增加。

(圖片來源：由作者1繪製)

(二)距離對寬腹斧螳捕食速率的影響

問題：果蠅在多遠的距離可被螳螂偵測到?捕獲的時間多久？

結果與討論：

- 研究發現1齡若蟲即使果蠅經過，也不一定會有捕食行為，但會主動前往喝水，因此，在1齡若蟲存活率不高情況下，嘗試以糖水沾濕衛生紙讓若蟲吸食，未來可進一步做糖水餵食實驗。
- 研究發現6齡若蟲捕食果蠅能力很強，距離越近捕獲果蠅時間越短，尤其是果蠅在地面前經過的情況，可說是秒殺，甚至雙殺、三殺；捕捉距離因每隻若蟲均有差異，所以沒有算平均並繪製圖形討論，但經過觀察若蟲察覺果蠅到前往捕捉，最多可前進2步。
- 因為果蠅、螳螂均在移動，實驗不易控制，未來可以考慮改採移動緩慢的其他飼料蟲重新再實驗。

(四)人工飼料飼育寬腹斧螳的可行性

問題：飼育螳螂一定要用活蟲嗎？

(資料來源：作者2整理)

結果：

編號	1齡若蟲	3齡若蟲	6齡若蟲	8齡若蟲
D	×	×	×	×
F轉動人工飼料	×	有捕食行為 未捕食成功	有捕食行為 未捕食成功	有捕食行為 未捕食成功
G震動人工飼料	×	×	捕食成功	捕食成功
H凸輪結構	馬達轉速 10 圈/分	×	捕食成功	捕食成功
馬達轉速 20 圈/分	×	×	×	×
馬達轉速 30 圈/分	×	×	×	×

×表示未有捕食行為

討論：

- 飼育容器F為整體轉動，若蟲也隨之轉動，1齡若蟲因攀附不住而隨容器轉動，其餘齡數若蟲亦有攀附不住的現象。
- 飼育容器G雖為小幅度震動(如手機來電震動)，1齡若蟲亦有掉落現象，而令人欣喜的是6、8齡若蟲有捕食人工飼料成功。
- 飼育容器H為飼育容器F與G之改良版本，經過實驗發現控制馬達轉速10圈/分驅動凸輪結構使人工飼料不規則震動，可讓3、6、8齡若蟲捕食人工飼料成功，且齡數越高捕食時間越短，此方式可減少人工餵食對若蟲的干擾(如開關容器時壓斷螳螂腳.....等)並能適時補充若蟲缺乏的養分。

(六)不同移動方式昆蟲捕食行為實驗

問題：陸生昆蟲的移動方式有飛行、步行、爬行，螳螂會捕食哪些移動方式的昆蟲？

結果與討論：

- 6、8齡若蟲會捕食紅姬緣椿象與黃迷若蟲，但無法捕食飛行中蚊子，需等候蚊子停住才會捕食；1、3齡若蟲只能捕食黃迷若蟲，未捕食蚊子與紅姬緣椿象。

(七)不同體型昆蟲的捕食行為實驗

問題：螳螂可以捕食比自己大的昆蟲嗎?還是只能捕食比自己小的？

結果：

(資料來源：作者2整理)

黃迷體型	比1齡若蟲小	介於1齡與6齡若蟲間	比6齡若蟲大
1齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
3齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
6齡若蟲捕食情形	○	○	沒有這個尺寸
8齡若蟲捕食情形	○	○	沒有這個尺寸

○表示捕食，×表示經過4小時均未捕食

(資料來源：作者2整理)

紅姬緣椿象體型	比1齡若蟲小	介於1齡與6齡若蟲間	比6齡若蟲大
1齡若蟲捕食情形	×	×	沒有這個尺寸
3齡若蟲捕食情形	×	×	沒有這個尺寸
6齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸
8齡若蟲捕食情形	○	×	沒有這個尺寸

○表示捕食，×表示經過4小時均未捕食

討論：

- 1、3齡若蟲能捕食體型比自己小的黃迷若蟲，未捕食比自己體型小的紅姬緣椿象，且疑似遭紅姬緣椿象吸食；6、8齡若蟲能捕食體型比自己小的黃迷若蟲，但僅捕食體型小於自己許多的紅姬緣椿象，推測除了體長因素之外，是否有其他影響因素(如分泌防禦物質)。