

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

第三名

080303

精雕花刃的草叢獵人--棕汙斑螳螂

學校名稱：新竹市東區竹蓮國民小學

作者：	指導老師：
小六 倪克齊	黃玉玲
小五 林豐進	魏玉婷
小五 徐振皓	
小五 吳銘杰	
小五 吳蘊祐	
小五 鄭琴羽	

關鍵詞：棕汙斑螳、棕靜螳、小螳螂

摘要

本研究針對臺灣棕汗斑螳進行生活史紀錄，並釐清蝶蛸孵化時間與溫度的關係，及螳螂捕食與獵物體型的關係。棕汗斑螳從孵化到成蟲經過九次脫皮，體色多變，雌、雄蟲比例懸殊約 8：2，雌螳交尾後可產卵 6 次以上，蝶蛸平均可孵化約 104 隻幼螳，初期產的蝶蛸孵化隻數較多，越晚產出蝶蛸孵化隻數越少。

實驗冬天室溫與溫室比較孵化期溫度影響，發現溫度愈高蝶蛸孵化時間愈短，與當年度月均溫變化率相同，取用此趨勢線公式將溫度帶入，以積分累積方式，便可預估孵化時間。

棕汗斑螳捕食以本身 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，不同顯示器對螳螂視覺感受程度，有顯著差異表現。

壹、研究動機

四年級時就看著學長姊穿梭在自然教室研究螳螂，正好我們也在學習昆蟲的單元，讓我們好羨慕可以天天接觸這些螳螂，我們經常都跟在他們旁邊偷偷的看，心想等我升上高年級也要和他們一樣，自己摸索課本以外的昆蟲世界。我們開始在野外尋找螳螂的蹤跡，其中有一種中等身材，卻在披著不顯眼灰褐的長大衣下捕捉足內，紋上特殊的黑、白、粉色刺青，勾起我們的好奇，於是我們選定了棕汗斑螳來研究，可是一般都市環境並不容易見到，而且搜尋關於棕汗斑螳的研究較缺乏，所以我們決定深入去了解牠的生存習性！

目前由文獻中可以知道棕汗斑螳 *Statiliamaculata* (Thunberg, 1784)，是螳螂科螳目靜螳屬的成員，又稱棕靜螳或小螳螂，在中、低海拔山區常見，成蟲體長約 5~7 公分屬於中型螳螂，體色淡褐色至深褐色、綠色，前足基節上有黑色斑塊，前足脛節內側有黑色、米白色、粉紅色的斑紋。蝶蛸米色到土黃色長紡錘型，一齡幼蟲充滿不規則黑色斑紋，可用果蠅或蚜蟲餵養，蛻皮二齡後體色變棕色，可用果蠅、櫻桃紅螳螂餵養。對於棕汗斑螳在各階段就沒有詳細紀錄，像是卵期通常在什麼季節？多久會孵化？孵化時間與溫度是否有關？幼蟲各期的體

長、色斑、體型特徵、雌雄蟲比例、每隻雌螳一生能產幾次卵、特殊行為…等，因此我們想要從雌螳產卵開始飼養，把棕汗斑螳生活史詳細記錄下來。

已知螳螂是肉食主義者，許多人曾經探討過牠對各種食物甚至是味道的喜好，我們更希望能知道該餵食牠什麼體型大小的獵物較適當，因為每隻螳螂的大小身長不同，因此我們想針對螳螂體型和餵食昆蟲體型的關聯做探討，並了解螳螂捕食運用什麼感官，如何能在昆蟲界中成為消費者。

貳、研究目的

- 一、了解棕汗斑螳生活史
- 二、分析蝶蛹孵化時間與溫度的關係
- 三、探討螳螂捕食與獵物體型的關係，以及探討螳螂捕食的感覺應用機制。

參、研究設備及器材

一、一般器材：

中昆蟲箱(26.5×16.5×18.5cm)、大昆蟲箱(35x21x25cm)、採集罐、捕蟲網、細毛刷子、紗網、尺、紀錄表、透氣密封昆蟲罐、尺、塑膠放大罐、寶特瓶、塑膠袋、橡皮筋、噴水瓶、吸管、大水盆、透氣飼養杯、小石頭、滴管、紙箱、黑布。

二、電子器材：

電腦、錄影機、智慧型手機、iPad、照相機、溫溼度計、鹵素燈組、照度計。

肆、研究過程或方法

一、生活史探究

要研究棕汗斑螳的習性我們勢必要先了解牠，所以飼養和細心的觀察紀錄，應該是生物研究最基本的功夫。我們先閱讀了許多相關的文獻，並在野外取回棕汗斑螳樣本，開始飼養、觀察並記錄，這個過程中我們一直遇到許多問題，必須一一突破、修正，於是我們設計了以下三個觀察實驗來了解牠。

(一) 棕汗斑螳飼養觀察記錄

我們在近郊丘陵地取得棕汗斑螳研究樣本，放入箱體透明的中型昆蟲箱中飼養，箱中放置插入水盒的綠色植物，好讓螳螂攀爬、懸吊棲息，主要供給蟋蟀與蝗蟲類做牠的食物。每隻螳螂都會測量身長(圖一)、照相、編號，建立個別飼養紀錄，觀察螳螂的外型特徵、體色、雌雄蟲比例、脫皮、產卵、進食狀況、各種行為…等。

從野外採樣回來雌螳產的蝶蛹開始，把自己孵化的小螳從一齡幼螳開始飼養，紀錄各齡體長與外型特徵變化，確認在臺灣的棕汗斑螳會有幾齡。



圖一 測量螳螂體長

(二) 同箱飼養行不行

在野外採集時經常會把幾隻螳螂暫放在同一罐子中，回到學校兩、三天才慢慢整理編號，所有的棕汗斑螳都相安無事，這打破了我們原先知道螳螂會互食的印象，因為我們的昆蟲箱數量不足，就想看看棕汗斑螳是否和其他大型螳螂相同，餓了也會吃同類呢？

先測試 5 組分別放 2 隻在同一昆蟲箱飼養，安排體型接近但體色差異大的同箱飼養，每天觀察並維持有兩隻蟋蟀，經過一週，結果發現螳螂大小差不多不會有互食現象，所以我們決定再做一次。第二次，我們讓不同體型螳螂分組進行實驗測試，各箱安排如下表。

表一 同箱飼養實驗各組內容

相差 1齡組	若螳1		若螳2		若螳1食物		若螳2、3食物	
	編號	體長	編號	體長	名稱	體長	名稱	體長
第一組	A19	4.0cm	A22	2.5cm	蟋蟀	1cm	蟋蟀	0.6cm
第二組	A04	4.0cm	A27	2.5cm	蟋蟀	1cm	蟋蟀	0.6cm

相差 2齡組	若螳1		若螳2		若螳1食物		若螳2、3食物	
	編號	體長	編號	體長	名稱	體長	名稱	體長
第一組	A02	4.5cm	A16	3.0cm	蟋蟀	1.1cm	蟋蟀	0.7cm
第二組	A05	4.5cm	A13	3.0cm	蟋蟀	1.1cm	蟋蟀	0.7cm
第三組	A03	4.5cm	A12	3.0cm	蟋蟀	1.1cm	蟋蟀	0.7cm

相差 6齡組	若螳1		若螳2		若螳3		若螳1食物		若螳2、3食物	
	編號	體長	編號	體長	編號	體長	名稱	體長	名稱	體長
第一組	A24	3.5cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.8cm	果蠅	0.3cm
第二組	A26	3.5cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.8cm	果蠅	0.3cm
第三組	A29	3.6cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.9cm	果蠅	0.3cm
第四組	A30	3.6cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.9cm	果蠅	0.3cm
第五組	A15	3.8cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.9cm	果蠅	0.3cm

相差 1 齡組為 7 齡若螳與 6 齡各一隻配對成 2 箱，相差 2 齡組為 8 齡若螳與 6 齡各一隻配對成 3 箱，相差 6 齡組為 7 齡若螳一隻與 1 齡若螳兩隻分別配對成 5 箱，各箱都給予充足適合其體型的食物，每天觀察、紀錄、補充食物，預計實驗一週，看棕汗斑螳會不會有捕食同類的現象。

二、蝶蛸孵化時間與溫度的關係

根據文獻紀錄，不同種螳螂蝶蛸孵化時間統計，但都是在冬天氣溫較低的情況，我們不知道夏天時的溫度是否會改變孵化速度，所以想要模擬夏天的溫度。

假設：溫度高產卵到孵化時間較短；溫度低產卵到孵化時間較長。

表二 蝶蛸孵化時間與溫度的關係實驗環境條件設定

實驗組	對照組
模擬夏天溫度(蝶蛸溫室)	冬天室溫
日均溫度：22°C~36°C	日均溫度：10°C~25°C
平均濕度：70%~80%	平均濕度：70%~85%

蝶蛸溫室製作方法：

先將附開關的電線銅線兩頭與鹵素燈燈座電線兩頭，同色線交纏，用閉端端子分別壓緊。取 3 公分寬木條裁成大昆蟲箱蓋透明掀蓋長度，鹵素燈燈座用螺絲固定在木條中間。大昆蟲箱底放入小石頭，倒水不可淹過小石頭。將電子溫濕度計兩個校正過後，一個放進大昆蟲箱，昆蟲箱蓋透明掀蓋打開，鹵素燈插入燈座，將燈懸掛在昆蟲箱蓋內，即完成可插電開電源。

將雌螳產的蝶蛸編號、紀錄後，放入透氣飼養杯，一部分放在對照組冬天室溫環境，一部分放進實驗組蝶蛸溫室環境。



圖二 蝶蛸溫室

三、螳螂捕食與獵物體型的關係

取 22 隻棕汗斑螳螂，進行 13 天的食性實驗，將每隻棕汗斑螳螂分別放入飼養箱中，依據每隻棕汗斑螳螂的體長，在每個飼養箱中放入 4 隻不同體長蟋蟀，分別是螳螂體長的 $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$ 和 $1/5$ 的蟋蟀，每天上午觀察、記錄棕汗斑螳螂捕食蟋蟀的情形，若有蟋蟀被吃或蟋蟀自然死亡的話，就補充新的蟋蟀到飼養箱中，讓每個飼養箱內維持 4 隻不同體長蟋蟀。

伍、研究結果

一、生活史飼養觀察結果

我們所研究的棕汗斑螳各部位名稱圖解說明：



圖三 棕汗斑螳各部位名稱

(一)棕汗斑螳飼養觀察結果

野外取樣雌成螳 3 隻、二齡至八齡若蟲前後共 38 隻，雌成螳陸續產出螻蟬，並順利孵化幼螳，幼螳加入飼養觀察、紀錄。觀察紀錄項目繁多，分項整理如下。

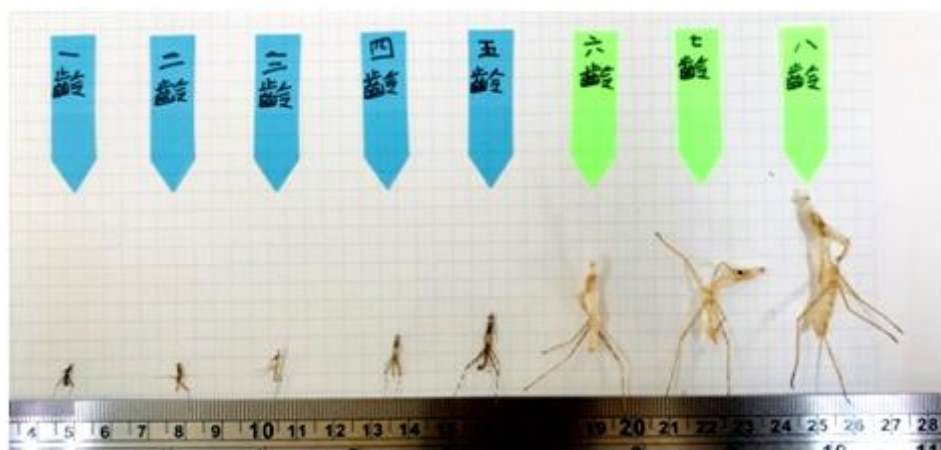
1. 各齡體長、體型特徵

表三 棕汗斑螳各齡體長、體型特徵

齡期	體長	照片	特徵
前若蟲	0.3cm		全身呈紅褐色，包覆著胚蔽膜，兩個黑色的複眼在看似透明的頭部兩側，六隻腳都約束住，只能用全身扭動。

一 齡	0.5cm		全身都是黑色，捕捉足腿節有一較深黑色斑塊，中足和後足都有明顯的白色斑紋。
二 齡	0.7cm		脫皮後就變成棕色，捕捉足腿節黑色斑塊更明顯，中足和後足白色斑紋仍然清楚。
三 齡	1.0cm		體色棕色，腹部背面有明顯的網格斑紋，捕捉足腿節有黑色斑塊，中足和後足有白色斑紋。
四 齡	1.3cm		中胸、後胸背板可以看到細小的翅牙，腹部背面中央有明顯的米色縱條紋，及精緻網格斑紋，捕捉足腿節內側有黑色斑塊，中足和後足腿節顏色較深，有白色斑紋。
五 齡	1.8cm		中胸、後胸背板有翅牙，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足腿節內側有黑色、米色斑塊，中足和後足腿節顏色較深，有白色斑紋。
六 齡	2.5cm		翅牙較明顯些，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足腿節內側有黑色、米色斑塊。

七齡	3.5cm		翅牙更明顯些，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足基節有明顯黑色斑塊，腿節內側有黑、白、粉色斑塊。
八齡	4.5cm		翅牙更明顯豐厚，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足基節有明顯黑色斑塊，腿節內側有黑、白、粉色斑塊。
九齡 (成蟲)	5.5cm		翅膀完全展開蓋住腹節，露出尾毛，光線充足時，捕捉足基節是深藍色斑塊，腿節內側有深藍、白、粉色斑塊，中足和後足腿節顏色稍深，斑紋已不明顯。



圖四 棕汗斑螳成長各齡脫皮

每一齡約一個月左右脫皮，有些若螳捕食能力強，會比同批孵化的若螳長更快兩齡，成螳約能存活三個月。

2. 體色多變

從野外取得的棕汙斑螳樣本顏色非常多樣，從淺的米色、深褐色、紅褐色、黃綠色、綠色、墨綠色都有，通常脫皮前顏色較深，剛脫皮顏色非常淡，甚至有點透明，成螳脫皮愈久除了顏色愈深，翅面會開始有斑駁的斑紋出現，像人類的老人斑一樣。

表四 棕汙斑螳各種體色

體色	米色	深褐色	紅褐色	黃綠色	綠色
螳螂照片					

棕汙斑螳成長過程中會有體色反覆變化現象，有些棕色型若螳在飼養過程中會轉換顏色，如 A09 與 A22 在六齡時是棕色，七齡轉黃綠色、墨綠色，A09 八齡脫皮後又轉回棕色。

表五 綠色棕汙斑螳體色變化

No	飼養初期	飼養中期	飼養後期
A09			
A22			亡

3. 雌雄蟲特徵、比例

雄螳腹節瘦長有 8 節，觸鬚較長且稍粗。雌螳腹部較寬有 6 節，觸鬚較短而稍細。由我們在野外採集的 41 隻個體去分辨，雄螳佔 23%，雌螳佔 77%。

表六 棕汗斑螳雌雄蟲特徵

性別	雄螳	雌螳
腹節特徵		
觸鬚特徵		

4. 產卵、孵化隻數統計

野外取得的棕汗斑雌成螳從飼養開始到生命結束，能產卵 6、7 次以上，每一次生產間隔大約 9 到 16 天，平均 16 天左右產一次，都能孵化出小螳，表示在野外時已成功交尾，只是不確定是否已經在野外產過螞蟥。

棕汗斑螳大多在傍晚左右產卵，多選擇懸吊在葉子或物體下方產螞蟥，在郊山房屋外牆也可以見到，剛產的螞蟥是乳白色，形狀為長紡錘型，經過時間越久變得越黃褐色，長度大部份約在 2.5~3cm 左右，重量約 0.28g，孵化後平均剩 0.1g。



圖五 郊山房屋外棕汗斑螳螞蟥



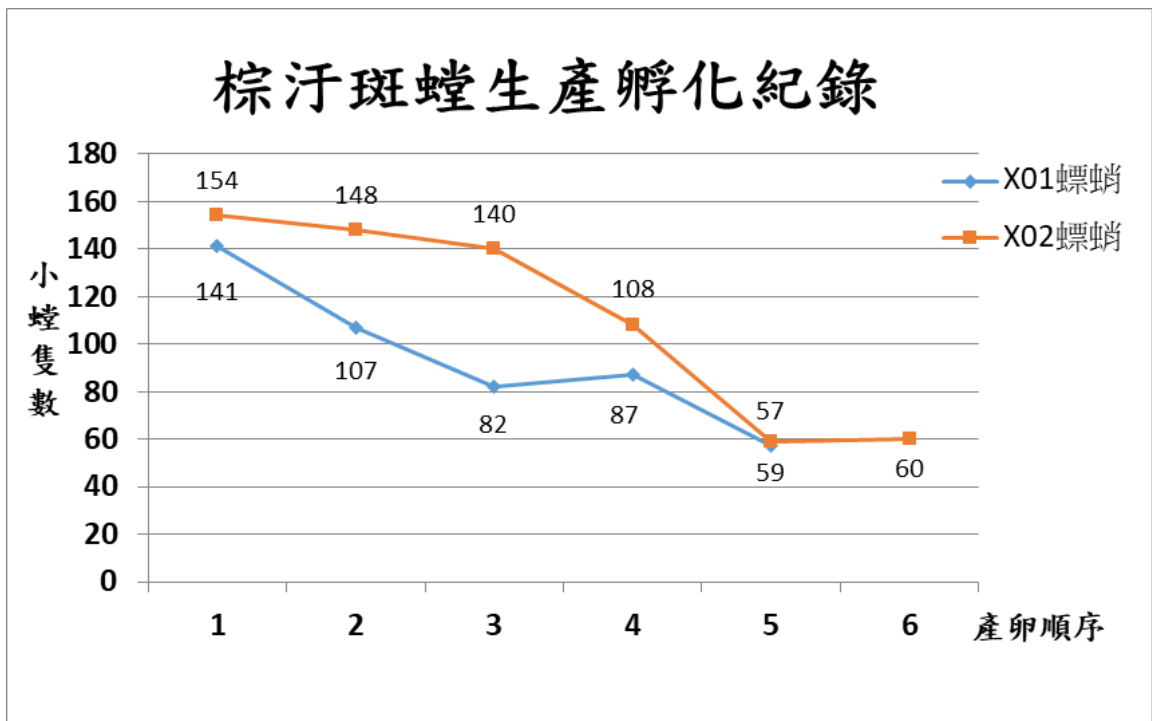
圖六 棕汙斑蟬蛻蛎



圖七 棕汙斑蟬剛孵化幼蟬

小蟬孵化時間大多在清晨或早上，鑽出蛻蛎時在尾部會拉出一條絲，讓若蟲鑽出後不致墜落，脫去第一層皮後便開始可以走動，剛孵出時是紅褐色，約 2 小時後，身體顏色變黑，中、後足腿節、脛節會變成黑、白相間斑紋。

孵化小蟬的隻數從 57 到 154 之間，平均產出 104 隻，前一年學長姊的紀錄，孵化小蟬隻數 25 到 116 隻，平均產出 76 隻，相較起來數量較多，較早產的蛻蛎能成功孵化的小蟬數量較多，愈晚生產的孵化小蟬數量漸少。



圖八 棕汙斑蟬生產孵化紀錄

5. 行為觀察

棕汙斑蟬很愛乾淨，不時會用口器舔乾淨腳和觸鬚。脫皮時都採倒吊姿勢，有

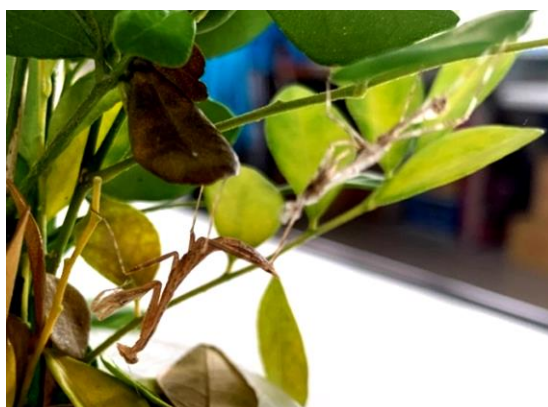
時選擇的位置太低或窄，會造成脫皮失敗而死亡。本來不曾特別給螳螂喝水，有次看到螳螂低頭舔食植物盒蓋上溢出的水，才發現螳螂其實是需要喝水的。還有一次看到很有趣的一齡、二齡螳搶食同一隻果蠅，為了眼前的食物牠們似乎沒有看到對方。在野外也觀察到棕汗斑螳多在地面活動，所以捕食的昆蟲也是地面活動的，所以就算是我們討厭的螳螂，也是牠的一頓大餐。



圖九 棕汗斑螳清理後足



圖十 棕汗斑螳清理觸鬚



圖十一 倒吊脫皮



圖十二 喝水的棕汗斑螳



圖十三 棕汗斑一齡、二齡螳搶食果蠅



圖十四 棕汗斑螳吃螳螂近親

(二)同箱飼養結果

第二階段測試為放入體型明顯差異的組合，實驗結果紀錄如下。

表七 同箱飼養結果

相差 1 齡組	若螳 1		若螳 2	
	齡期	存活/亡	齡期	存活/亡
第一組	7 齡	存活	6 齡	亡
第二組	7 齡	存活	6 齡	亡

相差 2 齡組	若螳 1		若螳 2	
	齡期	存活/亡	齡期	存活/亡
第一組	8 齡	存活	6 齡	存活
第二組	8 齡	存活	6 齡	存活
第三組	8 齡	存活	6 齡	亡

相差 6 齡組	若螳		幼螳 1		幼螳 2	
	齡期	存活/亡	齡期	存活/亡	齡期	存活/亡
第一組	7 齡	存活	一齡	亡	一齡	亡
第二組	7 齡	存活	一齡	亡	一齡	亡
第三組	7 齡	存活	一齡	亡	一齡	亡
第四組	7 齡	存活	一齡	亡	一齡	亡
第五組	7 齡	存活	一齡	亡	一齡	亡

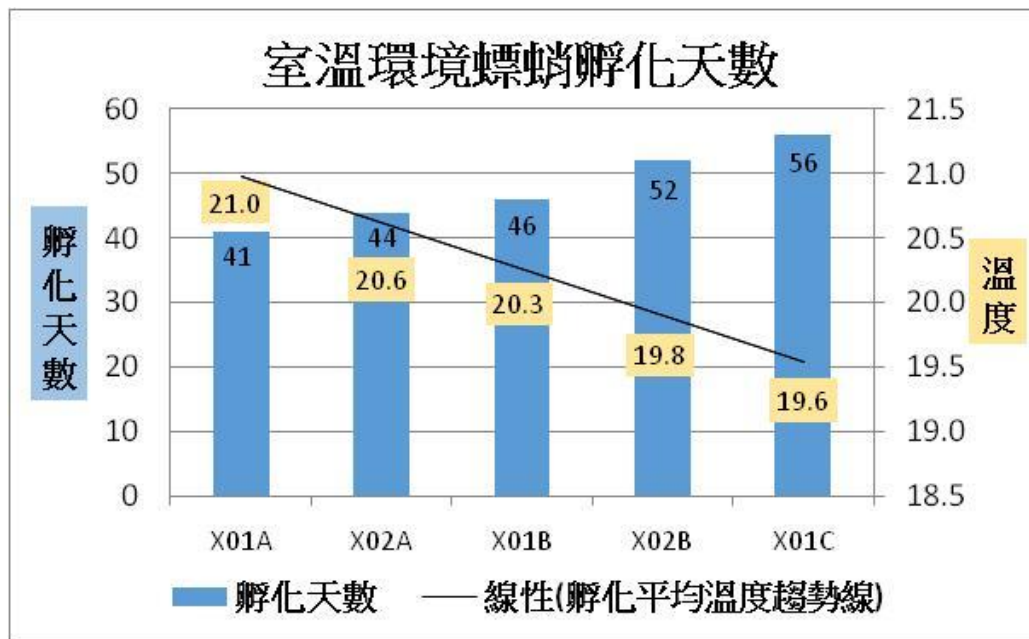
10 組中只有相差 2 齡的第一組、第二組小隻若螳存活，因較大的 8 齡螳即將脫皮停止進食，其餘八組小隻若螳全數都成為大隻若螳食物，且昆蟲箱不缺乏食物的情況，仍將較小若螳視為食物捕食，棕汗斑螳也與其他生物一樣有弱肉強食的本性。後來在幼螳飼養的昆蟲箱也發生相同事件，一齡幼螳遇上三齡若螳馬上被捕食，必須將不同齡、體型有差距的螳螂分開飼養，就算是同齡、相近體型，在脫皮期間最脆弱的時候，還是會成為捕食對象，螳螂長期飼養還是必須一螳一室。



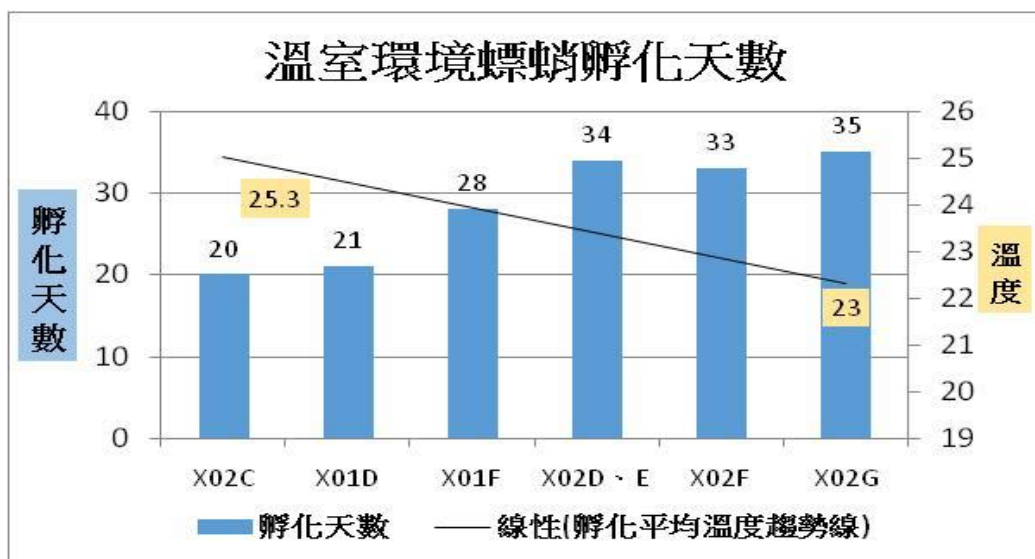
圖十五 三齡若螳捕食一齡幼螳

二、蝶蛸孵化時間與溫度的關係實驗結果

在冬天室溫環境蝶蛸平均孵化天數是 48 天，日平均溫度從 19.6°C~21°C，孵化天數在 41~56 天之間。溫室裡孵化的平均天數是 28 天，日平均溫度從 23°C~25.3°C，孵化天數在 20~35 天之間。加溫下的環境明顯提早 40%時間，從 11 月到 2 月間，愈晚產的蝶蛸孵化時間需要愈長，與這期間氣溫逐漸降低，使孵化天數逐漸增長。



圖十六 室溫環境蝶蛸孵化天數



圖十七 溫室環境蝶蛸孵化天數

試著找出溫度與孵化天數間的關係，溫度從低至高排列，把平均溫度除以孵化天數後發現，在平均溫度 23°C 以下(表八 A 組)的關係值是依序和溫度成正比的，到平均溫度 23°C 以上(表八 B 組)這些關係值就亂了，就開始找原因，把孵化期間的最高、最低日均溫列出，再算出最高最低溫差，最高日均溫與高低差兩組數值皆介於其他數值間，只有最低日均溫跳離 A 組，與 B 組關係值有相同趨勢，所以推測蝶蛸孵化天數的穩定性和最低日均溫較相關，最高日均溫可以達到 29.6°C，日均溫高低落差可以到 11°C，當最低日均溫高於 15.6°C 後，形成黃金交叉(圖十八)，孵化的天數就不一定平均溫度愈高孵化天數愈短了。

表八 蝶蛸孵化天數與溫度紀錄分析

蝶蛸編號	平均溫度	孵化天數	溫度/孵化天數 (關係值)	最高日均溫	最低日均溫	高低差	
X01C	19.6	56	0.35	21.7	13.1	8.6	A 組
X02B	19.8	52	0.38	21.7	13.7	8	
X01B	20.3	46	0.44	21.7	13.7	8	
X02A	20.6	44	0.47	22.9	13.7	9.2	
X01A	21.0	41	0.51	22.9	13.7	9.2	
X02F	21.7	33	0.66	26.7	15.3	11.4	
X01F	22	28	0.79	29.6	15.6	14	
X02G	23	35	0.66	26.7	17.5	9.2	B 組
X02D、E	24.8	34	0.73	29.6	20.1	9.5	
X02C	25.2	20	1.26	27.9	20.1	7.8	
X01D	25.3	21	1.20	27.9	20.1	7.8	



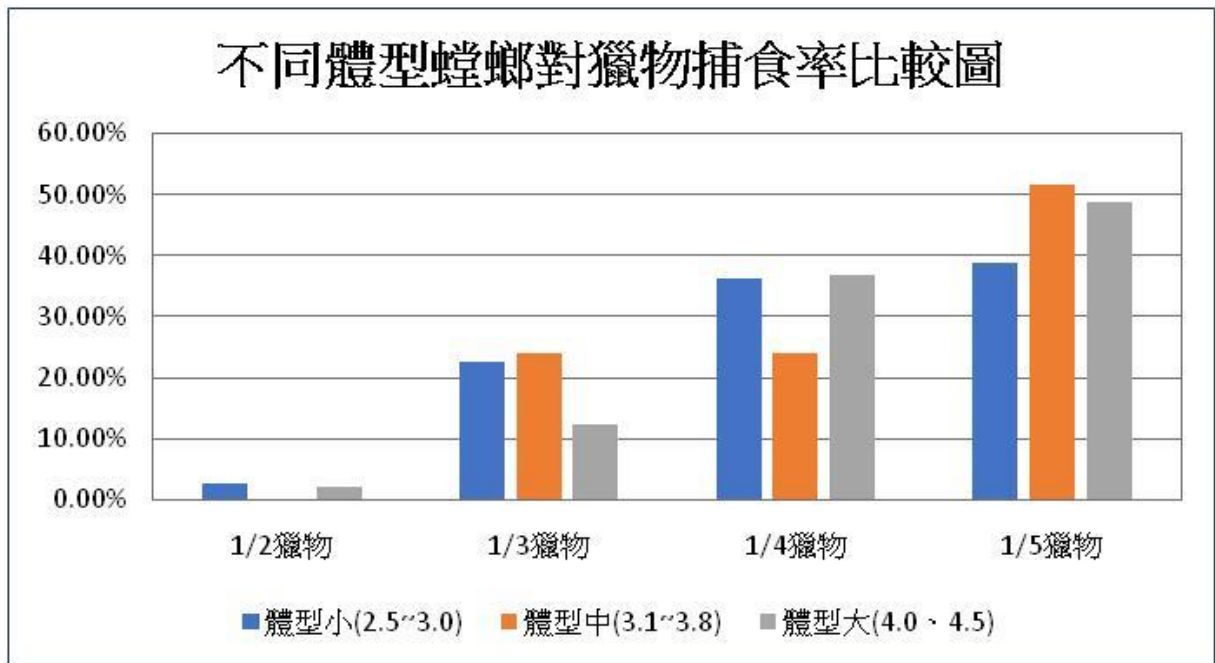
圖十八 蝶蛸孵化溫度、天數關係值與最低日均溫變化圖

三、螳螂捕食與獵物體型的關係

將 22 隻螳螂分成三種不同體型，依序為體型小(身長 2.5~3.0cm)、體型中(身長 3.1~3.8cm)及體型大(身長 4.0、4.5cm)。分開看其對不同身長比例獵物捕食率的差異，發現體型大的螳螂特別偏好 1/5 的獵物，並未因本身體型大而會去捕食較大的獵物；體型中及體型小的螳螂對於較大比例的獵物(1/4 及 1/3)的捕食率也佔不少比例。再將不同身長比例獵物依長度統計被吃隻數，發現 0.8 及 1.0cm 的獵物為螳螂的最愛。

表九 不同體型螳螂對不同身長比例獵物捕食率

獵物體型 \ 螳螂體型	體型小 (2.5~3.0cm)	體型中 (3.1~3.8cm)	體型大 (4.0、4.5cm)
1/2 獵物	2.50%	0.00%	2.04%
1/3 獵物	22.50%	24.14%	12.24%
1/4 獵物	36.25%	24.14%	36.73%
1/5 獵物	38.75%	51.72%	48.98%



圖十九 不同體型螳螂對獵物捕食率比較圖

知道了螳螂對於獵物體型的捕食條件後，我們想要延伸對於螳螂視覺的探討。在觀察棕汗斑螳捕食時，會看到當牠在捕食前身體保持不動，只悄悄轉動頭，一直注視著移動中的獵物，等靠近時才揮動前足迅速抓住，很顯然牠是依賴視覺來採取行動的，有許多人研究過螳螂的視覺構造，對於牠的三顆單眼與一對大大的複眼有詳盡的報告，還提到螳螂只看得見移動物體，看不到靜止不動的物體。我們在網路上發現一個相關的影片，有人將螳螂放在手機前，發現螳螂會捕捉手機裡在動的昆蟲。於是我們就想要模仿這樣的方式，如果沒有光線是否牠就無法捕捉獵物了呢？想看看螳螂的動態視覺能有多厲害？所以我們又設計了兩個實驗。

(一)黑箱飼養

假設：

螳螂主要是靠視覺來捕捉獵物，在黑暗中就失去視覺無法捕捉獵物。

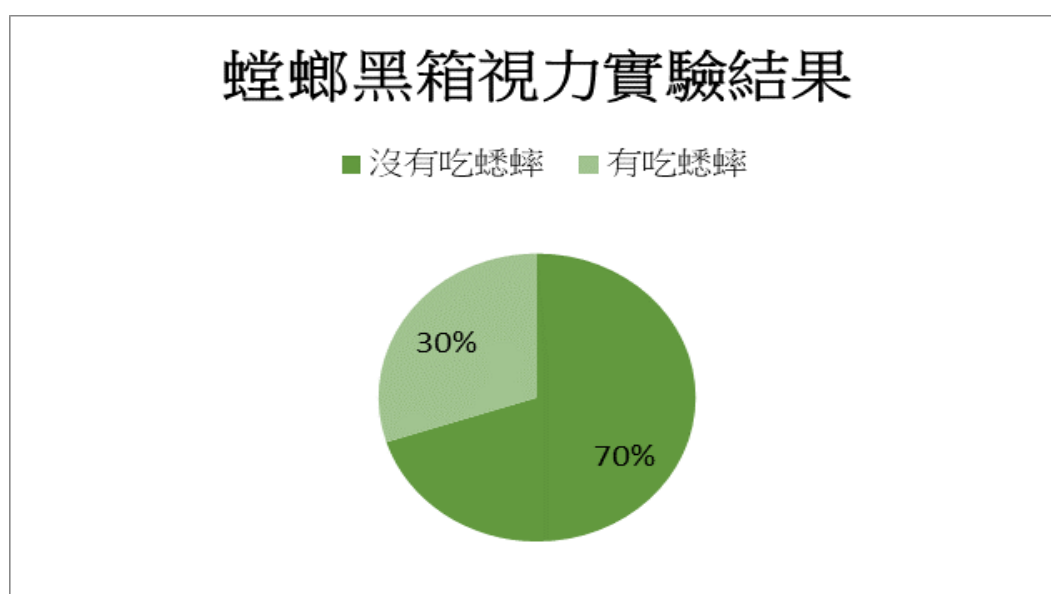
作法：

最先測試時只把五箱飼養螳螂的昆蟲箱分別放入紙箱，沒有確認清楚這些舊紙箱角落是否完全密封不透光，而且每天都拆開來看裡面的蟋蟀是否被捕食，許多箱都是一拆開螳螂就正開始吃起來，也遇到過程中脫皮的螳螂，螳螂在要脫皮前後不會進食，會引響實驗結果，所以我們修改了作法再做一次。

選擇實驗期間不會脫皮的螳螂，每隻螳螂都給予適合尺寸的蟋蟀 2 隻，分別把十箱飼養螳螂的昆蟲箱放進紙箱裡，外面披著黑布，防止光照進去，使用照度計測量箱內照度為 17.5 Lux，一般螳螂在有食物且沒有要脫皮的情況下，最多不超過 3 天不吃東西，所以我們決定封蓋 4 天，看螳螂會不會抓蟋蟀。在中間都不干擾，直到最後一天才開箱記錄。

結果：

昆蟲箱用紙箱密封蓋上黑布四天後打開，像第一次一樣還是有蟋蟀被吃，有三箱棕汗斑螳能在黑暗中捕食，七箱的螳螂沒有捕食蟋蟀。可以確定棕汗斑螳的視力絕佳，即使在黑暗中也有些螳螂能順利捕捉獵物。



圖二十 螳螂黑箱視力實驗結果

(二)抓跑跑昆蟲

假設：

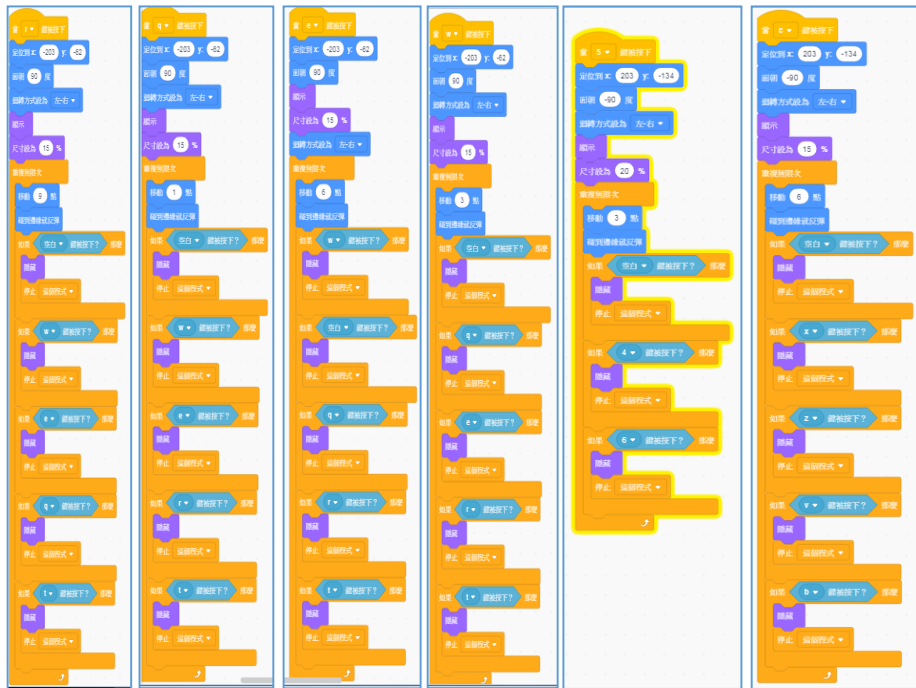
螳螂在螢幕前，看到螢幕裡自己體長 1/5 的獵物，就會揮動前足捕捉。

做法：

利用 Scratch 軟體寫一個程式，選一個昆蟲樣式如圖二十一 昆蟲樣式設定它的體長，在螢幕顯示螳螂體長的 1/5，安排畫面上不同高度有 6 隻昆蟲不斷左右來回移動，可利用不同按鍵調整昆蟲的移動速度，希望能成功使螳螂將它誤認為真實昆蟲，進而去捕捉它。



圖二十一 昆蟲樣式



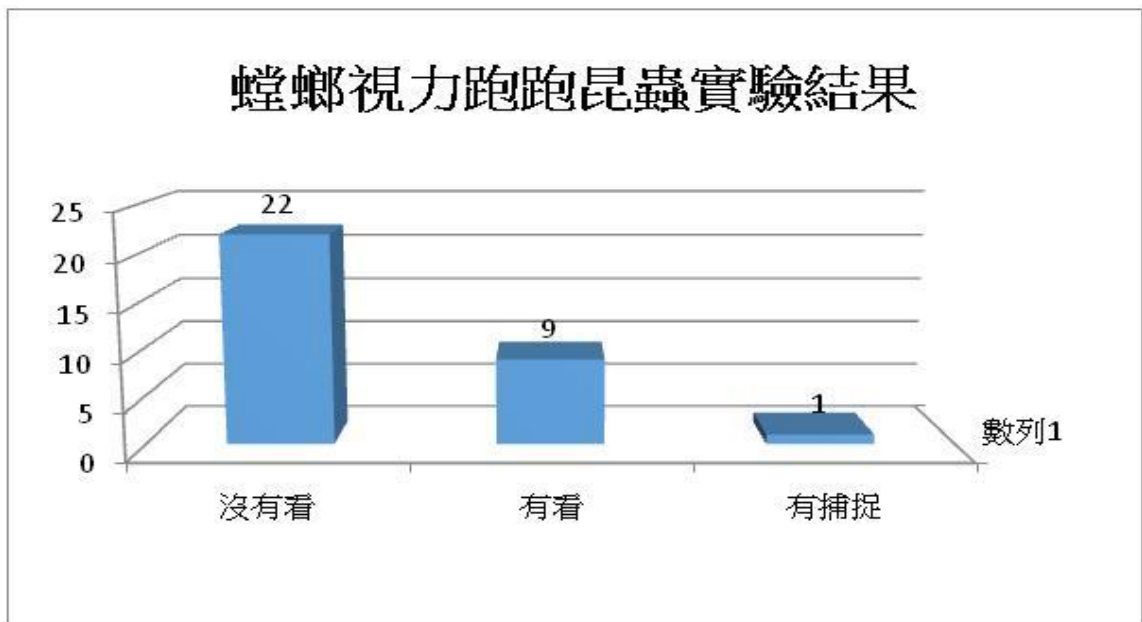
圖二十二 Scratch 程式

把螳螂放在電腦螢幕面前，用 Scratch 軟體顯示在爬行的昆蟲，並且在螢幕旁放擋板框住，限制螳螂的視線，每隻 90 秒的時間測試，一隻測試一次，看螳螂會不會觀察或是抓取，紀錄時將螳螂有捕捉動作記 VV，只有看螢幕上跑的昆蟲記 V，完全沒有看螢幕上跑的昆蟲記 X。

結果：

實驗當天先不餵食，並關閉電燈，讓光源只有螢幕，我們在不同星期做了兩次，錄影、觀察螳螂在螢幕前動作，每次一隻棕汗斑螳放到螢幕前，開始計時 1 分 30 秒，紀錄時將螳螂有捕捉動作記 VV，只有看螢幕上跑的昆蟲記 V，完全沒有看螢幕上跑的昆蟲記 X。

兩次總共做了 32 隻螳螂測驗，結果有 22 隻完全沒有看螢幕，9 隻有看一眼，只有一隻認真盯了螢幕裡跑的昆蟲做出捕捉動作。



圖二十三 棕汗斑螳視力跑跑昆蟲實驗結果

檢討了前面的實驗結果，我們推斷與昆蟲的圖樣的擬真程度有關，於是我們使用真實昆蟲照片，再設計了兩個實驗。

1. 抓不同種類跑跑昆蟲照片實驗

假設：

螳螂對不同種類昆蟲，喜好程度不同。

做法：

利用 Scratch 軟體寫一個程式，選蟋蟀、紋白蝶、蝗蟲三種昆蟲照片，並各別走動、拍翅、跳動活動方式移動，設定螢幕上顯示大約是螳螂體長的 1/5，安排畫面上一次有 1 種昆蟲不斷左右來回活動。

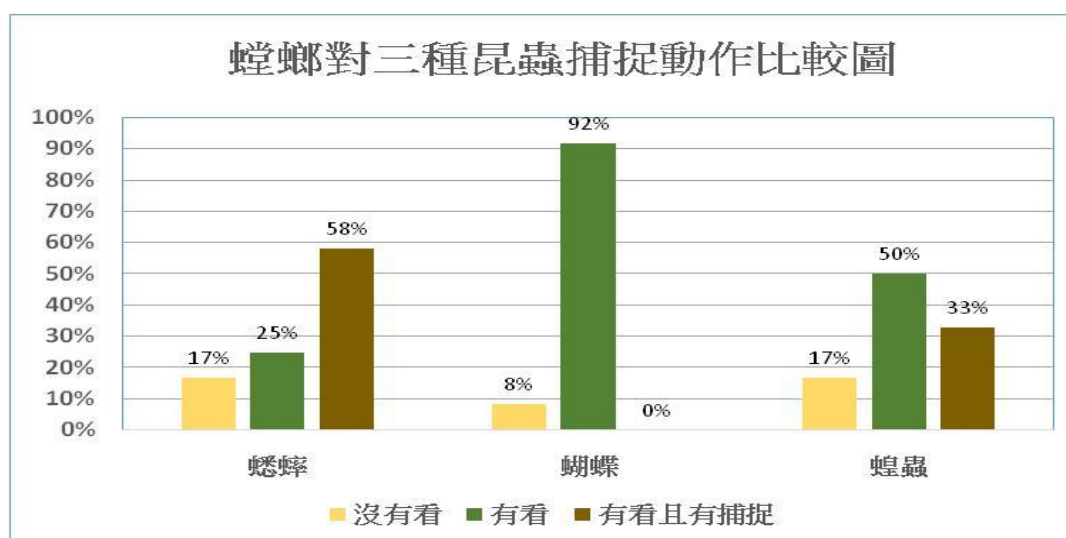
把 iPad 螢幕放在螳螂面前，播放 Scratch 軟體顯示移動的昆蟲，每種昆蟲做 12 隻次，共三種，總共做 36 隻次測驗，每次 60 秒的時間測試，錄影與觀察螳螂是否會注視與會不會有抓取動作，紀錄時將螳螂有捕捉動作記✓，只有看螢幕上移動的昆蟲記○，完全沒有看螢幕上跑的昆蟲記✕。



圖二十四 擬真跑跑昆蟲蟋蟀、蝴蝶、蝗蟲照片樣式

結果:

螳螂對於走動的蟋蟀樣式的捕捉率有 58%最高，其次是跳動的蝗蟲樣式的捕捉率有 33%。拍翅的蝴蝶樣式最吸引螳螂的目光有 92%之多，但是卻完全不知道如何動手捕捉。蝗蟲跳動樣式有 50%螳螂只有觀望。螳螂完全不看的比率，蟋蟀、蝗蟲都是 17%，蝴蝶只有 8%。



圖二十五 螳螂對三種昆蟲捕捉動作比較圖

2. 不同顯示器對螳螂抓取判斷的影響實驗

假設:

使用解析度較高的顯示器，螳螂捕捉螢幕上昆蟲的機率會提升。

做法:

採用「抓不同種類跑跑昆蟲照片實驗」中的做法，改使用一般桌上電腦螢幕，同樣做了 36 隻次的測驗，比較一般桌上電腦螢幕與 iPad 兩種顯示器，對螳螂抓取判斷的影響。

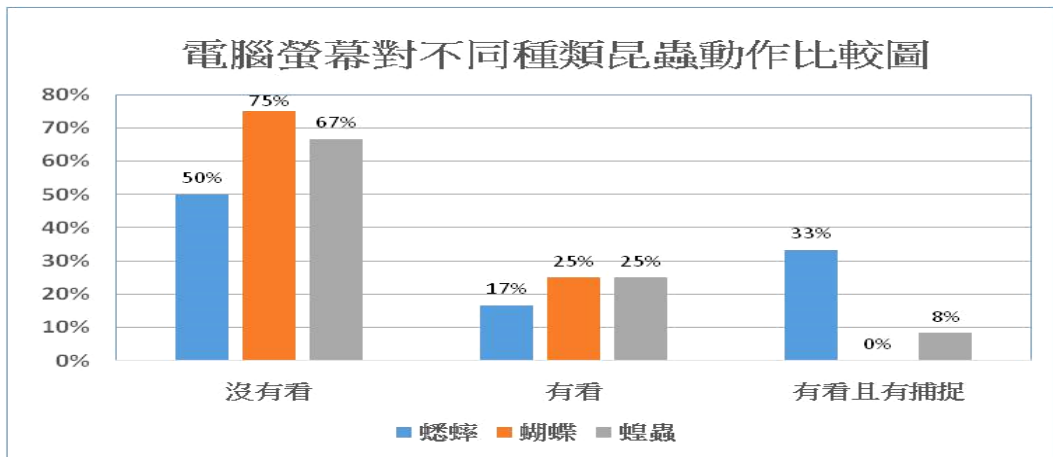
結果:

iPad 螢幕播放三種昆蟲螳螂注視移動的昆蟲比例較高，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別為 25%、92%、50%，電腦螢幕播放三種昆蟲螳螂注視移動的昆蟲比例較差，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別是 17%、25%、25%。

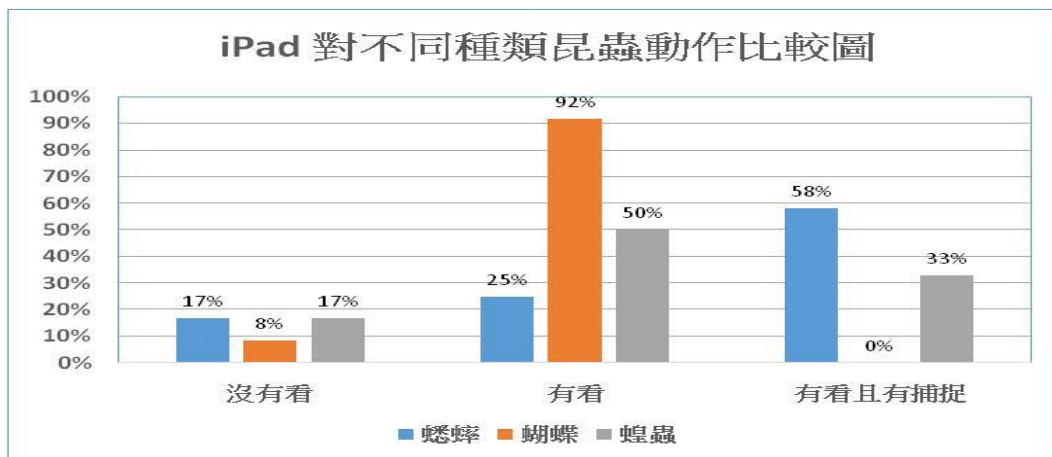
iPad 螢幕播放三種昆蟲螳螂做出捕捉動作比例較高，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別

為 58%、0%、33%，電腦螢幕播放三種昆蟲螳螂做出捕捉動作比例較低，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別是 33%、0%、8%。

電腦螢幕播放三種昆蟲螳螂沒有看的比例最高，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別為 50%、75%、67%，iPad 螢幕播放三種昆蟲螳螂沒有看的比例較低，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別有 17%、8%、17%，顯示電腦螢幕顯示器對於螳螂觀看較不利。



圖二十六 電腦螢幕對不同種類昆蟲動作比較圖



圖二十七 iPad 螢幕對不同種類昆蟲動作比較圖

由前面的實驗可以確認，有些棕汗斑螳即使在黑暗中也能順利捕捉獵物。利用昆蟲活動影像吸引螳螂捕捉實驗，結果發現螳螂能分辨使用卡通昆蟲圖片，與昆蟲照片，在不同種類昆蟲照片間也有差異，不同顯示器對三種昆蟲效果也有明顯差異。

其中 iPad 實驗蝴蝶拍翅移動照片時，雖然螳螂注視的比例很高，但沒有捕捉，在電腦螢幕播放的蝴蝶也是沒有捕捉，這可能和蝴蝶在螢幕拍動翅膀角度、拍動頻率、或有其他因素，讓牠只有一直觀看等待時機。

陸、討論

經過這段時間的樣本採集、飼養、紀錄、分析，這是非常難得的經驗，在這個過程中有許多細節問題，是經過不斷嘗試找出方法來克服，才讓後來慢慢能順利。

一、棕汗斑螳飼養觀察與實驗

剛開始採集的部分若螳還在 5 齡左右，飼養的昆蟲箱蓋孔隙過大，較小的若螳、小蝗蟲會鑽出來，為了防止逃跑，我們只好箱蓋內側貼透明膠帶或細紗網，防止脫逃。

飼養較大的若螳比較容易，但幼螳孵化出來後飼養就手忙腳亂了，要採集蚜蟲又找不到來源，原來冬季少嫩芽，所以蚜蟲也不多。我們一開始捕捉果蠅效率很差，後來大家集思廣益，分頭試做不同形式的果蠅誘捕裝置，才找出簡單又好用的樣式，放進去的水果皮也要挑香氣濃、水分多的。



圖二十八 果蠅誘捕裝置

原先飼養幼螳的昆蟲箱也像大隻若螳一樣布置，結果只有少數停棲在植物上，許多一齡幼螳在箱底、箱蓋互相推擠踩踏，一兩天就折損許多，推測是太乾燥了，於是噴水進箱子，箱底無法避免有水珠，幼螳走近喝水卻會被水珠淹死。死亡的幼螳吸引來螞蟻，為了隔絕螞蟻把昆蟲箱放在架空的水盆上。後來把植物枝葉直接雜亂放在箱底，讓小樹枝撐出許多小空間，可以讓幼螳停棲在枝葉間，噴灑的水霧會分散在枝葉上，又有足夠果蠅餵食，存活率就提升起來，能看到牠們一個個脫皮很令人振奮。



圖二十九 幼蝗飼養昆蟲箱

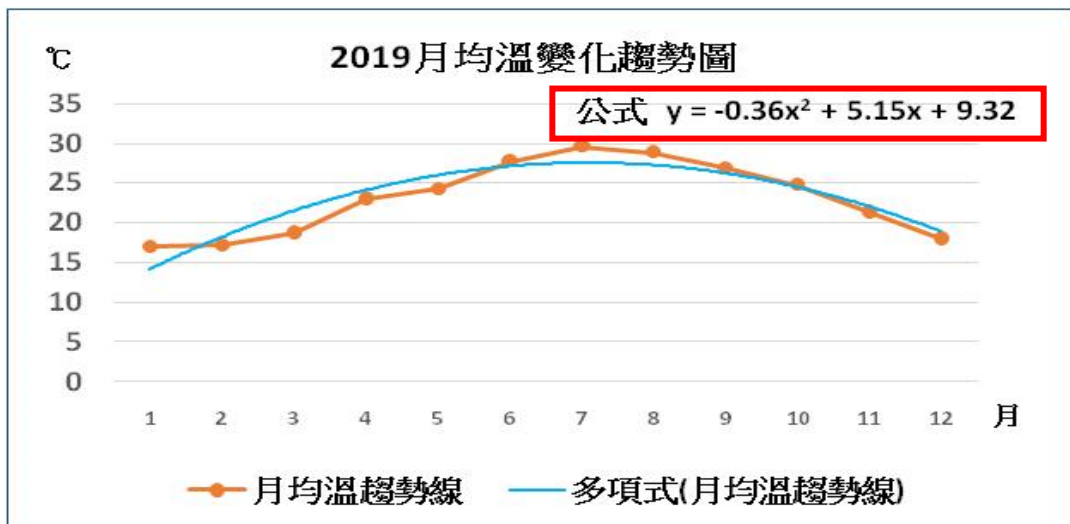


圖三十 若蝗飼養昆蟲箱

二、蝶蛸孵化時間與溫度的關係

經過了前面的實驗，取得了棕汗斑蝶蛸孵化的溫度與天數的關係後，應該大致可以推算出不同溫度時蝶蛸孵化需要多少時間。

目前我們掌握了溫度愈高孵化時間愈短，必須再確定溫度每升高或下降一度會有多大的差異，而且在較低氣溫與較高氣溫時，這個變化率就愈大，這樣的變化曲線和每年的溫度變化似乎很接近，於是依據氣象局 2019 年的月均溫觀測資料，劃出折線圖與趨勢線，這個趨勢線的公式 $y = -0.36x^2 + 5.15x + 9.32$ 就代表他的變化率。參考洪老大(2014)做法，當溫度較低時積分較少，當溫度較高時較高積分，我們預設蝶蛸孵化總時間積分需要 10000 分，把蝶蛸等待孵化的每天平均溫度，當成趨勢線公式的 x ，把溫度帶進公式就可以得到積分 y ，累計積分到達 10000 分時會孵化。



圖三十一 2019年新竹月均溫變化與趨勢線

試著將公式帶進我們原先編號 X01A 的蝶蛸孵化紀錄表，把每天的平均溫度 x 帶進趨勢線公式，得到每一天的積分數，再把每天積分累計起來，最後孵化當天得到的總積分

是 9998，非常接近目標 10000 積分，再用相同的方式驗證其他的蝶蛹孵化紀錄，也能得到相當接近的結果。



圖三十二 X01A 蝶蛹等待孵化逐日溫度與積分累計情形

驗算完這個積分的可行性，就能推算出不同溫度的積分數，把臺灣最低到最高日均溫的積分算出來，將蝶蛹每天日均溫紀錄，對照所得積分，累計每天所得積分，就幾乎可以預測蝶蛹孵化日期。

表十 孵化溫度積分表

溫度 °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
個別積分	97	110	123	137	152	168	184	201	219	237	256	276	297	318	340	363	387	411	436	461	488

三、螳螂捕食與視覺的關係

在做螳螂抓跑跑昆蟲實驗時，首先就遇到如何在手機、平板或電腦螢幕出現在走動的昆蟲，最先我們把蟋蟀抓出來放在桌面，用相機錄影蟋蟀爬動畫面，想說新鮮活潑的蟋蟀應該最能吸引螳螂吧！不過蟋蟀愛走不走的，站在桌上向下方錄影，影像晃動，也不容易控制播放時比例，試了又試只好放棄。大家各自想辦法，試著用不同軟體來做效果，有人把蟋蟀照相後，相片去除背景，在 Power Point 做了跑跑蟋蟀，有人學過 Scratch 軟體，也做了初版的跑跑昆蟲，大家一起出主意，畫面上要有多少隻蟲，要走什麼路線，後來發現效果不如預期，再討論原因，推測是螢幕顯示的卡通版昆蟲不夠真實，還有把螳螂抓出昆蟲箱讓牠處於驚慌中。後來改以三種昆蟲照片來實驗，讓螳螂站在插在水盒的植物上果然收到成效，又再比較了不同螢幕效果，又有新的發現，大家對實驗樂此不疲，不斷激盪出更多想法，真的是非常快樂的事。

柒、結論

- 一、棕汙斑螳從孵化到成蟲共脫皮9次，有9齡。
- 二、體色多變有由淺米色至深褐色、紅褐色、黃綠色、綠色、墨綠色都有。
- 三、雌雄棕汙斑螳比例，雄螳約佔23%，雌螳約佔77%
- 四、棕汙斑雌螳一生能產卵6、7次以上，生產間隔大約9到16天。
- 五、螻蛄孵化小螳的隻數從57到154之間，平均產出104隻。
- 六、棕汙斑螳常用口器舔乾淨腳和觸鬚，倒吊著脫皮，需要喝水，貼地活動捕食地面小蟲。
- 七、棕汙斑螳有弱肉強食的本性，體型有差距或相近體型在脫皮期間，都會成為捕食對象。
- 八、冬天室溫環境螻蛄平均孵化天數是48天，溫室裡孵化的平均天數是28天，溫度低螻蛄孵化天數較長，溫度高螻蛄孵化天數較短。
- 九、孵化時間與該年度月均溫變化趨勢相同，可利用孵化溫度積分表推算出螻蛄孵化日期。
- 十、棕汙斑螳捕食策略以體型差距較大的小型爬蟲優先，體型愈大的獵物取食比例較少。
- 十一、棕汙斑螳的視力絕佳，即使在黑暗中也有些螳螂能順利捕捉獵物。
- 十二、棕汙斑螳能對螢幕中移動的昆蟲有視覺反應，蟋蟀捕食率高於蝗蟲與蝴蝶。
- 十三、棕汙斑螳對不同螢幕顯示器，視覺感受效果會有明顯差異。

捌、參考資料及其他

- 李季篤（2018）。*螳螂飼養與觀察*。台中市：晨星。
- 黃仕傑（2015）。*自然老師沒教的事5：螳螂的私密生活*。台北市：天下文化。
- 陳澤豪、曹翔皓、蘇于倫、邵彥傑。“螂”來了一螳螂的型態比較與行為探索。中華民國第48屆中小學科學展覽會國中組生物及地球科學科佳作。
- 柴又寧、張峻祥、李宥承、楊承翰、黃亭瑋、黃峻彥。環保寵物~祈禱蟲螳螂篇。中華民國第50屆中小學科學展覽會國小組生物科第三名。
- 戴圓芷、楊佳寧、劉芮妘、黃柏叡、易璟昕、倪克齊。大刀闊斧入草叢-探究螳螂與螻蛄。新竹市第三十七屆中小學科學展覽會國小組生物科第二名。
- 林義祥（2001）。嘎嘎昆蟲網站。取自 <http://gaga.biodiv.tw/new23/s6-28.htm>
- 洪老大(2014)。寬腹螳螂螻蛄孵化日期的估算（台灣螳螂研究院）。取自 <http://tiwanmantis.freebbs.tw/viewthread.php?tid=3166>

【評語】 080303

本研究針對臺灣棕汗斑螳進行生活史進行詳盡的紀錄與觀察，並探討螳螂捕食與獵物體型的關係，以及探討螳螂捕食的視覺機制。

1. 構思有趣，除了昆蟲觀察及蝶蛹孵化之環境因子，用 Scratch 軟體，並有假設及探究。
2. 本研究針對臺灣棕汗斑螳進行生活史紀錄，並釐清蝶蛹孵化時間與溫度的關係，及螳螂捕食與獵物體型的關係。非常完整有創意。
3. 唯實驗中是以電腦進行模擬測驗與真實自然環境差異大，影響結論及釋義。如果能在自然環境中觀察作品會更有真實性及特色。
4. 電腦與 ipad 播放昆蟲時，螳螂的行為模式為何會出現差異性？雖然有提出可能原因，但是仍需要多方驗證。
5. 實驗記錄本紀錄詳實，報告內容豐富，對於研究了解度高。

摘要

本研究針對臺灣棕汗斑螳進行生活史紀錄，並釐清蝶蛹孵化時間與溫度的關係，及螳螂捕食與獵物體型的關係。棕汗斑螳從孵化到成蟲經過九次脫皮，體色多變，雌、雄蟲比例懸殊約8:2，雌螳交尾後可產卵6次以上，蝶蛹平均可孵化約104隻幼螳，初期產的蝶蛹孵化隻數較多，越晚產出蝶蛹孵化隻數越少。

實驗冬天室溫與溫室比較孵化期溫度影響，發現溫度愈高蝶蛹孵化時間愈短，與當年度月均溫變化率相同，取用此趨勢線公式將溫度帶入，以積分累積方式，便可預估孵化時間。

棕汗斑螳捕食以本身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，不同顯示器對螳螂視覺感受程度，有顯著差異表現。

壹、研究動機

四年級時就看著學長姊穿梭在自然教室研究螳螂，正好我們也在學習昆蟲的單元，讓我們好羨慕可以天天接觸這些螳螂，我們經常都跟在他們旁邊偷偷的看，心想等我升上高年級也要和他們一樣，自己摸索課本以外的昆蟲世界。我們開始在野外尋找螳螂的蹤跡，其中有一種中等身材，卻在披著不顯眼灰褐的長大衣下捕捉足內，紋上特殊的黑、白、粉色刺青，勾起我們的好奇，於是我們選定了棕汗斑螳來研究，可是一般都市環境並不容易找到，而且關於棕汗斑螳的研究較缺乏，所以我們決定深入去了解牠的生存習性！

目前由文獻中可以知道棕汗斑螳 *Staliliamaculata* (Thunberg, 1784)，是螳螂科螳目靜螳屬的成員，又稱靜螳或小螳螂。對於棕汗斑螳在各階段就沒有詳細紀錄，像是卵期通常在什麼季節？多久會孵化？孵化時間與溫度是否有關？若蟲各期的體長、色斑、體型特徵、雌雄蟲比例、一生能產幾次卵、特殊行為...等，因此我們想要從雌螳產卵開始飼養，把棕汗斑螳生活史詳細記錄下來。

已知螳螂是肉食主義者，許多人曾經探討過牠對各種食物甚至是味道的喜好，我們更希望能知道該餵食牠什麼體型大小的獵物較適當，因為每隻螳螂的大小身長不同，因此我們想針對螳螂體型和餵食昆蟲體型的關聯做探討，並了解螳螂捕食運用什麼感官，如何能在昆蟲界中成為消費者。

貳、研究目的

- 一、了解棕汗斑螳生活史
- 二、分析蝶蛹孵化時間與溫度的關係
- 三、探討螳螂捕食與獵物體型的關係，以及探討螳螂捕食的感應應用機制。

參、研究設備及器材

- 一、一般器材：
中昆蟲箱(26.5x16.5x18.5cm)、大昆蟲箱(35x21x25cm)、採集罐、捕蟲網、細毛刷子、紗網、尺、紀錄表、透氣密封昆蟲罐、尺、塑膠放大罐、寶特瓶、塑膠袋、橡皮筋、噴水瓶、吸管、大水盆、透氣飼養杯、小石頭、滴管、紙箱、黑布。
- 二、電子器材：
電腦、錄影機、智慧型手機、iPad、照相機、溫溼度計、鹵素燈組、照度計。

肆、研究過程或方法

一、生活史探究

要研究棕汗斑螳的習性我們勢必要先了解牠，我們先閱讀了許多相關的文獻，並在野外取回棕汗斑螳樣本，開始飼養。

➤(一) 棕汗斑螳飼養觀察紀錄

我們在近郊丘陵地取得棕汗斑螳研究樣本，放入箱體透明的中型昆蟲箱中飼養。每隻螳螂都會測量體長(圖一)、照相、編號，建立個別飼養紀錄，觀察螳螂的外型特徵、體色、雌雄蟲比例、脫皮、產卵、進食狀況、各種行為...等。

➤(二) 同箱飼養行不行

先測試5組分別放2隻在同一昆蟲箱飼養，安排體型接近但體色差異大的同箱飼養，每天觀察並維持有兩隻蟋蟀，經過一週，結果發現螳螂大小差不多不會有互食現象，所以我們再做了一次。第二次，我們讓不同體型螳螂分組進行實驗測試，各箱安排如下。

相差1齡組為7齡若螳與6齡各一隻配對成2箱，相差2齡組為8齡若螳與6齡各一隻配對成3箱，相差6齡組為7齡若螳一隻與1齡若螳兩隻分別配對成5箱，各箱都給予充足適合其體型的食物，每天觀察、紀錄、補充食物，預計實驗一週，看棕汗斑螳會不會有捕食同類的現象。

二、蝶蛹孵化時間與溫度的關係

根據文獻紀錄，不同種螳螂蝶蛹孵化時間統計，但都是在冬天氣溫較低的情況，我們不知道夏天時的溫度是否會影響孵化速度，所以想要模擬夏天的溫度。

假設：溫度高所需孵化時間較短；溫度低所需孵化時間較長。

三、螳螂捕食與獵物體型的關係

取22隻棕汗斑螳，進行13天實驗，將棕汗斑螳個別放入飼養箱中，依據每隻螳螂的體長，在箱中放入4隻不同體長蟋蟀，分別是螳螂體長約1/2、1/3、1/4和1/5的蟋蟀，每天上午觀察、記錄棕汗斑螳捕食蟋蟀的情形，若有蟋蟀被吃或蟋蟀自然死亡的話，就補充新的蟋蟀到飼養箱中，讓每個飼養箱內維持4隻不同體長蟋蟀。



圖一 測量螳螂體長

表一 同箱飼養實驗各組內容

相差	若螳1		若螳2		若螳1食物		若螳2、3食物			
	編號	體長	編號	體長	名稱	體長	名稱	體長		
1齡組										
第一組	A19	4.0cm	A22	2.5cm	蟋蟀	1cm	蟋蟀	0.6cm		
第二組	A04	4.0cm	A27	2.5cm	蟋蟀	1cm	蟋蟀	0.6cm		
2齡組										
第一組	A02	4.5cm	A16	3.0cm	蟋蟀	1.1cm	蟋蟀	0.7cm		
第二組	A05	4.5cm	A13	3.0cm	蟋蟀	1.1cm	蟋蟀	0.7cm		
第三組	A03	4.5cm	A12	3.0cm	蟋蟀	1.1cm	蟋蟀	0.7cm		
6齡組										
第一組	A24	3.5cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.8cm	果蠅	0.3cm
第二組	A26	3.5cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.8cm	果蠅	0.3cm
第三組	A29	3.6cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.9cm	果蠅	0.3cm
第四組	A30	3.6cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.9cm	果蠅	0.3cm
第五組	A15	3.8cm	一齡	0.5cm	一齡	0.5cm	蟋蟀	0.9cm	果蠅	0.3cm

表二 蝶蛹孵化時間與溫度的關係實驗環境條件設定

實驗組	對照組
模擬夏天溫度(蝶蛹溫室)	冬天室溫
日均溫度: 22°C~36°C	日均溫度: 10°C~25°C
平均濕度: 70%~80%	平均濕度: 70%~85%



圖二 蝶蛹溫室

伍、研究結果

一、生活史飼養觀察結果

我們所研究的棕汗斑螳各部位名稱圖解說明：



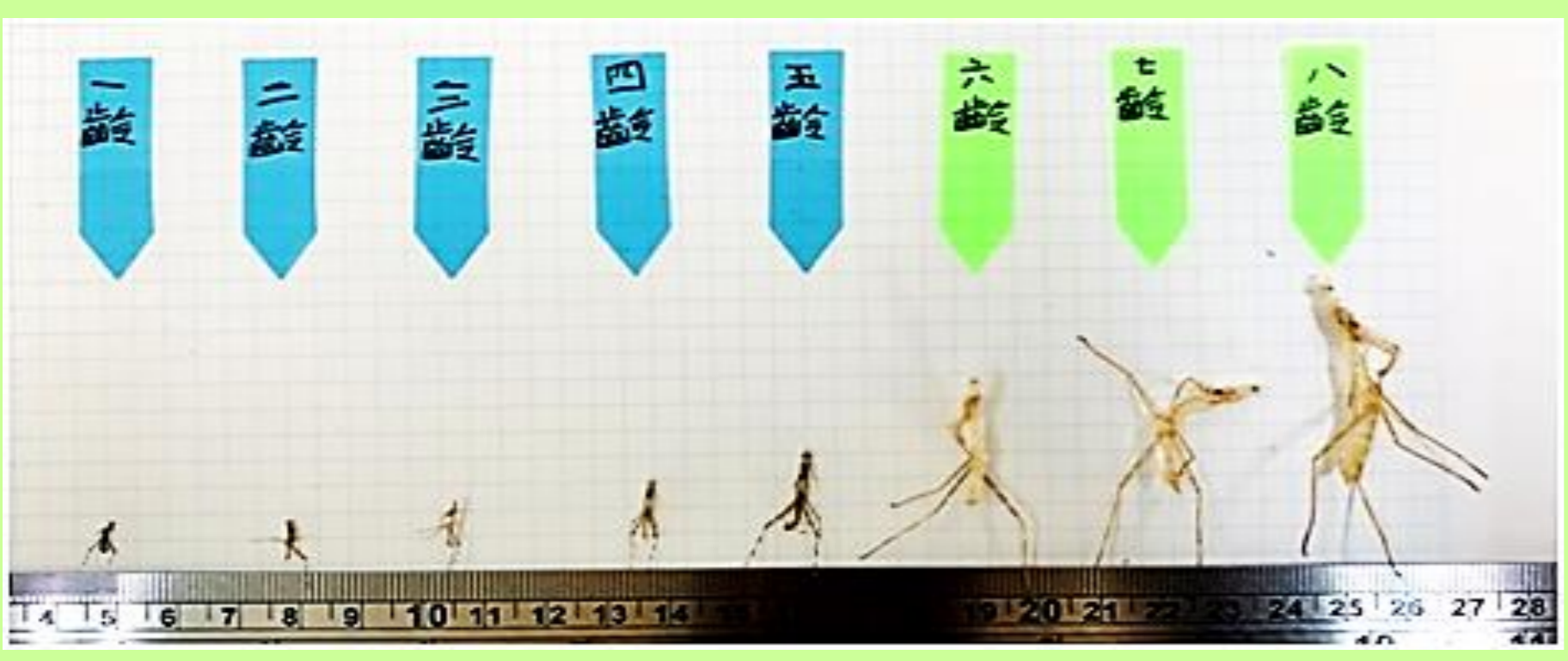
圖三 棕汗斑螳各部位名稱

◆ 1. 各齡體長、體型特徵

表三 棕汗斑螳各齡體長、體型特徵

齡期	體長	照片	特徵
前若蟲	0.3cm		全身呈紅褐色，包覆著肝臟膜，兩個黑色的複眼在看似透明的頭部兩側，六隻腳都約束住，只能用全身扭動。
一齡	0.5cm		全身都是黑色，捕捉足腿節有一較深黑色斑塊，中足和後足都有明顯的白色斑紋。
二齡	0.7cm		脫皮後就變成棕色，捕捉足腿節黑色斑塊更明顯，中足和後足白色斑紋仍然清楚。
三齡	1.0cm		體色棕色，腹部背面有明顯的網格斑紋，捕捉足腿節有黑色斑塊，中足和後足有白色斑紋。
四齡	1.3cm		中胸、後胸背板可以看到細小的翅芽，腹部背面中央有明顯的米色縱條紋，及精緻網格斑紋，捕捉足腿節內側有黑色斑塊，中足和後足腿節顏色較深，有白色斑紋。

五齡	1.8cm		中胸、後胸背板有翅芽，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足腿節內側有黑色、米色斑塊，中足和後足腿節顏色較深，有白色斑紋。
六齡	2.5cm		翅芽較明顯些，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足腿節內側有黑色、米色斑塊。
七齡	3.5cm		翅芽更明顯些，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足基節有明顯黑色斑塊，腿節內側有黑、白、粉色斑塊。
八齡	4.5cm		翅芽更明顯豐厚，腹部背面中央有米色縱條紋，及網格斑紋，捕捉足基節有明顯黑色斑塊，腿節內側有黑、白、粉色斑塊。
九齡(成蟲)	5.5cm		翅膀完全展開蓋住腹部，露出尾毛，光線充足時，捕捉足基節是深藍色斑塊，腿節內側有深藍、白、粉色斑塊，中足和後足腿節顏色稍深，斑紋已不明顯。



圖四 棕汗斑蟊成長各齡脫皮

2. 體色多變

從野外取得的棕汗斑蟊樣本顏色非常多樣，從米色、深褐色、紅褐色、黃綠色、綠色、墨綠色都有，通常脫皮前顏色較深，剛脫皮顏色非常淡，甚至有點透明，成蟊脫皮愈久除了顏色愈深，翅面會開始有斑駁的斑紋出現，像人類的老人斑一樣。過程中會有體色反覆變化現象，如A09與A22在六齡時是棕色，七齡轉黃綠色、墨綠色，A09八齡脫皮後又轉回棕色。

3. 雌雄蟲特徵

雄蟊腹部瘦長有8節，觸鬚較長且稍粗。雌蟊腹部較寬有6節，觸鬚較短而稍細。

4. 產卵、孵化隻數統計

野外取得的棕汗斑蟊雌成蟊從飼養開始到生命結束，能產卵6、7次以上，每一次生產間隔大約9到16天，平均16天左右產一次，都能孵化出小蟊，表示在野外時已成功交尾，只是不確定是否已經在野外產過蟊卵。

棕汗斑蟊大多在傍晚左右產卵，多選擇懸吊在葉子或物體下方產蟊卵，剛產的蟊卵是乳白色，形狀為長紡錘型，經過時間越久變得越黃褐色，長度大部份約在2.5~3cm左右，重量約0.28g，孵化後平均剩0.1g。

小蟊孵化時間大多在清晨或早上，鑽出蟊卵時在尾部會拉出一條絲，讓若蟲鑽出後不致墜落，脫去第一層皮後便開始可以走動，剛孵出時是紅褐色，約2小時後，身體顏色變黑，中、後足腿節、脛節斑紋會變成黑、白相間。

孵化小蟊的隻數從57到154之間，平均產出104隻，和前一年學長姊的紀錄，孵化小蟊隻數25到116隻，平均產出76隻，相較起來數量較多，較早產的蟊卵能成功孵化的小蟊數量較多，愈晚產的孵化小蟊數量漸少。

表四 棕汗斑蟊各種體色

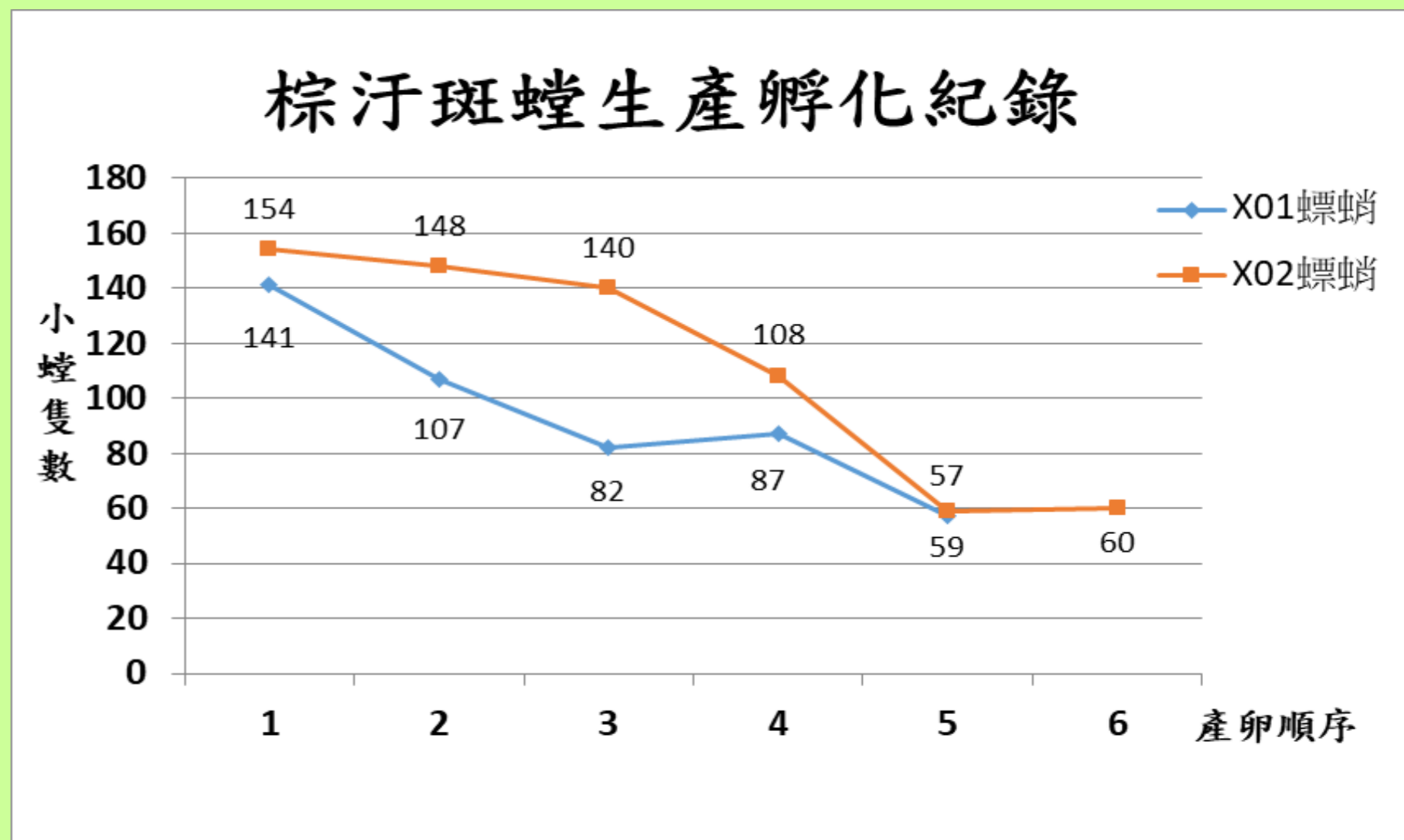
體色	米色	深褐色	紅褐色	黃綠色	綠色
蟊卵照片					

表六 棕汗斑蟊雌雄蟲特徵

性別	雄蟊	雌蟊
腹節特徵		
觸鬚特徵		



圖五 郊山房屋外棕汗斑蟊蟊卵 圖六 棕汗斑蟊蟊卵 圖七 棕汗斑蟊剛孵化幼蟊

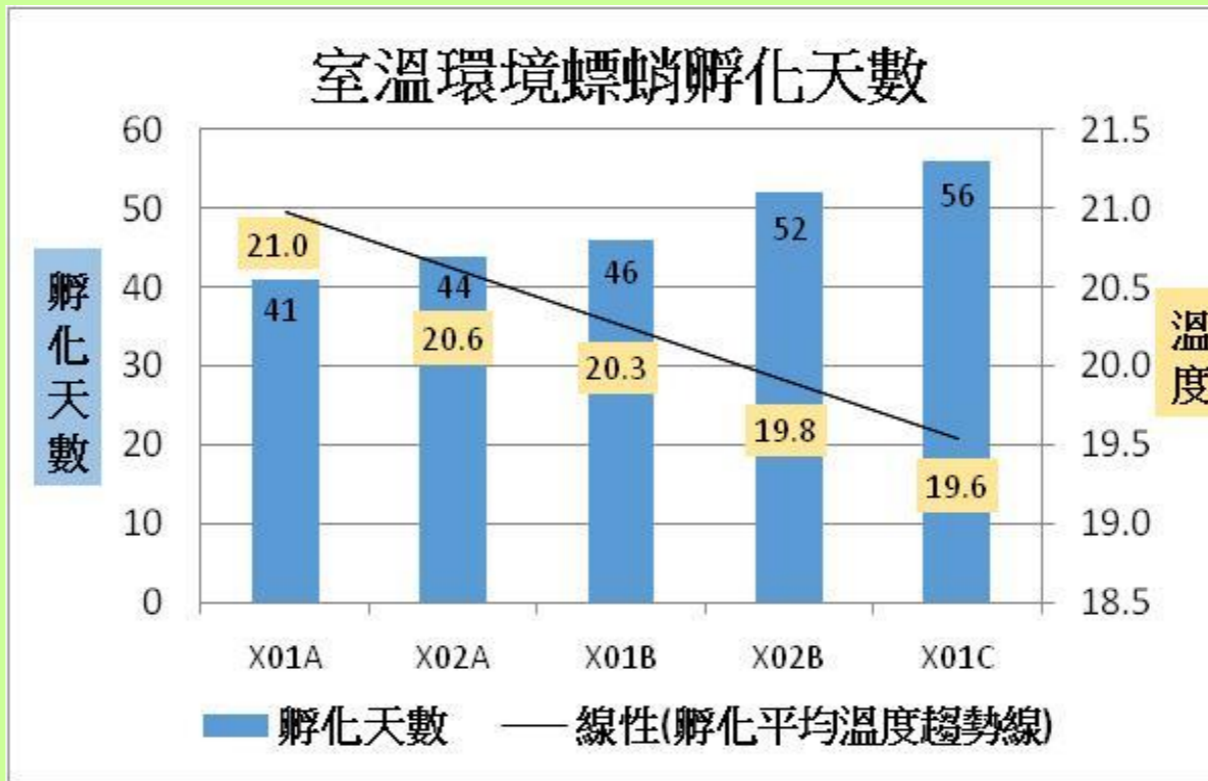


圖八 棕汗斑蟊生產孵化紀錄

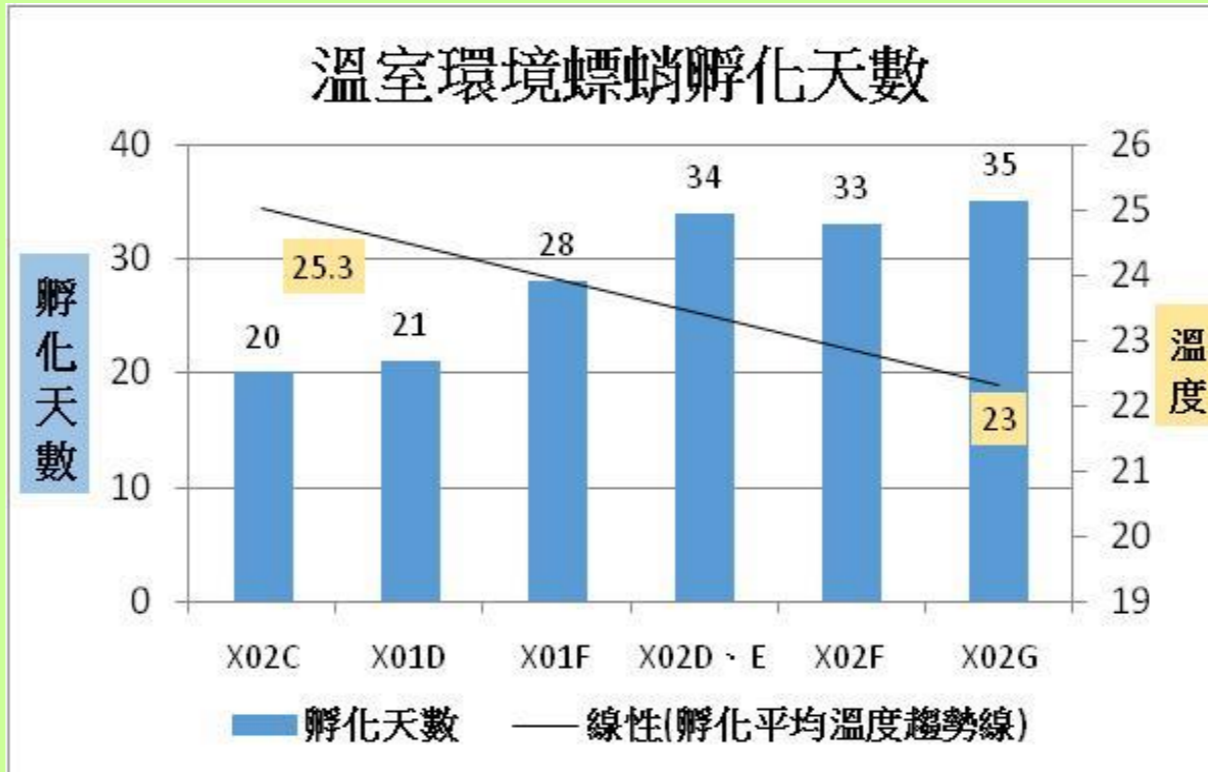
二、蟊卵孵化時間與溫度的關係實驗結果

在冬天室溫環境蟊卵平均孵化天數是48天，溫室裡孵化的平均天數是28天，加溫下的環境明顯提早40%時間，從11月到2月間，愈晚產的蟊卵孵化時間需要愈長，與這期間氣溫逐漸降低，使孵化天數逐漸增長。

試著找出溫度與孵化天數間的關係，溫度從低至高排列，把平均溫度除以孵化天數後發現，在平均溫度23°C以下(表八A組)的關係值是依序和溫度成正比的，到平均溫度23°C以上(表八B組)這些關係值就亂了，就開始找原因，推測蟊卵孵化天數的穩定性和最低日均溫較相關，最高日均溫可以達到29.6°C，日均溫高低落差可以到11°C，當最低日均溫高於15.6°C後，形成黃金交叉(圖十八)，孵化的天數就不一定平均溫度愈高孵化天數愈短了。



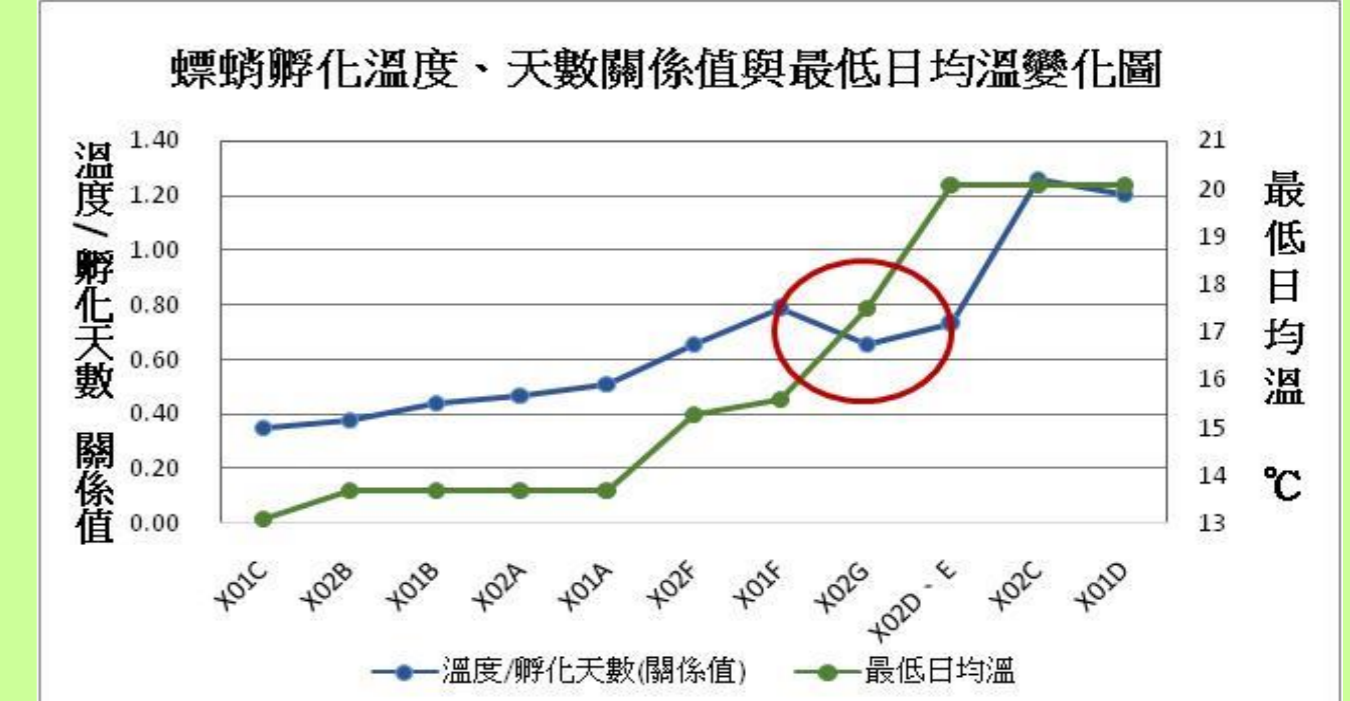
圖十六 室溫環境蟊卵孵化天數



圖十七 溫室環境蟊卵孵化天數

表八 蟊卵孵化天數與溫度紀錄分析

蟊卵編號	平均溫度	孵化天數	溫度/孵化天數(關係值)	最高日均溫	最低日均溫	高低差
X01C	19.6	56	0.35	21.7	13.1	8.6
X02B	19.8	52	0.38	21.7	13.7	8
X01B	20.3	46	0.44	21.7	13.7	8
X02A	20.6	44	0.47	22.9	13.7	9.2
X01A	21.0	41	0.51	22.9	13.7	9.2
X02F	21.7	33	0.66	26.7	15.3	11.4
X01F	22	28	0.79	29.6	15.6	14
X02G	23	35	0.66	26.7	17.5	9.2
X02D-E	24.8	34	0.73	29.6	20.1	9.5
X02C	25.2	20	1.26	27.9	20.1	7.8
X01D	25.3	21	1.20	27.9	20.1	7.8



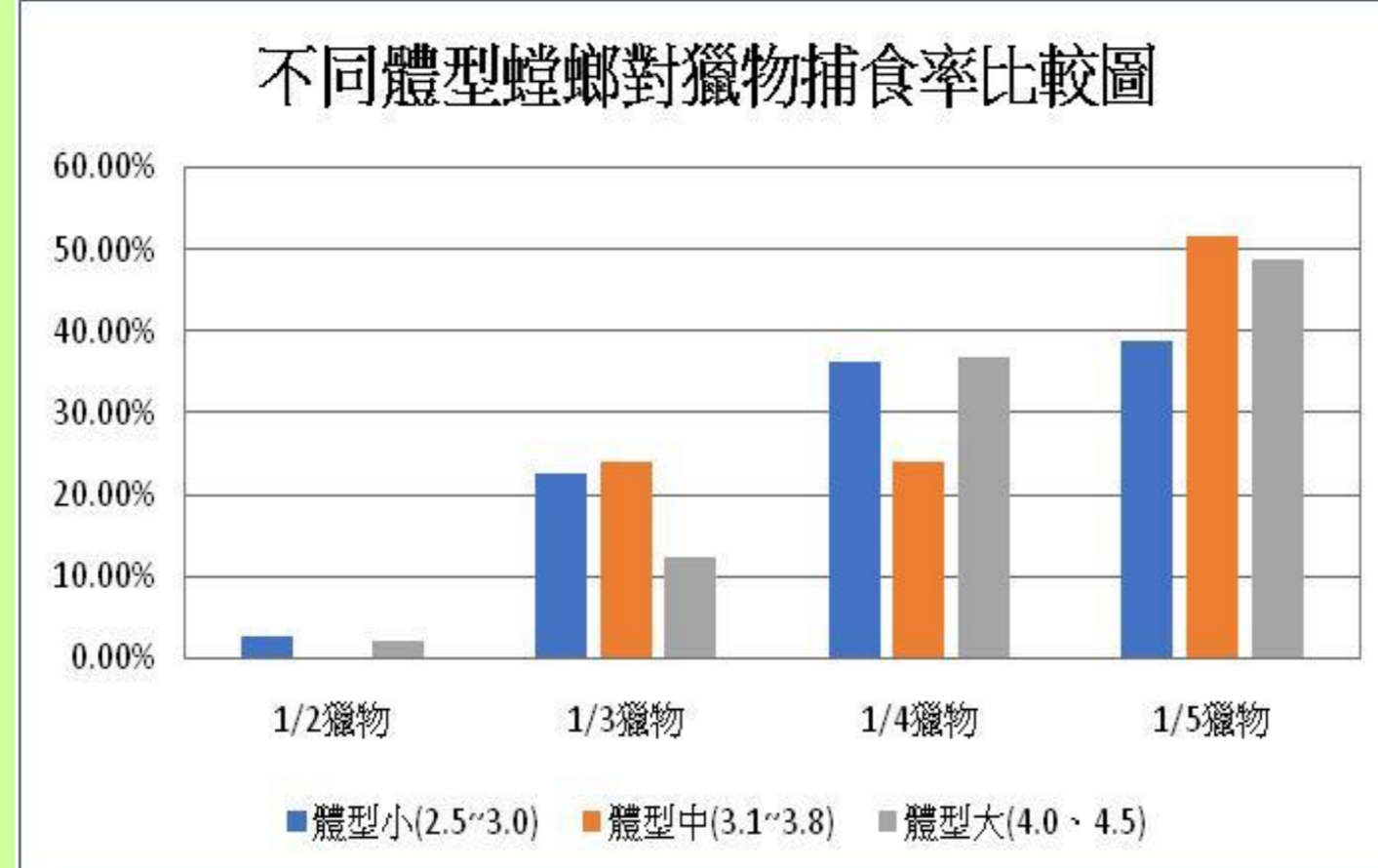
圖十八 蟊卵孵化溫度、天數關係值與最低日均溫變化圖

三、蟊捕食與獵物體型的關係

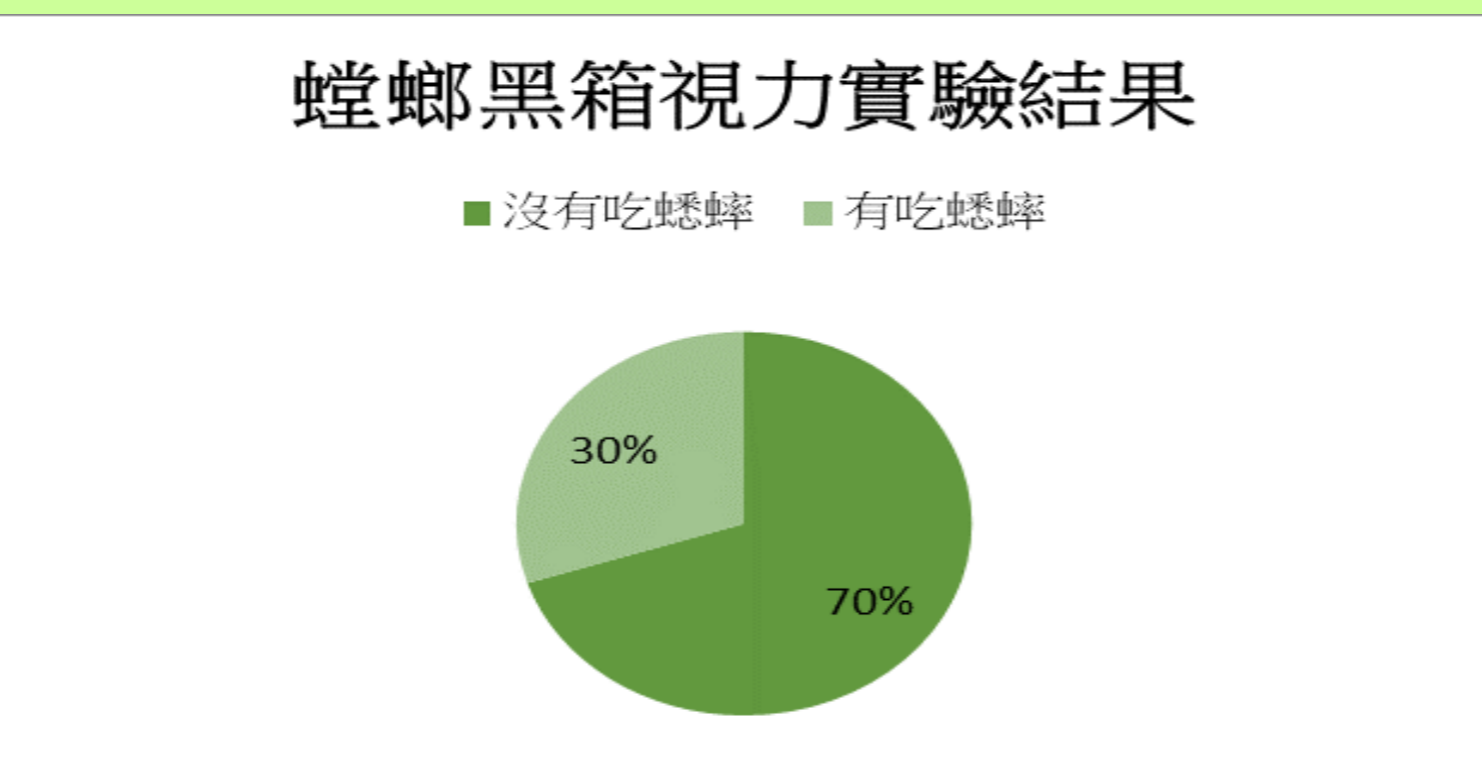
將22隻蟊分成三種不同體型，依序為體型小(身長2.5~3.0cm)、體型中(身長3.1~3.8cm)及體型大(身長4.0、4.5cm)。

分開看其對不同身長比例獵物捕食率的差異，發現體型大的蟊偏好1/5的獵物；體型中及體型小的蟊對於較大比例的獵物(1/4及1/3)的捕食率佔不少比例。

知道了蟊對於獵物體型的捕食條件後，我們想延伸對於蟊視覺的探討。在觀察棕汗斑蟊捕食時，看到牠在捕食前身體保持不動，一直注視著移動中的獵物，等靠近時才揮動前足捕捉，很顯然是依賴視覺來採取行動的。我們在網路上發現一個的影片，有人將蟊放在手機前，發現蟊會捕捉手機裡在動的昆蟲。於是我們就想要模仿這樣的方式，如果沒有光線是否牠就無法捕捉獵物了呢？看看蟊的動態視覺能有多厲害？所以我們又設計了兩個實驗。



圖十九 不同體型蟊對獵物捕食率比較圖



圖二十 蟊黑箱視力實驗結果

表九 不同體型蟊對不同身長比例獵物捕食率

獵物體型、蟊體型	體型小 (2.5~3.0cm)	體型中 (3.1~3.8cm)	體型大 (4.0、4.5cm)
1/2 獵物	2.50%	0.00%	2.04%
1/3 獵物	22.50%	24.14%	12.24%
1/4 獵物	36.25%	24.14%	36.73%
1/5 獵物	38.75%	51.72%	48.98%



圖二十二 Scratch程式



圖二十一 昆蟲樣式

(一) 黑箱飼養

假設：蟊主要是靠視覺來捕捉獵物，在黑暗中就失去視覺無法捕捉獵物。
作法：選擇實驗期間不會脫皮的蟊，每隻蟊都給予適合尺寸的蟋蟀2隻，分別把十箱飼養蟊的昆蟲箱放進紙箱裡，外面披著黑布，防止光照進去，使用照度計測量箱內照度為17.5 Lux，封蓋4天，看蟊會不會抓蟋蟀。中途都不干擾，最後一天才開箱記錄。

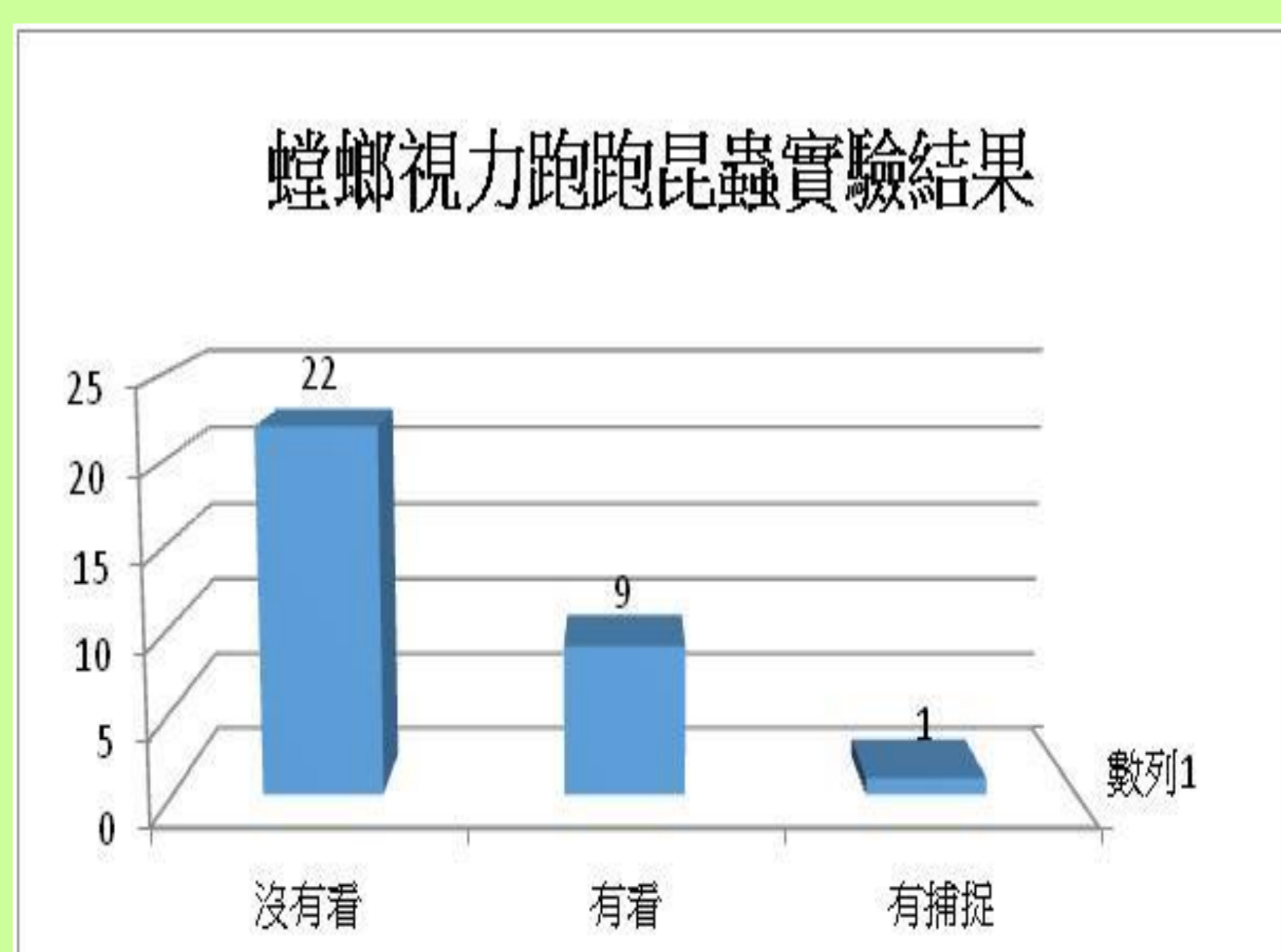
結果：昆蟲箱用紙箱密封蓋上黑布四天後打開，還是有蟋蟀被吃，有三箱棕汗斑蟊能在黑暗中捕食，七箱的蟊沒有捕食蟋蟀。但可以確定棕汗斑蟊的視力絕佳，即使在黑暗中也有些蟊能順利捕捉獵物。

(二) 抓跑跑昆蟲

假設：蟊在螢幕前，看到螢幕裡自己體長1/5的獵物，就會揮動前足捕捉。
做法：利用Scratch軟體寫一個程式，選一個昆蟲樣式如圖二十一 設定它的體長，在螢幕顯示約為蟊體長的1/5，安排畫面上不同高度有6隻昆蟲不斷左右來回移動，可利用不同按鍵調整昆蟲的移動速度，希望能成功使蟊將它誤認為真實昆蟲，進而去捕捉它。
把蟊放在電腦螢幕面前，用Scratch軟體顯示在爬行的昆蟲，並且在螢幕旁放擋板框住，限制蟊的視線，每隻90秒的時間測試，一隻測試一次，看蟊會不會觀察或是抓取，紀錄時將蟊有捕捉動作記V，只有看螢幕上跑的昆蟲記V，完全沒有看螢幕上跑的昆蟲記X。

結果：實驗當天先不餵食，並關閉電燈，讓光源只有螢幕，我們在不同星期做了兩次，錄影、觀察蟊在螢幕前動作。兩次總共做了32隻蟊測驗，結果有22隻完全沒有看螢幕，9隻有看，只有一隻認真看著螢幕中跑動的昆蟲做出捕捉動作。

檢討了前面的實驗結果，我們推斷與昆蟲的圖樣的擬真程度有關，於是我們使用真實昆蟲照片，再設計了兩個實驗。



圖二十三 棕汗斑蟊視力跑跑昆蟲實驗結果

◆ 1. 抓不同種類跑跑昆蟲照片實驗

假設：

螳螂對不同種類昆蟲，喜好程度不同。

做法：

利用Scratch軟體寫一個程式，選蟋蟀、紋白蝶、蝗蟲三種昆蟲照片，並各別走動、拍翅、跳動活動方式移動，設定螢幕上顯示大約是螳螂體長的1/5，安排畫面上一次1種昆蟲不斷來回活動。

把iPad螢幕放在螳螂面前，播放Scratch軟體顯示移動的昆蟲，每種昆蟲做12隻次，共三種，總共做36隻次測驗，每次60秒的時間測試，錄影與觀察螳螂是否會注視與會不會有抓取動作，紀錄時將螳螂有捕捉動作記✓，只有看螢幕上移動的昆蟲記○，完全沒有看螢幕上跑的昆蟲記✗。

◆ 2. 不同顯示器對螳螂抓取判斷的影響實驗

假設：

使用解析度較高的顯示器，螳螂捕捉螢幕上昆蟲的機率會提升。

做法：

採用「抓不同種類跑跑昆蟲照片實驗」中的做法，改使用一般桌上電腦螢幕，同樣做了36隻次的測驗，比較一般桌上電腦螢幕與iPad兩種顯示器，對螳螂抓取判斷的影響。

結果：

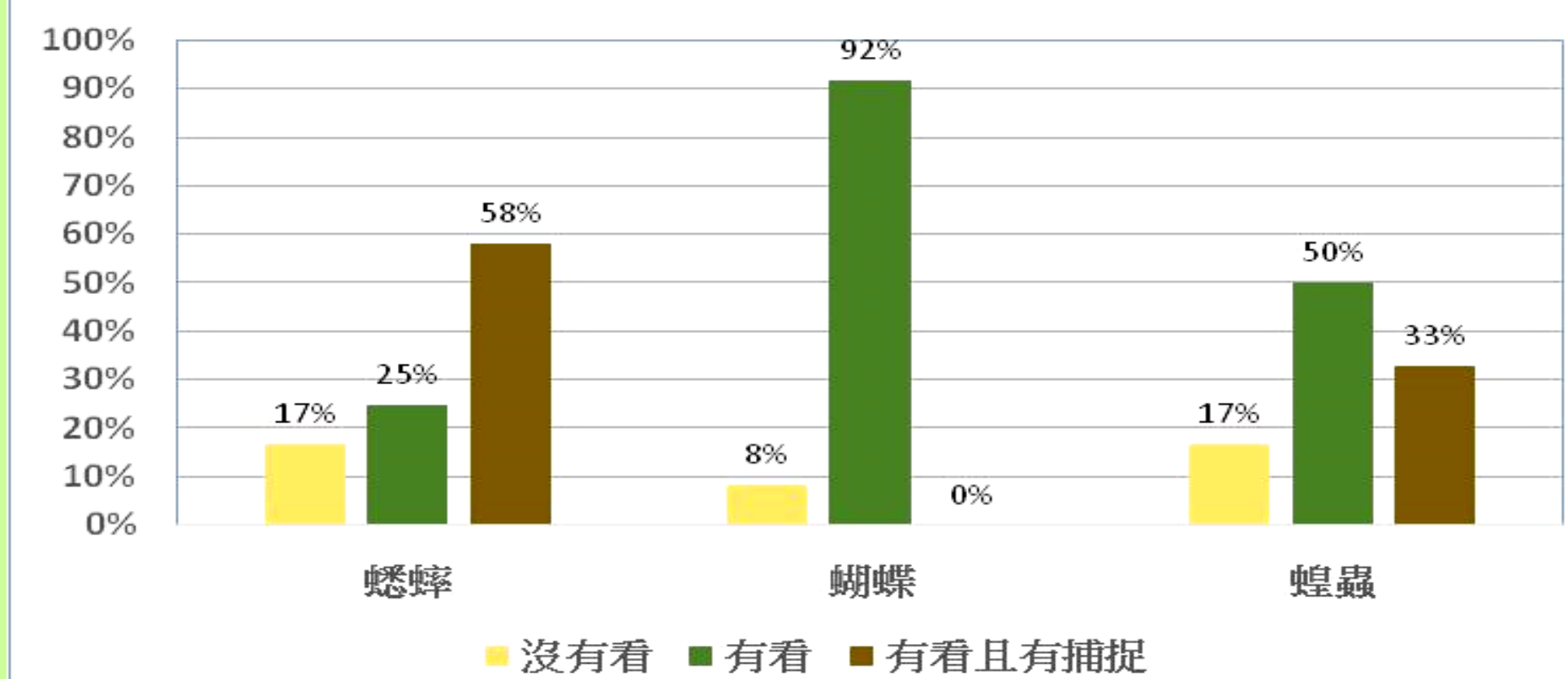
iPad螢幕播放三種昆蟲螳螂注視移動的昆蟲比例較高，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別為25%、92%、50%，使用iPad螢幕播放時螳螂做出捕捉動作比例較高，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別為58%、0%、33%。電腦螢幕播放三種昆蟲螳螂沒有看的比例最高，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別為50%、75%、67%，使用iPad螢幕播放時螳螂沒有看的比例較低，蟋蟀、蝴蝶和蝗蟲分別有17%、8%、17%，顯示電腦螢幕顯示器對於螳螂觀看較不利。

由前面的實驗可以確認，有些棕汗斑螳即使在黑暗中也能順利捕捉獵物。利用昆蟲活動影像吸引螳螂捕捉實驗，結果發現螳螂能分辨使用卡通昆蟲圖片，與昆蟲照片，在不同種類昆蟲照片間也有差異，不同顯示器對三種昆蟲效果也有明顯差異。

其中iPad實驗蝴蝶拍翅移動照片時，雖然螳螂注視的比例很高，但沒有捕捉，在電腦螢幕播放的蝴蝶也是沒有捕捉，這可能和蝴蝶在螢幕拍動翅膀角度、拍動頻率，或有其他因素，讓牠只有一直觀看等待時機。

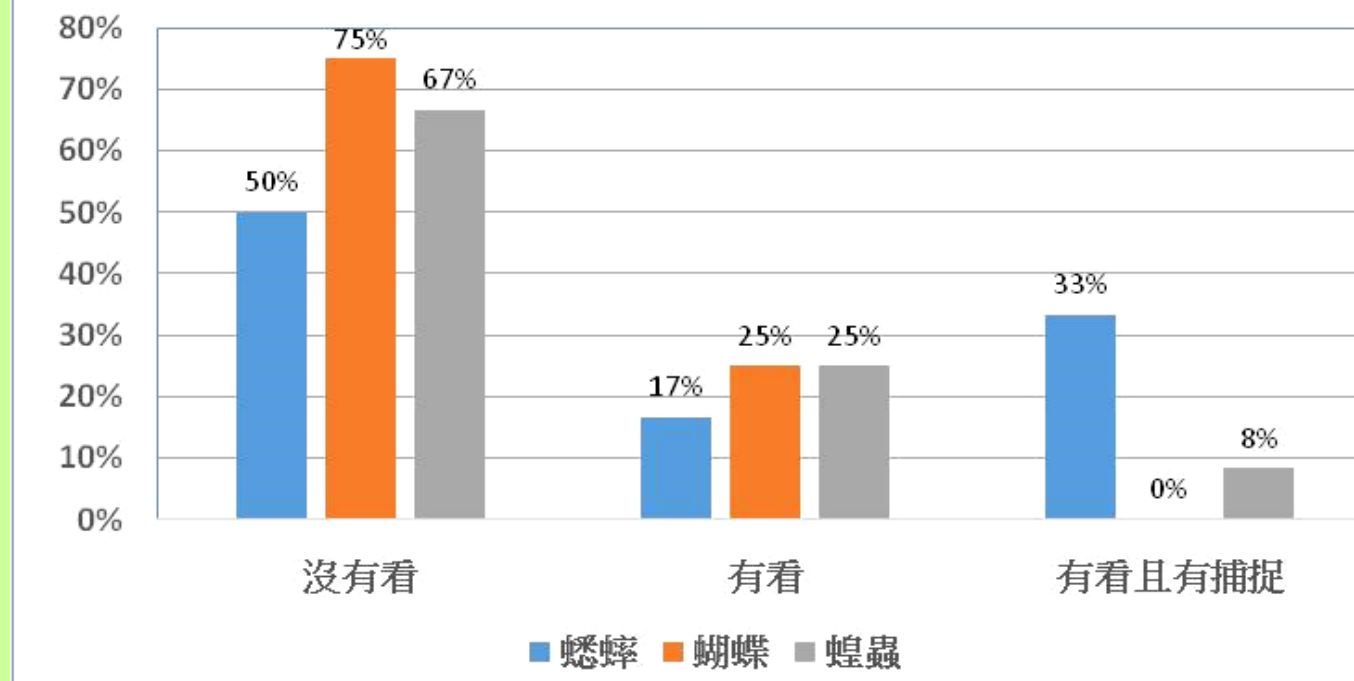


螳螂對三種昆蟲捕捉動作比較圖



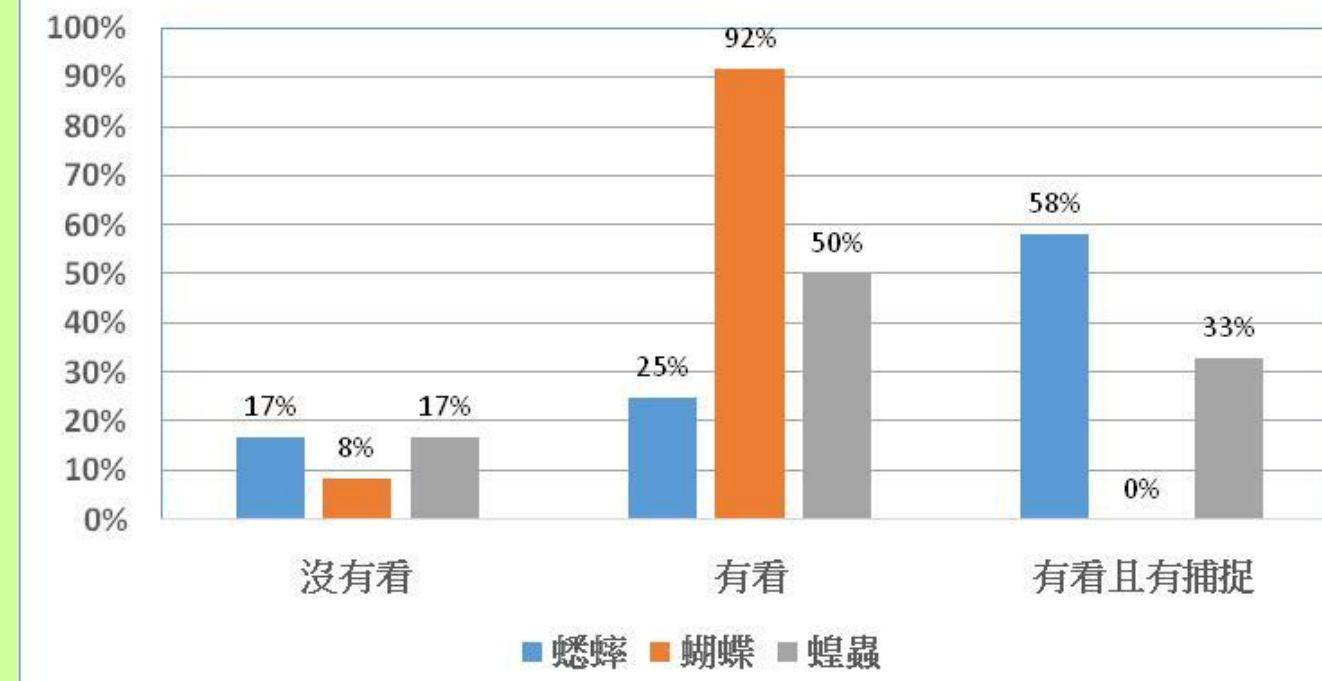
圖二十五 螳螂對三種昆蟲捕捉動作比較圖

電腦螢幕對不同種類昆蟲動作比較圖



圖二十六 電腦螢幕對不同種類昆蟲動作比較圖

iPad 對不同種類昆蟲動作比較圖



圖二十七 iPad螢幕對不同種類昆蟲動作比較圖

陸、討論

一、棕汗斑螳飼養觀察與實驗

剛開始採集的部分若螳還在5齡左右，飼養的昆蟲箱蓋孔隙過大，較小的若螳、蝗蟲會鑽出來，為了防止逃跑，我們在箱蓋內側貼透明膠帶或細紗網，防止脫逃。

飼養剛孵化幼螳較困難，冬季蚜蟲少，我們一開始捕捉果蠅效率很差，後來試做不同形式的果蠅誘捕裝置，才找出簡單又好用的樣式。飼養幼螳的昆蟲箱需放在架空的水盆上隔絕螞蟻，把植物枝葉直接雜亂放在箱底，讓幼螳停棲在枝葉間，噴灑的水霧會分散在枝葉上，有足夠果蠅餵食，存活率就能提升。

二、螻蛄孵化時間與溫度的關係

經過了前面的實驗，取得了棕汗斑螳螻蛄孵化的溫度與天數的關係後，應該大致可以推算出不同溫度時螻蛄孵化需要多少時間。

目前我們掌握了溫度愈高孵化時間愈短，必須再確定溫度每升高或下降一度會有多大的差異，而且在較低氣溫與較高氣溫時，這個變化率就愈大，這樣的變化曲線和每年的溫度變化似乎很接近，於是依據氣象局2019年的月均溫觀測資料，劃出折線圖與趨勢線，這個趨勢線的公式 $y = -0.36x^2 + 5.15x + 9.32$ 就代表他的變化率。參考洪老大(2014)做法，當溫度較低時積分較少，當溫度較高時較高積分，我們預設螻蛄孵化總時間積分需要10000分，把螻蛄等待孵化的每天平均溫度，當成趨勢線公式的x，把溫度帶進公式就可以得到積分y，累計積分到達10000分時會孵化。

試著將公式帶進我們原先編號X01A的螻蛄孵化紀錄表，把每天的平均溫度x帶進趨勢線公式，得到每一天的積分數，再把每天積分累計起來，最後孵化當天得到的總積分是9998，非常接近目標10000積分，再用相同的方式驗證其他的螻蛄孵化紀錄，也能得到相當接近的結果。

驗算完這個積分的可行性，就能推算出不同溫度的積分數，把臺灣最低到最高日均溫的積分算出來，將螻蛄每天日均溫紀錄，對照所得積分，累計每天所得積分，就幾乎可以預測螻蛄孵化日期。

表十 孵化溫度積分表

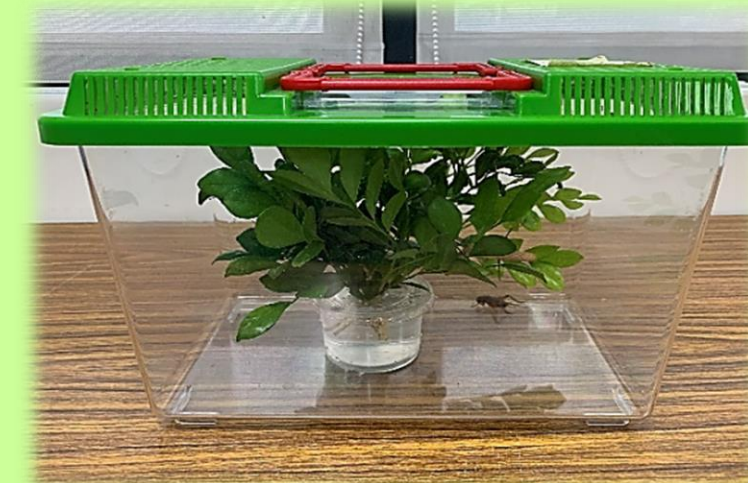
溫度 °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
個別積分	97	110	123	137	152	168	184	201	219	237	256	276	297	318	340	363	387	411	436	461	488



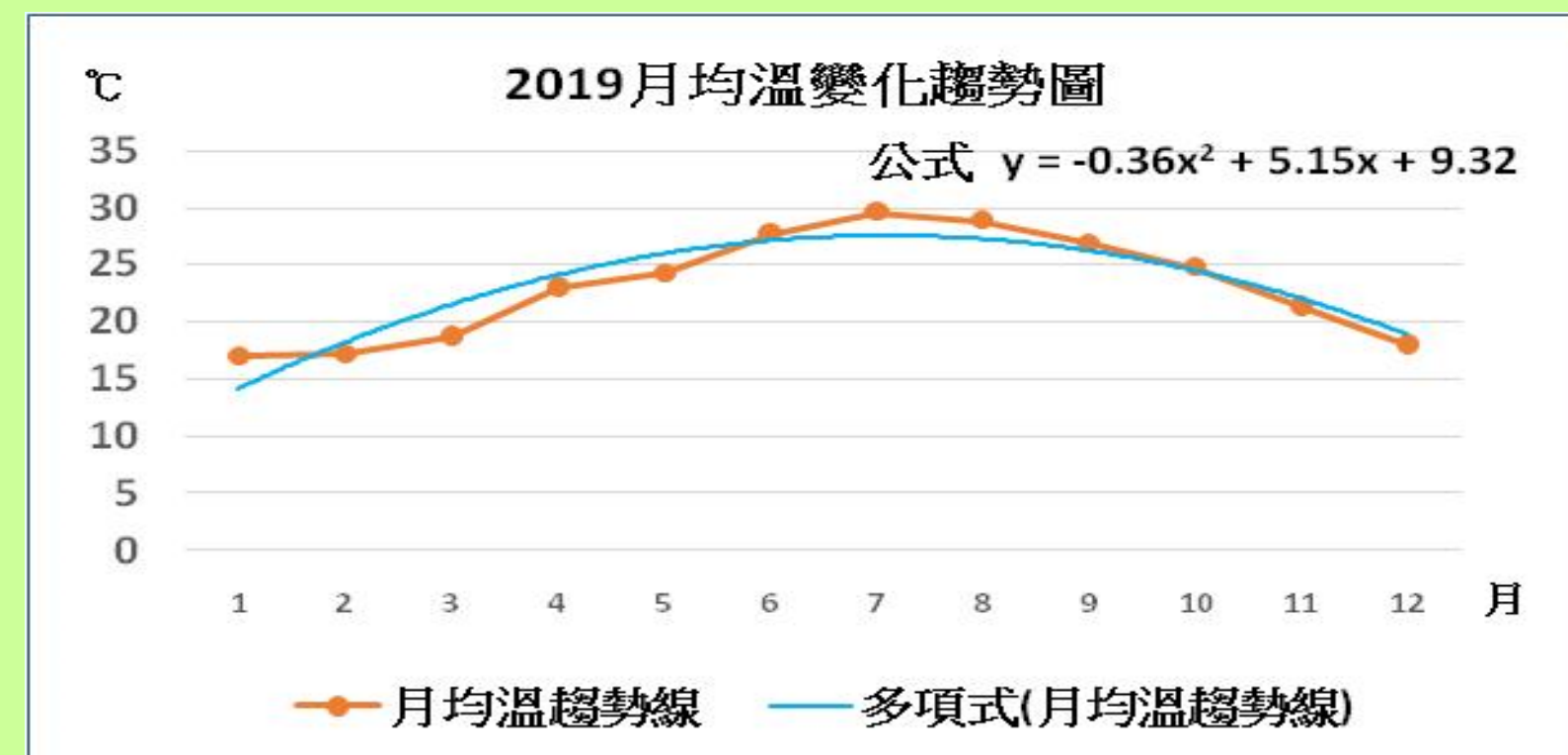
圖二十八 果蠅誘捕裝置



圖二十九 幼螳飼養昆蟲箱



圖三十 若螳飼養昆蟲箱



圖三十一 2019年新竹月均溫變化與趨勢線



圖三十二 X01A螻蛄等待孵化逐日溫度與積分累計情形

柒、結論

- 一、棕汗斑螳從孵化到成蟲共脫皮9次，有9齡。
- 二、體色多變有由米色至深褐色、紅褐色、黃綠色、綠色、墨綠色都有。
- 三、雌雄棕汗斑螳比例，雄螳約佔23%，雌螳約佔77%
- 四、棕汗斑雌螳一生能產卵6、7次以上，生產間隔大約9到16天。
- 五、螻蛄孵化小螳的隻數從57到154之間，平均產出104隻。
- 六、棕汗斑螳常用口器舔乾淨腳和觸鬚，倒吊著脫皮，需要喝水，貼地活動捕食地面小蟲。
- 七、棕汗斑螳有弱肉強食的本性，體型有差距或相近體型在脫皮期間，都會成為捕食對象。
- 八、冬室溫環境螻蛄平均孵化天數是48天，溫室裡孵化的平均天數是28天，溫度低螻蛄孵化天數較長，溫度高螻蛄孵化天數較短。
- 九、孵化時間與該年度月均溫變化趨勢相同，可利用孵化溫度積分表推算出螻蛄孵化日期。
- 十、棕汗斑螳捕食策略以體型差距較大的小型爬蟲優先，體型愈大的獵物取食比例較少。
- 十一、棕汗斑螳的視力絕佳，即使在黑暗中也有些螳螂能順利捕捉獵物。
- 十二、棕汗斑螳能對螢幕中移動的昆蟲有視覺反應，蟋蟀捕食率高於蝗蟲與蝴蝶。
- 十三、棕汗斑螳對不同螢幕顯示器，視覺感受效果會有明顯差異。

捌、參考資料及其他

李季篤（2018）。螳螂飼養與觀察。台中市：晨星。

黃仕傑（2015）。自然老師沒教的事5：螳螂的私密生活。台北市：天下文化。

陳澤豪、曹翔皓、蘇于倫、邵彥傑。“螂”來了一螳螂的型態比較與行為探索。中華民國第48屆中小學科學展覽會國中組生物及地球科學科佳作。

柴又寧、張峻祥、李宥承、楊承翰、黃亭瑋、黃峻彥。環保寵物-祈禱蟲螳螂篇。中華民國第50屆中小學科學展覽會國小組生物科第三名。

戴圓芷、楊佳寧、劉芮妘、黃柏叡、易璟昕、倪克齊。大刀闊斧入草叢-探究螳螂與螻蛄。新竹市第三十七屆中小學科學展覽會國小組生物科第二名。

林義祥（2001）。嘎嘎昆蟲網站。取自<http://gaga.biodiv.tw/new23/s6-28.htm>

洪老大(2014)。寬腹螳螂螻蛄孵化日期的估算（台灣螳螂研究院）。取自<http://tiwanmantis.freebbs.tw/viewthread.php?tid=3166>