

新竹市第三十九屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：生物

組 別：國中甲組

作品名稱：「蛛」光「飽」氣-不同光源對跳蛛捕食行為的影響

關 鍵 詞：跳蛛、色光、鏡子

編 號：

摘要

本次研究我使用新竹市十八尖山上常見的三種跳蛛-球斑馬蛛(*Zebraplatys bulbus*)、細齒方胸蛛(*Thiania subopressa*)、毛塚兜跳蛛(*Ptocasius strupifer*)，利用自製設備分成色光與鏡像兩大組實驗進行。透過錄影觀察不同色光與鏡像對其捕食率與捕食時間的影響。在色光方面，發現自己的研究與前人研究中需要綠光才能精確捕食有所不同，本次實驗的三種跳蛛反而在綠光下表現較差；不同種的跳蛛，會因為生活環境的差異，對於所需的光線呈現明顯差異。而鏡像實驗中，跳蛛確實會受到鏡像的影響，大多都會做出威嚇動作，並連帶影響其捕食率與捕食時間，但這影響很有限，並不會因為鏡像而完全不捕食。

壹、研究動機

從小我就對生活環境中的小動物很有興趣，特別是跳蛛。跳蛛的外型非常特別，和一般的蜘蛛有很大的差別。他們有多種顏色，捕食方式不像一般蜘蛛是結網被動捕食，跳蛛是主動跳躍上前獵食。而跳蛛以跳躍方式捕食，顯然需要有定位獵物的能力，經過資料查詢得知跳蛛依靠優良的視覺發現獵物，與印象中視力差勁的蜘蛛大不相同，因此我對跳蛛的視覺系統感到好奇。上網搜尋跳蛛資料時發現一些前人研究探討”光”對跳蛛捕食能力影響的資料，所以這次科展，我以新竹市十八尖山常見的三種跳蛛為研究主角，看看不同棲息環境下的跳蛛，在白、紅、藍、綠不同色光測試下，捕食果蠅的表現是否有不同結果。

另外，我在課外讀物中看到一個很特別的動物實驗“鏡子測試”。該實驗是測試動物是否有“自我認知”的常用實驗。目前通過測試的動物大多為類人猿、部分鯨豚與一些個別物種，如大象、喜鵲、裂唇魚。這個實驗要求動物必須有一定的視力，因此我想試試有不錯視力的跳蛛是否也會對鏡子有所反應。但我在網路上看到一些跳蛛面對鏡子反應的影片，大多僅止於放一面鏡子在跳蛛面前並觀察，因此我想透過實驗來探討跳蛛在有鏡子的環境中，捕食行為是否會受到影響？



貳、研究目的

- 一、認識新竹市十八尖山三種跳蛛-球斑馬蛛、細齒方胸蛛、毛塚兜跳蛛的身體構造及性。
- 二、探討十八尖山上的三種跳蛛在白紅藍綠色光環境中，捕食行為是否會受到影響。
- 三、探討前人研究結果與我的實驗的不同點。
- 四、探討在有鏡子的環境中，三種跳蛛的捕食行為是否有所差異。

參、研究設備及器材

	
<p>透明跳蛛飼養盒1</p>	<p>透明跳蛛飼養盒2</p>
<p>底部6cm×6cm /高4.3cm 材質:PP塑膠</p>	<p>底部直徑5.8cm /高4.8cm 材質:PP塑膠</p>
<p>用途:飼養跳蛛</p>	<p>用途:飼養跳蛛</p>
	
<p>照光組</p>	<p>照度感應器</p>
<p>包含LED燈條、燈條控制器、遙控器、 12V變壓器</p>	<p>型號:GY - 302</p>
<p>用途:控制實驗箱中的光線顏色及強度</p>	<p>用途:測量實驗箱內的光線照度 單位:流明</p>
	
<p>Arduino UNO板及USB線</p>	<p>隨意貼</p>
<p>用途:控制照度感應器，並將數據回傳至電腦</p>	<p>用途:固定照度感測器</p>

	
<p>適應紙箱</p>	<p>實驗紙箱</p>
<p>尺寸:31.5cm×27cm×21</p>	<p>尺寸:30cm×24cm×15cm</p>
<p>用途:放入跳蛛適應色光30~50分鐘</p>	<p>用途:放入跳蛛進行捕食實驗</p>
	
<p>手機iphon6S、手機架</p>	<p>無翅果蠅</p>
<p>用途:拍攝影片、架手機</p>	<p>用途:餵食跳蛛</p>
	
<p>裝水容器、棉花棒</p>	<p>微距鏡頭10X</p>
<p>用途:一邊裝水，用濕的棉花棒沾果蠅餵食跳蛛</p>	<p>用途:拍攝跳蛛及果蠅</p>

	
<p>鏡子</p>	<p>V形紙板</p>
<p>尺寸: 5cm×4cm×0.2cm</p>	<p>用途:避免鏡子反射後方物體影響實驗</p>
<p>用途:貼在跳蛛飼養盒其中一面</p>	

肆、研究過程與方法

一、本次研究的跳蛛介紹

(一)球斑馬蛛*Zebraplatys bulbus*

(林義祥, 2010)^[1]: 蠅虎科,雌蛛體長9-10mm, 體色鮮艷華麗、體型瘦長, 頭胸部寬大於腹部, 褐色至黑褐色, 眼域區內及後列眼後方各有一條寬大的淡青色橫帶, 觸肢細長淡黃褐色, 腹部狹長末端尖, 底色黑色, 中央有藍、橙相間的斑紋呈縱向排列, 最前端的藍斑由2枚縱斑組成, 腹背基部及側緣鑲白色邊, 各腳淡黃色透明(如圖1)。

雄蛛體長9-10mm, 體型瘦長, 頭胸部寬大, 黑色, 前中後有3條不明顯的七彩光斑, 腹部瘦長黑色, 腹背中央有一條灰藍色的縱帶, 中間有2對橙紅色斑點, 觸肢細長末端略膨大。普遍分布於低海拔山區, 常見於竹林內, 習性機警擅於爬行(如圖2)。



圖1 球斑馬蛛(雌)



圖2 球斑馬蛛(雄)

(二) 細齒方胸蛛 *Thiania subopressa*

(林義祥, 2008)^[2]: 蠅虎科, 雄蛛6-7mm, 頭胸部棗紅色或黑色, 眼域區域內黑色, 眼後方具淡青色斑紋, 後緣相連。腹部橢圓長型, 黃褐色或黑色, 前緣及側緣具淡青色邊紋, 腹背左右各有一條淡青色的縱帶達腹端。體型瘦小, 觸肢末端膨大, 體色鮮艷, 腹背黃褐色, 前側緣及中央左右各有青白色的條紋(如圖3)。本屬一種, 普遍分布於低海拔山區, 常見於枝葉、柵欄等環境活動, 習慣以絲黏合兩葉為巢躲藏其中, 等待獵物經過捕食, 為常見的種類。



圖3 細齒方胸蛛(雄)

本次實驗中未抓獲雌性細齒方胸蛛

(三) 毛塚兜跳蛛 *Ptocasius strupifer*

(林義祥, 2008)^[3]: 蠅虎科 / 兜跳蛛屬, 體長3-9mm, 雌蛛頭胸部長、寬大於腹部, 頭胸背面黑色具1-2條灰白色的橫帶, 腹背具褐白相間的橫紋, 個體間斑型各異但腹端都有一枚白斑(如圖4), 雄蛛頭胸部眼域至端部灰白色, 腹背面灰白色, 腹前緣黑色呈弧狀彎曲, 雄蛛體長近似雌蛛, 一般黑色, 腹背中央灰白色, 但若蛛斑型與雌蛛相同。本屬一種, 又稱毛塚兜蠅虎, 普遍分布平地至低海拔山區, 棲息低矮的樹林及草叢, 受騷擾時會以跳行的方式遊走, 不結網屬於徘徊性蜘蛛但遇到危急掉落地面時也會吐出一條細絲牽引。



圖4 毛塚兜跳蛛(雌)

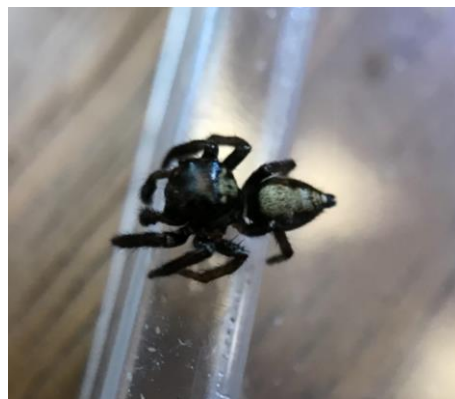


圖5 毛塚兜跳蛛(雄)

二、跳蛛的發現地點與捕捉方法

本次研究我使用新竹市十八尖山上常見的三種跳蛛，球斑馬蛛(*Zebraplatys bulbus*)五隻、細齒方胸蛛(*Thiania subopressa*)兩隻、毛垛兜跳蛛(*Ptocasius strupifer*)六隻共十三隻

	(一)球斑馬蛛	(二)細齒方胸蛛	(三)毛垛兜跳蛛
發現地點	 十八尖山木頭扶手	 十八尖山姑婆芋葉子背面	 十八尖山樹葉背面
捕捉方法	<p>球斑馬蛛會在扶手上，可用蓋子慢慢把跳蛛從扶手上趕進盒子裡，再把蓋子蓋上。有時候牠們會在扶手底下縫隙的陰暗處築巢，可先將他們從巢裡趕出再捕捉。</p>	<p>細齒方胸蛛常常停在姑婆芋葉子背面。可先用盒子把跳蛛蓋住，再輕拍葉面把跳蛛抖進盒中，最後將蓋子蓋上。</p>	<p>毛垛兜跳蛛會躲在樹葉背面。可用盒子把跳蛛蓋住，輕拍葉面把跳蛛抖進盒中，再將蓋子蓋上。</p>

表1 跳蛛的發現地點與捕捉方法表

三、文獻探討

(一)在科學網《跳蛛利用綠光形成獨特視覺系統》^[4]一文中，科學家們提出安德遜跳蛛(*Hasarius adansonii*)可以利用眼睛中兩層感光層對綠光的對焦成像差異來判斷獵物遠近，並以實驗證實安德遜跳蛛在缺乏綠光的環境下很難捕食，反之在有綠光的環境下捕食較精確。

(二)根據(一)的線索，我找到了原始研究的論文:Depth perception from image defocus in a jumping spider. Nagata, T., Koyanagi, M., Tsukamoto, H., Saeki, S., Isono, K., Shichida, Y., Tokunaga, F., Kinoshita, M., Arikawa, K. and Terakita, A.(2012).*Science* (2012)335, 469-71:^[5]。在這篇中，進一步提到紅光環境下因為光線對焦問題，會錯估與獵物的距離，導致跳躍過短。這篇文章也是國內大多數研究跳蛛的科展參考的文章。

(三)在中華民國59屆中小學科展《虎光三色~不同色光環境對蠅虎撲食準確度之探討》^[6]與中華民國60屆中小學科展《蠅虎適合進行撲食的光環境探討》^[7]兩篇前人的研究中，不

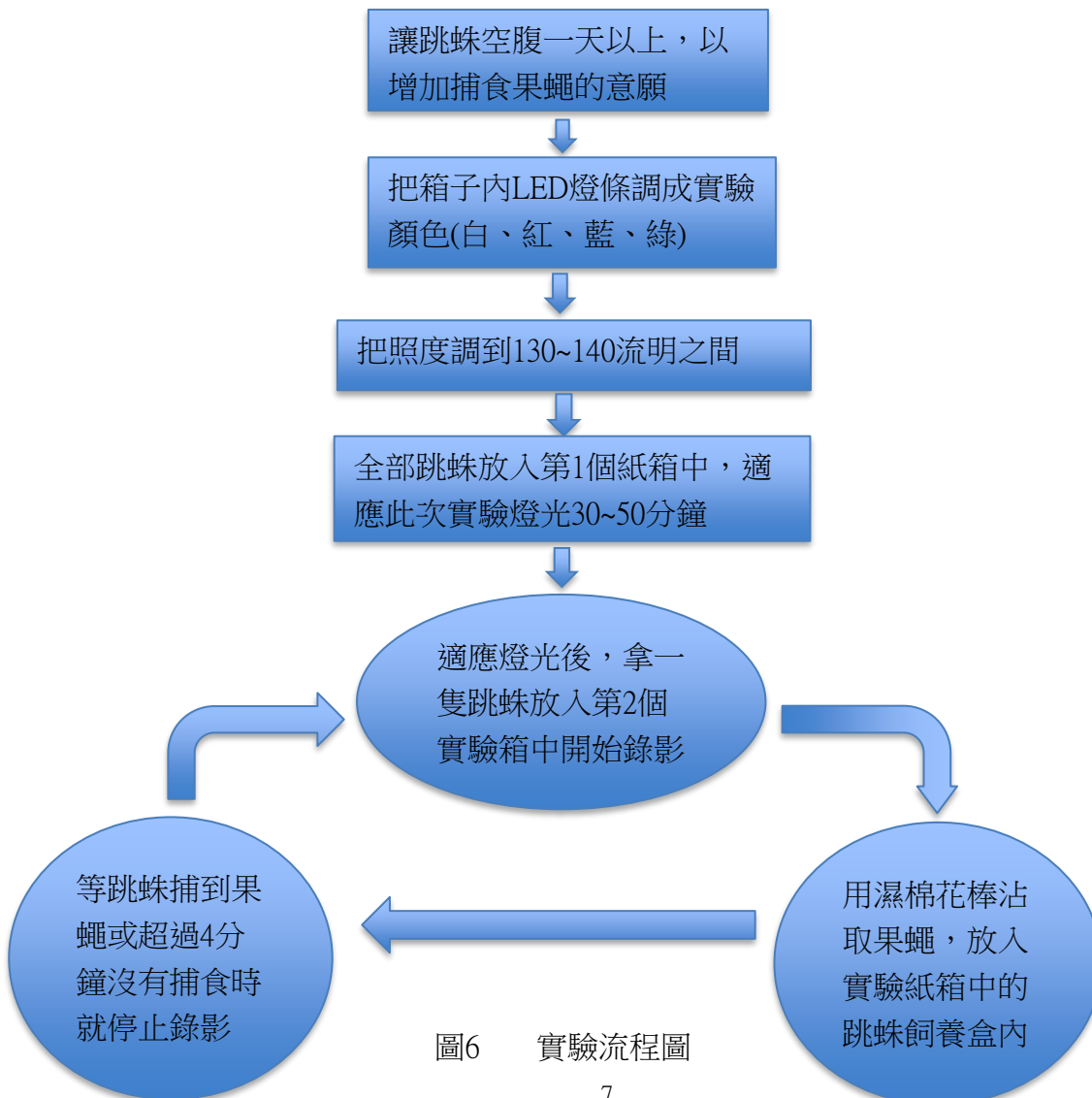
同棲地的跳蛛捕食行為不同；另外他們提到跳蛛在紅光下捕食成功率下降、失誤率提升，可見獵物顏色和視覺能力，對跳蛛捕食研究有很大的影響。

(四)透過維基百科上《鏡子測試》^[8]的條目以及泛科學《裂唇魚通過了猴子也無法闖關的「鏡子測試」，所以它們擁有自我意識還比猴子聰明？》^[9]這篇文章，我了解到鏡子測試是一個判斷動物是否有自我意識的常用實驗，藉由觀察受測動物能否利用鏡子看到自己身上可觸及但不可見的斑點，進而判斷該動物是否能夠辨認鏡子中的是自己。由於這個實驗方法在跳蛛上很難實現(跳蛛體型小、有許多眼睛且腿短，很難找到可觸及但不可見的地方)，因此在這次科展中我並沒有要用跳蛛進行自我意識的測試，僅是觀察跳蛛面對鏡像中的自己與獵物時有什麼反應?是否會影響其獵食。

四、實驗

(一)實驗一：跳蛛在白、紅、藍、綠三種色光環境中，捕食行為是否會受到影響

1. 流程說明，如下圖6所示：




2. 實驗箱照度調整方法:

(1)電腦程式準備。在筆記型電腦下載安裝好Arduino後，參考《Arduino UNO學習610·照度計模塊GY-30》^[10]這篇文章，上網找 Arduino程式BH1750。將照度感應器GY-302 (第二版的GY-30元件)接上電腦。將與元件搭配的基本程式下載後上傳到照度感應器中。

(2)硬體組裝:

按照GY-302元件搭配的測試程式BH1750test上的腳位。連接說明，用杜邦線將GY-302與Arduino UNO板連接(顯示如圖7所示，其接線表如表2)。



```
BH1750test | Arduino 1.8.13
檔案 編輯 草稿碼 工具 說明
BH1750test
/*
 *
 * Example of BH1750 library usage.
 *
 * This example initalises the BH1750 object using the default
 * high resolution mode and then makes a light level reading every second.
 *
 * Connection:
 *
 * VCC -> 5V (3V3 on Arduino Due, Zero, MKR1000, etc)
 * GND -> GND
 * SCL -> SCL (A5 on Arduino Uno, Leonardo, etc or 21 on Mega and Due)
 * SDA -> SDA (A4 on Arduino Uno, Leonardo, etc or 20 on Mega and Due)
 * ADD -> (not connected) or GND
 *
 * ADD pin uses to set sensor I2C address. If it has voltage greater or equal to
 * 0.7VCC voltage (as example, you've connected it to VCC) - sensor address will be
 * 0x5C. In other case (if ADD voltage less than 0.7 * VCC) - sensor address will
 * be 0x23 (by default).
```

圖7 BH1750test

GY-30元件端	Arduino UNO板端
VCC	5V
GND	GND
SCL	A5腳位
SDA	A4腳位

表2 接線表

(3)將照度感應器以隨意貼固定在實驗箱中，開啟LED燈後打開Arduino上的序列埠監控視窗(如圖8所示)，即可讀取到照度感應器的讀值。

(4)打開序列埠監視器。將照度調到130~140流明。

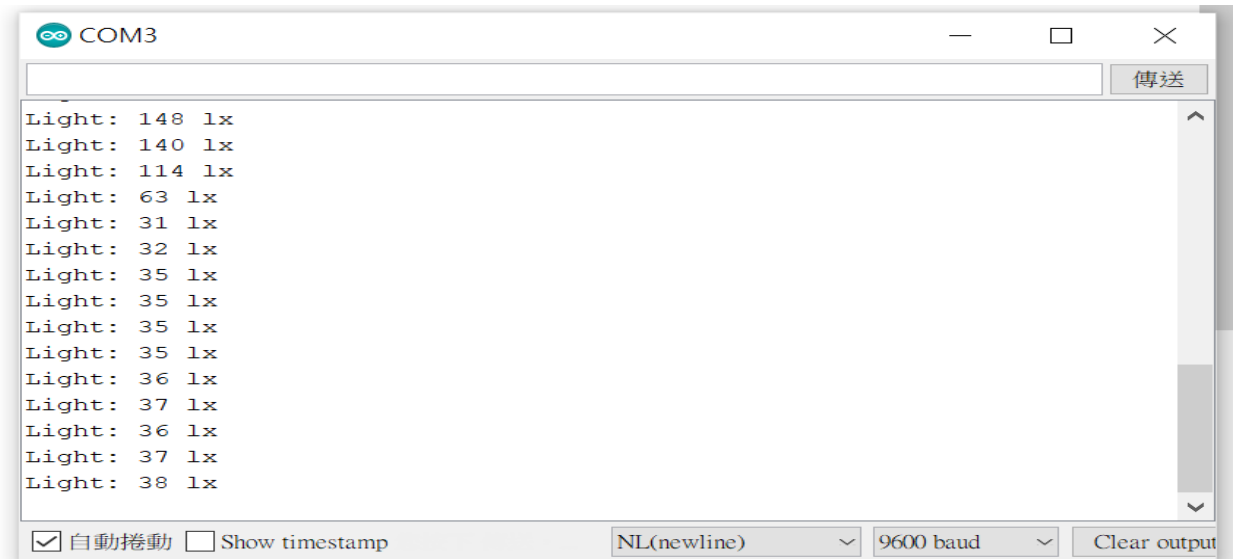


圖8 序列埠監控視窗

3. 跳蛛在白、紅、藍、綠四種色光下的捕食實驗:

(1)將全部的跳蛛放入第1個適應紙箱中，適應此次實驗的燈光30~50分鐘。



圖9 適應紙箱

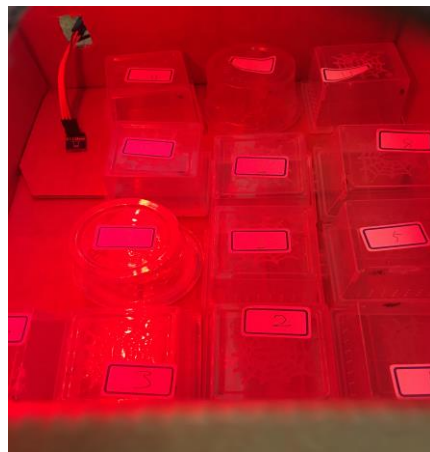


圖10 紅光下

(2)適應燈光後，拿一隻跳蛛放入第2個實驗紙箱中，並開始錄影。



圖11 手機錄影

(3)用濕棉花棒沾取無翅果蠅，放入實驗紙箱中的透明跳蛛飼養盒內後，將紙箱蓋好。



圖12 濕棉花棒沾取無翅果蠅

(4)透過手機畫面觀察紙箱內，等跳蛛捕到果蠅或超過4分鐘沒有捕食即停止錄影。

4. 擷取實際畫面記錄:

(1)



圖13 跳蛛靠近果蠅準備捕食

(2)



圖14 跳蛛向前跳躍捕食瞬間

(3)



圖15 跳蛛成功捕食到果蠅，停止錄影

(二)實驗二：鏡像實驗

實驗分為兩大組

1. 自然光下無鏡子

(1)實驗流程，如下圖16所示：

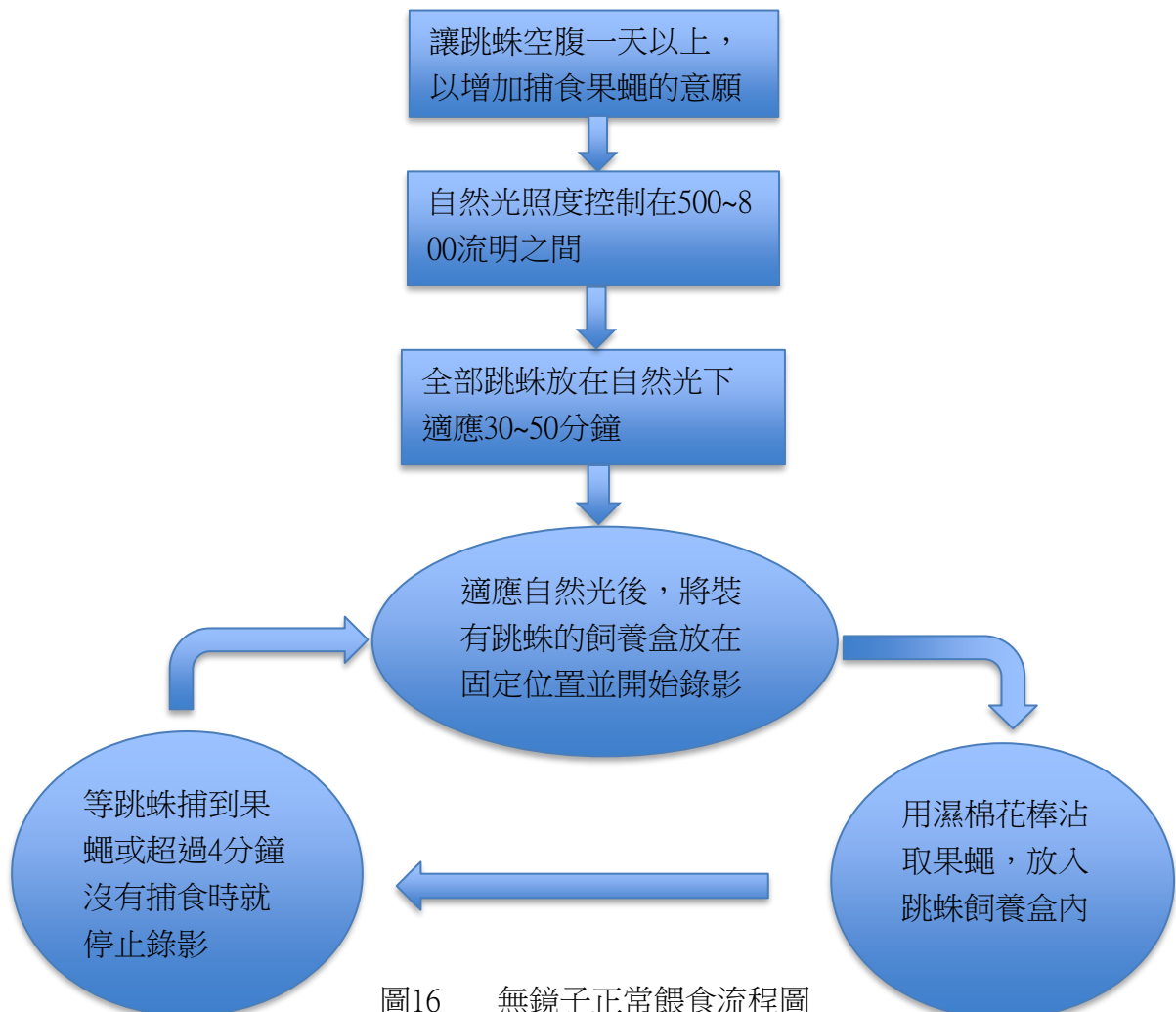


圖16 無鏡子正常餵食流程圖

(2) 自然光下無鏡子的實驗裝置，如下圖17所示：

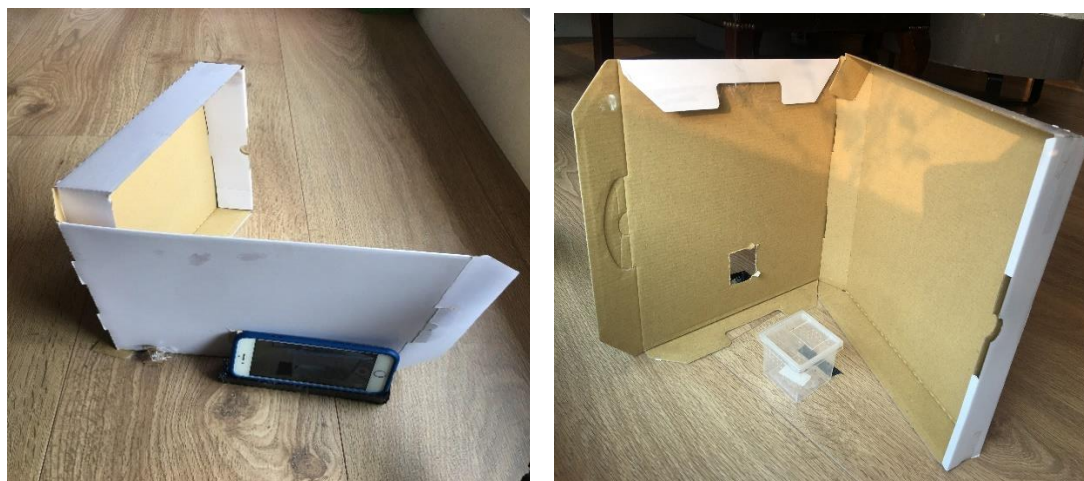


圖17、18 自然光下無鏡子的實驗裝置

2. 自然光下有鏡子實驗

流程說明，如下圖19所示：

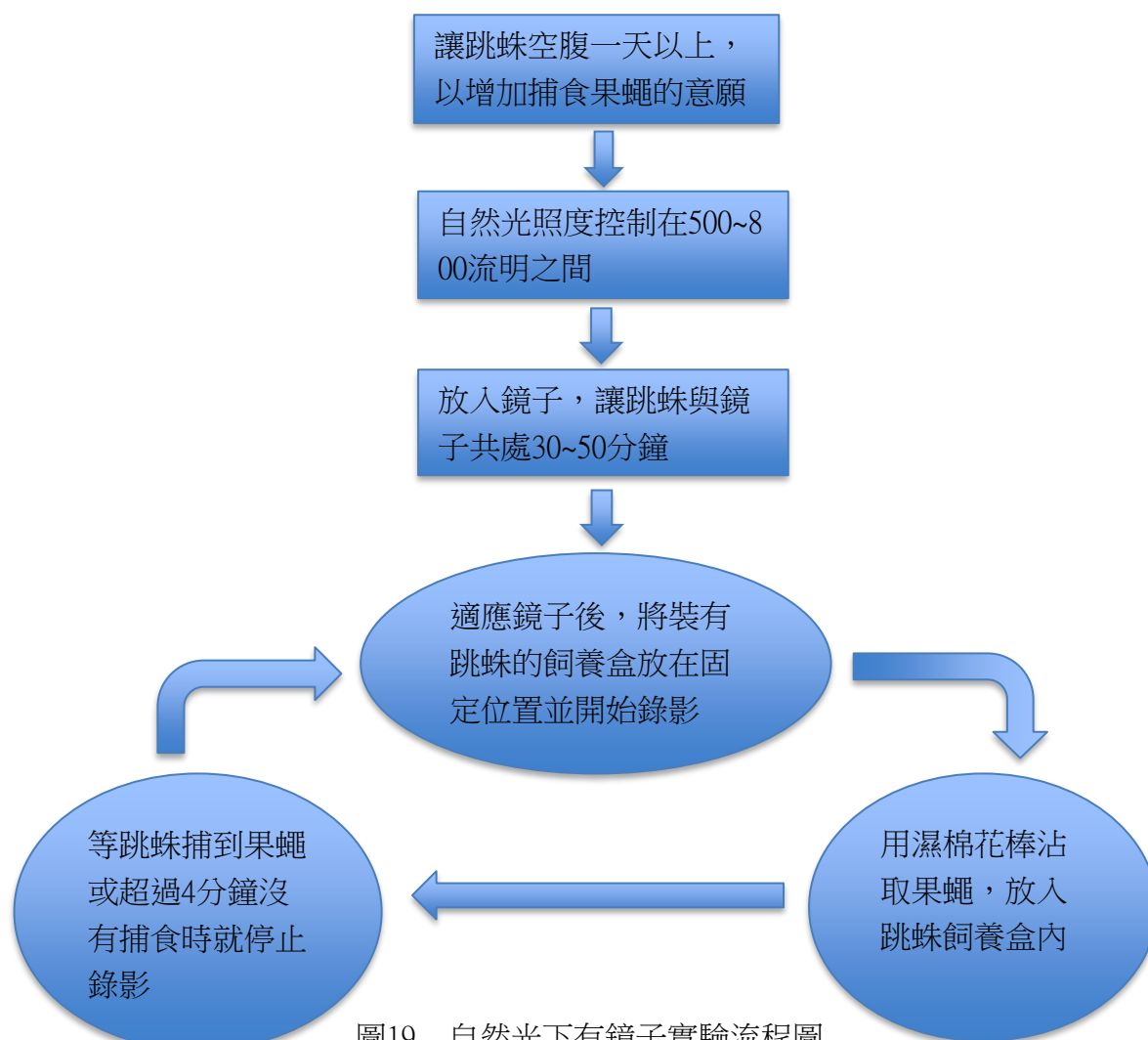


圖19 自然光下有鏡子實驗流程圖



圖 20、21 自然光下有鏡子實驗，在飼養盒內其中一面貼上鏡子

3. 以上兩個實驗皆放在窗邊進行，將照度感應器以隨意貼固定在實驗位置上，打開Arduino上的序列埠監控視窗(如圖22)，可讀取到照度感應器的讀值。打開序列埠監視器，確認當下照度在500~800流明之間即進行實驗操作(如圖23)。若自然光太強，可利用窗簾調節光的強弱。

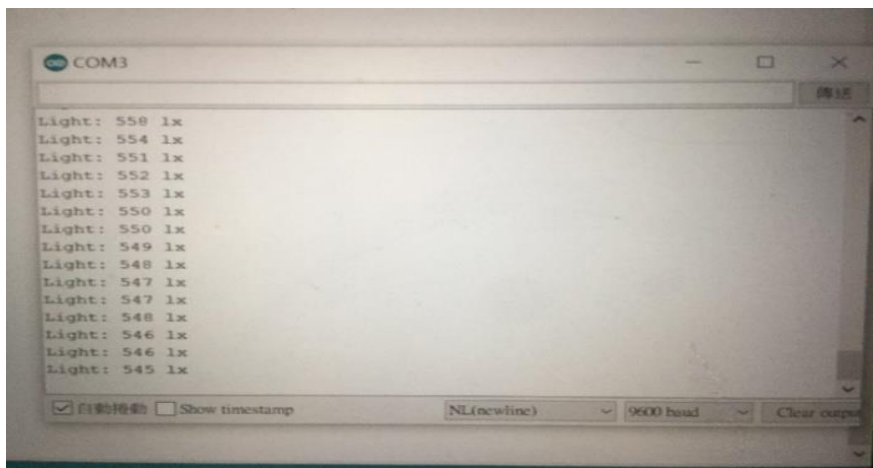


圖22 序列埠監控視窗



圖23 將照度感應器以隨意貼固定在實驗位置上，確認當下照度

伍、研究結果

一、在白、紅、藍、綠不同色光源下的捕食測量表

(一)細齒方胸蛛:

1. 原始數據

紅光			藍光			綠光			白光		
日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)		編號	時間(秒)
1/20	1	24	2/5	1	28	1/31	1	>240	2/2	1	15
1/22	1	2	2/12	1	56	2/7	1	28	2/2	2	150
1/24	1	25	2/17	1	4	2/9	1	3	2/2	3	195
2/3	1	222	2/5	2	1	2/14	1	25	2/2	3	106
2/19	1	10	2/12	2	31	1/31	2	>240			
1/24	2	5	2/17	2	83	2/7	2	>240			
2/3	2	100				2/9	2	56			
2/19	2	>240									

表3

2. 捕食率與所需時間

	紅光	藍光	綠光	白光
投餵總次數	8	6	7	4
成功捕食次數	7	6	4	4
不捕食次數	1	0	3	0
捕食率%	88%	100%	57%	100%
平均捕食時間(s)	55	33	28	116

表4

3. 成功捕食的時間分布:

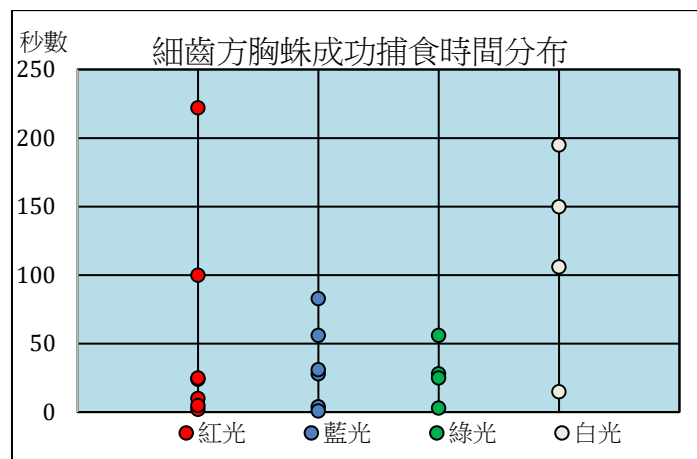


圖24

(二)球斑馬蛛:

1. 原始數據

紅光			藍光			綠光			白光		
日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)		編號	時間(秒)
2/1	3	6	2/5	3	21	1/31	3	>240	2/21	3	>240
2/3	3	>240	2/12	3	>240	2/7	3	>240	2/23	3	109
2/19	3	>240	2/17	3	>240	2/9	3	11	2/21	4	>240
2/3	4	11	2/5	4	80	2/14	3	>240	2/23	4	35
2/19	4	77	2/12	4	2	1/31	4	23	2/21	5	64
2/3	5	>240	2/17	4	>240	2/7	4	>240	2/23	5	>240
2/19	5	9	2/5	5	>240	2/9	4	13	2/21	6	>240
2/3	6	>240	2/12	5	29	1/31	5		2/23	6	>240
2/19	6	>240	2/17	5	>240	2/7	5	>240	2/21	7	>240
2/3	7	44	2/5	6	>240	2/9	5	>240	2/2	7	5
2/19	7	>240	2/12	6	90	2/14	5	114	3		
			2/17	6	>240	1/31	6	>240			
			2/5	7	>240	2/7	6	>240			
			2/12	7	>240	2/9	6	218			
			2/17	7	>240	2/7	7	>240			
						2/9	7	>240			
						2/14	7	>240			

表5

2. 捕食率與所需時間

	紅光	藍光	綠光	白光
投餵總次數	11	15	19	10
成功捕食次數	5	5	5	4
不捕食次數	4	10	14	6
捕食率%	45%	33%	26%	40%
平均捕食時間(s)	29	40	76	53

表6

3. 成功捕食時間分布

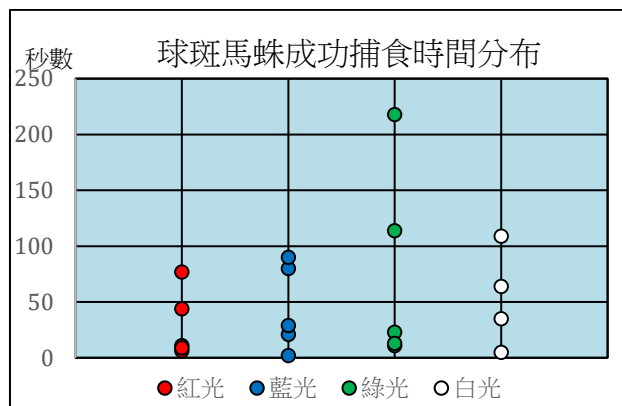


圖25

(三)毛塚兜跳蛛:

1.原始數據

紅光			藍光			綠光			白光					
日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)	日期	編號	時間(秒)			
2/3	8	90	2/5	8	83	1/31	8	>240	2/21	8	>240			
2/19	8	>240	2/12	8	17	2/7	8	>240		8	>240			
2/3	9	>240	2/17	8	>240	2/9	8	>240	2/21	9	>240			
2/19	9	>240	2/12	9	49	2/14	8	>240		9	50			
2/19	10	>240	2/5	9	>240	1/31	9	>240	2/21	10	>240			
2/3	10	>240	2/17	9	>240	2/7	9	191		10	>240			
2/3	11	30	2/5	10	>240	2/9	9	120	2/21	11	20			
2/19	11	>240	2/12	10	>240	2/14	9	18		11	166			
2/19	12	>240	2/17	10	>240	1/31	10	>240	2/21	12	1			
2/3	12	>240	2/5	11	>240	2/7	10	>240		12	91			
2/3	13	179	2/12	11	>240	2/9	10	>240	2/21	13	78			
2/19	13	43	2/17	11	>240	2/14	10	>240		13	16			
			2/5	12	>240	1/31	11	>240						
			2/12	12	13	2/7	11	66						
			2/17	12	64	2/9	11	>240						
			2/5	13	>240	2/14	11	>240						
			2/12	13	>240	1/31	12	>240						
			2/17	13	4	2/9	12	>240						
						2/7	12	>240						
						2/14	12	49						
						2/7	13	80						
						1/31	13	>240						
						2/9	13	6						
						2/14	13	>240						

表7

2. 捕食率與所需時間

	紅光	藍光	綠光	白光
投餵總次數	12	18	24	12
成功捕食次數	4	6	7	7
不捕食次數	8	12	17	5
捕食率%	33%	33%	29%	58%
平均捕食時間(s)	85	38	76	60

表8

3. 成功捕食時間分布

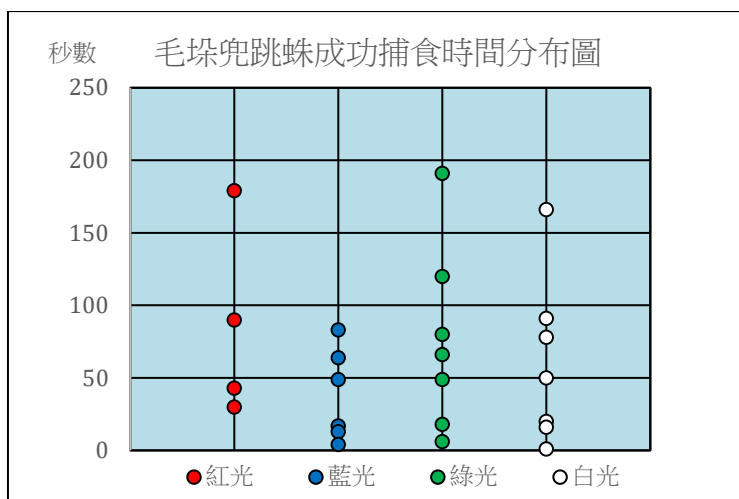


圖26

二、鏡像實驗捕食測量表

(一)細齒方胸蛛:

1. 自然光下有鏡子與無鏡子原始數據

細齒方胸蛛					
無鏡子			有鏡子		
日期	編號	時間	日期	編號	時間
3月20日	1	>240	3月28日	1	3
3月20日	2	>240	3月28日	2	63
3月23日	1	138	3月30日	1	62
3月23日	2	4	3月30日	2	239
3月25日	1	23	4月2日	1	>240
3月25日	2	>240	4月2日	2	>240

表9

2. 捕食率與所需時間

	無鏡子	有鏡子
投餵總次數	6	6
成功捕食次數	3	4
不捕食次數	3	2
捕食率%	50%	67%
平均捕食時間(s)	55	92

表10

3.成功捕食時間分布

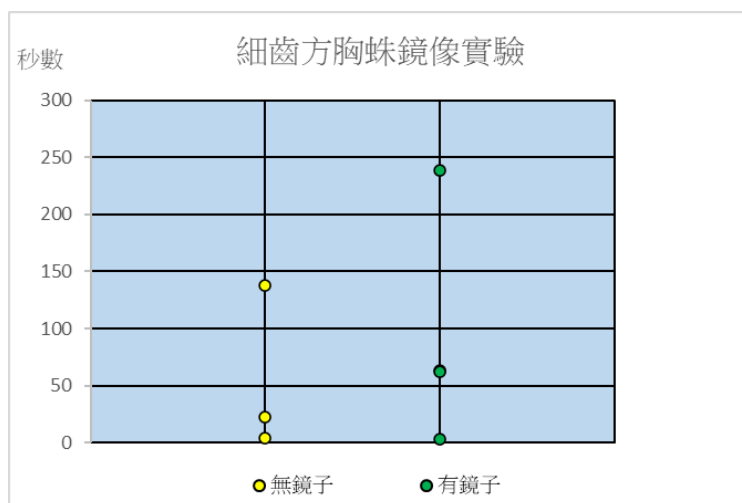


圖27

(二)球斑馬蛛

1. 自然光下有鏡子與無鏡子原始數據

球斑馬蛛					
無鏡子			有鏡子		
日期	編號	時間	日期	編號	時間
3月20日	3	8	3月28日	3	6
3月20日	4	210	3月28日	4	>240
3月20日	5	>240	3月28日	5	>240
3月20日	6	>240	3月28日	6	3
3月20日	7	>240	3月28日	7	1
3月23日	3	>240	3月30日	3	9
3月23日	4	172	3月30日	4	>240
3月23日	5	>240	3月30日	5	死亡
3月23日	6	16	3月30日	6	>240
3月23日	7	27	3月30日	7	63
3月25日	3	36	4月2日	3	89
3月25日	4	58	4月2日	4	3
3月25日	5	56	4月2日	6	>240
3月25日	6	23	4月2日	7	136
3月25日	7	38			

表11

2. 捕食率與所需時間

	無鏡子	有鏡子
投餵總次數	15	13
成功捕食次數	10	8
不捕食次數	5	5
捕食率%	67%	57%
平均捕食時間(s)	64	39

表12

3. 成功捕食時間分布

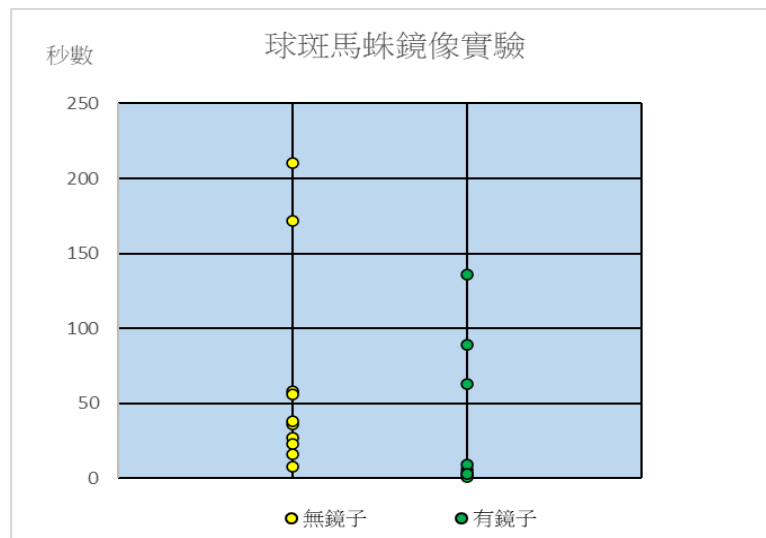


圖28

(三)毛塚兜跳蛛

1. 自然光下有鏡子與無鏡子原始數據

毛塚兜跳蛛					
無鏡子			有鏡子		
日期	編號	時間	日期	編號	時間
3月20日	8	81	3月28日	8	>240
3月20日	9	>240	3月28日	9	1
3月20日	10	76	3月28日	10	6
3月20日	11	74	3月28日	11	41
3月20日	12	>240	3月28日	12	54
3月20日	13	2	3月28日	13	14
3月23日	8	10	3月30日	8	>240
3月23日	9	7	3月30日	9	83
3月23日	10	208	3月30日	10	20
3月23日	11	2	3月30日	11	102
3月23日	12	>240	3月30日	12	57
3月23日	13	16	3月30日	13	>240
3月25日	8	>240	4月2日	8	1
3月25日	9	16	4月2日	9	100
3月25日	10	>240	4月2日	10	>240
3月25日	11	>240	4月2日	11	>240
3月25日	12	31	4月2日	12	>240
3月25日	13	4	4月2日	13	>240

表13

2. 捕食率與所需時間

	無鏡子	有鏡子
投餵總次數	18	18
成功捕食次數	12	11
不捕食次數	6	7
捕食率%	67%	61%
平均捕食時間(s)	44	44

表14

3. 成功捕食時間分布

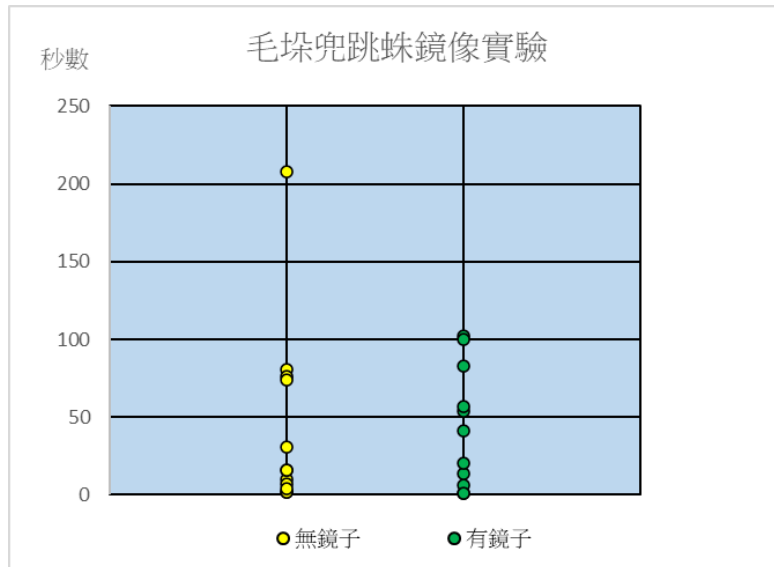


圖29

(四)觀察記錄:

1. 在跳蛛適應與鏡子共處的30~50分鐘這段時間，發現了一些有趣的現象。

我觀察到大部分的跳蛛會對鏡中的自己做出威嚇的動作，而球斑馬蛛會對鏡子進行攻擊(以前腳進行拍打鏡面)；而細齒方胸蛛以及毛垛兜跳蛛則是舉起前腳威嚇後就跑走。最後不管是哪種跳蛛通常都是會遠離鏡子。然而，當果蠅在鏡子上時，跳蛛還是會撲上前進行捕食，並觀察到跳蛛會咬著食物對鏡中的自己進行威嚇。



圖 30、31 球斑馬蛛對鏡子做出威嚇動



圖32 毛垛兜跳蛛對鏡子做出威嚇動作



圖33 細齒方胸蛛對鏡子做出威嚇動作

2. 從影片記錄中可以發現跳蛛應該是能看到鏡子裡面的果蠅，會盯著鏡中的果蠅移動。當果蠅離鏡子太近時，我觀察到跳蛛會猶豫不決，可能是不知道要抓哪個。直到果蠅離開鏡子比較遠後才會成功捕到果蠅。有觀察到其中一隻毛垛兜跳蛛(編號9號)往鏡中的果蠅進行撲食，失敗3次後找到真實的果蠅並撲食成功。

(1)



圖34 毛垛兜跳蛛發現獵物，準備撲食

(2)



圖35 撲錯鏡中的獵物

(3)



圖36 果蠅遠離鏡子

(4)



圖37 跳蛛成功撲食果蠅

3. 跳蛛似乎會把鏡像中的果蠅當作是另一隻果蠅並更積極的捕食，就算沒捕到還是會一直尋找。一次就成功捕到鏡子上果蠅的跳蛛十二隻裡只有一隻。(原本有13隻，編號5號的球斑馬蛛在3月30日死亡)

陸、討論

一、細齒方胸蛛實驗結果討論:

(一) 在白、紅、藍、綠不同色光環境下

實驗中可以明顯發現在只有綠光的環境下，細齒方胸蛛的捕食表現相當差，捕食率僅有57%；而藍光與白光都能成功捕食；紅光稍差一點，但也不錯。在時間分布方面，可以看到藍光與綠光捕食所需的時間分布較為集中，紅光與白光則較為分散。從實驗結果來看，我推測細齒方胸蛛他的捕食需要的是藍光為主，紅光可能也有幫助。實驗中的白光是由紅、藍、綠三種色光所組成，因此包含他捕食時最需要的藍、紅光，但因為在實驗中有控制總亮度，因此三色光各自的亮度較單一色光實驗暗，所以雖然能成功捕食，但所需的時間更長。

(二)鏡像實驗

在細齒方胸蛛的鏡像實驗中，我很驚訝的發現加入鏡子並沒有降低這種跳蛛的捕食率，反而有所提升，但平均捕食時間變長許多。不過由於此種跳蛛我的樣本數只有2隻，有比較大的誤差，50%跟67%的捕食率其實只差一次捕食行為，有可能是鏡子以外的因素影響，且因為數據較少，在平均捕食時間方面受到極端值影響比較大。因此，這部分我認為還有待取得更多的實驗生物後才能得到較有力的結論。

(三)人工光源與自然光的比較

由於在鏡像實驗中使用的是自然光，因此我將鏡像實驗中沒有鏡子的捕食行為與前面在人工光源下的捕食行為進行比較。有趣的是，在人工光源中細齒方胸蛛的捕食率大多都高於自然光。我推測可能這種跳蛛沒有那麼喜歡光線強度高的環境，在陰暗下捕食意願更高。

二、球斑馬蛛實驗結果討論:

(一)在白、紅、藍、綠不同色光環境下

整體而言捕食率都不高，但綠光是較差的一種。在時間分布方面，紅光、藍光、白光並沒有太大差異，但綠光捕食時間則較為分散。我認為低的成功率可能來自於實驗照度對此種跳蛛來說可能太低了，以至於在各種光線下他都不易捕食。也有可能是此種跳蛛較為耐餓，24小時的空腹時間或許不夠讓他有足夠的獵食慾望。

(二)鏡像實驗

在球斑馬蛛的鏡像實驗中，無鏡子時捕食率較高，但平均捕食時間反而較長。有可能是因為鏡像讓他以為有兩個獵物，所以會更積極去撲食；但如果看到鏡中的自己，反而會因為要做出威嚇動作而不進行捕食。

(三)人工光源與自然光的比較

球斑馬蛛在自然光下的捕食率明顯高於人工光源環境，我推測是他的捕食更仰賴亮度，因此在亮度較高的自然光下表現更好。

三、毛垛兜跳蛛實驗結果討論:

(一)在白、紅、藍、綠不同色光環境下

此種跳蛛整體的捕食率也不高，在只有單色光的環境下成功率都約三分之一；但當環境光源為三色光組成的白光時可以發現捕食率超過一半。我認為對於此種跳蛛而言，各種色光的重要性是相當的，使得缺乏其他色光時捕食率低、各色光皆有時捕食率上升。

(二)鏡像實驗

從實驗數據來看，毛垛兜跳蛛的捕食率會稍微受鏡子影響而略低，但並沒有大幅下降；捕食所需的平均時間幾乎一樣，過程中的威嚇動作並不太影響他的捕食意願。

(三)人工光源與自然光的比較

比較兩組實驗數據後發現，在自然光下的捕食率較高，所需的捕食時間也較短。我認為這種跳蛛也是喜歡較為明亮的環境，捕食效果會更好。

柒、結論

在前人的研究中，安德遜蠅虎需要綠光來進行捕食，而國內其他跳蛛的科展研究中發現某些物種的跳蛛需要的是其他的光線，我這次的科展實驗也證實了這點。在此次實驗的三個物種中，細齒方胸蛛較為明顯是以藍光為主；球斑馬蛛對於各種色光的偏好不明顯，推測亮度影響較大；毛垛兜跳蛛則相當有趣，對各種色光的偏好也不明顯，但環境中亮度不變，各色光皆有時較容易捕食成功。整體而言，與Science上的那篇文章不同，在我的實驗中這些跳蛛表現最差的都是綠光。

我認為這樣的結果也符合一般對動物的認知，生物會根據其所在環境演化出相應的特性，各種跳蛛在不同環境下所需的光線、照度都有可能不同，或許他們的視覺系統也會有所差異。

在三種跳蛛的鏡像實驗中，我認為跳蛛的視覺確實可以讓他發現鏡中的自己與獵物，並會對鏡像做出反應，例如：對鏡中自己威嚇、嘗試撲食鏡中的獵物。但應該是不知道那是他自己，且鏡子的存在並不會讓跳蛛徹底放棄捕食，而是在捕食率方面略微下降(細齒方胸蛛例外)。

最後，這次的實驗具有侷限性，首先是跳蛛來自於野外而非人工飼養，可能個體差異會大到影響實驗結果；跳蛛捕捉方面似乎有季節性，在入冬後就找不到細齒方胸蛛，只好利用現有的兩隻進行實驗，後續還遇到有跳蛛死亡的狀況；設備方面較為簡易，比較無法估計系統誤差對結果的影響，在未來希望能增加實驗的樣本以及精進設備，使實驗更具有說服力。

捌、參考文獻資料

- Depth perception from image defocus in a jumping spider. Nagata, T., Koyanagi, M., Tsukamoto, H., Sae ki, S., Isono, K., Shichida, Y., Tokunaga, F., Kinoshita, M., Arikawa, K. and Terakita, A. (2012). Science (2012)335, 469-71:
- 林義祥(2010)。球斑馬蛛 *Zebraplatys bulbus* 【on line】 嘎嘎昆蟲網 <http://gaga.biodiv.tw/9812bx/869.htm>
- 林義祥(2008)。細齒方胸蛛 *Thiania subopressa* 【on line】 嘎嘎昆蟲網 <http://gaga.biodiv.tw/9702bx/932.htm>
- 林義祥(2008)。毛塚兜跳蛛 *Ptocasius strupifer* 【on line】 嘎嘎昆蟲網 <http://gaga.biodiv.tw/9702bx/755.htm>
- 科學網(2012)。跳蛛利用綠光形成獨特視覺系統 【on line】 <http://news.sciencenet.cn/htmlpaper/20121291733523521962.shtm>
- 中華民國59屆中小學科展《虎光三色~不同色光環境對蠅虎撲食準確度之探討》
- 中華民國60屆中小學科展《蠅虎適合進行撲食的光環境探討》
- 維基百科-鏡子測試 【on line】 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%95%9C%E5%AD%90%E6%B5%8B%E8%AF%95>
- 寒波(2019)《裂唇魚通過了猴子也無法闖關的「鏡子測試」，所以它們擁有自我意識還比猴子聰明？》【on line】 Pansci 泛科學
- 泉銘(2016)。Arduino UNO學習610·照度計模塊GY-30 【on line】 學習ING http://ee543.blogspot.com/2016/12/arduino-uno610gy-30_2.html