

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 生物（生命科學）科

佳作

040717

草地上的馬蛛絲跡

—探討長疣馬蛛結網及捕食行為模式

學校名稱：國立花蓮高級中學

作者： 高一 聶邦庭 高一 連浩任 高一 唐振傑	指導老師： 吳復中 楊家慎
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：長疣馬蛛、漏斗網、捕食行為

## 摘要

本研究探討生活在草原的長疣馬蛛，觀察牠如何結網以及網型構造，並探討網的功能。在觀察及實驗後得到以下結論：長疣馬蛛偏好在強光環境下結網，且對高溫有好的耐受性。長疣馬蛛視力差，但可以結出用來感應捕食的多層漏斗狀網，結網的方式相當特殊，可分為「探測期」、「底層網期」、「平面網期」、「皿狀網期」、「漏斗網期」五個階段，且不同層網的感應偵測上與敏感度與捕食成功率均不相同。我們也進一步探討了長疣馬蛛的捕食行為模式。長疣馬蛛的捕食行為可分為「被動感應模式」、「偵查模式」、「攻擊獵物模式」、「後續處理模式」、「返回」五個階段。其可以利用最頂層的平面網捕食獵物，且獵物的捕食受到獵物大小與置入的方式影響。

## 壹、研究動機

一個下雨天，發現道路旁的草地，有許多小區塊聚集了許多露水，靠近一看，發現是蜘蛛網。一般結網的蜘蛛，在下雨天會收網。我們好奇這種蜘蛛怎麼不會收網？

得知此種為長疣馬蛛，是狼蛛科中唯一會結網。但牠所結出的網較沒有黏性，網為漏斗狀，但並沒有記載漏斗狀網是如何被結出。

我們著手觀察其結網行為及網型構造，並試著找出環境因素對結網行為的影響，及如何利用這個網在草地上覓食？

## 貳、研究目的

- 一、觀察長疣馬蛛的結網行為
- 二、探討環境因子對長疣馬蛛結網之影響
- 三、探討長疣馬蛛網上感應行為模式及不同層網的感應效果
- 四、探討網上獵物大小與位置對長疣馬蛛捕食行為之影響
- 五、探討網上獵物數量對長疣馬蛛捕食行為之影響

## 參、研究設備及器材

- |        |       |        |
|--------|-------|--------|
| 一、塑膠杯  | 六、電烙鐵 | 十一、瓦楞紙 |
| 二、塑膠罐  | 七、乙醚  | 十二、不織布 |
| 三、吸管   | 八、鑷子  | 十三、噴霧器 |
| 四、透明膠帶 | 九、燈泡  | 十四、溫度計 |
| 五、紙箱   | 十、西卡紙 |        |

## 肆、研究方法

### 一、觀察長疣馬蛛的結網行爲

#### (一) 結網步驟的觀察

1. 裝置：見圖一。
2. 步驟
  - (1) 杯中放入一隻馬蛛。
  - (2) 持續觀察記錄馬蛛的結網方法及過程。

#### (二) 觀察棄網行爲

觀察沒有補網行爲的馬蛛結失敗網後的行爲。

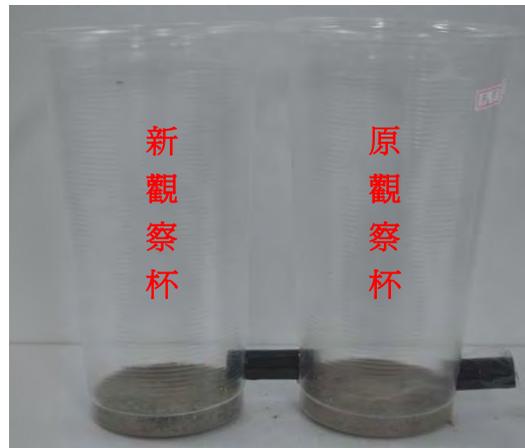
1. 裝置：見圖二、圖三。



圖一 觀察杯



圖二 原觀察杯吸管的後方接一個新觀察杯



圖三 原觀察杯吸管的對面接一個新觀察杯

#### 2. 步驟

- (1) 把馬蛛放入觀察杯使其結網。
- (2) 待結網兩天後觀察網，若是離開底部形成一個平面網，稱之成功的網(見圖四)；若網平鋪在地，稱失敗的網(見圖五)。
- (3) 挑選結網失敗的杯，將這些杯分為兩組，分別接上觀察杯(如圖二、三)。
- (4) 挑選結網成功的杯，後方接新觀察杯作為對照組。
- (5) 各重複十組裝置，觀察三天。



圖四 成功的網



圖五 失敗的網

## 二、探討環境因子對長疣馬蛛結網之影響

### (一) 有無光照環境

#### 1. 裝置

連接兩個觀察杯，用黑紙將其一包圍，使其內部成爲完全黑暗的環境。並將另一置於日光燈下。

#### 2. 步驟

- (1) 把馬蛛放入吸管中，分別接上述兩杯(見圖六)，置於箱中(見圖七)，觀察結網偏好。
- (2) 對照組裝置如圖八、九，觀察結網偏好。
- (3) 重複十次。



圖六 實驗組



圖七 實驗放置區



圖八 對照組(兩側皆無包裹)



圖九 對照組(兩側皆有包裹)



圖十 實驗用觀察杯



圖十一 實驗裝置

### (二) 光照強弱的差異

#### 1. 裝置

將兩觀察杯以吸管連接，以白色珍珠板及黑紙分別套上(見圖十)，對照組則不用。將裝置等距圍繞在光源周圍，並隔絕外部光源(見圖十一)。

#### 2. 步驟

- (1) 把馬蛛放入吸管中，接上觀察杯。
- (2) 每一組實驗組與對照組杯內的亮度如表一
- (3) 各重複 10 次，記錄其結網偏好。

	實驗組	對照組
1	150 : 650	650 : 650
2	650 : 1200	1200 : 1200

### (三) 光源位置的差異

#### 1. 裝置

將一個觀察杯用高黑紙包裹周圍，留頂部讓光線進入，裝置定爲頂部光源組，另外一個則定爲全光照環境組。

## 2. 步驟

- (1) 把馬蛛放入吸管中，將吸管插入觀察杯上的洞後，讓馬蛛出來結網。
- (2) 待其結網三天後，分別記錄其網型發展。
- (3) 完成三天的觀察後，在將頂部光源環境組包裹的黑紙拆開，使其成為全光照環境，再放置三天。
- (4) 對照組為全光照環境組持續六天。各重複 10 次。

### (四) 溫度高低的差異

#### 1. 裝置

在兩紙箱(見圖十二)的一側割 4 直條，將兩端相連的觀察杯放入 (見圖十三)，在一側挖洞將燈泡插入，使其中一側溫度高於室溫。觀察杯與光源之間用黑色不織布隔離光源，並將觀察杯上部用黑色瓦楞板遮住 (見圖十四、見圖十五)。

#### 2. 實驗步驟

- (1) 在吸管内放入一隻馬蛛，插入杯上後放入紙箱。
- (2) 持續加溫，使其中一個紙箱溫度在  $38^{\circ}\text{C}$  ~  $40^{\circ}\text{C}$  的高溫，使兩側溫差在  $15^{\circ}\text{C}$  左右
- (3) 觀察結網偏好。
- (4) 對照組為兩側皆維持在室溫。
- (5) 重複 10 次。



圖十二 實驗裝置紙箱



圖十三 實驗裝置



圖十四 實驗裝置



圖十五 實驗裝置

### 三、 探討長疣馬蛛網上感應行爲模式及不同層網的感應效果

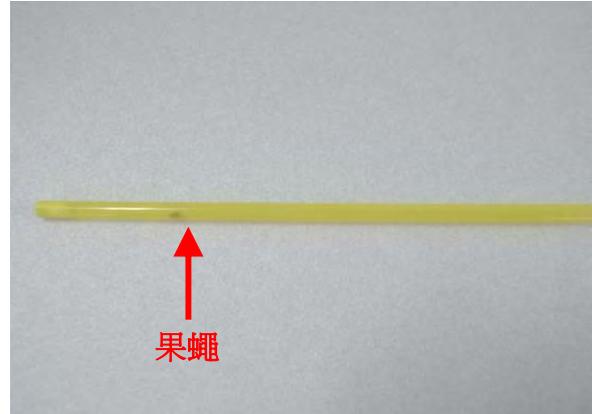
#### (一) 馬蛛的感應行爲

觀察捕食過程中馬蛛於漏斗底部、漏斗網口部、平面網部的獵物感應及捕食行爲。

##### 1. 裝置：見圖十六。



圖十六 攝影裝置



圖十七 放入果蠅用吸管，箭頭指處爲果蠅。

##### 2. 步驟

- (1) 選擇飢餓一天的馬蛛，待其位於漏斗底部時進行實驗。
- (2) 將一隻活果蠅(除翅)置入果蠅用吸管中(如圖十八)。
- (3) 將果蠅投入不同位置。
- (4) 重覆 10 次。

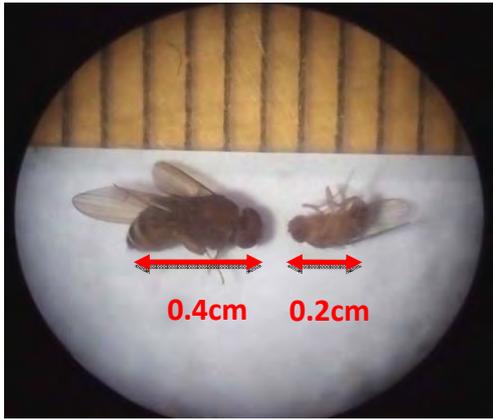
#### (二) 馬蛛對於掉落在不同層獵物的感應行爲

##### 1. 裝置

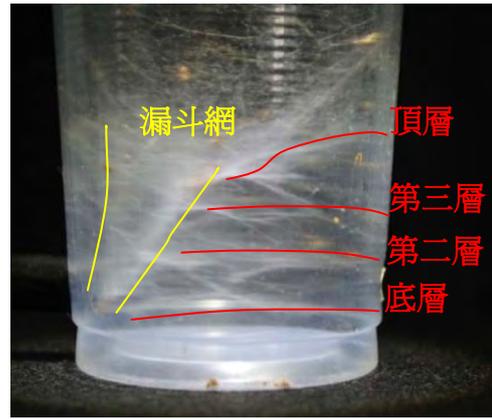
取結出四層網的觀察杯(見圖十九)，將網分爲頂層、中間層(第二、三層)、底層，在不同層網的杯壁以烙鐵棒熔出圓孔(見圖十九、圖二十)，用以置入果蠅，使可以落在不同層(見圖二十一)。

##### 2. 實驗步驟

- (1) 將體長 0.2cm 的果蠅除翅，置入吸管。
- (2) 實驗組將果蠅輕輕吹入各層(不同層平面網)上。
- (3) 各重覆 15 次。
- (4) 對照組重覆步驟 1~4，改在頂層平面網放置。



圖十八 不同大小果蠅



圖十九 四層網之觀察杯



圖二十 以電烙鐵溶出洞孔



圖二十一 放入果蠅的圓孔。

#### 四、探討網上獵物大小與位置對長疣馬蛛捕食行為之影響

##### (一) 網上獵物大小對馬蛛捕食行為之影響

此實驗是以不同大小的果蠅作為變因，了解馬蛛是否能分辨獵物的大小，並觀察捕獲不同大小獵物的行為。

##### 1. 實驗步驟

- (1) 將不同體長的果蠅(圖十六)放在頂層平面網。
- (2) 重複 15 次，觀察並記錄捕食行為。
- (3) 重複步驟 1~4，依據表二改變組合。

表二 果蠅體長組合(單位：cm)

	分別接上 果蠅體長	實驗設計
實驗組	0.2 : 0.4	不同大小之震動來源
對照組 1	0.2 : 0.2	相同大小之較小震動來源
對照組 2	0.4 : 0.4	相同大小之較大震動來源

##### (二) 網上獵物位置對馬蛛捕食行為之影響

在實驗過程中，發現到有「連殺」(連續捕捉兩隻果蠅才回巢)以及「纏繞」(利用絲將兩隻果蠅纏繞在一起)的行為，想進一步探討這兩種特殊行為。

## 1. 連殺行爲

分別以左右距離 3cm、0.5cm 及前後距離 3cm 的兩隻果蠅來進行實驗(如圖二十四~二十六)。

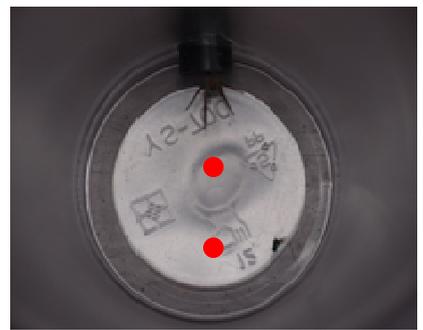
- (1) 取兩隻活果蠅，同時置入頂層平面網上，離網口固定 2cm，獵物左右間距(3cm 及 0.5cm)。
- (2) 各重複 10 次。
- (3) 將獵物之改為前後距離為 3cm，重覆步驟 1~2。



圖二十四 間距 3cm



圖二十五 間距 0.5cm



圖二十六 前後距 3cm

## 2. 纏繞行爲

在同時投入兩隻大果蠅的實驗中，我們發現到馬蛛偶而會出現特殊的「纏繞」行爲，因此以兩隻獵物的大小做為變因進行實驗。

- (1) 利用吸管將兩隻不同大小果蠅(圖十六)放在頂層平面網上，並依表三改變組合。
- (2) 觀察並記錄馬蛛是否出現「纏繞」行爲。
- (3) 各重複 10 次。

	果蠅體長
實驗組	0.4 : 0.4
對照組	0.2 : 0.2

## 五、探討網上獵物多寡對長疣馬蛛捕食行爲之影響

藉不同數量及不同置入方式的獵物作為變因，了解馬蛛的捕食行爲及獵物處理模式。因此以同時及間隔的方式將 1、2、3、4 隻體長為 0.2cm 的果蠅投入馬蛛的網上觀察。

1. 將不同隻數(1、2、3、4 隻)的除翅果蠅放入吸管。
2. 將吸管內的果蠅同時放入平面網上，並錄影記錄，各重複 15 次。
3. 重複步驟 1~2，將步驟 2 的放入方式改為每隔 10 秒再投入一隻。
4. 觀看並記錄分析。



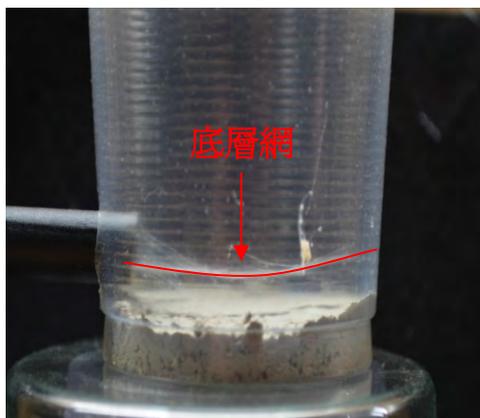
圖二十三 果蠅置入器

## 伍、研究結果

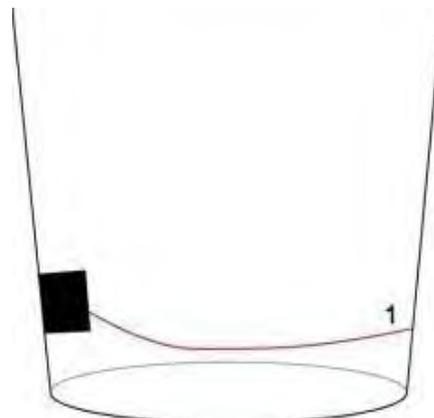
### 一、觀察長疣馬蛛的結網行爲

#### (一) 結網步驟的觀察

1. 探測期：馬蛛放入觀察杯後，會不停地沿著觀察杯底部邊緣繞圈探測環境。
2. 第一層網(底層網)(圖二十七、圖二十八)：馬蛛在探測環境後，以吸管口為基點來回杯壁間結網，形成從吸管口延伸出的扇形狀網。並在扇形網上來回織網使之緻密。



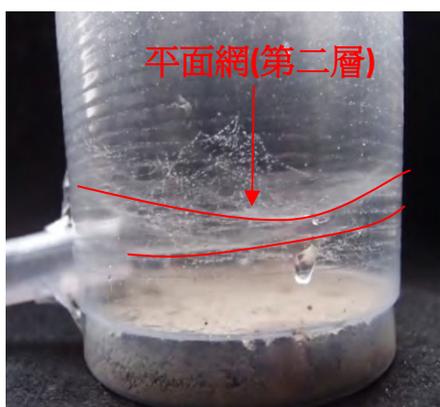
圖二十七底層網



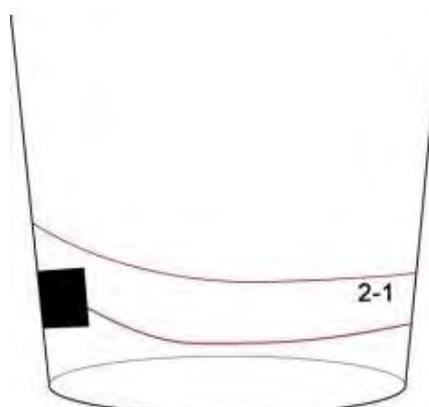
圖二十八底層網示意圖

#### 3. 第二層網：(圖二十九~三十四)

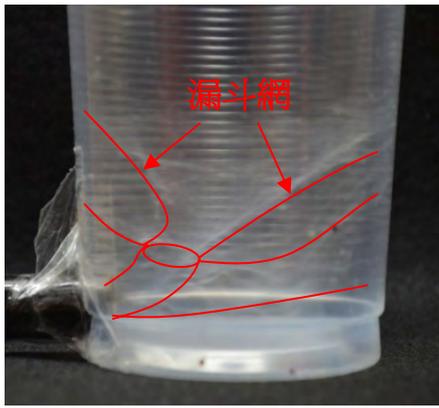
- (1) 平面網期：馬蛛利用底層網，在其上方將蛛絲從吸管口的上方延伸到另一端的杯壁，在底層網上方形成稀疏的網狀構造，再爬上網狀結構繼續結網使之緻密。
- (2) 漏斗網前期：以蛛絲連接底層、平面網(第二層)，將平面網向下拉，形成皿狀網。
- (3) 漏斗網後期：以第一、二對步足將第二層網挖開一個洞，從洞口下到底層網並在吸管口和第二層網之間來回結網，使底層網和第二層網間出現管狀網，並在平面網上方向上發展出漏斗狀網。



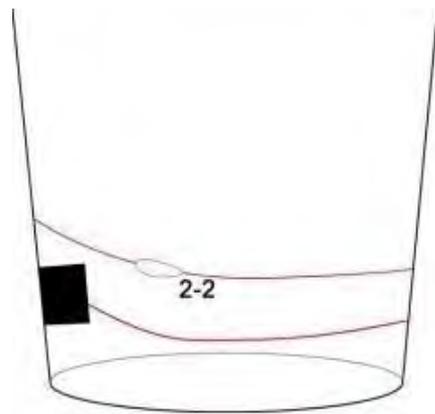
圖二十九 平面網



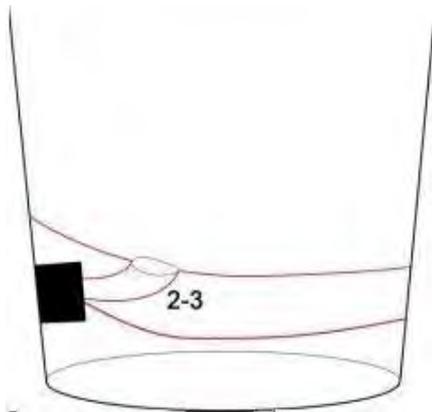
圖三十 平面網示意圖



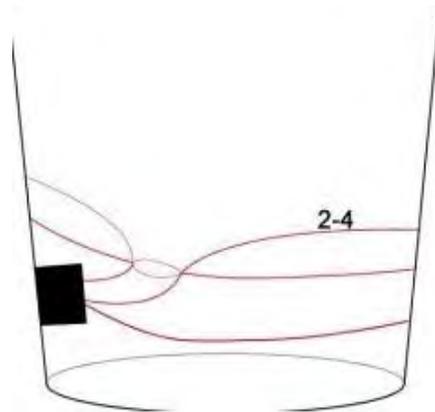
圖三十一 漏斗網



圖三十二 被挖洞的平面網示意圖

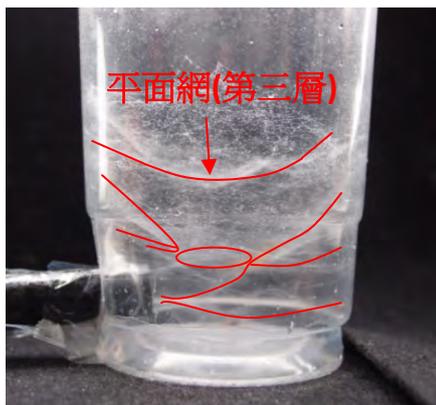


圖三十三 管狀網示意圖

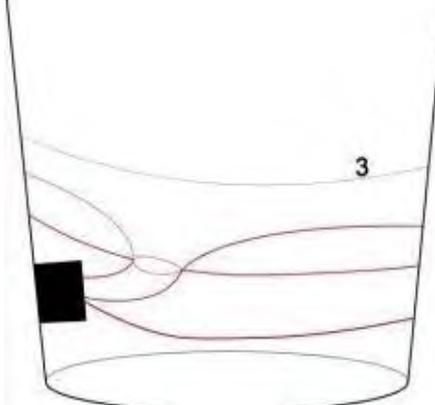


圖三十四 漏斗網示意圖

4. 第三~四層網(圖三十五~三十八)：從漏斗網邊緣上方結出第三層平面網，將第三層網向下拉，成爲皿狀網，完成後馬蛛利用空隙上到第三層網，有時會接續形成漏斗網，或是不形成皿狀網，繼續向上發展出第四層，形成連續平面網。



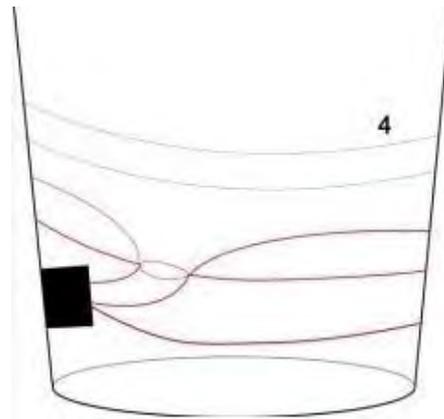
圖三十五第三層網



圖三十六第三層網示意圖



圖三十七第四層網



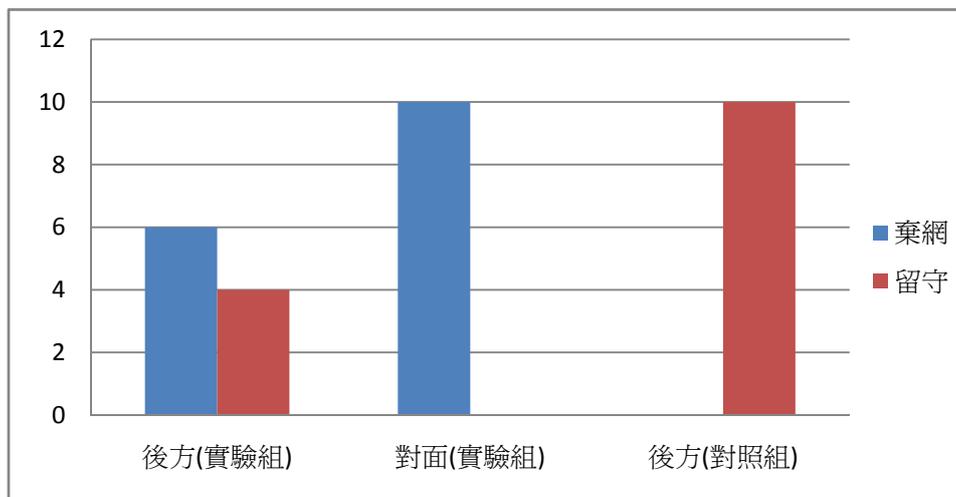
圖三十八第四層網示意圖

## (二) 觀察馬蛛的「棄網」行爲

若到新觀察杯結網，或捨棄原網另結新網的行爲，稱之棄網行爲；若無論是否結網，仍停留在原網上，稱之爲留守行爲。

1. 後面接：10 組當中 6 組棄網、4 組留守。
2. 對面接：10 組全數棄網，在原位置上方，捨棄舊網，用新環境因子(吸管)結新網。
3. 後面接(對照組)：10 組全數留守。

圖表一-1 棄網行爲



## 二、 探討環境因子對長疣馬蛛結網之影響

### (一) 有無光環境

1. 一側有光、另一側無光的 10 組實驗組中，皆偏好在有光環境。
2. 兩側皆有光的 10 組，左、右側各 5 隻結網。
3. 兩側皆無光的 10 組，6 隻在左側、4 隻在右側結網。

### (二) 光照強弱的差異

1. 光照強度：150lux vs. 650lux

從「網的大小」及「網的疏密」來定義偏好位置，均偏好於光線較強處結出較大較密的網；對照組的 10 隻中，7 隻所結的網在兩側皆一樣大沒有偏好。

## 2. 光照強度：650lux vs. 1200lux

實驗組 10 隻均偏好於光線較強處結網；對照組 10 隻中，9 隻所結的網在兩側皆一樣大沒有偏好。

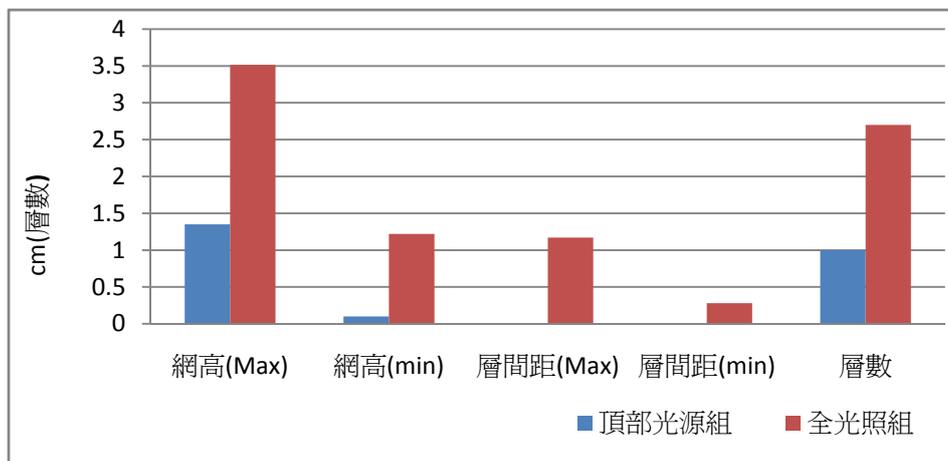
### (三) 不同溫度高低對馬蛛結網的影響

實驗組 10 隻當中，7 隻所偏好在溫度高側結較密的網；對照組中結出的網，10 隻中，紙箱的左側 4 隻、右側 6 隻的網大小較另一側大沒有偏好。

### (四) 不同光源位置的差異

1. 最高網高平均值：頂部光源組為 1.35 cm，全光照環境組為 3.52 cm；最低網高平均值：頂部光源組為 0.1 cm，全光照環境組為 1.22cm。
2. 層與層的距離平均值：全光照環境組最大值為 1.17 cm，最小值為 0.28 cm；頂部光源組則沒有多層網。
3. 層數平均值：頂部光源組為 1 層，全光照環境組為 2.7 層。

圖表二-1 光照後兩天的網型



## 三、探討長疣馬蛛網上感應行爲模式及不同層網的感應效果

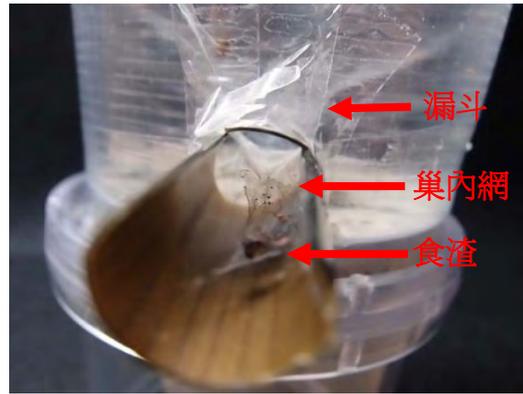
### (一) 在漏斗部及頂層平面網的感應及捕食行爲

#### 1. 被動感應模式(無獵物掉落於網上時)

- (1) 巢裡感應行爲：位於巢底部時，會以第一、二對步足輕觸漏斗管壁，三、四對步足弓起呈起跑姿勢，頭胸部與腹部懸空。
- (2) 漏斗網口感應行爲：位於漏斗網口時，會以一、二對步足的第一分節平貼於平面網上，第三對步足輕觸於漏斗管開口外緣，第四對步足弓起處於管內部，頭胸、腹部懸空，此時對獵物的敏感度較高。



圖四十 巢裡感應行爲



圖四十一 巢裡示意圖



圖四十二 漏斗網口感應行爲



圖四十三 平面網偵查行爲

## 2. 動態偵查模式(有獵物掉落於網上時)

- (1) 被動之平面網偵查行爲：當獵物掉落於頂層網上時，會衝到頂層網上進行此行爲，四對步足皆輕觸於頂層平面網上，頭胸、腹部懸空，用以偵查獵物位置。
- (2) 主動之拍網偵查行爲：當獵物震動不明顯，感應不到獵物時，會以第一、二對步足拍打網面，在網上產生起伏性震動。
- (3) 主動之彈跳偵查行爲：當獵物所在位置不同層時，感應不到獵物位置時，會以四對步足同時按壓網面，利用身體上下晃動，在網上產生更強烈的起伏性震動。



圖四十四 拍網偵查行爲



圖四十五 彈跳偵查行爲

### 3. 攻擊獵物模式

- (1) 動態獵物鎖定行爲：會將第一對步足指向會震動的獵物方向。
- (2) 撲擊行爲：當鎖定的獵物時，會以第 4 對步足向後蹬，以跳躍的方式攻擊獵物，此爲游獵蛛的捕食特色。
- (3) 捕捉行爲：會分別以前二對步足與觸肢、或以前三對步足與觸足抓起獵物幫助上顎咬住獵物。



圖四十六 動態獵物鎖定行爲



圖四十七 撲擊



圖四十八 大果蠅捕捉行爲



圖四十九 小果蠅捕捉行爲

### 4. 後續處理模式

- (1) 攜回行爲：此行爲也是游獵蛛的捕食特色，在捕捉到獵物後，再以觸肢扶著獵物以倒退走或正面走的方式將獵物帶回。
- (2) 巢內囤積：面對數量不多或體積小的獵物時，會將獵物攜回漏斗管內囤積食用。
- (3) 漏斗網口囤積：面對體型較大或數量較多的獵物時，會將獵物囤積於漏斗網口處，再從漏斗網口處抓一兩隻獵物回巢實用。



圖五十 攜回行爲



圖五十一 巢內囤積食用



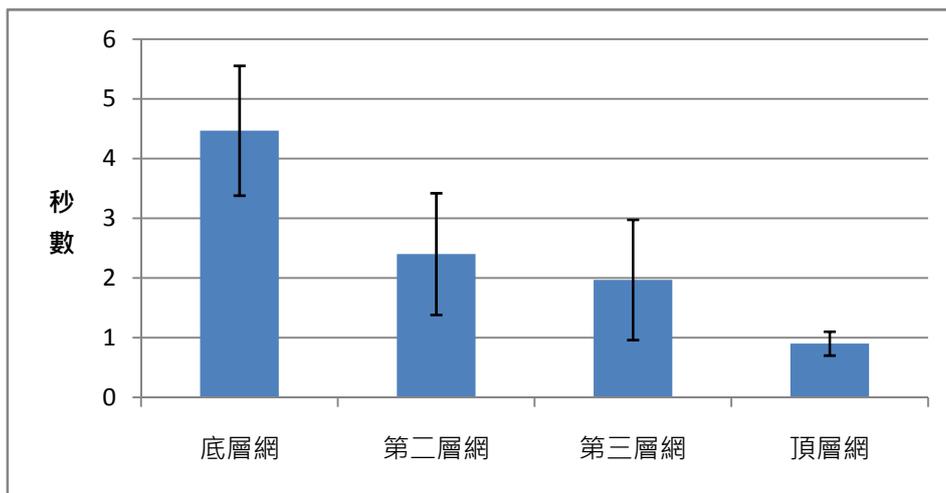
圖五十二 漏斗網口囤積食用

## (二) 觀察馬蛛對於掉落在不同層獵物的捕食行爲

### 1. 不同層網在置入獵物時，馬蛛所需要的感應時間(圖表三-1)

在不同網層置入果蠅後，從巢底部到各層平面網進行平面網偵查行爲，記錄這段巢裡感應行爲的時間，實驗結果如下：底層網：平均 4.47 秒；第二層網：平均 2.40 秒；第三層網：平均 2.00 秒；頂層網：平均 0.90 秒。

圖表三-1 各層網放入果蠅到離開漏斗網口感應行爲所需的時間

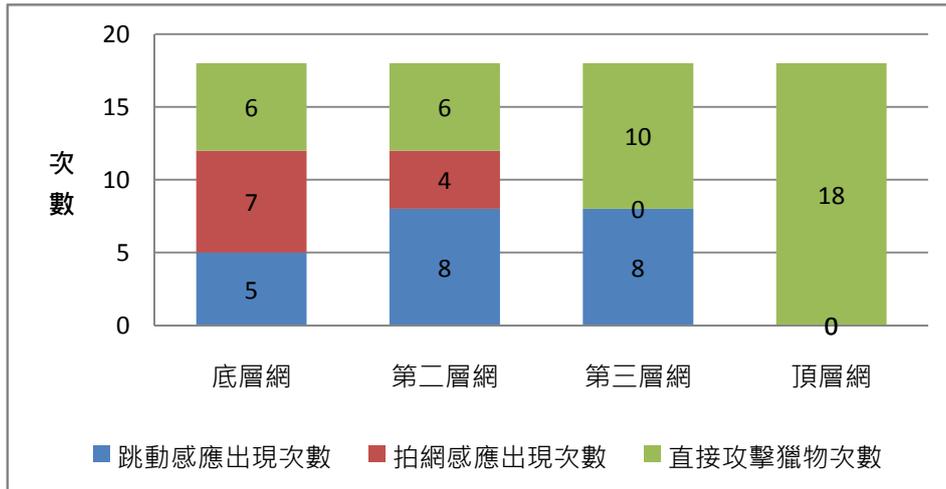


### 2. 在不同層網置入獵物時，馬蛛發生偵查行爲的差異(圖表三-2)

平面網偵查後，會有不繼續偵查直接攻擊獵物，或主動探測性偵查後攻擊獵物的行爲。本實驗記錄這兩種行爲的發生次數：

- (1) 底層網：彈跳偵查行爲 5 次、拍網偵查行爲 7 次、直接攻擊獵物行爲 6 次。
- (2) 第二層網：彈跳偵查行爲 8 次、拍網偵查行爲 4 次、直接攻擊獵物行爲 6 次。
- (3) 第三層網：彈跳偵查行爲 8 次、拍網偵查行爲 0 次、直接攻擊獵物行爲 10 次。
- (4) 頂層網：18 次皆直接攻擊。

圖表三-2 各層網不同感應獵物行為出現次數



#### 四、探討網上獵物大小與位置對馬蛛捕食行為之影響

##### (一) 網上獵物大小對馬蛛捕食行為之影響

###### 1. 同時放大小不同的兩隻果蠅

- (1) 捕食一隻的情況(15次中有8次)：8次中7次捕捉大果蠅、1次捕捉小果蠅，且無論捕捉大或小果蠅皆是回管狀巢底部。
- (2) 捕食兩隻的情況(15次中有7次)：7次中6次先捕捉大果蠅再捕捉小果蠅、1次先捕捉小果蠅再捕捉大果蠅，且捕捉兩隻果蠅的馬蛛皆會停在漏斗網口。

###### 2. 同時放入兩隻相同大小的小果蠅

- (1) 15次中，有12次捕捉一隻果蠅；另有3次將兩隻果蠅捕捉。
- (2) 15次均將獵物帶回管狀巢底部食用。

###### 3. 同時放入兩隻相同大小的大果蠅

- (1) 15次中，均一次捕捉一隻，最後兩隻大果蠅均會被捕捉。
- (2) 15次均在捕捉大果蠅後，分別把兩隻大果蠅放置到漏斗網口。

##### (二) 網上獵物位置對馬蛛捕食行為之影響

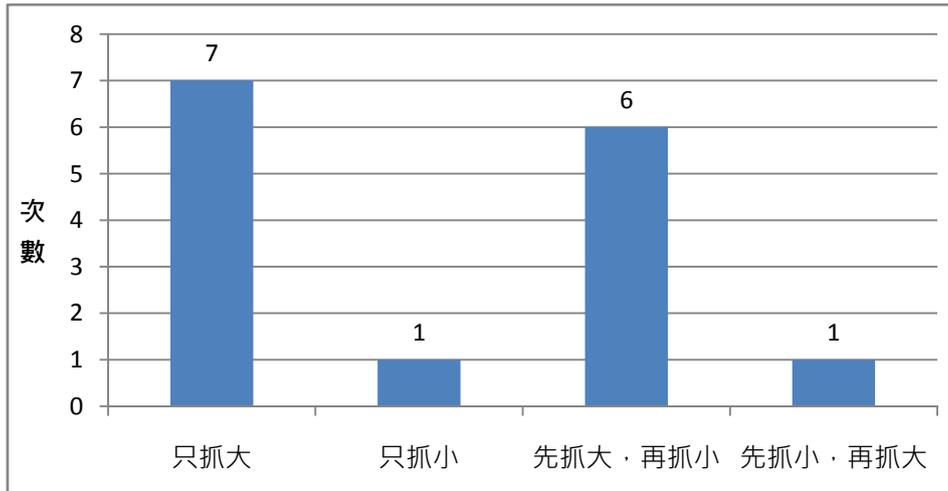
###### 1. 連殺行為

- (1) 果蠅左右距離 0.5cm 時，大多只抓 1 隻果蠅(80%)。
- (2) 果蠅左右距離 3cm 時，大多分別捕捉 2 隻(90%)。
- (3) 前後距離 3cm 時，大多分別捕捉 2 隻(70%)。
- (4) 前後放置出現連殺的頻率高於相距 0.5cm 的 10%、3cm 的 0%，增加為 30%。

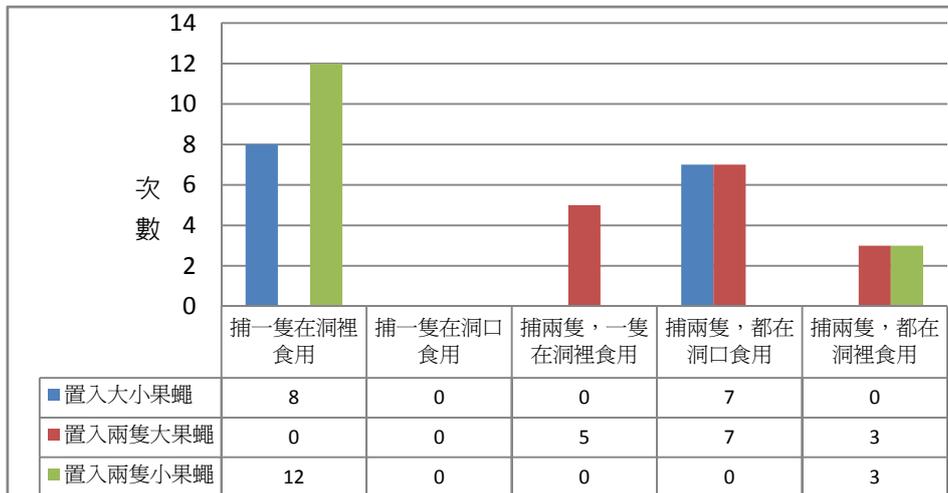
###### 2. 纏繞行為

- (1) 同時放了 2 隻小果蠅，且馬蛛捕食到 2 隻小果蠅時，皆無出現纏繞行為。
- (2) 同時置入 2 隻大果蠅，且馬蛛捕食到 2 隻大果蠅時出現了 3 次纏繞行為。

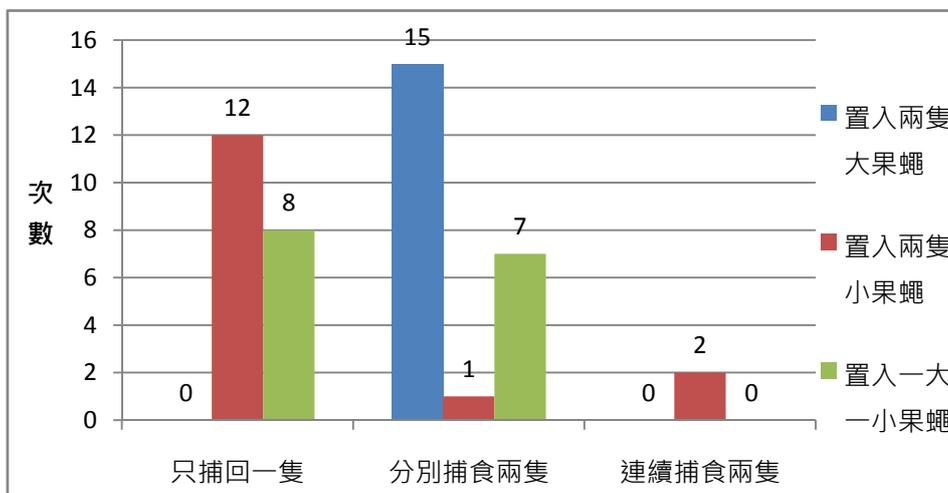
圖表四-1 馬蛛面對不同大小果蠅的捕食行為差異



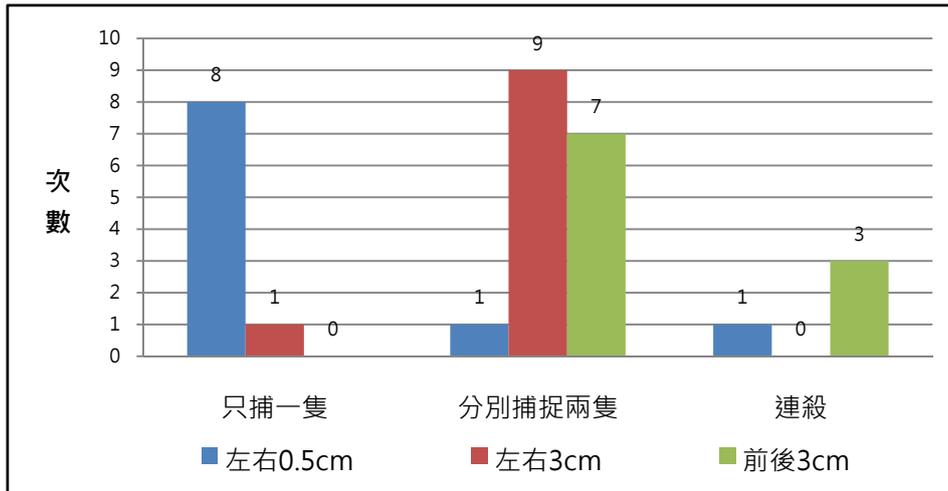
圖表四-2 捕捉隻數與食用位置的關係



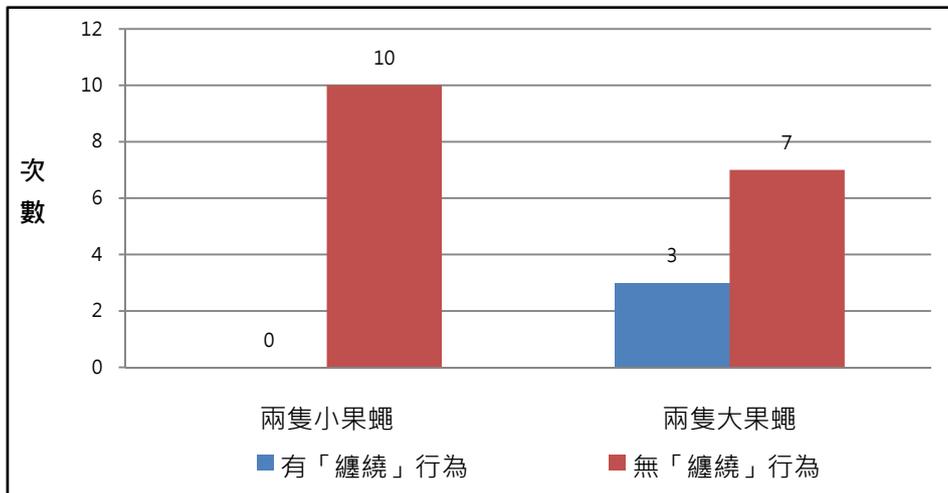
圖表四-3 捕食隻數



圖表四-4 「連殺」行為捕食方式



圖表四-5 「纏繞」行為捕食方式



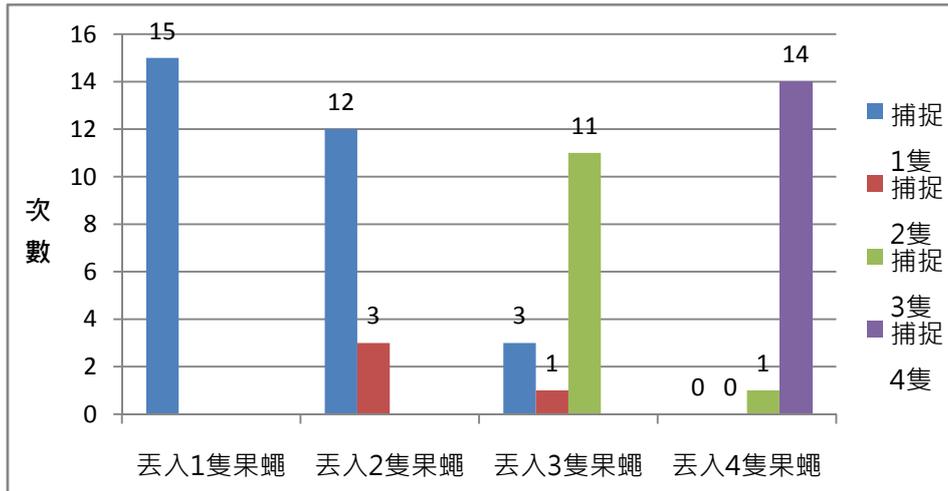
## 五、探討獵物多寡對長疣馬蛛捕食行為之影響

### (一) 同時置入果蠅

#### 1. 馬蛛捕捉果蠅數量(各 15 次)

- (1) 投入 1 隻果蠅 :15 次捕捉 1 隻。
- (2) 同時投入 2 隻果蠅 :12 次捕捉 1 隻、3 次捕捉 2 隻。
- (3) 同時投入 3 隻果蠅 :3 次捕捉 1 隻、1 次捕捉 2 隻、11 次捕捉 3 隻。
- (4) 同時投入 4 隻果蠅 :1 次捕捉 3 隻、14 次捕捉 4 隻。

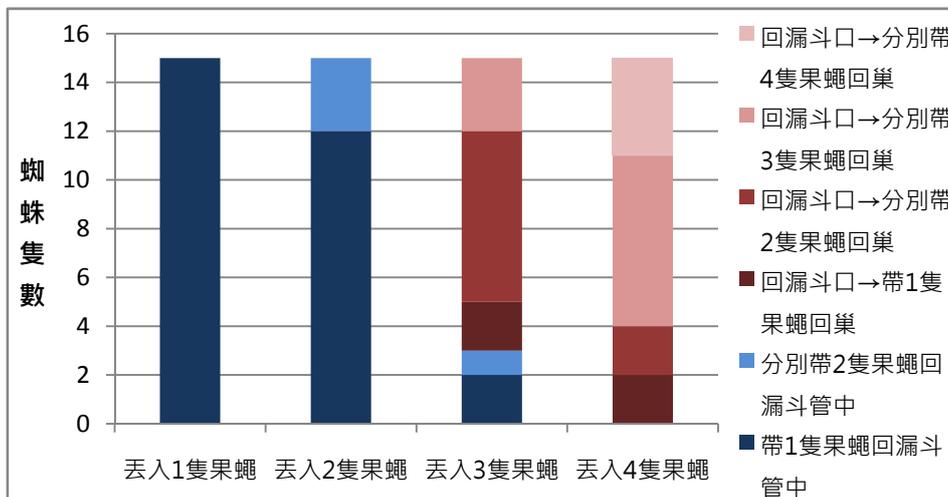
圖表五-1 馬蛛捕捉果蠅隻數



2. 馬蛛獵物囤積與食用位置(各 15 次)

- (1) 投入 1 隻果蠅 :均直接帶回漏斗底部。
- (2) 同時投入 2 隻果蠅 :均直接帶回漏斗底部。
- (3) 同時投入 3 隻果蠅 : 3 次直接帶回漏斗底部、12 次堆放在漏斗網口處後再帶回漏斗底部。
- (4) 同時投入 4 隻果蠅 :15 次堆放在漏斗網口處後再帶回漏斗底部。

圖表五-2 馬蛛獵物囤積與食用位置

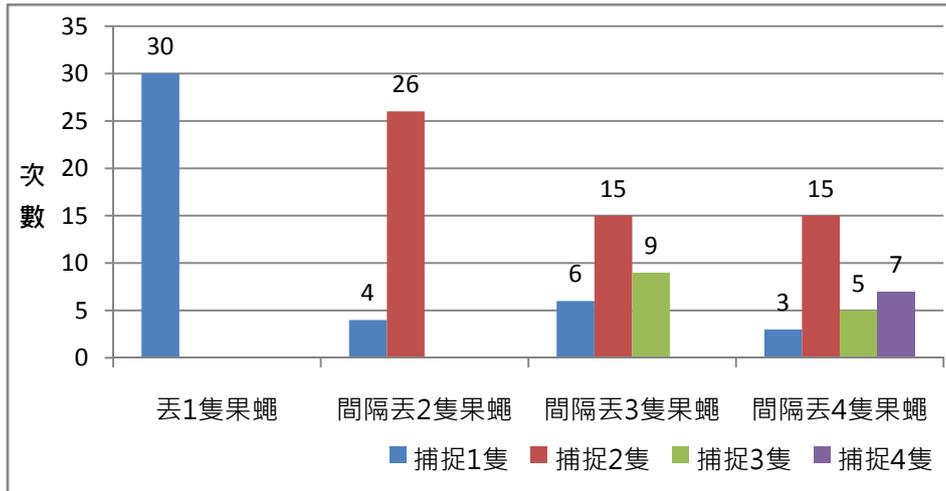


(二) 間隔時間置入果蠅

1. 馬蛛捕捉果蠅數量(各 30 次)

- (1) 投入 1 隻 :均捕捉 1 隻。
- (2) 間隔投入 2 隻 :26 次捕捉 2 隻、4 次捕捉 1 隻。
- (3) 間隔投入 3 隻 : 9 次捕捉 3 隻、15 次捕捉 2 隻、9 次捕捉 1 隻。
- (4) 間隔投入 4 隻 : 次捕捉 4 隻、5 次捕捉 3 隻、15 次捕捉 2 隻、3 次捕捉 1 隻。

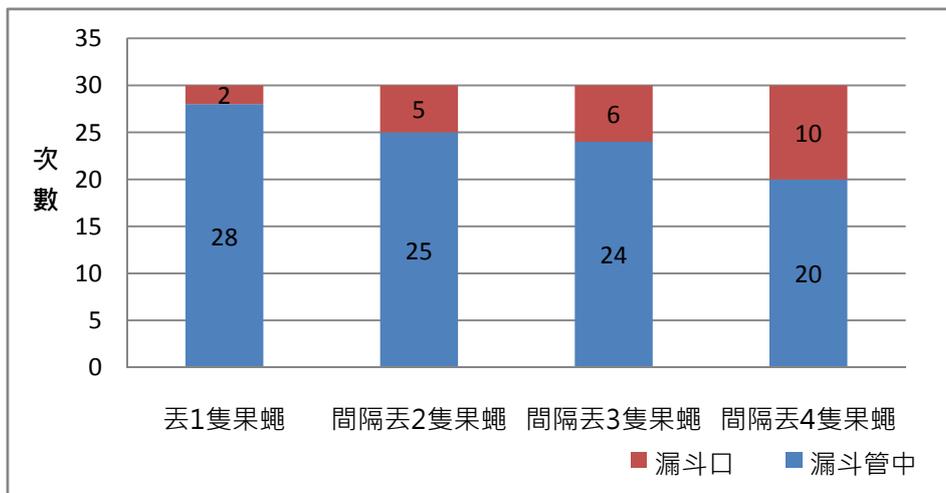
圖表五-3 馬蛛捕捉果蠅數量



2. 捕捉果蠅後馬蛛的食用位置(各 30 次)

- (1) 投入 1 隻：28 次捕捉後到巢底部食用、2 次捕捉後停留在漏斗網口處食用。
- (2) 間隔投入 2 隻：25 次捕捉後到巢底部食用、5 次捕捉後停留在漏斗網口處食用。
- (3) 間隔投入 3 隻：24 次捕捉後到巢底部食用、6 次捕捉後停留在漏斗網口處食用。
- (4) 間隔投入 4 隻：20 次捕捉後到巢底部食用、10 次捕捉後停留在漏斗網口處食用。

圖表五-4 食用位置



## 陸、研究討論

### 一、觀察長疣馬蛛的結網行爲

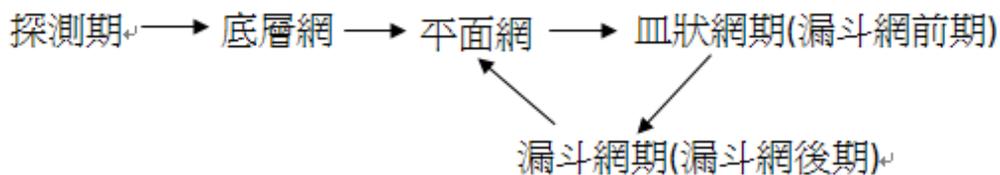
#### (一) 觀察馬蛛的結網過程

##### 1. 結網流程：

在結網前會經過「探測期」，接下來「底層網期」，結完後進入「平面網期」，再進入「皿狀網期(漏斗網前期)」，馬蛛會在皿狀網底部挖洞，向下結管狀網，向上結漏斗網，此階段為「漏斗網期(漏斗網後期)」，完成後會再回到「平面網期」，成爲一個循環，稱爲漏斗網發展期，向上延伸出更多層的漏斗網。

馬蛛也常在第三層以上的「平面網期」後，尙未進入「漏斗網發展期」，再進入一次的「平面網期」，才會兩層一起進入「漏斗網發展期」，形成兩層距很接近的漏斗構造。

##### 2. 結網流程圖：



#### (二) 觀察馬蛛的棄網行爲

1. 結出失敗的網(無法感應獵物)時，沒有補網及收網的行爲，傾向到新環境結網，沒有到新環境結網，沒有繼續結網的行爲出現。
2. 結出失敗的網時，若有新環境因子加入，均傾向在原本的位置上，放棄原本的舊網，結出新網。
3. 如果本來是成功的網，並不會放棄原有的網到新環境結網。

### 二、探討環境因子對長疣馬蛛結網之影響

- (一) 有無光環境：全數皆在有光環境下結網，且在無光環境中，沒有任何絲狀結構出現，故推測偏好在有光環境下結網。
- (二) 光照強弱：皆偏好在光照較強位置，結出網型較大且較密的網，且馬蛛可以分辨光度差異，在光照較強的環境結網。
- (三) 溫度高低：全數在溫度較高(38°C~40°C)的環境結出完整網，推測偏好在溫度高於室溫的環境結網。
- (四) 光源位置：全光照環境相對於頂部光源下發展出的網型，無論是網高(3.52cm > 1.35cm)、層數(2.7層 > 1.0層)、層間距(1.17cm > 0.28cm)，都比頂部光源環境下來的多與完整。推測偏好在光線量較多、遮蔽較少的環境下結網，因此在僅有頂部光照環境結網的行爲較差。

### 三、探討長疣馬蛛網上感應行爲模式及不同層網的感應效果

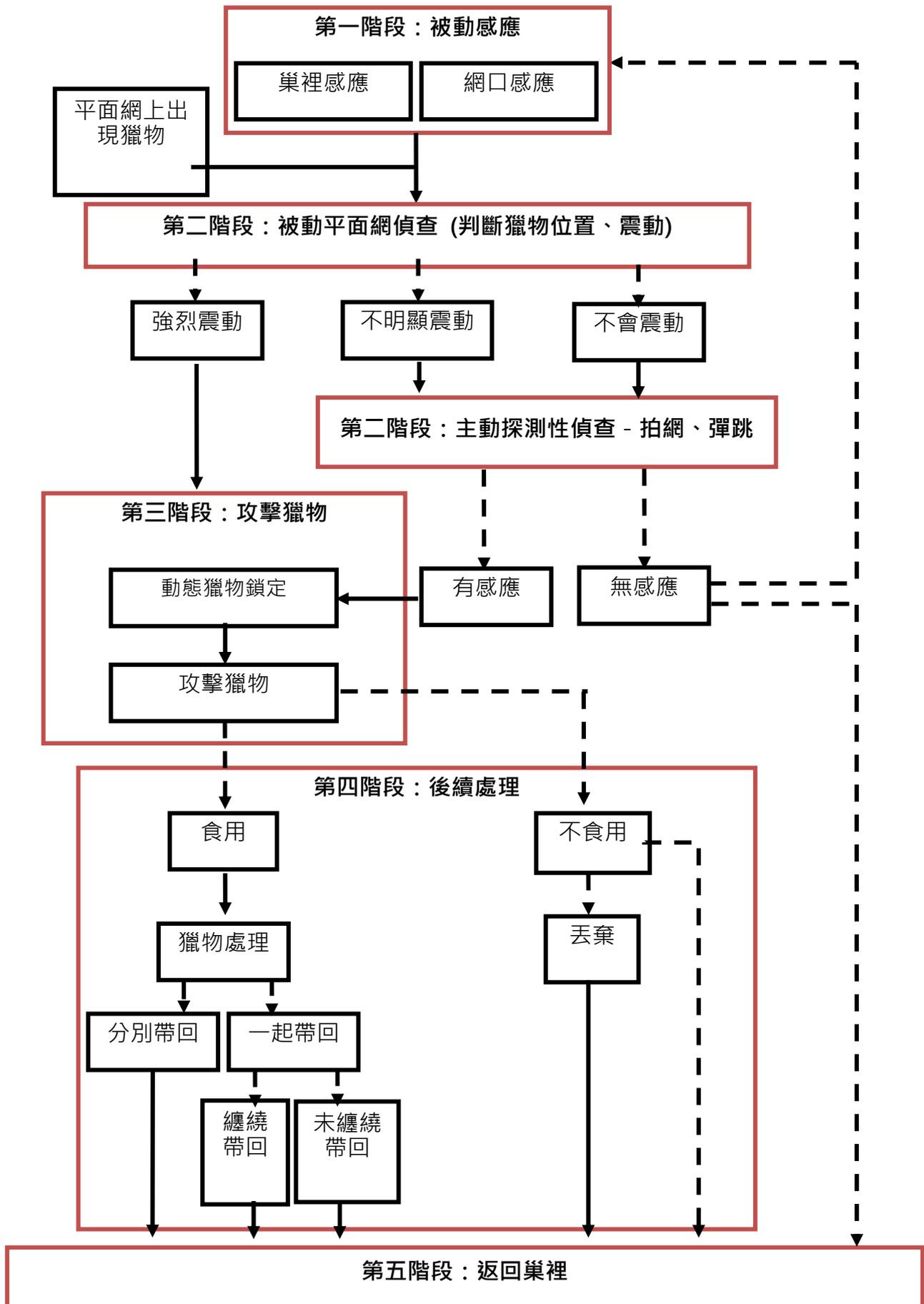
#### (一) 在漏斗部及頂層平面網的感應及捕食行爲

##### 1. 被動感應模式：

- (1) 巢裡感應行爲：利用其第一、二對步足感應獵物，但巢裡的絲狀構造收斂且堆疊，導致其傳遞震動的效果大幅降低。

- (2) 網口感應行爲：利用較多的步足(一、二、三對)提高感應的效果，此位置敏感度較高，也是捕食時最主要的感應模式。
2. 偵查模式：
- (1) 被動偵查：推測其四對步足貼於平面網上，有助於其偵測從四周傳遞過來的獵物震動來源。
- (2) 主動偵查：
- a. 拍網偵查行爲：當馬蛛與缺乏活力獵物在同一層網，有很高的機率出現此行爲。推測利用拍打的方式，使平面網產生起伏性震動以刺激獵物產生更強烈的震動。
- b. 彈跳偵查行爲：當與獵物處於不同層網時，有很高的機率出現此行爲，推測其利用使整個漏斗網產生起伏性震動的方式，刺激獵物產生更強烈的震動。
3. 攻擊獵物模式：攻擊獵物前有動態獵物鎖定的行爲，再進行攻擊。
- (1) 動態獵物鎖定行爲：其會將第一對步足指向獵物並貼於網上，推測此行爲有助於其確認感應前方小範圍的震動。
- (2) 獵物攻擊行爲：在此階段則表現出游獵蛛的攻擊行爲。
4. 後續處理模式：
- (1) 一般行爲
- a. 帶回：將獵物以上顎咬住，以觸肢抱著帶回。
- b. 不帶回：當辨識爲尚可食用時(如剛死的果蠅)產生的行爲。
- c. 丟棄：當其辨識爲無法食用時(如乾硬的死果蠅)產生的行爲。
- (2) 特殊行爲：纏繞，其捕捉的較大獵物時，推測其可藉由此行爲固定獵物並帶回。
5. 返回：
- (1) 巢口：網面上同時存在多數的震動源或面對兩隻以上大型獵物時，其會將獵物囤積於漏斗網口，推測獵物大小與數量爲影響此行爲的重要因子。
- (2) 巢裡：網面上只存在 1、2 隻獵物時，會直接將獵物帶回巢底部食用。

捕食行為模式流程圖：可以分為五個階段。



## (二) 馬蛛對於掉落在不同層獵物的感應行為與效果

1. 不同層網「巢裡感應」所需時間：馬蛛位於巢底時，對感應不同層獵物所需的時間為底層>第二、三層>頂層，推測巢底是由各層平面網向下收斂而成，頂層為最內層，其次為二、三層鋪在頂層下面，因此巢裡感應越下層越不敏感，費時越久。
2. 各層網不同偵查行為出現次數：(圖表三-2)
  - (1) 「拍網偵測」行為：發生次數隨著層數增加而遞減，底層(7次)、第二層(4次)，推測底層、第二層平面網較不敏感，須以拍網偵查。
  - (2) 「彈跳偵測」行為：當獵物在馬蛛下層網時，由於偵測不到獵物，無論獵物是在底層、第二、三層，均需主動發出振動刺激獵物，藉此來確定獵物位置。
  - (3) 不偵查直接攻擊：行為次數隨層數增加而提升，獵物於頂層時均採取此行為，推測發生頻率與平面網的敏感度有正相關。
3. 愈近底層網感應效能愈差(見圖表三-1)，頂層平面網較敏感，不需偵查行為便有高捕食成功率。預期愈近底層網，捕食成功率越低，但結果顯示，底層與第二層的捕食成功率無顯著差異，甚至高於第三層網，推測偵查行為的加入(見圖表三-2)，有助於提升捕食成功率。
4. 預測第三層捕食成功率應較第二層和底層高，但結果顯示，捕食成功率比底層和第二層低，推測與此層未發生拍網感應有關。

## 四、探討網上獵物大小與位置對長疣馬蛛捕食行為之影響

### (一) 獵物大小對馬蛛捕食行為之影響

1. 同時放置 2 隻大果蠅的實驗中，均出現捕捉 2 隻獵物的行為；在同時放置 2 隻小果蠅時，出現較多捕捉 1 隻獵物的行為，據研究結果，推測網上出現較強烈振動時，回巢後，也能再次感應到振動而到網上捕食另 1 隻大果蠅；反之，2 隻小果蠅在網上時，馬蛛捕食 1 隻後，會忽略另 1 隻小果蠅的振動。
2. 在放置 1 大 1 小的果蠅實驗中，馬蛛捕食 1 隻或 2 隻果蠅的機率各半，推測是因小果蠅的振動可能被大果蠅產生的振動覆蓋，導致馬蛛判斷網上只有 1 隻果蠅，而只捕捉一隻。無論捕捉 1 隻或 2 隻，皆偏好捕捉大果蠅，推測具有判斷振動大小的能力且捕捉較大獵物。

### (二) 獵物位置對馬蛛捕食行為之影響

1. 連殺行為
  - (5) 發現當兩隻果蠅左右距 0.5cm 時，大多只抓 1 隻果蠅，與研究目的四、五的結果相符；但當左右距 3cm 或是前後距 3cm 時，卻出現不一樣的偏好，捕捉 2 隻的機率提升，當獵物間距越大越偏好分別抓兩隻。推測馬蛛不會連續捕食同一地點的獵物，無論上一次捕食地點附近是否還有震動，皆會忽略震動不再捕獵，當震動源距離 3cm 時，馬蛛會因震動源的不同，再度捕獵。
  - (6) 將果蠅由左右放置改為前後放置。連殺的頻率增加。推測在捕捉後攜回時，會以正面走或倒退走的方式帶回，所以能捕捉其正前方或正後方的獵物，因此果蠅前後放置較易出現連殺。

## 2. 纏繞行爲

同時放 2 隻小果蠅不出現；但同時置入 2 隻大果蠅，且皆被捕食時，卻出現 3 次纏繞行爲。在捕食體型較大且較多時，會用絲固定獵物，使之更易攜帶且不易掙脫。

## 五、探討獵物多寡對長疣馬蛛捕食行爲之影響

### (一) 同時置入果蠅

1. 同時投入 2 隻小果蠅時，傾向只帶 1 隻果蠅回巢中，常會忽略另一隻小果蠅，只感應到一隻小果蠅在震動而只捕食 1 隻果蠅，。
2. 同時有 3 個以上的振動源存在平面網上時，較傾向捕捉全部的獵物。推測多個震動源同時存在時，會較清楚感應到多數的獵物在網上，因此傾向採取全數捕殺的捕食行爲。
3. 研究中也發現，當馬蛛捕捉 3 個以上獵物時，會產生高頻率將獵物囤積於漏斗網口的行爲，待捕捉所有獵物後，再帶回到巢底部食用，推測此行爲出現於網上獵物到達一定數量時，為減少來回所需的時間而產生，此為遊獵蛛為適應網上的感應，發展出的行爲模式。
4. 當捕捉到的獵物數量大於 3 隻時，不傾向將全部的獵物帶回巢底，推測太多獵物在巢底會影響感應，故只攜帶部分獵物食用。

### (二) 間隔時間置入果蠅

1. 在間隔投入 2 隻果蠅的實驗，捕食行爲與同時置入 2 隻果蠅的結果不同，雖都是置入 2 隻果蠅，但此實驗傾向攻擊 2 隻果蠅高於同時置入，推測間隔置入果蠅，可以在非連續振動的環境下，回復捕食感應的敏感度。
2. 隨著投入的果蠅數增加，仍傾向於捕捉 2 隻果蠅，推測間隔置入的方式，每次均會將捕捉的果蠅攜回漏斗內，在捕捉 2 隻果蠅後，因其巢底部囤積的食物影響其感應行爲，使其不再次捕捉獵物。

## 柒、研究結論

- 一、結網過程可分為「探測期」、「底層網期」、「平面網期」、「皿狀網期」、「漏斗網期」五個階段，其中後三個階段合稱為漏斗網發展期。
- 二、無補網或收網行爲，結網失敗時，會有「棄網行爲」。
- 三、偏好在「有光照」、「光線強烈」、「高溫(38°C~40°C)」的環境結網。
- 四、利用所結的網進行遊獵的行爲可分為「被動感應模式」、「偵查模式」、「攻擊獵物模式」、「後續處理模式」、「返回」五個階段。
- 五、蛛對越接近頂層的獵物感應越敏感，「直接攻擊」行爲發生次數越多，而「拍網行爲」與「彈跳偵測」有助於增加非頂層網的捕食成功率。
- 六、具有分辨獵物振動大小的能力且優先捕捉震動源較大的獵物，再捕捉震動源較弱的獵物。
- 七、「連殺」行爲較容易出現在獵物在捕食的同一直線軸上。
- 八、「纏繞」行爲使能攜帶獵物亦能包裹獵物，使之不容易掙扎逃脫，是像真正結網蛛的演化證據。
- 九、當網上同時出現的獵物越多時，傾向將全數的獵物捕捉，同時爲了降低來回捕食所需時間，並避免獵物佔滿漏斗網內，會先將獵物囤積在漏斗網口，持續捕食獵物，此爲遊獵蛛爲適應網的感應，產生新的行爲模式。
- 十、當網上間隔出現的獵物越多時，會持續來回並於巢底進行食用，但會因爲獵物過多，而影響到巢裡感應的敏感度，而使之出巢捕捉次數減少。

## 捌、參考資料

- 一、陳世煌：臺灣常見蜘蛛圖鑑，台北市，行政農業委員會。
- 二、朱耀沂：蜘蛛博物學，台北市，大樹文化。
- 三、洪若瑋：2010，夏綠蒂的母愛---探究溝渠豹蛛的產卵與護幼行爲，中華民國第 50 屆中小學科學展覽會。
- 四、劉維哲、朱玲萱、李珮瑜：2006，網路高手---長疣馬蛛，中華民國第 46 屆中小學科學展覽會。

## 【評語】 040717

探討長疣馬蛛結網和捕食行為模式，僅限於捕食行為的探討，雖然有趣，但是若能有進一步之生化分析，如氣味...etc，會更好。