

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生物科

佳作

030307

花若盛開，蝶自來；草若拔尖，蝶自棲?—探討  
來自不同植被高度灰蝶之夜棲行為

學校名稱： 高雄市立五福國民中學

作者：  國一 蘇昱庭  國一 黃宥翔	指導老師：  何姿穎  何茂通
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 灰蝶、夜棲點、生存壓力

## 摘要

本研究探討來自不同草地高度的灰蝶夜棲行為之差異，並進一步了解灰蝶夜棲點是否受環境因子（溫度、濕度、風力、音頻）及獵食者有無、獵食者種類及生存壓力等變因所影響。實驗結果顯示，來自不同草地高度的灰蝶各有夜棲點高度偏好，並受溫度、風力、音頻、獵食者種類所影響，其中灰蝶夜棲點高度與風力呈負相關；與音頻呈正相關。另外，獵食者的習性亦會影響夜棲點高度，實驗發現斜紋貓蛛會使灰蝶夜棲在較高處，然大銀腹蛛與螳螂則相反。本研究尚藉由油性麥克筆對灰蝶進行標記編號以研究忠誠度，結果顯示並無忠誠度。

# 壹、前言

## 一、研究動機

上體育課時發現操場旁的草叢中，有灰蝶的蹤影。當我們好奇地想靠近牠們觀察，發現牠們居然不會馬上飛走，呆萌呆萌的樣子好可愛！讓我們想進一步了解這種生物，便展開對「灰蝶」的研究。

在觀察灰蝶翩然飛舞的過程中，我發現灰蝶停下來休息的時候，有的停棲在較高的一隻香上，有的則選在矮矮的毛蓮子草上。這兩種植物的高度相差頗大，不禁讓我猜測，難道有的灰蝶喜歡高處；有的喜歡離地面近一點嗎？於是我和組員及老師討論過後，決定研究棲息在不同草叢高度的灰蝶，在夜棲時的行為及動作會不會有所差異。

蝴蝶身為日行性動物，夜晚的防禦力較弱，因此謹慎的選擇夜棲點十分重要，所以本研究目的是探討棲地植被高度、環境中之環境因子及獵食者壓力可否影響灰蝶選擇夜棲點高度。

## 二、文獻回顧

### (一) 歷屆科展作品

蝴蝶作為較大體型的昆蟲，頗受普羅大眾的喜愛與關切，個體夠大，容易採集，易分類辨別，故相關科學研究眾多。

回顧過往歷屆科展作品，跟本研究較有確切相關的有三篇：

#### 1. 全國中小學科展作品第 55 屆：校園藍色小精靈 - 沖繩小灰蝶喜愛的蜜源植物與紫外線溫度對斑紋變化的探討

文獻中有調查校園裡的沖繩小灰蝶的蜜源植物，以及調控溫度，另外作者們試著藉由改變溫度來觀察沖繩小灰蝶的斑紋變化，用以試模擬夏季灰蝶斑紋輪廓較明顯。這份報告讓我們可以認識沖繩小灰蝶的蜜源植物，幫助我們對灰蝶的食物有進一步的了解；此外本文獻中提到灰蝶會因季節，外型顏色會有所變化，此部分也幫助我們辨認物種；文獻中有提及即使寒流來襲氣溫低於 10 °C，仍可看到沖繩小灰蝶在校園出沒，讓我們在低溫的冬天也不怕無法進行實驗；文獻有進行改變溫度實驗，建議從下方幫飼養箱加熱，在我們設計實驗時也有參考。

#### 2. 全國中小學科展作品第 49 屆：彩蝶飛 - 校園蝴蝶生態全記錄

該作者們觀察及記錄校園裡的蝴蝶種類及不同的行為，以及幼蟲羽化的過程、蝴蝶蜜源植物種類與食草。這份報告讓我們可以得知蝴蝶較喜歡停留的植物，以及認識食草植物。

### 3. 全國中小學科展作品第 48 屆：銀色的網之天才---肩斑銀腹蛛

文獻中對比肩斑銀腹蛛與大銀腹蛛，其中包含兩者的棲息地，幫助我們後續找尋灰蝶獵食者蜘蛛時，能較有效率；另外，文獻中有一些肩斑銀腹蛛結網行為的紀錄。

### 4. 全國中小學科展作品第 46 屆：蜜蜜交易---沖繩小灰蝶與螞蟻共生的研究

文獻中介紹了灰蝶幼蟲與螞蟻之間互利共生的互動情況，讓我們更進一步了解灰蝶。

### 5. 全國中小學科展作品第 45 屆：酢漿草上的閃靈俠—沖繩小灰蝶

文獻對沖繩小灰蝶之生活史有所紀錄，有助於我們了解我們的研究對象。

### 6. 全國中小學科展作品第 41 屆：中型銀腹蜘蛛的結網行為與生態適應之探討

本文獻內有銀腹蜘蛛結網行為之描述，可幫助我們對灰蝶的獵食者有進一步的認識。

### 7. 全國中小學科展作品第 37 屆：飛舞的仙子——沖繩小灰蝶

文獻中更進一步描述灰蝶的生活史，以及牠們與螞蟻之間的共生行為。

### 8. 全國中小學科展作品第 18 屆：蝴蝶人工採卵法及其應用繁殖研究

介紹幾種人工採卵的方式（自然環境採卵法、塑膠袋採卵法、壓腹尾採卵法及解剖採卵實驗），及如何孵化卵、飼養蝴蝶等。這份報告讓啟發我們飼養灰蝶的方法，及如何抓取蝴蝶並餵食糖水。

## （二）其他相關研究

不同蝶類對環境的適應能力不太一樣，大致上會受到景觀地形、地物、地貌及微氣候因子等影響。因此於不同海拔高度、不同的植相分布，蝴蝶的族群分布都會不一樣（陳建志，2012；孫旻璇，2008）。過往研究指出植被面積和植株種類對都市蝶類的生存影響極大（陳家豪，2015），如都市常見之粉蝶科族群數量，就和人為干擾程度及蜜源植物種類數量多寡有關（楊憲鵬，2015）。

「棲地（habitat）」，源自拉丁語“habēre”（居住）和“habēre”（擁有），意指有機體所居住之自然環境，然而物種在生活史中所需的生存條件與地域空間不見得相同，因此各個生命階段對棲地的定義就會有所不同（Hall *et al.*, 1997）。過往對於蝶類的棲地研究較為狹隘，較著重在蝶類與作為其食物源之蜜源植物（Dennis, 2004）。綜觀整個蝶類生活史，冬眠處、交配位置、產卵及停棲、夜棲處，這些位置都應該屬於廣義的棲地範疇。

蝴蝶這個類群的生物，共通特色就是白天出沒，夜晚或陰雨天則躲藏得無影無蹤，此時牠們會棲息在植物上休息和睡覺。蝴蝶選擇棲息地的偏好與其所屬種類有關

(Finkbeiner, 2019)，有些種類偏好在花朵上；有些會倒掛在植物葉下；有些則是在植物的莖部上(吳易庭，2017；Rawlins & Lederhouse, 1978；Hoskins, 2018)。不同物種的蝴蝶，棲息時的形態有其固定樣貌，多數蝴蝶翅膀呈緊閉狀，包含灰蝶；弄蝶最獨樹一格，大多會將翅膀呈 V 字形展開，像戰鬥機外型，其中以玉帶弄蝶最與眾不同，其偏好將翅膀大刺刺地平展開來(張燕妮等，2021)，故以棲息姿態亦可輔助蝴蝶的分類鑑定。

對於蝴蝶此種日行性動物，夜晚活動力與警戒性較弱，為了避免發生被獵食者獵食這種不利生存的情況，故對蝴蝶而言慎選夜棲地點及高度便十分重要。例如有些蝶類較重視環境濕度，有些蝶類偏好選擇在光線不足、濕度低、能遮蔽風雨且植物無法生長的陰影處或乾枯枝條上，降低被鳥類、螞蟻、蜘蛛及蜈蚣等獵食者干擾的機率(Salcedo, 2010；Cody, 1985)。由於蝶類夜棲行為，會受獵食者影響，因此**獵食者的有無和種類可能會造成灰蝶不同的生存壓力**，進而影響其夜間睡眠停棲於植株的高度(本研究後續文中將「灰蝶夜間睡眠停棲於植株的高度」稱之為夜棲點 roosting sit)。

關於蝶類的夜棲行為，尚有「聚集」這種現象值得探討。所謂「聚集」，是指於一處某族群個體數量密度明顯高於鄰近他處，這個行為在哺乳類、蝶類、蛾、蜻蜓和蜜蜂等都有研究紀錄(Finkbeiner, 2014; Finkbeiner et al., 2019)。早期對蝶類聚集棲息的描述大多是許多個體近距離聚集，至少維持**數個小時靜止不動**，例如臺灣的紫斑蝶相關實驗(陳建志，2008)。綜觀國內外相關研究，蝶類聚集行為大多發生於大型蝶類，且多數具有毒素，如珍蝶亞科(Acraeinae)、斑蝶亞科(Danainae)、毒蝶亞科(Heliconiinae)、綉蝶亞科(Ithomiinae)等(Finkbeiner, 2014)。關於蝶類的聚集行為，也有一些其他的觀察描述，例如個體靠近或盤旋於同伴後，會**停留在同伴附近或以足部觸碰同伴的翅膀等互動**(Mallet, 1986)。

本研究的研究對象灰蝶，其本科(Lycaenidae)成員於世界超過 6000 種且廣泛分布於各地；臺灣及離島共記錄到 120 種(徐琦峰等，2020)。灰蝶科的成員體型一般較小(翼展通常不超過 5 厘米)，其中包括世界上最小的蝶種，我們很好奇這種小型蝶類是否和大型蝶類一樣有聚集夜棲行為。同時在閱讀早期研究時，有一些描述性的自然觀察記錄提及，**灰蝶個體似乎在夜棲前有不同程度的互動行為發生**(何美誼，2022；Chang et al., 2020)。故本研究擬探討灰蝶在有無同伴情況底下是否有夜棲行為差異，以進一步確認小型不具毒性之蝶類是否會有夜棲聚集的行為表現。另外，聚集夜棲的數量視不同蝴蝶種類與環境條件而異，數十隻至數千隻不等(DeVries, 1987)，故倘若灰蝶具有聚集夜棲之特性，那麼其夜棲聚集的密度也是我們觀察的重點。

忠誠度 (fidelity) 是指物種對於一地點重複利用的程度 (Kunz *et al.*, 2013)。如同前述，蝴蝶選擇有品質的夜棲點能降低風險增加存活率，故當其找到合適夜棲點後，重複利用該處可以減少每晚浪費時間及體力。過往研究指出蝴蝶有重複使用夜棲點的行為，此種狀態會持續數個月直到死亡 (Finkbeiner, 2014)。

然而灰蝶關於此類的相關研究卻屈指可數，過往研究紀錄大多提及灰蝶似乎**偏愛停棲在蜜源植物**，如長柄菊、一支香與酢漿草等植物，不過有趣的是僅部分個體展現對停棲位置的忠誠度 (何美誼, 2022; Chang *et al.*, 2020)，因此個體忠誠度是否源自雙親或是受族群中同伴所影響是值得進一步探討的。另外，前述**三種植株高度亦有所差異**，其中又以酢漿草相對於另外兩種植株矮小，**故灰蝶夜棲偏好較重視夜棲點高度或蜜源植物的種類亦值得研究**。

綜觀上述，可以發現灰蝶的夜棲行為主要是為了躲避獵食者，所以**獵食者的有無、獵食習性、生存壓力可能會影響到灰蝶夜棲點的高度選擇**。灰蝶蜜源植物大多為低草地中較高凸起之植株，因此**檢驗灰蝶的夜棲點高度偏好屬蜜源植物或僅因高度而選擇該類植物為本研究主軸**，故本研究目的為「探討棲地植被高度、環境中之環境因子及獵食者壓力可否影響灰蝶選擇夜棲點高度」。



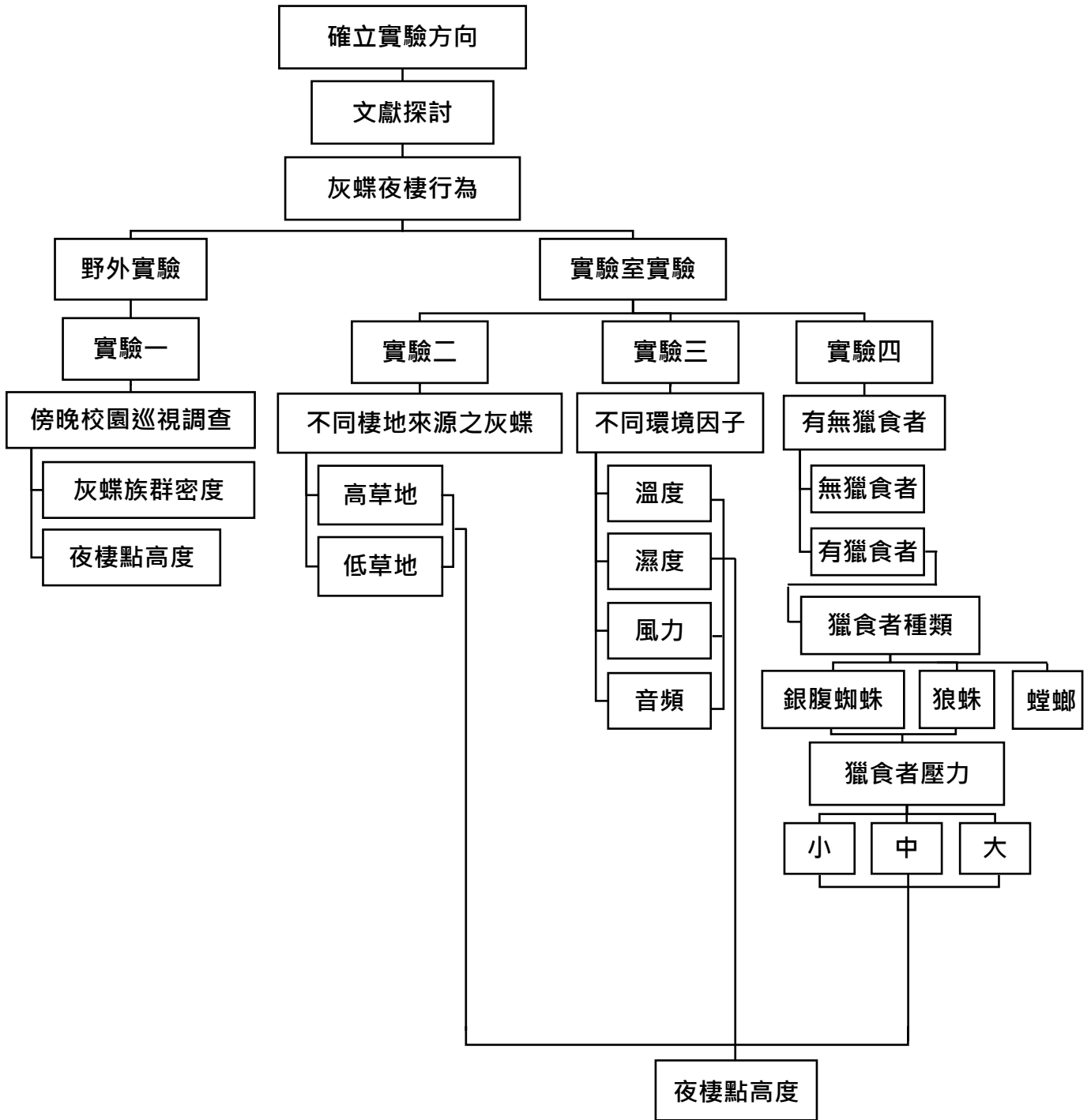
## 貳、研究設備及器材

			
小飼養箱	大飼養箱	捕蟲網	竹籤
			
暖爐	除濕機	冷氣機	加濕氣
			
溫溼度計	電風扇	風速機	分貝計
			
光度計	捲尺	棉花球	油性筆
			
蜂蜜	斜紋貓蛛	大銀腹蛛	螳螂

圖一、各項實驗器材與材料照片

# 參、究過程及方法

## 一、實驗流程架構圖



圖二、研究架構圖



## 二、研究對象

本研究以灰蝶科 (*Lycaenidae*) 為觀察對象，該科以「小」著稱，在全世界有 6000 種以上，其中約有 5200 種「狹義灰蝶」及 1500 種「蛺蝶」。Walberg *et al.* (2005) 將狹義灰蝶科分為 7 亞科，分別為銀灰蝶亞科、雲灰蝶亞科、虎灰蝶亞科、錦灰蝶亞科、灰蝶亞科、翠灰蝶亞科及藍灰蝶亞科。其中藍灰蝶亞科成員在國外俗名常被稱為 **Blues**，此亞科成員多樣性非常高，有的具有絲狀尾突。過往研究指出有絲狀尾突類的藍灰蝶翅膀有眼點，當其停棲時會揮動後翅使獵食者誤認其為頭部 (呂佳舫等, 2006; Ackery *et al.*, 1999)。

然而本研究要**探討的藍灰蝶生存策略是「遠離獵食者」而非「威嚇」**，故以校園及都市中常見之藍灰蝶亞科中「無尾突、眼點」之**藍灰蝶屬、折列藍灰蝶屬、迷你藍灰蝶屬**為研究對象，上述三屬均為一年多世代之蝶類，因此四季均可見其成蝶蹤影，使本行為研究不受時間限制均可實行。

三屬之中以藍灰蝶屬體型較大，展翅約為 25-30 mm，該屬在台灣發現有兩種，分別為沖繩小灰蝶 (*Zizeeria maha*，俗稱藍灰蝶) 及臺灣小灰蝶 (*Zizeeria karsandra*，俗稱莧藍灰蝶)，分辨關鍵特徵為前者的前翅上有兩點斑紋，而後者僅有一點斑紋 (呂志堅等, 2014)。另折列藍灰蝶屬和迷你藍灰蝶屬下在台灣僅發現一種，因為全臺僅一種故俗名就稱為折列藍灰蝶 (*Zizina otis riukuensis*) 和迷你藍灰蝶 (*Zizula hylax*)，此兩者體型均較小，展翅約為 16-24 mm，兩者後翅腹面中央均有黑點圍成弧形斑紋，不過前者靠近前緣處的 2 枚黑斑點偏向外側，看似弧形排列被「折斷」，是以此辨識特徵來命名 (徐堉峰等, 2020)。過往研究指出以藍灰蝶與折列藍灰蝶最常見於都市綠地，即使在人為干擾較多的路邊人行道、安全島都有發現記錄 (黃行七等, 2023; 廖靜蕙, 2020)。

由於上述「無尾突、眼點」的三屬藍灰蝶是共域蝴蝶，有很大的機率出現在相同區域，並且在相關研究中，沒有提到牠們夜棲行為的差異，因此我們使用捕蟲網撈捕灰蝶後，將不進行分類便投入實驗裝置。但是我們還是會依照種類做行為特徵的記錄，等數據累積足夠之後，再以統計軟體進行分群，看看是否有新發現。

### 實驗一：探討野外灰蝶夜棲密度與夜棲點高度

為後續實驗設計之參考，需要先建立灰蝶野外基本模式。考量學校作息時間，本實驗利用中午午休及放學後的時間進行密度調查；為了增加棲地樣區多樣性，亦會利用假日於校外周圍公園草地進行巡視。由於我們研究的是「夜棲點」，故調查灰蝶夜棲點高度僅於放學後的時間進行，在前期觀察，我們發現灰蝶在日落前一小時即開始找尋夜棲點，且一旦選擇在該處夜棲只要不受到嚴重干擾 (即使空手抓亦不會躲避，除非大力揮動其停棲植物)，基本

上不會有所改變，這個觀察結果亦有跟專家確認，因此在後續實驗，我們會以氣象局的日落預測往前推一小時，來作為我們開始巡視野外灰蝶夜棲點調查。

### (一) 灰蝶夜棲密度

1. 本實驗調查期間：2024.01.26~2024.02.25。
2. 於草地設置 30 cm × 30 cm 之小樣區，用捕蟲網進行捕捉小樣區內所有灰蝶。
3. 辨別網內灰蝶物種及分別數量後，紀錄於實驗紀錄表中後，原地放生或帶回去做後續實驗二~四。
4. 將上述資料予以統計，作為實驗四設計灰蝶族群密度的背景資料。

### (二) 野外夜棲點高度

1. 本實驗調查期間：2023 年 12 月~2024 年 2 月。
2. 巡視草地若有遭遇灰蝶，則予以人工初步辨識灰蝶及所停棲之植株物種，再搭配長尺或捲尺測量灰蝶停棲點、其停棲之植株高度。



圖三、A 為沖繩小灰蝶傍晚停留在低草地的一隻香花筒上；

B 為沖繩小灰蝶傍晚停留在高草地的大花咸豐草莖上。

3. 用長尺或捲尺評估該灰蝶所棲整體草地高度，用以分類該草地屬低草地或高草地。由於現今中小學校園都因防範登革熱，因而有鋤草，故僅校園內草地整體



高度大多在 10 cm 以下居多，我們將其定為「低草地」，而校外草地整體高度高於 10 cm 之草地則為「高草地」。

4. 後續於實驗室之中，將所得記錄照片置於電腦放大，以利再度確認灰蝶及植株特徵，兩者分類鑑定分別參考臺灣維管束植物簡誌（楊遠波等，2002）及蝴蝶生活史圖鑑（呂志堅等，2014），後再進一步與領域專家或指導老師確認。
5. 統計野外夜棲點高度用以輔助設計後續飼養箱內的灰蝶附著物高度。

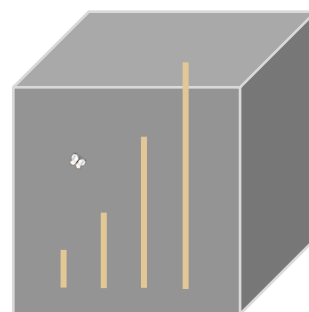
## 實驗二：探討來自不同棲地植被高度之灰蝶夜棲點高度偏好

### （一）佈置飼養箱

實驗初期以長×寬×高為 30 cm × 30 cm × 30 cm 小飼養箱進行低草地灰蝶夜棲點高度量測，實驗中發現部分灰蝶停棲高度在 29~30 cm 處，為避免因飼養箱高度不足影響灰蝶停棲高度，又考慮未來高草地實驗，故改自製長×寬×高為 72 cm × 46 cm × 122 cm 大飼養箱測量（如圖七）。

為單純化行為實驗，故飼養箱內採用竹籤作為灰蝶夜棲時的附著物，優點為植物體製品、夠細且粗糙足以讓灰蝶足部抓繞同時也有足夠附著力。當在小飼養箱實驗時，我們在其內部直立擺設四種高度之竹籤，分別為 5、10、20、30 cm，此時的竹籤來源為市售烤肉竹籤。

然而當我們改用大飼養箱時，卻面臨一個實驗挑戰，我們買不到如同灰蝶常停棲之草本植物莖一般粗且長達 120 cm 之竹籤，但我們的確在野外觀察到有停棲在 100 cm 以上之灰蝶，經百般衡量及師長們的協助下決定自行製作，我們將陰乾的赤竹先劈成 2 mm × 2 mm × 130 cm 之竹條（如圖六 A），後用老師用砂帶機將竹條磨去邊角，形成竹籤（如圖六 B）。



圖四、小飼養箱內部配置模擬示意圖



圖五、實驗初期嘗試使用小飼養箱



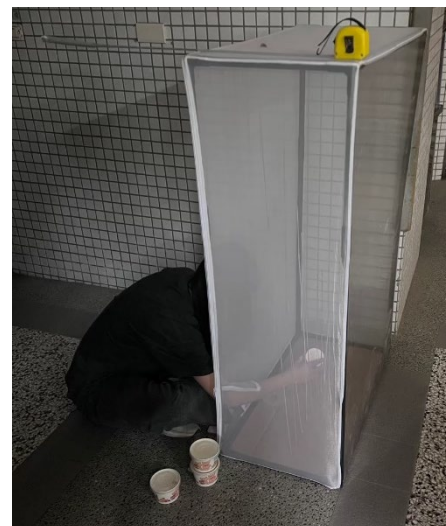
圖六、A 劈成竹條；B 老師操作砂帶機磨竹條

大飼養箱內直立擺設十二種高度之自製竹籤，分別為 5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 及 110 cm。

## (二) 棲點高度判定

為了解來自不同植被高度棲地之灰蝶對夜棲點的選擇偏好，我們於 2024 年 1~2 月自野外高低不同的草地捕捉灰蝶，以 10 cm 植被高度作為區隔，10 cm 以下植被定義為低草地，10 cm 以上植被則為高草地。每隻樣本在捕捉同時都予以紀錄其所屬棲地之地點及棲地植被高度後，帶回實驗室進行實驗，後續實驗步驟如下：

1. 每次僅投入一隻灰蝶至飼養箱內。
2. 待上述灰蝶選定其夜棲點後，使用捲尺量測高度並記錄，在實驗初期時，我們同時用手機進行拍照記錄，不過自 2024 年 2 月 6 日，我們想減少手機拍照閃光燈所造成的光害影響，以及加速實驗的進展，就不在拍照，僅人工紀錄而已。
3. 上述步驟，分別收集自高、低草地的灰蝶至少各 50 筆樣本，並進行統計分析。



圖七、模擬進行實驗二的過程，實際上在光燈情形下，用手電筒輔助操作

## 實驗三：探討環境因子對灰蝶夜棲點高度之影響

在進行實驗一的期間，我們發現野外的灰蝶，一旦決定夜棲點進入睡眠狀態，便不再改變停留位置。實驗三我們總共展開兩輪實驗，第一輪在 2024 年 2~3 月，第二輪在 2024 年 5~6 月，以下描述的實驗過程是第二輪實驗的操作方式。兩輪實驗的主要差別為，在第一輪實驗我們在實驗前當天捕捉灰蝶，之後把牠們放入所設定的環境中，觀察其當晚的夜棲點高度後，隔天將牠們放生。不過後來我們又歷經了實驗四實驗，已成功飼養灰蝶近一個月以上，接著又有市賽科展的磨練，這些經歷讓我們不禁想若以飼養方式重新進行實驗三，可以更排除個體差異。

在第二輪實驗，所使用的灰蝶都是從野外草地帶回實驗室後進行**標記**，標記灰蝶步驟為：以指腹輕抓無標記過的灰蝶翅膀，使用油性麥克筆於其後翅上點上標記



圖八、捕捉野外灰蝶



圖九、在已死亡的灰蝶嘗試標記各種顏色，觀察其是否易判斷，後挑選出上述六色



點，每個點顏色有其代表的數字（橘色、粉色、綠色、藍色、紫色、咖色顏料，分別代表 1、2、3、4、5、6 號），每隻個體均標記三個標記點，比如一藍一粉一綠（由翅基部算起百位、十位、個位數），代表編號 413（如圖九）。

接著我們會將標記後的灰蝶飼養起來，飼養期間想當然爾要提供食物給灰蝶，此時老師跟我們分享她求學時候養紫斑蝶的經驗，當時她每日要提供稀釋糖水，以指腹抓來蝴蝶，後用針將牠們口器挑開插入糖水中。我們也試著用已死的灰蝶嘗試效仿過，不過因為灰蝶口器過小，最終宣布失敗。我們就想或許灰蝶不如我們想的那般憨，只要用**食盆**內裝糖水牠們會主動來吃，在我們嘗試的當天的確觀察灰蝶有被糖水吸引想靠近，但在隔天我們卻在食盆內撿獲了灰蝶個體（如圖十）。我們想有三種可能：（1）掉落到糖水裡被淹死；（2）被糖水給黏住；（3）食物不適合。



圖十、掉入食盆內死亡的灰蝶（因透過網子拍攝，故看起來霧霧的）

其中前兩點經老師提點，建議我們可以參考學長姐之前養

螞蟻的實驗記錄找靈感。我們發現飼養螞蟻為了防止螞蟻掉落食盆，會 3D 列印特殊形狀食盆，食盆的材質跟形狀會影響螞蟻是否可以抓牢盆子；另一個方法是加入棉花，此時螞蟻可以站在棉花上避免淹死，不過缺點是每隔 2~3 天要換棉花，不然容易發霉也會造成死亡。至於何種食物適合，我們參考了台灣蝴蝶保育學會網站，其中提及當生態館內蜜源植物的花蜜無法滿足館內蝴蝶的需求，蜂蜜是最佳的替代品。我們也找到文獻提及蜂蜜飼養蝴蝶要注意避免太甜（Pinkchange, 2023），但文中指提及「一定要使用一比十以上的水來兌」，但又未有建議的濃度，故我們開始進行一系列測試，最後決定以蜂蜜：水 1：20 來稀釋。後來我們又想到野外環境中也會有高處的花朵，食盆僅能放在底部，然而在實驗二我們已經發現，似乎有部分個體偏愛在上方，可能也喜歡吸食較高的花蜜，所以後來我們又利用童軍繩垂吊，但若滴稀釋蜂蜜水的童軍繩很快就蒸發乾了，所以我們後來在下端掛罐子，內有蜂蜜水（如圖十一）。



圖十一、繩子下方有裝稀釋蜂蜜水的罐子

實驗三我們會將一批灰蝶飼養數日，然後在每日日落時間前一小時，改變一個環境因子，然後觀察灰蝶們陸續夜棲。同時我們在飼養箱內放有光度計，我們會記錄最後一隻灰蝶夜棲時的照度。之後我們就會離開該環境不再干擾，先處理當天的學業，之後視當日作息（至少晚上七點以後）再次返回紀錄當日夜棲點高度。

## (一) 溫度

根據中央氣象局統計高雄 1991-2020 年氣溫，高雄最低月平均氣溫 22.5 °C，最高月平均氣溫 29.1 °C，故本實驗低溫組於 20 °C 下進行實驗，而高溫組則是在 30 °C。實驗流程如同上述，不同的是使用冷氣機與暖爐調控環境溫度，並以溫濕度計測量環境溫度，使每隻灰蝶樣本於不同日分別進行低溫 20°C、常溫 25°C 及高溫 30°C 實驗，記錄其夜棲點高度後進行統計分析。

## (二) 濕度

根據中央氣象局統計高雄 1991-2020 年濕度，高雄月平均相對濕度 75%，台灣最低月平均濕度 64%，故本實驗將低相對濕度設為 65%，高相對濕度則是 85%。實驗流程如同上述，不同的是使用除濕機與加濕器調控環境濕度，並以溫濕度計測量環境濕度，使每隻灰蝶樣本於不同日分別進行 65%、75% 及 85% 濕度實驗，記錄其夜棲點高度後進行統計分析。

## (三) 風力

實驗流程如同上述，但將操作變因改成無風、弱風、微風及強風。由於戶外的風大多吹於草地上方，因此我們將電風扇架高，並放在距離大飼養箱 20 cm 處以模擬戶外情況。風速調控以家用電風扇控制，並以風速機測量其風速 (m/s)，使每隻灰蝶樣本都進行無風 0 m/s、弱風 0.9 m/s、微風 2.6 m/s 及強風 4.0 m/s 之風力實驗。不過我們會在紀錄完最後一隻灰蝶夜棲時的照度後，將風關掉，之後一樣過段時間返回再記錄其夜棲點高度後進行統計分析。

## (四) 音頻

根據文獻，灰蝶獵食者狼蛛發出聲音的音頻落在 1~8 kHz，這包含蜘蛛走在網子上產生的摩擦聲跟攻擊聲；蜘蛛絲可發出聲音的音頻落在 1~50 kHz (Acoustical Society of America, 2024)。而蝴蝶可聽到的頻率為 1~20 kHz (Mikhail, 2018)，所以音頻實驗流程如同上述，但將操作變因改成 1 kHz、4 kHz、8 kHz、16 kHz。在第一輪實驗三中，其時我們測過不同音量對灰蝶夜棲點高度之影響，但因為我們後來覺得實驗該聚焦在獵食生存壓力對其影響，所以僅記錄在實驗記錄簿裡，不過這個小小延伸實驗，有助於我們決定音頻撥放的音量為 40 dB。

### 實驗四：探討獵食者對灰蝶夜棲點高度之影響

根據網路文章提及蝴蝶的野外獵食者有鳥類、蜘蛛及螳螂等，其中鳥類難以操作實驗，且我們在野外並未觀察到鳥類追捕灰蝶之情況，再者我們認為灰蝶如此小型的蝶類



也非夜晚進行覓食鳥類們的食源，但我們的主研究方向是夜棲行為，因此我們把鳥類剔除在選擇外。

我們**首選蜘蛛**是因蜘蛛的獵食行為分兩大類，一類為遊獵型，其會跑跳於草堆、灌叢和矮樹；一類為結網型，其會在網上守株待兔；其次為螳螂。

我們從灰蝶會出沒的草堆進行捕撈，撈到的遊獵型蜘蛛有斜紋貓蛛 *Oxyopes sertatus*、花蛛 *Ebrechtella tricuspidata*、草袋蛛 *Thelcticopis severa*、細齒方胸蛛 *Thiania subopressa*、毛垛都跳蛛 *Ptocasius strupifer*、安德遜蠅虎 *Hasarius adansoni*，其中以**斜紋貓蛛**為最多，所以將其訂為**實驗中之遊獵型蜘蛛代表**；在草地蜘蛛網上，我們抓到大銀腹蛛 *Leucauge magnifica*，故**結網型**蜘蛛以其為對象。另外，我們後其有增加螳螂 *Mantodea* 實驗，不過因為不是實驗主要對象，我們並無特別進行鑑定其物種。

### (一) 有無獵食者

1. 將自製大飼養箱隔成三間，每間大小為 24 cm × 46 cm × 120 cm。
2. 根據實驗一在野外調查密度紀錄，觀測到 30 cm × 30 cm 最多 4 隻灰蝶，將底面積改成 24 cm × 46 cm，故決定每組實驗為五隻灰蝶置入飼養箱中，先觀察其夜棲點高度兩晚，並記錄之。
3. 後丟入一隻大銀腹蛛、斜紋貓蛛或螳螂，觀察該灰蝶夜棲點高度之變化，並記錄之。

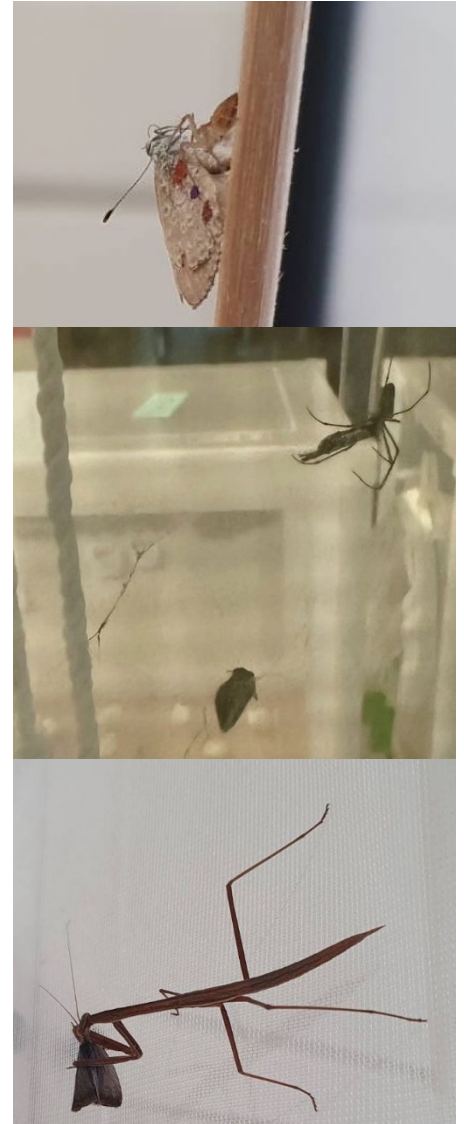
### (二) 增加灰蝶生存壓力 ( 獵食者數 )

1. 將五隻灰蝶置入飼養箱中，先觀察其夜棲點高度兩晚，並記錄之。
2. 分別丟入三隻及五隻獵食者，觀察該灰蝶夜棲點高度之變化，並記錄之。

不過我們整個實驗歷程僅抓到三隻螳螂，其中一隻死於鐵線蟲鑽出，另一隻體型過小，我們擔心灰蝶對牠而言過大，所以此部分實驗，並無做螳螂的部分。

### (三) 忠誠度實驗

上述實驗擬同步研究灰蝶是否有夜棲點忠誠度，故實驗四所用之灰蝶都是有被標記



圖十二、實驗四所用之三種獵食者

且實驗期間被我們所飼養，且為了清楚研究忠誠度，在實驗室的紀錄表中，我們不僅進行夜棲點高度量測，我們更立體化其夜棲點位置，以座標 (x, y, z) 來表示之。

## 統計分析

使用 SPSS 26 進行比較平均數 t 檢定，並以  $p < 0.05$  為顯著水準。前述中我們提到飼養箱中有放竹籤以模擬像野草一般做為灰蝶停留的附著物，不過在實驗過程我們發現多數灰蝶偏愛停在飼養箱上，此時我們仍舊進行記錄，之後再予以統計確認於實驗二中兩者無顯著差異後，後續實驗我們無論灰蝶停在竹籤或飼養箱網上，我們都僅考慮夜棲點位置。

## 參、研究結果

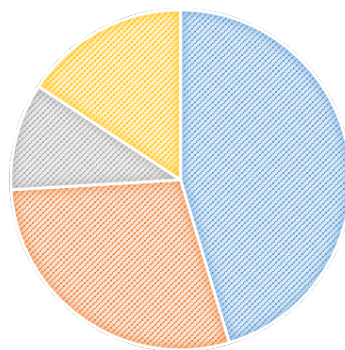
### 實驗一：探討野外灰蝶夜棲點高度及夜棲植物之偏好

我們共觀察高低草地各 53 筆灰蝶夜棲點數據，發現沖繩小灰蝶（俗稱藍灰蝶）、臺灣小灰蝶（俗稱莧藍灰蝶）、折列藍灰蝶為主（曾偶然抓到 2 隻密波紋小灰蝶及 1 隻角紋小灰蝶，但屬有眼斑之物種，不在研究之列），其中**沖繩小灰蝶較多**（45%，如圖十三），其次為臺灣小灰蝶 29%、折列小灰蝶 16%、迷你小灰蝶 10%。

我們所記錄到被灰蝶停棲的植物種類以一支香（32%）以及大花咸豐草（31%）為主。其中兩者往往為低草地裡鶴立群中的拔尖者，尤其後者在高草地中常見，且其高度可高達一百公分以上。

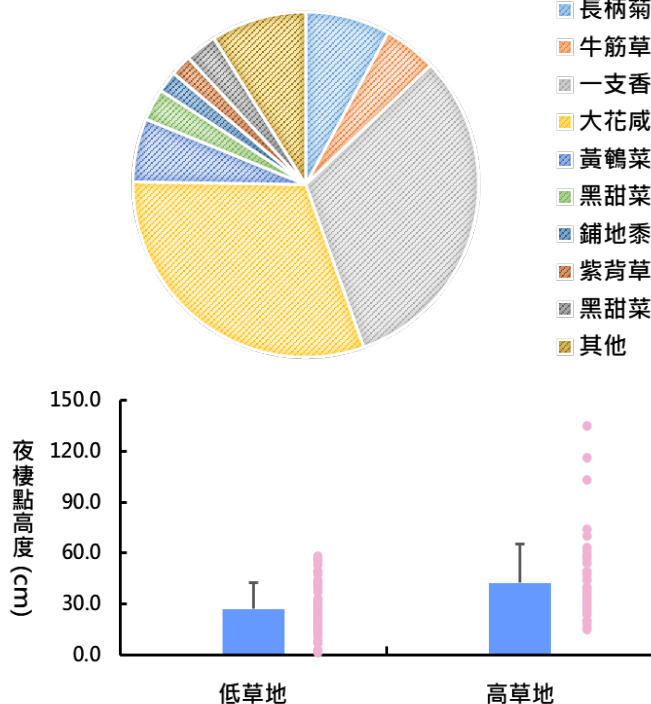
實驗一結果顯示（圖十五），野外低草地灰蝶夜棲點平均高度為  $26.9 \pm 15.4$  cm；高草地灰蝶夜棲點平均高度為  $42.3 \pm 23.3$  cm，兩者**無顯著差異**。由灰蝶夜棲點高度點狀圖（粉紅色點代表每隻灰蝶的停棲點高度）可知，低草地有少部分的灰蝶個體會夜棲於地面；反觀高草地有極少數個體會停留在 100 cm 以上，然而多數個體都停棲在 15 ~ 60 cm

沖繩小灰蝶  
臺灣小灰蝶  
迷你小灰蝶  
折列小灰蝶



圖十三、實驗一所有研究灰蝶之數據比例

長柄菊  
牛筋草  
一支香  
大花咸豐草  
黃鹌菜  
黑甜菜  
鋪地黍  
紫荊草  
黑甜菜  
其他



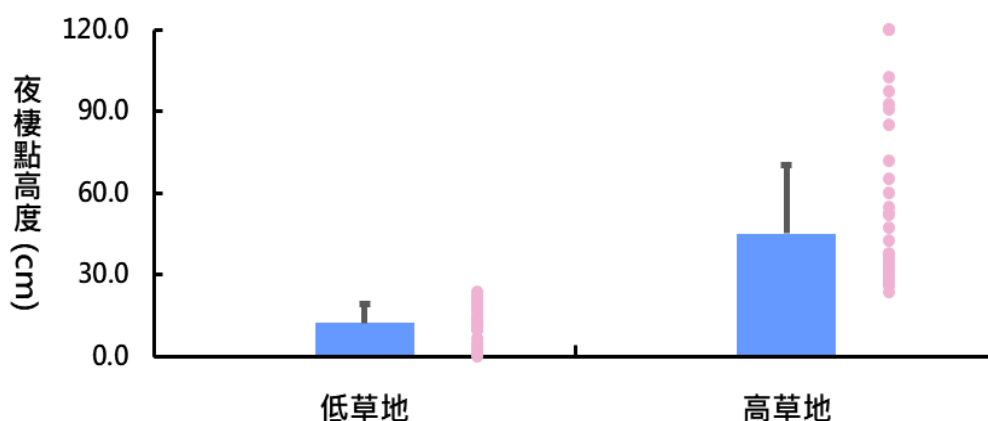
圖十五、野外灰蝶夜棲點高度

隻高度，因此導致野外高低草地灰蝶並無顯著差異。

由於圖十五中，高低草地的數值並沒有顯著差異，然我們覺得高草地應該提供較多的夜棲點給灰蝶選擇，故我們懷疑可能有其他的因素影響，所以我們設計了實驗二，來了解來自不同植被高度棲地之灰蝶在排除諸多環境因素後，灰蝶對夜棲點的選擇偏好。

### 實驗二：探討來自不同棲地植被高度之灰蝶夜棲點高度

為了解來自不同植被高度棲地之灰蝶對夜棲點的選擇偏好，我們於白天分別收集自高、低草地的灰蝶各 50 隻將牠們帶回實驗室放入飼養箱中，於夜晚量測牠們當晚的夜棲點高度，統計量測分析結果如圖十六。



圖十六、不同棲地植被高度之灰蝶夜棲點高度

結果顯示，來自低草地灰蝶夜棲點平均高度為  $12.3 \pm 7.2$  cm；高草地灰蝶夜棲點平均高度為  $45.0 \pm 25.5$  cm，兩者有顯著差異 ( $p < 0.001$ )，即灰蝶夜棲點高度與棲地植被高度具正相關性。

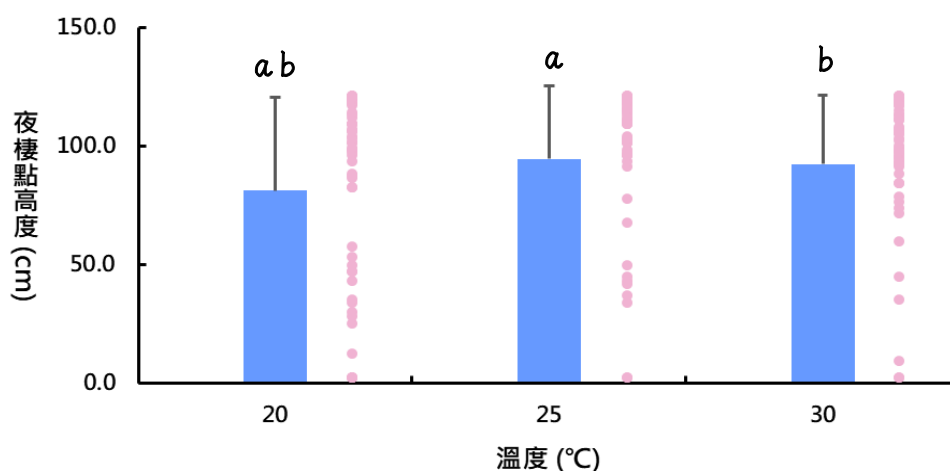
由灰蝶夜棲點高度點狀圖（粉紅色點代表每隻灰蝶的停棲點高度）可知，來自低草地灰蝶夜棲點高度平均分布在 30 cm 以下；高草地灰蝶夜棲點高度分布在 30~120 cm 之間，且來自高草地個體夜棲點高度分布可將灰蝶區分為三組群體，分別是夜棲點高度小於 40 cm 群體、夜棲點高度在 40~70 cm 群體及夜棲點高度大於 85 cm 以上群體。

### 一、實驗三：探討環境因子對灰蝶夜棲點高度之影響

由於實驗與實驗二的統計相悖，我們符合之前的假設，即野外灰蝶可能受到某些環境因子或獵食者影響而使其改變夜棲高度。為探討灰蝶夜棲高度是否受環境因子或獵食者影響，我們在實驗三分別探討不同溫度、濕度、風速及音頻是否會對灰蝶夜棲高度造成影響，實驗四則是探討獵食者對灰蝶夜棲點高度之影響。

#### (一) 探討環境溫度對灰蝶夜棲點高度之影響

為了解環境溫度對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們分別將環境溫度設定為 20 °C、25 °C 及 30 °C，並分別記錄灰蝶在不同溫度下其夜棲點高度，統計量測分析結果如圖十七。

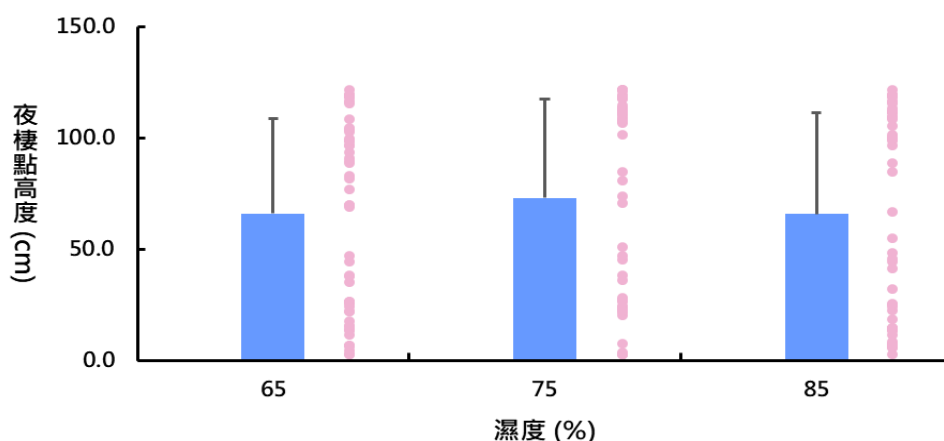


圖十七、灰蝶在不同溫度之夜棲點高度分布圖

經統計分析灰蝶於 20 °C 時夜棲點高度顯著低於 25 °C 及 30 °C (p 值分別為 0.03、0.02)。在實驗過程中，我們亦嘗試在 20 °C 之環境溫度下人為擾動灰蝶，大部分個體其不太能振翅高飛，即便飛起來也無力飛到他處。

## (二) 探討環境濕度對灰蝶夜棲點高度之影響

為了解環境濕度對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們分別將環境濕度設定為 65%、75% 及 85%，並分別記錄灰蝶在不同濕度下其夜棲點高度，統計量測分析結果如圖十八。

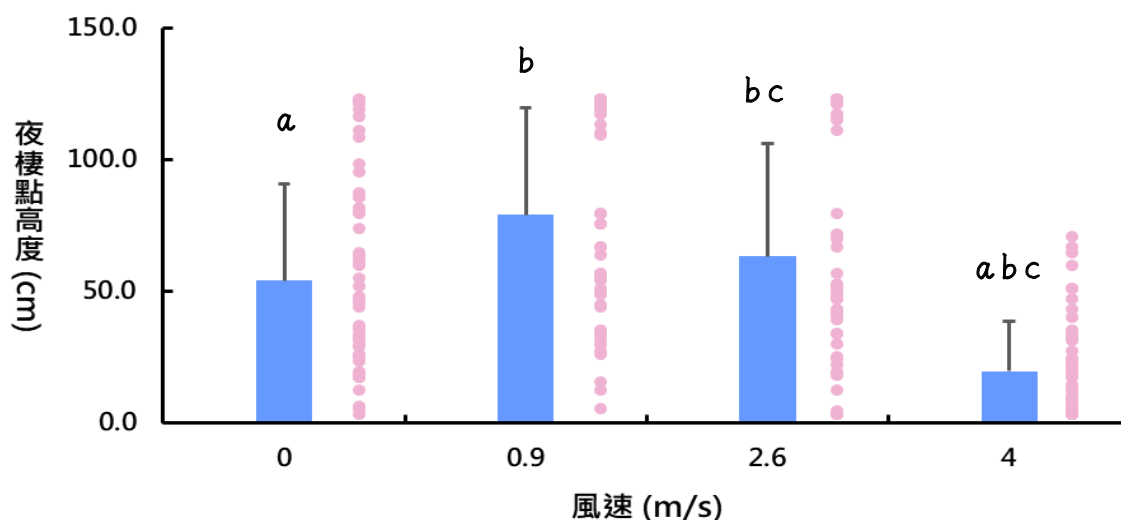


圖十八、灰蝶在不同濕度之夜棲點高度分布圖

灰蝶在三種環境濕度下夜棲點平均高度依序為  $66.0 \pm 42.4$  cm、 $72.9 \pm 44.6$  cm、 $65.8 \pm 45.5$  cm，經統計分析，三者間均無顯著差異，表示濕度對灰蝶夜棲點高度影響不大。

## (三) 探討風力對灰蝶夜棲點高度之影響

為了解風力對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們分別將風速設定為無風 0 m/s、弱風 0.9 m/s、微風 2.6 m/s 及強風 4.0 m/s，並分別記錄灰蝶在不同風速下其夜棲點高度，統計量測分析結果如圖十九。

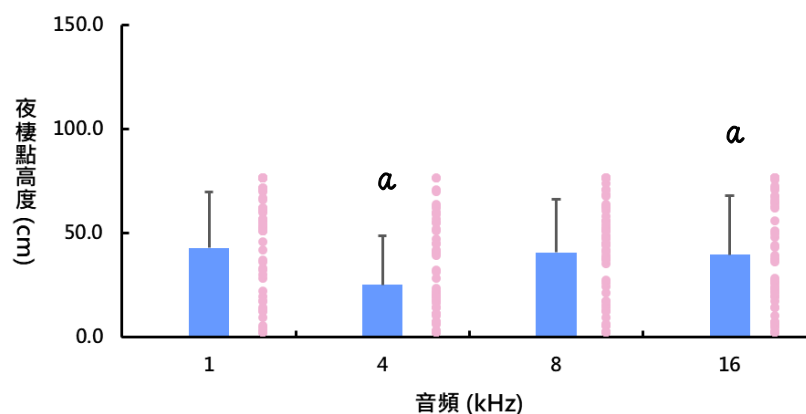


圖十九、灰蝶在不同風速之夜棲點高度分布圖

經統計分析，灰蝶在強風風速 4.0 m/s 環境下夜棲點平均高度顯著低於無風、弱風或微風三種環境風速（均  $p < 0.001$ ），推測風速太大時增加阻力，灰蝶因體型小較無法抵抗風阻，故在風速較強時灰蝶會選擇在較低點夜棲。

#### (四) 探討音頻對灰蝶夜棲點高度之影響

為了解音頻對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們分別將音頻設定為 1 kHz、4 kHz、8 kHz、16 kHz，並分別記錄灰蝶在不同音頻下其夜棲點高度，統計量測分析結果如圖二十。統計結果顯示，灰蝶在音頻 16 kHz 環境下夜棲點平均高度顯著高於 4 kHz ( $p = 0.02$ )。



圖二十、灰蝶在不同音頻之夜棲點高度分布圖

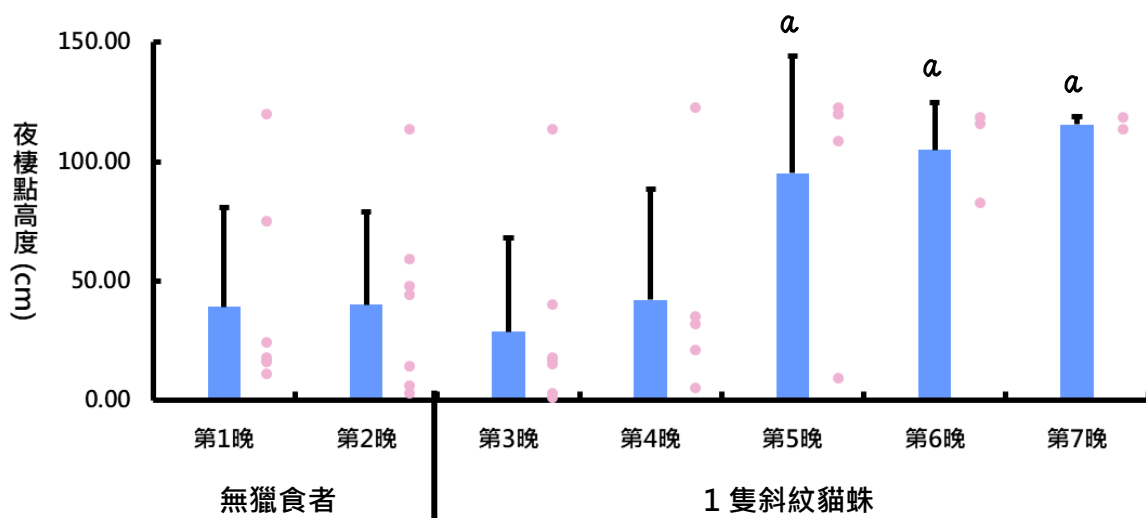


## 實驗四：探討獵食者對灰蝶夜棲點高度之影響

為了解獵食者種類、獵食行為及生存壓力（獵食者數）對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們分別將 5 隻灰蝶置入有斜紋貓蛛或大銀腹蛛的環境中，並分別記錄灰蝶在有無獵食者及不同生存壓力下其夜棲點高度，統計量測分析結果如圖二十一~圖二十六。

### (一) 1 隻斜紋貓蛛 (生存壓力小)

為了解生存壓力小對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們將 5 隻灰蝶置入飼養箱，先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第三日白天將 1 隻斜紋貓蛛放入飼養箱中，再記錄三晚的夜棲點高度，統計量測分析結果如圖二十一。



圖二十一、1 隻斜紋貓蛛組每晚灰蝶平均夜棲點高度

結果顯示第 1、2、3、4 晚的灰蝶夜棲點平均高度無顯著差異，然而第 5 晚後的灰蝶夜棲點平均高度顯著高於其他四晚。推測可能是在低生存壓力下，要有較長時間的壓力累積，才足以影響灰蝶的夜棲點高度。

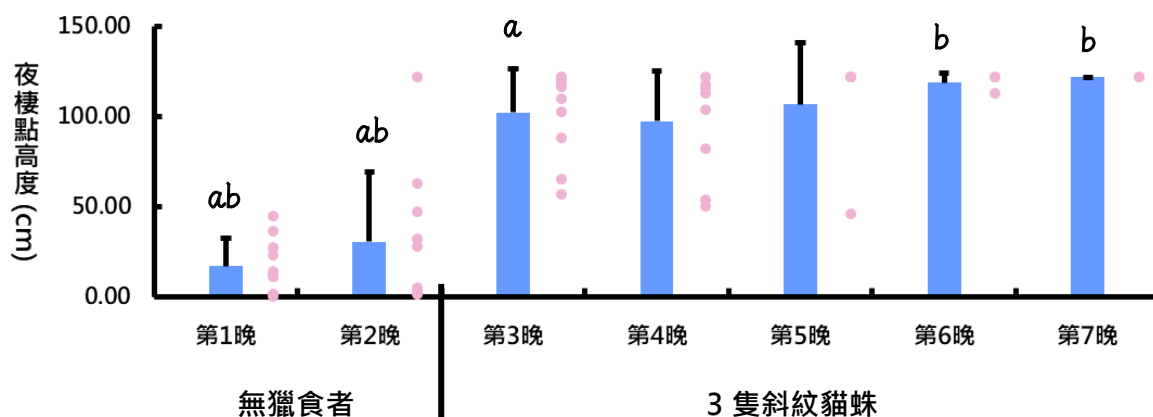
### (二) 3 隻斜紋貓蛛 (生存壓力中)

為了解生存壓力小對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們將 5 隻灰蝶置入飼養箱，先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第三日白天將 3 隻斜紋貓蛛放入飼養箱中，再記錄三晚的夜棲點高度，統計量測分析結果如圖二十一。

結果顯示自從第 3 天白天將 3 隻斜紋貓蛛放入飼養箱後，該晚灰蝶夜棲點顯著高於第 1、2 晚 ( $p < 0.001$ )，然而在第五天，斜紋貓蛛可能經過多日獵食已經較為飽食，故



捕獵行為較不激烈，故第 2 晚與第 5 晚灰蝶夜棲點平均高度無顯著差異。

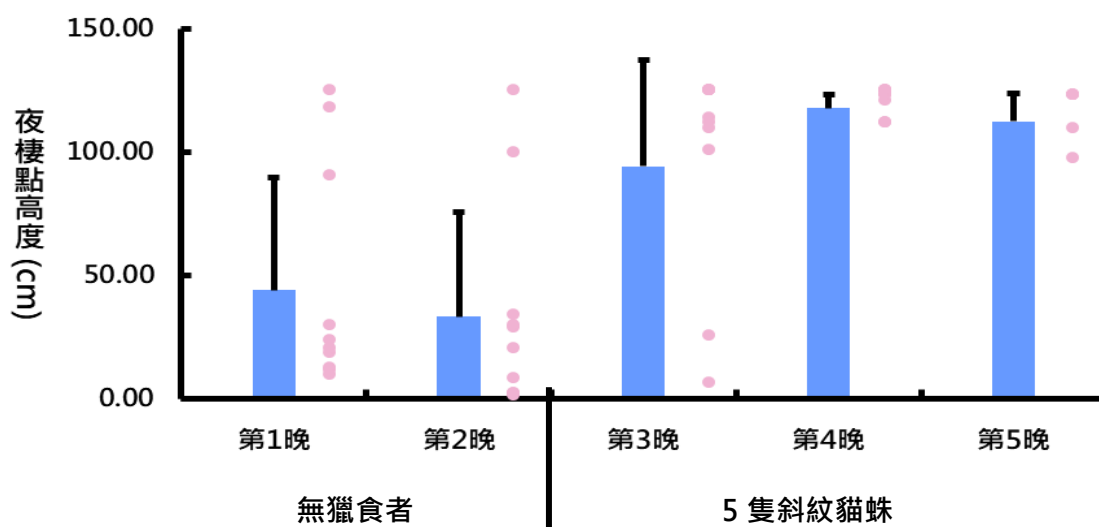


圖二十一、3 隻斜紋貓蛛組每晚灰蝶平均夜棲點高度

### (三) 5 隻斜紋貓蛛 (生存壓力大)

為了解生存壓力小對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們將 5 隻灰蝶置入飼養箱，先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第三日白天將 5 隻斜紋貓蛛放入飼養箱中，再記錄三晚的夜棲點高度，統計量測分析結果如圖二十二。

在實驗四設計之初，我們只考慮到模擬野外調查的灰蝶族群的密度，導致在該組實驗放入 5 隻斜紋貓蛛時，出乎預料的貓蛛們大開殺戒，使灰蝶招架不住，我們擔心實驗無法進行，故在第三天白天發現灰蝶快全軍覆沒時，加緊將灰蝶數補足到 10 隻，但我們所補之灰蝶都有在其他飼養箱進行無獵食者環境下的夜棲點高度，因此不影響數據分析。

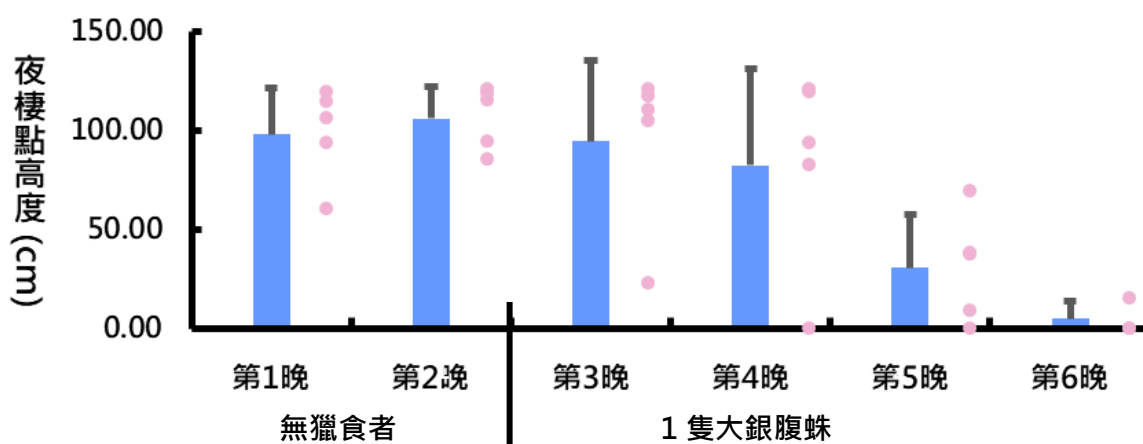


圖二十二、5 隻斜紋貓蛛組每晚灰蝶平均夜棲點高度

結果顯示自從第三天白天將 5 隻斜紋貓蛛放入飼養箱後，該晚灰蝶夜棲點與第 1、2 晚無顯著差異，但第 4、5 晚均顯著高於第 1、2 晚。且第 4、5 晚的灰蝶夜棲點高度之標準差較其他三晚小，表示所有個體均呈現集中在 90 cm 以上處。

#### (四) 1 隻大銀腹蛛 (生存壓力小)

為了解生存壓力小對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們將 5 隻灰蝶置入飼養箱，先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第 2 晚進行過灰蝶夜棲點後將 1 隻大銀腹蛛放入飼養箱中，再記錄四晚的夜棲點高，統計量測分析結果如圖二十三。



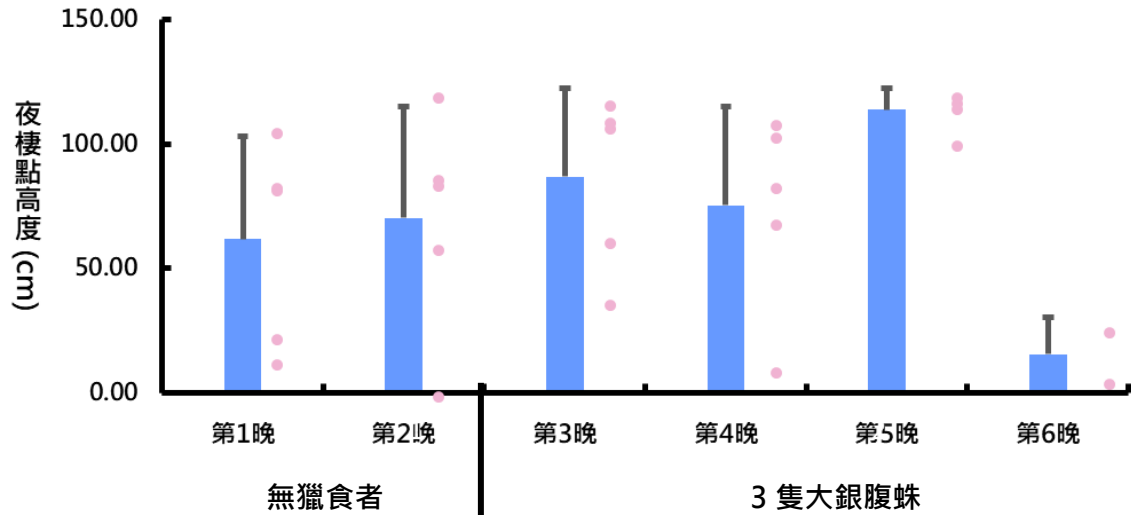
圖二十三、1 隻大銀腹蛛組每晚灰蝶平均夜棲點高度

結果顯示其中第 5 晚及第 6 晚灰蝶夜棲點高度顯著低於第 1 晚及第 2 晚 ( $p < 0.001$ )，表示環境中有大銀腹蛛會使灰蝶降低其夜棲點高度。

#### (五) 3 隻大銀腹蛛 (生存壓力中)

為了解生存壓力小對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們將 5 隻灰蝶置入飼養箱，先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第 2 晚進行過灰蝶夜棲點後將 3 隻大銀腹蛛放入飼養箱中，再記錄四晚的夜棲點高，統計量測分析結果如圖二十四。

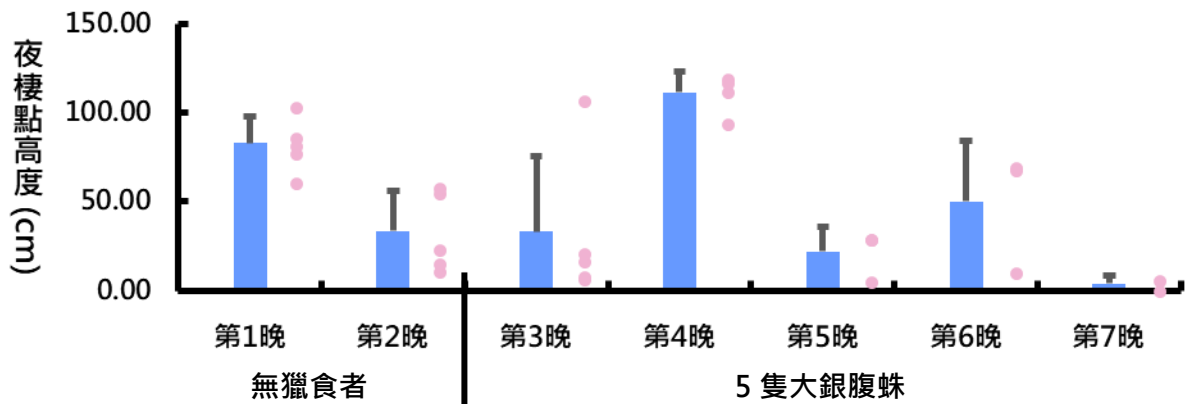
結果顯示其中第 6 晚灰蝶夜棲點高度顯著低於第 5 晚 ( $p < 0.001$ )，表示環境中有大銀腹蛛會使灰蝶降低其夜棲點高度。



圖二十四、3 隻大銀腹蛛組每晚灰蝶平均夜棲點高度

#### (六) 5 隻大銀腹蛛 (生存壓力大)

為了解生存壓力大對灰蝶夜棲點高度是否有影響，我們將 5 隻灰蝶置入飼養箱，先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第 2 晚進行過灰蝶夜棲點後將 5 隻大銀腹蛛放入飼養箱中，再記錄五晚的夜棲點高，統計量測分析結果如圖二十五。



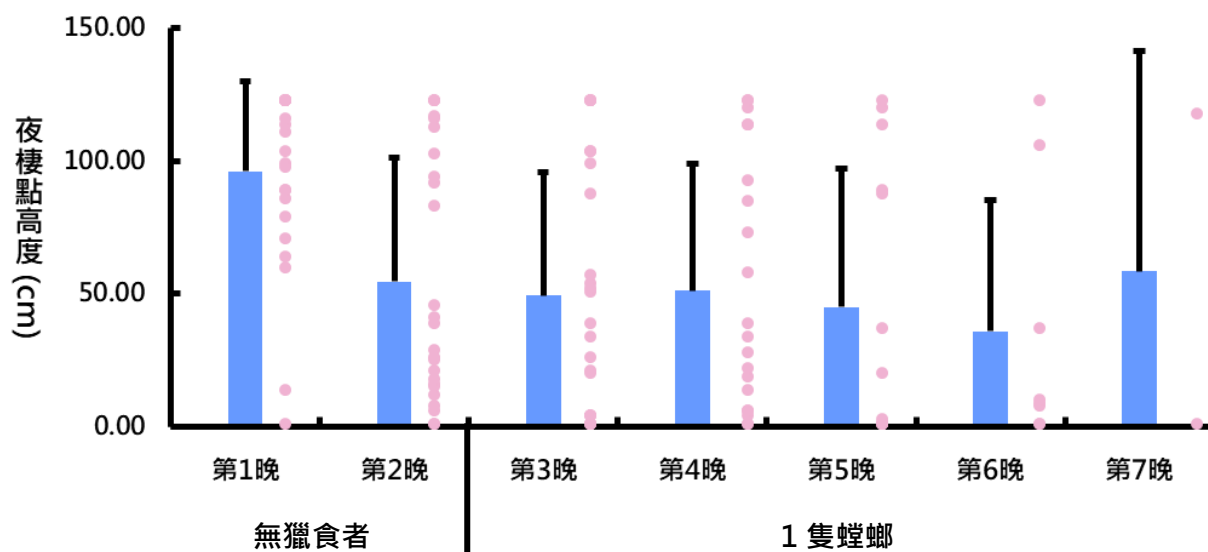
圖二十五、5 隻大銀腹蛛組每晚灰蝶平均夜棲點高度

結果顯示第 4 晚灰蝶夜棲點平均高度顯著高於其他晚 ( $p < 0.001$ )；相反地第 7 晚灰蝶夜棲點高度顯著低於其他晚 ( $p < 0.001$ )。

#### (七) 1 隻螳螂 (更大型獵食者)

為了解不同獵食者對灰蝶夜棲點高度之影響是否有差異，所以如同上述我們將灰蝶先於無獵食者環境下至少觀察兩晚夜棲點後，再於第 2 晚進行過灰蝶夜棲點後將 5 隻大銀腹蛛放入飼養箱中。不過基於貓蛛實驗，我們預期更大型獵食者勢必食量更驚人，故實驗之初我們將灰蝶數修正到 25 隻，且為了灰蝶與螳螂更有空間互動，我們拆除了大飼養箱隔網。

圖二十六結果顯示，第 5、7 晚灰蝶夜棲點平均高度顯著低於第 1 晚 ( $p = 0.005$ 、 $0.044$ )，顯示螳螂會影響灰蝶夜棲點高度。



圖二十六、1 隻螳螂組每晚灰蝶平均夜棲點高度

## 肆、討論

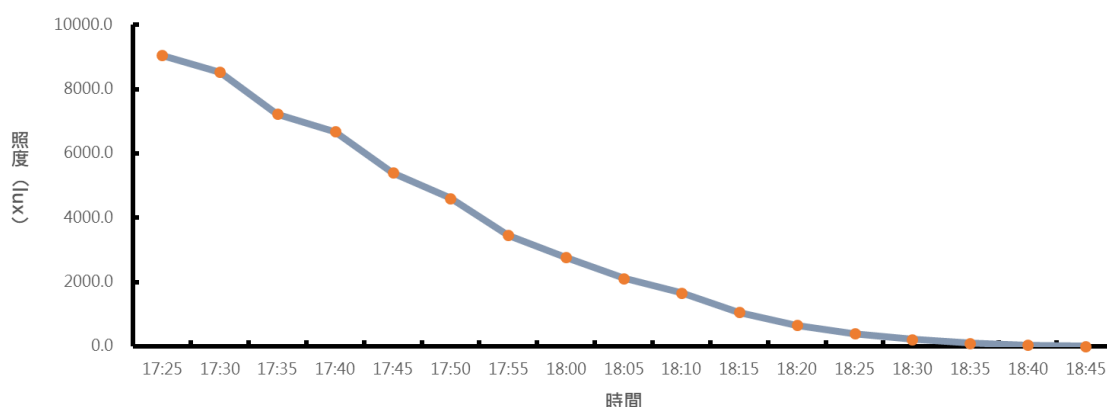
圖十五~二十六中的粉色點代表每隻灰蝶夜棲點高度，可以發現較高處的點都較分散，代表灰蝶族群中僅有少數個體特性偏愛夜棲 90 cm 以上。由於實驗一與實驗二結果呈相反趨勢，因此我們懷疑環境因子會影響灰蝶夜棲點高度，因而設計出實驗三。此外根據實驗一的野外調查，我們發現在田野的灰蝶有一段高度（80~100 cm）沒找到有灰蝶個體夜棲於此，然而該高度是某些結網蛛偏好織網處，因而設計了實驗四的實驗。

如同研究過程與方法所述，我們有記錄所有實驗中灰蝶的品種，後續進行統計分析，並未發現顯著差異，這可能是為何其他文獻亦無提及（何，2002），不過有趣的事是有文獻指出灰蝶的性別會影響牠們的夜棲及白天開始活動的時間，雄性灰蝶會比雌性晚夜棲、更早起（Wago, 1976）。雖然在統計上我們並未發現所研究的四種灰蝶夜晚夜棲點高度有所差異，不過就行為上，我們有觀察到十分有趣的現象，臺灣小灰蝶與迷你小灰蝶在決定夜棲點，飛停在植物的那刻會將擺動翅膀，並非像求偶時那樣開合翅膀，而是雙翅合閉如同花朵被風吹那般擺動，其中臺灣小灰蝶會僅擺動 1~2 秒，迷你小灰蝶則會擺動長達 1~2 分鐘。

因為我們在日落前一小時就開始巡視灰蝶，故我們有不少觀察灰蝶選擇夜棲點前的行為記錄，我們蠻常會觀察到灰蝶會去碰觸另一隻已夜棲的小灰蝶，看起來有點像是該灰蝶在騷擾對方，根據我們的觀察經驗，此時有兩種結果：（1）被騷擾的灰蝶不為所動，而騷擾者會在附近徘徊，可能再度嘗試，屢試不成功，蠻大機會會停留在附近；（2）被騷擾者不堪

其擾平移飛行約 20 公分，仍停在差不多的高度，此行為也讓我們更肯定灰蝶更在意停留的高度更勝於是否停棲植物是蜜源植物。關於灰蝶會互相觸碰對方之行為在文獻中亦有被記錄到（何，2002）。另外野外觀察亦發現，灰蝶其時不介意彼此夜棲點距離很接近，即便進到一公分內，牠們也無所謂。我們亦曾在部分植物同時看到 3~4 隻灰蝶夜棲在一草本植物上，也看過許多灰蝶停在鄰近的大花咸豐草，所以我們也不排除灰蝶有群聚夜棲的現象。

在進行第一輪的實驗三實驗時，我們感覺在實驗室的灰蝶好像比野外族群更早開始夜棲，所以我們好奇究竟是何種機制決定牠們開始準備夜棲。首先，我們從文獻著手調查，根據文獻科學家有發現果蠅的基因中有著名為「週期」與「永恆」的兩段基因和另一個名為「雙倍的時間」的基因，藉由感受光來調整生理時鐘（李，2017）。我們不禁想灰蝶會不會也一樣，所以我們後來採購了光照計，於 2024 年 5 月先去量測野外傍晚的光照變化（如圖二十七）。之後我們又利用一週在校園草地內，我們記錄每隻所看到灰蝶停下來夜棲時那刻的照度，將其統計起來落在 372~2530 lux。若將前面數據對照圖二十七則為 18:05~18:25，的確蠻符合那段時間灰蝶夜棲的時間點，因此我們認為灰蝶決定何時要夜棲與光照度可能有關，所以我們在進行第二輪實驗三時，我們同時將光照計放入飼養箱中一同監測。



圖二十七、2024/5/5~10 期間傍晚野外照度變化

在實驗三裡，我們檢試了四種環境因子。溫度方面，根據實驗三的統計結果，我們發現灰蝶在低溫時夜棲點高度較低。實驗期間，當環境溫度 25 °C、30 °C 時，當日最後一隻灰蝶夜棲時的照度值為 271~708 lux，的確驗證了我們的懷疑飼養箱的灰蝶在照度較高時就已經均夜棲，推測野外環境擾動因素較高，所以灰蝶們需花較多時間挑選夜棲點；當在低溫 20 °C 時，灰蝶飛行的意願不高會提早夜棲，即便照度為 1275 lux，牠們也早早休息。不過有趣的是，我們觀察到當下雨一整天，整天天色昏暗，反倒是灰蝶相對在飼養箱中比較活潑，一直到照度 140 lux 才不再有灰蝶夜棲，推測灰蝶一直處於較暗環境，可能會較無生理時鐘感。

另外，我們在實驗三檢測到風力過大對灰蝶夜棲點高度影響蠻大，這部分與我們野外觀



察相符，我們曾在風大時進行實驗一，發現當時灰蝶會一直在植物上盤旋，看似想停棲下來，但因為風大不斷使植物搖晃，且越高的草越搖晃，當時我們追蹤灰蝶們，發現牠們要花越久的時間進行夜棲點的選擇，且停在較低的野草堆中。

關於實驗三音頻實驗，根據結果得知 16 kHz 時灰蝶夜棲點高度會高於 4 kHz。我們在設計實驗時找尋了一些關於蝴蝶聽力的文獻，雖然相關研究不多，但有文獻指出蝴蝶可以「聽到」獵食者鳥類分飛行的頻率 (Mikhail, 2018)，我們不禁聯想是否與這件事有關，所以我們試著翻找各式資料，但多石沉大海，後來在老師的幫忙下，我們找到一篇文獻紀錄到貓頭鷹快速飛行頻率有 16 kHz，所以我們認為可能當灰蝶決定夜棲點時，若感受到鳥類在附近，會選擇較高的夜棲點。

關於實驗四給予不同生存壓力後，觀察灰蝶的夜棲點高度變化，由於斜紋貓蛛在飢餓狀態下，看到獵物會積極捕捉，我們甚至觀察到貓蛛即便剛開始吃一灰蝶，但因看到另一隻灰蝶在不遠處飛翔，便丟下口中的獵物，開始新一輪的狩獵。斜紋貓蛛屬遊獵型蜘蛛，牠們攀上草莖捕捉獵物，因此我們記錄到牠們於竹籤上獵食 (圖二十八)，且無論白天或夜晚均會展開狩獵，所以圖二十~二十二中，最終都有觀察到灰蝶以升高其夜棲點高度來因應貓蛛，且夜棲點高度變化的時程與生存壓力大小呈負相關，也就是生存壓力越大，灰蝶越快調整其夜棲點高度。

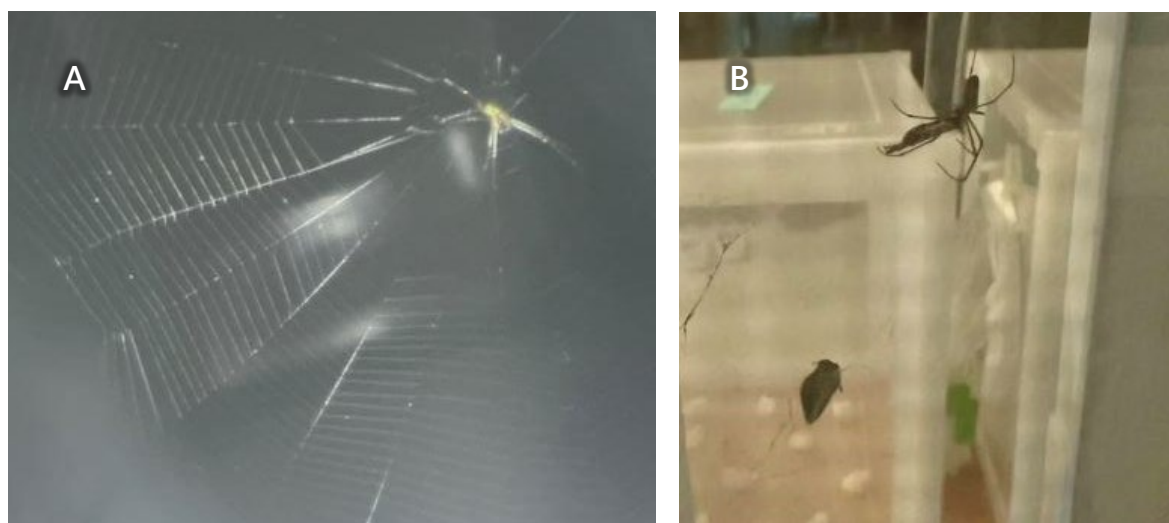


圖二十八、斜紋貓蛛攀上竹籤獵食灰蝶 156 號

實驗四中另一種獵食者大銀腹蛛，其較偏好在高處結網，在僅放入一隻大銀腹的實驗組，該蛛在第 4 晚即在飼養箱上方結網，不過可能因為生存壓力較小，所以在第 5 晚灰蝶才明顯降低其夜棲點高度，有趣的事是在第 5 晚，大銀腹的網已消失，但第 6 晚灰蝶夜棲點高度卻是顯著低於其他晚，我們一開始一直想不透為何如此，但在老師帶我們大量閱讀後，我們發現文獻有提到蜘蛛網反射的光會對昆蟲有致命的吸引力，另外像大銀腹、人面蜘蛛這種體色的蜘蛛，身體上的花紋亦有吸引力 (Peng, 2020; Stafstrom, 2020; 卓, 2016)，所以即便沒有蜘蛛網，灰蝶仍會被大銀腹吸引，雖然大銀腹是結網型蜘蛛，但是也是會在無網情況下捕捉獵物，當灰蝶受到驚嚇經驗影響，進而改變牠們的夜棲點高度。在 5 隻大銀腹蛛實驗組，我們在放入蜘蛛不到 24 小時，就在飼養箱高 86~100 cm 有看到一張網 (斜面) (圖二



十九)，原本我們預期灰蝶們當晚會以降低夜棲點高度來躲避，然則反觀察到灰蝶飛到網的上方躲藏，一直到隔天（第 5 晚）才壓低夜棲點高度。不過若以蜘蛛網及蜘蛛都對灰蝶有致命的吸引力，就可以理解了，灰蝶因被吸引靠近蜘蛛網，稍微碰到後掙離開，但此時牠們已經轉移到網的另一側。在第六晚時，我們在飼養箱記錄到兩張網，分別在上方高 90~120 cm（斜面）及中下方處 34~46 cm（斜面），此時灰蝶們呈兩群躲避，一群躲在兩網中間的夾層高度，即 69~72 cm，一群則在飼養箱底部（兩張網下方）11~15 cm，由此可知每隻個體選擇以不同策略來因應獵食者，不過在第 7 天大銀腹蛛已在飼養箱中結出 3 面網，分別高度為座標位子 85、106、113 cm，此時僅有選擇較低夜棲點的灰蝶才能存活。



圖二十九、A 為 1 隻大銀腹組所織的第一張網；

B 為大銀腹蛛獵食到灰蝶，此時灰蝶已被織蛛網黏住

我們選定螳螂為實驗四的另一個獵食者，我們曾想過螳螂可能也是夜晚會休息的昆蟲，所以不確定是否該考量牠。但經過我們約一週的飼養螳螂觀察，我們確定當螳螂處於飢餓狀態時，牠們在 17:30~18:00 是可能會仍在補食狀態，這部分跟灰蝶決定夜棲點時間有所重疊，所以我們決定將其納入實驗四。根據統計結果顯示螳螂會降低灰蝶夜棲點高度，推測是因螳螂獵食的習性所致，我們發現螳螂習慣性看頭部的上方，所以當灰蝶數量過多讓牠不愁吃時，牠偏愛捕捉頭頂上方的灰蝶或飛過附近灰蝶，以至於躲在螳螂下方，對灰蝶是較安全的選擇，但難不保螳螂倒過來頭下腳上，此時灰蝶仍然遭殃。

關於忠誠度實驗，我們從實驗四中的座標位置，並未發現有重複或極為接近的，根據何美誼（2022）的描述也非多數個體有夜棲點忠誠度。但在進行實驗一期間，有時我們找不到灰蝶時，的確會較愛巡視部分角落的植物，往往能有所收穫。不過我們除了在實驗一最初期單純於野外觀察外，之後我們在進行實驗一後，會同時會進行捕捉灰蝶做實驗二、三，所以我們即便在同一植株位置的灰蝶，就不會不是前一晚相同個體。綜觀上述及實驗四的結果，

我們比較傾向灰蝶會受當時野外環境因子及何類獵食者所影響，然而在校園草地中，因為長期有除草維護，導致僅部分草本植物會較抽高，因而導致灰蝶們仍選擇那些植物所致，但也不排除若拉長飼養灰蝶的時間，是否能再更進一步有機會看到部分個體展現對夜棲點忠誠度。

版權聲明：本作品書的圖表，均為作者自行拍攝或繪製。

## 伍、結論

- 一、來自不同草地高度的灰蝶有不同夜棲點的偏好。
- 二、灰蝶夜棲點高度受溫度、風力、環境音頻及獵食者種類所影響。
- 三、風速與夜棲點高度呈負相關。
- 四、斜紋貓蛛會讓灰蝶夜棲點高度顯著升高；大銀腹及螳螂則相反。
- 五、當生存壓力較大時，灰蝶會在較短時間內展現其夜棲點高度變化。

## 陸、參考資料及其他

高雄市政府觀光局（2023）。高雄旅遊網 迷你小灰蝶（迷你藍灰蝶）。2023 年 12 月取自 <https://khh.travel/zh-tw/guide/tour/7>

徐堉峰、梁家源和黃志偉（2020）臺灣蝶類誌第四卷灰蝶科。行政院農委會林務局出版，臺北市。

孫旻璇（2008）不同海拔的蝶類多樣性及其有潛力指標物種—以太魯閣國家公園為例。碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

施信鋒（2014）。彩蝶的觀察與記錄。2023 年 12 月取自 <https://reurl.cc/54l8Ln>

社團法人台灣蝴蝶保育學會。台灣蝴蝶網路圖鑑。2023 年 12 月取自 <https://reurl.cc/prdWzQ>

林佳嫻、江姿瑩、洪芷晴、蔡易庭、蘇一翔、李易宸（2015）校園藍色小精靈—沖繩小灰蝶喜愛的蜜源植物與紫外線溫度對斑紋變化的探討。中華民國第 55 屆中小學科學展覽會生物科國小組，取自 <https://reurl.cc/krA7rq>

卓逸民（2016）網路高手—蜘蛛。《科學研習》。科教館第 55 卷第 7 期〈我家也是牠家（下）〉。

- 李紀潔、羅鴻（2017）身體怎麼知道白天的白、懂夜的黑？生理時鐘的分子運作機制——2017 諾貝爾生理醫學獎。取自 <https://pansci.asia/archives/127425>
- 呂佳舫、郭宇軒（2006）蝴蝶眼斑的探討。國際科展動物學，取自 <https://reurl.cc/Z9xrdW>
- 呂志堅、陳建仁（2014）蝴蝶生活史圖鑑。臺中市：晨星出版有限公司。
- 吳易庭（2017）台南大學榮譽校區小灰夜棲地之研究（碩士）。國立臺南大學，臺南市。
- 何美誼（2022）。灰蝶的夜棲環境與行為。2023 年 12 月取自 <https://reurl.cc/orLe15>
- 王彥澄（2008）銀色的紡織天才---肩斑銀腹蛛。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會生物科國小組，取自 <https://reurl.cc/g450GV>
- 中央氣象局。氣候月平均資料庫。2024 年 1 月 16 日取自 <https://reurl.cc/nrDdGD>
- Wahlberg, N., M. F. Braby, A.V. Z. Brower, R. de Jong, M. M. Lee, S. Nylin, N. E. Pierce, F. A. H. Sperling, R. Vila, A. D. Warren, E. Zakharov. (2005) Synergistic effects of combining morphological and molecular data in resolving the phylogeny of butterflies and skippers. *Proceedings of the Royal Society, B272*: 1577–1586.
- Stafstrom, J. A., Menda, G., (2020) Nitzany, E. I., Hebets, E. A., & Hoy, R. R. (2020). Ogre-Faced, Net-Casting Spiders Use Auditory Cues to Detect Airborne Prey. *Current biology : CB*, 30(24), 5033–5039.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.09.048>
- Sarradj E, Fritzsche C and Geyer T 2011 Silent owl flight: bird flyover noise measurements *AIAA J.* 49 769–79.
- Rawlins, J. E. and Lederhouse, R. C. (1978) The influence of environmental factors on roosting in the black swallowtail, *Papilio polyxenes asterius* Stoll (Papilionidae). *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 32, 145-159.
- Peng P, Stuart-Fox D, Chen S-W, et al. (2020) High contrast yellow mosaic patterns are prey attractants for orb-weaving spiders. *Funct Ecol.* 2020; 34: 853–864. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13532>
- Mikhail, A., Lewis, J. E., & Yack, J. E. (2018). What does a butterfly hear? Physiological characterization of auditory afferents in *Morpho peleides* (Nymphalidae). *Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology*, 204(9-10), 791–799. <https://doi.org/10.1007/s00359-018-1280-2>
- Mikhail, A., Lewis, J. E., & Yack, J. E. (2018). What does a butterfly hear? Physiological characterization of auditory afferents in *Morpho peleides* (Nymphalidae). *Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology*, 204(9-10), 791–799. <https://doi.org/10.1007/s00359-018-1280-2>

- Kunz, T. H. (1982) Roosting ecology of bats. In Ecology of bats (pp. 155): Springer.
- Hoskins, A. (2018) Learn about butterflies: the complete guide to the world of butterflies and moths.
- Haruhisa Wago and Kazuo Unno. (1976) Studies on the Mating Behavior of the Pale Grass Blue, *Zizeeria maha argia* (*Lepidoptera: Lycaenidae*) I. Recognition of Conspecific Individuals by Flying Males. *Appl. Ent. Zool.* 11 (4): 302-311
- Hall, L. S., Krausman, P. R., & Morrison, M. L. (1997) The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 25, 173-182.
- Finkbeiner. (2019). Evidence for communal roost size regulation in *Heliconius erato* butterflies (*Nymphalidae*). *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 73(2), 122-128
- Finkbeiner, S. D. (2014) Communal roosting in *Heliconius* butterflies (*Nymphalidae*): roost recruitment, establishment, fidelity, and resource use trends based on age and sex. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 68, 10-16.
- DeVries, R. C., (1987) Synthesis of Diamond Under Metastable Conditions. *Annual Review of Materials Research*, 17: 161-187
- Dennis, R. L. H. (2004) Just how important are structural elements as habitat components? Indications from a declining *lycaenid* butterfly with priority conservation status. *Journal of Insect Conservation*, 8, 37-45.
- Cody, M. L (1985) An introduction to Habitat Selection in Birds. *Habitat selection in birds*. p.1.
- Chang, Y. M., Hatch, K. A., Ho, M. Y., Roxburgh, S. H., Wu, Y. T., Wang, Y. K., Wang, S. R. and You, Z. X. (2020). Roosting site usage, gregarious roosting and behavioral interactions during roost-assembly of two *Lycaenidae* butterflies. *Zoological Studies*, 59, e10.
- Acoustical Society of America. (2024, May 16). Spider silk sound system. *ScienceDaily*. Retrieved June 11, 2024 from [www.sciencedaily.com/releases/2024/05/240516122633.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2024/05/240516122633.htm)
- Ackery, P. R., R. de Jong, R. I. Vane-Wright. (1999) The butterflies: Hydyloidea, Hesperioidea and Papilionoidea. p. 263-300. In: Kristensen, N. P. (ed.), *Handbook of Zoology, Band IV, Part 35. Lepidoptera, Moths and Muttterflies, Vol. 1: evolution, Systematics, and Biogeography*. 491 pp. Walter de Gruyter, Berlin and New York.
- Hall, L. S., Krausman, P. R., & Morrison, M. L. (1997) The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin*, 25, 173-182.
- Finkbeiner. (2019). Evidence for communal roost size regulation in *Heliconius erato* butterflies (*Nymphalidae*). *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 73(2), 122-128
- Finkbeiner, S. D. (2014) Communal roosting in *Heliconius* butterflies (*Nymphalidae*): roost recruitment, establishment, fidelity, and resource use trends based on age and sex. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 68, 10-16.

DeVries, R. C., (1987) Synthesis of Diamond Under Metastable Conditions. Annual Review of Materials Research, 17: 161-187

Dennis, R. L. H. (2004) Just how important are structural elements as habitat components? Indications from a declining *lycaenid* butterfly with priority conservation status. Journal of Insect Conservation, 8, 37-45.

Cody, M. L. (1985) An introduction to Habitat Selection in Birds. Habitat selection in birds. p.1.

Chang, Y. M., Hatch, K. A., Ho, M. Y., Roxburgh, S. H., Wu, Y. T., Wang, Y. K., Wang, S. R. and You, Z. X. (2020). Roosting site usage, gregarious roosting and behavioral interactions during roost-assembly of two *Lycaenidae* butterflies. Zoological Studies, 59, e10.

Acoustical Society of America. (2024, May 16). Spider silk sound system. ScienceDaily. Retrieved June 11, 2024 from [www.sciencedaily.com/releases/2024/05/240516122633.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2024/05/240516122633.htm)

Ackery, P. R., R. de Jong, R. I. Vane-Wright. (1999) The butterflies: Hydyloidea, Hesperioidea and Papilionoidea. p. 263-300. In: Kristensen, N. P. (ed.), Handbook of Zoology, Band IV, Part 35. Lepidoptera, Moths and Muttterflies, Vol. 1: evolution, Systematics, and Biogeography. 491 pp. Walter de Gruyter, Berlin and New York.

## 【評語】 030307

本研究探討來自不同草地高度的灰蝶夜棲行為之差異。研究主題明確，並有適當的文獻探討，研究方法結合環境因素和獵食者影響的考量，有助於理解灰蝶及其他昆蟲的適應策略，對生態保育和管理具有應用價值。

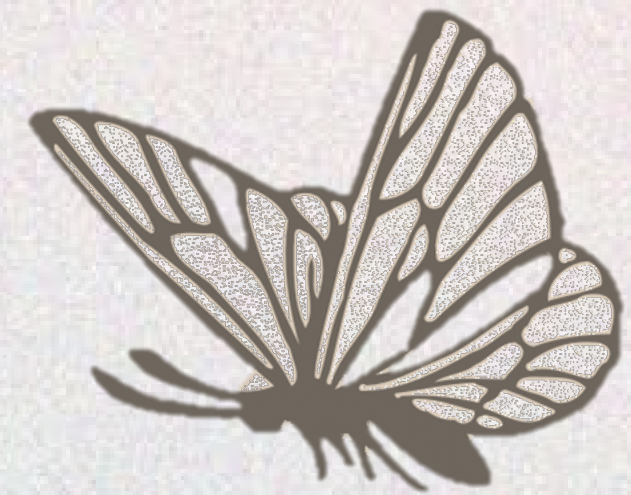
由於本研究之灰蝶標的包括多個物種，作者並未與以區分，因此易造成數據的不穩定。特別建議作者應調查各種灰蝶幼蟲的食源植物是否有高度差異，並因而造成夜棲行為的差異。此外，本研究的野外調查與人工模擬結果截然相反(前者無差異；後者有差異)，作者應予解釋；再者，三種不同獵食者的生存壓力測試結果也不一致，作者可能要檢視模擬環境是否適切及灰蝶測試隻數是否需要增加。



花叢盛開，蝶自來；

草叢拔尖，蝶自棲？

—探討來自不同植被高度灰蝶之夜棲行為





# 壹、前言

蝴蝶為日行性動物，夜晚活動力與警戒性較弱，為了避免發生被獵食者獵食這種不利生存的情況，慎選夜棲地點及高度便十分重要，獵食者的有無、獵食習性、生存壓力都可能影響到灰蝶夜棲點的高度選擇。根據我們野外觀察發現灰蝶蜜源植物大多為低草地中較高突起之植株，因此**以灰蝶夜棲時停棲之植物種類與高度為主軸；進一步探討棲地植被高度、溫度、濕度、風速、音頻等環境因子及獵食者壓力對灰蝶夜棲高度之影響。**

# 貳、研究過程與方法

探討灰蝶的夜棲行為

觀察灰蝶夜棲使用之植物種類與高度

實驗一(野外實驗)

實驗二(實驗室飼養箱觀察)

探討影響野外灰蝶夜棲點高度的可能原因

環境因子造成的嗎?

實驗三

獵食者造成的嗎?

獵食者種類、行為會有影響嗎?

實驗四

獵食者數量會有影響嗎?

## 實驗一：探討野外灰蝶之密度、夜棲使用植物種類與高度

**野外灰蝶密度** 🐛 調查期間：2023年12月~2024年2月

本實驗利用中午午休及放學後的時間進行調查；為了增加棲地樣區多樣性，亦會利用假日於校外周圍公園草地進行巡視。實驗中利用一個 $30 \times 30 \text{ cm}^2$ 將上方的灰蝶都抓起來計數，換算成密度。密度資料後續供實驗四使用。



**野外灰蝶夜棲點高度** 🔍

於日落前一小時開始進行巡視不同植被高度的草地，找尋灰蝶蹤影。若有遭遇灰蝶，則進行種類辨識及記錄停棲植株物種，再搭配長尺或捲尺測量停棲高度。



圖一、捕捉灰蝶後返回實驗室

## 實驗二：探討野外停棲於低草地與高草地個體在飼養箱中夜棲高度差異

🐛 調查期間：2024年1~2月

🐛 在自製大飼養箱內部直立擺設十三種高度之竹籤，分別為5、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100、110、120 cm，作為灰蝶夜棲時的附著物。

🐛 分別收集高、低草地的灰蝶各50隻。

🐛 每次投入一隻灰蝶至飼養箱內，後使用捲尺量測夜棲點高度並記錄。



## 實驗三：探討環境因子對灰蝶夜棲點高度之影響

溫度	濕度
20 °C	65 %
25 °C	75 %
30 °C	85 %

風速	音頻
0 m/s	1 kHz
0.9 m/s	4 kHz
2.6 m/s	8 kHz
4.0 m/s	16 kHz

1號	4號
2號	5號
3號	6號

## 實驗四：探討獵食者對灰蝶夜棲點高度之影響

**遊獵型** 🔍 斜紋貓蛛

編號：156

**螳螂** 🔍

**結網型** 🔍 大銀腹蛛

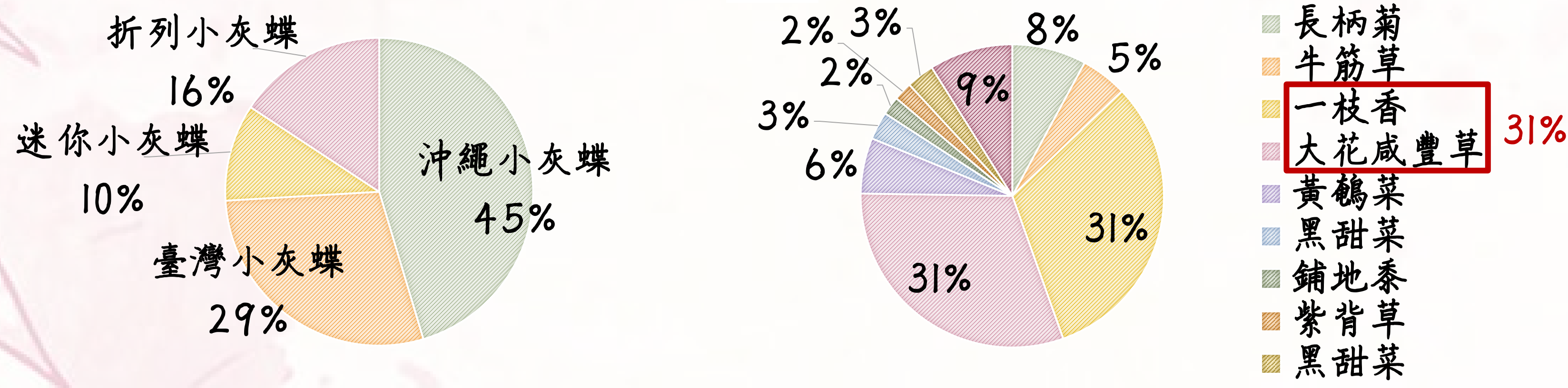
**夜棲點忠誠度** 🔍

以不同顏色之油性馬克筆在灰蝶翅膀基部作三個記號以茲判別個體，為了清楚紀錄夜棲點位置，除了測量高度之外，我們也使用三軸座標(x, y, z)來表示之。



# 肆、研究結果

## 實驗一：灰蝶種類、夜棲植物種類與高度



圖三、實驗一所有研究灰蝶之數據比例

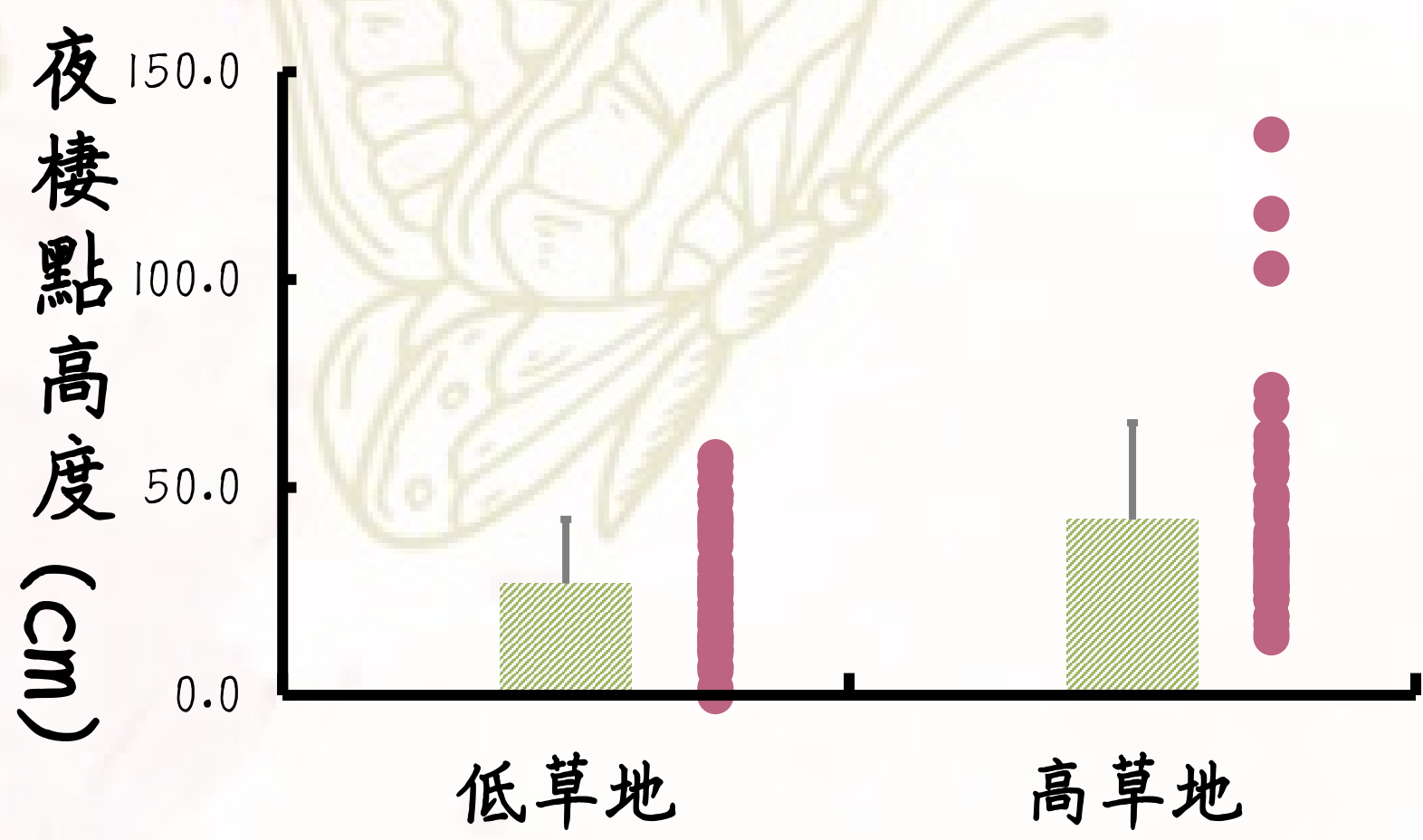
圖四、實驗一中所有灰蝶夜棲之植物種類數據比例



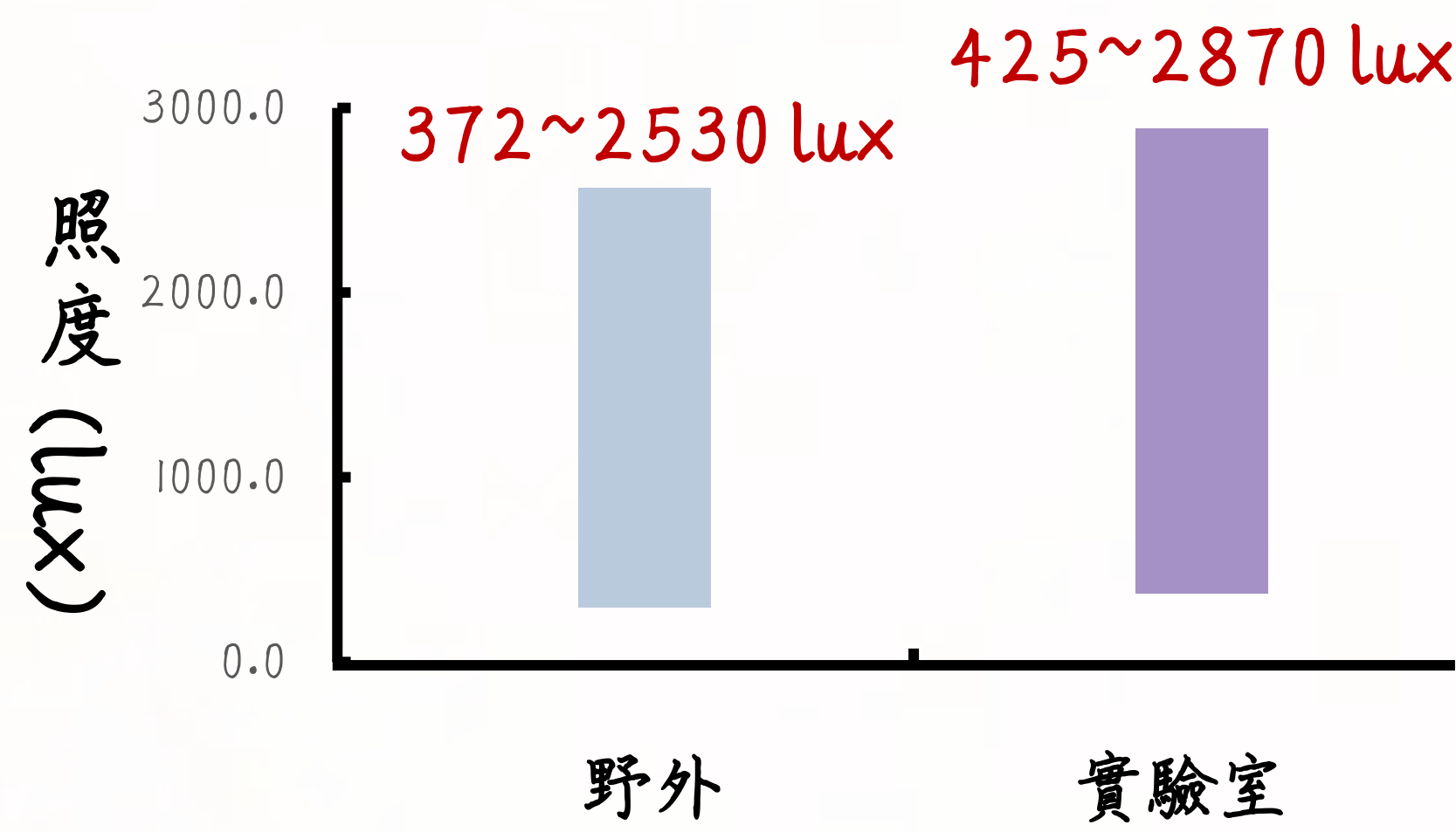
圖二、A為沖繩小灰蝶傍晚停留在低草地的一枝香花筒上；B為沖繩小灰蝶傍晚停留在高草地的大花咸豐草莖上。

1. 灰蝶共4種，以沖繩小灰蝶數量最多。
2. 夜棲植物以一枝香及大花咸豐草為主。

1. 不同植被高度樣區處的灰蝶，夜棲點高度無顯著差異。
2. 不過低草地有少部分會夜棲於地面；而高草地有極少數會停留在100公分以上，然而多數都停棲在15~60公分之高度。



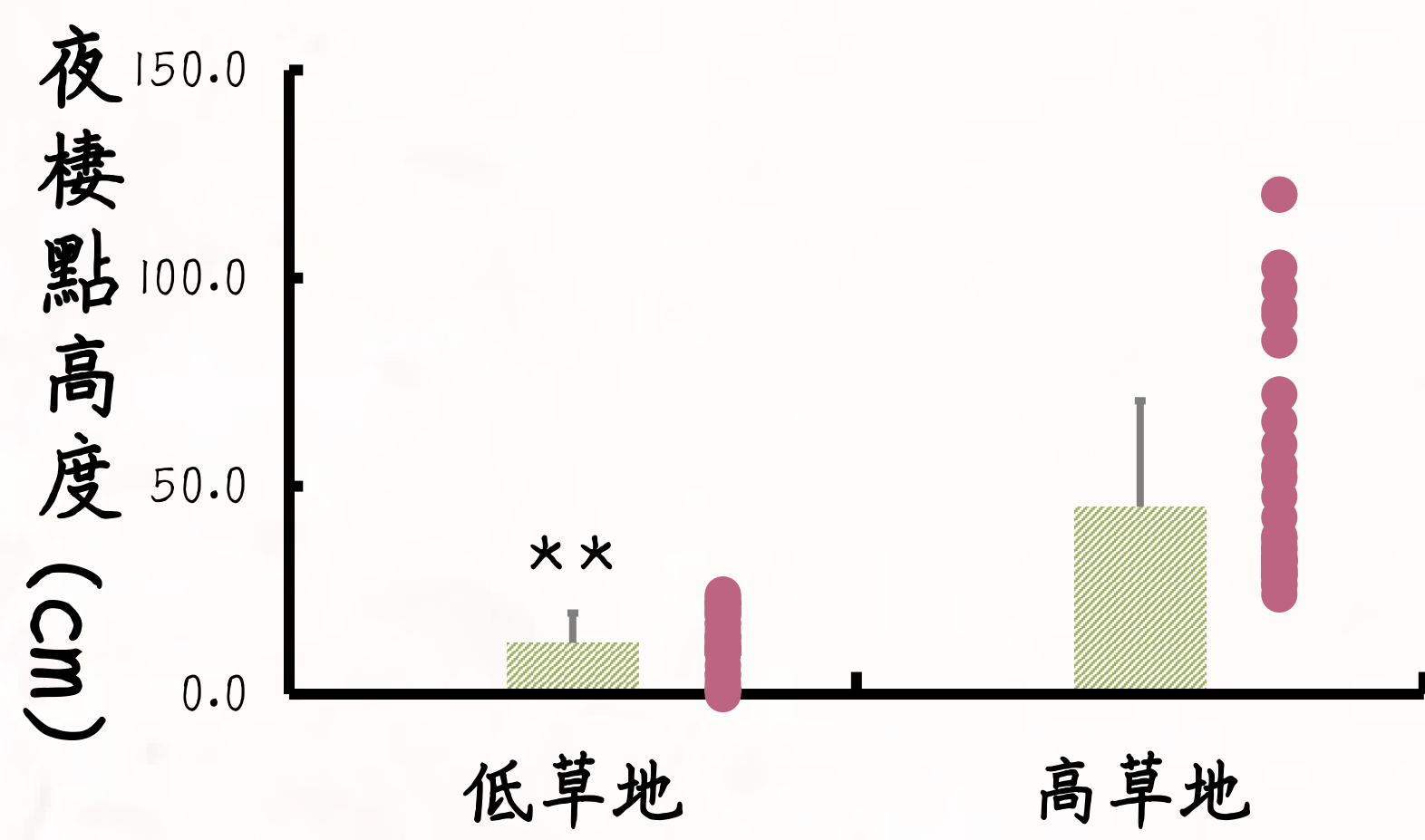
圖五、野外灰蝶夜棲點高度



圖七、實驗一及二中灰蝶夜棲時光照值

## 實驗四之二：忠誠度

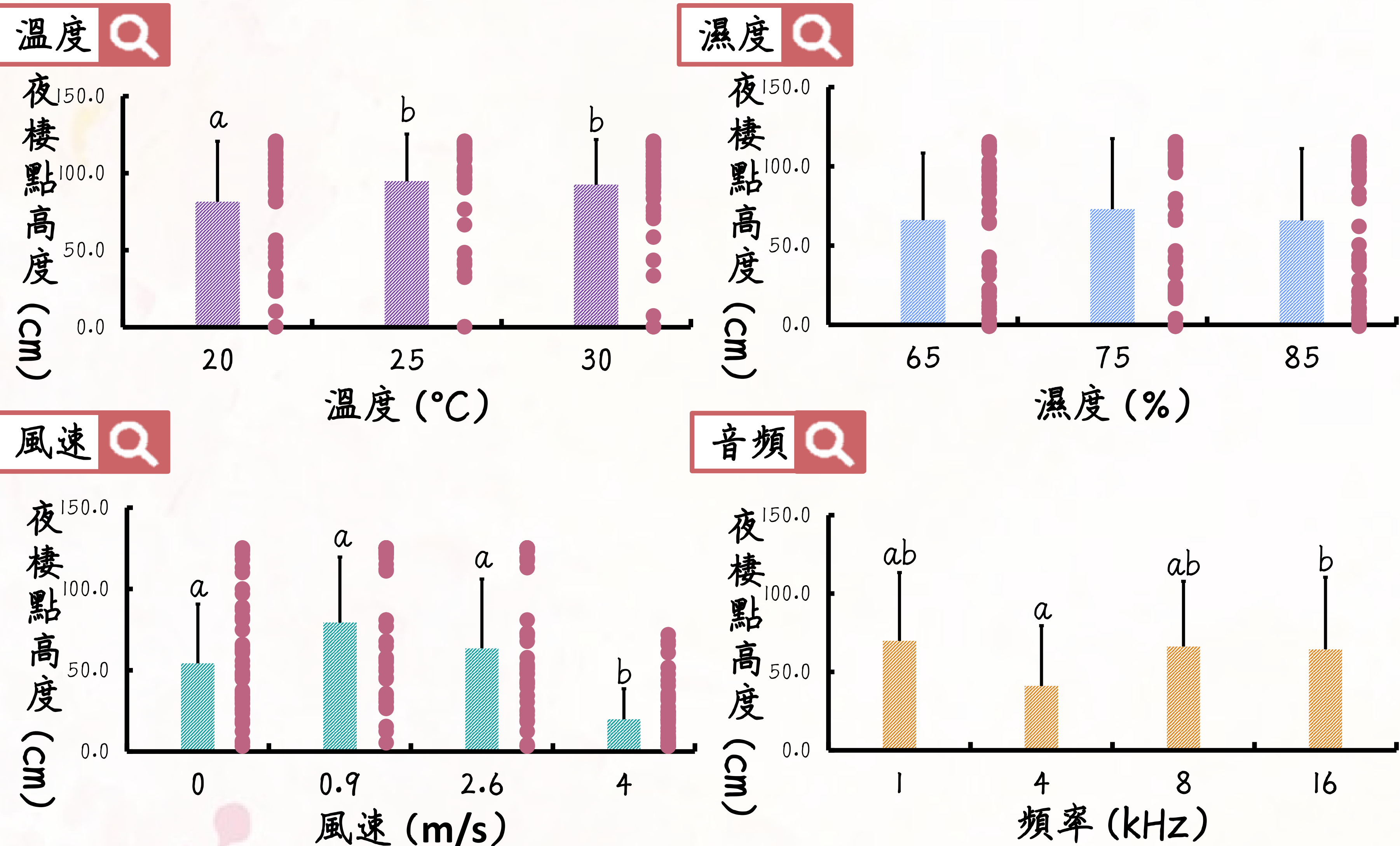
## 實驗二：野外停棲於低/高草地個體在飼養箱夜棲高度差異



圖六、飼養箱灰蝶夜棲點高度

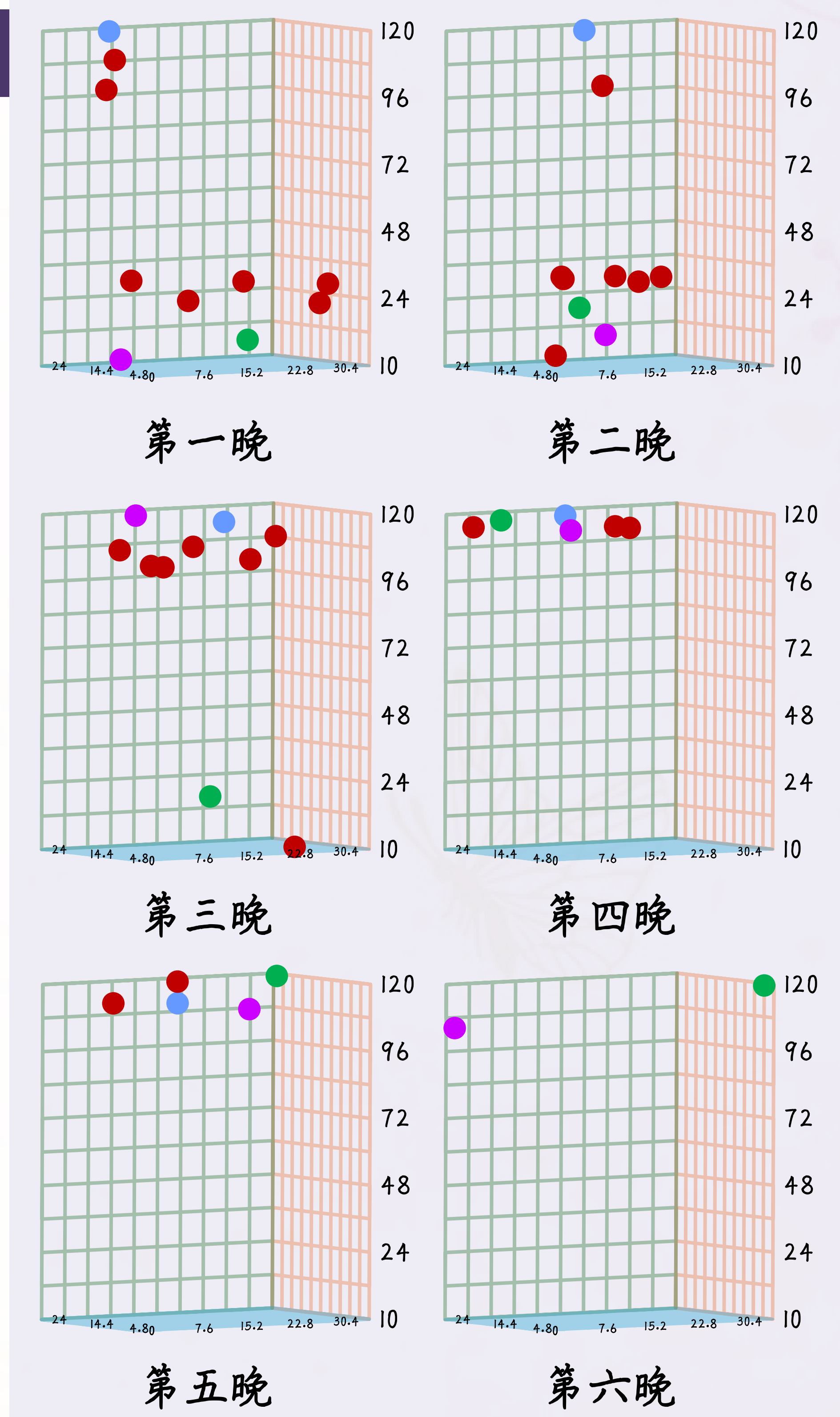
1. 採自高草地之灰蝶夜棲高度顯著高於採自低草地之灰蝶。
2. 暗示灰蝶夜棲點高度之偏好存在個體差異。

## 實驗三：環境因子對灰蝶夜棲點高度之影響



圖八、灰蝶在不同溫度、濕度、風速、響度之夜棲點高度分布圖

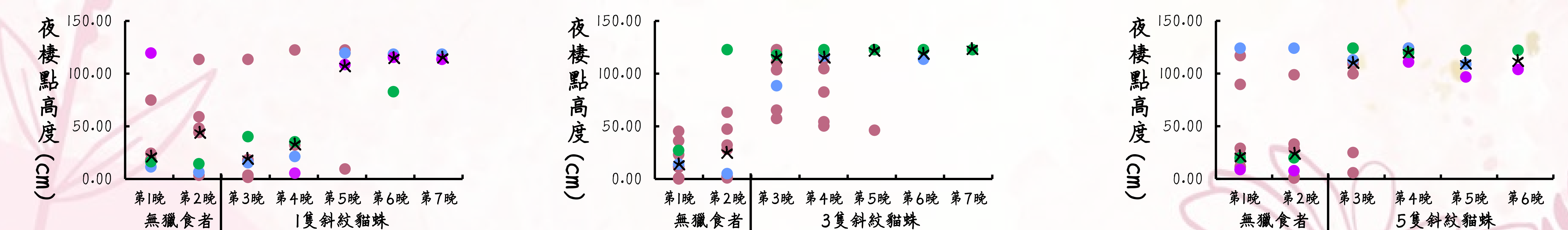
## 5隻斜紋貓蛛



1. 溫度：灰蝶夜棲點高度在20°C下顯著低於25°C及30°C。
2. 濕度：灰蝶夜棲點高度在三種濕度環境下並無顯著差異。
3. 風速：在風速4 m/s環境下，灰蝶夜棲點高度較低。
4. 音頻：灰蝶夜棲點高度在16 kHz環境下顯著高於4 kHz。

## 實驗四之一：探討獵食者對灰蝶夜棲點高度之影響

斜紋貓蛛 圖上每一個點為個別灰蝶的夜棲點高度，其中特別標綠、藍、紫點者為同一編號之灰蝶。



### 生存壓力小

以灰蝶夜棲點中位數來比的話，第5晚比其他4晚至少增加2倍。

### 生存壓力中

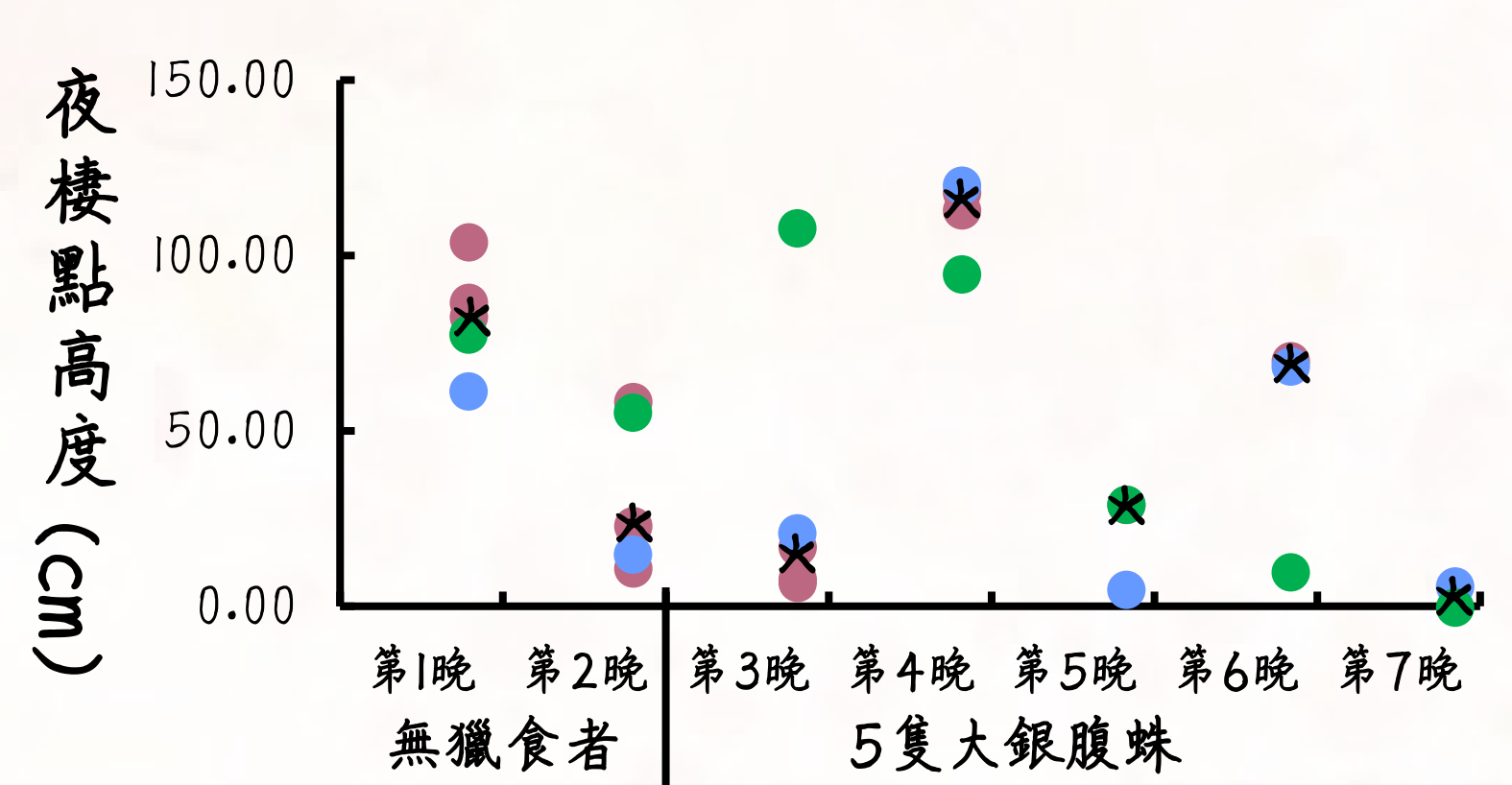
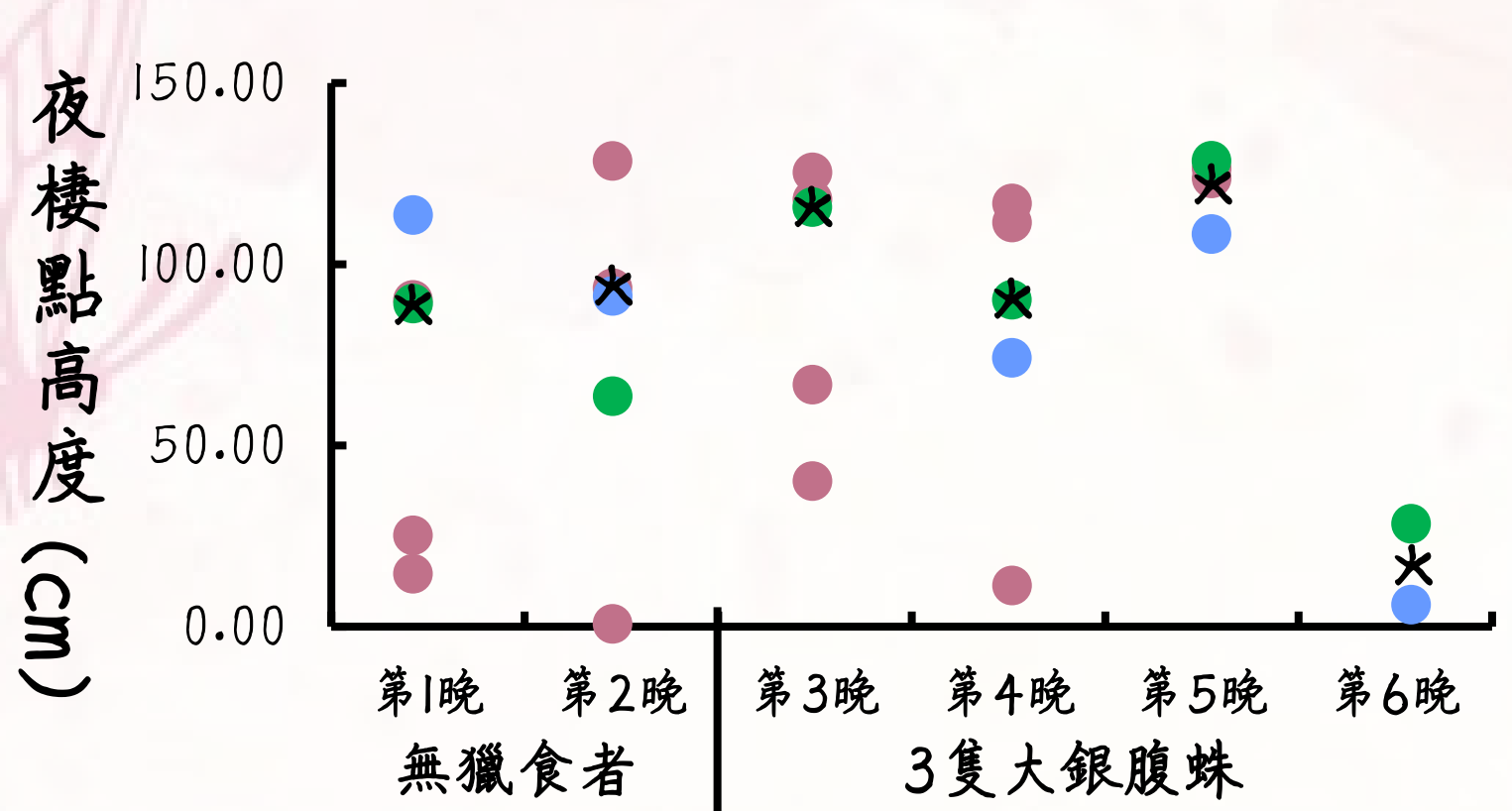
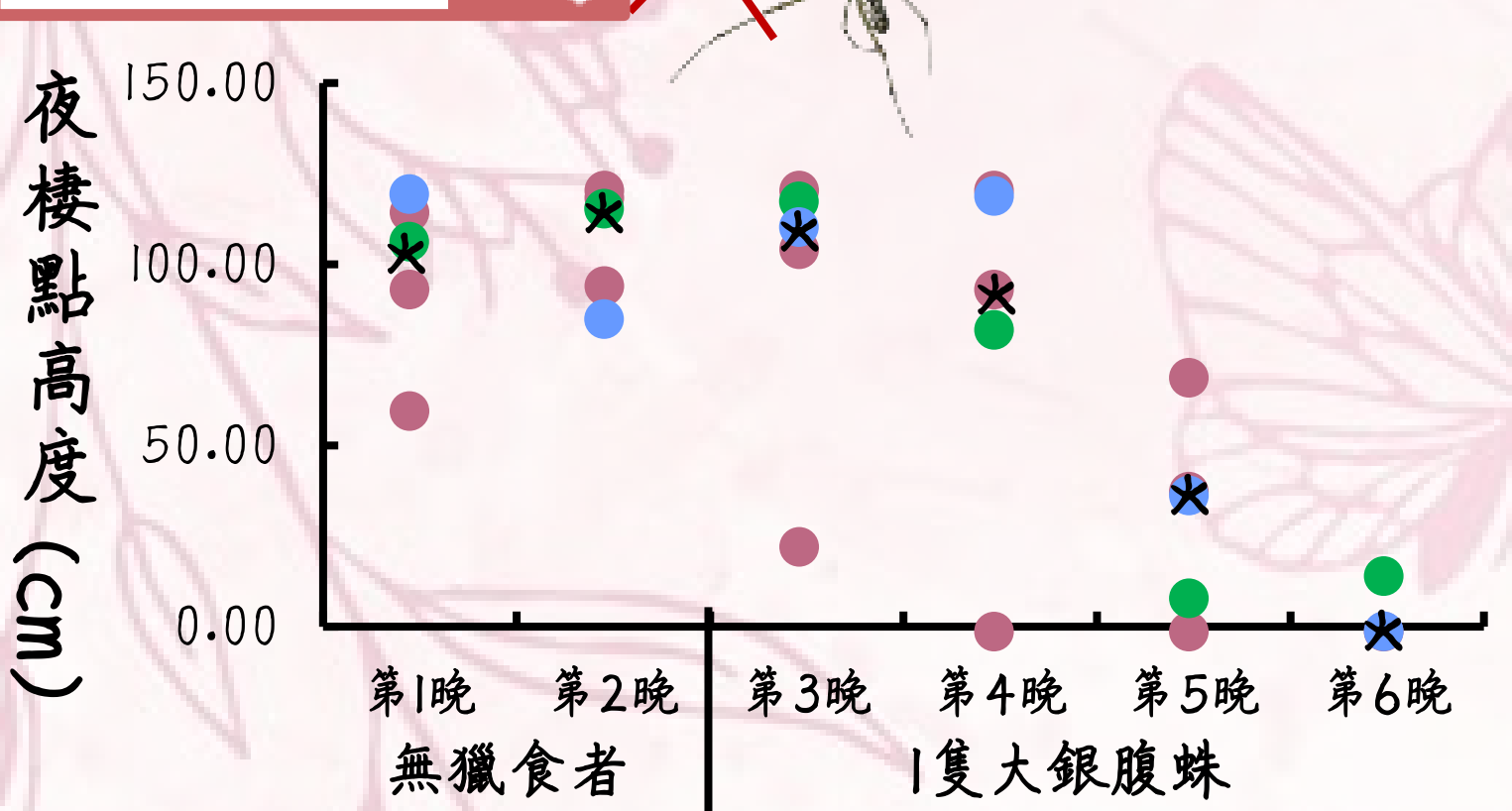
第3、5晚的灰蝶夜棲點高度中位數比第1、2晚增加8、6倍。

### 生存壓力大

第4、5晚的灰蝶夜棲點高度中位數比第1、2晚增加5、4倍。



# 大銀腹蛛



## 生存壓力小

第5晚的灰蝶夜棲點高度中位數比第1、2晚減少只少64%倍。

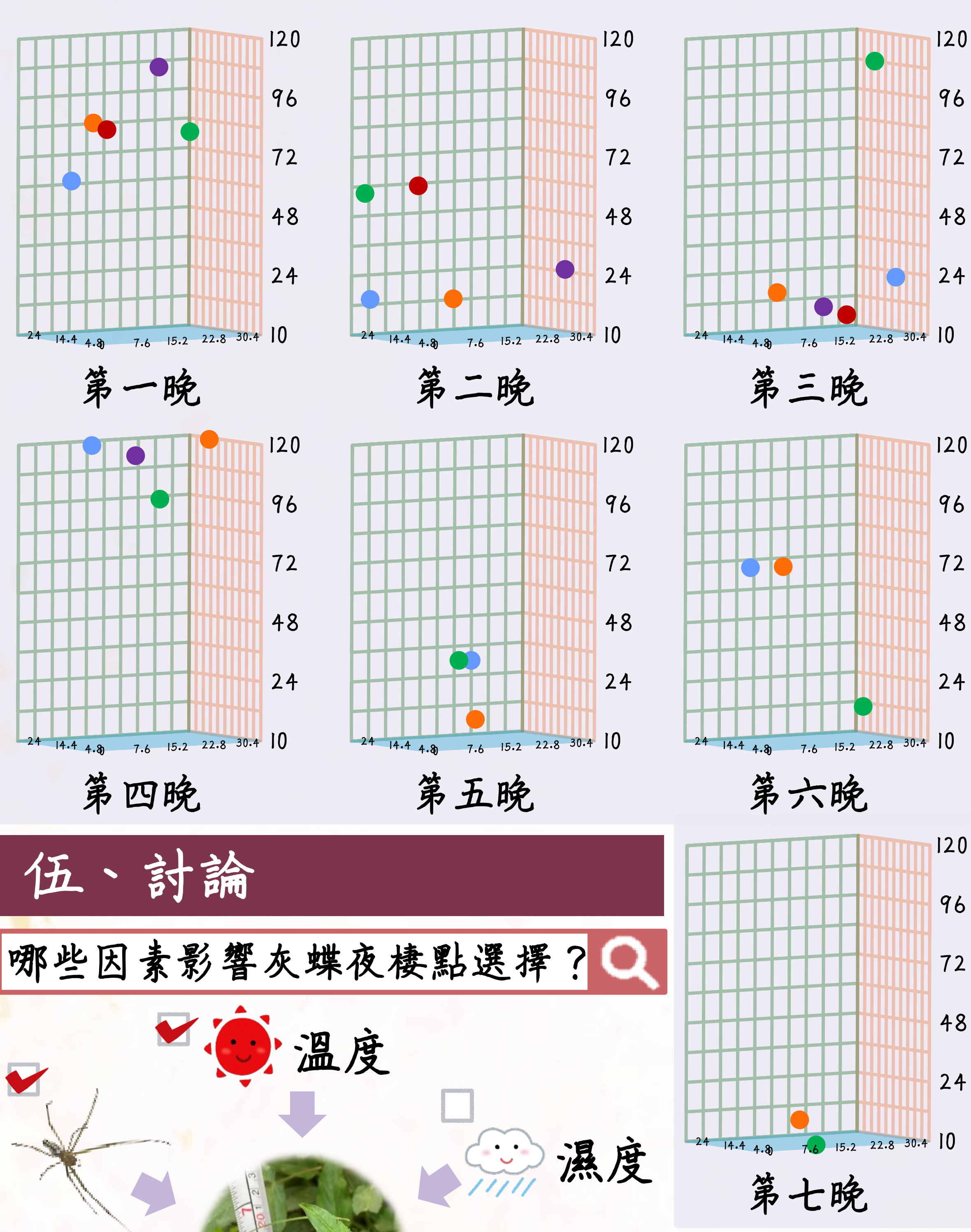
## 生存壓力中

第6晚的灰蝶夜棲點高度中位數比其他晚減少至少81%。

## 生存壓力大

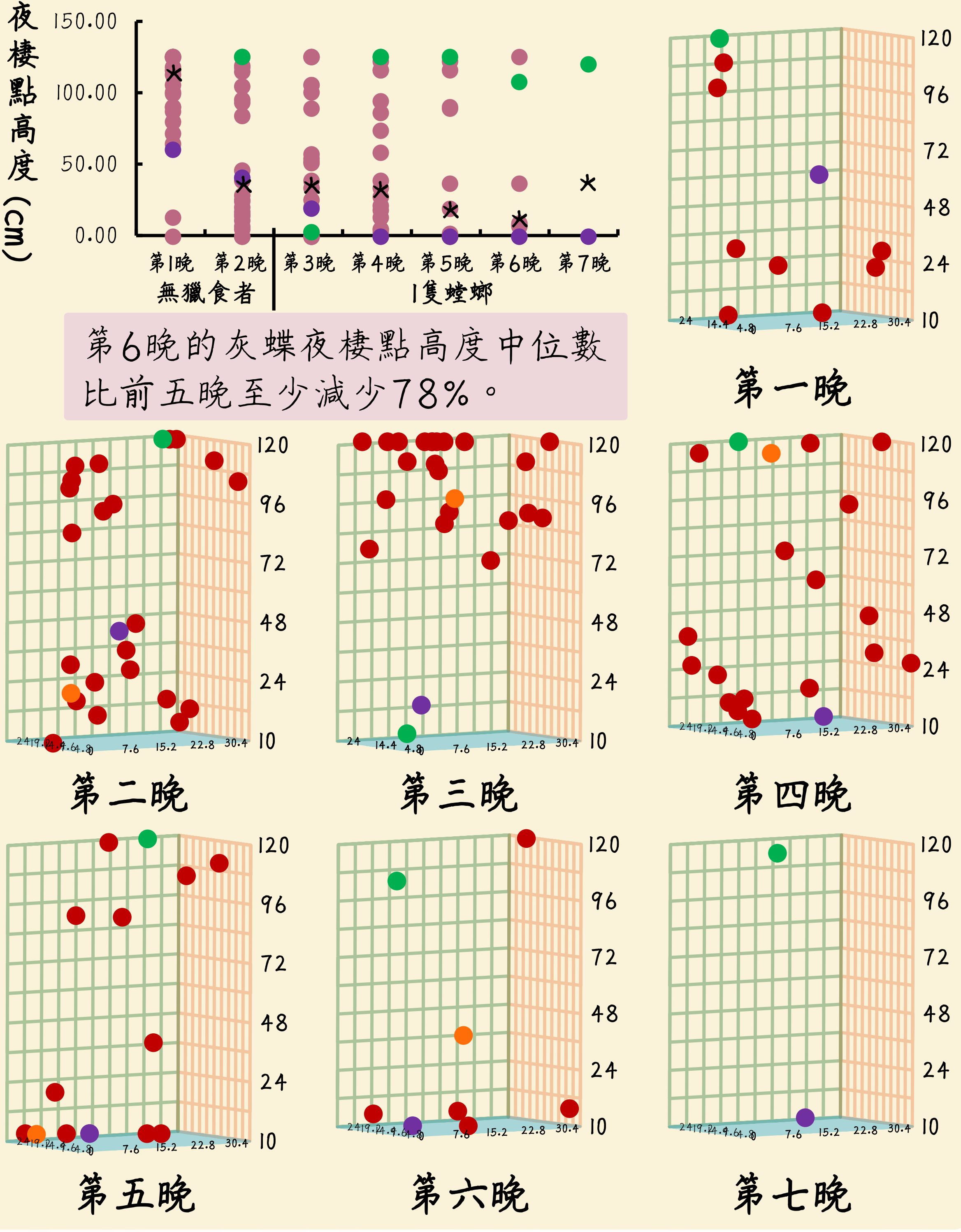
第4晚的灰蝶夜棲點高度中位數比前三晚至少增加39%；第6晚中位數比其他晚至少減少78%。

# 5隻大銀腹蛛



# 一隻螳螂

本實驗中並未發現忠誠度



第6晚的灰蝶夜棲點高度中位數比前五晚至少減少78%。

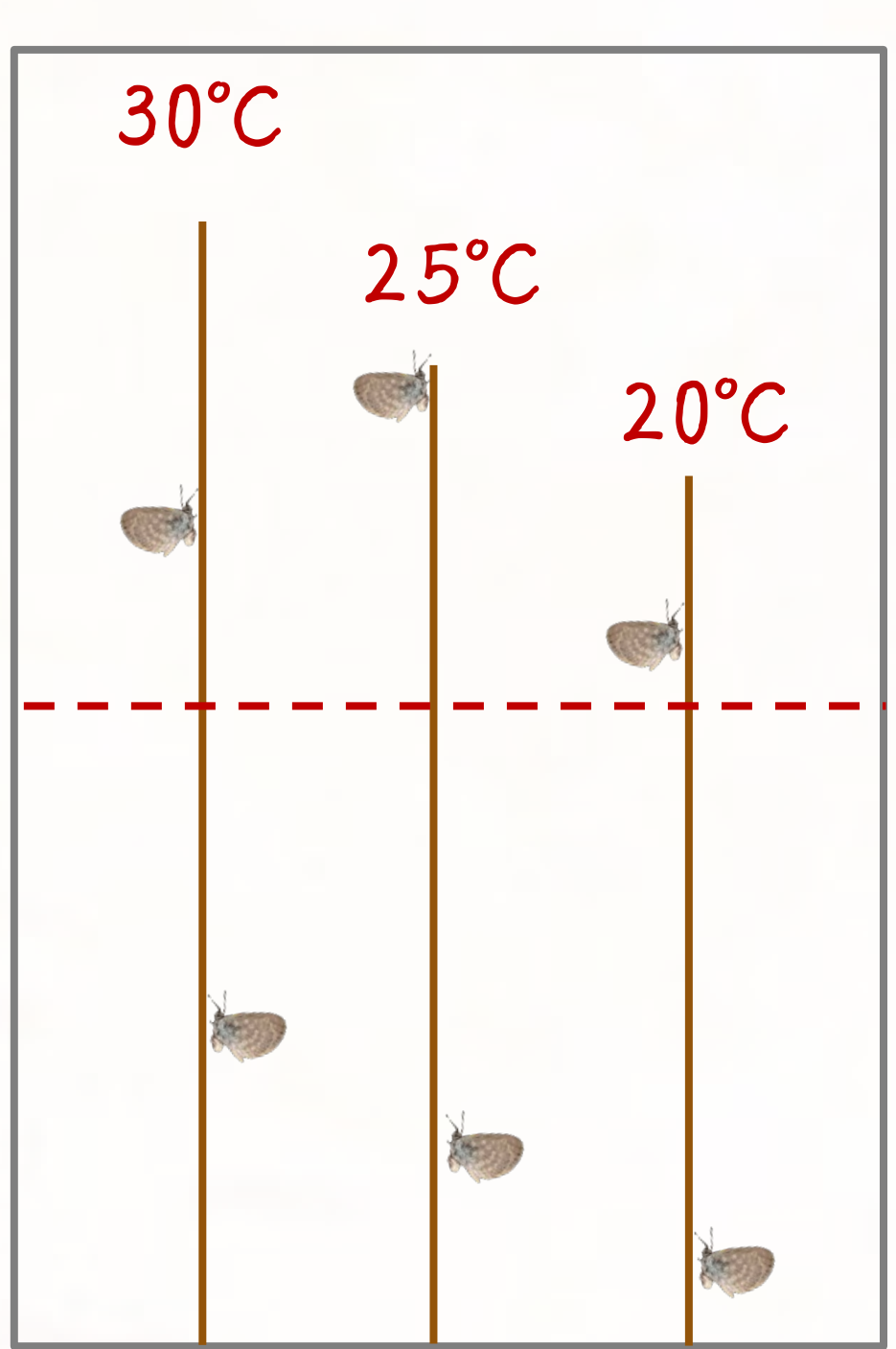
## 伍、討論

### 哪些因素影響灰蝶夜棲點選擇？

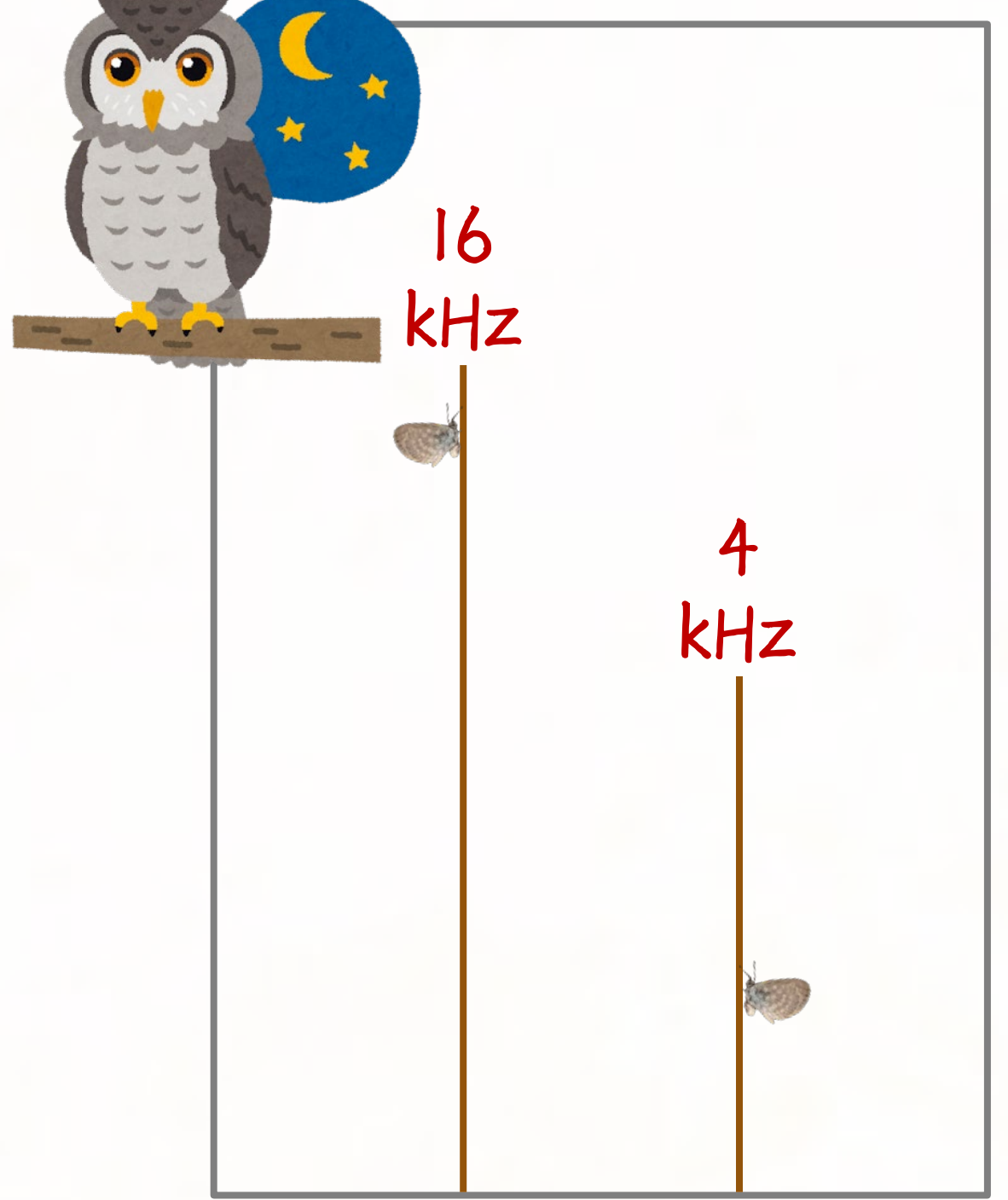


停棲高度除受溫度影響外，也受原本個體停棲高度偏好影響。來自高草地的灰蝶即便在20°C下之夜棲高度降低，其高度仍較來自低草地灰蝶為高。

### 溫度對灰蝶夜棲點的影響

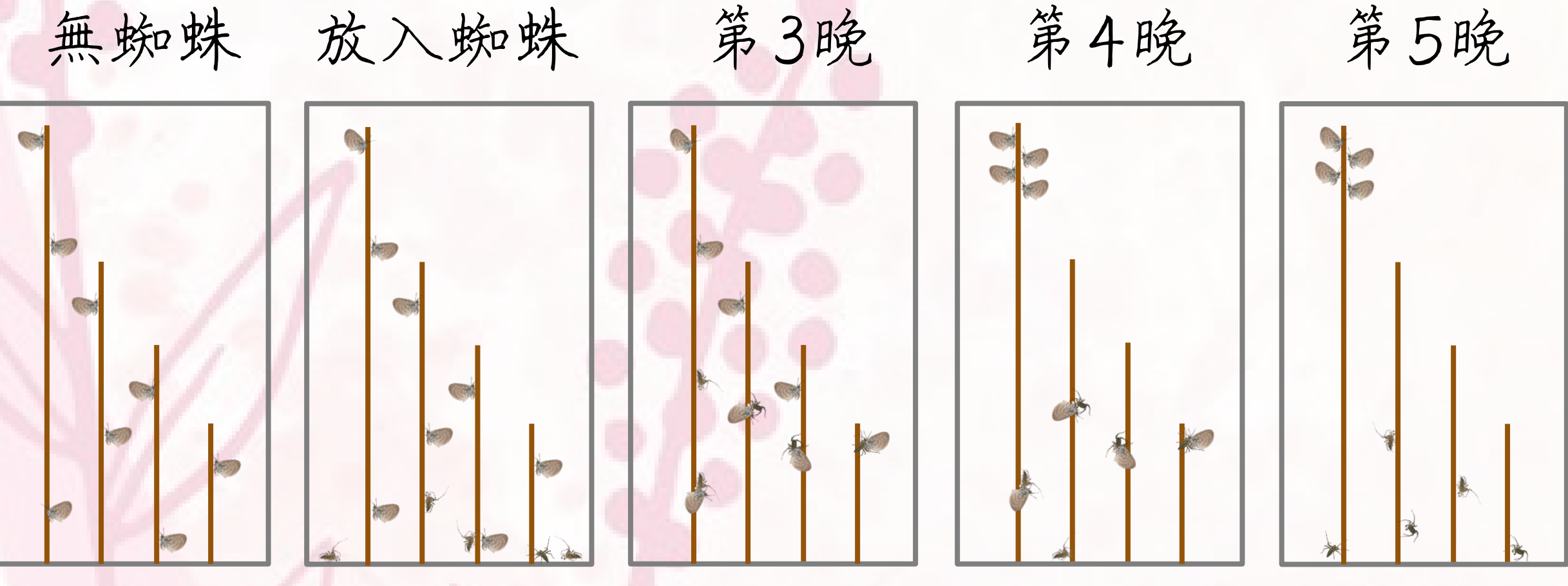


### 音頻對灰蝶夜棲點的影響

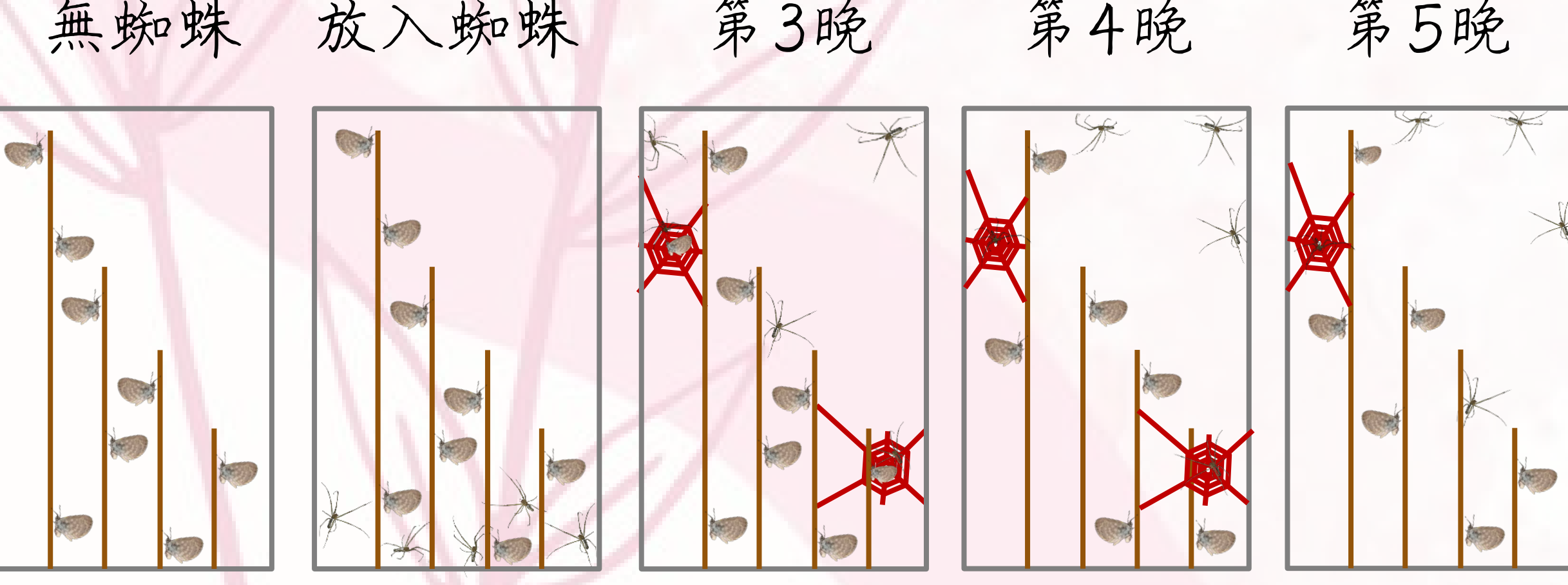


### 獵食者行為對灰蝶夜棲點的影響

#### 遊獵型



#### 結網型



於16kHz環境中，灰蝶夜棲點平均高度顯著高於4kHz。根據文獻貓頭鷹飛行的聲音即為16kHz，驗證灰蝶具感知其獵食者鳥類飛行的能力。

斜紋貓蛛會在低處伺機獵捕灰蝶，此時灰蝶的夜棲位置會往上調整，增加生存機會。

大銀腹蛛一旦在高處結網，灰蝶便降低夜棲位置；在低處結網，便提高夜棲位置；若上下都有蜘蛛網時，夜棲點便調整在中段或更低的位置。

## 陸、結論

1. 野外來自於不同草地高度的灰蝶，在飼養箱中有不同夜棲高度的偏好。
2. 灰蝶夜棲高度受溫度、風速、音頻、獵食者影響。
3. 斜紋貓蛛讓灰蝶夜棲點高度增加；大銀腹蛛則相反。
4. 當生存壓力較大，灰蝶會更早調整其夜棲高度增加生存機會。
5. 雖無夜棲點忠誠度，但有高度穩定度。

圖片來源：海報內所使用之照片、統計圖為作者們所拍攝或繪製，部分插圖引自公開授權免費使用之かわいいフリー素材集いらすとや(irasutoya.com)；另海報底圖來自Canva。



## 作品簡報