

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

佳作

030311

三角蟹蛛雌蛛體色變異的探討

學校名稱：臺北市私立華興中學(附設國中)

作者： 國二 吳享儒 國二 黃鈺睿	指導老師： 張永浩
---------------------------------	------------------

關鍵詞：三角蟹蛛、體色變異、保護色

摘要

為了探討三角蟹蛛雌蛛體色的變異，本實驗分別進行野外調查、實驗室內飼養觀察體色變化、破壞蜘蛛眼睛觀察對體色變化的影響及利用蜜蜂誘引箱，觀察不同體色雌蛛棲息於與體色相近顏色花上，對其獵物是否真的具有隱蔽性。

實驗結果顯示，(1) 三角蟹蛛雌蛛在野外主要體色為白色及黃色；且白色比例較高，(2) 三角蟹蛛雌蛛體色僅能在白色及黃色間轉換；而且黃色轉換成白色所花時間較白色轉換成黃色所花時間來的短，(3) 三角蟹蛛雌蛛主要是靠視覺感應週遭環境背景色來轉換體色，(4) 不同體色三角蟹蛛雌蛛棲息於與體色相近花上對獵物（蜜蜂）的確具有隱蔽性，較不容易被其獵物發現，而增加三角蟹蛛雌蛛成功捕食到蜜蜂的機率。

壹、研究動機

國中一年級自然與生活科技上冊第一章提到：「許多生物為了生存會演化出不同的適應方式，例如：生活在寒冷極地的北極熊，體內有一層厚厚的脂肪，能禦寒及儲存養分；沙漠中的植物具有較厚的角質層和針狀的葉，以減少水分的散失；另外許多生物常會偽裝自己使其能融入周遭環境不被發現（林英智，2016）」。

偽裝是動物用來隱藏自己，或是欺騙其他動物的一種手段，不論是掠食者或是獵物，偽裝的能力都會影響這些動物的生存機率，主要的方式包括了保護色、警戒色和擬態。

以保護色而言，有些物種進行季節性的換毛，例如在冬季會變白的雪兔；有些物種擁有固定的花紋，如老虎和斑馬身上的條紋；還有一些物種能夠根據環境進行快速變色，例如變色龍和烏賊所進行的生理色彩改變。

台灣有一種三角蟹蛛 (*Thomisus labefactus* Karsch)，其雌性個體也具有體色變異的現象，根據圖鑑及網路上照片可發現雌性三角蟹蛛體色主要為黃色及白色，且常配合體色棲息於與體色相近顏色的花上守株待兔，等待獵物上門。

三角蟹蛛屬於節肢動物門、蛛形綱、蜘蛛目、蟹蛛科 (Thomisidae)、蟹蛛屬 (*Thomisus*) 的物種，雌蛛體長 6~9 mm，體色為黃色或白色，斑紋變異很大；雄蛛體型極小，體長約 2~3 mm，全身紅褐色；廣泛分布於臺灣各地低海拔山區和平地，常見於草叢、灌叢、樹木的花上靜候獵物，平時不結網 (陳世煌，2001)。

從文獻無從得知，三角蟹蛛雌蛛體色的變異是基因造成的遺傳多樣性，還是類似烏賊能因週遭環境顏色隨時改變體色，另外大部分圖鑑均認為不同體色雌蛛棲息於與體色相近顏色花上，應該是對其獵物具有隱蔽性，增加其捕獲獵物機會，但並無相關研究數據證明，故本實驗主要針對三角蟹蛛雌蛛進行探討，解決下列問題：(1) 三角蟹蛛在野外實際上具有那些體色變化，(2) 三角蟹蛛雌蛛體色是基因造成，天生且固定，還是可以隨環境因素隨時改變，(3) 若能隨時改變體色，其變色機制為何，(4) 不同體色三角蟹蛛雌蛛棲息於與體色相近花上對其獵物是否具有隱蔽性。

貳、研究目的

- 一、野外觀察記錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍
- 二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色
- 三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化
- 四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物 (蜜蜂) 是否具有隱蔽效果

參、研究設備與器材

實驗器材	用途
數位相機 (Nikon D90) + 60 mm Micro 鏡頭	拍攝實驗環境及蜘蛛影像
腳架	拍攝實驗環境及蜘蛛影像
電腦	文書處理及實驗數據統計
三色灰卡	生態照片校色
標本瓶	採集蜘蛛
透明塑膠杯	蜘蛛飼養
各色色卡	體色變化觀察實驗
培養皿	體色變化觀察實驗
乙醚	麻醉蜘蛛
玻璃瓶	麻醉蜘蛛
棉花	麻醉蜘蛛
縫衣針	破壞蜘蛛眼睛
蜜蜂誘引箱	蜜蜂誘引實驗
蜂蜜	蜜蜂誘引實驗 (吸引蜜蜂)
流量計數器	蜜蜂誘引實驗 (計算通過蜜蜂數量)
酒精 (90%)	蜜蜂誘引實驗 (去除蜜蜂誘引箱氣味)

肆、研究過程與方法

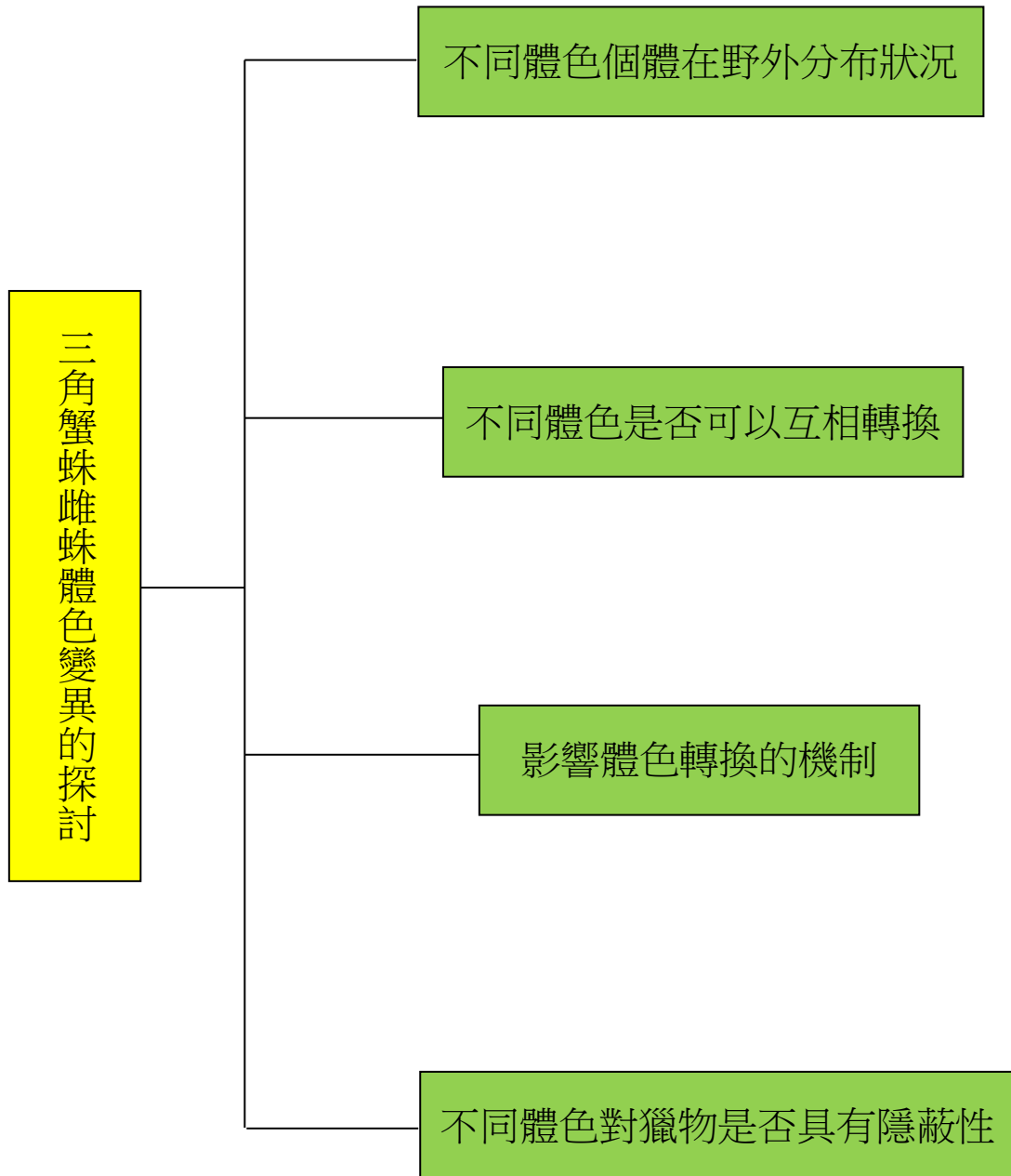


圖 1、實驗架構示意圖

實驗一、野外觀察記錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍

實驗目標：許多蜘蛛圖鑑顯示三角蟹蛛雌蛛常見顏色為黃色及白色，本實驗目標為實際進行野外調查，記錄三角蟹蛛雌蛛顏色變化範圍、不同體色出現之比例及不同體色三角蟹蛛雌蛛是否會偏好棲息於特定花色上。

實驗流程：

(一) 選擇三角蟹蛛豐富的棲地-劍南蝶園 (圖 2) 及 富陽公園 (圖 3)。



(二) 針對選擇棲地，沿步道觀察所有花上是否具有三角蟹蛛雌蛛。

(三) 發現三角蟹蛛雌蛛時將三色灰卡置於蜘蛛旁，針對該蜘蛛個體與三色灰卡同時進行拍照 (圖 4)，並記錄其所棲息之植物種類。



(四) 將蜘蛛帶回實驗室飼養，準備進行體色變化實驗。

(五) 於實驗室進行蜘蛛照片校色 (校色方法見註 1)，並記錄分析蜘蛛體色與棲息植物種類關係。

【註 1】蜘蛛照片校色

為了調整白平衡偏移所造成照片色彩的偏差，故本實驗針對野外拍攝照片運用三色灰卡來還原蜘蛛照片的正常顏色，步驟如下：

(一) 將照片導入 Photoshop 影像處理軟體。

(二) 點擊【影像】>【調整】>【色階】

(三) 於色階的視窗，使用右下方的滴管，以右方白色滴管點擊照片中三色灰卡白色區域調整亮度，並以中間的灰色滴管點擊照片中三色灰卡的中性灰部分調整色偏。

實驗二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色

實驗目標：利用不同背景顏色檢驗三角蟹蛛雌蛛是否可以隨著不同的環境色改變體色。

實驗流程：

(一) 參考伊登十二色相環 (圖 5)，選擇下列六種顏色當作背景顏色：

1. 白色【FFFFFF】(圖 6A)
2. 黑色【000000】-白色的相對色 (圖 6B)
3. 黃色【FFFF00】(圖 6C)
4. 紅色【FF0000】-黃色的鄰近色 (圖 6D)
5. 綠色【00FF00】-黃色的鄰近色 (圖 6E)
6. 藍色【0000FF】-黃色的相對色 (圖 6F)

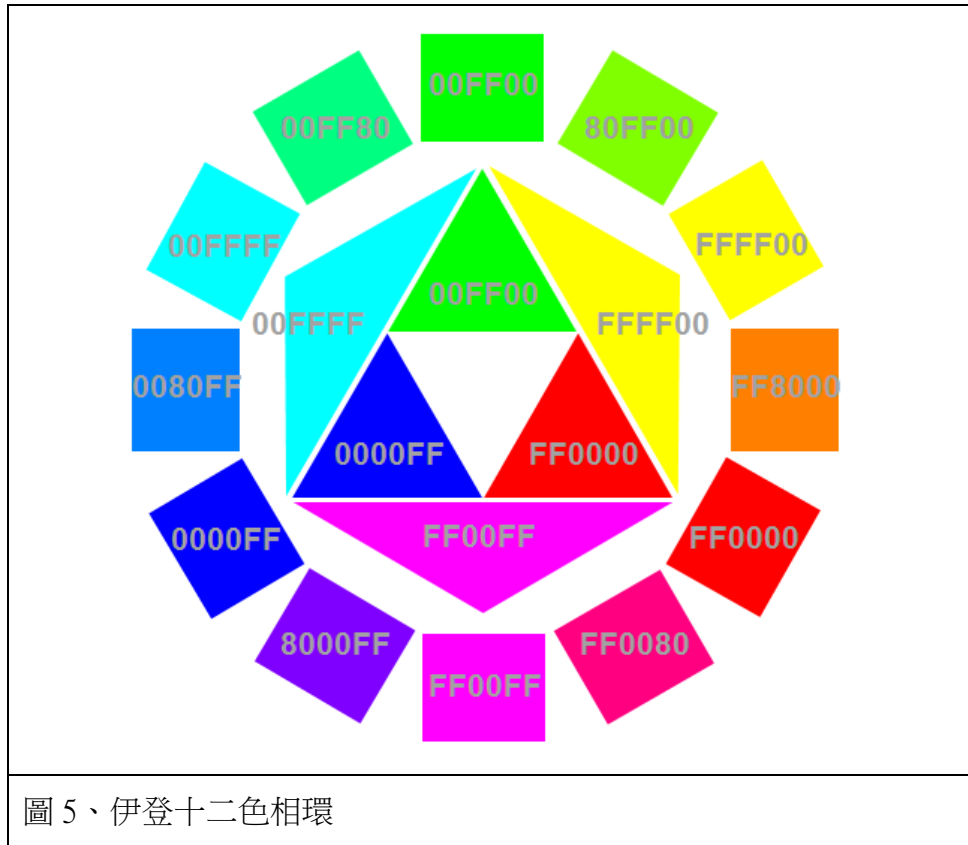


圖 5、伊登十二色相環

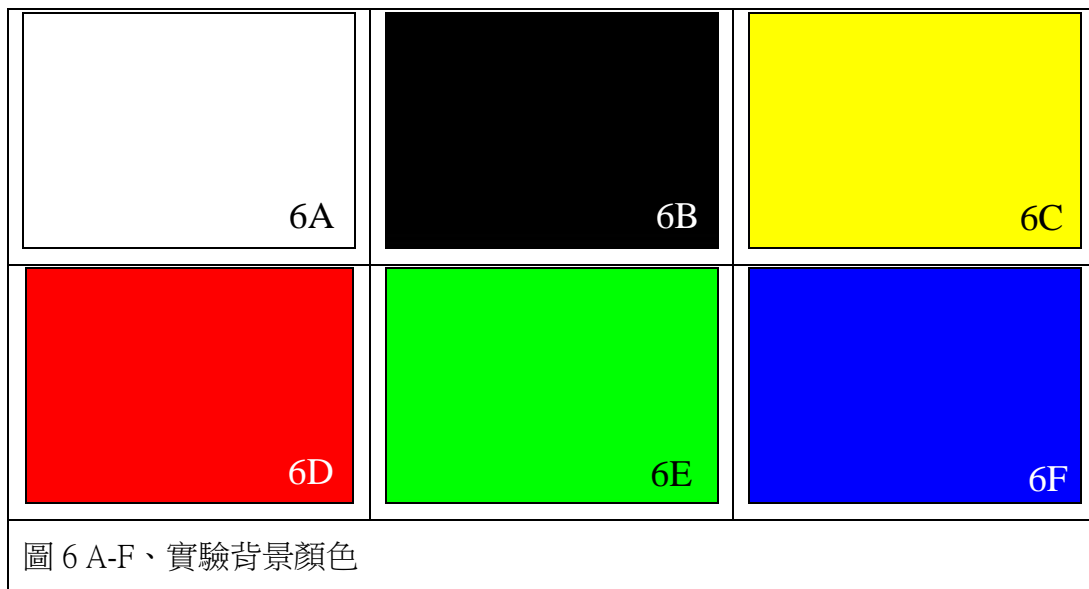


圖 6 A-F、實驗背景顏色

(二) 將上列六種顏色色紙分別鋪在透明塑膠杯底，三角蟹蛛雌蛛放入杯中，上方以另一透明塑膠杯疊上，兩杯子間保留 2 公分高度的空間，使蜘蛛可以活動、捕食 (圖 7)。



(三) 實驗處理分成下列六種：

1. 黃色蜘蛛置於白色背景。
2. 白色蜘蛛置於黃色背景。
3. 白色蜘蛛置於黑色背景。
4. 白色蜘蛛置於紅色背景。
5. 白色蜘蛛置於綠色背景。
6. 白色蜘蛛置於藍色背景。

(四) 上述實驗，每種背景顏色均重複 5 隻蜘蛛。

(五) 每天觀察並將蜘蛛置於培養皿與三色灰卡共同進行拍照 (圖 8)，記錄體色變化。



圖 8、針對蜘蛛拍照，記錄體色變化

實驗三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化

實驗目標：本實驗針對視覺進行檢驗，破壞蜘蛛眼睛後檢視其體色是否能隨背景色改變體色。

實驗流程：

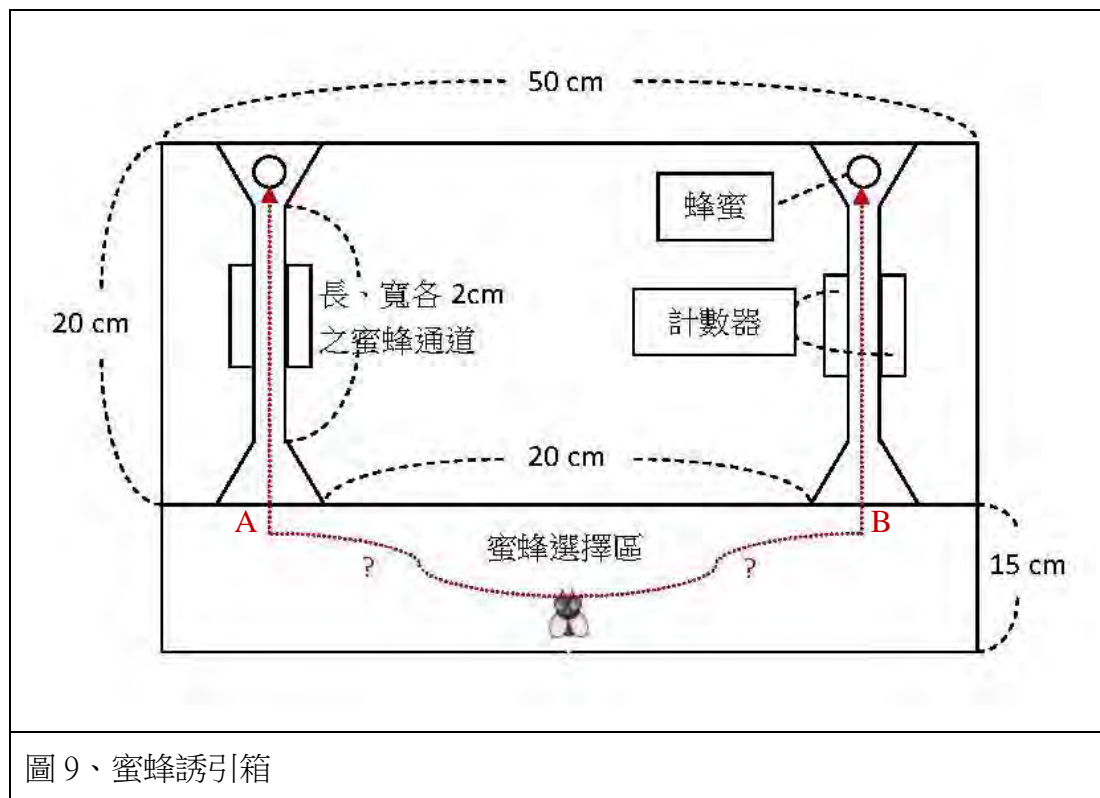
- (一) 將白色體色之三角蟹蛛雌蛛放入含有乙醚的罐子中迷昏，以縫衣針破壞眼睛，放入背景色為黃色之塑膠杯中，上方以另一透明塑膠杯疊上，兩杯子間保留 2 公分高度的空間 (圖 7)。
- (二) 每天觀察並將蜘蛛置於培養皿與三色灰卡共同進行拍照，記錄體色變化。
- (三) 上述實驗重複三隻蜘蛛。
- (四) 將黃色體色之三角蟹蛛雌蛛放入含有乙醚的罐子中迷昏，以縫衣針破壞眼睛，放入背景色為白色之塑膠杯中，上方以另一透明塑膠杯疊上，兩杯子間保留 2 公分高度的空間 (圖 7)。
- (五) 每天觀察並將蜘蛛置於培養皿與三色灰卡共同進行拍照，記錄體色變化。
- (六) 上述實驗重複三隻蜘蛛。

實驗四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物 (蜜蜂) 是否具有隱蔽效果

實驗目標：本實驗目的在證明不同體色的三角蟹蛛雌蛛棲息在不同花色上是否會影響其獵物捕獲率。

實驗流程：

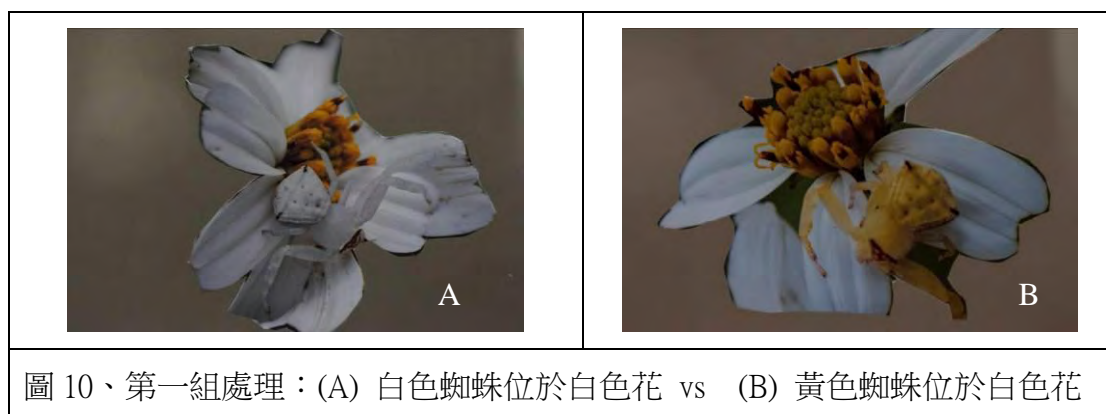
(一) 改良 Y 型管實驗，以透明壓克力板製作蜜蜂誘引箱裝置 (圖 9)。



(二) 每次實驗，兩通道入口處分別貼上下列處理 (A 與 B) 之照片：

第一組：(A) 白色蜘蛛位於白色花 vs (B) 黃色蜘蛛位於白色花 (圖 10)

第二組：(A) 黃色蜘蛛位於黃色花 vs (B) 白色蜘蛛位於黃色花 (圖 11)



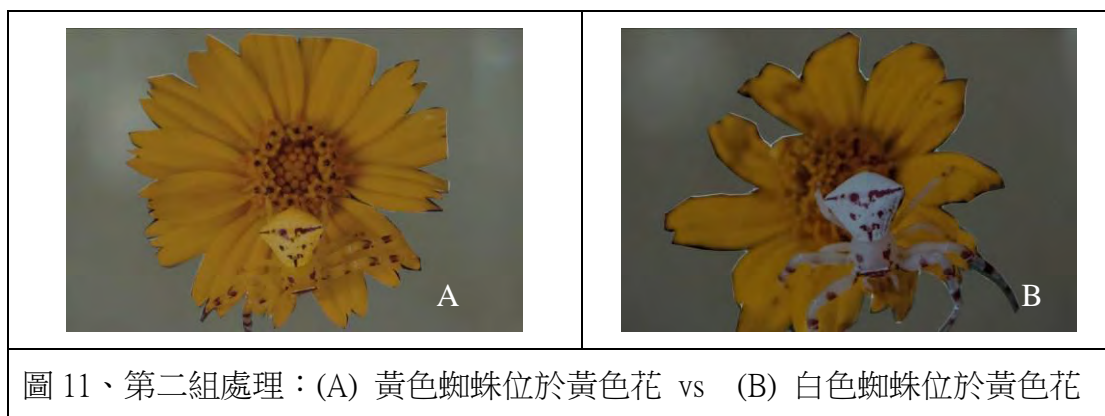


圖 11、第二組處理：(A) 黃色蜘蛛位於黃色花 vs (B) 白色蜘蛛位於黃色花

(三) 兩通道末端均放置蜂蜜吸引蜜蜂。

(四) 兩通道中間設置紅外線人流計數器，記錄通過的蜜蜂數量。

(五) 將此裝置置於養蜂場蜂箱附近 (圖 12)。

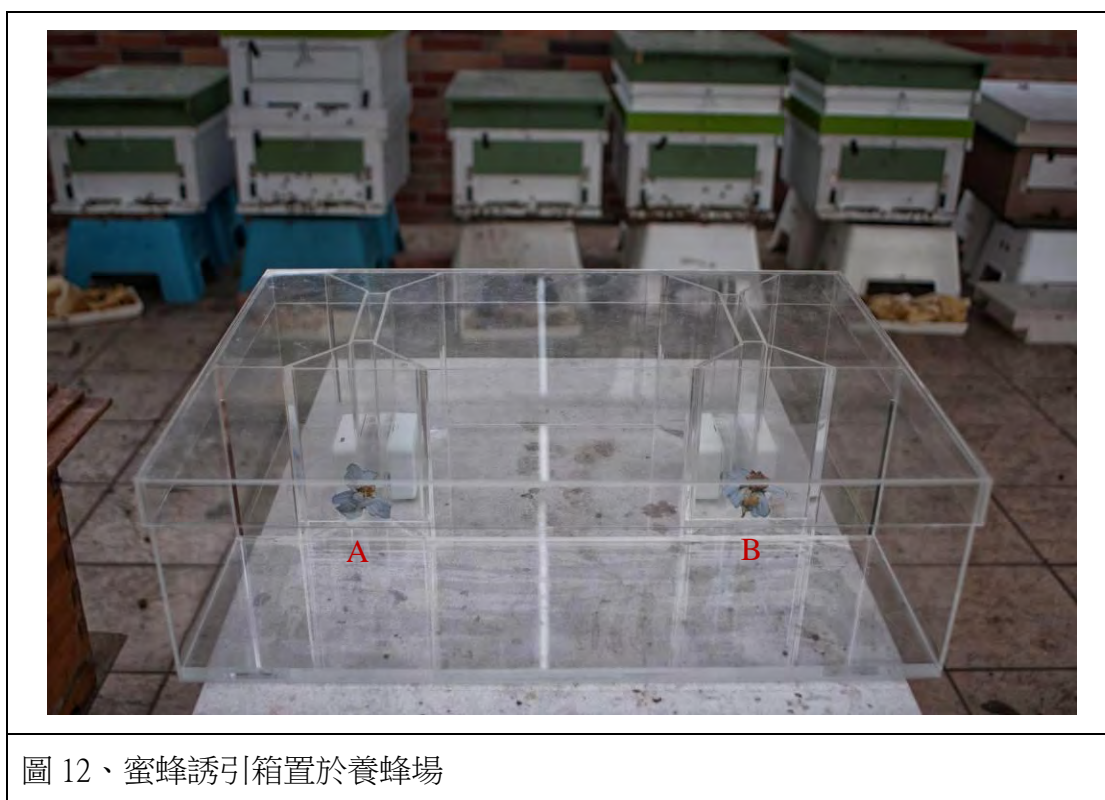


圖 12、蜜蜂誘引箱置於養蜂場

(六) 每組處理每次實驗時間為星期天早上八點至下週六早上八點。

(七) 放置一週後，取出計數器，分別記錄兩通道通過蜜蜂數量。

(八) 每組處理均進行三次實驗，共六次。

(九) 每次實驗前均以酒精擦拭蜜蜂誘引箱，去除可能留下之蜜蜂味道。

(十) 進行下次實驗前均將兩通道入口處照片對調，並將蜜蜂誘引箱位置改變，防止蜜蜂記憶蜜源位置，影響實驗準確度。

(十一) 記錄分析兩通道通過之蜜蜂數量。

伍、研究結果

實驗一、野外觀察記錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍

本實驗從 2017 年 7 月 1 日至 2017 年 10 月 15 日於屏東縣建功村、台北市富陽公園及台北市劍南蝶園共採集記錄 29 隻三角蟹蛛雌蛛，記錄到體色只有白色及黃色兩種；其中白色體色個體佔 26 隻，全都棲息在白色花朵上，其中 13 隻於鬼針草上發現，13 隻於冇骨消上發現，黃色體色個體佔 3 隻，全都棲息在黃色花朵上，1 隻於馬纓丹上發現，2 隻於螳螂菊上發現（表 1、圖 13）。

表 1、三角蟹蛛雌蛛野外採集資料一覽表

標本編號	採集日期	採集地點	棲息植物	體色 (色碼)
TL01	2017-Jul-01	屏東縣建功村	鬼針草	FFFFFF5
TL02	2017-Jul-26	劍南蝶園	馬纓丹	FFE854
TL03	2017-Jul-26	劍南蝶園	冇骨消	FCFFEB
TL04	2017-Jul-27	富陽公園	鬼針草	FFFBE3
TL05	2017-Jul-28	富陽公園	鬼針草	FEFFE3
TL06	2017-Jul-30	劍南蝶園	螳螂菊	FFE030
TL07	2017-Jul-30	劍南蝶園	鬼針草	FFFDE0
TL08	2017-Jul-30	劍南蝶園	鬼針草	FDFEED
TL09	2017-Aug-05	劍南蝶園	冇骨消	FCFFF2
TL10	2017-Aug-05	劍南蝶園	鬼針草	FEFFF3
TL11	2017-Aug-19	富陽公園	冇骨消	FFFEFA
TL12	2017-Aug-20	劍南蝶園	鬼針草	FFFEED
TL13	2017-Aug-27	富陽公園	鬼針草	FFFFFF2
TL14	2017-Aug-27	富陽公園	螳螂菊	FFE74A
TL15	2017-Aug-27	富陽公園	冇骨消	FFFEFA
TL16	2017-Sep-09	富陽公園	冇骨消	FFFCF0
TL17	2017-Sep-17	劍南蝶園	鬼針草	FFFDF4
TL18	2017-Sep-17	劍南蝶園	鬼針草	FFFBF0
TL19	2017-Sep-17	劍南蝶園	冇骨消	FFFFFF8
TL20	2017-Sep-23	劍南蝶園	冇骨消	FFF6D9
TL21	2017-Sep-24	富陽公園	冇骨消	FFFDE3
TL22	2017-Sep-24	富陽公園	鬼針草	FEFFF4
TL23	2017-Sep-30	富陽公園	冇骨消	FFFFFF7
TL24	2017-Oct-08	富陽公園	鬼針草	FDFEED5
TL25	2017-Oct-08	富陽公園	冇骨消	FFFEF7
TL26	2017-Oct-08	富陽公園	冇骨消	FFFFFF4
TL27	2017-Oct-14	富陽公園	冇骨消	FFFFFF3
TL28	2017-Oct-14	富陽公園	冇骨消	FFFDF2
TL29	2017-Oct-15	劍南蝶園	鬼針草	FDFEED0

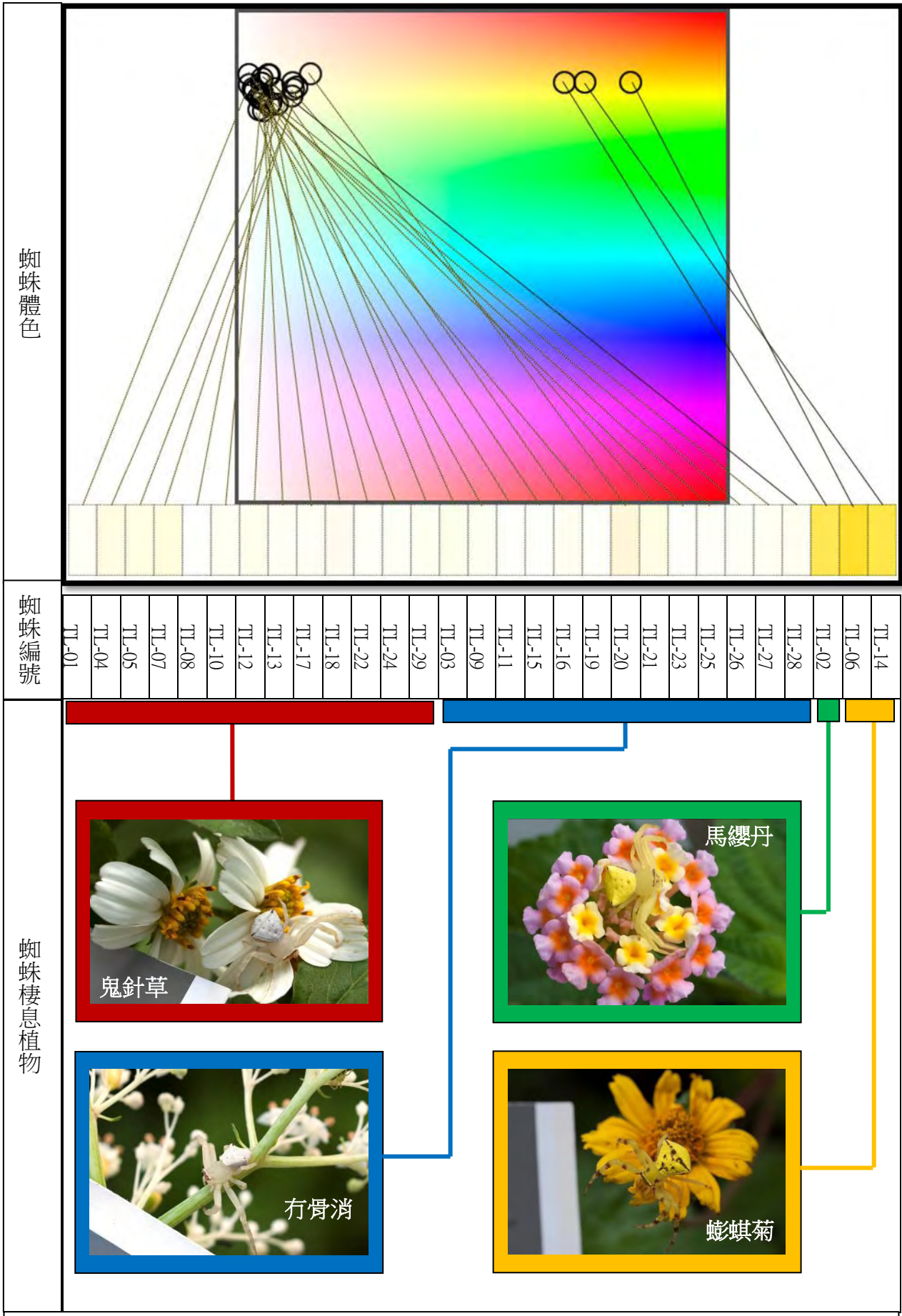
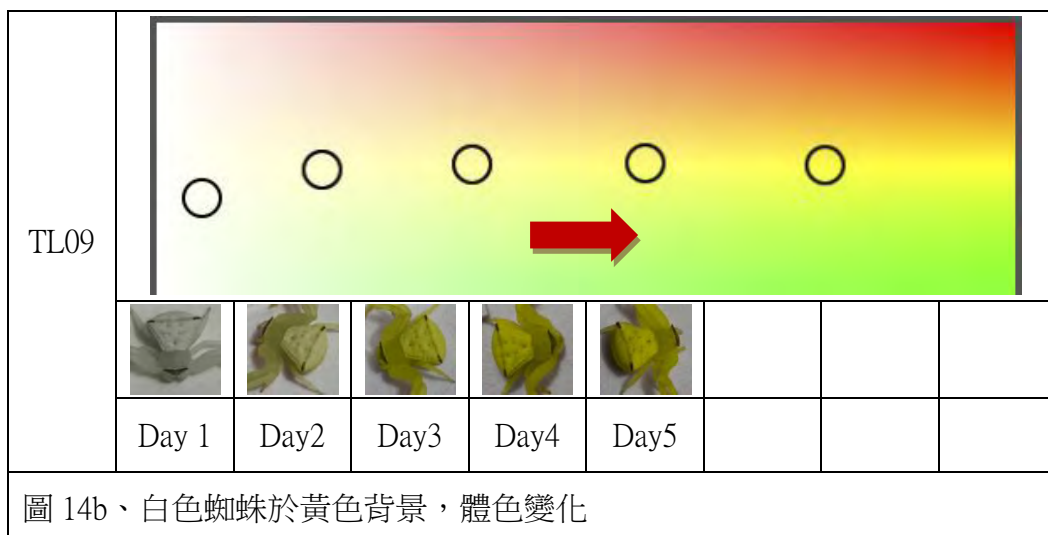
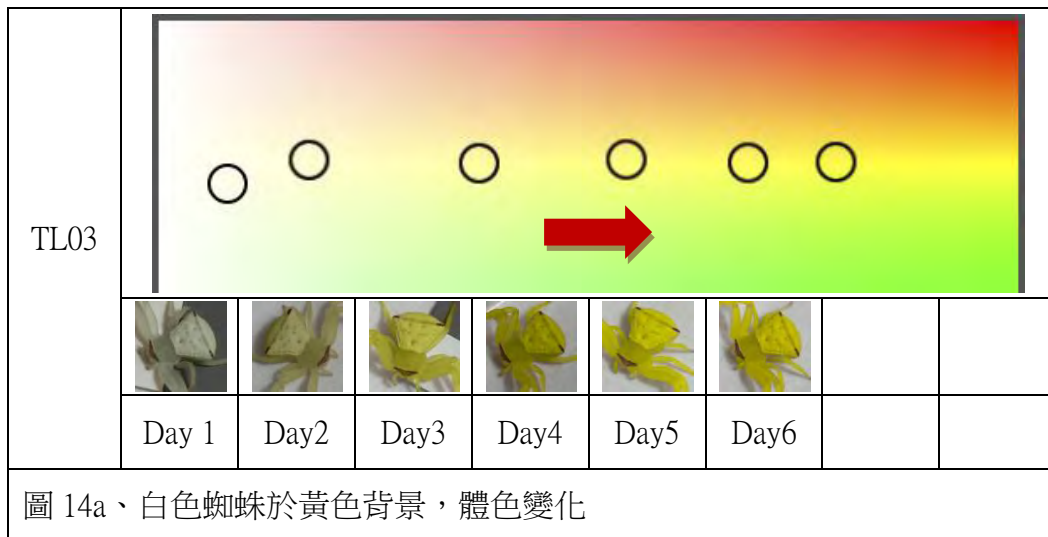


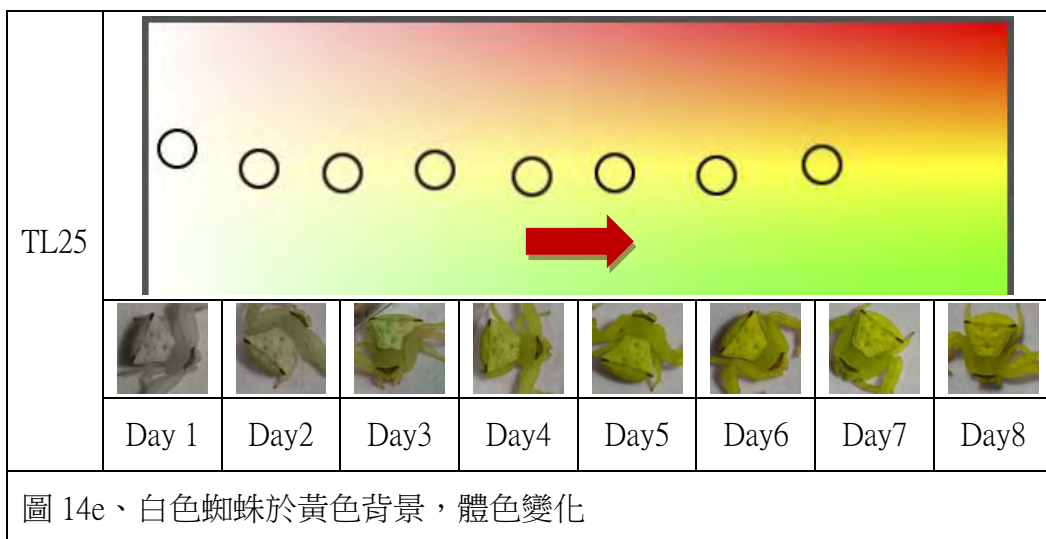
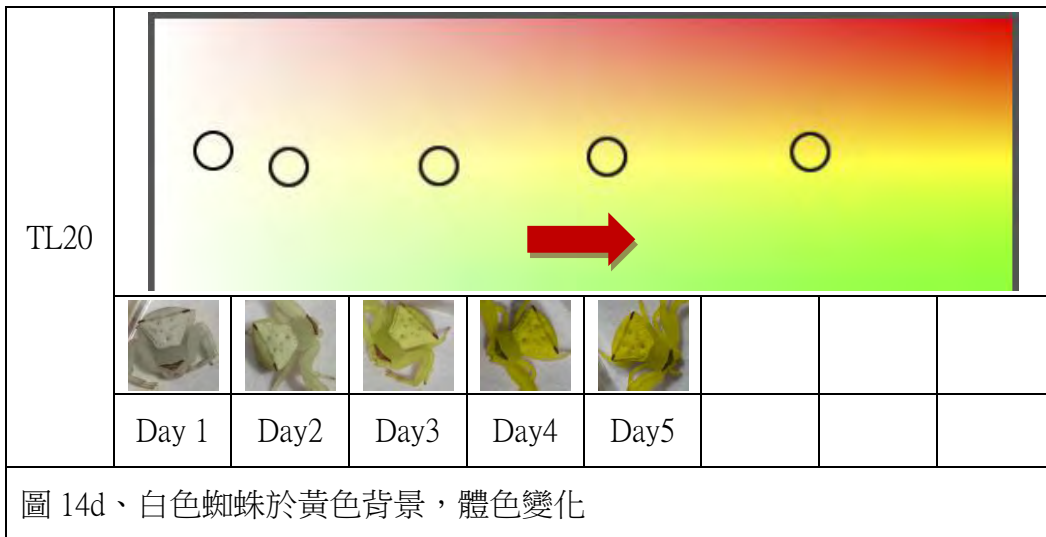
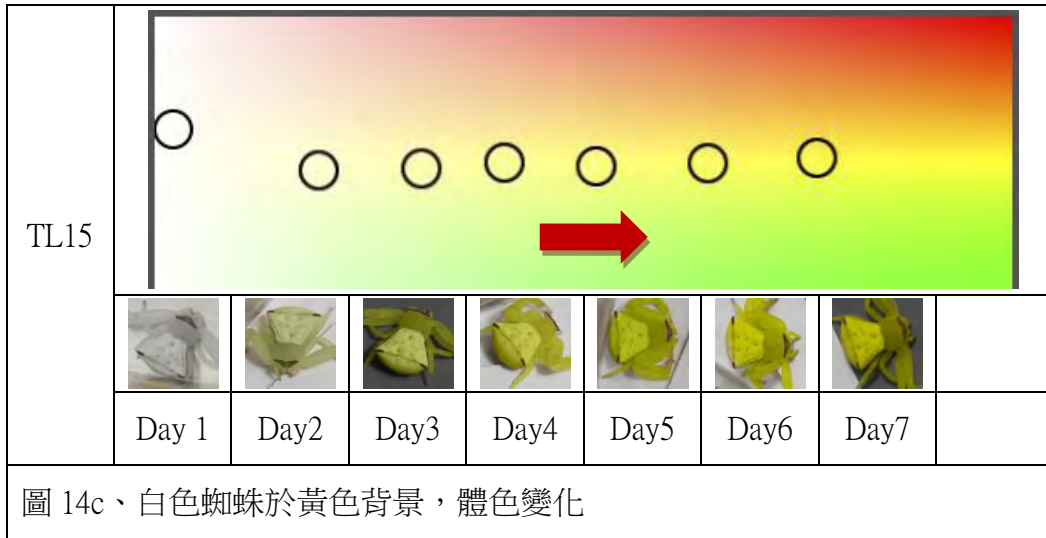
圖 13、野外採集三角蟹蛛雌蛛棲息植物及體色分布範圍。(N = 29)

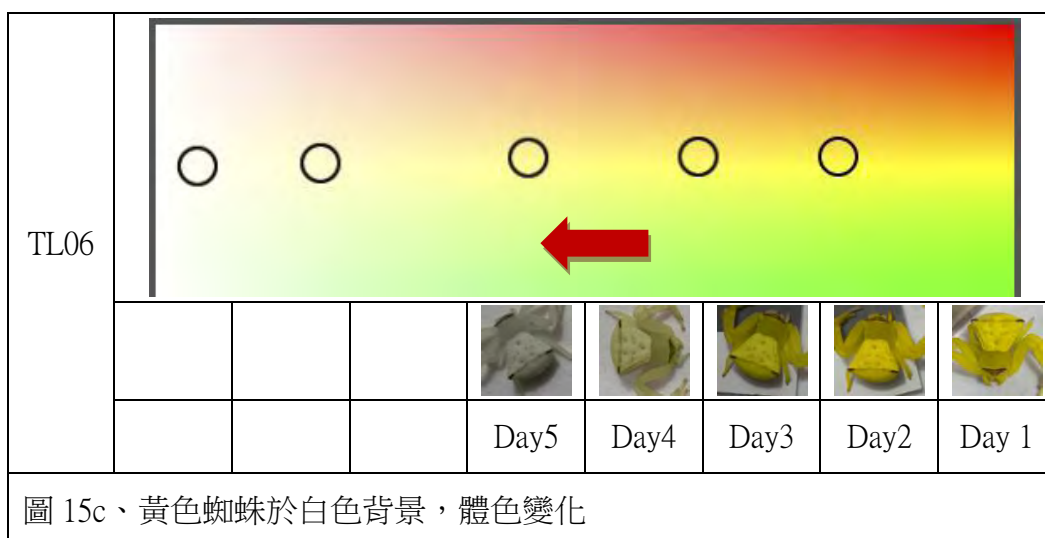
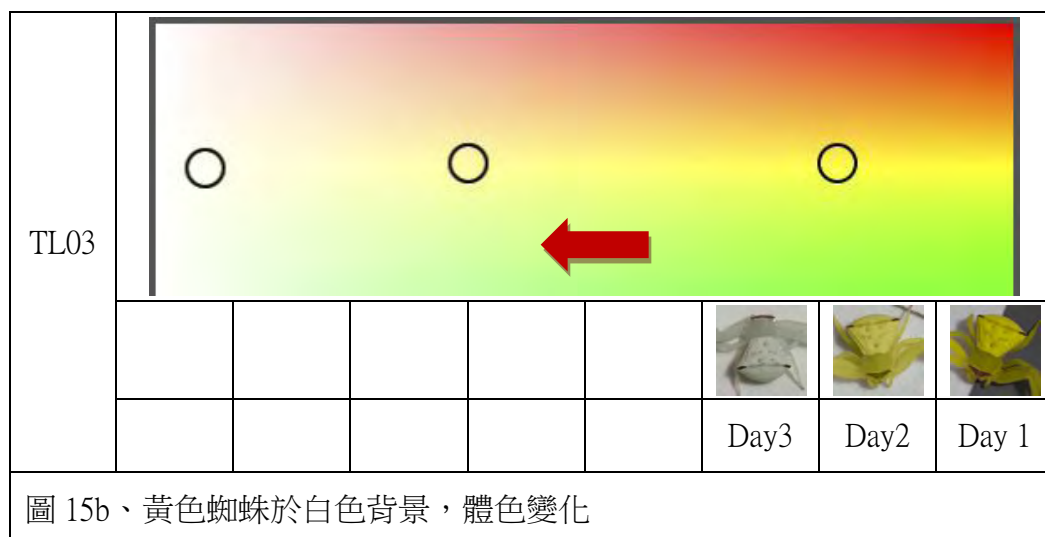
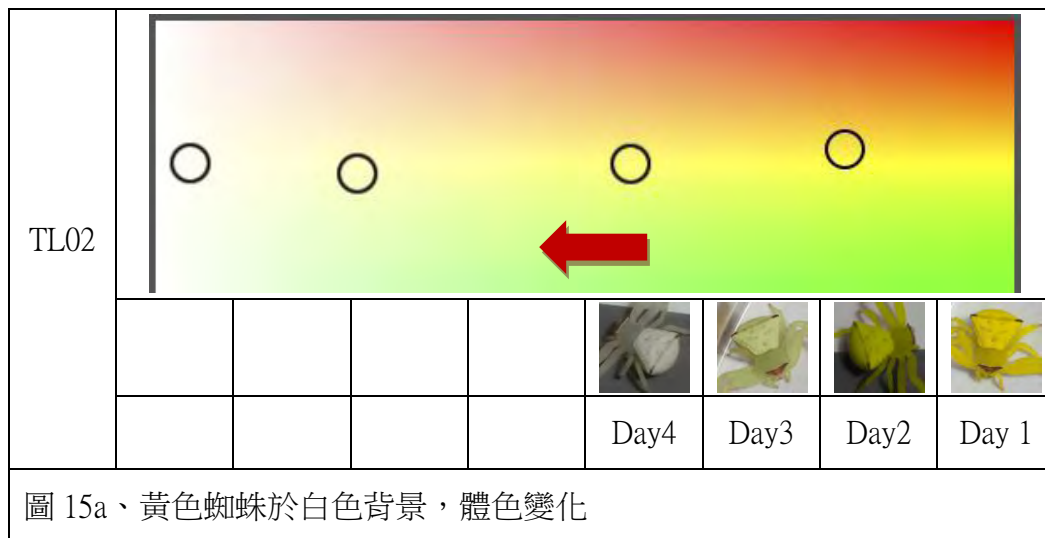
實驗二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色

本實驗從 2017 年 7 月 28 日至 2017 年 10 月 20 日，進行下列各種處理之蜘蛛體色變化，每種處理個觀察 5 隻，結果如下：

- (一) 白色蜘蛛於黃色背景：5 隻白色蜘蛛體色均轉變成黃色，所花時間從 5 到 8 天，平均花費時間為 6.2 天 (圖 14、a-e)。
- (二) 黃色蜘蛛於白色背景：5 隻黃色蜘蛛體色均轉變成白色，所花時間從 3 到 5 天，平均花費時間為 3.6 天 (圖 15、a-e)。
- (三) 白色蜘蛛於藍色背景：5 隻白色蜘蛛體色在 4 天內均無太大變化 (圖 16)。
- (四) 白色蜘蛛於紅色背景：5 隻白色蜘蛛體色在 4 天內均無太大變化 (圖 17)。
- (五) 白色蜘蛛於黑色背景：5 隻白色蜘蛛體色在 4 天內均無太大變化 (圖 18)
- (六) 白色蜘蛛於綠色背景：5 隻白色蜘蛛體色在 4 天內均無太大變化 (圖 19)







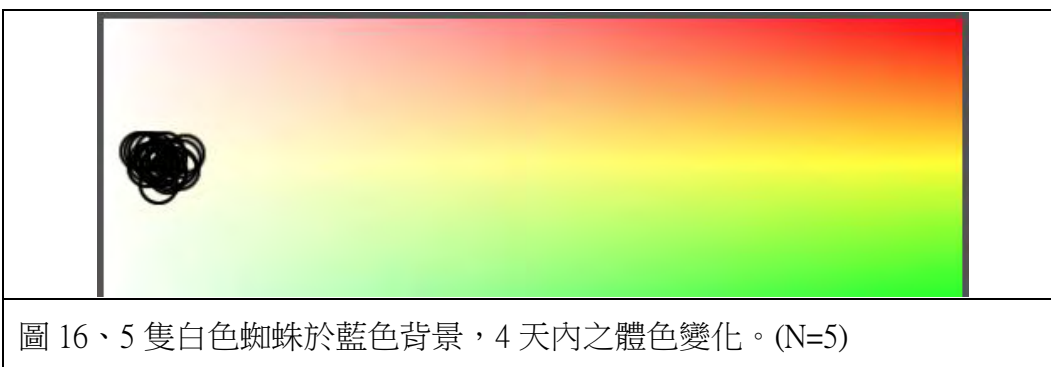
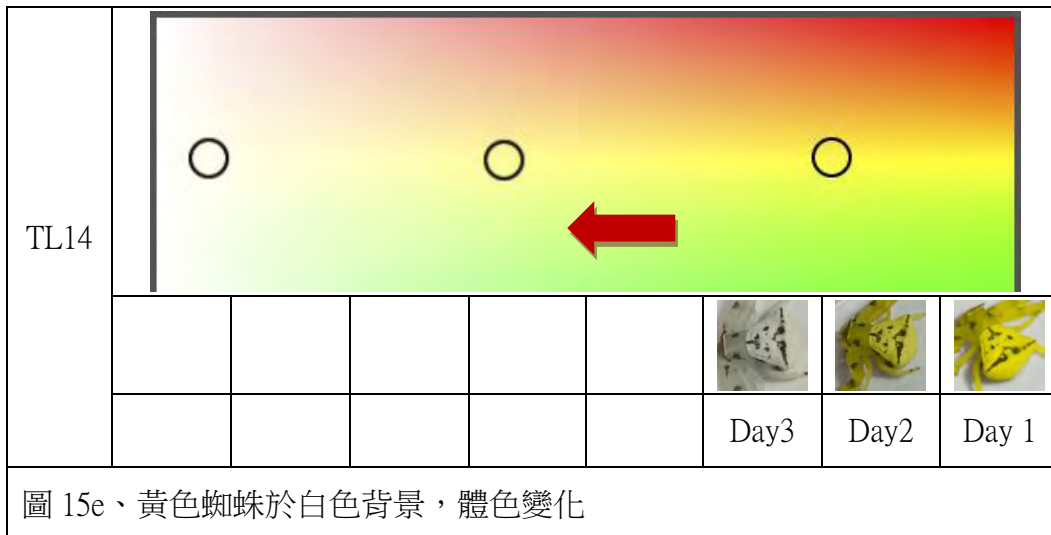
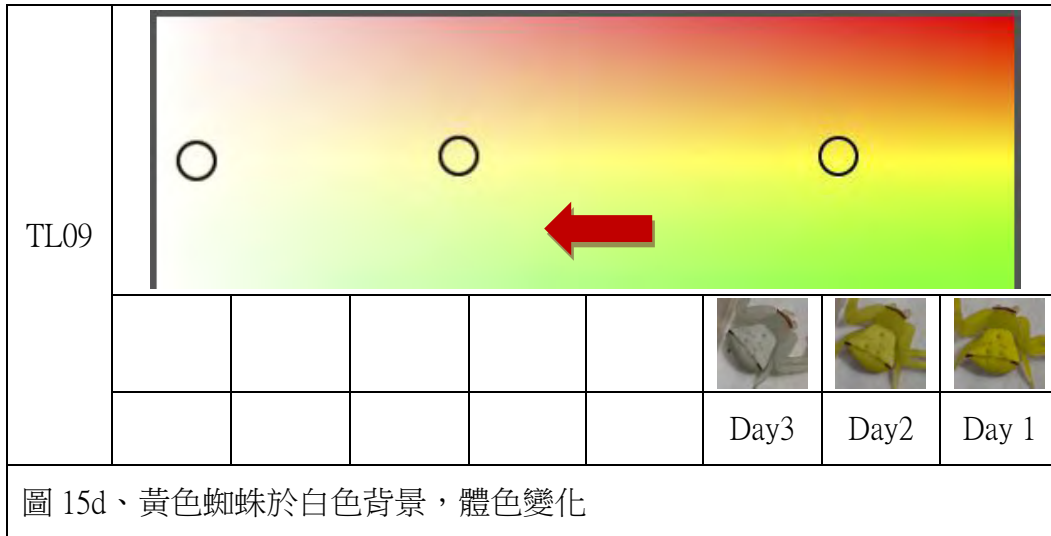




圖 17、5 隻白色蜘蛛於紅色背景，4 天內之體色變化。(N=5)



圖 18、5 隻白色蜘蛛於黑色背景，4 天內之體色變化。(N=5)



圖 19、5 隻白色蜘蛛於綠色背景，4 天內之體色變化。(N=5)

實驗三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化

本實驗進行下列各種處理觀察蜘蛛體色變化，每種處理各觀察 3 隻，結果如下：

- (一) 破壞眼睛之白色蜘蛛於黃色背景：3 隻白色蜘蛛體色在 4 天內均無太大變化 (圖 20)。
- (二) 破壞眼睛之黃色蜘蛛於白色背景：3 隻黃色蜘蛛體色在 4 天內均無太大變化 (圖 21)。



圖 20、3 隻破壞眼睛之白色蜘蛛於黃色背景，4 天內之體色變化。(N=3)



圖 21、3 隻破壞眼睛之黃色蜘蛛於白色背景，4 天內之體色變化。(N=3)

實驗四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物 (蜜蜂) 是否具有隱蔽效果

本實驗於 2017 年 12 月 3 日至 2018 年 1 月 13 日，進行兩種處理之實驗，每種處理重複 3 次，每次實驗時間為 1 週，共 6 週。

6 次實驗結果顯示，蜜蜂選擇通過三角蟹蛛雌蛛棲息於與體色相近花色上的通道之機率均高於蜘蛛體色與花朵顏色差異大之通道 (圖 22)。

第一種處理，兩通道口照片分別為白色蜘蛛棲息於白色花朵與黃色蜘蛛棲息於白色花朵，3次重複實驗，蜜蜂通過白色蜘蛛棲息於白色花朵通道的數量總和為163隻次，蜜蜂通過黃色蜘蛛棲息於白色花朵通道的數量總和為7隻次（圖23）；

針對兩組數據進行百分比差異檢定：

虛無假設 (H_0)：P=0.5 (選擇白色蜘蛛棲息於白色花朵通道的機率為50%，即為隨機)

信賴區間設為95%

$$Z = (p' - p) / (pq / N)^{1/2} ;$$

其中 $p' = f / N$ ；(f 為選擇白色蜘蛛棲息於白色花朵通道的隻數，N 為總樣本數)

$$\text{故 } z = ((163/170) - 0.5) / (0.5*0.5 / 10)^{1/2} = 2.90$$

雙側考驗的臨界值為 $z_{.025} = -1.96$ 和 $z_{.975} = 1.96$ ，2.90 在 -1.96 至 1.96 區間之外，故否定

(H_0)：P=0.5，即蜜蜂選擇白色蜘蛛棲息於白色花朵通道，並非隨機。

第二種處理，兩通道口照片分別為黃色蜘蛛棲息於黃色花朵與白色蜘蛛棲息於黃色花朵，3次重複實驗，蜜蜂通過黃色蜘蛛棲息於黃色花朵通道的數量總和為161隻次，蜜蜂通過白色蜘蛛棲息於黃色花朵通道的數量總和為2隻次（圖24）；

針對兩組數據進行百分比差異檢定：

虛無假設 (H_0)：P=0.5 (選擇黃色蜘蛛棲息於黃色花朵通道的機率為50%，即為隨機)

信賴區間設為95%

$$Z = (p' - p) / (pq / N)^{1/2} ;$$

其中 $p' = f / N$ ；(f 為選擇黃色蜘蛛棲息於黃色花朵通道的隻數，N 為總樣本數)

$$\text{故 } z = ((161/163) - 0.5) / (0.5*0.5 / 10)^{1/2} = 3.09$$

雙側考驗的臨界值為 $z_{.025} = -1.96$ 和 $z_{.975} = 1.96$ ，3.09 在 -1.96 至 1.96 區間之外，故否定

(H_0)：P=0.5，即蜜蜂選擇黃色蜘蛛棲息於黃色花朵通道，並非隨機。

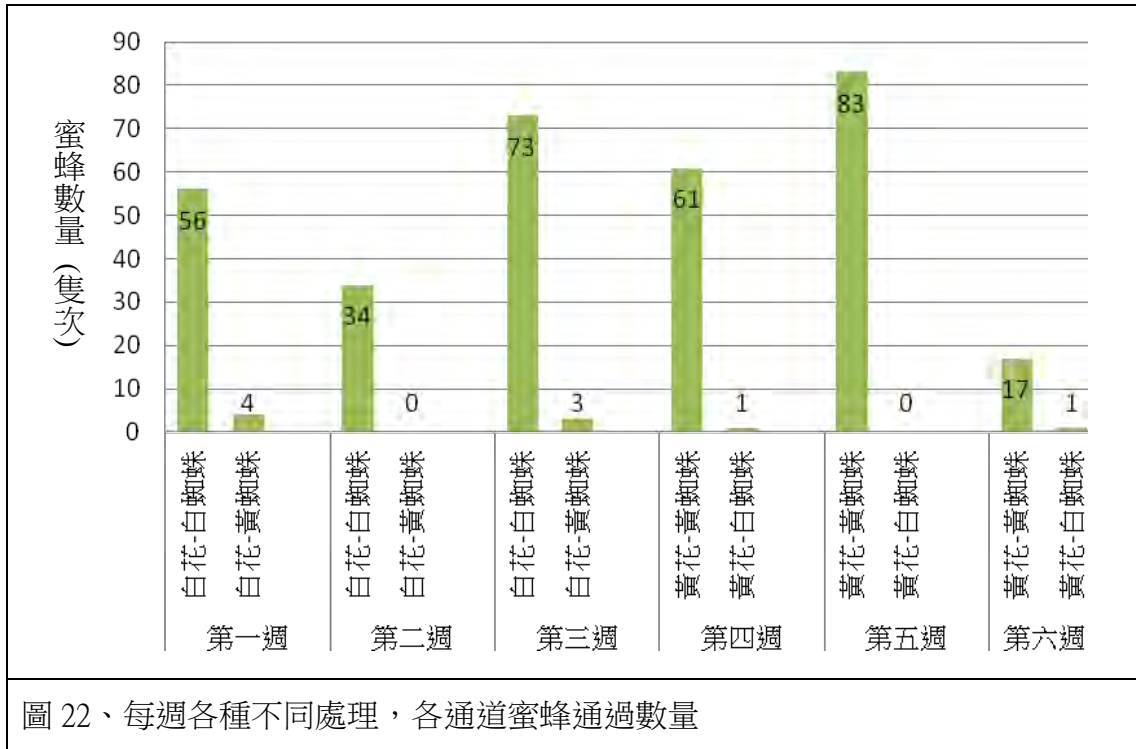


圖 22、每週各種不同處理，各通道蜜蜂通過數量

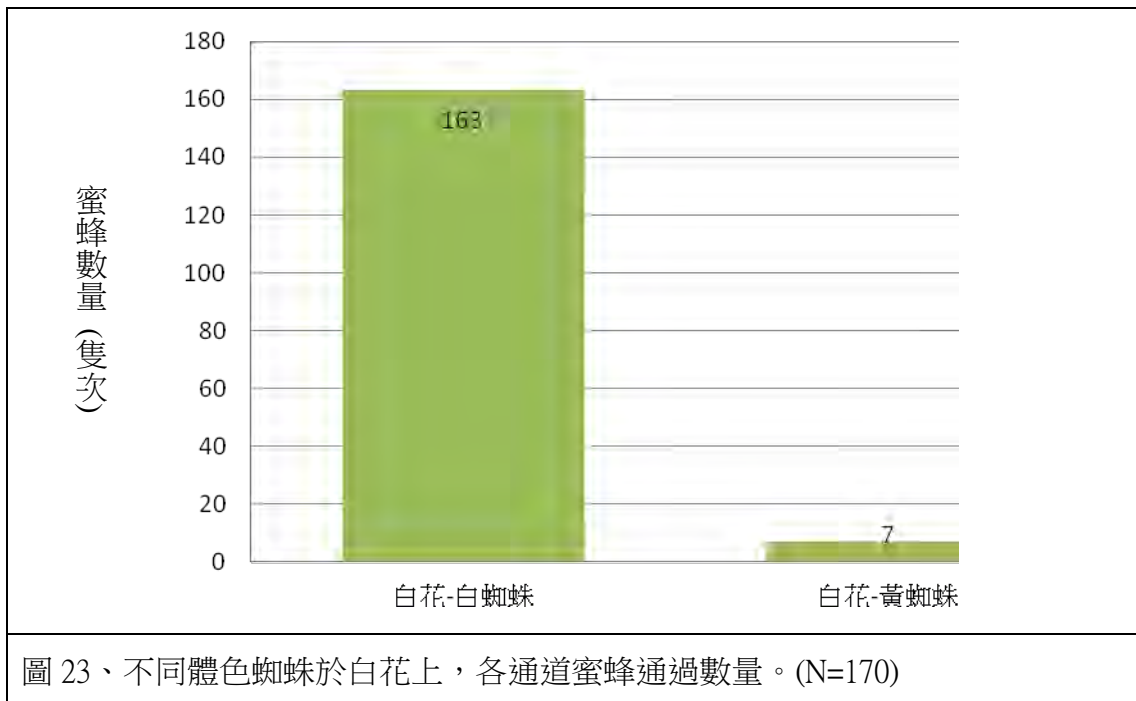
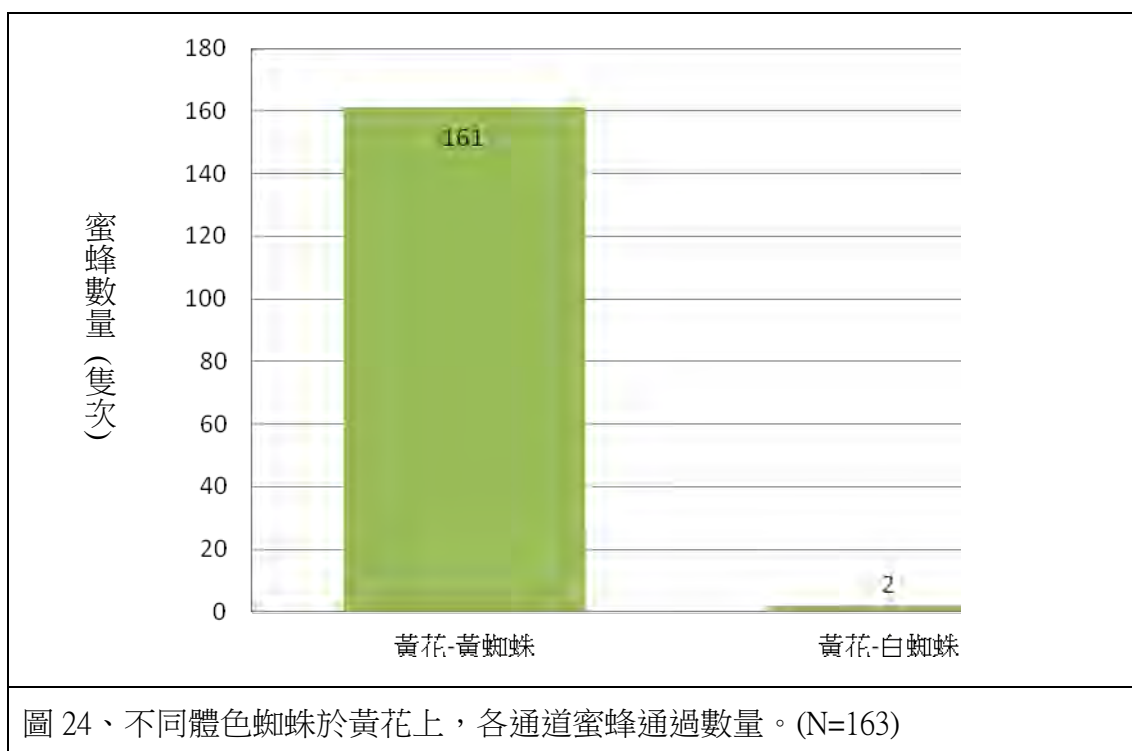


圖 23、不同體色蜘蛛於白花上，各通道蜜蜂通過數量。(N=170)



陸、討論

實驗一、野外觀察記錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍

野外觀察紀錄顯示，三角蟹蛛雌蛛體色僅有白、黃兩種體色，白色個體發現比例較高，且白色個體均在白色花的鬼針草 (圖 25) 及冇骨消 (圖 26) 上發現，黃色個體均在黃色花的馬纓丹 (圖 27) 及蟛蜞菊 (圖 28) 上發現。

而在三角蟹蛛雌蛛採集地點，可發現各色花朵，如紅色花的九芎 (圖 29)、紫色花的立鶴花 (圖 30)、橘色花的射干 (圖 31)，甚至同樣是黃色蜘蛛個體會棲息的馬纓丹，但因為是紅色花 (圖 32) 就未發現三角蟹蛛雌蛛棲息於其上，因此我們推測，三角蟹蛛雌蛛體色應該只能於黃、白色間轉換，所以接著進行實驗二，將三角蟹蛛雌蛛飼養於各色背景色中，實際觀察其體色變化狀況。



圖 25、白色蜘蛛棲息於鬼針草



圖 26、白色蜘蛛棲息於冇骨消



圖 27、黃色蜘蛛棲息於馬纓丹

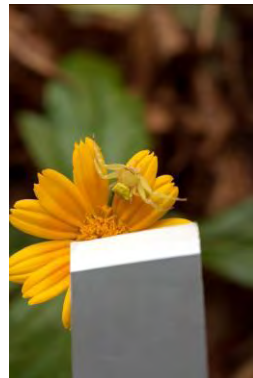


圖 28、黃色蜘蛛棲息於蜚蜞菊



圖 29、九芎 (紅花)



圖 30、立鶴花 (紫花)



圖 31、射干 (橘花)



圖 32、紅色花的馬纓丹

實驗二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色

根據實驗數據可知，三角蟹蛛雌蛛體色可依照所處環境背景顏色轉換體色，但僅能在黃、白間轉換，且從白色轉換成黃色須花較多時間，從黃色轉換成白色所花時間相對較短。

狹義的色素細胞，有三種：一類是黑色素細胞，是帶黑色或褐色素的細胞；一類為白色素細胞，為發白色的結晶體；另一類是帶黃色或紅色素的黃色素細胞；色素細胞主要分布於生物表皮下，形狀不規則，色素細胞受環境刺激伸張時，皮膚的全面佈滿色素，故色澤顯著，反之，色素細胞收縮時，則色素粒縮小，全體褪色，常見的例子如烏賊皮膚的色素細胞極大，且附有多數肌纖維負責色素細胞的伸縮而改變體色 (色素細胞, 1983)。

而根據文獻提到，生物改變體色的方式大約可分成兩種：第一種是藉由真皮色素細胞的數量或型態發生改變造成，此類方式耗時比較久，需花費數天至數個月；第二種是改變色素顆粒在色素細胞內的分布，來改變身體膚色的明暗度，此種方式是受到神經的調控，所以可以在數秒內立即改變個體顏色 (駱宛琳, 2015)。

根據實驗結果，我們推測三角蟹蛛雌蛛體色的轉變應該屬於第一種，即受環境刺激時開始合成色素，增加真皮色素細胞的色素量，達到改變體色的目的，其所花時間需要數天。

另我們推測三角蟹蛛雌蛛體內合成的色素種類應為黃色素，當三角蟹蛛雌蛛處於黃色背景時需合成黃色素，因為是合成反應，需花較多能量，所以從白色體色轉換成黃色體色，需花較長時間 (約 5 ~ 8 天)；但從黃色體色轉換成白色體色，僅是將黃色素分解，所花能量較少，相對所花時間較短 (約 3 ~ 5 天)，不同個體體色轉換所花天數差異有可能是因為不同蜘蛛其飢餓程度不同，體內所儲存能量不同，所以造成合成黃色素所需時間不等。

關於三角蟹蛛雌蛛體內色素合成的生理作用，我們希望能在未來進行更深入的研究。

實驗三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化

根據文獻許多生物體色之變化，可能受到日照、溫度或以視覺感應週遭環境顏色來轉換體色 (曾栩琦、羅寬愉、陳建錫、林政宇, 2003；黃擎、李政憲, 2007；蕭志浩, 2012)，但三角蟹蛛雌蛛在我們觀察的同一時間，同一溫度及相同光照下，黃色及白色個體均有發現，所以研判溫度及光照並非影響三角蟹蛛雌蛛體色變化之原因，因此實驗從視覺方向著手，實驗結果顯示，破壞眼睛之白色個體置於黃色背景色，及破壞眼睛之黃色個體置於白色背景色，

均無法轉變體色，故證明三角蟹蛛雌蛛是以視覺感應環境顏色來達到進行體色轉換。

實驗四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物（蜜蜂）是否具有隱蔽效果

本實驗選用蜜蜂當成蜘蛛獵物，主要是野外觀察發現蜜蜂是三角蟹蛛常捕捉到的獵物之一（圖 33）。

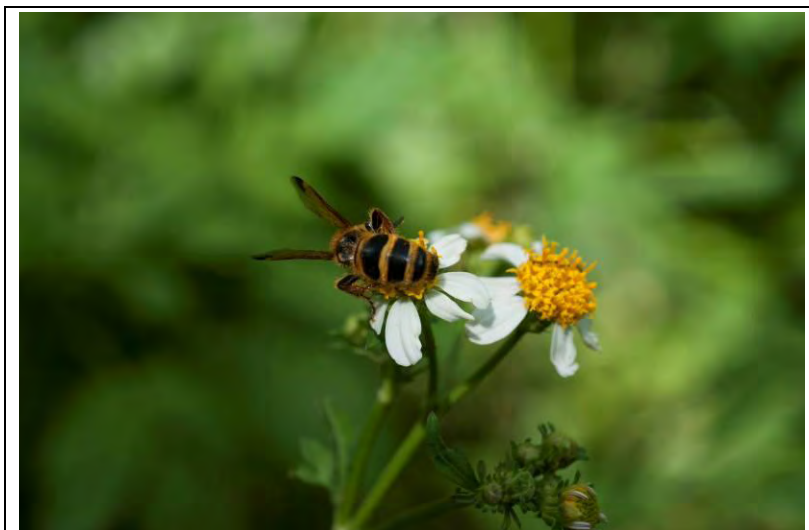


圖 33、蜜蜂，三角蟹蛛主要獵物之一

一般認為蜜蜂對色彩對比差異小的花朵容易誤認，所以蜜蜂與花朵的共同演化中，演化的壓力是朝向花朵的，許多花朵會演化形成相近顏色，增加蜜蜂拜訪達到授粉機會（陳曦，2011），所以三角蟹蛛雌蛛可能也在此演化過程中演化出與昆蟲喜歡拜訪的花朵相近的顏色，以增加成功捕食到獵物的機率。

根據文獻可知，蜜蜂小眼內每一個感光細胞對光波長各有不同的敏感度，所以只要有具備不同光譜感度的感光細胞，該複眼即可能具有分辨不同波長的色覺能力，蜜蜂的複眼中感光細胞有 3 類，分別對紫外光 (350 nm)、藍色光 (440 nm)、綠色光 (540 nm) 敏感，有別於人眼（楊恩誠，2016），雖然我們未建立三角蟹蛛雌蛛體色與其所棲息的花朵顏色在蜜蜂眼中實際的光譜，但從我們的實驗結果的確發現，不論白色蜘蛛位於白色花上，或黃色蜘蛛位於黃色花上，即從人眼中觀察，蜘蛛體色與花色對比小時，其獵物（蜜蜂）選擇通過該通道的機率均高過蜘蛛位於與體色不同花色上的通道之機率，。

柒、結論

根據上述討論結果我們歸納出以下幾點結論：

- 一、三角蟹蛛雌蛛在野外主要體色為白色及黃色，白色佔的比例較高，且三角蟹蛛雌蛛會棲息於與體色相近的花上等待獵物。
- 二、三角蟹蛛雌蛛體色變異並非遺傳多樣性，而是可以隨環境背景色改變，但僅能在白色及黃色間轉換，而且黃色轉換成白色所花時間較白色轉換成黃色所花時間來的短。
- 三、三角蟹蛛雌蛛主要是靠視覺感應週遭環境背景色來改變體色。
- 四、不同體色之三角蟹蛛雌蛛棲息於與體色相近花色上對獵物的確具有隱蔽性，即白色蜘蛛棲息在白色花朵上，黃色蜘蛛棲息在黃色花朵上，較不容易被其獵物（蜜蜂）發現，而增加三角蟹蛛雌蛛成功捕食到蜜蜂的機率。

捌、未來展望

- 一、我們在野外調查發現白色體色的三角蟹蛛雌蛛主要棲息在鬼針草及冇骨消，黃色體色的三角蟹蛛雌蛛主要棲息在馬纓丹及蟛蜞菊上，未來將針對其他在人眼中同樣具有白花或黃花的其他種類植物，建立蜜蜂眼中的反射光譜，比對是否同樣與體色相近的蜘蛛間對比差異小。
- 二、三角蟹蛛的獵物並非只有蜜蜂，而不同昆蟲視覺所接收的光譜波長可能又有差異，所以未來我們希望針對三角蟹蛛各種獵物（昆蟲），建立不同昆蟲眼中三角蟹蛛體色與其棲息花色的實際光譜，探討三角蟹蛛各種獵物其眼中三角蟹蛛體色與其所棲息花色的對比差異度，與這些獵物拜訪有三角蟹蛛棲息花朵的機率。
- 三、三角蟹蛛具有八個眼睛，本實驗是破壞所有眼睛，發現蜘蛛體色就無法隨環境色改變體色，但蜘蛛八個眼睛是否均具有相同功能，破壞部分眼睛是否也能影響體色變化。
- 四、三角蟹蛛雌蛛體色在進行轉換時，不同個體其花費天數會有差異，我們認為可能是與蜘蛛體內所儲存能量多寡有關，未來將利用餵食獵物數量來控制其體內儲存能量的多寡，進而檢視不同獵物餵食量與體色轉換花費天數間是否呈正相關。

玖、致謝

本實驗能夠完成要感謝學校提供相關器材；另外還要感謝生物老師在文獻資料之導讀、野外實驗、數據結果統計及討論上之指導。

拾、參考文獻

色素細胞 (1983)。中華百科全書。取自 <http://ap6.pccu.edu.tw/Encyclopedia/data.asp?id=1875>

林英智 (2016)。國中自然與生活科技一上。新北市：康軒文教事業股份有限公司。

陳世煌 (2001)。臺灣常見蜘蛛圖鑑。台北市：行政院農業委員會。

陳曦 (2011)。圖變「蜜」碼—蜜蜂視覺經驗的擷取與 top-down process。臺灣國際科學展覽會。

曾栩琦、羅寬愉、陳建錫、林政宇 (2003)。壁虎的聲色場所。中華民國第 43 屆中小學科學展覽會。

黃擎、李政憲 (2007)。黑殼蝦的體色。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會。

楊恩誠 (2016)。昆蟲複眼視覺-研究與仿生應用。臺大校友雙月刊，104，8-11。

蕭志浩 (2012)。水中忍者—研究日本沼蝦對棲地環境的適應。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。

駱宛琳 (2015)。【繽紛生態】變色龍的百變秘密。CASE 報科學。取自 <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=21219>

【評語】 030311

1. 研究主題在探討三角蟹蛛雌蛛體色的變異，棲息於與體色相近的環境因素，對其獵物蜜蜂是否真的具有隱蔽性。
2. 此作品之研究目標明確，與教材具相關性，有助了解三角蟹蛛雌蛛體色變化與環境及隱蔽性的關聯。
3. 本研究在三角蟹蛛雌蛛體色上，已有變色的外部觀察基礎，未來對於三角蟹蛛雌蛛體內色素調控生理作用的研究，應該會更具科學的挑戰，並引起讀者的興趣。
4. 影響體色轉換機制探討的實驗中，動物處理方式有爭議(用針弄瞎)，且缺少對照組。
5. 將眼睛弄瞎，可能證明視覺對體色改變的重要性，但是眼睛弄瞎對身體的傷害很大，也可能造成無法改變體色，因此建議用黑指甲油塗遮眼睛，也可洗掉，使得體色改變。體色改變對捕食成效的評估，需進一步做試驗。

研究動機

三角蟹蛛 (*Thomisus labefactus* Karsch), 其雌性個體常見體色為黃色及白色, 且常棲息於與體色相近顏色的花上守株待兔, 等待獵物上門。



能否轉換體色



?

- 一、在野外還有那些體色變化?
- 二、不同的體色是天生的, 還是能隨環境改變體色?
- 三、若能改變體色, 其變色機制為何?
- 四、蜘蛛棲息在與體色相近花上對獵物是否具有隱蔽性?

研究架構

三角蟹蛛雌蛛體色變異的探討

野外觀察紀錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍

三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色

視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化

三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物(蜜蜂)是否具有隱蔽效果

研究過程或方法

實驗一、野外觀察紀錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍

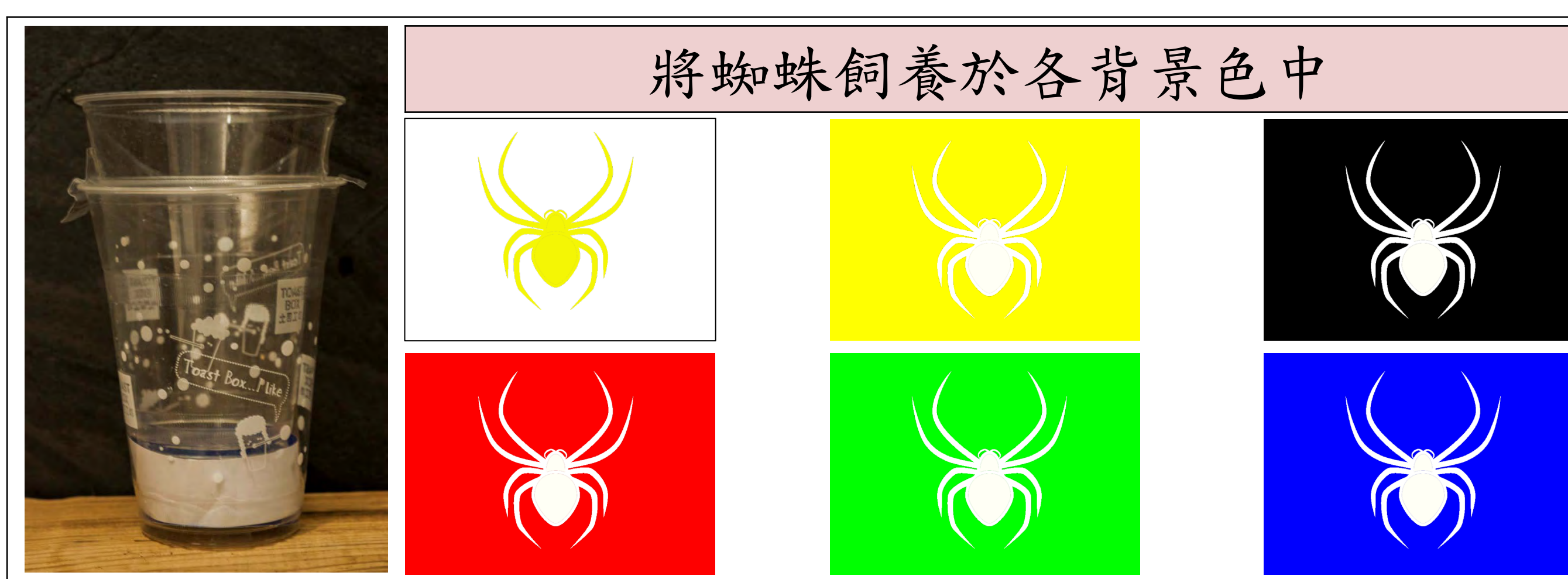


尋找三角蟹蛛

1. 拍照、記錄體色
2. 記錄棲息植物

帶回實驗室飼養

實驗二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色



每天拍照, 記錄體色變化

實驗三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化

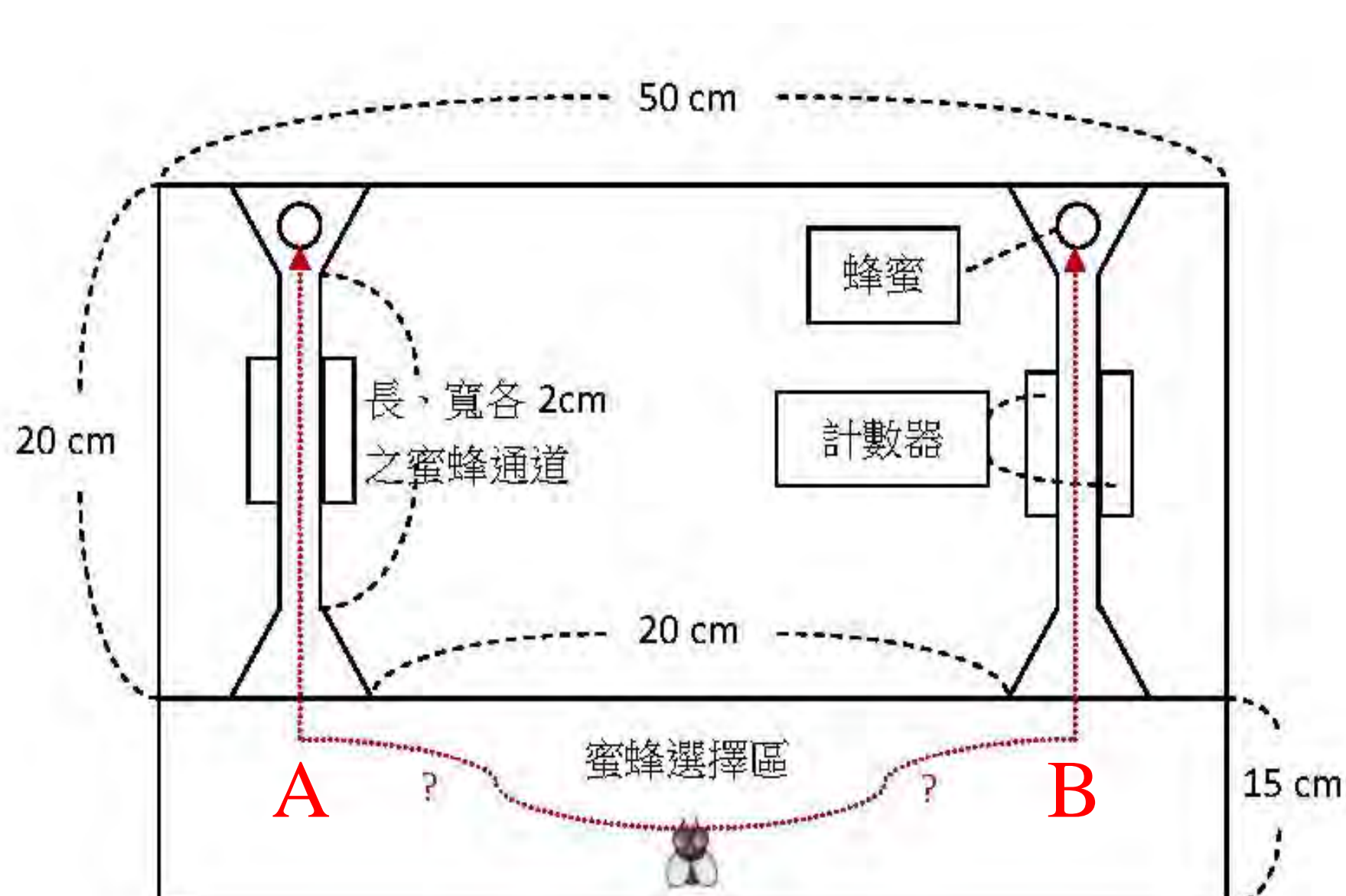
破壞三角蟹蛛雌蛛眼睛

置於不同背景色中飼養

1. 白色蜘蛛置於黃色背景
2. 黃色蜘蛛置於白色背景

每天拍照, 記錄體色變化

實驗四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物(蜜蜂)是否具有隱蔽效果



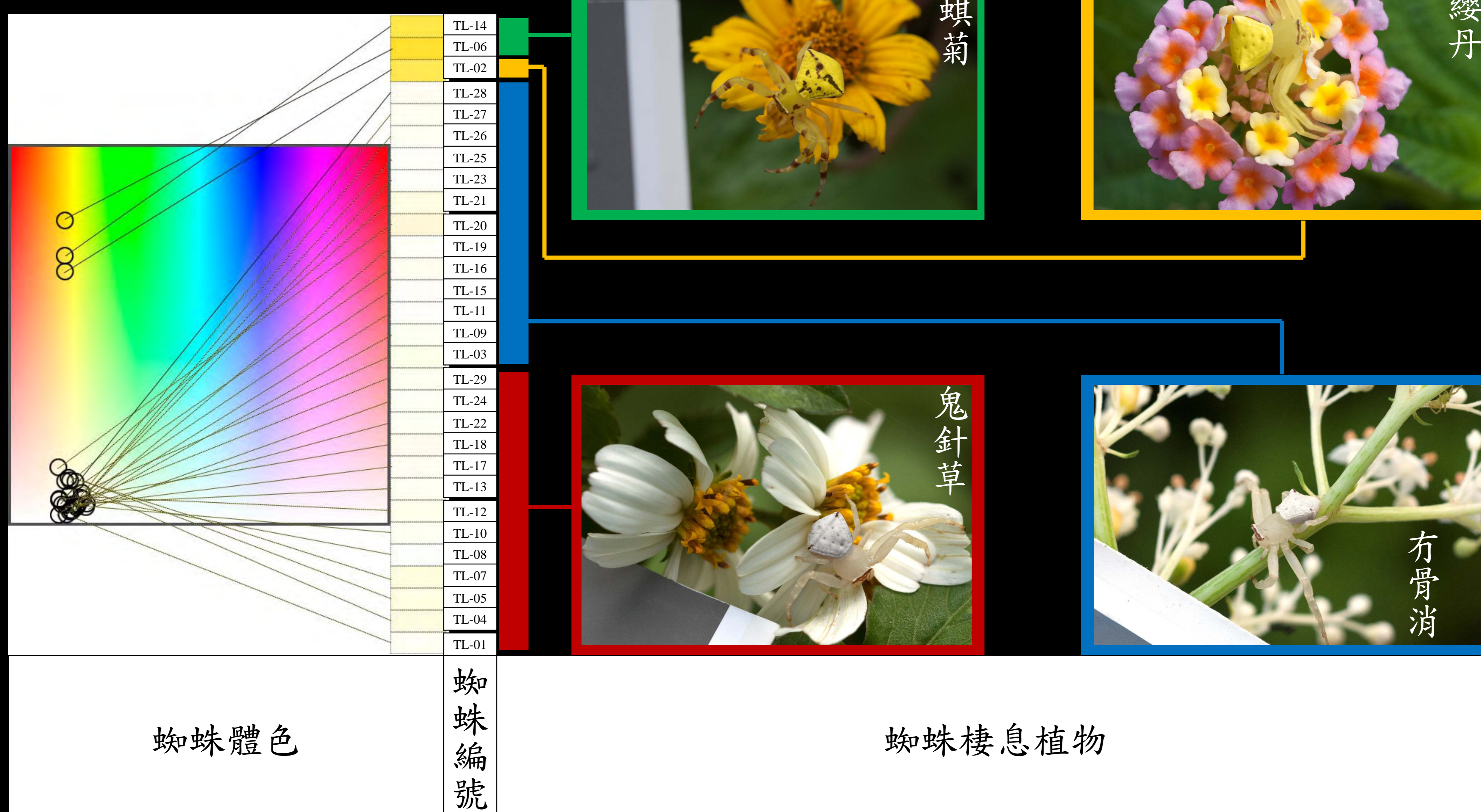
實驗處理種類



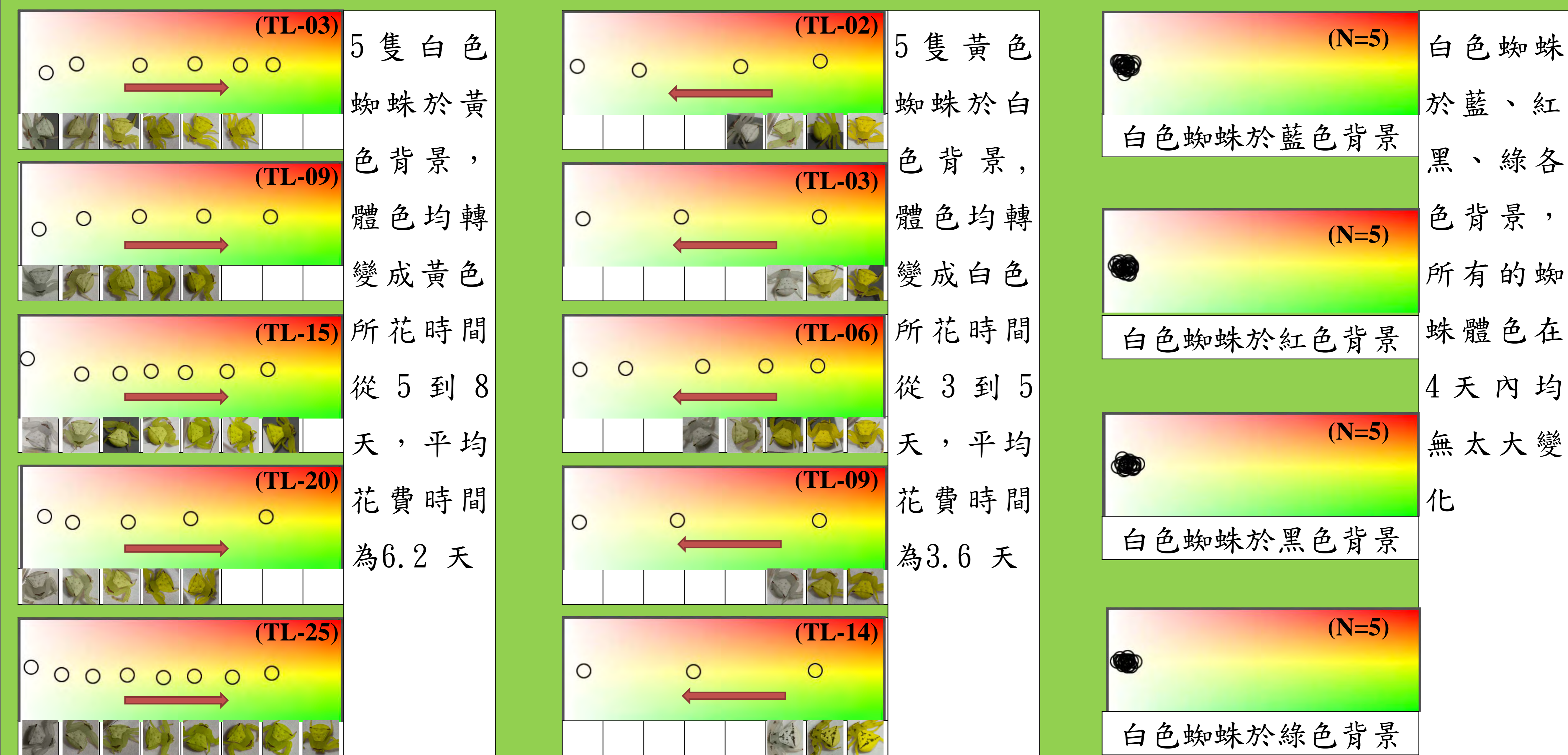
記錄、分析
各通道蜜蜂通過數量

研究結果

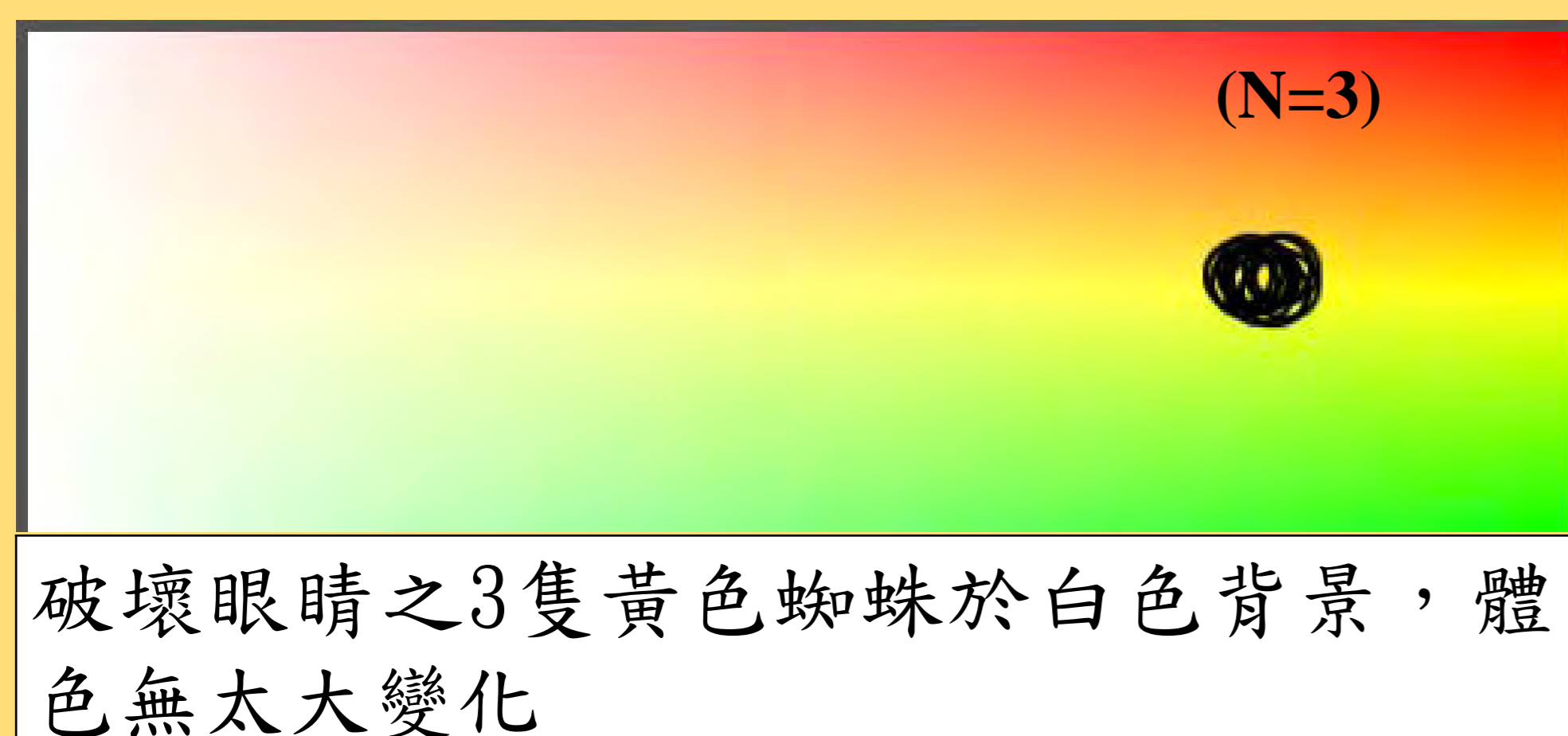
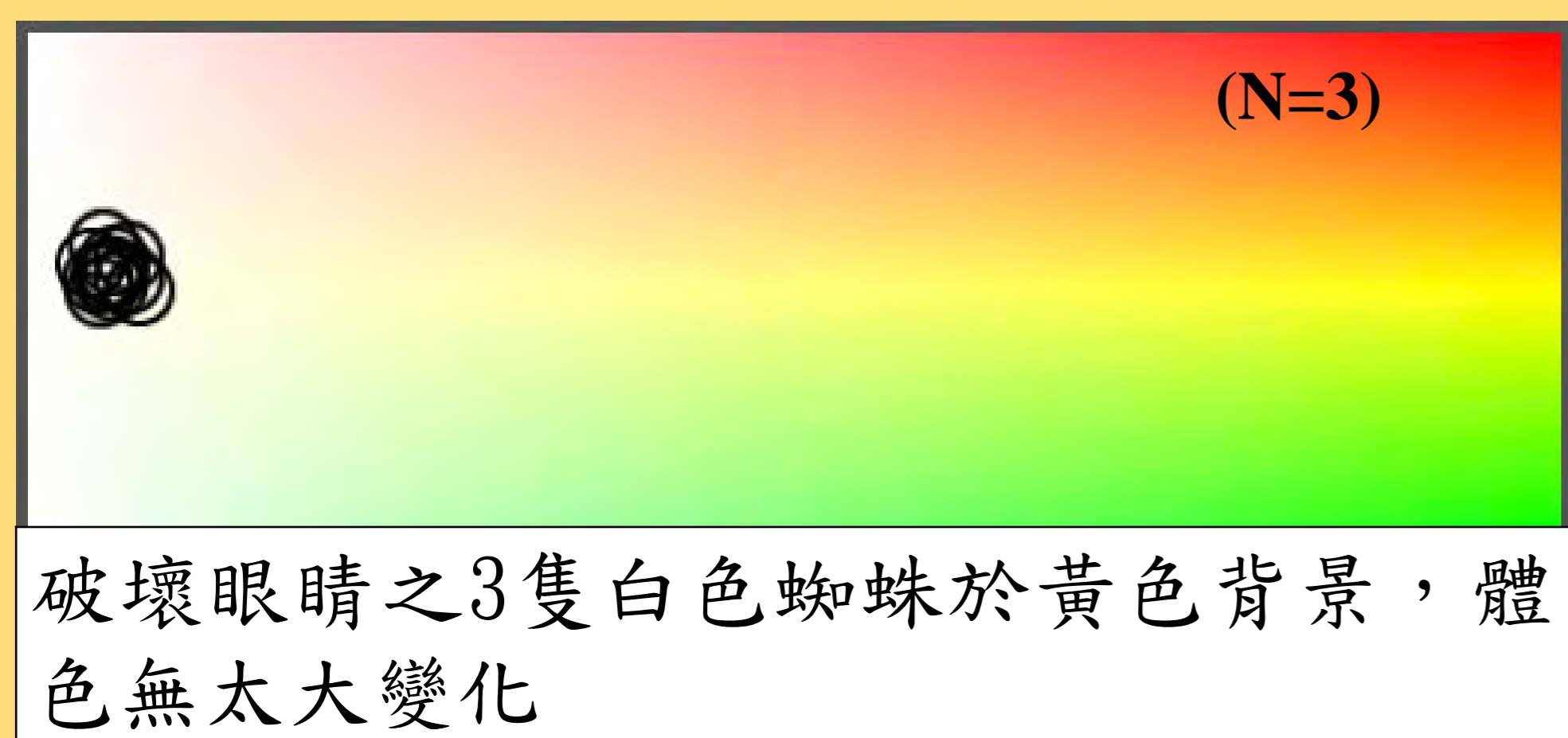
實驗一、野外觀察紀錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍



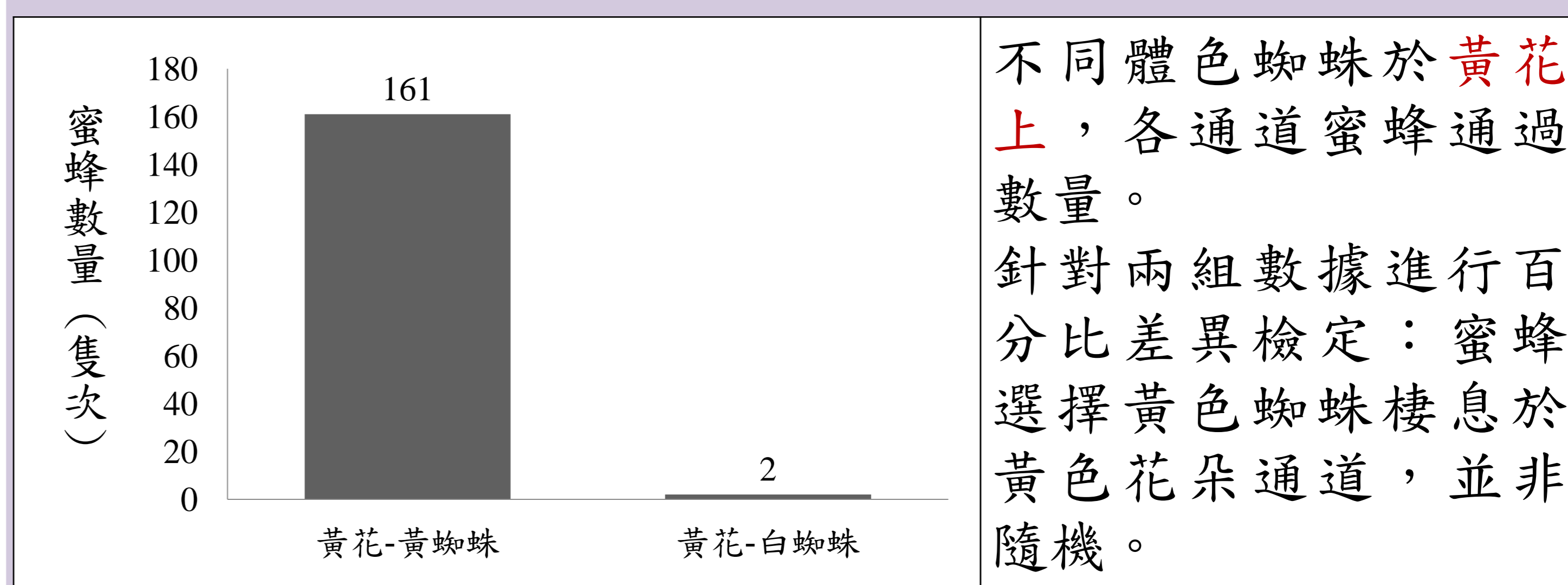
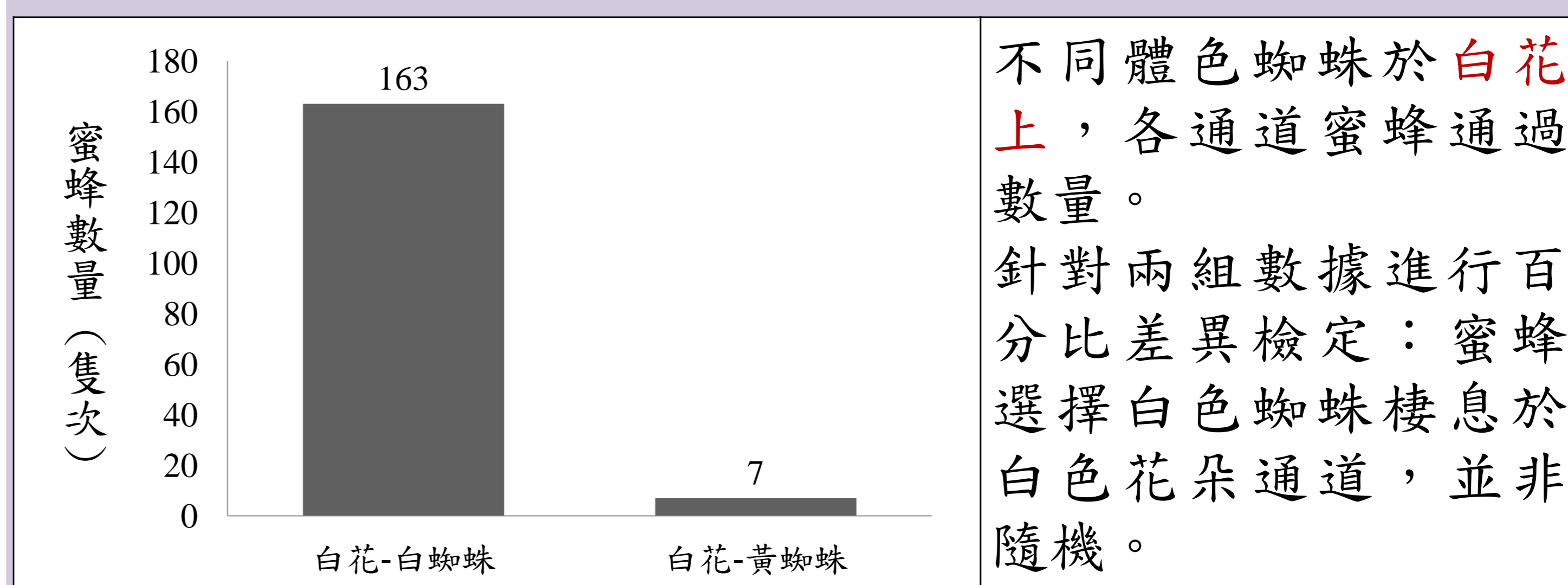
實驗二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色



實驗三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化



實驗四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物(蜜蜂)是否具有隱蔽效果



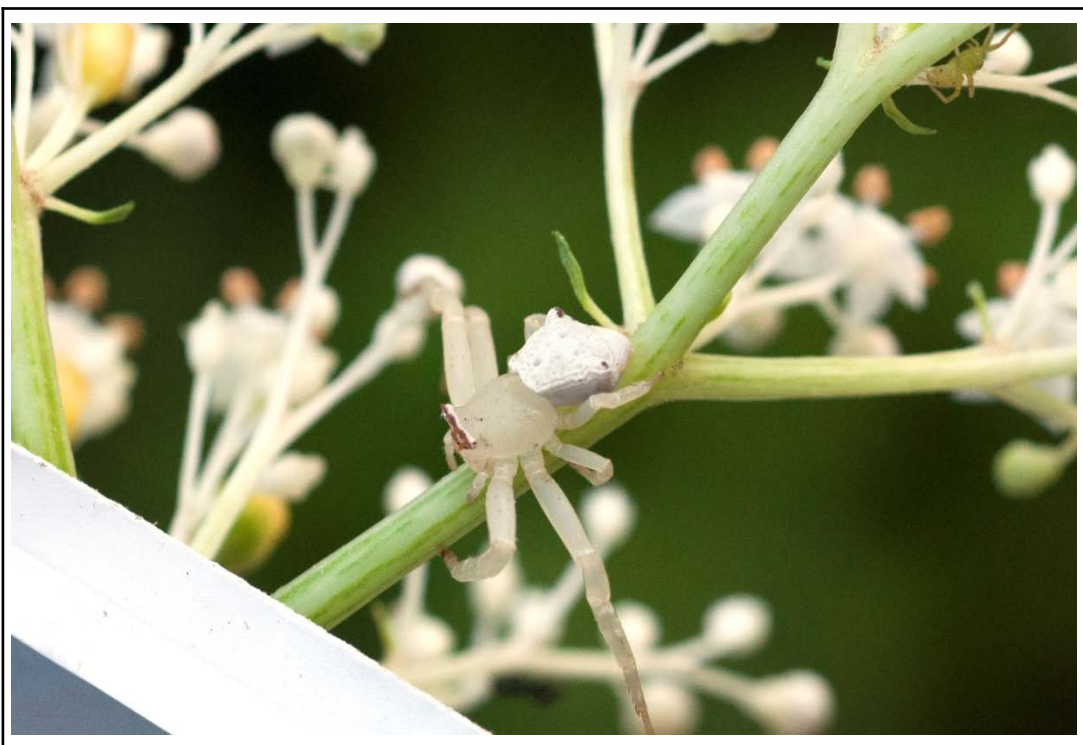
討論

陸、討論

實驗一、野外觀察紀錄三角蟹蛛雌蛛體色範圍



白色蜘蛛於鬼針草



白色蜘蛛於有骨消



九芎 (紅花)



立鶴花 (紫花)



黃色蜘蛛於馬纓丹



黃色蜘蛛於澎湖菊



射干 (橘花)

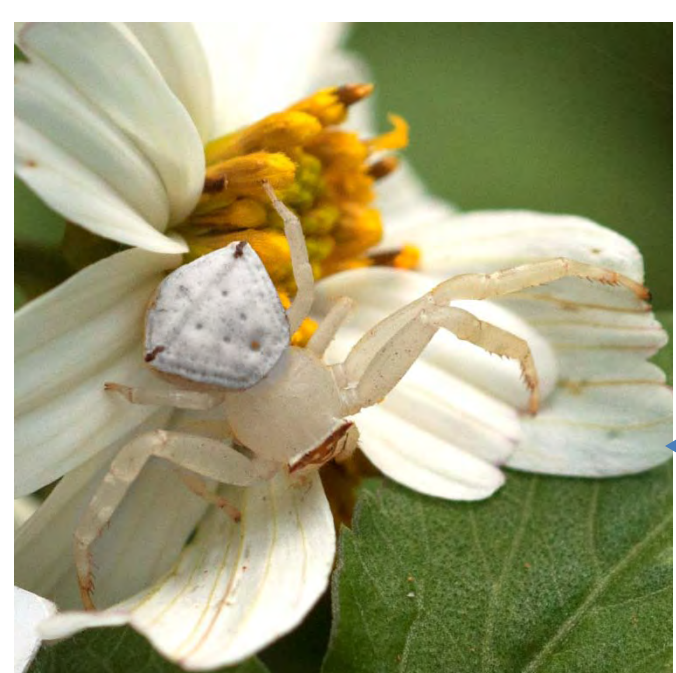


紅色馬纓丹

黃色花與白色花容易有與花色相近的蜘蛛棲息

非白色花或非黃色花無蜘蛛棲息

實驗二、三角蟹蛛雌蛛是否隨所處環境變換體色



(須花較長時間)

可轉換體色

(所花時間較短)



1. 三角蟹蛛雌蛛僅能在黃、白間轉換，從白色轉換成黃色須花較多時間。
2. 白色個體轉變成黃色個體須花較長時間，研判可能是在體內合成黃色色素，需要花費較多能量。

實驗三、視覺是否影響三角蟹蛛雌蛛體色之變化

可能影響體色變化因子

溫度

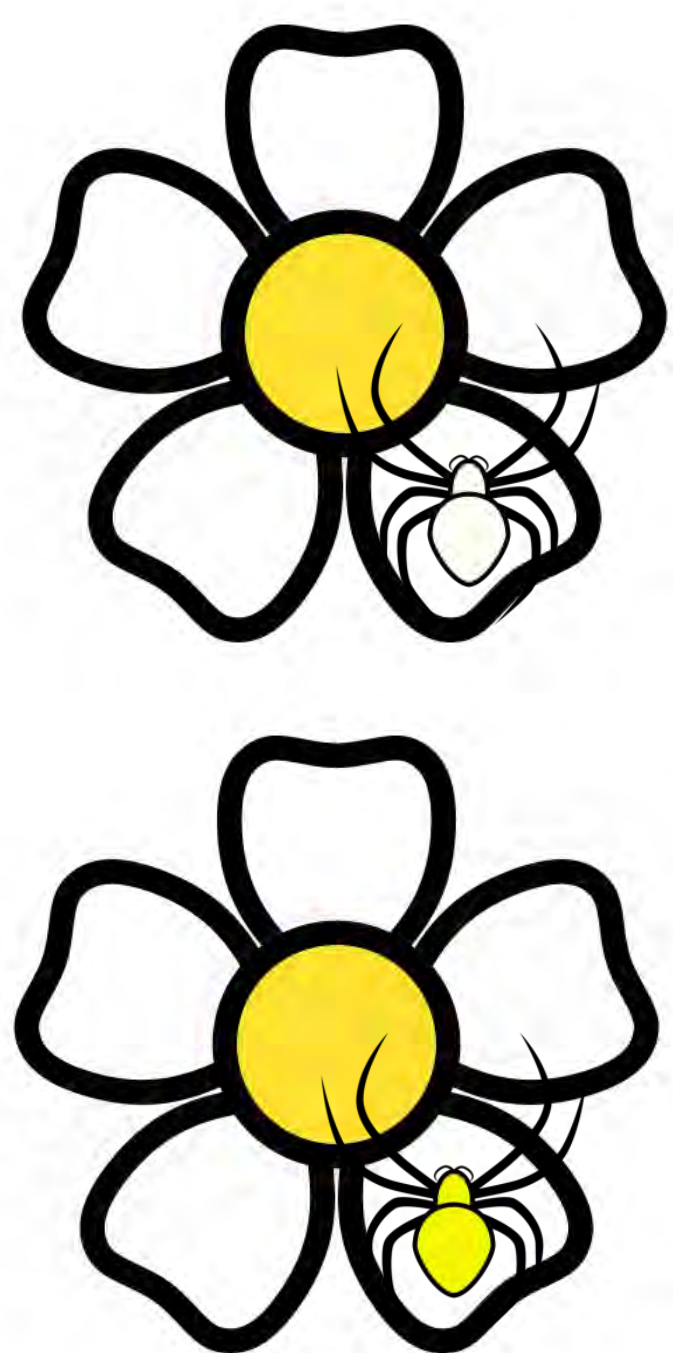
日照

視覺

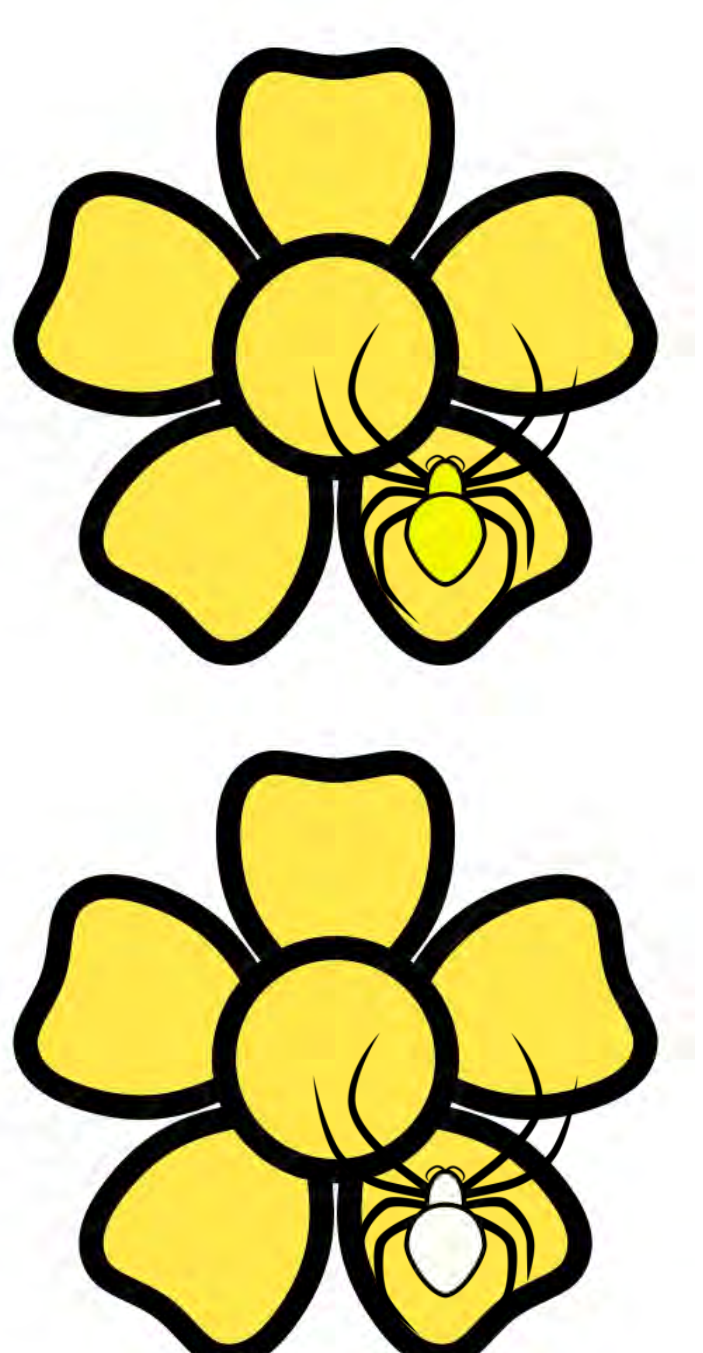
觀察的同一時間，相同溫度及相同光照下，黃色及白色個體均有發現，所以研判溫度及光照並非影響三角蟹蛛雌蛛體色變化之原因。

實驗結果顯示，破壞眼睛之蜘蛛，均無法轉變體色，故證明三角蟹蛛雌蛛是以視覺感應環境顏色來進行體色轉換。

實驗四、三角蟹蛛雌蛛的體色對獵物(蜜蜂)是否具有隱蔽效果



蜘蛛體色與花色對比小

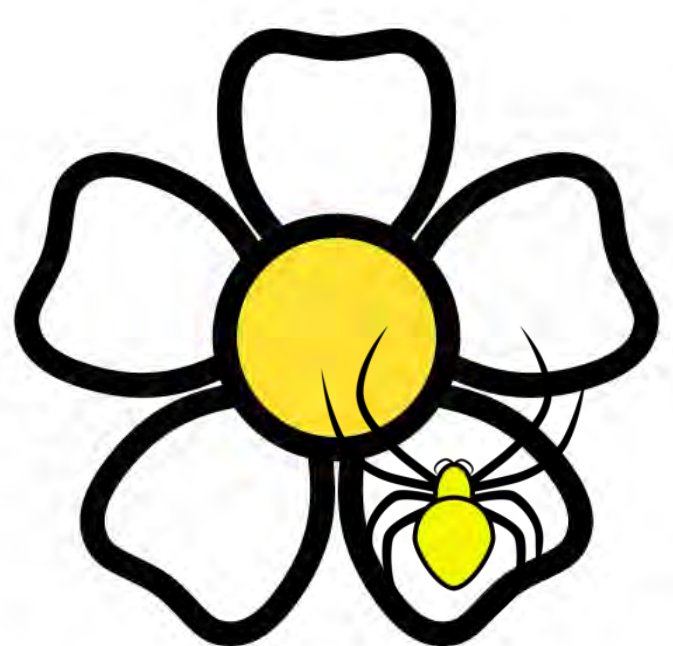


蜘蛛體色與花色對比小

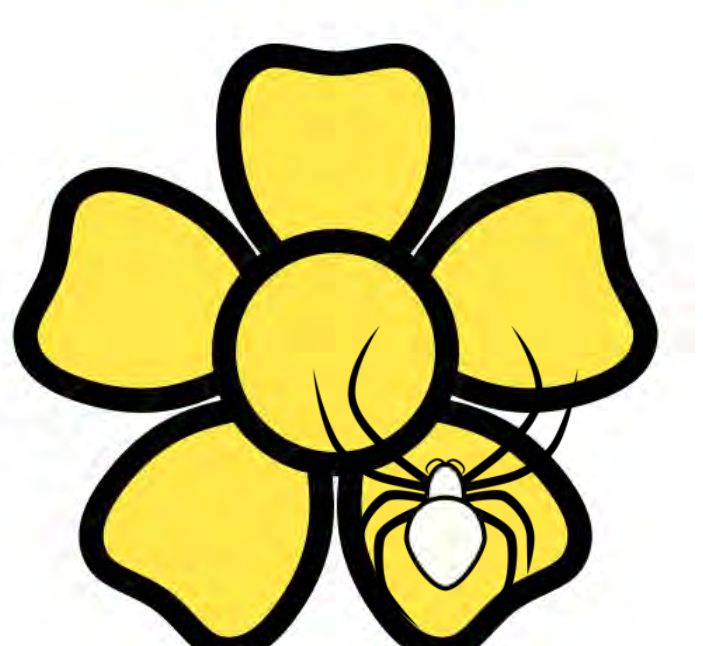


X

X



蜘蛛體色與花色對比大



蜘蛛體色與花色對比大

結論

- 一、三角蟹蛛雌蛛在野外主要體色為白色及黃色，白色佔的比例較高，且三角蟹蛛雌蛛會刻意棲息於與體色相近的花上，等待獵物。
- 二、三角蟹蛛雌蛛體色變異並非天生不變，而是可以隨環境背景色改變，但僅能在白色及黃色間轉換，而且黃色轉換成白色所花時間較白色轉換成黃色所花時間來的短。
- 三、三角蟹蛛雌蛛主要是靠視覺感應週遭環境背景色來改變體色。
- 四、不同體色之三角蟹蛛雌蛛棲息於與體色相近花色上對獵物的確具有隱蔽性，即白色蜘蛛棲息在白色花朵上，黃色蜘蛛棲息在黃色花朵上，較不容易被其獵物(蜜蜂)發現，而增加三角蟹蛛雌蛛成功捕食到蜜蜂的機率。

主要參考文獻

陳曦 (2011)。圖變「蜜」碼—蜜蜂視覺經驗的擷取與top-down process。臺灣國際科學展覽會。
 曾栩琦、羅寬愉、陳建錫、林政宇 (2003)。壁虎的聲色場所。中華民國第 43 屆中小學科學展覽會。
 黃擎、李政憲 (2007)。黑殼蝦的體色。中華民國第47屆中小學科學展覽會。
 楊恩誠 (2016)。昆蟲複眼視覺-研究與仿生應用。臺大校友雙月刊，104，8-11。
 蕭志浩 (2012)。水中忍者—研究日本沼蝦對棲地環境的適應。中華民國第 52 屆中小學科學展覽會。