

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

030318

「蝴蝶的太陽能板」

-蝴蝶翅膀受光後的增溫現象之研究

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者：	指導老師：
國二 王宣宜	蘇淑貞
國二 陳宣妤	林宏一

關鍵詞：受光、增溫現象、蝴蝶鱗片排列

題目：「蝴蝶的太陽能板」

— 蝴蝶翅膀受光後的增溫現象之研究

摘要

蝴蝶起飛與照光溫度有關嗎？翅膀上的鱗片跟溫度有何關聯？本實驗以9種蝴蝶，來探討翅膀及胸部在照光及停止照光後的溫度改變情形、及其與鱗片排列關係。本研究發現在照光8分鐘內，**翅膀平均溫度**以紅紋鳳蝶28.2℃最低，淡色小紋青斑蝶、暮眼蝶33.7℃最高；**胸部平均溫度**以小紫斑蝶28.4℃最低，以淡色小紋青斑蝶34.4℃最高。在停止照光後5分鐘，**翅膀平均溫度**以高山粉蝶27.2℃最低，淡色小紋青斑蝶32.8℃最高；**胸部平均溫度**以高山粉蝶27.4℃最低，以暮眼蝶33.4℃最高。依翅膀與胸部溫度曲線交叉時的溫度及鱗片構造歸成三類，發現**翅膀鱗片排列緊密度高、鱗片間空隙小，則溫度較高；當胸、翅溫度交叉達一致時，便是可以起飛的溫度，而此溫度與胸、翅平均溫度大致吻合。**

壹、研究動機

有一天早上，爸爸帶我到彰化師範大學的蝴蝶園抓蝴蝶。放眼望去燦爛耀眼的百花爭相鬥豔。無意間在花圃某處發現一隻蝴蝶正在一閉一合的拍動翅膀，就在準備揮網的那瞬間，我發現那一刻，就像飛機正在暖機一樣，等待下一秒就要起飛。回到家後，為了解開我心中的疑惑。於是，便上網查詢相關資料，發現原來蝴蝶正在讓自己的翅膀受光，使蝴蝶有足夠的溫度可以起飛。

這個美麗的蝴蝶生態園，引起我們對於蝴蝶翅膀的好奇與興趣。在一般的圖鑑中常可看見許多蝴蝶的翅膀樣本，若不是對蝴蝶有一番認識的人，很難分辨眾多蝴蝶翅膀的特色。因此從中整理一些有關蝴蝶的資料，進一步以實驗來探討美麗的蝴蝶飛行前的增溫現象及其蝴蝶的翅膀構造與它的增溫現象有何關聯性。

貳、研究目的

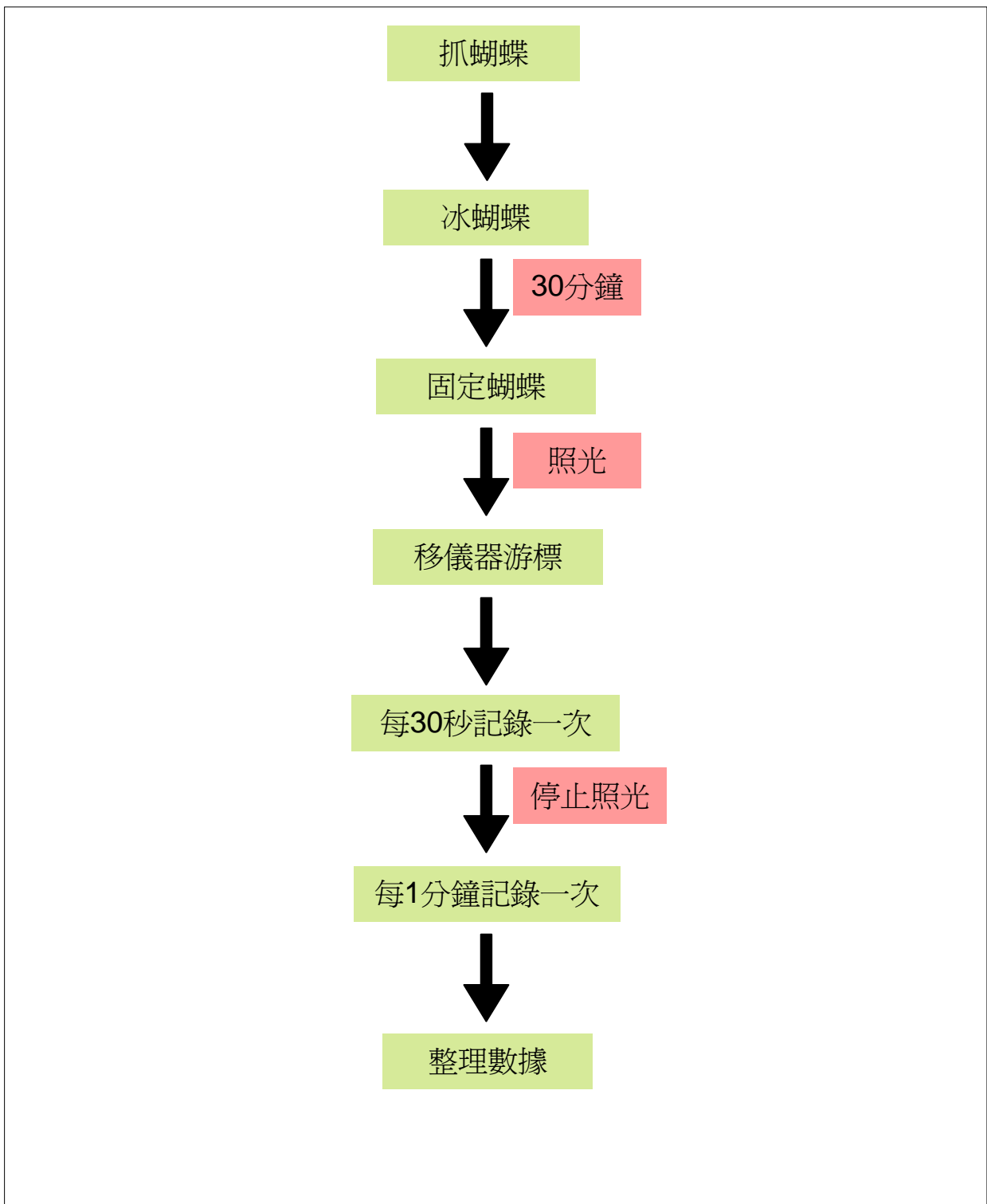
- 一、探討蝴蝶的翅膀在照光後，翅膀溫度的改變情形
- 二、探討蝴蝶的翅膀在停止照光後，翅膀溫度的改變情形
- 三、比較蝴蝶翅膀鱗片排列情形
- 四、探討蝴蝶溫度改變與翅膀鱗片排列之關係

參、研究器材及設備

冰箱	一台
捕蟲網	2 支
檯燈（20W）	一台
翻拍架	一個
展翅板	一個
紅外線影像溫度測量儀器	一台
相機	一台
陷阱網	3 個
立體顯微鏡（Carl Zeiss, Stemi SV11）	一台

肆、研究過程與方法:

實驗流程圖如下：



一、捕抓蝴蝶

自彰化師範大學的蝴蝶園抓取蝴蝶（照片一），2人分別拿一支捕蟲網與1個網子，1人在旁邊等候把抓到的蝴蝶（1~3隻）放到另一個網子內，以最先抓到的蝴蝶做實驗，把其餘的蝴蝶放置於旁邊，以便備用。除了使用捕蟲網捕抓外，我們也會設置陷阱以便可以抓到更多不同種類的蝴蝶。目前實驗過的蝴蝶有：小紫斑蝶2隻、斯氏紫斑蝶2隻、大鳳蝶2隻、樺斑蝶2隻、暮眼蝶1隻、無尾鳳蝶2隻、淡色小紋青斑蝶2隻、紅紋鳳蝶2隻、水青粉蝶1隻、高山粉蝶1隻(註一)共有10種17隻。（照片二～照片十）。(註一：採自台大梅峰農場)



照片（一）以捕蟲網捕捉蝴蝶。



照片（二）小紫斑蝶



照片（三）大鳳蝶



照片（四）樺斑蝶



照片（五）暮眼蝶



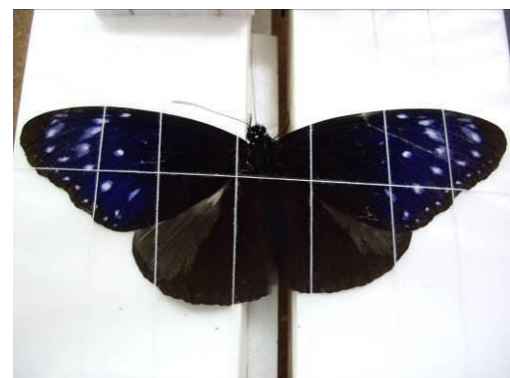
照片（六）無尾鳳蝶



照片（七）淡色小紋青斑蝶



照片（八）紅紋鳳蝶



照片（九）斯氏紫斑蝶



照片（十）高山粉蝶

二、使用陷阱捕抓蝴蝶

把線的一端綁上重物（例如：石子），拋向樹枝與樹幹的交叉處，並把線綁在樹幹上，因為蝴蝶有向上飛行的習性，所以將陷阱呈直立的狀態（照片十一）。用釣鉤將盤子固定在陷阱的下方，裡頭放一些水果（例如：鳳梨），誘集蝴蝶（照片十二）。



照片（十一）吊於樹幹上的陷阱



照片（十二）吊於樹幹上的陷阱，其下方的盤子放入水果以引誘蝴蝶

三、架設固定用板子

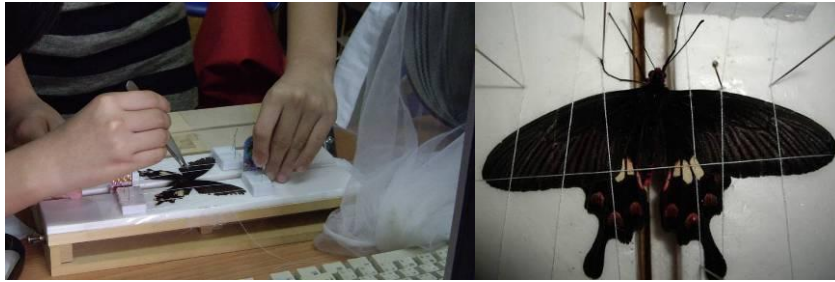
取一個活動的展翅板，在木板上黏上一層珍珠板，珍珠板上再貼上壓條紙（保護蝴蝶翅膀的鱗粉較不易脫落）。在兩塊泡棉上固定三條棉線（製作兩組），棉線是用來壓住蝴蝶的翅膀，讓蝴蝶在實驗中不會飛走，為了避免泡棉移動，我們用針將它固定。另外再製作一個可以擋光的隔板（兩層防水紙中夾著一張鋁箔紙），並用有磁鐵的書籤將擋光的隔板固定於兩塊泡棉間（磁鐵書籤處）（照片十三）。



照片（十三）固定蝴蝶用的裝置

四、放置冰箱和固定於展翅板

把抓到的蝴蝶（尚在網子內），放到冰箱的冷藏室，靜待30分鐘。30分鐘後，把蝴蝶放於展翅板上（照片十四），用線將它的翅膀固定（翅膀須攤開）。接著，把隔板放於蝴蝶的頭、胸及腹部的上方，再用磁鐵書籤（夾住隔板）把隔板固定。使蝴蝶的胸部不會受到光線的照射，確定蝴蝶胸部升溫並非是照光所引起。



照片（十四）蝴蝶冷藏後，用棉線固定於展翅板上。

五、紅外線影像溫度儀器測量不同蝴蝶翅膀溫度的改變

把儀器放在翻拍架上並固定（開機），把兩個指標移到「前翅」與「胸部」的位置，並打開置於翻拍架旁邊的檯燈（照片十五），使蝴蝶的一邊翅膀照光，一邊不照光（照片十六），並且觀察其翅膀及胸部溫度上升的情形。每 30 秒，登記一次，並拍照，實驗時間為八分鐘，八分鐘後停止照光，每隔 1 分鐘紀錄一次，總共做 5 分鐘。



照片（十五）紅外線影像溫度儀器架於蝴蝶正上方，檯燈置於翻拍架旁



照片（十六）用磁鐵書籤把隔板固定，使蝴蝶一邊翅膀照光一邊不照光

六、蝴蝶翅膀鱗片構造顯微觀察比較

我們使用立體顯微鏡（Carl Zeiss, Stemi SV11）拍攝蝴蝶翼鱗片之構造，以能更清楚的了解蝴蝶翼鱗片的排列情形。

伍、結果

一、蝴蝶光線照射與溫度變化的關係

(一)、照光 8 分鐘，蝴蝶胸溫及翅溫變化情形

在照光8分鐘內，**翅膀平均溫度**以紅紋鳳蝶最低28.2 °C，以淡色小紋青斑蝶、暮眼蝶最高33.7 °C；**胸部平均溫度**以小紫斑蝶最低28.4 °C，以淡色小紋青斑蝶最高34.4 °C（表一）。依**翅膀溫度分布範圍**可歸類為3類，第一類：紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶溫度介於27.6-34.2 °C，第二類：淡色小紋青斑蝶、暮眼蝶溫度介於32.1-35.4 °C；第三類：無尾鳳蝶、大鳳蝶、斯氏紫斑蝶、樺斑蝶溫度介於30.7-33.9 °C（表一）。

表一、蝴蝶照光 8 分鐘，胸溫及翅溫變化情形（°C）

	翅膀溫度範圍	翅膀平均溫度	胸部溫度範圍	胸部平均溫度
紅紋鳳蝶	28.5-32.4	28.2	25.9-29.5	31.0
小紫斑蝶	29.8-34.2	30.9	28.7-32.4	28.4
高山粉蝶	27.6-31.3	30.4	27.5-30.3	29.4
無尾鳳蝶	30.7-33.9	32.6	29.9-32.6	31.3
大鳳蝶	31.0-33.4	32.4	30.0-32.0	31.1
斯氏紫斑蝶	31.7-33.3	32.6	31.7-34.2	32.8
樺斑蝶	31.5-33.7	32.3	30.8-34.6	32.4
暮眼蝶	32.1-35.0	33.7	30.5-34.2	32.8
淡色小紋青斑蝶	32.3-35.4	33.7	33.3-35.4	34.4

(二)、在停止照光後 5 分鐘，蝴蝶胸溫及翅溫變化情形

在停止照光後5分鐘，此9種蝴蝶，**翅膀平均溫度**以高山粉蝶最低27.2℃，淡色小紋青斑蝶最高32.8℃；**胸部平均溫度**以高山粉蝶最低27.4℃，以暮眼蝶最高33.4℃（表二）。依**翅膀溫度分布範圍**可歸類為3類，第一類：紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶溫度介於26.3-30.8℃，第二類：暮眼蝶、淡色小紋青斑蝶溫度介於31.7-33.3℃；第三類：無尾鳳蝶、大鳳蝶、樺斑蝶、斯氏紫斑蝶溫度介於28.8-33.4℃（表二）。

表二、蝴蝶在停止照光後 5 分鐘，胸溫及翅溫變化情形（℃）

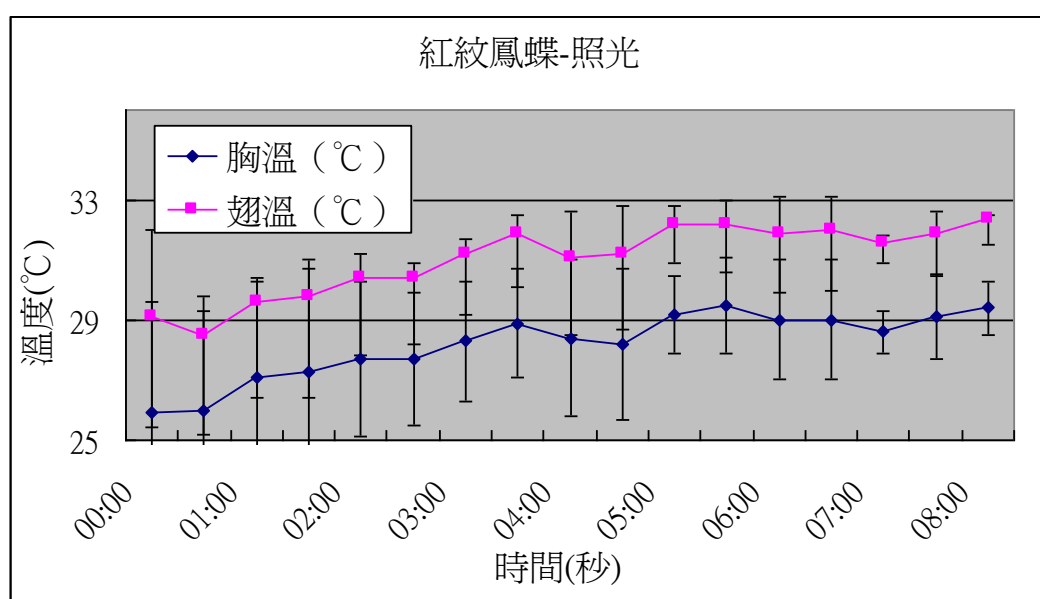
	翅膀溫度範圍	翅膀平均溫度	胸部溫度範圍	胸部平均溫度
紅紋鳳蝶	28.8-30.7	29.5	28.6-29.7	29.0
小紫斑蝶	28.1-30.8	31.0	28.7-29.9	31.4
高山粉蝶	26.3-28.5	27.2	26.5-28.8	27.4
無尾鳳蝶	29.7-31.3	30.5	30.0-31.1	30.7
大鳳蝶	28.8-31.9	31.1	28.8-31.9	30.2
樺斑蝶	28.9-33.4	30.6	30.9-32.9	31.9
斯氏紫斑蝶	30.2-32.5	31.4	31.4-33.1	32.1
暮眼蝶	31.7-33.3	32.3	32.3-34.5	33.4
淡色小紋青斑蝶	32.4-33.1	32.8	31.9-32.8	32.3

(三)、各種蝴蝶在照光及停止照光後的溫度變化情形

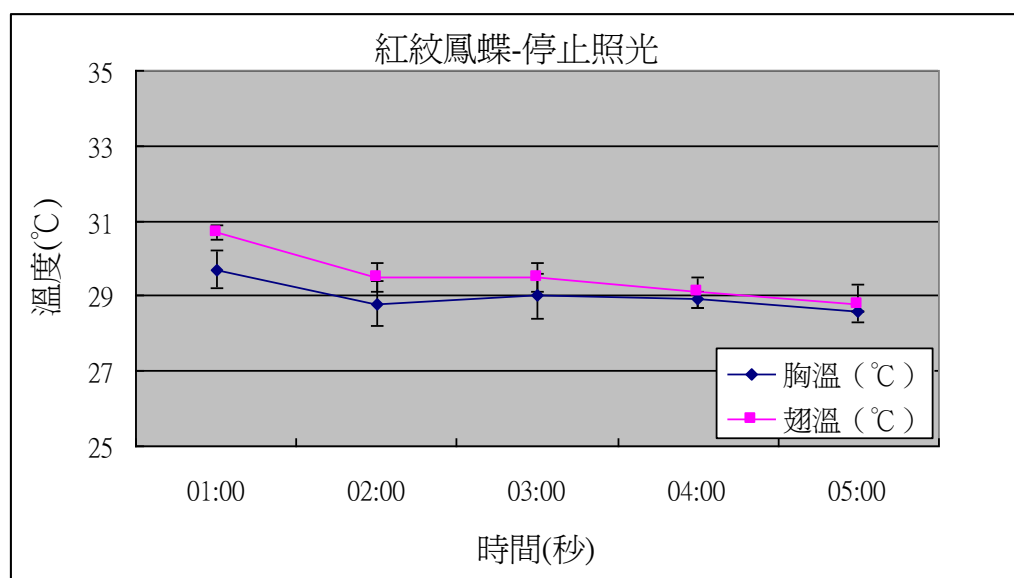
1、紅紋鳳蝶：

照光：如圖（一）、表一所示，其翅膀的溫度介於28.5-32.4 °C間變化，翅膀的平均溫度是28.2 °C。其胸部溫度介於25.9-29.5 °C間變化，胸部的平均溫度為31.0 °C。

停止照光：如圖（二）、表二所示，其翅膀的平均溫度介於28.8-30.7 °C間變化，翅膀的平均溫度是29.5 °C。其胸部的平均溫度介於28.6-29.7 °C間變化，胸部的平均溫度為29.0 °C。



圖（一）紅紋鳳蝶照光後的胸溫及翅溫

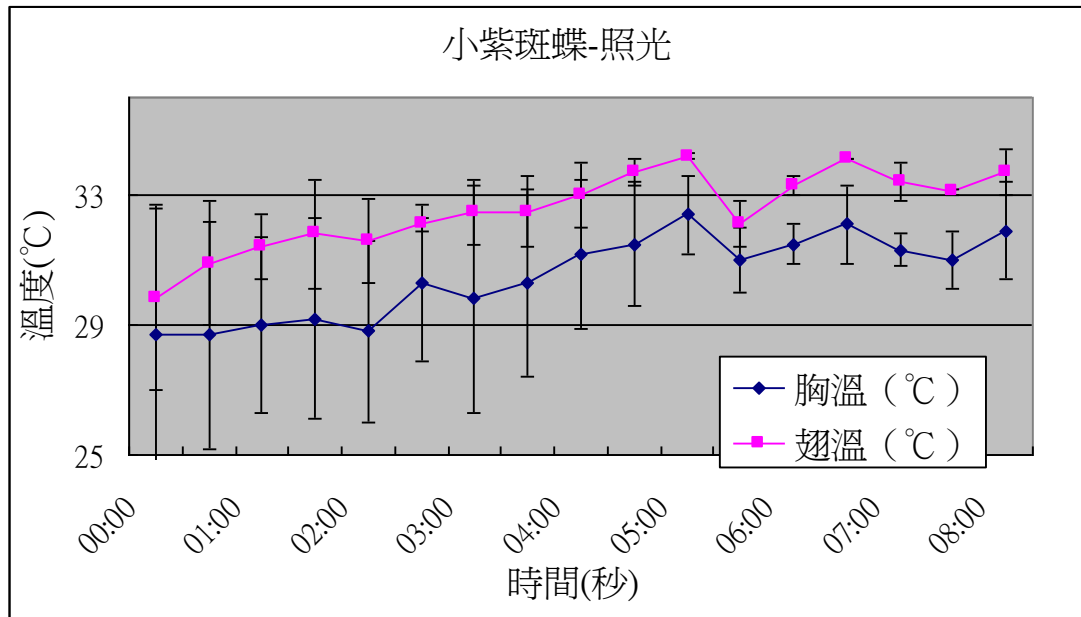


圖（二）紅紋鳳蝶停止照光後的胸溫及翅溫

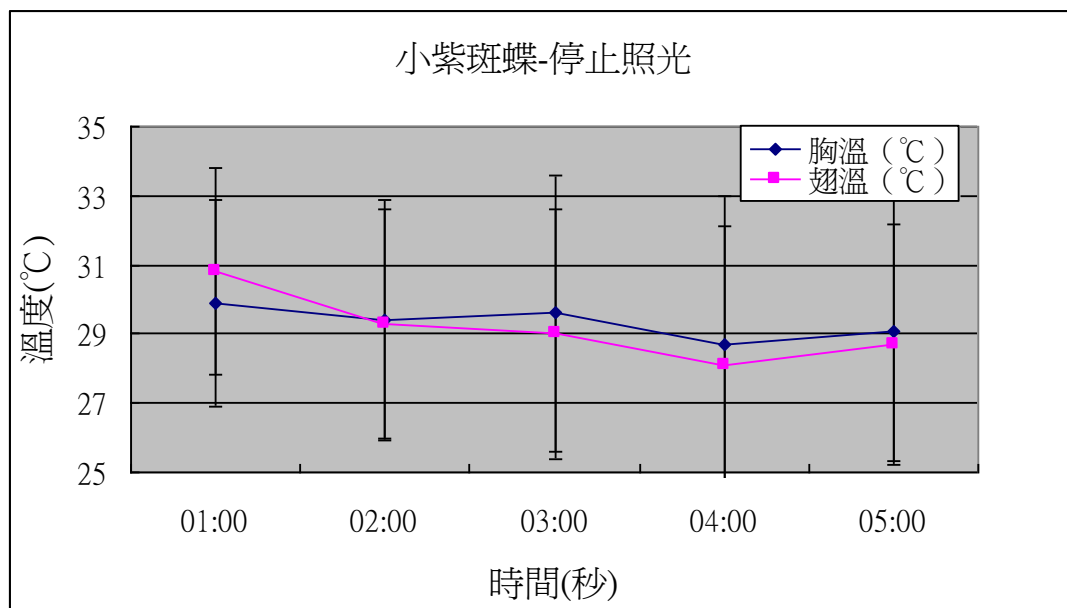
2、小紫斑蝶：

照光：如圖（三）、表一所示，其翅膀的溫度介於29.8-34.2 °C間變化，翅膀的平均溫度是30.9 °C。其胸部的溫度介於28.7-32.4 °C間變化，胸部的平均溫度為28.4 °C。

停止照光：如圖（四）、表二所示，其翅膀的溫度介於28.1-30.8 °C間變化，翅膀的平均溫度是31.0 °C。其胸部的溫度介於28.7-29.9 °C間變化，胸部的平均溫度為31.4 °C。



圖（三）小紫斑蝶照光後的胸溫及翅溫

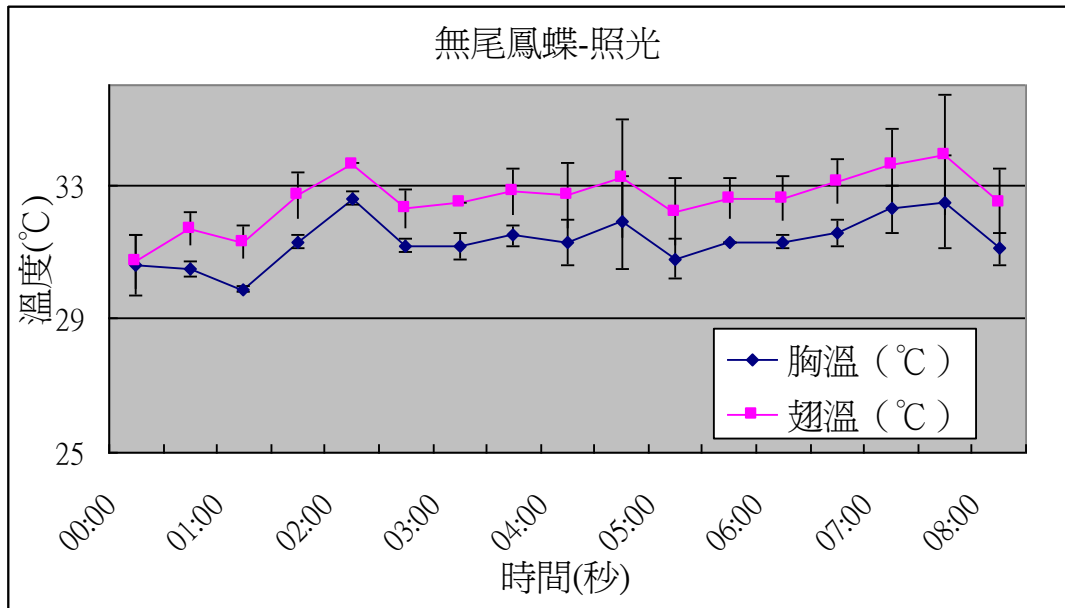


圖（四）小紫斑蝶停止照光後的胸溫及翅溫

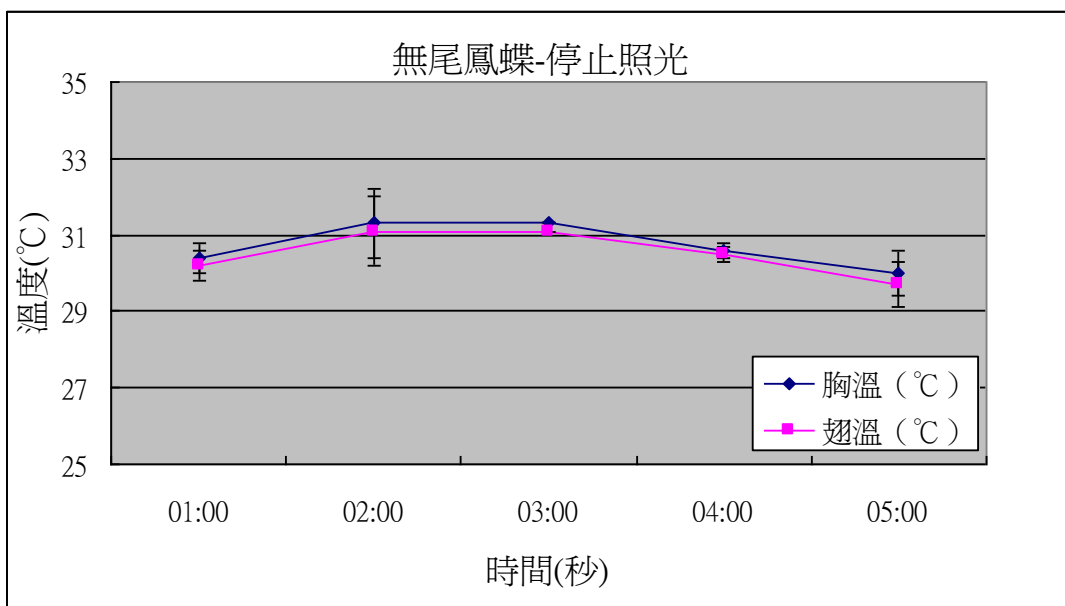
3、無尾鳳蝶：

照光：如圖（五）、表一所示，其翅膀的溫度介於30.7-33.9 °C間變化，翅膀的平均溫度是32.6 °C。其胸部的溫度介於29.9-32.6 °C間變化，胸部的平均溫度為31.3 °C。

停止照光：如圖（六）、表二所示，其翅膀的溫度介於29.7-31.1 °C間變化，翅膀的平均溫度是30.5 °C。其胸部的溫度介於30.0-31.3 °C間變化，胸部的平均溫度為30.7 °C。



圖（五）無尾鳳蝶照光後的胸溫及翅溫

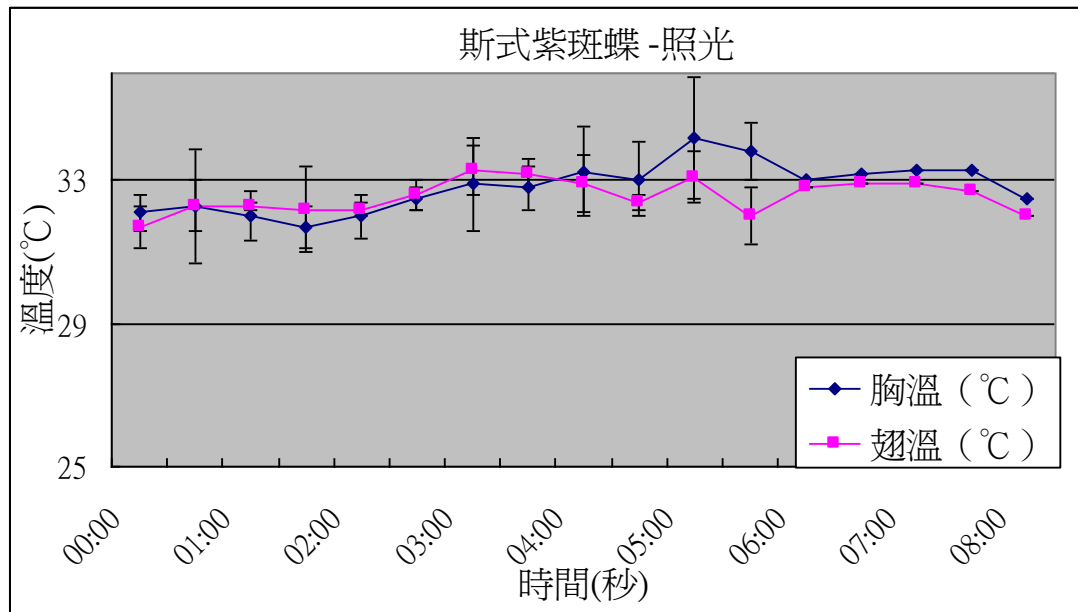


圖（六）無尾鳳蝶停止照光後的胸溫及翅溫

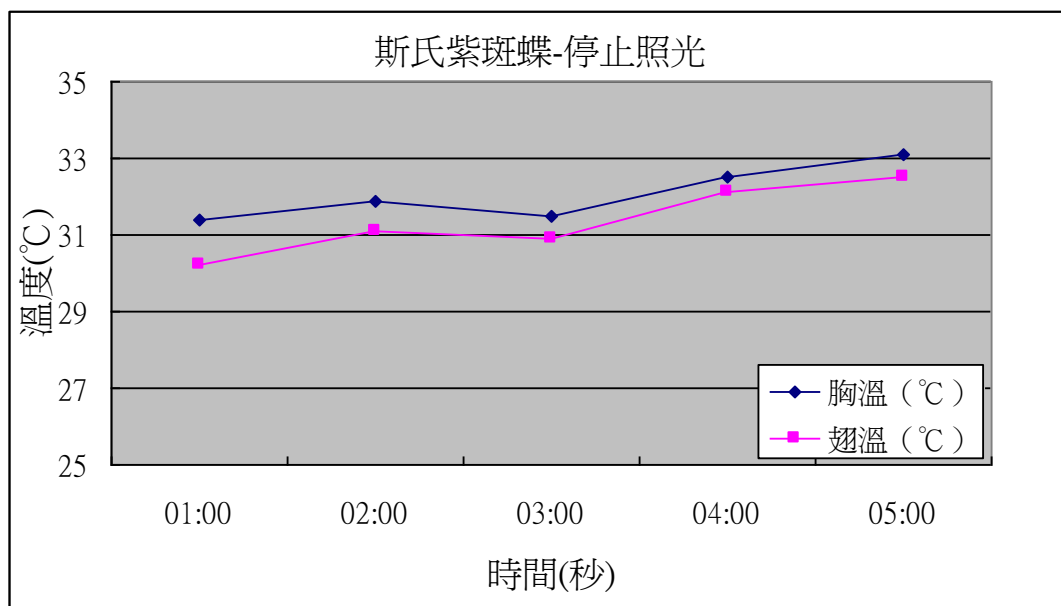
4、斯氏紫斑蝶：

照光：如圖（七）、表一所示，其翅膀的溫度介於31.7-33.3 °C間變化，翅膀的平均溫度是32.6 °C。其胸部的溫度介於31.7-34.2 °C間變化，胸部的平均溫度為32.8 °C。

停止照光：如圖（八）、表二所示，其翅膀的溫度介於30.2-32.5 °C間變化，翅膀的平均溫度是31.4 °C。其胸部的溫度介於31.4-33.1 °C間變化，胸部的平均溫度為32.1 °C。



圖（七）斯氏紫斑蝶照光後的胸溫及翅溫

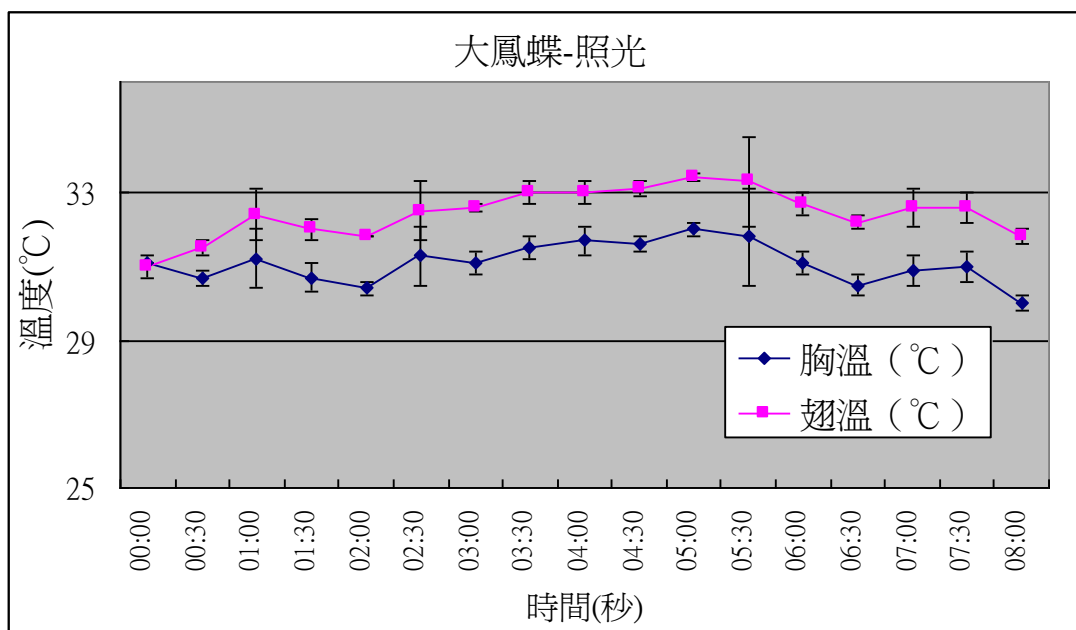


圖（八）斯氏紫斑蝶停止照光後的胸溫及翅溫

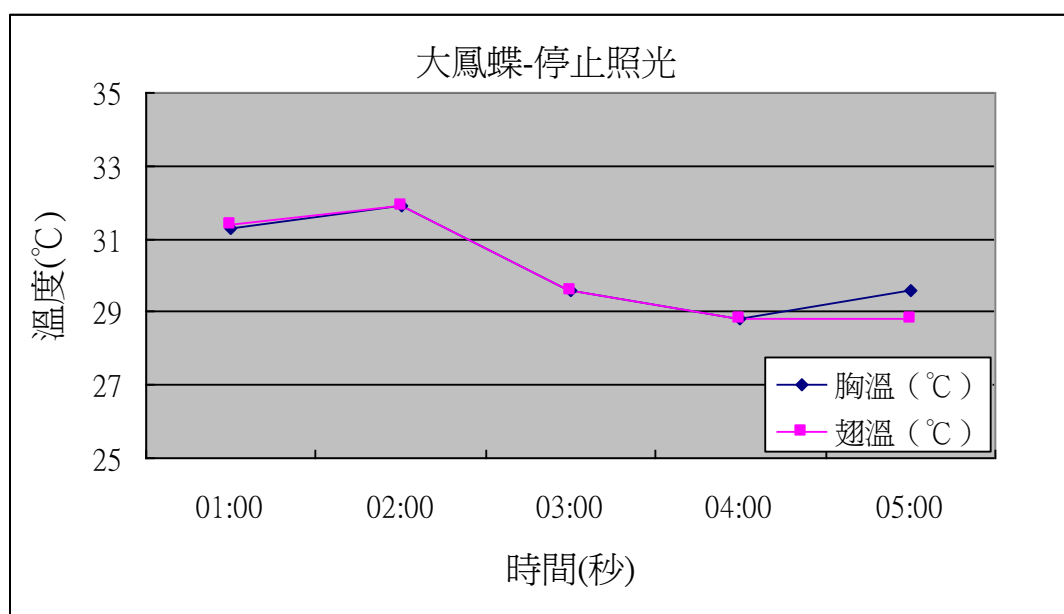
5、大鳳蝶：

照光：如圖（九）、表一所示，其翅膀的溫度介於31.0-33.4℃間變化，翅膀的平均溫度是32.4℃。其胸部的溫度介於30.0-32.0℃間變化，翅膀及胸部的平均溫度均為31.1℃。

停止照光：如圖（十）、表二所示，其翅膀的溫度介於28.8-31.9℃間變化，翅膀的平均溫度是31.1℃。其胸部的溫度介於28.8-31.9℃間變化，胸部的平均溫度為30.2℃。



圖（九）大鳳蝶照光後的胸溫及翅溫

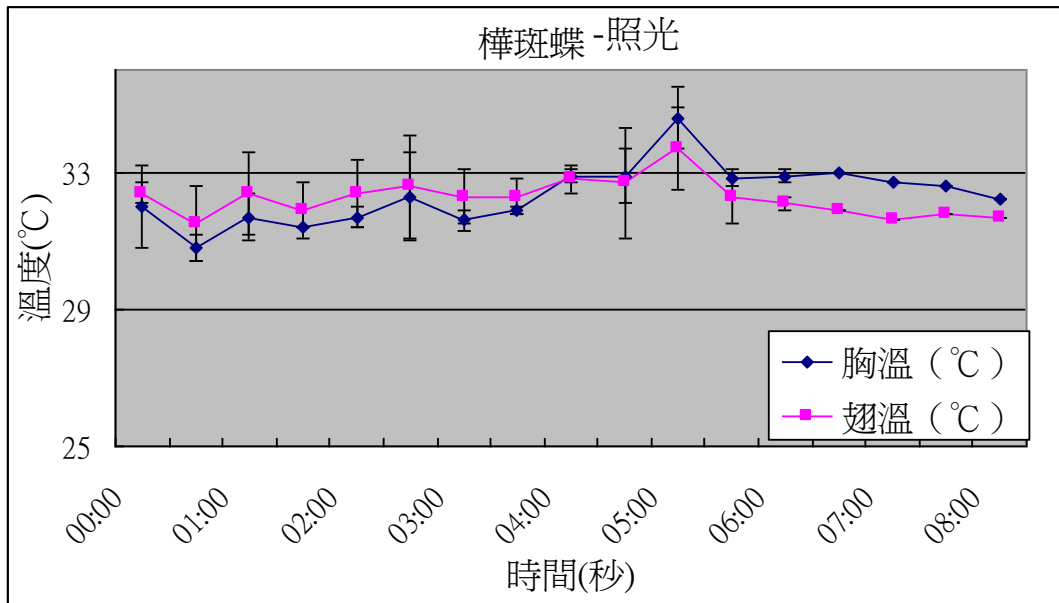


圖（十）大鳳蝶停止照光後的胸溫及翅溫

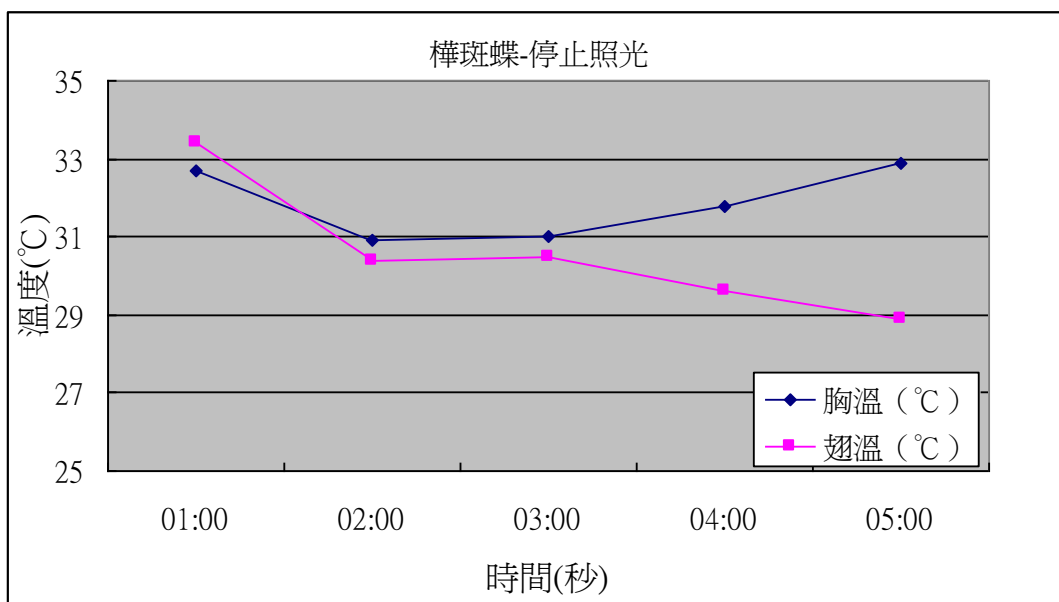
6、樺斑蝶：

照光：如圖（十一）、表一所示，其翅膀的溫度介於31.5-33.7 °C間變化，翅膀的平均溫度是32.3 °C。其胸部的溫度介於30.8-34.6 °C間變化，胸部的平均溫度為32.4 °C。

停止照光：如圖（十二）、表二所示，其翅膀的溫度介於28.9-33.4 °C間變化，翅膀的平均溫度是30.6 °C。其胸部的溫度介於30.9-32.9 °C間變化，胸部的平均溫度為31.9 °C。



圖（十一）樺斑蝶照光後的胸溫及翅溫

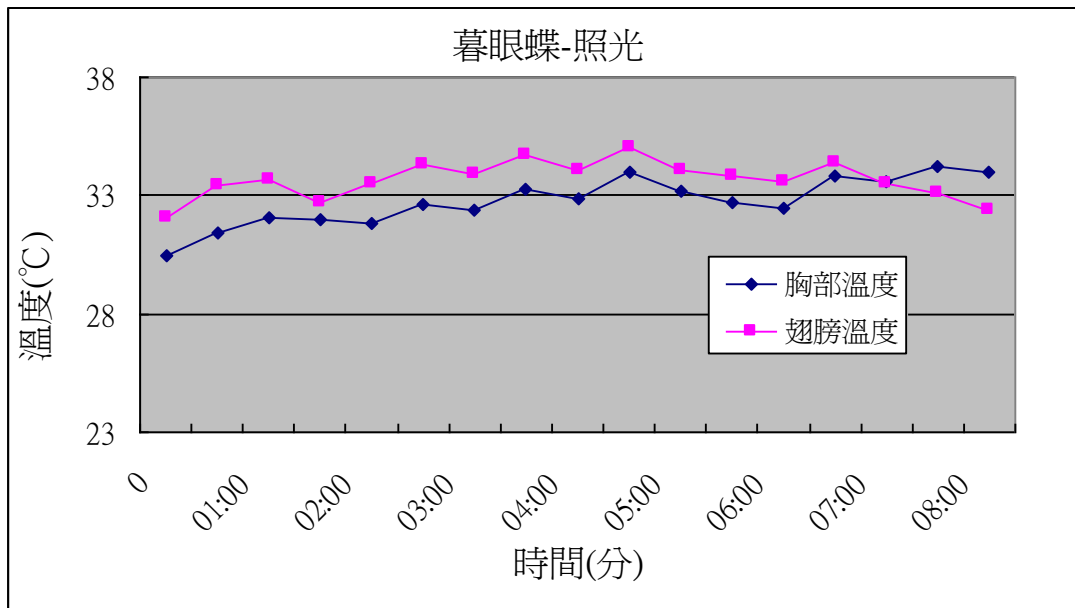


圖（十二）樺斑蝶停止照光後的胸溫及翅溫

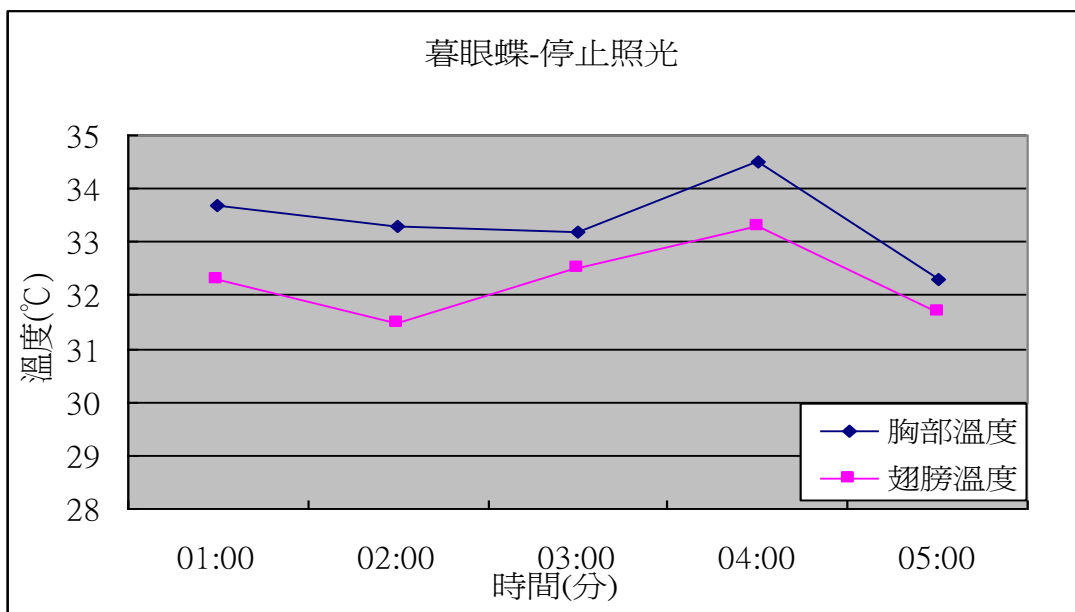
7、暮眼蝶：

照光：如圖（十三）、表一所示，其翅膀的溫度介於32.1-35.0℃間變化，翅膀的平均溫度是33.7℃。其胸部的溫度介於30.5-34.2℃間變化，胸部的平均溫度為32.8℃。

停止照光：如圖（十四）、表二所示，其翅膀的溫度介於31.5-33.3℃間變化，翅膀的平均溫度是32.3℃。其胸部的溫度介於32.3-34.5℃間變化，胸部的平均溫度為33.4℃。



圖（十三）暮眼蝶照光後的胸溫及翅溫

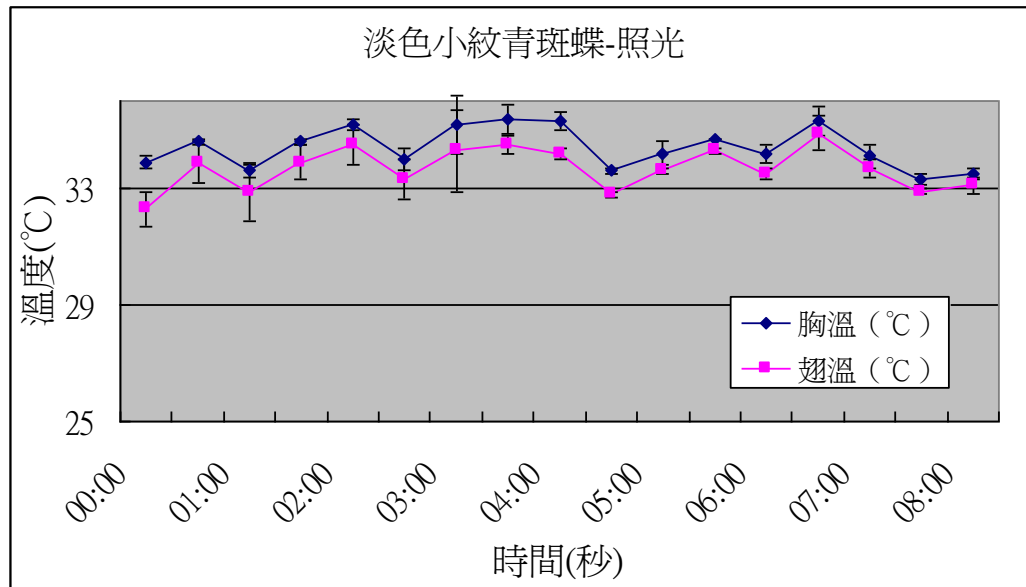


圖（十四）暮眼蝶停止照光後的胸溫及翅溫

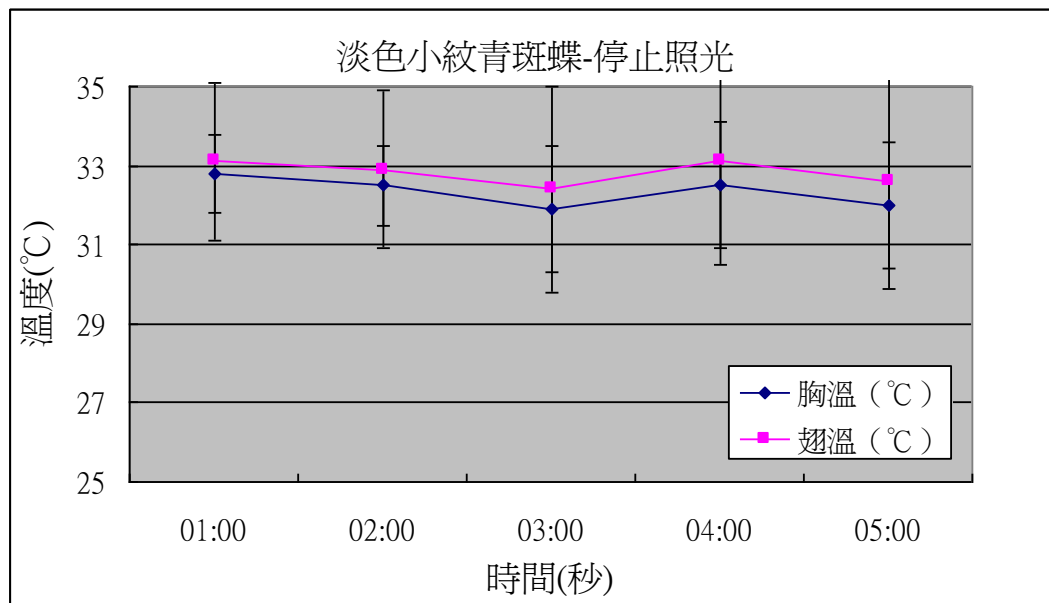
8、淡色小紋青斑蝶：

照光：如圖（十五）、表一所示，其翅膀的溫度介於32.3-35.4 °C間變化，翅膀的平均溫度是33.7 °C。其胸部的溫度介於33.3-35.4 °C間變化，胸部的平均溫度為34.4 °C。

停止照光：如圖（十六）、表二所示，其翅膀的溫度介於32.4-33.1 °C間變化，翅膀的平均溫度是32.8 °C。其胸部的溫度介於31.9-32.8 °C間變化，胸部的平均溫度為32.3 °C。



圖（十五）淡色小紋青斑蝶照光後的胸溫及翅溫

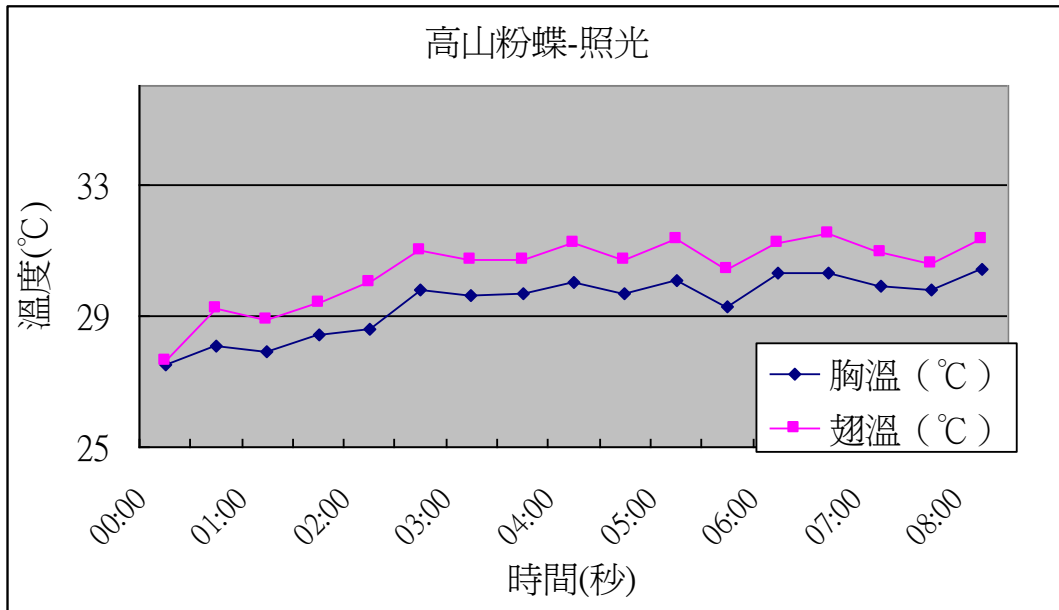


圖（十六）淡色小紋青斑蝶停止照光後的胸溫及翅溫

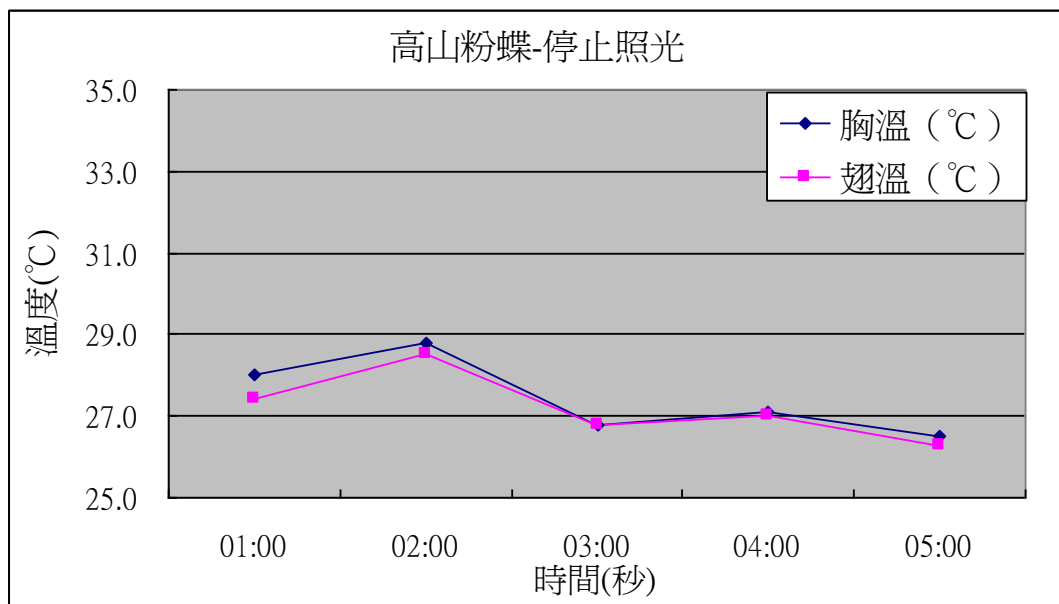
9、高山粉蝶：

照光：如圖（十七）、表一所示，其翅膀的溫度介於27.6-31.3℃間變化，翅膀的平均溫度是30.4℃。其胸部的溫度介於27.5-30.3℃間變化，胸部的平均溫度為29.4℃。

停止照光：如圖（十八）、表二所示，其翅膀的溫度介於26.3-28.5℃間變化，翅膀的平均溫度是27.2℃。其胸部的溫度介於26.5-28.8℃間變化，胸部的平均溫度為27.4℃。



圖（十七）高山粉蝶照光後的胸溫及翅溫



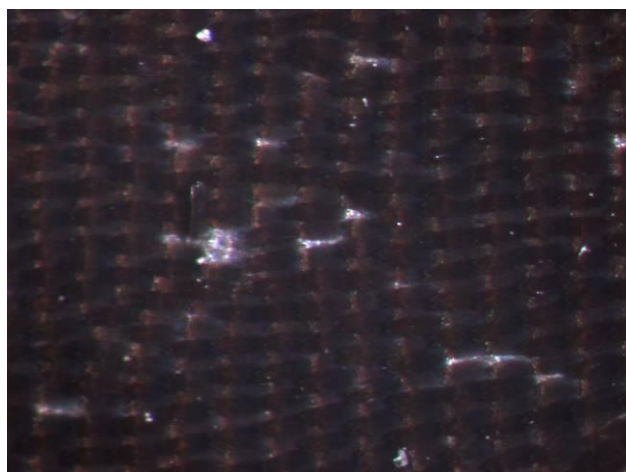
圖（十八）高山粉蝶停止照光後的胸溫及翅溫

二、不同種蝴蝶翅膀鱗片構造之比較

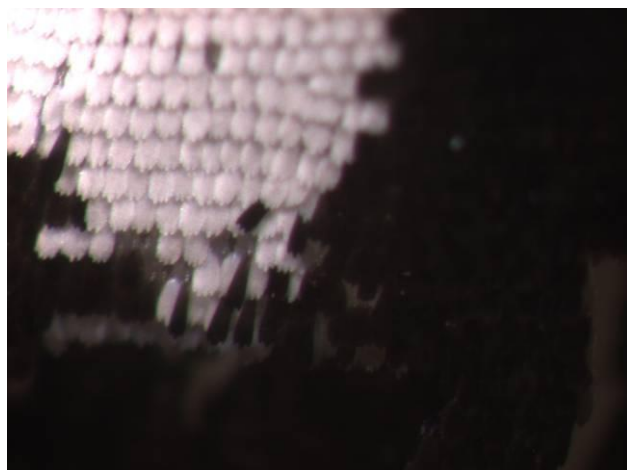
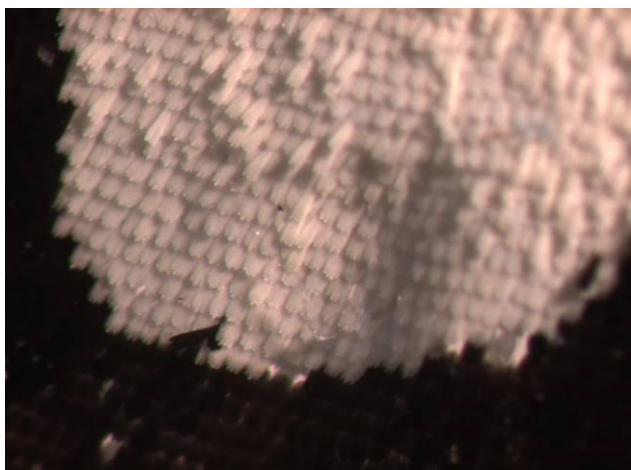
經顯微觀察後將七種蝴蝶依翅膀鱗片之構造歸類成三類（表三）：第一類的『淡色小紋青斑蝶』翅膀鱗片排列為高度緊密度，鱗片間空隙小，鱗片沒有向上，平鋪緊貼（照片十七）；第二類的『無尾鳳蝶、樺斑蝶、斯氏紫斑蝶』翅膀鱗片排列為中度緊密度，鱗片向上（表三）（照片十八、照片十九、照片二十）；第三類為『紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶』翅膀鱗片排列為低度緊密度，鱗片間空隙大，鱗片向上（表三）（照片二十一、照片二十二、照片二十三）。

表三、各種蝴蝶翅膀鱗片之構造比較表

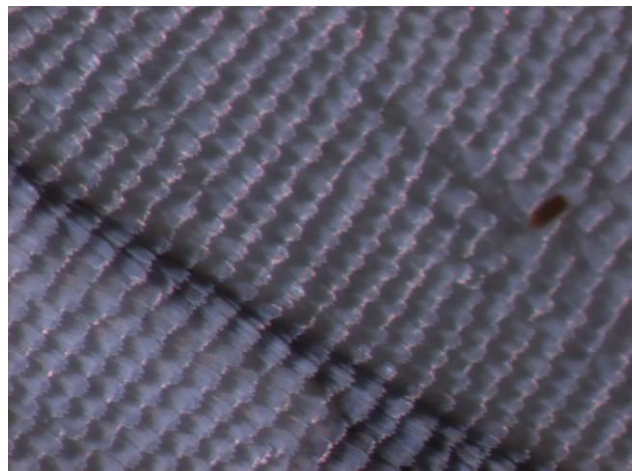
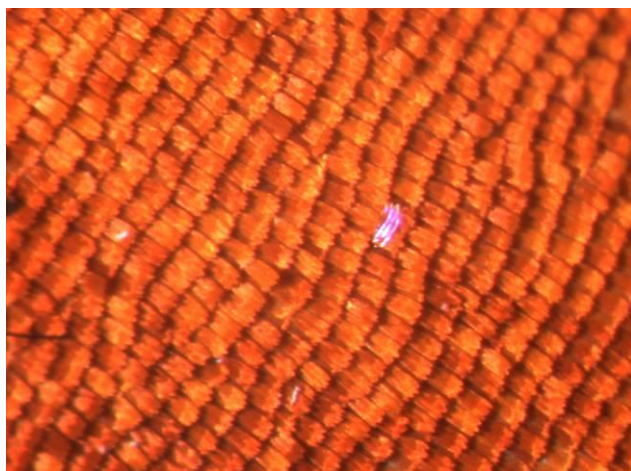
	鱗片排列緊密度	鱗片向上傾斜	鱗片結構
紅紋鳳蝶	低	有	鱗片間空隙大
小紫斑蝶	低	有	鱗片間空隙大
高山粉蝶	低	有	鱗片間空隙大
無尾鳳蝶	中	有	平鋪緊貼
斯氏紫斑蝶	中	稍微	排列微緊密
樺斑蝶	中	稍微	鱗片前端鋸齒，排列微緊密
淡色小紋青斑蝶	高	無	鱗片間空隙小，平鋪緊貼



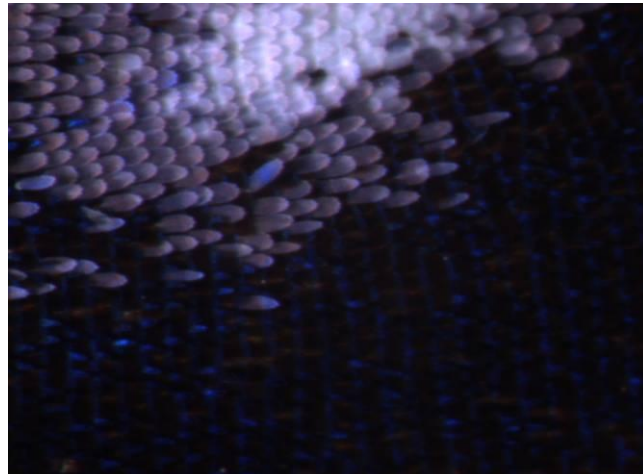
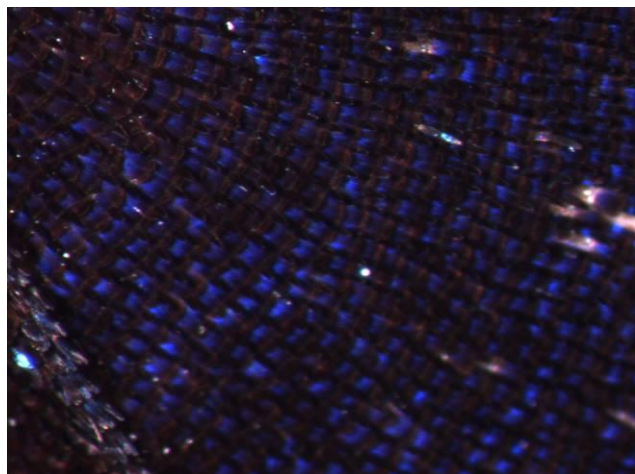
照片（十七）淡色小紋青斑蝶翅膀鱗片的排列



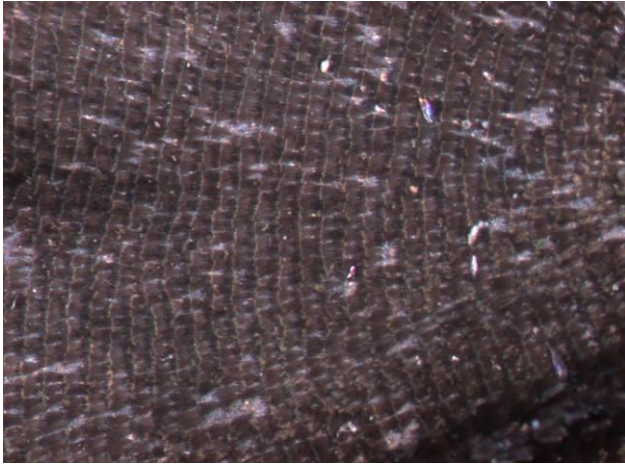
照片（十八）無尾鳳蝶翅膀鱗片的排列



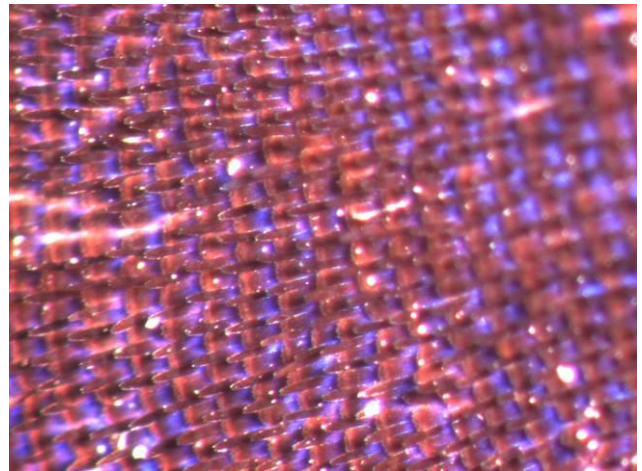
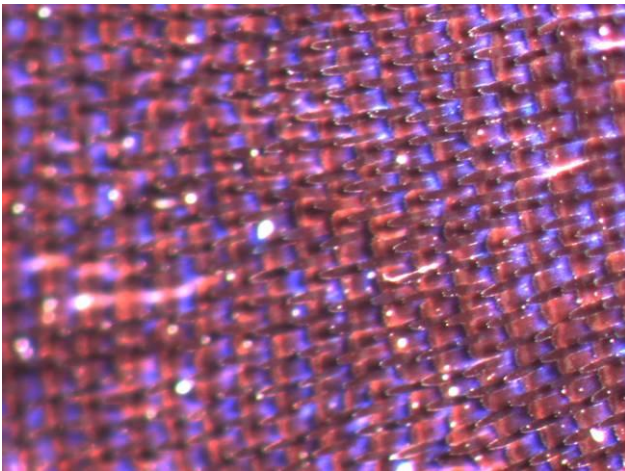
照片（十九）樺斑蝶翅膀鱗片的排列



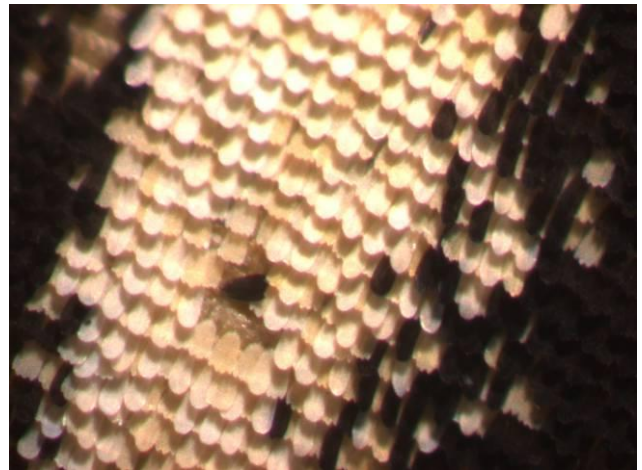
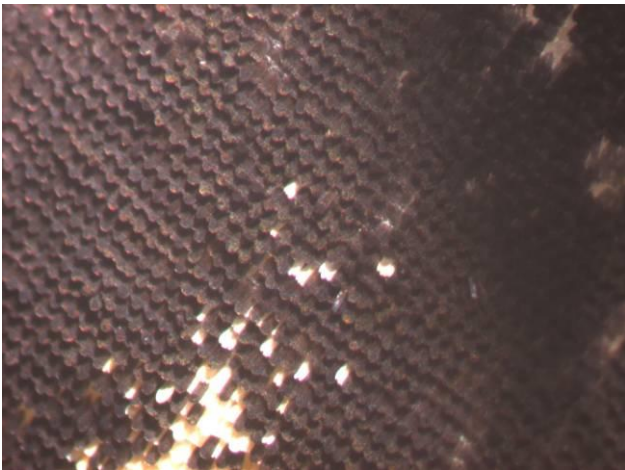
照片（二十）斯氏紫斑蝶翅膀鱗片的排列



照片（二十一）紅紋鳳蝶翅膀鱗片的排列



照片（二十二）小紫斑蝶翅膀鱗片的排列



照片（二十三）高山粉蝶翅膀鱗片的排列

陸、討論

一、各種蝴蝶翅膀照光後溫度變化比較

(一) 影響蝴蝶的翅膀、胸部溫度的可能成因，有翅膀的顏色、紋路及組成結構等。就翅膀的顏色而言，一般最常見的是黑色（屬於深色系），本實驗抓取了幾隻翅膀顏色為黑色的蝴蝶，有淡色小紋青斑蝶、小紫斑蝶、大鳳蝶、斯氏紫斑蝶及紅紋鳳蝶；另外也抓取了幾隻顏色不是黑色的蝴蝶，像是暮眼蝶-咖啡色（屬於深色系）、樺斑蝶-橙色（屬於淺色系）、無尾鳳蝶-咖啡色（屬於深色系）。

實驗發現翅膀平均溫度以淡色小紋青斑蝶（圖十五）、暮眼蝶（圖十三）的33.7℃較高，其溫度變化範圍分別為32.3-35.4、32.1-35.0℃，胸平均溫度以淡色小紋青斑蝶的34.4℃為最高，其溫度變化範圍為33.3-35.4℃（表一）。同為黑色系的紅紋鳳蝶，其胸、翅平均溫度都在30℃左右，為九種實驗的蝴蝶最低者，其胸部、翅膀溫度變化範圍分別在25.9-29.5℃、28.5-32.4℃間。由此推論顏色與溫度，並無正相關的趨勢。可能因蝴蝶翅膀通常具有多種顏色，且鱗片排列方式、角度也會影響溫度變化，因此即使色系相同卻有不同的溫度顯現。

(二) 達到什麼溫度時蝴蝶才能飛行？有些學者認為：「若胸部溫度與翅膀溫度有交叉，則代表蝴蝶已達到可以飛行的狀態」。本實驗發現胸部溫度與翅膀溫度確實有交叉現象，且交叉點的溫度與停止照光後的平均溫度有吻合的現象（表四）。因此推測當蝴蝶的翅膀與胸部溫度一致時即達到可以飛行的溫度。而此溫度可由胸、翅的平均溫度推測得知。

表四、停止照光後各種蝴蝶胸、翅膀平均溫度及交叉點的溫度(℃)範圍

	翅膀平均溫度	胸部平均溫度	交叉點的溫度範圍
紅紋鳳蝶	29.5	29.0	28.9-29.1
小紫斑蝶	31.0	31.4	29.3-29.4
無尾鳳蝶	30.5	30.7	30.6-30.7
高山粉蝶	27.2	27.4	27.5-27.6
大鳳蝶	31.1	30.2	31.0-31.1
樺斑蝶	30.6	31.9	32.8-32.9
斯氏紫斑蝶	31.4	32.1	32.3
暮眼蝶	32.3	33.4	33.5-33.6
淡色小紋青斑蝶	32.8	32.3	34.1-34.3

(三) 由照光數據中發現當胸、翅溫度出現交叉後，再持續照光並不會使溫度明顯上升。

我們推測可能是因為已經達到可以飛行的溫度，所以其溫度不會出現明顯的上升情形。

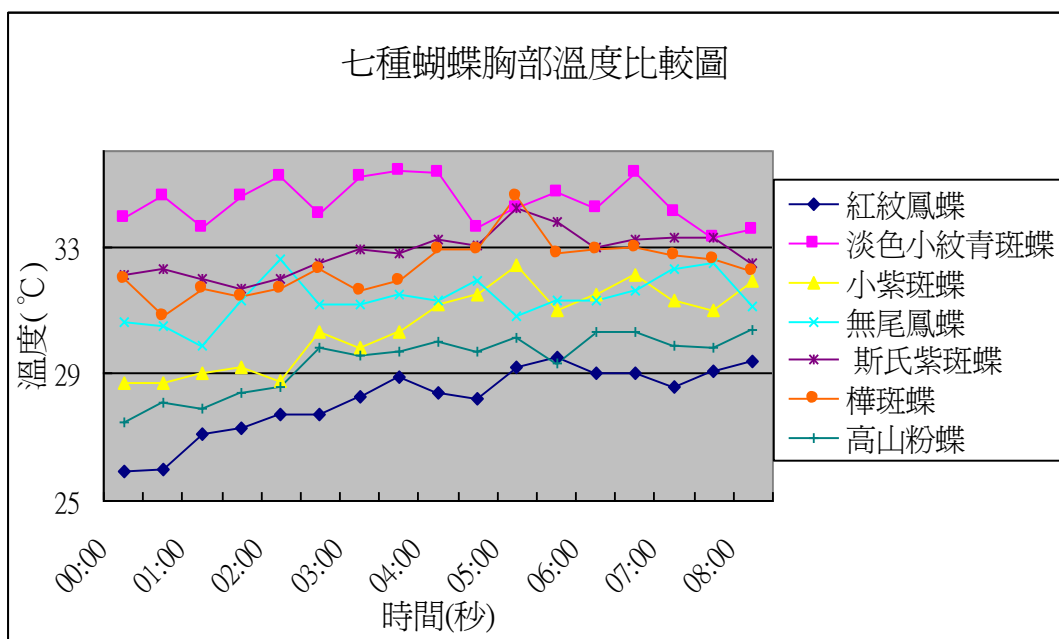
二、蝴蝶翅膀照光後胸部及翅膀溫度變化類型與翅膀鱗片構造類型比較

(一) 本實驗將 7 種蝴蝶（無尾鳳蝶、樺斑蝶、斯氏紫斑蝶、紅紋鳳蝶、淡色小紋青斑蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶）**翅膀鱗片之構造**歸類成三類（表三），第一類的『淡色小紋青斑蝶』翅膀鱗片排列為高度緊密度，鱗片間空隙小，鱗片沒有向上，平鋪緊貼；第二類的『無尾鳳蝶、樺斑蝶、斯氏紫斑蝶』翅膀鱗片排列為中度緊密度，鱗片向上；第三類為『紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶』翅膀鱗片排列為低度緊密度，鱗片間空隙大，鱗片向上。此 7 種蝴蝶翅膀照光後，胸部及翅膀的平均溫度變化趨勢可區分為三類（圖十九、二十），胸部及翅膀的平均溫度最高者為『淡色小紋青斑蝶』、中間者為『無尾鳳蝶、樺斑蝶、斯氏紫斑蝶』和最低者為『紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶』。此 7 種蝴蝶翅膀鱗片排列的 3 大類型與胸部、翅膀的平均溫度變化趨勢 3 大類型，剛好相對應（表三、圖十九、二十）。

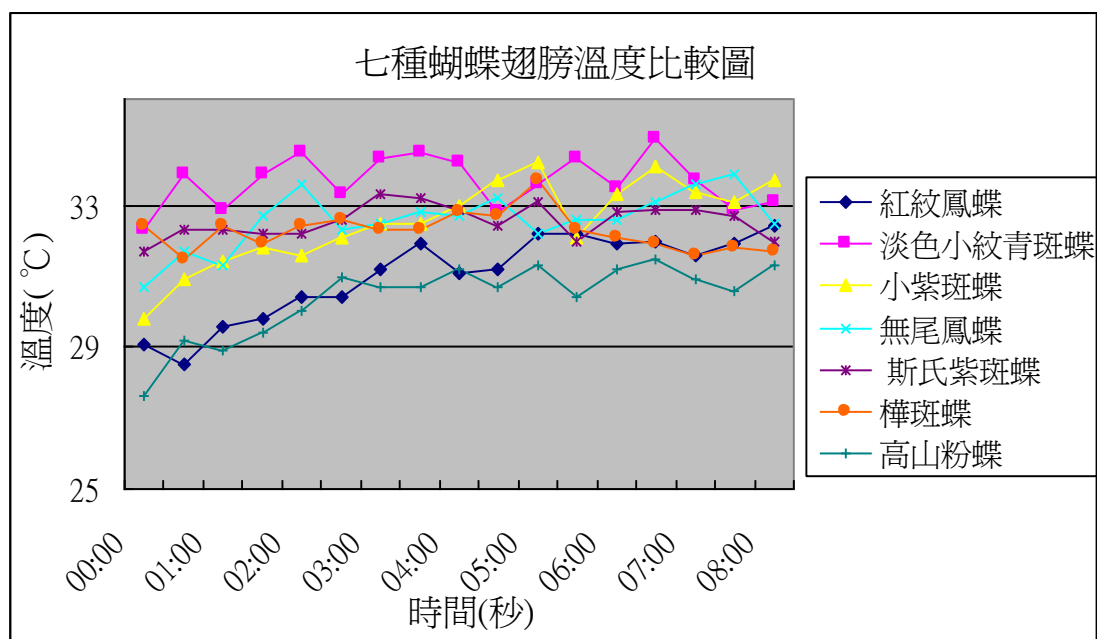
綜合上述，『淡色小紋青斑蝶』的翅膀鱗片高度緊密度，鱗片間空隙小，胸部及翅膀的平均溫度最高（表三、圖十九、二十）；『紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶』的翅膀鱗片低度緊密度，鱗片間空隙大，胸部及翅膀的平均溫度最低（表三、圖十九、二十）。

(二) 我們觀察比較鱗片結構與照光後溫度變化，發現生長於高海拔、低溫環境的高山粉蝶，和生長於低、中海拔的紅紋鳳蝶、小紫斑蝶相似，三者皆有鱗片間空隙大且交叉點溫度均較低的現象，**由此推測鱗片結構是影響蝴蝶起飛溫度的重要因素。**

(三) 實驗中發現高山粉蝶的升溫範圍較其他蝴蝶窄且慢，因此以生長於低海拔（500 m 以下）粉蝶科的水青粉蝶做比較，也發現類似情況；推測粉蝶科的升溫範圍可能有此現象。



圖（十九）照光後，7 種蝴蝶的胸部平均溫度比較圖



圖（二十）照光後，7 種蝴蝶的翅膀平均溫度比較圖

柒、結論

- 一、本實驗9種蝴蝶，在照光8分鐘內，**翅膀平均溫度**以紅紋鳳蝶最低28.2℃，以淡色小紋青斑蝶、暮眼蝶最高33.7℃；**胸部平均溫度**以小紫斑蝶最低28.4℃，以淡色小紋青斑蝶最高34.4℃。依**翅膀溫度分布範圍**可歸類為3類，第一類：紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶溫度介於27.6-34.2℃，第二類：淡色小紋青斑蝶、暮眼蝶溫度介於32.1-35.4℃；第三類：無尾鳳蝶、大鳳蝶、斯氏紫斑蝶、樺斑蝶溫度介於30.7-33.9℃。
- 二、在停止照光後5分鐘，9種蝴蝶**翅膀平均溫度**以紅紋鳳蝶最低29.5℃，以淡色小紋青斑蝶最高32.8℃；**胸部平均溫度**以紅紋鳳蝶最低29.0℃，以暮眼蝶最高33.4℃。依**翅膀溫度分布範圍**可歸類為3類，第一類：紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶溫度介於26.3-30.8℃，第二類：暮眼蝶、淡色小紋青斑蝶溫度介於31.7-33.3℃；第三類：無尾鳳蝶、大鳳蝶、樺斑蝶、斯氏紫斑蝶溫度介於28.8-33.4℃（表二）。
- 三、**鱗片排列緊密度與溫度呈現正相關**：依翅膀鱗片之構造將7種蝴蝶歸類成三類：『淡色小紋青斑蝶』翅膀鱗片排列為高度緊密度，鱗片間空隙小，鱗片沒有向上，平鋪緊貼，呈現出較高的平均溫度及翅膀溫度變化範圍；而『紅紋鳳蝶、小紫斑蝶、高山粉蝶』翅膀鱗片排列為低度緊密度，鱗片間空隙大，鱗片向上，則呈現出較低的平均溫度及溫度變化範圍。
- 四、**同色系的蝴蝶照光後，溫度變化差異甚大**。淡色小紋青斑蝶、暮眼蝶的溫度最高；紅紋鳳蝶的溫度最低，表示顏色不是影響溫度的主因。
- 五、**當胸、翅溫度交叉點溫度達一致時，便是蝴蝶可以起飛的溫度，而此溫度與胸、翅的平均溫度大致吻合**。

捌、參考資料

- 一、李季篤。2005。蝶蝶彩衣-淺談蝴蝶之鱗片。科學研習月刊，44(3)：44-50。
- 二、林義祥。2009。嘎嘎昆蟲網。(2009年03月30日引用)。<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/9701bx/in94.htm>
- 三、國立暨南國際大學、國立自然科學博物館。國科會數位博物館先導計畫-蝴蝶生態面面觀。
(2009年03月30日引用)。<http://turing.csie.ntu.edu.tw/ncnudlm/index.htm>
- 四、劉傳仁、楊儒。2003。蝴蝶之翼與太陽能-多層薄膜結構與熱能傳遞問題分析。看守台灣，
5(3)：59-63。
- 五、飛非飛，第四十八屆中小學科展。(2009年03月30日引用)。
http://science.lishin.tcc.edu.tw/up48/79_%AD%B8%ABD%AD%B8.pdf

【評語】 030318

測定蝴蝶翅膀溫度的試驗紀錄詳實，十分努力。建議改進題目，期能更符合實驗動機與內容。對於結果，推論宜更謹慎合理。