

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

第三名

030313

色彩魔術師~紅色蠟蟬與藍色蠟蟬的秘密

學校名稱：臺北市立麗山國民中學

作者： 國二 陳夢晴 國二 石敏 國二 陳怡穎	指導老師： 竇俊明
----------------------------------	--------------

關鍵詞：蠟蟬、變色、生活史

色彩魔術師～紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬的秘密

摘要

紅翅蠟蟬 (*Lycorma meliae*) 與藍翅蠟蟬 (*Lycorma olivacea*) 自發現以來，一直被認為是不同種的蠟蟬，雖然最近有些人提出可能是同種的看法，但皆未被證實。

經由野外長期調查與網室內累代飼養觀察，發現其成蟲階段，紅翅型會慢慢變成藍翅型，變色的原因翅膜內色素由紅轉藍的正常生理作用，而藍翅表面的白斑是分泌白蠟覆蓋在黑斑上所致。因此證實紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬實為同種但不同時期之個體。

一年發生一代，生活史經卵、若蟲（1~3 齡藍黑色 → 4 齡橘色）成蟲（紅翅、夏型 → 藍翅、冬型），不完全變態。卵產在枝頭下表面或是樹幹斜背下表面，以卵越冬，翌年 4 月若蟲孵化，經四次蛻皮，約 6、7 月開始羽化成紅翅型，10 月全部變成藍翅型，才會交配、產卵，成蟲壽命長達 4~8 個月。



壹、研究動機

小學五年級的某一夏天，去安坑爬山時，在某幾棵樹幹上發現好多隻紅色翅膀像蟬一樣的昆蟲，有趣的是牠們很喜歡和我們捉迷藏，當我們靠近時，牠們會像螃蟹一樣橫移躲到樹幹後面；而當我們跑到後面時，牠們又會繞到樹幹前面（影片1）。回家後上網查知牠們叫做「紅翅蠟蟬」 (*Lycorma meliae*)。當年冬天再次造訪此地時，我們發現原來的樹幹上已經沒有上回發現的紅翅蠟蟬，但有幾隻藍色翅膀的蟬。回家後查知牠們叫做「藍翅蠟蟬」 (青黑白蠟蟬) (*Lycorma olivacea*)。牠與紅翅蠟蟬除了顏色與出現時間不一樣外，大小、形狀、食物都一樣。這兩種蠟蟬究竟有何關係？是不同種嗎？還是同種的不同型？或着藍翅是由紅翅變來的？聽說牠們的若蟲也是體色多變，有些是藍黑色，有些是橘紅色，牠們像謎一般的生活史引起我高度的興趣，所以我招募同好組成研究小組，參考生物上冊第五章（行為與感應）與下冊第四章（行行色色的生物），來探討兩者之間的類緣關係。

貳、研究目的

- 一、紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬的形性比較，據以釐清二者的類緣關係。
- 二、生活史的研究
- 三、生活習性的研究
- 四、探討紅翅變藍翅的原因

參、研究設備及器材

數位相機、數位攝影機、電子游標尺、飼養箱、顯微鏡、庭院兩座1×1×2公尺的鋼架網室、苦楝、賊仔樹

肆、研究方法及結果

一、文獻探討與資料的分析

(一) 蠟蟬之分類地位

蠟蟬科 (Fulgoridae) 在分類上屬於昆蟲綱 (Insecta) 、同翅目 (Homoptera) 、頸喙亞目 (Auchenorrhyncha) 、蠟蟬總科 (Fulgoroidea) 。台灣蠟蟬科 (Fulgoridae) 目前已知道的有：渡邊氏長吻白蠟蟬 (Pyrops watanabei Matsumura, 1913) 藍翅蠟蟬 (Lycorma olivacea Kato, 1929) 、紅翅蠟蟬 (Lycorma meliae Kato, 1929) 蓬萊細吻蠟蟬 (Saiva formosana Kato, 1929) 龍眼雞 (Pyrops candelaria Linnaeus 1758) 等。

(二) 有關紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬的相關資料

我們廣泛地收集資料，發現「紅翅蠟蟬」與「藍翅蠟蟬」在圖鑑及一般論述上是「各具學名的不同種」，但最近也有極少數學者認為是「同種內之不同型」。

1、將兩者視為「不同種」的資料很多，不過都沒有提及牠們的生態，例如：

(1) 昆蟲影像紀錄《六足王國》：<http://freebsd.tspes.tpc.edu.tw/~afu/600.htm>

(2) 自然攝影中心：<http://nc.kl.edu.tw/bbs/showthread.php?t=1927>

(3) 四獸山昆蟲相調查網：

<http://sishou.artspacemedia.com/photolist/list2.php?family=42>

(4) 台灣蠟蟬科 (Fulgoridae) 的分類：

<http://nature.kl.edu.tw/showthread.php?s=33e01788fd993ff75ef1a68bae4dc8c8&postid=450770>

(5) 臺灣地區蠟蟬科 (半翅目，蠟蟬總科) 之研究現況探討：

<http://72.14.235.104/search?q=cache:pXV-m5s4S-EJ:2008checklist.biodiv.tw/disc2008/doc/267.doc+Saiva+formosana+Kato&hl=zh-TW&ct=clnk&cd=1&gl=tw>

2、將兩者視為「可能為同種」的資料非常少，少數學者以這兩種蠟蟬的「發生期」及棲地做比較，認為這兩種蠟蟬可能是同一種：

(1) 嘎嘎昆蟲網：<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm>

(2) 專家（「安康蝴蝶教育園區」創辦人牛伯伯呂輝璧先生、專業昆蟲生態解說黃淑娥老師及成功高中昆蟲館陳維壽老師）訪談時之意見。

3、由上述文獻資料或訪談，尚待我們研究確認的疑問如下：

(1) 因終齡若蟲與成蟲無法人工飼養，所以紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬是否為同種、(2) 蠟蟬顏色間的變化與關連（若蟲有藍黑色及橘紅色，成蟲有紅色及藍色。是否藍黑色若蟲變成藍翅蠟蟬，橘紅色若蟲變成紅翅蠟蟬）及其生活史目前仍是未解之謎。

(三) 提出假設

根據文獻探討：紅翅蠟蟬主要出現在夏天，藍翅蠟蟬主要出現在冬天，所以二者的關係有三種可能性：1. 不同種 2. 同種的不同季節型 3. 紅翅蠟蟬變成藍翅蠟蟬。而根據我們在野外的初步觀察，夏季時只發現紅翅蠟蟬，7至9月間發現一些前翅紅色較淡、端部較白的蠟蟬，冬季時紅翅蠟蟬完全消失，只有藍翅蠟蟬出現，所以紅翅會變成藍翅的可能性極高。因此我們提出「紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬是同一種、色彩轉換發生於成蟲階段」，即「紅翅蠟蟬會變色成藍翅蠟蟬」的假說。

二、研究方式

要瞭解紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬是否同種，最直接的方法就是作 DNA 比對，但是學校沒有這種器材，所以我們採用野外調查和飼養觀察同時進行。雖然此舉費時耗工，但我們不僅能確認是否為同種，並且可以詳細記錄生活史，補足其生態資料之不足。我們從民國 95 年夏天開始至今，每個月在野外棲息地（安坑二叭子植物園與牛伯伯生態園）觀察一至二次，96 年開始嘗試人工飼養與實驗，在這期間我們曾遭遇一些瓶頸，但最後終於解決。觀察及試驗流程：

（一）原棲地固定點觀察：【不成功】

- 1、在原棲地的苦楝樹上**架設網子**以觀察蠟蟬，但棲地附近人來人往，網子遭受破壞。
- 2、將紅翅蠟蟬翅膀**做記號**後放回，隔幾天再回去觀察。但蠟蟬會停在高處、躲藏或飛到別棵樹上，因此很難找到有記號的蠟蟬來觀察。

（二）飼養箱枝葉飼養觀察：【不成功】

將蠟蟬放入 30×30×60 公分的**飼養箱**飼養，並放入牠們最喜歡吸食的苦楝小枝葉（插到水杯），但牠們卻都停棲在飼養箱壁，完全不吸食苦楝枝液，因此 2~5 天內這些蠟蟬都相繼死亡（牠們在 15×15×20 公分的小採集箱中隔天就會死去）。

（三）鋼架網室成樹飼養觀察：【成功】

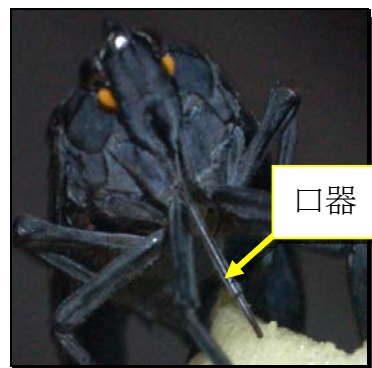
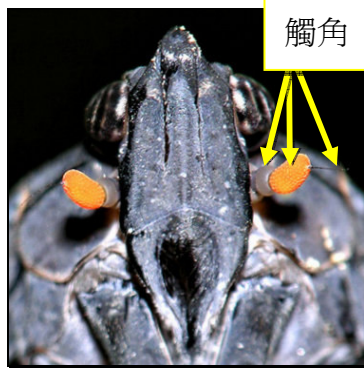
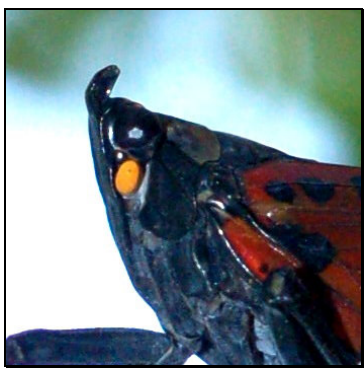
最後我們在自家花園擺放兩座 1×1×2 公尺的鋼架網室，內種有蠟蟬喜歡吸食的植物-苦楝、賊仔樹的成樹，進行**網室內觀察**，才終於成功養活蠟蟬，並得以觀察翅膀顏色的變化。以下是我們重要的研究結果：

三、紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬的類緣關係

（一）紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬在「形態」上之異同

1、相同點：

紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬除翅膀顏色不同外，二者之外觀完全相同。頭部小而尖，前緣突起向上翹。觸角在黑色的複眼下，分3節：鞭節、梗節與柄節。鞭節纖細，類似剛毛，梗節為顯著的橘黃色橢圓形，基部柄節為灰色圓柱狀。刺吸式口器從頭部腹面後方生出，吸取植物汁液為食。



2、不同點：



紅翅蠟蟬			
前翅革質，長卵形		後翅膜質，扇形	
基部 2/3	端部 1/3	基部 2/3	端部 1/3
基部為紅色，大約有 20 個黑色斑點，左右翅斑點不對稱，但正反兩面斑點相同。每一隻蠟蟬的斑點排列不規則，數目、位置、大小也都不相同，有些斑點甚至會相連在一起。	端部底色是黑色，佈滿紅色的網狀翅脈（翅脈色彩與基部相似）。	基部是紅色，有 6~8 個大小不等的黑褐色斑點。	端部是黑色。

藍翅蠟蟬			
前翅革質，長卵形		後翅膜質，扇形	
基部 2/3	端部 1/3	基部 2/3	端部 1/3
基部為藍色，正面有大約 20 個白色斑點，其位置、大小都與紅翅蠟蟬的黑色斑點對應。背面仍舊是黑色的斑點。	端部底色是黑色，佈滿藍色的網狀翅脈（翅脈色彩與基部相似）。	基部是藍色，有 6~8 個大小不等的黑褐色斑點。	端部是黑色。

【結論】 紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬除了翅膀底色及斑點不同外，其餘都相同。

(二) 紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬在「發生期」之異同

紅翅蠟蟬數量較多，出現在6~8月（夏初無藍翅蠟蟬）；藍翅蠟蟬數量較少，出現在8月至隔年2月（主要是在秋冬季，極少數出現在7月底，冬天無紅翅蠟蟬）。

(三) 紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬在「生態」上之異同

1、相同點：

(1) 棲息地：主要分佈於台灣 1000 公尺以下中低海拔之山區，例如陽明山、四獸山、坪

林、土城、新店、安坑、烏來等次生林或人造林中。

(2) 寄主植物：常棲息於賊仔樹、食茱萸、山豬肉、苦楝樹上。

(3) 昂首姿態：休息時常會將前腳伸長、頭翹起，爬行也都揚著頭！

(4) 爬行方式：移位時以爬行為主，爬行速度快。

(5) 遇危行爲：人靠近時會橫向繞到樹幹另一邊，遇危急時以跳躍方式逃離。

(6) 飛行：成蟲有翅，但飛翔力弱，每次僅遷移 1~3 公尺。

(7) 排泄：排泄時會從腹部末端噴出有甜味的液體，受驚嚇時也會間歇性地噴尿。

(8) 群居性：成蟲、若蟲均有群集性。有時可見數十隻若蟲排列成一條直線，群集在嫩枝上；成蟲則會群聚在樹幹上。



(9) 天敵：天敵為肉食性的昆蟲或動物，如：蜘蛛、螳螂、蜥蜴…。螞蟻會群起攻擊較虛弱的蠟蟬，但不會騷擾健康的蠟蟬。蠟蟬飛行力弱，在飛行中易被鳥類襲擊。

2、不同點：

(1) 若蟲只出現在春季，秋冬天已沒有若蟲。因此只發現若蟲羽化成紅翅蠟蟬，從未觀察到藍翅蠟蟬的若蟲。

(2) 卵只出現在秋冬季，此時已沒有紅翅蠟蟬。因此只發現藍翅蠟蟬會交配產卵，從未觀察到紅翅蠟蟬的卵。

四、生活史的研究







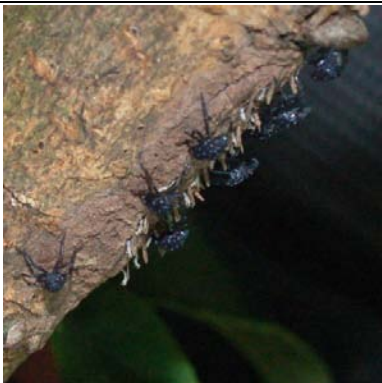


(一) 卵

藍翅蠟蟬於秋冬之際產卵，以卵越冬。卵粒排列整齊，平行排列成行，數行成塊，每塊至少有 40—50 粒卵，多時可達百餘粒。卵為長圓柱形，狀似麥粒，褐色，長約 3mm、寬約 2 mm。卵上覆蓋灰褐色疏鬆的土狀蠟質。



【孵化】

冬天過後，卵約在4月初孵化：



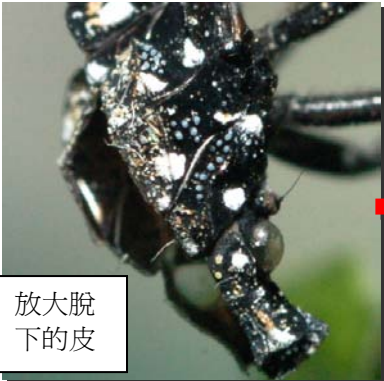


		
97年4月3日孵化前一天，褐色的蠟會突出而出現橢圓形、深褐色的卵外形。	97年4月4日 Am00:40 孵化時若蟲頭朝下、背對著樹幹突破蠟質。(溫度 18.3°C)	Am00:47 除眼睛外全身白色透明，慢慢蠕動而出。
		
Am00:50 只剩尾巴黏著卵殼倒吊著，腳向外彎曲。	Am01:05 身體向前彎曲，六腳著地、開始站立。	Am01:31 停留在原地，顏色開始轉青色。
		
Am02:46 孵化後二小時身體出現白斑，顏色已呈藍黑色。	97年4月5日隔天若蟲才會移動	孵化後可見若蟲鑽破蠟層的缺口及殘留之白色卵殼

(二) 若蟲

卵4月初開始孵化成若蟲，若蟲態期約2~3個月，脫皮4次後約在6、7月羽化為成蟲。若蟲頭部呈突角狀，背面及腳有許多白色斑點。初孵時身體為白色，不久即變為藍黑色。停棲時後腳彎向尾端，身體挺直。成羣的小若蟲喜歡在嫩莖和葉片背面吸取汁液，受驚嚇時會跳走。1~3齡體色藍黑色，4齡變為橘紅色。

	一齡	二齡	三齡	四齡
長×寬	4mm × 2mm	6.5mm× 3.5mm	9mm × 4.5mm	13mm × 6mm
體色	藍黑色，有 40 個白斑點			橘紅色，有 24 個白斑點
齡期	2 星期	2 星期	3 星期	3 星期
出現時間	4~5 月	4~6 月	5~6 月	6~7 月
頭部	相對最短	較短	較長	相對最長
翅芽	無		小，藍黑色	大，橘色
吸食	葉子背面主葉脈		葉脈或細嫩幼樹枝	小樹枝
照片				

【脫皮】

		
三齡若蟲正在脫皮變四齡	↑ 圖左為剛脫完皮的四齡若蟲，除了眼睛外，身上的黑斑及腳色皆未顯現；圖右為牠所脫下的皮，看似另一隻若蟲	
		
放大脫下的皮	脫皮不久變成橘色，腳灰色	最後變橘紅色，黑條紋與白斑左右對稱

【羽化】

羽化前二天身體會略為膨脹，翅芽顏色會由橘轉紅。這時警覺性降低，開始禁食、幾乎不動。羽化時頭朝上，背部先裂開，頭胸部先出來（影片2）：



<p>2008/6/30 pm 9:45 背部裂開，頭胸部先出來</p>	<p>pm 9:54 身體往下蠕動，翅膀、腹部出現</p>	<p>Pm10:09 白色透明的前、中腳出現，腹部仍與舊殼相連</p>
<p>Pm10:12 後腳出現，前、中腳抓住枝葉</p>	<p>Pm10:19 鄒摺的翅膀開始展開</p>	<p>Pm10:30 舊殼與樹枝分離，但仍與腹部相連</p>
<p>Pm10:53 舊殼與腹部分離，翅膀完全展開，斑點顏色出現</p>	<p>Pm11:25 翅膀顏色加深，斑點更黑</p>	<p>Pm12:53 成穩定的紅翅黑斑色，攀附在枝葉上休息至次日</p>

(三) 成蟲

1、由翅膀顏色主要可分為三種色型：

- (1) 紅翅蠟蟬：翅的顏色為紅色。
- (2) 藍翅蠟蟬：翅的顏色為藍黑色
- (3) 「中間型」蠟蟬，翅的顏色有淺紅、淺紫、淺藍等不同的顏色。

2. 紅翅變藍翅的關鍵變色過程

我們在自家花園的網室內，種植蠟蟬喜歡吸食的苦楝與賊仔樹的成樹，終於養活蠟蟬，也費了不少功夫才拍到同一批蠟蟬翅膀由紅轉藍的變色過程。

圖片							
日期	編號	96/7/3	A	96/7/10	B	96/7/13	C
說明		前翅正面基部的底是紅色、斑是黑色，端部的底是黑色、翅脈是紅色		端部的翅脈由紅轉白		黑斑翅脈處出現白蠟	
							
96/7/15	C	96/7/16	C	96/7/18	D	96/7/19	D
基部的紅底色漸淡		端部翅脈成淺藍色		與前同		基部底呈藍紅色	
							
96/7/20	D	96/7/23	D	96/7/27	D	96/8/11	E
D 蠟蟬端部左翅有明顯的白蠟，但右翅無		黑斑白色部分漸多		基部的底呈藍色、黑斑一半以上變白		斑全變白，完全變成藍翅蠟蟬	

【說明】：

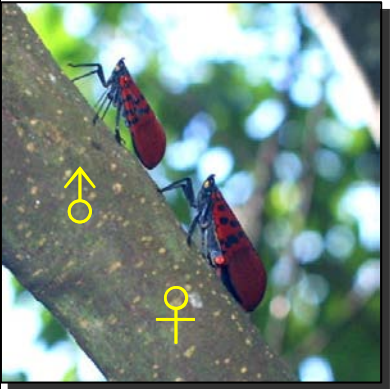


我們所觀察的這批飼養於網室內的蠟蟬約有十隻，都是在6月羽化成紅翅蠟蟬，然後在7月中旬開始變色，最後都在8月底前全部變成藍翅蠟蟬。本來我們想拍同一隻蠟蟬左前翅正面一系列的顏色變化照片，但牠們很會躲貓貓，拍照不易，有些爲了照相取景而逃離飛走。因此綜合所有照片來做報告。

【結論】：

紅翅會慢慢變成藍翅，斑紋也會由黑轉白，證實我們的假說：「紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬是同一種、色彩轉換發生於成蟲階段」，即「紅翅蠟蟬會變色成藍翅蠟蟬」。

3. ♂、♀區別：

不管紅翅蠟蟬或是藍翅蠟蟬，其公母的區別都一樣：

	♂	♀	
大小	小	大	
體長	14~17mm	18~22mm	
翅展	40~45mm	50~52mm	
腹部尾端	黑色交尾器	紅色泄殖腔	
腹部尾端近照			

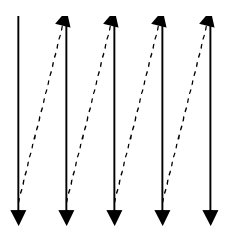
4. 交配

紅翅蠟蟬不會交配，無生殖能力。藍翅蠟蟬才會交配，交配前♂蠟蟬會先在♀蠟蟬旁振動翅膀跳舞求偶。約在秋天開始交配，晚秋或冬天產卵。

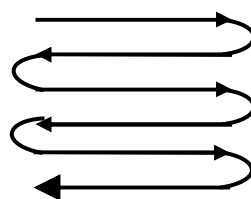
5. 產卵

最主要將卵產在枝頭下面，其次是產在斜斜的樹幹下側，原因是較能防止卵被雨水打掉，也較能擋住強烈的陽光。

藍翅蠟蟬每產一顆卵，就會將屁股轉一圈再將卵黏在枝幹上，因此卵排列得非常整齊。向下產完第一排卵後（一排約半小時），再從旁邊向下產下第二排卵……。產完卵後，再由左而右再左陸續往下橫向覆蓋上白色的蠟粉（約1小時）。不久白色的蠟質物會氧化變成土黃色，看起來像一塊污泥貼在樹幹上。



產卵的順序



覆蓋蠟粉的順序

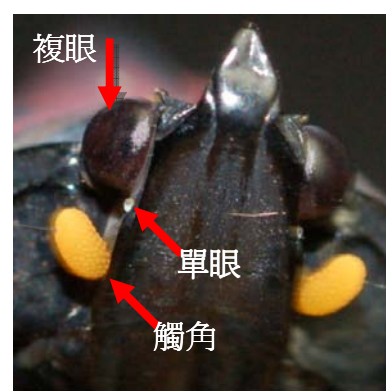


五、特殊習性的研究

(一) 蠟蟬對外物的反應

1. 視覺器官：

蠟蟬對外在環境變化很敏感，一有人靠近，馬上就躲到樹後面。其視覺器官為頭部兩側黑色的複眼（辨別物體的形狀）及複眼下方小小、白色透明的單眼（感覺亮度）。



2. 蠟蟬對外物不同速度靠近時的反應：

以不同速度空手捉蠟蟬，測試牠們的反應。

【結果】：

靠近速度	極慢	慢	快	極快
蠟蟬反應	無，易被捉到	橫向移到樹後	跳離飛走	來不及反應，易被捉到

【註】靠近速度：「極慢」表示每秒少於 0.5 公分的速度，「慢」約每秒 5 公分的速度，「快」約每秒 30 公分的速度，「極快」約每秒 100 公分的速度

【說明】：

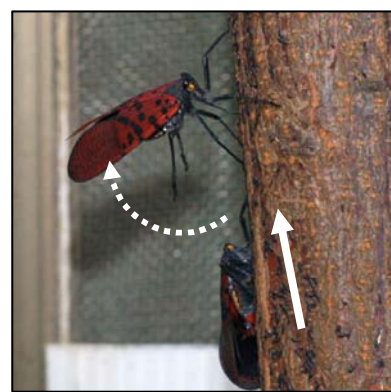
蠟蟬對外在環境變化反應主要是以「視覺」而非「嗅覺」為主。外物以極慢速度移動接近蠟蟬時，牠們可能無法察覺；若牠們察覺有外物慢慢接近時，牠們會移動到樹後面；若外物以較快速度接近，牠們察覺有危險就會立即跳離飛走；若外物移動速度夠快，牠們會反應不及而被抓到。

3. 蠟蟬對無害生物靠近時的反應：

蠟蟬生性敏感，對天敵當然會躲避，但無害生物如蝴蝶飛近與同伴靠近又有何反應呢？

【觀察結果】：

蝴蝶飛近時，蠟蟬會移動到旁邊躲開。蠟蟬有群聚習慣，但在吸食樹汁時，若有同伴靠近，牠會將下半部翹起七、八十度「跳舞」，僅以前、中腳攀抓樹幹（影片 3），此時口器仍插在樹幹上。其意義可能是宣示地盤的警示作用，因「跳舞」後，「入侵者」隨即快步離去。



4. 結論：

蠟蟬對外在環境的變化非常敏感，一感覺有光影的變化，馬上橫移至樹幹後面躲藏。但當外物以極慢的速度前進，牠們大都無法即時發覺。因此我們推論蠟蟬單眼可能較發達，複眼較不發達。



(二) 運動方式

1. 爬：

蠟蟬前、中腳靈活，可自由活動、快速爬行，因此成蟲和若蟲移動時皆以爬行爲主，爬行速度快(影片4)，例如4mm的一齡若蟲爬25cm只需7秒。爬行時只有前、中四腳在動，後二腳無力般地被拖著走。

2. 跳：

成蟲和若蟲均善於跳躍，成蟲跳起來可以達1公尺遠。

平常蠟蟬休息時常會將腳伸長、頭揚起，尤其前腳抬的最長。當我們要抓牠們時會立刻跳開，我們用攝影機拍下牠們的彈跳動作(影片5)。但牠們彈跳速度之快，即使以1/16倍慢速放映也看不清牠們是用後腳還是前腳跳。

因此我們分別用膠帶暫時黏住蠟蟬前腳與後腳，然後觀察哪一組腳無法跳與飛行，並且與沒用膠帶黏的做比較。

【實驗結果】：

膠帶黏住之腳	前腳	後腳	無(正常)
走路	不順暢	順暢	順暢
彈跳	可	無法彈跳	可
飛行	可	無法飛	可

3. 飛：

蠟蟬只有成蟲具有翅膀，但飛行能力不強，一般只能飛行1~3公尺。飛行前必須先跳躍，若無後腳的彈跳協助則無法飛行。



(三) 食與排泄的探討

1、攝食器官：

蠟蟬的攝食器官是刺吸式口器，口器從頭部腹面後方生出，以吸取植物汁液爲食。

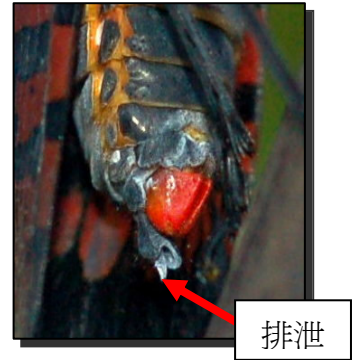
2、寄主食物：

成蟲與若蟲皆喜歡吸食賊仔樹、苦楝、山豬肉、食茱萸等植物的汁液。一齡若蟲口器較小，吸食葉子背面主脈的汁液；二、三齡若蟲主要吸食細嫩幼枝；四齡若蟲主要吸食小樹幹；成蟲口器堅硬，食量很大，只吸食無葉綠體之大樹幹，不吸食細嫩幼枝，這也是無法人工飼養成蟲的原因。



3、排泄與受驚噴尿：

蠟蟬排泄時會從腹部末端的倒勾（排泄孔）點狀間歇地噴出液體。受驚嚇時也會噴尿，樹上若有一整排蠟蟬同時噴尿，就會像下雨般。尿有甜味、含糖，容易引來螞蟻。



4、對寄主植物與生態環境的影響：

由於蠟蟬若蟲與成蟲皆會群集在樹上，當牠們數量太多，吸食過多寄主植物的汁液後，常會導致寄主植物營養不良，嚴重時寄主植物可能會死亡。所以在我們觀察的二叭子棲地，有眾多蠟蟬聚集的地方，將近一半的苦楝已枯死，而沒有蠟蟬聚集的地方卻沒有任何一棵苦楝枯死。

六、紅翅變藍翅～成蟲色彩轉換的探討

紅翅蠟蟬如何變成變藍翅蠟蟬呢？我們討論可能的原因有脫皮、褪色、色素破壞、色素轉換、覆蓋外物等，未觀察實驗前，脫皮被認為是最有可能的原因。

（一）脫皮

昆蟲在形狀與顏色的改變，最容易理解的就是齡期的轉換（脫皮）或態期的轉換（羽化）。有些昆蟲（前變態）在稚蟲與成蟲之間還有一個「亞成蟲」的發育階段。亞成蟲未發育完，有翅形似成蟲但無生殖能力，必須再蛻皮才成為具有生殖能力的成蟲，例如蜉蝣。

【觀察結果】：

蠟蟬若蟲長大在齡期轉換時，皆會脫皮留下一層空殼，若蟲吸食植物汁液為生，不會吃掉自己脫下的皮。由於從未發現紅翅蠟蟬變為藍翅時的脫皮，因此脫皮不是紅翅變藍翅的原因。



（二）褪色

青帶鳳蝶與青斑鳳蝶等若接觸到陽光（X-ray）久了，不管是活的或是標本，翅膀的青色斑紋就會慢慢褪掉。是否紅翅變藍翅也與褪色有關呢？

【實驗】：

將青帶鳳蝶與紅翅標本同時放在強烈陽光下及室內一星期，觀察顏色是否有改變？

【結果】：

	青帶鳳蝶的前翅	紅翅蠟蟬的前翅	圖
原來顏色	黑底青斑	紅底黑斑	
放室內一週的顏色	同上	同上	
經陽光照射一週後的顏色	青色斑紋幾乎褪色成透明，黑底只褪色一點	紅底褪色成淡紅色，黑斑稍褪色	

【結論】：

不同色素對光的穩定性不同，青帶鳳蝶中的藍色色素較不穩定、易褪色，黑色較穩定、不易褪色。紅翅蠟蟬的紅翅經日光照射後雖會變色，但只是顏色變淡，並不會變成藍色，因此翅膀變色與光線無關。

(四) 色素轉換

紅翅蠟蟬變成藍翅蠟蟬可能是因正常的生理作用，體內色素由紅轉藍或紅色色素被藍色色素取代所致。為了證實此一假說，我們必須在紅翅蠟蟬飼養期間，密集觀察翅膀色彩變化，並蒐集各階段的照片加以比對：

1、外觀上的觀察：

	↓ 正面	↓ 反面 (背面、腹面)	說明
紅翅蠟蟬			剛開始紅翅蠟蟬翅膀只有紅黑二色 96/7/5
中間型			前翅端部翅脈正反兩面顏色 由紅轉淡，後翅中段正反兩面局部的紅色更淡。 96/7/15
中間型			前翅端部翅脈正反兩面顏色變更淡 (底色仍是黑色) 正面黑斑微微出現白色，背面卻沒有。後翅中段正反兩面轉淡的部分變成藍色。 96/7/25
中間型			前翅基部背面淡到已不見紅色，後翅藍色面積變大。 96/8/15
中間型			前翅正面黑斑幾乎蓋滿白蠟，後翅紅色部分已全變藍色。 96/8/25
藍翅蠟蟬			前翅翅脈變藍色且前翅正面斑點白色明顯，但背面斑點仍是黑色。前後翅正反面基部都顯現藍色。 96/8/25

2、顯微鏡下的觀察：

(1) 前翅正面：

(a) 前翅正面端部 (1/3)：見下圖

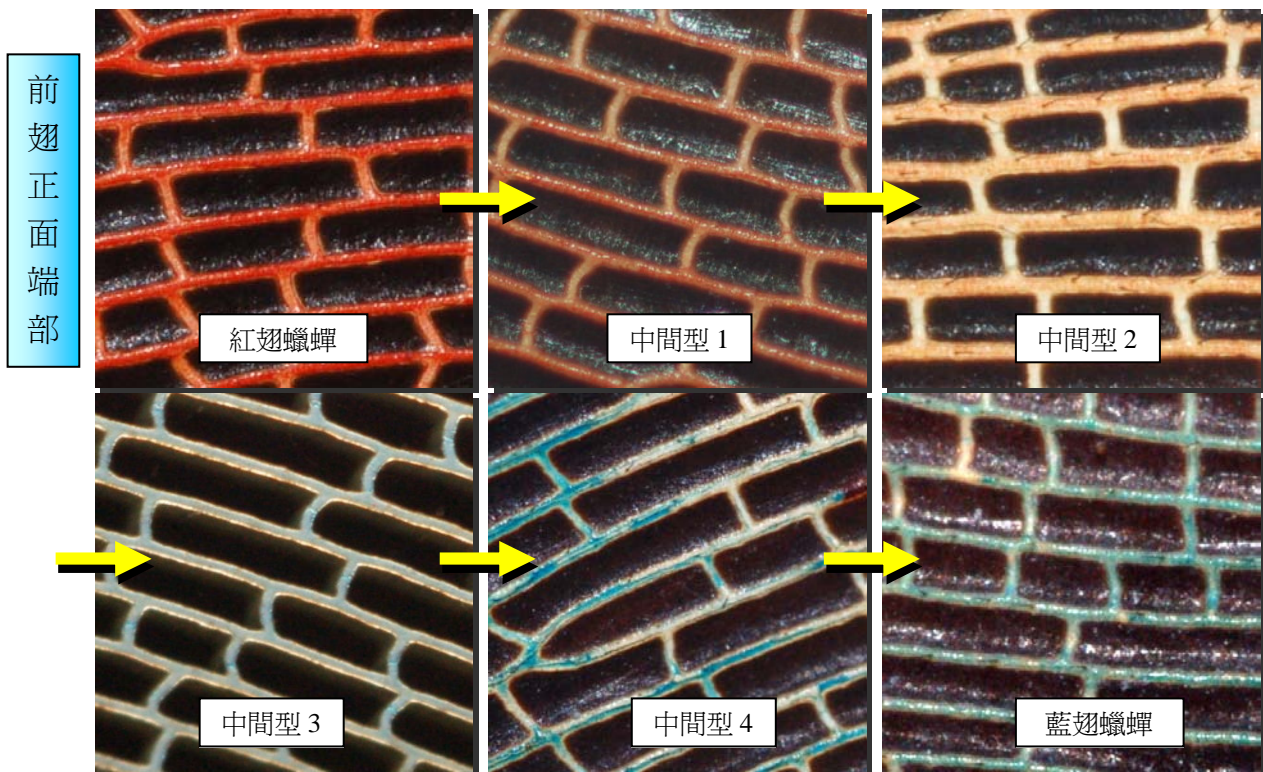
■ 翅脈：翅脈大多呈網狀，由翅脈圍成之網目絕大部分為長方形，少數三角形、五邊形。

【紅翅蠟蟬】翅脈突出於翅面，裡面充滿紅色色素。

【中間型】翅脈裡面紅色色素數量逐漸減少，先呈淡紅色，後呈淡橘色，然後藍色色素逐漸增多變淡藍色。顏色轉換過程中，縱向翅脈似乎比橫向翅脈較早變色。

【藍翅蠟蟬】翅脈裡面充滿藍色色素。

■ 翅面：底色為黑色，顏色自始至終皆無變化。



(b) 前翅正面基部 (2/3)：見下圖

■ 翅面底色：

【紅翅蠟蟬】翅面底色充滿紅色色素。

【中間型】紅色色素數量逐漸減少先呈淡紅色，藍色色素數量逐漸增多後呈淡藍色。

【藍翅蠟蟬】翅面底色充滿藍色色素。

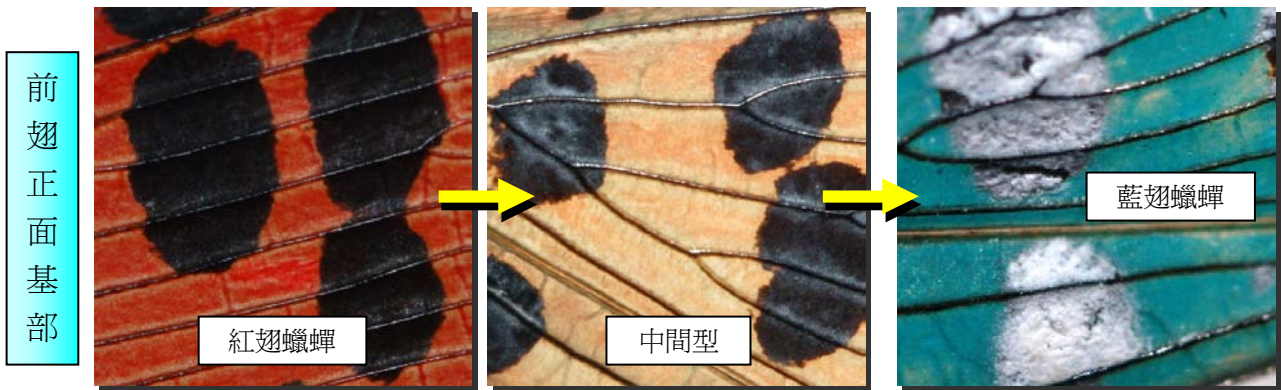
■ 翅脈：翅脈為白灰色突起，三者顏色無變化。

■ 斑點：

【紅翅蠟蟬】黑色斑點。

【中間型】從翅脈處先出現白色蠟質，然後慢慢往外擴散加厚。

【藍翅蠟蟬】厚厚的白色蠟質覆蓋在整個黑斑上，大小與黑斑相同。



(2) 後翅正面：

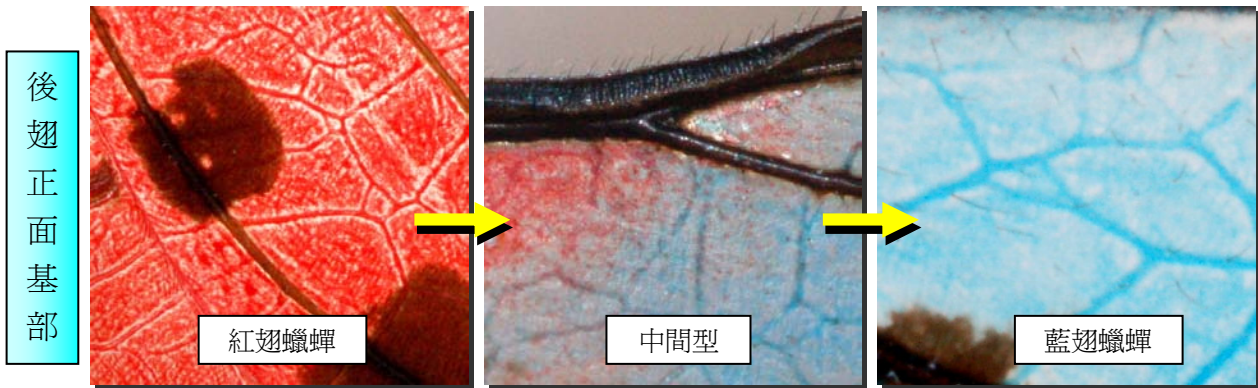
(a) 後翅正面端部 (1/3)：黑色，三者顏色無變化。

(b) 後翅正面基部 (2/3)：見下圖

【紅翅蠟蟬】與前翅同，裡面充滿紅色色素。

【中間型】與前翅同（紅色色素逐漸減少，藍色色素逐漸增多）但黑色斑點無變化。

【藍翅蠟蟬】與前翅同，裡面充滿藍色色素。



(3) 前翅背面：同正面，但基部黑色斑點無變化。

(4) 後翅背面：同正面。

(五) 覆蓋外物

【假設】：

1、藍翅本來就覆蓋某物成紅翅：

蝴蝶有漂亮的顏色是因為翅膀上有鱗片，用膠帶黏蝴蝶翅膀，鱗片顏色就會黏在膠帶上。蠟蟬是否也像蝴蝶一樣呢？假設正確的話，用鑷子輕輕將紅翅表面刮除，底色藍色與白斑就會出現；用膠帶黏紅翅，紅色與黑斑就會黏在膠帶上。

2、紅翅慢慢加上某物而成藍翅：





蠟蟬會分泌蠟質，是否因為翅膀上加上某種東西而原有顏色被覆蓋？假設正確的話，用鑷子輕輕將藍翅表面刮除，原來的紅色與黑斑就會出現；用膠帶黏藍翅，藍色與白斑就會黏在膠帶上。

【實驗】：

- 1、用鑷子分別輕刮紅翅與藍翅，觀察顏色是否有變化。
- 2、用膠帶分別黏蝴蝶、紅翅與藍翅蠟蟬，觀察膠帶上的顏色變化。

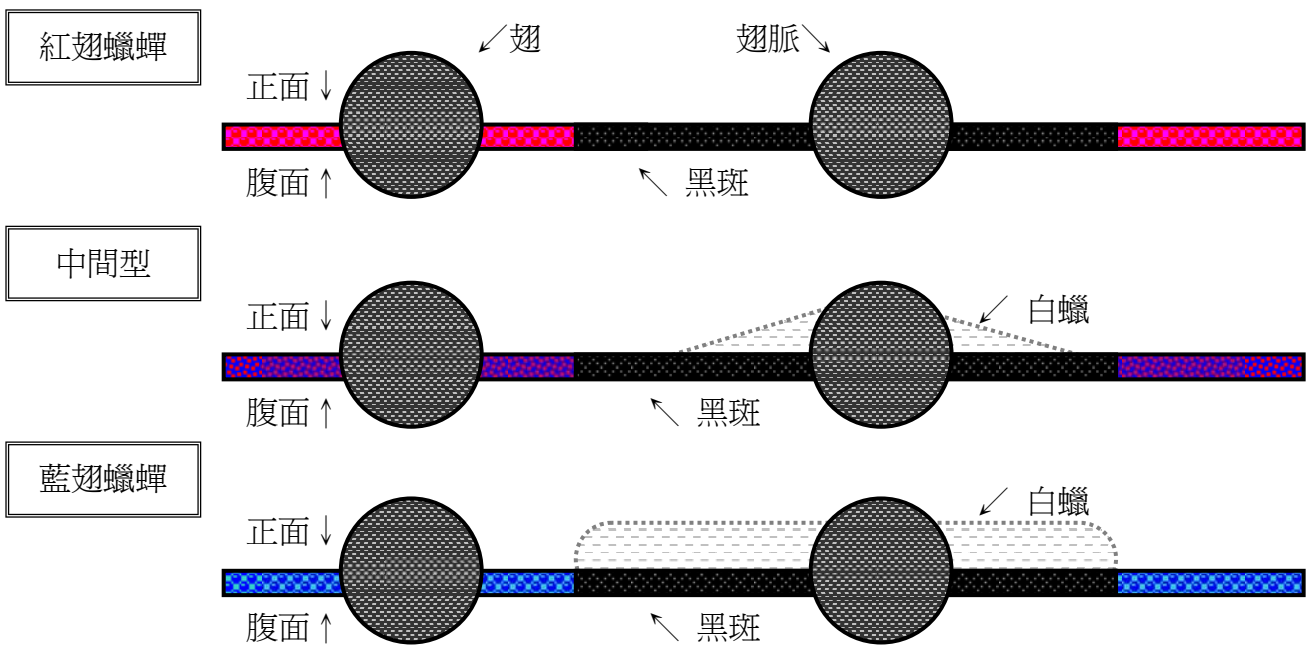
【結果】：

- 1、重刮翅膀會破掉；輕刮除了藍翅上的白斑會出現黑色外，其餘無變化。

位置	紅翅			藍翅		
	紅底	黑斑	圖	藍底	白斑	圖
原來顏色	紅	黑		藍	白	
刮後顏色	紅	黑		藍	黑	

- 2、黏蝴蝶的膠帶上有各種顏色，黏紅翅的膠帶上沒有任何顏色，黏藍翅的膠帶上只出現白色。

【前翅基部-縱切橫斷面示意圖】：



【結論】：

藍翅蠟蟬的白斑不是翅膜本身的固定色彩，而是因黑斑上再覆蓋上一層白色的蠟所產生；其他顏色則不是因覆蓋產生。

伍、討論

【討論一】蠟蟬與蟬的差異性

蠟蟬與蟬外型相似，皆以刺吸式口器吸食植物汁液，但二者有許多不同點：

		蠟蟬	蟬
分類地位		同翅目、頸喙亞目、蠟蟬總科	同翅目、頸喙亞目、蟬總科
卵	位置	樹幹外	樹皮內或葉片上
	排列方式	排列整齊成卵塊	分散或直線排列
	保護層	外有蠟質保護	無
若蟲	生活場所	樹枝上	地底下
	食物	樹枝或葉脈的汁液	樹根汁液
	態期	數個月	不一（一至十七年都有）
	運動方式	爬、跳，行動敏捷	爬，行動遲緩
	分泌蠟質	會	不會
成蟲	鳴叫	♂ ♀ 皆不會	♂ 會、♀ 不會
	運動方式	爬、飛、跳。飛行緩慢	爬、飛。飛行力強
	遇敵逃離方式	繞到樹後面或以跳飛方式逃離	飛到別的樹幹
	生命期	可達半年	數週
	分泌蠟質	會	不會

【討論二】紅（藍）翅蠟蟬後腳之探討

蠟蟬的前腳與中腳的基節長，著生在身體兩側，左右腳互相遠離，可四面八方靈活運動；後腳基節短，左右腳基節互相接觸，**無轉節**，只能循一定軌跡移動，因此爬行時只靠前面四隻腳，後腳無助於爬行，只有穩定平衡作用。但是後腳脛節長，彈跳力強、速度快，成蟲飛行前還必須先以後腳彈跳才可起飛。



【討論三】同種昆蟲但有不同顏色之探討

一般來說，同一種的昆蟲其顏色會一樣，但有些同種之個體卻有不同之形狀與顏色：

(1) **性別型**：例如紅邊黃小灰蝶 ♂ 與 ♀ 的外形相似但色彩不同。



紅邊黃小灰蝶 (♂) 【註1】
正面前翅有大片藍紫色





紅邊黃小灰蝶 (♀)
正面前翅有橘紅色斑紋



(2) **羽化季節型**：例如孔雀紋挾蝶的夏型與冬型外型與色彩略有不同。

孔雀紋挾蝶	正面	腹面	說明
夏型 (♂)			夏型腹面有幾個明顯的小眼紋
冬型 (♂)			冬型腹面眼紋很淡，翅膀外圍有突出的稜角，夾緊翅膀時酷似一片乾枯的樹葉。

(3) **遺傳型**：例如「有尾型」與「無尾型」的♀大鳳蝶外形略有不同。

	
有尾突的♀大鳳蝶白色斑塊較小	無尾突的♀大鳳蝶白色斑塊較大

(4) **異常型**：例如異常型的小紋淡青斑蝶其形狀、顏色或斑紋都與正常型不一樣。

	
正常型的♂小紋淡青斑蝶	黑化異常型的♂小紋淡青斑蝶【註2】

(5) **個體差異**：例如每隻枯葉蝶都有不同的枯葉狀斑紋、螽斯與竹節蟲有偏綠色及偏褐色、花金龜有藍綠紫等不同顏色。這些因個體差異所造成的不同顏色，成蟲後色彩不會再變化。

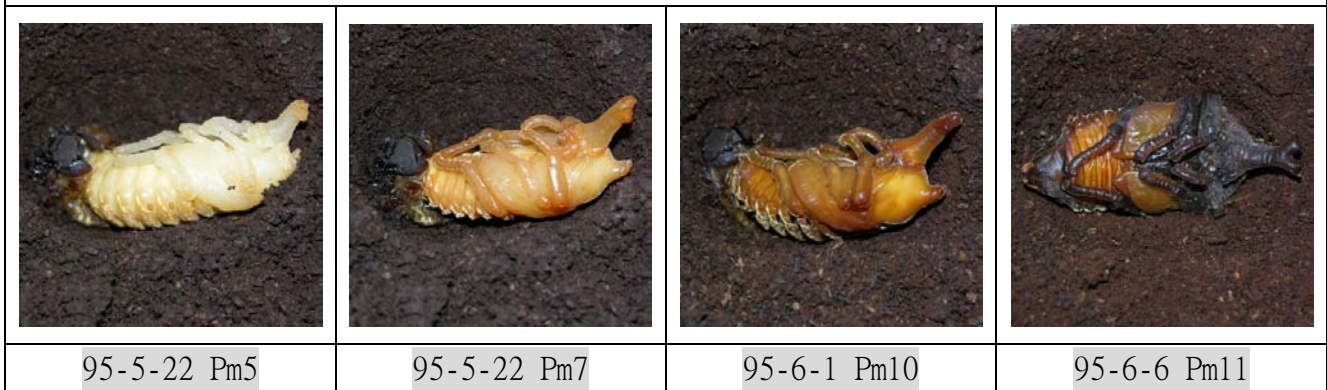
		
偏褐的螽斯	偏綠的螽斯	同種但不同顏色的花金龜

(6) **亞種**：同種但因地理隔閡導致形性不同，例如台灣本島的烏鴉鳳蝶後翅偏藍色，但位於蘭嶼的烏鴉鳳蝶亞種（琉璃帶鳳蝶）則是有明顯的藍色帶狀紋。

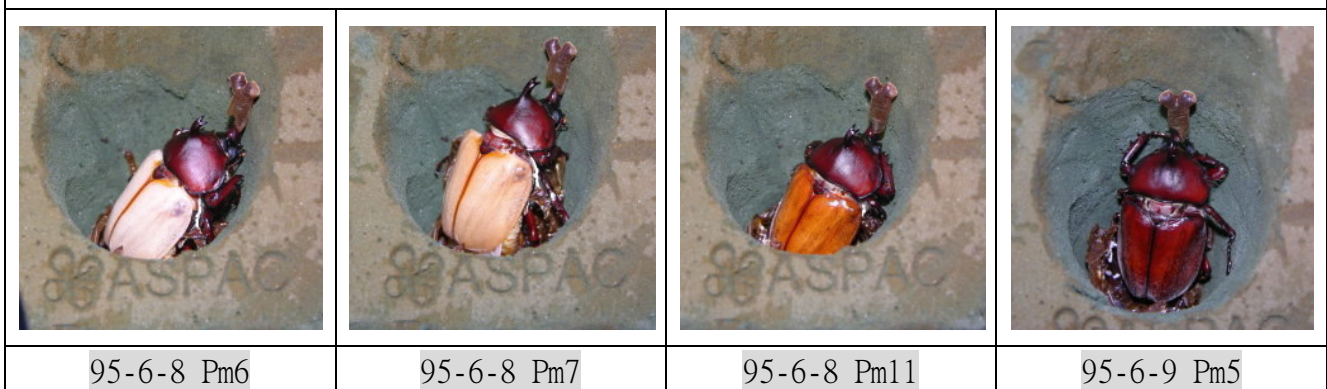


(7) **同一態期的顏色會隨時間而變化**：例如前後期的獨角仙蛹、剛羽化的獨角仙顏色由淡轉濃，薄翅蟬剛羽化是綠色、成熟後變成褐色，老化的台灣大蝗顏色由濃轉淡，受日光照射過的青斑鳳蝶及青帶鳳蝶的斑紋由青變白。

↓ 獨角仙蛹的顏色變化是由淺而深的，蛹期約二週



↓ 剛羽化的獨角仙翅膀顏色由淺而深，大約一天即完成





薄翅蟬剛羽化是綠色，2 天後變成褐色【註 3】



剛羽化的台灣大蝗翠綠色



後期的台灣大蝗顏色變淡呈暗黃綠色



青帶鳳蝶原本有青色斑紋



受日光照射過的青帶鳳蝶斑紋褪色

(8) **脫皮後顏色會改變**：很多種昆蟲脫皮後顏色會改變，例如：不同齡期的無尾鳳蝶幼蟲，形狀相同的蜉蝣的亞成蟲及成蟲。



3 齡前的無尾鳳蝶幼蟲體積小、烏糞狀，脫皮變 4 齡後則為綠色

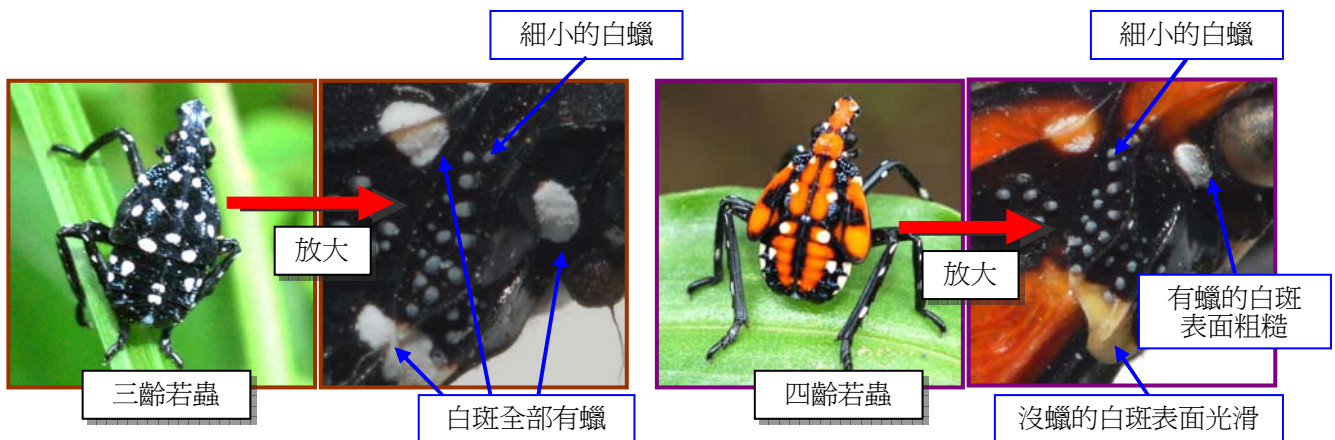
	
蜉蝣的亞成蟲，翅不透明，不具生殖能力【註4】	蜉蝣的成蟲，翅透明，有生殖能力

【討論四】成蟲的色彩轉換機制探討

昆蟲會改變顏色，大部分是發生在幼蟲脫皮後，而成蟲階段會改變顏色大部分是發生在剛羽化時：

項目	色彩的變化	案例	時間	可能的原因
剛羽化時的色彩變化	由淡轉濃	許多昆蟲都有此現象，例如獨角仙、锹形蟲等	1天	體壁含水過多未乾、色素尚未形成
羽化後未成熟的成蟲	一種色彩轉換成另一色彩	少數昆蟲如薄翅蟬羽化時為綠色，二天後即變成橘褐色	1~2天	成蟲色素安定成形前的正常過程
完全成熟的成蟲色彩變化	由鮮濃色漸淡化	蝗蟲由翠綠色變污黃綠色	1個月	老化、脫水
		青帶鳳蝶的斑紋由綠變白	1週	色素受光線破壞
成蟲期脫皮前後的色彩變化	色彩轉變成另一種色彩	紅翅蠟蟬變成藍翅蠟蟬(目前台灣僅此一例)	1~2月	色素的轉換及白蠟的產生
		有「前變態」的昆蟲如蜉蝣亞成蟲翅不透明，脫皮後翅變透明	1天	脫皮後色素的改變

【討論五】蠟蟬斑點的探討：



蠟蟬若蟲身上及腳有白色斑紋，同齡若蟲的白斑其大小、位置與數量大致相同，並且左右對稱。一至三齡的若蟲體色黑，身上（頭胸腹）有40個較大的白色斑紋及上百個細小的白

點；四齡若蟲體色橘，身上有 24 個較大的白色斑紋及上百個細小的白點。

各齡若蟲脫下的殼會保留原有白斑。若蟲剛脫完皮時，全身顏色很淡幾乎透明，一小時後顏色漸深，身上有光滑的白色斑紋，二小時後顏色逐漸穩定。一至三齡的若蟲在脫皮後幾天，白色區域會漸漸布滿白色粉狀的蠟，全身各處也冒出許多小白點；四齡若蟲白色斑紋較少，腹部及翅芽旁的白色區域沒有蠟覆蓋。

蠟蟬成蟲身上及腳沒有白斑，但紅翅蠟蟬翅膀有黑斑、藍翅蠟蟬翅膀有白斑，**每隻的斑點大小、數量與位置都不一樣，並且左右也不對稱**。紅翅上的黑斑，主要是充滿了黑色色素，藍翅上的白斑，則是因黑斑上覆蓋一層白蠟所致。紅翅變藍翅後，由於翅膀顏色是因色素轉換，所以藍色不能恢復成紅色；但藍翅上的白斑，顏色的產生是因蠟質覆蓋的結果，因此可因外力刮除而返回黑色。

【討論六】蠟蟬翅顏色的變化順序

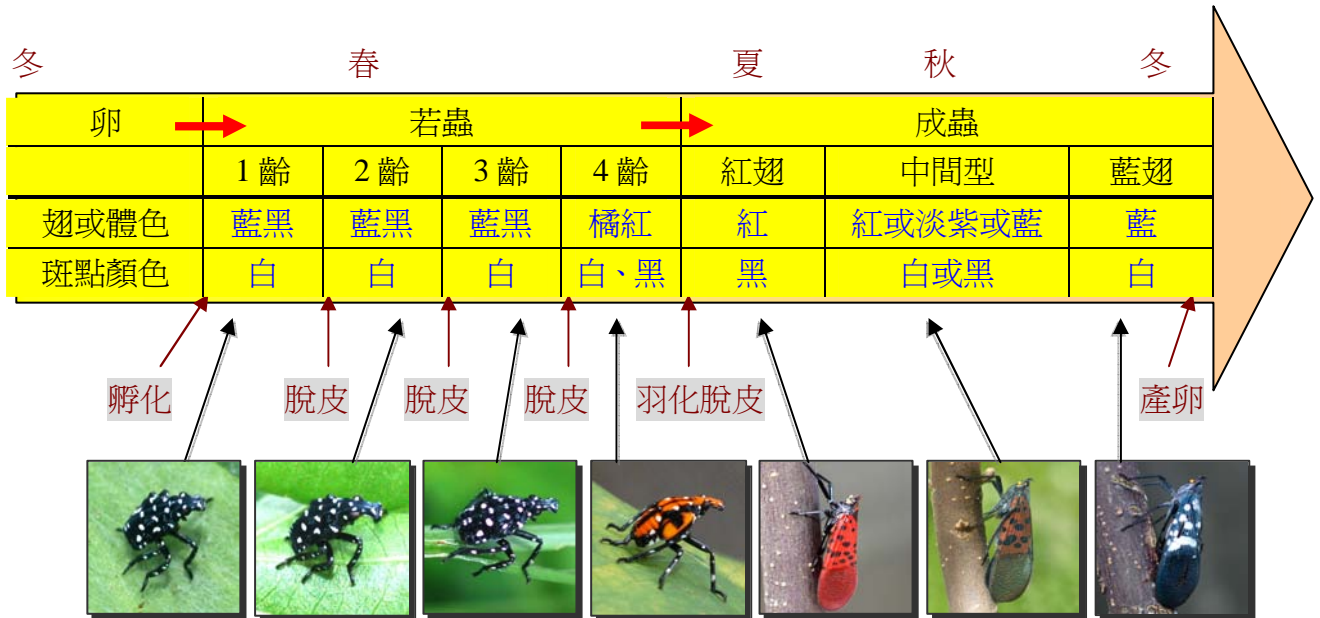
翅膀顏色由紅變藍、前翅斑點由黑變白的先後順序並非絕對有關，二者同時轉變的比例較多。但有些翅膀顏色仍偏紅但斑已變白，有些前翅顏色已偏藍但斑仍是黑色，不過冬天時最終都會轉成藍翅白斑。而底色由紅變藍的先後順序左、右翅相同，但後翅先於前翅，遠心端先於近心端，縱翅脈先於橫縱翅。

		
<p>前翅顏色仍半藍半紅但斑已全變白</p>	<p>前翅顏色仍偏紅但斑已變白</p>	<p>前翅顏色已偏藍但斑仍是黑色</p>
 <p>後翅先變藍色</p>	 <p>遠心端先變藍</p>	 <p>縱翅脈先變淡</p>
<p>後翅比前翅先變色</p>	<p>遠心端比近心端先變色</p>	<p>縱翅脈比橫縱翅先變色</p>

陸、結論

一、生活史：

一年發生1代，生活史是經卵、若蟲（1~3齡藍黑色 → 4齡橘色）成蟲（紅翅、夏型 → 藍翅、冬型），屬於漸進不完全變態的昆蟲。以卵越冬，翌年4月若蟲孵化，經四次蛻皮，約6、7月開始羽化成紅翅蠟蟬，10月全部變成藍翅蠟蟬，成蟲壽命長達4~8個月。



二、紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬的關係：

蠟蟬在初夏羽化時一律為紅翅，在盛夏時逐漸變色成中間型，此時紅翅、藍翅與中間型混棲，同時存在有三種不同顏色的蠟蟬。秋冬時只剩下藍翅，也唯有藍翅蠟蟬才能交配、產卵。紅翅蠟蟬與藍翅蠟蟬是同一種，色彩轉換發生於成蟲階段，也就是說每隻紅翅蠟蟬都會變色成藍翅蠟蟬。

部位		前翅正面的顏色變化		
		最初色（紅翅蠟蟬）	中間色（中間型）	最終色（藍翅蠟蟬）
基部	底	紅	淡紅→淡紫→淡藍	藍
	斑	黑	翅脈出現白蠟	白
端部	底	黑	黑	黑
	脈	紅	淡紅→白→淡藍	藍
圖片				
出現時間		6~8 月	7~10 月	7 月底~隔年 2 月
生殖能力		無	無	有

三、蠟蟬色彩的變化：

我們所研究的蠟蟬一生中歷經三次色彩大轉換：第一次是三齡若蟲脫皮後變四齡若蟲，體色由藍黑色變成橘色。第二次是四齡若蟲脫皮羽化後變成蟲，體色由橘色變成黑色。第三次是成蟲期未經脫皮的翅膀色彩轉換，紅翅黑斑變成藍翅白斑。

成蟲翅膀的色彩變化，並非色素被光熱破壞或沈殿等無機因素，而是生命現象的生理作用。成蟲翅膀的色彩來自細胞，初期紅翅蠟蟬翅膀充滿紅色色素，隨著成熟紅色色素漸少、藍色色素漸多，最後藍色色素全部取代紅色色素而變成藍翅蠟蟬。

若蟲全身（頭、胸、腹及腳）都有白斑，每隻的斑點數量與位置都一樣，並且左右對稱。成蟲身體沒有白斑，但紅翅蠟蟬翅膀有黑斑、藍翅蠟蟬翅膀有白斑，每隻的斑點數量與位置都不一樣，並且左右也不對稱。藍翅蠟蟬的白斑並非來自細胞，而是由翅脈上的蠟腺所分泌出來的白色粉狀蠟質。白蠟的位置剛好位於黑斑上，而且只出現在前翅正面，若將白蠟刮除可見其下的黑斑。黑色部分從羽化到死亡沒有變化，即紅翅蠟蟬變到藍翅蠟蟬，不論前、後翅，正反兩面，全部的紅色都會變成藍色，黑色部分除了前翅正面的斑點會加上白蠟變成白色外，其餘的黑色部分都不會變色。

四、變色蠟蟬：

在台灣廣被接受的紅翅蠟蟬 (*Lycorma meliae*) 與藍翅蠟蟬 (青黑白蠟蟬) (*Lycorma olivacea*) 其實為同種，紅翅現像只是生活史的中後段部分，故建議學術界未來發行圖鑑時，將牠們改名為：「變色蠟蟬」或只叫做藍翅蠟蟬 (青黑白蠟蟬)。

柒、未來展望

目前我們查詢到的昆蟲資料中，尚未見過成熟成蟲翅膀之翅脈仍保有生命活動現象。即昆蟲翅膀為死細胞或細胞分泌物，但蠟蟬成蟲生命後段翅脈仍可分泌白蠟，色素間還能轉換，因此翅的某部分尚有活細胞，而色素間的轉換究竟是翅膜細胞內同一色素之轉變，還是原有的紅色色素消失、重新產生藍色色素，就必須進一步的研究。另外從翅脈所分泌的白色蠟粉，為何會那麼準確就剛好覆蓋在黑色斑紋上，不會超出蓋到其他顏色上呢？又為何只有前翅正面的黑斑會變色，背面及後翅的黑斑卻不會呢？最重要而且令人百思不解的就是為何紅翅蠟蟬要變成藍翅蠟蟬呢？雖然我們解開了許多謎題，但還有許多未知的現象等待我們去研究！

捌、參考資料及其他

一、參考書籍：

陳振祥 (2007) 台灣賞蟬圖鑑。天下文化。

二、參考網站資料：

(一) 昆蟲影像紀錄《六足王國》，取自：

<http://freebsd.tspes.tpc.edu.tw/~afu/>

(二) 自然攝影中心，取自：

<http://nc.kl.edu.tw/bbs/showthread.php?t=1927>

(三) 嘎嘎昆蟲網，取自：

<http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/index9008.htm>

<http://sishou.artspacemedia.com/photolist/list2.php?family=42>

(四) 台灣蠟蟬科(Fulgoridae)的分類，取自：

<http://nature.kl.edu.tw/showthread.php?s=33e01788fd993ff75ef1a68bae4dc8c8&postid=450770>

(五) 四獸山昆蟲相調查網，取自：

<http://sishou.artspacemedia.com/photolist/list2.php?family=42>

(六) 臺灣地區蠟蟬科(半翅目，蠟蟬總科)之研究現況探討，取自：

<http://72.14.235.104/search?q=cache:pXV-m5s4S-EJ:2008checklist.biodiv.tw/disc2008/doc/267.doc+Saiva+formosana+Kato&hl=zh-TW&ct=clnk&cd=1&gl=tw>

三、沿用圖片或借標本拍攝圖片：

(一)【註 1】圖片來源：woodman 的秘密花園，取自：

<http://adm.ncyu.edu.tw/~pprotec/insects/fih0015.htm>

(二)【註 2】圖片拍攝於成功高中昆蟲博物館。

(三)【註 3】圖片來源：六足王國，取自：

<http://freebsd.tspes.tpc.edu.tw/~afu/606.htm>

(四)【註 4】圖片來源：普通昆蟲學-多媒體網路課程，取自：

http://etc.lyac.edu.cn/courseware/02_03putongkunchongxue/xulun/xlindex.htm

四、感謝：

由衷感謝牛伯伯生態園的黃淑娥老師鼎力相助、費心指導。

【評語】 030313

本研究對「紅翅蠟蟬和藍翅蠟蟬體色變化過程與成因」，進行詳細紀錄與分析，在探究變色成因過程中，能逐一驗證可能之假說，研究態度認真，值得鼓勵。建議未來能針對單一蠟蟬追蹤紀錄體色變化過程，並比較雌雄之異同，也可探究體色變化與生殖策略的相關性。