

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

佳作

030319

色計瓢蟲---談六條瓢蟲的趨光及學習

學校名稱：臺中縣立大雅國民中學

作者：	指導老師：
國一 郭桂呈	林永祥
國一 莊維綱	辛弘毅

關鍵詞：學習記憶、條件反射、趨光性

壹、 摘要

以六條瓢蟲為實驗對象，探討六條瓢蟲複眼對於色光的感受程度，分別採用藍、黃、紅、綠、紫單色的led燈，這幾種顏色瓢蟲都可看到，且感受能力大小為(紫>藍>黃>綠>紅)，顯示瓢蟲對可見的光線趨向於短波長。利用色光(非制約刺激)與電擊(制約刺激)，做條件反射的建立，顯示出所有色光都能與電擊做有效的聯結，使瓢蟲選擇反向的色光。但短波長光(紫、藍)的聯結不若長波長光(黃、綠、紅)時間長久，顯見瓢蟲對於天生的趨性(趨紫光)有著難以改變的傾向，但選擇趨性(紫光及藍光)的時間變長，瓢蟲在選擇上有遲疑，顯示出趨光性跟制約反應雖選擇趨光，但制約反應有著一定程度的影響，而部份的學習聯結具有時距效應，隨著時間而遺忘。

貳、 研究動機

由於我們在無意間發現了一本名叫《探索昆蟲微小腦》的書，其中裡面有一篇是有關於昆蟲氣味的記憶與學習，測試蜜蜂的學習與記憶能力。最近也是瓢蟲的繁殖季，校園裡出現了許多瓢蟲，我們便拿瓢蟲來實驗，看看瓢蟲是否也具有學習與記憶的能力。

參、 研究目的

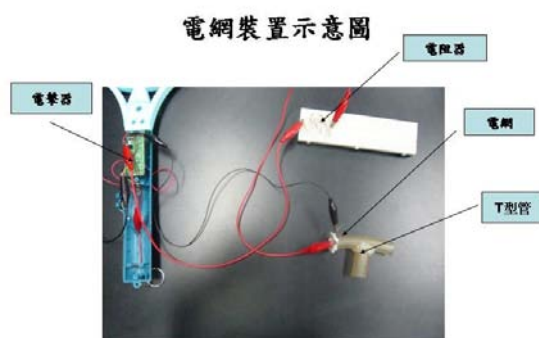
- 一、觀察瓢蟲的外型及生態環境
- 二、觀察瓢蟲對不同LED燈下對不同色光單一及雙色(藍、黃、紅、綠、紫)的選擇
- 三、訓練並聯結瓢蟲對於不同色光(藍、黃、紅、綠、紫)及電擊或氣味的制約反應
- 四、紀錄瓢蟲對於不同色光(藍、黃、紅、綠、紫)及電擊的制約反應的持續時間及次數
- 五、探討瓢蟲的趨光性與不同色光(藍、黃、紅、綠、紫)記憶學習的選擇情形
- 六、觀察瓢蟲學習上是否有公母差異
- 七、利用瓢蟲的習性製作捕捉器

肆、 研究設備與器材

1. T型字管(如圖一) (圖一)



2. 電蚊拍改造之電擊訓練器(如圖二)



(圖二)

3. LED小燈泡:紫色、黃色、藍色、綠色、紅色。 4. 六條瓢蟲。5. 熱熔槍 6. 計時器。7. 電阻。8. 麵包板。9. 數位相機。10. 泡棉膠。11. 筆記本。12. 鱷魚夾。13. 盒子。14. 電鑽。15. 玻璃漏斗。16. 瓶子。17. 電池。18. 電池座。

伍、 研究過程及方法

一、 觀察瓢蟲的外型

我們先去網路上查詢我們抓到的瓢蟲有哪幾種，結果我們大部分抓到的是六條瓢蟲(*Menochilus sexmaculatus*)，經過我們實際的外型觀察及綜合查詢資料的結果如下

1 六條瓢蟲的外型

體長4.5~5.5mm。外觀變異極大，前胸背板花紋特殊且無橙紅色斑。其餘各型翅鞘尚有寬十字黑紋或細十字黑紋等不同黑色斑紋變化。

2 了解瓢蟲的特性

生活史:

以下是實際觀察並拍攝下來瓢蟲的生活史



3. 調查瓢蟲的棲息環境

在菜園瓢蟲分佈在兩個地點：

在冬季瓢蟲大都棲息在萵苣的葉子內側底部，葉梗週邊，其葉面較少日照所以偏黃，推測是瓢蟲在此處可以避寒及找到蚜蟲(fig. 1~ fig 4.)。

在春季玉米莖上被葉包裹住，尤其以成熟玉米偏黃綠色的葉上，發現瓢蟲的地方也發現不少的蚜蟲(fig. 5~fig.7)，顯見瓢蟲的發現與蚜蟲的聚集呈現高度的相關，通常玉米蚜蟲春作或秋作玉米生育後期，如遇乾旱較易發生。玉米蚜蟲群聚在葉片背面、雄花穗、葉鞘內外、果穗苞葉內外部，吸收汁液，使受害部位黃化，且其排泄之蜜露，誘發黴病，而瓢蟲常會聚集在玉米蚜蟲好發之處

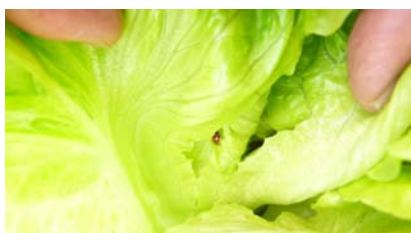


fig. 1.



fig. 2.



fig 3.



fig 4.

瓢蟲在萵苣棲息處常是葉梗或菜葉基部，此處顏色偏黃綠色



(fig 5.)



(fig. 6)



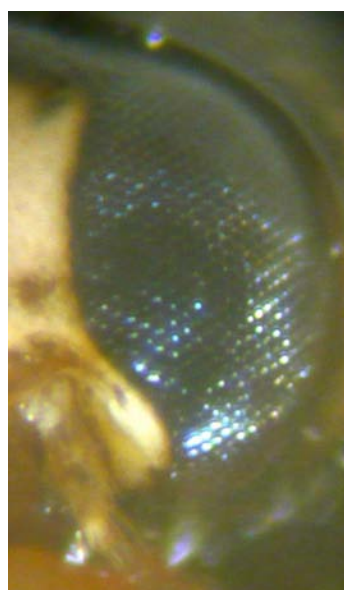
(fig. 7)

成熟玉米偏黃綠色的葉梗上，在發現瓢蟲的地方也發現不少的蚜蟲

5. 瓢蟲複眼的結構



(圖三)



(圖四)

瓢蟲頭部的兩側各有一個複眼，每個複眼由一個個的小眼構成(圖三、圖四)

二、研究瓢蟲對色光的喜好，並研究瓢蟲的學習

(1) 觀察及訓練瓢蟲對色光的選擇

1. 觀察瓢蟲對單一色光(藍、黃、紅、綠、紫)的選擇

我們先抓一隻瓢蟲放入我們做的T型管裡頭，把T型管的一邊放一種顏色的燈，連續實驗20次，然後我們就記錄瓢蟲到燈的時間及選擇方向。

此項實驗為了得知瓢蟲對某單一色光(藍、黃、紅、綠、紫)是否可以看見，並加以選擇，得知瓢蟲的偏好。



(圖五)

瓢蟲T型管實驗(圖五以藍光及綠光為例)

2. 嘗試建立色光與刺激的制約反應

用氣味或電擊(制約刺激)進行制約學習

在有顏色的一端放置制約刺激，待瓢蟲接近後予以刺激，連續實驗10次，紀錄瓢蟲選擇的方向及所花時間。

此項實驗希望瓢蟲產生條件反射，將制約刺激的效果讓瓢蟲產生刺激與色光(非制約刺激)做有效聯結，讓瓢蟲一看到色光就聯想到刺激，進而選擇色光的反方

向，而完成條件反射的建立。

3. 經過五分鐘、十分鐘、十五分鐘，分別紀錄瓢蟲的選擇方向，此項實驗主要是在測試瓢蟲對於前項條件反射之訓練有無記憶，並且會不會隨著時間而有遺忘效應(時距效應)。
4. 但本實驗證實瓢蟲的嗅覺的制約反應難以建立，故之後實驗均採以電擊當制約刺激。

(2)觀察及訓練瓢蟲對兩種色光(藍黃、藍紅、藍綠、藍紫、黃紅、黃綠、黃紫、紅綠、紅紫、綠紫)的選擇及色光與電擊的制約反應

1. 觀察瓢蟲對兩種色光的反應

前項實驗已經確定瓢蟲對我們所採用的單一色光LED燈是可以辨別並加以選擇，所以我們想知道在雙重色光下，瓢蟲所偏好的色光。

我們先抓一隻瓢蟲放入我們做的T型管裡頭，把T型管的一邊各放置一種顏色的燈，連續實驗20次，然後我們紀錄看看瓢蟲到燈的時間及選擇色光。

2. 訓練瓢蟲對色光及電擊的制約反應

以前面項目所選擇最多次數的色光處放置電網，待瓢蟲接近後予以電擊，連續實驗10次，紀錄瓢蟲選擇的色光及所花時間。

本項實驗主要利用條件反射的方式，以偏好色光為非制約刺激，電擊為制約刺激，來改變瓢蟲的偏好色光。

3. 經過五分鐘、十分鐘、十五分鐘，分別紀錄瓢蟲選擇方向及時間

此項實驗主要目的為瓢蟲對於前項之條件反射之訓練有無記憶，並且會不會隨著時間而有遺忘效應(時距效應)。

(3) 觀察瓢蟲在對色光的選擇是否有雌雄個體差異

由前項實驗我們可以得隻瓢蟲的偏好光與學習能力，但我們發現瓢蟲間的學習情形並不相同，於是我們測試瓢蟲的公母是否有個體差異。

三、製作瓢蟲捕捉器

以前面研究瓢蟲趨光的偏好及瓢蟲的習性來製作瓢蟲捕捉器



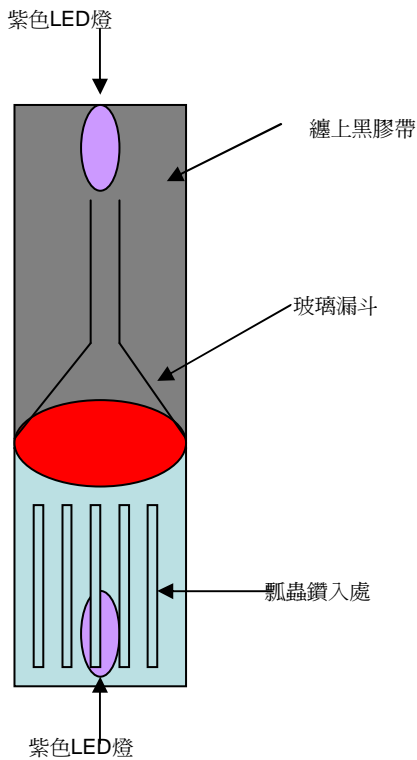
圖六



圖七

圖六、圖七裝置的瓢蟲捕抓器放置於瓢蟲常出沒的地點，誘捕瓢蟲，在實際狀況下，能達到捕捉少數瓢蟲的效果。

(圖八 裝置示意圖)



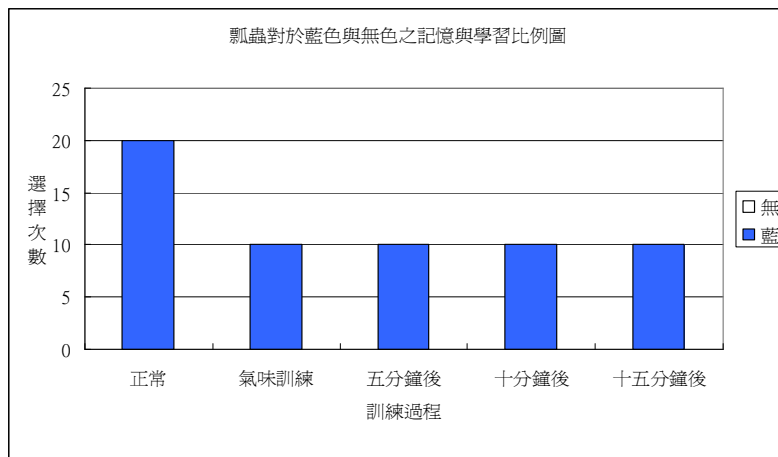
我們放置紫色 LED 燈的目的為了吸引瓢蟲進來，而纏上黑膠帶是為了不讓上面的燈光透出去。由於瓢蟲的習性是會往上爬，我們就再中間的位置放置一個漏斗，讓瓢蟲能爬的上，卻很難下來。

此項實驗的目的在於瓢蟲會捕捉大量的蚜蟲，為生態防治的重要利器，往往在農業上為了防治蚜蟲噴灑大量的農藥，所以藉由瓢蟲捕捉器補抓瓢蟲，用來作為防治蚜蟲的工具。

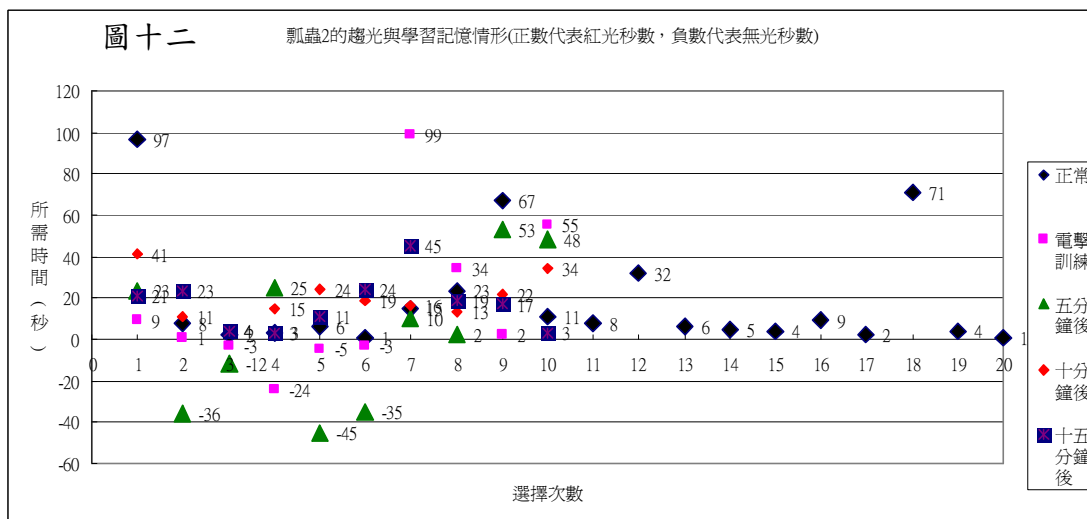
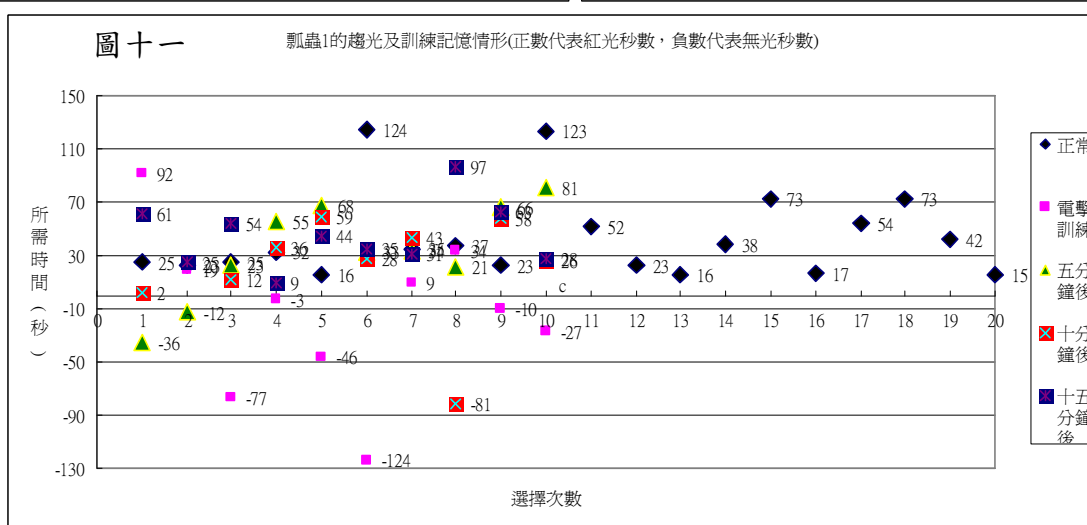
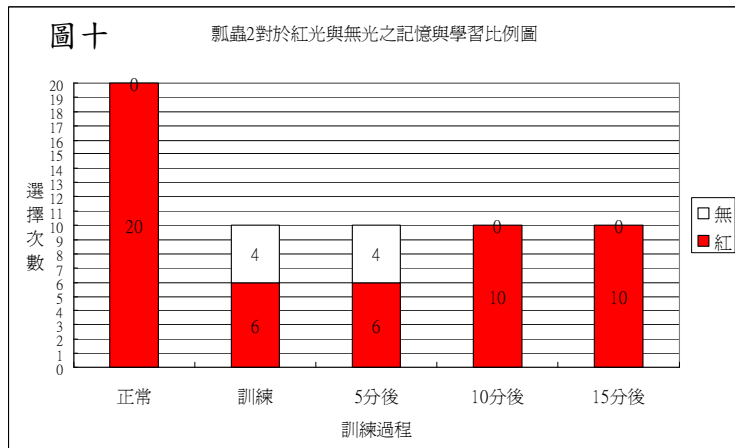
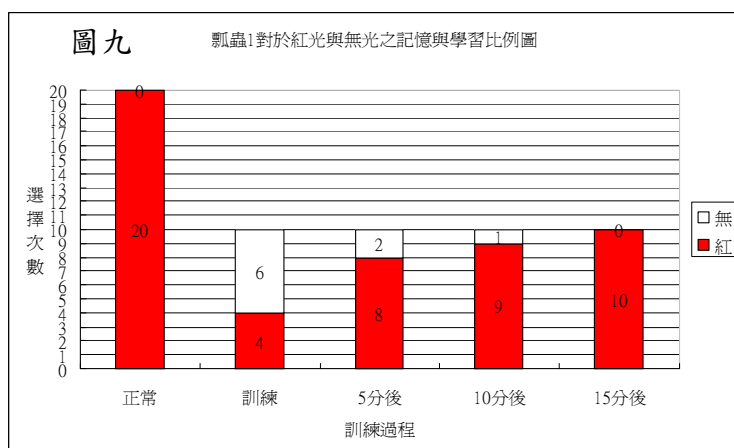
陸、研究結果及討論

(一) 觀察及訓練瓢蟲對單一色光(藍、黃、紅、綠、紫)的選擇及色光與電擊的制約反應

我們也曾經用其他刺激(氣味)來訓練瓢蟲，但效果不彰，於是我們用電擊的方式來訓練，以下是瓢蟲對於氣味訓練的學習比例圖(我們以藍光與無光為例)。瓢蟲就算經過氣味訓練，依舊選擇藍光，完全沒有效果，顯見瓢蟲對嗅覺刺激不夠敏感或強烈，使得難以建立制約學習反應，故以下實驗均採用電擊當作制約刺激。

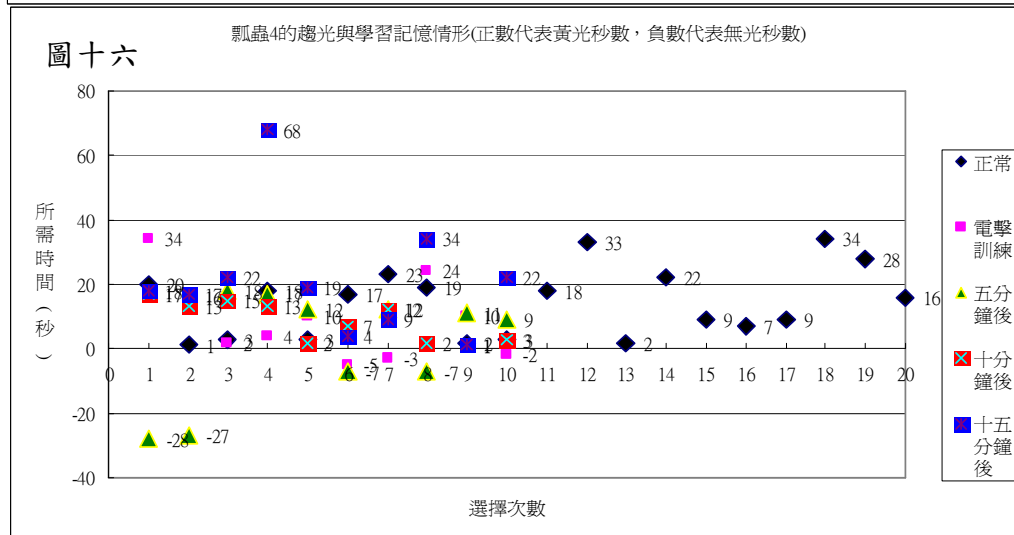
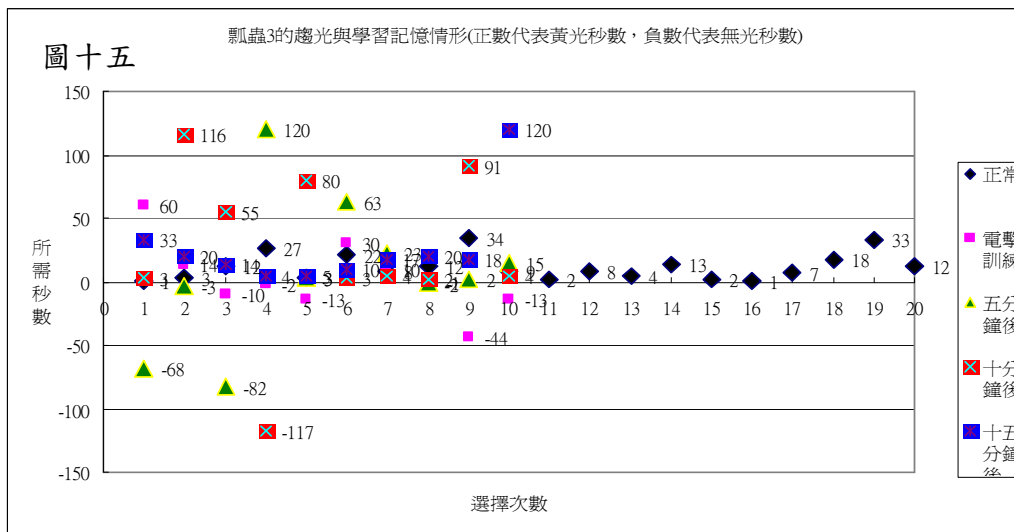
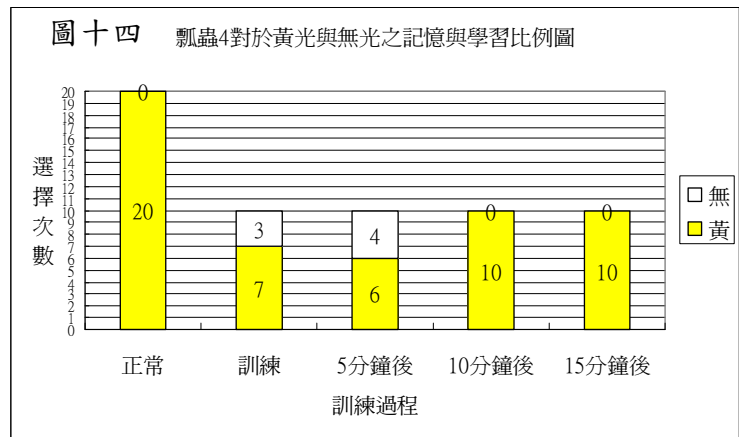
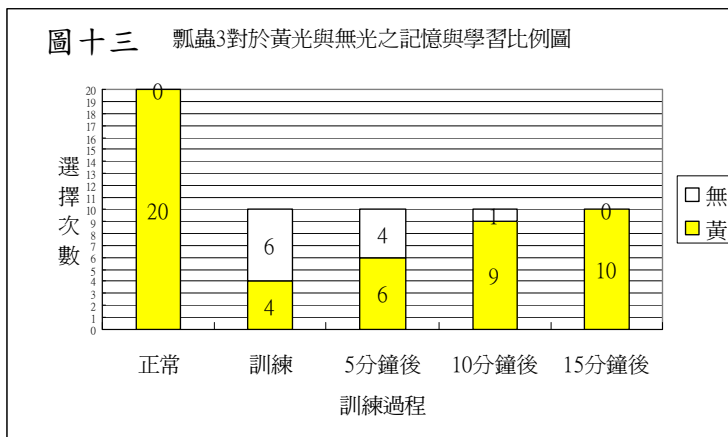


1. 觀察瓢蟲對紅光、無光的偏好與學習記憶情形



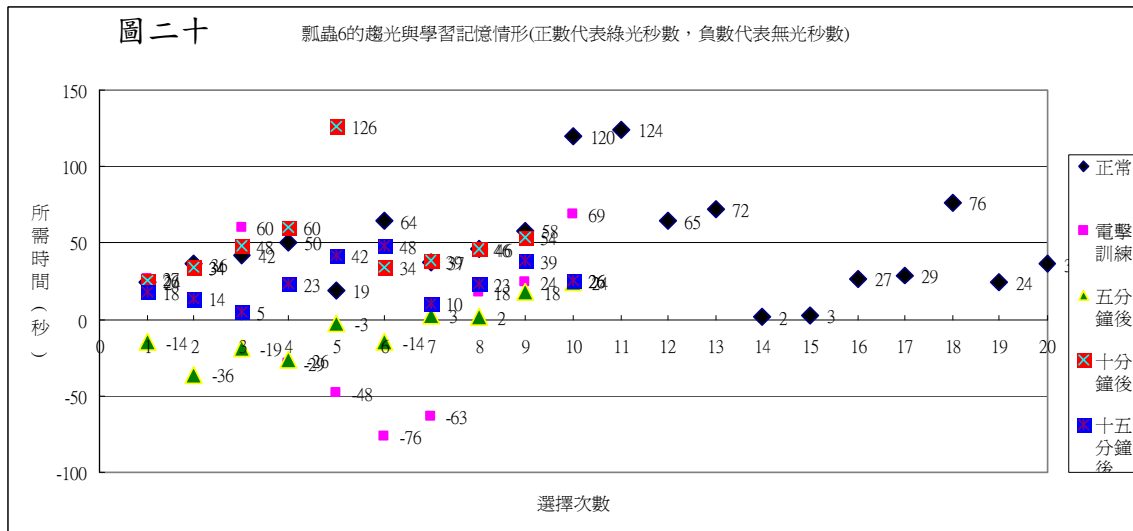
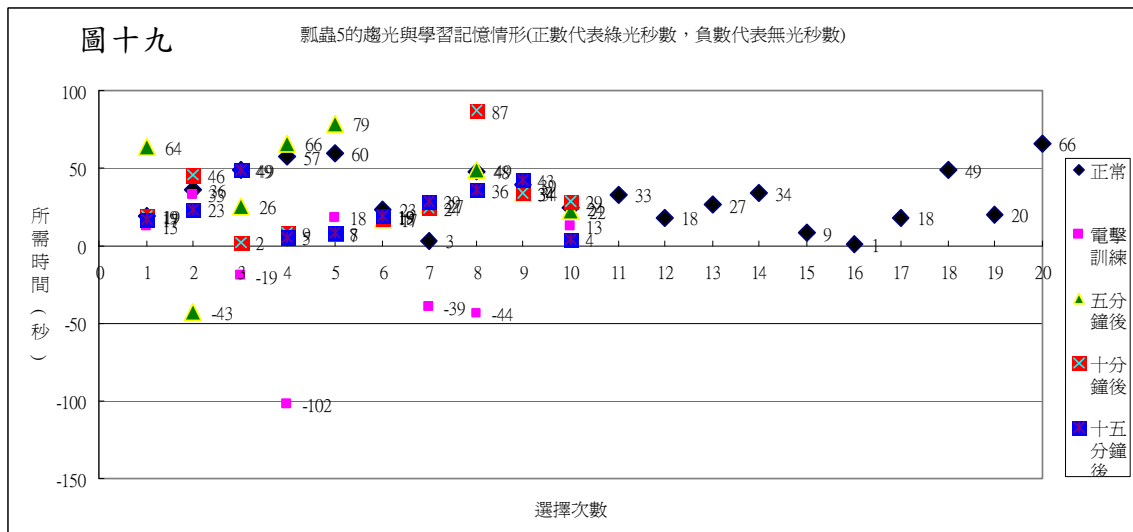
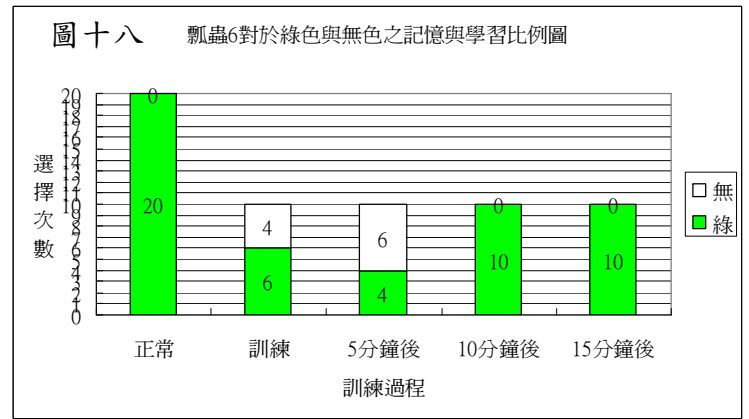
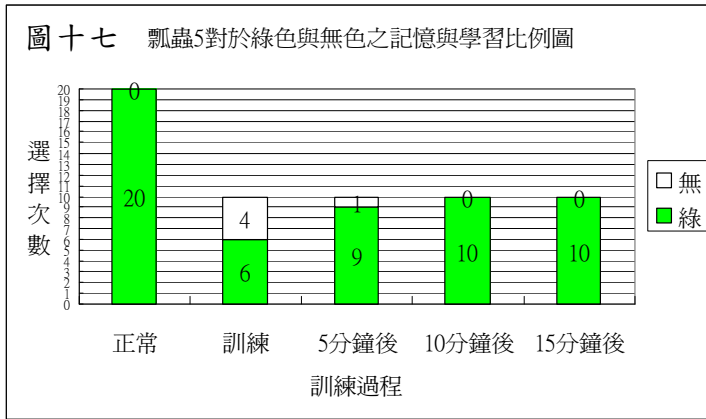
由圖九、圖十、圖十一、圖十二可見瓢蟲對於紅色光是可以辨別的。而經過電擊訓練之後，開始連續往反向的無光走，但時間一久又恢復趨紅光，顯示瓢蟲對於電擊與紅光有制約反應，也有著遺忘效應。

2. 觀察瓢蟲對綠光、無光的偏好與學習記憶情形



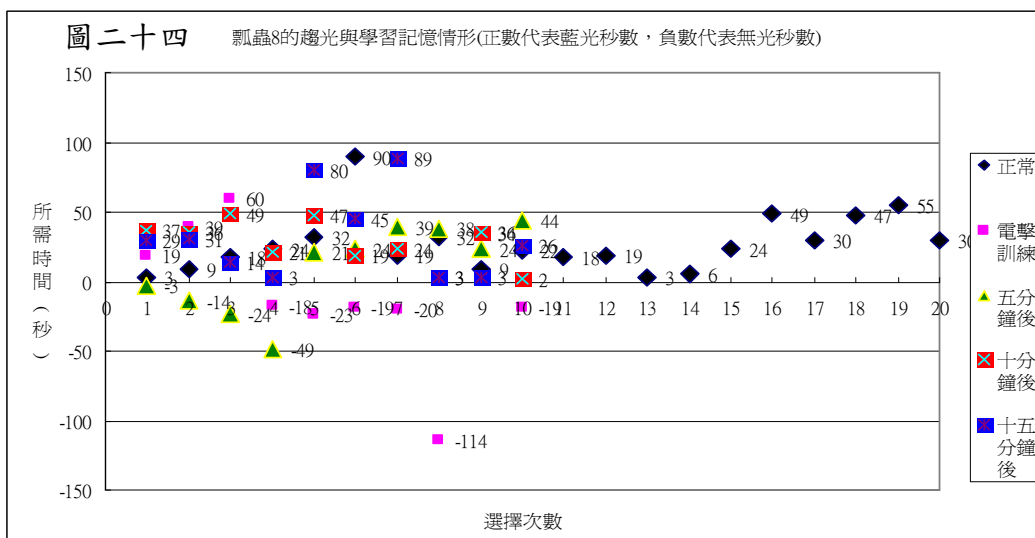
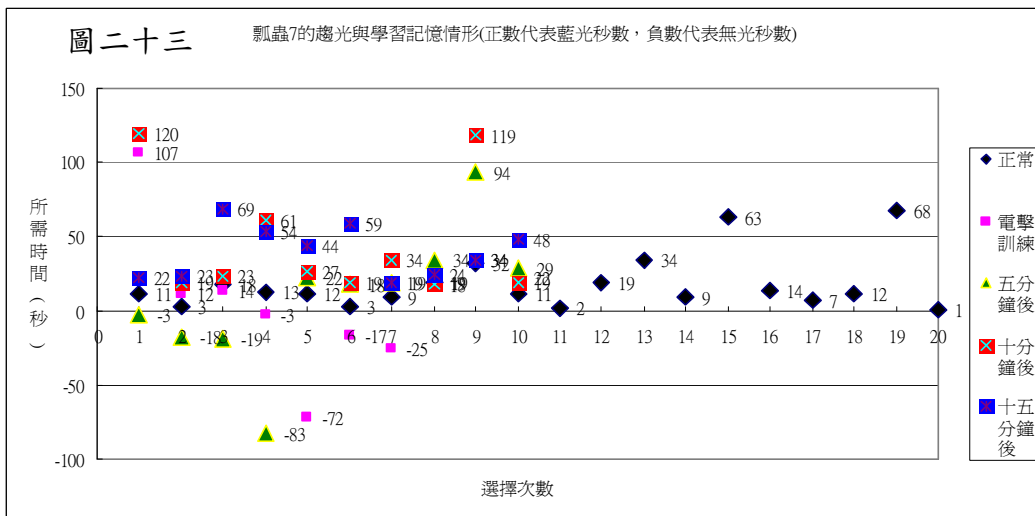
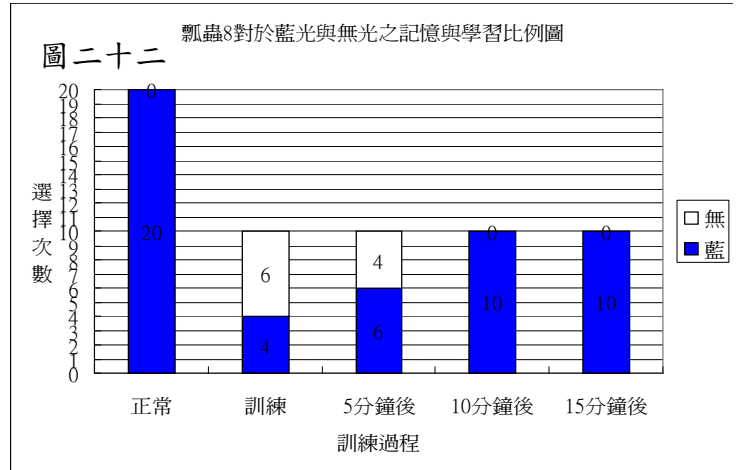
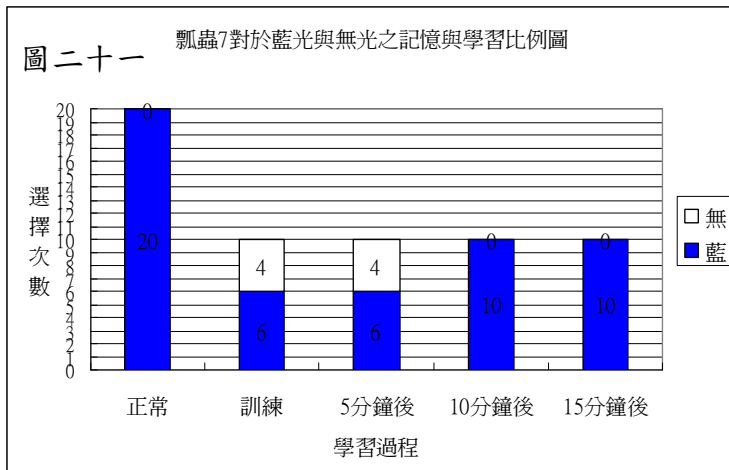
由圖十三、十四、十五、十六可知，在正常情況下，瓢蟲於黃色與無色的環境中，以黃色的選擇居多，顯見瓢蟲對於黃色光是可以辨別的。經過電擊訓練之後，瓢蟲開始往反向的無光前進，顯示瓢蟲對於電擊與光的顏色有著制約反應，其學習也有著時距效應，但選擇黃色的時間也變長了。

3. 觀察瓢蟲對綠光、無光的偏好與學習記憶情形



由圖十七、十八、十九、二十可知，瓢蟲在正常情況下對綠光的選擇有較多的偏好，顯見瓢蟲對於綠色光有辨別能力。而在經過電擊訓練後，開始選擇無色，顯示出制約反應，也顯示出時距效應。

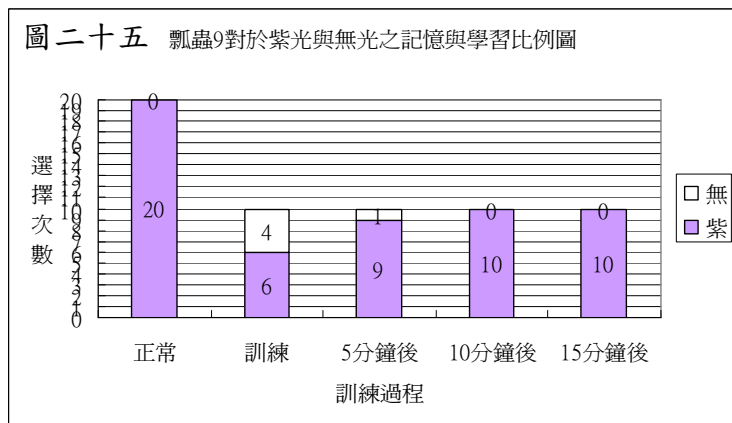
4. 觀察瓢蟲對於藍色、無色偏好與學習記憶情形



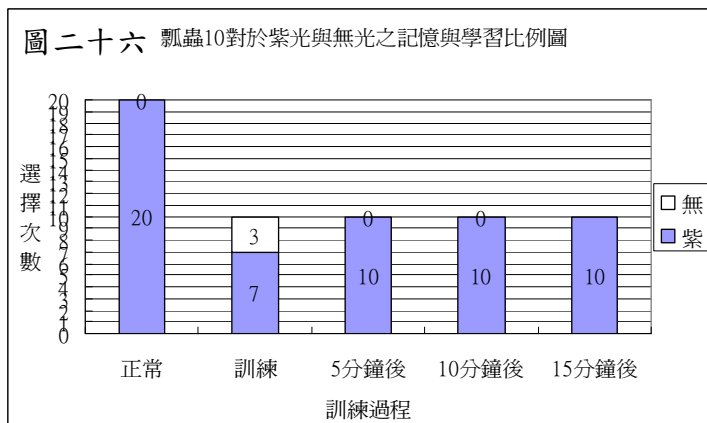
由圖二十一、二十二、二十三、二十四可知，在正常情況下，瓢蟲在藍光與無光的環境，對藍光有較多的偏好，顯見瓢蟲對於藍光有辨別能力，可以建立瓢蟲的制約反應，亦具有時距效應。

5. 觀察瓢蟲對於紫色、無色偏好與學習記憶情形

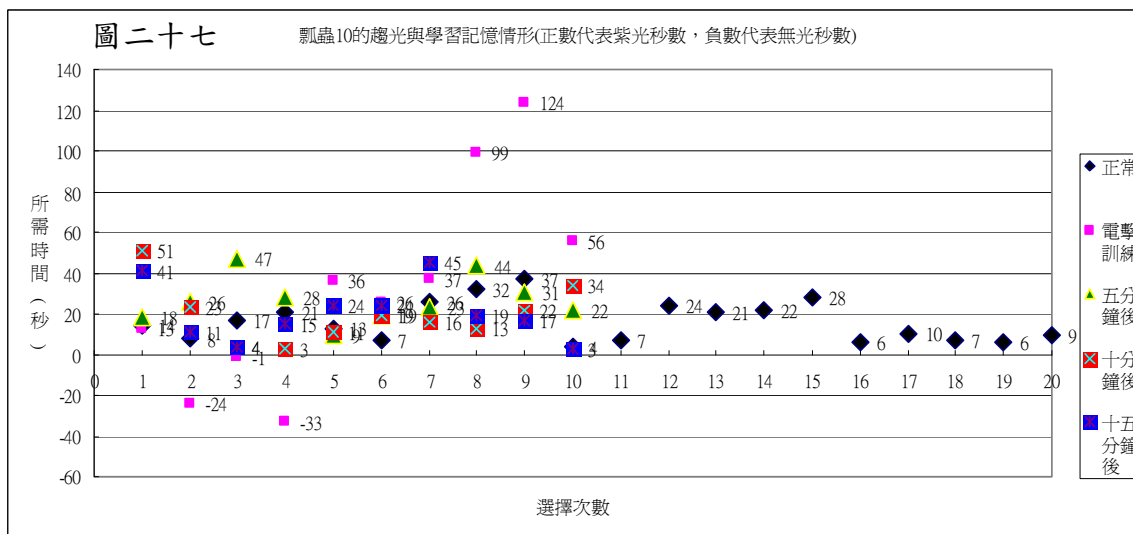
圖二十五 瓢蟲9對於紫光與無光之記憶與學習比例圖



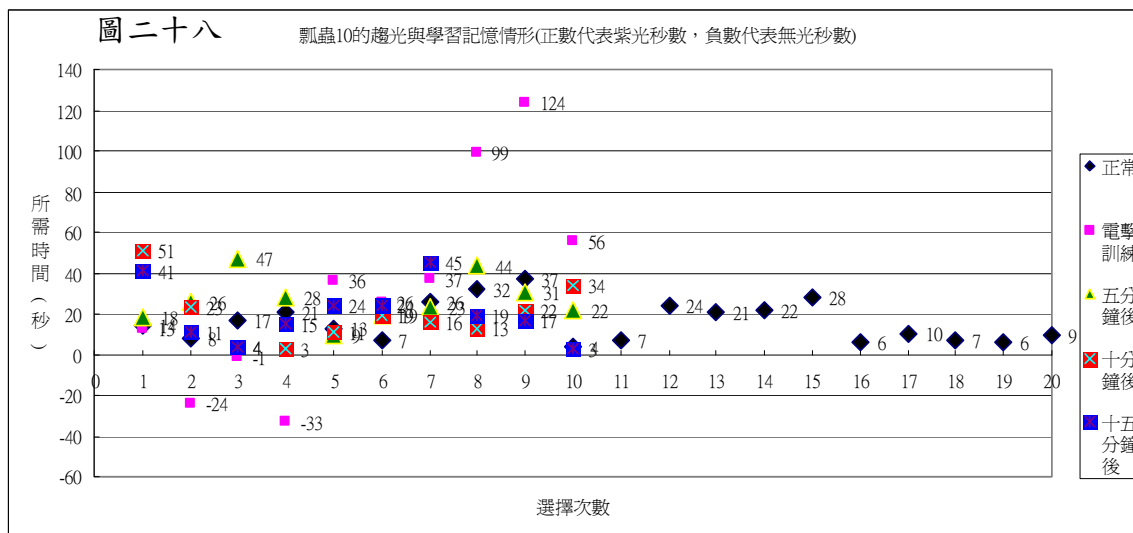
圖二十六 瓢蟲10對於紫光與無光之記憶與學習比例圖



圖二十七 瓢蟲10的趨光與學習記憶情形(正數代表紫光秒數，負數代表無光秒數)



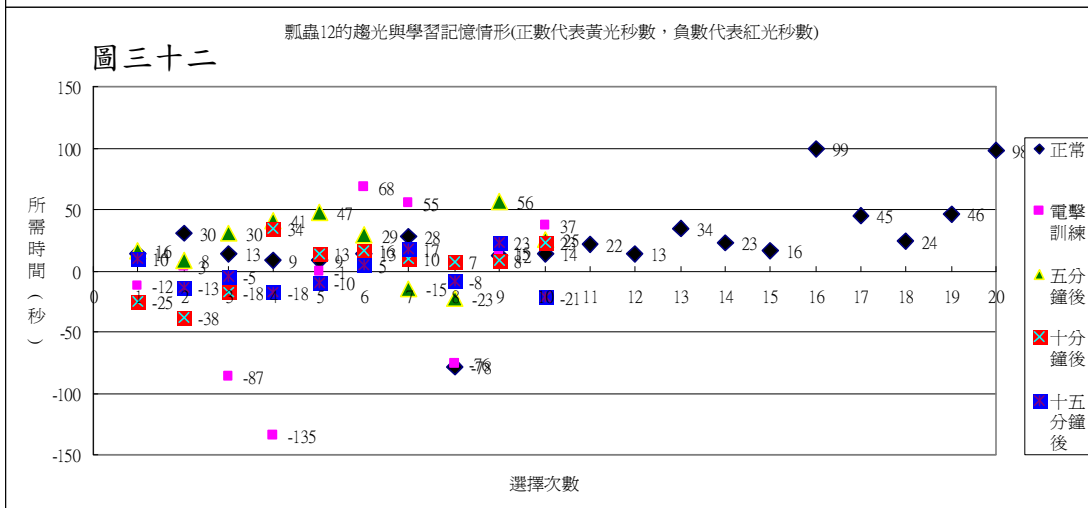
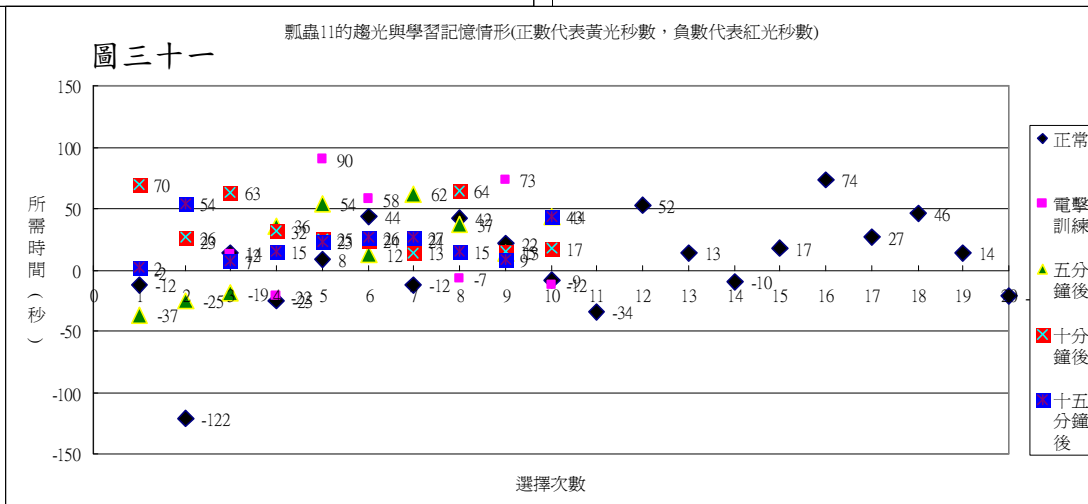
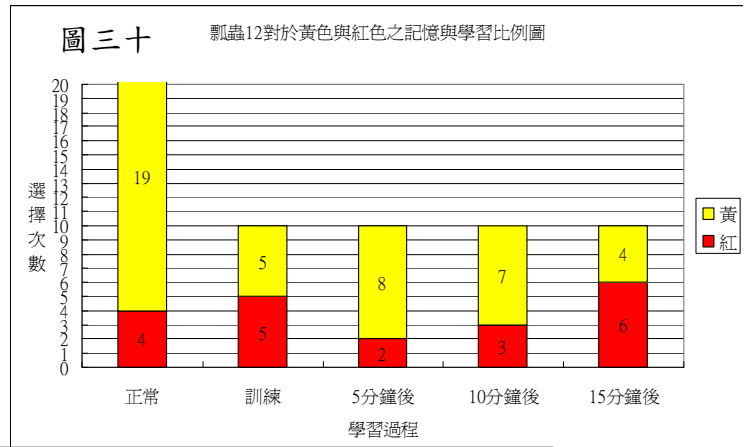
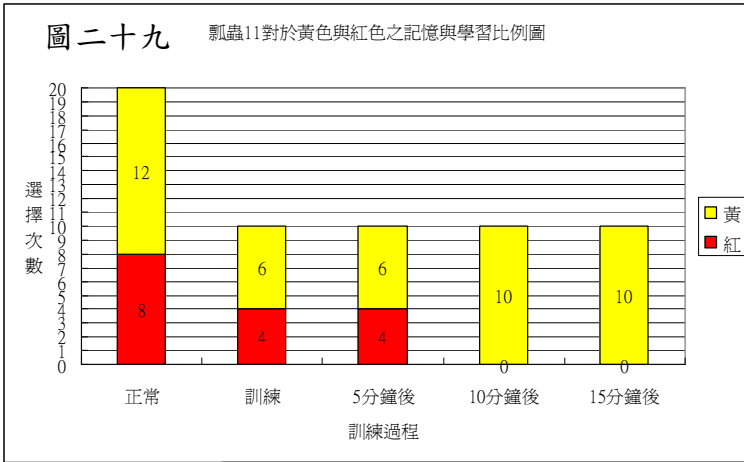
圖二十八 瓢蟲10的趨光與學習記憶情形(正數代表紫光秒數，負數代表無光秒數)



由圖二十五、二十六、二十七、二十八可知，在紫光的制約學習實驗中，可以看出短暫的學習效應，但經五分鐘後，瓢蟲的制約反應消失，顯示瓢蟲對於紫色有強烈偏好，所以對於紫色的學習效果比其他顏色(紅、綠、黃、藍)都差，雖然選擇紫色的時間變長了，但還是會選擇紫色。

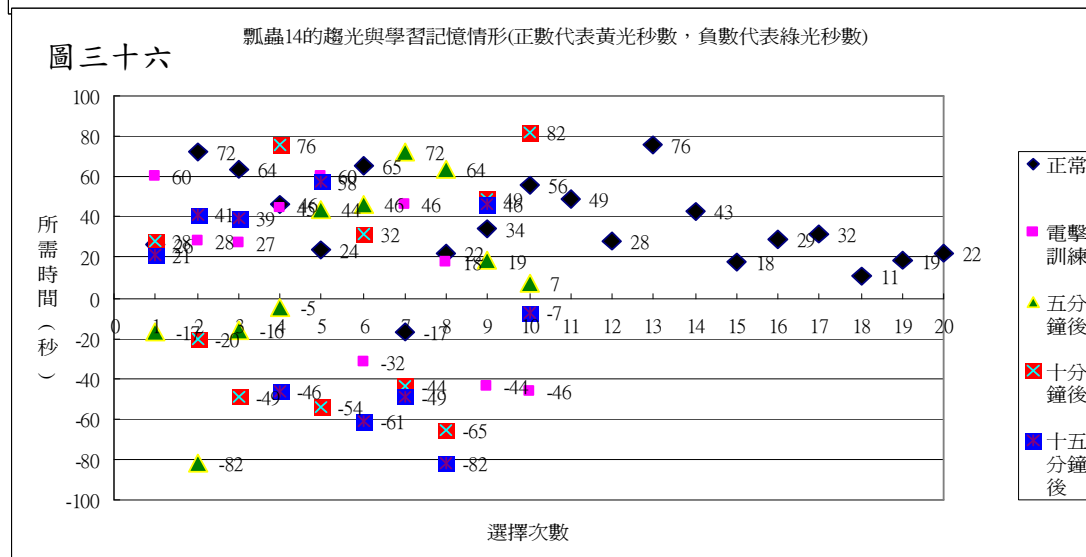
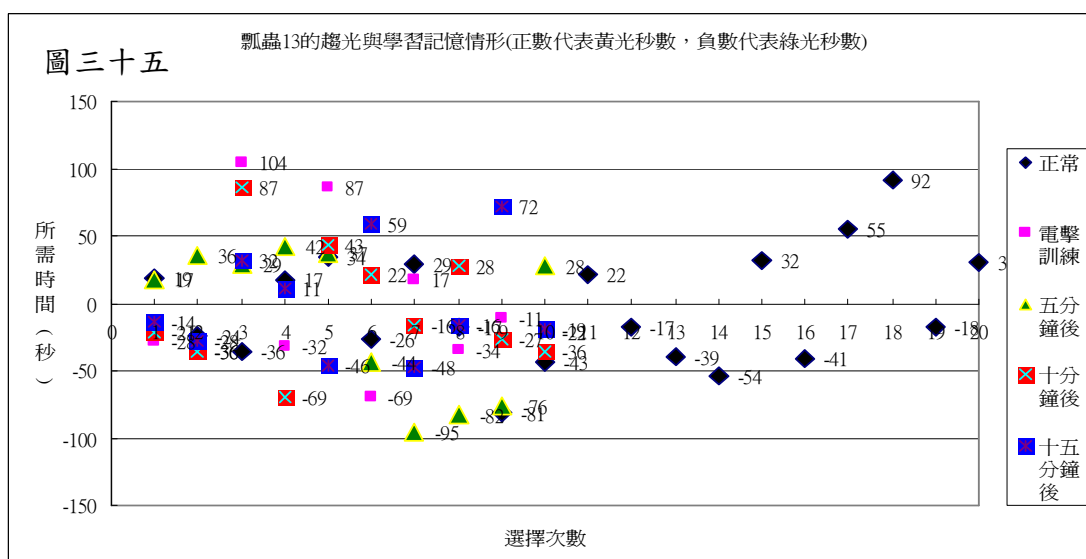
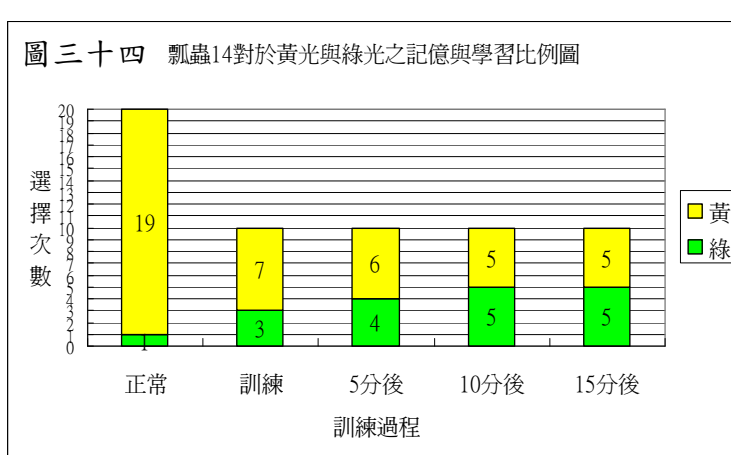
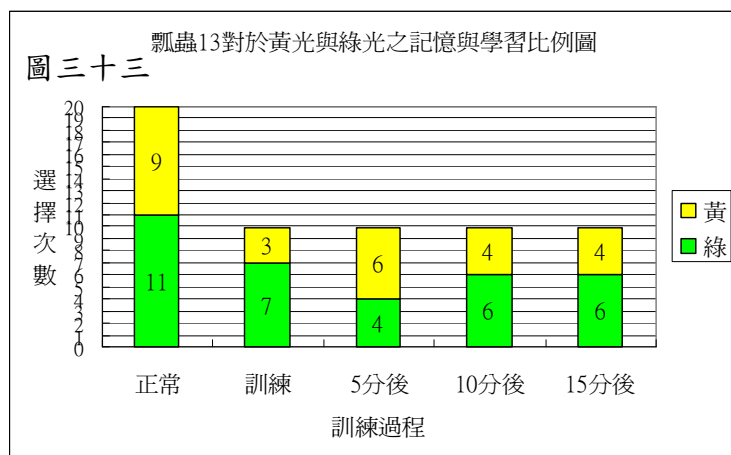
(二)觀察及訓練瓢蟲對兩種色光(藍黃、藍紅、藍綠、藍紫、黃紅、黃綠、黃紫、紅綠、紅紫、綠紫)的選擇及色光與電擊的制約反應

1. 觀察瓢蟲對於黃光、紅色的偏好與學習記憶情形



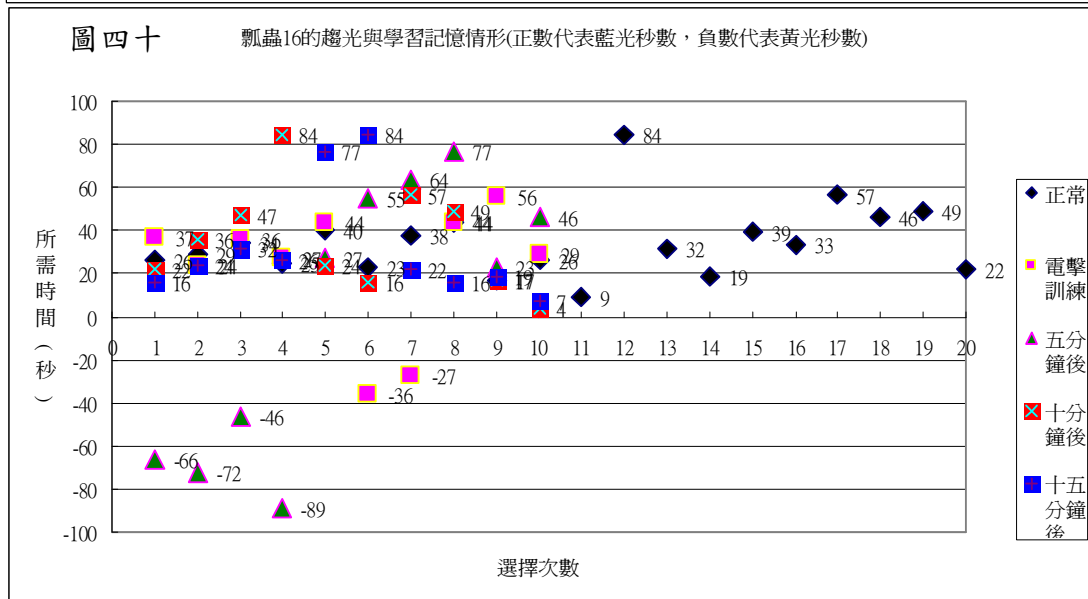
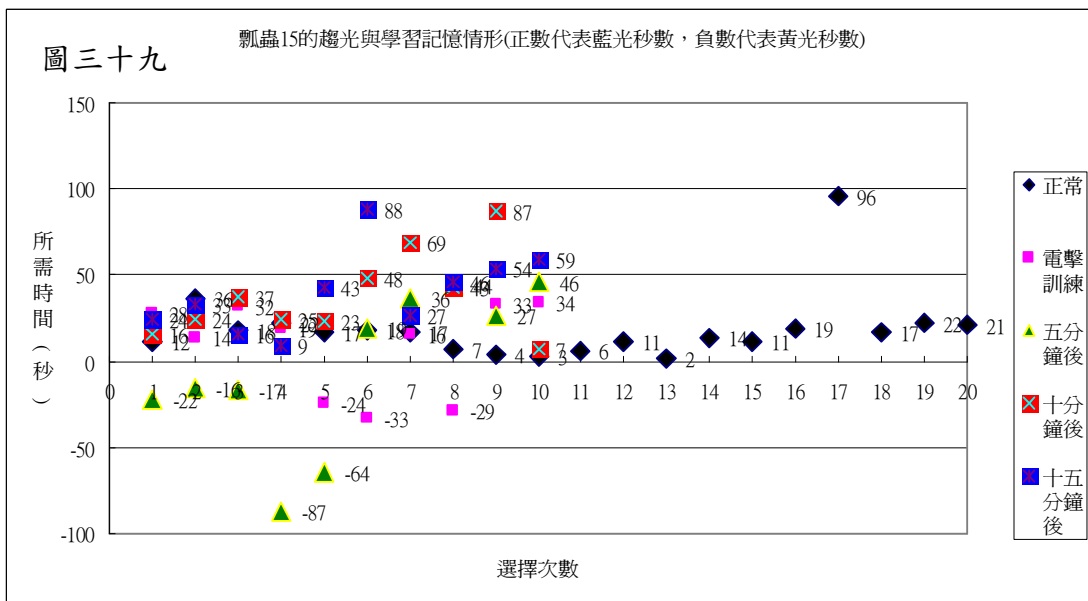
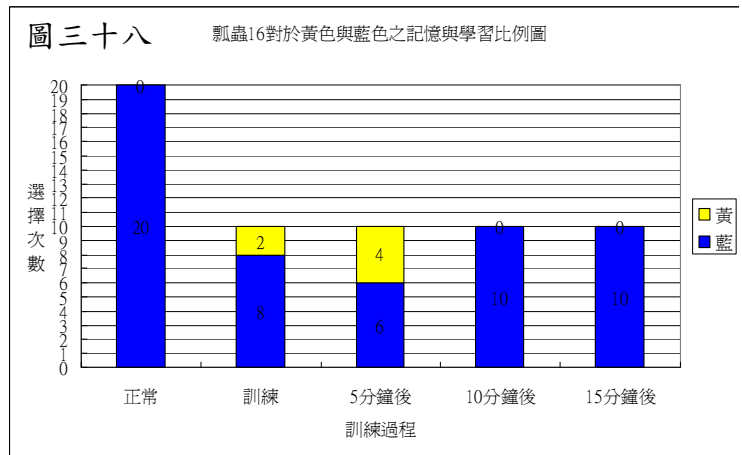
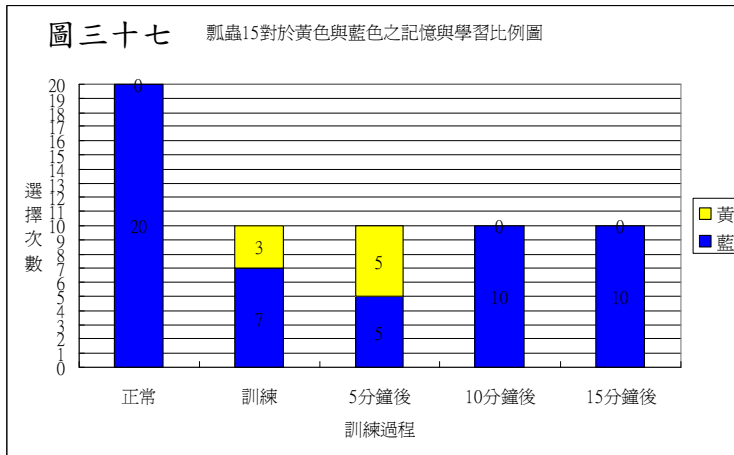
由圖二十九、三十、三十一、三十二可知, 在正常情況下, 瓢蟲於紅光與黃光的環境中, 大多選擇黃色。而經過電擊訓練後, 兩隻瓢蟲都有顯示出學習效果, 但其中一隻瓢蟲的學習效果勝於另外一隻瓢蟲, 記憶能力也比較強, 顯示出瓢蟲的個體差異, 相較於其它顏色, 紅色及黃色的制約學習較易建立, 也持續較久。

2. 觀察瓢蟲對於黃光、綠光的偏好與學習記憶情形



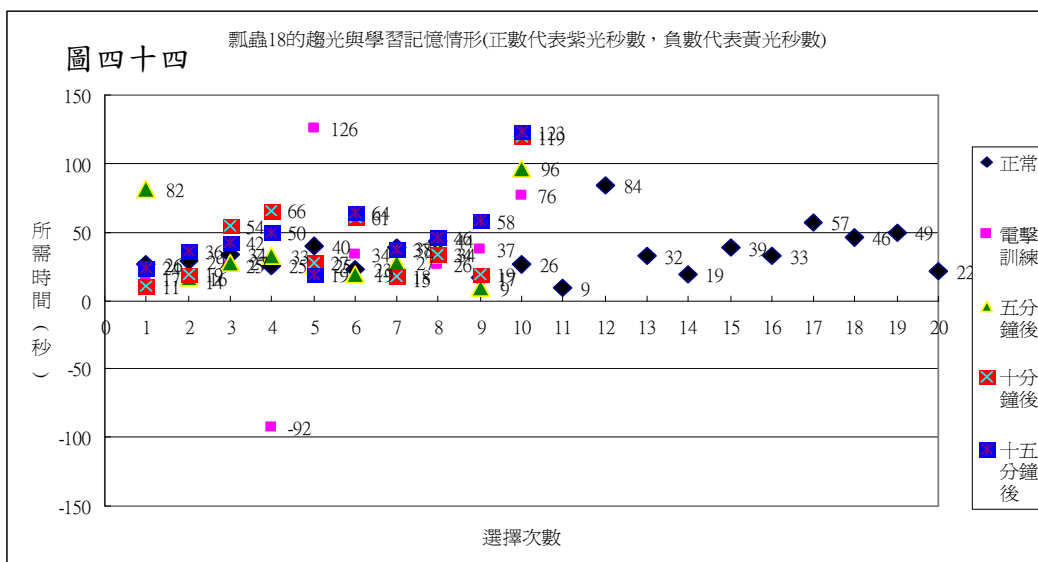
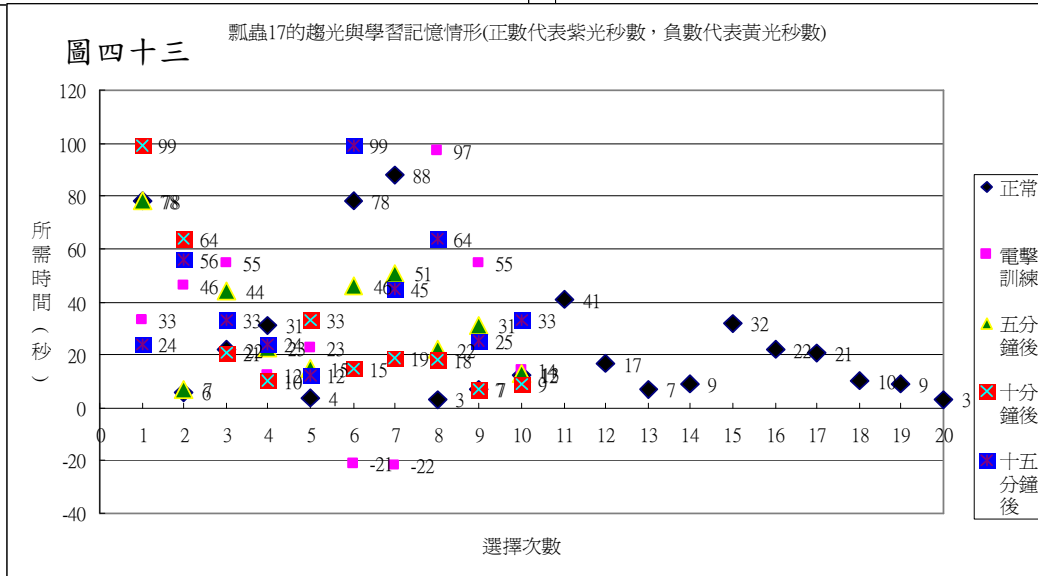
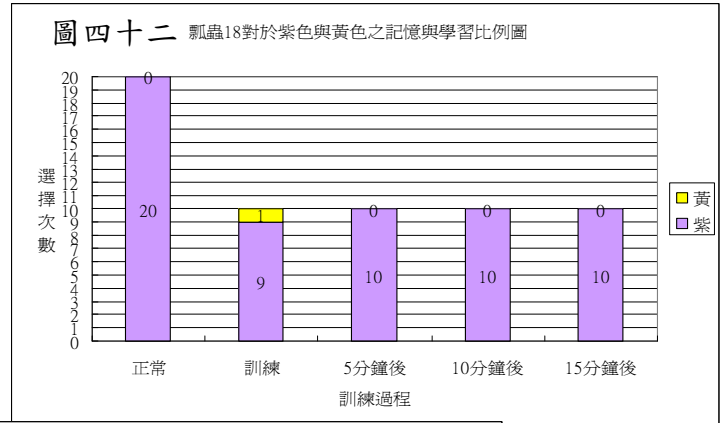
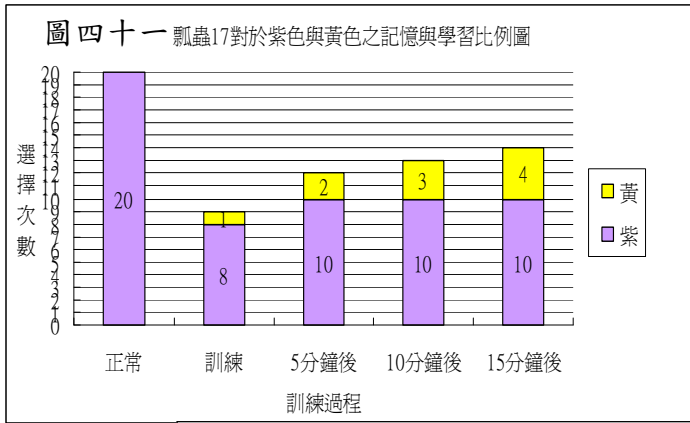
由圖三十三、三十四、三十五、三十六得知, 在正常情況下, 瓢蟲於綠光與黃光的環境中, 兩邊的選擇是差不多的。而經過電擊訓練後, 都會往反向的色光走, 顯示出學習效果, 經過了15分鐘也不會忘記, 對於黃、綠顏色制約反應是容易建立。

3. 觀察瓢蟲對於黃光、藍光的偏好與學習記憶情形



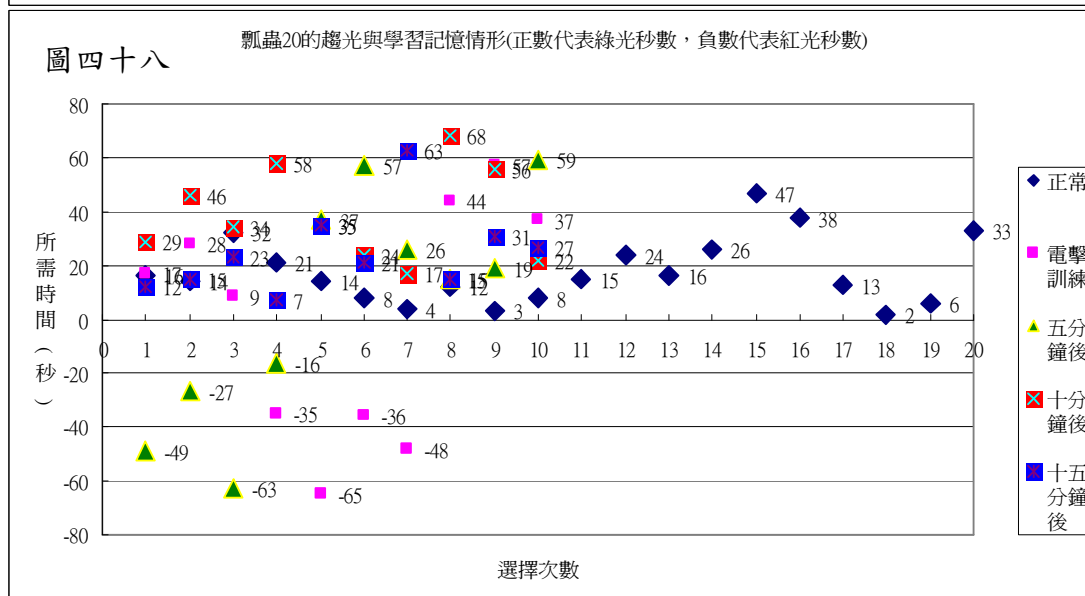
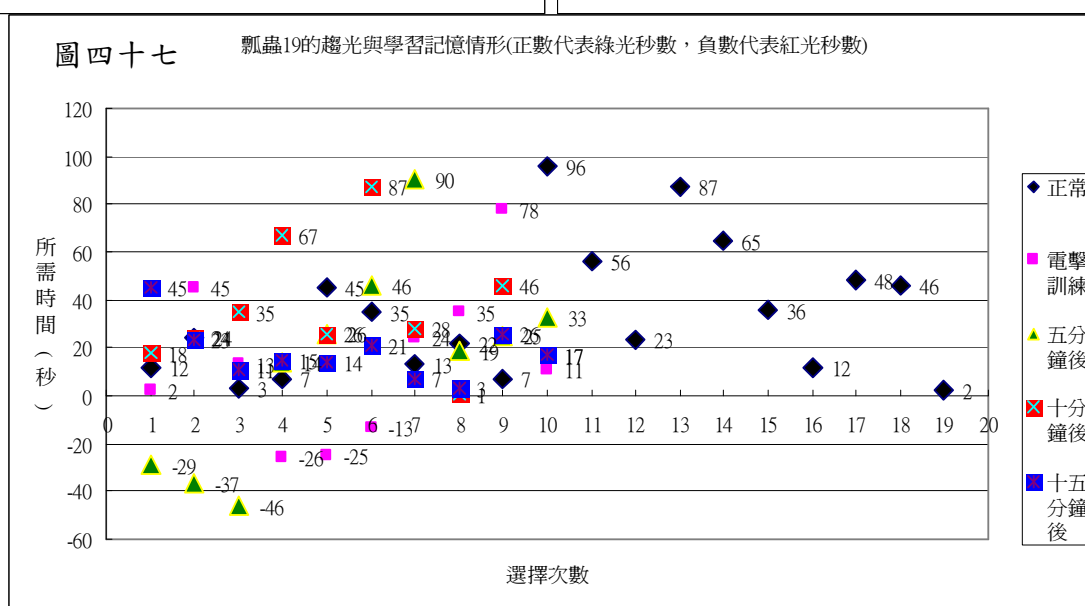
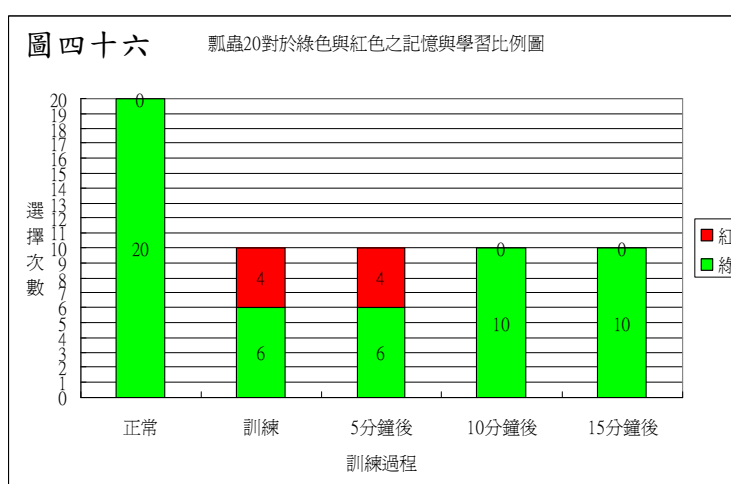
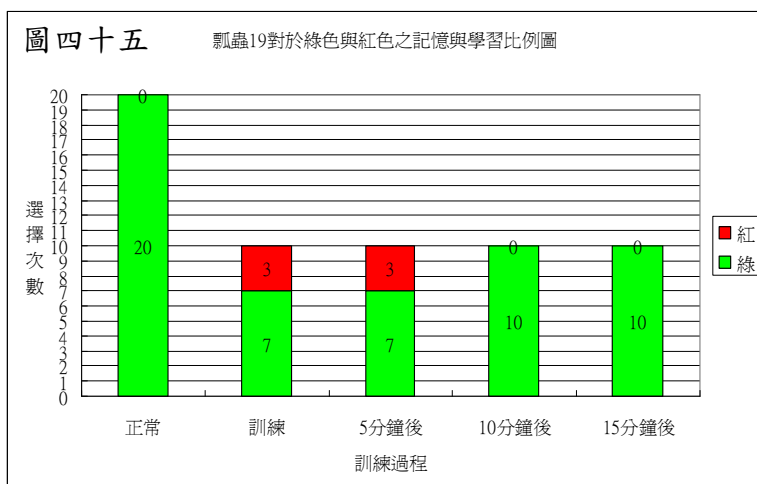
由圖三十七、三十八、三十九、四十可知, 在正常情況下, 瓢蟲於黃光與藍光的環境下, 都是選擇藍色, 也可以建立制約反應, 但持續時間並不長久。

4. 觀察瓢蟲對於黃光、紫光的偏好與學習記憶情形



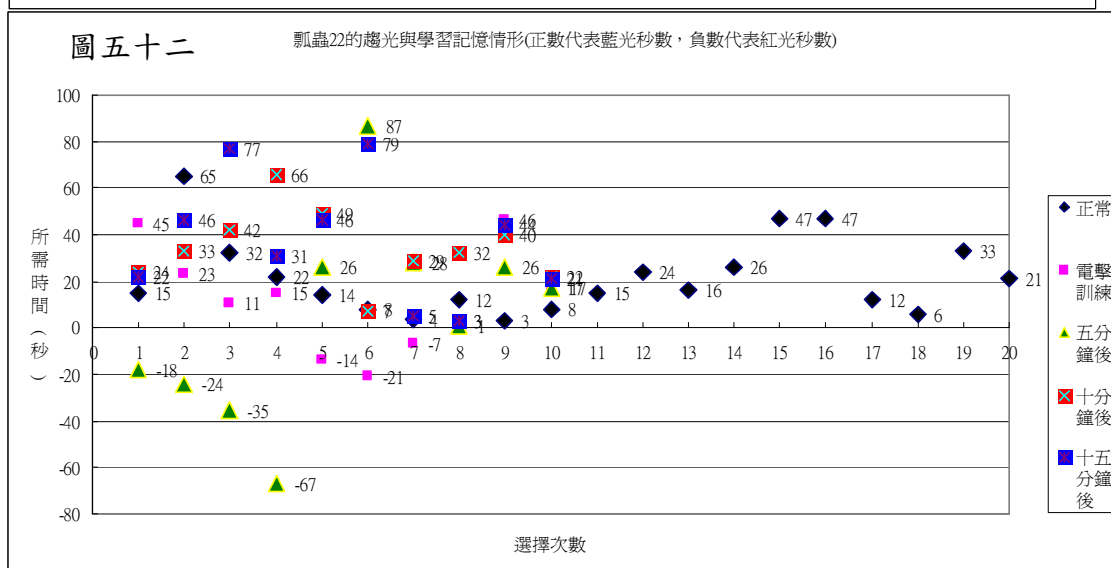
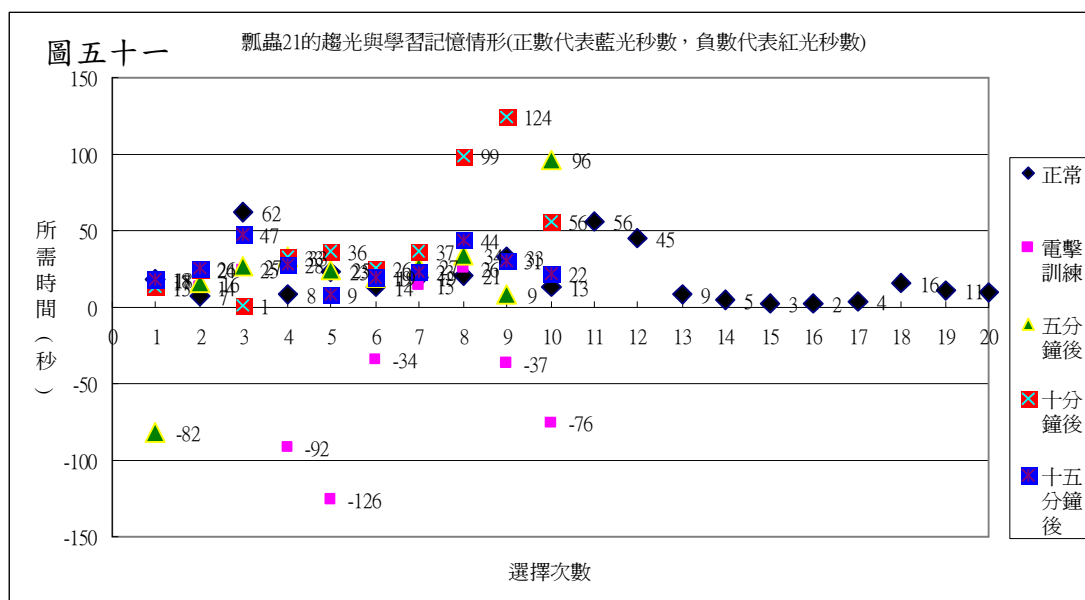
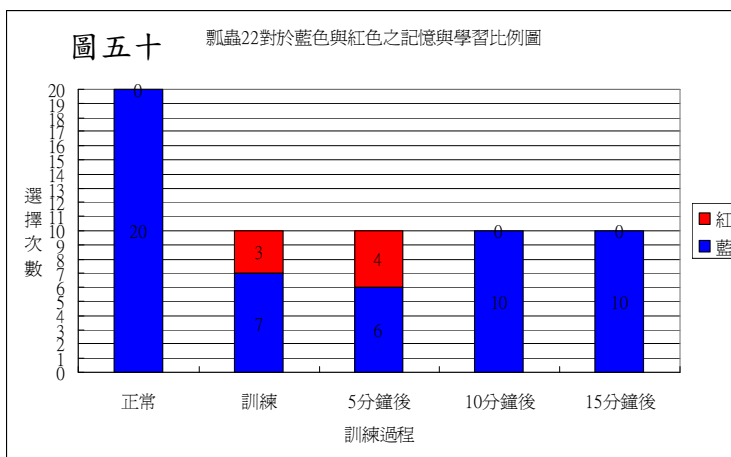
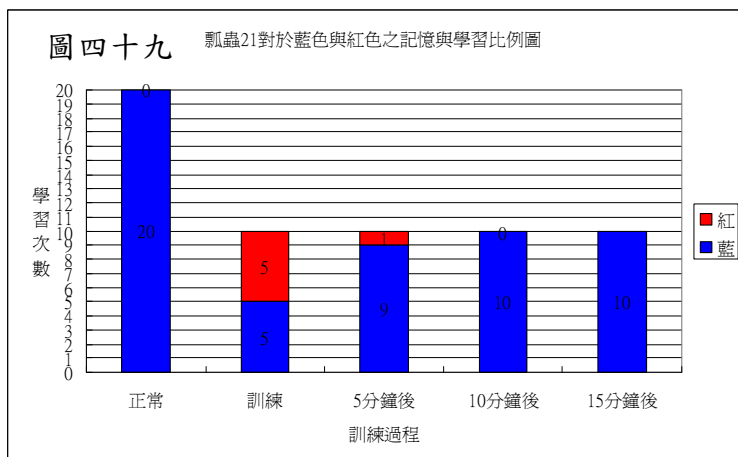
由圖四十一、四十二、四十三、四十四發現，瓢蟲強烈的趨向紫光，選擇黃色的次數明顯比「黃色與其他顏色搭配」的少，顯示瓢蟲對於紫光的確有強烈的偏好。瓢蟲經過電擊訓練後，少數選擇黃色，但選擇紫色的行走時間增加了，顯示學習對瓢蟲於紫色的環境中並不是完全無影響。

5. 觀察瓢蟲對於紅色、綠色的偏好與學習記憶情形



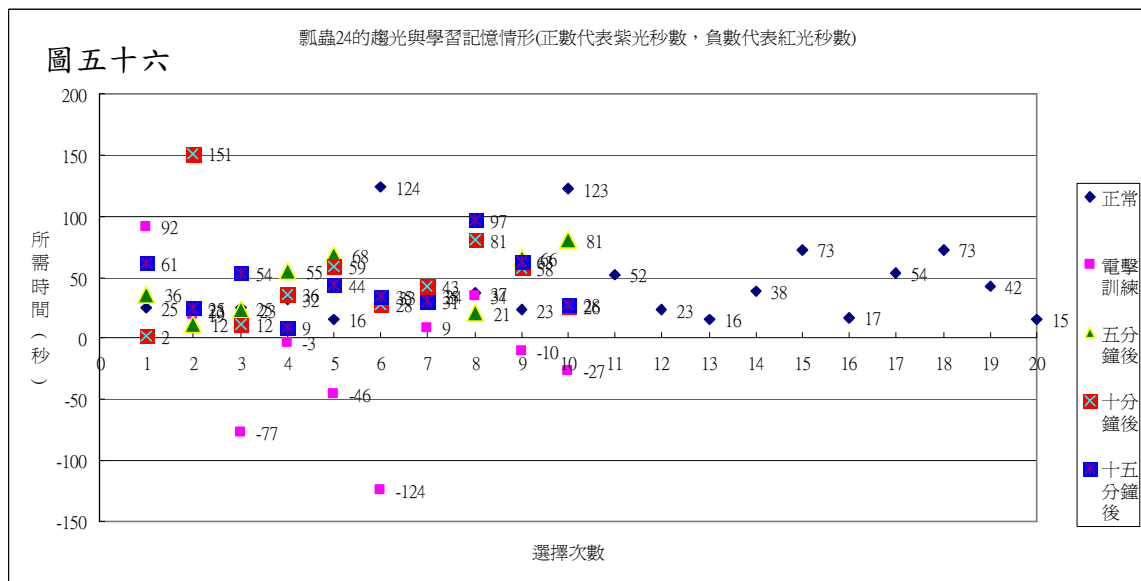
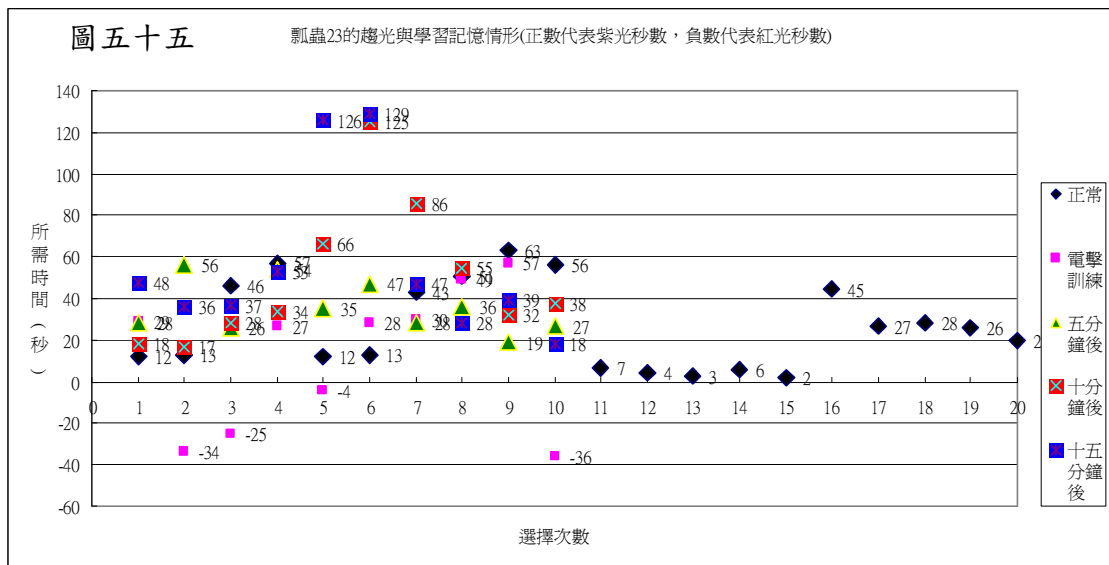
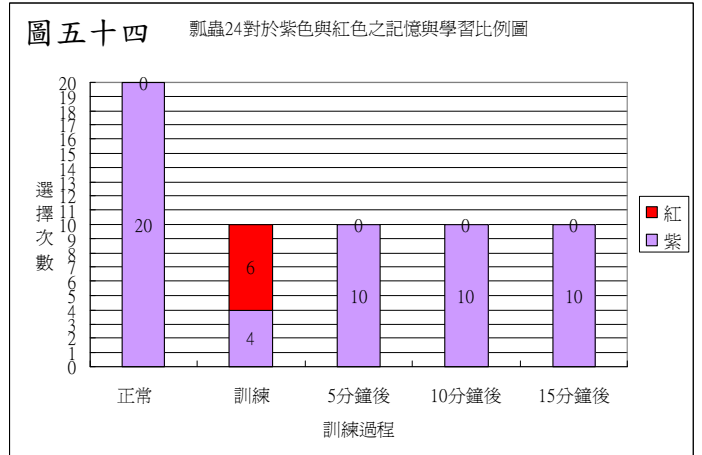
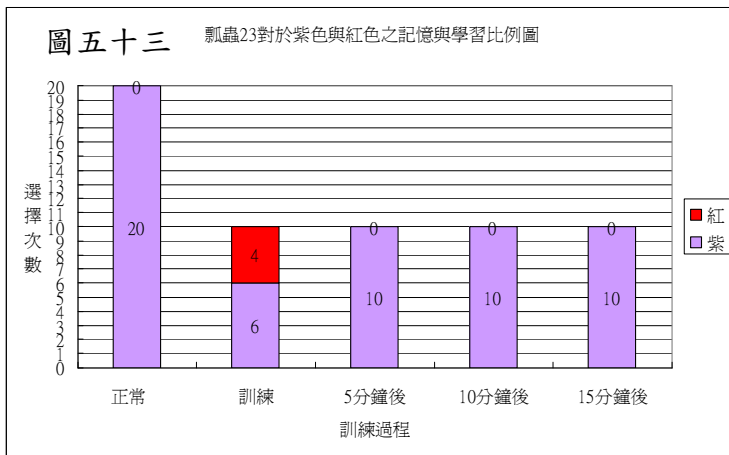
由圖四十五、四十六、四十七、四十八發現，對於紅綠，較偏好綠色，可以建立制約反應，也有著時距效應。

6. 觀察瓢蟲對於紅色、藍色的偏好與學習記憶情形



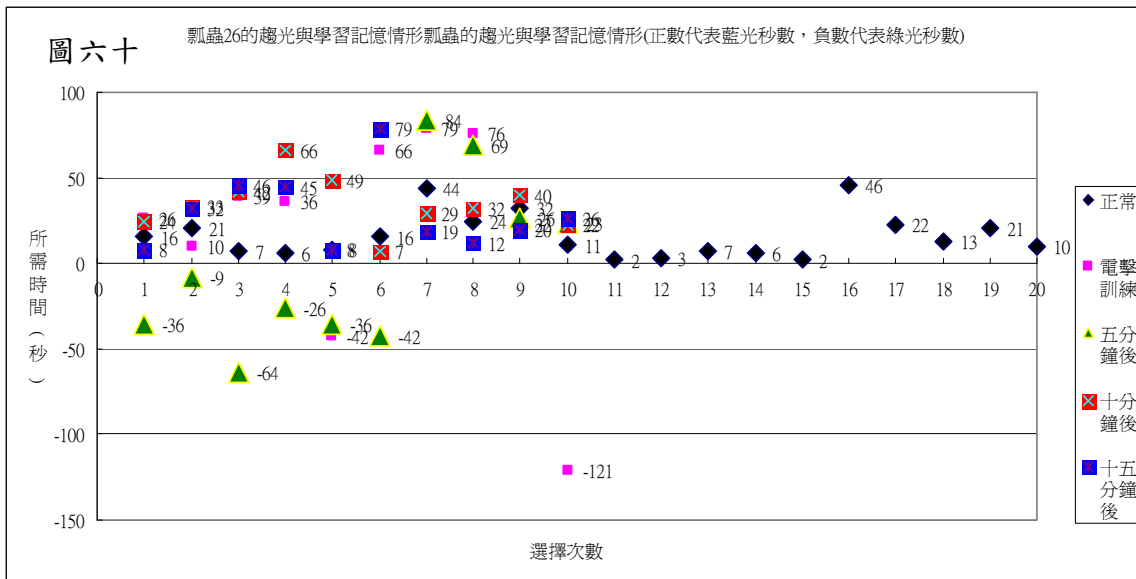
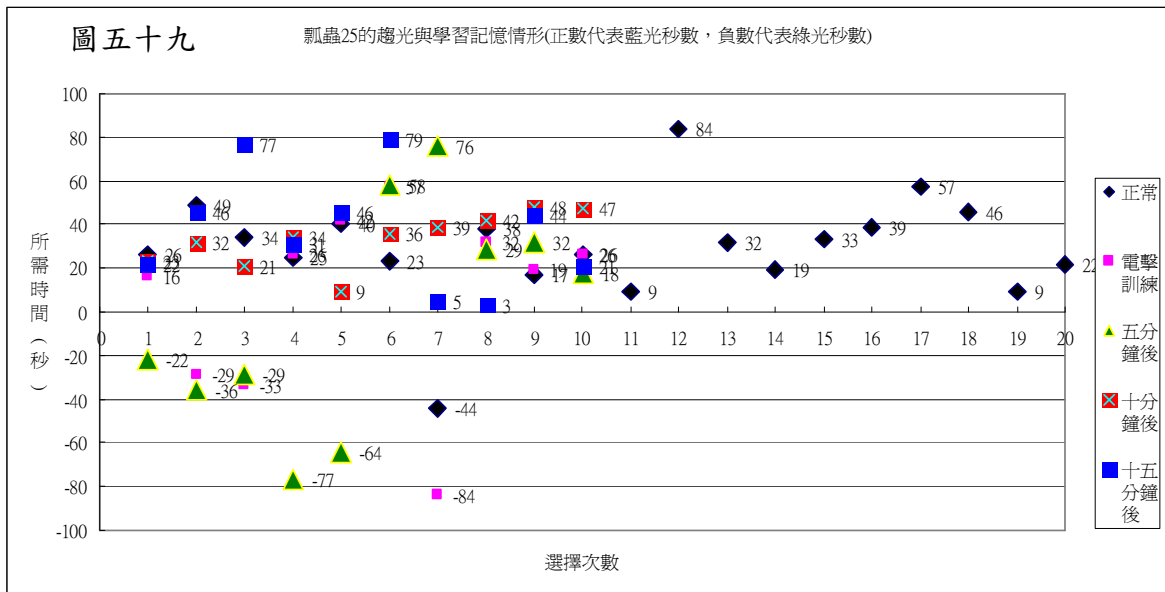
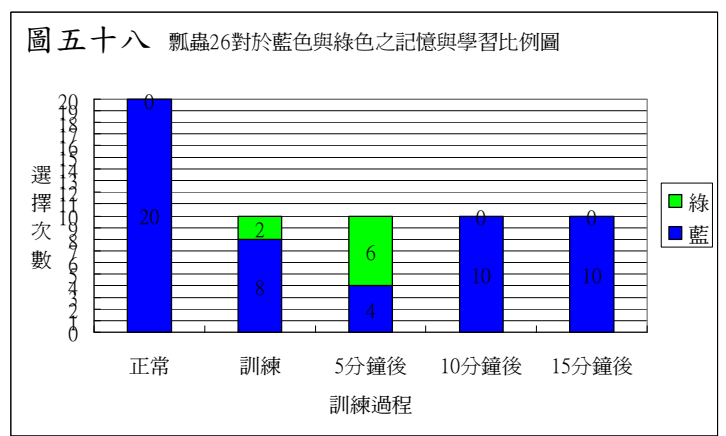
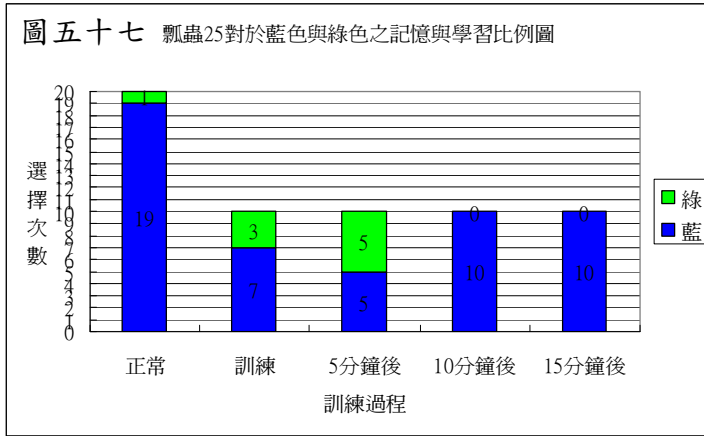
由圖四十九、五十、五十一、五十二可知，在正常情況下，瓢蟲於藍光與紅光的環境中，較偏好藍光，產生制約反應，也產生隨時間消失的時距效應。

7. 觀察瓢蟲對於紅色、紫色的偏好與學習記憶情形



由圖五十三、五十四、五十五、五十六可知，在正常情況下，瓢蟲在紅色與紫色的環境中，明顯偏好紫色，也可建立制約反應，但只在訓練過程出現。

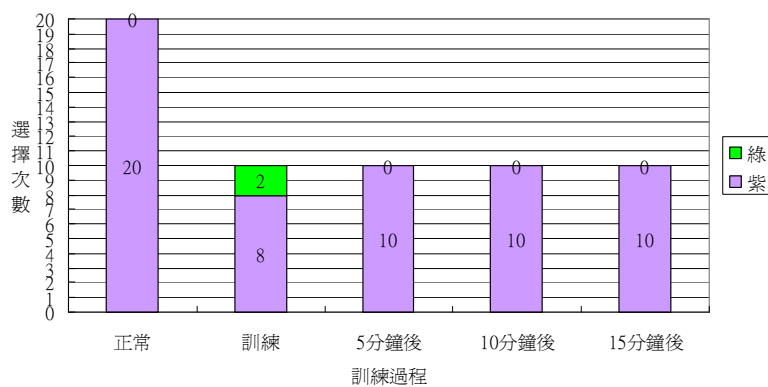
8. 觀察瓢蟲對於藍色、綠色的偏好與學習記憶情形



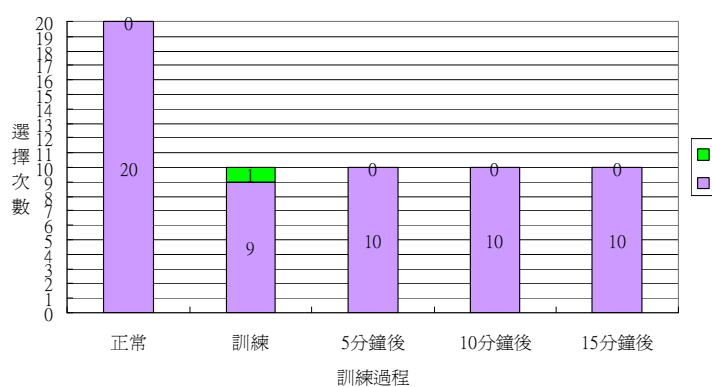
由圖五十七、五十八、五十九、六十可知，在正常情況下，瓢蟲於藍光與綠光的環境中，較偏好藍色，也建立制約反應，也具有時距效應。

9. 觀察瓢蟲對於綠色、紫色的偏好與學習記憶情形

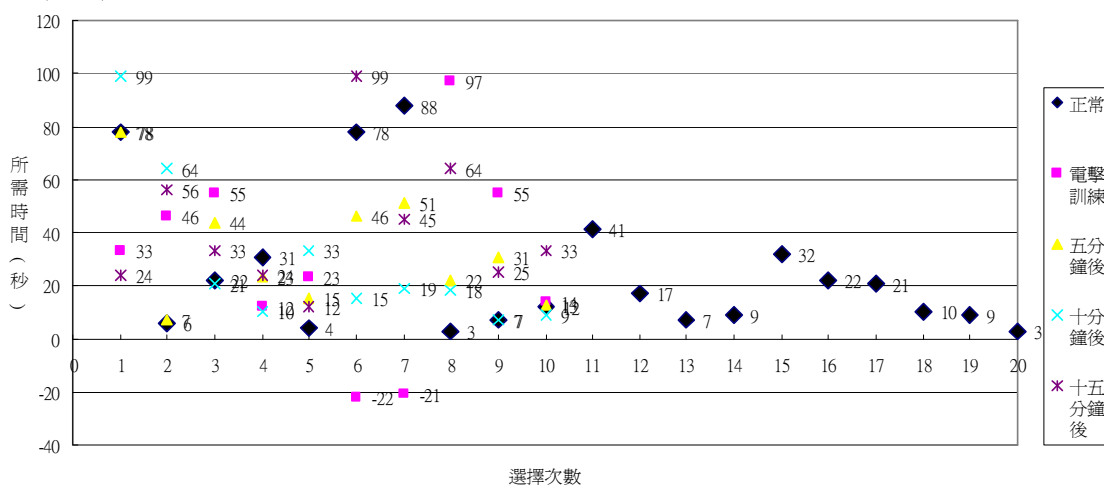
圖六十一 瓢蟲27對於紫色與綠色之記憶與學習比例圖



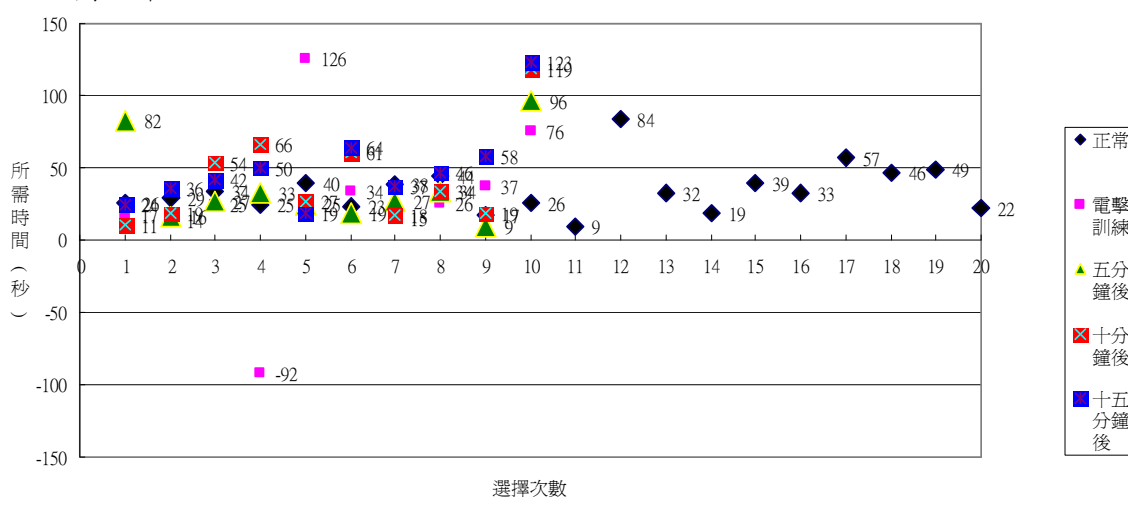
圖六十二 瓢蟲28對於紫色與綠色之記憶與學習比例圖



圖六十三 瓢蟲27的趨光與學習記憶情形(正數代表紫光秒數, 負數代表綠光秒數)



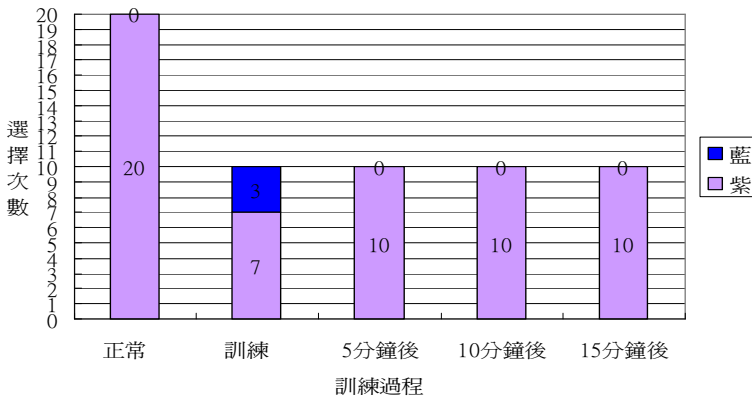
圖六十四 瓢蟲28的趨光與學習記憶情形(正數代表紫光秒數, 負數代表綠光秒數)



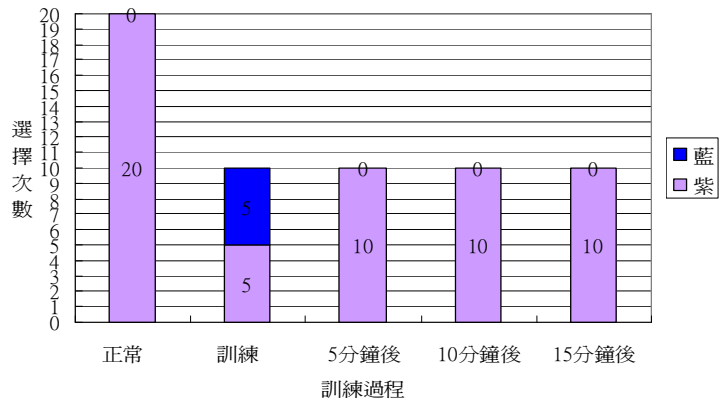
由圖六十一、六十二、六十三、六十四可知，在正常情況下，瓢蟲於紫光與綠光的環境中，明顯偏好紫色，但制約反應建立不易，一停止訓練馬上消失。

10. 觀察瓢蟲對於藍色、紫色的偏好與學習記憶情形

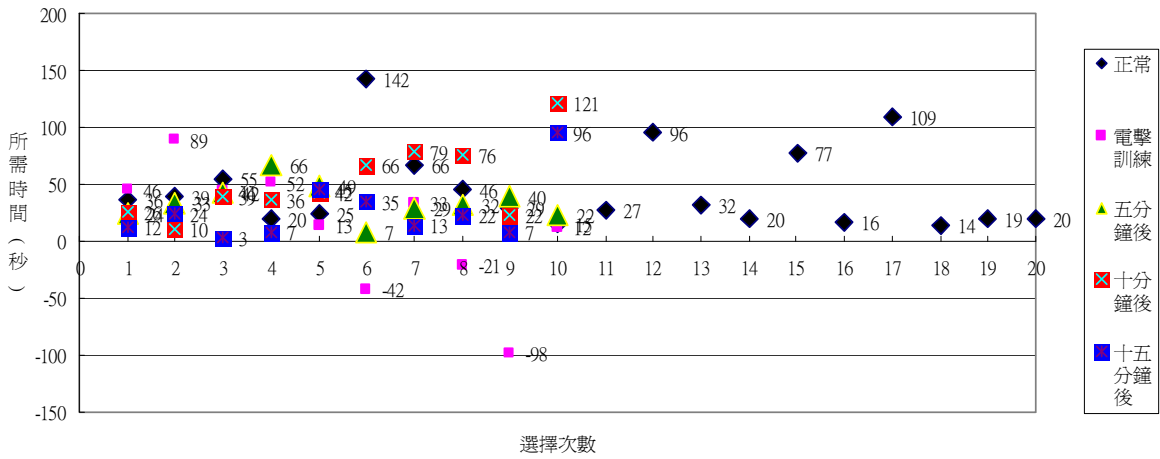
圖六十五 瓢蟲對29於紫色與藍色之記憶與學習比例圖



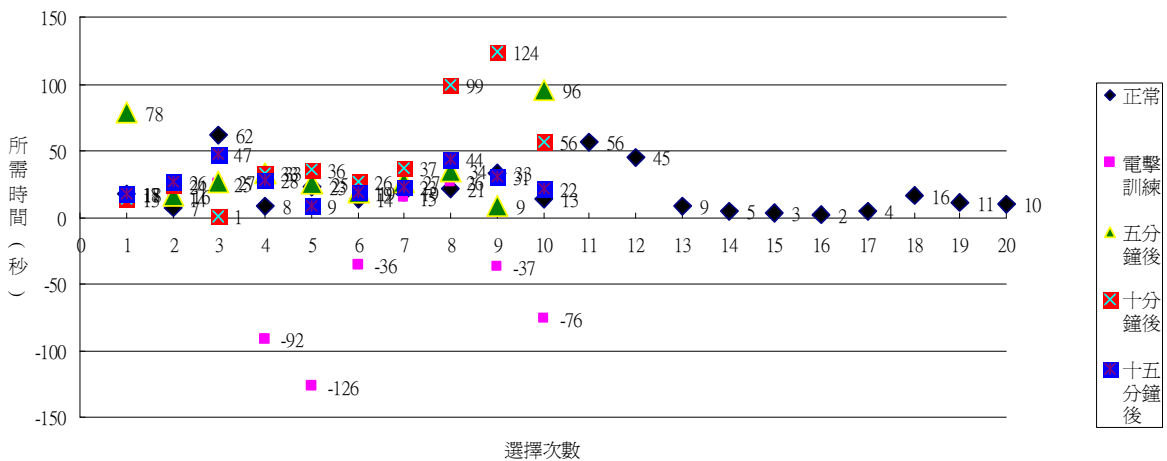
圖六十六 瓢蟲對30於紫色與藍色之記憶與學習比例圖



圖六十七 瓢蟲29的趨光與學習記憶情形(正數代表紫光秒數，負數代表藍光秒數)



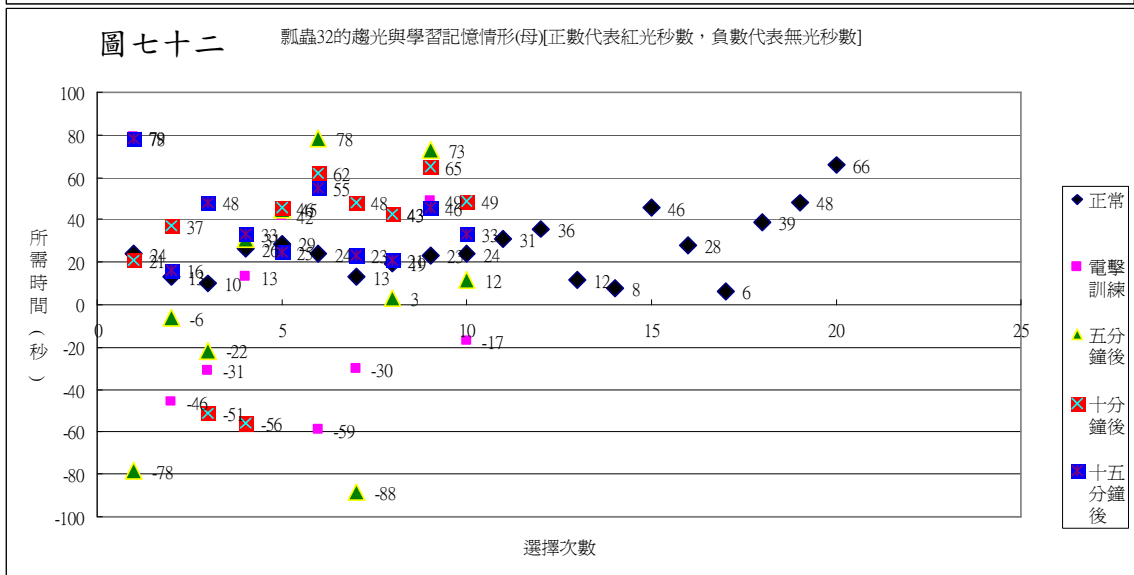
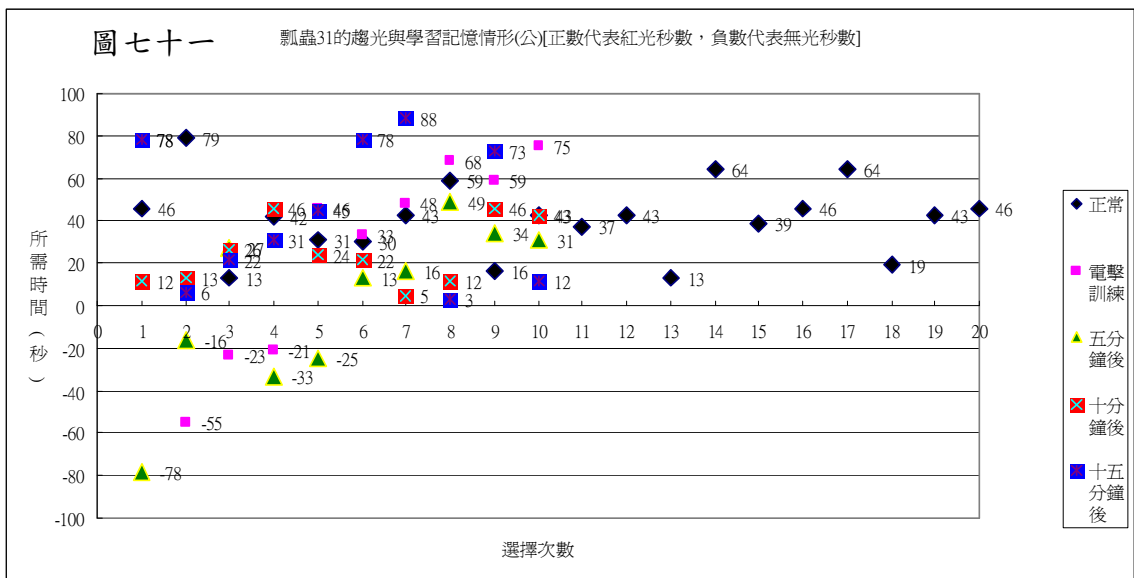
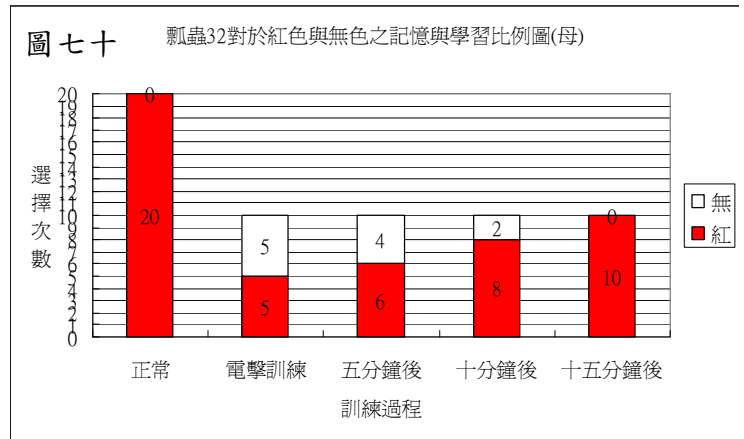
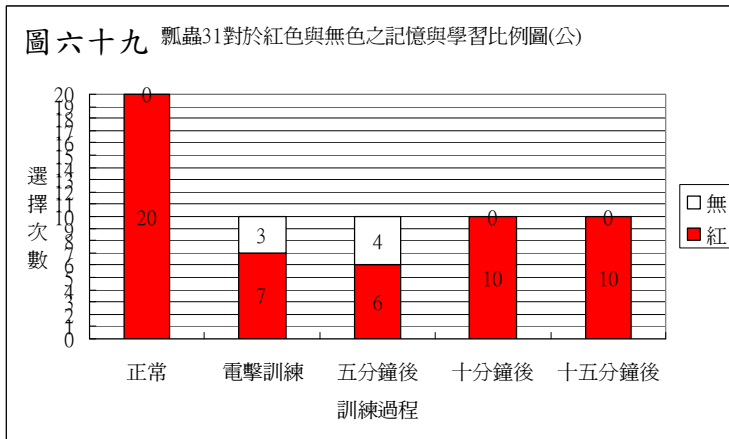
圖六十八 瓢蟲30的趨光與學習記憶情形(正數代表紫光秒數，負數代表藍光秒數)



由圖六十五、六十六、六十七、六十八可知，在正常情況下，瓢蟲於藍色與紫色的環境中，明顯偏好紫色，經過電擊訓練後，明顯偏好紫色，**制約反應建立不易，一停止訓練馬上消失。**

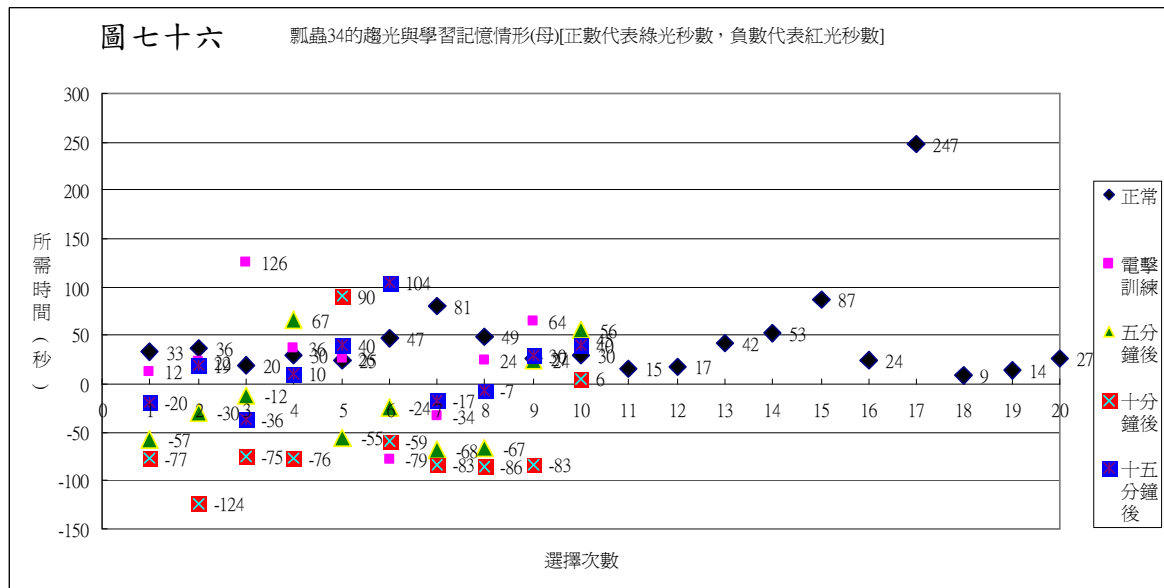
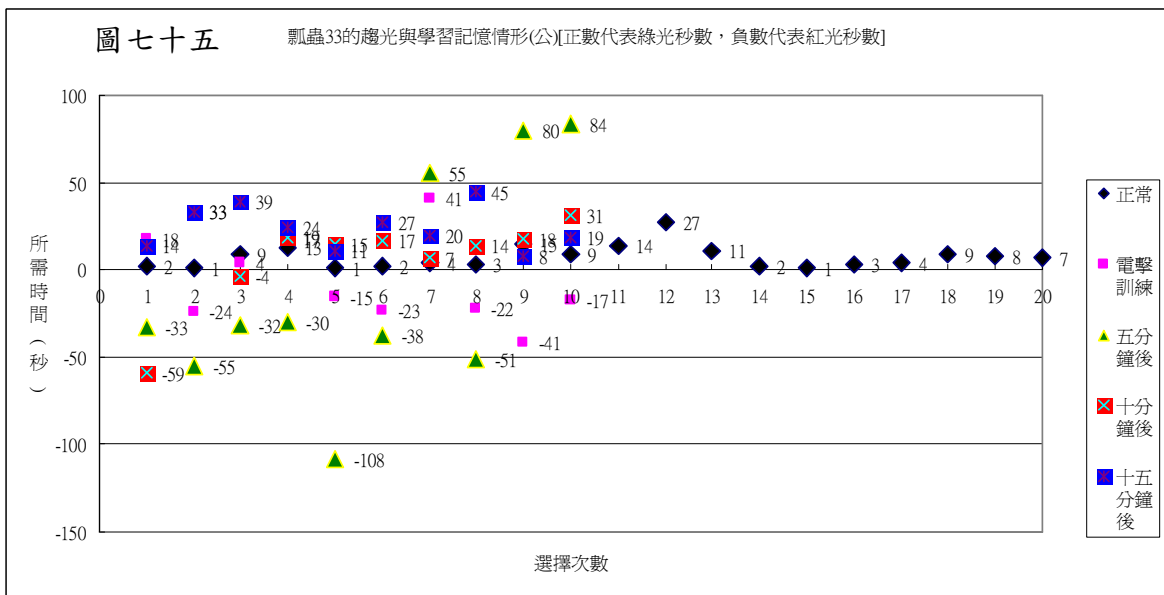
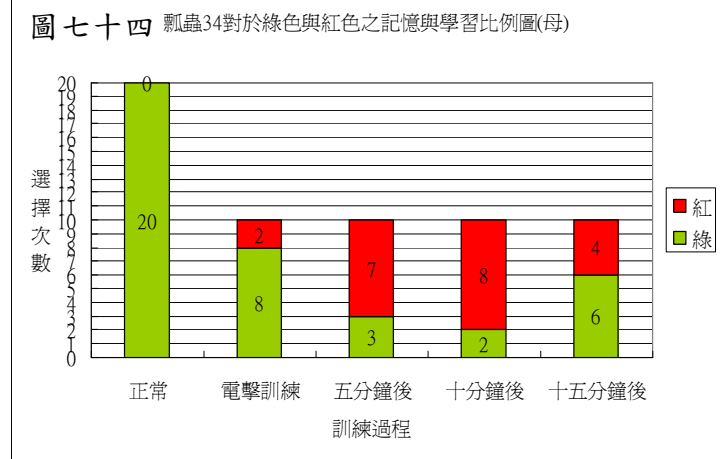
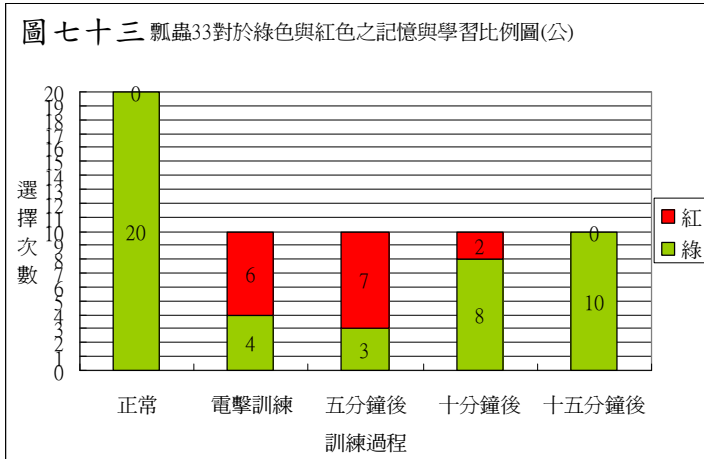
二、 觀察瓢蟲是否有雌雄個體差異

1. 觀察瓢蟲雌、雄對於紅色與無色的學習記憶情形是否具有差異



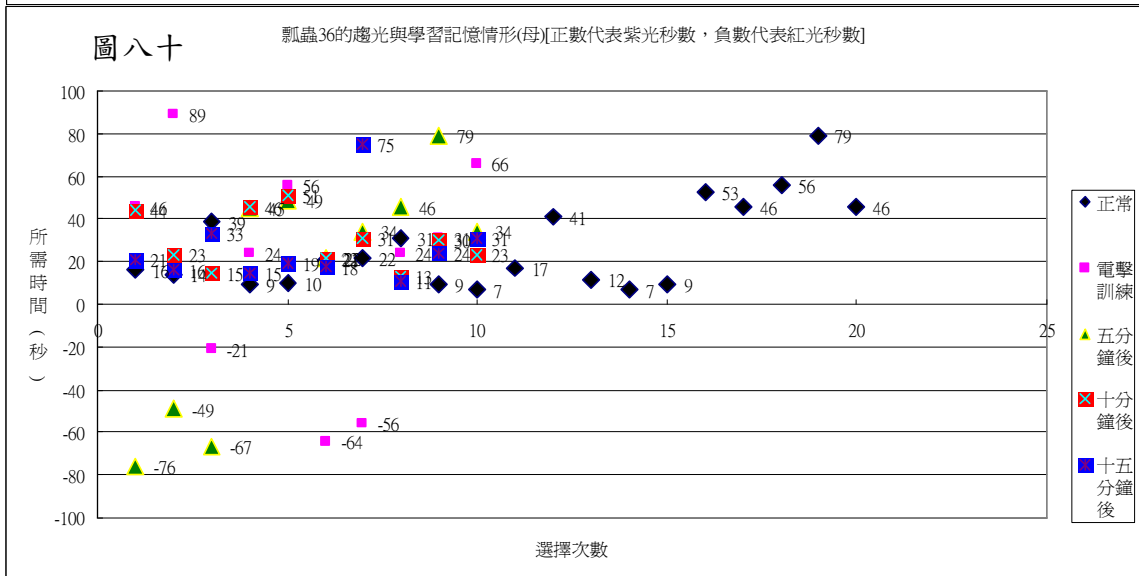
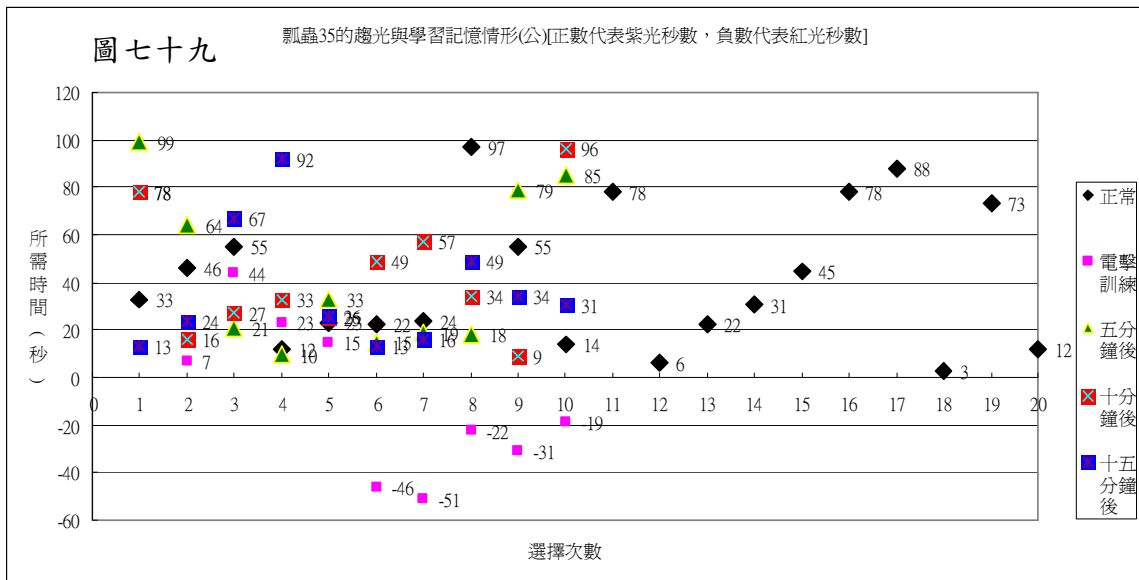
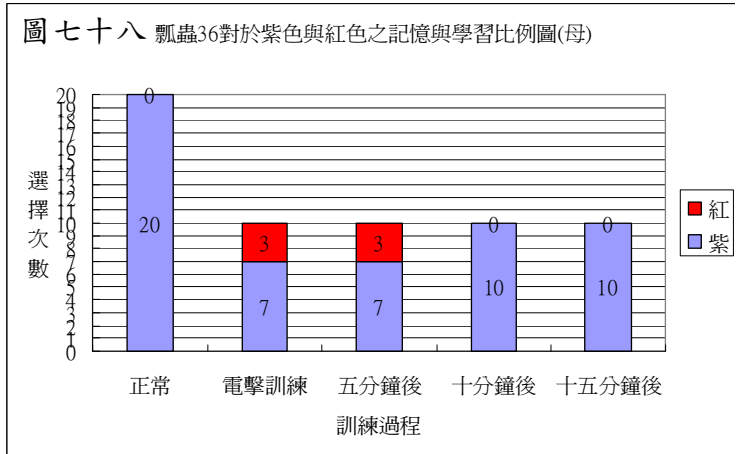
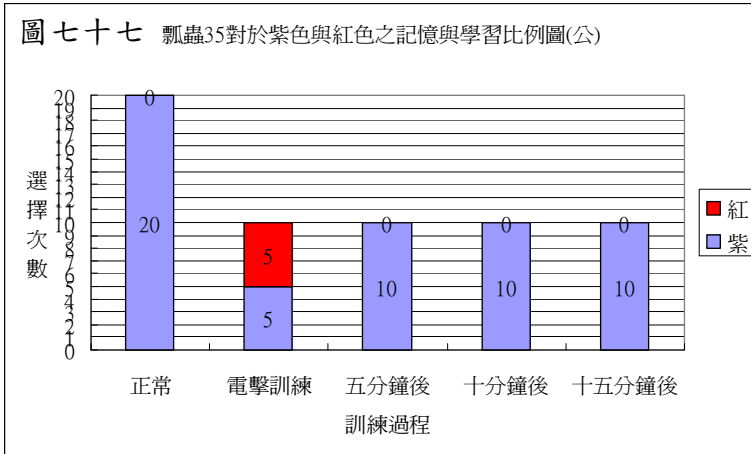
由圖六十九、七十、七十一、七十二發現，瓢蟲雌雄個體均看得到紅光，也可建立制約學習，但雌個體的制約反應可以維持較為長久的時間。

2. 觀察瓢蟲雌、雄對於紅色與綠色的學習記憶情形是否具有差異



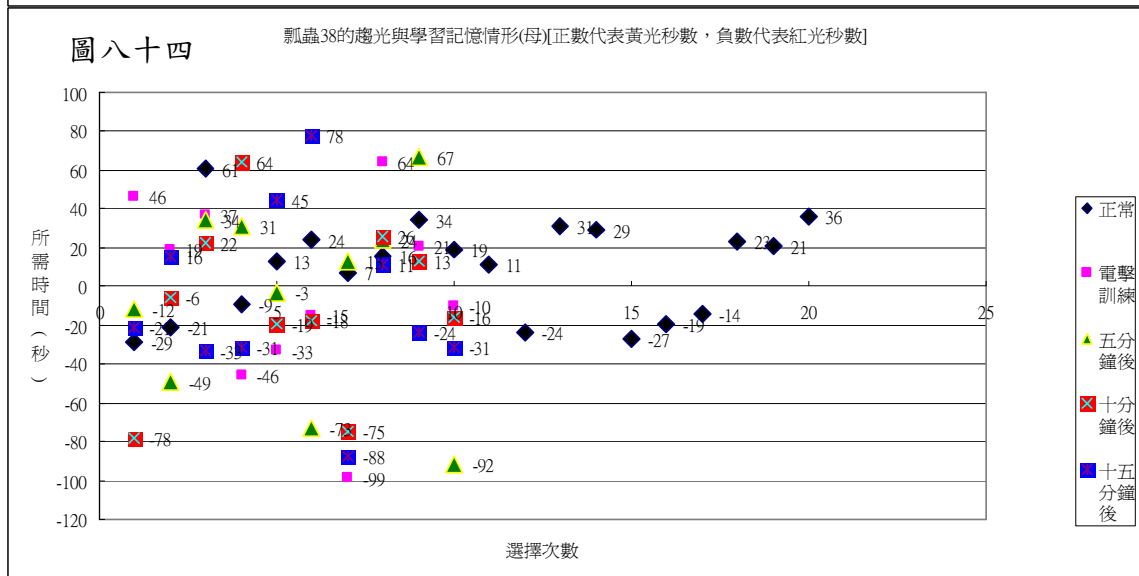
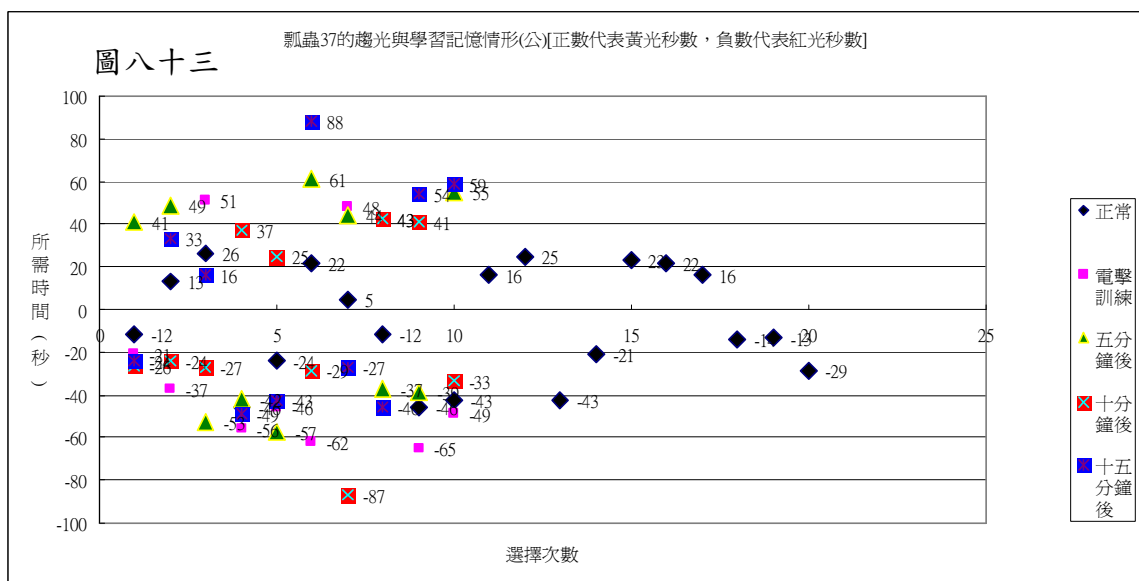
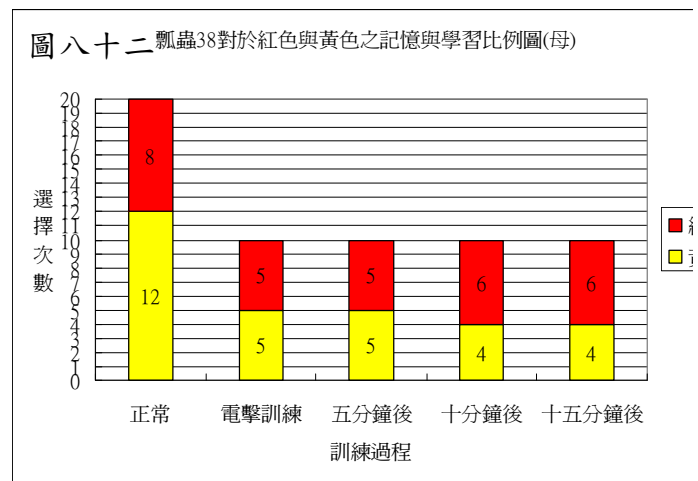
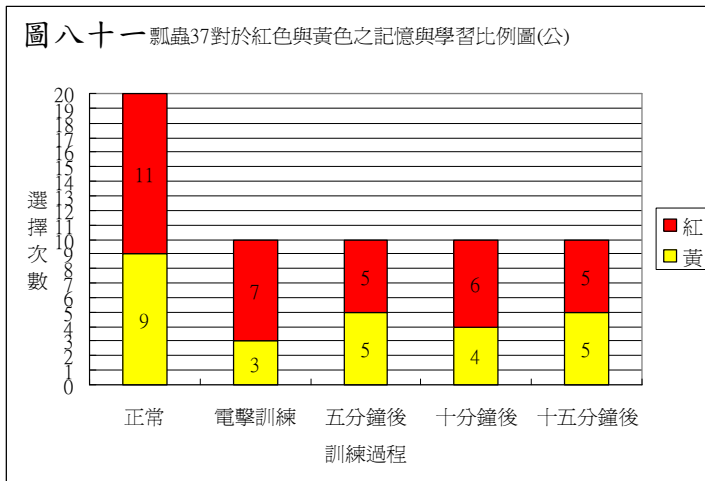
由圖七十三、七十四、七十五、七十六發現，雌雄個體對於紅綠的選擇，均以綠光為先，在制約反應的建立上，以雌個體維持的時間較久。

3. 觀察瓢蟲雌、雄對於紅色與紫色的學習記憶情形是否具有差異



由圖七十六、七十七、七十八、七十九發現，瓢蟲雌雄個對於紫光與紅光的制約反應均維持不久，但雌雄間比較，以雌性可以維持較久的時間。

4. 觀察瓢蟲雌、雄對於紅色與紫色的學習記憶情形是否具有差異



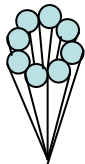
由圖八十一、八十二、八十三、八十四發現，瓢蟲雌雄對於紅黃的選擇，雄的對於紅光選擇比例較多，但兩者均能建立制約反應，雌雄間兩者的制約反應的維持時間相近。

柒. 結論

1. 我們 T 型管所使用的 LED 燈為單一波長分別為紫光 400nm、綠光波長 525nm、藍光波長 470nm、黃光波長 585nm、紅光波長 697nm，從瓢蟲 T 形管的實驗中，可以發現瓢蟲最偏好紫光(400 nm)，其次是藍光波長 470nm，從可見光光譜來看，瓢蟲喜好均為短波長的光，這點跟大多數的昆蟲比較是一致的。



顏色名	波長
紫光	380-450 nm
藍光	450-495 nm
綠光	495-570 nm
黃光	570-590 nm
橙光	590-620 nm
紅光	620-750 nm



(圖八十五)昆蟲複眼由八個小眼構成

2. 從已知的資料來看，昆蟲複眼由小眼聚集而成(圖三、圖四、圖八十五)，每個小眼具有八個感光細胞分別感應不同顏色，如家蠅:有紫外光(uv)*2、綠光(g)*4、藍光(b)*2。其它顏色的感受是感光細胞複合作用的結果。

從我們的實驗中，無從知道瓢蟲感光細胞的種類及數目，但可以知道瓢蟲對於色光的喜好程度依序是:紫光>藍光>黃光>綠光>紅光(均能感受)，偏好度較高的表示有較高比例的感光細胞或感應程度。

3. 在制約反應(又稱條件反射)的建立中最著名的例子，是巴甫洛夫的狗的唾液制約反射。狗能夠對食物自然而然的分泌唾液，此時巴甫洛夫將食物當作**非制約刺激(US)**、唾液分泌看作**非制約反應(UR)**，並將兩者的關係稱為**非制約反射**。而如果在提供食物之前的幾秒鐘發出一些作為**中性刺激(NS)**的聲響，將會使得這個聲響轉變為**制約刺激(CS)**，能夠單獨在沒有食物的狀況下引起作為**制約反應(CR)**的唾液分泌，本實驗嘗試以各色的 Led 當作其中的中性刺激，而以刺激的味道或電擊做為非制約刺激，嘗試將兩者之間做聯結，建立制約反應，但我們的實驗只證明**電擊與各色 Led 是可以建立制約反應**，而氣味與色光則無法觀察到有制約反應，可能氣味的刺激不夠強烈或瓢蟲的嗅覺不夠敏銳。

4. 從我們的實驗中可以知道瓢蟲具有制約學習的能力，但其**效果隨著電擊數增加而加強**，若不持續電擊，其**制約反應會隨著時間的而衰減(時距效應)**。

5. 瓢蟲在(紅、綠、黃)三種顏色交互的偏好與制約反應實驗中，顯示瓢蟲大多具

有較長時間的記憶能力，某些瓢蟲甚至到十五分鐘後都還有記憶，而(紫、藍)兩種顏色不管與任何顏色搭配，其記憶能力只有接受訓練時，至多五分鐘後，就全部遺忘，而大部分的資料顯示昆蟲對於紫光或紫外光具有強烈的趨光性，所以在我們的實驗證實瓢蟲的趨光性在短暫時間內是可以改變的，但短時間，效應就會消失。

6. 在長時間的演化歷程下瓢蟲趨紫外光是有其意義的，使得瓢蟲這種天生的習性不易消失，也不易改變。

7. 瓢蟲對制約反應的維持時間，以雌雄來看，雌的具有較長的維持時間，但因為我們的樣本數不夠多，需要再進一步的研究。

捌、參考資料

1. 張永仁(1998) 昆蟲圖鑑 遠流出版公司p138~p145
2. 水波 誠 (2008) 探索昆蟲微小腦 世茂出版有限公司 p42~70、p162~191
3. 張 琳 徐爾烈 吳文哲(2001)有翅型家白蟻 (*Coptotermes formosanus* Shiraki) (等翅目：鼻白蟻科)的趨光性研究 台灣昆蟲 21: 353-363

【評語】 030319

1. 生物有學習能力，參與者探討此問題，值得鼓勵。
2. 建議可先明瞭瓢蟲對色光的反應，再來進行學習反應會有助於結果之結論。