

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

最佳(鄉土)教材獎

080316

這是什麼鳥選擇～

無尾鳳蝶幼蟲顏色與假眼之探討

學校名稱：臺中市私立東海大學附屬實驗高級中學小學部

作者：	指導老師：
小六 陳彥君	張勝輝
小六 王海茵	莊惠雅
小六 錢思璞	
小六 蔡馥咸	
小六 劉冠伶	

關鍵詞：無尾鳳蝶、保護色、假眼

這是什麼鳥選擇～無尾鳳蝶幼蟲顏色與假眼之探討

摘要

陽台上的無尾鳳蝶幼蟲怎麼不見了！綠色葉子不是可以保護牠嗎？牠的假眼不是可以嚇退敵人嗎？昨天還在的，怎麼一下子都被小鳥吃光了，怎麼會這樣！到底綠色與假眼有沒有保護效果？為了一探究竟，我們決定一起模擬實驗找答案！

實驗結果發現小鳥有顏色分辨能力，且會先啄食無假眼的假蟲。但不管有無假眼，小鳥都是從假蟲的尾巴開始啄食。實驗亦證明了大假眼比小假眼更具有保護效果。

在背景保護色的測試中，實驗發現綠色背景在實驗初期具有良好的保護效果，但時間一拉長，則發現綠色背景對假蟲的保護效果並不佳。另外，小鳥對我們實驗的假蟲都戒慎恐懼，每每要到第4天或第5天後，才敢啄食近在眼前的美食！

壹、研究動機

自然教室的陽台放了許多柑橘屬盆栽，是方便學生就地觀察「昆蟲單元」的。我們欣賞過幾次無尾鳳蝶幼蟲變成蝴蝶的過程；有時好不容易發現了幼蟲或前蛹，在短短的一節課或是隔天後就不見了——被鳥吃掉了！

以我們的想法，無尾鳳蝶幼蟲為了蛻變成蝴蝶，需躲過多次被鳥吃掉的劫難。他可能扮成鳥大便的樣子（圖1），或是利用身上顏色來掩飾（圖2），甚至形成號稱可嚇退鳥類的「假眼」（圖3）。教科書沒有說明顏色與假眼的功能，倒是我們在許多資料（台北市南港國民小學網站、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局網站、台灣學校網網站）和老師的補充說明時都看到或聽到這樣的說法。當我們發現幼蟲或前蛹突然不見時，我們真的想驗證看看，綠色背景真的有保護作用嗎？假眼能有效提高存活率嗎？如果假眼可以提高存活率，那大假眼是不是更好？

我們想以”模擬無尾鳳蝶的幼蟲”樣子，以科學的方法與精神來探索。希望藉由**假蟲顏色與假蟲假眼**的模擬，讓小鳥來選擇捕食，以解答我們的疑惑。因為準備好假蟲之後的實驗成敗都必須仰賴小鳥，所以我們把題目定為：「這是什麼鳥選擇～無尾鳳蝶幼蟲顏色與假眼之探討」。



圖1：鳥糞型幼蟲。

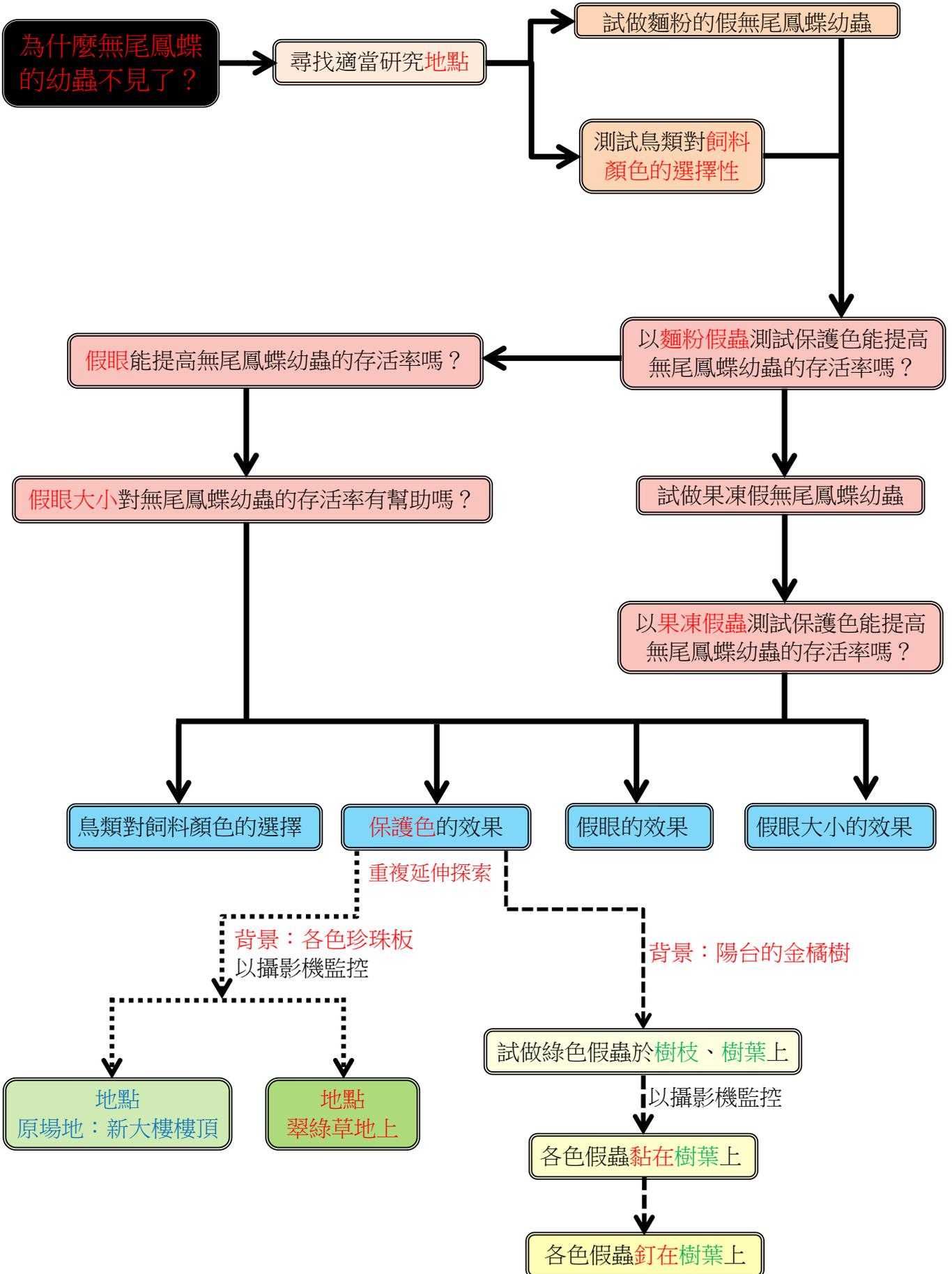


圖2：綠色外表的幼蟲。



圖3：假眼。

科展研究流程



貳、研究目的

天啊！柑橘盆栽上的無尾鳳蝶幼蟲全部被小鳥吃掉了！小鳥怎麼看得清楚綠色樹葉上的綠色幼蟲呢？小鳥能分辨顏色的差異嗎？綠色樹葉對無尾鳳蝶幼蟲到底有沒有保護色的作用？假眼不是可以增加存活率嗎？因為以上種種困惑，我們討論後，列出以下研究目的：

- 一、小鳥對飼料的顏色有沒有選擇性？
- 二、綠色背景對綠色假蟲具有保護作用嗎？
- 三、假眼對綠色假蟲具有保護作用嗎？
- 四、假眼的大小對綠色假蟲具有保護作用嗎？

參、研究設備及器材

穀類（白米、小米、鳥飼料、小麥、麥片）、高筋麵粉、自來水、量筒、塑膠燒杯、玻璃燒杯、保鮮膜、食用色素（圖 4）、600ml 礦泉水一箱、洋菜粉、製麵機、果汁機、濾網（一般撈麵或水餃用的）、膠帶、一般吸管、大吸管（可吸珍珠奶茶的）、剪刀、電子秤（圖 5）、各色珍珠板、黑色油性筆、空牛奶盒、照相機、細針、Bushnell 紅外線攝影機、brinnoTLC200 縮時攝影機。



圖 4：食用色素（紅、綠、黃、藍）



圖 5：電子秤。

肆、研究過程或方法

一、選擇研究的地點與試做假的無尾鳳蝶幼蟲：

（一）、研究地點：

1. 挑選地點的條件為：**不受學生干擾、盡量容易觀察。**
2. 先拿家裡有的穀類（白米、小米、鳥飼料、麥片、小麥）灑在各地方，利用下課空檔時去觀察穀類有沒有被吃掉或有沒有小鳥在當場覓食。

（二）、試做假蟲：

1. 三種麵團假蟲：以 4：1 的麵粉與自來水揉成麵團，或以 4：1 的麵粉與綠色食用色素水揉成麵團。
 - （1）將麵團填入以 4 公分長的大小吸管，試做大小一致的假蟲。
 - （2）以製麵機轉出大小一致的麵線，製作大小一致的假蟲。
 - （3）以搓湯圓的方式，取 4 克麵團，試著捏出大小相同的假蟲。

2. 果凍飼料假蟲：

- （1）剪 4 公分大吸管、小吸管，直立排好塞滿於 250ml 玻璃燒杯中（圖 5-1）。
- （2）以果汁機將 70 克鳥飼料打成粉粒，混合 10 克的



圖 5-1：4 公分的大吸管。

洋菜粉，盛裝於 500ml 玻璃燒杯中。

(3) 以 100°C 水加入燒杯中至 500ml，滴入 4 滴綠色食用色素，並盡量攪拌均勻。

(4) 將未凝固的果凍飼料倒入步驟 (1) 準備的燒杯中。等果凍飼料冷卻後，大吸管用小指尖端擠出果凍飼料假蟲；小吸管則直接擠壓吸管來擠出果凍飼料假蟲。

二、小鳥對飼料的顏色有沒有選擇性：

(一)、準備混合飼料：鳥飼料 12.5 克、麥片 18.5 克、白米 31.5 克及小米 37.5 克，放入 1000ml 塑膠燒杯中均勻混合，分成 5 份，每份重 20 克。

(二)、紅色素 3 滴與 10ml 自來水混合調色，倒入 1 份步驟 (一) 準備的混合飼料中，充分讓飼料染成紅色。同方法染另外三種顏色 (綠、黃、藍) 的飼料；最後剩下 1 份沒有染色的飼料。

(三) 將 5 種顏色的混合飼料分別裝入牛奶盒內，放置研究地點的欄杆上，以膠帶固定 (圖 6~圖 10)，每天目測觀察，並在四天後秤飼料剩餘重量。



圖 6：染成紅色的飼料。



圖 7：染成綠色的飼料。



圖 8：染成黃色的飼料。



圖 9：染成藍色的飼料。



圖 10：沒有染色的飼料。



圖 11：保護色實驗。

三、綠色的背景對綠色假蟲具有保護作用嗎：

(一)、麵粉假蟲：

1. 以麵粉：綠色水 = 4：1 揉成大麵團。

2. 每次由大麵團取約 4 克麵團捏成約 4 公分無尾鳳蝶幼蟲形狀，共製作 56 隻假蟲。

3. 各取 8 隻假蟲放在長 x 寬 (60cm x 30cm) 的 7 種顏色珍珠板上 (圖 11)，每個珍珠板上擺放的假蟲位置大致相同。

- 4.將假蟲珍珠板拿到教學大樓的頂樓廣場，每個珍珠板都以4瓶礦泉水固定位置，以免被風吹走。各色珍珠板的擺放順序是隨機的。
- 5.每天觀察假蟲被啄食的情形，連續觀察8天。(第1天週四；第3、4天為週六日，沒有觀察；第4天週日有下雨，第5天週一早上將珍珠板移到不會淋雨區)

(二)、果凍飼料假蟲：

- 1.珍珠先改成四邊有5cm寬的盒子狀，可以避免風太大吹走假蟲。
- 2.取8隻果凍飼料假蟲放在各色珍珠板上，每個珍珠板上的假蟲位置盡量相同。
- 3.將珍珠板隨機擺放在教學大樓頂樓廣場，以4瓶瓶裝水固定珍珠板。
- 4.每天攜帶數位相機數次觀察假蟲被啄食的情形。(在打開頂樓廣場的門之前，先在窗戶旁注意有沒有鳥在啄食；另外要特別注意假蟲會不會被風吹得太乾。)

四、假眼對綠色假蟲具有保護作用嗎：

- (一)、麵粉160公克及鳥飼料10公克，放入果汁機中打碎、打均勻後，加28ml綠色色素水(4滴色素)揉成麵團。
- (二)、將綠色的麵團分成44份小麵團，每份約4公克。將小麵團捏成約4公分無尾鳳蝶幼蟲形狀(圖12)。利用紅色和綠色色素調合成黑色，於22隻假蟲上製作3mm大小假眼，其他22隻假蟲未製作假眼。
- (三)、將上述假蟲隨機放置於2塊綠色珍珠板上(圖13)，再放至教學大樓的頂樓廣場，每天觀察被啄食情形，總共觀察5天。

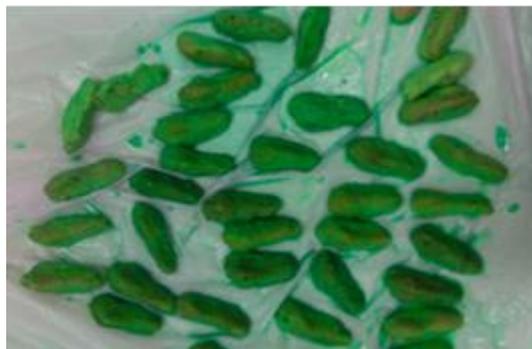


圖12：假的無尾鳳蝶幼蟲



圖13：假蟲放在綠色背景的珍珠板上

五、假眼的大小對綠色假蟲具有保護作用嗎：

- (一)、同步驟三的方式製作10隻假蟲，其中5隻沒有製作假眼，另5隻用黑色油性筆點上大小不同的假眼(小：大=3：2)。
- (二)將此10隻假蟲拿到教學大樓頂樓廣場，趁黏性很高時，隨機黏置於欄杆上。
- (三)每天不定時觀察(共7天)，比對沒有假眼、有假眼、假眼大小被鳥啄食的情況。

六、重複、延伸探索：保護色的效果。

(一)、地點：教學大樓頂樓廣場（不壓瓶裝水）。

- 1.與步驟三的方法大致相同，不同地方在於假蟲長約 3 公分；壓瓶裝水改以雙面膠固定珍珠板於地板上（圖 13-1）。
- 2.架設紅外線攝影機監控假蟲被何種鳥類啄食。
- 3.每天觀察假蟲被啄食的情形，連續實驗 25 天。(第 14 天因假蟲太硬，且部分被吹離珍珠板，所以全部在早上 8：00 更換新的假蟲)

(二)、地點：專家建議的草地。

- 1.準備方法與上述（一）大致想同，不同的地方在於固定珍珠板的方式是以雙面膠黏住 3 瓶 600ml 瓶裝水（圖 13-2）。
- 2.架設縮時攝影機拍攝何種鳥類來啄食（設定每 3 秒拍 1 張，每 5 張圖壓縮成 1 秒影片）。
- 3.每天觀察假蟲被啄食的情形。

(三)、試做綠色假蟲在金橘樹上：

- 1.捏出長約 3 公分的假蟲 2 隻。1 隻固定在葉子上，1 隻固定在樹枝上（圖 13-3）。
- 2.早、中、晚各觀察 1 次，其餘時間放下窗簾，以減少干擾鳥類的覓食。(連續 11 天)

(四)、實做假蟲在金橘樹上：以麵粉黏性固定在樹枝與葉子上。

- 1.捏出長約 3 公分的 7 色假蟲共 42 隻（圖 13-4）。
- 2.取 3 隻各色假蟲隨機黏在樹枝上（圖 13-5）；3 隻各色假蟲隨機黏在樹葉上。
- 3.以縮時攝影機監控鳥類啄食情形（每 3 秒拍 1 張圖，每 5 張圖片壓縮成 1 秒鐘的影片）。



圖 13-1：大樓頂樓。



圖 13-2：一般草地。



圖 13-3：假蟲黏在樹枝上。



圖 13-4：捏出 7 種顏色假蟲。



圖 13-5：紫色假蟲在樹枝上。

(五)、實做假蟲在金橘樹上：以細針固定在葉子上。

- 1.捏長約3公分的7色假蟲共42隻(圖13-4)。
- 2.以細針隨機固定各色假蟲6隻在兩棵金橘樹葉上(圖13-6、圖13-7)。
- 3.以縮時攝影機監控假蟲被鳥類啄食的情形(每3秒拍1張圖片,每5張圖片壓縮成1秒鐘的影片)。



圖 13-6：以細針固定各種顏色的假蟲在金橘樹樹葉上。



圖 13-7：以縮時攝影機監控各種顏色的假蟲被啄食情形。

伍、研究結果

一、研究的地點與試做假蟲：

(一)、選擇地點：**教學大樓頂樓廣場**。

經穀類測試之後，發現此地無學生干擾，穀類在3天後被吃光了。

(二)、試做假蟲：

1.三種方法製作麵粉假蟲：

(1) 麵團黏度高，難填入吸管(圖14)，所以**不採用此方法**。

(2) 製麵機轉出的麵線太細，所以**不採用此方**。

(3) 捏假蟲須先取4克小麵團，再捏出樣子。剛開始沒染色(圖15)，後來發現要再染色很困難。所以重新製作綠色大麵團，重新捏綠色假蟲(圖16)。



圖 14：麵團難填入吸管中。 圖 15：沒染色假蟲。 圖 16：染綠色的假蟲。

2.果凍飼料假蟲：**為了避免麵粉假蟲易硬化現象**，所以測試果凍飼料假蟲。

(1) 未凝固果凍飼料無法填入小吸管中(圖17)，所以**都失敗了**。

(2) 以大吸管當模子，效果很好(圖18-1~圖18-2)。



圖 17：小吸管難製作假蟲。 圖 18-1：大吸管製作的假蟲。 圖 18-2：大吸管假蟲成品。

二、小鳥對飼料的顏色有沒有選擇性(表一)：

表一：經4天的飼料放置，各種顏色飼料減少的重量統計。

飼料顏色	原色	黃色	藍色	綠色	紅色
飼料原重(公克)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
剩餘重量(公克)	17.0	17.5	18.5	18.0	18.0
被鳥吃掉(公克)	3.0	2.5	1.5	2.0	2.0

三、綠色背景對綠色假蟲具有保護作用嗎：

(一) 綠色麵粉假蟲：

- 1、假蟲與珍珠板在週四中午放好（圖 11），直到週五放學時，沒有觀察任何假蟲被啄食的現象。因為週日有下雨（圖 19），週一（第 5 天）早上把珍珠板移動到不會淋雨的地方。



圖 19：實驗第 4 天（週日）遇到下雨。

- 2、移動珍珠板之前，發現只有黑色珍珠板上的 2 隻假蟲有被啄食的現象（圖 20～圖 22），被啄食的部位都是假蟲尾部。

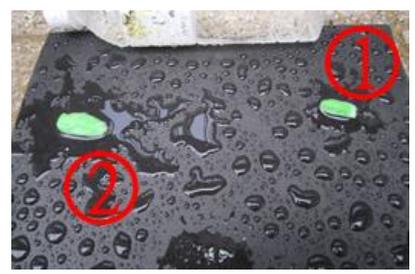


圖 20：被啄食的假蟲。

圖 21：被啄食的假蟲。

圖 22：被啄食的假蟲。

- 3、週二（第 6 天）：沒有新發現。

- 4、週三（第 7 天）：

- (1) 早上發現只有白色與銀色珍珠板的假蟲沒有被啄食，其它顏色的板上假蟲都有被啄食。統計如下表：

表二：第 7 天早上，各色珍珠板上的假蟲被啄食狀況。

珍珠板顏色	白	銀	黑	紅	綠	黃	藍
被啄食假蟲（隻）	0	0	5	1	2	1	2

- (2) 中午觀察：沒有新發現。

- (3) 放學後觀察：綠色板上的假蟲都被啄食，且只有綠色板上遺留鳥糞（圖 23）。



圖 23：綠珍珠板上的假蟲全被啄食，板上還有鳥糞。

下表為週三（第 7 天）放學後的觀察統計：

表三：第 7 天放學後，各色板上的假蟲被啄食狀況。

珍珠板顏色	白	銀	黑	紅	綠	黃	藍
被啄食假蟲（隻）	0	0	5	2	8	3	3

5、週四（第 8 天）早上七點半觀察，沒有新發現。中午因寒流來襲，風特別大，我們停止此實驗。

（二）綠色的果凍飼料假蟲：

1、第 1 天早上將假蟲與珍珠板放好（圖 24），希望好天氣能讓小鳥來啄食；**放學時觀察，沒有被啄食的現象。**



圖 24：各色珍珠板與果凍飼料假蟲。

2、第 4 天（週一）早上 7 點多：幾隻麻雀在旁邊徘徊，但沒有假蟲被啄食。假蟲被風吹得太乾、太硬（圖 24-1、24-2、24-3）。



圖 24-1：風乾後的假蟲。 圖 24-2：風乾後的假蟲。 圖 24-3：風乾後的假蟲。

3、午餐後觀察：沒有被啄食的現象，因假蟲太硬，所以結束此實驗。

四、假眼對綠色假蟲具有保護作用嗎：

前 4 天沒有被啄食現象，於第 5 天才假蟲被啄食。下表是第 5 天放學時的結果。無假眼被啄食的狀況是有假眼的 3 倍多 ($16/5 = 3.2$)。

表四：假眼對綠色假蟲具有保護效果。

假眼 \ 假蟲 (隻)	原來	被啄食	未被啄食
有	22	5	17
無	22	16	6

五、假眼大小對綠色假蟲具有保護作用嗎：

(一) 第 1~ 4 天的氣溫低、風又大：沒發現任何假蟲被啄食的現象。

(二) 週二 (第 5 天) 天氣回暖，早上七點多在廣場的玻璃窗觀察時，發現有小鳥在啄食 (圖 25)，打開鐵門時，啄食的小鳥就全部飛走了。觀察發現：

1、沒假眼的假蟲中，有 4 隻被啄食不見，1 隻尾部剩下一半 (圖 26)。

2、有假眼 (小：大=3：2) 的假蟲中，1 隻小假眼的尾巴被啄食不見，假眼處也被啄食掉一些 (圖 27)，其餘 4 隻皆完好。



圖 25：小鳥正在啄食。

圖 26：被啄食剩下一半的沒假

圖 27：假眼被啄掉一些。

眼的假蟲。

(三) 週二中午觀察：

1、沒假眼假蟲都不見了。

- 2、小假眼假蟲（3 隻）也不見了。
- 3、大假眼假蟲（2 隻），1 隻的尾巴被啄食，另 1 隻完好。

（四）週二放學時觀察：

- 1、大假眼的 1 隻被啄食剩下一邊大眼睛（圖 28、圖 29）。
- 2、在中午完好的另 1 隻大眼假蟲：尾巴被啄食（圖 30）。



圖 28：剩 1 邊大假眼。 圖 29：身體剩下一些。 圖 30：尾巴被啄食掉一點。

（五）週三（第 6 天）早上：

- 1、只剩 1 隻大假眼假蟲，原本剩一邊假眼的假蟲被啄食不見了。另一隻大假眼假蟲的尾巴被啄食得更多一點（圖 31）。
- 2、中午、放學時前去觀察，並沒有新的變化。



圖 31：尾巴被啄食的比前一天多，有假眼的那邊則完好。

（六）週四（第 7 天）早上、中午觀察：沒有新的發現，於是結束此實驗操作，並把假蟲清除。

六、重複、延伸探索：保護色的效果。

(一)、地點：頂樓廣場（不壓瓶裝水）（圖 31-1）。

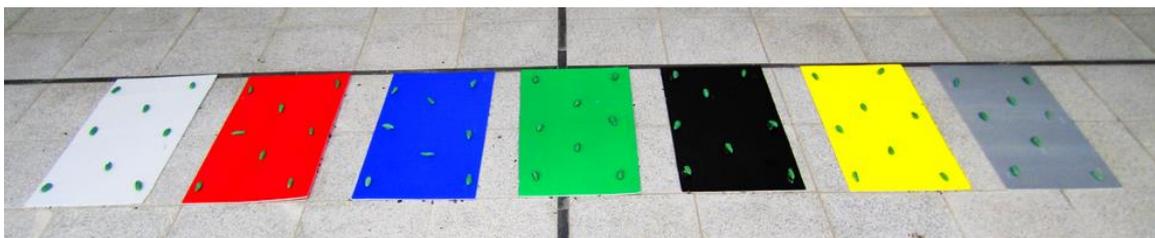


圖 31-1：不壓瓶裝水，改以雙面膠黏住珍珠板與地板，重新測試保護色實驗。

- 1.第 1 天～第 13 天：都沒有被啄食。第 5 天開始有若干假蟲變乾而被風吹離珍珠板，我們得把假蟲撿回原位。
- 2.第 14 天（一）：早上 7：40 我們發現兩隻麻雀正在啄食，而被啄食的 4 隻假蟲都是被吹離板子的（圖 31-2～圖 31-4）。



圖 31-2：被啄食的假蟲。



圖 31-3：被啄食的假蟲。



圖 31-4：被啄食的假蟲。

- 3.第 14 天（一）早上 8：00 更換新的假蟲（因舊假蟲太硬了）。
- 4.第 14 天～第 25 天：沒有發現假蟲被啄食的現象。

(二)、地點：專家建議的草地。

- 1.第 1 天下午至第 2 天：下雨，假蟲軟軟的，顏色也很鮮豔！
- 2.第 3 天早上 07：50 銀色板子上有 4 隻不見了；黃色、綠色板子上各有 1 隻不見了，觀看攝影紀錄後，得知是貓吃的。我們立刻重新製作假蟲，讓每片板子上保持 8 隻假蟲。



圖 31-5：貓正在吃假蟲。



圖 31-6：貓正在吃假蟲。



圖 31-7：蝸牛吃剩的假蟲。

- 3.第 4 天早上 07：50 觀看攝影紀錄，發現黑色板子上 2 隻不見（蝸牛吃的）；白色、銀色板子上各有 2 隻、紅色板子上 3 隻不見（被貓吃的）。

(三)、試做綠色假蟲在金橘樹上：

1.第 4 天：樹枝上的假蟲變乾掉下來，用雙面膠黏回去（圖 31-8）。

2.第 5 天：14：30 葉子上的假蟲變乾掉到水泥面上（圖 31-9），用雙面膠固定在水泥面上。

3.第 11 天：12：20 發現水泥上的假蟲被麻雀吃掉了，16：45 撤掉樹枝上剩餘的 1 隻假蟲。



圖 31-8：用雙面膠黏回假蟲



圖 31-9：從葉子掉落的假蟲。

(四)、實做假蟲在金橘樹上：

1.第 1 天～第 3 天：沒任何假蟲被啄。

(1) 部分假蟲從葉上掉下來。

(2) 有些葉子與假蟲一同掉下來。

(3) 樹枝上的假蟲掉下來比較少。

2.第 4 天：中午取走舊假蟲，重新製作各色假蟲，並以細針固定在樹葉上（圖 31-10～圖 31-12）。



圖 31-10：綠色假蟲在樹葉上。



圖 31-11：黑色假蟲在樹葉上。



圖 31-12：紅色假蟲在樹葉上。

(五)、實做假蟲在金橘樹上：

以縮時攝影 12 天，只多次發現麻雀在樹旁跳躍、徘徊，但都沒有進行假蟲覓食行為。

這 12 天內，沒有假蟲掉落地面。

陸、討論

一、選擇地點：

我們為了選擇地點，帶了許多家裡拿得到的穀物到學校許多地方灑，希望能找到容易觀察又不受干擾的地方。因為下課時間，我們無法限制同學不到操場去玩，所以最後徵詢老師同意，決定以自然教室的陽台與教學大樓的頂樓廣場為地點。

選好地點後，我們灑了許多白米，先測試吸引小鳥來啄食。比較奇怪的是，教室陽台上放了許多柑橘盆栽，有時可以看到麻雀或綠繡眼飛來盆栽上找食物，卻對地上的白米視若無睹。而頂樓廣場的白米測試，則發現只有一部份被鳥啄食。而我們決定以頂樓廣場為實驗地點後，必須先克服有時吹起的大風，因此我們向學校借一箱瓶裝水，以水瓶壓住珍珠板。

當我們開始實驗的時候，才發現頂樓廣場很熱門，竟然有其他班級在這測試「趕鳥的實驗」。這跟我們研究的方向衝突。就為了場地的事情，我們學會與其他導師、同學協調，彼此退讓時間，讓實驗順利進行。

此外，老師建議我們測試假蟲放在柑橘樹上的情形，只因校內科展與地方科展的時間緊迫，我們必須先完成校內科展與地方科展的比賽，才能出時間繼續此方面的探索。

二、試做假蟲：

(一)、三種麵粉假蟲：

1、以吸管當模子做假蟲：

本以為是最容易的方法，沒想到麵團黏度高，很難填入大吸管中，更別說小吸管了。後來把大吸管垂直切一半來當模子用，結果還是差強人意。

2、製麵機製造假蟲：

後來以製麵機（圖 32）把麵團轉出大小一致的麵條，再用麵條切出長度一樣的假蟲。可是麵條太細了，就像平常吃的麵條一樣，所以也只好放棄此方法，再尋找其他方案。



圖 32：製麵機。

3、手捏假蟲：

最後，我們以最原始、最耗時間的方法來製作假蟲。一開始還沒染色，確定方法可行時，才重新揉綠色麵團，分工合作的把假蟲捏出來。我們發現麵粉假蟲在 2 至 3 天就會變硬，感覺跟真蟲有點差距。

(二)、果凍飼料假蟲：

製作果凍假蟲的原因有二：一是麵粉假蟲易硬化；二是我們發現綠色麵粉假蟲在綠色珍珠板上被吃掉得最嚴重，我們想再做幾次測試。

三、小鳥對飼料的顏色有沒有選擇性：

在四天後回收的各色飼料中，發現原色飼料吃掉最多（3.0 克），其次是黃色（2.5 克）。我們猜測：小鳥對顏色有判別力。後來查詢資料後得知，鳥類是會分辨顏色的，而且鳥類對顏色的分辨能力更勝於人（葛史密，2006）。因為鳥類看得到紫外線（葛史密，2006），所以鳥類看到的顏色世界是與人類不同的。

四、綠色保護色能提高無尾鳳蝶幼蟲的存活率嗎？

(一)、綠色麵粉假蟲：

- 1、我們模擬的假蟲是無尾鳳蝶的**五齡幼蟲**，是化蛹之前的最後一個幼蟲階段。當課程學到「昆蟲單元」時，我們知道五齡幼蟲的綠色與柑橘植物的綠色枝葉相似，是非常好的保護色。而且我們也體驗過在綠色枝葉間尋找五齡幼蟲的困難度，所以以珍珠板當背景的實驗，我們預測綠色板會提供假蟲最好的保護效果。當實驗的第5天，只看到黑色板上有2隻假蟲被啄食（圖20、21）（表一），我們確信綠色板對綠色假蟲具有保護效果。
- 2、第7天早上發現（表二），只有白色、銀色板上的假蟲完好如初，黑色板上的假蟲增加了3隻被啄食，其它顏色的板字上的假蟲都有被啄食現象。如果以黑色板比綠色板的5:2，我們說綠色板對綠色假蟲的確有保護色的作用。可是，如果拿紅、黃、藍色板跟綠色板比較，那所謂的保護色效果就看不出來了；更如果，拿白、銀色板與綠色板比較，則綠色板沒有保護色效果，而是白、銀色板才有保護色的效果了！
- 3、第7天放學前觀察，結果出乎意料（圖23）（表三）。白色、銀色板上的假蟲還是完好如初，可是綠色板上的假蟲全部被啄食，而且還在板上留下鳥糞。我們討論這個結果很久後告訴老師，老師也覺得奇怪，直說不可能會這樣。後來我們查詢到一個資料（台灣學校網網站），表示幼蟲的綠色保護色效果是不佳的。且老師帶我們去請教大學的鳥類生物專家，專家解釋說：**白色或銀色反射光線比較強，鳥類對其警覺性比較高；鮮豔的顏色（如紅色、黃色）對鳥類是一種警戒色，因此只有黑色、藍色、綠色對其影響比較小。**專家的說法正好可以解釋白色與銀色板上的假蟲沒有被啄食的現象。

(二)、綠色果凍飼料假蟲：（重做保護色實驗）

實驗持續觀察到第4天，發現許多小鳥在旁徘徊，但沒有假蟲被啄食的現象。也許是假蟲太硬了；也許是風乾後太不像蟲了，而且風大把假蟲吹散各處，非常不易觀察，於是我們停止這個實驗，**維持以麵粉假蟲的觀察結果。**

五、假眼能提高幼蟲的存活率嗎？

實驗設計的假眼大小約3mm，跟五齡幼蟲的假眼差不多。隨機擺放假蟲位置所得到的結果（表四）證明無假眼被啄食的機率是有假眼的3倍多。此外，我們同時發現，不管有無假眼，被**啄食的部位都從尾巴開始**，這表示小鳥停下來時，是會觀察、審視一下假蟲才啄食的。

六、假眼大小對幼蟲的存活率有幫助嗎？

- (一) 每次觀察實驗前，我們總會在窗旁先窺視一下有沒有小鳥在啄食。我們常看到**麻雀、斑鳩**、甚至是**鴿子**，只要我們在窗旁晃一下，或是輕輕開門，都會讓廣場上的小鳥飛走。圖25是我們先開啟相機，剛好來得及拍到照片，當要拍第2張時，小鳥就飛走了，由此可知小鳥的警覺性是很高的！
- (二) 結果（圖26~31）顯示，沒假眼的假蟲易被啄食，這跟上個實驗的結果相符。而

有假眼的假蟲中，假眼較小的易被啄食，假眼較大的較安全。結果顯示假眼沒有退敵的效果，只有嚇一嚇的作用。而不管有無假眼，被啄食的地方都開始於尾部。我們疑惑的是：既然大眼的假蟲比較安全，那麼無尾鳳蝶為什麼沒有演化成大眼睛呢？為什麼無尾鳳蝶幼蟲（圖 3、33、34、35）的假眼都是小小的，而且既使在



圖 33：五齡幼蟲的小假眼。

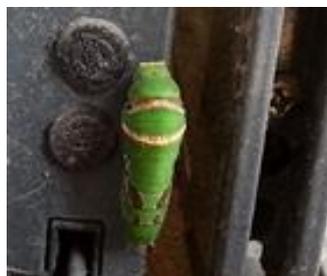


圖 34：前蛹期的小假眼。



圖 35：前蛹期的小假眼。

前蛹期（圖 34~35），假眼還是小小的。老師說：「也許是假眼的效果不好，所以牠在化蛹前，才要跑去躲起來。」（圖 34~35）。我們還是覺得奇怪，為什麼沒有朝大眼睛去演化呢？像許多蝴蝶或蛾的幼蟲（鐵血網網站、天主教聖馬爾定醫院網站、旅人二次方網網站）（李麗華，2013）（圖 36~38）的假眼都比無尾鳳蝶的大，為什麼無尾鳳蝶沒有朝這方面去演化呢？



圖 36：網頁圖片。



圖 37：網頁圖片。



圖 38：網頁圖片。

同樣的，我們請教大學的鳥類生物專家，專家幾經思考後說是：無尾鳳蝶的幼蟲應該是用臭角來威嚇天敵，所以不需要朝大 size 假眼去演化。為了求證，我們埋首在網路上尋找有大假眼的幼蟲，真的都沒有像鳳蝶一樣的臭角，原來（無尾）鳳蝶是朝多方面保護自己的方向演化，真是厲害！

七、重複、延續探索：保護色效果。（地方科展後）

（一）、地點：頂樓廣場（不壓瓶裝水）：

- 1.在地方科展比賽時，評審老師肯定我們解決問題的作法，但希望我們把瓶裝水拿掉（圖 19、圖 23），重新驗證實驗條件，看能否得到相同結果。
- 2.專家提出這個季節，鳥類食物來源較多，可能會讓實驗拖很久。果不其然，實驗進行了 25 天，在第 14 天才有麻雀前來啄食（以前只要 4 天），可惜的是，麻雀啄食的是被風吹離板子的假蟲，不止攝影機沒拍到，我們也無法認定是哪一顏色板上的假蟲。

(二)、地點：專家建議的草地。

- 1.因大學的鳥類專家觀察某塊草地常有白頭翁、五色鳥、綠繡眼、麻雀、紅嘴黑鵝、樹鵲、珠頸斑鳩、紅鳩的蹤影，因此建議進行另一組測試。於是我們緊急申請縮時攝影機，讓實驗觀察得以日以繼夜的進行。
- 2.當放好假蟲與珍珠板後，就下了兩天雨，我們在雨停時刻去觀察假蟲，發現假蟲的顏色很鮮豔，沒有泡爛的情形。
- 3.第3天觀察許多假蟲被吃掉了，瀏覽影片才知道是被貓給吃掉的。於是我們更換全部假蟲，希望能看到鳥類來啄食。
- 4.第4天觀察發現9隻假蟲被吃掉。因有前一天的經驗，我們立即瀏覽影片，發現黑色板上的2隻是被蝸牛吃的，其它7隻是被貓吃掉的。為了觀測假蟲在金橘上的實驗，我們將縮時攝影機搬離，結束草地上的實驗。

(三)、試做與實做各色假蟲在金橘樹上：

此操作是為了瞭解麵粉假蟲能否固定在金橘樹枝與樹葉上。實驗發現麵粉黏性有限，當麵粉假蟲變硬時，就易從樹枝或樹葉上掉下來。

(四)、實做各色假蟲在金橘樹上：以細針固定在葉子上。

實驗把樹葉當背景，以7色麵粉假蟲來測試保護色的效果。實驗進行了12天，每天限制早、中、晚三次拉開窗簾觀察拍照。結果只在影片中拍攝麻雀出現多次，但都沒進行對假蟲的覓食行為，因截稿時間緊迫，我們將實驗告一段落，開始整理所有資料。

柒、結論

(一)、鳥類具有顏色辨識能力：

鳥類有顏色分辨能力的，實驗得知原色的飼料是鳥類最喜愛的。

(二)、綠色背景的保護色效果並不理想：

1.綠色假蟲放上各色珍珠板上的測試中，黑色板上的假蟲一開始被啄食最多，可是最後階段則發現綠色板上的假蟲全部被啄食，實驗結果顯示綠色背景對綠色假蟲的保護效果並不理想。查詢資料也發現綠色背景對無尾鳳蝶幼蟲的保護色效果是不佳的（台灣學校網網站）。而白色、銀色可能反光效果好，鳥類警覺性高，所以板上的假蟲在 7 天內都沒被啄食。

2.縣市比賽後進行重複、延伸的探索，以各色珍珠板、金橘樹當背景，測試綠色假蟲的保護色效果。可能如大學專家說的，此時期的鳥類食物來源豐富，所以實驗延續 25 天，仍沒發現板上或樹上的假蟲被啄食現象。因此，我們維持綠色背景的保護色效果並不理想的結論。

(三)、假眼能提高存活率：

沒假眼的假蟲被啄食的機會是有假眼的 3 倍以上 ($16/5 = 3.2$) (表四)。

(四)、從尾巴端開始啄食：

實驗發現假蟲的尾巴端先被啄食，而頭端比較慢被啄食。實驗還發現，大假蟲比小假蟲慢被被啄食，而有假眼則比無假眼更慢被啄食。

(五)、大假眼比小假眼的保護效果好：

實驗發現小鳥先啄食無假眼的，然後啄食小假眼的，最後才啄食大假眼的。

為了生存與繁衍，無尾鳳蝶幼蟲在演化上具有顏色、外型、假眼、臭角等特色，牠們是使盡渾身解數的要保護自己啊！

捌、參考資料

- 一、葛史密（2006）。察顏觀色鳥類更勝一籌。科學人雜誌。2014年1月13日，取自 <http://web.nchu.edu.tw/~jlwu/articles/Vision of Birds.pdf>
- 二、台北市南港國民小學。2014年1月13日，取自 <http://www.nkps.tp.edu.tw/00075/nature/class/butterfly-a.htm>
- 三、行政院農業委員會動植物防疫檢疫局。2014年1月13日，取自 http://www.baphiq.gov.tw/publish/plant_protect_pic_9/orangePDF/02-14.pdf
- 四、台灣學校網。2014年1月14日，取自 <http://library.taiwanschoolnet.org/cyberfair2006/ys1es/butterfly3-3.htm>
- 五、鐵血網；2014年2月14日，取自 http://bbs.tiexue.net/post2_4271475_1.html
- 七、天主教聖馬爾定醫院。2014年1月14日，取自 http://www.stm.org.tw/newstm/shop/news/休閒/095/09504-06/950618_石崗樹之王彷彿山中植物園.htm
- 八、旅人二次方網。2014年1月14日，取自 <http://blog.xuite.net/shuying.lihming/travel/>
- 九、李麗華（2013年9月25日）。毛毛虫长大眼睛？華西都市報。2014年1月15日，取自 <http://www.wccdaily.com.cn/shtml/hxdsb/20130925/150319.shtml>

【評語】 080316

1. 主題很有趣，實驗設計也很生動。
2. 研究成員合作良好。
3. 部分實驗設計有改善空間，有些有趣的實驗。
4. 樣品與重複都應增加。