

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生物科

080302

變～變～變

—環境顏色對紋白蝶蟲蛹顏色之研究

學校名稱：彰化縣芬園鄉文德國民小學

作者： 小四 高大益 小四 許晏禎 小四 謝欣儒	指導老師： 張如瑩 蘇佩文
-----------------------------------	---------------------

關鍵詞：保護色、紋白蝶、蛹

變~變~變--環境顏色對紋白蝶蟲蛹顏色之研究

摘要

本研究主要在探討環境顏色對的紋白蝶幼蟲體色、蛹色、成蝶體色的影響。研究的結果發現，受到外在環境顏色影響的蝴蝶其幼蟲體色無明顯變化仍是綠色；蛹色受環境顏色的影響，呈現深淺不一的顏色，由粉白色、淺綠色到灰褐色都有；另外，成蝶體色則無明顯改變依然是白色。實驗結果發現：環境顏色對蛹期顏色產生明顯影響，而對幼蟲期及成蝶期則無明顯的影響。

壹、研究動機

陪阿嬤整理後院的菜園，聽到阿嬤一直抱怨，這些蟲都把菜給吃光了，原來菜蟲為知名的農業害蟲。前一陣子，在學校的柑橘樹上發現一隻鳳蝶的幼蟲，遠看像一坨鳥糞，原來鳳蝶在幼蟲期呈現「鳥糞狀」，是用來保護自己不被吃掉，紋白蝶的幼蟲(菜蟲)一樣用都具有不讓敵人發現的保護色。這讓我想起曾經看過及聽過有關動物的保護色(動物體色會隨著環境而改變，主要為求生存及適應環境的方式)、擬態(一個物種在進化的過程中，獲得與另一種成功物種相似的外表，用以欺瞞捕獵者遠離，或是引誘獵物靠近擬態物種)。動物常處於不同的環境中，他們用什麼方式來保護自己不被天敵攻擊？而蟲蛹的各時期的變化是否會受環境顏色影響而有所改變？

貳、研究目的

- 一、不同環境顏色是否對幼蟲體色產生差異？
- 二、不同環境顏色是否對蛹色產生差異？
- 三、不同環境顏色是否對成蝶顏色產生差異？

參、研究器材與設備

品名	規格	數量	來源
紋白蝶幼蟲	2 齡(0.7~1.3cm)、 3 齡(1.3~1.9cm)	35	學區菜園
高麗菜、蘿蔔葉、小白菜			學生提供
圓形飼養箱	塑膠直徑 16cm 高 20cm 口徑 12cm	6	自然教室
玻璃紙	60 cm × 60cm	6	購買
尺	塑膠 30cm	3	購買
放大鏡	玻璃鏡片 鏡頭直徑 75mm 放大 3 倍	3	自然教室
相機	Nikon S8200 數位相機	1	購買

肆、研究過程

一、操作一 收集紋白蝶幼蟲

(一) 操作說明：

1. 了解紋白蝶幼蟲喜歡吃的食物(十字花科植物)，從中尋找實驗對象。
2. 為確保有足夠的食物，回家調查家中是否有栽種十字花科的植物，如小白菜、油菜花、甘藍、蘿蔔、高麗菜…等，以提供足夠的食物。

(二) 操作步驟：

1. 學區附近的菜園抓菜蟲。
2. 利用社團課到學區附近家中找 2 齡(0.7~1.3 公分)、3 齡(1.3~1.9 公分)紋白蝶幼蟲為實驗對象。
3. 依 2 齡蟲、3 齡蟲分別放置不同飼養盒中。
4. 紋白蝶幼蟲先飼養 2 天讓牠們適應環境再開始實驗。

二、實驗一 不同環境顏色對幼蟲體色是否產生差異

(一) 實驗說明：

1. 於文具店購買 6 種顏色玻璃紙(紅、綠、黃、藍、紫、透明色)，設計 6 種不同環境顏色。
2. 受限紋白蝶幼蟲數量，每個飼養盒各放置 5 隻紋白蝶幼蟲，如於實驗過程中死亡則再補放幼蟲重新記錄。
3. 因每隻紋白蝶幼蟲成長不一變化不大，故幼蟲期以 2 天記錄一次為原則。

(二) 實驗方法：

1. 取六個圓形透明塑膠盒，分別包上紅、綠、黃、藍、紫、透明色的單層玻璃紙，並用橡皮筋固定住為實驗組(圖 1)；另自然環境下為對照組(圖 2)。
2. 用剪刀於上方剪數個小洞使其呼吸。
3. 每個飼養箱各放入 5 隻紋白蝶幼蟲給予編號，並放置於舊圖書室內，固定時間(上午 10:10)放入等量的食物。
4. 觀察期間若出現死亡，則再補放紋白蝶幼蟲並重新記錄。
5. 從實驗開始的第一天即開始觀察成長情形，並將紋白蝶幼蟲記錄(表一)、拍照(圖 2~圖 8)。
6. 拍照時將玻璃紙拿開一段時間，觀察到並未影響體色，再進行拍照以減少色差。



圖 1 不同環境顏色飼養盒---實驗組



圖 2 自然環境下--對照組



圖 3 紅色幼蟲飼養箱 2 齡幼蟲



圖 4 綠色幼蟲飼養箱 3 齡幼蟲



圖 5 黃色幼蟲飼養箱 3 齡幼蟲



圖 6 藍色幼蟲飼養箱 3 齡幼蟲



圖 7 紫色幼蟲飼養箱 3 齡幼蟲



圖 8 透明幼蟲飼養箱 2 齡幼蟲

表一 紋白蝶幼蟲與環境顏色的關係



組別	編號	環境顏色	2/14	2/16	2/18	2/20	2/22	備註
實驗組	1-1	紅色飼養箱	A+	A+	A++	A++	A++	幼蟲體色變黃不久後即死亡
	1-2		A+	A+	A++	A++	A	
	1-3		A+	A+	A++	A++	A++	
	1-4		A+	A+	A++	A		
	1-5		A+	A+	A++	A++	A++	
	2-1	綠色飼養箱	A+	A+	A++	A++	A	
	2-2		A+	A+	A++	A++	A++	
	2-3		A+	A+	A++	A++	A++	
	2-4		A+	A+	A++	A++	結蛹	
	2-5		A+	A+	A++	A++	A++	
	3-1	黃色飼養箱	A+	A+	A++	A++	A++	
	3-2		A+	A+	A++	A++	A++	
	3-3		A+	A+	A++	A++	A++	
	3-4		A+	A+	A++	A++	A++	
	3-5		A+	A+	A++	A++	A++	
	4-1	藍色飼養箱	A+	A+	A++	A++	結蛹	
	4-2		A+	A+	A++	A++	A++	
	4-3		A+	A+	A++	A++	A++	
	4-4		A+	A+	A++	A++	A++	
	4-5		A+	A+	A++	A++	A++	
5-1	紫色飼養箱	A+	A+	A++	A++	A++	幼蟲體色變黃不久後即死亡	
5-2		A+	A+	A++	A++	A++		
5-3		A+	A+	A				
5-4		A+	A+	A++	A++	A++		
5-5		A+	A+	A++	A++	A++		
6-1	透明色飼養箱	A+	A+	A++	A++	A++	幼蟲體色變黃不久後即死亡	
6-2		A+	A+	A++	A++	A++		
6-3		A+	A+	A++	A++	A++		
6-4		A+	A+	A++	A			
6-5		A+	A+	A++	A++	A++		
對照組	7-1	自然環境下	A++	A++	A++	A++	A++	
	7-2		A++	A++	A++	A++	A++	
	7-3		A++	A++	A++	A++	A++	
	7-4		A++	A++	A++	A++	A++	
	7-5		A++	A++	A++	A++	A++	

三、實驗二 不同環境顏色對蛹色是否產生差異

(一) 實驗說明：

1. 同實驗一 (一)之 1。
2. 延續終齡幼蟲開始到結蛹，並針對不同環境顏色進行蛹色變化的記錄。

(二) 實驗步驟：

1. 延續終齡幼蟲開始到結蛹。從前蛹的第一天開始觀察其變化，若於前蛹過程出現死亡或最後無法羽化成蝶，則再補放紋白蝶幼蟲重新觀察記錄。
2. 針對各種環境顏色對紋白蝶蛹的實驗組、對照組，觀察顏色變化記錄(表二)並拍照(圖 9~圖 15)。
3. 拍照時將玻璃紙拿開一段時間，觀察到並未影響體色，再進行拍照以減少色差。



圖 9 綠色飼養箱中的翠綠色前蛹



圖 10 紅色飼養箱中的灰褐色蛹



圖 11 綠色飼養箱中的綠色蛹



圖 12 黃色飼養箱中的黃褐色蛹



圖 13 藍色飼養箱中的紅褐色蛹



圖 14 紫色飼養箱中的深褐色蛹



圖 15 透明飼養箱中的淺綠色蛹



圖 16 自然環境下(爬到窗台結蛹) 與背景顏色相似

表二 蛹與環境顏色的關係



組別	編號	環境	化蛹時間	2 天	3~4 天	5 天以後	備註
	1-1	紅色飼養箱	3/9	B ⁻	B ⁻	B ⁻	
	1-2		2/29	B ⁻	B ⁻	B ⁻	
	1-3		2/27	B ⁻	B ⁻	B ⁻	
	1-4		2/29	B ⁻	B ⁻	B ⁻	
	1-5		3/6	W	W	W	
	2-1	綠色飼養箱	3/4	G ⁺	G ⁺	G ⁺	
	2-2		2/24	G ⁺	G ⁺	G ⁺	
	2-3		2/26	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	2-4		2/22	G ⁺	G ⁺	G ⁺	
	2-5		2/25	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	3-1	黃色飼養箱	2/24	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	3-2		2/25	YB	YB	YB	
	3-3		2/26	YB	YB	YB	
	3-4		2/25	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	3-5		2/24	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	4-1	藍色飼養箱	2/22	B	B	B	
	4-2		2/26	B	B	B	
	4-3		2/26	B	B	B	
	4-4		2/27	W	W	W	
	4-5		2/25	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	5-1	紫色飼養箱	2/25	B ⁺	B ⁺	B ⁺	
	5-2		2/25	B ⁺	B ⁺	B ⁺	
	5-3		3/1	B ⁺	B ⁺	B ⁺	
	5-4		2/27	G ⁺	G ⁺	G ⁺	
	5-5		2/26	B ⁺	B ⁺	B ⁺	
	6-1	透明色飼養箱	2/28	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	6-2		3/1	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
	6-3		2/29	G ⁺	G ⁺	G ⁺	
	6-4		3/4	G ⁺	G ⁺	G ⁺	
	6-5		2/29	G ⁻	G ⁻	G ⁻	
對照組	7-1	自然環境下	2/28	背景顏色	背景顏色	背景顏色	
	7-2		2/29	背景顏色	背景顏色	背景顏色	
	7-3		2/28	背景顏色	背景顏色	背景顏色	

四、實驗三 不同環境顏色對成蝶體色是否產生差異

(一) 實驗說明：

1. 同實驗一 (一)之 1。
2. 延續幼蟲→蛹期→成蝶，並針對不同環境顏色進行成蝶體色的變化記錄。羽化成蝶時待排出體液後並放置一天觀察後再野放。

(二) 實驗步驟：

1. 持續蛹羽化成果繼續觀察。
2. 從蛹期羽化(圖 17)到破蛹(圖 18)觀察其變化，若無法羽化成功，則再補放紋白蝶幼蟲重新觀察記錄。
3. 將紋白蝶破蛹後放置一段時間後再拍照(圖 19~圖 24)，最後整理於表三。
4. 自然環境下的蛹先套上透明塑膠袋以利觀察成蝶變化(圖 25)。
5. 實驗組於拍照時將玻璃紙拿開一段時間，觀察到並未影響體色，再進行拍照以減少色差。



圖 17 即將羽化



圖 18 剛破蛹而出的紋白蝶



圖 19 紅色飼養箱中的白色成蝶



圖 20 綠色飼養箱中的白色成蝶



圖 21 黃色飼養箱中的白色成蝶



圖 22 藍色飼養箱中的白色成蝶



圖 23 紫色飼養箱中的白色成蝶



圖 24 透明飼養箱中的白色成蝶



圖 25 自然環境下白色成蝶

表三 紋白蝶成蝶與環境顏色的關係

編號	環境	羽化時間	顏色
1-1	紅色飼養箱	3/26	白色
1-2		3/20	白色
1-3		4/20	白色
1-4		3/20	白色
1-5		3/24	白色
2-1	綠色飼養箱	3/20	白色
2-2		3/11	白色
2-3		3/10	白色
2-4		3/9	白色
2-5		3/12	白色
3-1	黃色飼養箱	3/11	白色
3-2		3/11	白色
3-3		3/12	白色
3-4		3/10	白色
3-5		3/11	白色
4-1	藍色飼養箱	3/9	白色
4-2		3/12	白色
4-3		3/8	白色
4-4		3/9	白色
4-5		3/10	白色
5-1	紫色飼養箱	3/14	白色
5-2		3/13	白色
5-3		3/20	白色
5-4		3/15	白色
5-5		3/14	白色
6-1	透明色飼養箱	3/14	白色
6-2		3/18	白色
6-3		3/16	白色
6-4		3/22	白色
6-5		4/18	白色
7-1	自然環境下	3/20	白色
7-2		3/21	白色
7-3		3/20	白色

伍、研究結果

表四：幼蟲→蛹期→成蝶顏色紀錄表

環境顏色	幼蟲的體色	蛹的體色			成蝶的體色
		前蛹	蛹	破蛹前	
紅色	深綠、黃綠色	淡綠色	灰褐色 4/5、白色 1/5	透明可見成蝶形態	白色
綠色	深綠、黃綠色	淡綠色	綠色 3/5、淺綠色 2/5	透明可見成蝶形態	白色
黃色	深綠、黃綠色	淡綠色	淺綠色 3/5、黃褐色 2/5	透明可見成蝶形態	白色
藍色	深綠、黃綠色	淡綠色	紅褐色 3/5、淺綠色 1/5、白色 1/5	透明可見成蝶形態	白色
紫色	深綠、黃綠色	淡綠色	深褐色 4/5、綠色 1/5	透明可見成蝶形態	白色
透明	深綠、黃綠色	淡綠色	淺綠色 3/5、綠色 2/5	透明可見成蝶形態	白色
自然環境下	深綠、黃綠色	淡綠色	背景顏色 3/5	透明可見成蝶形態	白色

一、不同環境顏色是否對幼蟲體色產生差異



圖 3 紅色幼蟲飼養箱



圖 4 綠色幼蟲飼養箱



圖 5 黃色幼蟲飼養箱



圖 6 藍色幼蟲飼養箱



圖 7 紫色幼蟲飼養箱



圖 8 透明幼蟲飼養箱

觀察結果：

- (一)圖 3 紅色幼蟲飼養箱中的 5 隻幼蟲中，有 2 隻在飼養過程中體色逐漸變黃，最後即死亡；圖 4 綠色幼蟲飼養箱中的 5 隻幼蟲中，有 1 隻在飼養過程中死亡，其中一隻提前結蛹；圖 6 紫色幼蟲飼養箱中的 5 隻幼蟲中，有 1 隻在飼養過程中死亡；圖 7 透明幼蟲飼養箱中的 5 隻幼蟲中，有 1 隻在飼養過程中死亡。
- (二)自然環境下的幼蟲生長的速度較快、較大。
- (三)發現餵食深色葉菜(蘿蔔葉)的食物，其幼蟲體色會呈現較深的顏色；餵食淺色葉菜(小白菜、高麗菜)類會呈現較淺的顏色。若幼蟲的身體逐漸變黃後，該黃色的幼蟲不久後就死亡了。
- (四)幼蟲在脫皮之前，會緊緊靠在葉片上，不吃不動為脫皮做準備。
- (五)透過放大鏡觀察到幼蟲體表上有許多細毛(圖 6)，背中間及體側有一條明顯的黃色線。
- (六)由表四可看出紋白蝶幼蟲在生長時，環境顏色對紋白蝶幼蟲的變化不大。

二、不同環境顏色是否對蛹色產生差異



圖 10 紅色飼養箱中的灰褐色蛹(4/5)



圖 11 綠色飼養箱中的綠色蛹(3/5)



圖 12 黃色飼養箱中的黃褐色蛹(2/5)

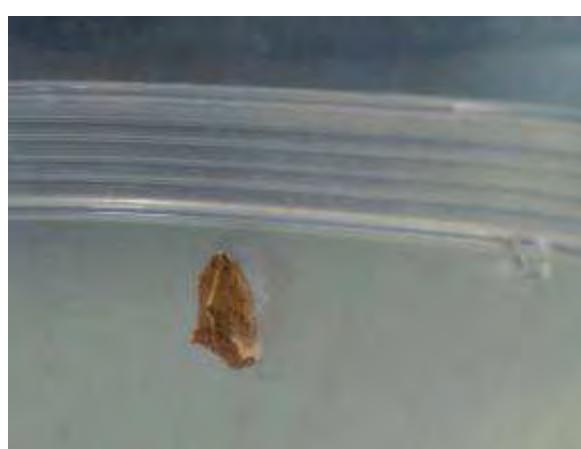


圖 13 藍色飼養箱中的紅褐色蛹(3/5)

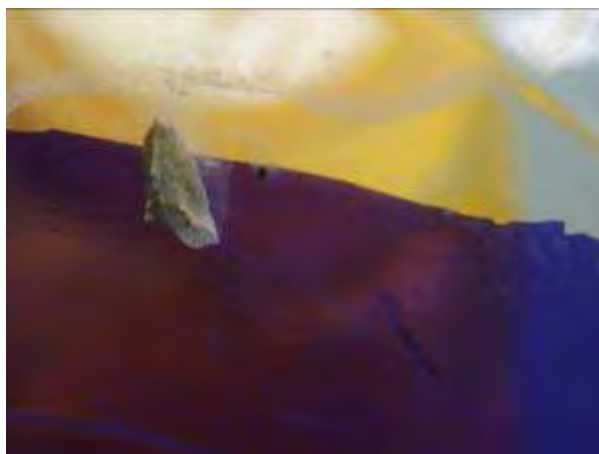


圖 4 紫色飼養箱中的深褐色蛹(4/5)



圖 5 透明飼養箱中的淺綠色蛹(2/5)



圖 4-16 自然環境下與背景顏色相似

觀察結果：

- (一)在綠色、藍色飼養箱中各有 1 隻提早結蛹。
- (二)幼蟲開始不進食，並在飼養箱內來回走動，是爲了找適合結蛹的地方做準備。
- (三)幼蟲在結蛹前會吐絲，以尾部做繭並固定住；接著吐絲包住頭部，最後吐絲將胸部環繞起來爲前蛹。
- (四)前蛹期的幼蟲均爲綠色，靜止一天後蛻皮變成蛹，該蛹屬於「帶蛹」。
- (五)由表四 可看出紋白蝶在蛹期時，會隨環境而改變其體色，如淺綠色、黃綠色、灰褐色…等。綜合實驗結果發現在紅、藍、紫色飼養箱中，蛹的顏色以褐色爲主；在綠、黃、透明色飼養箱中，蛹的顏色以綠色爲主。
- (六)自然環境下紋白蝶會找牠認爲安全的地方結蛹，如葉背、窗台等。
- (七)觀察到若有其他的蟲碰到蛹，或是搖晃到飼養盒，蛹會左右扭動來嚇跑侵略者。
- (八)用放大鏡觀察到蛹的頭部前方有一個尖狀，中間有一對短角突起。
- (九)蛹的末期從蛹殼外可隱約看到翅膀，經過幾天後可明顯看到翅膀變成黃色、邊緣出現黑色斑紋，代表著紋白蝶即將羽化。

三、不同環境顏色是否對成蝶顏色產生差異



圖 19 紅色飼養箱中的白色成蝶



圖 20 綠色飼養箱中的白色成蝶



圖 22 藍色飼養箱中的白色成蝶



圖 25 自然環境下白色成蝶

觀察結果：

- (一)成蝶從頭部爬出蛹殼(圖 18)。
- (二)剛羽化的紋白蝶，翅膀又濕又縐，緊抓著蛹殼，幾分鐘後會慢慢撐開翅膀晾乾，同時將體內多餘的體液(圖 25)排出體外。
- (三)用放大鏡觀察蝴蝶表面上有一層鱗粉(圖 19)，鱗粉的功用為防止翅膀被浸濕不能飛行。
- (四)由表四可看出紋白蝶成蝶在生長時，環境顏色對成蝶的變化不大。

陸、討論

- 一、本次實驗中僅以 (紅、黃、綠、藍、紫、透明)有色玻璃紙作為環境顏色，也許對紋白蝶在蛹期的變化而言，在擬態上不夠明顯，因為有些顏色可能較難模仿出來，如藍、紫色。而黃、綠、透明色和原本顏色較相近，可能較好模仿。
- 二、紋白蝶只有在蛹期才會與環境顏色較相近，推測在蛹期中可能是其最脆弱的時期，藉以

融入環境顏色中為自我保護的手段（保護色）。此情形與竹節蟲、尺蠖蛾幼蟲、枯葉蝶等相似，都會藉著融入背景中，得到較佳的生存保護方式。與本研究不同的則有雌紅紫蛺蝶、食虻蠅以模仿其他昆蟲為主，避免、減少被天敵捕食而得到保護，。

- 三、與紋白蝶一樣在蛹期會隨環境改變顏色的以躲避天敵物種，如柑橘類鳳蝶、樺斑蝶等；成蝶會隨環境改變顏色的以躲避天敵物種，如尺蠖蛾，上述在不同時期會改變體色都與生存有關。
- 四、本次實驗僅針對不同時期的環境顏色對體色的研究。至於幼蟲、成蟲體色深淺可以再加以討論研究的空間。
- 五、可針對幼蟲、成蟲不受環境影響改變其體色的原因可再加以研究。

柒、結論

- 一、從實驗一中發現紋白蝶的幼蟲並不會受到環境顏色而改變。
- 二、實驗二中蛹期明顯受到環境顏色影響。而蛹期雖會隨環境顏色改變顏色，但同一背景顏色也出現不一致變化情況。
- 三、實驗三中發現紋白蝶的成蝶並不會受到環境顏色而改變。
- 四、從實驗一、二、三原本假設紋白蝶從幼蟲→蛹→成蝶時期都會受到環境顏色的影響，經實驗證明僅蛹期對環境顏色的變化有明顯影響。

捌、參考資料

- 一、李俊延、王效岳（2007）。**台灣蝴蝶圖鑑**。台北市：貓頭鷹出版。
- 二、行政院農委會特有生物研究保護中心—保育教育館 取自：
http://cec.tesri.gov.tw/cec/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=300
- 三、夏元瑜(1996)。**蝴蝶的變態**。嘉義市：明統圖書出版。
- 四、第 49 屆科展作品。穿迷彩裝的「蛹」士--紋白蝶蟲蛹保護色和環境的關係。
- 五、崔大成(2008)。漫畫法布爾昆蟲記。台北：漢湘文化。
- 五、蝴蝶生態面面觀 國科會 取自：<http://turing.csie.ntu.edu.tw/ncnudlm/>
- 六、李平篤 臺灣紋白蝶 臺大校園的蝴蝶(下)校友雙月刊
<http://www.alum.ntu.edu.tw/wordpress/?p=275>

【評語】 080302

1. 研究做得頗仔細。
2. 應加強量化數據。
3. 建議與菜葉上其他不同色彩的昆蟲做比較，探討色彩的意義。