

中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生物科

第一名

030305

便便建築師

～白三線蝶幼蟲築糞橋與糞巢行為探討

學校名稱：高雄市立陽明國民中學

作者： 國二 林聖皓 國二 陳宥睿	指導老師： 蔡瑞琴 鍾志俊
-------------------------	---------------------

關鍵詞：白三線蝶、糞橋、糞巢

得獎感言



在鳥松溼地觀察是我們的興趣也是習慣,不論是陽光普照,陰雨綿綿或是寂靜黑夜,這裡的景觀和生物陪著我們成長,紓解課業壓力。研究過程中有歡笑也有淚水,雖然有時因小環節沒注意而導致前功盡棄,但是我們持續紀錄白三線蝶幼蟲糞橋與糞巢建造的過程,因而推翻解說員先前的解釋瞬間,卻又忘了過程的辛苦。今年天氣異常,又遇上蓬萊黑金龜來攪局吃掉幼蟲的食草,讓幼蟲的數量少之又少,預期要做的實驗被迫一直延期,也還好這個研究從開始到現在已約兩年,累積的研究成果讓我們在這次的全國科展獲得評審青睞。參加科展最大的收穫是體驗與瞭解自然界生物的奧秘,一路走來要感謝指引與陪伴我們研究的蔡瑞琴老師及鍾志俊老師,還有在背後默默支持的家長,謝謝你們!

便便建築師 ～白三線蝶幼蟲糞橋與糞巢搭建策略探討

摘要

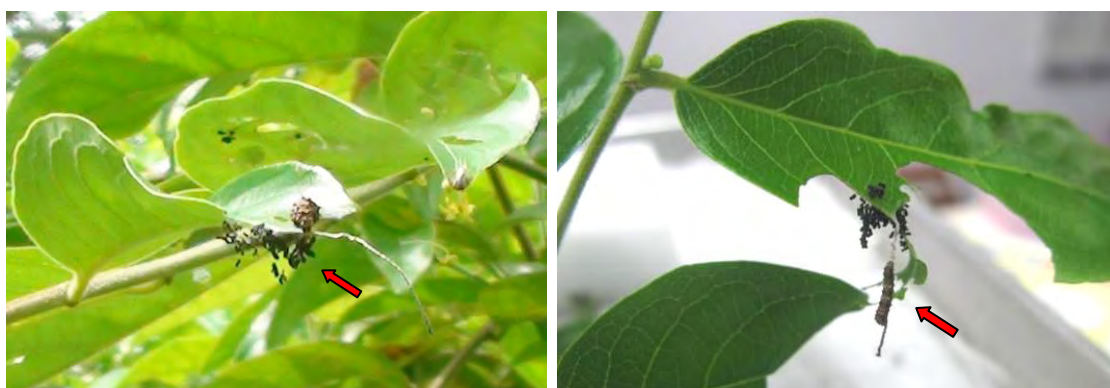
作者好奇白三線蝶 (*Athya perius*) 幼蟲棲息在糞橋上，於是展開了探究。過程中觀察白三線蝶的一生，並發現糞橋建造的位置約 60% 蓋在葉尖主脈上，長度隨齡期增加，一～四齡幼蟲多在糞橋上棲息，五齡之後食量、排糞量大增，棄糞巢而去不再回橋。糞巢的組成有糞便、碎葉片及絲線。幼蟲孵化吃掉卵殼後隨機選定建造位置，以吐絲器吐絲黏上糞便向外築糞橋，也會不斷吐絲纏繞鞏固糞橋。不管是剪斷糞橋、移去糞巢幼蟲都會持續加蓋，根據換葉子和換橋實驗得知幼蟲不會認自己的橋，當找不到原糞橋時會另外建造糞橋，如有現成的糞橋也會續用。糞橋和糞巢對幼蟲有躲避與偽裝的功用，對螞蟻等小型行走的天敵則形成物理性屏障，另外也發現有類似蓮花效應的擋雨效果。

便便建築師 ～白三線蝶幼蟲糞橋與糞巢搭建策略之探討

壹、研究動機

在翰林版生物課本下冊 5-4 介紹許多有趣的動物行爲，也提到許多生物會用特殊的方式來適應環境。這令我聯想到我在鳥松濕地觀察時，常看到葉子上白三線蝶 (*Athyma perius*) 幼蟲吃剩的葉子上遺留上有一條葉脈和一些糞便 (照片 1)，而自己在飼養與觀察白三線蝶的一生時，也發現牠會把糞便遺留在葉子上。

濕地的解說員告訴我幼蟲吃葉子時會留下葉脈不吃，因此會留下一根糞橋。查閱文獻資料也顯示白三線蝶和單帶蛺蝶的幼蟲有搭建糞橋和糞巢的習性，對於這個行爲我覺得很有意思，因此引起我們想進一步瞭解牠們搭建糞橋與糞巢的過程，並觀察幼蟲利用糞橋棲息的行爲是不是有什麼特殊的意義呢？於是展開了此次的研究。



照片 1 葉片上遺留的糞巢和幼蟲停留在糞橋上

貳、研究目的

- 一、觀察白三線蝶的一生與其行爲。(Who?)
- 二、找找看白三線蝶的幼蟲把糞橋和糞巢搭建在哪裡?(Where?)
- 三、搭建糞橋與糞巢的原料與構造是什麼?(What?)
- 四、觀察白三線蝶幼蟲搭建糞巢與糞橋的方法與過程。(How?)
- 五、探討白三線蝶幼蟲為什麼要搭建糞巢及糞橋。(Why?)

參、研究器材與方法

一、飼養：

- (一) **幼蟲**--昆蟲箱、培養皿、錐形瓶、淺盤、食草-菲律賓饅頭果 (*Glochidion philippicum*)



片一 玄珠帶蛺蝶幼蟲食草—菲律賓饅頭果的樹形、葉序和葉形

在鳥松濕地中有多棵的菲律賓饅頭果，那也是我們野外觀察的主要地點，爲了能長時間觀察和拍攝，我們會將帶有葉片的枝條剪下插在裝水的瓶子中，讓幼蟲在葉片上成長、化蛹。

- (二) **成蝶**--昆蟲箱、溫濕度計、觀察屋、營養午餐吃剩的水果、果汁、蜜汁。

幼蟲化蛹後，爲了迎接即將羽化的成蝶，我們在校園中布置觀察小屋並種植玄珠帶蛺蝶的食草—菲律賓饅頭果，準備觀察與記錄成蝶的型態與生活行爲。



照片 3 觀察小屋內有幼蟲食草和成蟲的食物和水

二、觀察和拍攝：

- (一) **器材**--數位相機(Canon EOS KissX3 1510萬畫素、Canon G9 1020萬畫素)、數位攝影機 (Sony HDR-XR200)、大容量硬碟(1TB)、腳架、放大鏡、解剖顯微鏡、複式顯微鏡、檯燈。
- (二) **拍攝**--幼蟲的成長是一連續的過程，爲了能完整拍攝幼蟲成長和建築糞橋與攝食的過程，我們除了拍照之外，並架設攝影機與檯燈連續拍攝其生活，如此才能完整觀察記錄三線蝶的一生。因爲影片檔案很大因此必須以大容量硬碟先存檔後，再以電腦檢視影片並剪接截取精彩片段。



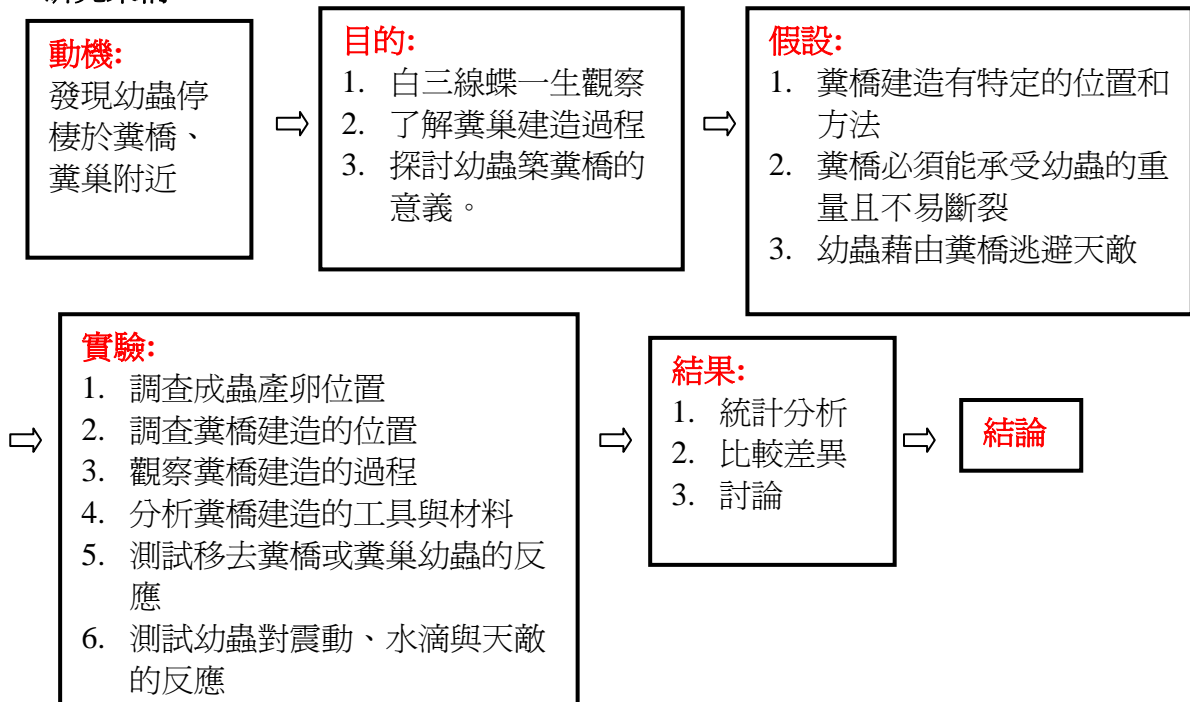
照片4 以數位攝影機日夜拍攝幼蟲的生長和生活

(三) **顯微觀察**--幼蟲本身非常微小，肉眼只能看到蟲動來動去卻不清楚幼蟲正在做甚麼。因此有時發現蟲有特殊行為時須趕緊使用解剖顯微鏡觀看幼蟲的細部構造，此外也將糞橋、葉片的細部構造以解剖顯微鏡的觀察，並以數位相機拍攝記錄。



照片5 以顯微鏡觀察細部構造並用電腦檢視和剪接擷取拍攝的

三、 研究架構：



肆、研究結果與討論

一、白三線蝶一生的觀察 (Who?)

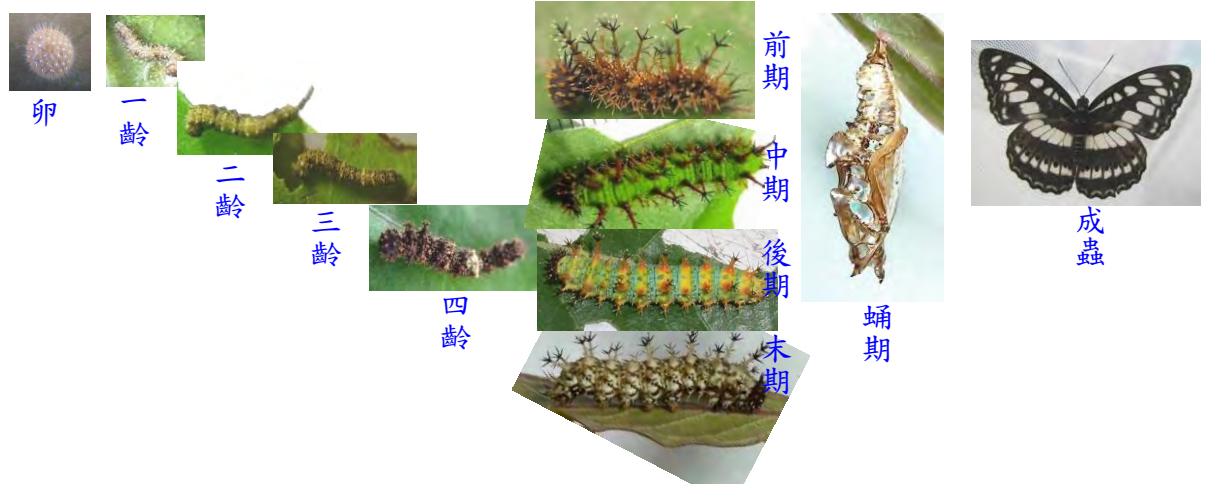
(一) 成長紀錄

		
成蟲將卵產在葉背，每片葉子背面只產一顆卵	卵為圓形、淺黃色，表面布滿細毛，大小約 1mm	卵即將孵化，卵的顏色變白且比較透明
第一天(9月25日)	第二天(9月26日)	第四天(9月28日)
		
【一齡幼蟲】孵化後馬上把卵殼吃掉，當成一生中的第一餐，身體長約 2mm	身體顏色: 黑 頭部顏色: 黃 體長 3mm	【二齡幼蟲】身體和頭部黑色，體長 4mm 背上有黑色小刺白色條紋
第六天(9月30日)	第八天(10月2日)	第十天(10月4日)
		
【三齡幼蟲】身體顏色: 土黃 頭部顏色: 黑 體長 5-6mm 小刺變橙褐色	【四齡幼蟲】身體顏色: 棕 頭部顏色: 黑 體長 8mm 背上出現菱形白斑	身體顏色: 棕 頭部顏色: 黑 體長 11mm 無明顯變化

<p>第十二天(10月6日)</p>  <p>【五齡前期】</p>	<p>第十四天(10月8日)</p> 	<p>第十六天(10月10日)</p>  <p>【五齡中期】</p>
<p>身體顏色:背部為橘色,腹部為棕色 頭部顏色:黑 體長 15-20mm 刺變長,約 0.7mm,末端有五個分岔棘刺</p>	<p>身體顏色:深紫 頭部顏色:深紫 體長 20-30mm 背部有淺綠色花紋,刺變長,刺約 3mm,有兩層細毛,上層末端為白色,頭部有黑色刺</p>	<p>身體顏色:背部為綠色,腹部為橘紅色 頭部顏色:深紫 體長 30mm 體節間有黑線</p>
<p>第十八天(10月12日)</p>  <p>【五齡後期】</p>	<p>第十九天(10月13日)</p>  <p>【五齡末期】</p>	<p>第十九天(10月13日)</p>  <p>【前蛹期】</p> <p>倒掛在葉背不再移動</p>
<p>身體顏色:背部為綠色,腹部為橘紅色 頭部顏色:深紫 體長 35mm 體節間有黑線</p>	<p>身體顏色:黃色,體節間有藍色粗條紋隔開,腳為棕色,刺為黃色 刺頂端黑色 體長 35mm</p>	

【生活史時間表】：(氣溫約 25℃)

卵期	幼蟲期					蛹期	成蟲
	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡		
約 7 天	2-3 天	2-3 天	2-3 天	4-5 天	8-10 天	10-14 天	約 2 星期



卵

一齡

二齡

三齡

四齡

前期

中期

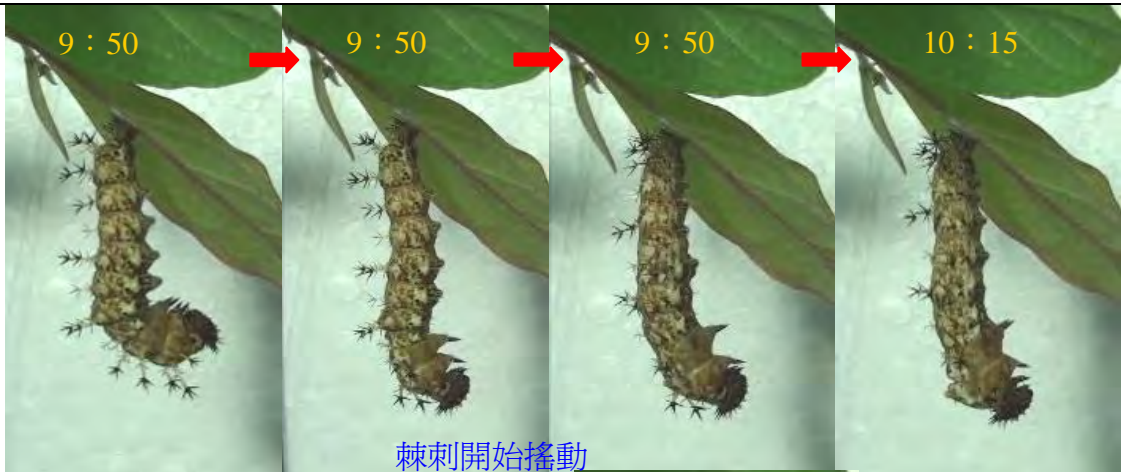
後期

末期

蛹期

成蟲

化蛹過程 (前蛹期約 15 小時→化蛹過程約 20 分鐘)



● 化蛹過程說明:

【前蛹期】→倒掛在葉背或樹枝上不動約一~二天

【蠕動棘刺】→通常在晚上十點左右開始蠕動，身體由 J 字型伸直成 1 字型。棘刺開始搖動約歷時約三十五分鐘，約莫四十分鐘左右蠕動更加劇烈，原來要開始蛻皮。

【蛻皮】→ 外皮除頭、胸部以及棘刺逐漸向尾端後退至尾部，接近葉片處，前胸慢慢膨脹。外皮由前胸後方裂開，露出蛹的頭部和胸部，前蛹外皮完全後退至蛹體與葉片接合處，歷時約三分鐘。

【甩掉舊皮】→ 蛹開始以尾部作為支點，頭部及身體劇烈逆時針或順時針輪流旋轉，想要甩掉尾部舊皮，約四分鐘後終於將舊皮甩脫。

【變成蛹】→ 蛹的身體腹部開始縮短，胸部後方突起部位變大，總長從原來的 30mm 縮短成約 25mm。

第二十天(10月14日)	第二十一天(10月15日)	第二十八天(10月22日)
		
<p>22:20 剛化蛹時身體呈黃褐色，有一些黑褐色花紋，之後逐漸變淡金色</p>	<p>第二天蛹變成金黃色，有鏡面反光</p>	<p>早上 7:20~8:15 準備羽化 (氣溫 26~27°C)</p>
<p>羽化過程</p>		

● 羽化過程說明:

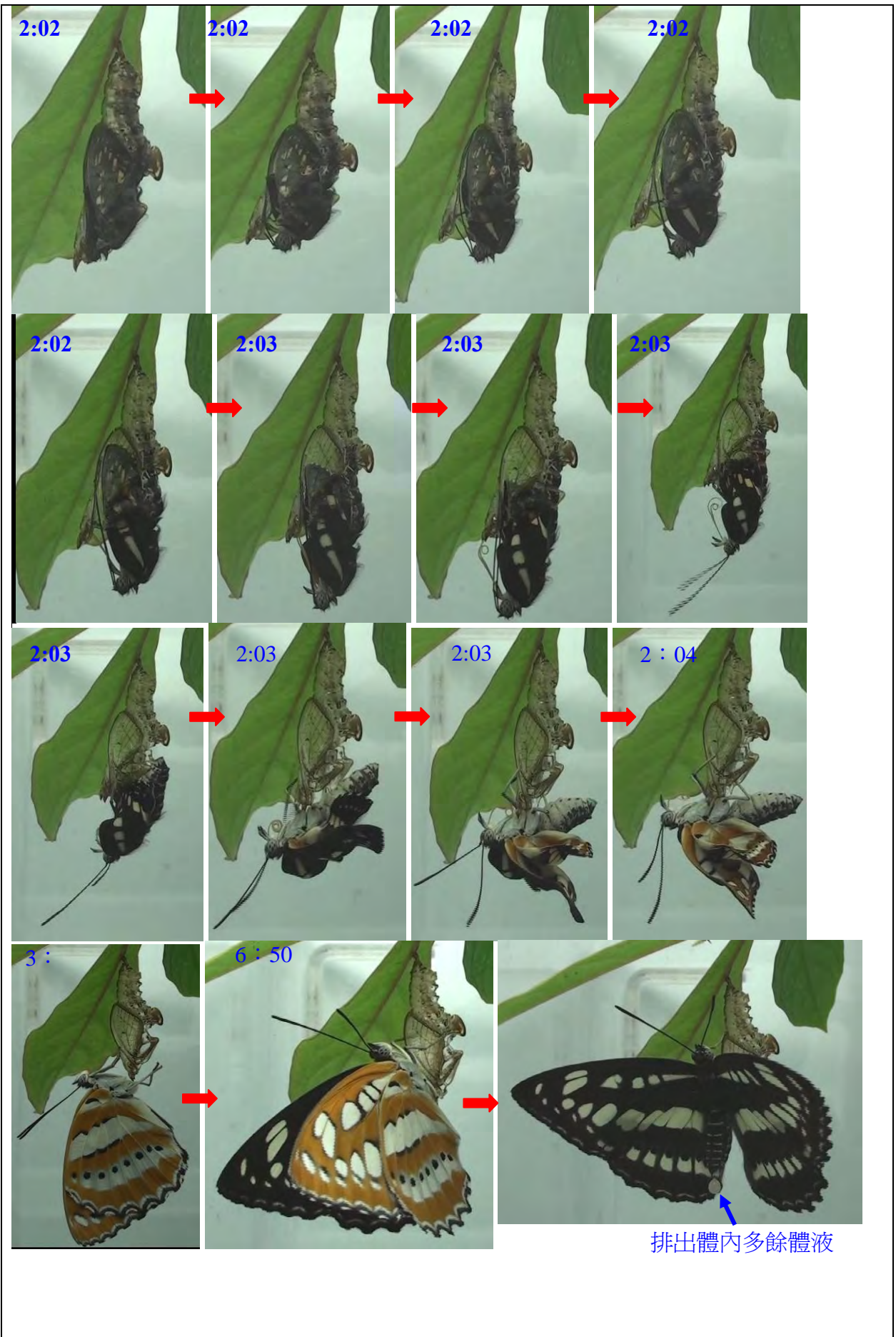
【開始羽化】→ (歷時約 2 分鐘)

先由蛹的頭部下方裂開兩條長約 1 公分之裂縫，形成一個三角形開口，再由兩片前翅間裂開約 1.3 公分，前翅將蛹殼撐開。約 5 秒鐘後，頭部由三角形開口伸出，口器由伸直變彎曲，觸角伸直，露出前翅。接著前翅將胸部推出蛹殼，露出腳及後翅，腳伸出三角形開口，爬出蛹殼，腹部伸長，懸吊於蛹殼上。

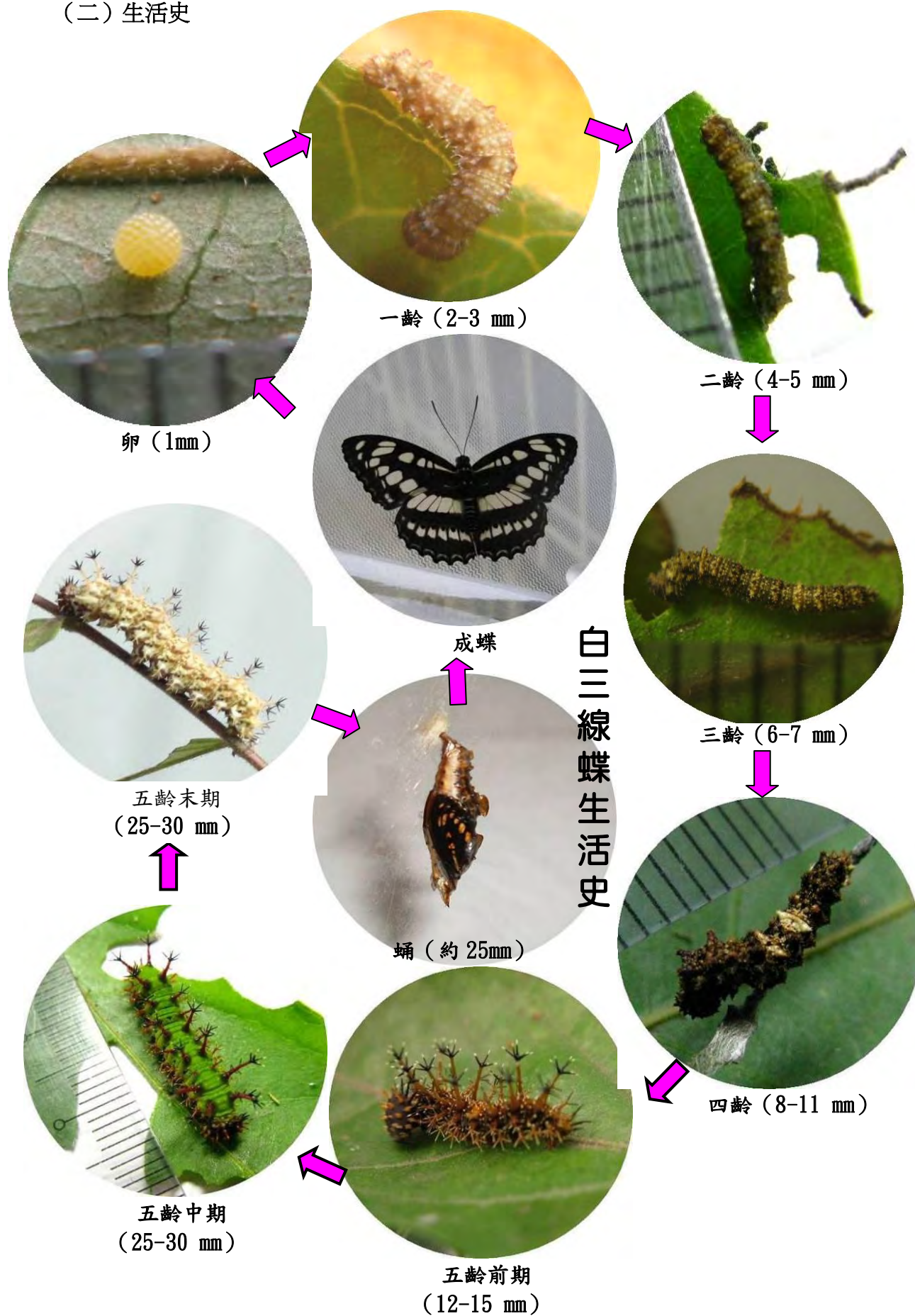
【注入體液】→

體液流入翅脈。翅膀因重力作用逐漸張開變硬，繼續停息在蛹殼上，沒有移動身體。約 3 個多小時。

【展翅拍動】→開始拍動翅膀並排出體內多餘體液，之後因翅膀尚未完全乾燥無法飛行而走動離開。



(二) 生活史



照片 6 白三線蝶的一生

二、 糞橋建造的位置 (where?)

觀察白三線蝶的一生時我們發現白三線蝶最有趣的行爲就是幼蟲有一特殊的習性---糞巢與糞橋的建造，這一點強烈吸引我們進一步研究。首先我們好奇的是，糞橋究竟會蓋在哪裡？因此我們到烏松濕地尋找與調查幼蟲的棲身之處，共紀錄到20個糞橋，記下糞橋長度、糞巢建造的位置、構成的糞便大小等訊息後，整理如表二：

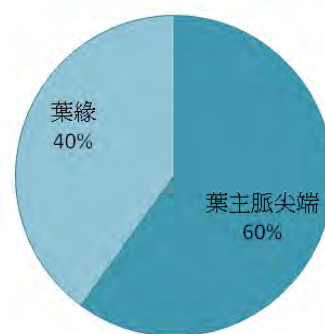
【表二】烏松濕地內白三線蝶幼蟲糞橋與糞巢建造調查結果

編號	齡數	位置	糞橋長度 (mm)	糞便數量	糞巢大小(mm)
4	一	葉緣	15	47	10×10
10	一	葉主脈尖端	19	55	5×6
11	一	葉緣	17	38	6×5
12	一	葉緣	18	35	8×3
2	二	葉主脈尖端	13	30	9×2
6	二	葉主脈尖端	32	36	21×10
8	二	葉主脈尖端	23	48	3×4
9	二	葉緣	25	43	11×8
13	二	葉主脈尖端	30	69	19×3
1	三	葉主脈尖端	37	34	15×5
3	三	葉緣	30	15	12×10
5	三	葉緣	57	21	17×7
7	三	葉緣	22	36	13×8
14	三	葉緣	26	105	26×3
15	三	葉主脈尖端	35	41	10×5
16	三	葉主脈尖端	48	16	15×2
17	四	葉主脈尖端	28	12	24×5
18	四	葉主脈尖端	40	80	25×4
19	四	葉主脈尖端	43	57	22×5
20	四	葉主脈尖端	50	47	25×6

● 發現：

1. 幼蟲多將糞橋建築在主脈的尖端，比例約為 60%，但是也有將糞橋築在葉緣的，理論上葉子的主脈是最堅固之處，不過也有約 40%的糞橋不蓋在主脈而是在葉緣。因此我們想進一步瞭解幼蟲到底如何選擇以及如何蓋出糞橋？

圖一 糞橋建造位置比例圖

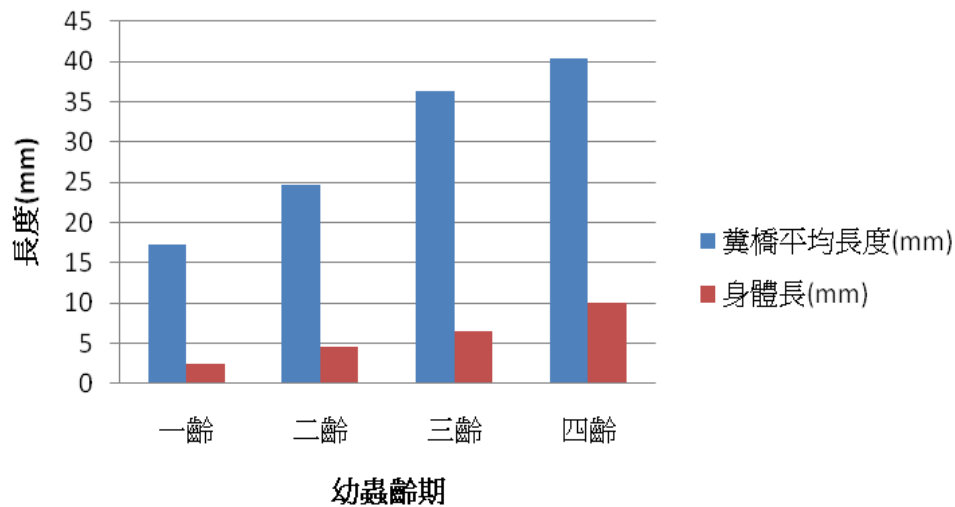


2. 由下圖二可推測幼蟲齡期越大其糞橋長度越長，長度約為其體長的 5 倍左右，可能是較大的幼蟲需要較長的糞橋棲息，但是如此細長的糞橋如何負擔幼蟲的體重？為什麼糞橋不會折斷呢？因此我們好想知道其成分是什麼？

【表三】幼蟲齡期與糞橋長度及體長的關係

齡期	一齡	二齡	三齡	四齡
糞橋平均長度	17.3mm	24.6mm	36.4mm	40.3mm
身體長	2-3mm	4-5mm	6-7mm	8-11mm

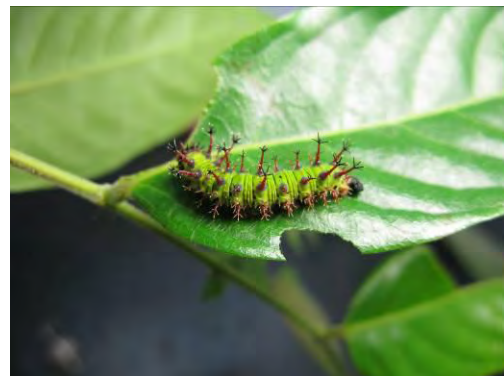
圖二 幼蟲齡期、體長與糞橋長度關係圖



3. 一~四齡之前，幼蟲都棲息在糞橋上，只有攝食時會爬離糞橋，但一有驚擾會立刻回糞橋。五齡幼蟲身體很大，不再回到糞橋棲身，由於食量也增加有時一天要吃掉半片以上的葉子，因此幾乎都到葉面上四處攝食，也會更換棲息的葉子。



照片 7 糞橋、糞巢與幼蟲的位置

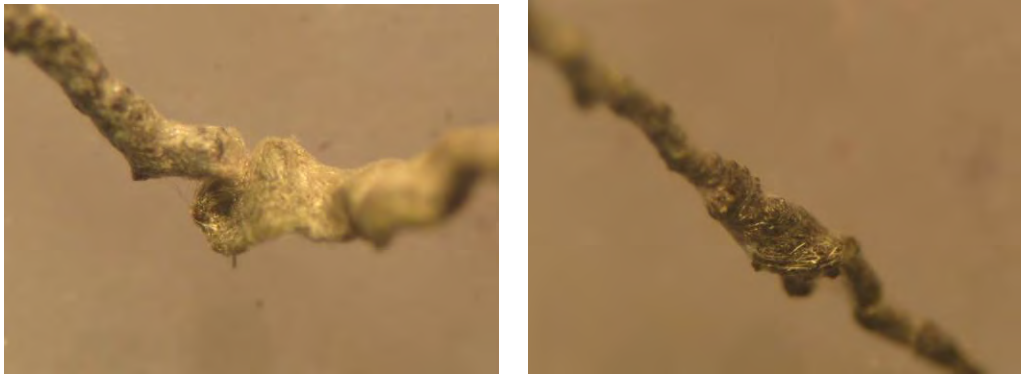


照片 8 五齡幼蟲不再回到糞橋

三、糞橋與糞巢的結構與成分 (what?)

(一) 糞橋：

在解剖顯微鏡下觀察糞橋，看起來很像樹枝，有些地方較粗好像有黏著糞便，有些地方較細，不過都纏繞著許多的絲線。究竟這中間除了糞便和絲線之外，是否還包著葉脈呢？到底要怎麼建造與編織出穩固的糞橋呢？待後續探討。



照片 9 解剖顯微鏡下的糞橋

(二) 糞巢：

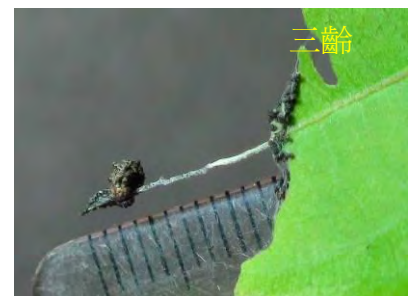
1. 各齡期糞巢比較



一齡的糞便細長，多用來接糞橋，糞巢小糞便數少



二齡的糞巢，除了糞便之外夾雜著許多細小的葉片碎屑。



三齡的糞巢，較大且明顯的阻隔葉子通往糞橋的路。



四齡的糞巢，有時會因為重量太重垂下來甚至掉落了。而且我們還發現每次幼蟲要蛻皮都會回到糞橋上蛻皮，蛻皮後不久就會反身吃掉自己的舊皮喔，真是一點都不浪費！。

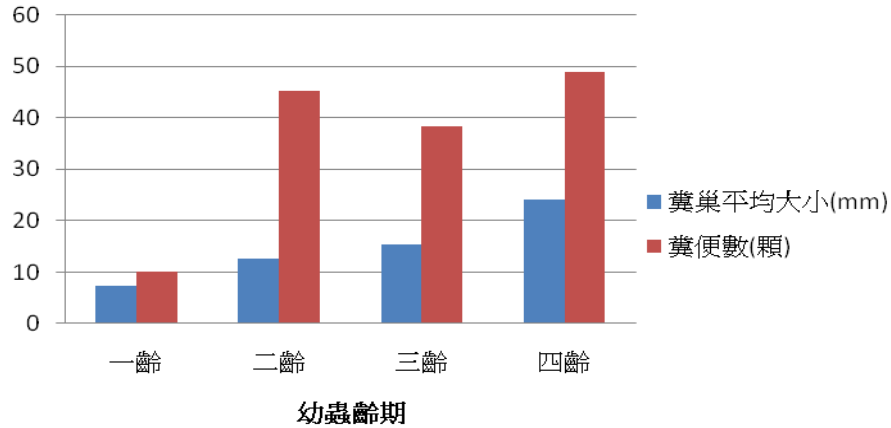
2. 糞巢的成分與大小

根據上表二計算整理後發現：

表四 幼蟲齡期與糞巢大小及糞便數量

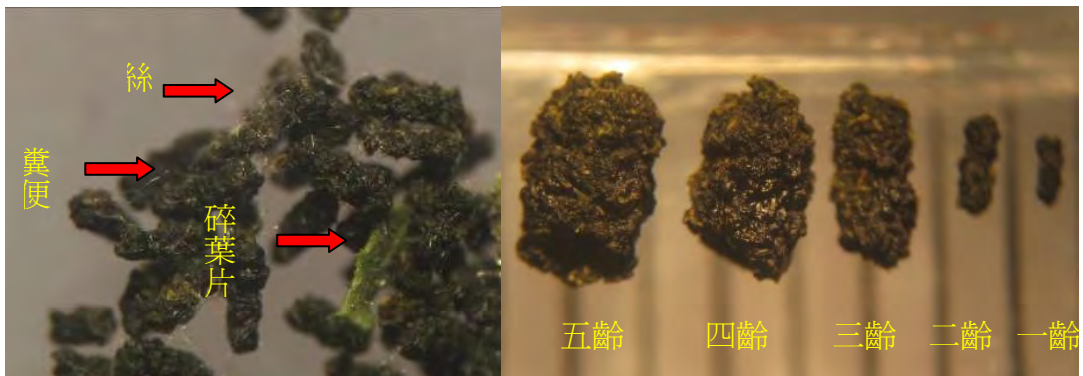
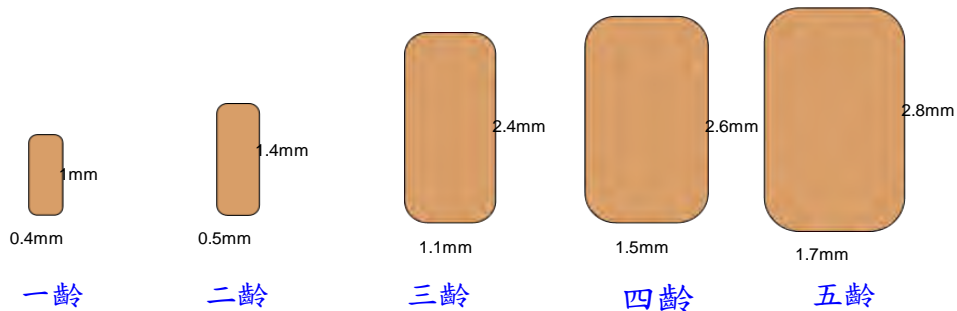
齡期	一齡	二齡	三齡	四齡
糞巢平均長 (mm)	7.3	12.6	15.4	24
糞便數(顆)	10	45.2	38.3	49

圖三 各齡期的糞巢大小及糞便數比較圖



● 發現：

- (1) 一齡期糞便多用來搭糞橋，糞巢較小糞便數也少，齡期越大糞巢也越大，但構成糞巢的糞便數二~四齡期差不多都在 40 顆左右，但是齡期越大糞便的大小也變大。
- (2) 四齡期的糞巢有時會因重量太重而垂落掉下，這時往往幼蟲會再度排便築糞巢，只不過重造的糞巢糞便數就沒有原來那麼多。
- (3) 糞巢的組成成分有糞便、碎葉片以及黏性強由幼蟲吐出的絲線。



照片 10 糞巢的組成成分及各齡期糞便大小

3.幼蟲的食量估計：

既然建造糞橋和糞巢的材料主要是糞便，而幼蟲每個齡期的排糞量和其食量有關，研究過程中發現葉片長度和寬度比為 3:1，透過這個發現我們可以計算被吃剩一半的葉片原來的長度，再加上我們飼養觀察時，將每一齡期葉子取食情形拍照、糞便收集計算進而推論幼蟲的總食量與總排糞量。



照片 11 拍下葉子的照片以方格紙推測被吃掉的葉子面積

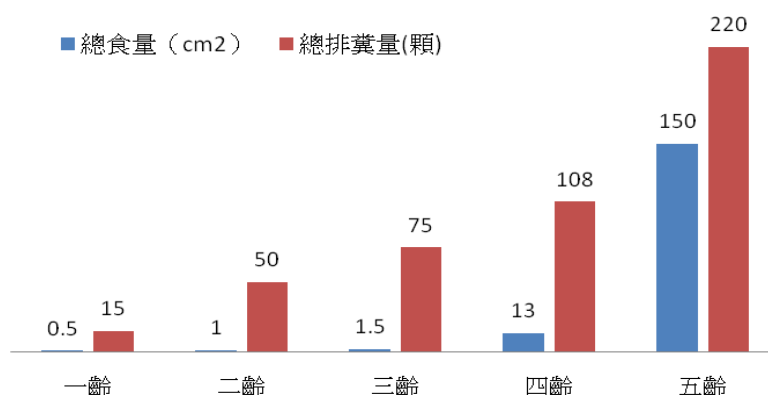


照片 12 收集每一齡期掉落的和留在糞巢的糞便即可推知總排便量

表五 幼蟲的總食量估計值與總排便量分析

齡期	一齡	二齡	三齡	四齡	五齡
總食量 (cm ²)	0.5	1	1.5	13	150
總排糞量(顆)	15	50	75	108	220

圖四 幼蟲各齡期總食量與總排便量分析



● 發現：

- 1.四齡之前的總食量很小約 15cm²，五齡期食量大增約會吃掉 5~6 片葉子，身體也急遽成長。排糞數量也隨齡期增加而增加。

四、 糞橋建造的過程(how?)

爲了測底解決我們對幼蟲建造糞橋過程的疑惑，我們架設攝影機從卵孵化的那一刻起，完整的紀錄幼蟲的成長過程。再由所攝錄到的影片分析得到以下結果：

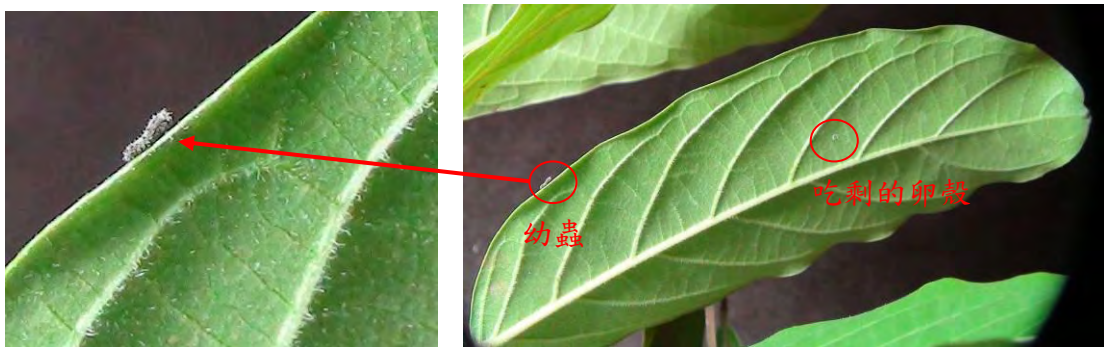
(一) 糞橋如何產生？

1. 吃卵殼--幼蟲孵化以後的第一餐是先把自己的卵殼吃掉，歷時約 30 分。



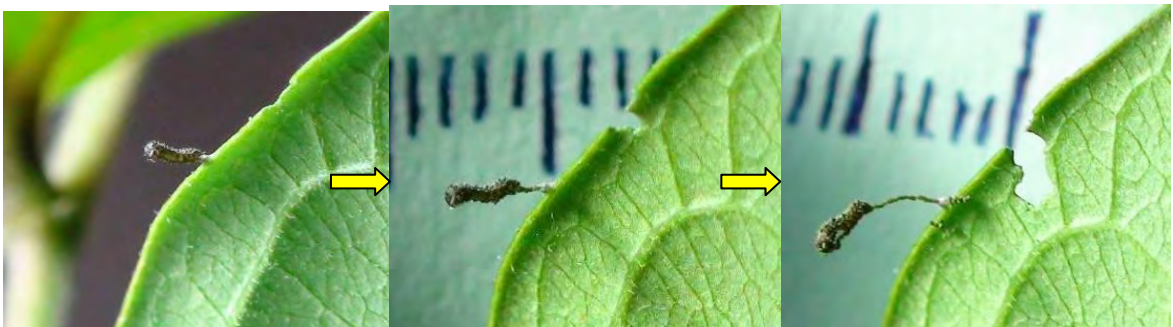
照片 13 剛孵化的一齡幼蟲會立刻將卵殼吃掉

2. 在葉緣來回爬行—幼蟲會在葉緣爬來爬去好像在尋找建造的位置，有時會停下來休息然後再繼續走，折返爬行約 2~3 小時之後最後選定的位置是隨機的，不像鳥松濕地解說的老師所言在葉脈上。



照片 14 吃完卵殼後在葉緣來回走動與休息的幼蟲

3. 黏接糞便向外突出造橋—原本以爲幼蟲會啃食葉子然後留下葉脈不吃所以才會留下一根糞橋，經過幾次的觀察後發現原來在還沒有吃葉子之前就已經在葉緣吐絲，排出一粒糞便黏在上面，接著又在第一粒糞便上吐絲，再黏上第二粒糞便，如此不斷重複向外加長糞橋長度。



照片 15 原來糞橋是會無中生有，向外突出用糞便黏成的

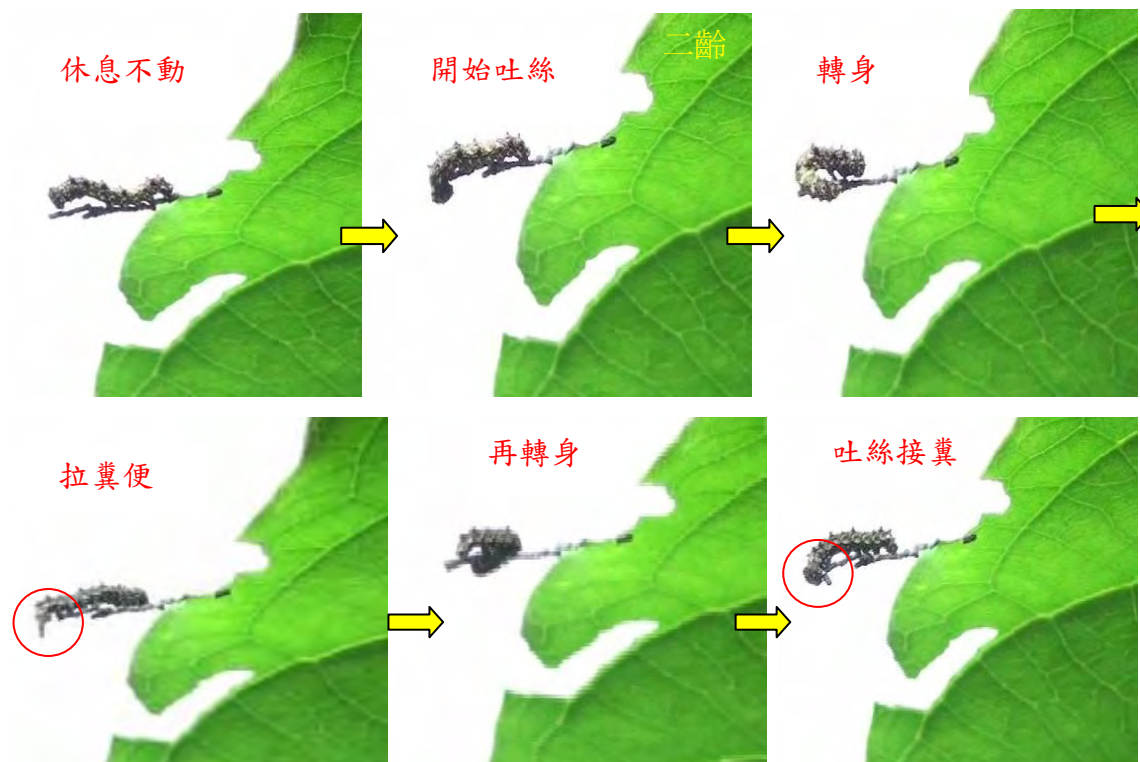
4. 鞏固糞橋與糞巢的方法一

幼蟲在一齡到三齡間會不斷重複相同動作：

- (1) 攝食→排便→吐絲接糞便，目的是鞏固與加長糞橋，
- (2) 有時吐絲一端固定在葉背葉脈細毛上，黏上一、兩粒糞便，有時會將葉緣缺口旁的葉片吃到剩一小部分和葉子本身連接，自然垂到糞便上，然後吐絲將它黏進糞便中。
- (3) 碎葉片和糞便黏上後會吐絲不斷纏繞，讓糞便緊密互相接合成寬約2mm、長約1.5cm的條狀糞便堆，由部分絲懸掛在葉面。三齡時會由葉脈上的細毛吐絲將糞便固定在在葉緣缺口乾枯處。



照片 16 一齡幼蟲黏接糞橋的方法



照片 17 二齡幼蟲休息、黏接糞橋的方法

5. 三齡之後增加糞巢規模—

- (1) 三齡之後在糞巢四周吃出一些缺口，接著回頭吐絲纏繞糞橋基部，此時份橋基部由殘餘的葉片構成。
- (2) 轉身將糞便排在糞巢上，再回頭繼續吐絲調整糞便位置，又繼續在附近葉緣處吃出若干缺口，到四齡前大部分時都是在這個範圍活動。



照片 18 三齡幼蟲攝食、修橋、築糞巢的過程

照片 19
糞橋基部由葉片和
許多絲纏繞而成



6. 四齡後逐漸離巢—

部分幼蟲還是會繼續製作糞巢，但是大部分的糞便因為體積太大、重量太重，所以剛排出來來不及製成糞巢就掉落，但還是有少部分糞便被黏入糞巢。五齡之後就不回糞橋，棄糞巢而去了。

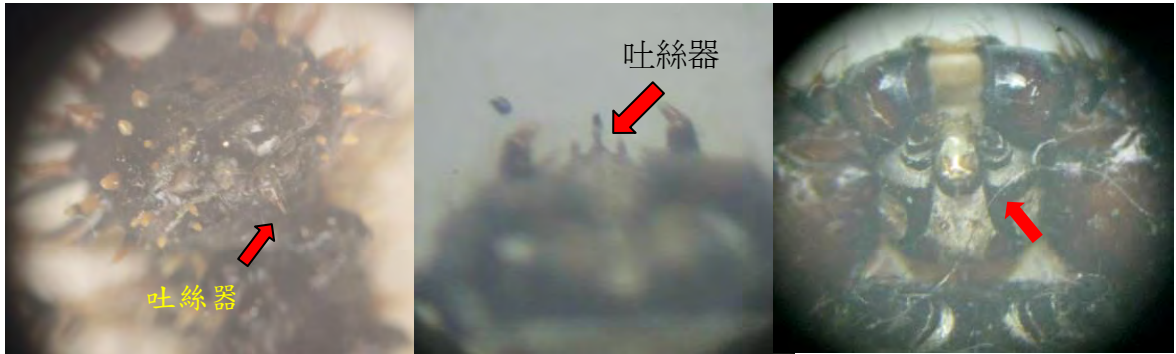


照片 20 四齡糞巢會因太重而垂落、五齡則棄巢而去到其他葉片取食

(二) 築糞的工具--

1. 吐絲器的構造—

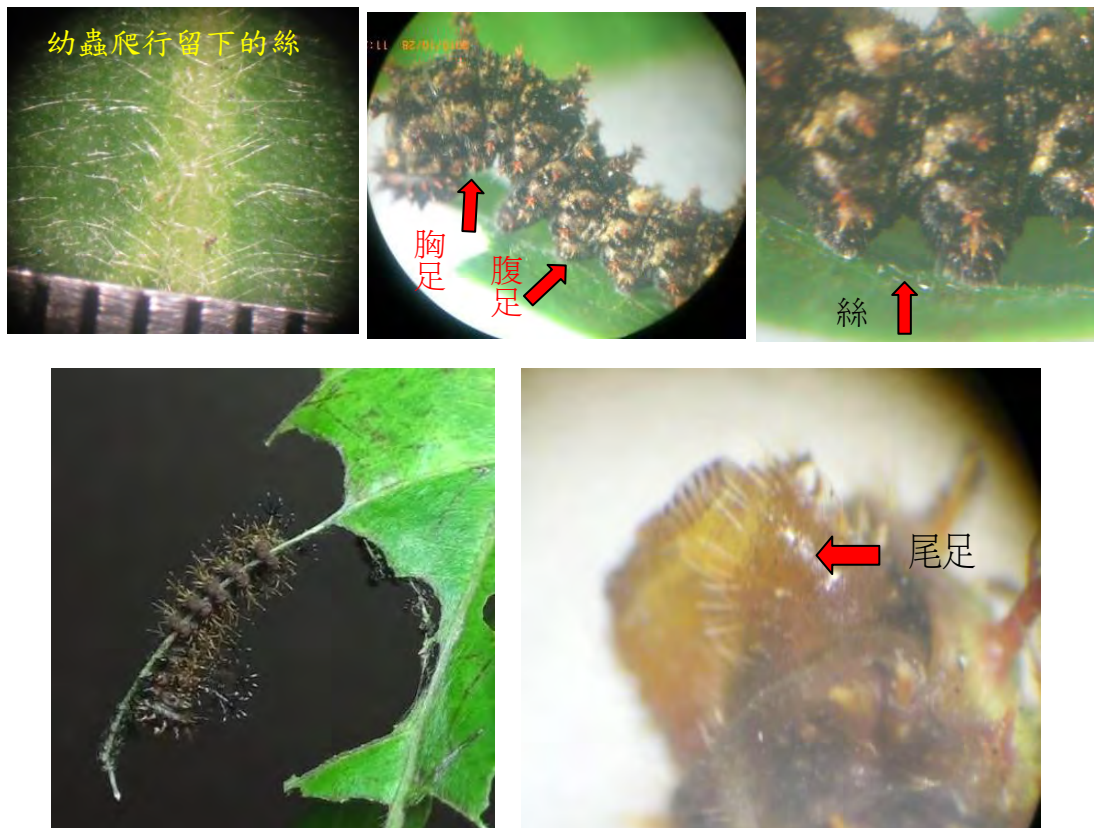
以解剖顯微鏡觀察幼蟲頭部腹面，發現了幼蟲築糞時的吐絲器。吐絲器是一根細管狀會吐出液態絲蛋白，遇到空氣候變成絲，兩旁各有一支非常細小的下唇鬚，可以協助幼蟲確定吐絲的位置(幼蟲的單眼只能分辨亮度，只能用觸角感覺)。



照片 21 幼蟲的吐絲器

2. 絲線的用途—

- (1) 幼蟲吐出絲線纏繞糞便鞏固糞橋，將糞便以絲黏附在糞橋基部形成糞巢。
- (2) 幼蟲以尾足和腹足抓住絲線即能在葉片上行走。因此如果移動幼蟲到另一片葉片，常常會發生幼蟲無法順利附著在葉片上行走而從葉片滾落的情形。



照片 22 幼蟲在葉片上編織細絲以胸足、腹足、尾足附著行走

(3)五齡幼蟲在進入前蛹期之前，經常可以發現幼蟲的頭部在葉子的主脈靠近葉子基部約三分之一葉片長處，左右來回以8字形吐絲的動作，最後編織成約1x0.3cm絲座，最後以尾足掛上絲座，化蛹時即使強烈甩動也不會掉落。

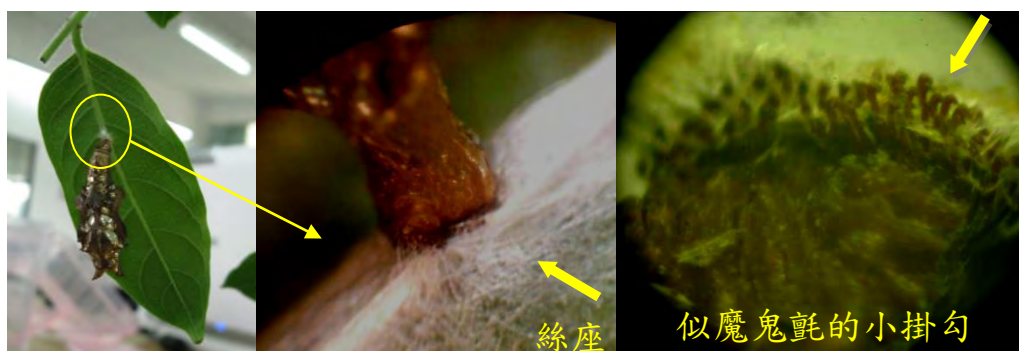


照片 23 五齡幼蟲進入前蛹期前吐絲蓋絲座和頭向下垂掛身體



照片 24 我們發現大多數的蛹都結在離葉柄基部約 1/3 葉長的主脈上

(4) 以解剖顯微鏡放大觀察蛹和絲座的連接處，發現蛹的基部有像魔鬼氈的小掛勾牢牢的掛在絲座上。



照片 25 蛹的基部有像魔鬼氈的小掛勾

五、移去糞巢與糞橋幼蟲的反應

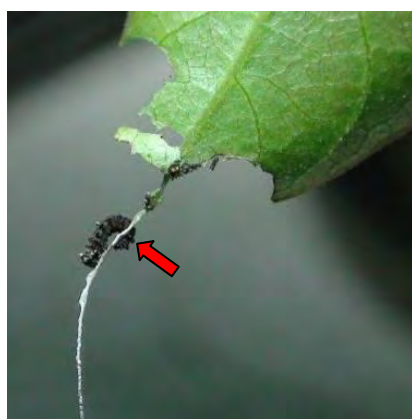
爲了測試幼蟲對糞巢和糞橋的依賴程度，我們挑選了五隻幼蟲分別測試牠們對移去糞巢、剪去糞橋、移到另一片葉片和互換糞橋的反應，結果如下：

(一) 移去糞巢

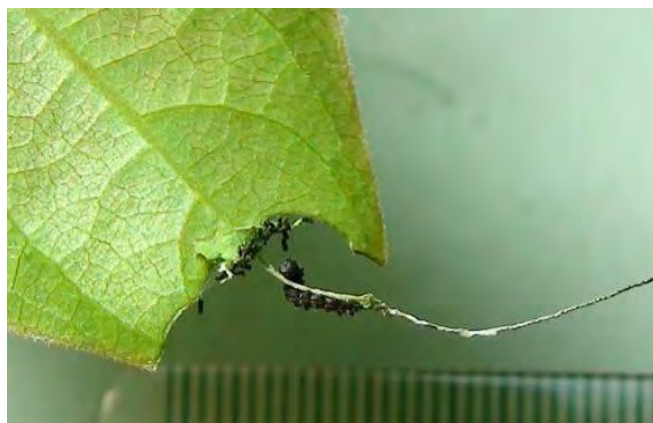


原有的糞巢

把糞巢刮掉移走，幼蟲會先躲到葉子上



不久又開始建造新的糞巢



一天後的新糞巢(共36顆糞便)

表六 幼蟲對於移去糞巢的反應結果

編號	原糞巢大小 (長×寬)(cm)	移去 糞巢	6小時後 糞巢大小	12小時後 糞巢大小	24小時後 糞巢大小	48小時後 糞巢大小
幼蟲 1	1.5×1	0	0.2×0.1	0.4×0.3	0.8×0.3	1.4×0.7
幼蟲 2	1.3×1.2	0	0.25×0.15	0.45×0.25	0.7×0.3	1.2×0.9
幼蟲 3	1.4×1	0	0.1×0.1	0.35×0.3	0.8×0.3	1.3×1.0
幼蟲 4	1.3×0.9	0	0.3×0.15	0.4×0.3	0.7×0.3	1.4×0.9
幼蟲 5	1.7×1	0	0.15×0.1	0.4×0.2	0.9×0.25	1.8×0.8

☞結果：

1. 在移走糞巢時，幼蟲會先躲到樹葉上方等平靜後又回到糞橋棲息，且繼續將糞便堆積在糞橋與葉片的交界處築出新的糞巢。
2. 由表六可知，五隻幼蟲對移去糞巢的反應都是再繼續將糞便堆積在糞橋基部，大約二天後就能再度築起和原來一樣規模的糞巢。

(二) 剪去糞橋

1. 第一次剪掉糞橋



將幼蟲趕到葉子上

→以剪刀剪去糞橋

→幼蟲到處找不到回家的路



→決定再造一座糞橋

→3個小時後的糞橋

→一天後的糞橋

2. 再剪掉第二次糞橋



原有的糞橋

將幼蟲趕到葉子上

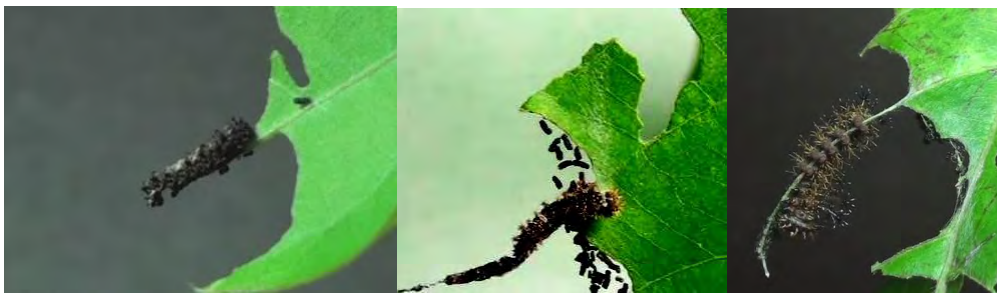
以剪刀剪去糞橋



幼蟲繼續吐絲在被剪掉的糞巢末端

移走糞巢

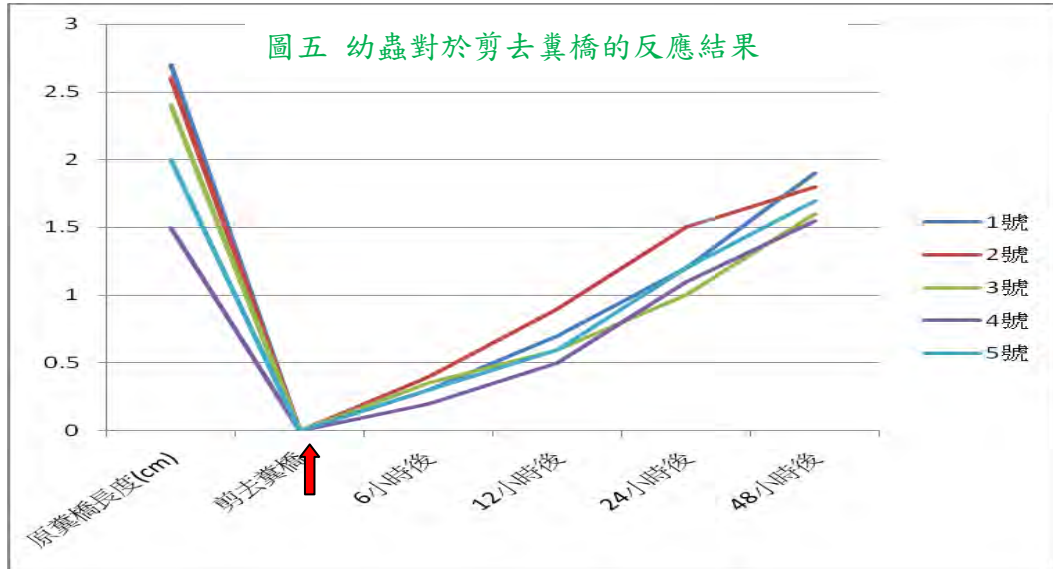
幼蟲在糞巢被移走後脫了一次皮(二齡→三齡)



當幼蟲啃食葉片重新加長糞橋直到四齡幾乎都在同一片葉片上活動。

表七 幼蟲對於剪去糞橋的反應結果

編號	原糞橋長度 (cm)	剪去糞橋	6 小時後糞橋長度	12 小時後糞橋長度	24 小時後糞橋長度	48 小時後糞橋長度
幼蟲 1	2.7	0	0.3	0.7	1.2	1.9
幼蟲 2	2.6	0	0.4	0.9	1.5	1.8
幼蟲 3	2.4	0	0.35	0.6	1	1.6
幼蟲 4	1.5	0	0.2	0.5	1.1	1.55
幼蟲 5	2	0	0.3	0.6	1.2	1.7



結果：

1. 當糞橋被剪斷後幼蟲要回糞橋時會左右爬行，不久再度開始築糞橋，一天後新糞橋長度約1~1.5cm。
2. 五隻幼蟲對於糞橋被剪斷的反應都是重新加長糞橋，但是長度比原來的糞橋長度短一些，約只有體長的1~2倍長。

(三) 互換實驗

1. 換到另一片樹葉



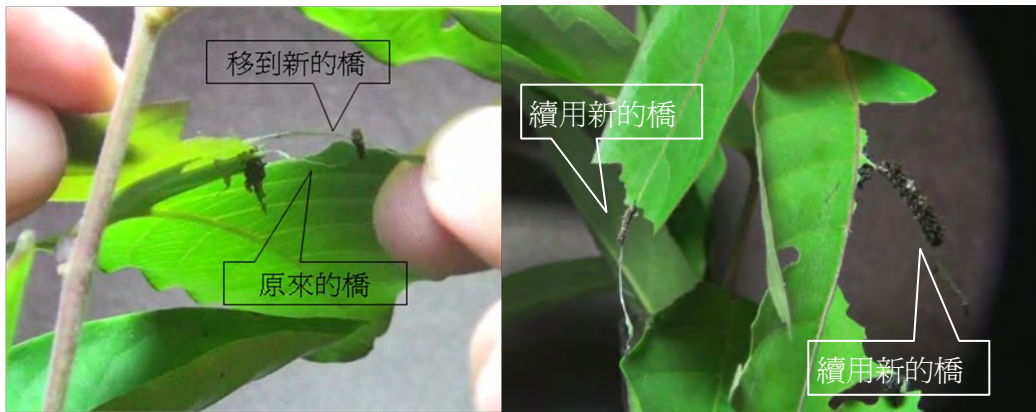
將幼蟲移到另一片葉子上 在葉尖吃掉部分葉片 繼續製作糞橋



將幼蟲移回原來的葉片 幼蟲沒有回原來的糞橋，而是重新在葉緣搭建新糞巢

2. 兩隻幼蟲互相換橋

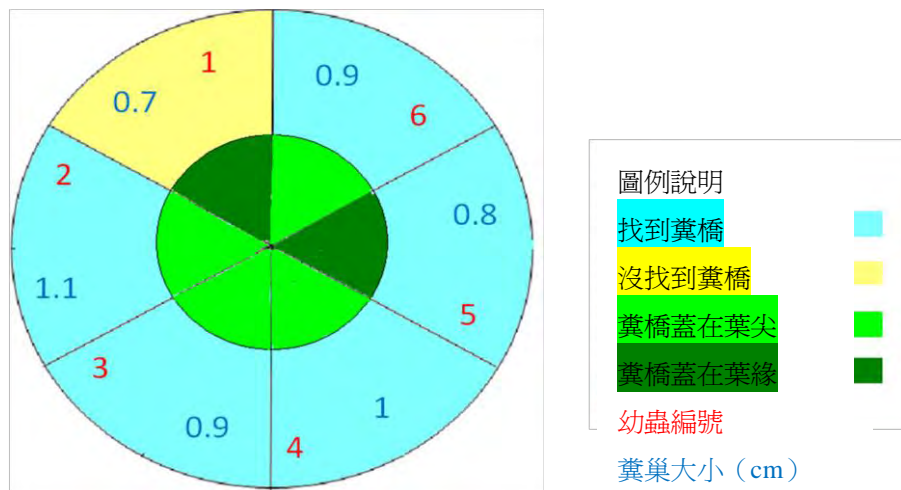
爲了證實幼蟲不會辨識橋是誰的，我們將幼蟲互換位置：



表八 幼蟲對於互換橋的反應結果

編號		原糞巢橋位置	糞巢大小(cm)和葉片接觸長度)	一二組互換後是否找到新糞橋
第一組	1	葉緣	0.7	否
	2	葉尖	0.9	是
	3	葉尖	1	是
第二組	4	葉尖	0.9	是
	5	葉緣	0.8	是
	6	葉尖	1.1	是

圖六 幼蟲對於互換橋的反應



結果：

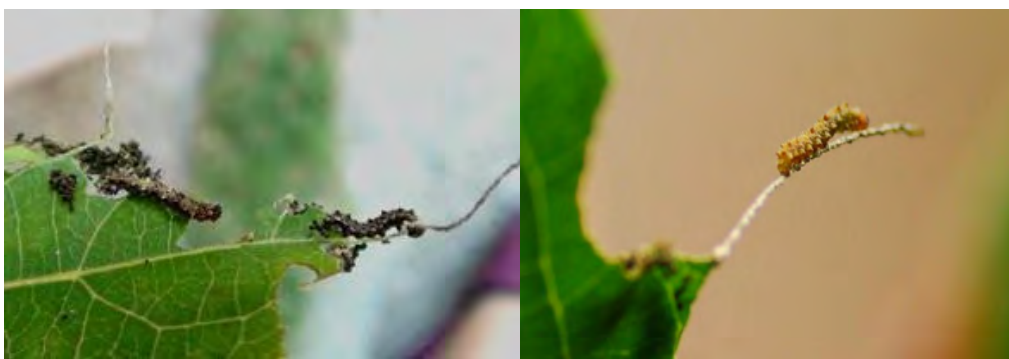
1. 換葉子後幼蟲並不會找原來的橋在哪裡，只要附近沒有糞橋會再重建新橋和新巢。
2. 互換橋後兩隻幼蟲分別繼續使用新的橋，因而證明了我們的推論，也就是幼蟲並不會辨識橋是不是自己蓋的，而是續用別的幼蟲蓋的舊橋。

六、 糞巢與糞橋的功能(why?)

究竟為什麼幼蟲一出生就要建築糞橋?橋斷了會一再的築橋，不管換了葉片還是換一座別的橋，牠都要棲息在糞橋上，然後在糞橋基部築起糞橋呢?我們觀察到以下現象:

(一)偽裝

幼蟲的顏色和其糞便的顏色相近，停棲在葉片上和糞巢一起時不易分辨，此外糞橋在外觀上看起來像沒有被吃掉的乾枯葉脈，因此**停棲在糞橋上也是有偽裝的效果**。根據我們的觀察**樹葉搖動時常見幼蟲趕緊爬回糞橋**的模樣，而**每一次幼蟲在蛻皮的重要時候也一定會回到糞橋上蛻皮**，然後在糞橋上吃掉自己的皮，可見糞橋對幼蟲而言是最安全的藏身之處。



照片 26 停在葉子上的幼蟲看起來像糞巢或枯葉有偽裝效果

(二)躲避天敵

在觀察時常可見到其他蛾類幼蟲、螞蟻、椿象、蜘蛛等小動物在菲律賓饅頭果上爬行，也曾觀察到椿象在靠近糞巢後返身離開的狀況，因此**糞巢上的糞便顆粒與纏繞的細絲對其他蟲產生了阻擋的效果**。我們也曾推想糞巢是否有特殊氣味，但是將螞蟻椿象等蟲置於裝有許多一顆顆分開的糞便盒中時，**這些昆蟲似乎不太怕糞便的氣味，在糞便上自在的爬著**。因此我們認為只有當白三線蝶的幼蟲以細絲將糞便纏繞成糞巢才能造成物理屏障效果而非糞便氣味的影響。



照片 27 椿象爬向糞巢後返身離開

(三)擋住雨水

我們在研究過程中**意外發現幼蟲的糞巢可以擋住順著葉片留下的水珠**，讓幼蟲不會因全身被水覆蓋而窒息死亡。**當我們滴水在葉片上時水葉葉片上和糞巢上都形成類似蓮花效應的水珠滾落**，因此我們認為在下雨時幼蟲如果躲在糞橋和糞巢附近比較不會全身濕透而影響生存。



照片 28 水珠滴在葉片和糞巢會形成水珠滑落

(四)幼蟲的其他禦敵策略

卵有細毛且會反光天敵可能因細毛阻擋無法接近卵，一齡~四齡時主要利用糞巢避敵棘刺尚不明顯。四齡以後棘刺開始變長，尤其五齡幼蟲已經離巢四處攝食，因此棘刺明顯變長還有許多分支，體色也鮮豔多變，發揮警戒、防禦的功能。



照片 29 五齡幼蟲體色鮮豔多變，頭部和身體佈滿棘刺

伍、結論

一、白三線蝶 (who?)

1. 蛺蝶科的白三線蝶 (*Athya perius*) 一生可分為卵期、幼蟲(一~五齡)、前蛹期、蛹期、成蟲，在氣溫 25°C 下卵期約 7~8 天、幼蟲期約 20 天、蛹期約 7~10 天。
2. 白三線蝶幼蟲以菲律賓饅頭果為食草，一片葉子上只有一顆卵，一~四齡生活於同一片葉片上，棲息於糞橋和糞巢附近。
3. 五齡幼蟲會離巢攝食，進入前蛹期之前，在葉子的主脈靠葉基約三分之一葉片長處，左右來回以 8 字形吐絲編織絲座，最後以魔鬼氈狀的尾足掛上絲座準備化蛹。

二、糞巢與糞橋的位置 (where?)

1. 糞巢建造的位置大部分集中在葉尖主脈上，但也有 40% 建造在葉緣。
2. 幼蟲齡期越大糞橋長度就越長，可能是較大的幼蟲需要較大的空間停棲。
3. 四齡之前幼蟲棲息在糞橋上，只有攝食時會爬離糞橋，一有驚擾會立刻回糞橋。
4. 五齡幼蟲體型和食量都很大，五齡之後就棄糞巢而去不再回到糞橋棲身。

三、糞橋與糞巢的結構與成分 (what?)

1. 糞巢的組成成分有糞便、碎葉片以及黏性強由幼蟲吐出的絲線，一齡的糞便細長，多用來接糞橋。二齡的糞巢夾雜著許多細小的葉片碎屑。三齡的糞巢較大且明顯的阻隔葉子通往糞橋的路。四齡的糞巢有時會因為重量太重垂下來甚至掉落。
2. 四齡之前的總食量約 15cm²，五齡期食量大增約會吃掉 5~6 片葉子，身體也急遽成長。排糞數量也隨齡期增加而增加。

四、糞橋建造的過程 (how?)

1. 幼蟲孵化後立即吃掉自己的卵殼，然後在葉緣來回爬行後隨機選定建造位置。
2. 幼蟲在還沒有吃葉子之前就已經在葉緣吐絲，黏上糞便向外加長糞橋長度。
3. 幼蟲有時吐絲一端固定在葉背葉脈細毛上黏上糞便，黏上碎葉片和糞便後會吐絲不斷纏繞。
4. 幼蟲的吐絲器是一根細管，會吐出液態絲蛋白，遇到空氣候變成絲。幼蟲以尾足和腹足抓住絲線即能在葉片上行走。

五、移去糞橋與糞巢的反應

1. 移去糞巢後幼蟲會在原處繼續蓋新的糞巢，只是規模較原來小。
2. 將幼蟲棲息的糞橋剪斷，幼蟲會將原糞橋再次加長，再次剪短幼蟲會再度加長。
3. 根據換葉子和換橋實驗得知幼蟲找不到原糞橋會另外建造糞橋，但如有別的糞橋可用也會續用，因此幼蟲不會認橋。

六、為什麼要搭建糞巢及糞橋(Why?)

1. 糞橋和糞巢是幼蟲蛻皮和休息的重要棲所，對幼蟲有重要的躲避與偽裝的功用。
2. 糞巢上的糞堆和絲對行走的小型昆蟲如螞蟻形成物理性屏障，也有類似蓮花效應的擋雨效果。
3. 四、五齡幼蟲棘刺變長且體色較鮮艷具有警戒效果，不再利用糞巢避敵。

陸、研究展望

一個問題的解決往往又帶來新的問題，糞橋與糞巢真的那麼有效躲避天敵嗎？我們在去年 3~10 月間做野外觀察時每一棵菲律賓饅頭果(約 20 棵)上都有白三線蝶的幼蟲在上面活動，因此很容易取得和觀察幼蟲。然而今年到目前為止(已經 6 月了!)竟然找不到任何幼蟲的身影，難道是天候異常造成的?白天觀察時只發現葉子都被咬了大半，看起來是其他生物的咬痕，然而卻見不到任何蟲影?

經過幾次夜間探訪後發現原來在夜間的非菲律賓饅頭果上活動的生物還真是精采，有忙碌的螞蟻、椿橡、大型蜘蛛、食蚜蠅、蛾類，另外還有數目和食量驚人的金龜子正在啃食幼蟲的食草，難怪今年都找不到白三線蝶的幼蟲，可能還沒孵化前就已經被啃食光

了！因此白三線蝶幼蟲的糞橋和糞巢躲的了小型的天敵，卻抵擋不了來自各方的大型掠食者和強勢搶食的競爭者！難道白三線蝶就此在鳥松溼地失去蹤跡？這些生物之間如何互動和彼此影響？真的是耐人尋味的問題！



照片 30 被啃食大半葉片的菲律賓饅頭果植株及活動其上的動物

另外在研究期間，我們發現白三線蝶成蝶剛羽化或倒吊在葉背休息時翅膀大多是閉合的；可是蠻多時候我們可見到牠張開翅膀停著或到處走動，尤其是停在與地面垂直的小屋邊壁或在地面上喝水攝食時牠的翅膀常常是張開的，這似乎和蛾類較為類似。到底蝴蝶翅膀的張合和什麼有關？我們常常在想。



照片 31、白三線蝶成蝶的各種停棲姿

柒、致謝

在鳥松濕地觀察生物是多年來的興趣也是習慣，不論是陽光普照、陰雨綿綿或者是寂靜黑夜，這裡的景觀和生物伴我紓解課業的壓力，遠離充滿競爭氣氛的校園，我喜歡這裡的一切，看著白三線蝶幼蟲在橋上來來回回、鏗而不捨的築糞橋、蓋糞巢，不禁讚嘆自然界中生物的生存之道，也總能鼓舞我向前迎接未來的挑戰。

在研究過程中，我們經歷了不少失敗和挫折，有時爲了尋找一隻幼蟲而翻遍溼地的每一個角落，仍然一無所獲；有時辛苦收集的影片檔會無意中被刪除或遺失而前功盡棄，這中間的過程真是令人百感交集。溼地的義工阿姨邀請我們到解說站把溼地的美和三線蝶的奧秘和大家分享，雖然我們只是個學生，不過在大家的鼓勵之下還是硬著頭皮答應了！感謝濕地的生物和義工阿姨一路相挺，也感謝師長的支持和協助！



照片 32 鳥松濕地的美麗景致

捌、參考資料

● 書籍類

1. 鳥松濕地公園自然觀察解說手冊（民93），高雄自然觀察學會。
2. 台灣昆蟲手本 李季篤（民國95），國立台灣科學教育館。
3. 台灣賞蟲記，張永仁（民94），晨星出版社。
4. 昆蟲入門 張永仁（民87），台北，遠流。
5. 昆蟲圖鑑 張永仁（民87），台北，遠流。
6. 蝴蝶100，張永仁（民94），台北市：遠流。
7. 台灣常見的蝴蝶，台灣蝴蝶保育學會（民94），台北市。
8. 台灣蝴蝶圖鑑，李俊延、王效岳（民91），台北市：貓頭鷹。
9. 陽明山國家公園解說叢書--賞蝶篇，張永仁（民91），陽明山國家公園管理處。

- 期刊類

1. 自然保育季刊 第41期 第49頁 張連浩、何健鎔。
2. 白圈三線蝶的幼蟲及其食草紀錄，自然保育季刊，第51期，第46頁，范義彬、呂勝由。
3. 白三線蝶(*Athyma perius perius*)在菲律賓饅頭果葉上的生活史與食葉量調查，鄭秋玲 陳耕揮，植物保護學會會刊 49：81-90, 2007。
4. 精密的建築師—蠶，中華民國第49屆中小學科展，國小組，生物科。
5. 小單帶蛺蝶的生存策略探討，中華民國第40屆中小學科展，高中組，生物科。
6. 黑擬蛺蝶(*Junonia iphita iphita*)的幼蟲生存策略，2007台灣國際科展，台北市建國中學。
7. André V. L. Freitas and Paulo S. Oliveira. (1992). Biology and behavior of the neotropical butterfly *Eunica bechina* (Nymphalidae) with special reference to larval defence against ant predation. *Journal of Research on the Lepidoptera* 31(1-2):1-11.

- 網路資料

1. 嘎嘎昆蟲網—昆蟲圖鑑 http://gaga.jes.mlc.edu.tw/new23/cp03_74.htm
2. 多樣昆蟲網 <http://www.cyps.hlc.edu.tw/animal-web/anim.HTM>
3. 台灣生態多樣性資訊入口網站 <http://taibif.org.tw/xoops2/modules/tinyd2/index.php?id=3>
4. 昆蟲影像紀錄-六足王國 <http://freebsd.tspes.tpc.edu.tw/~afu/>
5. 烏松濕地主題網 <http://k.dhp.ks.edu.tw/subweb/ch/index.htm>

【評語】 030305

1. 能夠長期觀察白三線蝶生活史，關心生態環境之變化。
2. 敘述口語暢順，能就主題內容詳細說明。
3. 生活史之文獻資料豐富不需多加著墨，幼蟲搭建糞橋與糞巢之功能觀察研究有趣，值得再加強深入探索。