

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

佳作

080305

「蜂」煙四起～杜鵑三節葉蜂結繭與孤雌生殖？

學校名稱：新北市中和區秀山國民小學

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| 作者：<br>小五 王鵬維<br>小五 彭冠傑<br>小五 吳沛諳 | 指導老師：<br>陳雅芬 |
|-----------------------------------|--------------|

關鍵詞：杜鵑三節葉蜂、孤雌生殖、結繭

# 「蜂」煙四起~杜鵑三節葉蜂結繭與孤雌生殖?

## 摘要

四月底，一隻隻如黑煙般飛來飛去的小蟲，忙碌的在杜鵑花叢上交配產卵，牠們是我們校園裏最常見的葉蜂——杜鵑三節葉蜂。當牠們大量出現時，正是四年級進行昆蟲單元的時候。我們看到許多同學飼養失敗，引發對杜鵑三節葉蜂的興趣，從研究中克服了幼蟲結繭失敗的問題，找出杜鵑三節葉蜂的飼養方法。我們經由實際飼養，不但了解了牠們的生活史、觀察到許多有趣的習性、找出牠們雌雄成蟲間的辨識方法，並比較牠們在有性生殖與孤雌生殖之間的差異。透過持續的校園葉蜂數量調查，我們發現葉蜂偏好冷涼的環境，每年 6 月至隔年 3 月，杜鵑三節葉蜂並沒有消失，只是數量變少而已。

## 壹、研究動機

四年級下學期，自然課上到第二單元昆蟲時，老師要我們每人實際飼養一種昆蟲，觀察昆蟲的一生。四月底，有些同學在杜鵑花上找到一種橘色頭的毛毛蟲來飼養，當時杜鵑花上滿滿都是這種蟲。老師告訴我們那是杜鵑三節葉蜂，每年 3-6 月出現，牠們能進行孤雌生殖，會將葉子邊緣鋸開，把卵產在葉肉中，是杜鵑花的害蟲。飼養一陣子之後，大多數同學飼養的葉蜂幼蟲沒辦法順利結繭，不是養死了，就是消失不見了。因此，我們很好奇，需要哪些條件才能讓杜鵑三節葉蜂順利結繭呢？

## 貳、研究目的

- 一、探究杜鵑三節葉蜂幼蟲結繭所需的環境。
- 二、了解杜鵑三節葉蜂的生活史與習性。
- 三、找出杜鵑三節葉蜂雌雄成蟲之間的差異。
- 四、確認杜鵑三節葉蜂是否能孤雌生殖，以及孤雌生殖後代雌雄的比例。

五、了解每年 6 月以後，杜鵑葉蜂消失了，隔年 3 月還會再出現的原因。

六、製作一份杜鵑三節葉蜂飼養指南。

## 參、研究器材

一、生物材料：杜鵑三節葉蜂 (*Arge similis*)、杜鵑花 (*Rhododendron spp.*)



圖 1. 平戶杜鵑是校園裡最常見的杜鵑花，每年 3 月盛開。



圖 2. 三月初時，杜鵑花盛開，同時也長出了許多顏色較鮮嫩，葉片較薄較大的新枝葉，提供葉蜂幼蟲充足的食物來源。

二、設備及器材：含蓋小水瓶、含蓋免洗碗、免洗杯、紗布、橡皮圈、小型密封保鮮盒、解剖顯微鏡、解剖針、鑷子、數位相機、尺、紀錄紙、培養土、腐植土、衛生紙、塑膠水族箱、噴瓶、昆蟲飼養帳、昆蟲飼養箱、捕蟲網、水果、落葉、瓶蓋、量杯、透明塑膠管、冰箱。

## 肆、研究方法

一、終齡幼蟲結繭時需要什麼樣的環境？

(一)觀察成功結繭同學的飼養盒中，杜鵑葉蜂結繭的地方。

(二)實際到校園杜鵑花叢下方的泥土上，尋找杜鵑三節葉蜂的繭，觀察繭出現的位置及環境。

(三)葉蜂的結繭環境：

1. 在飼養杯底部鋪一層 3 公分厚撕碎的衛生紙，觀察 15 隻葉蜂結繭的情形。

2. 在飼養杯底部鋪一層 3 公分厚的培養土，觀察 15 隻葉蜂結繭的情形。
3. 在昆蟲飼養帳底部鋪上一層落葉，觀察 11 隻葉蜂結繭的情形。

#### (四)水分對結繭的影響：

1. 將加水拌濕的潮濕腐植土及曬乾三天的乾燥腐植土分別放入兩個塑膠水族箱中，各放入杜鵑花枝條及 16 隻終齡幼蟲，等杜鵑葉蜂幼蟲全部從枝條上掉落土壤上，數日後，將腐植土倒出，分別計算杜鵑葉蜂成功結繭的數量。
2. 分別將各 10 隻即將結繭的終齡幼蟲放入潮濕衛生紙與乾燥衛生紙中，觀察結繭的情形。
3. 分別將各 10 隻即將結繭的終齡幼蟲放入潮濕落葉及曬乾 3 天的落葉中，觀察結繭的情形。
4. 將 5 隻即將結繭的終齡幼蟲分別放入透明塑膠管中央，管口分別用潮濕及乾燥衛生紙塞住，於潮濕端標記英文字母 W，乾燥端標示英文字母 D，觀察幼蟲移動及結繭的情形。



- (五) 土壤硬度對葉蜂節繭的影響：分別將 1000 ml 的鬆軟泥土放入 2 個飼養箱中，將其中一個飼養箱中的泥土用瓶蓋壓實，各放入 10 隻即將結繭的終齡幼蟲，觀察結繭的情形。

圖 3. 用來進行實驗的葉蜂終齡幼蟲：即將結繭的終齡幼蟲已不再啃食葉片，身體變扁、縮短，呈橘色。

#### (六)水分對羽化的影響：

我們最初飼養葉蜂時，將繭取出放在密封的小保鮮盒中，每日打開通風一次，觀察葉蜂羽化的情形，結果十分順利。而在潮濕腐植土中結繭的葉蜂，經過一個暑假，卻沒有成功羽化。我們將繭剪開，發現幼蟲並沒有化蛹，而是身體縮短變黑，乾死在繭中。我們推測可能是經過一段時間，土壤乾掉，使葉蜂在繭中死亡。於是我們決定定期對腐植土噴水，保持土壤濕度，觀察葉蜂是否能成功羽化。

## 二、生活史與習性

將杜鵑三節葉蜂雌雄成蟲帶回，放入昆蟲帳中，觀察牠們交配的情形，並提供切開的水果給成蟲補充體力，等待雌蜂在杜鵑花枝條上產卵。



圖 4. 我們用切開的水果飼養成蟲。

(一) 幼蟲孵化後，將幼蟲一隻一隻單獨移到插在水瓶中的杜鵑花枝條上飼養，觀察並記錄生長情形。

(二) 提供終齡幼蟲適當的結繭環境，繼續觀察及記錄。

(三) 用切開的新鮮水果繼續飼養羽化的成蟲，觀察及記錄成蟲交配、產卵的情形及並記錄壽命長短。

## 三、雌雄成蟲之間的差異

(一) 以昆蟲網捕捉交配中的成蟲，放入昆蟲飼養帳中直接觀察。

(二) 蒐集飼養及觀察後死亡的成蟲，在解剖顯微鏡下觀察雌蜂和雄蜂之間的差異。

(三) 雌雄比例：

1. 以昆蟲網捕捉葉蜂成蟲，放入冷凍庫冰凍 3 分鐘，待葉蜂昏迷後，判斷成蟲性別並記錄，計算雌雄比例。
2. 蒐集杜鵑花叢下的未羽化葉蜂繭，將繭一個個單獨放入免洗杯中，放入泥土及落葉，用紗布罩住，每日噴水，羽化之後，判斷性別、量體長、體寬、繭長、繭寬，並計算雌雄比例。

(四) 生殖構造與產卵行為的觀察

1. 直接觀察杜鵑三節葉蜂產卵的過程並記錄。
2. 在解剖顯微鏡下觀察雌蜂標本的產卵管構造，探討與產卵行為的關係。

四、孤雌生殖與有性生殖的比較

- (一) 將 2 隻單獨飼養至羽化且未交配的雌蜂放入帳篷中，提供杜鵑花枝條給牠們產卵。
- (二) 將交配中的 2 對葉蜂放入帳篷 B 中，提供杜鵑花枝條給牠們產卵。
- (三) 比較帳篷 A 及帳篷 B 中產卵數量、卵孵化的天數、孵化比例、幼蟲存活率及幼蟲羽化之後的性別比例。

五、發生情形

- (一) 將校園裡有種杜鵑花的區域劃分為五個樣區，如圖 5.：



圖 5. 本校杜鵑花調查樣區分布圖

(二) 每週調查一次樣區內所發現的杜鵑三節葉蜂的卵、幼蟲、成蟲數量，紀錄到表格中，並計算出每月杜鵑三節葉蜂平均每次出現的數量。

## 伍、結果

### 一、成功結繭所需要的環境

(一) 從觀察飼養成功的案例中，我們發現幾個共同的特徵：

1. 飼養盒沒有漏洞，幼蟲不能逃走。
2. 通風良好，幼蟲不會發霉死亡。
3. 底部有鋪衛生紙、溼泥土及葉片，終齡幼蟲會在衛生紙和葉片之間或溼泥土中結繭。

(二) 杜鵑花叢下的葉蜂繭觀察結果：

1. 在沒有落葉層的地方，我們挖開杜鵑花叢下泥土尋找，結果一無所獲，我們發現這些地方的泥土經常被踩踏、較硬。
2. 第一年，我們在落葉層的地方，找到許多葉蜂的繭，這些繭大多位於落葉與泥土之間，不過，葉蜂已經羽化離開。第二年 5 月，我們在兩叢杜鵑花下的落葉層中找到 24 個未羽化的繭以及 58 個中空的繭，有些半埋在落葉層下方鬆軟的泥土中。



圖 6. 有些同學的葉蜂幼蟲在杜鵑花葉片與衛生紙之間結繭。



圖 7. 飼養的葉蜂幼蟲鑽入腐植土中約 0.5 cm 深(箭頭處)的地方結繭。



圖 8. 校園中發現的葉蜂繭通常位於落葉層與泥土層之間

### (三) 葉蜂終齡幼蟲在不同環境中結繭情形比較

#### 1. 實驗結果如表 1.：

表 1. 葉蜂幼蟲在不同環境中結繭的情形

| 結繭環境   | 衛生紙  | 培養土  | 落葉 (有噴水) |
|--------|------|------|----------|
| 實驗數量   | 15 隻 | 15 隻 | 11 隻     |
| 成功結繭數量 | 0 隻  | 6 隻  | 10 隻     |
| 結繭成功比例 | 0 %  | 40 % | 90.91 %  |

2. 幼蟲在落葉中的結繭成功率最高，在衛生紙中無法結繭。因為用來實驗的葉蜂終齡幼蟲從枝條上掉落至飼養箱底部結繭的時間先後不一，導致部分幼蟲結繭時，培養土中的水分已經乾掉，可能是影響葉蜂幼蟲結繭成功的因素。



圖 9. 我們在落葉堆中仔細尋找葉蜂所結的繭



圖 10. 在枯草與落葉上找到了 10 個繭(箭頭處)



圖 11. 有些繭須剝開捲起的葉片才能發現

### (四) 水分對結繭的影響：

1. 水分確實會影響葉蜂幼蟲是否能成功結繭，實驗結果如表 2.。



表 2. 水分對葉蜂幼蟲結繭的影響

| 結繭環境        | 潮濕<br>腐植土 | 乾燥<br>腐植土 | 潮濕<br>衛生紙 | 乾燥<br>衛生紙 | 潮濕<br>落葉<br>(落葉中<br>空氣濕度<br>90%) | 曬乾 3 天<br>的落葉<br>(落葉中<br>空氣濕度<br>79%) |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 實驗數量        | 16 隻      | 16 隻      | 10 隻      | 10 隻      | 10 隻                             | 10 隻                                  |
| 成功結繭<br>數量  | 13 隻      | 0 隻       | 10 隻      | 0 隻       | 10 隻                             | 8 隻                                   |
| 成功結繭<br>百分比 | 81.25%    | 0%        | 100%      | 0%        | 100%                             | 80%                                   |



圖 12. 潮濕衛生紙中的葉蜂幼蟲三個  
小時後便鑽入結繭。



圖 13. 乾燥組的葉蜂幼蟲到第二天仍  
未結繭。

- 5 隻試管中的終齡幼蟲都往潮濕衛生紙端移動，2 隻只有在試管上吐絲，3 隻成功結繭，可見幼蟲有偵測水分的能力。



圖 14. 將終齡幼蟲放在透明塑膠管中央，第二天終齡幼蟲全都往潮濕衛生紙端 (W 端) 移動。

(五) 土壤硬度對結繭的影響：

1. 幼蟲在鬆軟的土壤上全部結繭成功，在壓實的土壤上全部結繭失敗。
2. 在壓實的土壤上葉蜂幼蟲仍會在土壤表面將絲吐盡、身體縮短進入前蛹期，大多數的幼蟲在數日後發霉或逐漸消失，但其中有一隻在泥土的絲上化蛹。

表 3. 土壤硬度對幼蟲結繭的影響

| 土壤硬度    | 鬆軟   | 堅硬   |
|---------|------|------|
| 實驗數量    | 10 隻 | 10 隻 |
| 成功結繭數量  | 10 隻 | 0 隻  |
| 成功結繭百分比 | 100% | 0%   |



圖 15. 葉蜂幼蟲在鬆軟泥土上成功結繭，繭半埋在泥土中



圖 16. 葉蜂幼蟲在壓實泥土上無法成功結繭，但是在土壤表面觀察到牠們吐的絲



圖 17. 其中一隻在泥土的絲上化蛹，大多數的幼蟲在數日後發霉或逐漸消失。

## (六) 不同環境中，葉蜂繭羽化情形：

1. 定期噴水保持適當濕度確實能使葉蜂成功羽化，結果如表 4。

表 4. 不同環境中，葉蜂繭羽化情形比較

| 羽化環境      | 密封保鮮盒中，每日打開通風一次 | 通風，乾掉的培養土 | 通風，定期噴水保持潮濕的培養土 |
|-----------|-----------------|-----------|-----------------|
| 觀察月分      | 5 月             | 7 月       | 12 月            |
| 觀察的繭數量    | 14 個            | 13 個      | 8 個             |
| 羽化所需天數    | 15-18 天         | 在繭中死亡     | 22-30 天         |
| 成功羽化的葉蜂數量 | 14 隻            | 0 隻       | 7 隻             |
| 成功羽化的比例   | 100%            | 0%        | 87.5%           |

## 二、杜鵑三節葉蜂的生活史及習性

(一)杜鵑三節葉蜂的生活史經歷卵、幼蟲、蛹、成蟲四個時期，屬完全變態昆蟲。

(二)卵的形狀像一粒彩色豆軟糖，米黃色，位於杜鵑花葉緣的葉肉中，長 2.0 -2.5 mm，約 8-10 天孵化。杜鵑花葉片上被葉蜂產卵的地方一開始是原來葉片的顏色，幾天之後，會慢慢轉變為枯葉的顏色。



圖 18. 在顯微鏡下挑開杜鵑花葉片表面，看到杜鵑三節葉蜂的卵像一粒米黃色的彩色豆軟糖。



圖 19. 靠近杜鵑花葉緣的米粒般突起裡面就是杜鵑三節葉蜂的卵。(箭頭處)

### (三) 幼蟲：

剛孵化的**幼蟲**是乳白色的，頭部先鑽出來。幼蟲會經歷 5 次蛻皮後才結繭，共有 6 齡。幼蟲蛻皮後不會吃掉蛻下的皮，齡期越大，蛻皮越大，糞便顆粒也越大。糞便顆粒的大小與蛻皮的寬度可以做為判斷幼蟲齡期的參考。頭殼橘色，兩側各有一黑色眼睛；身體半透明，綠色至橘色，有許多毛及黑色斑點；胸足 3 對，**腹足 5 對**，尾足不明顯；爬行及覓食時，尾部蜷曲並且懸空；遇到危險時會捲成一球掉落地面裝死。攝食葉片時，會先從葉片基部開始，頭部朝葉尖方向，先吃完葉片的一側，再吃葉片另一側，一樣是從葉片基部開始吃，頭朝葉尖方向，一直吃到到幾乎只剩葉片中間主脈時，才離開去吃另一葉片。飼養過程中，如果枝條上的葉片只剩下主脈時，幼蟲即掉落地面，到處爬行，兩三天就會餓死，就算沒死，再把牠重新放到新鮮的枝條上也不進食，所以飼養幼蟲時要特別注意枝葉是否足夠。



圖 20. 正在孵化的幼蟲



圖 21. 剛孵化出的幼蟲



圖 22. 一齡幼蟲會從孵化的位置開始吃葉片，每一隻大致上都是頭朝葉尖方向。



圖 23. 杜鵑三節葉蜂幼蟲攝食一片新葉片時，通常從葉片基部的一側開始吃，而且頭部朝葉尖方向，尾部蜷曲且懸空。

(四)終齡幼蟲結繭前停止攝食，全身橘色，較為扁平，會掉落地面到處爬行，尋找適合結

繭的地方。最後，牠們會鑽到落葉之間，或鬆軟土壤中約 0.5 cm 深的地方吐絲結繭。  
繭長 11.5-17mm，寬 5-7 mm，淡橘色。結繭後，幼蟲的身體縮短至 11-15mm，經過數天後才會蛻皮化蛹。

(五)蛹起初為橘黃色，已經有成蟲的外形，羽化前轉為黑色。

(六)羽化後，成蟲會咬破繭的一端鑽出來，全身藍黑色，白天活動，未交配的雄蜂壽命 13-17 天，雌蜂壽命 22-28 天。



圖 24. 葉蜂幼蟲受碰觸後會從枝條掉落，並蜷曲身體裝死。



圖 25. 蛻皮中的幼蟲體色較淡。



圖 26. 羽化後，正在舔食新鮮水果汁液的成蟲。



圖 27. 剝開的繭：杜鵑三節葉蜂的繭有 2 層，外層較粗糙，孔洞較大，內層薄而細緻。



圖 28. 幼蟲在繭中經過數天後才會蛻皮化蛹。剛形成的蛹，外表呈金黃色，複眼紅色。



圖 29. 羽化前蛹變成黑色

(七)其他發現：我們在進行葉蜂數量調查時，發現有三隻剛孵化的一齡幼蟲長得和其他幼蟲不一樣，頭是黑色的，帶回教室飼養後，發現牠們在二齡以後就與其他杜鵑三節葉蜂沒有差別了，應該是極少數的變異。



圖 30. 極少數杜鵑三節葉蜂的一齡幼蟲頭殼是黑色的，二齡以後頭殼轉為橘色

表 5. 杜鵑三節葉蜂生活史各階段測量記錄

| 成長階段<br>觀察項目 | 卵期      | 一齡幼蟲    | 二齡幼蟲     | 三齡幼蟲     | 四齡幼蟲      | 五齡幼蟲      | 六齡幼蟲      | 繭         | 成蟲                               |
|--------------|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------------------------|
| 體長 (mm)      | 1.5-2.5 | 4.0-8.0 | 6.0-10.0 | 8.5-15.0 | 10.0-20.0 | 14.0-24.0 | 19.0-33.5 | 11.5-17.0 | 雌：9.5-13.0<br>雄：9.0-11.3         |
| 糞便平均長度 (mm)  | —       | 0.88    | 1.17     | 1.35     | 1.44      | 2.01      | 3.05      | —         | —                                |
| 蛻皮平均寬度 (mm)  | —       | 1.27    | 1.75     | 2.66     | 2.8       | 3.38      | —         | —         | —                                |
| 持續天數         | 8-10 天  | 3-7 天   | 2-6 天    | 3-4 天    | 3-4 天     | 4-7 天     | 6-17 天    | 15-30 天   | 雄蜂：<br>13-17 天<br>雌蜂：<br>22-28 天 |

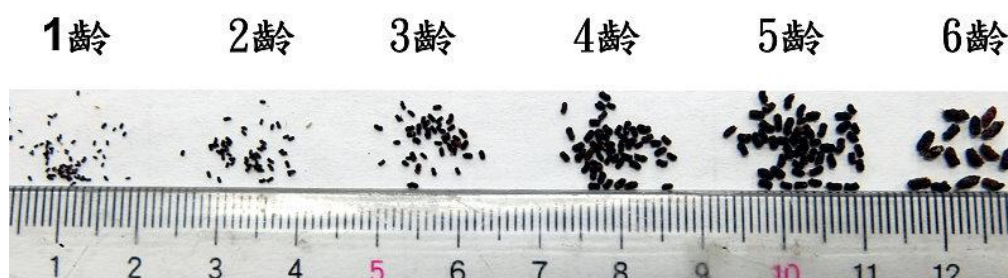


圖 31. 杜鵑三節葉蜂各齡期幼蟲之糞便顆粒



圖 32. 杜鵑三節葉蜂各齡期幼蟲之蛻皮

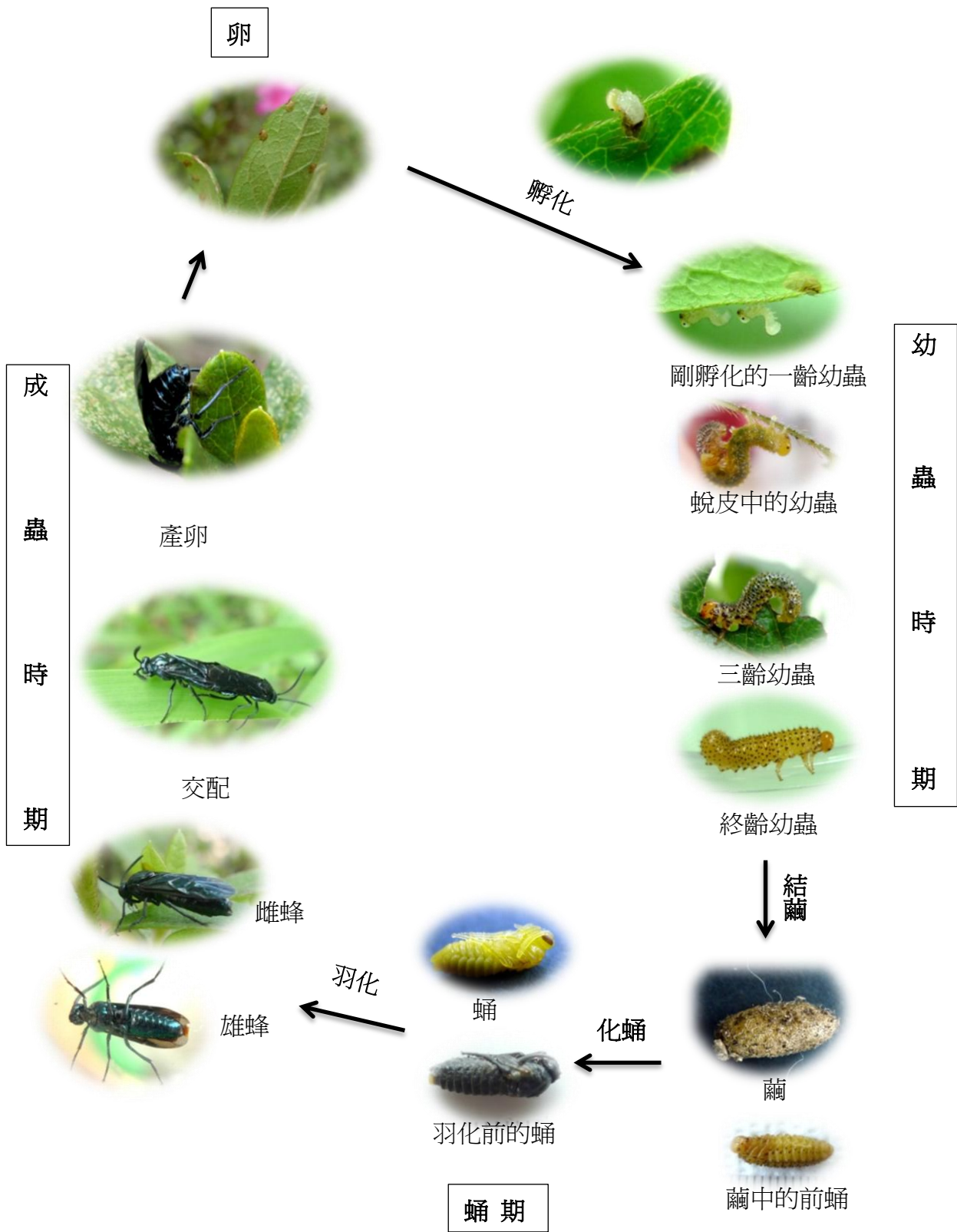


圖 33. 杜鵑三節葉蜂的生活史

### 三、雌雄成蟲之間的差異

#### (一) 雌雄成蟲差別：

1. **觸角**：雌蜂的觸角較短，約 5.5mm，由細而粗，上面的剛毛較短；雄蜂的觸角較長，約 6.0mm，由粗而細，上面的剛毛較長，向外張開的角度較大。
2. **複眼**：雌蜂的複眼較小；雄蜂的複眼較大，外凸較明顯。
3. **體型**：雌蜂體型較大，腹部粗圓；雄蜂體型較小，腹部平扁。
4. **腹部尾端**：雌蜂腹部尾端尖，中央有一縱裂縫，是鑷刀狀的產卵管伸出的地方；雄蜂腹部尾端鈍圓，腹面中央沒有縱裂縫。



圖 34. 交配中的葉蜂：左雌右雄



圖 35. 成蟲側面：左雌右雄



圖 36. 成蟲腹面：左雌右雄



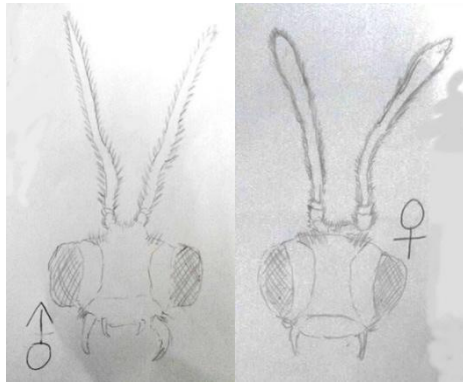
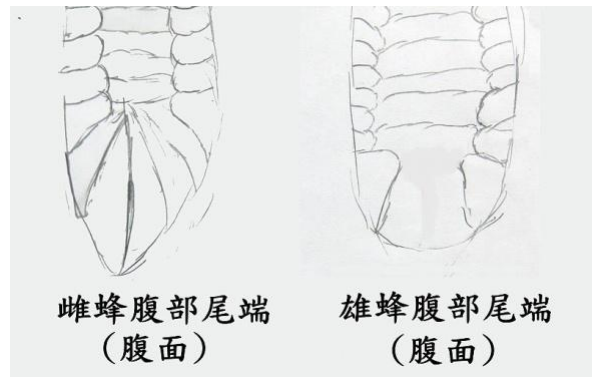


圖 37. 雌蜂與雄蜂的頭部特寫



雌蜂腹部尾端 (腹面)      雄蜂腹部尾端 (腹面)

圖 38. 雌蜂與雄蜂的腹部尾端特寫

(二) 雌雄的比例：

表 6. 不同來源的葉蜂成蟲雌雄比例

| 成蟲<br>來源 | 飼養的<br>有性生殖後代 |     | 校園中<br>直接捕捉的葉蜂 |    | 杜鵑花叢下方的繭<br>羽化後的葉蜂 |   |
|----------|---------------|-----|----------------|----|--------------------|---|
|          | 雌             | 雄   | 雌              | 雄  | 雌                  | 雄 |
| 數量       | 6 隻           | 3 隻 | 21             | 48 | 14                 | 6 |
| 雌雄<br>比例 | 2 : 1         |     | 7 : 16         |    | 7 : 3              |   |



圖 39. 5月初，杜鵑花叢附近有許多葉蜂成蟲飛舞，其中大多數是雄蜂

### (三)、雌蜂的生殖構造與產卵行爲的觀察

雌葉蜂產卵時會先飛到杜鵑花葉片上，調整身體位置，頭部朝葉片基部方向，張開腹部尾端夾子般的構造，一張一合的嘗試，等找到適當的位置後，夾緊葉緣，將鐮刀般的產卵管刺入葉片中，然後放開夾子，用留在葉片中的產卵管向前將葉肉切出一個更大更深的洞，在牠抽出產卵管的同時，產下一個卵。接著，牠可能會往葉片基部移動一些，繼續鋸開下一個洞，再產下下一顆卵。牠們在一片葉子上產數顆卵後，會繼續在同一個枝條的葉片上繼續產卵，所以卵通常集中在某一葉片或某些枝條上。



圖 40. 雌葉蜂產卵時先用腹部尾端夾子般的構造夾緊葉片。



圖 41. 雌葉蜂產卵時頭部朝葉片基部，用鐮刀狀的產卵管將葉片切開一個洞。



圖 42. 雌葉蜂鐮刀狀的產卵管，內側像鋸子一樣，邊緣有鋸齒，可以縱向切開葉肉。



圖 43.- 44. 葉蜂的卵通常集中在某一葉片或某些枝條上。

在顯微鏡底下觀察，一樣可以看到雌蜂的腹部開口左右兩側，有能夾緊葉片的構造，能幫助牠固定葉片。我們發現雌葉蜂鐮刀狀的產卵管，其實有兩片，它們像兩把大小形狀相同的鐮刀，緊密的重疊在一起。產卵管前端又尖又細，能夠刺入葉肉中，刀刃的部分像鋸子一樣，有鋸齒，可以縱向向前割開葉肉。

## 五、孤雌生殖

(一) 未交配的雌蜂確實能進行孤雌生殖。孤雌生殖與有性生殖的比較如下表。

表 7. 杜鵑三節葉蜂有性生殖與孤雌生殖的比較

| 生殖方式       | 有性生殖    | 孤雌生殖    |
|------------|---------|---------|
| 雌蜂數量       | 2 隻     | 2 隻     |
| 產卵數量       | 95 顆    | 85 顆    |
| 平均每隻葉蜂產卵數量 | 47.5 顆  | 42.5 顆  |
| 成功孵化數量     | 39 隻    | 53 隻    |
| 孵化率        | 41.05 % | 62.35%  |
| 幼蟲四齡存活數量   | 18 隻    | 8 隻     |
| 幼蟲四齡存活率    | 46.15 % | 15.09 % |

(二) 我們第一次進行孤雌生殖幼蟲飼養時，因適逢農曆過年期間，幼蟲孵化太多，葉片被幼蟲吃光，未及時補充而全數死亡。於隔年 5 月進行第二次孤雌生殖飼養時，可能由於天氣炎熱，幼蟲大量死亡，存活的幼蟲由於尚未結繭，無法判斷性別。

## 六、發生情形

我們持續調查校園中杜鵑三節葉蜂的出現數量，結果如表 8。

表 8. 杜鵑三節葉蜂出現數量調查結果

| 調查月份        | 102/6 | 102/7 | 102/8 | 102/9 | 102/10 | 102/11 | 102/12 | 103/1 | 103/2 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 每月成蟲數量 (隻)  | 25    | 7     | 2     | 0     | 1      | 10     | 12     | 2     | 3     |
| 每月幼蟲數量 (隻)  | 87    | 28    | 16    | 0     | 14     | 24     | 132    | 382   | 316   |
| 每月卵數量 (顆)   | 20    | 2     | 10    | 0     | 33     | 4      | 10     | 33    | 6     |
| 成蟲、卵、幼蟲合計   | 132   | 37    | 28    | 0     | 48     | 38     | 154    | 417   | 325   |
| 每月調查次數 (次)  | 4     | 5     | 4     | 4     | 5      | 4      | 4      | 3     | 3     |
| 平均每次發現數量(隻) | 33    | 7.4   | 7     | 0     | 9.6    | 9.5    | 38.5   | 139   | 108.3 |

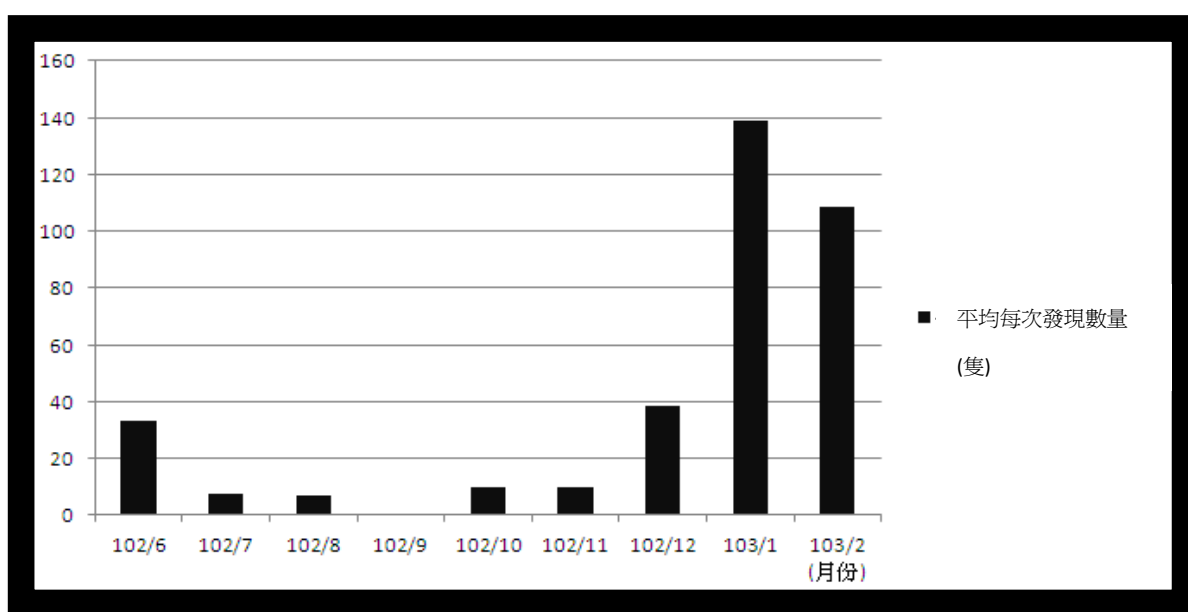


圖 45. 本校校園杜鵑三節葉蜂數量變化圖 (102 年 6 月至隔年 2 月)

## 陸、討論

### 一、 杜鵑三節葉蜂結繭需要什麼樣的環境？

我們認為影響葉蜂結繭的主要因素是水分及土壤硬度。不論是提供衛生紙、培養土或落葉，葉蜂都能在有水份的環境結繭。乾燥的落葉雖然水分含量較少，但是在葉子中應該含有少許的水分，所以即使沒有噴水，80%的葉蜂幼蟲也能結繭成功。鬆軟的土壤能讓葉蜂鑽入泥土中的縫隙，而葉蜂無法在堅硬的土壤中挖洞鑽入，因而只能在土壤表面吐絲。葉蜂吐完絲後進入前蛹狀態，未能成功結繭的葉蜂由於缺乏繭的保護，很容易乾死或發霉死亡，所以繭有保護前蛹 (或蛹) 免於被細菌或黴菌感染的功能。

## 二、 杜鵑三節葉蜂的終齡幼蟲會在哪種自然環境中結繭及羽化？

根據發現杜鵑三節葉蜂繭的地點，我們認為牠們的終齡幼蟲主要在落葉層及落葉層下方鬆軟的腐植土上方結繭。這樣的環境對杜鵑三節葉蜂有三大好處：第一，落葉層中有許多小縫隙，方便幼蟲固定絲線，能結出完美的繭；第二，繭的顏色與乾枯的落葉接近，有時落葉乾燥後會捲曲，將葉蜂繭包在中間，使葉蜂的繭更不容易被發現，有保護的作用；第三，落葉層的保水能力佳，將落葉層撥開，底下的土壤通常是濕的，可以提供足夠的濕度，避免葉蜂羽失敗。而容易遭人為踩踏，土壤層較硬的地方，葉蜂幼蟲不會鑽入結繭。

## 三、 杜鵑三節葉蜂在人工飼養時要如何照顧才能順利結繭及羽化？

飼養杜鵑三節葉蜂幼蟲時，可以將有幼蟲或卵的枝條採下，插在水瓶中，放入飼養箱中即可。不過，水瓶開口要用物品塞住，以免幼蟲掉落水瓶中淹死；注意飼養箱是否通風，不能有太大的孔隙，以免幼蟲跑掉。當葉片快要被幼蟲吃到只剩主脈時，要更換新的枝條，將幼蟲移到新的枝條上。六齡時，將飼養箱底部鋪上落葉或鬆軟的腐植土，經常噴水保持略為潮濕，等待牠們結繭及羽化。

## 四、 杜鵑三節葉蜂是否適合當作昆蟲飼養與觀察的教材？

杜鵑花是校園裡常見的觀賞花木，而春天的時候，杜鵑三節葉蜂大量發生，是校園裡最常見的葉蜂。牠們的幼蟲數量龐大，外型 and 鱗翅目幼蟲很像，而且吃葉子時，不會躲藏起來，很難不引起別人的注意。然而大多數的人往往不了解牠們，有些以為牠們是毛毛蟲，有些以為牠們的成蟲是蒼蠅，何不藉著飼養與觀察，讓小朋友有機會認識牠們呢！況且，牠們還有許多適合當作昆蟲飼養與觀察教材的理由呢！

第一，牠們大發生的時期，剛好是四年級小朋友開始上昆蟲單元的時候；第二，牠們的食草很容易取得，許多校園及公園都有栽種；將杜鵑花枝條插在水中，可以保鮮 1-2 個月，不必時常更換食草，平均一隻幼蟲大概只需要 10-20 片葉片即可完成生活史；第三，比起養甲蟲，杜鵑三節葉蜂的生活史短，春天的時候，只要 55 天左右就可以完成生活史，如果從終齡幼蟲開始養，那就更快了，也許昆蟲單元還沒上完，就能得到羽化的成蟲，飼養的人應該

會很有成就感。第四，四年級小朋友是飼養昆蟲的初學者，難免一不小心就將昆蟲養死，如果從不珍貴的蟲開始練習養，就算養死了，也不必有太大的罪惡感！反正杜鵑三節葉蜂是杜鵑花的害蟲，養死了，反而是幫杜鵑花一個大忙。第五，牠們的成蟲能以新鮮水果餵食，不像蝴蝶或某些蛾類，羽化後就必須野放，所以杜鵑三節葉蜂真的很適合當作昆蟲飼養與觀察的教材。

## 五、 如何防治杜鵑三節葉蜂？

由於杜鵑三節葉蜂是杜鵑花害蟲，所以飼養過後應避免將昆蟲野放。至於如何防治葉蜂的危害，我們根據研究結果，針對不同的生長階段，提出幾點建議：

- (一) 卵期：葉蜂的卵集中在少數葉片或枝條上，發現蟲卵時，可以直接將葉片摘除，葉蜂的卵就無法孵化。
- (二) 幼蟲：根據幼蟲啃食葉片的習性，若發現葉片被啃，只剩主脈，附近又有細長黑色的葉蜂糞便顆粒時，很容易就能找到葉蜂幼蟲，直接將幼蟲移除即可。
- (三) 繭：葉蜂幼蟲通常在落葉中結繭，可以將杜鵑花下方的落葉清除，順便清除落葉中的繭。
- (四) 成蟲：葉蜂成蟲不怕人，容易捕捉，可用捕蟲網捕捉，避免成蟲繼續產卵。

## 六、 葉蜂為何要進行孤雌生殖？

葉蜂一般被認為是經常性孤雌生殖的昆蟲，通常這類的昆蟲孤雌生殖所產生的後代是雌性的。然而與葉蜂同樣是膜翅目的昆蟲——蜜蜂，也能進行孤雌生殖，牠們用孤雌生殖產生雄蜂，因此我們很想知道杜鵑三節葉蜂孤雌生殖的後代是全都是雌性，還是全都是雄性，還是雌雄都有。由於第一次的飼養失敗，目前尚未獲得結果。我們認為如果結果是雄性，杜鵑三節葉蜂可能與蜜蜂一樣以孤雌生殖產生雄蜂，以有性生殖產生雌蜂；如果結果是雌性，那麼就可以利用孤雌生殖度過惡劣環境或者拓展生存領域。

根據孤雌生殖與有性生殖比較實驗的初步結果，我們發現孤雌生殖幼蟲的孵化率較高，但是存活率較低。

## 七、 葉蜂的雌雄的比例是多少?

從校園中找到的葉蜂繭，孵化後雌雄比例 7:3，而直接捕捉的成蟲雌雄比例卻是 7:16，實際飼養的有性生殖葉蜂雌雄比例是 2:1。我們認為直接由繭羽化的比例應該比較接近自然界中的比例，所以雌蜂應該遠多於雄蜂，雌雄比例接近 2:1。到校園捕捉成蟲時，發現許多雄蜂經常聚集在杜鵑花叢下方，我們猜測牠們可能是在等待剛羽化的雌蜂，所以有聚集的現象，容易被捕捉到。而交配過的雌蜂則因為忙著產卵，不會聚集在一起，所以捕捉到的數量就會比較少。

## 八、 杜鵑三節葉蜂的一生會經歷哪些階段？多久可以完成生活史？

杜鵑三節葉蜂跟大多數的蛾和蝴蝶一樣，生活史都是經歷卵→幼蟲→蛹→成蟲四個時期。牠們的幼蟲與鱗翅目幼蟲很像，很容易被誤認。不過牠們的眼睛比較大，頭部的左右兩側各有一個；蝶與蛾的幼蟲則是在頭部兩側各有數個很小的單眼。牠們有 5 對腹足，尾足懸空不明顯；蝴蝶和蛾則通常是 4 對腹足，尾足不懸空。幼蟲吃葉子的習性也不同，通常葉蜂幼蟲會把一片葉子吃到剩下葉子主脈，才會去吃另一片葉子，不知為何，牠們通常不會吃主脈，這與其他以杜鵑花葉片為食的昆蟲的習性非常不同，也因為牠們的這個習性，使我們更容易在杜鵑花叢裡發現牠們的蹤跡。根據人為飼養觀察的結果，牠們大約需要 55-82 天才能完成生活史。在春季時，葉蜂從結繭到羽化所需的時間較短，約需半個月，繁殖較快；冬季時，從結繭到羽化所需的時間較長，約 22-30 天；而夏季時，我們所飼養的那批葉蜂一直到秋季都沒有羽化成功，我們後來發現那些幼蟲已經在繭中死亡。這可能是夏季的高溫或環境過於乾燥，不利於葉蜂化蛹所導致。

## 九、 為何 6 月以後，杜鵑三節葉蜂消失了，隔年 3 月牠們還會再出現？

3-5 月杜鵑三節葉蜂大量繁殖，我們認為是因為春天的氣候冷涼，剛好適合葉蜂生長。3 月時，杜鵑花長出許多新枝葉，提供葉蜂幼蟲豐富的食物，此時，幼蟲非常的多，在危害嚴重的區域，大量繁殖的葉蜂幾乎吃光杜鵑花春天新長的的嫩葉。

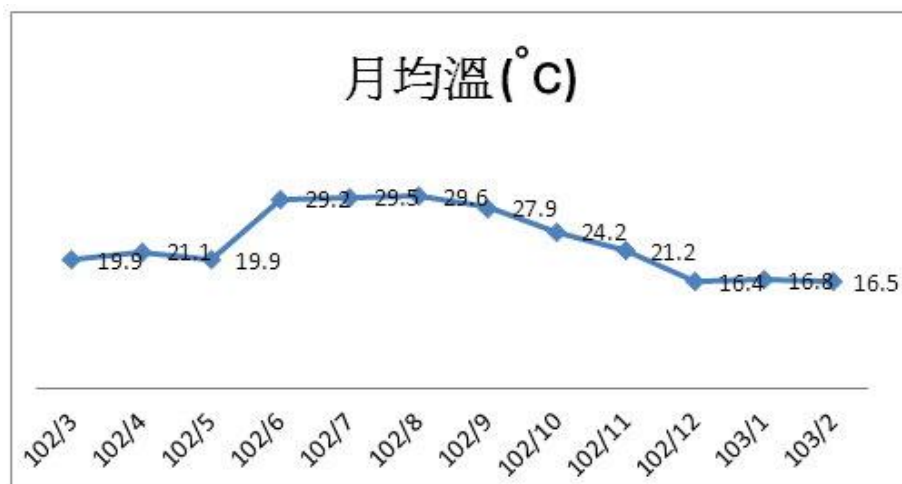


圖 46. 危害嚴重的區域，一個枝條上就有數隻葉蜂終齡幼蟲。



圖 47. 五月初，有些杜鵑花的葉片幾乎被葉蜂啃食殆盡，多數只剩葉片主脈。

6月時，葉蜂的數量突然變得很少，我們認為可能是因為氣溫升高，6月的月均溫達 $29.2^{\circ}\text{C}$ ，比5月的月均溫整整高了將近 $10^{\circ}\text{C}$ ，使得葉蜂大量死亡。6-9月持續的高溫，葉蜂數量越來越少，到九月時已經幾乎看不到了。10月以後，隨著氣溫下降，葉蜂數量又慢慢變多了起來，1-2月每次調查都超過100隻以上。到今年五月初，我們捕獲的成蟲有66隻，在兩叢杜鵑花下就找到24個未羽化的葉蜂繭，並順利抓到100隻實驗用的終齡幼蟲，少數幾叢杜鵑花的葉片已經被吃到幾乎只剩主脈了。根據以上調查結果，我們認為杜鵑三節葉蜂偏好較冷涼的環境。



資料來源：交通部中央氣象局/氣候監測

圖 48. 102 年 3 月至 103 年 2 月月均溫變化圖

我們認為夏秋季時，天氣炎熱，水氣蒸發快速，可能才是造成葉蜂減少的主要原因。



我們在 6 月進行校園葉蜂數量調查時，發現比較容易找到葉蜂幼蟲的地方，似乎都比較陰涼潮溼；而陽光較強烈的地方，幼蟲幾乎全消失了；就算能找到有卵痕的葉子，很多都是「空包蛋」，裡面的卵已莫名其妙的死亡，卵痕是扁的。所以我們猜測：溫度與溼度不但會影響葉蜂幼蟲的結繭與化蛹，也可能會影響葉蜂卵的孵化與幼蟲的順利成長，將來可以再做進一步探究。



圖 49. 6 月以後，大多數在杜鵑葉片上發現的葉蜂卵幾乎都是「空包蛋」，用針挑開，裡面已經沒有卵。

而杜鵑三節葉蜂為何在 9 月消失了呢？我們認為在 9 月時，因為葉蜂數量真的太少了，因而觀察不到。然而牠們是否消失了呢？根據 10 月的調查結果，不但有成蟲、幼蟲，也有卵。而且有些幼蟲已經是 5 齡以上幼蟲。因為牠們從卵孵化到變成五齡以上大小，至少需要 20 天以上，而有成蟲才能產卵，卵孵化了，才有齡期較小的幼蟲，所以，我們認為 9 月時，校園裡應該還是有牠們的卵、幼蟲與成蟲，只是數量太少，沒有被我們發現而已。所以，不論是一年中的任何一個月分，我們的校園中應該都有生活史各階段的杜鵑三節葉蜂，牠們從來沒有消失。

## 柒、結論

- 一、杜鵑三節葉蜂屬於完全變態昆蟲，生活史經歷卵、幼蟲、蛹、成蟲四個時期，幼蟲分 6 齡，終齡幼蟲鑽入土中或落葉層下方結繭化蛹。

二、終齡幼蟲有偵測水分的能力，水分及土壤硬度會影響葉蜂幼蟲結繭。

三、由於插在水瓶中的杜鵑花枝條可以保鮮相當長的時間，所以杜鵑三節葉蜂的幼蟲非常容易飼養，而水分會影響杜鵑三節葉蜂結繭及化蛹，人工飼養葉蜂時，可以在飼養箱底部鋪上一層厚約3-5公分的落葉或腐植土，噴水保持潮濕，以利於葉蜂結繭及羽化。牠們的生活史短，幼蟲及食草容易取得，是很好的昆蟲飼養與觀察教材，我們也製作了一份杜鵑三節葉蜂飼養指南(圖 50.-51.)。

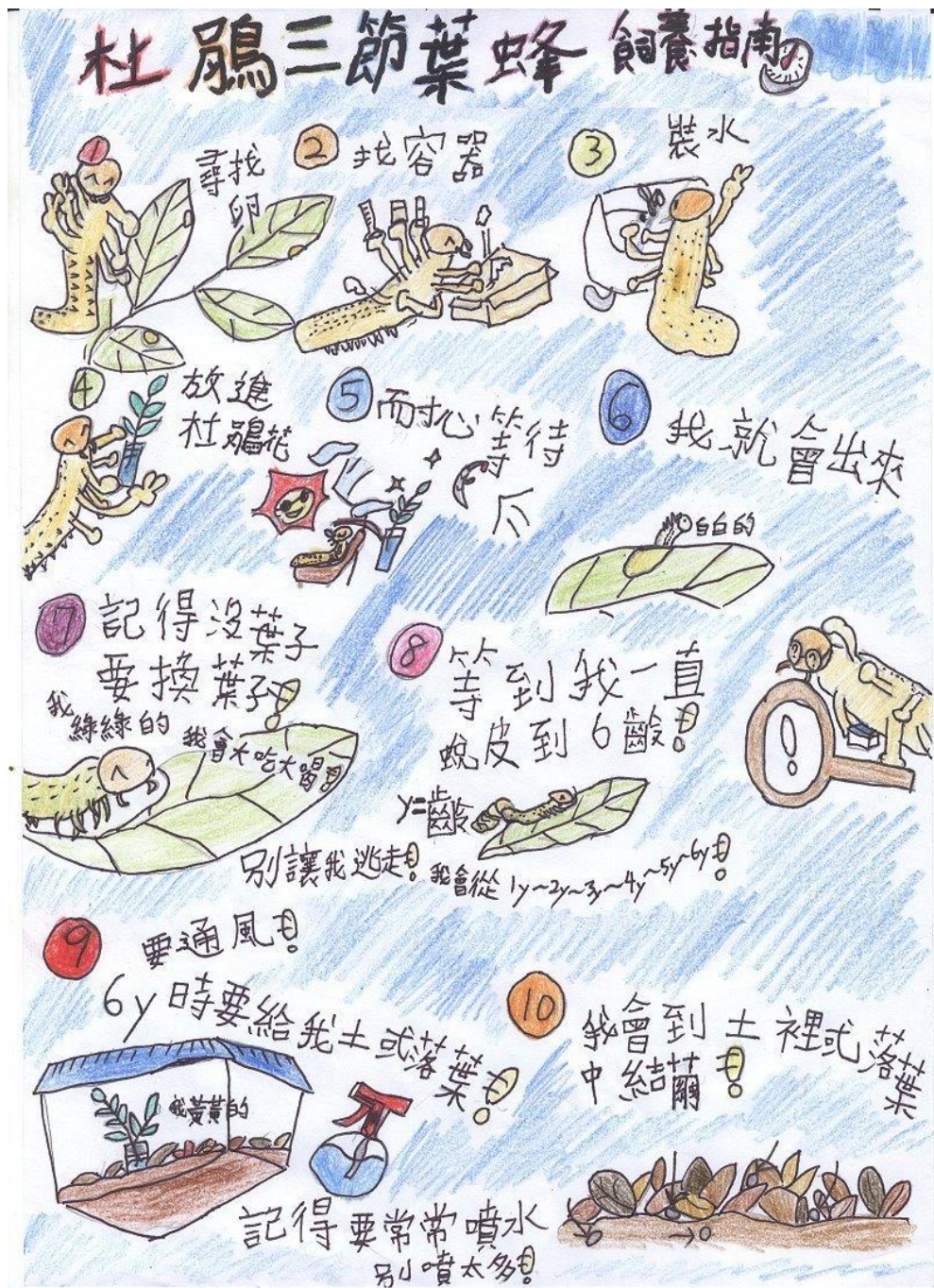


圖 50. 杜鵑三節葉蜂飼養指南(第 1 頁)

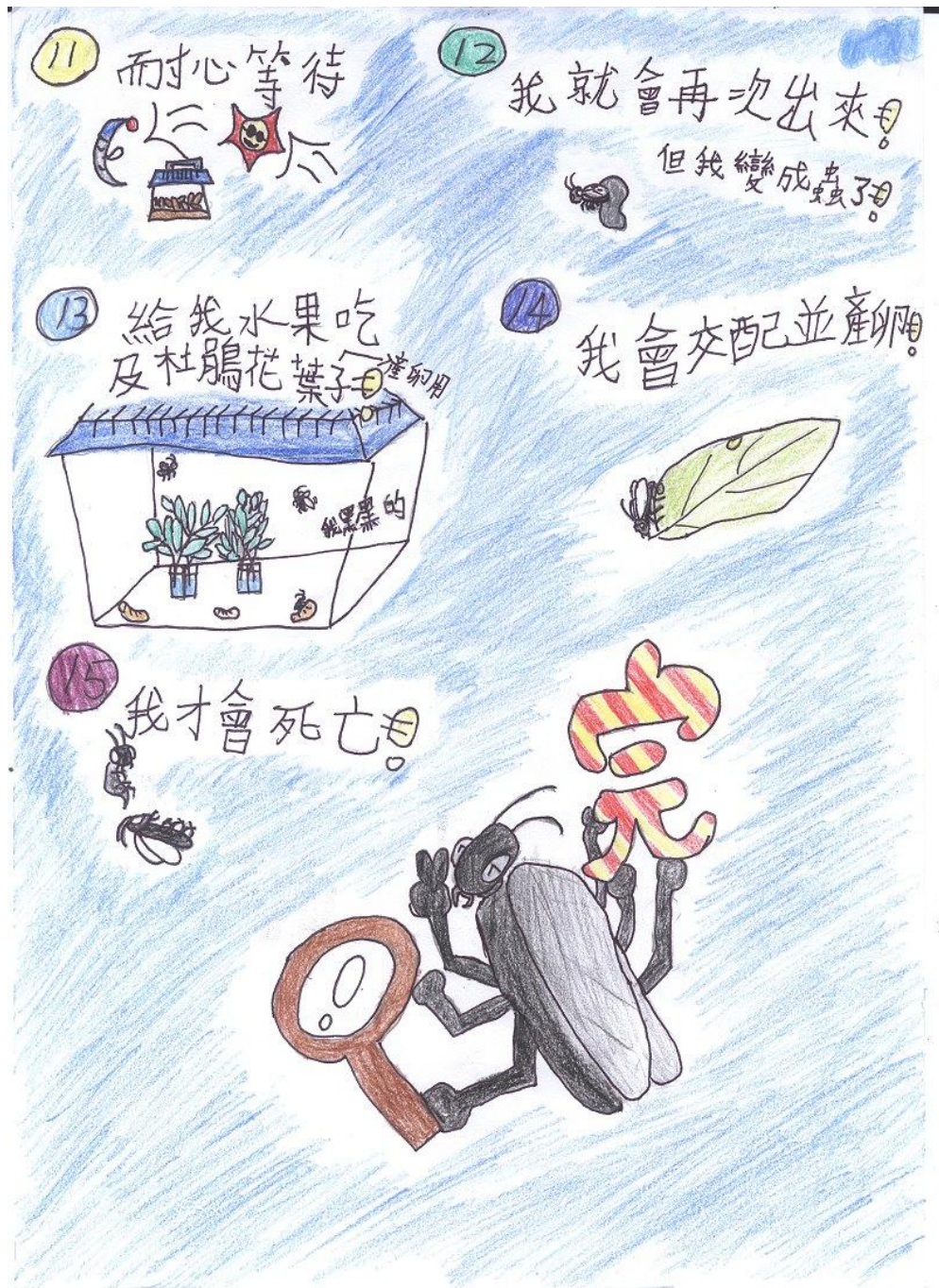


圖 51. 杜鵑三節葉蜂飼養指南(第 2 頁)

- 四、雌雄成蟲在觸角、體型大小及腹部尾端型態都有明顯肉眼可區分的特徵。雌蟲利用分岔的尾部夾緊杜鵑花葉緣，伸出鋸子般的產卵管鋸開葉肉產卵。雌雄比例約為 2:1。
- 五、雌蜂能夠孤雌生殖，孤雌生殖的卵孵化率較高，然而幼蟲的存活率較低。
- 六、杜鵑三節葉蜂喜歡冷涼的季節，每年 6 月至 2 月，杜鵑三節葉蜂並沒有消失，只是因為隨著天氣變炎熱，數量變少而已，所以等秋冬到來，當北部天氣轉濕涼，牠們的數

量也就多了起來。

## 捌、參考資料

一、 中國科普博覽 生命的奧秘 2014.03.22 取自

<http://159.226.2.2:82/gate/big5/www.kepu.net.cn/gb/lives/insect/anecdote/ncd403.html>

二、 杜鵑三節葉蜂 *Arge similis* 2013.05.24 取自

<http://gaga.biodiv.tw/new23/9204/036.htm>

三、 葉蜂 2013.05.24 取自 <http://www.hssyxx.com/zhsj/kexue-2/zutiweb/zu07/A7/042.htm>

## 【評語】 080305

1. 觀察很仔細也很用心，能由常見素材中發現問題。
2. 研究題目與研究內容搭配有改善空間。
3. 孤雌生殖是重要的生物現象，可以針對這個主題深入探討。
4. 樣本數應增加。