

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 生物科

第三名

030325

天造地設－探討黃槿刺子節蟬的造瘿秘密

學校名稱：桃園縣立經國國民中學

作者： 國三 陳愉滋 國三 胡若水	指導老師： 張佳鈴
-------------------------	--------------

關鍵詞：黃槿刺子節蟬、蟲瘿

## 作品名稱：天造地設-探討黃槿刺子節蟬的造瘿秘密

### 摘要：

在校園中採集黃槿 (*Hibiscus tiliaceus*) 葉片上的蟲瘿 (insect-induced gall)，進行解剖觀察蟲瘿內部結構，發現有許多白色蠕動的小蟲寄生，經查資料確認為黃槿刺子節蟬 (*Aculodes hibisci*)。有蟲瘿寄生葉片較無蟲瘿寄生葉片小，蟲瘿數量會隨時間增加，有蟲瘿的黃槿葉片質量較重保水性佳不易凋謝。葉柄維管束切片發現，相同生長時間，無蟲瘿寄生者維管束分化快、木質多且環狀排列在外圍。經由葉肉蟲瘿切片染色得知瘿最內層為韌皮部，由葉下表皮增生包圍，由韌皮部增生營養層，可提供葡萄糖供應至內部纖維，蟲體藉羽爪攀附粗長的內部纖維取食。一個蟲瘿橫徑越大，內部蟲體越多，瘿橫徑最大可達 0.6cm，其內部的黃槿刺子節蟬可多達 400 隻，但蟲瘿隔間內黃槿刺子節蟬數愈多，內部的突變纖維密集度愈低。

### 壹、前言與研究動機

我們去年研究黃槿刺子節蟬對寄主的影響，發現校園中共有 30 棵黃槿，其中有 28 棵有蟲瘿，被黃槿刺子節蟬寄生比例達 93% 且受到風向的影響。蟲瘿大多分布在擁有茂密樹葉的黃槿的樹中層，其次為陽光充足的樹冠層。有蟲瘿寄生葉片表面積平均值為 256.72cm<sup>2</sup> 較無蟲瘿寄生葉片平均小 179.5 cm<sup>2</sup>；蟲瘿數量會隨時間增加，葉片上的蟲瘿數愈多，單位面積的質量愈大。被寄生的落葉上的蟲瘿呈褐黑色且較濕潤；未被寄生的落葉，呈黃褐色且較乾燥。落葉中未被寄生的佔 80%，已被寄生的葉片僅 20%。

今年我們想更深入了解，一隻僅僅 0.2 毫米的雌黃槿刺子節蟬，是如何在黃槿上造瘿並獲取養分？還造成有蟲瘿寄生的黃槿葉片表面積較小、落葉機率也較小。這些原因促使我們想一探究竟蟲瘿的結構，並一窺其中的奧秘。



圖 1：校園黃槿樹葉上的粉紅色蟲瘿

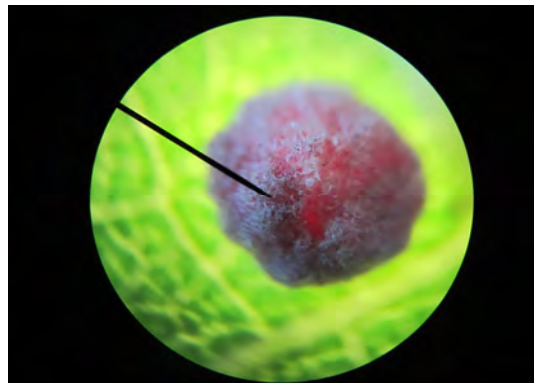


圖 2：在顯微鏡下的粉紅色蟲瘿(40X)

## 貳、研究目的

### 一、探究蟲癭對黃槿葉片的影響

- (一)研究蟲癭的保水性
- (二)研究黃槿葉片維管束與有無蟲癭的關係

### 二、探究蟲癭的結構

- (一)研究黃槿刺子節蟬製造蟲癭的方法
- (二)蟲癭橫徑和黃槿刺子節蟬的關係
- (三)研究比較蟲癭內外纖維的結構
- (四)研究比較不同部位蟲癭的組成及結構

### 三、探究蟲癭的功能

- (一)研究蟲癭內部的養分
- (二)研究蟲癭內部突變纖維的功能

## 參、研究設備及器材

### 一、工具：

解剖刀、解剖針、尺、筆、記錄紙、口罩、電子天平

### 二、設備：

Dino-Lite 立體解剖顯微鏡、複式顯微鏡、解剖顯微鏡、數位相機、血糖機

### 三、軟體：

Image J (測量葉片面積用)、PhotoImpact

### 四、藥品：

75%飽和酒精糖溶液、雙縮脲試劑、血糖試紙、亞甲藍液、番紅、結晶紫、酸性品紅

## 肆、研究方法及過程

### 一、探究蟲癭對黃槿葉片的影響

#### (一)研究蟲癭的保水性

- 1.取兩片無蟲癭寄生的黃槿葉片和兩片已被蟲癭寄生的黃槿葉片
- 2.準備兩個密封袋
- 3.分別測量其葉片的表面積總和、質量總和及密封袋質量
- 4.將葉片置於密封袋中並觀察其蒸散作用情形
- 5.三天後將葉片取出並測量密封袋質量以求得蒸散出的水質量



圖 3：葉片置於密封袋中並觀察其蒸散作用

#### (二)研究黃槿葉片維管束與有無蟲癭的關係

1. 將相同生長時間的未被蟲癭寄生的黃槿葉柄及葉脈橫切作玻片標本
2. 將相同生長時間已被蟲癭寄生的黃槿葉柄及葉脈橫切作玻片標本
3. 將切片滴上細胞染液
4. 置入顯微鏡下觀察並比較測量兩者的不同
5. 記錄實驗結果

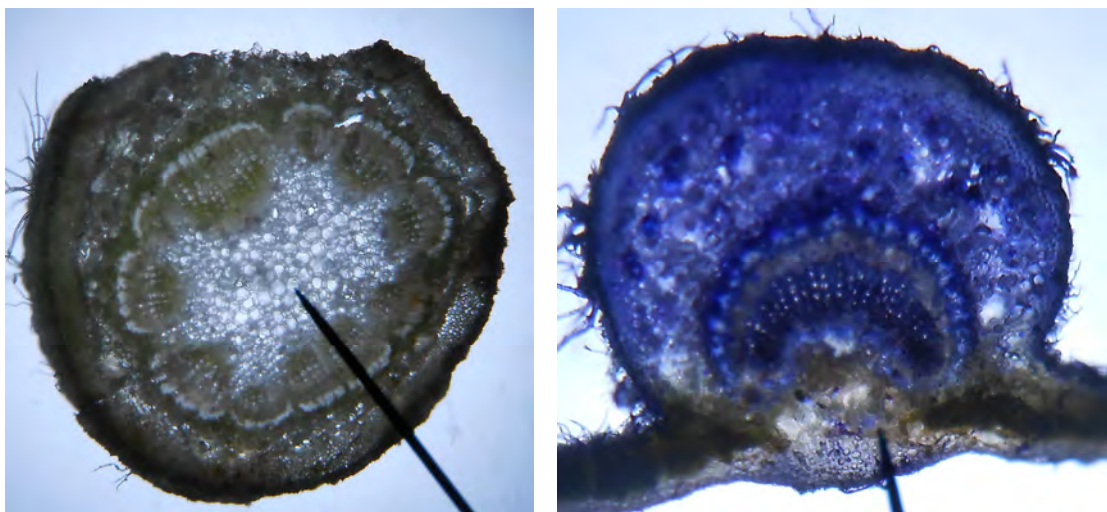


圖 4：被蟲癭寄生的黃槿葉柄(左圖)及葉脈橫切面(右圖)

## 二、探究蟲癭的結構

### (一)研究黃槿刺子節蟬在黃槿葉片製造蟲癭的方法

- (1) 採集黃槿葉數片
- (2) 將黃槿葉片置於顯微鏡下觀察葉片上表皮及下表皮，並觀察黃槿刺子節蟬在葉片上的移動情形
- (3) 將蟲癭剖開觀察節蟬的活動情形，紀錄觀察結果並照相

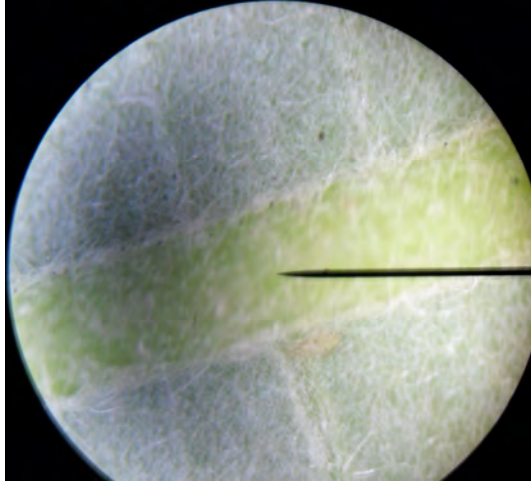


圖 5：觀察黃槿刺子節蟬在葉片上的移動情形

### (二)蟲癭橫徑和黃槿刺子節蟬的關係

#### 1. 黃槿葉片生長時間與蟲癭密集度的關係

- (1) 取一片具有許多蟲癭生長的黃槿葉片。
- (2) 記錄葉片上的蟲癭數。
- (3) 持續觀察並紀錄黃槿葉片上蟲癭的生長情形。



圖 6：調查蟲癭在黃槿植株上的生長情形



## 2. 黃槿刺子節蟬體長與蟲癭最大橫徑的關係

- (1) 採集幾片黃槿的葉片。
- (2) 測量葉片上蟲癭的橫徑。
- (3) 依蟲癭橫徑大小分為 0.1cm、0.2cm、0.3cm、0.4cm、0.5cm 不同組別。
- (4) 將不同橫徑大小的蟲癭剖開，測量並記錄內部黃槿刺子節蟬最大體長。

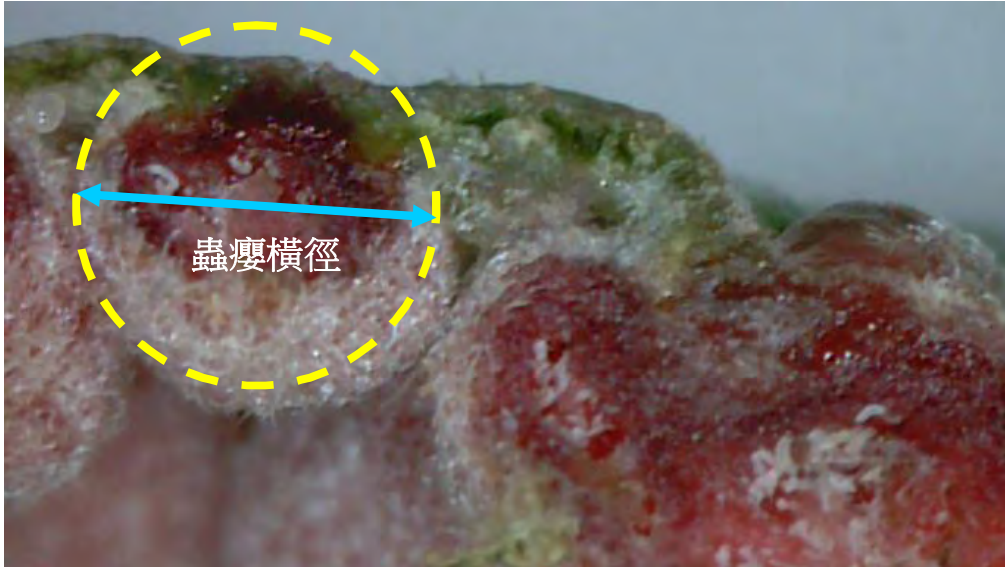


圖 7：測量一個蟲癭（黃色圈）內蟲癭橫徑與黃槿刺子節蟬體長

## 3. 黃槿刺子節蟬數目與蟲癭最大橫徑的關係

- (1) 採集三片有許多蟲癭的黃槿葉片
- (2) 測量葉片上蟲癭的橫徑
- (3) 依蟲癭橫徑大小分為 0.1cm、0.2cm、0.3cm、0.4cm、0.5cm 等不同組別，並由葉片取下蟲癭置於載玻片上
- (4) 將蟲癭剖開並計算出內部黃槿刺子節蟬數目加以記錄



圖 8：將蟲癭依大小分組別取下置於載玻片上

### (三)研究比較蟲癭內外纖維的結構

1. 將蟲癭作切片
2. 分別測量其內、外突變纖維的長度及橫徑
3. 將黃槿葉作切片
4. 測量其表面纖維的長度及橫徑
5. 記錄實驗結果

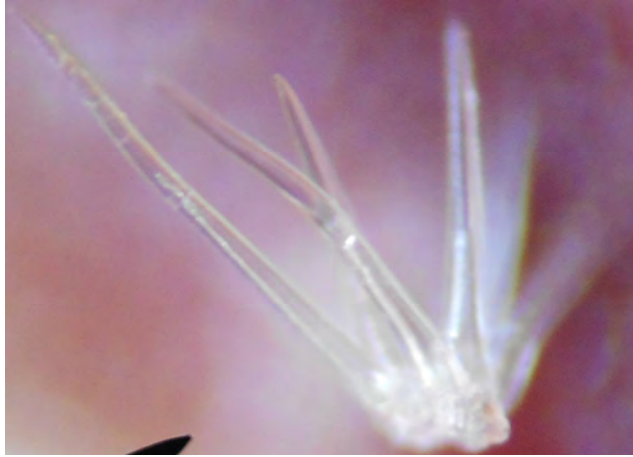


圖 9：測量蟲癭內外突變纖維的長度及橫徑

### (四)研究比較不同部位蟲癭的組成及結構

1. 將被蟲癭寄生的黃槿葉肉、葉脈、葉柄作切片
2. 觀察比較各切片蟲癭的結構
3. 將各切片滴上染劑
4. 觀察各切片變色的情形
5. 紀錄實驗結果



圖 10：觀察比較各部位蟲癭的結構

### 三、探究蟲癭的功能

#### (一)研究蟲癭內部的養分

1. 自葉片取下蟲癭，並使用電子天秤量出 100mg 的質量。
2. 將蟲癭加入 5ml 的水並用研鉢磨碎。
3. 以血糖機測量癭中所含葡萄糖濃度。
4. 紀錄測量結果。

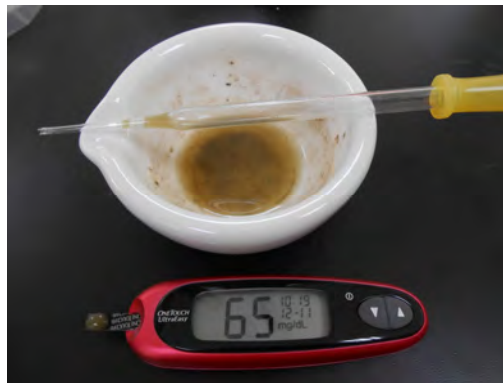


圖 11：以血糖機測量癭中所含葡萄糖濃度

#### (二)研究蟲癭內部突變纖維的功能

1. 取兩堆 100mg 的蟲癭
2. 將其中一堆蟲癭放入培養皿並滴入 5ml 的 2% 蔗糖水
3. 另一堆放入培養皿並滴入 5ml 的純水
4. 以保鮮膜密封培養皿
5. 一天後，將蟲癭加入 5ml 純水並磨碎
6. 以血糖機測量兩者的葡萄糖濃度
7. 紀錄實驗結果



圖 12：將蟲癭加入純水並磨碎



## 伍、研究結果

### 一、探究蟲癭對黃槿葉片的影響

#### (一)研究蟲癭的保水性

結果：

我們發現無蟲癭寄生的黃槿葉片，平均單位面積水分蒸散量為  $0.00449 \text{ (g/cm}^2)$ ；已被蟲癭寄生的黃槿葉片，水分蒸散量較少，平均單位面積水分蒸散量為  $0.003727 \text{ (g/cm}^2)$ 。

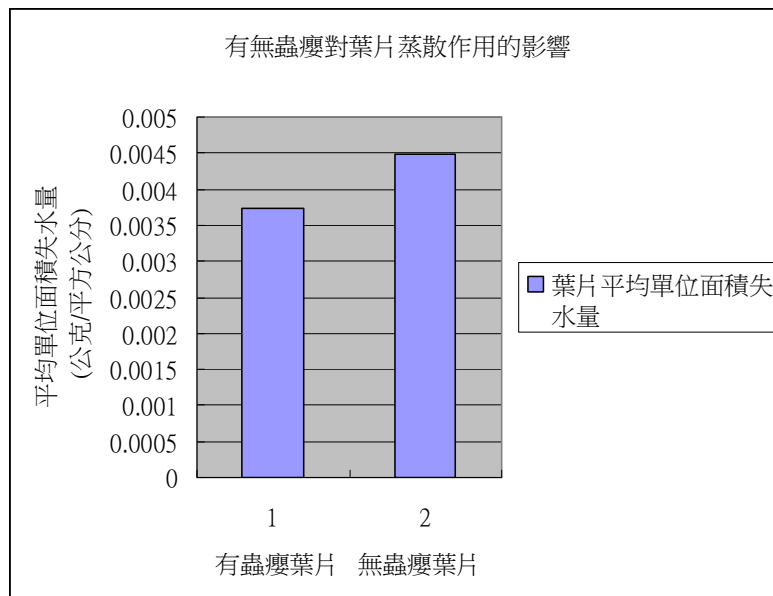


圖 13：研究葉片有無蟲癭對蒸散作用的影響

#### (二)研究黃槿葉片維管束與有無蟲癭的關係

結果：

##### 葉柄：

我們比較後發現無論用亞甲藍液、番紅、結晶紫染色，兩片相同時間成長的葉片，未被蟲癭寄生的葉柄內的維管束皆呈規律整齊向外拓展，中間髓質面積廣且呈現木質化狀態，葉柄圓心至韌皮部長度與葉柄圓心至表皮長度平均比值為  $0.782$  (圖 14 左)；而被蟲癭寄生的葉柄維管束則朝中心處聚集且範圍較小，呈現原生尚未完全分化狀態，葉柄圓心至韌皮部長度與葉柄圓心至表皮長度平均比值為  $0.555$  (圖 14 右)。

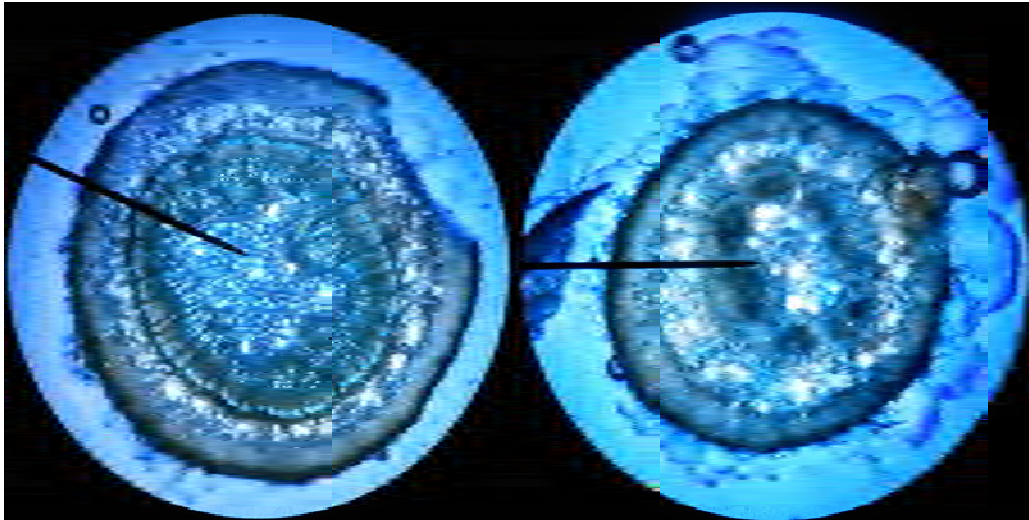


圖 14-1：葉柄維管束與有無蟲癭的關係(亞甲藍液染色，40X)

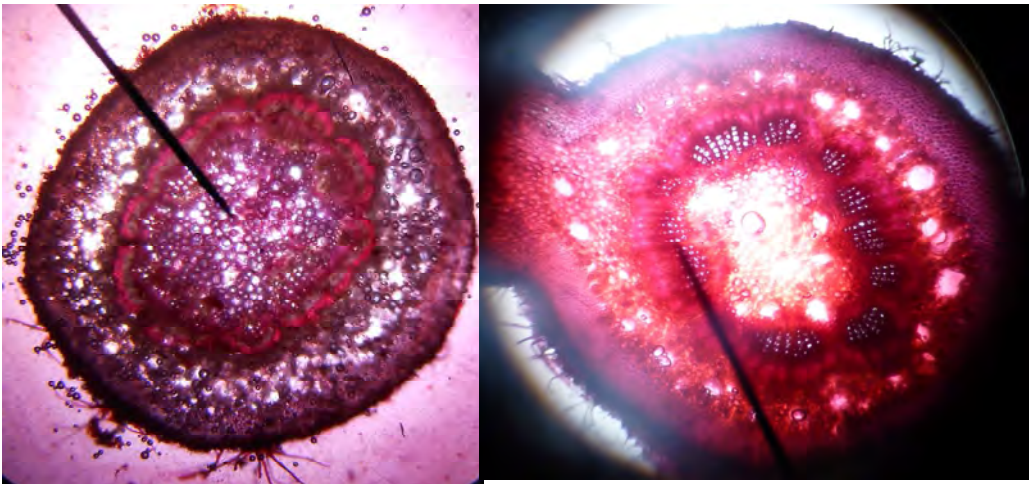


圖 14-2：葉柄維管束與有無蟲癭的關係(番紅染色，40X)

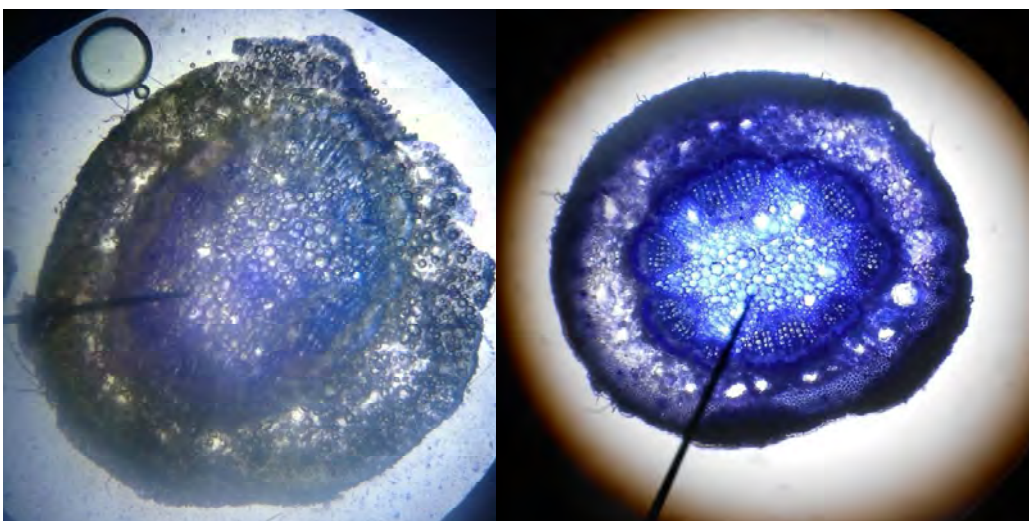


圖 14-3：葉柄維管束與有無蟲癭的關係(結晶紫染色，40X)



### 葉脈：

我們比較後發現無論用亞甲藍液、番紅、酸性品紅染色，兩片相同時間成長的葉片，未被蟲癭寄生的葉脈內的維管束皆呈規律整齊向外拓展，中間髓質面積廣且呈現木質化狀態，葉脈底部至韌皮部最大長度與葉脈底部至表皮最大長度平均比值為 0.686 (圖 15 左)；而被蟲癭寄生的葉脈維管束則朝中心，底部至韌皮部最大長度與底部至表皮最大長度平均比值為 0.510(圖 15 右)。

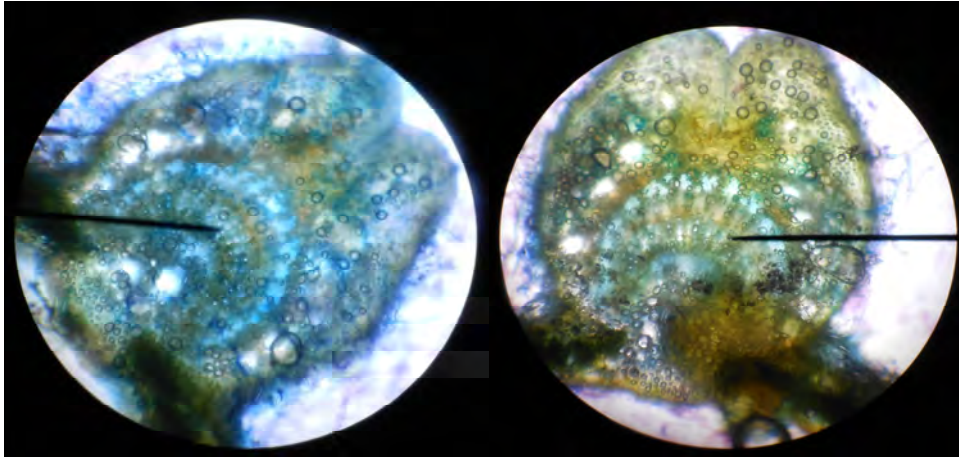


圖 15-1：葉脈維管束與有無蟲癭的關係(亞甲藍液，100X)

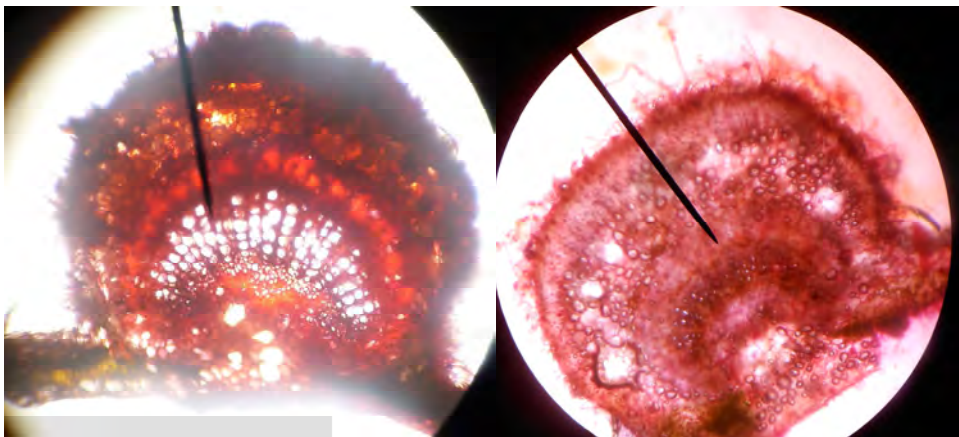


圖 15-2：葉脈維管束與有無蟲癭的關係(番紅，100X)

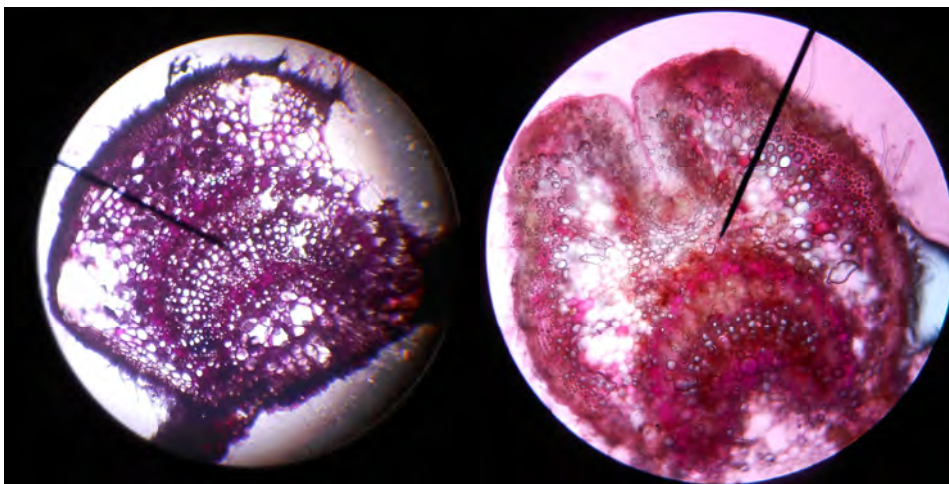


圖 15-3：葉脈維管束與有無蟲癭的關係(酸性品紅，100X)

## 二、探究蟲癭的結構

### (一) 研究黃槿刺子節蟬製造蟲癭的方法

結果：

我們發現雌黃槿刺子節蟬，會離開原來的蟲癭至其他位置找到新寄生點刺激葉片，葉片先增生新的粉色纖維，向外突出長成球形結構的蟲癭，在蟲癭中央有孔隙可使內部的雌黃槿刺子節蟬離開，再另外製造新蟲癭。

而在觀察黃槿刺子節蟬製造蟲癭的過程中，我們發現：在蟲癭中，黃槿刺子節蟬會利用羽爪四處搜尋食物並扭曲移動身體，且大部分使用尾部固著在內部突變纖維上，而黃槿刺子節蟬也會將內部突變纖維當作養分來源。所以蟲癭隔間內黃槿刺子節蟬數愈多，則內部的突變纖維密集度愈低。

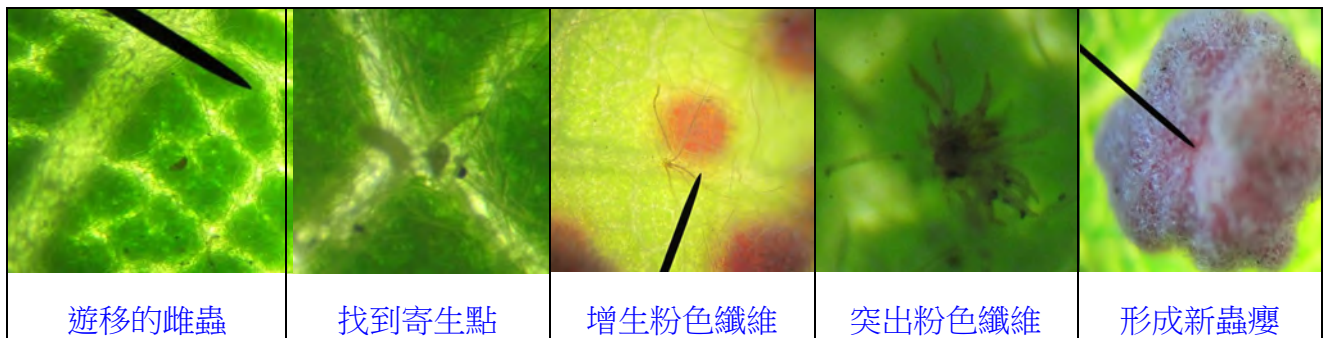


圖 16：黃槿刺子節蟬在黃槿葉片製造蟲癭



圖 17：具有四隻羽爪的黃槿刺子節蟬  
( ————— 50 $\mu$ m)



## (二) 蟲癭橫徑和黃槿刺子節蟬的關係

### 1. 黃槿葉片生長時間與蟲癭密集度的關係

結果：經過 60 天，蟲癭在黃槿植株上的生長情形為

1. 原本蟲癭生長的位置不變。
2. 數量變多，共計增加 30 顆蟲癭。
3. 癭與癭之間的距離縮小，蟲癭的密集度增加。



100 年 12 月 24 日



101 年 02 月 24 日

圖 18：經過 60 天蟲癭的密集度增加

### 2. 研究黃槿刺子節蟬體長與蟲癭最大橫徑的關係

結果：

利用電腦連接顯微鏡，可以量測蟲癭橫徑大小及黃槿刺子節蟬體長。

1. 橫徑小於 0.15cm 的蟲癭內，僅觀察到卵的存在，卵的大小約 0.03mm。
2. 橫徑 0.15~0.20cm 的蟲癭內，可同時觀察到卵、若蟲、靜止期。
3. 橫徑超過 0.20cm 的蟲癭內，可同時觀察到卵、若蟲、靜止期、成蟲。
4. 若蟲及靜止期體長約 0.05~0.15mm，成蟲體長可超過 0.15mm，最長可達 0.25mm。
5. 蟲癭橫徑在 0.15~0.20cm 之間，隨著橫徑愈長，蟲體長度也愈長。

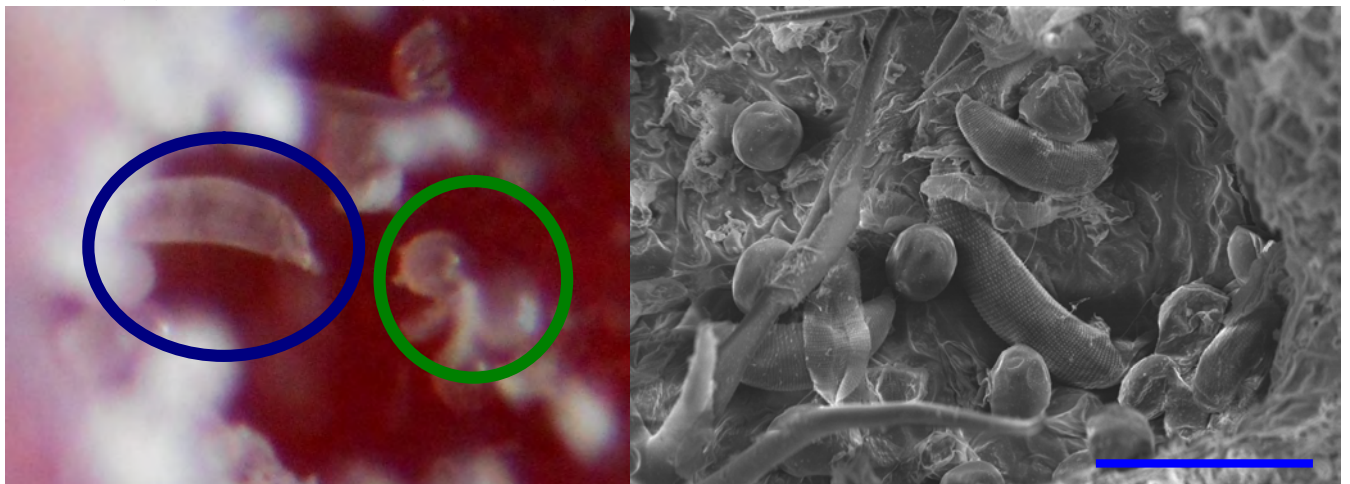


圖 19：橫徑超過 0.2cm 的蟲癭有成蟲（藍色圈內）與蟲卵（綠色圈內）  
( ————— 100 $\mu$ m )



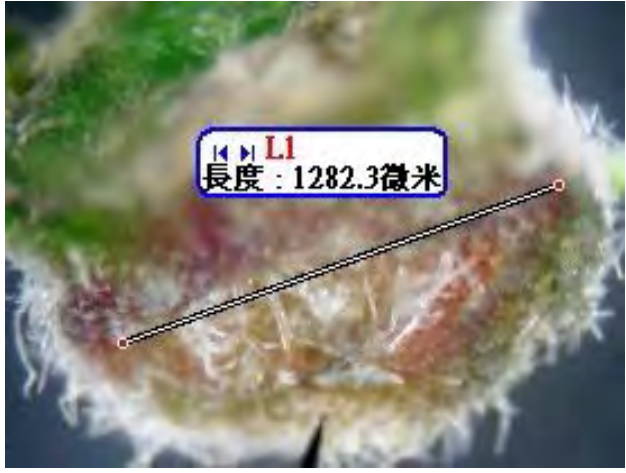
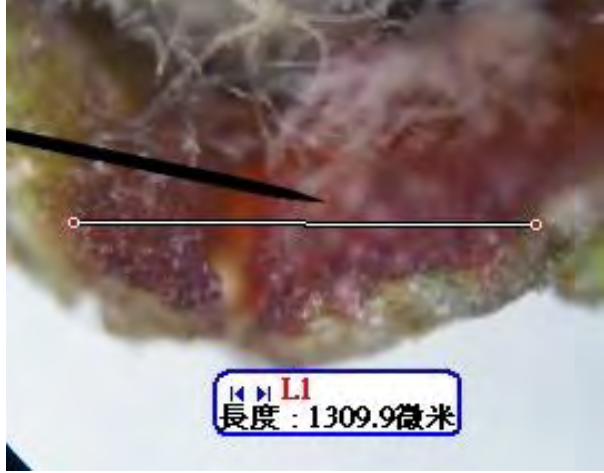
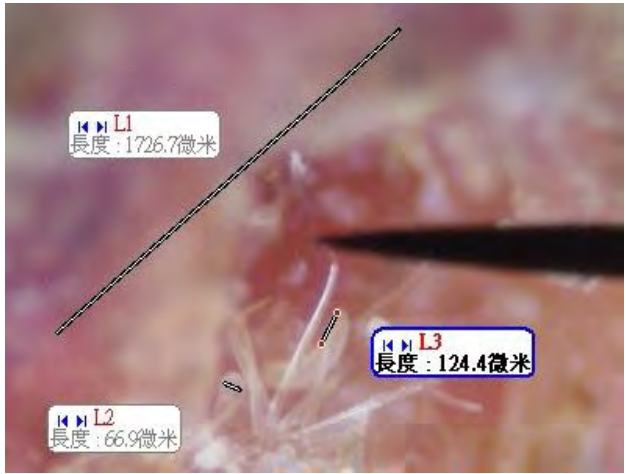

 <p>◀▶ L1 長度：1282.3微米</p>	 <p>◀▶ L1 長度：1309.9微米</p>
<p>蟲癭橫徑 0.12823cm：僅有蟲卵</p>	<p>蟲癭橫徑 0.13099cm：僅有蟲卵</p>
 <p>◀▶ L1 長度：1726.7微米</p> <p>◀▶ L2 長度：66.9微米</p> <p>◀▶ L3 長度：124.4微米</p>	 <p>◀▶ L1 長度：2596.6微米</p> <p>◀▶ L2 長度：111.2微米</p> <p>◀▶ L3 長度：195.9微米</p> <p>◀▶ L4 長度：195.6微米</p> <p>◀▶ L5 長度：55.6微米</p>
<p>蟲癭橫徑 0.17267cm： 有卵(L2)、若蟲、靜止期(L3)</p>	<p>蟲癭橫徑 0.2596cm： 有卵(L5)、若蟲、靜止期(L2)、成蟲(L3、L4)</p>

圖 20：不同大小的蟲癭內部黃槿刺子節蟬的觀察與測量

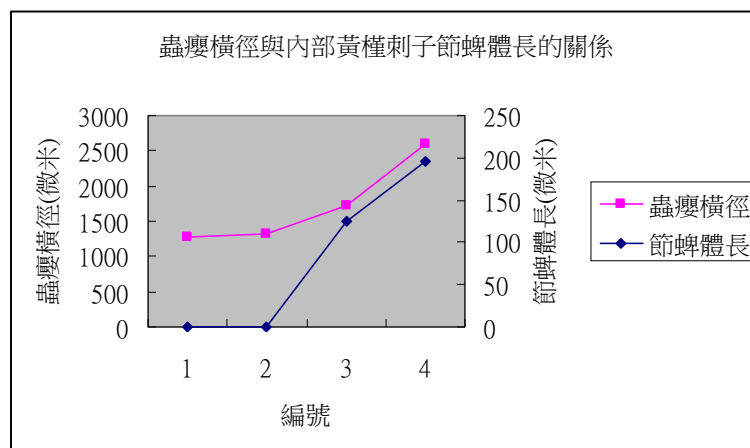


圖 21：蟲癭橫徑與蟲癭內黃槿刺子節蟬體長的關係

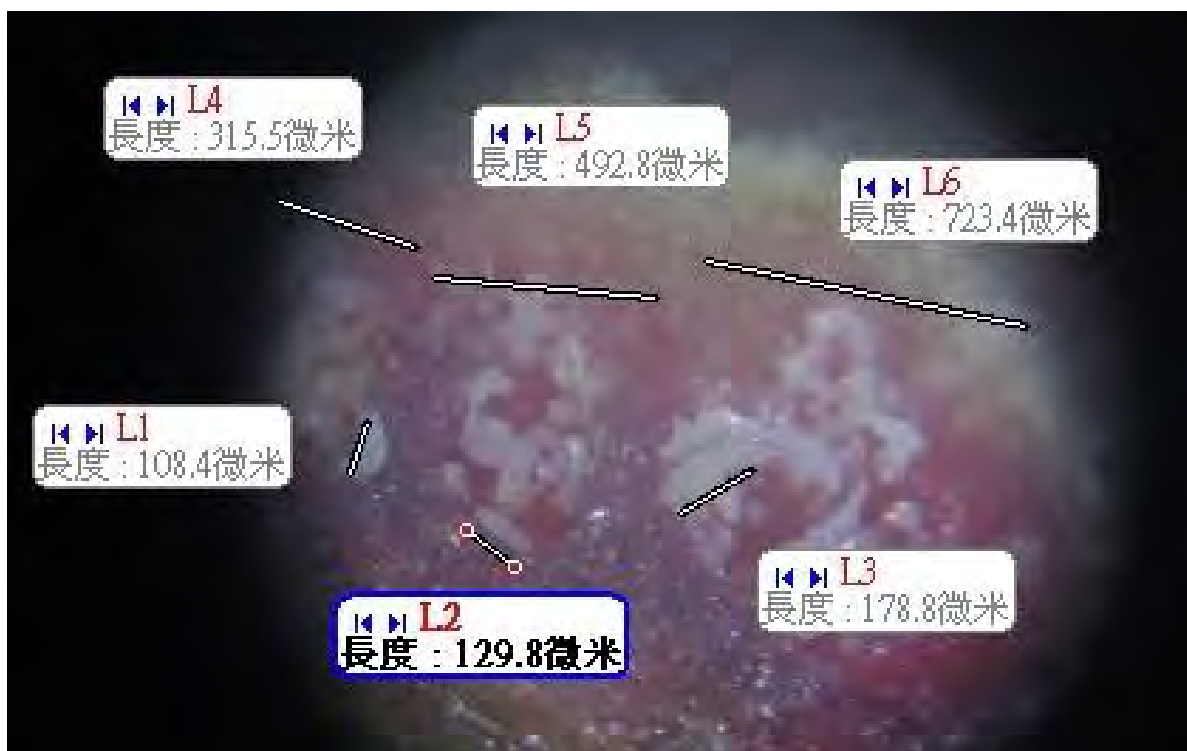


圖 22：蟲癭隔間橫徑愈長(從左 L4、L5、L6)，蟲體長度也愈長(從左 L1、L2、L3)

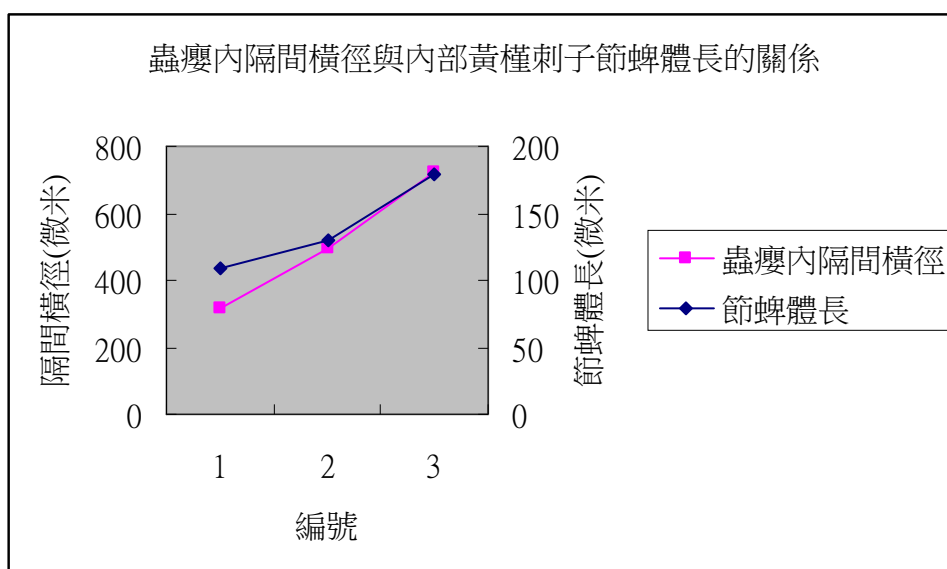


圖 23：蟲癭隔間橫徑與蟲體長度的關係

### 3.研究黃槿刺子節蟬數目與蟲癭最大橫徑的關係

結果：

1.實驗後我們發現：蟲癭的橫徑愈大，內部的黃槿刺子節蟬數目就愈多，但橫徑 0.1cm 的蟲癭中，僅看到卵，未發現有蠕動的蟲體。而橫徑 0.6 cm 的蟲癭內，有超過 400 隻黃槿刺子節蟬。

2.在同一葉片上橫徑超過 0.2cm 的蟲癭，橫徑愈大內部隔間也愈大，且黃槿刺子節蟬數目也愈多。

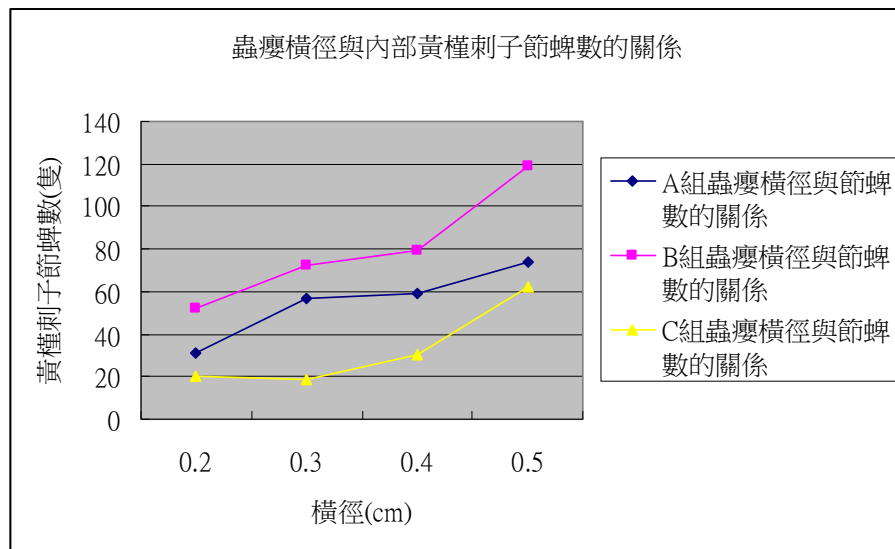


圖 24：不同橫徑蟲癭內的黃槿刺子節蟬數(ABC 組分別為三片不同葉片)



圖 25：顯微鏡下計算蟲癭中的黃槿刺子節蟬數目

### (三)研究比較蟲癭內外纖維的結構

結果：

1. 我們發現葉片表面細毛叢平均長度為 136.63  $\mu\text{m}$ ，而蟲癭內部的突變纖維平均長度為 279.08  $\mu\text{m}$ 。
2. 葉片表面細毛叢平均橫徑為 13.5  $\mu\text{m}$ ，而蟲癭內部的突變纖維平均橫徑為 31.85  $\mu\text{m}$ 。
3. 蟲癭內部纖維較表面細毛叢粗長，但兩者外型十分相像。

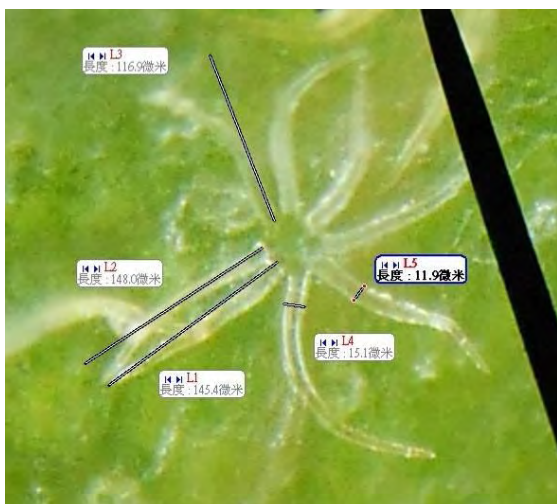


圖 26：黃槿葉片表面細毛叢

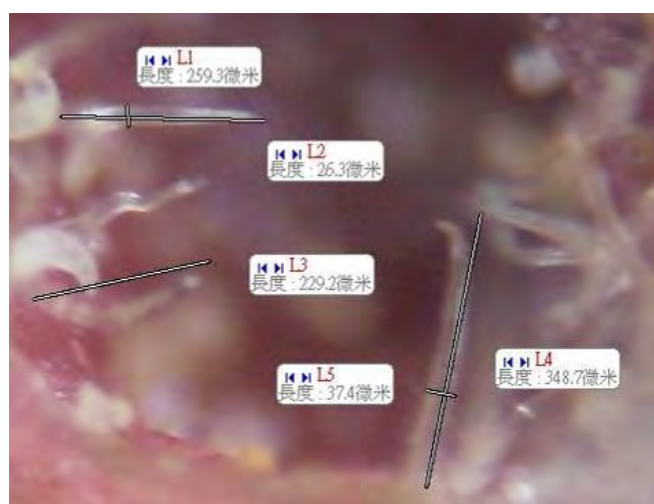


圖 27：黃槿蟲癭內部的突變纖維

測量部位 / 測量項目	葉片表面細毛叢	蟲癭內部突變纖維
橫徑( $\mu\text{m}$ )	13.5	31.85
長度( $\mu\text{m}$ )	136.63	279.08

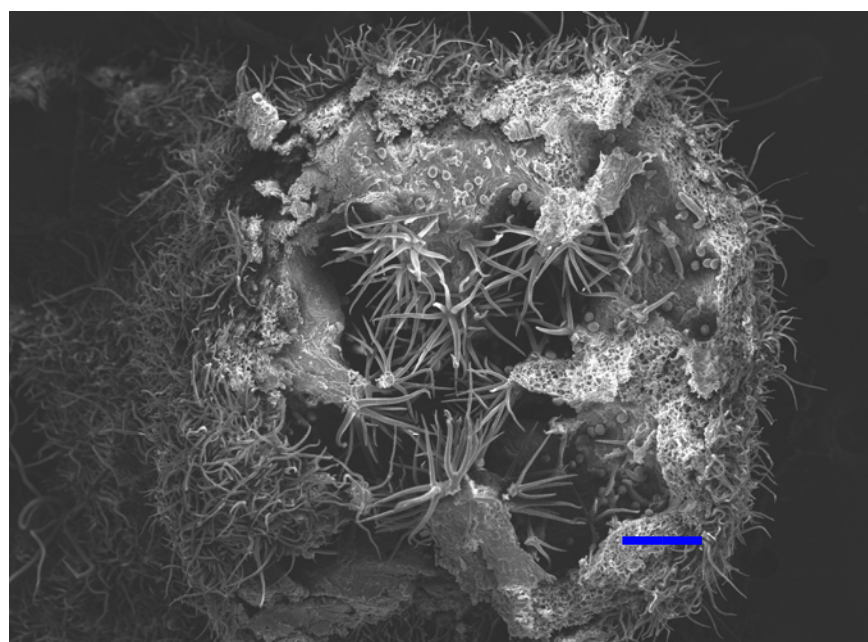


圖 28：黃槿葉片表面細毛叢和內部的突變纖維外型相像( ——— 200  $\mu\text{m}$ )



#### (四)研究比較不同部位蟲癭的組成及結構

結果：

1.當我們切開蟲癭後，可觀察到其內部結構分為三個部份，分別是：

- (1)最外層：具有葉片表面細毛叢的皮層。
- (2)中間層：具有支持功能的木質層。
- (3)最內層：富含營養的組織層，可以提供黃槿刺子節蟬在此處寄生得到養分。

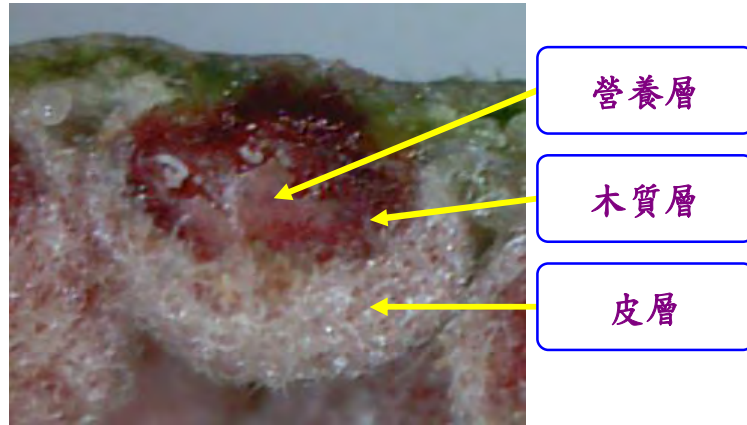


圖 29：黃槿蟲癭內部的結構

2.蟲癭寄生黃槿植株位置可分為三個部份，分別是：

- (1)葉柄蟲癭：外觀為三角形，顏色為綠色。
- (2)葉脈蟲癭：外觀為三角形，顏色為綠色。
- (3)葉肉蟲癭：外觀為球形，顏色為粉綠、粉白及粉紅色。



圖 30：黃槿蟲癭外觀的結構

#### (1)葉柄蟲癭：

- a.我們發現，被蟲癭寄生的葉柄橫切面，其維管束呈環狀排列，但自葉柄維管束的韌皮部延伸至右方蟲癭後卻呈現水平方向生長。
- b.我們也在葉柄與蟲癭的交界處發現由葉柄維管束韌皮部(圖 31 左)延伸出的分生篩管，此分生篩管會一直延伸至蟲癭(圖 31 右)，所以蟲癭的養分應來自黃槿葉柄維管束韌皮部運送。



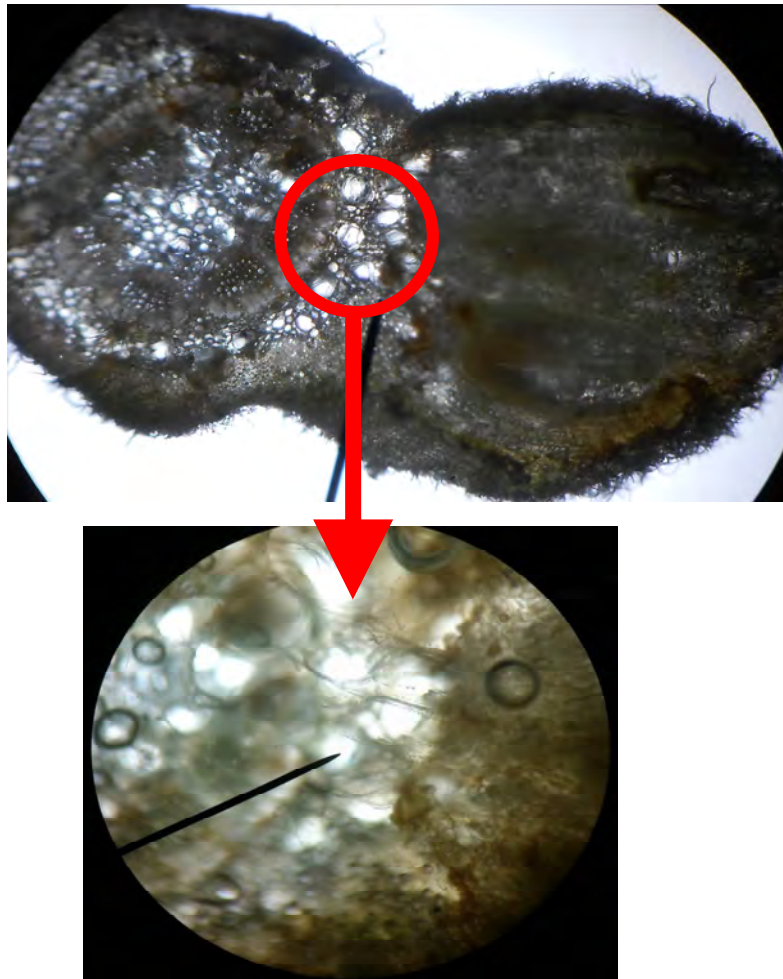


圖 31：被蟲癭寄生的葉柄(左)及蟲癭(右)橫切片

**(2)葉脈蟲癭：**

- a.將黃槿葉柄橫切，我們發現葉脈內的維管束沒有被破壞，蟲癭的生成是由葉脈維管束韌皮部分支向外提供養分給蟲癭，這與葉柄供應蟲癭養分的狀況相同。
- b.將黃槿葉柄縱切，我們發現黃槿葉脈的維管束雖然是呈水平方向排列，但延伸至蟲癭後，維管束的排列卻與橫切時相同，仍為管狀水平延伸至外。



圖 32：被蟲癭寄生的葉脈橫切片(下方:葉脈；上方有兩個心形蟲癭)紅色部分為營養層

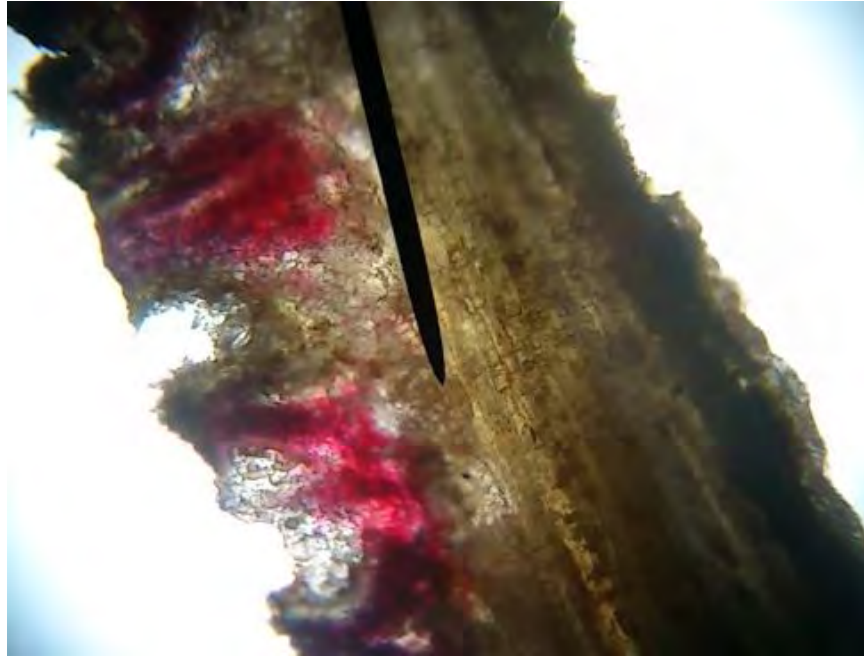


圖 33：被蟲癭寄生的葉脈縱切片(右方:葉脈；左方:蟲癭) 紅色部分為營養層

### (3)葉肉蟲癭：

- 將蟲癭用雙縮脲試劑染色後我們發現，蟲癭的營養層會變為紫紅色，可見得營養層的組成中含有蛋白質。
- 我們也發現，葉肉會向外隆起形成蟲癭，而被蟲癭包覆的葉肉組織，則突變為蟲癭的一部分，無法辨識葉肉中的葉脈組織。

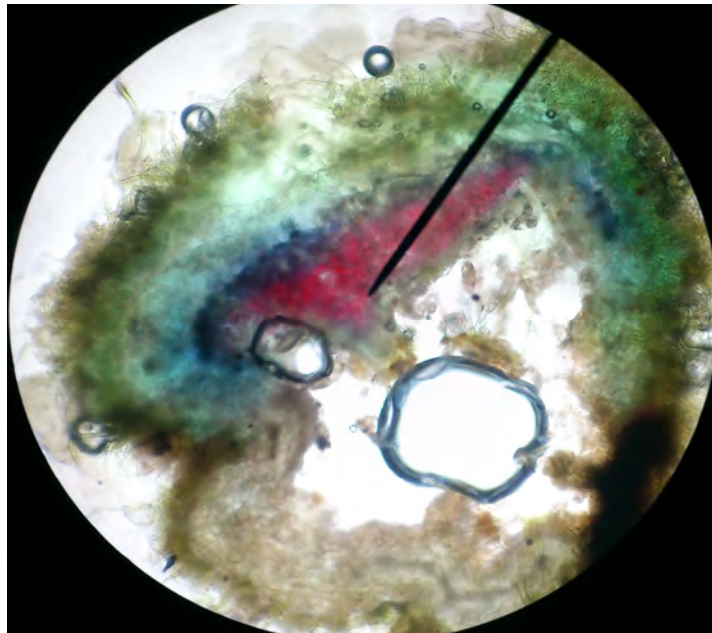


圖 34-1：用雙縮脲試劑染色後營養層會變為紫紅色



圖 34-2：被蟲癭寄生的葉肉切片(下方:葉肉；上方:蟲癭)

### 三、探究蟲癭的功能

#### (一)研究蟲癭內部的養分

結果：

1. 我們以本氏液測試蟲癭，將水、葉片和蟲癭分別裝入三支試管以本氏液測試，結果水、葉片及蟲癭呈現的顏色分別為藍色、綠色及橙紅色，證明蟲癭的葡萄糖含量較葉片高。
2. 將 100 mg 蟲癭磨碎，加入 5ml 的水，以血糖計測試後結果為 65 mg/dl，證實蟲癭內具有葡萄糖；100 mg 黃槿葉片磨碎，加入 5ml 的水，以血糖計測試後結果為 low，糖量低於 20 mg/dl。

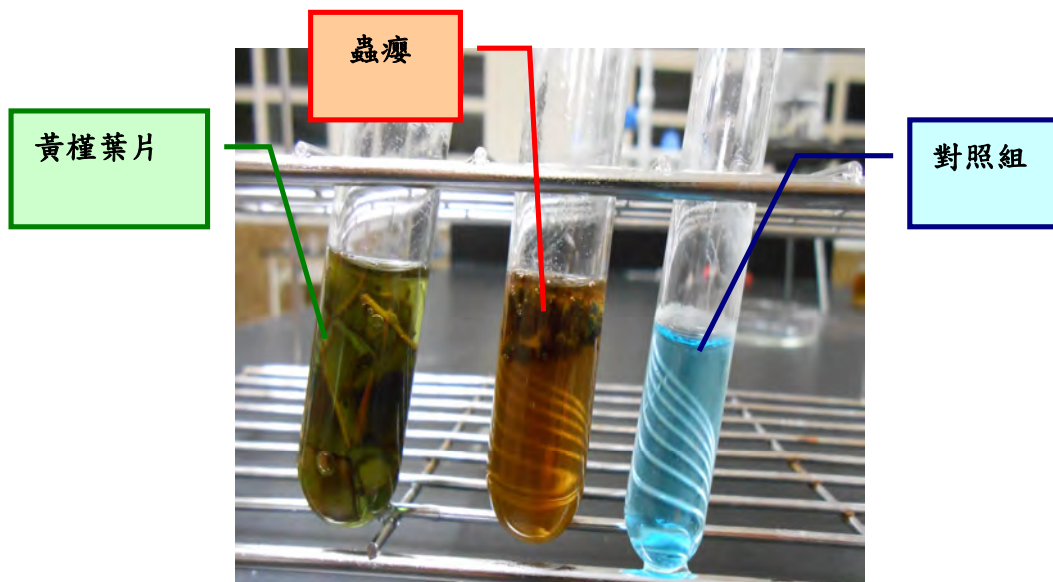


圖 35：以本氏液測試蟲癭的養分



## (二)研究蟲癭內部突變纖維的功能

結果：

1. 經血糖計測試後，發現置於 2% 蔗糖水三天的蟲癭其葡萄糖含量平均為 96 mg/dl，較置於純水三天的蟲癭其葡萄糖含量平均為 77 mg/dl 高，若不放置三天而直接測量其葡萄糖含量平均為 65mg/dl，且置於蔗糖水中的蟲癭磨碎後呈現的液體顏色較深。
2. 我們也發現，蟲癭隔間內黃槿刺子節蟬數愈多，內部的突變纖維密集度愈低(圖 37)。

蟲癭	2%蔗糖水	水	對照組
平均葡萄糖濃度 (mg/dl)	96	77	65

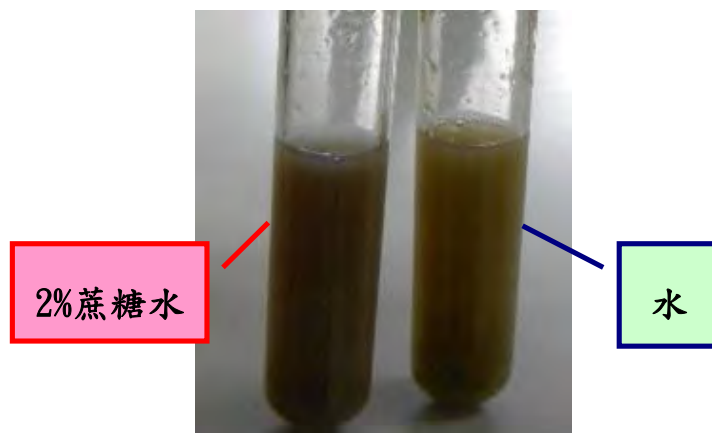


圖 36：有無蔗糖水蟲癭汁液的差異

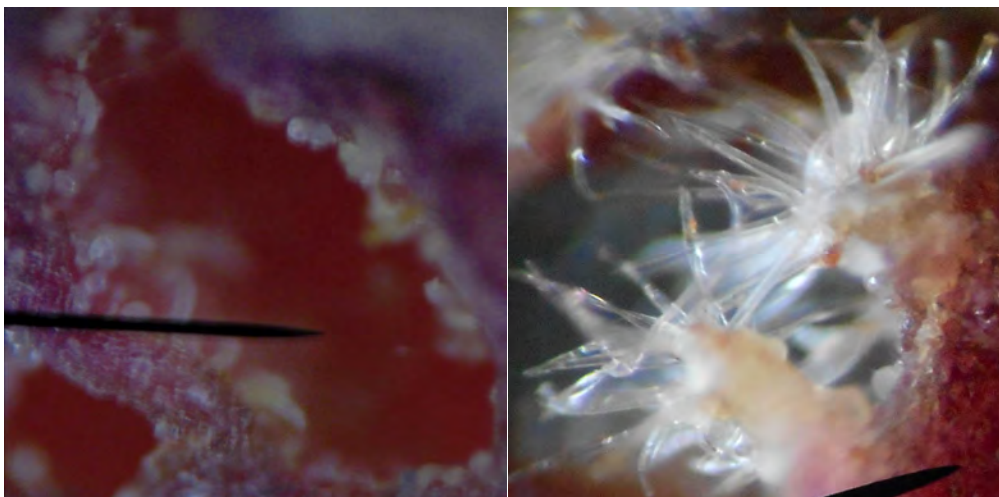


圖 37：蟲癭內的突變纖維（左:老化蟲癭，蟲體多而突變纖維少；右:新生蟲癭，蟲體少而突變纖維粗長）

## 陸、討論

### 一、探究蟲癭對黃槿葉片的影響

#### (一)研究蟲癭的保水性

我們發現有蟲癭寄生的葉片保水性較佳，使蒸散作用的速率下降，這也與我們所查閱參考文獻中的作者想法相同（黃盟元等，2011）。我們認為：因為蟲癭的寄生會讓黃槿葉片的表面積減少，且蟲癭都寄生在葉的下表皮，所以會使葉片的氣孔數量減少，蒸散作用速度才會下降。但突起的蟲癭也具有表面積，因此我們認為葉片的總表面積可能是增加的，但就算表面積增加，蒸散作用速率並未因此上升，反而還是下降，可知蟲癭的表面降低水分散失量。

#### (二)研究黃槿葉柄維管束與有無蟲癭的關係

##### 葉柄：

我們認為為蟲癭為了延長自身獲得足夠的養分的時間，延緩黃槿維管束木質化的速度，導致有蟲癭寄生黃槿葉的維管束，較無蟲癭寄生黃槿葉的維管束呈現原生狀態。此實驗也可與去年研究黃槿落葉與有無蟲癭的關係呼應。由於有蟲癭寄生黃槿葉片的維管束分化速度較慢、木質化速度也較慢，所以能夠減緩葉片掉落的時間，使蟲癭內的黃槿刺子節蟬養分不會短缺。

##### 葉脈：

我們發現黃槿葉片的葉脈木質化程度和有無蟲癭寄生有關係。這可能是因為蟲癭所分泌的物質會改變葉脈維管束的發育時間，使蟲癭得到充足的養分及水分，導致有蟲癭寄生黃槿葉的維管束，較無蟲癭寄生黃槿葉的維管束呈現原生狀態。

### 二、探究蟲癭的結構

#### (一) 研究黃槿刺子節蟬在黃槿葉片製造蟲癭的方法

經由我們的實驗觀察及參考文獻發現：而雌性黃槿刺子節蟬會在葉片遊移找尋新宿主，再利用微小的口器及分泌幾丁醣（黃坤煒，2007），刺入植物下表皮組織僅  $0.2\mu\text{m}$ ，若刺激失敗也是產生不相容反應的銹斑，但若成功則產生相容反應，不會使植物組織被破壞，而是造成植物組織增生粉色纖維、突長，最後形成癭。而根據我們的觀察，蟲癭多呈粉紅色，且蟲癭橫徑愈大，顏色就愈紅，我們認為是因為橫徑愈大的蟲癭，黃槿刺子節蟬需分泌更多的幾丁醣來建造，推知幾丁醣能使植物細胞增生粉色纖維，所以顏色就愈紅。

我們也在觀察黃槿刺子節蟬在黃槿葉片製造蟲癭的過程時，發現在蟲癭中，黃槿刺子節蟬會蠕動身體來遊走並利用羽爪四處搜尋食物及扭動身體，且大部分使用尾部固著在內部突變纖維上。而根據研究蟲癭內部突變纖維的功能，我們認為黃槿刺子節蟬大多會附著在突變纖維上的原因是為了更快地攝取被經由突變纖維分解而成的葡萄糖，抑或直接用口器食用突變纖維。



## (二)蟲癭橫徑和黃槿刺子節蟬的關係

### 1.研究黃槿葉片生長時間與蟲癭密集度的關係

我們原本的實驗是要將黃槿葉片套上密封袋，以隔絕外界干擾。但實驗後發現蟲癭會逐漸轉為褐色且數量、大小均無變化，我們便直接觀察葉片上蟲癭的生長情形，不隔絕外界條件。所以我們認為蟲癭的生長必須要在自然條件下，若給予限制葉片上的蟲癭數則不會改變。且癭內的雌黃槿刺子節蟬，會不斷的從蟲癭中央的孔隙離開，至葉片上找尋新的寄生點，使葉片上蟲癭的數目不斷增加。而就一顆蟲癭來看，為了供應更多養分讓黃槿刺子節蟬生存，癭內的雌黃槿刺子節蟬會不斷地分泌幾丁醣，使更多的葉片組織突變為蟲癭的一部分，蟲癭的體積才會變大。因為數量增加，體積也增加，密集度就會變大。

### 2.研究黃槿刺子節蟬體長與蟲癭最大橫徑的關係

我們認為逐漸長大的黃槿刺子節蟬需要更多的空間和養分生長，因此雌黃槿刺子節蟬剛開始刺激黃槿葉片造癭時，當癭開始成長，而癭內僅有蟲卵，隨著癭越來越大，蟲體也越來越成熟，可以藉由癭的橫徑判斷癭內黃槿刺子節蟬的蟲齡，及其中可能會出現的齡期。

### 3.研究黃槿刺子節蟬數目與蟲癭最大橫徑的關係

我們在研究黃槿刺子節蟬體長與蟲癭最大橫徑的關係後，想知道黃槿刺子節蟬的數目是否也會對蟲癭橫徑造成影響，因此設計了此項實驗。實驗後發現，黃槿刺子節蟬數目愈多，蟲癭橫徑愈長。我們認為這是因為黃槿刺子節蟬數量愈多，需要更大的空間來容納，所需的養分也增加，此時雌黃槿刺子節蟬為了使蟲癭體積加大，會分泌更多幾丁醣，使蟲癭橫徑增加。

根據前人研究資料，雌黃槿刺子節蟬的生殖方式分為專產雌性的有性生殖及專產雄性的孤雌生殖。若癭內的卵全為受精卵，則孵化出來的自然全為雌性子代，此時雌黃槿刺子節蟬就會在癭內行孤雌生殖，產下雄性子代，如此週而復始的繁衍下去，使癭內維持相當雌雄比（黃坤煒，2007）。雌節蟬為了維持癭內雌雄比的穩定，產卵的數目會較多，內部的黃槿刺子節蟬數也會增加，使得蟲癭橫徑愈來愈大。

## (三)研究比較蟲癭內外纖維的結構

在藉研究黃槿刺子節蟬在黃槿葉片製造蟲癭的方法實驗觀察蟲癭及黃槿刺子節蟬時。我們發現葉片表面細毛叢的和蟲癭內的突變纖維外形極為相似，因此便設計此實驗來觀察蟲癭內外纖維的結構有何不同。

我們認為兩者的差異，是由於蟲癭內部突變纖維對於黃槿刺子節蟬有特殊的功能，因此雌黃槿刺子節蟬會分泌幾丁醣，使得黃槿葉表面細毛叢的外形發生改變，以滿足黃槿刺子節蟬的需求。為了進一步了解黃槿葉表面細毛叢的突變對黃槿刺子節蟬究竟帶來什麼影響，於是我們設計了研究蟲癭內部突變纖維的功能這項實驗。

#### (四)研究比較不同部位蟲癭的組成及結構

實驗後我們發現:

1.葉柄蟲癭:在蟲癭寄生的葉柄橫切圖中，葉柄維管束呈環狀排列，但維管束韌皮部延伸至蟲癭後卻呈水平方向排列，且葉柄和蟲癭的交界處具有由葉柄維管束韌皮部延伸出的管線相通，故蟲癭的養分確切來自葉柄的韌皮部。又因為蟲癭直接從葉柄獲取養分與水分較不易，故葉柄上的蟲癭內部黃槿刺子節蟬數較少。

2.葉脈蟲癭:我們發現葉脈內的維管束沒有被破壞，蟲癭的生成是由葉脈維管束韌皮部分支向外提供養分給蟲癭，類似葉柄供應蟲癭養分的狀況。若將黃槿葉脈縱切，發現黃槿葉脈的維管束雖然是呈水平方向排列，但延伸至蟲癭後，維管束的排列與橫切時相同，推知內部維管束皆向外延伸生長。因此我們推測，在葉脈寄生的蟲癭，其養份及水分会依靠黃槿葉脈維管束上的壁孔作橫向運輸。且蟲癭能源源不絕獲得養分的原因為，韌皮部會將蔗糖由含量高處往含量低處運送，又蟲癭內的突變纖維可將蔗糖分解為葡萄糖，導致蟲癭內的蔗糖含量下降，使得韌皮部需不斷運送蔗糖至癭內。

3. 葉肉蟲癭:在葉肉蟲癭的切片中，我們發現，蟲癭的營養層經雙縮脲試劑染色後會變為紫色，可知營養層的組成含有蛋白質。而韌皮部含有篩管細胞，篩管細胞的主要成分即是蛋白質，所以我們認為營養層是由韌皮部突變而成。我們也發現，葉肉會向外隆起形成蟲癭，韌皮部在外、木質部在內，所以蟲癭的覆的葉肉組織，則突變為蟲癭的一部分。皮層是由韌皮部所構成，而被蟲癭包覆的葉肉組織，則突變為蟲癭的一部分。

由以上實驗結果可知：韌皮部向外隆起形成皮層後會再延伸至蟲癭內突變為營養層，並增生突變纖維提供黃槿刺子節蟬的養分，而木質部則是被皮層及營養層包覆在中間，形成木質層。



圖 38：蟲癭生成示意圖

### 三、探究蟲癭的功能

#### (一)研究蟲癭內部的養分

根據研究黃槿葉片的表面積與有無蟲癭的關係實驗，我們發現未被蟲癭寄生的葉片表面積較被蟲癭寄生的葉片大，所以我們認為蟲癭會吸取黃槿葉片的養分，並決定設計實驗來研究蟲癭內的養分與黃槿葉的養分差異。我們認為：蟲癭內部的養分是和韌皮部不同的。為了證實，我們將蟲癭置入 3ml 本氏液中隔水加熱，觀察本氏液是否變色。結果，本氏液由藍轉綠。另外，我們將蟲癭磨碎後加水以血糖計測試，結果為 65mg/dl；而僅有黃槿葉片加水測得的糖量僅為 20 mg/dl 以下，以上實驗證明了蟲癭內含有濃度較高的葡萄糖。

為了避免實驗受到葉綠素或黃槿葉本身養份的影響，我們取 100mg 的葉片及蟲癭置入 3ml 本氏液中隔水加熱，結果置入蟲癭的本氏液顏色較深，證實有蟲癭的葉片葡萄糖含量較無蟲癭的高。因此我們認為蟲癭會吸取黃槿葉片的養分，並運用特殊組織將其轉換為自身內部的葡萄糖，以分生組織狀態獲取植物的養分，以便黃槿刺子節蟬利用。

#### (二)研究蟲癭內部突變纖維的功能

根據研究比較蟲癭內外纖維的結構及研究蟲癭內部的養分的實驗結果，促使我們想了解蟲癭內部突變纖維的功能。在研究比較蟲癭內外纖維的結構實驗中，我們發覺表面細毛叢及內部突變纖維的差異，自研究蟲癭內部的養分實驗中，我們則推測突變纖維具有轉換蟲癭養份相關的功能，因此設計此實驗來證實。實驗結果發現，置於 2%蔗糖水的蟲癭葡萄糖含量平均為 96 mg/dl，較置於純水三天的蟲癭其葡萄糖含量平均為 77 mg/dl 高，我們推測蟲癭內的突變纖維可將韌皮部運送的蔗糖轉換為葡萄糖，供黃槿刺子節蟬使用。

另外，我們於觀察黃槿刺子節蟬的活動時也發現，癭內黃槿刺子節蟬數愈多，則內部突變纖維的密集度就愈低。因此我們認為黃槿刺子節蟬除了直接吸取營養層的葡萄糖外，也會將突變纖維作為食物來源之一。除此之外，我們也觀察到黃槿刺子節蟬移動時，會藉助突變纖維來游走。所以突變纖維對黃槿刺子節蟬來說可謂不可或缺的。

## 柒、結論

### 一、探究蟲癭對黃槿葉片的影響

- (一) 無蟲癭寄生的黃槿葉片，水分蒸散量較多；已被蟲癭寄生的黃槿葉片，氣孔結構受影響，導致水分蒸散量下降。
- (二) 蟲癭的寄生會使葉柄部分的維管束朝中心處聚集且範圍較小，也較不易木質化，呈現原生狀態；未被蟲癭寄生的葉柄內的維管束則規律整齊，維管束朝外生長且範圍較大，且易木質化。

### 二、探究蟲癭的結構

- (一) 1.雌黃槿刺子節蟬，會離開蟲癭至新的位置刺激植物組織增生新的蟲癭。  
2.黃槿刺子節蟬會蠕動身體來遊走並利用羽爪四處搜尋食物及扭動身體，且大部分使用尾部固著在內部突變纖維上。
- (二) 1.黃槿葉片上的蟲癭數量會隨著時間增加，平均 60 天增加 30 顆，密集度增加。  
2.橫徑小於 0.15cm 的蟲癭內，僅觀察到卵的存在，卵的大小約 0.03mm。  
橫徑 0.15~0.2cm 之的蟲癭，可同時觀察到卵、若蟲、靜止期。  
橫徑超過 0.2cm 的蟲癭內，可同時觀察到卵、若蟲、靜止期、成蟲。  
3.蟲癭的橫徑愈大，內部的黃槿刺子節蟬數就愈多；在橫徑最大的蟲癭 0.6 cm 內，存在超過 400 隻黃槿刺子節蟬
- (三) 葉片表面細毛叢明顯不如蟲癭內部的突變纖維長，橫徑也較短
- (四) 1.被蟲癭寄生的葉柄的維管束呈環狀排列，但維管束延伸至蟲癭後卻呈水平方向生長，且葉柄與蟲癭的交界處具有葉柄維管束延伸出的分生導管，此導管運輸水分及養分至蟲癭。  
2.無論橫切或縱切，葉脈上蟲癭的維管束因蟲癭為球體，皆呈同方向排列，且此部位的蟲癭會利用維管束上的壁孔，將水分及養分做橫向運輸。  
3.蟲癭的組成為：黃槿葉的韌皮部向外隆起形成皮層後在向內延伸形成營養層；木質部則被韌皮部包圍形成木質層。

### 三、探究蟲癭的功能

- (一) 以血糖計測試蟲癭汁液結果為 65mg/dl，證實蟲癭內具有葡萄糖。
- (二) 蟲癭內的突變纖維可將韌皮部中的蔗糖分解為葡萄糖，也可作為黃槿刺子節蟬的食物來源之一。



## 捌、參考資料及其他

1. Skoracka, A. (2003). New species of aculodes (acart: eriophyoidea) from grasses in Poland . Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 49(1):43-60.
2. 黃坤煒 (2007)。共存共榮—造癭節蟬與植物的故事。國立自然科學博物館。
3. 董景生 (2007)。香楠抽芽物候期對癭蚋科生活史的影響。林業研究專刊。14 (5) : 8-11。
4. 楊嘉惠 (2010)。蟲癭—昆蟲操控植物蓋的秘密基地。科學人雜誌。(96)。
5. 黃盟元等 (2011)。造癭昆蟲對寄主植物光合作用的影響。林業研究專刊。18 (3) : 54-56。

## 附錄

### 一、黃槿刺子節蟬分類資料

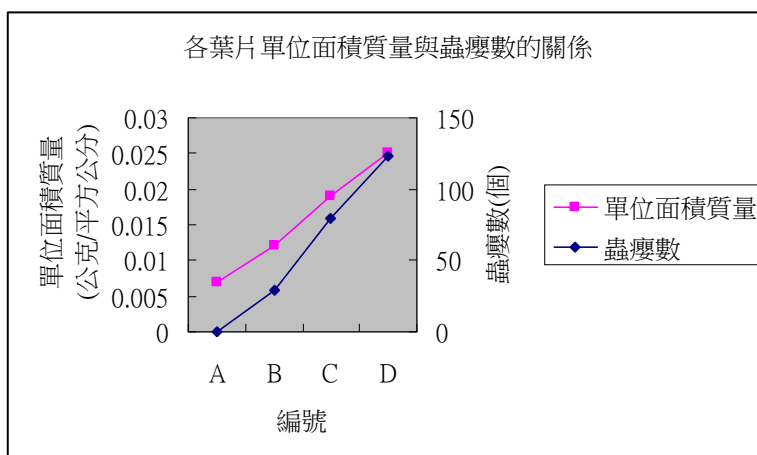
Kingdom Animalia動物界  
Phylum Arthropoda節肢動物門  
Class Arachnida蛛形綱  
Order Trombidiformes絨蟎目  
Family Eriophyidae節蟬科  
Genus *Aculodes*  
*Aculodes hibisci* Huang, 1992 黃槿刺子節蟬

### 二、蟲癭橫徑及內部黃槿刺子節蟬數量

葉片 蟲癭橫徑	A	B	C	平均值
0.2cm	31	52	20	34.3
0.3cm	57	72	19	49.3
0.4cm	59	79	30	56.0
0.5cm	74	119	62	85.0

### 三、研究蟲癭數量與葉片質量、表面積變化的關係

葉片編號 測量項目	A	B	C	D
蟲癭數量(個)	0	29	80	123
葉片質量(公克)	0.8	1.4	2.8	4.0
表面積 (平方公分)	112.98	111.42	142.55	154.12
單位面積質量 (公克/平方公分)	0.007	0.012	0.019	0.025



### 四、研究黃槿葉片維管束與有無蟲癭的關係

有無蟲癭 平均比值	無蟲癭寄生葉柄	有蟲癭寄生葉柄
A	0.828	0.531
B	0.690	0.584
C	0.829	0.549
平均	0.782	0.555

有無蟲癭 平均比值	無蟲癭寄生葉脈	有蟲癭寄生葉脈
A	0.673	0.6
B	0.7	0.408
C	0.685	0.521
平均	0.686	0.510

## 【評語】 030325

優點：

1. 觀察仔細，研究過程辛苦值得肯定。
2. 探討常見的造癭問題很不錯，作品說明書內容精簡詳細。

缺點：

1. 研究方向注重觀察，可進一步深入探討。
2. 植物組織切片觀察韌皮部、木質部的部分宜再區分清楚。