

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 自然科

第二名

081556

番石榴葉背上哪來的棉絮？

學校名稱：臺南市安南區海佃國民小學

作者： 小六 張孟淞	指導老師： 張炎飛 柯冠喜
---------------	---------------------

關鍵詞：番石榴 葉背 棉絮

摘要

在番石榴葉背上發現的棉絮多為透明、捲曲狀，將棉絮撥開發現一種黃色、橢圓形的小動物，會分泌絲狀物。

小動物的成蟲是一種小白蛾，具趨光性，早上日出時會繞著番石榴樹飛行，會在番石榴葉背留下白色、螺旋形的絨毛，裡面有卵，會孵化成小動物。

溫度對小動物和小白蛾很重要，牠們的生長適溫約在 20℃~30℃ 之間，若溫度過低小動物會分泌大量棉絮來禦寒；溫度過高，棉絮則大量的減少，小動物的數量也會減少。

小動物吸食汁液對番石榴的葉片、花苞、莖、果實等造成危害，可用瓢蟲來進行生物防治。小動物排出的汁液所造成的黑色物質堆積在葉面會影響番石榴樹行光合作用，可用肥皂水清除。

危害番石榴已久的小動物和小白蛾，最後發現是【番石榴螺旋粉蝨】，是番石榴樹的一大害蟲。

番石榴葉背上哪來的棉絮？

壹.研究動機

兒科中心為了飼養竹節蟲，栽種了番石榴盆栽，供竹節蟲食用。有一天下午，我們幫番石榴樹拔雜草時，哇！我們驚訝的發現在番石榴樹的葉背上有好多白白的細毛，在太陽下閃閃發亮呢！於是我就對它產生了許多疑問，那是什麼呢？它是棉花嗎？是從那裡來的呢？是番石榴樹長出來的嗎？對番石榴樹會有影響嗎？為了解決這些疑問，所以就利用課餘時間和老師討論，做了以下的研究。

貳.研究目的

- 一、了解番石榴樹葉背上的棉絮是什麼。
- 二、觀察小動物和小白蛾的生長週期變化和生態習性。
- 三、探究小動物和小白蛾與番石榴樹之間的關係。
- 四、從資料中找出小動物和小白蛾的真實身分。

參.研究器材

- 一、測量用具：試紙、溫度計、天秤、直尺。
- 二、觀察器材：立體顯微鏡、放大鏡、透明觀察箱、照相機、飼養箱、燒杯、培養皿。
- 三、水溶液：檸檬水、清醋水、自來水、食鹽水、稀酒精、肥皂水、小蘇打水。
- 四、其他材料：番石榴盆栽、鑷子、燈泡、噴霧器、自製實驗盒(木造)、水晶杯、手電筒、膠帶、剪刀、鋸子、鐵鎚。

肆.研究問題

- 一、番石榴葉背上的棉絮是什麼？
- 二、棉絮裡面暗藏了哪些秘密？
- 三、棉絮裡的小動物是從哪裡來的？
- 四、棉絮裡的小動物長大了。
- 五、觀察小白蛾的成長。
- 六、葉面上覆蓋的黑色物質是什麼？
- 七、我們的番石榴樹得救了。
- 八、從資料和觀察中確定小動物和小白蛾的真實身分。

伍.研究過程

活動一：番石榴葉背上的棉絮是什麼？

(一) 觀察葉背上的棉絮：

1. 從番石榴樹上選五片有棉絮的葉子並觀察。



2. 觀察方法

- (1) 利用肉眼、放大鏡觀察棉絮的顏色、排列、形狀、生長位置並拉拉看。
- (2) 測試棉絮的長度、吸水性及在水溶液中的溶解。

(二) 觀察結果：

1. 棉絮的觀察記錄：

觀察項目	顏色	排列及位置	形狀	長度	拉拉看
棉絮的特徵	有白色和透明的細毛。	大部份長在支脈兩側成兩排。	長條狀，多為透明，有的捲曲和其它纏繞在一起	約 5~10mm	沒有彈性，容易斷裂

2. 棉絮的測試記錄：

- (1) 棉絮的吸水性：用滴管吸水滴到棉絮上，觀察棉絮的吸水性，（棉絮在培養皿上）。

次數	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
是否吸水	否	否	否	否	否

- (2) 棉絮在水溶液中的溶解：用鑷子夾住棉絮，放入水溶液中攪拌，觀察是否會溶解？

溶液	酒精	醋	肥皂水	稀鹽酸	小蘇打水
濃度	1：50	1：50	1：100	1：50	1：50
pH 值	pH7	pH 4	pH 9	pH 2	pH 8
是否溶於水	不溶解	不溶解	不溶解	不溶解	不溶解



(三) 我的發現：

1. 棉絮的顏色多為透明、白色，長在葉脈附近，呈長條狀，常會纏繞在一起而形成整團。
2. 棉絮多為捲曲狀，測量時將棉絮拉直再量長度，我發現棉絮長度雖然不一，但大都介於 5mm~10mm 之間。
3. 拉扯棉絮時，發現棉絮很容易斷裂，而且具有黏性，不但會附著在葉片上，也會附著在鑷子等其它地方。
4. 棉絮不具吸水性，當水滴到棉絮上時會浮在水面上，不會吸水也不會溶於水。
5. 不同酸鹼值的水溶液，都無法溶解棉絮。

(四) 疑問：

1. 那些棉絮到底來自哪裡？
2. 其他植物的葉片上怎麼沒有棉絮？
3. 棉絮怎麼會越來越多？
4. 棉絮怎麼都長在葉背？

活動二、棉絮裡面暗藏了哪些秘密？

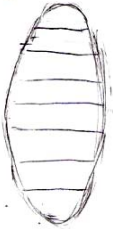
(一) 經驗告訴我：

1. 棉絮越來越多。
2. 都長在番石榴的葉背上。
3. 會隨風飄來飄去。

(二) 提出大膽的假設：是不是有小東西在裡面生長。

(三) 在立體顯微鏡下觀察：



圖	照片	外形特徵
		把棉絮撥開後，裡面的東西呈黃色或橘黃色、橢圓形，約 8~9 節，牠的外圍分泌出白色的絨毛，並從身體外側長出透明細毛。

(四) 觀察結果：從立體顯微鏡下發現這些小東西是小動物。

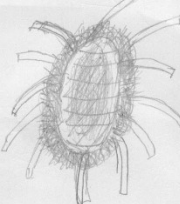
(五) 棉絮裡的小動物有哪些特別的行為：

1. 小動物會吐絲。

(1) 將番石榴葉背上的小動物所分泌的棉絮清除掉，再用放大鏡觀察小動物重新吐絲的情形。

(2) 結果：



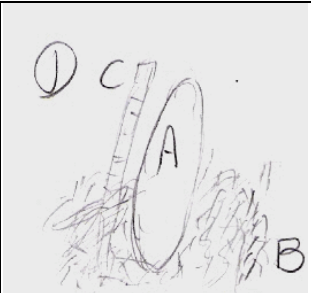
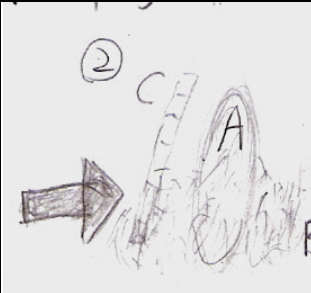
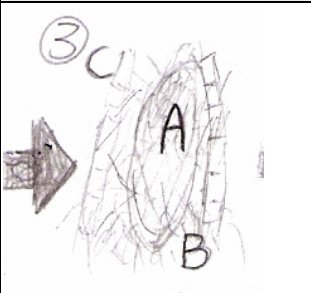
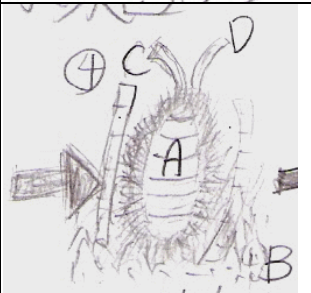
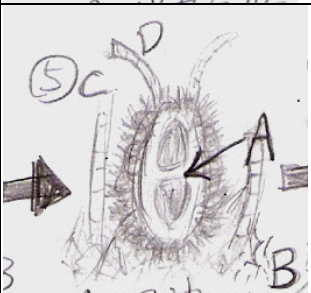
天數	第一天	第二天	第三天	第四天
吐絲的情形				

2. 小動物生長在葉背的原因：

(1) 觀察發現：小動物生長在葉背可以防止被雨水沖掉，也能擋住陽光的照射。而且葉背的葉脈可以供給小動物較多的水份和養份。

3. 小動物會長大：

(1)在立體顯微鏡下發現許多大小不一的小動物，並排出牠的生長順序。

階段 1		A：米黃色的橢圓形物體 B：白色絨毛 C：透明細毛中空，有分節
階段 2		A：米黃色物體顏色加深，被絨毛包覆 B：絨毛增加 C：同【階段 1】
階段 3		A：絨毛更多，幾乎看不到裡面的情形。 B：同【階段 2】 C：細毛增加
階段 4		A：米黃色物體出現分節，周圍長出白色絨毛，進入小動物階段。 B：同【階段 2】 C：同【階段 3】 D：几字型的白色粗毛
階段 5		A：小動物體型增大，絨毛增加許多，中間的主體也被白毛覆蓋。 B：同【階段 2】 C：細毛更多。 D：粗毛變得更長、更寬。
階段 6		A：體型更大，絨毛增加更多，全身都被絨毛覆蓋，中間有通氣孔，周圍長出透明細毛。 B：同【階段 2】 C：同【階段 5】 D：同【階段 5】 E：從主體外側長出透明細毛。

(2)發現：

- a. 【階段 1】的米黃色的物體可能是卵，而在【階段 3】時躲在絨毛中孵化。
- b. 從【階段 4】開始小動物就不斷的成長，並且改變形態，所以牠可能是昆蟲的一種。
- c. 小動物有生命週期，也會變態，但牠是如何繁殖呢？

4. 小動物對光的反應：

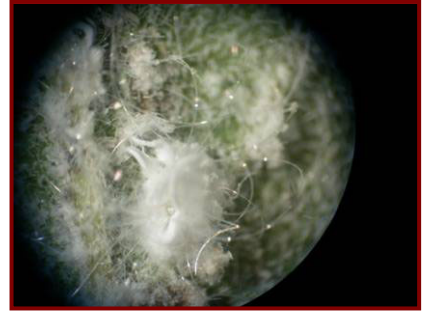
(1)將有小動物的葉片放在立體顯微鏡下，並用強光照射。

(2)利用顯微鏡觀察小動物的反應。

(3)發現：用強光照射五分鐘後，小動物還是不會移動。

(六) 可惜的畫面：在立體顯微鏡下，觀察棉絮裡的小動物，看到卵和不同階段的小動物，只可惜沒有看見剛從卵孵化出來的小動物。

(七) 我的疑問：棉絮中的小動物是從哪裡來的？



活動三、棉絮裡的小動物是從哪裡來的？

- (一) 偶然的發現：假日的早晨，在番石榴樹上觀察小動物時，發現有小白蛾在飛舞，那些小白蛾在做什麼呢？
- (二) 追蹤小白蛾的行蹤：發現小白蛾會先停在葉面，然後再爬到葉背。



1. 小白蛾留下的東西：（每天觀察 15 隻）

觀察天數	第一天	第二天	第三天	第四天
發現 (留下什麼)				

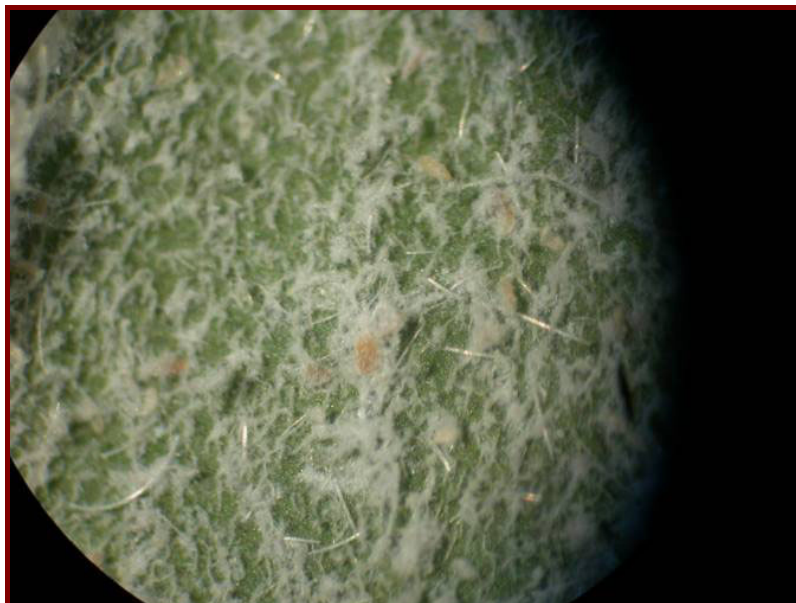
(三) 用立體顯微鏡觀察小白蛾在番石榴葉背上留下來的白色絨毛(裡面可能有卵)。

1. 觀察結果：

觀察項目	顏色	形狀	大小	排列	數量/cm ²
觀察發現	葉背上的卵為淡黃色至深橘色，剛產下的卵顏色較淡。	呈橢圓形大小接近，周圍有絨毛保護。	極為細小，肉眼幾乎看不見。	多呈環狀排列，環的大小沒有一定，排列的形狀也不太相同。	31
					38
					28
					合計：97 平均：32

2. 討論：

- (1) 在【活動二】中發現的米黃色物體，原來就是小白蛾的卵。所以牠的生命週期可能為卵→小動物→小白蛾→卵。
- (2) 卵和絨毛的排列差不多，都呈環狀或螺旋狀。
- (3) 卵在葉背上的密度十分密集。



(四) 推想小白蛾在葉背產卵的可能原因：

1. 觀察時，發現小動物和棉絮容易被水沖掉，所以產卵在葉背可能和自然環境有關。觀察發現小白蛾產卵在葉背的好處是可以防止被雨水打掉，也能擋住強烈的陽光。
2. 葉背的葉脈能供給較充足的水份和養份給小動物，小動物才能生長。

(五) 驗證小白蛾在葉背產卵的原因：小白蛾產卵在葉背，可能是因為陽光和高溫會對小動物造成影響，所以我設計了實驗來觀察陽光、高溫對小動物的影響。

1. 陽光的照射：

- (1)將剪下的番石榴枝條和葉片插在簡易養殖杯中。
- (2)再將簡易養殖杯放入花盆中，並罩上紗網（分為 0~4 層）。
- (3)每兩天記錄一次結果。(2 月 3 日開始實驗)



網的層次 \ 日期		2/5(室溫 22°C)	2/7(室溫 23°C)	2/9(室溫 24°C)
0 層	小動物的數量	15 隻	12 隻	18 隻
	觀 察 紀 錄	葉片捲曲，棉絮大量減少。	葉片捲曲嚴重，棉絮更少。	葉片脫落，有的小動物已經乾扁。
一層	小動物的數量	15 隻	13 隻	10 隻
	觀 察 紀 錄	和 0 層相似，葉片捲曲，棉絮減少。	葉片捲曲更嚴重，小動物和棉絮都有減少。	葉片脫落，小動物減少，幾乎無棉絮
二層	小動物的數量	10 隻	10 隻	19 隻
	觀 察 紀 錄	小動物的數量不多，棉絮少。	棉絮較 2 月 5 日更少。	小動物變多，但棉絮依然不多。
三層	小動物的數量	25 隻	12 隻	24 隻
	觀 察 紀 錄	小動物多，棉絮較二層更多。	小動物減少，但棉絮沒有明顯變化。	小動物增加，棉絮變多。
四層	小動物的數量	32 隻	32 隻	39 隻
	觀 察 紀 錄	棉絮茂密且長，小動物數量最多。	小動物和棉絮都很多。	小動物增加，棉絮茂密且長度長。

2. 溫度的高低：

- (1)和「陽光照射」的實驗相同
- (2)放入木製實驗箱中
- (3)用花盆倒蓋
- (4)放入不同亮度的燈泡（0 W（無燈泡） 、10W、25W、40W、60W）



(5)每兩天記錄一次結果。(2月2日開始實驗)

日期 燈泡亮度		2/4(室溫 14°C)	2/6 (室溫 21°C)	2/8(室溫 27°C)
0 W	木箱內的溫度 (°C)	14	21	27
	小動物的數量 (隻)	5	8	11
	紀錄	小動物不多，棉絮也少。	小動物和棉絮都有增加的趨勢。	小動物增加，但棉絮沒有明顯增加。
10W	木箱內的溫度 (°C)	22	28	29
	小動物的數量 (隻)	25	3	6
	紀錄	小動物較多，有些許棉絮。	小動物很少，幾乎無棉絮。	小動物少，棉絮只有一點點。
25W	木箱內的溫度 (°C)	25	32	32
	小動物的數量 (隻)	15	9	1
	紀錄	小動物減少了，但棉絮多。	小動物更少，棉絮也變少了。	小動物剩下一隻，無棉絮。
40W	木箱內的溫度 (°C)	30	35	36
	小動物的數量 (隻)	75	45	17
	紀錄	小動物極多，棉絮十分茂密。	小動物減少許多，但棉絮依然很多。	小動物和棉絮都減少，可能被熱死了。
60W	木箱內的溫度 (°C)	35	38	42
	小動物的數量 (隻)	7	15	6
	紀錄	小動物減少，棉絮也不多。	小動物和棉絮都有增加。	小動物少且有些乾扁，棉絮則更少。

(六) 討論：

1. 沒有罩上紗網和罩上一層網子的番石榴葉片，因頂樓陽光過強而捲曲、乾枯，小動物乾扁了且棉絮減少，可能是因為吸不到水份或陽光太強的緣故。
2. 而罩上三層、四層網子的番石榴葉片上的小動物和棉絮較多，棉絮的數量可能和陽光、季節有關。
3. 從數據中發現環境的溫度過高或過低都會使小動物死亡，小動物生長最適合的溫度約為 20°C~30°C。

活動四：棉絮裡的小動物長大了。

- (一) 觀察棉絮裡的小動物是怎樣長大的：採十片棉絮不一樣的葉子，觀察小動物的成長階段。

階段 1	無絨毛	
階段 2	一些絨毛(環狀排列，內有卵)	
階段 3	白色絨毛佈滿葉背	
階段 4	出現小動物和許多棉絮(棉絮會越來越多)	
階段 5	出現小白蛾和小動物共棲(棉絮量最多)	

階段 6	小動物和棉絮變少了，剩下一些棉絮殘骸(可能是羽化後留下的)，葉背上的小白蛾多於小動物。	
階段 7	小動物極少，幾乎無棉絮，在葉背上的幾乎都是小白蛾，也出現一些白色絨毛。	
階段 8	棉絮開始變多，小動物和小白蛾共棲(可能是第二代)，數量較第一代少。	
階段 9	小動物和棉絮減少很多，生長情形和階段六類似，葉背上的小白蛾也多於小動物。	
階段 10	葉片變成土黃色，枯萎掉落，小白蛾都飛走了，只剩下一些棉絮的殘骸。	

(二) 棉絮裡的小動物在番石榴樹上吸食汁液，對番石榴有什麼影響？

1. 小動物在番石榴樹上的位置有葉背、花苞、花梗、花托、果實等。
2. 觀察小動物對它們的影響。

	情況	可能的原因	照片
番石榴葉	1.葉片變成土黃色，枯萎捲曲，甚至會掉落。 2.下方葉片有的變得黑黑的。	1.小動物將汁液吸食殆盡。 2.小動物排出的汁液堆積變黑。	
花苞	1.花苞上的白色絨毛很多。 2.剛長出的番石榴果實變成咖啡色，脫離花梗死亡。	1.小動物吸食汁液，花苞得不到養份，所以枯掉。	
花梗	1.影響花托和番石榴果實一起枯萎、掉落。	同上	
果實	1.表面有黑黑的物體。 2.果實出現坑洞，對內部也會造成影響。	1.小動物排出的汁液可能會病變。	

3. 疑問：小動物會造成番石榴樹整棵枯死嗎？

(三) 小動物有哪些天敵？這些天敵可以幫助我們消滅小動物嗎？

	觀察紀錄	照片
瓢蟲(成蟲)	瓢蟲的成蟲體長約 0.6cm，體背橘紅色。牠進食時會用黑色大顎夾住棉絮和小動物送入口中咀嚼。	
瓢蟲(幼蟲)	瓢蟲幼蟲呈黑色，背上有黃色斑點，會用大顎進食小動物。	
草蛉幼蟲 蚜獅	(1) 體長約 1cm，背上背著棉絮殘骸，看起來像小動物，但體型太大，又會快速移動，把棉絮殘骸撥開來觀察，發現牠有兩支大獠牙。 (2) 牠的大顎碰到小動物時，會先停頓幾秒，再用大顎刺入獵物體內。	
草蛉(蚜獅成蟲)	草蛉體長 1.9cm，腹部黃綠色，分節。大顎咖啡色，旁邊有兩個小顎，是用來輔助牠夾住棉絮和小動物送入口中咀嚼的工具。	
食蚜蠅幼蟲	食蚜蠅幼蟲長約 3cm，淡咖啡色，中間有一條深咖啡色縱帶，會用口器咀嚼棉絮和小動物，可能為夜行性。	

(四) 怎樣去除葉片上的棉絮和小動物？

1. 小瓢蟲會吃多少小動物？用牠來消滅小動物有效嗎？

- (1) 請同學幫忙尋找瓢蟲。
- (2) 記錄小動物的數量，並放入飼養箱中。
- (3) 在飼養箱中放入瓢蟲 20 隻，兩星期後觀察小動物的數量變化。
- (4) 一週後發現瓢蟲都死了，所以再放入 20 隻。
- (5) 兩星期後共放了 40 隻瓢蟲。

2. 結果與討論：(B 代表葉片的編號，如 B1、 B2...)

(1)兩星期前 B1~B5、B7~B11、B14、B24、B27、B29、B34~B36 都佈滿了絨毛，兩星期後除了 B3 之外，絨毛減少很多，有的甚至全無。

(2)B6、B12、B15、B25、B33 上的小動物全部被吃，而且絨毛也有減少。

(3)在 B16、B17、B18、B20、B21、B26、B28、B30、B31 等葉片上不但小動物被吃，連小白蛾都全部消失了。

(4)小瓢蟲很會吃小動物，兩星期前還有 52 隻，後來只剩下 1 隻，而 19 隻小白蛾則全軍覆沒，所以小瓢蟲對清除小動物和小白蛾有很大的功效。

(5)小瓢蟲除了會吃小動物、小白蛾之外，也會吃卵，所以能根治小動物。



3. 除了利用天敵外，還能使用什麼方法來防治呢？

(1)我的想法：小動物都躲到葉背，可能是為了防止被雨水打中，所以我決定用水溶液來對付小動物。

(2)我所使用的溶液有：

酸性溶液：

檸檬水 (pH3)

清醋水 (pH4)

硼酸水 (2%, pH5)

中性溶液：

自來水 (pH7)

食鹽水 (2%, pH7)

稀酒精 (2%, pH7)

鹼性溶液：

肥皂水 (2%, pH9)

小蘇打水 (2%, pH8)

(3)實驗方法：

a. 將葉片固定在裝置上並拍照(實驗前)。

b. 將水溶液裝入噴霧器，並放在裝置上。

c. 用噴霧器瞄準葉片噴一百下，用塑膠盆接水。

d. 觀察葉片和塑膠盆裡的水，紀錄並拍照(實驗後)。

e. 換水溶液，重複 a~d 的動作。

(4)實驗結果：

	實驗前	實驗後
清醋水		
稀酒精		
肥皂水		

(五) 討論(水溶液對小動物的影響)：

1. 大致上看來鹼性水溶液清除小動物的效果較佳，除了小蘇打水外，其它都能快速的將棉絮和小動物身上的細毛清除。
2. 肥皂水效果甚佳，而且較其它溶液安全、容易取得，可用來清除番石榴盆栽上的小動物。
3. 稀釋酒精效果極佳，能很快清除棉絮，但酒精有殺菌的作用，可能會對番石榴樹周圍的動植物造成傷害。
4. 酸性水溶液對清除棉絮的效果並不好，硼酸水和檸檬水都無法將小動物的細毛完全清除。

(六) 疑問：小動物長大後會變成什麼？

活動五：觀察小白蛾的成長

(一) 觀察棉絮裡的小動物長大後會變成什麼？

1. 把四週細毛都掉光的棉絮撥開來看，並在顯微鏡下觀察。

2. 觀察結果：

(1)撥開棉絮後，發現裡面有黃色、橢圓形的物體，可能是蛹。

(2)蛹的外形特徵並不清楚，因為被細毛覆蓋。



(二) 小白蛾的羽化：

1. 在一片葉片上觀察蛹如何變成小白蛾。

2. 觀察結果：

天數	第一天	第兩天	第三天 (上午)	第三天 (中午)	第四天 (小白蛾飛走後)
蛹的變化	無動靜	無動靜	AM7:00 觀察時小白蛾已經羽化了，翅膀為半透明，停在葉背不動。	小白蛾翅上佈滿白色鱗粉，一直拍動翅膀，想要飛走。	小白蛾飛走後，在葉背留下一團棉絮的殘骸，上面還有空蛹殼。

(三) 清晨時常可看到小白蛾在飛舞，小白蛾為什麼會在清晨飛舞呢？和日出的光有關係嗎？所以我設計了實驗來驗證。

1. 實驗方法：

(1)準備透明觀察箱。

(2)取有小白蛾生長的葉片，先算數量，再用繩子綁在觀察箱中間。(只算有飛行能力的)

(3)先將觀察箱置於黑暗環境中 1 分鐘，再用強光照射 5 分鐘。

2. 實驗結果：

葉片數	第一片	第二片	第三片	第四片	第五片	第六片	第七片	第八片	第九片	第十片	平均
小白蛾總數	12	8	7	10	7	9	7	9	9	10	8.8
起飛數	6	3	4	5	4	5	4	5	6	5	4.7
起飛率	50%	38%	57%	50%	57%	56%	57%	56%	67%	50%	53%
第一隻起飛時間	約 8 秒	約 4 秒	約 10 秒	約 2 秒	約 7 秒	約 1 秒	約 3 秒	約 4 秒	約 12 秒	約 5 秒	約 5.6 秒

3. 發現：

(1)小白蛾被光照射時，有的會爬行，有的震翅，然後再朝向光的方向飛行（不一定每隻都會飛）。

(2)小白蛾在飛行時，有的會先盤旋幾圈，然後再停在光源附近。

(3)小白蛾有趨光性。

(4)清晨時陽光照射在番石榴樹上，停在葉背的小白蛾，常常會群起飛舞，在番石榴樹的附近不停的飛著，最後停在番石榴葉上。

(四) 小白蛾在什麼時候飛行？

1. 實地觀察小白蛾的飛行時間。

2. 發現：

- (1) 小白蛾飛揚的時間不一定，要視日出的時間而定，在觀察期中，小白蛾起飛的時間約在 AM6:00~7:00 之間，都在日出後不久。
 - (2) 如果沒日出，雲層太厚，小白蛾就不會飛揚。
 - (3) 有時剛下完雨，雨停後小白蛾也會群起飛舞，可能是要將翅膀抖乾。
 - (4) 有時下午 4:00~5:00，小白蛾也會繞著番石榴樹飛行。
- (五) 小白蛾有季節性嗎？在 AM6:00~7:00 群起飛舞，和溫度有關嗎？為了解決疑問，所以我設計了一個實驗來觀察。

1. 實驗方法：同【活動三】溫度對小動物的影響。

2. 結果：

燈泡(W)		2/4(室溫 14°C)	2/6(室溫 21°C)	2/8(室溫 27°C)
0 W	木箱內的溫度 (°C)	14	21	27
	小白蛾的數量 (隻)	14	17	15
	紀錄	小白蛾不太動，都緊貼在葉背	小白蛾活動力差	小白蛾活動力較上次好。
10W	木箱內的溫度 (°C)	22	28	29
	小白蛾的數量 (隻)	35	8	3
	紀錄	小白蛾雖多，但活動力差。	小白蛾嚴重減少，活動力較上次強。	小白蛾極少，剩 3 隻。
25W	木箱內的溫度 (°C)	25	32	32
	小白蛾的數量 (隻)	48	52	19
	紀錄	小白蛾活動力強，會爬行。	小白蛾很多，活動力強。	小白蛾活力很強，一直爬行、飛行。
40W	木箱內的溫度 (°C)	30	35	36
	小白蛾的數量 (隻)	8	47	21
	紀錄	小白蛾雖少，但活動力強。	小白蛾增加很多，活力強，會繞著燈泡飛行。	小白蛾活動力強，在花盆上發現一些屍體。
60W	木箱內的溫度 (°C)	35	38	42
	小白蛾的數量 (隻)	46	29	5
	紀錄	小白蛾活力極強，但有的被燙死。	小白蛾減少，但活力強，在花盆上發現一些屍體。	小白蛾大多飛走了，在燈泡附近死了許多。

3. 討論：

- (1) 在溫度高時(60W)，小白蛾會繞著燈泡飛行，結果因為溫度過高而燙死。
- (2) 小白蛾繞著燈泡飛行可能是因為溫度過高的關係，或是燈泡太亮的緣故。
- (3) 溫度低時，小白蛾活動力差，然後溫度越高，活動力越強。



活動六：葉面上覆蓋的黑色物質是什麼？

(一) 哪裡來的黑色物質：不久前番石榴葉面有些部份變得黑黑的，原本以為只是普通的黑點，沒想到不久後黑色物質竟然覆蓋了整個葉面，變黑的葉片就枯萎脫落了，那些黑色的物質是什麼呢？



(二) 葉面上的黑色物質是什麼？

1. 觀察記錄：

(1) 表面看是整片葉片轉為黑色，但用放大鏡觀察看是咖啡色顆粒堆積而成的，數量很多，把葉面都覆蓋了。



(2) 刮除後的葉面顏色翠綠，看起來沒有變黑一樣，原來黑色物質只是鍍在番石榴葉面的一層膜。

2. 黑色物質是藉由水傳播的嗎？如果是 它會溶於水嗎？

(1) 操作方法：

- 刮下 1g 的黑色物質，用研鉢搗碎。
- 倒入 100 cc 的水中，並攪拌。
- 觀察黑色物質是否會溶解。



(2) 結果：

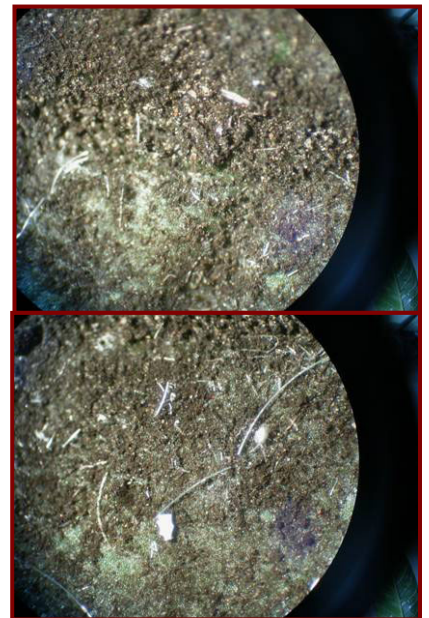
- 剛開始將黑色物質倒入水中時，它會浮在水面上，後來慢慢沉下去。
- 攪拌一段時間後，大部份的黑色物質都沉澱了，水變得較清澈。

3. 顯微鏡下的黑色物質。

(1) 利用立體顯微鏡觀察黑色物質。

(2) 觀察結果：

- 黑色物質常會堆積在葉脈的凹槽中，表面凹凸不平。
- 黑色物質會膠結一些白色、咖啡色的顆粒。
- 葉面上有許多透明細毛，用 40 倍看是中空的管子。



(3) 疑問：黑色物質是怎麼形成的？

(三) 葉面上的黑色物質是怎麼形成的？

1. 選十五片葉面變黑程度不同的葉片，排出順序，並分出等級(一到十五級)。



2. 發現：

- (1)五級時開始出現一點一點的黑點，黑點是由深咖啡色的顆粒組成。
- (2)到六、七級時葉片的黑色物質更多，且面積擴大。
- (3)八、九級時黑色物質面積更大，有的地方開始呈小丘狀凸起。
- (4)從六、七級後，級數越大黑色物質顏色越深，十、十一、十二級葉面上的黑色物質，除了小丘狀凸起，也有顆粒狀的小凸起。
- (5)十三、十四、十五級時葉片佈滿黑色物質，膠結成整片，表面有顆粒狀的小凸起，較十、十一、十二級平整，十三、十四級刮除黑色物質葉面還是綠色，十五級則變成土黃色。

3. 疑問：黑色物質的變化和葉背的小動物、小白蛾有關嗎？

(四) 黑色物質和葉背的小動物之間的關係。

1. 將 15 片葉片翻面，觀察並記錄結果。



2. 結果：

情形 葉片 上黑色 物質的級數	小動物	棉絮殘骸	小白蛾	備註
1	0	0	0	無棉絮、白點。
2	0	0	0	有零星白點。
3	0	1	0	佈滿白點
4	15	13	0	小動物多、無小白蛾。
5	10	16	5	小動物多於小白蛾。
6	3	5	1	葉片較小，小動物和小白蛾都不多。
7	5	11	0	無小白蛾，大多是殘骸。
8	18	6	0	小動物很多，無小白蛾。
9	22	7	0	小動物多且密集，小白蛾飛走了。
10	0	5	0	棉絮突然減少，剩下殘骸。
11	18	21	4	小動物多，也有不少殘骸。
12	19	10	1	小動物多於小白蛾。
13	0	9	2	無小動物，剩殘骸和小白蛾。
14	1	27	0	小動物幾乎全死，大多是殘骸。
15	1	37	0	葉片泛黃，幾乎無活口。
總計	112	168	13	

3. 發現：

- (1)翻面後，棉絮多的葉面不一定較黑，但可發現小動物在四、五級時很多，但小白蛾因採集後大多飛走，所以數據不準。到七、八級時，小白蛾和小動物減少了，葉面卻開始變黑，而小動物到九級又開始增加，在十一、十二級到達顛峰，此時葉面大部分變黑，到了十四、十五級時，就大多剩下棉絮的殘骸。
- (2)葉背的小動物和小白蛾，和葉面變黑有一定的關連性，但也有例外，例如十級時黑化程度嚴重，但小動物卻很少，所以除了葉背的小動物和小白蛾外，還有其它影響葉面變黑的原因。

4. 疑問：這些黑色物質到底是什麼？怎麼會增加的這麼迅速？

(五) 黑色物質是怎麼在葉片上蔓延的？

1. 分別取(1)有黑點(2)黑點多(3)半黑(4)全黑等四個階段的黑色物質。
2. 用立體顯微鏡仔細觀察。
3. 結果與推想：

(1)一開始只出現零星的黑點，後來出現的黑點都在一開始出現的黑點旁，所以黑色物質可能是一種菌類。

(2)如果黑色物質真的是一種菌類，那應該可以在健康的番石榴葉片上繁殖吧。

4. 疑問：黑色菌類的養份來自哪裡？小動物嗎？

(六) 黑色物質是怎麼來的？它的來源是什麼？

1. 實驗設計：黑色物質是否能在健康的番石榴葉片上繁殖。

(1)實驗方法：

- a. 在六片健康的番石榴葉片上貼上標籤。
- b. 分別用鑷子在葉面上點上 1、3、5、7、9、15 點黑色物質。
- c. 觀察黑色物質是否會繁殖。

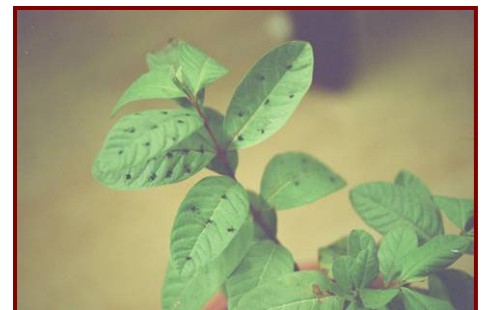
(2)結果：

- a. 二週後有的黑點脫落了，但都沒有在葉上繁殖。

(3)討論：

- a. 黑色物質沒有在健康的番石榴葉上繁殖，所以代表它的孳生來源不是番石榴葉。
- b. 小動物吸食番石榴樹汁會排出汁液，所以黑色物質可能來自小動物排出的汁液。

(4)疑問：如果葉背的小動物沒了，黑色物質還會繼續蔓延嗎？



(七) 和老師討論番石榴葉上黑色物質的來源與變化。

1. 討論結果與發現：

- (1) 黑色物質可能是一種病變，會傷害番石榴葉。它的可能來自於小動物的汁液，當小動物長成小白蛾時，小動物所排出的汁液會囤積於葉背或滲透到葉片中。
- (2) 在下方的葉片，其葉面黑化程度較上方葉片嚴重許多，有的感染程度只有三、四級而已，葉面卻已全黑，可能是小動物排出的汁液從上面滴落，所以下方葉片變黑的程度較為嚴重。

(八) 黑色物質對番石榴葉的傷害？

1. 觀察結果：

黑色物質位置	危害情形	
葉面	覆蓋整個葉面，會使葉片無法行光合作用，也擋住氣孔。	
果實	在表面形成大片黑斑，會影響果實生長和果實的品質。	
莖	包覆整個莖。形成大片的黑色薄膜，會影響其它生物生活。	

2. 我的想法：

有時下雨會打掉黑色物質，可以像用水沖棉絮一樣，把黑色物質沖掉嗎？

(九) 黑色物質會嚴重危害番石榴葉，要如何去除？

1. 用不同的水溶液來清除番石榴葉面上的黑色物質。
2. 實驗方法同【活動四】清除小動物。

	實驗前	實驗後
小蘇打水		
稀酒精		
肥皂水		

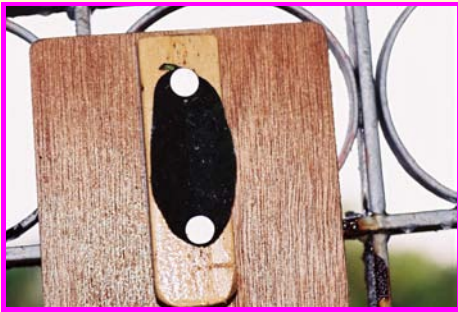
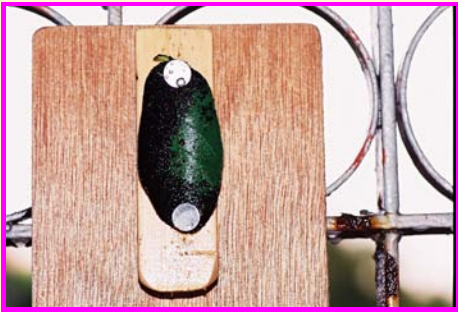
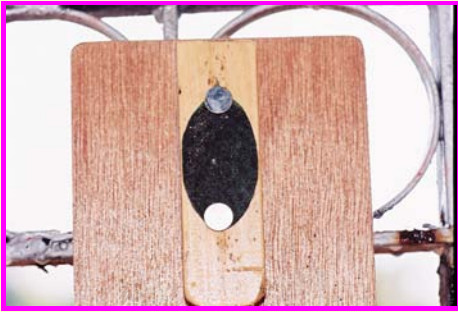
3. 討論：

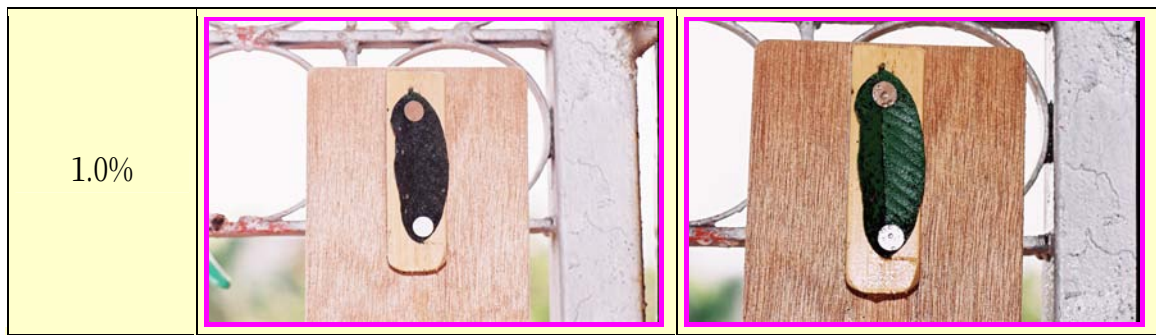
- (1) 鹼性溶液的清除效果普遍較好，小蘇打水可以達到 60% 以上的清除效果。效果最好的肥皂水除了主脈的凹槽外，其它地方的黑色物質都被清除，清除部份達 95% 以上。
- (2) 自來水、食鹽水、硼酸水的效果都不佳。
- (3) 清除小動物效果較好的溶液，來清除黑色物質大多也有較好的效果，尤其是肥皂水對周圍環境的傷害較小，可以用來清除番石榴盆栽上的小動物和黑色物質。

活動七：我們的番石榴樹得救了！

(一) 拯救番石榴樹：番石榴樹上的小動物越來越多了，番石榴樹會不會因為缺乏汁液而枯死呢？所以為了拯救番石榴樹，我決定用對環境的傷害較小的肥皂水來清洗掉番石榴盆栽上的小動物和黑色物質。

1. 稀釋肥皂水：濃度 2% 的肥皂水對番石榴樹可能會造成傷害，所以我決定稀釋肥皂水，找出對番石榴樹傷害最小，但可以有效清除棉絮的濃度。
2. 實驗方法：
 - (1) 用 0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 等濃度來實驗。
 - (2) 操作方法同【活動四】清除小動物。

肥皂水濃度	實驗前	實驗後
0.2%		
0.4%		
0.6%		
0.8%		



3. 結果：

- (1)濃度 0.2%~1%的肥皂水都能在噴 50 下時將棉絮清洗掉，小動物和小白蛾也不見了。
- (2)清除黑色物質效果較好的為濃度 0.8~1%的肥皂水，清除面積達 80~90%。若要應用在清除盆栽上的黑色物質，應使用 0.8~1%濃度的肥皂水。
- (3)先噴完肥皂水再噴清水，可以減少肥皂水對周圍環境的傷害。

(二) 番石榴樹得救了，我準備濃度 1%的肥皂水，要來清洗掉番石榴盆栽上的小動物和黑色物質。

1. 操作方法：

- (1)將番石榴樹搬到空曠的地方。
- (2)在番石榴樹下方罩上塑膠布，並拍照(實驗前)。
- (3)用噴霧器裝濃度 1%的肥皂水噴灑受感染的葉片(每片約十下)。
- (4)共用了三罐肥皂水(約 1500ml)
- (5)用清水噴灑番石榴盆栽。
- (6)拍照(實驗後)，並紀錄結果。



2. 防護措施：

- (1)將番石榴樹搬到空曠的地方，減少肥皂水對其他生物的傷害。
- (2)帶護目鏡。
- (3)用塑膠布罩住番石榴盆栽的下方，避免肥皂水滲入土中。
- (4)噴完肥皂水後再噴灑清水，以減少肥皂水對番石榴樹的傷害。

3. 結果：大部分有黑色物質的葉片清除部分都達 80%以上，有利於番石榴樹進行光合作用。



4. 發現與討論：

- (1)清除後的番石榴葉片多為綠色，所以肥皂水真的可以拯救番石榴樹。
- (2)剛剛出現黑點的黑色物質較難清除，反而是全黑的葉片較易整塊打落。
- (3)剛開始噴時因沒有木板在後支撐，不易清除，後來把番石榴葉片和噴霧器距離拉近，才容易許多。
- (4)小動物和小白蛾也有被打落，在番石榴樹的下方的塑膠布接到的液體上有一層乳白色、油脂光澤的薄膜。

活動八：從資料和觀察中確定小動物和小白蛾的真實身分。

- (一) 從 11 月 5 日起至 4 月 30 日，一共觀察了五個月的棉絮。剛開始觀察時，我還不太確定那是什麼動物，所以用小動物代替。
- (二) 後來出現了很多小白蛾，所以我就去查小白蛾和小動物的身分，從網路資料中找到三種昆蟲的特徵都和小白蛾與小動物相近，但無法確定到底是哪一種？所以等研究告一段落後，我就將牠們歸納成表格，來確認小白蛾和小動物的真實身分。

	番石榴粉介殼蟲	吹綿介殼蟲	番石榴螺旋粉蝨	我的觀察資料
出現時間	9 月~2 月下旬	全年	9 月中旬~5 月中旬	11 月初(出現)~4 月底(驟減)
卵的形狀	橢圓形	橢圓形	長橢圓形	長橢圓形
卵的顏色	半透明~淡黃	橙黃色	半透明	淡黃~橘
卵的排列	產卵於卵囊	產卵於卵囊	螺旋狀排列，覆蓋白色臘物。	白色絨毛和裡面的卵都呈螺旋狀。
若蟲位置	葉背、葉脈、果實	枝幹上	葉背。偶可見於葉面。	葉背的葉脈，花托、花苞、葉面、果實也有發現。
若蟲顏色	淺黃色	暗紅色	半透明	半透明~淡黃
若蟲分泌物	白色臘粉	白色臘物、粗毛	白色臘粉、絮毛	白色絨毛與棉絮
棉絮長度	無絮毛	長約 4mm~13mm	可達 8mm 以上	5mm~10mm
蛹的位置	不明	枝幹細縫	化蛹不會移動位置	同小動物位置，不移動
蛹的顏色	不明	淡紅色	不明	淡黃
成蟲顏色	淡黃	雄的橙紅色，雌的暗黃色	全身及翅皆為白色。	全身白色。
雌蟲	無翅	無翅	有翅	有翅
雄蟲	有翅，前翅大	有翅，翅暗黑	有翅，體型較雌蟲大。	有翅
成蟲長度	不明	雄：3mm 雌：6mm	雄：2.10mm 雌：1.97mm	約 2mm
病變	誘發煤病	誘發煤病	誘發煤病	有黑色物質
生殖方式	孤雌生殖	有性生殖	有性生殖	不明
天敵	不明	主要為兩種瓢蟲	瓢蟲、草蛉、食蚜蠅、寄生蜂等。	主要為瓢蟲成幼、草蛉成幼、也有食蚜蠅幼蟲。
其它	與螞蟻共生	一年三世代	晨間 5:00~7:00 活動	早上日出時活動

(三) 我的判斷：

- 觀察紀錄中發現十七點，和番石榴粉介殼蟲相似的地方有六點，如：卵的形狀、卵的顏色、若蟲位置、若蟲顏色、雄蟲型態和病變等；和吹綿介殼蟲相似的則有五點，分別為：卵的形狀、卵的顏色、若蟲分泌物、棉絮長度和病變。而和番石榴螺旋粉蝨相似的竟然有十四點：卵的形狀、卵的排列、若蟲位置、若蟲顏色、若蟲分泌物、棉絮長度、蛹的位置、成蟲顏色、雌、雄蟲的特徵、成蟲長度、病變、天敵和活動時間等，所以小動物和小白蛾是番石榴螺旋粉蝨的可能性最大。
- 我的觀察紀錄和番石榴螺旋粉蝨有很多相似而且獨特的地方，例如產卵時卵和覆蓋在上面的白色絨毛都呈螺旋形，和其他兩種不同。又如成蟲的顏色和化蛹的位置也都很接近。
- 另一點可以證明我觀察的小動物就是番石榴螺旋粉蝨的地方就是雌蟲有翅、成蟲的大小相近，且活動時間也和觀察到的一致。
- 我的觀察紀錄和番石榴螺旋粉蝨相似的地方很多，其他地方也沒有很大的出入，所以我判斷小動物和小白蛾是番石榴螺旋粉蝨。

陸.結論

- 一. 番石榴葉片上的棉絮來自裡面的小動物，小動物呈黃色、橢圓形，會吐出棉絮和絨毛把自己包覆，影響番石榴樹的外觀。
- 二. 小動物生長在葉背，經推測是為了擋住陽光、高溫 and 雨水，也方便吸食汁液。在實驗中發現小動物的養份來自番石榴的汁液，而吸食時也會排出褐色的汁液。
- 三. 在實驗中證明了我的推測，小動物若生長在陽光強烈、溫度過高的地方會乾扁、死亡，而小動物適合生長在氣溫約 20~30 度之間的環境。
- 四. 小動物除了葉背，也會生長在花托、花梗、果實上，不但會使葉片枯萎、掉落，更會使凋謝的花無法長出番石榴而變色、脫落，對番石榴的結果影響很大。
- 五. 小動物的天敵很多，其中消滅小動物效果最好的是瓢蟲，可以用來生物防治。
- 六. 水溶液對小動物也能有效防治，效果較好的為稀酒精和肥皂水。其中肥皂水是最容易取得，對環境傷害最小的。
- 七. 小動物的成蟲是一種小白蛾，具趨光性且會朝光源飛行；小白蛾早上日出時會飛揚也是同樣的原因。
- 八. 小白蛾會在葉片上留下白色螺旋形的絨毛，裡面有卵，排列也呈螺旋形。卵的形狀呈長橢圓形，顏色淡黃。
- 九. 小白蛾變多時，葉片上也出現了一些黑色物質，經過反覆的討論與試驗，發現黑色物質的出現是因為小動物排出的汁液所形成，而黑色物質會覆蓋葉面，影響番石榴樹行光合作用。
- 十. 用水溶液來清洗黑色物質，發現肥皂水的效果最好，清除的部份最多，所以就用肥皂水來洗掉葉面上的黑色物質和小動物，使番石榴樹葉片變綠，有利於行光合作用。
- 十一. 經過反覆比對、觀察，最後發現小動物和小白蛾的真名是「番石榴螺旋粉蝨」，而黑色物質則是所謂的煤病。

柒.參考資料

一、農業試驗所全球資訊網。

1. <http://www.tari.gov.tw/techcd/果樹/常綠果樹/番石榴/蟲害/番石榴-粉介殼蟲.htm>
2. <http://www.tari.gov.tw/techcd/果樹/常綠果樹/番石榴/蟲害/番石榴-螺旋粉蝨.htm>
3. <http://www.tari.gov.tw/techcd/果樹/常綠果樹/柑桔/蟲害/桔柑-吹綿介殼蟲.htm>

二、張永仁(民 87)。昆蟲圖鑑 1、2。台北：遠流出版社

【評 語】 081556 番石榴葉背上哪來的棉絮？

- 1.觀察十分仔細。
- 2.研究動機強烈，研究內容有很好的應用價值。
- 3.思考問題邏輯及層次都很好。
- 4.資料收集宜再加強。
- 5.數據化稍欠缺。