

2024 年全國科學探究競賽-這樣教我就懂

作品說明書

科 別：生物科

組 別：國小組

作品名稱：以黑水蛇處理釋迦落果的可行性

關 鍵 詞：黑水蛇、廚餘、釋迦

摘要

嘗試飼養黑水虻，從整理文獻資料準備器具，到孵化蟲卵，飼養黑水虻，最後結蛹成蟲產卵，觀察記錄黑水虻的生長週期。在飼養的過程中，解決黑水虻飼養所發生的問題，最後比較文獻資料和實驗資料間的差異，並跟據結果給出建議。

壹、研究動機

臺東縣是我國鳳梨釋迦的主要產區，每年在冬季時鳳梨釋迦能帶給果農可觀的收入。但因鳳梨釋迦的育果期溫度是必須要在 15~26 度之間，只要超過 27 度以上，持續時間 2 小時，就有抽心落果的狀況(林延諭、盧柏松，2017)。而去年(2023 年 1 月)遇到暖冬落果農損已有三成左右，又遇到中國大陸暫停鳳梨釋迦輸入，鳳梨釋迦因滯銷原因，只能放任釋迦掛果於樹上，導致嚴重落果，果農的農損達到五成以上。

因爺爺奶奶是釋迦果農，在聽到他們為落果發愁，並為了如何處理落果傷腦筋時，想到如果可以利用這些落果來創造一些利潤，不僅可以減少一些損失，也可以處理掉這些垃圾。又剛好看到雲林清潔隊利用黑水虻來減少廚餘的新聞，因此設計此實驗，利用釋迦果來飼養黑水虻，學習黑水虻的養殖方法，觀察了解黑水虻的習性，討論利用黑水虻處理釋迦落果的可行性。

貳、研究目的

研究一：探討黑水虻的生命週期

- 1：觀察蟲卵、幼蟲與成蟲體型和顏色變化
- 2：解決養殖其間發生的問題

研究二：探討黑水虻在不同集卵器產卵的喜好

- 1：瓦楞紙板和木板的比較
- 2：不同的物料對黑水虻產卵的吸引力

參、文獻探討

黑水虻（學名：*Hermetia illucens*）

黑水虻又名亮斑扁角水虻，是雙翅目水虻科扁角水虻屬的一種昆蟲，。原產於美洲，在大航海時代隨著各國船隊遍佈全世界，目前已於全世界廣泛的分布在南北緯 40 度之間，在臺灣已存在百年。本種分布於低海拔山區，常見於林間、牧場、果園等地活動覓食，只要環境器材適合，都很容易就能誘導產卵引種。幼蟲為腐食性，以動物糞便、屍體、水果、腐爛菜葉為食，成蟲取食露水，全年可見。但冬天寒冷的日子活動力遲緩，較少出沒。

黑水虻的生活史分為卵、幼蟲、蛹和成蟲 4 個階段（圖 1），卵孵化所需時間大約 4 天，孵化後幼蟲可分為 6 個齡期，共計約 14 天。剛孵化之 1 齡期幼蟲體長約 0.1 公分，齡期間以脫皮次數劃分，第 6 齡期幼蟲稱作預蛹，體長約 2~2.5 公分。此階段幼蟲體色由白色開始變黑，停止攝食並爬出物料尋找乾燥、陰涼的化蛹場所，和其他昆蟲相比，能減少從培養基篩選蟲體的收成人力；蛹期約 14 天變態為成蟲，成蟲約可存活 9 天。整個生活史大約 41 天，但會因環境溫度的冷熱和食物營養成份而有差異，最短約 30 天最長約六個月。（朱芬，2019）

圖 1：黑水虻成長過程



表 1：各齡期蟲體大小

	1 齡蟲	2 齡蟲	3 齡蟲	4 齡蟲	5 齡蟲	6 齡蟲
長度 mm	1mm	3mm	6mm	13mm	17mm	20mm

一、黑水虻的卵

	
蟲卵剛產下時為白黃色	蟲卵要孵化時顏色會轉為奶油黃

二、黑水虻的幼蟲

	
一齡蟲 (1.8m)	二齡蟲 (3mm)
	
三齡蟲 (6mm)	四齡蟲 (13mm)



五齡蟲 (17mm)



六齡蟲 (20mm)

三、脫皮：成長過程中會經過五次脫皮



脫皮前蟲會變黃爬到物料上面，而蟲體的前端會變空



幼蟲脫皮後會將皮吃掉，但六齡蟲不再進食，所以等蟲體變黑後會有大量蟲皮出現

四、蛹：



蛹期的黑水虻停止蠕動，而且尾巴會往下垂



羽化的成蟲，會從蛹的第一節斷掉，身體第二到三節有 T 字型的裂痕

五、成蟲：外觀都非常接近泥蜂

	 <p>平衡棒</p> <p>平衡棒</p>
<p>頭眼：眼睛有藍綠色迷彩條紋，觸角像雷達一樣的上下擺動</p>	<p>翅膀：翅面灰色透明或具藍色的光澤，在翅膀下有一對翅膀演化的平衡棒</p>
	 <p>透明</p>
<p>足：六隻腳的前端白色</p>	<p>身軀：腹中有一節透明，如果有卵則為黃色</p>

六、黑水虻的優點：

(一) 處理廢棄物、產生虻肥

黑水虻主要是吃廚餘、動物糞便、動植物有機體等等的物料，能夠幫忙解決這些有機資源，牠們將這些有機資源吃掉後會產生虻肥，產生出的這些虻肥的質地輕、較鬆散是很好的有機肥料，虻肥也可以來改良耕地土壤酸化的問題和土壤中的有機質含量偏低的問題。馬來西亞種植榴槤的果農特別喜愛使用虻肥來供給果樹養份。在我們臺灣由於 2019 年起非洲豬瘟疾情趨於嚴重，政府於 2021 年禁止使用廚餘餵豬，廚餘只能用來製作堆肥，或是直接送往焚化爐，但因為都不很理想，造成處理的困擾。因此有多個縣市的環保局，開始利用黑水虻在處理清潔隊每天收到的廚餘，都有不錯的成效。

（二）優質蛋白質來源

而黑水虻的幼蟲牠們本身就是很好的蛋白質來源，和幼蟲變成成蟲的蛹殼都能當飼料拿去餵養家禽、水產、寵物(爬蟲、刺蝟)等等。幼蟲們也能萃取出動物性脂肪酸，可以生產出生質柴油，牠的蛹殼還可以萃取出甲殼素，也常常應用於工業的方面有廢水淨化、染料、飼料添加、織物、黏合劑等等，而在醫藥的方面有手術 縫合線、人造皮膚等等醫療材料、傷口敷料，在美容的部分有修復細胞、讓肌膚含水保濕、還有過敏性肌膚等等產業來當作為原料。

（三）對人類干擾極少

幼蟲長大變成成蟲後，由於口器已退化，只能喝水無法進食，因缺少能量補充所以活動能力弱，活動區域不大。 他們不像蒼蠅一樣會在人們的生活區域追逐食物傳播相關疾病，也不會去危害農作物。

（四）環境的過濾膜

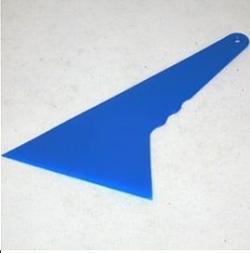
黑水虻體內可產生豐富的抗菌活性物質（俗稱抗菌肽），幼蟲在取食過程中可有效消化和分解物料中的有害病菌，因此也可稱為環境的過濾膜。

因此黑水虻號稱為除了蜜蜂外，對人類最友善的最完美的昆蟲。



肆、研究過程或方法

一、研究設備及器材

			
密林盆 650 (60*48cm)	密林盆 450 加砂網 (43*32cm)	小密林盆	篩子 5 目、(黃豆孔徑)
			
刮刀	廚餘桶	手套	電子秤
			
蚊帳蒙古包(1.5*2m)	麥麩皮 30kg	產卵板、瓦楞紙	毛巾、淺盤

二、實驗方法

研究一：探討黑水虻的生命週期

- (一) 實驗目的：觀察黑水虻由卵到成蟲完整的生長週期。
- (二) 實驗材料：黑水虻卵、密林盆、釋迦、紗網
- (三) 實驗步驟：



1. 購買 10g 黑水蛇卵



2. 取 500g 的麥麩皮置於密林盆中，加入一顆釋迦



3. 釋養到 3 齡蟲時分盆，並大量投食釋迦



4. 視情況補充釋迦給黑水蛇



5. 將殘料篩出秤重統計



6. 物料溼度過高要加入麥麩皮



7.當發現有深色預蛹爬行時，減少食物供給。

8.將取得的預蛹置入密林盆，再放入蚊帳內等待其羽化。



9.吊掛假藤蔓並噴水，讓黑水蛇成蟲可以喝水。

10.取釋迦置於密林盆中，吸引黑水蛇成蟲靠近，在上方疊置集卵板供其在縫隙中產卵。

研究二：討論黑水蛇在不同集卵器產卵的喜好

(一) 實驗目的：觀察黑水蛇在不同集卵器產卵的喜好

(二) 實驗材料：蚊帳蒙古包、密林盆、釋迦、紗網、瓦楞紙板、木板

(三) 實驗步驟：



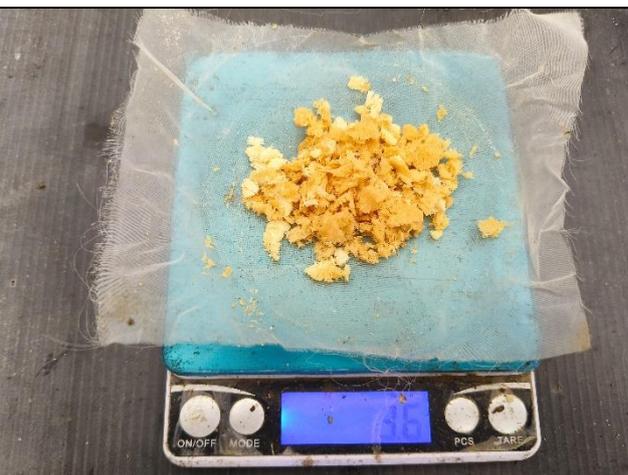
1. 取釋迦置於小密林盆中將密林盆表面以紗網覆蓋，並以長尾夾固定(防果蠅)。將木板和瓦楞紙板產卵器橫放於密林盆上



2. 觀察黑水虻的產卵情形



3. 補充水份給黑水虻成蟲



4. 將卵收集後統計。



5. 瓦楞紙板產卵板



6. 木板產卵板

伍、研究結果.

研究一：探討黑水虻的生命週期

一、成蟲蟲體大小

1、蟲體重量：隨機取 50 隻六齡蟲量測重量，加總平均

	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	50 隻平均	每隻蟲重
重量 g	10.6	10.8	10.3	10.1	11.1	10.58	0.2116

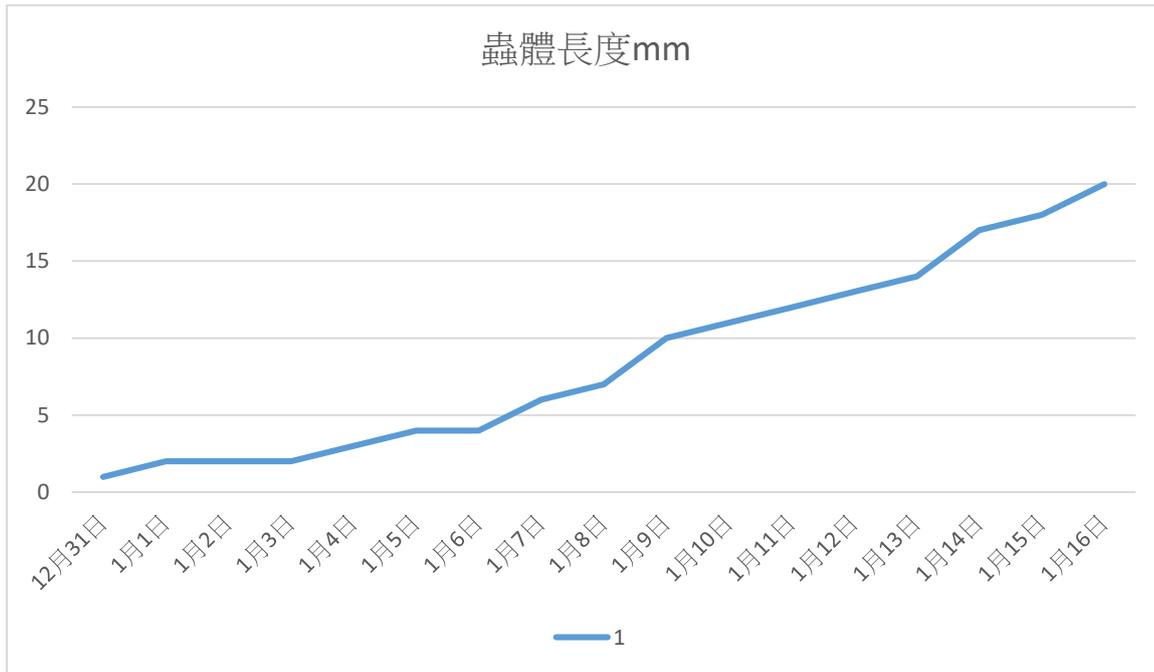


2、蟲體長度：隨機取 10 隻六齡蟲量測長度，加總平均

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
長度 cm	2.3	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2	1.9	2.1	2.2	2.15



二、幼蟲成長曲線



三、黑水虻對廚餘的轉換率

本次實驗共用了釋迦果 129268g 減去殘料(果皮、種子)4602g 實際蟲體消耗 124666g 物料。

而最後收穫蟲體為 12009g，計算後得到蟲體轉換率為 $12009g / 124666g = 9.63\%$

蟲肥轉換率為 $48000 / 124666 = 38\%$

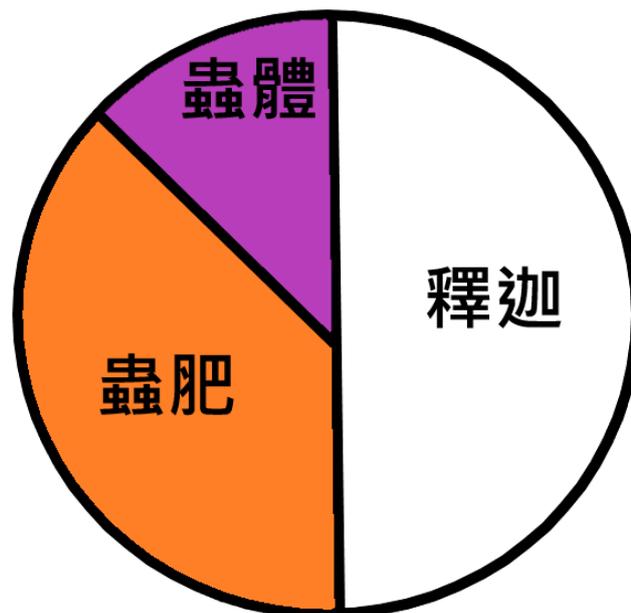
釋迦被黑水虻消化後會轉化為 10%的蟲體和 40%的蟲肥

蟲體、蟲肥、釋迦的重量比

釋迦 124666g

蟲肥 48000g

蟲體 12009g



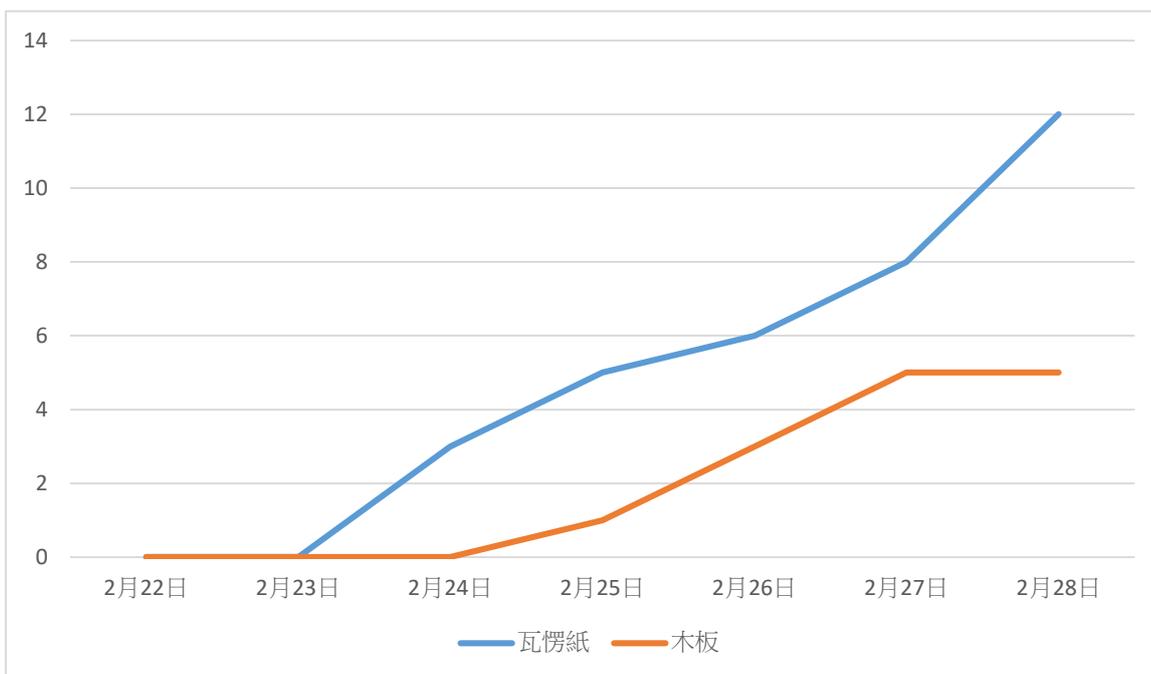
研究二：討論黑水虻在不同集卵器產卵的喜好



不同集卵器產卵重量統計表

	2/24	2/23	2/24	2/25	2/26	2/27	2/28
木板 g	0	0	0	1	3	5	5
瓦楞紙板 g	0	0	3	5	6	8	12

不同集卵器產卵重量折線圖



陸、討論

一、蟲逃: 物料如果不適合幼蟲時，就會發生蟲逃。因此需要找出原因讓幼蟲繼續待在盆內。而幼蟲脫逃，有可能是物料過溼、缺少食物、物料過熱等原因。解決方法如下：

(一) 物料過溼：因為幼蟲身上帶有水份時能爬上垂直的盆緣脫逃，所以必須加麥麩皮、木屑混合讓物料保持適當溼度。另外在密林盆(450)外加密林盆(650)，讓幼蟲爬出內盆時會掉入外盆內。



(二) 缺少食物：幼蟲會隨著齡期增加而增快食物除化速度，如果缺少食物時間過久，幼蟲便會逃出盆子找食物，所以要保持盆內食物的充足。

(三) 物料過熱：蟲體群聚時會產生熱量，溫度高時常常會在40~45度間，但如果再加上物料發酵的溫度，有可能會高達50度，幼蟲會大部份跑到表面不敢到物料層中。這時要減少物料的厚度或是將幼蟲分盆，減少幼蟲密度。

二、水份太多：因餵食釋迦水份過多，果肉又缺少纖維質，導致物料一直處於過溼狀態。也因此酸臭味沒法去除。後期蟲體篩分時也很困難。改良方法是將內盆改為有孔洞的密林盆(450)並在盆內加入砂網，以濾去水份。

三、果蠅：用釋迦餵食，會吸引大量果蠅，需要用砂網隔離以免物料污染。但場地附近仍有大量果蠅無法驅趕。

四、產卵：成蟲產卵時要有充足的光線，適合的溫度和溼度才會產卵。婚飛的空間如果不足也會降低產卵的數量

五、生長週期比較表

	卵	幼蟲	蛹	成蟲	總天數
文獻	4 天	14 天	14 天	9 天	41 天
釋迦	4 天	33 天	13 天	9 天	59 天

幼蟲階段比文獻多了 19 天，推論原因有三點

- (一) 飼養時間為冬天，幼蟲活動力差，覓食意願不高，這段平均溫度都低於 25 度，晚上溫度甚至低到 13 度。
- (二) 釋迦營養成份較少蛋白質和脂質，多是碳水化合物，黑水蛇需要再轉換會需要耗掉一部份能量，所以成長較慢。
- (三) 參考文獻和實際飼養後總結，如果要縮短黑水蛇的幼蟲成長時間，可以提高環境溫度，並適當增加食物中蛋白質和油脂

柒、結論

一、本實驗中用釋迦飼養黑水虻不是很理想的經濟養殖方式

黑水虻的養殖成本計算

	項目	小計
成本	人工約 8 小時 x183 元=1464 元 (最低工資時薪 183 元，蟲期為幼蟲到化蛹，共 33 天，每天約 15 分鐘) 麥麩皮一包 350 元 蟲卵 10 克 180 元	1994 元
收成	養出成蟲 12kg*22=264 元 (雞飼料一包 30 kg 680 元，市價約 22 元/1 kg) 蟲糞 48 kg *19=912 元 (有機肥一包 20 kg 380 元，市價約 19 元/1 kg)	1176 元

以這次的記錄來看，不算先期購買的器材費，養殖過程中主要成本為人工成本、底料麥麩皮和蟲卵。而麥麩皮可以用免費的木屑替代，蟲卵則在接下來的養殖中可自產，所以成本只剩人工成本。但光人工成本費用，就高於收成的費用，因此本實驗中用釋迦飼養黑水虻不是很理想的經濟養殖方式，沒辦法補貼釋迦落果的損失。

但在討論中發現，如果能縮短幼蟲生長天數，節省 19 天的人工照顧成本 869 元，則本實驗是有收益的。

二、黑水虻是處理釋迦落果的好幫手

本次實驗中，以 10 克的蟲卵孵化的幼蟲，在短短的 33 天內消化了 124Kg 的釋迦落果，處理能力驚人。值得推薦農民利用黑水虻來減少釋迦落果，也可以獲得一些黑水虻蟲體用來替代飼料餵雞。另外由於近年禁用廚餘養豬，校園廚餘都得花錢請廠商處理，如果能善用黑水虻去化廚餘，可幫學校減少一筆費用，並且與環境教育和食農教育接軌。

捌、參考文獻資料

- 一、林延諭、盧柏松。2017。鳳梨釋迦異常落果與氣象關係之探討 106 年度臺東地區特色農業創新增值暨試驗研究成果研討會專刊
- 二、朱芬 2019。黑水虻 Black soldier fly，中國農業科學技術出版社。
- 三、梁世祥，2014，黑水虻研發成果報告，台灣畜產所，新竹分所。
- 四、林信仁，2018/01/15，探索黑水虻，公共電視，我們的島。
- 五、

附件一：實驗記錄

天數	日期	溫度		蟲體尺寸 mm	釋迦(g)	殘料(g)	蟲體重量(g)	底料 麥麩皮
1	12/27	19	訂購蟲卵					
2	12/28	20	蟲卵寄出					
3	12/29	18	收到蟲卵					
4	12/30	19	將蟲卵放入加入麥麩皮的密林盆					500g
5	12/31	20	少量蟲卵孵化	1mm	478			
6	1/1	19	大量蟲卵孵化					
7	1/2	18						
8	1/3	16	翻料					
9	1/4	14						
10	1/5	17	加釋迦、撿拾殘料	3mm	453			2.5kg
11	1/6	16	翻料					
12	1/7	18						
13	1/8	17	加釋迦、撿拾殘料	6mm	1215			5kg
14	1/9	18	翻料、撿拾殘料		2034			
15	1/10	17	加釋迦、撿拾殘料	10mm	2731			
16	1/11	15	分盆、撿拾殘料		3171			
17	1/12	15	翻料、撿拾殘料		3724			
18	1/13	14	分3盆，蟲數不夠氣溫太冷蟲不動，隔天曬太陽加熱	13mm	4177			5kg
19	1/14	14	晚上加蓋，但加蓋後水份會凝結盆壁，造成蟲子脫逃		5439	2055		
20	1/15	15	加釋迦、撿拾殘料	17mm	6820	870		
21	1/16	15	加釋迦、撿拾殘料、分盆		10523	340		5kg
22	1/17	15	開始出現黑蟲	20mm	23500	872		
23	1/18	13	加釋迦、撿拾殘料		24960	465		

24	1/19	13	加釋迦、翻料		18521			
25	1/20	15	加釋迦、翻料		7655			
26	1/21	16	加釋迦、翻料		5632			
27	1/22	15	加釋迦、翻料		3123			
28	1/23	18	加釋迦、翻料		2254			
29	1/24	17						
30	1/25	19	加釋迦		1147			
31	1/26	20						
32	1/27	19	加釋迦		1711			
33	1/28	18	停止餵食					
34	1/29	15						
35	1/30	12						
36	1/31	11	篩分蟲體，得到蟲糞底料 48 公斤					
37	2/1	15						
38	2/2	14	全部變黑、量蟲體重量				12009	
39	2/3	15						
40	2/4	15						
41	2/5	16						
42	2/6	17						
43	2/7	18						
44	2/8	18	出現成蟲					
45	2/9	19	噴水					
46	2/10	20	噴水					
47	2/11	21	噴水					
48	2/12	22	噴水					
49	2/13	20	噴水					
			噴水					
50	2/14	20	出現大量成蟲					
51	2/15	18	噴水 產卵在網上					
52	2/16	17	噴水					
53	2/17	14	噴水					
54	2/18	16	噴水					
55	2/19	14	噴水					
56	2/20	14	噴水 產卵					
57	2/21	15	噴水					
58	2/22	18	大量產卵、刮卵放孵化盆					
59	2/23	19	噴水					
60	2/24	18	噴水 孵化					

61	2/25	18	噴水					
62	2/26	20	噴水 大量孵化					
小計					129268	4602	12009	18KG