

彰化縣 108 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書（封面）

作品編號：（由承辦單位編列）

- 組別：
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> 國小組 | <input type="checkbox"/> 數學類 |
| <input checked="" type="checkbox"/> 國中組 | <input checked="" type="checkbox"/> 自然與生活科技類 |
| | <input type="checkbox"/> 人文社會類 |

作品名稱：

黑水虻之吃貨人生~忙的過來嗎?



第一階段研究訓練階段

- 一、近二年學校獨立研究課程之規劃 1
- 二、學校如何提供該生獨立研究訓練 1

第二階段獨立研究階段

- 一、研究動機 2
- 二、擬定正式計畫、研究問題及工作計畫表 3
- 三、彙整相關文獻 5
- 四、資料分析 9
- 五、研究結果與討論 25
- 六、評鑑與檢討 27
- 七、參考資料 29

第一階段 研究訓練階段

一、 近二年學校獨立研究課程之規劃

獨立研究課程，最早為學校設計提供給資優班的課程，初時以帶領學生進行科展研究為主，由教師指導學生從課本延伸，找尋研究題材，並設計相關實驗進行主題的探究，這些通常要花費相當長的時間投入，是以除正式課程檢視研究進度外，學生通常得利用假日時間返校進行研究。

近二年來，隨著彰化縣辦理獨立研究競賽，始了解獨立研究較科展而言，更強調與學習的連貫性，強調延伸所學以擬定想探究的主題，並擴大範圍至全面向，是以除數學、自然與生活科技外，更有人文科學均為其範疇。這充份給了想進行研究的學生一個好的機會，無論是具有數理學術優異傾向、語文學術優異傾向又或者是兩者都有的學生一個適合他們展現的舞台。

學校曾延請彰師大特教系教授蒞校進行獨立研究的講座，鼓勵學生人人均可嘗試參與研究，並於輔導室，設備組，相關領域召集人處備有近年彰化縣獨立研究得獎成果冊供師生借閱，更於學校首頁闢有獨立研究文件專案專區，提供獨立研究方法及相關訊息下載。學校熱心的老師亦會主動詢問，鼓勵學生組隊參與並掌握其進度，使學生能把握暑假期間，投入研究。今年校內更預定先進行校內初選，以提振參賽的質與量

二、 學校如何提供該生獨立研究訓練

學生的研究及發表能力，將是十二年國教新政策下的一個受重視的環節。學校整合科展與近年之彰化縣獨立研究競賽紙本書面（成果冊、光碟）提供師生借閱，並在網站上闢有科學教育及獨立研究專區提供其他研究資訊（包含研究方法、如何擬定主題及研究計畫、歷年中章辦法、得獎作品等）。教師群中，亦會由有經驗的老師帶動小班群共同激勵，強化學生參賽的動機及給予正確的指導。感謝本校設備組長規畫實施多場的科展系列研習，讓學生也可將參加科展研習所習得的研究方法，套用在此獨立研究。硬體方面，學生無論是週六、日

或暑假期間，均全面開放電腦教室、E化教室等電腦設備，供學生使用，並有老師陪同現場指導。雖是漫漫時日，但也是另類學校的特色。

第二階段獨立研究階段

摘要

近期很受矚目的一種昆蟲-黑水虻，可以消滅廚餘及畜產廢棄物等、蟲體又是高蛋白質的來源、虻糞還可以拿來施肥、生活史短暫、成蟲只食用露水且繁殖後便死亡，黑水虻堪稱完美昆蟲，廚餘中存在的農藥、抗生素等殘留物，在其短暫的生活史中是否可一併消滅…

一、研究動機

祖父退休後在南投山上開闢了一個開心農場，因為不使用慣行農法，故過程中產生了許多蔬果廚餘，隨意堆放在農場的一角，長久堆放下來廚餘始終呈現一定的份量，發現了許多似蛆又不是蛆的小蟲，一查資料後驚覺是最近很紅的黑水虻，發現牠除了可以消滅廚餘、糞便、底泥外，蟲體還是豐富的蛋白質來源，許多人拿來餵雞餵魚，一看到吃吃吃這個過程，對於愛吃的我，馬上想到生物課學到的食物鏈；大型魚類屬海洋中的食物鏈頂端，其體內多含許多重金屬及有害物質，反觀之，黑水虻所餵食的食物中若含有有害物質，餵食給其他動物，而人類再將動物食入，是否又是一個食安問題，所以想藉由本次研究了解黑水虻特性，以協助給予想用黑水虻處理廚餘的人建議，使用不同的餵養料，黑水虻的後續處理方式應不同，以避免食安問題產生。

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

(一)、擬定正式計畫

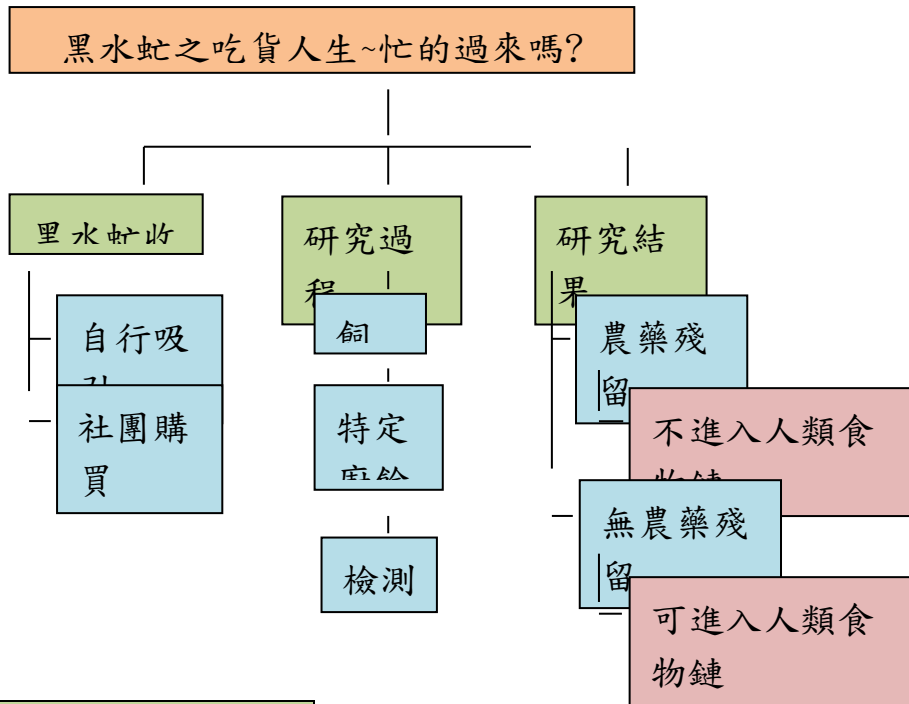


圖 1.正式計畫流程圖

(二)、研究問題

- 1.研究慣行農法產生之生廚餘經黑水蛇分解後蟲體及蛇糞之結果
- 2.研究不同濃度之農藥經黑水蛇分解後蟲體及蛇糞之結果
- 3.研究友善耕作產生之生廚餘經黑水蛇分解後蟲體及蛇糞之結果
- 4.黑水蛇食入含有農藥之廚餘，蟲體在化身為食物進入到下個食物鏈，是否會有影響

(三)、工作進度表

表 1.工作進度表

時間 工作	8/26 ~9/2	9/2~ 9/8	9/9~ 9/15	9/16 ~9/22	9/23 ~9/29	9/30 ~10/6	10/7 ~10/13	10/14 ~10/20	10/21 ~10/27	10/28 ~11/3	11/4 ~11/10	11/11 ~11/18	11/19 ~11/23
擬定研究 題目	■	■											
資料收集 /討論			■										
擬定工作 計畫表/ 正式計畫			■	■									
準備材料 /討論					■	■	■						
設計實驗 內容						■	■						
正式實驗							■	■	■	■			
數據分析										■	■		
結果與討 論											■	■	
撰寫報告												■	■
累積進度 百分比	5 %	10%	15%	20%	30%	35%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100 %

三、彙整相關文獻

(一)、黑水虻

1.生物分類:

Kingdom	Animslia	動物界
Phylum	Arthropoda	節肢動物門
Class	Insecat	昆蟲綱
Order	Diptera	雙翅目
Family	Stratiomyoidea	水虻科
Subfamily	Hermetiinae	扁角水虻



- 2.外型特徵:成蟲翅膀為灰黑色，口器退化，體長約 15-20mm；
卵約 1mm 橢圓形，初期呈現奶黃色，隨孵化時間
顏色逐漸加深，每隻成蟲約可產下 900-1000 顆卵；
幼蟲體態豐滿，頭部很小，表皮結實具韌性，經六
個蟲齡期至末齡時呈現棕黑色，平均長 18-22mm 寬
6mm；蛹為暗棕色，末齡期幼蟲蛻皮形成。
- 3.分布範圍:原產於美洲，目前廣泛分布於緯度 20 度之間，溫度
若低於 17 度，蟲體會呈現冬眠狀態，近年傳入台

灣、大陸及東南亞等地。

4.生活習性:黑水虻成蟲喜好陽光充足、通風良好的地方，會將蟲卵產於有酸臭味的陰暗細縫中，孵化後的幼蟲會自行爬往食物處，其生長環境只要不要太過高溫高濕或溫度過低，均可生存，待進入預蛹期，蟲體又會依其生物特性尋找陰暗安全的地方等待羽化。

5.生長周期分為:

- (1).卵期:5-7 天孵化，溫度越低所需孵化時間越長。
- (2).幼蟲期:13-20 天，溫度低活動力下降，生長期變長。
- (3).蛹期:預蛹期約 7 天，體色呈現棕黑色，不再進食仍可活動尋找陰暗安全處進入蛹期，約 5-8 天至數月進入羽化。
- (4).成蟲:羽化後約 5-8 天交配期，雄蟲於交配後數小時死亡，雌蟲亦於產卵後不久死亡。



圖 3. 黑水虻的生

(二)、慣行農法:係指使活史般耕作方式，以化學農藥、肥料以及利用荷爾蒙、抗生素等以增加產品、增進品質的耕作方式。

1. 依照農藥藥物毒物試驗所(更新時間:2019/02/13)農藥殘留監測研究成果報告顯示:

104 年度	達滅芬	達特南	益達胺
105 年度	達滅芬	克凡派	普拔克
106 年度	達滅芬	克凡派	普拔克

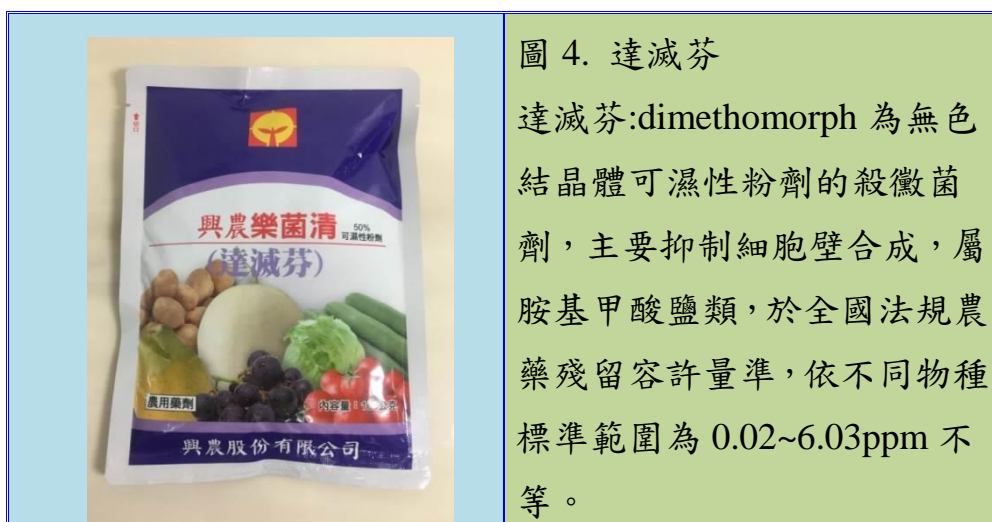


圖 4. 達滅芬

達滅芬:dimethomorph 為無色結晶體可濕性粉劑的殺黴菌劑，主要抑制細胞壁合成，屬胺基甲酸鹽類，於全國法規農藥殘留容許量準，依不同物種標準範圍為 0.02~6.03ppm 不等。

2. 農藥殘毒快速檢驗:農藥殘留是全世界共通的消費安全問題，亞洲國家多為小農制，蔬果種類眾多且快速運銷，利用傳統的化學檢驗無法確實施行監測回收的管理制度，因為檢驗耗費時間長、人力多且成本高，當檢測出不合格案件要回追時，蔬果多已被消費者食用，農藥多為氨基甲酸鹽類及有機磷劑，故研發以乙醯膽鹼酯酶進行生化檢測的快速檢驗方式，以達到前篩選技術來過濾。

圖 5. 宣澤科技 DR.K 農藥快篩



宣澤科技 DR.K 農藥快篩
:DR.K 農藥檢測顯色型晶
式利用競爭免疫生化檢驗
，經由特殊品系家蠅體內提
出乙醯膽鹼酯酶（酵素），
微測農作物農藥殘留，農藥檢
測晶片可快篩近百種有機磷
及氨基甲酸鹽類殺蟲劑之累
計機毒素。

圖 6. 微杏基因農藥快篩片



微杏基因生醫科技有限公司農藥有機磷類快速檢驗試劑：
其原理是利用乙醯膽鹼酯酶與
農藥（有機磷類，胺基甲酸鹽類）
產生交互作用而無法與呈色劑
正常變色，藉此來達到農藥定性
檢驗的辨識。若蔬果大於或等於
閾值的農藥存在時，試劑片將無
法由白色轉為明顯的藍色；相反
當蔬果殘留農藥小於閾值時，試
劑片則有明顯的藍色生成。

(三)、友善耕作:是指友善自然環境的一種耕作方式，與有機農業相同，生產全程不使用化肥、農藥及基改製劑。



圖 7. 蘇力菌

蘇力菌: 廣泛運用在友善耕
作上，用來防治農業害蟲已
超過 30 年的歷史，為一種
革蘭氏陽性菌，能產生孢
子，在進行芽孢生殖時能產
生伴胞晶體，當被昆蟲取食
，與蟲體腸中鹼性解離釋放
出毒素，最終造成昆蟲死
亡。對特定昆蟲具毒效，但
對人與哺乳動物等均無
害。全世界目前以蘇力菌為
基礎的產品超過 100 種，佔
整個生物殺蟲劑市場的 90%
以上

四、 資料分析

(一)、實地上課

本組上網加入臉書的黑水虻養殖切磋團，成立者為一位牧師，因為幫助獨居老師送餐、1919 食物銀行志工...等工作，欲處理廚餘及過期食品問題，輾轉成立此社團，還開課讓初學者可以入門學習。

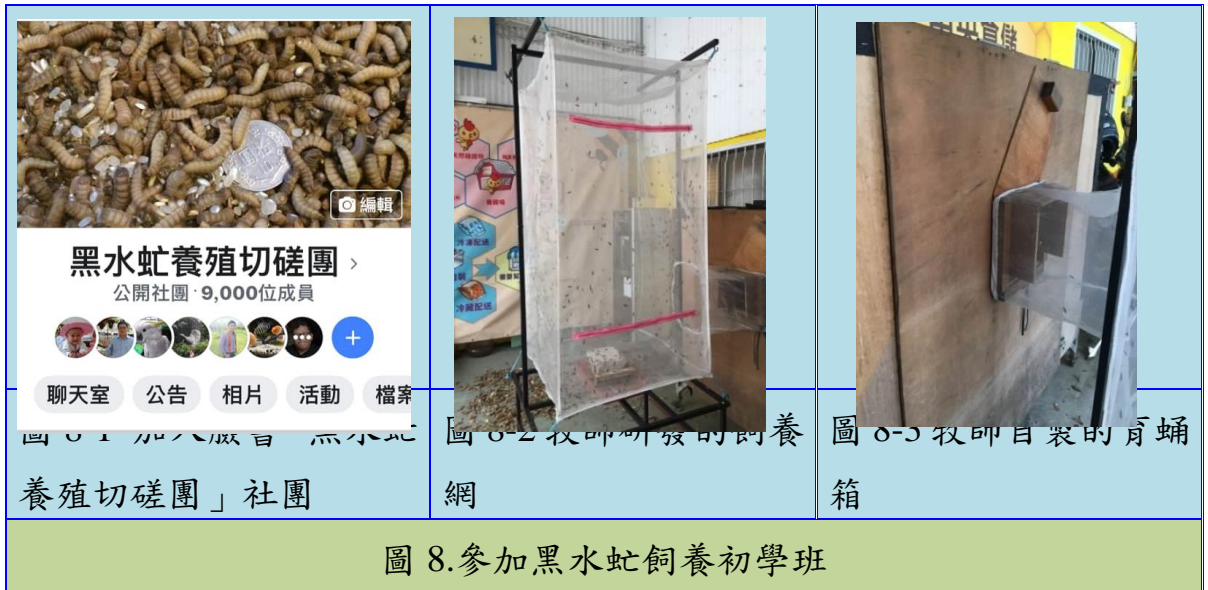


圖 8-1 加入臉書「黑水蛇養殖切磋團」社團




圖 8-2 牧師研發的飼養網

圖 8-3 牧師自製的育蛹箱

圖 8.參加黑水蛇飼養初學班

(二)、實驗材料

	蟲卵 *5 克		達滅芬		蘇力菌		寶特瓶 *5
	塑膠盒 *9		布丁杯 *20		果汁機 *2		食用色素
	量杯 *1		電子秤		衛生筷		藥匙 *1
	口罩		記號筆 *1		相機 *1		芹菜
	農		農 10		廚		初

	藥快篩片		藥快篩片		餘桶		始飼養盒
	飼養桶		空針筒		長尾夾		
圖 9.實驗材料總表							

(三)、實驗設計

1. 依照農藥藥物毒物試驗所(更新時間:2019/02/13)農藥殘留監測研究成果報告，顯示連續3年達滅芬均為最高檢出之農藥種類，故選擇達滅芬為實驗材料。
2. 達滅芬原產公司建議用量為稀釋3000倍(0.3ppm)；購買時賣家建議用量為稀釋500倍(2.0ppm)；全國法規農藥殘留標準容許量為2.5ppm(即稀釋440倍)。

表 3.達滅芬濃度使用建議濃度

興農公司(製造商)	興農販賣部	農藥殘留標準	宣澤快篩片靈敏度	微杏快篩片靈敏度
0.3ppm (3000倍)	2.0ppm (500倍)	2.5ppm (400倍)	0.25ppm (4000倍)	0.5ppm (1000倍)

3. 蘇力菌依照不同植物建議使用1000倍到2000倍，故本次實驗採中間值稀釋1500倍。

4. 對照組選擇芹菜+紅色色素，估算農藥吸收至全支芹菜所需時間，設計以下實驗組別:

- (1) 達滅芬稀釋 3000 倍(0.3ppm)及 5000 倍(0.2ppm)，每天少量餵食。
- (2) 達滅芬稀釋 3000 倍(0.3ppm)及 5000 倍(0.2ppm)，單次大量餵食。
- (3) 達滅芬稀釋 400 倍(2.5ppm) ，每天少量餵食。
- (4) 達滅芬稀釋 400 倍(2.5ppm) ，單次大量餵食。
- (5) 蘇力菌稀釋 1500 倍，拌於飼料中餵食。

(四)、實驗步驟

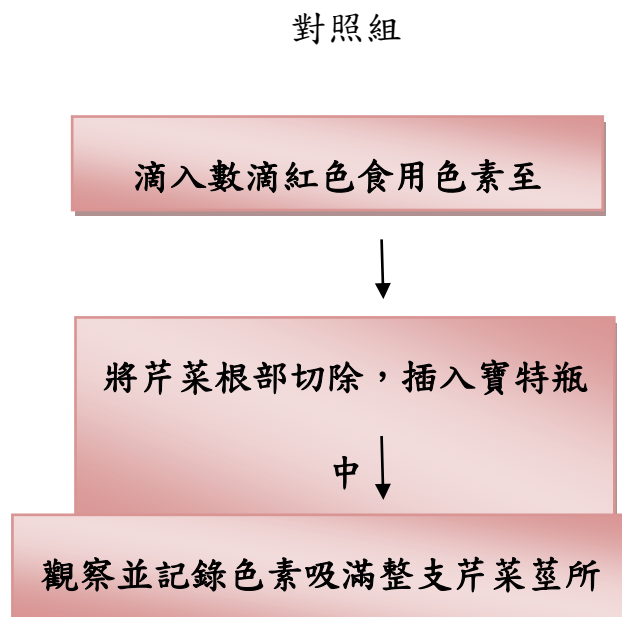


圖 10.實驗步驟-對照組流程圖

實 驗(1) 達滅芬稀釋 3000 倍及 5000 倍，每天少量餵食。



餵養三天後抓 3 隻虻用
快篩片檢測

餵養三天後抓 3 隻虻用
快篩片檢測

實驗(2) 達滅芬稀釋 3000 倍及 5000 倍，單次大量餵食。

圖 11. 實驗步驟-實驗(1)

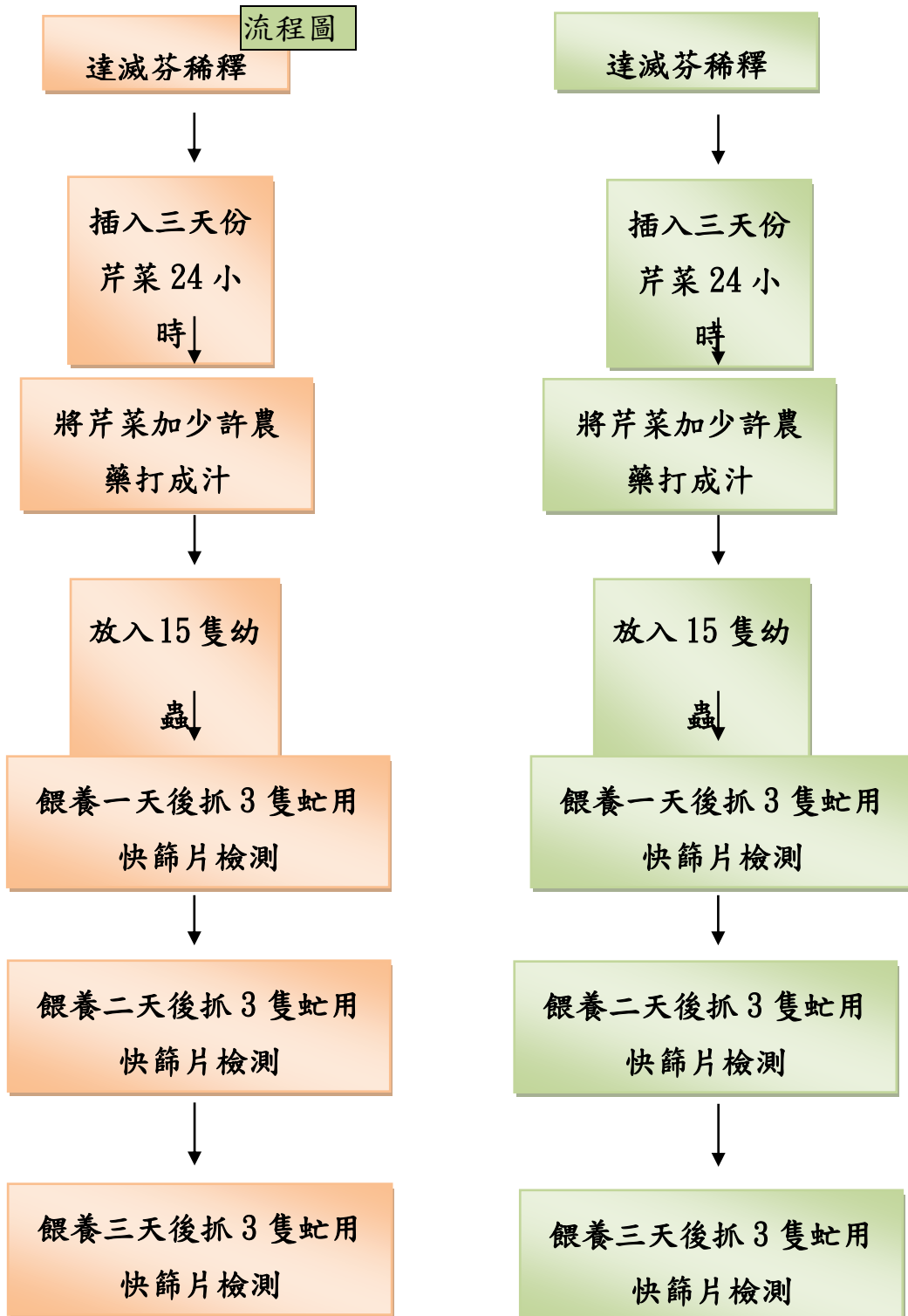
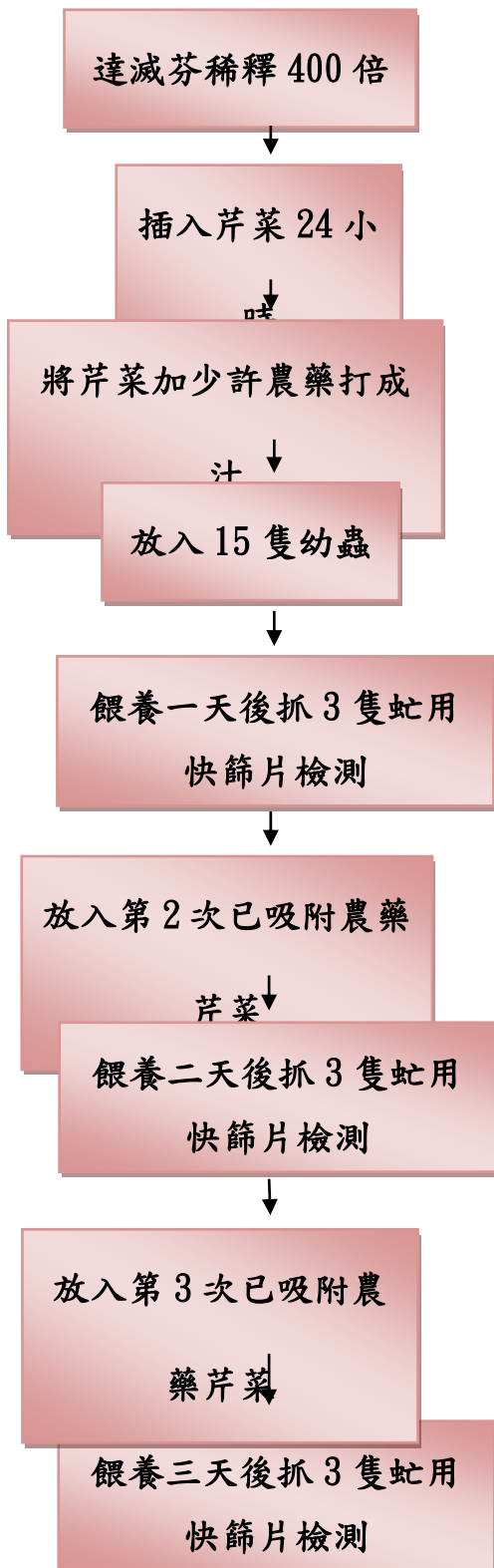


圖 12. 實驗步驟-實驗(2)流

實驗(3) 達滅芬稀釋 400 倍，每天少量餵食



達滅芬稀釋 2 次大量餵食。

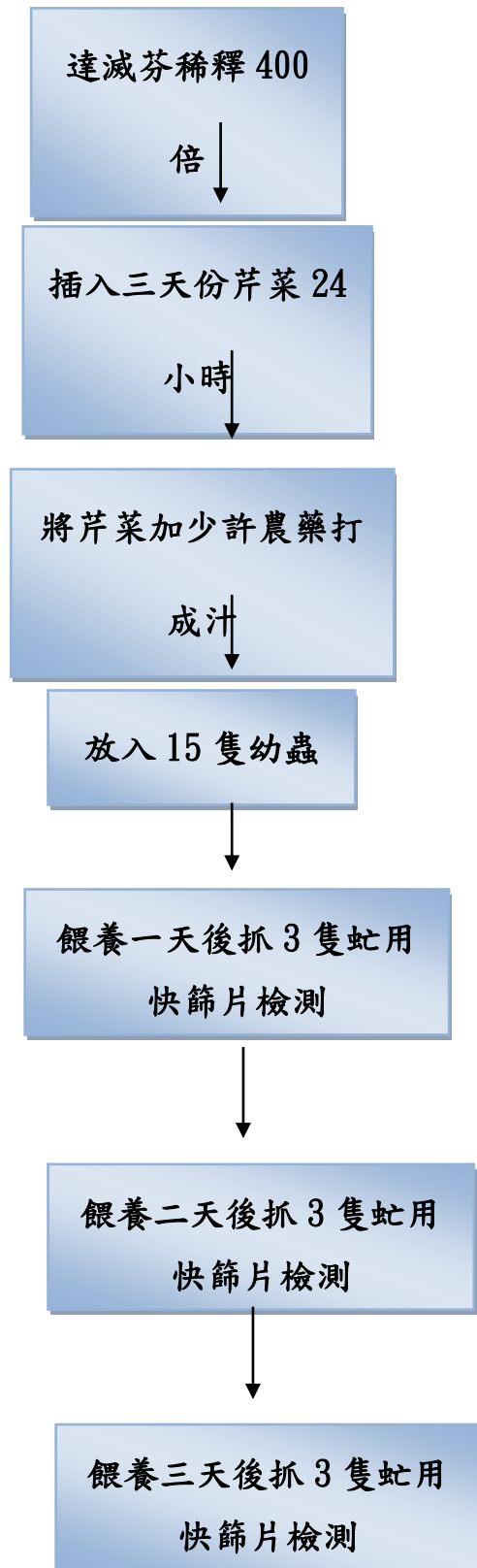


圖 13. 實驗步驟-實驗(3)

圖 14. 實驗步驟-實驗(4)流

流程圖

實 驗(5) 蘇力菌稀釋 1500 倍，拌於飼料中餵食。

程圖

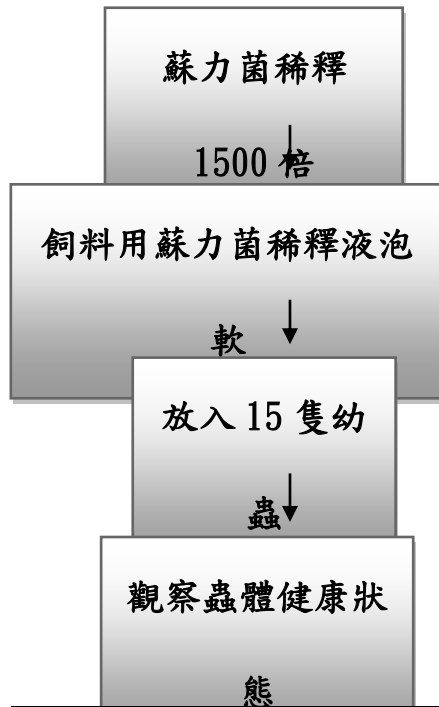


圖 15. 實驗步驟-實驗(5)流程

圖

(四)養蟲生活

當開始計畫要飼養黑水虻時，我們打的如意算盤便是藉由上課，跟社團團主林信仁牧師買蟲卵，結果卻遇牧師更改飼養模式，目前「大缺卵」，而台灣位於魚池鄉最大宗飼養販賣蟲卵的蟲商，也因重新整理菇寮而中斷販賣中，不灰心的我們轉戰社團小農，到處詢問是否有蟲卵可以購買，結果得到的卻是「已讀不回」的窘境，牧師說自己吸引也可以，馬上製作廚餘桶，卻遲遲沒有母蟲來下蛋，怎麼辦?實驗最重要的角色居然無法到位。就在尋卵人生將近一個月打算放棄時，有位住在嘉義朴子市的善心蟲友，願意提供 5 克蟲卵讓我們做實驗，二話不說全家人馬上驅車前往，親自將珍貴的蟲卵帶回家。

自以為圓滿的計畫



差點得放棄題目

帶回家後，趕快來幫主子們鋪床。



利用家中廢棄的洗衣袋，將蟲卵至於網上，下方保鮮盒放入祖父

使用食物罩當蟲卵的防護罩，據說這美味的蟲卵，可



經過3天



蟲卵顏色越來越深，外觀看起來越來越輕，才發現已有部分蟲體輕



經過19天



餵食紅龍果、香蕉、梨子、剩飯...食物，發現蟲體成長緩慢，並不像資

經過 2 天



經過 2 天



剛好家中水果沒了，找到一桶過期魚飼料，餵食 2 天後發現，成長速度倍增，

因為成長速度太快，上演一晚蟲蟲「大逃殺」後，




圖 16. 飼養黑




水虻

作法	
	
圖 17. 對照組	圖 18. 餵食黑水虻



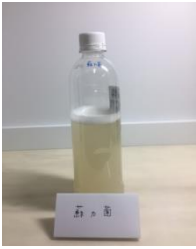

將芹菜切除根部後，插入調有紅色食用色素之液體中，觀察 24 小時後，整支芹菜莖是否已吸滿紅色液體。

	<p>稀釋達滅芬 3000 倍，將芹菜切除根部後插入，放置 24 小時，依實驗(1)及(2)方式實驗。</p>	
<p>圖 19.達滅芬 3000 倍</p>		<p>圖 20.餵食黑水虻</p>
	<p>稀釋達滅芬 5000 倍，將芹菜切除根部後插入，放置 24 小時，依實驗(1)及(2)方式實驗。</p>	
<p>圖 21.達滅芬 5000 倍</p>		<p>圖 22.餵食黑水虻</p>
	<p>稀釋達滅芬 400 倍，將芹菜切除根部後插入，放置 24 小時，依實驗(3)及(4)方式實驗。</p>	
<p>圖 23.達滅芬 400 倍</p>		<p>圖 24.餵食黑水虻</p>
	<p>稀釋 1500 倍蘇力菌，餵食黑水虻，觀察其活動力，兩者是否會產生毒性，造成死亡。</p>	
<p>圖 25.蘇力菌</p>		<p>圖 26.餵食黑水虻</p>


第一天

	<p>幼蟲觀察討論</p>	 <p>果</p>	<p>蛇糞快篩結果</p>
<p>圖 27.對照組</p>	<p>芹菜的味道，一開始會往盒子周圍攀爬，經過約 20 分鐘，發現只有芹菜可食，就認命地往盒子底下擠，開始牠們的全素大</p>	<p>黃色:陰性 淡黃色:偽陽性 透明:陽性</p> <p>圖 28.結果說明</p>	 <p>藍色:陰性 淡藍色:偽陽性 白色:陽性</p> <p>圖 29.結果說明</p>




	餐。使用慢動作攝影，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒蠕動 51 下。				
	活動力降低約 50%，使用慢動作攝影，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 25 下，多數幼蟲多躲在食物堆底下，大力搖動盒子牠們才會緩慢移動。	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+-)
圖 30.實驗(1)-1 稀釋 3000 倍，每天少量餵食					
	活動力降低約 30%，使用慢動作攝影，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 34 下，多數幼蟲多躲在食物堆底下，大力搖晃盒子牠們才會緩慢移動。	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+)
圖 31.實驗(1)-2 稀釋 5000 倍，每天少量餵食					
	活動力降低約 50%，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 27 下，多數幼蟲多躲在食物堆底下，用筷子翻動牠們才會緩慢移動。	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+-)
圖 32.實驗(2)-1 稀釋 3000 倍，單次大量餵食					
	活動力降低約 30%，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 37 下，多數幼蟲多躲在食物堆底下，用筷子翻動牠們才會緩慢移動。	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+)

<p>圖 33.實驗(2)-2 稀釋 5000 倍，單 次大量餵食</p>	<p>在食物堆底下，用筷子翻動牠們才會緩慢移動。</p>				
	<p>活動力降低約 60%，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 22 下，不搖動飼養盒，一度以為幼蟲已死亡。</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+-)</p>
<p>圖 34.實驗(3) 稀釋 400 倍，每 天少量餵食</p>					
	<p>活動力降低約 60%，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 24 下，不搖動飼養盒，一度以為幼蟲已死亡。</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+)</p>
<p>圖 35.實驗(4) 稀釋 400 倍，單 次大量餵食</p>					
	<p>活動力降低約 40%，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 30 下，仍會四處攀爬，但動作緩慢許多。</p>				
<p>圖 36.蘇力菌 稀釋 1500 倍</p>		<p>圖 37.蘇力菌飼養第一天</p>			

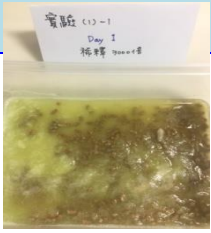

第二天

	<p>活動力降低約</p>	<p>蟲體快篩結果</p>	<p>蟲體快篩結果</p>	<p>蛇糞快篩結果</p>	<p>蛇糞快篩結果</p>
	<p>50%，使用慢動作攝影，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒只剩下蠕動</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+-)</p>



<p>圖 38.實驗(1)-1 稀釋 3000 倍，每 天少量餵食</p>	<p>25 下，多數幼蟲緩慢 移動，部分幼蟲已呈 現定格狀態。</p>				
	<p>活動力降低約 40%，觀察幼蟲蠕動 速度，30 秒剩下蠕動</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+)</p>
<p>圖 39.實驗(1)-2 稀釋 5000 倍，每 天少量餵食</p>	<p>29 下，約一半幼蟲緩 慢移動一半呈現定格 狀態。</p>				
	<p>活動力降低約 60%，觀察幼蟲蠕動 速度，30 秒剩下蠕動</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+-)</p>
<p>圖 40.實驗(2)-1 稀釋 3000 倍，單 次大量餵食</p>	<p>24 下，多數幼蟲緩慢 移動，部分幼蟲已呈 現定格狀態。</p>				
	<p>活動力降低約 40%，觀察幼蟲蠕動 速度，30 秒剩下蠕動</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+)</p>
<p>圖 41.實驗(2)-2 稀釋 5000 倍，單 次大量餵食</p>	<p>29 下，約一半幼蟲緩 慢移動一半呈現定格 狀態。</p>				
	<p>活動力降低約 60%，觀察幼蟲蠕動 速度，30 秒剩下蠕動</p>	<p>宣澤 (-)</p>	<p>微杏 (-)</p>	<p>宣澤 (+)</p>	<p>微杏 (+-)</p>
<p>圖 42.實驗(3) 稀釋 400 倍，每</p>	<p>23 下，不搖動飼養 盒，一度以為幼蟲已 死亡。</p>				

天少量餵食						
	圖 43 實驗(4) 稀釋 400 倍，單次大量餵食	活動力降低約 60%，觀察幼蟲蠕動速度，30 秒剩下蠕動 24 下，不搖動飼養盒，一度以為幼蟲已死亡。	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+)
						
圖 44.蘇力菌 稀釋 1500 倍		活動力降低約 80%，15 隻蟲也有 3 隻死亡，動作非常緩慢，幾乎呈現定格狀態。				
					圖 45.蘇力菌飼養第二天	

第三天

	觀察討論	蟲體快篩結果	蛇糞快篩結果
	活動力降低約 50%，多數幼蟲緩慢移動，部分幼蟲已呈現定格狀態。	宣澤 (-)	微杏 (-)
圖 46.實驗(1)-1 稀釋 3000 倍，每天少量餵食	將蟲體用純水洗淨後，活力回復到近 80%。	宣澤 (+)	微杏 (+)
	活動力降低約 40%，約一半幼蟲緩慢移動一半呈現定格狀態。	宣澤 (-)	微杏 (-)
圖 47.實驗(1)-2 稀釋 5000 倍，每	將蟲體用純水洗淨後，活力回復到近 80%。	宣澤 (+)	微杏 (+)

天少量餵食					
	<p>活動力降低約 70%，多數幼蟲緩慢移動，部分幼蟲已呈現定格狀態。</p>	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+-)	微杏 (+)
圖 48.實驗(2)-1 稀釋 3000 倍，單次大量餵食	將蟲體用純水洗淨後，活力回復到近 80%。				
	<p>活動力降低約 60%，約一半幼蟲緩慢移動一半呈現定格狀態。</p>	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+)
圖 49.實驗(2)-2 稀釋 5000 倍，每天少量餵食	將蟲體用純水洗淨後，活力回復到近 80%。				
	<p>活動力降低約 60%，不搖動飼養盒，一度以為幼蟲已死亡。</p>	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+-)
圖 50.實驗(3) 稀釋 400 倍，每天少量餵食	將蟲體用純水洗淨後，活力回復到近 80%				
	<p>活動力降低約 60%，不搖動飼養盒，一度以為幼蟲已死亡。</p>	宣澤 (-)	微杏 (-)	宣澤 (+)	微杏 (+)
圖 51.實驗(4) 稀釋 400 倍，單	將蟲體用純水洗淨後，活力回復到近				

次大量餵食	80%				
	已全部死亡。				
圖 52.蘇力菌 稀釋 1500 倍		圖 53.蘇力菌飼養第三天			

五、研究結果與討論

表 4.實驗結果

項目	第一天				第二天				第三天			
	結果 a	結果 b	結果 c	結果 d	結果 a	結果 b	結果 c	結果 d	結果 a	結果 b	結果 c	結果 d
實驗 (1)-1	-	-	+	+-	-	-	+	+-	-	-	+	+
實驗 (1)-2	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
實驗 (2)-1	-	-	+	+-	-	-	+	+-	-	-	+-	+
實驗 (2)-2	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
實驗(3)	-	-	+	+-	-	-	+	+-	-	-	+	+-
實驗(4)	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+

結果 a:蟲體-宣澤試劑檢測 ; 結果 b:蟲體-微杏試劑檢測 +:陽性 -:陰性
結果 c:蛇糞-宣澤試劑檢測 ; 結果 d:蛇糞-微杏試劑檢測 +-:偽陽性(指閾值 0.1-0.25ppm)

依上述實驗及結果，可整理歸納如下：

(一)達滅芬不論以市售建議濃度或一般農民使用濃度來餵食幼蟲，使用靈敏度 250ppb 及 500ppb 快篩試劑，將蟲體搗碎檢測，檢測結果均為陰性。

本組推論：蛇蟲在充滿農藥食材的環境中，其活動力明顯降低，攝食量應該也會減少，當蟲體檢測結果為陰性可能為：

1. 農藥快篩片的靈敏度不夠高，可能需要專業級的機器來檢測，但目前非本組能力所及。
2. 水蛇寶寶利用酵素分解食物食入後，幾乎 24 小時內就排遺，可能是農藥停留在身體的時間太短，且身體組成 35% 為蛋白質，30% 為粗脂肪，實驗僅餵食纖維質，附著在芹菜的葉菜應該也未經過轉換就被排出體外了。
3. 水蛇寶寶也會挑食，遇到不喜歡吃的食物，攝食量就降低，食入的農藥量不足以達到檢驗的靈敏度。

(二)拿其蛇糞來檢測，檢測結果多為陽性。

本組推論：其蛇糞因為混雜在未食用完的食物中，所以蛇糞檢測結果為陽性可能為：

1. 原本食材中殘留的農藥。
2. 蛇蟲食入後快速排出，農藥沒有殘留於體內，殘留在排遺中。

(三)餵食高達 2500ppb 濃度，水蛇寶寶仍然沒有死亡，合理懷疑黑水蛇對農藥的耐受性應該很高，欲使用生廚餘餵食水蛇寶寶時，還是建議將生廚餘堆放一段時間，讓太陽照射加快其半衰期後再餵食，才不會有食安之疑慮。

(四)使用蘇力菌來餵食幼蟲，經過 3 天，15 隻幼蟲全數死亡；當養殖黑水蛇的農場屬於友善耕作者時，建議噴過蘇力菌的生廚餘，也應經過安全的停藥期，可不會讓水蛇寶寶無辜犧牲。

(五)實驗過程的意外發現:當壓碎蟲體吸取體液檢測時，剛開始的體液呈現「米黃色」，經過一段時間空氣氧化後呈現「紫黑色」，讓我們又好奇的想知道，黑水虻體內有什麼物質？在其吸收代謝方面又扮演著什麼角色？

六、評鑑與檢討

(一)研究動機

1. **遭遇困難**:當一選定題目，我們便著手開始找資料，有關黑水虻的資料又多又雜，又缺乏有公信力的參考文獻，就因資料過於廣泛而陷入不知從何開始研究的窘境，相尋找公家單位-田中鎮清潔隊協助，卻遭婉拒，好不容易上完親自授課的課程，卻因遲遲找不到蟲卵而無法開始實驗。
2. **解決對策**:一方面努力不懈的**多方聯絡**，就算大部份的訊息都是已讀不回，仍然不放棄。另一方面**自行製作**廚餘桶來吸引母蟲產卵，兩方面同時進行，終於順利得到回應。
3. **突破與收穫**:萬事起頭難，若能**不怕困難**，繼續勇往直前，就已經**成功**一大半了。

(二)擬定正式計畫、研究問題及工作進度表階段

1. **遭遇困難**:不知從何下手，導致研究**進度嚴重落後**，想法太多太雜已至於實驗無法進行。
2. **解決對策**:與老師討論後須要先訂定**工作進度表**，然後按部就班的研究，一遇到問題馬上做修正，才能在既定的時間內完成實驗。
3. **突破與收穫**:當擬定好工作進度表後，組員每天都自動騰出時間，**分工合作**，讓我們學習到做研究應有的思維、判對與順序，以及實驗的可行性，對於自己所致定的計畫，應**負責任**的處理與完成。

(三) 在彙整相關文獻階段

1. **遭遇困難**:剛開始著手找資料時，所有有關黑水虻的、農藥的、友善耕作的，很多可用不可用的相關資料，全部看一遍，看完了還是**沒有頭緒**。
2. **解決對策**:與老師、家長及實際種植者及養殖者討論，了解實驗所需的**關鍵資料**，才不會浪費時間又慌了手腳。
3. **突破與收穫**:面對雜亂無章的資料，學習到了**篩選與統整的重要性**，透過在現場與**實際操作者**討論，可學習到許多課本沒教過的**知識與經驗**。

(四) 在資料分析階段

1. **遭遇困難**:一開始在設計實驗時，因為**沒有經驗**且只參考文獻資料，起初設計出來開始實驗後才發現，原來農藥檢測這麼費時費力且花費大，而當初單純考慮農藥殘留的原因而選定蔬菜，卻忽略了有沒有農藥吸收的正確性；修改實驗後發現結果不容易簡易呈現。
2. **解決對策**:與老師討論後，建議採用圖片與表格說明，再參考前例作品，
3. **突破與收穫**:學習到數據分析、電腦排版，且了解解決問題的**方法不只有一種**，要**多問多觀察**，必能從中學到各種知識，提升自我的本質能力。

(五) 在研究成果與討論階段

1. **遭遇困難**:實驗結果和我們當初設想的**差異頗大**，只能與老師討論相關可能性，且要如何紀錄研究成果並將其**有條理的呈現**，讓人可以一目了然，是本組在這階段遭遇最大的困難。
2. **解決對策**:透過請教老師及家長，組員與老師家長不斷腦力激盪，讓研究成果更有條理的呈現。
3. **突破與收穫**:提出研究結果與討論時是最困難的部

分，需要動用到很多腦力及專注的精神才能整理、討論寫出結果，並用圖文將內容充分說明，我們相信，**天下無難事，只怕有心人**，只要努力去做，就能達到想要的目標。整個實驗結束後，發現**一個實驗可以衍生出更多的實驗**，我們做完了農藥殘留的試驗，腦中又浮現出更不容易代謝的抗生素，還有實驗過程中發現的「變色物質」…讓我們**一直想探討新知識**，這就是研究有趣的地方。

七、參考資料

- (一)梁世祥，2014，黑水虻研發成果報告，台灣畜產所，新竹分所。
- (二)南投縣立北梅國中，2018，黑金特搜-當黑水虻遇見餵水，希望閱讀，國中專題報導競賽。
- (三)嘉義市第 36 屆國民中小學科學展覽會，2018，環保之星-黑水虻的養殖與應用。
- (四)石正人一，2017，黑水虻生物廢棄物處理流程(翻譯版)。
- (五)全國法規資料庫，2019/08/02，農業殘留容量標準。
- (六)農業藥物毒物試驗所，2019/02/13，農業殘留監測研究成果報告。
- (七)蔡孟旅等，2017，非化學農藥植物保技術，行政院農業委員會台南區農業改良場技術專刊 106-2(NO.168)。
- (八)郭雪等，2008，蘇力菌及其應用，行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所(作物非農藥管理技術手冊)。
- (九)翰林國一(上)自然與生活科技課本
- (十)林信仁，2018/01/15，探索黑水虻，公共電視，我們的島。
- (十一)公共電視，2018/01/22，金門土雞返鄉路，我們的島。
- (十二)行政院農業委員會，2018/07/30，用吃解決農業剩餘物的幫水-黑水虻，台灣農業故事館。
- (十三)陳世雄教授，2017/11/16，「黑水虻」是「完美昆蟲」，值

得大力推廣，民報專欄。

(十四) 報導，2018/04/15，4種大型魚少吃為妙！怎樣吃魚最健康？，財團法人全民健康基金會。