

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生物科

030304

黑水蛇之藥不藥由你-添加達滅芬及抗生素模擬  
黑水蛇食料作為藥物殘留之研究

學校名稱：彰化縣立陽明國民中學

作者：  國二 鍾孟軒  國二 鄭筠藍	指導老師：  蔡名峯  陳炳彰
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：黑水蛇、廚餘、藥物殘留

## 摘要

隨著養身觀念提升，不少小農採自給自足的方式耕作經營，利用黑水虻處理自家廚餘→再將幼蟲餵食雞鴨→雞鴨再供人類食用。如此簡短的食物鏈，若餵給黑水虻幼蟲的食料中含有農藥或抗生素等，殘留於蟲體內，再使用含有有害物質的黑水虻幼蟲，餵食雞鴨，再由人類將餵食黑水虻幼蟲的雞鴨吃下肚，是否會造成食安的問題？

由研究結果顯示，經由黑水虻幼蟲處理過的生廚餘及有機質，達滅芬會殘留在虻糞、蘇力菌會造成黑水虻幼蟲死亡、四環黴素會殘留在蟲體內，對於要使用黑水虻處理相關廢棄物時，應妥善依不同飼養料先進行不同處理方式，勿讓可能存在的有害物質進入食物鏈，希望未來能應用在各種農業方面上，達到綠色環保的效益又能免於陷入食安問題之窘境。

## 壹、研究動機

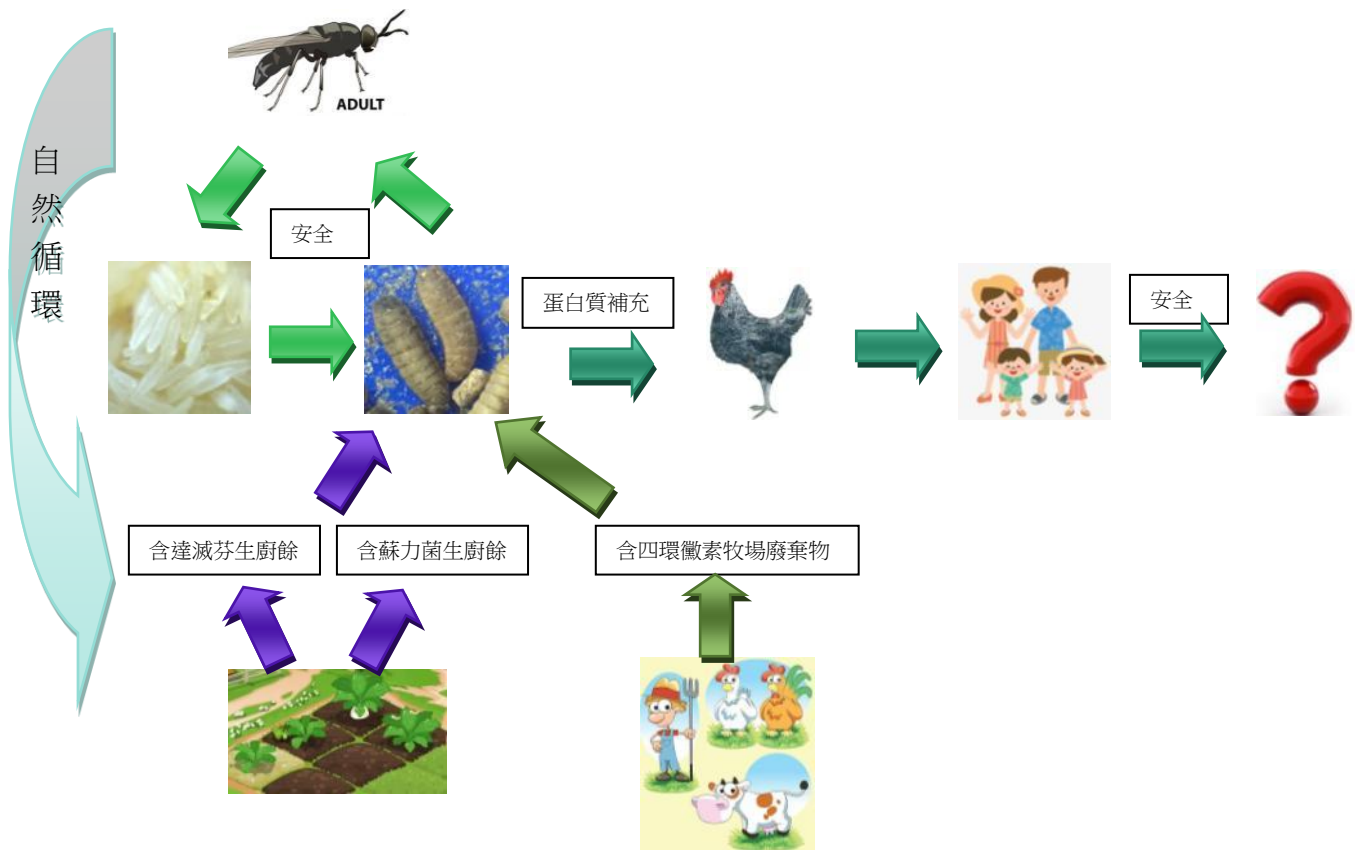
黑水虻成蟲只繁殖不影響人類生活，近年被廣泛的研究。幼蟲最常被用來處理廚餘及事業廢棄物，廚餘又分為生廚餘及熟廚餘，事業廢棄物又分為畜牧場及農場；而黑水虻富含蛋白質的特性也是廣受注意的一塊。阿公退休後在南投山上開闢了一個開心農場，因為不使用慣行農法，故過程中產生了許多水果生廚餘，隨意堆放在農場的一角，長久堆放下來始終維持固定的份量；而在外公家偶然聞到淡淡的屍臭味，幾經翻找以後發現一隻死老鼠，經觀察後均發現了許多似蛆又不是蛆的小蟲，一查資料後驚覺原來是黑水虻，發現牠除了可以消滅廚餘、糞便、底泥等有機質外，蟲體還是豐富的蛋白質來源，有些友善農場拿來餵食雞鴨牛豬等，一看到吃吃這個過程，對於愛吃的我，馬上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(參考)，當使用不同的飼養料，對於黑水虻的後續處理方式應有不同，藉此以避免食安問題產生。

而友善耕作使用安全的耕作模式種植出自己敢吃，又可以安心銷售的產品，以然是現在的趨勢，蘇力菌就是友善耕作常用的防護商品之一，保護農作物的同時，是否會無意間傷害到黑水虻這位嬌客?也是研究過程之一。

為了瞭解經黑水虻處理過後的有機質，會不會有有害物質殘留其體內，再以黑水虻幼蟲餵食雞隻，雞肉供人體食用後又再度回到人體中；本研究以不同濃度的達滅芬(模擬可能存在於生廚餘的農藥)及四環黴素(模擬可能存在於動物糞便中的抗生素)，加入黑水虻幼蟲的食物中，發現餵食含有達滅芬生廚餘的黑水虻幼蟲，其蟲體檢測不出農藥殘留，虻糞有農藥殘留；而餵

食含四環黴素飼料的黑水虻幼蟲，其蟲體檢驗出**抗生素殘留**，虻糞則無抗生素反應，本組再以含有抗生素的黑水虻幼蟲餵食雞隻，經執業獸醫師抽取雞血，檢測雞隻血液無抗生素反應。

依據農委會統計，臺灣約有 62.5 萬頭豬採廚餘飼養，約占全臺豬隻在養頭數的 11.6% ，主要豬種為黑豬。本組發現黑水虻類似國中一年級生物課所提及食物鏈-「清除者」的角色，可將大分子有機物轉化為小分子有機物，無法清除的部分再交棒給「分解者」處理，即可有效減輕生態系統的負擔，並開發廚餘其它效用。以宣澤科技 DR.K 農藥快篩片(250 ppb)及微杏基因農藥快篩片(500 ppb)，檢測黑水虻幼蟲及虻糞，是否有達滅芬殘留。另外，本組向畜產戶詢問，得知四環黴素為廣效性抗生素，對革蘭氏陽性及陰性細菌均有良好的抑菌效果，故廣泛應用在禽畜養殖業，若以含有四環黴素廚餘飼養黑水虻，再以黑水虻作為白肉雞飼料添加物，可能因其藥物殘留而對孕婦、哺乳婦女、八歲以下兒童有不良影響(影響胎兒的骨骼生長，因此在懷孕期間應避免)，故以微杏基因生物科技之「四環黴素多合一 (TCs) 快速檢測試劑」，檢驗黑水虻幼蟲、雞血及虻糞所含四環黴素，是否能符合國家規範標準(200 ppb)。



## 貳、研究目的

- 一、探討黑水虻幼蟲餵食現場農民使用稀釋 400 倍(2,500 ppm)、市售建議稀釋 3,000 倍(333 ppm)及檢測試劑可檢出稀釋 5,000 倍(200 ppm)含有達滅芬之芹菜後，體內是否有達滅芬殘留。藉以模擬黑水虻幼蟲食用含有達滅芬殘留的生廚餘後，體內是否會有達滅芬的殘留。
- 二、探討黑水虻幼蟲食用含有達滅芬之芹菜後，糞便中是否有達滅芬殘留。藉以探討食入達滅芬的幼蟲，會將達滅芬殘留於體內，還是隨糞便排出。
- 三、探討友善耕作常使用之蘇力菌，對黑水虻幼蟲之影響。蘇力菌對鱗翅目、雙翅目及鞘翅目昆蟲有專一性，但商品外包裝上並沒有提及對黑水虻有毒殺之效果，藉此實驗觀察蘇力菌的伴胞晶體是否對黑水虻幼蟲也有專一性。
- 四、探討黑水虻食用含四環黴素之飼養料後，體內是否有四環黴素殘留。模擬使用黑水虻幼蟲處理畜牧場廢棄物中含有抗生素殘留時，經食入四環黴素後，是否會殘留在蟲體內。
- 五、探討食用四環黴素之黑水虻飼養雞隻後，其體內血液是否有四環黴素殘留。模擬黑水虻幼蟲處理含有四環黴素的畜牧場廢棄物後，四環黴素殘留於蟲體內，牧場再將這些黑水虻幼蟲當作蛋白質補充飼食雞隻時，雞隻體內是否會有四環黴素殘留。
- 六、探討黑水虻食用含四環黴素之為養料後，糞便中是否有四環黴素殘留。藉以探討食入四環黴素的幼蟲，會將四環黴素殘留於體內，還是隨糞便排出。

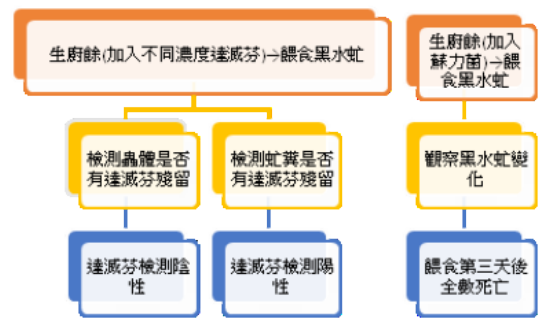


圖 1 達滅芬及蘇力菌研究流程圖



圖 2 四環黴素研究流程圖

## 參、研究設備及器材

- 一、材料:黑水虻蟲卵 5 克(臉書黑水虻養殖切磋團購買)、芹菜、黑羽土雞 10 隻(花壇元鑫畜牧場購買)
- 二、器材:寶特瓶、塑膠盒、果汁機、食用色素、量杯、電子秤、衛生筷、藥匙、口罩、記號筆、相機、試管、離心機、滴管、針筒、計時器、飼養桶、保溫燈、動物飼料
- 三、藥品:達滅芬(興農)、蘇力菌(興農, 16,000 IU/mg)、宣澤農藥快篩片(殘留閾值 250 ppb)、b 微杏農藥快篩片(殘留閾值 500 ppb)、四環黴素多合一 (TCs) 快速檢測試劑(微杏)

## 肆、研究過程與方法

### 一、文獻探討

(一) 黑水虻飼養相關研究(梁世祥, 2014、南投縣立北梅國中, 2018、環保之星-黑水虻的養殖與應用, 2018)

1. 黑水虻學名為:*Hermetia illucens*, 英文名:Black Soldier Fly.
2. 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, 近年來傳入台灣、大陸及東南亞等地。

3. 生長週期:分為卵期(5-7 天孵化)→幼蟲期(13-20 天, 溫度越低生長期越長)→蛹期(先進入預蛹期, 此時不再進食仍可活動, 尋找陰暗安全處進入蛹期, 約 5-8 天至數月進入羽化)→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)。

(二) 達滅芬:常用殺菌劑, 為農藥藥物毒物試驗所連續 3 年檢出率最高的一種農藥(農業藥物毒物試驗所, 2019、全國法規資料庫, 農業殘留標準)。

Kingdom	Animalia	動物界
Phylum	Arthropoda	節肢動物門
Class	Insecta	昆蟲綱
Order	Diptera	雙翅目
Family	Stratiomyoidea	水虻科
Subfamily	Hermetiinae	扁角水虻亞科
Genus	Hermetia	扁角水虻屬
	<i>H. illucens</i>	亮斑扁角水虻

圖 3 生物分類



圖 4 黑水虻生活史

### 農藥檢出率較高之前三種

104 年度	達滅芬	達特南	益達胺
105 年度	達滅芬	百克敏	普拔克
106 年度	達滅芬	克凡派	普拔克

(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；蘇力菌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，當被昆蟲取食時，與蟲體腸中鹼性解離釋放出毒素，最終造成昆蟲死亡。對特定昆蟲具毒性，但對人與哺乳動物等均無害，廣泛使用在友善耕作上 (蔡孟旅等，2017、郭雪等，2008)。

(四) 四環黴素:又稱四環素，是一種聚酮類廣普抗生素藥物的泛稱，由鏈黴菌屬放線菌門細菌所產生，可用於對抗多種細菌感染。不良反應與副作用，除食道刺激、耳前庭毒性、肝毒性及阻礙牙齒與骨骼發育，所以孕婦、哺乳婦女、八歲以下兒童是禁止使用的。(微杏生醫科技網路資料)。

(五) 法規探討

1. 達滅芬(Dimethomorph):殺菌劑,殘留容許量依不同作物別為0.05 ppm~10 ppm，葉菜類殘留容許微 2.5 ppm(農藥殘留容許量標準附表一，依據食品安全衛生管理法 15.2)。
2. 四環黴素(Tetracycline):廣效性抗生素，食品中動物用藥殘留量規定依不同動物別及不同部位，容許值為 0.1 ppm~1.2 ppm，家禽類容許為 0.2 ppm(動物用藥殘留標準，依據食品安全衛生管理法 15.2)，本次使用 Doxycycline(特喜) 20% 粉劑，每公克含 200 mg Doxycycline Hyclate。
3. 水虻粉:可作為動物性飼料，僅限植物性飼料餵養所長成之蟲體製成者(農牧字第 1080044178A 號公告，可供給家畜、家禽、水產動物之飼料，依據飼料管理法 3.1)

## 二、實驗設計啟發

(一) 農藥殘留之可能性:請教南投縣水里鄉林姓小農，種植方式採慣行農法，菜園里產生的蔬菜水果等生廚餘隨意丟棄於一旁的堆肥區，雞隻採園區放養方式，可自行在園區走動捕食。



(二) 抗生素殘留之可能性:請教彰化縣花壇鄉李姓養雞場，當雞隻生病時，會採預防性投藥，將藥物投放於飼料中供雞隻食用，清洗飼養欄時，含有抗生素的飼料、糞便等使用黑水虻處理再委由廢棄物清理公司清理。



(三) 蘇力菌對黑水蛇影響的評估:請教阿公，種植方式採友善耕作，菜園里產生的蔬菜水果等生廚餘固定丟棄堆肥區。



### 三、實驗步驟

#### (一) 飼養黑水蛇過程



#### (二) 實驗步驟

##### 1. 評估農藥經植物吸收所需時間

- (1). 滴入數滴紅色食用色素至 500 ml 水中→將芹菜根部切除，插入寶特瓶中→觀察並記錄色素吸滿整支芹菜莖所需時間。
- (2). 時間顯示:經過 120 分鐘紅色色素經由毛細現象到達葉尖。

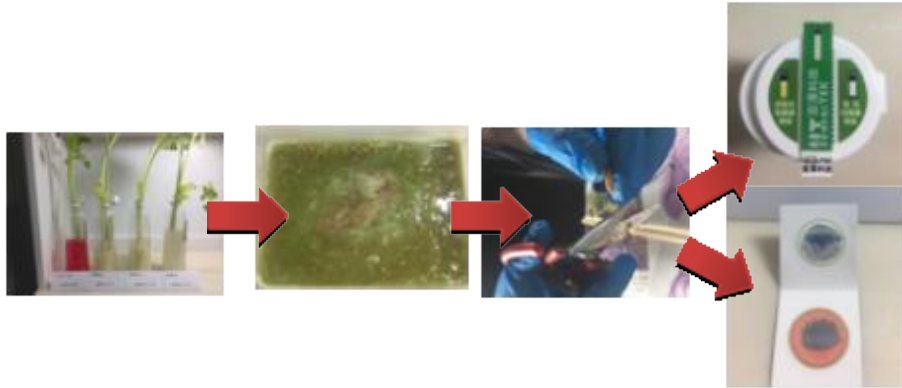


圖 5 紅色色素模擬農藥分部整株所需時間

##### 2. 本實驗使用經吸收 24 小時達滅芬之芹菜，餵食黑水蛇

- (1). 分別稀釋 400 倍、3,000 倍及 5,000 倍達滅芬溶液，稀釋 400 倍是依照興農農藥販售部口述現行農民使用的稀釋倍數；稀釋 3,000 倍是依照興農販售的達滅芬建議葉菜類使用稀釋倍數；稀釋 5,000 倍是依照市售可檢出 250 ppb 之農藥快篩片稀釋倍數。
- (2). 分別插入芹菜經 24 小時吸收時間，再將芹菜打成泥，餵食 15 隻黑水蛇。
- (3). 餵養 1 天後，取 3 隻黑水蛇，將其剪開搗碎，使用宣澤及微杏快篩片檢測，同時取蛇糞一起檢測。
- (4). 再將第二次已吸附達滅芬的芹菜打成泥，餵食剩餘的 12 隻黑水蛇。
- (5). 再餵養 1 天後，取 3 隻黑水蛇，將其剪開搗碎，使用宣澤及微杏快篩片檢測，同時取蛇糞一起檢測。

- (6). 再將第三次以吸附達滅芬的芹菜打成泥，餵食剩餘的 9 隻黑水蛇。
- (7). 再餵養 1 天後，取 3 隻黑水蛇，將其剪開搗碎，使用宣澤及微杏快篩片檢測，同時取蛇糞一起檢測。



3. 將 16,000 IU/mg 蘇力菌稀釋 1500 倍，拌於飼料中，餵食黑水蛇。
  - (1). 將蘇力菌依照市售包裝袋上建議稀釋 1500 倍，觀察蘇力菌孢子形成的殺蟲結晶蛋白，是否會與黑水蛇腸內上皮細胞結合受體結合。
  - (2). 飼料用蘇力菌稀釋液泡軟。
  - (3). 放入 15 隻黑水蛇。
  - (4). 餵食第一天後觀察蟲體活力，發現蟲體活力降低。
  - (5). 餵食第二天後觀察蟲體活力，發現蟲體幾乎不太活動。
  - (6). 餵食第三天後觀察蟲體活力，發現黑水蛇全數死亡。
4. 對照組 5 隻黑羽土雞餵養。
  - (1) 每日餵食 3 次，每次 78 克，第一天共餵食 234 克中雞飼料(福壽實業)，訪問元鑫畜牧場李先生建議，依照體重 4%-7%給予飼料量。
  - (2) 連續 3 天餵食，觀察每日進食量，在第四天將飼料增為 273 克。
  - (3) 再連續 3 天餵食，觀察每日進食量，在第七天將飼料增為 312 克。
  - (4) 依照四環黴素應連續使用 3-5 天，加上停藥期至少 3 天，故與實驗組同步餵養 9 天。
  - (5) 取原始飼料使用四環黴素多合一 (TCs) 快速檢測試劑檢測。
    - A. 飼料加入樣品稀釋液 A，震盪混勻 2 分鐘，以離心機 3500 rpm 離心 10 分鐘。
    - B. 用滴管吸取上清液，於微孔中滴入 5~6 滴上清液，重複吸取使上清液與微孔藥劑充分混和，



圖 6 抽取上清液



並於室溫下靜置約 2 分鐘。

C. 將試紙條插入微孔中，使其充分浸入反應液中，於室溫下靜置反應 5~10 分鐘後依呈色結果判讀。

5. 實驗組 5 隻黑羽土雞餵養。

(1) 每日將 500 克飼料，依照包裝袋上建議使用量(永鴻國際生技)，添加 0.25 克 Doxycycline，混和均勻後餵食黑水虻，此為 5 克蟲卵孵化後經飼養 2 周後幼蟲一天的食量(本藥劑由彰化縣花壇鄉高鳳文畜牧場經獸醫師處方開立提供)。

(2) 黑羽土雞第一天餵食 3 次 78 克中雞飼料，共 234 克中雞飼料。

(3) 第二~三天餵食 3 次，1 次 78 克中雞飼料，2 次 78 克黑水虻。

(4) 第四~六天餵食 3 次，1 次 117 克中雞飼料，2 次 78 克黑水虻，總餵食量與對照組相同為 273 克。

(5) 取連續餵食 6 天含 Doxycycline 飼料的黑水虻，將其剪開擠出體內組織。

A. 加入四環黴素多合一 (TCs) 快速檢測試劑中的樣品稀釋液 A，震盪混勻 2 分鐘，以離心機 3500 rpm 離心 10 分鐘。

B. 用滴管吸取上清液，於微孔中滴入 5~6 滴上清液，重複吸取使上清液與微孔藥劑充分混和，並於室溫下靜置約 2 分鐘。

C. 將試紙條插入微孔中，使其充分浸入反應液中，於室溫下靜置反應 5~10 分鐘後依呈色結果判讀。

(6) 取連續餵食 6 天含 Doxycycline 飼料的黑水虻糞便。

A. 加入樣品稀釋液 A，震盪混勻 2 分鐘，以離心機 3500 rpm 離心 10 分鐘。

B. 用滴管吸取上清液，於微孔中滴入 5~6 滴上清液，重複吸取使上清液與微孔藥劑充分混和，並於室溫下靜置約 2 分鐘。

C. 將試紙條插入微孔中，使其充分浸入反應液中，於室溫下靜置反應 5~10 分鐘後依呈色結果判讀。

(7) 由彰化縣 ██████████ 黃獸醫師指導雞隻保定，並協助抽取雞血。



圖 7 黑水虻體內組織



圖 8 均勻混和上清液與微孔藥劑

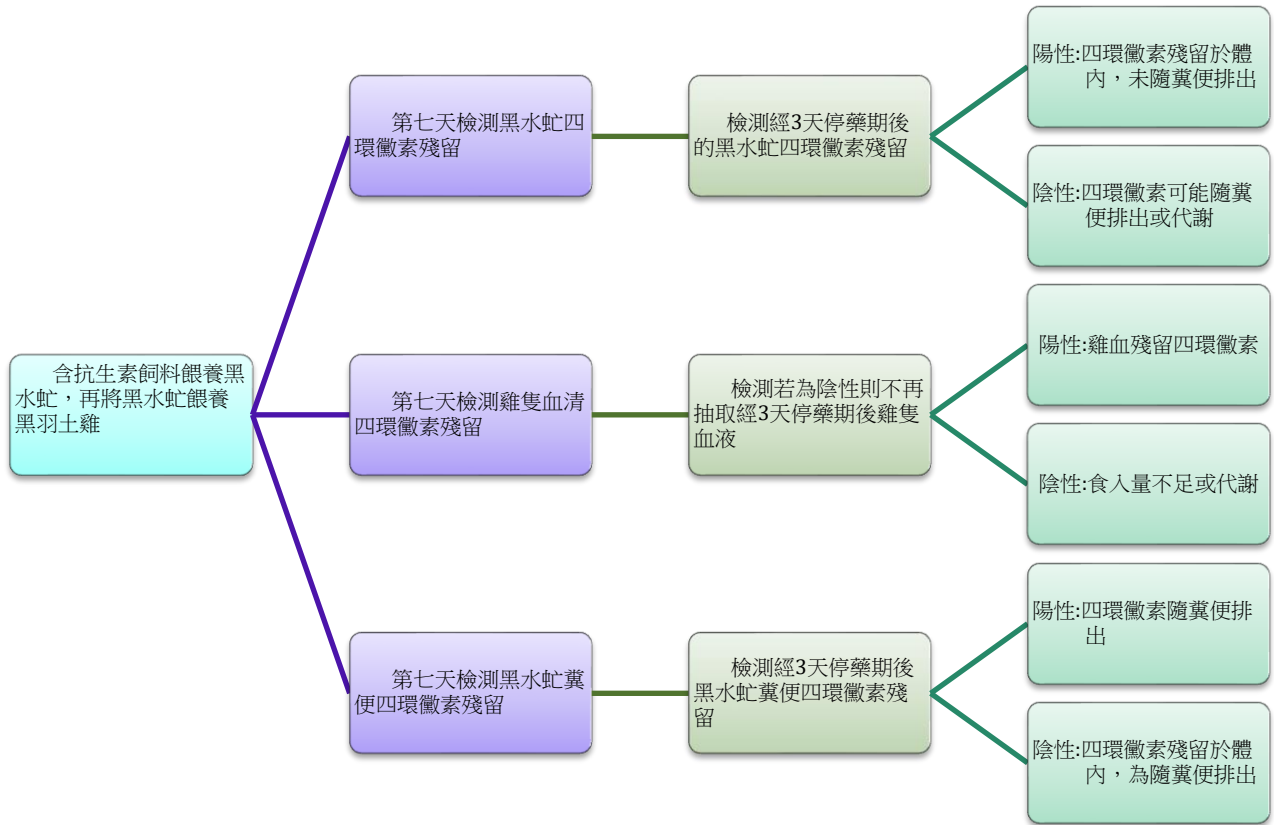
- A. 由雞翅上臂處抽取 1 ml 雞血，垂直靜置 5~10 分鐘，使血清及血球分離。
- B. 吸取血清加入樣品稀釋液 A，震盪混勻 2 分鐘，以離心機 3500 rpm 離心 10 分鐘。
- C. 用滴管吸取上清液，於微孔中滴入 5~6 滴上清液，重複吸取使上清液與微孔藥劑充分混和，並於室溫下靜置約 2 分鐘。
- D. 將試紙條插入微孔中，使其充分浸入反應液中，於室溫下靜置反應 5~10 分鐘後依呈色結果判讀。



圖 9 獸醫師協助採血

- (8) 第七日開始，黑水蛇餵食無添加 Doxycycline 的飼料，依照 Doxycycline 建議停藥期 3 天，持續餵食無添加抗生素飼料給黑水蛇。
- (9) 第七~九天持續每天餵食雞隻三次，1 次 156 克中雞飼料，2 次 78 克黑水蛇，總餵食量與對照組相同為 312 克。
- (10) 第十日取連續停藥 3 天的黑水蛇，將其剪開擠出體內組織。
  - A. 加入樣品稀釋液 A，震盪混勻 2 分鐘，以離心機 3500 rpm 離心 10 分鐘。
  - B. 用滴管吸取上清液，於微孔中滴入 5~6 滴上清液，重複吸取使上清液與微孔藥劑充分混和，並於室溫下靜置約 2 分鐘。
  - C. 將試紙條插入微孔中，使其充分浸入反應液中，於室溫下靜置反應 5~10 分鐘後依呈色結果判讀。
- (11) 第十日取連續停藥 3 天的黑水蛇糞便。
  - A. 加入樣品稀釋液 A，震盪混勻 2 分鐘，以離心機 3500 rpm 離心 10 分鐘。
  - B. 用滴管吸取上清液，於微孔中滴入 5~6 滴上清液，重複吸取使上清液與微孔藥劑充分混和，並於室溫下靜置約 2 分鐘。
  - C. 將試紙條插入微孔中，使其充分浸入反應液中，於室溫下靜置反應 5~10 分鐘後依呈色結果判讀。

- (12) 原實驗設計欲抽取經餵養停藥期 3 天黑水虻的雞血，因為於第六天抽取雞血的檢測結果為陰性，基於愛護動物的理念，不再抽取雞血檢測，以免雞隻緊迫。



## 伍、研究結果

一、探討黑水虻幼蟲餵食現場農民使用稀釋 400 倍、市售建議稀釋 3,000 倍及檢測試劑可檢出稀釋 5,000 倍含有達滅芬之芹菜後，體內是否有達滅芬殘留。

- (一) 將餵養 1 天後的黑水虻幼蟲搗碎，分別用 250 ppb 宣澤農藥快篩片及 500 ppb 微杏農藥快篩片檢測，檢測結果均為陰性，表示體內達滅芬殘留均在 250 ppb 閾值以下。
- (二) 將餵養 2 天及 3 天後的黑水虻幼蟲搗碎檢測，檢測結果與第一天相同，均為陰性，表示連續餵養 3 天含達滅芬的芹菜，其體內達滅芬殘留均在 250 ppb 閾值以下。
- (三) 實驗過程中觀察達滅芬對蟲體活力的影響，發現稀釋濃度越低，對蟲體活力影響越大，利用慢動作攝影 30 秒，觀察 6 隻幼蟲蠕動的平均次數，得到的數值如下：

稀釋倍數	稀釋 400 倍	稀釋 3000 倍	稀釋 5000 倍
30 秒蠕動次數			
對照組	51		
第一天	22	25	34
第二天	23	25	29
第三天*註	38	48	50
註:第三天先將蟲體用清水清洗，發現蟲體活力有提升			

二、探討黑水虻幼蟲食用含有達滅芬之芹菜後，糞便中是否有達滅芬殘留。

(一) 檢測黑水虻幼蟲的同時，取當天的虻糞分別用 250 ppb 宣澤農要快篩片及 500 ppb 微杏農藥快篩片檢測，檢測結果均為陽性，表示體內達滅芬殘留均在 500 ppb 閾值以上

(二) 連續 3 天檢測結果均相同。

三、探討友善耕作常使用之蘇力菌，對黑水虻幼蟲之影響。

(一) 稀釋 1500 倍蘇力菌餵食黑水虻幼蟲，利用慢動作攝影 30 秒，觀察 6 隻幼蟲蠕動的平均次數，未餵食前平均蠕動次數為 70 下。

(二) 發現第一天平均次數 30 下，第二天有 3 隻幼蟲死亡，動作非常緩慢，有些幼蟲呈現定格的狀態，第三天則全部死亡。

蘇力菌添加否	無添加	稀釋 1500 倍
30 秒蠕動次數		
第一天	70	40
第二天	71	15*註 1
第三天	70	0*註 2
註 1:第二天 3 隻黑水虻死亡 註 2:第三天 15 隻黑水虻全數死亡		

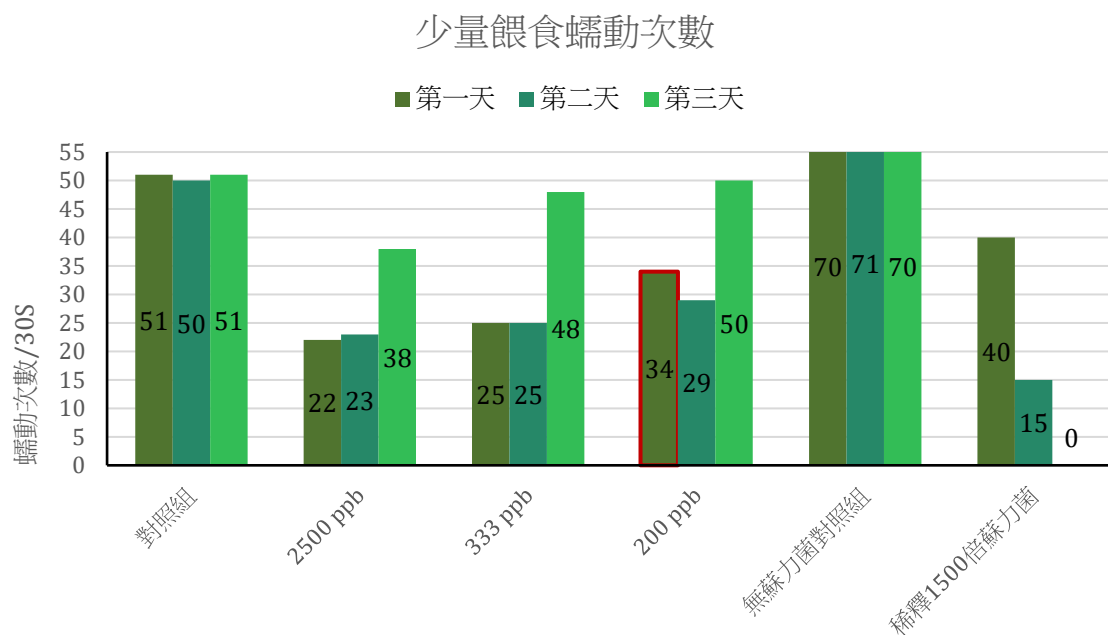


圖 10 第一天至第三天使用達滅芬餵食黑水蛇，每 30 秒的蠕動次數比較圖

由此可知稀釋濃度越少倍的達滅芬對蛇的影響越大，第三天組別事先用水清洗過蟲體，所以使蟲的活力恢復。蘇力菌則於第二天起完全殺死蛇。

四、探討黑水蛇食用含四環黴素之飼料後，體內是否有四環黴素殘留。

(一) 先將已加 Doxycycline 飼料做檢測，檢測結果為陽性，表示飼料中四環黴素的含量在敏感度閾值以上。

(二) 依照 Doxycycline 雞隻建議用量加入飼料中餵食黑水蛇，經餵食 6 天後將蟲體搗碎檢測，檢測結果為陽性，表示體內四環黴素的含量在敏感度閾值以上。

(三) 第 7 天起依照建議停藥期 3 天餵食一般飼料，第 10 天將蟲體搗碎檢測，檢測結果亦為陽性，表示黑水蛇體內四環黴素含量並未因 3 天停藥期，下降至敏感度閾值以下。

五、探討食用四環黴素之黑水蛇餵養雞隻後，其體內血液是否有四環黴素殘留。

(一) 第七天抽取僅餵食中雞飼料的雞隻血液做檢測，結果為陰性，表示血液中四環黴素的含量在敏感度閾值以下。

(二) 抽取連續餵食 6 天含有四環黴素黑水蛇幼蟲的雞隻血液，檢測結果為陰性，表示血液中四環黴素的含量在敏感度閾值以下。

六、探討黑水蛇食用含四環黴素之為飼料後，糞便中是否有四環黴素殘留。

(一) 取連續餵食 6 天含 Doxycycline 飼料黑水蛇幼蟲的糞便做檢測，檢測結果為陰性，表示糞便中四環黴素的含量在敏感度閾值以下。

(二) 經建議停藥期 3 天餵養正常飼料後取糞便檢測，結果為陰性，表示糞便中四環黴素的含量在敏感度閾值以下。

七、雞隻每日餵食量與體重的變化。

(一) 雞隻飼料依照畜牧場建議餵食量，以體重 4~7 % 的比例給予，蛋白質添加則是

15~25 %依照不同日齡雞隻添加為宜，過度添加蛋白質，會增加醣質新生能力，增加碳水化合物消耗，進而造成腹部脂肪的堆積。

(二) 對照組

餵食 天數	餵食次數	每日餵食飼料 量(g)	每日餵食黑水 量(g)	雞隻平均體重(g)	平均增加的 體重(g)
第一天	3	46.8	0	1,060	
第二天	3	46.8	0	1,100	40
第三天	3	46.8	0	1,146	46
第四天	3	54.6	0	1,194	48
第五天	3	54.6	0	1,236	42
第六天	3	54.6	0	1,296	60
第七天	3	62.4	0	1,342	46
第八天	3	62.4	0	1,378	36
第九天	3	62.4	0	1,420	42

(三) 實驗組

餵食 天數	餵食次數	每日餵食飼料 量(g)	每日餵食黑水 量(g)	雞隻平均體重 (kg)	平均增加的 體重(g)
第一天	3	15.6	31.2	1136	
第二天	3	15.6	31.2	1176	40
第三天	3	15.6	31.2	1266	90
第四天	3	23.4	31.2	1366	100
第五天	3	23.4	31.2	1466	100
第六天	3	23.4	31.2	1572	106
第七天	3	31.2	31.2	1692	120
第八天	3	31.2	31.2	1792	100
第九天	3	31.2	31.2	1900	108

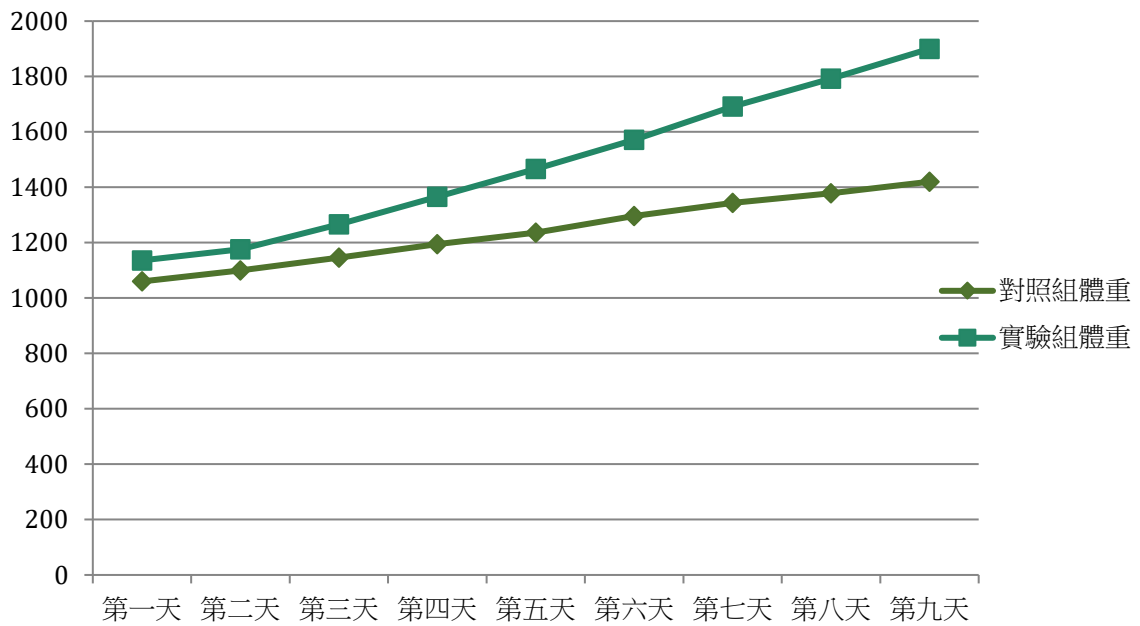
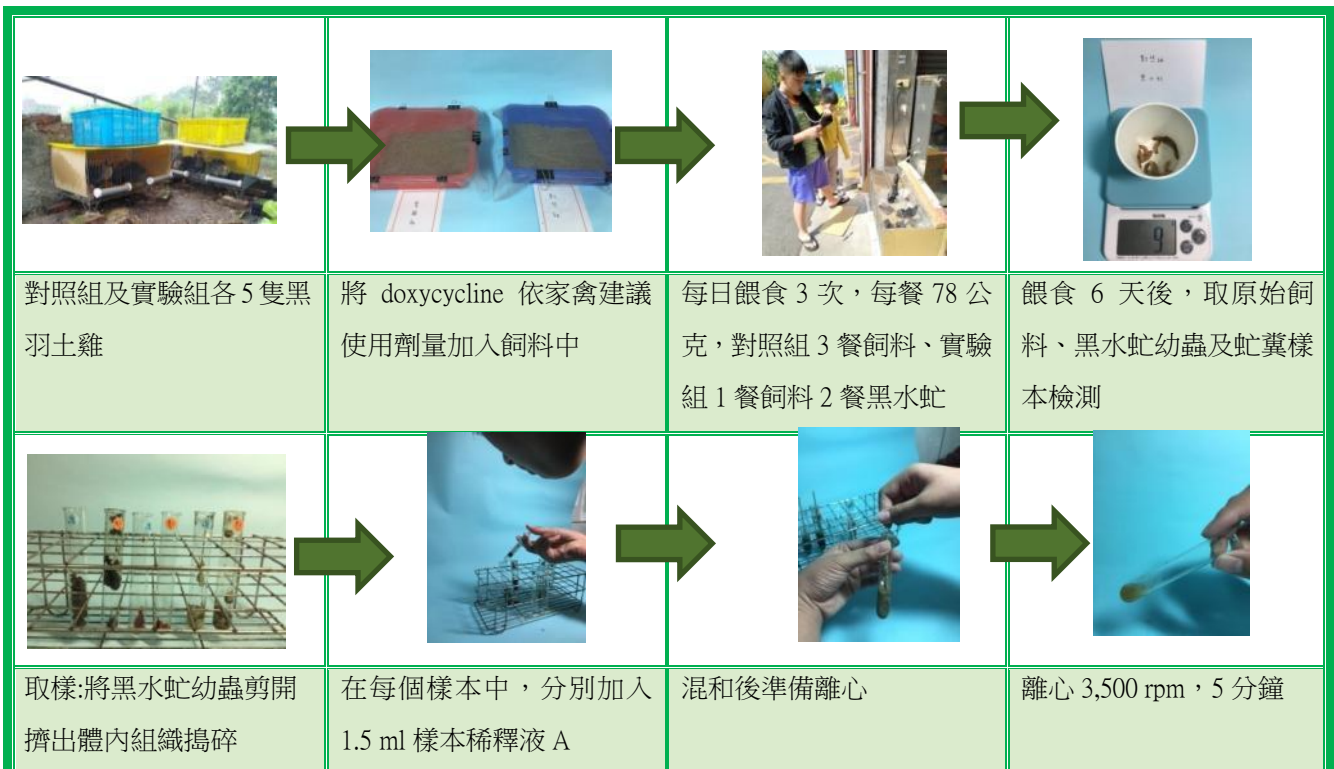





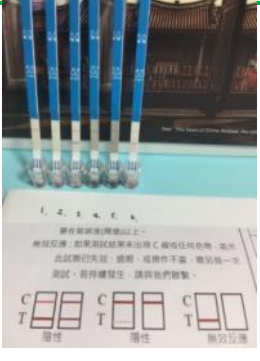










圖 11 對照組及實驗組雞隻每日體重變化。

#### 八、黑水蛇幼蟲及蛇糞四環黴素檢測流程



			
利用滴管取上清液	將上清液滴入微孔中，上下吸取使其與微孔中的藥劑混合	計時作用時間 5 分鐘	插入試劑紙
結果: 1. 實驗組飼料:陽性 2. 實驗組糞便:陰性 3. 對照組糞便:陰性 4. 實驗組黑水蛇:陽性 5. 對照組黑水蛇:陰性 6. 對照組飼料:陰性		判讀方式:兩條線為陰性、一條線為陽性	

### 九、雞隻血液及停藥後黑水蛇幼蟲四環黴素檢測流程

			
保定雞隻:連續餵食 6 天後，第 7 天採血	採血(由 獸醫師 協助)	靜置 15 分鐘後，取血漿離心	離心後吸取血清
			
取停藥後 3 天黑水蛇，將其剪開搗碎	後依照實驗步驟，將黑水蛇、糞便及血液做檢測	停藥後檢測結果: 1. 對照組與實驗組血液:陰性 2. 對照組與實驗組糞便:陰性	



		3. 停藥前停藥後黑水虻:陽性
--	--	-----------------

## 陸、討論

一、探討黑水虻幼蟲餵食含不同濃度達滅芬之生廚餘後，蟲體內是否可檢測出達滅芬 250 ppb 以上的含量。

(一)餵食黑水虻幼蟲含有不同濃度達滅芬之芹菜後，蟲體檢測結果均為陰性，可能的原因有:

1. 農藥快篩片的對達滅芬的靈敏度不夠高，可能需要專業級的機器來檢測。
2. 水虻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，實驗中僅餵食纖維質，附著在芹菜的葉菜應該也未經過轉換就被排出體外了。
3. 水虻寶寶也會挑食，遇到不喜歡吃的食物，攝食量就降低，食入的農藥量就不足以達到檢驗的靈敏度。

(二)雖蟲體檢測均為陰性，但發現農藥的氣味可能會降低蟲體的蠕動，而且稀釋倍數越低，蠕動減少的次數越高，但蟲體經過清水清洗後，又可恢復到未食用前的活力，唯獨餵食 2500 ppb 達滅芬的幼蟲，經過清水清洗後，蠕動次數無法回復。

二、探討黑水虻幼蟲食用含有達滅芬之芹菜後，糞便中是否可檢測出達滅芬 250 ppb 以上的含量。

(一)餵食黑水虻幼蟲含有不同濃度達滅芬之芹菜後，虻糞檢測結果均為陽性，可能的原因有:

1. 原本食材中殘留的農藥，本次實驗忽略應對對照組食材也做檢測，此部分已於四環黴素實驗中修正。
2. 虻蟲食入後快速排出，達滅芬沒有殘留於體內，殘留在糞便中。

(二)黑水虻幼蟲體內，沒有可分解達滅芬的酵素或可與達滅芬結合的受體，所以在體內檢測不到達滅芬。

三、探討友善耕作常使用之蘇力菌，對黑水虻幼蟲之影響。

(一)稀釋 1500 倍蘇力菌餵食黑水虻幼蟲，會造成黑水虻幼蟲的死亡。

(二)黑水虻的生物分類屬鱗次目，而蘇力菌孢子產生的蛋白質結晶，會與蟲體腸內上

皮細胞作用產生毒素，造成蟲體死亡。

(三)蘇力菌有光分解性，所以阿公家堆肥區裡的黑水虻才沒有死亡，因為堆肥區全年日照充足。

(四)本組預計將蘇力菌粉先經紫外光照射，依照照射時間不同，模擬日照時數，再將照射過紫外光的蘇力菌餵食黑水虻，觀察其活力，這樣就可以得知蘇力菌的光照半衰期。

四、探討黑水虻食用含四環黴素之飼料後，體內是否有四環黴素殘留。

(一)將加入 Doxycycline 飼料做檢測，檢測結果為陽性，確保黑水虻幼蟲食入的飼料，其四環黴素的含量在敏感度閾值以上。

(二)經餵食 6 天後將蟲體搗碎檢測，檢測結果為陽性，表示體內四環黴素的含量在敏感度閾值以上，猜測蟲體內有可與抗生素結合的受體。

(三)依照建議停藥期 3 天餵食一般飼料，第 10 天將蟲體搗碎檢測，檢測結果亦為陽性，因為抗生素是須經由脊椎動物的腎臟及肝臟器官才可代謝，黑水虻幼蟲體內並無這種代謝器官，所以無法代謝四環黴素，或者需要更長的時間才可代謝之。

五、探討食用四環黴素之黑水虻飼養雞隻後，其體內血液是否有四環黴素殘留。

(一)抽取對照組雞隻血液做檢測，結果為陰性，表示血液中四環黴素的含量在敏感度閾值以下，雞隻從雛雞開始飼養，沒有投過抗生素。

(二)抽取連續餵食 6 天含有四環黴素黑水虻幼蟲的雞隻血液，檢測結果為陰性，表示血液中四環黴素的含量在敏感度閾值以下，可能的原因有：

1. 雞隻食入抗生素的量不足，藥量經腸道消化蟲體再到達血液後，已下降到敏感度閾值以下。
2. 雞隻屬脊椎動物，其腎臟及肝臟可代謝抗生素，食入的抗生素經器官代謝後已低於敏感度閾值。
3. 過量的抗生素經腎臟及肝臟代謝後，會殘留在肌肉組織，本次實驗是檢測血液，血液中四環黴素的含量在敏感度閾值以下。

六、探討黑水虻食用含四環黴素之飼料後，糞便中是否有四環黴素殘留。

(一)取連續餵食 6 天含 Doxycycline 飼料黑水虻幼蟲的糞便做檢測，檢測結果為陰性，表示糞便中四環黴素的含量在敏感度閾值以下。

(二)蟲體檢測為陽性，可能蟲體內有可與四環黴素結合的抗體，將四環黴素僅僅留在體內，沒有隨糞便排出。

七、探討雞隻每日飼食量與體重的變化。

- (一)福壽實業商品化中雞飼料中蛋白質含量為 15%，在飼料營養管理蛋白質建議添加範圍中，對照組雞隻每日體重增加平均為 40 克。
- (二)黑水虻幼蟲體內蛋白質含量為 46%，依給予黑水虻的重量加上中雞飼料中原本蛋白質含量，實驗組每日補充的蛋白質含量在 22.75%，雞隻每日體重增加平均為 84.8 克。
- (三)依照參考文獻說明，肉雞飼養時給予高蛋白飼料，會增加醣質新生能力，增加碳水化合物消耗，進而造成腹部脂肪的堆積，所以實驗組雖比對照組增重速度多一倍，有可能造成雞隻長胖而非長肉。

## 柒、結論

- 一、達滅芬殘留實驗結果顯示，黑水虻體內雖然檢測均低於敏法度閥值 250 ppb，但其糞便中仍有達滅芬殘留的疑慮，若要以慣行農法產生的生廚餘餵食黑水虻，建議應將生廚餘於太陽下放置，經過農藥半衰期後再餵食。
- 二、蘇力菌因為對哺乳動物無害，故廣為友善耕作常用的防治藥品，商品包裝上並無標示對黑水虻有毒殺性，於參考文獻亦無人研究，本次實驗發現蘇力菌對黑水虻幼蟲有毒殺性，不小心食入含有蘇力菌的生廚餘會造成黑水虻幼蟲的死亡，建議有使用蘇力菌防治的友善耕作農場，要使用黑水虻處理場內生廚餘時，記得將生廚餘放置太陽下照射，經紫外光分解蘇力菌後再餵食黑水虻幼蟲，才不會無意間造成黑水虻幼蟲的死亡。
- 三、四環黴素進入黑水虻幼蟲體內後，經家禽類建議停藥期後再檢測，仍可於體內檢測出高於敏感度閥值的量，所以若是要使用黑水虻幼蟲處理畜牧場內可能含有抗生素之動物糞便或底泥時，建議黑水虻幼蟲不要再拿來當動物額外的蛋白質補充，應讓黑水虻完成其生活史，羽化成成蟲再交配、下卵、孵化，讓更多幼蟲幫牧場處理畜牧場廢棄物。
- 四、黑水虻幼蟲富含蛋白質，添加於動物飼料中可加速動物生長，於現行法規有規定，若要使用水虻粉為動物性飼料添加，其水虻粉應使用植物性飼料來餵養，就是怕黑水虻幼蟲餵養過程中的餵養料，含有不明的有害物質，而又不確定這些物質會不會像四環黴素一樣殘留在黑水虻體內，進而當成飼料餵食動物，進入食物鏈中，造成食安問題。
- 五、堪稱完美生物的黑水虻，除能快速解決廚餘的問題，亦能取代蛋白質的添加，只要

再餵食時注意廚餘的處理過程，就可幫助農場節省開支又解決廢棄物的問題，達到雙贏的局面。

## 捌、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（下）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手-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。
- 十五、全國法規資料庫(飼料管理法、飼料管理法施行細則、可供給家畜、家禽、水產動物之飼料、食品安全衛生管理法、農藥殘留容許標準、動物用藥殘留標準)。
- 十六、李洽恩，台灣省畜產試驗所，飼料營養雜誌(46-50)。
- 十七、黃欽成，台灣省畜產試驗所，飼料營養雜誌(17-21)。

## 【評語】 030304

本次研究主旨在於了解黑水虻特性，以及經黑水虻處理過後的有機質，農藥或抗生素殘留黑水虻幼蟲體內之探討。

優點：

1. 在友善農場與養身觀念提升下，利用黑水虻幼蟲處理自家廚餘或農業廢棄物會日益增加。參與本研究的學生注意到此問題，對於食安的重視值得鼓勵。研究題材具環保價值。
2. 實驗日誌詳實清楚。實驗目的明確，實驗設計脈絡清晰。

改善建議：

1. 部分實驗重複次數不足，缺乏嚴謹的數據分析。舉例來說，實驗中以每 30 秒鐘蠕動次數作為定量分析黑水虻的活力，應詳記說明如何計數！每組試驗中應紀錄黑水虻的數量。實驗數據應重複幾次計算平均值及標準差實驗結果才具有說服力。
2. 本研究題材的延伸性很強，為何黑水虻幼蟲在面對不同的農藥及抗生素時的代謝方式有何不同，是一個很重要的關鍵問題。建議加強後續研究，舉例來說，本研究給黑水虻幼蟲餵含有達滅芬的廚餘及有機質最多只有 3 天，如果餵食的天數多一點後，達滅芬會不會堆積在黑水虻幼蟲體中？四環黴素在蟲體中可以存留多久？以及是否可以藉由黑水

蛇作為清除達滅芬的工具？有沒有不怕蘇力菌的黑水蛇等。

3. 因為是科展研究，建議盡量用更精確的方法測農藥或抗生素的濃度。
4. 作品說明書及記錄本需要勘誤。

(1) 作品說明書圖 6 中作者操作抽取上清液時，口罩未配戴確實，而且未戴手套(圖 8 亦未戴手套)。

(2) 第 10 頁陳述「發現稀釋濃度越低，對蟲體活力影響越大」，應為「發現稀釋倍數越低，對蟲體活力影響越大」之誤。

(3) 第 11 頁蛇糞檢測，陳述「檢測結果均為陽性，表示體內達滅芬殘留均在 500 ppb 閾值以上」，故此處應為「檢測結果均為陽性，表示糞便排出達滅芬殘留均在 500 ppb 閾值以上」之誤。

(4) 第 3 頁陳述「蘇力菌對鱗翅目、雙翅目及鞘翅目昆蟲有專一性，但商品外包裝上並沒有提及對黑水蛇有毒殺之效果」，圖 3 既然黑水蛇在動物分類上屬於雙翅目，故已很清楚可推估蘇力菌對黑水蛇是否有殺蟲效果。諷刺的是第 16 頁最後一行中，作者陳述「黑水蛇的生物分類屬鱗次目」前後矛盾。

(5) 實驗日誌第 23 頁 TCs 快速檢驗試劑實驗，請檢查陰性與陽性反應示意圖是否有誤？

## 作品簡報

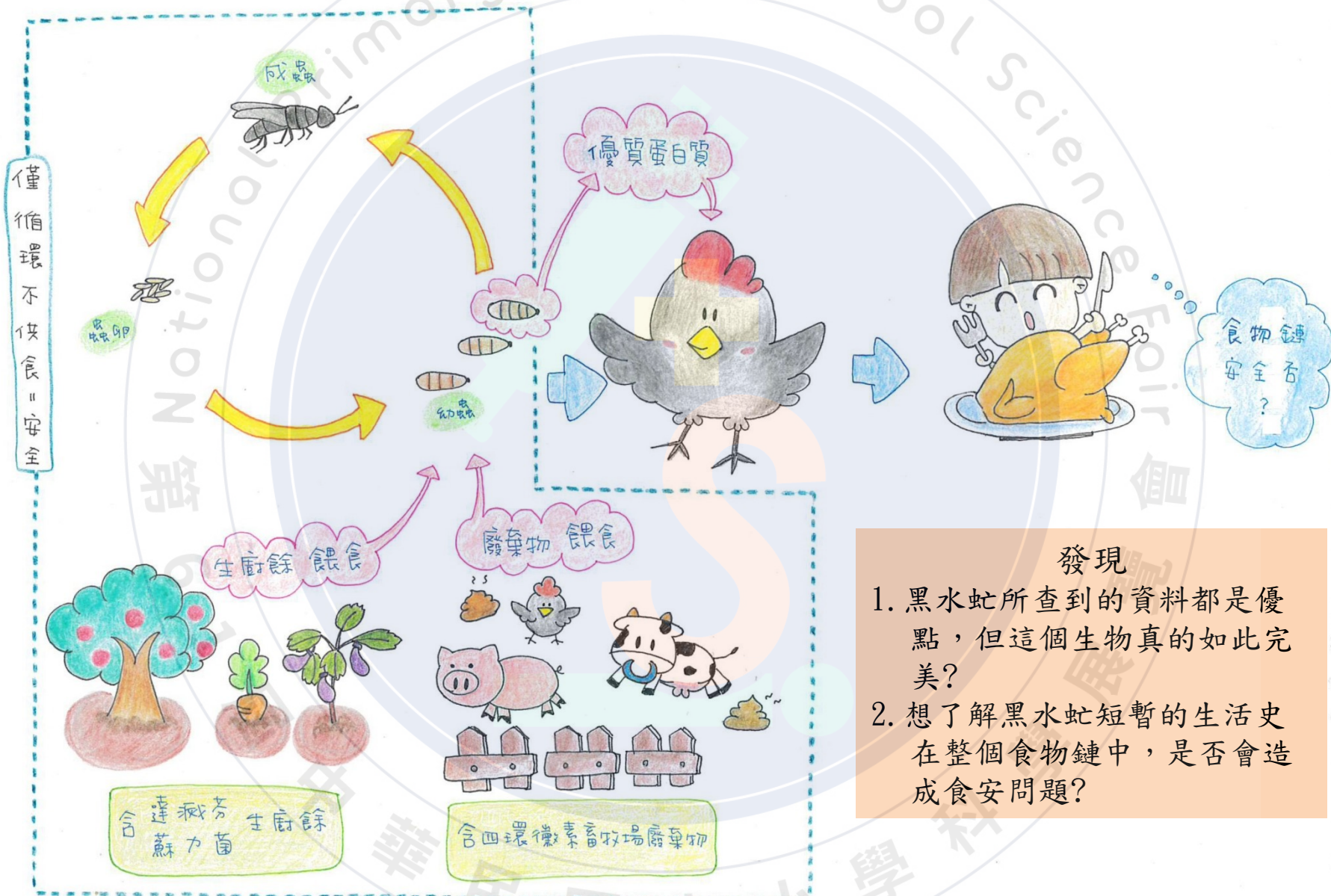
# 黑水虻之藥不藥由你~

添加達滅芬及抗生素  
模擬黑水虻食料作為藥物殘留之研究

科別：生物科  
組別：國中組



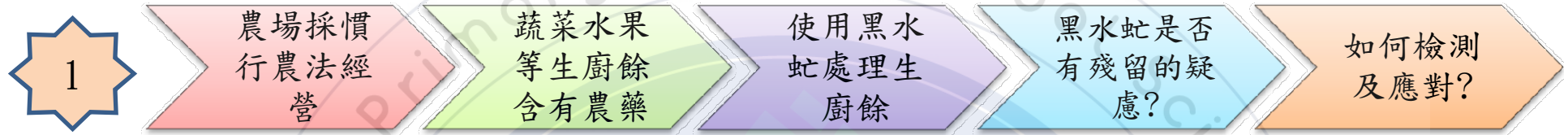
# 研究動機



## 發現

1. 黑水蛇所查到的資料都是優點，但這個生物真的如此完美？
2. 想了解黑水蛇短暫的生活史在整個食物鏈中，是否會造成食安問題？

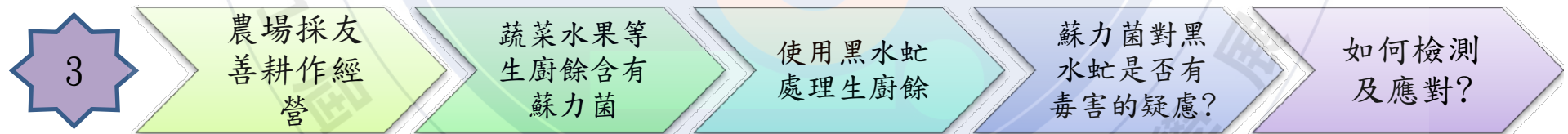
## 實驗設計方向



- 發想:**
1. 農藥殘留在黑水蛇體內，使用黑水蛇做為飼料蛋白質，供禽畜食用，安全否?
  2. 農藥隨蛇糞排出體外，黑水蛇無殘留疑慮，但農藥是否會對黑水蛇造成傷害?



- 發想:**
1. 抗生素殘留在黑水蛇體內，使用黑水蛇做為飼料蛋白質，供禽畜食用，禽畜供人食用，安全否?
  2. 抗生素隨蛇糞排出體外，黑水蛇無殘留疑慮，建議畜牧場可使用黑水蛇處理畜牧場廢棄物，節省廢棄物運輸處理費用。



- 發想:**
1. 蘇力菌對特定昆蟲有專一性，是否也會毒殺黑水蛇?
  2. 含有蘇力菌的生廚餘，應如何前置處理，才可餵食黑水蛇?



## 黑水蛇食料之說明

### 慣行農法:

- 一般常見的耕作模式，使用化學農藥、肥料來提高產量及品質。
- 本實驗選用農業藥物毒物試驗所-農藥殘留監測研究成果報告中，蟬連3年都登上檢出率最高的農藥達滅芬。



### 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。
- 本實驗選用廣泛運用在友善耕作上，用來防治農業害蟲已超過30年歷史的蘇力菌，為一種革蘭氏陽性菌，只對特定昆蟲具毒效，但對人與哺乳動物等均無害。



### 畜牧場廢棄物之抗生素:

- 預防性投藥為畜牧場預防大規模損失的一種飼養方式。
- 本實驗選用四環黴素，為一種廣效抗生素，普遍使用在禽畜等各種傳染病上。對孕婦、哺乳婦女、八歲以下兒童有不良影響。



**抗生素補充:** 抗生素與一般農藥代謝不同，一般農藥可經由光敏性，光照經過半衰期後分解消失；抗生素需要經由高等生物的代謝器官(肝、腎)分解，或經由超高溫焚燒破壞分解。(一般焚化爐燃燒溫度低於超高溫要求1000度以上)



# 模擬黑水虻食用生廚餘之實驗步驟設計

實驗1

將含有達滅芬之芹菜餵食黑水虻



1. 達滅芬稀釋5000倍

檢測蟲體是否有達滅芬殘留

檢測虻糞是否有達滅芬殘留

2. 達滅芬稀釋3000倍

檢測蟲體是否有達滅芬殘留

檢測虻糞是否有達滅芬殘留

3. 達滅芬稀釋400倍

檢測蟲體是否有達滅芬殘留

檢測虻糞是否有達滅芬殘留

陽性: 不建議進入食物鏈

陰性: 不會影響食物鏈的安全

陽性: 沒有殘留在蟲體內

陰性: 可能殘留在蟲體內

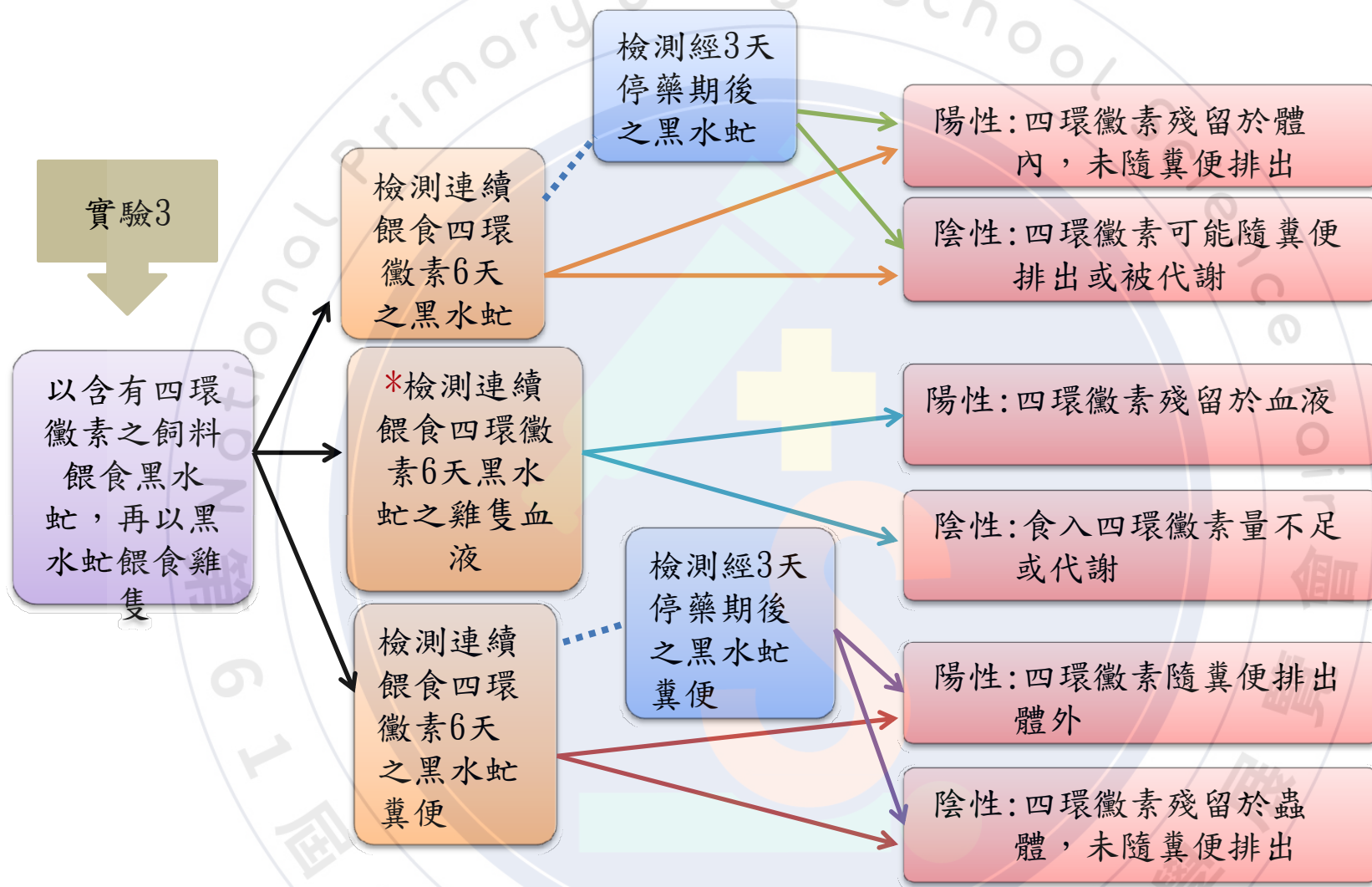
實驗2

將含有蘇力菌之芹菜餵食給黑水虻

觀察蘇力菌是否會對黑水虻造成影響

應如何應對?

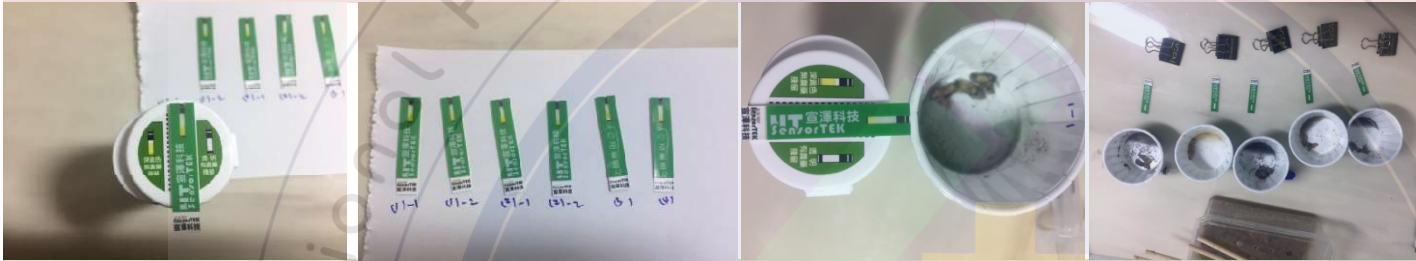
🐍 模擬黑水蛇食用含抗生素畜牧場廢棄物之實驗步驟設計



\*檢測陽性，則實驗需再進行雞隻餵食停藥期黑水蛇後再採血，陰性則只採血第一次血液。

## 實驗檢測試劑

快速檢測試劑是利用乙醯膽鹼酯酶與農藥產生交互作用來進行行生化檢測，本實驗選用了宣澤科技DR. K農藥快篩片，檢測閾值為 250 ppb。



微杏基因生醫科技有限公司農藥有機磷類快速檢測試劑，檢測閾值為 500 ppb。



四環黴素是一種廣效抗生素。主要的作用是能抑制細菌蛋白質的產生，使細菌不能正常的生長與繁殖，因而導致細菌的死亡，普遍使用在禽畜等各種傳染病上。依採取不同樣本及樣品重量使用不同方式進行快速檢測。選用微杏基因生醫科技有限公司四環黴素多合一檢測試劑。



250 ppb



500ppb



樣品稀釋液 A  
Sample Diluent A



# 黑水虻及黑羽土雞飼養過程



蟲卵置網上，  
下方放開口養  
料。

防止被壁虎  
老鼠吃掉。

二齡期餵食蔬果  
等食物，發現蟲  
體成長緩慢。

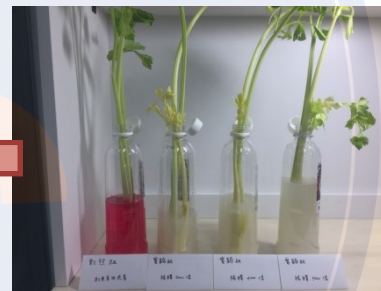
三齡期改用魚飼  
料餵食發現成長  
速度倍增。

飼養於橘桶中  
避免黑水虻爬  
出桶子外。

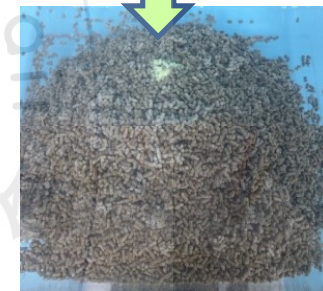
依實驗步驟檢測



芹菜餵食黑水  
虻。



添加達滅芬於  
芹菜中。



添加四環黴素  
於飼料中。

依實驗步驟檢測



實驗組雞隻餵食黑  
水虻。



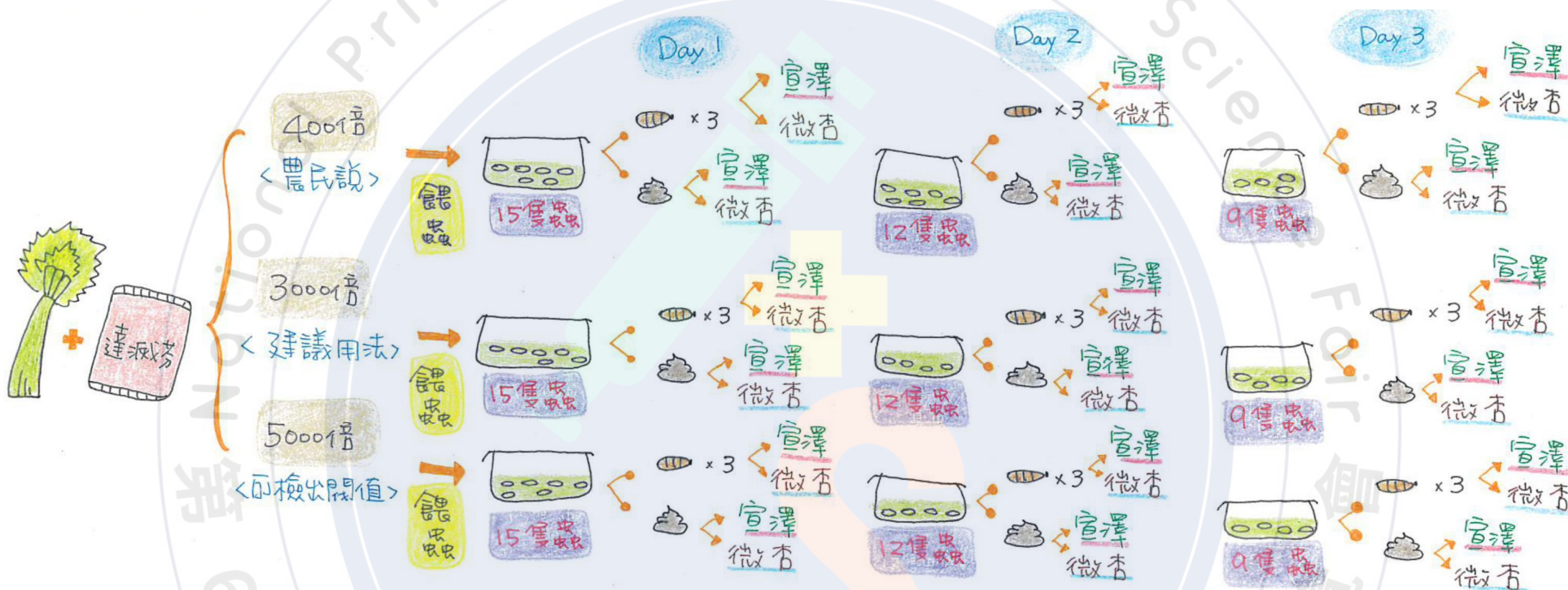
小雞保暖加強  
防風處理。



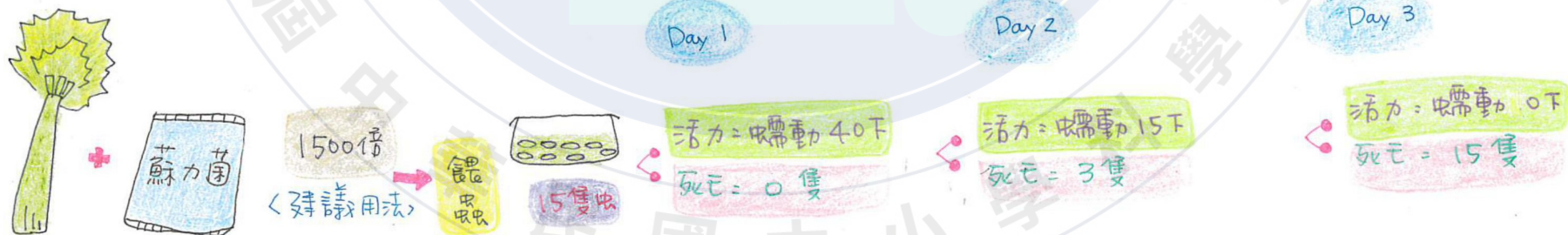
飼料餵食黑水  
虻。

# 實驗步驟(一)

## 達滅芬試驗



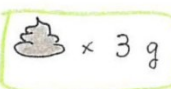
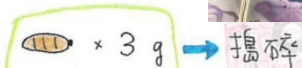
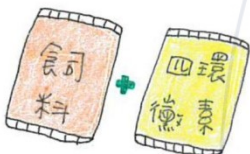
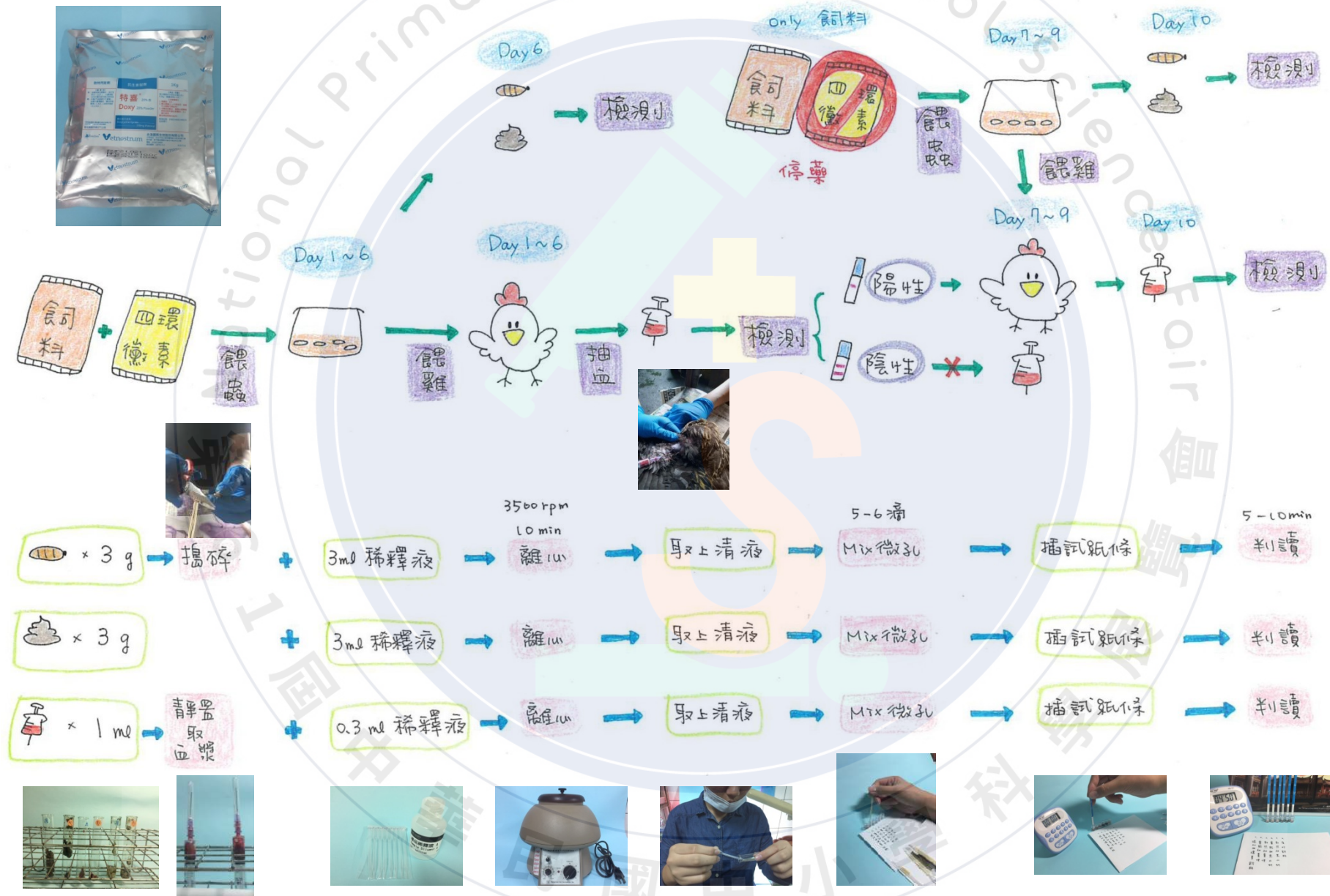
## 蘇力菌試驗





# 實驗步驟(二)

## 四環黴素試驗



## 實驗結果

### 陽性

- 不同濃度達滅芬試驗，虵糞檢測。
- 四環黴素試驗，蟲體檢測。
- 四環黴素試驗停藥期後，蟲體檢測。

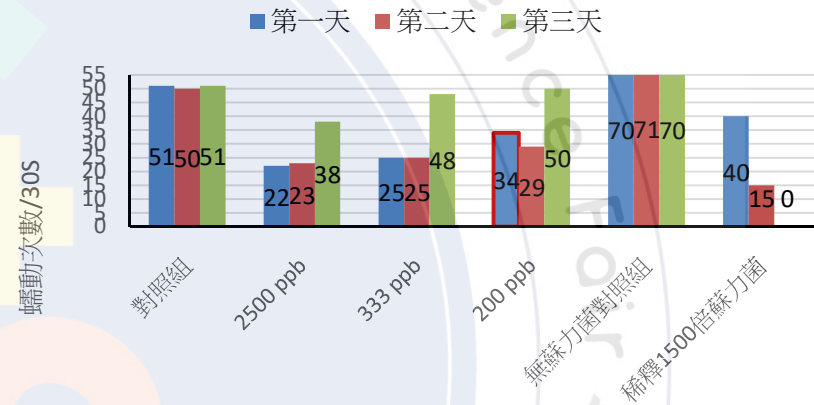
### 陰性

- 不同濃度達滅芬試驗，蟲體檢測。
- 四環黴素試驗，雞血檢測。
- 四環黴素試驗，虵糞檢測。
- 四環黴素試驗停藥期後，虵糞檢測。

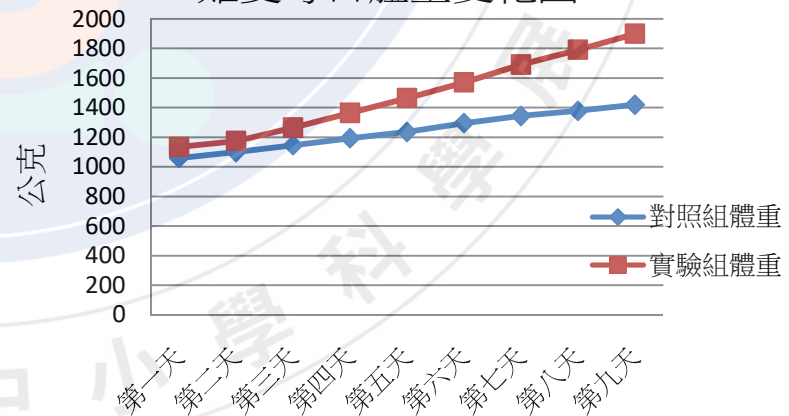
### 活力

- 蘇力菌檢測，3天後全部死亡。
- 達滅芬檢測，餵食期間活力降低，將蟲體清洗過後，活力回升，為達滅芬濃度過高時，活力經清洗後仍無法回復。

少量餵食蠕動次數



雞隻每日體重變化圖



黑羽土雞飼養

實驗組每日添加定量的黑水虵補充蛋白質

體重增加與對照組呈現明顯差距

## 結論

1. 達滅芬殘留實驗結果顯示，黑水蛇體內雖然檢測均低於敏感度閾值250 ppb，但其糞便中仍有達滅芬殘留的疑慮，若要以慣行農法產生的生廚餘餵食黑水蛇，建議應將生廚餘於太陽下放置，經過農藥半衰期後再餵食。
2. 蘇力菌因為對哺乳動物無害，故廣為友善耕作常用的防治藥品，商品包裝上並無標示對黑水蛇有毒殺性，於參考文獻亦無人研究，本次實驗發現蘇力菌對黑水蛇幼蟲有毒殺性，不小心食入含有蘇力菌的生廚餘會造成黑水蛇幼蟲的死亡，建議有使用蘇力菌防治的友善耕作農場，要使用黑水蛇處理場內生廚餘時，記得將生廚餘放置太陽下照射，經紫外光分解蘇力菌後再餵食黑水蛇幼蟲，才不會無意間造成黑水蛇幼蟲的死亡。
3. 四環黴素進入黑水蛇幼蟲體內後，經家禽類建議停藥期後再檢測，仍可於體內檢測出高於敏感度閾值的量，所以若是要使用黑水蛇幼蟲處理畜牧場內可能含有抗生素之動物糞便或底泥時，建議黑水蛇幼蟲不要再拿來當動物額外的蛋白質補充，應讓黑水蛇完成其生活史，羽化成成蟲再交配、下卵、孵化，讓更多幼蟲幫牧場處理畜牧場廢棄物。
4. 黑水蛇幼蟲富含蛋白質，添加於動物飼料中可加速動物生長，於現行法規有規定，若要使用水蛇粉為動物性飼料添加，其水蛇粉應使用植物性飼料來餵養，就是怕黑水蛇幼蟲餵養過程中的餵養料，含有不明的有害物質，而又不確定這些物質會不會像四環黴素一樣殘留在黑水蛇體內，進而當成飼料餵食動物，進入食物鏈中，造成食安問題。
5. 堪稱完美生物的黑水蛇，除能快速解決廚餘的問題，亦能取代蛋白質的添加，只要在餵食時注意廚餘的處理過程，就可幫助農場節省開支又解決廢棄物的問題，達到雙贏的局面。
6. 實驗中額外獲取藥品回收的知識，部分藥品若隨意丟棄，仍可經由一般垃圾焚化爐焚燒銷毀，但特定藥品: 抗生素、賀爾蒙、抗癌藥等，須經由超高溫的焚燒才可將其銷毀，所以民眾一定要落實藥品回收機制，家中用不到的藥不可隨意丟棄，應拿到政府提供的藥品回收站統一處理，才不會造成環境汙染，不慎進入食物鏈中。