

投稿類別：生物類

篇名：

廚餘分解-水蛇幫幫忙

作者：

康芷菱。國立中山大學附屬國光高級中學。高二己班。  
陳一婷。國立中山大學附屬國光高級中學。高二己班。  
鄭嘉妤。國立中山大學附屬國光高級中學。高二己班。

指導老師：

廖純姿老師

## 壹、前言

### 一、研究動機

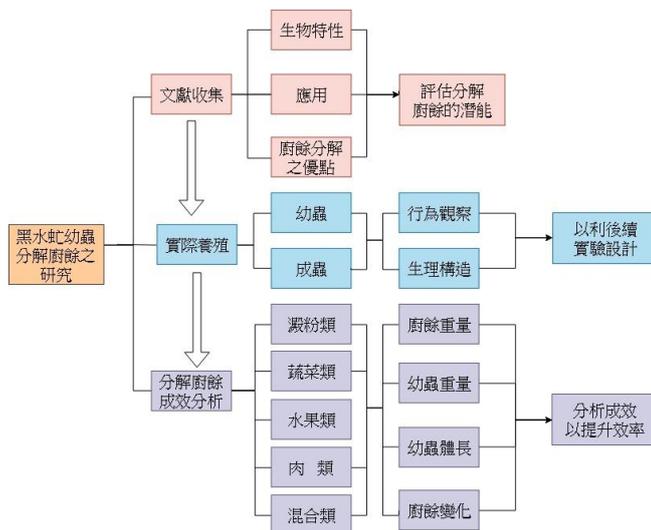
根據環保署數據，保守估計台灣平均每人一年的廚餘量約 96 公斤，與歐美並列，同為浪費大國。目前傳統廚餘處理以微生物分解方式進行，缺點為耗時、分解速度緩慢，不足以應付當今的廚餘量，因此我們想以較環保及有效率的方式進行廚餘分解。我們試以黑水蛇幼蟲的腐食性特性分析其分解廚餘效率，首先透過實際養殖熟知黑水蛇的生物特性，以利於之後進行廚餘分解實驗的變因控制，再進一步分析幼蟲分解廚餘的成效，以期能實際應用於廚餘處理危機。

### 二、研究目的

期望透過研究達到以下目的：(一)了解黑水蛇生物特性及其應用。(二)養殖黑水蛇並觀察記錄其生理、行為特性，以利後續實驗設計及供應幼蟲來源。(三)了解黑水蛇幼蟲分解不同種類廚餘之成效。研究架構如圖一。

### 三、研究方法

至學術網站，輸入關鍵字搜尋，例如：黑水蛇研究、黑水蛇生物學特性。接著以設計實驗及實際操作進行黑水蛇養殖，再以 Excel、Image J 軟體分析黑水蛇分解不同種類廚餘之成效。



圖一：研究架構圖

## 貳、正文

### 一、黑水蛇之介紹

#### (一) 生物特性

黑水蛇 (*Hermetia illucens L.*)，動物界，節肢動物門，昆蟲綱，雙翅目，水蛇科，扁角水蛇屬，亮斑扁角水蛇。原產地於南美洲，雖然為外來種，但因為黑水蛇對其他物種不會有攻擊行為，且不會傳播病毒，所以不會對本地的生態環境造成影響。

黑水蛇幼蟲有六個齡期，生長週期短，一到四齡時呈乳白色，進入五齡後，體色漸黑，表皮也變得粗糙，六齡後，口器簡化和固化，這個齡期的幼蟲即使長期缺水仍可存活。幼蟲本身富含高蛋白，具腐食性和抗逆性，以禽畜糞便、腐爛食物為食，食量大，食性雜，可在高滲透壓的環境下生存。

雄蟲生殖器呈板狀，雌蟲呈燕尾狀，雌蟲體型較雄蟲大，交配時尾部相對頭朝反方向，呈「一」字形，常產卵於有機物上或乾燥縫隙中。成蟲只喝水，不進食，依靠體內的脂肪維持生命，一旦脂肪耗盡，生命也跟著結束。

## (二) 應用

因幼蟲本身具高蛋白和大量脂肪，可製成動物飼料亦可提煉生物柴油。具腐食性和抗逆性，可用於無害化處理廚餘、糞便。黑水蛇具有獨特的免疫系統，蟲體本身不帶病菌，可從體內提取抗菌肽，抑制腐爛食物中的病菌數，如：大腸桿菌。

## (三) 應用於廚餘分解之優點

黑水蛇幼蟲食量大，分解速率快，經幼蟲處理過後的廚餘能降低臭味、抑制病菌。黑水蛇幼蟲體型較蛆大，具競爭性。成蟲對人體及環境無害，不影響生態。

二、黑水蛇之養殖：自網路購得黑水蛇幼蟲進行養殖，養殖日期 107 年 1 月 5 日至 107 年 2 月 12 日，共 39 日。

### (一) 飼養方式

#### 1、幼蟲飼養

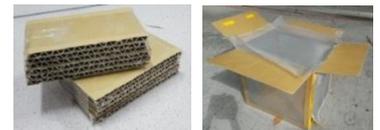
準備一個長約 45 公分，寬約 25 公分的小型飼養箱，蓋子上鑽洞並將網子固定於蓋子下方，如圖二。將土倒入後，噴灑 200 毫升養樂多水(養樂多：水=1：1)。倒入 40 公克米糠於土壤表層，加入水蛇幼蟲約 600 隻，共 103.66 克。將飼養箱放入恆溫箱，溫度調整為 30°C。每日噴灑 100 毫升自來水於土壤表層，保持土壤濕潤。每隔三到四天進行觀察及重量測量。

#### 2、成蟲飼養

以紙箱、紗網、泡棉雙面膠、熱熔槍、釘槍、魔鬼氈、有孔隙的紙板等材料自製方便觀察之成蟲飼養箱及集卵器，如圖三。



圖二：上，幼蟲飼養箱。下，飼養箱的蓋子。



圖三：上，飼養箱。左下，為集卵器。

### 廚餘分解-水蛇幫幫忙

將飼養箱放置於透光度良好之自然環境，室外溫度 19°C ~ 28°C。箱內擺放裝有 20 毫升自來水的培養皿，水為黑水虻成蟲主要食源。每日記錄溫溼度，觀察成蟲數量、活動力、交配行為及產卵狀況。

## (二) 飼養結果

1、幼蟲飼養：重量隨飼養天數增加而降低，體長則先降低後增加，幼蟲體色由原本乳白偏黃轉為黑色，第 15 天幼蟲食慾降低活動力下降的狀況，逐漸進入蛹期。

表一：幼蟲飼養紀錄表

日期	01/05	01/08	01/12	01/19
天數	1	4	8	15
重量(公克)	103.66	86.72	81.86	72.72
平均每隻重量(公克)	0.17	0.14	0.14	0.12
長度(公分)	1.8	1.5	1.7	1.9
顏色	乳白偏黃	深棕	深棕	黑
活動力	良好	良好	降低	降低或靜止不動、不再進食
觀察記錄	未觀察	幼蟲皆在土壤下方，群聚於某處	幼蟲皆在土壤下方，許多幼蟲開始蛻皮，土壤中顆粒物疑似幼蟲糞便。	大多數幼蟲分部土壤表面，開始變黑變硬，進入蛹期

照片



2、成蟲飼養紀錄：第 18 天觀察到成蟲，起初為 60 隻，最後成功羽化之總數為 273 隻，羽化成蟲佔總幼體數（600 隻）的 45.5%。

表二：成蟲飼養紀錄表

日期	1/22	1/24	1/25	1/26	1/29	2/5
天數	18	20	21	22	25	32
放置地點	恆溫箱	室內	室外	室外	室內	室內
溫度（最高/最低）	30°C	26°C/17°C	26°C/19°C	28°C/17°C	20°C/16°C	12°C/9°C
濕度	73%	78%	78%	75%	80%	73%
數量（隻）	60	165	150	138	165	273

### (三) 生理及行為觀察

#### 1、幼蟲

(1) 構造：體表具有剛毛，身體分 11 個體節，第一體節連接頭部，如圖四。



圖四：幼蟲構造。（十倍放大）

(2) 趨光性的有無：黑暗下，將幼蟲放置於桌面，以縮時攝影記錄幼蟲移動方向，結果幼蟲任意向四周移動。光照下，實驗結果大多幼蟲朝向無光處分布，如圖五。

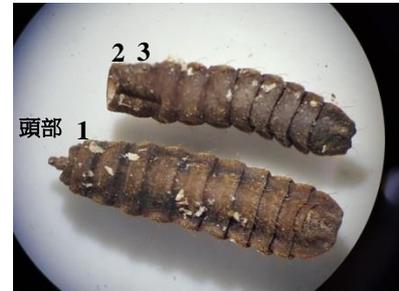


圖五：由左至右為：實驗裝置、無照光移動情況、單側照光移動情況、兩側照光移動情況。

(3) 正趨觸性的有無：幼蟲向下往土裡鑽，或是往飼養箱四周縫隙爬，如圖六。

## 2、預蛹（六齡）→ 蛹→成蟲

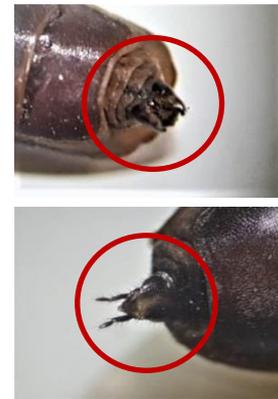
(1) 羽化過程：頭部及第一節斷裂與蛹分離，腹側由二三節縱裂，之後成蟲羽化而出，如圖七。



圖六：幼蟲分布在飼養箱四周縫隙中。圖七：上方為羽化後的蛹殼腹面觀，下方為尚未羽化的蛹背面觀。（二十倍放大）

## 3、成蟲

(1) 構造：體長為 1.49~1.73 公分，雌蟲體型較雄蟲大，如圖八。



圖八：左，雌蟲體型較雄蟲大（七倍放大）。右上，雄蟲生殖器呈板狀（二十倍放大）。右下，雌蟲生殖器呈燕尾狀（二十倍放大）。

(2) 成蟲趨光性的有無：飼養箱放置光線充足之室外較放置陰暗室內時活動力佳。

(3) 交配行為：飼養第 21 天時，觀察到交配行為，雌雄尾部生殖器相對，頭朝相反方向，呈一字型，如圖九。至最後觀察日皆未產卵。



圖九：成蟲交配時呈一字型

### 三、廚餘分解效率分析

(一) 實驗目的：分析幼蟲在五種不同廚餘種類中分解效果之差異。

(二) 實驗步驟：先從學校營養午餐蒐集五種廚餘，食物種類，如表三。分別是以蛋白質為主的肉類、含纖維素的蔬菜類及水果類、澱粉類及以上混合的廚餘。首先進行前處理，將廚餘切碎、瀝乾，再將相同重量(150 公克)的廚餘放置於飼養盒中，每組加入 40 隻黑水蛇幼蟲，置於室溫中，每隔 3~4 日測量黑水蛇的體長體重變化和剩餘食物重量。

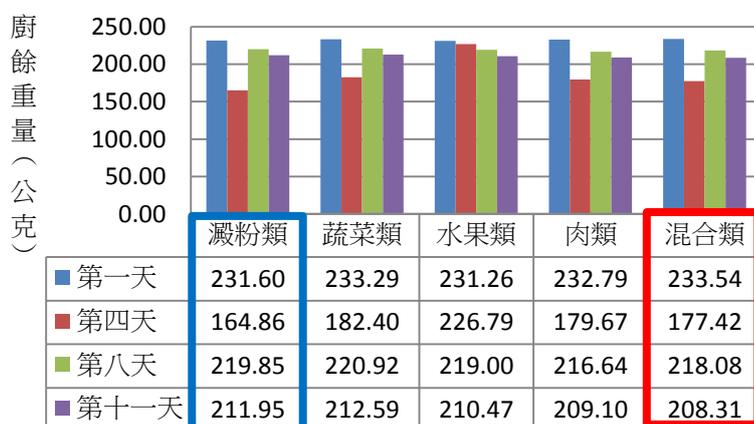
表三：各廚餘食物成分

澱粉類	白米飯
蔬菜類	蝦米油菜、蔥酥青江
水果類	棗子、小番茄、橘子、蓮霧 (切丁)
肉類	蔥油雞丁(去骨)
混合類	以上食物等比混合

(三) 實驗結果：

#### 1、廚餘重量

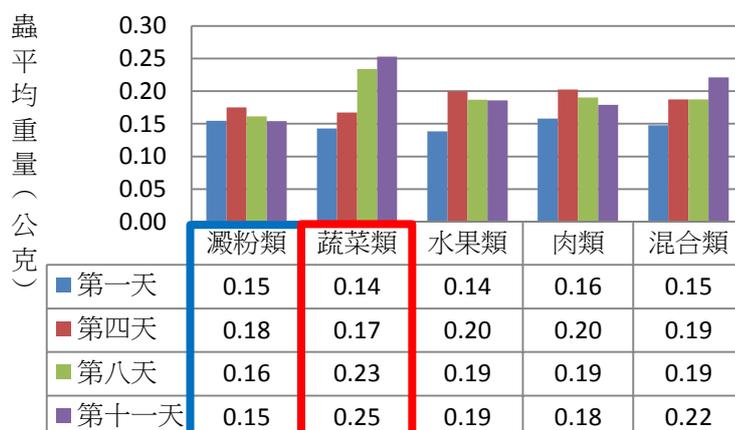
廚餘重量皆有降低，其中混合類廚餘重量降低 25.23 公克最多，澱粉類廚餘降低 19.65 公克最少。(如右方圖表)



圖十：廚餘重量變化圖(包含盒重)

#### 2、蟲平均重量

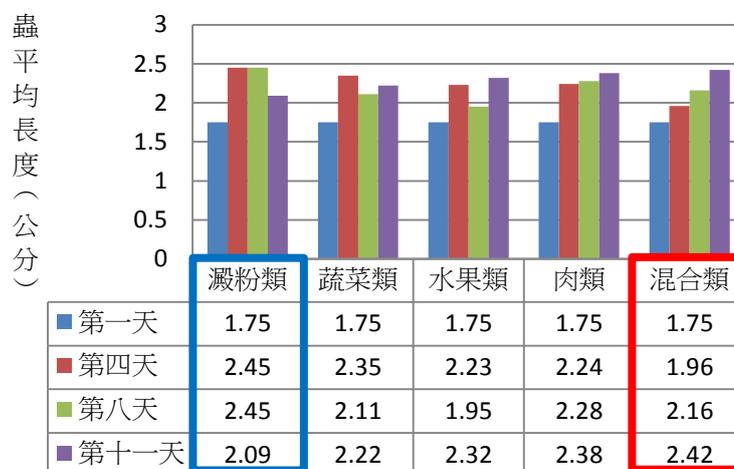
五種廚餘中幼蟲平均重量，以蔬菜類廚餘幼蟲重增加 0.11 公克最多，其次為混合類，而澱粉類廚餘幼蟲重不變。(如右方圖表)



圖十一：蟲平均重量變化圖

### 3、蟲平均體長

五種廚餘中幼蟲平均長度皆有增加，其中混合類廚餘長度增加 0.67 公分最多，澱粉類廚餘增加 0.34 公分最少。(如下方圖表)



圖十二：蟲平均長度變化圖

4、廚餘變化觀察：觀察日期自 3 月 13 日至 3 月 28 日，共 16 天。3 月 28 日在肉類、蔬菜類、混合類廚餘中發現蛆，體型大小與黑水虻幼蟲相近，已無法繼續進行實驗。

- (1) 澱粉類：澱粉類（白米飯）在第四天時長黴菌，黴菌逐漸增多，米飯變乾變硬且凝結成塊，最終包圍米飯呈深褐色。
- (2) 蔬菜類：蔬菜顏色由翠綠轉暗，出水情況嚴重，最終幾乎成液態狀。
- (3) 水果類：水果些許出水，果肉因氧化逐漸轉褐色，最後仍看得出小塊狀的水果。
- (4) 肉類：第四天時出油，第八天時盒底有部分動物性脂肪凝固，第十一天時盒底出現一層白色的凝固油脂。
- (5) 混合類：相較於澱粉類，混合類中的米飯無發黴情況，第八天出現部分白色凝固物，最終呈乳白色爛泥膠狀，與肉類型態相似。

廚餘分解-水蛇幫幫忙

表四：廚餘變化圖

天數	1	4	8	11
澱粉類				
蔬菜類				
水果類				
肉類				
混合類	將以上四種廚餘等比例混合			

4、幼蟲型態觀察：幼蟲在五種廚餘中生存至第十一天之生長情況（如下表）

表五：幼蟲型態

澱粉類	蔬菜類	水果類	肉類	混合類
				
因澱粉發黴結塊，幼蟲取食不易，體型為五種中最小。	因蔬菜出水嚴重，幼蟲有逃離廚餘之現象。重量為五種中增加最多，體色為五種中轉黑最快。	體長、重量及廚餘減少量皆介於中間值，沒有特別之現象。	由於油脂凝固限制蟲體活動，故活動力不佳。體色為五種中轉黑最慢。	生長狀況最佳，體型為五種中最大。

## 參、結論

### 一、幼蟲飼養

生物材料來源所獲的幼蟲體色為乳白色，飼養第八天時發現活動力下降，根據以上兩點推斷為三到四齡蟲，黑水蛇的生長周期短，進入預蛹期（六齡蟲）後，活動力下降，攝食量減少，甚至不再進食，已不利實驗進行。若我們可以透過飼養取得卵塊並自行孵化幼蟲，不僅能夠代表我們飼養成功，也能使用較早齡期的幼蟲進行實驗，延長幼蟲適合實驗的時間，還可以確定幼蟲是在相同條件的環境下生存，以減少其他變因的影響。

### 二、成蟲飼養

實際飼養黑水蛇幫助我們更了解其生長狀況及特性，此次養殖主要目的為取得蟲卵，利於後續實驗進行，但結果不如預期，進一步蒐集資料發現影響成蟲交配及產卵的因素有光照、溫度、濕度以及有無植物供黑水蛇停留。

文獻（劉宏宇，2015）提到成蟲在自然環境中交配行為多發生於上午，光照強度大於  $140 \mu\text{mol} / (\text{m}^2 \cdot \text{s})$  時交配行為活躍，在冬天或陰雨天可以用人工光源取代。此次飼養時間多置於室內，可能因光照不足而影響其交配。適合成蟲產卵之溫度範圍為  $27^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ ，溫度低於  $26^\circ\text{C}$  成蟲不產卵，因此次飼養期間為冬季，溫度普遍低於  $26^\circ\text{C}$ ，是無法取得卵塊的重要因素。環境濕度需 60 % 以上才可產卵，而此次飼養期間的溼度皆高於 73 % 以上，所以濕度不是此次無法成功取卵的因素。野生雄蟲羽化後喜聚集於附近綠色植物，且每頭雄蟲佔據各自領地，會攻擊入侵雄蟲，對進入其領地的雌蟲進行交配。根據這些自然愛好，在冬季進行人工繁殖時，在飼養箱內放入植物可增加產卵率。綜合以上討論，於下次養殖時，應調高光照強度及溫度，並於飼養盒內放置綠色盆栽，檢驗是否可以因此而提高交配率及產卵率。圖十三為再次飼養時觀察到成蟲產卵行為及卵塊。



圖十三：成蟲產卵及卵塊。

### 三、廚餘成效分析

(一) 廚餘重量變化：五組皆有重量減少現象，由高到低為混合類 > 肉類 > 水果類 > 蔬菜類 > 澱粉類（如表六）

(二) 蟲體平均重量：除澱粉類廚餘外，餘四組皆有體重增加情況，由高到低為蔬菜類 > 混合類 > 水果類 > 肉類 > 澱粉類（如表六）

(三) 蟲體平均長度：五組皆有長度增加現象，由高到低為混合類 > 肉類 > 蔬菜類 >

## 水果類 &gt; 澱粉類 (如表六)

表六：各組廚餘重、蟲體重、蟲長度變化表 (十一天)

項目	澱粉類	蔬菜類	水果類	肉類	混合類
廚餘重量變化(公分)	-19.65	-20.70	-20.79	-23.69	-25.23
蟲體平均重量變化(公分)	0.00	+0.11	+0.05	+0.02	+0.07
蟲體平均長度變化(公分)	+0.34	+0.47	+0.57	+0.63	+0.67

(備註：-代表降低，+代表增加)

澱粉類廚餘重量雖有降低，但蟲重並無增加，觀察第四天起有發黴情況。蔬菜類廚餘重量降低較少，且有出水情況，雖然幼蟲體重量增加最為明顯，推測應該與水分增加有關。在混合類廚餘中，廚餘重量減少最多，幼蟲重量及長度皆有明顯增加。

由以上觀察測量紀錄，黑水蛇在混合類廚餘中分解成效較佳，發育狀況亦較良好。於澱粉類廚餘中分解效果最差，發育狀況不良。單一食物對廚餘分解效率及幼蟲生長狀況較不利，在其他研究文獻亦有相同結果。

黑水蛇幼蟲分解廚餘過程中，應注意廚餘中食物種類，如採用混合類廚餘、降低脂質含量，並維持適合幼蟲的攝食環境，如廚餘設備增設排水功能，以提升分解成效。另外，也需避免蒼蠅產卵於廚餘中，除了實驗裝置加裝紗網外，測量過程中也需蓋上桌罩，避免廚餘暴露於空氣中讓蒼蠅有產卵之機會，而影響實驗結果及破壞環境整潔。

#### 四、未來展望

相較於同時於培養土中生存的黑水蛇幼蟲，在廚餘中的幼蟲有無法成蟲的發育延緩現象，未來可分析將廚餘與土混合後廚餘分解效果及觀察幼蟲發育之狀況。

#### 肆、引註資料

劉宏宇、喻國輝、夏嬭 (2015)。黑水蛇的生物學特性，生長發育影響因素及應用研究。2017年10月15日取自 <https://goo.gl/jK4hMf>

嘎嘎昆蟲網。黑水蛇 *Hermetia illucens*。2018年1月19日，取自 <http://gaga.biodiv.tw/new23/s7-10.htm>

郭柏秀 (2016)。幼蟲飼養及飼育密度對黑水蛇幼蟲生長表現之影響。國立中興大學：碩士論文。