

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

科 別：生活與應用科學組

組 別：國中組

作品名稱：以校園落葉飼養黑水虻及後續應用之研究初探



關鍵詞：黑水虻、校園落葉、植物相剋作用 (最多三個)

編號：

## 摘要

在校園中，許多植物落葉掉落後，對於校園美觀產生問題並可能演變成病媒蚊的溫床，而常見的處理方式通常是請垃圾車清運，無法發揮落葉的其他價值。本研究希望能透過黑水虻自然界清除者的角色，加速校園落葉的分解，並希望進一步利用分解後殘渣來栽種作物。

## 壹、研究動機

因為校園內落葉過多，集中後的落葉在校園角落放了半年，還是毫無改變增加垃圾量，網路上有許多解決的方法，但卻少有針對解決落葉問題的方案，燒掉會造成空氣汙染、埋起來也會浪費許多土地，放著不理也會孳生害蟲。所以我們著手收集資料，希望能找出環保的解決辦法，而我們發現黑水虻可能會吃落葉，能解決落葉問題也十分環保。

## 貳、研究目的

- 一、黑水虻是否能以校園落葉作為食物？黑水虻如何飼養？
- 二、分析不同種類落葉對於黑水虻生長的影響？
- 三、了解黑水虻分解後的落葉液對於作物(小白菜)肥效的影響？
- 四、了解黑水虻分解後的落葉液對於作物(小白菜)發芽的影響？
- 五、比較環境因子對黑水虻、小白菜生長的影響？
- 六、比較不同處理方法對落葉的影響？
- 七、探討校園落葉處理的可行性，實際運用時可能遭遇到的情況？

## 參、研究設備及器材



回收的寶特瓶

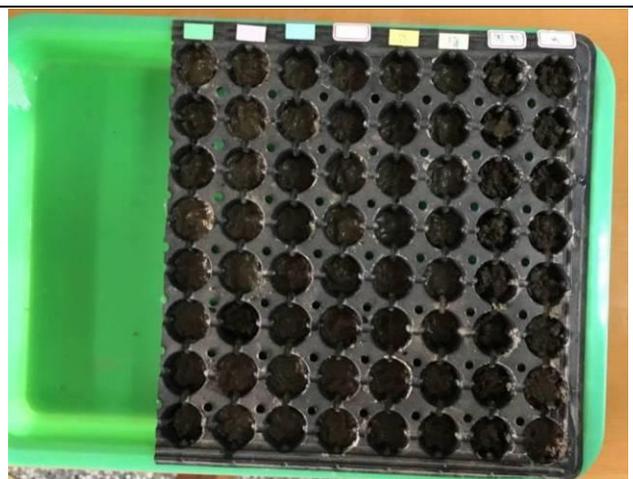


校園內六種植物落葉

種子穴盤

| 日期   | 火<br>SUN | 五<br>MON                  | 小<br>TUE | 黑<br>WED | 竹<br>THU          | 檢<br>FRI | 水<br>SAT             |
|------|----------|---------------------------|----------|----------|-------------------|----------|----------------------|
| 4/26 | 0        | 4cm                       | 1.8cm    | 4cm      | 5cm               | 0        | 2.4cm, 1.9cm         |
| 4/27 | 0        | 2.4, 5.5<br>2.3, 5.4      | 4.2      | 5.5      | 6.2               | 1.4      | 5.5, 5.7<br>5.4, 1.4 |
| 4/28 | X        | 5.9, 6.2<br>4, 3.2<br>3.1 | 5.5      | 6        | 6.3<br>2.2        | 6.5      | 6.5, 5.3<br>5.3      |
| 4/29 | X        | 5.5, 4.2<br>4.3           | 5        | 5        | 4.8<br>4.1<br>2.5 | 6.1      | 7.5<br>6.5<br>5.1    |
| 4/30 |          |                           |          |          |                   |          |                      |

實驗紀錄簿



種植苗穴盤



電子天平、剪刀、紗網、美工刀



溫溼度計



花盆



玻璃培養皿

|  |   |
|--|---|
|   |   |
| <p>培養皿、護貝白紙</p>  | <p>小白菜種子、培養泥土</p>   |
|  |  |
| <p>黑水虻</p>   | <p>落葉+5 公克的鳳梨堆肥葉</p>  |

#### 肆、研究過程或方法

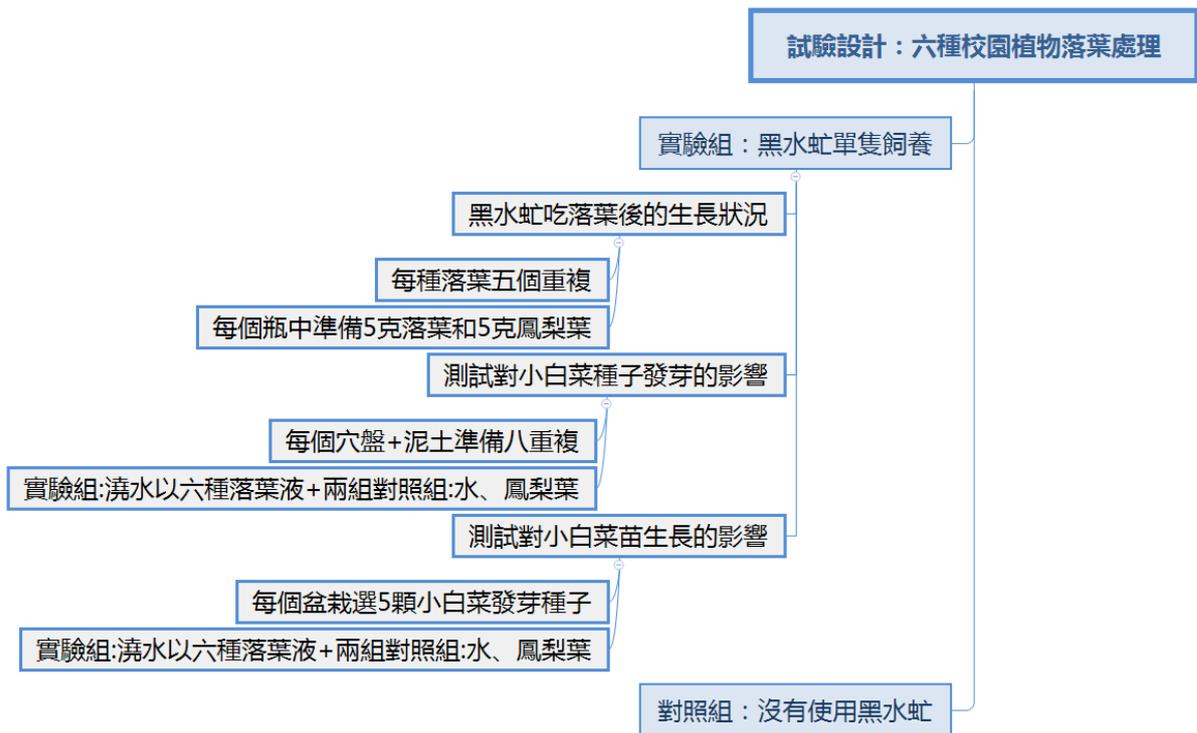
##### 一、調查時間和地點

我們實驗主要以每週社團課作為聚集、討論、觀察的時間，一週找幾次午休時間觀察、照顧黑水虻幼蟲，大約從 10 月中開始從回收室收集寶特瓶，瓶口一端以熱熔膠黏上紗網，再以橡皮筋固定，當作黑水虻的居住環境，並在校園中尋找常見的落葉作為實驗主角，分別選擇火焰木、玉蘭花、小葉欖仁、黑板樹、竹柏、榕樹的落葉。大約在 11 月、12 月開始以不同落葉分開飼養黑水虻，每瓶內準備乾燥落葉 5 克，原先僅以潮濕的方式飼養，但是許多幼蟲乾死，檢討可能原因，環境太過乾燥，於 1 月嘗試將幼蟲放至液體內飼養，另外，幼蟲原先飼養在鳳梨葉的堆肥中，可能不適應完全以落葉作為食物來源，因此，每個瓶罐再加入 5 克鳳梨葉堆肥，才進入正式試驗。

黑水虻幼蟲的提供由嘉義縣邑米社區大學提供，我們挑選體長約 1.5 公分的幼蟲進行試驗，幼蟲具有較大的進食量，希望能大量消化落葉變成小分子。

期間借用校園獨立研究的教室進行，環境穩定，固定時間點觀察黑水虻幼蟲，約 45 天後，使用落葉液栽種小白菜種子，以校園農場的土壤再加上落葉液灌溉，觀察小白菜苗生長狀況，時間大約持續一個月。

## 二、實驗設計和發展過程



### 三、選用材料介紹：

黑水虻學名為：Hermetia illucens，英名：Black Soldier Fly.屬於昆蟲綱Insecta

雙翅目 Diptera a 水虻科 Stratiomyidae 扁角水虻屬 Hermetia。

黑水虻起源於南美洲的熱帶草原，幼蟲：黑水虻幼蟲體型豐滿，頭部很小，顯黃黑色。表皮結實具韌性。初孵化是為乳白色，大約 1.8mm 長。黑水虻幼蟲在自然界以餐廚垃圾、動物糞便、動植物屍體等腐爛的有機物為食，可以將食物高效地轉化為自身營養物質，是自然界碎屑食物鏈中的重要一環。



## 認識黑水虻

幼蟲變蛹前的最後階段  
(預蛹)，仍可活動，愛爬  
向乾燥地方，在潮濕廢  
物中也能爬出來，方便  
人們蒐集



## 黑水虻生態

一隻幼蟲可以處理廚餘  
或農牧廢棄物 2~3 公  
斤的能力。有效解決垃  
圾的環境污染問題



鳳梨：單子葉植物 禾本目 鳳梨科 鳳梨屬

多年生常綠草本，莖短，基部生吸芽。植株具有蓮座般的外觀，劍狀葉片呈厚革質，緊密排列。

火焰木：紫葳科 火焰樹屬

庭園美化樹或行道樹：常綠的喬木，葉脈凹狀極明顯，卵狀披針形或長橢圓形。

黑板樹：夾竹桃科 黑板樹屬

葉質硬革質，葉脈平行的羽狀側脈與中肋成垂直，枝葉折損處會分泌白色乳汁，有毒。根、葉、樹皮均含生物鹼，原產地之原住民用以治療感冒。

玉蘭花：木蘭科(Magnoliaceae)烏心石屬(Michelia)

常綠中喬木，葉大，橢圓狀披針形或長橢圓形，先端漸尖，基部略鈍，厚紙質，表面呈有光澤綠色。

小葉欖仁：使君子科 欖仁屬

常綠落葉喬木，葉為單葉互生，葉質薄革質或紙質，表面呈有光澤的綠色，背面淡綠色。

榕樹：桑科 榕屬

喬木，單葉互生，葉質革質或肉質狀紙質，表裡兩面光滑無毛，表面呈有光澤的綠色，

竹柏：羅漢松科 竹柏屬

喬木，單葉對生，無葉柄，葉面革質光滑，質地厚，表面濃綠色，背面淡綠色，有多條平行細葉脈。

小白菜：十字花科 蕓苔屬

一年生草本植物。顏色翠綠，生長快速，從播種到採收只要 3 至 4 周。葉片短柄細小，沒有莖，葉片直接從根部長出。

#### 四、調查記錄方法

以落葉飼養黑水蛇試驗，以五重複進行處理，觀察黑水蛇幼蟲的長度。以尺量小白菜幼苗高度，計算方式以地上泥土為底，到莖的頂端作為觀察範圍。



## 五、氣象資料蒐集

使用溫溼度計儀器 EL-Usb-2 記錄項目有氣溫、相對濕度，用來比較比較黑水虻、小白菜和環境之間的關係。

## 六、數據分析和處理

將所有記錄到的數據，利用 Office 軟體 Excel 處理、分析資料，並以折線圖、直條圖呈現記錄結果，並以標準差顯示平均值之間的差距。

## 伍、研究結果

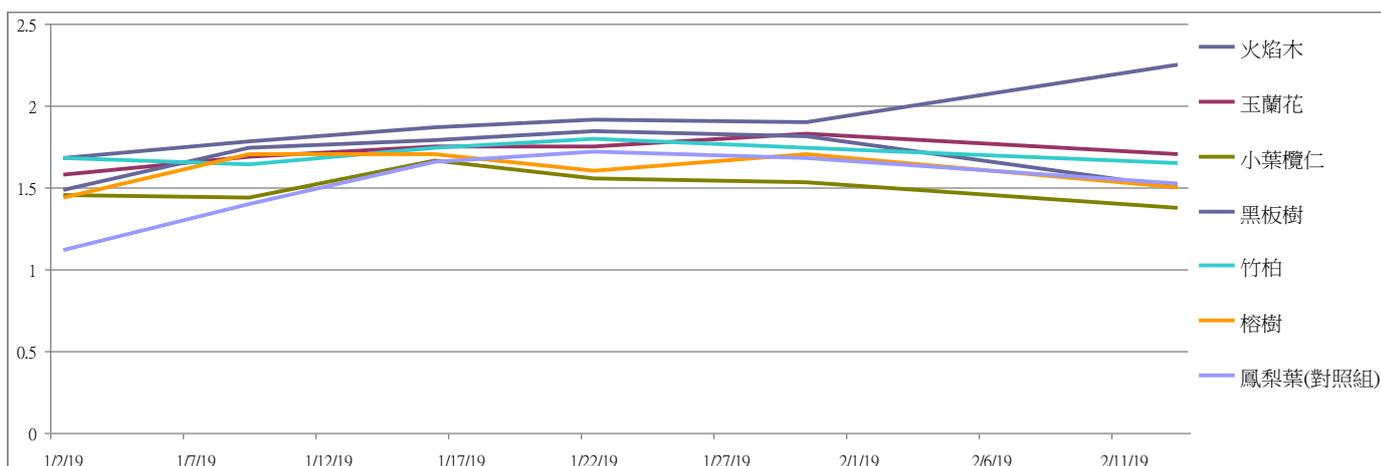
研究問題一、黑水虻是否能以校園落葉作為食物？**黑水虻如何飼養？**

一、我們的試驗以 5 克落葉搭配 5 克鳳梨葉作為黑水虻的食物，每次的觀察發現黑水虻幼蟲體長逐漸增加，幼蟲較喜歡待在暗處，每次觀察時會往葉片縫隙躲藏。目前尚未直接觀察到幼蟲直接啃食落葉的過程，僅能從每次觀察中發現，少數質地較軟的落葉比較破碎。而鳳梨葉混和落葉的方式，可以讓幼蟲生長。由於我們培養的時間為 1~2 月，氣溫較低，推測可能限制了幼蟲的取食和生長速度。

二、黑水虻的飼養環境最好在潮濕陰暗的地方，**幼蟲飼養室並採取室內飼養 黑水虻成蟲成長期會飛**，需養殖在有空隙的罐子中，**飼養黑水虻的罐子中放置鳳梨葉，並黏上紗網**，模仿黑水虻生長的環境。

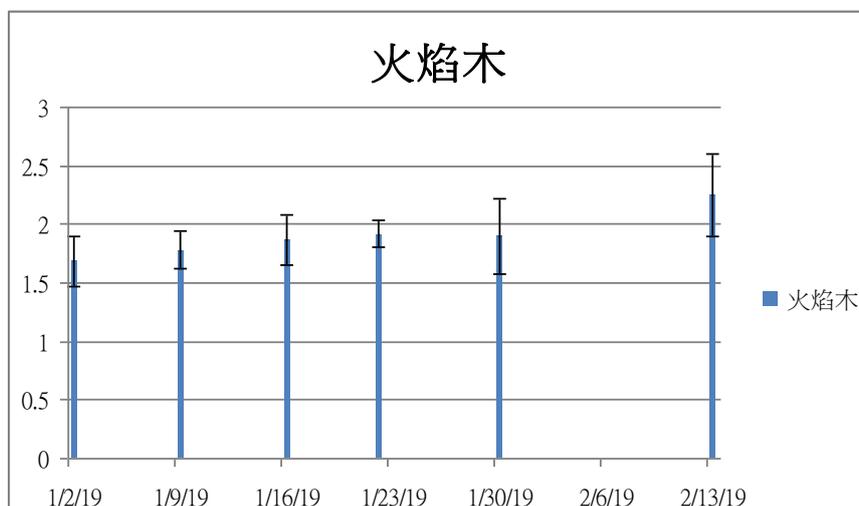
研究問題二、分析不同種類落葉對於黑水虻生長的影響？

調查以黑水虻幼蟲體長作為觀察項目，一開始挑選的幼蟲長度以 1.2~1.5 公分為主，讓每隻生長在固定的食物量和範圍內。進行 45 天的觀察，**發現以不同落葉飼養幼蟲**，**平均體長均有先上升再下降的趨勢**。



圖一、以落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

觀察不同種落葉作為黑水蛇食物，以火焰木落葉作為食草，黑水蛇幼蟲平均體長由原先 1.68 公分最高成長至 2.25 公分。以玉蘭花落葉作為食草，體長由平均 1.58 公分，最高成長至 1.825 公分，以小葉欖仁落葉作為食草，體長由平均 1.45 公分，最高成長至 1.66 公分，以黑板樹落葉作為食草，體長由平均 1.58 公分，最高成長至 1.825 公分，以竹柏落葉作為食草，體長由平均 1.68 公分，最高成長至 1.8 公分，以榕樹落葉作為食草，體長由平均 1.44 公分，最高成長至 1.7 公分。而鳳梨葉堆肥是黑水蛇原先的飼養環境，作為黑水蛇生長的對照組，幼蟲體長從原先的 1.12 公分，成長至最長的長度為 1.72 公分。

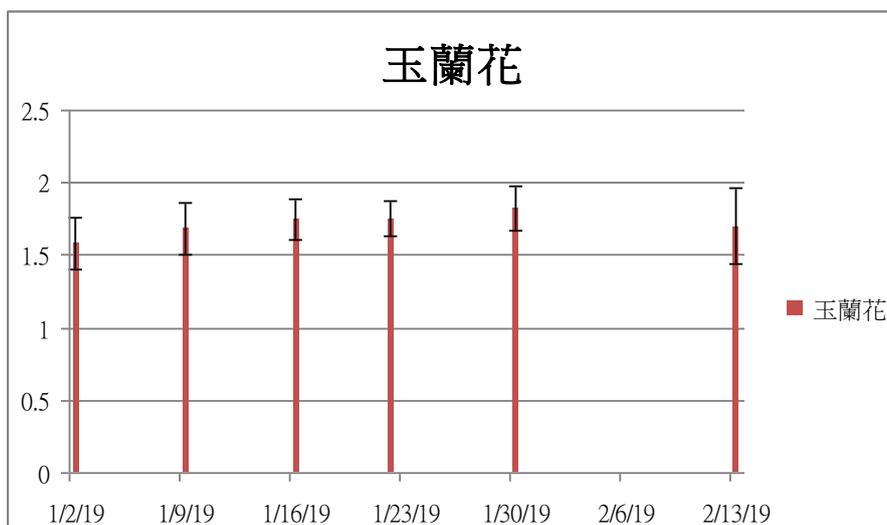


圖二、以火焰木落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

表一、以火焰木落葉飼養黑水蛇實際狀況。



拍攝於 2019.1.9  
以火焰木飼養黑水蛇幼蟲，可以觀察到幼蟲的顏色較深，可能是因為火焰木葉片顏色也較深的關係。

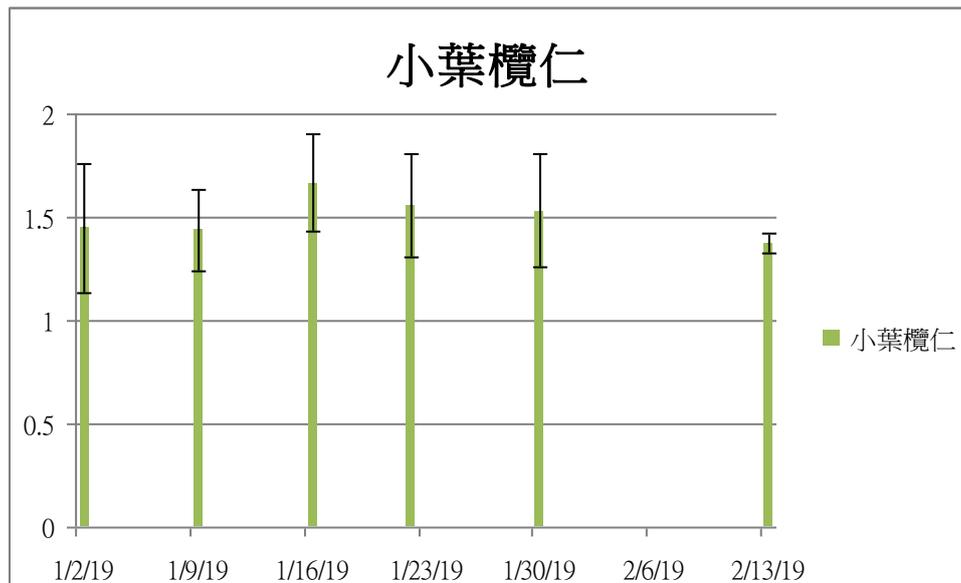


圖三、以玉蘭花落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

表二、以玉蘭花落葉飼養黑水蛇實際狀況。

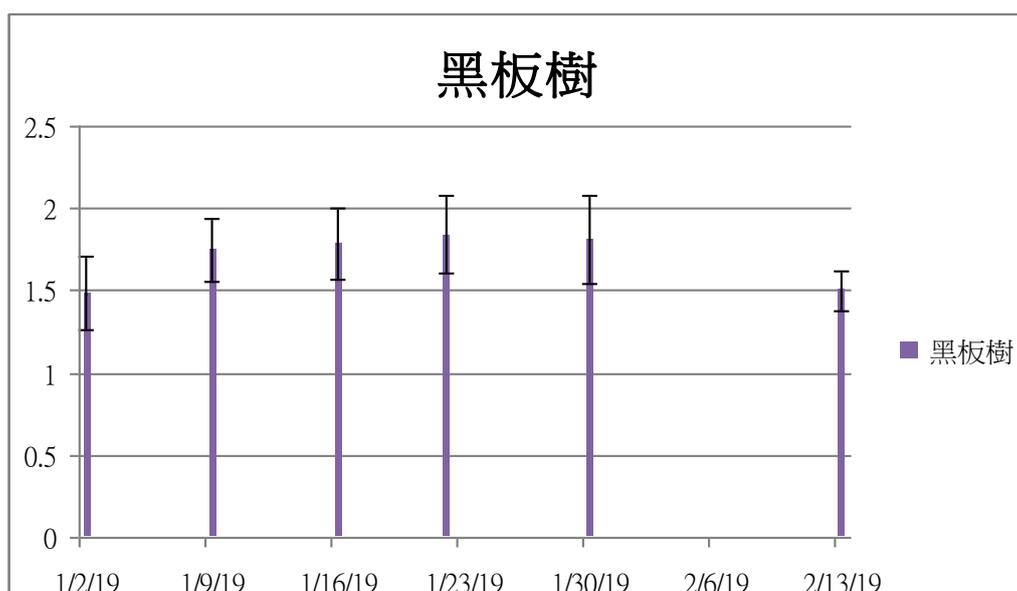


拍攝於 2019.1.16  
以玉蘭花落葉飼養黑水蛇幼蟲，觀察到幼蟲生長速度較慢，而玉蘭花葉片的纖維也較粗，常看到葉片保持較硬的狀態，葉緣完整，也常懷疑是不是影響幼蟲發育的時間。



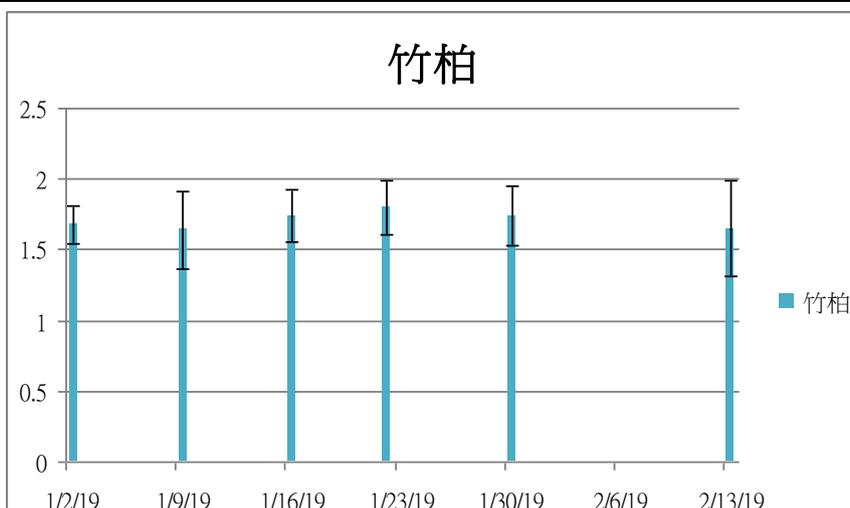
圖四、以小葉欖仁落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

表三、以小葉欖仁落葉飼養黑水蛇實際狀況。



圖五、以黑板樹落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

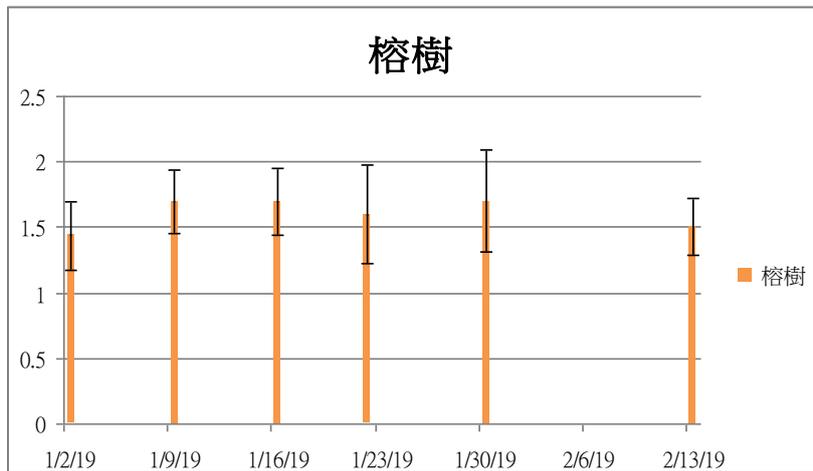
表四、以黑板樹落葉飼養黑水蛇實際狀況。



圖六、以竹柏落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

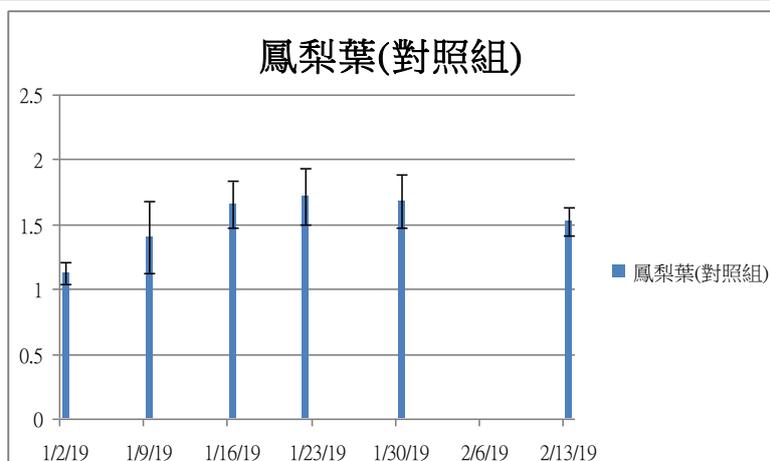
表五、以竹柏落葉飼養黑水蛇實際狀況。





圖七、以榕樹落葉飼養黑水蛇體長變化圖。

表六、以榕樹落葉飼養黑水蛇實際狀況。



圖八、以鳳梨葉堆肥飼養黑水蛇體長變化圖。

表七、以鳳梨葉堆肥飼養黑水蛇實際狀況。



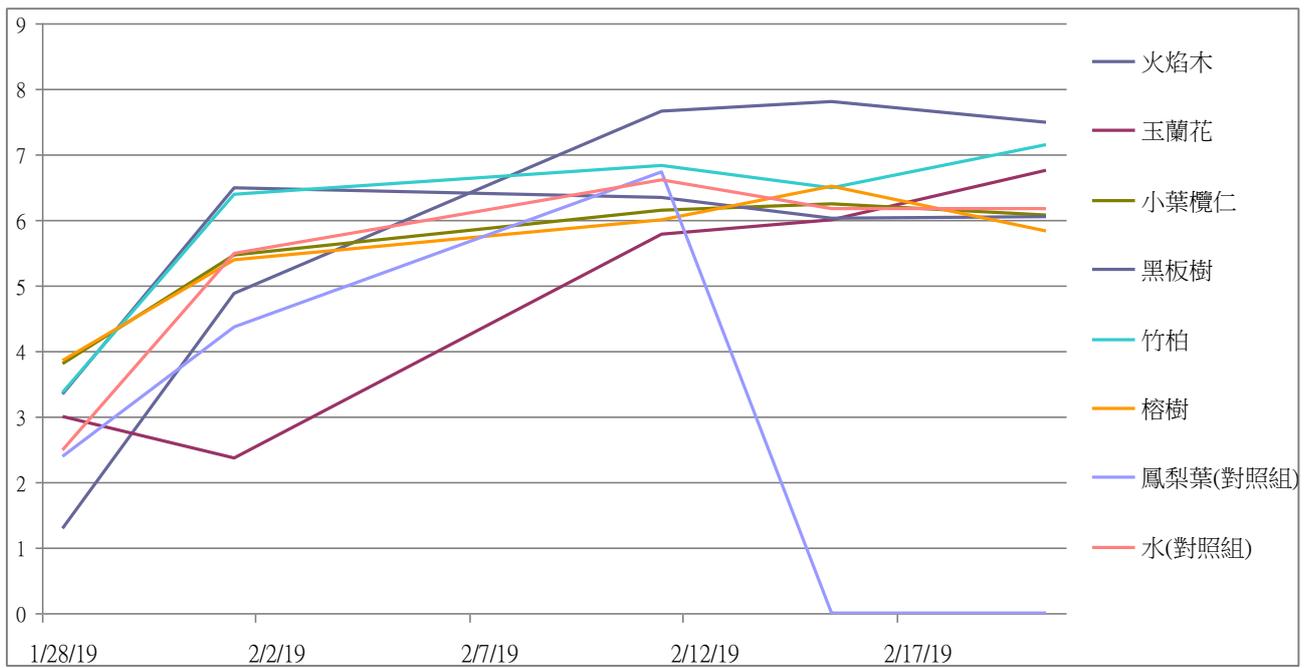
拍攝於 2019.2.13  
原先養在學校的大水桶中，關在鳳梨葉中維持蟲源，在我們實驗中設定成對照組，和其他的校園落葉比較生長。

資料以統計軟體分析每次觀察的標準差值，受到每隻幼蟲生長速度不同，標準差值介在 0.05~0.39 之間。

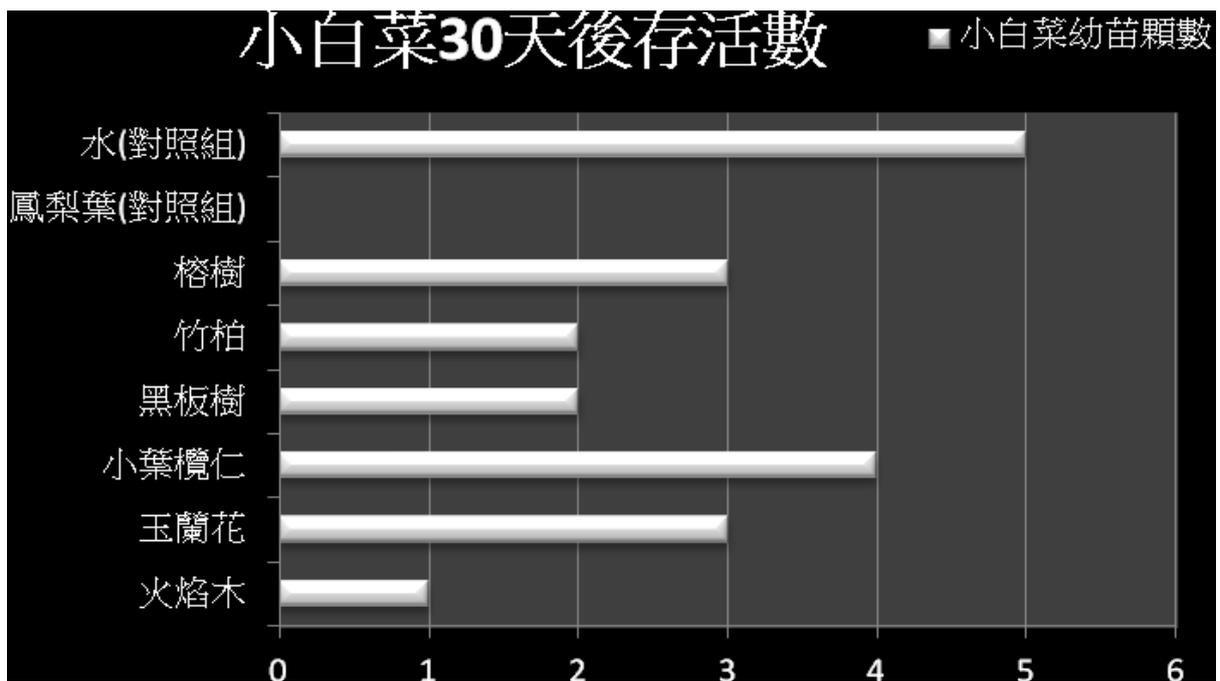
研究問題三、了解黑水蛇分解後的落葉液對於作物(小白菜)肥效的影響？

觀察實驗落葉逐漸腐壞，我們就開始思考是不是還有其他可以有利環境的處理方法，因為落葉被分解回碎片，其中的礦物質可能讓植物吸收重新作為原料，於是想嘗試過程中的落葉液來種植作物是否能提高作物的生長，依此選擇生長速度較快的小白菜來觀察。為了測試小白菜在發芽後對於落葉液有沒有影響，先以落葉液讓種子發芽後，再種入花盆中觀察，並種植在實驗室中。

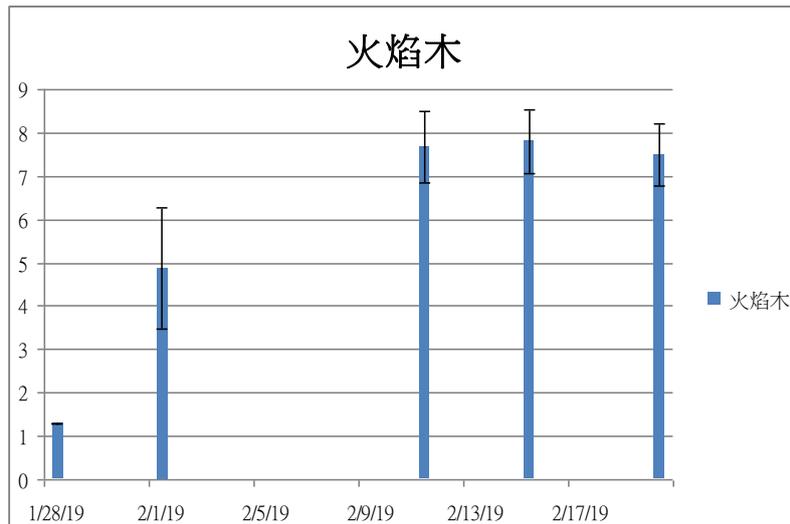
小白菜種子於 1 月 21 日播種等待發芽，1 月 25 日挑選已發芽的小白菜種至花盆中，挑選五顆作為重複栽種，觀察從最低 1.3 公分，最高至 7.8 公分，觀察 1 個月。整體來看，前兩星期小白菜幼苗生長狀況穩定，但以鳳梨葉堆肥液(對照組)種植小白菜，種植大約 15 天後死亡，無法收集之後的生長狀況。小白菜幼苗生長後期，遭遇到無法支撐高度，產生倒伏狀況或莖部枯軟，陸續影響平均高度和樣本存活數。



圖九、以落葉液栽種小白菜生長圖。

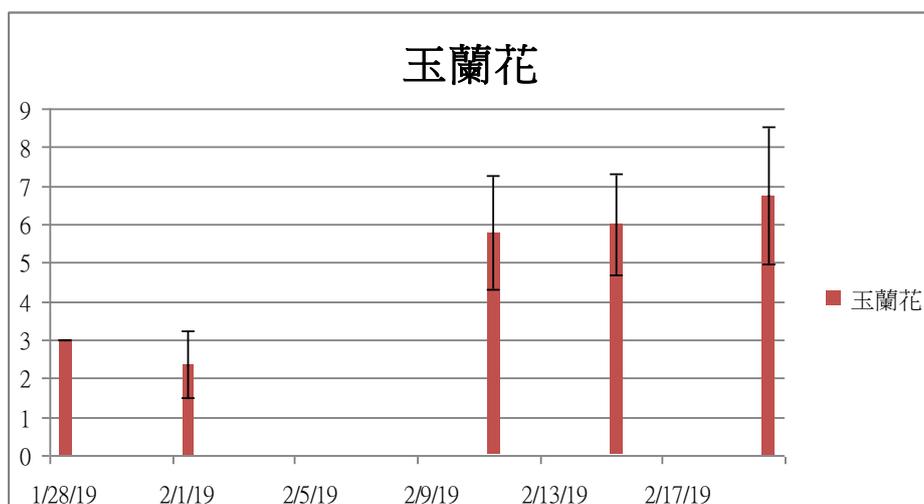


圖十、以落葉液栽種小白菜 30 天後幼苗存活數。



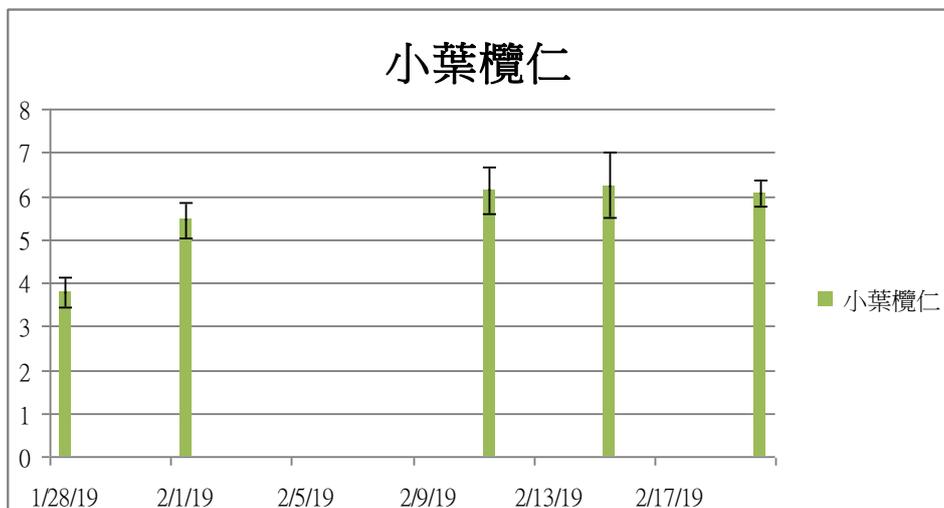
圖十一、以火焰木落葉液種植小白菜幼苗長度變化圖。

表八、以火焰木落葉液種植小白菜幼苗實際狀況。



圖十二、以玉蘭花落葉液種植小白菜幼苗長度變化圖。

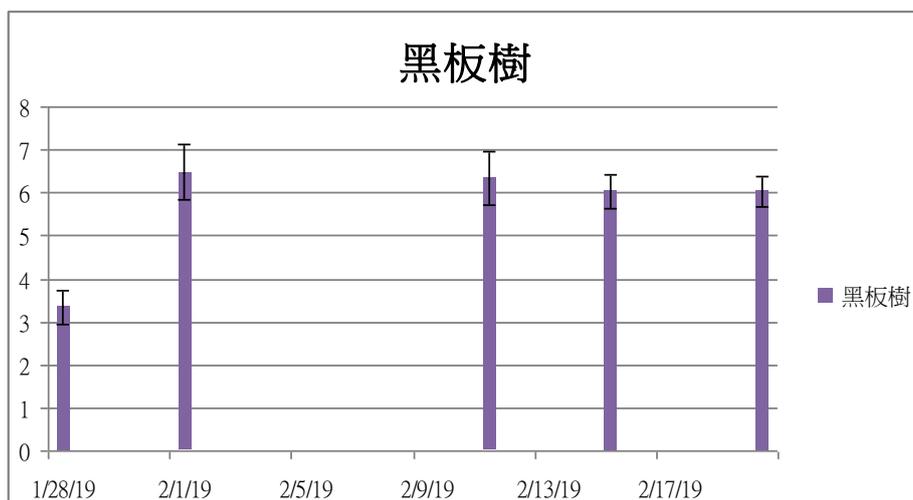
表九、以玉蘭花落葉液種植小白菜幼苗實際狀況。



圖十三、以小葉欖仁落葉液種植小白菜幼苗長度變化圖。

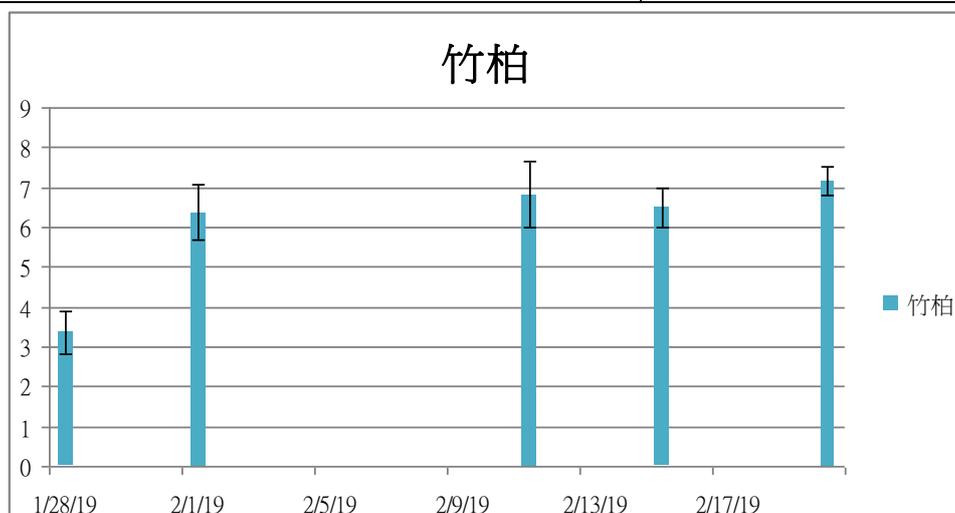
表十、以小葉欖仁落葉液種植小白菜幼苗實際狀況。





圖十四、以黑板樹落葉液種植小白菜幼苗長度變化圖。

表十一、以黑板樹落葉液種植小白菜幼苗實際狀況。



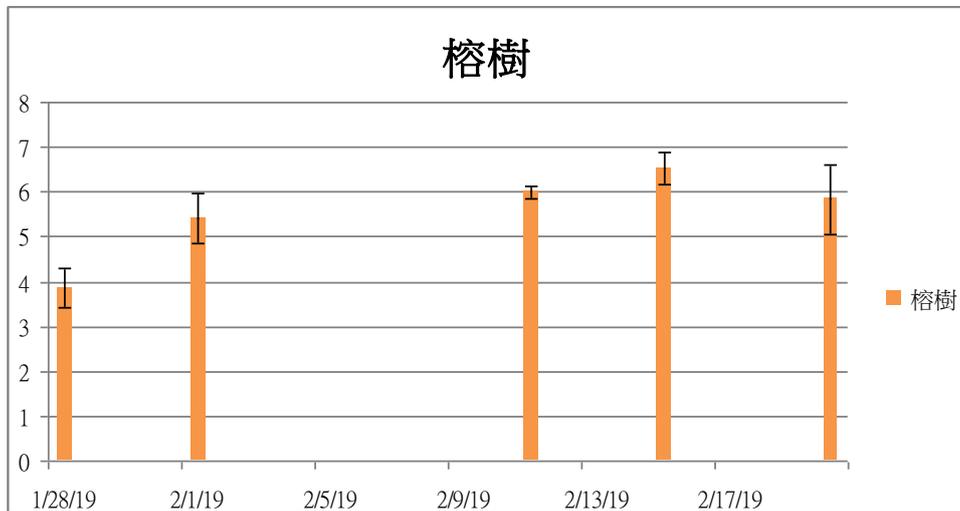
圖十五、以竹柏落葉液種植小白菜幼苗長度變化圖。

表十二、以竹柏落葉液種植小白菜幼苗實際狀況。



拍攝於 2019.2.1

以竹柏落葉液澆灌小白菜幼苗,大約是在第 10 天到第 20 天具有較高的高度,前 20 天穩定生長,之後受到高度的限制導致部分幼苗倒伏死亡。整體來看,平均高度較高,保持在 6.5 公分到 7.15 公分,最後甚至長出第二葉。



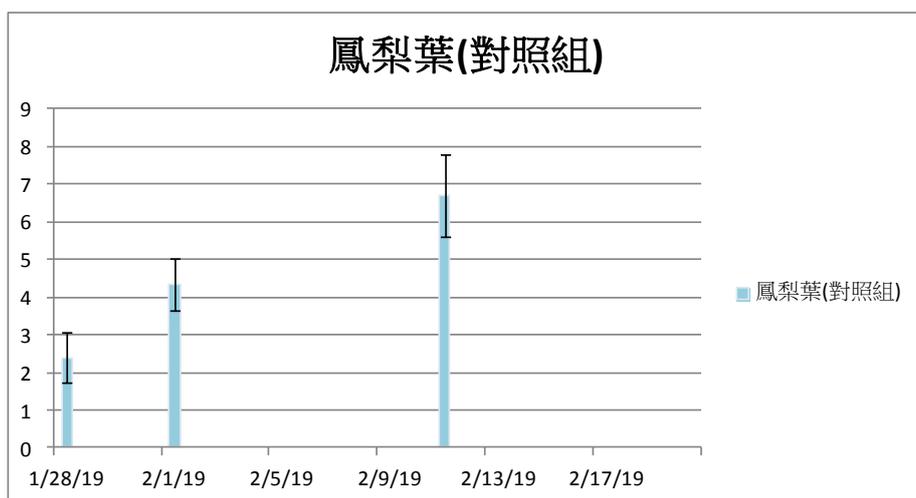
圖十六、以榕樹落葉液種植小白菜幼苗長度變化圖。

表十三、以榕樹落葉液種植小白菜幼苗實際狀況。



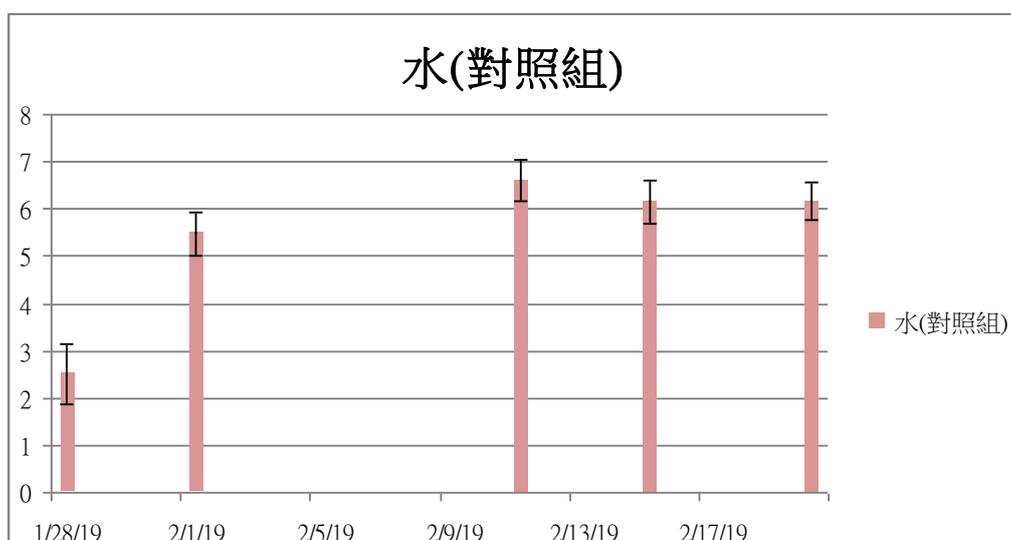
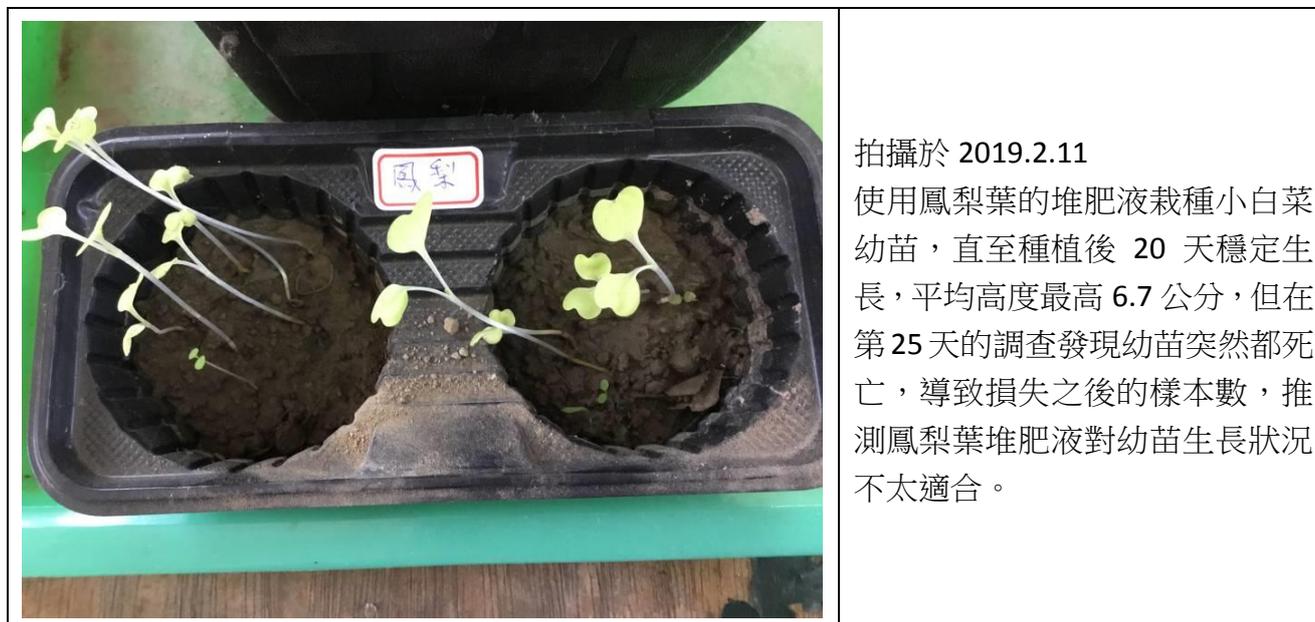
拍攝於 2019.2.15

整體來看以榕樹樹葉液種植小白菜幼苗,幼苗生長穩定,最高平均高度介在 6 公分~6.5 公分,最後有長出第二對葉。



圖十七、以鳳梨葉堆肥液種植小白菜幼苗長度變化圖。

表十四、以鳳梨葉堆肥液種植小白菜幼苗實際狀況。



圖十八、以水(對照組)種植小白菜幼苗長度變化圖。

表十五、以水(對照組)種植小白菜幼苗實際狀況。

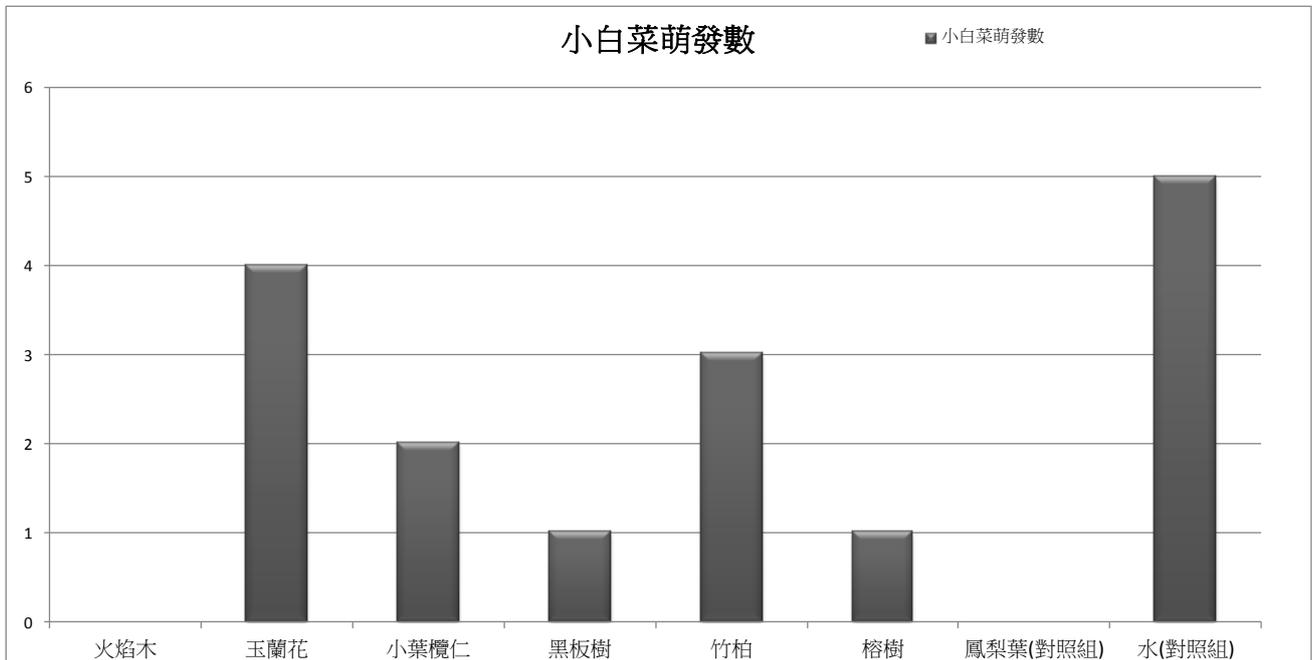


拍攝於 2019.2.11

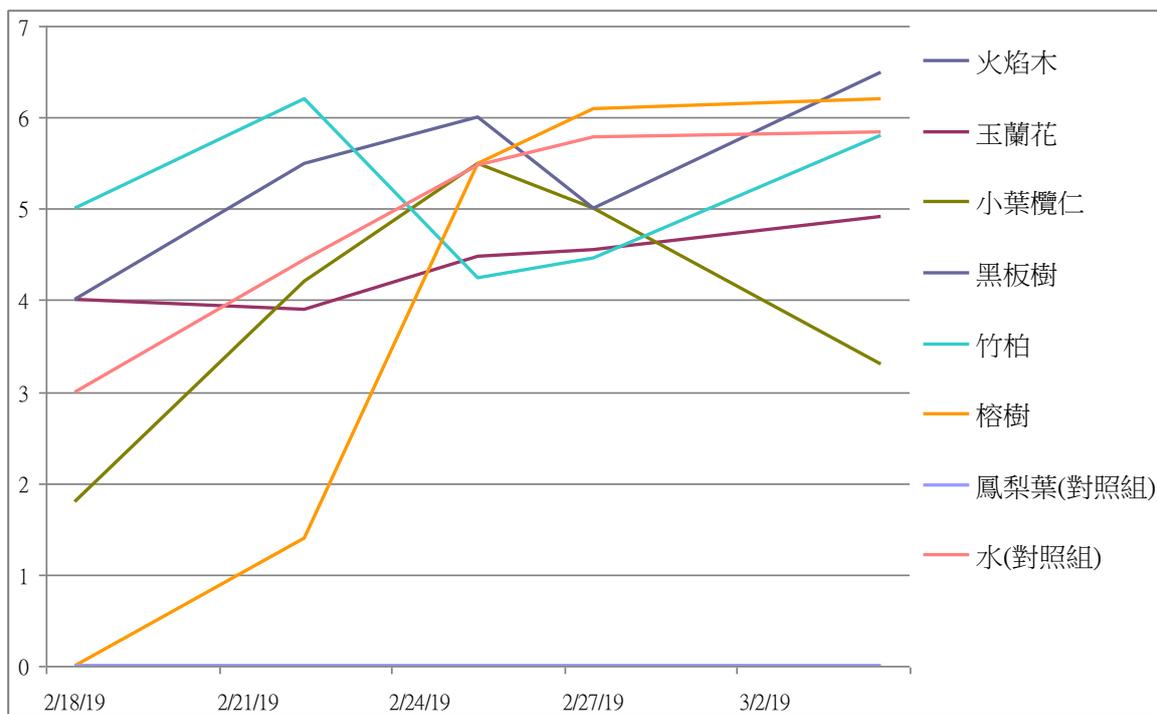
以水作為對照組種植小白菜，幼苗生長穩定，有些幼苗同樣受到高度的限制，而無法繼續生長，但整體來看，生長過程穩定。

研究問題四、了解黑水蛇分解後的落葉液對於作物(小白菜)發芽的影響？

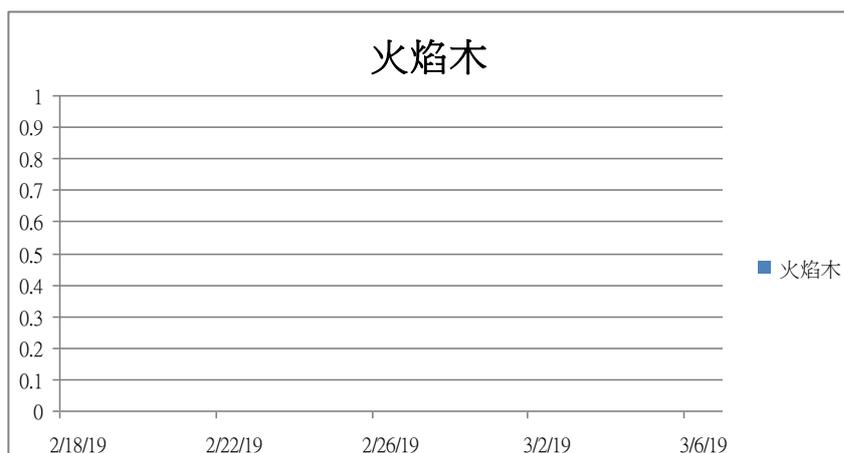
在我們觀察落葉液種植小白菜的生長狀況後，發現少數落葉液在種植小白菜，生長狀況逐漸衰退，於是我們想嘗試這些落葉液是不是適合像白菜這種作物的生長或發芽。我們準備 8 顆種子混合泥土再以落葉液栽培，結果發現以火焰木、鳳梨葉堆肥液栽種，小白菜的種子並沒有發芽，而小葉欖仁、榕樹、黑板樹也只有 1~2 顆的發芽結果。



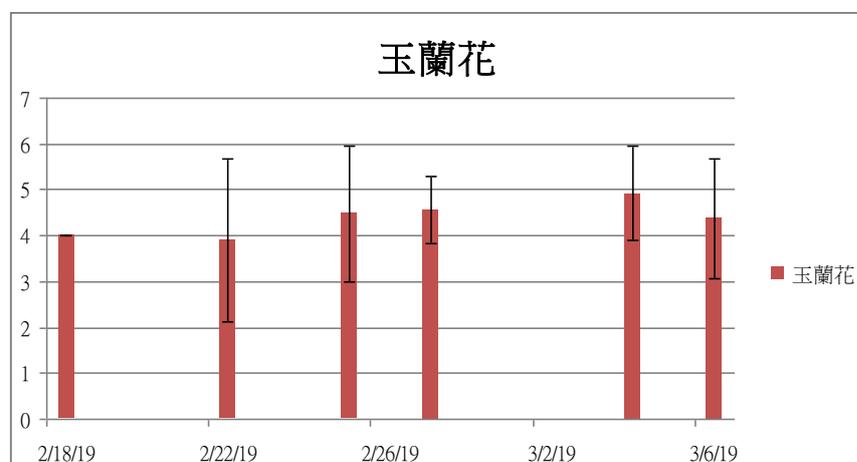
圖十九、以不同落葉液栽種小白菜種子萌芽數量圖。



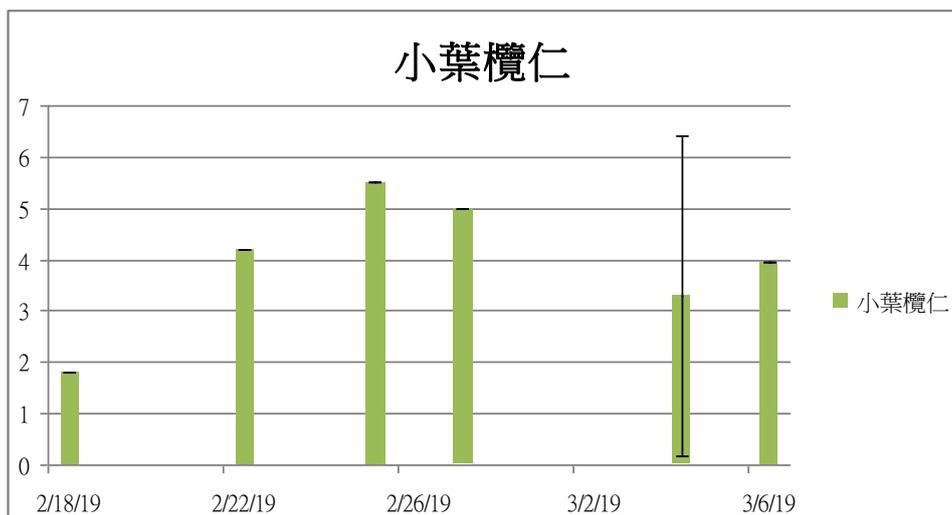
圖二十、以不同落葉液栽種小白菜種子萌芽生長圖



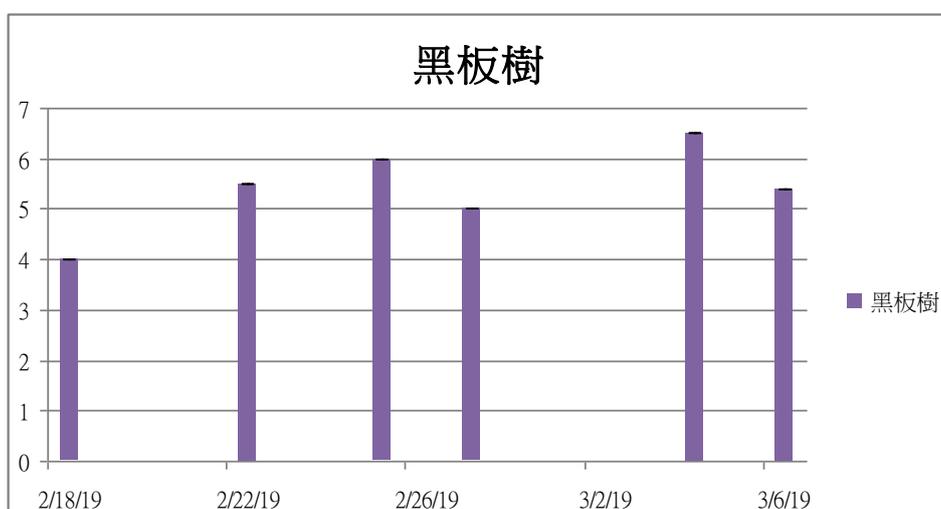
圖二十一、以火焰木落葉液種植小白菜種子萌芽變化圖。



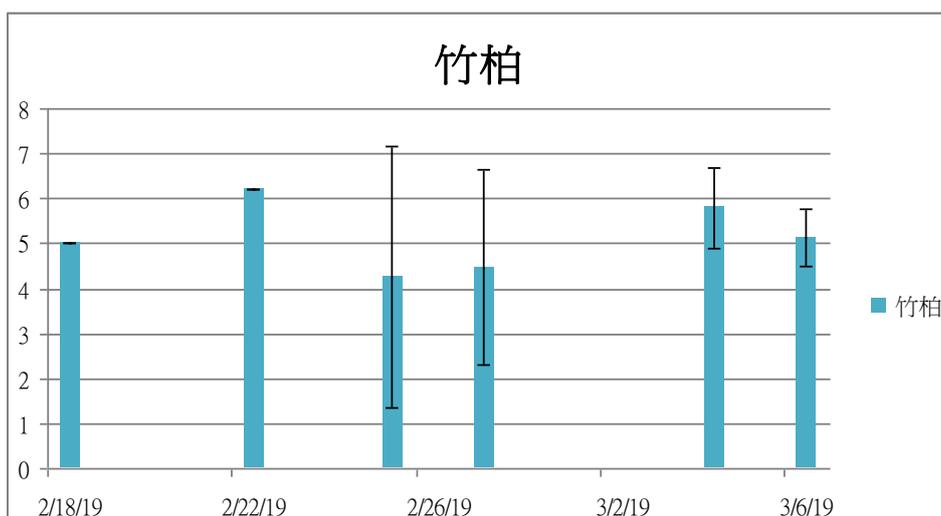
圖二十二、以玉蘭花落葉液種植小白菜種子萌芽變化圖。



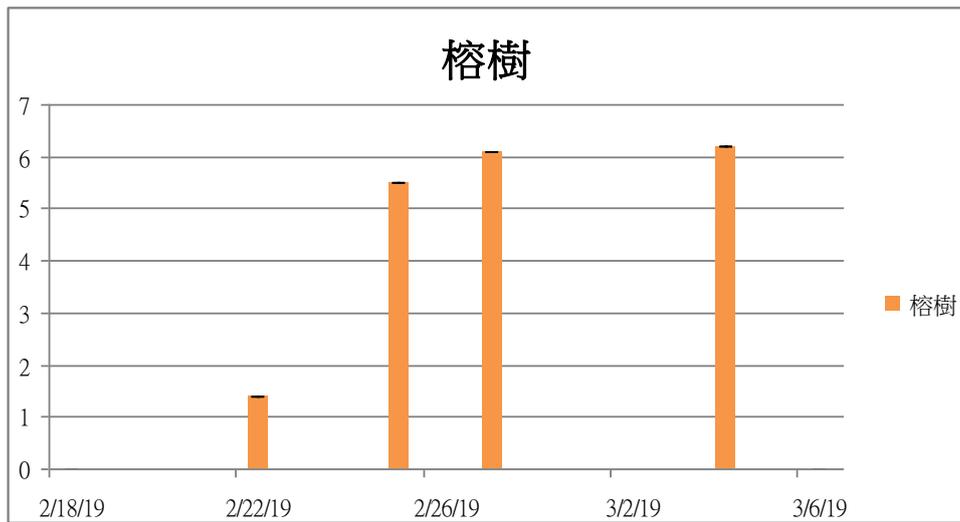
圖二十三、以小葉欖仁落葉液種植小白菜種子萌芽變化圖。



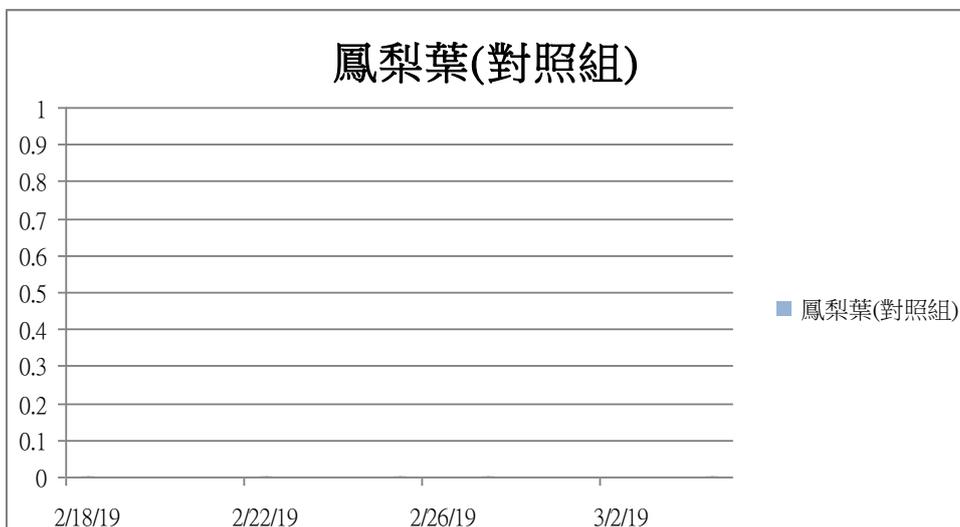
圖二十四、以黑板樹落葉液種植小白菜種子萌芽變化圖。



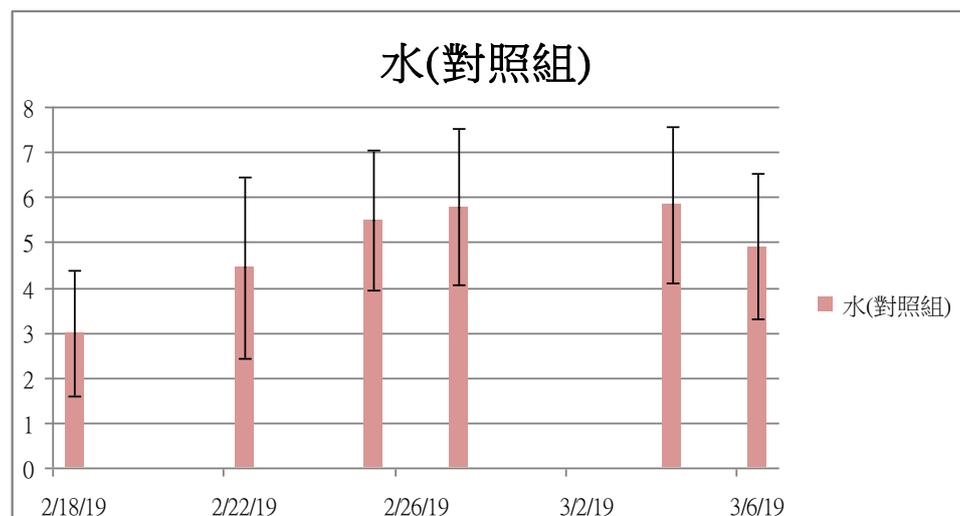
圖二十五、以竹柏落葉液種植小白菜種子萌芽變化圖。



圖二十六、以榕樹落葉液種植小白菜種子萌芽變化圖。



圖二十七、以鳳梨葉堆肥液(對照組)種植小白菜種子萌芽變化圖。

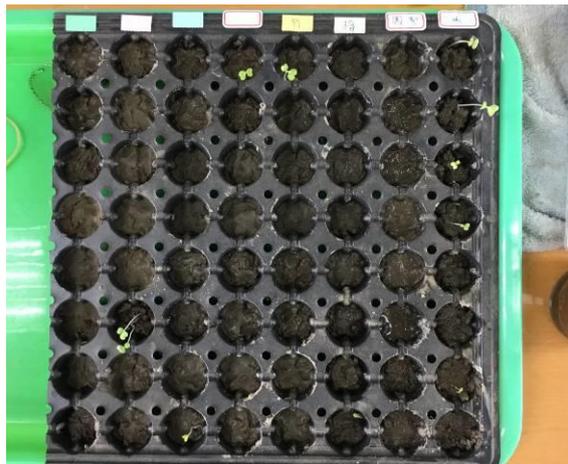


圖二十八、以水(對照組)種植小白菜種子萌芽變化圖。

表十六、以不同落葉液種植小白菜種子生長比較實際狀況。



2019.2.15 小白菜種子種下



2019.2.20 小白菜種子種植第 5 天



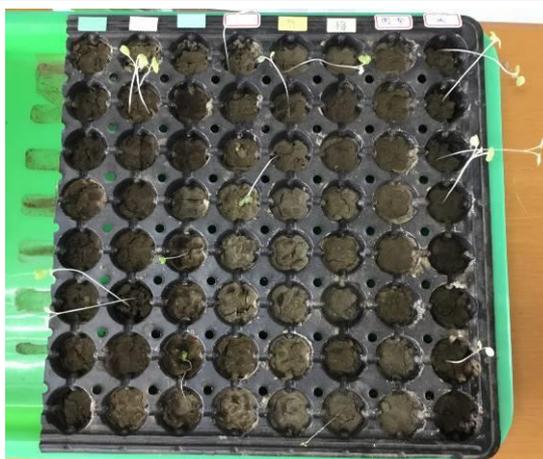
2019.2.22 小白菜種子種植第 7 天



2019.2.25 小白菜種子種植第 10 天

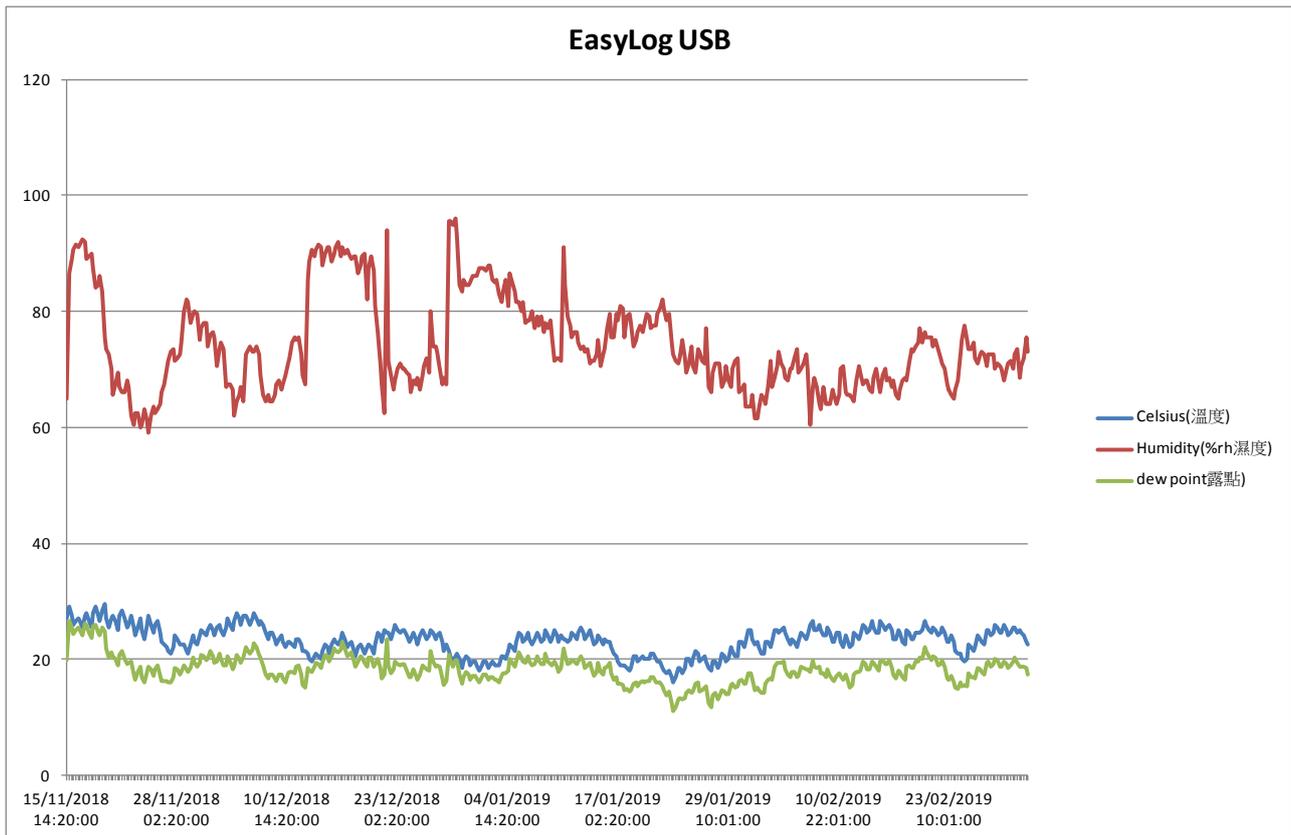


2019.2.27 小白菜種子種植第 12 天



2019.3.6 小白菜種子種植第 20 天

### 研究問題五、比較環境因子對黑水蛇、小白菜生長的影響？



圖二十九、以溫濕度儀器調查試驗期間溫度、濕度變化圖

黑水蛇飼養和小白菜栽種位在實驗室室內，溫度最低為 17°C，最高為 29.5°C，濕度最低為 59%，最高為 96%，環境較為穩定也盡量維持高溫高濕度的環境，以利黑水蛇幼蟲存活、小白菜幼苗生長。

### 研究問題六、比較不同處理方法對落葉的影響？

我們比較每種落葉放在黑水蛇和水(對照組)中兩個月後的結果，放在護貝的白色紙上比較兩者葉片、顏色上的差異，可以從觀察中發現，落葉中飼養黑水蛇，裡面有較多的葉片碎屑和殘渣，葉片的邊緣也較不完整，由於將黑水蛇飼養在落葉中，增加物理性和化學性改變因素，加速堆肥化的速度。對照組因為僅浸泡在水中，葉片較完整，碎屑也較少不容易腐敗。



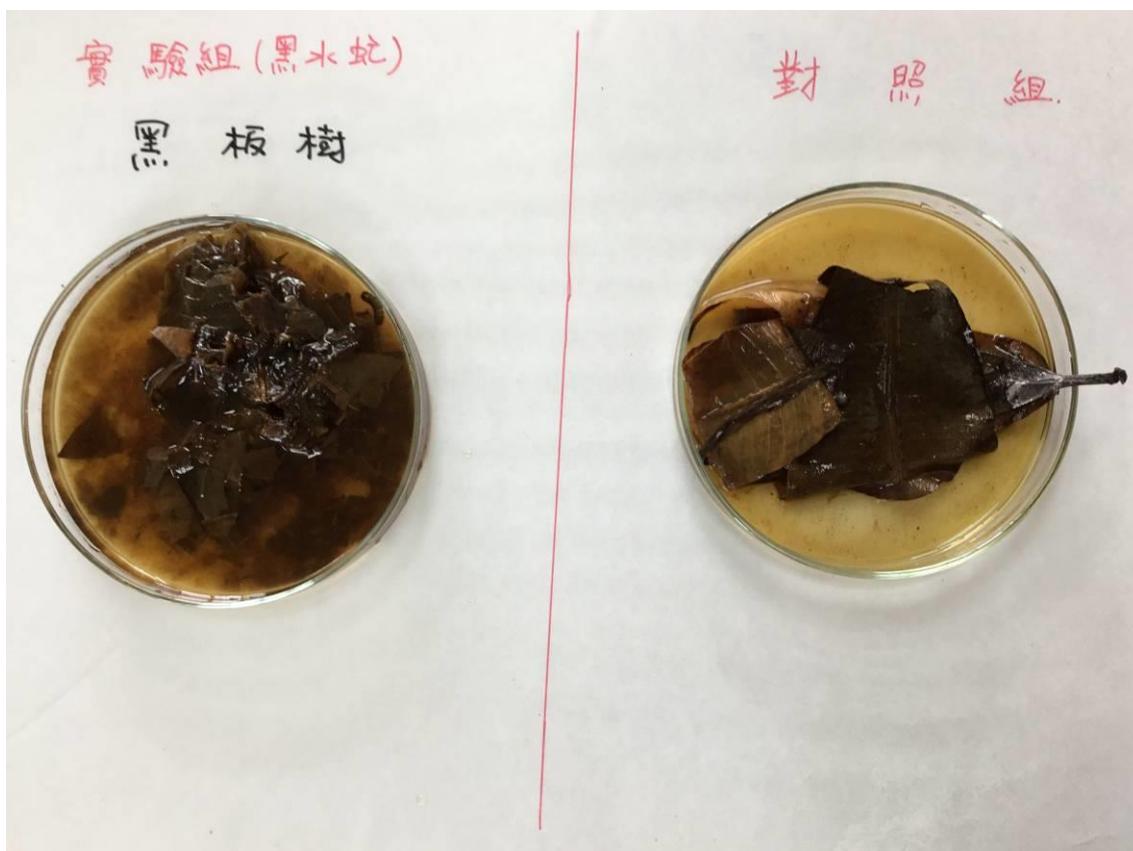
圖三十、比較火焰木落葉 45 天後黑水蛇處理和未處理的差異。



圖三十一、比較玉蘭花落葉 45 天後黑水蛇處理和未處理的差異。



圖三十二、比較小葉欖仁落葉 45 天後黑水蛇處理和未處理的差異。



圖三十三、比較黑板樹落葉 45 天後黑水蛇處理和未處理的差異。



圖三十四、比較竹柏落葉 45 天後黑水蛇處理和未處理的差異。



圖三十五、比較榕樹落葉 45 天後黑水蛇處理和未處理的差異。

研究問題七：探討校園落葉處理的可行性，實際運用時可能遭遇到的情況？

- 一、碎紙機將落葉集中絞碎、節省空間、方便處理。也能讓棲息在土壤的清除者更容易分解植物碎屑。
- 二、 上方張掛一面黑網，與地面保持一斜度，落葉會順著斜度落下，方便清理
- 三、 學校池子飼養魚，透過魚菜共生的概念，昆蟲吃落葉，幼蟲長大後當魚的食物，加速廢棄物質的循環。

## 陸、討論

### (一)、黑水虻的飼養。

培養的過程讓落葉和幼蟲均浸泡在水中，我們觀察發現黑水虻幼蟲在潮濕的環境才能成長生活。幼蟲喜歡在陰暗的環境生活，常躲在葉片中。

### (二)、分析不同種類落葉對於黑水虻生長的影響

整體實驗可以觀察到以不同落葉飼養黑水虻，幼蟲的平均體長逐漸增加，過程中發現最長體長是 2.3 公分。從平均的長度來看，以火焰木落葉飼養黑水虻，體長長度持續增加，瓶中落葉也較破碎、軟爛，推測黑水虻幼蟲也較能作為食物來源而持續生長，延長幼蟲期的階段。其他落葉和對照組飼養的體長，則在飼養後 20 天的調查發現呈現最高峰，這與相關研究提到的黑水虻幼蟲期大約兩星期的較為接近，最後幾次觀察到幼蟲時，常發現罐中幼蟲已消失，或是固定不動等待化蛹，觀察到化蛹時身體僵硬，比靈活時的幼蟲略短一些，使最後兩次調查的長度下降，觀察到的幼蟲數量也有些少。

### (三)、探討黑水虻分解後的落葉液對於小白菜肥效的影響

在挑選完已發芽的小白菜，分別定植到花盆以不同落葉液澆灌，結果發現幼苗均有成長，大約種植至 15 天時，許多組達到最高的高度，而觀察到最高的幼苗為 9 公分，但幼苗的莖較柔軟，之後觀察發現許多幼苗逐漸倒下無法繼續生長，有些較矮的幼苗則分裂出第四葉。

以落葉液種植的小白菜幼苗，和對照組相比，對照組幼苗生長狀況相對比較穩定，我們搜尋到其他的研究，發現除了高度過高導致幼苗倒伏死亡，也有可能是植物之間的相剋作用(洪，2006)，其中作用的原因有（一）淋溶作用（Leaching）植物之活體或枯落物所分泌之化合物經由降雨淋洗而進入土壤，為主要抑制作用。以水溶性的化合物為主，包括類黃酮素、酚酸，以及生物鹼等。（二）揮發作用（Volatilization）植物之活體或枯落物所含低沸點之揮發物質，在適當溫度下所產生的作用，植物通常釋放出類化合物，為抑制其他種植物生長。（三）植物殘留分解作用(Decomposition of plant residues)植物枯落物經一段時間後，開始進行分解。腐化初期所產生之酚類化合物，對植物生長有不良影響。

### (四)、探討黑水虻分解後的落葉液對於小白菜發芽的影響

我們使用落葉液栽種小白菜種子，發現有些落葉堆肥液如火焰木、鳳梨葉無法讓種子順利發芽，有些像榕樹、小葉欖仁、黑板樹則是發芽率很低，因此推測也許受到植物之間競爭作用，利用體內的化學物質使其他種類的植物生長受到抑制。目前在其他的科展主題發現探討對於其他植物有抑制效果的有榕樹、黑板樹、小葉欖仁。推測小白菜幼苗可能受到植物之間相剋作用影響，而整體來說對照組(水)種植小白菜發芽，生長穩定。

#### (五)、環境因子對黑水虻、小白菜生長的影響。

由於試驗在獨立研究室室內進行，溫濕度狀況穩定，屬於穩定環境狀況，溫濕度變化和黑水虻成長、小白菜發芽成長沒有發現互相的影響。與其他研究比較，低溫可能使幼蟲幼苗生長速度較慢，延長生命週期。

#### (六)、比較黑水虻和對照組處理落葉的差異

我們讓幼蟲以落葉作為食物，發現瓶罐中的葉子比較破碎，落葉質地變得比較柔軟，裡面的液體顏色也較淡，推測試驗中幼蟲移動或作為食物，破壞了落葉的完整性，調查幼蟲也擾動了裡面的環境，或多或少加速了落葉的腐壞。相較於對照組保持靜止，落葉也維持原先的狀態，沒有太大的改變。

#### (七)、本試驗如何實際運用。

飼養黑水虻幼蟲需要潮溼的環境，可以在校園水池旁建立蟲室和花室，並以落葉作為飼料，幼蟲可以成為水池的飼料，落葉殘渣和液體栽種作物或花，但落葉的種類需要更進一步挑選，才能確定幼蟲、幼苗健康生長。

## 柒、結論

一、幼蟲飼養室並採取室內飼養 黑水虻成蟲成長期會飛飼養黑水虻的罐子中放置鳳梨葉，並黏上紗網

二、以不同落葉飼養黑水虻幼蟲，平均體長均會增加。

三、以不同落葉液栽種小白菜幼苗，幼苗長度均會增加，但生長後期以鳳梨葉堆肥液、火焰木、玉蘭花、黑板樹、竹柏的落葉液培養，生長狀況差。

四、以不同落葉液測試小白菜種子發芽的能力，以對照組具有較高的發芽率，其次是玉蘭花、竹柏落葉液，而以鳳梨葉堆肥液、火焰木、黑板樹、榕樹的落葉液進行培養，結果無法發芽或僅有一顆能發芽。

五、使用室內進行飼養和栽培，環境因子穩定，與幼蟲、幼芽生長沒有明顯關聯性。試驗時間是冬季，可能使幼蟲、幼苗生長速度較慢。

六、和對照組相比，落葉中飼養黑水蛇幼蟲，葉片比較破碎、柔軟，加速腐敗速度。

七、落葉的處理可以結合黑水蛇、校園水池、溫室，建立魚菜共生。

## 捌、參考資料及其他

一、國中自然與生活科技，2017，第二冊，第四章形形色色的生物，翰林出版社。

二、梁世祥(民 106 年 10 月 29 日)。農業循環經濟之「黑水蛇」藍海策略。民 108 年 3 月 13 日，取自

[https://www.agriharvest.tw/theme\\_data.php?theme=article&sub\\_theme=article&id=1197](https://www.agriharvest.tw/theme_data.php?theme=article&sub_theme=article&id=1197)

三、洪昆源(2006)。森林下層植物之相剋作用與生物量關係及其在林業上之應用。台灣林業，66，Vol.32 No.3。

四、汪書平、書偉傑(2005)。榕樹粗翠取液對種子萌發及生長之影響。2005國際科學展覽會

五、徐詩函、游雅鈞、賈藝伊、邱玫瑄。毒他—隱藏的戰爭。第49屆中小學科學展覽會作品。

六、許雅玟、曾琬婷(2018)。環保之星~黑水蛇的養殖及應用。嘉義市第36屆國民中小學科學展覽會作品。

七、華人百科全書黑水蛇簡介

<https://www.itsfun.com.tw/%E9%BB%91%E6%B0%B4%E8%99%BB/wiki-9284833-1781123>

八、維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki>

九、認識植物 <http://kplant.biodiv.tw/>

十、荒野保護協會新竹分會 <http://sowhc.sow.org.tw/>