

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 植物學科

(鄉土)教材獎

052107

蚊蟲「竺」客令？

學校名稱：臺灣大華學校財團法人桃園市私立大華高  
級中等學校

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| 作者：<br><br>高一 陳昱安<br><br>高一 陳姿元 | 指導老師：<br><br>陳雅棠 |
|---------------------------------|------------------|

關鍵詞：天竺葵、防蚊、趨避實驗

## 摘要

本實驗探究天竺葵萃取液是否有防蚊之功效。第一個部分：使用光學顯微鏡進行天竺葵葉上、下表皮及莖的表皮之切片觀測；第二個部分：製作天竺葵研磨及減壓濃縮萃取液；第三部分：探討校園中是否有天竺葵的天敵，將飢餓三至七天的植食性動物置於只有天竺葵的箱中，觀測其是否啃食；第四部分：研究天竺葵萃取液對蚊子、果蠅及蒼蠅的致死率；第五部分：檢測萃取液塗抹於手上是否有防蚊功效；第六部分：測試天竺葵萃取液是否有趨蚊效果。實驗結果：1%天竺葵萃取液對蚊子達到 LD<sub>50</sub>；趨避實驗顯示，天竺葵萃取液相對水，對白線斑蚊具顯著性忌避效果，此外塗抹於身上也可避免蚊子叮咬。若要在校園當中大面積種植天竺葵，則要小心天敵——蝸牛與蟋蟀。

## 壹、研究動機

一年四季，位在一樓學校的教室中總是會有蚊子，雖然學校都有定時噴藥、除去校園內盆栽積水，似乎無法根絕蚊蟲叮咬之害。尤其是夏季，腿上出現許多被蚊蟲叮咬的痕跡，午休時也被蚊子發出的嗡嗡聲吵得無法入眠，因此我們想藉由天然的方式驅離蚊子，之後我們上網查詢可能具有防蚊功效的植物，結果找到了別名為防蚊草的天竺葵。本實驗想透過天竺葵葉片測試其趨避之效用，但後來發現在自然情況下天竺葵不會散發出濃郁的芳香氣味，進而有明顯驅蚊效果，因此我們試想如何使其氣味擴散更快速。之後我們在網路上發現某些品牌有在販售天竺葵的精油，而我們發現精油之香味擴散速度遠大於植物本身，之後我們將天竺葵葉、莖進行研磨後發現其味道與原汁液有所差異，所以我們決定用減壓濃縮機經研磨葉進行濃縮，發現製成味道與原植株較相近。

在製作出兩種植物萃取液後，為了確認其對於生物的影響性，我們設計出了動物測試。我們希望該萃取液可達到防蚊、驅蚊及殺蟲的效果，因此我們到學校較陰暗的教室尋找蚊子，我們對蒐集到的蚊子分別進行趨避測試與致死率測試，然而進行此二實驗項目，我們需要大量的蚊子，但在我們學校透捕捉的數量卻遠遠不及我們的需求，於是我們搜尋有在進行飼養蚊子的研究人員，他提供我們研究使用的白線斑蚊與埃及斑蚊。在致死率的項目中我們發現無論研磨萃取還是減壓濃縮萃取液都能對實驗對象達到 100%的致死率，接著我們試圖增加萃取液效能，因此我們降低濃度，希望透過最低濃度的萃取液達到最佳的效果。

而植食性動物測試的動機則是因為我們擔心若在校園種植此種植物，是否會遭到啃食，選擇的物種為非洲大蝸牛、雙線蛞蝓以及蟋蟀，選擇原因為此三類植食性動物是最常見於校園內的，其中非洲大蝸牛更常造成許多校園內景觀植物的損害。

未來我們希冀能夠運用掃描式電子顯微鏡拍攝頂泡是腺體更細微的構造，以利研究其更詳細的功能。

## 貳、研究目的

- 一、檢測天竺葵的芳香腺位置
- 二、透過兩種方式獲得萃取液：減壓濃縮機萃取、研磨萃取
- 三、觀測校內植食性動物對天竺葵啃蝕測試
- 四、探討天竺葵萃取液噴灑對於蚊、蠅之致死率
- 五、將天竺葵萃取液抹在手背，觀測是否有叮咬狀況之測試
- 六、探討天竺葵萃取液對於蚊子之趨避情形

## 參、研究設備及器材

### 一、設備與器材

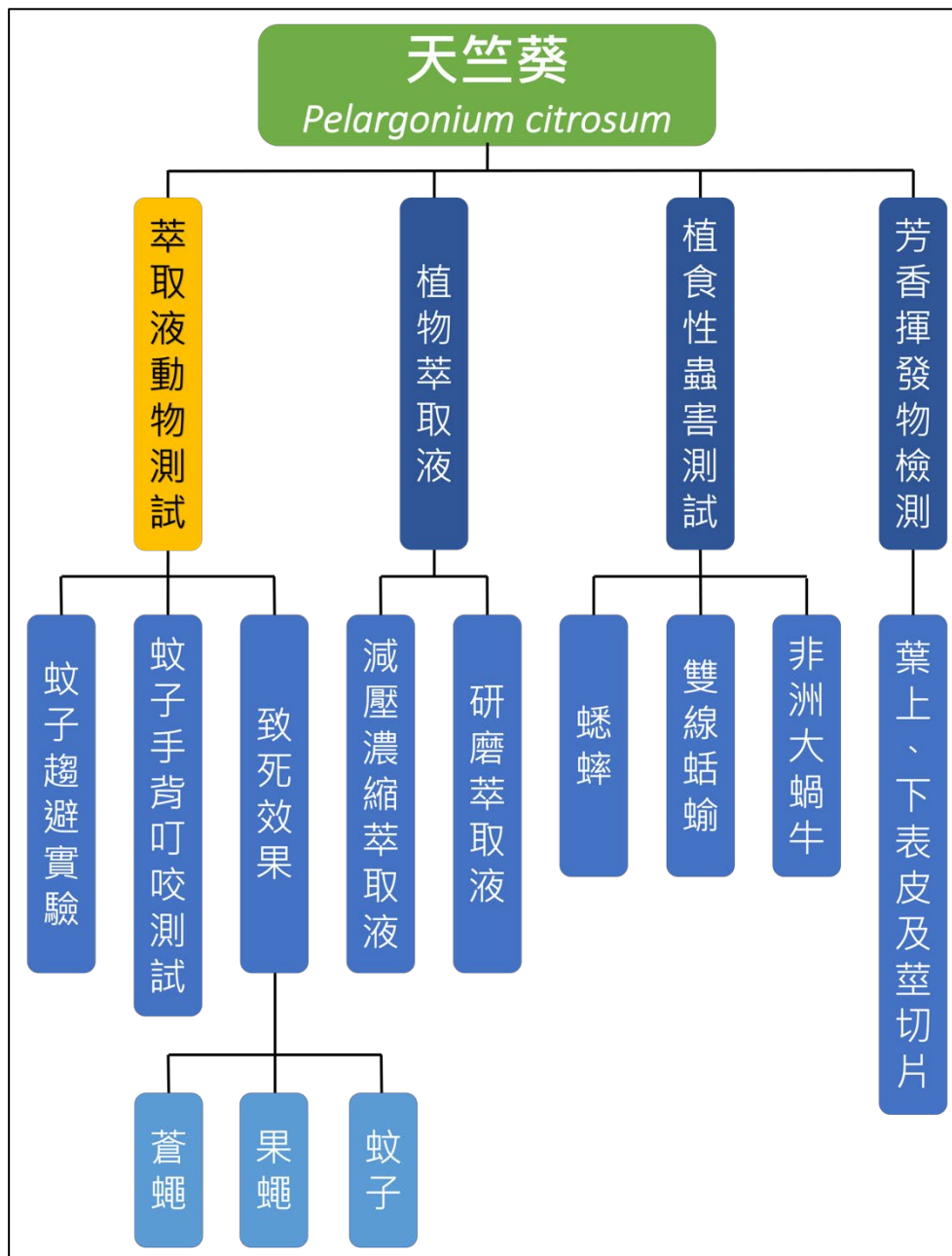
|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| 1. 減壓濃縮機<br> | 2. 光學顯微鏡<br>    | 3. 研鉢及杵<br>                          | 4. 濾紙<br>    |
| 5. 紗布<br>    | 6. 電磁加熱板<br>    | 7. 25mm 0.45u<br>針筒過濾器<br>           | 8. 趨避箱材料<br> |
| 9. 飼養箱<br>   | 10. Pipette<br> | 11. Sample 瓶<br>                     | 12. 噴霧瓶<br>  |
| 13. 果汁機<br>  | 14. 鋁箔紙<br>     | 14. 其他材料：漏斗、燒杯、滴管、解剖剪刀、平面刀、鑷子、手套<br> |   |

## 二、藥品

95%乙醇、食用油

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究架構



圖一、研究與實驗之架構圖

圖片來源：實驗者製作

## 二、物種介紹

### (一) 天竺葵

1. 學名：*Pelargonium citrosum*

2. 科學分類：（如圖二）

| 科學分類 |        |                              |
|------|--------|------------------------------|
| 界    | 植物界    | Plantae                      |
| 演化枝  | 被子植物   | Angiosperms                  |
| 演化枝  | 真雙子葉植物 | Eudicots                     |
| 演化枝  | 薔薇類植物  | Rosids                       |
| 目    | 牻牛兒苗目  | Geraniales                   |
| 科    | 牻牛兒苗科  | Geraniaceae                  |
| 屬    | 天竺葵屬   | <i>Pelargonium</i><br>L'Hér. |

圖二、本研究使用之天竺葵科學分類

圖片來源：實驗者製作，參考維基百科<sup>[2]</sup>

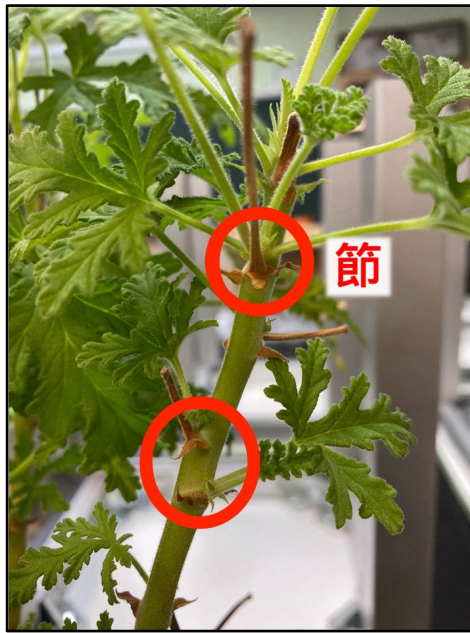
3. 植物拍攝：（如圖三）



圖三、植物外觀及葉片拍攝照

圖片來源：實驗者拍攝

4. 扦插測試：將天竺葵的莖從節與節之間（如圖四）截下，再將其扦插土中，在一個月後，將新的植株移出，可發現新植株莖的底部抽根（如圖五）。



圖四、節

圖片來源：實驗者拍攝



圖五、將天竺葵截下，扦插後生根的情形（每隔正方形邊長為 1 公分）

圖片來源：實驗者拍攝

5. 應用：天竺葵精油可由花、葉子與枝幹中以蒸氣萃取，這種精油呈現淡綠色。市面上，天竺葵精油在藥效上，能抗憂鬱、抗糖尿、殺菌、抗感染、驅蟲、止痛。<sup>[2]</sup>

## (二) 植食性動物（如圖六）

1. 非洲大蝸牛：非洲大蝸牛原產地為非洲東部，目前已經廣泛分布於各洲的濕熱地區，台灣則全境可發現其蹤跡。非洲大蝸牛成體殼長一般為 7~8 公分，最大甚至超過 20 公分。其殼呈紡錘形，高約 8 釐米，質稍厚，螺旋紋與生長紋相交錯，殼面呈白或黃色，具紅棕色條紋或焦褐色雲狀花紋。非洲大蝸牛一年生產 5~6 次，一次平均約生產 100 顆卵。非

洲大蝸牛為夜行性動物，其生活環境主要為農作物繁茂且陰暗潮濕的環境、具腐植質的土壤、樹枝落葉及石塊下，並以蔬菜、花卉等農作物為食。<sup>[3]</sup>

2. 雙線蛞蝓：雙線蛞蝓主要分布於台灣、韓國潮濕多雨的地區，體色多為灰黑或灰白，體長約有三公分到八公分。雙線蛞蝓具有兩對較短的觸角，身體柔軟，裸露無殼，其呼吸孔為圓形，位於身體前端右側。雙線蛞蝓最顯著的特色為體背中央及側緣各有一條點線狀的縱紋，尾部有一突起，體態及顏色差異大。雙線蛞蝓為夜行性動物，於雨後或晚上活動，主要以苔癬及腐葉、腐木為食。<sup>[4][5]</sup>

3. 蟋蟀：蟋蟀體色為黃褐色至黑褐色，頭圓、胸寬。蟋蟀具咀嚼式口器，有的大顎發達，善於咬鬥。蟋蟀前足與中足型態相似並同長，後足相對發達，擅長跳躍。雄蟲好鬥，為了爭奪食物、鞏固自己的領地及佔有雌性有互相殘殺現象。雌蟲個體較大，翅相對較小，尾部中間具一針孔狀或矛狀的針狀產卵器。蟋蟀為夜行性動物，穴居，常棲息於磚石下、土穴中及草叢間。蟋蟀為雜食性，以各種作物、樹苗、菜果等為食。<sup>[6]</sup>

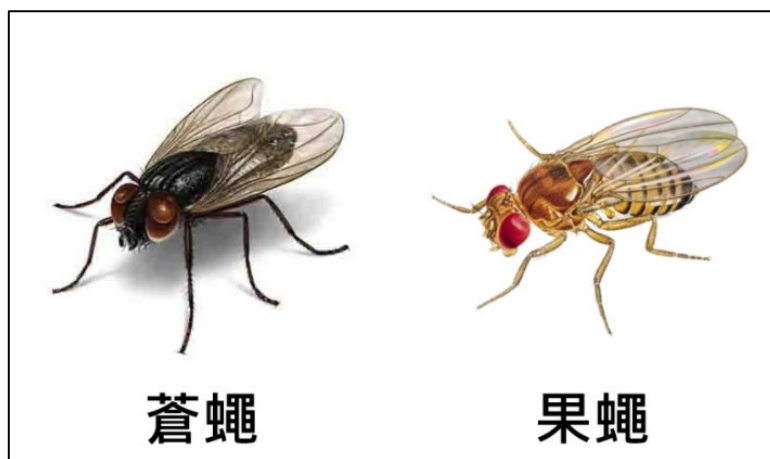


圖六、植食性動物測試之使用物種圖

圖片來源<sup>[7][8][9]</sup>

### (三) 蒼蠅、果蠅（如圖七）

蒼蠅屬於節肢動物門，昆蟲綱，為雙翅目、環裂亞目分類群中許多昆蟲的統稱。蒼蠅振翅可達每秒 300 次的頻率，飛行速度約為每小時 40 公里。蒼蠅為雜食性昆蟲，多以甜食或腐食為食，因此在垃圾堆、廁所、餐廳、市場、果園等地方皆可發現牠們的蹤跡。另外，蒼蠅也可透過口器傳播疾病，如痢疾、傷寒等。<sup>[10]</sup>果蠅體長約 3~4mm，成蟲軀體略帶黃色，具紅色複眼，繁殖快速，生命週期短。果蠅主要生活於平地及低海拔山區，習慣孳生於垃圾堆或腐果上，多以露水、花蜜及腐敗的蔬果為食。果蠅的趨光性強，白天為活動及覓食時間。<sup>[11]</sup>



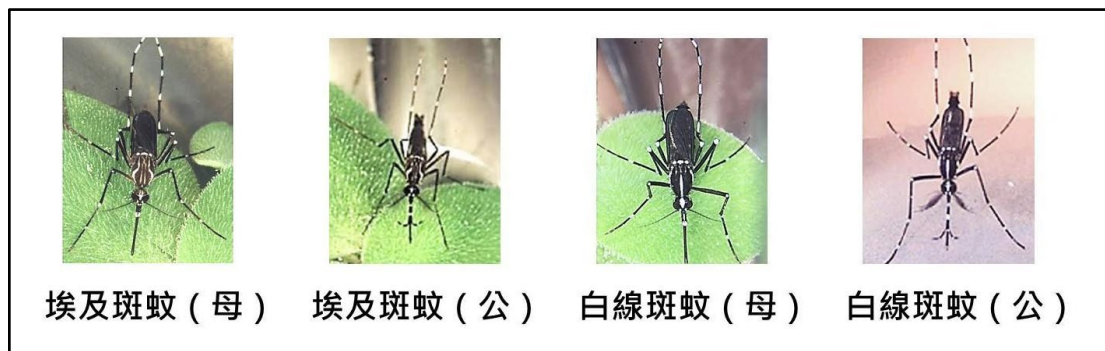
圖七、蒼蠅、果蠅

圖片來源<sup>[12][13]</sup>

#### (四) 蚊子 (如圖八)

1. 埃及斑蚊：常見於北回歸線以南的台灣南部，並由亞洲擴散至各洲。埃及斑蚊體色為深咖啡至黑色，胸部背板上具一對銀白色似七弦琴狀之曲線，中間另具一對黃白色狹長細線，六隻腳關節處、腹面及側緣皆有白斑。埃及斑蚊每次約產卵 100~150 顆於有水的暗色積水人工容器壁面，室內外長時間積水的容器，即使水質澄清，皆可能為幼蟲孳生場所。埃及斑蚊為日行性蚊蟲，主要在白天吸取人類血液，較少於黃昏、夜晚及黎明活動。另外，埃及斑蚊可傳播登革熱、屈公病等疾病。<sup>[14]</sup>
3. 白線斑蚊：白線斑蚊，亦作為亞洲虎蚊，來自於東南亞地區，並散布於各洲，甚至於北至韓國，西至馬達加斯加皆可發現白線斑蚊的蹤跡。白線斑蚊體長約 5 釐米，其特徵為黑褐色的背板，中央具一條寬而直的銀白線，後緣則有一條白色的橫向線斑。白線斑蚊六隻腳皆為黑色，關節處、側緣及腹面亦具白色鱗片排列而成的斑紋。其翅小而靈活，平均每秒可振翅 500 次以上。白線斑蚊喜歡在戶外產卵，每次約 80~100 顆，雌蚊會隨機把卵產在有水的自然環境，如樹洞、椰子殼等，或暗色積水人工容器壁面。白線斑蚊為日行性蚊蟲，主要在白天吸取人、貓、狗等哺乳類血液，為登革熱、屈公病等病媒。<sup>[15]</sup>





圖八、埃及斑蚊及白線斑蚊之俯視拍攝圖  
圖片來源<sup>[16]</sup>

### 三、實驗研究過程及方法

#### (一) 實驗一：天竺葵芳香腺體檢測

將鮮綠色無枯黃的葉片剪下。葉上、下表皮：先用平面刀片在葉片表面橫削而使其為與原葉片分離，再用鑷子將其小心撕下，將撕下的薄膜放在滴有一滴水的載玻片上，然後蓋上蓋玻片在顯微鏡下觀測；莖：用切片法將經橫切下小片的莖，再重複上述步驟。

#### (二) 實驗二：天竺葵萃取液萃取

1. 減壓濃縮萃取：每次萃取摘下天竺葵的莖與葉共 50 克，將其置入果汁機並加入 20 毫升的水充分打碎，把打碎的葉、莖與汁液倒入燒杯中，再倒入乙醇，使液面略高於打碎的葉、莖，之後將該燒杯放在電磁加熱版上加熱（Stir：350、Heat：150），使溶液沸騰 30 分鐘，待其冷卻後，依序用紗布、濾紙及針筒過濾器過濾，接著將得到的過濾液放入減壓濃縮機中。將水浴盆倒入食用油且溫度設定為攝氏 120 度、旋轉瓶的轉速：55RPM，待旋轉瓶內部無沸騰之情形再將其內溶液分裝至 sample 瓶中。

2. 研磨萃取：摘取適量天竺葵的莖與葉，使用解剖剪將其剪碎置於研鉢中，並使用研鉢研磨（不加水）。戴手套用力擠壓磨碎的天竺葵至其已無汁液滲出，使汁液流入燒杯。最後用針筒過濾器過濾，得到的綠色萃取液，再將其分裝至 sample 瓶，置於乾燥陰涼處保存。

#### (三) 實驗三：植食性動物測試

將校園中的非洲大蝸牛、雙線蛞蝓、蟋蟀放於飼養箱中（並且在非洲大蝸牛、雙線蛞蝓的飼養箱每天噴灑水一次以保持潮濕），將其飢餓 3 至 7 天，待其排出糞便再將天竺葵連莖帶葉的剪下放入飼養箱中觀察其是否有啃食天竺葵之情況。

#### (四) 實驗四：致死率測試

1. 果蠅、蒼蠅：每次測試一種物種、一次一隻，把該物種放入燒杯中，對其使用噴霧瓶噴灑研磨萃取液，並計時（自噴灑萃取液至死亡時間），每種物種重複三次。

#### 2. 蚊子

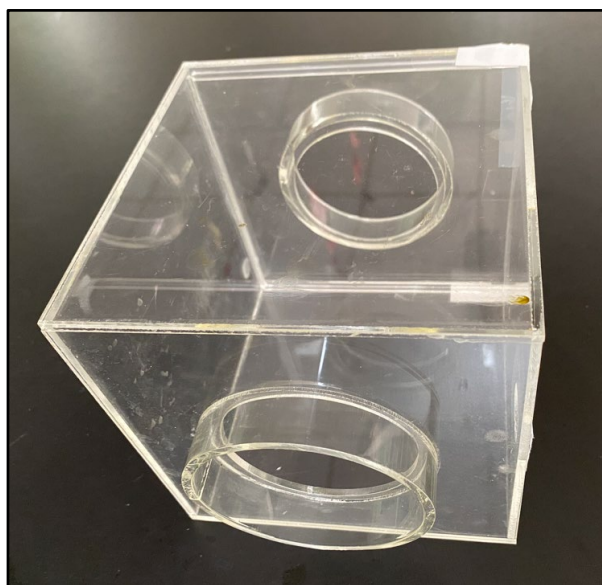
(1) LD<sub>50</sub>：半數致死量（英語：Median Lethal Dose），簡稱 LD<sub>50</sub>（即 Lethal Dose, 50%），在毒理學中是描述有毒物質或輻射的毒性的常用指標。<sup>[17]</sup>

(2) 濃度配製：使用實驗二減壓濃縮萃取的天竺葵萃取液進行濃度配製，濃度分別為 100%、95%、85%、75%、55%、20%、5%、1%，再進行動物測試，檢測達到 LD<sub>50</sub> 萃取液濃度。

(3) 動物測試：每次測試一種物種、一次四隻，把該物種放入 1~5ml 的 tip 中。將不同濃度的天竺葵萃取液分別裝入不同噴霧瓶且不共用噴頭。每次測試朝蚊子按壓噴頭 3 次，並觀測蚊子刺激後是否具有生命現象（觀測時間為三十秒）。

#### (五) 實驗五：手背叮咬測試

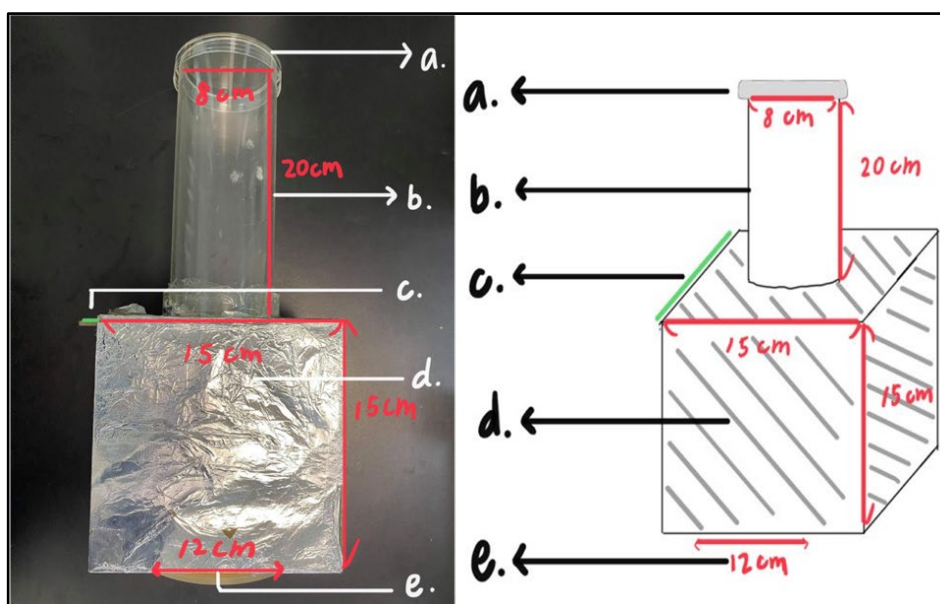
實驗者（一男、一女）將左手背左半部塗抹 100% 減壓濃縮萃取液，左手背右半部塗抹水，兩隻手臂同時放入一含 3 隻同種母蚊子的箱子內（白線斑蚊與埃及斑蚊分開測）（如圖九），計時 30 秒，同一男、女實驗者各自測試 3 次，每次使用不同於前一次的蚊子且每次測試前實驗者先依序用乙醇及水清潔測試部位，觀察蚊子叮咬情形。



圖九、手背叮咬之測試裝置  
圖片來源：實驗者拍攝

#### (六) 實驗六：趨避實驗

1. 將 30 隻的同種母蚊子放入自製的趨避箱中（如圖十）——由於埃及斑蚊與白線斑蚊皆為日行性之物種故將趨避箱下方包裹鋁箔紙，以避免光線進入該處（如圖十、d 處）。將隔板抽離並在頂端照光及敲打整個容器以擾動蚊子，計時三十秒後關上隔板（如圖十、c 處），該處停留蚊子隻數量為步驟一數據。
2. 將滴有 1 毫升水的衛生紙固定在頂端的培養皿（如圖十、a 處）並同時將隔板抽開，計時三十秒後再將隔板放回，計算停留在趨避箱上方（如圖十、b 處）的蚊子數量並記錄，該處停留蚊子隻數量為步驟二數據。
3. 將滴有 1 毫升減壓濃縮萃取液的衛生紙固定在頂端的培養皿並同時將隔板抽開，計時三十秒後再將隔板放回（若有蚊子從下方暗室飛回上方，則為了避免嚴重的誤差，不採計該次實驗數據），計算停留在趨避箱上方（如圖十、b 處）的蚊子數量並記錄，該處停留蚊子的數量為步驟三數據。
4. 將兩種蚊子重複上述實驗過程三次。



圖十、趨避箱

- a—培養皿 b—圓柱狀塑膠管 c—塑膠隔板（將 b 處、d 處隔開）  
d—下方空間、鋁箔紙（將下方空間光線遮蔽）  
e—下方開口處（套絲襪以防蚊子飛出此裝置）

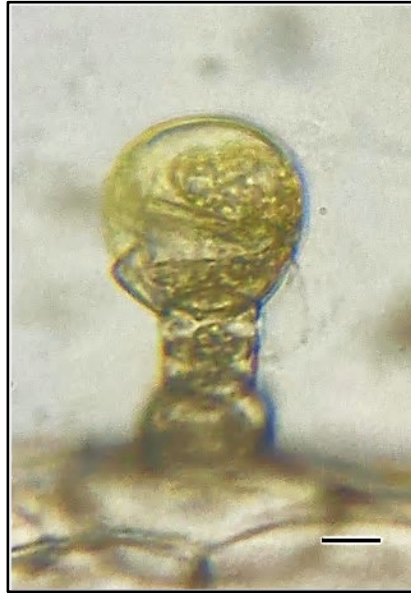
圖片來源：實驗者拍攝、繪製

## 伍、研究結果

### 一、實驗一：天竺葵芳香腺體檢測

#### (一) 複式顯微鏡圖：

用顯微鏡拍攝天竺葵葉上、下表皮及莖的切片後，發現其表皮皆有多細胞的芳香腺體（如圖十一）本研究將其命名為頂泡式腺體。再用筆尖輕敲蓋玻片發現頂泡式腺體的膜（初生細胞壁、細胞膜）會塌陷且裡面會有液體流出（如圖十二）。



圖十一、頂泡式腺體。Scale bar= 10 $\mu$ m

圖片來源：實驗者顯微拍攝



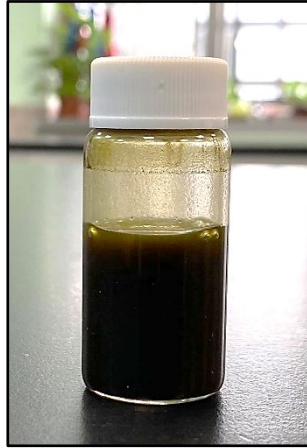
圖十二、頂泡式腺體（塌陷）經物理碰觸導致塌陷。Scale bar= 10 $\mu$ m

圖片來源：實驗者顯微拍攝

## 二、實驗二：天竺葵萃取液萃取

### (一) 減壓濃縮萃取

透過減壓濃縮的萃取需較多的天竺葵葉片、莖，但其味道較濃郁，且氣味與原植株葉片相近，萃取液顏色接近墨綠色與咖啡色。(如圖十三)



圖十三、減壓濃縮萃取液 (100%)

圖片來源：實驗者拍攝

### (二) 研磨萃取

此萃取液氣味與原植株有明顯的差別，且顏色、味道會隨著時間改變，剛研磨後顏色為淡綠色。(如圖十四)



圖十四、研磨萃取液 (萃取後約一分鐘進行拍攝) (100%)

圖片來源：實驗者拍攝

### 三、實驗三：植食性動物測試（如圖十五）

雙線蛭蝱未啃食天竺葵；非洲大蝸牛啃食整個天竺葵的葉、莖；蟋蟀啃食天竺葵葉、莖。

| 植食性動物 | 是否進食 |
|-------|------|
| 非洲大蝸牛 | ○    |
| 雙線蛭蝱  | ×    |
| 蟋蟀    | ○    |

圖十五、植食性動物啃蝕與否之情形

圖片來源：實驗者製作

### 四、實驗四：致死率測試

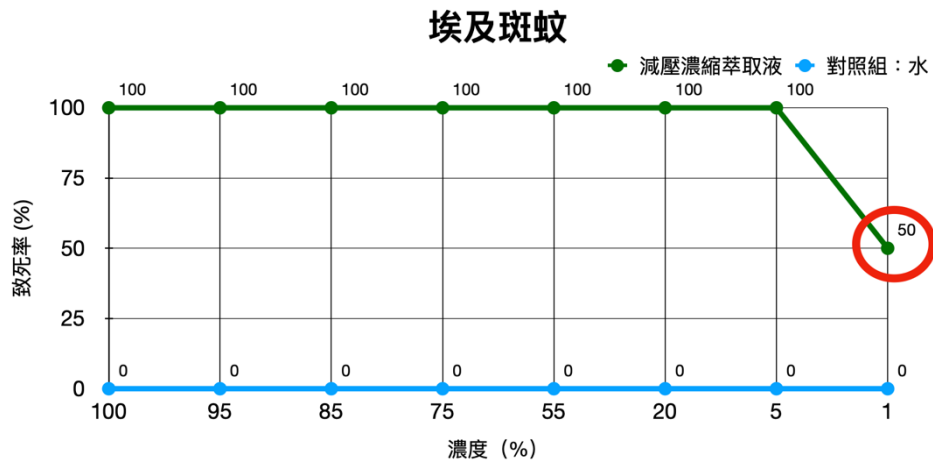
（一）果蠅、蒼蠅：在噴灑研磨萃取液後，果蠅在三十秒皆死亡，而蒼蠅皆三分鐘內死亡。

（二）蚊子：埃及斑紋與白線斑蚊皆在天竺葵萃取液為 1%時達到 LD<sub>50</sub>，且水對此二物種都無法致死。

| 埃及斑蚊死亡率測試（單位：%） |     |     |     |     |     |     |     |    |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 萃取液             | 100 | 95  | 85  | 75  | 55  | 20  | 5   | 1  |
| 死亡率             | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 |
| 對照組：水           | 100 | 95  | 85  | 75  | 55  | 20  | 5   | 1  |
| 死亡率             | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  |

圖十六、萃取液與水對於埃及斑蚊致死率之表格

圖片來源：實驗者製作



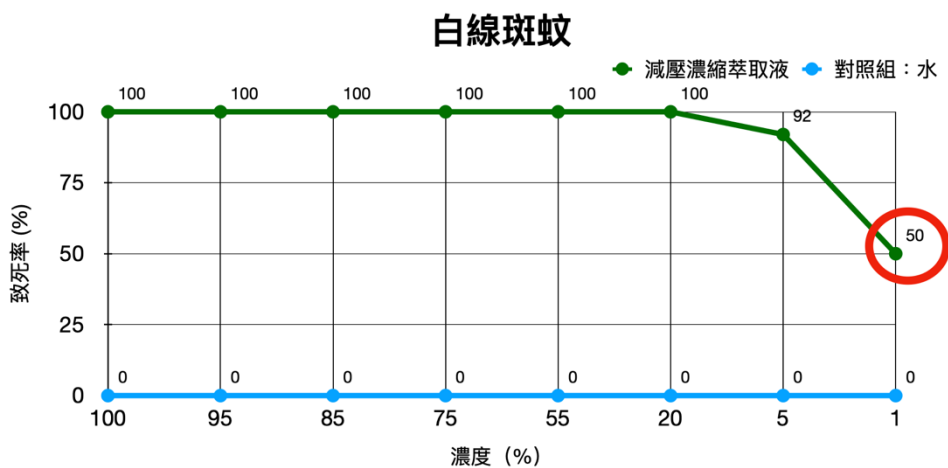
圖十七、萃取液與水對於埃及斑蚊致死率之折線圖，紅圈處為致死率達 LD<sub>50</sub>。

圖片來源：實驗者製作（根據圖十六）

| 白線斑蚊死亡率測試（單位：%） |     |     |     |     |     |     |    |    |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| 萃取液             | 100 | 95  | 85  | 75  | 55  | 20  | 5  | 1  |
| 死亡率             | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 92 | 50 |
| 對照組：水           | 100 | 95  | 85  | 75  | 55  | 20  | 5  | 1  |
| 死亡率             | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0  | 0  |

圖十八、萃取液與水對於白線斑蚊致死率之表格

圖片來源：實驗者製作



圖十九、萃取液與水對於白線斑蚊致死率之折線圖，紅圈處為致死率達 LD<sub>50</sub>。

圖片來源：實驗者製作（根據圖十八）

## 五、實驗五：手背叮咬測試

### (一) 埃及斑蚊（如圖二十、二十一）

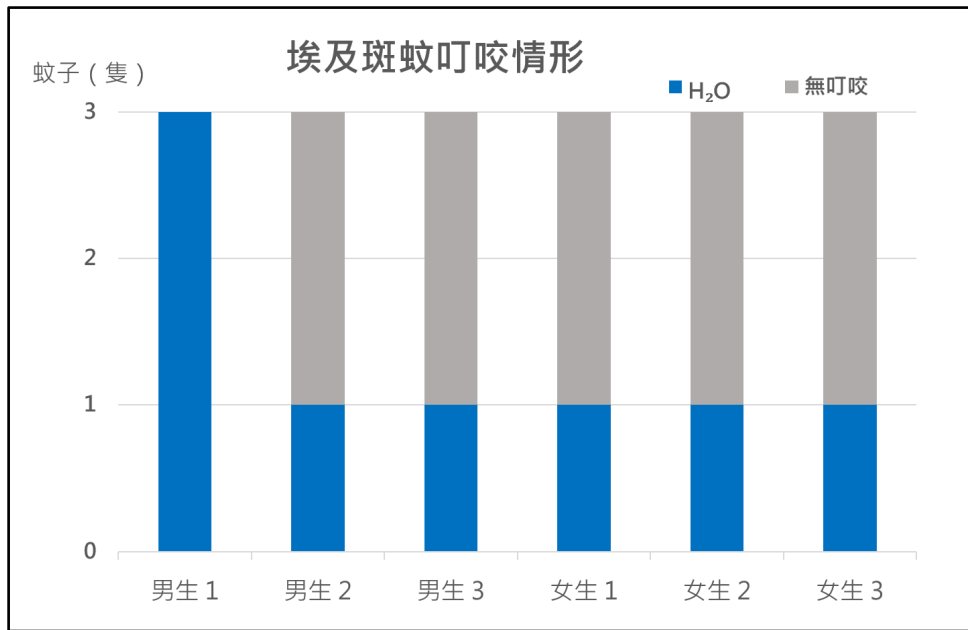
1. 男性：第一次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 3 隻蚊子叮咬；第二次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第三次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬。
2. 女性：第一次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第二次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第三次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬。



圖二十、埃及斑蚊手背叮咬情形，紅點處為叮咬處（叮咬面皆為手背）

圖片來源：實驗者製作



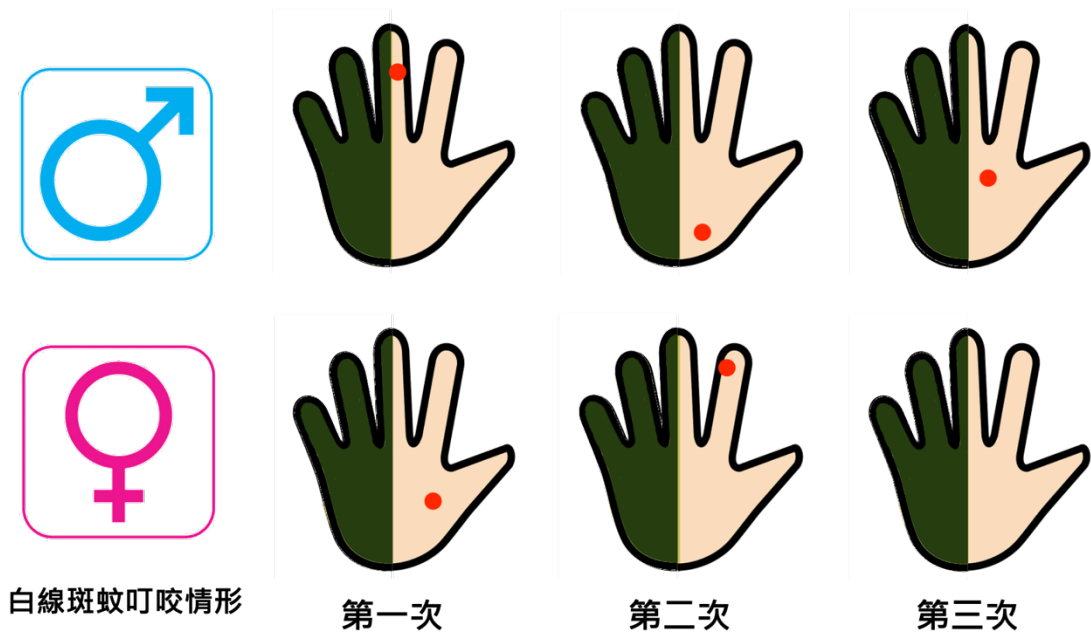


圖二十一、埃及斑蚊叮咬情形之長條圖

圖片來源：實驗者製作（根據圖二十）

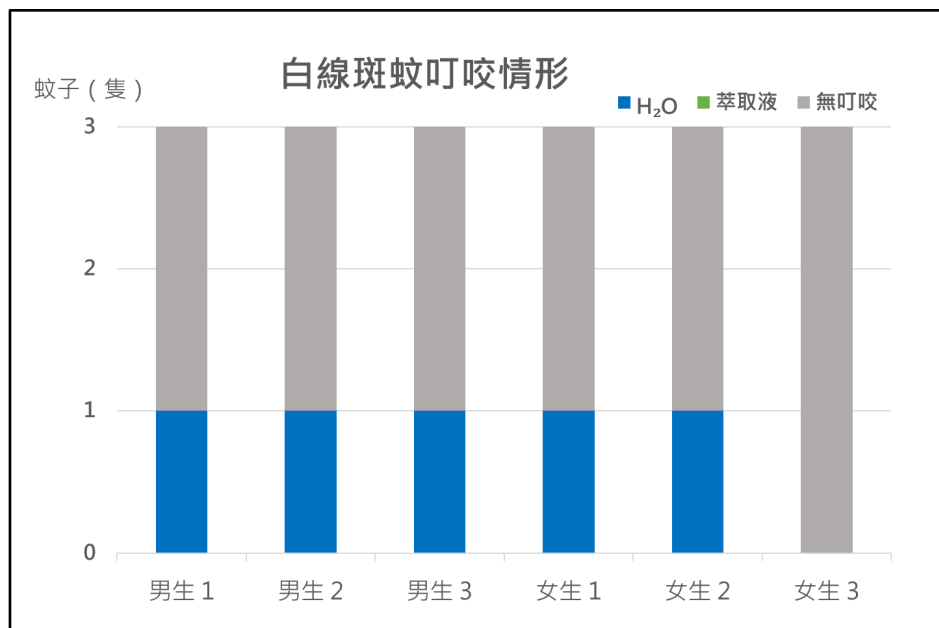
(二) 白線斑蚊（如圖二十二、二十三）

1. 男性：第一次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第二次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第三次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬。
2. 女性：第一次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第二次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 1 隻蚊子叮咬；第三次測試——塗有萃取液處有 0 隻蚊子叮咬、塗有水處有 0 隻蚊子叮咬。



圖二十二、白線斑蚊手背叮咬情形，紅點處為叮咬處（叮咬面皆為手背）。

圖片來源：實驗者製作



圖二十三、白線斑蚊叮咬情形之長條圖

圖片來源：實驗者製作（根據圖二十二）

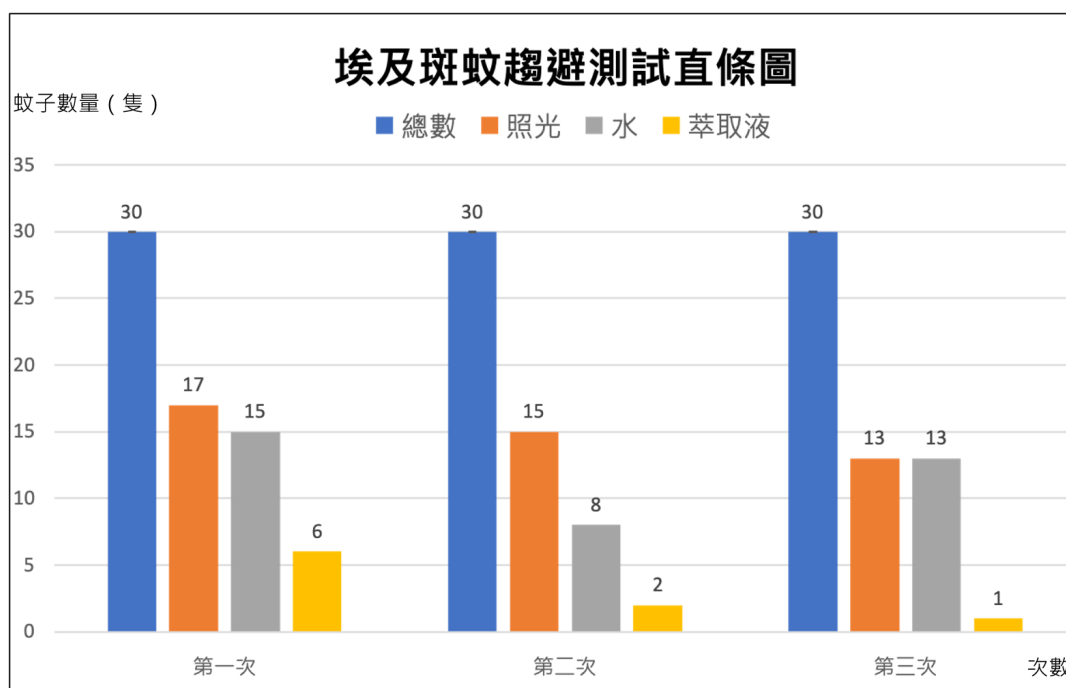
## 六、實驗六：趨避實驗

(一) 埃及斑蚊：第一次測試——步驟一停留數量為 17 隻，步驟二停留數量為 15 隻，步驟三停留數量為 6 隻；第二次測試——步驟一停留數量為 15 隻，步驟二停留數量為 8 隻，步驟三停留數量為 2 隻；第三次測試——步驟一停留數量為 13 隻，步驟二停留數量為 13 隻，步驟三停留數量為 1 隻。☆停留數量為蚊子停留於趨避箱上方之圓柱狀塑膠管中。(如圖二十四、二十五、二十六)

| (單位：隻) | 總數 | 照光 | 水  | 萃取液 |
|--------|----|----|----|-----|
| 第一次    | 30 | 17 | 15 | 6   |
| 第二次    | 30 | 15 | 8  | 2   |
| 第三次    | 30 | 13 | 13 | 1   |

圖二十四、埃及斑蚊趨避實驗數據之表格(總數為整個趨避箱內之蚊子個數)

圖片來源：實驗者製作



圖二十五、埃及斑蚊趨避實驗之長條圖

圖片來源：實驗者製作(根據圖二十四)

| 埃及斑蚊趨避實驗       | 第一次           | 第二次  | 第三次  |
|----------------|---------------|------|------|
| 總數<br>(趨避箱)    | 30隻           |      |      |
| 照光<br>(圓柱管)    | 17隻           | 15隻  | 13隻  |
| 照光 / 總數        | 0.57          | 0.50 | 0.43 |
| 塗抹水<br>(圓柱管)   | 15隻           | 8隻   | 13隻  |
| 塗抹水 / 照光       | 0.88          | 0.53 | 1.00 |
| 塗抹萃取液<br>(圓柱管) | 6隻            | 2隻   | 1隻   |
| 塗抹萃取液 / 照光     | 0.35          | 0.13 | 0.08 |
| p value        | <b>0.0592</b> |      |      |

圖二十六、藉由統計數據分析 p value 大於 0.05，得知萃取液相對水較不具顯著性驅離埃及斑蚊

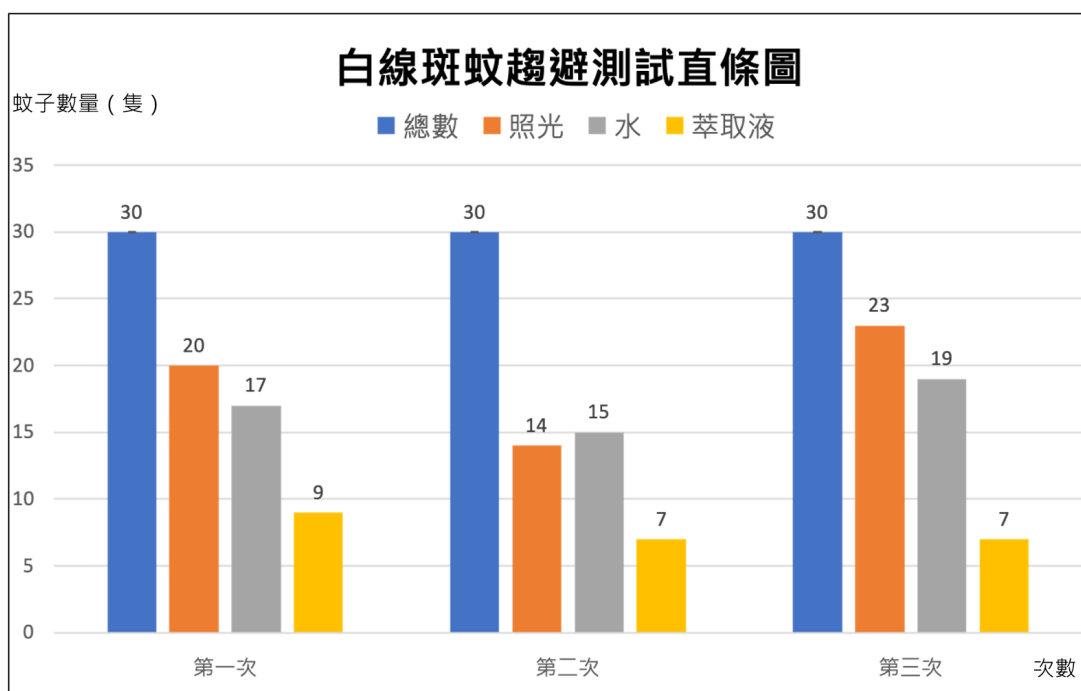
圖片來源：實驗者製作

- (二) 白線斑蚊：第一次測試——步驟一停留數量為 20 隻，步驟二停留數量為 17 隻，步驟三停留數量為 9 隻；第二次測試——步驟一停留數量為 14 隻，步驟二停留數量為 15 隻，步驟三停留數量為 7 隻；第三次測試——步驟一停留數量為 23 隻，步驟二停留數量為 19 隻，步驟三停留數量為 7 隻。☆停留數量為蚊子停留於趨避箱上方之圓柱撞塑膠管中。  
(如圖二十七、二十八、二十九)

| (單位：隻) | 總數 | 照光 | 水  | 萃取液 |
|--------|----|----|----|-----|
| 第一次    | 30 | 20 | 17 | 9   |
| 第二次    | 30 | 14 | 15 | 7   |
| 第三次    | 30 | 23 | 19 | 7   |

圖二十七、白線斑蚊趨避實驗數據之表格 (總數為整個趨避箱內之蚊子個數)

圖片來源：實驗者製作



圖二十八、白線斑蚊趨避實驗之長條圖

圖片來源：實驗者拍攝與製作（根據圖二十七）

| 白線斑蚊趨避實驗       | 第一次                  | 第二次  | 第三次  |
|----------------|----------------------|------|------|
| 總數<br>(趨避箱)    | 30隻                  |      |      |
| 照光<br>(圓柱管)    | 20隻                  | 14隻  | 23隻  |
| 照光 / 總數        | 0.67                 | 0.47 | 0.77 |
| 塗抹水<br>(圓柱管)   | 17隻                  | 15隻  | 19隻  |
| 塗抹水 / 照光       | 0.85                 | 1.07 | 0.83 |
| 塗抹萃取液<br>(圓柱管) | 9隻                   | 7隻   | 7隻   |
| 塗抹萃取液 / 照光     | 0.45                 | 0.50 | 0.30 |
| <b>p value</b> | <b><u>0.0103</u></b> |      |      |

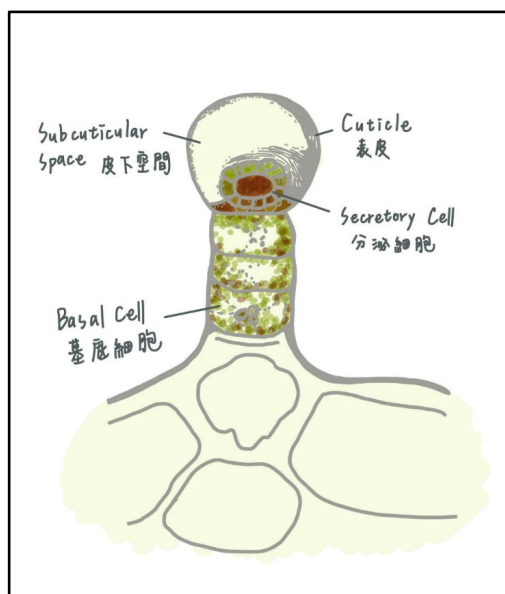
圖二十九、藉由統計數據分析 p value 小於 0.05，得知萃取液相對水有顯著性的驅離白線斑蚊

圖片來源：實驗者製作

## 陸、討論

### 一、實驗一：天竺葵芳香腺體檢測

芳香腺體（頂泡式腺體）之構造如圖三十。經過天竺葵的表面進行顯微拍攝，結果該芳香腺體不僅存在於葉片上、下表皮也存在於莖、葉脈，因此可說頂泡式腺體遍布於整株植物（根除外）。當我們在天竺葵周圍用手搨時，可嗅到淡淡的天竺葵氣味，再者，當我們用手觸摸或是揉捏天竺葵莖、葉表面再聞自己手掌，可發現其香味較原植株更加濃烈，因此天竺葵在大自然中一般情況下並不能使周圍充滿其氣味，需要加以純化才能使氣味更明顯。另外，我們認為其散發香味的途徑為下列三種：從植物表面自然揮發——平時無物理碰觸，導致只有少量的芳香氣味向外擴散，所以周圍氣味並不濃烈；風協助擴散——自然中風吹拂加速氣味擴散，因此其周圍的氣味較明顯；透過人為揉捏——當我們用手揉捏天竺葵葉片時，手將充滿天竺葵之氣味，且用筆尖敲擊天竺葵切片上方的蓋玻片後，發現在顯微拍攝下，其頂泡式腺體有塌陷之情形，因此，我們推測揉捏葉片、莖將導致大量頂泡式腺體塌陷，其芳香液體與氣味分子將殘留於手部及葉片表面。



圖三十、頂泡式腺體之構造

圖片來源：實驗者繪製

### 二、實驗二：天竺葵萃取液萃取

天竺葵研磨萃取液易變質和發霉，造成其品質無法維持穩定的狀況。其變質原因推測如下：顏色改變——雖然我們將研磨萃取液存放於 Sample 瓶中且置於陰涼處，但瓶中仍有氧氣能使之進行氧化還原，因此隨著時間，瓶中物質持續改變，氣味也與新鮮

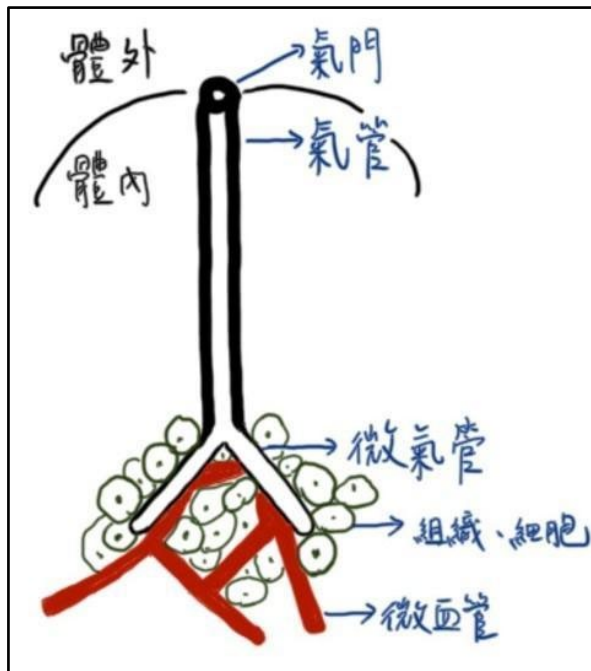
萃取液有所差異；發霉——此萃取方式是直接將植物搗碎，萃取液中含有大量水分，所以容易發霉，反之，減壓濃縮萃取液有純化其香味及物質的功效，因此具有水分較低且品質穩定之特性。故減壓濃縮為較適合進行本研究的萃取方式。

### 三、實驗三：植食性動物測試

透過實驗我們發現蟋蟀與非洲大蝸牛都會將天竺葵莖與葉視為食物，而雙線蛞蝓無此現象，因此我們若將天竺葵種植於校園中要注意其周邊是否有植食性之動物。雙線蛞蝓不將其視為食物的推測原因為下列兩項：主食——雙線蛞蝓的主食為蘚苔類植物，而天竺葵葉片較大、較硬，另外雙線蛞蝓與蘚苔類生存的環境較潮濕，我們雖有在飼養箱內定時噴灑水份，但雙線蛞蝓可能依然無法啃食較乾燥的葉片；氣味——雙線蛞蝓可能對天竺葵氣味有排斥的現象，飼養箱與外在環境相比較密閉，導致天竺葵之氣味充斥著整個飼養箱，進而造成雙線蛞蝓不啃食天竺葵。

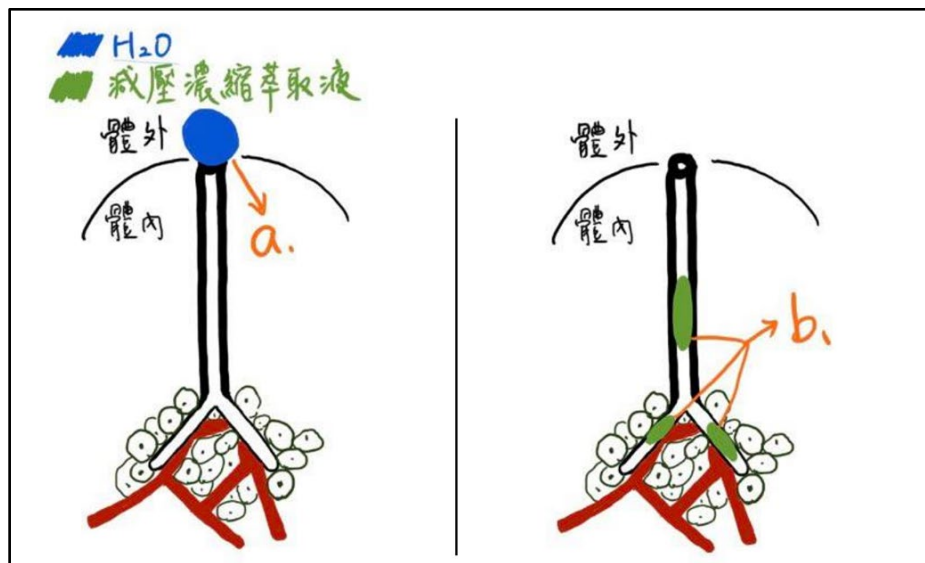
### 四、實驗四：致死率測試

天竺葵研磨萃取液的部分研究結果顯示無論果蠅、蒼蠅、埃及斑蚊、白線斑，蚊研磨萃取液皆能對其達到 100%致死率。推測致死原因為下列兩項：天竺葵的汁液能直接破壞其生理機能，抑或是，由於當天竺葵研磨萃取液至於空氣中 30~60 秒的時間，萃取液中的水分蒸發使其開始變得黏稠，最後在動物測試對象之軀體上形成一片薄膜，導致其氣孔堵塞，因而無法順利進行氣體擴散。此推論對蒼蠅較為可能，因為對蒼蠅噴灑萃取液後並非直接死亡，而是在經過一段時間後才漸漸失去活動力，最後死亡。天竺葵減壓濃縮萃取液：透過實驗我們推測蚊子、果蠅及蒼蠅被噴到天竺葵減壓濃縮萃取液致死的原因為下列三項：萃取液功效——經過減壓濃縮萃取的天竺葵萃取液可能含有能傷害昆蟲生理機能的物質，進而導致昆蟲死亡，達到殺蟲的效果；乙醇影響——我們的萃取液已使用超過酒精沸點的溫度加熱過，但仍然沒辦法確定萃取液沒有酒精殘存於其中。酒精是一種浸潤效果佳、高揮發性的物質，若噴灑於昆蟲表面可能在短時間內揮發成氣體並由氣門進入昆蟲氣管，在昆蟲體內循環。酒精屬於低毒物質，能危害神經、呼吸系統作用，使之麻痺甚至死亡；表面張力——水或低濃度溶液因為表面張力大，浸潤效果差，只要昆蟲即時擺脫就不會導致窒息。但我們使用的是 100%的天竺葵萃取液，濃度越高的溶液表面張力越小，可以直接由氣門進入昆蟲的氣管，阻斷氣體交換，讓昆蟲窒息死亡（如圖三十一、三十二、三十三）。



圖三十一、昆蟲進行氣體交換之相關構造

圖片來源：實驗者繪製

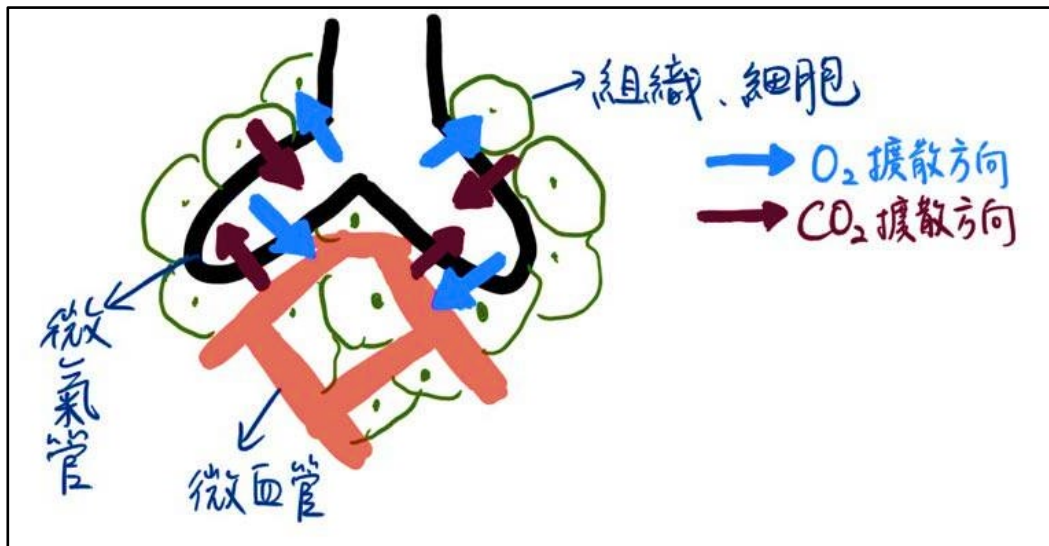


圖三十二、水與天竺葵減壓濃縮萃取液造成昆蟲之影響

a—由於水的表面張力較大，水無法通過氣門進入氣管與微氣管，因此若昆蟲即時脫離，則可存活；b—由於濃度較高的減壓濃縮萃取液表面張力小，因此萃取液可以通過氣門進入氣管，甚至有可能進入微氣管進而造成堵塞，使之窒息。

圖片來源：實驗者繪製





圖三十三、昆蟲進行氣體交換之情形

圖片來源：實驗者繪製

## 五、實驗五：手背叮咬測試

### (一) 性別的影響

由本實驗結果得知三隻蚊子中不管男性女性，叮咬手背的數量大約皆為一隻，無男性或女性的明顯差別。

### (二) 體質的差異

正常人體的血液酸鹼值約為 pH 7.35~7.45，偏鹼性，基本上體液除了唾液 (pH 6.5~7.5) 和十二指腸液 (pH 7.0~7.5) 外，其他部位如胃、大腸等的 pH 值都是偏酸性的。由此可知，身體酸鹼平衡為生理調節，在醫學上沒有所謂的酸性體質，蚊子喜歡叮咬酸性體質的人更是沒有根據的說法。然而，蚊子叮咬人的確有偏好的傾向，影響的因素包括體溫、呼吸二氧化碳、皮膚上的代謝產物如乳酸等。<sup>[18]</sup>

### (三) 萃取液氣味的效果

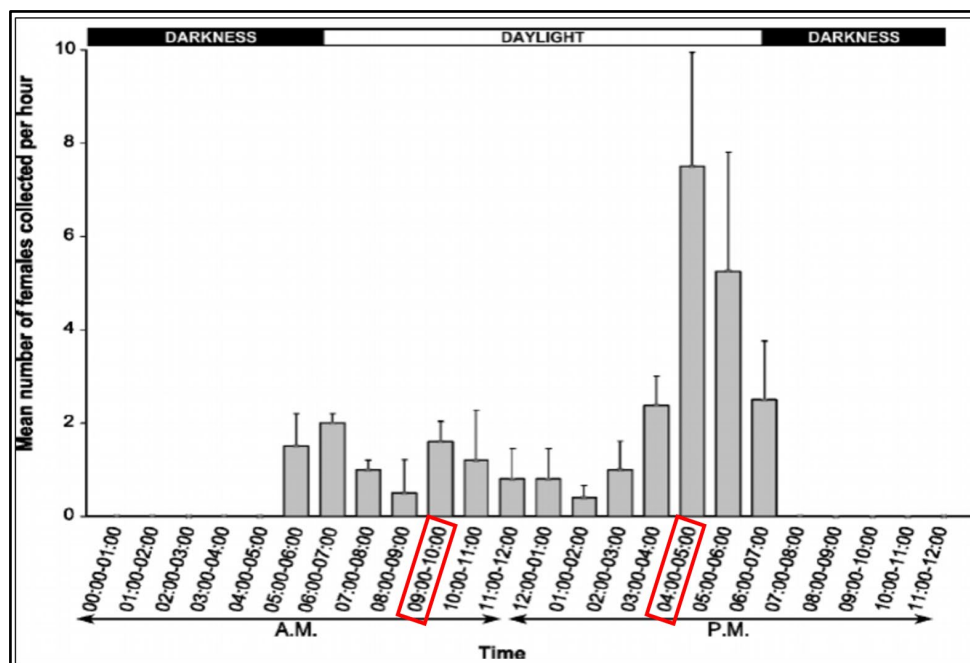
蚊子有可能感測到萃取液的氣味，並隨著時間擴散至空氣中。然而雌蚊在渴望吸血的情況下，仍然選擇氣味濃度較低的塗抹水的半邊，而非直接叮咬塗抹萃取液的半邊。由此我們推論萃取液的氣味對蚊子有相當的趨避作用。

### (四) 手的氣味對蚊子的吸引力

我們將手背分成兩半，一半塗上天竺葵的萃取液，另一半則塗上水，我們發現萃取液的趨避能力大於手的氣味，不管男性還是女性的三次測試中，30 秒內皆無蚊子叮咬塗抹萃取液的半邊。

## 六、實驗六：趨避實驗

實驗結果顯示天竺葵減壓濃縮萃取液對埃及斑蚊無顯著影響，相反地白線斑蚊則具有顯著效果。我們認為天竺葵減壓濃縮萃取液對於埃及斑蚊無法達到  $p$  value 小於 0.05 是第二次測試時人為造成之變因（推測為抽隔板時驚擾到蚊子）導致其誤差太大，雖然  $p$  value 不小於 0.05，但從其他兩次的趨避實驗結果還是能夠得知其對於埃及斑蚊有忌避效果。經過趨避實驗的測試，我們推測蚊子在本實驗可能受到下列因素影響：一，萃取液的擴散時間——塑膠管的長度可能影響擴散時間，進而影響到趨避實驗的結果。經過觀察，我們發現一開始在紗布滴上萃取液並至於塑膠管頂端時，蚊子整體往塑膠管後端移動，才慢慢開始飛進趨避箱中。我們推測塑膠管的長度（20cm）可能太長，因為接近 30 秒時仍有蚊子聚集在塑膠管的底部，所以萃取液的氣味尚未擴散至此。另外空氣流動一方面擾動蚊子使其飛行，一方面助於萃取液的氣味擴散，縮短擴散的時間。二，習性——埃及斑蚊及白線斑蚊雌蚊的活動時間為白天時段，其中高峰期為早上 9~10 點及傍晚 4~5 點（如圖三十四）。我們測趨避實驗的時間為傍晚四點左右，但測到第三次已經超過活動高峰期的傍晚五點。根據實驗結果，埃及斑蚊第一次到第三次測試光照後停留在塑膠管的數量分別為 17 隻、15 隻、13 隻逐漸減少可知，不隨光照從下方塑膠箱飛往塑膠管的埃及斑蚊增加，進而推知埃及斑蚊的活動力已逐漸下降。



圖三十四、埃及斑蚊與白線斑蚊活動時間

圖片來源：English Reference<sup>[4]</sup>

## 柒、結論

本研究以減壓濃縮的方式萃取出天竺葵植物溶液，發現其較容易保存，亦不會如研磨萃取液容易發霉及變質，因此若要使用天竺葵研發相關產品，建議使用減壓濃縮之方式萃取。另外從趨避實驗結果顯示，天竺葵萃取液對白線斑蚊具顯著性忌避效果，經實驗五更證實將萃取液塗抹於手背可避免蚊子叮咬，因此未來可以建議種植天竺葵，將其萃取液應用在防蚊的商品，用天然的方式防治蚊蟲。

## 捌、參考文獻資料及其他

### 【中文】

1. 朱禹任。中華民國第 57 屆全國中小學科展高中組 環境學科：臺灣常見菊科植物的應用
2. 天竺葵屬的相關資料 <https://zh.wikipedia.org/wiki/天竺葵屬>
3. 非洲大蝸牛的相關資料 <https://zh.wikipedia.org/wiki/非洲大蝸牛>
4. 雙線蛞蝓的相關資料 <https://blog.xuite.net/jenlih/wretch/105458210>
5. 雙線蛞蝓的相關資料 <http://gaga.biodiv.tw/9708bx/075.htm>
6. 蟋蟀的相關資料 <https://www.itsfun.com.tw/蟋蟀/wiki-7087755-4632435>
7. 植食性動物測試之使用物種圖 <https://den531.pixnet.net/blog/post/5144065>
8. 植食性動物測試之使用物種圖 [https://www.inaturalist.org/guide\\_taxa/1289948](https://www.inaturalist.org/guide_taxa/1289948)
9. 植食性動物測試之使用物種圖 <https://anntw.com/articles/20140605-ML7K>
10. 蒼蠅的相關資料 <https://www.juncheng.com.tw/pests/index2.php?id=1>
11. 果蠅的相關資料 <https://blog.xuite.net/fr049226/blog/34255232>
12. 蒼蠅之使用物種圖 <http://blog.udn.com/fyjen/2966529>
13. 果蠅之使用物種圖 [https://m.sohu.com/n/451739743/?\\_addHistory\\_=1](https://m.sohu.com/n/451739743/?_addHistory_=1)
14. 環保之家-雙線蛞蝓 <https://www.inadays.com/blogs/創辦人的信/15013>
15. 環保之家-常見的五種蚊類 <https://www.inadays.com/blogs/創辦人的信/15013>
16. 蚊子之使用物種圖 <http://mail.lsp.s.tp.edu.tw/lsp22/hygiensesxtion/dengue/>
17. 毒物之 LD<sub>50</sub> 定義 <https://zh.wikipedia.org/wiki/毒物>
18. 蚊子的吸引性資料 <https://www.thenewslens.com/article/26488>

【English】

1. Zakaria Hazzoumi, Youssef Moustakime and Khalid Amrani Joutei (June 24th 2019). Essential Oil and Glandular Hairs: Diversity and Roles, Essential Oils - Oils of Nature, Hany A. El-Shemy, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.86571.
2. Ilkay Öztrk Cali, Arzu Cansaran and Cengiz Yildirim (2014). Trichome Morphology of *Ajuga orientalis* L. (Lamiaceae) from Turkey, Bangladesh J. Bot. 43(1):91-95.
3. Manh, Ho D.; Tuyet, Ong T.(2020) "Larvicidal and Repellent Activity of *Mentha arvensis*L. Essential Oil against *Aedes aegypti*" *Insects* 11, no. 3: 198. <https://doi.org/10.3390/insects11030198>
4. Basile Kamgang, Elysée Nchoutpouen, Frédéric Simard and Christophe Paupy (2012). Parasites & Vectors, 5-57.

## 【評語】 052107

1. 實驗目的有趣且實用。
2. 實驗過程簡易，蚊子叮咬試驗蟲數宜提高，才有統計意義。
3. 使用的埃及斑蚊或是白線斑蚊如果帶有登革熱，則有致病的危險，涉人體實驗應小心執行。
4. 淬取液主要成分如果可以做進一步分析，或可發展成為防蚊天然藥方，也可讓作品提高創新度。
5. 實驗日誌應確切紀錄實驗操作日期。

## 作品簡報



# 蚊蟲「竺」客令？

---



# 研究動機及物種介紹

我們想要用天然且對環境不會造成危害的方式驅離蚊蟲，經過搜尋資料，發現別名為防蚊草的**香葉天竺葵**，希望藉此研究驗證其萃取液是否能有效驅離台灣常見的蚊子（**埃及斑蚊**、**白線斑蚊**）。



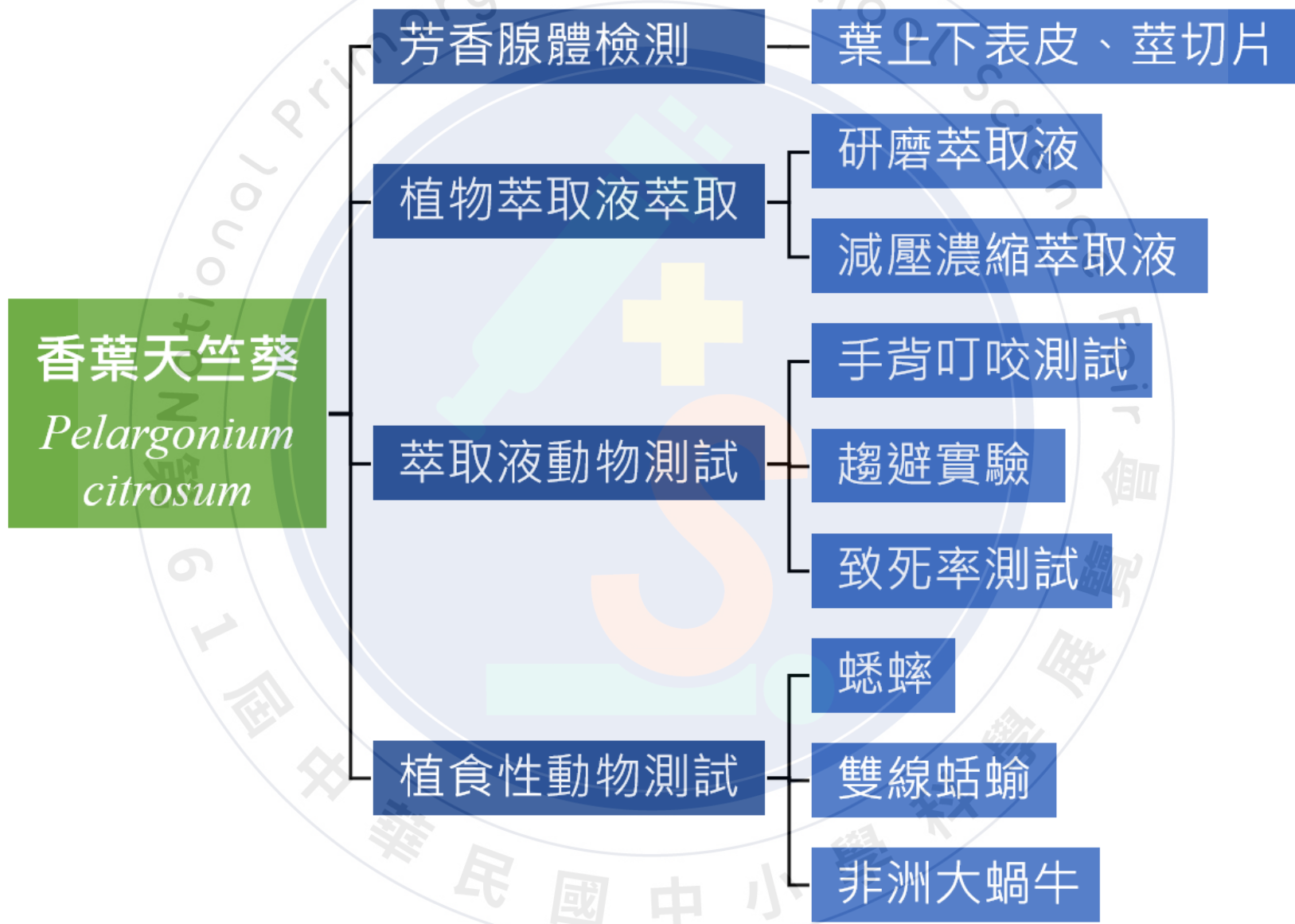
▲ 香葉天竺葵 *Pelargonium citrosum*

▲ 埃及斑蚊 *Aedes aegypti*

▲ 白線斑蚊 *Aedes albopictus*



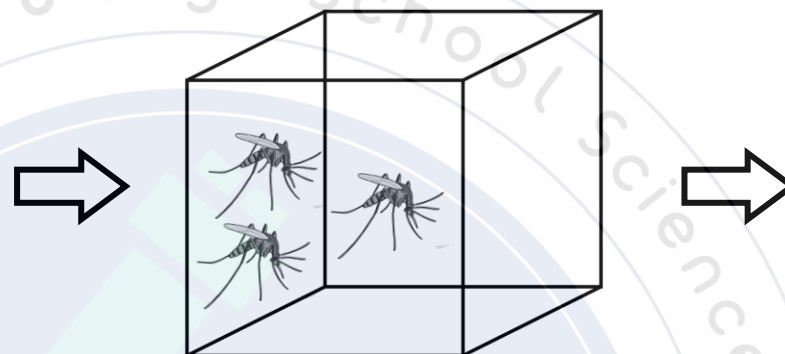
# 研究架構



# 研究方法

## 手背叮咬測試

①將減壓濃縮萃取液塗抹於左手背左半部；水塗抹於右半部

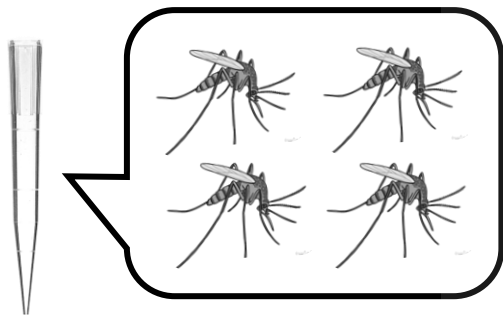


②將手放入一含**3隻雌蚊**的塑膠箱

實驗者：  
男生、女生各一人  
每位實驗者重複  
步驟①~②三次

**紀錄30秒內蚊子的叮咬情形**

## 致死率測試



①置**4隻同種蚊子**於tip中

減壓萃取液濃度：

100% → 95% → 85% → 75% → 55% → 20% → 5% → 1%



②朝蚊子按壓噴頭3次



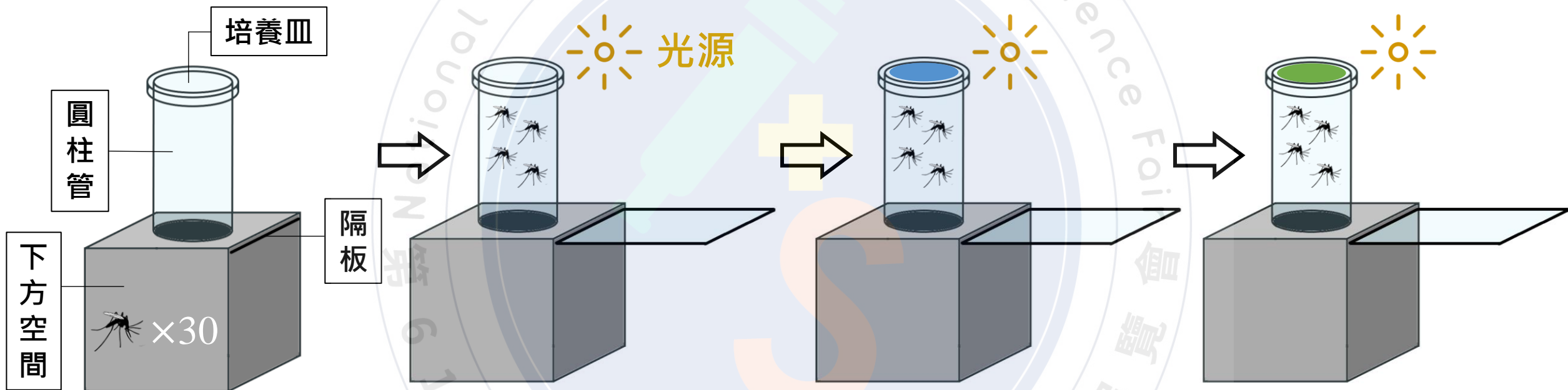
③30秒後觀測是否有生命現象

將萃取液濃度降低並重複步驟①~③直到達到半數(2隻)蚊子無生命現象

**紀錄達到LD50的濃度**

# 研究方法

## 趨避實驗



① 置**30隻同種蚊子**  
(埃及斑蚊/白線斑蚊)  
於下方空間中

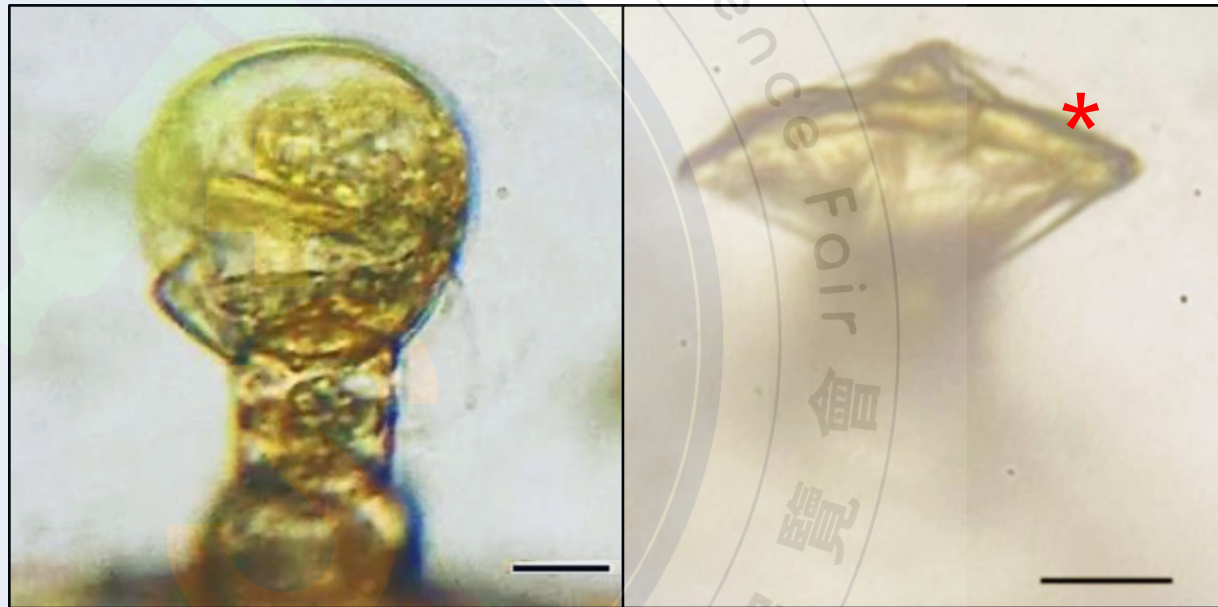
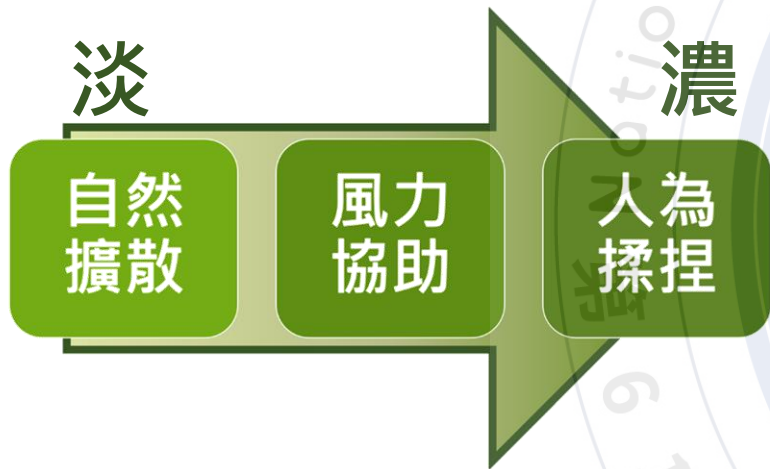
② 於趨避箱上方照光，抽  
開隔板並擾動蚊子，計  
時30秒關上隔板，**記錄**  
停留於圓柱管蚊子數量

③ 培養皿塗抹**水**，抽開隔  
板並擾動蚊子，計時30  
秒關上隔板，**記錄**停留  
於圓柱管蚊子數量

④ 培養皿塗抹**萃取液**，抽  
開隔板並擾動蚊子，計  
時30秒關上隔板，**記錄**  
停留於圓柱管蚊子數量

# 實驗結果：天竺葵芳香腺體檢測

頂泡式腺體經物理碰觸會塌陷，散發天竺葵獨特氣味。



- ▲ 香味傳播方式強度排列：  
人為揉捏 > 風力協助 > 自然擴散  
(差異在於頂泡式腺體塌陷多寡)

- ▲ 頂泡式腺體(左)：一般情形；  
頂泡式腺體(右)：經筆尖敲擊蓋撥片後膜狀構造塌陷。  
\*：膜狀構造塌陷處 scale bar = 10 $\mu$ m

# 實驗結果：天竺葵萃取液測試



## ◀ 減壓濃縮萃取液

- 深咖啡色
- 氣味可以維持較長的時間
- 品質穩定



## ◀ 研磨萃取液

- 淺綠色
- 氣味及顏色易隨時間改變
- 容易發霉

# 實驗結果：手背叮咬測試

無論男、女，塗有減壓濃縮萃取液的部分皆無蚊子叮咬，因此性別對其防蚊效果無特別的影響。

結果顯示：塗抹減壓濃縮萃取液可防蚊。



▲ 埃及斑蚊叮咬情形：塗抹水處共8次，塗有萃取液處則無(紅點為叮咬處)

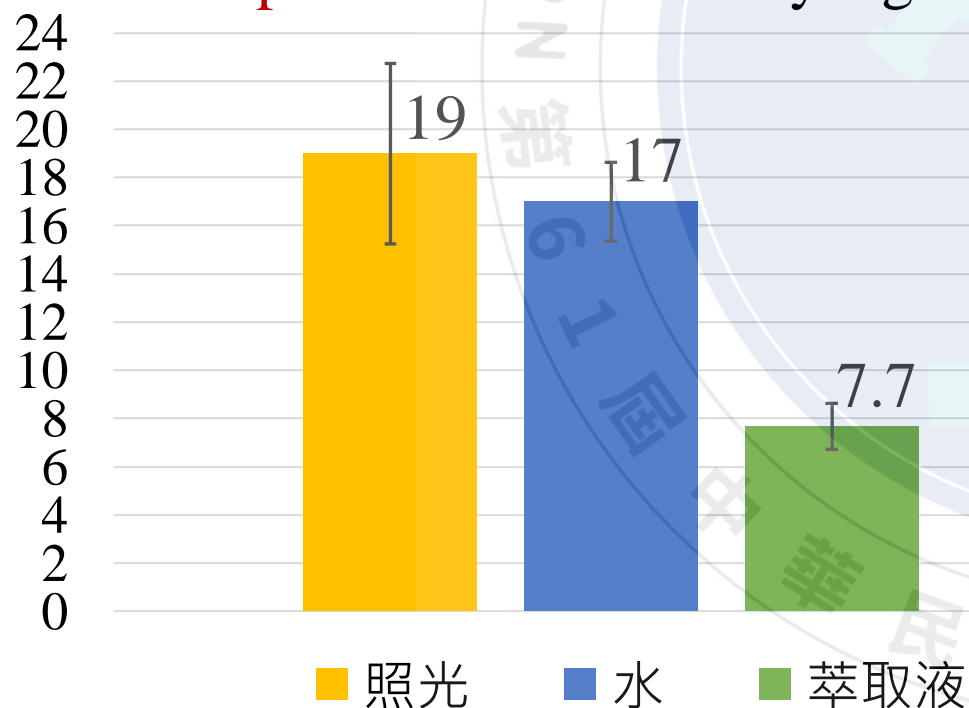
▲ 白線斑蚊叮咬情形：塗抹水處共5次，塗有萃取液處則無(紅點為叮咬處)

# 實驗結果：趨避實驗

透過統計圖表我們發現減壓濃縮萃取液對**埃及斑蚊**、**白線斑蚊**都具顯著性，兩者若**合併計算**  $p\text{-value} \approx 0.0001$ 。

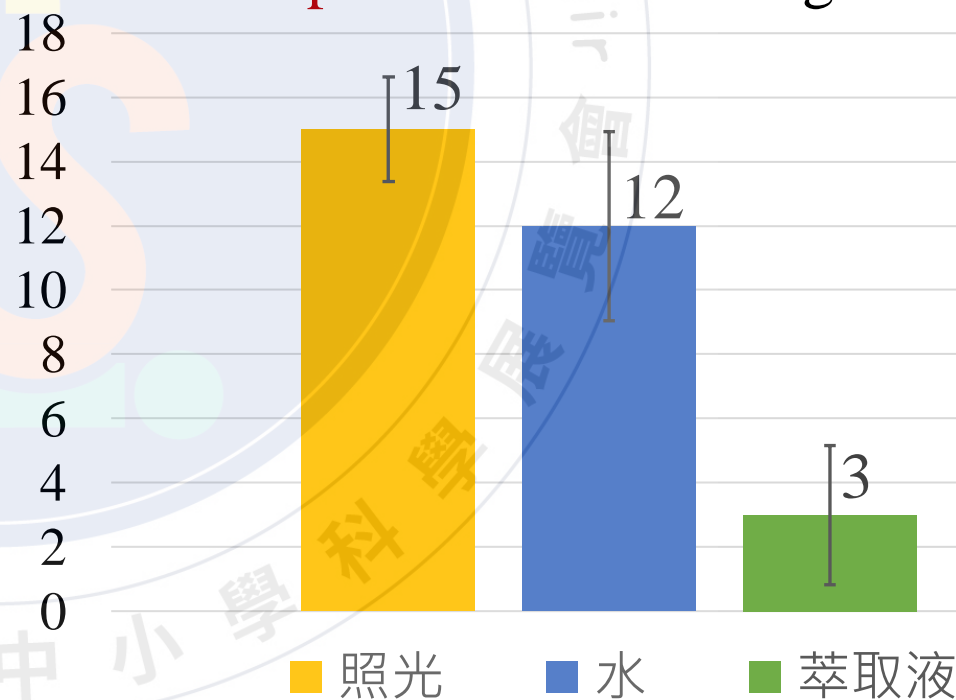
## 白線斑蚊驅避實驗長條圖

▲ **\*\*p-value = 0.0099** very significant



## 埃及斑蚊驅避實驗長條圖

▲ **\*p-value = 0.0175** significant



# 實驗結果：致死率測試

## • 研磨萃取液：

果蠅、蒼蠅、蚊子遭噴灑後皆死亡。

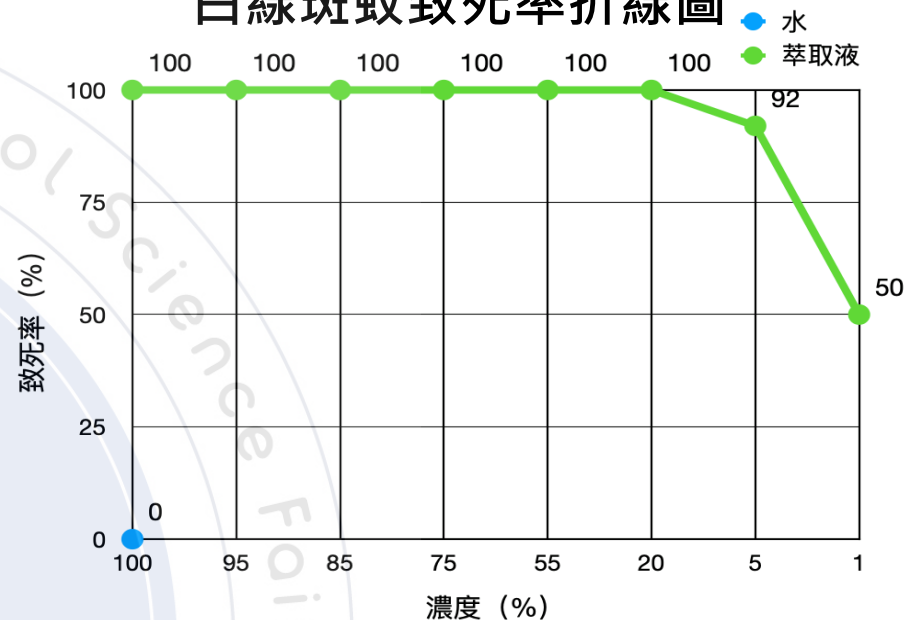
## • 減壓濃縮萃取液(LD50)：

埃及斑蚊、白線斑蚊遭100%濃縮萃取液皆於30秒內死亡。萃取液濃度為1%時對埃及斑蚊、白線斑蚊達LD50。

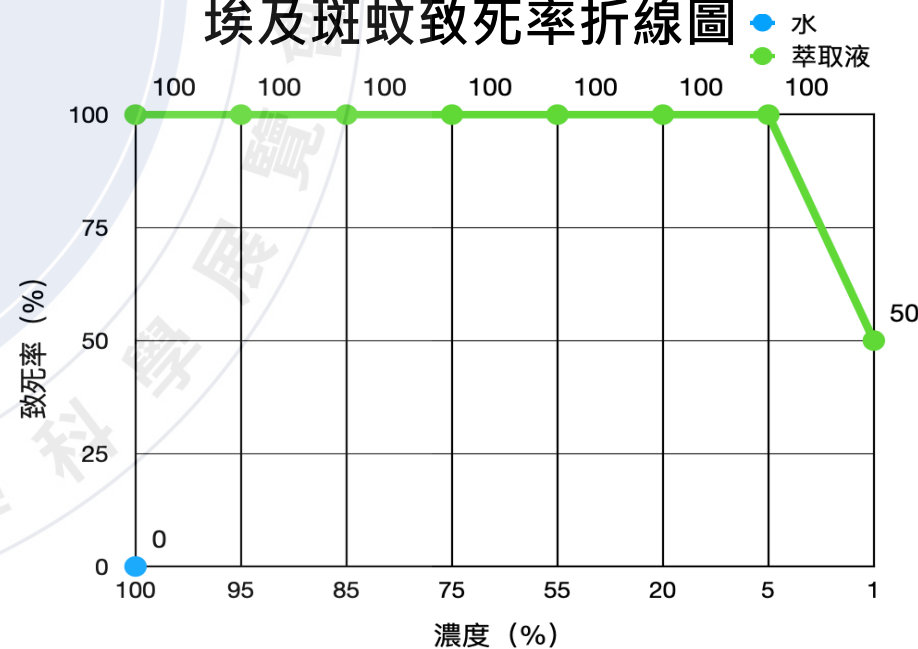
# 實驗結果：植食性動物測試

非洲大蝸牛及蟋蟀會啃食天竺葵的莖與葉；雙線蛞蝓則否(原因：非其主食、葉片乾燥)。

### 白線斑蚊致死率折線圖



### 埃及斑蚊致死率折線圖





# 結論與未來展望

1. 本研究以減壓濃縮的方式萃取出天竺葵植物溶液，發現其較容易保存，不會如研磨萃取液容易發霉及變質，因此若要使用天竺葵研發相關產品，**建議使用減壓濃縮之方式萃取**。
2. 從趨避實驗結果顯示，天竺葵萃取液對白線斑蚊及埃及斑蚊**具顯著性忌避效果**，經手背叮咬測試更證實塗抹萃取液**可避免蚊子叮咬**，因此未來可以建議種植天竺葵，將其萃取液應用在防蚊的商品，用天然的方式防治蚊蟲。

# 趨避實驗原始數據

| 原始數據 |          |    |    |        |          | 數據處理        |                 |                   |         |         | 結果 (p-value) |        |
|------|----------|----|----|--------|----------|-------------|-----------------|-------------------|---------|---------|--------------|--------|
| 物種   | test no. | 總數 | 照光 | 照光 + 水 | 照光 + 萃取液 | 照光 / 總數 (L) | 照光 + 水 / 總數 (W) | 照光 + 萃取液 / 總數 (E) | W-L     | E-L     | 單尾           | 雙尾     |
| 埃及斑蚊 | 1        | 30 | 17 | 15     | 6        | 0.5667      | 0.5             | 0.2               | -0.0667 | -0.3667 | 0.0175       | 0.0351 |
|      | 2        | 30 | 15 | 8      | 2        | 0.5000      | 0.2667          | 0.0667            | -0.2333 | -0.4333 |              |        |
|      | 3        | 30 | 13 | 13     | 1        | 0.4333      | 0.4333          | 0.0333            | 0       | -0.4    |              |        |
| 白線斑蚊 | 1        | 30 | 20 | 17     | 9        | 0.6667      | 0.5667          | 0.3               | -0.1    | -0.3667 | 0.0099       | 0.0198 |
|      | 2        | 30 | 14 | 15     | 7        | 0.4667      | 0.5             | 0.2333            | 0.0333  | -0.2334 |              |        |
|      | 3        | 30 | 23 | 19     | 7        | 0.7667      | 0.6333          | 0.2333            | -0.1334 | -0.5334 |              |        |
| 合併   |          |    |    |        |          |             |                 |                   |         |         | 0.0001       | 0.0002 |

1. 由雙尾檢定改為單尾檢定

2. 由(照光+水)/照光、(照光+萃取液)/照光改為

[ (照光+水)/總數 - 照光/總數 ]、[ (照光+萃取液)/總數 - 照光/總數 ]