

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 生物科

080311

當子子遇到手香-最低致死濃度推定與應用

學校名稱：新北市土城區安和國民小學

作者： 小六 呂少稔 小六 劉孟欣 小五 朱安碩 小四 陳新亞	指導老師： 楊仁理 黃劍華
---	---------------------

關鍵詞：子子、到手香、半致死濃度

## 摘要

我們透過文獻探討，了解到手香的種類、成份、功效以及孑孓的構造與特性，研磨到手香葉片，進行對孑孓的生理效應、汁液的化學活性以及校園實地應用。研究發現：不同濃度到手香溶液會影響孑孓的活動能力、心跳速度及趨性行為。溶液濃度越高，孑孓的活動能力越弱，甚至會迅速死亡；孑孓的心跳速度會隨濃度的提高而加快；孑孓會向濃度較高的地方移動。在致死濃度方面，到手香溶液 24 小時的半致死濃度約為 0.363 倍；48 小時的半致死濃度約為 0.137 倍，濃度越高孑孓死亡時間越短。透過在校園實地的應用，歸納出到手香具有容易栽植/大量取得的特性，利用濃度 0.4 倍以上的到手香溶液對校園周圍進行噴灑，既能杜絕病媒蚊幼蟲孳生來源又能達到綠化、美化環境的效果。

## 壹、研究動機

臺灣是一個溫暖多雨的地區，病媒蚊容易孳生，蚊子不僅是許多疾病傳播的來源，更為人們生活來許多不便，就曾經有一位生物學家說過：要讓一個人發狂，只要在他的蚊帳裡放一隻蚊子就可以了。

也因為蚊子所帶來的困擾，人們一直在尋求防治蚊子的方法，學校當然也不例外，除了要求我們每天徹底打掃環境，清除各種容器中的積水；老師也說學校有和清潔公司簽訂合約，每個月定期進行消毒工作。但因學校附近設有養豬場，且地方排水溝就在圍牆邊，所以就算我們再怎麼努力，但還是常常被蚊子叮咬，有時還要到健康中心擦止癢藥。

有一天上學時一進教室，就發現講台上擺了許多盆栽，老師笑著說：我們進行驅蚊大作戰。原來著些盆栽就是常聽到的驅蚊植物-到手香，老師就指導我們將盆栽擺放在前後走廊的花圃裡，結果蚊子真的少了很多，被叮的人也變少了。

後來，將此一發現分享給科學社的老師和同學，當時大家就覺得可以針對到手香的驅蚊效果進行研究，結果發現相關研究早已經有人做過了，市面上也有一些含有到手香成分的藥膏，就當大家要放棄時，老師提醒大家，為什麼要等到變成蚊子才來驅除他，如果可以在孑孓時就把它消滅，不是更好嗎？

所以，我們就在老師的指導下，首先透過文獻探討，了解孑孓與到手香的特性；接著針對孑孓「遇到」到手香汁液時所產生的行為、型態、心跳、趨避以及

死亡的現象；後續對手香的化學活性進行檢測以及活性對子子的效應；最後進行實地探究，以驗證到手香汁液對校園中積水處滋生子子的撲殺毒性效應，提供未來進行病媒蚊防治既經濟實用又環保的素材。

## 貳、研究目的

- 一、認識到手香以及子子的特性。
- 二、研究到手香對子子的影響。
  - (一) 到手香對子子行為的影響。
  - (二) 到手香對子子形態的觀察。
  - (三) 到手香對子子心跳的影響。
  - (四) 到手香對子子趨性的影響。
- 三、推定到手香對子子的致死濃度。
- 四、探討到手香的化學活性以及對子子的毒性效應。
- 五、到手香對子子毒性效應在校園的實地應用。
- 六、綜合研究結果提出防治病媒蚊的最佳方法。

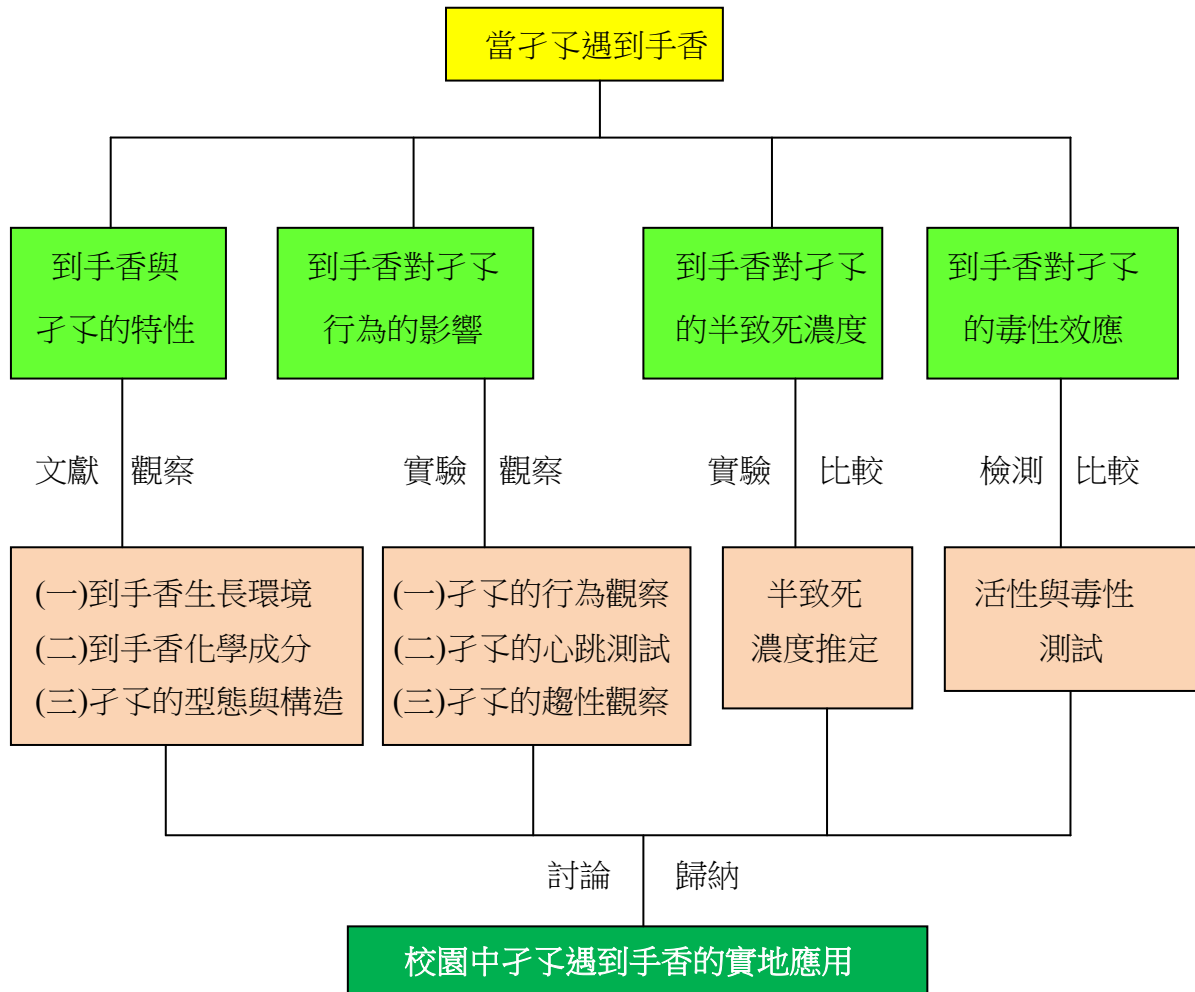
## 參、研究設備及器材

本次研究使用的器材如下：

燒杯、量筒、試管、研鉢、濾紙、滴管、漏斗、試管、電子秤、水族箱、電子碼錶、顯微鏡、趨向實驗盤、黃金葛小盆栽、錫箔紙、蓄水盆。

# 肆、研究架構與方法

## 一、研究架構



## 二、研究方法

### (一) 到手香與子子的特性

#### 1.文獻探討分析：







- (1)透過文獻資料的蒐集與分析，了解到手香的品種、生長環境、汁液的成分與生活上的應用。
- (2)透過文獻資料的蒐集與分析，了解子子的型態、構造、成長過程與生活環境。

#### 2.透過顯微鏡實際觀察子子的構造與生理狀況。

### (二) 到手香對子子的影響

#### 1.到手香溶液濃度對子子行為的影響

- (1) 研磨大葉到手香的葉片，再透過濾紙過濾的方式取得澄清的到手香原液(如圖 4-2-2-1-1)。
- (2) 到手香原液在實驗過程中當成是濃度 1 倍，到手香原液中加入純水稀釋，分別調製濃度 0.5 倍、0.25 倍、0.125 倍、0.0625 倍、0.03125 倍之到手香測試溶液(如圖 4-2-2-1-2，圖 4-2-2-1-3)。
- 到手香溶液濃度的調製方式如下：
- 0.5 倍：10 cc 到手香原液 + 10 cc 純水。
- 0.25 倍：10 cc 濃度 0.5 倍到手香溶液 + 10 cc 純水。
- 0.125 倍：10 cc 濃度 0.25 倍到手香溶液 + 10 cc 純水。
- 0.0625 倍：10 cc 濃度 0.125 倍到手香溶液 + 10 cc 純水。
- 0.03125 倍：10 cc 濃度 0.0625 倍到手香溶液 + 10 cc 純水。
- (3) 分別吸純水、到手香原液以及取上述調配好之到手香溶液各 10 cc，放置於玻璃試管中靜置 30 分鐘 (如圖 4-2-2-1-4)。
- (4) 事先撈取學校附近竹林水窪處孳生的孑孓(體長：2~3mm，約二至三齡幼蟲)，畜養放在標本箱清水中，水溫保持 23~25°C 度。
- (5) 如步驟(3)之試管中，分別於放入孑孓蟲體後 1、24、48、72、96 小時，觀察並記錄孑孓的沉降行為狀況(如圖 4-2-2-1-5)。
- (6) 按照環保署(2003)生物急毒性檢測方法－水蚤靜水式法，每個濃度組進行二次急性毒性實驗。

		
<p>圖 4-2-2-1-1 研磨到手香葉片</p>	<p>圖 4-2-2-1-2 萃取到手香原液</p>	<p>圖 4-2-2-1-3 配製不同濃度之到手香溶液</p>
		
<p>圖 4-2-2-1-4 不同濃度之試管</p>	<p>圖 4-2-2-1-5 放入孑孓蟲體</p>	<p>圖 4-2-2-1-6 觀察孑孓的行為狀況</p>

## 2.到手香對子子心跳的影響

- (1)實驗進行 1 小時後，開始觀察到手香溶液各濃度組子子活動的狀況。下，透過 CCD 數位鏡頭拍攝子子的心跳情況(如圖 4-2-2-2-1)。
- (2)撈取前述實驗原液(1.0 倍)與 0.5 倍濃度組沉到試管底部靜止不動的子子蟲體，放置於顯微鏡利用電腦觀看上述的錄影的影片，分別計算子子 1 分鐘的心跳數 3 次，再取其平均數作為該隻子子的每分鐘心跳數(如圖 4-2-2-2-2)。



## 3.到手香對子子形態的觀察









- (1)實驗進行 1 日後，觀察到手香溶液各濃度組子子活動的狀況。
- (2)撈取 0.25 倍與 0.125 倍濃度組沉於底部的子子，放置於顯微鏡下，透過 CCD 數位鏡頭拍攝子子的形態變化(如圖 4-2-2-2-1)，並與對照組正常個體做比較。

## 4.到手香對子子趨性的影響

- (1)研磨大葉到手香的葉片，再透過濾紙過濾的方式萃取澄清的到手香原液(如圖 4-2-2-4-1)。
- (2)於到手香原液中加入純水稀釋，分別調製濃度 0.5 倍、0.25 倍、0.125 倍、0.0625 倍、0.0312 倍的到手香溶液(如圖 4-2-2-4-2，圖 4-2-2-4-3)。
- (3)製作 3 cm×1 cm×0.5 cm之棉花團，分別塞入圓盤邊緣之凹槽內(如圖 4-2-3-3-4)。
- (4)以滴管吸取純水、到手香原液以及上述步驟(2)所調製的到手香溶液 5 滴，分別滴於標記不同濃度(0.5 倍、0.25 倍、0.125 倍、0.0625 倍、0.0312 倍)的棉花團(如圖 4-2-2-4-5)。
- (5)以滴管吸取純水並緩緩滴於圓盤中央，直到純水接觸到圓盤邊緣之棉花團，並佈滿於整個圓盤(如圖 4-2-2-4-6)。

(6)圓盤佈滿純水後，靜置 10 分鐘後撈取孑孓 10 隻，放置於圓盤正中央(如圖 4-2-2-4-7)。

(7)觀察並記錄孑孓趨向哪一個棉花團(如圖 4-2-2-4-8)。

			
圖 4-2-2-4-1 研磨到手香葉片	圖 4-2-2-4-2 過濾取得到手香原液	圖 4-2-2-4-3 配製不同濃度之到手香溶液	圖 4-2-2-4-4 製作趨性觀察盤
			
圖 4-2-2-4-5 滴入不同濃度之到手香溶液	圖 4-2-2-4-6 滴入純水	圖 4-2-2-4-7 放入孑孓	圖 4-2-2-4-8 觀察孑孓的趨向

### (三)到手香對孑孓的半致死濃度%

所謂「半致死濃度」是指：動物實驗中施用之化學物質能使 50% 實驗動物族群發生死亡時所需要之濃度，因為通常對水體生物毒理研究以半數致死濃度替代半數致死劑量。為了找出到手香溶液對孑孓的最佳防治劑量，我們根據上述「到手香對孑孓行為的影響」之實驗中所蒐集到有關不同到手香溶液濃度下，孑孓死亡情況的資料，透過 LD50 < GWBASIC 程式 (軟體引用：楊與陳，2003) 計算出到手香對孑孓的半致死濃度(如下圖 4-2-3-1 及圖 4-2-3-2)。

```

PRESS THE RETURN KEY TO CONTINUE
? [ ENTER ]
DO YOU WANT DISK STORAGE OF INPUT DATA(Y/N)
? N [ ENTER ]
DO YOU WANT HARD-COPY OUTPUT(Y/N)
? Y [ ENTER ]
HOW MANY DATA SETS ARE TO BE ENTERED
? 6 [ ENTER ] (輸入實驗組的組數，例如有 6 組。)
ENTER CONCENTRATION
? 0.01 [ ENTER ] (輸入最低劑量組之試劑濃度，例如：0.01ppm。)
ENTER THE NUMBER AT CONCENTRATION .01
? 10 [ ENTER ] (輸入該濃度組之測試生物數目，例如有 10 隻。)
ENTER THE NUMBER OF RESPONSES AT CONCENTRATION .01
    
```





#### (四) 到手香的化學活性測定

1. 碘滴定法：以澱粉當指示劑，當碘與澱粉結合即呈深藍色。碘被還原成碘離子，到澱粉沒有反應，溶液呈無色。碘滴定法是一種氧化還原的方法，可利用碘液和水溶液中的澱粉指示劑形成深藍色溶液，再將具有還原力的物質加入後，和溶液中的碘反應，如果碘被還原成碘離子，水溶液顏色就由深藍轉為透明無色，即達滴定終點(陳威翰等，2010)。

2. 準備實驗用澱粉液指示劑：

- (1) 量取 100 cc 水到燒杯中，加 2g 的玉米粉到燒杯中，攪拌均勻。
- (2) 燒杯放到加熱版上隔水加熱攪拌到沸騰，冷卻到室溫，靜置備用。

3. 準備實驗用到手香汁液：



- (1) 先將實驗使用到手香葉拭淨，切成  $1\text{cm}^2$  適當大小。
- (2) 利用研鉢研磨到手香葉汁，透過濾紙過濾的方式萃取澄清的到手香原液，放到試管內，備用。(如圖 4-2-4-1)
- (3) 依研磨時間順序 0、1、24、48、72、96 小時的手香原液(96 小時之原液於實驗前 96 小時過濾靜置；72 時之原液於實驗前 72 小時過濾靜置，其餘以此類推)(如圖 4-2-4-2，圖 4-2-4-3)。

4. 抗氧化力測定：

- (1) 燒杯裝水 10 cc，滴加碘液 5 滴、澱粉指示液 6 滴，均勻混合成藍色液體(如圖 4-2-4-4)。
- (2) 以滴管吸取到手香葉汁來滴定燒杯內的藍色液體，直到藍色液體變透明(如圖 4-2-4-5，圖 4-2-4-6)。
- (3) 記錄滴定手香葉汁滴數。(到手香葉汁滴數越少，表示抗氧化力越強)

5. 重複步驟 3 之實驗三次。



		
<p>圖 4-2-4-1 研磨到手香葉片</p>	<p>圖 4-2-4-2 過濾到手香原液</p>	<p>圖 4-2-4-3 不同時間序之到手香原液</p>
		
<p>圖 4-2-4-4 製作活性檢測劑</p>	<p>圖 4-2-4-5 滴入到手香原液並觀察顏色變化</p>	<p>圖 4-2-4-6 滴定完成</p>

(五) 到手香的化學活性對子子的毒性效應

- 1.依時間序列取得 0、1、24、48、72、96 小時汁到手香原液(如上述化學活性測定實驗之步驟 3)。(如圖 4-2-5-1 至圖 4-2-5-2)
- 2.分別吸純水、到手香原液以及取上述調配好之到手香溶液各 10 cc，放置於玻璃試管中 (如圖 4-2-5-3)。
- 3.撈取事先蒐集的子子(體長：2~3mm，約二至三齡幼蟲)，放至上述 2 試管中，進行三重複實驗(如圖 4-2-5-4)。
- 4.觀察並記錄各試管中子子的死亡狀況(如圖 4-2-5-5)。

		
<p>圖 4-2-5-1 研磨到手香葉片</p>	<p>圖 4-2-5-2 過濾到手香原液</p>	<p>圖 4-2-5-3 不同時間序之到手香原液</p>
		
<p>圖 4-2-2-4 放入子子蟲體</p>	<p>圖 4-2-2-5 觀察並紀錄</p>	

(六) 到手香對孑孓毒性效應在校園的實地應用

由研究結果三，我們計算出到手香對孑孓的半致死濃度 24 小時約為 0.363 倍原液；48 小時的半致死濃度為 0.137 倍原液，因此，我們調製不同濃度的到手香溶液，實際運用於校園之中，以驗證其實用性。

- 1.我們在校園中挑選現有的黃金葛小盆栽 15 盆，並於盆底包覆錫箔紙，以避免後續實驗中，到手香溶液因盆栽土壤之毛細作用而流失(如圖 4-2-6-1)。
- 2.分別萃取並調製 1 倍、0.363 倍、0.137 倍、0.101 倍到手香溶液各 60 cc (如圖 4-2-6-2)。調製方法如下：
  - 1.倍：到手香原液。
  - 0.363 倍：約 7 cc到手香原液+13 cc純水。
  - 0.137 倍：約 3 cc到手香原液+17 cc純水。
  - 0.101 倍：約 2 cc到手香原液+18 cc純水。
- 3.將上調製完成之到手香溶液及純水平均倒入黃金葛小盆栽之蓄水盆，每種濃度的到手香溶液及純水各 3 盆(每盆 20 cc)(如圖 4-2-6-3)
- 4.於每個蓄水盆放入 5 隻孑孓(每種濃度共 15 隻，長度約 2 mm-3 mm)(如圖 4-2-6-4)
- 5.將黃金葛小盆栽放置於校園之中(如圖 4-2-6-5)。
- 6.於 1、2、3、4、8、24、48 小時分別記錄孑孓的存活情況(如圖 4-2-6-6)。

		
圖 4-2-6-1 挑選並包覆小盆栽	圖 4-2-6-2 調配不同濃度之到手香溶液	圖 4-2-6-3 到手香溶液倒入蓄水盆
		
圖 4-2-6-4 放入孑孓蟲體	圖 4-2-6-5 小盆栽放置於校園之中	圖 4-2-6-6 觀察並紀錄

## 伍、研究結果

### 一、認識到手香與孑孓

我們在老師的指導下，查閱了相關的書籍、圖鑑，也透過電腦網路的搜尋與到手香、孑孓有關的文章與報導，經過大家共同閱讀、整理、討論、歸納並實際對照校園內種植的到手香以及蒐集到的孑孓蟲體後，獲得以下的結果：

#### (一)認識到手香

到手香(*Plectranthus amboinicus*)又稱藿香、印度薄荷、左手香、過手香、著手香、排手香、印度琉璃苣等。原產地分布於馬來西亞及印度，高度約 15-30 公分，有強烈的辛香味，植株適應力強且生長快速，通常用來提煉精油或做為薰香、香料，是經濟價值很高的植物。

目前在台灣的手香的品種繁多，大約有：大葉到手香(如圖 5-1-1-1)、小葉到手香(如圖 5-1-1-2)、鑲邊到手香(如圖 5-1-1-3)、絨毛到手香(如圖 5-1-1-4)、圓葉到手香(如圖 5-1-1-5) 檸檬到手香(如圖 5-1-1-6)、丸葉到手香(如圖 5-1-1-7)、韓國到手香(如圖 5-1-1-8)……等(圖片引自張憲昌，2007)，其中又以大葉到手香的種植最為廣泛，而經過比對，學校種植的到手香極大多數為大葉到手香，因此本次實驗以大葉到手香為研究樣本。

			
圖5-1-1-1 大葉到手香	圖5-1-1-2 小葉到手香	圖5-1-1-3 鑲邊到手香	圖5-1-1-4 絨毛到手香
			
圖5-1-1-5 圓葉到手香	圖5-1-1-6 檸檬到手香	圖5-1-1-7 丸葉到手香	圖5-1-1-8 韓國到手香

到手香的應用也非常廣泛，在食用方面到手香具有消炎、止嘔、解毒、健胃健脾之功效，若用於外敷則有消炎、治療腫痛及蚊子叮咬的效用，而因到手

香具有特殊香味，如果將其製成精油，則被廣泛使用於芳香療法、驅蟲防蚊及抑制細菌生長之用。

至於有關到手香的成分，從蒐集的資料中得知，大約有 28.6%香芹酚、21.6%百里酚、9.6%  $\alpha$ -蛇麻烯、8.3%十一烷醛、7.7%  $\gamma$ -松油烯、6%對-聚傘花烴、5.8%丁香烯氧化物、3.2%  $\alpha$ -松油醇、2.3%丁香烯、2%  $\beta$ -檜烯(邱勇嘉，2009)，可說是相當的多元，而經查閱相關文獻(維基百科，[zh.wikipedia.org/wiki/左手香](http://zh.wikipedia.org/wiki/左手香))後得知，前述這些的功效如下表 5-1-1-1：

表 5-1-1-1 到手香成分功效分析表

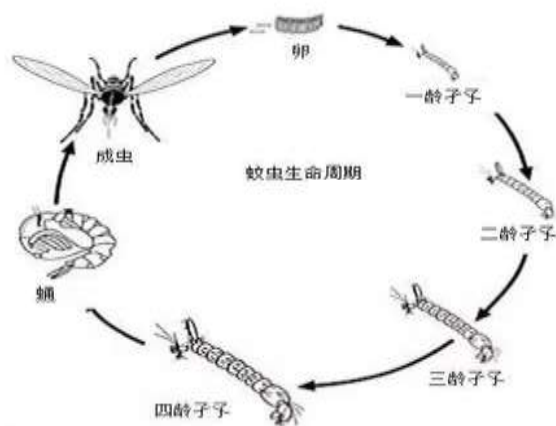
成分	功效
香芹酚	清熱、殺菌、消炎、助消化、增強食慾。
百里酚	殺菌、抑制微生物增生。
蛇麻烯	抗炎功效。
烷醛	止痛、消炎。
松油烯	殺菌。
聚傘花烴	消炎、抑制微生物增生。
丁香烯氧化物	消炎止痛。
松油醇	殺菌。
丁香烯	麻醉止痛。
檜烯	消炎。

另外也研究指出到手香主要作用成分在根莖葉三部分的含量是以葉部為最多(吳致怡，2011)，因此本次的研究將摘取大葉到手香的葉子進行研磨，再萃取其汁液作為後續的研究。

## (二)認識孑孓

「孑孓」是蚊子由卵成長至蛹的中間階段，並無飛行能力，只能生活在水中，不能離開水面生存。其生活地點包括池沼、水溝或積水的器皿等水流靜止的地方，以水中的浮游生物或微生物及有機碎片為食，由蟲卵孵化後經過四次蛻皮(大約 1 周)後會發育成蛹，而根據劉尚弦等人(2012)的研究指出，一齡孑孓的體長約 1~1.5mm；二齡孑孓則為 2~2.5mm；三齡孑孓為 3~4mm；四齡孑孓體長約 5~6mm；蛹為逗點狀體長約 5~5.5mm，成蛹後再經 1-2 天則可羽化成蚊子，完整的成長周期 如下圖 5-1-2-1(引自壹讀 <https://read01.com/mzzdkJN.html#XpZlNEAzbt>)。

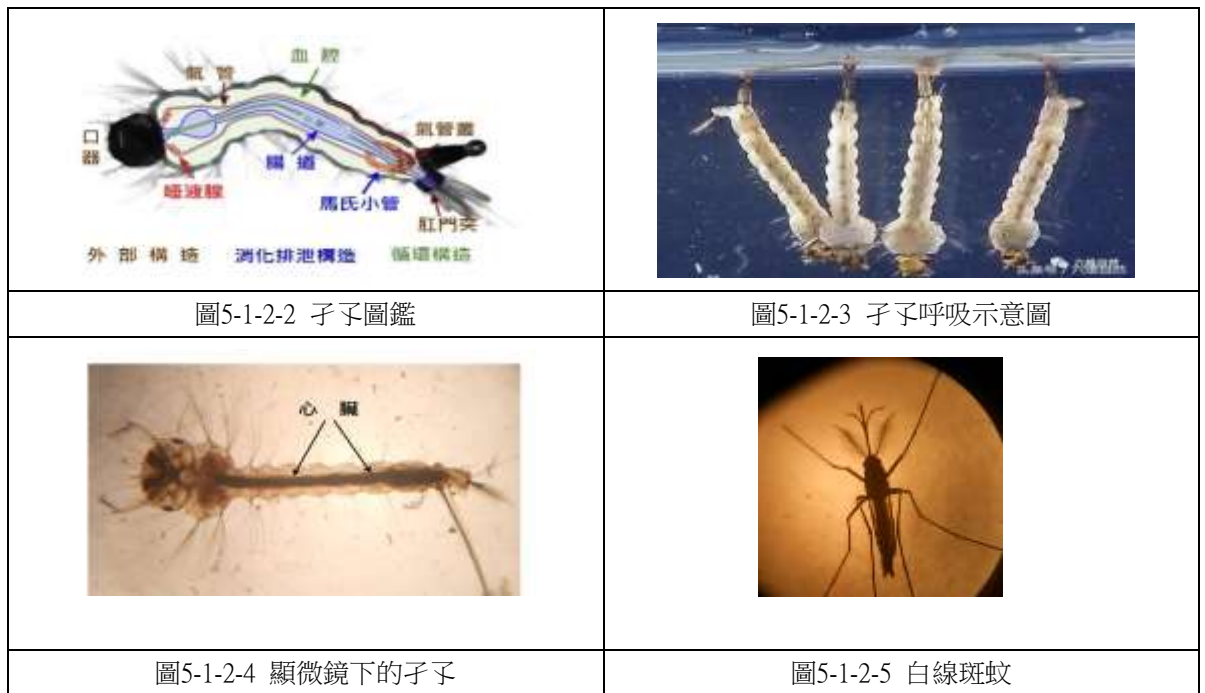




孑孓體型細長，頭胸部寬大，頭部前方有一個刷狀的剛毛口器用來攝取水中的有機物，體側具長毛，腹端有尾毛及尾鰓(如圖 5-1-2-2，由研究者透過顯微鏡拍攝合成)，停棲時一般尾端平貼水面以倒掛的方式吸取空氣(如圖 5-1-2-3，引自每日頭條 <https://kknews.cc/health/vmlqr22.html>)。因氣管內能儲存足夠的氧氣，供給孑孓在水中的呼吸，再加上透過頭部帶動身體進行一左一右的擺動，使之有前往某一方向的動力，因為身體的彎曲度與左右擺動的速度極快，加上氣管內的空氣提供其上浮之浮力，因此，能快速的在水中進行運動。

而在孑孓的防治方面，除了最直接的清除積水讓孑孓無法生存(但不適用於大型水域)之外，有人提出飼養蓋斑鬥魚、孔雀魚等孑孓天敵的生態防治方法，也有人嘗試以蘆薈、石蓮花、紫背萬年青的汁液來消滅孑孓(學紹偉，2017)，甚至有人提出將硬幣投入水中的建議，但尚未有人針對到手香進行相關的研究。

本次研究中所使用的孑孓，蒐集地點為指導老師住家附近的竹林，每次均固定在同一地點撈取蟲體，以期能以單一品種的孑孓進行研究，撈取後先並飼養於實驗室的水族箱中，於實驗時再撈取大小相同的孑孓(體長：2~3mm，約二至三齡幼蟲)進行研究，在實驗前，我們也先透過顯微鏡拍攝蟲體照片(如圖 5-1-2-4)，而為了確認是何種蚊子的幼蟲，我們於孑孓羽化後捕捉成蟲(如圖 5-1-2-5)進行圖鑑比對，結果發現我們蒐集的孑孓為白線斑蚊(*Aedes albopictus*)的幼蟲，而白線斑蚊正是傳播登革熱的病媒蚊之一，如能找到有效抑制的方法，對登革熱的防治將是一大助益。



## 二、到手香對孑孓的影響

### (一)到手香對孑孓行為的影響

我們先研磨大葉到手的葉子並過濾澄清的原液之後，再分別調製濃度 0.5 倍、0.25 倍、0.125 倍、0.0625 倍、0.03125 倍原液的到手香溶液，並搭配濃度 1 倍的原液以及純水進行研究。我們分別吸取 10 cc 的各種溶液滴入試管中，每一種溶液 2 支試管，再各撈取孑孓蟲體 5 隻放入試管中，每隔 1、24、48、72、96 小時觀察孑孓的活動狀況，實驗過程中我們分別記錄每一時段孑孓蟲體的行為現象，我們獲得以下的結果(如下表 5-2-1-1 及圖 5-2-1-1 至圖 5-2-1-7)：

表 5-2-1-1 不同濃度到手香溶液下孑孓蟲體的行為現象紀錄表

單位：隻

濃度	0 (純水)		1 倍 (原液)		0.5 倍		0.25 倍		0.125 倍		0.0625 倍		0.03125 倍	
1 小時	浮5 游0 沉0	浮5 游0 沉0	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮1 游0 沉4	浮1 游0 沉4	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	浮5 游1 沉0	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	浮5 游0 沉0
存亡統計	存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0	
致死率(%)	0		0		0		0		0		0		0	
24 小時	浮5 游0 沉0	浮4 游1 沉0	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮2 游1 沉2	浮3 游0 沉2	浮4 游0 沉1	浮4 游0 沉1	浮5 游0 沉0	浮4 游0 沉1	浮3 游0 沉2	浮2 游0 沉3
存亡統計	存10, 亡0		存0, 亡10		存0, 亡10		存6, 亡4		存8, 亡2		存9, 亡1		存10, 亡0	
致死率(%)	0		100		100		40		20		10		0	

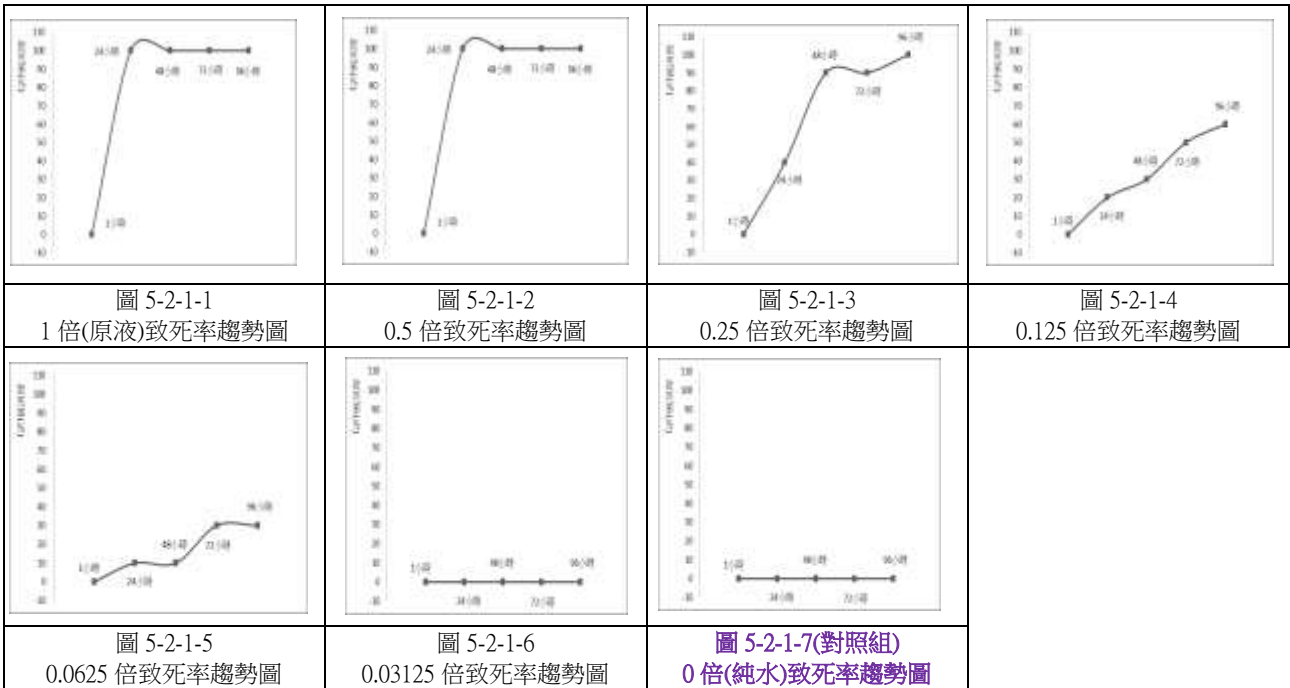
48 小時	浮5 游0 沉0	浮3 游1 沉1		浮0 游0 沉3	浮0 游1 沉2	浮3 游0 沉1	浮4 游0 沉0	浮5 游0 沉0	浮4 游0 沉0	浮4 游1 沉	浮5 游0 沉0
存亡統計	存 10，亡 0			存 1，亡 5		存 7，亡 1		存 9，亡 0		存 10，亡 0	
致死率(%)	0		100	100	90		30		10		0
72 小時	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0		浮0 游0 沉0	浮0 游0 沉1	浮2 游0 沉1	浮3 游0 沉1	浮4 游0 沉1	浮3 游0 沉1	浮3 游2 沉	浮5 游0 沉0
存亡統計	存 10，亡 0			存 0，亡 1		存 5，亡 2		存 7，亡 2		存 10，亡 0	
致死率(%)	0		100	100	90		50		30		0
96 小時	浮3 游0 沉2	浮4 游1 沉0		浮0 游0 沉0	浮0 游0 沉0	浮2 游0 沉0	浮2 游0 沉1	浮3 游0 沉1	浮3 游0 沉0	浮3 游 沉2	浮4 游0 沉1
存亡統計	存 10，亡 0			存 0，亡 1		存 4，亡 1		存 7，亡 0		存 10，亡 0	
致死率(%)	0		100	100	100		60		30		0

說明：1.浮：浮於水面呼吸；游：在水面與水底之間游走；沉：沉在水底。

2.實驗水溫：20℃。

3.畫「——」部分代表子子已全數死亡。

4.致死率=(死亡數÷總樣本數)×100%



由上述紀錄表及致死率趨勢圖中我們可以得知，在不同到手香溶液濃度下，子子的行為現象如下：

- 1.在純水的狀況下，子子的活動情況十分良好，或浮或游或沉，直到 96 小時，活動力還是非常正常。(註：在蟲體放入 1 小時當時我們有撈取 3



隻孑孓以顯微鏡觀察其心跳現象，結果將敘述於後。)

- 2.當孑孓一遇到到手香原液時，在 1 小時內就全部沉到試管底部，我們先以滴管逗弄蟲體，發現並未死亡，但活動力已十分微弱 (註：當時我們有撈取所有沉在試管底部的孑孓以顯微鏡觀察其心跳現象，仍有 3 隻孑孓有心跳，結果將敘述於後。)，到了 24 小時後就全數死亡。
- 3.在濃度 0.5 倍到手香溶液的情況下，孑孓的活動力明顯衰弱，1 小時有 8 隻蟲體沉到試管底，但並未死亡，(註：當時我們有撈取 8 隻沉在試管底部的孑孓以顯微鏡觀察其心跳現象，仍有 3 隻孑孓有心跳，結果將敘述於後。)，但到了 24 小時後就全數死亡。
- 4.當孑孓遇到濃度 0.25 倍的到手香溶液時，剛開始的活動力都很正常，到了 24 小時之後，已有 4 隻沉到試管底，經過觀察發現已經死亡，而其他的孑孓雖然還是存活，但活動力已降低許多，到了 48 小時之後，又有 5 隻死亡，剩下的 1 隻，活動力已相當虛弱，到了 72 小時則全數死亡。
- 5.將孑孓放入濃度 0.125 倍到手香溶液之中，剛開始活動力都非常正常，24 小時之後，已有 2 隻沉到試管底，經觀察已經死亡，而其他 8 隻的活動力還算正常，但隨著時間的增長，我們發現孑孓的活動現象已減緩許多，48 小時後死亡 1 隻；72 小時死亡 2 隻；到而 96 小時後再死亡 1 隻，最後僅有 4 隻存活。
- 6.在濃度 0.0625 倍到手香溶液的情況下，孑孓的活動力十分正常，只在 24 小時死亡 1 隻；72 小時死亡 2 隻，最後有 7 隻存活下來。
- 7.而在到手香溶液濃度 0.03125 時，孑孓的活動力十分良好，似乎沒有受到溶液的影響，即使到最後，全部 10 隻孑孓也都存活下來了。

**【小結】綜合上述觀察結果，符合劑量(濃度)—反應的關係。隨著到手香濃度的增加，孑孓的死亡率增加，到手香確實對孑孓造性毒性效應。**

## (二)到手香對孑孓心跳的影響

在 0、1、24、48、72、96 小時的時間點進行孑孓行為觀察時，如果發現孑孓已沉入試管底部，我們會將其撈起，再透過顯微鏡觀察是否有心跳，用以判斷孑孓是否死亡，結果發現：在 1 小時觀察點時，到手香溶液濃度 1 倍及 0.5 倍的試管底部各有 3 隻孑孓仍有心跳，因此，我們除了透過顯微鏡觀察並攝影其心跳

情況，並另外隨機撈取純水試管中的 3 隻子子，觀察心跳作為對照組，我們再利用電腦觀察影片並計算子子的心跳，計算的結果如下表 5-2-2-1

及圖 5-2-2-1：

表 5-2-2-1 不同到手香溶液濃度子子心跳數紀錄表

單位：次/分鐘

到手香溶液濃度	0(純水)			0.5 倍			1 倍(原液)		
	觀察序	心跳數	平均	觀察序	心跳數	平均	觀察序	心跳數	平均
#1 子子	1	78	78.3	1	104	104.3	1	130	126.3
	2	80		2	104		2	120	
	3	77		3	105		3	129	
#2 子子	1	64	62.0	1	106	115.0	1	120	125.3
	2	68		2	121		2	127	
	3	54		3	118		3	129	
#3 子子	1	62	62.7	1	130	126.3	1	122	122.3
	2	66		2	120		2	126	
	3	60		3	129		3	119	
總平均	67.7			115.2			124.6		
標準差	7.3			7.8			1.7		

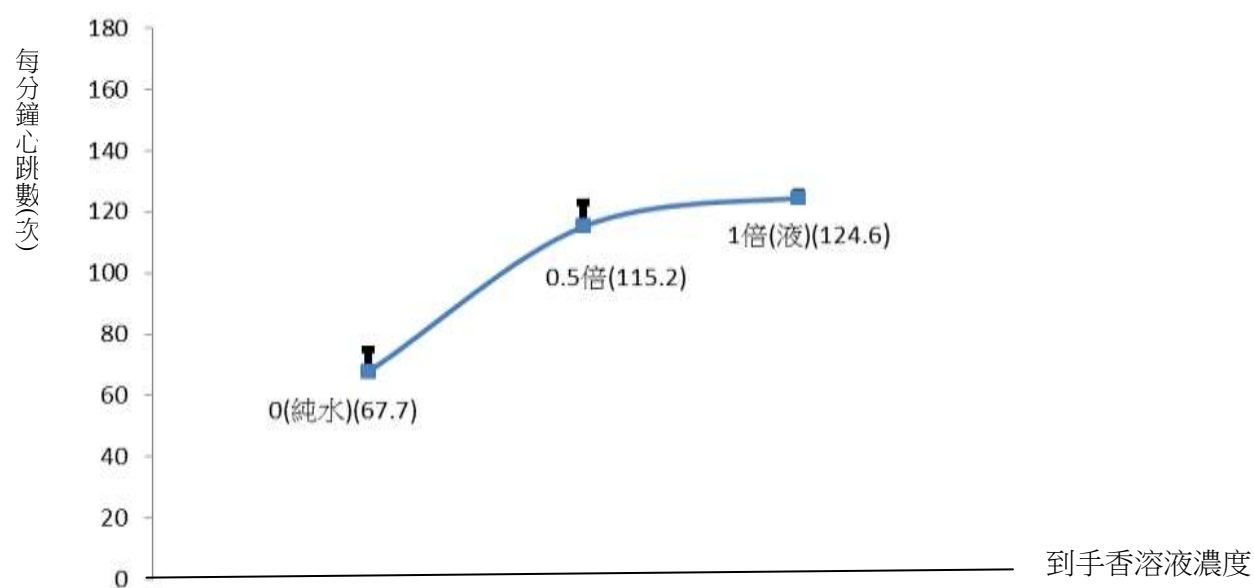


圖 5-2-2-1 不同到手香溶液濃度子子心跳數趨勢圖

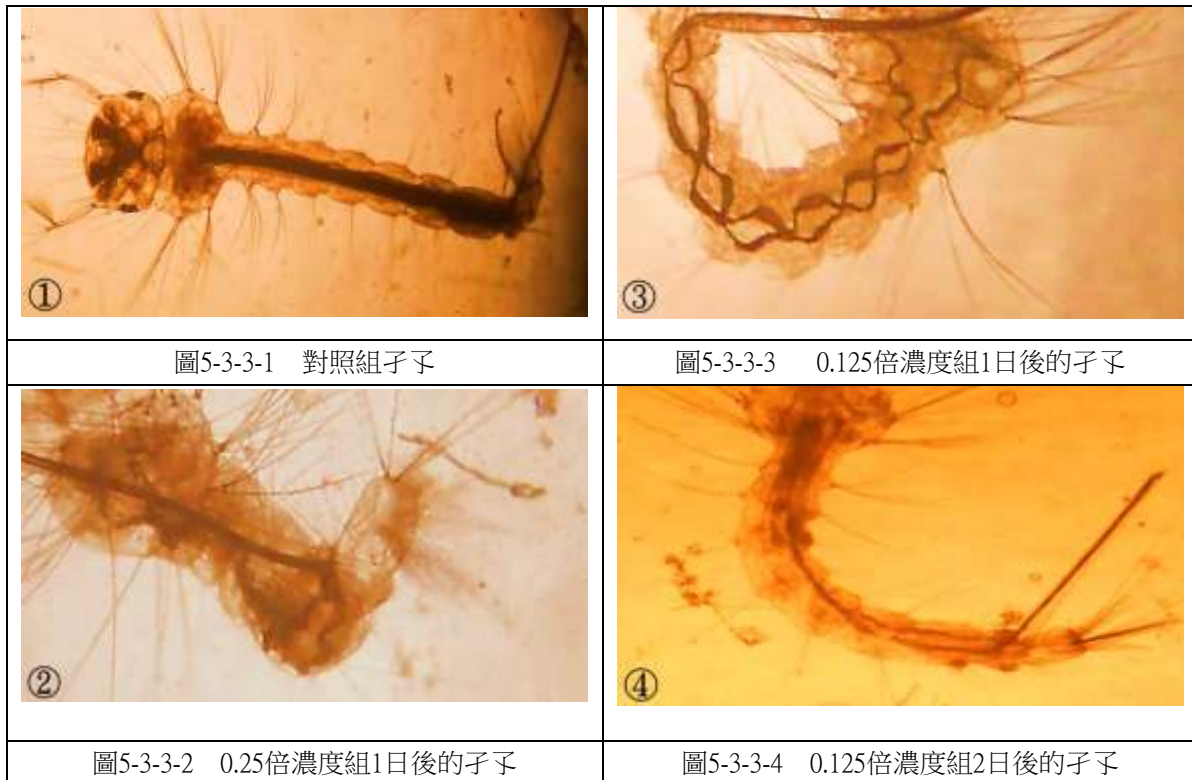
由上述紀錄表及直條圖中我們可以得知，不同到手香溶液濃度下，子子的心跳現象如下：

- 1.當子子遇到濃度較高的到手香溶液，心跳會加速許多，幾乎是一般純水情況下的 2 倍。
- 2.當到手香溶液濃度降低時，子子的心跳速度會減慢。

**【小結】**綜合上述觀察結果，孑孓心跳的速度會在短時間(1 小時)內，受到手香影響造成心跳加快。

### (三)到手香對孑孓型態的觀察

0.25 倍與 0.125 倍濃度組分別在 1、2 日後有孑孓沉於試管底部，撈取放置於顯微鏡下，觀察 完全沒有心跳的樣本，沉於底部的孑孓，結果如下圖 5-3-3-1 至圖 5-3-3-4：



由上述圖中我們可以得知，在不同到手香溶液濃度下，除了 1 倍與 0.5 倍濃度組在 1~3 小時沉入試管底部，確定死亡，但孑孓的型態與正常對照組差別不大之外，0.25 倍與 0.125 倍濃度組的孑孓在 1 日後的型態改變如下：

- 1.0.25 倍濃度組 1 日後的孑孓(圖 5-2-3-2)，身體皺縮、腸道與血腔分離不像正常組(圖 5-3-3-1)完整。
2. 0.125 倍濃度組 1 日後的孑孓(圖 5-2-3-2)，腸道與血腔分離，身體外型有損傷，頭部不像正常組完整、清楚(圖 5-2-3-1)。
3. 0.125 倍濃度組 2 日後的孑孓(圖 5-2-3-4)，腸道與血腔分離並斷裂，但損傷程度不比同濃度組嚴重像正常組完整、清楚(圖 5-2-3-1)。

**【小結】**綜合上述觀察結果，我們認為到手香溶液濃度高到一定程度，除了造

成孑孓立即性的死亡外，隨著受到到手香溶液較長時間的影響，孑孓身體構造確實會產生損害與變化：

1. 由孑孓 0.25 倍與 0.125 倍濃度組 1 日後的身體構造中發現，當孑孓的心跳停止，並確定死亡後。牠們的血腔分離與心臟構造不再完好，是共同的現象。
2. 比較原液(濃度 1)與濃度 0.5 倍組與以上 2 個濃度組，在死亡後身體構造明顯不同。原液(濃度 1)與濃度 0.5 倍組的孑孓 1 小時死亡後的身體完整，而 1 日後死亡的 0.25 倍與 0.125 倍濃度組在身體構造有明顯的改變。由此可知這 2 種死亡的原因可能不同。

#### (四)到手香對孑孓趨性的影響

孑孓完全停止游動後，記錄孑孓最後的趨性，以不同的孑孓重複實驗 3 次後，結果經過計算與統計，孑孓的趨性如表 5-2-4-1 及圖 5-2-4-3：

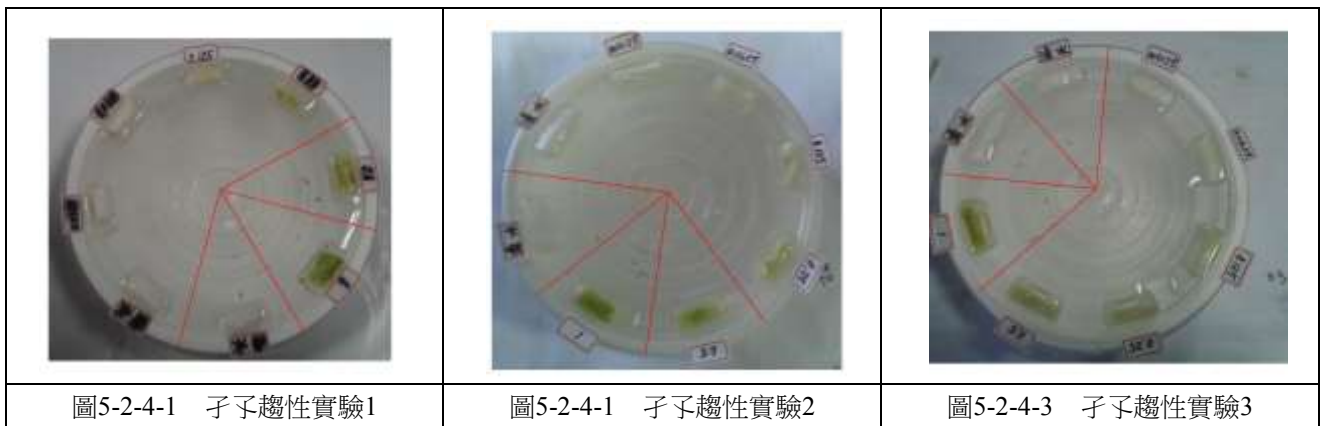


表 5-3-4-1 孑孓趨性紀錄表

單位：隻

濃度	0 (純水)	1 倍 (原液)	0.5 倍	0.25 倍	0.125 倍	0.0625 倍	0.0312 倍
觀察序 1	2	5	3	0	0	0	0
觀察序 2	3	6	1	0	0	0	0
觀察序 3	4	6	0	0	0	0	0
平均值	3	5.7	1.3	0	0	0	0
標準差	0.8	1.2	1.2	0	0	0	0

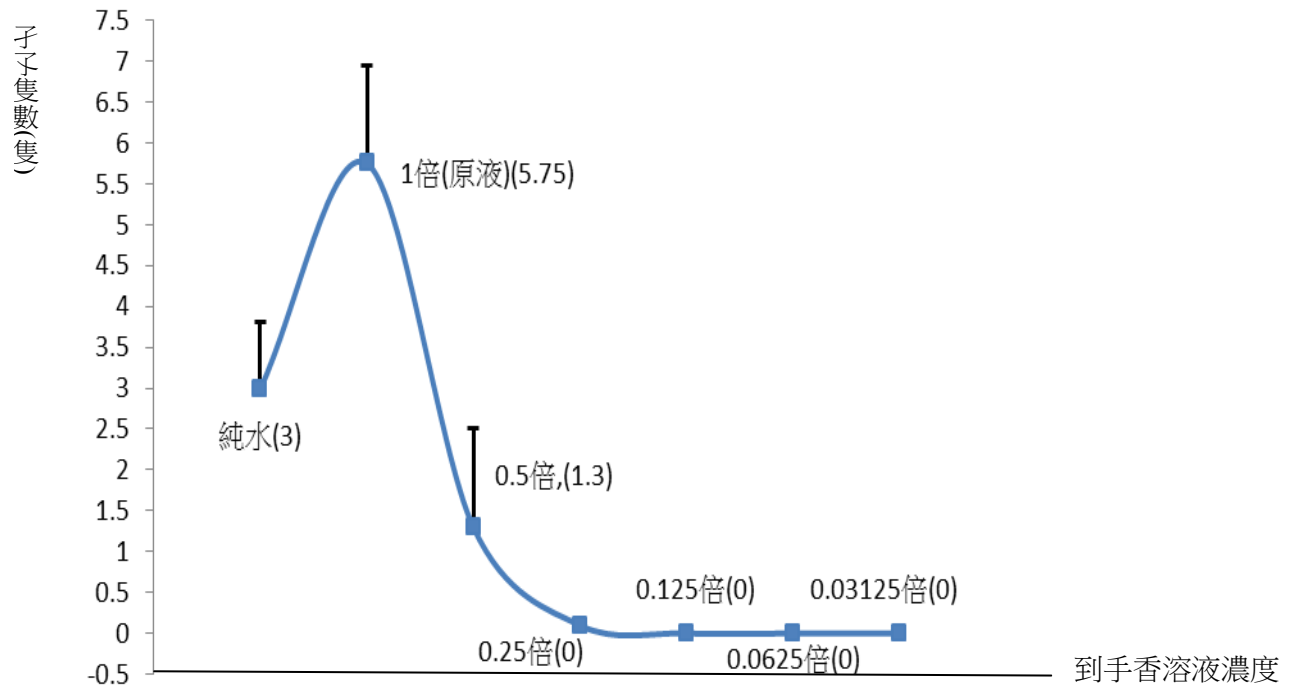


圖 5-2-4-4 子子趨性趨勢圖

由上述紀錄表及趨勢圖中我們可以得知，在不同到手香溶液濃度下，子子的趨性如下：

1. 子子的趨性會受到手香溶液濃度的影響。
2. 子子會向到手香溶液濃度較高的地方移動。

**【小結】**綜合上述實驗觀察結果，我們認為到手香溶液濃度的高低對子子的行為有相當的影響性：

1. 當濃度越高時，似乎對子子產生趨化現象，子子的活動能力越弱，甚至會迅速死亡；而當濃度越低時，子子的活動力就越正常，死亡的現象也逐漸減緩，當濃度低到一定程度時，子子的行為甚至和生活在一般的清水中沒有差別。
2. 到手香溶液濃度會影響子子的心跳，當到手香的濃度越高時，子子的心跳速度也越快。
3. 到手香溶液濃度會影響子子的趨性，子子會往手香溶液濃度較高的地方移動。

### 三、到手香對子子的半致死濃度

我們首先根據前述在不同到手香溶液濃度下，子子的行為現象，整理出在各個觀察時間點時，子子死亡的結果，如下表 5-3-1：

表 5-3-1 子子在不同濃度到手香溶液下死亡統計表 單位：隻

濃度	0 (純水)	1 倍 (原液)	0.5 倍	0.25 倍	0.125 倍	0.0625 倍	0.0312 倍
1 小時	0	10	10	0	0	0	0
24 小時	0			4	2	1	0
48 小時	0			9	3	1	0
72 小時	0			10	5	3	0
96 小時	0				6	3	0

而因為必須在實驗對象沒有全數死亡，且比較組數大於 3 組的情況下，才能透過 LD<sub>50</sub><GWBASIC 軟體推估半溶液的致死濃度，因此我們只能推估 24 小時及 48 小時到手香溶液的半致死濃度，我們將相關數據輸入並透過電腦演算後，得到如下表 5-4-2 的結果：

表 5-3-2 子子在到手香溶液中 24 與 48 小時的半致死濃度 單位：到手香原液倍數

時間	24 小時	48 小時
半致死濃度	0.363 倍	0.137 倍
濃度範圍	0.09~1.42 倍	0.101~0.186 倍

由上述表 5-3-1 及表 5-3-2 中我們可以得知：

- (一)當子子遇到濃度為 1 倍及 0.5 倍的到手香溶液時，1 小時內全數死亡，若是在濃度 0.25 倍的情況下，大約要 72 小時(3 天)，才會全數死亡。
- (二)當到手香溶液濃度稀釋到 0.125 倍之後，即使到的 96 小時(4 天)，仍有子子會存活下來，尤其是在濃度為 0.0312 倍的情況下，子子完全存活下來，情況和生活在一般的清水中是一樣的。
- (三)透過 LD<sub>50</sub><GWBASIC 軟體計算，到手香溶液 24 小時的半致死濃度大約為 0.363 倍，48 小時大約為 0.137 倍。

**【小結】**當到手香溶液濃度越高時，子子死亡的時間短，濃度越低時，子子的存活率越高，而到手香溶液 24 小時的半致死濃度約為 0.363 倍原液；48 小時的半致死濃度為 0.137 倍原液。



## 四、到手香的化學活性以及對子子的毒性效應

### (一)到手香的化學活性測定

取燒杯裝純水 10 cc，滴加當天調製濃度 2%的澱粉液指示液 6 滴、碘液 5 滴，均勻混合成藍色液體 (共 18 杯)，分別滴入於實驗前 1、24、48、72、96 小時，及實驗當時立即研磨過濾的到手香原液，觀察並記錄檢測試劑由深藍色轉變為到手香原液顏色時的滴入數量，用以比較到手香溶液之化學活性衰減與時間的關係，進行三重複實驗所得結果如下表 5-4-1-1 及圖 5-4-1-1：

表 5-4-1-1 不同研磨過濾時間之到手香溶液滴定數量統計表

單位：滴

實驗序	0 小時	1 小時	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時
1	21	45	122	134	160	162
2	23	46	125	130	158	159
3	21	48	120	135	155	167
平均	21.7	46.3	123.3	133	157.7	162.7
標準差	0.9	1.4	2.6	0.9	1.4	3.3

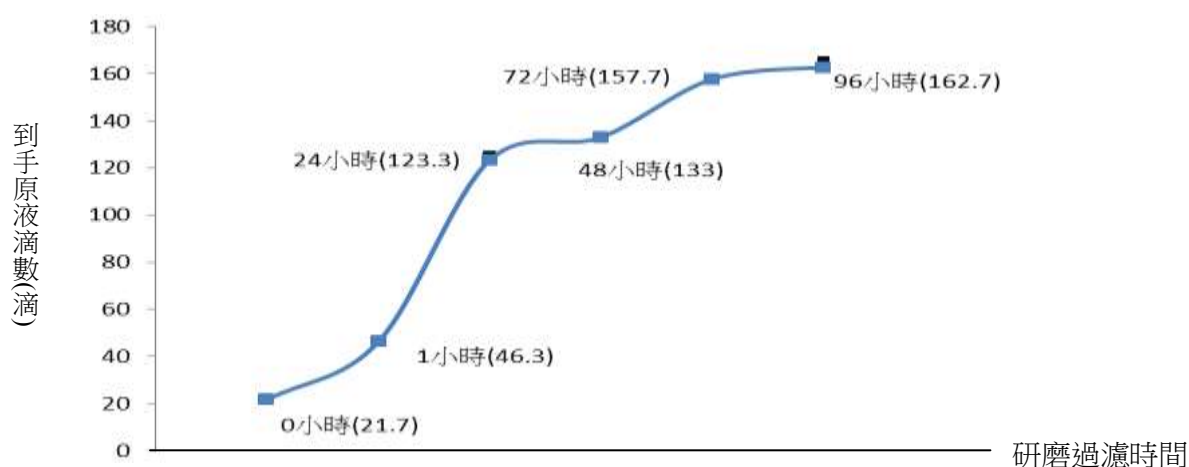


圖 5-4-1-1 不同研磨過濾時間的到手香溶液滴定數量(滴)趨勢圖

由實驗結果我們可以發現：

- 1.到手香原液具有相當強的化學活性，如果對照陳威翰等人(2000)的研究結果，到手香的化學活性只略遜於地瓜葉汁液，而遠勝其他的各種植物(如波菜、洋蔥、胡蘿蔔…)。
- 2.與上述學長姐的地瓜葉化學活性分析結果比較，到手香原液活性衰減的速度非常快，1 小時之後的活性剩下立刻萃取的 1/2；24 小時之後只剩 1/6；96 小時之後更降為 1/8。



## (二) 到手香濃度化學活性對子子的毒性效應

由前述實驗三我們知道到手香濃度與子子的死亡率呈現正相關。但到手香汁液的活性是否等於濃度對子子的毒性效應？我們決定針對到手香的化學活性對子子的毒性效應進行相關的實驗。

我們先將依時間序列取得 0、1、24、48、72、96 小時之到手香原液及純水各 10 cc 調配成到手香溶液並放置於玻璃試管中，在依序各放入 5 隻子子蟲體，進行三重複的實驗(每時間序共 15 隻子子)，用以釐清到手香的化學活性對子子的毒性效應，實驗結果如下表 5-4-2-1：

表 5-4-2-1 不同研磨時間取得之到手香溶液對子子毒性效應

單位：隻

實驗序	純水		0 小時		1 小時		24 小時		48 小時		72 小時		96 小時	
	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡
1	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
2	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
3	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
平均	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5

註：因 1 小時後到手香溶液中的子子已全數死亡，因此未再做後續的觀察。

由實驗結果我們可以發現：將子子放入不同研磨時間序之到手香溶液中，1 小時之後全數死亡，由此我們推論到手香的化學活性與其對子子的毒性效應並沒有直接的相關。

### 【小結】

1. 到手香原液具有一定的活性，隨著研磨後暴露在空氣中的時間越長，測得的活性越弱。
2. 到手香的化學活性與其對子子的毒性效應並沒有直接的相關。

## 五、到手香對子子毒性效應在校園的實地應用

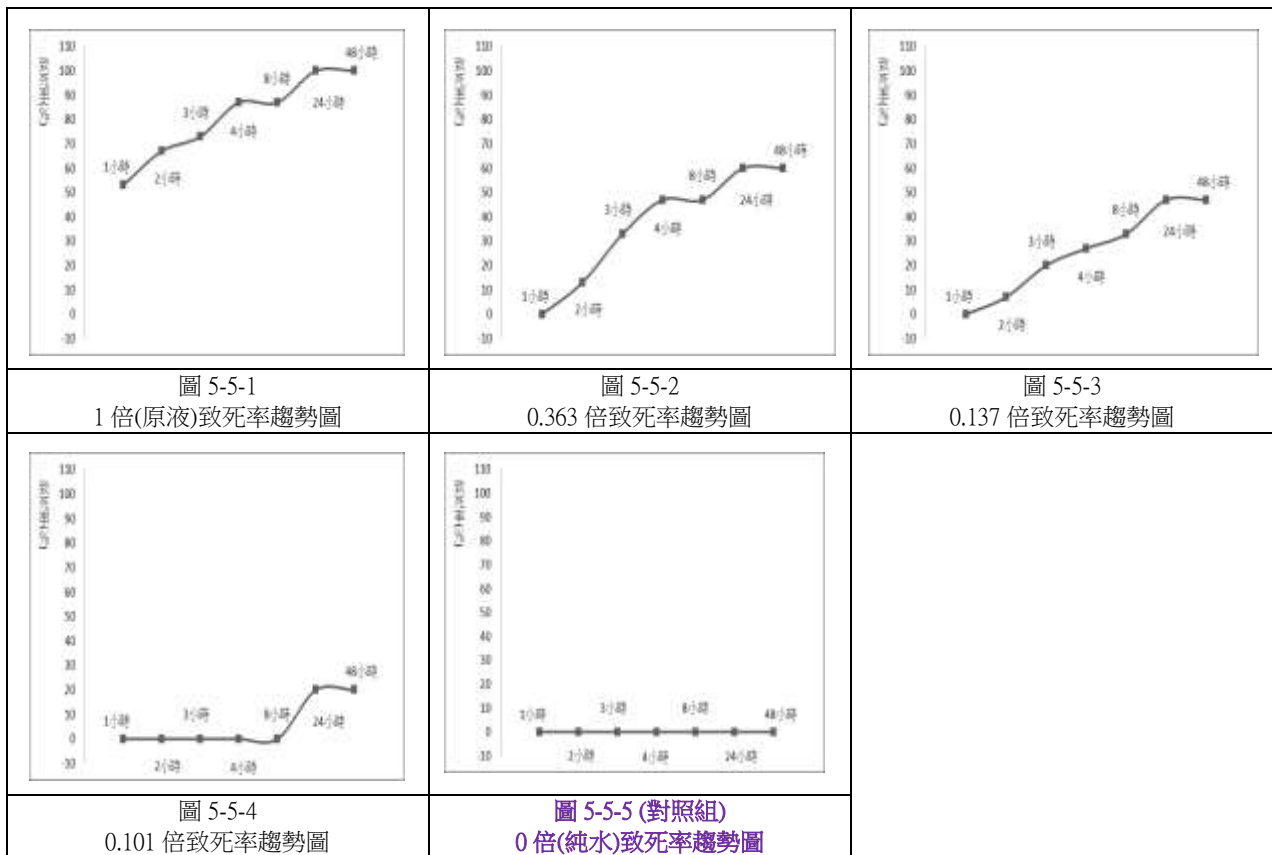
由研究結果三，我們計算出到手香對子子的半致死濃度 24 小時約為 0.363 倍原液；48 小時的半致死濃度為 0.137 倍原液，因此，我們調製不同濃度的到手香溶液，實際運用於校園之中，實驗結果如下表 5-5-1 及圖 5-5-1 至圖 5-5-5：

表 5-5-1 直接滴入不同濃度到手香溶液對子子毒性效應紀錄表

單位：隻

濃度	0 (純水)			1 倍 (原液)			0.363 倍			0.137 倍			0.101 倍		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
1 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 2 亡 3	存 3 亡 2	存 2 亡 3	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 7, 亡 8			存 15, 亡 0			存 15, 亡 0			存 15, 亡 0		
致死率(%)	0			53			0			0			0		
2 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 2 亡 3	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 5 亡 0	存 4 亡 1	存 4 亡 1	存 4 亡 1	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 5, 亡 10			存 13, 亡 2			存 14, 亡 1			存 15, 亡 0		
致死率(%)	0			67			13			7			0		
3 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 1 亡 4	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 3 亡 2	存 3 亡 2	存 4 亡 1	存 3 亡 2	存 5 亡 0	存 4 亡 1	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 4, 亡 11			存 10, 亡 5			存 12, 亡 3			存 15, 亡 0		
致死率(%)	0			73			33			20			0		
4 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 1 亡 4	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 4 亡 1	存 3 亡 2	存 4 亡 1	存 4 亡 1	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 2, 亡 13			存 8, 亡 7			存 11, 亡 4			存 15, 亡 0		
致死率(%)	0			87			47			27			0		
8 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 1 亡 4	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 4 亡 1	存 2 亡 3	存 4 亡 1	存 4 亡 1	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 2, 亡 13			存 8, 亡 7			存 10, 亡 5			存 15, 亡 0		
致死率(%)	0			87			47			33			0		
24 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 3 亡 2	存 3 亡 2	存 4 亡 1	存 4 亡 1	存 4 亡 1
存亡統計	存 15, 亡 0			存 0, 亡 15			存 6, 亡 9			存 8, 亡 7			存 12, 亡 3		
致死率(%)	0			100			60			47			20		
48 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 3 亡 2	存 3 亡 2	存 4 亡 1	存 4 亡 1	存 4 亡 1
存亡統計	存 15, 亡 0			存 0, 亡 15			存 6, 亡 9			存 8, 亡 7			存 12, 亡 3		
致死率(%)	0			100			60			47			20		

說明：致死率=(死亡數÷總樣本數)×100%



由實驗結果我們可以發現：

- 1.在濃度 1 倍之到手香原液的環境下，孑孓在 24 小時內全數死亡。
- 2.在濃度 0.363 倍之到手香溶液的環境下，孑孓在 24 小時內死亡超過一半（9 隻；60%），符合研究結果三所計算出 24 小時之到手香半致死濃度。
- 3.在濃度 0.137 倍之到手香溶液的環境下，孑孓在 48 小時內死亡接近一半（7 隻；47%），符合研究結果三所計算出 48 小時之到手香半致死濃度。
- 4.在純水及濃度 0.101 倍之到手香溶液的環境下，完全沒有死亡的現象。

由上述結果中，雖然可以驗證一定濃度之到手香溶液，有撲殺孑孓的效果，但除了濃度 1 的原液之外，實驗中其他濃度的到手香溶液均無法使孑孓全數死亡，再加上現實環境，不可能存在到手香濃度 1 的積水環境，為了進一步尋找可以撲殺全數孑孓的最低致死濃度，我們調配濃度 0.4、0.6、0.8 的到手香溶液，搭配純水，依前述的實驗方法，於校園中再進行一次實證的研究。實驗結果如下表 5-5-2 與圖 5-5-6 至圖 5-5-9：

表 5-5-1-2 直接滴入不同濃度到手香溶液對子子毒性效應(第二次實驗)紀錄表 單位：隻

濃度	0 (純水)			0.8 倍			0.6 倍			0.4 倍		
	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
1 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 1 亡 4	存 3 亡 2	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 5 亡 0	存 4 亡 1	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 4, 亡 11			存 7, 亡 8			存 14, 亡 1		
致死率(%)	0			73			53			7		
2 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 1 亡 4	存 1 亡 4	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 2 亡 3	存 1 亡 4	存 5 亡 0	存 4 亡 1	存 5 亡 0
存亡統計	存 15, 亡 0			存 3, 亡 12			存 5, 亡 10			存 14, 亡 1		
致死率(%)	0			80			67			7		
3 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 1 亡 4	存 0 亡 5	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 1 亡 4	存 0 亡 5	存 5 亡 0	存 3 亡 2	存 3 亡 2
存亡統計	存 15, 亡 0			存 2, 亡 13			存 3, 亡 12			存 11, 亡 4		
致死率(%)	0			87			80			36		
4 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 1 亡 4	存 0 亡 5	存 5 亡 0	存 3 亡 2	存 3 亡 2
存亡統計	存 15, 亡 0			存 1, 亡 14			存 3, 亡 12			存 11, 亡 4		
致死率(%)	0			93			80			36		
8 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 1 亡 4	存 2 亡 3	存 1 亡 4	存 0 亡 5	存 2 亡 3	存 3 亡 2	存 1 亡 4
存亡統計	存 15, 亡 0			存 1, 亡 14			存 3, 亡 12			存 6, 亡 9		
致死率(%)	0			93			80			60		
24 小時	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 5 亡 0	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5	存 0 亡 5
存亡統計	存 15, 亡 0			存 0, 亡 15			存 0, 亡 15			存 0, 亡 15		
致死率(%)	0			100			100			100		

說明：1.因在 24 小時，不同濃度情況下的子子已全數死亡，因此未繼續進行 48 小時的觀察。

2.致死率=(死亡數÷總樣本數)×100%

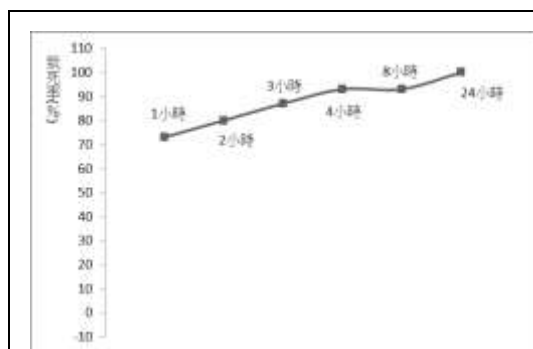


圖 5-5-6  
0.8 倍致死率趨勢圖

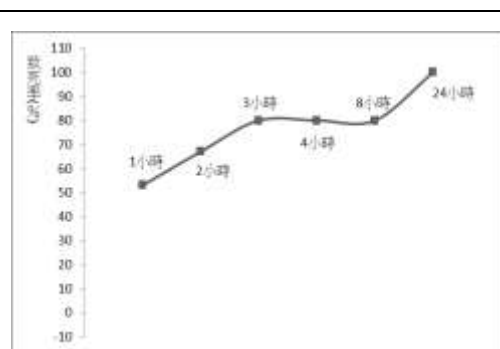
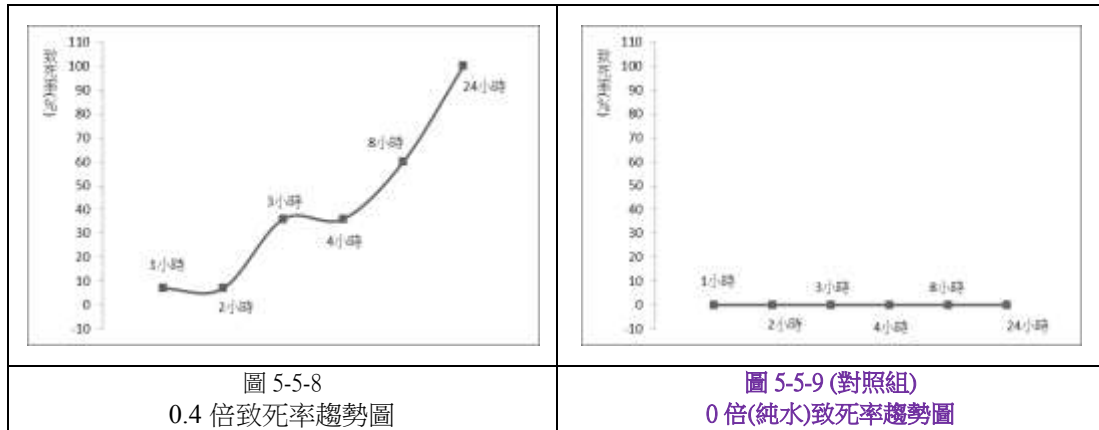


圖 5-5-7  
0.6 倍致死率趨勢圖



由實驗結果我們可以發現：

- 1.在濃度 0.8 倍之到手香原液的環境下，孑孓在 1 小時的時候死亡率已達 73%，隨著時間的增長，死亡率逐漸提高，到 24 小時的時候，孑孓已全數死亡。
- 2.在濃度 0.6 倍之到手香溶液的環境下，孑孓在 24 小時內死亡超過一半(53%)，而時間越久，死亡的隻數也逐漸增加，到 24 小時的時候，孑孓已全數死亡。
- 3.在濃度 0.4 倍之到手香溶液的環境下，在剛開始 1-4 小時的時候，孑孓死亡的現象並不明顯，但到了 8 小時之後，死亡率已超過一半(60%)，而在 24 小時的時候，孑孓已全數死亡。

#### 【小結】

1. 將到手香溶液實際應用於校園環境之中，對撲殺孑孓可以達到一定的效果，而結果和先前在實驗室中所獲的的實驗數據相近。
2. 到手香溶液的濃度越高，越能迅速地撲殺孑孓，基於溶液萃取製作及節省使用的面向來看，使用濃度 0.4 之到手香溶液，能在 24 小時之內完全撲殺孑孓，進而達到防治病媒蚊的效果。

## 陸、討 論

根據本研究實驗過程中所產生的困惑以及問題，我們進行以下的討論：

- 一、高濃度到手香組(原倍與 0.5 倍)中子子的快速死亡現象，推論在高濃度的環境下，雖然子子組織還沒有發生壞死現象，但子子沉降在試管底部不再上下移動到水面呼吸，心跳組織隨濃度增加而加快，子子仍在 1 日內死亡。林佳立(2014)提出鹽水造成子子死亡與子子體內滲透壓失衡有關，子子的腸道、血管分離以及組織破壞現象(0.25 倍與 0.125 倍濃度組)，是否有可能是高濃度到手香造成滲透壓的影響？未來研究中須要再設計實驗釐清…。
- 二、本研究的急性毒性實驗參考環保署(2001)水蚤靜水式法，由於到手香已經有許多驅蟲消炎的文獻與商品開發，確定對人體無害。在實驗過程中我們使用純水並保持儀器與環境清潔，避免汙染造成實驗的誤差，配合國小實驗室低度危害的操作標準，沒有採取特別的防護措施。
- 三、趨性實驗中觀察高濃度組確實吸引子子靠近，揮發性物質是否對子子造成麻痹/迷幻的作用，進而造成毒殺效應？我們進一步對「化學活性」這個變因進行釐清。不同時間研磨到手香汁液(原倍)的化學活性有很大差異，活性比綠色蔬菜地瓜葉弱，但化學活性衰減的速度比地瓜葉快(陳威翰等人，2000)，可能與到手香含有的活性物質大部分是揮發性強的酚、烯、醛、醇類有關。原倍到手香汁液的化學活性強弱不同，仍能在短時間(1 小時)內造成子子的全數死亡，可見得到手香造成子子毒殺效應不全然與化學活性有關聯，其他不隨時間衰變的化學成分可能才是主要原因，值得進一步探究…。
- 五、實驗五的校園盆栽實地實驗中，0.4~0.8 倍到手香組的毒殺子子效果較佳，接近  $LD_{50} < GWBASIC$  軟體推估半溶液的致死濃度(手香溶液 24 小時的半致死濃度：0.363 倍)。

## 柒、結 論

根據實驗結果，我們歸納出下列幾點結論：

- 一、到手香成分多元，具有多方面的功效，而孑孓是蚊蟲生長過程中最長的階段，以到手香來抑制孑孓的生長，對防治病媒蚊應具有相當大的功效性。
- 二、到手香溶液的濃度會影響孑孓的活動能力，濃度越高，孑孓的活動能力越弱。
- 三、到手香溶液濃度會影響孑孓的心跳，濃度越高，孑孓的心跳速度也越快。
- 四、到手香溶液濃度會影響孑孓的趨性，孑孓會向到高濃度組移動。
- 五、到手香溶液濃度越高，孑孓死亡的時間越短，尤其是在濃度 1 倍(原液)及 0.5 倍的情況下，孑孓 1 天內全部死亡，低濃度組的孑孓存活率也越高。
- 六、到手香對孑孓 24 小時-半致死濃度：0.363 倍；48 小時-半致死濃度：0.137 倍。
- 七、到手香原液具有一定的化學活性，衰退速度快，但與孑孓死亡的關聯性不大。
- 八、綜合實驗結果，顯示到手香有容易栽植/大量取得的特性，利用大於濃度 0.363 倍的汁液在校園中較小範圍的水窪或盆栽積水中噴灑，應該可以發揮不錯的杜絕病媒蚊孳生效果。

## 捌、展望

校園的實地應用中，由於須先計算積水的體積與到手香的濃度，可讓中高年級同學復習數學比例概念，但低年級小朋可能在實地操作上較有困難。所以發展更方便與有效的到手香施放方式，例如簡易噴灑的方式…。繼續對到手香-孑孓的慢性毒性影響(如幼蟲孵化、蛻皮、化蛹及羽化的過程)，以及孑孓組織變異(如肛鰓、血腔及皮膜…)進行更深入研究。並發展並且針對校園中容易種植的其他種類到手香以及精油植物(如艾草、薄荷等…)進行探究，發展多元化撲殺病媒蚊孳生源的方法，為大家營造兼顧環保與療癒心靈的綠意生活環境。

## 玖、參考資料

吳致怡(2011)。香芹酚與百里香酚在到手香植物的根莖葉組織之分佈及抗菌活性之研究。國立東華大學碩士論文。

每日頭條(2017)。夏天蚊子那麼猖狂，是因為蚊子幼蟲孑孓在不斷產生。線上檢索日期：2019 年 11 月 12 日。<https://kknews.cc/health/vmlqr22.html>。



- 林佳立 (2014)。孑孓運動之特性與撲滅法。國立成功大學碩士論文。
- 邱勇嘉(2009)。左手香及其活性成分香芹酚鎮痛及抗發炎作用機轉之研究。中國醫藥大學碩士論文。
- 南一編輯群(2018)。國小自然與生活科技第八冊第三單元：珍愛家園。台南：南一。
- 張憲昌(2007)。台灣藥用植物圖鑑。台北：晨星。
- 陳威翰、蘇煥鈞、周傳益 (2010)。我是「地」一名—地瓜葉抗氧化力之探討。線上檢索日期：2017 年 9 月 15 日。中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品集。 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 壹讀(2019)。蚊蟲的生命周期卵和幼。線上檢索日期：2019 年 11 月 11 日。 <https://read01.com/mzzdkJN.html#XpZlNEAzbt>)
- 劉尚弦、吳睿濬 (2013)。仰式泳樁拳—小仰泳樁捕食孑孓之生物防治潛力評估。線上檢索日期：2017 年 9 月 15 日。中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品。 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 楊仁理、陳弘成(2003)。半導體金屬銻之毒性效應。國立臺灣大學動物學刊 13(2) 63-72。
- 維基百科(2019)。左手香。線上檢索日期：2019 年 11 月 12 日。 [zh.wikipedia.org/wiki/左手香](http://zh.wikipedia.org/wiki/左手香)。
- 環保署(2001)。生物急毒性檢測方法—水蚤靜水式法(NIEA B901.14B)。線上檢索日期：2019 年 10 月 15 日。 <https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=7E2C812BFCA0EFBF>

## 【評語】 080311

本作品探討到手香汁液對校園中積水處滋生子孑的撲殺毒性效應，研究到手香汁液對子孑的行為、型態、心跳、趨避的影響，目前的研究大多是著重在植物對蚊子的影響，對子孑方面的相關研究不多，此研究主題新穎有趣，並在提供未來進行病媒蚊防治上有很好的應用性。

1. 對於到手香汁液萃取標準流程的建議需要建立（或是清楚描述），濃度的定義也需要重新考量。
2. 趨性試驗結果與主題連結性不清楚之外，建議可以增加對於觀測結果的討論。
3. 到手香對於水生植物或水生生物是否有不好的影響？對於不同種類的子孑是否有不同的半致死劑量？



## 摘要

本研究透過文獻認識白線斑蚊(*Aedes albopictus*)的幼蟲-孑孓以及大葉到手香(*Plectranthus amboinicus*)的種類、成份與功效。稀釋得到手香汁液配製成各種濃度對孑孓進行急性毒性實驗，並針對到手香原液的化學活性與孑孓的效應進行探究。最後應用在實地校園環境中，0.4倍到手香原液是最經濟且有效的濃度，並提出可行的防治病媒蚊幼蟲方法。

## 研究動機

臺灣溫暖多雨，容易孳生病媒蚊，為人們生活來許多不便。有位生物學家說過：「要讓一個人發狂，只要在他的蚊帳裡放一隻蚊子就可以了。」我們在老師的指導下，透過文獻探討，了解孑孓以及到手香的特性，針對孑孓遇到到手香汁液時所產生的行為、型態、心跳、趨性以及到手香的化學活性進行研究，並在校園中實地進行實驗，希望進一步了解到手香對孑孓的影響，提供未來進行病媒蚊防治參考。

## 研究目的

- 一、認識到手香以及孑孓的特性
- 二、研究到手香對孑孓行為、形態、心跳、趨性的影響
- 三、推定到手香對孑孓的致死濃度
- 四、到手香的化學活性以及對孑孓的毒性效應
- 五、到手香對孑孓毒性效應在校園的實地應用
- 六、綜合研究結果提出防治病媒蚊的最佳方法

## 研究方法與結果

### 文獻探討~認識到手香

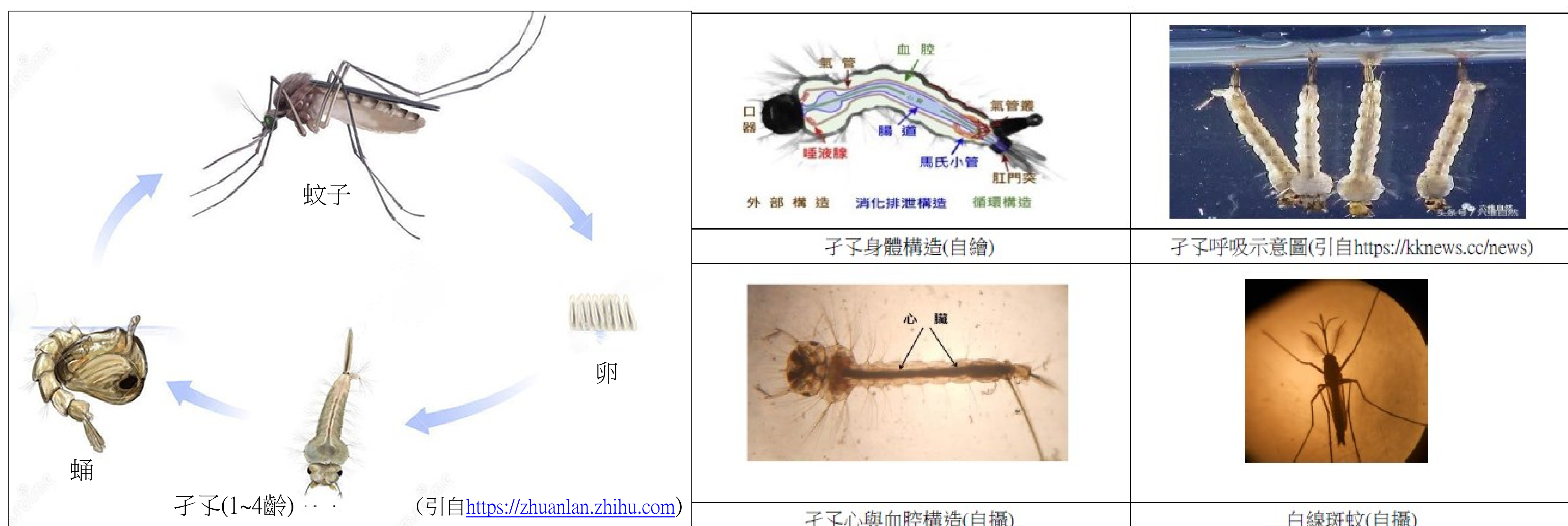
到手香又稱藿香、印度薄荷、左手香、過手香等。原產地分布於馬來西亞與印度，高度約15~30cm，有強烈的辛香味，植株適應力強且生長快速。到手香的應用也非常廣泛，具有消炎、止嘔、解毒、健脾胃之功效，用於外敷則有消炎、治療腫痛及蚊子叮咬的效用。到手香具有特殊香味製成精油、薰香、香料，被廣泛使用於芳香療法、驅蟲防蚊及抑制細菌生長之用，是經濟價值很高的植物。



圖一、校園常見的到手香種類圖

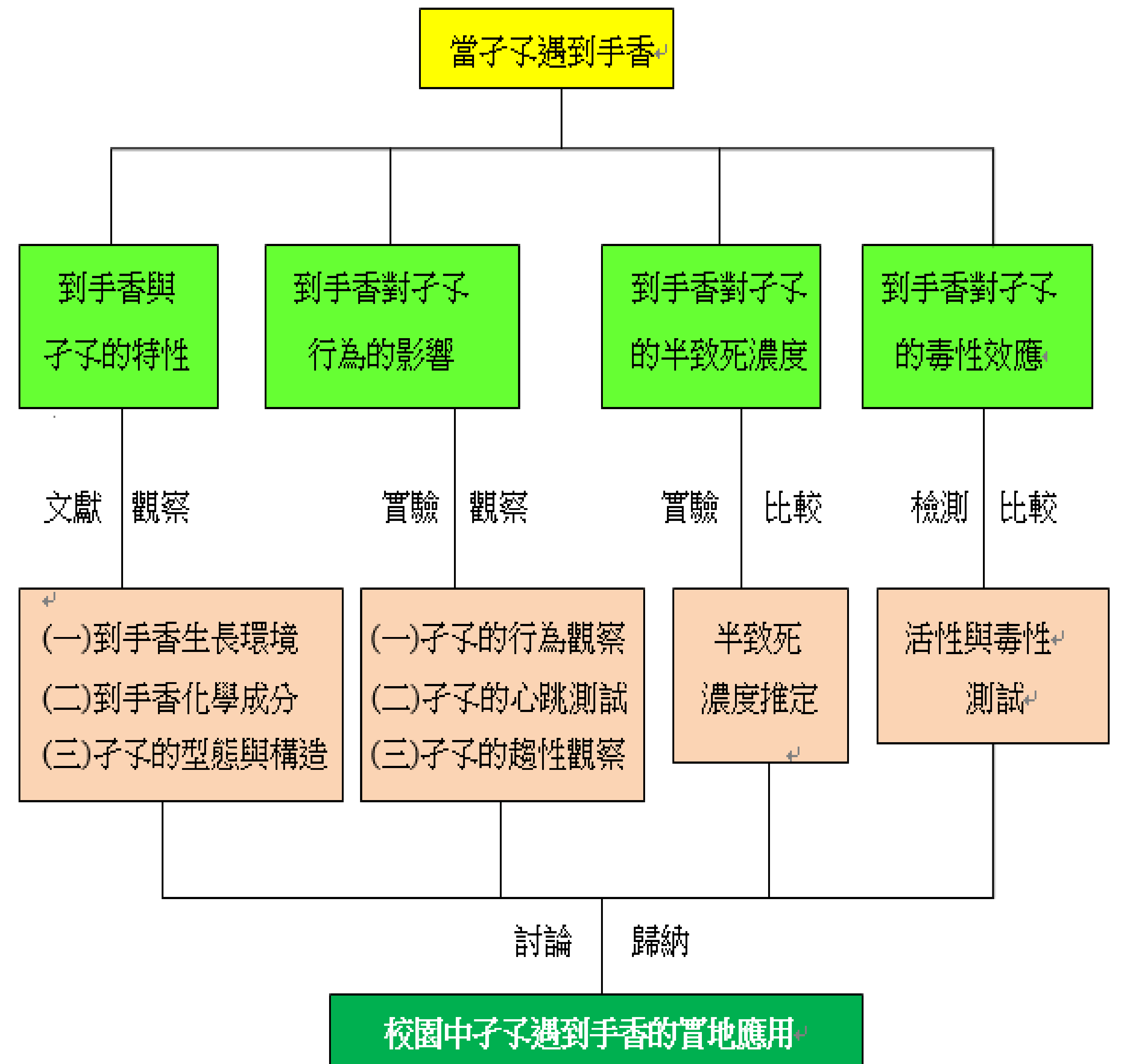
### 文獻探討~認識孑孓

「孑孓」是蚊子由卵成長至蛹的中間階段，無飛行能力只能生活在水中。生活地點包括池沼、水溝或積水的器皿等水流靜止的地方，以水中的浮游生物/微生物及有機碎片為食，由蟲卵孵化後經過四次蛻皮(大約1周)後會發育成蛹，而根據劉尚弦等人(2012)的研究指出，一齡孑孓的體長約1~1.5mm；二齡孑孓則為2~2.5mm；三齡孑孓為3~4mm；四齡孑孓體長約5~6mm；蛹為逗點狀體長約5~5.5mm，成蛹後再經1-2天則可羽化成蚊子。



圖二、蚊蟲生活史、構造、形態

## 研究架構



表一、到手香的成分與功能

成分	功效
香芹酚	清熱、殺菌、消炎、助消化、增強食慾。
百里酚	殺菌、抑制微生物增生。
蛇麻烯	抗炎功效。
烷醛	止痛、消炎。
松油烯	殺菌。
聚傘花烴	消炎、抑制微生物增生。
丁香烯氧化物	消炎止痛。
松油醇	殺菌。
丁香烯	麻醉止痛。
檜烯	消炎。



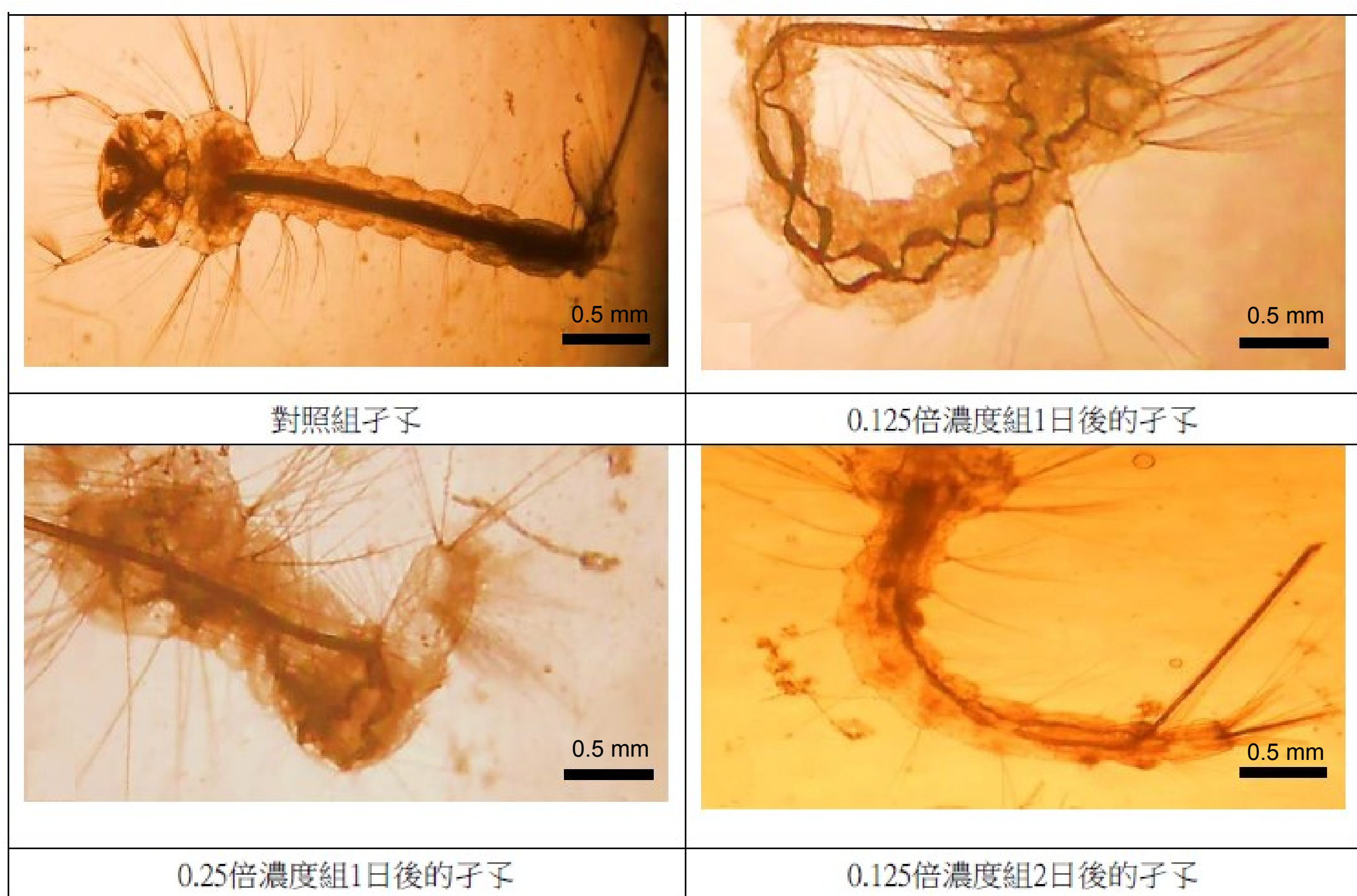
➤ 到手香對子子的影響~行為

研磨大葉到手的葉子並過濾得到澄清液，調製濃度0.5倍、0.25倍、0.125倍、0.0625倍、0.03125倍原液的到手香溶液。分別吸取10cc的原液、純水以及各種溶液滴入裝有5隻子子的試管中，進行二重複實驗，每隔1、24、48、72、96小時觀察子子的活動狀況。

表二、不同濃度到手香溶液下子子蟲體的行為現象紀錄表

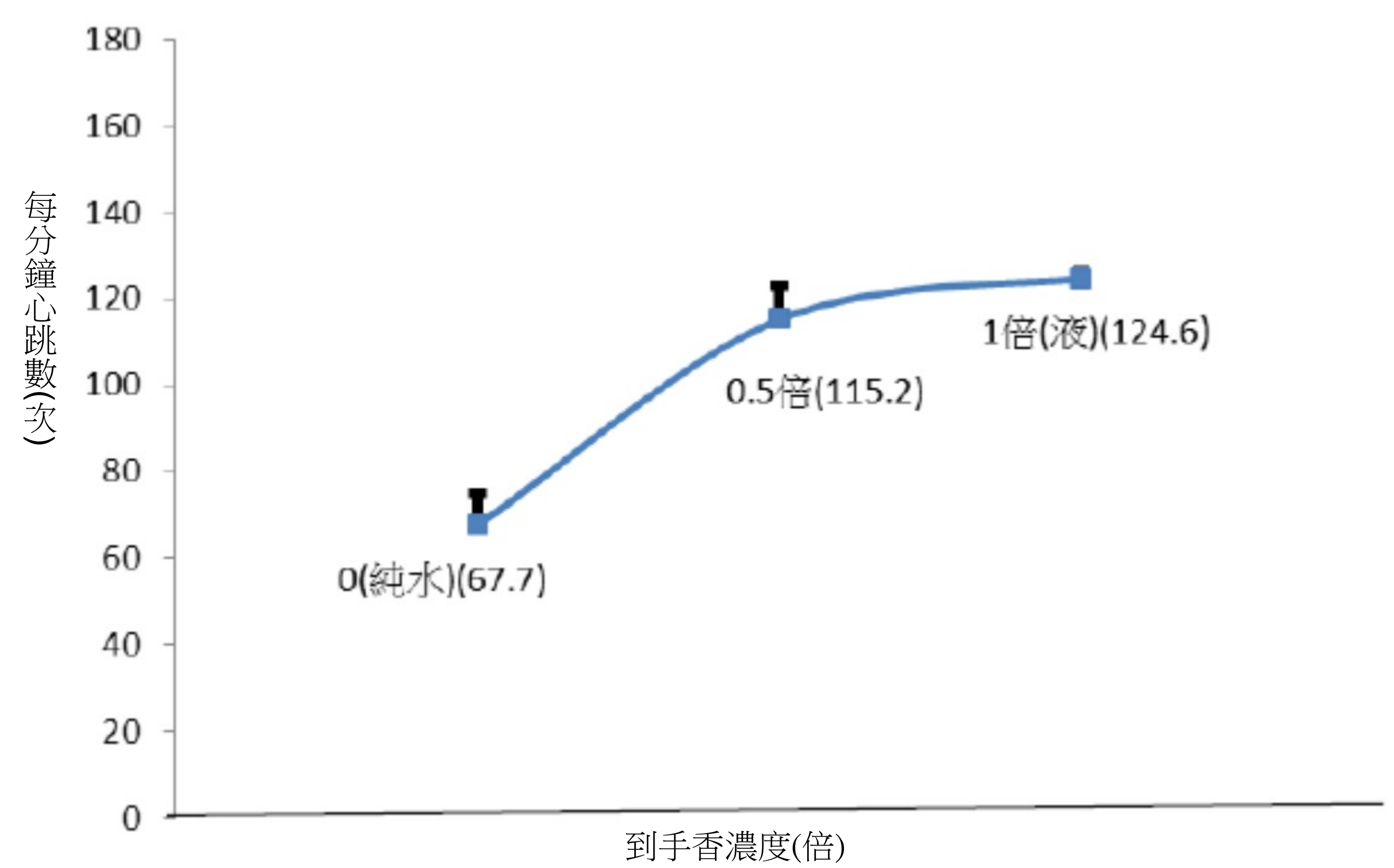
濃度	0 (純水)		1倍 (原液)		0.5倍		0.25倍		0.125倍		0.0625倍		0.03125倍	
1小時	浮5 游0 沉0	浮5 游0 沉0	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮1 游0 沉4	浮1 游0 沉4	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	浮5 游0 沉0	浮5 游0 沉0
存亡統計	存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0		存10, 亡0	
致死率(%)	0		0		0		0		0		0		0	
24小時	浮5 游0 沉0	浮4 游1 沉0	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮0 游0 沉5	浮2 游1 沉2	浮3 游0 沉2	浮4 游0 沉1	浮4 游0 沉1	浮5 游0 沉0	浮4 游0 沉1	浮3 游0 沉2	浮2 游0 沉3
存亡統計	存10, 亡0		存0, 亡10		存0, 亡10		存6, 亡4		存8, 亡2		存9, 亡1		存10, 亡0	
致死率(%)	0		100		100		40		20		10		0	
48小時	浮5 游0 沉0	浮3 游1 沉1	[圖示]		[圖示]		浮0 游0 沉3	浮0 游1 沉2	浮3 游0 沉1	浮4 游0 沉0	浮5 游0 沉0	浮4 游0 沉0	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0
存亡統計	存10, 亡0		[圖示]		[圖示]		存1, 亡5		存7, 亡1		存9, 亡0		存10, 亡0	
致死率(%)	0		100		100		90		30		10		0	
72小時	浮4 游1 沉0	浮5 游0 沉0	[圖示]		[圖示]		浮0 游0 沉0	浮0 游0 沉1	浮2 游0 沉1	浮3 游0 沉1	浮4 游0 沉1	浮3 游0 沉1	浮3 游2 沉0	浮5 游0 沉0
存亡統計	存10, 亡0		[圖示]		[圖示]		存0, 亡1		存5, 亡2		存7, 亡2		存10, 亡0	
致死率(%)	0		100		100		90		50		30		0	
96小時	浮3 游0 沉2	浮4 游1 沉0	[圖示]		[圖示]		浮2 游0 沉0	浮2 游0 沉1	浮3 游0 沉1	浮3 游0 沉0	浮3 游0 沉1	浮3 游0 沉2	浮4 游0 沉1	
存亡統計	存10, 亡0		[圖示]		[圖示]		[圖示]		存4, 亡1		存7, 亡0		存10, 亡0	
致死率(%)	0		100		100		100		60		30		0	

➤ 到手香對子子的影響~形態變化



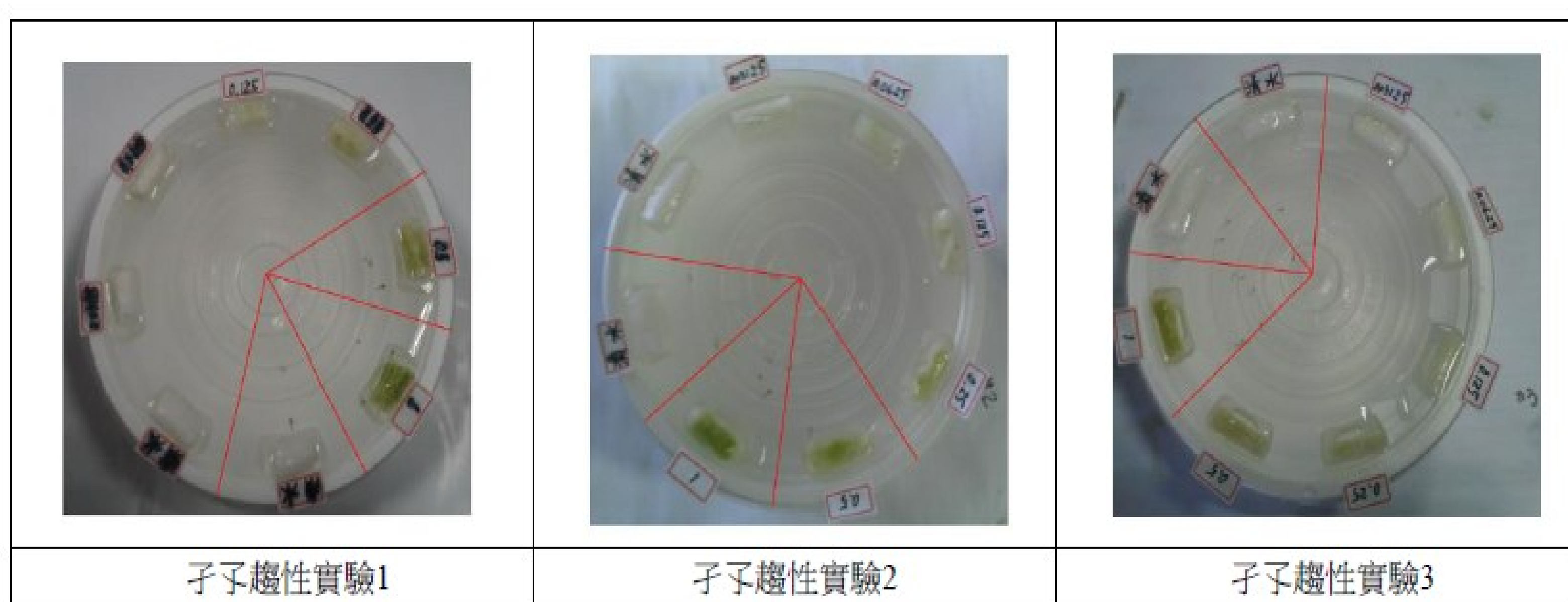
圖三、到手香對子子的形態效應

➤ 到手香對子子的影響~心跳

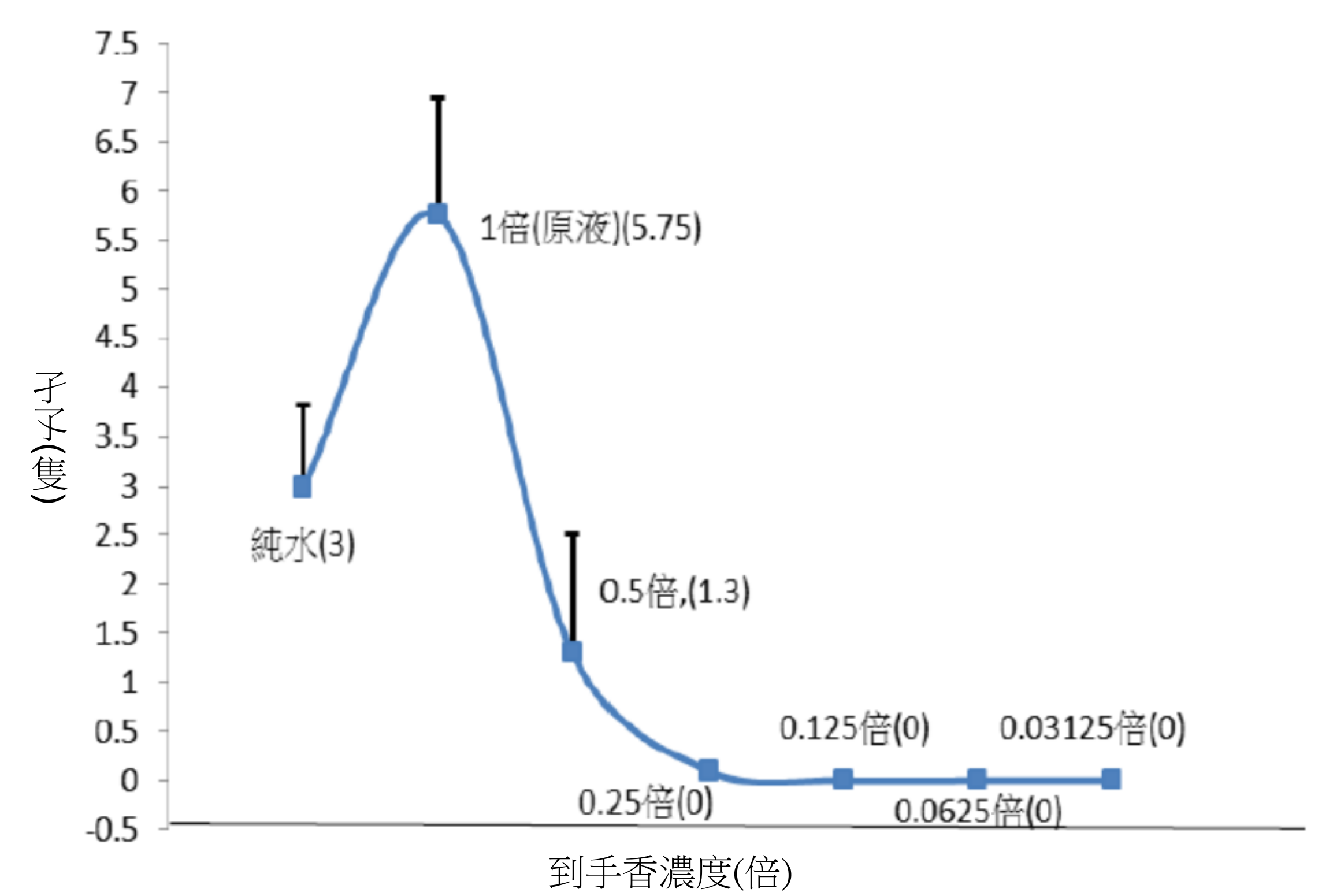


圖四、不同濃度到手香對子子心跳影響趨勢圖

➤ 到手香對子子的影響~趨性



圖五、到手香對子子的趨性實驗



圖六、到手香對子子的影響趨勢圖



### ➤ 到手香對子子的半致死濃度

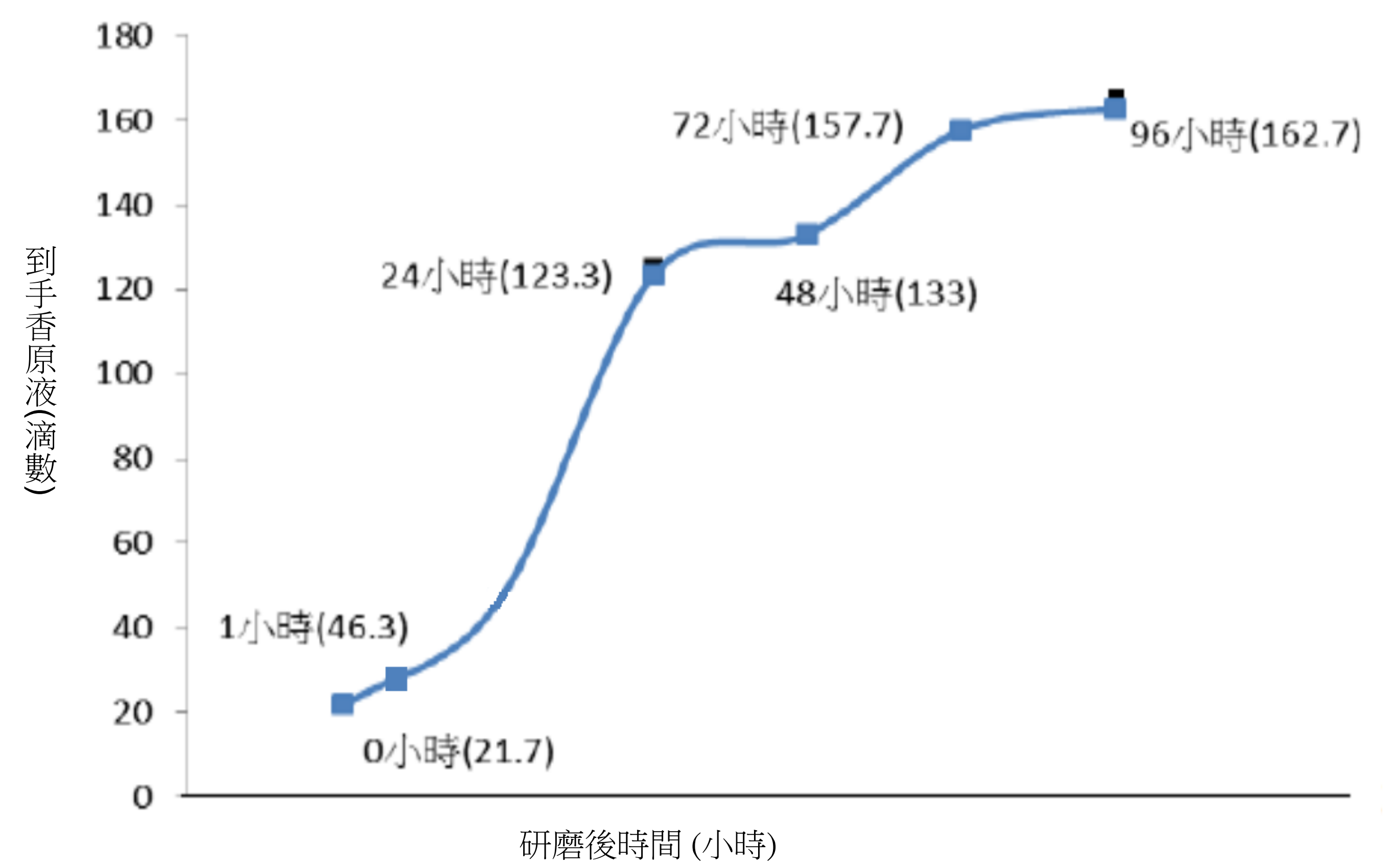
表三、到手香汁液對子子的半致死濃度試算軟體推估

時間	24 小時	48 小時
半致死濃度	0.363 倍	0.137 倍
濃度範圍	0.09~1.42 倍	0.101~0.186 倍

表四、不同研磨時間的到手香溶液滴定數量統計 (單位:隻)

實驗序	純水		0 小時		1 小時		24 小時		48 小時		72 小時		96 小時	
	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡	存	亡
1	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
2	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
3	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
平均	5	0	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5

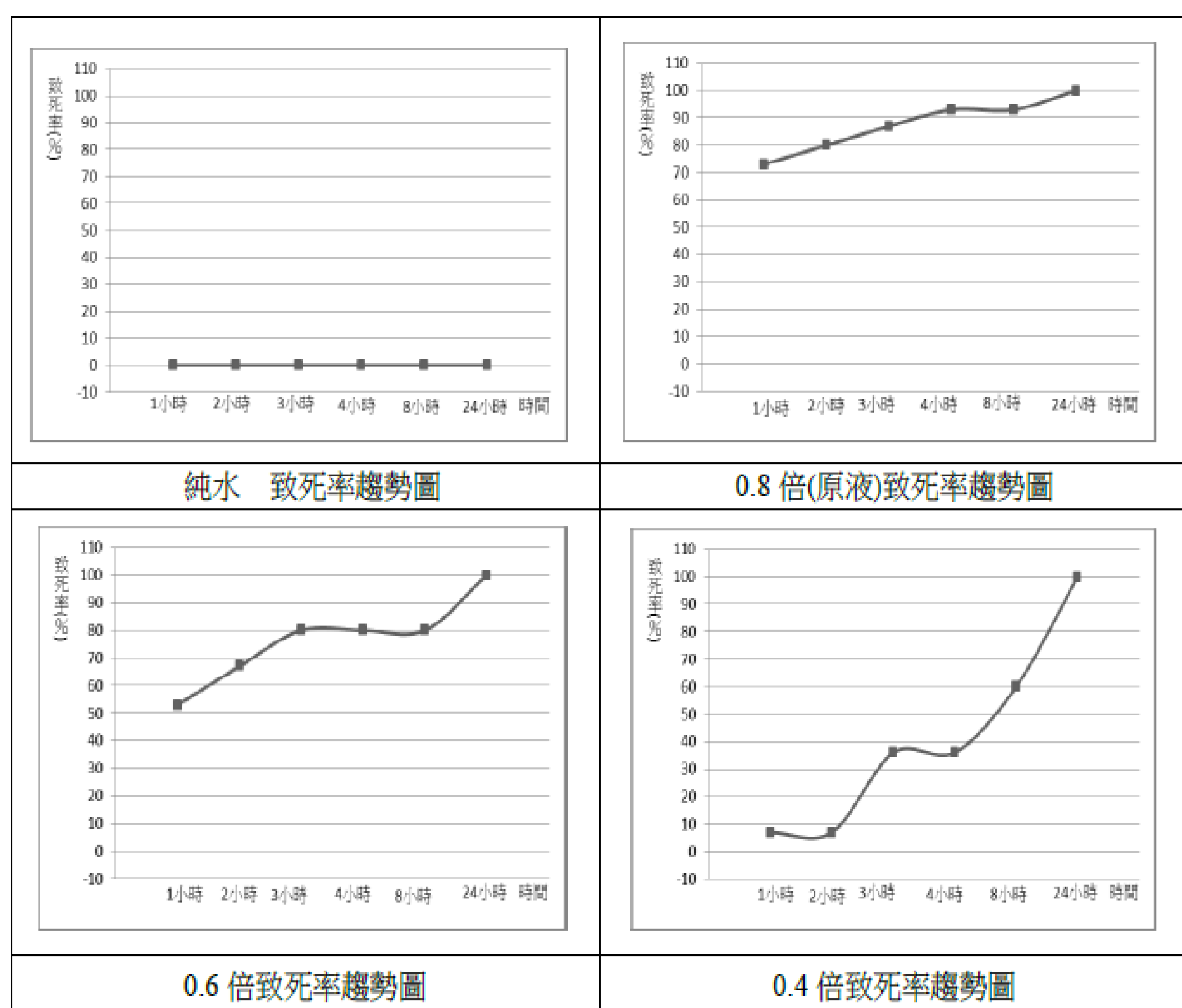
### ➤ 到手香的化學活性測定



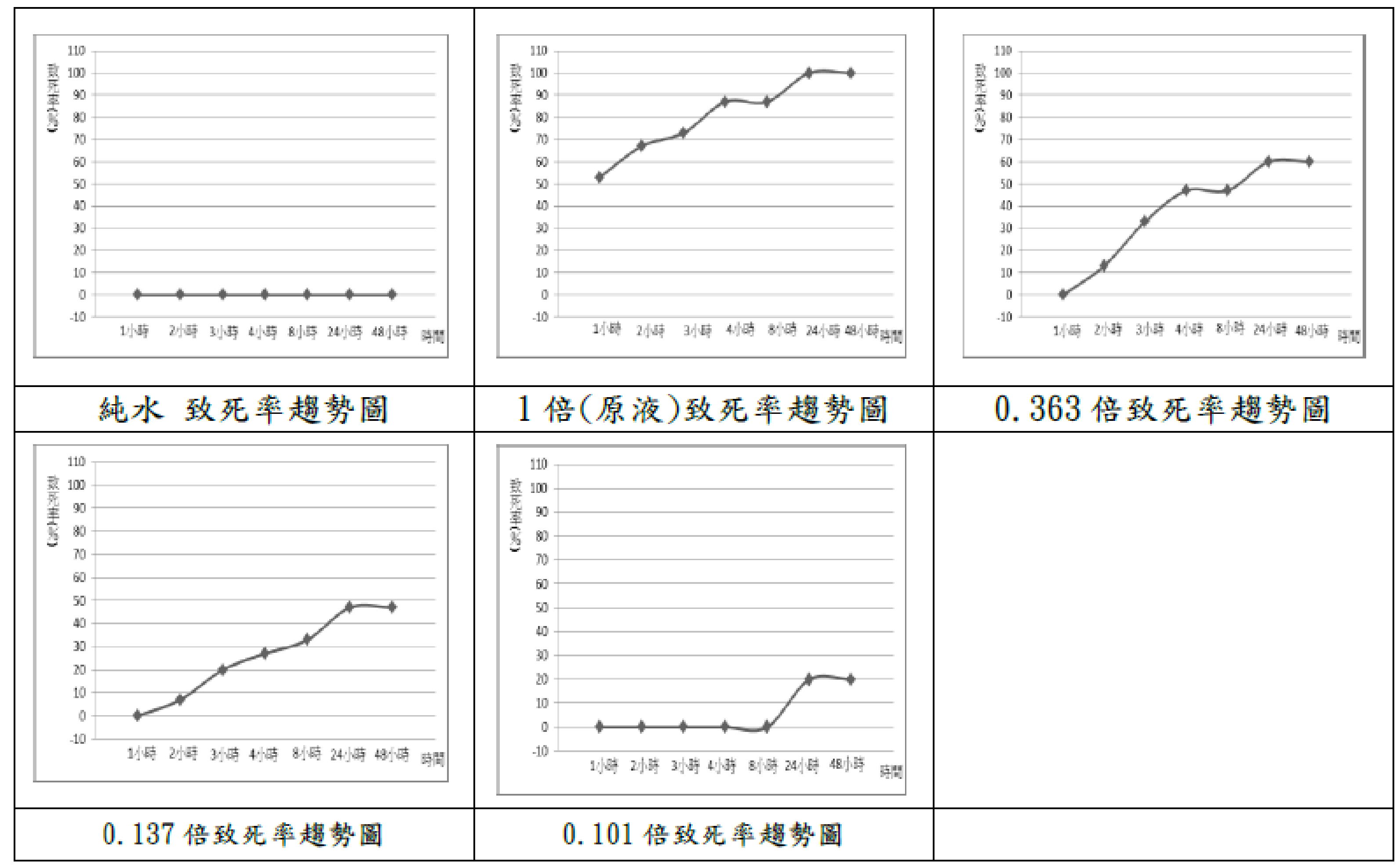
圖七、不同時間研磨到手香汁液滴定趨勢圖

### ➤ 到手香對子子毒性效應在校園的實地應用

應用LC50試算軟體運算出到手香對子子的半致死濃度24小時約為0.363倍原液；48小時的半致死濃度為0.137倍原液，之後調製不同濃度的到手香溶液，實際運用於校園之中，實地測試結果如下圖：



圖八、不同到手香濃度(0.8、0.6、0.4倍)對子子毒性效應在校園的應用



圖九、不同到手香濃度(1、0.363、0.137、0.101倍)對子子毒性效應在校園的應用

### 討論

- 一、高濃度組(原倍與0.5倍)中子子的快速死亡現象，雖然組織還沒有發生壞死現象，但子子沉降在試管底部不再上下移動到水面呼吸，但仍有微弱心跳，蟲體在1日內死亡。0.25與0.125濃度組的死亡，由受損情形推論到手香對子子的呼吸/循環器官造成毒害導致死亡。林佳立(2014)提出鹽水造成子子死亡與子子體內滲透壓失衡有關，未來研究中高濃度組須要再設計實驗釐清…。
- 二、趨性實驗中觀察高濃度組確實吸引子子靠近，揮發性物質是否對子子造成麻痺/迷幻的作用，進而造成毒殺效應？但是環境中到手香又有驅蟲作用，到手香散發的揮發性物質與毒殺子子的作用機制是否有關聯？我們進一步對「化學活性」這個變因進行釐清。
- 三、不同時間到手香汁液(原倍)的抗氧化力有很大差異，可能與到手香含有的活性物質大部分是揮發性強的酚、烯、醛、醇類有關。原倍到手香汁液的化學活性強弱不同，仍能在短時間(1小時)內造成子子的全數死亡，可見得到手香造成子子毒殺效應不全然與化學活性有關聯，其他不隨時間衰變的化學成分可能才是主要原因，值得進一步探究…。
- 四、校園的實地應用中，0.8~0.4倍到手香組的毒殺子子效果佳。

### 結論

到手香溶液的濃度會影響子子的活動能力，當濃度越高時，子子的活動能力越弱、心跳速度越快、會向到手香溶液濃度較高的地方移動。到手香溶液24小時的半致死濃度約為0.363倍；48小時的半致死濃度為0.137倍。綜合實驗結果顯示到手香有容易栽植/方便大量取得的優點，利用大於濃度0.363倍的汁液在校園中小水窪/盆栽積水中施放，可以發揮不錯防治病媒蚊幼蟲孳生的效果。

### 展望

後續將發展更方便與有效的到手香施放方式，例如簡易噴灑的方式…。並繼續對到手香-子子的慢性毒性影響(如幼蟲孵化、蛻皮、化蛹及羽化的過程)，以及子子組織變異(如肛鰓、血腔及皮膜…)更深入探究。並且針對校園中容易種植的其他種類到手香以及精油植物(如艾草、薄荷等…)進行了解，發展多元化撲殺病媒蚊孳生源的方法，為大家營造兼顧環保與療癒心靈的綠意生活環境。

### 參考資料

- 吳致怡(2011)。香芹酚與百里香酚在到手香植物的根莖葉組織之分佈及抗菌活性之研究。國立東華大學碩士論文。
- 林佳立(2014)。子子運動之特性與撲滅法。國立成功大學碩士論文。