

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040713

超音波對白線斑蚊幼蟲的致死反應

學校名稱：臺北市立中正高級中學

作者： 高二 劉兆辰 高二 林曼婷	指導老師： 邱柏強
-------------------------	--------------

關鍵詞：白線斑蚊、超音波

摘要

台灣中南部登革熱肆虐，而病媒蚊為其主要傳播媒介，因此本研究想找出更為有效的病媒蚊防治方法。我們選擇特定超音波頻率對白線斑蚊幼蟲(**Aedes albopictus**)做致死實驗。以常見的水桶模擬不同體積與深淺的環境積水(病媒蚊主要孳生源)、超音波傳導器的擺放位置及發射時間作為實驗變因。根據實驗結果發現，體積大小於超音波傳導器可作用的水體範圍下，寬淺的水體較窄深的水體能獲得更高的致死率，且對其他生物影響不顯著。本研究發現以超音波撲殺病媒蚊幼蟲較化學性與生物性防治法更為低汙染、高專一。

壹、 研究動機

每年夏天台灣南部總是爆發嚴重的登革熱疫情，不僅影響民眾的生活，更是政府致力解決的問題。2014 年 10 月經媒體報導關於高雄市政府利用海水高鹽度的特性，引入市內水溝撲滅病媒蚊幼蟲的新聞，引發了我們想研究更低汙染、更有效的孳生源防治方法。

政府在面對登革熱大多採取投藥對成蚊進行撲殺，但藥劑如果殘留不但會造成環境汙染也可能使成蚊產生抗藥性；而生活中如農田常有水桶因容量大不易傾倒積水造成蚊子幼蟲的孳生。從高一設計一個利用超音波驅趕蚊子的實驗中，雖然發現是無效的，卻也讓我們得到一個想法：超音波的頻率是否能對幼蟲造成身體上的破壞，進而預防蚊子生成以及滅蚊行動呢？為了將想法付諸實行，我們查詢多方資料並得知一部機具可發射特定頻率的超音波(18~36kHz)至水中，且幼蟲氣管及腸道組織內的空氣將與機具所發射的超音波起共振反應，並使其破裂，最後使幼蟲重殘或是死亡(唐立正，2014)。

因此，我們設計各項變因進行實驗，觀察此機具發射的超音波對白線斑蚊幼蟲與其他水中生物的影響，期望應用於登革熱的防治上。

貳、 研究目的

- 一、證實超音波能對白線斑蚊幼蟲造成死亡反應
- 二、觀察超音波對幼蟲致死率的關係
- 三、觀察超音波發射的時間長短與幼蟲致死率的關係
- 四、觀察超音波在不同積水環境對幼蟲致死率的關係
- 五、觀察超音波對其他水中生物的影響

參、 研究設備及器材

一、 實驗生物(由國立台灣大學公共衛生學院 蟲媒傳染病實驗室協助提供卵片)

白線斑蚊幼蟲(*Aedes albopictus*)

Arthropoda 節肢動物門

Insecta 昆蟲綱

Diptera 雙翅目

Culicidae 蚊科

Aedes 斑蚊屬

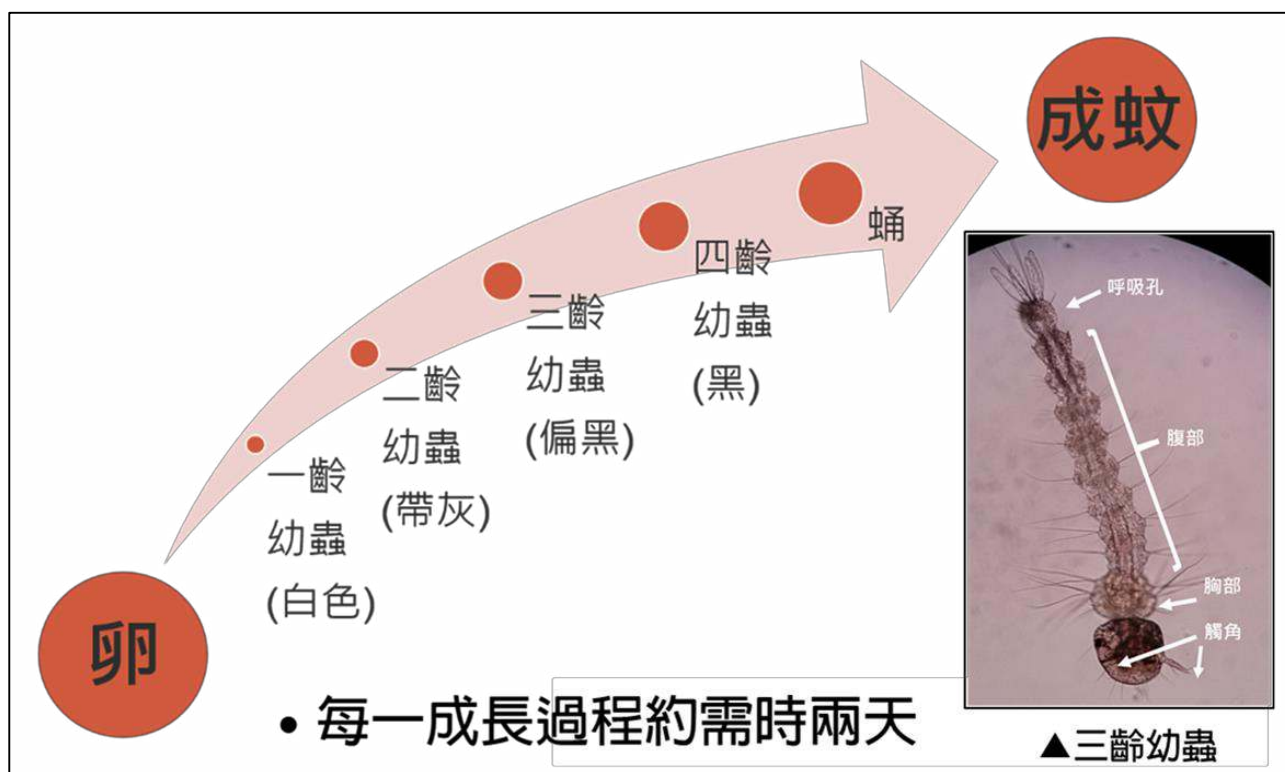


生活史：分為卵、一齡幼蟲(外觀為白色)、 (圖一)、白線斑蚊的卵片

二齡幼蟲(外觀為帶灰色)、三齡幼蟲(外觀為偏黑色)、四齡幼蟲(外觀為黑色)、蛹、成蚊。

成蚊約於一天後進行交配，交配後一周內母蚊會吸血並產卵，雄蚊交配後可活約十天，母蚊約兩個月。此為自然情況下的存活日期，在實驗室中，雄蚊可活約兩個月，雌蚊甚至可存活三至四個月。

本實驗以二齡至四齡幼蟲為主，以下附上三齡幼蟲外觀圖做為代表。



(圖二)、白線斑蚊幼蟲生長過程圖

二、其他器材

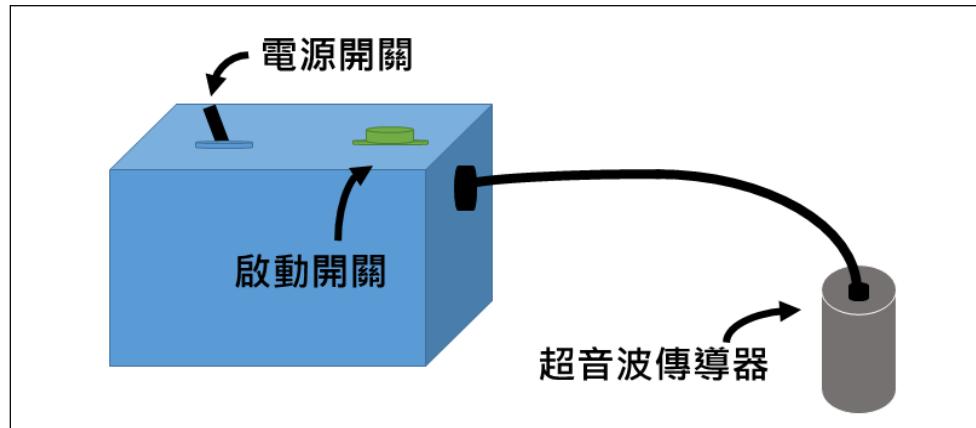
- (一)、27°C 恆溫箱
- (二)、米尺
- (三)、計時器
- (四)、塑膠方形盒子(長 25 公分，寬 20 公分，高 10 公分)
- (五)、燒杯(100ml)
- (六)、量筒(1000ml)
- (七)、滴管
- (八)、摺疊紙巾
- (九)、乳膠手套
- (十)、酵母粉
- (十一)、保鮮膜
- (十二)、剪刀
- (十三)、麥克筆
- (十四)、各式水桶



三、實驗儀器

Larvasonic™ SD-MINI

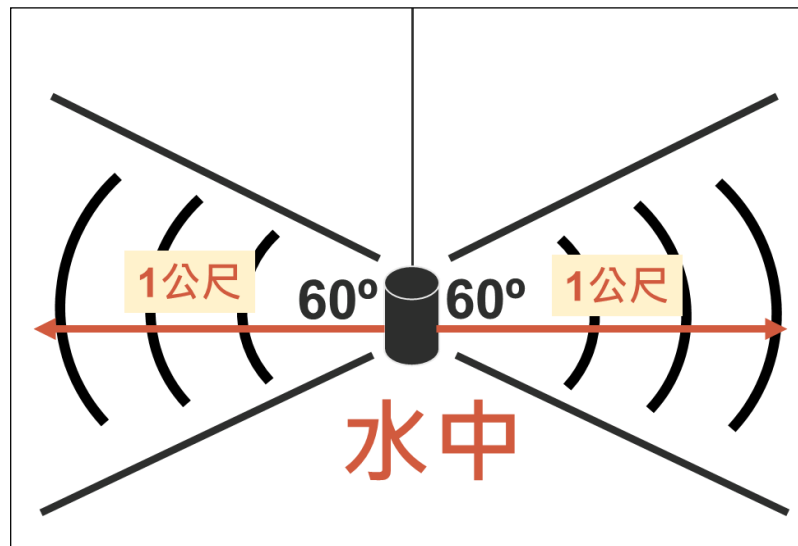
(一)、儀器操作步驟



(圖三)、儀器各部元件圖

1. 將電源開關從” OFF” 扳到” ON” 開關，若電量充足則機身綠色指示燈為恆亮。
2. 將啟動按鈕按下後機身上的紅色指示燈將會閃爍。此時機具會依照內建程式，次序性地從傳導器發出滋滋聲，此聲音非超音波而是金屬敲擊所發出的聲音。
3. 放開啟動按鈕，傳導器便會停止發射超音波。

(二)、發射超音波之有效範圍

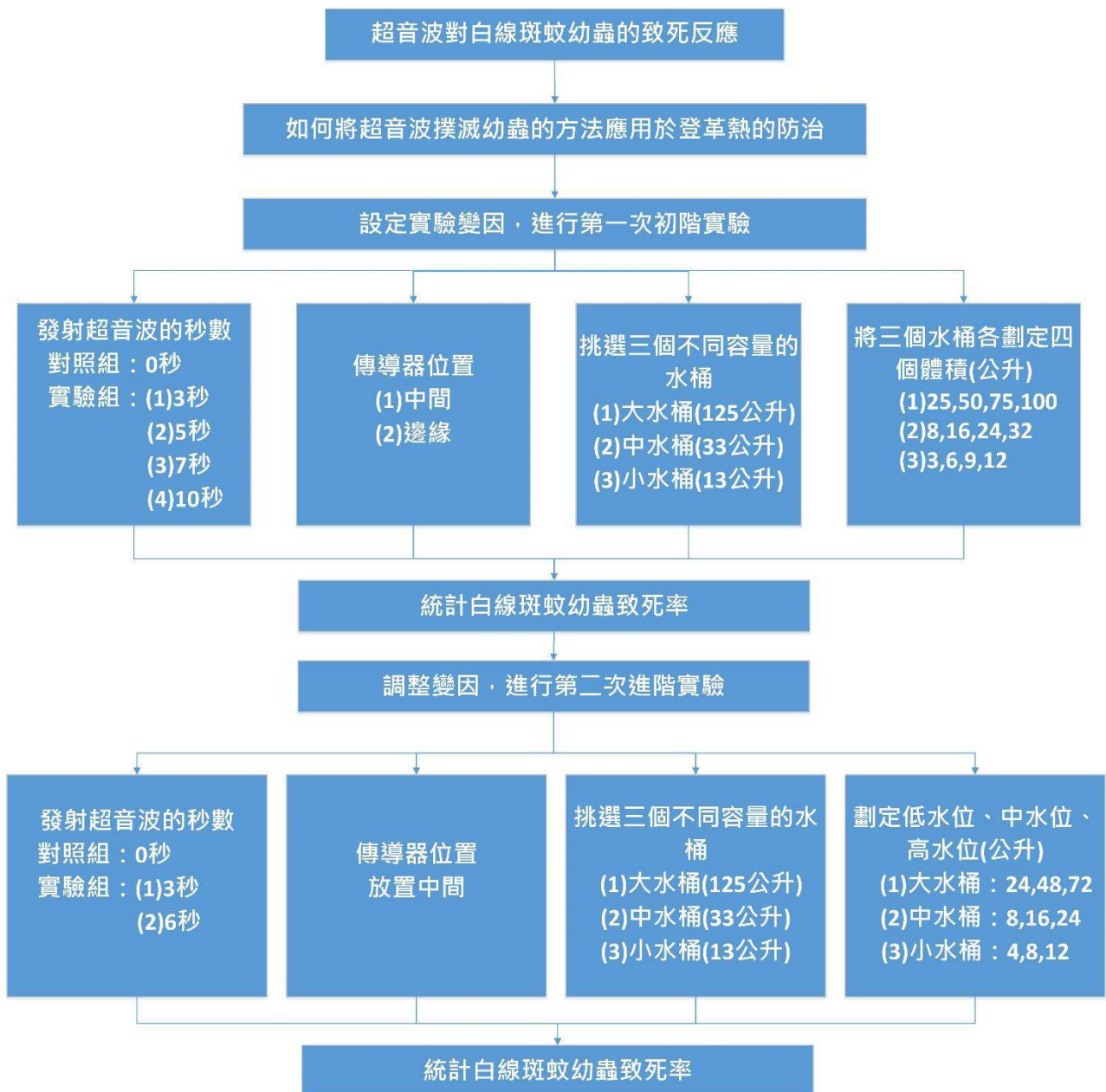


(圖四)、超音波發射範圍示意圖

傳導器必須完全沒入水中後，會以水平 360 度、上下 60 度角平均地散佈能量波，製造一個半徑約一公尺的有效範圍。

肆、 研究過程或方法

一、 實驗流程圖



二、 白線斑蚊幼蟲的飼養(實驗前準備)

- (一)、剪取所需卵片的量，一卵片上大約有 1000~2000 個卵，視實驗情況可剪下一小段或孵下半張卵片也適宜。
- (二)、將卵片置入方型塑膠盒中，並加入蒸餾水至淹沒卵片的高度，接著灑上酵母粉(即餵食幼蟲的飼料)，注意盒子的角落可多灑一些，因角落為幼蟲時常聚集之處。
- (三)、用保鮮膜封住塑膠盒，並在保鮮膜上戳洞，以便幼蟲呼吸。最後將塑膠盒放入

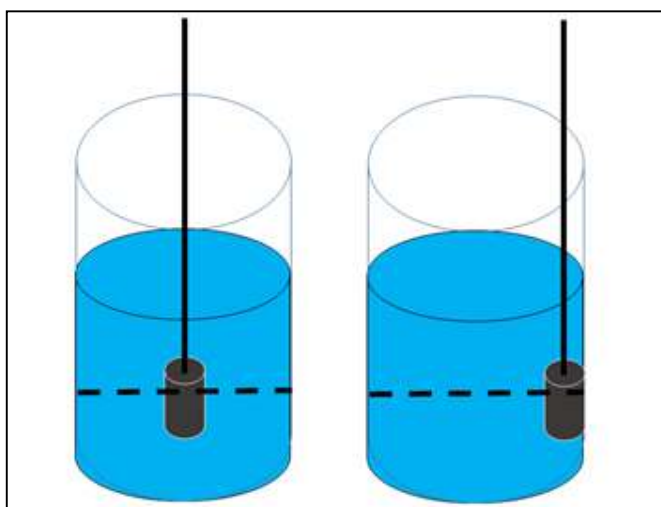
27°C恆溫箱並等待數天後幼蟲的孵化。

(四)、本實驗以二齡至四齡幼蟲為主，以期更能模擬戶外孳生源。

三、初階實驗：我們規劃出各項變因後進行初步實驗，探討研究結果後調整實驗變因，再完成第二次進階的實驗。

(一)、超音波傳導器沒入水桶中的位置及發射秒數：

1.分為中間(將傳導器直立於水桶底部中心點後往上抬升至欲實驗水面高度約一半的位置)及邊緣(將傳導器緊貼水桶壁後升降至欲實驗水面高度約一半的位置)。



(圖五)、傳導器放置示意圖

2.將發射超音波的秒數分為對照組：0 秒，及實驗組：3 秒、5 秒、7 秒、10 秒。

(二)、挑選三個常見大小不同的水桶，分別為大水桶、中水桶、小水桶。測量各水桶容積，再於各水桶壁上標記劃分後的四個體積(高度)

水桶(總容量)	體積(高度)一	體積(高度)二	體積(高度)三	體積(高度)四
大水桶(125 公升)	25 公升	50 公升	75 公升	100 公升
中水桶(33 公升)	8 公升	16 公升	24 公升	32 公升
小水桶(13 公升)	3 公升	6 公升	9 公升	12 公升

(表一)、各水桶劃分後體積規格

(三)、取其一水桶加水至欲實驗之體積(高度)並放入 5 隻幼蟲，在幼蟲游動的同時，將傳導器置於欲實驗位置並備好計時器。按下機具的啟動鈕直到計時器顯示實驗秒數已到，即可停止按下啟動鈕。

(四)、將傳導器拿出水桶並依據水中幼蟲的反應判斷死亡(停止游動，身體結構分離且破裂)或重殘(還能夠游動且身體結構部分保持完整)。實驗後的幼蟲用滴管吸取至一空燒杯中並將死亡隻數填入記錄表格，如(表二)：

體積(高度)一						
大水桶	秒數	0 秒	3 秒	5 秒	7 秒	10 秒
傳導器位置	中間					

(表二)、範例紀錄表格

(五)、重複三次實驗(三)至(四)後統計幼蟲在各變因下的致死率。

(六)、將實驗後的幼蟲移至顯微鏡底下觀察。

四、進階實驗：由初階的實驗結果中，我們調整實驗變因後進行第二次的進階實驗。

(一)、增加每次實驗用的幼蟲(二齡期至四齡期)數量為 20 隻。

(二)、將傳導器統一放置中間。由實驗結果我們發現傳導器的擺放與致死率並無直接相關性，因此我們刪除放置邊緣的變因，並將超音波的秒數調整為對照組：0 秒，及實驗組：3 秒、6 秒，以觀察相差各 3 秒的致死率差異。

(三)、將各水桶的四個水面高度改劃分成三個水位，分別為低水位、中水位、高水位：同一體積在小水桶或許是窄且深的水體，但在中水桶或許是寬且淺的水體，因此我們想比較同一體積在不同容器下的致死率。劃分後的體積中，小水桶的中水位相當於中水桶的低水位，容量同為 8 公升；中水桶的高水位相當於大水桶的低水位，容量同為 24 公升，而大水桶的中水位及高水位則依低水位 24 公升的兩倍、三倍體積做劃分，如(表三)。

水桶(總容量)	低水位	中水位	高水位
大水桶(125 公升)	24 公升	48 公升	72 公升
中水桶(33 公升)	8 公升	16 公升	24 公升
小水桶(13 公升)	4 公升	8 公升	12 公升

(表三)、各水桶劃分後體積規格

(四)、取其一水桶加水至欲實驗之水位並放入 20 隻幼蟲，在幼蟲游動的同時，將傳導器

放置中間並備好計時器。按下機具的啟動鈕直到計時器顯示實驗秒數已到，即可停止按下啟動鈕。

- (五)、將傳導器拿出水桶並依據水中幼蟲的反應判斷死亡(停止游動，身體結構分離且破裂)或重殘(還能夠游動且身體結構部分保持完整)。實驗後的幼蟲用滴管吸取至一空燒杯中並將死亡隻數填入實驗記錄表格，例如(表四)：

低水位				
大水桶	秒數	0 秒	3 秒	6 秒
傳導器放置中間	死亡隻數			

(表四)、範例紀錄表格

- (六)、重複三次步驟(四)至(五)後統計幼蟲在各變因下的致死率。

伍、 研究結果

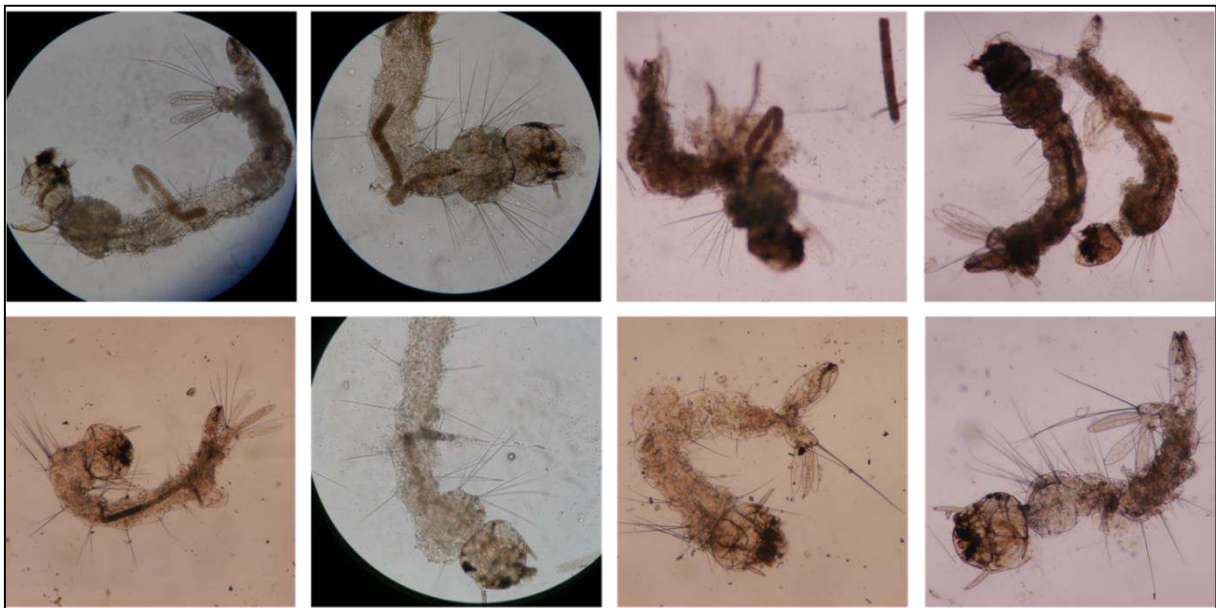
一、 超音波對白線斑蚊幼蟲的效果

左圖為未發射超音波下的正常幼蟲，右圖為發射超音波後身體已呈現斷裂情形並死亡之幼蟲。



(圖六)、 超音波對白線斑蚊幼蟲的致死效果

二、 將實驗後的幼蟲移至顯微鏡下觀察



(圖七)、 幼蟲致死反應組圖

(圖七)中我們推測幼蟲氣管與腸道內的空氣與超音波起共振反應時軀體斷裂，間接造食團(幼蟲體內破裂的深褐色條狀物，而氣管及其他腸道組織為透明色)露出體外的情形。

三、 各變因下所得幼蟲致死結果的分析方式，初階實驗中一次僅使用 5 隻幼蟲，我們在比較研究結果時，將根據死亡隻數做比較；而進階實驗時幼蟲數量增加為 20 隻，我們將死亡

隻數轉為致死率(%)做比較：

- (一)、比較傳導器放置中間或邊緣於不同變因之下並無顯著差異。(見附錄三)
- (二)、統計發射不同超音波秒數於各水體體積下所得的死亡隻數，可見初階實驗中死亡隻數隨秒數顯著增加的只有中水桶，其它水桶則無顯著差異(見附錄四)，於是只將初階實驗中 5 秒及 10 秒的數據進行比較後，則可見大水桶有顯著差異、中水桶有極顯著差異(見附錄五)。
- (三)、從進階實驗結果中，可發現發射超音波 3 秒及 6 秒時與 0 秒對照組相比，大水桶有高達 80%~98%的致死率；中水桶有 50%~87%的致死率；小水桶則有 30%~68%的致死率(見附錄六)。
- (四)、統計初階實驗中各水桶所劃分的四個體積(高度)下所得幼蟲死亡隻數，可見中水桶的體積(高度)三及小水桶的體積(高度)二有顯著差異，小水桶的體積(高度)三則有極顯著差異(見附錄七)，統計進階實驗中各水桶及不同水位下所得幼蟲致死率則無顯著差異(見附錄八)。
- (五)、體積同為 24 公升時，大水桶的致死率較中水桶有顯著增加；體積同為 8 公升時，中水桶的致死率有較小水桶高，但在統計上看不出顯著差異(見附錄九)，我們希望觀察更多同體積的水量於不同容器的實驗組所得致死率之間的差異。

四、根據以上實驗結果引發我們提出一個問題：超音波是否會對其他生物造成傷害？因此我們選擇常見的水中生物：水蚤、進行發射超音波 10 秒的測試，最後發現並無顯著影響。



(圖八)、水蚤與介甲於超音波測試前後反應與白線斑蚊幼蟲對照

陸、 討論

一、幼蟲的齡期與致死率有關嗎？將幼蟲數量調整為 20 隻的原因？

最初在變因的設計時，我們有分別對二齡、三齡、四齡期的幼蟲進行超音波測試，結果發現幼蟲的齡期與致死率並無直接的相關性。因此後續的實驗中，我們一併將二至四齡期的幼蟲做實驗，一方面也更能模擬戶外積水處。初階實驗時變因組合多，不便使用大量幼蟲，所以在進階實驗時，我們減少實驗變因並每次實驗 20 隻幼蟲，更能隨機取樣到不同齡期的幼蟲。

二、設定傳導器擺放中間及邊緣的目的為何？所得幼蟲死亡隻數沒有顯著差異的原因何在？

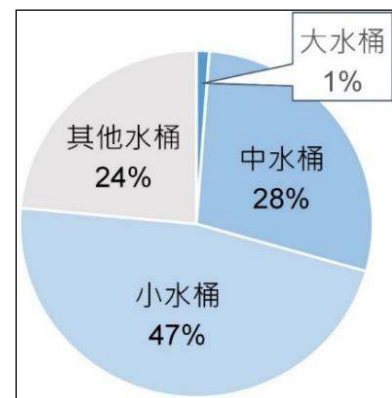
飼養白線斑蚊幼蟲的過程中，我們發現幼蟲有聚集容器邊緣的特性，所以決定將傳導器放置中間與邊緣進行比較。但由初階實驗的結果，我們認為水桶的容量大小都有在傳導器可作用的範圍內，因此差異並不明顯，故在進階實驗中刪去邊緣的變因。此傳導器的使用限制為須完全沒入水中，所以傳導器完全浸入水體後，無論放置中間或邊緣皆有撲殺白線斑蚊幼蟲的效果。

三、設定超音波秒數的依據為何？秒數越長是否可得到較高死亡隻數？

在初階實驗規劃時將超音波秒數分為 3 秒、5 秒、7 秒、10 秒以比較秒數間的死亡隻數差異。但我們發現僅數秒的超音波已有讓幼蟲全部死亡的結果，所以增長秒數並不會提高死亡隻數。於是在進階實驗中，我們將射超音波的秒數調整為 3 秒及 6 秒以觀察相差 3 秒的致死率差異。

四、選用三種水桶以及各別劃分四個體積(高度)的原因？幼蟲致死率是否有隨著水位越高而增加的趨勢？

為了模擬戶外積水環境並找尋常見儲水容器，我們調查校內各水桶數量：大水桶共 5 個、中水桶與小水桶分別為 120 個及 200 個，其他小型桶子(如廁所垃圾桶)及積水容器約為 180 個(其中 80 個為無使用的狀態)。因此將大水桶、中水桶、小水桶納入實驗變因，再各別劃分四個體積(高度)。後來我們在初階實驗中發現水桶的

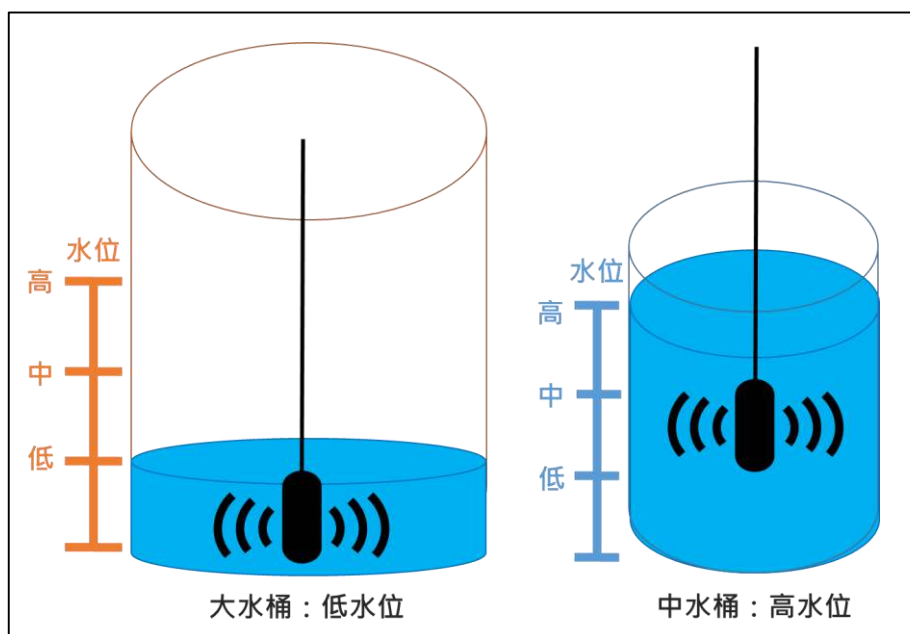


(圖九)、校內各水桶數量統計圖

體積(高度)間死亡隻數差異並不大，所以在進階實驗的規劃上，我們將水桶體積各劃分差距為倍數的低水位、中水位、高水位(見表三)，以比較同一體積在不同容器的致死率。我們推測因選定的水桶都有在超音波傳導器可作用的範圍內，所以不同水位下所得幼蟲致死率並無顯著差異。未來我們將測試超音波傳導器在更大型水體下(如蓄水池)的致死效果與現在的研究結果相比，觀察致死率是否會有明顯下降，找出傳導器最大或最佳的作用範圍。

五、超音波傳導器在同一體積、不同容器中作用的致死率是否有差異？

從研究結果三、(五)中，我們認為同體積的水量在不同容器(深淺)相比(如下圖所示)有較高的致死率，但目前只有兩組數據相比(一組有顯著差異，一組則無)，因此未來我們考慮增加組數以探討同體積的水體於不同容器下所得的致死率。



(圖十)、超音波在同體積且不同容器中的發射範圍

六、超音波是否會對其他生物造成傷害性？

為了印證此問題，我們挑選水蚤、介甲等水中常見生物進行超音波耐受測試，結果發現短時間內並無任何顯著影響。背氣管幹與超音波的共振是造成白線斑蚊幼蟲死亡的主因，我們推測若水中生物無具此管狀構造可能會對超音波具有較高的耐受度。

七、造成白線斑蚊幼蟲致死的原因為何？

我們推論超音波讓白線斑蚊幼蟲致死的原因可能為：

- (一)、特定的超音波頻率與白線斑蚊幼蟲體內氣管的空氣起共振反應。
- (二)、機械效應(Mechanical effect)：指超音波的聲波強度與質點運動的加速度成正相關，藉由質點在高速運動並與液體形成激流，進而對生物組織造成拉扯及震盪，如果強度夠大就會對組織產生破壞，甚至在等張環境下，也會對細胞膜造成傷害(林恭民，2013)。
- (三)、空穴效應(Cavitation)：液體中空穴核(Cavitation nuclei)生成、脹縮的一連串過程，常伴隨著氣泡的破裂(destruction)，低頻的(20~50KHz)超音波易產生空穴效應。(黃馨永，2010)。
1. 當生物體中的空穴核(Cavitation nuclei)及氣泡受到超音波作用，空穴核內的壓力及溫度會產生變化並帶動自身體積膨脹與收縮，若空穴核數量越多越易發生此現象(林恭民，2013)。
 2. 超音波在液體中發射聲壓強大，會使液體內達到真空狀態，如此可使液體本身或已溶入的氣體汽化，因而產生大量的空穴核(Cavitation nuclei)且受到超音波作用會有一連串不連續的形成(Formation)、成長(Growth)、脈振(Pulsating)及崩潰現象(Collapsing)產生(白啟宏，2009)。
- (四)、我們推測超音波會在幼蟲的管狀軀體或構造內產生共振。此外，超音波也會使水體或幼蟲組織中的空穴核不斷地脹縮，過程中會使空穴核破裂同時釋放能量，致使幼蟲軀體受到損傷。而機械效應更會使幼蟲軀體組織受到拉扯而斷裂，因此當超音波在水中傳導時，會對幼蟲造成立即性的死亡反應或重傷。但為了尋求確切致死的原因，我們認為需要設計實驗進行驗證。

八、比較其他生物性、化學性、物理性防治方法與本實驗方法的差異性

防治方法	類型	特點	對環境的影響
飼養以幼蟲為食的生物,如食蚊魚、微生物製劑蘇力菌(B. ti, <i>Bacillus thuringiensis</i> , serotype H-14) (行政院衛生署疾病管制局, 2011)	生物	利用生物捕食特性進行孳生源防治, 環保、自然, 但可能有生物不適應等問題, 例如無法在水溝中飼養食蚊魚	可能改變孳生源處的物種生態
噴灑藥劑, 如亞培松、昆蟲調節生長劑(行政院衛生署疾病管制局, 2011)	化學	可針對孳生處進行局部噴灑, 且效果立即、顯著, 但通常需噴灑數次, 才能維持效果	無法單一性針對病媒蚊進行撲殺, 且可能會產生抗藥性。藥劑會汙染環境, 對動、植物均造成傷害
傾倒、加蓋水體	物理	簡單、快速清除孳生源, 惟大型水體或是具有特殊目的而無法傾倒的水體無法使用	對環境不會造成影響
引海水至水溝	物理	利用海水的高鹽度特性, 使病媒蚊幼蟲體內脫水而導致死亡	水溝內的積水, 會沖淡海水的鹽度, 使致死率下降, 且海水會腐蝕水溝中的管線等, 造成更多外部成本。
特定超音波頻率	物理	具有高專一、低汙染的特性, 僅需數秒即使病媒蚊幼蟲產生高達 90% 以上的致死率。	目前僅對水中常見生物, 如水蚤、介甲做致死測試, 尚未對其他更多水中動植物做測試。

(表五)、各類型孳生源防治方法的比較

柒、 結論

- 一、以超音波撲滅病媒蚊幼蟲的方法證實為有效。
- 二、傳導器位置與致死率並無顯著關係。但在人為的操作上, 如果一容器的的水體範圍過於龐大而不易將傳導器放置水體中心處, 此時放置邊緣會較為便利可行。
- 三、發射超音波僅數秒即有撲殺幼蟲的效果, 我們認為在超音波傳導器可作用的水體範圍內發射 6 秒可得一定的致死率。若於一較大型水體, 則定點式的發射超音波 6 秒至 10 秒以

確保撲殺效果。

四、同容積的水體在不同容器下，呈現寬淺狀態的水體較窄深狀態水體的致死率高。

五、以往滅蚊多以噴藥進行，且殺蟲劑的使用會加速病媒蚊抗藥性的演化，因此同一種殺蟲劑無法被長久使用。但是如利用超音波直接對病媒蚊幼蟲進行撲殺，則可直接防止成蚊的生成以及後續的滅蚊行動，且幼蟲殘骸可被水中細菌分解或成為土壤肥料，因此不會對環境造成汙染。

六、我們對介甲、水蚤進行超音波測試並觀察其反應發現並未產生立即的死亡反應。但對其他的水中生物需要更多的研究。

捌、 未來展望

一、利用實驗結果歸納出機具所適的變因組合預期可應用於較難以一般防治法處理的大樓蓄水池。如使用本機具在蓄水池周圍啟動至少十秒後，每間隔一公尺的距離啟動機具並重複至圍繞完整個蓄水池。可於短時間內達到撲滅病媒蚊幼蟲的效果，因此我們建議衛生相關單位推廣使用。



(圖十一)、大樓蓄水池(長方形為蓄水池，小圓點為建議發射超音波位置)

二、探討超音波對其他常見水中生物的傷害性。

三、探討共振現象、超音波的機械效應及空穴效應與幼蟲致死率的相關性。

玖、 應用實例

校園走廊旁的水甕：我們在撈取水甕中的藻類做繁殖時，發現水體內有蚊子幼蟲孳生。我們用細網撈取 20 隻水甕內的幼蟲後，限制牠們的游動範圍在細網內，將傳導器沒入水甕中心並發射超音波 10 秒。最後得到幼蟲全數死亡的結果，致死率為 100%。



(圖十二)、水甕位置及實驗示意

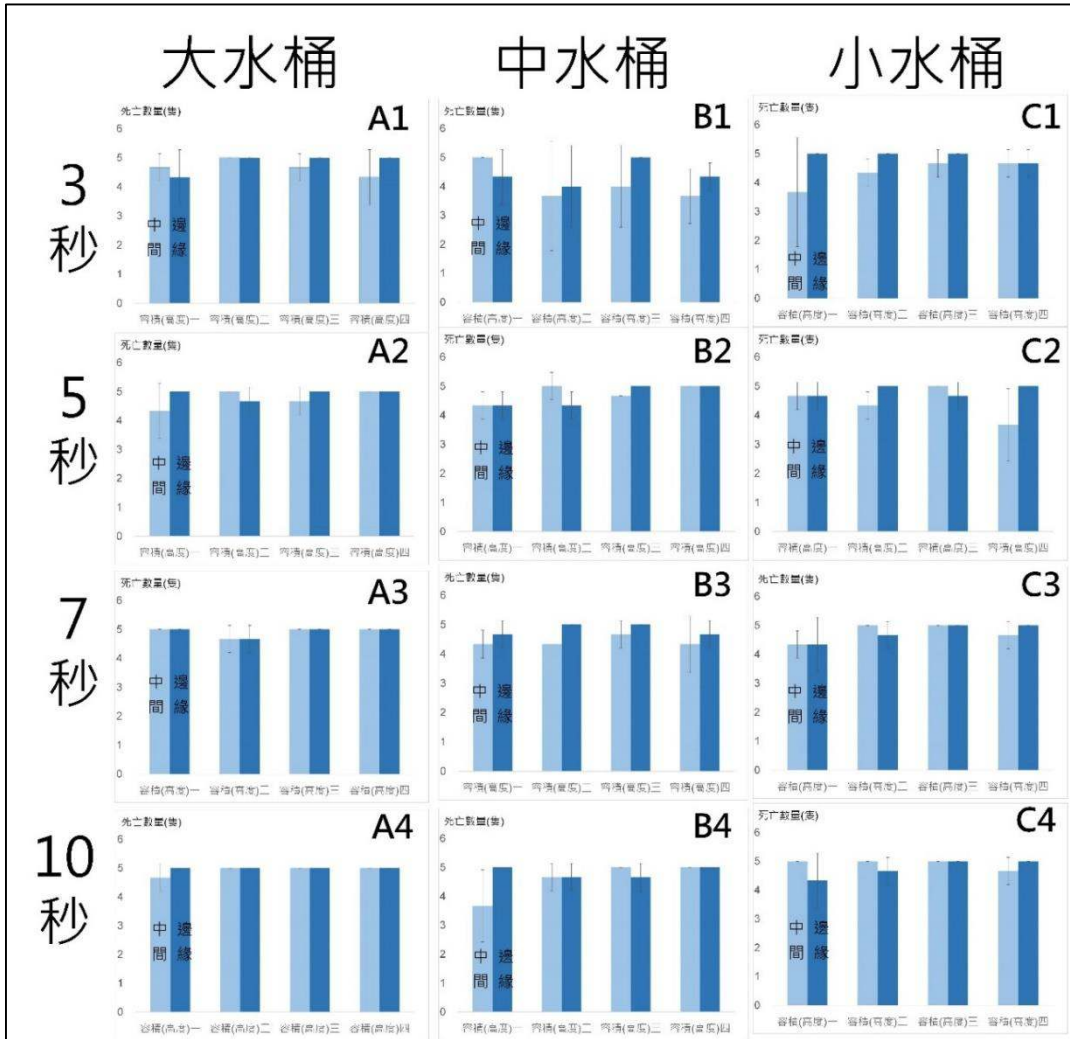
壹拾、 參考資料及其他

- 一、Lounibos PL. (2002) Invasions by insect vectors of human disease. Annual Review of Entomology 47: 233-266.
- 二、Mosquito Identification Guide - Florida Medical Entomology Laboratory. Retrieved March,02,2015 from <http://fmel.ifas.ufl.edu/key/>
- 三、New Mountain Innovations Retrieved March,02,2015 http://larvasonic.com/applications_sd2001.html
- 四、TWO INTRODUCED MOSQUITO SPECIES THE ASIAN TIGER MOSQUITO - - AEDEALBOPICTUS (CDC - Entomology – Dengue) Retrieved March,02,2015 from <http://www.nmhealth.org/publication/view/guide/989/>
- 五、韓明榮(1992)。1991年高雄市登革熱之流行病學研究。高雄醫學院醫學研究所。
- 六、黃基森(1993)。臺灣登革熱流行區斑蚊生態及綜合防治。國立臺灣大學植物病蟲害研究所。
- 七、謝兆鳴(2007)。以雙頻驅動單一超音波探頭強化空穴效應之可行性研究。長庚大學電機工程研究所。
- 八、王順成(2009)。登革熱病媒蚊白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 防治藥劑之開發與應用。朝陽科技大學環境工程與管理系。
- 九、白啟宏(2009)。靜磁場與超音波微氣泡轉染對於基因傳遞影響研究。國立臺北科技大學機電整合研究所。
- 十、黃馨永(2010)。低頻超音波換能器之製作及其經皮藥物導入應用之評估。南台科技大學奈米科技研究所。
- 十一、行政院衛生署疾病管制局(2011)。登革熱防治工作指引。臺北市：行政院衛生署疾病管制局。
- 十二、葉虹妮(2012)。石菖蒲 (*Acorus gramineus*) 精油對蚊埃及斑蚊幼蟲毒殺作用之研究。國立陽明大學公共衛生研究所。
- 十三、曾朝豐(2012)。登革熱病媒蚊防治研究。國立高雄大學運動健康與休閒學系(所)。
- 十四、哈瓦堤(2013)。橈足類、魚類與蚊子幼蟲之捕食者與被捕食者行為互動研究：生物控

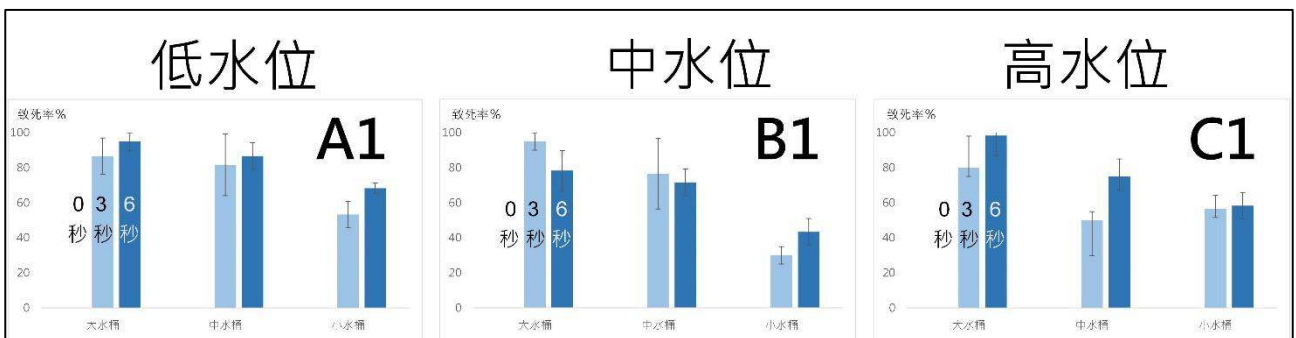
- 制的新觀點。國立海洋大學海洋生物研究所。
- 十六、林恭民(2013)。應用光學同調斷層掃描技術於聚焦式超音波引發血管暫態形變之研究。長庚大學電機工程學系。
- 十七、衛生福利部疾病管制署(2013)。登革熱／登革出血熱臨床症狀、診斷與治療。臺北市：衛生福利部疾病管制署、高雄醫學大學附設中和紀念醫院熱帶疾病醫療暨防治中心。
- 十八、徐綱(2014)。超音波對於埃及斑蚊卵之孵化率、幼蟲發育與台灣刺劍水蚤的影響研究。國立海洋大學海洋生物研究所。
- 十九、王順成(2014)。新作用機制殺蟲劑對埃及斑蚊 (*Aedes aegypti*) 幼蟲抗藥性之研究。朝陽科技大學環境工程與管理系。
- 二十、唐立正(2014)。防治害蟲的物理方法。科學發展，499，40-43。
- 二十一、台灣環境有害生物管理協會(2014)。環境有害生物防治通訊，130，3-7。
2015年1月21日，取自國立台灣大學公共衛生學院蟲媒傳染病實驗室。
- 二十二、登革熱[Dengue]。2015年1月21日，<http://life.nthu.edu.tw/~g874206/dengue/d4.html>

壹拾壹、 附錄

一、初階實驗中所得幼蟲死亡隻數統計圖



二、進階實驗中所得幼蟲死亡隻數統計圖



三、初階實驗中傳導器放置中間與邊緣於各水桶下所得死亡隻數統計表

	體積(高度)一	體積(高度)二	體積(高度)三	體積(高度)四	ρ 值
大水桶					
中間	19	20	19	19	
邊緣	19	19	20	20	0.1779588
中水桶					
中間	18	18	20	19	
邊緣	18	18	20	19	0.393401
小水桶					
中間	18	19	20	18	
邊緣	18	19	20	20	0.3007087
總計	20	20	20	20	

(註： ρ 值的計算是傳導器放置邊緣與中間相比)

(註： $\rho < 0.05$ 表示有顯著差異，以*標記

$\rho < 0.01$ 表示極顯著差異，以**標記)

四、初階實驗中發射不同超音波秒數於各水桶下所得幼蟲死亡隻數統計表

	體積(高度)一	體積(高度)二	體積(高度)三	體積(高度)四	ρ 值
大水桶					
3 秒	9	10	10	9	
5 秒	9	10	10	10	0.268482
7 秒	10	9	10	10	0.268482
10 秒	10	10	10	10	0.066987
中水桶					
3 秒	9	8	9	8	
5 秒	9	9	10	10	0.024913*
7 秒	9	9	10	9	0.04858*
10 秒	9	9	10	10	0.024913*
小水桶					
3 秒	9	9	10	9	
5 秒	9	9	10	9	0.5
7 秒	9	10	10	10	0.103516
10 秒	9	10	10	10	0.103516
總計	10	10	10	10	

(註：ρ 值的計算是各秒數與 3 秒數據相比)

五、各水桶的體積(高度)一及四在發射超音波 5 秒及 10 秒數下所得幼蟲死亡隻數統計表

	體積(高度)一	體積(高度)四	ρ 值
大水桶			
5 秒	9	10	
10 秒	10	10	0.047733*
中水桶			
5 秒	9	9	
10 秒	10	10	0.009902**
小水桶			
5 秒	9	9	
10 秒	9	10	0.385292
總計	10	10	

(註：ρ 值的計算是發射超音波 10 秒與 5 秒相比)

六、進階實驗中各水桶在不同水位下發射超音波 3 秒及 6 秒所得幼蟲死亡率統計表

	低水位	中水位	高水位	ρ 值
大水桶				
3 秒	87	95	80	
6 秒	95	78	98	0.340957
中水桶				
3 秒	82	77	50	
6 秒	87	72	75	0.242264
小水桶				
3 秒	53	30	57	
6 秒	68	43	58	0.209236
總計	100	100		

(註：ρ 值的計算是發射超音波 6 秒與 3 秒相比)

七、初階實中各水桶所劃分的不同水量體積下所得幼蟲死亡隻數統計表

	3 秒	5 秒	7 秒	10 秒	ρ 值
大水桶					
體積(高度)一	9	9	10	10	
體積(高度)二	10	10	9	10	0.193352
體積(高度)三	10	10	10	10	0.103516
體積(高度)四	9	10	10	10	0.133285
中水桶					
體積(高度)一	9	9	9	9	
體積(高度)二	8	9	9	9	0.352426
體積(高度)三	9	10	10	10	0.029187*
體積(高度)四	8	10	9	10	0.316667
小水桶					
體積(高度)一	9	9	9	9	
體積(高度)二	9	9	10	10	0.029571*
體積(高度)三	10	10	10	10	0.004119**
體積(高度)四	9	9	10	10	0.157667
總計	10	10	10	10	

(註：ρ 值的計算是不同體積(高度)與體積(高度)一相比)

八、進階實驗中各水桶及不同水位下所得幼蟲致死率統計表

	3 秒	6 秒	ρ 值
大水桶			
低水位	87	95	
中水位	95	78	0.349244
高水位	80	98	0.441876
中水桶			
低水位	82	87	
中水位	77	72	0.052786
高水位	50	75	0.115647
小水桶			
低水位	53	68	
中水位	30	43	0.068842
高水位	57	58	0.350929
總計	100	100	

(註： ρ 值的計算是不同水位與低水位相比)

九、進階實驗中同體積水體於不同水桶下所得幼蟲致死率統計表

	3 秒	6 秒	ρ 值
8 公升			
小水桶中水位	50	75	
中水桶低水位	95	78	0.124483
24 公升			
中水桶高水位	30	43	
大水桶低水位	87	95	0.010211*
總計	100	100	

(註： ρ 值的計算是同體積(8 公升及 24 公升)在不同水桶間相比)

【評語】 040713

1. 本實驗以白線斑蚊幼蟲(*Aedes Albopictus*)，以超音波頻率、使致死結果顯示，寬淺的水體較窄深的水體，可至更高的致死率，但對其他生物無影響。
2. 2002 年已有科學家發明”超音波炸死蚊子幼蟲”之方法，範圍甚至可達到 25 公尺，並已申請專利，文獻探討可再加強。