

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 環境學科

第一名

052604

探討水體表面張力對蚊蛹和四齡幼蟲存活率與
羽化率之相關性

學校名稱：臺中市立臺中女子高級中等學校

作者： 高二 梅加穎 高二 江怡萱 高二 陳慧潔	指導老師： 陳玉珊
---	------------------

關鍵詞：白線斑蚊、表面張力

得獎感言

勇闖研究天地，笑迎絢麗未來

一開始得知要做科展時，完全不知道要從何著手，要在眾多的科目中找到自己有興趣的主題，很是迷茫。幸好因為學校的課程設計，班上老師都會定期舉辦報告活動，讓各組同學上台分享自己的想法、方向，互相學習、交流和勉勵，我們就是在良性競爭的環境中，慢慢找到自己的研究主題，也找到屬於我們的步調。

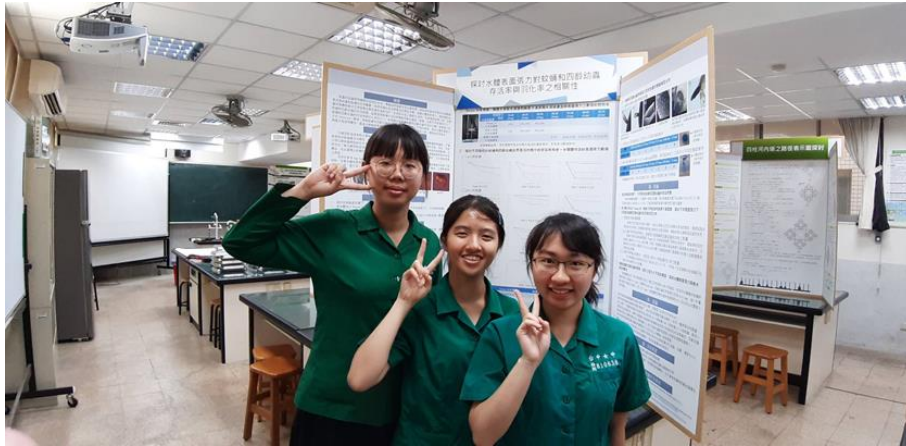
我們大概歷經一年半的時間進行研究，從找題目到實際執行，都不是一件容易的事。花費了好幾個星期，翻閱了無數的論文，卻始終沒有頭緒；曾經因為實驗材料的問題而找不到突破口；也常常利用週末或假日的時間做實驗，而犧牲許多休息或課業學習的時間。縱使過程中困難重重，甚至遭遇失敗、需要重新開始、或是因為意見不同和組員吵架，但是我們仍然記得組員間的想要一起奮鬥、一起努力共同信念。同時，身邊的師長也會在我們最需要的時候給予我們各方面的協助引導和滿滿的鼓勵，帶給我們動力朝目標前進，也成就我們今日的榮耀。

參加科展對我們來說是受益良多的，從撰寫書面報告和練習上台報告的各種任務中，我們學習到了溝通、獨立思考、研究的方法，也增進自己的能力，更是了解到勇於面對失敗、如何解決問題的重要性。

雖然一開始，我們從來沒有想像過我們可以從無到有、突破萬難，但是最後名次公布時，我們真的很開心也很榮幸可以獲得評審老師的肯定和青睞並拿到全國科展第一名的獎項。而更令我們興奮的是我們成功的突破自己、並且從中成長、共同完成高中時期一項成就，也一起分享這至高無上的榮耀。

當然，除了我們各自付出最大的努力之外，我們更想感謝的是背後默默支持我們的教授、指導老師、和家人們。感謝您們提供我們各方面的專業知識、不辭辛勞的付出，在我們迷惘的時候，為我們指點迷津。也很謝謝老師願意撥空聆聽我們報告的情形，不斷的修正，讓我們以最佳的樣子出戰。

再次感謝所有幫助我們的師長、家人和同學們，因為有你們，讓我們有機會發光發熱、享受科展帶給我們的珍貴回憶。未來我們一樣會以滿滿的熱忱投身於自然科學的領域，持續懷抱著對探索未知的衝勁和嚮往，邁向嶄新的篇章。



練習口頭報告時和組員們的合影



和指導老師討論專題報告的呈現方式



在實驗室做實驗的實況紀錄

摘要

蚊蟲的幼蟲期與蛹期均生活於水中，需浮至水面藉由呼吸管呼吸，因此如何維持呼吸孔的順暢換氣成為幼蟲和蚊蛹的生存關鍵。本研究藉由添加界面活性劑至水體，改變水體表面張力，使蚊蛹和四齡幼蟲呼吸構造因無法正常發揮效果而達到滅蚊或滅蚊目的。

本篇論文分成三個部分研究：在無氧氣供應下，發現蚊蛹存活的時間較四齡幼蟲短。接著，比較不同表面張力下，蚊蛹和四齡幼蟲的存活率與羽化率的大小。結果發現能夠讓蚊蛹和四齡幼蟲存活的水體，表面張力須大於 34 (N/m)。最後，模擬蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管，設計口徑大小不同的模型，探討水體表面張力與進水程度相關性。由模擬結果得知，口徑越大以及表面張力數值越小時，模型越容易進水。

壹、研究動機

登革熱 (Dengue fever)，是一種由登革病毒所引起的急性傳染病，這種病毒會經由斑蚊傳播給人類。在預防感染方面，蚊蟲防治就顯得非常重要，因此政府或民眾均長期依賴噴灑藥劑滅蚊。但此方法，不僅容易造成蚊蟲產生抗藥性，導致蚊蟲防治成效不彰；同時對環境與對人體健康產生危害。因此能否有一些可以不用化學殺蟲劑就能在水體中減少蚊蟲幼蟲或蛹的孳生，又不致造成環境危害的方法，是本研究發想動機。

在 San Jong Lee 等 (2018) 研究中，將斑蚊四齡幼蟲分別置入油膜層、不滲透膜、界面活性劑處理的水體，探討以不同方式阻隔四齡幼蟲至水面呼吸的效果和原理分析。另外，從 Seung Chul Lee 等 (2017) 研究得知，斑蚊幼蟲呼吸管構造中具有三個瓣膜。本研究在了解白線斑蚊生物習性和生命週期階段特徵後，發現白線斑蚊於幼蟲和蚊蛹階段皆具有管狀呼吸構造，因此選擇以四齡幼蟲和蚊蛹作為實驗對象，探討其存活率和羽化率和水體表面張力之關係，以及兩者差異之原因。

本研究參考 San Jong Lee 等 (2018) 研究使用的界面活性劑 Tween 20 和對環境較無傷害且含植物天然皂素 (saponin) 的無患子 (*Sapindus saponaria*) 為材料，改變水體表面張力，欲證實蚊蛹和四齡幼蟲存活率和表面張力的直接關係。最後，以模型模擬呼吸管口徑，進行深入的驗證和比較。

貳、研究目的

- 一、探討在無氧氣供應下，不同階段蚊蛹和四齡幼蟲的存活時間。
- 二、在水體中加入 Tween 20、無患子萃取液和無患子清潔劑，探討不同表面張力下，不同階段蚊蛹和四齡幼蟲的存活率和羽化率。
- 三、模擬蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管，設計口徑大小不同的模型，以探討口徑大小和表面張力數值大小，與進水程度的相關性。

參、研究設備及器材

一、白線斑蚊介紹

本研究的實驗對象為白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 的蚊蛹和四齡幼蟲。在外觀上，成蟲可明顯觀察到胸部背面有一條白線以及腳上黑白交雜的條紋。雌蚊吸血後，一次的產卵數約為 80~120 顆，偏好的產卵地點多為陰暗潮濕的凹洞或易積水的容器，因此常在雨後，導致大批蚊蟲孳生。白線斑蚊的蟲卵抗旱能力極佳，蟲卵乾燥三個月後，依舊可成功孵化。(圖一)為白線斑蚊生活史。

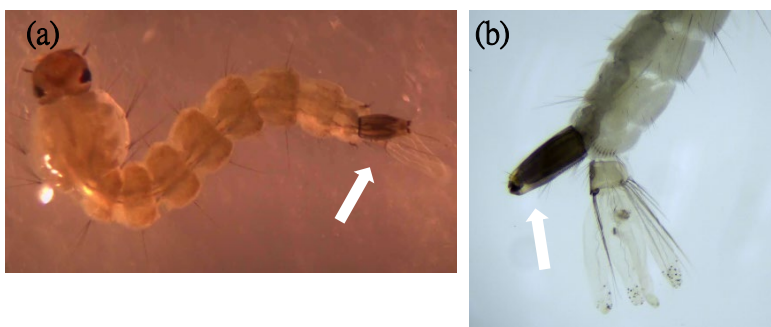
病媒蚊生態與習性



圖一、白線斑蚊生活史
(高雄市登革熱研究中心，2018)

(一)四齡幼蟲

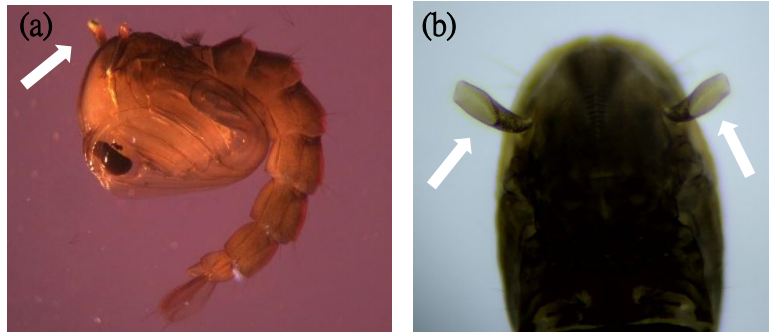
白線斑蚊的幼蟲分為四個齡期，從蟲卵孵化後的 5~10 天後就會化蛹。本研究使用的四齡幼蟲，外觀特徵為身體細長，在水下利用口的刷毛產生水流，以此來攝食水中的有機物和微生物；常用尾部貼著水面，作倒垂式漂浮，並透過靠近尾部的呼吸管呼吸取水面空氣。



圖二、四齡幼蟲構造 (a)四齡幼蟲 (b)幼蟲呼吸管，白色箭頭為呼吸管 (圖為本研究所拍攝)

(二)蚊蛹階段

蚊蛹在四齡幼蟲化蛹後的 2~3 天，就會羽化為成蟲。蚊蛹外型成逗點狀，是自由蛹可在水下活動，蛹期間不攝食，呼吸則依靠頭頂一對呼吸管貼著水面呼吸。



圖三、蚊蛹構造 (a)蚊蛹 (b)蚊蛹呼吸管，白色箭頭為呼吸管(圖為本研究所拍攝)

二、實驗中所使用的藥品

Tween 20 (Sigma, USA)、無患子萃取液（無患子生物科技有限公司，台灣）、無患子清潔劑（商品編號：3040200010，台灣無患子生物科技有限公司，成分包括：水、無患子萃取液、椰子油胺基酸起泡劑、玉米植物膠）

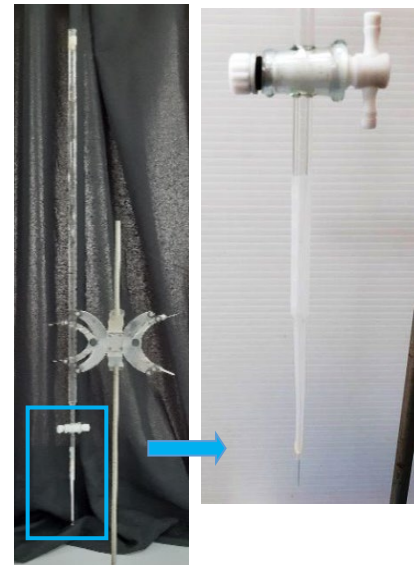
三、實驗器材

實驗中使用能調整滴速的滴定管、滴定管架、塑膠滴管、毛細管、培養皿、測量到小數點後三位的電子秤、塑膠容器(高 5 公分)、細紗網、竹筷、200 μL 微量吸管、20 μL 微量吸管、壓克力養蚊箱、解剖顯微鏡、掃描式電子顯微鏡（scanning electron microscope, SEM）。

四、自製器材

(一)自製測定表面張力儀器

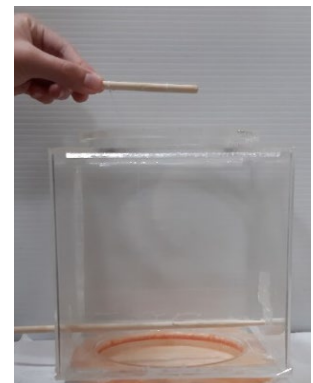
剪下塑膠滴管的上端，使其下半部份能夠密合的接在滴定管下方，再將毛細管黏接於塑膠滴管的下方開口，最後將滴定管固定在滴定管架上。透過自製儀器，固定滴速，測量液滴重，以計算待測溶液表面張力數值。



圖四、自製測定表面張力儀器

(二)自製觀察器

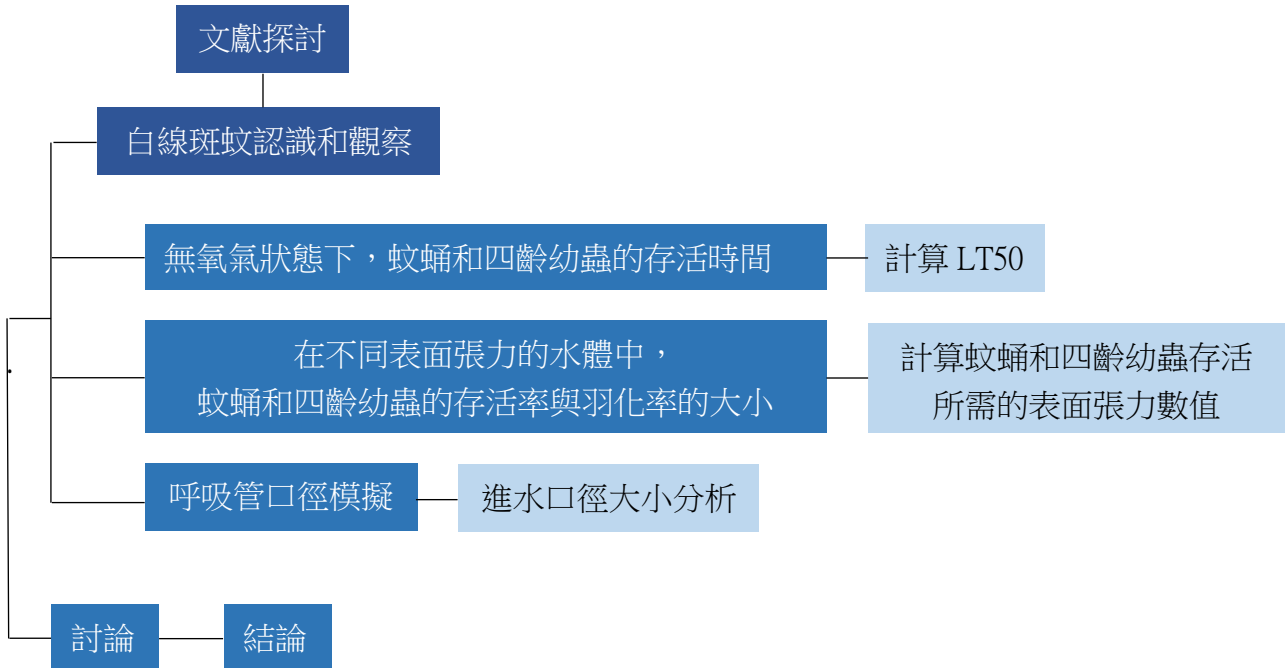
為了方便觀察模型進水情形，本研究使用壓克力材質的養蚊箱作為便於觀察的透明外殼，並使用兩根竹筷分別作為固定觀測物的基底和控制基底下落速率的旋轉軸，再透過縫線固定基底和旋轉軸組，完成自製的觀察器。



圖五、自製觀察器

肆、研究過程或方法

一、研究架構圖



二、蚊蟲飼養

本研究選擇登革熱帶原者之一的白線斑蚊作為實驗對象。白線斑蚊適合在 25~32°C 下的環境生存。已知溫度高低會影響蚊蛹生長齡期的快慢，因此本研究採取定溫 25°C 的實驗室作為蚊子生長環境，選擇酵母粉為其食物來源，採取定時定量餵食方式以確保蚊子健康狀態良好。

三、在無氧氣供應下，不同階段蚊蛹和四齡幼蟲的存活時間

(一)劃分蚊蛹階段：

本實驗依蛹期發育時程劃分為數個階段。預備試驗觀察在定溫 25°C 下白線斑蚊蛹期發育時間約為 48~60 小時，本實驗以每 24 個小時為一單位，將蚊蛹分為三個階段，分別為 0 小時、24 小時、48 小時。

(二)無氧氣供應狀態，不同階段蚊蛹存活時間之觀察：

利用隔絕空氣的方式，探討白線斑蚊的蚊蛹在無氧氣供應的環境下所能生存的時間。因為蚊蛹間具有個體差異，故在實驗中以 10 隻為一單位，共進行 6 次重複。再將蚊蛹放入裝滿水、高 5 cm 的塑膠杯，並用一層紗網將其壓入水中，以防止蚊蛹浮至水面呼吸。實驗時以每 20 分鐘為一時間單位，全程觀察四小時。一到觀察時間立即掀開紗網，並靜置 10 分鐘，觀察蚊蛹能否浮上水面呼吸為標準，判定其生存情形。

(三)無氧氣供應狀態，四齡幼蟲存活時間之觀察：

利用隔絕空氣的方式，探討白線斑蚊的四齡幼蟲在無氧氣環境下所能生存的時間。因為幼蟲間具有個體差異，故在實驗中以 10 隻為一單位，共進行 6 次重複。再將幼蟲放入裝滿水、高 5 cm 的塑膠杯，並用一層紗網將其壓入水中，以防止四齡幼蟲浮至水面呼吸。實驗時以每 60 分鐘為一時間單位，全程觀察六小時。一到觀察時間立即掀開紗網，並靜置 12 小時，觀察四齡幼蟲能否抽動為標準，判定其生存情形。

四、表面張力數值測定:

本實驗的表面張力數值測定方法乃參考陳全水(2001)的滴重法測定方法，利用滴定管、滴管、毛細管等自製表面張力測定儀(圖四)。此方法是使用 Tate 公式(Tate's law) $W \times 9800 = 2\pi Rr$ ， W =所測的水滴重(單位公克)， R =滴尖半徑(單位公分)， r =表面張力係數(單位 N/m)。首先，以每十秒 10 至 15 滴的滴定速度，利用培養皿盛接一滴液滴，並測量此液滴重量，再代入公式算出表面張力數值。以純水的表面張力數值測定為例，本實驗中所量測的液滴重為 0.026 公克，實驗中使用的滴定滴尖半徑為 0.55 公分，代入公式可得 $0.026 \times 9800 = 2\pi \times 0.55r$ 。因此可計算出純水表面張力值為 73.7 (N/m)，此數值和實際值 72.8 (N/m)的誤差約在 1.2 %，說明本研究自製表面張力儀具可信度。

此外，本研究利用自製表面張力儀測定 Tween 20 水溶液、市售商品無患子萃取水溶液和無患子清潔劑水溶液在不同濃度下，所對應的表面張力數值，以 5 (N/m)為範圍區間呈現結果。為了減少誤差，以 10 次為一單位，進行 3 次重複，取其平均，並列出其濃度及相對應的表面張力數值區間。

五、不同表面張力溶液下，蚊蛹和四齡幼蟲的存活率

(一)劃分蚊蛹階段

本實驗依蚊蛹發育時程分成數個階段以 24 小時為一單位，將蚊蛹分為 0 小時、24 小時、48 小時三個階段。

(二)不同表面張力溶液中，蚊蛹的存活率

為了證實蚊蛹會因環境表面張力的變化而影響其行為及生存，實驗進行是取各表面張力區間所對應的濃度來進行實驗。因為蚊蛹間具有個體差異，故在實驗中以 10 隻為一單位，共進行 6 次重複。再將蚊蛹分別置入不同表面張力區間的溶液當中，觀察其四小時內的存活狀況。最後根據四小時末的蚊蛹存活百分率，運用內插法和外插法求得一半蚊蛹存活所需的表面張力數值。

(三)不同表面張力溶液下，四齡幼蟲的存活率

為了比較四齡幼蟲在不同表面張力環境下的生存情形，本實驗以 10 隻四齡幼蟲為一單位，共進行 6 次重複。再將四齡幼蟲分別置入不同表面張力區間的溶液當中，觀察其六小時末的存活狀況。最後根據六小時末的四齡幼蟲存活百分率，運用內插法和外插法求得一半四齡幼蟲存活所需的表面張力數值。

六、不同表面張力的水溶液中，0 小時蚊蛹的羽化率

為了比較在不同表面張力下，從蚊蛹階段至羽化的最終生存情形，本實驗以 0 小時的蚊蛹為實驗對象，在實驗中以 10 隻為一單位，共進行 6 次重複，觀察最終的羽化率。

七、蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管口徑模擬分析

(一)拍攝蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管

使用掃描式電子顯微鏡（scanning electron microscope, SEM）和解剖顯微鏡，觀察蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管的大小和其內部構造。並量測蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管口徑大小。

(二)呼吸管口徑製作

因蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管分別具有內襯和瓣膜，這兩者構造相較於蚊蟲的外骨骼疏水，故本研究選用塑膠材質的 20 μL 和 200 μL 微量吸管尖端 (tips)，切割為不同口徑大小的模型。



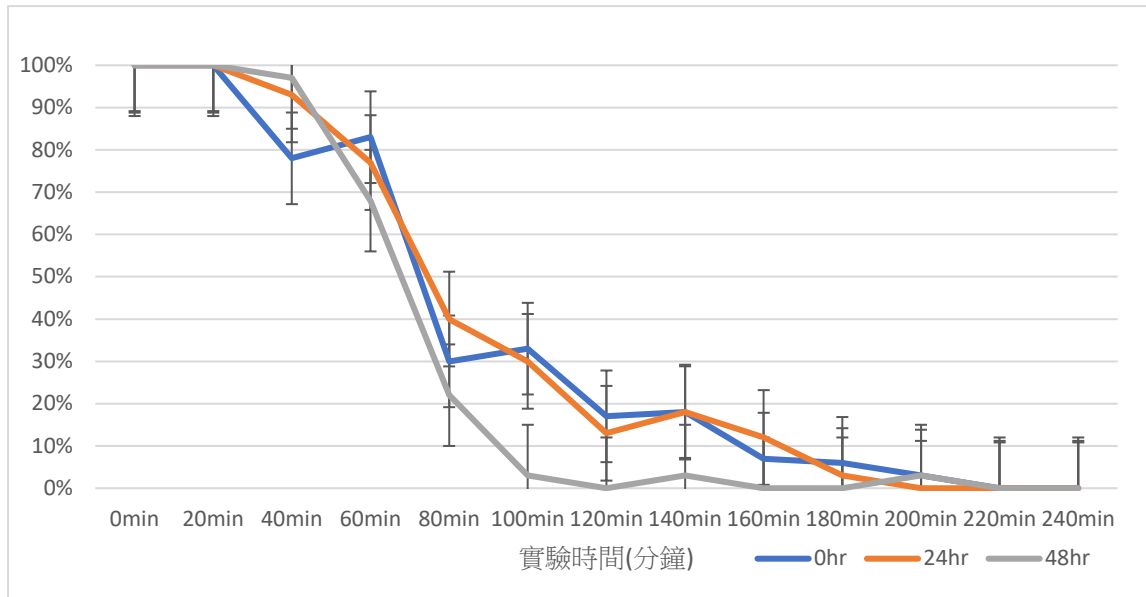
圖六、模型口徑大小測量

(三)實驗方法

本實驗先在模型內部的上端管壁塗上薄薄一層顏料，此方法更利於在實驗中，觀察水體是否滲入模型內部或是受表面張力影響，管口水流產生變化。之後，將模型固定於觀察器上的竹筷，緩慢地拉至水面下，觀測水體的口徑大小和表面張力大小與進水程度的相關性。

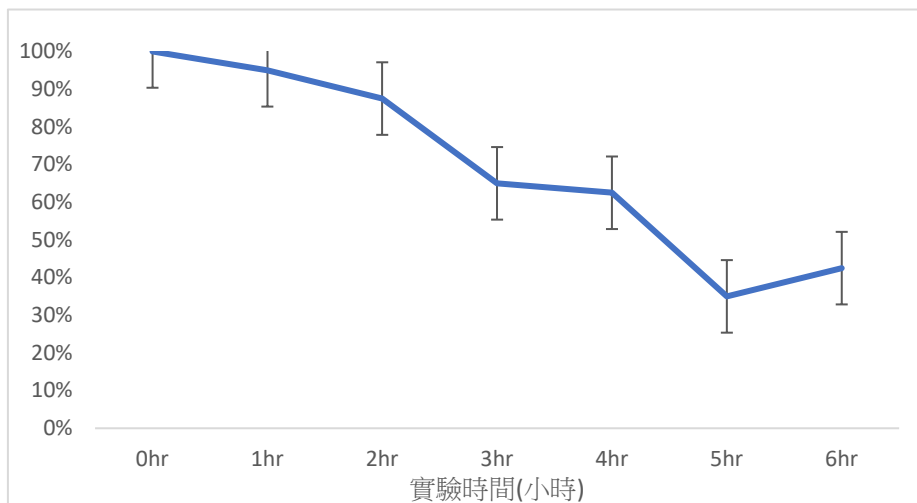
伍、研究結果

一、不同階段蚊蛹和四齡幼蟲於無氧氣供應下之呼吸時間



圖七、不同階段蚊蛹於無氧氣供應下之呼吸時間

根據(圖七)結果，可以用內插法計算出 LT_{50} (Median lethal time)。0 小時蚊蛹的 LT_{50} 值為 71.8 分鐘、24 小時蚊蛹的 LT_{50} 值為 74.6 分鐘、48 小時蚊蛹的 LT_{50} 值為 65 分鐘，48 小時的蚊蛹較其他階段蚊蛹的 LT_{50} 低。 LT_{50} 值高表示一半生物死亡所需的時間較長， LT_{50} 值低表示一半生物死亡所需時間較短。此外，0 小時蚊蛹全部死亡的時間為 220 分鐘、24 小時蚊蛹全部死亡的時間為 200 分鐘、48 小時蚊蛹全部死亡的時間為 220 分鐘。數據顯示，不同階段蚊蛹於無氧氣供應下之存活時間皆小於 4 小時，因此在以下蚊蛹實驗中，採取的觀測時間皆為 4 小時。

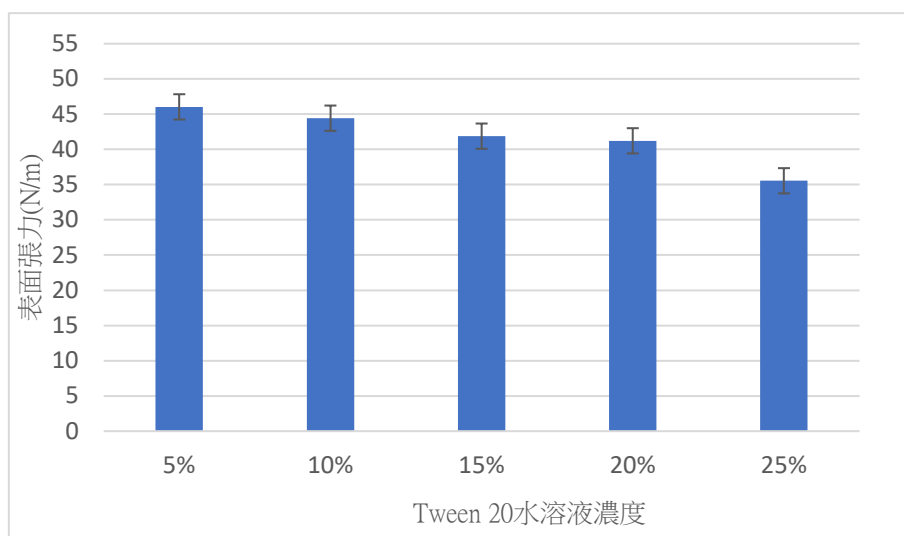


圖八、四齡幼蟲於無氧氣供應下之呼吸時間

根據(圖八)結果，運用內插法計算出四齡幼蟲於無氧氣供應下之 LT_{50} 為 267.9 分鐘。

根據(圖七)和(圖八)的結果，蚊蛹其於無氧氣供應下 LT_{50} 皆介於 65~75 分鐘，而四齡幼蟲的 LT_{50} 則為 267.9 分鐘。故可合理推測蚊蛹對氧氣依賴性較四齡幼蟲高。

二、Tween 20 水溶液濃度、無患子萃取水溶液濃度和無患子清潔劑水溶液濃度與表面張力之相關性



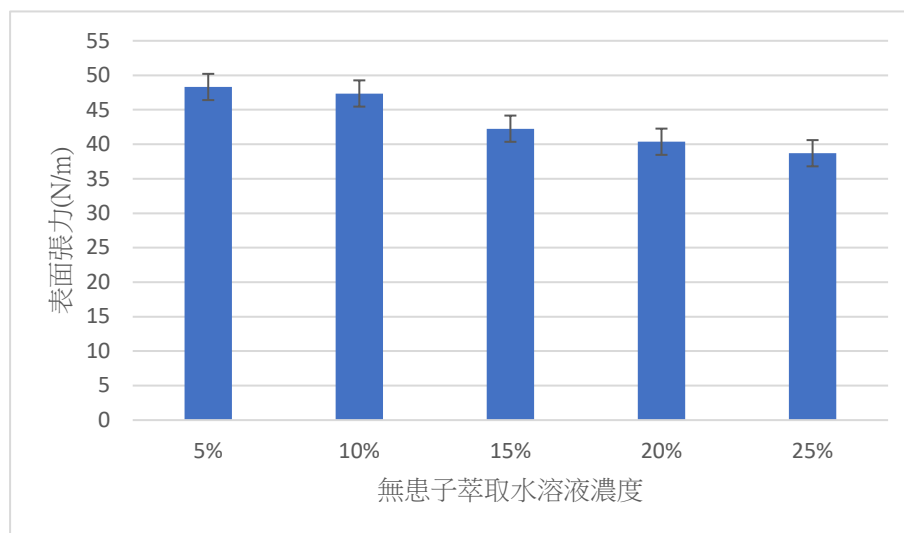
圖九、Tween 20 水溶液濃度和表面張力數值對照圖

根據(圖九)結果，

濃度為 5 %和 10 %的 Tween 20 水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 45~50 (N/m)；

濃度為 15 %和 20 %的 Tween 20 水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 40~45 (N/m)；

濃度為 25 %的 Tween 20 水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 35~40 (N/m)。



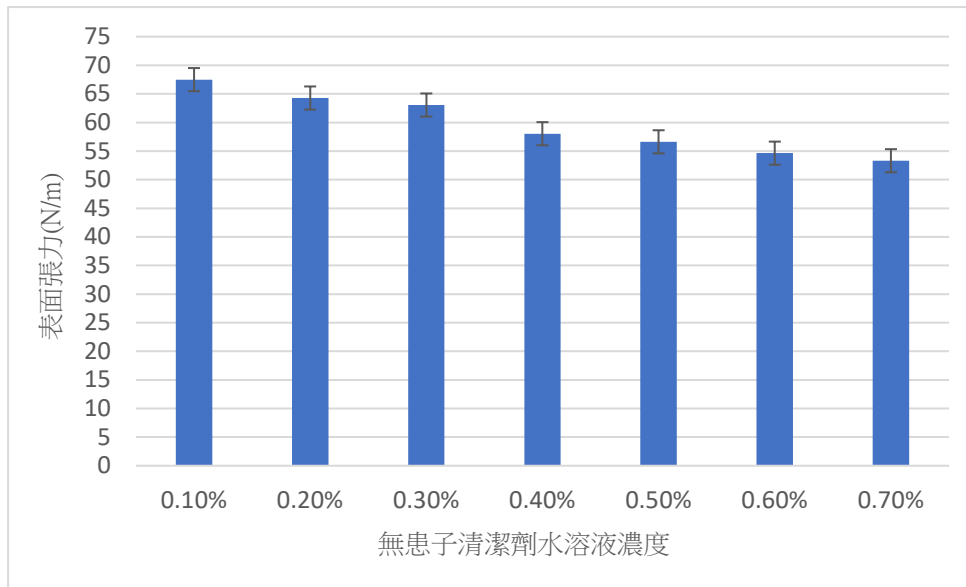
圖十、無患子萃取水溶液濃度和表面張力數值對照圖

根據(圖十)結果，

濃度為 5 %和 10 %的無患子萃取水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 45~50 (N/m)；

濃度為 15 %和 20 %的無患子萃取水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 40~45 (N/m)；

濃度為 25 %的無患子萃取水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 35~40 (N/m)。



圖十一、無患子清潔劑水溶液濃度和表面張力數值的對照圖

根據(圖十一)結果，

濃度為 0.1 %的無患子清潔劑水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 65~70 (N/m)；

濃度為 0.2 %和 0.3 %的無患子清潔劑水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 60~65 (N/m)；

濃度為 0.4 %和 0.5 %的無患子清潔劑水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 55~60 (N/m)；

濃度為 0.6 %和 0.7 %的無患子清潔劑水溶液對應到表面張力數值的範圍區間為 50~55 (N/m)。

表一、Tween 20 水溶液、無患子萃取水溶液和無患子清潔劑水溶液濃度（重量百分比）與表面張力數值對照表

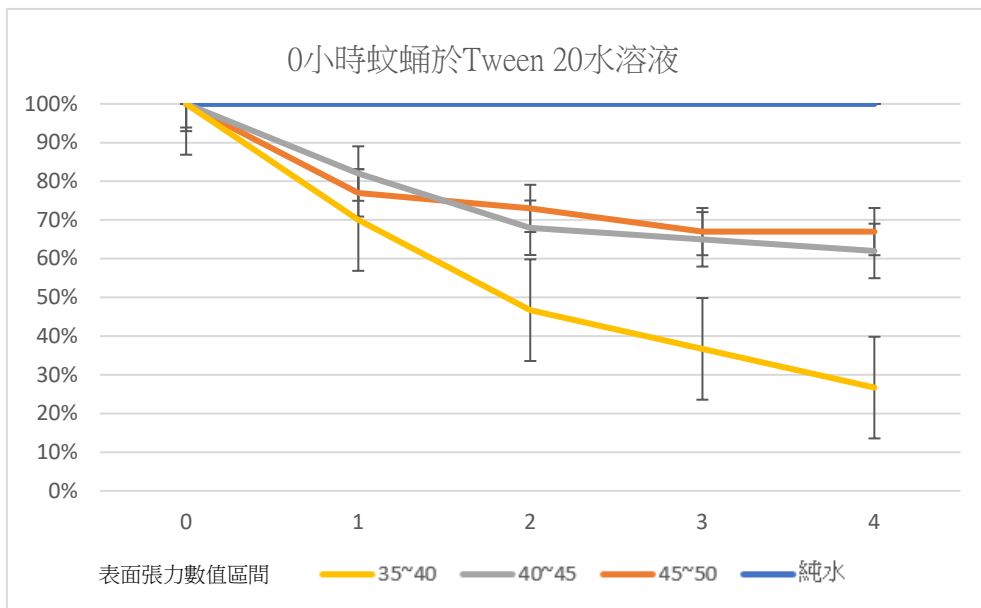
表面張力數值 (N/m)	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70
Tween 20 水溶液濃度	25%	15~20%	5~10%	-	-	-	-
無患子萃取水溶液濃度	25%	15~20%	5~10%	-	-	-	-
無患子清潔劑水溶液濃度	-	-	-	0.7%	0.5~0.6%	0.3~0.4%	0.1~0.2%

根據(表一)結果，隨著界面活性劑的濃度增加，表面張力數值降低。

三、不同階段的蚊蛹在不同表面張力溶液中的存活率

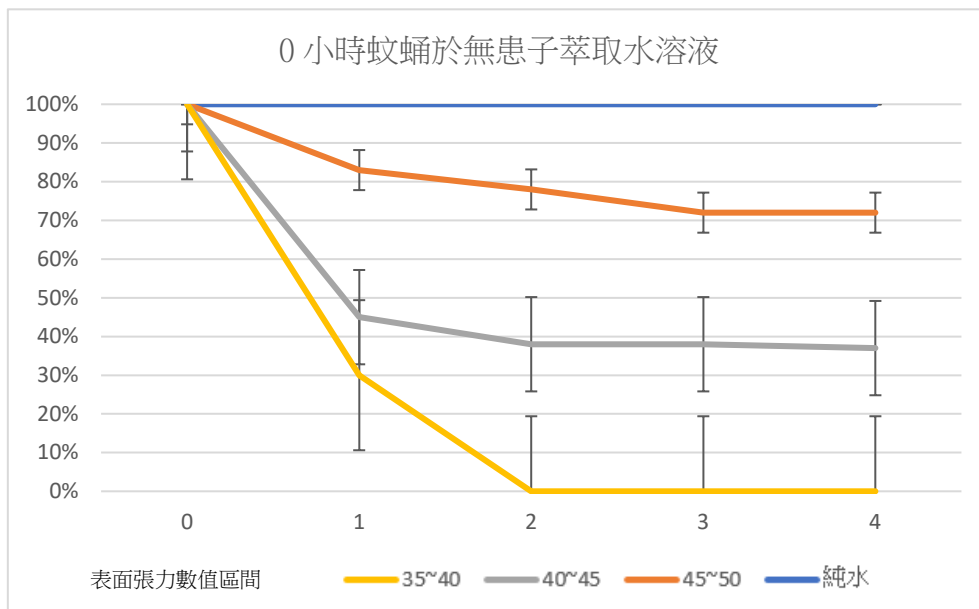
(一)同階段的蚊蛹，在不同表面張力溶液中的存活率

1.0 小時的蚊蛹



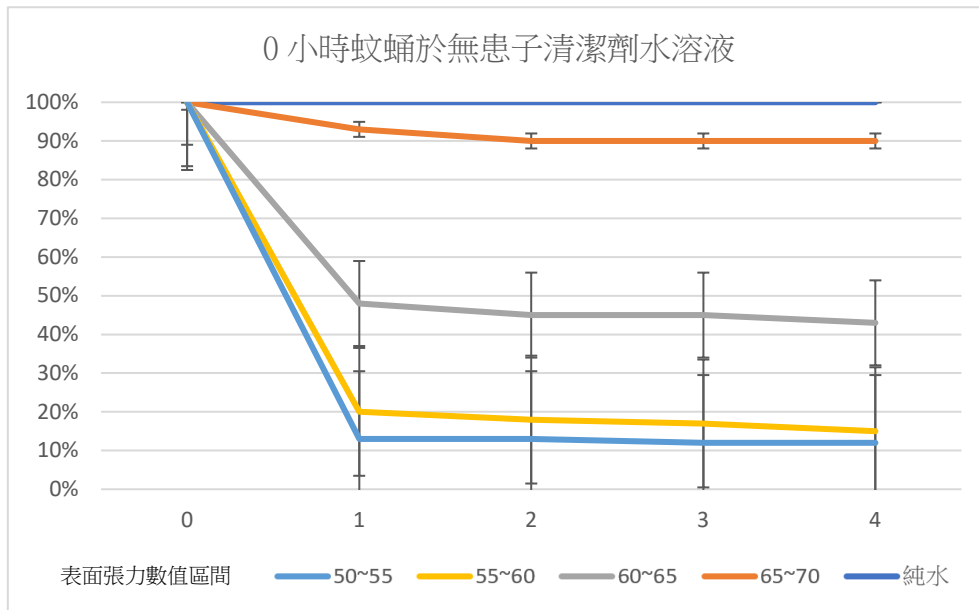
圖十二、0 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的 Tween 20 水溶液中之存活率

根據(圖十二)數據，運用內插法算出，0 小時蚊蛹在 Tween 20 水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 40.800 (N/m)。



圖十三、0 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子萃取水溶液中之存活率

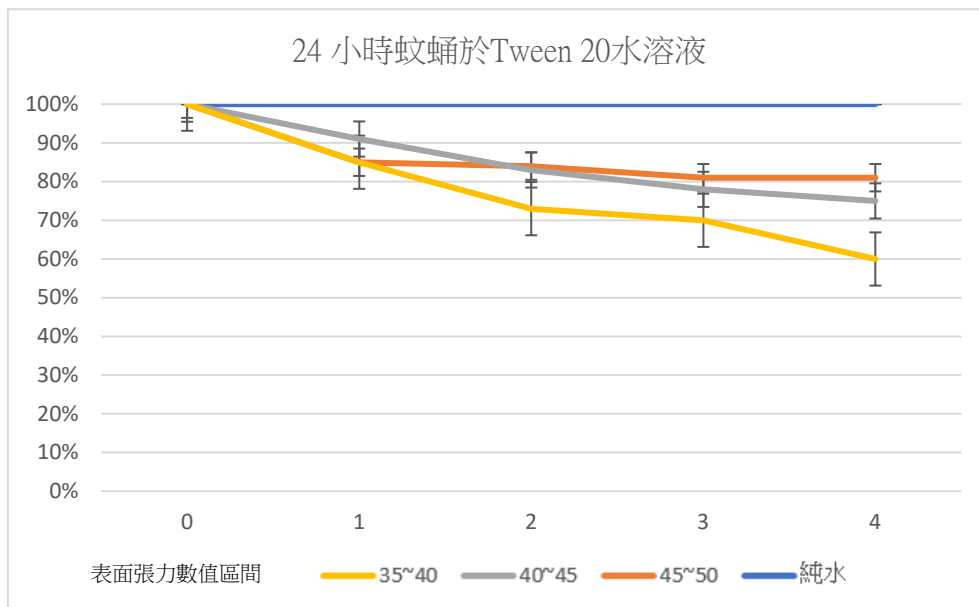
根據(圖十三)數據，運用內插法算出，0 小時蚊蛹在無患子萃取水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 44.357 (N/m)。



圖十四、0 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子清潔劑水溶液中之存活率

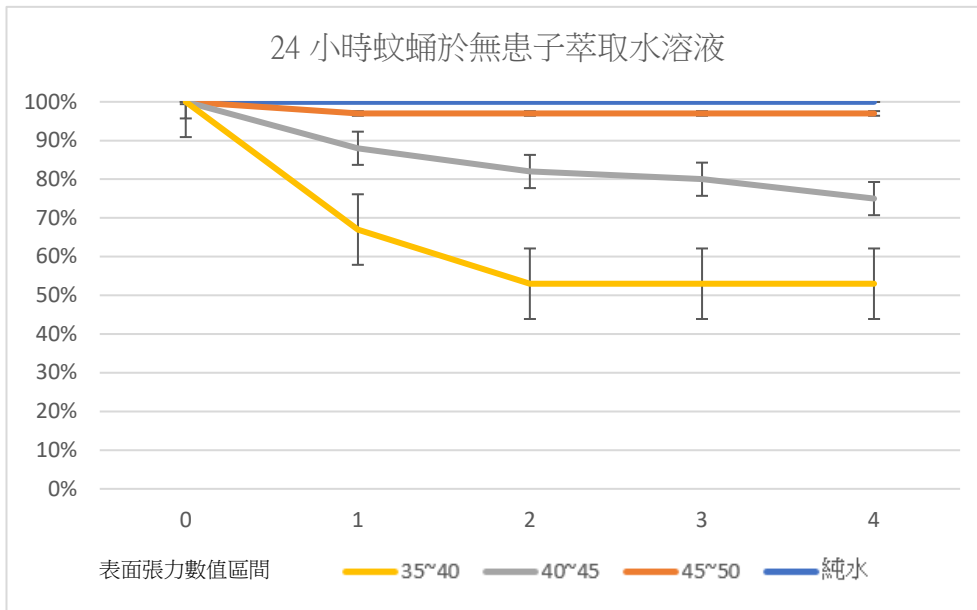
根據(圖十四)數據，運用內插法算出，0 小時蚊蛹在無患子清潔劑水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 63.244 (N/m)。

2. 24 小時的蚊蛹



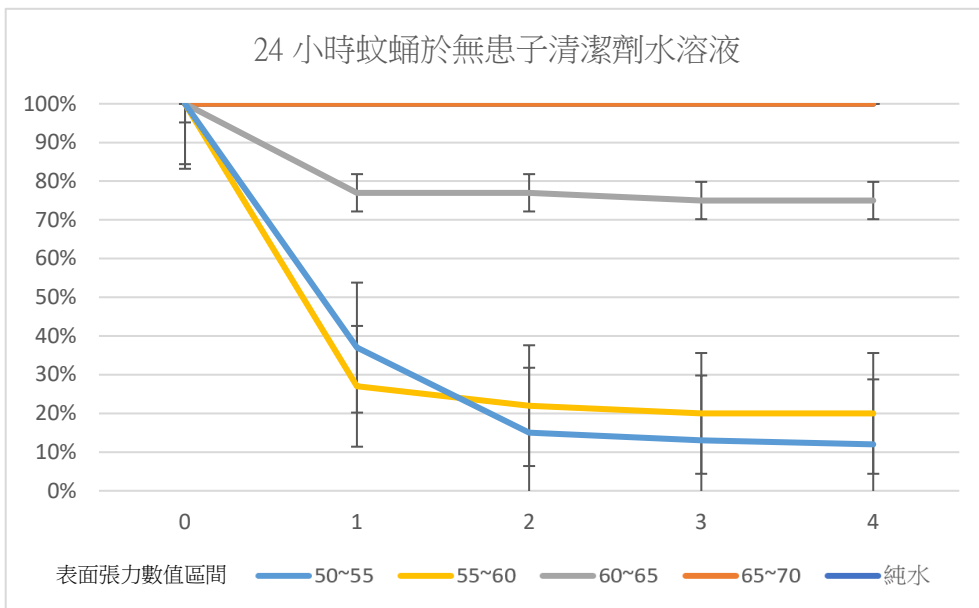
圖十五、24 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的 Tween 20 水溶液中之存活率

根據(圖十五)數據，運用外插法算出，24 小時蚊蛹在 Tween 20 水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 34.166 (N/m)。



圖十六、24 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子萃取水溶液中存活率

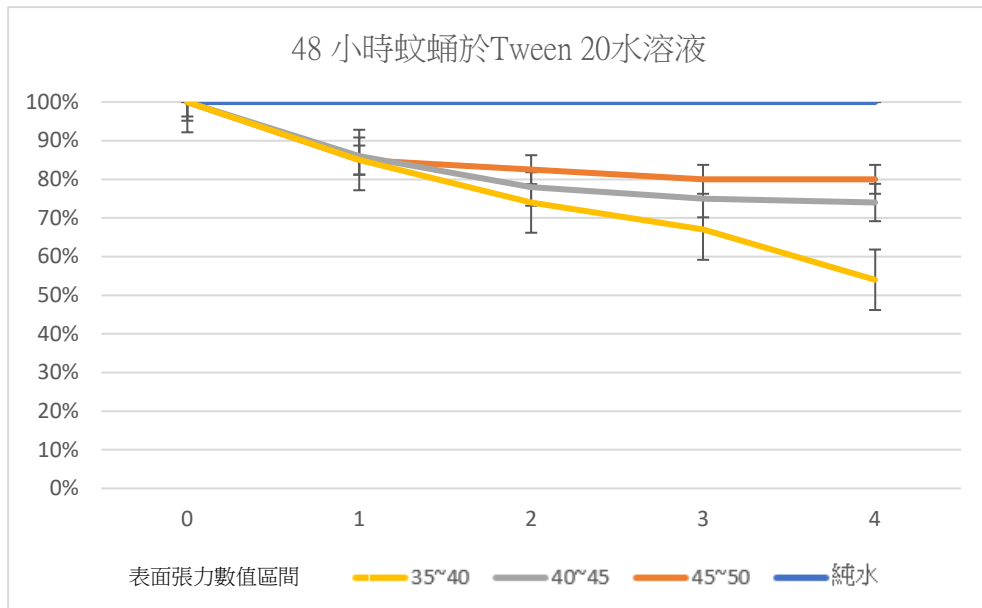
根據(圖十六)數據，運用外插法算出，24 小時蚊蛹在無患子萃取水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 36.818 (N/m)。



圖十七、24 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子清潔劑水溶液中存活率

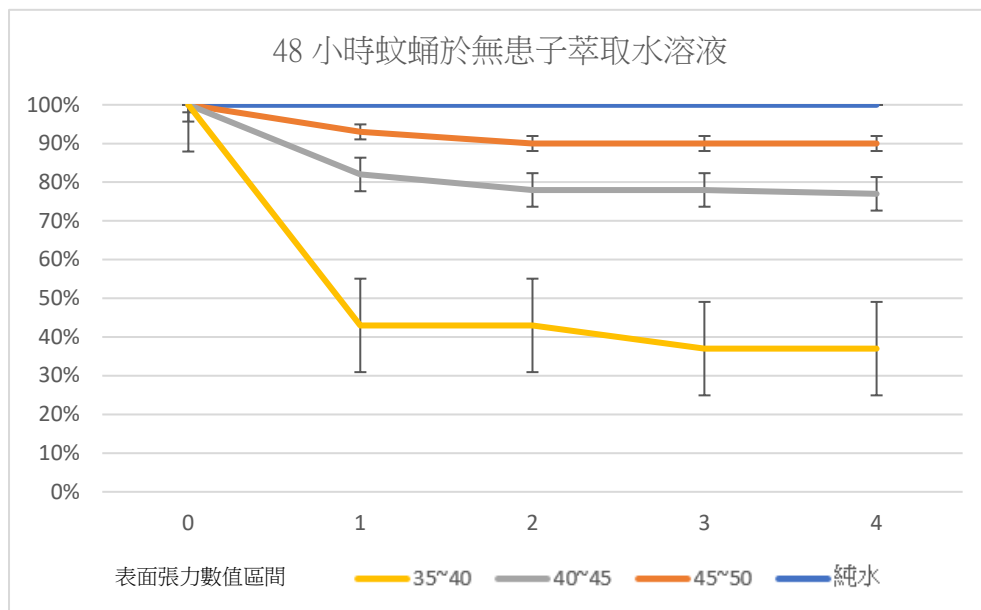
根據(圖十七)數據，運用內插法算出，24 小時蚊蛹在無患子清潔劑水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 60.277 (N/m)。

3.48 小時蚊蛹



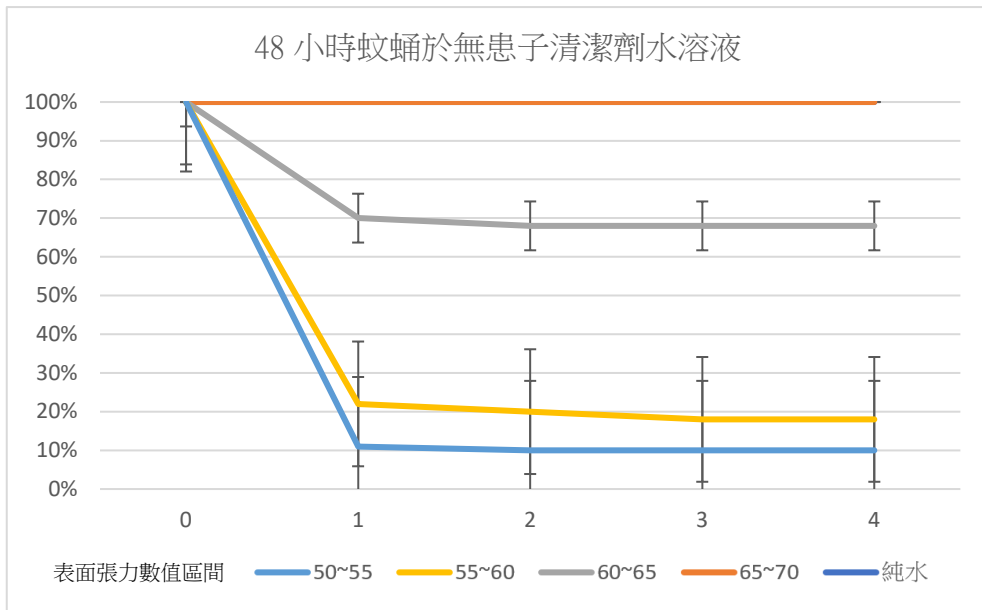
圖十八、48 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的 Tween 20 水溶液中存活率

根據(圖十八)數據，運用外插法算出，48 小時蚊蛹在 Tween 20 水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 36.500 (N/m)。



圖十九、48 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子萃取水溶液中存活率

根據(圖十九)數據，運用內插法算出，48 小時蚊蛹在無患子萃取水溶液中，在 4 小時末，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 39.125 (N/m)。

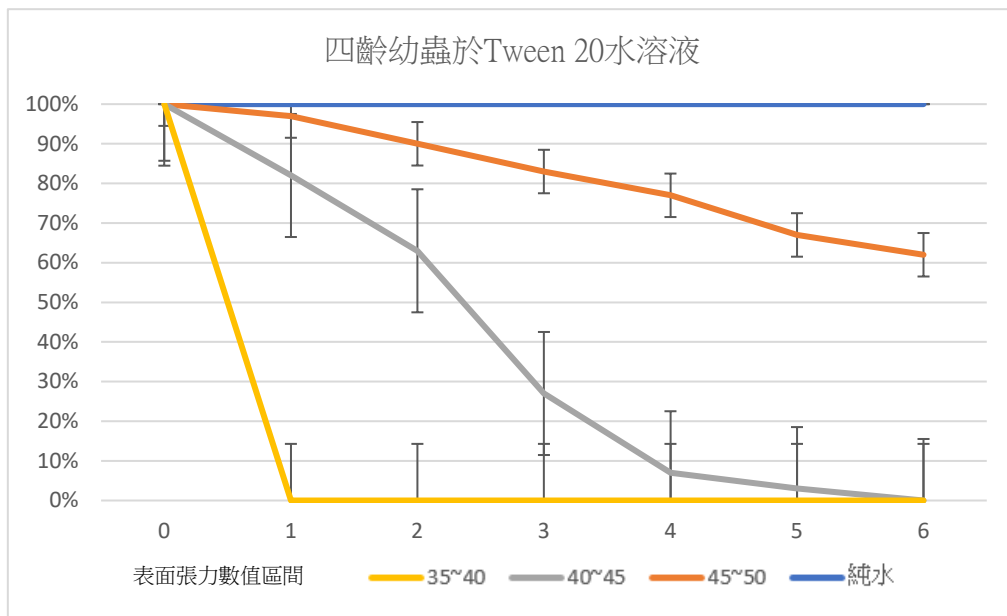


圖二十、48 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子清潔劑水溶液中存活率

根據(圖二十)數據，運用內插法算出，48 小時蚊蛹在無患子清潔劑水溶液中，在 4 小時內，一半蚊蛹存活所需的表面張力數值為 60.700 (N/m)。

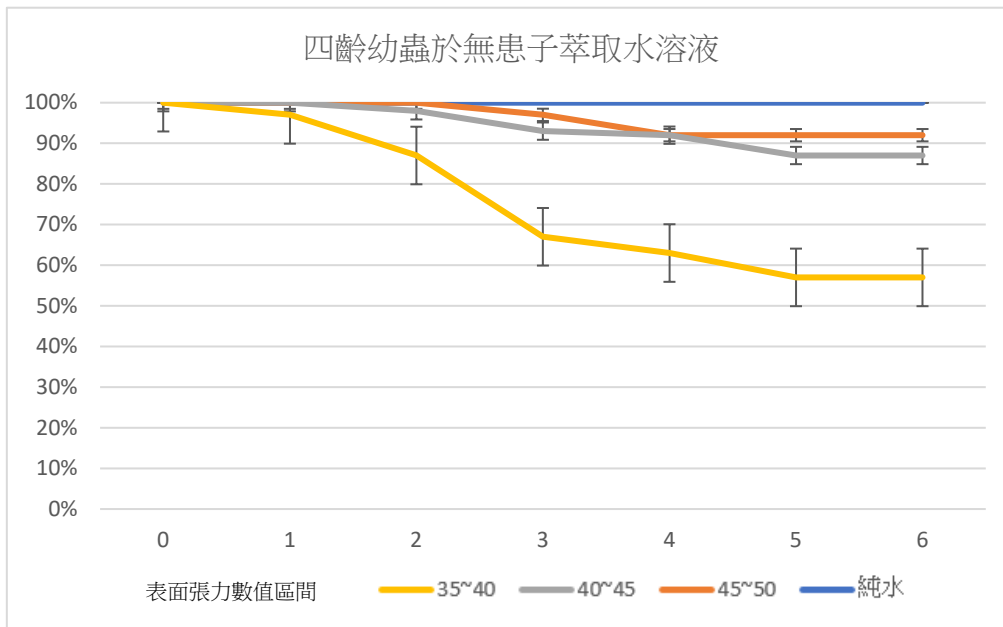
根據(圖十二~圖二十)結果，各階段蚊蛹在 Tween 20 水溶液和無患子萃取水溶液中，讓一半蚊蛹存活的表面張力數值接近，但在無患子清潔劑水溶液中，讓一半蚊蛹存活的表面張力數值遠高於其他兩個溶液的數值，而且讓一半 0 小時蚊蛹存活的表面張力數值高於 24 小時和 48 小時階段的蚊蛹。

(二)四齡幼蟲，在不同表面張力溶液中的存活率



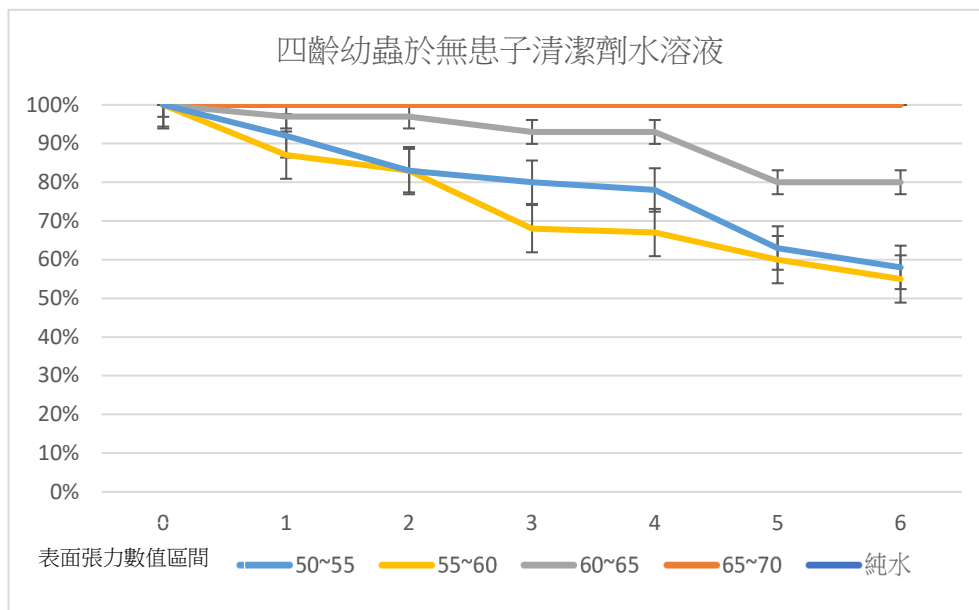
圖二十一、四齡幼蟲處理組在不同表面張力的 Tween 20 水溶液中存活率

根據(圖二十一)數據，運用內插法算出，四齡幼蟲在 Tween 20 水溶液中，在 6 小時末，一半四齡幼蟲存活所需的表面張力數值為 46.532 (N/m)。



圖二十二、四齡幼蟲處理組在不同表面張力的無患子萃取水溶液中之存活率

根據(圖二十二)數據，運用外插法算出，四齡幼蟲在無患子萃取水溶液，在 6 小時末，一半四齡幼蟲存活所需的表面張力數值為 36.333 (N/m)。



圖二十三、四齡幼蟲處理組在不同表面張力的無患子清潔劑水溶液中之存活率

根據(圖二十三)數據，運用外插法算出，四齡幼蟲在無患子清潔劑水溶液，在 6 小時末，一半四齡幼蟲存活所需的表面張力數值為 56.500 (N/m)。

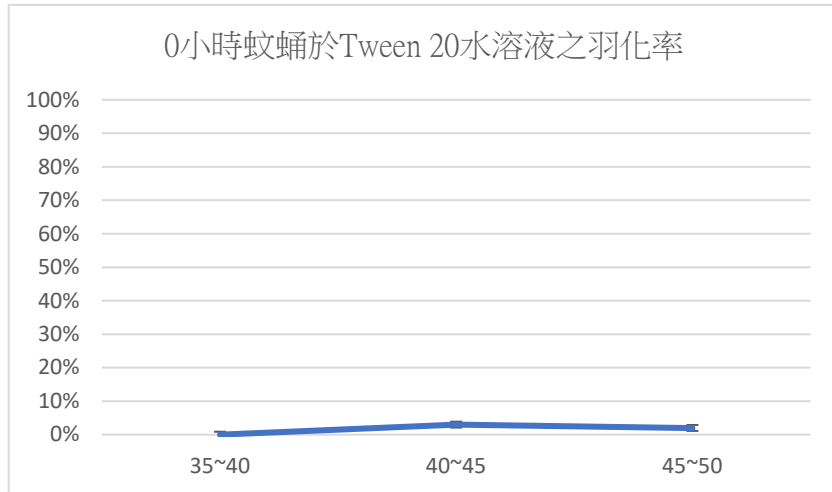
表二、蚊蛹和四齡幼蟲於不同界面活性劑水體中，其一半個體存活的表面張力數值(N/m)

界面活性劑	Tween 20 水溶液	無患子萃取水溶液	無患子清潔劑水溶液
0 小時蚊蛹	40.800	44.357	63.244
24 小時蚊蛹	34.166	36.818	60.277
48 小時蚊蛹	36.500	39.125	60.700
四齡幼蟲	46.532	36.333	56.500

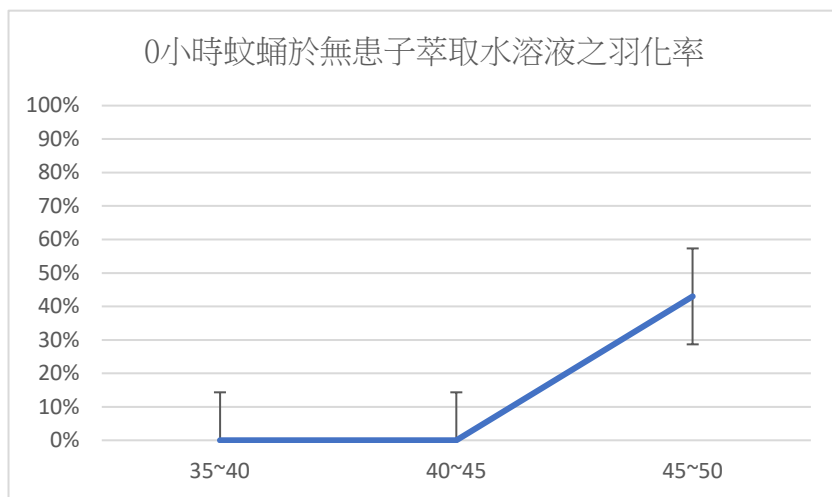
此外，將不同階段的蚊蛹於不同界面活性劑水體中，使其一半存活所需的表面張力數值整理成(表二)。根據(表二)結果，在無患子萃取水溶液和無患子清潔劑水溶液中，從 0 小時蚊蛹至 48 小時蚊蛹階段，其一半個體存活所需的表面張力數值愈來愈小，表示對表面張力的耐受性愈高；在 Tween 20 水溶液中，從四齡幼蟲至 24 小時蚊蛹階段，其一半個體存活所需的表面張力數值愈來愈小，表示對表面張力的耐受性愈高。整體而言，四齡幼蟲一半個體存活所需的表面張力數值較蚊蛹一半個體存活所需的表面張力數值低，表示四齡幼蟲對表面張力耐受度高。

對同一發育階段的蚊蛹而言，不同的界面活性劑，影響一半個體存活的表面張力數值(N/m)大小為：無患子清潔劑水溶液 > 無患子萃取水溶液 > Tween 20 水溶液，即表示無患子清潔劑水溶液，降低蚊蛹對表面張力的耐受性的效果最好。

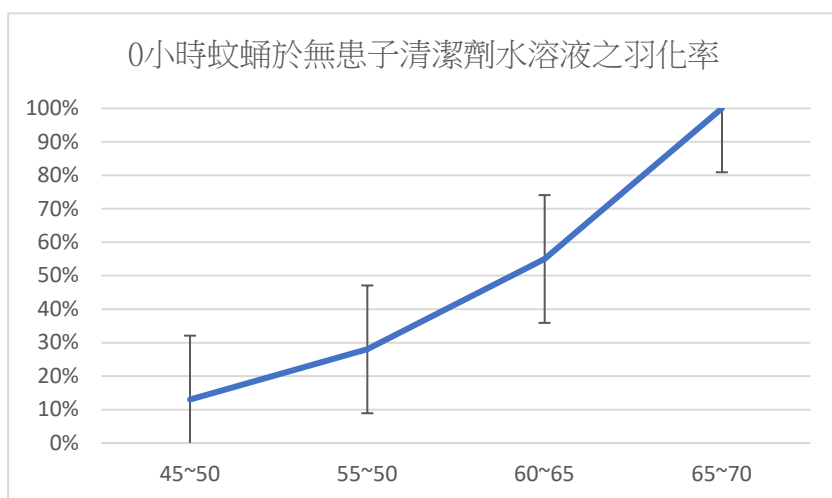
四、0 小時蚊蛹在不同表面張力溶液中的羽化率



圖二十四、0 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的 Tween 20 水溶液中之羽化率



圖二十五、0 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子萃取水溶液中之羽化率



圖二十六、0 小時蚊蛹處理組在不同表面張力的無患子清潔劑水溶液中之羽化率

表三、0 小時蚊蛹在不同界面活性劑中的羽化率

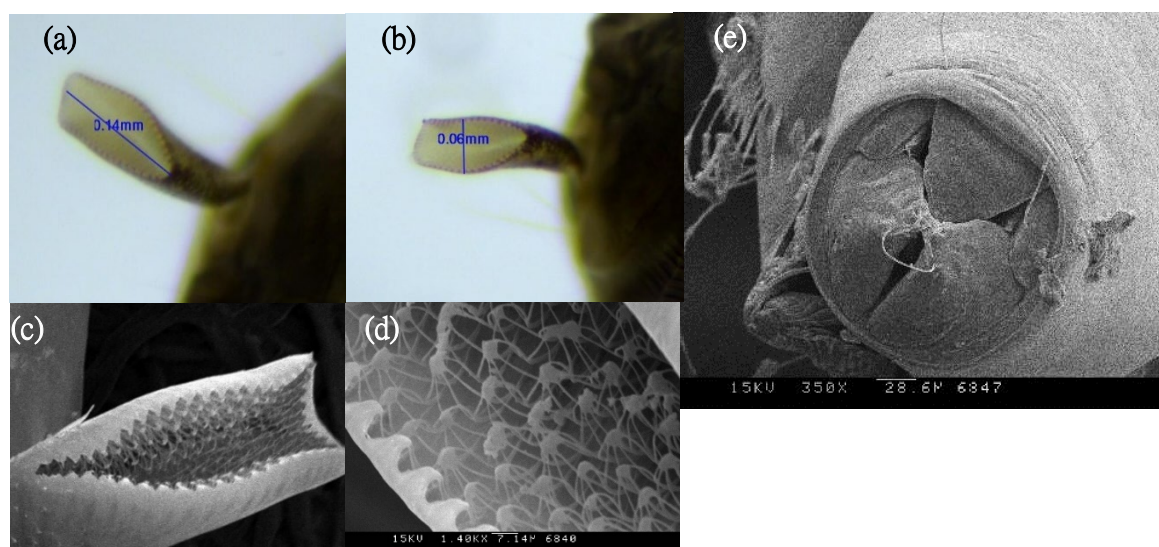
表面張力數值(N/m)	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70
Tween 20 水溶液	0%	3%	2%	-	-	-	-
無患子萃取水溶液	0%	0%	43%	-	-	-	-
無患子清潔劑水溶液	-	-	-	13%	28%	55%	100%

根據(表三)結果，隨著水體表面張力數值的降低，0 小時蚊蛹羽化率也隨之降低

五、蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管口徑模擬分析

本研究使用掃描式電子顯微鏡（scanning electron microscope, SEM）和解剖顯微鏡，觀察蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管的大小和其內部構造。此外，並製作模型，探討口徑大小、表面張力數值大小與進水程度之相關性。

(一)蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管拍攝



圖二十七、電子顯微鏡下的呼吸管

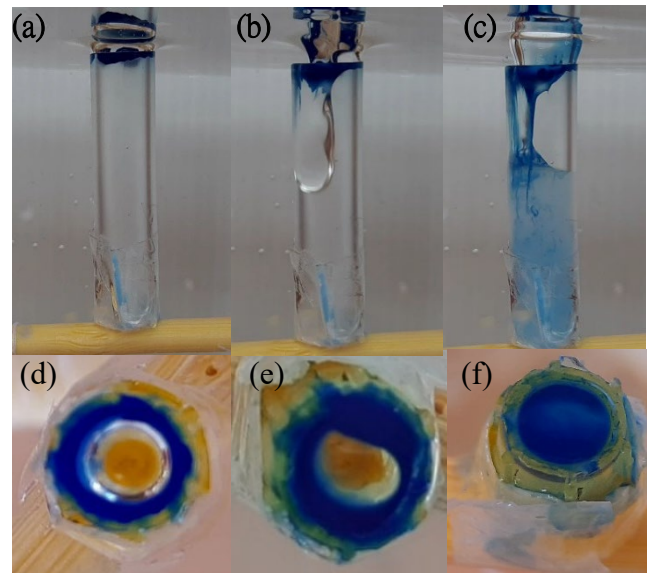
(a)~(d)為蚊蛹呼吸管（a、b 為解剖顯微鏡拍攝結果，比例尺為 1:70；c、d 為掃描式電子顯微鏡拍攝結果）

(e)、(f)為四齡幼蟲呼吸管（e 為掃描式電子顯微鏡拍攝結果；f 為解剖顯微鏡拍攝結果，比例尺為 1:70）

由圖二十七(a)~(d)可知，蚊蛹呼吸管的開口長軸為 0.14 mm，短軸為 0.06 mm，且蚊蛹呼吸管構造內側具有內襯；四齡幼蟲的呼吸管口徑為 0.15 mm，且四齡幼蟲的呼吸管上有瓣膜狀的構造如圖二十七(e)。

(二)口徑模型與染料流入情形

將 11 mm 大口徑模型置入水中時，管口無產生氣泡，且水立即進入模型內部。圖二十八(a)→(b)→(c)中，透過藍色染料可明顯觀察到此現象。將 0.48 mm 的小口徑模型置入水中時，水無法進入模型內部。從側面觀察，顏料也僅分布在管口的上緣，故改由俯視觀察。圖二十八(d)→(e)→(f)中，在小口徑模型的管口可清楚看到一個小氣泡。持續觀察管口變化，發現顏料僅在管口周圍分布，推論水並無進入管內。再將小口徑模型移出水面後，可看到一層水膜覆蓋在管口。



圖二十八、口徑大小模擬與染料流入情形

(a)→(b)→(c)大口徑，側面觀

(d)→(e)→(f)小口徑，俯視觀

(三)口徑大小不同的模型與水體是否流入管中之相關性

由(表四)結果得知，管徑愈小，水愈不容易流入模型內部。根據(圖二十七)電子顯微鏡觀察結果：蚊蛹呼吸管的開口長軸為 0.14 mm，短軸為 0.06 mm；四齡幼蟲的呼吸管口徑為 0.15 mm，皆小於表中的 0.48 mm。推之在正常情況下（不含任何界面活性劑）的水體中，水不會流入蚊蛹及幼蟲的呼吸管內。

表四、管徑大小對蒸餾水是否流入管中之關係表，蒸餾水表面張力值為 73.7 (N/m)

管徑 (mm)	0.05	0.06	0.17	0.27	0.37	0.48	11
水是否流入管內	否	否	否	否	否	否	是

(四)表面張力介於 35~40 (N/m)區間時，口徑大小不同的模型與水體是否流入管中之相關性

使用 25 %無患子萃取水溶液表面張力介於 35~40 (N/m)作為實驗的溶液。根據(表五)結果，當表面張力介於 35~40 (N/m)區間時，水體可流入管徑為 0.48 mm 的模型內部。表示當水體表面張力降低，水會更容易流入模型中。

表五、管徑大小對 25 %無患子萃取水溶液是否流入管中之關係表

管徑 (mm)	0.05	0.06	0.17	0.27	0.37	0.48	11
水是否流入管內	否	否	否	否	否	是	是

陸、討論

一、探討無氧氣供應下，不同階段蚊蛹和四齡幼蟲的存活時間

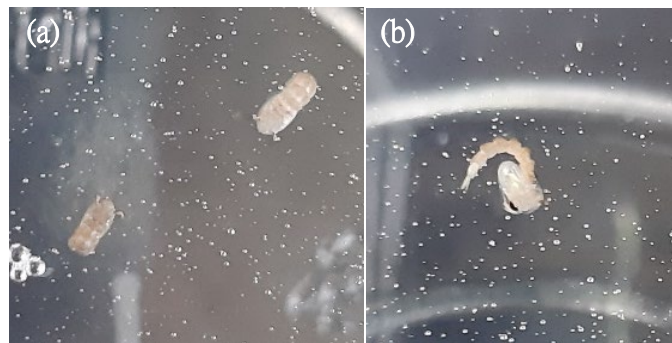
根據本研究的觀察，蚊蛹和四齡幼蟲只要無法佇立在水面上正常呼吸，不論是在水中浮沉，或是橫臥在水底，最終都無法存活及羽化。若以此點判斷其生存與否，0 小時蚊蛹的 LT_{50} 為 71.8 分鐘、24 小時蚊蛹的 LT_{50} 為 74.6 分鐘、48 小時蚊蛹的 LT_{50} 為 65 分鐘、四齡幼蟲的 LT_{50} 為 267.9 分鐘。

根據本實驗的數據顯示，不論哪一階段的蚊蛹，其於無氧氣供應下 LT_{50} 皆介於 65 分鐘到 75 分鐘，而四齡幼蟲的 LT_{50} 則為 267.9 分鐘，兩者數據相差懸殊，可合理推測蚊蛹對氧氣依賴性較四齡幼蟲高。

二、將水體分別加入 Tween 20、無患子萃取液和無患子清潔劑，探討不同表面張力的水體對蚊蛹和四齡幼蟲的存活率和羽化率影響

(一)表面張力對蚊蛹影響

本研究觀察到蚊蛹在添加界面活性劑的水體中，無法正常直立反而出現側向游泳的情況。圖三十三(a)是蚊蛹於水中正常呼吸的情況，若是對照圖三十三(b)可明顯比較出兩者差異。本研究推測因為水體表面張力的降低，使蚊蛹的頭部無法維持於水面而傾斜，導致其無法換氣窒息而死，更加確認蚊蛹的呼吸機制受表面張力影響。



圖三十三、蚊蛹在水體中情形(本研究拍攝) (a)正常蚊蛹 (b)側向游泳的蚊蛹

(二)在三種不同界面活性劑中，表面張力對蚊蛹和四齡幼蟲存活率之影響

根據實驗結果所示，將蚊蛹和四齡幼蟲無論是置於 Tween 20 水溶液或無患子萃取水溶液中，都能夠存活於表面張力數值大於 34(N/m)的水體。然而，蚊蛹和四齡幼蟲在無患子清潔劑水溶液中，只能夠存活於表面張力數值大於 55(N/m)的水體。推論是無患子清潔劑中的椰子油胺基酸起泡劑和玉米植物膠的成分造成此影響。

根據實驗結果所示，四齡幼蟲在不同表面張力的水體中，能夠使其存活的表面張力數值大小差異性頗大，故本研究針對各細項進行分析。在四齡幼蟲於無氧氣供應下之呼吸時間的圖表中，並沒有驟降的線段，但是四齡幼蟲在 Tween 20 水溶液中的前四個小時，可看到幼蟲的存活率大幅驟降，因此本研究推斷四齡幼蟲於 Tween 20 水溶液中的致死原因，並非是四齡幼蟲無法將其呼吸管掛至水面上，導致無法換氣

窒息而死，可能是受水體中化學物質影響較大。四齡幼蟲在無患子萃取水溶液中，能夠存活於表面張力數值大於 36 (N/m)的水體；四齡幼蟲在無患子清潔劑水溶液中，只能夠存活於表面張力數值大於 56 (N/m)的水體，推論原因是無患子清潔劑中的椰子油胺基酸起泡劑和玉米植物膠的成分造成此影響。

(三)三種不同界面活性劑中，表面張力對 0 小時蚊蛹羽化率影響

在比對 0 小時的蚊蛹在不同表面張力的水體中的羽化情形，可看出 0 小時蚊蛹於添加三種不同界面活性劑的水體中，其最後羽化成功成蚊子的百分比皆因表面張力值的減少而下降，可見蚊子生命週期中的蚊蛹羽化階段亦受表面張力大小影響。

綜合上述三點論述，比對蚊蛹在無氧氣供應下的 LT_{50} 和置入不同表面張力的各種水溶液中之生存情形。在觀察的前兩個小時，蚊蛹的存活率有明顯的下降，觀察兩小時後，存活率幾乎維持不變，和蚊蛹在無氧氣供應狀態下的 LT_{50} 相符，因此推測蚊蛹的呼吸機制受表面張力影響。倘若以滅蚊或滅蚊的成效切入，欲達到同樣的死亡率，需使用 25 % 的 Tween 20 水溶液、25 % 的無患子萃取液水溶液或是 0.5 % 的無患子清潔劑水溶液。前兩者成本和濃度都太高，不便一般家庭取用，也容易影響到其他水中生物的生存以及對環境造成負擔，後者的無患子清潔劑水溶液濃度僅需要千分之五，即能達到一樣的效果。此材料不僅對市井大眾而言，是唾手可得之物，更能因為其低濃度的特性，達到滅蚊以及降低對環境損害，深具一舉兩得的效果。

三、模擬蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管，設計口徑大小不同模型，以探討水體表面張力與進水程度之相關性

根據模擬蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管的模型實驗結果，進水程度隨口徑大小變大及表面張力減少而增加。本研究所實驗的蚊蛹呼吸管的開口長軸為 0.14 mm，短軸為 0.06 mm；四齡幼蟲的呼吸管口徑為 0.15 mm，皆小於實驗中模型不會進水的最大口徑 0.37 mm。根據實驗結果，蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管管徑大小足以防止水體進入其呼吸管。

在表面張力數值為 35~40(N/m)的水體中，溶液無法進入小於蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管口徑大小模型，再加上本研究以掃描式電子顯微鏡和解剖顯微鏡所觀察拍攝的蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管構造，在管口上緣有瓣膜和內襯的細絲結構，更能防止水進入呼吸管。因此可以推測蚊蛹和四齡幼蟲在不同表面張力的溶液裡，並非因為水體進入呼吸管而死，而是因為沒有足夠的表面張力讓呼吸管「佇立於」水面，使蚊蛹的頭部無法維持於水面而傾斜，導致其無法換氣窒息而死。

Lee 等人(2017)提到，同種的東鄉斑蚊 (*Aedes togoi*) 四齡幼蟲的呼吸管上有三個瓣膜，本研究也觀察到白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 四齡幼蟲呼吸管管口上具有三個瓣膜，以及蚊蛹的呼吸管內襯的細絲狀結構。此外，Lee 的另一篇文獻也提及，蚊蛹呼吸管表面主要為親水性材質，且其內襯的細絲結構可用於形成空氣層以防止水進入呼吸管內，協助蚊蛹於水中呼吸。期待未來能模擬出與呼吸管構造更相似的模型，以深入探討蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管的構造差異，以及水體表面張力大小改變和兩者進水程度的差異。

柒、結論

- 一、本研究發現能夠讓蚊蛹和四齡幼蟲存活的水體，表面張力必須大於 34 (N/m)。
- 二、本研究發現蚊蛹在無氧氣供應的環境下，其存活的時間較四齡幼蟲短，且四齡幼蟲對表面張力耐受度高。在同一種界面活性劑處理之水體下，24 小時的蚊蛹對表面張力的耐受性最高，其次為 48 小時蚊蛹，0 小時蚊蛹耐受度最差；對同一發育階段的蚊蛹而言，無患子清潔劑水溶液降低蚊蛹對表面張力的耐受性的效果最佳；四齡幼蟲使用呼吸管在水面上呼吸時，最低能承受的水體表面張力大小也同樣比蚊蛹小。
- 三、本研究所測得的蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管管徑的實際大小足以防止水體進入其呼吸管。
- 四、濃度 25 % Tween 20 水溶液和 25 %無患子萃取水溶液皆可抑制蚊蛹羽化成蟲；然而濃度 0.5 %的無患子清潔劑水溶液即可達到相同的功效。加上，無患子清潔劑有對環境生態系較無傷害性和坊間容易購買二項優點。
- 五、未來展望：

根據本研究結果，相較於四齡幼蟲，蚊蛹更容易受環境改變而影響生存；無患子清潔劑水溶液效果較 Tween 20 水溶液和無患子萃取水溶液佳。未來，在蚊蟲防治上可透過低濃度無患子清潔劑水溶液改變水體的表面張力，影響蚊蛹和四齡幼蟲的存活率與羽化率，以達到滅蚊或減蚊的效果。

本研究是利用「表面張力大小」來抑制蚊蟲繁衍，屬於物理性防治法。此方法沒有坊間經常使用化學殺蟲劑的化學性防治容易使蚊蛹產生抗藥性、時效短、污染環境等問題。加上，無患子清潔劑中含有天然的植物皂素(saponin)，可被環境中分解者所分解，對環境中生物更顯得有善。未來，可以考慮將無患子清潔劑作為天然的生物性除蟲劑 (Biological insecticide)，用於環境水體中，達到滅蚊或減蚊的效果。

捌、參考資料及其他

- 一、陳泉水. (2001).一種快速測定表面張力的簡易辦法(Doctoral dissertation).
<https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-JXDZ200101016.htm>
- 二、Dr. S. Arivoli,International Journal of Mosquito Research,Mosquito Journal
<https://www.dipterajournal.com/>
- 三、Ha, Y. R., Yeom, E., Ryu, J., & Lee, S. J. (2017). Three-dimensional structures of the tracheal systems of *Anopheles sinensis* and *Aedes togoi* pupae.*Scientific reports*, 7(1), 1-8.
<https://www.nature.com/articles/srep44490>
- 四、Lee, S. C., Kim, J. H., & Lee, S. J. (2017). Floating of the lobes of mosquito (*Aedes togoi*) larva for respiration.*Scientific reports*, 7(1), 1-8.
<https://www.nature.com/articles/srep43050>

- 五、Lee, S. J., Kim, J. H., & Lee, S. C. (2018). Effects of oil-film layer and surfactant on the siphonal respiration and survivorship in the fourth instar larvae of *Aedes togoi* mosquito in laboratory conditions. *Scientific reports*, 8(1), 1-7.
<https://www.nature.com/articles/s41598-018-23980-5>
- 六、Nayar, J. K., & Ali, A. (2003). A review of monomolecular surface films as larvicides and pupicides of mosquitoes. *Journal of vector ecology: journal of the Society for Vector Ecology*, 28(2), 190-199.
<https://europepmc.org/article/med/14714668>
- 七、Piper, W. D., & Maxwell, K. E. (1971). Mode of action of surfactants on mosquito pupae. *Journal of economic entomology*, 64(3), 601-606.
<https://doi.org/10.1093/jee/64.3.601>
- 八、Singh, K. R. P., & Micks, D. W. (1957). The effects of surface tension on mosquito development. *Mosq News*, 17(2), 70-3.
http://www.biodiversitylibrary.org/content/part/JAMCA/MN_V17_N2_P070-073.pdf

【評語】 052604

本作品基於蚊蟲的幼蟲期與蛹期，需浮至水面藉由呼吸管呼吸，因此試驗添加界面活性劑以改變水體表面張力，使蚊蛹和四齡幼蟲呼吸構造無法發揮正常功能，而達滅蚊效果，實驗找出關鍵的表面張力(34N/m)；發現在無氧氣供應下，蚊蛹存活的時間較四齡幼蟲短；模擬蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管設計口徑大小不同的模型，探討水體表面張力與進水程度相關性。文獻回顧研究規劃與實驗設計方法明確詳實，根據實驗紀錄實驗設計及結果，能確實系統性達到研究的目的。

作品簡報

探討水體表面張力對蚊蛹和四齡幼蟲 存活率與羽化率之相關性

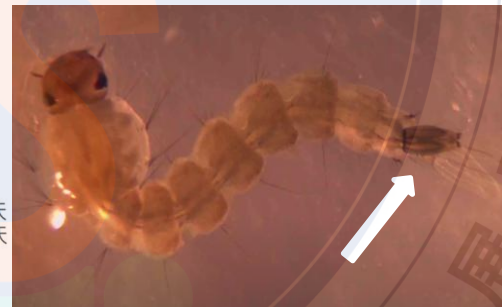
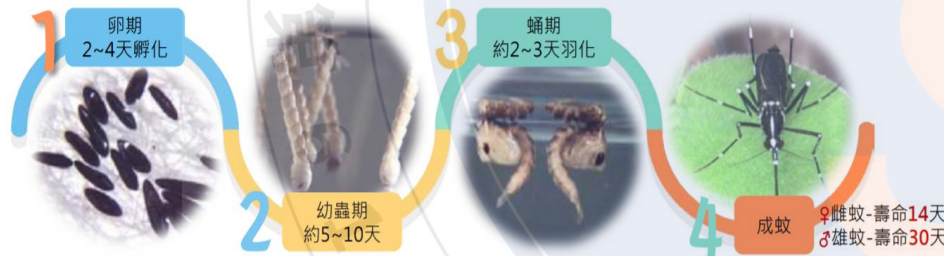
組別: 高級中等學校組

科別: 環境學科

研究問題

登革熱此熱帶疾病會經由斑蚊傳播給人類。為了預防常會噴灑藥劑來滅蚊，但是會造成蚊蟲嚴重的抗藥性和環境問題。本研究欲找出**可以不用化學殺蟲劑即可減少蚊蟲孳生的方式，且不造成環境危害。**

本研究在了解白線斑蚊生物習性和生活史各階段特徵後，發現白線斑蚊 (*Aedes albopictus*) 於幼蟲和蚊蛹階段皆具有管狀呼吸構造，**因此選擇以四齡幼蟲和蚊蛹作為實驗對象，探討水體表面張力對其存活率與羽化率之相關性，以及兩者間的差異。**



圖二、四齡幼蟲



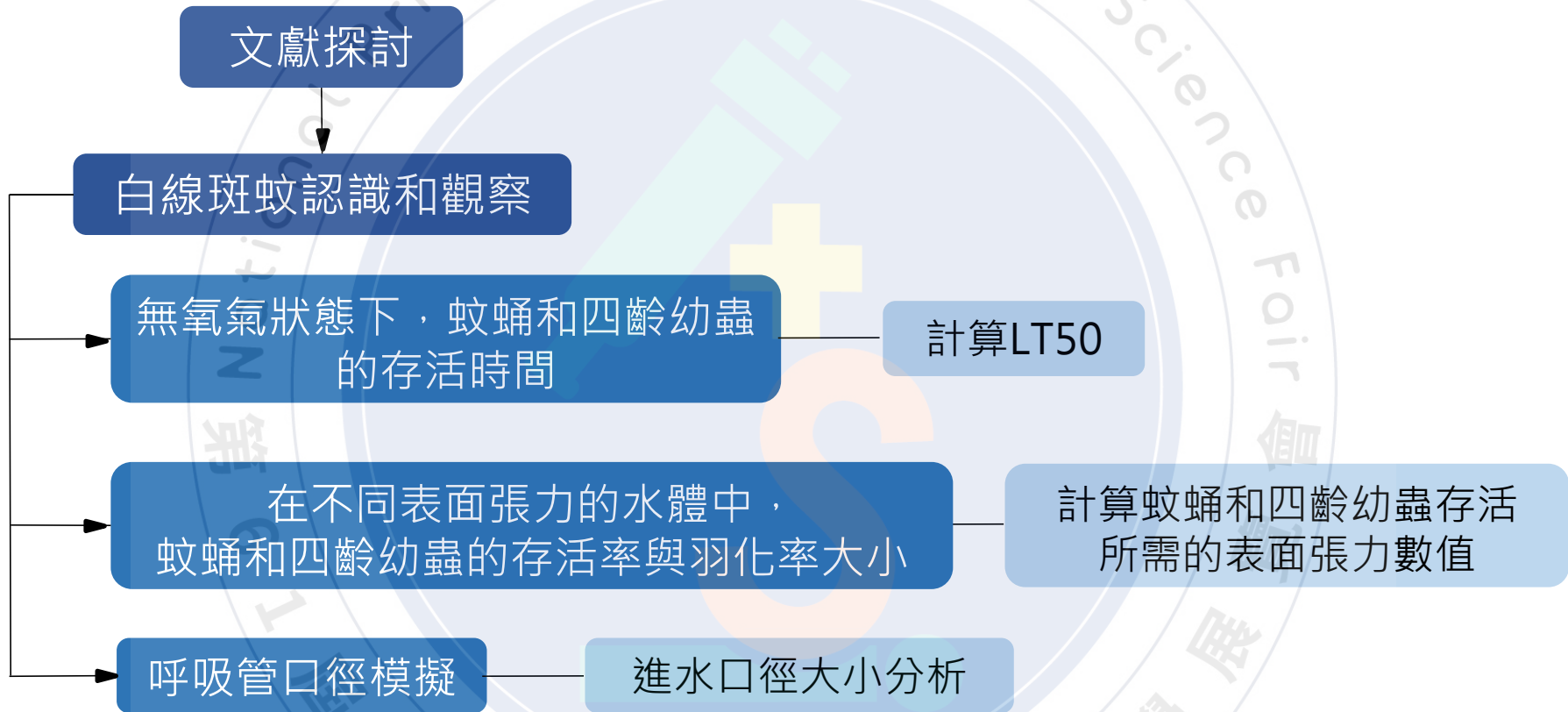
圖三、蚊蛹

圖一、白線斑蚊生活史(高雄市登革熱研究中心，2018)

研究目的

- 一、探討在**無氧氣供應下**，白線斑蚊不同階段蚊蛹和四齡幼蟲的**存活時間**。
- 二、將水體加入 Tween 20、無患子萃取液和無患子清潔劑，探討**不同表面張力**下，不同階段蚊蛹和四齡幼蟲的**存活率**和**羽化率**。
- 三、**模擬蚊蛹和四齡幼蟲的呼吸管**，設計**口徑大小不同**的模型，以探討口徑大小和表面張力數值大小，與**進水程度**的相關性。

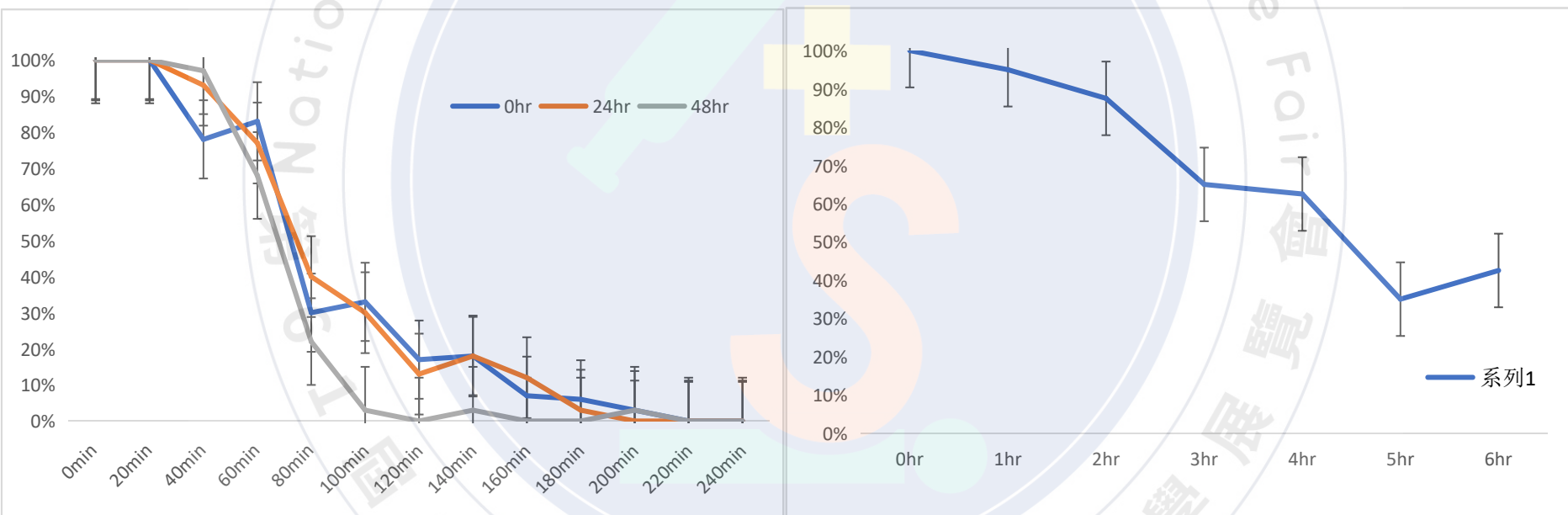
研究過程



研究結果

一、不同階段蚊蛹和四齡幼蟲於無氧氣供應下之存活時間

根據(圖四)和(圖五)的結果，不同階段的蚊蛹於無氧氣供應下 LT_{50} 皆介於65~75分鐘，而四齡幼蟲的 LT_{50} 則為267.9分鐘。故此可推知**蚊蛹對氧氣依賴性較四齡幼蟲高**。



圖四、不同階段蚊蛹於無氧氣供應下之呼吸時間

圖五、四齡幼蟲於無氧氣供應下之呼吸時間

二、Tween 20水溶液濃度、無患子萃取水溶液濃度和無患子清潔劑水溶液濃度與表面張力之相關性

Tate公式： $W \times 9800 = 2\pi Rr$ ， W =水滴重(單位公克)， R =滴尖半徑(單位公分)， r =表面張力係數(單位N/m)，再代入公式算出表面張力數值。

根據(表一)實驗結果，得知**隨著界面活性劑水溶液的濃度增加，表面張力數值降低**

表面張力數值 (N/m)	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70
Tween 20 水溶液濃度	25%	15%- 20%	5%- 10%	-	-	-	-
無患子萃取 水溶液濃度	25%	15%- 20%	5%- 10%	-	-	-	-
無患子清潔劑 水溶液濃度	-	-	-	0.7%	0.5%- 0.6%	0.3%- 0.4%	0.1%- 0.2%

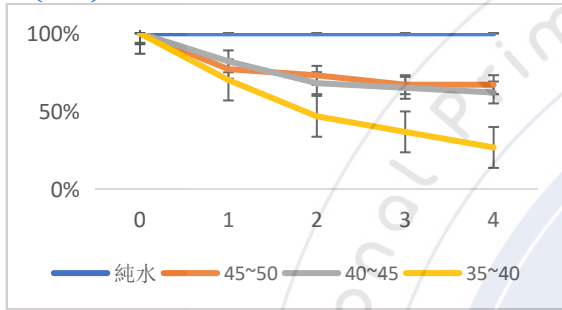
表一、Tween 20水溶液、無患子萃取水溶液和無患子清潔劑水溶液濃度(重量百分比)與表面張力數值對照表



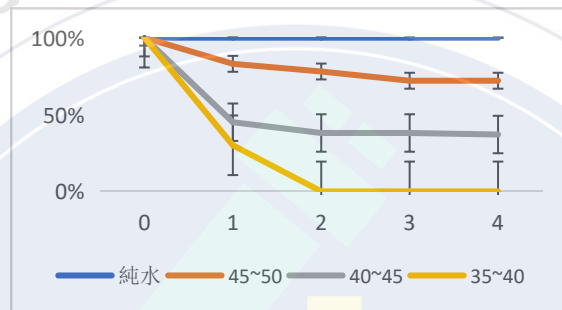
圖六、自製測定表面張力儀器

三、探討不同階段的蚊蛹和四齡幼蟲在界面活性劑中的存活率和使一半個體存活的表面張力數值

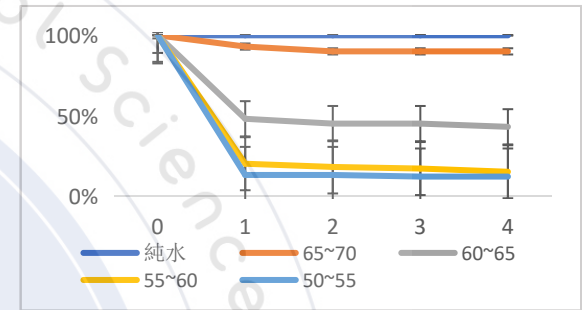
(一) 0小時蚊蛹



Tween 20水溶液

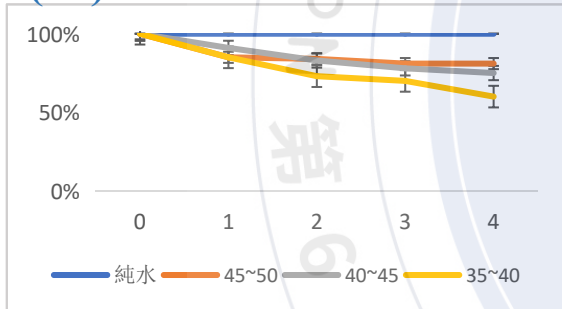


無患子萃取水溶液

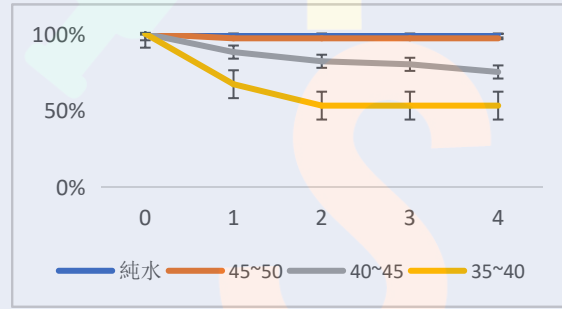


無患子清潔劑水溶液

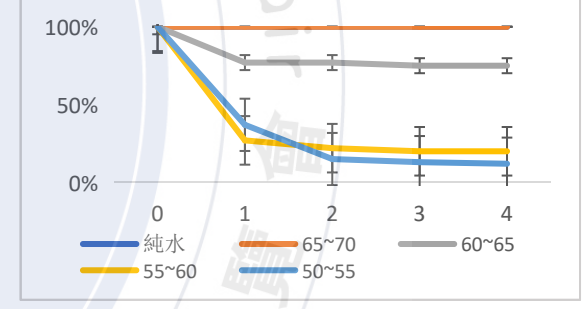
(二) 24小時蚊蛹



Tween 20水溶液

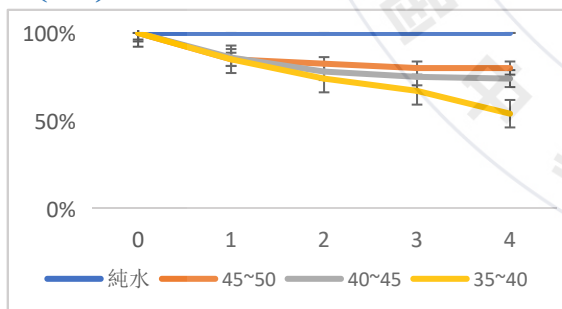


無患子萃取水溶液

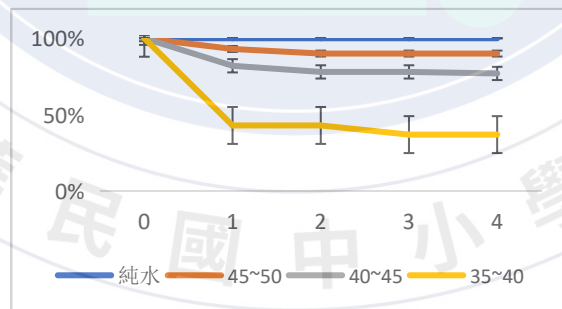


無患子清潔劑水溶液

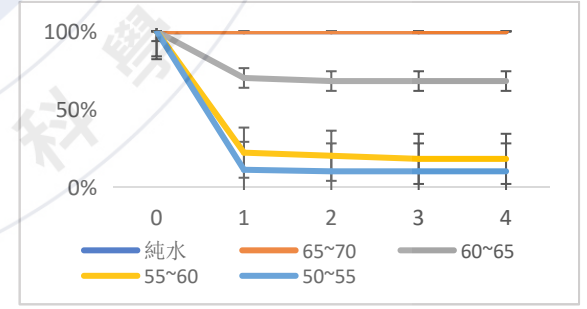
(三) 48小時蚊蛹



Tween 20水溶液

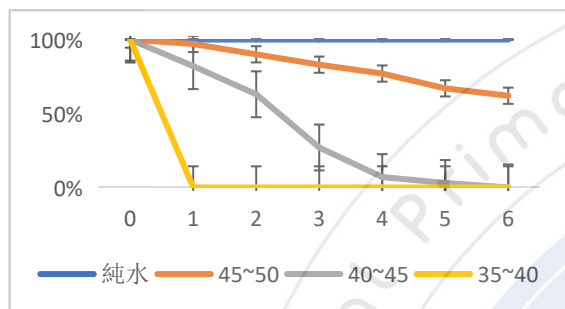


無患子萃取水溶液

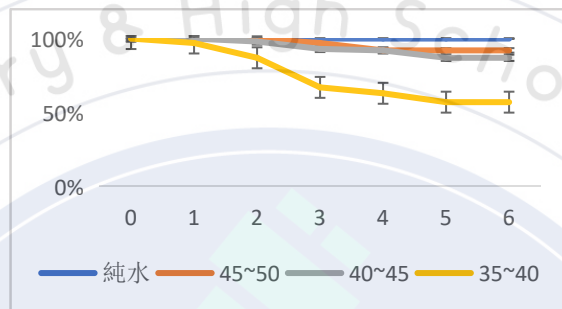


無患子清潔劑水溶液

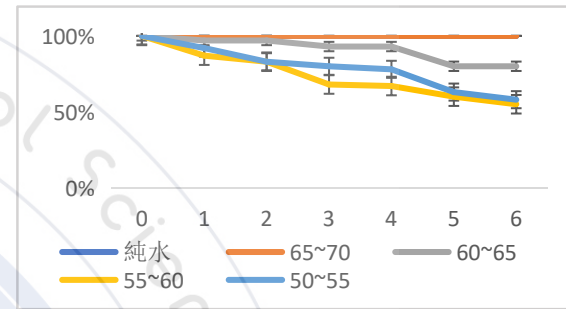
(四) 四齡幼蟲



Tween 20水溶液



無患子萃取水溶液



無患子清潔劑水溶液

表二、蚊蛹和四齡幼蟲於不同界面活性劑水體中，其一半個體存活的表面張力數值(N/m)

界面活性劑	Tween 20 水溶液	無患子萃取水溶液	無患子清潔劑水溶液
0小時蚊蛹	40.800	44.357	63.244
24小時蚊蛹	34.166	36.818	60.277
48小時蚊蛹	36.500	39.125	60.700
四齡幼蟲	46.532	36.333	56.500

根據實驗結果得知:

在不同界面活性劑中，無患子清潔劑水溶液能降低蚊蛹對表面張力的耐受性的效果最佳。對不同階段的蚊蛹而言，其對表面張力的耐受性由高到低為：24小時蚊蛹>48 小時蚊蛹> 0 小時蚊蛹。針對蚊蛹和四齡幼蟲比較，四齡幼蟲一般較能承受的水體表面張力大小較蚊蛹小。

四、0小時蚊蛹在不同表面張力溶液中的羽化率

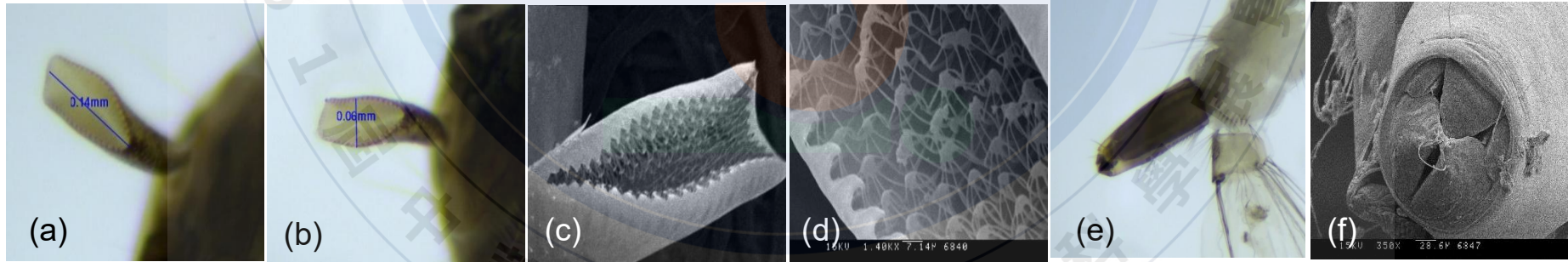
根據(表三)結果得知：**隨著表面張力數值降低，0小時蚊蛹羽化率也隨之下降。**

表三、0小時蚊蛹在不同界面活性劑中的羽化率

水溶液種類	表面張力數值 (N/m)	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70
Tween 20 水溶液		0%	3%	2%	-	-	-	-
無患子萃取水溶液		0%	0%	43%	-	-	-	-
無患子清潔劑水溶液		-	-	-	13%	28%	55%	100%

五、蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管口徑的拍攝和模擬模型分析

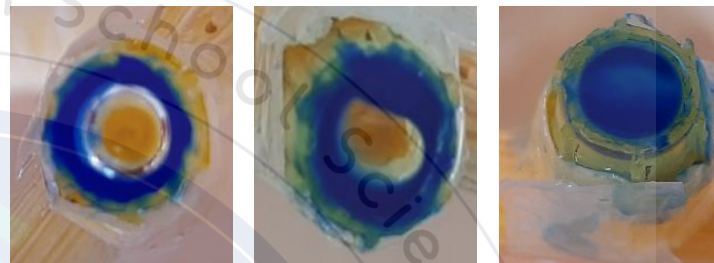
本研究使用掃描式電子顯微鏡和解剖顯微鏡，觀察蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管構造



圖八、(a)~(d)為蚊蛹呼吸管 (a、b為解剖顯微鏡拍攝結果，比例尺為1:70；c、d為掃描式電子顯微鏡拍攝結果)
(e)、(f)為四齡幼蟲呼吸管 (e為解剖顯微鏡拍攝結果，比例尺為1:70；f為掃描式電子顯微鏡拍攝結果)



圖九、無進水的模擬模型



圖十、進水的模擬模型

表四、純水是否能夠流入口徑大小不同的模型管中

管徑	0.05 mm	0.06 mm	0.17 mm	0.27 mm	0.37 mm	0.48 mm	11 mm
水是否流入管內	否	否	否	否	否	否	是

表五、水體表面張力介於35~40(N/m)區間時，是否能夠流入口徑大小不同的模型管中

管徑	0.05 mm	0.06 mm	0.17 mm	0.27 mm	0.37 mm	0.48 mm	11 mm
水是否流入管內	否	否	否	否	否	是	是

根據(表四)結果，**管徑愈小，水愈不容易流入模型內部。**

根據(表五)結果，**當水體表面張力降低，水會更容易流入模型中。**

結合(圖八)結果：蚊蛹呼吸管的開口長軸為0.14 mm，短軸為0.06 mm；四齡幼蟲的呼吸管口徑為0.15 mm，皆小於表中的0.48 mm。推知，在不含任何界面活性劑的水體中，蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管管徑大小足以防止水體進入其呼吸管。

結論

- 一、本研究發現能讓蚊蛹和四齡幼蟲存活的水體，表面張力必須**大於 34(N/m)**
- 二、本研究發現在**無氧氣供應的環境**下，蚊蛹存活的時間較四齡幼蟲短；在同一種界面活性劑處理之水體下，蚊蛹對表面張力的耐受性由高到低為**24小時蚊蛹 > 48小時蚊蛹 > 0小時蚊蛹**；對同一發育階段的蚊蛹而言，**無患子清潔劑水溶液**降低蚊蛹對表面張力的耐受性的效果最佳；四齡幼蟲最低能承受的水體表面張力大小較蚊蛹小（表示**四齡幼蟲對表面張力耐受度高**）。
- 三、本研究發現**0小時蚊蛹羽化率**會隨表面張力值的減少而下降，可見蚊子生活史中的蚊蛹羽化階段，亦受表面張力大小影響。
- 四、本研究發現蚊蛹和四齡幼蟲呼吸管管徑大小足以防止水體進入其呼吸管
- 五、濃度 25 % Tween 20 水溶液和 25 % 無患子萃取水溶液可抑制蚊蛹羽化成蟲；反觀，**濃度 0.5 % 無患子清潔劑水溶液**即可達到相同成效。

未來展望

- 一、希望未來在防治上可透過**低濃度無患子清潔劑**改變水體的表面張力，影響蚊蛹和四齡幼蟲的存活率與羽化率，達到滅蚊或減蚊的效果。
- 二、本研究是採用**物理性方法**進行蚊蟲防治，不會使蚊蛹和幼蟲產生抗藥性。加上，無患子清潔劑中含有天然的植物皂素（saponin），可被環境中分解者所分解，對環境中生物更顯得有善。未來，可以考慮將無患子清潔劑作為**天然的生物性除蟲劑**（Biological insecticide），用於環境水體中。

參考資料及其他

Lee, S. C., Kim, J. H., & Lee, S. J. (2017). Floating of the lobes of mosquito (*Aedes togoi*) larva for respiration. *Scientific reports*, 7(1), 1-8.

<https://www.nature.com/articles/srep43050>

Lee, S. J., Kim, J. H., & Lee, S. C. (2018). Effects of oil-film layer and surfactant on the siphonal respiration and survivorship in the fourth instar larvae of *Aedes togoi* mosquito in laboratory conditions. *Scientific reports*, 8(1), 1-7.

<https://www.nature.com/articles/s41598-018-23980-5>

陳泉水. (2001). 一種快速測定表面張力的簡易辦法 (Doctoral dissertation).

<https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotol-JXDZ200101016.htm>