

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

040712

是「水」養的蚊子—水質對熱帶家蚊的影響

學校名稱： 國立台東高級中學

作者：	指導老師：
高二 陳冠廷	李川賓
高二 鍾坤錡	曾大誠
高二 柯利鴻	
高二 蘇峻緯	

關 鍵 詞：水質條件、熱帶家蚊

摘要

本實驗先將熱帶家蚊的一生分成三個時期（第一期：卵→一齡蟲、第二期：一齡蟲→成蚊、第三期：成蚊→產卵），以不同有機質濃度、pH 值的水質來探討水質的差異對這三個時期的熱帶家蚊生長之影響，進一步去估算在不同水質內熱帶家蚊的族群變化趨勢。再者我們以最初步的實驗結果：『最適合熱帶家蚊生長的水質條件』是在有機質濃度 0.2g/100ml、pH=7 值的水質，分別加入硼酸、肥皂後，觀察是否會延遲熱帶家蚊的生長，甚至死亡。

壹、研究動機

曾經網路上有篇文章指出：「在水中加入肥皂水後，可吸引蚊子來產卵並使其不得孵化，達到抑制蚊子生長的效果。」，也有另一種說法：「硼酸可以使子脫水而死，達到抑制蚊蟲的效果！」這些說法對蚊子肆虐的台灣是一大福音。而在學校平常上課亦為蚊子所苦，經過討論後，我們開始對「蚊子的生長」產生了強烈的興趣，所以決定以蚊子為題材，研究熱帶家蚊一生在各種不同水質環境下生長的情況，進一步看可否提供給學校對蚊子族群的抑制有所幫助。

貳、研究目的

- 一、仔細觀察、記錄熱帶家蚊的一生。
- 二、設計一系列的實驗，找出最適合熱帶家蚊生長的水質條件。
- 三、證明生長在不合適的水質中，對熱帶家蚊的生長有延遲之現象。
- 四、證明硼酸、肥皂對熱帶家蚊有否抑制生長甚至死亡的效果。
- 五、根據實驗結果，推算一組 Model，用以估算熱帶家蚊族群在不同水質中的消長情形。

參、文獻探討

一、熱帶家蚊簡介：

熱帶家蚊，是熱帶及亞熱帶地區常見的蚊子，亦是住家常見蚊蟲。為血絲蟲病病媒，曾在台灣及澎湖，金門、馬祖等地區傳染班氏血絲蟲。熱帶家蚊為完全變態昆蟲，雌蚊產卵於富腐植質的水域，每次產卵約 150-200 個，相粘成塊，稱卵塊、卵筏或卵舟（egg raft）。卵產後，36 小時內即可孵化為幼蟲。幼蟲共有四齡期。幼蟲在水中以尾部呼吸管懸在水面，行呼吸作用，身體與水面成 45 度角。受驚擾時沉入水內，經一段時間再浮升。幼蟲為濾食性，以口器左右刷狀毛在水中刷動取食。幼蟲約 7 天左右化蛹。蛹活潑，頭胸部具 2 個喇叭狀呼吸管，可在水中浮沉。經 2-3 日後，羽化為成蚊。在夏天，卵期約 1 天，幼蟲期約 7-10 天，蛹期約 2 天，整個生活史約 10-13 天。幼蟲在城市主要在阻塞的污水溝，在農村及缺乏淡水的沿海地區主要為人造容器。實務上，熱帶家蚊幼蟲孳生範圍甚廣，只要含有機質較多的水域或人工容器皆有存在，如污水槽、水溝、下水道、積水防空洞、化糞池。成蟲產卵時，每一顆卵上有一小水珠，為產卵費洛蒙，可引誘同種蚊蟲產卵，所以熱帶家蚊孳生源常有大量的卵及幼蟲聚集。

熱帶家蚊為夜行性蚊蟲，日間常棲息於室內特別是陰暗處，室外陰暗處：如豬舍或草叢中。日落後，陸續從棲息處飛出活動。在傍晚時，雄蟲常有群舞的現象，為其求偶行為，藉此雌蚊找到雄蟲進行交尾。交尾後雌蚊尋覓吸血對象主要在夜間，在午夜前一小時

爲其高峰。主吸源爲人及鳥類，其他如牛、豬、狗、貓等。雄蚊及未吸血的雌蚊，一般以植物的汁液及其他碳水化合物維生。

二、硼酸殺蟲原理：

當節肢動物吃下硼酸後，會使得腸胃裡的細胞不正常增生，形成大量無作用的贅肉布滿整個腸道，使動物體無法吸收養分，進而造成脫水，使其死亡！而動物體越是脆弱，所需的劑量就越低，所以微量的硼酸只能殺死螞蟻的劑量不會置人於死。

三、網路資訊：

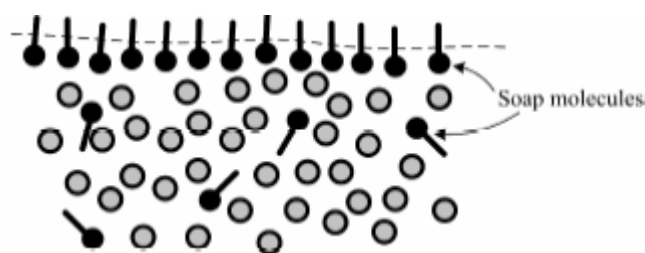
驚人的發現，就是在院中放置一個盆子，盆中以皂絲或洗衣粉混合適量的水，過後數日，水盆中竟然佈滿許多死亡的幼小蚊子蟲卵，漸漸地，居然院中的蚊子已減少大半，幾盡滅絕，不用再以各種蚊香、殺蟲液去對抗蚊子。其原因是因爲蚊子幼蟲不宜生長在鹼性水中，而肥皂水中的香料，又會讓他們的成蚊誤以爲水體擁有養分，將卵產於其中。再加上水中的氧氣會與肥皂反應作用而減少，於是子子幼蟲便全數死亡。

四、市面上固體殺蟻藥的用藥與劑量：

得力一全蟻滅	硼酸—2.5% w/w
速必落殺蟻劑	硼酸—1% w/w
免螞煩一殺蟻堡	硼酸—1% w/w
必安住除蟻盒	硼酸—3.5% w/w
鱷魚一攻巢	硼酸—2.5% w/w
全巢淨	硼酸—2.5% w/w

五、表面張力因爲肥皂而被破壞：

在同類分子與分子之間的一種內聚力，這力量會使分子彼此互相吸引。而水亦如此，因此在水的表面就會行成一股平行液面的拉力，蚊子之所以可以站在水面上是爲水的表面張力足以承受蚊子的重量，但因爲肥皂分子溶在水中之後會破壞水的表面張力，造成整個液體的表面張力降低使蚊子無法站在水上。



肆、研究設備及器材

一、生物：熱帶家蚊

二、實驗器具：250 mL 燒杯、500 mL 燒杯、100mL 量筒、錐形瓶、滴管、電子秤、無線酸鹼度、通氣幫浦、水盆、紅糖、養蚊籠、棉花、狗飼料、硼砂、0.1N 的氫氧化鈉、0.1N 的硫酸、蒸餾水、肥皂、洗衣粉、溫控冰箱、解剖顯微鏡、載玻片、蓋玻片。

三、實驗溶液：

1、狗食濃度 0、0.1、0.2、0.4、0.8、1.6 g/100mL 水溶液，六種。

2、狗食濃度 0.2 g/100mL 水溶液調整 pH 值為 3、5、7、9、11，五種。

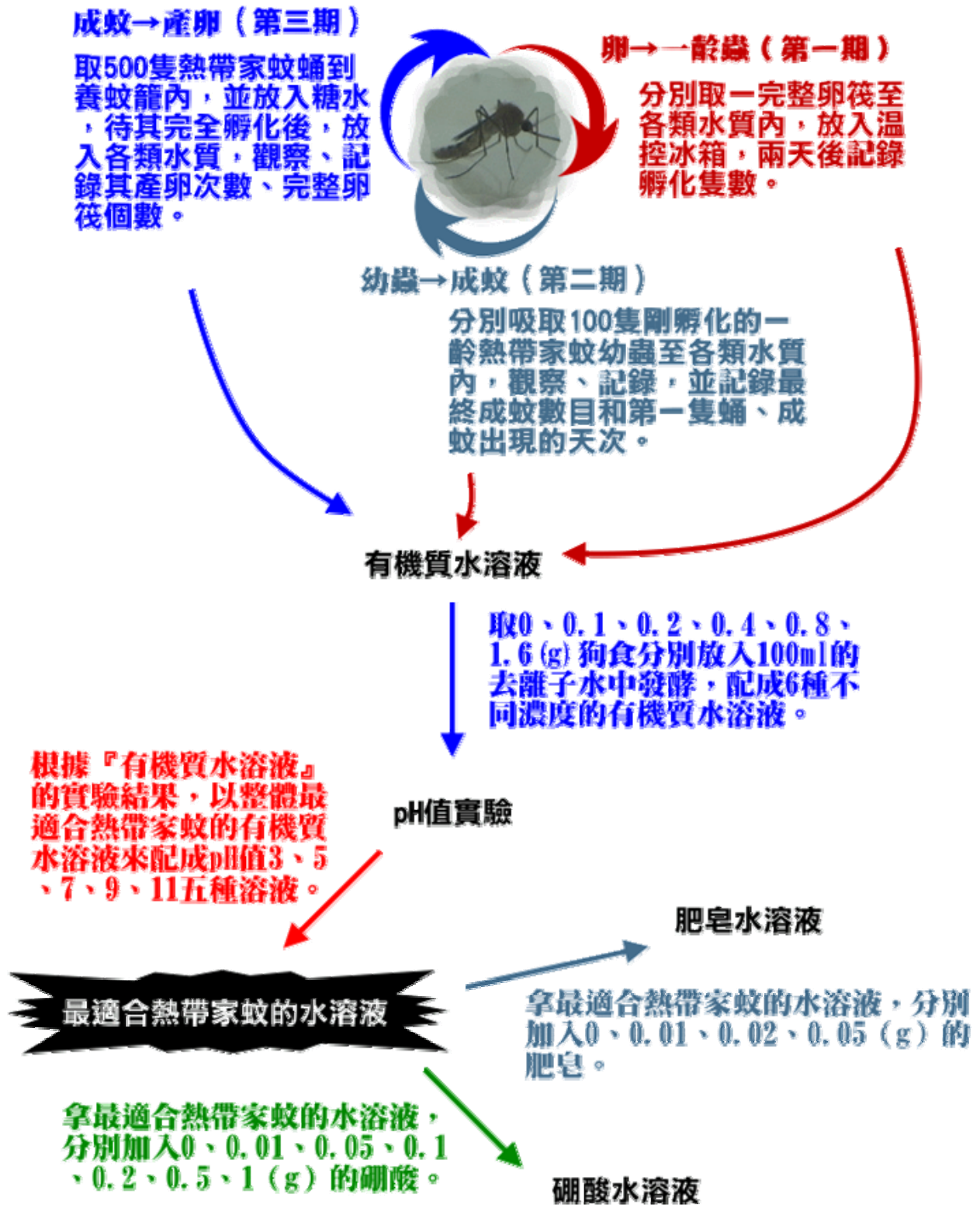
3、狗食濃度 0.2 g/100mL、pH 7 水溶液加入硼酸 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.35、0.5、1 (g)，八種。

4、狗食濃度 0.2 g/100mL、pH 7 水溶液加入肥皂 0、0.01、0.02、0.05 (g)，四種。

5、狗食濃度 0.1、0.2、0.4 g/100mL 水溶液分別配成 pH3、5、7，九種。

6、飽和紅糖水

伍、研究過程或方法



（圖一）實驗設計流程圖

如〈圖一〉，將熱帶家蚊一生分成三期來進行實驗：每一實驗數據至少為三重複後取平均值。

附註：

- 1、熱帶家蚊的來源：取自校園環境四周的水溝，從水溝吸取一些熱帶家蚊的卵，經過三個世代的純化後，已經把其他混在水體內的蚊子區分開來。才開始進行我們的實驗。
- 2、本實驗的狗食經過實驗三重複後估計出：狗食內有機質含量約為 79%。
- 3、經過「有機質濃度水溶液」的實驗後，整體最適合熱帶家蚊生長的是 0.2g/100ml 狗食，故以 0.2g/100 mL 為最適合熱帶家蚊整體生長的狗食濃度。
- 4、第一期、第二期，計算熱帶家蚊在不同水質中的族群消長實驗都把燒杯放入恆溫箱內生長，只在紀錄和觀察時取出。
- 5、在成蚊→產卵（第三期）中，硼酸水溶液的配置只用 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.35(g/100 mL)是因為養蚊籠並不夠大，且在幼蟲→成蚊（第二期）中硼酸水溶液對幼蟲生長的影響中，已經明顯看出：「0.05g/100 mL 的硼酸水溶液濃度就足以讓 100 隻熱帶家蚊幼蟲延遲生長，甚至是在早期就死亡」。

一、卵→一齡蟲 階段（第一期）

- 1、取 0g、0.1g、0.2g、0.4g、0.8g、1.6g 的狗食分別放入 100 mL 的去離子水中，每杯放入一個卵筏，觀察有機質濃度對卵孵化的影響。
- 2、以「有機質濃度水溶液」的實驗結果，取最適合熱帶家蚊整體生長的有機質濃度，分別製成 pH 值 3、5、7、9、11 的水溶液，並各放入一個卵筏，觀察 pH 值對卵孵化的影響。
- 3、以「最適合熱帶家蚊的水溶液」作為控制變因，製成含 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.5、1 克硼酸的 100 mL 水溶液七瓶，並將其直接調成 pH7，各放入一個卵筏，觀察並證明硼酸是否對卵的孵化有影響。
- 4、以「最適合熱帶家蚊的水溶液」作為控制變因，製成含 0、0.01、0.02、0.05 克肥皂削的 100 mL 水溶液四瓶，各放入一個卵筏，觀察並證明肥皂是否對卵的孵化有影響。

二、一齡蟲→成蚊 階段（第二期）

- 1、取 0g、0.1g、0.2g、0.4g、0.8g、1.6g 的狗食分別放入 100 mL 的去離子水中，共六杯，每杯約放入 100 隻一齡幼蟲，觀察有機質濃度對熱帶家蚊幼蟲成長的影響。

- 2、以『有機質濃度水溶液』的實驗結果，取最適合熱帶家蚊整體生長的有機質濃度，分別製成 pH 值 3、5、7、9、11 的水溶液五杯，每杯約放入 100 隻一齡幼蟲，觀察 pH 對熱帶家蚊幼蟲成長的影響。
- 3、以『最適合熱帶家蚊的水溶液』作為控制變因，製成含 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.5、1 克硼酸的 100 mL 水溶液七瓶，並將其直接調成 pH7，每杯約放入 100 隻一齡幼蟲，觀察並證明硼酸是否對熱帶家蚊幼蟲的生長有影響。
- 4、以『最適合熱帶家蚊的水溶液』作為控制變因，製成含 0、0.01、0.02、0.05 克肥皂削的 100 mL 水溶液四瓶，每杯約放入 100 隻一齡幼蟲，觀察並證明肥皂是否對熱帶家蚊幼蟲的生長有影響。

三、成蚊 → 產卵 階段（第三期）

●產卵環境：約取 500 隻熱帶家蚊蛹到一養蚊籠內，在其羽化後放入糖水供其食用。

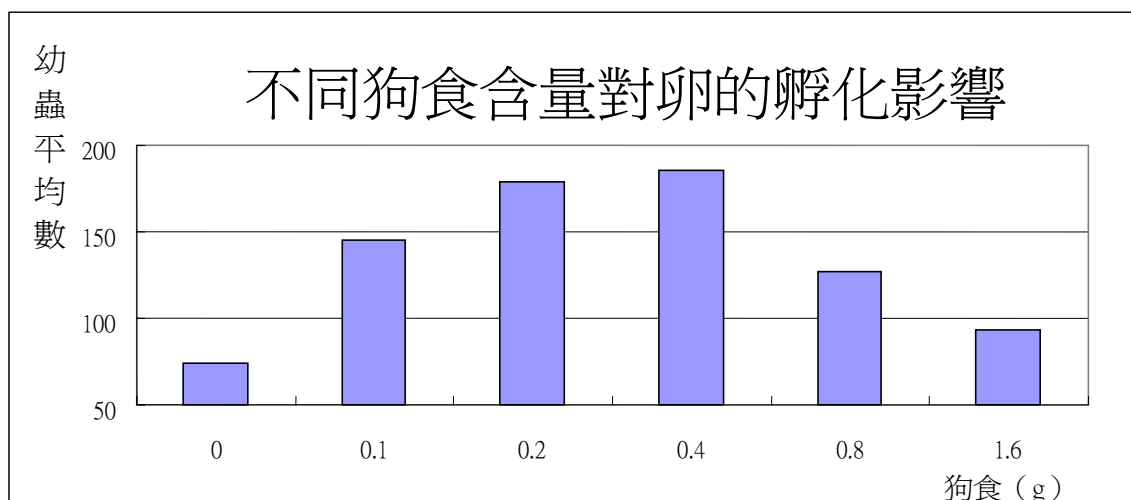
- 1、取 0g、0.1g、0.2g、0.4g、0.8g、1.6g 的狗食分別放入 100 mL 的去離子水中，共六杯，將其放入養蚊籠內觀察、紀錄成蚊產卵情形 10 天，並證明是否熱帶家蚊對不同有機質水質產卵有選擇性。
- 2、以『有機質濃度水溶液』的實驗結果，取最適合熱帶家蚊整體生長的有機質濃度，分別製成 pH 值 3、5、7、9、11 的水溶液五杯，將其放入養蚊籠內觀察、紀錄成蚊產卵情形 10 天，並證明是否熱帶家蚊對不同 pH 值的水質有產卵選擇性。
- 3、以『最適合熱帶家蚊的水溶液』作為控制變因，製成含 0、0.01、0.05、0.1、0.2、0.35 克硼酸的 100 mL 水溶液七瓶，並將其直接調成 pH7，將其放入養蚊籠內觀察、紀錄成蚊產卵情形 10 天，並證明硼酸水溶液對熱帶家蚊是否有產卵選擇性。
- 4、以『最適合熱帶家蚊的水溶液』作為控制變因，製成含 0、0.01、0.02、0.05 克肥皂削的 100 mL 水溶液四瓶，將其放入養蚊籠內觀察、紀錄成蚊產卵情形 10 天，並證明熱帶家蚊是否對肥皂水溶液有產卵選擇性。

四、估算熱帶家蚊在不同水質中的族群消長

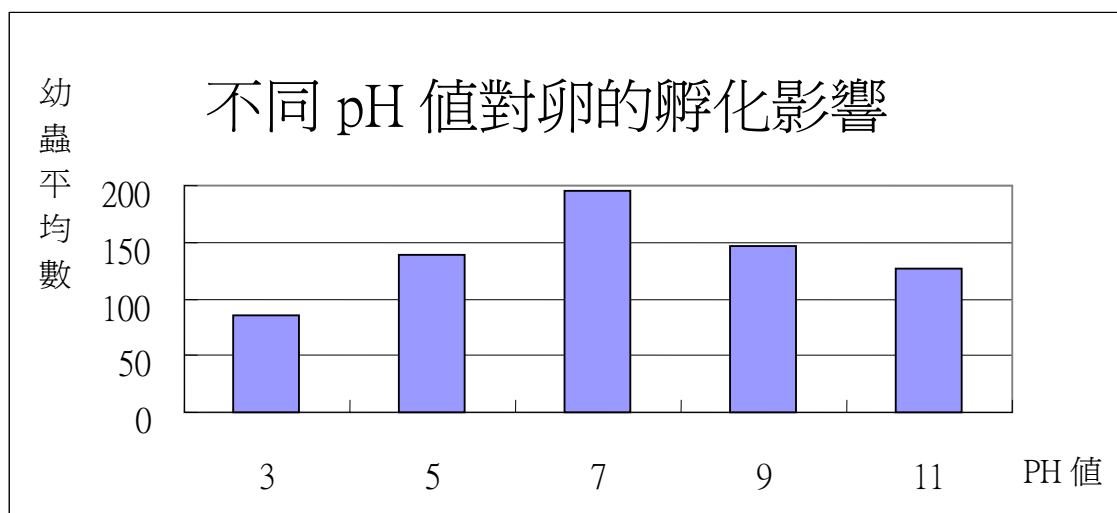
- 1、自然環境中最有可能存在 0.1、0.2、0.4g/100 mL 的有機值濃度和 pH 值 5、7、9 的水質，故把這些水溶液交叉配置，共配成 9 種不同的水溶液。
- 2、以這 9 種不同的水溶液分別進行『卵→一齡蟲』和『一齡蟲→成蚊』這兩個系列的實驗，紀錄後，以這些數據和前面（一）、（二）、（三）的數據來推算出一組熱帶家蚊族群因水質條件不同而族群消長的 Model。

陸、研究結果

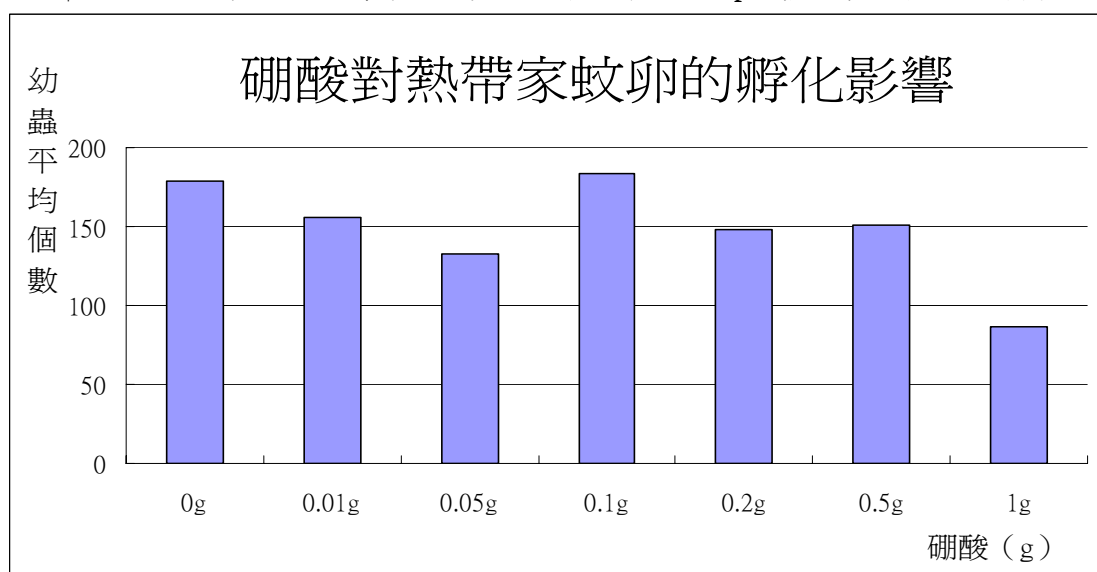
一、卵→一齡蟲 階段（第一期）：



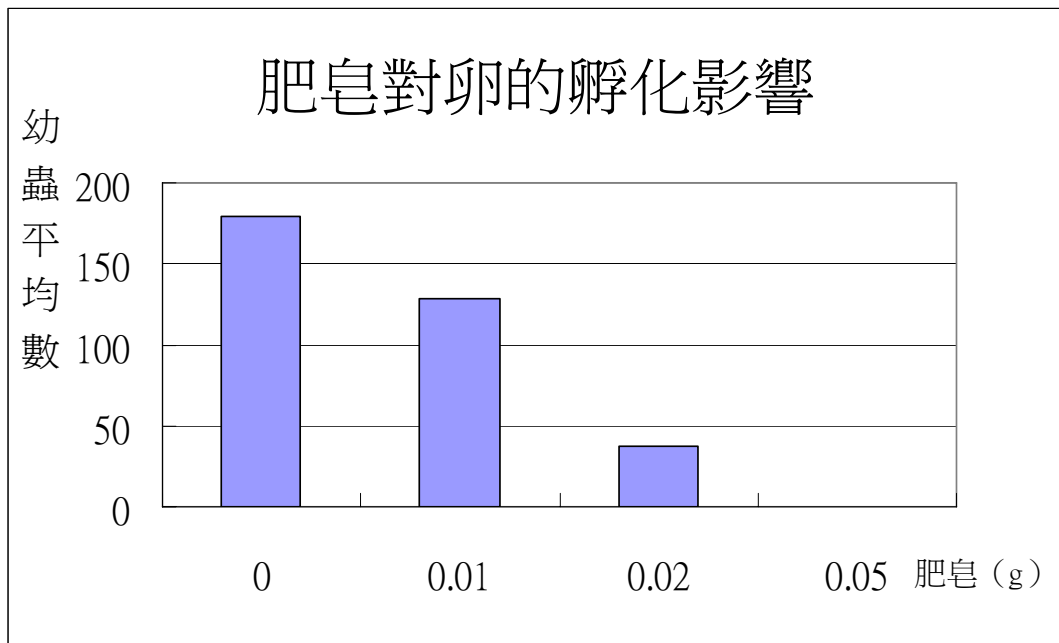
↑（圖二）每 100mL 中有若干克的狗食後各加入一卵筏



↑（圖三）每 100mL 中有 0.2 克的狗食調成不同 pH 值，後各加入一卵筏



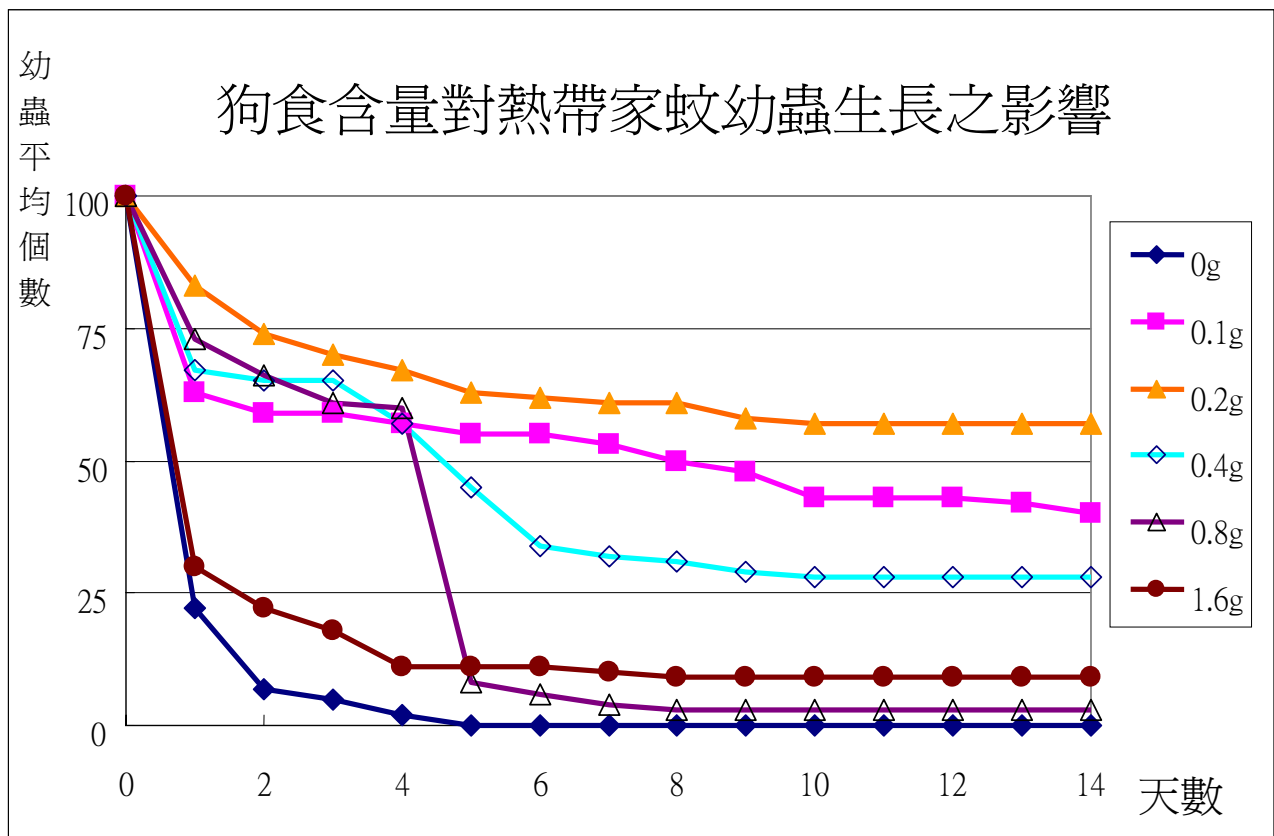
↑（圖四）狗食濃度 0.2g/100mL、pH 值 7 加入若干克硼酸後各加入一卵筏



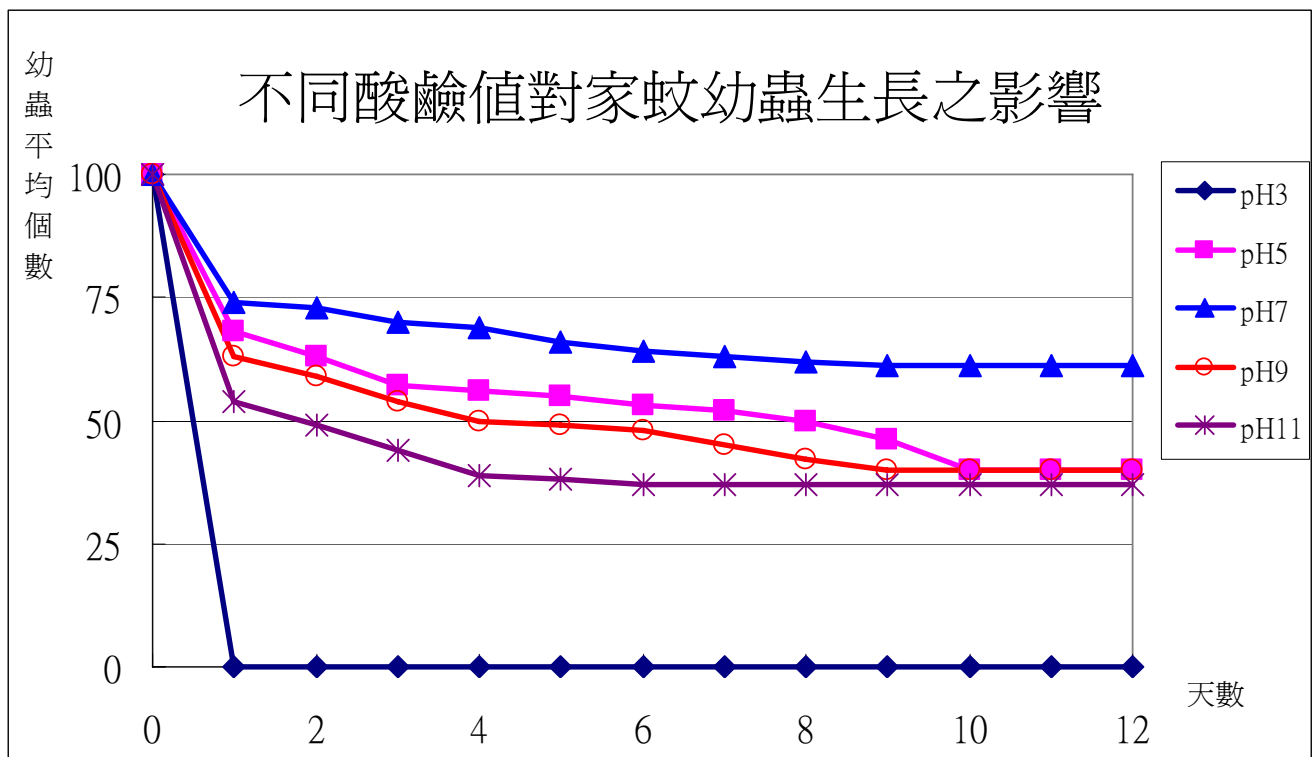
↑ (圖五) 狗食濃度 0.2g/100mL 內加入若干克肥皂後各加入一卵筏

二、一齡蟲→成蚊 階段 (第二期)：

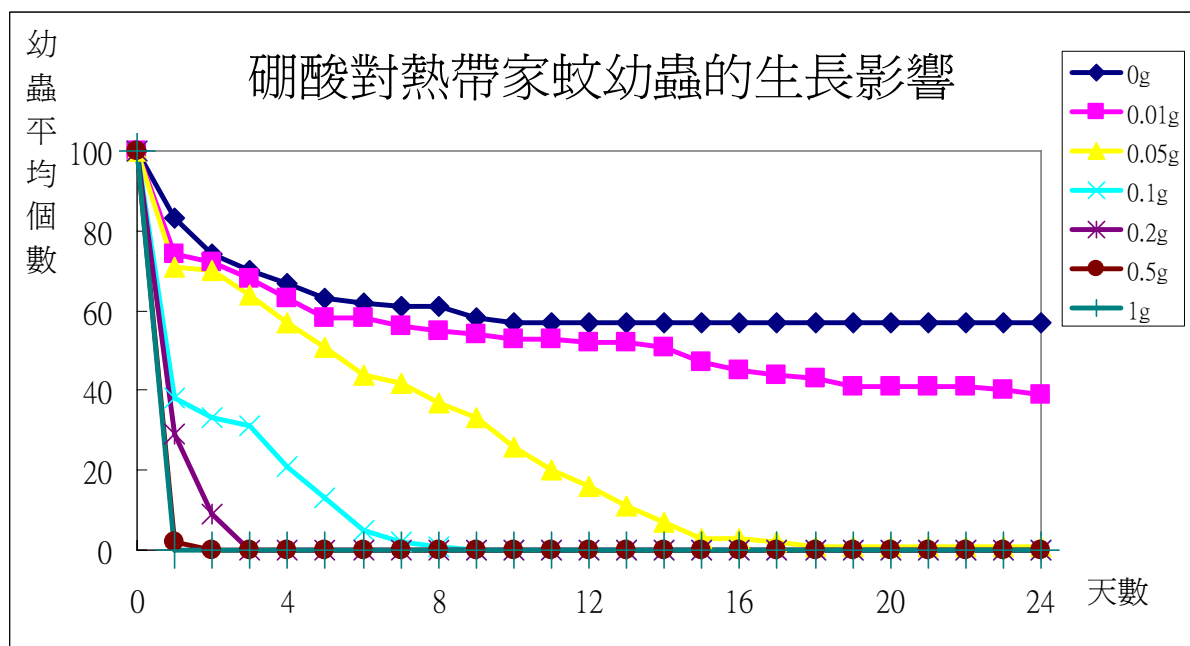
附註：一齡蟲→成蚊中的圖表，最後一天的個數是『成蚊的數量』，而除了最後一天個體數外，其餘的全部都是幼蟲數量+蛹數量+成蚊的數量。



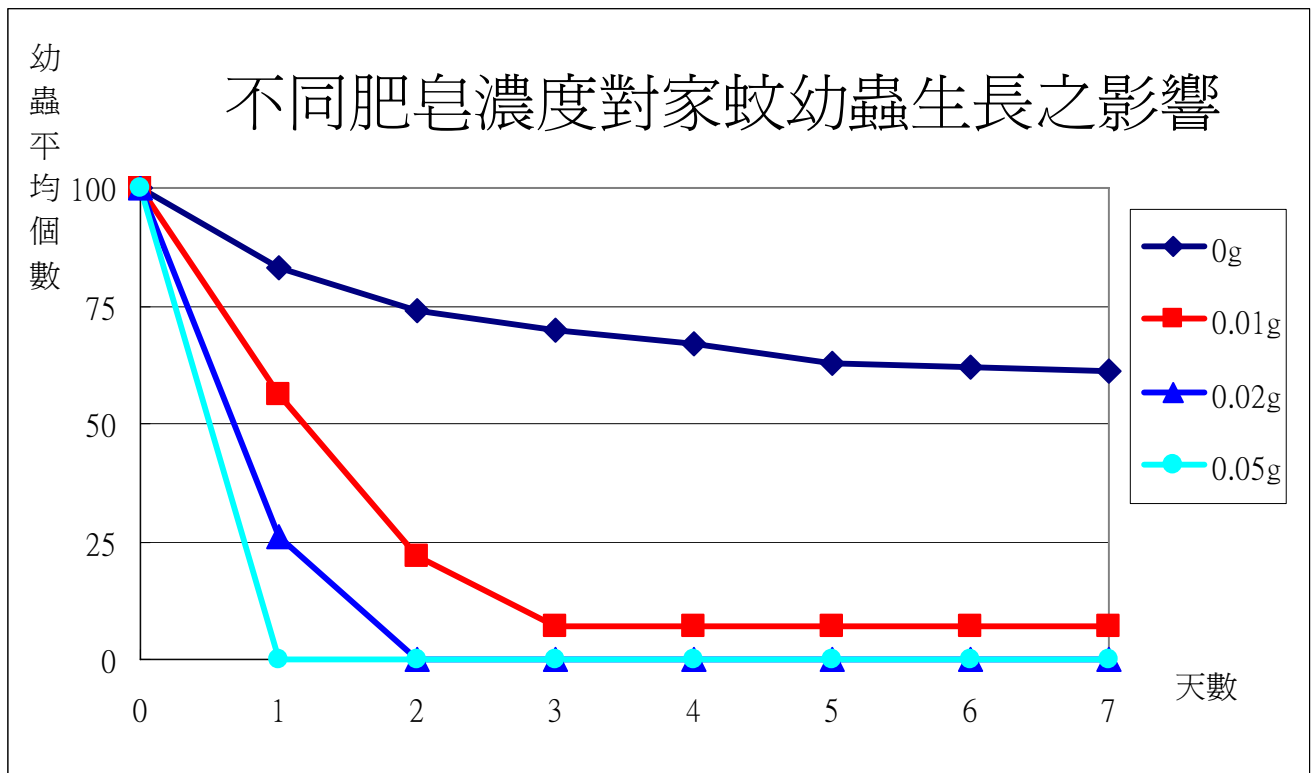
↑ (圖六) 每 100mL 中有若干克的狗食，各加入約 100 隻一齡幼蟲



↑ (圖七) 每 100mL 中有 0.2 克的狗食調成不同 pH 值，各加入約 100 隻一齡幼蟲



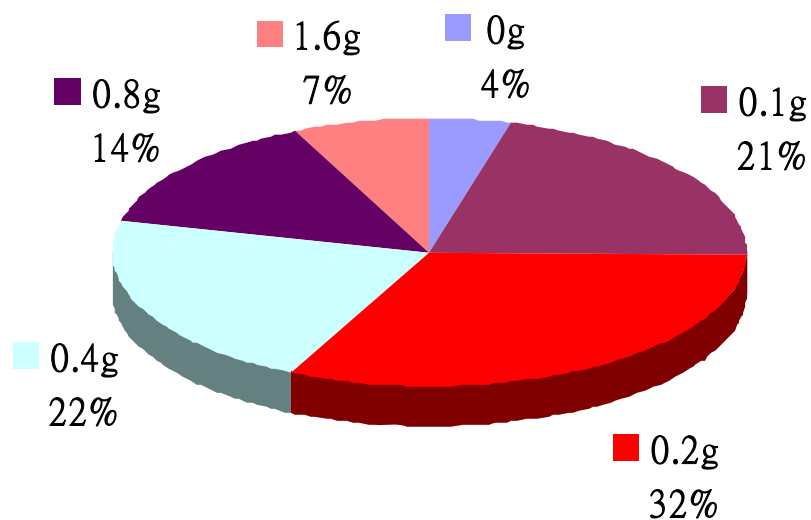
↑ (圖八) 狗食濃度 0.2g/100mL、pH 值 7 加入若干克硼酸，各加入約 100 隻一齡幼蟲



↑ (圖九) 狗食濃度 0.2g/100mL 加入若干克肥皂，各加入約 100 隻一齡幼蟲

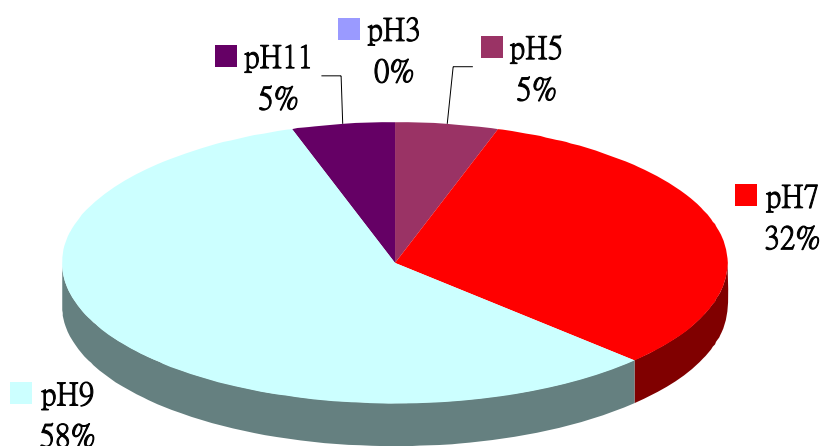
三、成蚊→產卵 階段 (第三期)：

熱帶家蚊對不同狗食濃度產卵次數



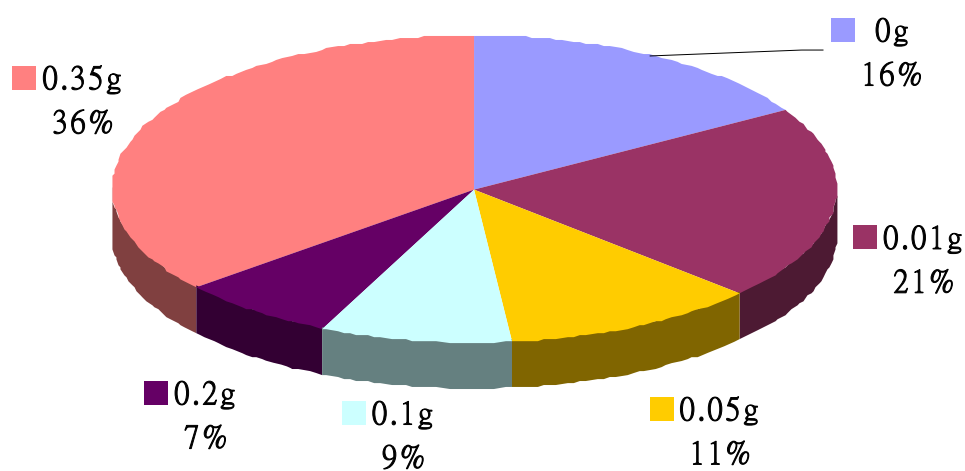
↑ (圖十) 每 100mL 中有若干克的狗食，放入養蚊籠內觀察產卵選擇

熱帶家蚊對不同pH值的產卵次數



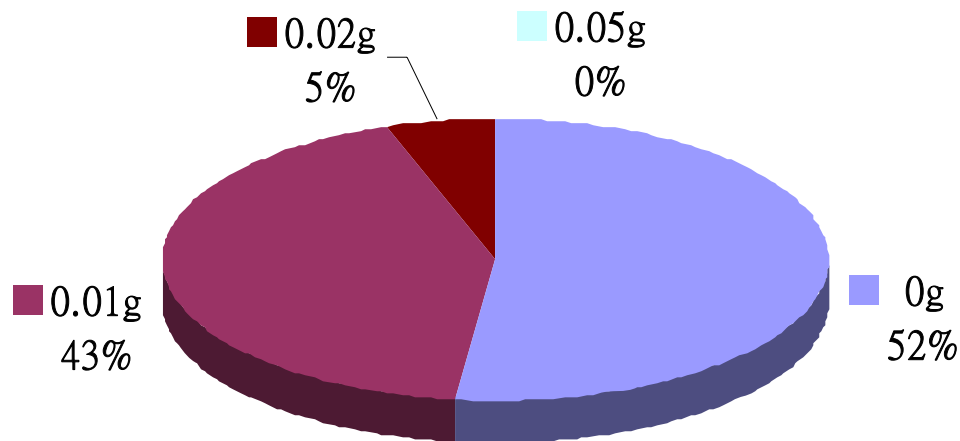
↑ (圖十一) 每 100mL 中有 0.2 克的狗食調成不同 pH 值，放入養蚊籠內觀察產卵選擇

熱帶家蚊對硼酸濃度的產卵次數



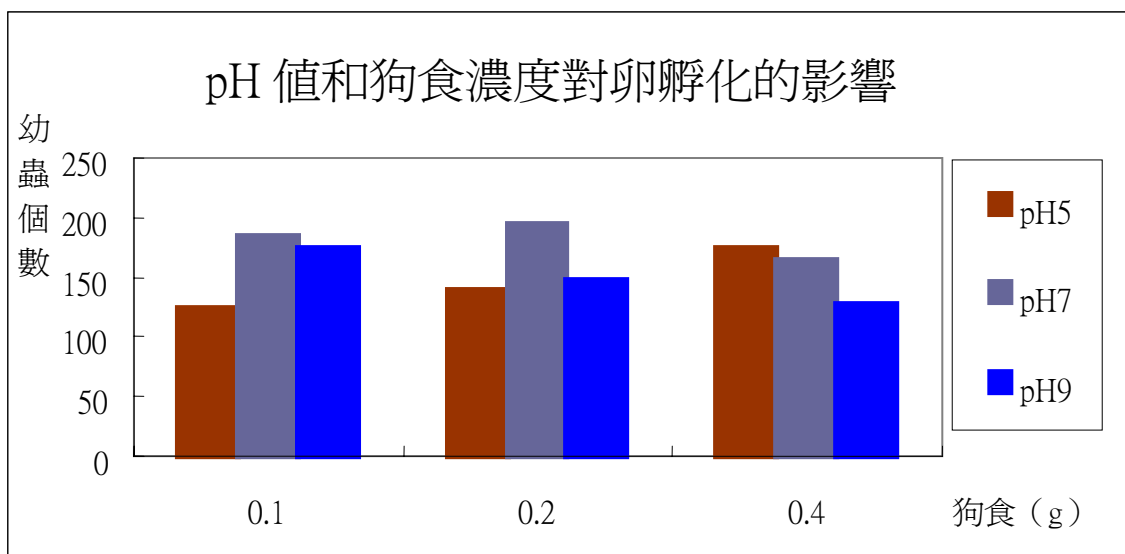
↑ (圖十二) 狗食濃度 0.2g/100mL、pH 值 7 加入若干克硼酸，放入養蚊籠內觀察產卵選擇

熱帶家蚊對肥皂濃度不同的產卵次數

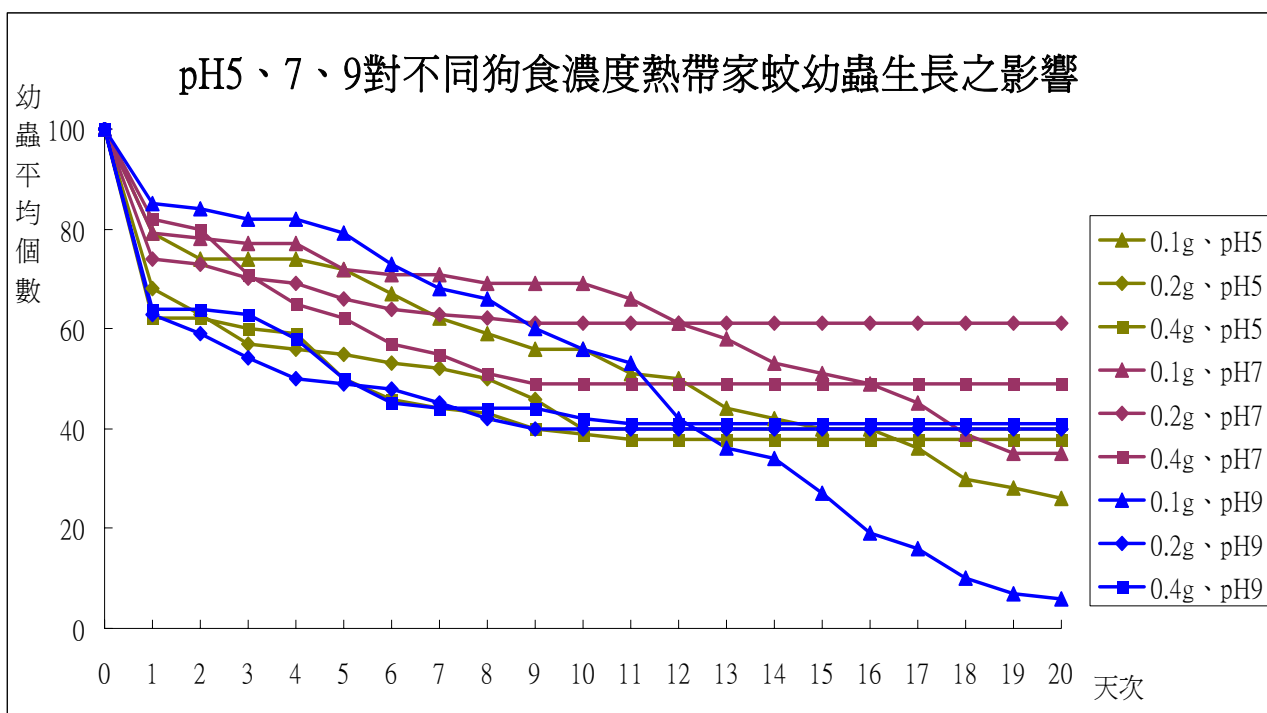


↑ (圖十三) 狗食濃度 0.2g/100mL 加入若干克肥皂，放入養蚊籠內觀察產卵選擇

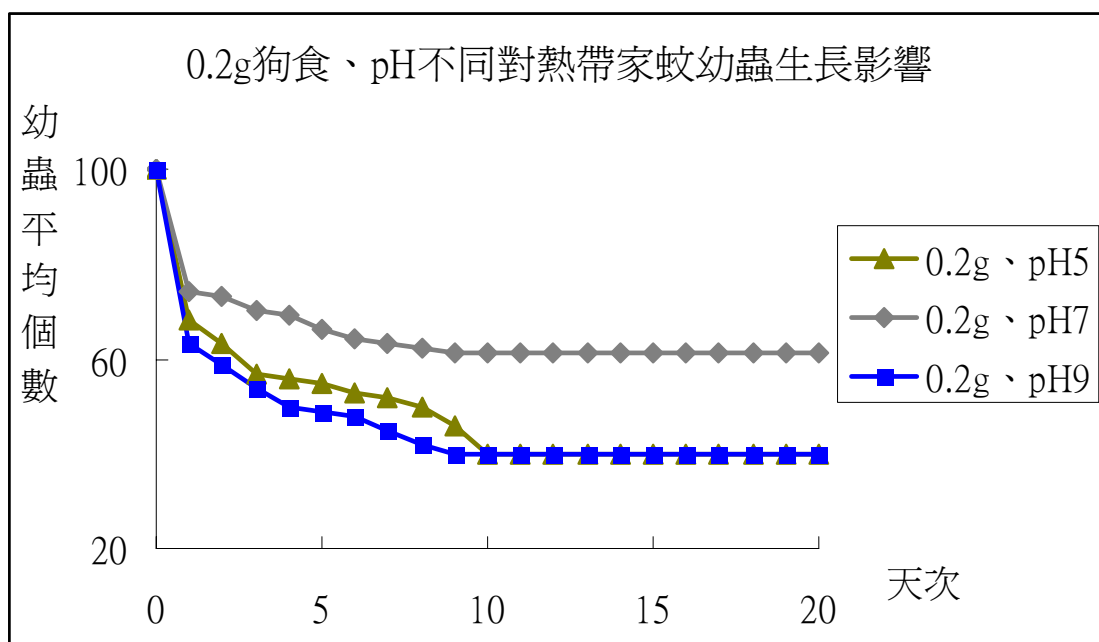
四、計算 Model :



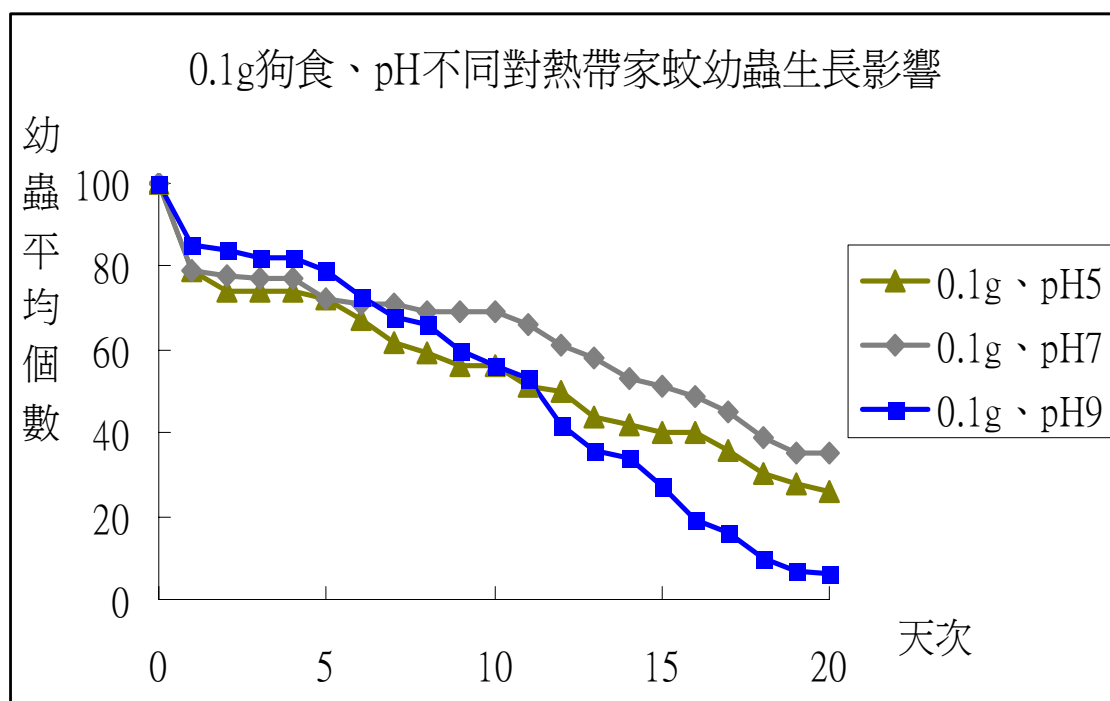
↑ (圖十四) 狗食濃度 0.1、0.2、0.4(g/100mL)分別調成 pH5、7、9，各放入一卵筏



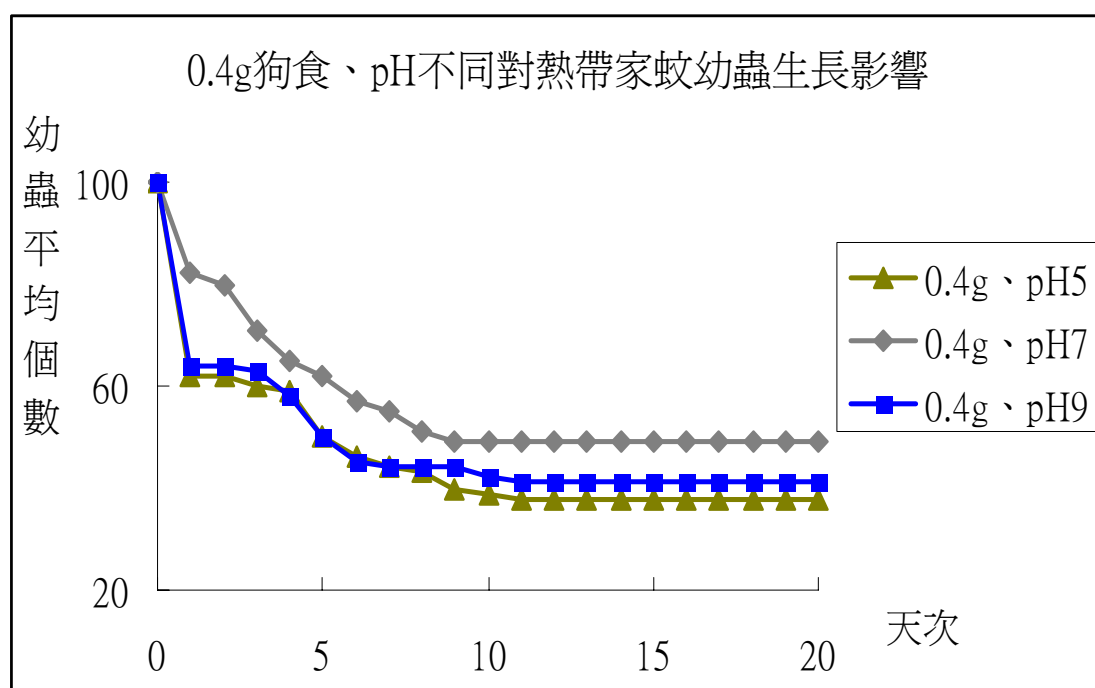
↑ (圖十五) 狗食濃度 0.1、0.2、0.4(g/100mL)各調成 pH5、7、9，放入約 100 隻一齡幼蟲



(圖 15-1)狗食 0.2(g/100Ml) pH5、7、9



↑ (圖 15-2)狗食 0.1(g/100ml) pH5、7、9



↑ (圖 15-3)狗食 0.4(g/100ml) pH5、7、9

柒、討論

一、有狗食濃度對熱帶家蚊成長的影響：

(一)、有狗食濃度對卵孵化（第一期階段）的影響

我們可以由（圖二）中觀察到，有狗食濃度在 0.2g/100mL 與 0.4g/100mL 時，對卵的孵化有較佳的效果，太高或太低的狗食濃度的添加對第一階段卵孵化將有顯著不利的影響。

(二)、有狗食濃度對幼蟲生長（第二期階段）的影響

狗食的添加在熱帶家蚊幼蟲的生長過程中是有所助益，但是也是不宜過多或過少，（圖六）中可以看到 0.8、0.4g/100mL 狗食濃度在第四天到第五天是一個轉捩點，因為有機質濃度過高導致水質惡劣，數量驟減，反而 0.2g/100mL 的狗食濃度顯的較適合熱帶家蚊幼蟲生長多了。

(三)、有狗食濃度對成蟲產卵次數（第三期階段）的影響

根據（圖十），熱帶家蚊對於有機質的產卵還是以 0.2g/100mL 狗食濃度最受到成蚊的青睞，佔全部的產卵數的三分之一，其次選擇：0.4g/100mL、0.1g/100mL 的狗食濃度，我們推測：熱帶家蚊對有機質濃度的多寡還是有判斷、選擇的能力，會挑最適合後代生長的水質條件。

二、不同 pH 值對熱帶家蚊成長的影響：

(一)、不同 pH 值對卵孵化（第一期階段）的影響

（圖三）中顯示 pH7 的水質對熱帶家蚊卵的孵化較適合其他的，然而比較其他四種酸鹼值，卵孵化在鹼性水質又優於酸性。

(二)、不同 pH 值對幼蟲生長（第二期階段）的影響

（圖七）中酸鹼值對幼蟲的影響和卵孵化的情形類似，以 pH7 的水質最適合，而整體來說，鹼性水質較酸性適合幼蟲生長。

(三)、不同 pH 值對成蟲產卵次數（第三期階段）的影響

（圖十一）所顯示出來的結果就和（圖二）、（圖七）不完全相同了，產卵的選擇是以 pH9 優於 pH7，這兩組的產卵次數就佔了全部的九成，其餘的只有一成，而 pH11 優於 pH3 的水質條件，所以推測：『整體的熱帶家蚊在鹼性水質生長較優於酸性』。

三、硼酸對熱帶家蚊成長的影響：

(一)、硼酸對卵孵化（第一期階段）的影響

根據（圖四），顯示硼酸對於熱帶家蚊卵的孵化並沒有影響，卵孵出的一齡蟲的數量很平均，那些微小的差距可能是因為個體差異，是可以忽略的。而在 1g/100mL 硼酸濃度的水溶液中，裡面已孵化的一齡幼蟲全數死光。

(二)、硼酸對幼蟲生長（第二期階段）的影響

（圖八）中，可看出硼酸對於熱帶家蚊有抑制生長，甚至死亡的效果。在硼酸濃度 0.01g/100mL 中生長的熱帶家蚊幼蟲，其生長週期會有延遲現象比在普通水質中生長的週期長兩倍多，而到最後也會因無法化蛹而死亡，約 100 隻中只有 39 隻成功羽化。而 0.05g/100mL 硼酸濃度的水溶液中，也只有 1 隻成功羽化。0.1g/100mL 硼酸水溶液就完全死亡，而硼酸濃度愈高全數死亡的日期也就愈早。

(三)、硼酸對成蟲產卵次數（第三期階段）的影響

根據（圖十二）的數據分析，因為產卵次數多寡並不和硼酸濃度呈反比，產卵次數最多的反而是 0.35g/100mL 硼酸濃度，0.01g/100mL 次之，呈現不規則產卵的現象，所以我們推測：熱帶家蚊在濃度 0.35g/100ml 以下的硼酸水溶液中是沒有選擇的行為。而資料來源裡熱帶家蚊的介紹也有提到，熱帶家蚊產卵時會留下費洛蒙，吸引同種的蚊子繼續到此水質中產卵，故推測：產卵次數較多的硼酸水溶液中是因為第一隻熱帶家蚊去產卵時所留下來的費洛蒙而影響後來的數量，與硼酸是較無關係的。

四、肥皂對熱帶家蚊成長的影響：

(一)、肥皂對卵孵化（第一期階段）的影響

由（圖五）可知，肥皂在卵孵化的時期具有相當的影響力，而肥皂濃度跟孵化的數量是以反比呈現。只需要肥皂濃度 0.05g/100mL 就可以使其完全無法孵化。

(二)、肥皂對幼蟲生長（第二期階段）的影響

（圖九）顯示，肥皂並無延遲熱帶家蚊生長的效果，肥皂濃度 0.01g/100mL 因為濃度較低，對熱帶家蚊幼蟲生長並無法致死，但只要肥皂濃度 0.02g/100mL 就可讓幼蟲在短時間內死亡。所以也是個相當好的滅蚊溶劑。

(三)、肥皂對成蟲產卵次數（第三期階段）的影響

根據（圖十三），肥皂濃度和熱帶家蚊產卵次數呈反比，但相對的，熱帶家蚊在肥皂濃度愈高的燒杯內，死亡的數目也愈多，因此推測有兩種可能：

1、熱帶家蚊本來就不在肥皂水溶液中產卵。

2、因為水中加入肥皂後，會破壞液體表面張力，造成熱帶家蚊無法站立於水中，而造成熱帶家蚊在高濃度肥皂的水溶液中產卵而淹死。

這兩種可能的結果剛好完全相反，故我們無法推測熱帶家蚊對肥皂水是否有排斥。

五、計算熱帶家蚊因水質條件影響族群消長 Model：

（一）pH 值和狗食濃度對卵孵化的影響：

根據（圖十四）顯示，熱帶家蚊卵孵化的情形和前面的數據相當吻合，pH7 的水質條件整體來講是最適合熱帶家蚊生長的，至於狗食含量在 0.1g/100mL、0.2g/100mL、0.4g/100mL 對卵孵化的影響其實是差不多的。

（二）pH 值和狗食濃度對幼蟲生長的影響：

（圖十五）共有九種不同的水質條件，因為數據過多而分割成（圖 15-1）、（圖 15-2）、（圖 15-3），由此看出，狗食的多寡會有延遲熱帶家蚊的現象，0.2g/100mL 狗食含量中一齡幼蟲約在第 10 天就全數羽化完畢，而 0.4g/100mL 約在 13 日左右，狗食濃度 0.1g/100mL 水溶液更是要到了 20 天才全數羽化完成，羽化的數量也遠遠少於前兩者。由此更可證明有機質的多寡對熱帶家蚊生長有抑制甚至死亡的情形。

至於 pH 值對於熱帶家蚊幼蟲生長的情形，還是為 pH7 的水溶液最適合其生長。

（三）Model 設計：

水質條件中一卵筏的孵化百分比 X（幼蟲數=卵筏） [Ⓐ]			
pH 值\狗食 [Ⓐ]	0.1g [Ⓐ]	0.2g [Ⓐ]	0.4g [Ⓐ]
5 [Ⓐ]	125 [Ⓐ]	139 [Ⓐ]	175 [Ⓐ]
7 [Ⓐ]	185 [Ⓐ]	195 [Ⓐ]	164 [Ⓐ]
9 [Ⓐ]	175 [Ⓐ]	147 [Ⓐ]	127 [Ⓐ]

不同水質條件中由幼蟲長到成蚊百分比 Y（最後成蚊數=初始幼蟲數） [Ⓐ]			
pH 值\狗食 [Ⓐ]	0.1g [Ⓐ]	0.2g [Ⓐ]	0.4g [Ⓐ]
5 [Ⓐ]	26% [Ⓐ]	37% [Ⓐ]	18% [Ⓐ]
7 [Ⓐ]	40% [Ⓐ]	57% [Ⓐ]	28% [Ⓐ]
9 [Ⓐ]	26% [Ⓐ]	37% [Ⓐ]	18% [Ⓐ]

不同水質條件中 500 隻成蚊的產卵數量百分比 Z (產卵數÷成蚊數量) %			
pH 值\狗食	0.1g	0.2g	0.4g
5	0.3%	0.6%	0.4%
7	2.4%	3.8%	2.6%
9	4.4%	6.8%	4.5%

根據實驗結果，假設：

- ◎某地熱帶家蚊原始族群數目 = a
- ◎某水質條件中一卵筏的孵化百分比 = X
- ◎某水質條件幼蟲長到成蚊百分比 = Y
- ◎某水質條件成蚊產卵百分比 = Z

則我們估計：一水質環境內的熱帶家蚊族群經過 n 個世代後 = $a(X \cdot Y \cdot Z)^n$

但是根據先前硼酸對於熱帶家蚊幼蟲的生長情形和熱帶家蚊的產卵圖表，可推測若在環境中加入硼酸水溶液的話，會使上述熱帶家蚊族群消長的 Y 值下降，也會使熱帶家蚊族群減少。

六、肥皂水產卵選擇性的疑惑？

在成蚊→產卵的部分中，根據觀察是以 0g 肥皂/100 mL 的產卵選擇性最好，但是後來又發現到『肥皂水溶液濃度高低和液面死亡的成蚊數量呈正比。』經過大家的討論與資料的收集，我們推測：這應該是表面張力的影響，熱帶家蚊本來可以靠著水的表面張力而站在液面上，然而在水中加入肥皂後，破壞水的表面張力，而使熱帶家蚊淹死了。或許熱帶家蚊原本因為肥皂香味而要在 0.05g/100 mL 的水溶液中產卵，但是因為水缺乏了表面張力，造成成蚊淹死。所以不應該已觀察到卵筏的數量來評定有用與否。但不論如何，至少在肥皂溶於水時會使成蚊無法站立於水面是可確定的。

七、比較硼酸、肥皂兩者在抑制熱帶家蚊生長的效果比較？

首先根據（圖八）、（圖九），我們可以看到硼酸水溶液的實驗足足有 24 天，這可以讓一個在適合其生長的水質中，從卵筏到成蟲在產卵孵化出幼蟲兩次的時間，而肥皂水溶液卻短短 7 天結束了，可以明顯看出硼酸除了有致死的效果外，另外還有延遲幼蟲生長的情形。

再者由（圖十二）、（圖十三）中，熱帶家蚊在有不同濃度的硼酸水溶液和無硼酸的水溶液中，並無明顯的產卵選擇性，各種不同濃度的水溶液皆有產卵。而在肥皂水溶液中的卵筏多寡，則是和肥皂的濃度成反比，但在『肥皂對成蟲產卵次數（第三期階段）的影響』中有寫到，此實驗並無法直接證明肥皂是否對熱帶家蚊產卵有影響。

而在（圖四）、（圖五）中，可看出 1g/100 mL 濃度以下的硼酸水溶液對於卵孵化並沒有直接的影響，數據不是呈現線性，是因為熱帶家蚊也會有個體上差異，但也有可能在 1g/100 mL 硼酸水溶液濃度以上就開始有效果了，但此可以不用再去實驗，因為幼蟲生長在 1g/100 mL 硼酸水溶液，死亡速度相當的快。而肥皂水溶液則有明顯的差異了，濃度 0.02g/100 mL 以上就可讓幼蟲約 100 隻完全無長到成蟲的效果。

若要選擇一項來做抑制蚊子族群的物品，硼酸是叫優於肥皂的，因為本實驗無法確認肥皂水溶液是否對成蚊的產卵有影響。

八、為何『狗食』是選擇 0.2g/100 mL？

雖然在（圖二）有機質對卵的孵化影響，是以 0.4g/100 mL 狗食濃度最好和表現也不差的 0.1g/100ml，但是觀察整體熱帶家蚊對有狗食濃度選擇相關的實驗，還是以狗食 0.2g/100 mL 最為理想，因為在狗食濃度 0.1g/100 mL 在幼蟲→成蚊階段，到了四齡幼蟲時期，會有有機質被消耗完而幼蟲體型較小的情形；反觀 0.4g/100 mL 的狗食濃度則是因為水質到後期惡劣，使的熱帶家蚊幼蟲生長不佳，0.2g/100 mL 的狗食濃度。

九、硼酸抑制熱帶家蚊生長的效果吻合其原理？

根據文獻探討中所提到硼酸的殺蟲的原理：『微量的硼酸會使節肢動物的腸胃細胞不正常增生，使其無法正常吸收養分。』

而從硼酸對卵孵化跟幼蟲生長的結果看來，的確是完全吻合此原理，在孵化的過程中，卵並沒有進食，所以不影響其孵化，但是在幼蟲成長的實驗中，熱帶家蚊幼蟲孵化後就會開始吃水溶液中的有機質，同時也會把一些硼酸吃入體內，造成幼蟲腸胃細胞不正常增生，使其無法吸收養分而死亡。

所以 0.05g/100 mL 濃度的硼酸水溶液就能讓 100 隻一齡幼蟲只有一隻可以長到成蟲，濃度再提升就完全沒有了。

但是即使是 1g/100 mL 濃度的硼酸水溶液也無法阻止熱帶家蚊卵孵化！

捌、結論

一、熱帶家蚊的觀察：



↑ 熱帶家蚊所產的卵筏。



↑ 顯微鏡下的卵，可以看到每一顆小卵。



↑ 一齡幼蟲，身體還有些透明。



↑ 二齡的熱帶家蚊幼蟲，身體較長且黑。



↑ 三齡幼蟲，頭部變黑、身體也茁壯了。



↑ 四齡蟲，已經長大許多，也愈便愈黑。



↑ 熱帶家蚊幼蟲在水面呼吸時，身體會和水面傾斜 45 度左右。



↑ 可清楚看到幼蟲的尾部有分叉，此幼蟲尾部左上方的是呼吸管。



↑ 熱帶家蚊的蛹。



↑ 很清楚的可以看到頭部有兩個呼吸管。



↑ 熱帶家蚊的蛹，可以清楚看到呼吸管。



↑ 身體跟幼蟲很像。



↑ 雄熱帶家蚊。觸鬚很多毛。



↑ 雌熱帶家蚊。觸鬚的毛並不多。



↑ 再放大，雄蚊觸鬚上的毛十分濃厚。



↑ 雌蚊的毛只有少許。



↑ 昏倒的熱帶家蚊。分頭、胸、腹，六隻腳、一對翅膀和平衡棍。



↑ 由翅膀退化而成的平衡棍在翅膀接到胸部的下方，黑色的一小點。

- 二、本實驗整體最適合熱帶家蚊生長的水質條件為：狗食濃度 0.2 g/100mL、pH 7 水溶液。
- 三、就觀察（圖 15-1）、（圖 15-2）、（圖 15-3）中，在狗食濃度 0.1 g/100mL 以下、pH 7 的水質中，100 隻熱帶家蚊幼蟲平均只有 34 隻羽化，而大多數熱帶家蚊幼蟲在四齡蟲時就不再化蛹，從幼蟲長到四齡蟲所花的時間是在適合水質中生長的二倍多。
- 而狗食濃度 0.4 g/100mL 時，從一齡蟲到成蟲的時間大約為 13 天，也比在狗食濃度 0.2 g/100mL、pH 7 的水溶液中生長的一齡蟲多了 3 天左右。
- 故證明：水質條件不佳會使熱帶家蚊生長延遲。
- 四、熱帶家蚊一齡幼蟲生長一般在無添加硼酸和肥皂的狗食濃度 0.2 g/100mL 內，100 隻一齡幼蟲可以有 57% 可以長成成蚊，但是在 0.1 g/100mL 硼酸和 0.02 g/100mL 肥皂濃度中，100 隻一齡幼蟲完全沒有可以長成成蚊的，故證明：硼酸、肥皂具有抑制、甚至使熱帶家蚊死亡的效果。
- 而若要選一項來抑制熱帶家蚊，是以硼酸較好，根據討論中第七點，我們不能明確判斷肥皂是否對熱帶家蚊產卵有影響，但是硼酸對熱帶家蚊產卵是沒有影響的。
- 五、熱帶家蚊族群在不同水質條件下經過 n 個世代後族群消長 Model：

$$『總數 = a(X \cdot Y \cdot Z)^n』$$

玖、未來與展望

- 一、未來可以在增加溫度、光照等環境變因，來增加 Model 的完整性，以便於對族群變化率估算準確度提高。
- 二、可將硼酸水溶液應用到液體滅蚊劑，使熱帶家蚊幼蟲即使在內孵化也無法成長成蚊。

拾、參考資料及其他

- 一、貢穀紳（1992）昆蟲學，國立中興大學。
- 二、張念台、吳懷慧（1993），溫度、水質及酸鹼度對埃及斑蚊與白線斑蚊幼蟲取食及發育之影響，中華昆蟲。
- 三、李學進（1994），白線斑蚊之吸血、產卵與壽命，中華昆蟲（14）217-231。
- 四、Campbell N.A., Reece J.B., 鍾楊聰等翻譯（2005）偉明圖書，普通生物學
- 五、楊榮祥等（2006），個體與族群，康熙圖書，基礎生物（2）32-53。
- 六、Alberto R., (2006) *Surface Tension*, Oakland, 8-9.
- 七、Habes D., Morakchi S., Aribi N., Farine J. P., and Soltani N., (2006) Boric acid toxicity to the German cockroach, *Blattella germanica*: Alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activity, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 84, 17 - 24.

- 八、黃福坤（民 90 年）**表面張力**。台灣師大物理系，物理討論區。民 94 年 4 月 20 日，取自：<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=2031&forum=2>
- 九、**熱帶家蚊**（無日期）。中華除蟲。民 94 年 2 月 19，取自：
<http://www.cpcnet.com.tw/0012.htm>
- 十、**新聞：舉手之勞教大家滅蚊**（無日期）。民 94 年 2 月 21 日，取自：
<http://600001.24hrs.com.tw/news-paper.phtml?code=6897>

評語

040712 是「水」養的蚊子-水質對熱帶家蚊的影響

1. 實用性高。
2. 設計的 Model 可再繼續延伸、加強。
3. 自創的計公式宜再驗證。
4. 宜控制實驗組之 ph 值，以確認待測藥品之直接影響。