

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

第一名

080307

「銅」話故事的「子」局

學校名稱：國立東華大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小五 曾郁恩	周裕欽
小五 鍾任潔	田俊賢
小六 滕 葳	
小五 古懷生	
小五 蔡紫瓿	

關鍵詞：銅離子、子子

得獎感言

發現與感謝

研究是一件快樂的事，藉由這個機會，可以邁開腳步，接觸更多。我們到學校附近的龍鳳公園觀察植物、七星潭附近的環保公園海邊尋找奇石、張伯伯的養蜂場體會嗡嗡聲、白鮑溪撿拾豐田玉、立霧溪下游淘選沙金，每一次的經驗都令我們驚艷。大自然真是一份偉大的禮物，讓我們歡樂和感動！實驗時看著水中分子扭動，或是浮在水面呼吸，如同身在奇幻世界一樣，讓我們享受「發現」的樂趣。

感謝縣賽和國賽時，評審們的教導並且給予鼓勵，這次的研究能得獎，是一件令人驚訝的事。在眾多參賽的隊伍中，各小組都展現他們最棒的一面，尤其金門多年國小的學長姐和學弟妹的報告，讓我們感受到詳細且真誠的解說，可以令人如此感動。在這次的盛會中，或許我們「欣賞生物奇妙世界的好奇心」勉強可以和大家相提並論。感謝花蓮有好山好水可以任我們享受。感謝評審推薦，讓我們有機會在總統接見時，能上台致詞，這是一段難得的經驗。

數學家佩雷爾曼說過：「如果證明是正確的，其它什麼獎賞與讚譽都不需要」。很開心研究能證明一些事情，我們非常享受這個研究的過程，並認真的努力到現在。感謝我們的好伙伴，堅持不放棄的信念與態度，讓彼此可以發揮自己的極限。謝謝指導老師陪伴我們渡過各種困境與難題，他們總是鼓勵我們多思考、對自己有自信，並注意觀察和記錄細微差異。

謝謝家人，忍耐與包容我們度過這長長的歲月。謝謝科教館的各位長官，有大家的辛苦，我們才有這樣的舞台與機會，親身經歷這個盛大的科學展覽會。這段時光令人難忘，謝謝大家。僅將榮耀獻給摯愛的家人與老師，並歡迎大家來到花蓮。



研究花絮集錦

摘要

根據第五十一屆科學展覽生物科作品「春眠怖『孑』曉，處處蚊子咬」的研究指出：「300 毫升的水中放置 4 個一元硬幣，會使孑孓無法存活」，是因為「銅離子阻斷孑孓的生長」。許願池裡沒有孑孓，真的是因為「硬幣發揮了防治蚊子幼蟲孳生的作用？」我們嘗試針對孑孓生長環境、一元硬幣釋放銅離子對孑孓的生長阻斷，再進一步研究。研究發現，「在自然環境下銅離子不會對孑孓造成傷害，而是對藻類生長有影響」！放有一元硬幣的水，不易長出絲藻而較為清澈；若以銅片進行測試，也能得到同樣效果。以此證明，水中含一元硬幣釋放出銅離子造成藻類無法生存，孑孓濾食不到食物而餓死；若水域中食物來源充足，則銅離子仍無法阻斷孑孓生長。

壹、研究動機

在升五年級的暑假裡，本組組員瀏覽臺灣科學教育館的網頁，看到中華民國第五十一屆科學展覽會，高雄市七賢國小的學長姐研究孑孓獲得生物科第一名「春眠怖『孑』曉，處處蚊子咬」的作品，結果是：「水中一元硬幣愈多，對 1 齡及 3 齡蟲生存威脅愈大」、「許願池中硬幣防治蚊蟲的秘密，在於水中的一元硬幣和五十元硬幣可『阻斷』孑孓的生長」。

因為對於這個研究內容感覺到非常有趣，所以根據報告書中的資料，思考了幾個問題，並換取了許多新的一元硬幣，開始針對「孑孓真的不會生存在許願池嗎？」以及「是否只要銅離子存在，就能阻斷孑孓生長？」等相關的疑惑展開研究。

貳、文獻探討

『孑孓』：蚊蟲屬於蚊科，幼蟲及蛹均生活於水中（臺灣環境有害生物管理協會網站），孑孓喜歡浮在水面呼吸空氣（呂冠億，1998），會利用纖毛濾食（圖 2-1），過濾極微小的食物顆粒（徐堉峰，2008）。因此，孑孓會生長在具有食物顆粒的水域。蚊子在 18°C 以下活動力降低（吳輝秋醫師，2006），經我們比對花蓮 2012 年 9 月~2013 年 6 月的月均溫（中央氣象局）發現，花蓮月均溫均高於 18°C（表 2-1）。因此，此段時間可發現有蚊子活動。

表 2-1 花蓮縣每月均溫氣象表

花蓮月均溫	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
	26.8°C	24.3°C	21.4°C	18.8°C	18.4°C	20.7°C	21.4°C	21.5°C	24.9°C	27.8°C

『一元硬幣』：銅的化學性質不活潑，不易與空氣和水發生反應，因此被人們作為鑄幣金屬。本研究所用一元硬幣，指的是新臺幣一元，發行時間從民國 70 年 12 月 8 日開始。硬幣本身含銅 92%、鎳 6%、鋁 2%（中央銀行）。我們實驗所用的一元硬幣是到臺灣銀行花蓮分行兌換全新一元硬幣，以避免髒汙干擾因素。

參、研究設備及器材

寵物箱、網子、燒杯、數位相機、2 公尺綿線、銅離子檢測劑、含氧量檢測劑、pH 值檢測器、光度計、濁度檢測器、孑孓、黑色壁報紙、自製雙頭檯燈、紙箱、膠帶、飛利浦 120 瓦投光燈炮、濾水網、蒸餾水、三用電表、筷子、橡皮筋、保鮮膜、濾水網、新一元硬幣、飼養箱、三多啤酒酵母粉、金屬剪、電子秤、顯微鏡。

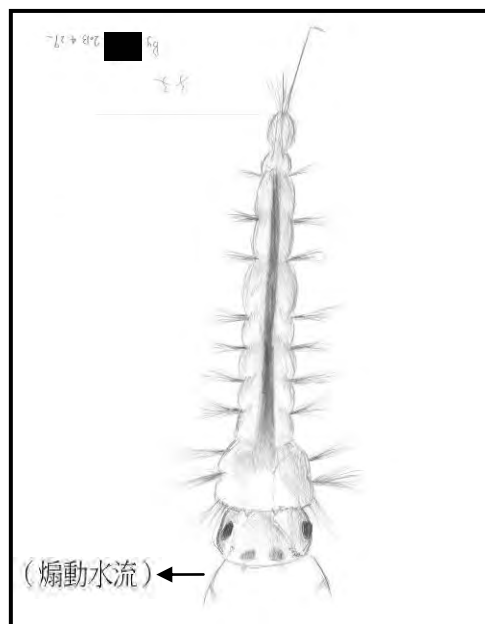


圖 2-1 觀察孑孓外觀描繪圖

肆、研究過程與結果

研究一、孑孓生長在怎樣的環境呢？

(一) 調查與採樣，查看孑孓生長在哪裡？

1、調查步驟：

- (1) 在選定的地點用網子從底往上撈，再放入已裝水的寵物箱中。
- (2) 若區域很大，例如溪流或池塘，則以裁剪過後的棉線（2公尺），每2公尺取樣1次，最多取樣八點。檢查寵物箱中有沒有孑孓或其他生物，並記錄結果。

2、調查圖示及說明：





圖 4-1 實地採集調查野外環境是否存在孑孓

3、調查紀錄：

表 4-1 調查點水域類型分析表

分類 採樣地點	孑孓 有無	流動 水域	靜止 水域	清澈 水域	混濁 水域	水中有 藻類	水中有 泥土	水中有 落葉	週遭有 植物	水中有 植物	陽光 直射	有遮 蔽處	陰暗 環境
學校水溝			✓				✓		✓		✓		
慶修院的許願盆			✓	✓					✓		✓		
慶修院的魚池		✓				✓	✓		✓	✓	✓		
白鮑溪		✓		✓			✓		✓		✓		
立霧溪		✓		✓			✓		✓		✓		
木瓜溪		✓		✓			✓		✓		✓		
鯉魚潭		✓				✓	✓		✓	✓	✓		
學校水生池		✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
石來運轉水池		✓		✓							✓		
王母娘娘廟許願盤			✓	✓								✓	
王母娘娘廟許願池			✓			✓						✓	
美崙工業區菜園蓄水槽	✓		✓		✓		✓	✓	✓			✓	✓
美崙溪旁靜止水域			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		
市民農園蓄水處(大)			✓		✓	✓			✓		✓		

分類 採樣地點	孑子 有無	流動 水域	靜止 水域	清澈 水域	混濁 水域	水中有 藻類	水中有 泥土	水中有 落葉	週遭有 植物	水中有 植物	陽光 直射	有遮 蔽處	陰暗 環境
市民農園蓄水處(小)			✓		✓	✓			✓		✓		
東華美崙校區涵翠湖		✓				✓	✓		✓		✓		
松園別館許願池			✓	✓					✓		✓		
港天宮右許願池		✓		✓								✓	
港天宮左許願池		✓		✓								✓	
東華大學旁的農田採樣 (水桶)			✓						✓		✓		
東華大學旁香蕉園採樣 (浴缸)			✓			✓			✓		✓		
海岸山脈水溝		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
光復鄉爺爺家後面水溝		✓			✓		✓		✓		✓		
光復鄉爺爺家雨水水桶	✓		✓				✓		✓			✓	✓
白鮑溪上游的生態池		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		
佳山基地旁的農田 A		✓		✓			✓		✓	✓	✓		
佳山基地旁的農田 B		✓		✓			✓		✓	✓	✓		
農改場旁芋頭田		✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓		
吉安鄉干城村芋頭田		✓		✓			✓		✓	✓	✓		
花蓮監獄旁芋頭田			✓		✓		✓		✓	✓	✓		
花蓮監獄旁農田			✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓		
稻香國小附近農田			✓				✓		✓	✓	✓		
豐濱鄉新社農田			✓				✓		✓	✓	✓		
壽豐國小附近農田			✓		✓		✓		✓	✓	✓		
遠雄海洋公園許願池		✓		✓								✓	
花中對面菜園 A-1 水桶			✓		✓	✓	✓		✓		✓		
花中對面菜園 A-2 水桶			✓		✓	✓	✓		✓		✓		
花中對面菜園 B 水桶	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	
學校附近麵店花盆積水	✓		✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
教室萍蓬草花盆	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
光華回收場輪胎積水	✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	
學校樹洞積水	✓		✓		✓		✓	✓	✓			✓	
國福里生態池			✓				✓	✓	✓	✓	✓		
向陽山莊內的池塘			✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓	
木瓜溪旁積水處	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
美崙山籃球場旁水溝	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓
學校附近大樓的水桶	✓		✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓	
看守所旁公園的樹洞	✓		✓		✓		✓		✓			✓	

4、調查發現：

(1) 實地調查：在我們野外調查的 50 個水域中，其中只有 11 個水域有孑孓。若將各採樣水域做類型的區分，發現各採樣區域類型有孑孓機率高前的 5 名為：**陰暗環境、有遮蔽處、混濁水域、水中有落葉、靜止水域**（表 4-1）。

(2) 若將有孑孓的採樣區域另外獨立分析，發現：**流動的水域**不會有孑孓（表 4-2）。

(3) 根據獨立分析表顯示有孑孓的條件是：

①靜止水域、②水中有養分、③周遭有植物、④有遮蔽處（表 4-2）。

再與前述研究結果（表 4-1）相比對，我們發現交集者為：**靜止水域、水中有養分、有遮蔽處**（圖 4-3）。

(4) 在麵店花盆底下積水中，由於水量太少無法以網子撈取，我們將積水倒入寵物箱後取回測量，發現水量 770c.c.中，居然有 206 隻孑孓（圖 4-2）。

(二) 研究「孑孓生長的水」和「許願池的水」差別是什麼？

1、調查步驟：

(1) 以我們採樣的 50 個地點中，取孑孓生長的水，分別以 pH 檢測儀測酸鹼值、銅離子檢測劑測量銅離子濃度、光度計測量光度、生物量、含氧量。

(2) 取許願池的水，分別測 pH 值、銅離子濃度、光度、生物量、含氧量（圖 4-4）。

(3) 記錄兩者數據的並比較差異。



圖 4-4 採取許願池水作水質調查

2、調查紀錄：

表 4-3 研究問題的結果判斷表

水源	狀態	陽光直射	水是否靜止	周圍植物	腐質物		子子有無	其他生物	pH 值	濁度 JTU	光照度 lux	含氧量 ppm	銅離子 ppm
					泥土	落葉							
光復鄉爺爺家水桶採樣 (2/10)	×	靜止	✓	✓	×	✓	×	7.9	0~40	245	0~4	0ppm	
學校附近麵店花盆積水子子生長水 (4/24)	×	靜止	✓	✓	✓	✓	✓	8.2	100 ↑	22	0~4	0ppm	
美崙工業區子子生長水 (4/27)	✓	靜止	✓	✓	✓	✓	✓	7.4	40~100	31	4~8	0ppm	
美崙工業區子子生長水 (5/29)	✓	靜止	✓	✓	✓	✓	✓	7.7	40	67	0~4	0ppm	
教室萍蓬草花盆 (4/30)	×	靜止	✓	✓	✓	✓	✓	7.7	0~40	232	0~4	0ppm	
光華回收場輪胎積水 (5/1)	×	靜止	×	✓	×	✓	×	7.5	0~40	197	0~4	0ppm	
花中對面菜園 B 水桶 (5/1)	×	靜止	✓	✓	×	✓	✓	9.4	0~40	224	0~4	0ppm	
學校樹洞積水 (5/25)	×	靜止	✓	✓	✓	✓	×	7.1	40~100	70	0~4	0ppm	
木瓜溪旁積水處 (6/1)	✓	靜止	✓	✓	✓	✓	✓	10.0	100 ↑	27	0~4	0ppm	
美崙山籃球場旁水溝 (6/2)	×	靜止	✓	✓	✓	✓	✓	7.6	40~100 約等於 40	43	0~4	0ppm	
看守所旁公園的烏柏樹洞 (6/19)	×	靜止	✓	✓	×	✓	×	7.1	100 ↑	-006	0~4	0ppm	
海洋公園許願池的水 (4/4)	×	流動	×	×	×	×	×	8.5	0	259	0~4	0.10 ppm	
王母娘娘廟許願盤的水 (4/17)	×	靜止	×	×	×	×	×	2013.01.01 採樣後，我們在 2013.04.17 再度前往採樣，許願盤重新上漆，並被挖洞無法蓄水。					
王母娘娘廟許願池的水 (4/17)	×	流動	×	×	×	×	✓	7.9	0~40	266	0~4	0ppm	
松園別館許願池的水 (4/17)	✓	靜止	✓	×	×	×	×	8.3	0	275	0~4	0ppm 兩枚一元硬幣	

水源	狀態	陽光直射	水是否靜止	周圍植物	腐質物		子子有無	其他生物	pH 值	濁度 JTU	光照度 lux	含氧量 ppm	銅離子 ppm
					泥土	落葉							
松園別館許願池的水 (4/27 再測)	✓	靜止	✓	✗	✗	✗	✗	✗	8.0	40~100	225	0~4 約 4	六枚一元硬幣 0.05 ppm
松園別館許願池的水 (5/27 再測)	✓	靜止	✓	✗	✗	✗	✗	✗	8.3	0	264	0~4	很多硬幣 0.05ppm
石來運轉許願池 (4/17)	✓	流動	✗	✗	✗	✗	✗	✗	8.4	40	235	0~4	0ppm
石來運轉許願池 (5/29)	✓	流動	✗	✗	✗	✗	✓	✗	8.8	0~40 約等於 40	170	0~4	0ppm
慶修院許願盆的水 (4/20)	✓	靜止	✓	✗	✗	✗	✗	✗	經過 2012.11.24、2013.01.01 採樣後，我們在 2013.04.20 再度前往採樣，許願盆已被移除，無法測量數據。				
港天宮許願池的水 (右) (4/20)	✗	流動	✗	✗	✗	✗	✗	✗	7.8	40	254	0~4	0ppm
港天宮許願池的水 (左) (4/20)	✗	流動	✗	✗	✗	✗	✗	✗	7.8	40	241	0~4	0ppm

PS1：有採集到子子的地點，以紫粉紅底色呈現。 PS2：許願池以淡橘色呈現。

表 4-4 水域狀態統整表

水源	狀態	陽光直射	水是否靜止	周圍植物	腐質物		子子有無	其他生物	pH 值	濁度 JTU	光照度 lux	含氧量 ppm	銅離子 ppm
					泥土	落葉							
子子生長水	✗	靜止	✓	✓	✗	✓	✗	✗	7.1~10.0	0~100 ↑	-006~245	0~8	0
許願池水	✗	動、靜	✗	✗	✗	✗	✗	✗	7.8~8.8	0~100	170~275	0~4	0~0.10

3、調查發現：

- (1) 子子生長的水域，不是在陽光直射的區域；而許願池的水域，則可能在陽光直射下，或是有遮蔽處（表 4-3）。
- (2) 實際調查後發現，許願池的水有流動替換式，也有靜止式。
- (3) 子子生長的水域，是靜止水域；而許願池的水域，不一定是靜止水域。
- (4) 子子生長的水域，一定有腐質物存在；而許願池無腐質物存在。
- (5) 我們所採樣的許願池都沒有子子（表 4-4）。
- (6) 從濁度和光照度比較後發現：子子生長水較混濁，許願池水較乾淨。

實驗二、孑子在有一元硬幣的水中，會無法存活嗎？

(一) 將一元硬幣放在飼養箱內，飼養孑子觀察存活狀況為何？

方法一：「藻類水」和「藻類水+10枚一元硬幣」

1、實驗步驟：

- (1) 在教室萍蓬草花盆中發現過孑子生長，因此以此水生植物盆中的水為飼養水源。
- (2) 以2個1000ml燒杯分別加入1000c.c.「藻類水」和「藻類水+10枚一元硬幣」。
- (3) 每杯均放入3隻孑子，連續觀察10天。

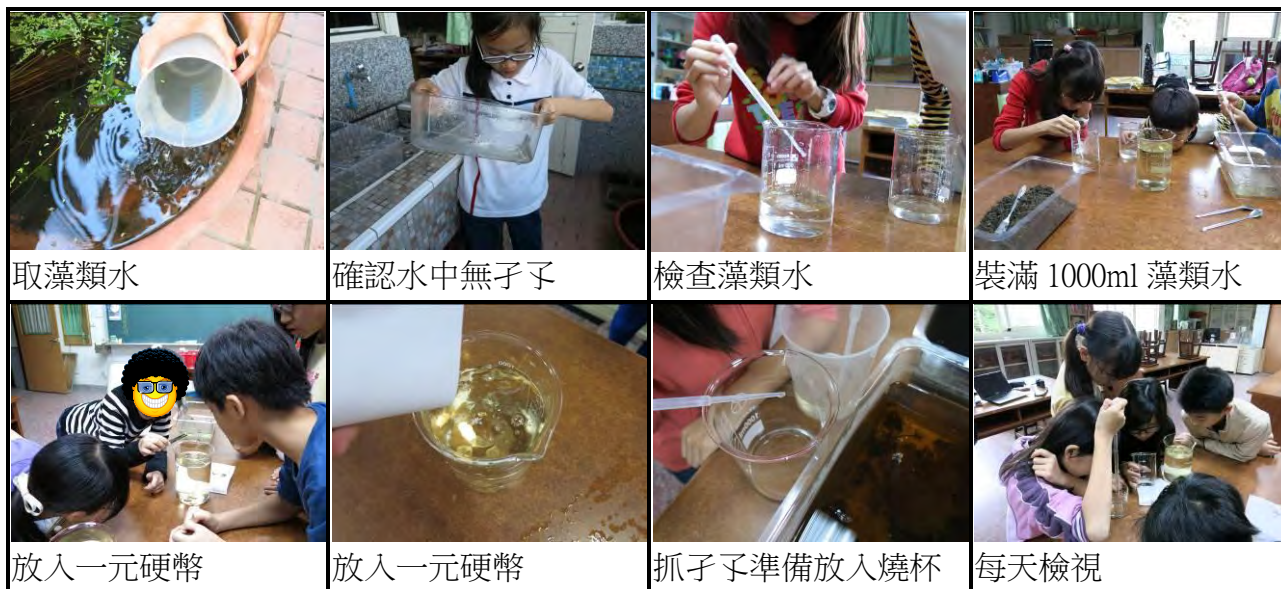


圖 4-5 藻類水和一元硬幣飼養孑子

2、實驗紀錄：

表 4-5 飼養狀況表

飼養環境	(A) 1000c.c.藻類水	(B) 1000c.c.藻類水 +10枚一元硬幣
生長狀態		
存活狀況 (第一次實驗)	day1 孑子x3隻 day10 孑子x3隻	day1 孑子x3隻 day10 全死亡
存活狀況 (第二次實驗)	day1 孑子x3隻 day8 全死亡	day1 孑子x3隻 day2 全死亡
存活狀況 (第三次實驗)	day1 孑子x3隻 day10 孑子x2隻、蛹x1隻	day1 孑子x3隻 day7 全死亡
平均存活率	66.67%	0%

3、實驗發現：

- (1) 飼養第10天時，藻類水中孑子平均存活率66.67%，水中有藻類孳生。
- (2) 飼養第10天時，錢幣水中孑子平均存活率0%（表4-5），水中沒有藻類孳生。
- (3) 假設：一元硬幣讓孑子無法生長，那麼許願池水也具有同樣效果嗎？

方法二：「藻類水」和「慶修院許願池水」

1、實驗步驟：

- (1) 準備250ml燒杯2個，分別裝入藻類水200c.c.、慶修院的許願池水200c.c.。
- (2) 每杯均放入5隻孑子，連續飼養10天。觀察記錄飼養狀態。



圖 4-6 方法二採水飼養孢子實驗

2、實驗紀錄：

表 4-6 飼養狀況表

生長狀態 \ 飼養環境	(A) 200c.c.藻類水	(B) 200c.c.許願池水
存活狀況 (第一次實驗)	day1 孢子x5 隻 day10 孢子x5 隻	day1 孢子x5 隻 day6 全死亡
存活狀況 (第二次實驗)	day1 孢子x5 隻 day10 孢子x1 隻	day1 孢子x5 隻 day10 孢子x1 隻
存活狀況 (第三次實驗)	day1 孢子x5 隻 day10 孢子x2 隻	day1 孢子x5 隻 day10 全死亡
平均存活率	53.33%	6.67%

3、實驗發現：

- (1) 飼養第 10 天，藻類水中孢子存活率 53.33%。
- (2) 飼養第 10 天，許願池水中的孢子存活率為 6.67% (表 4-6)。
- (3) 假設：在有銅離子的環境下孢子存活率低，是不是因為沒有水生植物的關係？
- (4) 假設：增加水量，並將觀察時間延長為 30 天，看看孢子生長狀態如何？

方法三：「藻類水」、「藻類水+一元硬幣」、「藻類水+水生植物」、「藻類水+水生植物+一元硬幣」

1、實驗步驟：

- (1) 四個飼養箱各裝 2400c.c.藻類水、2 隻孢子。
- (2) 其中兩盆放入錢幣 32 枚一元硬幣。
- (3) 放置水生植物為：大萍、槐葉萍、卵萍。
- (4) 連續飼養 30 天，觀察記錄飼養狀態。



圖 4-7 四個飼養箱飼養孢子實驗

2、實驗紀錄：

表 4-7 四個飼養箱飼養孑孓狀況表

飼養環境 生長狀態	(A)2400c.c.藻類水	(B)2400c.c.藻類水 + 32 枚一元硬幣	(C)2400c.c.藻類水 + 水生植物	(D)2400c.c.藻類水 + 水生植物 + 32 枚一元硬幣
存活狀況 (第一次)	day1 孑孓x2 隻 day26 羽化 1 隻蚊子	day1 孑孓x2 隻 day16 全死亡	day1 孑孓x2 隻 day30 孑孓x1 隻	day1 孑孓x2 隻 day18 全死亡
存活狀況 (第二次)	day1 孑孓x2 隻 day7 孑孓死掉、 羽化 1 隻蚊子	day1 孑孓x2 隻 day23 全死亡	day1 孑孓x2 隻 day8 羽化 1 隻蚊子	day1 孑孓x2 隻 day18 全死亡
存活狀況 (第三次)	day1 孑孓x2 隻 day9 羽化 2 隻蚊子	day1 孑孓x2 隻 day11 全死亡	day1 孑孓x2 隻 day7 羽化 2 隻蚊子	day1 孑孓x2 隻 day12 全死亡
平均存活率	66.67%	0%	66.67%	0%

3、實驗發現：

- (1) 在此實驗中，水中有一元硬幣的孑孓，最快 11 天，最慢 23 天全部死亡。孑孓似乎沒有因為水生植物存在而存活狀況較好。
- (2) 2400c.c.藻類水中的孑孓有機會羽化。

4、討論：

- (1) 2400c.c.藻類水中的孑孓有機會羽化。我們判斷可能是當飼養箱內只有 1 隻孑孓時，可以獨佔 2400c.c.的藻類水，而使得養分來源比較充足，因此沒有中途夭折呢？
- (2) 若以「藻類水」和「藻類水+一元硬幣」相比較，我們觀察到隨著時間的增加，「藻類水」變成稍綠，但是「藻類水+一元硬幣」卻較為清澈。
- (3) 假設：難道這代表一元硬幣會滅除藻類嗎？或是孑孓在單純養分的藻類水中，會因為藻類被滅除而餓死嗎？對於這個特殊現象，我們深入研究。

(二) 是因為一元硬幣使藻類死亡，以至於孑孓瀆食不到食物而餓死嗎？

1、實驗步驟：

- (1) 以燈泡、紙箱、光度計、黑色壁報紙，設計並製作光度測量箱，以燒杯水中的透光程度來判斷藻類孳生狀況。
- (2) 2 個 1000ml 燒杯分別裝藻類水 900c.c.。其中一杯放置 10 隻孑孓與卵萍。
- (3) 準備 1 燒杯當作校準用，裝入清水 900c.c.，調整至光度 265 為基準後，開始測量。
- (4) 測光度後，實驗組杯放置 12 枚一元硬幣，每天測量光度。連續測量 35 天。
- (5) 12 個燒杯，分別為 A、B、C、D、E、F 組。

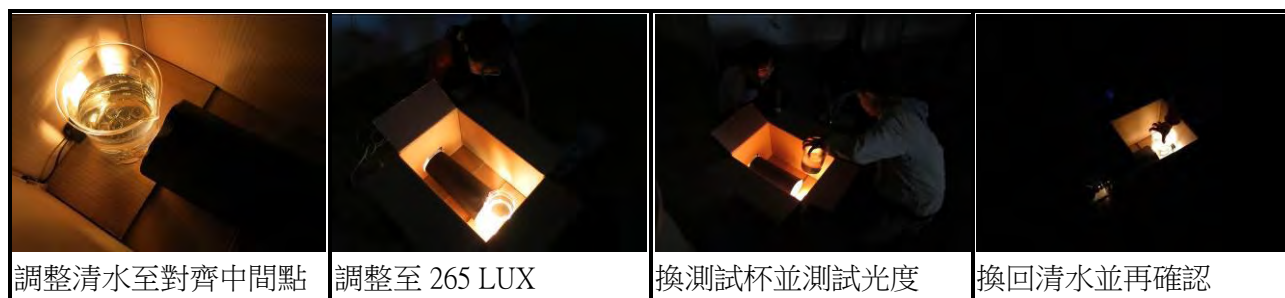


圖 4-8 藻類水飼養過程，藻類滋生光度變化實驗

2、實驗紀錄：

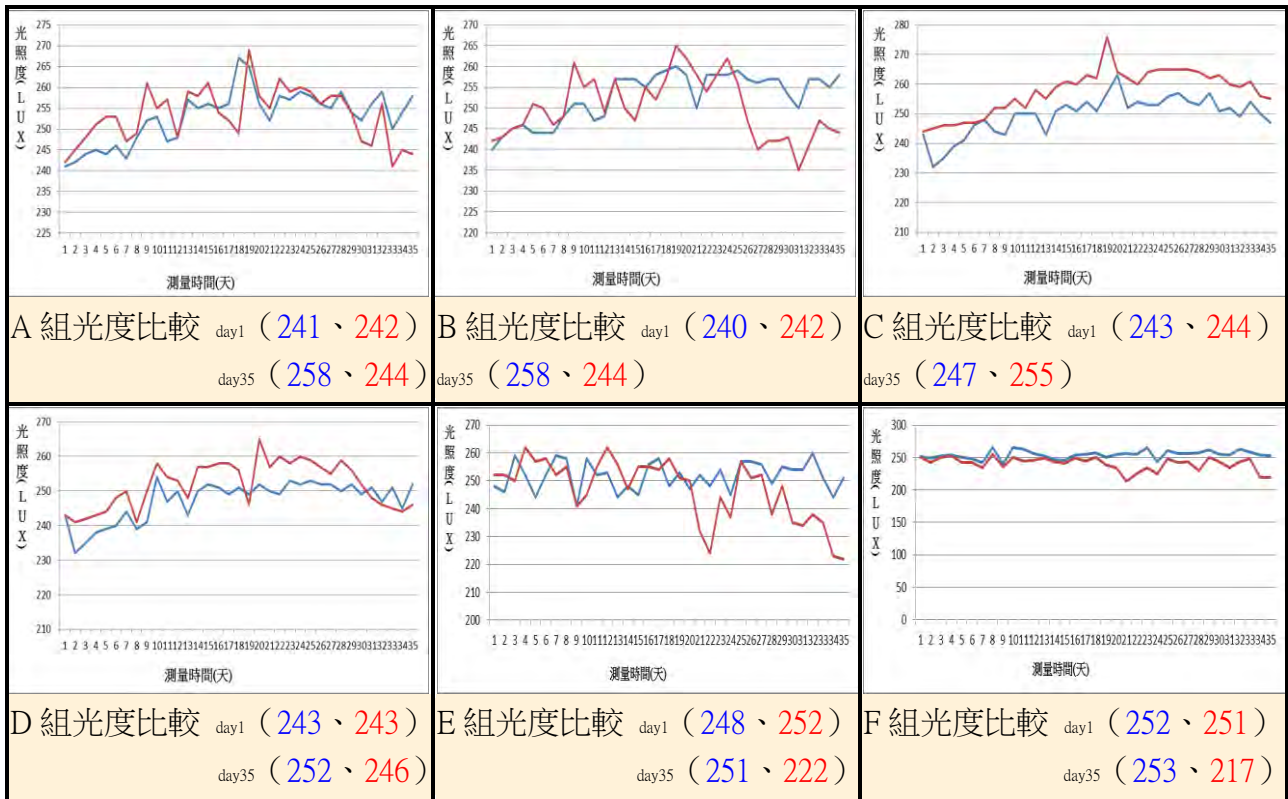


圖 4-9 光度對照表 (藍線：藻類水+一元硬幣、紅線：藻類水)

表 4-8 孑孓與卵萍生長狀態表

飼養環境	A 藻類水+一元硬幣	A 藻類水	B 藻類水+一元硬幣	B 藻類水	E 藻類水+一元硬幣	E 藻類水
生長狀態						
孑孓存活狀況	day1 孑孓×10 隻 day35 孑孓×0 隻	day1 孑孓×10 隻 day35 蚊子×1 隻	day1 孑孓×10 隻 day35 孑孓×0 隻	day1 孑孓×10 隻 day35 孑孓×1 隻 附註：day37 孑孓的前半段腸子透明，day38 死亡。	day1 孑孓×10 隻 day35 孑孓×0 隻	day1 孑孓×10 隻 day35 孑孓×0 隻
卵萍存活狀況	day1 卵萍×10 顆 day35 卵萍×0 顆	day1 卵萍×10 顆 day35 卵萍×128 顆	day1 卵萍×10 顆 day35 卵萍×0 顆	day1 卵萍×10 顆 day35 卵萍×43 顆	day1 卵萍×10 顆 day35 卵萍×0 顆	day1 卵萍×10 顆 day35 卵萍×20 顆

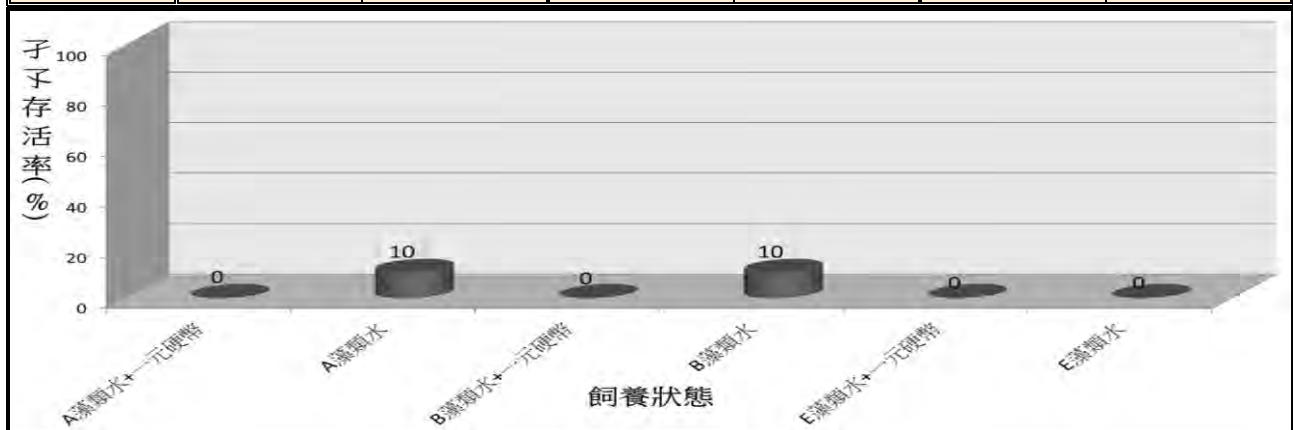


圖 4-10 藻類水中有無一元硬幣，孑孓存活率統計圖

3、實驗發現：

- (1) 6 組實驗中，沒放一元硬幣的藻類水中全都長出絲藻（圖 4-11）。有加一元硬幣的水中，第 35 天測得孢子與卵萍數均為 0（表 4-8、圖 4-10），並且沒有長出絲藻。
- (2) 在第一天放置藻類水後，在未放錢幣時測得實驗組和對照組光照度差異 0~4LUX 之間（圖 4-9）。放入一元硬幣後，隨著飼養天數的增加，A~F 的實驗組和對照組的光度差異逐漸提升 6~35LUX，原因在於水中藻類生長後阻礙光線。
- (3) 不管有沒有一元硬幣，孢子的存活率都很低，甚至 B 藻類水中的孢子在死亡前一天觀察到前半段腸子透明。
- (4) C 組放入一元硬幣後，水中有長出絲藻，可是光度卻沒有低於有硬幣的實驗組，我們判斷可能是因為絲藻長得較低矮，以至於光度測量仍高。（這一部分可以等長一點的時間再次驗證，應該可以從光度的數據上判斷絲藻生長狀況。）
- (5) 本子題證明：在藻類水中放置一元硬幣，孢子、卵萍和絲藻無法生存。那麼到底是因為「水中有銅離子的關係」還是因為「養分不夠的關係」呢？我們接續研究。

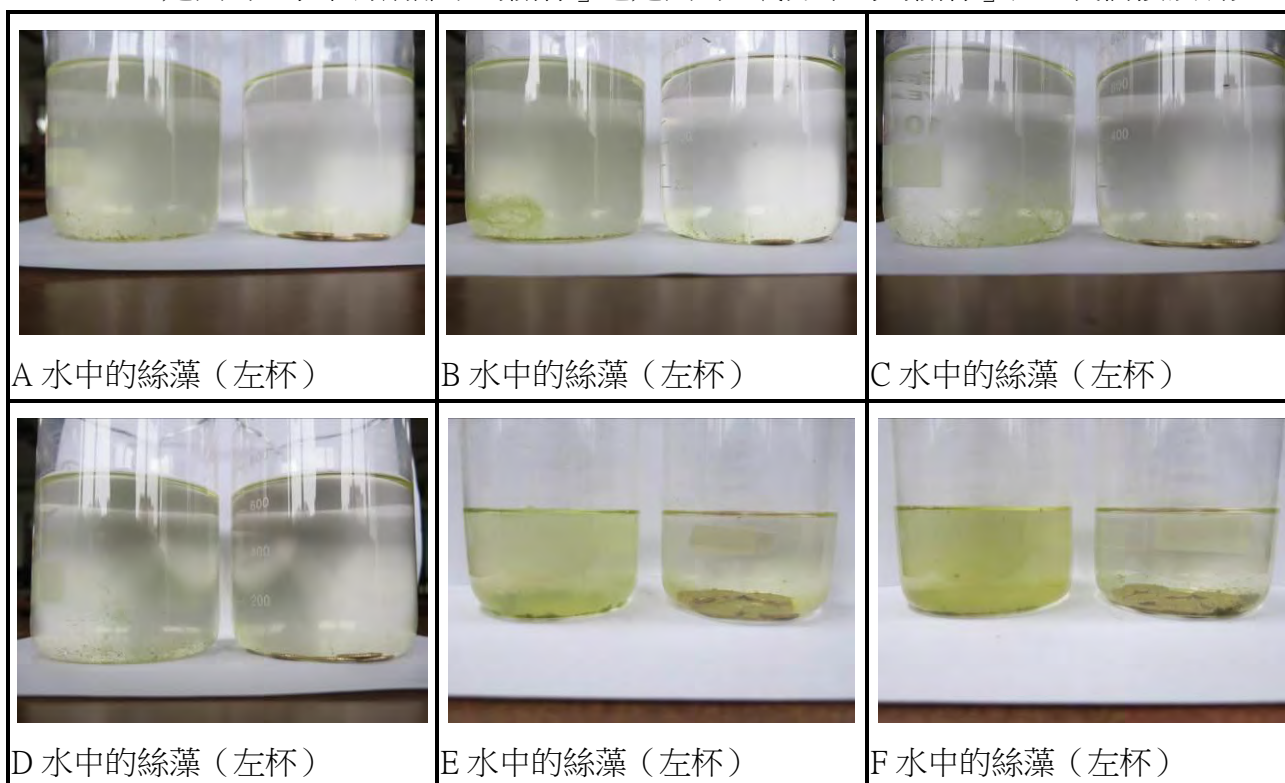


圖 4-11 水中的絲藻狀態

實驗三、一元硬幣泡在蒸餾水中，會有銅離子跑出來嗎？

我們疑惑：「一元硬幣放置在水中，會有銅離子釋放出來嗎？」為了確認以上的問題，我們到臺灣銀行更換全新的一元硬幣，以新的硬幣來從事以下實驗。我們的疑惑：「一元硬幣在水中，是否真的會溶出離子。」因此預設：「假如蒸餾水中有金屬離子出現，應該會造成水中的導電度增加。」

(一) 測試一元錢幣泡在蒸餾水中，蒸餾水中會有離子嗎？

1、實驗步驟：

- (1) 準備兩個燒杯，每杯各倒入蒸餾水 300c.c。接著先測量兩杯蒸餾水的電阻。
- (2) 實驗組：將 4 枚一元硬幣放入其中一個燒杯；對照組：不放一元硬幣。

(3) 將保鮮膜蓋在兩杯燒杯上（預防空氣和灰塵干擾）。

(4) 分別以三用電表每天測量一次（圖 4-12），持續 20 天記錄電阻數據。



圖 4-12 導電度測試圖

2、實驗結果：

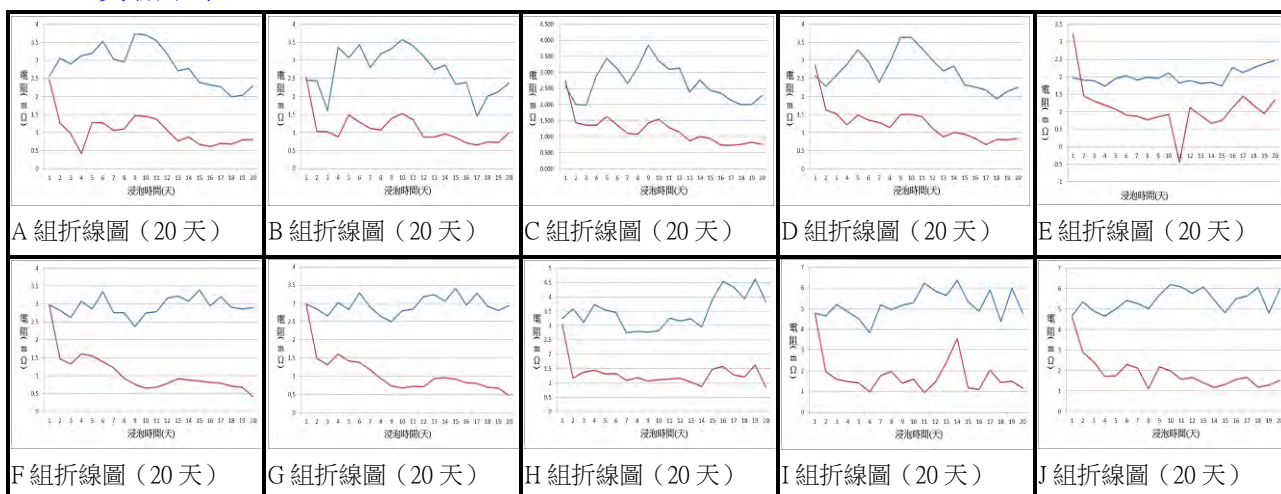


圖 4-13 蒸餾水與一元錢幣水的導電度測量折線圖（藍線：蒸餾水；紅線：一元錢幣水）

3、實驗發現：

- (1) 放置蒸餾水後，以三用電表立即測量，測到的電阻差異不大（均在小數點以下，差異約在 $0.008\sim 0.290\text{m}\Omega$ 之間）（實驗日誌）。
- (2) 在放入一元硬幣後，發現有一元硬幣的蒸餾水導電度變高，我們藉由導電度的增加，來證明一元硬幣釋放離子，使蒸餾水中的電阻下降（圖 4-13 的紅色折線）。
- (3) 透過三用電表測量電阻，證明了一元硬幣泡在水中，會有離子釋放，使得蒸餾水導電度上升。有一元硬幣的水電阻較小，無一元硬幣水的電阻較大。
- (4) 蒸餾水與一元錢幣水的導電度在 20 天後，差異可達 $1.388\sim 4.480\text{m}\Omega$ 之間。

(二) 那麼一元硬幣泡在蒸餾水中，水裡會含有銅離子嗎？

在中央銀行網頁所查詢的資料：一元硬幣的材質：銅 92%、鎳 6%、鋁 2%。既然一元硬幣放在蒸餾水中會溶出離子，那麼離子中含有銅離子嗎？我們利用網路上搜尋到的水族箱專用「銅離子測試劑」進行檢測。如果「試劑」和「要測試的水」混合後會變色，就可判讀水中是不是有銅離子。

1、實驗步驟：

- (1) 實驗組以「300c.c.的水中放置 4 個一元硬幣」，對照組放置 300c.c.蒸餾水。
- (2) 各準備 10 杯，每天測量銅離子濃度。
- (3) 測試管以自來水清洗後，再以要測試的水洗滌試管，測量方法如下：
 - ①洗滌後，裝滿要測試的水 10c.c.。
 - ②滴入測試液 10 滴，搖晃均勻。

©再加入 1 滿匙測試粉，搖晃至粉末完全溶解然後靜置於白紙上 10 分鐘。

④在白色背景下，由測試管的正上方往下看並與色卡對照，讀出濃度（圖 4-14）。



圖 4-14 測量銅離子

2、實驗結果：

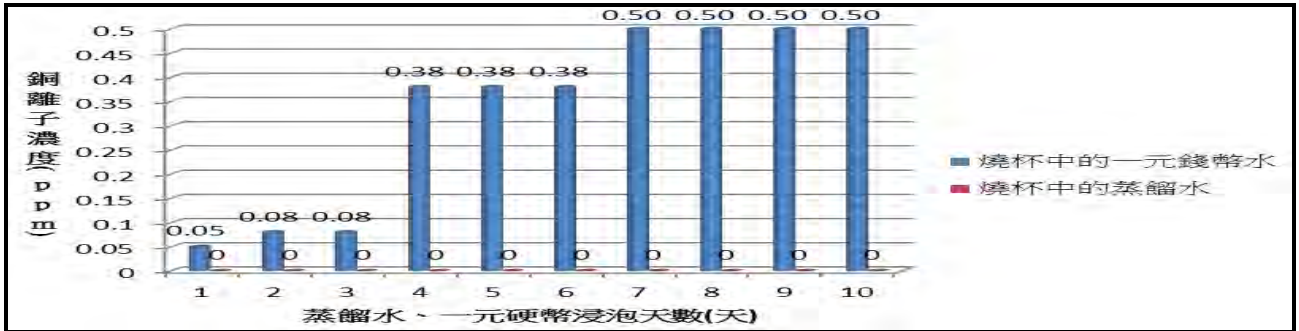


圖 4-15 測量蒸餾水與一元硬幣水的水中銅離子對照柱狀圖

4、實驗發現：

- (1) 燒杯中的一元硬幣水，水中銅離子在 10 天中，有升高的趨勢（圖 4-15）。
- (2) 確定加了一元硬幣的蒸餾水，水中會有銅離子。
- (3) 蒸餾水中無法測得銅離子。

實驗四、蚊子會在放有一元硬幣的水中產卵嗎？

(一) 初步版方法一：

1、實驗步驟：

- (1) 準備 4 個飼養箱，2 個一組。
- (2) 2 盆養分水（內含落葉+泥土）各 2400c.c，其中一盆放置 32 枚一元硬幣。
- (3) 在校長室旁走廊和立霧溪旁樹林裡，各放置 25 天。
- (4) 25 天後取回實驗室檢驗和記錄。

2、實驗結果：

表 4-9 孑孓數量調查結果紀錄表

地點	內容物	孑孓		陽光直射	周圍植物	備註
		子	蛹			
校長室旁走廊 1 月 21 日~2 月 15 日	養分水	0	0	✓	✗	放置樟樹葉
	養分水+一元硬幣	0	0	✓	✗	放置樟樹葉
立霧溪旁樹林裡 1 月 21 日~2 月 15 日	養分水	768	9	✗	✓	放置構樹葉
	養分水+一元硬幣	1031	100	✗	✓	放置構樹葉

3、實驗發現：

- (1) 校長室旁陽光能直射，裡面沒有孑孓（表 4-9）。
- (2) 立霧溪旁的實驗箱，不管有無一元硬幣，均有大量的孑孓（表 4-9）。
- (3) 根據這兩次數據，我們覺得山林野外最常見的是構樹，因此我們接續實驗均以實驗地點的構樹葉做實驗。另外，增加測量水量、pH 值和濁度。

(二) 改良版方法二：

1、實驗步驟：

- (1) 準備 52 個飼養箱，4 個一組。
- (2) 4 個飼養箱：A 乾淨水、B 乾淨水+一元硬幣、C 養分水、D 養分水+一元硬幣。
- (3) A 和 B，2 盆乾淨水各 2400c.c.，其中一盆放置 32 枚一元硬幣。
- (4) C 和 D，2 盆養分水（構樹落葉+泥土）各 2400c.c.，其中一盆放置 32 枚一元硬幣。
- (5) 分別在 13 個地點，各放置 25 天。25 天後取回實驗室檢驗和記錄。
- (6) 以 pH 檢測器測量酸鹼值、濁度器測量濁度、自製黑紙筒光度箱用來測量水透光後的光度（藉以判斷水的混濁度）。

2、實驗結果：

表 4-10 孑孓數量調查結果紀錄表

地點	內容物	採樣結果		取回時的 水量 (ml)	陽光 直射	周圍 植物	pH 值	濁度 JTU	光度計 X100
		子	蛹						
佐倉步道 樹林裡 2月16日 3月13日	A 乾淨水	237	0	2510	×	✓	7.2	約 40	115
	B 淨+幣	641	0	2360	×	✓	7.9	0~40	209
	C 養分水	83	40	4170	×	✓	7.4	100 ↑	3
	D 養+幣	561	11	2790	×	✓	7.5	100 ↑	15
學校地下 室 2月19日 3月16日	A 乾淨水	0	0	1860	×	×	8.3	0	259
	B 淨+幣	0	0	1830	×	×	8.3	0	223
	C 養分水	187	0	1845	×	×	8.4	100 左右	108
	D 養+幣	183	0	1695	×	×	8.5	100 左右	80
松園別館 建築物下 2月20日 3月17日	A 乾淨水	0	0	900	×	✓	8.6	0~40	263
	B 淨+幣	0	0	1125	×	✓	8.3	40	220
	C 養分水	7	11	700	×	✓	8.2	100 ↑	85

	D 養+幣	0	0	870	×	✓	8.0	100 ↑	84
三棧溪旁 樹林裡 2月27日 3月24日	A 乾淨水	1666	90	3390	×	✓	7.8	100 ↑	53
	B 淨+幣	205	0	3140	×	✓	7.4	100	85
	C 養分水	1021	119	3235	×	✓	7.5	40~100	33
	D 養+幣	810	12	3405	×	✓	7.7	100 ↑	9
水源地樹 叢下 2月28日 3月25日	A 乾淨水	15	0	2930	×	✓	7.8	40	156
	B 淨+幣	10	0	2640	×	✓	7.9	40~100	142
	C 養分水	284	70	3100	×	✓	7.5	100 ↑	6
	D 養+幣	207	0	1800	×	✓	7.7	100 ↑	-002
禮堂三樓 空地 3月1日 3月26日	A 乾淨水	0	0	3400	×	✓	9.1	0~40	240
	B 淨+幣	0	0	3550	×	✓	7.8	0~40	229
	C 養分水	0	0	3100	×	✓	8.0	100 ↑	10
	D 養+幣	3	1	2775	×	✓	8.0	40~100	110
木瓜溪樹 林裡 3月2日 3月27日	A 乾淨水	332	22	2550	×	✓	7.5	40~100	54
	B 淨+幣	1416	62	2500	×	✓	7.6	100 ↑	40
	C 養分水	350	19	2480	×	✓	7.6	100 ↑	-000
	D 養+幣	859	26	1940	×	✓	7.6	100 ↑	002
白鮑溪樹 林裡 3月9日 4月3日	A 乾淨水	323	13	4890	×	✓	7.5	0~40	203
	B 淨+幣	146	4	4930	×	✓	7.5	0~40	143

	C 養分水	671	33	5100	✘	✓	7.7	0~40	99
	D 養+幣	459	38	4300	✘	✓	7.5	0~40	39
校長室旁 走廊 3月14日 4月8日	A 乾淨水	0	0	925	✓	✘	8.4	0	263
	B 淨+幣	0	0	1450	✓	✘	8.5	0	29
	C 養分水	0	0	1620	✓	✘	8.5	100 ↑ 看不到	177
	D 養+幣	0	0	1280	✓	✘	8.5	100 ↑ 約等於 100	131
涵翠樓頂 樓陽臺 3月14日 4月8日	A 乾淨水	0	0	4650	✓	✘	7.7	0	248
	B 淨+幣	0	0	4615	✓	✘	8.0	0	245
	C 養分水	0	0	4250	✓	✘	7.7	40~100	220
	D 養+幣	0	0	4270	✓	✘	8.2	40~100	236
立霧溪旁 樹林裡 3月20日 4月14日	A 乾淨水	412	58	4320	✘	✓	7.7	40~100 接近 40	126
	B 淨+幣	208	2	4970	✘	✓	7.6	40~100 接近 100	81
	C 養分水	518	6	3580	✘	✓	7.8	100 ↑ 看不到	24
	D 養+幣	165	11	3320	✘	✓	7.9	100 ↑ 看不到	000
忠烈祠防 空洞 4月21日 5月16日	A 乾淨水	198	4	2225	✘	✓	7.8	0~40	165
	B 淨+幣	350	0	2320	✘	✓	7.9	0~40	192
	C 養分水	149	7	2250	✘	✓	8.5	100 ↑	30
	D 養+幣	215	17	2330	✘	✓	8.2	100 ↑	-003
楓林步道 5月25日	A 乾淨水	1615	13	1555	✘	✓	7.2	約 100	54

6月19日	B 淨+幣	3107	23	3470	×	✓	7.3	40~100 接近 100	81
	C 養分水	3848	9	3560	×	✓	7.5	100 ↑	19
	D 養+幣	855	19	3390	×	✓	7.8	40~100 接近 100	38

3、實驗圖示及說明：



圖 4-16 野外放置飼養箱實驗

4、實驗發現：

- (1) 實驗結果，我們發現陽光直射下，孑孓總量相對較少（圖 4-17）。
- (2) 原本乾淨水的飼養箱，如果有落葉掉入，就算有一元硬幣在其中，仍有蚊子去產卵，並能羽化出蚊子。甚至只有兩片構樹葉掉入飼養箱（佐倉步道樹林裡），也會有大量孑孓孳生（乾淨水 237 隻孑孓、乾淨水+錢幣 641 隻孑孓）（表 4-10）。
- (3) 實驗測得，有孑孓的水 pH 值偏鹼性（7.2~8.5）（表 4-10）。
- (4) 在佐倉步道樹林、學校地下室、三棧溪旁樹林、水源地樹叢下、禮堂三樓空地、

木瓜溪樹林、白鮑溪樹林、立霧溪旁樹林、忠烈祠防空洞中、楓林步道，我們發現有一元硬幣的環境下，仍有孑孓生存。

- (5) 在學校地下室、松園別館建築物下、禮堂三樓空地、校長室旁走廊、涵翠樓頂樓陽臺，乾淨水的飼養箱由於沒有落葉飄入，因此經過 25 天後取回檢查，並沒有發現孑孓生長（圖 4-18）。
- (6) 原本的乾淨水，若因放置野外而有落葉飄入，則不管是否有一元硬幣，均會有孑孓出現，例如佐倉步道樹林裡、三棧溪旁樹林裡、水源地樹叢下、木瓜溪樹林裡、白鮑溪樹林裡、立霧溪旁樹林裡、忠烈祠防空洞中、楓林步道，這 8 個實驗地點（圖 4-18）。
- (7) 以學校地下室、木瓜溪樹林裡和忠烈祠防空洞中的飼養箱（養分水+一元硬幣）為例，錢幣維持 32 枚，但是由於水分的揮發，水量已低於原本的 2400c.c.，仍有大量孑孓產生（學校地下室：183 隻孑孓；木瓜溪樹林裡：856 隻孑孓、26 隻蛹；忠烈祠防空洞中：165 隻孑孓、11 隻蛹）（圖 4-19）。證明只要有落葉等養分的水域，母蚊會產卵於其中，而孑孓亦能順利生長，不因銅離子存在而受到影響。

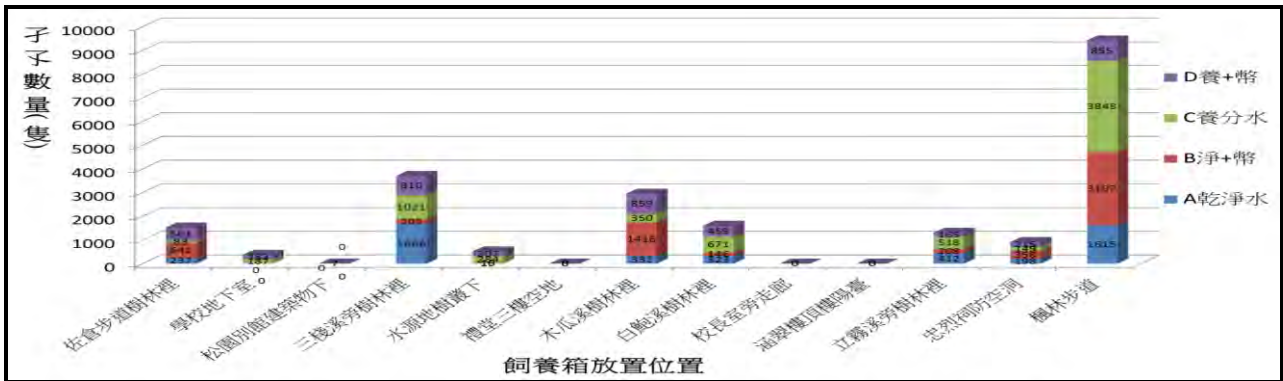


圖 4-17 野外放置飼養箱孑孓數量堆疊長條圖



圖 4-18 野外放置飼養箱孑孓數量比較圖（藍色：乾淨水；紅色：乾淨水+一元硬幣）

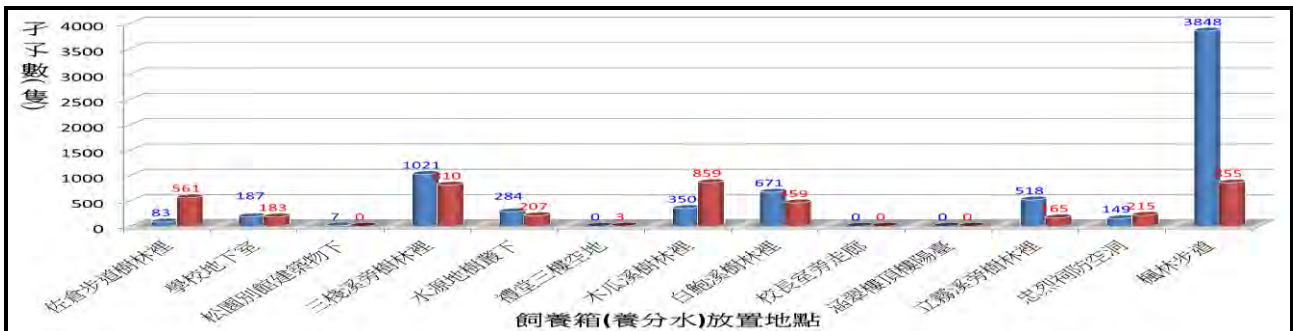


圖 4-19 野外放置飼養箱孑孓數量比較圖（藍色：養分水；紅色：養分水+一元硬幣）

實驗五、單一食物來源（藻類）的環境下，孑孓在水中會受一元硬幣所釋出的金屬影響嗎？

（一）實驗步驟：

- 1、精密量尺測量 100 枚一元硬幣的直徑和厚度（圖 4-20），再以 EXCEL 軟體計算出平均的表面積。
- 2、分別放置 5 杯 1000ml 燒杯，各裝 900c.c.的藻類水。（依比例需 12 枚硬幣）
- 3、依據表 4-11 所求出的一元硬幣表面積，再以金屬剪分別剪出相同於 12 枚一元硬幣表面積的銅片、鎳片、鋁片。
- 4、5 個燒杯分別是：不放金屬片、銅片、鎳片、鋁片、一元硬幣。
- 5、放入 10 隻孑孓、10 顆卵萍。套上濾水網，避免孑孓羽化後飛走。
- 6、觀察 30 天並記錄結果（孑孓存活率）。



圖 4-20 分別以：不放金屬片、銅片、鎳片、鋁片、一元硬幣飼養實驗

（二）實驗紀錄：

表 4-11 測量一元硬幣表面積（100 枚硬幣平均值）

所求區域 平均	直徑 (mm)	高 (mm)	半徑 (mm)	周長 (mm)	圓面積 (mm ²)	2 圓面積 (mm ²)	邊面積 (mm ²)	總表面積 (mm ²)
新一元硬幣 各平均數值	19.95	1.64	9.97	62.65	312.54	625.08	102.75	727.83

表 4-12 單純以藻類水飼養 30 天結果表

組別	燒杯狀態		無金屬	銅片	鎳片	鋁片	一元硬幣
	日期						
A	3 月 30 日 至 4 月 28 日		0 隻孑孓 蛹已不動 31 顆卵萍	0 隻孑孓 0 顆卵萍 6 顆白色	1 隻孑孓 1 隻蛹 69 顆卵萍 5 顆白色	0 隻孑孓 1 隻蚊子 18 顆卵萍 水中 3 顆 11 顆白色	0 隻孑孓 0 顆卵萍 12 顆白色

B	6月2日至7月1日	0隻孑孓 22顆卵萍 4顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 6顆白色	0隻孑孓 18顆卵萍 13顆白色	0隻孑孓 18顆卵萍 21顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 8顆白色
C	6月8日至7月7日	0隻孑孓 2隻蚊子 11顆卵萍 0顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 7顆白色	0隻孑孓 4隻蚊子 21顆卵萍 8顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 30顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 4顆白色
D	6月9日至7月8日	0隻孑孓 1隻蚊子 6顆卵萍 0顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 6顆白色	0隻孑孓 1隻蚊子 6顆卵萍 25顆白色	0隻孑孓 14顆卵萍 25顆白色	0隻孑孓 0顆卵萍 9顆白色
總和		3隻蚊子 70顆卵萍	0隻蚊子 0顆卵萍	1隻孑孓 1隻蛹 5隻蚊子 114顆卵萍	1隻蚊子 53顆卵萍	0隻蚊子 0顆卵萍

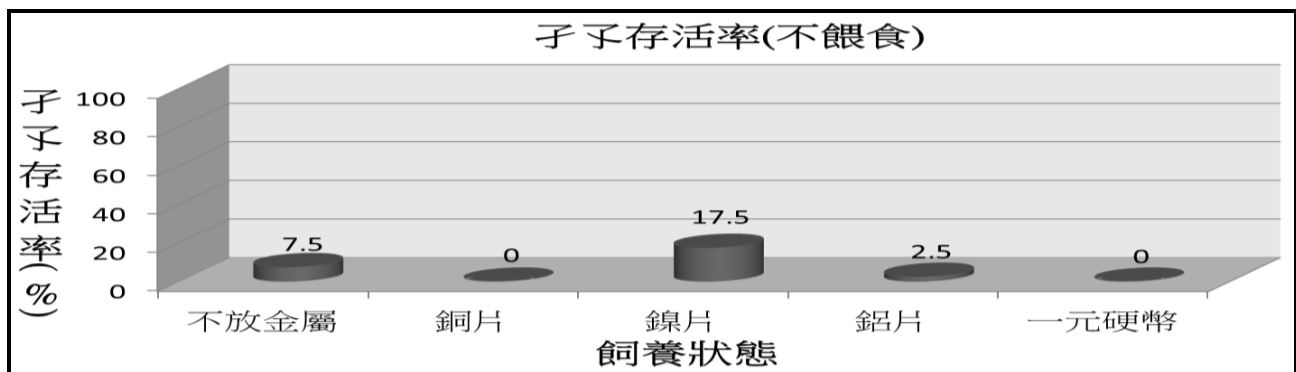


圖 4-21 不額外餵食狀態下，各燒杯的孑孓平均存活率



圖 4-22 不額外餵食狀態下，燒杯裡的卵萍增長率

(三) 實驗發現：

- 1、在藻類水和銅片、鎳片、鋁片和一元硬幣的飼養孑孓實驗中，有放鎳片的孑孓存活率 20% (圖 4-21)。
- 2、藻類水的環境下，在有銅片或一元硬幣存在時，30 天後卵萍無存活 (圖 4-22)。
- 3、卵萍數量依序：鎳片 > 不放金屬 > 鋁片 (圖 4-22)。
- 4、本實驗中，在鎳片的環境下，孑孓存活率和卵萍增長率最高 (圖 4-21、22)。

實驗六、在有銅片的環境中，若額外添加養分（酵母粉）對子子的影響是什麼？

(一) 將燒杯置放於教室窗台上實驗記錄。

1、**實驗步驟：**

(1) 方法同時實驗五。5 杯燒杯，放置於自然教室窗台上。

(2) 5 杯均餵食酵母粉，若有蚊子羽化，採集並記錄結果（或存活子子量）（圖 4-23）。



圖 4-23 以酵母粉餵食下，各燒杯內的子子存活率實驗

2、**實驗紀錄：**

表 4-13 在窗台上，藻類水餵食**酵母粉**飼養 30 天結果表

組別	燒杯狀態 日期	無金屬	銅片	鎳片	鋁片	一元硬幣
		A	3 月 30 日至 4 月 28 日	4 隻蚊子	5 隻蚊子 1 顆卵萍 1 顆白色	5 隻蚊子
B	6 月 2 日至 7 月 1 日	0 隻蚊子	8 隻蚊子	0 隻蚊子	0 隻蚊子	0 隻蚊子
C	6 月 8 日至 7 月 7 日	0 隻蚊子	0 隻蚊子	0 隻蚊子	9 隻蚊子	0 隻蚊子
D	6 月 9 日至 7 月 8 日	0 隻蚊子	0 隻蚊子	0 隻蚊子	0 隻蚊子	0 隻蚊子
總和		4 隻蚊子 0 顆卵萍	13 隻蚊子 1 顆卵萍	5 隻蚊子 0 顆卵萍	14 隻蚊子 4 顆卵萍	3 隻蚊子 0 顆卵萍

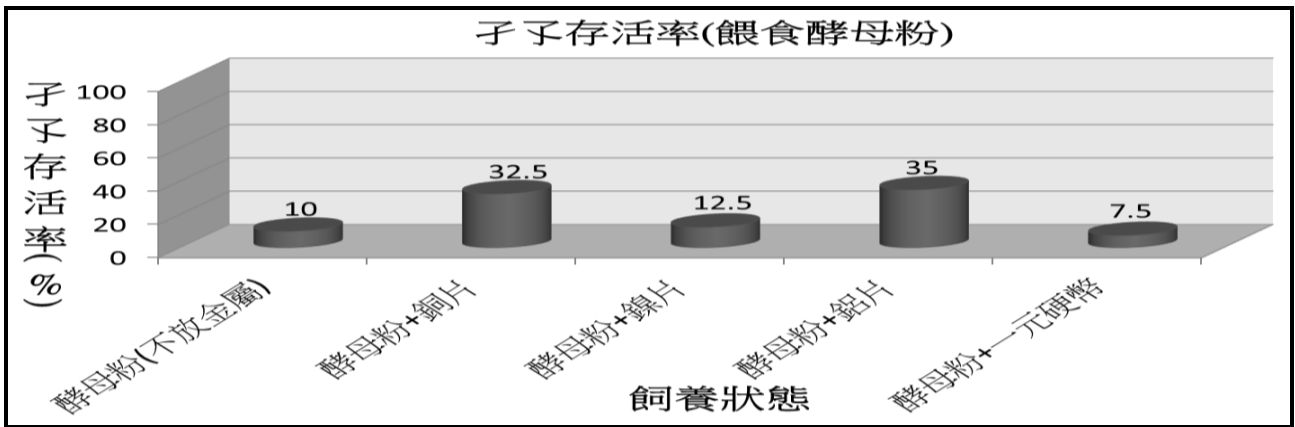


圖 4-24 在窗台上藻類水餵食酵母粉中，各燒杯的孑孓存活率

3、實驗發現：

- (1) 燒杯中的卵萍，因為常被發酵後的酵母粉沾黏入水中，最後導致卵萍死亡而無卵萍出現，僅在銅片和鋁片的環境下可發現少量卵萍（表 4-13）。
- (2) 在銅片、一元硬幣環境下，餵食酵母粉的孑孓存活率各為 32.5%、7.5%（圖 4-24）。若以此數據和實驗五的實驗結果（圖 4-21）互相比較，在銅片、一元硬幣環境下，會因為餵食酵母粉，而提高了孑孓的存活率（圖 4-25）。
- (3) 在餵食酵母粉狀態下，孑孓的生長，「不」因銅片、鎳片、鋁片、一元硬幣的存在發生孑孓生長阻斷（圖 4-24）。

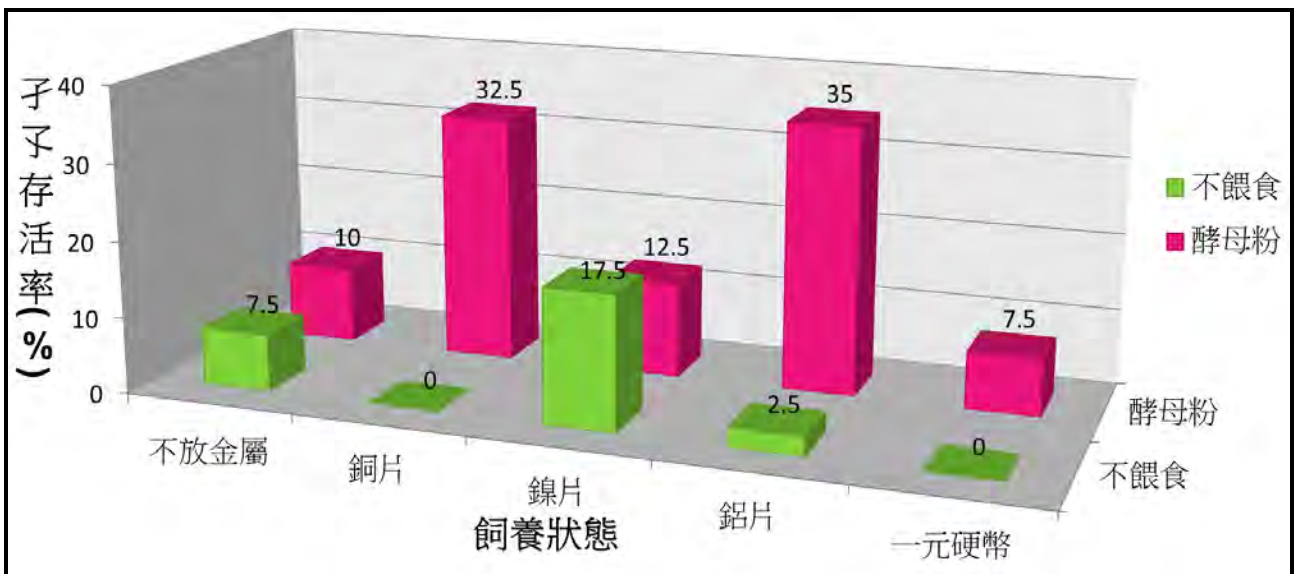


圖 4-25 餵食酵母粉後，「窗台上」各燒杯中孑孓存活率的提升狀態圖

(二) 將燒杯置放於地下室實驗記錄。

1、實驗步驟：

- (1) 先放置酵母粉水誘引蚊子來產卵。產下卵筏（陳美玲，1998）後，一有孑孓孵化即開始實驗。
- (2) 實驗方法類似子題（一），但採取的改良方法是：盛裝逆透水並將燒杯位置改放在陰涼的地下室中，每組各 5 杯，共測量 4 組，每杯 10 隻孑孓（圖 4-26）。



圖 4-26 放置燒杯於地下室陰涼處，每天記錄結果

2、實驗紀錄：

表 4-14 在地下室，逆滲透水餵食酵母粉飼養 30 天結果表

組別	燒杯狀態	無金屬	銅片	鎳片	鋁片	一元硬幣
	日期					
A	6月16日至 6月29日	3隻蚊子	4隻蚊子	9隻蚊子	0隻蚊子	2隻蚊子
B	6月16日至 6月30日	3隻蚊子	5隻蚊子	9隻蚊子	8隻蚊子	8隻蚊子
C	7月4日至 7月13日	10隻蚊子	10隻蚊子	0	5隻蚊子	8隻蚊子
D	7月6日至 7月14日	0	0	0	8隻蚊子	9隻蚊子
總和		16隻蚊子	19隻蚊子	18隻蚊子	21隻蚊子	27隻蚊子

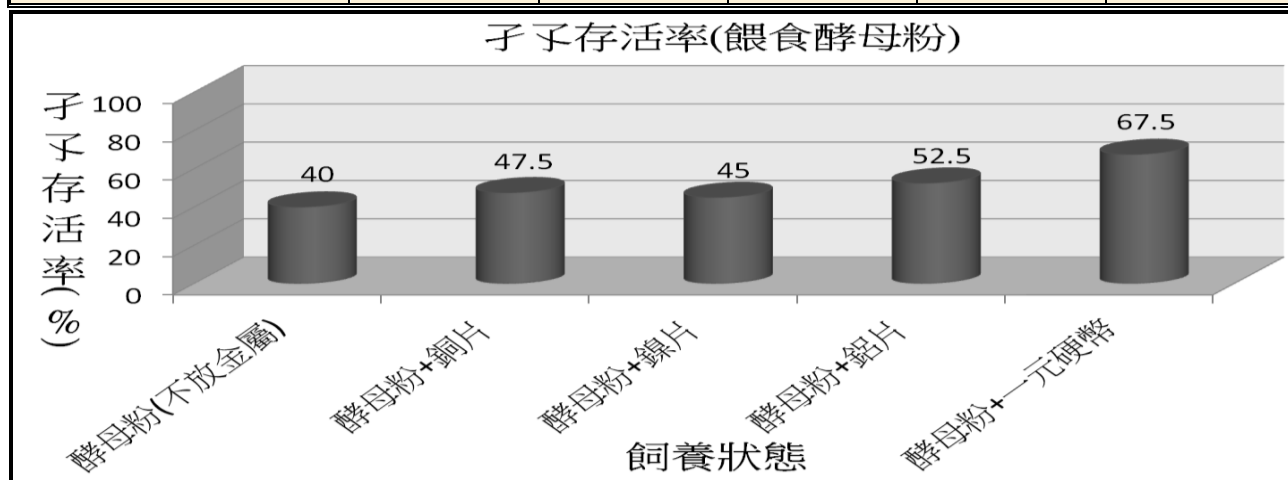


圖 4-27 在地下室逆滲透水餵食酵母粉中，各燒杯的子子存活率

3、實驗發現：

- (1) 地下室實驗在銅片、一元硬幣環境下，餵食酵母粉的子子存活率為 47.5%、67.5% (圖 4-27)。各飼養狀態下的子子存活率高於窗台旁酵母粉的實驗結果。
- (2) 在餵食酵母粉狀態下，子子的生長，「不」因銅片、鎳片、鋁片、一元硬幣的存在發生子子生長阻斷。

伍、研究討論

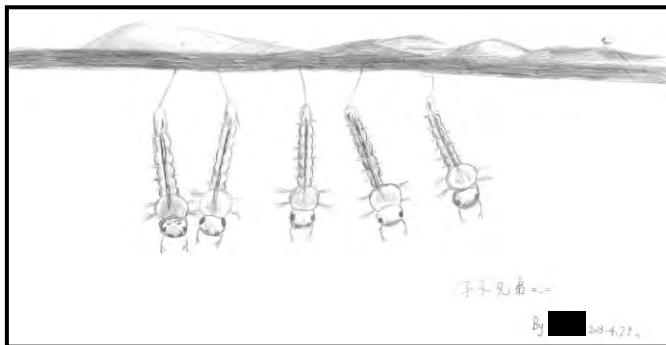


圖 5-1 孑孓在水面下呼吸

- 一、根據採樣結果，陽光直射區域下有機會（30.00%）發現搖蚊的幼蟲，也就是水族館販售用來餵食熱帶魚的紅蟲，這種搖蚊不叮咬人。本調查顯示，流動的水域或陽光直射沒有遮蔽物的環境下，不會有孑孓。
- 二、在調查過程中，我們發現許願池的水有流動替換式，也有靜止式。原來許願池水不見得都是靜止不動的。我們在港天宮看到他們的許願池是利用山泉水灌注，水的流動帶動轉盤，許願的人需要順應轉動的頻率才有機會投中。而海洋公園許願池的水雖然沒有一直更替，卻有馬達帶動，使池水持續翻動循環。
- 三、透過實際觀察，孑孓會浮在水面下，利用腹部末端的呼吸管觸碰水面直接呼吸空氣（圖 5-1）。因此，孑孓在水中生活擁擠並不阻礙牠們的氧氣獲取。
- 四、在（實驗一）採樣的結果：孑孓生長的水域，是靜止水域；而許願池的水域，不一定是靜止水域。孑孓生長的水域，有腐質物存在；許願池無腐質物存在。那麼許願池沒有蚊子是因為一元硬幣存在或是沒有腐質物的關係嗎？我們在實驗四中發現，乾淨的水不會有孑孓生長其中，有腐質物存在的情況下則會有孑孓。許願池無腐質物存在，也較孑孓生長水乾淨（表 4-4），因此我們判斷許願池水無法提供養分給孑孓生長，所以母蚊不到許願池產卵。
- 五、在佐倉步道樹林裡的實驗中，乾淨水加 32 枚一元硬幣的飼養箱，放置野外 25 天後，因為有兩片落葉掉入其中，測得 641 隻孑孓生存於其中。在學校地下室的實驗中，養分水加上 32 枚一元硬幣，25 天後獲得 183 隻孑孓。再加上水源地樹叢下、木瓜溪樹林裡（表 4-10）的實驗，我們證實水中有養分就可能有孑孓，與一元硬幣存在與否無關。
- 六、有一元硬幣的蒸餾水，水中會有銅離子。在藻類水中放置一元硬幣，孑孓、卵萍和絲藻均無法生存。那麼是什麼原因導致孑孓死亡呢？難道真的是因為銅離子阻斷孑孓生長嗎？實驗結果顯示：在單純的藻類水下，銅離子的確可以抑制藻類和卵萍生長，進而使孑孓無法生存。但是當水中放置酵母粉，則不管是不加金屬片、銅片、鎳片、鋁片或一元硬幣，各杯孑孓存活率明顯提升，不因銅片、鎳片、鋁片、一元硬幣的存在而產生干擾。因此我們判斷在單純藻類的狀態下，孑孓會因為食物缺乏而無法生長，但是當養分足夠時，則有無銅離子並不會對孑孓產生影響。
- 七、許願池沒有孑孓的原因是什麼呢？綜合實驗發現：
 - （一）水中有養份能提供孑孓生長，對母蚊是一大誘因。
 - （二）只要是適合的環境，孑孓會大量孳生。
 - （三）就算是有銅離子，但是環境適合仍有大量孑孓產生。
 - （四）許願池沒有孑孓的原因不在於銅離子，而是因為沒有提供孑孓食物的關係。

陸、結論

- 一、根據調查結果，孑孓生長在靜止、有養分、有遮蔽處的水域。
- 二、在藻類水中放置一元硬幣，孑孓、卵萍和絲藻均無法生存。在單純的藻類水下，銅離子抑制藻類生長，進而使孑孓食物缺乏而無法生存。
- 三、許願池無腐質物存在，無法提供養分給孑孓生長，所以母蚊不到許願池產卵。因此我們無法發現孑孓生存於其中。若在有錢幣的狀態下，且水中有腐質物，則會有孑孓生長。
- 四、以「藻類水」和「藻類水+一元硬幣」相比較，我們觀察到隨著時間的增加，「藻類水」變成稍綠，但是「藻類水+一元硬幣」卻較為清澈。我們設計光度測量箱測量光度。「藻類水」隨著時間，光度計測量數據會逐漸下降。而肉眼觀察，放置會在燒杯壁面長出綠色點點，並在杯底長出絲藻。而「藻類水+一元硬幣」則較為清澈，而且沒有絲藻產生。
- 五、根據中華民國第五十一屆科學展覽會，生物科第一名研究「春眠佈『孑』曉，處處蚊子咬」的報告指出銅離子可以阻斷孑孓的生長。他們實驗每 300ml 水中配上 4 個一元硬幣，可使孑孓全部死亡。針對這一個研究，我們可以分成兩部分探討：將孑孓放置在藻類環境中、或是在有養分的環境下（如酵母粉或是落葉）：
 - （一）藻類環境中：

在單純的藻類水中，有放一元硬幣的飼養環境中，孑孓無法生存；但是沒有一元硬幣的環境，孑孓有機會存活。
 - （二）有養分的環境下：
 - 1、透過野外實驗，我們按照比例（300ml 水中配上 4 個一元硬幣），放置 2400c.c. 並以落葉為養分來源，配置 32 枚一元硬幣，我們證實母蚊子仍會到其中產卵，並且能順利孵化出孑孓，羽化出蚊子。孑孓不因一元硬幣存在而死亡。
 - 2、室內研究以酵母粉為養分來源，孑孓也不會因為一元硬幣存在而死亡。
- 六、綜合研究顯示，許願池水只要保持乾淨，其實並不會孳生孑孓，主要原因在於許願池水乾淨，導致孑孓無食物攝取，因此無法存活。
- 七、我們驗證了銅離子並非對孑孓有毒殺與阻斷生長的關係，而是因為銅離子抑制藻類生長，使孑孓無食物來源。當水中養分足夠時（例如放入酵母粉、落葉），則銅離子並不會對孑孓產生影響。野外的自然環境下，靜止水域若有腐質物存在，放置一元硬幣並不能防治蚊蟲孳生。
- 八、從我們的調查結果發現，孑孓生長環境為靜止、有養分、有遮蔽處的水域。放置一元硬幣或是銅片，並無法斷除自然界中的落葉或泥土養分。因此，根據我們室內實驗（酵母粉）與野外實驗（落葉泥土實驗箱）證實，一元硬幣或銅片無法防治蚊蟲孳生，也不具備毒殺與阻斷孑孓生長的關係。

柒、研究建議

- 一、根據實驗結果，我們發現孑孓的有無，與一元硬幣存在與否無關，關鍵在於光照和水中養分。許願池中，由於水中沒有落葉和泥土，而且位置明亮，母蚊因此不選擇這樣的環境來繁殖後代。若是水中有落葉或泥土，而且水域有遮蔽處，則有孑孓的機率就很高，尤其當三者兼具時（靜止、有養分、有遮蔽處），有孑孓的機率是 100%。因此靜止水域中不要有腐質物，直接曝曬於太陽光下，可避免孑孓孳生。
- 二、我們建議採用連日清博士所倡導的「加強清除孳生源」方法（連秀美，2007），將戶外可能積水的容器，例如儲水缸、舊輪胎、水泥製的水槽等，將積水清除掉或加上蓋子；至於室內的積水容器如陶器、塑膠或金屬容器、花瓶、花盆等，則需每週換水一次。避免積水處因為泥土、落葉堆積而導致孑孓大量繁殖。
- 三、在實驗二之（二）中，我們確認一元硬幣能夠抑制藻類生長，進而使孑孓食物缺乏而死亡。而在實驗五中，各燒杯實驗結果顯示如圖 7-1，研究結果與實驗二（有一元硬幣的水較清澈）相同。在四月四日兒童節時，我們到海洋公園許願池採樣，海洋公園的叔叔告訴我們，海洋公園的水域有放些微的稀釋漂白水。為了避免水中有青苔滋生，他們每一兩個月會清理全園的水域。叔叔說將會試試看我們的研究結果，如果成功的話就可以節省漂白水 and 人力資源。
- 四、家庭的水族箱和學校中有藻類的水生池，建議可放置銅片，抑制藻類的生長。

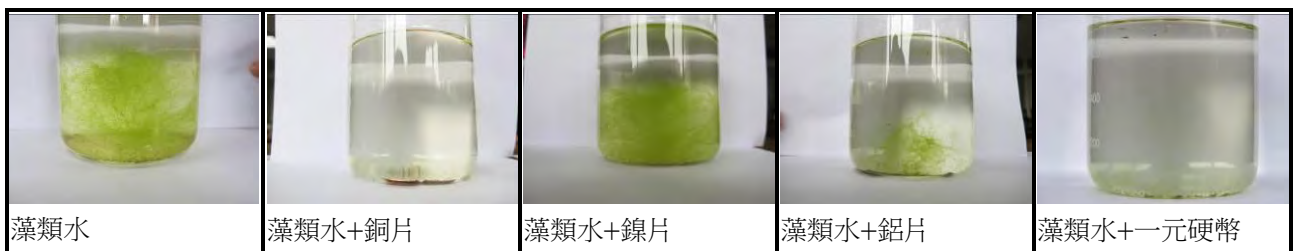


圖 7-1 銅離子抑制藻類生長圖

捌、參考文獻

- 中央銀行。2012 年 10 月 17 日，取自 <http://www.currency.cbc.gov.tw/tb2.htm>
- 交通部中央氣象局 2013 年 7 月 15 日，取自 <http://all-top.com.tw/weather.htm>
- 認識蚊子與登革熱。2013 年 5 月 2 日，取自吳輝秋醫師部落格
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!0oFPltmWAgBDVyuF6F8-/article?mid=15>
- 臺灣環境有害生物管理協會。2013 年 3 月 31 日，取自
<http://web102.vipcase.net/html/front/bin/ptlist.phtml?Category=332571>
- 呂冠億（1998）。蚊子的幼蟲－孑孓。2013 年 2 月 21 日，取自
<http://science.ntsec.edu.tw/FileAtt.ashx?id=4353>
- 林昞霆、陳沛羽、馬聿琳（2011）。春眠佈「孑」曉，處處蚊子咬。2012 年 8 月 29 日，取自
<http://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/080312.pdf>
- 徐堉峰。昆蟲的生活（1），初版。台北縣：泛亞文化。46 頁。2008。
- 陳美玲。蚊子，初版。台北市：親親自然。12 頁。1998。
- 連秀美。蚊子博士連日清，初版。台北市：遠流。250 頁。2012。

【評語】 080307

優點：

1. 實驗設計邏輯性強，條理分明，有明確假說並針對假說進行實驗檢測。
2. 充分評估前人研究已發現之現象並深入探討現象發生的成因。

建議：

1. 研究涉及之材料(孢子、藻類)應設法做好分類鑑定。
2. 應針對藻類、銅離子濃度與孢子的關係另外作實驗驗證。