

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物(生命科學)科

第三名

040705

生死相「半」・你「農」我「濃」

學校名稱：國立台東高級中學

作者： 高二 游淵任 高二 洪廷玠 高二 周祺鈞	指導老師： 廖文姬
---	------------------

關鍵詞： 擬同形蚤(*Daphnia similoides*)、半致死濃度(LC₅₀)
、丁基加保伏

摘要

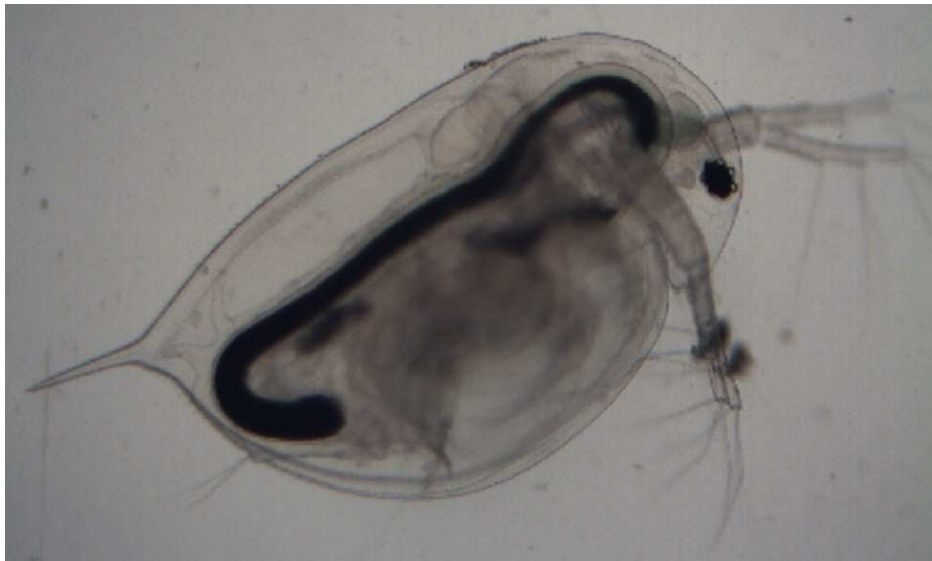
本科展作品以稻田中採集、經過純培養後的擬同形蚤為研究對象。探討擬同形蚤體長和年齡之間的關係，並設計不同年齡層擬同形蚤對台東常用的稻用農藥——丁基加保伏 48.34 %乳劑之半致死濃度〈 LC_{50} 〉，以及體長相近、帶卵與否個體對此農藥耐受性的差異。此外，針對台東著名產稻地的稻田水蚤種類做野外實察。

壹、研究動機

在學校課程中，我們對課本所提到的水蚤感到相當有趣，因此開始尋找水蚤，並作相關的研究實驗。在水蚤心跳實驗中，室溫下擬同形蚤的心跳已極快(動輒每分鐘 200 下以上)，計數上相當不便，於是我們忽然想到：如此逗趣的生物應該不止只能數心跳吧？便開始構思並進行純培養及觀察。

過程中發現，擬同形蚤剛生下來時極小隻，慢慢成長後變得又肥又大，用肉眼就很容易觀察到體長明顯地變化，進而對體長和年齡的關係作一連串觀察與紀錄。另外，一般稻田可能經常施加農藥，我們便想知道農藥濃度對擬同形蚤的影響。

另外，在文獻資料與實際培養過程中，發現實驗用的水蚤很難界定是否為同日齡，而水蚤又是在是否帶卵狀況下進行實驗？故我們選擇單一種類水蚤及農藥作深入的探討。



貳、研究目的

- 一、確立擬同形蚤的體長和年齡之關係並找出生長曲線。
- 二、運用上面發現的關係，研究不同年齡層擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑〈台東稻田經常使用農藥〉之半致死濃度〈 LC_{50} 〉。
- 三、研究單一年齡層，帶卵與沒帶卵的擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑〈台東稻田經常使用農藥〉之半致死濃度是否有差異。
- 四、調查台東縣市知名產稻區現有水蚤之品種。

參、研究設備及器材

一、設備及器材

擬同形蚤（經純培養）

飼養缸、水族用燈組（東亞日光燈 FL20D 18W）

滴管、試管、燒杯（1000、500、150、100、50ml）

解剖顯微鏡(Leica ZOOM 2000)、複式顯微鏡(OLYMPUS CH20B1MF110)

顯微攝影設備（Motic Image Plus 2.0 軟體、顯微鏡 Motic MC2000）

電腦、數位相機

計數器、開關定時器

實驗用手套、口罩、實驗衣

稻用農藥(丁基加保伏 48.34%乳劑)

量筒、試管架、玻片、鑷子

採集盒、捲尺、漏斗、寶特瓶

溫度計、pH 計、日紀錄筆記本

二、背景知識

（一）稻用農藥：丁基加保伏（Carbosulfan）【俗稱：好年冬】

廠牌名稱：Marshall

化學名稱：2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-ylmethyl (dibutylamino- thio) carbamate

構造式： $C_{20}H_{32}N_2O_3S$

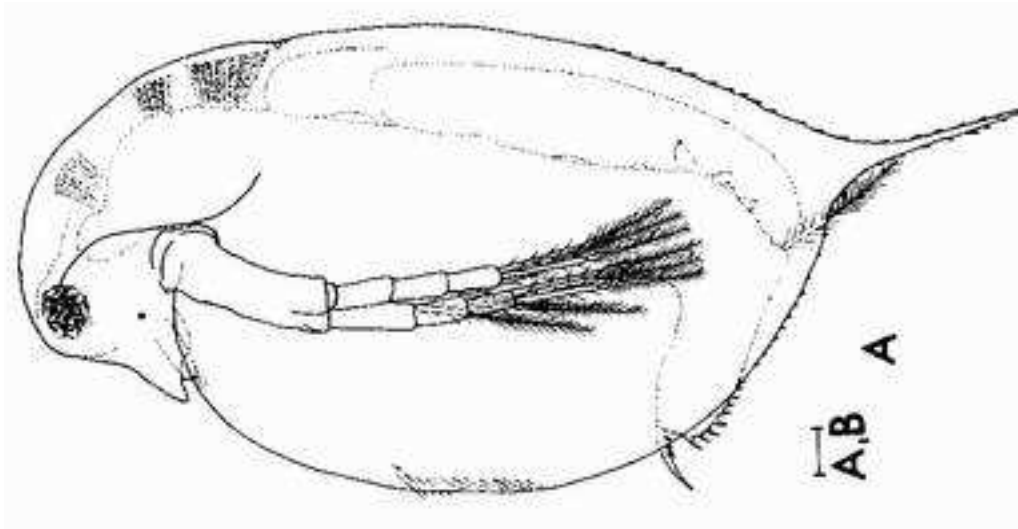
理化性質：1979 美國 FMC 公司開發，黏稠橘色至褐色液體，比重 1.056~1.083，可溶於二甲苯、氯仿、己烷、丙酮、乙醇、甲醇等有機溶液中 50%以上；原體 88%以上，在水溶液中分解， $DT_{50}<1$ 小時（pH4）、22 小時（pH6）、7.6 日（pH7）、14.2 日（pH8）、>58.3 日（pH9）、 $Fp95^{\circ}C$ 。

附註：台東稻農常使用之農藥〈由台東農藥行提供之資料〉

農藥名稱
丁基加保伏 48.34%乳劑 48.34%
加保伏粒劑 3%
加保利水懸劑 40%

(二)、擬同形蚤 (*Daphnia similoides*)

外型近似倒卵形，殼刺長度佔體長 1/4~1/5，殼紋菱形，頭部扁圓而寬闊，具有 2 個明顯的腹突以防止夏卵或未成熟幼體落入孵育囊，具卵鞍的個體外型略呈水滴形，卵鞍顏色較深，尤其是卵粒部分顏色最深。



※上圖來源：涂元賢（2002）。台灣淡水產枝角類之分類研究。



肆、研究過程或方法

一、體長和年齡之關係

- (一) 在十支試管及十個燒杯各放一隻母擬同形蚤。
- (二) 母擬同形蚤所生子代稱為第一子代。
- (三) 將生產完的母擬同形蚤取出放回原飼養缸，試管和燒杯中只留下第一子代，開始第一子代日記錄〈每燒杯、試管均有四隻第一子代〉。
- (四) 保持與飼養缸一樣的生長環境，每日照光十六小時，並加入等量食物。
- (五) 每日測量第一子代體長及環境溫度和酸鹼值。

二、不同年齡層的擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑的半致死濃度

- (一) 以台東稻農經常使用之農藥 ——丁基加保伏 48.34%乳劑〈俗稱好年冬〉，以植物保護手冊建議稀釋倍數 1000ppm 作基準開始測試。
- (二) 在不同濃度農藥及對照組水溶液內，取三個年齡層〈 40 ± 5 、 60 ± 5 、 80 ± 5 體長單位〉各 20 隻同生活環境培養的擬同形蚤，以每 5 隻放入 150ml 燒杯內，48 小時後〈依環保署公告之水樣急毒性檢測方法〉，觀測其致死百分率。
- (三) 再縮小農藥 ppm 或 ppb 的範圍直到接近半致死濃度。
- (四) 重複多次以上作法，得到不同年齡層擬同形蚤的致死率，再以內插法算出三個年齡層擬同形蚤半致死濃度。

※實驗前冬夏卵篩選

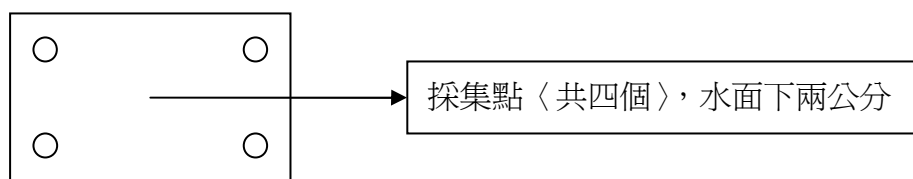
在實驗前，檢視冬夏卵比例。留下帶夏卵的擬同形蚤，待其產下子代。子代長大後，再使用於實驗。

三、同樣體長〈 80 ± 5 單位〉，帶卵與否的擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑的半致死濃度

- (一) 分為帶卵、無帶卵、對照組，實驗方法同上。
- (二) 此處與上一項實驗不同，在實驗前冬夏卵篩選敘述中「……待其產下子代。子代長大後，再使用於實驗。」使用於實驗的是由夏卵成長而來、也帶夏卵的子代。

四、台東縣市知名產稻區中水蚤種類野外實察

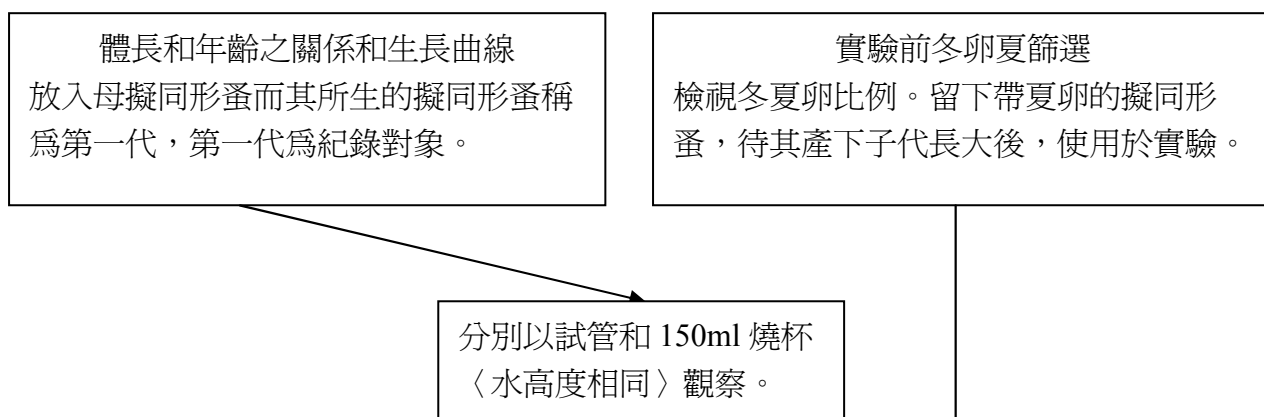
- (一) 以台東縣知名產稻地區：池上、電光、關山、瑞源、台東市〈豐原、卑南〉等六地為採集點，每稻田取 1500ml〈四邊角〉水樣，皆取自離水面 2 公分的水樣。



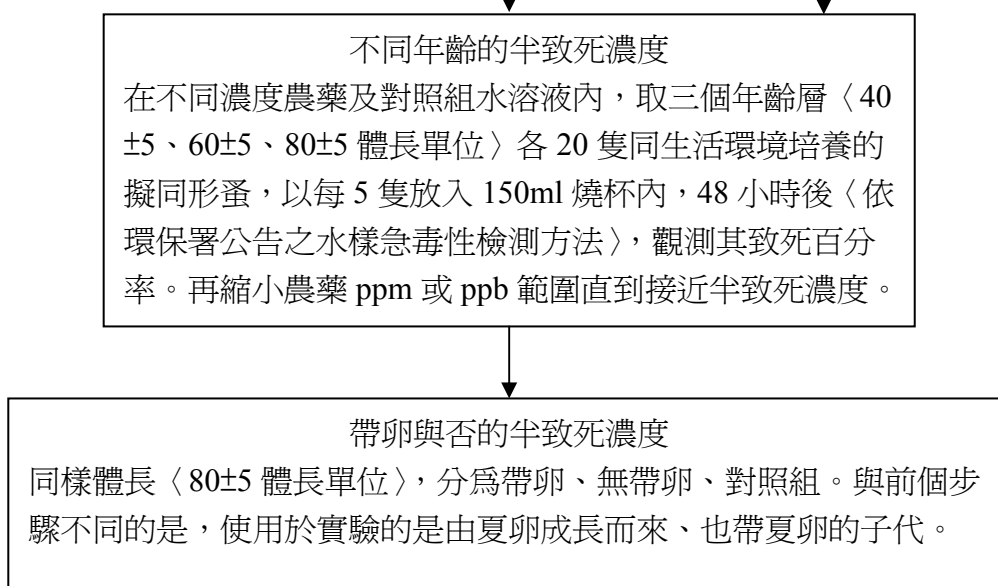
採樣示意圖

五、實驗結構圖

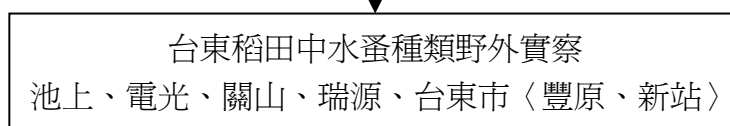
第一部份=====



第二部份=====



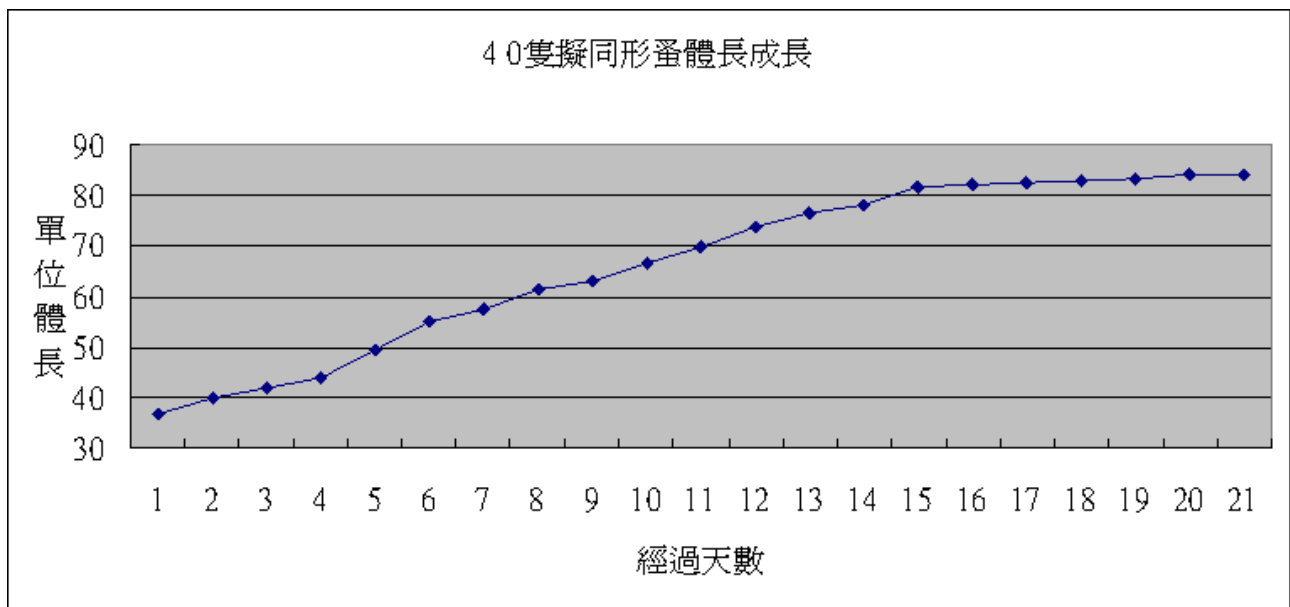
第三部份=====



伍、研究結果

一、體長和年齡之關係

- (一) 試管組——生長過程中相繼死亡，推測原因是空間不足、受到觀察操作時機械性的傷害，所以數據無法採用。
- (二) 燒杯組——

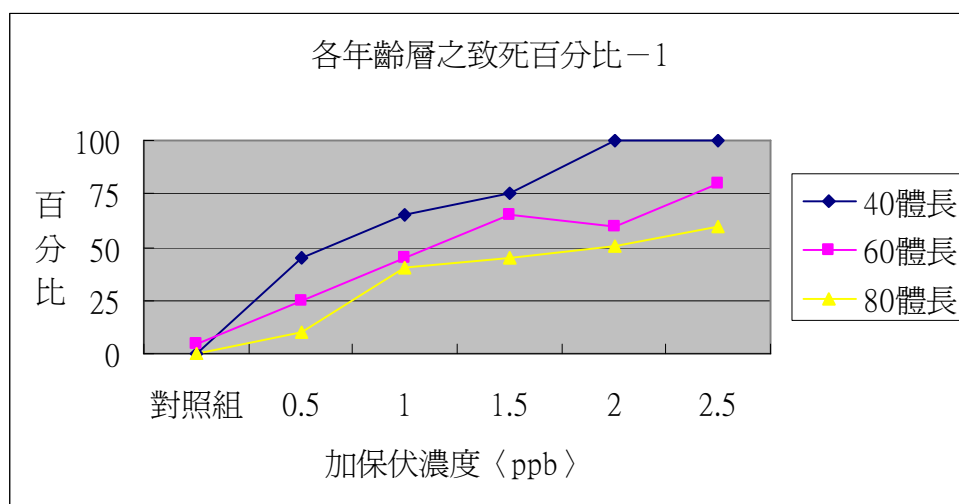


平均體長 天數	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	Day7
第一週	36.875	39.85	42.075	44.075	49.3	54.85	57.5
第二週	61.225	62.85	66.55	69.775	73.65	76.5	78.1
第三週	81.75	82.25	82.625	82.825	83.3	83.85	84.125

※平均室溫 24.5℃ ※平均水溫 23.3℃ ※平均 pH 值=7.7 ※38 體長單位 $\div$ 1mm

- 幼年擬同形蚤離開母體即有約 37~39 單位體長 ($\div$ 0.97~1.03mm)。
- 兩週內擬同形蚤體長將均勻成長至大約出生時的兩倍以上。
- 初始成長速度約為約 3~4 單位體長 ($\div$ 0.08~0.11mm) / 天，後減為約 0.2~0.5 ($\div$ 0.010~0.013mm) 單位體長 / 天。
- 第三週以後，擬同形蚤的成長約在 80~85 單位體長 ($\div$ 2.11~2.24mm) 時漸漸趨向平緩。
- 擬同形蚤成長至約 70 單位體長以後，開始部分有帶卵的現象 (夏卵)。
- 根據擬同形蚤成長趨勢，我們取 40 ± 5 ($\div$ 1.05 $\pm$ 0.13mm) 單位體長【約離開母體 2~3 天】、 60 ± 5 ($\div$ 1.58 $\pm$ 0.13mm) 單位體長【約離開母體 7~8 天】、 80 ± 5 ($\div$ 2.11 $\pm$ 0.13mm) 單位體長【約離開母體 14~15 天】，作為往後農藥實驗中的級距。

二、不同年齡層的擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑的半致死濃度



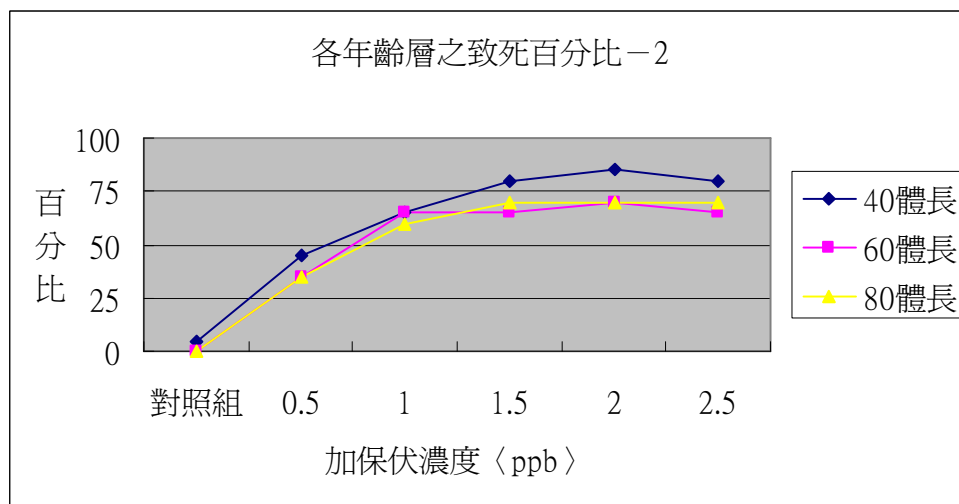
體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
40 體長	0% (0)	45% (9)	65% (13)	75% (15)	100% (20)	100% (20)
60 體長	5% (1)	25% (5)	45% (9)	65% (13)	60% (12)	80% (16)
80 體長	0% (0)	10% (2)	40% (8)	45% (9)	50% (10)	60% (12)

※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 25.0℃ ※平均水溫 24.5℃ ※38 體長單位≡1mm

(一) 40 體長：半致死濃度(LC₅₀)=0.625(ppb)

(二) 60 體長：半致死濃度(LC₅₀)=1.125(ppb)

(三) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)=2.000(ppb)



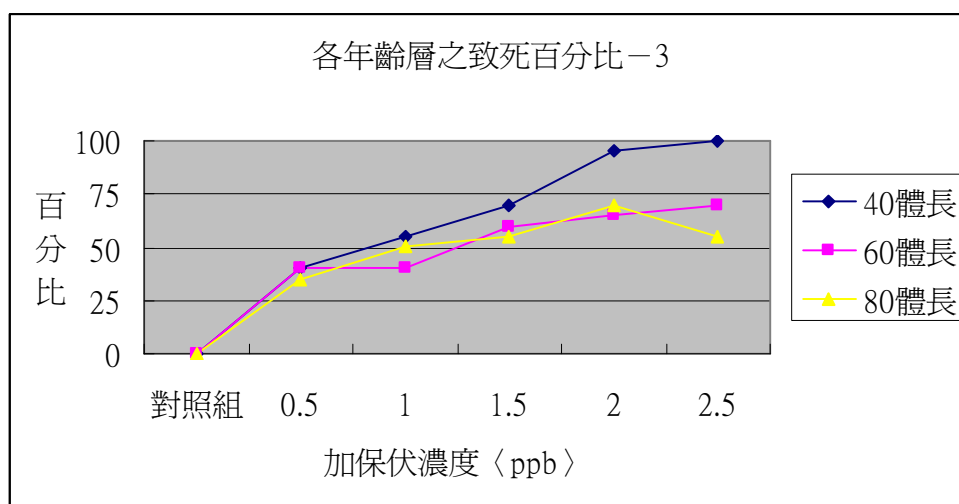
體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
40 體長	5% (1)	45% (9)	65% (13)	80% (16)	85% (17)	80% (16)
60 體長	0% (0)	35% (7)	65% (13)	65% (13)	70% (14)	65% (13)
80 體長	0% (0)	35% (7)	60% (12)	70% (14)	70% (14)	70% (14)

※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 25.0℃ ※平均水溫 24.5℃ ※38 體長單位≡1mm

(一) 40 體長：半致死濃度(LC₅₀)=0.625(ppb)

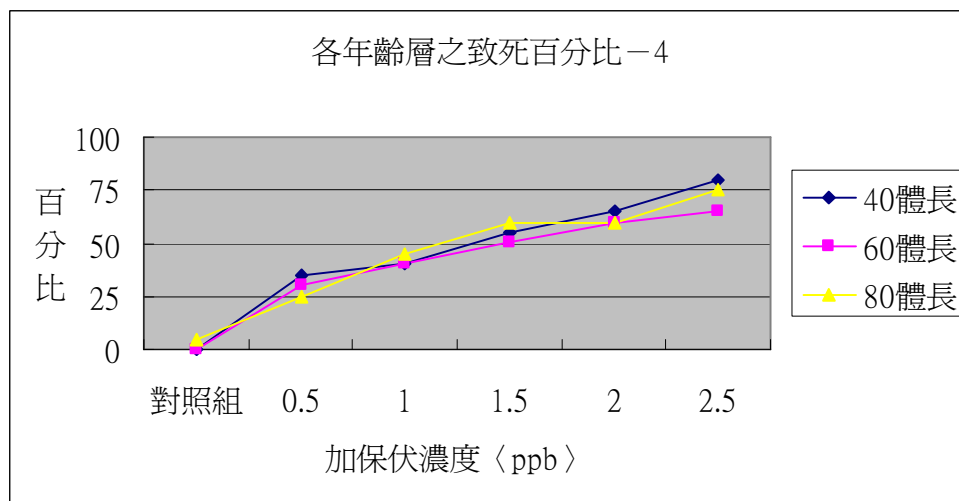
(二) 60 體長：半致死濃度(LC₅₀)=0.750(ppb)

(三) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)=0.800(ppb)



體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
40 體長	0% (0)	40% (8)	55% (11)	70% (14)	95% (19)	100% (20)
60 體長	0% (0)	40% (8)	40% (8)	60% (12)	65% (13)	70% (14)
80 體長	0% (0)	35% (7)	50% (10)	55% (11)	70% (14)	55% (11)

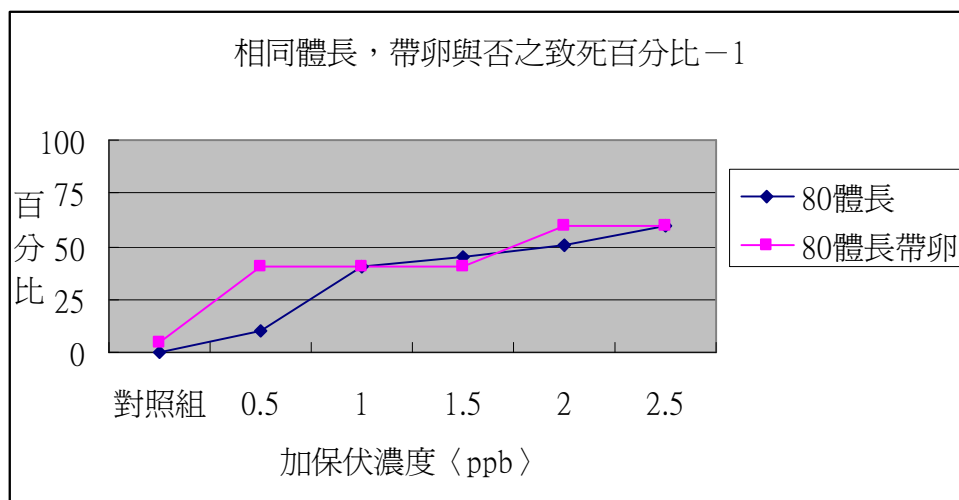
※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 24.0℃ ※平均水溫 23.5℃ ※38 體長單位≒1mm
 (一) 40 體長：半致死濃度(LC₅₀)≒0.833(ppb)
 (二) 60 體長：半致死濃度(LC₅₀)=1.250(ppb)
 (三) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)=1.000(ppb)



體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
40 體長	0% (0)	35% (7)	40% (8)	55% (11)	65% (13)	80% (16)
60 體長	0% (0)	30% (6)	40% (8)	50% (10)	60% (12)	65% (13)
80 體長	5% (1)	25% (5)	45% (9)	60% (12)	60% (12)	75% (15)

※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 24.0℃ ※平均水溫 23.5℃ ※38 體長單位≒1mm
 (一) 40 體長：半致死濃度(LC₅₀)≒1.333(ppb)
 (二) 60 體長：半致死濃度(LC₅₀)=1.500(ppb)
 (三) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)≒1.167(ppb)

三、同樣體長〈80±5 單位〉，帶卵與否之擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑的半致死濃度

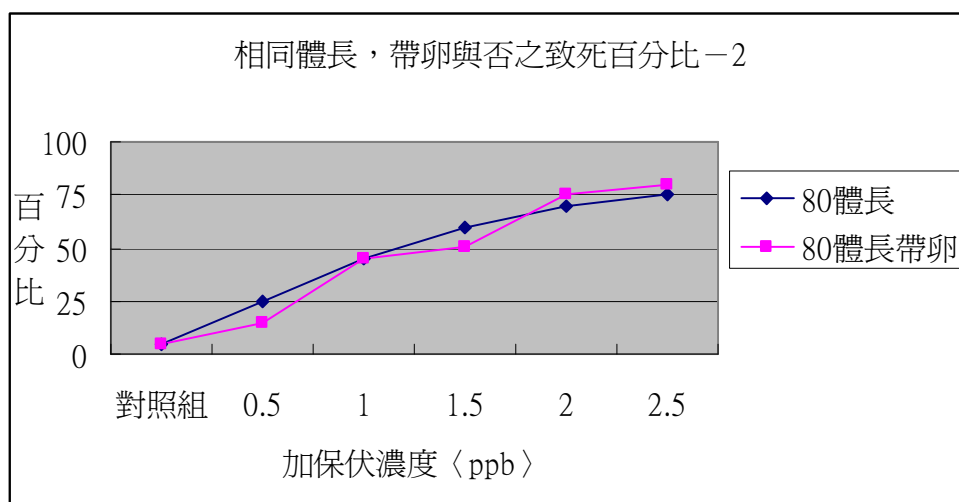


體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
80 體長	0% (0)	10% (2)	40% (8)	45% (9)	50% (10)	60% (12)
80 體長帶卵	5% (1)	40% (8)	40% (8)	40% (8)	60% (12)	60% (12)

※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 25.0℃ ※平均水溫 24.5℃ ※38 體長單位≡1mm

(一) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)=2.000(ppb)

(二) 80 體長帶卵：半致死濃度(LC₅₀)=1.750(ppb)

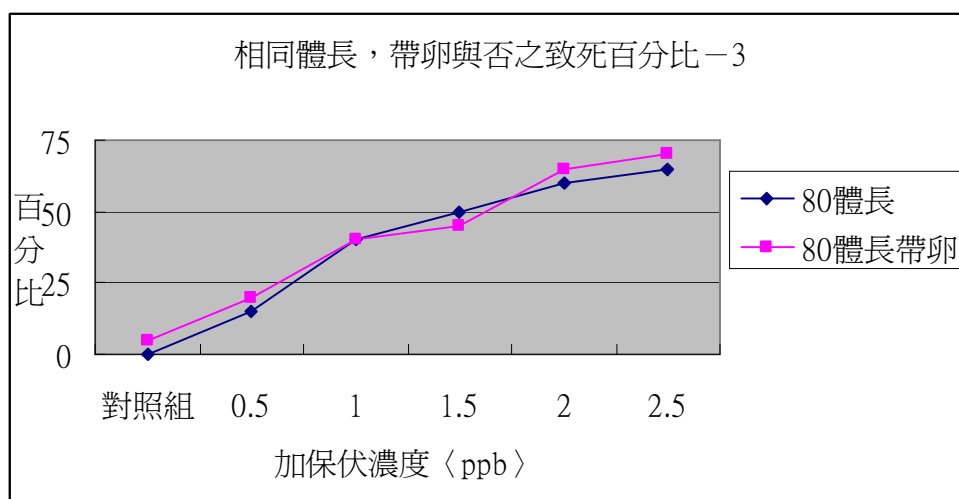


體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
80 體長	5% (1)	25% (5)	45% (9)	60% (12)	70% (14)	75% (15)
80 體長帶卵	5% (1)	15% (3)	45% (9)	50% (10)	75% (15)	80% (16)

※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 25.5℃ ※平均水溫 24.0℃ ※38 體長單位≡1mm

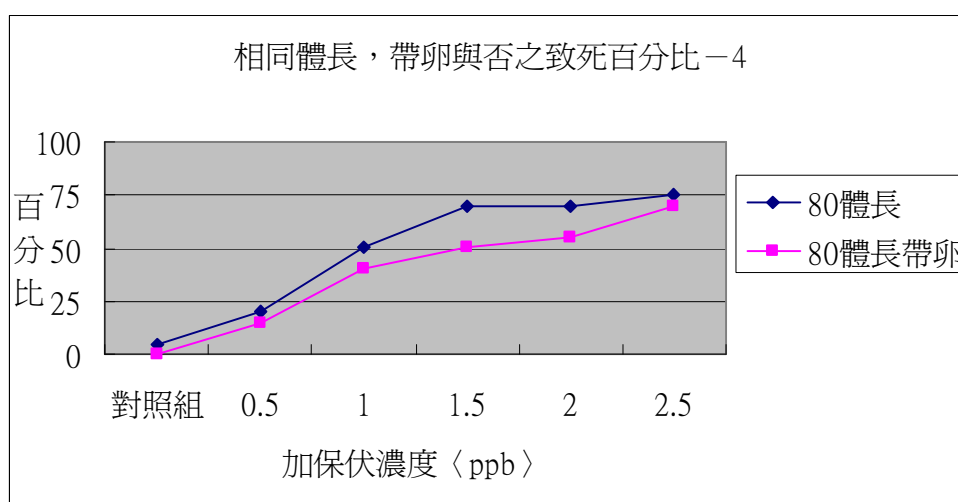
(一) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)≡1.167(ppb)

(二) 80 體長帶卵：半致死濃度(LC₅₀)=1.500(ppb)



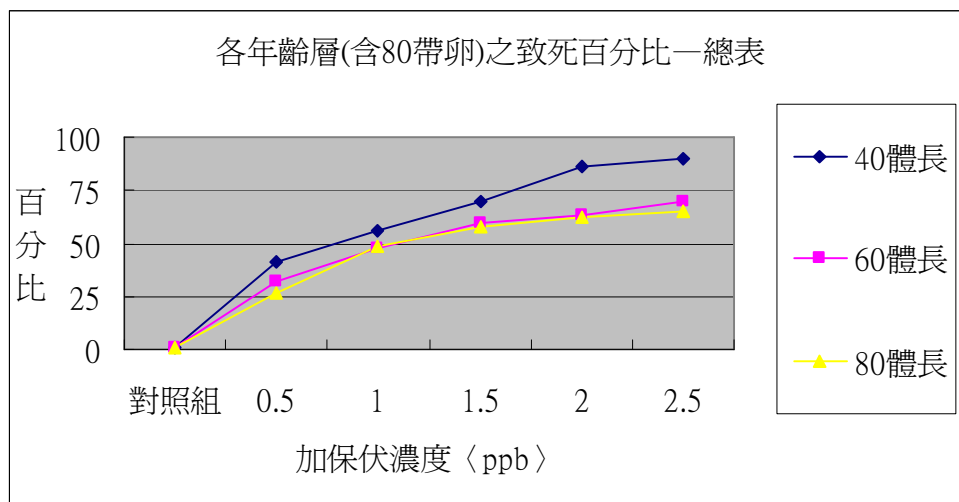
體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
80 體長	0% (0)	15% (3)	40% (8)	50% (10)	60% (12)	65% (13)
80 體長帶卵	5% (1)	20% (4)	40% (8)	45% (9)	65% (13)	70% (14)

※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 25.5℃ ※平均水溫 24.0℃ ※38 體長單位≡1mm
 (一) 80 體長：半致死濃度(LC50)=1.500(ppb)
 (二) 80 體長帶卵：半致死濃度(LC50)=1.625(ppb)



體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
80 體長	5% (1)	20% (4)	50% (10)	70% (14)	70% (14)	75% (15)
80 體長帶卵	0% (0)	15% (3)	40% (8)	50% (10)	55% (11)	70% (14)

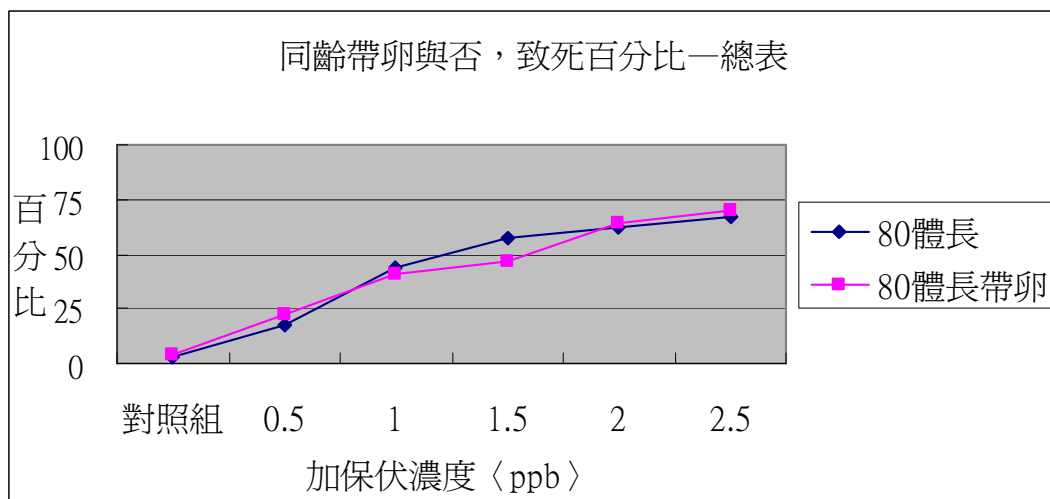
※ () 內為死亡隻數 ※平均室溫 25.5℃ ※平均水溫 24.0℃ ※38 體長單位≡1mm
 (一) 80 體長：半致死濃度(LC50)=1 (ppb)
 (二) 80 體長帶卵：半致死濃度(LC50)=1.5(ppb)



體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
40 體長	1.25%	41.25%	56.25%	70%	86.25%	90%
60 體長	1.25%	32.5%	47.5%	60%	63.75%	70%
80 體長	1.25%	26.25%	48.75%	57.5%	62.5%	65%
80 體長帶卵	5%	25%	≒41.67%	45%	≒66.67%	70%

※38 體長單位≒1mm

- (一) 40 體長：半致死濃度(LC₅₀)≒0.792(ppb)
- (二) 60 體長：半致死濃度(LC₅₀)=1.1(ppb)
- (三) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)≒1.071(ppb)
- (四) 80 體長帶卵：半致死濃度(LC₅₀)≒1.615(ppb)



體長 \ 濃度(ppb)	對照組	0.5	1	1.5	2	2.5
80 體長	2.5%	17.5%	43.75%	57.5%	62.5%	66.67%
80 體長帶卵	3.75%	22.5%	41.25%	46.25%	63.75%	70%

※38 體長單位≒1mm

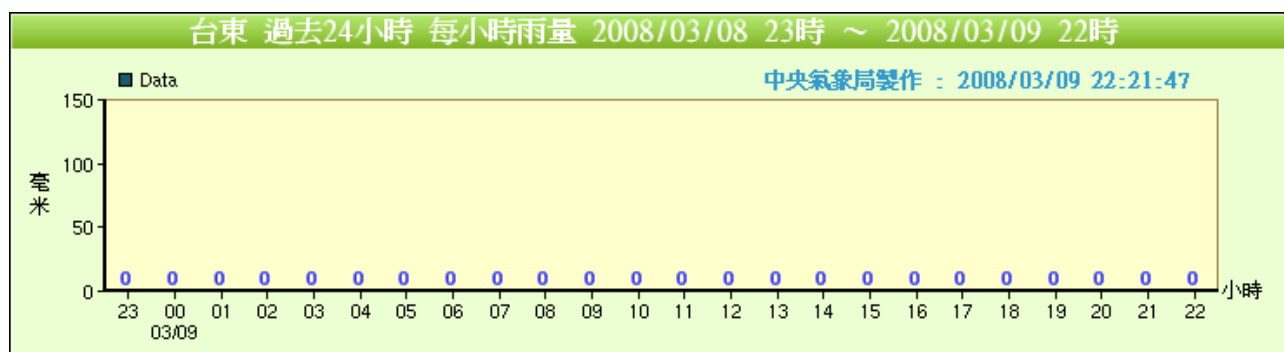
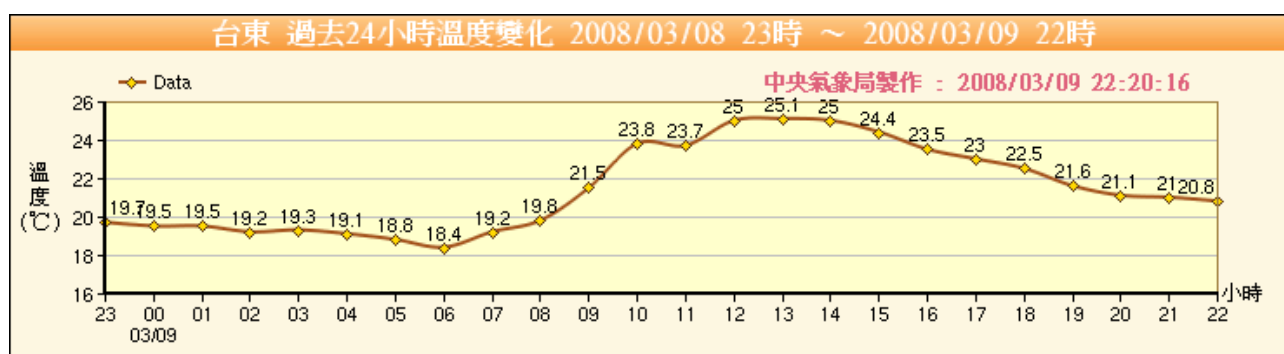
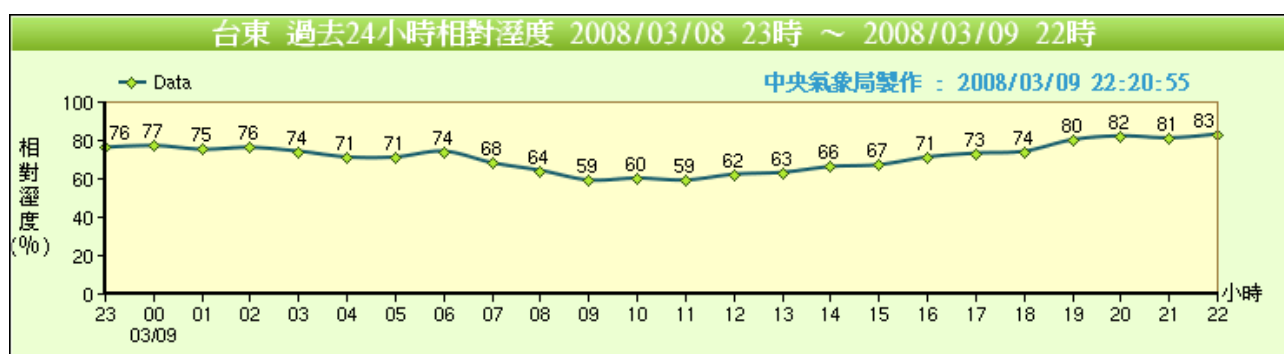
- (一) 80 體長：半致死濃度(LC₅₀)≒1.227(ppb)
- (二) 80 體長帶卵：半致死濃度(LC₅₀)≒1.607(ppb)

四、台東縣市知名產稻區中水蚤種類野外實查

(一) 台東縣知名產稻區各水蚤種類野外實查——種類分布圖

地點 種類	池上	電光	關山	瑞源	台東市 卑南	台東市 豐原
多刺裸腹蚤	○	○	○	○	○	○
擬同形蚤	○	×	○	○	×	○
殼紋船形蚤	○	×	○	×	×	○
混型低額蚤	○	×	○	×	×	×

(二) 採集當天 2008/03/09 天氣狀況



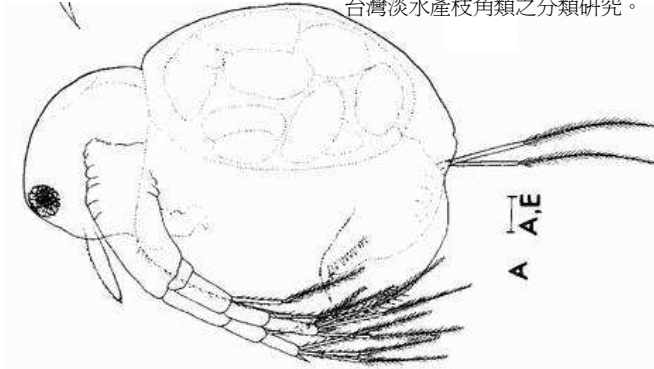
※圖片來源：中央氣象局

(三) 野外實查發現水蚤

1. 多刺裸腹蚤 (*Moina macrocopa*)

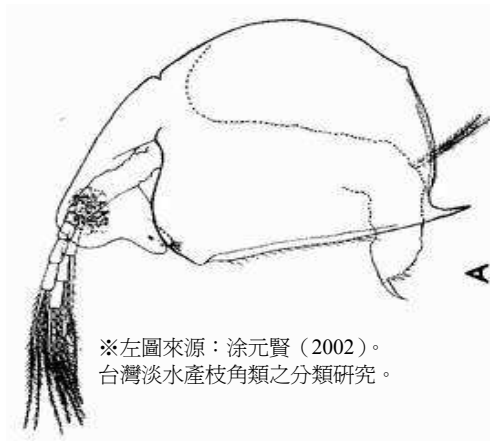
頭部寬闊，頭部位於複眼上方不具凹陷，無單眼，第一胸肢有鋸齒狀剛毛，頭長，頭部位於複眼上方具明顯之凹陷。複眼大，位於頭頂。

※左圖來源：涂元賢（2002）。
台灣淡水產枝角類之分類研究。



2. 殼紋船形蚤 (*Scapholeberis kingi*)

殼紋網格狀，殼瓣後緣有數條平行紋。頭部大，額頂無額刺生長，複眼大，靠近頭頂；單眼細小，尾爪不具爪刺，僅有剛毛沿內緣生長。具卵鞍的個體外型略呈五角形，卵鞍呈黑色，卵鞍表面網紋明顯。



※左圖來源：涂元賢（2002）。
台灣淡水產枝角類之分類研究。



3. 混型低額蚤

圖鑑上無詳細敘述。請教專家後僅得其屬於低額屬混型低額蚤。



陸、討論

一、體長和年齡之關係

- (一) 根據我們的觀察，擬同形蚤卵是在母體上孵化，而不以卵的形式產出。所以離開母體後即具有一定的體長。而大部分我們觀察到的幼年擬同形蚤，初始體長皆落在 37~39 單位 ($\approx 0.97 \sim 1.03\text{mm}$) 之間，所以我們推測 37~39 單位 ($\approx 0.97 \sim 1.03\text{mm}$) 大約是離開母體後，擬同形蚤的初始體長。
- (二) 由實驗數據得到，離開母體一天的擬同形蚤，體長初始長度約是 37~39 單位 ($\approx 0.97 \sim 1.03\text{mm}$)，而在離開母體 14~15 天左右，體長約 80~85 單位 ($\approx 2.11 \sim 2.24\text{mm}$) 時成長減緩。故可以大致上把體長約 40~80 單位 ($\approx 1.05 \sim 2.11\text{mm}$) 分為三個區間；又為了將處於同時期擬同形蚤之間的生長差異，能夠盡量地被消去，在基準體長上再取了適當的體長誤差。
- (三) 在體長約 80~85 單位 ($\approx 2.11 \sim 2.24\text{mm}$) 時，應該即是擬同形蚤生長速度由快轉慢的過渡時期。擬同形蚤有可能在這段時期裡，進入生物生長週期裡生長速度變慢的部份，一如生物的成長速度在初期都較為迅速，而後期趨於平緩。擬同形蚤也符合這樣的趨勢，在生長週期前兩週成長較為快速，在剩下部份週期中，生長速度則變的緩慢。
- (四) 關於擬同形蚤的帶卵現象，發現在離開母體 11~12 天左右，體長約 70 單位 ($\approx 1.84\text{mm}$) 後即具備有孕育下一代的能力，開始逐漸帶卵。所發現的卵以夏卵居多，因此推測所提供的環境對擬同形蚤而言，應屬良好且適於無性繁殖。
- (五) 因為所營造的環境與飼養缸相同，有足夠的光照、運動生活空間和養分來源，且儘量降低外界干擾。推測這些環境因子是對擬同形蚤成長的有利條件，擬同形蚤才能如此順利的成長。

二、不同年齡層的擬同形蚤對丁基加保伏 48.34% 乳劑的半致死濃度

- (一) 依據總表， 40 ± 5 單位體長 ($\approx 1.05 \pm 0.13\text{mm}$) 下的擬同形蚤實驗，半致死濃度與其他單位體長相比明顯較低，推測是 40 ± 5 單位體長 ($\approx 1.05 \pm 0.13\text{mm}$) 的擬同形蚤離成體還有一段距離，對農藥的耐受性自然不及成體高。
- (二) 整體看來，在 60 ± 5 單位體長 ($\approx 1.58 \pm 0.13\text{mm}$)、 80 ± 5 單位體長 ($\approx 2.11 \pm 0.13\text{mm}$) 的擬同形蚤實驗下，半致死濃度並沒有太大的差異。推測擬同形蚤在體長約為 60 的區間時，已經具備有成體的耐受性，故差異不大。
- (三) 綜合以上兩點，體型大小對農藥耐受性確有不同。

三、同樣體長〈 80 ± 5 單位〉，帶卵與否的擬同形蚤對丁基加保伏 48.34%乳劑的半致死濃度

- (一) 總表中， 80 ± 5 及 80 ± 5 單位體長（帶卵）（ $\approx 2.11\pm 0.13\text{mm}$ ）在半致死濃度實驗下可說是有顯著的差異（約差 0.6ppb）。已帶卵的耐受性高，可能是因為要在背上的卵釋出之前，提供保護或帶卵為更成熟的象徵。

,

四、台東縣市知名產稻區中水蚤種類野外實察

- (一) 發現電光及台東市卑南地區有多刺裸腹蚤；瑞源多了擬同形蚤；台東市豐原地區又多了殼紋船形蚤；池上、關山更多了混型低額蚤，共有四種水蚤。這樣的種類差異推測可能跟水質、地形、季節、雨量、農藥的施加情況有關。
- (二) 推測在池上、關山發現最多種類的水蚤之現象，可能與當地農會鼓勵農民不施加農藥及自行做農藥篩檢有關。
- (三) 在野外採樣時，發現有些擬同形蚤可長到約 120 單位，超過實驗室中自行培養所觀察到的。可能是因為培養時間不夠長，實驗室和野外環境差異而造成。因此希望未來能延長培養觀察時間，將培養擬同形蚤的方法修正得更好。
- (四) 水蚤野外調查只作到種類的紀錄與描述，詳細的數量分布，並沒有太精確的數據呈現。此僅為初步調查，若有時間盼能再做全面性地區普查，以了解農藥施用與水蚤種類、數量的消長是否有相關性。

柒、結論

一、擬同形蚤的生長情況，前兩週成長較為快速，之後生長速度則變的緩慢。

- (一) 體長成長到約 2.11~2.24mm 時，是生長速度改變的過渡時期。

- (二) 離開母體 11~12 天後，體長約 1.84mm，已具備有孕育下一代的能力。

二、在農藥的影響方面，擬同形蚤離開母體 7~8 天時，體長約 1.58mm 的區間，已經具備有成體的農藥耐受性。離開母體至少 15 天以上，體長約 2.11mm 的成體，有帶卵與沒帶卵相比，已帶卵的成體顯現出較高的耐受性。

三、初步發現池上、關山有較多種水蚤；電光、卑南則相對最少。

捌、參考資料及其他

一、未來展望

- (一) 以水蚤作為環境之指標，檢測稻田農藥是否在安全範圍之內。

- (二) 以此為基礎，再針對不同的農藥，配合不同水生生物，測試農藥使用是否過量。

- (三) 稻田休耕時的殘餘農藥，是否能用生物將毒素分解稀釋、還原稻田水質。

- (四) 推廣製作簡便、花費甚少的水蚤〈擬同形蚤〉生態瓶。

二、致謝

最要感謝的是指導我們的生物老師，每天在旁指導、陪我們做實驗，在氣氛低迷時鼓勵我們。班導也會在指導樓下化學組之餘，來關心我們的狀況，載我們到工業區詢問、購買農藥。組員父親載我們北上採集各種水蚤、以及同學父親在台東農業改良場工作，讓我們得以找到專家為我們解說農藥在台東農田的用量以及用法，純培養的擬同形蚤蚤種也是在農改場的無農藥稻田中採集。農藥店老闆在我們第一次造訪時即為我們解說農藥的特性與推薦我們台東縣稻田較常使用的農藥，了解我們是為了學術研究後免費贈送我們農藥，為我們加油打氣。

研究階段中遇到許多瓶頸，上網詢問多位養殖水蚤、水蚤分類有關的教授，他們也親切的回答我們的問題，感謝他們撥出時間給予我們建議以及幫我們修正方向。沒有這些背後協助我們的人，我們的研究無法進行的如此順利！

三、參考資料

任淑仙（1995）。無脊椎動物學(下冊)。台北：淑馨出版社。

涂元賢（2002）。台灣淡水產枝角類之分類研究。新竹師院數理研究所碩士論文。未出版。

徐佳姣（2007）。四種農藥對於水生生物的生態風險評估。私立長榮大學職業安全與衛生研究所碩士論文。未出版。

梁光裕。水蚤的簡介與培養。台中：省立台中一中。

劉培槐（2000）。水蚤培養及實驗應注意的事項。高中生物教材活體培養技術 p.88～95。教育部中部辦公室。

廖龍盛（1971）。實用農藥。p.768～771。台中：得力興業股份有限公司出版。

行政院農業委員會。植物保護手冊 96 年版。p.55。

水樣急毒性檢測方法——水蚤靜水式法。環署檢字第 0940058345 號公告。

中央氣象局，氣候統計，每日雨量 <http://www.cwb.gov.tw>

水蚤免疫系過程存在有「學習機制」

<http://www.ebiotrade.com/newsf/2003-4/L2003417103816.htm>

探究酒精對水蚤心跳速率的影響 <http://www.fx.edu.sh.cn/yjss/zxkt/anli/ssjsh/94.htm>

四、附錄

(一) 農藥稀釋簡易計算公式

1. 稀釋倍數計算法：

$$\frac{\text{噴霧器容量公撮(ml)數}}{\text{原藥用量公撮(ml)數或克(g)數}} = \text{該藥劑被稀釋之倍數}$$

2. 原藥用量計算法：

$$\frac{\text{噴霧器容量公撮(ml)數}}{\text{藥劑欲稀釋之倍數}} = \text{原藥用量公撮(ml)或克(g)數}$$

3. 常用微量單位

ppm(Part Per Million)=百萬分率（濃度單位）

1ppm=百萬分之一濃度=1 毫克／公斤(mg/kg)=1 γ /g(1 γ =1 μ g)

ppb(Part Per Billion)=十億分之一

γ =爲質量單位 1 γ =百萬分之一公克=10 γ 公克(1 μ g)

4. 常用換算單位

1 公升(l)=1,000 公撮(ml)

1 公斤(kg)=1,000 公克(g)

(二) 科展過程照片



瑞源稻田



豐原採集



卑南稻田



關山稻田



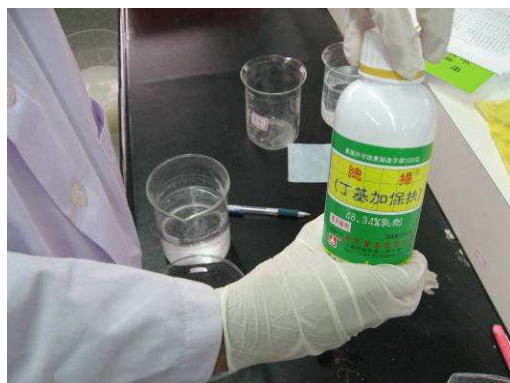
電光稻田



池上採集中



農藥行



稻用農藥(丁基加保伏 48.34%乳劑)



農藥配製



農藥廢液集中



半致死濃度實驗



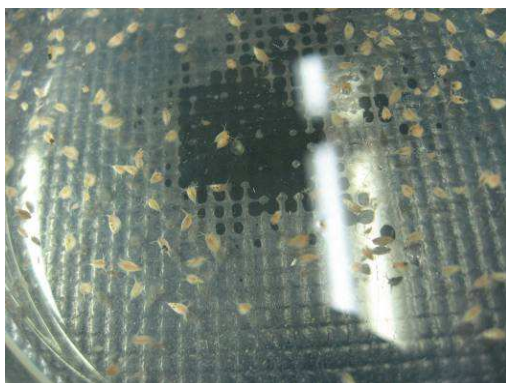
半致死濃度實驗



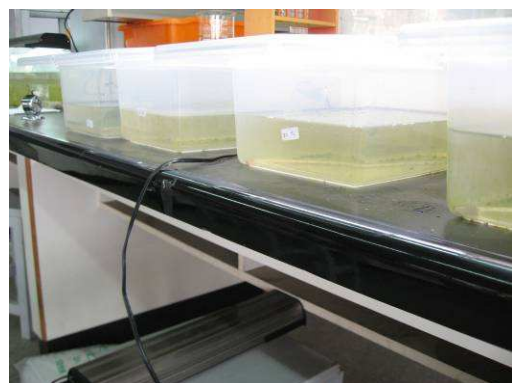
體長分類



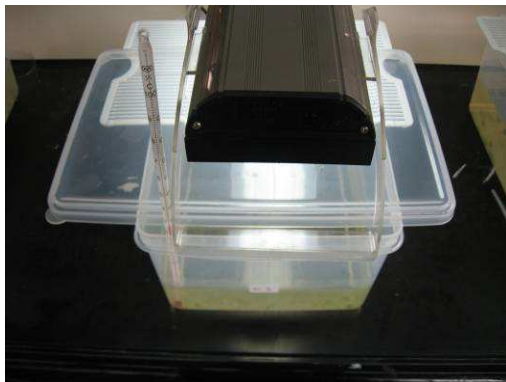
體長分類



分類後的擬同形蚤



飼養缸（未加燈）



飼養缸（加燈）



試管、燒杯組



日紀錄



顯微鏡刻度校正



水蚤生態瓶



採集水樣整理



擬同形蚤 1



擬同形蚤 2



擬同形蚤 3



混型低額蚤



混型低額蚤 2



混型低額蚤的卵



殼紋船形蚤



殼紋船形蚤 2



多刺裸腹蚤



多刺裸腹蚤 2

【評語】 040705

1. 動機為鄉里環境努力，從最易取得的材料出發，做出有系統具水準的結果呈現，值得讚許。
2. 對細部數據的再精進，需花更多的時間著墨，如帶卵致死百分比的有效數據，可再加強。
3. 能對地方提出具科學證據的建議，值得鼓勵。