

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 生物（生命科學）科

040701

米蚤懷卵的孵化機制及環境適應力

學校名稱：國立新港藝術高級中學

作者： 高一 張博涵	指導老師： 楊惠雯 張毓禎
---------------	---------------------

關鍵詞：卵、蛻皮

米蚤懷卵的孵化機制及環境適應力

摘 要

米蚤為淡水養殖業者餵養仔魚所使用的餌料之一，也是生物實驗重要的材料及環境指標生物。

米蚤是雌性為主的生物，14 天的生命週期中出現四種不同功能的受精卵、未受精的雄性卵、孤雌卵及無法孵化的無形卵。米蚤會避免近親交配。環境阻力增大時，孤雌生殖的雌米蚤會利用減數分裂產生卵粒。若有受精就會形成受精卵用以度過環境篩選。未受精則發育為雄性米蚤作為有性生殖及減緩族群總數之用。孤雌卵則用來增進族群總數並成為當時環境的優勢種。產完受精卵後再產生的無形卵並無法孵化但會加速水質惡化促進更多受精卵的形成。

米蚤的蛻皮不僅是成長需要外，不僅加大了卵囊的容積，也增加了孤雌卵數。經研究發現，可以用三種簡便方法取得大量受精卵。

關鍵詞：卵、蛻皮

壹、研究動機

米蚤是淡水養殖業者餵養仔魚所使用的餌料之一。使用米蚤當餌料餵食時，比較不會引起養殖水質的惡變。目前米蚤大量飼養的方式僅以無性繁殖方式進行。但是，無性生殖所產生的子代其遺傳變異少，一旦遭遇到水質變化，所有飼養的米蚤常會全軍覆沒。如何控制米蚤的有性世代，讓米蚤在運送上或培育上有較多適應機會，是本研究主要的動機。

貳、研究目的

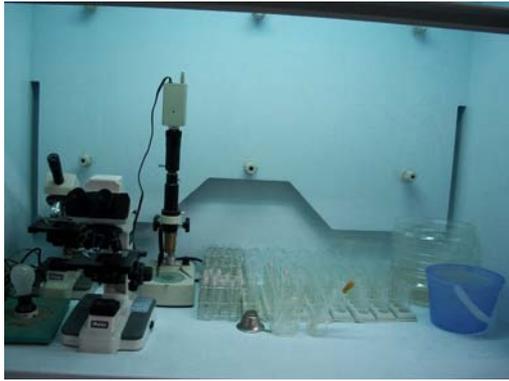
- 一、試管培育的米蚤適合數量
- 二、雌、雄米蚤成體外型上的差異性
- 三、米蚤的生殖與族群大小變化
- 四、米蚤的生命週期中出現的卵
- 五、蛻皮對米蚤的影響
- 六、雄性卵及受精卵出現的時機
- 七、米蚤受精卵的孵化處理及經濟效益

參、研究器材

米蚤、洗米水、試管、試管架、標籤紙、滴管、電腦、過濾網、CCD、標籤紙、數位相機、解剖顯微鏡、複式顯微鏡、Motic Images2.0 程式、TV Expert 程式、燈泡及燈泡座

肆、研究步驟

- 一、試管培育米蚤數量的測試
 - (一) 取 140 支 15cm 的試管，每 20 支為 1 組共分成 7 組，並標明編號。
 - (二) 依次於各組試管中放入米蚤 1.2.3.4.5.6.7 隻米蚤進行飼養(如照片 1.2)。
 - (三) 飼養過程試管中水量維持在 5ml，每 3 天更換養殖水 1 次，每天餵食洗米水 1 滴。
 - (四) 每 2 天記錄 1 次各組有米蚤死亡的試管數量，連續記錄 5 次。
- 二、米蚤的純種培養
 - (一) 取米蚤的受精卵待其孵化成幼米蚤後，先暫時混合培養，待米蚤開始抱卵時，再單隻純種培養。
 - (二) 每隔 2 天利用解剖顯微鏡搭配 CCD 拍攝照片，再利用 Motic Images2.0 程式測量體長及紀錄每次抱卵的數量(如照片 3.4)。
 - (三) 將每一代無性生殖所產生的子代〈F〉和親代〈P〉持續分離培養，觀察並記錄生長情形。比較雌、雄米蚤外觀構造的差異性及行為。
 - (四) 飼養方式如步驟一、(三)。
 - (五) 將所記錄的數據進行分析，並由紀錄中歸納出米蚤完整的生命週期。



照片 1：研究所用器材



照片 2：選取米蚤



照片 3：利用 Motic Images2.0 程式測量



照片 4：利用 Motic Images2.0 程式繪製的比例尺

三、同親源的同代培養

- (一) 將每個受精卵孵化後經純種培養的米蚤定為親代，將其行孤雌生殖的子代分離後再純種培養即為 F_1 ， F_1 子代行孤雌生殖的子代分離後再純種培養即為 F_2 ，依此方式處理培育 F_3 、 F_4 、 F_5 子代。
- (二) 由 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 中各取 3 隻為 1 組，放入試管中飼養，共取 20 組。
- (三) 紀錄無性生殖的抱卵數、出現雄性與產生受精卵的生殖次數和數量，數據則進行分析。
- (四) 飼養方式如步驟一、(三)。

四、不同親源的同代培養

- (一) 由三個不同受精卵孵化的親代所進行純種培養的 F_1 中，各取 1 隻子代放入試管中飼養，共取 20 組。
- (二) 取不同親源同一代的 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 子代進行培養，同步驟四、(一)，共取 20 組。
- (三) 由一開始就自然混養的米蚤族群中任取 3 隻為 1 組，共取 20 組，作為對照組。
- (四) 紀錄無性生殖的抱卵數、出現雄性與產生受精卵的生殖次數和數量，數據則進行分析。

(五)飼養方式如步驟一、(三)。

五、環境因子的刺激

(一)取自然混養的試管 10 支為 1 小組，5 小組為 1 大組，共分成 2 大組，並加以標記。

(二)其中 1 大組更換培養水的頻率為 1、2、3、4、5 天一次，飼養方式如步驟一、(三)。另 1 組則是並改變餵食頻率為 0.5、1、2、3、4 天餵食 1 次，每次餵食 1 滴洗米水，並以自然混養的米蚤為對照組。

(三)紀錄懷抱受精卵的天數及試管數量。

六、受精卵的孵化

(一) 取 50 顆受精卵為 1 組，依次分別以自然乾燥、冰箱冷藏、冰箱冷凍、維持濕潤不泡水處理一週後，分別放入裝有 30ml 池水的小燒杯中置於實驗桌上加蓋進行孵化實驗，每 3 天紀錄一次孵化的隻數。

(二) 統計 15 天各組孵化累計的總隻數並換算成孵化率。

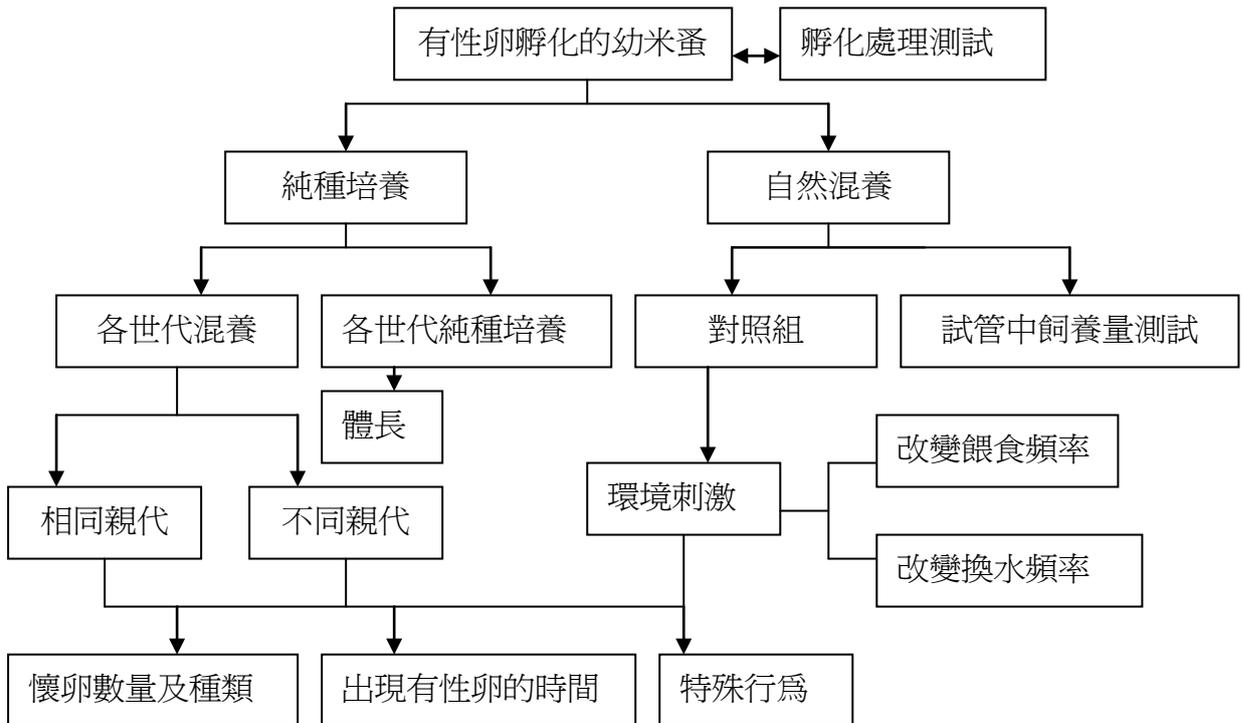


圖 1：研究步驟流程

伍、研究結果

一、米蚤的分類階層及基本構造

米蚤為水蚤屬 (*Daphnia sp.*) 的小動物，喜歡棲息在水質清澈且富有有機物的水域中，利用濾食方式來攝取水中的食物。軀幹部則由胸部與腹部合成，胸部具有胸肢，腹部有腹肢(如圖 2)。米蚤為較具耐寒性之淡水蚤，較其他水蚤適合於秋、冬季進行研究。

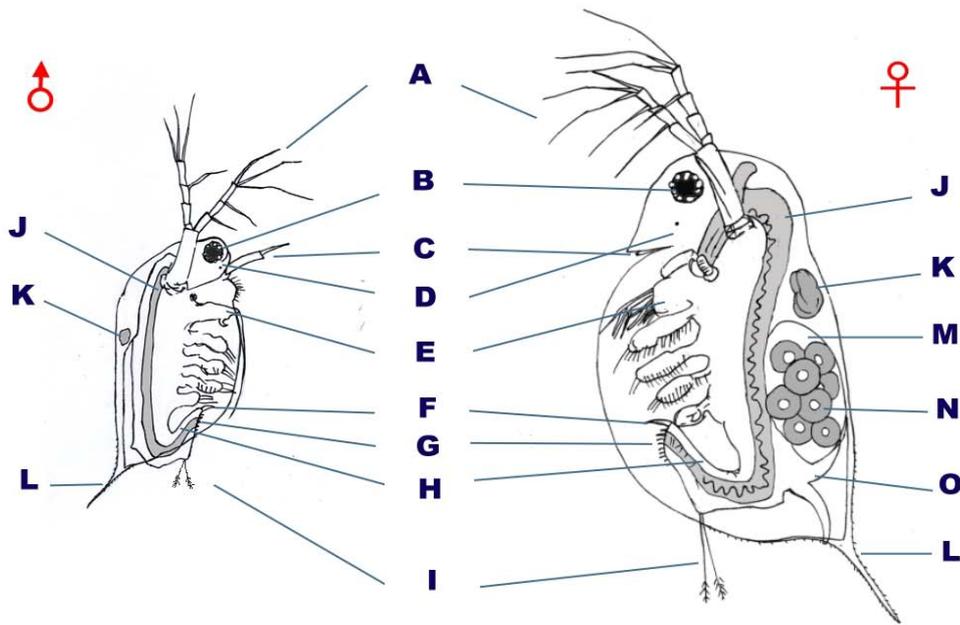


圖 2：雌雄米蚤的外觀構造；A：第二觸角 B：複眼 C：第一觸角 D：單眼 E：第一胸肢 F：尾爪 G：肛刺 H：後腹部 I：尾端剛毛 J：消化道 K：心臟 L：殼刺 M：卵囊 N：孤雌卵 O：腹突

二、雌、雄米蚤成體外觀上的差異性

米蚤可分成三種不同來源的個體：雄性米蚤(males)、受精卵發育的雌性米蚤(amictic females)及會產生雄性的雌性米蚤(mictic females)。兩種雌性米蚤外觀構造上並未有太大的差異，難以辨識，僅能由發育的來源加以區分。比較雌、雄米蚤其成體外觀上的差異其結果如表 1。

表 1：雌、雄米蚤其成體外觀上的差異性

差異項目	males	amictic 或 mictic females
個體大小	平均 0.68 mm (0.2~1.2 mm)	平均 1.4 mm (0.9~2.1 mm)
頭形	較平直	較圓弧
背部的卵囊	無	有
第一觸角	末端有棘且分節	末端有細毛無分節
第一胸肢	基部具有鈎狀結構用於交配	無鈎狀物

三、試管培養米蚤最適合的數量測試

飼養結果顯示以每支試管 3~5 隻米蚤存活率最高，單隻培養則有懷卵的成體較尚未成熟的幼體生存率高。飼養 6 隻以上米蚤的試管，其水質容易惡化發臭，也容易使試管壁著生水黴菌，導致整支管內的米蚤全部死亡(如圖 3)。

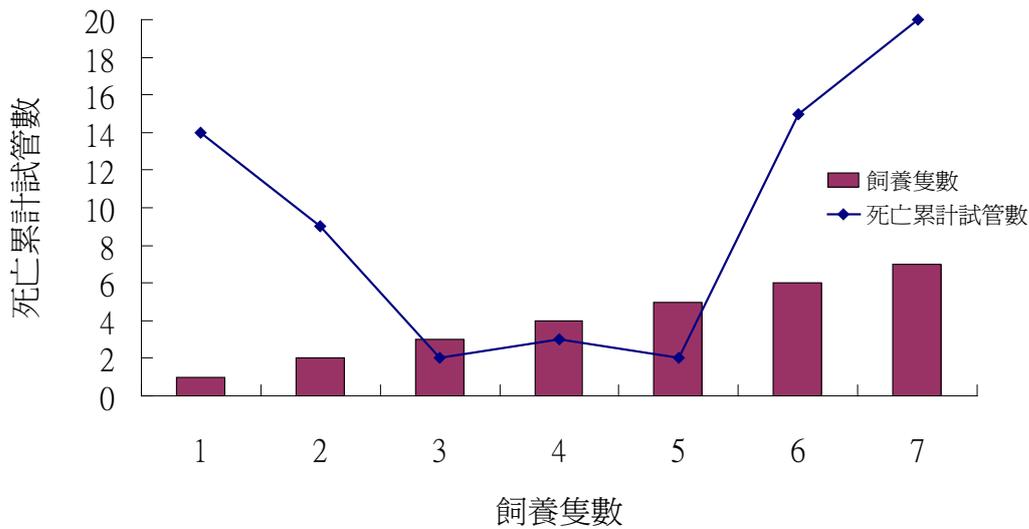


圖3：飼養米蚤隻數與有米蚤死亡累計試管數的關係

四、米蚤的生殖與族群大小

(一) 每天餵食 1 次，3 天就更換飼養水的米蚤，由圖 4 可知純種培養的米蚤因不斷的進行孤雌生殖，飼養 6-12 天時族群成長曲線中對數期上升相當迅速，族群數量暴增。自然混養組則因為第 8 天後陸續出現雄性米蚤，所形成的族群成長曲線就出現較明確的平衡期。第 1 次無性生殖所產生的子代數量平均為 11.2 隻；亦即每隻雌米蚤第一次無性生殖是以 2~4 隻為最普遍。隨著生殖的次數、無性生殖所產生的子代數量也會增加(如照片 5.6)，在生殖第 4 次以及第 5 次時均可達到 16 隻小米蚤。

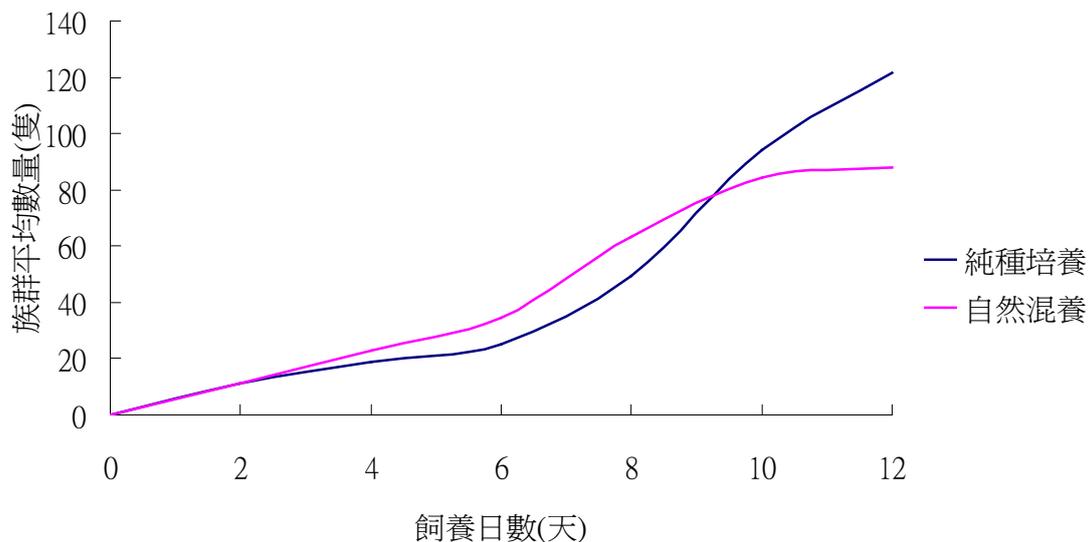


圖3：純種培養與自然混養累計生殖增加的個數



照片 5：米蚤第一次孤雌生殖的抱卵數 照片 6：米蚤第四次孤雌生殖的抱卵數

(二) 純種培養的米蚤其繁殖的數量幾乎呈現等比級數增加，直到雄性米蚤出現後族群數量的增加才逐漸緩和。

(三) 自然培養的米蚤剛開始時族群總數量也是成等比級數增加，開始出現懷有受精卵的雌性米蚤後，族群增加量便趨於緩和，甚至會因成體死亡而略為下降。

五、米蚤的生命週期

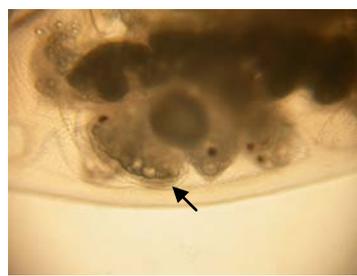
(一) 米蚤的生命週期中會出現四種不同的卵粒：有性生殖的受精卵、無性生殖的孤雌卵、減數分裂的未受精卵(雄性卵)及無法孵化的無形卵；四者間的差異性如表 2。其中受精卵和孤雌卵是米蚤用來繁殖下一代的主力(如照片 7~10)。

表 2：米蚤所產生的 4 種不同卵粒的比較

	受精卵	孤雌卵	未受精卵	無形卵
外型	豆莢形、2 顆 1 組	團狀、多顆聚集	團狀	葡萄狀
卵徑大小 (mm)	0.06~0.09	0.14~0.19	0.03~0.05	不一定
數量(顆)	4	2~16	4~8	2~8
特性	有卵鞍(ephippium) 、均孵化為雌性	均孵化為雌性、 卵胎生	孵出者均雄 性、卵胎生	不能孵化、最 多生殖 3 次



照片 7：4 顆受精卵



照片 8：孤雌卵即將在母體內孵化



照片 9：雄性卵夾雜在其他卵內



照片 10：排出體外的無形卵

(二) 綜合觀察結果米蚤的生殖週期整理如圖 5。

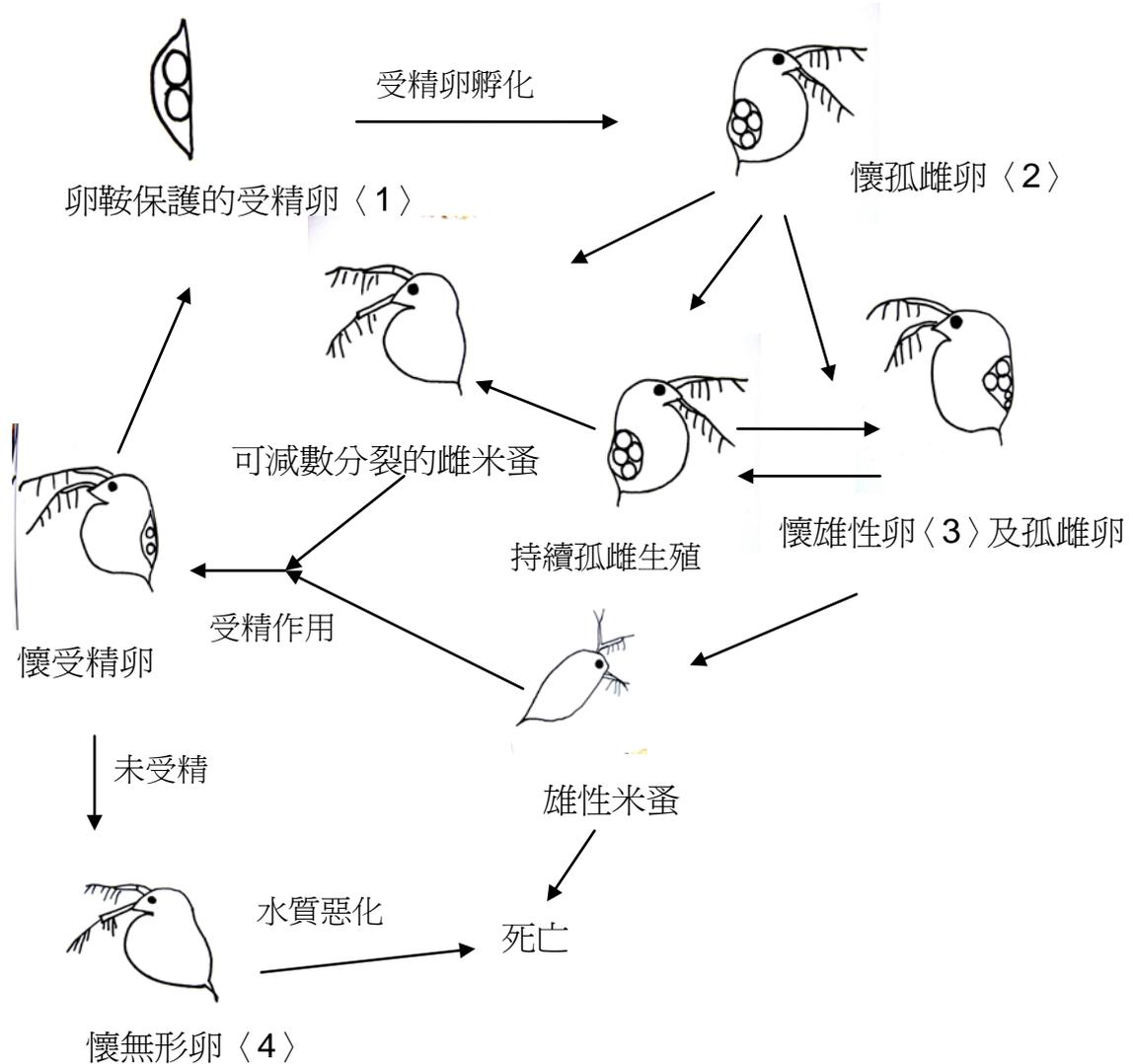


圖 5：米蚤生活週期中所出現的四種不同功能的卵

(三) 混養群在第 3 次繁殖出的子代中便會出現雄性；此時雌雄個數比例約 8.68 : 1，而懷受精卵與懷孤雌卵的雌性個體數比例達到 1 : 3.37。隨著受精卵的脫

落，雌性個體則會產生較多的雄性；第 5 次生殖出的子代中雌雄比例達到 2.06：1，懷受精卵與懷孤雌卵的雌性個體數比例達到 32.67：1 (如表 3)。所有培育的米蚤只要產過 3 次受精卵後便都會陸續死亡，雄性米蚤可以和不同的雌性米蚤交配，在無交配對象後雄性會很快就死亡。純種培養產生的雄性較不會和同親源的雌體交配，紀錄中只出現 3 隻懷有受精卵，產下的受精卵超過 2 個月尚未孵化(如照片 11~14)。

表 3：混養的子代各生殖次數所產生的雌雄米蚤

生殖次數	雄性米蚤隻數：雌性米蚤隻數	懷受精卵隻數：懷孤雌卵隻數
第 1 次	0	0
第 2 次	1：59	1：28.5
第 3 次	1：8.68	1：3.37
第 4 次	1：5.25	1：1.63
第 5 次	1：2.06	32.67：1



照片 11：雄性米蚤



照片 12：交配中的米蚤



照片 13：同親源交配的受精卵



照片 14：不同親源交配的受精卵

六、蛻皮對米蚤的意義

- (一) 米蚤的體長會隨著蛻皮的次數而長大，由各代所測量的無性生殖的的米蚤體長及體寬可分為 6 個區間(如圖)。隨著生殖次數的增加體型也會變大，尤其是生殖第 3 次後體型增大最多，第 5 次無性生殖後產卵數不再增加，蛻皮後體型也無太大改變。
- (二) 未受精卵孵化的雄性體型和其他同期出生的雌性米蚤並沒有太大差異，隨著蛻皮次數的增加，雄性成體的體型就較雌性成體小，由此可見雄性米蚤的蛻皮生長速率較雌性米蚤小(如照片 15~18)。
- (三) 受精卵包覆在卵鞍中，體積過大難以排出體外，必須藉助蛻皮過程才能脫離母體(如照片 19)。

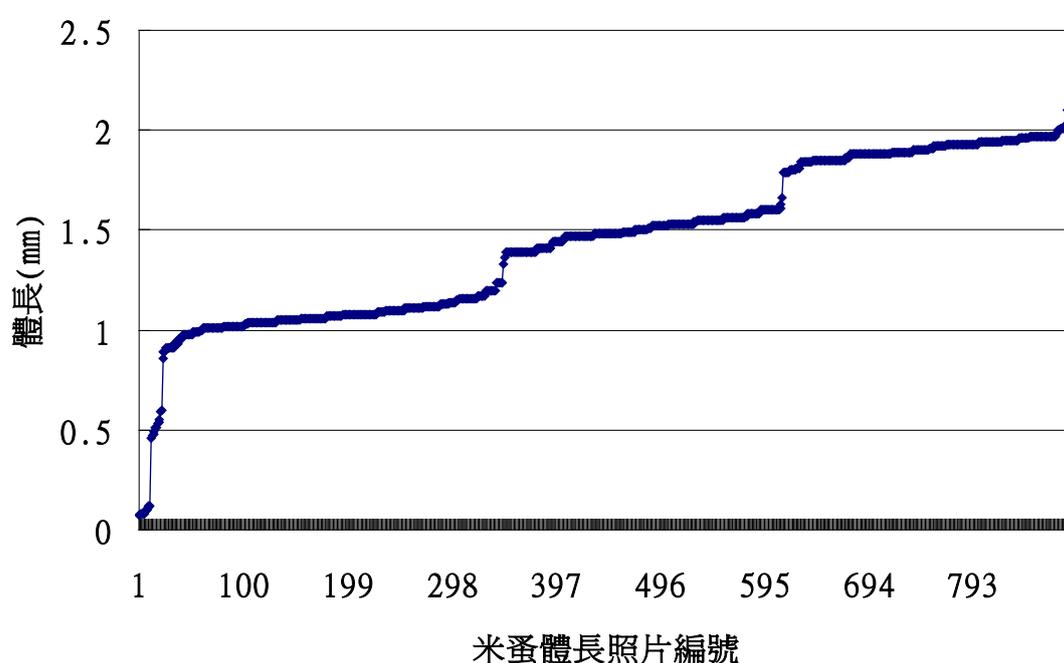


圖6：所有拍攝米蚤所測得的體長分布



照片 15：蛻皮後雄米蚤成體



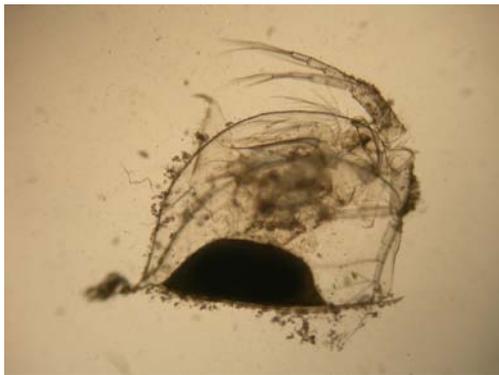
照片 16：蛻皮前雄米蚤



照片 17：蛻皮 1 次的雌米蚤



照片 18：蛻皮 4 次的成熟雌米蚤



照片 19：卵鞍隨同蛻皮脫落

七、雄性卵及受精卵出現的時機

(一) 親代純種培育的米蚤在生殖第 4 次後會出現雄性米蚤，生殖第 5 次時產生的雄性米蚤數量達到最高(如圖 7)，但是，雖有雄性出現結果並未如預期一般，產大量的受精卵，20 支試管中僅 3 隻米蚤懷有受精卵，其餘米蚤都未懷有受精卵。

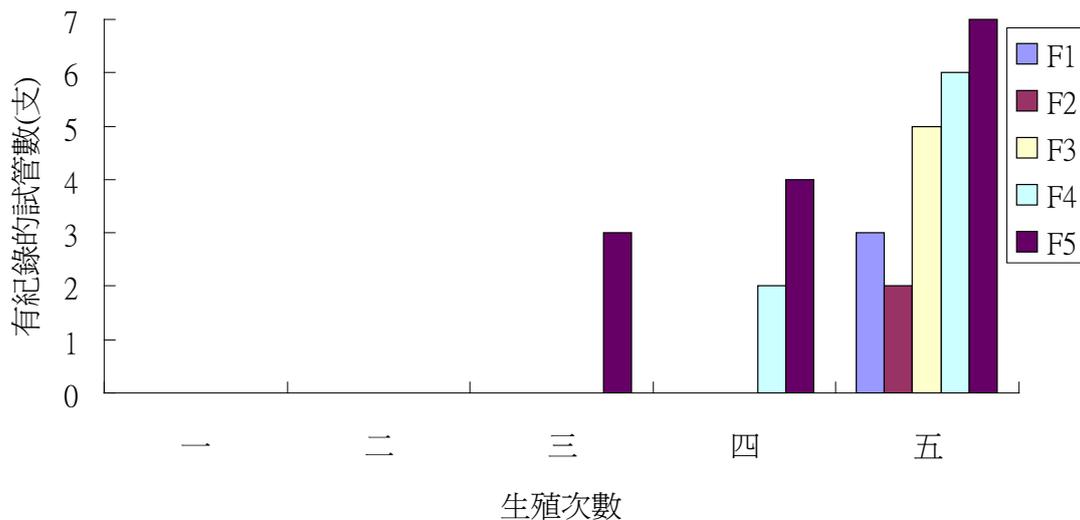


圖7：同親源同代培養的米蚤產生受精卵或雄蟲時的生產次數比較

(二) 混合培養的米蚤族群中只要有雄性出現便會一直找尋未懷卵或剛完成有性生殖的雌體交配，直到試管中飼養的雌性米蚤均懷受精卵後，雄性米蚤便會死亡。產完受精卵的米蚤，仍可以再交配而再懷受精卵。曾受精過的雌體若無法再受精，其所再產生的卵粒就無法形成孤雌卵而是成為無法孵化的無形卵，這些被排出的無形卵若不立即由試管中排除，則試管中的水質會迅速惡化並產生臭味，導致所有米蚤死亡(如圖 8)。

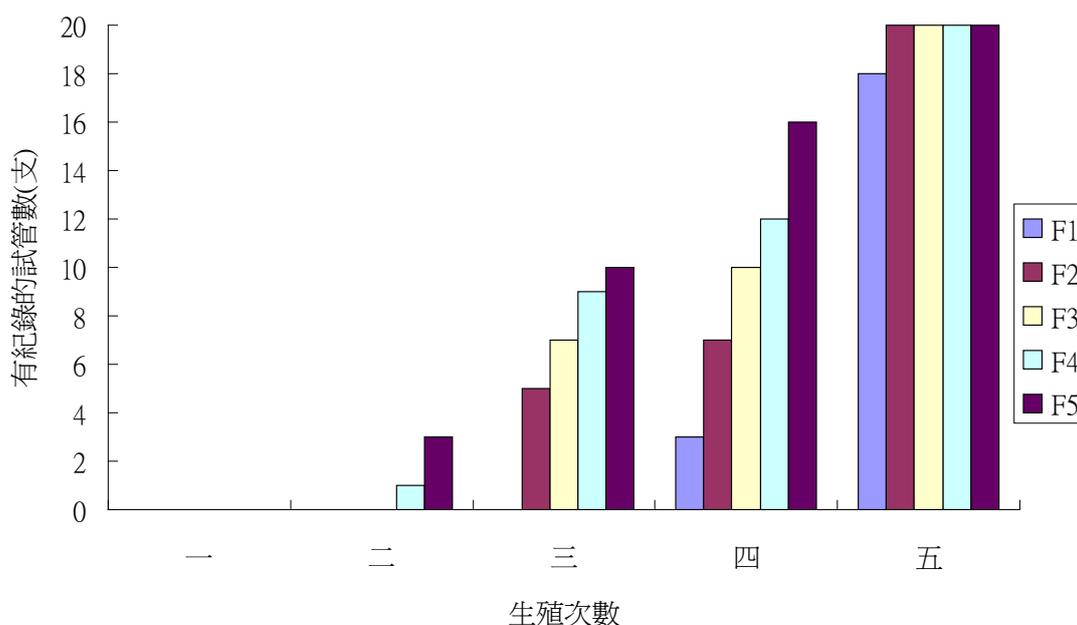


圖8：不同親源同代培養的米蚤產生受精卵或雄蟲時的生產次數比較

八、環境刺激對受精卵產生的影響

(一) 控制不同換水頻率，每天換水的世代其活動力十分旺盛，經 12 天的飼養才陸續出現懷受精卵的米蚤，15 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。5 天才換一次水，各試管中培養的水蚤容易死亡不易控制，所以後來就不採計。2 天換一次水則在第 9 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 11 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。3 天換一次水則在第 8 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 9 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。4 天換一次水則在第 7 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 9 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。換水所達到產生受精卵的效果以 4 天 > 3 天 > 2 天 > 1 天(如圖 9)。

(二) 改變餵食頻率對米蚤懷受精卵的影響，由紀錄的結果中發現 0.5 天餵食一次在第 6 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 7 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。4 天餵食一次在第 7 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 9 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。1 天餵食一次在第 8 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 10 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。2 和 3 天餵食一次都在第 8 天陸續出現懷受精卵的米蚤，第 10 天懷受精卵的米蚤試管數才超過 50%。利用改變餵食頻率達到產生受精卵的效果則以 0.5 天 > 4 天 > 3 天 = 2 天 > 1 天

(如圖 10)。

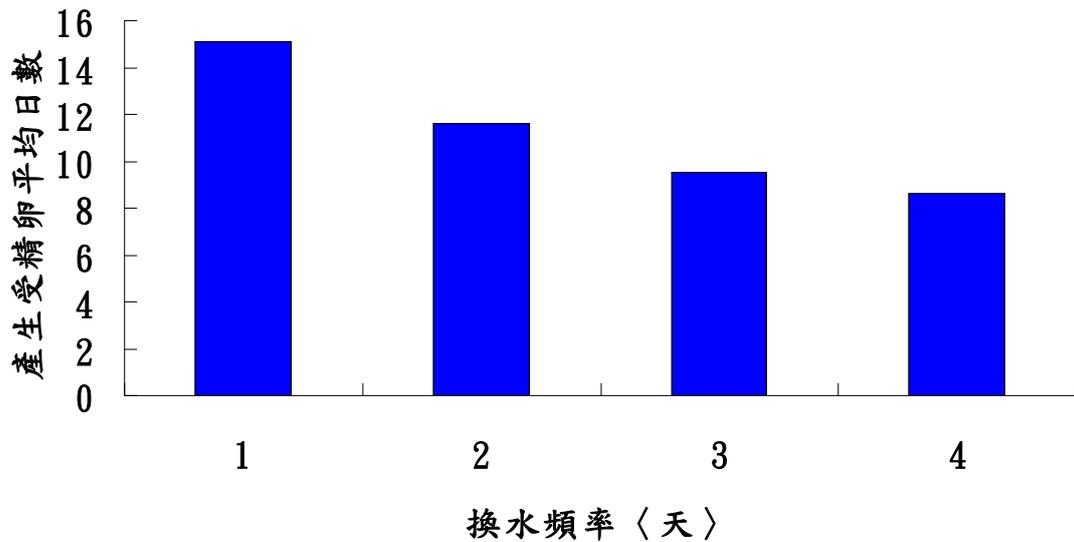


圖9：不同換水頻率試管中產生受精卵的平均日數

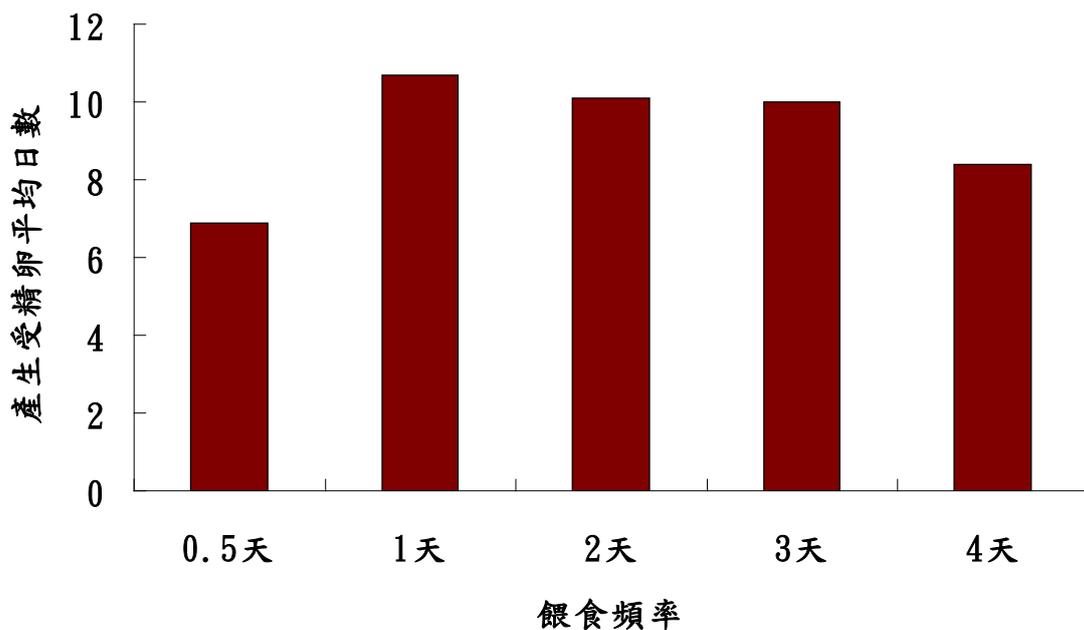


圖10：改變餵食頻率試管中出現受精卵的平均日數

九、米蚤受精卵的孵化處理

- (一) 依據文獻資料水生生物餌料的處理，通常以一週為時間單位。研究中所測得米蚤的受精卵經過處理後再行孵化的研究結果顯示，受精卵若未處理直接沉積於試管底部，孵化率不高；10天只達36%，最高孵化率為54%。
- (二) 將受精卵由池水中撈出後處理；維持濕潤不泡水的狀態下9天後累計孵化率可以達76%，最高達86%。自然乾燥處理後孵化的第9累計天孵化率就可以

達到 86%，最高達 94%。冰箱冷凍處理後的受精卵放入池水中會有水化的現象，而且容易造成水質惡化累計，孵化率僅在 8% 內，為不適合的處理方式。冰箱冷藏處理後，孵化 7 天其累計孵化率就可達 82%，最高達 90%。

(三) 米蚤受精卵的各種孵化處理其 15 天內累計的最高孵化率為自然乾燥 > 冰箱冷藏 > 維持濕潤不泡水 > 對照組 > 冰箱冷凍處理(如圖 11)。

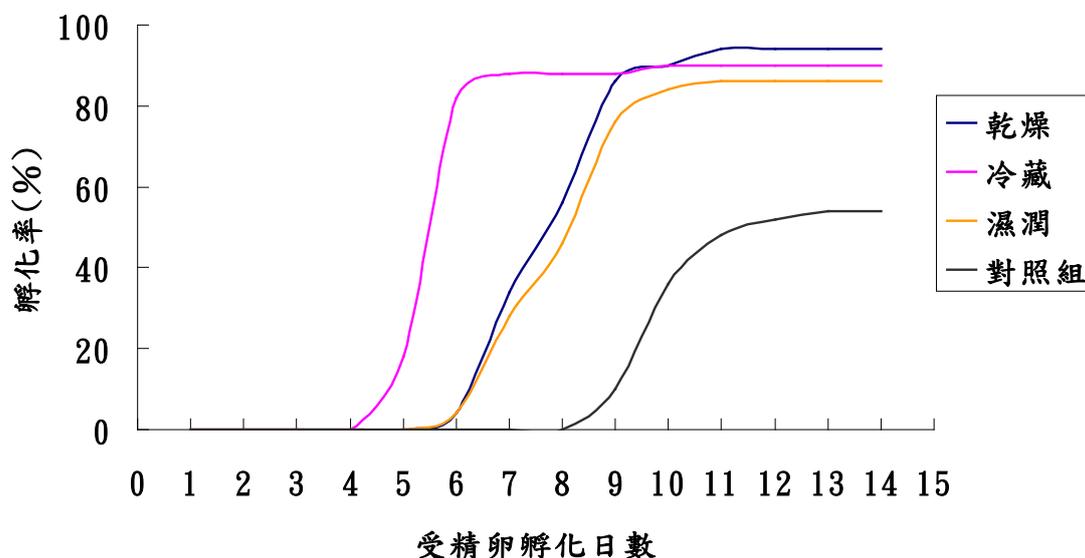


圖 11：受精卵經不同刺激方式所累計的孵化率

陸、討論

- 一、米蚤是水蚤屬中的成員，由於雄性米蚤體型小，又必須在運動狀態中完成體內受精，長期演化的結果，其第一胸肢基部具有鈎狀結構用於交配時將雌性米蚤迅速捉住，再將精子送入雌體體內，此種受精模式與陸生昆蟲較接近，和水生的甲殼綱動物則略有不同。
- 二、所飼養的雌性米蚤其體型不易以肉眼分辨出差異，只能靠卵鞍的有無來分辨兩種雌蚤。在環境阻力變大及生殖次數超過 3 次的母體逐漸老化時，孤雌生殖所產生的雌蚤就會進行減數分裂產生雄性卵。雄米蚤在顯微鏡下明顯與雌米蚤不同，其體型小無卵囊，具有可運動的第一觸角，一般認為水蚤的第一觸角可在交配時用來抓住雌蚤，不過觀察結果中發現雄米蚤在交配時除了用第一觸角夾住雌米蚤外，還用第一胸肢具鈎狀的抱握構造鈎住雌米蚤。
- 三、由於所培養的米蚤生命週期很短，在適合的環境中且有固定的食物來源和分散試管中族群數量及定時更換養殖水處理下，純種培養的米蚤可以不斷的進行孤雌生殖，所以族群成長曲線中對數期上升相當迅速，族群數量暴增，難以找到明確的平衡期和減數期。
- 四、受精卵是為了度過惡劣環境，因此其保護較孤雌卵來的周密，其外圍有卵鞍保護，每個卵鞍僅容 2 顆卵，米蚤每次只能懷有 2 個卵鞍，也就是 4 顆受精卵，恰好與減數分裂所產生的子細胞數相同。當自然混養的族群中出現雄

米蚤和懷受精卵的雌體後，因為所懷的受精卵數較孤雌卵少，所需孵化時間也較長，產過受精卵的雌體就不再進行孤雌生殖，促使族群數量增加的速率趨於緩和甚至於下降，如此策略有利於減緩彼此間的生存競爭，度過逐漸變化的環境。

- 五、自然混養的米蚤中較容易有雌、雄個體存在，而雌性個體中又會同時混雜懷有受精卵或孤雌卵的個體存在，不像純種培養的米蚤，雖然出現雄性米蚤但並未出現大量懷有受精卵的雌體，足可證明米蚤的有性生殖也會避免近親遺傳物質的結合。
- 六、受精卵發育的雌體在第三次蛻皮之後，便開始具有生殖能力，所產生的孤雌卵會在卵囊中直接發育為幼米蚤，幼米蚤經由腹突與殼部末端間產出，隨後便再一次蛻皮，蛻皮後體形會變大，所懷的孤雌卵數量也變多。雌米蚤若是懷有受精卵後，蛻皮就是為了將卵鞍產出，此時軀體就未再長大。
- 七、根據文獻記載，受精卵是為能夠度過惡劣環境，並透過基因重組有利環境篩選。營養源及環境中排泄物濃度均會影響到個體的生存，由於米蚤的飼養是採用外加洗米水作為營養源，未食用完而沉澱的養分及成長迅速所排出的代謝物量會雙重對生存環境的影響，4天換水一次累積的排泄物量會比較多，水質汙染對米蚤忍受的能力接近臨界，對米蚤飼養的實驗控制難度太高。至於改變餵食頻率的研究，餵食過多的食物所造成的殘留量會較營養源不足時來的大，因此試管中所飼養的米蚤會因環境逐漸改變的刺激提早形成受精卵，以便度過則將到臨的環境變化。
- 八、當受精卵經不同處理方式的刺激，其孵化率也會有所不同，其中經冷凍處理過的受精卵，由於細胞中有液態構造會因結凍再解凍導致卵內構造的破壞，所以孵化能力因此變低。冷藏、乾燥及濕潤處理都必須讓受精卵離開原生環境，這些因子也是自然環境中米蚤可能遭遇的刺激，對照組將受精卵保留在原試管內孵化率較冷藏、乾燥及濕潤處理低，孵化所需時間也較長，證明米蚤是利用受精卵來接受環境篩選。
- 九、由於米蚤是水生動物重要的餌料，為了方便運送及容易保存只要先將米蚤進行各代的純種培養，若要一定規格大小的活米蚤時，就可以選擇適合規格的子代然後放入雄性米蚤，讓所有雌性米蚤均懷受精卵後，體型就不會再增長。若是需要容易孵化的罐裝卵，可以用三種簡便方法取得大量受精卵；其一是在純種培養的米蚤中放入不同親源的雄性米蚤。第二種方法是將不同親源、純種培養而且已經至少生過三次孤雌卵的米蚤混養，可以很快產生雄性米蚤，進行不同親源的受精作用。第三種方法則是混養的米蚤族群增加食物量並延長換水時間，但是此種方法需先行測試過才能運用。當所培育的米蚤都懷有受精卵時，讓水質惡變所有水早就會死亡或蛻皮，受精卵就會隨同卵鞍沉入容器底部，將卵鞍由水中篩選出來後，立即自然乾燥再裝罐冷藏，就可確保受精卵的孵化率和一致性。

柒、結論

「生物自己會找尋出路」；經多變的環境所產生的天擇會讓生物演化出不同的適應模式。米蚤利用生命週期很短、族群的生物潛能大及多變化的生殖方式成爲節肢動物門中適應環境能力的翹楚。

- 一、 雄性米蚤及有性生殖的雌米蚤並不是隨時都會出現，只有在環境阻力增大時才會由孤雌生殖的雌米蚤經減數分裂所產生。所以雄米蚤的體型小只負責提供精子，當雌性米蚤均受精後，雄性米蚤就會功成身退，降低環境中同種間的生存競爭。
- 二、 米蚤的生活史中會產生 4 種不同類型的卵；減數分裂產生的卵可以形成受精卵用以度過天擇、未受精時便發育爲雄性米蚤作爲有性生殖及減緩族群總數之用、細胞分裂產生的孤雌卵就用來增進族群總數並成爲當時環境的優勢種、產完受精卵後再經細胞分裂產生的無形卵會加速水質惡化但可以促進更多雌性形成受精卵。
- 四、 近親婚配容易導致族群的衰弱，甚至易被淘汰，純種培養的米蚤因爲都來自相同的基因種源，母體雖因老化產生減數分裂的雄性米蚤，只有少數的雌性米蚤會近親交配產生受精卵，大多數的米蚤還是持續進行孤雌生殖並未產生受精卵。
- 五、 米蚤的蛻皮作用除了可以使軀體長大之外，也可讓卵囊加大以利孤雌卵數的增加，更方便卵胎生孵化的小米蚤脫離母體，也可以讓受精卵隨著卵鞍排入環境中。
- 六、 控制純種培養的米蚤其孤雌生殖的次數、不同親源米蚤的混養、食物的餵食量、換水的時間及置入雄性米蚤等方式，均可以獲得高經濟價值的受精卵。利用自然乾燥及裝罐冷藏的方式可以確保受精卵的孵化率，而且方便運送。

捌、參考資料

- 涂元賢。水中像跳蚤般運動的小動物/水蚤-枝角甲殼動物。新竹師院生物多樣性研究室。http://www.nhcue.edu.tw (2009.11.2)。
- 陳明耀。1997。生物餌料培養。水產出版社：台北市。
- 堵南山。2000。中國淡水枝角類概論。水產出版社：台北市。
- 梁象秋、方紀祖、楊和荃。1998。水生生物學。水產出版社：台北市。
- Sylvia S. Mader 著、鍾楊聰總編校。2004。生物學/探索生命。偉明圖書有限公司：台北。

【評語】 040701

- 1.懷無形卵是實驗特質應先報告。
- 2.米蚤應用於實際養殖池遺傳變異性提高、量產狀況皆應考量。
- 3.應思考維持大量生產的分子機制，永續發展。