

國立台灣大學生命科學院漁業科學研究所

碩士論文

Institute of Fisheries Science

College of Life Science

National Taiwan University

Master Thesis

不同餌料、投餌策略及光照

對長戟米蝦 (*Caridina gracilirostris*) 蝦苗存活與發育
之影響及淡水馴化時機之探討

The Effects of Diet, Feeding Strategy, and Light
on the Survival and Development of Red Front Shrimp
(*Caridina gracilirostris*), and the Timing of Freshwater
Acclimation



胡邵鈞

Shao-Chun Hu

指導教授：陳弘成 博士

Advisor: Hon-Cheng Chen, Ph.D.

中華民國 98 年 7 月

July, 2009

誌謝

本篇論文能夠完成，首先要感謝我的指導老師陳弘成教授。我在大學時期曾修習陳老師開的課，並因而對水生生物產生興趣，進研究所之後，老師又給予很大的空間讓我們依個人興趣發揮，訓練我獨立思考及解決問題的能力，並在我遭遇困難與迷惘時提供建議，此外也很關心我的生活狀況。老師專業的知識及豐富的經驗，使我受益良多，在此獻上誠摯的敬意與謝意。

此外，感謝丁雲源教授、廖文亮教授、黃大駿學長與吳瑞栢學長於百忙中抽空審核論文，並對於內容需要改進的地方給予重要的建議，讓本篇論文更趨完善。

我也要感謝實驗室的高事宜、雅琪、楷翔、老王、倫鋼、尚健、魏哲文、大郎等學長姐們的幫助，使我更快熟悉實驗室的環境，並幫忙解答我的疑問。感謝政翰學長提供實驗相關的資料，並對實驗給予建議。感謝圓圓及弘文同學，在實驗上相互激勵、學習與討論，為我不熟悉的領域提供意見，讓我及早抓住實驗的方向，在論文的完成上提供了莫大的助力。

最後感謝我的父母及家人們無私的付出與鼓勵，持續在生活上給予叮嚀，讓我能夠順利完成學業。

謹將此論文獻給我最親愛的家人及協助與關心我的師長朋友們。

摘要

近年來，水族市場對於觀賞蝦的種類及數量需求都提高，長戟米蝦 (*Caridina gracilirostris*) 因為其獨特的外觀，適合發展為淡水觀賞蝦種。但其蝦苗有迴游的特性，人工繁殖的難度較高，市面上販賣來源多為野外捕撈，囿於產量及價格因素而難以普及，且造成野外族群的捕撈壓力。本篇實驗目的為探討不同餌料、投餌密度、延遲投餌、光照強度以及淡水馴化時機等對長戟米蝦蝦苗存活及發育之影響，以作為建立人工繁殖標準程序的參考。結果顯示，以周氏扁藻投餌的蝦苗存活率及發育成後期幼苗 (PL, Post larva) 的比例 ($75 \pm 11.2\%$; $62.5 \pm 13\%$)，優於投餌綜合藻類 ($53 \pm 8.3\%$; $37.5 \pm 17.9\%$) 及牟氏角毛藻 ($15 \pm 8.7\%$; $12.5 \pm 8.3\%$)，而以輪蟲投餌及不投餌的蝦苗則於孵化後12 天內死亡；高密度 (20000~40000 cells/ml) 的周氏扁藻投餌效果優於低密度 (2500~10000 cells/ml) 的投餌效果，其蝦苗存活率及發育為PL的比例可達九成以上 (90~95%)，而投餌密度40000 cells/ml可縮短蝦苗發育的時間；延遲一天投餌及延遲兩天投餌，在蝦苗存活率及發育成PL的比例都與立即投餌者無顯著差異，延遲三天投餌則會使蝦苗存活率及發育成PL的比例下降；在黑暗的環境下，蝦苗變為PL的比例 ($72.5 \pm 4.3\%$) 高於弱光照 ($45 \pm 5.0\%$) 及強光照 ($42.5 \pm 4.3\%$)，且強光照的環境會降低蝦苗的存活率；在蝦苗發育成PL後九天內，於各時間點進行淡水馴化，不會造成存活率上的差異，但於第六天進行淡水馴化，則有最好的成長率 (2.19 ± 0.32 mm/day)。

關鍵詞：長戟米蝦、蝦苗培育、餌料、光照強度、淡水馴化

Abstract

Recently, the demand for ornamental shrimp has risen. Red front shrimp is great for being ornamental shrimp due to its special appearance. Larvae culture of red front shrimp is difficult, because the larva needs to develop in brackish water. Wild captured red front shrimp is the main source on the market. The price and quantity vary widely. To develop culture protocol for the larvae, the effects of diets, feeding strategy, light intensity and the timing of freshwater acclimation were evaluated. Larvae fed with *Tetraselmis chui* showed the highest survival rate ($75 \pm 11.2\%$) and percentage of larvae developed into postlarva ($62.5 \pm 13\%$), being significantly higher than those fed with mixed algae ($53 \pm 8.3\%$; $37.5 \pm 17.9\%$) and *Chaetoceros muelleri* ($15 \pm 8.7\%$; $12.5 \pm 8.3\%$). Non-feeding larvae and larvae fed with *Brachionus sp.* died within 12 days post hatch. Feeding with high density (20000-40000 cells/ml) of *Tetraselmis chui* raised the survival rate and the percentage of larvae developed into postlarva to over 90%. Feeding with 40000 cells/ml of *Tetraselmis chui* shortened the time for developing into postlarva. Larvae starved for one and two days did not show significant difference in survival rate and percentage of larvae developed into postlarva, compared to those fed immediately after hatching. Those starved for three days had both lower survival rate and percentage of larvae developed into postlarva, compared to those fed immediately after hatching. Higher percentage of larvae developed into postlarva raised in dark ($72.5 \pm 4.3\%$) than those raised in weak light intensity ($45 \pm 5.0\%$) and strong light intensity ($42.5 \pm 4.3\%$). Strong light intensity decreased survival rate. Larva acclimated into freshwater within 9 days after development into postlarva, showed no difference in survival rate. But those acclimated at 6th day after development into postlarva had highest growth rate (2.19 ± 0.32 mm/day).

Key words: Red front shrimp, larvae culture, diet, light intensity, freshwater acclimation

目錄

	頁次
誌謝.....	I
中文摘要.....	II
英文摘要.....	III
目錄.....	IV
壹、前言	1
一、觀賞蝦市場現況.....	1
二、長戟米蝦.....	2
三、餌料生物.....	2
四、餌料密度.....	3
五、延遲投餌.....	3
六、光照強度.....	4
七、淡水馴化.....	4
貳、研究目的	5
參、材料與方法	6
一、試驗生物.....	6
二、餌料生物.....	6
三、試驗用水.....	7
四、試驗方法.....	7
五、採樣方式.....	9
六、統計分析.....	10
肆、實驗結果	11
一、蝦苗發育各期之形態特徵.....	11



二、不同餌料試驗.....	12
三、投餌密度試驗.....	12
四、延遲投餌試驗.....	13
五、光照強度試驗.....	13
六、淡水馴化試驗.....	14
伍、討論.....	15
一、不同餌料試驗.....	15
二、投餌密度試驗.....	16
三、延遲投餌試驗.....	18
四、光照強度試驗.....	19
五、淡水馴化試驗.....	21
六、培育流程.....	22
陸、結論.....	23
參考文獻.....	24
表.....	32
圖.....	35



壹、前言

一、觀賞蝦市場現況

近幾年來水族市場的興起，對於觀賞蝦的需求也大增，過去不常見的一些蝦種，相繼被開發作為觀賞蝦販售，其中大部分的海水及迴游型淡水觀賞蝦種，因為人工繁殖技術尚未發展完成，來源多為野外補撈，除了供應有季節及數量的限制，造成價格較高而無法普及之外，更重要的問題是對野生族群及環境因捕撈而產生的壓力(Calado et al., 2003; Calado, 2006)。人工繁殖技術的開發，是提供穩定而充足的來源，並減少對環境傷害的解決之道，因此許多相關的研究也就順應而生，其中因為海水蝦外觀較為鮮艷，數量少而價格高，再加上海水觀賞蝦的棲地主要集中在珊瑚礁地區，捕撈對環境產生的破壞較大，因此人工繁殖技術的研究以海水觀賞蝦居多(Cunha et al., 2008)，然而對台灣的水族市場而言，養海水缸的花費及難度較高，限制了海水觀賞蝦市場的發展，相較而言，淡水觀賞蝦的價格低，且飼養容易，在過去，淡水觀賞蝦種類很少，主要以黑殼蝦為主，因為外觀不起眼且價格低廉，在魚缸當中通常只是配角，甚至是做為餌料用途，不過近幾年來，飼養水草缸的人逐漸增加，有些水草缸會放入蝦子作為點綴及除藻的用途，再加上前陣子水晶蝦的流行，人們更容易接觸與了解觀賞蝦的資訊，對於淡水觀賞蝦的種類及數量需求都提高，因此帶動了淡水觀賞蝦的市場發展。一般市面上常見的淡水觀賞蝦多為陸封型的蝦種，其蝦苗可以直接在淡水中培育，繁殖難度不高，價格及供應量都很穩定，而迴游型的蝦種如長戟米蝦、大河米蝦及額齒米蝦，因為蝦苗需要在有鹽度的水中發育，繁殖難度較高，市場價格及供應量較不穩定，為彌補野外來源的不足，相關繁殖技術的開發有其必要性。

二、長戟米蝦

長戟米蝦(*Caridina gracilirostris*, De Man, 1892)在台灣的台北、宜蘭及恆春半島均有發現，棲息地為河川下游或河口，可在低鹽度的水域生存(林, 2007)。成蝦體長約 2.5~4 cm，適合溫度 20~28°C 及 pH 6.5~7.5 的水域中，食性主要為雜食性，會刮食藻類並撿食底部碎屑，除藻能力強，沒有殘食的特性，有在水中前傾緩慢游動的有趣行為，在加上外觀特殊且飼養容易，很適合做為淡水觀賞蝦種。

長戟米蝦有洄游的特性，蝦苗必須在有鹽度的水中發育，但目前沒有報告指出，抱卵的母蝦是否會移至海中產卵(降海洄游)，或是由水流將蝦苗飄送至海中(兩側洄游)。因人工培育的難度較高，市面上並無商業化的人工繁殖，來源多為野外捕撈，零售價格約 50~100 元/隻。母蝦一次抱卵可產生 100-700 隻蝦苗，其數量與母蝦的體型成正比(Thomas and Lin 2006)，實驗室飼養的個體，孵化後三個月，體長約 2 cm，可觀察到抱卵的情形，目前沒有詳細描述長戟蝦苗發育的報告，但 Thomas and Lin (2006)認為長戟蝦苗的發育階段吻合於 Pillai (1975)對 *Caridina pseudogracilirostris* 發育的描述。

與長戟米蝦相關的研究並不多，其中 Thomas and Lin (2006)對其蝦苗的培育鹽度、溫度、蓄養密度及餌料做過初步的研究。因此本研究進一步探討不同餌料、餌料密度、延遲投餌、光照強度及淡水馴化時機對其之影響，期望能提供繁殖此蝦之基本技術。

三、餌料生物

餌料是影響蝦苗存活及發育的重要因子，不同種類的蝦苗依體型、攝食方式及營養需求，會有各自適合的餌料，給予適當的餌料可

以增加蝦苗的存活率並縮短發育的時間(Rhyne and Lin, 2004; Calado et al., 2005b)，因此，找出適合的餌料是蝦苗培育能否成功的關鍵。微藻、輪蟲及豐年蝦皆為魚蝦幼苗培育常用的餌料生物，一般來說，海水觀賞蝦如 *Lysmata* 屬的蝦苗培育是以投餵豐年蝦為主，微藻為輔(Le Vay et al., 2001)。目前淡水觀賞蝦如匙指蝦科(*Atyidae*)的蝦苗培育，則是以投餵微藻為主(Jalihal et al., 1994)，其中又以周氏扁藻、牟氏角毛藻、骨藻、等鞭金藻及擬球藻，為淡水蝦苗培育常用的藻類(蘇, 1999)。在 Thomas and Lin(2006)的實驗中，除了使用牟氏角毛藻、擬球藻外，作者並未探討單一餌料的投餵效果。

四、餌料密度

除了餌料種類之外，餌料的密度也是需要考量的因素。餌料密度過高會增加成本，餌料密度過低則蝦苗會延遲發育，先將能量用在維持生存而非發育上(Anger, 2001)，另外，有研究指出，投餵高密度的藻類，可能可以提供蝦苗在視覺上較不緊迫的環境(Lober and Zeng, 2009)，但亦有資料指出，若是投餵過高密度的輪蟲或豐年蝦，反而會使得幼苗的存活率下降(Baylon, 2009; 城和蔡, 2005)。

五、延遲投餌

一般認為甲殼類的幼苗剛孵化後不需要立即投餵，能靠消耗卵黃剩餘的能量生存(Cunha et al., 2008)，此狀態稱為 *lecithotrophy*，被認為是對無法預測環境中食物是否充足的一種適應(Anger, 2001; Calcagno et al., 2003)，但也有實驗指出有些蝦苗剛孵化後雖然能夠在不投餵的情況下發育到下一階段，但是飢餓會使蝦苗的存活下降及發

育速度減慢(Simoes et al., 2002; Calado et al. 2005a,b)，故了解不同時間延遲投餌對於蝦苗的影響，可以幫助建立蝦苗培育的標準程序(Paschke et al., 2004)。

六、光照強度

光線對甲殼類幼苗的影響，會隨物種的不同而有差異，Lin 與 Omori (1993)發現 *Macrobrachium rosenbergii* 蝦苗的攝食率，會隨光照的增強而降低，Minagawa (1994)的資料則顯示 *Ranina ranina* 蝦苗在黑暗中的攝食率低於持續光照的環境，而 Harvey 及 Epifanio(1997)的實驗中，不同光照的處理並不影響 *Panopeus herbst* 蝦苗的攝食率，目前並無文獻記載光線對於長戟米蝦蝦苗的影響。

七、淡水馴化

根據 Thomas and Lin (2006)的實驗，長戟米蝦蝦苗在孵化後 66 天以前，皆無法在淡水馴化後 48 小時內存活，而孵化後 69 到 105 天進行淡水馴化，蝦苗皆能存活至少 48 小時，但作者並未探討淡化時機對成長率的影響。

貳、研究目的

為了增加商業化繁殖觀賞蝦的可行性，必須要提高蝦苗的存活率及縮短培育時間，使培育的成本必須能夠與野外捕撈的價格作競爭，因此找出適合的培育方式是其中的關鍵(Rhyne and Lin, 2004; Calado et al., 2005a; Cunha et al., 2008)，不適合的培育方式可能會使蝦苗存活率下降、生長及發育遲緩，而增加培育的時間跟成本，本實驗主要的目的為探討投餵不同的餌料生物、投餵的密度、延遲投餌及光照強度，對長戟蝦初期蝦苗成長及發育的影響，以及後期幼苗進行淡水馴化的時機對成長的影響，藉以建立長戟米蝦蝦苗培育的標準程序，並提供商業化人工繁殖的參考。



參、材料方法

一、試驗生物

繁殖所用的長戟米蝦成蝦，於 98 年購於台北水族業者，成蝦置於一呎半玻璃缸中以淡水蓄養，以沉水馬達及白棉進行過濾循環，缸中置入一些陶磁環作為遮蔽物並利於藻類附著，每日投餵適量商業成蝦飼料(Table 1)，並吸除殘餌，每週換水 1/3，光照由日光燈提供，光照週期為 12 小時照光 12 小時黑暗，溫度維持在 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

若發現母蝦卵粒顏色由綠色轉變為淡黃色且可觀察到眼點，則將母蝦移至 2L 燒杯中隔離，通常 1~2 日後卵就會孵化，蝦苗孵化後 24 小時之內，緩慢加入天然海水使鹽度提升至 15 ppt 後，待後續實驗使用，母蝦則放回蓄養缸中。

實驗所用的蝦苗盡量選擇活動力較高，取停留於中上水層而非沉在底部的蝦苗，以排除品質較差的個體，每次重複試驗所用的蝦苗取自不同母蝦孵化的蝦苗。

二、餌料生物

本實驗所用的餌料如下

1、周氏扁藻(*Tetraselmis chui*)：大小 $8\sim 16\ \mu\text{m}$ ，EPA 含量不多，但為培養輪蟲之最佳餌料，而且也是橈足類、豐年蝦、眼幼蟲期蝦苗、二枚貝幼生之良好餌料。

2、牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)：大小 $6\sim 9\ \mu\text{m}$ ，為南美、澳、日等國家用來培養對蝦苗及牡蠣苗所用的餌料。

3、極小型輪蟲(*Brachionus sp.*)：大小 $94\sim 163\ \mu\text{m}$ ，為淡海水魚苗常用之餌料。

周氏扁藻為台大漁科所周宏農教授提供，牟氏角毛藻從東港生技研究中心蘇惠美教授實驗室購入，輪蟲購於北部水族業者。

藻類分別置於 1 L 錐形瓶中培養並給予打氣，培養液為參照 f/2 培養液配方 (Guillard, 1975) 以 NaNO_3 、 NaH_2PO_4 、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、EDTA (Na_2) 及 ddH_2O 等成分調配成 1000 倍濃縮的培養液，避光儲存於 4°C 冰箱中，使用時再加入人工海水稀釋，以日光燈持續照光，溫度 25°C ，藻色過濃時則移至 2 L 錐形瓶中並加入培養液稀釋，藻類密度的計算是用紅血球計數器於複式顯微鏡下計數，取四次的平均值。

輪蟲於 10L 玻璃缸中培養，給予微弱打氣，以周氏扁藻投餵，以日光燈提供光照，光照週期為 12 小時照光 12 小時黑暗，溫度 25°C ，投餵時先以 $50\ \mu\text{m}$ 篩網將輪蟲過濾濃縮，並去除藻類，密度的計算方式為取一毫升溶液在解剖顯微鏡下計數，取四次的值作平均。

三、試驗用水

實驗所用的淡水為曝氣一天以上的自來水，儲存於 50 升塑膠桶中，並持續給予打氣。海水為自台大漁科所購入之天然海水，儲存於加蓋塑膠桶中，並持續給予打氣，使用時加入淡水稀釋至所需鹽度，鹽度的測量使用鹽度計(ATAGO S-10)，淡海水使用前皆以 $50\ \mu\text{m}$ 濾網過濾。

四、試驗方法

1、不同餌料試驗

實驗分為四組，每組將剛孵化的蝦苗 10 隻置於 500 ml 塑膠杯中(裝

水 400 ml、鹽度 15 ppt)，分別以周氏扁藻、牟氏角毛藻、輪蟲及綜合藻類(周氏扁藻+牟氏角毛藻)投餵，藻類的投餵密度為 10000 cells / ml，輪蟲為 5 隻 / ml，每三天全換水一次，以水浴法將溫度保持在 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ，以日光燈提供光照，光照週期 12 小時照光 12 小時黑暗，容器上方覆蓋黑網，水面照度為 100 Lux，每組四重複。

2、投餌密度試驗

實驗分為五組，將剛孵化的蝦苗分別單獨置於 20ml 玻璃瓶中(裝水 20 ml、鹽度 15 ppt)，每組五隻，以不同密度的周氏扁藻投餵(D1~D5：40000、20000、10000、5000、2500 cells / ml)，每三天全換水一次，以水浴法將溫度保持在 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ，以日光燈提供光照，光照週期 12 小時照光 12 小時黑暗，容器上方覆蓋黑網，水面照度為 100 Lux，每組四重複。



3、延遲投餌試驗

實驗分為五組，每組將剛孵化的蝦苗 10 隻置於 500 ml 塑膠杯中(裝水 400 ml、鹽度 15 ppt)，分別為孵化後立即投餌(S0)、孵化一天後投餌(S24)、孵化兩天後投餌(S48)及孵化三天後投餌(S72)，控制組不投餌，餌料為周氏扁藻，投餵密度為 10000 cells / ml，每三天全換水一次，以水浴法將溫度保持在 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ ，以日光燈提供光照，光照週期 12 小時照光 12 小時黑暗，容器上方覆蓋黑網，水面照度為 100 Lux，每組四重複。

4、光照強度試驗

實驗分為三組，每組取剛孵化的蝦苗 10 隻，置於 500 ml 燒杯中(裝水 500 ml、鹽度 15 ppt)，分別以(A)強光照 L1：以日光燈從上方照光，水面的照度為 900 Lux，(B)弱光照 L2：以日光燈從上方照光，並以黑網覆蓋容器，水面的照度為 100 Lux，(C)無光照 L3：以鋁箔紙包覆燒杯將光線遮蔽。光照週期 12 小時照光 12 小時黑暗，餌料為周氏扁藻，投餵密度為 10000 cells/ ml，每三天全換水一次，以水浴法將溫度保持在 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，每組四重複。

5、淡水馴化試驗

將剛孵化的蝦苗 30 隻蓄養在 500 ml 燒杯中(裝水 500 ml、鹽度 15 ppt)，投餵周氏扁藻(20000 cells/ml)，每周換水 1/2，以水浴法將溫度保持在 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，以日光燈提供光照，光照週期 12 小時照光 12 小時黑暗，容器上方覆蓋黑網，水面照度為 100 Lux，待蝦苗發育成後期蝦苗(PL)後，移至後續實驗使用。實驗分為五組，將剛發育成 PL 一天內之個體，單獨置於 20 ml 玻璃瓶中(過濾過的天然海水 20 ml、鹽度 15 ppt)，處理方式分別為立即、三天、六天及九天後進行淡水馴化，控制組不進行淡水馴化，淡水馴化的程序分為兩階段，第一天緩慢加入淡水至 5 ppt，隔天再置換為全淡水，餌料為商業成蝦飼料，每日全換水一次，溫度及光照同上述蝦苗蓄養條件，每組五重複。

五、採樣方式

實驗 1 到實驗 4：

每三天記錄蝦苗存活的數量，並用解剖顯微鏡及複式顯微鏡觀察發育的情形，蝦苗的發育階段參考 Thomas and Lin(2006)及 Pillai

(1975)的描述，將其分為 Zoea I ~ Zoea VI 及 PL (Fig.1~7)，紀錄第一隻 PL 以及 50% 的 PL 出現的時間點，實驗進行至第一隻 PL 出現後 15 天為止。

實驗 5：

紀錄剛發育成 PL 的個體體長（額角尖端至尾柄末端之距離），實驗進行 15 天後計算存活率並再記錄一次體長，計算出體長的日成長率。

六、統計分析

實驗各組結果先以單變方分析(one-way ANOVA)檢定是否存在顯著差異($\alpha = 0.05$)，再用鄧肯式多變域測驗(Duncan's multiple range test)檢驗兩兩間差異的顯著性，使用的軟體 SPSS 12.0。



肆、實驗結果

一、蝦苗發育各期之形態特徵

實驗觀察到的蝦苗特徵與 Pillai(1975)及 Thomas and Lin(2006)的報告相符，各期明顯的型態特徵如下面所述：

Zoea I：

體長 1.30-1.45 mm，眼柄未出現(sessile eyes)，有三對顎足(maxillipeds)，腹部分為六節，腹節最後一節連接到尾柄的位置無分節，尾扇末端有七對刺(Fig. 1)。

Zoea II：

體長 1.48-1.58 mm，眼柄出現(Eyes stalked)，尾扇末端有八對刺(Fig. 2)。

Zoea III：

體長 1.83-1.95 mm，尾肢出現，腹節跟尾柄之間出現分節(Fig. 3)。

Zoea IV：

體長 2.02-2.15 mm，單肢型(uniramous)的泳足(pleopods)出現(Fig. 4)。

Zoea V：

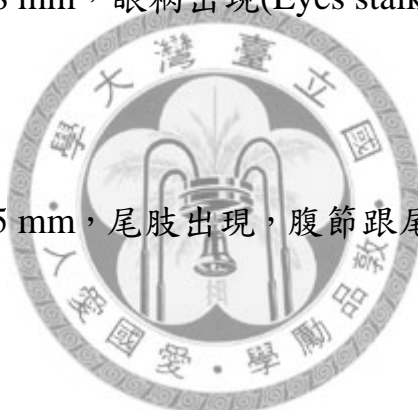
體長 2.10-2.34 mm，泳足變為雙肢型(biramous) (Fig. 5)。

Zoea VI：

體長 2.55-2.86，額角背側出現單一額齒，泳足末端出現剛毛(Fig. 6)。

Postlarva：

體長 2.80-3.45 mm，出現一對觸角，泳足開始游動(Fig. 7)。



二、不同餌料試驗

投餵周氏扁藻的蝦苗，在實驗結束時有最高的存活率($75 \pm 11.2\%$)，投餵綜合藻類的蝦苗存活率次之為 $53 \pm 8.3\%$ ，投餵牟氏角毛藻的蝦苗存活率只有 $15 \pm 7.8\%$ ，三組間有顯著差異，而投餵輪蟲及不投餵組的蝦苗則在孵化後 12 天內死亡(Fig. 8)。與投餵周氏扁藻的存活率相比，投餵綜合藻類的存活率從孵化後 18 天開始有顯著差異，投餵牟氏角毛藻的存活率從孵化後 9 天開始有顯著差異，投餵輪蟲及不投餵組則在孵化後 3 天就出現顯著差異。

投餵周氏扁藻的蝦苗，在實驗結束時發育成 PL 的比例($62.5 \pm 13\%$)，顯著高於其他組，第一隻 PL 出現的時間也顯著較早(18 ± 2.1 day post hatch; dph)，但 50% PL 出現的時間(25 ± 3.7 dph)則與投餵綜合藻類組(28.5 ± 1.5 dph)無顯著差異，投餵綜合藻類的蝦苗發育成 PL 的比例($35 \pm 20.6\%$)顯著高於投餵牟氏角毛藻組($12.5 \pm 8.3\%$)，但第一隻 PL 出現的時間(24 ± 2.1 dph)則於投餵牟氏角毛藻組無顯著差異(26 ± 1.1 dph)，投餵輪蟲及不投餵組的蝦苗沒有 PL 出現(Table 2)。

三、投餌密度試驗

以 40000 及 20000 cells/ml 密度的周氏扁藻投餵，蝦苗的存活率($95 \pm 8.7\%$ 、 $90 \pm 10\%$)顯著高於以 10000 及 5000 cells/ml 密度投餵的存活率($70 \pm 10\%$ 、 $15 \pm 16.6\%$)，以 2500 cells/ml 投餵者則於孵化後 18 天內死亡(Fig. 9)。和投餵密度 40000 cells/ml 的存活率相比，投餵密度 10000 cells/ml 的存活率從孵化後 12 天開始有顯著差異，投餵密度 5000 及 2500 cells/ml 的存活率則從孵化後 9 天開始有顯著差異。

在實驗結束時，投餵密度 40000 及 20000 cell/ml 的蝦苗，發育成 PL 的比例($95 \pm 8.7\%$; $90 \pm 10\%$)顯著高於投餵密度 10000 cells/ml 組 ($60 \pm 14.1\%$)，投餵密度 5000 cells/ml 以下則無 PL 出現。密度 40000 cells/ml 組出現第一隻 PL 的時間(12 ± 0.0 dph)以及出現 50 % PL 的時間(15 ± 0.0 dah)，都顯著早於密度 20000 及 10000 cells/ml 組(Table 3)。

四、延遲投餌試驗

實驗結束時，S24 的蝦苗存活率為 $73 \pm 10.9\%$ ，S48 的蝦苗存活率為 $63 \pm 10.9\%$ ，兩者與立即投餵者($75 \pm 11.2\%$)無顯著差異，S72 的存活率($53 \pm 4.3\%$)顯著低於立即投餵者(Fig. 10)，並從孵化後第六天開始出現顯著差異。

S24 及 S48 的蝦苗在實驗結束時，發育成 PL 的比例分別為 $57.5 \pm 10.9\%$ 與 $45 \pm 18\%$ ，與立即投餵者($65 \pm 11.2\%$)無顯著差異，S72 的蝦苗發育成 PL 的比例($42.5 \pm 4.3\%$)則顯著低於立即投餵者。出現第一隻 PL 的時間，S0 (17.3 ± 1.3)顯著早於 S72 (21 ± 0.0)，其餘各組間無顯著差異，出現 50% PL 的時間各組皆無顯著差異(Table 4)。

五、光照強度試驗

在實驗結束時，強光照 L1 處理的蝦苗存活率($55 \pm 5.0\%$)顯著低於弱光照 L2 ($70 \pm 7.1\%$)及無光照 L3 ($73 \pm 4.3\%$)處理的蝦苗(Fig. 11)，且從孵化後 18 天開始出現顯著差異，L2 及 L3 之間存活率無顯著差異。

L3 最後發育成 PL 的蝦苗比例($72.5 \pm 4.3\%$)顯著高於 L1 ($42.5 \pm 4.3\%$)及 L2 ($45 \pm 5.0\%$)。出現第一隻 PL 的時間，L2 (20.3 ± 1.3 dph)

及 L3 (18.8 ± 1.3 dph)之間無顯著差異，但顯著早於 L1 (24 ± 2.1 dph)(Table 5)。

六、淡水馴化試驗

發育成 PL 六天後進行淡水馴化，蝦苗的平均日成長率最佳，達 2.19 ± 0.32 mm/day，顯著高於其他各組，而九天後進行淡水馴化以及不進行淡水馴化的蝦苗日成長率(1.76 ± 0.17 ; 1.63 ± 0.18 mm/day)，顯著高於立即馴化及三天後進行馴化的蝦苗(0.93 ± 0.31 ; 1.07 ± 0.37 mm/day)，各組存活率皆為 100%(Table 6)。



伍、討論

一、不同餌料試驗

相較於人工餌料，餌料生物會移動的特性，能夠刺激幼苗的索餌意願，並且因為在水中分佈較均勻，不像人工餌料容易沉積在底層，所以可以增加幼苗接觸到餌料的機會，而且未食用完的餌料生物較不會造成水質惡化(蘇, 1999)。本實驗的結果顯示，投餵周氏扁藻的蝦苗，不論是在存活率或發育上都有最好的效果，跟 Thomas 及 Lin (2006) 投餵綜合藻類的結果相比，在同樣時間點(15 dph)，蝦苗的存活率相當接近，但發育成 PL 的時間則晚了許多，此部份可藉由提高投餵的密度來彌補，後面會進一步討論。投餵牟氏角毛藻的蝦苗，在同樣時間點(15 dph)的存活率，本實驗跟 Thomas 及 Lin(2006)的結果差異不大，效果不如投餵周氏扁藻，部分文獻指出，投餵綜合藻類可以彌補投餵單一藻類可能產生的營養缺失，所以效果會比投餵單一藻類來得好(Treece, 1984; Brown et al., 1989; Smith et al., 1992)，但這非必然的現象(Yufer and Lubian, 1990)，以本實驗來說，投餵綜合藻類(扁藻+角毛藻)的效果，並不如單獨投餵周氏扁藻的效果，但仍優於單獨投餵牟氏角毛藻，可能是因為投餵綜合藻類時，個別藻類的密度比單獨投餵時少了一半(各只有 5000 cells/ml)，周氏扁藻的密度無法達到蝦苗所需，牟氏角毛藻的效果又不如周氏扁藻，所以綜合起來的效果不如單獨投餵周氏扁藻。投餵輪蟲及不投餵的蝦苗皆在孵化後 12 天內死亡，此結果與 Thomas and Lin(2006)投餵擬球藻的結果相同，顯示輪蟲並不適合作為長戟蝦蝦苗的餌料。

餌料是否適合蝦苗，是綜合了營養成分、適口性、消化率等因素的結果，一般來說，餌料中的多元不飽和脂肪酸(poly unsaturated fatty

acids, PUFAs)及高度不飽和脂肪酸(highly unsaturated fatty acids, HUFAs)組成，常被作為探討餌料營養價值的重要因素，飽和脂肪酸在形成及維持細胞膜的作用上非常重要，也是重要的調節性荷爾蒙之前驅物，並與消化生理的基因表現有關，進而影響魚苗的成長、存活、神經發育、滲透壓調節及操作抗力(Conklin, 2003; 陳與蘇, 2005)，其中如亞麻油酸(linoleic acid; 18:2n-6)、次亞麻油酸(linolenic acid; 18:3n-3)、EPA(20:5n-3)及 DHA(22:6n-3)是比較重要的幾種不飽和脂肪酸，水產動物把亞麻油酸轉換為 EPA 及 DHA 的能力不一，因此需求的必需脂肪酸也不同(蘇, 1999)。

根據 Su et al. (1997)及蘇(1999)的資料，周氏扁藻含多量的次亞麻油酸及微量的 EPA，牟氏角毛藻含多量的 EPA。一般來說，海水生物對 DHA 及 EPA 的需求較高，淡水生物則較需要亞麻油酸及次亞麻油酸(陳與蘇, 2005)，此外，EPA 與 DHA 的比例不平衡(如高 EPA 低 DHA)，常會導致高死亡率及低緊迫耐力(蘇, 1999)，EPA、DHA 的比例不平衡以及次亞麻油酸不足，可能是造成投餵牟氏角毛藻效果不佳的原因之一。

餌料的大小也可能是影響投餵效果的因素，牟氏角毛藻相對周氏扁藻來說較小，單一細胞的牟氏角毛藻能夠提供的營養也相對較少(Pina et al., 2006)，因此在本實驗的投餌密度下(10000 cells/ml)，可能無法提供足夠的養分，能否藉由提高牟氏角毛藻的投餌密度，來達到較好的效果，還需要進一步的研究。

二、投餌密度試驗

理想的餌料密度會隨蝦苗及餌料的種類而異，過高的餌料密度徒

增成本，過低的餌料密度則影響存活與發育，以使用藻類為餌料來說，密度從 5000 cells/ml 到 2500000 cells/ml 皆有記載(Pina et al., 2006; Cunha et al., 2008; Lober and Zeng, 2009)，以本次實驗的結果來看，給予較高密度(40000-20000 cells/ml)的周氏扁藻，對於蝦苗的存活及發育有幫助，存活率及發育成 PL 的比例可達九成以上，而且投餵 40000 cells/ml 的密度，能夠縮短蝦苗發育成 PL 的時間(平均孵化後 15 天可發育為 PL)，可達到 Thomas and Lin (2006)投餵綜合藻類的效果，而投餵密度 2500 cells/ml 的周氏扁藻沒有辦法維持蝦苗的存活。本實驗結果與一般的認知，高的餌料密度可以提高甲殼類幼苗的攝食率，進而提升存活及發育(Minagawa and Murano,1993; Barros and Valenti, 2003; Penha-Lopes et al., 2005; Lima and Souza-Santos, 2007)相符合，此外，高密度的藻類也許能夠藉由減弱光照的強度來減少蝦苗視覺上的緊迫(Lober and Zeng, 2009)，光照強度對蝦苗的影響後面會詳細討論，本實驗並沒有探討密度高於 40000 cells/ml 以上的投餵效果，投餵更高密度的周氏扁藻，是否還能繼續提昇蝦苗的存活與發育，仍需進一步的研究。

投餵密度 2500 及 5000 cells/ml 的蝦苗跟投餵密度 40000 cells/ml 的相比，存活率從孵化後 9 天開始出現顯著差異，而投餵密度 10000 cells/ml 的蝦苗存活率則延遲到孵化後 12 天才出現顯著差異，可能是因為 10000 cells/ml 密度的周氏扁藻能夠滿足蝦苗發育初期的需求，但卻不足以達到發育後期所需的密度，文獻指出，不同發育時期的蝦苗，對於餌料密度的需求也會有差異，蝦苗在發育的後期會比初期有更高的攝食率，對於餌料密度的需求也提高(Minagawa and Murano, 1993; Zhang et al., 1998b; Barros and Valenti, 2003)，儘管如此，也不能

排除 10000 cells/ml 的密度，在蝦苗發育早期就已經產生營養不足的可能，只是到了發育後期才反映在死亡率上，根據 Anger(2001)的報告，某些種類的米蝦蝦苗在餌料不足時，並不會增加死亡率，而是延遲發育，將能量優先用在存活而非發育，事實上，若從發育的速度來看(數據未呈現)，兩者的差異在更早的時間就已經出現，因此在蝦苗孵化後即投餵高密度(40000 cells/ml)的周氏扁藻，是確保存高活率及縮短發育時間的方法。

三、延遲投餌試驗

根據文獻，蝦苗發育後期的死亡率及發育的延遲，受到發育早期營養缺失的影響很大(Simoes et al., 2002; Calado et al., 2005a,b)，對長戟蝦蝦苗來說，隨著延遲投餌的時間增加，蝦苗的存活率以及發育成 PL 的比例有下降的趨勢，但 S24 與 S48 跟立即投餵者在存活率及發育成 PL 的比例並無顯著差異，S72 在存活率及發育成 PL 的比例上皆顯著低於立即投餵者，因此建議蝦苗培育時，最好在孵化後兩天內進行投餌，以避免營養的緊迫對蝦苗存活及發育產生影響。

本實驗中，在不投餌的情況下，幾乎沒有蝦苗能從 Zoea I 變態成 Zoea II，顯示長戟蝦蝦苗在孵化的初期必須攝食才能成功的發育，此與一些只靠卵黃能量就能發育到 Zoea II 的蝦種不同，後者在面對棲地的食物非均勻散佈，以及食物來源不穩定時，可以忍受較長時間的飢餓(Thessalou-Legaki et al., 1999)，但不論是哪一種蝦苗，都建議儘早投餌以避免營養不足帶來的緊迫(Anger and Schubart, 2005)。

蝦苗對延遲投餌的耐受性，除了跟蝦苗種類有關之外，同種蝦苗之間也會有差異，最主要的因素取決於蝦苗身上的卵黃品質與含量

(Kattner et al., 1994)，這與母蝦對於生殖的投資有關，會受到母蝦的健康、體型，乃至於環境條件的影響(Peschke et al., 2004)，從實驗的過程中也發現了這個現象，同一隻母蝦隨著抱卵次數的增加，其蝦苗的品質會有下降的情形，此現象可能與蓄養條件不佳或母蝦抱卵頻率過高有關，根據 Anger (2001)的報告，給予親代適當的照料以及餌料，對於成功的蝦苗培育是必要的，將剛生殖完的母蝦與公蝦分開飼養一段時間，以避免母蝦過於頻繁的抱卵，也許是維持蝦苗的品質的可行的辦法。

四、光照強度試驗

光線是影響甲殼類幼苗游動及攝食行為的主要因子之一(Sulkin, 1984; Minagawa and Murano, 1993)，但不同光照的處理，在不同種類的幼苗會出現不同的效果(Lin and Omori, 1993; Minagawa, 1994; Harvey and Epifanio, 1997)，一般認為甲殼類幼苗並非靠視覺偵測來捕食獵物，而是靠化學或機械性的方式來偵測獵物(Anger, 2001, 2006; Rabbani and Zeng, 2005; Epelbaum and Borisov, 2006)，在 Gonar and Gonar (1973)及 Epelbaum and Borisov (2006)的實驗中則顯示，幼苗並不會主動獵取獵物，而是靠隨機的遭遇的方式攝食，因此光線也許並不直接影響幼苗攝食，然而光線會影響幼苗的游泳行為，視種類不同而有正趨光或負趨光的行為，正趨光的蝦苗在照光的情況下，移動較為活躍，可能因此增加遭遇獵物的機會(Strathmann, 1987)，進而增加攝食率，負趨光的蝦苗則反之，然而游泳的行為增加也會造成能量消耗的增加，以 *Lysmata* 屬的蝦苗為例，在黑暗的環境下，蝦苗的游泳行為被抑制，降低能量的消耗，因而可以忍受較長時間的飢餓(Calado

et al., 2008)，根據 Wang et al.(2004)的實驗，光照強度會影響蝦子的能量分配，在強光照會使蝦子花費較多能量在呼吸、排泄及脫殼上，弱光照則使蝦子將較多能量用在生長，另外，過強的游泳行為可能會降低攝食率，並且增加蝦苗的緊迫(Yasharian et al., 2005)。

對長戟蝦蝦苗來說，沒有跡象顯示不照光的處理會抑制蝦苗的攝食，事實上，不照光的處理相對於強光照來講，顯著的提高了存活率以及發育成 PL 的比例，跟弱光照相比則有較高發育成 PL 的比例，原因可能是正趨光性的長戟蝦蝦苗在黑暗中游泳行為較不活躍，因此有較多的能量可以用在發育上，雖然在照光的環境下，理論上移動較活躍的蝦苗可以接觸到更多的藻類，但本實驗所用的周氏扁藻也有趨光的行為，會聚集在接近水表的位置，可能造成藻類在水中分佈不均，反而使蝦苗接觸到藻類的機會降低，此外，實驗中也觀察到部份的蝦苗會被水的表面張力困在水表，此現象容易造成蝦苗的死亡，而趨光的行為可能會增加蝦苗受困在水表的機會，這是造成強光照處理的蝦苗存活率較低的可能原因。

文獻指出，持續的光照或黑暗對蝦苗通常會有不好的影響 (Knowlton, 1974; Mikami and Greenwood, 1997)，但也有如本實驗出現好的影響或是影響不顯著的例子 (Templeman, 1936; Wang, et al., 2004)，光線被視為是調控體內日週期節律的重要外在因子 (Halberg, 1960a, b; Pittendrigh, 1960, 1961)，持續的光照或黑暗可能會造成體內的節律失常，而造成死亡率增加、生長減緩及形態發育上的改變 (Dalley, 1979, 1980)，本實驗所用的不照光處理，是利用鋁箔紙包覆容器以遮蔽光線，然而無法排除仍有微弱光線進入的可能，因此，持續的黑暗對長戟米蝦蝦苗是否有不良的影響，需要進一步確認。

五、淡水馴化試驗

在自然環境中，迴游型的蝦苗在發育成後期蝦苗之後，會逐漸從河口上溯到河川中，此時，蝦苗從一個高張的環境進入一個低張的環境，要面對滲透壓及離子平衡的問題，對甲殼類的動物來說，滲透壓的平衡主要由鰓絲細胞膜上的 Na^+/K^+ -ATPase 藉主動運輸的方式達成(Lucu and Towle, 2003)，資料指出，當個體被移至鹽度較低的環境當中， $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ -ATPase 會被活化，其活化的機制可能是藉由神經內分泌系統來調節(Lucu and Towle, 2003)，然而，甲殼類對於鹽度變化的調節能力隨種類而有很大的差異。

鰓發育的程度也會影響後期蝦苗適應低鹽度環境的能力(Saoud et al., 2003)，進行淡水馴化最好的時機是當個體的鰓發育完成時(Valencia, 1976)，過早或過晚進行淡水馴化較容易造成個體的死亡，本實驗的結果發現，長戟蝦蝦苗在變態成 PL 之後可以立即進行淡水馴化，而不會出現死亡的情形，此與 Thomas and Lin(2006)的結果有相當大的差異，Thomas and Lin 的結果顯示 PL 在孵化後 66 天以前(大約是發育成 PL 後 51 天)，無法在淡水馴化後存活 48 小時以上，造成如此差異的原因，除了一些環境因子如溫度和水質，會影響蝦子淡水馴化的成功與否之外(Harpaz and Karplus, 1991)，蝦子品系也會影響淡水馴化的成效(Huang, 1983; Bray et al., 1994; Samocho et al., 1998)，但更主要的原因可能是淡水馴化的程序不同所致，Thomas and Lin(2006)的方式是在一個小時內讓蝦苗逐步馴化至淡水，而本實驗則是分兩階段進行淡水馴化，第一天先調整鹽度至 5 ppt，第二天才調整至 0 ppt，根據前人的研究，鹽度變化的速率是影響個體能否適應的因素之一(Pantastico and Oliveros, 1980; Zhang et al., 1989; Rocha et al., 2004;

Collins et al., 2005)，此外，McGraw and Scarpa(2004)的實驗發現，從低鹽度馴化至淡水的階段，若能給予更多時間適應，存活率會有顯著的提升，這也許解釋了本實驗的方式比起 Thomas and Lin 的方式，能讓蝦苗在更早期就適應淡水的的原因。

淡水或低鹽度馴化常被應用在水產養殖上，讓廣鹽性的生物在鹽度較低的環境飼養，可以使成長率提高(Collins et al., 2005)，因為在高鹽度的環境中，個體需要花費較多的能量在維持滲透壓的平衡上，相對花費在成長的能量就會減少(Moser and Miller, 1994)，但如前面所提，進行淡水馴化的時間點會影響到馴化後的效果，過早或過晚淡化會造成個體的緊迫甚至死亡，本實驗在各時間點進行淡水馴化的結果，並沒有發現死亡率增加的情形，但在成長率上顯示出了差異，發育成 PL 後第六天進行馴化的成長率最高，暗示了長戟米蝦可能存在最適合進行淡水馴化的時機，而變成 PL 後立即或第三天進行馴化的成長率，低於第九天進行馴化或不進行馴化的成長率，可能表示蝦苗的鰓在變成 PL 後第三天以前仍未發育完成，過早進行淡水馴化對蝦苗產生緊迫而影響成長率，此現象是否對長戟米蝦後續的生長有長期的影響，仍需進一步探討。

六、培育流程

依照本實驗的結果並參照 Thomas 與 Lin(2006)的資料，建立了長戟米蝦蝦苗培育之流程圖(Fig. 12)，可作為人工繁殖長戟米蝦的參考。

陸、結論

在實驗室的飼養條件下，投餵周氏扁藻對長戟蝦蝦苗的存活與發育有最好的效果，且投餵高密度的周氏扁藻效果比低密度的周氏扁藻好，以 40000 cells/ml 的密度投餵，蝦苗的存活率及發育成 PL 的比例可達九成以上，此結果顯示了人工繁殖長戟米蝦的可行性。

初次投餌的時間最好在孵化後兩天內進行，超過三天的延遲投餌會使存活及發育受到影響。不照光的環境對蝦苗的發育較好，應避免強光照的環境，以免降低蝦苗的存活率。蝦苗變成 PL 後九天內進行淡水馴化並不會造成存活率下降，但第六天進行馴化，在實驗期間，蝦苗的成長率最好。

本次實驗以小規模的方式進行蝦苗培育，探討各因子對於蝦苗的影響，並建立長戟蝦蝦苗人工繁殖的標準程序，此結果實際應用在較大規模的商業化人工繁殖的效果如何，是將來可以進一步研究的方向。



參考文獻

- 蘇慧美, 1999. 餌料生物之培養與利用. 台灣省水產試驗所東港分所水產養殖手冊.
- 城振誠, 蔡萬生, 2005. 餌料、投餌策略及溫度對德班氏活額蝦初期蝦苗成長之影響。水產研究 13(1), 45-52.
- 陳紫嫻, 蘇惠美, 2005. 水產種苗的生產. 科學發展, 385 期, pp. 32-41.
- 林春吉, 2007. 台灣淡水魚蝦生態大圖鑑(下), pp. 188-189.
- Anger, K., Dawirs, R., 1981. Influence of starvation on the larval development of *Hyas arnaeus*. Helgol. Wiss. Meeresunters. 34, 287-311.
- Anger, K., 2001. The biology of decapod crustacean larvae. Crustacean Issues vol. 14.
- Anger, K., Schubart, C. D., 2005. Experimental evidence of food-independent larval development in endemic Jamaican freshwater-breeding crabs. Physiol. Biochem. Zool. 78, 246-258.
- Anger, K., 2006. Contribution of larval biology to crustacean research: a review. Invertebr. Reprod. Dev., 49, 175-205.
- Barros, H. P., Valenti, W. C., 2003. Ingestion rates of *Artemia nauplii* for different larval stages of *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 217, 223-233.
- Baylton J. C., 2009. Appropriate food type, feeding schedule and *Artemia* density for the zoea larvae of the mud crab, *Scylla tranquebarica* (Crustacea: Decapoda; Portunidae). Aquaculture, 288, 190-195.
- Bray, W. A., Lawrence, A. L. and Leung-Trujillo, J.R, 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHHN virus and salinity, Aquaculture. 122, 133-146.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Garland, C. D., 1989. Nutritional aspects of microalgae used in mariculture, Rep.-CSIRO Mar. Lab. 205, 1-44.

- Calado, R., Lin, J., Rhyne, A. L., Araujo, R., Narciso, L., 2003. Marine ornamental decapods- popular, pricey, and poorly studied. *J. Crustacean. Biol.* 23 (4), 963-973.
- Calado, R., Figueiredo, J., Rosa, R., Nunes, M. L., Narciso, L., 2005a. Larval culture of Monaco shrimp *Lysmata seticaudata* (Decapoda: Hippolytidae): Effect of temperature, rearing density and larval diet. *Aquaculture* 245, 221-237.
- Calado R., Conceicao L. E., Dinis M. T., 2005b. Early larval culture of marine ornamental decapods: getting it right from the start. *Larvi'05 Fish & Shellfish Larviculture Symposium*. Vol. 36, pp. 67-70.
- Calado, R., 2006. Marine ornamental species from European waters: a valuable overlooked resource or a future threat for the conservation of marine ecosystems? *Sci. Mar.* 70, 389-398.
- Calcagno, J., Thatje, S., Ander, K., Lovrich, G., Kaffenberger, A., 2003. Changes in biomass and chemical composition during lecithotrophic larval development of the southern stone crab *paralomis granulose*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 257, 189-196.
- Collins, A., Russell, B., Walls, A., Hoang, T., 2005. *Inland Prawn Farming: Studies into the Potential for Inland Marine Prawn Farming in Queensland*, pp. 1-32.
- Conklin, D. E., 2003. Use of soybean meal in the diets of marine shrimp. Department of Animal Science, University of California. United Soybean Board and American Soybean Association. Technical review paper AQ 144.
- Cunha L., Mascaro M., Chuapa X., Costa A., Simoes N., 2008. Experimental studies on the effect of food in early larvae of the cleaner shrimp *Lysmata amboinensis*. *Aquaculture*, 277, 117-123.
- Dalley, R., 1979. Effects of non-circadian light cycles on the survival and development of *Palaemon elegans* Rathke reared in the laboratory. *Cyclic phenomena in marine plants and animals, Proc. 13th Europ. mar. Biol. Symp.*, pp. 157-163.

- Dalley, R., 1980. Effects of non-circadian light cycles on the growth and moulting of *Palaemon elegans* Rathke, reared in the laboratory. Mar. Biol., in press.
- Epelbaum, A., Borisov, R., 2006. Feeding behavior and functional morphology of the feeding appendages of red king crab *Paralithodes camtschaticus* larvae. Mar. Biol. Res. 2, 77-88.
- Fletcher, D.J., Kotter, I., Wunsch, M., Yasir, I., 1995. Preliminary observations on the reproductive biology of ornamental cleaner prawns. International Zoo Yearbook 34, 73-77.
- Gonar, S. L., Gonar J.J., 1973. Feeding, cleaning and swimming and swimming in larval stages of porcellanid crabs (Crustacea: Anomura). Fish. Bull. 71, 225-234.
- Guillard R R L (1975) Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. pp. 26-60.
- Halberg, F., 1960a. Temporal coordination of physiologic function. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol., Vol. 25, pp. 289-310.
- Halberg, F., 1960b. The 24 hour scale: a time dimension of adaptive functional organization. Perspect. Biol. Med., Vol. 3, pp. 491-527.
- Harpaz, S. and Karplus, I. (1991). Effect of salinity on growth and survival of juvenile *Penaeus semisulcatus* reared in the laboratory. Israeli Journal of Aquaculture. Bamidgah, 43, 156-163.
- Harvey, E. A., Epifanio, C. E., 1997. Prey selection by larvae of the common mud crab *Panopeus herbstii*. J. Exp. Mar. Biol. Eco. 217, 79-91.
- Huang, H. J. (1983). Factors affecting the successful culture of *Penaeus stylirosteris* and *Penaeus vannamei* at an estuarine power plant site: temperature, salinity, inherent growth variability, damselfly nymph predation population density and distribution, and polyculture. Texas A&M University, College Station, Ph.D. dissertation.
- Jalihal, D. R., Almelkar, G. B. and Sankolli, K. N. 1994. Atyid Shrimps

- of the genus *Caridina* H. Milne Edwards, 1873 potential crustacean material for experimental biology. *Crustaceana* 66(2), 178-183.
- Kattner, G., Wehrmann, I. S., Merck, T., 1994. Interannual variations of lipids and fatty acids during larval development of *Crangon* spp. *Mol. Biol.* 107, 103-110.
- Knowlton, R. E., 1974. Larval development processes and controlling factors in decapod Crustacea, with emphasis on Caridea. *Thalass. Jugosl.* 10, 138-158.
- Le Vay, L., Jones, D., Puello-Cruz, A Sangha, R., Ngamphongsai, C., 2001. Digestion in relation to feeding strategies exhibited by crustacean larvae. *Comp. Biochem. Physiol.* 128, 623-630.
- Lima, L. C. M., Souza-Santos, L. P., 2007. The ingestion rate of *Litopenaeus vannamei* larvae as a function of *Tisbe bimminiensis* copepod concentration. *Aquaculture* 271, 411-419.
- Lin, X., Omori, M., 1993. Effect of tank colouration on the feeding rates of zoeal larvae of the giant freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*. *Bull. Plankton. Soc. Japan.* 40, 29-25.
- Lin, J., Zhang, D., Rhyne, A. L., 2002. Broodstock and larval nutrition of marine ornamental shrimp. *Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, pp. 277-280.
- Lober, M., Zeng, C., 2009. Effects of microalgae concentration on larval survival, development and growth of an Australian strain of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 289, 95-100.
- Lucu C., Towle D. W., 2003. Review: $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ -ATPase in gills of aquatic crustacean. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, 135, 195-214.
- Mikami, S., Greenwood, J. G., 1997. Influence of light regimes on phyllosomal growth and timing of moulting in *Thenus orientalis*

(Decapoda: Scyllaridae). Mar. Freshw. Res. 48, 777-782.

Minagawa, M., Murano, M., 1993, Effects of prey density on survival, feeding rate and development of zoeas of the red frog crab *Ranina ranina* (Crustacea, Decapoda, Raninidae). Aquaculture 113, 91-100.

Minagawa, M., 1994. Effect of photoperiod on survival, feeding and development of larvae of the red frog crab, *Ranina ranina*. Aquaculture 120, 105-114.

Moser, M. L., and Miller, J. M., 1994. Effects of salinity fluctuation on routine metabolism of juvenile spot, *Leiostomus xanthurus*. Journal of Fish Biology 45, 335-340.

Pantastico, J. B. and Oliveros E. N. (1980). Acclimation of *Penaeus monodon* postlarvae to freshwater. Fisheries Research journal of the Philippines 5, 33-38.

Paschke, K. A., Gebauer, P., Buchholz F., Anger K., 2004. Seasonal variation in starvation resistance of early larval North Sea shrimp *Crangon crangon*. Mar Ecol Prog Ser. 279, 183-191.

Penha-Lopes, G., Rhyne, A.L., Lin, J., Narciso, L., 2005. The larval rearing of the marine ornamental crab, *Mithraculus forceps* (A. Milne Edwards, 1875) (Decapoda: Brachyura: Majidae). Aquac. Res. 36, 1313-1321.

Pillai, N. N., 1975. Larval development of *Caridina pseudogracilirostris* reared in the laboratory. Journal of Marine Bio Association India 17(2), 1-17.

Pina, P., Voltolina, D., Nieves, M., Robles, M., 2006. Survival, development and growth of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* protozoa larvae, fed with monoalgal and mixed diets. Aquaculture 253, 523-530.

Pittendrigh, C. S., 1960. Circadian rhythms and the circadian organization of living systems. Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol., Vol. 25, pp. 159-184.

- Pittendrigh, C. S., 1961. On temporal organization in living systems. Harvey Lect., Vol. 56, pp. 93-125.
- Rabbani, A. G., Zeng, C., 2005. Effects of background colour of culture of vessels on the larval survival and development of the mud crab *Scylla serrata* (Forsk.). Aquac. Res. 36, 1112-1119.
- Rhyne, A., Lin, J., 2004. Effects of different diets on larval development in a peppermint shrimp (*Lysmata* sp. (Risso)). Aquac. Res. 30, 1179-1185.
- Ricardo, C., Gisela, D., Bartilotti, C., Nunes, C., Santos, A., Dinis, M. T., 2008. Importance of light and larval morphology in starvation resistance and feeding ability of newly hatched marine ornamental shrimps *Lysmata* spp. (Decapoda: Hippolytidae) Aquaculture, 283, 56-63.
- Rocha, A. J. S., Gomes, V., Phan, V. N., Passos, M.J. de A.C.R., Furia, R. R., 2004. Effects of acclimation period to different salinities on the bioenergetic budget of juveniles of *Centropomus parallelus* (Poey). International Congress on the Biology of Fish, Fitness physiology: Selection of Physiological Characteristics. V1, pp. 51-60.
- Samocha T. M. Lawrence, A. L. and Pooser, D. (1998). Growth of juvenile *Penaeus vannamei* in low salinity water in a semi-closed recirculating system. The Israeli journal of Aquaculture, Bamidgeh, 50(2), 55-59.
- Sandifer, P. A., Smith T. I. J., 1979. Possible significance of variation in the larval development of Palaemonid shrimp. J. exp. Mar. Bio. Ecol., 39, pp. 55-64.
- Saoud, I. P., Davis, D. A. and Rouse, D. B. (2003). Suitability studies of inland well waters of *Litopenaeus vannamei* culture. Aquaculture 217, 373-383.
- Simoes, F., Ribeiro, F., Jones, D. A., 2002. Feeding early larval stages of fire shrimp *Lysmata debelius* (Caridea, Hippolytidae). Aquac Int 10, 349-360.

- Smith, L. L., Biedenbach, J. M., Lawrence, A. L., 1992. Penaeid larviculture: Galveston method. *Marine Shrimp Culture, Principles and Practices* Elsevier Science, Amsterdam, pp. 171-191.
- Strathmann, R. R., 1987. Larval feeding in: *Reproduction of Marine Invertebrates*; General Aspects: Seeking Unity in Diversity. Blackwell Scientific Publications and Boxwood press, California, pp, 465-550.
- Sulkin SD, 1984. Behavioural basis of depth regulation in the larvae of brachyuran crabs. *Mar Ecol Prog Ser* 15, 181–205.
- Su, H. M., Su, M.S., Liao, I.C., 1997a. Collection and culture of live foods for aquaculture in Taiwan. *Hydrobiology* 358, 37-40.
- Templeman, W., 1936. The influence of temperature, salinity, light and food conditions on the survival and growth of the larvae of the lobster (*Homarus americanus*). *J. Biol. Bd Can.*, Vol. 2, pp. 485-497.
- Thessalou-Legaki, M., Peppas, A., Zacharaki, M., 1999. Facultative lecithotrophy during larval development of the burrowing shrimp *Callinassa tyrrhena*. *Mar. Biol.* 133, 635-642.
- Thomas, C. H., Lin, J., 2006. Larviculture of Red Front Shrimp, *Caridina gracilirostris* (Atyidae, Decapoda). *Journal of the World Aquaculture Society* 37, 186-190.
- Treece, G. D., 1984. Larval rearing technology. *Texas Shrimp Farming Manual*, pp. 43-64.
- Valencia, M. C. 1976. The effect of salinity and temperature on the growth and survival of penaeid postlarvae. *Philippine Journal of Fisheries* 14(1), 1-22.
- Wang, F., Dong, S., Dong, S., Huang, D., Zhu, C., Mu, Yingchun., 2004. The effect of light intensity on the growth of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Aquaculture*. 234, 475-483
- Xu, X., Ji, W., Castell, J.D., O'Dor, R. (1993) The nutritional value of dietary n-3 and n-6 fatty acids for the Chinese prawn (*Penaeus*

chinensis). Aquaculture 118, 277-285.

Yasharian, D., Coyle, S. D., Tidwell, J. H., Stilwell, W. E., 2005. The effect of tank colouration on survival, metamorphosis rate, growth and time to metamorphosis freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) rearing. Aquac. Rec. 36, 278-283.

Yufera, M., Lubian, L., 1990. Effect of microalgal diet on growth and development of invertebrates in marine aquaculture. Introduction to Applied Phycology, pp. 209-227.

Zhang, D., Wang, J. and Huang, N., 1989. The effect of low salinity on growth and survival of juvenile *Penaeus monodon* (Fabricius). Trans. Oceanol. Liminol./Haiyang Huzhao Tongboa. 2, 66-70.

Zhang D., Lin J., Creswell R. L., 1998a. Effects of food and temperature on survival and development in the peppermint shrimp *Lysmata wurdemanni*. J. World Aquacult Soc 29, 471-476.

Zhang D., Lin J., Creswell R. L., 1998b. Ingestion rate and feeding behavior of the peppermint shrimp *Lysmata wurdemanni* on *Artemia* nauplii. J. World Aquacult Soc. 29, 471-476.

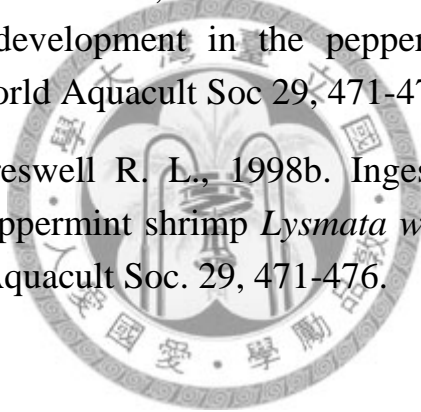


Table 1. 實驗所用商業飼料主要成分之相對含量(%)

組成	含量(%)
Crude Protein min	38~40
Crude Fat min	3~4
Crude Ash max	15~16
Crude Fiber max	2.5~3
Moisture max	10~11

Table 2. 投餵不同餌料，出現第一隻 PL 與 50% PL 之時間及實驗結束時 PL 之比例

	1 st PL (day post hatch)	50% PL (day post hatch)	PL 比例 (%)
綜合藻類	24.8 ± 3.3 ^a	28.5 ± 1.5 ^a	37.5 ± 17.9 ^b
周氏扁藻	18 ± 2.1 ^b	25 ± 3.7 ^a	62.5 ± 13 ^a
牟氏角毛藻	26 ± 1.1 ^a	x	12.5 ± 8.3 ^c
極小型輪蟲	x	x	0 ± 0.0 ^d
無投餵	x	x	0 ± 0.0 ^d

數字右上方的字母用來表示顯著差異

x 表示未出現 PL 或比例未達 50%

Table 3. 不同密度周氏扁藻，出現第一隻 PL 與 50% PL 之時間及實驗結束時 PL 之比例

	1 st PL (day post hatch)	50% PL (day post hatch)	PL 比例 (%)
40000 cells/ml	12 ± 0.0 ^b	15 ± 0.0 ^b	95 ± 8.7 ^a
20000 cells/ml	15.8 ± 1.3 ^a	18 ± 2.1 ^a	90 ± 10 ^a
10000 cells/ml	18 ± 2.1 ^a	22 ± 2.1 ^a	60 ± 14.1 ^b
5000 cells/ml	x	x	0 ± 0.0 ^c
2500 cells/ml	x	x	0 ± 0.0 ^c

數字右上方的字母用來表示顯著差異

x 表示未出現 PL 或比例未達 50%

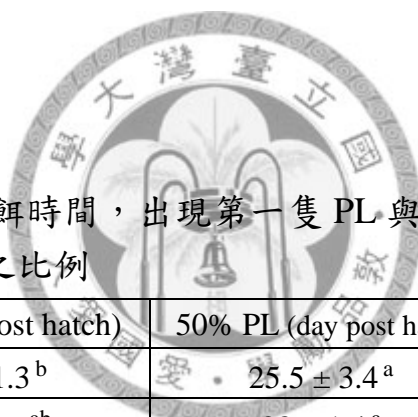


Table 4. 不同延遲投餌時間，出現第一隻 PL 與 50% PL 之時間及實驗結束時 PL 之比例

	1 st PL (day post hatch)	50% PL (day post hatch)	PL 比例 (%)
立即投餌	17.3 ± 1.3 ^b	25.5 ± 3.4 ^a	65 ± 11.2 ^a
延遲一天	19.5 ± 2.6 ^{ab}	28 ± 1.4 ^a	57.5 ± 10.9 ^{ab}
延遲兩天	20.3 ± 1.3 ^{ab}	27 ± 3.0 ^a	45 ± 18 ^{ab}
延遲三天	21 ± 0.0 ^a	28.5 ± 1.5 ^a	42.5 ± 4.3 ^b
無投餌	x	x	0 ± 0.0 ^c

數字右上方的字母用來表示顯著差異

x 表示未出現 PL 或比例未達 50%

Table 5. 不同光照強度，出現第一隻 PL 與 50% PL 之時間及實驗結束時 PL 之比例

	1 st PL (day post hatch)	50% PL (day post hatch)	PL 比例 (%)
強光照	24 ± 2.1 ^a	33	42.5 ± 4.3 ^b
弱光照	20.3 ± 1.3 ^b	33 ± 0.0	45 ± 5.0 ^b
無光照	18.8 ± 1.3 ^b	24 ± 0.0	72.5 ± 4.3 ^a

數字右上方的字母用來表示顯著差異，50% PL 的數據不足無法比較

Table 6. 成為 PL 後不同時間進行淡水馴化，蝦苗體長變化、平均日成長率及存活率

	初體長(mm)	末體長(mm)	△體長(mm)	日成長率 (mm/day)	存活率(%)
立即	33 ± 2.0	47 ± 3.16	14 ± 4.6	0.93 ± 0.31 ^c	100
三天後	33.4 ± 1.62	49.4 ± 4.54	16 ± 5.51	1.07 ± 0.37 ^c	100
六天後	33.6 ± 0.8	66.4 ± 4.84	32.8 ± 4.83	2.19 ± 0.32 ^a	100
九天後	33.8 ± 0.75	60.2 ± 2.71	26.4 ± 2.58	1.76 ± 0.17 ^b	100
無馴化	35.4 ± 1.36	59.8 ± 1.6	24.4 ± 2.65	1.63 ± 0.18 ^b	100

數字右上方的字母用來表示顯著差異

△為末體長減去初體長的差

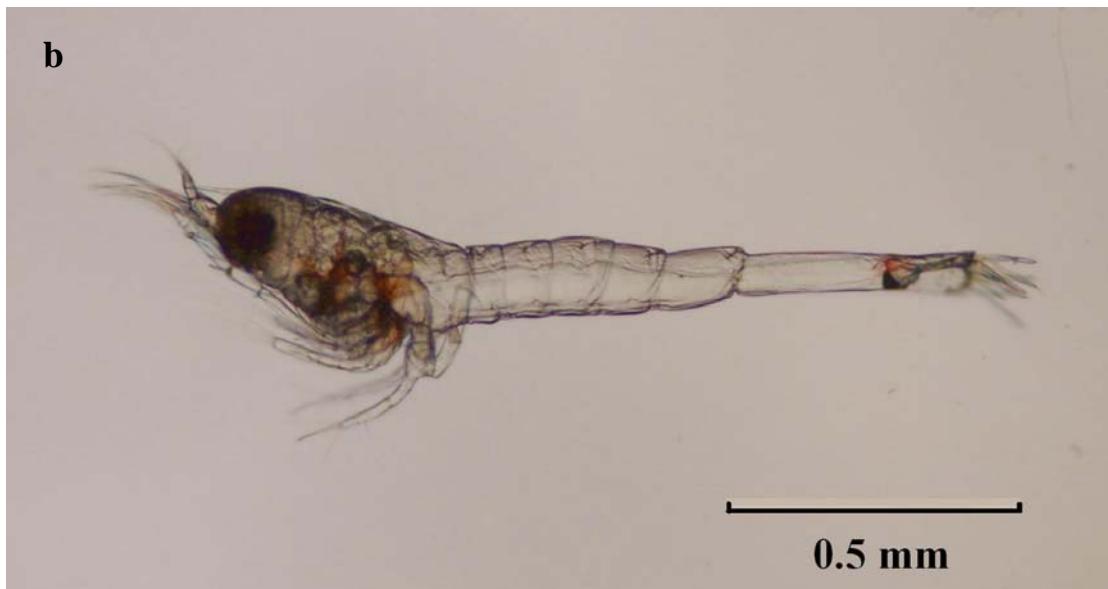
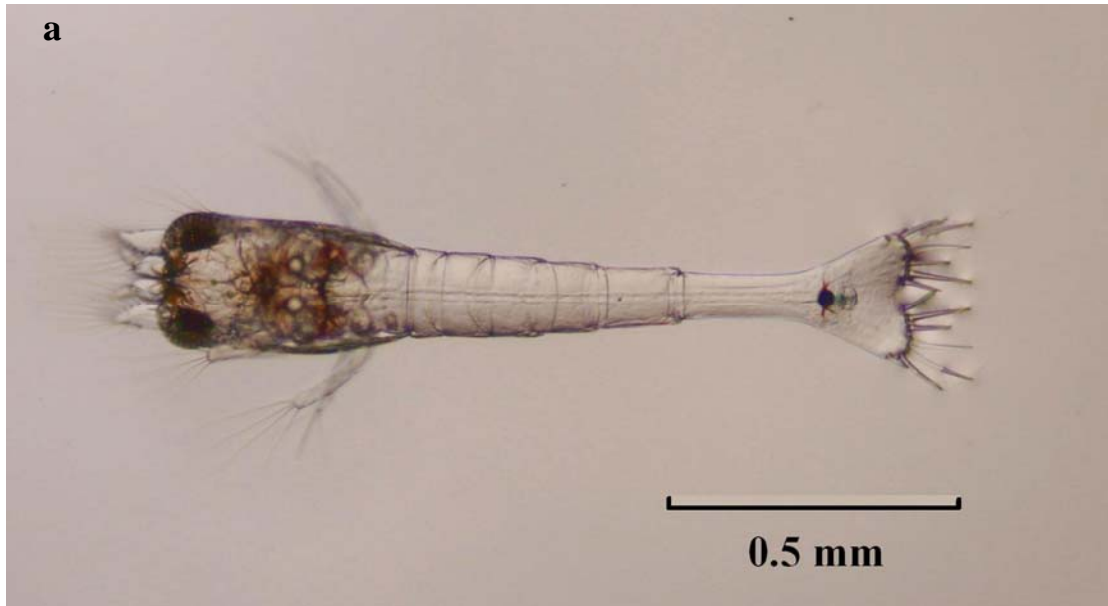


Fig. 1 長戟蝦蝦苗之外觀 Zoea I: a. 背面; b. 側面

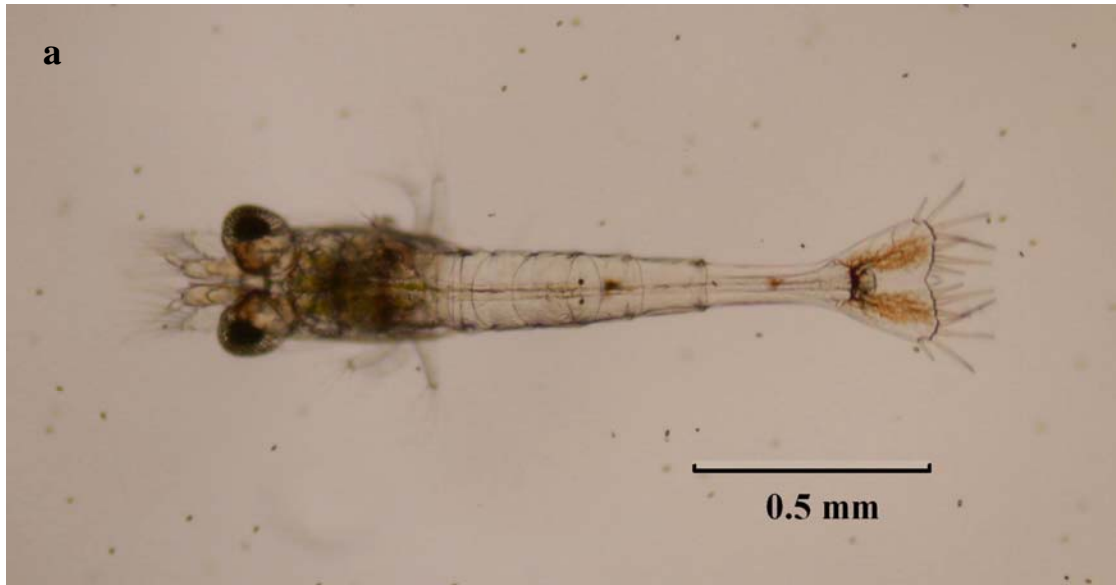


Fig. 2 長戟蝦蝦苗之外觀 Zoea II : a. 背面 ; b. 側面



Fig. 3 長戟蝦蝦苗之外觀 Zoea III : a. 背面 ; b. 側面

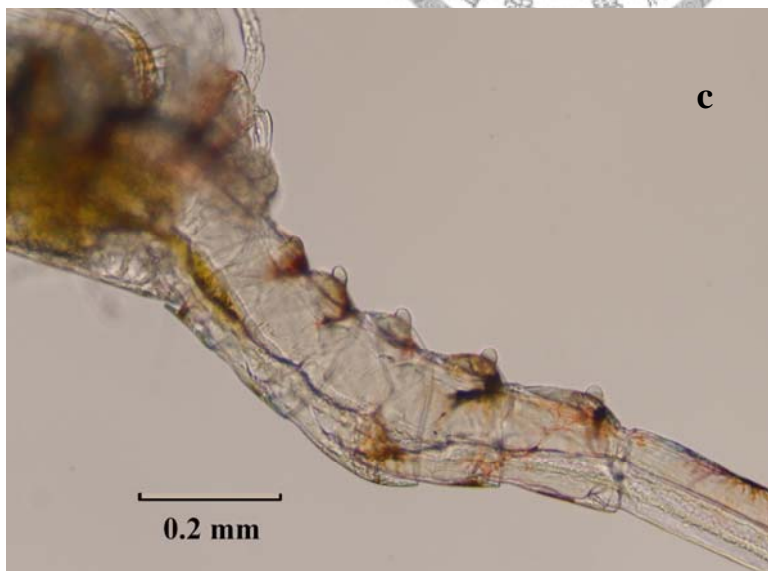


Fig. 4 長戟蝦蝦苗之外觀 Zoea IV : a. 背面 ; b. 側面 ; c. 單肢型泳足

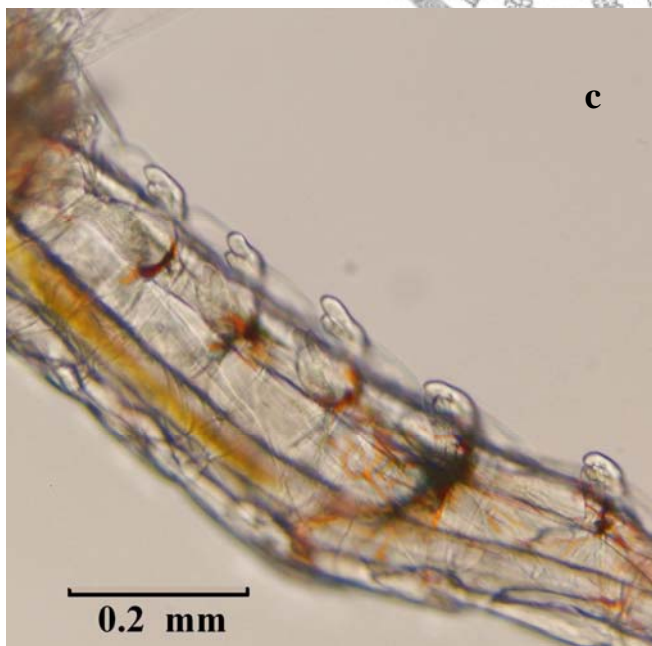


Fig. 5 長戟蝦蝦苗之外觀 Zoea V : a. 背面 ; b. 側面 ; c. 雙肢型泳足



Fig. 6 長戟蝦蝦苗之外觀 Zoea VI : a. 背面 ; b. 側面



Fig. 7 長戟蝦蝦苗之外觀 Postlarva : a. 背面 ; b.側面

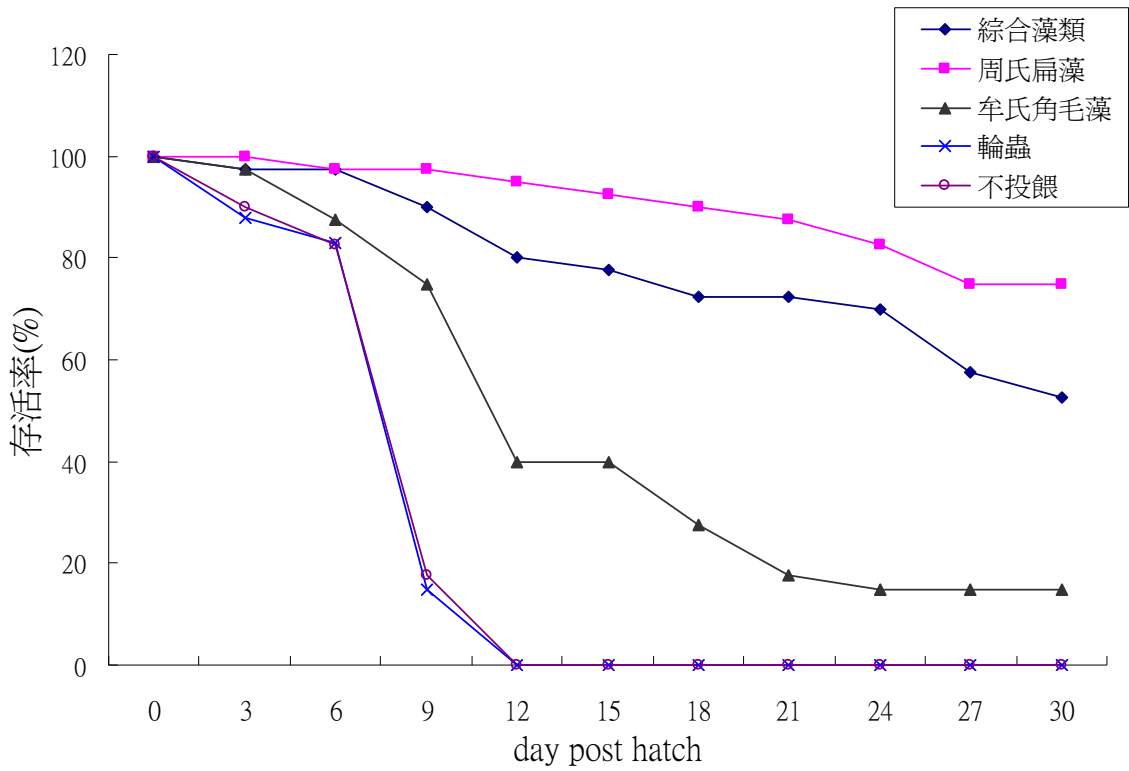


Fig. 8. 投餵不同餌料，蝦苗在各時間點之存活率

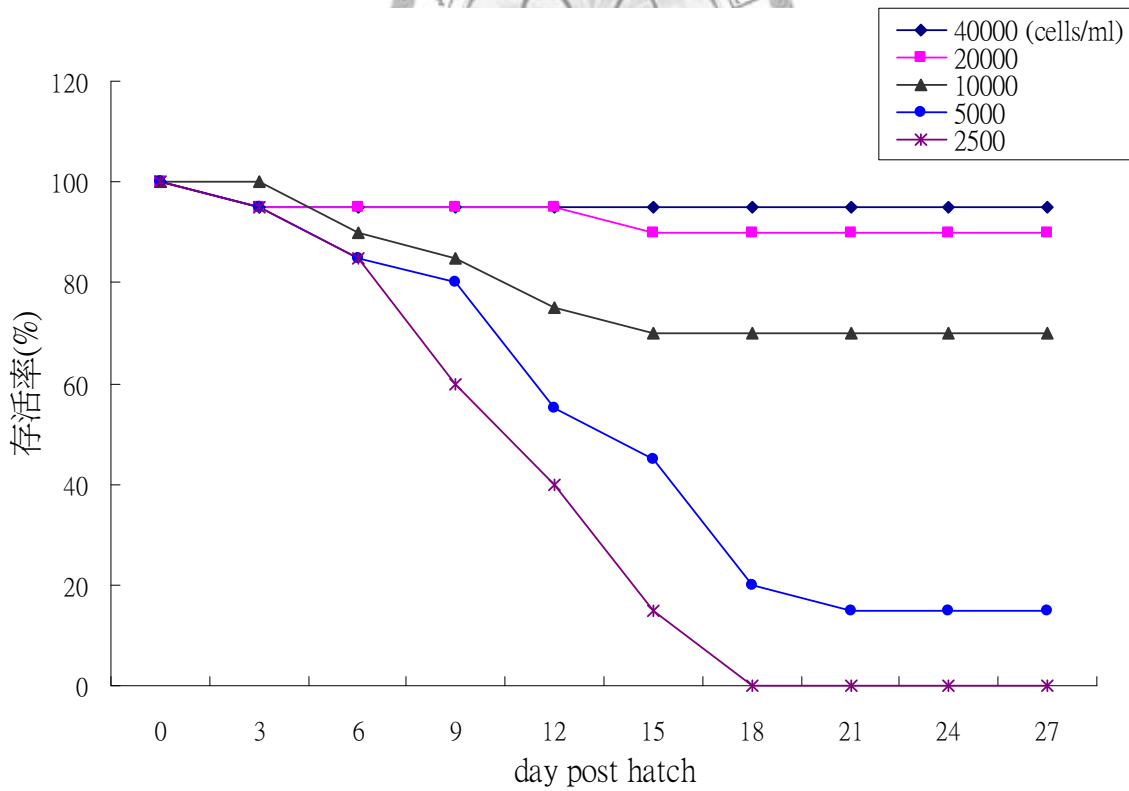


Fig. 9 投餵不同密度之周氏扁藻，蝦苗在各時間點之存活率

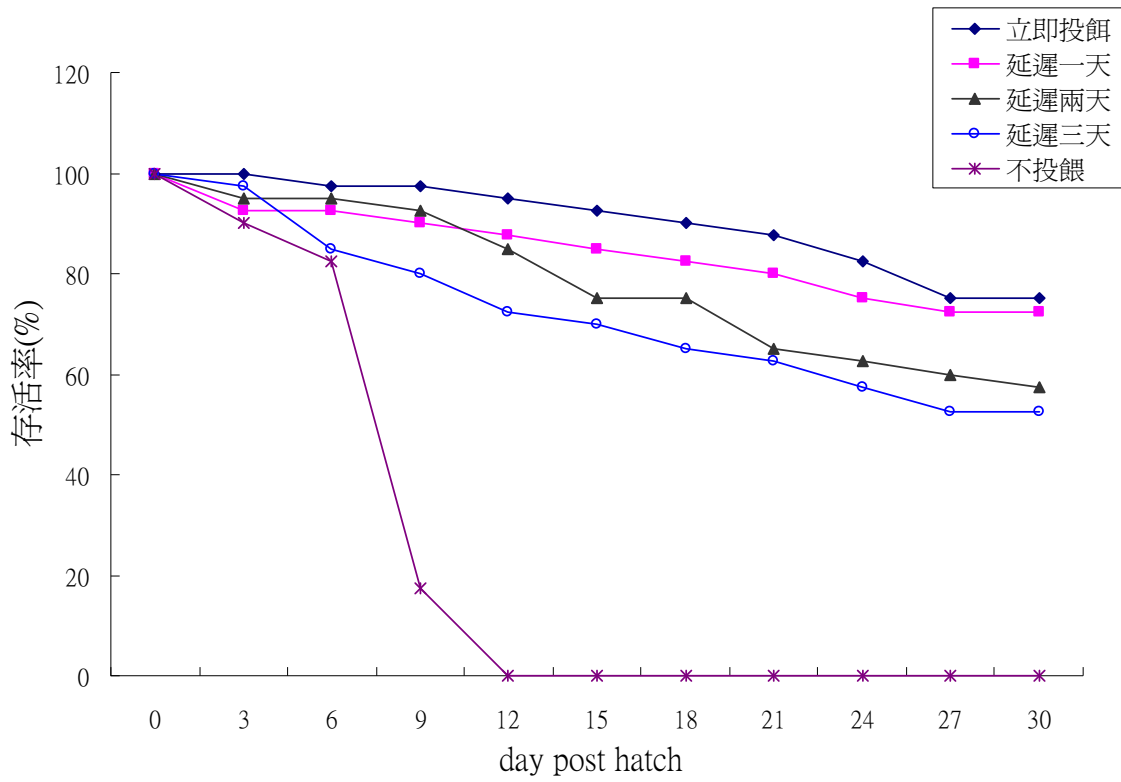


Fig. 10 不同時間的延遲投餌，蝦苗在各時間的存活率

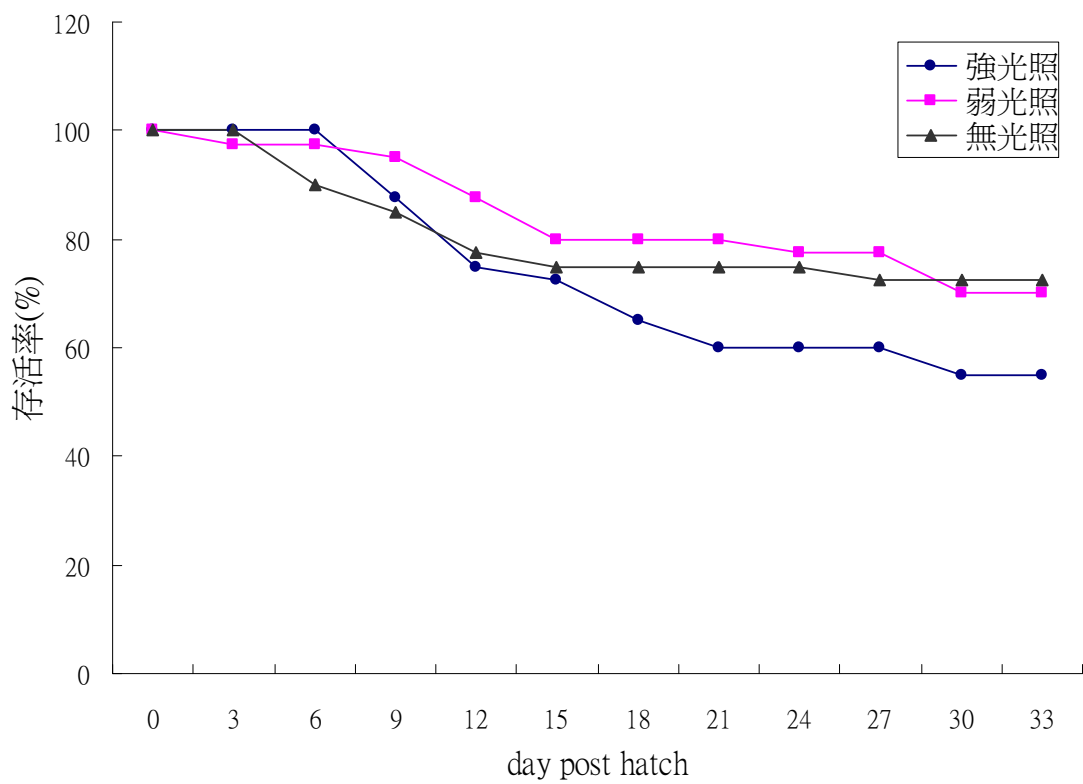


Fig. 11 不同光照強度下，蝦苗在各時間點之存活率

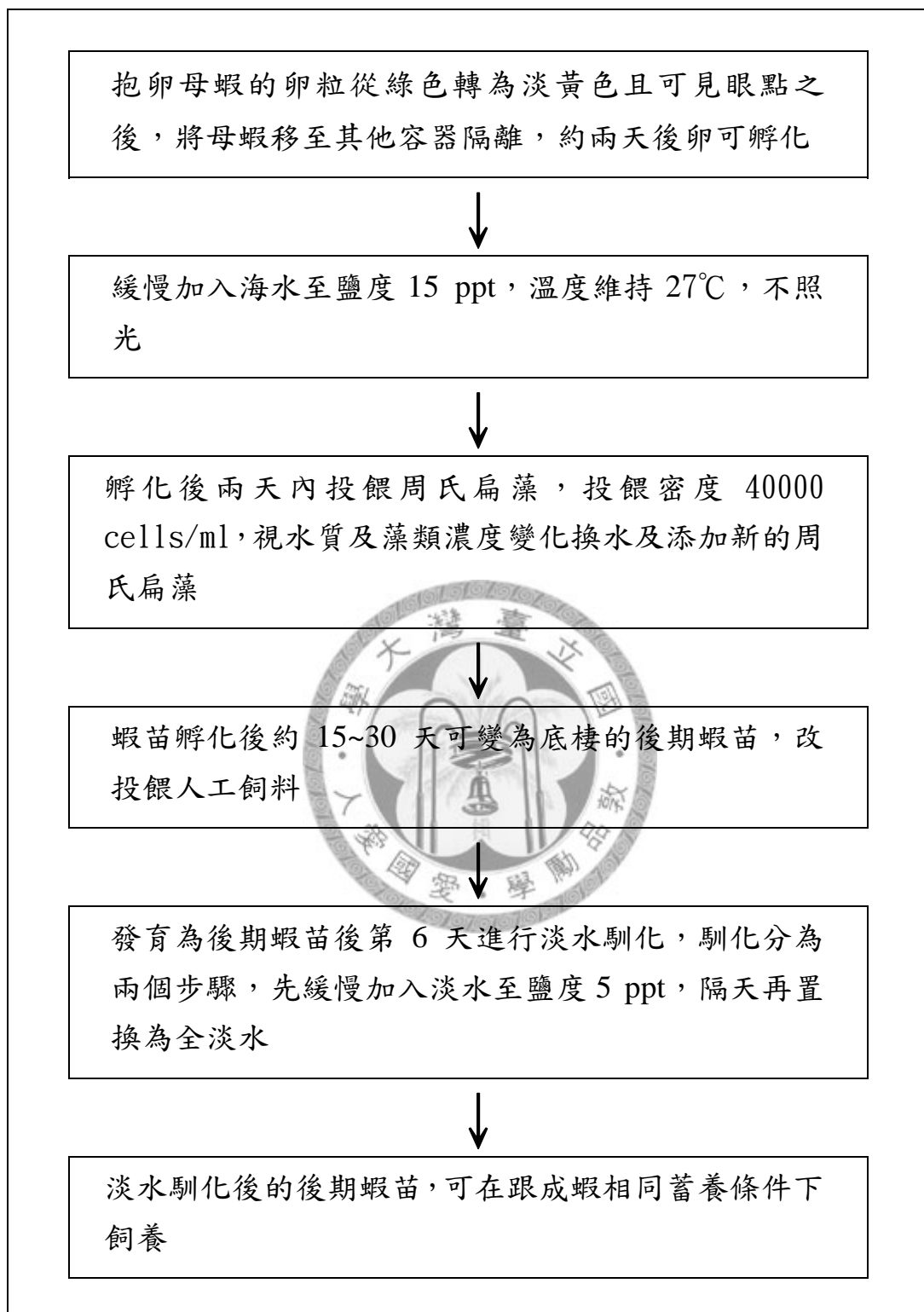


Fig. 12 長戟米蝦蝦苗培育之流程圖