

# 海水觀賞水族的繁養殖 研發現況及進展 (二)

文/ 邱沛盛、呂明毅 .圖/ 邱沛盛、呂明毅、何秋謹、林清哲

找出適合的餌料生物來替代輪蟲、豐年蝦的不足之處，以增加吾人飼養仔魚的多樣性、成長及活存率仍是繁殖上迫切需要的。橈足類的成蟲、橈足幼蟲及無節幼蟲是仔魚在自然環境中的餌料，牠們通常充滿仔魚的腸道，在使用上可以單獨投餵，或與輪蟲和豐年蝦混合投餵。在培育仔魚過程中使用橈足類的益處大致如下：無節幼蟲和成蟲之間的體型大小範圍廣泛、運動模式及富含高度不飽和脂肪酸。在這些脂肪酸中，特別是二十碳五烯酸 (EPA, 20:5 n-3) 與二十二碳六烯酸 (DHA, 22:6 n-3)，目前已經證明這二種脂肪酸對於仔魚活存和成長非常重要，也是在仔魚餌料中的必要成分。缺乏這些脂肪酸將不利於仔魚的健康，會造成低成長率、低攝食率、貧血及高死亡率。

目前全世界對水產養殖的興趣逐漸在增加，而橈足類被公認為是在許多仔魚培育上最有效的替代餌料來源。在集約式的仔魚培育較常使用的橈足類包括哲水蚤類【calanoids copepods, 諸如：紡錘水蚤 (*Acartia* spp.)、真寬水蚤 (*Eurytemora* spp.)、小哲水蚤 (*Parvocalanus* spp.)、刺水蚤 (*Centropages typicus*) 等】與猛水蚤類【harpacticoid copepods, 諸如：尖額真猛水蚤 (*Euterpina acutifrons*)、日猛水蚤 (*Tisbe* spp.)、劍水蚤 (*Trigriopus japonicus*) 等】。猛水蚤類容易高密度培養，但是在培養過程中，在缸壁邊活動的個體明顯多於在水層中活動的個體，基於這個緣故，使用猛水蚤類來投餵魚苗的效果不是很好，通常是作為投餵傳統輪蟲 / 豐年蝦時的補充餌料。

仔魚培育上效果最好的是哲水蚤類，因其富含高度不飽和脂肪酸且終生為大洋浮游性，是相當理想的海水魚苗餌料。這些橈足類的無節幼蟲期體型通常很小，所以口裂小的仔魚在首次攝餌的時候會欣然的接受這些橈足類。但不幸的是，在哲水蚤類的連續性培養上還存在著若干困難點，因為牠們通常在大水槽中的飼養密度偏低，而且需要餵食數種不同的微細藻類。最近在義大利那不勒斯動物園的研究中，以500公升的循環水系統（具生物性 / 機械性過濾）中培養了不同世代的刺水蚤，並始用三種植物性浮游生物：異囊藻 (*Heterocapsa niei*)、司西扁藻 (*Tetraselmis suecica*) 及等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*) 混合投餵橈足類，藻類濃度分別是  $5.5 \times 10^3$ 、 $1.25 \times 10^4$ 、 $3.4 \times 10^4$  cells/mL，約相當於每公升水體含有 1mg 的藻類。刺水蚤的無節幼蟲和橈足幼蟲分別收集自不同的發育時期【從無節幼蟲第一期 (NI; 110- $\mu$ m長) 到橈足幼蟲第三期 (CIII; 560- $\mu$ m長)】，可用來進行魚苗投餵實驗。這些無節幼蟲和橈足幼蟲會被光照吸引至155~300- $\mu$ m 網目的濾網中，在200公升的水槽內自動收集、過濾，最後濃縮於15公升的海水中。這個系統能夠生產足夠的無節幼蟲進行魚苗投餵實驗，而且可能發展成為大量培養哲水蚤橈足類系統的起始點。



▲ 圖1. 橈足類的成蟲、橈足幼蟲及無節幼蟲是仔魚在自然環境中的餌料，牠們通常充滿仔魚的腸道，在使用上可以單獨投餵，或與輪蟲和豐年蝦混合投餵，呂明毅攝。



▲ 圖2. 在疊波蓋刺魚 (*Pomacanthus semicirculatus*) 繁殖的研究中，使用不同的餌料生物以不同比例混合投餵，可以成功地培育魚苗至稚魚期階段，呂明毅攝。

橈足類實際上對較小的海水魚苗來說是理想的餌料生物，是用來餵飼海水神仙魚（蓋刺魚）的好選擇，而海水神仙魚在觀賞水族市場上是高需求量的魚種。繁殖海水神仙魚的主要問題在於首次攝餌，微小的仔魚無法攝食輪蟲和其它我們能夠提供的餌料生物。在藍帶荷包魚（*Chaetodontoplus septentrionalis*）的研究中，筆者等人使用猛水蚤類或是混合纖毛蟲（*Euplores* sp.）、輪蟲等餌料生物投餵仔魚，在溫度26-28°C的條件下培養到孵化後第30天，最高有8.9%的活存率。另一個相似的實驗是吾人在疊波蓋刺魚（*Pomacanthus semicirculatus*）繁殖的研究中，使用不同的餌料生物單獨投餵或是以不同比例混合投餵來測試仔魚活存率，其中以30%的渦鞭毛藻（*Gonyaulax* sp.）+ 35% 擬球藻（*Nannochloropsis* sp.）+ 35% 輪蟲（*Brachionus rotundiformis*）混合投餵疊波蓋刺魚仔魚有最高的活存率。未來如欲進行這個研究必須更詳加了解此種魚類的生殖週期。此外，小哲水蚤的小規模培養技術已經可以成功地應用在一些比較難以培育的魚類繁養殖上，像是胃刺尻魚（*Centropyge loriculus*）和黃高鰭刺尾鯛（*Zebrasoma flavescens*）。由於要維持足夠數量的大型橈足幼蟲期直到仔魚開始攝食剛孵化的豐年蝦無節幼蟲變的越來越困難，故目前科學家們仍然需要透過延長仔魚的週期去提升牠們的活存率。有研究已經證實二種橈足類，例



▲圖3. 多帶斑節海龍（*Dunckerocampus multiannulatus*）屬於海龍科的海水觀賞魚，在觀賞水族貿易流通上非常受到歡迎，不產於臺灣，分布於西印度洋海域，邱沛盛攝。



▲圖4. 正在專注覓食躲藏在碎石間的小型浮游動物之庫達海馬（*Hippocampus kuda*），分布於印度-太平洋海域，主要棲息於具海藻床的礁石區或潟湖區，體色相當多樣化，包括淡粉紅、黃色、綠色、灰褐或深褐色等，體側有時雜有黑色斑駁或黑斑，最大體長可達30公分，林清哲攝。

如小哲水蚤和偽鏢水蚤（*Pseudodiaptomus* sp.）在培養技術上（在生產數量、體型大小及活存等各方面）比普通培養的湯氏紡錘水蚤（*Acartia tonsa*）更具有優勢。

總而言之，有許多魚類已經可以在人為環境下自然產卵，而主要的繁殖瓶頸還是在於首次攝食所需要的初期餌料。在魚類的初期生活史中投餵輪蟲和豐年蝦未必能促進仔魚最佳的成長，因為這些餌料生物的脂肪酸含量可能不足，在某些情況下，餌料的大小也不合適。基於這個原因，吾人必須尋找能夠替代輪蟲和豐年蝦不足之處，以及能夠促進仔魚成長的最適餌料。橈足類的成蟲、橈足幼蟲和無節幼蟲被認為是餵飼海水觀賞魚苗的良好餌料。在仔魚培育上使用橈足類的優勢主要是牠們在無節幼蟲到成蟲之間的體型變化有很大的幅度，還有牠們典型的運動模式及富含高度不飽和脂肪酸。然而，瓶頸還是存在的，以橈足類養殖海水魚苗進行商業化生產的開發仍然需要一個模擬自然生態的密閉繁養殖系統。未來的研究方向應該聚焦於：找尋生活史較短且可以高密度飼養的橈足類品種；此外，最好還要去了解包括胺基酸、蛋白質、色素及維生素組成可能比較適合於仔魚成長與活存的橈足類種類。

## 海馬

海龍科（Syngnathidae）是一群非常特別的海水觀賞魚，在這個家族裡面包含海馬（seahorses）和海龍（pipefishes）及葉海龍（sea dragons）三大類，全世界約有300種。海馬（*Hippocampus* spp.）是硬骨魚類，其演化是非常近期的事，現存的物種仍保留著形態演化的階段，全世界約有55種，主要分布於熱帶、亞熱帶及溫帶的海域。在中國傳統藥材市場和觀賞水族貿易流通上都非常受到歡迎。但不幸的是，野生族群數量因為人類過度開發而逐漸減少，而且所有海馬都是在華盛頓公約中列於附錄二的物種（CITES Appendix II）。



海馬在經濟、養殖、科學及教育層面上都引發人們的興趣。由於在觀賞水族需求、野生族群壓力不斷升高的情況下，近年來針對海馬的生物學和養殖研究皆逐年增加。現在至少有13種海馬能夠進行商業化生產，而大部分的種類都有潛力成為觀賞水族貿易的寵兒。海馬與其它珊瑚礁魚類相比，擁有較高的市場價格，所以海馬養殖是一個具有高經濟潛力的新興產業，而大量繁殖高品質的海馬以供應水族貿易或傳統中藥市場，可以減少野生族群的壓力。

有關海馬的生態學、生物學、生理學方面的資訊，在以前幾乎是未知的。海馬具有許多獨特的特性是不同於一般的珊瑚礁魚類，例如：在棲地分布的密度低、生活在一定區域、少有遷徙性、壽命短、護幼行為、雌雄異型、產卵量低、生殖配對、求偶交配行為、每對親魚在生殖季節中能夠重複交配多次、在一個生殖季節中以一夫一妻制配對等。雖然有少數幾個種類已有技術進行商業化生產，但在專業度上還是需要再改善。以前的研究多半是投注在幾種熱帶或亞熱帶海馬的繁養殖技術上，但最近的研究則是聚焦在溫帶的種類，像是淺黃海馬 (*Hippocampus guttulatus*) 或是歐洲海馬 (*H. hippocampus*)，而這方面的知識幾乎缺乏，尤其是如何成功繁殖牠們，以及幼魚的死因等方面。在人為環境中養殖海馬，對於了解牠們的生物學和生理學已經有了具體的貢獻，但是關於成長、繁殖、攝食及營養需求等資訊仍然是缺乏的。

海馬的生殖生理、雌魚成熟或卵的特性的知識還相當缺乏。一般來說，在人為環境下交配並不是限制因子，但對於淺黃海馬來說卻相當困難。這個物種的繁殖成功率偏低，可能是營養需求沒有被滿足，不過這個解釋還有待實驗證實。飼養海馬成魚通常只餵食豐年蝦，其他常見餌料還有糠蝦、端足類、蝦類（以活餌或是冷凍形式），單獨投餵或與豐年蝦混合投餵。在人為的環境中，海馬成魚偏好攝食糠蝦和端足類，事實上糠蝦和端足類也是牠們在野生環境中偏好的餌料生物。以豐年蝦成蟲來投餵海馬有很高的成長率，但是豐年蝦成蟲應用在繁殖上營養是否恰當還是個問題。由歐洲海馬的投餵研究，比較投餵經過滋養的豐年蝦成蟲和投餵野外捕捉的糠蝦，結果顯示後者所培養的魚苗品質較好。相反地，在培養淺黃海馬過程中投餵糠蝦或是滋養的豐年蝦，在雌魚的成熟、仔魚孵化大小和體型方面與野生的海馬相比是沒有差異的。這個發現證實，讓淺黃海馬交配中斷的可能是其它未知的因子，與攝食、營養狀況毫無相關。



▲圖5. 海馬成魚偏好攝食端足類 (Amphipoda)，事實上端足類也是牠們在野生環境中偏好的餌料生物。端足類是一種沒有甲殼及兩側扁平的甲殼類生物，已知有7000多個物種，邱沛盛攝。



▲圖6. 體長約1-3公分之間的黑殼蝦也是海馬成魚偏好的餌料生物，事實上牠們包括米蝦屬 (*Caridina*) 和新米蝦屬 (*Neocaridina*) 的許多種類，為觀賞水族市場上常見的活餌，邱沛盛攝。



▲圖7. 刺海馬 (*Hippocampus histrix*) 體色亦呈多樣化，包括淡粉紅、黃色、綠色或褐色等，各棘突先端黑色，分布於印度-太平洋海域，主要棲息於具海藻床的礁石區，最大體長可達17公分，林清哲攝。



▲圖8. 一夫一妻制的庫達海馬配偶，其特殊的生殖方式相當引人注目，是由雌海馬將卵產在雄海馬腹中之育兒囊，經2到3周的孕卵期，再由雄海馬孵出小海馬，何秋謹攝。

卵的大小已經被當作判斷卵 / 稚魚質量的準則。雖然在不同種類海馬間因為緯度分布（基於雌魚體型）的影響，所以卵徑會有所不同。在同種內卵徑的比較也會用於卵質的研究。海馬的卵是典型不規則形狀、沒有浮性，而且比起大部分珊瑚礁魚類的卵還大（卵徑0.9–3.8 mm）。然而，因為卵是不規則形狀，所以精確測量是個問題，缺乏標準的操作方法也是其中一個原因。用長度、寬度來測量淺黃海馬的卵和卵黃大小的數學模式已經被提出來，這個模式也可以應用在其它種類的海馬上。在一些海龍的研究中，已經明確的指出卵徑和雌魚體型有關聯性，但在大多數的海馬卻沒有關聯性。然而，在懷氏海馬（*H. whitei*）、直立海馬（*H. erectus*）及淺黃海馬三個種類中發現卵徑與雌魚體型/體重的確有關。此外，由雌魚體型可以適當預測淺黃海馬的卵徑大小。一般而言，相對體型較大的成魚有較高的繁殖效率。



▲圖9. 即將產仔的雄性庫達海馬呈現大腹便便狀，每尾雄海馬通常約可產下二、三百尾小海馬，但曾有產下1800尾的記錄，何秋謹攝。



▲圖10. 剛孵化的幼魚通常是從雄海馬的育兒囊中被整批地釋放出來，出生後第一天的庫達海馬魚苗群，體長大約介於7.6–8.0mm之間，何秋謹攝。

吾人對海馬親魚的食性和營養需求所知甚少，只有一些研究曾報導使用豐年蝦成蟲投餵海馬成魚後所產出的卵，針對其脂質和胺基酸的組成進行量變分析與調查。脂質和胺基酸組成已經成為魚卵品質的指標，因為n-3高度不飽和脂肪酸是海水魚所必需的營養成分，也是餌料中最重要的成分。一般來說，營養需求主要是從野生環境的生物個體所得到的數據推論而來的，特別是卵和稚魚的生物化學組成，但這方面的資訊仍然相當的缺乏。在人為環境下飼養的淺黃海馬的魚卵中最高含量的脂肪酸依次為18:1 n-9、16:0及18:2 n-6、20:5 n-3、18:0及22:6n-3，但由於海馬成魚的生物化學組成變異性和物種有很大的關聯，因此由這些資訊是很難去預測，甚至推論到其它種類的海馬上，況且魚卵中的脂肪酸組成可以藉由人工投餵親魚而被輕易的修飾或改變。

在海水魚苗初期發育階段的骨骼畸形很可能是營養因素（欠缺磷脂質、DHA、胜肽或維生素A等）所造成的，已有記錄顯示早產生出的海馬幼魚會伴隨著嚴重的口部畸形（下顎畸形會影響正常攝食），而這個問題可藉由在餌料中增加n-3高度不飽和脂肪酸的含量（分別以三倍和四倍增加EPA和DHA的含量）來解決。此外，剛孵化的幼魚通常是從雄海馬的育兒囊中被整批地釋出，當經過幾天後，有更多批的幼魚被釋放出來，但其中胚胎和卵黃囊發育不完全的幼魚比例會大幅增加。這個問題目前已經可以克服：即假設雄海馬可能為了再次交配而加快了幼魚的釋放，吾人可以將懷孕的雄海馬多隔離幾天，以延遲其釋放幼魚的時間。

雌海馬會多次產卵，其孕卵間隔完全取決於雄海馬懷孕期間（9–45天）的長短，並與之同步。對大多數的海馬種類而言，在繁殖上最理想的溫度都是未知的，而溫度會影響生殖腺的成熟與受精卵的孵化，所以這是必須去深入了解的。雌海馬的孕卵間隔似乎受到溫度的調控。已知淺黃海馬雌魚的性成熟是受到光照週期控制，而非溫度所決定；但溫度卻被認為是控制南非海馬（*H. capensis*）繁殖的主要環境因子，而非光照週期。目前光熱能的操作技術已經成功地應用在調控淺黃海馬的生殖週期上。

~待續~

### 延伸閱讀

- ※Leu, M.-Y., Liou, C.-H., Wang, W.-H., Yang, S.-D. and Meng, P.-J. 2009. Natural spawning, early development, and first feeding of the semicircle angelfish [*Pomacanthus semicirculatus* (Cuvier, 1831)] in captivity. *Aquaculture Research* 40(9), 1019–1030.
- ※Olivotto, I., Planas, M., Simões, N., Holt, G.J., Avella, M.A. and Calado, R. (2011.) Advances in breeding and rearing marine ornamentals. *Journal of the World Aquaculture Society* 42(2), 135–166.
- ※Ahnesjö, I. and Craig, J.F. 2011. The biology of Syngnathidae: pipefishes, seadragons and seahorses. *Journal of Fish Biology* 78(6), 1597–1602.
- ※Leu, M.-Y., Sune, Y.-H. and Meng, P.-J. 2015. First results of larval rearing and development of the bluestriped angelfish *Chaetodontoplus septentrionalis* (Temminck & Schlegel) from hatching through juvenile stage with notes on its potential for aquaculture. *Aquaculture Research* 46(5), 1087–1100.