

簡述餌料生物滋養於幼苗培育之應用

許自研、吳豐成

水產試驗所東港生技研究中心

前言

成功且成熟的水產養殖產業應掌握「完全養殖 (complete culture)」技術，即在人為操控的環境下，將目標物種從受精卵孵化成幼苗，經數月至數年的蓄養，養成具成熟性腺的個體，再透過人工繁殖得到受精卵，完成該養殖物種的生活史。為降低成本、分散風險並加強專業性，養殖業界主要依物種的生長階段進行產業分工，以石斑魚 (Epinephelinae) 生產為例，其經營分工明確，主要分為種魚繁殖場、孵化育苗場 (白身苗)、吋苗場、成魚場等四種類型，由於石斑魚魚苗的養殖的特點為生長週期短、死亡率高，相對的資金周轉快且利潤高，所以幼苗階段 (larval stage) 往往是決定後續養殖成功與否的關鍵時期。

雖然大多數的種苗生產已達商業量產規模，但卻常有穩定性較低或不可預見性高的情形，主要是因為魚苗發育初期體小而脆弱、器官發育未全、營養需求高等問題所致。仔魚的口徑在首次攝餌時非常的小，石斑魚苗更僅有 0.35–0.40 mm 左右，因此除了環境不良或病害問題以外，光想成功讓魚苗開口過料便是育苗瓶頸所在。由此可知，如欲提高育苗成功率，初期營養供應非常重要，倘若在這段時間找不到合適的餌料給魚苗吃，它們便無法順利完成內源性營養

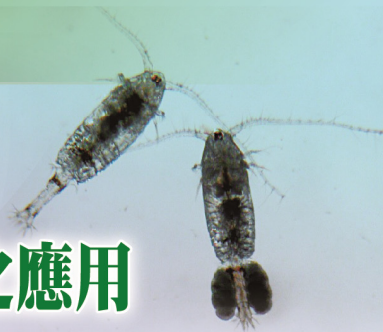
(endogenous nutrition) 到外源性營養 (exogenous nutrition) 的過渡期，仔魚存活率將大幅降低，甚至可能全軍覆沒。

為克服這項艱鉅的技術挑戰，需考慮可提供魚苗攝食的餌料大小、適口性以及營養成分等問題，目前最主要的解決方式，即是運用活體餌料生物 (live food)，例如牡蠣受精卵或剛孵化的輪蟲投餵魚苗，以補充其所需營養，成功幫助魚苗度過最關鍵的時期。

常用餌料生物及其營養組成

餌料生物泛指可供水產種苗攝食之天然動植物，需具備營養充足、易消化、尺寸適中、移動緩慢、價格低廉、方便取得、容易培養等特性，目前已實際運用或廣泛進行研究的餌料生物有微藻 (microalgae)、輪蟲 (rotifers)、豐年蝦 (artemia)、橈足類 (copepods)、枝角類 (cladocera)、光合菌 (photosynthetic bacteria)、酵母菌 (yeast)、線蟲 (nematode)、絲蚯蚓 (*Tubifex hattai*) 及由藻菌和有機碎屑等微生物與顆粒物質組成的生物絮團 (biofloc) 等，其中以微藻、輪蟲、橈足類、豐年蝦在產業應用上最為普遍。

微藻屬於植物性餌料生物，常用種類如擬球藻 (*Nannochloropsis*)、等鞭金藻 (*Isochrysis*)、扁藻 (*Tetraselmis*)、骨藻 (*Skeletonema*) 等 (圖 1)，因營養組成及體型



大小有所差異，而被運用在不同種苗之生產。擬球藻因高度不飽和脂肪酸 (highly unsaturated fatty acids, HUFA) 之二十碳五烯酸 (eicosapentaenoic acid, EPA) 含量高，故為海水魚類綠水育苗 (green water breeding) 之主要藻種，相對於清水育苗 (clean water breeding) 來說，綠水育苗可以顯著提升海水魚苗的成長率和活存率，主要原因是微藻可改善水質環境，還可直接作為幼苗餌料、促進消化並刺激食慾，進而誘發攝食活動 (Stottrup et al., 2003)。等鞭金藻因富含 HUFA 之二十二碳六烯酸 (docosahexaenoic acid, DHA)，為二枚貝幼生、棘皮動物幼生、海水蝦苗、橈足類、輪蟲等之優良餌料，對海水魚苗 (尤其是石斑魚苗) 之育成率具有關鍵性的影響力；扁藻具有足夠含量的 EPA，係培養輪蟲之最佳餌料，同時也是橈足類、豐年蝦、眼幼蟲期蝦苗、二枚貝幼生之良好餌

料；骨藻富含 EPA，是草蝦苗眼幼蟲期最佳餌藻 (雷等，1985)。

在常用動物性餌料生物方面有輪蟲、橈足類、豐年蝦等三大類，輪蟲係屬輪形動物門 (Rotifera) 之浮游動物，頭部有一圈轉輪式運動的纖毛環 (圖 2)，依體型大小又概分 L 型 (162–340 μm)、S 型 (150–205 μm)、SS 型 (94–163 μm) 等三種，因輪蟲外皮易碎，水溶性膠體狀蛋白質易流出，對於海洋中消化器官分化較晚的種苗來說是良好的餌料生物，因此現今已有超過 60 種海洋魚類及 18 種甲殼類幼苗成功的使用輪蟲作為初期投餵餌料。

橈足類是大多生活在海洋中的細小甲殼類動物，其體型小，數量多，分布廣，約有 70% 的海洋浮游動物為橈足類 (圖 3 上)。目前養殖業主要常用模糊許水蚤 (*Pseudodiaptomus annandalei*) 及短角異劍水

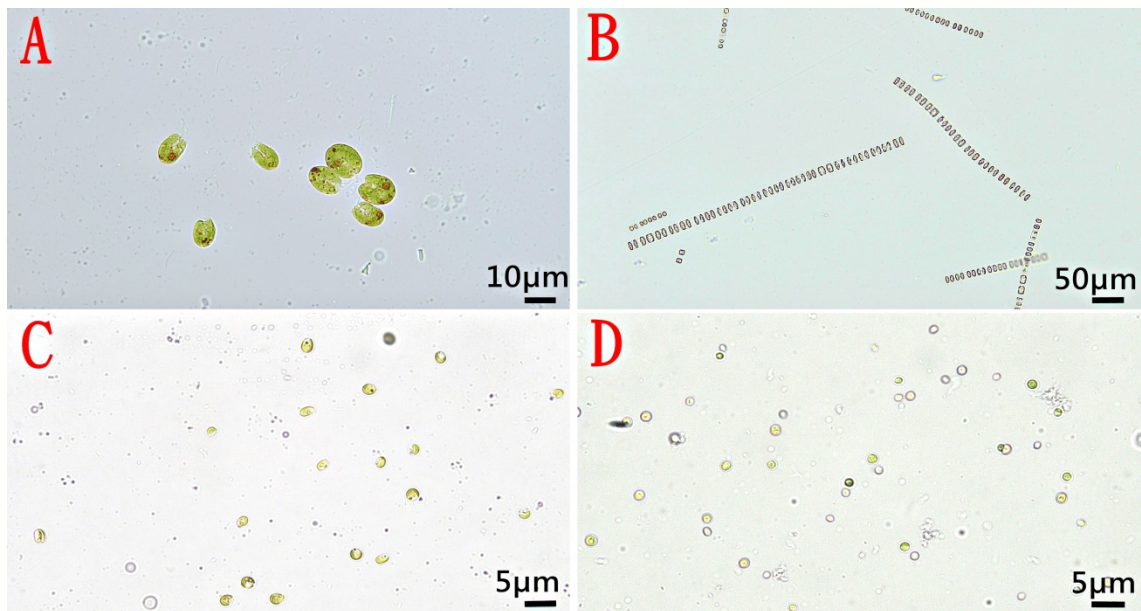


圖 1 育苗常用微藻
A：扁藻；B：骨藻；C：等鞭金藻；D：擬球藻

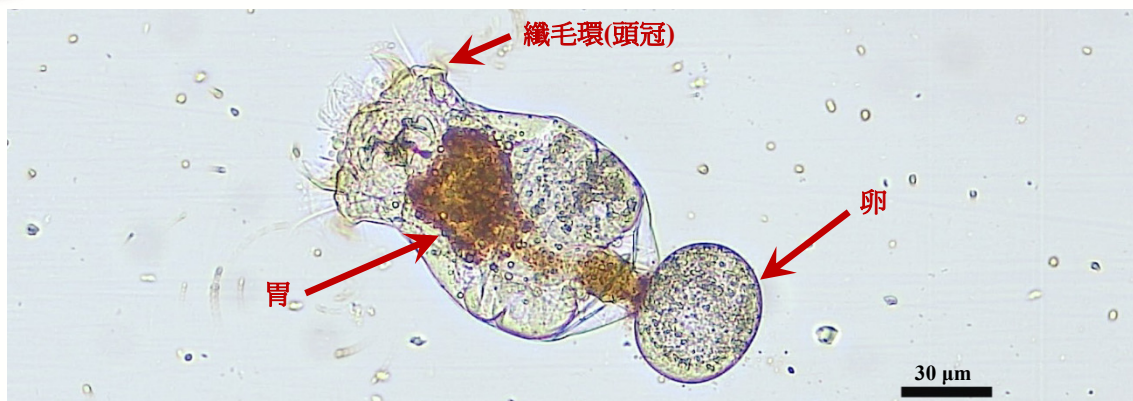


圖 2 輪蟲頭部有一圈轉輪式運動的纖毛冠

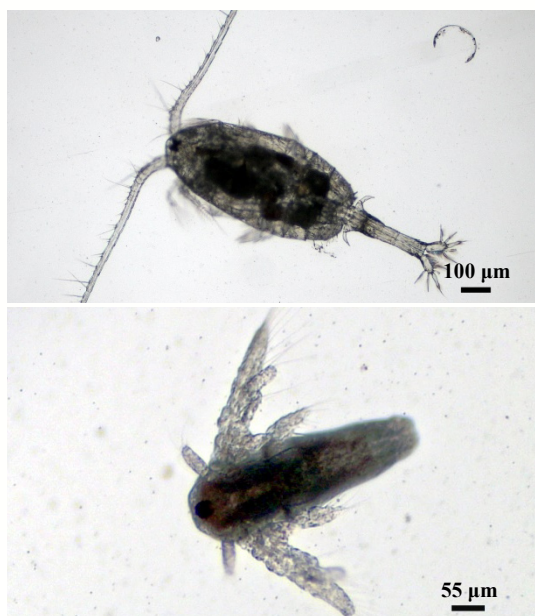


圖 3 橈足類(上圖)及豐年蝦無節幼蟲(下圖)

蚤 (*Apocyclops royi*) 進行海水魚苗培育，前者常被業者以閩南方言稱為「青吻」、後者則為「紅吻」。因野生橈足類常帶入病菌、寄生蟲，在使用上必須謹慎選擇來源並應充分清洗再進行投餵。由於橈足類之培養須經過兩性生殖，故不易短時間內大量生產，同時在食物與季節方面的改變，皆會影響橈足類 n-3 HUFA 之含量，但大致上仍高於輪蟲、豐年蝦，因此倘從必需脂肪酸

(essential fatty acid, EFA) 的觀點而論，橈足類仍是培育海水魚苗最重要的餌料生物。

豐年蝦為鰓足綱 (Branchiopoda) 的小型甲殼類生物，生活在高鹽分的水域中，對鹽度的適應範圍極廣，從 5—90 psu 都可活存，現今超過 85% 的養植物種能以豐年蝦作為食物 (圖 3 下)。因豐年蝦卵一年四季均可取得且孵化方法簡單，故隨時可進行大量生產以提供魚苗攝食所需，在應用上深具經濟價值與便利性。剛孵化的豐年蝦無節幼蟲，大小及營養價值符合各種魚苗的需求，仔稚魚蝦可依賴它直到變態完成，但若單獨以豐年蝦為餌料，飼育海水魚苗，常導致魚苗大量死亡，這種現象主要因魚種及豐年蝦產地而異。渡邊等 (1980) 對豐年蝦耐久卵 (cyst) 及幼蟲之脂肪酸進行成分分析，並將各地域生產之豐年蝦耐久卵分成兩類：一類富含海水魚苗所必需的脂肪酸 EPA，稱為海水型豐年蝦；另一類則富含淡水魚苗必需之脂肪酸 α -亞麻酸 (α -linolenic acid, ALA)，稱為淡水型豐年蝦。此種結果乃源自於產生耐久卵的母體群基因型差異或食物來源的不同，而同一區域所產之豐年蝦，其脂肪酸成分亦因出

產時節不同而異。另外須注意的是，當使用豐年蝦投餵魚苗時，應併用海水橈足類或先改善豐年蝦營養效益後再投餵，以避免魚苗因營養缺乏而大量死亡。

載體餌料生物滋養方式

利用餌料生物的濾食特性，使其將欲作為補充之營養物質或藥物攝入體內，再投餵營養殖生物，此步驟稱為滋養或營養強化 (nutritional enrichment)。當營養殖生物將強化後的餌料生物捕食至體內後，經其消化、吸收後可促進生長發育或提升抗病能力，而這些負責「運送」特定物質的餌料生物，即稱之「載體餌料生物 (carrier living food)」。

餌料生物本身所含營養成分隨著種類不同而有所不同，例如輪蟲或豐年蝦無節幼蟲在必需胺基酸、蛋白質含量來看雖能滿足魚苗需求，但在脂肪酸方面卻有所不足，尤其是 DHA、EPA，而這樣的缺陷會導致營養限制 (nutrient limitation)。

如前所述，目前育苗常用餌料生物以輪蟲及豐年蝦脂肪酸組成較為缺乏，故需進行營養強化。輪蟲的滋養方面分為蛋白質與脂質強化，雖然在不同培養條件與生長階段下蛋白質含量變化量較大，但仍尚稱足夠，故一般較少進行蛋白質強化；另一方面，倘用營養油乳進行強化，則可能提高脂質含量而使蛋白質與脂質比值下降，將不利海水魚苗成長與活存，因此在投餵時應挑選繁殖速度最快時期的輪蟲，這時滋養後的輪蟲蛋白質與脂質比例約為 1.5–2，營養價值較高。

正常情況下輪蟲脂質含量約佔乾重

9%，滋養後可達 28%，因此脂質 (尤其是 n-3 HUFA) 之營養強化確實可有效提升輪蟲營養價值，促進幼苗生長活存以及對鹽度的耐受性，並使魚苗提早且同步進行變態。Takeuchi 等 (1998) 指出以含有不同量 DHA 之輪蟲及豐年蝦，餵飼青甘鱆 (*Seriola quinqueradiata*) 魚苗 23 天及 16 天，輪蟲之 DHA 含量將影響豐年蝦投餵期對 DHA 之需求量，若輪蟲 DHA 含量低，投餵含 2.6% DHA 之豐年蝦可改善魚苗之活存及成長；當輪蟲 DHA 含量增加時，豐年蝦投餵期對 DHA 之需求量則可從 2.6% 降至 1.6%。

目前以脂質滋養輪蟲或豐年蝦的主要方式為微藻滋養法、油脂酵母法、油脂乳化法、配合餌料強化法。常用於滋養之微藻為容易大量培養之擬球藻及等鞭金藻，前者 EPA 含量高，後者則富含 DHA，如混合後對輪蟲進行滋養，一般可獲得良好的成效。不過，培養微藻以供滋養輪蟲所需成本較高，有部分使用者會選擇濃縮藻或冷凍藻進行滋養投餵；油脂酵母法係用魚油添加至麵包酵母培養液中，均勻攪拌後保存在低溫環境中，再進行投餵，使輪蟲藉由滋養後的酵母吸收所缺乏的脂肪酸，提升營養價值；油脂乳化法則是將魚油、蛋黃、海水一起攪拌，製成高 n-3 HUFA 含量的乳化油，再利用輪蟲的濾食性進行滋養儲存，不過使用上須注意乳化油穩定性不佳，需盡快滋養輪蟲後投餵魚苗，且因滋養前須收集濃縮輪蟲，使培養密度偏高，容易造成輪蟲死亡。另外輪蟲身上黏附之油脂，在投餵時容易污染養殖水體，這些皆為此法主要的缺點。然而，配合餌料強化法已克服前述缺點，日本學者利用濃縮的海

水小球藻加維生素和 n-3 HUFA，進行輪蟲滋養可避免水質污染問題 (Fu et al., 1997)；歐洲學者則研發營養油乳—超級熊克 (super selco) 系列商品，不須乳化，可直接滋養輪蟲，脂肪強化效果優於微藻，滋養後的輪蟲脂肪含量適中、死亡數少，培養密度高 (Lavens et al., 1993)。

如上所列，輪蟲與豐年蝦因營養缺陷而有多種滋養方式 (表 1)，除了脂肪酸等營養物質的營養強化以外，利用載體餌料生物傳遞預防藥物也有相關研究進行，雖然一般並不建議在育苗過程中使用抗生素等藥物，但將藥物透過餌料生物進行攜帶輸送，經由幼苗攝食進入體內，概念如同「口服」藥物一般，較一般潑灑藥物至池中或混入飼料中投餵來得直接有效，也可減少無謂的藥物用量與環境逸失問題 (Chair et al., 1996)。

結語

水產幼苗的餌料問題係影響目前養殖育

苗產業發展的重要關鍵因素之一，富含營養且穩定供應的餌料生物將決定育苗階段的成敗。然而活體餌料生物有其限制性，因此部分學者提出微粒飼料 (micro-diet) 的概念，希望可以利用人造的方式將各種營養物質透過黏合劑、囊膜等方式進行包覆，製成具全價營養之人工飼料，盼能克服育苗生產高度依賴活體餌料生物的現象，進而解決病菌帶原問題，同時降低額外培育或購買餌料生物的成本。然而，各界雖已投入大量的研究能量在微粒飼料研發，但仍存有營養溶失、難以消化、缺乏未知生長因子 (unidentified growth factor) 等缺點，至今尚無法取代活體餌料在水產育苗階段之應用。總言之，生物餌料被微粒飼料完全替代的一天還未來臨，微粒飼料的開發也並非是育苗餌料問題的唯一解答，倘若未來能設法補足活體餌料生物所欠缺的營養成分、簡化並降低培養所需成本、去除伴隨的病原菌問題，相信不管是哪種育苗方式，對於養殖育苗產業的提昇與加值都將大有助益。

表 1 載體生物滋養方式參考範例

載體生物	密度 (隻/ml)	容量 (L)	製備方式	參考文獻
輪蟲	110-140	60	以 5 ml 甲基酯 n-3 HUFA、1 g 生雞蛋黃、0.25 ml 卵磷脂及 95 ml 淡水進行充分混合後投餵。	Watanabe, 1983
輪蟲	75-100	20	以 1 g 乙基酯 n-3 HUFA、0.2 g 生雞蛋黃、0.6 g 酵母及 50 ml 淡水進行充分混合後投餵。	Yoshimatsu et al., 1995
輪蟲	250-500	10	以 2.5 ml 三酸甘油酯或甲基酯 n-3 HUFA 及 95 ml 淡水進行充分混合後投餵。	Takeuchi et al., 1994
輪蟲	500-600	12	以 1 ml 甲基酯 n-3 HUFA 或 300 mg 烏賊油、0.05 g 卵磷脂或 8 ml Tween 80(乳化劑)、3 g 酵母最後再以 10 ml 淡水進行充分混合後投餵。	Su et al., 1994
豐年蝦	40	100	以 5 ml 三油脂、甲基酯 n-3 HUFA、乙基酯 n-3 HUFA 或游離脂肪酸、1 g 生雞蛋黃、30 g 酵母及 94 ml 海水進行充分混合後投餵。	Takeuchi et al., 1992
豐年蝦	5-15	20	以 0.2 g 乙基酯 n-3 HUFA、0.1 g 生雞蛋黃及 100 ml 海水進行充分混合後投餵。	Han et al., 1995