

溫度、鹽度和餌藻種類對雙葉紡錘水蚤增殖的影響

黃郁珍¹·鄭新鴻^{2*}·陳鳳琴²·林清龍¹·陳紫嫻²

¹國立嘉義大學水產生物學系

²行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心

摘要

海產魚苗培育過程中，需要大量餌料生物，而橈足類的不飽和脂肪酸含量高，是合適的餌料生物之一。雙葉紡錘水蚤 (*Acartia bilobata*) 是一種相當具有養殖潛力的橈足類，其無節幼生 (nauplius) 體型小，適合做為海水經濟魚種成長初期之餌料。本研究分別探討雙葉紡錘水蚤在四種溫度 22°C、27°C、32°C 和 37°C，七種鹽度 5、10、15、20、25、30 和 35 psu 以及三種餌藻等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*)、擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 和周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*) 的增殖。結果顯示，雙葉紡錘水蚤最適培養條件為溫度 27°C、鹽度 15 psu 及等鞭金藻。

關鍵詞：橈足類、雙葉紡錘水蚤、溫度、鹽度、餌藻

前言

近年來台灣海水魚類繁養殖業蓬勃發展，培育仔稚魚時需要較小型的初期餌料，目前有餌料生物及人工微粒飼料等 (許, 2000)。人工微粒飼料雖然來源穩定便於使用，但往往容易因為仔稚魚無法消化吸收或攝餌率不高，殘餌造成水質敗壞影響育成率問題等。以餌料生物做為初期餌料的優點即較容易被仔稚魚消化吸收、較不易造成殘餌，但缺點則為取得較不容易，成本較高，以及容易帶病原菌 (Su *et al.*, 2005)。

目前海產魚苗培育過程中，需要大量的餌料生物。在水產養殖界所使用的餌料生物有輪蟲 (Rotifer)、豐年蝦 (*Artemia*)、橈足類 (Copepoda) 和枝角類 (Cladocera) 等，其中營養價值以橈足類最好，其不飽和脂肪酸含量比例較高，不用經過營養強化即可投餵 (McKinnon *et al.*, 2003)，但是以橈足類做為餌料生物時，最大的困難在於無法達到大量生產，因為橈足類不像輪蟲或枝角類可以單性生殖，因此無法在短時間內達到大量生產。

對海水魚苗而言，橈足類是營養價值很高的一種餌料生物，橈足類本身含有高單位 n-3 系列之不飽和脂肪酸，亦含有豐富的游離胺基酸 (許, 2000)，而橈足類之無節幼生 (nauplius) 也是天然環境中許多小型魚及海水魚幼魚之主食 (張, 1992; Hajisamae *et al.*, 2003; Toledo *et al.*, 1999; McKinnon *et al.*, 2003)。沈 (1979) 指出，橈足類含有豐富的營養，如劍水蚤類屬 (Cyclopoid) 含蛋白質 59.81%，脂肪 19.8%，灰分 6%，含氮量 9.57 ~ 10.15%。Toledo *et al.* (1999) 研究顯示，橈足類含高量 DHA(22:6n-3) 與 EPA (20:5n-3)，以橈足幼蟲 60 ~ 80 ind./L 飼育點帶石斑 (*Epinephelus coioides*) 的活存率和成長最佳，而以壺狀輪蟲 (*Brachionus plicatilis*) 5000 ind./L 飼育結果最差。橈足類 *Pseudodiaptomus* spp. 及 *Acartia tsuensis* 體內的 DHA 等高度不飽和脂肪酸佔其總脂肪酸含量的 13% 及 24%，而 DHA/EPA 之比值則達 1.4 及 2.6。

橈足類生活史 (life cycle) 的各階段型態變化很明顯，可分為無節幼生期 (nauplius stage)、橈足幼蟲期 (copepodid stage) 和成蟲期 (adult stage) 三個階段。每個階段的大小變化相當明顯，因此適合各階段的仔稚魚攝取利用。一般而言，橈足類無節幼生期的體型大小隨種類不同而有所變

*通訊作者 / 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號 ; TEL: (08) 832-4121; FAX: (08) 832-0234; E-mail: shcheng@mail.tfrin.gov.tw

化，大約 50 ~ 160 μm (Toledo *et al.*, 1999)，因此非常適合做為仔魚時期口徑較小之魚類的初期餌料 (McKinnon *et al.*, 2003)。

目前台灣養殖產業作為餌料生物使用之橈足類主要是短角異劍水蚤 (*Apocyclops royi*) 及模糊許水蚤 (*Pseudodiaptomus annandalei*) 二種 (Su *et al.*, 2005)，在臺灣南部養殖池之優勢種，常做為培育海水仔稚魚的餌料生物，然而在田間養殖池培養，常有帶病原菌、產量不穩定與品質不佳，餌料生物的來源是很不可靠的。

雙葉紡錘水蚤 (*Acartia bilobata*) 雖然在台灣養殖池出現比上述二種橈足類較少，但因其直接排放受精卵於水中，可收集受精卵的特性，孵化後的無節幼生有趨光及游動緩慢特性，適合做為海水魚仔魚初期餌料，因此可計畫生產受精卵與無節幼生數量。紡錘水蚤屬 (*Acartia* spp.) 是許多熱帶與亞熱帶沿岸水域重要的種類，也被廣泛應用於水產養殖 (Knuckey *et al.*, 2005)。紡錘水蚤屬的無節幼生廣泛分佈在全世界海岸，在東南亞夜間容易以光來吸引捕撈 (McKinnon *et al.*, 2003)。

本研究探討溫度、鹽度和餌料種類對雙葉紡錘水蚤增殖的影響。

材料與方法

一、雙葉紡錘水蚤的蓄養

本實驗所使用之橈足類是由東港溪捕撈分離，已在行政院農業委員會水產試驗所東港生技研究中心保種培養達數年以上。經橈足類學者石長泰教授鑑定，本種為雙葉紡錘水蚤，屬於節肢動物門 (Arthropoda)、甲殼綱 (Crustacea)、橈足亞綱 (Copepoda)、哲水蚤目 (Calanoida)、紡錘水蚤科 (Acartiidae)、紡錘水蚤屬 (*Acartia*)。雙葉紡錘水蚤蓄養在實驗室內 20 L 圓形壓克力水槽，在室溫 25 ~ 30°C，鹽度 15 psu、照光及微量打氣下，投餵等鞭金藻 (*Isochrysis galbana*) 餌料。

二、溫度對雙葉紡錘水蚤增殖之影響

在溫度的預備實驗結果中得知，雙葉紡錘水蚤在實驗的溫度範圍中 (5°C、15°C、25°C 和 35°C)

能存活；在 25°C 時可產生子代，但成長緩慢，幾乎沒有橈足幼蟲產生；在 35°C 時能生殖且成長快速，橈足幼蟲數量達最高。因此實驗溫度設定範圍在 22 ~ 37°C，使用多室型生長箱 (Growth Chamber, 佑田牌 ESIV-4XM 型號)，以 22°C、27°C、32°C 和 37°C 進行實驗，實驗期共計 14 天。

實驗開始時首先將雙葉紡錘水蚤置於各個實驗溫度下馴化 7 天，第 8 天時使用 500 ml 燒杯，內含 500 ml 鹽度 15 psu 之配製海水，每組溫度各五重複，每個燒杯配置溫度馴化過，並以 100 目之浮游生物網過濾出相同體型大小、不分雌雄之成熟的雙葉紡錘水蚤 30 隻，供給等鞭金藻餌料，維持供給濃度為 1×10^6 cells/ml，24 h 光照，光照度約為 2500 Lux (光照度以 Lutron 牌 LX-101 型號)，提供適度打氣。在第 14 天時以 500 目之浮游生物網將燒杯中全數之雙葉紡錘水蚤收集起來，以 10% 福馬林固定後，在顯微鏡下分別計數無節幼生、橈足幼蟲與成蟲數量，並進行統計分析，以瞭解溫度對雙葉紡錘水蚤成長的影響。

三、鹽度對雙葉紡錘水蚤增殖之影響

在室溫為 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，先將雙葉紡錘水蚤分別置於 5、10、15、20、25、30 和 35 psu 共 7 組鹽度下馴化 7 天後，再使用 500 ml 燒杯，內有 500 ml 之配製海水鹽度，每組各三重複，並以 100 目之浮游生物網過濾出相同體型大小、經鹽度馴化過之成蟲，每個燒杯隨機配置 30 隻，供給等鞭金藻作為雙葉紡錘水蚤之餌料，供給濃度維持在 1×10^6 cells/ml，24 h 光照，光照度為 2500 Lux，提供適度打氣，實驗期間每天於上午 9:00 及下午 17:00 於各實驗組添加 R.O. 水補充蒸發之水份以進行鹽度之校正，在實驗第 14 天時以 500 目之浮游生物網將燒杯中全數之雙葉紡錘水蚤收集起來，以 10% 福馬林固定後計數，在顯微鏡下計數雙葉紡錘水蚤之總數量及其無節幼生期、橈足幼蟲期及成蟲期各期數量，之後進行統計分析。

四、餌料種類對雙葉紡錘水蚤增殖之影響

本實驗使用等鞭金藻、擬球藻 (*Nannochloropsis oculata*) 和周氏扁藻 (*Tetraselmis chui*) 等三種不同的微藻餵飼雙葉紡錘水蚤，觀察培養雙葉紡錘水蚤時之最適合的餌料，實驗期間

共計 14 天，實驗溫度 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 。實驗前雙葉紡錘水蚤先行以三種不同微藻馴養 7 天，於第 8 天時使用 30 個 500 ml 燒杯，內含 500 ml 鹽度 15 psu (由前一實驗求得) 配製海水，每個燒杯同上述方法配置 30 隻成蟲，密度為 60 隻/L。實驗一共六組，分別是以等鞭金藻、擬球藻和周氏扁藻單獨供給組 (共三組) 及混合供給組 (共三組)，每組五重複。將培養 3~4 天的各藻種，分別取 10 ml 的藻水中加入固定液 (Lugol solution)，再以吸管取樣品注入於血球計數盤 (Bright-Line Hemacytometer, Beibichert-Jung Hausser Scientific) 內，計數藻細胞數量後，計算培養的藻類濃度，然後配製下列供給的實驗濃度，在單獨供給組為等鞭金藻 1×10^6 cells/ml、擬球藻 1.5×10^6 cells/ml、周氏扁藻 1×10^5 cells/ml；在混合供給組為上述濃度之二分之一。光照週期為 24 小時光照，光照度為 2500 Lux 及適度打氣。在第 14 天時，以 500 目之浮游生物網將燒杯中全數之雙葉紡錘水蚤收集起來，以 10% 福馬林固定後計數。在顯微鏡下計數雙葉紡錘水蚤之總數量及其無節幼生、橈足幼蟲期及成蟲期各期數量，之後進行統計分析。

五、統計分析方法

所有數據皆以 3~5 重複的平均值來計算，使用 Sigma stat 2.03 版本之統計軟體進行統計，不同處理組間之分析比較是以 one-way ANOVA 配合 Tukey's Multiple Comparison Test 分析比較，顯著水準定 $p < 0.05$ 。

結果與討論

雙葉紡錘水蚤和一般的橈足類一樣，在其可忍受的溫度範圍內，溫度愈高成長愈快，雙葉紡錘水蚤成蟲對溫度的忍受能力佳，可忍受 $4 \sim 37^\circ\text{C}$ 之溫度範圍，它一般喜歡成群聚集在打氣所造成之水流之中，具有微微地趨光性。

Leandro *et al.* (2006) 曾探討 *Acartia tonsa* 在四組溫度下 10、15、18 和 22°C 下，飽食食物下的發育時間在 10°C ，*A. tonsa* 需 40.3 日發育到成蟲階段，但在 22°C 降到 8.9 日。在溫度預備實驗中，觀察到在溫度 25°C 以上，7 日內即可由受精卵發育到成蟲，同時再產出受精卵，因此馴化期

間設定為 7 日。由溫度實驗結果顯示，以 27°C 時雙葉紡錘水蚤的總產量達到最高 ($p < 0.001$)，顯著大於 22°C 、 32°C 和 37°C 之組別；而這三組之間並沒明顯差異 ($p > 0.05$)。比較無節幼生、橈足幼蟲和成蟲期的產量也均以 27°C 之組別最高，分別顯著高於其他組別 ($p < 0.05$ 、 $p < 0.001$ 和 $p < 0.05$) (Fig. 1)。

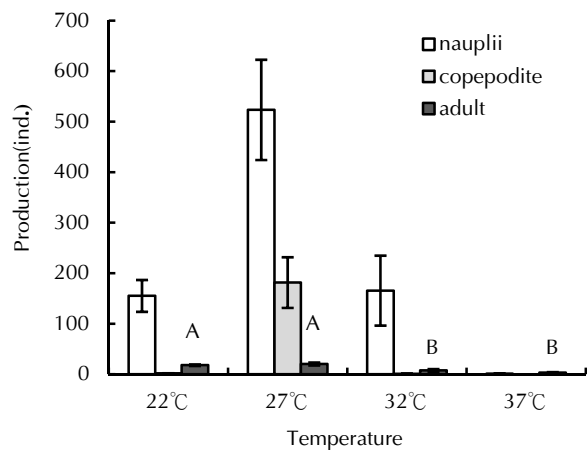


Fig. 1 The effects of temperature on production of *Acartia bilobata* at developmental stages. Plot with different letter above each column indicating significant differences; Vertical bar = \pm SE, N = 5 for all treatments.

在鹽度對雙葉紡錘水蚤增殖效果的影響，結果顯示，以鹽度 15 psu 時雙葉紡錘水蚤的增殖效果達到最高 ($p = 0.018 < 0.05$) (Fig. 2)，但與鹽度 10、25 和 30 psu 並無顯著差異 ($p > 0.05$)，但顯著大於其它鹽度 (5、20 和 35 psu； $p < 0.05$)。實驗結果以鹽度 5 psu 之組別雙葉紡錘水蚤的增殖最差。

從鹽度對雙葉紡錘水蚤各階段產量的影響而言，結果顯示在 10、15、20、25、30 和 35 psu 之六個鹽度對無節幼生的產量沒有顯著差異 ($p > 0.05$)，但在 10、15、25 及 30 之組別與 5 psu (0.0 ± 0.0 隻) 之組別有顯著差異 ($p < 0.05$)。產量以 5 psu 之組別最差。而對橈足幼蟲而言，產量以 15 psu 之組別最高，但與 10、20、25 和 30 psu 之組別沒有顯著差異 ($p > 0.05$)，以 5 psu 與 35 psu 之組別橈足幼蟲的產量最差。對成蟲而言，以 15 psu 之產量最佳，產量顯著大於其他 6 組 ($p \leq 0.05$)。以鹽度 15 psu、溫度 27°C 及使用濃度 1×10^6 cells/ml 的等鞭金藻餵飼雙葉紡錘水蚤可得較高之

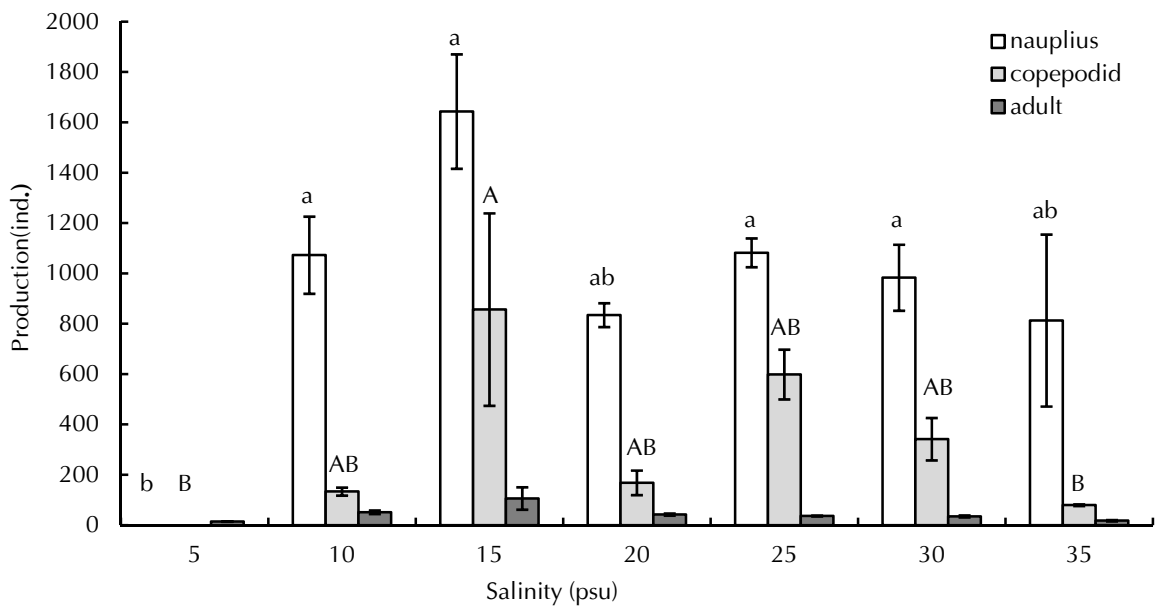


Fig. 2 The effects of salinities on production of *Acartia bilobata* at developmental stages. Plot with different letter above each column indicating significant differences; Vertical bar = \pm SE, N = 3 for all treatments.

生產量。本實驗結果與 *Acartia tonsa* 最適範圍在 15 ~ 22 psu 相符合 (Cervetto *et al.*, 1999)，雙葉紡錘水蚤之幼生同樣對於溫度變化的敏感性大於鹽度變化。

將鹽度實驗各組數據進行三次迴歸分析，可得下列公式：

$$Y = 47.102X^3 - 713.36X^2 + 3187.4X - 2488$$

$$(R^2 = 0.6587)$$

X 代表鹽度，Y 代表產量。

同樣地，若將溫度實驗之各組數據進行三次迴歸分析，則得下列公式：

$$Y = 241X^3 - 1990.7X^2 + 4835.7X - 2911.2$$

$$(R^2 = 1)$$

X 代表溫度，Y 代表產量。

在上面二公式中，鹽度實驗之 R^2 值為 0.6587，而溫度試驗之 R^2 值為 1，這暗示著影響雙葉紡錘水蚤成長速度的條件因子，溫度因子較鹽度因子影響更為顯著，根據以往的文獻指出，同屬的橈足類 *Acartia tonsa* 之幼生對於溫度變化的敏感性大於鹽度變化時之敏感性 (Gaudy *et al.*, 2000)。而 Cervetto *et al.* (1999) 也曾對 *A. tonsa* 進行一連串的鹽度試驗，其實驗結果 *A. tonsa* 屬廣鹽性種類，但若鹽度瞬間改變大於 10 ~ 15 psu 時，*A. tonsa* 的死亡率即會上升。Guady *et al.* (2000) 曾提到從生理學的角度分析，當橈足類處在與棲地環境不同

的溫度狀況下，其呼吸率會上升而增加代謝速率，也因此增加能量消耗減少生長，從本實驗的結果中可以發現，雙葉紡錘水蚤之無節幼生數量在溫度實驗中確實比在鹽度實驗時之變化更為顯著，而橈足幼蟲之數量在 27°C 之組別明顯高於其它各組 ($p < 0.001$)，這也顯示雙葉紡錘水蚤在 27°C 時成長較為快速，而在鹽度的實驗當中雙葉紡錘水蚤之橈足幼蟲期的數量，從鹽度 10 psu 一直到 30 psu 皆無顯著差異，因此本實驗結果與 *A. tonsa* 相符合，雙葉紡錘水蚤之幼生同樣對於溫度變化的敏感性大於鹽度變化時之敏感性。

在餌料種類對雙葉紡錘水蚤之影響試驗結果中，以總產量來看顯示單獨以等鞭金藻餵飼的最高 (563.0 ± 58.8 隻)，顯著大於其他組別 ($p < 0.001$)，而其他各組之間統計上並沒有顯著差異 (Fig. 3)。以無節幼生 (489.0 ± 47.9 隻) 與橈足幼蟲 (43.0 ± 13.7 隻) 的產量來比較也是以等鞭金藻單一藻種餵飼獲得最高產量，顯著大於其他組別 ($p < 0.001$)。成蟲的產量則是以等鞭金藻單一藻種 (30.4 ± 2.3 隻) 及周氏扁藻與擬球藻混合藻種 (20.8 ± 1.7 隻) 餵飼獲得最高產量，顯著大於其他各組 ($p = 0.007 < 0.05$)，而其他各組之間並無顯著差異 ($p > 0.05$)。

選擇適當的藻類種類會支持橈足類最大的生產量和適當的營養 (Kleppel *et al.*, 2005; Lee *et al.*,

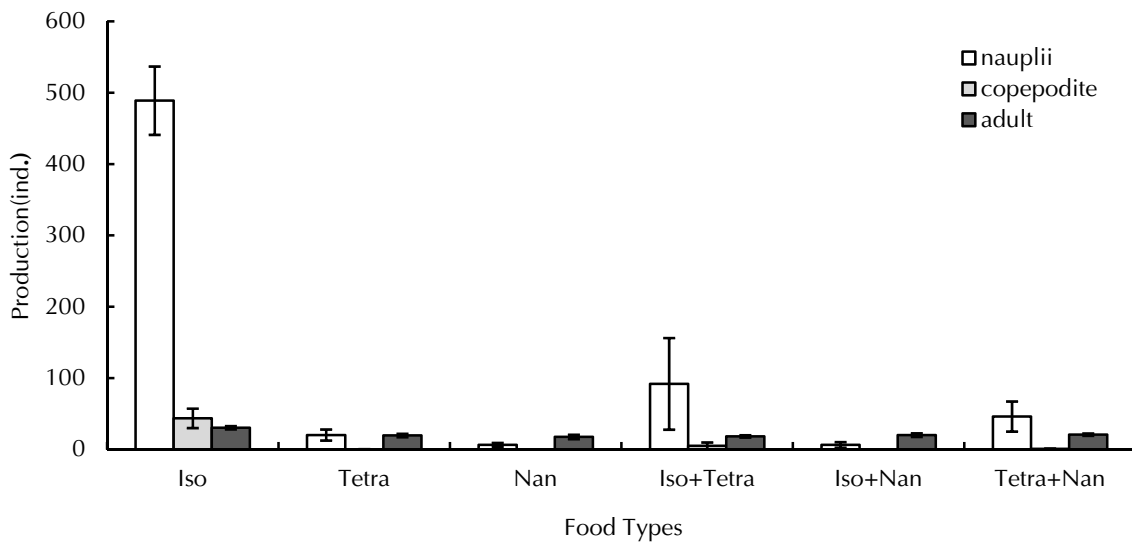


Fig. 3 The effects of food types on production of *Acartia bilobata* at developmental stages. Vertical bar = \pm SE, N = 5 for all treatments. Iso: *Isochrysis galbana*; Nan: *Nannochloropsis oculata*; Tetra: *Tetraselmis chui*.

2006)。食物品質的 N 和 C 影響到產卵數 (Checkley, 1980; Ambler, 1986; Giani, 1991; Miller and Roman, 2008)。 *Acartia clausi* 攝食較小型顆粒，對食物較有競爭力 (Pagano *et al.*, 2003)。 *Acartia tonsa* 的無節幼生與橈足幼蟲會攝食 $< 1 \mu\text{m}$ 細菌，濃度在 $1.47 \sim 9.08 \times 10^6 \text{ cells/ml}$ (Turner and Tester, 1992)。 *Rhodomonas* 和 *Isochrysis sp.* (T-ISO) 為培養橈足類最成功的藻種 (Stottrup *et al.*, 1986; Lacoste *et al.*, 2001; Ripplingale and Payne, 2001; Lee *et al.*, 2006)。

微藻中含豐富 n-3 系列之高度不飽和脂肪酸 EPA 及 DHA，例如等鞭金藻富含 DHA，擬球藻、周氏扁藻則富含 EPA，因此在培育橈足類時所供應之藻類種類，對於橈足類之生產量而言是相當重要的。在本實驗結果中，單獨使用等鞭金藻餵食雙葉紡錘水蚤可獲得最高之生產量，總產量顯著高於其他各組 (Fig. 3) ($p < 0.001$)。在前人的研究中，許 (2000) 曾使用牟氏角毛藻 (*Chaetoceros muelleri*)、等鞭金藻、周氏扁藻與擬球藻對短角異劍水蚤進行試驗，其結果以使用等鞭金藻及 *T. chui* 餵飼 *A. royi*，可得最高之存活率及產量。以擬球藻較不適合，許 (2000) 推斷可能的原因為擬球藻的細胞過小或細胞壁太硬或細胞粒徑太小，因而不適合短角異劍水蚤。因為橈足類最適合的攝食範圍在 $\geq 5 \sim 10 \mu\text{m}$ 間，張 (1992) 也認為太小的顆粒橈足類無法利用。蕭 (1988) 曾對模糊許水蚤 (原名為 *Schmacker dubia*) 的攝食選擇進行實驗，

他認為橈足類對於粒徑 $< 6 \mu\text{m}$ 之物質的攝食，完全取決於消極性或機械性選擇，亦即採濾食 (filter feeding) 方式；而當粒徑大於 $13 \mu\text{m}$ 時，橈足類攝食則採個別處理方式，出現了選擇性攝食方式。蕭也提到等鞭金藻粒徑小，被攝食的效率低，因為橈足類必須以高頻率擺動其攝食附肢，因此必須花費較高能量，但在蕭 (1988) 的實驗結果中，當等鞭金藻的細胞濃度提高至 $5 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ 時，模糊許水蚤對於等鞭金藻的濾食率會高於同藻細胞濃度的周氏扁藻。

已知等鞭金藻的細胞大小約為 $3 \sim 7 \mu\text{m}$ ，擬球藻為 $2 \sim 4 \mu\text{m}$ 、周氏扁藻為 $8 \sim 16 \mu\text{m}$ (許, 2000)。在本實驗中所使用的藻水濃度經換算後為：等鞭金藻： $5 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ 、周氏扁藻： $1.5 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ 、擬球藻： $5 \times 10^6 \mu\text{m}^3/\text{ml}$ 。其中擬球藻與等鞭金藻之體積濃度是相同的，但周氏扁藻為偏低。在本研究中亦含二種藻種複合添加實驗，唯藻細胞濃度減半，但結果是以單獨添加等鞭金藻之組別獲得最高產量。雖然擬球藻與等鞭金藻之體積濃度相同，但二藻類顆粒大小不同，而其中周氏扁藻的藻細胞體積偏低，因此無法比較雙葉紡錘水蚤是因為這三種藻類營養不同的關係，而在產量上有差異，還是因為攝食量的不同，造成產量的差異。Milione *et al.* (2007) 報告指出，在溫度 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ ，鹽度 $34 \pm 1 \text{ psu}$ ，光照度 1050 Lux ，12L:12D 下，*Acartia sinjiensis* 攝食混合 *Isochrysis sp.* (T-ISO) $4 \times 10^4 \text{ cells/ml}$ 和周氏扁藻 $3.15 \times 10^3 \text{ cells/ml}$ 的族

群產量最佳，12 隻成蟲在 8 日內的族群平均產量 $1,096 \pm 8$ 隻。*A. sinjiensis* 攝食冷凍的 *Nannochloropsis* sp. 和周氏扁藻，族群產量非常差。以上的研究報告與本研究都有相似結果，本研究以濃度 1×10^6 cells/ml 等鞭金藻做為雙葉紡錘水蚤之餌料時，可得較高的產量。

結論與建議

雙葉紡錘水蚤是一種相當具有養殖潛力的橈足類，牠會直接將受精卵排放於水中，孵化後的無節幼生具趨光性與游動緩慢等特性，適合作為仔魚初期餌料。雙葉紡錘水蚤的最適培養條件為溫度 27°C、鹽度 15 psu，最佳餌藻為等鞭金藻。可考慮大量生產受精卵與無節幼生，提供給海水仔魚做初期餌料。

參考文獻

- 沈瑞嘉 (1979) 中國動物誌節肢動物門：甲殼類 一淡水橈足類。科學出版社，450 pp.
- 許文興 (2000) 食物及溫度對短角異劍水蚤生長及生殖的影響。國立中山大學海洋資源研究所碩士論文，76 pp.
- 張文炳 (1992) 橈足類短角異劍水蚤之生理生態學研究。國立台灣大學海洋研究所博士論文，167pp.
- 蕭澤民 (1988) 海產橈足類 *Schmackeria dubia* (Kiefer, 1936) 之攝食選擇性。國立台灣大學海洋研究所碩士論文，63 pp.
- Ambler, J. W. (1986) Effect of food quantity and quality on egg production of *Acartia tonsa* Dana from East lagoon, Galveston, Texas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 23: 183-196.
- Cervetto, G., R. Gaudy and M. Pagano (1999) Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 239: 33-45.
- Checkley, D. M. (1980) The egg production of a marine planktonic copepod in relation to its food supply: laboratory studies, *Limnol. Oceanogr.*, 25: 430-446.
- Gaudy, R., G. Cervetto and M. Pagano (2000) Comparison of the metabolism of *Acartia clausi* and *A. tonsa*: influence of temperature and salinity. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 247(1): 51-65.
- Giani, A. (1991) Implications of phytoplankton chemical composition for zooplankton production: experimental evidence. *Oecologia*, 87: 409-416.
- Hajisamae, S., L. M. Chou and S. Ibrahim (2003) Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 58: 89-98.
- Kleppel, G. S., S. E. Hazzard and C. A. Burkart (2005) Maximizing the nutritional values of copepods in aquaculture: managed versus balanced nutrition. *In Copepods in Aquaculture* (C. S. Lee, P. J. O'Bryen and N. H. Marcus eds.), Blackwell Scientific Pub. Ltd., Melbourne, 49-59.
- Knuckey, R. M., G. L. Semmens and R. J. Mayer (2005) Development of an optimal microalgal diet for the culture of the calanoid copepod *Acartia sinjiensis*: effect of algal species and feed concentration on copepod development. *Aquaculture*, 249: 339-351.
- Lacoste, A., Poulet, S.A., Cueff, A., Kattner, G., Ianora, A. and M. Laabir. (2001) New evidence of the copepod maternal food effects on reproduction. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 259:85-107.
- Leandro, S. M., P. Tiselius and H. Queiroga (2006) Growth and development of nauplii and copepodites of the estuarine copepod *Acartia tonsa* from southern Europe (Ria de Aveiro, Portugal) under saturating food conditions. *Marine Biol.*, 150(1):121-129.
- Lee, K. W., H. G. Park, S. M. Lee and H. K. Kang (2006) Effects of diets of the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclops nana* Smirnov. *Aquaculture*, 256: 346-353.
- McKinnon, A. D., S. Duggan, P. D. Nichols, M. A. Rimmer, G. Semmens and B. Robino (2003) The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture*, 223: 89-106.
- Milione, M., C. Zeng and Tropical Crustacean Aquaculture Research Group (2007) The effects of algal diets on population growth and egg hatching success of the tropical calanoid copepod, *Acartia sinjiensis*. *Aquaculture*, 273: 656-664.
- Miller, C. A. and M. R. Roman (2008) Effects of food nitrogen content and concentration on the forms of nitrogen excreted by the calanoid copepod, *Acartia tonsa*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 359(1): 11-17.
- Pagano, M., E. Kouassi, L. Saint-Jean, R. Arfi and M. Bouvy (2003) Feeding of *Acartia clausi* and

- Pseudodiaptomus hessei* (Copepoda: Calanoida) on natural particles in a tropical lagoon (Ebrié, Côte d'Ivoire). *Estuarine, Coastal Shelf Sci.*, 56(3-4): 433-445.
- Rippingale, R. J. and M. F. Payne (2001) Intensive cultivation of a calanoid copepod for live food in fish culture. Department of Environmental Biology, Curtin University of Technology, Perth.
- Støttrup, J. G., K. Richardson, E. Kirkegaard and N. J. Pihl (1986) The cultivation of *Acartia tonsa* for use as a live food source for marine fish larvae. *Aquaculture*, 52: 87-96.
- Su, H. M., S. H. Cheng, T. I. Chen and M. S. Su (2005) Culture of copepods and applications to marine finfish larval rearing in Taiwan. *In* Copepods in Aquaculture (C. S. Lee, P. J. O'Brien and N. H. Marcus eds.), Blackwell Scientific Pub. Ltd., Melbourne, 183-194.
- Toledo, J. D., M. S. Golez, M. Doi and A. Ohno (1999) Use of copepod nauplii during early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. *Fish. Sci.*, 65 (3): 390-397.
- Turner, J. T. and P. A. Tester (1992) Zooplankton feeding ecology: bacterivory by metazoan microzooplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 160(2): 149-167.

The Influence of Temperature, Salinity and Food Algae on *Acartia bilobata* Population Growth

Yu-Chen Huang¹, Shin-Hong Cheng^{2*}, Hwang-Chin Chen²,
Ching-Long Lin¹ and Tzyy-Ing Chen²

¹Department of Aquatic Biosciences, National Chiayi University

²Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Rearing fish larvae process is needed to supply enough live food. Copepods and their nauplii contain highly unsaturated fatty acids are the most important live food sources for fish larvae. *Acartia bilobata* is a kind of copepod that has been cultured potentiality as live food for marine fish larvae in aquaculture. However, the techniques for culturing *A. bilobata* need to be improved in terms of its productivity. The effects of salinities, temperatures and food algae on the growth and production of *A. bilobata* were investigated.

Four temperature treatments of 22°C, 27°C, 32°C and 37°C, seven salinity treatments of 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 psu, and three microalgae species, *Isochrysis galbana*, *Nannochloropsis oculata* and *Tetraselmis chui* were conducted, separately to find the effects on production of *A. bilobata*. Results showed that the optimum production of *A. bilobata* was achieved with temperature at 27 °C, salinity at 15 psu, and fed with microalgae *I. galbana*.

Key words: copepod, *Acartia bilobata*, temperature, salinity, microalgae

*Correspondence: Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute, Pingtung 928, Taiwan, TEL: (08)-832-4121; Fax: (08)-8320234; E-mail: shcheng@mail.tfrin.gov.tw