

## 第三章 石斑魚苗初期餌料生物培養與管理

### 一、前言

石斑魚苗孵育過程中最早遭遇問題就是開口後過料（初次攝餌）成功與否，其關鍵主要是餌料的種類、大小、嗜口性及營養問題。近來在早期魚苗人工飼料之研發上雖有所進展，且已有商品化魚苗料生產，但卻未能有效地完全取代傳統餌料生物。目前石斑種苗產業對餌料生物的依賴性仍相當強，大量餌料生物的量產與供應仍為種苗培育上是不可缺少的一環，因此種苗業也分工衍生出餌料生物供應等周邊產業，使得臺灣石斑苗的產量為各國之冠。

在臺灣，餌料生物的生產模式，目前多以戶外大面積方式培養，其培養方式多以魚肉、魚漿、魚粉、雞糞等發酵作水的方法培養，此培養方式長期處於劣化環境下，因此所培養之餌量生物易攜帶鐘形蟲、舌杯蟲、細菌等，既不衛生且又易帶雜菌而感染魚苗，影響魚苗之活存（圖 3-1、3-2、3-3）。又，近年來石斑苗病害嚴重，據報餌料生物亦可能成病原菌之傳染途徑之一（陳，2011、周，2009），因此能適時、大量、提供質優之乾淨餌料生物為未來發展的趨勢。

### 二、石斑魚餌料系列

海水魚仔魚在剛孵化時口器未發育完



圖 3-1 戶外輪蟲培養池－施肥（此培養方式長期處於劣化環境下，不衛生又易帶雜菌）



圖 3-2 動物性餌料（輪蟲、橈足類）培養池（以魚肉、魚粉發酵之培養池水及底質極差，易孳生鐘形蟲、舌杯蟲及細菌）



圖 3-3 帶有鐘形蟲之橈足類

全，不能開口攝餌，在內源性營養期階段則以自身卵黃及油球作為能量來源，在卵黃及油球利用耗盡前，多半會由內源性營養轉換成外源性營養能源，亦即開始對外攝取營養。若初期開口攝餌失敗（俗稱的過料不良），即造成大量死亡，因此，仔魚的內部營養利用狀況及口器攝餌能力與後續仔魚活存有重大關係。日本學者 Kohno et al., (1997) 及 Kohno (1998) 教授曾提出，石斑仔魚開口攝餌時間較晚、混合營養期短、仔魚的體型與口器較小及發育較慢等來說明為何石斑仔魚初期育苗較為困難。既然石斑仔魚於先天上之攝食競爭能力較為劣勢的情況下，有效提供適當的初期餌料生物已成為提高石斑魚苗育成率的首要關鍵。

一般海水魚之餌料系列，如鯛科（黑鯛、黃鰭鯛、黃錫鯛）、石首魚科（紅鼓、鮑、黃魚）、笛鯛科（銀紋笛鯛、赤鰭笛鯛）、鰻科（烏魚、豆仔）、鰺（紅衫）、鱸（金目鱸、七星鱸）等其人工育苗的餌料系列大致類似，主要為輪蟲（圖 3-4）、橈足類（圖 3-5）、魚漿、配合飼料等。但石斑魚的孵出仔魚口徑小，對開口餌料的要求較為嚴格，在過去的研究原生動物（Nagano et al., 2000）、牡蠣受精卵及其幼生、小型（S 型）或超小型（SS 型）的輪蟲（Su et al., 1997）與橈足類之無節幼蟲（Toledo et al., 1999）都是可供為仔魚初期開口餌料生物。

文獻記載石斑魚的餌料系列，在日本常用的餌料系列為：SS 型輪蟲、S 型輪蟲、配合飼料與輪蟲並用、豐年蝦幼蟲及成蟲。其中輪蟲生產則以海水微球藻、濃縮淡水綠

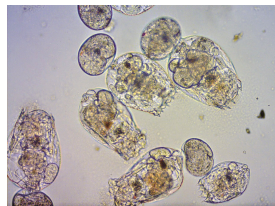


圖 3-4 輪蟲



圖 3-5 橈足類

藻及麵包酵母培養，輪蟲及豐年蝦使用前均再經乳化魚油進行營養強化。在臺灣所使用餌料系列有微藻、牡蠣受精卵、SS 型輪蟲、S 型輪蟲、豐年蝦（橈足類）（Su et al., 1997）；光合菌、牡蠣受精卵、輪蟲、橈足類（Yeh et al., 2003; 朱等, 2012）（圖 3-6）。筆者綜合考量臺灣環境及各種餌料生物的量產及取得難易度、可否穩定供應、營養價值及設備成本等因素，而推薦以光合菌、牡蠣受精卵、輪蟲、橈足類為石斑類（點帶石斑、藍身大石斑、棕點石斑、鞍帶石斑、褐石斑及豹鰨）魚苗之餌料系列並以牡蠣受精卵為開口餌料。

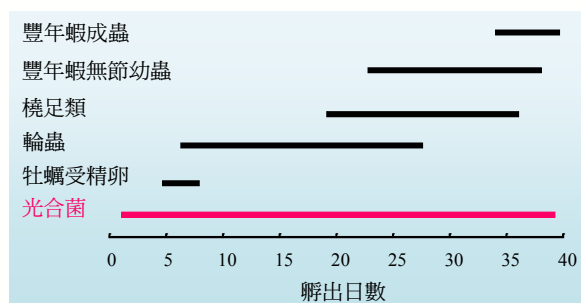
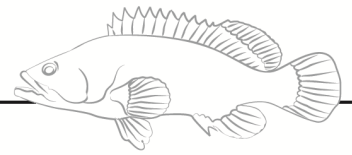


圖 3-6 石斑類魚苗餌料系列

### 三、光合菌培養與應用

光合菌（photosynthetic bacteria, PSB）是一類能進行光合作用而不產氧的原核生物的總稱。是地球上最早出現具有原始光能合成體系的原核生物，廣泛存在於自然界



中，在腐敗有機物質濃度高的水域中更為常見。因其具有固氮、產氫、固碳、脫硫，可氧化分解硫化氫、胺類及多種毒物的能力，因此常被作為水質改良劑。光合菌主要分為四類即綠色含硫菌 (Chlorobiaceae)、綠色非硫菌 (Chloroflexaceae)、紫色含硫菌 (Chromatiaceae)、紫色非硫菌 (Rhodospirillaceae)。目前本中心分離純化出之菌株即為紫色非硫菌，紅螺菌屬之 *Rhodovulum sulfidophilum*。

光合菌是一種營養豐富、營養價值高的細菌，菌體含有豐富蛋白質、脂肪、灰分以及維生素 B 群，特別是維生素 B12、葉酸及生物素含量豐富，為良好蛋白質來源。以水產試驗所海水繁養殖研究中心保有之 *Rhodovulum sulfidophilum* 菌株為例，其粗蛋白含量達到 60.2%，粗脂肪含量 8.2%，且大小極適合作為動物性浮游生物之餌料來源。本中心研發可以穩定大量生產菌液，並應用於水產生物幼生之初期餌料—輪蟲的培育及量產 (圖 3-7)。

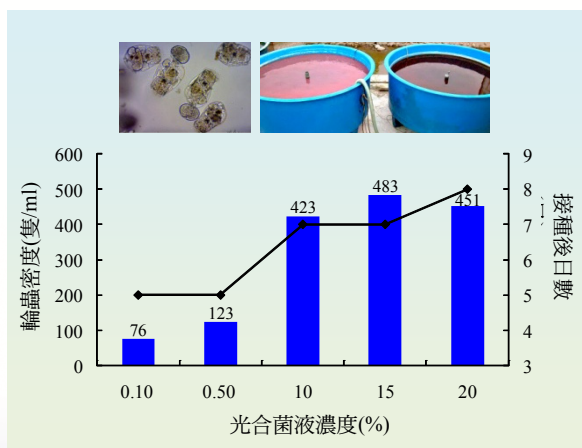


圖 3-7 光合菌培養輪蟲之增殖情形

### (一) 光合菌培養之環境條件

光合菌 *Rhodovulum sulfidophilum* 屬廣鹽性海洋菌株，此株光合菌在 NaCl 濃度 0—5.5% 下，均能活存成長，其中以 1.5—3.5% 的增殖效果較佳。一般光合菌的最適生長溫度為 25—35℃ (林，1999)，如 *Rhodobacter capsulatus* 為 30—35℃，*Rhodobacter sphaeroides* 為 30—34℃，*Rhodopseudomonas palustris* 為 30—37℃ (Pfenning and Truper, 1974)，本菌株溫度在 15—40℃ 範圍內仍能增殖成長，但以 30—35℃ 最佳。在光照度方面，光合成細菌的光合作用與光照強度有密切的關係。微生物對光的需求有最低及飽和光照度，本菌株光照度至少需 1,000 lux 以上較佳。不同的細菌對於生長環境的 pH 值的喜好程度不大相同。一般光合菌的最適生長 pH 為 6—9，如 *Rhodobacter capsulatus* 為 6.5—7.5，*Rhodobacter sphaeroides* 為 6.0—8.5，*Rhodopseudomonas palustris* 為 5.5—8.5 (Pfenning and Truper, 1974)，本菌株較適生長 pH 為 7—8。

### (二) 培養方式

#### 1. 小量培養 (20—1,000 ml)

以滅菌完之玻璃試管、三角瓶裝入表 3-1 之培養液接種純種菌液，培養液與菌液比例為 9：1。加蓋採厭氧培養，於室內以 60W 燈泡照射環境下可於 5—7 天呈深紅色，此時菌數可達  $10^8$  cfu/ml (圖 3-6)。

#### 2. 擴大培養

為使光合菌應用於產業，在上述最適成長條件下，以 20 L 透明塑膠容器盛取滅菌

海水以表 3-2 之配方，菌種與培養液以 1 : 5 之比例密封於室外日照培養，約 1 週後其量可達高峰期。

表 3-1 實驗室培養配方

| 成 分                                   | 數 量      |
|---------------------------------------|----------|
| Yeast extract                         | 0.05 g   |
| Sodium succinate                      | 0.50 g   |
| NH <sub>4</sub> Cl                    | 0.10 g   |
| NaCl                                  | 3.50 g   |
| Mineral salts solution*               | 10 ml    |
| Distilled water                       | 90 ml    |
| *Mineral salts solution               |          |
| MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O  | 0.2 g    |
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>       | 1.0 g    |
| NaCl                                  | 0.5 g    |
| FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O  | 0.01 g   |
| CaCl <sub>2</sub>                     | 0.02 g   |
| MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O  | 0.002 g  |
| NaMoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O | 0.001 g  |
| Distilled water                       | 1,000 ml |



圖 3-8 光合菌小量培養

表 3-2 擴大及大量培養配方

| 成 分                                             | 數 量      |
|-------------------------------------------------|----------|
| K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>                 | 0.5 g    |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                 | 0.5 g    |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 1 g      |
| MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O            | 0.5 g    |
| CH <sub>3</sub> COONa                           | 2 g      |
| Yeast extract                                   | 2 g      |
| Sterilized sea water                            | 1,000 ml |

另，開放性培養可以 1 公噸水量之桶槽以養殖用海水以漂白水 50 ppm 滅菌後再加入 500 ml 魚溶漿，接種菌液 20 L 微量打氣使水團攪動，置於陽光下培養，1 週後粉紅或紫紅色即為光合菌液（圖 3-9）。

### 3. 室外量產

以面積 0.05—0.1 公頃，深 1.0 m 之戶外土池，池底鋪設 HDPE 塑膠膜為大規模量產光合菌液培養池。初始進過濾海水 60 cm，並以次氯酸鈉 50 ppm 消毒後，再以茶粕：米糠：魚粉 = 1 : 2 : 1 之比例，施肥 200 kg 並添加菌液 10 公噸，2 週後水體則呈現粉紅至暗紅色，並每 2 週追肥 1 次 (200 kg) (圖 3-10)。



圖 3-9 光合菌開放性培養

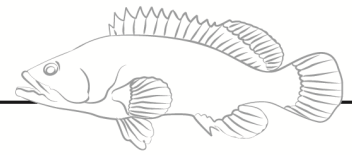


圖 3-10 光合菌戶外池量產

### (三) 培養管理及注意事項

1. 光合菌培養屬厭氧性培養，因此雖毋需供給充足氧氣，但為防營養鹽及菌體沉澱，宜適度的攪拌或打氣，使菌體得以充分接觸陽光獲得良好生長。
2. 戶外大量培養應防豪雨使鹽度驟降。
3. 戶外大量培養宜避免藍綠藻侵入與其競爭養分。
4. 每日注意菌液顏色變化及菌體貼附壁體等現象以防菌體老化。

## 四、初期餌料生物－輪蟲

自 1960 年輪蟲成功應用在嘉鱾 (*Pagrus major*) 魚苗育成上，輪蟲一直被認為是海水魚苗必要的餌料生物，它具有生活力強、繁殖速度快、大小適宜、營養豐富和容易培養等優點，迄今仍未找到更好的替代性物種，是早期海水魚苗重要的初期餌料生物。

目前，臺灣養殖上常用的輪蟲種類有二種，一種較大型 (L 型輪蟲)，學名 *Brachionus plicatilis*，長約 200–360  $\mu\text{m}$ ，

適於 10℃ 以上水溫活存，最適水溫為 18–25℃；另一種較小型 (S 型輪蟲)，學名 *Brachionus rotundiformis*，長約 150–220  $\mu\text{m}$ ，適於 20℃ 以上水溫生長，最適水溫為 25–35℃。大型種在低水溫期出現，小型種終年可見。輪蟲屬濾食性浮游動物，可濾食 < 25  $\mu\text{m}$  之有機顆粒，如光合菌、酵母菌、細菌、原生動物、有機碎屑、微藻 (扁藻、杜氏藻、衣藻、擬球藻等綠色微藻及等鞭金藻等褐色鞭毛藻類)、微膠囊飼料、藻粉。

### (一) 培養方式

輪蟲是多種海水種苗階段優良的活體生物餌料，目前國內輪蟲的來源，主要是室外土池人工養殖。屬粗放培養 (extensive culture)，培養池面積以 0.05–0.1 公頃較適宜，水深 1–1.5 m。培養池最好兩個以上，便於交替培養及收穫。以雞糞、魚粉、鰻魚粉、酵母粉、下雜魚肉或魚漿發酵液、魚精等為飼料，培養初始時以每池 (水量 500 公噸) 施予 100 kg 魚粉或 300 kg 雜魚肉，經 3–4 天後接種 2–3 桶 (濕重約 50 kg) 之海水輪蟲。培養時不打氣或小量打氣。

在輪蟲大量繁殖後，攝食量增加，消耗大量的浮游藻菌。因此必須追肥以供浮游藻菌繼續繁殖，使池中浮游藻菌維持一定的數量。培養中後期因輪蟲數量已達巔峰，水體中營養鹽消耗較快需及時補肥，一般視採收數量及培育池肥分而定，約每隔 5—7 天追肥 1 次。當輪蟲密度過大時，為防止短時間內把池水餌料濾清，以收獲輪蟲及補充餌料等措施來控制輪蟲密度。

## (二) 輪蟲的收獲

為使培養池輪蟲能持續繁衍每日採收量依溫度高低而定一般約全池數量的 1/10—1/3。另外，當輪蟲產量出現高峰時，應及時收獲大量輪蟲，然後補充肥料和水，以維持種群的持續生長。收獲時把沉水泵架在上風處，用 250 目尼龍網袋（長度為 6 m × 直徑為 40 cm）過濾收集輪蟲。收集時間一般以清晨較好，因為下午水溫較高易形成大量泡沫，影響效率及品質。

## (三) 乾淨餌料—輪蟲生產系統

目前供應產業界使用之輪蟲多數取自戶外大面積粗放式培養而得，其培養方式多以魚肉發酵液、魚漿等培養，此培養方式長期處於劣化環境下，因此所培養之餌量生物易夾帶鐘形蟲、舌杯蟲、細菌、病毒等。此生產方法既不衛生且又易帶雜菌而感染養殖魚隻，影響魚苗之活存。

光合菌具有營養豐富、淨化水質能力、易培養及適合作為動物性浮游生物餌料之特點，又有抑制病原菌之特性，極適合建構一安全衛生無病原之餌料供應系統，經本中心多年之研發成果及經驗，建構一以室外池

(30 × 25 × 1.8 m) 為光合菌量產池及輪蟲培養池（圖 3-11、3-12），依上節量產光合菌方式生產菌液作為輪蟲餌料來源，依養殖水透明度不定時添加光合菌液，水透明度則控制在 15—20 cm，其增殖情形如圖 3-8 所示，於 1 個月之培養採收期間共添加菌液 480 公噸採收輪蟲 520.6 kg，即 1 公噸 PSB 菌液可生產 1.1 kg 輪蟲。本量產模式輪蟲池平均每日至少可穩定生產收獲 87.6 kg 之輪蟲，每日約可供應 30 萬尾，0.9—1.2 cm 石斑苗攝食（圖 3-13）。

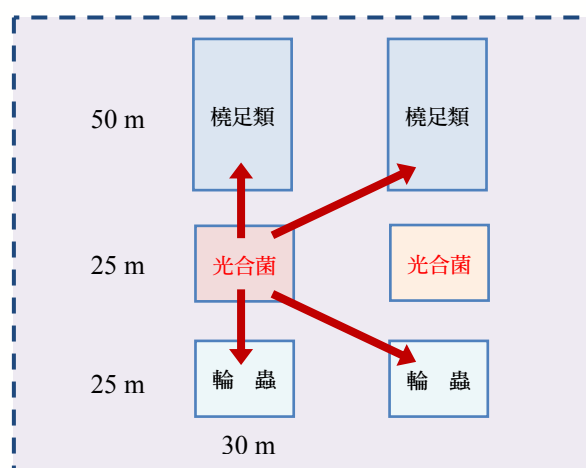


圖 3-11 乾淨餌料生物量產配置圖



圖 3-12 光合菌戶外量產池施工

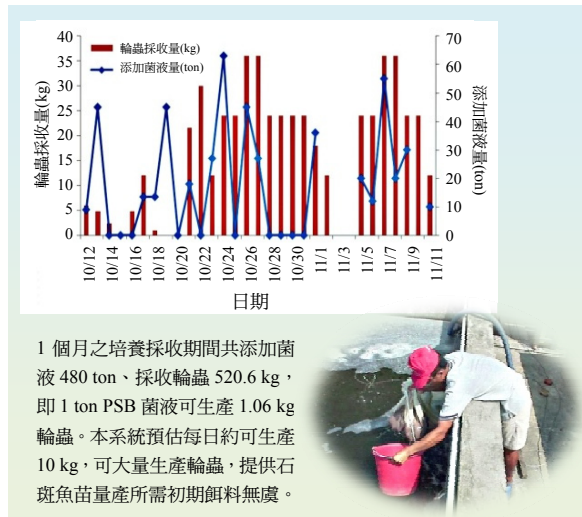
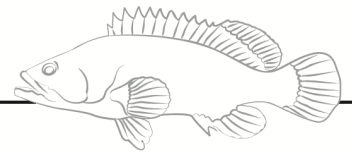


圖 3-13 光合菌對輪蟲之量產效果

#### (四) 生產管理及注意事項

輪蟲培育過程中若管理不當易發生矽藻或角毛藻繁生，則使輪蟲生存空間受限且該藻又不能提供輪蟲濾食，因而抑制輪蟲的增殖並將藻類隨生物餌料帶至育苗池影響育苗生態。解決的方法為以除藻劑去除或清池重新培養。

輪蟲培養過程中常見的敵害生物主要分兩類，(1)有害生物：主要有蝦鯤幼生、五鬚蝦幼生、水生昆蟲、蚊幼蟲等。使用 120—150 目的濾網採取過濾撈取水生昆蟲等，或清除池邊絲藻雜物，或以茶粕、三氯松等毒殺使有害生物無法滋生；(2)競爭性生物：如游仆蟲、變形蟲、橈足類等。一旦污染，輪蟲雖不致死，但由於它們吞食單胞藻菌類，使輪蟲產量低。主要應控制水源的污染源，添加用水最好是消過毒的。當培養池中出現大量原生物時，應把池水排空，重新接種培養。

輪蟲培養過程中後期培育水質老化易

滋生絲藻，應即予撈除以防日益增生競爭營養源影響浮游藻菌增殖，或增加水中藻色降低透明度。

量產規模主要添加大量氮源肥料，宜隨時監控水體中銨氮及亞硝酸氮濃度。

### 五、結語

輪蟲廣泛應用於海水魚、甲殼類人工育苗中，尤其是海水魚良好的開口及初期餌料。國內外對其輪蟲高密度培育技術、營養強化和品種選育等已進行了大量的研究，並已經建立了較穩定的以微藻為餌料之室內培養技術 (Yoshimura et al., 2003)。但是國內產業界尚無法穩定大量供應微藻，且室內培育成本高，而且通常需要營養強化才能提高其 HUFA 含量，因此國內業界多以戶外大面積方式培養，土池培育輪蟲攝食的餌料種類較多，各種餌料脂肪酸營養具有互補性，因而提高了輪蟲的營養價值。該培養方法雖簡便節省勞力，但在長期劣化環境培育下，池底大量沉積代謝產物，易產生大量的銨氮、亞硝酸氮、硫化氫等有害物質，使水質急劇惡化，病菌及原生動物迅速繁殖，而使培育之輪蟲易帶雜菌成為病原傳染途徑之一。本中心應用微生物技術，利用光合菌之特性量產輪蟲並已建立乾淨餌料量產系統。經過多年驗證，以光合菌系統之培養方式可改善水質、促進輪蟲增殖效果，穩定大量生產營養豐富，未帶病原菌之乾淨餌料生物，在輪蟲高密度培養技術中有一定的應用前景。

## 參考文獻

- 朱永桐 (2012) 光合成菌應用於石斑魚類種苗生產—乾淨餌料生物量產系統介紹。石斑魚實用繁養殖手冊專刊：6-11，中華民國水產種苗協會。
- 朱永桐、陳陽德、張丁仁、梁貴龍、邱靜山、吳承憬、黃政軒、葉信利 (2012) 餌料生物新思維。科學發展，473: 14-19。
- 周信佑 (2009) 魚貝類病毒性疾病之健康管理研究。2009 年度財團法人交流協會フェローシップ事業成果報告書，1-8 頁。
- 林智中(1999). 光合菌的分離、培養及在養殖方面之應用研究 台灣海洋大學水產養殖研究所碩士論文，95 頁。
- 陳佳慧 (2011) 探討日本虎斑猛水蚤在石斑魚虹彩病毒及神經壞死病毒傳播上的可能角色。臺灣大學漁業科學研究所碩士論文，58 pp。
- 黃美珍 (1999) 光合細菌對致病弧菌的抑制作用。臺灣海峽，18(1): 92-94。
- Azad, S. A., V. C. Chong and S. Vikineswary (2002) Phototrophic bacteria as feed supplement for rearing *Penaeus monodon* larvae. J. World Aquacult. Soc., 33(2): 158-168.
- Banerjee, S., S. A. Azad, S. Vikineswary, O. S. Selvaraj and T. K. Mukherjee (2000) Phototrophic bacteria as fish feed supplement. Asian-Aus. J. Animal. Sci., 13(7): 991-994.
- Hagiwara, A., S. Terry, E. Lubzens and C. S. Tamaru (eds.) (1997) Live Food in Aquaculture: Proceedings of the Live Food and Marine Larviculture Symposium held in Nagasaki, Japan, September 1-4, 1996 (Developments in Hydrobiology Series, Vol. 124), 328 pp., Springer Netherlands.
- Kim, M. S., H. Y. Kim and S. B. Hur (2000) Effect of photosynthetic bacterial addition to Chlorella or omega-yeast on growth of rotifer, *Brachionus plicatilis*, and its dietary value for flounder, *Paralichthys olivaceus*, larvae. J. Korean Fish. Soc., 33(2): 164-170.
- Kohno, H., (1998) Early life history features influencing larval survival of cultivated tropical finfish. In: De Silva, S. S. (Ed.), Tropical Mariculture. Academic Press, London, 72-110.
- Kohno, H., R. S. Ordonio-Aguilar, A. Ohno and Y. Taki (1997) Why is grouper rearing difficult?: an approach from the development of the feeding apparatus in early stage larvae of the grouper, *Epinephelus coioides*. Ichthyol. Res., 44: 267-274.
- Nagano, Y. I., T. Kamiyama, H. Shimizu and H. Nakata (2000) Ciliated protozoans as food for first-feeding larval grouper, *Epinephelus septemfasciatus*: Laboratory experiment. Plankton Biol. Ecol., 47(2): 93-99.
- Pfennig, N. and H. G. Trüper (1974) The phototrophic bacteria. In Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 8th edn, p. 24-75. Edited by R. E. Buchanan & N. E. Gibbons. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Sakamoto, H. and K. Hirayama (1983) Dietary effect of *Thiocapsa roseoperisicina* (photosynthetic bacteria) on the rotifer *Branchionus plicatilis*. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 54: 13-20.
- Su, H. M., M. S. Su, I. C. Liao (1997) Preliminary results of providing various combinations of live foods to grouper (*Epinephelus coioides*) larvae. Hydrobiology, 358: 301-304.
- Toledo, J. D., M. S. N. Golez, M. Doi and A. Ohno (1999) Use of copepod nauplii during the early feeding stage of grouper *Epinephelus coioides*. Fish. Sci., 65: 390-397.
- Yeh, S. L., Q. C. Dai, Y. T. Chu, C. M. Kuo, Y. Y. Ting and C. F. Chang (2003) Induced sex change, spawning and larviculture of potato grouper, *Epinephelus tukula*. Aquaculture, 228: 371-381.
- Yoshimura, K., K. Tanaka and T. Yoshimatsu (2003) A novel culture system for the ultrahigh density production of the rotifer, *Brachionus rotundiformis* – a preliminary report. Aquaculture, 227: 165-172.