

利用室內循環水系統高密度中間育成白蝦之研究

黃美瑩* · 盧民益 · 劉文御

行政院農業委員會水產試驗所 水產養殖組

摘 要

本試驗將數量約 6 萬尾的蝦苗 (PL 5, 平均體重 0.0006 ± 0.0001 g), 於 6 個 0.978 ton 為一組的循環水飼育池內飼育, 平均密度約為 $8,580 \text{ ind./m}^2$, 飼育至第 43 天收穫時, 平均體重為 0.386 ± 0.258 g, 每週成長 0.064 g, 平均單位生產量為 1.98 kg/m^2 , 活存率為 59.8 %, 單位面積之活存尾數約為 $5,130 \text{ ind./m}^2$, 餌料係數 (FCR) 為 1.3。水質方面, 白蝦飼育時, 水溫、鹽度、pH 及溶氧量之範圍分別為 $20.4 \sim 28.6$ °C、 $27.1 \sim 39.4$ ppt、 $7.16 \sim 7.35$ 及 $2.37 \sim 6.20$ mg/l。未離子化氨-氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)、亞硝酸-氮 ($\text{NO}_2\text{-N}$) 及硝酸-氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 之範圍分別為 $0.006 \sim 0.014$ mg/l、 $0.07 \sim 0.92$ mg/l 及 $5.80 \sim 17.96$ mg/l。池蝦飼育期間飼育水中弧菌數量之範圍為 $1.11 \times 10^4 \sim 6.26 \times 10^4$ CFU/ml, 池蝦肝胰腺內弧菌數之範圍則為 $5.13 \times 10^3 \sim 1.10 \times 10^6$ CFU/g。

關鍵詞：白蝦、高密度、中間育成、室內循環水系統

前 言

白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 原產於南美東太平洋沿岸的水域, 以厄瓜多爾沿岸分布最為集中, 是全球養殖蝦類產量最高的三大品種之一 (Wedner and Rosenberry, 1992)。有關室外池高密度養殖白蝦之研究, 過去已有不少報告。Sandifer *et al.* (1987) 於室外以 40 ind./m^2 及 45 ind./m^2 的密度養殖白蝦 138 天及 169 天, 收穫時單位產量分別為 0.601 kg/m^2 及 0.750 kg/m^2 , 因此, 指出白蝦可以超集約方式進行養殖。該時期有關白蝦試驗之單位產量最高的記錄為 1.6 kg/m^2 (Wyban *et al.*, 1988), 養殖密度則大都在 100 ind./m^2 以下 (Sandifer *et al.*, 1988; Wyban and Sweeney, 1989; Sandifer *et al.*, 1993)。

近年來, 白蝦室內養殖的實例也相當多, Reid 及 Arnold 於 1992 年起, 於室內以循環水 raceway 方式養殖白蝦, 密度分別為 $1,125 \text{ ind./m}^2$ 及 $1,812 \text{ ind./m}^2$, 飼養 173 天及 146 天後, 單位產量分別為

12.76 kg/m^2 及 9.69 kg/m^2 (Reid and Arnold, 1992)。林等 (2000a) 利用室內立體式自動化養蝦系統以密度 $1,300 \text{ ind./m}^2$ 養殖白蝦 105 天, 單位產量亦達 6.89 kg/m^2 。Williams *et al.* (1996) 以不同密度 ($28.4 \sim 284.1 \text{ ind./m}^2$) 養殖白蝦 49 天, 結果發現, 白蝦的成長及活存率均與密度呈負相關。Samocha *et al.* (2002) 指出, 以室內超集約密閉式之循環水系統養殖白蝦, 其單位產量可達 10 kg/m^2 。不論於室內或室外養殖, 白蝦之成長及活存率有高有低, 究其主要原因包括: 蝦苗品質、水質狀況、飼料品質、放養密度及管理方式等 (Hopkins *et al.*, 1993; 鄭, 1998; Samocha *et al.*, 2002)。相關文獻指出, 白蝦經過中間育成再行養殖者, 可降低疾病之發生, 其成長及活存率都有明顯的提昇 (Cohen *et al.*, 2001); 在海面箱網養殖白蝦時, 也是經過中間育成階段再行放養 (Lombardi *et al.*, 2001)。目前有關白蝦中間育成的相關資料較少, 文獻中白蝦中間育成的密度包括 $4,000 \text{ ind./m}^2$ 、 $3,200 \sim 3,300 \text{ ind./m}^2$ 及 $2,200 \text{ ind./m}^2$, 在分別飼育 30 天、35 天及 50 天, 其活存率分別為 80 % (Aragon *et al.*, 1999)、94.8 % (Samocha *et al.*, 1993) 及 97 % (Cohen *et al.*, 2001), 活存尾數估算為 $3,200 \text{ ind./m}^2$ 、 $3,128 \text{ ind./m}^2$

*通訊作者 / 基隆市 202 和一路 199 號, TEL: (02) 2463-3101; FAX: (02) 2462-8138; E-mail: myhuang@mail.tfrin.gov.tw

及 2,134 ind./m²。由於中間育成後的幼蝦是以尾數計價出售給養成業者，故，中間育成之密度能否再提昇，以生產更多的幼蝦，是一項值得探討的課題。因此，本試驗旨在究明室內高密度中間育成白蝦時，其成長情況、活存率、水質條件及弧菌數量在飼育水中及蝦體內之變化等，以建立相關之基礎資料。

材料與方法

一、飼育系統組成

本飼育系統係由 18 個 0.978 ton 玻璃纖維製的飼育池（長 1.64 m × 寬 0.71 m × 高 0.84 m）、1 個過濾緩衝槽（直徑 0.82 m × 高 0.69 m）及 2 個毛刷式生物處理槽組成，大小分別為 1.64 m × 0.71 m × 0.84 m 及 1.20 m × 1.18 m × 0.66 m（長 × 寬 × 高）。飼育水在飼育池、過濾緩衝槽、生物處理槽之間循環，循環速度約為 80 m³/hr。過濾緩衝槽於入水口處裝置過濾網袋及生物濾球，而 2 個毛刷式生物處理槽分別裝置 72 支及 60 支毛刷。飼育所使用之海水經沙層過濾及臭氧殺菌處理 3 天，並儲存 1 週後才使用，每日換水率為 5 % 以下。本試驗僅使用其中的 6 個飼育池進行白蝦苗之飼育試驗，其它 12 個飼育池則已經飼育白蝦成蝦 6 個月。

二、飼育方法

供試之 6 萬尾 PL5 蝦苗購自民間繁殖場，購入後先隨意選取 100 尾計算其平均體重（約 0.0006 ± 0.0001 g），再均勻分養於 6 個飼育池中（放養密度約 8,580 ind./m²）。試驗開始至第 14 天投餵蝦片（Omega shrimp flakes，群冠企業有限公司），每天飼育 6 次，投餵量每槽約為 0.5 ~ 1.0 g，以蝦苗 5 ~ 10 min 內吃完為準。第 15 天起，開始以螺旋藻（Spirulina-B.P.，群冠企業有限公司）和斑節蝦飼料（福星牌 0 號）混合投餵。每天於 6:00、12:00、18:00、24:00 各投餵一次，螺旋藻之投餵量為每槽 0.1 g，斑節蝦飼料則以蝦總體重的 10 % 為準，視攝餌情況增減，以 1.5 h 內無殘餌為度。飼育 43 天後收穫。

三、池蝦成長及水質測定

每週隨意於一池採取 30 尾蝦苗測量其體重及

體長後，再放回池內飼育。試驗結束時，將每池之蝦隻全數撈出，稱其總重後，隨意取 100 尾計算其平均體重，依據蝦隻平均體重及總重估算活存率。

每週隨意於一池內定點測定水溫、pH 值、鹽度及溶氧量，並採集水面下約 5 cm 之水樣冰藏後攜回試驗室，以 Whatman GF/C 濾紙過濾後，分析氨-氮、亞硝酸-氮及硝酸-氮等項目。分析及使用儀器分述如下：

水溫、鹽度以 WTW conductivity meter LF 320 型導電度計測定，pH 值以 METTLER DELTA 350 型 pH 計測定，溶氧量以 WTW oximeter OXI 320 型溶氧計測定。

氨-氮以 phenol hypochlorite 法測定（Solorzano, 1969），亞硝酸-氮以 Bendschneider and Robinson (1952) 的方法測定，硝酸-氮則以紫外光篩選法測定（APHA *et al.*, 1998）。

四、飼育水中及蝦肝胰腺內總生菌數及弧菌數分析

每週隨意採取一池之飼育水及 10 ~ 20 尾白蝦進行總生菌數及弧菌數分析，方法係將飼育水或白蝦肝胰腺研磨並適當稀釋後，取 0.1 ml 塗抹在 Tryptic soy agar (TSA, Difco) 及 Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar (TCBS agar, Difco) 上。將上述培養基置放在 28 °C 下培養 48 h 後計算菌落數（Messer *et al.*, 1984; 趙等, 2000）。

結果

本試驗之白蝦飼育 43 天期間，飼育水之平均水溫、鹽度及 pH 值分別為 26.5 °C、35.6 ppt 及 7.25，其範圍則分別為 20.4 ~ 28.6 °C、27.1 ~ 39.4 ppt 及 7.16 ~ 7.35 (Table 1)。飼育水之平均溶氧為 4.07 mg/l，範圍介於 2.37 ~ 6.20 mg/l 之間，其變化趨勢如 Fig. 1 所示。

飼育期間池水中含氮廢物之分析結果如下：平均總氨-氮濃度為 0.69 mg/l，其濃度範圍在 0.45 ~ 1.00 mg/l，換算為有毒之非離子化氨-氮的濃度為 0.006 ~ 0.014 mg/l。池水中平均亞硝酸-氮濃度為 0.39 mg/l，其範圍介於 0.07 ~ 0.92 mg/l。硝酸-氮含量平均為 11.73 mg/l，其範圍為 5.80 ~ 17.96 mg/l，其變化趨勢如 Fig. 2 所顯示。

Table 1 Mean levels of water quality over the 43-day experimental period

Item	N	Mean ($\pm$ SD)	Min	Max
Water temperature ($^{\circ}$ C)	7	26.5 ($\pm$ 2.7)	20.4	28.6
Salinity (ppt)	7	35.6 ($\pm$ 3.8)	27.1	39.4
pH	7	7.25 ($\pm$ 0.07)	7.16	7.35
D.O. (mg/l)	7	4.07 ($\pm$ 1.19)	2.37	6.20
Total ammonia-N (mg/l)	7	0.69 ($\pm$ 0.21)	0.45	1.00
Un-ionized ammonia-N (mg/l)	7	0.010 ($\pm$ 0.003)	0.006	0.014
Nitrite-N (mg/l)	7	0.39 ($\pm$ 0.29)	0.07	0.92
Nitrate-N (mg/l)	7	11.73 ($\pm$ 4.25)	5.80	17.96

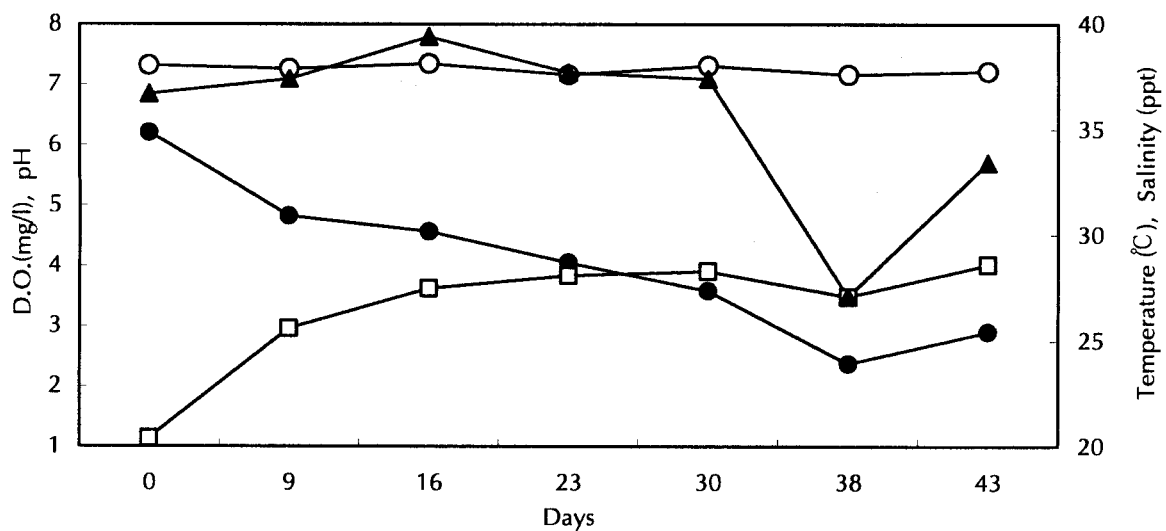
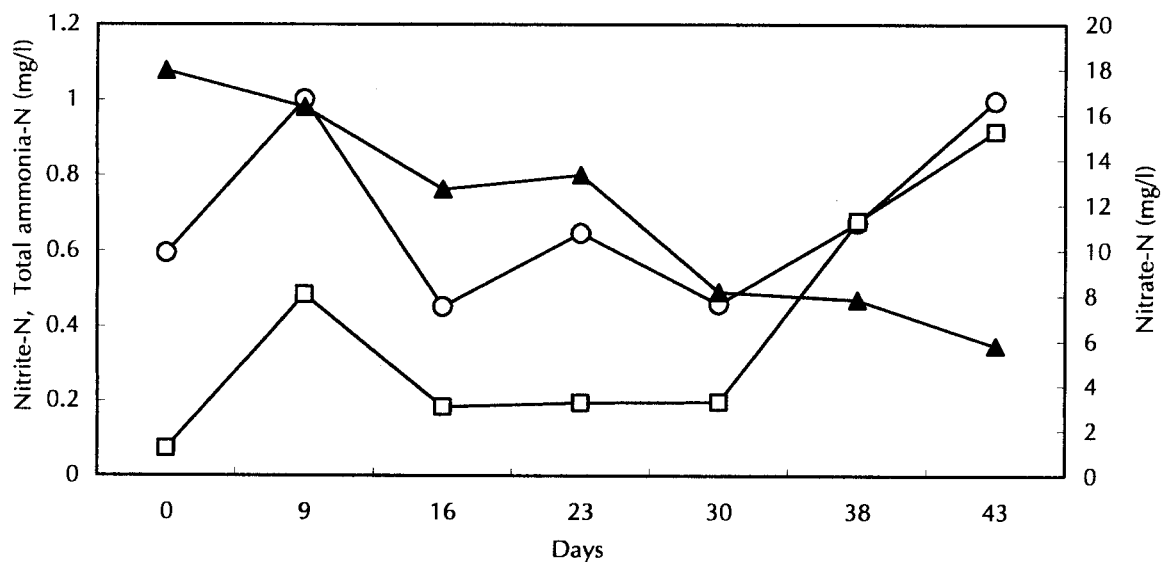
**Fig. 1** Changes of major water quality (—●— D. O., —○— pH, —□— temperature, —▲— salinity) in water tanks during the trial.**Fig. 2** Concentrations of three kinds of nitrogen wastes (—○— Total ammonia-N, —□— nitrite-N, —▲— nitrate-N) in water tanks during the trial.

Fig. 3 Variation of total (—●—) and *Vibrio* (—○—) viable counts calculated from pond water.

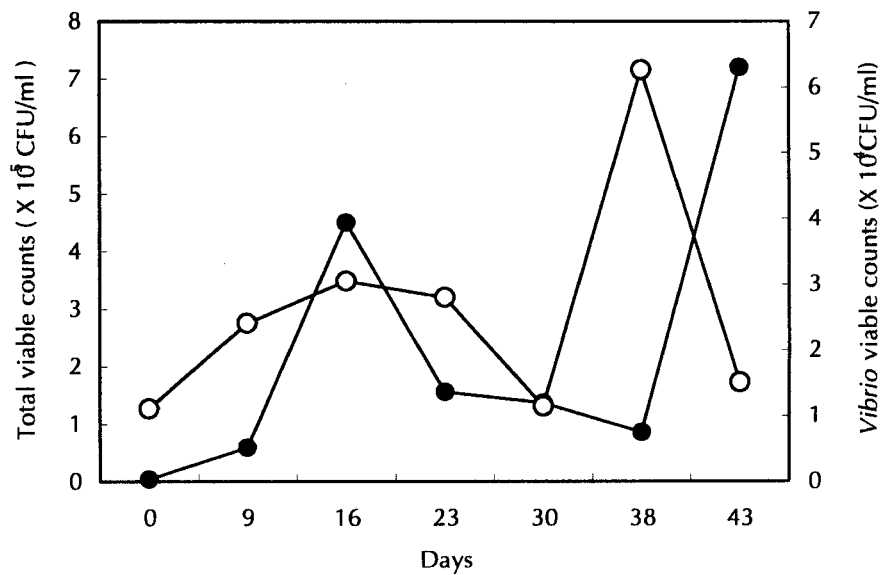
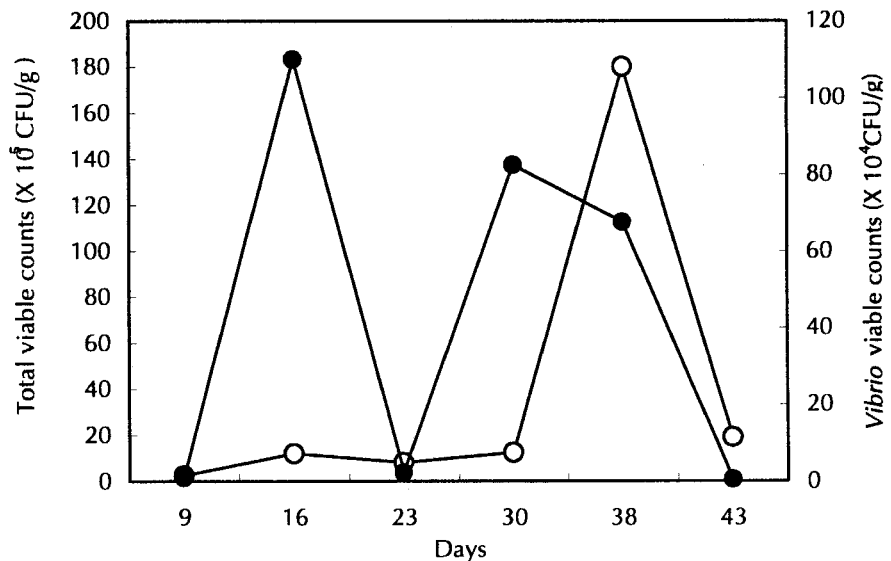


Fig. 4 Variation of total (—○—) and *Vibrio* (—●—) viable counts calculated from hepatopancreas of cultured shrimp.



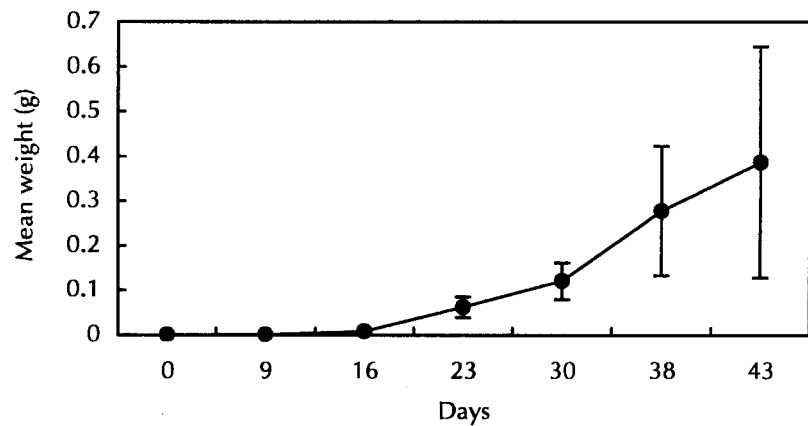
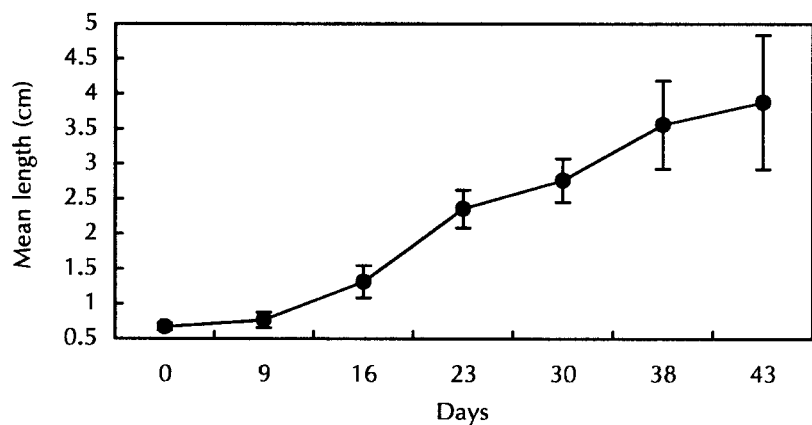
飼育水中平均總生菌數為 2.30×10^5 CFU/ml，其範圍為 $3.95 \times 10^3 \sim 7.20 \times 10^5$ CFU/ml (Table 2)，飼育水中平均弧菌數量為 2.61×10^4 CFU/ml，其範圍介於 $1.11 \times 10^4 \sim 6.26 \times 10^4$ CFU/ml。白蝦肝胰腺內平均總生菌數為 3.90×10^6 CFU/g，其範圍為 $2.53 \times 10^5 \sim 1.80 \times 10^7$ CFU/g。肝胰腺內平均弧菌數為 4.74×10^5 CFU/g，其範圍介於 $5.13 \times 10^3 \sim 1.10 \times 10^6$ CFU/g，其變化趨勢如 Figs. 3 & 4 所示。

本試驗初期，白蝦苗平均體重為 0.0006 ± 0.0001 g，體長為 0.67 ± 0.05 cm，總數量約 6 萬尾，平均飼育於 6 個 0.978 ton 為一組的飼育池內，平均密度約為 8,580 ind./m²，單位生物量為 0.00515

kg/m²。飼育期間，蝦苗每週平均體重及體長之變化趨勢如 Fig. 5 及 Fig. 6。本試驗開始至第 14 天時係以蝦片飼餵蝦苗，第 15 天起，以螺旋藻及斑節蝦飼料混合投餵。前期每週體重及體長分別成長 0.0039 g 及 0.321 cm，後期每週體重及體長分別成長 0.0944 g 及 0.642 cm。飼育至第 43 天收穫時，平均體重為 0.386 ± 0.258 g，平均每週成長 0.064 g；平均體長為 3.88 ± 0.96 cm，平均每週成長 0.535 cm。單位生產量為 1.98 kg/m²，存活率為 59.8%，總尾數估算約為 35,880 尾，單位面積之活存尾數約為 5,130 ind./m² (Table 3)。餌料係數 (FCR) 為 1.3。

Table 2 Total and *Vibrio* viable counts

Item	N	Mean ($\pm$ SD)	Min	Max
Pond water (CFU/ml)				
Total viable counts	7	$2.30 \times 10^5 (\pm 2.40 \times 10^5)$	3.95×10^3	7.20×10^5
<i>Vibrio</i> viable counts	7	$2.61 \times 10^4 (\pm 1.66 \times 10^4)$	1.11×10^4	6.26×10^4
Hepatopancreas of cultured shrimp (CFU/g)				
Total viable counts	6	$3.90 \times 10^6 (\pm 6.32 \times 10^6)$	2.53×10^5	1.80×10^7
<i>Vibrio</i> viable counts	6	$4.74 \times 10^5 (\pm 4.19 \times 10^5)$	5.13×10^3	1.10×10^6

**Fig. 5** Average weight (mean $\pm$ SD) of reared white shrimp during growth trial.**Fig. 6** Average length (mean $\pm$ SD) of reared white shrimp during growth trial.

討 論

白蝦最適生長溫度為 28 ~ 32 °C (王, 2000) ; 當白蝦飼育於溫度 22 ~ 26 °C 時, 其成長速度較 26 ~ 30 °C 者緩慢 (Pruder *et al.*, 1992)。本試驗飼育白蝦之水溫範圍為 20.4 ~ 28.6 °C, 因為飼育開始至第 9 天時蝦隻太小, 無法進行大規模的水循環, 因此溫度較低外, 其餘期間其溫度均適合白蝦之

成長。鹽度並非白蝦主要的生長限制因子 (劉等, 1999), 其最適生長鹽度為 10 ~ 25 ppt (王, 2000; 陳, 1999); 白蝦稚蝦在 20 ~ 50 ppt (水溫為 20 °C 及 30 °C) 之環境下, 其存活率並無明顯差異 (Ponce-Palafox *et al.*, 1997), 本試驗之鹽度範圍為 27.1 ~ 39.4 ppt, 由於系統原來已飼育白蝦成蝦, 每日換水率為 5 % 以下, 該系統之鹽度原來就稍高, 達 37.4 ppt, 在水分蒸發的狀況下, 鹽度曾高

Table 3 Survival rate, growth, and production of white shrimp intensively cultured for 43 days

	Mean
Stocking density (ind./m ²)	8,580
Initial mean weight (g)	0.0006 ± 0.0001
Initial biomass (kg/m ²)	0.00515
Final mean weight (g)	0.386 ± 0.258
Growth (g/week)	0.064
Survival rate (%)	59.8
Harvest biomass (kg/m ²)	1.98
Estimated shrimp number (ind./m ²)	5,130

至 39.4 ppt，但仍為白蝦生長適當之鹽度範圍。又，由於蝦苗於本試驗結束後，即將移往另一較大系統飼育，其鹽度設定為 30 ppt，因此在試驗第 38 天後將鹽度調降至 27.1 ~ 33.4 ppt。pH 低於 7 時，白蝦的活動受影響（陳，1999），一般蝦池的 pH 值維持在 7.4 ~ 8.5 最佳（劉等，1999），本試驗之 pH 範圍為 7.16 ~ 7.35，白蝦之活動不受影響。白蝦之致死溶氧量為 1.91 mg/l，而 2.0 mg/l 以上即不影響白蝦之成長（Seidman and Lawrence, 1985），因此本試驗期間，水中溶氧（2.37 ~ 6.20 mg/l）均維持在白蝦成長的適當範圍內。

非離子化氨-氮對白蝦稚蝦（平均體重為 0.33 g）之 96 小時的 LC₅₀ (median lethal concentration, 半致死濃度) 為 1.65 mg/l，而白蝦之安全濃度估算為 0.17 mg/l (Huang *et al.*, 2000)。對蝦類後期幼苗非離子化氨-氮 72 小時的 LC₅₀ 為 0.33 ~ 1.54 mg/l (Chin and Chen, 1987; Ostrensky and Wasielesky Jr., 1995)；對蝦類稚蝦的非離子化氨-氮生存的安全濃度為 0.1 mg/l (Wickins, 1976)。因此本試驗測得之總氨-氮濃度範圍在 0.45 ~ 1.00 mg/l，換算為有毒之非離子化氨-氮的濃度為 0.006 ~ 0.014 mg/l，並不會影響白蝦的成長。Reid and Arnold (1992) 在室內以循環水 raceway 方式所進行的高密度 (1,812 ind./m² 及 1,125 ind./m²) 白蝦飼育 146 天及 173 天期間，其非離子化氨-氮均維持在 0.155 mg/l 以下。Williams *et al.* (1996) 以半集約循環水系統進行白蝦不同密度 (28.4 ~ 284.1 ind./m²) 飼育 49 天期間，其總氨-氮為 0.10 ± 0.07 mg/l。

Samocha *et al.* (1993) 以集約式 raceway 方式飼育白蝦（密度為 3,200 ~ 3,300 ind./m²）35 天期間，其非離子化氨-氮的濃度範圍為 0 ~ 0.12 mg/l。林等 (2000a) 利用室內立體式自動化養蝦系統，以密度 1,300 ind./m² 飼育白蝦 105 天期間，其總氨-氮為 0.5 ~ 8 mg/l，換算為有毒之非離子化氨-氮的濃度約為 0.12 mg/l 以下。

亞硝酸-氮對白蝦稚蝦（平均體重為 0.15 g）之 96 小時的 LC₅₀ 為 23.9 mg/l，估算其安全濃度為 2.39 mg/l（鹽度為 21 ppt）(Huang *et al.*, 2000)。對蝦類幼苗亞硝酸-氮 72 小時之 LC₅₀ 為 14.5 ~ 167.3 mg/l (Ostrensky and Poersch, 1992; Alcaraz *et al.*, 1999)。本試驗所測得之亞硝酸-氮的濃度範圍為 0.07 ~ 0.92 mg/l，不會影響白蝦的成長。Reid and Arnold (1992) 在室內以循環水 raceway 方式所進行的高密度 (1,812 ind./m² 及 1,125 ind./m²) 白蝦飼育 146 天及 173 天期間，其亞硝酸-氮的濃度範圍為 0.0304 ~ 0.304 mg/l（鹽度為 16 ~ 35 ppt）。Williams *et al.* (1996) 以半集約循環水系統進行白蝦不同密度 (28.4 ~ 284.1 ind./m²) 飼育 49 天期間，其平均亞硝酸-氮的濃度為 0.07 ± 0.05 mg/l（鹽度為 27.4 ppt）。Samocha *et al.* (1993) 以集約式 raceway 方式飼育白蝦（密度為 3,200 ~ 3,300 ind./m²）35 天期間，其平均亞硝酸-氮的濃度為 0.172 ± 0.471 mg/l（鹽度為 30 ~ 35 ppt）。林等 (2000a) 利用室內立體式自動化養蝦系統，以密度 1,300 ind./m² 飼育白蝦 105 天期間，其亞硝酸-氮的濃度範圍為 1.5 ~ 10 mg/l（鹽度為 25 ppt）。至於

硝酸-氮的毒性則相當低，濃度在 200 mg/l 以上才會影響水產生物 (Pierce *et al.*, 1993)，本試驗之濃度範圍僅為 5.80 ~ 17.96 mg/l，應不會影響白蝦的成長。

發生病變的中國對蝦 (*Fenneropenaeus chinensis*) 養殖池水之弧菌量由 10^2 CFU/ml 增加至 10^4 CFU/ml (宋等, 1991)；斑節蝦 (*Marsupenaeus japonicus*) 發病時，池水的總生菌數為 10^5 CFU/ml，經鑑定後發現，菌相中一半是弧菌 (劉等, 1995)。本試驗之弧菌量 ($1.11 \times 10^4 \sim 6.26 \times 10^4$ CFU/ml) 相當接近於上述池蝦發病時的菌量。Sung *et al.* (1999) 指出，當蝦隻肝胰腺內弧菌數達約 10^4 CFU/g 時，蝦隻便很容易發生死亡的情形。發病的斑節蝦肝胰腺內的弧菌數經常超過 10^5 CFU/g (劉等, 1995)。又，感染白點病毒的草蝦 (*Penaeus monodon*)，其肝胰腺內的弧菌數亦達 6.3×10^5 CFU/g (陳等, 1998)。本試驗池蝦肝胰腺內的弧菌數量為 $5.13 \times 10^3 \sim 1.10 \times 10^6$ CFU/g，數量相較之下不低，但池蝦並沒有發病的情形，其原因推測係由於本試驗之循環水系統運作正常，水質狀況均能維持在白蝦生長適當的範圍內，即使飼育水中及白蝦肝胰腺內弧菌數量稍高，仍不影響池蝦之健康。

本試驗白蝦苗以 8,580 ind./m² 的密度飼育 43 天，其平均體重自 0.0006 ± 0.0001 g 增加至 $0.386 \pm$

0.258 g，每週成長 0.064 g。文獻上有關白蝦中間育成的飼育記錄包括：白蝦以 4,000 ind./m² 密度飼育 30 天，其平均體重自 0.003 g 增加至 0.142 g，每週成長 0.032 g (Aragon *et al.*, 1999) (Table 4)。以 3,200 ~ 3,300 ind./m² 密度飼育 35 天，其平均體重自 0.00158 g 增加至 0.53 g，每週成長 0.106 g (Samocha *et al.*, 1993)。以 2,200 ind./m² 密度飼育 50 天，自 PL8 成長至 1.23 g 及 1.1 g，每週成長 0.172 g 及 0.154 g (Cohen *et al.*, 2001)。相較之下，本試驗之白蝦苗成長較前者佳，但，較後三者差，根據白蝦超高密度 (1,121 ind./m² 以上) 之飼育實例顯示，飼育密度明顯影響白蝦之成長 (Reid and Arnold, 1992)，而 Sturmer and Lawrence (1987) 曾比較白蝦於 2,000 ind./m² 及 4,000 ind./m² 不同密度下飼育 42 天之成長，結果顯示，收穫時白蝦平均體重分別為 1.02 g 及 0.68 g，同一條件下，密度愈高成長愈慢。所以本試驗之白蝦苗成長與其它報告相較之下較差，應該是密度過高所引起。而有關其它白蝦超高密度的試驗成果包括：分別以 1,812 ind./m² 及 1,125 ind./m² 密度飼育 146 天及 173 天，其平均體重自 0.001 g 增加至 10.8 g 及 14 g，每週成長 0.57 g 及 0.61 g (Reid and Arnold, 1992) (Table 4)。以 1,300 ind./m² 密度飼育 105 天，其平均體重自 0.066 g 增加至 10.51 g，每週成長 0.698 g (林等, 2000a)。

Table 4 Comparisons of growth of white shrimp in the indoor culture system with others

Initial weight (g)	Final mean weight (g)	Stocking density (ind./m ²)	Pond or tank size (m ²)	Cultured period	Grow (g/week)	Survival rate (%)	Reference
0.0006	3.70	526	13.94	123	0.211	52.57	盧等, 2000
0.0006	3.67	526	13.94	123	0.209	27.26	盧等, 2000
0.0006	0.386	8,580	1.164	43	0.064	59.8	Present study
0.0006	0.386	10,220*	1.164	43	0.064	59.8	Present study
PL8 (0.001)	14	1,125	32.88	173	0.61	82	Reid and Arnold, 1992
PL8 (0.001)	10.8	1,812	32.88	146	0.57	48	Reid and Arnold, 1992
PL8	1.23	2,200	30	50	0.172	97	Cohen <i>et al.</i> , 2001
PL8	1.1	2,200	30	50	0.154	106	Cohen <i>et al.</i> , 2001
0.00158	0.53	3,200~3,300	68.4	35	0.106	94.8	Samocha <i>et al.</i> , 1993
0.0018	18.91	904	13.94	126	1.05	10.0	張等, 2001

Table 4 Continued

Initial weight (g)	Final mean weight (g)	Stocking density (ind./m ²)	Pond or tank size (m ²)	Cultured period	Grow (g/week)	Survival rate (%)	Reference
0.0018	15.73	904	13.94	126	0.87	8.5	張等, 2001
0.003	0.142	4,000	150	30	0.032	80	Aragon <i>et al.</i> , 1999
0.019	5.88	2,000*	0.35	72	0.57	87.0	Appelbaum <i>et al.</i> , 2002
0.019	4.17	5,000*	0.35	72	0.404	63.5	Appelbaum <i>et al.</i> , 2002
0.050	8.355	500	40	75	0.777	92.57	林等, 2000b
0.066	10.51	1,300	18	105	0.698	49.5	林等, 2000a
0.08	8.12	223	70	49	1.19	78.7	Robertson <i>et al.</i> , 1992
0.08	6.53	299	70	49	0.94	83.3	Robertson <i>et al.</i> , 1992
0.085	7.93	572	13.94	70	0.82	41	張等, 2001
0.085	7.06	572	13.94	70	0.75	70	張等, 2001
0.12	7.28	28.4	0.176	49	1.023	95	Williams <i>et al.</i> , 1996
0.12	6.97	56.8	0.176	49	0.979	92	Williams <i>et al.</i> , 1996
0.12	6.75	113.6	0.176	49	0.947	95	Williams <i>et al.</i> , 1996
0.12	6.57	85.2	0.176	49	0.921	95	Williams <i>et al.</i> , 1996
0.12	6.09	170.4	0.176	49	0.853	89	Williams <i>et al.</i> , 1996
0.12	5.78	227.3	0.176	49	0.809	81.3	Williams <i>et al.</i> , 1996
0.12	5.38	284.1	0.176	49	0.75	82.5	Williams <i>et al.</i> , 1996

*ind./m³

有關存活率方面，文獻中白蝦中間育成密度為 4,000 ind./m²、3,200 ~ 3,300 ind./m²、2,200 ind./m² 及 2,200 ind./m² 者，其存活率分別為 80 % (Aragon *et al.*, 1999)、94.8 % (Samocha *et al.*, 1993)、96 % 與 106 % (Cohen *et al.*, 2001) (Table 4)，而本試驗為 59.8 %。Reid and Arnold (1992) 認為，白蝦超高密度之飼育時，密度是影響其存活率最高之最大因素之一。因此，本試驗之白蝦存活率較其它報告為差之主因，應是密度過高所致。而林等 (2000a) 認為，就考慮白蝦之存活率及成長而言，650 ind./m² 是白蝦較適當的飼育密度 (該試驗自 0.066 g 飼育至 10.51 g)。

產量方面，本試驗之單位產量為 1.98 kg/m²，而文獻上中間育成密度為 3,200 ~ 3,300 ind./m²、

2,200 ind./m² 及 2,200 ind./m² 之產量分別為 1.66 kg/m² (Samocha *et al.*, 1993)、2.73 kg/m² (Cohen *et al.*, 2001) 及 2.80 kg/m² (Cohen *et al.*, 2001)。本試驗之單位產量較前者為高，但較後二者為低。因本試驗為中間育成階段，幼蝦販售至養成業者時，主要以蝦隻之尾數計價，以目前的存活率估算約有 35,880 尾，單位面積之存活尾數約為 5,130 ind./m²，文獻中白蝦中間育成的密度包括 4,000 ind./m²、3,200 ~ 3,300 ind./m²、2,200 ind./m² 及 2,200 ind./m²，在分別飼育 30 天、35 天、50 天及 50 天後，其存活率分別為 80 % (Aragon *et al.*, 1999)、94.8 % (Samocha *et al.*, 1993)、97 % (Cohen *et al.*, 2001) 及 106 % (Cohen *et al.*, 2001)，存活尾數估算為 3,200 ind./m²、3,128 ind./m²、2,134 ind./m²

及 2,332 ind./m²，相較之下，本試驗之活存尾數相當高，將這些幼蝦販售至養成業者，以尾數計價的狀況下，相當具有經濟價值。

謝 辭

本研究報告承蒙海水繁養殖研究中心林主任明男博士多次詳加審閱，並提供許多寶貴意見，使得本報告更充實，特此致謝。另，本研究試驗期間，感謝張振元先生、潘泰安先生及張朝富先生協助白蝦之飼育及管理。

參考文獻

- 王廣軍 (2000) 南美白對蝦的養殖技術. 水產養殖, 3: 38-39.
- 宋慶雲, 盧穎, 孫修勤 (1991) 壽光縣對蝦養殖環境中微生物數量分布的試驗報告. 黃渤海海洋, 9: 64-68.
- 林明男, 曾寶順, 邱靜山, 丁雲源, 陳獻, 梁榮元, 賴國興 (2000a) 利用室內立體式自動化養蝦系統, 以每立方公尺 2167 尾的高密度在秋季養殖白(腳) 蝦. 台南水試研報, 4: 1-13.
- 林明男, 曾寶順, 邱靜山 (2000b) 室內養蝦的基礎研究 (五) -白(腳)蝦以每平方公尺 500 尾的高密度養殖. 台南水試研報, 4: 15-25.
- 陳弘成 (1999) 白蝦養殖與管理方式. 養魚世界, 3: 66-68.
- 陳敏隆, 吳豐成, 丁雲源 (1998) 白點病毒症草蝦之細菌學研究. 台南水試研報, 2: 9-17.
- 張振元, 黃美瑩, 盧民益, 劉文御 (2001) 人工海藻應用於白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 室內超集約循環水養殖試驗 (未發表).
- 趙維良, 徐仕芳, 林素卿 (2000) 草蝦養殖池水中弧菌組成之變化與病害發生的關係(II). 魚病研究專集, 20: 7-16.
- 劉文御, 郭光雄, 陳秀男 (1995) 臺灣養殖蝦類疾病調查. 中華微免雜誌, 28: 59-69.
- 劉文御, 蘇茂森, 徐崇仁 (1999) 白蝦專輯. 台灣省水產試驗所, 29 pp.
- 鄭石勤 (1998) 白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 病變與疾病控制. 養魚世界, 10: 41-46.
- 盧民益, 黃美瑩, 張錦宜, 張振元, 劉文御, 徐崇仁 (2000) 白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 室內高密度養殖初步試驗. 養魚世界, 12: 69-77.
- Alcaraz, G., X. Chiappa-Carrara, V. Espinoza and C. Vanegas (1999) Acute toxicity of ammonia and nitrite to white shrimp *Penaeus setiferus* postlarvae. J. World Aquacul. Soc., 30(1): 90-97.
- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Environment Federation (1998) Nitrogen (Nitrate). In Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (L. S. Clesceri, A. E. Greenberg and A. D. Eaton eds.), 20th ed., New York, Washington DC., 4-114-4-115.
- Appelbaum, S., J. Garada and J. K. Mishra (2002) Growth and survival of the white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared intensively in the brackish water of the Israeli negev desert. Israeli J. Aquacul.-Bamidgeh, 54 (1): 41-48.
- Aragon Noriega, E. A., J. H. Cordova Murueta, C. R. Aramburu Adame, H. L. Trias Hernandez (1999) Intensive nursery of white shrimp (*Penaeus vannamei*) (Boone, 1931) to low temperatures. Rev. Invest. Mar., 20 (1-3): 89-93.
- Bendschneider, K. and R. J. Robinson (1952) A new spectrometric method for the determination of nitrite in the sea water. J. Mar. Res., 11: 87-96.
- Chin, T. S. and J. C. Chen (1987) Acute toxicity of ammonia to larvae of tiger prawn, *Penaeus monodon*. Aquaculture, 66: 247-253.
- Cohen, J. M., T. M. Samocha, R. L. Gandy, E. R. Jones, J. M. Fox and A. L. Lawrence (2001) The culture of *Litopenaeus vannamei* under bio-secured and zero exchange conditions. Aquaculture 2001: Book of Abstracts, 130.
- Hopkins, J. S., R. D. Hamilton II, P. A. Sandifer, C. L. Browdy and A. D. Stokes (1993) Effect of water exchange rates on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets in intensive shrimp ponds. J. World Aquacul. Soc., 24: 304-320.
- Huang, M. Y., M. Y. Lu and W. Y. Liu (2000) Acute toxicity of ammonia and nitrite to white shrimp *Litopenaeus vannamei* juveniles. J. Taiwan Fish. Res., 8(1&2): 73-83.
- Lombardi, J. V., H. L. A. Marques, O. J. S. Barreto, V. C. Gelli, R. T. L. Pereira and E. J. de Paula (2001) Floating cages as an alternative for growing the marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in open sea water. Aquaculture 2001: Book of Abstracts, 384.
- Messer, J. W., J. T. Peeler and J. E. Gilchrist (1984) Aerobic plate count. In Bacteriological Analytical Manual (6th ed.). Division of Microbiology Center

- for Food Safety and Applied Nutrition U.S. and Drug Administration, USA, 4.01-4.10.
- Ostrensky, A. and L. H. Poersch (1992) Toxicidade aguda do nitrito na larvicultura do camarão-rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. *Nerítica curitiba*, 7 (1-2): 101-107.
- Ostrensky, A. and W. Wasielesky Jr. (1995) Acute toxicity of ammonia to various life stages of the Sao Paulo shrimp, *Penaeus paulensis*, Pérez-Farfante, 1967. *Aquaculture*, 132: 339-347.
- Pierce, R. H., J. M. Weeks and J. M. Prappas (1993) Nitrate toxicity to five species of marine fish. *J. World Aquacul. Soc.*, 24 (1): 105-107.
- Ponce-Palafox, J., C. A. Martinez-Palacios and L. G. Ross (1997) The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture*, 157: 107-115.
- Pruder, G. D., E. O. Duerr and W. A. Walsh (1992) The technical feasibility of pond liners for rearing Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) in terms of survival, growth, water exchange rate and effluent water quality. *Aquacul. Eng.*, 11: 183-201.
- Reid, B. and C. R. Arnold (1992) The intensive culture of the penaeid shrimp *Penaeus vannamei* boone in a recirculating raceway system. *J. World Aquacul. Soc.*, 23(2): 146-153.
- Robertson, L., T. Samocha, K. Gregg and A. Lawrence (1992) Post-nursery growout potential of *Penaeus vannamei* in an intensive raceway system. *Ciencias Marinas*, 18(4): 47-56.
- Samocha, T. M., A. L. Lawrence and J. M. Biedenbach (1993) The effect of vertical netting and water circulation pattern on growth and survival of *Penaeus vannamei* postlarvae in an intensive raceway system. *J. Applied Aquacult.*, 2(1): 55-64.
- Samocha, T. M., L. Hamper, C. R. Emberson, A. D. Davis, D. McIntosh, A. L. Lawrence and P. M. Van Wyk (2002) Review of some recent developments in sustainable shrimp farming practices in Texas, Arizona, and Florida. *J. Applied Aquacult.*, 12 (1): 1-42.
- Sandifer, P. A., J. S. Hopkins and A. D. Stokes (1987) Intensive culture potential of *Penaeus vannamei*. *J. World Aquacul. Soc.*, 18 (2): 94-100.
- Sandifer, P. A., J. S. Hopkins and A. D. Stokes (1988) Intensification of shrimp culture in earthen ponds in south Carolina: progress and prospects. *J. World Aquacul. Soc.*, 19(4): 218-226.
- Sandifer, P. A., J. S. Hopkins, A. D. Stokes and C. L. Browdy (1993) Preliminary comparisons of the native *Penaeus setiferus* and Pacific *P. vannamei* white shrimp for pond culture in south Carolina, USA. *J. World Aquacul. Soc.*, 24(3): 295-303.
- Seidman, E. R. and A. L. Lawrence (1985) Growth, feed digestibility, and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels. *J. World Maricul. Soc.*, 16: 333-346.
- Solorzano, L. (1969) Determination of ammonia in natural water by the phenolhypochlorite method. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 799-801.
- Sturmer, L. N. and A. L. Lawrence (1987) Effects of stocking density on growth and survival of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* postlarvae in intensive raceways. *J. World Aquacul. Soc.*, 18: 6A.
- Sung, H. H., H. C. Li, Y. M. Tsai, Y. Y. Ting and W. L. Chao (1999) Changes in the composition of *Vibrio* communities in pond water during tiger shrimp (*Penaeus monodon*) cultivation and in the hepatopancreas of healthy and diseased shrimp. *J. Exp. Mar. Ecol.*, 236: 261-271.
- Wedner, D. and R. Rosenberry (1992) World shrimp farming. *In* Proceedings of the World Aquaculture Society: Special Session on Shrimp Farming (J. Wyban ed.), World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 1-21.
- Wickins, J. F. (1976) Prawn biology and culture. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 14: 435-507.
- Williams, A. S., D. A. Davis and C. R. Arnold (1996) Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *J. World Aquacult. Soc.*, 27(1): 107-112.
- Wyban, J. A., J. N. Sweeney and R. A. Kanna (1988) Shrimp yields and economic potential of intensive round pond systems. *J. World Aquacul. Soc.*, 19(4): 210-217.
- Wyban, J. A. and J. N. Sweeney (1989) Intensive shrimp growout trials in a round pond. *Aquaculture*, 76: 215-225.

Intensive Nursery Culture of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in an Indoor Recirculating System

Mei-Ying Huang*, Min-Yih Lu and Wen-Yu Liu

Division of Aquaculture, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

Intensive cultivation of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) was conducted in 6 individual 0.978-ton tanks with an average weight of 0.0006 ± 0.0001 g (PL5) and density of 8,580 individuals (ind.)/m². The growth rate was 0.064 g/week, the mean weight was 0.386 ± 0.258 g, the harvested biomass was 1.98 kg/m², the survival rate was 59.8%, the estimated shrimp number was 5,130 ind./m², and the feed conversion ratio (FCR) was 1.3 for pond shrimp harvested after 43 days. The water quality parameters were maintained at a water temperature of 20.4 to 28.6 °C, a salinity of 27.1 to 39.4 ppt, a pH of 7.16 ~ 7.35, and a dissolved oxygen level of 2.37 ~ 6.20 mg/l during the growth trial. Three kinds of nitrogen wastes, un-ionized ammonia-nitrogen (NH₃-N), nitrite-nitrogen (NO₂-N), and nitrate-nitrogen (NO₃-N), were evaluated, and ranged 0.006 ~ 0.014, 0.07 ~ 0.92, and 5.80 ~ 17.96 mg/l, respectively. Viable counts of *Vibrio* in the pond water were 1.11×10^4 to 6.26×10^4 CFU/ml, and 5.13×10^3 to 1.10×10^6 CFU/g as revealed in the hepatopancreas.

Key words: white shrimp (*Litopenaeus vannamei*), intensive nursery culture, indoor recirculating system.

*Correspondence: Aquaculture Division, Fisheries Research Institute, 199 Hou-lh Rd., Keelung 202, Taiwan. TEL: (02) 2462-2101; FAX: (02) 2462-8138; E-mail: myhuang@mail.tfrin.gov.tw