

利用 ECO-SYSTEM 在室內高密度飼育白蝦(*Litopenaeus vannamei*)之效果

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

爲了解白蝦在室內高密度飼育下之活存與成長而進行此實驗。經中間育成平均體重 0.39 g，總重 13.85 kg 稚蝦，於二個八角型循環水飼育池內飼育，平均放養密度爲 1,288 ind./m²。飼育至第 47 天收穫之平均體重爲 4.81 g，每週成長 0.63 g，活存率爲 47.7%，平均單位生產量爲 2.96 kg/m²。飼育期間之水溫、鹽度及溶氧量範圍分別爲 25.7-29.5°C、23.1-30.5 ppt 及 6.5-8.9 mg/l。pH、未離子化氨-氮(NH₃-N)、亞硝酸-氮(NO₂-N)及硝酸-氮(NO₃-N) 之範圍分別爲 6.27-8.29、0.00-0.03 mg/l、0.06-7.24 mg/l 及 2.02-58.00 mg/l。總生菌數及弧菌數量在水中分別爲 7.35 ×10²-2.13 ×10⁶ CFU/ml 及 3.00 ×10¹-7.50 ×10² CFU/ml，在肝胰臟內則爲 1.13 ×10⁵-1.10 ×10⁶ CFU/g 及 1.48 ×10³-3.38 ×10⁵ CFU/g。

關鍵詞：白蝦、室內、高密度飼育、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爲集中，是當今世界養殖蝦類產量最高的三大品種之一(Wedner and Rosenberry, 1992)。在室外池高密度養殖白蝦過去有所報導，Sandifer *et al.* (1987)於室外以 40 ind./m² 及 45 ind./m² 的密度養殖白蝦 138 天及 169 天，收穫時單位產量分別爲 0.601 kg/m² 及 0.750 kg/m²，因此，他們認爲白蝦進行密集的養殖是相當具有潛力的。該時期有關白蝦試驗之單位產量最高的記錄爲 1.6

kg/m² (1987 年，Wyban *et al.*, 1988)，而白蝦室外養殖的密度大都在 100 ind./m² 以下(Sandifer *et al.*, 1988; Wyban and Sweeney, 1989; Sandifer *et al.*, 1993)。而近年來，白蝦室內養殖的實例也相當多，Reid and Arnold 於 1992 年起，於室內以循環水 raceway 方式養殖白蝦，密度分別爲 1,125 ind./m² 及 1,812 ind./m²，飼養 173 天及 146 天後，單位產量分別爲 14 kg/m² 及 10.8 kg/m² (Reid and Arnold, 1992)。密度爲 2,132 ind./m² 飼養 154 天，每噸水產量 11.7 kg

(Reid and Arnold, 1994)。林等(2000b)利用室內立體式自動化養蝦系統以密度 2,167 ind./m³ 養殖白蝦 105 天，平均每噸水產量亦達 11.2 kg。Williams *et al.* (1996) 曾進行白蝦於不同密度 (28.4-284.1 ind./m²) 養殖 49 天之成長及活存率的研究，結果發現，白蝦的成長及活存率均與密度呈負相關。Samocho *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/m²。以往白蝦不論於室內或室外養殖，其成長及活存率有高有低，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)，而白蝦海上箱網養殖時，也是經過中間育成再放養(Lombardi *et al.*, 2001)，目前有關白蝦中間育成的研究有所報導(Aragon *et al.*, 1999; Samocha *et al.*, 1993; Cohen *et al.*, 2001)，但是經過中間育成後再行飼育之相關資料較少，因此，本試驗係將經過中間育成之稚蝦於室內循環水系統內進行高密度之飼育，以探討室內高密度飼育時，白蝦的成長情況、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，以建立白蝦二階段(中間育成及稚蝦養成)室內高密度養殖之基礎資料。

材料與方法

飼育系統組成

本試驗所使用循環水飼育系統為挪威進口(商標名為 ECO-SYSTEM)，該系統主要由二個八角形飼育池—排泄物收集器—微粒過濾機—生物濾床—紫外線/臭氧殺菌複合系統—增氧裝置所組成(Fig.1)。茲說明如下：

飼育池：為八角形，雙池共用一池壁，壁高 1.6 m，八角形池壁長邊為 2.16 m，短邊為 1.26 m，兩相對長邊之距離為 3.94 m，寬 6 cm，水深 1.5 m，池底面積 13.94 m²，四面向中央集污口做適度傾斜，中央設有污物顆粒匯集盤，以便收集污物。

排泄物收集器：顆粒匯集盤(外徑 64 cm，內徑 20 cm)安裝在池底，池外設有污物收集桶，殘餌及排泄物經由匯集盤帶入置於池外的收集桶內，水經由收集桶之排水管排出，送往微粒過濾機。污物於桶內累積至一定量時，可以啟動調節閥由底部排污管將污物排出。

微粒過濾機：其功能係用來去除循環水中之懸浮顆粒，並可自動沖洗。濾網之網孔為 60 μm，其流量為 78 m³/hr. 以上，機體轉動馬達功率 0.18 kw。

生物濾床：生物過濾係以生物濾床中填裝的濾材來淨化養殖用水，亦即以固定生長於濾材表面的微生物膜(主要為硝化細菌)來消除水中的含氮廢物(Brune and Gunther, 1981)。本系統之生物過濾槽為圓柱型，內徑 72 inch、高度 102 inch、厚 1/5 inch、FRP 材質，槽底內部設曝氣管路。生物濾材為蜂巢式設計，材質為強化聚酯(Nidaplast H8PP)，其表面積/體積(specific surface)大於 350 m²/m³。生物濾槽內包含沉浸式過濾(Submerge)及滴流式過濾(Trickling)兩種型式，以利分解養殖水中之含氮廢物。

紫外線/臭氧殺菌複合系統：紫外線殺菌器為沉水式，臭氧是採高壓放電方式產生。空氣由 2 Hp 空氣壓縮機所提供(壓力 3 kg/cm²)，並利用水幫浦冷卻。臭氧燈管 2 支，波長 185 nm，功率

160 W，臭氧輸出量：在一大氣壓下，20°C 時可達 15 g/hr.，傳輸量為 2 l/sec.。紫外線燈管規格為 50 W、波長 254 nm。

增氧裝置：管壁材質為高密度聚乙

烯(HDPE)，耐壓 80 PSI 以上，純氧壓力 3 Bar 以上。本裝置使用 4 只增氧器並附球閥調節水流量。

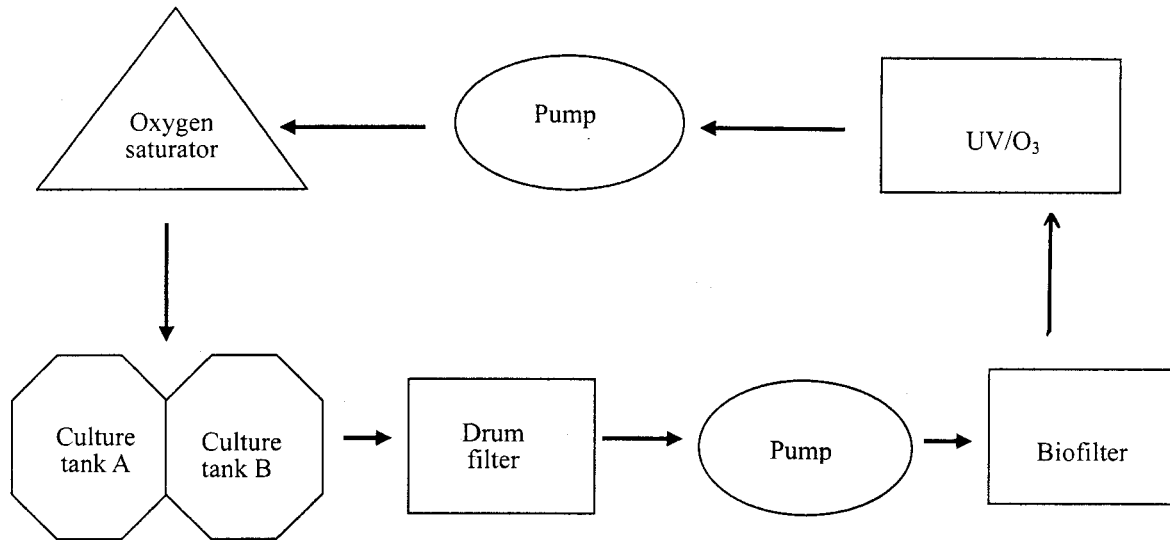


Fig. 1. Diagram of the ECO-SYSTEM circulation system.

試驗期間之操作

該系統之池水循環速度約為 100 m³/hr，水力停留時間約 30 min。該系統之微粒過濾機具有自動將顆粒物質排除之功能，於污物收集桶設有手動排污管將污物排出，因此該系統會損失部分之飼育水，每天必須補充約 1 噸(2%)的飼育海水。由於該系統之微粒過濾機必須保持濾網之通暢，因此每 2-3 週以高壓水槍(> 10 bar 者，bar 為壓力單位，約等於 kg/cm²)清洗濾網保持其通暢性。高壓沖水幫浦應維持其壓力於 7 bar 以上，以應經常性之自動清洗動作。又，每天檢視污物收集桶內之污物量，太多時啟動調節閥由底部排污管將污物排出。

放養密度

本試驗將經過中間育成，平均體重為 0.39 g，總重為 13.85 kg 的白蝦稚蝦飼育於 A、B 2 個 20 噸的八角形飼育池。A 池放養 7.06 kg(約 18,300 尾)，密度為 1,313 ind./m²，B 池 6.789 kg (約 17,588 尾)，密度為 1,262 ind./m²。投飼以市售斑節蝦配合飼料及螺旋藻；配合飼料一般成分為粗蛋白質不低於 50.0%、粗脂肪不低於 3.0%、粗纖維不超過 3.0%、粗灰粉不超過 16.0%、鹽酸不溶物不超過 2%、水分不超過 11%。螺旋藻係使用綠寶 -B.P. (Spirulina-B.P.，群冠企業有限公司)，含 15%之螺旋藻，為懸浮性微粒飼料，富含氨基酸及多種維生素。成份分析為粗蛋白質不低於 50%、粗脂肪不低於

25%、粗纖維不超過 3%、粗灰分不超過 10%、水分不超過 6%、鹽酸不溶物不超過 1.8%。螺旋藻的投餵量為每餐每槽 5 g，每天四餐，配合斑節蝦飼料投餵。投飼料量由放養當時蝦總體重的 10% 為起點，並觀察攝餌情況加以調整，以 1.5 小時內無殘餌為度。每日投餵 4 餐，早餐(6-7 點)、中餐(12-13 點)、晚餐(18-19 點)及午夜餐(24-凌晨 1 點)。共飼育 47 天後收穫。

成長及水質測定

每週逢機採取 12-30 尾稚蝦測量其體重及體長，並於池內定點測定水溫、pH 值、鹽度及溶氧量，並採集水面下約 5 公分之水樣冰藏後攜回試驗室，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, 1998)。

池水及蝦肝胰臟內總生菌及弧菌數測定

每週採取池水(250ml)及 10-20 尾白蝦進行總生菌數及弧菌數測定，池水或白蝦肝胰臟研磨並適當稀釋後，取 0.1 ml 塗抹在 TSA (Tryptic soy agar, Difco) 及 TCBS agar (Thiosulfate-citrate-bile salts-sucrose agar, Difco) 上。將上述培

養基置放在 28°C 下培養 48 小時後計算菌落數 (Messer *et al.*, 1984; 趙等, 2000)。

結果

水質測定

47 天之飼育期間，水溫及鹽度平均為 27.3°C 及 25.6 ppt (25.7-29.5°C 及 23.1-30.5 ppt)。pH 值平均為 7.40，前 26 天為 7.39-8.29，第 27 天時 pH 值曾下降至 6.27，以小蘇打加入混合槽內緩慢調整至 7.21，並維持相當穩定的狀態至收穫。溶氧平均為 8.21 mg/l (6.50-8.90 mg/l)(Table 1)。

總氨-氮濃度為 0.01-1.26 mg/l (平均 0.38 mg/l)，換算為有毒之非離子化氨-氮的濃度為 0.001-0.032 mg/l。亞硝酸-氮濃度 1.41 mg/l (0.06-7.24 mg/l)。硝酸-氮含量 27.04 mg/l (2.02-58.00 mg/l)(Table 1)。該系統之水處理效率主要由飼育期間之水質變化來評估，於飼育第 12 天時，池水中的亞硝酸-氮曾高達 7.24 mg/l，可能係生物濾床中的硝化作用尚未完全發揮，因此該階段水處理之效率並不好，而經過適當換水處理後，水質就相當穩定，該系統之淨化能力發揮一定程度的功能。

池水中平均總生菌數為 3.76×10^5 CFU/ml (7.35×10^2 - 2.13×10^6 CFU/ml)，弧菌數量為 3.04×10^2 CFU/ml (3.00×10^1 - 7.50×10^2 CFU/ml)。而白蝦肝胰臟內平均總生菌數為 4.16×10^5 CFU/g (1.13×10^5 - 1.10×10^6 CFU/g)。肝胰臟內弧菌數平均為 9.24×10^4 CFU/g (1.48×10^3 - 3.38×10^5 CFU/g)(Table 2)。

Table 1. Mean levels of water quality over the 47-day experiment (N= 15).

Item	Mean (\pm SD)	Min	Max
Water temperature ($^{\circ}$ C)	27.3 (\pm 1.2)	25.7	29.5
Salinity (ppt)	25.6 (\pm 2.3)	23.1	30.5
pH	7.40 (\pm 0.57)	6.27	8.29
DO (mg/l)	8.21 (\pm 0.81)	6.5	8.90
Total ammonia-N (mg/l)	0.38 (\pm 0.36)	0.01	1.26
Un-ionized ammonia-N (mg/l)	0.010 (\pm 0.009)	0.001	0.032
NO ₂ -N (mg/l)	1.41 (\pm 2.25)	0.06	7.24
NO ₃ -N (mg/l)	27.04 (\pm 18.04)	2.02	58.00

Table 2. Mean levels of total and *Vibrio* viable counts calculated from pond water and hepatopancreas of cultured shrimp.

Item	Mean (\pm SD)	Min	Max
Pond water (CFU/ml)			
Total viable counts (N = 8)	$3.76 \times 10^5 (\pm 6.64 \times 10^5)$	7.35×10^2	2.13×10^6
<i>Vibrio</i> viable counts (N = 8)	$3.04 \times 10^2 (\pm 2.71 \times 10^2)$	3.00×10^1	7.50×10^2
Hepatopancreas of cultured shrimp (CFU/g)			
Total viable counts (N = 7)	$4.16 \times 10^5 (\pm 3.06 \times 10^5)$	1.13×10^5	1.10×10^6
<i>Vibrio</i> viable counts (N = 7)	$9.24 \times 10^4 (\pm 1.03 \times 10^5)$	1.48×10^3	3.38×10^5

成長、活存及單位產量

飼育至第 47 天收穫時，A 池平均體重為 3.82 g，每週成長 0.49 g，收穫量為 47.67 kg (12,480 尾)，單位生產量為 3.42 kg /m²，活存率為 68.2 %，B 池平均體重為 5.80 g，每週成長 0.77 g，收穫量為 34.65 kg (5,974 尾)，單位生產量為 2.50 kg /m²，活存率為 34.0 %。二池之平均體重為 4.81 g，平均每週成長 0.63 g。二池平均單位生產量為 2.96 kg /m²，平均活存率為 47.7 %。

討論

Pruder *et al.* (1992)指出，白蝦飼育於溫度 22-26 $^{\circ}$ C 時，其成長速度較

26-30 $^{\circ}$ C 者緩慢。本試驗水溫 25.7-29.5 $^{\circ}$ C 屬於後者，所以成長不受影響。白蝦最適生長鹽度為 10-25 ppt (王, 2000; 陳, 1999)，水溫為 20 $^{\circ}$ C 及 30 $^{\circ}$ C 之環境下，稚蝦 (juvenile)在 20 至 50 ppt 鹽度範圍，活存率並無明顯差異 (Ponce-Palafox *et al.*, 1997)，本試驗之鹽度範圍為 23.1-30.5 ppt，對白蝦生長無不良影響。陳(1999)指出，pH 低於 7 時，白蝦的活動受影響。一般蝦池的 pH 值維持在 7.4-8.5 為佳(劉等, 1999)，雖然本試驗在白蝦飼育第 27 天時，pH 曾下降至 6.27，經適當處理後就維持在 7.2 以上的正常範圍，並維持至白蝦收穫為止。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 6.50-8.90mg/l 應屬良好的條件。

非離子化氨-氮對白蝦稚蝦(平均體重為 0.33 g)之 96 小時的 LC_{50} (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 LC_{50} 為 0.33-1.54 mg/l (Chin and Chen, 1987; Ostrensky and Wasielesky, 1995); 對蝦類稚蝦(juvenile Penaeid shrimp)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 0.01-1.26 mg/l, 換算為有毒之非離子化氨-氮的濃度為 0.001-0.032 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 (1,815 ind./m² 及 1,121 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(2000b)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。相較之下, 本試驗期間, 池水中總氨-氮及非離子化氨-氮較上述大部份之試驗為低。

亞硝酸-氮對白蝦稚蝦(平均體重為

0.15 g)之 96 小時的 LC_{50} 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 LC_{50} 為 14.5-167.3 mg/l (Ostrensky and Poersch, 1992; Alcaraz *et al.*, 1999)。本試驗測得池水中之亞硝酸-氮的平均濃度為 1.41 mg/l, 雖然在飼育第 12 天時, 亞硝酸-氮的濃度曾高達 7.24 mg/l, 但經適當換水處理後, 其含量均維持在白蝦適當的生長範圍內。Reid and Arnold (1992)在室內以循環水 raceway 方式所進行的高密度 (1,815 ind./m² 及 1,121 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)。相較之下, 本試驗期間, 池水中亞硝酸-氮較上述大部份之試驗為高, 但除了第 12 天稍高外, 其餘時間仍低於白蝦稚蝦之安全濃度(2.39 mg/l)。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 2.02-58.00mg/l, 應不會影響白蝦的成長。

Table 3. Survival rate, growth and production for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured intensively for 47 days in Eco-system.

	Pond A	Pond B	Mean
Stocking density (ind./m ²)	1,313	1,262	1,288
Initial weight (g)	0.386	0.386	0.386
Initial biomass (kg/m ²)	0.507	0.487	0.497
Final weight (g)	3.82	5.80	4.81
Growth (g/week)	0.491	0.773	0.632
Survival rate (%)	68.2	34.0	47.7
Harvest biomass (kg/m ²)	3.420	2.496	2.958

養殖中國對蝦發生病變的池水中之弧菌量由 10^2 CFU/ml 增加至 10^4 CFU/ml (宋等, 1991); 斑節蝦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 (3.00×10^1 - 7.50×10^2 CFU/ml) 遠低於上述池蝦發病菌量。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, 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 1.48×10^3 - 3.38×10^5 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, 水質狀況大都能維持在白蝦生長適當的範圍內, 即使白蝦肝胰臟內弧菌數量稍高, 尚可抑制而不至於發病。

本試驗白蝦稚蝦以平均 1,288 ind./m² 的密度飼育 47 天, 其平均體重自 0.386 g 增加至 4.81 g, 每週成長 0.632

g。室內白蝦飼育試驗, 一般密度為 300 ind./m² 以下, 以 28.4-299 ind./m² 密度飼育白蝦 49 天, 其平均體重自 0.08-0.12 g 增加至 5.38-8.12 g, 每週成長 0.75 - 1.19 g (Robertson *et al.*, 1992; Williams *et al.*, 1996)(Table 4)。雖然前人之研究顯示, 白蝦飼育密度為 299 ind./m² 以下者, 並不會明顯影響白蝦之成長速率 (Robertson *et al.*, 1992; Stokes *et al.*, 1988; Wyban *et al.*, 1988), 但, Williams *et al.* (1996) 認為白蝦於不同密度 (28.4-284.1 ind./m²) 養殖 49 天後, 白蝦的成長及活存率均與密度呈負相關。白蝦飼育密度為 500 - 904 ind./m² 者, 飼育 70 -126 天, 其平均體重自 0.0006 -0.085 g 增加至 3.67 - 18.91 g, 每週成長 0.209-1.05 g (林等, 2000b; 張等, 2001; 盧等, 2000)。文獻上有關白蝦超高密度的飼育記錄包括: 白蝦以 2,200 ind./m² 密度飼育 50 天, 自 PL8 成長至 1.1 g, 每週成長 0.154 g (Cohen *et al.*, 2001)。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.*,

Table 4. Comparison of reared white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) at indoor culture system with present study.

Duration (days)	Stocking density (ind./m ²)	Initial weight (g)	Final mean weight (g)	Growth (g/week)	Survival rate (%)	Reference
30	4,000	0.003	0.142	0.032	80	Aragon <i>et al.</i> , 1999
35	3,200-3,300	0.00158	0.53	0.106	94.8	Samocha <i>et al.</i> , 1993
50	2,200	PL8	1.23	0.172	96	Cohen <i>et al.</i> , 2001
50	2,200	PL8	1.1	0.154	106	Cohen <i>et al.</i> , 2001
146	1,812	PL8(0.001)	10.8	0.57	48	Reid and Arnold, 1992
105	1,300	0.066	10.51	0.698	49.5	林等, 2000b
173	1,125	PL8 (0.001)	14	0.61	82	Reid and Arnold, 1992
126	904	0.0018	18.91	1.05	10.0	張等, 2001
126	904	0.0018	15.73	0.87	8.5	張等, 2001
70	572	0.085	7.06	0.75	70	張等, 2001
70	572	0.085	7.93	0.82	41	張等, 2001
123	526	0.0006	3.67	0.209	27.26	盧等, 2000
123	526	0.0006	3.70	0.211	52.57	盧等, 2000
75	500	0.050	8.355	0.777	92.57	林等, 2000a
49	299	0.08	6.53	0.94	83.3	Robertson <i>et al.</i> , 1992
49	284.1	0.12	5.38	0.75	82.5	Williams <i>et al.</i> , 1996
49	227.3	0.12	5.78	0.809	81.3	Williams <i>et al.</i> , 1996
49	223	0.08	8.12	1.19	78.7	Robertson <i>et al.</i> , 1992
49	170.4	0.12	6.09	0.853	89	Williams <i>et al.</i> , 1996
49	113.6	0.12	6.75	0.947	95	Williams <i>et al.</i> , 1996
49	85.2	0.12	6.57	0.921	95	Williams <i>et al.</i> , 1996
49	56.8	0.12	6.97	0.979	92	Williams <i>et al.</i> , 1996
49	28.4	0.12	7.28	1.023	95	Williams <i>et al.</i> , 1996
47	1,288	0.386	4.81	0.632	47.7	Present study
47	875*	0.386	4.81	0.632	47.7	Present study
72	2,000*	0.019	5.88	0.57	87.0	Appelbaum <i>et al.</i> , 2002
72	5,000*	0.019	4.17	0.404	63.5	Appelbaum <i>et al.</i> , 2002

*ind./m³

1993) 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)，以上資料較屬於中間育成部份。白蝦分別以 1,815 ind./m² 及 1,121 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 0.57g 及 0.61g (Reid and Arnold, 1992)。以 1,300 ind./m² 密度飼育 105 天，其平均體重自 0.066 g 增加至 10.51g，每週成長 0.698 g (林等, 2000b)。本試驗之白蝦成長(每週成長 0.632 g)與以上二報告相較之下相當接近。

有關活存率方面，文獻中室內白蝦飼育密度為 300 ind./m² 以下者，其活存率為 78.7 - 95%，飼育密度為 500 - 904 ind./m² 者，其活存率為 8.5 - 92.57%，白蝦飼育密度為 1,121 ind./m²、1,300 ind./m²、1,815 ind./m²、2,200 ind./m²、3,200-3,300 ind./m² 及 4,000 ind./m² 者，其活存率分別為 82% (Reid and Arnold, 1992)、49.5% (林等, 2000b)、48% (Reid and Arnold, 1992)、106% (Cohen *et al.*, 2001)、94.8% (Samocha *et al.*, 1993)、及 80% (Aragon *et al.*, 1999)，而本試驗為 47.7%，以上試驗除了密度不同外，飼育天數也有差異，可見除了密度影響白蝦超高密度飼育之活存率外，飼育天數也是另一個影響因子。Reid and Arnold (1992) 認為，白蝦超高密度之飼育時，密度是影響其活存率高低的最大因素之一。而林等(2000b)認為，就考慮白蝦之活存率及成長而言，650 ind./m² 是白蝦較適當的飼育密度。

產量方面，本試驗之單位產量為 2.96 kg/m²，而文獻上超高密度 1,121 ind./m²、1,300 ind./m²、1,815 ind./m²、

2,200 ind./m² 及 3,200-3,300 ind./m² 之產量分別為 12.76 kg/m² (Reid and Arnold, 1992)、6.72 kg/m² (林等, 2000b)、9.69 kg/m² (Reid and Arnold, 1992)、4.2 kg/m² (Cohen *et al.*, 2001) 及 1.66 kg/m² (Samocha *et al.*, 1993)，本試驗之單位產量明顯較低，除了後二者(Samocha *et al.*, 1993; Cohen *et al.*, 2001)之飼育天數與本試驗較為接近外，其它三者則為 105-173 天(Reid and Arnold, 1992; 林等, 2000b)，而本試驗之白蝦經過中間育成 43 天，於本系統只飼育 47 天，全程 90 天，飼育天數較短可能是本試驗之單位產量較前述等試驗為低的原因之一，但是已經較一般室內白蝦飼育 1.56 kg/m² (Robertson *et al.*, 1992) 及 1.54 kg/m² (Sturmer and Lawrence, 1987) 為高，且是傳統蝦塢(0.3 kg/m²; 林等, 2000a) 的 9.9 倍。因此利用本系統來養殖白蝦尚屬合適，但因進口價錢高，若考慮到造價成本，則宜發展本土的系統為宜。

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 (2000a) 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。行政院農業委員會水產試驗所台南分所研究報告, 4: 15-25。
- 林明男, 曾寶順, 邱靜山, 丁雲源, 陳獻, 梁榮元, 賴國興 (2000b) 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。行政院農業委員會水產試驗所台南分所研究報告, 4: 1-13。
- 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。
- 陳弘成 (1999) 白蝦養殖與管理方式。養魚世界, 1999(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。台灣省水產試驗所台南分所研究報告, 2: 9-17。
- 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, 基隆, 29 pp。
- 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, 2000(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 Aquacult. Soc., 30: 90-97.
- APHA (America 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, D.C., 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. Isr. J. Aquacult.-BAMID., 54: 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: 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.
- Brune, D. E. and D. C. Gunther (1981) The design of a new high rate nitrification filter for aquaculture water reuse. J. World Maricult. Soc., 12: 20-31.
- 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*, p. 130.
- 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: 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*, p. 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 camarao-rosa *Penaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967. *Nerítica Curitiba*, 7: 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 Aquacult. Soc.*, 24: 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. *Aquacult. 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 Aquacult. Soc.*, 23: 146-153.
- Reid, B. and C. R. Arnold (1994) Use of ozone for water treatment in recirculating-water raceway systems. *Prog. Fish Cult.*, 56: 47-50.
- 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: 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. Appl. Aquacult.*, 2: 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. Appl.*

- Aquacult., 12: 1-42.
- Sandifer, P. A., J. S. Hopkins and A. D. Stokes (1987) Intensive culture potential of *Penaeus vannamei*. J. World Aquacult. Soc., 18: 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 Aquacult. Soc., 19: 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 Aquacult. Soc., 24: 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 Maricult. Soc., 16: 333-346.
- Solorzano, L. (1969) Determination of ammonia in natural water by the phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 14: 799-801.
- Stokes, A. D., P. A. Sandifer, J. S. Hopkins and R. A. Smiley (1988) Further studies of density effects in intensive pond culture of *Penaeus vannamei*. J. World Aquacult. Soc., 19: 68A.
- Sturmer, L. N. and Lawrence A. L. (1987) Effects of stocking density on growth and survival of *Penaeus vannamei* and *P. stylirostris* postlarvae in intensive raceways. J. World Aquacult. 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: 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 Aquacult. Soc., 19: 210-217.
- Wyban, J. A. and J. N. Sweeney (1989) Intensive shrimp growout trials in a round pond. Aquaculture, 76: 215-225.

Intensive culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei*
in the indoor recirculating system

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

Division of Aquaculture, Taiwan Fisheries Research Institute,
Council of Agriculture

Abstract

The present study was designed to obtain performance data (growth, survival and yield) for white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) intensively cultured in the indoor recirculating system. Intensive cultivation of white shrimp were conducted into two 20-ton tanks with an average weight of 0.39 g and density of 1,288 ind./m². The growth rate, mean weight, harvest biomass, and survival rate were 0.63 g/week, 4.81 g, 2.96 kg/m² and 47.7 %, respectively, as the pond shrimp harvested after 47 days. The water quality parameters, such as water temperature, salinity, pH value, and dissolved oxygen level, were maintained at 25.7 to 29.5°C, 23.1 to 30.5 ppt, 6.27-8.29, and 6.50-8.90 mg/l, respectively, during the experiment. The three kinds of nitrogen wastes, i.e., un-ionized ammonia-nitrogen (NH₃-N), nitrite-nitrogen (NO₂-N), and nitrate-nitrogen (NO₃-N) were determined. Their ranges were from 0.00-0.03 mg/l, 0.06-7.24 mg/l, and 2.02-58.00 mg/l, respectively. The total viable counts and *Vibrio* viable counts of pond water had a level of 7.35 × 10² to 2.13 × 10⁶ CFU/ml and 3.00 × 10¹ to 7.50 × 10² CFU/ml, and 1.13 × 10⁵ to 1.10 × 10⁶ CFU/ml and 1.48 × 10³ to 3.38 × 10⁵ CFU/g revealed in hepatopancreas, respectively.

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