

# 白蝦種蝦的大量培育

## Brood Stock Breeding of *Litopenaeus vannamei*

林明男

Min-Nan Lin

行政院農業委員會水產試驗所 海水繁養殖研究中心  
Mariculture Research Center, Fisheries Research Institute

### 摘 要

本篇就對蝦類種蝦培育的回顧、精子品質測定、台灣白蝦養殖發展簡史、種蝦主要來源、塹種蝦的生殖力、對各種飼料的適口性、四種鮮餌對產卵的影響、種蝦培育所遭遇的問題、種蝦培育的願景：一、室內養蝦工廠具有潛力；二、種蝦機能飼料的開發現況，加以報導及討論。白蝦養殖是國內新興的水產養殖產業，欲永續經營，首要之務必須建立優質種蝦的大量培育技術。就現況來作結論，則可朝下列兩個方向努力：一、做好源頭管理，善用海水魚養殖池混養白蝦；二、發展室內循環水養蝦工廠，以克服氣候圍限，確保種蝦的全年供應。

### 對蝦類種蝦培育的回顧

對蝦類 (penaeid) 種蝦培育工作，一直是受國內外所重視。在國外曾將草蝦 (*Penaeus monodon*) 培育至第三子代 (F3)；*P. stylirostris* 至 F2；白蝦至 F1 (Aquacop, 1975, 1979)；*P. merguensis* 至 F2 (Beard *et al.*, 1977)，其他成功培育成功為種蝦尚有 *P. setiferus* (Conte *et al.*, 1977)、*P. kerathurus* (Rodriguez, 1981) 及斑節蝦 (Lumare, 1984)。在國內林等 (1989a, b) 利用蝦塹培育草蝦至 F1；紅尾蝦 (林等, 1988) 及白蝦至 F3 (林等, 1990)，大正蝦至 F5 (林, 1992)。

### 精子品質測定

一般採用下列 4 種方法：形態 (gross morphology)、trypan blue 染色、acridine orange 染色及以卵水誘發的反應 (egg water induced reaction) 來判定 (Wang *et al.*, 1995)。

### 雄蝦生殖腺發育、精子形成及生殖力等相關研究

#### 一、組織學的觀察

林 (1989) 及 Chow *et al.* (1990) 曾就精巢、輸精管、射精管及精莢的形成做組織學的觀察。

#### 二、精子的形成

洪 (1977) 及林 (1989) 由形態分為 5 期，即精原細胞 (spermatogonium)、第一次精母細胞、第二次精母細胞、精細胞 (spermatid) 及精子 (sperm)。

#### 三、精子計數

林 (1989) 及 Lin and Hanyu (1990) 曾研



表一 二種體型塹育雄蝦精子含量的比較

體型	觀察尾數	體長 (公分)	體重 (公克)	精莢 ( $\times 10^6$ )	輸精管 ( $\times 10^6$ )
大	37	13.95 $\pm$ 0.07	35.60 $\pm$ 0.61	1.76 $\pm$ 0.34	2.69 $\pm$ 0.45
小	24	12.96 $\pm$ 0.09	25.46 $\pm$ 0.67	0.49* $\pm$ 0.18	1.20* $\pm$ 0.27

註有「\*」者，表同欄間有顯著差異 ( $p < 0.05$ )。

資料來源: 林等 (2003)。

發出含 trypsin 的人工交尾液，可溶解精莢、輸精管及精巢，而把粘稠的 sperm mass 轉化為精液（可對母蝦做人工授精），由於精子可一個一個計算，所以能更正確計數精莢及輸精管甚或精巢 (testis) 的精子含量，並可由 spike 來判定是否為正常精子，而計算出百分比，據此以評估雄蝦的生殖力。

## 國內白蝦發展簡史

水試所台南分所於 1985 在農委會協助下，自中美洲引進 0.02 公克蝦苗養至種蝦而奠定完全養殖研究基礎 (林等, 1990)。1998 年白蝦養殖開始熱絡起來 (林, 1998)，主要是業者自 Hawaii 引進無病毒種蝦所生產蝦苗在高屏試養成功，並有業者在塹中培育出懷卵種蝦而在台灣落地生根 (林與曾, 1999)。

## 種蝦主要來源

目前繁殖場 (蝦仔場) 所用的種蝦，大都選購自與海水魚混養的魚塹，幾無種蝦專業養殖場，主要是生產成本及品質無法與前者競爭，此與培育成種蝦的時間較長，成本及風險較高，且市面上尚無種蝦專用配合飼料，投飼管理上較不方便有關。

白蝦多數與虱目魚、烏魚及石斑魚混養，仿照過去混養沙蝦的經營模式，採取連續養殖，放養二個月後以定置網間捕，並每個月補充蝦苗，累計年產量為每甲 4,000 台斤，而在入冬時餘留在塹底的大型蝦 (約 20 公克者)

即成為繁殖場收購的對象，在室內貯養至翌年春天，做為種蝦 (約 35 公克) 以繁衍蝦苗。

## 塹種蝦的生殖力

母蝦比公蝦稍大型，30 公克以上就可用單眼柄切除來促進產卵，各子代產卵數無大差異，一尾母蝦一次約可產下 5 萬粒卵，產卵次數至少 3 次，最高一尾母蝦可產 6 次 (林等, 1990)。

同一日採取二種體型塹育雄種蝦，觀察每尾蝦所含一對精莢及一對輸精管的各別精子含量來加以評比，大型蝦 (平均體重 35.6 公克) 比小型蝦 (25.5 公克) 含量高，且其間有顯著差異 ( $p < 0.05$ ，表一)。

借由單眼柄切除誘導產卵的效果來加以觀察，體型較大母蝦 (平均體重 42 公克) 比較小型的第一批 (平均體重 37 公克) 有較高的產卵率及產卵數 (表二)。

表二 二種體型塹育母蝦生殖力比較

體型	大	小
觀察尾數	30	33
體長 (cm)	14.38 $\pm$ 0.15	13.75 $\pm$ 0.19
體重 (g)	41.49 $\pm$ 1.31	36.65 $\pm$ 1.53
產卵率 (%)*	60	24.24
產卵數/次/尾 ( $\times 10^3$ )	47.62 $\pm$ 0.54	39.01 $\pm$ 0.39

\*產卵率 = (累計產卵尾數  $\div$  觀察尾數)  $\times$  100%。

資料來源: 林等 (2003)。

表三 不同鮮餌對白蝦母蝦產卵的影響

	紅 蟲	青 蟲	文 蛤	蚵 肉
觀察尾數	10	10	10	10
產卵率 (%)*	160	120	50	20
產卵數/次/尾 ( $\times 10^3$ )	53.6 $\pm$ 3.6	60.5 $\pm$ 9.0	38.4 $\pm$ 7.7	11.0 $\pm$ 1.0
活存率 (%)	80	100	90	60

\*產卵率說明如表二，母蝦平均體重為 41.56 公克。

資料來源: 林等 (2003)。

以冷凍小卷、蚵、貽貝及滋養化的豐年蝦投飼捕自海域的野生種母蝦，經單眼柄切除誘導產卵數平均每尾每次為 18.1 萬粒，而雄蝦的精子含量為  $17.4 \times 10^6$ ，而投飼 50 % 配合飼料的種蝦生殖力更高 (Wouters *et al.*, 2002)，且均大大高於上述採集的塏種蝦，可見白蝦塏種蝦的飼育管理有加強的必要。

## 對各種飼料的適口性

白蝦對各種飼料的適口性依序為豐年蝦、南極蝦、海血虫、蚵、海螺及烏賊...等，而目前國外使用的三種品牌市售種蝦催熟飼料的適口性則殿後，在投飼策略上混合或交替使用配合飼料及鮮餌比使用單一鮮餌的效果佳 (Ogle and Beaugez, 1991)。

## 比較四種鮮餌對產卵的影響

將種母蝦分別飼育在 2.5 ton FRP 桶內。每日投飼鮮餌兩次，並觀察母蝦的卵巢發育，每兩天選捕懷卵飽滿母蝦一次，並將母蝦移至 0.5 ton FRP 桶產卵。經 20 天的觀察結果，產卵率以投飼紅虫最佳，蚵肉最差；投飼青虫的活存率最佳，蚵肉最差；產卵數以投飼青虫最佳，紅虫次之，最差亦為蚵肉。文蛤比蚵肉效果佳，前者產卵數為後者的 3.5 倍，產卵率為 2.5 倍 (表三)。

投飼貝肉尤其是蚵肉水質較易惡化，但因台灣盛產文蛤及蚵，價格較進口每公斤 700 ~ 1000 元的海虫低很多，且來源充足，若改善水質可以提高產卵效果，則不僅可節省外匯支出亦可使貝類的養殖有更多出路，因此值得研發貝類做為種蝦飼料的管理模式。

## 白蝦種蝦培育所遭受的問題

### 一、投飼市售配合飼料雄蝦生殖力低下

白蝦的養殖已相當普遍，種蝦需求量增加，但市售的配合飼料並非種蝦專用，育成的雄蝦其含有的精子大多為不正常的短 spike 者，投飼文蛤鮮肉 (表四) 雖可提高正常精子含量百分比，但鮮料有季節性的差異；存在營養品質不一、貨源不穩定及保存不易的問題。根據近 10 年來的研究回顧 (Wouters *et al.*, 2001)，對蝦類的營養需求大都集中在雌蝦的討論，鮮有涉及雄蝦，可見飼料對雄蝦生殖力的影響的資訊尚相當缺乏。水試所海水繁養殖中心自 2000 年起已著手研究，已有初走成果。另根據過去的觀察同樣投飼市售草蝦配合飼料，塏育的草蝦亦有相同的問題 (林等, 1989b)，但塏育大正蝦 (林等, 1992) 及紅尾蝦 (林等, 1988) 雄蝦不正常精子發生率較低，此可由不錯的受精率看出。可見不同種間亦存在有不同營養需求的問題在。



表四 雄蝦投飼文蛤肉比草蝦配合飼料有較高的正常精子百分比

天 數	精 莢 (%)		輸 精 管 (%)	
	草蝦配合飼料	文 蛤 肉	草蝦配合飼料	文 蛤 肉
20	0	6.21 ± 2.83 <sup>a</sup>	1.67 ± 0.25 <sup>a</sup>	9.91 ± 3.10 <sup>a</sup>
40	0	8.52 ± 1.21 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.36 <sup>b</sup>	5.11 ± 1.02 <sup>a</sup>
60	0	7.69 ± 2.53 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.05 <sup>a</sup>	5.49 ± 3.03 <sup>a</sup>

不同上標英文字表示有顯著差異 ( $p < 0.05$ ).

資料來源: 曾等 (2003a).

表五 白蝦精莢色澤與正常精子百分比的關係

精莢色澤	深 褐	淺 褐	黃 褐	乳 白
精子含量 ( $\times 10^3$ )	268.8 ± 98.2	332.7 ± 153.4	447.5 ± 100.3	491.3 ± 94.3
正常精子百分比 (%)	0	0	5.63 ± 3.04	7.69 ± 2.54

林明男 (未發表).

## 二、雄蝦在蓄養期間亦有精莢退化及黑變的問題

精莢退化及褐變或黑變會影響生殖力 (Talbot *et al.*, 1989; Alfaro and Lozano, 1992, 1993; AQUACOP, 1993; Carr *et al.*, 1995; Alfaro, 1996)。指出塏育白蝦受精率低，是精子品質差所引起，主要是肇因於雄蝦的精莢小或變褐，自精莢摘出的精子團 (sperm mass) 不但小且失去黏性 (Bray *et al.*, 1985)。

塏育雄蝦若沒將精莢轉移，即無交配或沒用人工擠出則會退化 (Alfaro and Lozano, 1992, 1993)，而雄蝦脫殼並無法誘導褐變精莢的釋放 (AQUACOP, 1993)。注射一針  $17\alpha$ -methyltestosterone 0.01 或 0.1  $\mu\text{g/g}$  體重可降低精莢的異常率 (Alfaro, 1996)。

我們曾用室內 2.5 ton 水槽 4 個，各放養自室外蝦塏移入平均體重 35 公克的雄蝦 50 尾，交替投飼文蛤、下雜魚、烏賊及草蝦配合飼料，經 30 天後無脫殼的雄蝦有 10 ~ 30% 精

莢黑變退化；一對精莢，有單邊黑變另一邊正常，亦有二邊皆異常者。黑變的雄蝦 (未傷及輸精管者) 脫殼後精莢從新形成則可回復正常。

由精莢外觀色澤 (自第五對步基部可看出)，加以比較正常精子百分比 (表五)，以乳白色為佳，因此宜選擇精莢為乳白色者，與母蝦交配，才能預期較高的受精率及孵化率。

## 種蝦培育願景

### 一、室內養蝦工廠具有潛力

海水繁養殖中心曾利用室內養蝦工廠 (圖一)，分二階段成功培育白蝦種蝦 (曾等, 2003b)。第一階段是將室內養殖至平均體重 10 ~ 11 公克之中蝦，以每平方公尺 100 尾的密度放養在上層三口 18 ton 水槽中，經越冬培育 7 個月，活存率分別為 79.1、80.6、77.3 % (平均 79.0 %)，共育成 4260 尾 20 公克以上的大

蝦，且在 3、4 月間發現有雌蝦卵巢自然發育達 B 期 (圖二)。第二階段是將上述的大蝦經挑選出 1960 尾，以每平方米 20 尾的密度，分別放養於上層三口水槽及下層二口水槽中繼續培養 4 個月，平均活存率上下層各為 95.5 % 及 94.8 %，共培育出 1865 尾 30 ~ 38 公克種蝦。

### (一) 雄蝦生殖力

培育過程，曾採樣雄蝦 (平均體重 25.3 公克)，與分所的塹蝦及市售種蝦做 GSI (表六) 及精子含量 (表七) 做比較，發現工廠所培育者雖體型最小但其 GSI (最高) 及輸精管的精子含量 (第二高) 與他者無差異 ( $p > 0.05$ )。



圖一 海水繁養殖中心的養蝦工廠包含 4 單元：水處理 (生物濾床、臭氧/紫外線殺菌及淨化池)，有機顆粒過濾，水質監控自動循環及養蝦池 (一、二層各有三口)。



圖二 養蝦工廠卵巢自然成熟的母蝦。

### (二) 雌蝦生殖力

自高雄購入貯養於室內母蝦 80 尾，經 21 天的馴化僅活存 40 尾，經單眼柄切後僅活存的 23 尾，養在室內 2.5 ton 水槽，與工廠的母蝦做比較。自眼柄切除後至開始有蝦產卵時，計算活存尾數。結果養蝦工廠所培育者全部活存，而市售者僅 70 % 活存 (表八)。

前述水試所養蝦工廠所培育的種蝦，經追蹤其生殖力，每尾平均生產無節幼蟲高達 25 萬尾 (投飼海虫、貝肉及水試所種蝦配合飼料)，若積極大量培育種蝦，以林園地區 13 家繁殖場 (蝦仔場)，每場若能培育種蝦 1500 ~ 2000 對，不僅可大量節省外匯支出 (夏威夷進口種蝦每尾曾高達美金 200 元)，且每日估計可提高生產至 4000 ~ 5000 萬尾無節幼蟲，足可供 150 家蝦仔場來生產蝦苗，其經濟效益非常高值得推廣。

## 二、種蝦機能飼料的開發

水試所已開發成功「南水研 1 號種蝦飼料」的配方，可完全取代文蛤，並在產業試用上證明有效且可提高雄種蝦生殖力，每尾母蝦一次產卵可得 17 ~ 25 萬尾蝦仔 (無節幼蟲)。業界目前普遍用貝肉、小管及海虫等鮮餌，但鮮餌保存不易，價格高並有季節性的差異，且貨源不安定並有累積病毒之慮，因此種蝦飼料的開發成功，有助優質種蝦的大量培育工作。

## 三、優質種蝦培育

### (一) AT 品系 (抗桃拉病毒)

九十一年度養於室外田間室的白蝦，因桃拉病毒造成大量死亡，殘留下來的共育成 800 多尾種蝦，在 92 年初所繁衍的部分子代 (AT 品系；抗桃拉病毒)，分為二批做種蝦培育。

#### 1. 第一批：

於室外水泥池經中間育成為 0.13 公克蝦苗，放養於室外 0.1 公頃 3-1、3-2、3-3 號蝦



表六 養蝦工廠培育的雄種蝦與其他來源的 GSI 比較

來源編號*	1	2	3	4	5
體重 (公克)	25.31 ± 0.53	27.60 ± 1.31	32.56 ± 0.85	33.43 ± 1.05	28.69 ± 0.75
GSI	25.31 ± 0.53	1.22 ± 0.17	1.15 ± 0.12	1.03 ± 0.15	0.88 ± 0.08

\*1: 養蝦工廠; 2: 台南分所室外; 3: 佳冬室外與石斑魚混養; 4: 佳冬室外; 5: 紅毛港室外。  
資料來源: 林等 (2003).

表七 工廠培育白蝦雄種蝦與其他來源正常精子含量比較

來源編號*	1	2	3	4	5	6
單邊輸精管 (×10 <sup>4</sup> )	179 ± 36.4	146 ± 24.6	131 ± 14.2	298 ± 24.7	125 ± 17.8	134 ± 16.5
正常比率 (%)	19.65 ± 5.14	19.86 ± 2.41	24.92 ± 5.4	43.09 ± 2.99	8.20 ± 2.44	22.52 ± 2.51

\*1: 養蝦工廠 (投飼草蝦配合飼料); 2: 中心深一號室外種蝦池 (投飼草蝦配合飼料); 3: 佳冬地區室外專養白蝦種蝦 (投飼下雜魚及配合飼料); 4: 林園地區室內專養種蝦 (投飼貝肉及海虫); 5: 佳冬地區石斑魚混養種蝦 (投飼下雜魚); 6: 紅毛港室外專養種蝦 (投飼下雜魚及配合飼料)。  
資料來源: 林等 (2003).

表八 工廠培育母蝦與市售者, 眼柄切除後至開始有蝦產卵時的活存率比較

	養蝦工廠	市售
觀察尾數	20	23
活存率 (%)	100	69.56

資料來源: 林等 (2003).

池, 每池 5,000 尾 (放養密度 5 尾 / 平方公尺), 每日投飼草蝦配合飼料一次, 投餌量為蝦體重 3 %, 養殖 7 個月平均體重 23 公克, 成長率為 0.112 公克 / 日。

## 2. 第二批:

在養蝦工廠, 經中間育成為 0.25 公克蝦苗, 再分養於室外 0.1 公頃的 3-4 及 3-5 蝦池, 每池 8,000 尾 (放養密度 8 尾 / 平方公尺), 飼料管理如前述, 養殖 7 個月平均體重達 18 公克, 成長率為 0.092 公克 / 日。

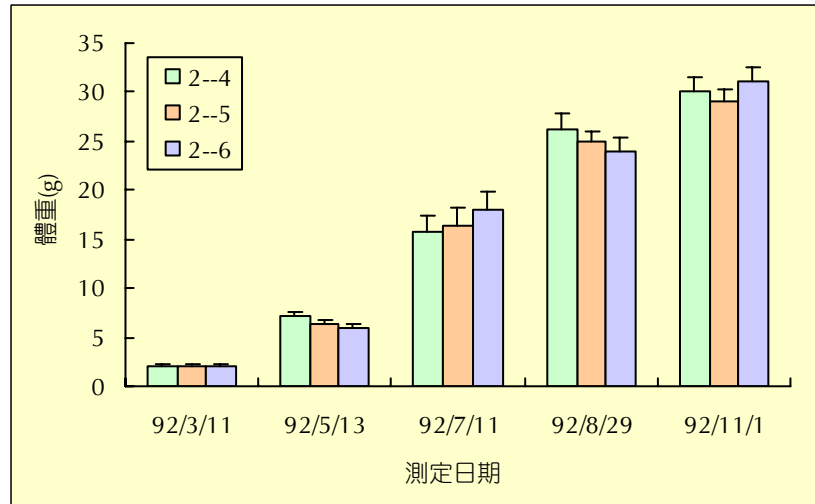
### (二)AT-FG 品系 (抗桃拉病毒且快速成長)

AT 品系子代 10 萬尾 PL6 蝦苗, 經 60 天及 2 次篩選成長較快較大型寸蝦 10,800 尾 (平

均體 1.95 公克, AT-FG 品系, 篩選率 10.8 %), 分養於室外三口 0.1 公頃土底池 (2-4、2-5、2-6 號池), 每池 3,600 尾 (放養密度 3.6 尾 / 平方公尺), 飼料管理如前述, 經 8 個月平均體重已達 30 公克, 最大為 40 公克, 養殖期間約兩個月測定一次體重, 自 2003 年 3 月 3 日至 11 月 1 日共測定四次, 三口池的成長無差異 (圖三), 其平均成長率為 0.12 公克 / 日 (林等, 2004)。三池平均活存率為 77 %, 已陷捕 5,000 尾移至養蝦工廠, 繼續作種蝦後段培育。

前述 8 口蝦塢的池水, 除了鹽度較高曾達 47 ppt (平均約 40 ppt), 其他如 pH、DO、氨、亞硝酸均在穩定且安全範圍內。如此高的鹽度而有 0.12 公克 / 日的成長率, 可見經選種的子代有希望成為好的品系。值得注意的是, 同

圖三 AT-FG 品系以 3.6 尾 / 平方公尺密度，分養在室外 2-4、2-5、2-6 三口 0.1 公頃土底池的成長比較 (三池間無差異，平均成長率 0.12 公克 / 日)。



樣在室外養殖，鄰近發生病變，但我們養殖池的白蝦並未波及，是因為放養密度較低或確實是能抗挑拉病毒，則有必要進行攻擊試驗以茲證實。

## 結論與建議

白蝦養殖是國內新興的水產養殖產業，欲永續經營，首要之務必須建立優質種蝦大量培育技術，就現況來做結論，則可朝下述二方向努力：

### 一、做好源頭管理、善用海水魚養殖池混養白蝦

種蝦生產成本低，且可提高養魚池收入，其他優點尚有分佈廣，可分散風險，但品質參差甚大，有必要建立源頭管理，就檢疫及生殖力鑒定做品管。

### 二、發展室內循環水養蝦工廠

台灣囿於天候，秋冬至初春約有半年時間在室外幾無法養蝦，不利種蝦產業的發展。室內養蝦打破天候限制，終年可養且產量高，一立方公尺的產量 11.5 公斤，為傳統的 37.5 倍

(林等, 2000)。循環水養殖可節省 95 % 的用水量，可降低對環境衝擊。養蝦工廠為封閉的系統，可做零排放的循環水養殖設計，對隔絕病毒感染非常有效，加上水質一定活存率高，若投與高品質的配合飼料，則可大量提供高生殖力的優質種蝦，況且養蝦工廠檢疫容易，可落實源頭管理，對提升我國白蝦國際競爭力諒必會有很大助益。

## 參考文獻

- 林明男 (1989) Studies on artificial insemination by transplanting spermatophore and vas deferens in penaeid shrimp. 東京大學農學部博士審查論文, 4 頁 (日文).
- 林明男 (1992). 大正蝦繁殖. 農委會漁業特刊 37 號, 35-73.
- 林明男 (1998). 白蝦 (*Penaeus vannamei*) 人工澱栽. 養魚世界, 10: 35-40.
- 林明男, 丁雲源, 羽生 功 (1988) 塏種蝦培育研究-I. 紅尾蝦育成至第三子代. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 44: 203-227.
- 林明男, 丁雲源, 羽生 功 (1989a) 塏種蝦培育研究-III. 草蝦池塘中之成長、性成熟及交尾率變化. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 47, 203-227.
- 林明男, 丁雲源, 羽生 功 (1989b) 塏種蝦培育研究-IV. 塏草蝦空母的眼柄切除效果. Bull. Taiwan Fish. Res. Inst., 46: 225-233.



- 林明男, 丁雲源, 曾寶順, 劉熾揚 (1990) 塹種蝦培育研究—白蝦第三子代之育成. 台灣水產學會刊, 17: 125-132.
- 林明男, 曾寶順 (1999) 近月來白蝦置台灣淡栽記錄—兼談完全養殖系統建立的寄望. 養魚世界, 4: 20-26.
- 林明男, 曾寶順, 邱靜山 (2000a) 室內養蝦基礎研究(五)—白蝦(腳)蝦以每平方公尺 500 尾的高密度養殖. 台南水研報, 4: 15-24.
- 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 2,167 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, 丁雲源, 曾寶順, 邱靜山, 葉俊億 (2003) 室內立體養蝦系統培育的白蝦種蝦生殖力研究. 水試所海水繁養殖研究中心 (台南分所) 91 年度年終研究報告, 7 頁.
- 林明男, 邱靜山, 曾寶順 (2004) 白蝦優良品系大量培育. 水試所海水繁養殖研究中心 (台南分所) 92 年度年終研究報告.
- 洪德仁 (1977) 斑節蝦性成熟及產卵的研究. 東京大學農學部博士審查論文, 164 頁 (日文).
- 曾寶順, 邱靜山, 林明男 (2003a) 配合飼料及文蛤對白蝦雄種蝦生殖力影響. 海水繁養殖研究, 1(1): 47-53.
- 曾寶順, 林明男, 丁雲源 (2003b) 室內立體養蝦系統培育白蝦種蝦研究. 海水繁養殖研究, 1(1): 1-9.
- Alfaro, J. (1996) Effect of  $17\alpha$ -Methyltestosterone and  $17\alpha$ -Hydroxyprogesterone on the quality of white shrimp *Penaeus vannamei* spermatophores. *Aquaculture*, 27: 487-492.
- Alfaro, J. and X. Lozano (1992) Production and deterioration of spermatophores in pond-reared *Penaeus vannamei*. *Aquaculture '92: Growing toward the 21<sup>st</sup> century*, 29-30.
- Alfaro, J. and X. Lozano (1993) Development and deterioration of spermatophores in pond-reared *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 24: 522-529.
- AQUACOP (1975) Maturation and spawning in capacity of *Penaeus merguensis* de Man, *Penaeus japonicus* Bate, *Penaeus aztecus* Ives, *Metapenaeus ensis* de Hann, and *Penaeus semisulcatus* de Hann. *Proc. World Maricult. Soc.*, 1: 123-132.
- AQUACOP (1979) Penaeid reared brood stock: closing the cycle of *Penaeus monodon*, *P. stylisrostris* and *P. vannamei*. *Proc. World Maricult. Soc.*, 10: 445-452.
- AQUACOP (1993) Spermatophore regeneration was studied in *Penaeus vannamei* to determine its relationship to the intermoult cycle. *Aquaculture*, 116: 91-98.
- Beard, T. W., J. F. Wickins and D. R. Arnstein (1977) The breeding and growth of *Penaeus merguensis* de Man in laboratory recirculation systems. *Aquaculture*, 10: 275-289.
- Bray, W. A., J. R. Leung-Trujillo, A. L. Lawrence, and S. M. Robertson (1985) Preliminary investigation of the effects of temperature, bacterial inoculation and EDTA on sperm quality in captive *Penaeus setiferus*. *J. World Maricult. Soc.*, 16: 250-257.
- Carr, W. H., J. A. Brock and J. S. Swingle (1995) An experimental trial of oxytetracycline as a therapy for black spermatophore disease in *Penaeus vannamei*. *J. Aquatic Animal Health*, 7: 331-336.
- Chow, S., P. A. Sandifer, M. M. Dougherty and W. J. Dougherty (1990) Spermatophore formation in penaeid shrimps. *In The Second Asian Fisheries Forum* (R. Hirano and I. Hanyu eds.), Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, 623-626.
- Conte, F. S., M. J. Duronslet, W. H. Clark and J. C. Parker (1977) Maturation of *Penaeus stylirostris* and *P. setiferus* in hypersaline water near Corpus Christi, Texas. *Proc. World Soc.*, 8: 327-334.
- Lin, M. N. and I. Hanyu (1990) Improvement on the artificial insemination in the gravid females of close thelycum *Penaeus penicillatus*. *In The Second Asian Fisheries Forum* (R. Hirano and I. Hanyu eds.), Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, 627-630.
- Lumare, F. (1984) Spontaneous sexual maturation of *Penaeus japonicus* Bate in a southeastItalian sandy pond. *La Mar*, 22: 43-47.
- Ogle, J. T. (1991) Maturation of *Penaeus vannamei* based upon a survey. *Gulf Research Reports*, 8(3): 295-297.
- Ogle, J. T. and K. Beaugez (1991) Food preference of *Penaeus vannamei*. *Gulf Research Reports*, 8: 291-294.
- Rodriguez, A. (1981) Growth and sexual maturation of *Penaeus kerathurus* and *Palaemon serratus* in salt ponds. *Aquaculture*, 24: 257-266.



- Talbot, P., D. Howard, J. Leung-Trujillo, T. W. Lee, W-Y. Li, H. RO and A. L. Lawrence (1989) Characterization of male reproductive tract degenerative syndrome in captive penaeid shrimp (*Penaeus setiferus*). *Aquaculture*, 78: 365-377.
- Villalon, J. R. (1993) Commercial semi-intensive penaeid growout techniques in Ecuador. *CRC Handbook of Mairculture*, vol. 1, Crustacean Aquaculture (J. P. McVey ed.), 2nd edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 237-287.
- Wang, Q., M. Misamore, C. Q. Jing and C. L. Browdy (1995) Egg water induced reaction and biostain assay of sperm from marine shrimp *Penaeus vannamei*, dietary effects on sperm quality. *J. World Aquacult. Soc.*, 26(3): 261-271.
- Williams, A. S., D. A. Davis and C. R. Arnold (1996) Density dependent growth and survival of *Penaeus stiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. *J. World Aquacult. Soc.*, 27(1): 107-112.
- Wouters, R., J. Nieto and P. Sorgeloos (2000). Artificial diets for penaeid shrimp. *Global Aquacult. Advocate*, 3: 61-62.
- Wouters, R., P. Lavens, J. Nieto and P. Sorgeloos (2001). Penaeid shrimp broodstock nutrition: an updated review on research and development. *Aquaculture*, 202: 1-21.
- Wouters, R., B. Zambrano, M. Espin, J. Calderon, P. Lavens and P. Sorgeloos (2002) Experimental broodstock diets as partial fresh food substitute in white shrimp *Litopenaeus vannamei* B. *Aquacult. Nutr.*, 8: 249-256.