

# 無特定病毒 (SPF) 白蝦繁養殖 技術與遺傳育種

## Technology of Aquaculture and Breeding of Specific Pathogen Free White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)

鄭金華

Jin-Hua Cheng

行政院農業委員會水產試驗所 生物技術組  
Biotechnology Division, Fisheries Research Institute

### 摘 要

SPF 蝦苗需要有 SPF 的養殖環境來配合，才能有效地彰顯 SPF 蝦苗的主要優點。在目前整個養殖池周邊都充滿帶原者的情形下，唯有將病原體完全隔離於養殖池之外，才能確保整個養殖過程中病原體不會入侵養殖池進而確保 SPF 池蝦不發病。換句話說，在 SPF 的養殖環境，放養 SPF 蝦苗才能確保養殖成功。提供物美價廉的 SPF 白蝦種蝦及其繁殖技術給業者以大量生產 SPF 優質蝦苗是推廣 SPF 蝦苗急需發展的配套措施。而經濟可行的防疫隔離設施及其養殖技術與規範則是推廣 SPF 優質蝦苗另一個配套措施。然而為建全 SPF 優質白蝦養殖體系，則仍需積極建立 SPF 白蝦種蝦庫及其遺傳選育並建構 SPF 白蝦種蝦及蝦苗的檢測及其認證體系。在防疫的隔離網室或溫室內生產 SPF 白蝦，不但成長快、產量高，而且可以完全不必使用化學藥品，甚至可以完全不必換水，符合有機養殖以及綠色環保的訴求。在全球 WTO 規範全面實施以及環保意識高漲的時代，SPF 有機白蝦養殖值得大力推廣。

這個行業最大的隱憂。因為外海種蝦與蝦苗感染病毒的風險比例非常高，而且進出口交易頻繁，使得傳染疾病很快速地擴散至全世界各養殖區，造成大量死亡，甚至整個產業為之萎縮、消失。1988 年，台灣草蝦養殖因為疾病暴發，使產量下降三分之二以上，至今仍未恢復。類似的情況，在中國大陸、印尼、泰國、印度、中南美洲等主要對蝦養殖地區亦相繼發生。

使海水對蝦類致病的病原體雖然有很多種，不過，WSSV、TSV、IHHNV、YHV、GAV 等病毒才是在全世界主要海水對蝦類生產區造成養殖蝦類大量死亡的主要病原體。其中 WSSV (白點症病毒) 則是目前造成養殖海水對蝦類大量死亡最大的元兇。以 1996 年為例，白點症病毒所造成泰國養殖草蝦死亡達七萬公噸，損失達五億美金，整個亞洲的損失則達數十億美金 (Flegel and Alday-Sanz, 1998)。根據最近的研究報告顯示：外海捕獲種蝦感染 WSSV 的比例非常高 (Hsu *et al.*, 1999)，最近，東港外海捕獲的草蝦種蝦，發現除了感染 IHHNV、WSSV 以外，還感染了

### 前 言

海水蝦養殖依賴外海種蝦與蝦苗，一直是



因引進美洲白蝦所帶來的 TSV，其感染率分別為 100 %、50 % 及 20 %。

許多病毒能經母蝦直接或間接地垂直感染給其後代，加上病毒的帶原者非常廣泛，以白點症桿狀病毒為例，包括蝦類、蟹類、橈腳類、水生昆蟲甚至鳥類都是其寄主或帶原者。可以說整個養殖環境都充滿帶原者，使得疾病隨時都有可能爆發。因此，就短期而言，消毒池水或隔離帶原者以減少病原體入侵，並利用已開發之檢測試劑以監測池蝦，保持養殖池環境的穩定以及增強草蝦蝦體的免疫能力，使疾病不致爆發，是目前業者即可採行的方法。就長期而言，發展無特定病原 (SPF) 之蝦類繁養殖技術並改進池中種蝦之培育及催熟技術以取代野生種蝦；進而利用選種或轉殖技術，以生產成長快、易成熟且抗病力強的蝦類品種才是根本解決之道。

夏威夷海洋研究所在 1989 年建立白蝦 (*Litopenaeus vannamei*) 之 SPF 種蝦庫，以提供業者生產 SPF 蝦苗 (Wyban *et al.*, 1993)。美國德州全面放養 SPF 白蝦後，該州白蝦產量立即由 1991 年的 1,200 公噸提升至 1993 年的 2,500 公噸 (Wyban *et al.*, 1993)。厄瓜多爾於 1993 年進行大規模野生蝦苗及 SPF 蝦苗的養殖比較試驗，收成時兩者的活存率分別為 9.8 ~ 22 % 及 8.3 ~ 90 %，SPF 蝦苗的活存率較高 (Lotz, 1997)。

台灣自 1998 年起由美國夏威夷進口的 SPF 白蝦種蝦，每對種蝦售價高達數百元美金，還爭相搶購，1998 年下半年至 1999 年年初進口的數量即超過一萬五千對。因為 SPF 白蝦種蝦孵育出的蝦苗比野生草蝦種蝦 (帶有病毒) 產出的蝦苗有較佳的養殖成績，使得台灣的養殖業者對 SPF 白蝦建立了信心並興起養殖白蝦的熱潮。根據漁業署漁業年報的統計資料顯示台灣白蝦 92 年度年產量超過 1 萬公噸，年產值超過新台幣 16 億、在所有水產養殖種類總產值中佔 5.3 %、排名第 7，草蝦則不到 2 千公噸、5 億新台幣、排名第 15，由此可見白蝦養殖在

短短的 4 ~ 5 年快速成長，已取代草蝦成為台灣最主要的養殖海水蝦 (圖一 ~ 二)。值得注意的是，白蝦是外來種，隨著養殖產量的增加，它已大量流入台灣附近海域，捕獲量也逐年增加 (圖三)。根據漁業年報統計，2003 年白蝦的捕獲量為 121 公噸，已遠遠超過草蝦的 52 公噸。大陸於 2000 年起繼台灣之後也應興起養 SPF 白蝦苗的熱潮，白蝦產量突然大量增加，2001 年大陸白蝦產量就高達 20 多萬公噸。上述實例顯示：放養 SPF 蝦苗確實可提高收成量，並已廣為養殖業者採用，是解決蝦類病毒性疾病蔓延可行的辦法之一。

雖然 SPF 優良種蝦及其蝦苗的生產及養殖為世界養蝦產業趨勢，不過，在台灣，養殖 SPF 白蝦的熱潮在短短的幾年中已經完全消退，其中的原因在於業者對於 SPF 蝦苗需要 SPF 環境的配合才能彰顯出其價值的認知不足與缺乏防疫觀念與防疫措施所致。首先，養殖業者錯誤地認為病毒隔離設施所需費用太大而無法負擔，甚至認為要將病毒隔離完全，是天方夜譚，根本不可能做得到。這些錯誤的認知使得養殖業者均未採用防疫措施、養殖池均未裝設防疫設施，即盲目地放養 SPF 蝦苗，不但仍然無法養殖成功，卻反而蒙受比放養一般蝦苗更大的損失 (因為 SPF 蝦苗價格較高、較晚發病使飼料消耗較大)，因而導致信心不足而不敢繼續放養 SPF 蝦苗，甚至產生 SPF 蝦苗沒有用、發病時死得更快的錯誤觀念。其次，在種蝦催熟及蝦苗培育過程中，病毒也可經由水源、餌料及操作員而感染種蝦及蝦苗。因此，繁殖業者若未採用經過嚴格驗證的 SPF 種蝦，或未在種蝦催熟及蝦苗培育過程中完全隔絕病原體，其所生產的蝦苗並不保證未感染病毒，雖然號稱 SPF 蝦苗，其實不然，如此，反而進一步摧殘養殖業者對 SPF 蝦苗已經薄弱的信心。另外，進口的 SPF 種蝦價格偏高，繁殖業者紛紛採用本地池中育成的種蝦以降低成本。本地業者自行在池中育成的種蝦多未經嚴格的防疫及定期的檢測，感染病毒的機率很高，繁殖

業者雖然心知肚明，為了生存也只好如法炮製。從此，SPF 白蝦苗在台灣白蝦養殖業界已成為歷史名詞；白蝦養殖也和草蝦養殖一樣地陷入病毒疾病揮之不去的惡性循環的泥淖中。

目前，台灣 SPF 白蝦養殖之生產體系已完全瓦解，養蝦業者對放養 SPF 蝦苗也已完全失去信心。因此，協助業者重新建立 SPF 白蝦養殖之生產體系是政府當務之急。為此，農委會水產試驗所應肩付起大量培育 SPF 白蝦種蝦的任務，然後提供 SPF 種蝦給願意配合接受輔導的民間繁殖場以大量生產 SPF 白蝦苗，再提供 SPF 蝦苗給願意配合接受輔導的民間養殖場加以養成。與養殖相關之政府、機關、團體、學校應積極協助或補助業者購置所需之 SPF 種蝦與蝦苗以及經濟可行的隔離防疫設備，並加強推廣 SPF 蝦苗繁養殖的正確方法與觀念，協助業者建立 SPF 白蝦種蝦及蝦苗的檢測及其認證程序，以提高 SPF 蝦苗養殖的成功率並重建業者對 SPF 白蝦的信心。

## SPF 繁養殖技術

### 一、無特定病毒白蝦之篩選

利用 PCR 檢測技術來分別檢測白蝦在幼苗期、成長期及生殖期等三個不同生活階段之個體，檢測的項目包括 WSSV、TSV、IHHNV、YHV、GAV 等病毒，將帶原之白蝦整批銷毀。病毒性疾病缺乏有效的治療方法，加上蝦類缺乏抗體/抗原系統，無法使用傳統疫苗而使蝦體得到免疫。因此為確保蝦體不被感染病毒而發病，除了使用無特定病毒 (SPF)、抗特定病毒 (SPR) 或耐特定病毒 (SPT) 的蝦苗，還需要加強防疫觀念、嚴格執行防疫措施以及裝設防疫設施將病毒隔離在養殖池之外。因此，SPF 繁養殖技術首重病毒的檢測、去除與隔離。

### 二、防止病原入侵養殖池的方法

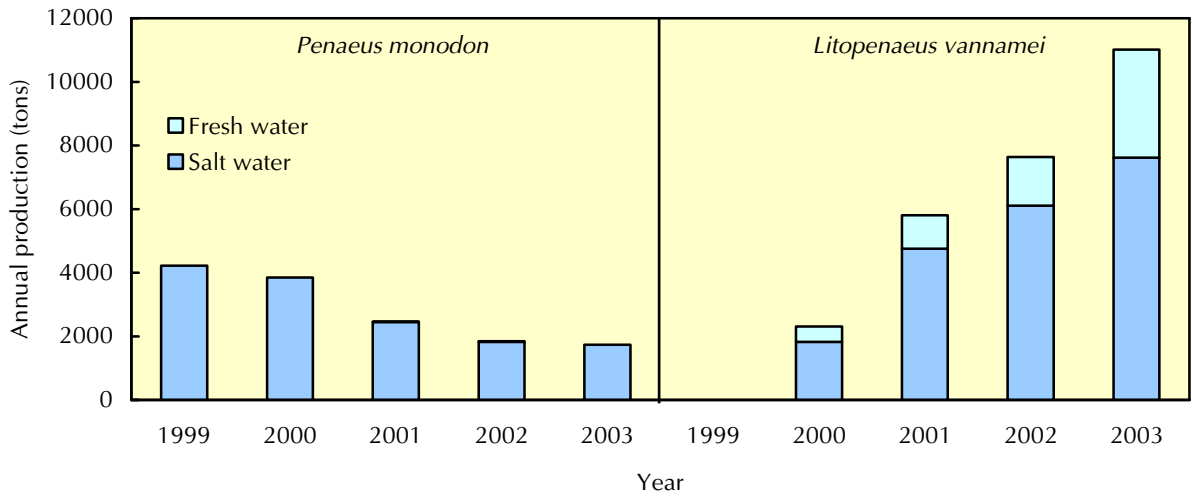
病原入侵養殖池的途徑包括水源、餌料、人員、器具、宿主及在養殖池、排水溝間來回穿梭的鳥類與兩棲甲殼類。防止病原由上述途徑入侵養殖池以檢測、銷毀、消毒、隔離為主，隔離設施採用經濟可行的的材質與工法（表一）。

表一 以不同網目之隔離材料防止寄主及帶原者入侵養殖池

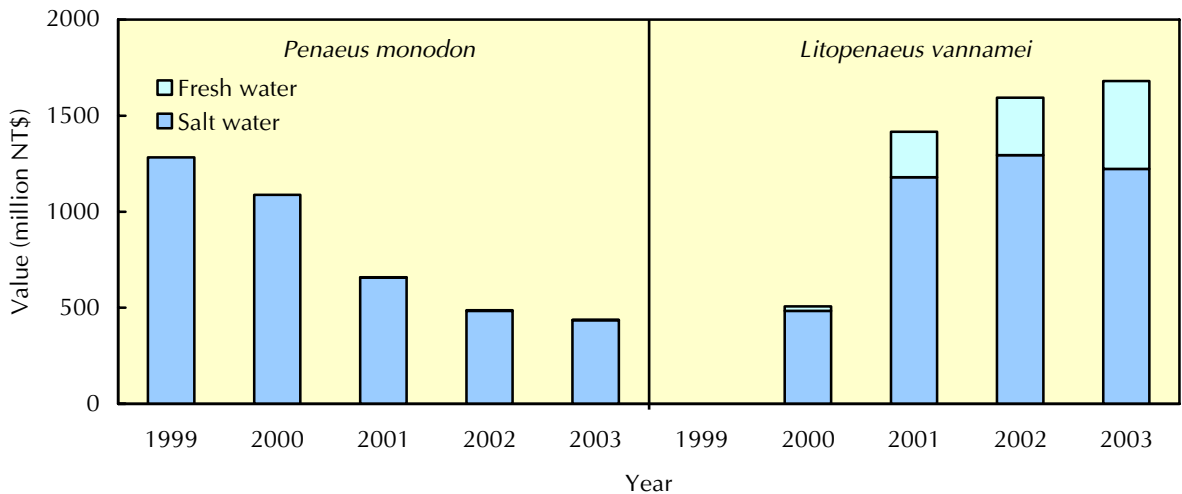
棲所	隔離材料	網目	隔離對象
海 域	浮游生物網 沙層過濾	<0.1 mm	浮游甲殼類 受精卵、幼苗
陸 域	防虫網 沙窗網	<1 mm	兩棲甲殼類
空 域	防鳥網 漁網	~20 mm	鳥類

病毒隔離措施與設施包括：

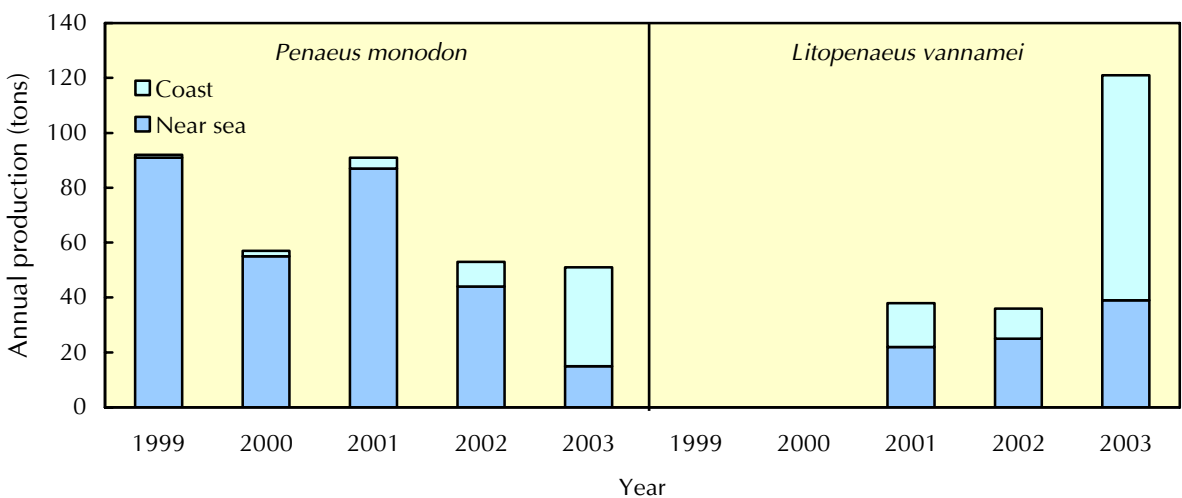
- (一) 人員進出、器具移動的管制與消毒。
- (二) 去除生餌中參雜之宿主或使用人工飼料以及確定不含特定病毒的生餌。
- (三) 池底、池壁、管溝、水車、池水徹底消毒以去除蝦類病毒可能的宿主與帶原者，如：甲殼類受精卵、幼生及成體，其中以藤壺與海蟑螂最難徹底清除。
- (四) 養蝦期間完全不換水或只用不含特定病毒的水源（以過濾或殺昆蟲藥劑去除可能的宿主）。
- (五) 池邊張設沙窗網或塑膠布以防止海蟑螂、螃蟹等兩棲甲殼類入侵養殖池。
- (六) 池子上方全面鋪設防鳥網以避免鳥類進入養殖池內。



圖一 近五年來台灣養殖草蝦與白蝦之年產量。



圖二 近五年來台灣養殖草蝦與白蝦之年產值。



圖三 近五年來台灣沿近海之草蝦與白蝦之年漁獲量。

表二 高密度 SPF 白蝦養殖與三階段 SPF 白蝦種蝦培育

項 目	高密度養殖	三階段種蝦培育		
		階段一	階段二	階段三
飼育面積 (m <sup>2</sup> )	100	20	600	1,200
放養密度 (#/m <sup>2</sup> )	240	1,000	122	55
養殖期間 (周)	15	10	11	22
放養均重 (g)	0.72	0.08	3.08	24.6
收成均重 (g)	16.4	3.08	24.6	♀ 40.2 ♂ 32.4
存活率 (%)	84.7	91.5	95.7	80.5
成長率 (g/week)	1.01	0.31	1.95	0.53
生產量 (kg/m <sup>2</sup> )	3.40	2.81	2.87	1.90

池水與水源中若含有病毒可能的宿主，一定要設法去除；因為這些宿主就如同病毒的製造工廠及倉庫，隨時可能傳播大量的致命病毒給池蝦。病毒離開宿主後，只能在水中單獨存活短暫的時間（約 1 ~ 2 天），因此，池水以過濾網袋或殺昆蟲藥劑將這些可能的帶原者去除，兩天後水中游離的病毒應已失感染能力。如果使用殺昆蟲藥劑，則仍須考量殘餘的藥效對池蝦的毒性而延長放置時間，殘餘的藥效依使用藥品的種類與濃度、水質條件與氣候日照而有不同。海蟑螂、螃蟹等兩棲甲殼類在養殖池、排水溝間來回穿梭，很容易成為病毒傳播的媒介，因為這些兩棲甲殼類除了本身是蝦類病毒的可能宿主，體表或其排洩物可能夾帶含有上述蝦類病毒。在病毒暴發期間，養蝦池常有整群的肉食性鳥類前來捕食病蝦。這些鳥類在養殖池、排水溝間來回穿梭，也很容易成為病毒傳播的媒介，除了鳥類體表可能夾帶含有致命病毒的蝦類屍體與碎屑外，它們所排出的糞便也可能包含具有感染力的蝦類病毒。由研究報告 (Vanpatten and Lightner, 2003) 得知：以含有 TSV、IHNV、WSSV、YHV 等 4 種主要病毒的蝦體餵飼海鷗，在海鷗的糞便中可檢測到前 3 種病毒，其中 TSV、IHNV 仍具有感染力。

SPF 蝦苗需要有 SPF 的養殖環境來配合，才能有效地彰顯 SPF 蝦苗的主要優點。要營造 SPF 的養殖環境除了要確保病原體不會由水源與食物入侵蝦池外，還要確保病原體不會藉由操作人員與器具以及鳥類與兩棲甲殼類等病毒的寄主或帶原者的傳播。在這個理念下，將水產試驗所生物技術組室外養蝦池建構防疫措施與設施，並成功地完成高密度無特定病毒 (SPF) 白蝦養殖及種蝦培育之試驗。結果顯示：SPF 白蝦在室外防疫養蝦池中活存高、成長快，每平方公尺產量高達 3.4 公斤 (表二)。

### 三、不換水白蝦養殖

不換水的養殖方式，可以減少電力支出、病原菌入侵、廢水排放以及地下水的使用，還可以增加池中有機物的循環再利用 (Avnimelech, 2003; Chamberlain, *et al.*, 2001; McIntosh, 2001)。不過，上述目標的達成需要借助於好氧的異營性微生物以及自營性微生物的硝化作用與消化作用；這些微生物將有毒的含氮代謝產物吸收利用轉化，將其濃度維持在安全範圍內，並提供養殖物可利用的有機碎屑，使池蝦對氮的利用率由 25 % 提高為 40 % (Jory, 2001) (表三 ~ 表五)。

表三 藻類與細菌控制系統之比較

比較項目	藻類	細菌
主要能源	陽光	有機物
發生條件	低有機物，低密度、大量換水	高有機物，高密度、少量換水
環境敏感度	對光照敏感，不穩定	不敏感，穩定
氧氣需求	白天供氧，夜間耗氧	全天耗氧
主要活動	生產有機物、氧氣，吸收氮	分解有機物、硝化作用、生產蛋白質
無機氮吸收	最大吸收能力 0.7 g NH <sub>3</sub> /m <sup>2</sup> /day	能力無限，受 C:N ratio 影響
放養容許量	最大能力 4 g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /day	受限於有機物含量及代謝速率

表四 一般養蝦池氮之進出

來源	百分比	出處	百分比
飼料	90	蝦收成	25
進水	10	硝化作用	12
		氮揮發	18
		底土	10
		排水	35

表五 一般養蝦池磷之進出

來源	百分比	出處	百分比
飼料	90	蝦收成	25
進水	10	底土	65
		排水	10

相較於一般傳統以自營性微生物為主的養殖環境，異營性微生物為主的養殖環境代謝速率較高且較穩定，後者是因為異營性微生物不受日照的影響。其次，異營性微生物不產生養氣，因此，以異營性微生物為主的養殖環境須要較多的打氣，一方面提供充足的氧氣，另一方面使有機顆粒保持懸浮以免沉底而造成缺氧的環境。另外，異營性微生物須要有優養的環境以及適當的碳氮比以利其生長與繁殖

並有效地發揮作用。最後，以異營性微生物為主的養殖環境容易酸化，這可以施布石灰來維持最適的酸pH鹼值。在偏酸的環境下，會降低含氮代謝產物的毒性（毒性強的NH<sub>3</sub>轉化成沒有毒性的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>），因此，白蝦在偏酸的養殖環境下養殖可以忍受較高的氨氮濃度，亦即較高的生物量。水產試驗所生物技術組九十二年完成相關的試驗成果（張等, 2003）如下：在 2 m<sup>2</sup> 的方型水槽（底部鋪設 10 cm 珊瑚砂、內裝 1.6 m<sup>3</sup> 30 ppt 海水）中放養 200 隻白蝦 (0.46 ± 0.05 g)，並以增加碳源（添加黑糖）及附著面積（懸掛塑膠網）提供上述微生物適合的營養與環境。試驗共分六組（黑糖 1、黑糖 2、對照、塑膠網、塑膠網+黑糖 1、換水）各三重複。養殖期間 (5/17~8/9) 每天投餵 3 次，每 2 週測定蝦重與水質 1 次。養殖 12 週後，各組活存率 (%) 分別為：87、87、86、87、91、90；平均重 (g) 分別為：18.4、18.5、18.6、17.6、16.8、16.7；產量 (kg/m<sup>2</sup>) 分別為：1.61、1.61、1.60、1.53、1.52、1.51；FCR 分別為：1.64、1.73、1.76、1.75、1.75、1.84；總氮 (ppm) 分別為：0.05 ~ 6.94、0.03 ~ 6.69、0.17 ~ 4.32、0.15 ~ 1.15、0.20 ~ 4.18、0.31 ~ 5.43。以上結果顯示：相對於換水組，不換水組之產量較高 FCR 較低；添加黑糖降低 FCR 但提高 NH<sub>3</sub>；懸掛塑膠網則降低 NH<sub>3</sub> (表六)。

#### 四、SPF 有機白蝦養殖

隨著經濟的發展與科技的進步，消費者對於有機農漁產品的接受度越來越高，需求也越來越大。有機農漁產品是已成為世界的潮流，是未來發展的方向。在隔離病原的 SPF 養殖環境來養殖 SPF 蝦苗，可以完全不必使用化學藥品，符合有機產品中安全衛生的訴求。不換水養殖則符合有機產品中環保的訴求。在防疫的隔離溫室或網室內利用不換水養殖技術養殖 SPF 白蝦，不但成長快、產量高，所生產的 SPF 白蝦還具有科技、健康、衛生、有機與環保等具體正面形象，很容易激發消費者

表六 白蝦 (0.4 g, 100/m<sup>2</sup>) 在零換水的情況下養殖 12 週之結果

項 目	零換水	零換水+黑糖	零換水+塑膠網	換水 (35% / 週)
活存率 (%)	90.7	87.3	86.5	90.2
平均體重 (g)	16.8	18.4	17.6	15.7
成長率 (g/week)	1.37	1.50	1.43	1.28
生產量 (kg/m <sup>2</sup> )	1.52	1.61	1.53	1.41
FCR	1.75	1.64	1.75	1.84
用水量 (m <sup>3</sup> /kg)	0.52	0.50	0.52	2.95
總氮 (ppm)	2.09	3.5	0.57	2.73

的購買慾，潛在的附加價值高。在全球 WTO 規範全面實施以及環保意識高張的時代，SPF 有機白蝦養殖值得大力推廣。

## SPF 白蝦之遺傳育種

### 一、SPF 白蝦種蝦庫之建立

以水產試驗所現有的 SPF 白蝦為基礎，並自國內外蒐集引進白蝦種原，再以 PCR 檢測技術篩選出不帶上述數種病毒的白蝦，然後加入 SPF 白蝦種蝦庫成為其中的成員。

### 二、優良 SPF 白蝦品系之選育

SPF 種蝦在池中一代一代、連續不斷地培育，配合育種技術每年選育出一代優良的白蝦種蝦並作為下一年度之種蝦來源。首先選取抗病力較強的蝦苗進行進行養殖，其次再選取成長快的雌蝦、雄蝦進行種蝦培育，最後再選取生殖力高的雌蝦的子代進行蝦苗培育。如此，一年一代，經過數年後應可選育出抗病力強、成長快、生殖力高的優良白蝦品系。抗病力強的品系可因死亡率降低而使生產成本降低。成長快速可縮短養殖期間，不但能直接地降低生產成本，也可間接地降低池蝦在收成前疾病發生的機率。生殖力高的種蝦不但可直接地降低蝦苗的生產成本，也可使優良的基因更有效地遺傳下去。每年育種過程中所培育的種蝦，除

了少部份留作下一年度之種原外，其餘大部份的種蝦及蝦苗將提供業界進行商業性大量生產生產 SPF 蝦苗。育種的過程中技術若結合 microsatellite 作為遺傳標記的技術，可加速出優良白蝦品系的篩選、可監測近親交配的程度、可追蹤種蝦的流向並保護智慧財產權。

### 三、海水蝦育種之前景

育種計畫投資金額大、回收時間長，不是一般業者所能承擔。雖然如此，育種計畫的投資報酬率是很可觀的，以牛、羊、豬為例，育種的投資報酬率在 5 倍至 50 倍之間。魚、蝦、貝類因為生殖力，比牛、羊、豬高很多，加上管理成本較低，因此投資報酬率應更高。以挪威鮭、鱒魚的育種計畫為例，挪威在 1975 年開始進行鮭、鱒魚育種計畫，1985 年起成為國家級計畫。目前以民間養殖業者為經營主體，已成功地培育出 240 個鮭魚品系及 120 個鱒魚品系。此項計畫每年均對這些品系進行成長、抗病、晚熟及肉質之評估，每年花費經費約 300 萬美金，每年因此育種計畫而獲益的金額則為 4,500 萬美金，投資報酬率為 15 倍 (Gjedrem, 1997)。海水蝦因每一世代只要一年，較鮭、鱒魚之四年及二年要短得多，另外，海水蝦的生殖力也比鮭、鱒魚高得出，因此海水蝦育種計畫，不但投資成本將較低，且回收也將較快。另外，全世界養殖草海水蝦蝦之總產值 (2001 年達 77 億美金) 要比鮭魚高出一



倍以上，因此，優良海水蝦品系之潛在報酬率之大可以想見。

## 參考文獻

- 張浚銘, 鄭金華 (2002) 以殺蟲劑去除骨藻中之浮游甲殼類. 臺灣省水產學會論文發表會摘要, E-36.
- 張浚銘, 鄭金華, 陳紫嫻 (2003) 白蝦在不換水養殖條件下之成長. 臺灣省水產學會論文發表會摘要, E-18.
- 鄭金華, 劉冠甫, 陳紫嫻 (2001) SPF 白蝦優良品系之選育與生產. 水產試驗所研究報告, 8 pp.
- Avnimelech, Y. (2003) Control of microbial activity in aquaculture systems: active suspension ponds. *World Aquacul.*, 34(4): 19-21.
- Chamberlain, G., Y. Avnimelech, R. P. McIntosh, M. Velasco (2001) Advantages of aerated microbial reuse systems with balance C:N. *Global Aquacul. Advocate*, 4(5): 50-54.
- Chang, C. F., M. S. Su, H. Y. Chen, C. F. Lo, G. H. Kou and I. C. Liao (1999) Effect of dietary beta-1,3-glucan on resistance to white spot syndrome virus (WSSV) in postlarval and juvenile *Penaeus monodon*. *Dis. Aquatic Organisms*, 36: 163-168.
- Chen, L. L., C. F. Lo, Y. L. Chiu, C. F. Chang and G. H. Kou (2000) Natural and experimental infection of white spot syndrome virus (WSSV) in benthic larvae of mud crab *Scylla serrata*. *Dis. Aquatic Organisms*, 40: 157-161.
- Flegel, T. W. and V. Alday-Sanz (1998) The crisis in Asian shrimp aquaculture: Current status and future needs. *J. Appl. Ichthyol./Z. Angew. Ichthyol.*, 14: 269-273.
- Gjedrem, T. (1997) Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquacul.*, 28: 33-46.
- Jory, D. E. (2001) Comments on biosecurity and shrimp farming. *Aquacul. Mag.*, 27(4).
- Kanchanaphum, P., C. Wongteerasupaya, N. Sitidilokratana, V. Boonsaeng, S. Panyim, A. Tassanakajon, B. Withyachumnarnkul and T. W. Flegel (1998) Experimental transmission of White Spot Syndrome Virus (WSSV) from crabs to shrimp *Penaeus monodon*. *Dis. Aquatic Organisms*, 34: 1-7.
- Kou, G. H., C. H. Wang, and C. F. Lo (1998) Identification, purification and detection of WSBV (Baculovirus associated with white spot syndrome). US Patent Number 5824535.
- Lightner, D. V. and R. M. Redman (1998) Shrimp diseases and current diagnostic methods. *Aquaculture*, 164: 201-220.
- Lo, C. F., C. H. Ho, S. E. Peng, C. H. Chen, H. C. Hsu, Y. L. Chiu, C. F. Chang, K. F. Liu, M. S. Su, C. H. Wang, and G. H. Kou (1996) White spot syndrome baculovirus (WSBV) detected in cultured and captured shrimp, crabs and other arthropods. *Dis. Aquatic Organisms*, 27: 215-225
- Lotz, J. M. (1997) Viruses, biosecurity and specific pathogen-free stocks in shrimp aquaculture. *World J. Microbiol. & Biotechnol.*, 13: 405-413.
- McIntosh, R. P. (2001) Changing paradigms in shrimp farming: V. establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquacul. Advocate*, 4(1): 53-58.
- Otta, S. K., G. Shubha, B. Joseph, A. Chakraborty, I. Karunasagar, and I. Karunasagar (1999). Polymerase chain reaction (PCR) detection of white spot syndrome virus (WSSV) in cultured and wild crustaceans in India. *Dis. Aquatic Organisms*, 38: 67-70.
- Rajendran, K. V., K. K. Vijayan, T. C. Santiago and R. M. Krol (1999) Experimental host range and histopathology of white spot syndrome virus (WSSV) infection in shrimp, prawns, crabs and lobsters from India. *J. Fish Dis.*, 22: 183-191.
- Supamattaya, K., R. W. Hoffmann, S. Boonyaratpalin and P. Kanchanaphum (1998). Experimental transmission of white spot syndrome virus (WSSV) from black tiger shrimp *Penaeus monodon* to the sand crab *Portunus pelagicus*, mud crab *Scylla serrata* and krill *Acetes* sp. *Dis. Aquatic Organisms*, 32: 79-85.
- Tsai, M. F., G. H. Kou, W. C. Liu, K. F. Liu, C. F. Chang, S. E. Peng, H. C. Hsu, C. H. Wang and C. F. Lo (1999). Long-term presence of white spot syndrome virus (WSSV) in a cultivated shrimp population without disease outbreaks. *Dis. Aquatic Organisms*, 38: 107-114.
- Vanpatten, K. A. and D. V. Lightner (2003) Sea birds pose threat as vectors of penaeid shrimp. *Global Aquacul. Advocate*, 6(4): 24-25
- Wyban, J. A., J. S. Swingle, J. N. Sweeney and G. D. Pruder (1993). Specific pathogen free *Penaeus vannamei*. *World Aquacul.*, 24: 39-45.