

白蝦配合飼料之開發

Development of Aquaculture Feed for White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Broodstock

曾寶順 · 林明男 · 丁雲源

Bao-Shuenn Tzeng, Min-Nan Lin and Yun-Yuan Ting

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

前 言

台灣近五年來白蝦種蝦培育及人工繁殖技術相繼確立，養蝦產業均以白蝦養殖為主。目前繁殖場普遍以溫育種蝦繁殖蝦苗，種蝦需求量亦逐年增加，但所育成的種蝦品質參差不齊，在成熟、交配、產卵及生產量上不穩定（曾等，2003），且種蝦大量死亡及培育生產之蝦苗，成長不良或發生病變（Tu *et al.*, 1999; Yu and Song, 2000）。目前繁殖場遭遇最大的問題，為雄種蝦蓄養生產期間精莢退化及黑變，所育成的公蝦精莢內含有的精子量少，且大多為不正常精子，常導致交配、授精及孵化率低下。根據 Talbot *et al.* (1989) 觀察藍蝦精莢退化及褐變或黑變會直接影響生殖力，且溫育白蝦種蝦交配受精率僅 10 % (Bray *et al.*, 1985)，主要是因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。雖然種蝦改投飼海虫、貝肉等生鮮餌料，可改善種蝦的品質及生殖力，但成本及污染率高且有病毒傳染的問題存在，且鮮餌有季節性的變化差異，營養品質不一、貨源不穩定及保存不易的問題（曾等，2003）。

根據 Harris (1990, 1997) 認為乾性飼料

取代鮮餌，可穩定可靠的供給及控制品質，並可減少污染及疾病的發生，且混合使用人工飼料及鮮餌，較單一使用為佳 (Galgani *et al.*, 1989; Bray *et al.*, 1990; Nascimento *et al.*, 1991)，在觀察 80 % 的繁殖場中，人工飼料的日投餌量為 16 %，大部份則以新鮮魚、蝦、貝類肉為主 (Wouters *et al.*, 2000)。

有關種蝦飼料的營養等相關研究，需求日益殷切，且種蝦飼料的研發對蝦類繁殖事業發展的重要性，可提供產業經營層次確保產業永續經營發展，所以開發適合之種蝦飼料，乃是促進種蝦生殖力及降低生產成本提高收益，促進蝦類繁養殖產業步入企業化經營的首要課題。本文主要將近 3 年來本中心針對白蝦種蝦飼料研發及應用的初步結果，加以整理探討，以提供業界參考。

不同油脂含量對白蝦種蝦成長 及活存率的影響

飼料的營養組成可直接影響養殖生物的體組成，如能加強飼料的營養品質，藉以提高成長及增強自身防禦能力，必能增加養殖效

**Table 1.** Proximate analyses (% dry weight), composition and gross energy of experimental diets for *L. vannamei*

Composition	Dietary of lipid			
	0%	1%	3%	5%
Crude protein	53.11	52.74	50.58	48.39
Crude lipid	11.13	11.40	13.13	14.97
Crude fiber	0.53	0.76	0.91	1.14
Moisture	15.38	15.45	15.48	15.55
Ash	8.88	8.46	8.32	8.13
NFE*	10.97	11.19	11.58	11.82
Gross energy (Kcal/100g)	498.0	502.2	510.5	518.3
P/E ratio (mg protein/Kcal)	107	105	99	93

*Nitrogen free.

Table 2. Effects of virous dietary lipid levels on growth, condition factor, ovary weight and survival of female *L. vannamei* (Initial weight: 26.88 ± 0.49 g)

	Dietary of lipid			
	0%	1%	3%	5%
Body length (cm)	14.59 ± 0.07	14.67 ± 0.07	14.40 ± 0.13	14.37 ± 0.33
Body weight (g)	39.89 ± 1.59	41.22 ± 1.36	38.12 ± 0.93	37.75 ± 2.74
Ovary weight (g)	0.23 ± 0.02	0.31 ± 0.01	0.23 ± 0.04	0.24 ± 0.02
GSI	0.57 ± 0.03	0.70 ± 0.01	0.56 ± 0.06	0.60 ± 0.01
Growth rate (g/day)	0.15 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.10 ± 0.01
FCR	2.13 ± 0^{bc}	1.97 ± 0.02^c	2.26 ± 0.02^b	2.87 ± 0.08^a
Weighe gain (%)	48.41 ± 5.90	53.33 ± 5.04	41.78 ± 3.46	33.13 ± 2.36
Condition factor	12.84 ± 0.33	13.06 ± 0.26	12.76 ± 0.04	12.01 ± 0.61
Survival rate (%)	88.34 ± 1.67^{ab}	90.00 ± 0.0^a	81.67 ± 1.67^b	81.67 ± 1.67^b

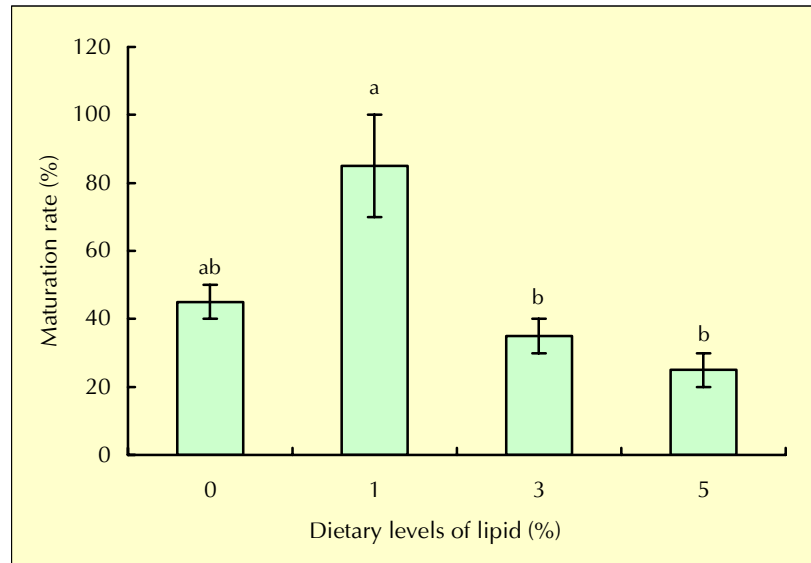
Means with different letters superscript are significantly different (FCR: $p < 0.001$; others: $p < 0.05$).

益。白蝦飼料中油脂含量增加至 20 % 時，成長及活存皆有下降的現象 (Andrews and Sick, 1972)，當飼料中之油脂添加量從 8 % 增加至 16 % 時斑節蝦增重率反而降低，經調查市售的種蝦人工飼料的總油脂量平均為 10 %，最高為 14 % (Bray *et al.*, 1990)，對蝦脂質需求量为 8 ~ 11 % (Sheen *et al.*, 1994)，總油脂過高消化率有不良的影響，最後可能造成營養上的缺失(D'Abramo, 1997)。本試驗目的在探討不同油脂添加量，對飼育白蝦雌種蝦成長、活存、飼料轉換率 (FCR) 及增重的效果。

實驗飼料以魚粉 40 % 及烏賊粉 20 % 等為主要蛋白源，配製成基礎飼料，並以魚油：

玉米油 (2:1) 添加 0 %、1 %、3 %、5 % 不同油脂含量之四種試驗飼料。試驗共分四組二重複試驗，每組雌種蝦各試養 30 尾，平均體重為 26.88 ± 0.49 公克，每 7 天換水 1/3 水量，每日總投餵量約為總體重的 3 ~ 4%，分三次投餵 (08:00、12:00、17:00)，水溫、鹽度及其他水質條件隨季節環境而變化。試驗飼料一般組成成份呈規則性增加或減少變化，粗蛋白、灰份及 P/E 比值隨油脂添加量的增加而遞減，而粗脂質、粗纖維、不含氮抽出物及總能量隨油脂添加量的增加而遞增 (Table 1)。種蝦經試養 12 週結果 (Table 2)，平均體重、成長率、GSI、增重率、FCR 及活存率，均以添

Fig. 1. Effect of different dietary lipid levels on the maturation rate of unilateral eyestalk ablated female shrimp. Values with different superscripts significantly differ (by one-way ANOVA with Tukey's honest significance test, $p < 0.05$). Maturation rate = Number of gravid female / Total female $\times 100\%$.



加 1 % 處理組最佳。FCR 各組平均以添加 1 % 油脂處理組最佳 (1.97)，5 % 處理組最差 (2.87)，並與 3 %、5 % 處理組有顯著差異 ($p < 0.05$)。活存率以 1 % 處理組最高 (90 %)，3 %、5 % 處理組最低，有顯著差異 ($p < 0.05$, Table 2)。

由上述結果顯示，飼料中添加 1 % 油脂處理組其總油脂 11.4 %，粗蛋白質 52.7 %，總能量 502.2 Kcal/100g，蛋白質和能量的比值 105 mg protein/Kcal，在雌種蝦成長、活存、飼料轉換率 (FCR) 及增重均比其他三組為佳。即種蝦飼料總油脂 11.1 ~ 11.4% 最適，過量之油質反而會造成種蝦成長、增重及活存率下降，蛋白質含量應為 52 ~ 53 %，過高造成浪費，過低則成長、活存下降。

不同油脂含量種蝦飼料對白蝦母蝦產卵及活存效果

Bray *et al.* (1990) 以含 7.8、11.1 及 13.9 % 油脂的人工飼料餵食藍蝦 (*L. stylirostris*)，結果以 11.1 % 組的母蝦獲得的無節幼蟲和眼幼蟲的體長均較好。又以 40 % 烏賊 (油脂含量

10.1 %) 及 60 % 人工飼料 (油脂含量 11.1 %) 的比率投餵獲得相同結果 (Bray *et al.*, 1990)。本試驗的目的探討不同油脂添加量，投餵經單眼柄切除的母蝦，比較催熟及產卵的效果。

本研究共分四組二重複試驗，每組雌種蝦各 10 尾，平均體重為 31.13 ± 1.35 公克，雌種蝦單眼柄切除後，於室內 2.5 FRP 桶中進行試驗。每日各別投餵添加 0 %、1 %、3 %、5 % 不同油脂含量之試驗飼料，分三次投餵 (08:00、12:00、17:00)，每日總投餵量約為體重的 6 ~ 9%，水溫控制在 28 ~ 29 °C、鹽份控制在 30 ~ 33 ppt 間、光照為 200 ~ 300 Lux、流量為 20 公升/小時。試驗 30 天結果卵巢成熟 (Fig. 1)，以添加 1 % 組最高 (85 %)，並與 3 % (35 %) 及 5 % (25 %) 組間有顯著差異，與 0 % (45 %) 無處理組無差異。母蝦產卵率以 5 % 處理組 70 % 最高，3 % 最低為 20 % (Fig. 2)。活存率以 1 % 處理組最高達 100 %，3 % 最差僅有 50 % (Fig. 2)。母蝦產卵數以 1 % 處理組最高平均 28.86×10^3 卵粒與最低的 3 % 處理組之間有顯著差異 (Fig. 3)。



Fig. 2. Effects of different dietary lipid levels on the spawning and survival rate of unilateral eyestalk ablated female shrimp.

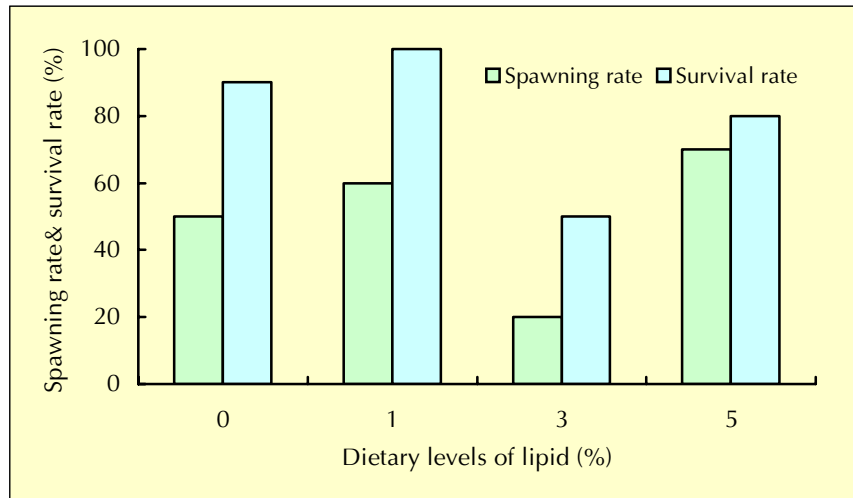
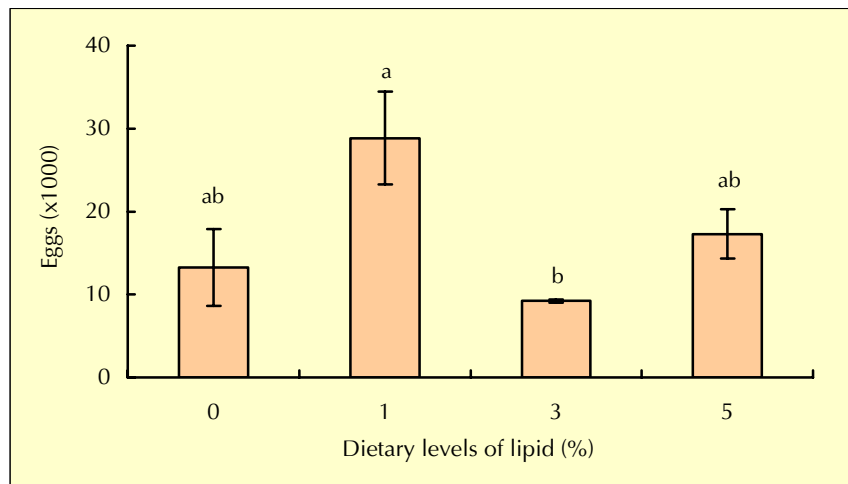


Fig. 3. Effects of different dietary lipid levels on the spawning eggs of unilateral eyestalk ablated female shrimp. Values with different superscripts significantly differ (by one-way ANOVA with Tukey's honest significance test, $p < 0.05$).



綜合上述結果，四種種蝦飼料總油脂含量分別為 11.1 (0 % 添加組)、11.4 (1 % 添加組)、13.1 (3 % 添加組)、15.0 % (5 % 組添加)，對種蝦產卵率、活存率、成熟率及產卵數上以 11.4 % 總油脂含量的飼料組有較好的結果，而添加過量 (3 % 及 5 % 組) 反而比不添加的 0 % 組差。

白蝦種蝦配合飼料取代 文蛤鮮餌研究

乾性飼料取代鮮餌可穩定貨源及控制品質，並可減少污染及疾病的發生，但是卵巢成

熟率下降，其產卵數及卵質較差 (Harrison, 1990, 1997)。比較數種的種蝦飼料對白蝦催熟的嗜口性，其結果依序為豐年蝦、磷蝦、美國海血蟲、牡蠣、砂蠶，三種人工成熟飼料排名最後 (Ogle and Beaugez, 1991)，可見種蝦配合飼料有必要加強研究。本試驗是以總脂質含量 11.4% 的配合飼料與文蛤肉做對照，分別投飼經單眼柄切除的母蝦比較其催熟產卵的影響，旨在了解其取代文蛤肉的可行性。

試驗分二組進行，每組放養 10 尾於 2.5 噸 FRP 水槽中，平均體重 31.2 g，每日投餵種蝦飼料及文蛤肉三次 (8:00、12:00、17:00)，投餵量 (乾重) 為蝦體重的 6 ~ 9 %。水溫控制在 28 ~ 29 °C、鹽份調整為 30 ~ 33 ppt、光照

Table 3. Proximate composition (% dry weight) of artificial diet and fresh hard clam meat

Composition	Artificial diet	Fresh hard clam meat
Crude protein	52.74	54.65
Crude lipid	11.40	8.75
Moisture	14.75	79.43*
Ash	8.88	0.64
Gross energy (kcal/100g)	502.2	461.7
P/E ratio(mg protein/kcal)	105	118

*Percentage of wet weight.

Table 4. Effect of broodstock fed artificial diet and fresh clam meat on growth, spawning rate, egg diameter and survival of unilateral eyestalk ablated female shrimp fed with the artificial feed or hard clam meat

	Artificial diet	Fresh hard clam meat
Average body weight (g)*	34.72±0.8	33.40±0.16
Spawning rate (%)		
First spawning	40	60
Second spawning	10	10
Average fecundity (×10 ³)*	39.89±4.14	58.46±9.08
Egg diameter (μm)*		
First spawns	2.65±0.02	2.689±0.03
Second spawns	2.68±0.03	2.67±0.02
Survival rate (%)	80	80

*No significant difference ($p > 0.05$).

200 ~ 300 Lux、流水量 20 公升/小時。實驗 30 天結果，人工種蝦配合飼料與文蛤肉的一般成份組成，二者之粗蛋白質各為 52.74 及 54.65 %，粗脂質各為 11.4 及 8.75 %、水份各為 14.75 及 79.43 %、灰份各為 8.88 及 0.64 %，總能量各為 502.2 及 461.7 Kcal/100g 及 P/E ratio 各為 105 及 118 均有顯著差異 ($p < 0.05$)，除了粗蛋白質、水份及 P/E ratio 外均高於文蛤肉 (Table 3)。

在試驗 30 天的期間中，投飼種蝦配合飼料的母蝦，在第一次產卵的產卵率為 40 % 較文蛤組 60 % 為低，第二次產卵率二組相同各為 10%，在平均產卵數 (40×10^3) 上雖低於文蛤肉 (59×10^3)，但並無顯著差異。第一次產卵時的平均卵徑，種蝦配合飼料組為 2.65 μm，稍低於文蛤組 (2.68 μm) 但並無顯著差異。但第二次產卵的卵徑上前者稍高於後者但亦無顯著差異，活存率二者相同皆為 80 % (Table 4)。

由試驗結果顯示，若同時投飼人工配合飼料及文蛤則營養上會有互補的效果，由產卵率、活存率及卵徑均無顯著差異來觀察，本試驗的配合飼料可以完全取代文蛤肉來作為白蝦種蝦飼料 (南水研一號種蝦飼料)。

維生素 E 對雄蝦生殖力的影響

維生素 E 除具有天然抗氧化劑功能外，也可促進生殖腺發育，過去研究發現，鯉魚缺乏維生素 E 會造成卵巢發育不良 (Watanabe and Takashima, 1977)，且會降低孵化率及孵化後仔魚死亡率增加 (Takeuchi *et al.*, 1981)。維生素 E 是蝦類成長所需，可促進 *L. setiferus* 卵的成熟率及精子正常比率 (He *et al.*, 1992)，當飼料中維生素 E 由 40 ~ 350 mg/kg 均可提高孵化率，飼料中補充 500 mg/kg 對印度蝦產卵可提高孵化率，在較低時會減少孵化率及產卵品質 (Cahu *et al.*, 1991)。目前繁殖場

**Table 5.** The effect of diets added vitamin E on reproductive power and survival rate

	0%	0.05%	0.10%	0.15%
Spermatophore				
Sperm count ($\times 10^6$)	0.04 $\pm$ 0.02	2.73 $\pm$ 1.49	0.30 $\pm$ 0.14	0.21 $\pm$ 0.02
Percentage of normal sperm (%)	0	31.93 $\pm$ 19.58	5.12 $\pm$ 0.58	0
Vas deferens				
Sperm count ($\times 10^6$)	12.69 $\pm$ 1.96	7.71 $\pm$ 3.24	14.38 $\pm$ 2.64	7.50 $\pm$ 1.30
Percentage of normal sperm (%)	37.70 $\pm$ 5.59	64.42 $\pm$ 5.51	40.55 $\pm$ 7.43	61.42 $\pm$ 7.02
Survival rate (%)	70	100	60	50

採用塶育種蝦者越來越多，雄種蝦生殖力參差不齊，在塶蝦養殖上普遍使用草蝦配合飼料，在種蝦催熟飼料以鮮餌為主，為了研發更完善的種蝦飼料，因此進一步探討飼料中添加維生素 E 對雄種蝦生殖力的影響。

試驗飼料是修正「南水研一號種蝦飼料」的配方為基礎飼料，另外，分別添加 0 %、0.05%、0.1%、0.15% 維生素E，配製成四種試驗飼料進行試驗。分四組重複試驗，平均體重 39.78 ± 1.34 公克，平均體長 14.77 ± 0.16 公分，精莢精子數量為 0.23 ± 0.22 ，正常率 1.47 ± 1.47 %，輸精管 5.28 ± 2.33 ，正常率 23.19 ± 6.66 %，放養密度為 5 尾/平方公尺，每天換水 1/3 量，每日投餵量約為總體重的 3 ~ 4 %，投餵三次 (8:00、12:00、17:00)。試驗飼料一般成份，粗蛋白質 50.03 ~ 50.80 % 之間，灰份 9.75 ~ 10.35 % 之間，粗脂質 9.79 ~ 10.02 % 之間，水分 8.12 ~ 9.06 % 之間。試驗 30 天結果 (Table 5)，飼料中以添加 0.05 % 處理組，平均精莢精子數 $2.73 \pm 1.49 \times 10^6$ ，正常比率 31.93 ± 19.58 最佳，不添加或添加過量都會影響精子的數量及正常比率。試驗後輸精管精子量及正常比率明顯比試驗前高出甚多且比精莢精子量高，精子正常比率以添加 0.05 % 處理組最高 (64.42 %)。活存率以添加 0.05 % 處理組 100 % 最高，0.15% 處理組 50 % 最低。

綜合上述結果，白蝦種蝦飼料添加維生素 E 0.05 % 在飼料中，粗蛋白質 50.02 及粗脂質 10.02 %，對雄種蝦生殖力有提昇效果，可提高雄蝦精莢精子數量及正常精子比率。

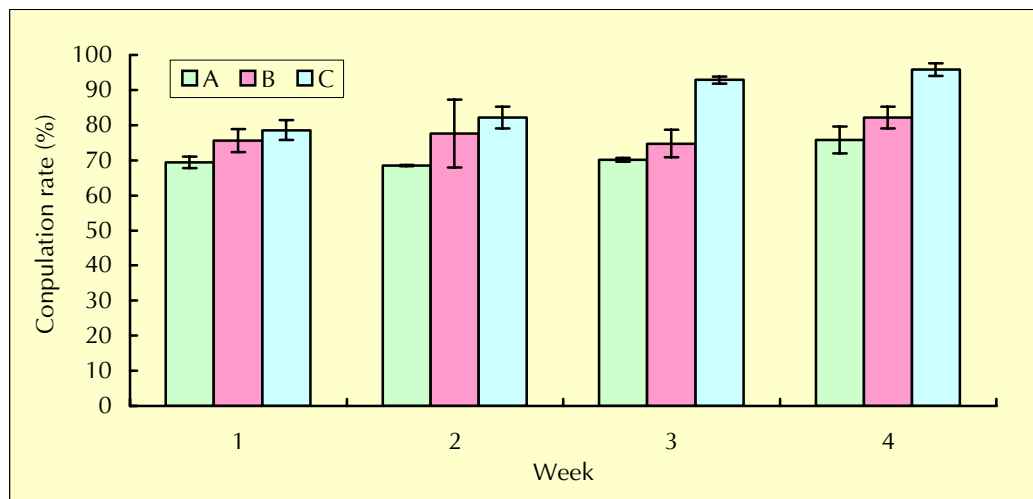
白蝦種蝦配合飼料的應用效果

以飼料中添加不同油脂含量 (魚油: 玉米油 2:1) 0 %、1 %、3 % 及 5 % 的四種飼料，總油脂含量各為 11.13 %、11.40 %、13.13 % 及 14.97 %，對雌種蝦成長、活存、FCR 及增重，以添加 1 % 最為適當 (曾等, 發表中)。對剪單眼柄母蝦進行催熟試驗，在種蝦成熟、產卵、活存及產卵數上，總油脂 11.40 % 的飼料組有較好結果 (曾等, 發表中)，並可取代文蛤作為白蝦雌種蝦的催熟飼料 (曾等, 2004)，但對提高雄種蝦精子品質不明顯。本試驗旨在了解「南水研一號種蝦飼料」實際應用白蝦種蝦交配、產卵及生產無節幼蟲等生殖力的實際效果，並加以分析，以供繁殖業者參考。

試驗分三組分別進行試驗四週，對照組為投餵鮮餌 (烏賊、蚶肉及南極蝦) + 海蟲，培育種蝦繁殖生產無節幼蟲。鮮餌 (烏賊、蚶肉及南極蝦) + 海蟲 + 人工種蝦飼料 (1.92 %)

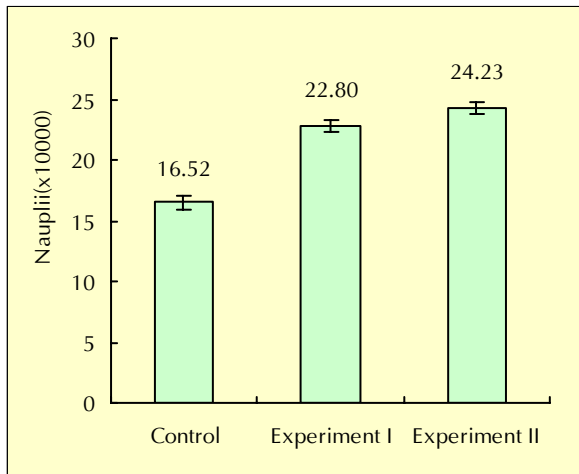
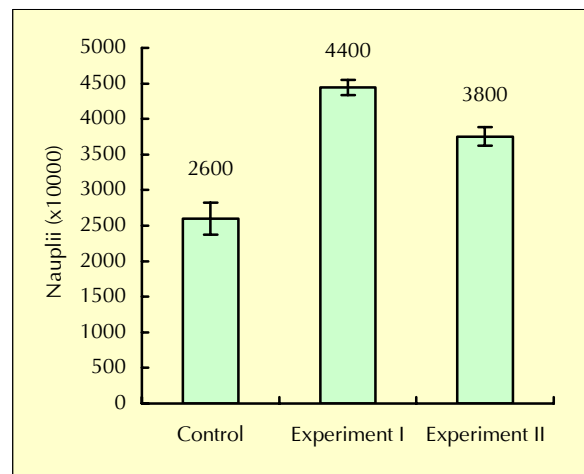
Table 6. The cost comparison between artificial diet and fresh meal for shrimp broodstock

Sorts of diets	Control			Experiment I		Experiment II	
	kg/ dollar	kg/day	%	kg/day	%	kg/day	%
Squids	40	15.0	44.91	7.2	27.59	14.4	48.32
Oysters	150	8.4	25.15	8.4	32.18	8.4	28.19
Shrimp	56	7.0	20.96	7.0	26.82	6.0	20.13
Sea worms	500	3.0	8.98	3.0	11.49	0	—
Artificial diets	82	0	—	0.5	1.92	1.0	3.36
Total quantity	33.4			26.1			29.8
Total cost		3752		3850		2992	

**Fig. 4.** Comparison of broodstock average copulation rate. A. Control: fresh meds (squids, oysters, shrimp) plus sea worms; B. Experiment I: fresh meds plus artificial diets (1.92%) and sea worms; C. Experiment II: fresh meds plus artificial diets (3.36%).

為試驗組I。鮮餌 + 人工種蝦飼料 (3.36 %) 為試驗組II。放養密度 20 尾/平方公尺，雌：雄比 (1:1) 分開蓄養培育催熟，水溫控制在 28 ~ 29 °C，鹽分 30 ~ 33ppt，每日投餌四次，分早、中、晚及午夜，每日檢查挑選成熟母蝦，移入雄蝦池進行交配，交配後母蝦移入產卵池產卵孵化計數，以比較種蝦生殖力及無節幼蟲生產量的差異。結果試驗組I及試驗組II，每日總投餌量為 26.1 及 29.8 kg 皆比對照組 33.4 kg 節省 10-20 % 的投餌量，且試驗組II每日餌料成本僅 3,000 元，比試驗組I及對照組 3,800 元節省 21 % 的餌料成本，估計每年至少可節省成本

200,000 元以上 (Table 6)。每週平均交配率，各組均隨試驗週期的增加而提高，以試驗組II 最高 (79 ~ 96 %)，試驗組I次之 (75 ~ 82 %)，對照組最低 (69 ~ 76 %) (Fig. 4)。月平均單尾母蝦生產無節幼蟲量，以試驗組II 最高 24.23 萬尾，對照組最低 16.5 萬尾 (Fig. 5)。月平均單日無節幼蟲總生產量，以試驗組I 的 4400 萬尾最高，試驗組II 的 3800 萬尾次之，對照組 2600 萬尾最低 (Fig. 6)。精莢及輸精管精子含量及正常百分比，前者 2.71×10^6 及 44.69 %，後者 11.32×10^6 及 49.50 %，實驗組II 皆比實驗組I 及對照組高 (Table 7)。

**Fig. 5.** Monthly production of shrimp broodstock.**Fig. 6.** Average daily production of shrimp broodstock.**Table 7.** Sperm quantity in shrimps broodstock is spermatophore, after experiment

	Control	Experiment I	Experiment II
Body weight (g)	34.14±0.74	37.97±2.50	43.74±1.06
	Spermatophore		
Sperm count (x10 ⁶)	2.29±0.38	2.24±1.32	2.71±0.19
Percentage of normal sperm (%)	17.89±5.60	42.35±14.14	44.69±11.43
	Vas deferens		
Sperm count (x10 ⁶)	10.03±0.51	4.72±0.76	11.32±4.00
Percentage of normal sperm (%)	27.61±5.51	62.55±5.58	49.50±6.12

綜合上述結果，混合使用「南水研一號種蝦飼料」，在雄蝦精子含量上高於使用鮮餌，並可穩定且保持精莢的精子數量及正常百分比，可提高白蝦種蝦交配率、無節幼蟲品質及生產量，並可降低培育種蝦生產成本提高產業競爭力。

結論與建議

一、飼料中總油脂 11.4 %，粗蛋白質 52.7 %，總能量 502.2 Kcal/100g，蛋白質和能量的比值 105 mg protein/Kcal，在雌種蝦成長、活存、飼料轉換率及增重均佳，添加過量反而會造成反效果。

二、飼料中總油脂 11.4 %，對剪單眼柄母蝦催熟產卵效果較佳，其成熟率、產卵率、活存率及產卵數皆較優，油脂添加過量反而效果差。

三、投飼人工種蝦配合飼料，在平均產卵數及卵徑上均與文蛤鮮餌無差異，可以取代文蛤鮮餌，作為白蝦種蝦之催熟飼料。

四、飼料中添加維生素 E 0.05 %，粗蛋白質 50.02 % 及粗脂質 10.02 %，可提高白蝦雄種蝦活存率、精莢精子數量及精子正常比率，並可作為雄種蝦的催熟飼料。

五、在種蝦飼料投飼策略上混合或交替使用配合飼料，比使用鮮餌的效果較佳。

- 六、種蝦生產連續使用超過 2 個月，營養補給不足或不均衡，可能造成生殖力及孵化率不佳或無節幼蟲活存率降低。
- 七、混合使用「南水研一號種蝦飼料」培育白蝦種蝦，可提高交配率、無節幼蟲品質及生產量，並可降低培育種蝦生產成本，提高產業競爭力。

參考文獻

- 曾寶順, 林明男, 丁雲源 (2003) 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.
- 曾寶順, 林明男, 沈士新 (2004) 不同油脂含量飼料對白蝦母蝦成熟與產卵之影響. 水產研究, 12(2): 43-48.
- Andrews, J. W. and L. V. Sick (1972) Studies on the nutritional requirements of penaeid shrimp. Proc. World Maricult. Soc., 3: 403-414.
- Bray, W. A., A. L. Lawrence and L. J. Lester (1990) Reproduction of eyestalk-ablated *Penaeus stylirostris* fed various levels of total dietary lipid. Aquaculture, 21: 41-52.
- 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 Maricul. Soc., 16: 250-257.
- Cahu, C., M. Fakhfakh and P. Quazuguel (1991) Effect of dietary α -tocopherol level on reproduction of *Penaeus indicus*. In LARVI '91: Fish and Crustacean Larviculture Symposium, Special Publication, vol. 15 (P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers, and F. Ollevier eds.), European Aquaculture Society, Gent, Belgium, 242-244.
- D'Abramo, L. R. (1997) Triacylglycerol and fatty acid. In Crustacean Nutrition, vol. 6 (E. Halver ed.), World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, 71-84.
- Galgani, M. L., G. Cuzon, F. Galgani and J. Gogueheim (1989) Influence du regime alimentaire sur la reproduction en captivite de *Penaeus indicus*. Aquaculture, 81: 337-350.
- Harrison, K. E. (1990) The role of nutrition in maturation, reproduction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. J. Shellfish Res. 9, 1-28.
- Harrison, K.E. (1997) Broodstock nutrition and maturation diets. In Crustacean nutrition. Advances in World Aquaculture (D'Abramo, L. R., Conklin, D. E., Akiyama, D. M. eds.), World Aquacult. Soc., 390-408.
- He, H., A. L., Lawrence and R. Liu (1992) Evaluation of dietary essentiality of fat-soluble vitamins A, D, E and K for penaeid shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture, 103: 177-185.
- Nascimento, L. A., W. A. Bray, J. R. Leung-Trujillo and A. L. Lawrence (1991) Reproduction of ablated and unablated *Penaeus schmitti* in captivity using diets consisting of fresh-frozen natural and dried formulated feeds. Aquaculture, 99: 387-398.
- Ogle, J. T. and K. Beaugez (1991) Food preference of *Penaeus vannamei*. Gulf Res. Reports, 8: 291-294.
- Sheen, S. S., S. J. Chen and Y. S. Huang (1994) Effect of dietary lipid on riger prawn. J. Fish. Soc. Taiwan, 21: 205-213.
- Takeuchi, M., S. Ishii and T. Ogino (1981) Effect of dietary vitamin E on growth, vitamin E distribution and mortalities of the fertilized eggs and fry in ayu *Plecoglossus altivelis*. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 104: 111-122.
- 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.
- Tu, C., H. T. Huang, S. H. Chuang, J. P. Hsu, S. T. Kuo, N. J. Li, T. L. Hsu, M. C. Li and S. Y. Lin (1999) Taura syndrome in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in Taiwan. Diseases Aqua. Organ., 38: 159-161.
- Watanabe, T. and F. Takeshima (1977) Effect of a-tocopherol deficiency on carp-VI. Deficiency symptoms and change of fatty acid and triglyceride distribution in adult carp. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43: 819-830.
- Wouters, R., J. Nieto and P. Sorgeloos (2000) Artificial diets for penaeid shrimp. Global Aquacult. Advocate, 3: 61-62.
- Yu, C. I. And Y. L. Song (2000) Outbreaks of Taura syndrome in Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* cultured in Taiwan. Fish Pathol., 35(1): 21-24