

以精莢移植方法做出草蝦、紅尾蝦雜交子代

林明男·丁雲源·羽生 功

**Hybridization of two close-thelycum Penaeid species,
Penaeus monodon × *P. penicillatus* and *P. penicillatus* ×
P. monodon, by means of spermatophore transplantation**

Min-Nan Lin, Yun-Yuan Ting and Isao Hanyu

This paper reports the hybridization of *Penaeus penicillatus* and *P. monodon* by means of spermatophore transplantation. The growth and results of morphological observation of hybrids are also presented. The results are summarized as follows:

1. 610,000 N1 of *Penaeus monodon* × *P. penicillatus* were obtained, upto PL57 only 200 individuals survived. 70,000 N1 of *P. penicillatus* × *P. monodon* were obtained, upto PL66 only 2,000 individuals survived.
2. An unusuful abnormality in eyestalk was found, some hybrids possess an antennule-like structure in place of either right or left eye. One hybrid possessing only single eyestalk with two compound eyes was also found, single eyestalk hybrids could grow to adult normally. It is not significant on the difference of growth between single eyestalk hybrids and normal ones.
3. Though the size of adult hybrids larger than the biological minimum size of original species, none of females found to be copulated with male during the culture period. The female adult hybrids also could not be induced maturation by unilateral eyestalk ablation.
4. The carapace of hybrids is smaller than the original species, the spine formula is different, and the rostrum length is significantly shorter too.
5. The hybrids tended to grow faster than both of original species.

前 言

關於蝦類雜交研究，在淡水蝦 *Macrobrachium* 屬方面，筆者在1974年派駐宏漁技團期間，曾試圖以自然交配方式雜交 *M. rosenbergii* 及 *M. americanum*，唯上述二者蝦類之母蝦脫皮時均會於數分鐘內在雄蝦一直無反應下自動向雄蝦靠近，並做出腹面向上之求偶行爲，而雄蝦却一直不爲所動（未發表）。在台灣林（1980）利國泰國長臂六蝦（*Macrobrachium rosenbergii*）與土產陳&張（

1979) 所謂之金錢蝦成功地做出雜交子代，在其發表之論文中編著註云：「根據夏威夷大學遺傳系 Dr. Spencer Malcha 鑒定金錢蝦與泰國、馬來西亞等東南亞大陸原產之 *M. rosenbergii* 同屬一種，而屬於東西二地理型，本雜交屬種內雜交。」，1980年筆者曾加以追試，發現上述之泰國蝦與金錢蝦可以在室內 0.5 噸桶中自然交配（未發表）。在螯蝦 Crayfish 方面，Berrill (1985) 以自然交配方式育出 *Orconectes rusticus* 與 *O. Propinques* 雜交子代至 Stage III。Berrill (1985) 並提及 Capelli 在 1980 就型態上之證據報告 *Orconectes* genus 間之雜交，Smith 在 1981 年亦曾提出類似之報告。在海產蝦類方面根據 Sandifer & Smith (1979)，Persyn 在 1977 年曾就四種白蝦進行雜交研究，唯其過程及結果不詳。1984 年筆者曾多次利用精莢移植方法進行草蝦與斑節蝦雜交，母蝦產卵均無受精、孵化（未發表）。Criddle & Chang (1985) 曾就 *Homarus americanus* × *H. gammarus* 之雜交子代進行溶氧消耗量之研究，可見龍蝦已經成功地做出雜交子代。

草蝦與紅尾蝦是台灣的養殖蝦類草蝦成長快速（廖及村井 1937），紅尾蝦在冬天可養成。草蝦與紅尾蝦同屬閉鎖式雌性生殖補助器（台語簡稱躑）蝦類，尚無人發表有關之雜交研究。本篇報導利用精莢移植方法進行雜交成功並將子代育至成蝦之過程及對其型態與親代間之差異所做之觀察比較。

材料與方法

草蝦母為購自台南加晟等民間繁殖場已切除單眼柄之大體型者，體重 134.06 ~ 186.36 公克，購回後在室內 2.5 噸桶中單性貯養至脫殼後，再仿照林及丁、林 (1984 & 1986) 之方法，將紅尾蝦精莢取出後植入草蝦躑中（精莢取出法仿照筆者 1984 及 1986 之夾出或電擊法）雌紅尾蝦購自布袋港體重 26.50 ~ 30.70 公克。紅尾蝦空母體重 37.00 ~ 58.70 公克，亦購自布袋港，貯養至脫殼後，外殼達 C 級時切除單眼柄，在卵巢發育至透光法可檢出之厚仁期時置入草蝦之精莢，雌草蝦亦購自布袋之天然海蝦，體重 40.73 ~ 70.86 公克。脫殼母蝦用標識法判別（林及丁；1986）。

雌草蝦 × 雌紅尾蝦試驗中，紅尾蝦精莢移植 2 ~ 4 個，而在雌紅尾蝦 × 雌草蝦試驗中，由於紅尾母蝦躑小不易植入，僅植入草蝦 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{2}$ 之精莢。

雜交成功之子代在幼生期是用 0.5 噸圓型 PRC 桶培育，水溫 27 ± 1 °C、塩分 33 ~ 35 ppt，幼生餌料投飼 *tetraselmis* SP.、輪蟲、豐年蝦 N_1 ，在幼生期用 Olympus SZH 型顯微鏡觀察幼生變化，育至 P₁₁ 後移到室外 4 公尺 × 2 公尺 × 1 公尺深水泥池中間育成之，再各別移入 0.8 公頃養成土底池 A 及 B 中。成蝦育成之飼料為大成之中蝦飼料，水份 13% ↓，粗蛋白質 36% ↑，粗脂肪 2.8% ↑，粗纖維 3% ↓，粗灰分 17% ↓，塩酸不溶物 2% ↓。養殖過程並做體長、體重中間測定，並檢視外觀並加以拍照，此外並就型態學之觀點，測定額齒式及下列各項指數以便比較外觀之差異：

$$\text{額角長指數 (Rostrum index) : RI} = \frac{\text{Rostrum length}}{\text{Carapace length}} \times 100$$

$$\text{頭胸殼長指數 (Carapace length index) : CLI} = \frac{\text{Carapace length}}{\text{body length}} \times 100$$

$$\text{頭胸殼寬指數 (Carapace width index) : CWI} = \frac{\text{Carapace width}}{\text{Carapace length}} \times 100$$

肥滿度指數 (Condition factor of flesh) 則採用筆者對草蝦之修正公式 (未發表)

$$CF = \frac{BW}{BL^2} \times 100, \text{ BW : 公克, BL : 公分}$$

上述各項測定部位之圖示如圖 1。

雜交子代生殖力觀察：雜交子代育至成蝦後解剖雄蝦測定精巢、輸精管、精莢重，GSI。雌蝦在養至大蝦後剪除單眼柄以了解誘導產卵之效果。雜交子代在中間測定時並檢查母蝦之交配情形；方

法採林 (1987) 之檢查法，清池時並全面檢查雌蝦之臍以確定其是否有交配能力。上述試驗研究工作期間為 1985 年 3 月～1987 年 2 月。另在 1987 年 5 月間並再利用塢中自行培育之草蝦及紅尾蝦之種蝦以精英移植之方法進行雜交工作。

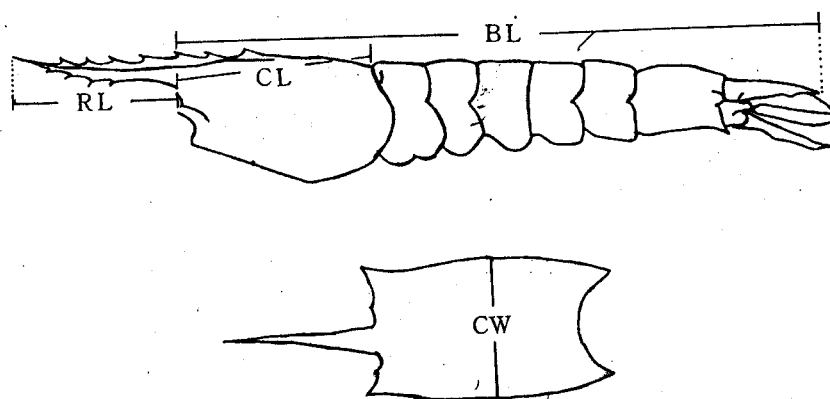


圖 1 測定方法

Fig. 1 Method of measurement.

結 果

利用精英移植方法進行海種蝦之雜交試驗，雌草蝦×雄紅尾蝦共進行 22 次，僅 6 次成功，孵化率比受精率平均低下 12.09%，共孵出 N_1 子代 610,000 尾；6 次中有 4 次幼苗無法育至後期幼蟲，第一次成功 8 尾，活存率 0.004%，第二次成功 367 尾，活存率 0.27%，二次共得 PL20 子代 375 尾，中間育成至 PL57 只剩 200 尾，活存率僅 53.33% (表 1)。紅尾蝦×草蝦共進行 10 次，僅一次成功，孵化率為 33.01%，獲 N_1 子代 7 萬尾，育至 PL20 有 3,500 尾，活存率 5%。中間育成至 PL66 之活存率為 57.14% 尚剩 2,000 尾 (表 2)。上述工作是在 1985 年 3 月～8 月間進行，雜交親代皆為海蝦。1987 年 5 月再利用塢中自行培育之種蝦進行移植精英之雜交工作；草蝦×紅尾蝦，草蝦空母之體重為 120～130 公克，紅尾蝦雄體型 26.50～30.70 公克，共進行 8 次總共獲得 2,560,000 粒卵平均為 326,000 粒。雖發現極少數受精卵但均沒孵出幼苗 (表 3)。孵化成功之雜交子代與親代相同可分 Nauplius 6 期、Zoea 3 期、Mysis 3 期。幼生期發現有不少畸形者估計約佔 20%，大部份都在 PL 前死亡。活存的畸形蝦以僅俱單眼柄最多，單眼柄之雜交子代在缺眼柄之部位被一根類似觸鬚 (antennule-like flagellum) 所取代，天生單眼柄之雜交子代其所缺之眼柄大多在右眼 (相片 1-1)，亦發現有左眼缺少者。有些子代之二眼柄幾靠在一起 (相片 1-2)，上述之單眼柄者皆僅俱有單個複眼在育至成蝦後 *P. penicillatus* × *P. monodon* 之雜交子代一眼柄被 antennule-like flagellum 取代者尚活存有二尾，皆為雌性，體長 12.81 公分，體重 15.23 公克及體長 13.00 公分，體重 14.02 公克，*P. penicillatus* × *P. monodon* 在清池時尚活存者雄有 5 尾，雌有 4 尾，體長、體重雄為 13.32 公分，34.91 公克，雌 14.52 公分，及 49.05 公克。最有趣的是有尾 *P. penicillatus* × *P. monodon* 子代不但僅俱單眼柄，且該單眼柄長在額角之正下方而眼柄前端長了一雙複眼，該蝦

表1 精英移植做出草蝦×紅尾蝦雜交子代之結果；海種蝦

Table 1 *Results of hybridization of *Peaneus monodon* x *P. penicillatus* of wild adults by means of spermatophore transplantation.

Fertilization fate (%) ***	Hatching rate (%) ***	Individuals of Nauplius obtained (x 1000) ***	Survival rate from Nauplius to PL 20(%)	Survival rate from PL20 to PL57(%)
90.00	71.89	190	0.004	
28.43	3.95	25	0	
54.68	48.57	136	0.27	53.33**
27.89	22.12	100	0	
40.38	32.51	106	0	
25.76	15.55	53	0	

** 6 of 22 trials succeeded in hatching.

** Included anterior 8 individuals of 0.004 % survival rate.

*** Mean ± SE (range) of

fertilization rate (%) = 44.52 ± 10.12 (90.00 - 28.43)

hatching rate (%) = 32.45 ± 10.03 (71.89 - 3.95).

Nauplius obtained = 101.66 ± 23.97 (190 - 25).

表2 精英移植做出紅尾蝦×草蝦雜交子代之結果；海種蝦

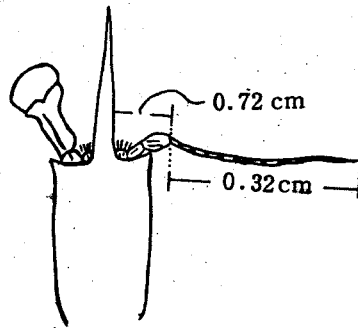
Table 2 Results of hybridization of *Penaeus penicillatus* x *P. monodon* of wild adults by means of spermatophore transplantation.

Total trials	Hatching succeeded	Hatching rate (%)	Individuals of Nauplius obtained (x 1000)	Survival rate to PL20 (%)	Survival rate from PL20 to PL66 (%)
10	1	33.01	70	5	57.14

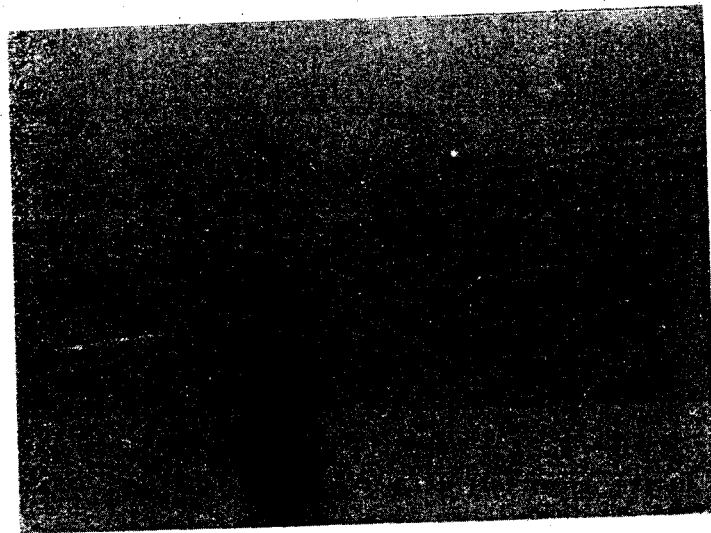
表3 塏草蝦(♀)與紅尾蝦(♂)之雜交結果

Table 3 Results of hibridization of *Penaeus monodon* x *P. penicillatus* of pond cultured adults by means of spermatophore transplantation.

Total trials	Eggs obtained (x 1000)			Hatching rate (%)
	total	Mean ± SE	(range)	
8	2,560	326 ± 27.18	(470-240), n=8	0



1-1



照片1 草蝦與紅尾蝦雜交子代之異常發育

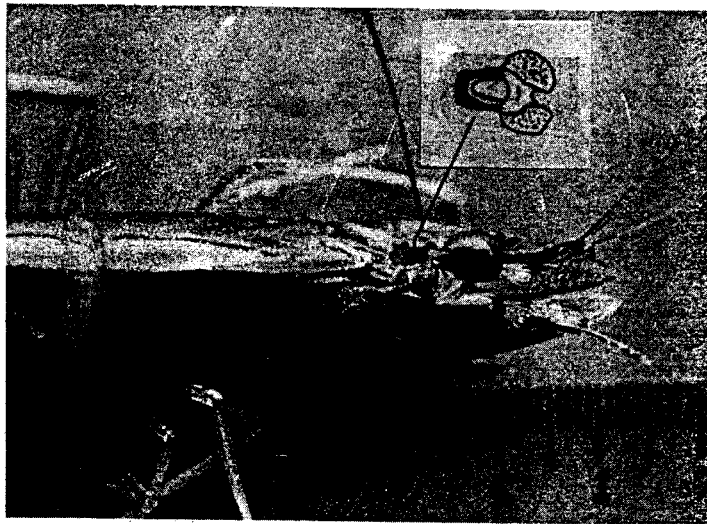
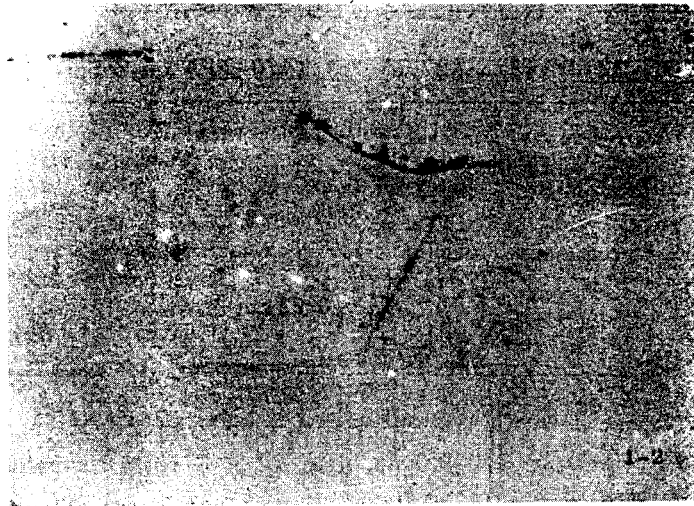
Plate 1. Abnormality of hybrids of *Penaeus monodon* and *P. penicillatus*

照片1-1 右眼異常；被一根鞭狀物所取代

1-1 Heteromorphosis in the right eye : an antennule-like flagellum in place of the right eye.

為雌性，正常發育至體長 12.00 公分，體重 29.91 公克（相片 1 - 3）。在體色方面 *P. penicillatus* × *P. monodon* 發現有體節呈鮮紅斑點之子代（相片 1 - 2），育成之成蝦體色較 *P. penicillatus* 之親代為深暗。在 *P. monodon* × *P. penicillatus* 方面發現有二尾背部呈艷紅色（相片 1 - 4），該蝦長至 4 公克左右死亡，餘者之體色及斑節與親代之 *P. monodon* 無甚差異。

P. monodon × *P. penicillatus* 中間育成至 PL（本文亦記為 PLD；Age after post larva in days）57 時有 200 尾，於 '85.7.17 放養於 0.8 公頃之 A 池，放養時體長 7.21 公分，體重 5.28 公克，'85.8.17 PLD88 時體長 9.05 公分，體重 11.99 公克，'85.11.21 PLD184 天時清池體長 14.86

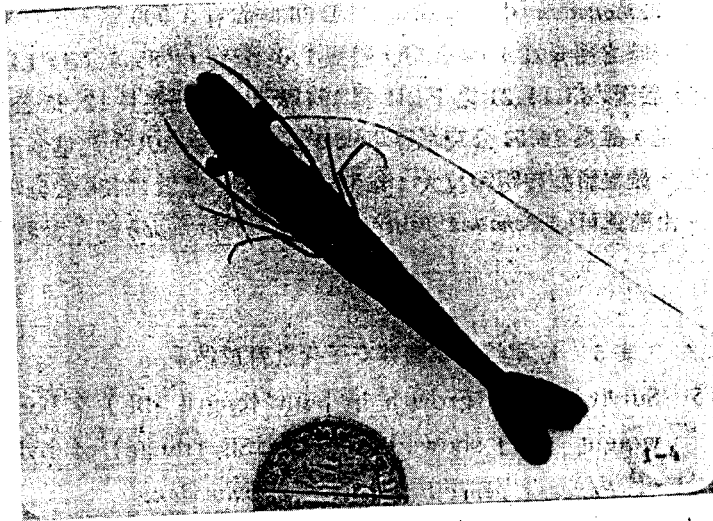


照片 1 - 2 左上方的雜交子代兩眼柄幾乎靠在一起

Plate 1-2 In the upper left corner shows the heteromorphosis in the eyestalks : two eyestalks closed nearly. In the center of plate : shows a lot of red-spots spread around the body.

照片 1 - 3 僅長有單眼柄，雙複眼之雜交子代

1-3 Heteromorphosis in the eyestalk : one eyestalk with two compound eyes under the rostrum; rostrum was removed when took picture. *Penaeus penicillatus* × *P. monodon* , male, BL = 12.00 (cm) BW = 29.91 (g).



照片 1-4 背部呈艷紅色之雜交子代

Plate 1-4 Dorsal view of *Penaeus monodon* x *P. penicillatus* : from the rostrum to telson in red colour. scale——2.23 (cm).

公分，體重 47.80 公克，活存率 97%，清池後移入八角池越冬，越冬池有打氣但為露天水泥池並無任何加熱保溫設備。經連續 3 天之寒流，水溫降至 7℃ 之後清池檢查尚活存 57.55%，當時（'86.1.15）並無發現凍昏死亡者，可見在水泥池中越冬貯養過程自然死亡率甚高；'86.1.15 測定之體長為雄蝦 13.75 公分，雌蝦為 14.78 公分。體重雌蝦為 48.72 公克，與親代相同雌體型較大；測定時之 PLD 為 239 天（表 4）。

表 4 草蝦×紅尾蝦雜交子代之育成結果

Table 4 Survival rate, growth in body length (BL) & body weight (BW) showed as Mean ± SE (range) of hybrids of *Penaeus monodon* x *P. penicillatus*.

Date	Production pond A (0.8 ha.)			Overwintering pond A (25-T)
	'85,7,17	'85,8,17	'85,11,21	'86,1,15
PLD(days)	57	88	184	239
BL (cm)	7.21 ± 0.10 (8.39 - 6.08) n=29	9.05 ± 1.67 (10.72- 7.38) n = 2	14.86 ± 0.85 (15.71- 14.01) n = 2	M: 13.75 ± 0.19 (15.02- 13.05) n = 11* F: 14.78 ± 0.24* (15.60 - 13.31) n = 8*
BW (g)	5.28 ± 0.20 (8.00- 3.32) n=29	11.99 ± 0.52 (12.52-11.47) n=2	47.80 ± 9.85 (57.66- 37.95) n=2	M: 38.64 ± 1.58 (48.84- 31.69) n = 11* F: 48.72 ± 3.10 (64.79- 33.66) n = 8*
Survival rate (%)	—	—	97	57.55

* M: Male, F: female.

P. penicillatus × *P. monodon* 中間育成至 PLD 66 時尚有 2,000 尾，活存率 57.14 %。於 '85.7.16 放養於 B 池，放養時之體長為 4.04 公分，體重 1.01 公克，'85.8.17 PLD 98 體長為 8.95 公分，體重 9.80 公克，養至 '85.11.21 之 PLD 為 194 天清池，雄體長 12.25 公分，雌稍大為 12.63 公分，雄體重 22.00 公克，雌為 24.54 公克活存率 96.2%。清池移入八角池越冬至 '86.1.11 清池（大寒流後）活存率 98%，雌雄體型差距稍拉大；雄體長 12.75，雌為 13.36 公分，雄體重 24.97，雌 29.41 公克（表 5）。由前述可知 *Penaeus penicillatus* × *P. monodon* 越冬蓄養成績高於 *P. monodon* × *P. penicillatus*。

表 5 紅尾蝦×草蝦雜交子代之育成結果

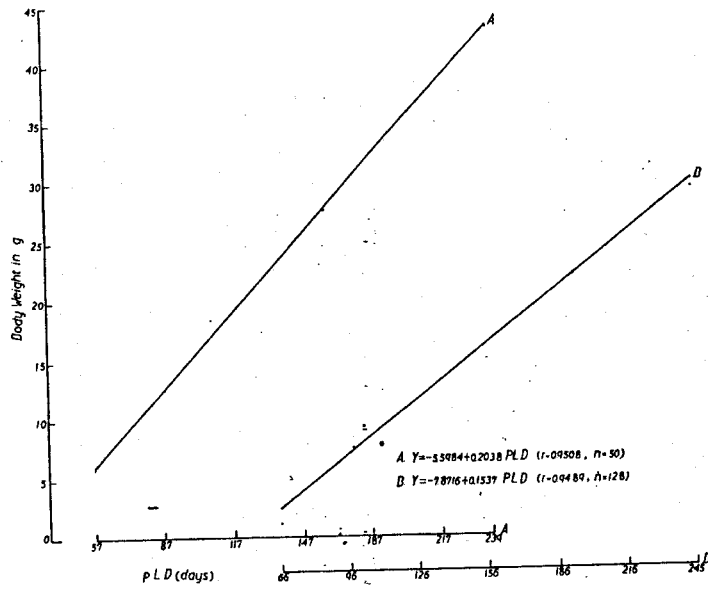
Table 5 Survival rate, growth in body length (BL) & body weight (BW) showed as Mean±SE (range) of hybrids of *Penaeus penicillatus* × *P. monodon*.

	Production pond B (0.8 ha.)			Overwintering pond B (25-T)
Date	'85,7,16	'85,8,17	'85,11,21	'86,1,11
PLD (days)	66	98	194	245
BL (cm)	4.04±0.18 (7.25 - 2.68) n=30	8.95±0.43 (10.72- 7.38) n=7	M: 12.25±0.05 (13.17-11.14) n=42 F: 12.68±0.08 (13.33-11.03) n=30	M: 12.75±0.1 (13.39-11.24) n=20* F: 13.36±0.19 (31.00-20.00) n=16*
BW (g)	1.01±0.19 (4.78 -0.28) n=30	9.8±1.27 (15.57-5.27) n=7	M: 22.00±0.29 (24.65-17.46) n=42 F: 24.54±0.49 (27.89-15.70) n=30	M: 24.97±0.96 (14.21-11.89) n=11* 29.41±2.07 (38.00-20.00) n=7*
Survival rate (%)	—	—	96.2	98

*M: male, F: female.

上述雜交子代體重與 PLD 日齡間之關係如圖 2，*P. penicillatus* × *P. monodon* 之關係式為體重（公克）= -7.8716 + 0.1537 PLD（天數）（ $r=0.9489$ ， $n=128$ ）。*P. monodon* × *P. penicillatus* 之關係式為體重（公克）= -5.5984 + 0.2038 PLD（天數）（ $r=0.9508$ ， $n=50$ ）。雜交子代體長與體重之對數相關如圖 3 及圖 4，*P. penicillatus* × *P. monodon* 為 $\text{Log}_y(g) = -1.8664 + 2.9550 \text{Log } x$ （公分）；（ $r=0.9980$ ， $n=128$ ）。*P. monodon* × *P. penicillatus* 為 $\text{Log}_y(g) = -1.9030 + 3.0576 \text{Log } x$ （公分）；（ $r=0.9898$ ， $n=50$ ）。

畸形之雜交子代經塢中育成至成蝦後在清池測定體型及肥滿度與正常雙眼雜交子代比較如表 6，雄蝦單眼雜交子代 *P. monodon* × *P. penicillatus* 之體型與肥滿度比雙眼正常稍小，*P. penicillatus*



A : *P. monodon* × *P. penicillatus*, B : *P. penicillatus* × *P. monodon*

圖 2 草蝦與紅尾蝦雜交子代體重 (BW) 與日齡 (PLD) 之直線相關
 Fig. 2 Relationship between body weight (BW) in g and age after post larva in days (PLD) of hibrids of *Penaeus monodon* x *P. penicillatus* and *Penaeus penicillatus* x *P. monodon*.

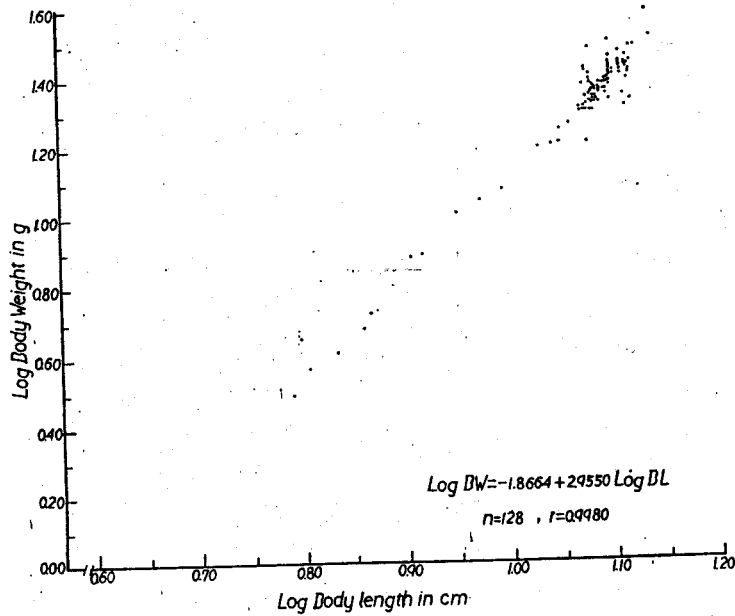


圖 3 紅尾蝦×草蝦雜交子代體重 (BW) 與體長 (BL) 之對數相關
 Fig. 3 Relationship between log body weight (BW) in g and log body length (BL) in cm of *Penaeus penicillatus* x *P. monodon*.

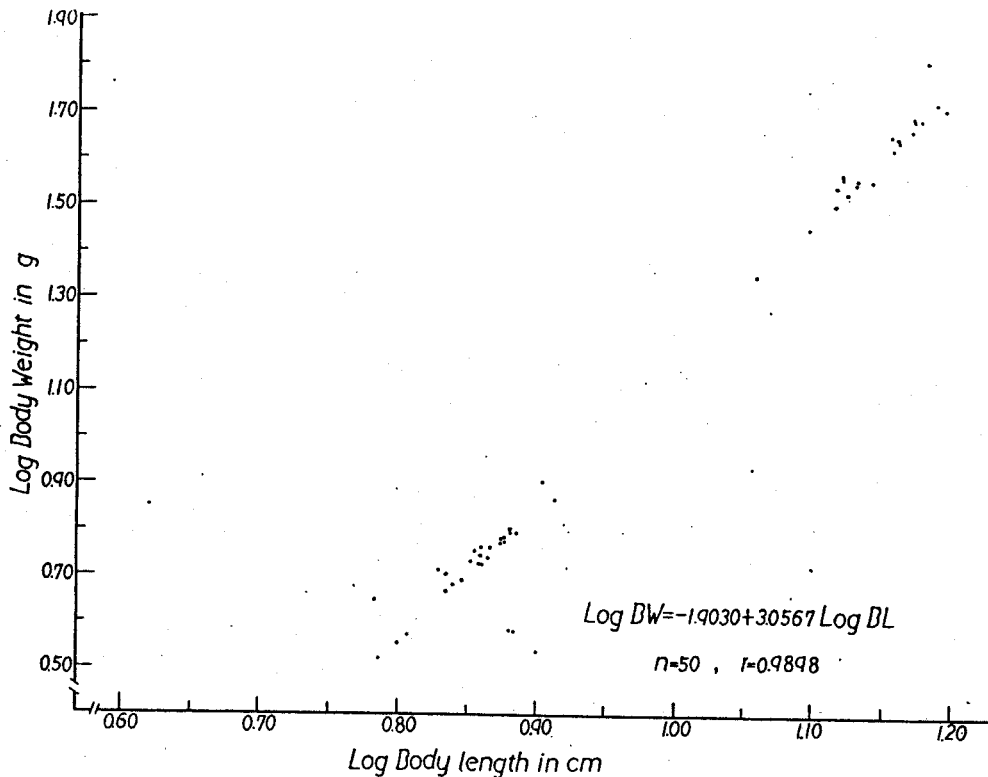


圖 4 草蝦×紅尾蝦雜交子代體重 (BW) 與體長 (BL) 之對數相關

Fig. 4 Relationship between log body weight (BW) in g and log body length (BL) in cm of *Penaeus monodon* x *P. penicillatus*.

× *P. monodon* 亦有相同之結果。雌蝦體長均比變眼正常者小，唯體重及肥滿度反而有較高之測定值。

在型態學方面的測定結果如下：

額齒式：額胸殼長 (CL) 1.30 ± 0.04 (1.84 ~ 0.73) 公分之 *P. penicillatus* × *P. monodon* 上緣額齒數 6 ~ 8，多數為 7 佔 92.86%，6 與 8 佔極少數僅 3.57%，下緣額齒數 3 ~ 4，多數為 4 佔 92.86%，3 僅佔 7.14%。在 *P. monodon* × *P. penicillatus* 方面 CL 2.00 ± 0.02 (2.30 ~ 1.71) 之子代上緣額齒數及所佔的百分與 *P. penicillatus* × *P. monodon* 完全相同，下緣齒數則不盡相同為 2 ~ 4；以 3 為多數佔 85.72%，4 反而佔極少比例，僅 3.57%，2 所佔比例比 4 高為 10.71% (表 7)。

各項指數測定：在 PLD 57，66 及 245 天時各別測定頭胸長指數 (CLI)、頭胸寬 (LWI)、額角長指數 (RI) 結果如表 8：*P. penicillatus* × *P. monodon* 在 PLD 66 天時 CLI = 25.49 ± 0.17 (27.23 ~ 24.31)，CWI = 56.53 ± 1.54 (96.46 ~ 43.11)。*P. monodon* × *P. penicillatus* 在 PLD 57 天數 CLI = 27.77 ± 0.26 (29.70 ~ 21.87)，CWI = 52.70 ± 0.89 (58.00 ~ 30.49)。*P. penicillatus* × *P. monodon* 在 245 天時雌蝦 CWI = 53.37 ± 1.26 (57.27 ~ 46.43)，雄蝦 CWI = 51.88 ± 3.29 (55.64 ~ 44.28)。雌蝦 CLI = 26.07 ± 0.93 (27.48 ~ 24.60)、雄蝦 CLI = 24.88 ± 0.16 (28.87 ~ 22.24)。雌蝦 RI = 65.51 ± 0.78 (77.19 ~ 60)、雄蝦 RI = 72.34 ± 1.00 (87.86 ~ 55.17)。

表 6 天生單眼柄與正常雜交子代之體型與肥滿度比較

Table 6 Comparing the size and condition factor of flesh (CF) of heteromorphic single eyestalk hybrids with those of normal hybrids. Data indicated as Mean \pm SE (range).

	<i>P. monodon</i>	\times <i>P. penicillatus</i>	(PLD239)
	BL (cm)	BW (g)	CF
Heteromorphic:			
Male	13.32 \pm 0.14 (13.81-13.04) n=5	34.91 \pm 0.88 (36.83-31.69) n=5	19.66 \pm 0.48 (21.07-18.60) n=5
Female	14.52 \pm 0.41 (15.16-13.41) n=4	49.05 \pm 6.35 (64.79-33.66) n=4	22.93 \pm 1.91 (28.19-19.00) n=4
Normal:			
Male	14.11 \pm 0.27 (15.02-13.18) n=6	41.75 \pm 2.10 (48.84-36.79) n=6	20.87 \pm 0.41 (22.04-19.22) n=6
Female	15.05 \pm 0.27 (15.60-14.43) n=4	48.40 \pm 2.13 (52.73-43.63) n=4	21.31 \pm 0.29 (22.20-20.95) n=4
Heteromorphic:			
Male	12.90 \pm 0.09 (13.00-12.81) n=2	22.50 \pm 2.50 (25.00-20.00) n=2	13.53 \pm 1.70 (15.23-11.83) n=2
Female	12.00 n=1	29.91 n=1	20.77 n=1
Normal:			
Male	12.61 \pm 0.18 (13.39-11.24) n=11	24.97 \pm 0.96 (31.00-20.00) n=11	15.69 \pm 0.57 (19.25-11.74) n=11
Female	13.04 \pm 0.37 (14.00-11.89) n=6	29.33 \pm 2.45 (38.00-20.00) n=6	17.08 \pm 0.82 (20.09-14.07) n=6

*CF = $BW^2 / BL \times 100$. BW: g BL: cm

表7 雜交子代之額角齒式及Mean ± SE之頭胸甲長

Table 7 Rostral spine formula and Mean ± SE (range) carapace length (CL) of *Penaeus penicillatus* × *P. monodon* and *P. monodon* × *P. penicillatus*.

Hybrids	<i>P. penicillatus</i> × <i>P. monodon</i>			<i>P. monodon</i> × <i>P. penicillatus</i>		
	Dorsal spine (%)	6 (3.57)	7 (92.86)	8 (3.57)	6 (3.57)	7 (92.86)
Ventra spine (%)	3 (7.14)		4 (92.86)	2 (10.71)	3 (85.72)	4 (3.57)
CL (cm)	1.03 ± 0.04 (1.84-0.73)			2.00 ± 0.02 (2.30-1.71)		
Individuals observed	30			29		

表8 雜交子代頭胸甲長與寬

Table 8 * Carapace length Index (CLI), Carapace width Index (CWI), Rostral Index (RI), of hybrids, *Penaeus penicillatus* × *P. monodon* and *P. monodon* × *P. penicillatus*. Data showed as Mean ± SE (range).

	<i>P. penicillatus</i> × <i>P. monodon</i>		<i>P. monodon</i> × <i>P. penicillatus</i>
	PLD 66	PLD 245	PLD 57
CLI	25.49 ± 0.17 (27.23-24.31) n=29	F: 26.07 ± 0.93 (27.48-24.60), n = 30 M: 24.88 ± 0.16 (28.87-22.24), n = 42	27.77 ± 0.26 (29.70-21.87) n=29
CWI	56.53 ± 1.54 (96.46-43.11) n=30	F: 53.37 ± 1.26 (57.27-46.43), n = 30 M: 51.88 ± 3.29 (55.64-44.28), n = 42	52.70 ± 0.89 (58.00-30.49) n=29
RI	-	F: 65.51 ± 0.78 (77.19-60.00), n=25 M: 72.34 ± 1.00 (87.86-55.17), n = 37	

* F: female, M: male.

CLI = length of carapace / body length × 100

CWI = width of carapace / length of carapace × 100

RI = length of rostrum / length of carapace × 100

成熟及剪眼誘導卵巢成熟：雜交子代在成熟體型時切除單眼柄誘導卵巢發育之試驗中，試蝦在一個月中相繼死亡，而其GSI並沒進展僅0.56左右。在PLD245天時解剖雄蝦*P. penicillatus* × *P. monodon*之生殖腺結果如表9，GSI = 0.50 ± 0.03 (0.99 ~ 0.08)，精巢重 31.06 ± 5.03 (159.6 ~ 0.9) mg、輸精管重 67.21 ± 6.26 (141.9 ~ 25.6) mg、精莖重 15.42 ± 1.62 (37.7 ~ 1.5) mg。上述二雜交子代在養成過程投網採捕及清池時檢查 thelycum均無發現有交配者。

表9 雌雜交子代(紅尾蝦×草蝦)生殖腺測定

Table 9 * Maturation of male hybrids of *Penaeus penicillatus* × *P. monodon*.

BL(cm)	12.25 ± 0.05 (13.17 - 11.14), n = 42
BW(g)	22.00 ± 0.29 (24.65 - 17.46), n = 37
TW(mg)**	31.06 ± 5.03 (159.6 - 0.90), n = 42
VW(mg)**	67.21 ± 6.26 (141.9 - 25.60), n = 42
SW(mg)**	15.42 ± 1.62 (37.70 - 1.50), n = 35
GSI	0.50 ± 0.03 (0.99 - 0.08), n = 42

* Data showed as Mean ± SE (range).

** TW: Weight of total testies.

VW: Weight of total vesticular seminalis.

SW: Weight of total spermatophores.

討 論

本試驗利用海水蝦進行雜交，雌草蝦×雄紅尾蝦22次中成功6次，受精率平均44.52%，孵化率比受精率平均低下 12.09 ± 3.09 (24.48 ~ 6.11) 此與親代通常相差3~5%差別很大。孵出之無節幼蟲雖高達610,000尾却僅育成PL20子代375尾，育成率甚為低下(表1)，在雌紅尾蝦×雄草蝦方面亦相同。雜交子代幼生大都在Z₃~M₁之間死亡，可見雜交子代不只孵化率比受精率顯著低下且其幼生亦較親代難於培育。本試驗中紅尾蝦×草蝦成功率較草蝦×紅尾蝦，主要是紅尾蝦臍(the-lycum)小而草蝦精莖大必須剪半或更小塊移植操作較困難且易流失，另外，當時購自布袋海港之天然雌草蝦精莖單位重量精子量平均為 0.29×10^6 /mg，天然雌紅尾蝦為前者之51.27倍，平均為 14.87×10^6 /mg(未發表)，雜交×紅尾蝦所移植之紅尾蝦精莖2~4個。由上述原因推斷精子濃度不足可能是紅尾蝦×草蝦較難成功之主因。利用塢中自行培育之雌草蝦與雌紅尾蝦雜交共進行8次均告失敗，原因與上述相同，因當時塢育紅尾蝦之精莖單位重量之精子含量平均僅 0.81×10^6 /mg(未發表)為過去所用海蝦之1/18.35。

雜交子代有相當高畸形率約20%，其中身體彎曲幼生大都在Z₃之前死亡，能育成至成蝦者大多數為天生單眼柄者，身體彎曲者僅活存1尾。天生單眼子代在幼生時就可發現其缺眼柄處被一根 antennule-like flagellum 所取代，此為極不尋常之畸形現象，根據Ravindranath (1978)，Von Buddenbrock 曾提及Milne Edwards 曾先在1984年描述一尾 *Palinurus* 左眼被一長條 antenna-like flagellum 所取代，Hofer 在1894年描述一尾蟹蝦(Crayfish)右眼被一根 antennule-like structure

所取代。Ravindranath (1978) 描述一尾淡水蝦 *Caridina weberi sumatrensis* De Man 右眼被一根俱有一基節及二根不等長及節數之鞭節所取代。根據 Ravindranath (1978), Herbst (Vide Von Buddenbrock, 1954 and Bliss, 1960) 在 *Palaemon* Sp. 切除單眼柄後可以人工誘發出上述現象。根據筆者及多位業者表示在 *Penaeus monodon*, *P. Penicillatus* 切除單眼柄不會長出上述之鞭節物。此次雜交子代一眼被 Antennule-like flagellum 所取代屬雜交子代之一種畸形現象。而其中一尾 *P. penicillatus* × *P. monodon* 僅俱單眼柄但前端左右各長一複眼，即單眼柄變複眼且生於額角之正下方更屬罕有為過去所不曾發現者（相片 1-4）。

雜交天生單眼柄子代之體型在清池時與雙眼柄雜交子代比較，在 *P. monodon* × *P. penicillatus* 方面，雌雄蝦體長皆微小於雙眼正常者，而在 *P. penicillatus* × *P. monodon* 方面却有相反之結果，唯其間之差異以 t-test 測定結果並不顯著，在體重方面單眼者雌蝦皆高於雙眼者但差異不顯著，雌蝦與雄蝦結果相反體重較輕，其間 *P. monodon* × *P. penicillatus* 單眼者比雙眼者低下 6.84 公克，並有顯著之差異（ $t = 3.01 > t' = 2.60$ $P = 0.050$ ；表 6 及表 6-1）。根據 Zeleny (1905) 切除眼柄會縮短脫皮間期，在龍蝦方面不僅如此尚可使體重增加比對照組大（Castell et al, 1976、1977。葉等 1980，鐘等 1981），但本試驗中雜交天生單眼柄者並無此趨向。Panouse (1943) 自內分泌的觀點研究發現蝦切除單眼柄能使 X-sinus 複合器官降低功能促使 Y 器官加強分泌卵巢及脫皮促進賀爾蒙，根據 Castell et al (1976) 及鍾 & 林 (1980) Brown 及 Cunningham 在 1939 年，Passano 在 1960 年及 Trider et al 在 1979 年指出眼柄切除後甚少能活過第 3 次脫皮。本試驗中之天生單眼幼生長至

表 6-1 天生單眼柄與正常雜交子代間之體型與肥滿度，以 t-test 分析

比較結果

Table 6-1 Results of t-test on the size and condition factor of flesh (CF) of hybrids of *Penaeus monodon* × *P. penicillatus* and *P. penicillatus* × *P. monodon*.

Between heteromorphosis and normalcy in eyestalk		
	<i>P. monodon</i> × <i>P. penicillatus</i>	<i>P. penicillatus</i> × <i>P. monodon</i>
BL:	M: $t = 2.63 < t' = 12.04$, NS F: $t = 1.12 < t' = 3.18$, NS	$t = 1.52 < t' = 4.52$, NS
BW:	M: $t = 3.01 > t' = 2.60$, * F: $t = 0.97 < t' = 3.18$, NS	$t = 0.93 < t' = 11.32$, NS
CF:	M: $t = 1.92 < t' = 2.68$, NS F: $t = 0.84 < t' = 3.18$, NS	$t = 1.20 < t' = 11.57$, NS
Between <i>P. monodon</i> × <i>P. penicillatus</i> & <i>P. penicillatus</i> × <i>P. monodon</i> of normalcy		
	Male	Female
BL:	$t = 4.83 > t' = 3.77$, **	$t = 2.05 < t' = 2.09$, NS
BW:	$t = 7.29 > t' = 4.44$, **	$t = 5.86 > t' = 4.80$, **
CF:	$t = 4.83 > t' = 3.77$, **	$t = 4.86 > t' = 4.22$, **

NS: not significant * : significant ** : highly significant.

成蝦推測其脫皮應不兒3次其長成之體型與正常雙眼雜交子代並無差異且並無發現有卵巢發達者，故可推斷其與人工切除單眼柄之蝦不同無法加速脫皮及促進卵巢發育，且與雙眼正常者相同可以生活得久長。

P. monodon × *P. penicillatus* 在8月中旬時體重平均在11.99公克(50.04尾斤)經96天，在11月21日清池時已長到平均47.80公克(12.55尾斤)；表4. *P. penicillatus* × *P. monodon* 在8月中旬時體重9.80公克(61.22尾斤)，同樣經過96天清池雄蝦已長成22.00公克(27.27尾斤)、雌為24.54公克(24.44尾斤)。若以雜交子代間相比，*P. monodon* × *P. penicillatus* 方面較快速，除了雌蝦體長無顯著差異外，在體重及肥滿度皆有極顯著差異(雄蝦BW: $t = 7.29 > t' = 4.44$ ，雌 $t = 5.86 > t' = 4.80$ ，CF: $t = 4.83 > t' = 3.77$ ，雌 $t = 4.86 > t' = 4.22$ ， $P = 0.010$)。雜交子代成長偏向親代母系(草蝦成長在中蝦後比紅尾蝦快速：劉1987)。比較雜交子代 *P. penicillatus* × *P. monodon* 與相同放養密度編號 '86 - F₁ - D₂ 紅尾蝦成長(發表中)之PLD(變後期幼蟲算起之日齡)與體重之 $Y = a + bx$ 關係式中之 b 值，'86 - F₁ - D₂ b 值 0.0900，*P. penicillatus* × *P. monodon* b 值 0.1517(圖2)有極顯著之差異($t = 12.6554 > t' = 3.2905$ ， $P > 0.001$)，即雜交子代有比親代母系成長快速之趨勢。*P. monodon* × *P. penicillatus* 之子代與親代母系 '86 - F₁ - D₂ 之 b 值('86 - F₁ - D₂ 成長，發表中)各為 0.2038 及 0.2016，其間之差異並不顯著($t = 0.1333$ ， $P < 0.500$)，綜合上述各點並就成長而論紅尾蝦與雄草蝦之雜交子代可以改進紅尾蝦品種。

雜交子代在養成過程及清池時檢查皆未發現有交配者。以 *P. penicillatus* × *P. monodon* 為例，雌成蝦體型及養殖期間均大於壩蝦 *P. penicillatus* 之交配時生物最小體型甚多(表9、10)但均沒發現有交配者，壩中養殖之雌紅尾蝦體重15.98公克就會與平均體重16.66公克之雄蝦交配，檢查雜交子代雌蝦之GSI為0.50比生物最小體型雌蝦0.95低下(表9、10)。雌雜交子代亦會形成精英，平均一對精英重15.42mg與生物最小體型者，平均14.97mg相當，但其輸精管平均67.21mg則為生物最小體型平均36.63mg之1.83倍，其差異極顯著($t = 4.43 > t' = 2.88$ ， P 為0.010)，紅尾蝦之精英在射出體外後雌蝦會再形成精英，而輸精管之重量會隨精英再生之次數而遞減(未發表)，由上之理由可以認定雜交子代在清池前尚未射出之現象，亦即沒發現交配行為，此點與外觀檢查母蝦之臍無交配現象之結果相吻合。雜交雌成蝦在剪眼柄後亦無法誘導卵巢成熟，綜合上述討論筆者推斷雜交子代可能無生殖能力。

型態方面，雜交子代 *P. penicillatus* × *P. monodon* 及 *P. monodon* × *P. penicillatus* 上額齒數均為6~8，以7為多數，此與親代母系(游1986, Motosh 1981)相同，且所佔百分比亦完全相同(表7)與親代結果符合(表7-1)。在下齒數方面 *P. penicillatus* × *P. monodon* 雖與親代母系同為了3-4但以4佔絕對多數(92.86%)與親代3(56%)比4(44%)高之情況迥異，與父系3佔83.34%，情況亦不同。*P. monodon* × *P. penicillatus* 下齒2-4以3為多數(表7)偏向親代母系(表7-1)。由表8及對親代所測定之結果表8-1可知在額角長指數(RI)方面 *P. penicillatus* × *P. monodon* 雌蝦比親代母系小但比父系大(紅尾蝦86.44 > 雜交72.34 > 草蝦68.45)其間差異與母系紅尾蝦比較極顯著($t = 7.34 > t' = 2.77$ ， P 為0.010)與父系草蝦亦有顯著差異($t = 2.72 > t' = 2.04$ ， P 為0.050)。雌蝦雜交子代額角長指數皆比親代低下(紅尾蝦82.79 > 草蝦68.49 > 雜交65.51)，與親代父系草蝦有顯著差異($t = 2.29 > t' = 2.09$ ， P 為0.050)與親代母系有極顯著差異($t = 17.10 > t' = 2.77$ ， P 為0.010)綜合上述可見雜交雌子代之額角長比親代有顯著縮小，而雄子代則介於紅尾蝦與草蝦之間；表8、10-1。在頭殼長指數(CLI)方面 *P. penicillatus* × *P. monodon* 比親代低下(草蝦29.20 > 紅尾蝦26.46 > 雜交25.49)；表10、10-1，並且均有極顯著之差異(與草蝦比較 $t = 18.55 > t' = 2.73$ P 為0.010。與紅尾蝦比較 $t = 4.04 > t' = 2.75$ ， P 為0.010)，此對品種改良就商品價值上有正面的效益，因為在商品上一直希望頭部

表 10 塢紅尾蝦生物最小體型（有交配能力者），之生殖腺、精子數測定
 Table 10 * Biological minimum size for sexual maturity; enable
 to copulate of pond cultured red-tail shrimp, *Penaeus
 penicillatus*. Data showed as Mean±Se(range) '86,6,20.
 Pond 2.

	Female	Male
BL(cm)	11.39±0.09 (12.06-10.97), n=12	10.99±0.23 (12.13-10.30), n=7
BW(g)	18.12±0.72 (21.31-15.98), n=12	16.66±1.17 (21.92-14.75), n=7
CWI	56.00±1.20 (57.95-52.87), n=4	-
CLI	25.42±0.04 (25.54-25.36), n=4	-
TI	101.13±1.97 (104.76-97.56),n=4	-
TW(mg)	-	33.02±7.27 (57.80-16.60), n=5
VW(mg)	-	36.63±9.86 (81.70-17.70), n=6
SW(mg)	-	-
GSI	-	0.95±0.15 (1.49-0.62), n=5
SCS(x10)	-	282.08±163.89 (1096-56), n=6
SCV (x10)	-	352.22±153.07 (1540-28), n=11
SCT (x10)	152, n=1	-

* BL: body length. BW: body weight. TW: weight of total testis.

CWI = width of carapace / length of carapace x 100.

CLI = length of carapace / body length x 100

TI = width of thelycum / height of thelycum

VW = Weight of total vesticular seminalis.

SW: Weight of total spermatophores.

SCS: Spermatozoa contained in the spermatophore.

SCV: Spermatozoa contained in the vesticular seminalis.

SCT: Spermatozoa contained in the thelycum.

能佔越小比例越好。

P. monodon × *P. penicillatus* 之 CLI 比草蝦小並有顯著差異 ($t = 5.32 > t' = 2.04$, P 為 0.010)，故草蝦亦可經由雄紅尾蝦之雜交而使頭部變小。在頭殼寬指數 (CWI) 方面，*P. penicillatus* × *P. monodon* 均大於親代但差異不顯著（與草蝦比 $t = 0.83 < t' = 2.04$, P 為 0.050。與紅尾蝦比 $t = 1.31 < t' = 2.04$, P 為 0.050）。*P. monodon* × *P. penicillatus* 雜交子代之 CWI 指數均比親代小並有極顯著差異（與草蝦比 $t = 10.54 > t' = 2.66$, P 為 0.010。與紅尾蝦比 $t = 6.28 > t' = 2.66$, P 為 0.010）即草蝦之頭部寬同頭部長相同可經由紅尾蝦雜交而變小。在體色方面 *P. monodon* × *P. penicillatus* 體色較草蝦淺，唯沒有顯著差異，而紅尾蝦體色較親代為深，蝦類的體色雖養殖

表 10-1 塏草蝦、紅尾蝦體型，頭胸甲長殼、額角長指數
 Table 10-1. Body length (BL), body weight (BW), carapace width index (CWI), carapace length index, and rostrum index (RI) of pond cultured male shrimp, *Penaeus monodon* and *P. penicillatus*.

Data showed as Mean SE (range)

	<i>P. monodon</i>	<i>P. penicillatus</i>
BL (cm)	F: 9.95 ± 0.11 (11.00 - 9.20) n=30 M: 9.87 ± 0.10 (10.96 - 9.16) n=29	9.78 ± 0.05 (10.26-9.17) n=29 9.94 ± 0.05 (10.65- 9.19) n=31
BW(g)	F: 13.88 ± 0.50 (19.40-9.20) n=30 M: 13.51 ± 0.40 (18.21-9.99) n=29	12.76 ± 0.21 (15.29-10.15) n=29 12.67 ± 0.21 (14.55-9.33) n=31
CWI	F: 55.23 ± 0.34 (58.75-51.09) n=30 M: 55.23 ± 0.36 (58.88-50.00) n=29	54.52 ± 0.22 (58.09-51.26) n=30 54.43 ± 0.60 (65.09-51.44) n=22
CLI	F: 29.26 ± 0.19 (32.50-27.71) n=30 M: 29.13 ± 0.11 (30.15-28.13) n=29	26.90 ± 0.12 (28.20-24.44) n=34 25.81 ± 0.25 (26.80-20.52) n=23
RI	F: 68.49 ± 1.04 (75.32-61.24) n=18 M: 68.45 ± 1.03 (77.90-54.48) n=25	82.79 ± 0.65 (92.93-76.76) n=35 86.44 ± 1.65 (112.26-67.31)n=24

* BL : body length. BW: body weight.
 CWI: width of carapace / length of carapace x 100
 CLI: length of carapace / body length x 100
 RI : length of rostrum / length of carapace x 100

表 7-1 紅尾蝦、草蝦之額角齒式及 Mean ± SE 頭胸甲長
 Table 7-1 Rostral spine formula and Mean ± SE(range)
 carapace length (CL) of *Penaeus penicillatus*
 and *P. monodon*.

Species	<i>P. penicillatus</i>			<i>P. monodon</i>		
	6	7	8	6	7	8
Dorsal spine (%)	(16)	(72)	(12)	(4.76)	(94.48)	(4.76)
Ventra spine	3 (56)	4 (44)		1 (2.38)	2 (14.28)	3 (83.34)
CL (cm)	2.11 ± 0.05	(2.93-1.57)		2.86 ± 0.02	(3.17-2.53)	
Individuals observed		26			42	

環境變化很大，故從外觀無法加以討論。本試驗獲得背部至尾尖皆呈艷紅色之草蝦×紅尾蝦無法育至成蝦感到可惜，傳聞民間亦曾發現有背部呈紅色，草蝦（非雜交子代，認為是種突變），但是因為不曾見過亦沒人將之拍照發表，故無法與本雜交試驗所做之背部至尾尖皆呈艷紅色之雜交子代做比較是筆者深以為憾者。

經由上述之結果及討論獲得下列4點結論：

- 一、用精英移植的方法可以做出草蝦與紅尾蝦的雜交子代，唯雜交成功的機制尚不明瞭，且如何提高孵化率及育成率尚有待進一步的努力。
- 二、雜交子代頭胸殼所佔之比例比親代為小，是雜交子代較明顯的優勢。
- 三、雜交子代尤其是雌紅尾蝦經雄草蝦雜交後成長較快速，此帶來我們對品種改良一線希望。
- 四、雜交子代天生單眼柄者在缺眼處被一根 *antennule-like flagellum* 所取代為蝦類之一種極不尋常之畸形，但其活存與成長與正常雙眼者無異，此與經人工切除單眼柄者有極大之差異，此是否意味著該 *antennule-like flagellum* 與正常之眼柄有 *X-sinus* 複合器官之功能值得再進一步探討及證實。

摘 要

本篇報導利用精英移植方法進行紅尾蝦及草蝦之雜交，及雜交子代成長與形態與親代間之觀察比較，結果摘要如下：

- 一、雌草蝦×雌紅尾蝦共孵出 N_1 子代 610,000 尾，育至 PL 57 只剩 200 尾。雌紅尾蝦×雌草蝦共孵出 N_1 子代 70,000 尾，育至 PL 66 只剩 2,000 尾。雜交成功之親代均為天然海蝦，塢蝦親代尚無雜交成功之記錄。
- 二、雜交子代發現有極不尋常的畸形現象，即天生單眼柄之雜交子代在缺眼處被一根 *antennule-like flagellum* 所取代，並發現有僅具單眼柄雙復眼者。眼柄畸形之雜交子代與正常雙眼柄雜交子代之成長無顯著差異。
- 三、雜交子代育成至成蝦其體型雖大於親代塢蝦交配之生物最小體型亦無發現有交配者，且雌蝦經單眼柄切除亦無法誘導卵巢成熟，雜交子代可能無生殖能力。
- 四、雜交子代頭胸殼所佔之比例比親代小，額齒式及額角長亦與親代不同尤其後者更有顯著之差異。
- 五、雜交子代之成長有比親代快之趨勢其間並有顯著有差異。

謝 辭

本試驗經費來自農委會之補助計畫。筆者在此要感謝台南分所所有種蝦培育研究室工作同仁的合心協心，尤其是曾寶順、林國彥先生，若非他們的鼎力協助，本研究工作將無法如期順利完成。

參考文獻

1. Berrill M. (1985). Laboratory induced hybridization of two crayfish species, *Orconectes rusticus* and *O. propinquus*. *Journal of Crustacean Biology*, 5(2), 347-349.
2. Castell J. D., J. C. Mauviot and J. F. Covey (1976). The use of eyestalk ablation in maturation studies with american lobster (*Homarus americanus*). *Seventh Meeting World Mariculture Society*, 2, 431-441.
3. Castell J. D., J. F. Covey, D. E. Aiken and S. L. Waddy (1977). The potential

- for eyestalk ablation as a technique for accelerating growth of lobster, (*Homarus americanus*) for commercial culture. Eighth Meeting World Mariculture Society, 3, 895 - 914.
4. Criddle K. R, and E. S. Chang (1985). Effects of container transparency and reflectivity upon oxygen consumption of hybrid lobsters, *Aquaculture*, 47, 373 - 376.
 5. Lin M. N. (1986). Electrically induced ejaculation and spermatophore transplantation in red-tail shrimp, *Penaeus penicillatus* Alock. Proceedings of the Symposium on Marine Biological Science, Biology Research Center, National Science Council monograph series, 14, 209 - 221.
 6. Lin M. N., Y. Y. Ting (1986). Spermatophore transplantation and artificial fertilization in grass shrimp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 52(4), 585 - 589.
 7. Motoh H. (1981). Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon* in the Phillipines. SEAFDEC Aquaculture Department Tigbauan, Iloilo, Phillipines, 1289.
 8. Panouse J. B. (1943). Influence del ablation du pedoocle oculaire sur la croissance del ovaire chez la Crevette *Leander serratus* Comptes Rendus Hebdomadaires del Academie des Sciences, 217, 553 - 555.
 9. Ravindranath K. (1978). An unusual abnormality in a freshwater shrimp (Decapoda, Atyidae). *Crustaceana*, 35(1), 92 - 93.
 10. Sandifer P. A., T.I.J. Smith (1979). A method for artificial insemination of *Macrobrachium* prawns and its potential use in inheritance and hybridization studies. Proc. World Mariculture Society, 10, 403 - 418.
 11. Zeleny, C. (1905). Compensatory regulation. *Journal of Experimental Zoology*, 2, 1 - 105.
 12. 林明男、丁雲源 (1984). 草蝦生殖器官及精英移植人工授精研究。台灣省水產試驗所 130P.
 13. 林明男、丁雲源 (1986). 蝦類標識改進。台灣省水產試驗所試驗報告, 41, 207 - 212.
 14. 林明男 (1987). 草蝦、紅尾蝦精英及輸精管移植人工授精。養蝦總覽。台灣、台北, 養魚世界雜誌社, 79 - 88.
 15. 林森津 (1980). 金綫蝦與泰國淡水大蝦雜交試驗及其子代特徵。中國水產, 312, 23 - 25.
 16. 陳建初、張昕照 (1979). 金綫蝦與其幼苗生長過程之形態特徵。中國水產, 321, 14 - 20.
 17. 游祥平、陳天任 (1986). 原色台灣對蝦圖鑑。台北南天書局 183P.
 18. 葉光薰、林忠仙、鍾國仁 (1981). 海水塩度與眼柄切除對龍蝦 (*Panulirus japonicus*) 成長影響試驗。台灣省水產試驗所試驗報告, 32, 637 - 643.
 19. 廖一久、村井正 (1987). 台灣草蝦養殖業成功的因素與今後發展的課題。養蝦總覽, 台北養魚世界雜誌社, 41 - 53.
 20. 劉柏興 (1987). 水質對土池中高密度飼育紅尾蝦成長的影響。中國水產, 411, 24 - 32.
 21. 鍾國仁、林忠仙 (1981). 單雙眼柄切除促進刺龍蝦 (*Panulirus japonicus*) 成長之效果。台灣省水產試驗所試驗報告, 33, 703 - 709.