

## 罽苗人工培育之研究

### II. 輪蟲及豐年蝦無節幼蟲在罽苗培育上之餌料價值

鄭金華\*\*·陳弘成\*

#### Studies on the Larval Rearing of Serrated Crab, *Scylla serrata*

##### II. The Food Value of Rotifer, *Brachionus* sp., and *Artemia* Nauplii in the Rearing of Zoeae

Jin-Hua CHENG\*\* and Hon-Cheng CHEN\*

(Received June, 1985)

Two diets, rotifer, *Brachionus* sp., and *Artemia* nauplii were tested on zoeae of *Scylla serrata* and the following results were obtained.

The survival rate of early zoeal stages was high when fed only with rotifer, especially at a density of 25 no./cc, but the larvae could not reach megalopa stage. For zoea fed only with *Artemia* nauplii, mass mortality were obtained in early zoeal stages, but successful and complete metamorphosis did occur in some zoeae.

Zoeal metamorphosis to megalopa stage was possible for zoea fed with rotifer and then *Artemia* nauplii added as supplement within 10 days after hatching. However, none of the zoea could complete metamorphosis when the addition of *Artemia* nauplii was delayed over 14 days.

For zoea fed with *Artemia* nauplii, addition of rotifer within the first few days after hatching increased their survival. The survival rate was highest if rotifer was added within the first 6 days. The survival rate of zoea reared with diets of suitable mixing was 60-83.3% before 1st metamorphosis.

The survival of zoeae was significantly related to time of feeding after hatching. Survival decreased as zoeae were not fed on the 1st day. All zoeae died within a few days if not fed over 4 days after hatching. Delay in feeding also prolonged the development of zoea, especially at the 1st zoea instar.

#### 緒 言

關於蟹類幼生的餌料，已有多人研究<sup>(1-4)</sup>，嘗試過許多種餌料，其中有不少種類被認為有效。如豐年蝦無節幼蟲、輪蟲、藤壺幼生、多毛類幼生、海膽幼生、橈腳類及其他多種浮游動物等。但除了豐年蝦無節幼蟲及輪蟲外，其他都因為不易大量取得而不能普及應用。因此本試驗選用上述兩種常用餌料生物，進行罽苗人工培育試驗，藉以探討此兩種餌料生物對罽苗之餌料價值，期能作為日後罽苗人工大量繁殖參考之依據。

\* 國立臺灣大學動物研究所 (Dept. of Zoology and Institute of Fishery Biology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R. O. C.)

\*\* 現在通訊處：臺灣省水產試驗所東港分所 (Present address: Tungkang Marine Laboratory, TFRI, Tungkang, Pingtung, 92804, Taiwan, R. O. C.)

## 材料及方法

孳苗孵出後，放入 500 cc 燒杯中飼養，每杯裝有海水 200 cc 及孳苗 30 隻。在整個試驗過程中，溫度均控制 26~28°C，鹽度則起先為 30‰，第三期孳苗後逐漸降低至 25‰。其他飼育方法、餌料準備及資料分析均如鄭及陳<sup>(5)</sup>所述。餌料投與方式則依下列各項試驗設計行之。

### (1) 不同密度之輪蟲與豐年蝦對孳苗活存、發育之影響

以 3 種不同密度之輪蟲 (10, 25 及 50 隻/cc) 及豐年蝦無節幼蟲 (5, 10 及 20 隻/cc) 分別餵飼孳苗。

### (2) 輪蟲對豐年蝦之補償效果

試驗共分 6 組，單以豐年蝦 10 隻/cc 餵飼者作為對照組，試驗組除 10 隻/cc 豐年蝦外，並分別在孳苗孵出後前 3, 6, 10, 14 及 18 天，每天加入輪蟲 25 隻/cc。

### (3) 豐年蝦對輪蟲之補償效果

試驗共分 6 組，單以輪蟲 25 隻/cc 餵飼者作為對照組，試驗組除了 25 隻/cc 輪蟲外，並分別在孵化後第 0, 3, 6, 10 及 14 天開始每天添加豐年蝦無節幼蟲 10 隻/cc。

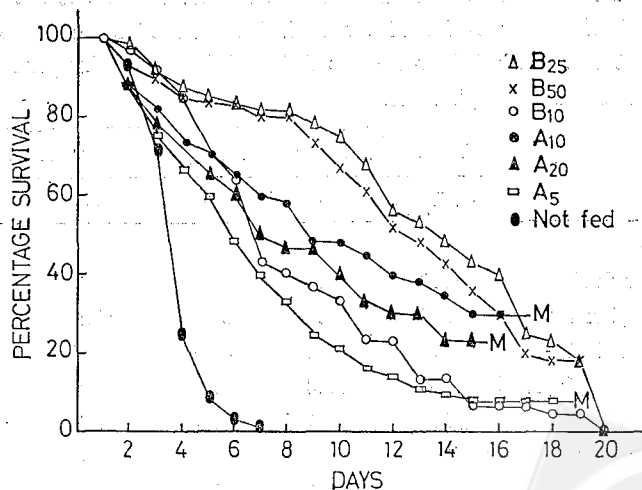
### (4) 延遲投餌對孳苗活存、發育及成長的影響

試驗共分 6 組，以孵出後立即投餌者當作對照組，其他各試驗組分別在孳苗孵出後第 1, 2, 3 及 4 天才投與餌料。另一組則不投與任何餌料作為另一對照組。所投餌料均為豐年蝦無節幼蟲 10 隻/cc 及輪蟲 25 隻/cc 之混合。

## 結 果

### (1) 不同密度之輪蟲與豐年蝦餵飼孳苗之效果

圖一表示以不同密度之輪蟲及豐年蝦餵飼孳苗的每日活存情形。孳苗以不同密度之輪蟲餵飼，其活存率以 25 隻/cc 最佳，50 隻/cc 次之，10 隻/cc 最差。以不同密度之豐年蝦餵飼，則活存率 10 隻/cc 最佳，20 隻/cc 次之，5 隻/cc 最差。以輪蟲餵飼孳苗前期死亡較少，後期死亡較多，而在變態前全數死亡。以豐年蝦餵飼孳苗，雖然前期死亡較嚴重，但在後期死亡之情形逐漸緩和下來，部分能夠完成變態。

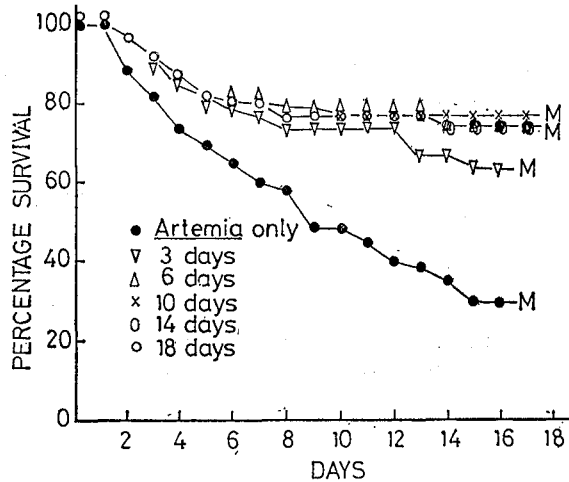


圖一 孳苗在不同密度之輪蟲及豐年蝦無節幼蟲餵飼條件下的活存情形

Fig. 1. Daily survival of *S. serrata* zoeae fed with brine snrimp nauplii or with rotifer at different diet concentrations. A: *Artemia* (brine shrimp) nauplii, B: *Brachionus* (rotifer). Numbers indicate diet concentrations (no./c.c.). M: Megalopae found.

## (2) 輪蟲對豐年蝦之補償效果

圖二表示以豐年蝦無節幼蟲而在螻苗前期添加輪蟲，螻苗的每日活存情形。在前 3 天添加輪蟲，就明顯地提高了螻苗的活存率，在前 6 天添加輪蟲就使螻苗的活存達到極限，繼續添加輪蟲並不能使螻苗的活存率再度提高。到達變態前之活存率、變態成功率，及變態後之活存率在各處理組間均無明顯的差異；但各處理組均比對照組高，且有顯著的差異。到達變態所需時間，在各組間均無顯著差異。所產生 Megalopa 的大小，對照組比處理組者大，各處理組間均無顯著差異（表一）。



圖二 以豐年蝦無節幼蟲為主，輪蟲為輔的餵飼過程中，螻苗的活存情形

Fig. 2. Daily survival of *S. serrata* zoeae given various diet: brine shrimp nauplii were given throughout the zoeal stages, rotifer were added as a supplement in the first 3, 6, 10, 14 and 18 days respectively. M: Megalopae found.

表一 以豐年蝦無節幼蟲為主，輪蟲為輔的餵飼條件下，螻苗的活存與成長

Table 1. Summarized results of larval survival, duration of zoeal stages and megalopa size of *S. serrata*. All larvae were fed mainly with brine shrimp nauplii, and with rotifer as a supplement.

	Time period of rotifer supplementation from hatching (days)					
	0 (Control)	3	6	10	14	18
Larval survival (%)						
Premetamorphic survival*	30.0	63.3	75.0	76.7	75.0	75.0
Successful metamorphosis**	38.9	63.1	57.8	60.9	62.2	60.0
Postmetamorphic survival*	11.7	40.0	43.3	46.7	46.7	45.0
Duration of zoeal stages (days)	18.6	19.4	19.3	19.4	19.2	18.8
±S.D.	±0.8	±1.7	±1.4	±1.2	±0.7	±0.7
Size of megalopa (mm)***	3.65	3.44	3.48	3.48	3.52	3.50
±S.D.	±0.11	±0.14	±0.15	±0.13	±0.06	±0.12

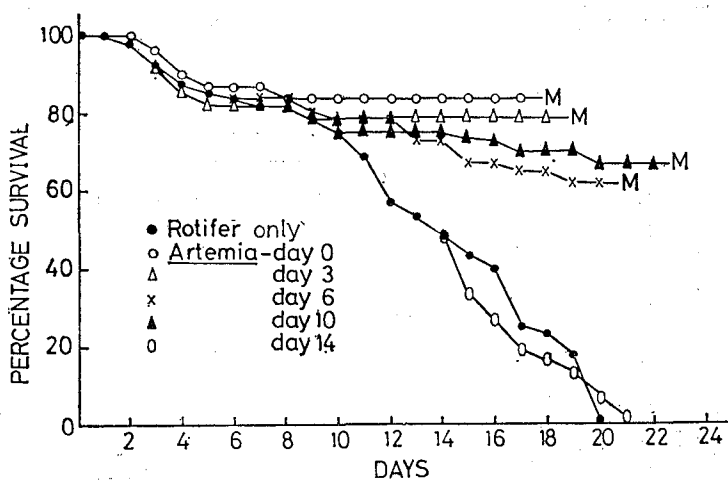
\* % of initial number (60 zoeae).

\*\* % of premetamorphic survival.

\*\*\* Length from rostral tip to sternal spine tip.

### (3) 豐年蝦對輪蟲之補償效果

圖三表示以輪蟲飼餵孳苗而在不同時期添加豐年蝦下，孳苗的每日活存情形。前十天孳苗的活存率在各組間均無顯著差異，十天後各組之活存率逐漸顯現出差異來。概略而言，愈早加入豐年蝦則孳苗到達變態前之活存率愈高。在孵化後 10 天內開始加入豐年蝦均能有效地提高孳苗的活存率；但是在孵化後 14 天才開始加入豐年蝦，則豐年蝦的效果無法顯現出來；而和對照組一樣，無法完成變態。進一步分析，到達變態前之活存率以孵化後立即加入豐年蝦 ( $A_0$ ) 最佳，其餘依次為孵化後 3 天 ( $A_3$ )、6 天 ( $A_6$ )、10 天 ( $A_{10}$ )、14 天 ( $A_{14}$ ) 開始加入者及對照組。前四組與後兩組間均有顯著差異。同樣地，愈早開始添加豐年蝦，孳苗之變態成功率也愈高；但  $A_0$ 、 $A_3$ 、 $A_6$  三組間無顯著差異，而  $A_{10}$  與前 3 組間之差異則為顯著。愈早開始加入豐年蝦，變態結束時之活存率也愈高；除相鄰兩組間無顯著差異外，其他各組間之比較均有顯著差異。愈早開始添加豐年蝦則孳苗愈早開始到達變態；到達變態平均所需時間在各組間均有顯著差異。各組所產生之 Megalopa 大小，則以  $A_3$  最大，其次依次為  $A_0$ 、 $A_6$  和  $A_{10}$ 。其中  $A_0$  與  $A_3$  間， $A_6$  與  $A_{10}$  間無顯著差異，其他各組間之比較均有顯著差異 (表二)。



圖三 以輪蟲為主，豐年蝦無節幼蟲為輔的餵飼過程中，孳苗的活存情形

Fig. 3. Daily survival of *S. serrata* zoeae given various diet: rotifer were given throughout the zoeal stages, brine shrimp nauplii were added as a supplement from day 0, 3, 6, 10 and 14 respectively. M: Megalopae found.

### (4) 延遲投餌對孳苗活存、發育及成長之影響

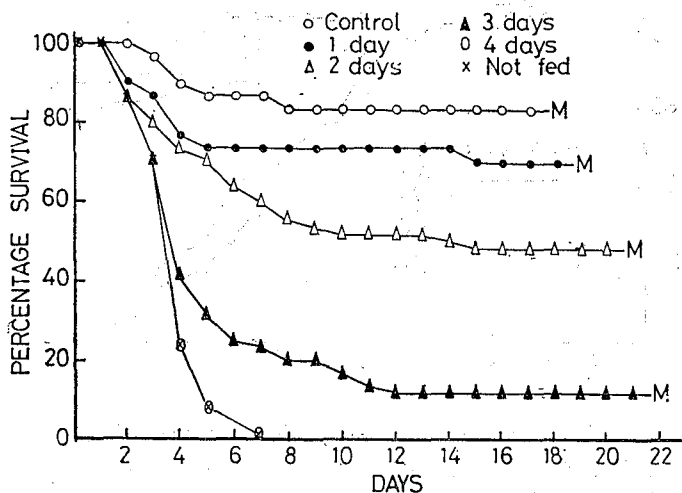
圖四表示延遲投餌下孳苗每日的活存情形。投餌延遲日數愈長，孳苗活存率愈低。延遲 4 天以上，孳苗在孵化後 7 天內全數死亡。延遲投餌對孳苗活存之影響以孳苗第一期到第二期之間 (孵化後 8 天內) 最顯著；第二期以後各組存活情形都穩定下來，這樣一直維持到變態前為止，各組之死亡都很少。進一步分析，變態前之活存率及變態結束時之活存率均隨投餌延遲日數之增長而降低，各組間均有顯著差異。變態成功率也隨投餌延遲日數之增長而降低，延遲 2 天與對照組有顯著差異，與延遲一天者也有顯著差異；其他各組間之比較則無顯著差異。延遲投餌使孳苗第一期到第二期之脫殼間期 (Intermolt) 拉長，進而使孳苗到達變態之時間延後；各組間均有顯著差異。所形成的 Megalopa 大小在各組間則無顯著差異 (表三)。

表二 以輪蟲為主，豐年蝦無節幼蟲為輔的餵飼條件下，蠕苗的活存與成長

Table 2. Summarized results of larval survival, duration of zoeal stages and megalopa size of *S. serrata*. All larvae were fed mainly with rotifer, and with brine shrimp nauplii as a supplement.

	Day from which brine shrimp nauplii were given					Rotifer only (Control)
	0	3	6	10	14	
Larval survival (%)						
Premetamorphic survival*	83.3	78.3	63.3	66.7	0.0	0.0
Successful metamorphosis**	60.0	59.6	55.3	34.9	—	—
Postmetamorphic survival*	50.0	46.7	35.0	23.3	—	—
Duration of zoeal stages (days)	18.8	19.7	21.4	23.2	—	—
±S.D.	±0.7	±1.1	±0.7	±0.8	—	—
Size of megalopa (mm)***	3.50	3.56	3.36	3.36	—	—
±S.D.	±0.12	±0.15	±0.10	±0.09	—	—

\*, \*\* and \*\*\* as explained in Table 1.



圖四 延遲開始投餌對蠕苗每日活存的影響

Fig. 4. Daily survival of *S. serrata* zoeae starved in the first 1, 2, 3 and 4 days, and then fed with brine shrimp nauplii and rotifer in combination. M: Megalopae found.

## 討 論

蠕苗在輪蟲 25 隻/cc 的密度下飼養，或在豐年蝦 10 隻/cc 的密度下飼養，存活率最高。Brick<sup>(6)</sup> 也發現蠕苗以豐年蝦密度 10 隻/cc 的飼育情形最好。餌料密度太低，則因與蠕苗碰撞機會減少而使捕食效率降低；密度太高則容易使水質惡化，兩者都會使蠕苗之活存降低。

單以豐年蝦餵飼蠕苗，則蠕苗的死亡情形起先較嚴重，但逐漸緩和下來。Ong<sup>(7)</sup> 以豐年蝦餵飼蠕苗，發現蠕苗在第一期死亡很多，導致最後的活存率很低。他認為豐年蝦無節幼蟲對第一期蠕苗而言，可能太大而跑得太快，蠕苗捕食困難。這點與本試驗之結果相符。待蠕苗脫了第一次殼或第二次殼後就能有效地捕食豐年無節幼蟲，而使活存率穩定下來。

表三 延遲開始投餌對躑苗活存及成長的影響

Table 3. Summarized results of larval survival, duration of zoeal stages and megalopa size of *S. serrata*. All larvae were fed with brine shrimp nauplii and rotifer starting from 1, 2, 3 and 4 days after hatching respectively.

	Day of initial feeding				
	0 (Control)	1	2	3	4
Larval survival (%)					
Premetamorphic survival*	83.3	70.0	48.3	11.7	0.0
Successful metamorphosis**	60.0	52.4	31.0	42.8	—
Postmetamorphic survival*	50.0	36.7	15.0	5.0	—
Duration of zoeal stages (days)					
First zoeal stage	4.50	5.55	6.59	8.14	—
±S. D.	±0.67	±0.70	±0.78	±0.77	—
Cumulative zoeal stages	18.8	20.4	21.8	23.7	—
±S. D.	±0.7	±1.0	±0.8	±0.6	—
Size of megalopa (mm)***	3.50	3.54	3.46	3.45	—
±S. D.	±0.12	±0.15	±0.8	±0.5	—

\*, \*\* and \*\*\* as explained in Table 1.

單以輪蟲餵飼躑苗，則初期躑苗的活存率相當良好。這可能是輪蟲體型比豐年蝦無節幼蟲小(150~250  $\mu$ /350~400  $\mu$ )，活動力也比豐年蝦低，第一期躑苗能夠有效地捕食。Sulkin and Epifanio<sup>(8)</sup> 分別以輪蟲及豐年蝦餵飼青蟹 (*C. sapidus*) 之早期幼苗，發現以輪蟲飼育的情形較佳。他認為豐年蝦太大，青蟹早期幼苗無法捕食，而輪蟲大小適中非常適合青蟹之早期幼苗。這點亦與本試驗結果相似。然而 Brick<sup>(6)</sup> 以輪蟲餵飼躑苗則發現輪蟲無法使躑苗活下來；但以豐年蝦餵飼則得到較高的活存率。他認為輪蟲太小，躑苗抓不住。此結果與本試驗結果並不相同。這可能是試驗條件不同所致。因在鹽度溫度試驗中，於 22°C 下以輪蟲餵飼，躑苗也都在第二期全數死亡，而於 26°C 則活得很好<sup>(6)</sup>。Brick<sup>(6)</sup> 之試驗溫度也在 22°C 左右 (21~23°C)。這是否意味著輪蟲在不同的溫度下有不同的反應，而有不同的餌料效果。關於這點，尚待進一步之研究。

單以輪蟲餵飼躑苗雖然躑苗的活存率在飼育初期很高，但是往後却一直下降而在變態前全數死亡。關於這點，可能有兩個原因。第一是躑苗愈來愈大，相對地輪蟲顯得過小，而使得捕食效率降低。Christiansen<sup>(9)</sup> 以輪蟲餵飼 *Uca pugilator* 幼苗發現此蟹幼苗在第二期以後就很難有效地捕食輪蟲，只有少數個體能夠擷取足夠的輪蟲而完成變態。Sulkin and Norman<sup>(10)</sup> 以輪蟲餵飼 *Rithropanopeus* 及 *Neopanope* 的幼苗發現，這兩種螃蟹幼苗在後期死亡很多，也只有少數達到變態。和前者一樣，以輪蟲餵飼都使蟹苗到達變態的時間加長。本試驗之結果顯示，添加豐年蝦可使活存率提高，並使達到變態時間縮短。這可能是豐年蝦體型較大，提高了捕食效率所致。Christiansen<sup>(9)</sup> 和 Sulkin and Norman<sup>(10)</sup> 等人也有相似的結果。

第二是輪蟲營養價值差，不足以應付躑苗所需。Yang and Kranz<sup>(11)</sup> 發現輪蟲只能使石蟹 (*Menippe mercenaria*) 幼苗維持到第三期。Bigford<sup>(12)</sup> 也發現單以輪蟲餵飼不足以使蜘蛛蟹 (*Libinia emarginata*) 幼苗到達變態。本試驗之結果顯示：添加豐年蝦可使躑苗完成變態。這可能是豐年蝦提供了躑苗所需而輪蟲所缺失的營養物質。Sulkin<sup>(13)</sup> 發現單以輪蟲餵飼青蟹 (*C. sapidus*) 幼苗並不能達到變態，然而以多毛類 (*Hydroides dianthus*) 幼生餵飼或以輪蟲豐年蝦混合餵飼則可使其完成變態。他認為這是輪蟲的脂肪含量不足所致。因為豐年蝦的脂肪含量為乾重的 30%，多毛類為 20%

，而輪蟲只有 9%。關於輪蟲對於魚類幼苗的營養價值，在日本被研究得很多；特別是輪蟲某些必須脂肪酸缺乏造成魚苗營養不良的研究，更是不勝枚舉<sup>(14)</sup>。但輪蟲對於甲殼類幼生的營養價值，則尚未被研究。然而，Sulkin<sup>(15)</sup> 先以多毛類及豐年蝦混合餵飼青蟹 (*C. sapidus*) 幼苗 15 天以上，再換以輪蟲餵飼，結果能使此蟹幼苗完成變態。因此可推斷此蟹幼苗所需的營養物質，單以輪蟲不能夠供應齊全，而在蟹苗之前期或後期補以多毛類幼生或豐年蝦幼蟲則能夠補足輪蟲之缺失。至於單餵以輪蟲不足以使蟹苗變態的原因則有待更進一步研究。但可能以輪蟲營養不平衡的成分居大。

輪蟲儘管不能使蟹苗完成變態，但它却是早期蟹苗相當適合的餌料。相反地，豐年蝦雖能使蟹苗到達變態，但活存率却很低。以輪蟲和豐年蝦混合餵飼，則可得到較好的成績。Sulkin<sup>(13,15)</sup> 及 Bigford<sup>(12)</sup> 分別以輪蟲和豐年蝦混合餵飼青蟹 (*C. sapidus*) 及蜘蛛蟹 (*L. emarginata*) 幼苗所得到的結果都與本試驗結果相似。

不同的餌料組合（輪蟲、豐年蝦組合）除了對蟹苗活存率有影響外，對蟹苗到達變態時間及 *Megalopae* 的大小也有影響。愈晚開始使用豐年蝦則到達變態所需時間愈長。Sulkin<sup>(15)</sup> 以青蟹 (*C. sapidus*) 作類似的試驗也得到相似的結果。他並提到延遲投與豐年蝦使到達變態所需的時間延長，是脫殼間期 (Intermolt) 的延長及幼苗期數增加共同造成的。在本試驗中，蟹苗變態的延遲則可能只是脫殼間期延長所致。因為到目前為止尚無蟹苗期數增加的報告發表。而蟹類幼苗期數的變異情形是非常少見的<sup>(13,16)</sup>。

許多魚類及甲殼類孵出後並不急着尋找食物，因為牠們仍保有部分卵黃，可以幾天不必進食而不致影響日後的成長及活存。Vance<sup>(17)</sup> 將海產無脊椎動物之大洋性幼生 (Pelagic larvae) 分為 planktotrophic 及 lecithotrophic 兩種。根據 Vance 的分類，蟹之幼苗應屬 planktotrophic larvae。蟹孵化後卵黃就剩下不多，因此必須馬上投與充足的餌料。由本試驗之結果得知，延遲一天投餌就使蟹苗的活存率減少 40%。Thorson<sup>(18)</sup> 及 Mileikovsky<sup>(19)</sup> 指出 planktotrophic 種類的幼生有 99% 以上在變態前死亡。其中餌料缺乏是重要的因素之一。Kon<sup>(20)</sup> 指出在大量繁殖時，若蟹苗孵化後一特定時間內沒有得到充分的食物供應，則在第一次脫殼時會大量死亡。因此往後的飼養都是無效的。此一特定時間依種類而不同。例如生長在溫帶的 *Neptunus pelagicus* 只有數小時之久<sup>(21)</sup>。但是生長在寒帶的 *Chionoecetes opilio* 則長達 3 天，因此牠有充裕的時間來準備攝食<sup>(20)</sup>。蟹苗延遲一天投餌就有明顯的差異。因此蟹苗的此一特定時間應比一天短。延遲投餌也使蟹苗第一脫殼期及以後的變態延遲。Templeman<sup>(22)</sup>，Sandoz and Rogers<sup>(23)</sup>，Kurata<sup>(24)</sup> 及 Kon<sup>(20)</sup> 等人研究龍蝦及螃蟹幼苗也有相似的結果。延遲投餌對 *Megalopa* 大小沒有影響，這和第一次脫殼之延遲同樣顯示：蟹苗吃足了定量的食物才脫殼。

由本試驗結果顯示：蟹苗在第一次脫殼前後及第一次變態前後之死亡較嚴重，其他時期之死亡甚少。Ong<sup>(7)</sup> 發現蟹苗在第一期死亡最多。Brick<sup>(6)</sup> 則發現蟹苗在第一次變態前後死亡最嚴重。第一次脫殼前後之死亡可能是未能有效地捕食充分的食物所致。而第一次變態前後之死亡則可能是其形態、機能及生態上變化較大所致。這相當於魚類幼苗常見的危險期 (Critical period)。早期蟹苗餌料不足或延遲投與豐年蝦也會使蟹苗在第一次變態前後死亡增加，這顯示蟹苗在變態時較為脆弱，對環境因子也較為敏感。

## 摘 要

選用輪蟲及豐年蝦無節幼蟲，以多種投餌方式，從事蟹苗培育試驗，以探求輪蟲及豐年蝦在蟹苗培育上之餌料價值，所得結果如下：單以輪蟲餵飼蟹苗，以密度 25 隻/cc 效果最佳；雖然蟹苗在前期活存率很高，但是都無法完成變態。單以豐年蝦餵飼蟹苗，則以密度 10 隻/cc 效果最佳；雖然蟹苗在前期死亡很多，但是部分可以達到變態。以輪蟲餵飼蟹苗而在 10 天以內開始添加豐年蝦，均可

提高蟳苗的活存率，並且愈早開始添加豐年蝦，蟳苗之活存率也愈高；但是，在 14 天以後才開始添加豐年蝦，則已無法使蟳苗完成變態。以豐年蝦餵飼蟳苗，另在前三天添加輪蟲，能使蟳苗之活存率顯著提高；另在前 6 天添加輪蟲，能使蟳苗的活存率達到最高。繼續添加輪蟲並不能使蟳苗的活存率再度提高。將輪蟲及豐年蝦適當地混合餵飼蟳苗，到達變態前之活存率一般在 60% 以上，最高可達 83.3%。延遲投餌對蟳苗活存有大的影響；延遲 1 天以上就使蟳苗活存率顯著地降低，延遲 4 天以上蟳苗就無法繼續生存。延遲投餌並使蟳苗到達變態的時間延後。

## 謝 辭

本報告由農發會經費補助，因而得以完成。在試驗進行期間，陳同白顧問、關壯狄組長與袁柏偉處長更時時與關懷與鼓勵。農發會李健全與李媽彬等諸位博士之惠予討論，丁雲源、林清龍、陳章波與劉擎華諸位先生之提供意見。黃本、張金豐、趙國孝、曲敬正、謝紀及高孝偉等先生之協助採集種蟳，臺南杜丁吉先生、鹿港吳炯虹先生與八里魏聰敏先生熱心提供種蟳。在此一併致最大之謝意。

## 參 考 文 獻

- LEUBOR, M. V. (1927). Studies on the Plymouth Brachyura. I. The rearing of crabs in captivity, with description of the larval stages of *Inachus dorsettensis*, *Macropodia longirostri* and *Maia squinado*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **14**(3), 795-831.
- COSTLOW, J. D., JR. and C. G. BOOKHOUT (1959). The larval development of *Callinectes sapidus* Rathbun reared in the laboratory. *Biol. Bull.*, **116**, 373-396.
- HUE, J. S., K. S. BANG and Y. K. RHO (1972). Studies on the growth and artificial rearing of the larval blue-crab, *Portunus trituberculatus* (Miers). *Bull. (Korean) Fish. Res. Develop. Agency*, **9**, 55-70.
- ROBERTS, M. H. (1974). Larval development of *Paguris longicarpus* Say reared in the laboratory. V. Effect of diet on survival and molting. *Biol. Bull.*, **146**, 67-77.
- 陳弘成、鄭金華 (1985). 蟳苗人工培育之研究, I. 溫度鹽度對蟳卵孵化及蟳苗活存、成長之影響。臺灣省水產學會刊, **12**(2), 1-7.
- BRICK, R. W. (1974). Effects of water quality, antibiotics, phytoplankton and food on survival and development of larvae of *Scylla serrata*. *Aquaculture*, **3**, 231-244.
- ONG, K. S. (1964). The early developmental stages of *Scylla serrata* reared in the laboratory. Proc. I. P. F. C., 11th Session, document IPFC/64/Tech., 135-146.
- SULKIN, S. D. and C. E. EPIFANIO (1975). Comparison of rotifers and other diets for rearing early larvae of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Estuar. and Coast. Mar. Sci.*, **3**, 109-113.
- CHRISTIANSEN, M. E. and W. T. YANG (1976). Feeding experiments on the larvae of the fiddler crab *Uca pugilator* (Brachyura, Ocypodidae), reared in the laboratory. *Aquaculture*, **8**, 91-98.
- SULKIN, S. D. and K. NORMAN (1976). A comparison of two diets in the laboratory culture of the zoeal stages of the brachyuran crabs *Rhithropanopeus harrisi* and *Neopanope* sp. *Helgol. Wiss. Merresunters.*, **28**(2), 183-190.
- YANG, W. T. and G. KRANZ (1976). Intensive culture of the stone crab, *Menippe mercenaria*. *Sea Grant Tech. Bull. Miami Univ.*, (no. 35), 17 pp.
- BIGFORD, T. E. (1977). Effect of several diets on survival, development time, and growth of laboratory-reared spider crab, *Libinia emarginata*, larvae. *Fish. Bull., U.S.*, **76**, 59-64.
- SULKIN, S. D. (1975). The significance of diet in the growth and development of larvae of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, under laboratory condition. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **20**, 119-135.
- WATANABE, T., C. KITAJIMA, T. ARAKAWA, K. FUKUSHO and S. FUJITA (1978). Nutritional quality of rotifer *Brachionus plicatilis* as a living feed from viewpoint of essential fatty acids for fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **44**(10), 1109-1114.

15. SULKIN, S. D. (1978). Nutritional requirements during larval development of the portunid crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **34**, 29-41.
16. COSTLOW, J. D., JR. (1965). Variability in larval stages of the blue crab, *Callinectes sapidus*. *Biol. Bull.*, **128**, 58-66.
17. VANCE, R. R. (1973). On reproductive strategies in marine benthic invertebrates. *The Amer. Natur.*, **107**, 339-352.
18. THORSON, G. (1950). Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol. Rev.*, **25**, 1-45.
19. MILEIKOVSKY, S. A. (1971). Types of larval development in marine bottom invertebrates, their distribution and ecological significance: a re-evaluation. *Mar. Biol.*, **10**, 193-213.
20. KON, T. (1979). Ecological studies on larvae of the crabs belonging to the genus *Chionoectes*—I. The influence of starvation on the survival and growth of the Zuwai crab. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **45**(1), 7-9.
21. 八塚 剛 (1962). カニ類とくにタイワンガザミ *Portunus pelagicus* L. の幼生の人工飼育に関する研究。宇佐臨海実験研究報告・9(1), 1-88.
22. TEMPLEMAN, W. (1936). The influence of temperature, salinity, light and food conditions on the survival and growth of the larva of the lobster (*Homarus americanus*). *J. Biol. Bd. Canada*, **2**, 485-497.
23. SANDOZ, M. D. and R. ROGERS (1944). The effect of environment factors on zoea larvae of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun. *Ecology*, **25**, 216-228.
24. KURATA, H. (1959). Studies on the larva and post-larva of *Paralithodes camtschatica* I. Rearing of the larva, with special reference to the food of the zoea. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, **20**, 76-83.

