

再刊編號：14
Reprint No. 14

抽印自 臺灣水產學會刊
第12卷 第2期
Reprinted from
Journal of the
Fisheries Society of Taiwan
Vol. 12(2), pp. 54-69, 1985

14

草蝦苗以不同餌料餵飼時之生長及生存率

雷 洪 祥 • 蘇 惠 美

Growth and Survival of *Penaeus monodon* Larvae Fed with
Selected Food Organisms

Chi-Hsiang Lei and Huei-Meei Su

農委會補助計畫編號：
73農建-4.1-產-128(5)

—165—

草蝦苗以不同餌料餵飼時之生長及生存率*

雷淇祥**·蘇惠美***

Growth and Survival of *Penaeus monodon* Larvae Fed with Selected Food Organisms*

Chi-Hsiang LEI** and Huei-Meei SU***

(Received October, 1985)

The growth and survival of *Penaeus monodon* larvae from Z₁ to P₁, fed with six species of microalgae singly or in combination and one species of rotifer at different concentrations, were studied at air temperature 31~34°C (water temperature 29~32°C). The test concentrations of the microalgae and rotifer were: *Skeletonema costatum* (0.25~20)×10⁴ cells/ml, *Chaetoceros gracilis* (1.0~10)×10⁴ cells/ml, *Tetraselmis chuii* (0.25~5.0)×10⁴ cells/ml, *Isochrysis* aff. *galbana* (1.0~20)×10⁴ cells/ml, *Dunaliella* sp. (1.0~10)×10⁴ cells/ml, *Spirulina platensis* 63~1,000 chains/ml and *Brachionus plicatilis* 10~40 Ind./ml. The larvae of *P. monodon* developed from Z₁ to P₁ when fed on anyone of the test food organisms except *Dunaliella* sp. and *S. platensis*, and the survival rates of P₁ exceeded 50% except those fed on *T. chuii* and low concentrations of *I. aff. galbana*. *Brachionus*, *Skeletonema*, *Tetraselmis*, *Chaetoceros* and *Isochrysis* were all suitable as food for zoeal larvae, and the former three were also suitable as food for mysis larvae. The larvae fed with *Tetraselmis* developed faster and grew larger than those fed with other test food organisms. The difference in the growth and survival were non-significant between the larvae fed microalgae singly and those fed microalgae in two-species combinations.

緒 言

臺灣草蝦 (*Penaeus monodon*) 之種苗生產已達企業經營階段，但其幼生之餌料生物系列仍一直為 *Skeletonema* 一豐年蝦幼蟲，沿襲廖等⁽¹⁾ 於首次人工繁殖成功草蝦幼苗所用者。*Skeletonema* 之培養容易，生長迅速，收穫簡便，為其優點；然因其生長達停滯期所需之時間短，且於達停滯期後迅即衰退，致使藻質控制不易，蝦苗育成率不均；又移植頻繁，耗費人力，是為其缺點⁽²⁾。除 *Skeletonema* 外，*Cylindrotheca*, *Tetraselmis*⁽³⁾, *T. suecia*, *Isochrysis galbana*⁽⁴⁾, *Dunaliella* sp.⁽⁵⁾ 及 *Chaetoceros calcitrans*⁽⁶⁾ 等亦均可成功地作為草蝦及其他草蝦類 (*Penaeid*)^(7,8) 幼生之餌料藻。此外，*Chaetoceros gracilis*^(9,10), *Phaeodactylum*⁽¹¹⁾ 及 *Thalassiosira weissflogii*⁽¹²⁾ 等亦適合作為他種草蝦屬幼生之餌料。

有關餌料濃度對草蝦屬幼生生長、發育與減食率等之影響的報告有：Hirata *et al.*⁽¹³⁾ 討論大豆餅濃度及 Jones *et al.*⁽¹⁰⁾ 探討微膠囊飼料濃度對 *P. japonica* 之影響；Emmerson⁽¹²⁾ 研究 *Thalas-*

* Contribution A No. 52 from the Tungkang Marine Laboratory

** 現在通信處：中央研究院動物研究所 (Institute of Zoology, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan 11529, Republic of China)

*** 臺灣省水產試驗所東港分所 (Tungkang Marine Laboratory, Tungkang, Pingtung, Taiwan 92804, Republic of China)

siosira 濃度對 *P. indicus* 之攝食、成長及發育；以及 The Mindanao State University⁽¹⁴⁾ 報導麵包酵母濃度對 *P. monodon* 及 *P. indicus* 之影響等。有關各種不同濃度之餌料藻對 *P. monodon* 幼生影響之探討則仍闕如。

為求確立各種餌料生物對 *P. monodon* 蝦苗幼生之餌料效益及探求各種餌料之適當濃度，期求避免餌料之單一化及限制化，投餵之浪費或不足，進而加速蝦苗之生長，提高活存率，以增加產量，本研究乃探討各種不同濃度之餌料藻 (*Skeletonema*, *Chaetoceros*, *Isochrysis*, *Tetraselmis*, *Dunaliella* 及 *Spirulina*) 和輪蟲，對草蝦苗自 Z₁ 至 P₁ 之生長、發育及活存之影響。

材料與方法

餌料：

藻類：*Skeletonema costatum* 採自高雄港，經分離而得；*Chaetoceros gracilis* 及 *Isochrysis* aff. *galbana* 得自大溪地 Aquacop，前者自厄瓜多海域分離所得，後者為大溪地種；*Tetraselmis chuii* 得自菲律賓 SEAFDEC，為當地分離出之種；*Dunaliella* sp. 得自美國 Scripps 海洋研究所；*Spirulina platensis* 則得自水試所臺南分所。這些藻種由筆者取得後，在研究室保存培養一至五年以上為單種培養。藻細胞大小如 Table 1 所示。

表一 用做草蝦苗餌料生物之六種微細藻及一種輪蟲之大小。

Table 1. Size of the 6 microalgae and one rotifer used as food organisms for larvae of *Penaeus monodon*.

Species	Size (μm)	Chain length (μm)
<i>Spirulina platensis</i>	7.5	360±101
<i>Dunaliella</i> sp.	5-12	—
<i>Tetraselmis chuii</i>	14-19	—
<i>Isochrysis</i> aff. <i>galbana</i>	4-7	—
<i>Chaetoceros gracilis</i>	5-10	—
<i>Skeletonema costatum</i>	9-16	208±91
<i>Brachionus plicatilis</i>	136-283	

除 *S. platensis* 以 5 l 之塑膠瓶為培養容器外，上述之其他藻類均利用 1 l 之扁平玻璃瓶為培養容器，置於 2~3 支 40 W 之日光燈前 10 公分處，採 12 L/12 D 照光，施加打氣以培養。*Skeletonema*, *Chaetoceros* 及 *Tetraselmis* 以 F 培養基⁽¹⁵⁾，*Isochrysis* 及 *Dunaliella* 以 Conwy 培養基⁽¹⁶⁾，*Spirulina* 以中村培養基⁽¹³⁾ 分別培養。當藻類生長達對數期時，加以採收，供作餌料。*Skeletonema* 及 *Spirulina* 以每英吋 250 目 (75 μ 網目徑) 之網布濃縮，再經用過濾海水洗滌後，當作餌料。*Chaetoceros*, *Tetraselmis*, *Isochrysis* 及 *Dunaliella* 則利用離心機，以 5000 rpm 之速度離心 5~10 分鐘，以濃縮，再以經滅菌之水洗滌二次後當作餌料。藻濃度之測定，前二者以 50 μl 之吸管取樣，置於畫線之玻璃片上，在顯微鏡下，計數該水樣中之藻絲數，經換算而得 1 ml 之藻絲數，*Skeletonema* 之細胞數則以每 1 ml 中之藻絲數乘以每藻絲之平均細胞數 20 (由試驗觀察而得之平均估值) 而計算出；後四者均以血球計數器測得。然後依 $A(900+X)=BX$ 公式算出各試驗杯中所需加入之濃縮藻量；式中 A 為預定之藻濃度， B 為濃縮藻之濃度， X 為所加入濃縮藻之量，900 為每試驗杯中所加入之過濾海水量。所試驗之濃度範圍為 *S. costatum* $0.25 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$ cells/ml, *C. gracilis* $1.0 \times 10^4 \sim 10.0 \times 10^4$ cells/ml, *T. chuii* $0.25 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^4$ cells/ml, *I. aff. galbana* $1.0 \times 10^4 \sim 20.0 \times 10^4$ cells/ml, *Dunaliella* sp. $1.0 \times 10^4 \sim 10.0 \times 10^4$ cells/ml, *S. platensis* 63~1000

chains/ml。

利用測微計 (micrometer) 測得 *Skeletonema*, *Isochrysis Tetraselmis* 及 *Chaetoceros* 等之細胞大小，進而計算出其細胞體積比約為 $2S=3T=8C=20I$ 。根據此細胞體積比，混合任二藻，使成 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$ 之體積比例，以試驗混合藻之營養效益。

輪蟲 (*Brachionus plicatilis*)：利用室外 3 噸 FRP 水槽，併用 *Chlorella* 及麵包酵母加以培養。以網目徑為 70 及 300 μm 之網布撈取、篩選，再利用過濾海水沖洗後，供作餌料；試驗濃度為 10~40 隻/ml。

蝦苗飼育試驗：

自民間繁殖場取經剪眼柄之母蝦所產出之無節幼蟲（每次實驗儘可能採取源自同一母蝦者）携回實驗室後，置於 15 l 之燒杯或 6 l 之方形壓克力槽中；再將裝有無節幼蟲之燒杯或壓克力槽放置於 30°C 全暗之恆溫箱中。待蝦苗變態為 Z_1 時，選取健康之蝦苗以供作試驗。試驗用容器為 1 l 之玻璃燒杯（三重覆），內裝經 Whatman GF/C glass fiber disc 過濾之海水（鹽度 30~35‰）900 ml 及蝦苗 25~30 隻，置於氣溫 31~34°C、全暗之恆溫箱中，施以微量打氣。每天換水一次，換水時，將蝦苗移至另一含同濃度餌料及同溫海水之燒杯中，並觀察記錄蝦苗期及活存數；試驗進行至蝦苗變態為 P_1 時為止。起先探討單一藻之不同濃度對蝦苗生長及活存之影響；其後，於找出各種餌料藻之最適濃度後，再比較單一藻（最適濃度）及混合藻（任二藻依 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{4}$ 及 $\frac{3}{4}$ 之體積比相混合）之營養效益。

結 果

S. costatum 濃度之影響：

試驗期間為 72 年 8 月 27 日至 9 月 6 日，濃度為 $0.25 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^4$ cells/ml，結果示如 Table 2。蝦苗自 Z_1 （眼幼蟲 I 期）至 50% 以上之蝦苗變態為 M_1 （糠蝦幼蟲 I 期）之活存率為 $67.4 \pm 6.5 \sim 88.5 \pm 5.0\%$ （均值 \pm 標準偏差），隨餌料藻濃度之增加有遞減之趨勢；但由變方分析所得之 F 值，顯示各濃度處理間並無顯著性之差異。自 Z_1 至 50% 以上之蝦苗變態為 P_1 （後期幼蟲第 1 天）之活存率為 $58.9 \pm 8.4 \sim 73.3 \pm 17.9\%$ ，經變方分析結果，亦同樣地顯示各濃度之間無顯著性差異。蝦苗

表二 草蝦苗以不同濃度之骨藻 (*Skeletonema costatum*) 飼養時之生長及生存率。

Table 2. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Skeletonema costatum*, expressed as mean \pm SD ($n=3$).

Algal concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	Survival at M_1 *1 (%)	Duration from Z_1 to M_1 (days)	Survival at P_1 *2 (%)	Duration from Z_1 to P_1 (days)
0.25	82.0 \pm 13.7	6	64.5 \pm 13.0	10
0.50	88.5 \pm 5.0	6	73.3 \pm 17.9	10
1.00	80.0 \pm 7.1	6	66.8 \pm 4.6	10
1.50	75.7 \pm 9.8	6	70.4 \pm 11.2	10
2.00	67.4 \pm 6.5	6	58.9 \pm 8.4	10
F value*3	2.69**		0.57**	

Development stages are abbreviated as follows: Zoea₁ (Z_1), Zoea₂ (Z_2), Zoea₃ (Z_3), Mysis₁ (M_1), Mysis₂ (M_2), Mysis₃ (M_3) and Postlarva₁ (P_1).

*1: The percentage survival of larvae when 50% of them reached M_1 .

*2: The percentage survival of larvae when 50% of them reached P_1 .

*3: ns denotes non-significance ($p > 0.05$).

自 Z_1 至 M_1 之變態時間均為 6 天，至 P_1 均為 10 天，亦顯示各濃度間之蝦苗成長發育無顯著性差異。不餵食之蝦苗則仍停留在 Z_1 期，日漸死亡，於 4 天後全部死亡。

S. costatum 經濃縮後，準備投餵時之細胞長度介於 4~42 細胞數/藻絲，每次投餵時各取 50 藻絲計數，得其平均值介於 $14.3 \pm 6.0 \sim 22.8 \pm 8.6$ ；若綜合計數過之藻絲，取其平均值則為 18.0 ± 7.9 ($n=407$)，與計算藻濃度所用之估計值 20 細胞數/藻絲相近；藻絲不含或含 1~2 個空細胞，藻色金咖啡色，細胞內含質飽滿。投餵 24 小時後，鏡檢所觀察到的藻絲仍相當健康；48 小時後，細胞之形態，則呈生長衰退之狀態⁽²⁾，品質不佳，不適再作蝦苗餌料。當藻濃度為 1.0×10^4 及 2.0×10^4 cells/ml 時，藻絲於微小打氣中，易沉澱而難以維持懸浮狀；因此，其有效藻濃度低於預定濃度。

T. chuii 濃度之影響：

試驗期間為 72 年 12 月 22 日至 1 月 4 日，濃度為 $0.25 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^4$ cells/ml，結果示如 Table 3。餌料濃度影響眼幼蟲期蝦苗之生長及活存率，低濃度（如 0.25×10^4 及 0.5×10^4 cells/ml）者，活存率低（ $15 \pm 10\%$ 以下），變態時間延遲（需 9 天）或不能完成變態；濃度為 $1.0 \times 10^4 \sim 5.0 \times 10^4$ cells/ml 者，其半數以上蝦苗變態為 M_1 時之活存率高（ $73.3 \pm 10.1 \sim 87.0 \pm 1.7\%$ ）；各濃度間之活存率無顯著性差異，但高濃度者所需變態時間（6~7 天）較低濃度者（9 天）為短。蝦苗於變態為 M_1 及 M_2 期之死亡多，至半數以上變態為 P_1 時之活存率降低不少，僅為 $32.0 \pm 28.0 \sim 46.7 \pm 12.9\%$ ；由於每一濃度之標準偏差皆大（即同一濃度重覆間之變異大），各濃度間並無顯著性差異；但高濃度者所需變態時間（11 天）較低濃度者（12 天）為短。

表三 草蝦苗以不同濃度之 *Tetraselmis chuii* 餵飼時之生長及生存率。

Table 3. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Tetraselmis chuii*, expressed as mean \pm SD ($n=3$).

Algal concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	Survival at M_1 * ¹ (%)	Duration from Z_1 to M_1 (days)	Survival at P_1 * ² (%)	Duration from Z_1 to P_1 (days)
0.25	0(4.0)* ³	12(Z_3)* ⁴	0	—* ⁵
0.50	15.0 ± 10.0	9	0(3.0)* ⁶	12(M_2)* ⁷
1.00	80.0 ± 8.0	7	(32.0 ± 28.0)* ⁸	12(M_3)* ⁹
1.50	73.3 ± 10.0	7	45.3 ± 30.6	12
2.00	87.0 ± 1.7	6	37.0 ± 21.0	12
2.50	79.3 ± 16.0	6	44.7 ± 30.6	11
5.00	—* ¹⁰	—* ¹⁰	46.7 ± 12.9	11

*1, *2: As explained in Table 1.

*3: Died at Z_3 ; percentage survival at Z_3 in parenthesis.

*4: Duration from Z_1 to Z_3 .

*5: No data.

*6: Died at M_2 ; percentage survival at M_2 in parenthesis.

*7: Duration from Z_1 to M_2 .

*8: Died at M_3 ; percentage survival at M_3 in parenthesis.

*9: Duration from Z_1 to M_3 .

*10: Not determined.

I. aff. galbana 濃度之影響：

試驗期間與 *T. chuii* 者同，濃度為 $2.0 \times 10^4 \sim 20.0 \times 10^4$ cells/ml，結果示如 Table 4。餌料濃度影響蝦苗之生長及活存，濃度為 2×10^4 及 4×10^4 cells/ml 者，於實驗結束時，未能變態為糠蝦期。濃度為 8×10^4 cells/ml 者，變態為糠蝦期之活存率小於 50%，變態所需時間較長，且未能變

態為後期幼蟲。濃度為 $12 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4$ cells/ml 者，變態為 M_1 之活存率為 $82.7 \pm 10.7 \sim 86.7 \pm 2.3\%$ ，三濃度間無顯著性差異；至實驗結束時， 12×10^4 cells/ml 濃度者尚停留於 M_3 階段， 16×10^4 及 20×10^4 cells/ml 者雖有變態為 P_1 之蝦苗，但所佔比例小於 50%，後二者之活存率間及變態為 P_1 之百分率間無顯著性差異。

表四 草蝦苗以不同濃度之 *Isochrysis aff. galbana* 餵飼時之生長及生存率。

Table 4. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Isochrysis aff. galbana*, expressed as mean \pm SD ($n=3$).

Algal concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	Survival at M_1 * ¹ (%)	Duration from Z_1 to M_1 (days)	Survival at P_1 * ² (%)	Duration from Z_1 to P_1 (days)
2	0	9(Z_2)* ³	0	—* ⁴
4	0(20.0)* ⁵	12(Z_3)* ⁶	0	—* ⁴
8	48.0 \pm 28.0	9	0(24.0 \pm 18.3)* ⁷	12(M_2)* ⁸
12	82.7 \pm 10.7	7	0(33.3 \pm 28.1)* ⁹	12(M_3)* ¹⁰
16	84.0 \pm 12.0	7	57.3 \pm 31.1	12* ¹¹
20	86.7 \pm 2.3	6	60.0 \pm 5.7	12* ¹¹

*1: The percentage survival of larvae when 50% of them reached M_1 .

*2: The percentage survival of larvae when some of them reached P_1 .

*3: Died at Z_2 ; duration from Z_1 to Z_2 .

*4: No data.

*5: Died at Z_3 ; percentage survival at Z_3 in parenthesis.

*6: Duration from Z_1 to Z_3 .

*7: Died at M_2 ; percentage survival at M_2 in parenthesis.

*8: Duration from Z_1 to M_2 .

*9: Died at M_3 ; percentage survival at M_3 in parenthesis.

*10: Duration from Z_1 to M_3 .

*11: Less than 50% of larvae reached P_1 .

C. gracilis 濃度之影響：

試驗期間為 73 年 1 月 23 日至 1 月 31 日，濃度為 $1.0 \times 10^4 \sim 10.0 \times 10^4$ cells/ml，結果示如 Table 5。濃度亦影響蝦苗之生長及活存；濃度為 $6 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4$ cells/ml 者，蝦苗變態為 M_1 之

表五 草蝦苗以不同濃度之 *Chaetoceros gracilis* 餵飼時之生長及生存率。

Table 5. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Chaetoceros gracilis*, expressed as mean \pm SD ($n=3$).

Algal concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	Survival at M_1 * ¹ (%)	Duration from Z_1 to M_1 (days)	Survival at P_1 * ² (%)	Duration from Z_1 to P_1 (days)
1	14.2 \pm 10.1	7	0(11.0)* ³	9(M_2)* ⁴
2	56.7 \pm 13.4	5	0(20.0)* ⁵	9(M_3)* ⁶
4	46.7 \pm 18.9	5	43.5 \pm 19.1	9
6	78.9 \pm 13.4	4	65.5 \pm 10.7	8
8	85.0 \pm 9.3	4	65.5 \pm 5.1	8
10	87.8 \pm 3.9	4	71.1 \pm 10.2	8

*1, *2: As explained in Table 1.

*3: Died at M_2 ; percentage survival at M_2 in parenthesis.

*4: Duration from Z_1 to M_2 .

*5: Died at M_3 ; percentage survival at M_3 in parenthesis.

*6: Duration from Z_1 to M_3 .

活存率為 $78.9 \pm 13.4 \sim 87.8 \pm 3.9\%$ ，三濃度間無顯著性差異；又變態為 P_1 之活存率為 $65.5 \pm 10.7 \sim 71.1 \pm 10.2\%$ ，三者間亦無顯著性差異。濃度最低者，蝦苗變態為 M_1 之活存率最低，變態所需時間最長，於實驗結束時，為 M_2 階段。濃度為 2×10^4 及 4×10^4 cells/ml 者，蝦苗變態為 M_1 之活存率約為 50%，變態所需時間較高濃度者延後一天；至實驗結束時，前者僅達 M_3 ，後者雖達 P_1 ，其活存率較高濃度者為低，變態時間也較長。

Dunaliella sp. 濃度之影響：

試驗期間與 *C. gracilis* 者同，濃度為 $1.0 \times 10^4 \sim 10.0 \times 10^4$ cells/ml，結果示如 Table 6。除 8×10^4 及 10×10^4 cells/ml 兩濃度之蝦苗於活至 Z_1 後全部死亡外，其餘濃度之蝦苗於 6 天後變態為 M_1 ，然後於 7 天後全部死亡。顯示此藻種不適合作為草蝦幼生之餌料。

表六 草蝦苗以不同濃度之 *Dunaliella* sp. 餵飼時之生長及生存率。

Table 6. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Dunaliella* sp.

Algal concentration ($\times 10^4$ Cells·ml ⁻¹)	Survival at M_1 * ¹ (%)	Duration from Z_1 to M_1 (days)	Survival at P_1 * ² (%)	Duration from Z_1 to P_1 (days)
1	3.3	6	0* ³	—* ⁴
2	11.1	6	0* ³	—
4	10.0	6	0(3.3)* ⁵	7(M_2)* ⁶
6	3.3	6	0* ³	—
8	0	4(Z_3)* ⁷	0	—
10	0	5(Z_3)* ⁷	0	—

*1, *2: As explained in Table 1.

*3: Died at M_1 .

*4: —denotes no data.

*5: Died at M_2 ; percentage survival at M_2 in parenthesis.

*6: Duration from Z_1 to M_2 .

*7: Died at Z_3 ; duration from Z_1 to Z_3 .

S. platensis 濃度之影響：

試驗期間為 73 年 4 月 11 日至 4 月 21 日，濃度為 63~1000 chains/ml，結果示如 Table 7。自 Z_1 起投餵 *S. platensis*，蝦苗最長活 5~7 天，於達 Z_2 時死亡。自 Z_2 起投餵，蝦苗活至 Z_3 。自 Z_3 起投餵，則於實驗結束時，蝦苗活存率均小於 10%；除濃度為 1000 chains/ml 者，有 20% 變態為 P_1 外，其餘濃度者只發育到 M_2 或 M_3 ，與同一試驗期間，以 *S. costatum* 或輪蟲為餌者（第 9 天已全為 P_1 ）相較，餌料效益差甚。自 M_1 起投餵，於第 11 天實驗結束時，除濃度為 500 chains/ml 者之活存率為 26.7% 外，其餘濃度與不加餌者之活存率均為 13% 左右；不加餌及投餵 125 chains/ml 者只達 M_2 階段，投餵 250~1000 chains/ml 者也只有 20% 以下之蝦苗達 P_1 。顯然 *S. platensis* 不適合作為草蝦苗眼幼蟲期之餌料，其作為糠蝦期餌料之餌料效益亦遠不如其他餌料。

S. costatum 與 *B. plicatilis* 之濃度影響與其餌料效益：

試驗期間與 *S. platensis* 者同，*S. costatum* 之濃度為 $0.25 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^4$ cells/ml，輪蟲之密度為 10~40 隻/ml。蝦苗飼育水之水溫為 $31.0 \pm 1.5^\circ\text{C}$ ，pH 值為 7.90~7.98，溶氧為 5.4~5.7 ppm，鹽度為 30~35‰；結果示如 Table 8。在測試濃度範圍內，以 *S. costatum* 為餌者，蝦苗變態為 M_1 及 P_1 之活存率有隨濃度增加而增加之趨勢；以輪蟲為餌者，則呈相反之趨勢。惟經變方分析結果，同一種餌料之各濃度間與二種餌料間均無顯著性差異。投餵二種餌料之蝦苗變態時間雖相同，然

表七 草蝦苗以不同濃度之螺旋藻 (*Spirulina platensis*) 餵飼時之生長及生存率。本試驗所用之各期蝦苗乃從同一蝦苗原種飼育中選出者。原種飼育中之蝦苗自 Z_1 期開始飼養，以 *Chaetoceros gracilis* 及 *Tetraselmis chuii* 混合餵飼，直到試驗結束。表中用以試驗之各期蝦苗之開始時間（即在原種飼育中之天數）分別為： Z_1 期第 1 天， Z_2 期第 3 天， Z_3 期第 4 天及 M_1 期第 6 天。

Table 7. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Spirulina platensis*. Different stages of larvae used for the experiment were picked out from the same stock culture which was initiated with Z_1 larvae and fed mixture of *Chaetoceros gracilis* and *Tetraselmis chuii* throughout the experimental period. Starting day was day 1 for Z_1 , day 3 for Z_2 , day 4 for Z_3 and day 6 for M_1 in the stock culture.

Algal concentration (chains·ml ⁻¹)	Starting stage	Survival (%)	Final developmental stage reached
63	Z_1	0	Z_1 (3 days)* ¹
125	Z_1	0	Z_1 (3 days)
	Z_2	0	Z_3 (8 days)
	Z_3	3.3	M_2 (11 days)
	M_1	13.3	M_2 (11 days)
250	Z_1	0	Z_1 (3 days)
	Z_2	0	Z_3 (8 days)
	Z_3	3.3	M_{2+3} (11 days)
	M_1	13.3	P_1+M_3 (11 days)
500	Z_1	1.1	Z_2 (7 days)
	Z_3	6.7	M_3 (11 days)
	M_1	26.7	P_1+M_3 (11 days)
1000	Z_2	0	Z_3 (8 days)
	Z_3	8.3	P_1+M_3 (11 days)
	M_1	13.4	P_1+M_3 (11 days)

*1: Time taken from Z_1 to the stage reached, including the time spent in the stock cultures.

達 P_1 蝦苗之頭胸甲長，則因餌料之種類及濃度之不同而有極顯著的差異 ($F=59.21$; $df=6, 413$; $p<0.01$)。利用 Duncan's New Multiple Range Test 所得之結果示如 Table 9。頭胸甲長以輪蟲為餌者最長 (1156-1160 μm)，各濃度間無顯著性差異；以 $0.5 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^4$ cells/ml 之 *Skeletonema* 為餌者 (1108-1119 μm) 次之；以 0.25×10^4 cells/ml 之 *Skeletonema* 為餌者 (1066 μm) 再次之；以 0.1~4 隻 *Artemia* 幼生為餌者 (自 M_1 餵至 P_1) 最差 (1040 μm)。

單一藻及混合藻之餌料效益：

試驗一：試驗期間為 73 年 2 月 10 日至 2 月 17 日。從前述試驗結果中，選取各藻之適當濃度範圍，並依各藻之體積比：2S=3T=8C=20I，擇定下列各藻之濃度：*Skeletonema* (簡寫為 S) 2×10^4 cells/ml, *Chaetoceros* (簡寫為 C) 8×10^4 cells/ml, *Isochrysis* (簡寫為 I) 20×10^4 cells/ml, *Tetraselmis* (簡寫為 T) 3×10^4 cells/ml，使能在含同量藻體積之基礎上，比較單一藻及以等體積混合之任一藻之餌料效益；結果示如 Table 10。除以單一藻 *Isochrysis* 為餌者，蝦苗變態為 M_1 之活存率低 ($16.7 \pm 9.4\%$)，變態時間長 (6 天)，且未能變態為 P_1 外；其餘以單一藻或混合藻為餌者變態為 M_1 ($68.1 \pm 10.5 \sim 93.3 \pm 6.7\%$) 及 P_1 ($54.8 \pm 15.7 \sim 77.8 \pm 6.9\%$) 之活存率均高。發育至 M_1 之活存率

表八 草蝦苗以不同濃度之骨藻 (*Skeletonema costatum*) 或輪蟲 (*Brachionus plicatilis*) 餵飼時之生長及生存率。

Table 8. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed different concentrations of *Skeletonema costatum* or *Brachionus plicatilis*, expressed as mean \pm SD ($n=3$).

Food and concentration	Survival at M ₁ * ¹ (%)	Duration from Z ₁ to M ₁ (days)	Survival at P ₁ * ² (%)	Duration from Z ₁ to P ₁ (days)
<i>Skeletonema</i> ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)				
0.25	76.1 \pm 3.5	5	67.8 \pm 5.6	9
0.5	75.4 \pm 10.2	5	67.8 \pm 21.4	9
1.0	85.6 \pm 5.1	5	78.9 \pm 1.9	9
<i>Brachionus plicatilis</i> (Ind.·ml ⁻¹)				
10	90.2 \pm 0.3	5	82.5 \pm 5.4	9
20	84.5 \pm 3.9	5	82.2 \pm 3.9	9
40	80.2 \pm 12.1	5	69.1 \pm 19.7	9
F value* ³	2.15**		0.83**	

*1, *2: As explained in Table 1.

*3: ns denotes non-significance ($p > 0.05$).

表九 以不同餌料餵飼時之 P₁ 期蝦苗背甲長，利用 Duncan 氏多變域分析法測定之結果。表中之 C 代表 *Chaetoceros*, I 代表 *Isochrysis*, S 代表 *Skeletonema*, T 代表 *Tetraselmis*。

Table 9. The result of Duncan's new multiple-range test for the carapace length of larvae P₁ fed various diets ($p < 0.05$). C: *Chaetoceros*; I: *Isochrysis*; S: *Skeletonema*; T: *Tetraselmis*.

Algal species	C+I	C+T	S	S+I	C	S+C	S+T					
Concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	4+10	4+1.5	2	1+10	8	1+4	1+1.5					
Carapace length (μ m)	1084	1113	1113	1137	1155	1168	1203					
Algal species	S	T+I	C+T	C	T+I	T	T+I	C+T	C+T	S+T	S+T	N+T
Concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	1	2+6.6	4+1.5	8	1+13.4	3	1.5+10	2.6+2	5.4+1	1+1.5	1.3+1	0.7+2
Carapace length (μ m)	1043	1064	1088	1090	1096	1097	1098	1104	1108	1138	1149	1157
Food	<i>Artemia</i>	<i>Skeletonema</i>	<i>Skeletonema</i>	<i>Skeletonema</i>	Rotifer	Rotifer	Rotifer					
Concentration (Ind.·ml ⁻¹ or $\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	0.1~4	0.25	0.5	1.0	40	20	10					
Carapace length (μ m)	1040	1066	1108	1119	1156	1157	1160					

表十 草藻苗以不同混合藻餵飼時之生長及生存率。

Table 10. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed mixed algae, expressed as mean \pm SD ($n=3$). C: *Chaetoceros*; I: *Isochrysis*; S: *Skeletonema*; T: *Tetraselmis*.

Algal species	Concentration ($\times 10^6$ cells·ml ⁻¹)	Survival at M ₁ * ¹ (%)	Duration from Z ₁ to M ₁ (days)	Survival at P ₁ * ² (%)	Duration from Z ₁ to P ₁ (days)
C+I	4+10	93.3 \pm 6.7 ^a	4	73.3 \pm 17.7 ^a	8
S	2	83.3 \pm 0.0 ^{ab}	5	77.8 \pm 6.9 ^a	8
C+T	4+1.5	78.4 \pm 16.5 ^{ab}	4	73.4 \pm 23.5 ^a	8
S+I	1+10	77.8 \pm 8.4 ^{ab}	4	74.4 \pm 7.7 ^a	8
C+S	4+1	76.7 \pm 15.3 ^{ab}	4	70.0 \pm 17.7 ^a	8
C	8	70.0 \pm 16.5 ^{ab}	4	68.4 \pm 16.5 ^a	8
S+T	1+1.5	68.1 \pm 10.5 ^b	4	54.8 \pm 15.7 ^a	7
I	20	16.7 \pm 9.4 ^c	6	0(5.0) ^{ab}	8(M ₂)* ⁴

*1, *2; As explained in Table 1.

*3: Died at M₂; percentage survival at M₂ in parenthesis.*4: Duration from Z₁ to M₂.

a, b, c: Denoting the result of Duncan's new multiple-range test; means designated by different letters are significantly different at 0.05 probability level.

間有差異 ($F=2.89$; $df=7, 13$; $p<0.05$), 以 C+I 混合藻為餌者最高, S+T 混合藻為餌者最低; 但發育達 P₁ 之活存率間則無顯著性之差異。蝦苗以 *Skeletonema* 為餌者, 其變態至 M₁ 之時間較以他種餌料為餌者晚一天; 而以 *Skeletonema* 中添加 *Tetraselmis* 為餌者, 其變態為 P₁ 之時間, 則較以他種餌料為餌者提早一天。

P₁ 蝦苗之頭胸甲長, 因餌料種類不同, 而有極顯著之差異 ($F=29.45$; $df=6, 233$; $p<0.01$); 利用 Duncan's New Multiple Range Test 分析之結果 (Table 9), 以 S+T 混合藻為餌者最長 (1230 μ m), C+I 混合藻為餌者最短 (1084 μ m)。

試驗二: 試驗期間為 73 年 3 月 20 日日 至 3 月 28 日, 比較單一藻及任二藻按體積比 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{3}$ 混合之餌料效益, 其結果示如 Table 11。半數蝦苗變態為 M₁ ($F=2.89$; $df=7, 13$; $p<0.05$) 及 P₁ ($F=2.93$; $df=11, 35$; $p<0.05$) 時之活存率, 各餌料間有顯著性之差異。半數蝦苗變態為 M₁ 時之活存率為 36.7 \pm 18.5~93.0 \pm 6.4% (Z₁-M₁)。可將所有之處理組分為三大組: 第一大組含以單藻 S, T 及混合藻 $\frac{1}{2}$ S + $\frac{1}{2}$ T, $\frac{2}{3}$ S + $\frac{1}{3}$ T, $\frac{1}{3}$ S + $\frac{2}{3}$ T, $\frac{2}{3}$ T + $\frac{1}{3}$ C, $\frac{1}{2}$ T + $\frac{1}{2}$ C, $\frac{2}{3}$ T + $\frac{1}{3}$ I 及 $\frac{1}{2}$ T + $\frac{1}{2}$ I 為餌者, 活存率較高; 第二大組含以混合藻 $\frac{1}{2}$ T + $\frac{1}{2}$ I 為餌者, 活存率居中; 第三大組含以混合藻 $\frac{1}{3}$ T + $\frac{1}{3}$ C 及單藻 C 為餌者, 活存率較低。又, 第二、三大組活存率之標準偏差大 ($SD>50\%$ M), 即重覆間之變異大。以單藻 T 及混合藻 T+S, T+C 為餌者, 變態為 M₁ 之時間較以他種餌料為餌者早 1 天。半數蝦苗變態為 P₁ 時之活存率為 19.4 \pm 10.3~87.8 \pm 3.9%, 以混合藻 $\frac{1}{3}$ T + $\frac{2}{3}$ S 及單藻 S 為餌者最高, 單藻 C 為餌者最低, 以其餘餌料為餌者之高低順序與半數蝦苗變態為 M₁ 時之情形大同小異。以單藻 T 為餌者, 因在 M₁ 及 M₂ 期死亡多, 在半數蝦苗達 P₁ 時之活存率降低許多 (由 82.2 \pm 19.5% 減至 33.3 \pm 25.2%)。一般說來, 添有 T 餌料者變態為 P₁ 之時間提早一天, 而 $\frac{1}{3}$ T + $\frac{2}{3}$ S 者則提早 2 天。

P₁ 蝦苗之頭胸甲長, 在各餌料間有極顯著之差異 ($F=17.09$; $df=11, 320$; $p<0.01$)。利用 Duncan's New Multiple Range Test 分析之結果 (Table 9), 以單一藻 S 為餌者最短 (1043 μ m), 以單一藻 C 或 T 為餌者居中 (1090-1097 μ m), 而以於 S 中添加 T 者最長 (1138-1157 μ m)。綜合試驗一及二之結果, 顯示於 S 中添加 I, C 或 T 均使頭胸甲加長, 其加長程度, 一般說來, 以添

表十一 草蝦苗以不同混合藻飼時之生長及生存率。

Table 11. Growth and survival of *P. monodon* larvae fed mixed algae.
C: *Chaetoceros*; I: *Isochrysis*; S: *Skeletonema*; T: *Tetraselmis*.

Algal species	Concentration ($\times 10^4$ cells·ml ⁻¹)	Survival at M ₁ * ¹ (%)	Duration from Z ₁ to M ₁ (days)	Survival at P ₁ * ² (%)	Duration from Z ₁ to P ₁ (days)
T+S	1+1.3	87.8±3.9 ^a	4	87.8±3.9 ^a	7
S	2	93.0±6.4 ^a	5	81.3±21.2 ^a	9
T+I	2+6.6	88.9±5.1 ^a	5	72.2±7.7 ^{ab}	8
T+S	1.5+1.0	87.8±6.9 ^a	4	66.7±17.7 ^{abc}	8
T+C	2+2.7	83.3±6.7 ^a	4	52.2±25.3 ^{abc}	8
T+S	2+0.7	85.8±10.2 ^a	4	51.0±36.9 ^{abc}	8
T+C	1.5+4	78.9±7.0 ^a	4	44.5±16.8 ^{abc}	8
T	3	82.2±19.5 ^a	4	33.3±25.2 ^{bc}	8
T+I	1.5+10	68.9±13.9 ^{ab}	5	34.4±31.7 ^{bc}	9
T+I	1+13.3	43.3±34.8 ^{bc}	5	23.3±14.1 ^c	9
T+C	1+5.4	36.7±29.1 ^c	5	22.2±15.4 ^c	8
C	8	36.7±18.5 ^c	5	19.4±10.3 ^d	9

*1, *2: As explained in Table 1.

a, b, c, d: Denoting the result of Duncan's new multiple-range test; means designated by different letters are significantly different at 0.05 probability level.

加T者為最大。又，以同一濃度同一餌料為餌者，P₁之頭胸甲長因變態時間之早晚而異，先變態者較長（試驗一及以輪蟲或S為餌而試驗者亦有相同之結果）。

討 論

有效之餌料生物必須能為蝦苗捕捉食用及消化吸收；因此，必須考慮到餌料之大小、形態、密度、運動情形、營養價值及捕食者之食性。自然界雖常有餌料生物大量繁生，然無法配合人工魚蝦苗繁殖時期；因此，有效之餌料生物尚必須來源易得，培養容易，能大量繁殖。

由文獻查得7種與本試驗所用者相似或相近之餌料生物之一般化學組成及脂肪酸組成如 Tables 12 及 13 所示。本研究中之草蝦苗以7種餌料生物飼時之生長及活存率，似與餌料生物之一般組成（如蛋白質、脂肪、碳水化合物和灰分等）不相關。Tobias-Quinitio and Villegas⁽⁶⁾ 指出 *Chaetoceros calcitrans* 與 *T. chuii* 比較，含有較少之蛋白質與脂肪，但以該二藻分別飼草蝦苗

表十二 由參考文獻整理得之各種餌料生物化學組成。

Table 12. Chemical composition of food organisms compiled from the data in literature.

Chemical composition	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Chaetoceros calcitrans</i>	<i>Tetraselmis chuii</i>	<i>Dunaliella</i> sp.	<i>Isochrysis galbana</i>	<i>Spirulina platensis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>
Protein	37	23.9	49.2	47.4	60.1	69.9	69
Carbohydrate	20.8	19	16.4	—	15.6	13.2	—
Ash	39	—	20.1	17.5	7.1	4.8	3.6
Lipid	4.7	8.7	10.6	10.0	17.2	6.9	21
Reference	18	6	5.6	5	19	20	21

表十三 由參考文獻整理得之各種餌料生物之脂肪酸組成。

Table 13. Fatty acid composition of various food organisms compiled from the data in literature.

Fatty acid	<i>Skeltonema costatum</i>			<i>Chaetoceros septentrionale</i>	<i>Tetraselmis suecica</i> sp.		<i>Dunaliella tertiolecta</i>		<i>Isochrysis galbana</i>			<i>Spirulina platensis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>
14:0	9.6	6.2	32.7	6.3	10.7	0.8	1.3	0.5	0.6	1.3	10.6	—	3.1
16:0	9.0	11.1	6.9	11.0	—	19.7	13.4	19.7	15.6	—	22.2	43	13.2
16:1	18.3	21.7	21.0	19.4	—	2.9	2.5	1.5	5.1	9.8	15.7	10	22.6
16:2	9.9	6.1	7.4	4.7	—	0.5	1.2	2.5	2.9	12.2	—	1	—
16:3	5.4	11.4	2.3	8.7	—	1.8	6.1	1.9	2.1	—	0.4	—	—
16:4	3.4	1.0	6.6	1.7	—	14.7	24.4	—	0.2	—	—	—	—
18:0	1.0	—	0.1	0.1	—	0.3	1.0	1.9	—	0.5	2.3	3	3.6
18:1	5.0	1.8	0.3	3.4	23.8	14.8	3.4	15.5	14.6	14.4	13.1	5	21.5
18:2	1.4	2.1	1.1	0.5	—	3.3	5.6	—	10.7	—	2.3	12	6.3
18:3	0.6	—	0.6	0.5	17.3	18.9	28.2	27.9	14.3	15.0	0.6	21	0.5
18:4	2.2	0.8	2.2	0.1	—	7.5	0.6	3.3	17.2	10.1	8.0	—	—
20:5	23.2	30.2	13.8	20.8	11.0	7.5	—	—	3.1	4.3	—	—	11.1
22:5	0.2	1.7	0.4	3.7	—	—	—	—	0.3	2.5	7.2	—	2.9
22:6	6.5	—	1.7	—	—	—	—	0.9	8.2	3.7	4.3	—	—
Ref.	23	22	24	22	25	24	24	26	22	26	27	28	21

之結果，以 *C. calcitrans* 為餌之草蝦苗雖具較低之蛋白質量，却具較高之脂肪量，且其生長及活存率也較佳。牡蠣 *Crassostrea virginica* 和硬蚌 *Mercenaria mercenaria* 之軟體與硬體組織之生長，亦與飼料之一般組成或氨基酸組成不相關，但與飼料中特殊藻之存在與否有關⁽¹⁹⁾。藻類一般化學組成分含量之差異性，因藻種不同而引起者，並不大於同一藻種因培養條件及生長階段之不同而引起者⁽²⁹⁻³¹⁾。Parsons *et al.*⁽³²⁾ 亦指出在相同之物理與化學條件下生長時，海洋植物性浮游生物，不論其大小及在分類上之歸屬，其全體有機組成是相同的。

然而如同本試驗結果及其他報告^(29,33) 所顯示，某些藻類顯然是蝦苗及貝苗之好食物，其原因可能與藻類所含脂肪酸之適用性與均衡性，或微量成分如維生素與礦物質，以及藻類之可消化性等有關^(19,29,33)。

脂肪酸乃細胞內膜狀胞器 (organelles) 之構成分子及貯存性能量之主要成分。蝦體內所含之脂肪酸部分藉由食物在蝦體內自行合成，部分由食物直接供給。飼料之飼料中如含 $\omega 3$ 族如 18: 3 $\omega 3$ ，20: 5 $\omega 3$ 及 22: 6 $\omega 3$ 等不飽和脂肪酸，斑節蝦 (*P. japonicus*) 之脫皮次數較多，生長較快⁽³⁴⁾；其中又以 20: 5 $\omega 3$ 及 22: 6 $\omega 3$ 脂肪酸含量之高低具有較大之決定性⁽³⁵⁻³⁷⁾。雖然蝦與魚同，可經過類似之代謝途徑，將 18: 2 $\omega 6$ 及 18: 3 $\omega 3$ 代謝以合成 $\omega 6$ 或 $\omega 3$ 等高度不飽和脂肪酸 (HUFA)，但其轉換能力較弱⁽³⁸⁾。

自然界中，藻類自行合成脂肪酸，動物則經由食物網獲取自體所需之脂肪酸⁽³⁹⁾；但是某些脂肪酸能以不變的形態通過食物網。因此，充當蝦類食物之某特別種無脊椎動物之能否促進蝦類卵巢成熟，可能取決於該種無脊椎動物之食物^(40,41)。Scott and Middleton⁽²⁶⁾ 認為以 *Dunaliella tertiolecta* 作為比目魚 (*Scophthalmus maximus*) 魚苗之食物，導致生長停頓及大量死亡之因，並不是該藻具有毒性，而可能是該藻缺乏高度不飽和脂肪酸。輪蟲之營養效益與其一般化學組成、氨基酸組成及礦物質含量等無關，而取決於其所含高度不飽和脂肪酸 (如 20: 5 $\omega 3$ 及 22: 5 $\omega 3$) 量之高低，而該量之高低又取決於輪蟲食物中所含量之高低⁽²¹⁾。因此，餌料中之脂肪酸影響捕食者之營養效益。

微細藻類之脂肪酸組成與魚油相同，其中以不飽和脂肪酸 C16, C18, C20 及 C22 為主要約佔 84%；飽和脂肪酸僅佔 16%，主要是 16:0 及 14:0⁽²²⁾。雖然微細藻中某些脂肪酸之含量會因溫度^(42,43)、照光⁽⁴⁴⁾、生長階段^(22,44,45)及營養鹽種類與過或不及⁽²²⁾等而異，其脂肪酸組成形式是一定的；屬同一綱者，有一定而相同之組成形式，可作為分類的依據^(22,24,25)。*Chaetoceros* 及 *Skeletonema* 屬於矽藻綱 (Bacillariophyceae)，以含低量之 C18 酸及高比例之 20:5 酸，而有別於他種藻。*Isochrysis* 屬於 Haptophyceae 綱，含有 C18, C20 及 C22 酸。*Spirulina* 屬於藍藻綱 (Cyanophyceae)，不含高度不飽和脂肪酸。*Dunaliella* 屬於綠藻綱 (Chlorophyceae)，富含 18:3；*Tetraselmis* 屬於 Prasinophyceae 綱，因含 C20 及 C22 而自綠藻綱分出自成一綱。以綠藻併用酵母飼之輪蟲含較多量之 20:5 ω 3 (Table 13)。

與本試驗所用餌料近似之七種餌料生物中，除 *Dunaliella* 及 *Spirulina* 外，其脂肪酸組成均含有高比例之高度不飽和脂肪酸。本試驗結果顯示，以 *Dunaliella* 及 *Spirulina* 外之餌料為餌時，草蝦苗眼幼蟲有良好的生長與活存，支持其他研究者之發現，高度不飽和脂肪酸是為決定餌料營養價值之重要因素^(21,34-37)。

餌料除其營養價值外，捕食者之食性亦為決定餌料效益之一大主因。橈腳類之食性與其大顎 (mandible)、小顎 (maxilla) 及顎足 (maxilliped) 之形態與構造有關⁽⁴⁶⁾；與以草食性為主之 *Calanus* 橈腳類比較，草蝦苗眼幼蟲及糠蝦幼蟲之小顎及顎足具有較短且疏之羽毛狀網毛；與肉食性之 *Tortanus* 橈腳類相比，則具較多而短之大顎齒⁽⁴⁷⁾；因此，草蝦幼生似為雜食性。

本試驗結果顯示草蝦苗眼幼蟲既能以細胞大小為 5~20 μ m 之單細胞藻為餌，亦能以 136~283 μ m 大小之 *Skeletonema* 及輪蟲為食物，似為雜食性，可濾食 (filter feeding)，亦可捕食 (raptorial feeding)，依投餵食物之大小而有不同之作用機構。SEAFDEC⁽⁵⁾ 以 50~200 μ m 大小之蛋黃飼育草蝦苗，亦認為草蝦苗之咀嚼口在 Z₁ 階段就有作用，可能為 Particulate feeder。斑節蝦 (*P. japonicus*) 苗自 Z₁ 起，可以 160 \times 190 μ m 大小之大豆餅粉粒⁽¹³⁾、10~54 μ m 微膠囊或 20~100 μ m 粒狀人工飼料⁽¹⁰⁾投餵；*P. indicus* 之 Z₁ 可捕食輪蟲⁽⁴⁸⁾；此等結果，均顯示草蝦類 (Penaeid) 幼苗之捕食性。然以 10~54 μ m 微膠囊投餵 *P. japonicus*，其 Z₁ 期先選擇 19 μ m 以下之微膠囊為食，Zoea II-III, Mysis I 及 Mysis II-III 則分別選擇 23 μ m, 28 μ m 及 44 μ m 以下之微膠囊為食；顯然在 Zoea 期主要為濾食性，至糠蝦期後才轉為以捕捉較大之餌料生物為食⁽¹⁰⁾。*P. indicus*^(12,48) 亦有同樣之食性行為。在本試驗中，草蝦苗於糠蝦期後，以 *Isochrysis*, *Tetraselmis* 及 *Chaetoceros* 為餌者，活存率降低許多，可能與草蝦苗於糠蝦期後主動捕食之行為有關；以輪蟲或 *Skeletonema* 為餌者，因適合蝦苗之食性，在眼幼蟲期及糠蝦期之生長及活存均好。

本試驗結果顯示，餌料濃度不足影響蝦苗之活存與生長，但每一種餌料有其適當之濃度範圍。在試驗之濃度範圍內，各種餌料之適當濃度為：*Skeletonema* 0.5 \times 10⁴~2.0 \times 10⁴ cells/ml, *Chaetoceros* 8 \times 10⁴~10 \times 10⁴ cells/ml, *Tetraselmis* 2 \times 10⁴~5 \times 10⁴ cells/ml, *Isochrysis* 20 \times 10⁴ cells/ml, *Brachionus* 10 隻/ml；此與 Aquacop⁽³⁾ 以 *Tetraselmis* 及輪蟲，Beard and Wickins⁽⁴⁾ 以 *Tetraselmis* 及 *Isochrysis*, Tobias-Quinito and Villegas⁽⁶⁾ 以 *T. chuii* 或 *C. calcitrans* 飼育 *P. monodon*；Jones, et al.⁽¹⁰⁾ 以 *C. gracilis*，茂野⁽⁴⁹⁾以 *Skeletonema* 或 *Chaetoceros* 飼育 *P. japonicus*；Simon⁽⁹⁾ 以 *C. gracilis* 飼育 *P. vanamei* 及 *P. stylirostris* 得到良好結果時所維持之藻濃度吻合。本試驗中所得各種餌料之適當濃度 (cells/ml) 與餌料大小成反比，但該濃度與藻體體積 (Cell volume) 之乘積在各藻間則相等；因此，蝦苗所吃到各餌料藻之總體積量大致相等。Simon⁽⁹⁾ 認為 *C. gracilis* 濃度高至 45 \times 10⁴ cells/ml，SEAFDEC⁽⁵⁾ 認為 *T. chuii* 濃度高達 5 \times 10⁴ cells/ml 時，可能有毒於蝦苗；本試驗所得之結果與他們之意見不一致。因我們所用之藻乃經過濃縮洗滌後再使用，在與他們相似之高藻濃度下，仍對蝦苗無毒害；因此，筆者以為其毒性可能源於藻類培養液中所含藻類之代謝產物或其他物質，而與藻體本身無關。

Walne⁽²⁹⁾ 指出以兩種餌料藻混合為餌之貝苗顯著地較以單藻為餌者大，變態早；且變態後之貝苗生長較快，死亡率較低，雖然變態後食用之食物同。Romberger and Epifanio⁽³³⁾ 亦指出以兩種藻混合飼育貝苗，貝苗之生長反應有非累加性 (Nonadditive) 及協同性 (Synergistic) 二種，本試驗中以二種藻類混合投餵蝦苗，蝦苗之活存率、生長、大小及變態之早晚，較之以單藻為餌者，在數值上雖有不同，但在統計上並無顯著性差異。

Tetraselmis (又稱 *Platymonas*) 為具四根鞭毛之綠色藻類，含有許多種類，不僅適合作為蝦苗幼蟲之餌料，亦是貝苗幼生之良好食物⁽³⁰⁾，且以其為餌之輪蟲之增殖率大於以 *Chlorella* 為餌者⁽³⁰⁾。以其投餵 *P. setiferus* 和 *P. aztecus*，蝦苗發育正常，且成長較以 *Skeletonema* 投餵者快⁽⁸⁾；以其投餵輪蟲，輪蟲之體形較以 *Chlorella* 為餌者大⁽⁵⁰⁾。本試驗結果亦顯示以 *Tetraselmis* 為餌者，蝦苗體形較大，變態時間較早。濃縮藻冰藏二星期仍適合作為蝦苗餌料 (筆者未發表資料)，凍結之藻亦適用^(3,11)。*T. chuii* 之藻細胞活動力強，在培養液中大多數呈游動態，不似筆者所保存之另二種 *Tetraselmis* (其一取自大溪地 Aquacop，雖有游動細胞但易黏壁；另一取自夏威夷，由臺南分所轉贈，游動細胞少，易沉澱)；又該藻適應環境能力強，增殖快，不易為他種藻類或原生動物污染，培養容易，保種簡便；且藻質穩定，不易衰壞，常呈游動態，易為蝦苗捕食，不污染水質；此等均為其優點。然藻體小，必需藉助離心機才能收集，則為其缺點。雖然亦可以化學處理法收集該藻類，但所得之藻是否無毒、有效，仍待探討。

S. costatum 乃 Hudinaga 於 1958 年，在世界上首次人工繁殖草蝦屬蝦苗成功所選用之藻類⁽⁵¹⁾，亦為廖等⁽¹⁾ 在臺灣第一次人工繁殖草蝦苗試驗成功所用之餌料藻，且一直為本省民間繁殖場用作蝦苗餌料之唯一餌料藻，迄今已十餘年，其餌料效益不庸置疑。本試驗結果亦顯示草蝦苗眼幼蟲期及糠蝦期，單以其為餌，活存及生長均好，且於同一試驗之重覆間及多次試驗間之再現率高。另，*Skeletonema* 增殖快，培養容易，可以網布濃縮為其優點；然其生長達停滯期及衰退期所需之時間短，以致移植操作頻繁，保種困難，藻質良莠不一，乃其缺點。幸而高雄港常年有 *Skeletonema* 滋生，民間繁殖場毗鄰而居，藻種來源不虞匱乏，致蝦苗繁殖場四處林立；本省今日蓬勃發展之草蝦養殖業，*Skeletonema* 之功不可沒。

Skeletonema 藻質之好壞，可依藻絲長短粗細，空細胞數目多寡，藻細胞內含物之豐瘠及細胞之大小等判斷⁽²⁾。據筆者觀察，質優藻絲於投餵蝦苗後，在 30°C 暗中，經 24 小時後，其藻絲仍佳，48 小時後則藻絲已壞。因此，每日換水，投餵新鮮餌料者，蝦苗之生長及活存均優 (本試驗結果)；但數日不換水，以不定期投餵來維持藻濃度者，蝦苗之活存減少許多 (筆者未發表資料)；此缺點可以少量多餐式的投餵法彌補。因此，以 *Skeletonema* 為餌者較以其他藻為餌者 (每日或 2 日只需投餵一至二次) 需較多之照顧，且需豐富的經驗來判斷適當之投餵時間與量，以確保良好藻質，其所需之技術層次較高。

C. gracilis 乃具四根角毛之單細胞砂藻，與之同屬之 *C. calcitrans* 亦為蝦苗及貝苗之好食物^(6,32,52)。此藻增殖快，對環境適應力強，培養容易，保種簡便是其優點；易染菌，具砂藻特性——藻質較易變壞 (但能維持較 *Skeletonema* 長之時間)，體小濃縮不易等則為其缺點。

I. aff galbana 為類似 *I. galbana* 之熱帶種褐色鞭毛藻，亦為貝苗之良好食物⁽⁵³⁾。其體小具游動性，最適合作為蝦苗 Z₁ 及 Z₂ 期之餌料，而較不適為 Z₃ 後期之餌料。筆者曾以未經分離，連同原培養液之藻直接投餵蝦苗，並無不良後果發生，曾煥仁 (私下交談) 以之成功地育成文蛤及西施舌苗，顯然其培養液無不利於蝦、貝苗生長之因子。此藻在試驗室中培養，增殖為所有測試藻中最快者，其培養及保種均極容易；然於戶外開放式大量培養時，由於體小易為他種生物捕食，培養較為困難。若於戶外大量培養時，能先將海水經過濾設備過濾，空氣也經過過濾，並採密閉式培養槽，則此藻之培養應可成功。

輪蟲 (*B. plicatilis*) 乃目前所知唯一海水魚苗最初期之有效餌料生物，且已廣為採用。其培養不

難，收穫容易，可取代或減少 *Artemia* 之投餵，降低生產成本。惟需同時培養 *Chlorella* 作為輪蟲之餌料，且若要能大量適時之提供，應有專人照顧，較為費時費力。雖然本試驗結果顯示草蝦苗自 Z_1 即可捕食輪蟲，但一般均於 Z_2 開始投餵，單餵或以藻類混餵，至蝦苗變態為 P_1 後停止餵食。筆者建議投餵輪蟲時，應同時投輪蟲之餌料如 *Tetraselmis*, *Chaetoceros*, *Isochrysis* 或 *Chlorella*，如此可維持輪蟲之營養品質，使輪蟲增殖以減少輪蟲投餵量，並可穩定水質。

綜上所述，各種餌料均有其優缺點，使用者宜斟酌繁殖場之規模、人力、養殖技術，配合餌料特性、蝦苗食性等以選擇最適用之餌料。

摘 要

本文探討草蝦苗以各種濃度之 *Skeletonema costatum* ($(0.25\sim 2.0)\times 10^4$ cells/ml), *Chaetoceros gracilis* ($(1.0\sim 10)\times 10^4$ cells/ml), *Tetraselmis chuii* ($(0.25\sim 5.0)\times 10^4$ cells/ml), *Isochrysis aff. galbana* ($(1.0\sim 20)\times 10^4$ cells/ml), *Dunaliella* sp. ($(1.0\sim 10)\times 10^4$ cells/ml) 及 *Spirulina platensis* (63~1000 chains/ml) 等單一或混合餌料藻及輪蟲 *Brachionus plicatilis* (10~40 隻/ml) 餵飼時，自 Z_1 至 P_1 之生長及生存率。利用 1ℓ 之燒杯，裝入 900 ml 海水(鹽度 30~35‰)及 25~30 隻蝦苗後，將燒杯置於氣溫 31~34°C、全暗之恆溫箱中，施以微量打氣。每天換水一次，換水時，將蝦苗移至另一含同濃度餌料及同溫海水之燒杯中，並觀察記錄蝦苗期及活存數；試驗進行至蝦苗變態為 P_1 時停止。結果顯示，除 *Dunaliella* sp. 及 *S. platensis* 外，以其餘任一餌料餵飼時，草蝦苗均能由 Z_1 變態至 P_1 ；且除以 *T. chuii* 及低濃度之 *I. aff. galbana* 餵飼者外活存率均在 50% 以上。餌料濃度影響蝦苗之生長、生存率及變態時間之長短，在所測試濃度中以 *S. costatum* ($0.5\sim 1.0$) $\times 10^4$ cells/ml, *C. gracilis* ($8.0\sim 10$) $\times 10^4$ cells/ml, *T. chuii* ($2.0\sim 5.0$) $\times 10^4$ cells/ml, *I. aff. galbana* ($16\sim 20$) $\times 10^4$ cells/ml 及 *B. plicatilis* 10~40 隻/ml 為最佳。輪蟲、*Skeletonema*、*Tetraselmis*、*Chaetoceros* 及 *Isochrysis* 均適合作為草蝦苗眼幼蟲期之餌料，而前三者亦適合作為糠蝦期之餌料。以 *Tetraselmis* 為餌者，蝦苗較大，變態所需時間較短。混合二種藻類與單一藻類之餌料效益間無顯著性差異。

謝 辭

本研究承農委會資助研究經費(計畫編號 73 農建-411-產 128(5))，特此誌謝。

本研究承分所長廖一久博士大力支持及多方鼓勵，黎進開先生、朱家穎先生、蔡人助先生提供蝦苗，羅舜光先生、潘富洲先生協助試驗，林麗蘭小姐幫忙英文打字、製表，深為感謝，特此誌之。另外，蒙二位審稿先生提供寶貴修改意見，使本報告更臻完善，也在此一併誌謝。

參 考 文 獻

1. 廖一久·黃丁郎·勝谷邦夫(1969). 草蝦繁殖試驗。JCRF Fisheries Series, 8, 67-71.
2. LIAO, I. C., H. M. SU and J. H. LIN (1983). Larval foods for penaeid prawns. In "CRC Handbook of Mariculture, Volume 1, Crustacean Aquaculture", (edited by J. P. McVey and J. R. Moore), 43-69, CRC Press, Florida.
3. AQUACOP (1977). Reproduction in captivity and growth of *Penaeus monodon* Fabricius in Polynesia. *Proc. World Maricul. Soc.*, 8, 927-945.
4. BEARD, T. W. and J. F. WICKINS (1980). Breeding of *Penaeus monodon* Fabricius in laboratory recirculation systems. *Aquaculture*, 20, 79-89.
5. ANONYMOUS (1981). Crustacean hatchery. SEAFDEC Annual Report.
6. TOBIAS-QUINITIO, E. and C. T. VILLEGAS (1982). Growth, survival and macronutrient composition of *Penaeus monodon* Fabricius larvae fed with *Chaetoceros calcitrans* and *Tetraselmis chuii*. *Aquaculture*, 29, 253-260.

7. MOCK, C.R. and M-A. MURPHY (1970). Techniques for raising penaeid shrimp from the egg to postlarvae. *Proc. World Maricul. Soc.*, **1**, 143-154.
8. GRIFFITH, G.W., M.A. MURPHY KENSLow and L.A. ROSS (1973). A mass culture method for *Tetraselmis* sp. —A promising food for larval crustaceans. *Proc. World Maricul. Soc.* **4**, 289-294.
9. SIMON, C.M. (1978). The culture of the diatom *Chaetoceros gracilis* and its use as a food for penaeid protozoal larvae. *Aquaculture*, **14**, 105-113.
10. JONES, D.A., A. KANAZAWA and S. ABDEL RAHMAN (1979). Studies on the presentation of artificial diets for rearing the larvae of *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, **17**, 33-43.
11. HEINEN, J.M. (1976). An introduction to culture methods for larval and postlarval penaeid shrimp. *Proc. World Maricul. Soc.*, **7**, 333-343.
12. EMMERSON, W.D. (1980). Ingestion, growth and development of *Penaeus indicus* larvae as a function of *Thalassiosira weissflogii* cell concentration. *Marine Biology*, **58**, 65-73.
13. HIRATA, H., Y. MORI and M. WATANABE (1975). Rearing of prawn larvae, *Penaeus japonicus*, fed soy-cake particles and diatoms. *Marine Biology*, **29**, 9-13.
14. MINDANAO STATE UNIVERSITY (1975). Annual Report. Institute of Fisheries Research and Development, Naawan, Misamis Oriental, Philippines.
15. MCLACHLAN, J. (1973). Growth media-marine. In "Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements", (edited by J.R. Stein), 25-51, Cambridge University Press, London.
16. HELM, M.M., I. LAING and E. JONES (1979). The development of a 200l algal culture vessel at Conway. *Fish. Res. Tech. Rep.*, **53**, 1-7.
17. 中村浩・田邊洋介 (1973). 藍藻アルスロスピラの大量培養について。醸酵協會誌, **31**, 1-14.
18. DARLEY, W.M. (1977). Biochemical composition. In "The Biology of Diatoms," (edited by D. Werner), 198-223, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
19. EPIFANIO, C.E. (1979). Growth in bivalve molluscs: nutritional effects of two or more species of algae in diets fed to the American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin) and the hard clam *Mercenaria mercenaria* (L.). *Aquaculture*, **18**, 1-12.
20. 邱榮治・劉慧瑛・宋秉南 (1979). 螺旋藻生產之研究與其未來發展。化工, **103**, 1-12.
21. WATANABE, T., C. KITAJIMA and S. FUJITA (1983). Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, **34**, 115-143.
22. CHUECAS, L. and J.P. RILEY (1969). Component fatty acids of the total lipids of some marine phytoplankton. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **49**, 97-116.
23. ACKMAN, R.G., P.M. JANGAARD, R.J. HOYLE and H. BROCKERHOFF (1964). Origin of marine fatty acids: I. Analyses of the fatty acids produced by the diatom *Skeletonema costatum*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **21**, 747-756.
24. ACKMAN, R.G., C.S. TOCHER and J. MCLACHLAN (1968). Marine phytoplankton fatty acids. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **28**(8), 1603-1620.
25. DE MORT, C.L., R. LOWRY, I. TINSLEY and H.K. PHINNEY (1972). The biochemical analysis of some estuarine phytoplankton species. I. Fatty acid composition. *J. Phycol.*, **8**, 211-216.
26. SCOTT, A.P. and C. MIDDLETON (1979). Unicellular algae as a food for turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae - the importance of dietary long-chain polyunsaturated fatty acids. *Aquaculture*, **18**, 227-240.
27. WATANABE, T. and R.G. ACKMAN (1974). Lipids and fatty acids of the American (*Crassostrea virginica*) and European flat (*Ostrea edulis*) oysters from a common habitat, and after one feeding with *Dicrateria inornata* or *Isochrysis galbana*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **31**, 403-409.
28. NICHOLS, B.W. (1973). Lipid metabolism. In "The Biology of Blue-green Algae", (edited by S.N. Carr & B.A. Witton), 144-161, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
29. WALNE, P.R. (1974). Culture of Bivalve Molluscs. 50 Years of Experience at Conway. Fishing News (Books) Ltd., Survey, 173 pp.
30. AARONSON, S. (1973). Effect of incubation temperature on the macromolecular and lipid content of the phytoflagellate *Ochromonas danica*. *J. Phycol.*, **9**, 111-113.
31. SHIFRIN, N.S. and S.W. CHISHOLM (1981). Phytoplankton lipids: Interspecific differences and effects of nitrate, silicate and light-dark cycles. *J. Phycol.*, **17**, 374-384.
32. PARSONS, T.R., K. STEPHENS and J.D.H. STRICKLAND (1961). On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **18**, 1001-1016.

33. ROMBERGER, H.P. and C.E. EPIFANIO (1981). Comparative effects of diets consisting of one or two algal species upon assimilation efficiencies and growth of juvenile oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Aquaculture*, 25, 77-87.
34. GUARY, J.-C., M. KAYAMA, Y. MURAKAMI and H.J. CECCALDI (1976). The effects of a fat-free diet and compounded diets supplemented with various oils on moult, growth and fatty acid composition of prawn, *Penaeus japonicus* Bate. *Aquaculture*, 7, 245-254.
35. KANAZAWA, A., S. TOKIWA, M. KAYAMA and M. HIRATA (1977). Essential fatty acids in the diet of prawn — I. Effects of linoleic and linolenic acids on growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43(9), 1111-1114.
36. KANAZAWA, A., S.-I. TESHIMA and S. TOKIWA (1977). Nutritional requirements of prawn — VII. Effect of dietary lipids on growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43(7), 849-856.
37. KANAZAWA, A., S.-I. TESHIMA, S. TOKIWA, M. KAYAMA and M. HIRATA (1979). Essential fatty acids in the diet of prawn — II. Effect of docosahexaenoic acid on growth. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 45(9), 1151-1153.
38. KAYAMA, M., M. HIRATA, A. KANAZAWA, and M. SAITO (1980). Essential fatty acids in the diet of prawn — III. Lipid metabolism and fatty acid composition. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46(4), 483-488.
39. KAYAMA, M., Y. TSUCHIYA and J.F. MEAD (1963). A model experiment of aquatic food chain with special significance in fatty acid conversion. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 29(5), 452-458.
40. MIDDLEDITCH, B.S., S.R. MISSLER, D.G. WARD, J.B. MCVEY, A. BROWN and A.L. LAWRENCE (1979). Maturation of penaeid shrimp: Dietary fatty acid. *Proc. World Maricul. Soc.*, 10, 472-476.
41. MIDDLEDITCH, B.S., S.R. MISSLER, H.B. HINES, E.S. CHANG, J.P. MCVEY, A. BROWN and A.L. LAWRENCE (1980). Maturation of penaeid shrimp: Lipids in the marine food web. *Proc. World Maricul. Soc.*, 11, 463-470.
42. HOLTON, R.W., H.H. BLECKER and M. ONORE (1964). Effect of growth temperature on the fatty acid composition of a bluegreen alga. *Phytochemistry*, 3, 595-602.
43. TESHIMA, S.-I., S. YAMASAKI, A. KANAZAWA and H. HIRATA (1983). Effects of water temperature and salinity on eicosapentaenoic acid level of marine *Chlorella*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49(5), 805.
44. FISHER, N.S. and P. SCHWARZENBACH (1978). Fatty acid dynamics in *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae): Implications for physiological ecology. *J. Phycol.*, 14(2), 143-150.
45. PUGH, P.R. (1971). Changes in the fatty acid composition of *Coscinodiscus eccentricus* with culture-age and salinity. *Marine Biology*, 11, 118-124.
46. ANRAKU, M. and M. OMORI (1963). Preliminary survey of the relationship between the feeding habit and the structure of the mouth-parts of marine copepods. *Limnol. Oceanogr.*, 8(1), 116-126.
47. MOTOH, H. (1981). Studies on the fisheries biology of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon*, in the Philippines. SEAFDEC Technical Report No. 7.
48. EMMERSON, W.D. (1984). Predation and energetics of *Penaeus indicus* (Decapoda: Penaeidae) larvae feeding on *Brachionus plicatilis* and *Artemia* nauplii. *Aquaculture*, 38, 201-209.
49. 茂野邦彦 (1982). クルマエビ稚魚から出荷までの給餌體系。養殖, 7, 57-60.
50. 岡内正典・福所邦彦 (1984). テトラセルミス *Tetraselmis tetrahele* のシオミズツボムシに対する餌料テトラセルミス価値—I. バッチ式培養におけるワムツの増殖。Bull. Natl. Res. Inst. *Aquaculture*, 5, 13-18.
51. FUJINAGA, M. (1967). Kuruma shrimp (*Penaeus japonicus*) cultivation in Japan. In "Proceedings of the World Scientific Conference on the Biology and Culture of Shrimps and Prawns", (edited by M.N. Mastakidis), 811-832, FAO Fisheries Report No. 57, Vol. 3.
52. DE PAUW, N. (1981). Use and production of microalgae as food for nursery bivalves. In "Nursery Culturing of Bivalve Molluscs. European Mariculture Society, Special Publication No. 7", (edited by C. Claus, N. De Pauw and E. Jaspers), 35-69.
53. EWART, J.W. and C.E. EPIFANIO (1981). A tropical flagellate food for larval and juvenile oysters, *Crassostrea virginica* Gmelin. *Aquaculture*, 22, 297-300.