

## 대하(*Fenneropenaeus chinensis*)의 초기 유생성장

박인석 · 허준욱<sup>1,\*</sup>

한국해양대학교 해양과학부, <sup>1</sup>한국해양대학교 해양과학기술연구소

### Early Larval Growth of Flesh Prawn (*Fenneropenaeus chinensis*)

In-Seok Park and Jun Wook Hur<sup>1,\*</sup>

Division of Ocean Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

<sup>1</sup>Research institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Abstract** - Early larval growth for total length (TL) and body weight (BW) in flesh prawn (*Fenneropenaeus chinensis*) was studied from hatching to 25 days after hatching. Mean total length at nauplius and zoea stages was 0.21-0.39 mm and 0.62-1.03 mm, respectively. Mean total length of mysis stage grew from 1.28 mm (9 days after hatching) to 5.98 mm (21 days after hatching). The increase of body weight during experimental period showed step by step growth pattern due to metamorphosis of this species. The relationship between BW and TL from hatching to 25 days after hatching was  $BW = 2E^{-5TL^{4.1707}}$  ( $r^2 = 0.9746$ ).

**Key words** : flesh prawn, *Fenneropenaeus chinensis*, early larval growth

## 서론

대하(*Fenneropenaeus chinensis* Osbeck, 1765)는 갑각강(Class Crustacea), 십각목(Order Decapoda), 보리새우과(Family Penaeidae), 대하속(Genus *Penaeus*)에 속하며 한국의 서해 및 동중국해역에 분포하고 있고, 최대 성장에 있어 두흉갑의 크기는 50 mm, 체장은 200 mm, 체중은 70 g에 이르는 대형종이다. 대하는 현재 한국에 서식하는 12종의 새우류 중에서도 보리새우(*Kuruma shrimp*, *Marsupenaeus japonicus*)와 함께 현재 우리나라 갑각류 양식의 주 대상종으로 산업적으로 매우 중요한 종이다(김과 허 1993).

대하 생산량은 2002년 천해양식 생산량 781,544 M/T

중 1,403 M/T을 차지하여 0.18%의 천해양식 생산 비중을 차지하고 있고(해양수산회 2002), 전체 해산 새우양식 생산량의 상당한 부분을 차지하고 있음에도 불구하고 대하를 대상으로 한 최근에 상업적 생산에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

현재 한국의 대하 양식은 대하 서식에 적합한 서해안에 집중되어 있으며 대하의 인공종묘 생산 및 종묘 방류에 관한 연구사업이 활발히 진행되고 있고, 아울러 최근에 대만을 비롯한 중국에서의 대단위 대하 양식이 개발되면서 이에 대한 연구 보고가 꾸준히 증가하고 있는 실정이다(허와 김 1996; Chen *et al.* 1996; Tong and Miao 1996). 지금까지의 대하 종묘생산과 관련된 연구들은 유생사육(김 1968; 변 1970; 김과 유 1989; Li *et al.* 1986; Wang *et al.* 1986), 성 성숙(Xu 1983; Zhang and Guizhi 1984), 발생(방과 노 1969), 고밀도 사육(Li 1988), 사육장 환경(Guo 1986; Sun 1988) 및 사료(He 1988; Xu 1988;

\*Corresponding author: Jun Wook Hur, Tel. 051-410-4321, Fax. 051-405-4322, E-mail. hurjw@bada.hhu.ac.kr

Zhang 1988)에 관한 보고 등이 있다.

이와같이 대하 양식생산에 관하여 현재까지 다양한 보고가 되어 있으나, 아직까지 대하 초기 유생에 대한 생물학적 및 양식 산업적 측면에서의 해당 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 부화 후부터 부화 후 25일까지의 대하 유생을 대상으로 생물학적 및 양식 산업적 측면에서의 성장에 관하여 조사하였으며, 그 결과들을 현재까지의 관련 연구들과 비교·고찰하였다.

### 재료 및 방법

실험에 사용한 대하 모하는 충청남도 태안군 안면읍 창기리 앞바다에서 2002년 5월에 자망으로 채집하였다. 채집한 모하를 50L 비닐용기에 5마리씩을 넣어 산소를 주입한 후 18°C 이하로 유지시켜 한국해양대학교 수산유전육종연구소의 임해양식장으로 수송하였다. 수송 후 1톤 용량의 FRP 원형수조에 2마리씩 수용하고 지수식으로 적응시켰으며, 자연 수온보다 4°C 높은 22°C로 산란유발 시켰다. 산란유발시의 염분은 33‰이었다. 실험 해수는 자연 해수를 여과 직경 5µm의 Cartridge 여과기로 여과시킨 후, 자외선 살균기를 통과시켜 사용하였다. 모하의 평균 전장은 23.6±0.71 cm, 평균 두흉 갑장은 5.1±0.63 cm, 평균 체중은 61.3±5.12 g이었다. 모하 1 마리당 평균 산란량은 약 140,000립 내외였으며, 산란된 난은 FRP 1톤 원형수조에 수용하여 수온 24.0±0.5°C, 염분 33.0±1.0‰의 조절 조건하에서 부화시켰으며 부화시 수용량의 90% 이상을 부화시켰다.

부화 후 Nauplius stage에는 먹이를 공급하지 않았으나, Zoea stage 부터 먹이를 공급하였다. 이 시기부터 대량 배양한 Diatom (*Chaetoceros simplex*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira weissflogii*)을 서로 같은 비율로 혼합하여 공급하였다. 먹이 밀도는 유생 100마리당 10만 cell mL<sup>-1</sup>로 유지하였으며, 광주기는 24시간 연속 조명(수면 조도 약 3000 Lux)으로 유지했다. 이때의 사육 수온은 23.5±0.5°C였다. 전장은 0.01 mm 단위까지 측정하였으며, 측정은 부화 후 16일까지는 배율 40의 해부현미경(Carl Zeiss, Germany) 하에서 Eyepiece micrometer를 이용하였으며, 부화 후 17일부터 부화 후 25일까지는 Digital vernier caliper(Mitutoyo, Japan)를 사용하였다. 체중은 부화 후 14일부터 부화 후 25일까지 전자저울(AND, Japan)을 사용하여 0.001 g 단위까지 측정하였다. 측정된 전장과 체중 자료를 기초로 전장과 체중간의 상관관계를 계산하였다. 각 표본수의 개체수는 60마리로 하였으며, 실험은 3반복으로 실시하였다.

### 결과 및 고찰

방과 노(1969)는 대하 난내의 Nauplius stage의 유생은 부화할 때 먼저 배체막을 뚫고 부속지를 움직여서 난막을 뚫고 외계로 나온다고 하였다. 본 연구에서 부화 수온 24°C에서 30 시간내에 90% 이상이 부화하였다. 부화직후의 Nauplius stage는 유영하지 못하며, 얼마 후 시간이 지나면서 제 2지를 움직이기 시작하였고 부화 후 1 시간 정도 지나면서 유영을 시작하였다.

부화부터 부화 후 25일까지의 전장과 체중의 성장 결과는 Fig. 1과 같다. Nauplius stage의 형태는 앞부분은 둥글며 크고 뒷부분은 길고 가늘었다. Nauplius stage의 크기는 본 연구에서 부화 후 4일까지 평균 전장 0.21~0.39 mm로, 방과 노(1969)와 변(1970)이 각각 보고하였던 0.16~0.25 mm, 0.17~0.36 mm와 비교시 유사하게 나타났다(Fig. 1). 이후 다음 단계인 Zoea stage로 5회의 탈피를 하였고, 그때마다 형태상의 변화가 조금씩 관찰되었다. 산란 후 5일 정도 경과하면서 Zoea stage 단계로 변태하였다. 본 연구에서 Zoea stage의 전장 크기는 0.62~1.03 mm로 방과 노(1969)의 결과인 0.18~0.52 mm, 변(1970)의 결과인 0.36~2.0 mm와 비교시, 비록 방과 노(1969)의 결과보다는 성장이 빨랐으나, 변(1970)의 결과 보다는 다소 낮은 성장을 보였다.

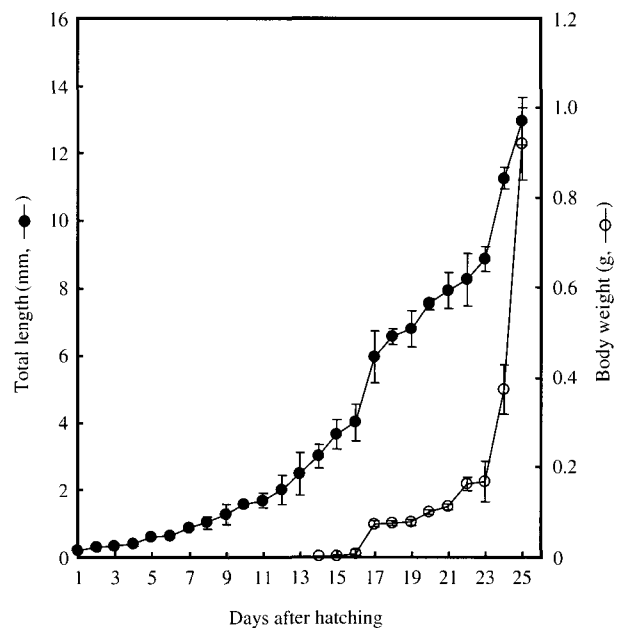


Fig. 1. Early growth for total length and body weight in flesh prawn (*Fenneropenaeus chinensis*) from hatching to 25 days after hatching. Vertical bars indicate SD ( $n=60$ ).

산란 후 6일째 제 2 Zoea stage, 8일째에 제 3 Zoea stage로 변태하였다. 이는 岡(1967)이 보고하였던 수온 24.3°C에서 제 1 Zoea stage는 산란 후 6일, 제 2 Zoea stage는 산란 후 8일, 제 3 Zoea stage는 산란 후 9일이 소요된다는 결과와 비교시 본 연구 결과와 변(1970)의 보고는 변태시기에 있어 1~2일 정도가 빠른 것으로 나타났다. 이와같은 성장 차이는 상이한 환경요인에 기인되었다고 사료되며, 변(1970)은 이를 먹이의 영향으로 간주하였다. 따라서 본 연구와 변(1970)의 성장 차이는 Zoea stage에 있어 본 연구에서 보다는 변(1970)의 연구가 먹이 섭식이 더욱 활발했던 것으로 판단된다.

Zoea stage의 3번째 변태후 Mysis stage는 부화 후 9일째에 평균 전장은 1.28 mm로 부터 3번의 변태를 거쳐 부화 후 17일째 평균 전장 5.98 mm로 나타났다(Fig. 1). 이러한 결과는 방과 노(1969)의 보고 1.56~2.10 mm 보다 빠른 성장을 보였으며, 또한 변(1970)의 보고 2.5~4.1 mm 보다도 빠른 성장을 나타냈다. 본 연구와 변(1970)의 성장 비교시 본 연구인 경우 Zoea stage에는 성장이 느렸으나, Mysis stage의 성장이 빨랐는데, 이는 사육 환경을 비롯한 먹이의 섭식 및 영양 차이에 기인된 것임을 유추할 수 있다. 본 연구에서는 Diatom (*Chaetoceros simplex*, *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira weissflogii*)을 같은 비율로 혼합하여 공급한 반면, 방과 노(1969)와 변(1970)의 연구에서는 *S. costatum*, *Artemia* nauplius 및 Oyster larva 중에서 한가지를 주로하여 공급하다가 부족할 경우, 다른 먹이생물을 보충하는 형태로 공급하는 먹이공급 공정계열 차이에 따른 영양효과에 기인되어 이러한 결과가 나타난 것으로 사료된다. 김과 허(1993)는 각각의 먹이생물 공급에 따른 부화 후 17일까지의 성장에서 *S. costatum* 만을 단독 공급한 실험군 보다 Diatom 혼합군 실험군이 유의하게 성장이 빨랐다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 먹이생물 혼합공급에 따른 성장증진 효과 결과를 뒷받침 해준다. 더욱이 김과 허(1993)의 연구보다 본 연구가 성장이 빠르게 나타났는데, 이는 위에서 이미 언급 하였던 바와 같이 두 연구간에서의 먹이 섭식 차이로 나타난 결과로 판단된다.

Mysis stage의 이후에 나타난 성장 비교시, 본 연구가 방과 노(1969)와 변(1970)의 성장보다 빠른 성장을 보였다. 이는 현재의 대하 인공종묘 생산기술이 예전보다 많이 발전을 하여 나타난 사육기술 차이에 기인된 결과로 볼 수 있다. Mysis stage의 3회 탈피 후에 Post larva로 부화 후 약 21일째 변태를 하였으며, 이후 점차로 수조 저면을 기어다니고 유영능력이 매우 발달되는 치하로 변태하는 것이 본 연구에서 관찰되었다. 본 연구에서

특이할 만한 성장은 부화 후 16~18일과 23~25일에서 전장과 체중에서 급격하고 빠른 경향을 보였다. 부화 후 16~18일째는 Mysis stage에서 Post larva로 변태하는 단계이며, 부화 후 23~25일은 치하로 변태한 단계에 해당하였다. 특히, 부화 후 17일부터 부화 후 23일까지의 체중 성장은 성장시 변태를 반영하여 단계적인 성장을 나타내고 있다. Mysis stage에서 Post larva로 변태하는 단계인 부화 후 16일부터는 비록 유영 능력은 불완전하나, 어미 대하의 형태를 갖춘 시기로 직접 유영하여 먹이 섭식이 왕성해졌으며 이러한 발생 및 생태 변화에 의하여 빠른 성장을 보인 것으로 판단된다.

Fig. 1에 나타난 바와같이 부화 후 23일부터 부화 후 25일까지의 전장 성장은 비교적 지속적인 경향이었으나 부화 후 23일전의 체중 성장에 비해서는 급격히 일어났으며, 이와같은 경향은 성장의 상관관계식에서 전장 약 9 mm 이상, 체중 약 0.2 g 이상인 경우 급격한 경사를 보이는 상관관계로 나타나고 있다(Fig. 2). 부화부터 부화 후 25일까지의 성장으로 볼 때, 전장에 대한 체중의 이론적인 상대성장식은  $BW = 2E - 5TL^{4.1707}$  ( $r^2 = 0.9746$ ) (TL: 전장; BW: 체중) 이었다.

본 연구 사육조건 하에서 대하의 부화 후 초기 성장은 앞서 보고된 바 있는 방과 노(1969), 변(1970) 및 김과 허(1993) 등의 초기 성장보다 우세한 것으로 나타났다. 특히, 변(1970)의 연구 결과와 비교시 Nauplius stage까지는 성장 차이를 보이지 않았으나, 이후 Zoea stage

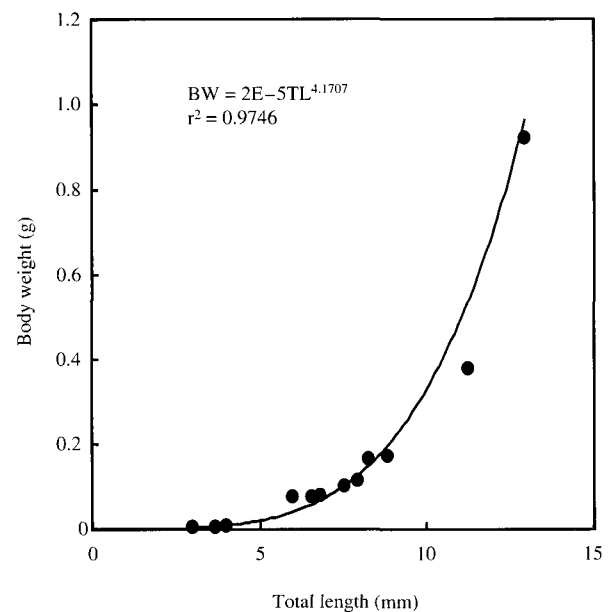


Fig. 2. The relationship between body weight and total length for flesh prawn, (*Fenneropenaeus chinensis*) from hatching to 25 days after hatching.

부터 성장에서의 차이를 보였으며 이러한 차이는 먹이 생물의 영양 및 공급 계열 등의 요인에 의한 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서는 초기 생존율 및 본 연구 결과를 나타낼 수 있었던 다른 미세 환경요인에 관한 영향을 세심하게 조사하지 못하여 추후 이러한 항목들이 성장에 미치는 영향에 관하여 조사할 필요성이 제기된다.

## 적 요

대하(*Fenneropenaeus chinensis*) 종묘생산에 관한 초기 성장의 자료를 얻기 위하여, 충청남도 태안군 안면읍 창기리 앞바다에서 1993년 5월에 자망으로 모하를 채집하여 실험에 사용하였다. 모하의 평균 전장은  $23.6 \pm 0.71$  cm, 평균 두흉갑장은  $5.1 \pm 0.63$  cm, 평균 체중은  $61.3 \pm 5.12$  g 이었다. 자연수온보다  $4^\circ\text{C}$  높은  $22^\circ\text{C}$ , 염분은 33 ‰ 조건에서 산란유발을 실시하였으며, 산란 후 FRP 1 톤 용량의 원형수조에서 수온  $24.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , 염분  $33.0 \pm 1.0$  ‰로 조절하여 수송 후 30시간 내외에서 90% 이상을 부화시켰다. 부화 후 Nauplius stage에는 먹이를 공급하지 않았으며, Zoea stage 부터 먹이생물을 공급하였다. 이 시기 부터 대량 배양한 Diatom (*Chaetoceros simplex*, *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira weissflogii*)을 서로 같은 비율로 혼합하여 공급하였다. 먹이 밀도는 유생 100 마리당 10만 cell mL<sup>-1</sup>로 유지하였으며, 이때 사육 수온은  $23.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 였다. Nauplius의 형태는 앞부분은 둥글며 크고 뒷부분은 길고 가늘었다. 본 연구 결과, Nauplius의 크기는 부화 후 4일까지 평균 전장 0.21~0.39 mm였으며, 이후 다음 단계인 Zoea stage로 변태까지는 5회의 탈피 후 그 크기는 0.62~1.03 mm로 성장하였다. Zoea stage의 3번에 걸친 변태 후 Mysis stage는 부화 후 9일째에 평균 전장 1.28 mm로 시작하여 3번의 변태를 거쳐 부화 후 17일째 평균 전장 5.98 mm로 나타났다. Mysis stage의 3회 탈피 후에 Post larva에로의 변태는 부화 후 약 21일째 이었으며, 이후 점차로 수조 저면을 기어다니고 활발한 수영 능력을 보이는 치하로 변태하였다. 먹이생물을 혼합 공급한 본 연구는 여타 단독 먹이생물 공급 연구들과 비교시 높은 초기성장을 보였다. 또한 체중성장에 있어 변태에 의한 단계적인 성장을 나타냈다. 부화 후 25일까지의 전장에 대한 체중의 상대 성장식은  $BW = 2E - 5TL^{4.1707}$  ( $r^2 = 0.9746$ ) (TL: 전장; BW: 체중)이었다.

## 감사의 글

본 연구는 2003년도(재)부산테크노파크 한국해양대학교 분소의 “해양·수산기자재 연구개발사업”의 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다. 아울러, 본 논문을 면밀하게 교정 지적, 수정하여 논문의 질을 향상시켜 주신 익명의 심사자 분들께도 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 김권두. 1968. 대하의 종묘생산에 관한 연구. 한국수산학회지. 1:9-18.
- 김백균, 유기희. 1989. 대하의 종묘생산과 양식에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고. 43:119-125.
- 김현준, 허성범. 1993. 대하(*Penaeus orientalis*)의 Zoea와 Mysis기 유생의 성장과 생존율에 미치는 환경요인 및 먹이생물의 영향. 한국양식학회지. 6:161-173.
- 방극순, 노용길. 1969. 대하 인공부화에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고. 4:93-102.
- 변충규. 1970. 대하의 종묘생산에 관한 연구. 수산진흥원 연구보고. 4:103-108.
- 해양수산회. 2003. 수산연감 2003년판. 해양수산통계연보. pp. 518.
- 허성범, 김현준. 1996. 대하(*Penaeus orientalis*) 수정란의 부화에 미치는 수온과 염분의 영향. 한국수산학회지. 29:1-8.
- 岡正雄. 1967. コウライエビ *Penaeus orientalis* Kishinouye의 研究-V. 受精と發生. 長崎水大研報. 23:71-87.
- Chen JC, JN Lin, CT Chen and MN Lin. 1996. Survival, growth and intermolt period of juvenile *Penaeus orientalis* (Osbeck) reared at different combinations of salinity and temperature. J. Exp. Mar. Biol. Eco. 204:169-178.
- Guo S. 1986. Determination of oxidation-reduction potential in penaeid prawn growing-up ponds. Marine Fish. Res. 7:89-93.
- He H. 1988. A study on the essential amino acids of the prawn *Penaeus orientalis*. Oceanol. Limnol. Sinica. 19:307-313.
- Li A, H Baochao, L Wiefeng and X Jiamin. 1986. The effects of dietary calcium, phosphorus and Ca/P ratio on the growth and development of prawn (Dui Xia). J. Shandong Coll. Oceano. 16:10-17.
- Li J. 1988. The scientific management of beginning growout shrimp. China Fish. 4:32.
- Sun L. 1988. The method of using tea bran powder to kill harmful fishes. China Fish. 7:31.
- Tong SL and HZ Miao. 1996. Attempts to initiate cell cultures from *Penaeus orientalis* tissues. Aquaculture. 147:151-

157.

Wang K, D Li, Q Meng, J Gao, S Li, K Yu and L Tingk. 1986. Studies on techniques for industrialized fry production of Dui Xia. *J. Shandong Coll. Oceano.* 16:161–168.

Xu E. 1988. A study on the size of granular feeds of prawns. *Marine Sci.* 5:40–42.

Xu J. 1983. The use of the multiple spawning habit of prawn (*Penaeus orientalis*) for hatching larva. *J. Zool. China.* 6:17–20.

Zhang N and S Guizhi. 1984. On the use of  $\text{NaHCO}_3$  in buffering sea water in rearing the post larvae of Dui Xia. *Oceanol. Limnol. Sinica.* 15:274–281.

Zhang T. 1988. Summary of the researches on compound feed for *Penaeus orientalis*. *China Fish.* 8:30.

Manuscript Received: July 30, 2004

Revision Accepted: February 4, 2005

Responsible Editorial Member: Ho Young Soh  
(Yosu Univ.)