

주름꽃게 (*Liocarcinus corrugatus*) 유생의 성장과 생존에 대한 온도의 영향

김광봉* · 홍성윤¹

국립공원관리공단 국립공원연구소, ¹부경대학교 자원생물학과

Effects of Temperature on Larval Growth and Survival in the Wrinkled Swimming Crab (*Liocarcinus corrugatus*) (Brachyura: Portunidae) Reared in the Laboratory

Kwang Bong KIM* and Sung Yun HONG¹

National Parks Institute, National Parks Authority, Seoul 121-717, Korea

¹Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The effects of temperature on the growth of larvae of wrinkled swimming crab (*Liocarcinus corrugatus*) under controlled laboratory conditions of 15, 20 and 24°C were investigated (33.5 psu; 12L:12D). Each specimen was maintained individually, the instar size was determined from exuvia, and the survival and intermolt period of each instar were recorded. There were no significant differences ($P>0.05$) in the survival rates at 15, 20, and 24°C. Comparison of survival over the first 27 days between the three temperature regimes showed significant differences ($P<0.001$). The intermolt period increased with the instar number, and was greatly extended at the lowest temperature. The molt increment varied little with temperature, and had a mean value of 21.35% over the whole study. Temperature had little effect on survival and molt increment.

Key words: Crab, *Liocarcinus corrugatus*, Laboratory rearing, Survival, Temperature response, Growth

서 론

주름꽃게 (*Liocarcinus corrugatus*)는 거친 모래 및 자갈로 된 해변으로부터 수심 100 m의 진흙이나 자갈로 된 저질에 서식한다 (Bourdon, 1965; Kim, 1973; Ingle, 1980). 분포 범위가 넓어서 한국의 연안, 동중국해 및 일본의 태평양 연안 (Kim, 1973; Sakai, 1976; Dai and Yang, 1991)은 물론 호주 남부, 뉴질랜드 및 지중해와 영국제도 (Bennett, 1964; Zariquiey-Álvarez, 1968; Ingle, 1980)에도 분포한다.

분포 범위가 넓음에도 불구하고 주름꽃게 (*L. corrugatus*)에 대해서는 이들의 유생 형태 (Lebour, 1928; Clark, 1984; Wear and Fielder, 1985; Hong, 1988; Kim and Hong, 1999) 만이 상세히 알려져 있을 뿐이다.

갑각류의 성장율은 두 가지의 요소 즉, 탈피기간 (연속적인 두 탈피 사이의 기간)과 탈피증가 (연속적인 탈피 사이의 길이의 증가)에 대한 하나의 함수이다. 이 두 변량 (variables)은 성장의 특징을 이해하기 위해서 정량적으로 파악되어야 한다. 그러나 이 두 변량은 환경의 변화에 대해 다르게 반응한다. 온도와 먹이는 이들에게 영향을 주는 주요한 외부요인으로 인식되어 왔다 (Mohamedden and Hartnoll, 1989). 또한 이 두 요소들은 실험실 조건에서 성장에 영향을 주고, 실제적으로 자연에서도 공간 및 시간적으로 매우 다양하다 (Hartnoll, 2001).

갑각류의 성장에 대한 온도의 영향은 많은 연구들을 통해 조사되었다 (see Hartnoll, 1982). 이러한 연구들에서 온도는 성장의 두 요소 즉, 탈피증가와 탈피기간을 변화시킴으로써 성장률에 영향을 미치는 가장 중요한 외부 요인 중의 하나로 밝혀졌다. 그러나 온도의 상승은 탈피기간을 짧게 하나, 탈피증가율에 미치는 영향은 분명하지 않다 (Hartnoll, 1982, 2001; Sudo, 2003). 탈피증가와 온도의 관계는 게류의 유생들에서도 다양하게 나타난다. 온도의 증가에 의해 탈피증가율이 감소하는 경우와 변화가 없는 경우로 구분되었다 (Hartnoll, 2001). 따라서 주름꽃게 (*L. corrugatus*) 유생의 성장유형을 이해하기 위해서는 생존과 성장에 대한 온도의 영향이 정량적으로 기술되어야 한다.

본 연구는 실험실 사육을 통해 주름꽃게 (*L. corrugatus*) 유생의 생존과 성장에 미치는 온도의 영향을 파악하였다.

재료 및 방법

주름꽃게 (*L. corrugatus*)의 포란한 암컷은 한국 동해안에 위치한 부산의 미포 연안 (35°10'N, 129°10'E)의 수심 16 m에서 계통발을 이용하여 채집되었고, 채집된 지점의 수온과 염분은 각각 16°C 와 33.18 psu이었다. 채집된 암컷은 부화직전의 난 발생단계 (난막 내 유생의 눈색과 복부의 형태를 기준)와 정상적 개체 (확찬 난피를 갖고 있는 개체)만을 선별하여 멸균 해수로 채워진 20 L의 수조에 개체별로 수용되었다. 수용된

*Corresponding author: kbkim@npa.or.kr

암컷은 먹이로 바지락 (*Ruditapes philippinarum*)의 육질을 매일 1회씩 충분히 제공하였고, 먹이 섭취 후 새로운 멸균해수로 교환하였다.

각 유생기 동안의 생존율, 기간 및 성장을 파악하기 위하여 각각의 암컷으로부터 부화된 zoea 유생들은 세 개의 온도구간 (15°C, 20°C, 24°C), 염분 33.5 psu 그리고 12L:12D의 광주기를 설정하여 멸균 해수로 채워진 200 mL의 유리병에 개체별로 사육되었다. 실험온도는 미포연안에서 포란한 암컷이 출현한 시기의 수온 (14.6-23.8°C)을 근거로 하여 설정되었다. 유생의 먹이로는 갯 부화한 *Artemia nauplii*를 충분히 투여하였고 사육수는 멸균된 해수로 매일 교환하였다. 사육실험 동안 탈피와 생존 여부를 매일 1회씩 확인하였다. 탈피는 탈피각의 유무로, 생존여부는 운동성의 유무를 각각의 기준으로 하였다. 취급에 의한 스트레스를 줄이고 보다 더 정확한 측정을 위해서 유생의 갑각길이 (carapace length, CL)는 탈피각을 이용하여 측정하였다. 갑각의 길이는 눈 사이로부터 갑각의 후측연까지의 길이를 해부현미경에서 0.001 mm까지 측정하였다.

실험 동안 각 온도 구간에서 주어진 유생기까지 생존한 개체의 백분율을 비교하기 위해 Chi-square (χ^2) 검정을 사용하였다. 탈피기간 (intermolt period, IP)과 탈피증가 (molt increment, MI)에 대한 온도의 영향은 갑각의 길이와 각 변량의 로그변화 값 사이의 회귀관계를 이용하여 파악되었다. 이는 대부분의 경우에서 적합하다고 알려져 있으며 (Mauchline, 1977; Hartnoll, 1982), 갑각의 길이에 따라 두 변량간의 변화를 설명할 수 있다. 탈피기간과 탈피증가는 이원배치분산분석 (two-way analysis of variance, ANOVA)에 의해 분석되었다. 두 변량은 변량 간의 이분산성 (heteroscedascity)을 줄이기 위해 로그 변환되었다 (Zar, 1996). 세 온도 구간에서 나타난 두 변량간의 각각의 차이를 파악하기 위해 공분산분석 (analysis of covariance, ANCOVA)을 사용하여 직선의 기울기와 절편을 비교하였다. 각각의 기울기가 유의한 차이를 보이지 않을 때에는 공통의 기울기를 가정한 절편을 비교하였다. 통계분석은 Minitab 12.2를 이용하였다.

결 과

생존율

각 온도 구간에서 각 유생기의 생존율은 Table 1에 제시되었다. 각 온도 구간 모두에서 megalopa기까지 생존한 개체들이 있었고, 유생기가 진행될 수록 생존율은 감소하였다. 15°C에서의 생존율은 점차 감소하였고, 감소정도는 20°C와 24°C에 비해 더 컸다. zoea 4기에서의 생존율은 48.57%로 50% 이하였다. 20°C에서는 높은 생존율이 zoea 4기까지 연속되어 실험 시작 개체의 75% 이상이 이 유생기까지 생존하였다. 5기에서도 58% 이상의 개체가 생존하였으나, 이후 사망개체들의 출현이 급격하게 증가하여 50% 이하의 생존율을 보였다. 실험 시작시의 24.29%의 개체들만이 megalopa기 초기까지 생존하였다. 24°C에서도 높은 생존율은 zoea 3기까지 연속되어 실험

Table 1. *Liocarcinus corrugatus*. Number and percentage of specimens surviving to each instar at three temperature regimes

Stage	15°C		20°C		24°C	
	N	%	N	%	N	%
Z I	70	100	70	100	70	100
Z II	55	78.57	61	87.14	65	92.86
Z III	46	65.71	57	81.43	60	85.71
Z IV	34	48.57	53	75.71	39	55.71
Z V	25	35.71	41	58.57	27	38.57
(→ Dead)	6		11		7	
(→ Meg)	7		12		15	
(→ Z VI)	12		18		5	
M	11	15.71	17	24.29	16	22.86
(← Z V)	5		10		15	
(← Z VI)	5		7		1	

시작 개체의 85% 이상이 생존하였다. 이후 생존율이 급격히 감소하여 zoea 4기에서는 55.71%이었고, 5기에서는 38.57%로 이 시기에 50% 이하의 생존율을 보였다. megalopa 초기까지 생존한 개체는 초기 실험 개체의 22.86%이었다.

연속된 zoea기의 생존율에서 처음 3기 동안의 생존율은 모든 온도구간에서 65% 이상이었고, 낮은 사육온도일수록 낮았다 (Fig. 1). zoea 4기 이후의 생존율은 이전의 zoea 단계와는 다르게 20°C에서 높았고, 다음으로 24°C, 15°C 순이었다. 이러한 경향은 megalopa기에서도 비슷하였다. 그러나 각 실험 온도에서 각 유생기의 생존율은 유의한 차이를 보이지 않았다 ($\chi^2=7.32$, d.f.=10, $P>0.05$). 24°C에서는 실험 시작 후 27일 동안 개체가 생존하였으며, 27일 동안의 생존율 (Fig. 2)을 비교한 결과 실험 온도간에 유의한 차이를 보였다 ($\chi^2=135.24$, d.f.=52, $P<0.001$).

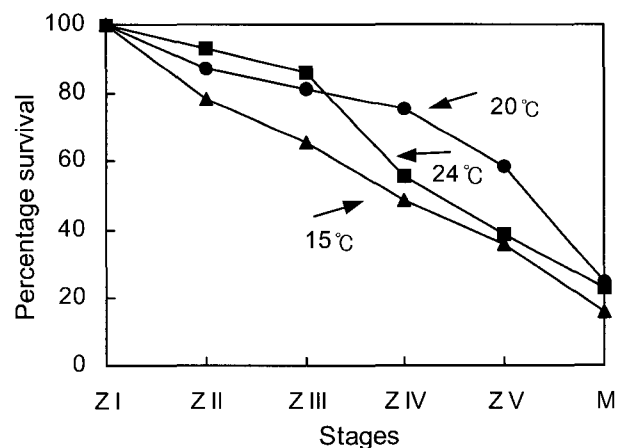


Fig. 1. Percentage survival to each larval stage of *Liocarcinus corrugatus* reared at 15°C, 20°C and 24°C.

탈피기간

각 온도에서 유생기별 평균 탈피기간은 Table 2에 제시되었다. 탈피에 소요되는 평균 기간은 낮은 온도일수록 더 길었다.

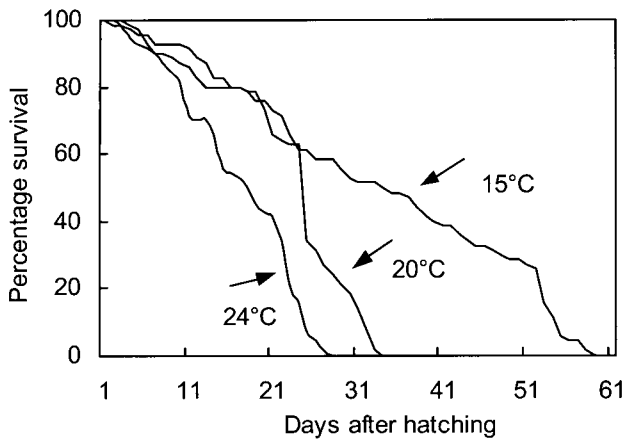


Fig. 2. Percentage survival plotted against time of larval stage of *Liocarcinus corrugatus* reared at 15°C, 20°C and 24°C.

Table 2. *Liocarcinus corrugatus*. Mean instar duration in days at each zoeal stage at each temperature; mean values with 95% confidence limit

Stage	15°C		20°C		24°C	
	N	Duration	N	Duration	N	Duration
Z I	54	10.22±1.41	61	5.39±0.74	65	4.07±1.01
Z II	45	7.91±1.26	57	3.81±0.72	60	3.11±0.62
Z III	33	8.70±1.02	51	5.29±1.55	39	4.20±1.37
Z IV	25	8.12±1.24	41	5.00±0.59	16	4.26±0.59
Z V						
(→M)	6	14.83±1.94	14	4.64±0.63	5	4.27±0.73
(→Z VI)	13	10.15±2.48	13	5.31±0.95	5	4.17±0.75
Z VI	5	13.00±1.22	6	5.14±0.38	1	4

zoea 2-5기의 평균 탈피기간에 대한 이원배치분산분석 (two-way ANOVA) 결과 온도 사이에 유의한 차이가 있었고 ($P < 0.001$), 유생기 사이에도 유의한 차이가 있었으며 ($P < 0.001$), 또한 온도와 유생기의 상호작용에서도 유의한 차이를 보였다 ($P < 0.001$).

평균 탈피기간과 유생의 크기와 관계는 갑각의 길이 (carapace length, CL)에 대한 탈피기간 (intermolt period, IP)의 로그변환 값과의 관계를 통해서 파악되었다 (Fig. 3). 온도 모두에서 위의 두 변량 사이에 유의한 회귀관계가 성립되었으며, 크기에 따라 탈피기간은 증가하였다. 각 온도에서 두 변량간의 회귀관계는 다음과 같다.

15°C $\ln Ip = 0.46 CL + 1.72$ ($r^2 = 0.27^{***}$)
 20°C $\ln Ip = 0.62 CL + 0.90$ ($r^2 = 0.28^{***}$)
 24°C $\ln Ip = 0.76 CL + 0.60$ ($r^2 = 0.33^{***}$)
 *** $P < 0.001$.

공분산분석 (ANCOVA) 결과 회귀계수 사이에는 유의한 차이를 보이지 않았다 (ANCOVA: $F = 0.39$, $d.f. = 2, 275$, $P = 0.318$). 공통의 기울기를 가정한 위치검정에서 온도에 대해 유의한 차이를 보여 (ANCOVA: $F = 483.27$, $d.f. = 2, 277$, $P <$

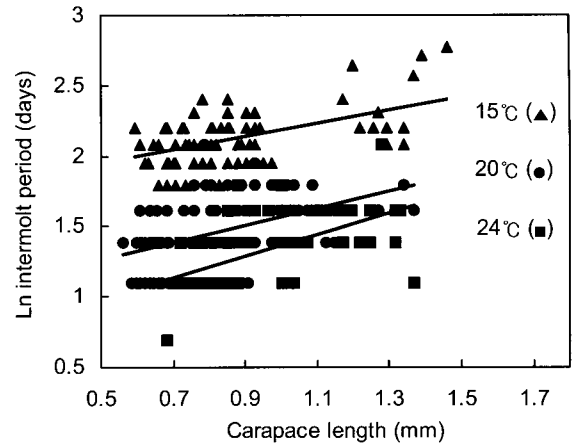


Fig. 3. *Liocarcinus corrugatus*. Log intermolt period plotted against carapace length for zoeal stages at 15°C, 20°C and 24°C.

0.001), 온도가 낮아짐에 따라 탈피기간이 유의하게 길어지는 것으로 파악되었다.

유생기별 크기 및 탈피증가

각 온도에서 갑각의 길이는 유생기가 진행됨에 따라 지속적으로 증가하였다 (Fig. 4). Zoea 1기의 갑각의 평균 길이는 15°C와 20°C에서는 각각 0.56 mm이었고, 24°C에서는 0.63 mm이었으며, 유의한 차이가 있었다 (ANOVA: $F = 66.94$, $d.f. = 2, 153$, $P < 0.001$).

탈피 전 갑각 길이의 percentage로 나타낸 각 개체의 탈피증가 (Fig. 5)는 zoea 4기까지 비교되었다. 이원배치 분산분석 결과 유생기, 온도 및 상호작용 모두 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$). 유생기 사이에 유의한 차이를 보이지 않았음에도 불구하고, 24°C의 탈피증가는 zoea 1기 이후부터 점차 감소하

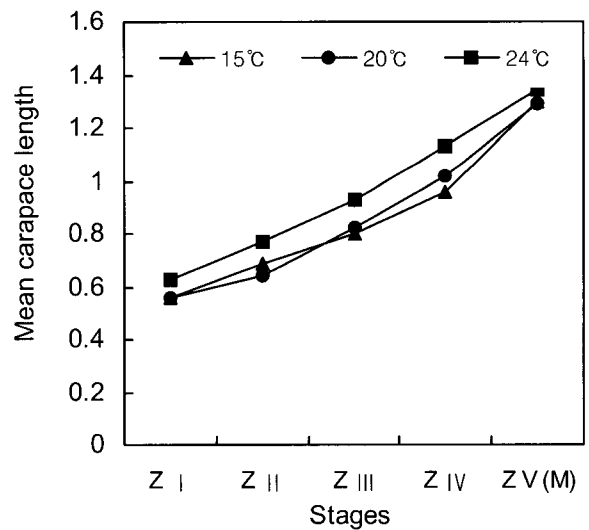


Fig. 4. *Liocarcinus corrugatus*. Mean carapace length for zoeal stages reared at 15°C, 20°C and 24°C.

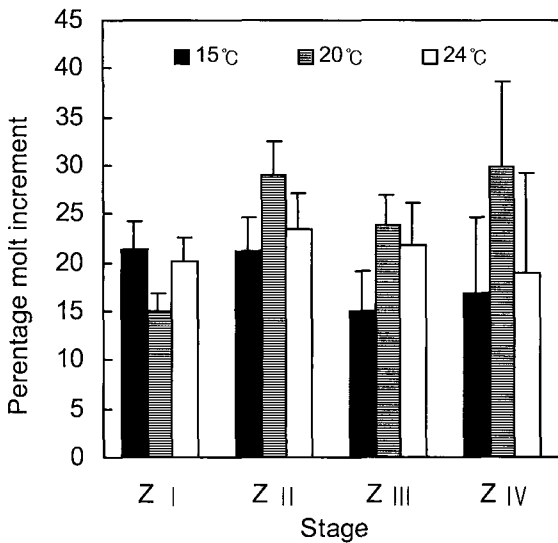


Fig. 5. Percentage molt increment for each molt of *Liocarcinus corrugatus* reared at 15°C, 20°C and 24°C.

는 경향을 보였다. 그러나 온도 모두에서 유생크기와 탈피에 따른 증가 사이에 회귀관계는 성립하지 않았다 ($P>.05$).

고찰

생존율은 생존한 기간과 후기 유생기까지 얼마나 많은 개체가 생존했느냐를 구분하여 고려되어야 한다. zoea 유생의 기별 생존율은 온도 간의 차이를 보이지 않았으나, 시작 후 27일간의 생존율에서는 온도에 따라 차이를 보였다. 50%의 생존율을 기준으로 할 때 zoea기의 생존율은 20°C에서 가장 높았다. 그러나 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았지만 megalopa기까지의 생존율은 낮은 온도에서 보다 높은 온도에서 더 높아 24°C에서 22.86%로 가장 높았다. 이와 같이 높은 온도에서 생존율이 더 높은 것은 상대적으로 빠른 발생속도로 인해 박테리아나 곰팡이의 감염과 같은 부적절한 사육환경에 노출되는 시간이 감소하기 때문이다 (Hartnoll, 1982).

탈피기간은 온도가 낮을수록 길었다. 이러한 현상은 *Inachus dorsettensis*와 *Pilumnus hirtellus* (Hartnoll and Mohamedeen, 1987)와 다른 많은 갑각류들에서의 결과 (Hartnoll, 1982)와 일치하였다. 온도와 탈피기간과의 관계에서 이러한 일반적인 경향을 보였음에도 불구하고 zoea 1기의 탈피기간은 지금까지 알려진 계류의 유생발생과 차이를 보였다. 본 연구에서 zoea 1기의 탈피기간은 이후의 그것에 비해서 대부분의 경우에서 상대적으로 더 길었다. 이러한 결과는 온도보다는 사용된 먹이와 관련이 있는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 유생의 먹이로 *Artemia nauplii*가 공급되었다. *Artemia nauplii*는 갑각류 유생의 사육을 위한 먹이로 흔히 이용되고 있으며 (e.g., Brick, 1974; Sulkin et al., 1976), 대부분의 갑각류 유생은 짧은 기간 동안의 기아 (starvation)와 섭이가 충분하지 못한 상태에서도 어느

정도 견딜 수 있다 (McConaughy, 1985). 본 연구에서 zoea 1기 유생의 탈피 기간이 이후의 zoea기 보다 상대적으로 길었던 것은 먹이의 크기로 인해 어느 정도의 기아 (starvation)에 의한 영향이 있었던 것으로 추정된다. 먹이의 크기는 발생과 생존을 어느 정도 제한시킬 수 있다 (Bigford, 1978).

Zoea기의 수에서 주름꽃게 (*L. corrugatus*)는 변이를 보였다. 이러한 변이는 zoea 5기를 거쳐 megalopa로 탈피하기 전 부가적인 zoea기를 하나 더 거친 개체들에서 나타났으며, 변이의 정도는 각 온도에서 모두 나타났으나 온도에 따라 일정한 경향은 보이지 않았다. 온도 20°C에서 사육유생의 25.71%가 출현하여 가장 많았으며, 다음은 15°C에서 14.14%이었고, 24°C에서 7.14%로 가장 적었다. 지금까지 알려진 주름꽃게 속 (Genus *Liocarcinus*)에 속하는 종들 중 주름꽃게 (Kim and Hong, 1999)와 *Liocarcinus marmoreus* (Goldstein, 1971)를 제외한 다른 종들에서는 유생발생 동안 5기의 zoea기를 거친 후 megalopa로 탈피한다고 알려져 있다 (*Liocarcinus holsatus* (Rice and Ingle, 1975), *Liocarcinus pusillus* (Rice and Ingle, 1978), *Liocarcinus depurator* (Clark, 1984), *Liocarcinus arcuatus* (Ingle, 1985)). 부가적인 zoea기는 *Menippe mercenaria* (Porter, 1960)와 *Menippe nodifrons* (Scotto, 1979)에서도 알려져 있다. 이러한 부가적인 zoea기는 어미의 유전적 차이 (Ewald, 1969; Reeve, 1969), 온도 (Goldstein, 1971)와 먹이 (Broad, 1957; Reeve, 1969; Sandifer, 1972) 같은 환경요인에 의해서 나타날 수 있다고 알려져 있다. Goldstein (1971)은 *L. marmoreus*의 경우 zoea 1기 동안 급격한 온도의 증가를 겪을 경우 정상적인 발생 과정이 방해되어 그 결과 정상적인 단계의 중간형태의 기를 거친다고 보고하였다. *Palaemonetes vulgaris*의 유생기 수는 생존에 적합한 수온보다 높거나 낮은 수온에서 증가하였다 (Sandifer, 1973). McConaughy (1985)는 적합하지 않은 환경 조건에서 사육될 경우 물질대사가 방해되어 부가적인 유생단계를 보인다고 하였으나, 현재까지 유생발생을 조절하는 기작은 잘 알려져 있지 않다. 유생발생 단계의 수는 대개 일정하나 발생기간이 긴 종에서는 제한적으로 변이를 보일 수 있으며 (Knowlton, 1974), 십각 갑각류의 어떤 그룹들에서는 유생기의 변이가 비교적 일반적인 특징이다 (Paula et al., 2001).

주름꽃게 (*L. corrugatus*) zoea 유생은 탈피 및 유생단계에 따라 그 크기가 증가하였다. 이러한 현상은 다른 갑각류에서도 보이는 일반적인 현상이다 (Kurata, 1962; Hartnoll, 1982). 그러나 탈피 전 크기에 대한 증가율은 온도 및 유생단계 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 유생 크기의 증가율에 대해 온도의 영향이 없음을 의미한다. 탈피증가율은 온도 증가에 대해 일반적으로 감소하며, 증가 혹은 변화가 없는 경우로 구분된다 (Hartnoll, 1982). *Carcinus maenas* 유생은 12-18°C 온도 범위에서 탈피증가율의 변화를 보이지 않았다 (c.f. Dawirs et al., 1986; Hartnoll, 2001). 주름꽃게 (*L. corrugatus*)의 탈피증가는 *C. maenas*의 결과와 비슷한 유형을 보였다. 본 연구에서 파악된 평균 탈피증가율은 $21.35 \pm 4.75\%$ 이었다. 이

는 Hartnoll and Mohamedeen (1987)이 6 종의 게류 유생으로부터 파악한 $21.5 \pm 5.1\%$ 에 매우 가까웠다. Rice (1968)는 십각류에 속하는 155종의 탈피증가를 계산한 결과 게류 유생과 십각류 유생의 탈피증가는 각각 29%와 22%라고 보고하였다. 또한 탈피증가에 대해 온도의 영향이 없었음에도 불구하고 주름꽃게는 탈피주기가 짧아짐으로써 높은 온도에서 빠른 성장을 보였다.

결론적으로 주름꽃게 (*L. corrugatus*) 유생발생에서 온도의 증가는 탈피기간에는 영향을 주었으나 생존과 탈피증가에는 영향을 주지 않은 것으로 파악되었다.

사 사

이 논문은 “2001년도 부경대학교 연구년교수지원”에 의하여 연구되었습니다. 유익한 조언을 주신 익명의 심사위원들에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Bennett, E.W. 1964. The marine fauna of New Zealand. Crustacea Brachyura. New Zeal. Dept Sci. Industr. Res. Bull., 153, 1-119.
- Bigford, T.E. 1978. Effect of several diets on survival, development time, and growth of laboratory-reared spier crab, *Libinia emarginata*, Larvae. Fish. Bull., 76, 59-64.
- Bourdon, R. 1965. Inventaire de la fauna marine de Roscoff: Décapodes - Stomatopodes. Trav. St. Biol. Roscoff, 16, 1-45.
- Brick, R.W. 1974. Effects of water quality, antibiotics, phytoplankton and food on survival and development of larvae of *Scylla serrata* (Crustacea: Portunidae). Aquaculture, 3, 231-244.
- Broad, A.C. 1957. The relationship between diet and larval development of *Palaemonetes*. Biol. Bull. (Woods Hole, Massachusetts), 112, 162-170.
- Clark, P.F. 1984. A comparative study of zoeal morphology in the genus *Liocarcinus* (Crustacea: Brachyura: Portunidae). Zool. J. Linn. Soc. Lond., 82, 273-290.
- Dai, A. and S. Yang. 1991. Crabs of the China Seas. China Ocean Press, Beijing, China. pp. 682.
- Dawirs, R.R., C. Püschel and F. Schorn. 1986. Temperature and growth in *Carcinus maenas* L. (Decapoda: Portunidae) larvae reared in the laboratory from hatching through metamorphosis. J. Mar. Biol. Ecol., 100, 47-74.
- Ewald, J.J. 1969. Observations on the biology of *Tozeuma carolinense* (Decapoda, Hippolytidae) from Florida, with special reference to larval development. Bull. Mar. Sci., 19, 510-548.
- Goldstein, B. 1971. Développement larvaire de *Macropipus marmoreus* (Leach) en laboratoire (Crustacea, Decapoda, Portunidae). Bull. Mus. Natl. Hist. Nat., Paris, 42, 919-943.
- Hartnoll, R.G. 1982. Growth. In: The Biology of Crustacea, Vol. 2, Embryology, Morphology and Genetics. Bliss, D.E. and L.G. Abele eds., Academic Press, New York, pp. 111-196.
- Hartnoll, R.G. 2001. Growth in Crustacea-Twenty years on. Hydrobiologia, 449, 111-122.
- Hartnoll, R.G. and H. Mohamedeen. 1987. Laboratory growth of the larvae of six British crabs. J. Exp. Biol. Ecol., 107, 155-170.
- Hong, S.Y. 1988. The prezoal stage in various decapod crustaceans. J. Nat. Hist., 22: 1041-1075.
- Ingle, R.W. 1980. British crabs. British Museum (Natural History), Oxford University Press, Oxford, England, pp. 222.
- Ingle, R.W. 1985. Larval development of the red swimming crab, *Bathynectes longipes* (Risso, 1816) (Crustacea: Decapoda: Portunidae). Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.) 49, 239-255.
- Kim, H.S. 1973. Anomura, Brachyura. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Samwha Publishing Company, Seoul, Korea. 14, 1-694.
- Kim, K.B. and S.Y. Hong. 1999. Larval development of the wrinkled swimming crab *Liocarcinus corrugatus* (Decapoda: Brachyura: Portunidae) reared in the laboratory. J. Crust. Biol., 19, 792-808.
- Knowlton, R.E. 1974. Larval development processes and controlling factors in decapod Crustacea, with emphasis on Caridea. Thalassia Jugosl., 10, 138-158.
- Kurata, H. 1962. Studies on the age and growth of Crustacea. Bull. Hokk. Reg. Fish. Res. Lab., 24, 1-115.
- Lebour, M.V. 1928. The larval stages of the Plymouth Brachyura. Proc. Zool. Soc. Lond., 2, 473-560.
- Mauchline, J. 1977. Growth in shrimp, crab and lobsters. J. Cons., 37, 162-169.
- McConaughy, J.R. 1985. Nutrition and larval growth. In: Larval Growth. Wenner, A.M., ed. Crustacean Issues, 2. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 127-154.
- Mohamedeen, H. and R.G. Hartnoll. 1989. The effect of variation in temperature and food supply on the growth of post-larval *Carcinus maenas*. In: Proceedings of the 21st European Marine Biology Symposium. R.Z. Klekowski, E. Styczynska-Jurewicz and L. Falkowski, eds. Polish Academy of Sciences, Wroclaw, pp. 115-122.

- Paula, J., R.N. Mendes, S. Paci and P. McLaughlin. 2001. Combined effects of temperature and salinity on the larval development of the estuarine mud prawn *Upogebia africana* (Crustacea, Thalassinidae). *Hydrobiologia*, 449, 141-148.
- Porter, H.J. 1960. Zoal satges of the stone crab, *Menippe mercenaria* (Say). *Chesap. Sci.*, 1: 168-177.
- Reeve, M.R. 1969. The laboratory culture of the prawn *Palaemon serratus*. *Fish. Invest. Lond. Ser. 2*, 26, 1-38.
- Rice, A.L. 1968. Growth 'rules' and the larvae of decapod crustaceans. *J. Nat. Hist.*, 2, 525-530.
- Rice, A.L. and R.W. Ingle. 1975. A comparative study of the larval morphology of the British portunid crabs *Macropipus puber* (L.) and *M. holsatus* (Fabricius), with a discussion of generic and sub-familial larval characters within the Portunidae. *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, 28, 123-151.
- Rice, A.L. and R.W. Ingle. 1978. The larval development of the portunid crab *Macropipus pusillus* (Leach) reared in the laboratory. *Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, 33, 287-296.
- Sakai, T. 1976. Crabs of Japan and the Adjacent Seas. Kodansha Ltd., Tokyo, Japan, 3, pp. 773.
- Sandifer, P.A. 1972. Effects of diet on larval development of *Thor floridanus* (Decapoda, Caridea) in the laboratory. *Virginia J. Sci.*, 23, 5-8.
- Sandifer, P.A. 1973. Effects of temperature and salinity on larval development of grass shrimp, *Palaemonetes vulgaris* (Decapoda, Caridea). *Fish. Bull. Fish and Wildlife Serv., U.S.*, 71, 115-123.
- Scotto, L.E. 1979. Larval development of the Cuban stone crab, *Menippe nodifrons* (Brachyura, Xanthidae), under laboratory conditions with notes on the status of the family Menippidae. *Fish. Bull. Fish and Wildlife Serv., U.S.*, 77, 359-386.
- Sudo, H. 2003. Effect of temperature on growth, sexual maturity and reproduction of *Acanthomysis robusta* (Crustacea: Mysidacea) reared in the laboratory. *Mar. Biol.*, 143, 1095-1107.
- Sulkin, S.D., E.S. Branscomb and R.E. Miller. 1976. Induced winter spawning and culture of larvae of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Aquaculture*, 8, 103-113.
- Wear, R.G. and D.R. Fielder. 1985. The marine fauna of New Zealand: larvae of the Brachyura (Crustacea, Decapoda). New Zealand: larvae of the Brachyura (Crustacea, Decapoda). *New Zeal. Oceanogra. Inst. Mem.*, 92, 1-89.
- Zar, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, pp. 662.
- Zariquiey-Álvarez, R. 1968. *Crustáceos Decápodos Ibéricos*. *Investigación Pesquera*, 32, pp. 510.

2004년 4월 6일 접수

2004년 6월 19일 수리