

수온 및 먹이계열에 따른 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 초기 성장과 생존율

황형규*, 이정희¹, 양상근², 김성철¹, 김경민³

국립수산과학원 남해수산연구소, ¹국립수산과학원 제주수산연구소
²국립수산과학원 패류육종연구센터, ³국립수산과학원 양식사료연구센터

Water Temperature and Food on Growth and Survival of Parrot Fish Larvae, *Oplegnathus fasciatus*

Hyung-Kyu Hwang*, Jung-Uie Lee¹, Sang-Geun Yang², Seong-Cheol Kim¹ and Kyong-Min Kim³

SSFRI, NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

¹Cheju Fisheries Research Institute, NFRDI, Jeju 690-192, Korea

²Shellfish Genetics and Breeding Research Center, NFRDI, Jeju 695-835, Korea

³Aquafeed Research Center, NFRDI, Pohang 791-923, Korea

This study was to investigate the effects of water temperature and food on the mass seed production of larval parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. Growth of the larvae reared at heated water temperature (25.3°C) was significantly higher than that of the larvae reared at natural water temperature (20.5°C). In addition, survival rate of the larvae at heated and natural sea water temperature were 24.0% and 12.3%, respectively ($P < 0.05$). Growth and survival rate of the larvae fed mixed diets of *Nannochloropsis oculata*, rotifer (*Brachionus rotundiformis*), *Artemia* nauplii, *Tigriopus japonicus* and artificial diets were significantly higher than that of the larvae fed only either rotifer or artificial diets ($P < 0.05$). The average survival rate and total length of the larvae reared for 50 days after hatching were 22.5% and 62.0±4.0 mm, respectively. Amount of consumed rotifers at one time feeding by a larva was rapidly increased with growth from 10.3 individuals per larva 5 day old to 65.5 individuals per larva 20 day old.

Keywords: Parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*, Seed production, Water temperature

서 론

돌돔, *Oplegnathus fasciatus*은 분류학적으로 농어목, 돌돔과, 돌돔속에 속하는 어종으로 전 세계적으로 7종이 보고되고 있으며(Nelson, 1994), 우리나라와 일본 등 따뜻한 연안의 암초지대에 돌돔과 강담돔(*Oplegnathus punctatus*) 2종이 분포하고 있다(Chyung, 1977). 돌돔은 체색이 청색을 띤 연한 흑색으로 눈에 서부터 꼬리까지 7개의 검은색 가로무늬 띠가 있는 것이 특징이고, 이것은 성장하여 어미가 되었을 때 암컷과 수컷을 구별하는 기준이 된다. 특히 산란기(5~7월)가 되면 암컷은 이러한 띠가 분명하게 그대로 남아있지만 수컷은 점차 소멸되기도 한다. 이 종은 이동성이 적은 연안 정착성이고 살이 희고 맛이 좋아 고급어류로서 1990년대 중반부터 유망 양식 품종으로서 우리나라 남해안을 중심으로 해상 가두리에서 양식이 활발히 진행되고 있다.

돌돔의 산란생태에 관한 연구는 실내 수조에서 자연산란(Fukusho, 1979)과 인공산 돌돔의 자연산란과 난질에 관한 보고가 있다(Hwang et al., 1999). 그리고 종묘생산 및 양식에 관한 기초적인 연구는 주로 일본에서 수행되었다(Fukusho, 1979; Kumai, 1984). 국내에서는 1987년부터 국립수산과학원에서 종묘생산 기술개발을 시작하였으나 종묘생산에 관한 구체적인 연구보고는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고부가가치 양식대상종이고 자원조성용으로 효과적인 돌돔을 대상으로 종묘생산 과정에서 먹이와 수온조건에 따른 성장과 생존율을 조사하였고, 물 만들기를 실시하여 대량 종묘생산의 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

가온사육에 의한 돌돔의 성장과 생존

돌돔의 종묘생산 과정에서 가온 효과를 구명하기 위하여 사육 초기부터 자연해수에 의한 사육 실험구(대조구)와 가온 해수

*Corresponding author: hhk5166@hanmail.net

사육 실험구(가온구)로 구분하여 30일간 사육실험을 실시하였다. 사육 실험은 실내 사각콘크리트 수조(3×3×1 m, 유효수량 7.2톤) 4개를 이용하여 부화직후 자어(평균 전장 3.2±0.1 mm)를 각각 약 5만마리씩 수용하였고, 실험은 각각 2반복으로 실시하였다. 사육수의 관리는 부화 후 10일까지는 지수상태를 유지하였고, 부화 후 11일째부터는 유수식으로 1일 0.2~0.3회전되게 환수하면서 점차 환수량을 증가시켰다. 먹이는 S-type 로티퍼(*Brachionus rotundiformis*)를 부화 후 30일까지 15~20개체/ml 공급하였고, 알테미아는 17~25일까지 0.5개체/ml 내외로 공급하였고, 배합사료는 15일부터 실험 종료시까지 1일 4~5회 공급하였다. 로티퍼는 *Nannochloropsis oculata*로서 1차 배양을 한 후 해산 농축클로렐라를 24시간 동안 공급하여 영양강화를 실시하였고, 알테미아 유생은 오징어간유로서 24시간동안 영양강화를 실시하였다. 생존율은 10일간격으로 조사하였으며, 야간(22:00~23:00)에 각 수조에서 15회 무작위로 표본 추출하여 계수한 후 환산하여 현 사육마리 수를 구하였다. 자어의 성장 조사는 5일 간격으로 실시하였으며, 각 수조 당 50마리씩 무작위로 추출하여 만능투영기(V-12A, Nikon co. Japan)하에서 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 사육기간 중 대조구의 수온은 18.7~22.1°C(평균 20.5°C)였으며, 가온구는 24.5~26.6(평균 25.3°C)였다.

먹이계열에 따른 초기 성장과 생존

먹이계열별 실험은 원형 PP 수조(250 L) 6개에 부화직후 자어를 약 3,000마리씩 수용하여 3개 먹이계열을 설정하여 3반복으로 실시하였다. 각 실험구의 먹이계열은 NRA 실험구는 rotifer + *Artemia* + 배합사료를 혼합 공급한 상태에서 사육수조에 *Nannochloropsis oculata*를 첨가하였고, RA 실험구는 rotifer + *Artemia* + 배합사료, RC 실험구는 rotifer + copepod, *Tigriopus japonicus* + 배합사료, R 실험구는 rotifer와 배합사료만을 공급하였다. *N. oculata*는 야외수조에서 배양하여 부화 후 10일까지 약 10⁵ cell/ml 정도를 유지하도록 공급하였다. 로티퍼, 알테미아 및 배합사료의 공급조건과 먹이생물의 영양강화는 가온사육 실험구와 동일한 조건이었으며, 코페포다의 공급시기와 공급량은 알테미아와 동일한 조건을 유지하였다. 생존율은 폐사한 개체를 매일 계수하여 전체 마리수에 대한 백분율로 나타내었다.

대량 종묘생산

자어사육은 사방이 개방되어 있고 지붕만 비닐하우스와 검은색 차광막(차광률 70%)을 설치한 콘크리트 수조(5×5×1 m, 유효수량 23 m³) 2개를 이용하여 2반복으로 실시하였다. 사육수조에 물 만들기를 위하여 알을 수용하기 15일전부터 1일 1~2회전되게 자연해수를 유수하여 규조류 및 기타 부착성 조류의 번식을 유도하였다. 그 이후 알 수용 3일전부터는 지수상태에서 *N. oculata*를 공급하면서 로티퍼를 ml당 20~25개체 유지하면서 배양하였다. 자어사육 기간 중 사육해수는 부화 10일까지 지수상태를 유지하면서 *N. oculata*만을 1일 2회 공급하였으며,

부화 11일째부터는 유수식으로 1일 0.2~0.3회전되게 환수하면서 사육하였다. 지수식으로 관리하는 동안 *N. oculata* 밀도가 약 10⁵ cells/ml 되도록 유지하였다. 사육기간 중 먹이공급은 로티퍼를 부화 후 30일까지 공급하였으며, 10일까지는 15~25개체/ml, 그 이후부터는 10~15개체/ml를 유지하였다. 알테미아는 부화 후 17일부터 25일까지 0.5개체/ml 내외로 공급하였으며, 동일한 시기에 *T. japonicus*를 0.2~0.3개체/ml를 병용 공급하였다. 배합사료는 15일부터 미립자사료(입경, 150~250 μm)를 1일 4~5회 공급하면서 점차 크기와 횡수를 조정하였다. 자어의 일회 로티퍼 섭취량은 부화 5일부터 30일까지 5일간격으로 조사하였으며, 로티퍼를 공급한 후 2시간 경과된 오전 8시에 20마리씩 채집하였고, 채집된 자어는 MS-222에 마취시킨 후 실체현미경하에서 소화관을 해부하여 로티퍼 수를 계수하였다. 사육기간 동안 수온은 24.6~25.9°C(평균 25.4°C), 염분은 31.8~35.0 ppt 범위였고, 사육수조의 표층 조도는 1,200~5,000 lx였다. 성장 및 생존율 조사는 가온사육 실험과 동일하게 하였다.

통계처리

각 실험의 성장과 생존을 결과는 SPSS for window program에 의한 ANOVA로 분석하여 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결 과

가온사육에 의한 돌돔의 성장과 생존

자연해수 사육 실험구(대조구)와 가온해수 사육 실험구(가온구)를 구분하여 돌돔의 성장을 조사한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 실험 개시시에 평균 전장은 3.2±0.1 mm였고, 부화 5일째까지는 성장에 있어 유의한 차이는 보이지 않았으나($P>0.05$), 10일째부터 대조구에 비해 가온구에서 유의적으로 높은 성장차이를 보였으며($P<0.05$), 먹이전환이 이루어지기 시작하는 20일째부터는 급격한 성장차이를 보였다. 실험종료시인 부화 30일째

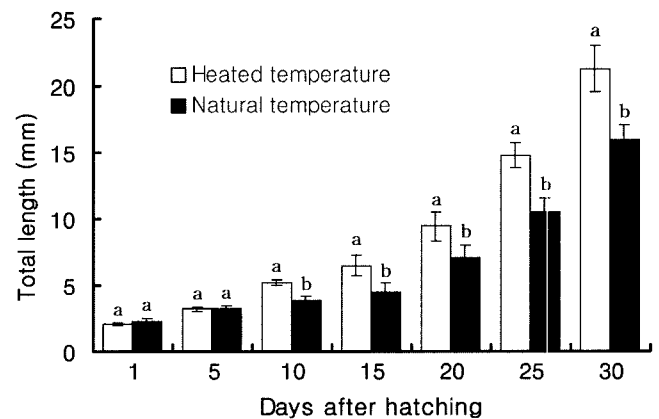


Fig. 1. Growth in total length of *Oplegnathus fasciatus* larvae at heated water temperature (25.3°C) and natural water temperature (20.5°C) conditions.

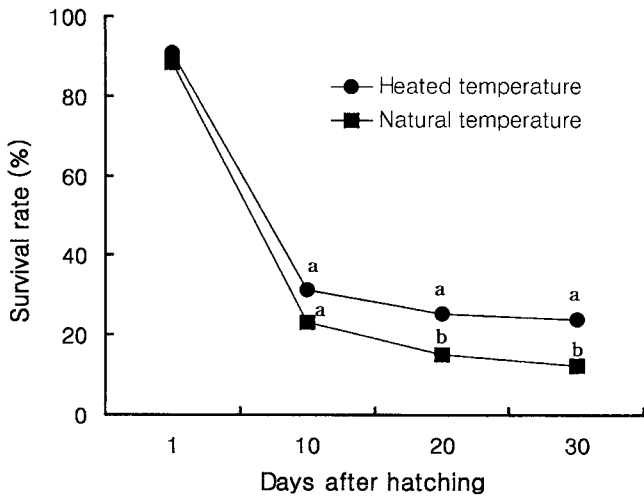


Fig. 2. Survival of *Oplegnathus fasciatus* larvae at heated water temperature and natural water temperature conditions.

평균 전장은 대조구는 15.9 ± 1.1 mm였고, 가온구는 21.3 ± 1.5 mm로서 자연해수로 사육한 대조구보다 가온해수로 사육한 가온구에서 약 2배정도 빠른 성장을 보였다($P < 0.05$). 생존율은 대조구의 경우 부화 10일까지 1차 대량폐사가 발생하였고, 그 후에도 지속적으로 폐사가 발생하여 실험 종료시에 12.3%의 낮은 생존율을 보였으며, 가온구에 있어서는 대량폐사가 발생한 10일 이후에는 다소 폐사가 줄어들어 실험 종료시에 24.0%의 생존율을 보였다(Fig. 2). 사육기간 동안 대조구와 가온구에 있어 생존율의 유의성 검정 결과 부화 10일까지는 두 시험구간에서 유의한 차이는 없었으나($P > 0.05$), 20일 이후부터는 유의적인 차이가 인정되었다($P < 0.05$).

먹이제열에 따른 초기성장과 생존

먹이제열에 따른 돌돔의 성장은 Fig. 3에 나타내었다. 부화 10일까지는 각 먹이제열별로 성장에 있어 유의적인 차이가 나타나지 않았으나($P > 0.05$), 부화 20일부터 시험구별 유의차가 나타나 NRA 실험구가 평균전장 9.5 ± 0.6 mm로 다른 시험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), 다른 시험구간에 평균전장은 7.2~8.4 mm로 나타났다. 그리고 실험종료시인 부화 50일째에는 로티퍼만 단독 공급한 R 실험구에서 평균전장 36.9 ± 2.1 mm로서 다른 시험구에 비해 가장 낮게 나타났으며($P < 0.05$), NRA를 비롯한 다른 시험구간에 평균전장이 60.2~62.2 mm로서 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 생존율은 NRA 실험구에서 최종적으로 21.7%로서 가장 높았던 반면, R 실험구에서 8.5%로서 가장 낮았다(Fig. 4). 유의성 검정 결과 NRA와 다른 3 실험구와는 유의차가 인정되었다($P < 0.05$).

대량 증묘생산

가온사육과 먹이제열별 실험 결과를 토대로 하여 대량증묘 생산 시험을 실시한 결과는 Table 1에 나타내었다. 자연산란에

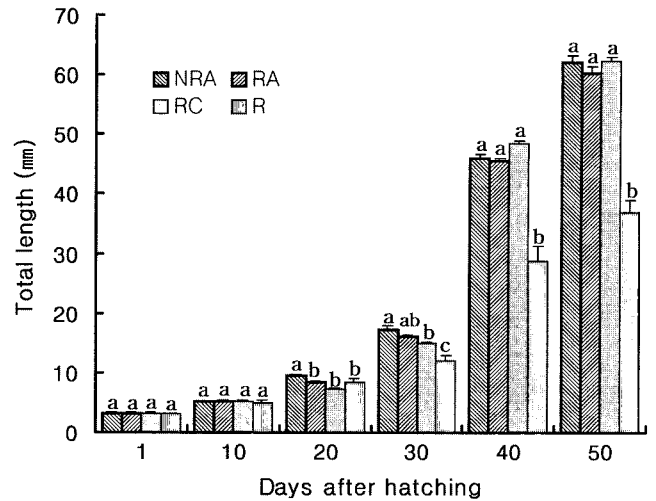


Fig. 3. Growth in total length of *Oplegnathus fasciatus* larvae reared different feed regimes. NRA: *Nannochloropsis oculata*+rotifer *Artemia*+artificial diets, RA: rotifer+*Artemia*+artificial diets, RC: rotifer+*Tigriopus japonicus*+artificial diets, R: rotifer+artificial diets.

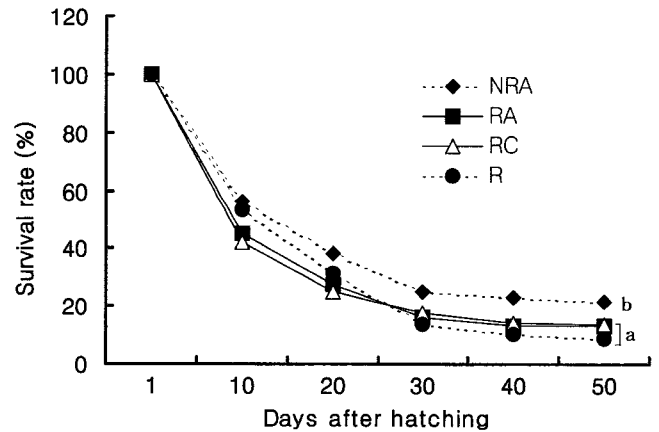


Fig. 4. Survival of *Oplegnathus fasciatus* larvae reared at different feed regimes. NRA: *Nannochloropsis oculata*+rotifer+*Artemia*+artificial diets, RA: rotifer+*Artemia*+artificial diets, RC: rotifer+*Tigriopus japonicus*+artificial diets, R: rotifer+artificial diets.

의해 채란된 수정란 약 750천개를 수용하여 수정물은 평균 98.3%였고, 부화율은 710천마리의 자어가 부화하여 평균 94.6%였다. 부화직후 자어는 평균 전장 2.1 ± 0.1 mm였으며, 부화 3일째부터 난황의 흡수가 거의 완료되었고, 부화 4일째부터는 섭식행동을 보여 소화관내에서 로티퍼가 관찰되었다. 부화 5일째 자어는 평균 전장이 3.3 ± 0.1 mm, 생존율은 70.0%였고, 이때부터 먹이를 정상적으로 섭취하여 1개체당 로티퍼 섭취량은 약 10개체 내외로 조사되었다. 초기 사육기간 동안 부화 7일에서 10일 사이에 1차 대량 폐사가 발생하여 부화 10일째 생존율은 31.3%로서 급격히 감소하였다. 부화 15일째부터 미립자 사료를 공급하기 시작하면서 자어의 성장속도가 빨라지고 군집행동을 보이기 시작하였고, 아울러 활발한 유영능력을 갖고 적극적인 섭식행동을 보였다. 부화 20일째부터는 배합사료의 섭식 빈도

Table 1. The numbers of rotifer consumed, growth and survival of *Oplegnathus fasciatus* larvae during the mass seed production trial

Age (day)	Total length (Mean±SD, mm)	Number of rotifer fed (ind./larva)		Number of larvae (×10 ³)	Survival rate (%)
		Range	Mean±SD		
1	2.1±0.1	-	-	710	100
5	3.3±0.1	515	10.3±3.1	497	70.0
10	5.2±0.2	1421	16.5±2.2	222	31.3
15	6.1±0.5	3857	46.6±7.1	194	27.3
20	9.5±0.6	5475	65.5±6.4	180	25.3
25	14.6±1.2	4062	49.5±4.8	172	24.2
30	17.3±1.6	2645	33.6±5.2	170	24.0
35	28.3±2.8	-	-	167	23.5
40	46.0±3.2	-	-	162	22.8
45	54.6±4.5	-	-	161	22.6
50	62.0±4.0	-	-	160	22.5

가 눈에 띄게 증가하여 자연스럽게 먹이전환이 이루어졌으며, 이때 자어의 평균 전장은 9.5±0.6 mm였고, 생존율은 25.3%로 초기 대량 폐사 이후에는 거의 폐사 개체가 발생하지 않았다. 또한 배합사료와 알테미아의 공급과 더불어 로티퍼의 섭식량도 지속적으로 증가하여 20일째 평균 65개체로 증가하였지만 부화 25일째부터는 1마리당 50개체 이하로 점차 감소하는 경향을 보였다. 최종적으로 자치어 사육 50일째에 치어 160천 마리를 생산하여 생존율은 평균 22.5%였으며, 평균 전장은 62.0±4.0 mm로 성장하였다.

고 찰

사육환경 중 수온은 어류의 대사와 성장 등에 영향을 미치고 (Tandler et al., 1989; Iwata et al., 1994), 수온이 높으면 부화 자어의 초기발달(Seikai et al., 1986) 및 먹이 섭식을 촉진시켜 초기 성장을 앞당기는 효과를 나타내는 것으로 조사되었다 (Wurtsbaugh and Cech, 1983; Lee and Hur, 1998). 돌돔 치어를 30일 동안 자연수온 조건과 자연수온 보다 약 5°C 정도 높은 가온해수에서 사육한 경우 전장과 생존율에 있어 자연해수로 사육한 실험구에 비해 성장은 약 2배정도 빨랐고, 생존율은 약 1.5배정도 높았다. Kumai (1984)의 연구 결과에서도 사육수온이 평균 2°C 정도 높았을 때, 평균 전장이 약 2배정도 높았다. 이러한 원인은 20°C 이하의 비교적 낮은 수온에서는 부화 자어가 로티퍼를 정상적으로 섭식하지 못해 성장저하와 폐사를 가중시킬 뿐 만 아니라 변태시기가 늦어져 먹이전환이 순조롭게 이루어지지 않기 때문으로 사료된다. 초기 사육과정에서 먹이생물로서 중요한 로티퍼는 실내 가온사육에서 크기가 소형화하는 등 수온에 따라 크기가 역상관한다는 보고가 있다(Fukusho and Iwamoto, 1980; Kokura et al., 1982). 아울러 자어의 입 크기가 소형인 독가시치류(Duray and Kohno, 1988; Kohno et al., 1988), 능성어류(Duray et al., 1997; Lee and Hur, 1998)에 있어서는 보다 소형인 로티퍼를 공급하여 초기 성장과 생존율을

높일 수 있었다. 이 실험에서 돌돔 자어도 일반적인 해산어류에 비하여 입 크기가 작기 때문에 고수온 조건으로 자어를 사육함으로써 로티퍼의 크기가 소형화 되어 자어가 섭식기회가 더 많아 생존에 영향을 주었을 것으로 추정된다. 따라서 돌돔 자어의 사육기간중 생존을 향상시키기 위해서는 가능한 24~26°C로 가온하여 사육하는 것이 보다 효과적일 것으로 판단되지만, 앞으로 다양한 수온조건에서 최적 사육수온을 구명하는 연구가 필요할 것이다.

해산어류 종묘생산에 있어 어종에 따라 먹이생물의 종류와 공급시기, 영양적인 측면을 고려하여 먹이 공급계열을 설정하는 것이 매우 중요하다. 하지만 지금까지는 종묘생산 과정에서 먹이 공급은 로티퍼→알테미아→배합사료의 공급체계를 답습하여 왔다. 본 연구에서 부화 2일째 돌돔 자어를 대상으로 부화 50일까지 먹이공급 계열별 효과를 조사한 결과, 성장에 있어서는 로티퍼, 알테미아, 배합사료를 혼합 공급한 실험구와 알테미아 대신 코페포다를 공급한 실험구에서 비슷한 경향을 보였으나, 로티퍼와 배합사료만으로 공급한 실험구에서는 2배정도 낮은 성장을 보였다. 아울러 사육수조에 *Nannochloropsis oculata*를 첨가한 시험구에서 부화 20일까지 성장과 생존율에 있어 다른 시험구 보다 높게 나타났다. 이러한 이유는 해산어류 종묘생산 과정에서 사육수조에 미세조류의 첨가는 수질안정과 먹이생물의 영양을 개선하는 것으로 보고하였다(Naas et al., 1992; Reitan et al., 1993; Støttrup and McEvoy, 2003). 또한 이들은 미세조류의 첨가는 자어의 먹이섭취 행위를 자극하여 자어기 동안 양호한 성장과 생존율의 결과를 보고하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 아울러 돌돔의 초기사육에 있어 로티퍼에서 배합사료로의 먹이전환 단계에서 기존의 로티퍼(배갑장 150~250 μm)보다 큰 크기의 2차 먹이생물의 공급이 필수적인 것으로 판단된다. 특히 이 실험에서는 해산어류 종묘생산과정에서 로티퍼 다음단계 먹이생물로서 주로 많이 사용되고 있는 알테미아 대용으로 코페포다(*T. japonicus*)를 돌돔 자치어에 공급하여 성장과 생존율에 있어 알테미아를 공급한 시험구와 비슷한 결과

를 보였다. 일본에서도 로티퍼 배양조에 *T. japonicus*를 접종해 대량의 *T. japonicus*를 채집하는데 성공하여 참돔, 돌돔(Fukusho et al., 1977; Fukusho, 1980) 등의 해산어류 종묘생산 과정에서 자치어 먹이로서 활용하였다. 현재 해산어류 종묘생산과정에서 알테미아에 의존하는 비율이 높아 미국을 중심으로 생산지의 공급부족에 따른 가격상승으로 종묘생산 업체에 경영 압박이 가중되고 있어 알테미아를 대체할 수 있는 새로운 먹이생물 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 지금까지 그 대체 먹이생물의 개발은 산업적으로 적용단계까지는 이르지 못하고 있지만, 부유성 코페포다(Jung and Rho, 1998)와 기수산 물벼룩(Chen et al., 1997; Jung et al., 1999; Shrivastava et al., 1999)에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 한편, 해산어류 종묘생산 과정에서 이용되는 기존의 공급계열을 개선하여 알테미아의 공급기간을 단축시키고, 로티퍼의 공급기간을 연장하는 방안으로 초기 알테미아 공급시기에 대형 로티퍼(*B. plicatilis*)를 소형 로티퍼(*B. rotundiformis*)와 병용하여 공급하는 방안도 고려할 필요가 있을 것이다. 또한 알테미아 유생은 자치어의 성장에 필수적인 일부 고도불포화지방산이 결핍되어 있어 단독 공급하였을 경우 생존율이 낮지만, *T. japonicus*와 병용 공급한 경우는 생존율, 성장 및 활력에 있어 비교적 양호한 결과를 보였다(Fukusho, 1979). 이러한 코페포다를 먹이로서 활용하기 위해서는 영양성, 적정크기 및 대량배양 가능성에 대한 연구가 수반되어야 할 것이다.

이 실험에서 돌돔은 평균 전장 6.1 mm 자어가 1회에 먹을 수 있는 로티퍼의 양은 평균 46.6개체였고, 9.5 mm로 성장하면서 평균 65.5개체로 증가하는 경향을 보였다. 참돔 자어가 1회에 먹을 수 있는 로티퍼의 양은 체중의 7~10%이며, 전체 자어중 50% 이상이 만복상태까지 섭식한다고 보고하고 있다(Kuronuma and Fukusho, 1984). 즉, 평균 전장 7 mm 참돔 자어의 로티퍼 섭식량은 평균 49.8개체, 10 mm로 성장하면서 평균 194개체로 급속히 증가하였다. 따라서 초기에는 돌돔이 참돔에 비해 다소 많은 양을 먹었으나, 성장과 더불어 참돔이 3배 이상 증가하는 경향을 보였다. Fukusho (1979)의 연구에서도 돌돔의 일간 섭식량은 참돔과 비교해 보면 전장 3.9 mm 1.2배, 6.9 mm 자어에서는 2.1배로 조사되어, 돌돔의 초기 자어 사육에 있어 참돔보다 다량의 로티퍼 공급이 필요할 것으로 판단된다. 아울러 돌돔의 소화관의 구조와 발달과정을 조사하여 먹이 섭식과의 관계를 구명하는 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

23톤 수조에서 대량종묘생산시 부화 10일까지 평균전장 5.2 mm, 생존율은 31.3%였고, 전장이 약 62 mm로 성장한 실험 종료시 생존율은 평균 22%였다. Kumai (1984)는 2년에 걸쳐 대량종묘생산 실험을 한 결과 1차로 부화 7일을 전후하여 약 40%의 대량폐사가 발생하였고, 2차 대량폐사는 변태시기인 20일 전후에 발생하여 부화 50일까지 평균 전장은 약 60 mm, 생존율은 평균 3.5%로서 본 연구에서의 성장은 비슷하였으나

생존율에 있어서는 현저하게 낮았다. 어류에 있어 난황을 모두 소비하고 외부로부터 영양을 공급받기 시작하는 부화 직후 자어를 가장 위험한 시기(critical period)로 분류하고 있으며, 이러한 위험기는 어류의 발육초기에 몇 번에 걸쳐서 나타나 대량 폐사를 가져온다(Watanabe and Kiron, 1994). 해산어류 종묘생산에서 초기 먹이생물로서 널리 이용되고 있는 로티퍼는 일반적으로 L-type인 *B. plicatilis*와 S-type인 *B. rotundiformis*의 2종으로 분류하는데, 자어의 입 크기가 소형인 어중에 있어서는 보다 소형인 로티퍼를 선택적으로 공급해야 한다. 돌돔에 있어서는 난황흡수를 마치고 부화 후 6~8일째 대량 폐사가 발생하는 데, 그 원인은 난질에 따른 자어의 질적인 문제와 부화자어의 입 크기에 적합한 먹이생물의 부족 등으로 밝혀졌다(Fukusho, 1979). 본 연구의 돌돔의 대량 종묘생산 실험에서 기존의 사육 시스템을 개선하여 사육개시 약 2주일 전부터 물 만들기(green water)를 실시하여 규조류, 녹조류 등 식물성 플랑크톤과 코페포다류 등 다양한 동물성 플랑크톤의 번식을 유도하여 안정된 수조 생태계를 유지하였다. 아울러 사육수조에 식물플랑크톤의 일종인 *N. oculata*를 공급하면서 로티퍼를 직접 배양하는 방식으로 하여 초기 생존율을 높일 수 있었다. 특히, 독가시치류는 부화하여 난황흡수가 빠르고, 외부 영양 흡수단계에서 입 크기에 맞는 적당한 먹이생물을 공급하지 못하여 대부분 종묘생산에 실패하였으나(Lam, 1974), 야외수조에서 물 만들기를 적용하여 동·식물 플랑크톤을 번식시켜 대량 종묘생산에 성공하였다(Hwang et al., 2000). 따라서 돌돔의 종묘생산시 초기 생존율을 높이는 방안으로서는 사육환경의 개선과 먹이 공급계열의 새로운 인식전환이 필요할 것으로 사료된다.

요 약

고부가가치 양식 대상종이고, 자원조성용으로 효과적인 돌돔의 안정된 종묘생산을 위한 연구의 일환으로서 수은, 먹이종류에 따른 성장과 생존 및 물 만들기를 실시하여 대량 종묘생산의 효과를 조사하였다. 자연해수 실험구(20.5°C)와 가온해수 실험구(25.3°C) 조건에서 30일 동안 사육한 결과 가온구가 대조구 보다 2배정도 빠른 성장을 보여 유의차가 인정되었다. 생존율은 가온구에서 부화 후 30일까지 평균 24.0%였고, 대조구에서는 12.3%로서 상대적으로 낮았다. 먹이계열에 따른 자치어의 사육실험 결과 로티퍼와 배합사료를 공급한 실험구에서는 먹이효율이 낮았으나, 사육수조에 *Nannochloropsis oculata* 첨가하고, 로티퍼, 알테미아, 코페포다 및 배합사료를 혼합 공급한 실험구에서 성장 및 생존율에서 양호한 결과를 보여 유의한 차이가 인정되었다. 대량종묘생산 결과 일령 50일까지 생존율은 평균 22.5%였으며, 치어의 평균 전장은 62.0±4.0 mm로 성장하였다. 그리고 돌돔자어의 로티퍼 1회 섭식량은 부화 5일째 평균 10.3개체, 10일째 16.5개체, 20일째 65.5개체로서 자어의 성장과 함께 섭식량은 급격히 증가하였다.

참고문헌

- Chen, F. Y., M. Chow, T. M. Chao and R. Lim, 1977. Artificial spawning and larval rearing of the grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) in Singapore. J. Pri. Ind., 5, 1-21.
- Chyung, M. K., 1977. The fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea, pp. 372-373.
- Duray, M. and H. Kohno, 1988. Effects of continuous lighting on growth and survival of first-feeding larval rabbitfish, *Siganus guttatus*, Aquaculture, 72, 73-79.
- Duray, M. N., C. B. Estudillo and L. G. Alpasan, 1997. Larval rearing of the grouper, *Epinephelus suillus* under laboratory conditions. Aquaculture, 150, 63-76.
- Fukusho, K., O. Hara, H. Iwamoto and C. Kitajima, 1977. Mass production of the copepod *Tigriopus japonicus*, in combination with the rotifer *Brachionus plicatilis*, feeding baking yeast and using large-scale outdoor tanks. Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fish., 3, 33-39.
- Fukusho, K., 1979. Studies on fry production of Japanese striped knifejaw *Oplegnathus fasciatus*, with special reference to feeding ecology and mass culture of food organism. Spec. Rep. Nagasaki Pre. Ins. Fish., 430, 173 pp (in Japanese).
- Fukusho, K., 1980. Mass production of a copepod, *Tigriopus japonicus* in combination culture with a rotifer *Brachionus plicatilis*, fed to-yeast as a food source. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 46, 625-629.
- Fukusho, K. and H. Iwamoto, 1980. Cyclomorphosis in size of the cultured rotifer, *Brachionus plicatilis*. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture, 3, 107-109.
- Hwang, H. K., Y. J. Kang, S. G. Yang, S. C. Kim, K. M. Kim and J. U. Lee, 1999. Natural spawning of artificially produced parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*, and the change of its egg quality during the spawning season. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 56, 67-72.
- Hwang, H. K., J. U. Lee, S. Rho, S. G. Yang, S. C. Kim and K. M. Kim, 2000. Seedling production of rabbitfish, *Siganus canaliculatus*. J. of Aquaculture, 13, 277-284.
- Iwata, N., K. Kikuchi, H. Honda, M. Kiyono and H. Kurokura, 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. Fish. Sci., 60, 527-531.
- Jung, M. M. and S. Rho, 1998. Combination culture of rotifer, *Brachionus rotundiformis* and copepod *Apocyclops* sp. J. of Aquaculture, 11, 449-455.
- Jung, M. M., H. S. Kim and S. Rho, 1999. Selection of culture scale for stable culture of an estuarine cladoceran *Diaphanosoma celebensis*. J. Korean Fish. Soc., 32, 466-469.
- Kohno, H., H. S. Hara, M. Duray and A. Gallego, 1988. Transition from endogenous to exogenous nutrition sources in larval rabbitfish, *Siganus guttatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 54, 1083-1091.
- Kokura, T. T. Ogawa and C. Kitajima, 1982. The seasonal variation in the appearance of L-type and S-type, and the relationship between the changes in size and changes in density of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fish., 8, 147-152.
- Kumai, H., 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et. Schlegel). Bull. Fish. Lab. Kinki Univ., No. 2, 127 pp.
- Kuronuma, K. and K. Fukusho, 1984. Rearing of marine fish larvae in Japan. International Development Research Centre, Ottawa, Canada. 109 pp.
- Lam, T. J., 1974. Siganids: Their biology and mariculture potential. Aquaculture, 3, 325-354.
- Lee, C. K. and S. B. Hur, 1998. Effect of live food and water temperature on larval survival of red spotted grouper, *Epinephelus akaara*. J. of Aquaculture, 11, 565-572.
- Naas, K. E., T. Nass and T. Harboe, 1992. Enhanced first feeding of halibut larvae, *Hippoglossus hippoglossus* in green water. Aquaculture, 105, 143-156.
- Nelson, J. S., 1994. Fishes of the world (3rd Edition). John Willey & Sons, Inc., 600 pp.
- Reitan, K. I., J. R. Rainuzzo, G. Øie and Y. Olsen, 1993. Nutritional effects of algal addition in first-feeding of turbot, *Scophthalmus maximus* larvae, Aquaculture, 118, 257-275.
- Seikai, M., J. B. Tanangonan and M. Tanaka, 1986. Temperature influence on larval growth and metamorphosis of the Japanese flounder, *Palalichthys olivaceus* in the laboratory. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 52, 977-982.
- Shrivastava, Y. G., G. Mahambre, C. T. Achuthankutty, B. Fernandes, S. C. Goswami and M. Madhupratap. 1999. Parthenogenetic reproduction of *Diaphanosoma celebensis* (Crustacea: Cladocera). Effect of algae and algal density on survival, growth, life span and neonate production. Mar. Biol., 135, 663-670.
- Støttrup, J. G. and L. A. McEvoy, 2003. Live feeds in marine aquaculture. (in) A. Muller-Feuga, R. Robert, C. Cahu, J. Robin and P. Divanach (eds.), Uses of Microalgae in Aquaculture. Blackwell Science Ltd, pp. 253-299.
- Tandler, A., M. Harel, M. Wilks, A. Levinson, L. Brickell, S. Christie, E. Avital and Y. Barr, 1989. Effects of environmental temperature on survival, growth and population structure in the mass rearing of the gilthead seabream, *Sparus aurata*. Aquaculture, 78: 277-284.
- Watanabe, T. and V. Kiron, 1994. Prospects in larval fish dietetics. Aquaculture, 124, 223-251.
- Wurtsbaugh, W. A. and J. J. Cech, Jr., 1983. Growth and activity of juvenile mosquitofish: temperature and ration effects. Tran. Am. Fish., 112, 653-660.

원고접수 : 2004년 12월 15일

수정본 수리 : 2005년 1월 14일