

흰점독가시치, *Siganus canaliculatus*의 종묘생산

황형규* · 이정희 · 노 섭¹⁾ · 양상근 · 김성철 · 김경민

국립수산진흥원 · ¹⁾제주대학교 증식학과

Seedling Production of Rabbitfish, *Siganus canaliculatus*

Hyung-Kyu Hwang*, Jung-Uie Lee, Sum Rho¹⁾, Sang-Geun Yang, Seong-Cheol Kim and Kyong-Min Kim

National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-900, Korea

¹⁾Department of Aquaculture, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Rabbitfish hatchlings were given a mixed food of rotifers (*Brachionus rotundiformis*) and trochophore larvae of oyster. Only the oyster-trochophore larvae were found in the gut of 62-h old fish larvae. The fish larvae, fed on rotifer and ciliate alone did not survive. However, their survival increased to 3.3 % on the 10th day after hatching, when trochophore was supplemented. Corresponding with the accelerated growth, the number of rotifers consumed increased from 11 in a 5-day old fish to 165 in a 15-day old fish. In a field ecosystem containing live diatom, *Nannochloropsis oculata*, rotifers and copepods, fish larvae were shocked and the oyster's trochophore larvae were fed from 2 to 7 days after hatching. A total of 76,000 seedling were produced after 50 days of hatching with 12.7 % survival. Mean total length and body weight were 65.6 mm and 3.4 g, respectively. Growth of body length (BL), body height (BH), body weight (BW) and head length (HL) as a function of the total length (TL) showed regression relationships as follows;

$$BL=0.8565 TL + 0.0852 (r^2=0.9996); BH=0.3207 TL - 0.5052 (r^2=0.9641)$$

$$BW=0.0652 TL^{2.3508} (r^2=0.9925); HL=0.2595 TL - 0.1898 (r^2=0.9901)$$

Key words: Rabbitfish, *Siganus canaliculatus*, Seedling production, Oyster's trochophore

서 론

흰점독가시치, *Siganus canaliculatus*는 분류학적으로 농어목 독가시치亞目 독가시치科에 속하는 어류로서 우리나라 남부와 일본, 동중국해, 동남아시아 연안의 열대와 아열대 해역을 중심으로 폭넓게 분포하고 있다(Lam, 1974). 우리나라에서는 Chyung (1977)에 의하여 독가시치, *S. fuscescens* 1종만 보고되어 있으나, Park et al. (1992)에 의해 흰점독가시치, *S. canaliculatus*가 추가 보고되었다. 흰점독가시치는 우리나라 제주도 연안에서 주로 6~10월 사이에 정치망, 자망, 낚시 등으로 어획되고 있으며, 여름철인 7~8월에 산란하는 어종이다. 이 종은 살이 백색육

으로서 탄력이 있고, 맛이 뛰어나 횡감이나 구이용으로 각광을 받는 어종이지만, 근년에는 남획 등에 의해 자원이 점차 감소하는 추세이기 때문에 종묘생산 기술개발이 절실히 필요한 어종이다. 독가시치과 어류는 세계 각지에 폭넓게 분포하고 있으며, 일부 종은 시장 수요가 매우 높기 때문에 세계 각지에서 종묘생산에 의한 양식이 시도되고 있다(Juario et al., 1985). 특히, 독가시치 속의 *S. argenteus*, *S. canaliculatus*, *S. guttatus*는 환경요인에 대한 저항력이 강하고, 성장이 빠르기 때문에 양식하기에는 아주 적합한 종으로 인식되어 왔다. 독가시치속 어류에 대한 국내 연구는 흰점독가시치의 산란기 생식소 발달(Park et al., 1992)과 HCG 처리에 의한 배란유도(Hwang et al., 1999)에 관

*Corresponding author : hhk21@nfrda.re.kr

한 연구 이외에는 찾아볼 수 없다. 독가시치속 어류의 종묘생산 연구는 대부분 초기 발생단계에서 사망하였으며 (Popper et al., 1973; Avila, 1980), 또 다른 연구에서는 변태기 이후까지 1% 미만의 낮은 생존율을 보고하였다(May et al., 1974; Popper and Gundermann, 1976). 치어기까지 생존한 경우는 *S. lineatus* (Bryan and Madraisau, 1977), *S. fuscescens* (Shinhata and Shima, 1980), *S. guttatus* (Juario et al., 1985; Hara et al., 1986)에서 보고되었다. 따라서 이 연구에서는 초기 생존율의 향상을 목적으로 초기 사육기간 중에 야외에서 규조류 배양에 의한 물 만들기를 함으로써 다양한 동·식물 플랑크톤을 배양하고, 바닷굴 유생과 초소형 rotifer를 혼합 공급하여 자어가 먹이를 선택적으로 섭식할 수 있도록 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

먹이 계열에 따른 초기 생존

먹이계열별 실험은 실내 원형 PP 수조(유효수량 170 L) 6개에 부화 직후 자어를 각각 2,000마리씩 수용하여 실시하였다. 사육수는 부화 후 4일까지는 지수상태를 유지하였고, 5일부터는 분당 100~200 ml씩 유수하였다. 실험구는 3개 먹이 계열로 나누어서 2회 반복하여 비교하였으며, A 실험구는 rotifer, *B. plicatilis* (부화 2~10일) + *Nannochloropsis oculata* (부화 2~10일), B 실험구는 참굴 trochophore (부화 1일~5일) + *B. rotundiformis* (부화 2일~10일) + *N. oculata* (부화 2~10일), C 실험구는 ciliata sp. (부화 1일~5일) + *B. rotundiformis* (부화 2일~10일)를 공급하였다. Rotifer의 공급량은 모든 실험구에서 ml당 10~15개체를 유지되게 공급하였고, 참굴의 trochophore 유생은 ml당 15~20개체, ciliata는 ml당 10~20개체를 유지하였다. 또한 *N. oculata*는 10~20만 cells/ml을 유지시켰다.

Rotifer 섭식량

Rotifer의 일회 섭식량 실험은 대량 종묘생산 실험에서와 동일한 수조에서 부화 후 13일까지 실시하였고, 그 이후부터는 실내 콘크리트 수조(3×3×1 m, 유효수량 7 m³)에서 실시하였다. Rotifer의 공급은 매일 오전 6시에 시작하여, 그 후 오전 11시와 오후 4시에 사육수조 내에 rotifer 밀도를 측정하고, 부족분을 보충해 주었다. 실험기간 동안 사육수조내 rotifer 밀도는 ml당 10~25개체를 유지하였다. 일회 섭식량 조사는 2일 간격으로 실시하였으며,

rotifer를 공급한 후 2시간 경과된 오전 8시에 각 수조마다 자어를 20마리씩 무작위 채집하였다. 채집된 자어는 MS-222에 마취시킨 후 5% 중성포르말린에 고정하여 전장 및 체장을 측정하였고, 실체현미경하에서 해부침을 이용해 소화관을 해부하여 rotifer 수를 계수하였다.

Artemia nauplii 섭식량

Artemia nauplii 섭식량 조사는 부화 후 12일부터 26일째 자어를 대상으로 2~3일 간격으로 조사하였다. 실험은 2000 ml 플라스틱 사육조에 자어를 1마리씩 수용한 후, 5분 동안 자어의 활력을 관찰하여 스트레스에 의한 이상 유영을 보인 자어는 다른 실험어로 대체하였다. *Artemia nauplii*는 각각 2,000, 3,000, 4,000 및 5,000개체씩 공급하였고, 12시간 후에 실험어를 분리한 다음 수조내에 남아있는 *Artemia nauplii*를 계수하여 각 실험구별 평균 섭식량을 구하였다. 모든 실험은 3회 반복으로 실시하였다. 실험기간 동안 사육수조 내의 수온은 25.0~28.0℃ 범위였다.

대량 종묘생산

산란용 어미는 남제주군 대정읍 해안에서 구입한 암컷 1마리(전장 36.4 cm, 체중 913 g)에 수컷 3마리(전장 27.5~31.6 cm, 체중 256~480 g)를 수조에 수용한 후 자연산란을 유도하였다. 채란을 위해서 전복 종묘생산용 파판 15 set와 사각 투명 유리판(30×30 cm) 10개를 수조 저면에 침설하였다. 어미 수용 후 4일만에 자연 산란이 이루어졌으며, 산란 즉시 어미를 사육 수조 밖으로 분리하였고, 채란판은 부화가 완료된 시점에서 꺼냈다. 자어 사육은 사방이 개방되어 있고, 지붕만 비닐 하우스 형태로 시설되어 있는 야외 콘크리트 수조(5×5×1 m, 유효 수량 23 m³)에서 부화 15일까지 사육하였으며, 그 이후부터는 실내 콘크리트 수조 2개(유효 수량 7 m³, 10 m³)로 옮겨 사육 실험을 계속하였다. 초기 자어기 동안 사육 실험에 사용한 수조는 어미를 수용하기 1주일 전부터 1일 1~2회전 되게 유수를 하였으며, 수조내에 규조류 및 기타 부착성 조류가 번식하도록 인위적인 물 만들기를 하였고, 그 이후부터는 *B. rotundiformis*를 ml당 20~40개체 유지하면서 배양하였다. 자어 사육기간 중 사육 해수는 부화 5일까지 지수상태를 유지하면서 *N. oculata*만을 공급하였으며, 6일부터는 모래 여과를 한 사육수를 유수식으로 공급하였고, 유수량은 1일 0.1~3회전으로 실험어의 성장과 더불어 사료 공급량의 증가에 따라 점차 증가시켰다. 먹이공급은

바닷물의 trochophore 유생을 부화 2일째부터 7일까지 15~20개체/ml를 유지하였다. Rotifer의 공급은 부화 후 1일부터 20일까지는 소형종인 *B. rotundiformis* (120~180 μ m)를 공급하였고, 부화 후 13일부터 23일까지는 대형종인 *B. plicatilis* (230~310 μ m)를 공급하여 13일부터 7일간은 소형과 대형을 동시에 공급하였다. 공급밀도는 실험어의 크기와 관계없이 사육수 ml당 10~25개체를 유지하였다. *Artemia* nauplii의 공급은 부화 13일부터 23일까지 오전 10시와 오후 5시를 기준으로 1일 2회에 걸쳐 공급하였다. 배합사료는 rotifer와 혼용하여 부화 후 9일부터 공급하기 시작하였다.

결 과

1. 먹이 계열에 따른 초기 생존

흰점독가시치 자어의 사육 기간중 먹이 계열별 초기 생존율은 Fig. 1과 같다. 각 실험구별 생존율은 전 실험구에서 부화 후 2일까지는 85%를 상회하였으나, 부화 후 3일째 생존율은 A, B, C 실험구에서 각각 41.5, 71.6 및 62.3%로서 실험구 사이에서 큰 차이가 있었다. 난황 흡수가 완료되고 부화 후 4일째부터는 각 실험구 간에 생존율은 8.3~15.0% 범위였으며, 부화 1일째부터 참굴의 trochophore 유생 및 소형 rotifer를 혼용 공급한 B 실험구에서 생존율이 가장 양호하였다. A 실험구와 C 실험구에서의 자어는 첫 먹이 섭식에 실패하여, 각각 부화 6일과 5일째 전량 폐사하였으나, B 실험구에서는 부화 후 10일째까지의 생존율은 평균 3.3%이었다.

2. Rotifer의 섭식량

흰점독가시치 자어가 rotifer를 섭식한 부화 후 5일부터

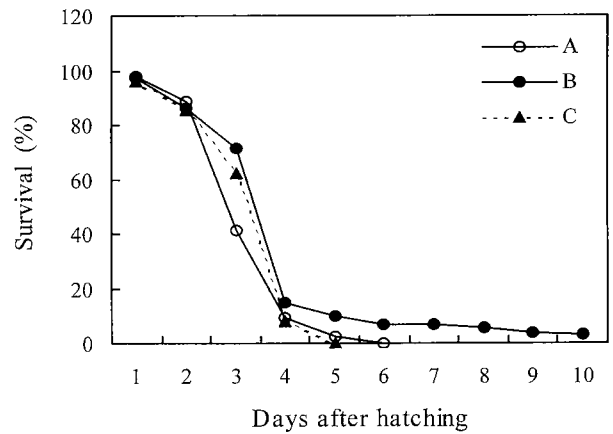


Fig. 1. Survival of *S. canaliculatus* larvae reared at different feeding regimes. A: *B. plicatilis*+*N. oculata*; B: Oyster trochophore + *B. rotundiformis* + *N. oculata*; C: Ciliata + *B. rotundiformis*.

20일까지 2일 간격으로 자치어 1마리가 일회에 섭식할 수 있는 rotifer의 양 즉, 일회 섭식량을 Table 1에 나타내었다. 부화 5일째 자어의 소화관 내에서 rotifer가 처음으로 관찰되었고, 이때 자어의 전장은 2.76 ± 0.20 mm였고, 일회 섭식량은 평균 10.6 ± 3.4 개체였다. 그 후 자어가 성장함에 따라 rotifer의 섭식량도 증가하여 부화 9일째에는 전장 4.65 ± 0.49 mm로 성장했고, 일회 섭식량도 42.3 ± 8.7 개체로 증가했다. 체형이 넓어지고, 일부 군집 유영을 하는 부화 후 15일 및 17일째의 일회 섭식량은 각각 167.6 ± 33.8 개체 및 179.2 ± 21.8 개체였다. 실험 종료일인 부화 19일째 섭식량은 239.1 ± 54.8 개체로서 자어의 성장과 더불어 rotifer의 일회 섭식량은 급격히 증가하였다.

3. Artemia nauplii의 섭식량

부화 후 12일부터 26일까지 흰점독가시치의 자치어에

Table 1. Number of rotifers consumed by *S. canaliculatus* larvae for 19 days after hatching

Days after hatching	Fish examined (No)	Total length (Mean \pm SD, mm)	Rotifers eaten (individuals/larva)	
			Range	(Mean \pm SD)
5	17	2.76 ± 0.20	6~ 15	10.6 ± 3.4
7	15	3.84 ± 0.50	19~ 45	31.6 ± 6.7
9	16	4.65 ± 0.49	29~ 55	42.3 ± 8.7
11	17	5.84 ± 0.79	39~ 80	61.3 ± 14.8
13	15	7.16 ± 1.15	56~ 93	78.7 ± 13.6
15	16	9.01 ± 1.19	110~ 210	167.6 ± 33.8
17	17	9.97 ± 1.88	142~ 210	179.2 ± 21.8
19	17	13.9 ± 1.07	140~ 330	239.1 ± 54.8

대한 먹이 공급밀도별 *Artemia nauplii*의 평균 섭식량은 Fig. 2와 같다.

부화 후 12일째 자어(평균 전장 7.0 ± 0.6 mm) 1마리가 12시간 동안 23~54개체, 평균 43.5개체의 *Artemia nauplii*를 섭식하였다. 부화 15일째(평균 전장 9.9 ± 1.14 mm)부터는 섭식량이 급격히 증가하여 자어 1마리의 섭식량은 232~577개체, 평균 438개체를 섭식하였고, 부화 18일째(평균 전장 13.5 ± 0.4 mm)에는 12시간 동안 평균 1,154개체의 *Artemia nauplii*를 섭식하였다. 부화 후 20일 이후부터는 치어기에 도달하면서 섭식량은 더욱 증가하여, 부화 21일째(평균 전장 15.0 ± 1.5 mm) 12시간 동안 섭식량은 1마리가 평균 2,033개체, 24일째(평균 전장 20.6 ± 1.4 mm)에는 평균 3,000개체로 증가하였지만 실험 종료일인 부화 26일째(평균 전장 23.6 ± 1.1 mm)에는 평균 3,124개체로 완만하게 증가하였다.

4. 대량 종묘생산

1999년 8월 20일부터 9월 29일까지 흰점독가시치 자어를 수용하여 사육한 결과는 Table 2 및 Fig. 3과 같다. 자연산란에 의해 채란된 수정란은 약 950,000개로서 수정률은 평균 98%였고, 부화율은 710,000마리의 자어가 부화하여 평균 76.3%였다. 부화 후 3일째 평균 전장 2.9 ± 0.1 mm의 자어는 난황과 유구를 거의 완전하게 흡수하고 외부로부터의 영양을 공급받는 과정에서 정상적인 섭식을 하지 못해 1차적으로 대량폐사가 발생하여 생존율은 66.5%로서 급격하게 감소하였다. 부화 4일째부터는 바윗굴의 trochophore 유생을 섭식하였으며, 일부 자어는 소형 ro-

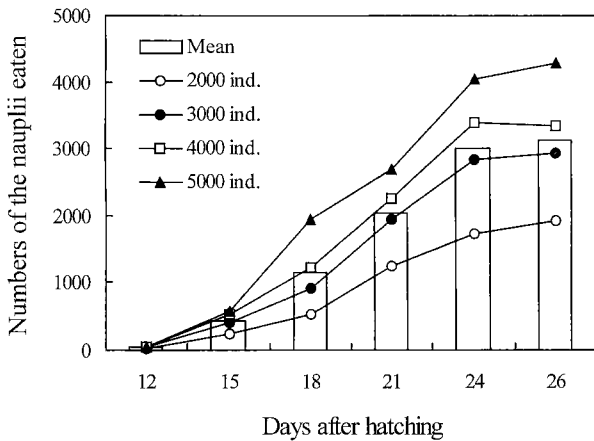


Fig. 2. Number of *Artemia nauplii* consumed by *S. canaliculatus* larvae at four different densities.

Table 2. Growth and survival of *S. canaliculatus* larvae during the mass seed production trial

Date	Age (day)	TL(mm) (Mean±SD)	Number of larvae ($\times 10^3$)	Survival (%)
Aug. 20, 1999	1	2.1 ± 0.1	710	100
Aug. 23	3	2.9 ± 0.1	472	66.5
Aug. 25	5	3.1 ± 0.3	106	14.9
Aug. 27	7	3.9 ± 0.5	96	13.5
Aug. 30	10	4.9 ± 0.6	79	11.1
Sep. 2	13	6.7 ± 1.3	79	11.1
Sep. 9	20	14.4 ± 1.5	79	11.1
Sep. 14	25	23.3 ± 2.9	78	11.0
Sep. 19	30	30.9 ± 0.4	78	11.0
Sep. 24	35	36.4 ± 0.4	78	11.0
Sep. 29	40	51.1 ± 0.6	77	10.8
Oct. 4	45	54.6 ± 0.5	77	10.8
Oct. 9	50	65.6 ± 0.4	76	10.7

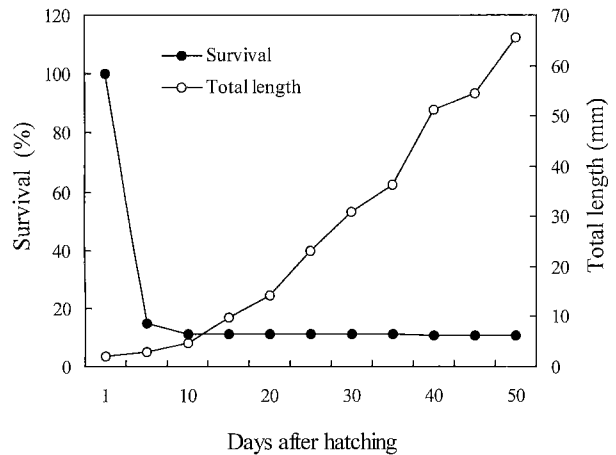


Fig. 3. Total length and survival of *S. canaliculatus* larvae during the mass seed production trial.

tifer, *B. rotundiformis* ($100 \mu\text{m}$ 이하)를 섭식하기 시작하였다. 그러나 아직까지도 대부분의 자어에 있어 정상적으로 섭식이 이루어지지 않아 폐사 개체가 증가하여 부화 후 5일까지의 생존율은 14.9%였다. 정상적으로 rotifer를 섭식하기 시작하는 부화 후 6일부터는 폐사 개체가 현저하게 줄어들었으며, 자어는 활발한 유영능력을 갖고 적극적으로 섭식하는 행동을 취하였다. 이때 자어의 소화관은 등 황색으로 변하지만 몸 전체는 외관상 투명한 상태가 지속된다. 부화 후 10일이 경과된 자어의 전장은 4.9 ± 0.6 mm로서 rotifer의 일회 섭식량이 30~60개체로 증가하였고, 초기 미립자사료도 섭식하는 것이 관찰되어 먹이전환이 원활하게 진행되었으며, 이때까지의 생존율은 11.1%로서 초

기 대량 폐사 이후부터는 거의 폐사 개체가 발생하지 않았다. 부화 후 13일부터는 소형과 함께 대형 rotifer, *Artemia nauplii* 유생을 혼용하여 공급하였는데, 소화관내 rotifer의 크기가 평균 186 μm 로서 대형 rotifer를 정상적으로 섭식하였으며, 일부 대형 개체들은 *Artemia nauplii* 유생을 섭식하여 소화관이 육안적으로 붉게 변하였다. 부화 20일째부터는 각 지느러미와 체형이 성어와 거의 비슷한 치어기에 접어들었으며, 이 시기부터는 rotifer보다는 *Artemia nauplii* 유생이나 배합사료의 섭식 비율이 점차 증가하였다. 또한 일부 개체들에서는 공식현상이 나타났으며, 몸을 옆으로 누운 상태에서 힘없이 유영하다가 사망하는 개체가 하루에 10~20마리 정도 발생하였다. 부화 24일째 자어는 평균 전장 23.3 \pm 2.9 mm, 체중 0.15 \pm 0.05 g 이었고, 생존율은 11.0%였다. 부화 후 31일째 치어는 평균 전장 30.9 \pm 0.4 mm, 체중 0.34 \pm 0.16 g이었으며, 배합사료 섭식이 왕성하였고, 수조 중간에서 커다란 둥근 띠를 형성하여 회전하면서 유영하는 등 특이한 군집 행동을 보였다. 그리고 이때부터는 투명하던 체색이 점차 옅은 갈색으로 변하면서 이 종 특유의 옅은 회백색 반점이 복부를 제외한 몸 전체에 넓게 퍼져나갔다. 최종적으로 10월 9일

부화 50일째에 치어 76,000마리가 생산되어 생존율은 10.7%였으며, 치어의 평균 전장은 65.6 \pm 0.4 mm이었고, 평균 체중은 3.4 \pm 0.4 g으로 성장하였다. 자치어 사육기간 동안 전장에 대한 체장, 체고 및 체중의 상대 성장 관계는 Fig. 4와 같다. 부화 직후 자어에서 평균 전장 30 mm 내외의 치어에 이르기까지 흰점독가시치 전장(TL)에 대한 체장(BL), 체고(BH), 체중(BW), 두장(HL)의 상대성장은 각각 $BL = 0.8565 TL + 0.0852$ ($r^2 = 0.9996$), $BH = 0.3207 TL - 0.5052$ ($r^2 = 0.9641$), $BW = 0.0652 TL^{2.3508}$ ($r^2 = 0.9925$), $HL = 0.2595 TL - 0.1898$ ($r^2 = 0.9901$)의 회귀 관계식으로 표시되었다.

고 찰

어류에 있어 난황을 다 소비하고 외부로부터 영양을 공급받기 시작하는 부화 직후 자어기를 가장 위험한 시기(critical period)로 분류하고 있으며, 이러한 위험기는 어류의 발육초기에 몇 번에 걸쳐서 나타나 대량 폐사를 가져온다(Watanabe and Kiron, 1994). 흰점독가시치는 부화 후 3~5일 사이에 대량 폐사가 일어나 이 시기가 위험기로 판단되며, 개구시 입 크기에 맞는 적당한 먹이생물

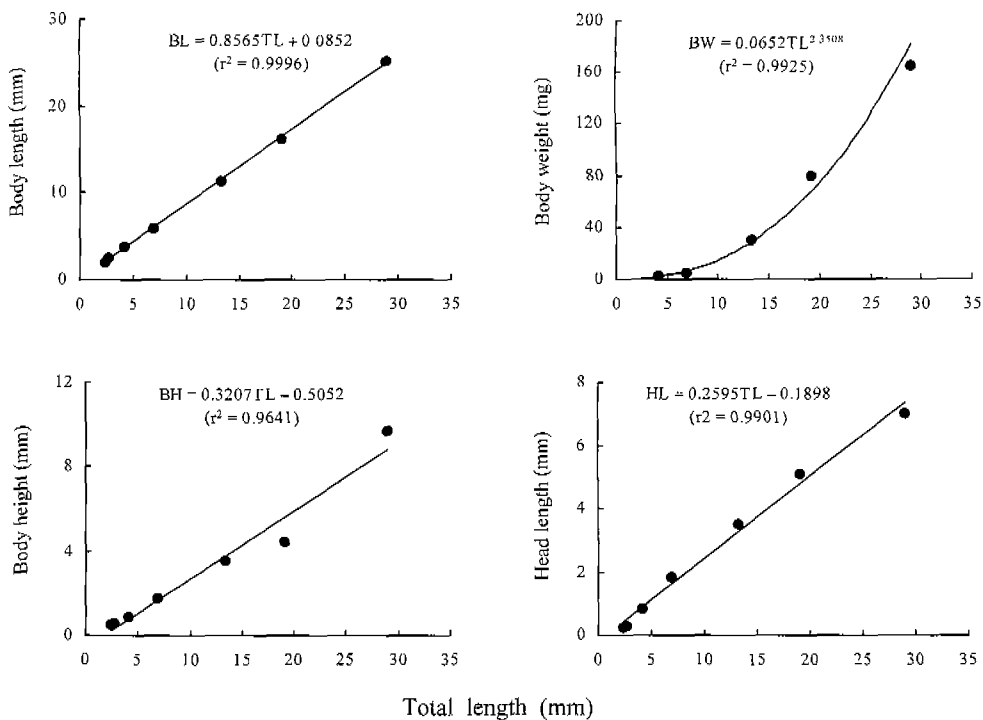


Fig. 4. Relationship between body length (BL), body height (BH), body weight (BW) and head length (HL) against total length (TL) of *S. canaliculatus* larvae.

을 확보하여 공급하여 주는 일이 중요하다. 공급 계열에 따른 흰점독가시치 자어의 초기 생존은 부화 후 1일째부터 참굴의 trochophore 유생과 소형 rotifer를 공급한 실험구에서 부화 후 10일째까지 생존율은 3.3%였으나, 대형 rotifer와 *N. oculata*를 단독 공급한 실험구나 섬모충류와 함께 소형 rotifer를 공급한 실험구에서는 부화후 6일 이내에 모두 사망하였다. 이러한 결과는 기존에 해산어류 종묘생산에서 일반적으로 적용되어온 먹이 공급 체계 (rotifer → *Artemia* → 배합사료)로는 흰점독가시치 자어 사육에 적용하기가 곤란하다. 즉, 흰점독가시치 자어는 소형 rotifer의 섭식이 불가능하였고, 단지 참굴의 trochophore 유생(60 μm)을 섭식함으로써 첫 먹이로 적당하다고 생각되지만, 흰점독가시치의 종묘생산기에 참굴은 거의 산란이 종료되기 때문에 참굴 유생의 충분한 양적 확보가 곤란한 실정이다. 참돔 자어가 1회에 먹을 수 있는 rotifer의 양은 체중의 7~10%이며, 전체 자어중 50% 이상이 반복 상태까지 섭식한다고 보고하고 있다(Kuronuma and Fukusho, 1984). 평균 전장 7 mm 참돔 자어의 rotifer 일회 섭식량은 49.8개체, 10 mm로 성장하면서 194.5개체로 급속히 증가하였고, 장갱이 (Lee, 1996)의 경우는 평균 전장 7 mm 자어가 23.1개체, 10 mm로 성장하면서 94.9개체로 증가하였다. 흰점독가시치는 평균 전장 3.8 mm 자어의 일회 섭식량은 31.6개체, 7.1 mm 자어는 78.7 개체였고, 전장이 10 mm로 성장하면서 섭식량도 급격히 증가하여 자어 1마리가 평균 179.2개체를 섭식하여 참돔과 비슷하지만, 장갱이보다는 월등히 많은 양을 포식하는 것으로 조사되었다. 해산어 종묘생산 과정에서 rotifer 다음 단계 먹이 생물로서 유용하게 이용되는 *Artemia* 유생에 대한 일간 섭식량 조사를 보면, 전장 7~10 mm의 감성돔 자어에서 100~120개체를 섭식하였고 (Lee and Rho, 1987), 전장 10 mm의 넙치 자어에서는 120~140개체 (Rho and Pyen, 1986), 전장 9.45 mm 조피볼락 자어에서는 242개체를 섭식한 것으로 조사되었다 (Hyun and Rho, 1996). 이 연구에서는 평균 전장 9.9 mm 흰점독가시치 자어의 일간 섭식량은 232~577개체로서 평균 438개체를 섭식하여 감성돔, 넙치, 조피볼락 등과 비교할 때 월등히 많은 양을 섭식하는 것으로 조사되었다. 이와 같이 어종간에 섭식량의 차이는 먹이의 밀도 등 사육조건과 사육수온에 따라 다소 차이가 발생하는 것으로 생각되며, 흰점독가시치 경우는 초기 입 크기가 작아 섭식물이 다소 저하할 것으로 판단하기 쉬우나 다른 어류에 비해 소화관의 길이가 길어 상대적으로 섭식

량이 많은 것으로 생각된다. 따라서 흰점독가시치 자어의 소화관의 구조와 발달과정을 조사하여 먹이 섭식과의 관계를 구명하는 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

대량 종묘생산 실험은 해산어류 종묘생산에서 일반적으로 실내 사육수조에서 실시하던 기존의 방법에서 탈피하여 야외 수조에서 초기 사육을 실시한 결과 가지적인 성과를 거두었다. 독가시치류는 부화하여 난황 흡수가 빠르고, 외부 영양 흡수 단계에서 입 크기에 맞는 적당한 먹이생물을 확보하지 못해 대부분의 종묘생산 실험에서 큰 성과를 거두지 못하고 실패하였다 (Lam, 1974). 이 연구에서는 이러한 초기 섭식을 원활하게 하기 위해 야외수조를 이용하여 자어사육 수조내에 물 만들기를 실시하고 동·식물 플랑크톤이 번식하여 자연 생태계에 가까운 서식 조건을 만들어 먹이생물의 다양성을 확보하는데 주력하였다. 독가시치류 자어 사육기간 중에 난황흡수와 더불어 외부 영양 섭취 단계에서의 먹이생물 확보를 위해 rotifer 이전 단계 먹이로서 기존에 사용되어온 참굴의 trochophore 유생은 크기 면에서는 적당하다고 인식되어 왔다 (Juarío et al., 1985; Hara et al., 1986). 그러나 우리나라 남해안에 서식하는 참굴은 산란기가 5~6월이기 때문에 포란하고 있는 모패를 종묘생산 시기에 확보하기가 무척 어렵다. 필리핀에서도 *S. guttatus*의 종묘생산 과정에서 초기 단계(부화 후 2~5일) 먹이로서 굴 유생은 적당하지만 굴 모패 가격이 비싸고, 필요한 시기에 손쉽게 구할 수 없다는 단점이 있는 것으로 보고하였다(Juarío et al., 1985; Hara et al., 1986). 이 연구에서 대량 종묘생산에서 먹이로서 사용한 바윗굴은 흰점독가시치 산란기인 7~8월에 생식소가 최대로 발달하여 충분한 양의 trochophore 유생을 부화직후 자어에게 첫 먹이로서 공급할 수 있었다. 바윗굴의 trochophore 유생을 1주일간 흰점독가시치 자어에 공급한 결과 부화 후 3일째 자어의 소화관 내에서 섭식이 관찰되었으며, 부화 후 4일째부터는 유생의 섭식량도 증가하였다. 따라서 바윗굴 유생은 참굴 유생과 더불어 rotifer 섭식 전까지는 아주 유용한 먹이생물로서 적당할 것으로 판단되지만, 바윗굴 모패는 자연산의 자원량이 크게 줄어 대량으로 구입하기가 힘들다는 단점이 있다.

해산어 종묘생산 과정에서 미세조류의 첨가는 rotifer 배양을 위한 먹이뿐만 아니라, 자어 사육 기간 동안 지수 상태를 유지하는 짧은 기간 동안에 수조내에 잔존하는 rotifer의 영양 공급원으로서 중요한 역할을 한다 (Reitan et al., 1993). 이 연구에서는 자어를 수용하기 전에 미리

물 만들기를 통해 규조류의 배양과 일부 코페포다류의 발생으로 인해 먹이 종 조성을 다양화하여 자어 사육 수조를 자연 생태계와 비슷한 조건으로 유지하려고 노력하였다. 그러나 이러한 시도는 뚜렷한 효과를 구명하지는 못했지만, 앞으로 좀더 과학적인 분석을 통하여 사육시스템의 개선이 자어의 초기 생존율에 미치는 영향에 관하여 구체적인 연구가 필요하다.

독가시치류는 양식하는데 있어, 초기 성장이 빠르고 질병에 강할 뿐만 아니라 환경 변화에 내성이 강한 장점이 있다(Lam, 1974). 이 연구에서도 23 m³ 수조에서 종묘 생산 실험을 실시한 결과, 수온 23.0~28.0℃ 범위에서 부화 후 10일째 평균 4.9 mm, 부화 후 30일째 30.9 mm, 부화 후 40일째 51.1 mm로 성장하였다. 돌돔의 경우 부화 35일째 평균 전장이 19.3 mm (Kumai, 1984), 감성돔은 부화 후 38일째 평균 전장이 15.79 mm (Lee and Rho, 1987)로서 흰점독가시치의 초기 성장이 현저하게 높았다. 또한 생존율은 부화 후 3일째 66.5%에서 난황 흡수가 완료되면서 외부 먹이 섭식 단계인 부화 후 5일째 14.9%로 급격히 낮아졌지만, 그 이후부터는 거의 폐사 개체가 발생하지 않아 부화 후 50일까지는 10.7%의 생존율을 유지하였다. 따라서 흰점독가시치의 종묘생산 과정에서 첫 먹이 섭식의 성공 여부는 종묘 생산의 성패를 좌우할 만큼 중요한 일이며, 이와 함께 먹이 공급 계열의 전환이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

제주 연안에서 주로 어획되는 연안 정착성 고급 어종인 흰점독가시치, *S. canaliculatus* 양식 기술개발을 목적으로 부화 자어의 먹이 섭취, rotifer와 *Artemia* nauplii에 대한 섭식 생태 등 종묘생산을 위한 기초적인 연구와 자어 사육 시스템의 개선과 새로운 먹이생물을 적용하여 대량 종묘생산을 실시하였다.

흰점독가시치 자어의 먹이 계열별 생존율 실험은 부화 후 1일째부터 참굴의 trochophore 유생과 *B. rotundiformis*를 공급한 실험구에서 부화 후 10일째까지 평균 3.3%가 생존하였으나, rotifer와 ciliata를 공급한 실험구 및 rotifer와 *N. oculata*를 공급한 실험구에서는 정상적으로 섭식하지 못하고 부화 후 5일과 6일째 모두 사망하였다.

자어의 성장에 따른 rotifer의 1회 섭식량은 부화 후 5일째에는 평균 11개체, 부화 후 9일째에는 43개체, 부화

후 15일째에는 167개체로 급격히 증가하여 19일째에는 239개체를 섭식하였다.

Artemia nauplii의 일간 섭식량은 부화 후 12일째 평균 43.5개체, 부화 후 15일째부터는 섭식량이 급격히 증가하여 438개체를 섭식하였으며, 부화 후 24일째에는 자어 1마리가 하루에 평균 3,000개체를 섭식하였다.

대량 종묘생산은 야외수조(23 m³)에서 규조류를 번식시키고 나서 *N. oculata*를 첨가하면서 1주일간 물 만들기를 실시하였다. 그 이후부터는 *B. rotundiformis* (136 μm)와 copepoda류를 배양한 상태에서 수정란을 수용하여 부화된 자어를 50일간 사육하였다. 또한 바닷굴의 trochophore 유생(58~62 μm)을 자어의 대량 폐사가 발생하는 위험기(부화 2~7일)에 공급하여, rotifer로의 먹이전환이 원활하게 이루어졌다. 부화 후 5일까지의 생존율은 14.9%, 부화 후 10일까지의 생존율은 11.1%였으며, 최종 사육 기간동안 생존율은 10.7%, 치어의 평균 전장은 65.6±0.4 mm이었다.

참 고 문 헌

- Avila, E. M., 1980. Hormone-induced spawning and embryonic development of the rabbitfish, *Siganus vermiculatus*. Philipp. Sci., 21 : 75-108.
- Bryan, P. G. and B. B. Madraisau, 1977. Larval rearing and development of *Siganus lineatus* form hatching through metamorphosis. Aquaculture, 10 : 243-252.
- Chyung, M. K., 1977. The fishes of Korca. pp. 443-444. Iljisa, Seoul, Korca.
- Hara, S., M. N. Duray, M. Parazo and Y. Taki, 1986. Year-round spawning and seed production of the rabbitfish, *Siganus guttatus*. Aquaculture, 59 : 259-272.
- Hwang, H. K., J. U. Lee, S. G. Yang, S. Rho and Y. J. Kang, 1999. Induced ovulation in rabbitfish, *Siganus canaliculatus*, with human chorionic gonadotropin (HCG). J. Aquacult., 12 : 197-204.
- Hyun, C. H. and S. Rho, 1996. Studies on the early growth of rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult., 9 : 25-42.
- Juario, J. V., M. N. Duray, V. M. Duray, J. F. Nacario and J. M. E. Almendras, 1985. Breeding and larval rearing of the rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). Aquaculture, 44 : 91-101.
- Kumai, H., 1984. Biological studies on culture of the Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. Bull. Fish. Lab. Kinki Univ., 2 : 5-10.
- Kuronuma, K. and K. Fukusho, 1984. Rearing of marine fish larvae in Japan. International Development Re-

- search Centre, Ottawa, Canada. 109 pp.
- Lam, T. J., 1974. Siganids : Their biology and mariculture potential. *Aquaculture*, 3 : 325-354.
- Lee, J. E., 1996. Spawning season and controlled seedling production of long shanny, *Stichaeus grigorjewi*. Ph. D. Thesis. Nat'l. Fish. Univ. Pusan, pp. 187.
- Lee, J. J. and S. Rho, 1987. Studies on the seedling production of the black porgy, *Mylio macrocephalus*. *Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ.*, 11 : 1-20 (in Korean).
- May, R. C., D. Popper and J. P. McVey, 1974. Rearing and larval development of *Siganus canaliculatus* (Park). *Micronesica*, 10 : 258-298.
- Park, M. E., Y. D. Lee and S. Rho, 1992. Gonads of the spawning period and development of the egg of the rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). *Bull. Mar. Res. Inst. Cheju Nat'l. Univ.*, 16 : 67-74.
- Popper, D., H. Gordin and G. W. Kissil, 1973. Fertilization and hatching of rabbitfish, *Siganus rivulatus*. *Aquaculture*, 2 : 37-44.
- Popper, D. and N. Gundermann, 1976. A successful spawning and hatching of *Siganus vermiculatus* under field conditions. *Aquaculture*, 7 : 291-292.
- Reitan, K. I., J. R. Rainuzzo, G. Oie and Y. Olsen, 1993. Nutritional effects of algal addition in first-feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L) larvae. *Aquaculture*, 118 : 257-275.
- Rho, S. and C. K. Pyen, 1986. Mass fry production of rock cod, *Epinephelus fario* and flat fish, *Paralichthys olivaceus*. *Rept. Aquacult. Lab. Coll. Mar. Sci. Technol. Cheju Univ.*, 3 : 20-37.
- Shinhata, T. and Y. Shima, 1980. Seed production of *Siganus fuscescens*. *Saibai Gyogyo Gijutsu Kaihatsu Kenkyu*, 9 : 75-80.
- Watanabe, T. and V. Kiron, 1994. Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture*, 124 : 223-251.