

쏘가리 *Siniperca scherzeri* 자어기에 있어 초기 기아가 체형, 생존율 및 공식에 미치는 영향

명정구·정 철*·한명수*·김병기**·김형배**·최희정·김민석
한국해양연구소, *한양대학교, **강원도립대학

Effect of delayed initial feeding on body form, mortality and cannibalism in larval stages of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* (Teleostei : Centropomidae)

Jung-Goo MYOUNG, Chul JUNG*, Myung-Soo HAN*, Pyong Kih KIM**, Hung-Bae KIM, Hi-Jung CHOI and Min Suk KIM

Korean Ocean Research and development Institute Ansan, Kyonggi-do 425-600, Korea

*Department of Biology, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

**Kangwon provincial College, Kangnung, Kangwon-do 210-800, Korea.

The effect of delayed initial feeding (1, 3, 5, 7 days) and starvation on morphological change, mortality and cannibalism on larvae of *Siniperca scherzeri* was examined by laboratory rearing. The larvae of *S. scherzeri* began to feed on *Artemia nauplii* at 4 days after hatching. In case of unfed and 7-days delayed groups, all of the larvae died at 12 days after hatching. The larvae of 1 day delayed feeding survived and grew as almost same as the control group, and 3-days delayed groups showed 33% survival rate at the end of experiment (12 days after hatching). In case of the unfed group, total length of the starved larvae showed lower growth rate than the control group, and they did not reached at the same size of the larvae of the control group. Cannibalism were more common in the unfed group and the delayed fed group than the control group. The highest rate of daily mortality caused by cannibalism in the delayed fed group was 23% at 8 days after hatching.

Key words: *Siniperca scherzeri*, delayed initial feeding, body form, cannibalism, mortality

서 론

쏘가리, *Siniperca scherzeri* Steindachner는 농어목 (Perciformes), 꺾지과 (Centropomidae)에 속하는 어류로 우리나라와 중국에만 분포하는데 (Cheng and Zheng, 1987; Nelson, 1994; Lee et al., 1997) 우리나라에선 서남해로 흐르는 대형 하천의 중상류에 자갈이 깔린 깊은 소를 중심으로 서식하는 것으로 알려져 있다 (Chung, 1977).

최근들어 쏘가리의 수요와 기호성은 계속 증가하는 반면에, 남획과 환경오염에 의한 자원량 감소로 본 종의 양식기술의 보급이 요구되고 있으나 종묘생산에 필요한 연구 결과나 자료는 많지 않다. 양식에 관련된 연구는 쏘가리의 채란, 부화, 양성에 관하여 (Kim et al., 1988; Lee et al., 1992), 종묘 생산시 *Aeromonas* 질병 (Jang et al., 1997) 등이 있으며, Lee 등 (1997)에 의한 소양호에서 쏘가리의 산란생태 및 초기생활사에 관한 연구와 황쏘가리와의 교잡실험에 관한 연구 (Lee et al., 1997)가 있지만 본 종의 초기 생활사에 있어 기아가 형태, 공식, 생존에 미치는 영향에 대한 연구 보고는 없다.

어류의 초기생활사에서 자어기의 기아는 자어의 생존 및 성장에 절대적인 영향을 미치는 요인이며 (Rogers and Westin, 1981; Bargarinao, 1986; Myoung et al., 1990, 1992), 이 기아에 의한

초기 발육단계에 있어서 영양 상태의 변화로 외, 내부형태에 변화를 수반하게 된다 (Theilacker, 1978; Powell and Chester, 1985; Yin and Blaxter, 1986). 쏘가리처럼 자어기의 공식현상이 심한 종에 있어서 기아에 의한 형태 변화, 기아 정도에 따른 회복 가능성 및 기아와 공식사이의 관계를 파악하는 것은 쏘가리의 초기생활사를 이해하고 종묘생산시 생존율을 높이며 건강한 종묘를 선별, 확보하는데 필요하다.

본 연구는 쏘가리 자어기의 초기 기아시 형태 변화 및 영양상태 파악을 위한 기초 자료를 획득하기 위하여 1997년 7월 소양담에서 채포한 어미로부터 받은 수정란을 부화시켜 자어기의 기아가 성장, 형태 변화, 생존율 및 공식에 미치는 영향을 조사한 것이다.

재료 및 방법

실험에 사용한 자어는 1997년 7월 강원도 소양담에서 채포한 어미로부터 수정란을 받아, 실내 사육실로 운반하여 아트킨스식 부화조에서 부화시킨 것이다.

수정란은 23~26°C 범위에서 약하게 공기를 공급하여 부화시켰으며, 부화 후 3일째에 30ℓ 원형 판라이트 수조에 각 100 마리씩 수용하고 공기를 약하게 공급하면서 지수식으로 사육하였다. 환수

본 연구는 해양수산부 농특과제 현장애로기술사업으로 이루어졌음.

는 바닥 청소 후 (1일 3회) 부족분을 보충하는 정도로 해 주었다. 사망개체와 공식개체는 매일 계수하면서 제거하여 포르말린 5% 용액으로 고정하였다.

무급이구는 실험 시작 후 모든 자어가 사망할 때까지 먹이를 주지 않았으며, 급이구는 갖 부화시킨 알테미아를 4~5개체 μ l가 유지되도록 공급하였다. 또, 기아 상태에서의 먹이 공급에 따른 회복 가능성을 조사하기 위하여 절식 개시후 1일 (부화 후 5일째), 3일, 5일 (부화 후 9일째)이 지난 실험구에 다시 먹이를 공급하면서 생존을 변화와 공식률을 조사하였다.

기아 실험 기간 중 수온은 23~24°C 범위를 유지하였으며, 용존 산소량은 7.6~8.4 mg/l 범위였다.

표본은 매일 급이구와 무급이구에서 자어를 10마리씩 무작위 추출하여 5% 중성 포르말린으로 고정한 후 해부현미경하에서 어체의 각 부위 (Fig. 1)를 측정하고 스케치하였다.

결 과

1. 기아시 생존율 및 공식률

쏘가리 자어가 먹이를 먹기 시작한 부화 후 4일째부터 무급이구가 100% 사망한 12일째까지의 각 실험구의 생존율 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

실험시작후 1일간은 각 실험구에서 거의 유사한 생존율을 나타내었다. 그후 급이구와 1일 절식 실험구에서는 거의 유사한 생존율을 유지면서 6일째 (부화후 9일째)에는 생존율이 각각 78%, 73%, 9일째 (부화 12일째)에는 각각 56%, 44% 였다. 무급이구를 포함한 3일, 5일, 7일 절식구는 실험 개시 2일째부터 사망개체가 증가하기 시작하여 3일 절식구를 제외한 전 실험구에서 8일째에 10% 이하의 낮은 생존율을 보였고, 7일 절식구와 무급이구에서는 9일째 (부화후 12일째) 100% 사망하였다.

3일 절식구에서는 5일째 44%의 생존율을 보인 후에는 사망개체가 점차 줄어들어 실험 마지막에는 33%의 생존율을 유지하였다. 한편, 실험기간 중 일별 생존 마리수에 대한 공식률은 Fig. 3

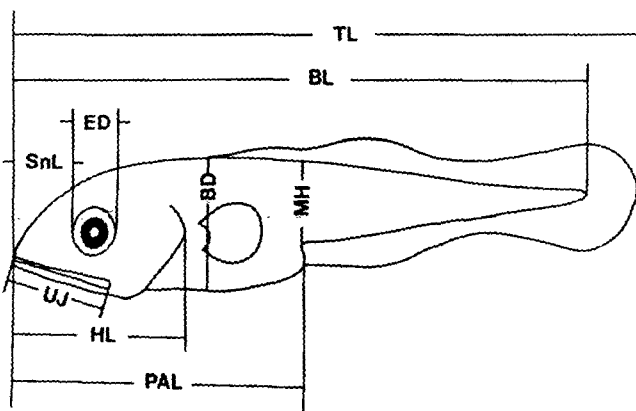


Fig. 1. Dimensions of the larval *Siniperca scherzeri*: ED, eye diameter; HL, head length; PAL, preanal length; MH, myotome height; SnL, snout length; BD, body depth; BL, body length; TL, total length; UJ, upper jaw length.

에 나타내었다.

먹이를 정상으로 투여한 실험구는 3일째, 6일째, 12일째 각각 1회의 공식이 관찰되었는데, 가장 공식이 심한 실험구는 먹이를 주지 않았던 절식구로서 2일째 1회, 3일째 7회로 증가하고 4일째는 9회로 전체 생존 마리수의 약 14%가 공식을 일으켰다. 이들 실험구에서는 기아에 의한 사망외에 실험 시작 4~6일사이에 10.8~14.3%의 높은 공식률을 나타내었다. 또 5, 7일 절식구에서도 무급이구에서의와 유사하게 4~23%의 높은 공식률을 나타내었다.

2. 기아시 형태 변화

기아 상태에서 쏘가리 자어의 형태변화를 알아보기 위하여 급이구와 무급이구의 전장 (TL) 성장 (Fig. 4)과 전장에 대한 몸 각 부위의 비값 변화를 Fig. 5, 6에 나타내었다.

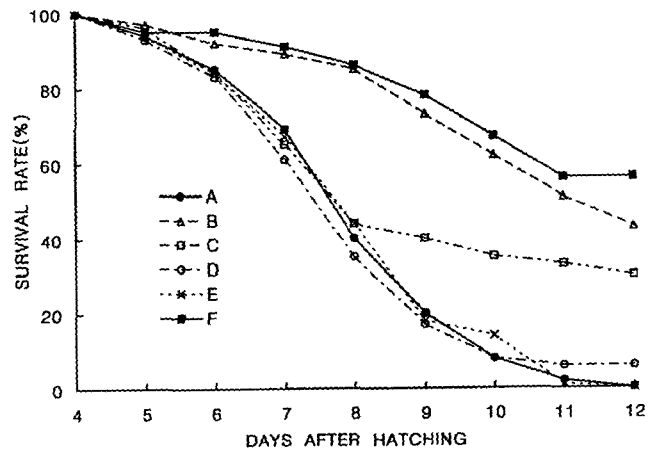


Fig. 2. Survival curves for the unfed, the delayed fed and the fed larvae of *Siniperca scherzeri*. A, the unfed group; B, the 1 day starved group; C, the 3 days starved group; D, the 5 days starved group; E, the 7 days starved group; F, the fed group.

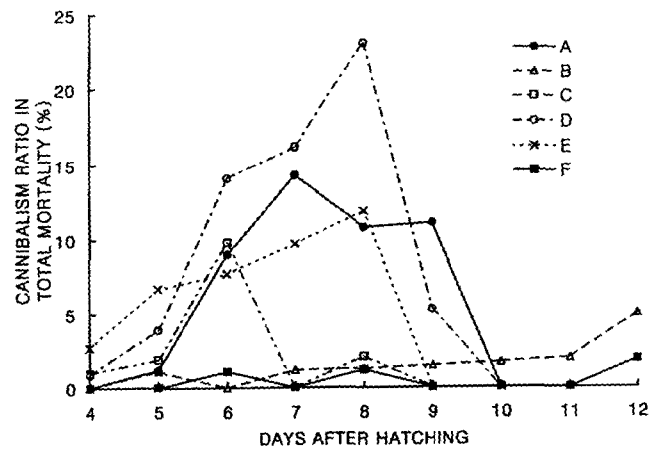


Fig. 3. Changes of the ratio of cannibalism in mortality at the unfed, the delayed fed and the fed group of larvae of *Siniperca scherzeri*. A, the unfed group; B, the 1 day starved group; C, the 3 days starved group; D, the 5 days starved group; E, the 7 days starved group; F, the fed group.

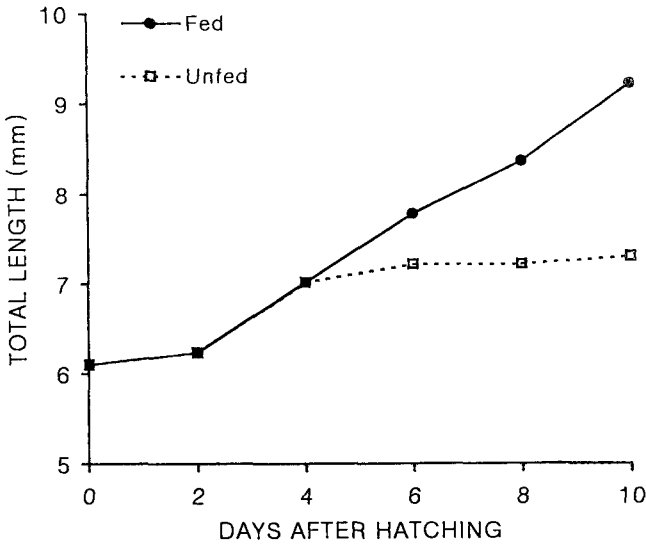


Fig. 4. Changes of total length in the unfed and the fed group of larvae of *Siniperca scherzeri*.

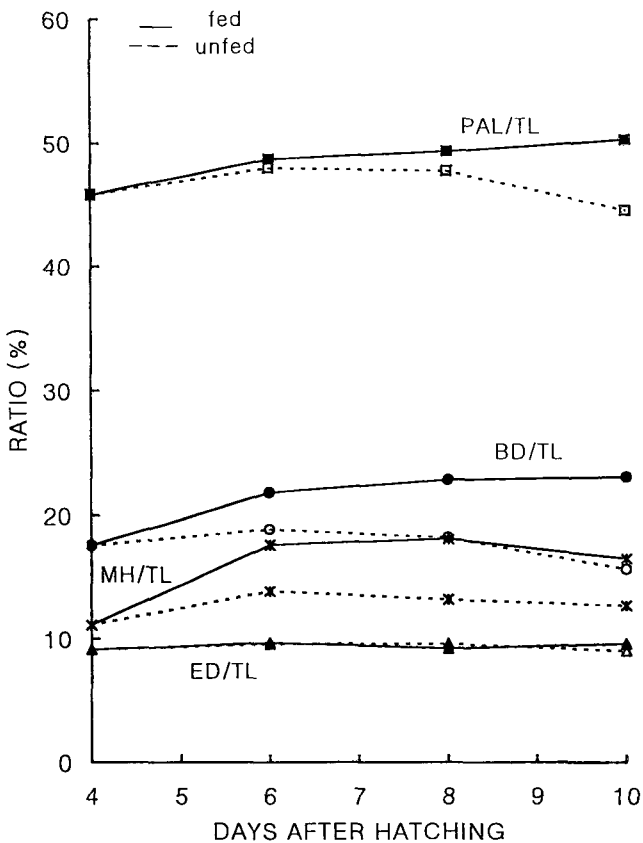


Fig. 5. Ratio of metric characters at feeding stage of the unfed group, compared with the fed larvae of *Siniperca scherzeri*. BD, body depth; ED, eye diameter; MH, myotome height; PAL, preanal length.

부화직후 자어는 전장이 6.1 ± 0.2 mm (평균 \pm 표준편차, $n=10$)였고, 부화 4일 후에는 평균전장이 6.2 mm로 성장하였다. 부화 후 5일째부터는 굵이구와 무굵이구 사이에 성장 차이가 나타나기

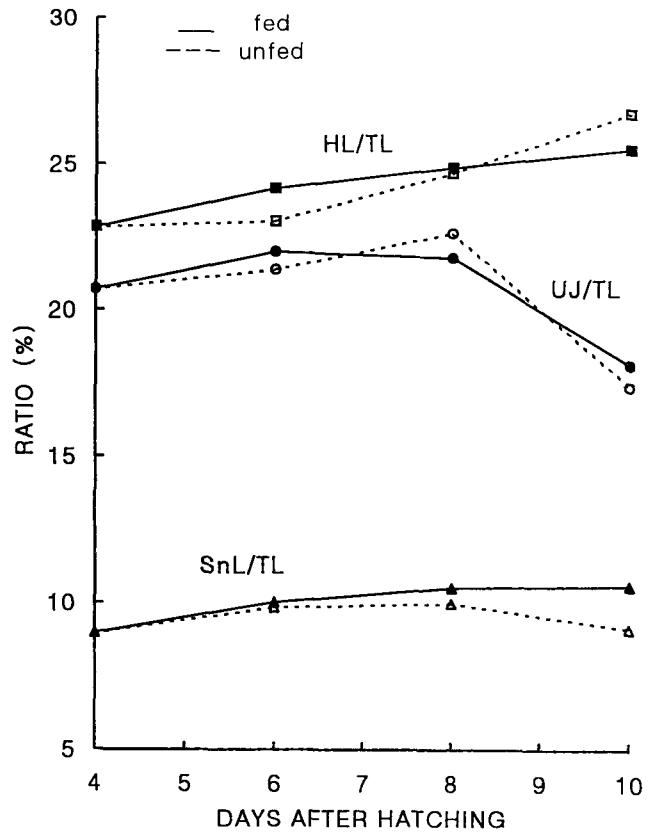


Fig. 6. Ratio of metric characters at feeding stage of the unfed, compared with the fed larvae of *Siniperca scherzeri*. HL, head length; SnL, snout length; UJ, upper jaw length.

시작하여 먹이를 정상으로 투여한 굵이구에서는 거의 직선적인 성장을 나타내어 부화 후 10일째에는 전장이 평균 9.0 mm ($n=10$)로 성장한 반면, 무굵이구에서는 부화 4일째부터 성장이 느려져 부화 후 10일째 평균 7.6 mm ($n=10$)에 달하였다 (Fig. 4).

전장에 대한 항문체장 (PAL)의 비는 실험 시작한 날 (부화 4일째)에 평균 45.8%로 항문은 몸의 중간보다 약간 앞쪽에 위치하고 있었는데 굵이구에서는 점차 그 비값이 증가하여 부화 10일째는 50.2%로 항문이 몸의 거의 중앙에 위치하였다. 반면 무굵이구에서는 5일째부터 점차 감소하여 7일 후에 44.4%를 나타내었다 (Fig. 5). 전장에 대한 체고 (BD)의 비는 최초 17.6%였으나, 실험 기간 중 굵이구에서는 약간 증가하여 7일후 22.9%를 나타낸 반면, 무굵이구에서 감소하여 7일 후 15.6%를 나타내었다 (Fig. 5).

전장에 대한 근절높이 (MH)의 비는 체고와 유사한 경향을 나타내어 굵이구는 3~7일 사이에 16.5~18.1%를 유지한 반면, 무굵이구에서는 12.7~13.9%로 굵이구에 비하여 근절의 발달이 나타났던 것으로 나타났다 (Fig. 5).

전장에 대한 두장 (HL)의 비는 최초 22.8%였으나 굵이구, 무굵이구 사이에 큰 차이가 없이 성장에 따라 점차 머리가 커져 7일 후에는 각각 25.5%, 26.7%를 나타내었다 (Fig. 6). 전장에 대한 눈의 크기 (ED) 비 역시 두장과 마찬가지로 굵이구와 무굵이구 사이에 큰 차이를 나타내지 않았으며 실험 기간중 9% 전후를 유

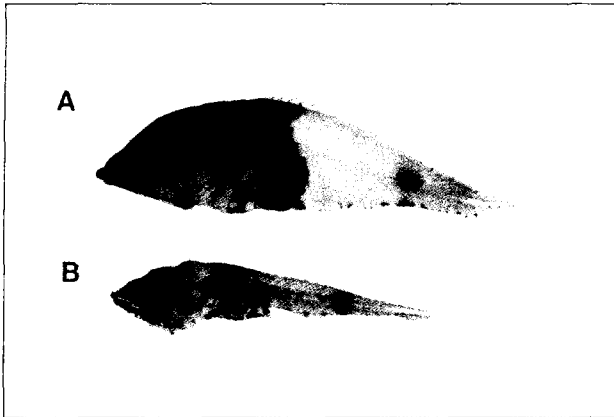


Fig. 7. The fed larva (A, 9.0 mm in total length) and the unfed larva (B, 7 days starved, 7.0 mm in total length) of *Siniperca scherzeri* at 10 days after hatching.

지하였다 (Fig. 5). 전장에 대한 주둥이 길이는 (SnL)는 최초 9.0%였으나 두 실험구 간에 약간의 차이가 나타나 7일후 굵이구는 10.6%, 무굵이구는 9.1%를 나타내었다 (Fig. 6).

전장에 대한 위턱의 길이 (UJ) 비는 굵이구와 무굵이구 사이에 큰 차이를 나타내지 않았으며, 최초 20.7%에서 7일째는 두 실험구에서 각각 18.1%, 17.4%로 약간 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 6).

3. 정상개체와 기아개체의 형태적 차이

정상개체에 비하여 기아개체는 성장하면서 소화관이 축소되어 전체적으로 체형이 배쪽으로 휘어지고 항문이 돌출한 형을 나타내었으며, 머리의 높이도 줄어 들어 아가미 뚜껑의 전새개골극이 머리 아래쪽 윤곽 아래까지 내려와 있다 (Fig. 7).

발육 단계로 보면 전장이 11.0 mm인 부화 후 11일째 정상개체는 등지느러미에 10개의 가시와 11개의 줄기, 뒷지느러미에 2개의 가시와 6개의 줄기, 꼬리의 막지느러미에도 2개의 마디를 가진 8개의 줄기가 발달 중에 있는데, 기아개체는 부화 후 경과일수 (11일)는 같으나 전장이 7.8 mm로 굵이구보다 크기가 작고 각 지느러미의 줄기나 형태 분화가 아직 일어나지 않은 막지느러미 상태의 초기 자어단계에 머물러 있었다.

고 찰

어류 초기 생활사에 있어 사망률은 난황을 흡수한 후 외부로부터 먹이에 의존해야 하는 변환기 즉, 위험기 (critical period)를 전후하여 높아지며 (Tanaka, 1972; May, 1974), 쏘가리의 경우도 자어기에서 치어기로의 전환기 사이 즉, 부화후 10~20일 사이에 사망률이 높았으며 또 이 시기에 공식에 의한 사망률이 높았다.

자어기 단계에서 기아상태에서 견디는 시간은 종에 따라 다르며 (Myoung et al., 1990, 1992, 1997), 또는 같은 종이라 할지라도 수온 등 외부 환경조건에 따라 달라진다 (May, 1971; McGurk, 1984; Bagarinao, 1986). 참돔 자어는 1일 (Myoung et al., 1990), 넙치 자어는 2일 (Myoung et al., 1992), 점농어 자어는 2~3일

(Myoung et al., 1997)로 기아 상태에서 견딜 수 있는 기간이 비교적 짧았으나, 본 연구 대상이 된 쏘가리 자어는 일부 개체가 5일간의 절식 후에도 생존해 있는 개체가 있어 비교적 기아 상태에서 견디는 능력이 강함을 나타내었다. 그러나 절식 후의 정상적인 성장이나 발육상태를 고려한다면 1일 절식은 충분히 견딜 수 있으며 3일 절식은 절식 기간 중 공식현상의 증가와 함께 약 50%의 사망이 발생하지만 먹이 공급이 되고난 후 나머지 개체는 사망률이 높지않은 상태에서 정상 성장이 가능한 것으로 판단되었다.

쏘가리 자어는 수온 23~24 °C 조건 하에서 절식 5~7일 사이에 이미 기아상태에 이른 개체는 다시 먹이를 주어도 회복하지 못하는 치명적인 기아상태, 즉, PNR (Point-of no return)에 이르는 것으로 판단되었다.

쏘가리의 종묘생산 과정에서 가장 문제가 되는 것은 박테리아 감염의 질병에 따른 대량 폐사로 보고되어 있으나 (Jang et al., 1997), 특별한 질병이 없을 경우에는 초기 생활사에 있어 공식현상에 의한 초기감모이다 (한국해양연구소, 미발표). 특히 쏘가리는 난황을 흡수하지 않은 상태, 즉 먹이를 외부로부터 먹을 필요가 없는 내부 영양단계인 전기자어기 단계에서 날카로운 이빨을 가진 커다란 턱이 발달하여 서로 다른 개체를 공격하는 공식현상이 일어나는 매우 독특한 습성을 보였으며, 이러한 습성으로 인한 대량사망은 사업 규모의 대량인공 종묘생산을 계획할 때 반드시 해결해야 할 문제점으로 지적되고 있다.

쏘가리의 종묘생산실험 과정에서 공식 현상은 부화 2~3일부터 시작하여 치어기로 변태 완료하는 20~30일 사이까지 계속되었다 (한국해양연구소, 미발표), 이번 실험에서 굵이구에서 공식현상이 적었던 것과는 달리 무굵이구, 절식구에서 매일 4~23%의 높은 공식현상이 계속되었던 것으로 미루어 (Fig. 3), 자연에서 또는 인공 종묘 생산시 자어기의 공식은 먹이 부족시 더 심하게 일어날 것으로 추측되었다.

쏘가리 자어의 영양상태는 몸 부위 중 전장에 대한 체고, 근절 높이의 비 값에서 가장 잘 나타났는데 (Fig. 5), 이러한 결과는 참돔, 넙치, 점농어 자어 (Yin and Blaxter, 1986; Myoung et al., 1990, 1992, 1997)와 잘 일치하였다. 부화 후 8일째 평균전장이 7.2 mm였던 5일 절식 실험구에서는 전장에 대한 근절높이 비가 13.2%, 체고비가 18.2%로 정상개체에서보다 각각 약 5%, 4%가 낮은 값을 나타내고 있는데 이 개체들은 그 후 먹이를 공급하여도 결국 사망하였다. 즉, 실내 사육 조건 하에서 전장이 7~8 mm인 쏘가리 자어의 전장에 대한 근절높이 비는 13.2%, 체고는 18.2%이면 이미 PNR에 이른 것으로 판단할 수 있었다. 또, PNR에 이르기전 기아로 인한 공식현상의 증가가 예측되는 몸의 영양 상태는 부화 후 6일째를 기준으로 하면 전장에 대한 근절높이의 비값이 13.9% (굵이구에서는 17.6%), 전장에 대한 체고비가 18.9% (굵이구에서는 21.7%)로 나타났다. 따라서 인공종묘 생산시 이러한 몸 부위의 비값만으로도 자어의 영양 상태 및 공식 현상 증가시 체형을 파악할 수 있으리라 생각되며, 나아가 자연 상태에서 채집된 자어의 영양 상태도 이런 부위의 상대 비값 자료가 축적되면 판정이 가능하리라 생각되었다.

요 약

1997년 7월, 강원도 소양댐에서 채포한 어미로부터 수정란을 받아 부화사육하면서 절식 1일 (부화 후 5일째), 3일, 5일 실험구와 무급이구에서 쏘가리 자어의 체형, 생존율 변화 및 공식을 조사하였다.

쏘가리 자어는 4일째 먹이를 먹기 시작하였으며 7일 절식구와 무급이구는 9일째 (부화 후 12일째) 100% 사망하였다. 절식 1일 실험구에서는 급이구와 유사한 성장을 나타내었으며 3일 절식구는 실험종료일에 33%의 생존율을 나타내었다. 기아시 쏘가리 자어는 정상 급이구보다 성장이 느렸으며 지느러미의 발달도 느려졌고 체고 (BD)와 근절 높이 (MH)가 낮아지는 형태적 변화를 나타내었다. 공식은 급이구에 비하여 무급이구나 절식구에서 발생빈도가 높게 나타났으며 절식구에서는 1일 최고 23%의 높은 공식을 나타내었다.

사 사

본 연구의 원활한 수행을 위하여 쏘가리 어미의 채포를 허가해 준 강원도청 관계자 여러분, 소양댐에서 어미의 채포, 축양에 도움을 준 오광수님과 강원도내수면시험장 임직원 여러분 그리고 실험실에서 자료 정리에 도움을 준 한국해양연구소 생물자원개발연구센터의 김효찬, 조선형님께 감사드립니다.

참 고 문 헌

Bagarinao, T. 1986. Yolk resorption, onset of feeding and survival potential of larvae of three tropical marine fish species reared in the hatchery. *Mar. Biol.*, 91, 449~459.
 Cheng, Q. and B. Zheng. 1987. Systematic Synopsis of Chinese Fishes. Science Press Beijing, pp. 284~286.
 Chung M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 727pp. (in Korean).
 Jang S.I., W.-O. Lee, J.Y. Lee, J.-H. Cho, S.-M. Kim and K.J. Kim. 1997. Mass mortality by *Aeromonas hydrophila* infection in the production of the Korea mandarin fish fingerling, *Siniperca scherzeri*. *J. Aquacult.* 10, 439~447 (in Korean).
 Kim J.D., J.Y. Jung and C.H. Lee. 1988. Study on the egg taking and hatching of *Siniperca scherzeri* Steindachner. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency Korea*, 42, 81~85 (in Korean).
 Lee C.H., K.N. Chang, S.D. Lee and N.J. Choi. 1992. A study on the cultivation of *Siniperca scherzeri* Steindachner. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency Korea*, 46, 183~193 (in Korean).

Lee W.-O., S.I. Jang, J.Y. Lee and S.-J. Son. 1997. Comparison of morphological and chromosomal characteristics and cross breeding of the two types Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri* Korean J. Ichthyol., 9 (2), 235~243 (in Korean).
 Lee W.-O., J.Y. Lee, S.-J. Son and N.J. Choi. 1997. Early life history and reproductive ecology of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae) in Soyang Lake. Korea J. Ichthyol., 9 (1), 1~4 (in Korean).
 May, R.C. 1971. Effect of delayed initial feeding on larvae of the grunion *Leuresthes tenuis* (Ayres). *Fish. Bull.*, 69, 411~425.
 May, R.C. 1974. Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In: *The Early Life History of Fish*. Ed. by J. H. S. Blaxter. New York, Springer Verlag, pp. 3~19.
 McGurk, M.D. 1984. Effects of delayed feeding and temperature on the age of irreversible starvation and on the rates of growth and mortality of Pacific herring larvae. *Mar. Biol.*, 84, 13~26.
 Myoung, J.G., J.-M. Kim and Y.U. Kim. 1990. Morphological changes during starvation of larvae of red sea bream, *Pagrus major*. Korean J. Ichthol., 2 (2), 138~148 (in Korean).
 Myoung, J.G., H.S. Kim, P.K. Kim and Y.U. Kim. 1992. Morphological changes during starvation of larvae of left eye flounder, *Paralichthys olivaceus*. Korean J. Ichthol., 4 (1), 20~28 (in Korean).
 Myoung, J.G., C.-W. Park, M.S. Kim, J.-M. Kim, C.-B. Kang and Y.U. Kim. 1997. Morphological changes during starvation in early developmental stages of spotted sea bass, *Lateorabrax* sp. I. Post-larval stage. Korean J. Ichthol., 9 (1), 15~21 (in Korean).
 Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the World* (3rd ed). John Wiley and Sons, New York, 600pp.
 Powell, A.B. and A.J. Chester. 1985. Morphometric indices of nutritional condition and sensitivity to starvation of spot larvae. *Trans. Ame. Fish. Soc.*, 114, 338~347.
 Rogers, B.A. and D.T. Westin. 1981. Laboratory studies on effects of temperature and delayed initial feeding on development of striped bass larvae. *Trans. Ame. Fish. Soc.*, 110, 100~110.
 Tanaka, M. 1972. Studies on the structure and function of the digestive system in teleost larvae - IV. Changes in the epithelium related to fat absorption in the anteromedian part of the intestine after feeding. *Japan. J. Ichthyol.*, 19, 15~25 (in Japanese).
 Theilacker, G.H. 1978. Effect of starvation on the histological and morphological characteristics of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, larvae. *Fish. Bull.*, 76, 403~414.
 Yin, M.C. and J.H.S. Blaxter. 1986. Morphological changes during grow and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 104, 215~228.

1999년 3월 20일 접수
 1999년 9월 18일 수리