

조피볼락 *Sebastes schlegeli*과 점농어 *Lateolabrax* sp. 자어의 기아시 성장 및 간세포 핵 크기 변화

박인석 · 이창규* · 임재현 · 김정혜 · 김선웅**

군산대학교 해양자원육성학과, *국립수산진흥원 특성조류실

**국립수산진흥원 부안종묘배양장

Effect of Starvation on the Growth and Hepatocyte Nuclear Size of Larval Rockfish *Sebastes schlegeli* and Larval Spotted Sea Bass *Lateolabrax* sp.

In-Seok Park, Chang-Kyu Lee*, Jae Hyun Im, Jung Hye Kim
and Sun Ung Kim**

Department of Marine Living Resources, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

*Harpul Algae Biology Division, National Fisheries Research and Development
Institute, Puan 619-900, Korea

**Puan hatcheries, National Fisheries Research and Development Institute, Puan 579-855, Korea

The effect of starvation on the growth and hepatocyte nuclear size of larval rockfish *Sebastes schlegeli* and spotted sea bass *Lateolabrax* sp. were studied. The growth of total length and wet weight in both rockfish and spotted sea bass starved were lower than their control counterparts. The nuclei sizes of parenchymal cells in the liver of rockfish and spotted sea bass were correlated with the nutritional status of their first-feeding larvae. The result suggested that hepatocyte nuclear size in rockfish and spotted sea bass could be used as an alternative indicator for the identification of starving condition and such karyometry might be criteria for evaluating the successful transition from endogenous to exogenous feeding regime.

Key words : Rockfish (*Sebastes schlegeli*), Spotted sea bass (*Lateolabrax* sp.), Nutritional status

서 론

야생 어류와 양식 어류에 있어서 초기 자어의 영양 상태 판정과 내생적(endogenous) 영양 상태에서 외생적(exogenous) 영양 상태로의 성공적인 전환에 대한 평가는, 이들이 초기 자어의 생존을 좌우한다는 관점에서 중요시 된다(O'Connell, 1976 ; Strüssmann and Takashima, 1989a, 1990 ; Theilacker, 1978). 어류 초기 자어에서 이러한 영양 상태의 결핍, 기아에 기인된

조직 세포에서의 핵 크기 변화는 간세포 핵에서 나타나며(Love, 1980 ; Storch and Juarío, 1983 ; Strüssmann and Takashima, 1989a ; Wang and Takashima, 1984 ; 이 등, 1998) 장내 상피세포에서도 나타난 바 있다(Ehrlich et al., 1976).

조피볼락 *Sebastes schlegeli*은 양볼락과(Scorpaenidae)에 속하는 난태성 어류로서 우리나라 남·서해안과 하구 그리고 중국과 일본 연안에 분포하며 암초가 많은 연안의 수심이 얇은 곳에

서식하며, 담수의 기수역에도 출현한다(Kim, 1997; 정, 1997). 이러한 조피볼락은 성장 속도가 빠르고 저수온에 대한 저항성이 아주 강하여 우리나라에서 월동이 용이하고, 생존력이 강하여 해상 가두리 양식대상 어종으로 각광을 받고 있으며 또한, 암초지역에 서식하는 연안 정착성 어류이므로 해양목장화 방류 어종으로 적합하다(김·진, 1995; 이 등, 1995). 그러나 조피볼락의 종묘 생산은 산출후 자어의 초기 대량 폐사가 자주 발생함으로 인해 연간 조피볼락 종묘 생산량에 있어 큰 변동을 보이고 있어 안정된 종묘 생산이 이루어지지 않고 있는 실정이다(정 등, 1995).

점농어 *Lateolabrax* sp.는 농어과(Moroniidae)에 속하며 동일 농어과인 농어 *Lateolabrax japonicus* 와는 달리 체측 상단부와 등지느러미에 흑색 반점이 특징적으로 존재하며, 우리나라 서해안 일부 지역에서 농어와 함께 출현하고 있다(Kim, 1997). 이러한 점농어는 Yokogawa and Seki (1995, 1997)가 체측에 검은색 반점이 없는 일본산 표본(Japanese form)과 체측에 검은색 반점이 있는 중국산 표본(Chinese form)의 형태와 유전적 차이를 조사하여 두 집단이 종 수준임을 시사한 바 있고, 박 등 (1996)은 우리나라 남해안에서 가두리 양식종인 점농어와 농어를 대상으로, 그리고 Kim and Jun (1997)은 우리나라 남·서해안에서 채집된 점농어와 농어를 대상으로 각각 종 수준에서의 유전적 차이와 형태적 차이를 파악한 바 있다. 점농어 역시 현재 조피볼락과 마찬가지로 양식대상 어종으로 각광받고 있으나 양식용 종묘는 대부분 자연산 치어의 채포에 의존하고 있으며 인공적인 종묘 생산은 미미한 실정이다.

Pejerry, *Odontesthes bonariensis* 자어의 기아시 간세포 핵 크기 감소와 온도 차이에 의한 기아시 간세포 핵 크기 감소 정도가 조사되어 이러한 간세포 핵 크기는 pejerry의 영양 상태를 나타내는 지표로 사용된 바 있으며(Strüssmann and Takashima, 1990), 이 등 (1998) 역시 붉바리 *Epinephelus akaara* 자어를 대상으로 자

어의 생존 특성을 알기위해 자어의 첫 먹이섭취와 관련된 생리적 변화를 조사한 바 있다. 이러한 점들을 고려시 본 연구는 조피볼락 자어와 점농어 자어의 내생적 영양 상태에서 외생적 영양 상태로의 전환 평가에 의한 안정적 종묘 생산을 위한 연구의 일환으로, 이들의 기아시 초기 성장 조사 및 간세포 핵 크기 측정을 실시하여 포식군과 각각 비교하였으며 그 결과를 고찰하였다.

재료 및 방법

1. 기아군과 포식군의 설정 및 사육

전라북도 부안군 변산면 소재 국립수산진흥원 부안 수산종묘배양장에서 1996년 5월 3일에 산출된 조피볼락 *Sebastes schlegeli* 자어와 1996년 10월 25일 산란후 부화된 점농어 *Lateolabrax* sp. 자어를 실험에 사용하였다. 조피볼락과 점농어에서 기아군, 포식군의 설정을 위해 각각 150 ℓ용량의 FRP 원형수조에 조피볼락 자어와 점농어 자어를 각각 500마리씩 수용하였으며 모든 실험군은 각각 2반복을 설정하였다. 조피볼락은 산출후 2일까지, 그리고 점농어는 부화후 2일까지 여과해수로 지수 상태를 유지하였으며 조피볼락은 산출후 3일부터, 그리고 점농어는 부화후 3일부터 각각의 조피볼락, 점농어의 기아군이 기아후 사망에 이르는 시점까지 매일 전체 사육수 용량의 30%를 각각 환수하였다.

조피볼락 기아군은 산출후부터 기아후 사망에 이르는 시점까지 chlorella 100만 세포/ml를 공급하였으며 조피볼락 포식군 역시 산출후부터 조피볼락 기아군이 사망에 이르는 시점까지 chlorella 100만 세포/ml를 공급하였다. 조피볼락 포식군의 첫 먹이 시작일로부터는 chlorella 50만 세포/ml와 더불어 S형 rotifer, *Brachionus plicatilis* 10 개체/ml를 조피볼락 기아군이 사망에 이르는 시점까지 공급하였다. 조피볼락의 포식군과 기아군의 사육시 공기공급은 약하게 하였으며 사육수온은 15 ± 1 (SD)℃가 유지되도록 하였다. 점농어의 기아군과 포식군의 설정, 먹이생물 공급 및

사육은 조피볼락의 기아군과 포식군에서 실시한 방법과 동일하게 하였으며 단지 수온만 20 ± 1 (SD)°C가 유지되도록 하였다.

2. 표본 및 성장 조사

조피볼락, 점농어 각각의 산출후, 부화후에 난황 흡수가 완료되며, 개구되는 시기를 조사하였으며 조피볼락, 점농어의 기아군과 포식군을 대상으로 각각의 산출후, 부화후 부터 기아후 사망에 이르는 시점까지 매일 각각 50마리씩을 표본하였다. 표본은 10% 중성포르말린에 고정후 전장은 해부현미경(Nikon, Japan) 하에서 eye micrometer로 0.1 mm 단위까지 측정하였으며 아울러 습중량을 0.01 mg 단위까지 전자저울(A & D Co., Japan)로 측정하였다.

3. 간세포 핵 크기 측정

조피볼락, 점농어의 기아군과 포식군으로 부터의 고정된 표본을 대상으로 평상의 paraffin 절편법을 사용하여 간세포 핵 크기를 측정하였다. 종단절단 및 횡단절단으로 4 μ m 두께의 연속 절편을 만들었으며 haematoxylin-eosin/phroline B 염색을 실시하였다. 조직절편상을 조사하여 조피볼락, 점농어에서 최초의 간조직이 형성되는 시기를 파악하였다. 최초 간조직 형성시기 이후부터 기아실험이 종료되는 시기까지 조피볼락, 점농어의 포식군, 기아군을 대상으로 간세포 핵의 가장자리가 분명하게 구분되는 핵을 측정하였다. 조피볼락, 점농어의 기아군 및 포식군 각 실험군당, 각 표본시에서 5개체를 대상으로 각 개체당 50~100개의 간세포 핵을 측정하였다. 간세포 핵이 비대칭적임을 감안하여 배율 $\times 1,000$ 의 생물현미경(Zeiss, Germany) 하에서 eye micrometer로 간 세포 핵의 장경(a), 단경(b)을 측정하였으며 이에 따르는 표면적(s)은 $s = ab\pi/4$ (Sezaki and Kobayashi, 1978)로 구하였다. 각 실험군당 특정한 간세포는 배율 $\times 1,000$ 하의 생물현미경에서 사진촬영하였다. 각 실험군의 측정치는 평균하였으며, 동일한 개체로 부터의 평균 간세포 핵

크기에서의 차이 정도는 Duncan's analysis of variance에 의하여 그 유의성 검정을 실시하였다.

결 과

조피볼락 *Sebastes schlegeli*은 산출시 난황이 거의 흡수된 상태로 개구되어 첫 먹이 섭취를 시작하였으며, 기아군은 기아후(산출후) 5일에 모두 사망하였다(Fig. 1-A). 산출직후부터 산출후 5일까지 매일 표본에 의한 성장 조사 결과 Fig. 1의 A에서와 같이 산출직후, 산출후 1일, 산출후 2일, 산출후 3일, 산출후 4일 및 산출후 5일의 조피볼락 포식군의 평균 전장(mm)은 각각 5.07 ± 0.18 , 5.32 ± 0.21 , 5.48 ± 0.20 , 5.67 ± 0.13 , 5.78 ± 0.25 및 5.94 ± 0.29 였으며, 기아군의 평균 전장(mm)은 각각 5.07 ± 0.18 , 5.15 ± 0.18 , 5.27 ± 0.29 , 5.28 ± 0.20 , 5.29 ± 0.07 및 5.30 ± 0.21 이었다. 산출직후, 산출후 1일, 산출후 2일, 산출후 3일, 산출후 4일 및 산출후 5일의 조피볼락 포식군의 평균 습중량(mg)은 각각 0.098, 0.112, 0.147, 0.190, 0.238 및 0.274 였으며, 기아군의 평균 습중량(mg)은 각각 0.098, 0.093, 0.083, 0.077, 0.074 및 0.073 였다(Fig. 1-A).

점농어 *Lateolabrax* sp.는 부화후 2일에 개구되었으며, 부화후 3일에 난황이 체내로 완전 흡수됨과 동시에 첫 먹이 섭취를 시작하였으며 기아후 6일(부화후 9일)에 모두 사망하였다(Fig. 1-B). 점농어의 포식군과 기아군을 대상으로 부화직후 부터 부화후 9일까지 매일 표본에 의한 성장 조사 결과 부화직후, 부화후 1일, 부화후 2일 및 첫 먹이 섭취를 시작하는 부화후 3일의 평균 전장(mm)은 포식군과 기아군이 동일하게 3.29 ± 0.10 , 3.81 ± 0.06 , 4.08 ± 0.08 및 4.44 ± 0.07 였다. 부화후 4일, 부화후 5일, 부화후 6일, 부화후 7일, 부화후 8일 및 부화후 9일의 점농어 포식군의 평균 전장(mm)은 각각 4.47 ± 0.06 , 4.63 ± 0.08 , 4.71 ± 0.03 , 4.83 ± 0.09 , 4.89 ± 0.08 및 4.99 ± 0.02 였으며, 기아군의 평균 전장(mm)은 4.45 ± 0.05 , 4.52 ± 0.11 , 4.55 ± 0.04 , 4.57 ± 0.02 , 4.64 ± 0.04 및

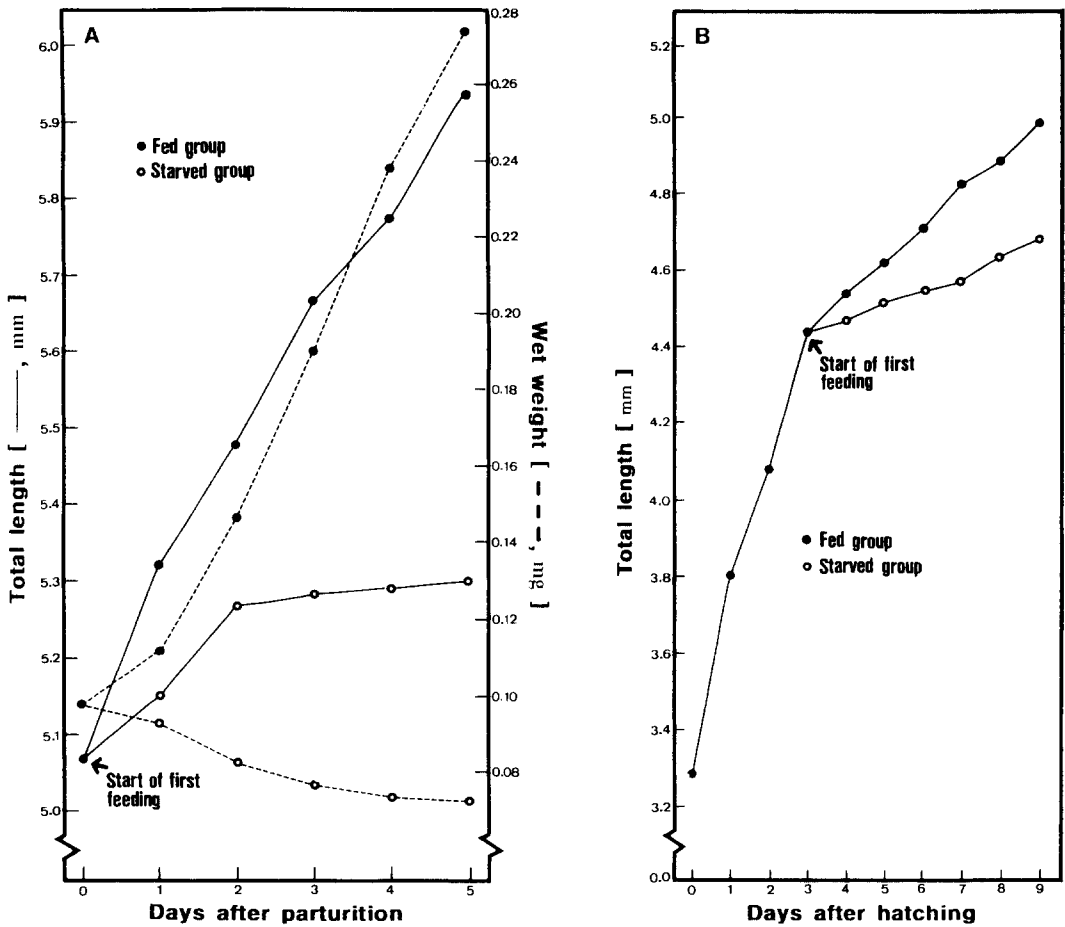


Fig. 1. Growth of total length and wet weight of starved and fed group in rockfish *Sebastes schlegelii* from just hatching to 5 days after parturition (A) and spotted sea bass *Lateolabrax sp.* from just hatching to 9 days after hatching (B).

4.69±0.02 였다(Fig. 1-B).

조직학적 분석 결과 조피볼락의 간세포 출현은 산출후 1일에, 점농어의 간세포 출현은 첫 먹이 섭취가 일어나는 부화후 3일에 이루어졌다. 산출후 1일부터 산출후 5일까지 매일 표본된 조피볼락의 포식균과 대조군, 그리고 부화후 3일부터 부화후 9일까지 매일 표본된 점농어의 포식균과 대조군을 대상으로 간세포 핵 표면적을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 조피볼락 간세포의 평균 핵 표면적(μm^2)은 산출후 1일, 산출후 2일, 산출후 3일, 산출후 4일 및 산출후 5일에 포식군은 각각 15.68±1.20,

15.60±1.09, 16.01±1.47, 15.65±1.10 및 16.13±1.57인 반면 기아군은 각각 15.71±1.32, 14.43±1.07, 12.22±0.97, 10.40±0.82 및 9.42±0.86으로 기아군은 기아가 진전됨에 따라 간세포 핵 표면적이 포식군에 비해 감소하였다(Fig. 2-A). 점농어 간세포의 평균 핵 표면적(μm^2)은 부화후 3일, 부화후 4일, 부화후 5일, 부화후 6일, 부화후 7일, 부화후 8일 및 부화후 9일에 포식군은 각각 23.56±2.18, 24.23±2.09, 23.41±1.91, 23.79±1.93, 24.63±2.18, 24.48±1.84 및 24.50±2.11인 반면 기아군은 각각 22.76±1.90, 23.2±1.87,

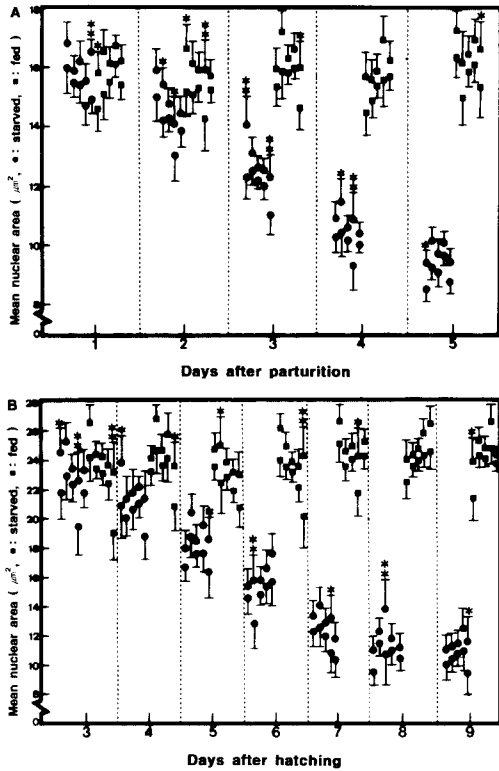


Fig. 2. Reduction in hepatocyte nuclear size of starved rockfish *Sebastes schlegeli* (A) and starved spotted sea bass *Lateolabrax* sp. (B). Significantly different replicate means are indicated (*, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$) and vertical bars indicate only either + SE or - SE, respectively, of larger and smaller replicate means.

18.01 ± 1.65 , 15.32 ± 1.35 , 12.41 ± 1.16 , 11.38 ± 1.09 및 10.80 ± 0.84 으로 조피볼락에서의 기아시 결과와 마찬가지로, 점농어 기아군은 기아가 진전됨에 따라 역시 간세포 핵 표면적이 포식군에 비해 감소하였다(Fig. 2-B).

조피볼락의 간세포 핵 표면적을 빈도 분포로 나타낸 결과, 기아후(산출후) 5일에 기아군의 간세포 핵 표면적은 평균 $9.42 \mu\text{m}^2$ 로 31.5%의 가장 높은 빈도였고 기아후(산출후) 1일에 포식군의 간세포 핵 표면적은 평균 $15.71 \mu\text{m}^2$ 로 33.5%의 가장 높은 빈도였다(Fig. 3-A). 점농어의 간세포

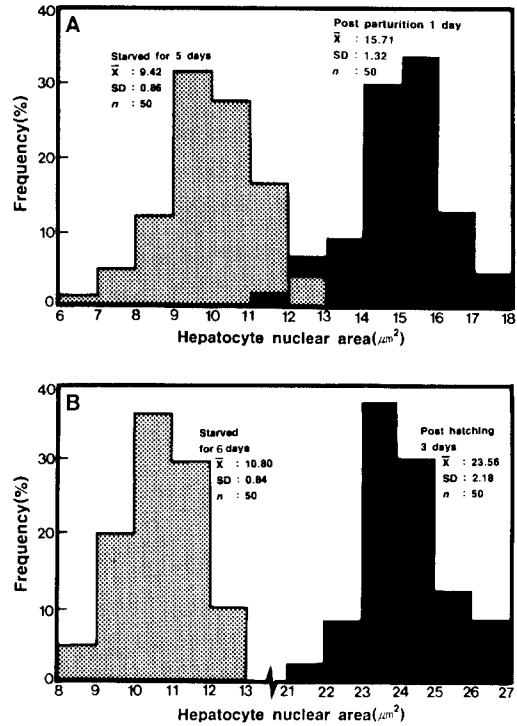


Fig. 3. Frequency distribution of hepatocyte nuclear areas of starved and fed larval rockfish *Sebastes schlegeli* (A) and larval spotted sea bass *Lateolabrax* sp. (B). Nuclear areas of each individual were pooled and grouped in $1 \mu\text{m}^2$ area classes.

핵 표면적을 빈도 분포로 나타낸 결과, 기아후 6일(부화후 9일)에 기아군의 간세포 핵 표면적은 평균 $10.80 \mu\text{m}^2$ 로 35.5%의 가장 높은 빈도였고 기아실험 직후(부화후 3일)에 포식군의 간세포 핵 표면적은 평균 $23.56 \mu\text{m}^2$ 로 37.5%의 가장 높은 빈도였다. 점농어 기아군은 포식군에 비해 기아후 6일(부화후 9일)에 빈도 분포가 겹쳐짐이 없는 명확한 크기 차이를 보였다(Fig. 3-B). 산출후 1일의 조피볼락 포식군과 기아군 그리고 부화후 3일의 점농어 포식군과 기아군의 간세포 핵은 분포 밀도가 낮고 형태가 타원형인(Figs. 4-a, c) 반면, 기아후(산출후) 5일의 조피볼락 기아군과 기아후 6일(부화후 9일)의 점농어 기아군의 간세포 핵은 크기가 축소하였고, 분포 밀도가 높았으며, 각각의 형태가 불규칙적이었다(Figs. 4-b, d).

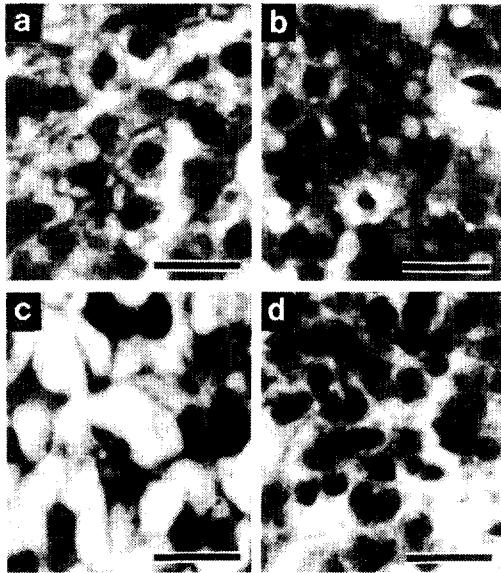


Fig. 4. Histological appearance of hepatocytes of rockfish *Sebastes schlegeli* (a : post parturition 1 day larvae ; b : larvae starved for 5 days) and spotted sea bass *Lateolabrax* sp. (c : post hatching 3 days larvae ; d : larvae starved for 6 days). Bars indicate 30 μ m.

고찰

어류에서 기아시 간세포의 퇴행적 변화는 광학 현미경적 및 전자현미경적 연구로 밝혀진 바 있다 (Segner, 1985 ; Storch and Juario, 1983 ; Storch et al., 1983 ; Strüssman and Takashima, 1989 ; Wang and Takashima, 1984). 조피볼락 *Sebastes schlegeli*은 기아시 습중량에 있어 지속적인 감소를 보인 반면, 전장 성장은 기아군이 포식군에 비해 떨어지지만 다소의 증가하다가 성장이 둔화되는 경향이였다. 기아시 습중량과 전장에서 감소는 기아후(산출후) 1일부터 현저하게 나타나며, 간세포 핵 크기에서의 현저한 감소는 기아후 2일(산출후 3일) 이후부터 나타나고 있다. 점농어 *Lateolabrax* sp. 역시 기아시 전장 성장은 포식군에 비해 떨어지지만 다소의 증가를 보이며 현저한 간세포 핵 크기의 감소는 기아후 2일(부화후 5일) 이후부터 나타나고 있다.

조피볼락과 농어에서 공통적으로 현저한 간세포 핵 크기 감소는 기아후 2일 이후에 나타남과 기아시 습중량 및 전장 성장에서의 현저한 감소가 기아후 1일부터 나타남을 비교시, 기아에 따른 간세포 핵 크기 감소 효과는 기아에 따른 습중량 및 전장 성장에서의 감소 효과에 비해 다소 늦게 나타났다.

이와 같은 기아시 간세포 핵 크기 감소는 pejerrey *Odentesthes bonariensis* (Cuvier et Valenciennes) 자어에서 기아후(부화후) 2일에 현저하게 나타나고 있다(Strüssmann and Takashima, 1990). 아울러 기아시 이러한 간세포 핵 크기에서의 뚜렷한 감소는 성체 잉어에서는 기아 12개월후(Love, 1980), milkfish *Chanos chanos*의 자어와 치어에서는 각각 기아 10일후와 2개월후(Storch and Juario, 1983 ; Storch et al., 1983), rabbitfish *Siganus guttatus*의 자어에서는 기아 6주후(Segner, 1985) 그리고 붉바리 *Epinephelus akaara* 자어에서는 기아 1일후(이 등, 1998)에 나타나, 기아시 간세포 핵 크기에서의 감소에 요구되는 기간은 어체 단계에 의존적이고 기아시 자어 및 치어에서의 이러한 비교적 짧은 기아 시간에 비례한 빠른 간세포 핵 크기 감소 효과, 즉 민감성은 기아시 간세포 핵 크기 조사 대상어류의 종묘 생산시 초기 최적 먹이공급 계획과 연관될 수 있다.

Pejerrey인 경우 난황 흡수를 완료한 자어는 기아시 간세포의 점진적인 퇴화를 동반하며 기아후 4일(부화후 5일)에 치사하였다(Strüssmann and Takashima, 1990). 본 실험의 조피볼락인 경우 기아후 5일, 점농어인 경우 기아후 6일에 100% 치사를 보였으며 조피볼락, 점농어에서 기아가 진행됨에 따라 기아군이 포식군에 비해 간세포 핵 크기가 역시 점진적인 감소를 보였다. 본 실험과는 기아실험 개시 시기가 서로 달라 직접 비교는 어려우나 명 등 (1997)은 점농어 자어 기아시 기아후 4일(부화후 9일)에 포식군은 5.3%의 생존율을 보인 반면, 기아군은 100%의 사망을 보였다. 아울러 본 연구 결과와 마찬가지로 명 등 (1997)

의 연구 결과 기아군은 포식군에 비해 낮은 전장 성장을 나타내었으며, 특히 기아군은 포식군에 비해 체장에 대한 장높이와 근절높이의 비 값이 다른 형태 형질에 비하여 가장 낮게 나타남을 보고한 바 있다. 환경조건이 다르더라도 기아가 시작되면 이와같은 간세포의 구조적 변화가 나타나며, Strüssman and Takashima (1989b, 1990)는 수온 변화에 의한 간세포 핵 크기 변화 양상을 조사한 결과, pejerrey 자어에서 기아시 사육수온이 증가할수록 간세포 핵 크기 감소 경향이 현저함을 밝힌 바 있어 기아시 간세포 핵 크기 조사 결과는 Storch et al. (1983)이 언급한 바와같이 어류의 영양상태는 물론 어류환경에 기인한 생리상태를 알아보는 지표로 사용될 수 있다.

기아 실험시 포식군의 간세포 핵 크기는 기아군의 간세포 핵 크기에 비해 milkfish 자어에서는 1.5배 이상, pejerrey 자어에서는 1.4배, 붉바리 자어에서는 1.4~1.9배 크게 나타난 바 있다(Storch., 1983; Strüssmann and Takashima, 1990; 이 등, 1998). 본 연구 결과 조피볼락의 포식군 간세포 핵 크기는 기아군의 간세포 핵 크기에 비해 약 1.7배이고, 점농어의 포식군 간세포 핵 크기는 기아군의 간세포 핵 크기에 비해 약 2.2배로 이러한 결과들을 지금까지 보고된 여타 어류의 기아시 포식군에 대비한 간세포 핵 크기 감소 정도와 비교시, 조피볼락인 경우는 기아시 간세포 핵 크기 감소 정도가 유사하였으나 점농어인 경우 기아시 간세포 핵 크기 감소 정도가 현저하였다. 조피볼락과 점농어의 기아군은 포식군에 비해 공통적으로 간세포 핵의 크기가 작고 이들의 분포 밀도가 높으며 형태가 불규칙한 점은 Strüssman and Takashima (1990)와 이 등 (1998)이 지적한 바와 같이 기아시 내생적 영양에 의한 간세포 glycogen의 소비에 기인된, 핵내 비염색체 단백질 함량 변화를 보여주는 핵 변이이다. 본 연구의 기아시 간세포의 조직학적 분석에 첨가하여 차후 기아시 나타나는 기아군을 포함한 포식군의 초기 사망을 조사와 아울러 포식군의 생화학적, 혈액학적 연구 및 식품영양학적 측면에서의 분석이 역시

요구된다. 본 실험의 기아시 조피볼락 자어와 점농어 자어에서의 간세포 핵 크기 측정은 이들 자어의 영양 상태를 알아보는 지표로 사용될 수 있으며 이들 어류의 종묘 생산시 최적 먹이공급 공정 확립에 유용하게 사용되어 안정적 종묘 생산을 가능케하리라 사료된다.

요 약

조피볼락 *Sebastes schlegeli* 자어와 점농어 *Lateolabrax* sp. 자어를 대상으로 기아시 성장과 간세포 핵 크기 변화를 조사하였다. 전장과 습중량 성장에 있어 조피볼락과 점농어 기아군은 각각의 포식군에 비해 낮았다. 조피볼락과 점농어의 간세포 핵 크기는 첫 먹이 섭취 자어의 영양상태와 연관성을 보였다. 본 연구의 조피볼락과 점농어 자어에서의 기아시 간세포 핵 크기 조사 결과는 조피볼락과 점농어에서 초기 영양상태 판명의 지표가 될 수 있으며 초기 먹이 공급 공정시 내생적 영양상태에서 외생적 영양상태로의 효율적 전환을 가능케 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구 수행시 도움을 주신 국립수산진흥원 부안 수산종묘배양장 직원님들께 감사드리며 또한, 본 논문을 세심하게 수정하여 주신 논문 심사자님들께 감사드립니다. 본 연구는 한국과학재단 연구지원인, '98 핵심전문 연구과제(KOSEF: 981-0614-076-1)에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Ehrlich, K. F., J. H. S. Blaxter and R. Pemberton, 1976. Morphological and histological changes during the growth and starvation of herring and plaice larvae. Mar. Biol., 35 : 105-118.
- Kim, C. -H. and J. -C. Jun, 1997. Provisional classification of temperate Sea bass, the genus *Lateolabrax* (Pisces : Moronidae) from

- Korea. Korean J. Ichthyol., 9 : 108-113.
- Love, R. M, 1980. The chemical biology of fishes, Vol. 2, London, Academic Press.
- O'Connell, C. P, 1976. Histological criteria for diagnosing the starving condition in early post yolk sac larvae of the northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 25 : 285-312.
- Segner, H, 1985. Influence of starvation and refeeding with different diets on the hepatocyte ultrastructure of juvenile *Siganus guttatus* Bloch (Teleostei : Siganidae). Zool. Anz., 214 : 81-90.
- Sezaki, K. and H. Kobayashi, 1978. Comparison of erythrocytic size between diploid and tetraploid in spinous loach, *Cobitis biwae*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44 : 851-854.
- Storch, V. and J. V. Juario, 1983. The effect of starvation and subsequent feeding on the hepatocytes of *Chanos chanos* (Forsskal) fingerlings and fry. J. Fish Biol., 23 : 95-103.
- Storch, V., W. Stählin and J. V. Juario, 1983. Effect of different diets on the ultrastructure of hepatocytes of *Chanos chanos* fry (Chanidae : Teleostei) : and electron microscopic and morphometric analysis. Mar. Biol., 74 : 101-104.
- Strüssmann, C. A. and F. Takashima, 1989a. PNR, histology and morphometry of starved pejerrey *Odontesthes bonariensis* larvae. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 237-246.
- Strüssmann, C. A. and F. Takashima, 1989b. Effects of temperature upon survival and histological changes of starved pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 55 : 247-254.
- Strüssmann, C. A. and F. Takashima, 1990. Hepatocyte nuclear size and nutritional condition of larval pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Cuvier et Valenciennes). J. Fish Biol., 36 : 59-65.
- Theilacker, G. H, 1978. Effect of starvation on the histological and morphological characteristics of jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, larvae. Fish. Bull. U.S., 76 : 403-414.
- Wang, Z. and F. Takashima, 1984. Histological changes in digestive organs of carp larvae during starvation. II. Liver and pancreas. Suisanzoshoku, 32 : 44-53.
- Yakogawa, K. and S. Seki, 1995. Morphological and genetic differences between Japanese and Chinese sea bass of the genus *Lateolabrax*. Japan. J. Ichthyol., 41 : 437-445.
- Yokogawa, K., N. Taniguchi and S. Seki, 1996. Morphological and genetic characteristic of sea bass, *Lateolabrax japonicus*, from the Ariake Sea, Japan. Ichthyol. Res., 44 : 51-60.
- 김창환 · 진평, 1995. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 치어의 산소소비, 암모니아 질소배설 및 체조성에 미치는 사료내 에너지/단백질비의 영향. 한국수산학회지, 28 : 412-420.
- 명정구 · 박철원 · 김민석 · 김종만 · 강충배 · 김용억, 1997. 잠농어 *Lateolabrax* sp. 초기 발육 단계에 있어서의 기아시 형태 변화-I. 후기 자어기. 한국어류학회지, 9 : 15-21.
- 박종연 · 김경길 · 김윤, 1996. Isozyme 분석에 의한 한국산 농어, *Lateolabrax japonicus* 2형간의 유전학적 특징. 한국양식학회지, 9 : 437-444.
- 이상민 · 이종윤 · 전임기, 1995. 육상 사육 수조에서 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성장 패턴. 한국양식학회지, 8 : 221-229.
- 이창규 · 박인석 · 허성범, 1998. 기아시 불바리 자어의 간세포핵 변화. 한국양식학회지, 11 : 11-17.
- 정문기, 1977. 한국어도보, 일지사, 서울, pp 727.
- 정의영 · 장영진 · 이근광, 1995. 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 성숙에 따른 간세포 활성 과 간 및 근육의 단백질 · 총 RNA 함량 변화. 한국수산학회지, 28 : 338-346.