Journal of Aquaculture 13 (3) : 197~206 (2000)

가숭어, *Chelon lauvergnii* 종묘생산

강희웅 · 박인석* · 이원호**

국립수산진흥원 보령수산종묘시험장
*군산대학교 해양생명과학부
**군산대학교 해양정보과학과

Production of Mullet (*Chelon lauvergnii*) Seedlings

Hee-Woong Kang, In-Seok Park* and Won Ho Yih**

Poryoung Hatchery, National Fisheries Research & Development Institute, Poryoung 355-851, Korea
**Faculty of Marine Life Science, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea*
***Department of Marine Information Science, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea*

At the Poryoung coast, the spawning season of the mullet, *Chelon lauvergnii* lasts from May to June. A combination of rotifer, *Rotifer* nauplii and synthetic feed supported significantly ($P < 0.05$) better survival and growth of 1-day old mullet larvae during 70-day rearing experiment than the other feeds consisting of rotifer or rotifer + *Artemia* nauplii. Significantly higher growth and survival were also observed, when the larvae were fed on rotifer, that were harvested from culture enriched with MaximaTR, or *Artemia* nauplii from culture enriched with cuttlefish liver oil. At the feeding density of 97-98 individuals / 200 l, the mullet larvae displayed maximum growth and survival in aquarium each with 100 larvae / 200 l.

Key words : Mullet, *Chelon lauvergnii*, Spawning season, Seedling production, Feeds, Rearing density

서 론

가숭어, *Chelon lauvergnii*는 분류학상 숭어목 (Order Mugiliformes), 숭어과 (Family Mugilidae), 가숭어속 (Genus *Chelon*)에 속하며, 한국, 일본, 중국 및 동 · 남중국해에 분포한다. 가숭어의 체형은 보통 몸이 길고 머리의 등쪽은 납작한 반면 배쪽은 둥글며 몸의 후방으로 갈수록 측편되어 있으며, 머리와 몸의 등쪽은 암갈색을 띠고, 배쪽은 은백색을 띤다. 배지느러미와 뒷지느러미는 희고, 가슴지느러미 기저에는 무늬가 없으며, 홍채는 선명한 황색을 띤다 (김과 김, 1998). 또한 가숭어는 치어기 때에 식물성플랑크톤 및 작은 입자상의 유기 퇴적물을 비롯하여 여러가지 조류까지 섭식하다 성장함에 따라 식성은 잡식성이 된다 (김, 1997; 江草, 1949).

우리나라에서의 해산어 종묘생산은 1970년대 초에 시도되어 1980년대 초부터 대상 종묘생산 어종의 확대가 이루어져 1980년대 후반 부터는 완전양식 즉, 친어의 관리 및 자연 산란에 따르는 인공 종묘의 양산 단계에 돌입하게 되었다 (민, 1987). 그러나 1990년대에 이르러서는 한정된 일부 어종의 집중적인 인공 종묘생산에 따른 가격 폭락 현상이 나타남으로 인해 이러한 문제의 해결 방안으로 소비자의 기호에 부응하는 다양한 새로운 양식 대상어종의 확대 · 개발이 요구되고 있는 추세이다 (이, 1996). 이러한 차원에서 숭어류를 대상으로한 양식 생물학적 차원에서 이루어진 국내 연구로는 숭어과 어류의 분류 (Lee and Joo, 1994), 숭어의 축제식 양식 (조, 1994), 숭어 치어의 염분 농도별 사육 효과 (장 등, 1996; 이 등, 1997), 숭어 정액 성상과 정자 운동성 (장 등, 1999)이 보고되고 있다.

숭어류는 잡식성으로 먹이영양 단계가 낮고 염분의 급격한 변화에도 견딜수 있는 삼투 조절 능력을 가지고 있어 양식 대상종으로 선호도가 매우 높고 (Odum, 1970; Nash and Shehaden, 1980), 개발 도상국의 식량자원으로서 산업적 가치가 높은 종으로도 제시된 바 있다 (Nash and Koningsberger, 1981). 숭어류 중 가숭어는 그 서식 환경

이 광온 · 광염성으로 저 염분에도 순응성이 강하여 서해안의 동절기 저 수온에도 월동이 가능해 기수인 강 하구나 연안의 간석지, 유휴 염전저수지를 양어장으로 이용할 수 있는 어종이다 (정과 조, 1992). 아울러 최근 들어 남획과 간척사업 및 연안 오염 등으로 점차 가숭어의 자원량이 줄고 있는 실정이며, 동절기 및 이른봄에는 활어의 공급이 수요에 미치지 못하여 본 어종에 대한 종묘의 안정적인 수급 요구가 해마다 증가하고 있는 추세이다.

따라서 본 연구는 현재까지 국내에서 가숭어의 성숙 및 인공종묘 생산에 관한 구체적인 연구 보고는 매우 미흡한 실정임을 고려, 가숭어의 효과적인 인공 종묘생산을 위한 기초 자료로서 산란기 특성 조사 및 부화 자어에 대한 rotifer, *Artemia*, 배합사료의 공급에 따른 성장과 생존율을 조사하였다. 또한 rotifer와 *Artemia* nauplius를 오징어 간유, 식물성플랑크톤 건조분말인 Maxima[1R], *Chlorella* sp.로 각각 영양강화한 후에 자어에 공급시 자어의 성장과 생존에 대한 영양강화 효과를 비교 분석하였다. 아울러 밀도별 사육 실험을 통한 적정 밀도를 규명하여 가숭어 종묘생산시 효율적이고 경제적인 기술을 개발하고자 본 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 산란기특성 조사 및 종묘생산

1-1. 산란기특성 조사

1995년 4월부터 8월까지 5개월에 걸쳐 충남 보령시 웅천읍 무창포 연안에서 이각망으로 어획한 가숭어, *Chelon lauvergnii*를 매월 10마리 이상 구입하여 계측형질 조사에 사용하였다. 이때 채집 장소에서의 수온과 염분도 (‰)를 역시 측정하였다. 계측형질로 전장과 체고는 계측판을 사용하여 0.1 ㎝ 단위까지 측정하였으며 체중은 전자저울 (Mettler Toledo, PB 602-S)을 사용하여 0.1 g 단위까지 측정하였다. 자료의 결과를 토대로 비만도 (condition factor)를 측정하였으며. 비만도는 (체중/전장^3)×1,000의 공식으로 구하였다.

계측형질 측정에 사용된 개체들을 대상으로 표본 기간 중 가숭어의 생식소중량 지수 (gonadosomatic index, GSI)와 간중량 지수 (hepatosomatic index, HSI) 조사를 위해 각 표본별, 각 개체의 생식소와 간의 중량을 전자저울 (Precisa 1000C-3000D, Switzerland)로 0.01g 단위까지 측정하여 생식소중량 지수는 (생식소 중량/체중)×100의 공식으로, 간중량 지수는 (간 중량/체중)×100 의 공식으로 구하였다. 생식소중량 지수 조사 결과에 따르는 암 · 수 성비를 조사하였으며 아울러 5월 30일의 표본과 6월 20일의 표본을 대상으로 전장에 대비한 난소 중량의 상관관계를 회귀분석을 사용하여 조사하였다.

1-2 종묘생산

1996년 5월 30일부터 6월 20일 사이에 산란을 위해 연안으로 접근해 오는 성숙한 가숭어를 유자망 및 낭장망으로 어획한 후 종묘생산 친어로 사용하였다. 어획 과정에서의 비늘 탈락 및 외상이 있는 개체는 친어에서 제외시켰으며, 암컷은 복부가 좌우로 팽만하여 다소 늘어지고 생식공 주위는 붉은색을 띠면서 손으로 복부를 눌렀을 때 투명한 성숙난이 방출되는 개체를 친어로 사용하였으며, 수컷은 복부를 눌렀을 때 우유빛 정액이 유출되는 개체만을 친어로 사용하였다. 수정은 건식법으로 하였으며, 수정난을 여과 해수로 세란한 후 부화조에 수용하였다. 부화 자어를 대상으로 입이 열리는 시간과 난황이 완전히 흡수되는 시간을 조사하였다.

2. 초기사육 효과 조사

2-1. 먹이공급 계열별 효과

먹이공급 계열별 가숭어 자어에서의 효과 조사를 부화 후 1일인, 1996년 6월 22일부터 부화후 70일인 8월 30일까지 실시하였다. 부화후 1일의 자어 1,500마리씩을 2톤 용량의 FRP 원형수조 3개에 각각 수용하였으며, 실험군으로서는 배합사료 공급군 (실험후 70일까지 공급), rotifer *Brachionus plicatilis* 첨가공급군 (실험후 14일 까지 rotifer 공급 + 실험후 8일부터 실험후 70일까지 배합사료 공급) 그리고 rotifer와 brine shrimp *Artemia* nauplius 첨가공급군 (실험후 14일까지 rotifer 공급 + 실험후 10일부터 실험후 30일까지 *Artemia* nauplius 공급 + 실험후 20일부터 실험후 70일까지 배합사료 공급)을 설정하였다. 배합사료 공급군은 조단백 52% 이상, 조지방 12% 이상, 조섬유 2% 이하, 조회분 15% 이하, 인 1.5% 이상, 칼슘 2% 이상의 사료조성인 다양한 입자 크기 (AF 1~8)의 해산종묘용 초기사료 (大洋漁業社, Japan)를 자어의 입 크기 및 성장을 고려하여 1일 3~6회 충분히 공급하였다. Rotifer는 보령종묘시험장에서 보존 배양된 배양체로, *Chlorella* sp.에 의한 배양후 5~15개체/㎖ 밀도로 1일 3~4회 공급하였다. *Artemia* nauplius (Argent Co., USA)는 부화 직후 여과

해수로 깨끗이 세척하여 사용하였다.

사육수로는 실험후 30일까지 여과 해수를 사용하였으며, 실험후 30일 이후부터 실험 종료일인 실험후 70일까지는 자연 해수를 유수시켜 1~2회 환수/일 가 되도록 하였다. 각 실험군의 배설물 및 잔존 사료는 매일 사이펀으로 바닥 청소하였다. 성장 조사를 위해 각 실험군을 대상으로 실험 기간중 10일 간격으로 20마리씩 무작위로 표본하여 5% 중성 formalin에 고정하였다. 고정된 표본을 대상으로 버어니어캘리퍼를 사용하여 0.01 ㎜ 단위까지 전장을 측정하였다. 생존율은 매일 바닥 청소시 죽은 개체를 파악하여 10일 간격으로 합산한 후, 전체 사육 개체수에 대한 누적 사망 개체의 백분율로 나타내었다. 실험 종료시인 실험후 70일에서의 각 실험군의 전장 (㎜)과 체중 (g)을 버어니어캘리퍼와 전자저울로 0.01 단위까지 각각 측정후 서로 비교하였다.

2-2 먹이생물 영양강화 효과

영양강화 조건을 달리한 rotifer 먹이 효과 조사는 1996년 6월 11일부터 6월 25일까지 15일간에 걸쳐 2반복으로 실시하였다. 실험군당 6 *l* 용량의 유리 원형수조에 평균 전장 3.84±0.15 ㎜인 부화후 6일의 가숭어 자어를 각 120마리씩 수용하여 지수식으로 사육하였다. 사육시 공기를 충분히 공급하였으며 매일 3~3.5 *l* 량의 카트리지필터 (3 ㎛) 여과 해수로 환수하였다. Rotifer와 chlorella *Chlorella* sp.는 보령수산종묘시험장에서 배양중인 배양체를 사용하였다. Rotifer 영양강화 실험군으로는 동일 rotifer 100×10^4개체당, *Chlorella* sp. 100×10^4cell s/*ml*에 6시간 처리한 먹이공급군, 식물성 플랑크톤 건조분말인 Maxima^{TR} (Argent Co., USA) 0.25g에 6시간 처리한 먹이공급군, 그리고 유화 오일인 오징어 간유 (理研 ビタミン Co., Japan) 0.25*ml*에 6시간 처리한 먹이공급군이었다. 영양강화한 rotifer는 여과 해수로 충분히 수세후 각 실험군에 5~10개체/*ml*로 3~6회/일 에 걸쳐 자어에 충분히 공급하였다. 실험 종료시 누적 생존율을 조사하였으며, 각 실험군당 50마리씩 무작위로 표본하여 5% 중성 formalin에 고정한 다음 전장을 0.01 ㎜ 단위까지 버어니어캘리퍼로 측정하였다.

영양강화 조건을 달리한 *Artemia* nauplius 먹이 효과 조사는 1996년 6월 11일부터 6월 25일까지 15일간에 걸쳐 2반복으로 실시하였다. *Artemia* nauplius 영양강화 실험시 각 실험군의 사용 수조 및 사용 방법은 rotifer 영양강화 실험시 사용한 조건, 방법과 동일하게 하였으며, 실험 시작시 부화후 12일의 평균 전장 6.27±0.31 ㎜, 평균 체중 0.004 g인 자어를 사용하며 2반복 실험하였다. *Artemia* nauplius 영양강화 실험군으로는 동일 *Artemia* nauplius 50×10^4개체당, *Chlorella* sp. 100×10^4 cells/*ml*에 8시간 처리한 먹이공급군, 식물플랑크톤 건조분말인 Maxima^{TR} 0.25 g에 8시간 처리한 먹이공급군, 그리고 유화 오일인 오징어 간유 0.25 *ml*에 8시간 처리한 먹이공급군이었다. 아울러 대조군으로 영양강화를 하지않는 *Artemia* nauplius 먹이공급군을 설정하였다. 영양강화한 *Artemia* nauplius는 여과 해수로 충분히 수세후 각 실험군에 1~3개체/*ml*로 3~6회/일에 걸쳐 자어에 충분히 공급하였다. 실험 종료시 누적 생존율을 조사하였으며, 각 실험군당 50마리씩 무작위로 표본한 후 5% 중성 formalin에 고정한 다음, 전장은 0.01㎜ 단위까지 버어니어캘리퍼로, 체중은 전자저울로 0.01g 단위까지 측정하였다.

2-3. 사육밀도별 효과

1996년 6월 21일부터 7월 30일까지 40일간에 걸쳐, 가숭어의 적정 사육 밀도를 파악하기 위하여 사육 밀도별 효과를 조사하였다. 200 *l* 용량의 FRP 원형수조에 평균 전장 7.92±0.68 ㎜, 평균 체중 0.007 g의 부화후 16일의 자어를 각 실험군당 100, 200, 300, 400, 500마리 및 600마리씩 각각 수용한 후 실험기간 동안 *Artemia* nauplius와 배합사료를 충분히 공급하였다. 각 실험군에 대해 충분한 공기 공급과 아울러 10~14회 환수/일 되도록 유수하였다. 실험 종료시 각 실험군으로 부터의 50마리씩 표본을 대상으로 전장 (㎜)과 체중 (g)을 0.01 단위까지 버어니어캘리퍼와 전자저울로 각각 측정하였으며, 아울러 각 실험군의 누적 생존율도 측정하였다.

3. 통계처리

실험 결과중 암 · 수 성비의 유의성 검정은 x^2-test로 하였고 성장 항목의 유의성 검정은 일원 분산분석 (one-way ANOVA)과 Duncan의 다중 검정 (Zar, 1984) 방법으로 하였다. 생존율은 Lee and Desu (1972)의 방법에 의거 survival analysis를 위해 SPSS/PC 통계 프로그램을 사용하여 95% 유의수준에서 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 친어의 성비, 계측형질 및 비만도

Table 1은 1995년 4월부터 8월까지 5회에 걸친 가숭어

Table 1. Body size and condition factor of the mullet *Chelon lauvergnii*

Sampling date	Sex	Samples (No)	Total length (㎝)	Body height (㎝)	Body weight (g)	Condition factor
30 Apr	F	5	43.8±2.3	7.2±0.2	771.3±113.5	10.94
	M	6	40.5±2.8	7.2±0.2	620.0±139.5	10.87
30 May	F	6	51.9±8.3	10.3±2.3	1,713.3±867.2	15.47
	M	5	45.4±4.2	7.6±0.9	825.0±175.0	11.40
22 Jun	F	3	49.7±5.1	9.0±1.5	1,271.7±419.4	13.19
	M	9	41.8±2.5	6.7±0.7	666.7±130.8	12.30
24 Jul	F	8	49.9±6.6	8.2±1.4	1,305.0±507.8	13.73
	M	3	39.0±2.5	6.4±0.9	590.0±130.1	13.69
30 Aug	F	7	43.8±2.7	9.2±0.7	978.6±178.2	15.08
	M	5	45.1±1.5	8.8±1.0	1,000.1±256.4	15.22

표본의 성비, 계측형질 및 비만도의 결과이다. 성비에서 암 · 수간 차이는 유의하지 않았다 ($P > 0.01$: 4월, 5월; $P > 0.05$: 6월, 7월, 8월) 표본 크기에서 8월의 표본이 수컷이 암컷에 비해 전장, 체중, 체고 및 이에 따르는 비만도가 큰것을 제외하고는, 4월부터 7월까지의 표본은 공히 암컷이 수컷에 비해 전장, 체중, 체고 및 비만도가 컸다. 암컷의 비만도는 5월에 최고치로 4월의 비만도에 비해 급격히 증가하였으며 이후 6월, 7월에는 각각 13.19, 13.73을 보였으며 8월에는 다시 증가하였다. 반면 수컷의 비만도는 4월에 10.87에서 8월에 15.22로 점진적인 증가를 보였다.

2. 친어의 생식소중량 지수 및 간중량 지수

표본 장소의 수온은 4월에 12.4℃였으나 8월에는 25.8℃로 점진적인 상승을 보였으며, 염분 농도는 4월~8월에 걸쳐 31.9~32.7‰의 범위를 보였다 (Fig. 1). Fig. 1은 표본 기간 중 가숭어 암 · 수간에서의 생식소중량 지수와 간중량 지수 변화 양상을 보인 것이다. 암컷의 생식소중량 지수는 4월에 1.62이던 것이 5월에는 10.81로 급격히 상승하였으며, 7월에는 0.19로 감소하였고 8월에는 낮은 생식소중량 지수를 보였다. 수컷의 생식소중량 지수 증가 폭은 암컷의 생식소중량 지수 증가에 비해 낮았으며, 4월에 0.57이던 수컷 생식소중량 지수는 6월에 2.10까지 증가하였다. 이후 7월과 8월에서 수컷의 정소는 낮은 생식소 지수를 보였으며 간중량 지수에서 4월에는 암컷과 수컷이 1.4 내외였으며 5월에는 암컷과 수컷은 1.2 내외로 감소하였다. 암컷인 경우 간중량 지수는 5월 이후 감소하여 7월에는 1.15까지 낮아졌으나 8월에는 2.07로 증가하였다. 반면 수컷인 경우 간중량 지수는 5월 이후 다소의 증가 추세를 보이다가 역

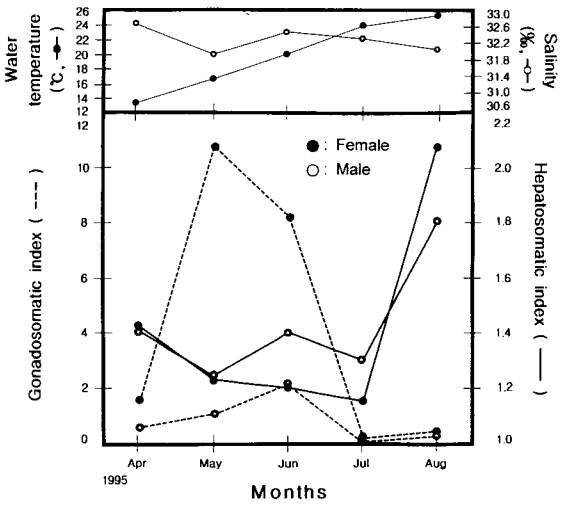

Fig. 1. Monthly changes in the gonadosomatic index and hepatosomatic index of the mullet, *Chelon lauvergnii* at the Poryoung coast; changes in temperature and salinity in the coast during April to August 1995 are also shown.

시 8월에는 1.80로 증가하였다. 5월과 6월에 걸친 표본을 대상으로 전장에 대한 난소 중량의 상관관계를 계산한 결과 $Y=0.1474e^{0.1314x}$ ($R^2=0.6875$, Y=난소 중량, X=전장) 이었다 (Fig. 2).

3. 먹이공급 계열별 효과

가숭어 부화 자어는 부화후 3일에 입이 열리고 난황이 완전히 흡수되어 먹이를 먹기 시작하였다. Fig. 3은 각 실험군의 부화후 1일의 자어 1,500마리를 대상으로 먹이공급 계열에 따른 전장 성장을 나타낸 것이다. 각 실험 시작시 부화 자어의 평균 전장은 2.48 ㎜ 이었으며 실험후 10일에 배합사료 공급군은 4.98 ㎜, rotifer 첨가공급군은 5.91

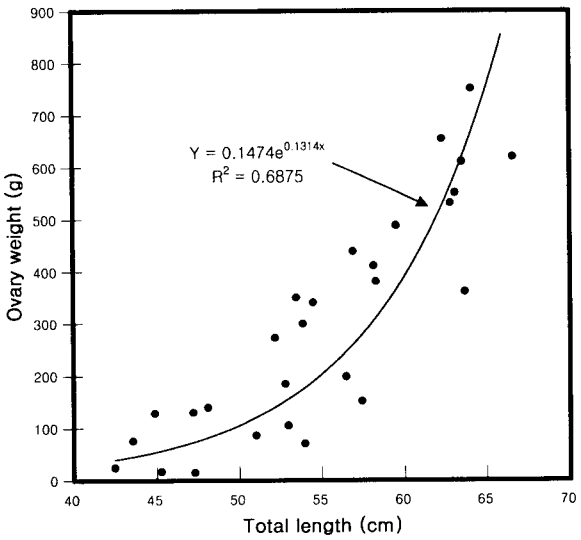

Fig. 2. Ovary weight (OW) of the mature mullet as a function of its body length on May 30 and June 20, 1996.

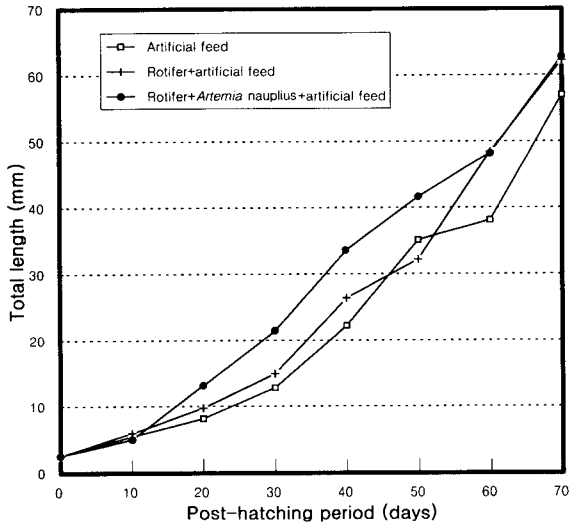

Fig. 3. Growth of mullet larvae reared at three different feeding regimes during the period from 1 day to 70 days after hatching.

㎜, rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군은 5.40 ㎜로 실험군간 전장 성장에서 유사하였다. 실험후 30일에서 전장은 배합사료 공급군이 12.81 ㎜, rotifer 첨가공급군이 14.93 ㎜ 그리고 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군이 21.36 ㎜ 이었다. 실험후 60일까지는 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군이 rotifer 첨가공급군, 배합사료 공급군에 비해 높은 전장 성장을 보였으나 실험 60일 부터는 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군과 rotifer 첨가 공급군이 서로 유사한 전장 성장을 보였다. 실험후 45일까지 rotifer 첨가공급군이 배합사료 공급군에 비해 다소 높은 전장 성장을 보였으며 실험 45일부터 실험후 50일까지는 배합사료 공급군이 rotifer 첨가공급군에 비해 높은 전장 성장을 보였다. 실험후 55일부터 실험 종료일인 실험후 70일까지 rotifer 첨가공급군이 배합사료 공급군에 비해 높은 전장 성장을 보였다.

Fig. 4는 먹이공급 계열에 따른 가숭어 자어의 생존율을 나타낸 것이다. 실험후 20일까지 각 실험군의 생존율은 큰 차이를 보이지 않았으며 실험후 20일 생존율은 배합사료 공급군이 95.0%, rotifer 첨가공급군이 94.9%, 그리고 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군이 96.7% 이었다. 부화후 30일부터 생존율 차이를 보여 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군, rotifer 첨가공급군, 배합사료 공급군 순으로 생존율을 나타내었다. 먹이공급 계열별 실험 종료일인 실험후 70일에서의 먹이공급 계열별 전장, 체중 및 생존율 결과는 Table 2와 같다. 전장에 있어 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군 rotifer 첨가공급군은 서로 유사한 반면 ($P < 0.05$), 배합사료 공급군은 이들 실험군에 비해 낮은 전장 성장을 보였다 ($P < 0.05$). 체중 성장도 전장 성장에서의 결과와 마찬가지로 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군과 rotifer + 배합사료 공급군이 서로 유사하였으며, 이들 실험군들은 배합사료 공급군에 비해 높은 체중 성장을 보였다 ($P < 0.05$). 생존율에 있어 rotifer 첨가공급군과 배합

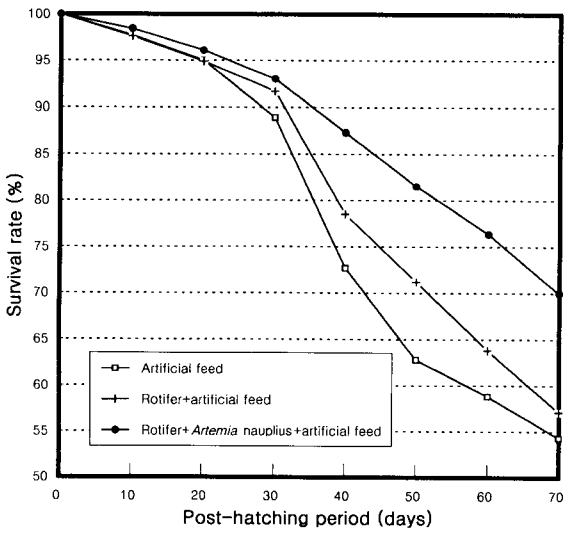

Fig. 4. Survival pattern of mullet larvae reared at three different feeding regimes during the period from 1 day to 70 days after hatching.

Table 2. Effect of different feeds on survival and growth of 1-day old post-hatch mullet larvae (2.48±0.2mm) reared for a period of 70 days*

Feed	Total length (㎜)	Body weight (g)	Survival (%)
Synthetic diet	57.02±8.08[b]	2.21±0.78[b]	54.3[b]
Rotifer+Synthetic diet	62.21±7.67[a]	2.88±0.92[a]	57.1[b]
Rotifer+*Artemia* nauplius+Synthetic diet	62.76±6.50[a]	3.10±0.93[a]	69.9[a]

*Values (mean±SD) with different superscripts in each column indicate significant differences ($P < 0.05$).

사료 공급군이 각각 57.1%와 54.3%로 서로 유사한 반면 이들 실험군들은 rotifer와 *Artemia* nauplius 첨가공급군 69.9%에 비해 낮은 생존율을 보였다 ($P < 0.05$).

4. 먹이생물 영양강화 효과

Chlorella sp., 식물플랑크톤 건조 분말인 Maxima[TR], 유화 오일인 오징어 간유에 각각 6시간씩 처리한 rotifer를 평균 전장 3.84±0.15 ㎜의 가숭어 자어에 15일간에 걸쳐 공급한 결과는 Table 3과 같다. *Chlorella* sp.와 Maxima[TR]의 먹이공급 실험군의 전장은 서로 유사하였으며, 이들의 전장은 오징어 간유 먹이공급군의 전장에 비해 유의하게 컸다 ($P<0.05$). 생존율은 Maxima[TR] 먹이공급군이 90.84%, 오징어간유 먹이공급군이 88.75% 그리고 *Chlorella* sp. 먹이공급군이 82.08% 순으로 나타났다.

평균 전장과 평균 체중이 각각 6.27 ㎜ 그리고 0.004g인 자어를 대상으로 *Chlorella* sp., Maxima[TR] 및 오징어 간유에 *Artemia* nauplius를 8시간 처리한후 각각에 15일간 먹이공급과 더불어 영양강화하지 않은 *Artemia* nauplius를 15일간 먹이공급한 결과는 Table 4와 같다. 2반복 실험결과, 무 영양강화 *Artemia* nauplius 먹이공급군, *Chlorella* sp. 먹이공급군, 오징어 간유 먹이공급군은 전장이 15.85~16.01 ㎜로 서로 유사하였으며, 이들의 전장은 Maxima[TR] 먹이공급군에 비해 유의하게 컸다 ($P<0.05$). 체중은 무 영양강화 *Artemia* nauplius 먹이공급군, *Chlorella* sp. 먹이공급군, Maxima[TR] 먹이공급군이 0.04 g으로 동일한 반면 이들의 체중은 오징어 간유 먹이공급군의 체중 0.06 g에 비해 낮았다 ($P < 0.05$). 생존율은 오징어 간유 먹이공급군이 88.34%로 가장 높았으며 *Chlorella* sp. 먹이공급군은 45.42%, 무 영양강화 *Artemia* nauplius 먹이공급군은 41.25%인 반면 Maxima[TR] 먹이공급군은 이들과 비교시 매우 낮은 생존율인 19.17%를 보였다 ($P < 0.05$).

5. 사육밀도별 효과

Table 5는 평균 전장 7.92±0.68 ㎜인 가숭어 자어를 대상으로 각 밀도별 40일간에 걸쳐 성장과 생존율을 조사한 결과이다. 전장성장은 밀도 100마리 수용군이 체중이 가장 증가하였고, 밀도 400~600마리 수용군은 서로 유사한 전장을 보이며 가장 낮은 전장 성장을 보였다 ($P < 0.05$). 이러한 경향은 체중에서도 나타나 밀도 100마리 수용군이 체중이 가장 증가하였고, 밀도 400~600 마리군은 체중이

Table 3. Effect on rotifer, reared on different enriched feeds, on survival and final size of the 6-day old post-hatch mullet larvae (3.84±0.5mm) reared for a period of 45 days*

Rotifer feed	Trial	Total length (㎜)	Survival rate (%)
Chlorella	1	9.95±1.09	78.33
	2	8.59±1.12	85.83
	Mean	9.36±1.30[a]	82.08±5.30[b]
Maxima[TR]	1	8.91±1.06	95.00
	2	9.86±1.00	86.67
	Mean	9.36±1.14[a]	90.84±5.89[a]
Cuttlefish liver oil	1	8.16±0.82	88.33
	2	9.01±0.61	89.17
	Mean	8.61±0.83[b]	88.75±0.59[ab]

*Values (mean±SD) with different superscripts in each column indicate significant differences ($P<0.05$).

Table 4. Effect of Artemia nauplius reared on different enriched feeds on the survival and final size of the 12-day old-post-hatch mullt larvae (6.27±0.31 mm; 4 mg) reared for a period of 15 days*

Artemia feed	Trial	Total length (㎜)	Body weight (g)	Survival rate (%)
Intact (*Artemia*)	1	16.24±1.71	0.03±0.01	35.83
	2	15.41±1.39	0.04±0.01	46.67
	Mean	15.85±1.63[a]	0.04±0.01[b]	41.25±7.67[bc]
Chlorella	1	16.58±1.66	0.06±0.02	45.00
	2	15.39±0.03	0.03±0.01	45.83
	Mean	15.89±1.66[a]	0.04±0.02[b]	45.42±0.59[b]
Maxima[TR]	1	15.05±0.74	0.04±0.02	26.67
	2	14.51±0.04	0.04±0.01	11.67
	Mean	14.76±0.97[b]	0.04±0.01[b]	19.17±10.61[c]
Cuttlefish liver oil	1	16.12±1.45	0.06±0.02	86.67
	2	15.89±1.75	0.05±0.02	90.00
	Mean	16.01±1.60[a]	0.06±0.02[a]	688.34±2.35[a]

*Values (mean±SD) with different superscripts in each column indicate significant differences (P<0.05).

Table 5. Effect of feed density survival and final size of the 16-day old post-hatch mullet larvae (7.92 ± 0.82 mm) reared for a period of 40 days.*

Density (No./200 ℓ)	Total length (㎜)	Body weight (g)	Survival rate (%)
100	60.21±5.32[a]	3.07±0.88[a]	97.00[a]
200	53.38±1.65[b]	1.99±0.20[ab]	97.50[a]
300	54.94±4.06[b]	2.02±0.39[ab]	98.00[a]
400	47.00±1.94[c]	1.33±0.14[b]	98.00[a]
500	48.61±3.13[c]	1.48±0.28[b]	97.40[a]
600	46.06±4.57[c]	1.28±0.41[b]	97.67[a]

*Values (mean±SD) with different superscripts in each column indicate significant differences (P<0.05).

서로 유사하여 실험군중 가장 낮은 체중을 보였으며 밀도 200마리 수용군과 밀도 300마리 수용군은 실험중에서 중간 체중을 보였으며 서로간 유사하였다 ($P < 0.05$). 생존율에 있어서 각 실험군은 97~98% 범위를 보이며 서로간 유사하였다 ($P < 0.05$).

고 찰

가숭어, *Chelon lauvergnii*의 산란기에 대하여 일본인 경우 3월 하순~5월 상순 (Okiyama, 1988), 국내에서는 5~6월 (김과 김, 1998; 김 등, 2000)과 10월 (정, 1977)로 보고된 바 본 연구 결과인 보령 연안에서의 가숭어 산란시기 5~6월은 김 등 (2000)이 보고한 서해안 전남 신안의 5월, 강화 연안에서의 가숭어 산란시기 6월과 비교시 그 산란시기가 유사하였다. 본 연구의 가숭어 산란지속기간이 20~30일로 여타 해산어의 산란기간과 비교시 짧은 원인은 가숭어의 난소가 연어, 송어 등의 어류와 마찬가지로 완전동시발생형 (total synchronism)으로 난소내 난이 동시에 완숙되어 배란이 이루어짐으로 인하여 산란장에 머무르는 기간이 짧기 때문이라고 생각된다 (Ochiai and Umeda, 1969). 산란시기에 표본된 가숭어의 전장과 난소 중량과의 상관곡선은 Su and Kawasaki (1995)가 보고한 체장과 산란수와의 상관관계식인 산란수=2.22×10^{-4}체장$^{3.74}$ ($r=0.86$)과 비교시 어체 크기 증가에 따른 산란력 증가 경향을 보이고 있다.

숭어 자어의 입이 열리고 난황이 완전히 흡수되는 시기는 각각 부화후 2일과 5일이라고 보고된 바 있으나 (Kuo et al., 1973; Nash et al., 1974), 가숭어 자어는 부화후 3일에 입이 열리고, 난황이 완전히 흡수되어 먹이를 먹기 시작하여 입이 열리는 시기와 난황흡수 양상에서 숭어와는

종간 특이성을 보였다. 더욱이 Tamaru et al., (1991)의 보고는 숭어 자어가 부화후 70시간에 S-type rotifer를 섭식하기 시작했고, 부화후 80시간에 대부분의 자어는 장에 rotifer를 가지고 있었으며, 명확하게 섭식은 완전한 난황 흡수 이전에 시작된다고 한 바, 이는 난황 흡수 완료 이전에 자어가 rotifer에서 영양분을 얻음을 시사한다. 따라서 본 실험에서 파악된 입이 처음 열리고, 자어가 섭식을 시작하기 이전인 부화후 36시간 이내에 가숭어 자어에게 먹이 공급 필요성 여부에 관한 정확한 규명이 있어야 할 것으로 사료된다.

부화후 1일의 가숭어 자어를 대상으로 먹이 공급계열별 효과를 조사한 결과, 실험후 15일에 성장 및 생존율에 있어 배합사료만 단독 공급한 실험군과 rotifer를 첨가적으로 공급한 실험군들과 비교시 rotifer를 첨가적으로 공급한 실험군들이 더욱 양호하게 나타났다. 실험후 10일부터 실험후 30일 사이의 먹이공급 계열별 실험에서는 *Artemia* nauplius 첨가 공급군이 배합사료 공급군, 배합사료와 rotifer 첨가공급군에 비해 높은 성장과 생존을 보임은, 이 시기가 가숭어 자어에 *Artemia* nauplius 적정 공급시기임을 시사한다. 비록, 전 실험기간에 걸쳐 배합사료에만 의존한 실험군은 먹이생물과 배합사료를 혼합 공급한 실험군들에 비해 비교적 낮은 성장을 보였으나 배합사료 단독 공급군의 최종 생존율이 54.3%이고 rotifer와 배합사료 공급군의 최종 생존율과 비교시 유사하였음을 감안시, 가숭어에서의 먹이 선택성은 여타 숭어류와 마찬가지로 잡식성 (Odum, 1970; Nash and Shehaden, 1980)으로서 먹이생물에서 배합사료로 먹이전환 기간이 짧음을 확인하였다. 따라서 집약적인 가숭어 종묘생산에서 성장과 생존율 향상을 위하여 정확한 먹이공급 공정에 따라 rotifer와 *Artemia* nauplius를 일정하고 적당한 밀도로 공급할 필요도 있으나, 적정 먹이공급 공정시기에 알맞은 크기와 양질의 배합사료를 공급하고 수질 관리만 잘하면 배합사료 단독 투여만으로도 대량 인공 종묘생산이 가능할 것으로 사료된다. 아울러 가숭어 종묘생산 초기에 먹이생물로만 먹이를 국한할 경우 rotifer 이외의 먹이생물 즉, 단세포 식물과 같은 먹이생물을 공급하여 그 생존율 및 성장률을 향상시키는 연구가 필요하다 (Tamaru et al., 1994).

어류 자어 사육 기술을 발전시키는 중요한 항목 중 하나는 최적의 성장, 생존과 건강을 좌우하게 하는 최적 먹이공급 체계의 확립으로, 숭어 자어 사육을 위해서는 rotifer가 주된 초기먹이로 사용되어 왔다 (Nash et al., 1974; Kraul, 1983; Eda et al., 1990). 비록 본 연구에 사용된 rotifer의 영양학적 품질은 기록되지 않았지만, 참돔, *Pagrus major* 자어의 생존은 yeast나 식물플랑크톤으로 배양했을때 큰 영향을 받으며 (Kitajima and Koda, 1976), 은어, *Plecoglossus altivelis* (김과 허, 1994), 넙치, *Paralichthys olivaceus* (임과 허, 1994)에서는 영양강화한 rotifer가 성장과 생존율을 향상시킨다고 보고하고 있다. 일반적으로 해산 어류의 자어는 그들의 먹이로서 Omega-3 HUFA를 요구하고 (Watanabe et al., 1983) 또한 다양한 해산 어종의 성장과 발달을 위해 필수적인 지방산은 주로 먹이로 부터 전이되는 점을 고려시 (Watanabe et al., 1983), 비록 직접적인 증거는 없어도 실험에 사용된 rotifer에서의 Omega-3 HUFA 함량이 가숭어 자어의 생존 향상에 중요한 역할을 했으리라 사료된다.

어류 자어의 사망은 rotifer가 주로 공급되는 초기 사육단계에 가장 높다는 보고가 있기는 하나 (Eda et al., 1990; Tamaru et al., 1991), 본 rotifer 영양강화 실험에서의 생존율은 모두 82% 이상이었다. 실험 종료시 가숭어 자어의 생존율은 Maxima^{TR}로 영양강화한 실험군이 여타 실험군에 비해 가장 높았고, 성장은 Chlorella 및 Maxima^{TR}로 영양강화한 실험군들이 오징어 간유로 영양강화한 실험군에 비해 우수하였다. 따라서 본 연구에서 rotifer 영양강화 효과는 *Chlorella* sp. 만을 단독 사용하여 배양한 rotifer를 가숭어 자어에게 공급하는 방법보다는 식물플랑크톤 건조분말인 Maxima^{TR}와 같은 영양강화제로 영양강화한 rotifer를 공급하는 방법이 자어의 생존을 향상시킨 결과를 확인하였다. 본 연구에서 사용된 먹이인 rotifer의 지방산 및 비타민, 미네랄, 미량원소와 같은 영양소 항목에 대해서 측정하지 않았기 때문에 먹이 자체의 특정 양과 질적 요구량에 의한 효과를 규명하지는 못하였는 바, 앞으로 이에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다.

부화 직후의 *Artemia* nauplius에 대한 영양강화 과정은 nauplius 단계에서 발견되는 모든 지방산 함량을 높이는 것으로 밝혀졌으며, 특히 지방산은 많은 어종에서 자어 성장과 발달을 위해 필수적이라고 보고되고 있어 영양강화 *Artemia* nauplius에 의한 성장에서의 효과는 크다 (Watanabe et al., 1983; Ako et al., 1994). 본 실험의 가숭어를 대상으로 한 *Artemia* nauplius 영양강화 실험 결과 Maxima^{TR}로 영양강화한 실험군의 전장 성장과 생존율은 각각 14.76 ㎜, 19.17%로서 영양강화 하지 않고 갓 부화한 *Artemia* nauplius를 공급한 실험군의 전장 성장 15.85 ㎜, 그리고 생존

율 41.25%에 비해 낮았다. 그러나 오징어 간유로 영양강화한 실험군의 전장 성장과 생존율은 각각 16.01 ㎜, 88.34%로 가장 좋은 효과를 나타내어 가숭어 자어에 공급하는 *Artemia* nauplius의 영양강화 방법은 지방산을 가장 많이 함유한 오징어 간유가 가장 양호함을 알 수 있었다 (Ako et al., 1994). 이와 더불어 부화 직후의 *Artemia* nauplius 공급군의 성장 및 생존 향상을 위해, 가숭어 자어에서 부화후 약 4주까지는 자어의 *Artemia* nauplius의 빈 cyst나 난각 섭취로 인한 피해가 큰 사실을 고려시, 효율적으로 cyst 제거된 nauplius만을 공급할 수 있는 방편에 관한 연구가 앞으로 수반되어야 할 것으로 사료된다.

가숭어 자어의 밀도별 사육실험 결과 200 *l* FRP 원형 수조당 300마리 이하의 밀도군에서는 전장 54.94~60.21 ㎜로 비교적 빠른 성장을 보였으나 400마리 이상의 밀도군에서는 전장 46.06~48.61 ㎜로 다소 늦은 성장을 보였다. 하지만 생존율에 있어서는 100~600마리 밀도 범위의 전 실험군에서 97~98%로 뚜렷한 차이가 없었다. 가숭어의 종묘생산 과정에서 적정 사육밀도의 규명은 단위 면적당 생산성 향상을 위한 중요한 요소로 본 종의 적정 사육밀도는 전장 50~60 ㎜ 자어까지의 성장기간 동안 300마리/200 *l* 밀도 내외가 적절하다고 파악은 되나, 본 실험 결과와 같은 성장과 생존을 유지시키는 범위내에서 고밀도 사육의 상한치 파악에 관한 연구가 요구된다.

요 약

가숭어, *Chelon lauvergnii*의 효율적인 인공 종묘생산을 위한 연구의 일환으로 자어를 대상으로 부화후 70일까지 국립수산진흥원 보령수산종묘시험장에서 일련의 실험들을 수행하였다. 보령수산종묘시험장 인근해에서의 가숭어 산란시기는 5월부터 6월까지로 추정되었다. 3가지 먹이공급 계열 (즉, rotifer, *Artemia* nauplius 및 배합사료공급)을 적용한 실험군의 성장과 생존은 다른 2가지 먹이공급 계열군의 성장과 생존에 비해 유의하게 높았다 ($P < 0.05$). Maxima^{TR}로 영양강화한 rotifer로 먹이공급군, 그리고 오징어 간유로 영양강화한 *Artemia* nauplius로 먹이공급군의 생존율은 유의하게 높았다 ($P < 0.05$). 단위 사육수량 200 *l* 당 100~600마리를 기준으로 밀도 실험 결과 200 *l* 사육수당 100마리 자어 밀도군이 가장 높은 성장을 보였으며 ($P<0.05$), 모든 밀도 실험군은 97~98%의 생존율을 보여 차이가 없었다 ($P<0.05$).

참 고 문 헌

Ako, H., C. S. Tamaru, P. Bass, and C. S. Lee, 1994. Enhancing the resistance to physical stress in larvae of *Mugil cephalus* by the feeding of enriched *Artemia* nauplii. Aquaculture, 122 : 81-90.

Eda, H., R. Murashige, Y. Oozeki, A. Hagiwara, B. Eastham, P. Bass, C. S. Tamaru, and C. S. Lee, 1990. Factors affecting intensive larval rearing of striped mullet *Mugil cephalus*. Aquaculture, 91 : 281-294.

Kitajima, C. and T. Koda, 1976. Lethal effects of the rotifer cultured with baking yeast on the larvae red sea bream, *Pagrus major*, and the increase of survival rate using rotifer recultured with *Chlorella* sp.. Bull. Nagasaki Pref. Inst. Fish, 2 : 113-116.

Kraul, S., 1983. Results and hypotheses for the propagation of the grey mullet *Mugil cephalus* L.. Aquaculture, 30 : 273-284.

Kuo, C. M., Z. H. Shehadeh, and K. K. Millisen, 1973. A preliminary report on the development, growth and survival of laboratory-reared larvae of grey mullet, *Mugil cephalus* L.. J. Fish Biol., 5 : 459-470.

Lee, C. L. and D. S. Joo, 1994. Synopsis of family Mugilidae (Perciformes) from Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 27 : 814-824.

Lee, E. and M. Desu, 1972. A computer program for comparing K samples with right-censored data. Computer Program on Biomedicine, 2 : 313-321.

Nash, C. E. and R. M. Koningsberger, 1981. Artificial propagation. In aquaculture of grey mullet (O. H. Oren, ed.), International Biological Programme, Cambridge University Press, New York, pp.265-312.

Nash, C. E. and Z. H. Shehaden, 1980. Review of breeding and propagation techniques for grey mullet, *Mugil cephalus* ICLARM. Studies and review 3, Int. Cent. Living Aquatic Resources Management, Manila. 87 pp.

Nash, C. E., C. M. Kuo, and S. C. Mcconnel, 1974. Operational procedures for rearing of the grey mullet (*Mugil cephalus* L.). Aquaculture, 3 : 15-24.

Ochiai, A. and S. Umeda, 1969. Spawning aspects of grey mullet, *Mugil cephalus* L. living on the coastal region of Kochi Prefecture. Japan. J. Ichthol., 16 : 50-54.

Odum, W. E., 1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet, *Mugil cephalus*. In : Marine food chains (J. J. Steele, ed.), Oliver and Boyd, Edinburgh, pp.222-240.

Okiyama. M, 1998. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp.386-393.

Su, W. C and T. Kawasaki, 1995. Characteristics of the

life history of grey mullet from Taiwanese waters. Fish. Sci., 61 : 377-381.

Tamaru, C. S., C. S. Lee, and H. Ako, 1991. Improving the larval rearing of striped mullet (*Mugil cephalus*) by manipulating quantity and quality of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Rotifer and Microalgae Culture System. Proceedings of a U. S.-Asia Workshop. The Oceanic Institute, Honolulu, HI, pp.89-104.

Tamaru, C. S., R. Murashige, and C. S. Lee, 1994. The paradox of using background phytoplankton during the larval culture of striped mullet, *Mugil cephalus* L.. Aquaculture, 119 : 167-174.

Watanabe, T., C. Kitajima, and S. Fujita, 1983. Nutritional values of live food organisms used in Japan for mass propagation of fish : a review. Aquaculture, 34 : 115-143.

Zar, J. H., 1984. Biostatical Analysis. 2nd ed., Prentice-Hall. pp.718.

김용억 · 김진구, 1998. 한국산 *Chelon*속 (Pisces, Mugilidae) 어류의 분류학적 재검토. 한국어류학회지, 10 : 250-259.

김익수, 1997. 한국동식물도감, 제 37권 동물편 (담수어류). 교육부, pp.371-376.

김진구 · 김용억 · 변순규, 2000. 한국산 가숭어, *Chelon lauvergnii*의 난 및 자치어의 형태발달. 한국어류학회지, 12 : 137-145.

김형섭 · 허영범, 1994. 은어, *Plecoglossus altivelis* 종묘생산을 위한 먹이생물학적 연구. 한국양식학회지, 7 : 135-150.

민병서, 1987. 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 종묘생산에 관한 연구. 부산수대 박사학위 논문, 175 pp.

이영춘 · 장영진 · 이복규, 1997. 어린 숭어 (*Mugil cephalus*)의 염분별 삼투조절 능력. 한국수산학회지, 30 : 216-224.

이정의, 1996. 장갱이, *Stichaeus grigorjewi*의 산란기와 종묘생산. 부산수대 박사학위논문, 187 pp.

임영수 · 허성범, 1994. 넙치 종묘생산을 위한 rotifer와 *Artemia* nauplius의 영양강화 효과. 한국양식학회지, 7 : 225-237.

장영진 · 이영춘 · 이복규, 1996. 어린숭어 (*Mugil cephalus*)의 염분농도별 성장과 생존율 비교. 한국양식학회지, 9 : 311-320.

장영진 · 최윤희 · 임한규 · 고강희, 1999. 숭어 (*Mugil cephalus*)의 정액성상과 정자운동성. 한국수산학회지, 32 : 238-241.

정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, pp.288-290.

정창수 · 조갑민, 1992. 숭어 양식기술 개발시험. 수전사보, 96 : 27-40.

조영록, 1994. 숭어 (*Mugil cephalus*)의 축제식 양식에 관한 연구. 순천향대학교 석사학위논문, 31 pp.

江草周三, 1949. マボラの後期稚魚に於ける食性に關する二, 三. 日水誌. 15 : 715-720.