



## 순환여과 사육시스템에서 해수와 담수에 사육한 송어 (*Mugil cephalus*) 치어의 성장과 생존율

장영진\*·허준욱·임한규<sup>1)</sup>

부경대학교 양식학과 · <sup>1)</sup>국립수산진흥원 울진수산종묘시험장

### Growth and Survival of Juvenile Grey Mullet (*Mugil cephalus*) in Rearing System with Recirculated Seawater and Freshwater

Young-Jin Chang\*, Jun-Wook Hur and Han-Kyu Lim<sup>1)</sup>

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>1)</sup>Uljin Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Uljin 767-860, Korea

Total length and body weight of grey mullet were 6.4 cm and 2.1 g, respectively at the beginning of the experiment. After 60 days of rearing, body weight of the mullet (363%) was significantly higher in freshwater group than that (187%) in seawater group. However, the condition factor showed no significant differences between seawater (9.0%) and freshwater (8.8%) groups. Survival of the mullet was 98.3% and 64.3% in seawater and freshwater groups, respectively.

**Key words:** Grey mullet, Seawater, Freshwater, Rearing, Growth, Survival

#### 서 론

해산어류인 송어 (*Mugil cephalus*)는 전 생활사를 통하여 우수한 삼투압 조절능력 (Odum, 1970)을 지니고 있기 때문에, 생활사중 많은 시기를 염분변화가 심한 기수지역에서 서식하는 광염성 어류이며 (Thomson, 1968), 다른 어종에 비해 높은 생산성을 보이므로 여러 나라에서 양식되고 있다 (Nash and Koningsberger, 1981). 장 등 (1996)은 지수식 조건에서 송어 치어의 염분별 성장을, 이 등 (1997)은 송어 치어의 삼투압 조절능력을, 추 등 (2001)은 담수순화 사육을 위한 염분첨가 사료의 효과를 연구하여 보고한 바 있다. 또한 장과 허 (1999)는 급격한 염분변화, 허와 장 (1999)은 단계적인 염분변화에 따른 연구결과에서 염분의 변화에 상관없이 높은 생존율을 나타냈다고 하

였다. 이와 같이, 낮은 염분에서도 사육이 가능함에 따라 담수양식을 시도하려는 관심이 고조되고 있으며, 최근에는 폐염전이나 기수지역의 저수지에서 양식이 시도되고 있다. 한편, 외국에서는 호르몬 처리에 의한 산란유도 (Lee et al., 1987), 부화시 염분의 영향 (Walsh et al., 1991; Lee et al., 1992) 및 자어 대량 사육에 미치는 환경요인 (Eda et al., 1990) 등에 관한 연구가 있으나, 아직도 송어의 담수양식을 위한 기반자료가 부족하므로 담수순화 사육을 통해 그 성장에 관한 기초지식을 얻고자 하는 연구노력이 필요한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 송어의 담수사육 효과를 알아보기 위하여 해수와 담수에서 송어를 사육하여 성장과 생존율을 조사하여 서로 비교하였다.

\*Corresponding author : yjchang@pknu.ac.kr

### 재료 및 방법

실험어류는 당년생 송어 치어를 사용하였다. 실험개시 시 실험어의 전장  $6.0 \pm 0.4$  cm, 체중  $2.1 \pm 0.4$  g이었다. 실험은 FRP 원형수조(250 L) 4개로 구성된 순환여과 사육시스템에서 실시하였고, 총 수용적은 1000 L였다. 실험구는 해수구와 담수구로 구분하였는데, Fig. 1과 같이 해수구는 동일한 해수환경(33‰)에서 계속 사육(seawater, SW), 담수구는 해수사육하던 것을 포획하여 단계적 염분 적응없이 바로 담수(0‰)에 수용하여 사육(freshwater, FW)하는 조건으로 유지하였다. 실험어는 실험구별로 500마리씩 2반복으로 수용하고, 실험기간은 60일간으로 하였다.

실험개시 전 어류를 실험수조에 수용하는 과정에서 어류의 이동에 따른 스트레스 영향을 최소화하기 위하여, 어체가 충분히 안정되고 섭식이 활발할 때 실험을 실시하였다. 또한 실험어가 스트레스를 받지 않고 안정되도록 모든 실험수조의 상부에 그물을 설치하였다. 실험중 먹이는 잉어종묘용 상품사료로서, 공급량은 1일 체중당 3%로 하였다. 1일 순환율은 약 35회전으로 하였고, 환수는 매일 사료공급 4시간 후에 150~200 L로 하였으며, 실험 기간중 수온은 25.6~25.8°C, 용존산소는 3.9~5.0 ppm, pH는 6.3~8.6이었다.

실험에서 어체의 성장을 조사하기 위하여 20일 간격으로 어체를 측정하였다. 전장은 1 mm 눈금의 계측판을 이용하였고, 체중은 전자저울(AND FS-6K, Australia)을 이용하여 1/100 g까지 측정하였다. 실험 종료시 이들 값으로부터 전장성장률(종료시 평균전장-개시시 평균전장×

100/개시시 평균전장), 체중성장률(종료시 평균체중-개시시 평균체중×100/개시시 평균체중) 및 비만도(체중/전장<sup>3</sup>×1,000)를 계산하였다. 사료공급에 따른 실험어의 사료섭취량(사료섭취량×100/사육일수×수용개체수), 일간성장률(증육량/(개시시 총 어체중×종료시 총 어체중×폐사개체 추정중량/2×사육일수)×100), 일간사료섭취률(전체 사료섭취량/(개시시 총 어체중×종료시 총 어체중×폐사개체 추정중량/2×사육일수)×100) 및 사료전환효율(일간체중성장률×100/일간사료섭취률)을 구하였다. 실험기간중 생존율은 매일 폐사 개체를 헤아려 폐사율을 구하고 이로부터 생존율을 산정하였다.

모든 실험자료에 대하여는 Computer program statistix 3.1 (Analytical Software, St. Paul, MN, USA)에 의해 ANOVA를 실시하고, 최소유의차 검정으로 평균간의 유의차(P=0.05) 유무를 파악하였다.

### 결 과

#### 1. 성장

송어의 실험 개시시 전장은 Fig. 2에서 보는 것과 같이,  $6.0 \pm 0.4$  cm로부터 사육 20일째는 해수와 담수에서 각각  $6.8 \pm 0.8$ ,  $6.8 \pm 0.7$  cm로 차이가 없었으나, 사육 40일째에는 해수  $7.8 \pm 0.8$  cm, 담수  $8.6 \pm 1.4$  cm, 실험 종료시에는 각각  $8.8 \pm 0.7$  cm, 담수  $10.1 \pm 1.1$  cm로 자라남으로써, 담수사육 송어가 해수사육 송어 보다 빠른 성장을 보였다. 전장 성장률은 담수와 해수에서 유의차가 인정되지 않았으나, 담수에서  $68.2 \pm 5.6\%$ 로 해수( $46.4 \pm 4.8\%$ ) 보다는 높은 편이었다(Table 1). 체중성장에 있어서는 실험 개시시

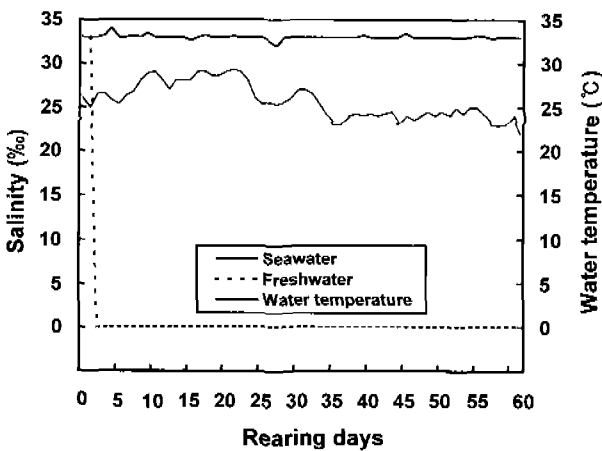


Fig. 1. Controlled salinity and water temperature during the experimental period of seawater and freshwater rearing.

Table 1. Comparison of growth of juvenile grey mullet reared in freshwater and seawater

	Seawater	Freshwater
GRL (%)	$46.4 \pm 4.8$	$68.2 \pm 5.6$
GRW (%)	$189.6 \pm 32.5^a$	$363.1 \pm 35.3^b$
Specific growth (%)	$1.4 \pm 0.1$	$1.5 \pm 0.0$
Condition factor	$9.0 \pm 0.1$	$8.8 \pm 0.1$
Feed intake (%)	$39.2 \pm 0.1$	$40.6 \pm 0.3$
Specific feeding rate (%)	$2.1 \pm 0.1$	$1.8 \pm 0.1$
Feed conversion efficiency (%)	$68.2 \pm 10.4$	$81.9 \pm 0.2$

Values (mean±SE) within the same row with different alphabetic letters are significantly different ( $P < 0.05$ ). GRL: growth rate for total length, GRW: growth rate for body weight.

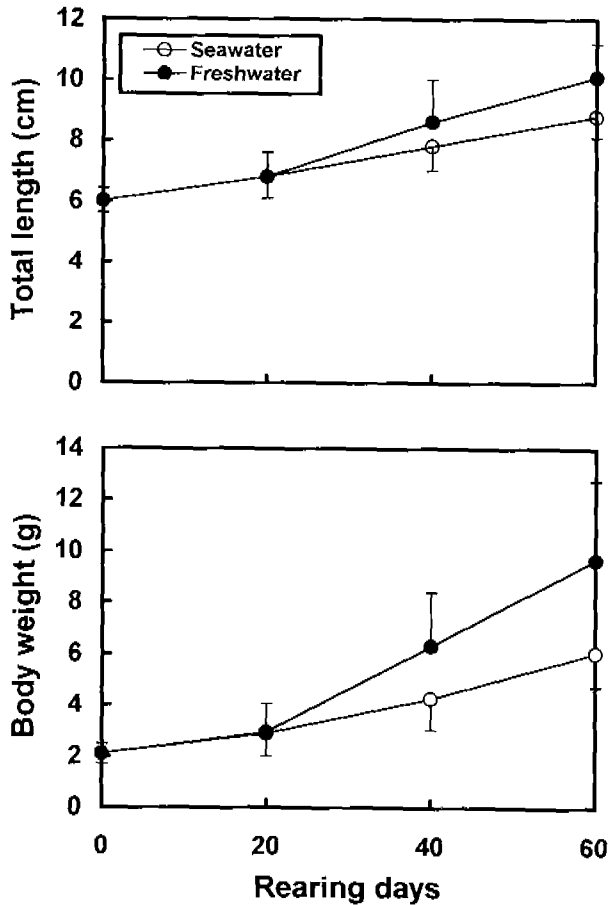


Fig. 2. Growth of juvenile grey mullet reared in seawater and freshwater.

2.1±0.4 g으로부터 20일째에 해수 2.9±0.9 g, 담수 3.0±1.1 g로 성장하여 담수사육 송어가 다소 빠른 성장을 보였다. 사육 40일째에는 해수 4.2±1.2 g, 담수 6.3±2.1 g, 실험 종료시에는 해수 6.1±1.3 g, 담수 9.7±3.1 g으로 담수사육 송어가 빠른 성장을 나타냈다 (Fig. 2). 한편, 실험 종료시 체중성장률은 해수사육 189.6±32.5%, 담수사육 363.1±35.3%로 유의한 차이를 나타냈다 ( $P<0.05$ ). 비만도는 담수사육에서 8.8±0.1%, 해수사육에서 9.0±0.1%로 담수와 해수 사이에 유의차가 인정되지 않았다. 실험 종료시 먹이 섭취량도 해수사육에서 39.2±0.1%, 담수사육에서 40.6±0.3%로 역시 차이가 없었다. 사료전환효율은 담수사육 송어 (81.9±0.2%)가 해수사육 송어 (68.2±10.4%)보다 높았다 (Table 1).

## 2. 생존율

실험 기간 중 해수 및 담수에서 사육한 송어는 사육 10

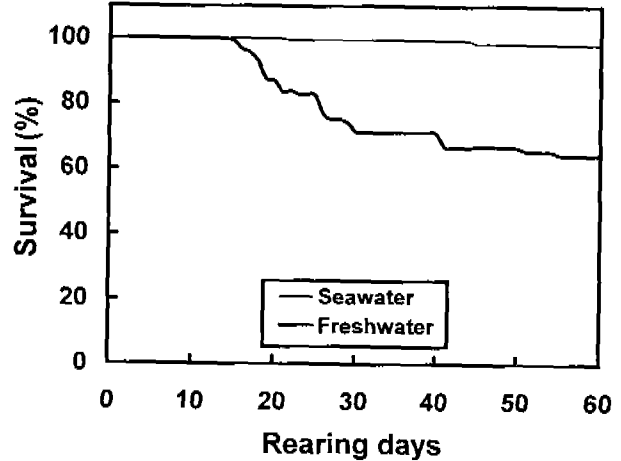


Fig. 3. Survival of juvenile grey mullet reared in seawater and freshwater.

일째까지는 모두 생존하여 차이를 보이지 않았으나, 이후부터 담수사육 송어는 생존율이 서서히 낮아지기 시작하여 사육 30일째에는 해수사육 99.5%, 담수사육 71.4%로 차이를 나타냈다. 실험 종료시 생존율은 해수사육에서 98.3±0.3%, 담수사육에서 64.3±0.7%였다 (Fig. 3).

## 고찰

Higgs et al. (1982)은 담수에 적응되어 있는 연어치어를 해수에 방류할 때, 삼투압 손상 (osmotic impairment)에 의한 폐사와 성장 감소가 개선된다면, 기수역의 자원 증대와 효율적인 이용으로 많은 경제적 이익을 꾀할 수 있다고 하였다. 본 연구에 사용된 송어는 연어류와는 생활사, 서식환경 등이 다르지만, 염분변화가 심한 기수지역에 주로 서식하는 어류로서 광범위한 염분에서도 생존이 가능하므로 (Odum, 1970; Nash and Shehadeh, 1981) 기수역의 송어자원 증대를 꾀할 수 있을 것이다. 또한 장 등 (1996)과 이 등 (1997)은 이 어종이 담수에서도 생존율이 비교적 높다고 보고하였으며, 잘 발달된 송어의 삼투압 조절기구를 응용한 담수양식의 가능성을 제시한 바 있다. 또한 장과 허 (1999)와 허와 장 (1999)은 급격한 염분변화와 단계적인 염분변화에 따라서도 송어의 생존율이 매우 높다고 하였다. 따라서 송어는 담수사육의 기법개발 여하에 따라 담수양식의 산업화가 가능할 것으로 생각된다.

본 연구에서 해수와 담수 사육한 송어의 전장성장률은 사육 20일째까지 서로 차이를 보이지 않았으나, 사육 40일째와 종료시인 60일째에는 해수 보다 담수에서 빠른 성장

을 보였다. 또한 체중에 있어서도 20일째까지는 해수와 담수에서 체중성장률에 큰 차이를 보이지 않았으나, 전장성장률과 마찬가지로 40일과 60일째에는 담수에서 빠른 성장을 나타냈다. 이를 장 등 (1996)의 연구와 비교하여 보면, 본 연구에 사용된 송어크기는 전장 6.4 cm, 체중 2.1 g이었는데 비해 장 등 (1996) 다소 작은 크기인 전장 4.8 cm, 체중 1.0 g과 큰 크기인 전장 13.6 cm, 체중 20.0 g을 사용하여 실험한 결과, 작은 크기에서는 25~75% 해수에서, 큰 크기는 50%~75% 해수에서 빠른 성장을 보였다고 하여 본 연구와는 다소 상반되는 결과를 보여 주었다. 한편, 추 등 (2001)은 전장 11.0 cm, 체중 11.5 g의 송어치어를 사용하여 20일 동안 순차적으로 담수에 순화시키면서 염분을 첨가한 사료와 첨가하지 않은 사료를 주었으며, 또한 24시간 이내에 해수조건으로부터 담수조건으로 사육수를 전환하여 60일 동안 사육하면서 염분을 첨가한 사료와 첨가하지 않은 사료를 공급한 결과, 해수구가 다른 실험구 보다 전장과 체중의 빠른 성장을 나타냄으로써, 본 연구의 결과와는 상반된 결과를 나타냈다. 이상과 같이 본 연구의 결과와 장 등 (1996) 및 추 등 (2001)의 결과가 서로 달랐던 것은 실험대상 어류의 크기에 따라 성장에 미치는 염분의 영향이 다른 데에 기인하는 것으로 생각된다. 더욱이 본 연구에서는 순환여과 사육 방식이었는데 비해 장 등 (1996)은 지수식으로 사육하였고, 추 등 (2001)은 유수식으로 사육하는 등 사육방법에 차이가 있는 것도 염분별로 성장차이를 유발하는 요인이 되는 것으로 추측된다.

송어는 담수유입이 많은 강하구역에 서식하는 것으로 알려져 있는데, 생활사중 치어기에 담수에서 오래 머무는 것이 아닌가 추측된다. 또한 송어는 강과 바다를 회유하면서 항상성 유지를 위해 고장 환경인 해수에서는 저삼투압 조절과 저장 환경인 담수에서는 고삼투압 조절을 하는 것으로 보고된 바 있다 (장과 허, 1999). 이러한 체내 생리적 조절기구에 의해 송어는 담수와 해수로 이동하더라도 일정 기간 동안은 체내 항상성 유지 (삼투압 조절)를 위해 염분을 보유하는 것으로 추정된다. 본 연구의 생존율 결과에서 나타난 것과 같이 담수로 사육수를 교환한 후 10일 이후부터 폐사 개체가 나타난 점은 이를 뒷받침해 주고 있으며, 추 등 (2001)의 보고에서도 염분첨가 사료를 60동안 공급한 담수사육 송어의 혈장 삼투질 농도는 해수 사육한 송어 보다 약간 높은 값을 나타냈다. 본 연구에서 성장경향과는 반대로 송어의 생존율은 해수구에서 90%

이상을 나타내 담수사육 송어 보다 높았다. 장 등 (1996), 이 등 (1997), 추 등 (2001), 장과 허 (1999) 및 허와 장 (1999)의 보고에서는 송어가 삼투압 조절 능력이 매우 우수한 어종이며, 비교적 높은 생존율을 보이는 것으로 평가되고 있는 데 비하여, 본 연구에서는 낮은 생존율을 나타내 이전의 연구 결과와는 달랐다. 이 부분의 원인을 밝히기 위하여, 앞으로 체내 항상성 유지를 위한 에너지 대사에 관한 장기적인 조사연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요 약

60일 동안 해수와 담수에서 송어를 사육한 결과, 해수 사육은  $98.3 \pm 0.3\%$ , 담수사육은  $64.3 \pm 0.7\%$ 로 생존율을 나타냈다. 전장과 체중성장률에 있어서 담수사육이 해수사육 보다 빠른 성장을 나타내었다. 전장과 체중성장률도 해수사육보다 담수사육이 높았다. 비만도는 담수사육에서  $8.8 \pm 0.1\%$ , 해수사육에서  $9.0 \pm 0.1\%$ 로 서로 비슷하였다. 사료 섭취량은 해수가 39.7이었고, 담수가 40.6으로 약간 높았으나, 담수와 해수 사육간에 차이가 없었다. 사료 전환효율은 담수사육에서  $81.9 \pm 0.2\%$ , 해수사육에서  $68.2 \pm 10.4\%$ 로 나타났다. 실험 종료시 해수와 담수에서 사육한 송어의 생존율은 각각 98.3%, 64.3%였다.

## 참 고 문 헌

- Eda, H., R. Murashige, Y. Oozeki, A. Hagiwara, B. Eastham, P. Bass, C. S. Tamaru and C. S. Lee, 1990. Reactors affecting intensive larval rearing of striped mullet, *Mugil cephalus*. *Aquaculture*, 91 : 281-294.
- Higgs, D. A., U. H. M. Fagerlund, J. G. Eales and J. R. McBride, 1982. Application of thyroid and steroid hormones as anabolic agents in fish culture. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73 : 143-176.
- Lee, C. S., C. S. Tamaru, C. D. Kelley, A. Moriwake and G. T. Miyamoto, 1992. The effect of salinity on the induction of spawning and fertilization in the striped mullet, *Mugil cephalus*. *Aquaculture*, 101 : 289-296.
- Lee, C. S., C. S. Tamaru, C. D. Miyamoto and C. D. Kelley, 1987. Induced spawning of grey mullet, *Mugil cephalus* by LHRHa. *Aquaculture*, 62 : 327-336.
- Nash, C. E. and R. M. Koningsberger, 1981. Artificial propagation. pp. 265-312. (in) *Aquaculture of Grey Mullet*, (ed.) O. H. Oren. International Biological Programme, Cambridge University Press, New York.

- Odum, W. E., 1970. Utilization of the direct grazing and plant detritus food chains by the striped mullet, *Mugil cephalus*. pp. 222-240.
- Thomson, J. M., 1968. The grey mullets. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 4: 301-305.
- Walsh, W. A., C. Swanson and C. S. Lee, 1991. Combined effects of temperature and salinity on development and hatching of striped mullet, *Mugil cephalus*. Aquaculture, 97: 281-289.
- 이영춘 · 장영진 · 이복규, 1997. 어린 송어(*Mugil cephalus*)의 염분별 삼투조절 능력. 한국수산학회지, 30: 216-224.
- 장영진 · 이영춘 · 이복규, 1996. 어린 송어(*Mugil cephalus*)의 염분농도별 성장과 생존율 비교. 한국양식학회지, 9: 311-320.
- 장영진 · 허준욱, 1999. 사육수의 급격한 염분 변화에 따른 송어(*Mugil cephalus*)와 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 생리적 반응. 한국수산학회지, 32: 310-316.
- 추청 · 장영진 · 허준욱, 2001. 어린 송어(*Mugil cephalus*)의 담수사육에서 염분흡착 사료가 성장, 생존율 및 체액의 조성에 미치는 영향. 한국양식학회지, 13: 317-323.
- 허준욱 · 장영진, 1999. 사육수의 단계적인 염분변화에 따른 송어(*Mugil cephalus*)와 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 생리적 반응. 한국양식학회지, 12: 283-292.

(접수: 2000년 9월 30일, 수리: 2001년 3월 2일)