



실내사육 농어, *Lateolabrax japonicus*의 성 성숙 및 산란 유도를 위한 염분의 영향

한형균* · 강덕영¹⁾ · 허성범²⁾ · 전창영

국립수산진흥원 거제수산종묘시험장 · ¹⁾국립수산진흥원 · ²⁾부경대학교 양식학과

Effects of Salinity on Spontaneous Maturation and Induced Spawning in Seabass, *Lateolabrax japonicus*

Hyoung-Kyun Han*, Duck-Young Kang¹⁾, Sung-Bum Hur²⁾ and Chang-Yeong Jun

Keoje Marine Hatchery, NFRDI, Geoje 656-840, Korea

¹⁾National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-900, Korea

²⁾Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

To study the effect of salinity on maturation and spawning, two series of experiments were carried out during November, 1998 - July, 1999 and January, 1999 - March 2000. In the first series, the control group (C) was reared at 14.3°C and 35.1‰ S, but the experimental group was reared at 33.8‰ S. In the second series, they were also exposed to approximately the same temperature but the experimental group was reared at still lowered salinity of 29.6‰. Survival, food intake and growth of the experimental groups in either series reared at lower salinities were higher than those of their respective control groups.

At lower salinity, larger number of females attained spontaneous sexual maturity and successfully spawned. Hatching success of the eggs spawned by the experimental females reared at lower salinities was also higher (54-56%) than that (~19%) of the control group reared at higher salinity.

Key words: *Lateolabrax japonicus*, Spontaneous maturation, Induced spawning, Salinity

서 론

유용 어종의 안정적 종묘생산 및 완전 양식 산업화를 위하여 대상 종의 어미확보에 의한 인공 수정란의 생산이 필수적이다. 종묘생산시 양질의 수정란을 대량으로 확보하는 데는 수조내에서 어미를 사육 관리하여 성 성숙과 자연 산란을 유도하는 것이 가장 이상적이라 생각된다. 그러나 넙치를 비롯한 일부 어종을 제외하고는 대부분의 양식대상어종의 경우 실내 사육조건하에서 성 성숙 및 산란이 일어나지 않아 호르몬제 사용에 의존하고 있다. 특

히 미꾸라지(김 등, 1992), 황복(장, 1996), 농성어(김 등, 1997) 및 독가시치(황 등, 1999) 등의 어종이 실내 사육시 자연산란이 이루어지지 않아, 성 호르몬 처리에 의해 성숙·산란을 유도하고 있는 실정이다.

한편, 우리나라의 농어 양식은 점농어(*Lateolabrax maculatus*)와 농어(*Lateolabrax japonicus*)를 중심으로 이루어지고 있으나, 농어의 경우 대부분 자연산 치어를 채포하여, 가두리에서 양성하는 형식을 따르고 있고, 점농어는 중국으로부터 치어 수입에 의존하는 실정이다. 이를 해결하기 위한 국내의 수정란 생산 연구로는 호르몬 처리에 의한

*Corresponding author : hkhan@nfrdi.re.kr

농어의 난 성숙과 배란유도(백 등, 1998), 광주기와 호르몬 처리에 의한 점농어의 성숙과 배란유도(노, 2000) 등이 있고, 일부 민간 업체에서도 이러한 자연 의존적 양식방법을 탈피하려는 노력이 있다. 그러나 농어과 어류는 그동안 실내 사육시 어미의 성숙과 산란이 쉽게 이루어지지 않아, 가두리에서 연중 사육된 번식기의 어미에 성호르몬을 개체별로 주사하여 인공 성숙과 산란 유도 및 수정란을 생산하는 방법을 시도하고 있다. 그러나 사육현장에서 호르몬 취급의 불편함과 산란된 알의 난질 등의 문제로 타 양식 종의 성숙·자연 산란유도를 위해 사용되는 환경 조절법을 개발해야 할 필요가 있다. 그러나 국내에서는 아직까지 농어에 대한 생태학적 및 기초 생물학적 자료가 극히 미흡해 여기에 대한 접근이 쉽지는 않은 상태이다.

따라서 본 연구에서는 농어과, 농어속 어류인 농어(*L. japonicus*)를 대상으로 실내 사육시 사육환경 중 염분의 차이에 따른 어미의 성 성숙 및 자연산란 유도 가능성을 조사하였으며, 인위적 성숙 및 산란시기 조절 가능성을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험어 및 실험구

본 실험은 1998년 11월~2000년 3월까지 국립수산진흥원 거제수산종묘시험장에서 2회에 걸쳐 염분 차이에 따른 농어의 성 성숙 및 자연산란유도를 구명하기 위하여 1차 실험은 1998년 11월 19일~1999년 7월 13일까지, 2차 실험은 1999년 1월 20일~2000년 3월 31일까지 실시했다. 그리고 각각 실험구 I (대조구: 1차 실험: $35.1 \pm 0.2\%$, 2차 실험: $34.5 \pm 0.4\%$)과 실험구 II (저염분구: 1차 실험: $33.8 \pm 0.6\%$, 2차 실험: $29.6 \pm 0.9\%$)로 2개의 실험구를 설정했다. 실험구 I은 자연 해수만을, 실험구 II는 성 성숙과 산란이 일어나는 시기로 판단되는 11월에서 2월 사이에 일정기간 동안 성 성숙 촉진과 자연산란을 유도하기 위해 $2.5 \pm 0.1\%$ 이하의 지하수(담수)를 첨가하여 저염분 상태로 유지하거나 일간 담수자극을 시도했다. 각 실험구의 농어 어미는 암수 각각 20마리씩 수용했다.

1차 실험시 실험구의 농어 어미 크기는 암컷이 전장 51.5 ± 1.4 cm, 체중 1.3 ± 0.1 kg였고, 수컷이 전장 45.5 ± 2.4 cm, 체중 1.1 ± 0.2 kg였다. 2차 실험시 실험구의 농어 어미 크기는 암컷이 전장 56.9 ± 5.5 cm, 체중 1.9 ± 0.5 kg

였고, 수컷이 51.0 ± 0.1 cm, 체중 1.2 ± 0.08 kg였다.

2. 사육관리 및 사육환경 분석

사육수조로는 20 ton 콘크리트 사각 수조(수용량 16 ton)를 이용하였으며, 사육밀도는 2.5마리/ton로 하였다. 사육수의 환수율은 1일 20~30회로 했고, 사육환경 측정은 매일 오전 9시에 수온, 비중, DO 및 pH를 대상으로 이루어졌으며, 실험구별로 매일 평균 수온과 염분 값을 계산하였다. 특히 염분의 영향을 파악하기 위해 측정비중을 경정비중(δ_{15})으로 전환, 염분으로 환산하였다.

먹이 공급은 분말사료와 냉동 전갱이를 1:1 비율로 섞어 갈아 만든 moist pellet 사료를 1회/1일에 걸쳐 어체가 만족이 되게 하였다. 이때 포식량을 기록하여 개체당 일간섭식량(Higgs et al., 1992)을 다음의 식으로 계산하였다.

$$\begin{aligned} & \text{개체당 일간섭식량(mg/fish/day)} \\ & = \text{소비된 사료 총량} / (\text{사육일수} \times \text{수용마리수}) \end{aligned}$$

개체당 일간사료섭식량(daily feeding rate)을 매일 계량하여 월별 평균값을 산정하고, 이 값을 실험구별로 월별 비교하였다.

3. 성장도 및 생존율 비교

실험어의 전장과 체중의 성장도는 실험 개시시와 종료시 전체 수용 개체의 전장과 체중을 측정하여 이들 값으로부터 전장의 일간성장률(specific growth rate in length : SGRL)과 무게의 일간성장률(specific growth rate in weight : SGRW)을 아래의 식으로 구하였고, 실험구별 생존율은 사육기간중 매일 폐사 개체를 계수하여 산정하였다.

$$\begin{aligned} \text{일간성장률(SGR, \%)} & = (\text{종료시 크기} - \text{개시시 크기}) / \\ & (\text{개시시 크기} \times \text{사육일수}) \times 100 \end{aligned}$$

4. 생식소 발달 및 성숙 개체수 파악

생식소의 정상 발달 여부를 알아보기 위해, 2차 실험에서 번식기인 1999년 10월부터 2000년 1월까지 암컷은 생식공을 통한 cannulation으로 난모세포 발달 정도, 수컷은 복부압박에 의해 정액 형성 여부를 통해 생식소 발달 정도를 파악하였다. 또한 외부 형태학적으로 어체를 관측, 성숙기 암컷 어미의 복부팽만 정도를 통해 성숙 개체수를

확인하였다.

5. 실험구별 어미의 산란 특성

성숙 개체의 자연산란 여부를 파악하기 위해, 매일 실험구별로 복부팽만 개체수를 기록하고 다음날 아침 산란 여부를 확인한 뒤 산란 개체수를 조사하였다. 또한 자연산란된 수정란은 over flow를 통해 수집망에서 받아 정상란인지의 여부와 크기, 산란량 및 부화율을 조사하였다.

6. 통계분석

각 실험 결과는 SPSS 통계패키지를 사용하여 독립 2-표본 비모수적 검정인 Mann-Whitney U-test로 검정하였다.

결 과

1. 수온 및 염분의 변화

실험구별 1차 실험과 2차 실험기간 동안의 수온과 염분 변화는 Fig. 1과 2에 나타내었다. 실험기간 동안의 평균수온의 경우 1차 실험은 실험구 I에서 $14.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$, 실험구

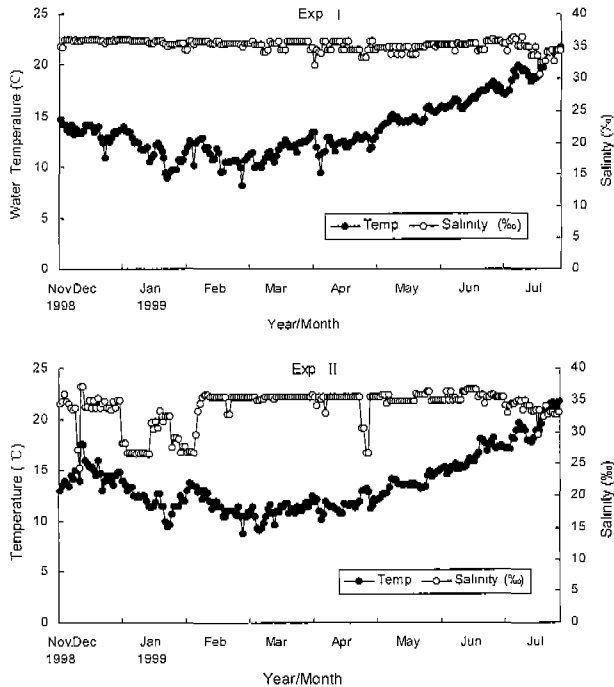


Fig. 1. Changes of water temperature and salinity during the 1st experiment.
Exp. I: Control group ($35.1 \pm 0.2\text{‰}$); Exp. II: Low salinity group ($33.8 \pm 0.6\text{‰}$).

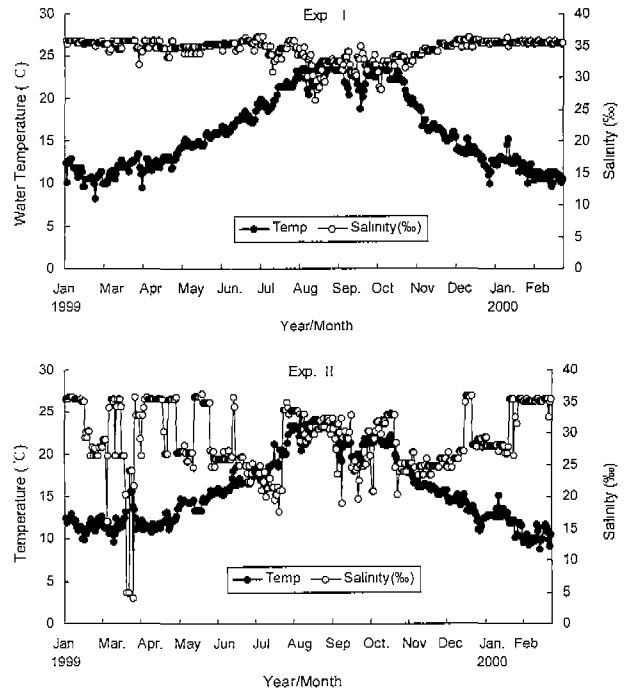


Fig. 2. Changes of water temperature and salinity during the 2nd experiment.
Exp. I: Control group ($34.5 \pm 0.4\text{‰}$); Exp. II: Low salinity group ($29.6 \pm 0.9\text{‰}$).

II에서 $14.2 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 였고, 2차 실험은 실험구 I에서 $15.8 \pm 1.2^\circ\text{C}$, 실험구 II에서 $15.4 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 로 나타나 실험구간 유의차는 없었으며, 1차와 2차 실험을 통해서도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 성 성숙과 산란시기로 판단되는 11월~2월 사이의 월별 평균수온은 1차 실험의 실험구 I에서 각각 $13.8 \pm 0.4^\circ\text{C}$, $13.0 \pm 0.9^\circ\text{C}$, $11.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$, $10.6 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 였고, 실험구 II에서 각각 $14.6 \pm 1.4^\circ\text{C}$, $13.8 \pm 1.2^\circ\text{C}$, $12.0 \pm 1.1^\circ\text{C}$, $10.6 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 그리고 2차 실험의 실험구 I은 각각 $15.8 \pm 1.0^\circ\text{C}$, $13.1 \pm 1.1^\circ\text{C}$, $12.1 \pm 1.1^\circ\text{C}$, $10.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 였고, 실험구 II는 각각 $15.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$, $13.4 \pm 1.2^\circ\text{C}$, $12.0 \pm 1.4^\circ\text{C}$, $10.3 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 로 나타나 실험구에 따른 월별 유의차는 없었다.

실험기간 동안의 평균염분의 경우 1차 실험은 실험구 I에서 $35.1 \pm 0.2\text{‰}$, 실험구 II에서 $33.8 \pm 0.6\text{‰}$ 였고, 2차 실험은 실험구 I에서 $34.5 \pm 0.4\text{‰}$, 실험구 II에서 $29.6 \pm 0.9\text{‰}$ 로 나타났다. 그리고 성 성숙과 산란시기로 판단되는 11~2월 사이의 월별 평균염분에 있어서 1차 실험의 실험구 I은 각각 $35.8 \pm 0.4\text{‰}$, $35.9 \pm 0.2\text{‰}$, $35.5 \pm 0.3\text{‰}$, $35.3 \pm 0.4\text{‰}$ 였고, 실험구 II는 각각 $34.4 \pm 3.7\text{‰}$, $31.0 \pm 3.7\text{‰}$, $31.3 \pm 3.2\text{‰}$, $35.2 \pm 0.7\text{‰}$ 로 나타났으며, 최저염분은 26.5‰ 였

다. 2차 실험의 실험구 I은 각각 $34.9 \pm 0.7\%$, $35.6 \pm 0.4\%$, $35.5 \pm 0.2\%$, $35.4 \pm 0.1\%$ 였고, 실험구 II는 각각 $24.8 \pm 0.9\%$, $29.2 \pm 3.4\%$, $31.4 \pm 3.7\%$, $35.1 \pm 0.7\%$ 로 나타났으며, 최저염분은 23.4% 였다. 특히 11~2월을 제외한 기간의 급변한 염분은 1차와 2차 실험 모두 스쿠치카 등 기생충 구제 및 세균성 질병치료를 위해 담수를 공급했기 때문이다.

2. 일간 사료섭식량 및 생존율

각 실험구별 개체당 일간 사료섭식량의 변화는 Fig. 3과 같다. 이것을 평균값으로 파악해 보면 1차 실험에서 실험구 I은 11.3 ± 1.7 g, 실험구 II는 16.0 ± 3.3 g의 사료를 섭취하였으며, 2차 실험에서 실험구 I은 9.9 ± 1.5 g, 실험구 II는 17.5 ± 2.9 g의 사료를 섭취하였다(Table 1; $P < 0.01$). 따라서 1차와 2차 모든 실험에서 농어 어미는 담수를 첨가한 저염분의 실험구 II가 해수만을 공급한 실험구 I보다 많은 사료를 섭취한 것을 알 수 있다.

전장과 체중의 일간성장율은 1차와 2차 실험 모두에서 실험구 I보다 실험구 II에서 높았고, 암수 비교를 통해서 수컷보다 암컷이 빠른 성장도를 나타내었다.

한편, 생존율은 1차 실험에서 실험구 I이 52.5%, 실험구 II가 85.0%였고, 2차 실험에서 실험구 I이 63.0%, 실험구 II가 92.5%로 해수만을 공급한 실험구보다 담수를 첨가한 저염분의 실험구가 높은 생존율을 나타내었다.

3. 실험구별 성숙·산란 특성

성 성숙·자연 산란유도 실험에서 농어 어미는 성숙과 산란이 해수만을 공급한 실험구 I보다 담수를 첨가한 실험구 II에서 원만히 이루어졌다(Table 2). 암컷 성숙 개체의 경우 1차 실험의 실험구 I은 6마리, 실험구 II는 12마

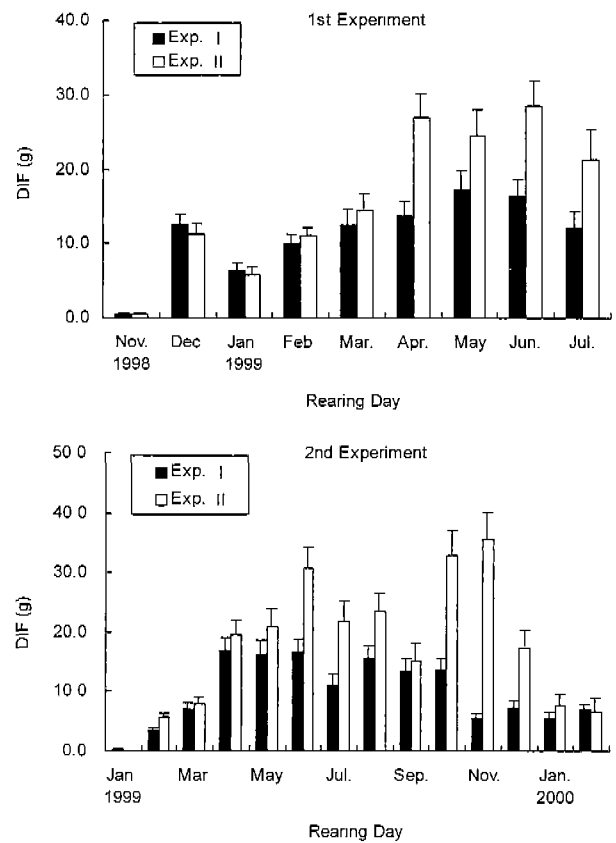


Fig. 3. Changes of daily Individual feed (DIF) during the 1st and 2nd experiment.

Exp. I: Control group (1st: $35.1 \pm 0.2\%$, 2nd: $34.5 \pm 0.4\%$), Exp. II: Lower salinity group (1st: $33.8 \pm 0.6\%$, 2nd: $29.6 \pm 0.9\%$)

리였으며, 2차 실험의 실험구 I은 5마리, 실험구 II는 14마리로서 성숙유도에 있어 염분 조절에 의한 성숙이 이루어진 것을 알 수 있다.

산란 시기는 1차 실험에서 실험구 I이나 실험구 II의

Table 1. Daily individual feeding (DIF), specific growth rate in body length (SGRL) and body weight (SGRW) and survival in the 1st and 2nd experiments

		1st experiment		2nd experiment	
		Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
DIF (g)		11.3 ± 1.7	$16.0 \pm 3.3^{**}$	9.9 ± 1.5	$17.5 \pm 2.9^{**}$
SGRL (%)	♀	0.06	0.08	0.04	0.07
	♂	0.03	0.04	0.02	0.03
SGRW (%)	♀	0.24	0.37	0.19	0.26
	♂	0.14	0.19	0.08	0.12
Survival (%)		52.5	85.0	62.5	92.5

Exp. I: Control group (1st: $35.1 \pm 0.2\%$, 2nd: $34.5 \pm 0.4\%$),

Exp. II: Lower salinity group (1st: $33.8 \pm 0.6\%$, 2nd: $29.6 \pm 0.9\%$)

Table 2. Character of maturation and spawning of experiment group in the 1st and 2nd experiments

	1st experiment		2nd experiment	
	Exp. I	Exp. II	Exp. I	Exp. II
Matured female (No.)	6	12	5	14
Spawning period	Jan. 24~Feb. 24	Jan. 27~Mar. 28	Feb. 21~Mar. 22	Jan. 29~Feb. 16
Spawning female (No.)	4	7	3	8
Total egg (no)	110,000	670,000	849,000	1,212,000
Egg size (mm)	1.39±0.04	1.63±0.03	1.25±0.08	1.43±0.05
Hatching (%)	19.3±2.3	53.8±4.6	0	56.4±7.1

Exp. I : Control group (1st: 35.1±0.2‰, 2nd: 34.5±0.4‰),

Exp. II : Lower salinity group (1st: 33.8±0.6‰, 2nd: 29.6±0.9‰)

산란 개시 시점이 1월 하순으로 거의 동일한 데 비해, 2차 실험에서는 실험구 II가 실험구 I에 비해 20일 정도 빠른 것을 알 수 있다. 또한 산란에 가입한 암컷 어미의 수를 파악해 보면 두 차례의 실험 모두 실험구 II가 2~3배 많았다. 또한 수정란의 크기 면에서도 실험구 II가 실험구 I에 비해 컸다. 부화율의 경우도 1차 실험에서는 실험구 II가 53.8±4.6%을 나타낸 반면, 실험구 I은 19.3±2.3%로 낮은 것을 알 수 있다. 2차 실험에서는 실험구 I에서 산란된 알의 대부분이 과숙상태여서, 정상적인 부화가 이루어지지 못한데 비해 저염분구인 실험구 II의 알들은 56.4±7.1%의 부화율을 나타내었다.

고 찰

광염성 어종은 그들의 삼투조절 기관의 활성화에 의해 다양한 염분 내성을 지니고 있고, 산란기에 이르면 기수역의 강 하구로 이동하는 습성을 갖고 있다. 농어(*L. japonicus*) 역시 산란기에 이르면 염분 22~26 ppt 정도의 강 어귀에 이르러 알을 산란하는 것으로 밝혀져 있다(Horiki, 1993; Sun et al., 1994; Secor et al., 1998). 또한 환경인자로서 염분은 담수산 어류, 해산 어류 및 광염성 어류의 성 성숙에 영향을 미칠 수 있으며, 산란을 위한 종 특이적인 염분을 요구하는 것으로 밝혀져 있다. 실레로 연어(Sower and Schreck, 1982), 송어, *Mugil cephalus* (Tamaru et al., 1994), sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Gutierrez et al., 1987), Sea bass, *Lates calcarifer* (Kungvankij and Suthemechaikul, 1986), black bream, *Acanthopagrus butcheri* (Haddy and Pankhurst, 2000) 등에서는 염분이 어류의 성숙에 중요한 역할을 하며, 멸치 *Engraulis japonicus*와 *Anchoviella comersonii* (Wu, 1989), gilthead sea bream, *Sparus aurata* (Colombo et al., 1989) 등의 어류에서는 산란을 위한 종

특이적 염분을 요구하는 것으로 나타났다. 따라서 어종별 성숙 및 산란에 있어 특이적인 생태적 습성은 어체의 생리적 기작에 깊이 관련되어 있는 것으로 생각된다.

그러나 어류의 난소 발달 및 생식생리에 있어 염분 효과에 대한 자료와 정보는 전 세계적으로 극히 미비한 것을 알 수 있다. 그 중 뱀장어 *Anguilla anguilla*의 연구결과는 estradiol 투여에 의한 vitellogenin 합성에 있어 염분별 차이가 없는 것으로 보고되었고(Peterson and Korsgaard, 1989), 송어, *M. cephalus*의 경우 암컷 어미의 난황형성은 염분 0‰~35‰ 사이에서 모두 일어나지만, 담수에서 사육된 어미 중 일부만 난황형성이 완료되었고, 난모세포 성장 역시 느린 것으로 나타났다(Tamaru et al., 1994). 그러나 Zanuy and Carrillo (1984)는 염분 3.5‰~37.8‰에서 사육된 sea bass, *Dicentrarchus labrax*의 경우, 난모세포 직접 변화와 생식소 발달 시간이 비슷한 것으로 보고하였으며, Haddy and Pankhurst (2000)는 black bream 어미를 염분 5‰, 20‰, 35‰에서 성숙 관리했을 때, 배란 어미의 비율, 연속배란 횟수 및 산란된 알의 양 모두가 고염분보다 5‰인 저염분에서 낮은 것으로 나타나, 광염성 어류의 성숙과 산란이 염분과 깊은 관련이 있는 것을 확인할 수 있다.

본 연구의 농어 역시 광염성 해산어류로서 자연계에서 성숙과 산란에 염분의 영향을 받는 것으로 나타났다(Secor et al., 1998). 따라서 육상 실내 수조내 해수 상태에서 사육 관리된 농어 어미의 성숙 및 산란유도를 위해서는 담수 유입에 의한 염분의 조절이 필요할 것으로 생각된다. 두 번에 걸친 본 실험에서 농어 어미의 성숙은 자연 해수만을 공급한 대조구와 담수를 첨가한 기수성의 저염분구 모두에서 이루어졌지만, 성숙 가입 개체수는 저염분구가 대조구의 어미 보다 많았으며, 산란 개체 수 역시 많은 것으로 나타났다. 그리고 산란 시점에 있어서도 1차 실험

험에서는 별 차이가 없었으나, 2차 실험에서는 저염분구가 대조구에 비해 20일 정도 앞서 자연 산란이 이루어졌다. 이는 1차 실험의 저염분구가 12월 중순부터 담수를 첨가한 점에 비해 2차 실험의 저염분구는 10월 중순부터 담수를 첨가한 점으로 미루어 담수 자극에 의한 산란 촉진 현상이 나타난 것으로 보인다. 또한 대조구에서 산란된 알들의 대부분은 알의 크기와 형태학적 관찰을 통해 과숙 상태인 것을 확인하였으며, 부화율 또한 저염분구에 비해 크게 낮았다. 이것은 해수만을 공급한 대조구의 알들이 어미의 난소 내에서 배란된 이후 체외로 방출되지 못하고, 난소내 머물면서 과숙 또는 퇴숙되어 일어난 것으로 생각된다. 이러한 현상은 스페인산 암컷 sea bass 어미의 성숙이 저염분에서 진행되지 않아 산란이 이루어지지 않는다는 Zanuy and Carillo (1984)의 연구 결과와도 일치한다. 이들은 1월이 주 산란기인 이 종의 산란시점을 수온이 상승하는 3~4월에 맞추기 위해 담수를 이용해 성숙을 저해하려 했으나 기수에 의한 성숙저해 영향은 찾아 볼 수 없었고, 오히려 산란이 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 따라서 광염성의 농어과 어류의 성숙과 산란은 기수역에서 이루어질 가능성이 높다는 사실을 제시해 주고 있다. 또한 Sun et al. (1994)의 연구 결과 자연산 농어의 산란 수계의 염분은 기수성(22~26 ppt)인 것으로 보고되어, 본 연구에서 최적 성숙 및 산란유도는 사육수의 염분을 번식기에 기수성으로 조성해 주었을 때 이루어 질 수 있다는 것을 뒷받침하고 있다. 하지만 본 연구에 있어 농어 어미의 성숙 및 산란에 있어 해수만을 공급한 실험구에서 개체 일부가 성숙과 산란에 가입된 점을 고려해 볼 때, 다른 환경인자가 작용했을 가능성도 배제하기는 힘들다. 따라서 염분이 어미의 성숙과 산란의 주 인자인지 아니면 보조 인자인지에 대한 깊이 있는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 농어의 성숙은 기수성 수계에서 촉진되며, 산란 유도 역시 담수 자극에 의해 이루어지고, 높은 산란율과 여기서 나온 수정란은 정상 발생에 의해 부화된다는 사실을 알 수 있었다. 또한 두 번의 실험을 거쳐, 기수성인 저염분구의 사육개체들이 해수만을 공급한 대조구의 사육 개체들에 비해 사료섭식량, 성장, 생존율이 모두 높게 나타난 점을 볼 때 비번식기의 어미 사육조건은 해수보다 기수성의 사육 조건이 좋은 것으로 판단된다.

이상의 연구 결과로 농어 어미의 실내사육, 성 성숙 및 산란 유도시에 적정량의 담수 공급은 기생충 구제와 세균

성질병 예방에도 도움이 되며, 사료섭식량의 증가로 어체 건강도를 증진시켜 생체 에너지를 성숙기 생식소 발달에 이용하여 성 성숙을 촉진시키며, 알의 난질 형성에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 보인다. 또한 산란 시점에서 담수에 의한 산란 행동을 자극할 수 있어 난소내 난모세포의 과숙을 방지하고, 군집내 어미들의 산란 행위를 동기화시켜 줄 수 있어 수정란의 인위적이고 계획적인 생산을 가능하게 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 농어과, 농어속 어류인 농어(*L. japonicus*) 어미를 대상으로 2회에 걸쳐 성 성숙 및 자연 산란유도에 있어 염분의 영향을 조사하여 인위적 성숙 및 산란 조절 가능성을 파악하였다.

실험기간 동안의 평균수온은 1차 실험의 대조구에서 $14.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$, 저염분구에서 $14.2 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 였고, 2차 실험의 대조구에서 $15.8 \pm 1.2^\circ\text{C}$, 저염분구에서 $15.4 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 로 나타나 실험기간 유의차는 없었다. 그리고 성 성숙과 산란 시기로 판단되는 11~2월 사이의 월별 평균수온은 1차 실험의 대조구에서 각각 $10.6 \pm 0.8^\circ\text{C} \sim 13.8 \pm 0.4^\circ\text{C}$ 였고, 저염분구에서 각각 $10.6 \pm 0.8^\circ\text{C} \sim 14.6 \pm 1.4^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 2차 실험의 실험구 I은 각각 $10.7 \pm 0.5^\circ\text{C} \sim 15.8 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 였고, 실험구 II는 각각 $10.3 \pm 0.9^\circ\text{C} \sim 15.7 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 로 나타났다. 실험기간 동안의 평균염분은 1차 실험의 대조구에서 $35.1 \pm 0.2\text{‰}$, 저염분구에서 $33.8 \pm 0.6\text{‰}$ 였고, 2차 실험의 대조구에서 $34.5 \pm 0.4\text{‰}$, 저염분구에서 $29.6 \pm 0.9\text{‰}$ 로 나타났다. 그리고 11~2월 사이 저염분구의 월별 평균염분은 1차 실험에서 각각 $31.0 \pm 3.7 \sim 35.2 \pm 0.7\text{‰}$ (최저염분은 26.5‰)였고, 2차 실험에서 각각 $24.8 \pm 0.9 \sim 35.1 \pm 0.7\text{‰}$ (최저염분은 23.4‰)였다.

각 실험구별 개체당 일간 사료섭식량은 1차와 2차 실험에서 저염분구가 대조구보다 많은 사료를 섭취했고, 또한 성장율 및 생존율도 두 번의 실험 모두에서 저염분구가 해수만을 공급한 대조구에 비해 높았다.

어미의 성 성숙 및 산란은 두 번의 실험에서 대조구보다 저염분구에서 원만히 이루어졌다. 암컷 성숙 개체의 경우 1차 실험은 대조구 6마리, 저염분구 12마리였으며, 2차 실험은 대조구 5마리, 저염분구 14마리로서 성숙유도에 있어 염분의 조절에 의한 성숙이 이루어진 것을 알 수 있다. 산란 시기는 1차 실험에서 대조구나 저염분구의 산

란 개시 시점이 거의 동일한 데 비해, 2차 실험에서는 저염분구가 대조구에 비해 대략 20일 정도 빠르게 나타났다. 또한 산란에 가입한 암컷 어미의 개체수도 두 차례의 실험 모두 저염분구가 많았다. 또한 알의 크기 면에서도 저염분구가 대조구의 알보다 크며, 부화율도 1차 실험에서는 저염분구가 53.8±4.6%을 나타낸 반면 대조구는 19.3±2.3%로 낮았고, 2차 실험에서는 대조구에서 산란된 알의 대부분이 과속상태여서 정상적인 부화가 이루어지지 못한데 비해 저염분구의 알들은 56.4±7.1%의 부화율을 나타내었다.

참 고 문 헌

- Colombo, L., A. Francescon, A. Barbaro, P. Belvedere and P. Melotti, 1989. Induction of spawning in the gilthead sea bream, *Sparus aurata* L. by elevation of water temperature and salinity and by HCG and LH-RH analogue treatments. Riv. Ital. Aquacult., 24 : 187-196.
- Gutierrez, J., J. Fernandez, M. Carrillo, S. Zanuy and J. Planas, 1987. Annual cycle of plasma insulin and glucose of sea bass. *Dicentrarchus labrax*, L. Fish Physiol. Biochem., 4 : 137-141.
- Haddy, J. A. and N. W. Pankhurst, 2000. The effects of salinity on reproductive development, plasma steroid levels, fertilization and egg survival in black bream, *Acanthopagrus butcherii*, Aquaculture, 188 : 115-131.
- Higgs, D. A., B. S. Dosanjh, L. M. Uin, B. A. Himick and J. G. Eales. 1992. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels and chronic 3,5,3'-triiodo-L-thyronine treatment on growth, appetite, food and protein utilization and body composition of immature rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, at low temperature. Aquaculture, 105 : 175-190.
- Horiki, N., 1993. Distribution patterns of sea bass. *Lateolabrax japonicus* eggs and greenling, *Hexagrammos otakii* larvae in relation to water masses in the Kii channel and adjacent waters in winter, Nippon Suisan Gakkaishi, 59 : 201-207.
- Kungvankij, P. and N. Suthemechaikul, 1986. Mass production of seabass, *Lates calcarifer* (Bloch) by environmental manipulation. Bangkok Thailand NACA, pp. 19.
- Peterson, I. and B. Korsgaard, 1989. Experimental induction of vitellogenin synthesis in eel (*Anguilla anguilla*) adapted to sea-water or freshwater. Comp. Biochem. Physiol., 93 : 57-60.
- Secor, D. H., T. Ohta, K. Nakayama and M. Tanaka, 1998. Use of otolith microanalysis to determine estuarine migrations of Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* distributed in Ariake Sea. Fish. Sci. 1998, 64 : 740-743.
- Sower, S. A. and C. B. Schreck, 1982. Sexual maturation of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) : Accelerated ovulation and circulating steroid hormone and ion levels of salmon in freshwater and seawater. pp. 227-235. (in) Proceedings of The North Pacific Aquaculture Symposium (Eds.) Melteff, B. R. and R. A. Neve, Alaska Univ., Fairbank, Alaska Sea Grant Program, USA.
- Sun, G., Zhu, Y., Zhou, Z. and Chen, J., 1994. The reproductive biology of *Lateolabrax japonicus* in the Yangtze River estuary and Zhejiang offshore waters. J. Fish. China Shuichan Xuebao, 18 : 18-23.
- Tamaru, C. S., C. S. Lee, C. D. Kelley, G. Miyamoto and A. Moriwake, 1994. Oocyte growth of the striped mullet *Mugil cephalus* L. maturing at different salinities. J. World Aquacult. Soc., 25 : 109-115.
- Wu, G., 1989. The ecological characteristics of distribution of eggs, larvae and juveniles of the *Engraulis japonicus* (Temminck and Schlegel) and *Anchoviella commersonii* (Lecepede) in the Changjiang River Estuary. Oceanol. Limnol. Sin. Haiyang Yu Huzhao, 20 : 217-229.
- Zanuy, S. and M. Carillo, 1984. Delayed spawning of sea bass after rearing at low salinity. pp. 73-80. (in) Aquaculture of Sea Bass and *Sparids* L. (Eds.) Barnabe G. and R. Billard, Inst. Acuic. Torre de la Sal, Ribera de Cabanes, Castellon, Spain.
- 김동수 · 김종현 · 박인석, 1992. 태반성 성선자극호르몬 (Human Chorionic Gonadotropin) 처리에 의해 미꾸라지의 산란유도 및 연중 다산란 유도를 위한 연구. 한국양식학회지, 5 : 109-115.
- 김병호 · 김경민 · 이영돈 · 송춘복 · 노섭, 1997. 능성어, *Epinephelus septemfasciatus*의 번식 생물학적 연구. I. HCG 처리에 의한 배란유도. 한국양식학회지, 10 : 55-61.
- 노용길, 2000. 광주기와 호르몬 처리에 의한 점농어 (*Lateolabrax maculatus*)의 성숙과 배란유도. 부경대학교 대학원 박사학위논문. pp. 122.
- 백혜사 · 김형배 · 안철민 · 명정인, 1998. 호르몬 처리 (in vitro 실험)에 의한 농어, *Lateolabrax japonicus*의 난성숙과 배란유도. 한국양식학회지, 11(1) : 119-124.
- 장선일, 1996. 인간의 태반성 성선자극호르몬 또는 성선

자극호르몬-방출호르몬 유도체와 pimozone에 의한
황복의 배란유도. 한국양식학회지, 9:3-10.
한형균 · 이정희 · 양상근 · 노섬 · 강용진, 1999. 태반성
성선자극호르몬(HCG) 처리에 의한 독가시치, *Signus*

*canaliculatus*의 배란유도. 한국양식학회지, 12:197
204.

(접수: 2001년 8월 9일, 수리: 2001년 11월 5일)