

참가자미, *Limanda herzensteini*의 난발생에 미치는 수온과 염분의 영향

이정용 · 김완기* · 장영진

부경대학교 수산과학대학 양식학과

*국립수산진흥원 강릉수산종묘배양장

Influence of Water Temperature and Salinity on Egg Development of Flatfish, *Limanda herzensteini*

Jeong Yong Lee, Wan Ki Kim* and Young Jin Chang

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

*Kangnung Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Kangnung 213-800, Korea

In order to obtain the basic information for seedling production of flatfish, *Limanda herzensteini*, the influence of water temperature and salinity on egg development was investigated.

The desirable water temperature for egg hatching was 9~15°C. The time of egg development was shorter with higher water temperature. The relationships between the water temperature (T : °C) and the required time (t : hour) from egg to each developmental stage were given as follows :

8-cell	: $1/t = 0.0284T - 0.0554$ (r = 0.9999)
Morula	: $1/t = 0.0137T - 0.0527$ (r = 0.9998)
Kupffer's vesicle	: $1/t = 0.0035T - 0.0133$ (r = 0.9762)
Hatching	: $1/t = 0.0012T - 0.0007$ (r = 0.9981)

Biological minimum temperature for the egg development was estimated to be 2.6°C in average.

The salinity which showed over 50% survival rate from fertilized egg to hatching was 35~38‰.

Key words : Flatfish, *Limanda herzensteini*, Egg development, Water temperature, Salinity

서 론

우리나라의 해산어류 양식은 1970년대 방어 축양을 시작으로 1980년대에는 넙치의 인공종묘 생산에 의한 양식이 가능해짐으로써 급속히 발전하였다. 그러나 최근 해산어류 양식은 넙치, 조피볼락 등 몇몇 어종에 편중되어 있으므로, 넙치와 생태적으로 비슷한 저서성 가자미류를 비롯한 유영성 어류의 종묘생산 기술 개발에 의한 양식품종의 다양화가 요구되고 있다.

참가자미, *Limanda herzensteini*는 가자미목 (Pleuronectiformes), 가자미과 (Pleuronectidae)에 속하며, 우리나라의 동해, 일본의 세토내해 이북, 중국 및 사할린 근해에 분포하는 어종이다 (鄭, 1977). 본 종은 연안정착성 어종으로 동해 안에서 낚시 및 저인망 어업에 의해 어획되는 산업적 가치가 큰 고급어종이며, 저수온에 강하여 한류성 해역에서의 양식 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 그러나 최근에는 참가자미의 자원량 감소가 두드러지고 있으므로 자원증강을 위한

종묘생산 기술개발이 절실히 요구된다.

지금까지 참가자미에 관한 연구로는 盧 等 (1988)의 초기발생과 자치어 사육에 관한 연구와 和田(1970a, b) 및 崔 等(1986)의 연령, 성장 및 성숙에 관한 연구가 있다.

어류의 종묘생산 기간중 먹이를 필요로 하지 않는 난발생 및 부화시기에 있어 발생배는 수온과 염분 등의 환경요인과 어미의 성숙도에 따라 생존율이 달라지며, 특히 자연산 친어를 이용하는 종묘생산시에는 환경요인이 초기 생존율에 크게 영향을 미칠 수 있음에도 이에 관한 구체적인 연구 결과는 거의 없다.

따라서, 본 연구에서는 참가자미의 과학적이고 효율적인 종묘생산을 위한 기초지식을 얻고자 난발생에 미치는 수온과 염분의 영향에 관하여 조사하였다.

재료 및 방법

실험용 어미로는 1996년 4월 2일과 4월 18일에 강원도 양양 연안의 정치망에서 채포된 것 중 암컷은 육안적으로 복부가 팽출하고, 수컷은 외견상 건강한 참가자미를 선별하여 사용하였다. 어미는 실험실로 운반하여 FRP수조(1톤)에 유수식으로 사육하면서, 채란 채정용 어미로 사용하였다.

수정은 암수를 복부압박법으로 채란 및 채정하여, 부상란을 수거한 후 습식법으로 인공수정

하였다. 수정 30분 후 광학현미경에 의해 수정을 확인하고 즉시 세란하여 각 실험구에 수용하였다. 수온별 난발생 속도와 각 발생 단계의 생존율을 구하기 위하여 스티로폴 수조(45×30×20 cm) 7개에 자동 온도조절기를 설치하여 6, 9, 12, 15, 18, 21 및 24°C로 맞추어 실험을 실시하였다. 수정란은 각 수조에 1ℓ 비이커를 8개씩 설치하고 비이커당 약 1,000개씩 수용하여 관찰하였다. 수온에 따른 발생속도의 차이를 파악하기 위한 지표로서 8세포기, 상실기, Kupffer세포 출현기 및 부화자어를 기준으로 하여(Fig. 1) 발생 단계별 소요 시간을 비교하였다. 또한 염분별 부화율과 생존율을 조사하기 위하여 증류수와 천일염을 혼합하여 만든 23, 27, 31, 35 및 38%의 실험해수에서 난발생 실험을 하였다. 이때 실험해수의 수온은 수온별 실험에서 정상적인 난발생 경과를 보였던 12°C로 조절해 주었다. 난발생은 수정 후 30분 마다 입체현미경(Olympus, SZH 10)으로 관찰하였으며, 알에 정액을 첨가한 시각을 기준으로 발생단계별로 해당 단계에 달한 알의 비율이 50%가 될 때의 경과시간과 각 발생단계 마다의 생존율을 구하였다. 난발생중 바닥에 가라앉은 알은 폐사한 것으로 간주하고 수질 관리를 위하여 제거하였다.

결 과

실험 기간중 참가자미의 어체 크기와 성숙도

Table 1. Body size and maturity of *Limanda herzensteini*

Date	Sex	No. of fish	TL (cm) (Av.)	BW (g) (Av.)	GW (g) (Av.)	GSI (Av.)
Apr. 2	Female	5	22.7~26.2 (24.4)	183.9~326.4 (260.0)	48.5~78.7 (63.9)	23.4~26.3 (24.7)
	Male	3	22.0~25.3 (23.8)	153.5~201.3 (184.6)	3.3~5.1 (4.2)	2.1~2.5 (2.3)
Apr. 18	Female	6	18.4~24.8 (21.2)	102.6~249.1 (165.6)	28.6~41.0 (37.5)	17.6~29.1 (23.7)
	Male	3	18.8~19.6 (19.2)	97.6~103.1 (100.9)	0.9~1.0 (0.9)	0.7~1.0 (0.8)

TL : total length, BW : body weight, GW : gonad weight, Av. : average, GSI : $GW \times 100 / BW$

를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 4월 2일 채포된 암컷은 체장 평균 24.4 cm였으며 체중 평균 260.0 g으로 생식소 중량지수(GSI)는 24.7이었다. 그러나 수컷의 GSI는 2.3이었다. 한편, 4월 18일 채집된 개체들의 GSI는 암수 각각 23.7과 0.8로서 4월 2일에 채집된 어체 보다 낮게 나타났다.

참가자미의 수정란은 구형의 분리부성란으로 난경은 평균 $884 \pm 8.4 \mu\text{m}$ ($n=30$)였으며, 유구는 관찰되지 않았다. 수정후에 난막은 난황으로부터 분리되고 배반이 형성된 후 반황에 의해 2세포기, 4세포기, 8세포기, 16세포기 및 상실기로 발달하였다. 이후 낭배기에 달하여 배반은 난황을 덮고 내려와 배체를 형성하였으며, 안포와 Kupffer세포가 형성되고 근절도 분화되었다. 이어서 눈에 렌즈가 형성되면서 Kupffer세포가 사라졌으며, 배 전체에 흑색소포가 발달하면서 부화가 시작되었다. 부화직후의 자어는 전장이 2.4~2.7 mm (평균 $2.6 \pm 0.1 \text{ mm}$, $n=30$)로 장경 0.9 mm, 단경 0.6 mm의 난황을 지니고 있었다.

발생과정중 경과시간에 따른 수정란의 수온별 생존율을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 24°C에

서는 실험시작 6시간 후에 50%의 침하율을 보이다가, 12시간후에는 모두 폐사하였다. 또한 21°C와 18°C에서도 실험시작 24시간내에 모두 폐사하였다. 그러나 수온 15°C에서는 실험시작 24시간까지 40%의 폐사를 보인 후 점차 폐사량이 감소하여 48시간 후에는 50%의 생존율을 보였으며 40%가 부화 완료하였다. 12°C와 9°C에서는 24시간까지의 20% 전후의 폐사를 보인 다음, 각각 65%와 58%의 부화율을 나타냈다. 그러나 6°C에서는 실험시작 24시간 만에 60%의 폐사후 100시간 경과시까지 부화하는 개체는 관찰되지 않았다.

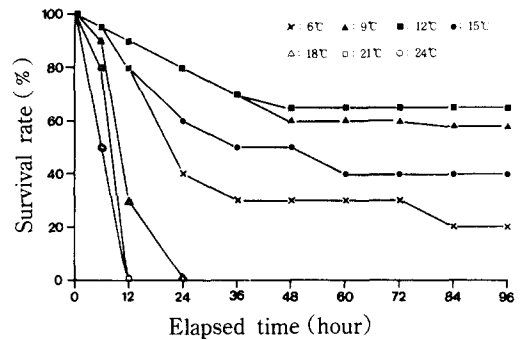


Fig. 2. Survival rates of fertilized eggs of *Limanda herzensteini* at various water temperatures.

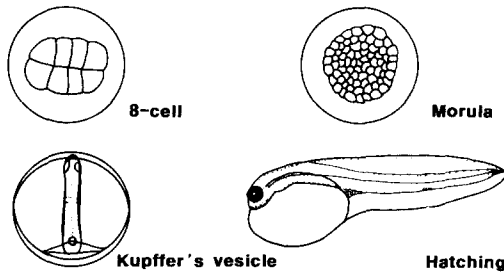


Fig. 1. Egg developmental stage of *Limanda herzensteini*.

수온별로 각 발생 단계에 이르기까지의 평균 소요 시간은 Table 2에 나타냈다. 9°C에서 상실기까지의 발생은 평균 14시간 걸린 반면, 21°C에서는 평균 5시간이 소요되었다. 또한 부화자어까지의 평균 소요시간은 9°C일 때 95.5시간, 12°C일 때 72.5시간, 15°C일 때 56.0시간인 것으로

Table 2. Relationships between water temperature and time (hour) required to each developmental stage from fertilized egg

Developmental stage	Water temperature (°C)						
	6	9	12	15	18	21	24
8-cell	8.0	5.0	3.5	2.7	2.4	2.2	2.0
Morula	ND	14.0	9.0	6.5	5.5	5.0	dead
Kupffer's vesicle	ND	48.0	39.0	25.0	18.5	dead	dead
Hatching	ND	95.5	72.5	56.0	dead	dead	dead

ND : no more developed.

나타나, 수온이 높을수록 발생 단계별 소요 시간이 짧아지는 경향을 보였다. 그러나 18°C 이상과 6°C에서의 배는 부화에 이르지 못하였다.

이상의 결과를 그림으로 나타냈을 때, 수온별 발생속도는 직선함수적 관계를 나타냈다(Fig. 3). Fig. 3에서 X축은 수온, Y축은 시간의 역수를 나타내고 있으며, 이로부터 얻어진 수온(T:°C)과 발생 단계별 소요 시간(t:hour)의 관계식은 8세포기

$$1/t = 0.0284T - 0.0554 \quad (r = 0.9999)$$

상실기

$$1/t = 0.0137T - 0.0527 \quad (r = 0.9998)$$

Kupffer씨포 출현기

$$1/t = 0.0035T - 0.0133 \quad (r = 0.9762)$$

부화자어기

$$1/t = 0.0012T - 0.0007 \quad (r = 0.9981)$$

로 표시되었다.

이들 관계식을 기초로 Y축의 값이 0일 때 회

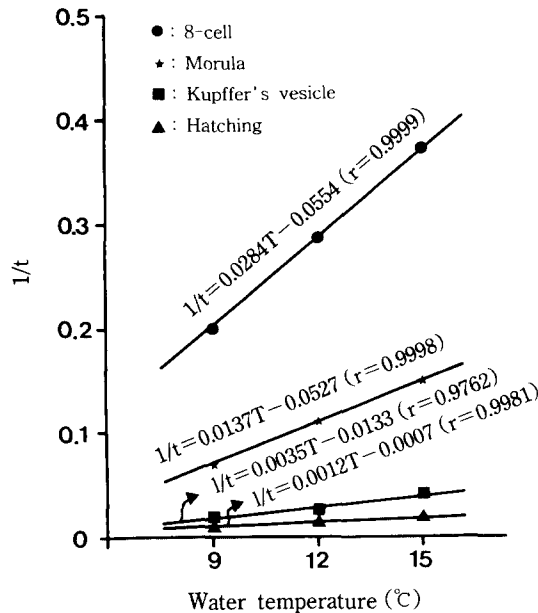


Fig. 3. Relationships between water temperature and time required to each development stage after fertilization of *Limanda herzensteini*. T: water temperature, t: hour.

귀직선이 X축에 접하는 수온, 즉 참가자미의 초기 발생에 있어서 난발생이 정지하는 생물학적 영도 (biological minimum temperature)는 평균 2.6°C로 산정되었다.

염분별 수정란의 생존율을 경과 시간별로 나타내면 Fig. 4와 같다. 일반해수에 비해 낮은 염분인 27% 이하에서는 수용 12시간후 60~80%의 침하율을 보였으며, 수용 24시간후에 전량 폐사하였다. 그러나 정상해수인 35%과 고염분인 38% 해수에서는 부화시까지 각각 60%와 58%의 생존율을 보였다.

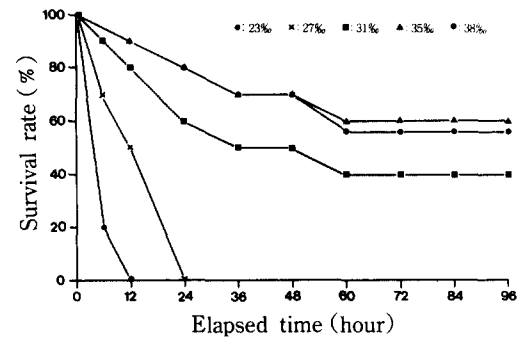


Fig. 4. Survival rates of fertilized eggs of *Limanda herzensteini* at various salinities.

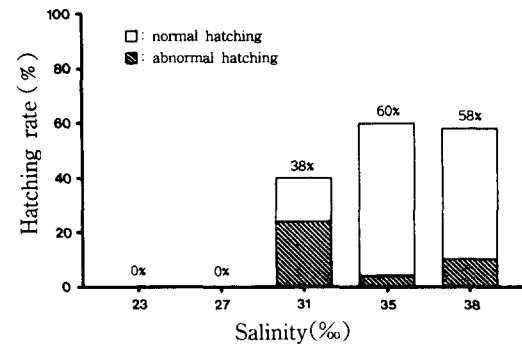


Fig. 5. Hatching rates of fertilized eggs of *Limanda herzensteini* at various salinities.

염분별 수정란의 부화율을 나타내면 Fig. 5와 같다. 염분 27% 이하의 저염분에서 수정란은 모두 침하하고 난막이 붕괴되었으며, 부화율은 0%였다. 31%에서는 부화율이 38%였으나 그중 60%의

부화자어가 기형으로 정상적인 유영을 하지 못하고 바닥에 침하하였다. 그러나 35%과 38%에서는 58~60%의 부화율을 보인 반면, 38%에서는 5%의 부화자어가 정상적인 유영을 하지 못하고 떠있는 것이 관찰되었다.

고 찰

참가자미의 산란기에 대하여 崔 等(1986)은 영일만에서 3~4월이라고 하였으며, 일본의 高橋 等(1983)은 4~6월에 산란이 일어나며, 수컷이 먼저 성숙한다고 보고하였다. 본 연구의 채집지역에서는 성숙개체가 3월부터 5월초까지 나타남으로써, 강원도 양양 연안의 참가자미의 주된 산란기는 4월인 것으로 판단된다. 또한, 高橋 等(1983)은 암컷 18 cm 이상, 수컷 16 cm 이상이면 100% 성숙가능하며 산란기의 월평균 GSI가 암수 각각 15와 2라 하여 본 연구에서 4월초에 보인 24.7 및 2.3에 비해 다소 낮은 편이었다.

참가자미 알의 성질은 분리부성란으로 구형이었다. 수정란의 크기는 평균 884 μm 로 盧 等(1988)이 보고한 평균 885 μm 와 거의 일치하였다. 수정란의 난할은 동물극쪽으로 이동한 원형질의 움기로 배반이 형성되고 배반이 분열하여 2세포기, 4세포기, 8세포기 및 16세포기로 발달함으로써 가자미과의 전형적인 발생 과정을 나타내었다.

참가자미의 부화 가능 수온은 9~15°C로서, 고수온에 매우 약한 경향을 보였다. 그러나 저수온에서는 즉시 폐사하지 않았으나 발생이 늦어짐으로써 부화율이 낮게 나타났다. 이러한 결과는 高橋 等(1987)이 치어(17.3~24.3 cm)를 대상으로 한 수온에 따른 섭식과 생존실험에서 저수온에는 강하나 19°C 이상의 고수온에서는 섭식률과 생존율이 급격히 감소한다는 보고와 관련이 있는 것으로 생각된다.

수온별 부화에 이르는 평균 시간은 9°C에서 95.5시간, 12°C에서 72.5시간, 15°C에서 56.0시간이 소요됨으로써 盧 等(1988)의 12.5~13.5°C에서

72시간만에 부화한다는 결과와 비슷하였으며, 9~15°C 범위에서는 수온이 높을수록 난발생 속도가 빨라지는 경향이 있었다. 특히 부화가 이루어진 9, 12 및 15°C에서의 수온과 난발생 속도는 정상관계를 가지므로, 생체 반응의 온도 의존성에 관한 지표인 Q_{10} 의 법칙에 부합된다고 할 수 있다.

본 연구에서 참가자미의 생물학적 영도는 2.6°C로 산정되었으나, 수온 6°C에서 8세포기 이후의 난발생은 실험개시후 100시간까지 관찰되지 않았다. 이는 생물학적 영도 이상의 수온에서 난발생이 매우 느리게 진행되고 있는 것을 의미하는 것으로 수정란이 모두 바닥으로 가라앉았다해서 폐사한 것이 아님을 추측할 수 있게 한다.

염분에 따른 실험 결과, 35% 이상에서는 정상적인 발생이 일어난 반면, 27% 이하에서는 전량 폐사함으로써 고염분에는 강하나 저염분에는 약한 경향을 보였다. 따라서 종묘생산시 대량 강우로 인한 저염분 해수의 유입에 각별히 주의해야 할 것으로 생각된다. 그러나 염분에 따른 난발생 속도에는 차이가 없으므로, 염분과 난발생 속도 사이에 직접적인 관계는 없는 것으로 생각된다.

결론적으로 참가자미의 종묘생산시 난발생은 수온 9~15°C, 염분 35% 이상의 해수에서 실시하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

요 약

참가자미의 종묘생산을 위한 생물학적 기초자료를 얻기 위하여 난발생에 미치는 수온과 염분의 영향을 조사하였다.

수정란의 정상적인 부화는 9~15°C에서 가능하였으며 생존율은 12°C에서 가장 높게 나타났다. 난발생의 각 단계에 이르기까지의 수온(T : °C)에 따른 발생속도(t : hour)는 수온이 높을수록 빨랐으며, 그 관계식은 다음과 같았다.

8세포기

$$: 1/t = 0.0284T - 0.0554 \quad (r = 0.9999)$$

상실기

$$: 1/t = 0.0137T - 0.0527 \quad (r = 0.9998)$$

Kupffer세포 출현기

$$: 1/t = 0.0035T - 0.0133 \quad (r = 0.9762)$$

부화자어기

$$: 1/t = 0.0012T - 0.0007 \quad (r = 0.9981)$$

참가자미의 난발생이 개시되는 생물학적 영도는 평균 2.6°C로 나타났다. 설정 수온별로 수정에서 부화에 이르기까지의 평균 소요시간은 9°C에서 95.5시간, 12°C에서 72.5시간 및 15°C에서 56.0시간이었다.

염분별 부화까지의 생존율은 35~38%에서 높게 나타났다.

참 고 문 헌

盧龍吉 · 朴斗元 · 李琪澤, 1988. 참가자미의 初期發

生과 仔稚魚飼育에 關한 研究. 수진연구보고 41, 65~73.

鄭文基, 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울, pp. 574.

崔秀河 · 全永烈 · 孔龍根 · 孫松正, 1986. 참가자미의 年齡, 成長 및 成熟에 關한 研究. 수진연구보고 39, 43~51.

高橋豐美 · 齊藤重男 · 前田辰昭 · 木村大, 1983. 陸奥灣におけるマガレイとマコガレイ成魚の生活年週期. 日本水産學會誌 49, 663~670.

高橋豐美 · 富永 修 · 前田辰昭, 1987. マガレイおよびマコガレイの攝餌と生存に及ぼす水温の影響. 日本水産學會誌 53, 1905~1911.

和田克彦, 1970a. 新潟縣冲合産マガレイの資源生物學的研究-I. 年齡と成長. 日本海區水研報告 22, 31~43.

和田克彦, 1970b. 新潟縣冲合産マガレイの資源生物學的研究-II. 成熟と産卵. 日本海區水研報告 22, 45~57.