발생과 생식 제 14권 제 2호, 59~63 (2010)
Dev. Reprod. Vol. 14, No. 2, 59~63 (2010)

넙치 *Paralichthys olivaceus* 수정란의 수온별 발생 속도

김영수 · 도용현 · 김수연 · 장영진†

부경대학교 해양바이오신소재학과

Developmental Speed of Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* Eggs in Various Water Temperatures

Young Soo Kim, Yong Hyun Do, Su Yun Kim and Young Jin Chang†

Dept. of Marine Bio-materials and Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

ABSTRACT : This study was performed to examine the influence of water temperature on egg developmental speed for determining the required time and optimum water temperature for hatching of olive flounder *Paralichthys olivaceus* eggs. The fertilized eggs were collected from the naturally spawned adults in November 2007. The eggs were randomly divided into 6 groups of temperature (5, 10, 15, 20, 25 and 30℃) and transferred in 1 ℓ beaker, respectively. The fertilized eggs of the olive flounder did not hatched at 5℃ and 30℃ and hatching rates at 10, 15, 20 and 25℃ were 3, 12, 25 and 50%, respectively. The relationships between the water temperature (T, ℃) and required time (1/t, hour) from egg to each developmental stage were given as follows ;

Blastula: $1/t=0.0208T-0.0951$ ($r^2=0.8593$)
Kupffer's vesicle: $1/t=0.0052T-0.0176$ ($r^2=0.9819$)
Myotome: $1/t=0.0034T-0.0172$ ($r^2=0.8508$)
Hatching: $1/t=0.0016T-0.0068$ ($r^2=0.9915$)

Biological minimum temperature in egg development was calculated to be 4.3℃.

Key words : Olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, Egg developmental speed, Biological minimum temperature.

요 약 : 넙치 수정란의 발생에 미치는 수온의 영향을 조사하였다. 실험에 사용된 수정란은 실내 사육수조에서 자연산란된 것으로서, 6개의 수온별 실험구(5, 10, 15, 20, 25 및 30℃)에 수용하여 발생과정을 관찰하였다. 수정란은 10, 15, 20 및 25℃에서 부화 가능하였으며, 부화율은 각각 3, 12, 25 및 50%였다. 발생단계별 수온(T, ℃)과 소요 시간(1/t, hour)과의 상관관계식은 다음과 같다.

포배기: $1/t=0.0208T-0.0951$ ($r^2=0.8593$)
쿠퍼씨포기: $1/t=0.0052T-0.0176$ ($r^2=0.9819$)
근절기: $1/t=0.0034T-0.0172$ ($r^2=0.8508$)
부화: $1/t=0.0016T-0.0068$ ($r^2=0.9915$)

위 식을 이용하여 산정한 넙치 난 발생의 생물학적 영도는 4.3℃였다.

서 론

양식어류의 종묘 생산에 있어 수온은 수정란의 발생 및 자치어 사육에 영향을 미치며, 자연 및 인위적 환경에서 수온의 변화는 수정란의 부화 및 사육을 위한 적절한 시기 결정을 좌우한다(Yoon et al., 2007). 그럼에도 불구하고 양식어

† 교신저자: 부산시 남구 대연3동 599-1 부경대학교 해양바이오신소재학과. (우) 608-737, (전) 051-629-5915, (팩) 051-629-5908, E-mail: yjchang@pknu.ac.kr

류의 난 발생 및 사육에 있어 수온 관리를 다룬 연구 결과는 미미한 실정이다. 한국의 어류양식 생산에 중요한 위치를 점하고 있는 넙치만 보더라도 질병(Kim et al., 2009), 사료공급효율(Kim et al., 2005), 사육 관리(Min et al., 2009) 등에 관한 연구만 있을 뿐, 넙치 수정란의 적정 발생 수온에 관한 연구는 찾아보기 어렵다. 이러한 상황에서 수정란의 발생에 관한 연구는 넙치양식에 있어 더욱더 안정적인 종묘 생산을 위해서 중요한 요소가 아닐 수 없다. 그러므로 본 연구에서는 적정 발생단계의 수정란을 정확한 시간대에 얻고 적정 난 발생 수온를 구명하기 위하여, 수온별 난 발생 및 난 발생 속도를 관찰 · 비교하고, 이를 바탕으로 안정적인 넙치종묘 생산을 위한 기초 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

난 발생 관찰용 넙치 수정란은 2007년 11월 제주시 북제주군에 소재한 양식장에서 자연산란된 것을 사용하였다. 수온이 난 발생에 미치는 영향을 조사하기 위하여 사각 수조(55×48×30 ㎝) 6개를 5, 10, 15, 20, 25 및 30℃의 6개 실험구로 나누어 설정하였고, 각각의 실험구에 1 ℓ 비이커 3개를 두어 3반복 실험으로 진행하였다. 이때 사용된 해수는 마이크로 필터(ϕ 25 ㎛)를 이용하여 여과한 34 psu의 해수였다. 수온에 따른 부화율을 조사하기 위하여 난 발생 속도 실험구에는 동일하게 수정란을 200개/ℓ로 수용하여 관찰하였다. 또한 수온에 따른 발생 속도의 차이를 조사하기 위하여 포배기, 쿠퍼씨포(Kupffer's vesicle)기, 근절기(근절 10개 이상) 및 부화 직후를 기준으로 하였고(Fig. 1), 각 발생 단계별 소요 시간, 부화시간, 부화율 등을 관찰하였다. 또한 자연산란에 의해 얻은 수정란이 최초 난 발생 관찰시 이미 16세포기로 발생이 진행된 점을 감안하여, 기 발표된 난 발생 자료(National Fisheries Research and Development Institute, 2006)를 토대로 각 발생 수온별 16세포기까지의 소요 시간을 추정하고, 이를 각 수온구별 발생시간에 보정해 주었다. 단계별 발생은 광학현미경을 이용하여 관찰하였으며, 각 발생단계에 도달한 알의 비율이 전체 발생란의 50% 이상을 차지한 시점을 기준으로 하여 경과 시간을 조사하였다.

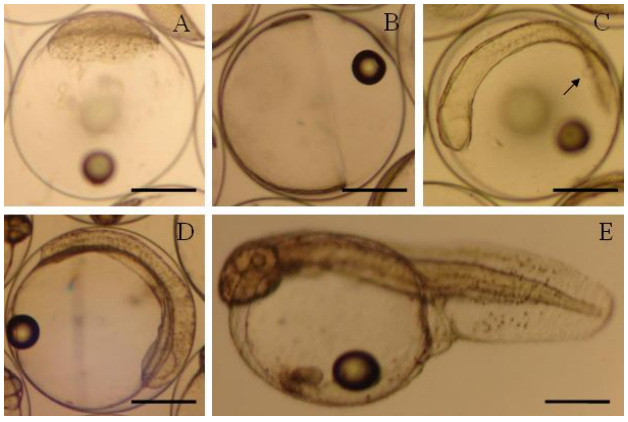

Fig. 1. Developmental stages of olive flounder *Paralichthys olivaceus*. (A) Blastula; (B) Gastrula; (C) Kupffer's vesicle (arrow); (D) Myotome; (E) Hatching, Scale bar=300 ㎛.

결 과

1. 수온에 따른 난 발생 속도

넙치의 난 발생 과정에서 수온별로 각 발생단계에 도달하는 시간은 Table 1과 같다. 수정에서부터 포배기까지 소요되는 시간은 10℃에서 6시간 54분, 15℃에서 4시간 55분, 20℃에서 4시간, 25℃에서 2시간 6분이 소요되었다. 쿠퍼씨포

Table 1. Relationships between water temperature and time (hours) required to each developmental stage from fertilized egg in olive flounder *Paralichthys olivaceus*

Developmental stage	Water temperature (℃)					
	5	10	15	20	25	30
Blastula	8.9	6.9	4.9	4.0	2.1	2.0
Kupffer's vesicle	Dead	25.9	17.9	12.0	8.6	Dead
Myotome	Dead	41.9	35.4	24.5	13.1	Dead
Hatching	Dead	96.9	61.4	39.5	29.1	Dead

기까지의 소요 시간은 10℃에서 25시간 54분, 15℃에서 17시간 54분, 20℃에서 24시간 30분, 25℃에서 8시간 48분이 소요되었다. 근절기까지의 소요 시간은 10℃에서 41시간 54분, 15℃에서 35시간 24분, 20℃에서 24시간 30분, 25℃에서 13시간 6분이 소요되었다. 부화시까지의 소요 시간은 10℃에서 96시간 55분, 15℃에서 61시간 24분, 20℃에서 39시간 30분, 25℃에서 29시간 6분이었으며, 10℃에 비해 15℃는 1.5배, 20℃는 2.5배, 25℃는 3.3배 빨랐다. 본 연구에서 수온(T)과 발생단계별 소요 시간(1/t)의 관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다(Fig. 2).

포배기: $1/t=0.0208T-0.0951$ ($r^2=0.8593$)
쿠퍼씨포기: $1/t=0.0052T-0.0176$ ($r^2=0.9819$)
근절기: $1/t=0.0034T-0.0172$ ($r^2=0.8508$)
부화: $1/t=0.0016T-0.0068$ ($r^2=0.9915$)

이들 관계식을 기초로 산정한 생물학적 영도(biological minimum temperature)는 4.3℃였다. 생물학적 영도를 이용하여 작성한 Fig. 3은 발생 수온별 소요 시간을 손쉽게 알아볼 수 있는 조견표가 될 것이다. 예를 들면, 넙치 수정란에

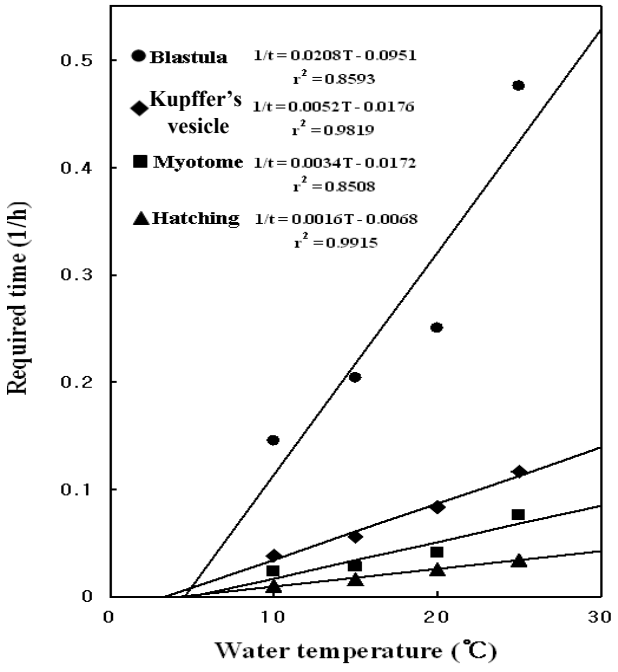

Fig. 2. Relationship between water temperature and required time from fertilization to each developmental stage in olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

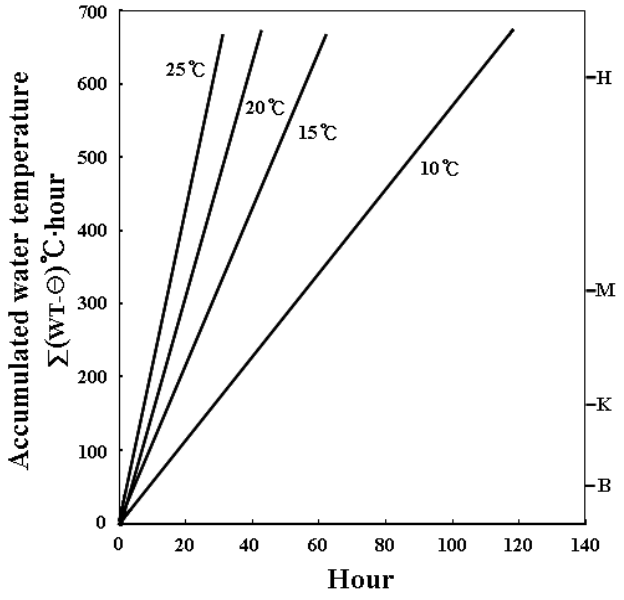

Fig. 3. Relationship between required time from fertilization to each developmental stage in olive flounder *Paralichthys olivaceus* and accumulated water temperature. B: Blastula, H: Hatching, K: Kupffer's vesicle, M: Myotome.

대한 25℃의 수온에서 부화까지 소요되는 시간과 적산수온을 알기 위해서는 Fig. 3에 제시된 25℃ 직선을 우측 y축의 H와 연결하여 보면, 각각 약 30시간과 600℃임을 알 수 있다.

2. 수온에 따른 부화율

수온별 발생실험의 넙치 수정란은 5℃와 30℃에서 각각 수정후 40시간째와 11시간째에 더 이상 발생의 진전을 보이지 않은 채 전량 폐사하였다. 반면, 10, 15 및 20℃에서는 각각 3, 12 및 25%의 부화율을 보였으며, 25℃에서는 50%로 가장 높은 부화율을 나타냈다. 각 발생 수온에 있어서 모든 수정란은 정상적으로 발생하였으며, 전량 폐사하였던 5℃와 30℃에서 기형을 나타내는 발생배는 관찰되지 않았다.

고 찰

어류의 종묘 생산 과정에서 수온은 어류의 난 발생 및 자치어의 성장과 생존에 영향을 미치는 중요한 환경요인 중의 하나이다(Yoon et al., 2007). 해산어류의 난 발생에서 적정 수온을 벗어나면 부화율과 생존율이 낮아지고, 부화에 적합한 수온은 대체로 자연산란 시기의 수온과 비슷한 것으로 알

Table 2. Biological minimum temperatures of already studied fish species

Common name	Scientific name	Biological minimum temperature (℃)	Habitat (zone)	Reference
Red sea bream	*Pagrus major*	10.2	Subtropic	Yoo et al. (1991)
Flatfish	*Limanda herzensteini*	2.6	Cold	Lee et al. (1997)
Panther puffer	*Takifugu pardalis*	5.5	Temperate	Han & Cho (2007)
Longtooth grouper	*Epinephelus bruneus*	9.8	Subtropic	Yang et al. (2007)
Chub mackerel	*Scomber japonicus*	6.9	Subtropic	Hwang et al. (2008)
Olive flounder	*Paralichthys olivaceus*	4.3	Temperate	Present study

려져 있다(Herzig and Winkler, 1986). 넙치의 서식 온도는 10~27℃, 최적 사육 수온은 21~24℃로써, 10℃ 이하와 27℃ 이상에서는 먹이를 거의 섭취하지 않는다고 한다(National Fisheries Research and Development Institute, 2006). 본 연구에서 넙치 수정란은 5℃와 30℃에서 전량 폐사하였으나, 10, 15, 20 및 25℃에서는 난 발생이 가능하여 각각 3, 12, 25 및 50%의 부화율을 나타냄으로써, 상술한 온도와 부합됨을 알 수 있었다.

본 연구에서 부화 가능 수온은 10~25℃로써 수온이 낮을수록 난 발생 속도와 부화율이 낮게 나타났다. 아울러 10, 15, 20 및 25℃에서의 수온과 난 발생 속도는 정상관계 즉, 수온이 증가할수록 난 발생 속도가 짧아지는 것으로 나타나, 난 발생에 있어 수온은 중요한 요인이 되며 생체 반응의 온도 의존성에 관한 법칙인 Q_{10}에 부합된다고 할 수 있다.

넙치와 같은 저서성 어종인 서해산 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)의 경우, 수정에서 부화까지 10℃ 138.5시간, 13℃ 99.3시간, 16℃ 75.3시간, 19℃ 60.3시간(Jeon et al., 2002)으로 나타나, 10~20℃ 범위에서 본 연구의 넙치 알이 냉수성인 돌가자미 알보다 부화에 소요되는 시간이 짧았다. 반면에 유영성이면서 아열대성 어종인 자바리(*Epinephelus bruneus*)의 경우, 18℃ 70.5시간, 21℃ 44.2시간, 24℃ 29.2시간, 27℃ 24.5시간(Yang et al., 2007)으로 넙치보다 부화에 소요되는 시간이 짧았다. 어류는 육상 포유동물과 달리 변온동물로서 온도에 많은 영향을 받게 되고, 서식지와 서식수온에 제약을 받는다. 따라서 각 종별 생물학적 영도가 구해진다면 Table 2와 같이 서식역별로 종을 나눌 수 있다. 넙치는 참돔(*Pagrus major*), 자바리, 고등어(*Scomber japonicus*) 등의 열대성 어종보다 생물학적 영도가 낮으나, 냉수성 어종인 참가자미(*Limanda herzensteini*)보다는 높아 온대성 어종으로 판정할 수 있다.

본 연구에서 나타난 넙치의 생물학적 영도를 이용하여 난 발생에 있어서 발생 정지 수온을 알 수 있었다. 또한 적산수온 그래프를 통해 적정 발생단계의 수정란을 원하는 시간대에 얻거나, 넙치의 발생공학 실험과 종묘 생산 현장 등에서 공정화를 기할 수 있는 자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

인용문헌

Han KH, Cho JK (2007) Effect of water temperature on the embryonic development of panther puffer *Takifugu pardalis*. J Aquacult 20:265-269.

Herzig A, Winkler H (1986) The influence of temperature on the embryonic development of three cyprynid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides* and *Vimba vimba*. J Fish Biol 28:171-181.

Hwang HK, Ki DH, Park MW, Yoon SJ, Lee YH (2008) Effects of water temperature and salinity on the egg and larval of chub mackerel *Scomber japonicus*. J Aquacult 21:234-238.

Jeon JC, Hong CH, Jeong UY, Lee CH, Kim BG (2002) Influence of water temperature and salinity on early development of the stone flounder, *Kareius bicoloratus* from west sea of Korea. J Ichthiol 14:190-197.

Kim KW, Kang YJ, Kim KM, Lee HY, Kim KD, Bai SC (2005) Long-term evaluation of extruded pellet diets

compared to raw fish moist pellet diet for growing flounder, *Paralichthys olivaceus*. J Aquacult 18:225-230.

Kim MS, Kim KD, Kim KW, Park MA, Kim JW (2009) The efficacy and influence on growth of olive flounder *Paralichthys olivaceus* vaccinated against *Edwardsiella tarda* and *Streptococcus iniae*. J Fish Pathol 22:327-334.

Lee JY, Kim WK, Chang YJ (1997) Influence of water temperature and salinity on egg development of flat fish, *Limanda herzensteini*. J Aquacult 10:357-362.

Min BH, Lee JH, Noh JK, Kim HC, Park CJ, Choi SJ, Myeong JI (2009) Hatching rate of eggs and growth of lavae and juveniles from selected olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Dev Reprod 13:239-247.

National Fisheries Research and Development Institute (2006) Standard manual of olive flounder culture. NFRDI SP-2006-AQ-002 pp. 192.

Yang MH, Choi YU, Jung MM, Ku HD, Oh BS (2007) Temperature effect in egg development and hatching of longtooth grouper, *Epinephelus bruneus*. J Dev Biol 11:105-110.

Yoo SK, Chang YJ, Kang KH (1991) Influnce of water temperature on egg development of the red sea bream, *Pagrus major*. J Aquacult 4:13-18.

Yoon SJ, Kim DH, Hwang HG, Song GC, Kim YC (2007) Effects of water temperature, stocking density and feeding frequency on survival and growth in the oblong rockfish *Sebastes oblongus* lavae. Korean J Ichthyol 19:1-7.

(received 3 March 2010, received in revised from 19 April 2010, accepted 21 April 2010)