

수온이 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)의 난발생과 자치어 성장에 미치는 영향

이성훈 · 주현 · 연인호 · 이원교 · 한경호

전남대학교 수산해양대학 양식생물학과

Effect of Water Temperature on the Egg Development and Growth of Larvae and juvenile of *Pseudopungtungia nigra*

Seong-Hun Lee, Hyun Joo, In-Ho Yeon, Won-Kyo Lee, Kyeong-Ho Han
*Aquaculture program, College of Fisheries and Ocean Sciences,
Chonnam National University*

ABSTRACT

The fertilized eggs were obtained from mature adult Black shinner *Pseudopungtungia nigra* to determine the water temperature effect on egg development and growth of Larva. Hatching periods after fertilization were 189~190 hours in 22.0°C, 164~168 hours in 24.0°C and 142~145 hours in 26.0°C respectively. Hatching rates were 78% in 22.0°C, 71.8% in 24.0°C and 61.0% in 26.0°C respectively. It was decreased with increasing temperature. During the 200 days of the rearing in 5 different temperature conditions, growth of the larvae and juveniles was 36.92 mm TL in 18.0°C, 39.51 mm TL in 20.0°C, 41.62 mm TL in 22.0°C, 43.73 mm TL in 24.0°C and 47.65 mm TL in 26.0°C respectively. Survival rate of them was 87.71% in 18.0°C, 80.65% in 20.0°C, 78.17% in 22.0°C, 68.58% in 24.0°C and 53.84% in 26.0°C respectively. Growth of them was the highest in 26.0°C, but survival rate was the lowest in 26.0°C.

Keywords : Effect, Temperature, Egg, *Pseudopungtungia nigra*

[†]Corresponding author E-mail: aqua05@jnu.ac.kr

1. 서론

감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)는 잉어목(Cypriniformes), 잉어과(Cypridae), 모래무지아과(Gobioninae), 감돌고기속(*Pseudopungtungia*)에 속하는 어류로 우리나라 금강, 웅천천, 망경강에만 분포하는 한국특산어종이다(Fig. 1.)^{5,6,22)}.

감돌고기는 1935년에 Mori가 충청북도 영동군 횡간에서 채집하여 새로운 속, 새로운 종으로 발표하였지만, 1993년 강과 김이 감돌고기의 형태를 조사한 뒤에 이 종도 돌고기와 같이 돌고기속(*Pungtungia*)에 넣어야 한다고 주장하였으나, 현재는 감돌고기속에 포함되어 있다⁷⁾.

감돌고기에 대한 연구로는 산란습성 및 초기생활사³⁾, 돌고기(*Pungtungia herzi*)와 감돌고기의 숙간 자연변종의 발생¹¹⁾ 등이 있다. 그리고 같은 아과(亞科)에 속하는 종에 관한 연구는, 돌고기의 산란습성 및 초기생활사²⁾, 한국산 잉어과 어류의 1신종, 가는돌고기(*Pseudopungtungia tenuicorpus*)에 관하여⁴⁾ 등이 있다.

최근 날로 심각해지는 하천의 오염과 최근 산업이 발달하면서 하천의 중상류가 댐 건설 등의 건설 공사로 인한 하천의 변형으로 감돌고기를 포함한 다수어류의 개체 수가 현저히 감소하고 있다.

따라서 이 연구는 사라져 가는 감돌고기의 난 발생 및 자어 사육에 수온이 미치는 영향을 연구함으로써 대량 종묘생산을 가능하게 하고, 종묘생산된 치어들을 과거 서식 장소에 방류하여 자원을 복원, 보호함과 동시에 한국 고유종인 감돌고기를 산업적인 관상어류로 개발하기 위한 기초자료를 축적하는데 그 목적이 있다.



Fig. 1. Photo of *Pseudopungtungia nigra*.

2. 지정학적 분석

수온이 감돌고기의 난 발생과 자치어 사육에 미치는 영향을 연구하기 위하여 2003년 4월부터 6월까지 전라북도 진안군 부귀면 월평리에 위치한 금강지류인 두남천(Fig. 2)에서 투망과 반두를 이용하여 감돌고기의 어미를 채집하여 전남대학교 자원생물 실험실로 운반하였다.



Fig. 2. The sampling area of *Pseudopungtungia nigra* at Dunam stream.

2.1. 난의 수정율 및 부화율

수정은 어미의 복부를 인위적으로 압박하여 추출한 난과 정자를 건식법으로 인공 수정시켰고,

난발생에 미치는 수온의 영향을 조사하였다.

20 L 용량의 투명 유리수조에 여과담수를 채우고, 각 실험수조의 수온을 19, 22, 24, 26℃로 설정하였다. 각 실험수조에는 감돌고기의 수정란을 100 개씩 수용하였으며, 산소공급장치를 하여 용존산소가 7.0 ppm 이상 유지되도록 하였다.

각 수온 실험구에 수용된 수정란은 각 조건별 발생속도의 차이를 조사하기 위하여 각 발생 단계별로 8세포기, 상실기, 심장 형성, 부호로 구분하여 각 발생 단계별 소요 시간, 부화시간, 부화율, 부화자치어의 평균전장을 조사하여 비교 관찰하였다. 난의 각 발생단계의 진행시간 설정은 난에 정액을 첨가한 시간을 기준으로 해당 발생 단계가 전체난의 50% 정도 진행된 시간으로 하였다.

사육수는 매일 2회 1/2씩 환수하였으며 발생 중인 난은 매시간 입체해부현미경과 만능투영기를 사용하여 관찰하였다.

2.2. 자치어의 성장률과 생존율

자치어의 성장과 생존에 미치는 수온의 영향을 조사하기 위하여 수온을 18, 20, 22, 24, 26℃로 설정하고 플라스틱 수조(35×50×30 cm)에 부화직후의 자어를 각각 100 마리씩 수용하였다.

각 수조에 수용된 자어들을 200일간 사육하였고, 먹이로는 rotifer (*Brachionus plicatilis*), brine shrimp (*Artemia* sp.의 부화유생), 물벼룩 및 양어용 배합사료를 공급하면서 정해진 기간(부화 후 3일, 5일, 12일, 18일, 39일, 50일, 66일, 81일, ..., 200일)에 각 수온 실험구에서 5마리씩 무작위로 채집하여 자치어의 성장률을 측정, 비교하였으며, 매일 실험수조내의 폐사 개체를 확인하고, 성장률 측정일수에 준하여 누적 폐사율을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 난의 수정율 및 부화율

감돌고기의 난발생에 미치는 수온의 영향에 대하여 조사한 결과, 설정 수온별 각 발생단계에 이르는 시간은 Table 1에 나타내었다.

부화에 소요되는 시간은 수온 22.0±0.5℃에서는 수정 후 189~190 시간, 수온 24.0±0.5℃에서 수정 후 164~168 시간, 수온 26.0±0.5℃에서 수정 후 142~145 시간이 소요되었다.

수정율은 사육 수온이 22.0±0.5℃에서 평균 30.3%이고, 24.0±0.5℃에서 28.1%이며, 26.0±0.5℃였을 때에는 수정율은 22.4%로 나타났다. 부화율은 사육 수온 22.0±0.5℃에서

Table 1. Comparison of time to reach the developmental stage after fertilization by the raise of water temperature

Development stage Water temperature(℃)	8cells	Morula	Heart beating	Hatching time	Hatching rate(%)
19	2:10*	5:10	46:00	189:10	89.0
22	1:58	4:52	42:00	187:40	78.0
24	1:50	4:20	41:00	167:32	71.8
26	1:44	4:12	36:00	144:27	61.3

* Time after fertilization(hour : min)

Table 2. Fertilization rate and batching rate of *Pseudopungtungia nigra* in different water temperature conditions

Water temperature (°C)	Fecundity	Fertilization egg	Fertilization rate (%)	Number of hatched egg	Hatching rate (%)	Hatching time (hours)
22	1,605	487	30.3	379	78.0	189~190
24	1,603	451	28.1	324	71.8	164~168
26	7,845	352	22.4	216	61.3	142~145

평균 78.0%이고, $24.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서는 71.8%였으며, $26.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 에서는 61.3%였다 (Table 2).

3.2. 자치어의 성장률

감돌고기 자치어의 사육기간 동안 수온별 전장 변화는 Fig. 3과 같이 나타났다. 감돌고기 자어는 부화 후 30일까지는 모든 실험구의 자어들이 일정한 속도로 성장하였으나, 부화 후 40일부터는 22.0°C 실험구보다 26.0°C 실험구에서 빠른 성장이 나타났으며, 실험구 별로 성장 차이가 나타났다.

부화 후 200일경에는 18.0°C 실험구와 26.0°C 실험구의 전장 차이가 10.73 mm로 현저하게 나타났다.

성장관계식은

18.0°C 실험구에서 $Y=1.5532X+4.5123$
($R^2=0.9897$)

20.0°C 실험구에서 $Y=1.6590X+4.8495$
($R^2=0.9924$)

22.0°C 실험구에서 $Y=1.7232X+4.7449$
($R^2=0.9951$)

24.0°C 실험구에서 $Y=1.7704X+4.7716$
($R^2=0.9923$)

26.0°C 실험구에서 $Y=1.9239X+4.1878$
($R^2=0.9897$) 로 나타났다.

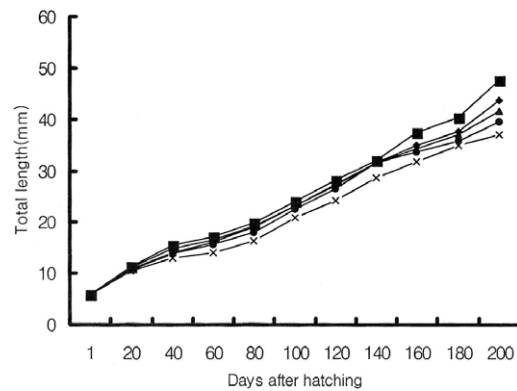


Fig. 3. The growth of total length of *Pseudopungtungia nigra* larvae by time elapse from hatching under different water temperature condition (×: 18°C , ●: 20°C , ▲: 22°C , ◆: 24°C , ■: 26°C).

3.3. 자치어의 생존율

자치어를 수온별로 부화 후 3일째 되는 자어 (전장 6.42~6.74 mm) 들을 수용하여 부화 후 200일까지 사육하여 생존율을 조사한 결과는 Fig. 4와 같았다.

자어 초기에는 난황 흡수 후 1주일 동안 모든 실험구에서 높은 폐사율이 나타났지만, 부화 후 10일 이후부터는 다소 안정된 상태가 유지되어, 부화 30일째는 전장이 12.04~12.84 mm로 18.0°C 실험구에서는 생존율이 97.64%, 20.0°C 실험구는 95.72%, 22.0°C 실험구 94.61%,

24.0℃는 93.87%, 26.0℃에서 87.67%였다.

부화 100일째는 전장이 20.98~24.13 mm였으며 생존율은 18.0℃의 실험구에서 94.35%, 20.0℃의 실험구에서 86.72%, 22.0℃에서 84.73%, 24.0℃ 실험구에서 83.79%, 26.0℃에서 75.36%였다.

부화 200일째는 전장이 36.92~47.65 mm 범위였으며, 18.0℃의 실험구에서 생존율이 85.71%, 20.0℃의 실험구에서 80.65%, 22.0℃에서 78.17%, 24.0℃ 실험구에서 68.58%, 26.0℃에서 53.84%였다.

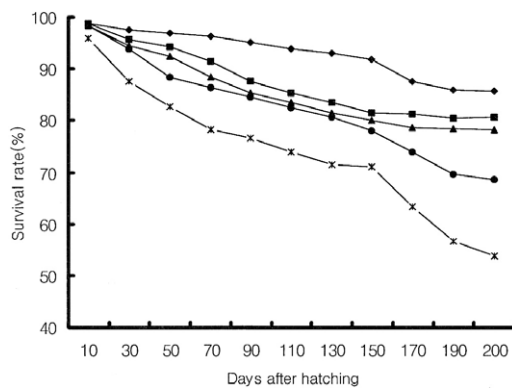


Fig. 4. Survival rate of *Pseudopungtungia nigra* larvae by time elapsed from hatching under different water temperature condition.(◆: 18℃, ■: 20℃, ▲: 22℃, ●: 24℃, ×: 26℃)

3.4. 고찰

자연 상태의 수온범위는 유영력이 부족한 어류의 초기 발생과정에서 적정 범위의 한계를 벗어나는 경우도 야기될 수 있으므로 생존율과 성장률이 감소되는 요인이 되지만, 인위적인 사육 환경에서는 특정 어류에 대한 각 발생에 따른 최적 수온 조건을 만들어 줌으로써 생산성을 극대화할 수 있다.

감돌고기의 난발생은 다른 어류와 마찬가지로 수온이 높을수록 각 발생단계에 이르는 시간이 짧아지는 경향을 나타내었고, 부화 직후 자어의 평균 전장도 수온이 낮은 실험구보다 높게 설정된 수온 구간에서 커지지만, 수온별 부화율은 19℃ 실험구에서 높게 나타났으나, 부화에 소요된 시간은 반대로 가장 길었다. 이러한 결과를 보아 낮은 사육 수온은 발생의 속도를 지연시키고, 높은 사육 수온은 발생 속도를 가속화시키는 것으로 나타났다.

어류의 난발생이 잘 진행되고 정상적인 부화를 시킬 수 있는 서식수온과 인위적 수온의 범위는 각 어종에 따라 다양하다 하겠다. 따라서, 어류는 각 어종 특유의 생활사와 생태적인 특징에 의존하여 정상적인 발생을 위한 적정 수온 범위를 가지게 된다²⁰⁾. 그러므로 사육환경 설정 시 발생 단계별 소요시간과 부화율 및 자치어의 성장과 생존율을 반드시 고려하여 적정 사육 수온을 결정하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

이 연구에서, 감돌고기의 난발생에 있어서 수온에 따른 각 발생 단계별 소요시간을 직선 함수식으로 나타낸 결과 수온이 높을수록 부화 시간이 짧았으며, 감돌고기의 초기발생에 있어서 난발생이 진전되지 않는 생물학적 영도의 평균은 10.7℃로 추정되었으며, 수온별 수정에서 부화에 이르기까지의 평균 소요시간은 수온이 높을수록 각 발생단계에 이르는 시간이 짧아지는 경향을 나타내었다.

부화 직후 자어의 전장은 수온이 낮은 실험구보다 높게 설정된 수온구간으로 진행될수록 비례적으로 전장의 크기가 증가하였지만, 수온별 부화율은 수온이 증가할수록 부화율이 점차 감소하는 경향을 보였다.

수온이 증가함에 따라 부화 시간이 단축되는 현상은 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*)¹³⁾,

감성돔 (*Acanthopagrus schlegelii*)¹¹⁾, 농어류인 *Dicentrarchus labrax*¹⁹⁾ 및 청어류인 *Clupea pallasii*¹⁰⁾ 등의 연구에서도 같은 경향을 나타내었고, 그 밖의 많은 어류에서도 보편적인 현상으로 알려져 있다^{6),18),23),24)}.

하지만, 적정 수온범위를 벗어나게 되면 오히려 부화율 및 생존율이 감소하는 결과를 초래하는데⁹⁾, 岩井 · 栢木²⁵⁾은 부화 최적 수온은 대체로 자연 산란 시기의 수온과 일치한다는 의견을 제시하였다. 이 실험에서도 인공 수정시 자연 수온과 유사한 수온에서 발생률이 높아 앞의 실험결과를 뒷받침해 주었다.

수온이 어류의 생식 · 생리적 현상과 성장에 대해 많은 영향을 미친다고 알려져 왔고^{8),14),17),21)}, 먹이 섭취 및 사료 전환효율에도 관계가 있다고^{12),15)}하였다. 이번 연구에서도 성장을 유지할 수 있는 수온 범위 내에서도 적정 수온을 초과할 경우 오히려 생리적 스트레스 때문에 성장에 장애를 가져올 수 있음을 알 수 있었다.

대량 종묘사육을 위하여 이번과 같이 사육요소를 포함한 생산 실험이 실시되어지면, 건강하고 많은 양의 감돌고기 생산에 이바지 할 것이며, 이러한 연구가 한국토종어류에 대하여 꾸준히 실시된다면 자원보존과 생태계의 복원 및 한국산 특산종을 관상어로 개발하는데 있어서 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

4. 결 론

이 연구는 한국특산종인 감돌고기의 난 발생 및 자어의 성장에 수온이 미치는 영향을 연구함으로써 대량 종묘생산을 가능하게 하고, 종묘생산된 치어들을 과거 서식 장소에 방류하여 자원을 복원, 보호함과 동시에 한국 고유종인

감돌고기를 산업적인 관상어류로 개발하기 위한 기초자료를 축적하는데 그 목적이 있다.

- 1) 실험결과 수온이 높음에 따라 부화시간이 크게 단축되지만 부화율이 떨어지는 경향을 나타내었고, 감돌고기 수정란의 최적 부화 수온은 22.0~23.0℃였다.
- 2) 부화 후 200일경에는 18.0℃ 실험구와 26.0℃ 실험구의 전장 차이가 10.73 mm로 현저하게 나타났다.
- 3) 초기사육시 난황이 흡수된 다음 먹이순치가 완전히 되었을 때부터는 각 수온별 실험구에 있어서 생존율은 거의 일정하게 나타났으며, 18.0℃ 실험구에서 생존율이 85.71%로 가장 높았고, 24.0℃ 실험구에서 53.84%로 가장 낮게 나타났으며, 16~24℃의 수온 구간에서의 생존율은 수온이 낮을수록 더 높게 나타났다.

참고문헌

1. 김익수, 최윤, 심재환 (1991). 돌고기, *Pungtungia herzi*와 감돌고기, *Pseudopungtungia nigra* (Pisces: Cyprinidae)의 屬間 自然雜種의 發生. 한어지. 3(1). pp.42~47.
2. 이성훈, 한경호, 황동식 (2002). 돌고기 (*Pungtungia herzi*)의 산란습성 및 초기생활사. 여수대학교기초과학연구소논문집. 4. pp.115~126.
3. 이성훈, 한경호, 윤성민, 황동식, 유동재, 이충렬, 김익수, 손영목 (2004). 감돌고기 (*Pseudopungtungia nigra*)의 산란습성 및 초기생활사. 한어지. 16(4). pp.306~316.
4. 전상린, 최기철 (1980). 韓國産 잉어科 魚類의

- 1新種, *Pseudopungtungia tenuicorpus*에
關하여. 한국동물학회지. 1 (28). pp.41~48.
5. 정문기(1977). 한국어도보. 일지사. 서울.
pp.727.
6. 최기철(1994). 우리가 정말 알아야할 우리
민물고기 백가지. 현암사. pp.532.
7. 한국동물분류학회(1997). 한국동물명집
(곤충제외). 한국동물분류학회. 아카데미서적.
pp.489.
8. Ahokas, R. A. and Sorg, G.(1977). The
effect of salinity and temperature on
interaellular osmoregulation and muscle
free amino acids in *Fundulus diaphanus*,
Comp. Biochem. Physiol. 56. pp.101~105.
9. Alderdice, D. F. and Forrester, C.
R.(1968). Some effects of salinity and
temperature on early development and
survival of the English sole (*Parophrys
verulus*), J. Fish. Res. Board Can.. 25.
pp.495~521.
10. Alderdice, D. F. and Velsen, F. O.
J.(1971). Some effects of salinity and
temperature on early development of
Pacific herring (*Clupea pallas*), J. Fish.
Res. Board Can.. 28. pp.1545~562.
11. Apostolopoulos, J. S.(1976). Combined
effect of temperature and salinity on the
hatching rate, hatching time and total
body length of the newly hatched larvae
of the Japanese red sea bream, *Pagrus
major*. La Mer. Tokyo. 14. pp.23~30.
12. Bohac, M.(1981). Interaction of
temperature and food rations on growth
of sea bass (*Decentrarchus labrax*).
World Conference on Aquaculture,
Venice. Poster No.16.
13. Garside, E. T.(1986). Effects of oxygen
in relation to temperature on the
development of embryos of brook trout
and rainbow trout. J. Fish. Res. Bd.
Canada. 8(23). pp.1121~1134.
14. Hazel, J. R.(1984). Effects of
temperature on the structure and
metabolism of cell membranes in fish.
Am. J. Physiol.. 246. pp.460~470.
15. Hidalgo, F., Alliot, E. and Thebault,
H.(1987). Influence of water
temperature on food intake, food
efficiency and gross composition of
juvenile sea bass, *Dicentrarchus labrax*.
Aquaculture. 64. pp.199~207.
16. Johnson, D. W. and Katavic, I.(1984).
Mortality, growth and swim bladder
stress syndrome of sea bass
(*Dicentrarchus labrax*) larvae under
varied environmental conditions.
Aquaculture. 38. pp.67~78.
17. Kime, D. E. and Manning, N. H.(1986).
Maturational and temperature effects on
steroid hormone production by testes of
the carp, *Cyprinus carpio*. Aquaculture.
54. pp.49~55.
18. Kokurewicz, B.(1969). The influence of
temperature on the embryonic
development of the perches: *Perca
fluviatilis* L. and *Lucioperca lucioperca* L.,
Zool. Poloniae. 19. pp.47~67.
19. Marangos, C., Yagi, H. and Ceccaldi, H.

- J.(1986). The role of temperature and salinity on hatching rate and morphogenesis during embryo development in *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Teleostei, Serranidae). *Aquaculture*. 54. pp.287~300.
20. Rana, K. G.(1990). Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs and fry. I. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development. *Aquaculture*. 87. pp.165~181.
21. Tang, J., Bryant, M. D. and Brannon, E. L.(1987). Effect of temperature extremes on the mortality and development rates of coho salmon embryos and alevins. *Prog. Fish-Cult.* 49. pp.167~174.
22. Uchida, K.(1939). The Fishes of Korea, Bulletin of the fisheries experiment station of the Government-General of Korea. Pusan. pp.458.
23. Yasunaga, Y.(1975a). Effects of water temperature and salinity of the embryonic development of egg and the survival of *Paralichthys olivaceus*, Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.. 81. pp.151~169.
24. Yasunaga, Y.(1975b). Environmental factor of marine fish egg and larvae, with respect of water temperature, salinity, dissolved oxygen and hydrogen-ion concentration, Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.. 81. pp.171~183.
25. 岩井壽夫, 柏木正章(1989). 發生と孵化管理, 水族繁殖學(瑛島史夫・羽生 功編, 録書房, 東京). pp.195~237.