

## 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*)의 산란기에 광주기가 생식선 발달에 미치는 영향

강형철\* · 임봉수 · 이영돈

\*제주대학교 해양과학부 해양생산과학전공, 해양과환경연구소

### Effect of photoperiod on gonadal development of Chinese minnow, *Rhynchocypris oxycephalus* during spawning season

Hyeong-Cheol Kang\*, Bong-Soo Lim and Young-Don Lee

\*Applied Marine Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Marine and Environmental Research Institute, Cheju National University, Jeju 695-810, Korea

Effect of photoperiod on gonadal development of Chinese minnow, *Rhynchocypris oxycephalus* during spawning season was histologically investigated. Specimens were collected in the Eirinae (Str) in Seogwipo, Jeju Island, Korea, from April to May, 2006. The control group was natural photoperiod (14L:10D) and treatment group was artificial photoperiod (12L:12D). The gonadosomatic index (GSI) of treatment group was lower than control group ( $P < 0.05$ ). These differences were shown at 3rd week on male and 4th week on female, respectively. The male gonadal development was not observed histological differences between control group and treatment group. In the control group, mature oocytes were observed during the entire experimental period. However, mature oocytes were not observed in treatment group after 6th week. These results are suggested that the gonadal development of *R. oxycephalus* was related to light condition.

**Key word** : *Rhynchocypris oxycephalus*, photoperiod, gonadosomatic index, gonadal development

### 서 론

대부분 어류는 주기적인 생식특성을 지닌다. 어류의 종 특이적인 생식주기는 생식 내분비계의 영향을 받으며 이를 조절하는 것은 환경요인으로, 특히 광주기와 수온이 성중추 활동을 제어하는데 관여한다고 보고되고 있다(De

Vlaming, 1972, 1975; Nishi, 1979; Nishi and Takano, 1979; Razani and Hanyu, 1986a, b). 성숙에 관련된 환경요인을 밝힘으로서 이를 인위적으로 조절하여 성성숙의 촉진·억제 및 산란유도가 가능하며, 최근 국내에서도 수온과 광주기 조절을 통한 어류의 인위적 제어에 관한 연구가 지속적으로 보고되고 있다(Jeong and

Bang, 1998; Hwang, 1999; Kim, 2004). 또한 이러한 환경요인 조절에 의한 성제어 기술개발을 통해, 양식산업의 생산성 향상과 안정적 종묘수급에 크게 도움을 줄 것으로 기대된다.

버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*)는 버들치속(*Rhynchocypris*)에 속하는 1급수 지표어종으로 환경변화에 민감하고 실내사육이 가능한 담수어이다. 국내에서 버들치에 관한 연구는 버들치의 초기 생식소 발달과 성분화에 관한 조직학적 연구(Park *et al.*, 1998)와 실험실에서 사육한 버들치의 산란습성 및 초기생활사(Han *et al.*, 1999) 등이 보고되고 있지만 그 외의 산란특성에 관한 연구는 아직 이루어지지 않은 실정이다.

이번 연구는 산란기의 버들치에 있어서 광주기 조절이 생식선 발달에 미치는 영향을 밝히기 위하여 생식선중량지수, 생식선 발달 양상, 난모세포의 크기 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

이 연구에 사용된 버들치는 2006년 4월과 5월 서귀포시 에이리내에서 어망 및 통발을 이용하여 채집한 후, 제주대학교 해양과환경연구소로 옮겨 실내수조에서 순치시켰다. 대조구는 실외에서 자연광 조건하(14L:10D)에 두었고 처리구는 외부로부터의 빛을 차단한 후 형광등을 광원으로 하여 12L:12D의 광조건을 인위적으로 처리하였다.

실험구별 수조(29×87×33 cm)는 각각 3개씩 설치하여 각 수조별로 35개체의 실험어를 수용하였고 외부여과기를 이용하여 순환여과방식으로 사육하였다. 실험기간중 수온은 각각 대조구 24.7±0.4℃, 처리구 25.3±0.2℃였으며, 먹이는 매일 3회 EP 사료를 공급하였다.

실험기간은 2006년 5월 28일부터 7월 25일까지 8주간 실시하였고, 매주 실험구별 9개체를

임의로 추출하여 2-phenoxyethanol에 마취시킨 후 전장(0.01 cm), 체중(0.01 g) 및 생식선중량(0.01 g)을 각각 측정하여 생식선중량지수(GSI, gonadosomatic index)를 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{생식선중량지수} = \text{생식선중량} / \text{체중} \times 100$$

생식선의 발달과정을 조사하기 위해 적출한 생식선은 Bouin's solution에 24시간 고정된 후, 파라핀 절편법에 의해 4~6 μm 두께의 조직절편을 제작하여 조직표본을 만들었으며, 제작된 조직표본은 Hansen's haematoxylin과 0.5% eosin으로 비교염색을 실시하여 광학현미경하에서 관찰하였다. 난경의 주별 변화는 난소의 절편을 촬영한 후, Image Scope 2.3 (Image Line, Inc)으로 난모세포의 크기를 측정하여 조사하였다. 통계처리는 Statistical Analysis (SAS Institute North Caroline, USA)의 t-검정을 이용하여 대조구와 실험구간의 생식선중량지수를 유의성 ( $P < 0.05$ ) 검정하였다.

## 결 과

### 1. 생식선중량지수(GSI)의 변화

대조구에서 수컷의 GSI는 실험개시시 2.8±0.5에서 3주째 3.3±0.3을 나타낸 후 실험종료시인 8주째에 1.9±0.3을 나타내었다. 처리구에서는 실험개시시 2.8±0.5에서 3주째 2.4±0.3으로 대조구보다 낮은 값을 보이기 시작하여 실험종료시인 8주째 1.0±0.3을 나타내었다( $P < 0.05$ )(Fig. 1).

대조구에서 암컷의 GSI는 실험개시시 6.9±3.1에서 4주째 11.4±0.7을 나타낸 후 실험종료시인 8주째에 9.3±1.5를 나타내었다. 처리구에서는 실험개시시 4.8±1.7에서 4주째 6.2±2.3으로 대조구보다 낮은 값을 보이기 시작하여 실험종료시인 8주째 1.2±0.5로 감소하였다( $P < 0.05$ )(Fig. 2).

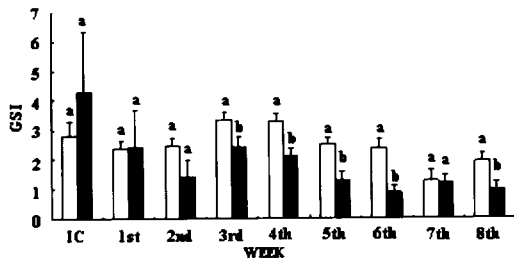


Fig. 1. Weekly changes of gonadosomatic index (GSI) in male *Rhynchocypris oxycephalus* ( $P < 0.05$ ). □, control(14L:10D); ■, treatment(12L:12D); IC, Initial control

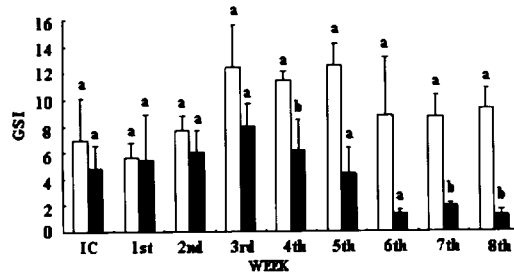


Fig. 2. Weekly changes of gonadosomatic index (GSI) in female *Rhynchocypris oxycephalus* ( $P < 0.05$ ). □, control((14L:10D); ■, treatment(12L:12D); IC, Initial control.

## 2. 생식선 발달 양상

실험개시시 난소에는 핵주변에 인이 분포하는 주변인기 난모세포(난경 200  $\mu\text{m}$ 미만), 공포상의 유구들이 핵 주변부에 위치하는 유구기 난모세포(난경 200~500  $\mu\text{m}$ ), 세포질의 가장자리에 난황구가 출현하기 시작하는 초기 난황형성기 난모세포(난경 500~800  $\mu\text{m}$ ), 난황구가 세포질의 대부분을 차지하는 후기 난황형성기 난모세포(난경 800~1000  $\mu\text{m}$ ), 핵이 동물극 쪽으로 이동하기 시작하는 핵이동기 난모세포(난경 1000  $\mu\text{m}$  이상) 등이 다양하게 분포하고 있었다. 대조구에서는, 실험종료시인 8주째까지 실험시작시와 마찬가지로 같은 주변인기 난모세포에서부터 핵이동기 난모세포까지 고르게 분포하며 지속적인 난소의 발달양상이 관찰되었다. 이에 비해 처리구에서는, 4주째부터 후기 난황형성기 난모세포 이상 발달한 개체가 관찰되지 않고, 5주째 암컷 5개체중의 3개체, 6주째에서 실험종료시인 8주째까지의 모든 개체의 난소에서 유구기 난모세포와 주변인기 난모세포가 대부분을 차지하였다

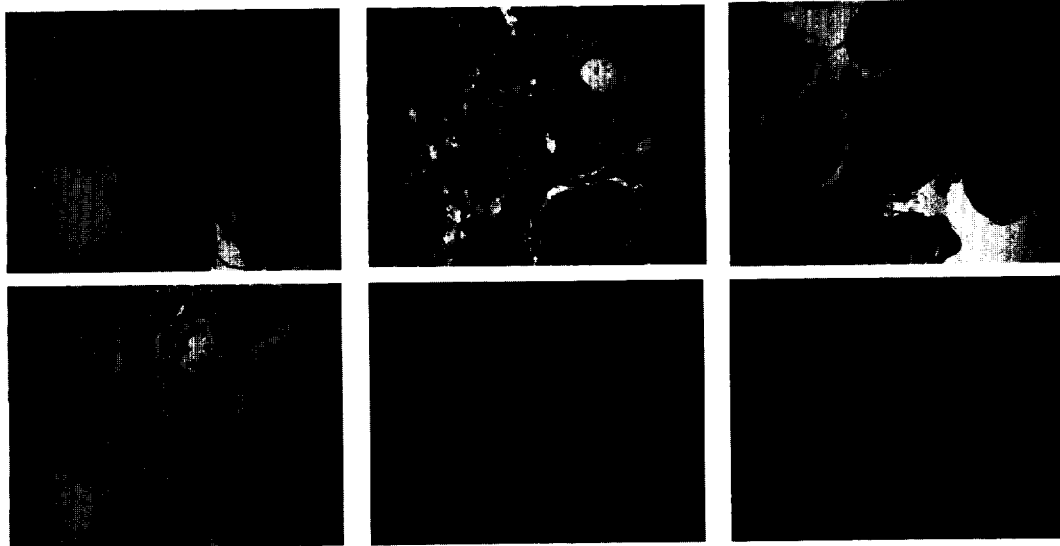


Fig. 3. Effects of light stimulati on ovarian development of *Rhynchocypris oxycephalus*. A, Initial control (0 week) ; B, control (4th week) ; C, control (8th week) ; D, treatment (0 week) ; E, treatment (4th week) ; F, treatment (8th week). Scale bar = 400  $\mu\text{m}$

(Fig. 3). 수컷의 경우, 실험기간동안 대조구와 처리구에서 정모세포, 정세포, 정자무리가 동일하게 관찰되어 대조구와 처리구간의 정소 발달 단계의 상대적 차이는 없었다.

### 3. 난경의 주별변화

실험기간 중 난경의 주별변화는 Fig. 4와 같다. 대조구의 경우 전 실험기간 중 800  $\mu\text{m}$  이상의 난모세포가 꾸준히 분포하였으나, 처리구의 경우 5주째부터 500  $\mu\text{m}$  이하의 난모세포 분포가 약 89%로 대부분을 차지하였다. 6주째부터 실험종료 8주째까지는 200  $\mu\text{m}$  이하의 주변인기 난모세포가 70%를 차지하였으며, 800  $\mu\text{m}$  이상의 난모세포는 분포하지 않았다.

## 고찰

어류의 산란리듬 유형은 수온과 빛 등의 환경요인에 영향을 받아 봄 산란형(spring spawner), 봄·여름 산란형(spring-summer spawner), 여름 산란형(summer-spawner), 봄·가을 산란형(spring-autumn spawner), 가을 산란형(autumn spawner), 그리고 겨울 산란형(winter spawner) 등의 6가지 형태로 나누고 있다(Aida, 1991). 그중 버들치와 같이 봄·여름 산란형에 속하는 어종으로는, 흰줄납줄개, *Rhodeus ocellatus* (Asahina and Hanyu, 1983, 1985), 말쥐치, *Thamnaconus modestus* (Lee et al., 2000), 검정망둑, *Tridentiger obscurus* (Kaneko and Hanyu, 1985), 그물코쥐치, *Rudarius ercodes* (Lee and Hanyu, 1984) 등이 있다. 말쥐치에서는

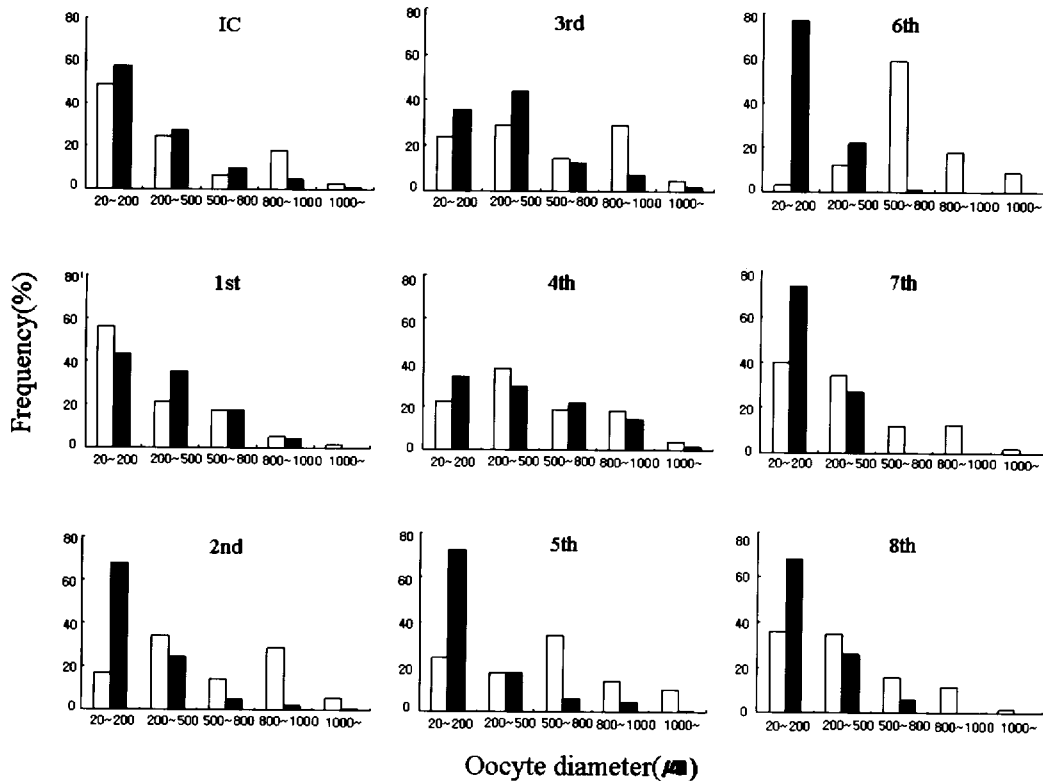


Fig. 4. The effects of light stimulati on oocyte diameter in the ovary of *R. oxycephalus*. □, control(14L:10D); ■, treatment(12L:12D).

수온 상승과 광주기 증가에 의해 산란이 개시되고, 고수온과 광주기 감소에 의해 산란이 종료된다(Lee et al., 2000). 그물코 취치에서의 생식선 성숙은 장일주기에 의해 개시되고 여기에 수온이 보상적 역할을 하여 산란이 이루어진다(Lee et al., 1984). 일반적으로 이러한 봄·여름 산란형에 속하는 어류의 생식소 성숙과 산란개시는 수온의 상승에 의하여 유도되어지며, 산란기의 종료는 일장의 단일화에 의하여 유도된다고 보고되고 있다(Vlaming, 1975).

제주도에 서식하는 버들치의 산란기는 봄·여름 산란형에 속하는 4~7월로 조사되었으며(미발표자료), 이 기간 중 자연에서의 일장조건은 14L:10D이었다. 이번 연구는, 일정한 수온을 유지한 상태에서 자연조건과 같은 대조구와 12L:12D의 단일 광주기를 인위적으로 처리한 처리구를 설치하여 산란기의 버들치에 광자극이 미치는 영향을 조사한 결과, 수컷에서는 대조구와 처리구 GSI값의 유의적인 차이가 3주째부터 나타나기 시작하여 실험종료까지 대조구가 높은 값을 나타내었으나 생식선 발달 양상에서는 대조구와 처리구에서 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 암컷에서는 4주째 이후 대조구와 처리구간의 GSI값의 유의적인 차이가 나타나기 시작하여, 처리구에서는 서서히 감소하기 시작하였다. 생식선 발달상태와 주별 난경변화의 비교에서는 대조구의 경우 전 실험기간중 난경 800~1000  $\mu\text{m}$ 의 후기 난황형성기 난모세포와 1000  $\mu\text{m}$ 이상의 핵이동기 난모세포가 꾸준히 관찰되었으나, 처리구에서는 GSI값이 감소하기 시작하는 4주째부터 난경 500  $\mu\text{m}$ 이하의 난모세포들만이 분포하는 개체가 출현하기 시작하여, 6주째에서 실험종료시까지의 전 개체에서 400  $\mu\text{m}$ 이하의 주변인기 난모세포와 유구기 난모세포가 대부분을 차지하며 후기 난황형성기 난모세포와 핵이동기 난모세포는 관찰되지 않아, 산란기 버들치에 있어서 단일광주기 처리가 정소와 난소의 성숙을 억제시키는 것으로

판단된다. 버들치와 같은 봄·여름 산란종이며 담수어종인 각시붕어, *Rhodeus uyekil* (An, 1995)에서는 산란기가 지난 휴지기에서 15L:9D의 장일 광주기처리는 급격한 생식선의 재 성숙을 일으켰지만 11L:13D의 단일 광주기처리에 의해서는 아무런 변화가 나타나지 않았으며, 파랑볼 우럭, *Lepomis macrochirus* (Lee and Kim, 1987)에서는 산란기인 7월에 동일 수온조건에서 단일 광주기 처리에 의해 성숙이 억제되어, 산란기에 일장조건이 생식선의 성숙유지에 깊이 관여하고 있음을 시사하고 있다.

이상의 결과로 버들치는 봄·여름 산란형의 다른 어종과 유사하게 산란기에 있어 단일 광주기 처리가 생식선의 성숙을 억제하는데 영향을 미치는 것으로 생각되나, 앞으로 외부 환경요인이 생식선 성숙에 관여하는 기작에 대해 보다 상세한 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 요 약

산란기의 버들치, *R. oxycephalus*에 광주기 조절이 생식선 발달에 미치는 영향을 조사하기 위하여 대조구는 자연광 조건(14L:10D), 처리구는 12L:12D의 단일 광조건을 인위적으로 처리하여 8주간 사육하였다. 생식선중량지수는 수컷과 암컷에서 각각 3주째와 4주째부터 대조구에 비해 처리구에서 유의적으로 감소하였다. 생식선 발달양상과 난경변화의 경우, 수컷에서는 생식선 발달양상에서 뚜렷한 차이를 보이지 않았지만, 암컷에서는 4주째 이후부터 생식선발달과 난경의 차이를 나타내기 시작하였다. 대조구에서는 전 실험기간동안 800  $\mu\text{m}$ 이상의 후기 난황형성기 난모세포가 꾸준히 분포하였으나, 처리구에서는 6주째부터 200  $\mu\text{m}$ 이하의 난모세포가 대부분을 차지하였고, 800  $\mu\text{m}$ 이상의 난모세포는 관찰되지 않았다. 이상의 결과로 산란기로 추정되는 5~7월

에 단일 광주기 처리는 버들치의 성숙을 억제하는 요인으로 작용한 것으로 생각된다.

### 참 고 문 헌

- An, C.M. 1995. Effects of photoperiod and water temperature on the reproductive cycle of the spring-spawning Bitterling, *Rhodeus uyekii*. Kor. J. Ichthyol., 7(1) : 43~55.
- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostei. Bull. Inst. Zool., Academia sinica, Monograph, 16 : 173~187.
- Asahina, K. and I. Hanyu. 1983. Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49 : 61~67.
- Asahina, K. and I. Hanyu. 1985. Development of photoperiodism involved in the gonadal activity of the bitterling, *Rhodeus ocellatus*. Bull. Soc. Sci. Fish., 51 : 1665-1670.
- De Valming, V.L. 1972. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in the estuarine gobbid fish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull., 70(4) : 1137~1152.
- De Valming, V.L. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost, *Notemigonus crysoleucas*. Biol. Bull., 148 : 402~415.
- Han K.H, S.H Oh J.K Jo, B.Y Rho, J.T Park and K.B Sung. 1999. Early life history and spawning behavior of chinese minnow, *Rhynchocypris oxycephalus* reared in the laboratory. Kor. J. Ichthyol., 11(2) : 177~183.
- Hwang, S.I. 1999. Artificial control in sex and reproductive cycle of black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. Ph. D. Thesis, Cheju Natl. Univ., 97pp. (in Korean).
- Jeong, K.W. and I.C. Bang. 1998. Induced spawning of striped Knife-Jaw, *Oplegnathus fasciatus* by Manipulating Water Temperature and Photoperiod. J. Korean Aquaculture, 11(2) : 141~149.
- Kaneko, T. and I. Hanyu. 1985. Annual reproductive cycle of the chichibugoby, *Tridentiger obscurus*. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 51 : 1645~1650.
- Kim, S.Y. 2004. Induction of sexual maturaton of tiger puffer, *Takifugu rubripes* in indoor tank by the control of photoperiod. MS. Thesis, Cheju Natl. Univ., pp.1~35. (in Korean)
- Lee, T.Y. and I. Hanyu. 1984. Reproductive cycle of small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17 : 423~435.
- Lee, T.Y. and S.Y. Kim. 1987. Experimental studies on the Mechanism of reproductive cycle in the Bluegill, *Lepomis macrochirus*. Bull. Korean Fish. Soc., 20(6) : 489~500.
- Lee, T.Y, S.G Woo and C.J Ko. 1984. Effects of photoperiod and temperature on the gonadal activity in small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc., 17 : 523~528.
- Lee, S.J, Y.B Ko, C.H Han, Y.D Lee and J.H Jung. 2000. Annual reproductive cycle of the file fish, *Thamnaconus modestus*, on the southern coast of cheju island. Korean J. Ichthyol., 12(1) : 71~84. (in Korean).
- Nishi, K. 1979. A daily rhythm in the

- photosensitive development of the ovary in the bitterling, *Rhodeus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 30(2) : 109~115.
- Nishi, K. and K. Tanako. 1979. Effect of photoperiod and temperature on the ovary of the bitterling, *Rhodeus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 30(1) : 63~73.
- Park, I.S, J.S Kim, I.C Bang and D.S Kim 1998. Histological study of the early gonadal development and sexual differentiation in *Rhynchocypris oxycephalus*. Dev. Reprod., 2(1) : 69~74.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1986a. Annual reproductive cycle 2~3 years old female goldfish and its artificial modification by manipulations of water temperature and photoperiod. Bull. Jap. Soc. Sci. Fsh., 52 : 965~969.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1986b. Effects of continued short photoperiod at warm temperature and following change of regimes on gonadal maturation of goldfish. Bull. Jap. soc. Sci. Fish., 52 : 2061~2068.