

## 점농어 *Lateolabrax maculatus*의 성 성숙에 미치는 광주기의 영향

임상구<sup>†</sup> · 김영수 · 백재민\* · 김종현\*\* · 한형균\*\* · 조용철\*\*\* · 강용진\*\*\*  
(국립수산과학원 내수면양식연구센터 · \*중앙내수면연구소 · \*\*연구기획부 ·  
\*\*\*부산광역시 수산자원연구소 · \*\*\*\*제주특별자치도 해양수산연구원)

### Effect of Photoperiods on Sexual Maturation in Spotted seabass, *Lateolabrax maculatus*

Sang-Gu LIM<sup>†</sup> · Young-Soo KIM · Jae-Min BAEK\* · Jong-Hyun KIM\*\* ·  
Hyoung-Kyun HAN · Yong-Chul CHO\*\*\* · Yong-Jin KANG\*\*\*\*

(<sup>†</sup>Inland Aquaculture Research Institute, NFRDI · \*Inland Fisheries Research Institute, NFRDI · \*\*Aquaculture  
Research Institute, NFRDI · \*\*\*Busan Marine Fisheries Resources Research Institute · \*\*\*\*Jeju Special  
Self-governing Province Oceans and Fisheries Research Institute)

#### Abstract

To investigate effect of on sexual maturation in spotted seabass, *Lateolabrax maculatus* the sexual maturation, photoperiods were established to natural photoperiod, 9L:15D, 11L:13D, 13L:11D and 15L:9D. After rearing for 90 days from August 11 to November 10, gonadosomatic index (GSI) and hormones were analyzed. In the female, GSI was 1.07±0.09% in the natural photoperiod, 1.93±0.06% in 9L:15D, while the GSI of male was 0.75±0.05% in the natural photoperiod, 1.89±0.12% in 9L:15D and 0.22±0.05% in 15L:9D and the lowest in 15L:9D, respectively. The blood estradiol (E2) of female was 226.0±13.6 pg/ml in the natural photoperiod, and the highest value of 296.3±15.0 pg/ml in 9L:15D. The male 17 $\alpha$ 20 $\beta$ OHP was similar to the female with 196.3±17.0 pg/ml in the natural photo period and 133.0±15.5 pg/ml in 9L:15D. The testosterone (T) of male was 259.3±33.1 pg/ml in the natural photoperiod, but the highest value of 370.5±27.5 pg/ml in 9L:15D. These results provide basic information from sexual maturation of spotted seabass.

**Key words** : Spotted seabass, *Lateolabrax maculatus*, Photoperiod, Estradiol, Testosterone

#### I. 서론

실내수조에서 어미를 사육관리하면서 수정란을 얻으려면 인위적으로 환경을 조절하여 성 성숙 및 자연 산란을 유도하여야 한다. 어류의 성숙,

배란 및 산란은 생식 내분비계 지배에 의해 조절되지만 이들의 조절을 유도하는 것은 환경요인이며, 그 중에서도 광주기와 수온이 가장 크게 관여한다고 알려져 있다(De Vlaming, 1975; Asahina and Hanyu, 1983). 그리고 생식소의 활성화 유도

<sup>†</sup> Corresponding author : 055-540-2730, sklim391@korea.kr

\* 이 논문은 국립수산과학원 수산생물 정보준 및 복원 연구(RP-2013-AQ-120)로 수행되었음.

와 산란 종료는 광주기와 수온이 단독 또는 복합적으로 작용하고 있으며, 어종과 시기에 따라 그 범위가 각기 다르게 나타나고 있다(Min 1988).

점농어, *Lateolabrax maculatus*와 같이 가을에 산란하여 동계에 종묘생산이 이루어지는 경우 가을에 따른 높은 생산비 등으로 양식 활성화에 저해 요인이 되고 있다. 따라서 성 성숙에 관여하는 환경요인을 밝혀 필요한 시기에 환경조절에 의한 종묘생산을 할 필요가 있다. 최근에는 동자개, *Pseudobagrus fulvidraco* (Lim and Han, 2012) 등 여러 어종에서 수온과 광주기가 성 성숙에 관여한다는 것이 밝혀졌다. 그러나 본 종에 대해서는 환경을 인위적으로 조절하여 성 성숙 및 산란을 유도한 보고는 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 점농어를 대상으로 성 성숙에 미치는 환경요인의 영향을 구명하고자 하였다. 이를 유도하기 위하여 광주기를 조절한 실험구를 설정하고 생체지수 및 호르몬 등의 조사를 통해 환경요인에 대한 영향을 분석 하였다.

## II. 조사방법 및 내용

### 1. 실험어와 실험구

1998년 4월 24일 경남 통영 육지도 가두리에서 구입한 체중 2~4 kg 크기의 양식산 점농어 어미를 이용하였으며, 국립수산물과학원 (구)완도수산종묘시험장의 80톤 원형수조에서 3개월간 순치하였다. 12톤 용량의 원형수조에 수조당 암수 각 10 마리씩으로 나누어 자연 광주기실험구, 9L:15D, 11L:13D, 13L:11D 및 15L:9D로 나누어 2반복 실험하였다. 실험 기간은 8월 11일부터 산란종료시기인 11월 10일까지 90일간 하였다.

광원은 25 W의 형광등을 사용하여 광주기를 타이머로 조절하였으며, 사육 수심은 120 cm 정도로 유지하였고, 수온은 자연수온, 먹이는 생사료와 배양어용 배합사료를 혼합한 모이스트 펠릿을 매일 오전과 오후 2회에 나누어 반복 급여 하

였다.

### 2. GSI 조사

실험개시시와 종료시 생식소를 절취하여 생식소 중량지수를 조사하였다. 생식소 중량지수는 (생식소 중량 × 100)/(체중)의 식으로 계산하였다.

### 3. 성스테로이드호르몬의 추출 및 농도 측정

MS-222를 이용하여 실험어를 마취한 후, 헤파린(Heparin sodium, JW Pharmaceutical Corporation, Korea)처리 주사기(1 ml)로 미부혈관에서 30초 이내에 채취하였다. 혈액은 냉장 소량 원심분리기 (Vision, VS-1500 CF)를 이용하여 4℃에서 10,000 g로 10분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 보관 용기에 넣어 -20℃ 냉동실에 보관한 다음 방사면역측정법(radioimmunoassay: RIA)를 수행하였다. 혈액내의 스테로이드호르몬을 추출하고, 45℃ water bath에서 ether를 증발시킨 후 추출물을 다시 GPBS buffer에 녹여 RIA를 수행하였으며, 회수율을 95~97%였다.

혈액내의 T, estradiol-17β (E<sub>2</sub>) 및 17α20β OHP의 양을 RIA 방법으로 측정하였다. 혈액을 diethyl ether를 처리하여 스테로이드 호르몬을 분리하고 RIA를 수행하였고(Kwon et al., 1991), 추적자로 방사능 표지된 T ([1,2,6,7-<sup>3</sup>H] testosterone, 98 Ci/mmol)와 E<sub>2</sub> (2,4,6,7-<sup>3</sup>H-estradiol; 108 Ci/mmol)는 Amersham (Buckinghamshire, England) 으로부터 구입하여 사용하였고, <sup>3</sup>H 17α20βOHP는 17α-hydroxyprogesterone (17αOHP)로부터 효소반응(Nagahama method)시켜 방사선 표지하여 사용하였다.

E<sub>2</sub>의 항혈청과 다른 스테로이드와의 교차반응도는 estrone이 1.7% 이고 그 외의 스테로이드는 0.01%이하였으며, T의 교차반응(cross reactivity)은 0.2% 그리고 17αOHP는 0.5%였다(Kwon et al., 1991). 실험간(interassay)과 실험내(intraassay)의 변

이계수는 T가 각각 9.4%와 7.4%였으며, E<sub>2</sub>는 9.7%와 8.8% 그리고 17 $\alpha$ 20 $\beta$ OHP는 각각 6.4%와 8.3%였다.

#### 4. 통계처리

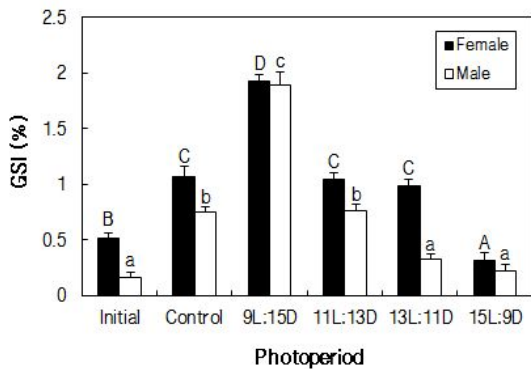
점농어 GSI와 혈장 호르몬 양의 연중 변화는 Statistical Packages for Social Science (SPSS)를 이용하여, one way ANOVA (analysis of variance)에 이은 Duncan's multiple range test로 분석하였다.

### Ⅲ. 결 과

#### 1. 광주기 조건에 따른 어미의 GSI 변화

##### 1) 암컷

암컷의 GSI변화는 [Fig. 1]과 같이 실험개시시에 0.51 $\pm$ 0.05%였고, 사육 90일 후인 실험종료시에는 대조구(자연광주기)에서 1.07 $\pm$ 0.09%인데 비해 9L:15D구에서 1.93 $\pm$ 0.06%로 가장 높았으며, 15L:9D에서 0.32 $\pm$ 0.07%로 가장 낮은 값을 보였다.



[Fig. 1] Gonadosomatic index GSI of female and male in spotted seabass, *Lateolabrax maculatus* ( $P < 0.05$ ). Results are presented as means  $\pm$  S.E.M.,  $n = 5$ . Different letters denote significant difference.

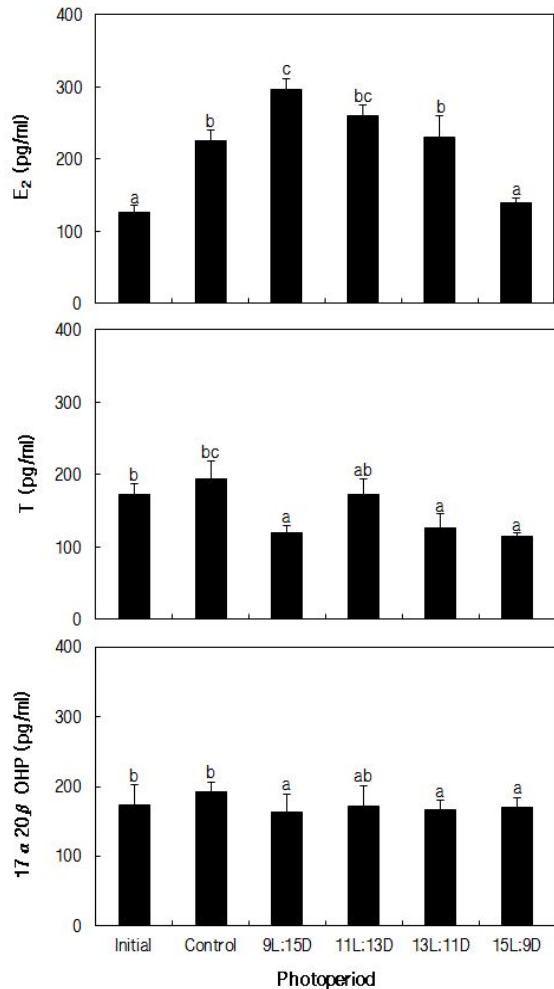
##### 2) 수컷

수컷의 GSI변화는 [Fig. 1]과 같이 실험개시시

에 0.16 $\pm$ 0.05%였으며, 실험종료시에는 대조구의 경우 0.75 $\pm$ 0.05%인데 비해 9L:15D에서 1.89 $\pm$ 0.12% 가장 높았으며, 15L:9D에서 0.22 $\pm$ 0.06%로 가장 낮은 값을 보였다.

#### 2. 광주기 조건에 따른 성스테로이드호르몬의 농도 변화

##### 1) 암컷



[Fig. 2] Estradiol (E<sub>2</sub>), testosterone (T) and 17 $\alpha$ 20 $\beta$ OHP of female in spotted seabass, *Lateolabrax maculatus* ( $P < 0.05$ ). Results are presented as means  $\pm$  S.E.M.,  $n = 5$ . Different letters denote significant difference.

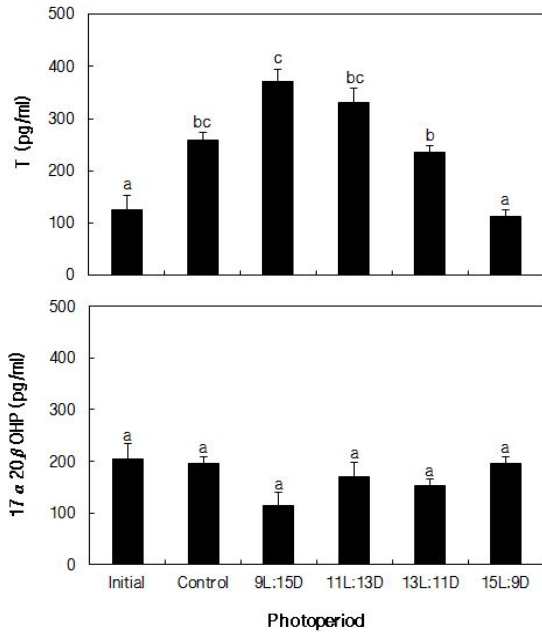
암컷의 혈중 E<sub>2</sub> 변화는 [Fig. 2]와 같이 실험개시시에 125.8±9.5 pg/ml였으나 실험종료시에 대조구에서 226.0±13.62 pg/ml였으며, 9L:15D에서 296.3±15.0 pg/ml로 가장 높았고 15L:9D에서 138.5±7.9 pg/ml로 가장 낮은 값을 보였다. 혈중 testosterone은 실험개시시에 172.5±14.5 pg/ml였으나, 실험종료시에 대조구에서 194.3±23.6 pg/ml였으며, 모든 실험구에서 대조구보다 낮은 값을 보였다. 혈중 17α20βOHP 농도는 실험개시시에 174.0±28.5 pg/ml였으나 실험종료시에 대조구에서 193.5±13.4 pg/ml였으며, 대조구가 나머지 실험구에 비해 높은 값을 보였다([Fig. 2]).

2)수컷

혈중 testosterone의 농도는 실험개시시에 125.0±5.1 pg/ml였으며 실험종료시에 대조구에서 259.3±33.1 pg/ml였으며, 9L:15D에서 370.5±27.5 pg/ml로 가장 높았고 15L:9D에서 112.3±8.7 pg/ml로 가장 낮은 값을 보였다. 수컷의 혈중 17α20βOHP 농도는 실험개시시에 205.3±15.1 pg/ml였으며, 실험종료시에 대조구에서 196.3±17.0 pg/ml였으며, 다른 실험구에비해 가장 높은 값을 보였다([Fig. 3]).

IV. 고찰

어류의 생식내분비는 환경 요인이 지배하는데, 그 중에서 광주기와 수온이 가장 큰 영향을 미치며 성 성숙 개시와 종료에 관계한다. 이러한 어류의 생식 활동은 어종마다 각각 다르게 나타나며, 주년 생식리듬의 유형은 수온과 광주기 등의 환경요인과 관련이 있다(Aida, 1991). 광주기나 수온과 같은 환경지배 요인들이 생식활동과 성 성숙에 어떻게 관여하는지는 일부 해산어류와 담수산 어류에서 보고되고 있다. 춘하계 산란형 해산어류의 경우 그물코 쥐치, *Rudarius ercades*에서는 생식소의 성숙은 장일주기에의해 개시되고 여기에 수온이 보상적 역할을 하여 산란에 이른다



[Fig. 3] Testosterone (T) and 17α20βOHP of male in spotted seabass, *Lateolabrax maculatus* (P<0.05). Results are presented as means±S.E.M., n=5. Different letters denote significant difference.

보고하였고(Lee and Hanyu, 1984), 담수산 어류에서는 대부분 춘계에 수온이 상승하므로 생식소 활성화와 성숙을 유도하고 여기에 장일주기가 보상 촉진 작용을 하는 것으로 알려져 있지만(Asahina and Hanyu, 1983), 파랑볼우럭, *Lepomis macrochirus*은 고수온과 장일주기의 복합적 작용이 성숙 및 산란에 필요하다고 하였다(Lee and Kim, 1987). 또한 겨울산란형 어류의 성 성숙 개시는 일장의 단일화에 관계없이 수온하강에 의해 일어나고 산란기종료는 수온상승에 의해 일어난다고 하였다(Kaneko, 1985).

본 중에서도 GSI를 볼 때 짧은 광주기가 오래 지속된 실험구에서 생식소 활성이 가장 많이 일어났으나 긴 광주기가 지속된 실험구에서는 생식소 활성이 가장 많이 일어났으나 긴 광주기가 지속된 실험구에서는 생식소 활성화가 거의 일어나

지 않았다. 따라서 광주기가 짧아지는 가을에 성 성숙이 개시된다고 생각되어지나 자연상태에서 9월에서 10월의 명기가 12.3~11.4시간인 것과 비교하여, 본 실험의 9L:15D에서 생식소 활성화가 많이 진행된 것은 자연서식지와 수조내의 환경차이 및 연간 누적 암기의 차이에 의한 것으로 생각된다.

넙치, *Paralichthys olivaceus*와 돔류에서는 환경 조절에 의해 성숙과 배란이 가능하지만 일부 경골어류에서 스트레스나 서식환경 등의 요인으로 인하여 Gonadotropin-releasing hormone (GnRH)에 의한 Gonadotropin hormone (GTH)의 분비촉진을 억제하여 성 성숙과 배란에 영향을 미친다고 알려져 있다(Chang and Peter, 1983). 이와 마찬가지로 점농어는 광주기 조절 및 가두리나 육상수조 사육에서의 배란 및 산란 유도가 현재까지는 어렵다고 알려져 있으며, 이 실험에서도 난소의 발달이 난황형성단계까지 이행되고 그 이후는 진행되지 않았으므로 완숙된 난소를 얻지 못하였으나, 앞으로 이를 위해서는 수온의 영향 및 내분비계의 연구를 지속적으로 진행해야만 할 것이다.

실험기간 중 암컷 혈중 호르몬 변동은 생식소 발달에 따른 호르몬 년주기 변화에서와 같이 GSI가 1.93%이하로 낮고 T와 17a20βOHP 농도의 변화가 보이지 않았지만, 9L:15D의 경우 E<sub>2</sub>는 다소 높은 농도를 나타내어 난황형성과 관계가 있는 것으로 생각되며, 수컷의 T의 혈중 농도 변화는 15L:9D를 제외한 실험구 모두에서 높게 나타났다. 이때 GSI의 농도를 보아도 기능적으로 성숙이 완료되어 방정을 할 수 있는 단계까지 도달한 것으로 보인다.

## V. 요약

점농어, *Lateolabrax maculatus* 암컷의 GSI변화는 실험개시시에 0.51±0.05%였고, 사육 90일 후

인 실험종료시에는 대조구(자연광주기)에서 1.07±0.09%인데 비해 9L:15D구에서 1.93±0.06%로 가장 높았으며, 15L:9D에서 0.32±0.07%로 가장 낮은 값을 보였다. 수컷의 GSI변화는 실험개시시에 0.16±0.05%였으며, 실험종료시에는 대조구의 경우 0.75±0.05%인데 비해 9L:15D에서 1.89±0.12%가 가장 높았으며, 15L:9D에서 0.22±0.06%로 가장 낮은 값을 보였다. 암컷의 혈중 E<sub>2</sub> 변화는 실험개시시에 125.8±9.5 pg/ml였으나 실험종료시에 대조구에서 226.0±13.62 pg/ml였으며, 9L:15D에서 296.3±15.0 pg/ml로 가장 높았고 15L:9D에서 138.5±7.9 pg/ml로 가장 낮은 값을 보였다. 혈중 testosterone은 실험개시시에 172.5±14.5 pg/ml였으나, 실험종료시에 대조구에서 194.3±23.6 pg/ml였으며, 모든 실험구에서 대조구보다 낮은 값을 보였다. 혈중 17a20βOHP 농도는 실험개시시에 174.0±28.5 pg/ml였으나 실험종료시에 대조구에서 193.5±13.4 pg/ml였으며, 대조구가 나머지 실험구에 비해 높은 값을 보였다. 혈중 testosterone의 농도는 실험개시시에 125.0±5.1 pg/ml였으며 실험종료시에 대조구에서 259.3±33.1 pg/ml였으며, 9L:15D에서 370.5±27.5 pg/ml로 가장 높았고 15L:9D에서 112.3±8.7 pg/ml로 가장 낮은 값을 보였다. 수컷의 혈중 17a20βOHP 농도는 실험개시시에 205.3±15.1 pg/ml였으며, 실험종료시에 대조구에서 196.3±17.0 pg/ml였으며, 다른 실험구에 비해 가장 높은 값을 보였다.

## 감사의 글

이 논문은 국립수산물과학원 수산생물 종보존 및 복원 연구(RP-2013-AQ-120)로 수행된 연구의 일부이며, 이에 감사드립니다.

## References

Aida, K.(1991). Environmental regulating of reproductive

- rhythms in teleostei, Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica, Monograph 16, 173~187.
- Asahina, K. and Hanyu, I.(1983). Role of temperature and photoperiod in annual reproductive cycle of the rose bitterling *Rhodeus ocellatus cellatus*, Nippon Suisan Gakkaishi 49, 61~67.
- Chang, J. P. and Peter, H. E.(1983) Effects of pimozone and des Gly10,[d-Ala6] luteinizing hormone-releasing hormone ethylamide on serum gonadotropin concentrations, germinal vesicle migration, and ovulation in female goldfish, *Carassius auratus*, General and Comparative Endocrin. 52(1), 30~37
- De Valming, V. L.(1975). Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost *Notemigonus crysoleucas*, Biology Bulletin 148, 402~415.
- Kaneko, T.(1985). Annual reproductive cycle of the chichibugoby *Tridentiger obscurus*, Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish 51, 1645~1650.
- Kwon, H. B. · Choi, H. H. · Ahn, R. S. and Yoon, Y. D. (1991). Steroid production by amphibian (*Rana nigromaculata*) ovarian follicles at different developmental stages, J. Exp. Zool, 206, 66~73.
- Lee, T. L. and Kim, S. K.(1987). Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the bluegill *Lepomis macrochirus*, Bulletin of Korean Fisheries Society 20(6), 489~500.
- Lee, T. Y. and Hanyu, I.(1984). Reproductive cycle of small filefish *Rudarius ercodes*, Bulletin of Korean Fisheries Society 17, 423~435.
- Lim, S. G. and Han, C. H.(2012). Effect of water temperatures and photoperiods on gonadal development in banded catfish *Pseudobagrus fulvidraco*, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 24(6), 854~861.
- Min, B. S.(1988). Maturation and spawning of flounder (*Paralichthys olivaceous*) under captive conditions, J. Aquaculture, 1, 25~39.
- 
- 논문접수일 : 2014년 04월 10일
  - 심사완료일 : 1차 - 2014년 05월 13일  
2차 - 2014년 07월 28일
  - 게재확정일 : 2014년 09월 04일