

# 실내에서 사육한 양식산 수조기, *Nibea albiflora*의 자연산란과 난질

강희웅<sup>†</sup> · 황인준<sup>\*</sup> · 한종철<sup>\*</sup> · 이경미<sup>\*</sup><sup>†</sup>국립수산과학원(연구관) · <sup>\*</sup>국립수산과학원(연구사)

## Natural Spawning and Egg Quality of Indoor-Cultured Broodstock Yellow Drum, *Nibea Albiflora*

Hee-Woong KANG<sup>†</sup> · In Joon HWANG<sup>\*</sup> · Jong Cheol HAN<sup>\*</sup> · Kyung Mi LEE<sup>\*</sup><sup>†</sup>National Institute of Fisheries Science(senior researcher) · <sup>\*</sup>National Institute of Fisheries Science(researcher)

### Abstract

This study investigated the characteristics of natural spawning and egg quality from indoor-cultured broodstock yellow drum. The size of cultured broodstock was  $37.6 \pm 3.3$  cm in total length and  $698.7 \pm 214.7$  g in body weights, and the relationship between body weight (BW) and total length (TL) was expressed as  $BW = 0.0014TL^{3.6075}$  ( $r^2 = 0.9637$ ). The condition factor (CF) showed the highest value in May ( $20.3 \pm 3.7$ ), then it decreased gradually since May and showed the lowest value in October ( $15.2 \pm 2.2$ ), CF gradually decreased after the spawning period. Natural spawning of cultured broodstock (3 years old) was observed four times from July 9 to 17. It occurred when the water temperature increased and day length decreased, and the egg diameter became smaller as spawning is progressed. The floating rate, egg diameter and oil droplet diameter, hatching rates were  $96.86 \pm 3.62\%$ ,  $778 \pm 41 \mu\text{m}$ ,  $255 \pm 23 \mu\text{m}$  and  $67.50 \pm 24.51\%$ , respectively. The length of newly hatched larvae was  $1.62 \pm 0.25$  mm.

**Key words** : *Nibea albiflora*, Condition factor, Floating rate, Natural spawning

## 1. 서론

수조기(*Nibea albiflora*)는 농어목 민어과(Family Sciaenidae)에 속하는 조기류로서, 우리나라 서해와 남해 및 동중국해에 분포한다(KFRA, 2016). 수조기 산란기는 5~8월로, 이 시기에 중국 연안과 우리나라 서해안으로 이동하며 참조기에 비해 대형종으로 체중이 1 kg까지 성장한다고 알려져 있다(MST, 1993; KFRA, 2016). 수조기는 참조기에 비해 자원량이 적고 주로 낚시에 의해 어획되

며, 무리를 지어 이동하는 특성이 있다(Aquaculture21, 2011). 수조기는 성장이 빠르고, 활어로 취급이 쉬워 체장 30~45 cm의 상품으로 양성하면 횡감용 뿐만 아니라 제수용 생선으로 수요가 증가될 것으로 기대된다. 또한 조피블락, 참돔, 감성돔 등 해상가두리양식 대체 어류 신품종으로 기대가 높다(Aquaculture21, 2011; Kang et al., 2012a).

수조기에 관한 기존 연구로는 분류(Lee and Park, 1992), 초기생활사(Geng et al., 2012), 연령

<sup>†</sup> Corresponding author : 032-745-0710, hwgang@korea.kr

\* 이 논문은 2022년도 국립수산과학원 수산시험연구사업 서해 특산품종 병어류 양식기술 개발(R2022005)에 의해 연구되었음.

과 성장(Kakuda and Nakai, 1981a; Takita et al., 1993), 영양(Han et al., 1994; Peng et al., 2022), 질병(Kim et al., 2001; Ligai et al., 2019) 및 종자 생산(NFRDI, 2010; KFRA, 2016) 등에 관한 다양한 보고가 있으나, 실제 양식에 필요한 어미의 생물학적 특성에 관한 연구는 정자 활성 관련 단편적인 연구(Qiutao et al., 2012)만 보고되어 있어 매우 부족한 실정이다.

해산어류의 성 성숙은 다양한 환경요인(수온, 염분, 빛, 사육밀도 등)의 복합적인 신호에 반응한 Brain-Pituitary-Gonad (BPG) axis에 의해 조절되며, 이 중 광주기와 수온이 주요인으로 알려져 있다(Lim et al., 2003; Tobin and Wright, 2011; Weltzien et al., 2004; Kim et al., 2021). 해산어류의 난질은 초기 자어 사육 과정에서 생존율과 깊은 관련이 있으며, 난질은 주로 어미의 영양상태, 연령, 산란 및 채란 시기, 환경 조건 등 많은 요소들이 난질에 영향을 미친다(Kim et al., 2016). 이러한 난질을 평가하는 지표로서 난경, 유구경, 부상률, 수정률, 부화율, 기형률 등을 들 수 있다(Hwang et al., 1999). 대상 어종의 전주기 양식을 위해서는 우량 수정란 확보가 필수적으로 요구되며, 이를 위해서는 인공 생산된 종자를 어미화하여 실내수조에서 안정적으로 자연산란을 통해 수정란을 생산하여야 한다.

본 연구는 자연산 수조기 어미를 이용하여 인공종자를 생산한 뒤 어미화하여 실내 자연산란 특성과 생산된 수정란의 산란량, 부상률, 부화율 등 난질을 조사하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험어 및 사육환경

본 연구에 사용된 수조기 어미는 총 22마리였으며 크기는 전장이 32.5~45.0 cm (평균 전장 37.6±3.3 cm), 체중이 401.2~1,154.3 g (평균 체중 698.7±224.7 g)로 암컷이 수컷보다 크기가 컸다.

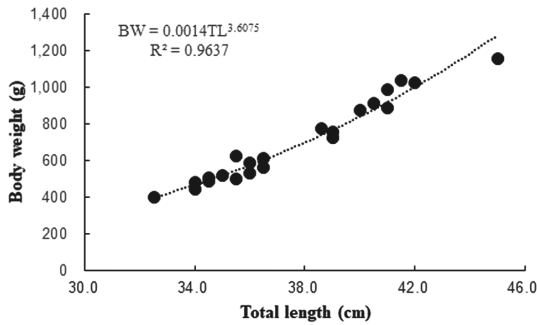
어미 개체군은 자연산 어미로부터 채란하여 생산된 인공종자를 만 3년간 양성하여 2008년 어미화가 된 개체였다. 수조기 어미 관리방법은 원형콘크리트 수조(수용적 10m<sup>3</sup>)에서 사육하였으며, 여과해수를 월동기(12~4월)에는 13℃ 전후로 가온하였으며, 그 이후에는 자연수온으로 유수 사육하였다. 사료는 넙치용 EP 배합사료(천하제일사료, 조단백질 53% 이상, 조지방 10.0% 이상, 조섬유 1.0% 이하, 조회분 13.0% 이하, 칼슘 2.70% 이상, 인 1.8% 이하)를 1일 2회 공급하였으며, 산란기 이전인 5월부터 산란종료 시까지 배합사료에 비타민제(비타민 C, 사료 기준 1ppm 농도)와 신선한 새우를 첨가하여 영양을 보충해 주었다. 어미 사육환경은 염분 27.03~32.52, DO는 5.0 mg/L 이상, pH는 7.8~7.9이었으며, 조도는 직사광선을 피하고 100 lux 이하로 유지하였다.

2008년에 조사한 본 종의 생식생물학적 연구의 하나인 비만도(Condition factor, CF)는 비만도지수 = 체중(g)×10<sup>3</sup>/체장(cm)<sup>3</sup> 과 같이 구하였다. 사육 어미(22마리)의 전장에 대한 체중의 관계를 엑셀 프로그램 추세선 옵션을 이용하여 분석하였다. 2008년 산란기에 수조기 어미(3년생)의 산란량, 부상률, 난경 및 유구 크기, 부화율을 조사하였다. 자연산란된 수정란 채집은 매일 오후 사육수조 안의 배설물이나 오물을 깨끗이 청소하고, 18시경 채란망(ø 60×H 45 cm, 망목크기 700 μm)을 설치하여 배수관을 통해 사육수와 함께 방출된 난을 다음 날 아침 7시경에 수거하였다. 수거된 난은 깨끗한 여과해수로 5분간 세척한 후 부상란과 침강란을 분리하여 부상률을 계산하였다. 난경 및 유구 크기 조사는 산란일자별 수정란을 petri dish (ø 50 mm)에 옮겨 만능투영기(V-12A, Nikon Corp, Japan)를 이용하여 50개씩 측정하였다. 부상률은 수정란을 1 L 비이커에 수용하여 10분간 유지 후 침강란을 제외하고 환산하였다.

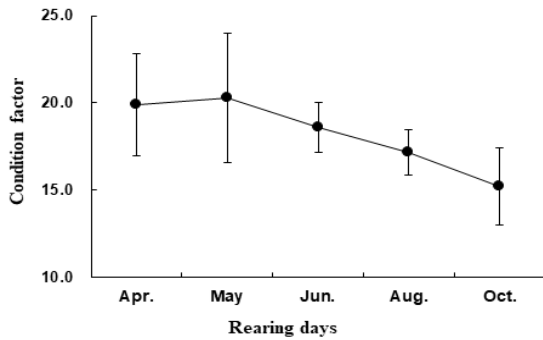
## III. 연구 결과

### 1. 양식산 수조기 어미의 크기 조성 및 월별 비만도 변화

양식산 수조기 어미(n=22)의 체중(BW)과 전장(TL)과의 관계는  $BW=0.0014TL^{3.6075}$  (상관계수  $r^2=0.9637$ )로 나타나 체중은 전장 증가에 따라 증가하였다([Fig. 1]). 수조기 어미의 월별 CF는 5월에 가장 높은 값( $20.3\pm 3.7$ )을 보인 후 7월 초순 산란이 끝나고 8월에 이어 10월 초순( $15.2\pm 2.2$ ) 급격히 낮아지는 경향을 보였다([Fig. 2]).



[Fig. 1] Relationship between total length and body weight of cultured broodstock, *Nibea albiflora* in 2008.

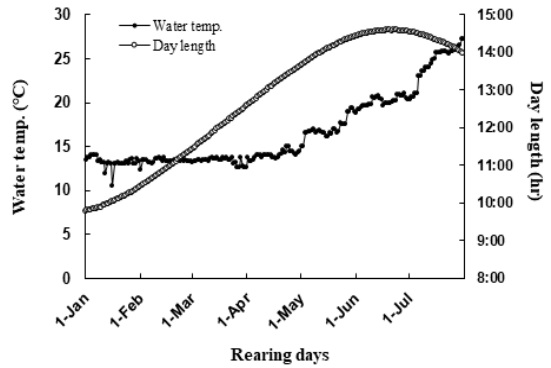


[Fig. 2] Monthly changes in condition factor of cultured broodstock, *Nibea albiflora* in 2008.

### 2. 양식산 수조기 어미의 자연산란 특성

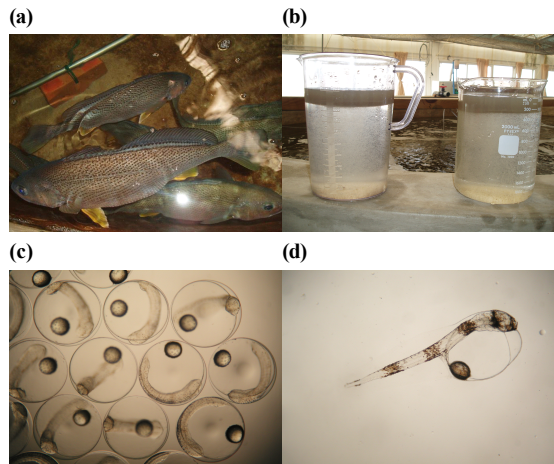
양식산 수조기 어미(3년생)의 자연산란 시 수질환경은 2008년 7월 9일~17일에 수온 23.6~25.

7°C, 일장(시간) 14:27~14:18([Fig. 3]), 염분 32.33~32.42, DO 5.56~5.87 mg/L, pH 7.89~7.90으로 수온은 상승하고 일장이 감소하는 시기에 산란하는 경향을 보였다.



[Fig. 3] Daily changes in water temperature and day length for rearing of cultured broodstock, *Nibea albiflora* in 2008.

양식산 수조기 어미의 자연산란을 통한 수정란 생산은 [Fig. 4]와 같았다. 수조기 어미는 6월부터는 복부 팽만개체가 출현([Fig. 4])하여 자연산란



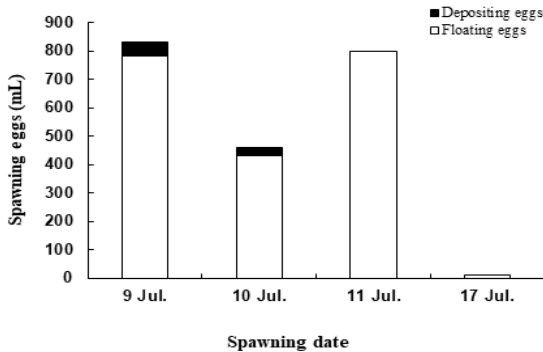
[Fig. 4] Natural spawning of *Nibea albiflora*. (a) mature broodstock, (b) separation of fertilized eggs, (c) embryonic stage of egg, (d) newly hatched larvae.

<Table 1> Total spawning volume, floating and hatching rate, length of hatched larvae of cultured *Nibea albiflora* in 2008

Broodstock	Number	Elapsed spawning period (days)	Spawned eggs (mL)	Floating rate (%)	Hatching rate (%)	Length of hatched larvae (mm)
3 years-old	22	9~17 Jul. 2008 (4)	2,100	96.86±3.62	67.50±24.51	1.62±0.25

은 7월 9일부터 7월 17일까지 총 4회, 2,100 mL를 산란하였으며, 부상란은 2,020 mL (평균 부상율 96.86±3.62%)였다([Fig. 5], <Table 1>). 실내수조에서 양식산 수조기 어미의 산란 시간은 주로 일몰 이후 19시에서 21시 사이에 관찰되었고, 1 mL당 수정란 수는 평균 900개였다. 수정란의 특성은 분리부상란으로, 투명하고 둥근 형태였다. 난경은 719~807 μm였고, 가운데에 한 개의 유구(234~286 μm)를 가지고 있었다([Fig. 4]).

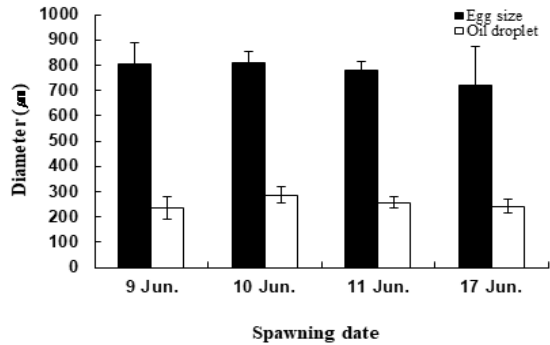
수조기 수정란의 난경 및 유구 크기는 4회 산란 중 산란 후기에 모두 크기가 감소하는 경향을 보였으며, 산란기간 난경의 크기와 유구의 크기(n=50)는 각각 719±153~807±48 μm, 234±45~286±31 μm였으며, 두 번째 산란일(7월 10일)에 가장 크게 관찰되었다([Fig. 6]).



[Fig. 5] The ratio of floating eggs and depositing eggs by natural spawning of cultured broodstock, *Nibea albiflora* in 2008.

7월 9일 산란된 수정란 중 부상란과 침강란의 평균 난경은 각각 804±87 μm, 793±59 μm로 부상란이 약간 큰 경향을 보였다. 부화는 약 24시간이 소요되었으며, 평균 부화율은 67.50±24.51%

(53.1~95.8), 부화 직후 평균 자어크기는 1.62±0.25 mm (1.33~1.79)였다(<Table 1>).



[Fig. 6] The changes in egg diameter and oil droplet diameter by natural spawning of cultured broodstock, *Nibea albiflora* in 2008.

#### IV. 결론

어류 양식 신품종을 개발하기 위해서는 우선 자연산 어미후보군을 확보하여 실내 순치하면서 산란생태 및 생식잠재력 등을 파악하고 이후 수정란 생산과 인공 종자생산이 수행되어야 한다(Kang et al., 2006). 지금까지 양식산 수조기 어미의 자연산란에 의한 수정란 생산 연구는 보고된 사례가 거의 없어, 본 연구에서는 인공 생산된 수조기의 어미화를 통한 산란 특성과 난질 관련 기초 정보를 조사하였다.

경골어류는 어중에 따라 일정한 시기에 성숙산란하며, 생식소 발달이 주기성을 나타낸다. 이러한 주기적인 변화는 수온 및 광주기 등 환경요인과 함께 내분비계 조절에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Stressmann et al., 1996; Kang

et al., 2008; Kang et al., 2012b; Lim and Han, 2012; Lim et al., 2014; Kang et al., 2015). 수조기는 자연산 개체를 확보하여 실내에서 쉽게 순치가 가능하며, 순치 초기에 생사료인 새우류, 잡어 등으로 먹이 길들이기를 한 후 1개월 이내에 배합사료로 전환이 가능하다(Aquaculture21, 2011).

양식산 수조기 어미(3년생)의 산란 환경은 7월 9일부터 7월 17일에 산란하여 수온 23.6~25.7°C, 일장(시간) 14:27~14:18을 보여 수온은 상승하고 일장이 감소하는 시기에 산란하는 경향을 보였다. 수조기의 자연 산란기는 5~8월로 알려져 있으며, 전라남도 해남·진도군 연안에서는 표층수온 22°C 전후로 상승하는 6~7월이 주 산란기로 확인되어(MST, 1993; KFRA, 2016), 본 연구 결과와 유사한 것으로 나타났다. 수조기는 대부분 만 2년생부터 산란에 참가하는 것으로 알려져 있으며(MST, 1993; KFRA, 2016), 본 연구에서는 3년생 어미(평균 전장 37.6±3.3 cm, 평균 체중 698.7±224.7 g)에서 산란이 관찰되었다. 산란기를 간접적으로 추정하기 위한 수조기 어미의 CF는 산란기 이후 낮아져 이전 연구에서 보고된 생식소중량지수의 월별 변화와 비슷한 경향을 보였다(MST, 1993).

어류의 산란형은 계절적으로 5가지 산란형(봄 산란형, 봄-여름 산란형, 여름 산란형, 가을 산란형, 겨울 산란형)으로 구분할 수 있고(Aida, 1991), 자연산 수조기는 참조기와 같이(Kang et al., 2006) 봄-여름 산란형에 속하는 것으로 알려져 있지만(MST, 1993), 본 연구의 실내에서 사육한 양식산 수조기는 여름 산란형으로 차이를 보였다. 또한, 자연산 수조기의 산란 시간은 15~19시로 알려져 있으며(MST, 1993; KFRA, 2016), 본 연구에서는 19~21시로 일몰 이후 관찰되었다. 이러한 차이는 실내 사육에 의한 먹이, 수온, 광주기 조절 등 환경 요인에 의한 것으로 생각되며, 향후 연구에서 밝혀야 할 부분이다.

수조기의 생식세포 발달 양식은 난소 내 생식세포들이 균을 이루며 발달하는 난군동기발달형

에 속하며, 성숙한 난소 내 난경이 3개 그룹으로 나타나, 산란기에 1회 이상 산란하는 종으로 추정된다(Kakuda and Nakai, 1981b). 민어과(Family Sciaenidae)에 속하는 참조기(*Larimichthys polyactis*), 부세(*Pseudosciaena crocea*)도 산란기에 2~3회 산란하는 것으로 알려져 있다(Kang et al., 2006; NFRDI, 2011).

실내에서 사육한 양식산 수조기 어미의 자연산란은 3년생의 경우 8일간 4회(<Table 1>), 4년생은 12일간 2회 단기간에 나타났다(미발표 자료). 수조기와 같은 민어과 어류인 참조기는 양식산 어미의 산란 기간이 상대적으로 긴 41~52일(18~34회)로 보고되어 있다(NFRDI, 2011). 이는 어종에 따른 사육 환경, 실내 순치 정도와 번식력의 차이에 대한 추후 연구가 요구된다. 한편, 동중국해 원저우 연안에서 수조기 어미군은 약 2주간(5월말~6월초)의 짧은 산란기를 보인다고 보고되어(Qiutao et al., 2012), 분포 서식지 및 계군에 따른 산란기 조사도 필요하다.

양식산 수조기(3년생)의 자연산란된 수정란의 난경은 719~807  $\mu\text{m}$ , 유구경은 234~286  $\mu\text{m}$ 였으며, 난경 및 유구경 변화는 산란이 단기간이었지만 산란 초기에 비해 산란 후기로 갈수록 감소하여 양식산 참조기와 비슷한 결과를 보였다(NFRDI, 2011). 또한 동일 산란일의 난경은 부상란이 침강란에 비해 약간 큰 것으로 확인되어 양식산 참조기의 결과(NFRDI, 2011)와는 반대 경향을 보였다.

양식산 참조기 수정란 난경은 1,340.9~1,469.8  $\mu\text{m}$ 로(NFRDI, 2011) 본 연구의 수조기 수정란 크기가 작은 것을 확인할 수 있었다. 자연산 수조기 수정란의 크기는 750~760  $\mu\text{m}$ 로(MST, 1993; KFRA, 2016) 본 연구의 양식산 수조기 수정란의 크기와 비슷하였다. 양식산 수조기는 산란기에 혼인색 등이 거의 나타나지 않으며, 복부 팽만도도 참조기에 비해 낮으므로 산란기에는 자주 관찰하여 산란 가능성을 조사해야 한다(Aquaculture21, 2011). 중국에서 수조기의 산업적 생산은 낮은 수

정률(26%)과 부화율(34.7%)로 힘들고 어려운 것으로 보고되어 있다(Yang et al., 2013). 본 연구에서 수조기 부화자의 평균 크기는  $1.62 \pm 0.25$  mm로 자연산을 이용하여 부화한 자어 크기 1.1~1.3 mm (KFRA, 2016), 1.5 mm (MST, 1993) 보다는 크게 나타났다.

참조기는 호르몬 주사로 48시간 이내에 자연산란이 가능하지만 호르몬 주사에 의한 스트레스로 약 20% 정도 폐사가 발생하는 것으로 보고되어 있다(JeollaNamdo IOFS, 2011; NFRDI, 2011). 따라서 본 연구에서 양식산 수조기 어미의 안정적인 수정란 생산을 위해 월동기 수온 조절 등 환경조절을 통한 성숙유도를 추진하였다.

본 연구를 통해 양식산 수조기 어미의 체중과 전장과의 관계, CF 등 번식생물학적 특징을 구명하였고, 자연산란을 통한 수정란 생산으로 산란시각, 산란량, 난경, 부상률, 부화율을 조사하여 참조기, 부세 등에 이어 수조기 양식기술 개발 연구를 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다. 향후 어미 개체당 산란횟수 및 양, 우량 수정란의 지방산 분석 등 추가 연구도 필요할 것으로 생각한다.

## References

- Aida K(1991). Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostes. Bull. Inst Zool Academia Sinica Monograph 16, 173~187.
- Aquaculture21(2011). Aquaculture of yellow drum. June. 154.
- Geng Z, Xu DD, SHi HR, Lou B, Mao GM and Li SI(2012). Studies on the early life history of *Nibea albiflora* in Ariake Sound. Advan immar sci 30(1), 77~86.
- Han KN, Yoshimatsu T, Matsui S, Furuichi M and Kitajima C(1994). Effect of dietary protein level on growth and body composition of croaker, *Nibea albiflora*. Susanzoshoku 42, 427~431.
- Hwang HK, Kang YJ, Yang SG, Kim SC, Kim KM and Lee JU(1999). Natural spawning of artificially produced parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*, and the change of its egg quality during the spawning season. Bull Natl Fish Res Dev Inst 56, 67~72.
- JeollaNamdo Institute of Ocean and Fisheries Science. 2011. An easy to understand of small yellow croaker culture. 51.
- Kakuda S and Nakai K(1981a). On the age and growth of *Nibea albiflora*. Bull Japan Soc Sci Fish 46(2), 139~143.
- Kakuda S and Nakai K(1981b). On the maturity and spawning of *Nibea albiflora*. Bull Japan Soc Sci Fish 47(1), 17~25.
- Kang DY, Jo KC, Lee JH, Kang HW, Kim HC and Kim GH(2006). Annual reproductive cycle of wild female yellow croaker, *Larimichthys polyactis*. J Aquac 19, 188~196.
- Kang HW, Chung EY, Kang DY, Park YJ, Jo KC and Kim GH(2008). Gonadal maturation and spawning of river puffer *Takifugu obscurus* indoor cultured in low salinity. J Aquacult 21, 331~338.
- Kang HW, Kang DY, Han HS and Cho KC(2012a). Growth and cold temperature tolerance of cultured juvenile small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* and yellow drum, *Nibea albiflora*. Korean J Ichthyol 24(1), 41~47.
- Kang HW, Lim HG, Kang DY, Han HS, Do YH and Park JS(2012b). Maturation and spawning of the female tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* in the west coast in Korea. Dev Reprod 2, 87~93.
- Kang HW, Cho JK, Son MH, Hong CG, Park JY and Kim SH(2015). Gonadal maturation, fecundity and reproductive potential of the indoor cultured grunt, *Hapalogenys nitens*. JFMSE 27, 990~997. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2015.27.4.990>
- Kim KM, Cho JK, Park JY, Son MH, Park JM, Han KH and Hong CG(2016). Egg quality and amino acid composition of fertilized eggs of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* per farming condition. Korean J Ichthyol 28(4), 229~238.
- Kim HW, Kim JH, Park JW, Baek HJ and Kim DJ (2021). Effects of photoperiod and water temperature on male sex steroid levels in cultured small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*). J Life Sci 31(3), 314~320. <https://doi.org/10.5352/JLS.2021.31.3.314>
- Kim YG, Lee DS and Park SW(2001). Trematodes in

- marine fishes from the Western coastal water of Korea. J Fish Patho 14(1), 21~30.
- Korea Fisheries Resources Agency(2016). Guidebook for seed production and release of yellow drum. KFRA WSLRC, 82.
- Lee CL and Park MH(1992). Taxonomic revision of the family Sciaenidae. Korean J Ichthyol 4(1), 29~53.
- Ligai W, Binheng M, Dongxing C, Bao L, Wei Z, Ruiyi C, Peng T, Dongdong X, Feng L and Qingping X(2019). Effect of dietary level of vitamin E on growth performance, antioxidant ability, and resistance to *Vibrio alginolyticus* challenge in yellow drum *Nibea albiflora*. Aquaculture 507, 119~125. [www.elsevier.com/locate/aquaculture](http://www.elsevier.com/locate/aquaculture)
- Lim BS, Kagawa H, Gen K and Okuzawa K(2003). Effects of water temperature on the gonadal development and expression of steroidogenic enzymes in the gonad of juvenile red seabream, *Pagrus major*. Fish Physiol Biochem 28, 161~162.
- Lim SG and Han CH(2012). Effect of water temperature and photoperiods on gonadal development in banded catfish *Pseudobagrus fulvidraco*. JFMSE 24(6), 854~861.
- Lim SG, Kim YS, Baek JM, Han HK, Cho YC, and Kang YJ(2014). Effect of photoperiods on sexual maturation in spotted seabass, *Lateolabrax maculatus*. JFMSE 26(5), 935~940. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.5.935>
- MST(1993). Study on the production techniques for Sciaenids (III). Final report 309.
- National Fisheries Research and Development Institute (2010). Research of conservation and restoration for aquatic organism. Report of NFRDI. 981.
- National Fisheries Research and Development Institute (2011). Development of culture techniques for the aquaculture of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*. Report of NFRDI. 50.
- Peng T, Wenliang Z, Pian Z, Ligai W, Ruiyi C and Dongdong X(2022). Dietary soybean lecithin inclusion promotes growth, development, and intestinal morphology of yellow drum (*Nibea albiflora*) larvae. Aquaculture 559, 1~15. [www.elsevier.com/locate/aquaculture](http://www.elsevier.com/locate/aquaculture)
- Qiutao H, Enhui Z, Yonglin L, Maocang Y, Changjiang H and Qiaoxiang D(2012). Evaluation of activation and storage conditions for sperm of yellow drum *Nibea albiflora*. Aquaculture 324~325, 319~322. [www.elsevier.com/locate/aqua-online](http://www.elsevier.com/locate/aqua-online)
- Strssmann CA, Takashima F and Toda K(1996). Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Aquacult 139, 31~45.
- Takita T, Sato T and Kasai K(1993). Age and growth of *Nibea albiflora* (Sciaenidae) distributed in Ariake Sound. Nippon Suisan 59(1), 39~44.
- Tobin D and Wright PJ(2011). Temperature effects on female maturation in a temperate marine fish. J Exp Mar Biol Ecol 403, 9~13.
- Weltzien FA, Andersson E, Andersen Ø, Shalchian-Tabrizi K and Norberg B(2004). The brain - pituitary - gonad axis in male teleosts, with special emphasis on flatfish (Pleuronectiformes). Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol 137, 447~477.
- Yang YK, Jian LJ, Wang ZY, Xie YJ and Chen QK(2013). Comparison of embryonic development and early growth in normal and gynogenetic diploid of yellow drum *Nibea albiflora*. J Shaghai Ocean Univ 22, 690~697.

- 
- Received : 05 August, 2022
  - Revised : 23 September, 2022
  - Accepted : 30 September, 2022