

한국 연안해역에 출현하는 황돔(*Dentex tumifrons*)의 성숙과 산란

최유정 · 최정화¹ · 이해원² · 정재묵² · 김현지² · 김도균 · 진수연 · 백근욱*

경상대학교, 해양식품생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹국립수산물연구원 제주수산연구소, ²국립수산물연구원 수산자원연구센터

Maturation and Spawning of Yellowback Seabream *Dentex tumifrons* in the Coastal Waters of Korea

Yu Jeong Choi, Jung Hwa Choi¹, Hae Won Lee², Jae Mook Jeong², Hyeon Ji Kim², Do-Gyun Kim, Suyeon Jin and Gun Wook Baek*

Department of Seafood & Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹Fisheries Resources and Environment Division, Jeju Fisheries Research Institute, Jeju 63068, Korea

²Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Korea

In this study, we examined the maturation and spawning of yellowback seabream *Dentex tumifrons* using samples collected by monthly bottom trawling in Korean coastal waters from January to December 2018. We analyzed monthly changes in gonadosomatic index (GSI), maturity stage, histology, fecundity, and total length at group maturity. Spawning occurred in May and October. Fecundity varied with total length as $F=1.3754 TL^{3.2664}$, with a range of 1,220 to 155,625 eggs per female. At group maturity, 50%, 75%, and 97.5% estimates of female total length were 18.4, 20.5, and 25.3 cm, respectively.

Keywords: *Dentex tumifrons*, Maturation, Spawning

서 론

황돔(*Dentex tumifrons*)은 농어목(Perciformes) 도미과(Sparidae)에 속하는 온대성 어류로 우리나라 중·남부해, 일본 중부 이남 해역, 동중국해 및 타이완 북부 해역의 대륙붕 연변부에 분포하는 저서정착성어류이다(Chyung, 1977). 황돔의 산란장은 분포해역과 동일하며, 연중 2회 산란하고, 여름에는 얕은 곳에 서식하다가 겨울에는 수심이 깊은 곳으로 계절회유를 한다(Kim et al., 2004). 황돔은 저인망 어업에서 중요한 어획 대상종으로 수산자원으로써의 가치가 매우 높은 어종으로 알려져 있으며, 황돔 자원을 지속적으로 이용하기 위해서 생태학적 연구는 반드시 필요하다. 황돔의 생태에 관한 국내 연구로는 식성(Kim et al., 2012)이 있고, 국외 연구로는 연령과 성장(Oki and Tebeta, 1998), 생식생태(Yoda and Yoneda, 2002; Tominaga et al., 2005; Liao et al., 2009) 등의 연구가 있다. 하지만 이전 연구 대부분은 동중국해와 일본 등에 집중되어 있어 국내 연안해역

에서 출현하는 황돔에 관한 생태학적 연구는 부족한 실정이다.

우리나라 연근해 어장의 어업환경은 지속적으로 변하고 있으며, 수산자원의 생태특성 및 자원 또한 변화하고 있어 우리나라 연근해에 서식하는 황돔의 효율적인 자원관리 방안과 신뢰도 높은 자원평가를 하기 위해서는 생태학적인 특성을 파악하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 우리나라 연안해역에 서식하는 황돔의 자원 생태학적 정보를 제공하기 위해 성비, 산란기, 포란수, 성숙체장(total length, TL) 등의 파라미터를 제공하여 황돔의 성숙과 산란 특성을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

황돔 시료는 남해와 동해 주변 해역에서 2018년 1월부터 12월까지 매월 1회 저층트롤망(bottom trawl net)에 의해 채집된 1,062개체를 사용하였다. 채집된 시료는 전장 0.1 cm, 체중 0.01 g, 생식소 0.01 g까지 측정하였다. 또한, 황돔의 월별 암수간 성비 차이는 Chi-square test를 이용하여 유의성을 검증

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2020.0107>

Korean J Fish Aquat Sci 53(1), 107-111, February 2020

Received 23 December 2019; Revised 24 January 2020; Accepted 12 February 2020

저자 직위: 최유정(대학원생), 최정화(연구관), 이해원(연구사), 정재묵(연구사), 김현지(연구사), 김도균(대학원생), 진수연(대학원생), 백근욱(교수)

하였다.

생식소의 성숙단계는 육안으로 관찰하였고, 육안으로 판별이 불분명하거나 어려운 개체의 경우, 조직학적 관찰을 통해 구분하였다. 또한, 황돔 암컷의 성숙도를 미숙(immature), 중숙(maturing), 성숙(mature), 완숙(ripe), 방중 및 방후(spawning and spent)의 5단계로 구분하여 분석하였다. 육안관찰 방법의 경우, 미숙단계(immature)의 생식소는 극히 작아 육안으로 난립을 확인할 수 없었으며, 중숙단계(maturing)의 생식소는 비대해 있고 크기가 다른 난이 혼재되어 있었다(Kim, 1997). 성숙단계(mature)는 생식소의 크기가 크고, 난이 관찰되기 시작하였으나 투명한 거의 확인할 수 없었으며, 완숙단계(ripe)의 생식소는 채강에 가득하며, 투명한 난이 관찰되었다. 방중 및 방후단계(spawning and spent)는 배를 가볍게 누르면 난이 흘러 나오거나 생식소의 부피가 현저히 줄어 있고 생식소 내에 일부 남은 알들이 붕괴되어 있었다. 조직학적 관찰은 Oki and Tebeta (1998)과 Tominaga et al. (2005)와 비교하여 분석하였다. 산란기 추정을 위한 생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI)는 다음의 식을 이용하여 계산하였다(Anderson and Gutreuter, 1983).

$$GSI = GW/BW \times 100$$

여기서, GW (gonad weight)는 생식소 중량(g), BW (body weight)는 체중(g)이다.

생식소의 내부구조와 생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소를 추출하여 Bouin's solution에 24시간 고정하였다. 이 후, 수세와 탈수과정을 거쳐 paraplant에 포매한 후, 6-7 μm 두께로 연속 절편하여 H-E (hematoxylin-eosin) 비교 염색을 하였고, marinol로 봉입하였다. 또한, 제작된 생식소 조직의 표본은 광학현미경(LEICA DMIL LED, Leica microsystems, Wetzlar, Germany)을 이용하여 검정하였다.

포란수는 산란기간 동안 방란의 흔적이 없는 성숙한 개체의 난소에 대하여 다음의 습중량법(Bagenal, 1978)으로 구하였다.

$$F = \frac{A-B}{C} \times e$$

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 검정한 난소 일부의 중량, e는 C에서 계수된 난의 수이다.

상대포란수는 성숙한 개체의 체중에 대하여 다음 식의 방법(Bagenal, 1978)으로 구하였다.

$$F = aTL^b; F = aTW^b; F = aOW^b$$

여기서, TL (total length)은 전장, TW (total weight)는 체중, OW (ovary weight)는 생식소중량, a와 b는 상수이다.

성숙체장(TL)은 산란기로 추정되는 기간에 중숙 이상의 개체를 당해 연도 산란 가능군으로 판단한 후, 비율을 구하고 Logis-

tic식(King, 2007)을 이용하여 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-b(TL_i - TL_{50})}}$$

여기서, P_i 는 i 전장계급에서의 성숙 비율, TL_i 는 i 전장계급의 성숙체장(TL), b 는 상수이다. 일반적으로 사용하는 L_{50} 보다 엄격한 금지전장 설정을 위한 과학적 기준을 제시하기 위해 개체군의 75%, 100%가 성숙하는 성숙체장(TL)을 함께 추정하였다. 단, 이번 연구에서 사용한 표본 개수와 측정 오차의 영향을 최소화하기 위하여 100%에 근접하면서도 오차가 적은 것으로 분석된 $L_{97.5}$ 를 추정하였다.

결 과

성비

2018년 1월부터 12월까지 조사된 개체는 총 1,062개체였으며, 그 중 암컷은 508개체, 수컷은 554로 성비는 0.9:1 (암:수)로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$).

생식소속도지수(GSI)와 성숙도의 월 변화

2018년 1월부터 12월까지 황돔 암컷 508개체를 대상으로 산란기를 추정하기 위하여 생식소속도지수와 성숙도의 월별 변화를 알아본 결과(Fig. 1), 생식소속도지수는 2월에 평균 0.35로 가장 낮은 값을 나타내었고, 이 후, 증가하기 시작하여 5월에 평균 2.93으로 높은 값을 보였다(Fig. 1A). 또한, 5월 이후, 감소하여 6월에 평균 0.57로 낮은 값을 나타내었으며, 다시 증가하여 9월에 평균 4.55로 가장 높은 값을 보이다 점점 감소하는 양상을 보였다. 월별 성숙도의 경우, 1월과 2월에는 모두 미숙개체로 나타났으며, 이 후, 점점 감소하는 양상을 보이다 6월에 증가하였고, 다시 감소한 후, 12월에 높은 비율로 출현하였다(Fig. 1B). 중숙단계는 3월부터 관찰되기 시작하여 11월에 높은 비율을 나타낸 후, 12월부터는 관찰되지 않았다. 완숙단계는 1-3월을 제외하고 연중 관찰되었으며, 6월에 급격히 감소한 후, 다시 증가하여 8월에 가장 높게 출현하였다. 방중 및 방후단계는 4-12월까지 출현하였으며, 특히, 5월과 10월에 비교적 높은 비율을 나타내었다. 따라서 생식소속도지수와 성숙도의 월 변화를 통한 황돔의 산란기는 4-12월이며, 주산란기는 5월과 10월로 1년에 2회의 산란기를 가지는 것으로 추정된다.

난소의 조직학적 관찰

황돔 암컷의 생식소를 조직학적으로 살펴본 결과(Fig. 2), 난소가 활성화되기 시작하여 초기성장기(early growing stage)에 난소소엽 내에서 난원세포와 초기 난모세포가 출현하였다(Fig. 2A). 난소소엽 내의 난모세포들이 성장하여 대부분 후기성장기(late growing stage)의 난소를 가지며, 난소 내에는 세포질의 피질층에 공포를 갖는 난황포기 및 난황과립을 갖는 난모세포들

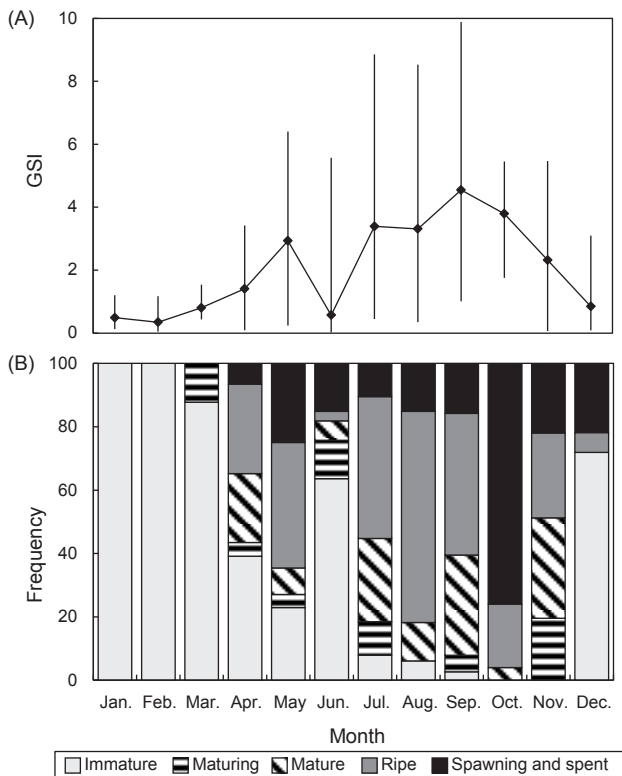


Fig. 1. Monthly changes in gonadosomatic index (GSI; A) and maturity stages (B) of female yellowback seabream *Dentex tumifrons* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea.

이 나타나기 시작하여 난소소엽을 채웠다(Fig. 2B). 이후, 성숙기(mature)의 난이 출현하였는데, 이 시기에는 난소의 발달이 급격히 진행되어 대부분의 난소 내의 난모세포들은 성장하여 다량의 난황이 축적되었고, 난모세포 핵막부위의 핵 내에서는 인이 나타나는 난황형성 개시기의 성숙난모세포들이 출현하였다(Fig. 2C). 완숙기(ripe)의 난소소엽 내에는 완숙 난으로 가득 채워져 있었으며, 일부 호산성과립과 공포형의 과립이 혼재되어 있었다(Fig. 2D). 또한, 방중 및 방후(spawning and spent)의 난소에서는 산란 후, 배란흔적이 보이는 난모세포의 퇴화 및 흡수가 되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2E).

포란수

황돔의 재생산력을 알아보기 위해 산란기로 추정되는 기간 동안 산란하지 않은 성숙된 개체를 대상으로 포란수를 측정된 결과(Table 1), 전장에 따른 절대포란수는 전장 18.6 cm 개체에서 최소 1,220개, 전장 33.7 cm 개체에서 최대 155,625개로 측정되었으며, 전장과 포란수 관계식은 $F=1.3754TL^{3.2664}$ ($R^2=0.4646$)로 나타났다. 상대 포란수는(eggs/cm)는 전장 16.0-17.9 cm 크기군에서 평균 149개로 가장 적게 나타났으며, 전장 30.0-31.9

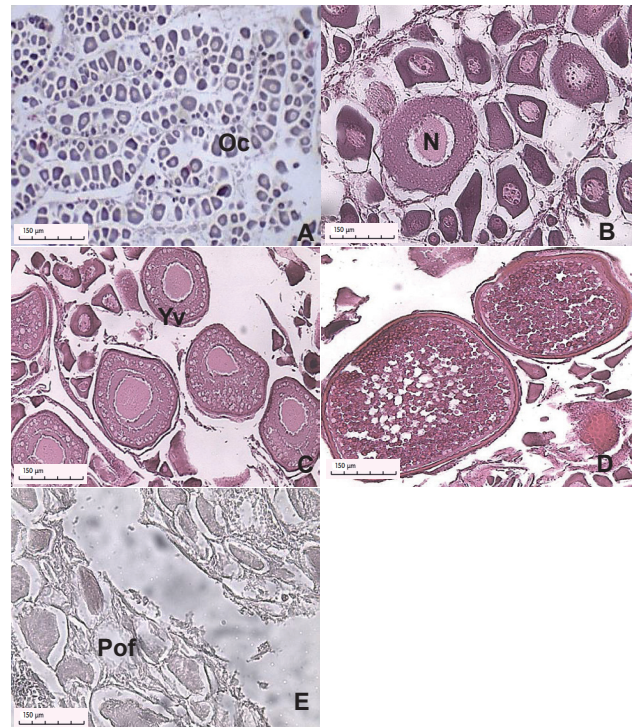


Fig. 2. Photomicrographs of ovarian development phases of female yellowback seabream *Dentex tumifrons* in the coastal waters of Korea. A, Early growing stage; B, Late growing stage; C, Mature stage; D, Ripe stage; E, Spawning and spent stage. Abbreviation; N, nucleus; Oc, oocyte; Yv, yolk vesicle; Pof, Post-ovulatory follicles. Scale bars=100 µm.

cm 크기군에서 3,213개로 가장 많게 나타났다.

성숙체장(TL)

생식에 참여 가능한 개체의 크기를 알아보기 위해 산란기로 추정되는 기간 사이에 중숙 이상의 암컷을 대상으로 산란하는 것으로 간주하여 성숙개체의 출현비율을 나타낸 결과(Fig. 3), 전장 15.0 cm 미만에서는 성숙한 개체들이 출현하지 않았으며, 전장 15.8 cm부터 산란에 참여 가능한 성숙한 개체들이 출현하기 시작하였다. 또한, 28.0 cm 이상의 개체들부터는 모든 개체들이 산란에 참여 가능한 성숙한 개체로 나타났다. 따라서 Logistic식에 적용시킨 결과, 황돔 암컷의 50%, 75%, 97.5% 성숙체장(TL)은 각각 18.4 cm, 20.5 cm, 25.3 cm로 추정되었다.

고찰

황돔의 성비는 0.9:1 (암:수)로 암·수간 유사한 결과를 나타냈으나, 암컷이 수컷에 비해 비교적 낮은 성비를 보였다. 암·수간의 성비에서 차이를 나타내는 이유는 여러 가지로 설명될 수 있

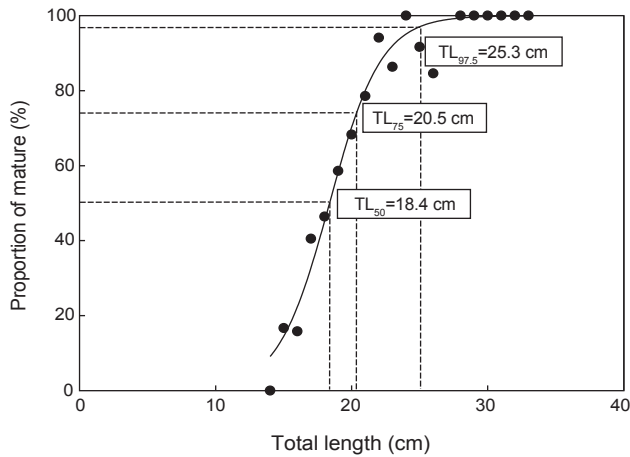


Fig. 3. A logistic relationship between total length and proportion of mature of female yellowback seabream *Dentex tumifrons* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea.

는데, 알에서 부화한 개체에서 암컷과 수컷의 개체수 차이, 성장에 따른 암컷과 수컷의 성장률, 사망률, 수명의 차이, 성장에 따른 성전환 등이 있다(Wenner, 1972; Sturm and Salter, 1989). 황돔의 경우, 자성선숙을 하는 종으로 암컷에서 수컷으로 성전환이 이루어진다는 연구 결과가 보고되어 있다(Aoyama, 1955; Oki and Tebeta, 1998). 본 연구에서 황돔의 성비가 다소 다르게 나타난 이유는 성비의 차이를 나타내는 여러가지 이유 중에서 성장에 따른 성전환 산란특성이 중요한 이유 중에 하나일 것이라 생각된다.

암컷의 생식소숙도지수(GSI)는 5월에 높은 값을 나타내다가 급격히 감소하여 6월에 낮은 값을 나타내었다. 이후, 점차 증가하여 9월에 가장 높은 값을 보인 후, 다시 감소하는 결과를 나타

내었다. 또한, 암컷의 성숙단계의 월 변화를 알아본 결과, 성숙 단계를 지난 개체는 4-5월에 높은 비율로 나타내다 6월에 급격히 감소하였으며, 다시 8월에 가장 높은 비율을 나타낸 이후, 다시 감소하는 경향을 나타냈다. 이와 같은 생식소숙도지수(GSI)와 성숙단계의 월 변화 분석 결과를 보았을 때, 황돔의 산란기는 4-12월이며, 주산란기는 5월과 10월이고, 1년에 2회의 산란기를 가지는 것으로 추정된다. 선행연구 결과, 타이완 주변해역에서 출현하는 황돔은 4월과 10월에 산란을 하며(Liao et al., 2009), 동중국해에 출현하는 황돔(Oki and Tebeta, 1998)은 4월과 9월에 산란한다고 보고 되어져 본 연구의 결과와 산란기, 산란횟수(1년에 2회)는 유사하게 나타났지만, 본 연구의 산란기가 더 길게 나타나 서식해역 및 해양환경에 따라 산란기의 차이가 있는 것으로 나타났다(Cha et al., 2007). 산란기는 위도가 높을수록 산란기가 길어지고 늦게 시작되는데, 이러한 조사해역의 환경 차이로 인하여 산란기가 다르게 나타난 것이라 생각된다. 따라서 황돔의 산란기 차이가 해양환경 변화에 따른 것인지 혹은, 다른 원인으로 인한 것인지에 대해 명확히 규명하기 위해서는 앞으로 황돔의 생태에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

선행연구 결과들과 포란수를 비교하였을 때, Oki and Tebeta (1998)는 약 13,000-35,000개, Yoda and Yoneda (2002)는 약 1,200-29,300개, Liao et al. (2009)는 약 19,772-80,530개로 나타나 선행연구들에 비해 본 연구에서 많은 포란수의 범위를 가지는 것으로 나타났다. 또한, 성장에 따라 포란수가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 포란수는 같은 종에 있어서도 크기, 연령 및 영양상태에 따라 상당히 다르며(Kim and Zhang, 1994), 먹이의 분배량과 먹이의 질, 수온 및 물리적인 환경요인, 서식밀도, 생존경쟁의 정도, 그 외 성장에 영향을 주는 여러 요인들에 의해 결정된다(Simpson, 1951). 일반적으로 어류는 영양상태가 좋으면 생식소의 크기가 커지고, 알의 크기를 작게 하여 포란수가 많아진다. 반면, 먹이생물의 농도가 낮아 영양이 좋지 못할

Table 1. Absolute and relative fecundity according to total length of yellowback seabream *Dentex tumifrons* collected from January to December 2018 in the coastal waters of Korea

Total length (cm)	Absolute fecundity (eggs)		Relative fecundity (eggs/cm)		n
	Range	Mean	Range	Mean	
16.0-17.9	2,670	2,670	149	149	1
18.0-19.9	1,220-56,350	23,575	63-2,923	1,223	12
20.0-21.9	8,520-81,600	36,194	408-3,904	1,732	26
22.0-23.9	13,280-96,740	57,437	576-4,196	2,491	23
24.0-25.9	11,430-97,600	63,655	462-3,942	2,571	13
26.0-27.9	30,960-99,050	70,553	1,134-3,628	2,584	11
28.0-29.9	26,240-132,870	81,748	905-4,584	2,820	26
30.0-31.9	58,690-141,980	98,682	1,911-4,622	3,213	19
32.0-33.9	86,280-155,625	105,270	2,608-4,705	3,182	5

때에는 부화율이 낮은 알을 만들거나, 알의 크기가 다양해지는 것으로 알려져 있다(Kim and Zhang, 1994). 따라서 황돔 또한 전장이 커질수록 포란수도 증가하는 것이 확인되어 다른 일반 경골어류와 유사한 경향을 나타내는 것으로 판단된다.

황돔에 관한 군성숙도 변화에 대한 기존 연구를 살펴보면, 대마난류가 흐르는 동중국해, 와카사만, 타이완 주변해역에 출현한 황돔의 성숙체장(50%)은 각각 14.7 cm (FL), 13.7 cm (FL), 15.5 cm (FL)이었다(Oki and Tabeta, 1998; Tominaga et al., 2005; Liao et al., 2009). 본 연구의 성숙체장과 비교하기 위해 Huh et al. (2017)을 적용하여 체장을 전장으로 환산하였을 때, 각각 약 17.6 cm (TL), 16.4 cm (TL), 18.5 cm (TL)로 환산되었으며, 본 연구와 약 0.1-2.0 cm 차이를 나타냈다.

본 연구의 결과, 황돔의 50% 성숙체장은 18.4 cm (TL)로 선행연구 결과와 비슷하게 나타났지만, 다소 차이를 보이는 것은 조사시기와 관련한 해양환경의 변화, 개체수 및 계군의 차이 등 과도 관계가 있는 것으로 생각된다. 황돔 자원을 보다 체계적으로 관리하기 위해서는 지속적인 모니터링을 통하여 해양환경 변화에 따른 황돔 자원의 산란생태 변화를 지속적으로 연구해야 할 것이다. 또한, 이번 연구는 우리나라 황돔 자원의 평가와 관리 방안을 마련하기 위한 과학적 근거자료를 제공하여 황돔의 자원 관리에 있어 중요한 자료가 될 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산과학연구사업(근해어업자원 조사, R2020021)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Anderson RO and Gutreuter SJ. 1983. Length, weight and associated structural indices in Nielson LA and Johnson DL (des.) Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, MD, U.S.A., 468.
- Aoyama T. 1955. On the hermaphroditism in the yellow sea bream, *Taia tumifrons*. Nippon Suisan Gakkaishi 22, 679-684. <https://doi.org/10.11369/jji1950.4.119>.
- Bagenal TB. 1978. Methods for assessment of fish production in freshwaters. Blackwell scientific publications, Oxford, U.K., 300.
- Cha HK, Lee SI, Yoon SC, Kim YS, Chun YY, Chang DS and Yang JH. 2007. Maturation and spawning of the pacific cod, *Gadus macrocephalus* TILESIIUS in East Sea of Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 43, 320-328. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2007.43.4.320>.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, Korea, 360.
- Huh SH, Jeong JM and Park JM. 2017. Length-weight and length-length relationships for six commercial fishes from southern Korean waters. J Appl Ichthyol 33, 649-651. <https://doi.org/10.1111/jai.13345>.
- Kim S and Zhang CI. 1994. Fish ecology. Seoul Press, Seoul, Korea, 274.
- Kim YS. 1997. Fishery biology. Shingeeung Press, Busan, Korea, 57.
- King MG. 2007. Fisheries biology, assessment and management: 2nded. Blackwell Publication, Oxford, U.K., 382.
- Kim HW, Beack GW, Park JM and Huh SH. 2012. Feeding habits of yellowback seabream, *Dentex tumifrons*, in the coastal waters of Busan, Korea. Korean J Ichthyol 24, 35-40.
- Liao CH, Pong M, Chyn SS and Su WC. 2009. Reproductive biology of the yellow seabream (*Dentex tumifrons*) in the Northern Waters off Taiwan. J Fish Soc Taiwan 36, 233-250. <http://dx.doi.org/10.29822%2fJFST.200912.0001>.
- Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JB. 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea, 2nd de. Natl Fish Res Dev Ins, Busan, Korea, 1-333.
- Oki D and Tebeta O. 1998. Age, growth and reproductive characteristics of the yellow seabream *Dentex tumifrons* in the East China Sea. Fish Sci 64, 191-197. <https://doi.org/10.2331/fishsci.64.191>.
- Simpson AC. 1951. The fecundity of plaice. Fish Invest London Ser 17, 1-27.
- Sturm MG and Salter P. 1989. Age, growth, and reproduction of the king mackerel *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) in Trinidad waters. Fish Bull 88, 361-370.
- Tominaga O, Inoue M, Kamata M and Seikai T. 2005. Reproductive cycle of yellow sea bream *Dentex tumifrons* in Wakasa Bay, the Sea of Japan off central Honshu. Fish Sci 71, 1069-1077. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2005.01065.x>.
- Wenner A. 1972. Sex ratio as a function of size in marine crustacea. Amer Natur 106, 310-350.
- Yoda M and Yoneda M. 2002. Assessment of spawning frequency and batch fecundity in the yellow sea bream, *Dentex tumifrons*. Fish Sci 68, 443-444. https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup1_443.