

서해산 박대, *Cynoglossus semilaevis* 암컷의 성숙과 산란

강희웅¹ · 임한규^{2,*} · 강덕영¹ · 한현섭¹ · 도용현² · 박종순³

¹서해수산연구소, ²국립수산과학원 양식관리과, ³갈릴리수산

Maturation and Spawning of the Female Tongue Sole, *Cynoglossus semilaevis* in the West Coast of Korea

Hee-Woong Kang¹, Han-Kyu Lim^{2,*}, Duk-Young Kang¹, Hyon-Sob Han¹,
Yong-Hyun Do² and Jong-Sun Park³

¹West Sea Fisheries Research Institute, Incheon 400-420, Korea

²Aquaculture Management Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 612-902, Korea

³Galily Fisheries, Sinan 535-802, Korea

ABSTRACT : Reproductive biology (maturation and spawning) of the female tongue sole *Cynoglossus semilaevis* were examined in 154 specimens caught from the west coast of Korea (between February and November 2010). Monthly changes of gonadosomatic index (GSI) and condition factor (CF) were peaked in September. Hepatosomatic index (HSI) showed a negative correlation with those of the GSI. Ovaries were classified into six stages based on the development of advanced oocyte and histological characteristics: virgin/immature, early developing, developing, late developing, ripe/spawning and spent/regressing stage. The relationship between fecundity (F) and total length (TL) of the fish was expressed as $F=251.43TL^{0.1264}$, and body weight (BW) was expressed as $F=1130.4BW-880848$. Biological minimum size of female was 46.87 cm (TL).

Key words : *Cynoglossus semilaevis*, Gonadosomatic index, Condition factor, Fecundity, Maturity

요 약 : 박대 생식소중량지수(gonadosomatic index, GSI)의 월간 변화는 2월에서 7월까지의 아주 낮은 값을 보였으나, 8월부터 생식소가 급격히 발달하기 시작하여 9월에 최고값을 나타내었다. 이후 10월부터 점차 낮아져 11월에 다시 낮아지는 경향을 보였다. 비만도(condition factor, CF)의 월간 변화도 9월에 최대값을 보였다. 간중량지수(hepatosomatic index, HSI)의 월간 변화는 6월에 최대값을 보인 후 7월에 급격히 낮아져 최저값을 보인 후 9월부터 증가하기 시작하여 11월에 최대값에 도달하였다. 난소발달은 미성숙기(2~7월), 초기 성숙기(7월 말), 성숙기(8월), 후기 성숙기(8월 말), 완숙·산란기(9~10월), 회복·휴지기(11월)의 6단계로 구분되었다. 박대의 포란수를 조사한 결과, 총 포란수(fecundity, F)와 전장(total length, TL)과의 관계는 $F=251.43TL^{0.1264}$ ($r^2=0.4027$)이었으며, 총 포란수와 체중(body weight, BW)과의 관계는 $F=1130.4BW-880848$ ($r^2=0.677$)로 나타났다. 박대 암컷의 50%가 성숙하는 전장은 46.87 cm로 조사되었다.

서 론

박대 *Cynoglossus semilaevis*는 가자미목(Pleuronectiformes) 참서대과(Cynoglossidae)에 속하는 저서성 어류로 일반적으로 연안의 진흙 바닥에 서식하고 있지만, 강물이 바다로 흘

러 들어가는 기수역이나 담수지역에서도 서식한다. 또한 박대는 게와 조개류, 갯지렁이 등을 먹이로 하는 육식성 어류로 바닥이 펄로 이루어진 우리나라 서해와 남해 서부 해역 및 동중국해에서 발해 만에 이르는 해역에 분포한다(최 등, 2002). 박대는 군산, 서천 등 서해지역에서 서대라는 이름으로 더 잘 알려져 있고(최 등, 1996), 참서대과 어류 중 가장 대형종으로 성장이 빨라 서해특산품종으로서 황복 *Takifugu obscurus*과 같이 산업적으로 매우 유용한 종이다.

* 교신저자: 임한규, 부산광역시 기장군 기장읍 기장해안로 216 국립수산과학원 전략양식연구소. (우) 619-705, (전) 051-720-2431, (팩) 051-720-2439, E-mail: limhk@nfrdi.go.kr

박대는 2000년대 초반까지 저서성 어류의 우점종으로 참서대와 함께 많은 양이 어획되고 있었다. 그러나 남획과 불법어업에 의한 자원량 감소와 새만금방조제 건설 등 간척사업에 의한 산란장 파괴 및 연안오염 등의 원인으로 생산량이 급감하여, 현재는 전라남도 신안지역에서만 일부가 어획되고 있는 실정이다. 이러한 원인으로 인해 2009년 해면어업생산량 중 전체 참서대는 1,430톤이 생산되었지만, 이 중 박대가 차지하는 비율은 10% 내외로 적은 어획량을 보였다(통계청 어업생산통계, 2010). 박대는 참서대와 어류 중 가장 경제적 가치가 큰 어종으로(최 등, 1996), 중국에서도 시장 가격이 높아 대량생산시 국내 수요 부족 충족 및 해외수출로 인한 경제적 파급효과가 큰 어종으로 평가된다(Zhuang et al., 2005). 박대는 자연 자원량이 급감하고 있는 새로운 양식대상종으로 종보존과 인위적 양식을 위해서는 자연계에서의 정확한 생식주기와 이를 지배하는 번식생물학적 요인들의 구명이 선행되어야 이를 활용한 자원증식이 가능하다(이 등, 2000).

박대를 대상으로 생식과 관련된 연구는 국내에서 전무하며, 단지 분류와 생태(최, 1995a), 유어출현과 먹이생물(최, 1995b) 등의 기초연구가 있을 뿐이다. 중국에서는 박대의 성분화(Ma et al., 2006)에 관한 보고가 있었다. 참서대와 어류의 생식에 관해서는 용서대 *C. abbreviatus*의 난소성숙유도(Fujita et al., 1986), 참서대 *C. joyneri*의 성장, 성숙 및 생식주기(최 등, 1995c; 이 등, 2000), 개서대 *C. robustus*의 성숙과 산란(Baek & Kim, 2004)의 일부 보고가 있다.

본 연구의 목적은 자연산 박대 암컷의 번식 잠재력을 구명하여 번식과 종보존을 위한 기초자료를 제공하고자 생식소 중량지수(gonadosomatic index, GSI), 간중량지수(hepatosomatic index, HSI), 비만도(condition factor, CF), 난소 발달, 포란수 및 군성숙도 등을 조사하였다.

재료 및 방법

연구에 사용된 실험어는 2010년 2월부터 11월까지 전라남도 신안군 지도읍 연안에서 매월 1회씩 채집한 암컷 박대 총 154개체를 사용하였다(평균전장 49.1±0.6 cm, 평균체중 707.9±25.5 g).

채집된 박대는 전장과 체중을 각각 0.1 cm, 0.1 g 단위까지 측정하였고, 해부하여 어체로부터 떼어 낸 생식소는 외부 형태 및 내부형태를 관찰한 후 0.01 g까지 측정하였다. 산란

기를 간접적으로 추정하기 위하여 조사한 GSI는 (생식소중량/체중)×100의 식으로 계산하였고, 생식소 발달 및 산란시기의 체중에 대한 간중량의 비율을 알기 위하여 HSI는 (간중량/체중)×100의 식으로 계산하였다. 또한 CF의 계산은 (체중/체장³)×1,000의 식으로 계산하였다.

생식소의 조직학적 관찰을 위하여 채취한 생식소 일부를 Bouin 용액에 24시간 고정하여 파라핀절편법에 의해 5~8 μm 두께로 연속절편을 만들었으며, Hansen's hematoxylin과 0.5% eosin으로 이중 염색하여 광학현미경(Axioskop 2 plus; Carl Zeiss, Jena, Germany)으로 관찰하였다. 제작된 조직 슬라이드는 화상분석시스템(AxioVision Rel., ver. 4.6)을 이용하여 생식세포의 형태와 크기 등을 관찰하고 측정하였다. 생식주기는 Lim et al.(2010)에서 사용한 방법에 따라 미성숙기, 초기 성숙기, 성숙기, 후기 성숙기, 완숙·산란기, 회복·휴지기의 6단계로 구분하였다.

포란수의 계산은 350 μm 이상의 알들을 Bagenal과 Braum(1987)의 습중량법을 사용하여 계수하였으며, 군성숙도는 성숙시기인 2010년 8월에서 산란이 종료되는 2010년 10월까지 채집된 개체들의 생식소 조직표본을 현미경하에서 난경을 조사하여 성숙에 이른 후 산란에 참여하는 크기를 조사하였다. 박대 개체군의 50% 이상이 성숙하여 번식에 참여하는 크기를 생물학적 최소(군성숙도 50%) 크기로 판정하였다.

실험결과로부터 얻어진 값은 mean±S.E로 나타내었다.

결 과

박대 난소의 외관상 형태는 한 쌍으로 길게 신장된 역삼각형의 낭상으로 수온이 가장 높은 8월부터 유안측과 무안측 모두 부풀어 오르기 시작하여 발달함에 따라 꼬리쪽으로 길게 신장되었다(Fig. 1). 해부하여 보면 복부의 골결근 위를 중심으로 난소가 좌우로 나뉘어져 근육 속에 조밀하게 매몰

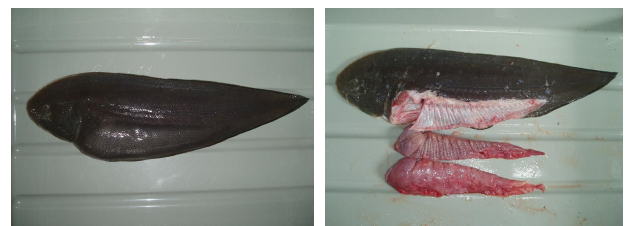


Fig. 1. External ovary shape of *Cynoglossus semilaevis*.

되어 있으며, 전장에 대한 난소의 길이는 56%를 차지하였다. 난소의 길이는 유안축이 무안축보다 약간 길고 크게 나타났다. 난소 내부는 이중결체조직으로 구성된 여러 개의 난소소엽들로 구성되어 있었다.

2010년 2월부터 2010년 11월까지 암컷 박대의 월간 GSI 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 2월에서 7월까지의 낮은 값을 유지하다가, 8월에 7.9로 급격히 발달하기 시작하여 9월에 11.2로 최고값을 나타내었다. 이후 10월부터 점차 낮아져 11월에 1.7로 다시 낮아지는 경향을 보였다. GSI의 월별 변화는 일장이 짧아지고(12.3시간), 평균수온이 24.4°C인 9월에 가장 높은 값을 나타내었다.

암컷 박대의 월간 HSI 변화는 2월에서 5월까지의 0.8~1.0으로 계속 증가하여 6월에 1.3으로 최대값을 보인 후 7월에 급격히 낮아져 0.6으로 최저값을 보였다가 9월부터 증가하기 시작하여 11월에 다시 1.3으로 최대값에 도달하였다(Fig. 2). 암컷 박대 CF의 월간 변화는 2월에서 6월까지의 4.9~6.2

로 계속 증가하여 6월에 6.2의 높은 값을 보이다가 7월에 5.7로 낮아진 후에 산란이 시작되는 9월에 6.7로 최대값을 보인 후 10월부터 낮아지기 시작하여 11월에 4.8로 최저값을 보였다(Fig. 2).

난소는 난모세포의 발달과 조직학적인 특성에 따라 6단계로 분류하였다.

미성숙기(Virgin/immature) : 2월부터 7월까지 암컷 박대에서 난소의 난소소엽은 전기 주변인기 난모세포와 후기 주변인기 난모세포들로 구성되어 있었으며, 난모세포 세포질은 hematoxylin에 짙게 염색되며, 크기가 매우 작았고, 핵내에서는 인(nucleolus)이 관찰되었다(Fig. 3a).

초기 성숙기(Early developing) : 7월 말에 접어들면 대부분의 난모세포는 난황포기(yolk vesicle stage)에 도달한 것을 관찰할 수 있었으며, 난황포는 세포막 바로 아래부분과

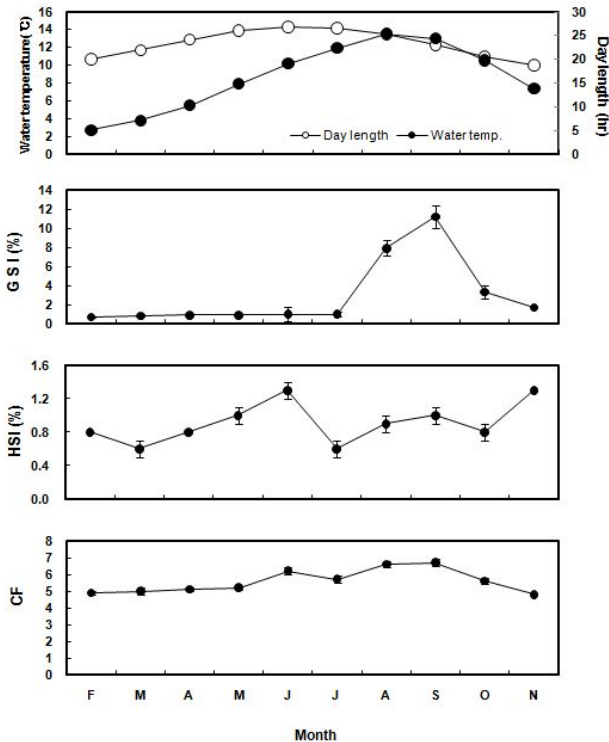


Fig. 2. Monthly changes of water temperature and day length in the sampling area, gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor of *Cynoglossus semilaevis* female from February to November, 2010.

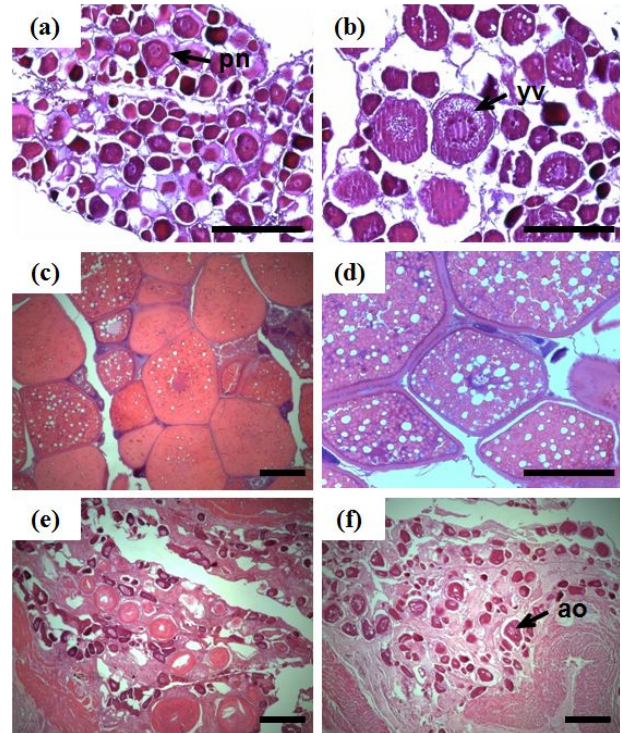


Fig. 3. Photographs of histologically observed ovary section and different maturity stages of *Cynoglossus semilaevis* female. (a) stage I (virgin/immature); (b) stage II (early developing); (c) stage III (developing); (d) stage IV (late developing); (e) stage V (ripe/spawning); (f) stage VI (spent/regressing). pn: peri-nucleolus, yv: yolk vesicle, ao: atretic oocyte. scale bar 200 μ m.

핵 주위에 산재되어 있었다(Fig. 3b).

성숙기(Developing) : 8월의 난소 내에는 여러 발달단계의 난모세포들이 관찰되고 있지만, 대부분의 난모세포군은 난황구가 세포질 주변부를 중심으로 나타나는 1차 난황구기(york globule stage) 또는 핵의 주변에서 나타나기 시작하는 2차 난황구기에 도달하였다(Fig. 3c). 난모세포에는 둥근 형태의 작은 액포들이 나타났다.

후기 성숙기(Late developing) : 8월 말에 대부분의 난모세포는 난황축적을 완료하고 난성숙 직전의 3차 난황구기에 도달하였으며, 세포질은 거의 완전히 난황구로 가득 차 있었다(Fig. 3d).

완숙 · 산란기(Ripe/spawning) : 9월에는 완숙기의 난소가 출현하였고, 이때 암컷의 난소소엽내에는 완숙난으로 가득 채워져 있으며, 이들 완숙난의 난황구는 균질화되었다. 배란 흔적을 보이는 난소가 출현하기 시작하여, 이들의 산란은 10월까지 지속되었다(Fig. 3e).

회복 · 휴지기(Spent/regressing) : 11월 이후 방란이 끝난 난소소엽은 위축되어 미방출된 난모세포들과 잔존여포들이 퇴화 · 흡수되고, 난소소엽내에서 난황포기 난모세포보다 더 발달한 난모세포들은 존재하지 않았다(Fig. 3f).

박태의 번식력을 알기 위하여 당해 아직 산란이 시작되지 않은 48개체를 대상으로 포란수를 조사한 결과, 총 포란수(F)와 전장(TL)과의 관계는 $F=251.43TL^{0.1264}$ ($r^2=0.4027$)이었으며(Fig. 4), 총 포란수(F)와 체중(BW)과의 관계는 $F=1130.4BW-880848$ ($r^2=0.677$)로 나타났다(Fig. 5). 채집된 개체 중 전장에 대한 절대포란수를 조사하였을 때 총 포란수는 최소 성숙 크기인 전장 46.0~50.0 cm의 개체들에서 평균 132,458개였으며, 전장 54.1~58.0 cm의 개체들은 평균 342,597개였고, 최대 성숙 크기인 전장 66.1~70.0 cm의 개체들은 평균 2,014,835개의 알을 가지고 있었다. 전장에 따른 상대포란수(cm 당)는 최소 성숙 크기인 전장 46.0~50.0 cm의 개체들은 2,752개/cm였으며, 54.1~58.0 cm의 개체들은 6,167개/cm였고, 최대 성숙 크기인 전장 66.1~70.0 cm의 개체들은 29,794개/cm를 나타내었다(Table 1).

체중에 따른 절대포란수를 조사하였을 때 총 포란수는 540~800 g의 개체들이 평균 152,191개의 난을 가졌으며, 1,101~1,400 g의 개체들은 평균 401,882개, 1,701~2,100 g의 개체들은 평균 1,156,942개, 최대 성숙 크기인 2,401~2,900 g의 개체들은 평균 2,955,983개였다. 체중에 따른 상

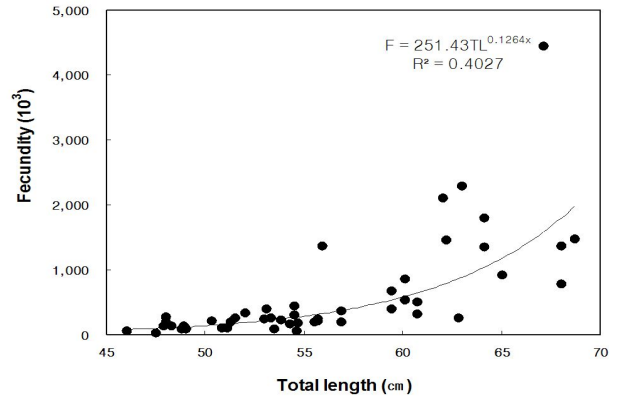


Fig. 4. Relationship between total length (cm) and fecundity of *Cynoglossus semilaevis*.

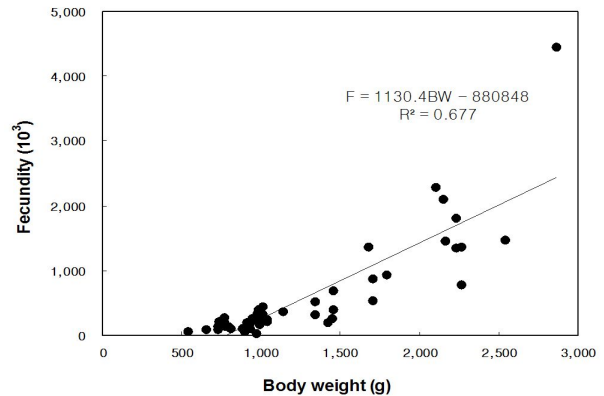


Fig. 5. Relationship between body weight (g) and fecundity of *Cynoglossus semilaevis*.

Table 1. Composition of total absolute and relative fecundities with total length in *Cynoglossus semilaevis* female

Total length (cm)	Number	Absolute fecundity (±SE)	Relative fecundity (per cm)(±SE)
46.0~50.0	9	34,081~279,552 (132,458±24,595)	718~5,824 (2,752±511)
50.1~54.0	11	99,892~405,856 (224,195±28,740)	1,867~7,643 (4,289±541)
54.1~58.0	11	60,652~1,366,038 (342,597±106,995)	1,111~24,437 (6,167±1,913)
58.1~62.0	7	326,638~2,108,240 (777,524±231,921)	5,381~34,003 (12,794±3,713)
62.1~66.0	6	257,868~2,287,656 (1,347,380±286,688)	4,106~36,312 (21,220±4,550)
66.1~70.0	4	782,487~4,441,437 (2,014,835±822,890)	11,507~66,191 (29,794±12,329)

대포란수(g 당)는 540~800 g인 개체들은 평균 207개/g였으며, 1,101~1,400 g의 개체들은 315개/g, 1,701~2,100 g의 개체들은 609개/g, 2,401~2,900 g의 개체들은 평균 1,064개/g으로 나타났다(Table 2).

암컷 박대가 어느 체장의 크기부터 성숙에 도달하여 번식에 참여하기 시작하는가를 알아보기 위해서 암컷 60마리를 대상으로 8월부터 10월까지 군성숙도를 조사하였다. 박대

암컷의 크기별 군성숙도(%) 조사 결과, 전장 45.0 cm 이하에서는 성숙개체가 출현하지 않았고, 전장 45.1~50.0 cm에서는 64.7%, 50.1~55.0 cm에서는 94.4%였고, 전장 65.1 cm 이상에서는 전 개체가 성숙한 것으로 나타났다. 개체의 크기별 군성숙도를 logistic 식에 적용한 결과, 박대 암컷의 50% 성숙 전장은 46.87 cm(TL)로 판단되었다(Fig. 6).

고 찰

대부분의 경골어류는 각각 정해진 시기에 성숙·산란하며, 산란기를 전후하여 1년의 주기성을 보이는 생식연주기를 나타낸다(정 등, 1991; 강 등, 2004; 정 등, 2008; 전 등, 2009). 이러한 생식주기는 수온 및 광주기와 같은 환경요인에 의한 자극으로 내분비계에서 분비되는 각종 호르몬에 의해 조절된다고 알려져 있다(Strssmann et al., 1996). 본 연구에서 암컷 박대의 생식소 발달과 산란에 영향을 미치는 외적 환경요인은 수온과 광주기로 난소가 완숙되어 산란이 일어나는 시기는 수온이 하강(19.8~24.4℃)하고, 자연광주기의 명기와 암기가 같아지는(12L:12D) 9~10월로 조사되었다. 어류의 계절에 따른 산란형태는 춘계산란형(spring spawner), 춘하계산란형(spring to summer spawner), 추계산란형(autumn spawner), 동계산란형(winter spawner)으로 구분되며(Shimizu & Hanyu, 1983; 이 등, 2000), 본 연구에서 박대의 주 산란기는 9~10월로 조사되어 전형적인 추계산란형 어류에 속한다. 참서대와 어류의 산란기는 참서대(이 등, 2000)가 6~8월, 개서대(Baek & Kim, 2004)가 7~8월, 흑대기 *Paraplagusia japonica*(최 등, 1996)가 6~9월로 본 연구의 박대 산란기(9~10월)와는 차이가 있었다. 하지만 본 연구에서의 박대 자연산란기는 중국의威海(威海)해역의 박대 산란기가 9월 하순~10월 중순(Liu et al., 2006)이라는 보고와 비슷한 결과를 보였다.

박대 암컷의 GSI는 CF의 월별 변화와 유사한 경향으로 9월에 최대값을 보인 후 10월부터 급격히 낮아져, 같은 추계산란형 어류인 점농어 *Lateolabrax maculatus*(김 등, 2001)와 비슷한 경향을 나타내었다. 박대의 난소 위치 및 형태는 참서대(이 등, 2000), 돌가자미 *Kareius bicoloratus*(전 등, 2009)와 유사하게 성숙함에 따라 꼬리쪽으로 길게 신장되어 나타났다.

HSI가 GSI와 역상관 관계로 나타나는 것은 난모세포의 발

Table 2. Composition of absolute and relative fecundities with body weight in *Cynoglossus semilaevis* female

Body weight (g)	Number	Absolute fecundity (±SE)	Relative fecundity (per g)(±SE)
540~800	9	68,952~279,552 (152,191±22,561)	127~363 (207±27)
801~1,100	19	34,081~445,514 (217,186±25,088)	35~442 (223±25)
1,101~1,400	3	326,638~514,344 (401,882±57,292)	243~383 (315±40)
1,401~1,700	5	199,888~1,366,038 (581,222±213,301)	141~813 (375±124)
1,701~2,100	4	543,132~2,287,656 (1,156,942±386,300)	319~1,089 (609±167)
2,101~2,400	6	782,487~2,108,240 (1,477,564±184,040)	346~981 (669±88)
2,401~2,900	2	1,470,528~4,441,437 (2,955,983±1,485,455)	578~1,550 (1,064±486)

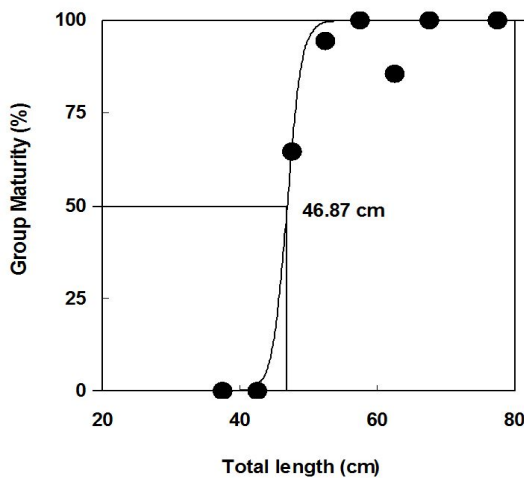


Fig. 6. Relation between total length and group maturity of *Cynoglossus semilaevis* female in the West Coast of Korea.

달과정 중에서 여포의 혈막세포에서 분비되는 estradiol-17 β 가 간에 작용하여 간세포 내에서의 RNA 합성에 의해 분비되는 vitellogenin이 난모세포의 세포질에서 난황 단백질로 축적되기 때문으로 보여지며(Aida et al., 1973), 본 연구에서 박대도 이와 같은 변화를 보였다. 이와 같은 결과는 문치가자미 *Limanda yokohamae*(이 등, 1985), 참조기 *Larimichthys polyactis*(강 등, 2006) 등의 다른 경골어류에서도 보고되고 있다.

본 연구에서 박대의 난소 발달은 7월 말부터 초기 성숙이 시작되어 GSI의 월별 변화가 급격하게 증가하기 시작하는 8월에 성숙기, 9월부터 완숙·산란기에 접어들게 되었다. 11월 이후에는 회복·휴지기로 난소소엽이 위축되었다. 강도다리 *Platichthys stellatus*(임 등, 2007)에서의 방법에 따라, 암컷 박대의 번식을 위한 기간을 산정해 보면 7월 말에서 11월 까지로, 7월 말에서 8월은 주 배우자형성 기간(gametogenesis period), 9월에서 10월까지는 산란기(spawning period), 11월은 산란후기(post spawning period)임을 알 수 있다.

박대의 번식잠재력을 측정하기 위해 조사된 절대포란수는 전장이 커질수록 절대포란수도 점차 증가되는 경향을 보였고, 또한 체중에 비례하여 증가하는 경향을 나타내었다. 본 조사에서 박대의 단위 체장(cm) 당 상대포란수는 전장의 증가와 함께 증가하였으며, 단위 체중(g) 당 상대포란수도 체중 증가에 따라 계속 증가하였다. 본 연구에서 박대의 전장과 체중 증가에 따라 절대포란수가 증가되는 현상은 쥐노래미 *Hexagrammos otakii*(강 등, 2004), 병어 *Pampus argenteus*(정 등, 2008), 돌가자미 *Kareius bicoloratus*(전 등, 2009)에서도 보고되었었다.

본 연구에서 박대 암컷 개체군이 성숙에 도달하여 번식이 가담하기 시작하는 군성숙도 50%(생물학적 최소 크기)인 개체의 전장은 46.87 cm였으며, 전장 65.1 cm 이상인 개체에서는 군성숙도 100%를 나타내었다. 중국 연안의 자연산 박대 암컷의 완전성숙을 위한 생물학적 최소 크기는 전장 49.0 cm(Sun et al., 2006)로 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 따라서 박대 암컷은 전장 46.87 cm 이하인 개체들을 어획하게 되면, 산란에 가입하는 개체수가 줄어들어 자원량이 감소하므로 남획방지를 위한 어획금지 체장 설정은 전장 47.0 cm 정도가 적당할 것으로 판단된다. 참서대와 어류에서 군성숙도 100%가 출현하는 개체의 크기(전장)는 참서대(이 등, 2000)가 28cm 이상, 개서대(Baek & Kim, 2004)가 35 cm 이상으

로, 본 연구인 박대의 전장 65 cm 이상과는 큰 차이를 보였다.

본 연구결과에서 박대의 생식주기에 의한 산란기와 군성숙도에 의한 생물학적 최소 크기를 구명함에 따라, 박대 산란기 동안의 어업제한 및 어획크기 제한을 통한 박대의 자연 자원보존과 번식과 관련된 다른 연구의 기초자료로써 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국립수산과학원 수산시험연구과제인 “수산생물 종보존 및 복원(RP-2012-AQ-007)”의 지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

- Aida K, Nagahama Y, Hibiya T (1973) Physiological studies on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference on composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull Jap Soc Sci Fish 39:1091-1106.
- Baek GW, Kim JW (2004) Maturation and spawning of Robust Tonguefish (*Cynoglossus robustus*) (Soleidae; Teleostei). J Fish Sci Tech 7:136-140.
- Fujita S, Kitajima C, Hayashida G (1986) Induction of ovarian maturation and development of eggs, larva and juveniles of the tonguefish, *Cynoglossus abbreviatus* reared in the laboratory. Japan J Ichthyol 33:304-315.
- Lim HG, Le MH, An CM (2010) Reproductive cycle of yellow croaker *Larimichthys polyactis* in southern waters off Korea. Fish Sci 76:971-980.
- Liu XZ, Sun ZZ, Ma A, Liang Y, Zhuang ZM, Lan GG (2006) Study on the technology of spawner culture and eggs collection of *Cynoglossus semilaevis* Günther. Mar Fish Res 27:25-32.
- Ma XK, Liu XZ, Wen HS, Xu YJ, Zhang LJ (2006) Histological observation gonadal sex differentiation in *Cynoglossus semilaevis* Günther. Mar Fish Res 27:55-61.
- Shimizu A, Hanyu I (1983) Environmental regulation of

- annual reproductive cycle in spring-spawning bitterling *Acheilognathus tabira*. Bull Jap Soc Sci Fish 48:1563-1568.
- Strssmann CA, Takashima F, Toda K (1996) Sex differentiation and hormonal feminization in pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Aquaculture 139:31-45.
- Sun ZZ, Liu XZ, Zhuang ZM (2006) Domestication of wild semi-tongu (*Cynoglossus semilaevis* Günther) in captivity. Mar Fish Res 26:6-10.
- Zhuang ZM, Wu D, Zhang SC, Pang QX, Wang CL, Wan RJ (2005) G-banding patterns of the chromosomes of tonguefish *Cynoglossus semilaevis* Günther, 1873. J App Ichthyol 22:437-440.
- 강덕영, 조기채, 이진호, 강희웅, 김효찬, 김규희 (2006) 자연산 암컷 참조기, *Larimichthys polyactis*의 생식년주기. 한국양식학회지 19:188-196.
- 강희웅, 정의영, 김종화 (2004) 서해산 쥐노래미, *Hexagrammos otakii*의 성성숙과 산란 특성. 한국양식학회지 17:30-38.
- 김성연, 방인철, 노용길, 김종현 (2001) 점농어 *Lateolabrax maculatus*의 성 성숙에 관한 연구. 한국수산과학회지 34:526-535.
- 이정식, 김성연, 마경화, 허성희 (2000) 참서대 *Cynoglossus joyneri* 암컷의 난소발달 및 생식주기. 한국수산과학회지 33:554-558.
- 이택열, 강용주, 이병돈 (1985) 문치가자미 *Limanda yokohamae*의 생식기구 및 개체군 동태. 한국수산과학회지 18:253-261.
- 임한규, 변순규, 이종하, 박상언, 김이청, 한형균, 민병화, 이배익 (2007) 실내 사육한 강도다리 *Platichthys stellatus*의 성성숙과 생식주기. 한국양식학회지 20:212-218.
- 전제천, 강희웅, 김병균, 최기호, 조기채 (2009) 서해 자연산 돌가자미, *Kareius bicoloratus*의 포란수와 부화율. 한국어류학회지 21:239-246.
- 정의영, 배주승, 강희웅, 이황복, 이기영 (2008) 한국 서해산 병어, *Pampus argenteus*의 번식생태. 발생과생식 12:169-181.
- 정의영, 안철민, 이택열 (1991) 짱뚱어, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus)의 성성숙. 한국어류학회지 24:167-176.
- 최윤 (1995a) 한국산 참서대과(가자미목) 어류의 분류와 생태. 전북대학교 대학원 박사학위논문, pp141.
- 최윤 (1995b) 서해안 박대 *Cynoglossus semilaevis* Gunther 유어의 출현과 먹이생물. 한국어류학회 춘계학술발표 대회, 한국어류학회지 7(1):98.
- 최윤, 김익수, 유봉석, 정의영, 박종영 (1995c) 한국 서해연안 참서대 *Cynoglossus joyneri* Gunther의 생태. 한국어류학회지 7:56-63.
- 최윤, 김중래, 정의영, 김형섭 (1996) 군산연안 조하대의 유용 자원동물에 관하여. 군산대학교 해양개발연구 8:59-67.
- 최윤, 김지현, 박종영 (2002) 한국의 바닷물고기. 교학사, pp645.
- 통계청 (2010) 어업생산통계시스템. <http://fs.fips.go.kr/main.jsp> on Dec 22.

(Received 2 February 2012, Received in revised form 24 March 2012, Accepted 25 March 2012)