Journal of the Environmental Sciences
22(1); 37~45; January 2013

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
http://dx.doi.org/10.5322/JES.2013.22.1.37

ORIGINAL ARTICLE

경남 거제해역에 서식하는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 연간 RNA/DNA 및 혈액학적 특성 변화

김수경 · 심나영 · 이도현[1] · 김대현[1] · 윤성종[1]*

국립수산과학원 서해수산연구소, [1]수산자원사업공단 수산종묘실

Seasonal Change of RNA/DNA Ratio and Blood Characteristics of Black Sea Bream *Acanthopagrus schlegeli* Habituated in Geojae Costal Area, Kyungnam Province, Korea

Su-Kyoung Kim, Na-Young Shim, Do-Hyun Lee[1],
Dae Hyun Kim[1], Seong-Jong Yoon[1]*

West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-420, Korea
[1]Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020, Korea

Abstract

The monthly variations of blood characteristics and RNA/DNA of black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*, habituated in Geojae costal area were analysed to determine health condition of natural stocks in terms of gonad maturation and spawning season from March 2010 to February 2011. Spawning season determinated by gonadosomatic index is from June to August. RNA/DNA ratio of black sea bream muscle was strongly correlated with spawning season. During the gonad maturation RNA/DNA ratio in dorsal muscle tissue was decreased contrast to rapid increase during spawning season. Blood composition factors increased in terms of gonad maturation are aspartate aminotransferase, cholesterol, triglyceride, total protein, glucose, globulin, alkaline phosphatase and inorganic phosphate. Other blood factors increased during spawning season are alanine aminotransferase, blood urea nitrogen, uric acid and lactate dehydrogenase.

Key words : *Acanthopagrus schlegeli*, RNA/ DNA, Blood chemistry, GSI, HSI

1. 서 론

감성돔, *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeket)은 농어목(Order Perciformes) 도미과(Family Sparidae)에 속하는 내만성 어종으로 중국해 동남쪽, 일본 홋카이도 이남 및 우리나라 전 연안 해역에 분포한다(Chyung, 1977). 웅성선숙자웅동체(protandric hermaphoroditism)로서 수컷으로 먼저 분화한 후 약 3~4년이 지나면 암수로 구분이 되나 일부는 암수 한몸으로 수컷의 기능을 갖는 것도 있다. 4~5년부터는 완전히 분리되어 대부분 암컷으로 성전환을 하게 되고 산란기간이 약 3개월가량 지속되는 것으로 알려져 있다(Kinoshita, 1939; Gonzales 등, 2008).

본 종은 성장이 비교적 빠르고 육질이 우수하여 자원조성 대상 종으로도 인기가 높아 2005년까지 총

Received 21 August, 2012; **Revised** 8 November, 2012;
Accepted 28 December, 2012
***Corresponding author** : Seong-Jong Yoon, Korea Fisheries Resources Agency, Busan 612-020
Phone: +82-11-9514-2060
E-mail: sj7750@hanmail.net

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
ⓒⓒ 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.

740만 마리가 방류되었고, 이후 해마다 방류량이 증가하여 2006년부터 2011년까지 6년간 방류량이 1,932.4만 마리에 달하고 있다(한국수산자원관리공단 자체조사). 한편, 일본의 경우에도 1980년대부터 히로시마만을 중심으로 2천만마리 이상의 종묘가 방류되고 있는 것으로 보고되고 있다(Gonzalez 등, 2008; Gonzalez 등, 2009). 하지만 방류에 의한 자원조성효과나 자연생태계에 미치는 생태학적, 유전학적 영향에 대해서는 아직 잘 알려져 있지 않은 상태이다(Fushimi, 2001; Kitada와 Kishano, 2006; Araki와 Schimid, 2010). 자연에 서식하는 어류 개체군의 건강도 평가는 자웅이체 어류를 대상으로 염분, 수온, 용존산소 등 환경변화와 관련한 바이오마커들이 연구가 되어 왔으나(Phelan 등, 2000; Amara, 2004), 본 종과 같이 성전환 어류의 경우 성숙과 산란과정은 성전환 양상과 관련하여 복합적인 생리적 변화가 수반되기에 보다 다양한 생리학적인 정보가 필요한 실정이다(Nagahama, 1983; Guraya, 2000).

본 연구는 남해안 거제 해역에서의 감성돔의 생식소 성숙, 산란에 따른 근육 내 RNA/DNA, 단백질, 혈액생화학적 변화 등을 분석하여 이들 개체군의 생리적인 연간 건강도 변화를 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 생태학적 특성 조사

경상남도 거제시 연안해역(지도부근)에서 2010년 3월부터 2011년 2월까지 월별로 30～40마리씩 수집한 감성돔 총 529마리의 체중, 길이를 측정 한 후 해부를 하여 간과 생식소를 분리하고 암수를 구별한 후 무게를 측정하여 생식소중량지수 GSI (=생식소중량×100/체중)와 간중량지수 LSI (=간중량×100/체중)를 산정하였다(Fig. 1). 채집기간 중 8～10월 사이에는 수컷을 볼 수 없었으며 전량 암컷으로 파악되었다.

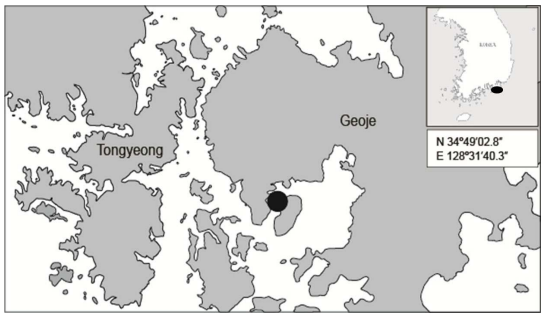

Fig. 1. Survey position of study in Geoje, Korea.

2.2. 혈액특성 조사

월별로 수집한 감성돔 총 442마리의 미부동맥에서 헤파린 처리를 한 일회용 주사기로 약 1,000 μL의 혈액을 채취하여 혈장을 분리한 후(8,000 rpm, 4℃, 15분) 혈액자동분석기(Fuji dry chem. 3500, Japan)로 14가지 항목을 측정하였다. 첫째, 조직의 손상정도를 나타내는 지표로 세포막의 투과성과 파괴여부를 예측할 수 있는 AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine aminotransferase) 둘째, 지질대사능력의 지표로 TG (triglyceride), CHO (cholesterol) 셋째, 스트레스의 지표로 glucose, 넷째, 생리기능 평가에 LDH (lactate dehydrogenase), BUN (blood urea nitrogen)와 UA (uric acid), 간과 신장 같은 조직의 상태를 파악하기 위하여 ALP (alkaline phosphatase), 그 외에 Ca, IP (무기인) 그리고 면역기능의 지표로 총단백질 (total protein), ALB (albumin), globulin 그리고 스트레스의 지표로 glucose 농도를 조사하였다.

2.3. RNA/DNA 및 단백질 분석

핵산함량의 측정은 Clemmesen (1994)과 Belchier 등 (2004)의 분석법을 변형하여 형광광도법으로 Microplate reader (Varioskan flash, Thermo Sci.)를 사용하여 측정하였다(Kim 등, 2005). 등지느러미 밑부분의 근육을 채취하여 동결건조한 후(-50℃, 24 hr), 무게를 측정하여 Tris-ethylenediaminetetraacetic acid (TE; 5mM Tris-HCl, 0.5 mM EDTA, pH 8.0)와 0.01% SDA (Sodium dodecyl acrylamide, Merck, Germany) 용액을 500 μL 원심분리관에 넣고 진동마쇄기(Tissue lyser, Qiagen)로 15분간 분쇄를 하여 4℃, 6,000 rpm으로 원심분리 후 상등액을 취하여 96 well microplate에 100 μL씩 2열로 분주하고, 한 열에 20 μL RNase와 ethidium bromide (EtBr)을 첨가하여 37℃에서 30분간 가온 후 emission 355 excitation 590 nm에서 형광량을 측정하였다. 핵산측정용으로 분리한 상등액 중 50 μL에 250 μL Coomassie Brilliant Blue (G-250)를 혼합하여 microplate reader (Multiskan Spectrum,

Thermo Fisher, Germany)에 분주하고 595 nm에서 흡광도를 측정하여 근육내 단백질 함량을 조사하였다.

3. 결 과

3.1. 체중 및 체장

거제 해역에서 어획한 감성돔 어미의 평균 전장은 33.9 ± 3.46(SD) cm, 체중 684.8 ± 250.8 g 이었다. 수컷의 평균 전장은 33.2 ± 3.7 cm, 체중 629.9 ± 246.9 g 이였고 암컷의 전장은 34.2 ± 3.3 cm, 체중 709.2 ± 249.1 g로 조사되었다(Table 1).

3.2. 생식소 및 간중량 지수

감성돔 수컷의 연간 생식소중량지수 변화를 보면 3월에 2.87 ± 0.20%에서부터 5월 9.19 ± 0.52%로 급격히 증가하여 최대값에 달하였으며 그 이후 7월에 1.63 ± 1.53%, 11월에 0.47 ± 0.43%로 감소하였다. 암컷의 경우는 3월에 2.33 ± 0.14%, 3월에 10.49 ± 0.51%의 최대치에 이른 후 수컷과 동일하게 감소하여 10월에 0.89 ± 0.09%에 이르렀으며 11월부터 다시 증가하였다(Fig. 2).

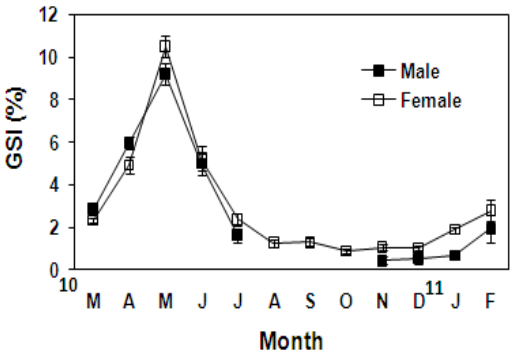

Fig. 2. Variation of GSI (Gonadosomatic index) of black sea bream from March 2010 to February 2011. Error bar indicates standard error.

간중량 지수의 변화는 수컷의 경우 3월에 1.74 ± 0.10%에서 감소하여 5월에 최저값인 1.39 ± 0.11%였으며 다시 서서히 증가하여 이듬해 1월에 가장 높은 값인 2.25 ± 0.15%로 나타났다. 암컷의 경우는 3월 1.94 ± 0.12%에서 점차 증가하여 5월에 최대값인 2.25 ± 0.12%였으며 그 이후 7월까지 급격히 감소하여 1.67 ± 0.12%를 보였고 이듬해 2월까지 2.24 ± 0.10%로 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 3)

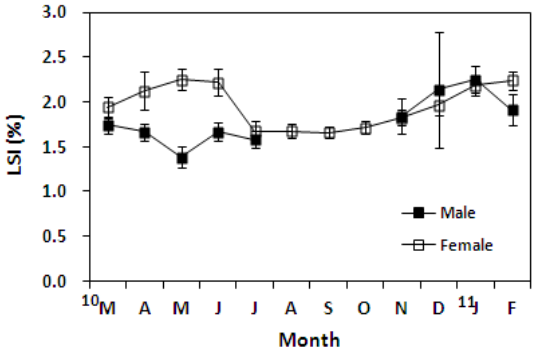

Fig. 3. Variation of HSI (Hepatosomatic index) of black sea bream from March 2010 to February 2011. Error bar indicates standard error.

3.3. RNA/DNA 및 단백질 농도

2010년 3~12월까지 감성돔의 성별에 따른 연간 근육내의 핵산농도 및 비의 변화는 Fig. 4와 같다. RNA/DNA 비로 본 감성돔의 연간 건강도 변화는 여름철인 7월에 암컷의 경우 1.78 ± 0.39 (SD), 수컷의 경우 1.43 ± 0.29로 가장 높은 비를 보였다. DNA 농도의 변화는 환경변화에 대하여 비교적 일정한 값을 유지하나 11월에는 암컷의 경우 0.73 ± 0.27 μg/mg로 증가하였으며 수컷의 경우는 연중 0.46~0.61 μg/mg으로 큰 변화를 보이지 않았다. RNA는 3월에 0.32 ± 0.13 μg/mg의 낮은 값에서 점차 증가하여 7월

Table 1. Morphometrical characteristics of black sea bream habituated in Geojae coastal area from March 2010 to February 2011

Sex	Total length (cm)	Body length (cm)	Body height (g)	Total weight (g)	Meat weight (g)
Male	33.2±3.7	27.1±3.1	10.8±1.2	629.9±246,9	560.5±220.1
Female	34.3±3.3	28.1±2.8	11.1±1.2	709.2±249,1	631±212.6
unknown	33.72.8	27.52.4	11.3±0.9	680.6±184.2	605.8±161.0

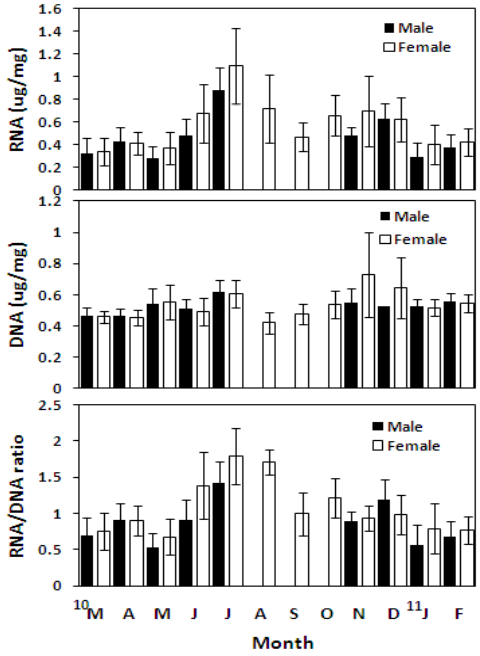

Fig. 4. Variation of RNA, DNA concentration and ratio of black sea bream from March 2010 to February 2011. Error bar indicates standard deviation.

에 수컷은 0.88 ± 0.20 μg/mg 였고 암컷은 그보다 높은 1.09 ± 0.33 μg/mg의 최대값을 보였다. 9월 이후에는 증감을 반복하며 0.49～0.66 μg/mg의 범위를 유지하는 것으로 분석되었다.

근육내 단백질 농도의 변화는 Fig. 5와 같다. 암컷과 수컷이 경우 동일한 패턴으로 일정하게 유지되었으며 수컷의 경우는 12월에 가장 낮은 값인 82.4 ± 1.9 μg/mg를 보였으나 그 이외에는 연중 107.4～124.8 μg/mg의 범위에서 변화하였다. 암컷의 경우는 9월에 가장 높은 값인 131.8 ± 27.0 μg/mg으로 조사되었고 연중 104.0～122.2 μg/mg을 유지하였다.

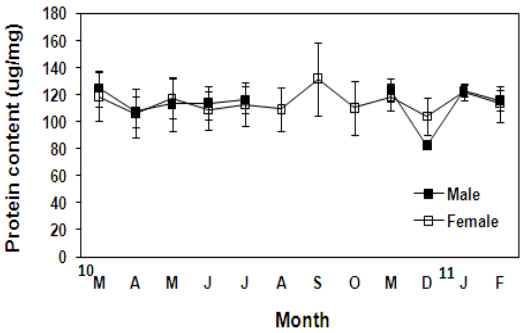

Fig. 5. Variation of muscle protein content of black sea bream from March 2010 to February 2011. Error bar indicates standard error.

3.4. 혈액학적 특성

자연산 감성돔의 혈액내의 각종 효소 및 생화학적 특성은 Fig. 6, 7과 같다. 생식소가 성숙하는 4～5월에 AST의 활성이 수컷의 경우 31.5 ± 9.7 U/L, 29.7 ± 14.1 U/L였으며 암컷의 경우는 다소 낮은 21.6 ± 4.6 U/L, 22.2 ± 5.4 U/L로 조사되었다. 연중 가장 높은 활성을 보인 시기는 11월에 수컷 71.5 ± 42.8 U/L, 암컷의 경우는 74.8 ± 18.0 U/L로 나타났다. ALT의 경우는 3～5월까지는 암수 모두 비교적 낮은 2.0～2.6 U/L의 활성범위를 보였으나 산란이 이루어진 후 6～7월 사이에 급격히 증가하여 4～5 U/L에 달하였다. 8～10월까지 조사된 자연산 감성돔의 경우 전량이 암컷으로 8월에 연중 가장 높은 활성인 6.2 ± 0.6 U/L를 보였고 그 후 점차 감소하여 12월경에는 수컷 3.7 ± 0.3 U/L, 암컷 2.5 ± 0.13 U/L의 안정적인 활성을 보였다.

암컷의 CHO (cholesterol) 변화는 11월에 최고의 농도인 303.0 ± 14.9 mg/dL, 수컷의 경우 379.0 ± 7.4 mg/dL였다. TG는 혈중 총 콜레스테롤과 같은 양상으

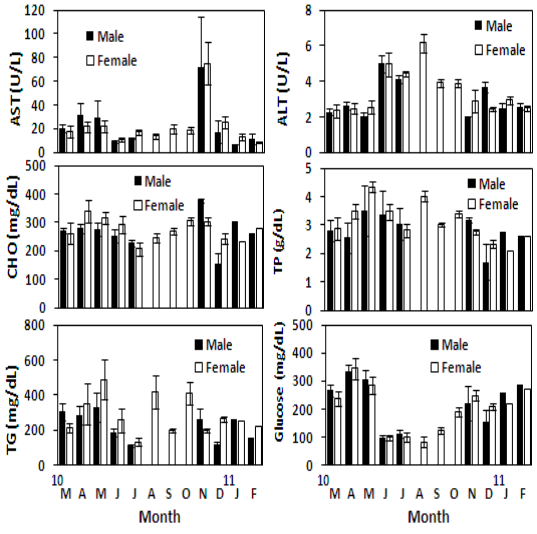

Fig. 6. Variation of blood characteristics of black sea bream from March 2010 to February 2011. Error bar indicates standard error.

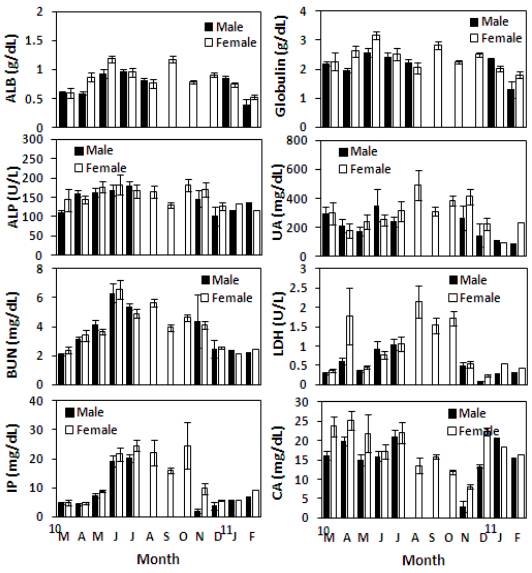

Fig. 7. Variation of blood characteristics of black sea bream from March 2010 to February 2011. Error bar indicates standard error.

로 변화하여 5월에 암컷 523.7 ± 117.1 mg/dL, 수컷 330.9 ± 80.9 mg/dL의 최대 농도를 보였다. 혈중 단백질은 5월에 암컷이 4.4 ± 0.2 g/dL, 수컷이 3.5 ± 0.9 g/dL로 최대 농도를 보였으며 8월을 제외하고 그 후 점차 감소하는 경향을 보였다. Glucose는 계절적으로 변화하여 4월에 암수 모두 345.7 ± 38.1 mg/dL, 333.3 ± 23.2 mg/dL로 최대 혈중 농도를 보였으며 암컷의 경우 8월에 가장 낮은 82.7 ± 20.1 mg/dL를 기록하였다. 그러나 10월부터는 다시 증가하기 시작하여 이듬해 2월에 암컷은 271.3 ± 22.1 mg/dL, 수컷은 286.3 ± 31.8 mg/dL에 달하였다.

Albumin을 보면 5월까지 암수 모두 농도가 점차 증가였으며 그 이후는 서서히 감소하였으나 여름철에 암컷의 경우 일시적인 증가를 보였고 11월 이후에는 다시 감소하는 것으로 분석되었다. 최대값은 수컷이 5월에 1.18 ± 0.05 U/L, 암컷은 6월에 0.96 ± 0.06 U/L 였다(그림 6). Globulin의 농도는 albumin과 유사한 패턴으로 변화하여 암수 모두 5월에 가장 높은 농도인 3.17 ± 0.14 U/L, 2.57 ± 0.16 U/L로 각각 조사되었다. ALP는 albumin과 globulin과 동일한 양상으로 변화하였으며 최대값이 암컷은 6월에 182.39 ± 25.05 U/L, 수컷은 7월에 180.66 ± 12.06 U/L 였다. BUN과 UA의 혈중 농도를 보면 BUN은 산란기인 7월에 암컷과 수컷 모두 최대값인 6.57 ± 0.68 mg/dL, 6.32 ± 0.66 mg/dL로 조사되었으며 그 이후 점차 감소하여 12월에 2.55 ± 0.10 mg/dL, 2.43 ± 0.62 mg/dL로 나타났다. Urea의 경우는 암컷의 경우 4월에 178.1 ± 47.8 mg/dL, 수컷은 5월에 173.5 ± 30.7 mg/dL로 가장 낮은 값을 보였으며 계절적인 변화보다는 월별로 변화의 폭이 큰 것으로 나타났다. LDH의 변화는 암컷에 경우 연중 개체에 따라 큰 변화폭을 보였고 8월에 2.14 ± 0.42 U/L의 최대 활성을 보였으며 10월까지 지속되었다. 수컷의 경우는 8~10월까지 샘플을 수집하지 못해 정확한 경향을 파악하기 어려우나 3월부터 7월까지 점차 증가하는 것으로 나타났다. 무기질의 농도변화를 보면, IP의 경우 뚜렷한 계절적 변화를 보여 3월에 암컷 4.97 ± 1.00 mg/dL, 수컷 4.67 ± 0.29 mg/dL에서 7월에 최대 농도인 21.7 ± 2.3 mg/dL, 19.4 ± 1.9 mg/dL로 증가하였으며 그 이후 점차 감소하여 12월에는 5.63 ± 0.28 mg/dL, 3.77 ± 1.22 mg/dL에 달하였다. Ca의 경우 암컷에서 전반적으로 수컷보다 높은 농도를 보였으며 11월에 최소값인 3.0 ± 1.4 mg/dL(수컷), 8.1 ± 0.5 mg/dL (암컷)을 보였다.

4. 고 찰

본 연구에서 거제 해역에 서식하는 감성돔을 조사한 결과 크기가 평균 33.7 cm 로 8~10월에는 수컷을 채집할 수 없었으나 암컷은 전 기간에 걸쳐 수집이 가능하여 환경과 산란시기와 관련된 건강도의 변화양상을 파악할 수 있었다. GSI와 LSI는 성숙주기와 관련하여 성숙기에 가장 높은 값을 보이며 산란이 이루어진 후에 낮아지는 것으로 알려져 있다(Htun-Han, 1978; Mahboob과 Sheri, 1997; Eliassen과 Vahl, 1982). 본 연구에서 GSI는 5월에 가장 높은 값을 보여 성숙기로 추정되며 그 후 급격히 감소하여 6~7월에 산란이 이루어지는 것을 파악할 수 있었다. 간중량 지수는 수컷의 경우 성성숙과 상관없이 서서히 증가하여 생식주기와 관련된 뚜렷한 경향을 파악하기 어려운데 반하여 암컷은 생식소가 성숙되는 시기에 점차 증가하여 5

월과 6월에 최대치에 달하고 산란과 더불어 다시 감소하는 패턴을 볼 수 있으며 다시 11월부터 서서히 증가하는 것으로 나타났다.

건강도를 판정하는 요소인 RNA/DNA의 비는 단백질 합성과 관련하여 세포의 크기를 나타내는 지표로서의 RNA가 영양상태나 환경이 적절한 경우에 증가를 하며 체적당 비교적 일정한 수를 보이는 DNA의 양으로 향후 성장과 관련된 단백질 합성을 추정하여 볼 수 있다(Kim 등, 2008). 생식주기와 관련된 근육 내 핵산의 변화는 bluegill, Ayu-fish (*Plecoglossus altivelis*), catfish, black crappie (*Pomoxis nigromaculatus*)과 같은 어종에서는 성숙기까지 증가하다가 산란기에는 감소하는 것으로 알려져 있다(Bulow 등, 1978; Satomi와 Ishida, 1976; Mustafa, 1977; Haines, 1980). 그러나 핵산비와 생식주기와 관련된 연구는 많이 이루어져 있지 않으며 위의 연구와 같이 대부분 담수어에 국한되어있다. 본 연구에서 해산어인 감성돔은 생식소가 성숙하는 시기인 4~5월에 근육내에 낮은 RNA/DNA 비를 보이다가 산란기인 6, 7월까지 점차 증가하여 근육내 가장 높은 RNA/DNA 비를 보였으며 겨울철에 다시 낮은 비를 보였다. 이는 감성돔은 산란이 이루어지는 동안에 먹이섭취가 활발하여 산란 스트레스에서 빠르게 회복이 되어 근육단백질의 합성이 활발한 것을 의미한다(Zaboukas 등, 2006). 그러나 근육내 단백질 함량은 11월을 제외하고 암컷과 수컷 그리고 계절적인 큰 변화를 보이지 않고 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있음으로 단백질 합성과 관련된 RNA가 다량 생산이 되었지만 체세포 단백질을 형성하기 보다는 다른 생리적 활성과정과 산란에 필요한 에너지로 이용되었을 것으로 추정되었다. 자연에서 생물은 먹이생물의 생체량, 수온, 염분 등과 같은 환경요인에 의하여 영향을 받는 것으로 지역적인 특성에 따라 활발한 먹이섭취가 가능하여 생식소가 성숙하고 산란하는 시기에도 지속적으로 성장이 가능한 상태를 유지하는 것으로 판단되었다.

생화학적 분석 이외의 혈액학적 요소를 살펴보면 산란기인 7월까지 RNA/DNA 비가 증가한 것과는 달리 환경변화에 적응하고 생존율을 향상시키는 에너지 상태를 파악할 수 있는 혈중 glucose, CHO과 TG의 농도가 모두 산란기 전까지 증가하다가 산란기에 이르러 감소하는 것으로 나타나 생식소의 성숙과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다(Ng 등, 1988; Ng와 Idler 1983; Chatzifotis 등, 2004). 또한 glucose 변화는 여름철 수온의 증가와 함께 에너지 소비가 증가하여 혈중 농도가 감소하는데 본 연구에서도 산란기인 7월에 농도가 급격히 감소하여 산란과정으로 인한 급격한 체내 에너지 소비와 더불어 해수의 수온상승에 의한 대사 작용의 증가와 관련된 것으로 추정되었다. AST와 ALT의 변화를 보면 AST는 11월의 특이적인 급격한 활성의 증가를 제외하고 생식소 성숙기인 5월까지 증가하다가 산란기에 감소한 반면 ALT는 성숙기에는 낮은 활성을 보이다 산란기에 급격히 증가하여 높은 활성을 보인 후 점차 감소하는 것으로 나타났다. 혈중 단백질은 뚜렷한 경향을 보이지는 않았으나 생식소 성숙과 함께 증가하여 산란기에 점차 감소하며 그 이후는 증감을 반복하면서 서서히 감소하는 경향을 보였다.

LDH는 각 조직의 손상에 의해 증가하며 체내 모든 조직이나 세포에 분포되어 있는데 pyruvate와 lactate 사이의 상호전환에 관여하며 혐기성 대사과정에서 생성되어 적은 양이 혈액으로 방출된다(Childress와 Somero, 1990; Selch와 Chipps, 2007). 본 연구에서 수컷의 경우는 산란기인 7월까지 점차적으로 증가하는데 반하여 암컷의 경우는 급격한 활성의 변화가 있으며 산란이 종료된 8월부터 10월까지 매우 높은 활성을 보였다. 이는 산란행동이외의 먹이포획, 도피 등과 같은 혐기성 에너지 소비와 관련되었다는 조사와 관련이 있을 것으로 추정되었다(Schoenebeck과 Brown, 2012). 또한 ALP (alkaline phosphotase)의 활성은 생식소 성숙기에 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 vitellogenesis 과정에 vitellogenin의 hepatic synthesis에 인산을 제공하는 중요한 효소계로 작용하기 때문이라고 알려져 있다(Jonston 등, 1987). 본 연구에서도 생식소 성숙기에 암수 모두 ALP 활성의 증가를 보였으나 산란기에도 급격히 감소하지는 않았으며 겨울철까지 서서히 감소하였다.

면역력의 지표로 활용되는 albumin과 globulin의

농도를 보면 계절적인 뚜렷한 패턴을 보이지 않았지만 생식소가 성숙하는 5월까지 점차 증가하는 것으로 나타났으며 산란이 일어나는 6월과 7월에 다소 감소하였고 수온이 낮은 겨울과 초봄에 가장 낮은 농도를 보였다. 대부분의 척추동물의 간에 존재하는 globulin 같은 스테로이드 운반체 단백질과 스테로이드를 유도하는 단백질(vitellogenins, egg shell protein)의 합성과 방출이 어류 성 성숙과 밀접하게 증가함을 보인다는 Arukwe와 Goksoyr (2003)의 연구와 같이 본 연구에서도 생식소가 성숙하는 기간에 증가하는 것으로 파악되었다.

단백질 이화작용에 의하여 생성되며 신장에 의하여 혈액에서 제거되는 BUN은 척추동물에서 간, 아가미, 신장 기능의 이상지표로 많은 활용이 되어 왔으며 한편으로 먹이섭취가 활발한 시기에 급증한다는 많은 연구들이 발표되어왔다(Gershanovich와 Potoskij, 1992; Tatrai, 1981, Kikuchi 등, 1991). 본 연구에서 혈중 농도를 보면 산란기인 7월에 암컷과 수컷 모두 최대값을 보였는데 산란으로 인한 에너지대사의 증가와 여름철 수온상승과 더불어 먹이섭취가 활발하였을 것으로 추정이 가능하며 ALT가 산란기에 활성이 증가한 것과 관련하여 조직의 일부 손상이 예측이 되었다. Uric acid의 경우는 생식소가 성숙하는 시기에 가장 낮은 값을 보였는데 암컷의 경우 8월에 RNA 농도가 점차 감소하는 시기에 가장 높은 값을 보여 핵산의 분해에 의하여 생성이 되고 먹이원의 질소, glutamine, asparate와 glycine으로부터 새롭게 생성이 되는 원리(Claybrook, 1983; Regnault, 1987)와 비교할 때 본 연구에서도 먹이 섭취가 증가하였다는 추정과 근육내 핵산이 감소한 분석 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

성 성숙기 암컷의 혈중 Ca 농도 증가는 Ca과 결합하는 난황전구체, vitellogenin의 생성과 관련된 것이며, IP는 어류의 성장과 관련된 필수요소로서 골격의 발달과 생식주기와 밀접한 관계를 갖고 있으며 탄수화물, 지질, 아미노산 등의 대사 작용에 중요한 역할을 담당하고 있다(Baeverfjord 등, 1998; Hardy 와 Shearer, 1985). 본 연구에서는 혈중 단백질, Ca과 IP 등의 이온상태 또한 암컷이 수컷보다 생식소가 성숙하는 시기에 더 높은 것으로 나타나 성 성숙과 관련하여 대사 작용이 활발하여 진 것으로 파악되었다.

본 연구에서는 거제해역에 서식하는 감성돔 개체군의 생식주기와 관련한 생화학적, 혈액학적 변화를 조사한 결과 혈액내의 효소 및 혈액의 성분 중 생식소 성숙이 이루어지는 시기에 증가한 것은 AST, CHO, TG, TP, glucose, globulin, ALP, IP로서 성성숙과 관련하여 에너지 이동과 대사 작용이 활발하여진 것을 확인하였다. 한편 산란시기에 주로 증가하는 요소는 ALT, BUN, UA로서 산란과정 상의 일부 조직의 손상이 증가 된 것으로 추정되었다. 그러나 RNA, DNA 농도와 RNA/DNA 비의 연중 변화는 생식소가 성숙하는 동안에 근육내 RNA/DNA 비가 감소하였으나 산란이 이루어지는 시기에 급격히 증가하는 것으로 나타나 산란기간의 에너지 소모로 인한 건강상태가 빠르게 회복이 되는 특성을 보였다.

감사의 글

이 논문은 국립수산과학원 경상과제의 일환으로 (AQ-2012-080) 수행되었으며 연구에 도움을 주신 분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

Arukwe, A., Goksoyr, A., 2003, Eggshell and egg yolk proteins in fish, hepatic proteins for the next generation, oogenetic, population and evolutionary implications of endocrine disruption, Comp. Hepatol., 2, 1-21.

Amara, R., 2004, 0-group flatfish growth conditions on a nursery ground (Bay of Canche, Eastern English Channel), Hydrobiologia, 518, 23-32.

Araki, H., Schmid, C., 2010, Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys, Aquaculture, 308, 52-511.

Belchier, M., Clemmesen, C., Corted, L., Doan, T., Folkvord, A., Garcia, A., Geffen, A., Hoje, H., Johannessen, A., Moksness, E., de Pontua, H., Ramirez, R., Schnack, D., Sveinsbo, B., 2004, Recruitment studies: manual on precision and accuracy of tool, ICES Techniques in Marine Environmental Sciences, No. 33, Copenhagenn, Denmark, 1-35.

Baeverfjord, G., Åsgård, T., Shearer, K. D., 1988, Development and detection of phosphorus deficiency in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr and post-smolts. Aquac. Nutr., 4, 1-11.

Bulow, F. J., Coburn, B. Jr., Cobb, C. S., 1978, Comparisons of two bluegill populations by means of the RNA-DNA ratio and liver somatic index, Trans. Amer. Fish. Soc., 107, 799-803.

Chatzifotis, S., Muje, P., Pavlidis, M., Agren, J., Paalavuo, M., Molsa, H., 2004, Evolution of tissue composition and serum metabolites during gonadal development in the common dentex (*Dentex dentex*), Aquaculture, 236, 557-573.

Childress, J. J., Somero, G. N., 1990, Metabolic scaling: a new perspective based on scaling of glycolytic enzyme activities, American Zoologist, 30, 161-173.

Chyung, M. K, 1977, The fishes of Korea, Il Ji publishing Co., Seoul, Korea, 359-360.

Claybrook, D. L., 1983, Nitrogen metabolism, in: Mantel, L. H. (ed.), The biology crustacea, Internal Anatomy and Physiological Regulation, vol. 5. Academic Press, New York, 163-213.

Clemmesen, C., 1994, The effect of food availability, age or size on the RNA and DNA content in individual measured herring larvae, laboratory calibration, Mar. Biol., 118, 377-382.

Eliassen, J. E., Vahl, O., 1982, Seasonal variations in the gonad size and the protein and water content of cod, *Gadus morhua* (L.) muscle from Northern Norway, J. Fish. Biol., 20, 527-533.

Fushimi, H., 2001, Production of juvenile marine finfish for stock enhancement in Japan, Aquaculture, 200, 33-53.

Gershanovich, A. D., Pototskij, I. V., 1992, The peculiarities of nitrogen excretion in sturgeons (*Acipenser ruthenus*) (Pisces, Acipenseridae), I. The influence of ration size, Comp. Biochem. Physiol., 103A, 609-612.

Gonzalez, E. B., Umino, T., Kagasawa, K., 2008, Stock enhancement programme for black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii* (Bleeker), in Hiroshima Bay, Japan: a review, Aquaculture Research, 39, 1307-1315.

Gonzalez, E. B., Murakami, T., Yoneji, T., Nagasawa, K., Umino, T., 2009, Reduction in size-at-age of black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) following intensive releases of cultured juveniles in Hiroshima Bay, Japan. Fish. Res., 99, 130-133.

Guraya, S. S., 2000, The biology of gonadal development, sex differentiation, maturation and sex reversal in fish; cellular, molecular and endocrinological aspects, Proc. Indian Nat. Sci. Acad., (B66) 4-5, 167-194.

Hardy, R. W., Shearer, K. D., 1985, Effect of dietary calcium phosphate and zinc supplementation on whole body zinc concentration of rainbow trout (*Salmo gairdneri*), Can. J. Aquat. Sci., 42, 181-184.

Haines, T. A., 1980, Seasonal patterns of muscle RNA-DNA ratio and growth in black crappie, *Pomixis nigromaculatus*, Env. Biol. Fish., 5(1), 65-70.

Htun-Han, M., 1978, The reproduction biology of the dab, Limanda limanda (L.) in the North Sea; gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor, J. Fish. Biol., 13, 269-278.

Johnston, C. E., Gray, R. W., Mclennan, A., Peterson, A., 1987, Effects of photoperiod, temperature, and diet on the reconditioning response, blood chemistry, and gonad maturation of Atlantic salmon kelts (*Salmo salar*) held in freshwater, Can. J. Fish. Aqu. Sci., 44, 702-711.

Kikuchi, K., Takeda, S., Honda, H., and Kyono, M., 1991, Effect of feeding on nitrogen excretion of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 2059-2064.

Kim, S. K., Rosenthal, H., Clemmesen, C., Park, K. Y., Kim, D. H., Choi, Y. S., Seo, H. C., 2005, Various methods to determine the gonadal development and spawning season of the purplish washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby), J. Appl. Ichthyol., 21, 101-106.

Kinoshita, Y., 1939, Studies on the sexuality of genus Sparus, J. of Science of the Hiroshima University Series B Division 1. Zoology, 7, 25-37.

Kitada, S., Kishano, H., 2006, Lessons learned from Japanese marine finfish stock enhancement programmes, Fish. Res., 80, 101-112.

Mahboob, S., Sheri, A. N., 1997, Relationships among ovary weight, liver weight and body weight in female grass carp *C. idella*, J. Aqua. Trop., 12, 255-259.

Mustafa, S., 1977, Influence of maturation on the

concentrations of RNA and DNA in the flesh of the catfish *Clarias batrachus*, Trans. Amer. Fish. Soc., 106, 449-451.

Naghama, Y., 1983, The functional morphology of teleost gonads; In: (eds.) Fish physiology Reproduction Hoar. W. S., Randall, J. and E. M. Donaldson Academic press, New York, 223-275.

Ng, T. B., Idler, T. B., 1983, Yolk formation and differentiation in teleost fishes, in: Hoar W. S., Randall D. J. and Donaldson E. M. (eds.), Fish Physiology, vol 9. Part B, Academic Press, New York London, 373-404.

Ng, T. B., Tam, P. P., Woo, N. Y., 1988, Sexual maturation in the black sea bream, *Mylio macrocephalus* teleostei, Sparidae: changes in pituitary gonadotropes, hepatocytes and related biochemical constituents in liver and serum, Cell Tissue Res., 245(1), 207-213.

Phelan, B. A., Goldberg, R., Bejda, A. J., Pereira, J., Hagan, S., Clark, P., Studholme, A. L., Calabrese, A., Able, K. W., 2000, Estuarine and habitat-related differences in growth rates of young-of-the year winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) and tautog (*Tautoga onitis*) in three northeastern US estuaries, J. of Exp. Mar. Biol. and Ecol., 247, 1-28.

Regnault, M., 1987, Nitrogen excretion in marine and freshwater crustacean, Biol. Rev., 62, 1-24.

Satomi, Y., Ishida, R., 1976, Seasonal changes of nucleic acid contents in liver, and red and ordinary muscle of Ayu-fish (*Plecoglossus altivelis* T. and S.) reared in ponds, Bull. Freshw. Fish. Lab.(Tokyo), 26, 35-44.

Schoenebeck, C. W., Brown, M. L., 2012, Does anaerobic activity differ seasonally or between sexes in yellow perch population?, Transactions of the American Fisheries Society, 141, 199-203.

Selch, T. M., Chipps, S. R., 2007, The cost of capturing prey: measuring largemouth bass (*Micropterus salmoides*) foraging activity using glycolytic enzyme (lactate dehydrogenase), Can. J. of Fish Aquat. Sci. 64, 1761-1769.

Tatrai, I., 1981, Diurnal pattern of the ammonia and urea excretion of feeding and starved bream, *Abramis brama* L, Comp. Biochem. Physiol., 70A, 211-215.

Zaboukas, N., Miliou, H., Megalofonou, P., Moraitou-Apostolopoulou, M., 2006, Biochemical composition of the Atlantic bonito *Sarda sarda* from the Aegean Sea (eastern Mediterranean Sea) in different stages of sexual maturity, J. of Fish. Biol., 69, 347-362.