



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

수산학석사 학위논문

양식넙치 *Paralichthys olivaceus*의
성장단계별, 계절별 혈액성상 비교



2010년 2월

부경대학교 대학원

수산생물학과

김 원 진

수산학석사 학위논문

양식넙치 *Paralichthys olivaceus*의
성장단계별, 계절별 혈액성상 비교

지도교수 장 영 진

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함



2010년 2월

부경대학교 대학원

수산생물학과

김 원 진

김원진의 수산학석사 학위논문을 인준함

2010년 2월



주 심 영양학박사 배 승 철



위 원 이 학 박 사 권 준 영



위 원 농 학 박 사 장 영 진



목 차

Abstract	iii
 I. 서 론	1
 II. 재료 및 방법	4
1. 실험어와 사육조건	4
2. 성장도 및 생존율	4
3. 대사기관의 조직학적 관찰	9
4. 혈액 채취와 분석	9
5. 통계처리	11
 III. 결 과	12
1. 성장도 및 조직상	12
1) 월별 성장도	12
2) 상대성장	12
3) 성장효율 및 생존율	12
4) 대사기관의 조직상	18
2. 혈액성상	18
1) 성장단계별 혈액성상 비교	18
(1) 전혈의 일반성상	18
(2) 혈장의 이온 및 삼투질농도	18
(3) 혈장의 생화학적 성상	23
(4) 혈장의 내분비학적 성상	23

2) 계절별 혈액성상 비교	29
(1) 전혈의 일반성상	29
(2) 혈장의 이온 및 삼투질농도	29
(3) 혈장의 생화학적 성상	32
(4) 혈장의 내분비학적 성상	32
3) 질병어와 비질병어의 혈액성상 비교	39
(1) 전혈의 일반성상	39
(2) 혈장의 이온 및 삼투질농도	39
(3) 혈장의 생화학적 성상	39
(4) 혈장의 내분비학적 성상	39
IV. 고 찰	41
V. 요 약	47
감사의 글	49
참고문헌	50

Comparison of Blood Properties in Cultured Olive Flounder *Paralichthys olivaceus* on Different Growth Stages and Seasons

Won Jin Kim

*Department of Fisheries Biology, Graduate School,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

Abstract

Experiments were investigated growth rate, hematological factors, histological change and physiological responses for monthly growth and blood properties according to growth stages and seasons of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

Mean total length and weight of olive flounder increased from 23.7 ± 1.2 cm, 148.5 ± 30.7 g to 38.6 ± 1.0 cm, 646.8 ± 35.3 g, respectively. In the case of water temperature decrease, daily feed intake was decreased and significantly decreased in February (0.34%) and March (0.32%). However, daily feed intake was increased.

In case of blood properties by growth stage, hematocrit (Ht), red blood cell (RBC) and hemoglobin (Hb) was not significantly different in all fish size. Glucose and cortisol levels were not significantly different by fish size. T_3 were, on the other hand, significantly increased according to the

increasing fish size. Cholesterol levels were in inverse proportion by fish size. AST and ALT levels of large fish were significantly lower than those of small and medium fish.

In case of blood properties by seasons, in same growth stage, Ht and RBC showed the highest level in autumn. In different growth stages, glucose levels showed the highest in spring. And in same growth stage, glucose levels also showed the highest in autumn. However, cortisol levels in all groups were in the range of $2.2 \pm 0.4 \sim 4.3 \pm 1.9$ ng/mL in all groups. In different growth stages, cholesterol levels showed the highest in autumn. Total protein levels significantly increased in spring to compare to another season. In different growth stages, AST levels showed the highest in autumn. And in same growth stage, AST showed the highest level in summer.

In the case of blood properties by disease existence and nonexistence fish, Glucose levels of diseased fish (10.1 ± 1.9 mg/dL) were significantly lower than that of normal fish (14.5 ± 2.1 mg/dL). Cortisol levels of diseased fish were higher than that of normal fish. T_3 of diseased fish (2.54 ± 0.9 ng/mL) were significantly lower than that of normal fish (6.42 ± 1.0 ng/mL).

I. 서론

한국의 어류양식 산업은 소수의 품종을 집중생산함으로써 경쟁적으로 과다 생산을 유발하고 있다. 이에 따라 시장경제에 걸맞는 계획적 생산과 소비가 어려워지고, 특히 횡감어류의 성수기인 여름철에 고수온과 적조유입, 호우에 따른 염분저하 등의 스트레스에 의해 생리활성이 약화된 양식어류가 질병에 걸리거나 대량폐사하는 사례가 빈발한다. 이는 양식의 생산성을 떨어뜨리는 원인이 될 뿐 아니라, 빈번한 약제사용, 어류의 질병 저항성 약화로 인한 생산비용의 상승 및 어가하락의 요인이 되기도 한다. 그러므로 체중성장 위주에서 생리활성 연구를 통한 고품질 어류생산 위주로 생산체계가 이동되어야 한다. 또한 어류양식장은 폐사어가 대량 발견될 때만 질병유무 검사를 의뢰할 정도로 대응속도가 느리고, 양식중인 어류의 생리활성도를 미리 판정할 수 있는 기준에 대한 연구결과가 미비한 실정이다. 이처럼 한국의 어류양식 생산은 양적 팽창에만 치중해 온 데다 질병의 발생에 대하여도 예방적 차원이 아닌 대증적 차원의 치료를 위주로 해 왔을 뿐, 건강도 관리를 위한 생리활성 연구는 아직 본격적으로 시도되지 않고 있다. 현재까지 어류의 성장에 관한 연구결과는 몇몇 문헌에서 찾아 볼 수 있지만(Chang et al., 1996, Min et al., 2006, Myeong et al., 1997), 성장상황 이외에 생리활성과 건강도 등을 제시한 연구결과는 아직까지 찾아볼 수 없다.

어류양식 현장에서는 핸들링과 선별(Hur et al., 2001), 가두기(Tomasso et al., 1983) 및 약제투여(Thomas and Robertson, 1991) 등 인위적 스트레스 요인 뿐만 아니라, 수온 및 염분(Chang et al., 2001)의 급변, 사육밀도(Wedemeyer and McLeay, 1981), 수질(Smart, 1981) 등 환경적 스트레스 요인에 의해 어체가 생리적 변화를 나타낸다(Barton, 1991). 특히, 스트레스는 생체

내 대사뿐만 아니라 혈액성상의 변화를 야기하므로 생리작용과 혈액성상의 변화에 관한 연구가 진행되고 있다. 어류의 혈액성상 변화에 관하여는 수온 (Chang et al., 1999), 염분(Chang et al., 2002), 마취(Kim et al., 2005) 등의 요인에 따른 연구가 이루어진 바 있다. 그러나 이들의 연구결과는 실험적 수준에서 구명된 것일 뿐, 실제 양식장에서 방양, 선별, 절식, 수온 등 다양한 환경 관리하에서 정상적으로 사육되고 있는 어류의 혈액성상이 정기적으로 연구된 바는 없다. 그러므로 임상적 차원이 아닌 현장양식장에서 정상적으로 사육한 어류의 성장단계별, 계절별 혈액성상에 대한 혈액생리학적, 내분비학적, 조직학적 측면의 연구가 필요하다.

인간의 경우 수십년에 걸쳐 집적된 혈액성상 데이터를 통해 정상인의 혈액 검사 항목에 대한 기준이 설정되어 소량의 혈액만으로 건강진단이 가능하다. 그러나 수중에 서식하는 어류는 질병에 의해 손상부위가 체표면에 나타나기까지는 생리활성을 파악하기가 어렵다. 그러므로 양식어류도 인간과 마찬가지로 현장의 어류를 죽이지 않고 소량의 체혈만으로 혈액분석이 이루어진다면 생리활성을 평가하는 데 분석된 혈액성상이 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

인간 혈액검사 항목의 수치기준이 성인과 소아가 따로 설정되어 있는 것처럼 어류의 성장단계를 소형어, 중형어, 성어로 구분하여 혈액분석을 통해 생리활성도를 평가할 필요가 있다. 인간을 포함한 항온동물은 계절에 관계없이 일정한 체온을 유지하기 때문에 외부온도의 변화가 성장이나 생리활성에 큰 영향을 미치지 않지만, 어류에게 수온은 성장, 번식 및 영양대사 등과 같은 생리학적 요인을 좌우하는 중요한 변수가 된다. Chang et al. (1999; 2001)은 수온 변화가 성장에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 수온의 계절변화, 냉수대 현상 역시 어류의 성장, 번태, 번식 등에 영향을 준다. 특히, 외부온도에 의해 체온이 변화하는 변온동물은 미미한 온도변화에도 성장 및 생존의 위협을 받는 것

으로 알려져 있다(Logue et al., 1995). 그러므로 양식현장에서 수온변화를 근간으로 하는 계절별 사육어류의 혈액성상도 검토해 볼 필요가 있다.

위와 같은 연구조사를 원만하게 진행하기 위하여 우선 양식생산이 가장 활발하게 이루어지고 있고, 방양부터 출하까지 직접관리가 비교적 손쉬운 어종인 넙치를 연구대상 종으로 선택하고자 한다. 넙치는 한국 양식생산량의 약 40%를 차지하고 있을 만큼 대표적 양식어종이다(농림수산식품부, 2009). 또한 일본, 미국, 대만 등으로 연간 3천톤이 수출되고 있다. 이러한 대중적 양식어종인 넙치의 생리활성 평가를 위해 양식장에서 성장과정에 있는 넙치의 혈액성상을 분석하여 생리활성을 파악하는 것은 매우 의미깊은 연구라고 판단된다.

본 연구에서는 동해남부 소재 육상수조양식장을 대상으로 넙치의 월별 성장도를 조사하여 정상성장을 확인하고, 성장단계별, 계절별 및 질병어/비질병어의 혈액성상을 비교하여 넙치의 생리활성을 평가하기 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어와 사육조건

본 연구에서 사용된 실험어는 울산시 울주군 서생면에 위치한 육상 수조식 양식장에서 2008년 11월 3일에 방양되어 2009년 7월 14일까지 사육된 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 중 성장도 및 혈액성상 분석용 340마리로서 방양시 크기는 전장 27.0 ± 0.9 cm, 체중 215.6 ± 32.9 g 이었다. 실험어로는 사육수조(6×6×1 m)에서 사육하면서 사료섭식이 활발하고 육안으로 건강한 어류를 선별하여 사용하였다. 실험기간 중 사육조건으로서 수온, 염분 및 광주기 변화는 Fig. 1과 같으며, 환수량은 24회전/일(사육수심 40 cm)로 유지하였고 충분한 에어레이션(고수온기 액화산소 공급)을 실시하였다. EP 배합사료(Table 1)를 1일 1회 오후 4시에 만복 투여하고 넙치의 성장에 따라 사료크기를 달리하였으며, 월별 공급 사료의 크기 및 사료섭식률은 Table 2와 같다. 사료에 액상 비타민C와 E, 소화효소제, 간기능 개선제를 첨가하여 공급하였다. 실험기간 중 양식장의 관리일정(방양, 선별, 출하), 예상하지 못한 사건들(질병, 냉수대) 및 사육밀도는 Table 3에 제시하였다.

2. 성장도 및 생존율

실험어의 월별 성장도는 11월부터 7월까지 9개월 동안 조사하였으며, 선별에 의해 구분된 크기그룹 중 중간그룹에 해당하는 수조의 넙치를 매월 중순 20마리씩 채취하여 측정하였다. 어체의 전장은 1 mm 눈금의 계측판을, 체중은 전자저울(Navigator, Switzerland)을 이용하여 1/10 g까지 습중량을 측정하였다.

생체측정 자료를 토대로 하여 전장에 대한 체중, 전장에 대한 체고 및 체고에 대한 체중의 상대성장식을 구하였으며, 기울기 차와 상관계수의 유의차

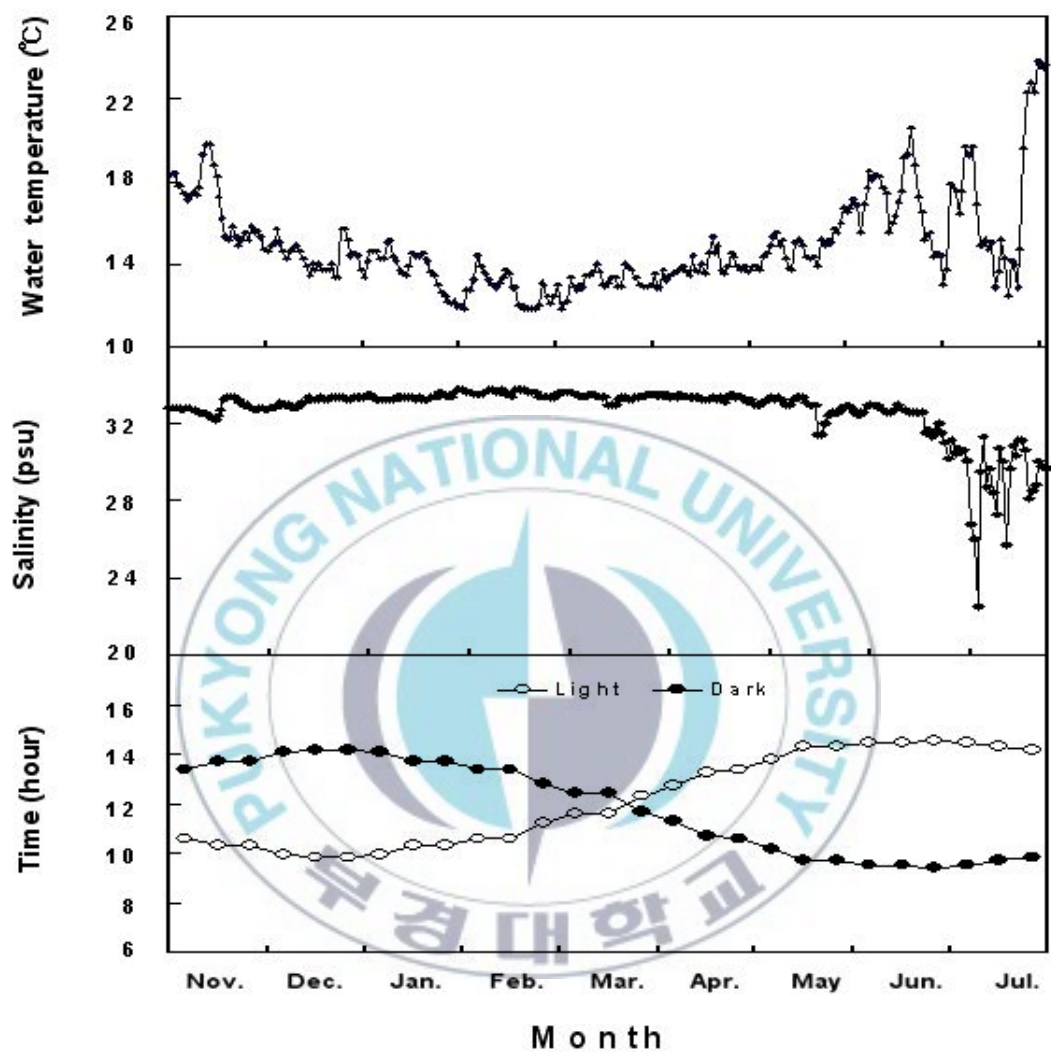


Fig. 1. Monthly variations of water temperature, photoperiod and salinity during experimental period.

Table 1. Nutrition components of supplied feed during experimental period

Minimum volume over (%)			Maximum volume under (%)		
Crude protein	Crude fat	Calcium	Crude ash	Crude fiber	Phosphorus
50.0	13.0	1.5	15.0	3.0	2.7

Table 2. Monthly changes of feed size and feeding rate during experimental period

Feed size (mm)	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.
7.5~7.8	0.79	0.37	0.13	0.03	-	-	-	-	-
9.0~9.4	0.22	0.39	0.28	0.09	0.08	0.09	0.05	-	-
11.0~11.4	-	-	0.15	0.22	0.24	0.38	0.39	0.20	-
13.0~13.4	-	-	-	-	-	-	0.01	0.24	0.51
Feeding rate (%)	1.01	0.76	0.56	0.35	0.32	0.47	0.45	0.44	0.51

Table 3. Monthly management schedule, unexpected incidents and stocking density during the experimental period

	Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.	
	E	M L	E	M L	E	M L	E	M L	E	M L	E	M L	E	M L	E	M L	E	M L
Initial	○																	
Disease	○	○																
Starvation									○									
Size grading	○		○		○								○					
Cold water															○		○	
Harvest															○		○	
Stocking density (kg/m ³)	13.4		16.1		15.5		18.2		19.0		17.8		19.0		15.2		15.8	

유무는 Computer Program Statistics (Analytical Software, St. Paul. Min. USA)로 분산분석을 실시하고 최소유의차를 검정하였다.

실험기간 중 월별 증중량, 증중률, 일간성장률, 일간사료섭취율 및 사료효율은 다음 식을 이용하여 계산하였다. 실험기간 중 폐사개체를 파악하여 폐사율을 구하고, 이로부터 생존율을 역산하였다.

- 증중량(g)=(W₂+W₃)-W₁
- 증중률(%)={(W₂+W₃)-W₁}/W₁×100
- 일간성장률(%)=[G/{(W₁+W₂+W₃)/2}×D]×100
- 일간사료섭취율(%)=[F/{(W₁+W₂+W₃)/2}×D]×100
- 사료효율(%)=(I/B)×100

B: 일간사료섭취율, D: 사육일수, F: 총사료공급량, G: 증중량, I: 일간성장률, W₁: 사육개시시 어류 총중량, W₂: 사육종료시 어류 총중량, W₃: 사육기간 폐사어 총중량

3. 대사기관의 조직학적 관찰

체혈 후 대사기관의 조직상을 비교하고자 계절별(11, 2, 5, 7월)로 간, 신장의 조직을 절취하여 Bouin액에 고정한 다음, 상법에 따라 파라핀으로 제작된 5-7 μm 두께의 절편을 haematoxylin-eosin 이중염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

4. 혈액의 채취와 분석

혈액은 heparin 처리 주사기 2종(1 mL, 3 mL)을 사용하여 포획 후 마취하지 않고 미부혈관에서 30초 이내에 채취하였다. 채취한 전혈은 빙냉상태를 유지하면서 Ht, RBC 및 Hb를 자동혈액분석기(SEAC H5.m, Italy)로 분석하였다.

나머지 혈액을 원심분리(6500 rpm, 5분)하여 얻은 혈장은 분석 전까지 -74°C 에 보관하였다. 혈장의 콜레스테롤, 총단백질량 및 이온(Ca^{2+} , Mg^{2+})은 건식혈액분석기(Ektachem DT-II analyzer, Eastman Kodak Co., USA)를, 글루코스, 이온(Na^{+} , K^{+} , Cl^{-}), AST, ALT는 생화학 자동분석기(Advid 1650, JEOL Co., Japan)를 사용하여 분석하였다. 또한 혈장 삼투질농도는 micro-osmometer (3MO plus, Advanced Instruments Inc., USA)를 사용하여 분석하였다. 내분비학적 요인으로서 혈장의 코티솔 농도는 Donaldson (1981)의 방사면역측정법(RIA)에 따라 cortisol RIA kit (DSL, USA)로 항원과 표지항원이 항체에 경쟁적으로 반응하도록 유도한 다음, Hewlett Packard Gamma Counter (Cobra II 5010, Packard Co., USA)로 측정하였다. 혈장 T_3 는 T_3 FIA Kit (Biosewom, Korea)를 사용하여 형광면역측정법(FIA)으로 분석하였다.

성장단계별 혈액성상

성장단계별 혈액성상은 양식장에서 방양한 시기의 중간종묘부터의 넙치를 소형어(200 g), 최소 출하크기를 중형어(500 g), 일반적 출하크기를 성어(800 g)로 분류하고, 이를 기준으로 선택한 어체의 무게에 따라 소형어(165~350 g), 중형어(351~650 g) 그리고 성어(650~900 g)로 구분하여 혈액성상을 비교하였다. 분석용 혈액은 1회의 혈액분석 항목별 소요혈액량을 추정한 결과에 따라 소형어와 성어는 3마리를 pooled sample하고 중형어는 2마리를 pooled sample하여 확보하였다. 1회의 pooled sample은 10반복으로 채취하여 분석하였다.

계절별 혈액성상

계절별로 상이한 성장단계의 어체(소형어, 중형어, 성어)와 동일한 성장단계의 어체(성어)로부터 채취한 혈액의 성상을 비교하였다. 계절별로 어체의 혈액성상을 비교하고자, 계절의 구분은 수온이 기온보다 1개월가량 뒤늦게 상승·하강하는 점을 고려하여, 봄 4~6월, 여름 7~9월, 가을 10~12월 및 겨울 1~3월로 나눈 다음, 각 계절의 중심월인 5월을 봄($14.9 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$), 8월을 여름($22.6 \pm 3.3^{\circ}\text{C}$), 11월을 가을($16.8 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$) 및 2월을 겨울($12.8 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$)로 설정하고 월별로 측정된 수온자료를 계절별 수온조건으로 정하였다. 계절별로 상이한 성장단계의 실험어는 월별 성장실험에서, 동일한 성장단계의 실험어는 정상적으로 사육한 같은 크기 그룹의 성어를 계절별로 채취하여 혈액을 분석하였다. 다만, 월별 성장실험어(상이한 성장단계 해당) 중 가을에 해당하는 11월의 어류는 예기치 못한 어병이 발생하였기에 12월($14.3 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$)의 실험어로, 여름인 8월의 어류는 7월($17.5 \pm 3.7^{\circ}\text{C}$)의 실험어로 대체하여 조사하였다.

질병어와 비질병어의 혈액성상

질병유무에 따른 혈액성상을 비교하기 위해 소형어 그룹 중 스쿠티카와 연쇄구균에 걸린 질병어와 비질병어의 혈액성상을 비교하였다.

5. 통계처리

각 실험결과로부터 얻어진 자료값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계패키지 (version 10.1)에 의한 ANOVA 및 Duncan's multiple range test 검정하였다 ($P=0.05$).

Ⅲ. 결 과

1. 성장도 및 조직상

1) 월별 성장도

실험어의 월별 전장, 체고 및 체중의 성장결과를 Fig. 2에 나타냈다. 전장은 실험개시시의 23.7 ± 1.2 cm에서 종료시인 237일 후 38.6 ± 1.0 cm로 성장하였다. 체중은 실험개시시의 148.5 ± 30.7 g에서 종료시에 646.8 ± 35.3 g으로 성장하였다.

2) 상대성장

조사기간 동안 채집한 넙치 재료 총 270개체에 있어 전장에 대한 체중과 체고의 상대성장 및 체고에 대한 체중의 상대성장을 Figs. 3~5에 나타냈다. 전장에 대한 체고성장은 직선회귀적 관계를 보인 반면, 전장에 대한 체중성장 및 체고에 대한 체중성장은 지수함수적 관계를 나타냈다.

$$\text{전장:체중 } BW = 0.0194TL^{2.8518} \quad (r^2=0.9445)$$

$$\text{전장:체고 } BH = 0.4268TL + 2.5812 \quad (r^2=0.8461)$$

$$\text{체고:체중 } BW = 0.1035TH^{2.9497} \quad (r^2=0.8552)$$

3) 성장효율 및 생존율

월별 일간사료섭취율, 일간체중성장률, 증중률, 사료효율 및 생존율은 Table 4에 나타냈다. 수온이 하강함에 따라 일간사료섭취율은 감소하여 2월과 3월에 각각 0.34%, 0.32%로 가장 낮은 수치를 보였고, 수온이 상승하면서 증가하는 경향이였다. 일간체중성장률도 수온이 상승·하강함에 따라 증감하는 경향을

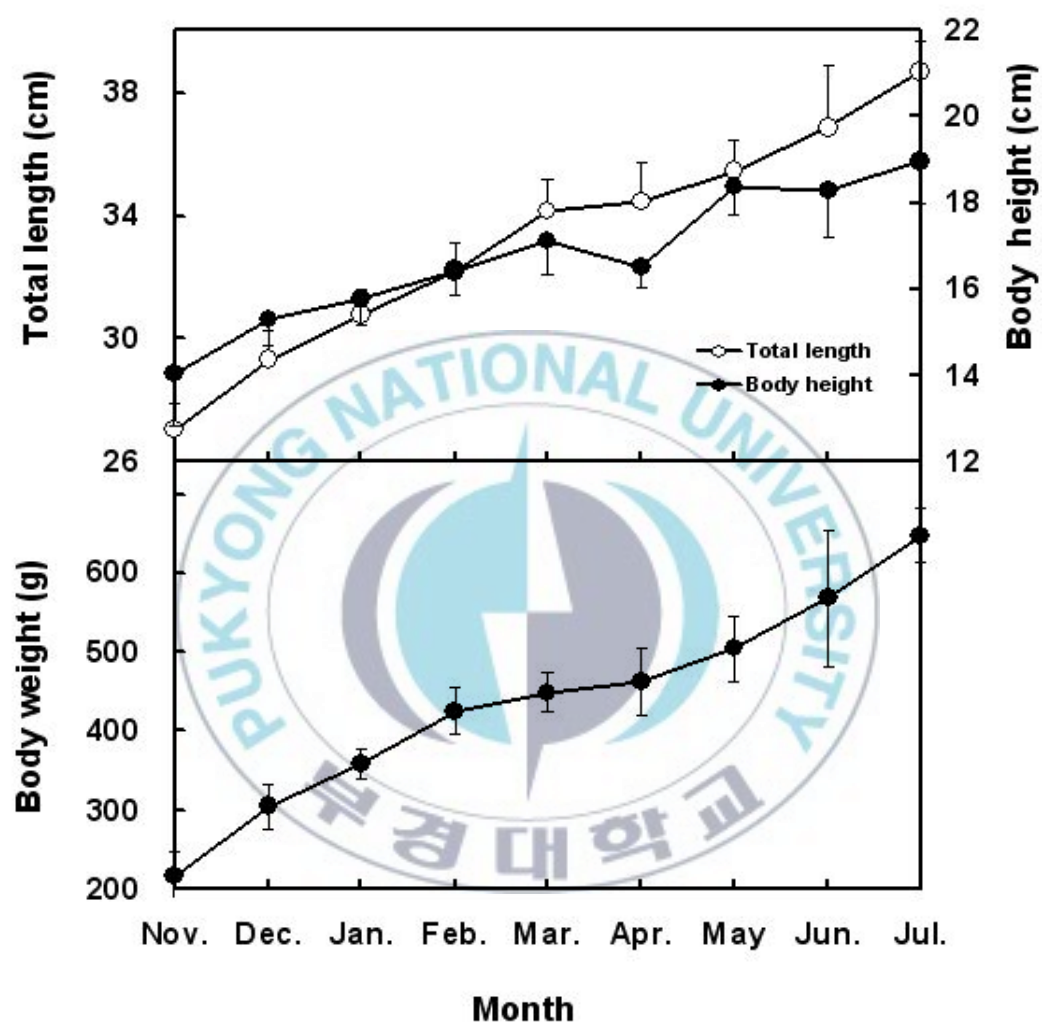


Fig. 2. Monthly change of total length, total height and body weight of olive flounder *Paralichthys olivaceus* during experimental period.

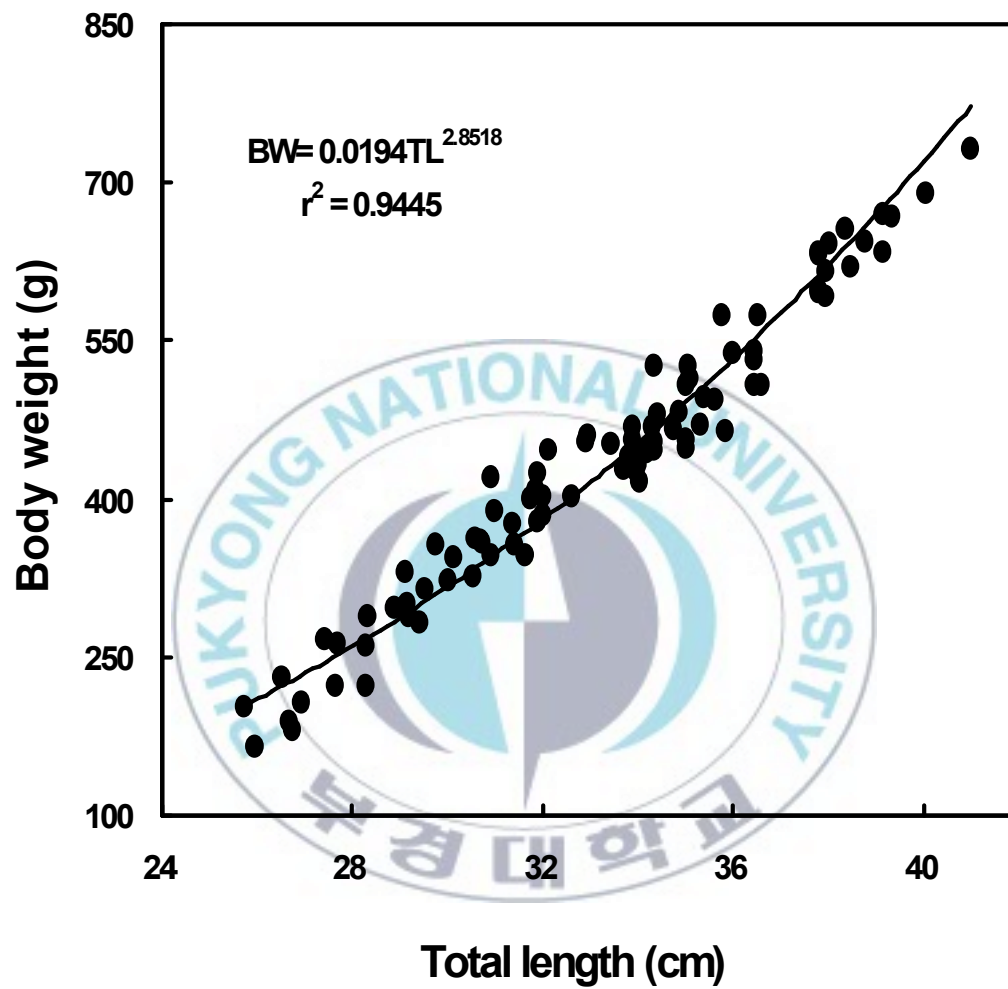


Fig. 3. Relationship between total length (TL) and body weight (BW) of olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

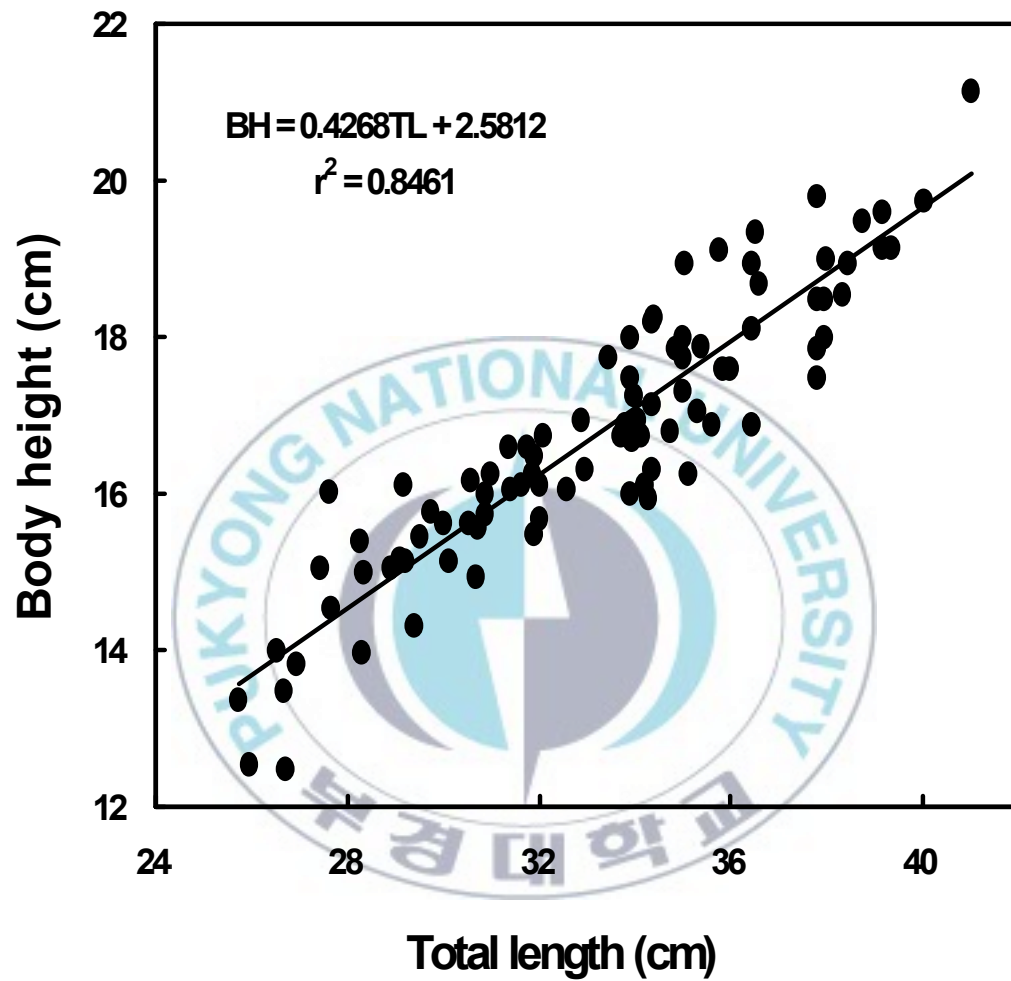


Fig. 4. Relationship between total length (TL) and body height (BH) of olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

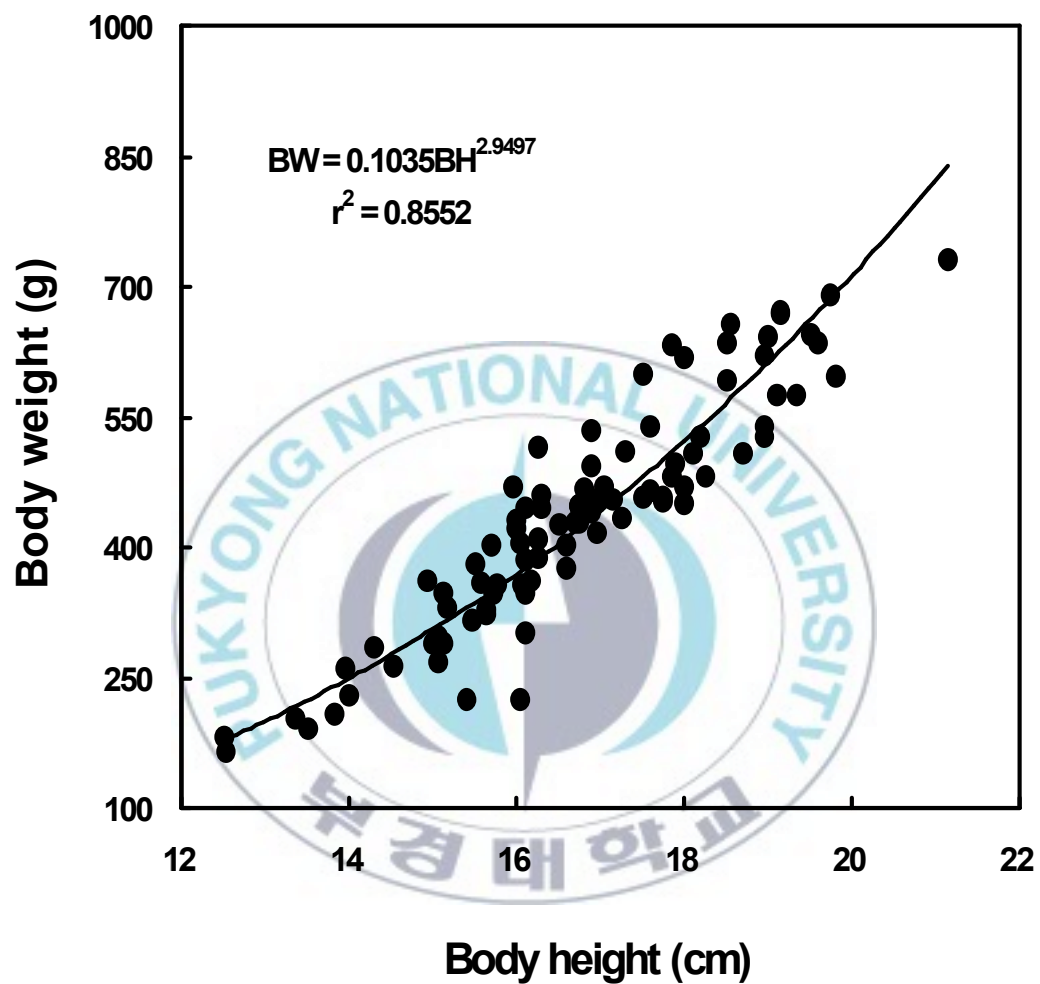


Fig. 5. Relationship between body height (BH) and body weight(BW) of olive flounder *Paralichthys olivaceus*.

Table 4. Growth factors and survival rate of olive flounder *Paralichthys olivaceus* reared in flow-through culture system at the end of experiment

Month	FI (%)	SGRW (%)	WGR (%)	FE (%)	Survival (%)
November	0.75	0.97	34.3	129.2	83.5
December	0.69	0.50	17.1	72.7	98.3
January	0.51	0.56	19.2	111.1	99.0
February	0.34	0.20	5.8	58.5	98.6
March	0.32	0.09	2.8	28.6	98.8
April	0.45	0.28	8.8	62.7	97.8
May	0.42	0.42	12.1	86.3	96.7
June	0.43	0.43	6.1	46.1	99.8

FE: feed efficiency, FI: daily feed intake, SGRW: specific growth rate, WGR: weight gain rate.

보였다. 체중성장률도 사료섭취률이 가장 낮은 3월에 0.09%로 가장 낮았다. 이상의 사료섭취율과 성장률에 의해 산정된 실험어의 사료효율은 수온이 상승함에 따라 증가하는 경향을 나타냈으며, 사육수온 $16.8 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 인 11월에 129.2%로 가장 높았다. 생존율은 11월에 83.5%로 가장 낮은 수치를 나타내었고 나머지 달에서는 유의한 차이를 나타내지 않았다.

4) 대사기관의 조직상

실험어의 월별 성장과정 중 계절별로 나누어 11, 2, 5 및 7월에 관찰한 간조직상은 Fig. 6과 같다. 넙치의 성장에 따라 간세포 주변의 모세혈관 크기가 길어지는 것으로 관찰되는 것 이외의 다른 조직상에서는 계절별 차이를 나타내지 않았다. 신장의 조직상 역시 간조직과 마찬가지로 계절별 차이를 나타내지 않았지만 실험어의 성장에 따라 단위면적당 집합관의 밀도가 높아지는 것으로 관찰되었다(Fig. 7).

2. 혈액성상

1) 성장단계별 혈액성상의 변화

(1) 전혈의 일반성상

넙치의 성장단계에 따른 Ht, RBC 및 Hb의 변화는 Table 5와 같다. Ht는 소형어, 중형어, 성어 모두에서 각각 26.4 ± 6.3 , 27.0 ± 4.4 , $27.2 \pm 2.3\%$ 로 유의한 차이를 나타내지 않았다. RBC와 Hb도 Ht와 마찬가지로 모든 성장단계에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

(2) 혈장의 이온 및 삼투질농도

성장단계에 따른 Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} 및 삼투질농도의 변화는 Table 6

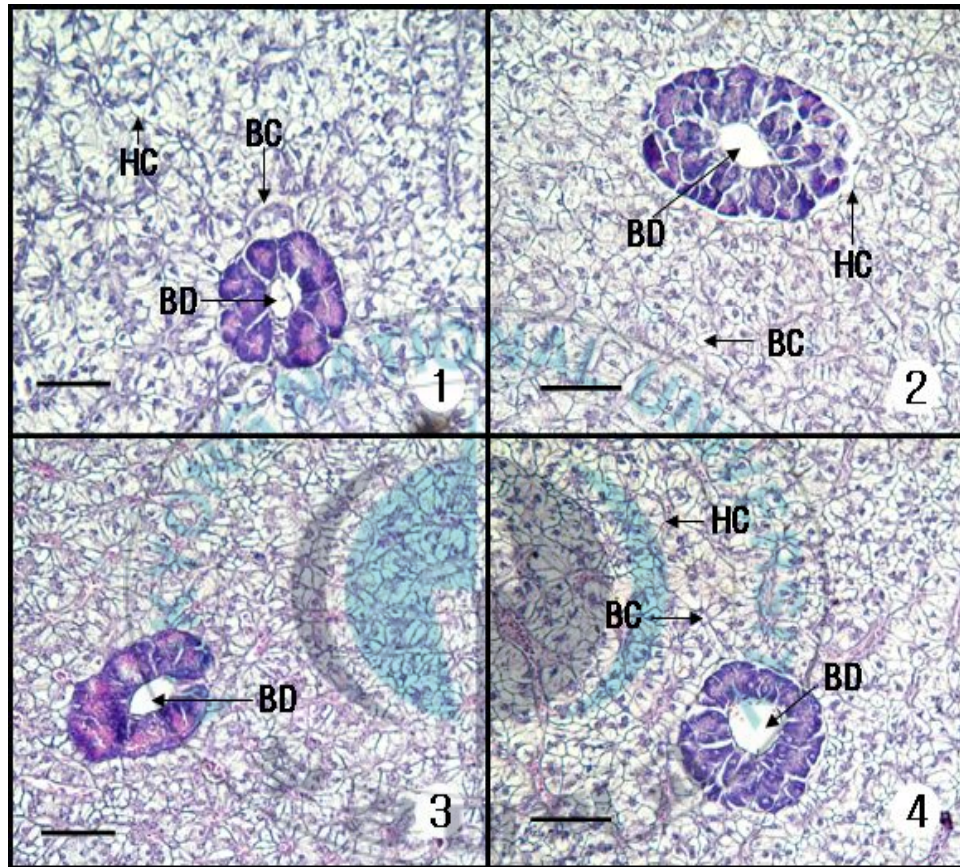


Fig. 6. Photomicrographs of liver tissues in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. ①: November ②: February ③: May ④: July. BC: bile capillaries, BD: bile duct , HC: hepatic cell cords, Bar= 50 μm.

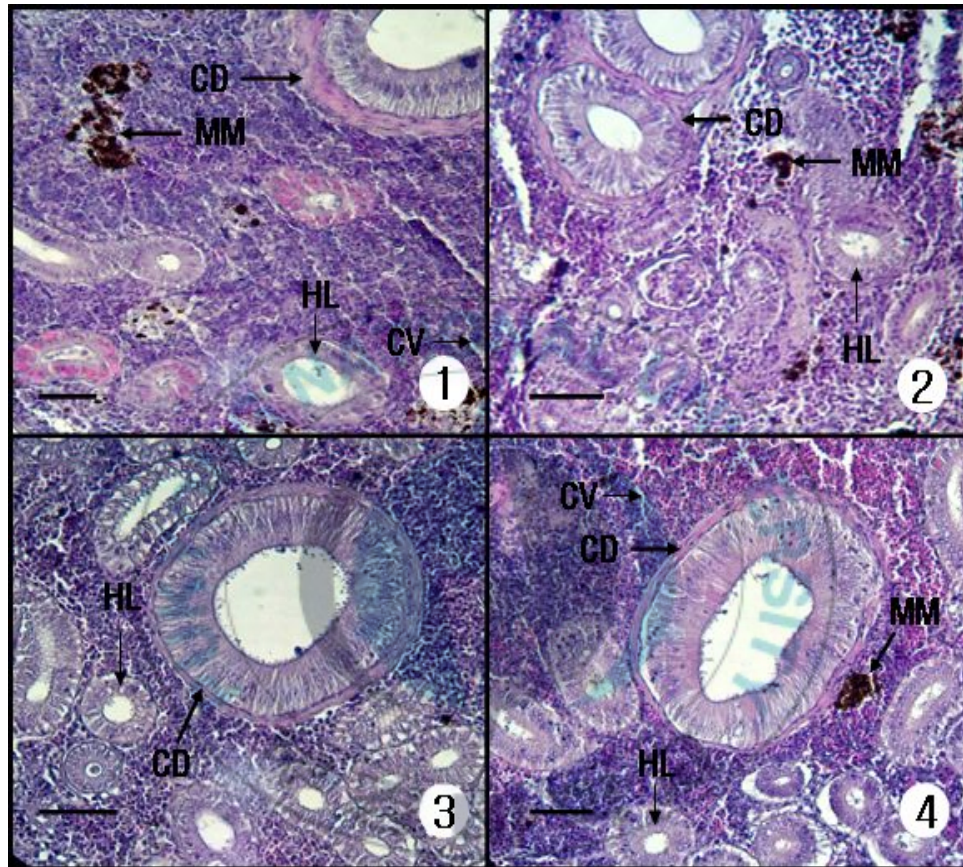


Fig. 7. Photomicrographs of head kidney tissues in olive flounder *Paralichthys olivaceus*. ①: November ②: February ③: May ④: July. CD: collecting duct, CV: capillary, HL: Henle's loop, MM: melanomacrophage, Bar= 50 μ m.

Table 5. Change of hematocrit, red blood cell and hemoglobin levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to growth stages

Fish size	Ht (%)	RBC ($\times 10^6$ cell/ μ L)	Hb (g/dL)
Small	26.4 $\pm$ 6.3 ^a	3.8 $\pm$ 0.9 ^a	14.6 $\pm$ 3.3 ^a
Medium	27.0 $\pm$ 4.4 ^a	4.1 $\pm$ 0.7 ^a	16.4 $\pm$ 1.8 ^a
Large	27.2 $\pm$ 2.3 ^a	4.0 $\pm$ 0.2 ^a	16.4 $\pm$ 1.0 ^a

The values are mean $\pm$ SD. Means within each item followed by the same alphabetic letter are not significantly different ($P > 0.05$). Hb: hemoglobin, Ht: hematocrit, RBC: red blood cell.



과 같다. K^+ 의 농도는 모든 성장단계에서 차이를 나타내지 않았지만, 소형어의 Na^+ 농도는 165.7 ± 0.9 mEq/L로 중형어와 성어에 비해 높았다($P < 0.05$). 반면에 Cl^- 농도는 소형어가 3.4 ± 0.2 mEq/L로 중형어와 성어에 비해 유의하게 낮은 수치를 보였다. Ca^{2+} 의 농도는 소형어 10.7 ± 0.3 mg/dL, 중형어 10.7 ± 0.4 mg/dL보다 성어에서 11.5 ± 0.7 mg/dL로 높았다. 그러나 Mg^{2+} 의 농도는 크기별로 각각 1.4 ± 0.1 , 1.4 ± 0.2 , 1.4 ± 0.2 mg/dL로 유의한 차이를 보이지 않았다. 삼투질농도에서는 중형어가 304.7 ± 6.7 mOsm/kg으로 가장 낮은 반면, 성어는 320.2 ± 14.5 mOsm/kg로 유의하게 높은 수치를 나타내었다.

(3) 혈장의 생화학적 성상

넙치 혈장의 콜레스테롤 농도에 있어 성장단계별 변화는 Fig. 8과 같이, 각각 202 ± 22.6 , 166.6 ± 26.8 , 145.1 ± 17.5 mg/dL로 어체가 클수록 유의하게 낮아지는 경향을 보였다. 총단백질량은 Fig. 9와 같이 성장단계별로 유의한 차이를 나타내지 않았다. AST, ALT의 변화는 Fig. 10과 같다. AST는 성어가 13.6 ± 4.3 IU/L로 소형어 23.1 ± 7.3 IU/L, 중형어 19.5 ± 8.3 IU/L보다 유의하게 낮은 수치를 보였고, ALT도 성어가 2.2 ± 0.6 IU/L로 소형어 2.8 ± 0.4 IU/L, 중형어 2.6 ± 0.7 IU/L보다 유의하게 낮은 수치를 나타내었다.

(4) 혈장의 내분비학적 성상

넙치의 코티졸 및 글루코스의 농도는 Fig. 11과 같다. 소형어, 중형어 및 성어의 코티졸과 글루코스 농도는 각각 7.82 ± 5.4 , 4.96 ± 3.2 , 4.33 ± 1.6 ng/mL와 14.5 ± 2.1 , 15.4 ± 3.2 , 14.9 ± 3.1 mg/dL로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 대사관련 내분비요인인 갑상선호르몬(T_3)은 성어가 8.47 ± 1.0 ng/mL로 소형어 6.42 ± 1.0 ng/mL, 중형어 7.25 ± 1.2 ng/mL보다 유의하게 높았다(Fig. 12).

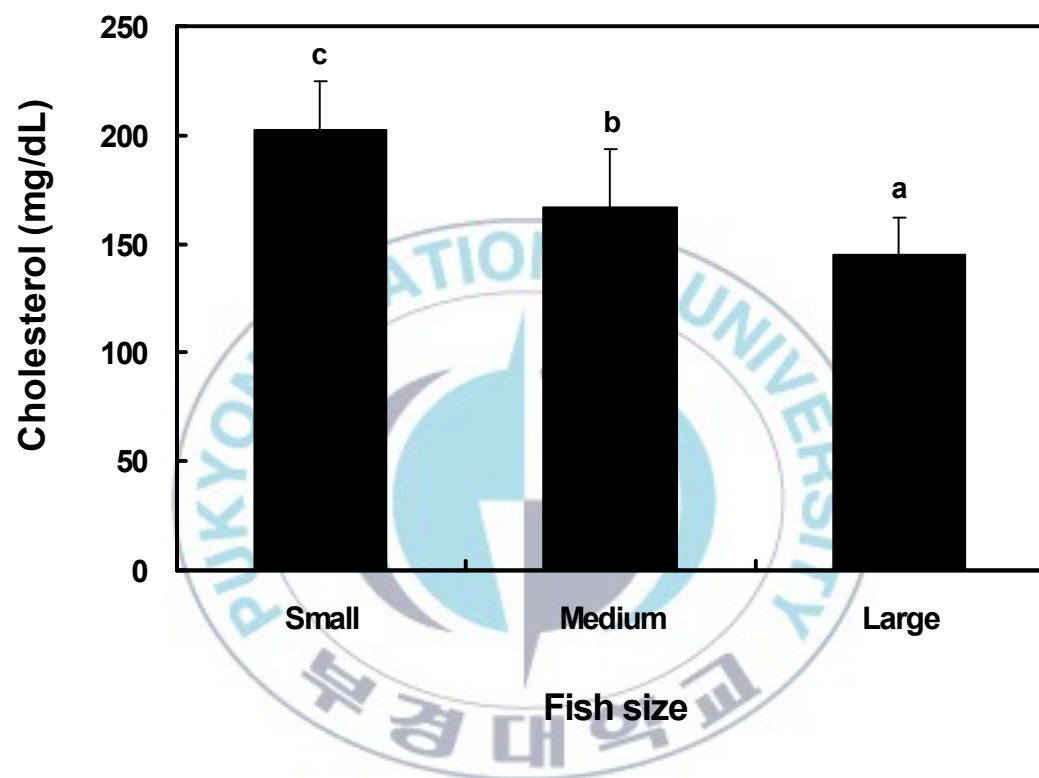


Fig. 8. Change of cholesterol levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to growth stages. Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

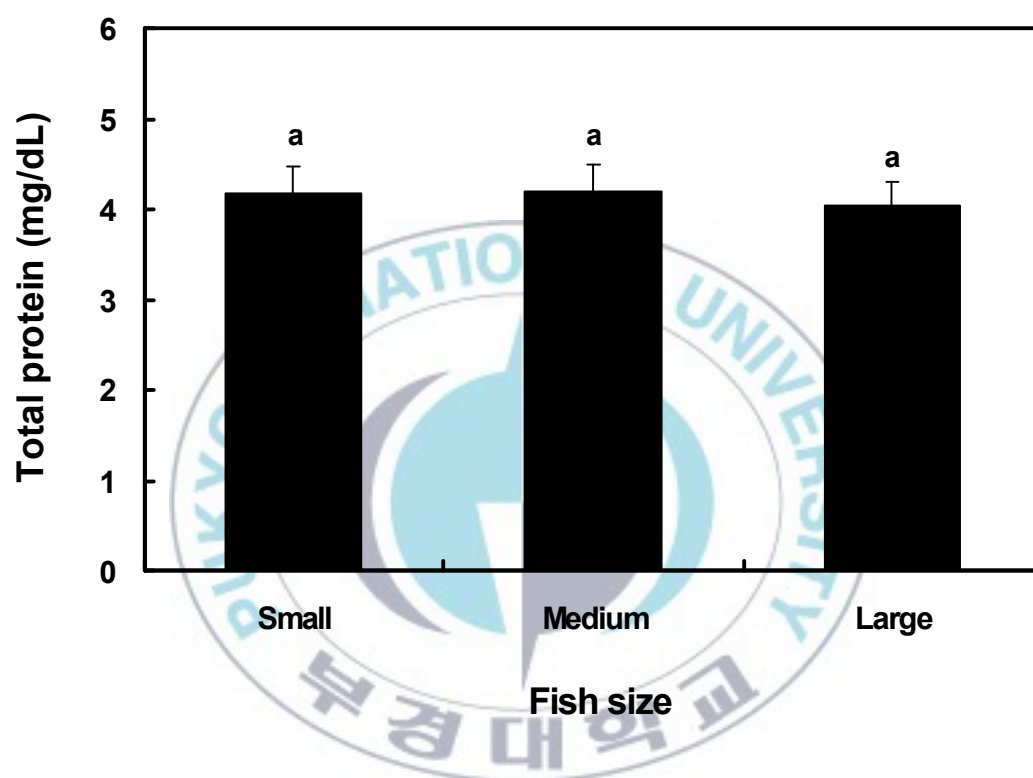


Fig. 9. Change of total protein levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to growth stages. Same letters indicate no significant difference ($P > 0.05$).

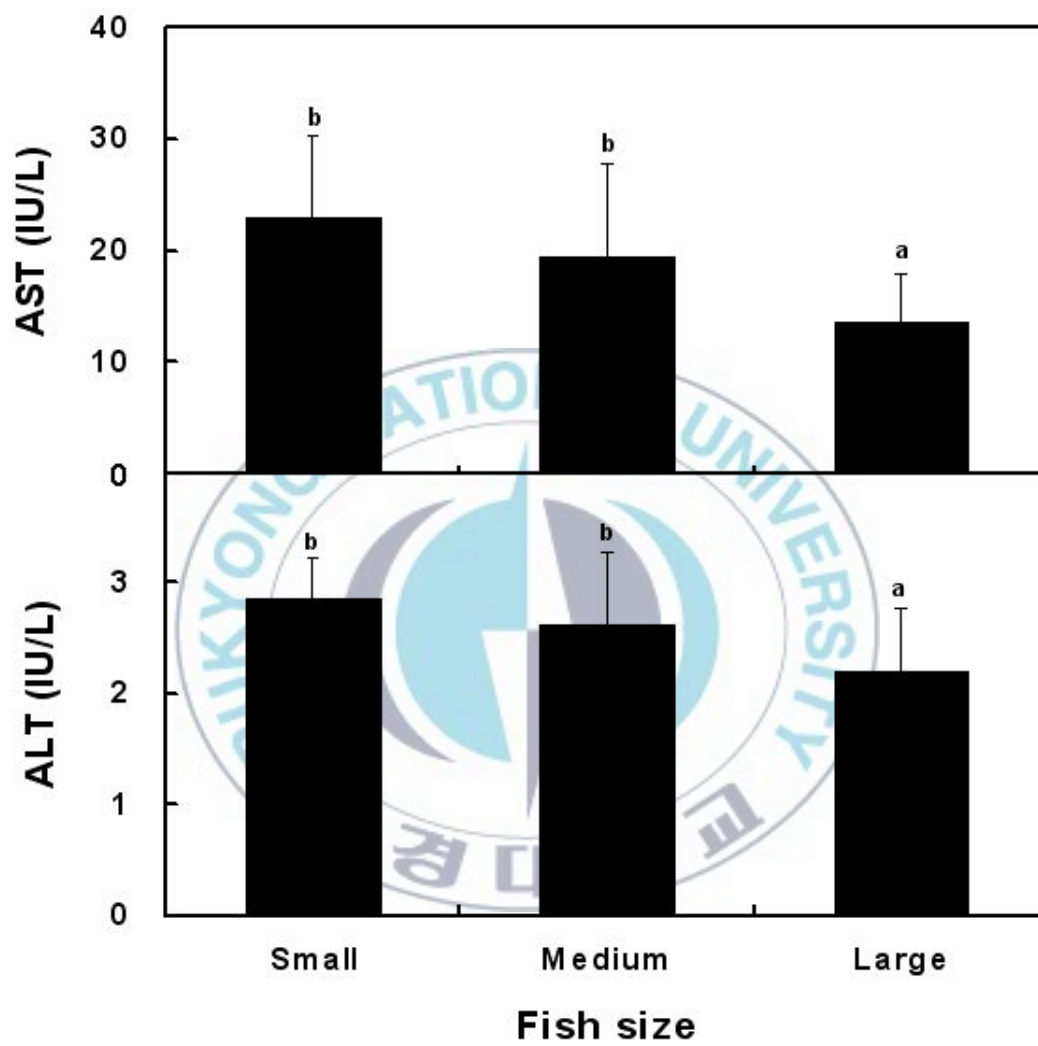


Fig. 10. Change of AST, ALT levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to growth stages. Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

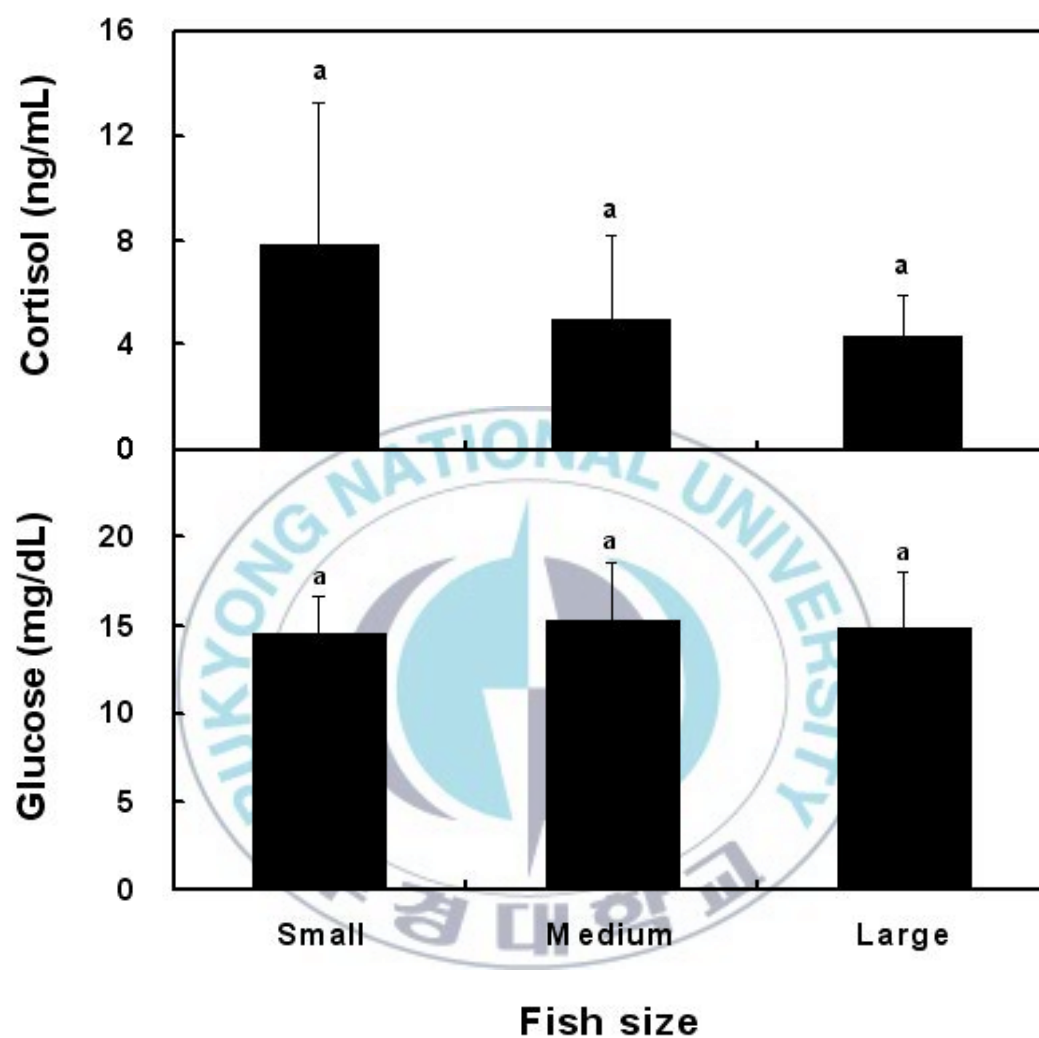


Fig. 11. Changes of cortisol and glucose levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to growth stages. Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

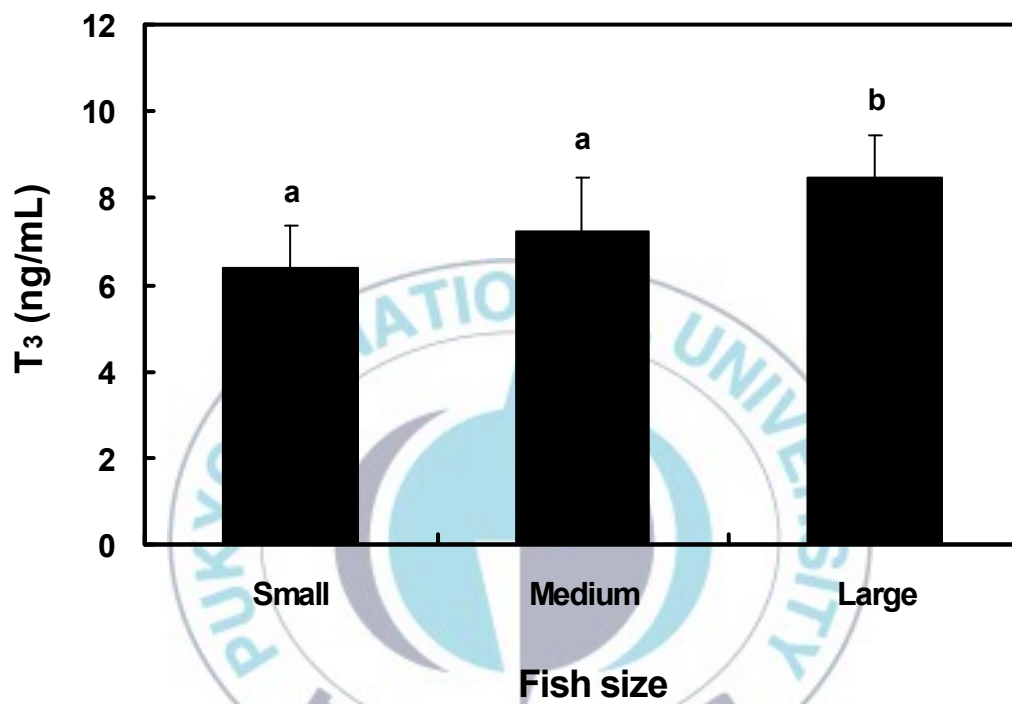


Fig. 12. Change of T₃ levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to growth stages. Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

2) 계절별 혈액성상의 비교

(1) 전혈의 일반성상

각각 상이한 성장단계와 동일한 성장단계에 있는 넙치의 계절별 혈액의 Ht, RBC 및 Hb 값은 Table 7에 나타낸 바와 같다. Ht 값은 두 성장단계 모두에서 $19.4 \pm 1.9 \sim 36.6 \pm 6.2\%$ 의 값을 보였으며, 두 성장단계 공히 가을($14.3 \sim 16.8^\circ\text{C}$)에 각각 $36.1 \pm 5.7\%$, $36.6 \pm 6.2\%$ 로 타 계절의 값보다 유의하게 높았다($P < 0.05$). 한편 RBC 값은 최저 2.9 ± 0.3 에서 최고 $4.9 \pm 1.0 \times 10^6$ cell/ μL 까지의 범위였으며, 동일한 성장단계에서 여름(22.6°C)에 최저값, 가을(16.8°C)에 최고값을 나타냈다. 그리고 Hb 농도는 $14.9 \pm 1.0 \sim 18.4 \pm 1.4$ g/dL의 수준을 보이면서 상이한 성장단계에서 겨울(12.8°C), 동일한 성장단계에서 봄, 겨울($12.8 \sim 14.9^\circ\text{C}$)에 높은 농도를 보였다.

(2) 혈장의 이온 및 삼투질농도

각각 상이한 성장단계와 동일한 성장단계에 있는 넙치의 계절별 Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} 및 삼투질농도의 변화는 Table 8과 같다. 두 성장단계 모두에서 Na^+ 농도는 $163.1 \pm 1.9 \sim 165.5 \pm 1.1$ mEq/L의 범위로 유의한 차이를 보이지 않았다. K^+ 농도는 최저 3.0 ± 0.3 에서 최고 4.2 ± 0.2 mEq/L까지의 범위였으며, 동일한 성장단계에서 가을(16.8°C)에 최고값을 보였다. Cl^- 농도는 두 성장단계 모두에서 $135.7 \pm 2.5 \sim 150.5 \pm 1.1$ mEq/L의 수치를 보였으며, 두 성장단계 모두 가을($14.3 \sim 16.8^\circ\text{C}$)에 각각 137.1 ± 7.0 , 135.7 ± 2.5 mEq/L로 타 계절의 농도보다 유의하게 낮았다($P < 0.05$). Ca^{2+} 농도는 동일한 성장단계에서 여름(22.6°C)과 가을(16.8°C)에 각각 11.9 ± 0.6 , 12.2 ± 1.3 mg/dL로 높은 농도를 보였다. 또한 Mg^{2+} 농도도 동일한 성장단계에서 여름과 가을에 1.9 ± 0.2 , 1.8 ± 0.2 mg/dL로 다른 계절에 비해 높았다. 삼투질농도는 $297.0 \pm 2.4 \sim 312.9 \pm 7.1$ mOsm/kg의 수준을 보였으며, 상이한 성장단계에서 가을(14.3°C)에 312.9 ± 7.1 mOsm/kg으로 높게 나타났다.

Table 7. Changes of hematocrit, red blood cell and hemoglobin levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season

Season	Ht		RBC		Hb	
	(%)		($\times 10^6$ cell/ μ L)		(g/dL)	
	DGS	SGS	DGS	SGS	DGS	SGS
Spring	27.1 $\pm$ 8.4 ^b	27.2 $\pm$ 4.3 ^b	4.5 $\pm$ 1.3 ^b	4.4 $\pm$ 0.6 ^b	16.5 $\pm$ 2.2 ^{ab}	17.5 $\pm$ 2.9 ^{bc}
Summer	28.1 $\pm$ 1.7 ^b	19.4 $\pm$ 1.9 ^a	4.0 $\pm$ 0.2 ^b	2.9 $\pm$ 0.3 ^a	15.7 $\pm$ 1.1 ^a	15.4 $\pm$ 1.6 ^a
Autumn	36.1 $\pm$ 5.7 ^c	36.6 $\pm$ 6.2 ^c	4.5 $\pm$ 0.5 ^b	4.9 $\pm$ 1.0 ^c	14.9 $\pm$ 1.0 ^a	14.9 $\pm$ 1.0 ^a
Winter	27.1 $\pm$ 3.9 ^b	26.3 $\pm$ 3.3 ^{ab}	4.0 $\pm$ 0.5 ^b	4.2 $\pm$ 0.4 ^b	18.4 $\pm$ 1.4 ^c	17.5 $\pm$ 1.5 ^{bc}

The values are mean $\pm$ SD. Means within each item followed by the same alphabetic letter are not significantly different ($P>0.05$). DGS: different growth stage, SGS: same growth stage, Hb: hemoglobin, Ht: hematocrit, RBC: red blood cell.



(3) 혈장의 생화학적 성상

상이한 성장단계와 동일한 성장단계에 따른 계절별 콜레스테롤의 변화는 Fig. 13과 같이 상이한 성장단계에서 봄과 여름에 각각 155.2 ± 18.4 , 139.3 ± 11.8 mg/dL로 유의하게 낮았고, 상이한 성장단계에서 가을(14.3°C), 동일한 성장단계는 겨울(12.8°C)에 높은 수치를 보였다. 총단백질의 변화는 Fig. 14와 같이 최저 $4.1 \pm 0.2 \sim 4.6 \pm 0.2$ mg/dL의 수준을 보였으며, 두 성장단계에서 봄에 각각 4.4 ± 0.3 , 4.6 ± 0.2 mg/dL로 타 계절보다 높았다. 계절별 AST 변화는 Fig. 15와 같이 가을(14.3°C)에 상이한 성장단계는 21.8 ± 6.5 IU/L로 높은 반면, 동일한 성장단계는 가을(16.8°C)에 9.3 ± 2.8 IU/L로 낮았다. 계절별 ALT의 변화는 Fig. 16과 같다. ALT는 상이한 성장단계에서 $2.6 \pm 0.5 \sim 2.8 \pm 0.4$ IU/L의 범위로, 동일한 성장단계 또한 $1.9 \pm 0.6 \sim 2.3 \pm 1.1$ IU/L로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 하지만 상이한 성장단계보다 동일한 성장단계에서 ALT수치가 비교적 낮았다.

(4) 혈장의 내분비학적 성상

상이한 성장단계와 동일한 성장단계에 있는 넙치의 계절별 글루코스의 변화는 Fig. 17과 같이 $12.4 \pm 1.3 \sim 21.5 \pm 5.7$ mg/dL의 수준을 보였고, 동일한 성장단계에서 가을(16.8°C)에 21.5 ± 5.7 mg/dL로 다른 계절과 비교하여 유의하게 높았다($P < 0.05$). 코티졸과 갑상선호르몬(T_3)의 변화는 Fig. 18과 같다. 코티졸은 두 성장단계에서 $2.2 \pm 0.4 \sim 4.3 \pm 1.9$ ng/mL의 범위를 나타냈고, 여름과 가을에 각각 4.3 ± 1.9 , 4.1 ± 0.9 ng/mL로 높았다. 갑상선호르몬은 $6.1 \pm 1.0 \sim 7.7 \pm 1.7$ ng/mL범위로 유의한 차이를 보이지 않았다.

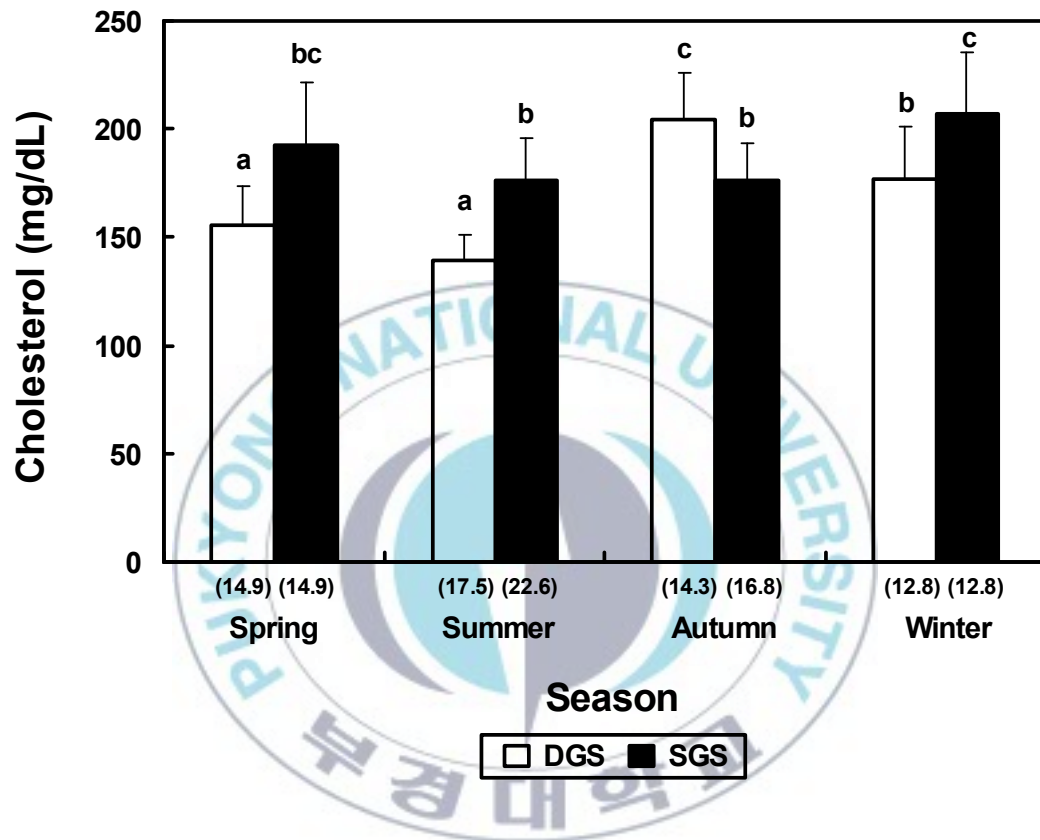


Fig. 13. Change of cholesterol levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season in different growth stage (DGS) and same growth stage (SGS). Numerals in parenthesis are water temperature (°C). Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

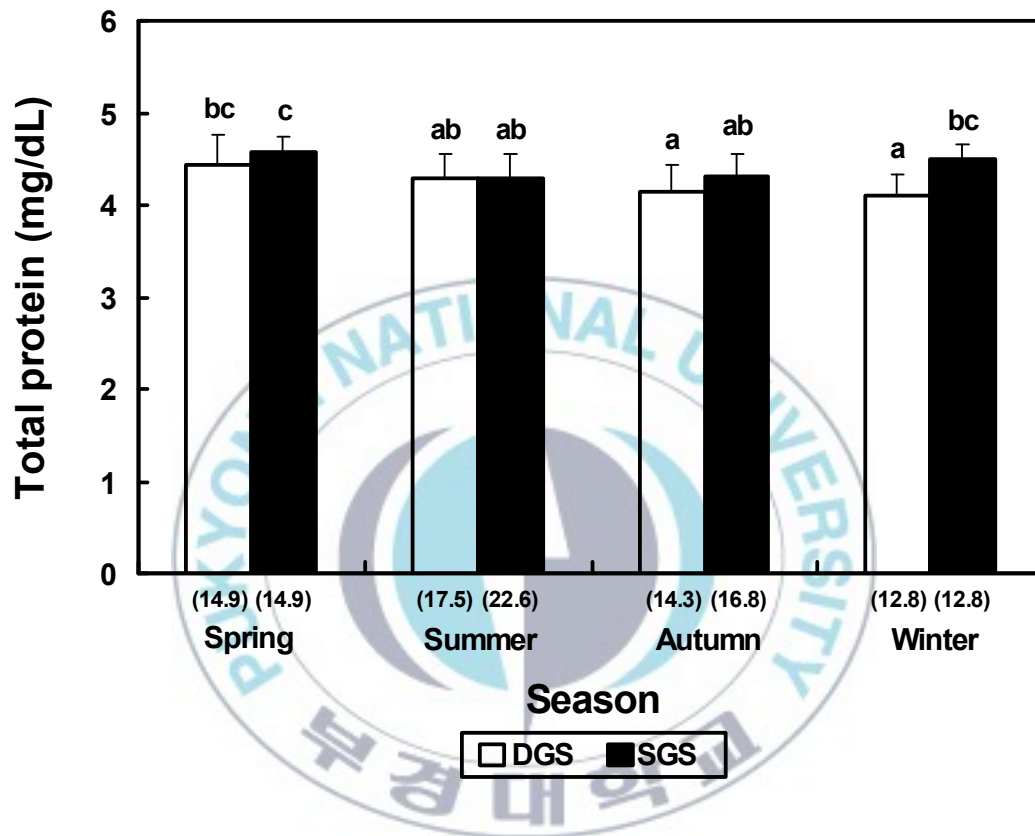


Fig. 14. Change of total protein levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season in different growth stage (DGS) and same growth stage (SGS). Numerals in parenthesis are water temperature (°C). Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

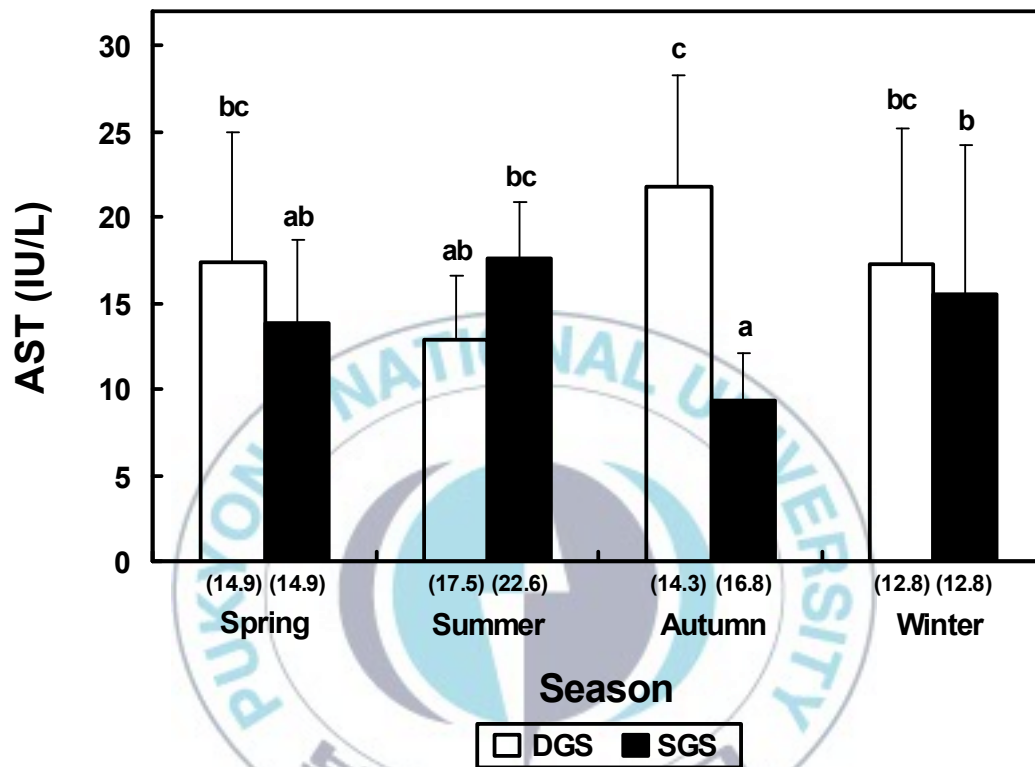


Fig. 15. Change of AST levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season in different growth stage (DGS) and same growth stage (SGS). Numerals in parenthesis are water temperature (°C). Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

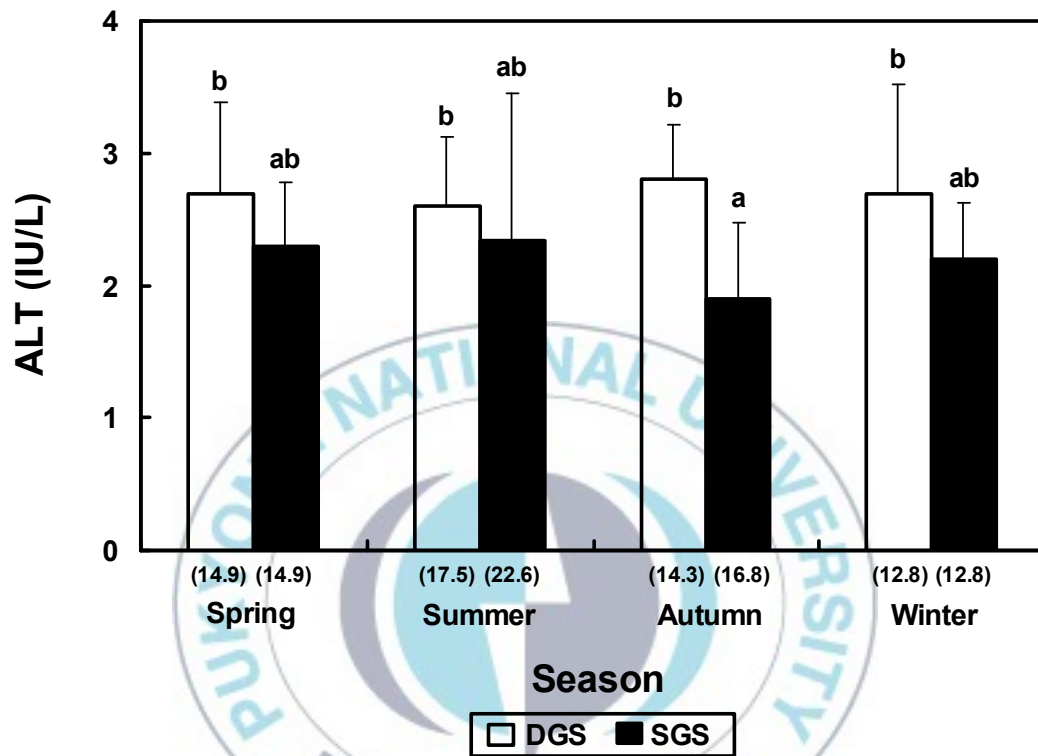


Fig. 16. Change of ALT levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season in different growth stage (DGS) and same growth stage (SGS). Numerals in parenthesis are water temperature (°C). Same letters indicate no significant difference ($P > 0.05$).

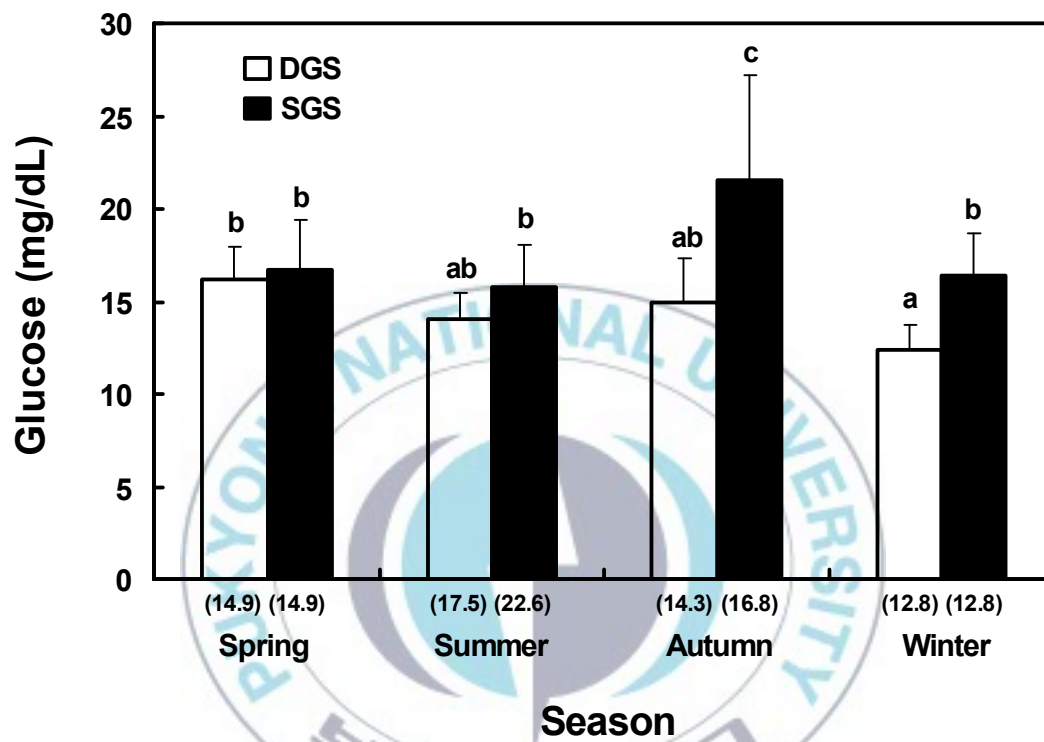


Fig. 17. Changes of glucose levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season in different growth stage (DGS) and same growth stage (SGS). Numerals in parenthesis are water temperature (°C). Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

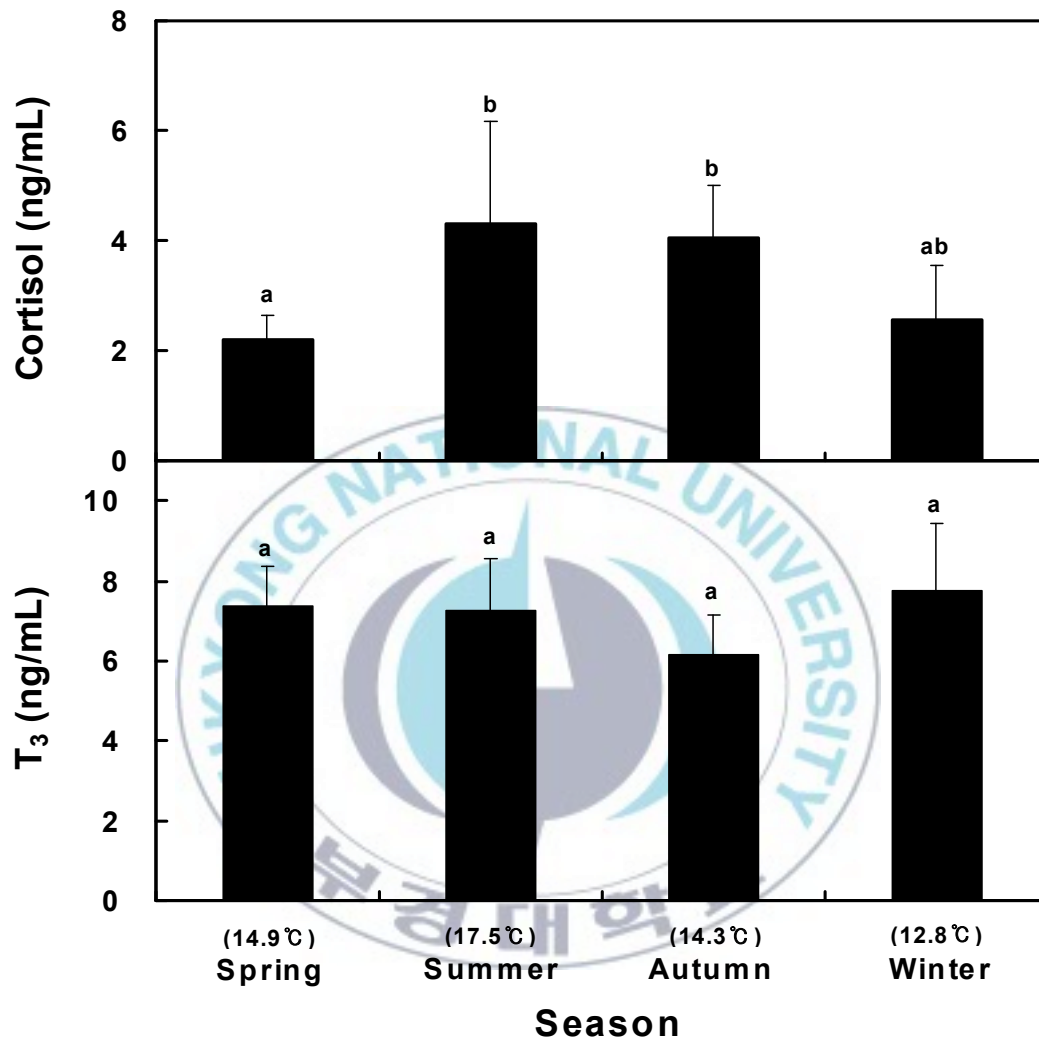


Fig. 18. Changes of cortisol, T₃ levels in plasma of olive flounder *Paralichthys olivaceus* according to season in different growth stage (DGS). Numerals in parenthesis are water temperature (°C). Same letters indicate no significant difference ($P>0.05$).

3) 질병어와 비질병어의 혈액성상 비교

(1) 전혈의 일반성상

질병어/비질병어의 Ht, RBC 및 Hb 변화는 Table 9와 같다. Ht과 RBC는 유의한 차이를 나타내지 않았지만 질병어가 비교적 높은 수치를 나타냈다. 그러나 Ht는 질병어의 10.2 ± 0.9 g/dL보다, 정상어가 14.6 ± 3.3 g/dL로 유의하게 높은 수치를 보였다.

(2) 혈장의 이온 및 삼투질농도

Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} 및 삼투질농도의 변화는 Table 9와 같다. Na^+ , Mg^{2+} 및 삼투질농도는 유의한 차이는 없었지만, K^+ 과 Cl^- 농도는 질병어가 각각 4.4 ± 1.2 , 148.8 ± 8.3 mEq/L로, 정상어 3.4 ± 0.2 , 136.2 ± 2.7 mEq/L보다 유의하게 높았다. 반대로 Ca^{2+} 의 농도는 질병어가 9.7 ± 0.9 mg/dL로 정상어 10.7 ± 0.3 mg/dL보다 유의하게 낮았다.

(3) 혈장의 생화학적 성상

콜레스테롤, 총단백질, AST 및 ALT의 변화는 Table 9와 같다. 콜레스테롤, 총단백질 및 ALT는 정상어에 비해 유의하게 낮은 수치를 보였고, AST는 차이가 없었다.

(4) 혈장의 내분비학적 성상

코티졸, 글루코스 및 갑상선호르몬의 변화는 Table 9와 같다. 코티졸은 두 그룹간의 유의한 차이를 나타내지는 않았지만 질병어가 비교적 높은 수치를 보인 반면, 글루코스는 질병어가 10.4 ± 1.9 mg/dL로 정상어의 14.5 ± 2.1 mg/dL보다 유의하게 낮았다. 또한 갑상선호르몬도 질병어가 2.54 ± 0.9 ng/mL로 정상어의 6.42 ± 1.0 ng/mL보다 유의하게 낮은 수치를 나타냈다($P < 0.05$).

Table 9. Comparison of blood properties between diseased small and normal small fish

Property	Diseased fish (165~267g)	Normal fish (151~350g)
Ht (%)	36.6±13.1	26.0±6.3
RBC ($\times 10^6$ cell/ μ L)	6.2±2.3	3.8±0.9
Hb (g/dL)	10.2±0.9 ^a	14.6±3.3 ^b
Na ⁺ (mEq/L)	163.4±16.2	165.7±0.9
K ⁺ (mEq/L)	4.4±1.2 ^b	3.4±0.2 ^a
Cl ⁻ (mEq/L)	148.8±8.3 ^b	136.2±2.7 ^a
Ca ²⁺ (mg/dL)	9.7±0.9 ^a	10.7±0.3 ^b
Mg ²⁺ (mg/dL)	1.5±0.4	1.4±0.1
Osmolality (mOsm/kg)	312.4±15.8	311.6±5.8
Glucose (mg/dL)	10.4±1.9 ^a	14.5±2.1 ^b
Cortisol (ng/mL)	11.0±2.6	8.2±4.9
T ₃ (ng/mL)	2.54±0.91 ^a	6.42±1.0 ^b
Cholesterol (mg/dL)	114.8±18.6 ^a	202.7±22.6 ^b
Total protein (mg/dL)	3.6±0.4 ^a	4.2±0.3 ^b
AST (IU/L)	19.6±7.5	23.1±7.3
ALT (IU/L)	2.1±0.8 ^a	2.8±0.4 ^b

The values are mean±SD. Means within each item followed by the same alphabetic letter are not significantly different ($P>0.05$).

IV. 고 찰

어류의 성장에 관여하는 요소로는 유전적 요인, 성장호르몬, 갑상선 호르몬, 성호르몬, 인슐린 등의 내적요인과, 먹이, 사육밀도 등의 생물적 요인을 포함하여 수온, 염분, 광주기 등의 외적요인으로 나눌 수 있다. 특히 수온은 어류의 대사과정에 영향을 주는 중요한 요인으로 수온이 높을수록 체내의 대사가 빠르게 진행되고 먹이 요구량이 증가하며(Murry, 1971), 넙치의 경우 사육 적 수온인 18~25℃의 범위에서 수온이 높을수록 섭식량이 많아지며, 소화관내 먹이의 이동속도도 빠르게 진행된다. Chang et al. (1999; 2001)은 계절적 수온변화, 냉수대 현상 등의 수온변화는 어류의 성장에 영향을 주기 때문에 이에 관한 연구는 많이 진행되어 왔다고 하였다. 그러나 본 연구에서 환경수온의 영향을 받는 양식장에서 사육된 넙치(양식넙치)를 사용하였기에 기존연구와는 차이가 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서 11월에는 넙치의 일간섭식률, 일간성장률, 증중률, 사료효율이 각각 0.75, 0.97, 34.3, 129.2%로 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 11월 중간종묘 방양이전의 종묘배양장에서 사료공급이 충분하지 않았고 양식장에 방양 이후 사료를 만복으로 공급하고 영양제 등의 첨가제를 공급하여 일부 보상성장이 유도된 것으로 예상된다. 또한 11월의 생존율이 다른 달에 비해 유의하게 낮게 나타나는데, 이는 11월 방양으로 인한 스트레스와 질병의 발생이 원인인 것으로 판단된다. 반면, 3월의 일간섭식률, 일간성장률, 증중률, 사료효율은 각각 0.32, 0.09, 2.8 및 28.6%로 가장 낮은 값을 나타냈다. 이는 양식장의 내부공사로 인한 6일간의 절식과 수온하강의 영향으로 예상된다. 이상의 결과 및 고찰을 고려해 볼 때, 본 연구에서 11월의 질병어를 제외하고 실험기간중 성장상황, 사육경과 등으로 보아 정상적으로 양식된 어류로 판단된다.

인간이 소량의 혈액검사를 통해 건강진단이 가능한 것과 마찬가지로 어류의 혈액은 생리상태의 변화를 파악할 수 있는 요인으로 수온, 염분 및 수송의 각종 스트레스 연구 (Cataldi et al., 1998; Sadler et al., 2000; Min et al., 2006), 사료 및 면역증강 물질의 영양학적 연구(Lee et al., 2003) 등 다양한 분야에서 연구되어 왔다. 변온동물인 어류에 대하여는 다양한 혈액성분의 생리활성 수준을 설정하고자 하였지만 실험조건이나 환경에 따라 결과가 다르기 때문에 1~2회의 조사결과 만으로 정상기준값이 확립되었다고 보기는 힘들다. 또한 지금까지 진행된 연구는 실제 양식장에서 나타나는 수송, 선별, 절식, 질병 등과 같은 양식환경에서 이루어진 것이 아니기 때문에 현장 양식장에서 조사·분석한 본 연구의 결과와는 차이가 있을 것으로 예상된다.

어류가 스트레스를 받으면 뇌-교감신경-크롬친화세포축(Perry and Reid, 1993)과 뇌-뇌하수체-간신선축(Specker et al., 1989)의 두 계 활성이 높아져 일차반응으로 카테콜아민과 코티졸이 증가하고 신경전달물질 활동이 변화한다. 2차적으로 카테콜아민과 코티졸이 혈액과 조직에 빠르게 작용하여 글루코스나 젖산증가의 대사변화, heat shock protein의 생성증가와 같은 세포적 변화, 이온과 물 균형의 삼투압조절 혼란, 적혈구, 백혈구, 헤모글로빈의 혈액학적변화, 라이소자임 활성화와 항체생산의 면역기능 변화 등이 나타나고, 3차적 반응으로 성장, 번식, 유영능력, 질병저항의 변화 그리고 섭식 등 행동패턴의 변화를 나타낸다. 따라서 성장단계별, 계절별로 혈액학적변화(2차적 반응)의 비교를 시작으로 하여 양식넙치의 생리활성을 평가할 수 있는 혈액성상 정상수준을 찾고자한다.

Ht, RBC 및 Hb 혈액 인자는 생체의 산소운반 능력(Chang et al., 1999)을 가지며 스트레스와 생리활성 지표로 사용된다. 해수어류에 있어 스트레스는 일반적으로 Ht, RBC, Hb를 증가시키고 이는 혈액의 산성화 및 비장의 축소

등으로 나타난다. 성장단계별 혈액성상에서 Ht, RBC, Hb는 차이를 보이지 않음으로 크기에 따른 산소운반 능력의 차이가 없음을 확인하였다. 하지만 동일한 성장단계의 계절별 혈액성상은 다른 계절에 비해 가을에 Ht, RBC가 증가하는 경향을 나타내었지만 해산어류에 있어 수온상승 자극은 Ht, RBC 및 Hb를 증가 시키고, 수온하강 자극은 이와 반대의 경향을 나타내는 것으로 보고되고 있다(Ishioka, 1980; Davis et al., 1990; Chang et al., 1999, 2001). 본 연구에서는 수온상승시기인 봄보다 수온하강시기인 가을에 일반혈액성상이 증가했으며 이에 대한 장기간 수온변화에 따른 일반혈액성상의 연구가 필요한 것으로 판단된다.

삼투압 조절 측면에서 Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} 및 삼투질농도는 성장단계별, 계절별에서 유의한 차이를 나타냈다. Na^+ 농도는 최저 162.5 ± 3.5 에서 최고 165.7 ± 0.9 의 범위로 수온변화나 크기에 따른 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. Chang et al. (2001)과 Hur et al. (2001)는 해산어류의 삼투질농도는 350~450 mOsm/kg으로 보고하였지만 본 연구에서는 삼투질농도가 $297.0 \pm 2.4 \sim 320.2 \pm 14.5$ mOsm/kg으로 해산어류보다 낮았다. 넙치의 경우 광염성 어류로 알려져 있어(Daniels et al., 1998; Kelsall and Balment, 1998; Atwood et al., 2001; Higashimoto et al., 2001; Sampaio and Bianchini, 2002) 삼투질농도의 범위가 더 넓을 것으로 예상되며, 큰 농도변화를 나타내지 않았기 때문에 삼투압 조절기능에 크게 영향을 미치지 않았고 항상성 유지에 문제가 없는 것으로 판단된다. 혈중 사료 및 환경수중에 유해한 물질이 상존할 경우, 어류 체내의 Mg^{2+} 농도가 변동을 나타낼 수 있는데(Leatherland et al., 1981; Singh et al., 1997), Mg^{2+} 의 증가는 조직 등에서의 혈청으로 유리된 결과로 짐작할 수 있다(Ma et al., 1995). 본 성장단계별 연구에서 Mg^{2+} 은 $1.4 \pm 0.1 \sim 1.4 \pm 0.2$ mg/dL로 유의차를 보이지는 않아 사료 및 유해물질과의 연관성은 없는 것으

로 판단되지만, 계절별에서 Mg^{2+} 은 $1.3 \pm 0.1 \sim 1.9 \pm 0.2$ mg/dL의 범위로 차이를 보이며 성장단계보다는 수온에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다.

Davis and Parker(1990)는 AST와 ALT는 생체내에서 중요한 당, 지질, 단백질대사에 관여하는 효소로서, 어체 생리상태가 좋지 않을수록 간의 장애(Gordon, 1968)가 일어나거나, 조직의 괴사가 일어나거나, 병적 증상이 나타날 때 활성이 높아져 혈중 농도가 증가하는 것으로 알려져 있으며, 또한 혈액학적인 지표는 생체 내 산소운반 능력 등을 나타내고 장기간 스트레스작용으로부터 변화하는 것으로 알려져 있다(Casillas and Ames, 1985; Rao et al., 1990). 본 연구에서 성장단계별 AST, ALT는 성어가 각각 13.6 ± 4.3 , 2.2 ± 0.6 IU/L로 소형어 23.1 ± 7.3 , 2.8 ± 0.4 IU/L와 중형어 19.5 ± 8.3 , 2.6 ± 0.7 IU/L보다 유의하게 낮은 수치를 나타내었는데 성장단계에 비례하여 스트레스에 대한 저항성이 강해지는 것으로 판단된다. AST, ALT는 인간의 혈액검사시 기본항목으로 생리적, 생화학적 및 환경적 상태에 따른 변동이 나타나기 때문에 비교 대상이 될 수 있는 안정값의 기준이 필요할 것으로 사료된다.

어류에 작용하는 다양한 스트레스 요인은 신경 내분비계적 반응과 세포적 스트레스 반응을 일으키며, 이러한 반응은 삼투압 조절 혼란, 질병저항력 감소, 번식억제 등을 초래한다(Ackerman et al., 2000). 어류는 이러한 불안정한 생리상태를 극복하기 위해 항상성 유지에 필요한 에너지원(글루코스)을 필요로 하는데, 이때 신경내분비계적 반응은 당신생합성을 촉진시킨다(Munck et al., 1984). 또한 수온상승시 넙치의 혈장 코티졸 및 글루코스 농도가 유의하게 증가(Chang et al., 2002)하는데 비해, 본 연구에서는 수온하강기인 가을에 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 수온상승보다 하강에 있어 넙치의 생리적 적응을 위한 반응인 것으로 판단된다. Hur(2002)는 넙치의 안정시 glucose 농도는 평균 30.3 mg/dL라고 하였는데, 본 연구에서는 $12.4 \pm 1.3 \sim 21.5 \pm 5.7$ mg/dL

의 범위로 낮은 값을 나타냈다. 따라서 같은 안정상태라 하더라도 사육환경 등의 조건에 의해 수치가 변화할 수 있다고 판단되며, 넙치는 저서성 어류로서 운동성이 낮아 항상성유지를 위한 에너지원의 사용이 적으므로 안정상태의 범위에 포함될 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 Chang et al. (2001)과 Hur et al. (2001)의 연구에서는 스트레스를 가하기전 코티졸농도의 안정값은 1.2~5.0 ng/mL 수준이라 하였으며, 본 연구의 성장단계별, 계절별 수치는 각각 4.3~7.82, 2.2~4.3 ng/mL로 Chang et al. (2001)과 Hur et al. (2001)이 언급한 수준과 비슷하였다. 하지만 질병어의 경우 11.0 ± 2.6 ng/mL로 비교적 높은 수치를 나타내어 안정시보다 스트레스를 더 받은 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 일반적으로 알려져있는 코티졸/글루코스 수준의 동반상승 경향을 나타내지 않았으며, 이것은 cortisol에 의해 글루코스 신생합성이 일어나지 전, 글루코스가 항상성 유지를 위해 에너지원으로 급격히 사용되었거나, 코티졸보다 빠른 시간 이내에 이전의 농도로 회복되었을 가능성도 있다.

T_3 는 계절별 변화에서는 $6.1 \pm 1.0 \sim 7.7 \pm 1.7$ ng/mL로 유의한 차이를 나타내지 않았지만, 넙치의 성숙시기인 4~6월 중 6월에 8.25 ± 1.1 (data not shown)로 높은 수치를 나타내어 수온변화에 따른 T_3 의 작용을 확인하였으며, 성장단계별 변화에서는 크기에 비례하여 T_3 수치가 증가하는 경향으로 보아 성장단계에 따라 T_3 요구량이 달라짐을 판단할 수 있다. 또한 질병어와 정상어의 비교에서 질병어는 2.54 ± 0.91 ng/mL로 정상어 6.42 ± 1.0 ng/mL보다 낮은 수치를 나타내었는데 질병등과 같은 스트레스에 의해 T_3 혈중 농도가 저하된다는 보고 (Pickering, 1992)와 유사한 결과가 나타났다.

어류의 총단백질 농도의 변화는 최근 환경오염의 지표로 사용되고 있으며 (Ito and Murata, 1990; Hodson et al., 1992), 일반적으로 오염물질에 의해 감소하며, 그 원인중 하나는 장관 손상에 따른 흡수장애를 들 수 있다(Mayer,

1985; Yamawaki et al., 1986). 본 연구의 성장단계별, 계절별에서 최저 4.1 ± 0.3 에서 최고 4.6 ± 0.2 g/dL의 수준을 보였으며, Kang (2004)의 연구 대조구(안정 수치) $2.71 \sim 2.86$ g/dL보다 높게 나타나 오염물질에 의한 영향을 받지 않은 것으로 판단되며, 경골어류의 총단백질의 농도는 대개 $4 \sim 7$ g/dL의 수준(Yanagisawa and Hashimoto, 1984)으로 보고되어 단백질대사에 문제가 없는 것으로 판단된다.

어류의 혈액성상은 영양, 건강상태 및 스트레스 해석에 활용되며, 사료의 필수영양소 결핍이나 그 어종이 처해있는 서식환경 및 성장에 따라서 변화한다고 하며(Garrido et al., 1990; Ishioka, 1980), 콜레스테롤이 변화한다고 보고된 바 있다(Park et al., 1999). 본 연구에서는 성장단계에 따라 콜레스테롤이 감소하는 경향을 나타냈는데, 이는 성장단계에 따른 필요 영양소의 차이에 기인하는 것으로 예상된다.

넙치는 수온(Chang et al., 2001), 수심감소(Hur et al., 2001) 및 수송(Chang et al., 2001)에 저항성이 강한 어종으로 알려져 있으나, 본 연구에서는 방양, 질병, 선별, 냉수대, 절식 등의 요인에 의한 성장차이가 나타났다. 또한 성장단계별, 계절별, 질병어와 정상어의 혈액성상 수치를 정상범위로 설정하기 위한 기준치가 없기 때문에, 어류의 혈액성상을 비교할 수 있는 기준범위 설정에 대한 다양한 연구수행의 필요성이 제기된다.

V.요 약

본 연구에서는 양식넙치의 월별성장과 성장단계별, 계절별 혈액성상의 변화를 통한 성장도와 혈액학적, 조직학적 및 생리학적 반응을 조사하였다.

1. 성장도와 생존율

전장은 23.7 ± 1.2 cm에서 38.6 ± 1.0 cm로 성장하였다. 체중은 148.5 ± 30.7 g에서 646.8 ± 35.3 으로 성장 하였다. 수온이 감소함에 따라 일간사료섭취율 감소하고 2월과 3월에 0.34, 0.32%로 가장 낮았고, 수온이 상승하면서 증가하는 경향을 나타내었다. 일간체중성장률도 수온이 감소함에 따라 감소하고 수온이 높 이 지면서 증가하는 경향을 보였다.

2. 성장단계별 혈액성상 비교

Ht, RBC 및 Hb은 모든 크기에서 유의한 차이를 보이지 않았고 글루코스와 코티졸은 크기별 유의한 차이를 나타내지 않았다. 갑상선호르몬(T_3)은 크기에 비례하여 수치가 높아지는 경향을 나타내었다. 반면 콜레스테롤 농도는 크기에 반비례하는 경향을 보였다. AST, ALT는 성어가 소형어, 중형어보다 유의하게 낮은 수치를 나타내었다.

3. 계절별 혈액성상 비교

동일한 성장단계에서 Ht과 RBC는 가을에 유의하게 높았으며, 글루코스는 상이한 성장단계에서 봄에 유의하게 높은 수치를 보였고, 동일한 성장단계는 가을에 유의하게 높은 수치를 나타냈다. 코티졸은 계절별로 $2.2 \pm 0.4 \sim 4.3 \pm 1.9$ ng/mL의 범위를 나타냈다. 상이한 성장단계에서 콜레스테롤은 가을에 가장

높았다. 총단백질은 봄에 다른 계절과 비교해 높게 나타나는 경향을 나타냈다. AST는 상이한 성장단계에서 가을에 유의하게 높은 수치를 보였고 동일한 성장단계는 여름에 높은 수치를 나타냈다.

4. 질병어와 비질병어의 혈액성상 비교

글루코스는 질병어가 10.4 ± 1.9 mg/dL로 정상어 14.5 ± 2.1 mg/dL보다 유의하게 높았다. 코티졸은 두 그룹간의 유의한 차이를 나타내지는 않았지만 질병어가 비교적 높은 경향을 냈다. 갑상선호르몬은 질병어가 2.54 ± 0.9 ng/mL로 정상어 6.42 ± 1.0 ng/mL보다 유의하게 낮았다.



감사의 글

길다면 길고 짧다면 짧은 2년이라는 석사과정 동안 연구자의 자세와 논리적 사고를 가르쳐 주시고, 논문이 완성될 수 있도록 지도해 주신 장영진 교수님께 진심으로 감사드리며, 바쁘신 와중에도 부족한 논문을 심사해주시고 지도해주신 배승철 교수님, 권준영 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 석사과정 동안 학문적 가르침을 주신 허성범 교수님, 조재운 교수님, 김동수 교수님, 김창훈 교수님, 김종명 교수님, 남윤권 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 학부생부터 지금 까지 많은 조언을 해주신 권혁추 교수님께 감사드립니다.

그리고 석사학위논문을 위한 실험에 있어 많은 도움을 주신 서해수산연구소의 강덕영 박사님, 국립수산물과학원의 임한규 박사님, 거제 육종센터의 민병화 박사님께 감사의 마음을 전하며, 실험어인 넙치를 실험기간 동안 제공해주신 현대물산의 박종철 사장님과 바쁘신 데도 많은 도움주신 구본철 소장님께 감사의 뜻을 전합니다.

또한 석사과정동안 함께 고생한 양식생리학 연구실의 정민환 선배님, 노경언 선배님, 김영수 선배님, 김효찬 선배님, 레민 황, 정종균, 김정우, 조소은, 김수연 님에게도 감사의 뜻을 전합니다. 특히 석사과정동안 동거동락하며 옆에서 힘이되어준 동기 도용현, 박진우에게 고맙다는 말을 전합니다.

멀리 떨어져있는 손자를 항상 걱정해주시는 조부모님께 항상 감사드리며 건강하게 오래오래 사시기를 기원합니다. 그리고 부족한 아들을 위해 고생하시고, 뒤에서 항상 힘이 되어주신 아버지와 어머니께 이 논문을 바치며, 건강을 기원합니다. 항상 응원해주는 가족과 친구들 그리고 형을 항상 응원해주는 동생 효진이에게 감사의 말을 전합니다.

이 논문이 완성되기 까지 도움을 주신 모든 분께 감사드립니다.

참고문헌

- Ackerman, P.A., R.B. Forsyth, C.F. Mazur and G.K. Iwama. 2000. Stress hormones and the cellular stress response in salmonids. *Fish Physiol. Biochem.*, 23, 327~336.
- Atwood, H.L., J.R. Tomasso and T.I.J. Smith. 2001. Nitrite toxicity to southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) in fresh and brackish water. *J. World Aquacult. Soc.*, 32 : 348~351.
- Barton, B.A. and G.K. Iwama. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Ann. Rev. Fish Dis.*, 1, 3~26.
- Casillas, E. and W. Ames. 1985. Serum chemistry of diseased English sole, *Parophrys vetulus* Girard, from polluted areas of Puget Sound, Washington. *J. Fish Dis.*, 8, 437~449.
- Cataldi, E., P.D. Marco, A. Mandich and S. Cataudella. 1998. Serum parameters of Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii*(Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. *Comp. Biochem. Physiol. Part A*, 121, 351~354.
- Chang, Y.J., Y.C. Lee, and B.K. Lee. 1996. Comparison of growth and survival rates of juvenile grey mullets(*Mugil cephalus*) in different salinities. *J. Aquacult.*, 9, 311~320 (in Korean).
- Chang, Y.J. and J.W. Hur. 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by rapid changes in salinity of rearing water. *J. Kor. Fish. Soc.*, 32, 310~316 (in Korean).
- Chang, Y.J., M.R. Park, D.Y. Kang and B.K. Lee. 1999. Physiological

- responses of cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) on series of lowering seawater temperature sharply and continuously. J. Kor. Fish. Soc., 32 : 601~606 (in Korean).
- Chang, Y.J., J.W. Hur, H.K. Lim and J.K. Lee, 2001. Stress in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and fat cod (*Hexagrammos otakii*) by the sudden drop and rise of water temperature. J. Kor. Fish. Soc., 34, 91-97 (in Korean).
- Chang, Y.J. B.H. Min, H.J. Chang and J.W. Hur. 2002. Comparison of blood physiology in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*) reared in converted freshwater from seawater and seawater from freshwater. J. Kor. Fish. Soc., 35, 595~600 (in Korean).
- Daniels, H.V. and R.J. Borski. 1998. Effects of low salinity on growth and survival of southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) larvae and juvenile. In: United States/Japan Natural Resources Aquaculture Symposium: Marine Finfish and Shellfish Aquaculture. Marine Stock Enhancement, and Open Ocean Engineering, Tech. Rep., 26, 187~191.
- Davis, K.B., P. Torrance and N.C. Parker. 1990. Physiological stress in striped bass: effect of acclimation temperature. Aquaculture, 91, 349~358.
- Garrido, M.A., P. Perez, J.A. Titus, M.J. Valdayo, D.F. Winkler, S.A. Barbieri, J.R. Wunderlich and D.M. Segal. 1990. Targeted cytotoxic cells in human peripheral blood lymphocytes. J. Immunol., 144, 2891~2898.
- Gordon R.B. 1968. Distribution of transaminases (Aminotransferases) in the tissue of the pacific salmon (*Oncorhynchus*) with emphasis on the properties and diagnostic use of glutamic oxaloacetic transaminase. J.

- Fish. Res. Bd. Can., 25, 1247~1268.
- Higashimoto, Y., N. Nakao, T. Ohkubo, M. Tanaka and K. Nakashima. 2001. Structure and tissue distribution of prolactin receptor mRNA in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*): conserved and preferential expression in osmoregulatory organ. Gen. Comp. Endocrinol., 123, 170~179.
- Hodson, P.V., M. McWhirter, K. Ralph, B. Gray, D. Thivierge, J.H. Carey, G. Van-Der-Kraak, D.M. Whittle, and M.C. Levesque. 1992. Effects of bleached kraft mill effluent on fish in the St. Maurice River, Quebec. Environ. Toxicol. Chem., 11, 1635~1651.
- Hur, J.W. Y.J. Chang, H.K. Lim and B.K. Lee. 2001. Stress responses of cultured fishes elicited by water level reduction in rearing tank and fish transference during selection process. J. Kor. Fish. Soc., 34, 465~471 (in Korean).
- Hur, J.W. 2002. Physiological responses of fishes to the artificial stresses in the process of aquaculture. Doctoral thesis. Pukyong National University. 196 pp. (in Korean)
- Ishioka, H. 1980. Stress reactions in the marine fish-I Stress reactions induced by temperature change. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish., 46, 523~532 (in Japanese).
- Ito, Y. and Murata, T. 1990. Changes in glucose, protein contents and enzyme activities of serum in carp administered orally with PCB. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, 46, 465~468
- Kang, J.C., J.H. Jee, S.Y. Song and S.W. Moon. 2004. Effects of oral administration with fermented product from sewage in land-based

- seawater fish farm on haematological factors of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. J. Fish Pathol., 17, 57~66.
- Kelsall, C.J. and R.J. Balment. 1998. Native urotensins influence cortisol secretion and plasma cortisol concentration in the euryhaline flounder (*Paralichthys flesus*). Gen. Comp. Endocrinol., 112, 210~219.
- Kim, J.H., J.W. Hur, I.S. Park, H.K. Kang and Y.J. Chang. 2005. Effect of different anesthetic doses of MS-222 and lidocaine-HCl on the blood physiological responses in black rockfish, *Sebastes schlegeli*. J. Aquacult. 18, 236~244.
- Leatherland, J.F. and R.A. Sonstegard. 1981. Effect of dietary mirex and PCBs on calcium and magnesium metabolism in rainbow trout, *Salmo gairdneri* and coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* : A comparison with great lakes coho salmon. Comp. Biochem. Physiol. C. 69, 345~351.
- Lee, S., J.H. Lee and K. Kim. 2003.: Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Palalichthys stellatus*). Aquaculture, 225, 269~281.
- Ma, G., H. Lin and W. Zhang. 1995. Effects of cadmium on serum gonadotropin and growth hormone in common carp(*Cyprinus carpio* L.) J. Fish. China Shuichan Xuebao., 19, 120~126.
- Mater, K.S., F.L. Mayer and A. Witt. 1985. Waste transformer oil and PCB toxicity to rainbow trout. Am. Fish. Soc., 114, 869~886.
- Min, B.H., G.A. Noh, M.H. Jeong, D.Y. Kang, C.Y. Choi, I.C. Bang and Y.J. Chang. 2006. Effect of oral administration of thyroid hormone on physiological activity and growth of black porgy reared in freshwater or seawater. J. Aquacult., 19, 149~156. (in Korean).

- Murry, R.W., 1971. Temperature receptors. *Fish Physiology*, 121~133.
- Munck, A., P.M. Guyre and J. Holbrook, 1984. Physiological functions of glucocorticoid in stress and their relationship to pharmacological action. *Endocrinol. Rev.*, 5, 25~34.
- Myeong, J.I., S.Y. Pack and Y.J. Chang. 1997. Effect of water temperature and feeding rate on growth and feed efficiency of Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *J. Aquacult.*, 10, 311~320. (in Korean).
- Park, M.R., Y.J. Chang and D.Y. Kang. 1999. Physiological response of the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to the sharp changes of water temperature. *J. Aquacult.*, 12, 221~228.
- Perry, S.F. and S.D. Reid. 1993. β -adrenergic signal transduction in fish : interactive effects of catecholamines and cortisol. *Fish. Physiol. Biochem.*, 11, 195~203.
- Pickering, A.D. 1992. Rainbow trout husbandry: management of the stress response. *Aquacult.*, 100, 125~139.
- Rao. P.P., K.V. Joseph and K.J. Rao. 1990. Histopathological and biochemical change in the liver of a fresh water fish exposed to heptachlor. *J. Nat. Conserv.*, 2, 133~137.
- Sadler, J., R.M.G. Wells., P.M. Pankhurst and N.W Pankhurst. 2000. Blood oxygen transport, rheology and haematological responses to confinement stress in diploid and triploid Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 184, 349~361
- Sampaio, L.A. and A. Bianchini. 2002. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus*. *J. Exp. Mar Biol. Ecol.* 269, 187~196.

- Singh, H. and T.P. Singh. 1997. Formothion and propoxur induced ionic imbalance and skeletal deformity in a catfish, *Heteropneustes fossilis*. J. Environ. Biol., 18, 357~363.
- Smart, G.R., 1981. aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. pp. 277~293 (in) Stress and Fish, (ed) A.D. Pickering, Academic Press, London.
- Specker, C.B. C.S. Bradford, M.S. Fitzpatrick and R. Patino. 1989. Regulation of the interrenal of fishes: Non-classical control mechanism. Fish Physiol. Biochem., 7, 259~265.
- Statistics of ministry for food, agriculture, forestry and fisheries. 2009.
- Thomas, P. and L. Robertson, 1991. Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. Aquaculture, 96, 69~86.
- Tomasso, J.R., B.A. Simco and K.B. Davis. 1983. Circulating corticosteroid and leucocyte dynamics in channel catfish during net confinement. Texas J. Sci., 35, 83~88
- Wedemeyer, G.A. and D.J. McLeay. 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. In Stress and Fish (Ed. by A.D. Pickering), Academic Press, London, 247~275.
- Yamawaki, K., W. Hashimoto, K. Fujii, J. Koyama, Y. Ikeda and H. Ozaki. 1986. Hemochemical changes in carp exposed to low cadmium concentrations. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 459~466.
- Yanagisawa, T. and K. Hashimoto, 1984. Plasma albumins in elasmobranchs. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 1083.