

## 사육수의 담수화시 수용밀도에 따른 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 생리적 반응 비교

허준욱\* · 이복규<sup>1</sup> · 민병화<sup>2</sup> · 박인석<sup>3</sup> · 최철영<sup>3</sup> · 이정열<sup>4</sup> · 장영진<sup>2</sup>

한국해양대학교 해양과학기술연구소, <sup>1</sup>동의대학교 생물학과, <sup>2</sup>부경대학교 양식학과,  
<sup>3</sup>한국해양대학교 해양과학부, <sup>4</sup>군산대학교 해양생명과학부

### Physiological Responses of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) by Capacity Density Difference during Salinity Change from Seawater to Freshwater

Jun Wook Hur\*, Bok Kyu Lee<sup>1</sup>, Byung Hwa Min<sup>2</sup>, In-Seok Park<sup>3</sup>,  
Cheol Young Choi<sup>3</sup>, Jeong Yeol Lee<sup>4</sup> and Young Jin Chang<sup>2</sup>

Research institute of Marine Science and Technology, Korea Maritime University,  
Busan 606-791, Korea

<sup>1</sup>Department of Biology, Donggeui University, Busan 614-714, Korea

<sup>2</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

<sup>3</sup>Division of Ocean Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

<sup>4</sup>School of Marine Life Science, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

**Abstract** - Two different groups (30 and 60 inds.) of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) were abruptly (within 30 min) exposed to hypo-salinities from seawater (SW, 35‰) to freshwater (FW, 0‰) (30FW and 60FW) and to 35‰ (30SW and 60SW) in a flow through seawater culture systems. Analysis of plasma samples showed the following significant increase at 0‰: cortisol from 2.8 ng mL<sup>-1</sup> to 66.9 ng mL<sup>-1</sup> (30FW) and from 2.7 ng mL<sup>-1</sup> to 314.1 ng mL<sup>-1</sup> (60FW) after 24 hours of exposure; glucose from 15.8 mg dL<sup>-1</sup> to 257.7 mg dL<sup>-1</sup> after 3 hours exposure and to 164.0 mg dL<sup>-1</sup> after 24 hours in 60FW. Plasma Na<sup>+</sup> concentration of 30FW and 60FW were decreased until 24 hours after expose. However that in 30SW and 60SW showed no significant differences. Plasma Cl<sup>-</sup> concentration of 60FW was decreased from 59.0 mEq L<sup>-1</sup> to 43.5 mEq L<sup>-1</sup> and to 30.0 mEq L<sup>-1</sup> after 3 and 24 hours of exposure, respectively. At all experimental groups, survival were 100% until 24 hours.

**Key words** : *Paralichthys olivaceus*, flounder, hypo-salinity, stress response, cortisol

## 서 론

여름철 한국의 이상 해양환경 변화로는 냉수대, 담수화, 적조 및 빈산소 수괴 현상을 들 수 있다. 냉수대 현상

\* Corresponding author: Jun Wook Hur, Tel. 051-410-4321, Fax. 051-405-4322, E-mail. 915-hjw@hanmail.net

은 남풍계열의 바람이 지속적으로 불어와 동해연안 저층의 냉수가 표층으로 용승하여 주변해역의 표면수온보다 5°C 이상 낮은 수온대를 형성한다. 담수화 현상은 중국의 양자강 홍수 범람으로 해수 염분이 평상시보다 낮아지는 현상으로 주로 제주도 서남해역과 남해안 일대에 나타난다. 적조는 장마와 홍수 후에 영양염류가 바다로 과다유입되면서 고수온기에 나타나며, 조류소통이 원활하지 못한 반폐쇄성 내만 해역에서는 저층의 용존산소가 3 mg L<sup>-1</sup> 이하로 낮아지는 빈산소 수괴현상 등은 양식산업을 불안정한 요인으로 작용하게 한다.

특히, 담수화 현상은 여름철 바다 수온이 상승한 시기이므로 양식어류와 패류에 피해를 주고 있다. 또한 제주도 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 양식장에서는 이러한 이유로 지하해수를 이용하여 양식을 시도하고 있으나, 지하해수는 저염분 해수가 용출되고 있어 넙치 양식에 이용하려면 삼투압 조절에 관한 체계적인 연구가 진행되어야 한다.

양식과정중에 수온(Chang *et al.* 1999, 2001; Park *et al.* 1999), 염분(Chang and Hur 1999; Hur and Chang 1999) 및 수질의 급변(Smart 1981)은 양식어류에 상당한 스트레스 요인으로 작용한다. 이중 염분변화는 어류의 체내 삼투압 변화를 유도하고, 이때 어류는 체내 항상성을 유지하기 위하여 삼투압 조절(osmoregulation)을 한다. 양식어류의 삼투압 조절에 관한 연구결과는 담수어류인 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)와 해수어류인 송어(*Mugil cephalus*)에서 보고(Chang *et al.* 1996; Chang and Hur 1999; Hur and Chang 1999) 된 바 있으며, 최근에는 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)의 삼투압 조절 능력을 응용한 담수양식 기법도 연구중에 있다(Chang *et al.* 2002a).

본 연구에 사용한 넙치는 현재 전연안에서 양식되는 어종으로 삼투압 조절 능력과 스트레스에 강한 어종으로 알려져 있다(Chang *et al.* 1999, 2001, 2002b). 삼투압 조절에 대하여 Hur *et al.* (2002)이 보고하였으나, 염분변화시 밀도차이에 의한 생리학적 반응에 대하여 보고는 없다. 따라서 본 연구에서는 광염성 어류로 알려져 있는 넙치를 사용하여 사육수의 급격한 염분변화시 밀도차이에 따른 생리적 반응을 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험어와 실험시설

실험어는 평균전장 17.6±1.1 cm, 평균체중 52.2±7.7 g 인 넙치를 사용하였으며, 경북 울진군 인근 육상수조 양식장에서 사육중인 것을 구입하였다. 이들 실험어는 대형

콘크리트 수조 2개(18톤)에 수용하여 상업용 터벗배합사료(수분 10%, 조단백질 56%, 조지방 12%, 조섬유 1.7%, 회분 12%, 인 1.9%, 비타민 A 10,000 IU kg<sup>-1</sup>, 비타민 D3 1,750 IU kg<sup>-1</sup>, 비타민 E 200 mg kg<sup>-1</sup>, 비타민 C 250 mg kg<sup>-1</sup>, Le Couessant, France)를 반복공급하면서 3주간 안정시킨 다음, 실험에 사용하였다. 실험수조는 유수식 사육시스템이었으며, 해수(35%)는 모래여과하여 사용하였고, 담수(0%)는 지하수를 사용하였다. 모든 실험수조는 FRP 원형수조(250 L)로 수량은 180 L였다. 실험수조의 1일 환수율은 수용적의 30배, 용존산소량은 5 ppm 이상이 되도록 에어레이션하며 조절하였다. 실험어의 안정과 도피방지를 위하여 수조상부에 그물망을 덮어 주었다.

### 2. 실험방법

예비사육 수조에서 사육하던 어류를 각각 30마리(6.0 kg m<sup>-3</sup>)와 60마리(12.0 kg m<sup>-3</sup>)씩 실험수조로 이동시켜 1주일간 안정시키며 사육하였다. 실험직후 담수(0%)로 사육수를 교환하기 위해 해수유입을 중단하고 담수만을 흘러주었던 실험구를 각각 30FW와 60FW로 설정하였으며, 대조구는 사육수의 교환이 없이 그대로 해수를 공급하는 실험구로 30SW와 60SW로 설정하였다. 사육수가 담수로 전환된 시간은 30분 이내였다. 각각 4만복으로 실험구를 설정하였는데, 두그룹은 혈액을 채취하였고, 나머지 두그룹은 생존율만 조사하였다. 24시간까지 유수식으로 실험구와 대조구에 각각 담수와 해수를 흘러주면서 유지하였으며, 혈액채취 시점은 실험개시시(0), 실험후 3시간 및 24시간째에 실시하였다.

### 3. 혈액의 채취 및 분석

실험어의 혈액은 채혈시각에 맞추어 24시간 전부터 실험어를 절식시킨 다음 실시하였다. 실험구에서 5마리씩 무작위 추출하여 20 IU mL<sup>-1</sup> heparin sodium (Sterile Solution HEPARIN Inj., Choongwae Pharma Corporation, HwaSung-Gun, Korea) 처리한 3 mL-23 G Disposable plastic syringe (Dong Shin Medical Instruments Co., KongJu-Si, Korea)로 마취 없이 1분 이내에 미병부의 혈관에서 채혈한 다음, 어체의 크기를 측정하였다. 개체별로 채취한 혈액(1~3 mL)은 1.5 mL Microtube (MCT-175-C, AXYGENT SCIENTIFIC INC., Union City, USA)에 분주하였다. 이중 혈액성상 분석용 시료는 즉시 혈액분석기(Excell 500, USA)로 분석하였으며, 혈장분석용 시료는 실온에서 20분간 방치한 다음, 5,600 g로 5분동안 원심분리(Micro Haemtocrit Centrifuge, Hawksley and Sons Ltd., W-Sussex, UK)에 의해 혈장을 추출하여 -70°C의

Ultra Low Temperature Freezer (SW-UF-200, SAM-WON Freezing Engineering co., Busan, Korea)에 보관하였다. Cortisol 농도는 Coat-A-Count TKCO Cortisol RIA Kit (DPC, Los Angeles USA)로 항원·항체반응을 유도한 다음, 1470 WIZARD Automatic Gamma Counter (EG and G Wallac, Turku, Finland)를 사용하여 radioimmunoassay (RIA)에 의해 측정하였다. Glucose, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Total protein, AST (aspartate aminotransferase) 및 ALT (alanine aminotransferase)는 Chemistry System (VITROS DT60II, VITROS DTEII, DTSCII Chemistry System, Johnson and Johnson Clinical Diagnostics Inc., New York, USA)에 의해 분석하였다.

#### 4. 통계처리

각 실험에서 얻어진 자료값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계 패키지 (SPSS 9.0, SPSS Inc., Chicago, USA)에 의한 ANOVA 및 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

## 결 과

### 1. 혈장의 Cortisol과 Glucose 농도

혈장의 Cortisol 농도는 실험개시시 30SW에서  $2.8 \pm 0.9 \text{ ng mL}^{-1}$ , 60SW는  $2.7 \pm 0.4 \text{ ng mL}^{-1}$ 였다 (Fig. 1). 30SW는 시간경과에 따라 차이를 보이지 않았으나 ( $P > 0.05$ ), 사육수를 교환한 30FW와 60FW는 24시간째 각각  $66.9 \pm 18.0 \text{ ng mL}^{-1}$ ,  $314.1 \pm 70.8 \text{ ng mL}^{-1}$ 로 유의하게 높아졌다 ( $P < 0.05$ ).

혈장의 Glucose 농도는 실험개시시 30SW에서  $15.1 \pm 1.3 \text{ mg dL}^{-1}$ 로부터 3시간째 30SW와 30FW는 각각  $27.8 \pm 3.1 \text{ mg dL}^{-1}$ ,  $142.3 \pm 9.5 \text{ mg dL}^{-1}$ 로 유의하게 높아졌으며, 24시간째에는 개시시와 차이를 보이지 않았다 ( $P > 0.05$ ). 60SW는 개시시  $15.8 \pm 0.3 \text{ mg dL}^{-1}$ 로부터 60FW는 3시간째  $257.7 \pm 20.2 \text{ mg dL}^{-1}$ , 24시간째  $164.0 \pm 17.1 \text{ mg dL}^{-1}$ 로 개시시보다 높은 값으로 남아있었다.

### 2. 혈장의 Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> 및 Cl<sup>-</sup> 농도

Na<sup>+</sup> 농도는 30SW와 60SW는 시간경과에 따라 차이를 보이지 않았으나, 30FW와 60FW는 낮아지는 경향을 보였다 (Fig. 2). 30FW 경우, 개시시  $161.0 \pm 2.8 \text{ mEq L}^{-1}$ 로부터 3시간과 24시간째 각각  $145.0 \pm 1.4 \text{ mEq L}^{-1}$ ,  $120.5 \pm 0.7 \text{ mEq L}^{-1}$ 로 낮아졌으며 ( $P < 0.05$ ), 60FW는 3시간과 24시간째에 각각  $144.5 \pm 2.1 \text{ mEq L}^{-1}$ ,  $119.0 \pm 2.8 \text{ mEq}$

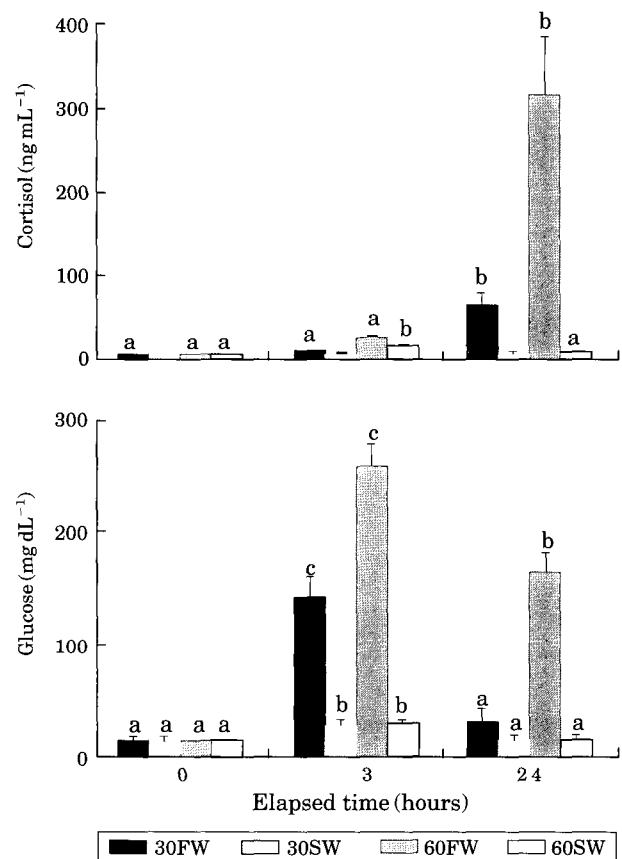
$\text{L}^{-1}$ 로 개시시  $166.0 \pm 9.9 \text{ mEq L}^{-1}$ 보다 낮은 값을 보였다.

K<sup>+</sup> 농도는 모든 실험구에서 유의한 차이는 인정되지 않았으나, 30FW와 60FW는 3시간과 24시간째 약간 높아진 값을 보였다.

Cl<sup>-</sup> 농도는 Na<sup>+</sup> 농도와 같은 경향으로 30SW와 60SW는 시간경과에 따라 차이를 보이지 않았다. 30FW와 60FW도 유사한 경향으로 시간경과에 따라 낮아졌다. 60FW 경우, 개시시  $59.0 \pm 1.4 \text{ mEq L}^{-1}$ 로부터 3시간과 24시간째에 각각  $43.5 \pm 2.1 \text{ mEq L}^{-1}$ ,  $30.0 \pm 1.4 \text{ mEq L}^{-1}$ 로 유의하게 낮아진 값을 보였다.

### 3. Total protein, AST 및 ALT

Total protein 함량은 30SW와 60SW는 시간경과에 따라 차이를 보이지 않았으나, 30FW는 3시간째  $76.5 \pm 10.6$



**Fig. 1.** Variations of blood hematocrit, red blood cell and hemoglobin of fish due to density difference during hypo-salinity changes of rearing water. Same letters on the bars are not significantly different ( $P > 0.05$ ). 30FW and 60FW groups: change from SW to FW of rearing water, 30SW and 60SW groups: no change of rearing water. Salinity of elapsed time are 0 (35%), 3 (0%) and 24 (0%).

mg mL<sup>-1</sup>, 24시간째 48.0±9.9 mg mL<sup>-1</sup>로 높아졌다. 또한 60FW도 3시간과 24시간째에 각각 170.0±21.2 mg mL<sup>-1</sup>, 174.5±30.4 mg mL<sup>-1</sup>로 높아진 값을 보였다(Table 1). 30FW의 AST는 실험개시시 12.0±1.4 IU L<sup>-1</sup>로부터 3시간(25.5±4.9 IU L<sup>-1</sup>)과 24시간째(32.0±2.8 IU L<sup>-1</sup>) 계속 해서 높아졌다. 60FW는 개시시 12.0±2.8 IU/L로부터 24시간째 49.5±7.8 IU L<sup>-1</sup>로 유의하게 높아졌다.

ALT는 30FW와 30SW는 시간경과에 따라 개시시와

차이를 보이지 않았다. 60FW는 개시시 6.0±2.8 IU L<sup>-1</sup>로부터 3시간째 21.5±0.7 IU L<sup>-1</sup>로 높아졌다.

#### 4. 혈액의 Hematocrit, Red blood cell (RBC) 및 Hemoglobin 농도

실험개시시 30SW의 Hematocrit는 15.8±1.5%로부터 30FW와 30FW는 3시간째 각각 25.1±2.6%, 18.8±1.5%로 유의하게 높아졌으나, 24시간째 개시시 값으로 회복되었다(Table 2). 60FW는 개시시 15.1±3.2%로부터 3시간째 26.2±0.8%로 높아진 값을 보였다.

RBC는 모든 실험구에서 실험개시시보다 3시간째 유의하게 높아졌는데, 30FW는 개시시 2.7±0.7×10<sup>6</sup> cell UL<sup>-1</sup>로부터 4.7±0.4×10<sup>6</sup> cell UL<sup>-1</sup>로 높아졌으며, 60FW는 개시시 2.6±0.5×10<sup>6</sup> cell UL<sup>-1</sup>로부터 4.6±0.1×10<sup>6</sup> cell UL<sup>-1</sup>로 높아졌다.

Hemoglobin 농도는 60FW에서 개시시 11.7±0.8 g dL<sup>-1</sup>로부터 3시간과 24시간째에 각각 16.5±3.7 g dL, 15.8±0.7 g dL<sup>-1</sup>로 높아졌다.

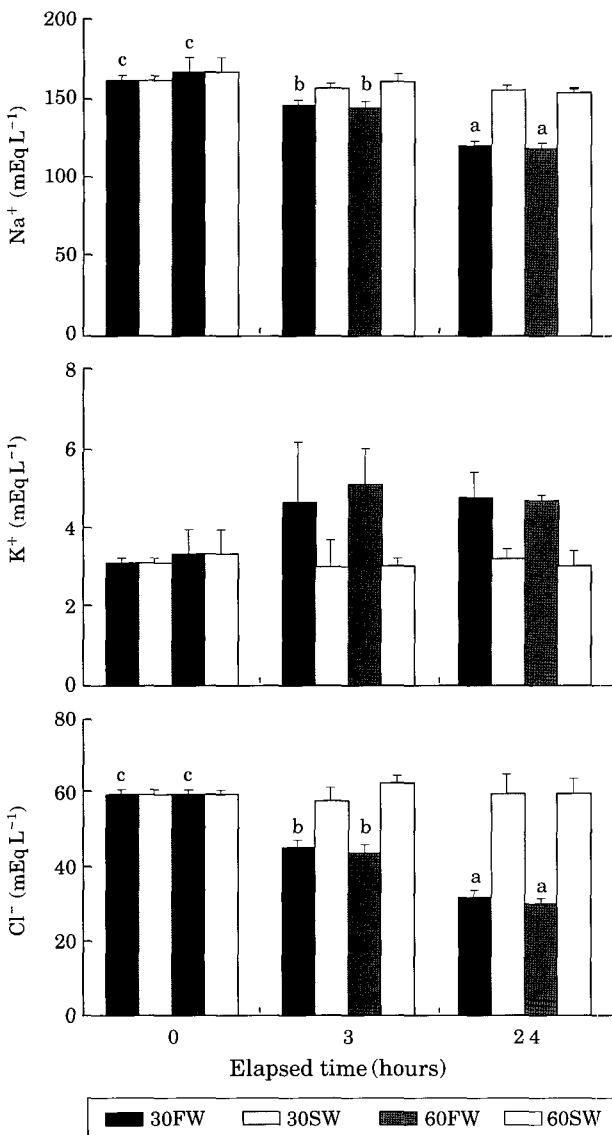
#### 5. 생존율

실험종료시인 24시간까지 모든 실험구에서 폐사개체는 나타나지 않았다.

### 고 찰

어류는 외부와 내부의 환경 상태가 변화하여도 체내의 환경요인들인 pH, 혈당량, 삼투압 조절, 무기물의 이온 등을 일정하게 유지하려는 기능이 있다. 이중 삼투압 조절은 아가미, 소화관 및 신장에서 이루어지며, 수분과 이온 등의 조절에 의한 항상성을 유지하여야 한다. Kirsch and Meister (1982)에 의하면 해산어류는 물과 이온을 흡수한 후 Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> 및 K<sup>+</sup>와 같은 1가 이온은 소화관벽에서 흡수하여 아가미에서 배출하고, Mg<sup>2+</sup> 및 Ca<sup>2+</sup> 등은 소화관 내에 축적되어 신장에서 배출한다고 보고하였다.

넙치를 사용하여 보고한 Hur *et al.* (2002)은 사육수를 30분 이내에 15%과 0% (담수)로 교환하였을 때, 15%구에서 Na<sup>+</sup>과 K<sup>+</sup> 등은 삼투압 조절을 위한 항상성 유지에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 0%에서는 경과시간에 따른 고삼투압조절(hyperosmoregulation) 능력이 상실되고 있음을 제시하였다. 고삼투압조절 능력은 어체보다 저장인 환경에 노출되었을 때, Cortisol 감소, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase 활성 감소, 삼투질 농도 증가에 따른 저장인 환경에서 체내와 비슷한 항상성을 유지하는 것이다(Young



**Fig. 2.** Variations of plasma cortisol and glucose of fish due to density difference during hypo-salinity changes of rearing water. Same letters on the bars are not significantly different ( $P > 0.05$ ). 30FW, 30SW, 60FW and 60SW are same abbreviations as in the Fig. 1. Salinity of elapsed time are 0 (35‰), 3 (0‰) and 24 (0‰).

**Table 1.** Variations of total protein, AST and ALT levels in plasma of fish due to density difference during hypo-salinity changes of rearing water

Elapsed time (hours)	Total protein (mg mL <sup>-1</sup> )				AST (IU L <sup>-1</sup> )				ALT (IU L <sup>-1</sup> )			
	30FW	30SW	60FW	60SW	30FW	30SW	60FW	60SW	30FW	30SW	60FW	60SW
0	23.0±2.8 <sup>a</sup>	23.0±2.8	22.5±3.5 <sup>a</sup>	22.5±3.5	12.0±1.4 <sup>a</sup>	12.0±1.4	12.0±2.8 <sup>a</sup>	12.0±2.8	5.0±2.8	5.0±2.8	5.0±2.8 <sup>a</sup>	6.0±2.8
3	76.5±10.6 <sup>b</sup>	25.5±3.5	170.0±21.2 <sup>b</sup>	170.0±21.2	25.5±4.9 <sup>b</sup>	14.0±1.4	16.5±0.7 <sup>a</sup>	13.0±2.8	12.0±1.4	6.5±2.1	21.5±0.7 <sup>b</sup>	9.0±2.8
24	48.0±9.9 <sup>a</sup>	21.5±2.1	174.5±30.4 <sup>b</sup>	174.5±30.4	32.0±2.8 <sup>b</sup>	15.0±2.8	15.0±2.8 <sup>b</sup>	15.0±2.8	7.0±5.7	7.0±5.7	9.5±0.7 <sup>a</sup>	8.5±2.1

The values are mean±SD (n = 5). Means within each column followed by the same alphabetic letter are not significantly different (P > 0.05). 30FW, 30SW, 60FW and 60SW are same abbreviations as in the Fig. 1. Salinity of elapsed time are 0 (35%), 3 (0%) and 24 (0%).

**Table 2.** Variations of hematological factors of fish due to density difference during hypo-salinity changes of rearing water

Elapsed time (hours)	Hematocrit (%)				Red blood cell (× 10 <sup>6</sup> cell UL <sup>-1</sup> )				Hemoglobin (g dL <sup>-1</sup> )			
	30FW	30SW	60FW	60SW	30FW	30SW	60FW	60SW	30FW	30SW	60FW	60SW
0	15.8±1.5 <sup>a</sup>	15.8±1.5 <sup>a</sup>	15.1±3.2 <sup>a</sup>	15.1±3.2	2.7±0.6 <sup>a</sup>	2.7±0.6 <sup>a</sup>	2.6±0.5 <sup>a</sup>	2.6±0.5 <sup>a</sup>	12.4±1.7	12.4±1.7 <sup>a</sup>	11.7±0.8 <sup>a</sup>	11.7±0.8 <sup>a</sup>
3	25.1±2.6 <sup>b</sup>	18.8±1.8 <sup>b</sup>	26.2±0.8 <sup>b</sup>	20.3±1.1	4.7±0.4 <sup>b</sup>	3.6±0.1 <sup>b</sup>	4.6±0.1 <sup>b</sup>	3.5±0.2 <sup>b</sup>	13.6±0.4	15.5±0.7 <sup>b</sup>	16.5±3.7 <sup>b</sup>	14.9±1.1 <sup>b</sup>
24	16.9±0.9 <sup>a</sup>	15.9±0.5 <sup>a</sup>	18.6±2.5 <sup>a</sup>	15.7±0.7	3.0±0.4 <sup>a</sup>	3.2±0.1 <sup>a</sup>	3.8±0.3 <sup>b</sup>	2.8±0.2 <sup>a</sup>	13.6±1.0	11.5±0.5 <sup>a</sup>	15.8±0.7 <sup>b</sup>	11.2±0.8 <sup>a</sup>

The values are mean±SD (n = 5). Means within each column followed by the same alphabetic letter are not significantly different (P > 0.05). 30FW, 30SW, 60FW and 60SW are same abbreviations as in the Fig. 1. Salinity of elapsed time are 0 (35%), 3 (0%) and 24 (0%).

*et al.* 1989).

본 연구에서 Cortisol과 Glucose 농도는 모든 실험구에서 3시간후 높아진 값을 보였다. 30SW와 60SW에서의 높아진 이들 농도는 실험개시시 수조에서 어류를 포획으로 인한 스트레스로 작용한 것으로 생각된다. Cortisol의 경우 30FW와 60FW는 시간경과에 따라 더욱 높아지는 경향을 보여, 염분 스트레스의 영향으로 인정된다. 24시간까지 Cortisol과 Glucose 농도의 동반 상승작용은 나타나지 않았으나, 실험개시시보다는 높은 값으로 남아 있었다.

또한 30FW보다는 60FW에서 높은 값을 보여, 스트레스를 더 받은 것으로 생각된다.

Thomas and Robertson (1991)은 일반적으로 어류가 스트레스를 받으면, 1차반응에서 24시간까지 Cortisol이 증가되고, 2차반응에서는 Glucose가 증가한다고 하였다. 이는 Cortisol과 Glucose 농도가 동반 상승함을 의미하며, Pickering and Pottinger (1989)는 대부분 연구에서 어체에 급성 스트레스를 주었을 때, Cortisol 농도는 1~3시간 이전에 최고값으로 증가하고, 다시 회복되는 시간은 6시간 이내인 것으로 알려지고 있다. 그러나 Barton and Iwama (1991)는 스트레스시 Cortisol 값은 어종에 따라 증가속도와 시간이 다르게 나타난다고 하였다. 염분 스트레스는 다른 일반 스트레스(예를 들면 Handling, 가두기, 포획 및 수송 등)와는 차이를 보인다. 일반적인 스트레스에 처해질 때 어류는 항상성을 유지하려고 에너지를 많이 소비할 것이며, 스트레스에 적응하게

되면 다시 에너지를 축적하게 될 것이다. 그러나 염분 스트레스의 경우, 본 연구에서와 같이 사육수를 급격하게 교환하게 되면 일반 급성 스트레스보다는 더 장기적으로 항상성을 유지하기 위하여 에너지를 동원할 것으로 생각된다.

이러한 이유로 급성 스트레스시 Pickering and Pottinger (1989)가 보고한 것처럼 Cortisol 농도는 회복시간을 6시간이라고 하였지만, 최고값, 지속시간 및 회복시간은 스트레스 정도 차이, 환경조건 및 어체의 생리적 조건 등에 따라 차이가 있을 것으로 사료된다. 본 연구와 Hur *et al.* (2002)의 결과를 비교하면 Cortisol과 Glucose 농도가 최고값으로 상승되는 시간에서 차이를 나타내주고 있다. Hur *et al.* (2002)의 보고에서 담수로 사육수를 교환하였을 때, 폐사개체가 나타나기 시작한 것은 48시간 이후였다. 본 연구에서도 24시간까지는 유사한 결과로 나타났다.

Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> 및 K<sup>+</sup> 농도의 경향으로 볼 때, 시간경과에 따른 삼투압 조절 능력이 떨어짐을 알 수 있다. Hur *et al.* (2002)의 보고에서도 이와 유사한 경향으로 경과시간에 따른 저장인 환경에 대하여 고삼투압조절능력을 상실하고 있다고 하였다. 본 연구에서 30FW와 60FW의 어류는 어체의 삼투질 농도 보다 저장인 담수환경에 처해지면, 삼투압 현상에 의한 환경수의 수분은 체내로 유입되고, Na<sup>+</sup>과 Cl<sup>-</sup>는 저장인 환경으로 유출될 것이다. 이러한 현상에 의해 본 연구의 결과가 나타난 것으로 판단된다.

AST와 ALT의 경우, 조직의 피사가 일어나거나, 병적

증상이 나타날 때 활성이 높아지는 것으로 알려져 있으며, 또한 혈액학적인 지표는 생체내 산소운반 능력 등을 나타내고 있어 스트레스시 높아지는 것으로 Davis and Parker (1990)는 보고하였다. 위의 지표들은 Hur *et al.* (2002)의 보고에서도 본 연구와 유사한 경향을 보여주었으며, Chang *et al.* (2002a) 보고에서는 AST와 ALT의 증가는 급격한 염분 변화에 따른 간 및 비장 등의 세포가 생리적 부담을 받고 있음을 시사하였다.

이상의 연구 결과로 볼 때, 사육수를 24시간동안 담수로 교환시 넙치 사육밀도의 차이에 따른 혈장과 혈액학적 지표에서 다소 차이를 나타냈으며, 삼투압 조절 능력 및 생존율에서는 해수에서와 같은 경향을 보였다.

## 적 요

사육수의 담수화시 수용밀도에 대한 생리학적 반응을 비교하고자, 30마리와 60마리씩 실험수조에 수용하여 30분 이내에 사육수를 담수로 교환하였다. 혈장의 Cortisol 농도는 실험개시시 30SW에서  $2.8 \text{ ng mL}^{-1}$ , 60SW는  $2.7 \text{ ng mL}^{-1}$ 로부터 30FW와 60FW는 24시간째 각각  $66.9 \text{ ng mL}^{-1}$ ,  $314.1 \text{ ng mL}^{-1}$ 로 유의하게 높아졌다. 혈장의 Glucose 농도는 60SW는 개시시  $15.8 \text{ mg dL}^{-1}$ 로부터 60FW는 3시간째  $257.7 \text{ mg dL}^{-1}$ , 24시간째  $164.0 \text{ mg dL}^{-1}$ 로 개시시보다 높은 값으로 남아있었다.  $\text{Na}^+$  농도는 30SW와 60SW는 시간경과에 따라 차이를 보이지 않았으나, 30FW와 60FW는 시간경과에 따라 낮아지는 경향을 보였다.  $\text{Cl}^-$  농도는 60FW에서 개시시  $59.0 \text{ mEq L}^{-1}$ 로부터 3시간과 24시간째에 각각  $43.5 \text{ mEq L}^{-1}$ ,  $30.0 \text{ mEq L}^{-1}$ 로 유의하게 낮아진 값을 보였다. 모든 실험구에서 생존율은 100%였다. 사육수를 24시간동안 담수로 교환시 사육밀도의 차이에 따른 혈장과 혈액학적 지표에서 다소 차이를 나타냈으며, 삼투압 조절 능력 및 생존율에서는 해수에서와 같은 경향을 보였다.

## 참 고 문 헌

- Barton BA and GK Iwama. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annu. Rev. Fish Dis.* 1:3-26.
- Chang YJ, BH Min, HJ Chang and JW Hur. 2002a. Comparison of blood physiology in juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*) reared in converted freshwater form seawater and seawater form freshwater. *J. Korean Fish. Soc.* 35:595-600.
- Chang YJ and JW Hur. 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by rapid changes in salinity of rearing water. *J. Korean Fish. Soc.* 32:310-316.
- Chang YJ, JW Hur and P Chin. 2002b. Hematological characteristics of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) in culture farm influenced by heated effluent water from a power plant in summer. *J. Aquacult.* 15:267-273.
- Chang YJ, JW Hur, HK Lim and JK Lee. 2001. Stress in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and fat cod (*Hexagrammos otakii*) by the sudden drop and rise of water temperature. *J. Korean Fish. Soc.* 34:91-97.
- Chang YJ, MR Park, DY Kang and BK Lee. 1999. Physiological responses of cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) on series of lowering seawater temperature sharply and continuously. *J. Korean Fish. Soc.* 32:601-606.
- Chang YJ, YC Lee and BK Lee. 1996. Comparison of growth and survival rates of juvenile grey mullets (*Mugil cephalus*) in different salinities. *J. Aquacult.* 9:311-320.
- Davis KB and NC Parker. 1990. Physiological stress in striped bass: effect of acclimation temperature. *Aquacult.* 91:349-358.
- Hur JW, BK Lee, YJ Chang, JK Lee, YS Lim, JH Lee, CH Park and BK Kim. 2002. Stress responses of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to hypo-salinity changes of rearing water. *J. Aquacult.* 15:69-75.
- Hur JW and YJ Chang. 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by gradual change in salinity of rearing water. *J. Aquacult.* 12:283-292.
- Kirsch R and MF Meister. 1982. Progressive processing of ingested water in the gut of seawater teleosts. *J. Exp. Biol.* 98:67-81.
- Park MR, YJ Chang and DY Kang. 1999. Physiological response of the cultured olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) to the acute changes of water temperature. *J. Aquacult.* 12:221-228.
- Pickering AD and TG Pottinger. 1989. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish Physiol. Biochem.* 7:253-258.
- Smart GR. 1981. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture. pp.277-293 in A.D. Pickering.
- 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.

Young G, BTh Bjornsson, P Prunet, RJ Lin and HA Bern. 1989. Smoltification and seawater adaptation on coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): plasma prolactin, gro-

wth hormone, thyroid hormones and cortisol. *Gen. Comp. Endocrinol.* 74:335-345.

Manuscript Received: July 19, 2004

Revision Accepted: August 20, 2004

Responsible Editorial Member: Myung Chan Gye  
(Hanyang Univ.)