

여름철 온배수 수역에 인접한 양식장 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 혈액 정상

장영진^{*} · 허준욱 · 진 평¹

부경대학교 양식학과 · ¹부경대학교 해양생물학과

Hematological Characteristics of Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) in Culture Farm Influenced by Heated Effluent Water from a Power Plant in Summer

Young-Jin Chang^{*}, Jun-Wook Hur and Pyung Chin¹

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

^{*}Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Effect of heated water from a power plant in summer on hematological characteristics of flounder (*Paralichthys olivaceus*) were investigated. Hematocrit level fluctuated between 15.7 and 16.3% in control farm, but it significantly increased to 17.7% in the high-WT farm. The corresponding values for hemoglobin concentration were 9.9~18.0 g/dl for the control farm and 6.2~19.4 g/dl for the exposed farm. The plasma cortisol remained between 0.6 and 2.8 ng/ml in the former but significantly decreased 317.1 to 3.3 ng/ml in the later. The plasma glucose also decreased from 36.5~46.0 to 23.5~36.5 mg/dl. Plasma osmolality decreased from 551.5~597.0 to 391.0~466.5 mOsm/kg.

Key words: Heated effluent water, Cultured olive flounder, *Paralichthys olivaceus*, Hematology, Water temperature stress

서 론

해산어류 양식에서는 태풍, 집중호우 및 적조와 같은 자연재해 또는 사육관리 중 부적당한 환경 및 인위적 스트레스는 어류의 최적성장을 꺾는 데 걸림돌이 된다(Wardle, 1981). 양식과정 중에 사육어류가 받을 수 있는 스트레스 요인은 상존하며, 이러한 스트레스 요인에 의해 어류는 체내 생리적 불균형이 일어날 수 있다(Pickering, 1992; Chang et al., 2001a). 최근에는 어류양식시 발생할 수 있는 스트레스 중 취급 및 선별(Pickering et al., 1982; Hur et al., 2001), 가두기(Tomasso et al., 1983), 수송(Davis and Parker, 1986; Chang et al., 2001b) 및 약제투여

(Thomas and Robertson, 1991) 등 인위적 요인과 사육밀도(Wedemeyer and McLeay, 1981), 수질(Smart, 1981), 수온(Fryer, 1975; Chang et al., 2001a) 및 염분(Singley and Chavin, 1971; Chang and Hur, 1999; Hur and Chang, 1999) 등 환경적 요인 등에 대하여 연구되고 있다. 환경적 스트레스 요인 중 수온은 어체의 생리적 변화를 야기시키고 스트레스 요인으로 작용하여(Strange et al., 1977; Ishioka, 1980; Davis and Parker, 1990; Barton and Iwama 1991), 생체내 대사(Woo, 1990)와 혈액성상(Ryan, 1995)의 변화를 일으키는 것으로 알려져 있다. 수온 스트레스와 관련된 연구로는 수온변화에 따른 스트레스 반응(Ishioka, 1980), 수온하강에 따른 스트레스 반응(Chang et

*Corresponding author : yjchang@pknu.ac.kr

al., 1999; Park et al., 1999), 수온상승에 따른 스트레스 반응(Chang et al., 2001a) 등이 있다. 특히, Chang et al. (1999; 2001a)과 Park et al. (1999)은 양식중인 어류가 수온 변화에 의해 스트레스를 받으며, 성장 및 생존율에 영향을 미칠 수 있다고 하였다.

여름철 한국 동해안에서 수온이 급격하게 변화할 수 있는 경우는 해양의 저층수가 용승하여 발생하는 냉수대 현상과 임해 발전소의 냉각수로 배출되는 온배수에 의한 주변수역의 수온상승 현상에 직면하였을 때라 할 수 있다. 발전소에서 냉각기를 거친 배출수는 자연해수 보다 약 7°C 높은 온수가 되어 주변수역으로 방류되며, 이 온배수는 주변 양식장에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이는 저수온기인 겨울철에는 수온이 상승하여 어류의 성장에 유리하게 작용할 수도 있겠지만, 고수온기인 여름철에는 주변수역의 수온을 더욱 높게 하여 양식장 어류의 대사조절에 지대한 영향을 줄 것으로 예상된다.

따라서 고수온기인 여름철에 온배수 수역내 양식장과 수역외 양식장 어류의 생리상태에 대하여 조사·비교할 필요성이 제기된다. 본 연구에서는 발전소와 인접하여 온배수 방류수역의 해수를 양식용수로 사용하는 양식장(온수양식장)과 발전소로부터 15 km 정도 떨어져 있어 온배수 영향이 거의 없다고 인정되는 양식장(대조양식장)을 선택하여 사육중인 넙치의 혈액학적 생리상태를 서로 비교하였다.

재료 및 방법

발전소의 온배수에 의해 양식용수가 어느 정도의 수온 변화 영향을 받는지 알아보기 위하여 육상수조식 넙치양식장이 분포하는 울진군 일원에서 고수온기인 8월과 9월 중 온수양식장과 대조양식장의 수조에 매 시간별로 수온이 측정 가능한 미놀로그를 설치·운용하였으며, 여기에 기록된 자료를 사용하여 분석한 두 양식장간의 수온변화는 Fig. 1과 같다. 온수양식장과 대조양식장에서 4회에 걸쳐 양식장 넙치를 실험어로 채집하였다. 채집시에 수온은 8월 4일 대조양식장과 온수양식장 각각 21.5°C, 24.4°C, 8월 19일에는 25.0°C, 27.0°C, 9월 4일에는 22.1°C, 26.7°C, 9월 20일에는 23.1°C, 23.7°C였다. 실험어는 입식한 날로부터 18개월 사육한 것이었으며, 어체의 크기 및 비만도는 Table 1과 같다. 조사기간 중 대조양식장의 넙치는 전장 24.9±1.9~27.5±1.3 cm, 체중 157.7±21.0~187.0±24.1 g이었으며, 비만도는 13.6±1.2~18.9±1.4였으며, 온수양식장의

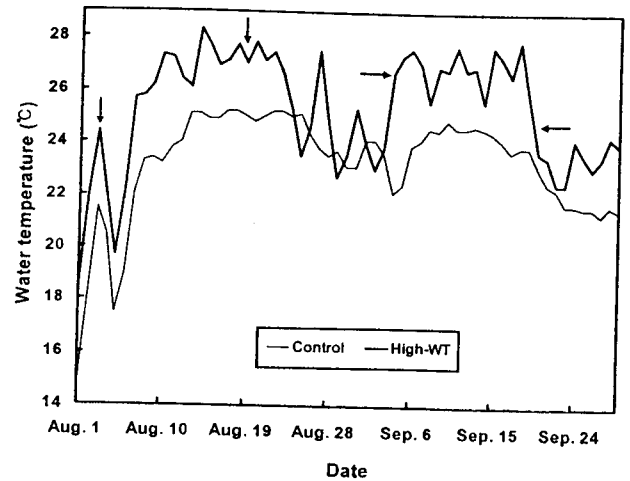


Fig. 1. Changes in water temperatures in high-WT and control farms. Arrows indicate the blood sampling date.

Table 1. Total length, body weight and condition factor of olive flounder in high-WT and control farms

Date	Farm of	Total length (cm)	Body weight (g)	Condition factor
Aug. 3	High-WT	28.7±1.6	261.3±57.3	18.7±2.3
	Control	24.9±1.9	172.3±38.2	18.9±1.4
Aug. 19	High-WT	31.1±2.6	312.9±76.0	16.1±2.2
	Control	25.4±0.6	157.7±21.0	14.9±1.7
Sep. 4	High-WT	28.7±2.6	240.4±72.5	14.3±2.6
	Control	26.7±0.5	181.3±14.4	14.5±0.7
Sep. 20	High-WT	30.7±2.1	302.1±67.7	15.2±1.5
	Control	27.5±1.3	187.0±24.1	13.6±1.2

The values are mean±SD (n=20).

실험어는 전장 28.7±1.6~31.1±2.6 cm, 체중 240.4±72.5~312.9±76.0 g, 비만도 14.3±2.6~18.7±2.3이었다.

실험수조는 직경 12 m의 FRP 원형수조(수용적 70 m³)에 수용밀도는 15 kg/m³였으며, 1일 환수율은 16~20회전으로 하였고, 액화산소를 공급하면서 용존산소가 5 ppm 이상이 되도록 조절하였다. 사육수의 염분은 34~35‰이었으며, 먹이로는 1일 2회(10:00, 16:00) 모이스트펠렛(냉동전갱이와 넙치용 배합사료를 1:1로 혼합)을 공급하였다.

각 양식장에서 사육중인 넙치 중 매 조사시 10마리씩 무작위 추출된 넙치로부터 20 IU/mL heparin sodium (Choongwae Pharma Corporation, HwaSung, Korea) 처리한 3 mL-23 G 주사기(Dong Shin Medical Instruments Co., KongJu, Korea)로 마취 없이 1분 이내에 미병부의 혈관에서 채혈하였다. 개체별로 채취한 혈액(1~3 ml)은 젓

산분해 방지용기(Vacutainer, Belliver Industrial Estate-Plymouth, PL6 7BP, UK) 및 1.5 ml 튜브(MCT-175- C, Axygen Scientific Inc., Union City, USA)에 분주하였다. 이중 혈액성상 분석용 시료는 즉시 혈액분석기로 분석하였으며, 혈장분석용 시료는 실온에서 20분간 방치한 다음, 5,600 g로 5분 동안 원심분리(Hawksley and Sons Ltd., W-Sussex, UK)에 의해 혈장을 추출하여 -70℃의 초저온냉동고(SW-UF-200, Samwon Freezing Engineering co., Busan, Korea)에 보관하였다.

전혈분석에 있어서 헤마토크리트(hematocrit: Ht), 적혈구수(red blood cell: RBC), 헤모글로빈량(hemoglobin: Hb)의 혈액성상은 임상혈액성상 분석기기인 자동혈액분석기(Excell 500, U.S.A.)로 측정하였다. 이 결과를 토대로 평균적혈구용적(mean corpuscular volume: MCV), 평균적혈구혈색소량(mean corpuscular hemoglobin: MCH) 및 평균적혈구혈색소농도(mean corpuscular hemoglobin concentration: MCHC)를 $MCV = Ht \times 10 / RBC$, $MCH = Hb \times 10 / RBC$, $MCHC = Hb \times 100 / Ht$ 로 구하였다. 모든 실험에서 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. 글루코스, 젖산 농도, AST (aspartate aminotransferase) 및 ALT (alanine aminotransferase)는 전식생화학분석기(Vitros DT60 II, Vitros DTE II, DTSC II Chemistry System, Johnson and Johnson Clinical Diagnostics Inc., New York, USA)에 의해 분석하였다. 혈장의 삼투질 농도는 Na염의 함유량에 따라

동결점이 다른 것을 응용하여 Micro Osmometer (3MO Plus, Advanced Instruments Inc., Massachusetts, USA)로 측정하였다. 각 실험에서 얻어진 자료 값 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

혈액의 Ht, RBC, Hb, MCV, MCH 및 MCHC의 변화는 Table 2와 같다. Ht는 대조양식장에서 $15.7 \pm 3.1 \sim 16.3 \pm 2.5$ %로 안정되었으나, 온수양식장의 넙치는 $11.4 \pm 3.4 \sim 17.7 \pm 4.9$ %의 범위로 변동폭이 대조양식장 보다는 크게 나타났다. 이러한 경향은 RBC에서도 동일하게 나타났다. Hb에 있어서 대조양식장은 8월 3일과 19일에 각각 9.9 ± 0.9 g/dl, 11.8 ± 1.4 g/dl로부터 9월 4일에 18.0 ± 5.5 g/dl로 높아졌으며, 이후 9월 20일까지도 17.3 ± 2.0 g/dl로 실험개시시 수준으로 회복되지 않았다. 한편, 온수양식장의 넙치는 8월 3일에 6.2 ± 1.0 g/dl로부터 8월 19일에 9.3 ± 1.5 g/dl로 높아졌으나 유의한 차이는 없었다. 그러나 9월 4일과 20일에는 10.3 ± 2.0 g/dl, 19.4 ± 6.8 g/dl로 높아져 8월 3일과 차이를 나타냈다. MCV는 온수양식장에서 9월 4일에 58.1 ± 4.2 fl로부터 9월 20일에는 48.5 ± 2.3 fl로 낮아졌다. MCH의 값은 대조양식장에서 9월 20일에 70.1 ± 17.9 pg로 가장 높은 값을 보였다. MCHC는 대조양식장과 온수양식장에서 9월 20일에 각각 108.0 ± 8.6 %, 116.0 ± 39.2 %로 가장 높은 값을 보였다.

혈장의 삼투질 농도는 대조양식장에서 $551.5 \pm 51.6 \sim$

Table 2. Changes in hematological factors in blood of olive flounder in high-WT and control farms

Date	Farm of	Hematocrit (%)	RBC ($\times 10^6$ cell/ μ l)	Hemoglobin (g/dl)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (%)
Aug. 3	High-WT	11.4 ± 3.4^a	2.0 ± 0.6^a	6.2 ± 1.0^a	57.1 ± 1.7^b	34.5 ± 11.7^a	60.2 ± 19.7^a
	Control	15.9 ± 2.2^{bc}	2.4 ± 0.3^{abc}	11.8 ± 1.4^b	67.0 ± 3.0^c	51.2 ± 10.8^b	76.4 ± 16.1^{ab}
Aug. 19	High-WT	14.0 ± 2.3^{ab}	2.7 ± 0.6^c	9.3 ± 1.5^{ab}	52.0 ± 5.5^a	34.6 ± 3.4^a	67.0 ± 6.6^a
	Control	15.9 ± 0.9^{bc}	2.5 ± 0.1^{abc}	9.9 ± 0.9^b	63.3 ± 4.8^d	39.6 ± 3.6^a	63.0 ± 8.6^a
Sep. 4	High-WT	11.8 ± 2.1^a	2.0 ± 0.2^{ab}	10.3 ± 2.0^b	58.1 ± 4.2^{bc}	51.5 ± 12.4^b	89.7 ± 24.9^{bc}
	Control	16.3 ± 2.5^{bc}	2.6 ± 0.3^c	18.0 ± 5.5^c	62.4 ± 2.5^d	68.4 ± 16.1^c	109.0 ± 23.2^{cd}
Sep. 20	High-WT	17.7 ± 4.9^c	3.6 ± 0.9^d	19.4 ± 6.8^c	48.5 ± 2.3^a	52.5 ± 6.3^b	108.0 ± 8.6^{cd}
	Control	15.7 ± 3.1^{bc}	2.5 ± 0.4^{bc}	17.3 ± 2.0^c	61.3 ± 4.1^{cd}	70.1 ± 17.9^c	116.0 ± 39.2^d

The values are mean \pm SD (n=10). Means within each column followed by the same alphabetic letter are not significantly different ($P > 0.05$). MCH: mean corpuscular hemoglobin, MCHC: mean corpuscular hemoglobin concentration, MCV: mean corpuscular volume, RBC: red blood cell.

597.0±11.3 mOsm/kg의 범위에서 변화하였으며(Table 3), 온수양식장에서는 391.0±73.5~466.5±4.9 mOsm/kg을 나타내 대조양식장 삼투질 농도가 상대적으로 높게 나타났다. 각 양식장의 시기별 삼투질 농도의 변화는 차이를 보이지 않았으나, 대조양식장과 온수양식장 넘치는 서로 차이를 보였다. AST는 대조양식장에서 8월 3일에 22.7±0.2 IU/ℓ 였던 것이 8월 19일에는 50.3±14.6 IU/ℓ 로 급격하게 높아졌다(P<0.05). 온수양식장에서는 8월 3일에 19.2±1.7 IU/ℓ 로부터 8월 19일과 9월 4일에 각각 32.6±1.5 IU/ℓ, 31.1±1.9 IU/ℓ 로 높아졌으나 유의한 차이는 없었다. ALT는 대조양식장에서 25.5±12.7~43.5±7.6 IU/ℓ 를 나타냈고, 온수양식장에서는 15.5±3.6~27.2±1.9 IU/ℓ 를 보였다.

혈장 cortisol, 글루코스 및 젖산의 시기별 변화는 Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 대조양식장 넘치의 cortisol 농도는 전 조사기간을 통하여 0.6±0.8~2.8±1.4 ng/ml로 차이를 나타내지 않았다. 그러나 온수양식장에서는 8월 3일 317.1±213.2 ng/ml로 가장 높은 값을 보였으며, 대조양식장과 온수양식장의 다른 시기보다 유의하게 높았다. 온수양식장은 8월 3일 이후에 8월 19일 9.9±10.0 ng/ml, 9월 4일 6.1±3.7 ng/ml, 9월 20일 3.3±1.7 ng/ml로 계속해서 낮아졌다. 글루코스는 대조양식장에서 36.5±4.9~46.0±1.4 mg/dl로 9월 20일에 가장 높은 값을 보인 반면, 온수양식장은 23.5±4.9~36.5±7.8 mg/dl 차이를 보이지 않았다. 한편 젖산의 변화는 8월 3일 높은 cortisol 농도를 보였던 온수양식장이 1.3±0.8 mmol/ℓ 로 크게 높았던 것을 제외하고는 0.8±0.1 mmol/ℓ 이하로 차이를 보이지 않았다.

Table 3. Changes in osmolality, AST and ALT in plasma of olive flounder in high-WT and control farms

Date	Farm of	Osmolality (mOsm/kg)	AST (IU/ℓ)	ALT (IU/ℓ)
Aug. 3	High-WT	391.0±73.5 ^a	19.2±1.7 ^a	15.5±3.6 ^a
	Control	579.0±17.0 ^b	22.7±0.2 ^{ab}	25.5±12.7 ^{abc}
Aug. 19	High-WT	451.0±24.0 ^a	32.6±1.5 ^{abc}	27.0±1.7 ^{abc}
	Control	585.0±4.2 ^b	50.3±14.6 ^d	43.5±7.6 ^d
Sep. 4	High-WT	441.0±12.7 ^a	31.1±1.9 ^{abc}	27.2±1.9 ^{abc}
	Control	597.0±11.3 ^b	38.6±1.5 ^{cd}	36.6±1.7 ^{bcd}
Sep. 20	High-WT	466.5±4.9 ^a	26.4±1.7 ^{abc}	21.9±3.4 ^{ab}
	Control	551.5±51.6 ^b	34.8±1.7 ^{bc}	38.3±5.7 ^d

The values are mean±SD (n=10). ALT: alanine amino-transferase, AST: aspartate aminotransferase.

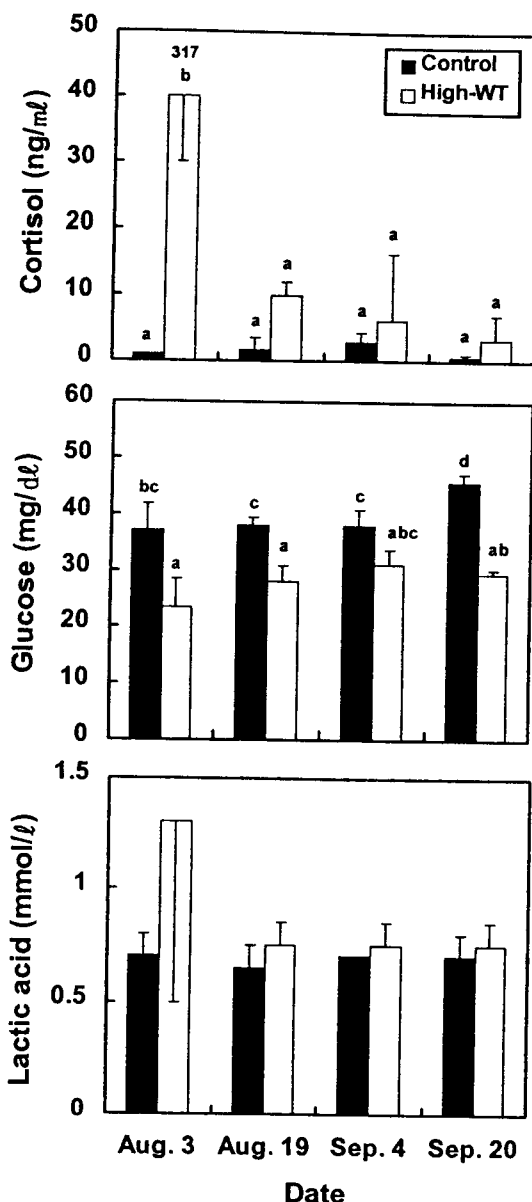


Fig. 2. Changes in cortisol, glucose and lactic acid levels in plasma of olive flounder in high-WT and control farms. Same alphabetic letters on the bars are not significantly different (P>0.05).

고 찰

어류가 수온변화에 적응할 때, 고수온기인 여름에는 고온, 저수온기인 겨울에는 저온에 대하여 저항력이 커지며, 고온에 적응한 어류는 저온에 약한 것으로 알려져 있다 (Hornig and Pearson, 1973). 따라서 고수온기인 여름철의 발전소 온배수로 인한 수온의 급상승과 냉수대와 같은 저수온 현상은 어류의 환경적응을 어렵게 할 것이며, 급격

한 수온변화는 성장과 생존을 좌우하는 직접적인 스트레스로 작용할 수 있다. 지금까지 연구된 어류의 스트레스 연구는 실제 양식장에서 사육되는 어류를 사용하여 이루어진 것이 아니기 때문에, 본 연구의 결과와 직접적으로 비교하기 어려운 것으로 생각된다. 한국 동해안의 경우, 냉수대와 같은 저수온 현상이 지속될 때는 발전소의 온배수 영향에 의해 양식용수의 수온이 상승하여 어류 성장에 도움이 될 수 있겠으나, 고수온기에는 해수의 수온을 더욱 상승시켜 어체에게 고온 스트레스 영향을 미칠 것으로 생각된다. 본 연구결과에서 양식장 어류의 채혈시 수온 상승폭이 큰 양식장에서는 대조양식장에 비해 평균 3°C 정도 높은 수온을 보였으며, 온수양식장 넙치의 혈액성장 및 혈중 호르몬 농도는 대조양식장 보다는 심한 변화를 나타냈다.

연 4회의 조사결과, 양식장 넙치의 혈장 cortisol 농도는 대조양식장에서 0.6~2.8 ng/ml로 낮았으나, 온수양식장에서는 3.3~317.1 ng/ml로 나타나 대조양식장 보다 변동폭이 매우 컸다. Chang et al. (2001a, b)과 Hur et al. (2001)의 양식장내 수온변화, 수심감소, 어류이송 및 활어수송 연구에서 스트레스를 가하기 전 cortisol 농도의 안정값은 1.2~5.0 ng/ml 수준이라 하였으며, Wedemeyer et al. (1990)은 연어과 어류에서 스트레스를 받지 않은 안정상태의 혈중 cortisol 수준은 일반적으로 30~40 ng/ml 이하이며, Pickering and Pottinger (1989)는 5 ng/ml 이하를 이상적인 안정값이라 하였다. 넙치와 연어과 어류는 생태생리학적으로 서로 차이를 보이므로 직접 비교할 수는 없으나, 본 연구의 대조양식장에서 나타난 cortisol 농도의 안정값은 Pickering and Pottinger (1989), Chang et al. (2001a, b) 및 Hur et al. (2001)이 언급한 수준과 비슷하였다. 그러나 온수양식장의 cortisol 농도는 안정시 값과 비슷한 수준(3.3 ng/ml)을 나타내는 때도 있었으나, 이 보다 훨씬 높은 값을 보이는 경우가 더 많았다. 이는 온수양식장에서 사육되는 어류가 대조양식장 어류 보다 불안정한 상태임을 암시해 주고 있다. 특히, 8월 3일에 온수양식장의 높은 cortisol 값은 양식용수의 급격한 수온변화에 기인하는 것으로 판단된다. 동 시기에 두 양식장에서 수온이 급상승한 예를 보면, 온수양식장은 14°C로부터 25°C까지 상승하여 11°C의 수온급변이 나타난 반면, 대조양식장에서는 14°C로부터 21°C까지 높아져 7°C의 수온차를 보였다. 이러한 수온상승 차이에 따라 온수양식장의 넙치가 대조양식장 넙치 보다 더욱 높은 cortisol 수준을 나타낸 것으

로 판단된다. Hur (2002)의 보고에 의하면, 넙치를 사용하여 14°C와 23°C에서 각각 3°C, 6°C 및 9°C씩 급상승했을 때 나타난 혈장 cortisol 농도는 14°C에서 급상승시에는 각 상승온도 사이에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 23°C에서 급상승시에는 cortisol 농도가 9°C 상승시 유의하게 높은 값을 보였다. Hur (2002)는 넙치가 성장 적수온대(18~20°C)에서 수온이 급상승하더라도 스트레스를 적게 받는 것으로 보고하였으나, 본 연구에서 온수양식장의 넙치는 성장 적수온대를 넘어서서 25°C까지 상승함으로써 스트레스를 많이 받은 것으로 추측되며, 유의한 차이는 보이지 않았지만 고수온시 젖산농도의 증가경향이 이를 뒷받침해 준다.

두 양식장 넙치의 삼투질 농도변화에서 온수양식장은 391.0~466.5 mOsm/kg을 나타내, Chang et al. (2001a, b)과 Hur et al. (2001)이 보고한 350~450 mOsm/kg의 범주에 든 반면, 대조양식장에서는 실험기간 동안 551.5~597.0 mOsm/kg으로 온수양식장의 어류 보다 높은 삼투질 농도를 나타냈다. 일반적으로 양척회유성 어류인 연어(Young, 1985)와 광염성 어류인 송어(Chang and Hur, 1999)는 담수에서는 고삼투압조절(hyper-osmoregulation), 해수에서는 저삼투압조절(hypo-osmoregulation)로 항상성을 유지하는 것으로 밝혀진 바 있다. 그러나 넙치와 같이 해수(35‰)에서만 생활하는 어류의 삼투질 농도는 Chang et al. (2001a, b)과 Hur et al. (2001)이 보고한 350~450 mOsm/kg인 것으로 알려져 있는데, 본 연구결과에서와 같이 대조양식장에서 삼투질 농도가 더욱 높게 유지된 것은 드문 현상이라 할 수 있다. 본 연구에서 조사된 넙치의 삼투질 농도로 볼 때, 해산어류의 항상성 유지를 위한 삼투질 농도는 350~450 mOsm/kg 보다 더 넓은 범위에서 조절되는 것으로 생각되어진다.

본 연구에서 8월 3일의 Ht, RBC 및 Hb는 이후 혈액채취 시기(8월 19일~9월 20일)와 달리 낮은 값을 보였는데, 이는 cortisol과 젖산농도의 변화에서 보여주듯이 수온급변 스트레스에 의해 과도한 체내 에너지 소비인 것으로 추측해 볼 수 있다. 또한 8월 3일의 삼투질 농도는 이후 채혈 시기의 값과 차이를 보이지 않았으나, AST와 ALT는 낮은 값을 보임으로써 이를 증명해 주고 있다. 9월 20일에 혈액의 일반성상과 AST 및 ALT가 높았던 것은 고수온기를 지나 수온하강기에 접어들면서 나타나는 경향인 것으로 판단된다. Chang et al. (2000)의 보고에서 수온을 23°C로부터 반복적으로 3°C, 6°C 및 9°C 상승하였을 때, 넙치는 3°C

와 6℃ 상승에서는 혈액의 일반성상에 차이를 보이지 않았으나, 9℃ 상승시에는 매우 낮아진 반면, cortisol은 매우 높은 값을 보였는데, 이는 본 연구결과의 경향과 일치하였다.

고수온기인 여름철에 반복적인 수온급변 스트레스에 대한 어류의 3차 반응에 관하여 Chang et al. (2000)의 보고에 따르면, 성장과 생존율이 낮은 것으로 나타났다. 본 연구에서는 온수양식장과 대조양식장 넙치가 cortisol과 혈액성상에서 차이를 나타냈지만, 성장 및 생존율에 관한 자료는 얻지 못했다. 반복적인 수온급변은 사육되는 넙치의 성장과 생존에 많은 영향을 줄 것으로 판단되며, 앞으로 현장 양식장에서 수온급변시 장기적인 사육연구를 실시하여 어류의 성장과 생존이 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 조사할 필요성이 제기된다.

요 약

고수온기인 여름철 발전소와 인접하여 온배수 방류수역의 해수를 양식용수로 사용하는 온배수 수역내 양식장(온수양식장)과 발전소로부터 15 km 떨어져 있어 온배수 영향이 없는 양식장(대조양식장)에서 사육되고 있는 넙치의 혈액을 채취하여 혈액의 일반성상, cortisol 및 삼투질 농도 등을 서로 비교하였다. 두 양식장에서 고수온기인 8월 4일, 8월 19일, 9월 4일 및 9월 20일에 채집한 혈액의 Ht는 대조양식장에서 15.7~16.3%의 범위를 보였으나, 온수양식장은 11.4~17.7%로 나타났다. 대조양식장에서 cortisol 농도는 0.6~2.8 ng/ml의 범위를 나타낸 반면, 온수양식장은 8월 3일 317.1 ng/ml로 실험기간중 가장 높은 값을 보였다.

참 고 문 헌

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. *Annu. Rev. Fish Dis.*, 1 : 3-26.

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. Korean Fish. Soc.*, 32 : 310-316 (in Korean).

Chang, Y. J., J. W. Hur, H. K. Lim and B. K. Lee, 2000. Stress responses and growth of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Japanese croaker

(*Nibea japonica*) on series of raising seawater temperature sharply and continuously. *Proceedings of The Fourth Japan-Korea · Korea-Japan Joint Symposium on Aquaculture*. 42 p.

Chang, Y. J., J. W. Hur, H. K. Lim and J. K. Lee, 2001a. 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 (in Korean).

Chang Y. J., J. W. Hur, S. H. Moon and J. U Lee, 2001b. Stress response of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) and Japanese croaker (*Nibea japonica*) to live fish transportation. *J. of Aquaculture*, 14 : 57-64 (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. Korean Fish. Soc.*, 32 : 601-606 (in Korean).

Davis, K. B. and N. C. Parker. 1986. Plasma corticosteroid stress response of fourteen species of warmwater fish to transportation. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115 : 495-499.

Davis, K. B and N. C. Parker, 1990. Physiological stress in striped bass : effect of acclimation temperature. *Aquaculture*, 91 : 349-358.

Fryer, J. N., 1975. Stress and adrenocorticosteroid dynamics in the goldfish, *Carassius auratus*. *Can. J. Zool.*, 53 : 1011-1020.

Horning, W. B. I and R. E. Pearson, 1973. Growth temperature requirement and lower lethal temperature for juvenile smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 30 : 1226-1230.

Hur J. W., 2002. Physiological responses of fishes to the artificial stresses in the process of aquaculture. A paper of doctor's degree. Pukyong National University. 196 pp. (in Korean).

Hur J. W. and Y. J. Chang, 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by gradual change in salinity of rearing water. *J. of Aquaculture*, 12 : 283-292 (in Korean).

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. Korean Fish. Soc.*, 34 : 465-472 (in Korean).

Ishioka, H., 1980. Stress reactions in the marine fish- I. Stress reactions induced by temperature change. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 523-532 (in Japanese).

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. of Aquaculture, 12 : 221-228 (in Korean).
- Pickering, A. D., 1992. Rainbow trout husbandry: management of the stress response. Aquaculture, 100 : 125-139.
- Pickering, A. D. and T. G. Pottinger, 1989. Stress responses and disease resistance in salmonid fish: Effects of chronic elevation of plasma cortisol. Fish Physiol. Biochem., 7 : 253-258.
- Pickering, A. D., T. G. Pottinger and P. Christic, 1982. Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L., from acute handling stress: a time-course study. J. Fish Biol., 20 : 229-244.
- Ryan, S. N., 1995. The effect of chronic heat stress on cortisol levels in the Antarctic fish *Pagothenia borchgrevinka*. Experientia, 51 : 768-774.
- Singley, J. A. and W. Chavin, 1971. Cortisol levels of normal goldfish, *Carassius auratus* L., and response to osmotic change. Am. Zool., 11, 653 pp.
- 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.
- Strange, R. J., C. B. Schreck and J. T. Golden, 1977. Corticoid stress responses to handling and temperature in salmonids. Trans. Am. Fish. Soc., 106 : 213-217.
- 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.
- 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.
- Wardle, C. S., 1981. Physiological stress in captive fish. pp. 403-414 (in) Aquarium Systems. (ed.) A. D. Hawkins, Academic Press, London.
- Wedemeyer, G. A., B. A. Barton and D. J. McLeay, 1990. Stress and acclimation. pp. 451-489. (in) Methods for Fish Biology. (eds.) Schreck, C. B. and Moyle, P. B., Am. Fish. Soc. Bethesda, MD.
- Wedemeyer, G. A. and D. J. McLeay, 1981. Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. pp. 247-275. (in) Stress and Fish, (ed) A. D. Pickering, Academic Press, London.
- Woo, N. Y. S., 1990. Metabolic and osmoregulatory change during temperature acclimation in the red seabream, *Chrysophrys major* : Implications for its culture in the subtropics. Aquaculture. 87 : 197-208.
- Young, G., 1985. *In vitro* studies on interrenal gland activity during smoltification of coho salmon. Aquaculture, 45 : 391-392.

(접수: 2002년 7월 23일, 수리: 2002년 10월 8일)

Source : J.of Aquaculture(2002), 15(4): 267-273

