

염분농도에 따른 두줄망둑, *Tridentiger trignocephalus* 치어의 내성

강주찬* · 지정훈 · 김성길 · 박경수¹ · 박승윤²

부경대학교 수산생명의학과, ¹국립수산과학원 서해수산연구소, ²국립수산과학원 동해수산연구소

Tolerance of Juvenile gobiidae, *Tridentiger trignocephalus* Exposed to Various Salinity

Ju-Chan Kang*, Jung-Hoon Jee, Seong-Gil Kim,
Gyung Soo Park¹ and Soung Yun Park²

Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

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

²East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and
Development Institute, Gangneung 210-861, Korea

Abstract - The juvenile gobiidae, *Tridentiger trignocephalus* were reared for 40 days under the salinity ranges between 0 and 33.6‰ to examine the effects of salinity on the survival, growth and oxygen consumption rates of the fish. Survival rates were significantly declined for the fish reared under 3.4‰, and daily growth rates were also reduced below 6.7%. Body length and weight of gobiids reared below 6.7‰ were smaller than those reared above 13.4‰. Oxygen consumption rates in the salinity conditions ≤ 10.1‰ were significantly reduced with decreasing salinity. This study revealed that low salinity reduced survival, growth and oxygen consumption rates of the juvenile gobiids suggesting potential influence on the natural mortality of *Tridentiger trignocephalus* in the estuarine areas where experience the extreme salinity fluctuations in Korean waters.

Key words : *Tridentiger trignocephalus*, salinity tolerance, survival, growth, oxygen consumption

서 론

염분은 해양생태계에서 해양생물의 생리적 변화에 영향을 미치는 환경요인 중의 하나이다. 어류에 있어 염분

은 대사활동, 삼투조절 및 생체리듬 등에 영향을 주기 때문에 연어와 같은 회유성 어류 및 기수지역에 서식하는 광염성 어류의 생활사에 있어서 대단히 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 염분에 대한 어류의 내성 및 적응기구 등을 구명하기 위하여 광염성 어류를 대상으로 이들의 삼투조절 및 기타 생리화학적 관점에서 많은 연구들이 수행되어 왔다 (Handeland et al. 1998; Mortensen and

* Corresponding author: Ju-Chan Kang, Tel. 051-620-6146,
Fax. 051-628-7430, E-mail. jckang@pknu.ac.kr

Damsgard 1998; Claireaux and Audet 2000; Handeland *et al.* 2000). 그러나, 이들 연구는 연어나 송어와 같이 경제성이 높은 어류에 대부분 한정되어 있으며, 망둑어류와 같은 천해역의 중요한 생태적 지위에 있는 소형어류에 대한 연구는 극히 미비한 실정이다.

망둑어과 어류는 기수 및 연안에 분포하는 소형 저서성 어류로 우리나라에는 40여종이 분포하는 것으로 알려져 있으며 (Kim *et al.* 1987), 이들의 생태·생리적인 측면에 대한 연구들이 일부 수행되었다 (Paik 1970; Ryu and Lee 1979; Baek and Lee 1985).

두줄망둑은 농어목 망둑어과 검정망둑속에 속하는 어류로 우리나라 서해안 및 남해안의 바위나 암벽 혹은 갯펄 등의 연안, 또는 강 하구의 기수지역에 분포한다. 식성은 주로 작은 갑각류 등을 먹는 육식성이며, 4~8월에 걸쳐 조개껍데기의 내면에 산란을 하여 수컷이 그것을 보호하는 습성을 가지고 있다. 이 같이 두줄망둑은 천해역의 넓은 지역에서 어류군집의 중요한 위치를 차지함에도 불구하고, 넓은 염분범위에 대한 이들의 저항성에 대한 연구는 극히 미비한 상태이다.

따라서 본 연구는 넓은 범위의 염분에 대한 두줄망둑의 내성범위를 파악하기 위하여 이들의 생존, 성장 및 산소소비율에 미치는 염분의 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험재료인 두줄망둑, *Tridentiger trignocephalus*은 2003년 8월 경상남도 양산군 일광해수욕장 연안에서 투망 및 손 그물로 채집하여 실험실로 운반하여 400 L 순환식 여과수조에서 10일 이상 순치시켰다. 이때 수온, pH, 염분 및 용존산소는 각각 19.7~21.2°C, 7.9~8.2, 32.8~33.2‰, 7.2~7.5 mg L⁻¹의 범위였고, 먹이는 *Artemia*와 넙치용 사료를 혼합하여 공급하였다. 실험에는 유사한 개체 (체장: 19.2~23.4 mm, 체중: 0.26~0.34 g)를 선별하여 같은 비율로 사용하였다.

2. 실험방법

실험은 PVC수조 (52×36×30 cm)를 사용하여 순환식 방법에 의하여 실시하였고, 실험해수의 교환은 2일을 원칙으로 하였고, 염분농도는 33.6‰ 해수를 100%로 하여 각각 80 (27.4‰), 60 (20.2‰), 40 (13.4‰), 30 (10.1‰), 20 (6.7‰) 및 10% (3.4‰)를 담수와 혼합하여 조제하였고, 0%는 담수만을 사용하였다. 실험기간 중의 염분 (Water Checker, U-10, Horiba, Ltd.)을 비롯하여 수온 (봉상온도

계), pH (pH meter, 250A, Orion Research Inc.) 및 용존산소 (Model-250A, ATI Orion, Co., USA)는 1일 2회 측정하였다. 모든 실험은 수온±1°C의 조절이 가능한 항온실에서 실시하였으며, 산소발생기에 의해 지속적으로 산소를 공급하였다.

염분농도별 실험은 유사한 크기의 두줄망둑을 20마리씩 선별하여 40일간 동시에 2회의 반복구를 설정하였다. 생존은 24시간마다 사망한 개체를 계수하여 생존율로 나타내었다. 성장은 실험수조에 실험어를 수용하기 전에 체장 및 체중을 측정하였고, 10일 단위로 이들을 측정하였다. 이때, 먹이는 실험수조에 수용한 다음날부터 *Artemia* 유생과 시판용 넙치사료를 혼합하여 1일 2회, 각각 9시, 17시에 걸쳐 포식량 이상을 공급하였다. 또한, 먹이는 실험종료 1일 전에는 공급하지 않았으며, 실험도중에 사망한 개체가 관찰되는 경우, 사망어는 평균값의 개체가 사망한 것으로 판단하여 계산하였다. 산소소비는 실험구별 10일 단위로 5개체씩을 무작위로 선별하여 Kang *et al.* (1995)에 의한 방법으로 측정된 후, 건중량을 측정하여 단위건중량당 산소소비량으로 표시하였다.

생존에 대한 유의성은 χ^2 -test로 검정하였고, 성장 및 산소소비에 대한 유의성 검정은 SPSS 통계프로그램 (SPSS Inc.)을 이용하여 ANOVA에 의해 최소유의차 검정으로 평균 간의 차이를 검정하였다.

결 과

1. 생존

염분에 따른 40일간 두줄망둑 치어의 생존율을 Fig. 1

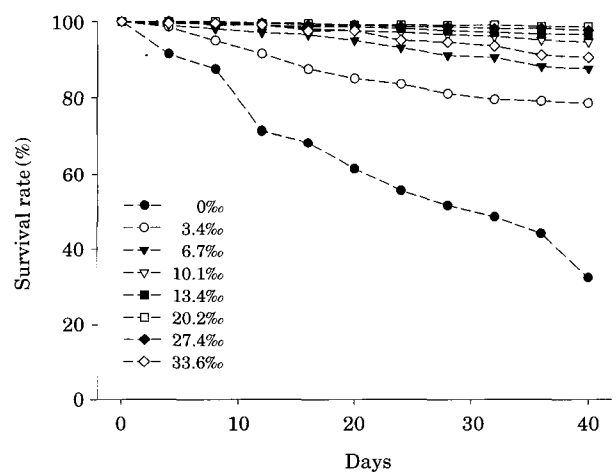


Fig. 1. Survival rate of juvenile *Tridentiger trignocephalus* exposed to various salinity for 40 days.

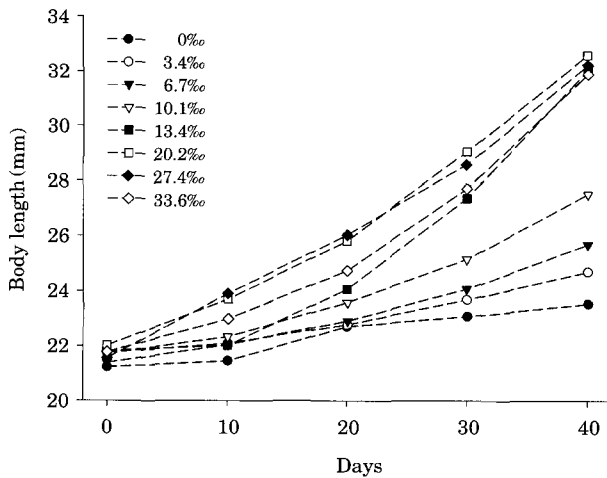


Fig. 2. Growth of body length in juvenile *Tridentiger trigonocephalus* exposed to various salinity for 40 days.

에 나타내었다. 두줄망둑의 생존율은 염분 33.6‰에서 실험종료시 90.5%를 나타내었고, 10.1‰ 이상의 염분에서는 90% 이상의 생존율을 나타냈다. 그러나 3.4‰의 염분에 노출시킨 두줄망둑의 생존율은 실험기간 동안 계속적으로 감소하여 실험종료시 78.5%로 염분 10.1‰ 이상에 비해 유의한 감소가 관찰되었다 ($P < 0.05$). 한편, 담수에 노출시킨 두줄망둑은 노출 다음날부터 계속적으로 감소하기 시작하여 40일째 32.5%의 생존율을 보였다.

2. 성장

염분농도에 따른 두줄망둑의 체장 및 체중의 증가를 각각 Fig. 2와 Fig. 3에 각각 나타냈다. 두줄망둑은 13.4~33.6‰의 염분 범위에서 실험개시시 체장 21.25~22.02 mm, 체중 0.268~0.274 g의 범위에서 40일 후에 각각 31.83~32.52 mm, 0.426~0.478 g의 범위로 성장하여 유사한 체장 및 체중의 증가를 나타냈다. 또한, 10.1‰

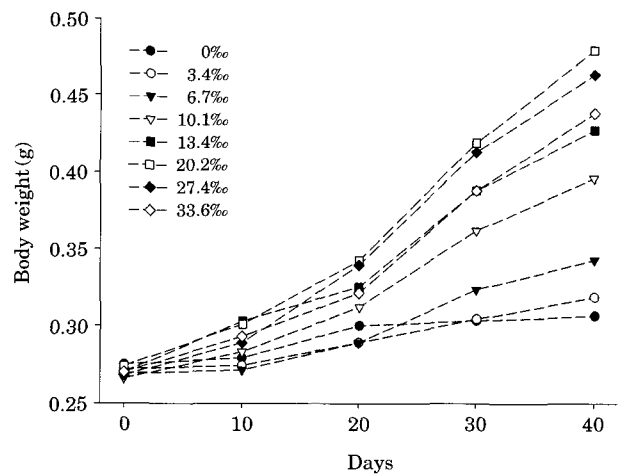


Fig. 3. Growth of body weight in juvenile *Tridentiger trigonocephalus* exposed to various salinity for 40 days.

의 염분에서 두줄망둑의 체장 및 체중은 감소하는 경향을 나타냈으나, 유의한 차이는 인정되지 않았다. 한편, 염분 6.7‰ 이하에서 두줄망둑의 체장 및 체중은 감소하는 경향을 보여 유의한 차이가 인정되었다 ($P < 0.05$). 담수에 노출시킨 두줄망둑의 체장 및 체중의 증가는 거의 관찰되지 않았다. 두줄망둑의 체중의 증가를 기준으로 하여 일일성장률을 Table 1에 나타내었다. 두줄망둑의 일일성장률은 염분 13.4‰ 이상에서는 유사한 값을 나타내었으나, 6.7‰ 이하에서는 유의한 감소가 관찰되었다 ($P < 0.05$).

3. 산소소비

각 염분에 노출시킨 두줄망둑의 산소소비의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 두줄망둑의 산소소비는 염분 13.4~33.6‰에서 유사한 값을 나타냈다. 그러나 염분 10.1‰ 이하에서는 염분이 감소함에 따라 산소소비율이 감소하여 유의한 감소를 나타냈다 ($P < 0.05$). 또한, 두줄망둑의

Table 1. Daily growth rates of juvenile *Tridentiger trigonocephalus* exposed to various salinity concentrations; Different letters indicate significant difference ($P < 0.05$)

Salinity (%)	Water quality			Body weight (g)		Mean growth rate (g day ⁻¹)
	Temp. (°C)	DO (mg L ⁻¹)	pH	Initial	Final	
0	20±0.6	6.8±0.9	7.8±0.4	0.275±0.017	0.306±0.011	0.008 ^a
3.4	20±0.7	6.8±0.5	8.0±0.6	0.272±0.021	0.318±0.012	0.012 ^{ab}
6.7	20±0.5	6.9±0.5	7.9±0.5	0.269±0.017	0.342±0.022	0.018 ^b
10.1	20±0.3	6.8±0.7	8.0±0.4	0.266±0.023	0.395±0.012	0.032 ^c
13.4	20±0.4	6.7±0.6	8.0±0.6	0.270±0.019	0.426±0.018	0.039 ^c
20.2	20±0.5	6.8±0.4	7.9±0.5	0.274±0.022	0.478±0.013	0.051 ^c
27.4	20±0.2	6.7±0.4	8.0±0.6	0.268±0.020	0.462±0.020	0.049 ^c
33.6	20±0.6	6.6±0.5	8.1±0.3	0.270±0.017	0.437±0.014	0.042 ^c

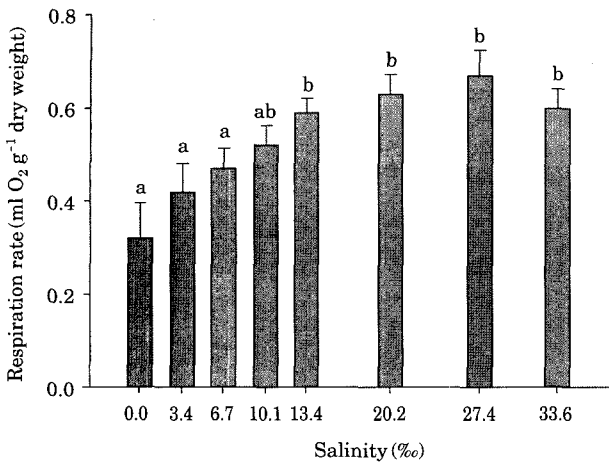


Fig. 4. Oxygen consumption rate of juvenile *Tridentiger trigonocephalus* exposed to various salinity for 40 days. Different letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

산소소비는 염분 10.1, 6.7 및 3.4‰에서 가장 높은 산소 소비를 나타낸 27.4‰(6.67 ml O₂ g⁻¹ dry weight)의 염분에 비해 각각 28.4, 30.9 및 37.4%가 감소하였고, 담수에서는 52.3%의 감소를 나타냈다.

고 찰

외부환경에 대한 어류 체액 내의 삼투조절 실패는 대사변동을 일으키게 되며, 극단적인 경우에는 사망에 이르게 된다(Woo and Fung 1981). 40일간의 실험에서 두줄망둑의 생존율은 염분 10.1‰ 이상에서 90% 이상을 보였으나, 염분 3.4‰ 이하에서는 유의한 감소를 나타냈고, 담수에서는 노출 2일째부터 사망하기 시작하여 40일째는 32.5%를 나타냈다.

염분에 따른 어류의 저항성은 그들의 서식지역에 따라 다양하게 나타난다. 즉 하구역 등의 기수지역에 서식하는 어류는 담수 혹은 해수지역에 한정되어 서식하는 어류보다 넓은 범위의 염분에서도 강한 내성을 나타내며, 삼투

조절이 가능하다(Otto 1971; Blaber 1974; Martin 1990). 두줄망둑은 주로 내만의 해수지역을 비롯하여 하구나 염분도가 낮은 기수지역에 서식하는 광염성 어류이다. 따라서 두줄망둑은 담수나 해수지역에 한정되어 서식하는 어류에 비해 6.7~33.6‰의 넓은 염분 범위에서도 생존에는 영향이 없을 것으로 생각된다. 한편, Nordlie (1978)은 *Mugil cephalus*, *Oncorhynchus mykiss*와 같은 광염성 어류일지라도 극히 광범위한 염분범위에서는 삼투조절의 실패로 인해 사망을 초래한다는 사실을 지적하였다. 따라서 두줄망둑의 생존율이 3.4‰ 이하의 염분에서 유의하게 감소하는 것으로 보아 염분 3.4‰ 이하에서는 삼투조절 등의 실패로 인하여 사망이 발생할 것으로 생각되며, 특히 담수에서는 급격한 생존율 감소가 예상된다.

어류의 성장에 있어 염분의 영향은 흔히 삼투 및 이온 조절에 소비되는 에너지가 가장 적게 드는 염분에서 가장 양호한 성장을 할 수 있다. 즉, 등장액의 환경조건에서 삼투조절에 소비되는 에너지가 가장 적게 소모되는 염분 범위가 성장에 최적 조건이라는 것을 의미한다(Morgan and Iwama 1991). 지금까지의 보고에 의하면, 하구역 등에 서식하는 광염성 어류에 있어 성장에 필요한 최적 염분 농도는 종에 따라 다르다. 즉, 광염성 어류의 성장에 있어 최적염분 범위는 Table 2에 나타낸 바와 같이 5~35‰ 범위 내에서 다양한 값을 보이고 있다. 두줄망둑은 13.4~33.6‰의 염분범위에서 유사한 체장 및 체중의 증가를 나타내었고, 10.1‰ 염분에서는 약간 감소하였으나, 유의한 차이는 인정되지 않았다. 따라서, 두줄망둑은 *Pomadasys commersonnii*와 유사한 염분 10.1~33.6‰의 범위에서 정상적인 성장이 이루어질 것으로 생각되며, 특히 20‰ 정도에서 성장이 양호할 것으로 추정된다. 한편, 6.7‰ 이하의 염분에서 두줄망둑의 체장 및 체중은 유의한 감소가 관찰되었고, 담수에 노출시킨 개체의 체장 및 체중의 증가는 거의 관찰되지 않았다. 따라서 6.7‰ 이하의 염분에서는 삼투조절에 소비되는 에너지의 증가로 인해 성장률의 감소하였을 것으로 예상된다.

어류의 산소소비는 활동, 수온 및 삼투조절 등에 의하여 영향을 받으며, 특히 염분도 주요한 변수로 작용한다

Table 2. Optimum salinity for growth of fishes

Species	Optimum growth salinity	Reference
Grey mullet, <i>Mugil cephalus</i>	20‰	DsSilva and Perera (1976)
Brown spotted grouper, <i>Epinephelus tauvina</i>	25‰	Akatsu <i>et al.</i> (1983)
European sea bass, <i>Dicentrarchus labrax</i>	25‰	Dendrinis and Thorpe (1985)
Eueopean flounder, <i>Platichthys flesus</i>	5~15‰	Gutt (1985)
Atlantic cod, <i>Gadus morhua</i>	7~14‰	Lambert <i>et al.</i> (1994)
Spotted, <i>Pomadasys commersonnii</i>	12~35‰	Deacon and Hecht (1999)
Gobidae, <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	10~34‰	Present study

(Morgan and Iwama 1998). 예를 들면, 점농어는 자연해수에 비해 15‰의 염분에서 13.5~16.0%의 산소소비의 감소를 나타내며, 담수에 노출될 경우에는 25.3~36.4%의 감소를 나타낸다(Kim *et al.* 1998). 두줄망둑은 염분 13.4~33.6‰의 범위에서 유사한 산소소비를 나타냈으나, 염분 10.1‰ 이하에서는 유의한 감소를 나타내었고, 담수에서 52.3%의 감소를 나타냈다. 따라서 두줄망둑은 염분 10.1‰ 이하에서는 다른 광염성 어류와 마찬가지로 산소소비율이 감소할 것으로 생각된다.

이상의 결과와 논의로부터 두줄망둑은 염분 13.4~33.6‰ 범위에서 정상적인 성장과 대사활동이 이루어질 것으로 생각되나, 염분 6.7‰ 이하에서는 생리기능 및 대사활성의 저하로 인하여 정상적인 성장이 이루어지지 않을 것이며, 특히 3.4‰ 이하의 염분에서는 삼투조절의 실패 등으로 인하여 생존율 감소가 예상된다.

적 요

염분에 대한 두줄망둑의 내성범위를 파악하기 위한 일환으로 이들의 생존, 성장 및 산소소비에 미치는 염분의 영향을 40일간 사육실험을 통하여 검토하였다.

두줄망둑의 생존율은 염분 10.1‰ 이상에서 90% 이상을 나타냈으나, 염분 3.4‰ 이하에서는 유의한 감소를 나타냈고, 담수에서는 40일째 32.5%의 생존율을 보였다. 체장과 체중의 증가 및 성장률은 13.4~33.6‰의 염분 범위에서 유사한 경향을 나타냈으나, 염분 6.7‰ 이하에서 유의한 감소가 관찰되었다. 산소소비는 염분 10.1‰ 이하에서 유의한 감소가 관찰되었고, 염분 10.1, 6.7 및 3.4‰에서는 가장 높은 산소소비를 나타낸 27.4‰(6.67 ml O₂ g⁻¹ dry weight)의 염분에 비해 각각 28.4, 30.9 및 37.4%가 감소하였고, 담수에서는 52.3%의 감소를 나타냈다. 이러한 결과는 두줄망둑이 낮은 염분에 노출되었을 때, 그들의 생존, 성장 및 산소소비율이 저하한다는 사실을 지적하고 있으며, 하구 수역과 같은 저염분 수역은 두줄망둑의 분포 및 개체수에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있다는 것을 암시한다.

사 사

본 연구는 2003년도 해양수산부 국립수산물과학원 외부 수탁 연구 사업의 연구비로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Akatsu S, A Abdul, KM Elah and S Teng. 1983. Effects of salinity and water temperature on the survival and growth of brown spotted grouper (*Epinephelus tauvina*, Serranidae) larvae. *J. World Maricult. Soc.* 14:624-635.
- Baek HJ and TY Lee. 1985. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the Longchin Goby *Chasmichthys dolichogmathus* (Hilgendorf). *Bull. Korean Fish. Soc.* 18:243-252.
- Blaber SJM. 1974. Osmoregulation in juvenile *Rhabdosargus holubi* [Steindacher (Teleostei: Sparidae)]. *J. Fish Biol.* 6:797-800.
- Claireaux G and C Audet. 2000. Seasonal changes in the hypo-osmoregulatory ability of brook charr: the role of environmental factors. *J. Fish Biol.* 56:347-373.
- Deacon N and T Hecht. 1999. The effect of reduced salinity on growth, food conversion and protein efficiency ratio in juvenile spotted grunter, *Pomadasy commersonii*. *Aquacult. Res.* 30:13-20.
- Dendrinis P and JP Thorpe. 1985. Effects of reduced salinity on growth and body composition in the European bass *Dicentrarchus labrax* (L.). *Aquaculture* 49: 1149-1156.
- DeSilva SS and PAB Perera. 1976. Studies on young grey mullet, *Mugil cephalus* L. I. Effectis of salinity on food intake, growth and food conversion. *Aquaculture* 7:327-338
- Gutt J. 1985. The growth of juvenile flounders (*Platyichthys flesus* L.) at salinities of 0, 5, 15 and 35‰. *J. Appl. Ichthyol.* 1:17-26.
- Handeland SO, A Berge, B Bjornsson and SO Stefansson. 1998. Effects of temperature and salinity osmoregulation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in seawater. *Aquaculture* 168:289-302.
- Handeland SO, A Berge, B Bjornsson and SO Stefansson. 2000. Seawater adaptation by out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at different temperatures. *Aquaculture* 181:377-396.
- Kang JC, O Matsuda and P Chin. 1995. Combined effects of hypoxia and hydrogen sulfide on survival, feeding activity and metabolic rate of blue crab, *Portunus trituberculatus*. *Bull. Korean Fish. Soc.* 28:549-556.
- Kim WS, HT Huh, JH Lee and CH Koh. 1998. Effects of sudden changes in salinity on endogenous rhythm of the spotted sea bass *Lateolabrax* sp. *Mar. Biol.* 131:219-225.
- Kim IS, YJ Lee and YU Kim. 1987. A taxonomic revision of the subfamily Gobiidae (Pisces, Gobiidae) from Korea.

- Bull. Korean Fish. Soc. 20:529-542.
- Lambert Y, J Dutil and J Munro. 1994. Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Aquatic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:1569-1576.
- Martin TJ. 1990. Osmoregulatory in three species of Ambassidae (*Osteichthyes: Perciformes*) from estuaries in Natal. S. Afr. J. Zool. 25:229-234.
- Morgan JD and GK Iwama. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48:2083-2094.
- Morgan JD and GK Iwama. 1998. Salinity effects on oxygen consumption, gill Na^+ , K^+ -ATPase and ion regulation in juvenile coho salmon. J. Fish Biol. 53:1110-1119.
- Mortensen A and B Damsgard. 1998. The effect of salinity on desmoltification in Atlantic salmon. Aquaculture 168:407-411.
- Nordlie FG. 1978. The influence of environmental salinity on respiratory oxygen demands in the euryhaline teleost. *Ambassis interrupta* Bleeker. Comp. Biochem. Physiol. 59:271-274.
- Otto RG. 1971. Effects of salinity on the survival and growth of pre-smolt coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). J. Fish. Res. Board Can. 28:343-349.
- Paik EI. 1970. Length-weight relationship of *Syneohogbius hasta*. Bull. Korean Fish. Soc. 3:117-119.
- Ryu BS and JH Lee. 1979. The life form of *Periophthalmus cantonensis* in the Gum river in summer. Bull. Korean Fish. Soc. 12:71-77.
- Woo NYS and ACY Fung. 1981. Studies on the biology of red sea bream. 2. salinity adaptation. Comp. Biochem. Physiol. 69A:237-242.

Manuscript Received: November 24, 2003

Revision Accepted: January 9, 2004

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