

## 급격한 염분변화에 따른 황복의 산소소비와 질소배설

이정열\*, 김덕배  
군산대학교 해양생명과학부

### The Optimum Salinity and the Effects of the Rapid Salinity Change on Oxygen Consumption and Nitrogen Excretion in River Puffer, *Takifugu obscurus*

Jeong-Yeol Lee\* and Deock-Bae Kim  
School of Marine Life, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

The optimum salinity and the effects of rapid salinity change on oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion were examined in River Puffer *Takifugu obscurus* (total length 9.5±0.9 cm, total weight 18.7±5.4 g). Fish examined at the different transfer medium salinity (2, 12, 22 and 32 psu) after 2 months of acclimation period at each salinities. The routine metabolic rates of River puffer are shown as parabola equation,  $Y = -0.0873X^2 + 0.6384X - 0.690$  for oxygen consumption and  $Y = -2.1667X^2 + 7.1672X + 31.999$  for ammonia nitrogen excretion with the salinity medium at 2, 12, 22 and 32 psu. The oxygen consumption and ammonia nitrogen excretion of River puffer transferred to the low salinity medium (2 and 12 psu) showed significantly difference in each salinities rearing groups than to salinity of 22 and 32 psu. Fish has a diurnal rhythm in relate to feeding, it was showed that the peak of oxygen consumption appeared at 3 hours after feeding and the ammonia nitrogen excretion rate reached maximum 4 hours after feeding. These results may indicate that the optimum salinity for rearing of River puffer is 22 psu based on growth and feed conversion ratio. The rapid change of medium salinity had no effects on the oxygen consumption and nitrogen excretion in River puffer based on this experiment.

**Keywords:** River Puffer *Takifugu obscurus*, Salinity change, Oxygen consumption, Nitrogen excretion

### 서 론

황복(*Takifugu obscurus*)은 바다에서 성장하다가 강에서 산란하는 소하성(anadromous)어류로 복어류 중 유일하게 바다와 담수를 오가는 광염성 어종으로 우리나라의 경우 황해로 흐르는 금강, 한강, 임진강, 대동강 및 압록강 등의 중상류까지 거슬러 올라와 산란하는 어종(Chyung, 1977)으로 그 맛이 좋아 예로부터 즐겨 먹어 온 고급어종으로 취급되고 있다.

그러나 최근 내수면양식업은 기존 어종의 생산성 저하와 수 입산 활어의 저가 공세 등에 의하여 생산성이 현저히 저하되어 있는 실정으로 부가가치가 높은 고급어종의 육상양식기법 개발이 절실히 요구되고 있는 바, 해산어류를 담수에서, 또는 담수 어류를 해수에서 순치시켜 사육하려는 연구가 많이 시도되고 있다(장, 2002; 홍, 2002; 윤, 2003). 이러한 연구의 일환으로 승어(*Mugil cephalus*), 틸라피아(*Oreochromis niloticus*), 감성돔

(*Acanthopagus schlegeli*), 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 홍민어(*Sciaenops ocellata*) 등과 더불어 황복은 고가어종으로서 육상 양식의 요구가 높으며, 일부 내륙지역에서 순환여과 양식시설에 의하여 양식이 행하여지고 있다.

황복은 해수와 담수 환경을 공유하기 때문에 환경수의 염분 변화에 대하여 항상성(homeostasis)을 유지하려는 기능이 잘 발달되어 있는 것으로 알려져 있으나(Morgan and Iwama, 1991), 급작스런 염분 변화는 어류의 삼투압 조절 혼란 등 어류에 스트레스를 주어 생리적 현상에 악영향을 미침으로서 성장지연 등 여러 가지 부작용이 나타나는 것으로 알려져 있다(Singley and Chavin, 1971). 이러한 생리적 변화 현상을 단시간에 나타내 주는 지표로서 흔히 그 어류의 산소소비율과 질소배설률 변화를 많이 이용하고 있다(Prosser, 1973).

황복을 대상으로 한 생리적 연구로는 수온의 영향(Lee et al., 2004)과 담수순치(홍, 2002; 윤, 2003) 등에 관한 연구가 보고되어 있으나 황복의 생태·생리적인 관점에서 염분변화에 따른

\*Corresponding author: yjeong@kunsan.ac.kr

생리적 대사지표에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 황복 치어를 대상으로 산소소비율 및 질소 배설률과 같은 생리적인 지표를 통하여 황복 치어의 일반적 생리 상태를 파악하고, 황복을 담수에 순치하는 과정에서 염분에 대한 황복의 순화능과 내성, 그리고 황복의 염분에 따른 성장도를 알아보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어 사육 및 실험조건

황복은 국립수산물연구원 서해수산연구소 보령종묘시험장에서 인공종묘생산 되어 사육중인 치어(평균체장 9.5 cm, 평균체중 18.7 g)를 분양받아 1주일간 안정시킨 다음 각 단계별 염분으로 조절된 순환여과식 수조(0.5 톤)에 40마리씩 수용하여 수온 23±2°C에서 2개월간 적응 사육시킨 후 실험에 사용하였다. 염분은 정상해수(염분 32 psu)를 기준으로 22, 12, 및 2 psu의 4 단계를 설정하여 각 단계마다 1 주일씩 순치시켜 염분을 변화시켰다.

사육기간 중 먹이는 시판 사료(넙치 부상 2호, J 사료)를 오전과 오후 2회 반복 공급하였으며, 3일 마다 수질을 검사하여 수질이 급격히 나빠지지 않도록 관리하였다.

### 실험방법

#### 환경수 제조

황복의 산소소비와 암모니아 질소배설을 측정할 때 환경수로부터의 영향을 최소화하기 위하여 해수 및 지하수를 유리섬유여과(GF-A)로 여과하여 환경수로 사용하였다. 사육 및 실험 염분은 32 psu를 기준으로 22, 12 및 2 psu로 조정하고 실험 수온 23°C로 맞추어져 있는 항온수조에 넣어 수온을 조정한다 다음 포기(aeration)시켜 황복의 산소소비량 및 암모니아 질소 배설량 측정의 환경수로서 사용하였다.

#### 산소소비량 및 암모니아 질소 배설량 측정

산소소비량 측정은 산소전극(YSI-58)이 연결되어 있는 자체 제작한 호흡상(φ 30 cm, 11 L)에 황복 치어를 수용하고 항온수조에서 황복이 안정될 때까지 약 15분간 호흡상내로 신선한 환경수가 흐르도록 한 후, 3 방향 콕크를 돌려 호흡상내 환경수가 산소 전극을 거쳐 호흡상내로 다시 흐르도록 하여 소정의 시간동안 호흡상내의 용존산소량을 측정하여 다음의 식(Kim, 1980)으로 황복의 산소소비량을 계산하였다.

$$O_2 \text{ mg/g/hr} = \frac{(C_1 - C_2) \times V}{t \times W}$$

C<sub>1</sub>: 실험 시작시 용존산소량, mg/L

C<sub>2</sub>: 실험 종료시 용존산소량, mg/L

V: 호흡상내 환경수 용량, L

t: 방치 시간, hour

W: 실험동물의 중량, g

암모니아 배설량의 측정은 실험 전·후의 환경수를 검수로 취하여 Solorzano (1969)의 phenolhypochlorite법으로 검수를 발색시켜 비색분석계(UV/VIS-200S)로 비색 분석한 후, 암모니아 질소 농도를 계산하였다.

측정은 3~4회 반복 측정을 하여 그 평균치를 황복의 산소소비량 또는 암모니아 질소의 배설량으로 하였으며, 측정이 끝난 후 실험어는 생체중량을 측정하여 이를 단위체중당으로 환산 표시하는데 이용 하였다.

#### 산소소비와 암모니아 배설의 일주기성

황복의 산소소비와 암모니아 배설에 일주기성 유무를 보기 위하여 황복의 순환여과식 사육수조(FRP 0.5 m<sup>3</sup>)에 용존산소전극(Oxygurd 810)을 설치하여 25시간 사육수조(염분 32 psu)내 용존산소량을 연속측정 기록하였으며, 동시에 사육수를 매 1시간마다 채수하여 암모니아 질소를 분석하여 사육수내 암모니아 농도의 변화를 추적하였다.

#### 염분에 따른 성장

염분 차이에 따른 황복 치어의 성장량을 비교하기 위하여 각 염분별로 사육 중인 황복의 체장과 체중을 측정하여 사육기간 120일 동안의 성장도를 측정하였다. 또한 사육기간 중 공급한 사료량으로 사료계수를 계산하였다.

### 통계처리

모든 실험자료는 SPSS program (Ver. 10.1)를 이용한 분석을 통하여 최소유의성 검정으로 평균간의 유의차(P<0.05)유무를 실시하였다.

## 결 과

### 염분별 황복의 산소소비와 암모니아 질소 배설

염분 2, 12, 22 및 32 psu에서 각각 2개월간 순치 사육한 황복을 대상으로 산소소비와 암모니아 질소 배설을 측정하여 각 염분에서의 평소 대사 경향을 살펴보았다.

먼저, 산소소비량의 경우 Fig. 1에 나타난 바와 같이 염분 22 psu에서 가장 높은 산소소비율을 나타낸 반면 2 psu와 32 psu에서는 낮은 산소소비율을 나타내어 전체적으로 보면 포물선의 형태로 다음과 같은 다항식으로 나타낼 수 있었다.

$$Y = -0.0873X^2 + 0.6384X - 0.690 \quad (R^2 = 0.9335)$$

또한 암모니아 질소의 배설경향은 Fig. 2에서 보듯이 12 psu에서 가장 높은 배설률을 보였고 32 psu에서 가장 낮은 배설률을 나타내었다. 전체적으로 볼 때 산소소비와 마찬가지로 포물선으로 나타나며 다음과 같은 다항식으로 나타냈다.

$$Y = -2.1667X^2 + 7.1672X + 31.999 \quad (R^2 = 0.7043)$$

### 황복의 산소소비와 암모니아 질소 배설의 일주기성

순환여과식 사육수조에서 25시간 동안 연속 측정된 황복의

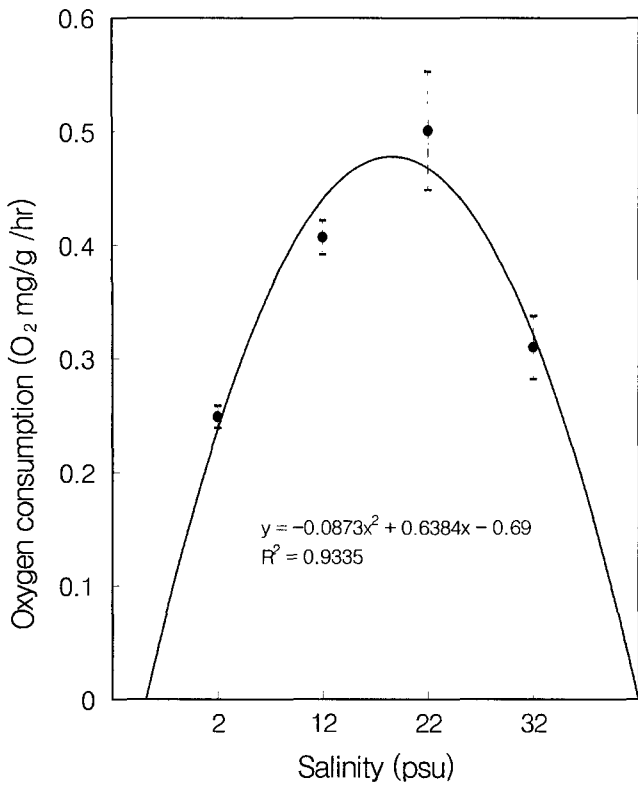


Fig. 1. Routine oxygen consumption of *Takifugus obscurus* in different salinities after 2-month acclimation at 23°C of water temperature.

산소소비 경향을 보면 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 섭이와 관련하여 일주기성을 나타내었다. 사료섭취 시작 20~30분 후 사육 수조내 용존산소량은 갑자기 증가하다 감소하기 시작하여 사료섭취 3시간 후 수조내 용존산소량은 가장 낮은 상태를 보였다. 이후 낮은 용존산소량의 상태가 30분 정도 지속되다가 서서히 증가 경향을 보여 섭이 6~7시간만에 정상 수준의 용존산소량으로 회복되는 경향을 보였다.

사육수조내 암모니아 질소 함량 역시 황복의 섭이와 관련하

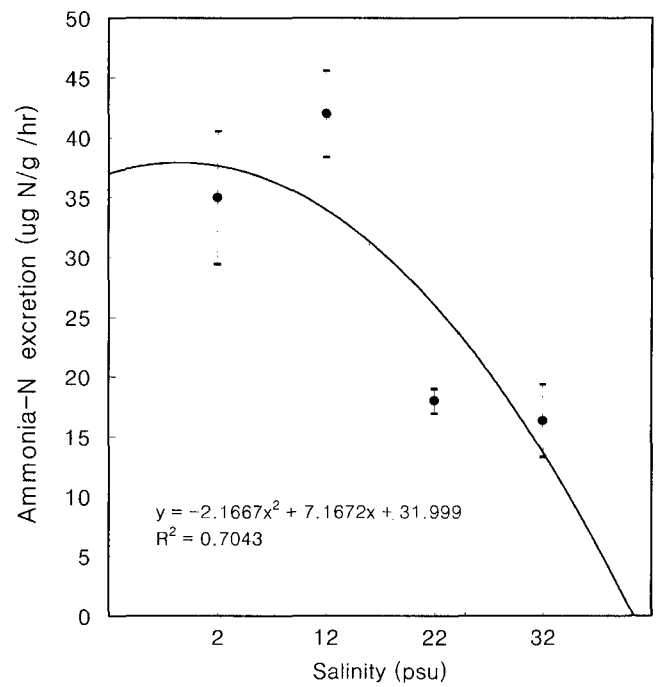


Fig. 2. Routine ammonia nitrogen excretion of *Takifugus obscurus* in different salinities after 2-month acclimation at 23°C of water temperature.

여 주기성을 나타내었는데, 수조내 암모니아 질소의 농도는 사료섭취 후 급격히 증가하기 시작하여 4시간 후에 최고치를 나타낸 후 다시 감소하는 경향을 보였다.

**염분변화에 따른 황복의 산소소비와 암모니아 질소 배설**

염분 32, 22, 12 및 2 psu에서 순차 사육하고 있던 황복치어를 각기 다른 염분으로 급격히 옮겼을 때 나타나는 생리적 변화의 지표로 산소소비와 암모니아 질소의 배설 경향을 살펴보았다.

각 염분에서 사육하고 있던 황복을 각기 다른 염분으로 갑자기 옮겼을 때 산소소비의 경향을 보면(Fig. 4), 실험 염분 32 psu에서

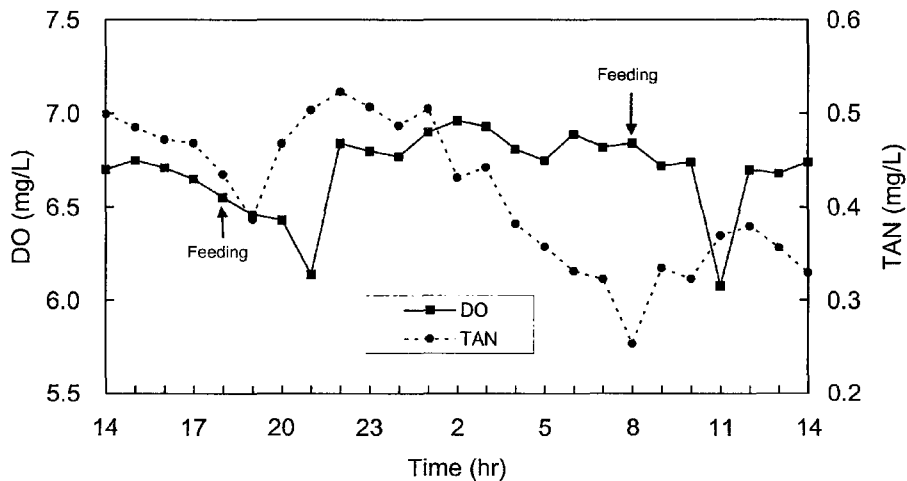
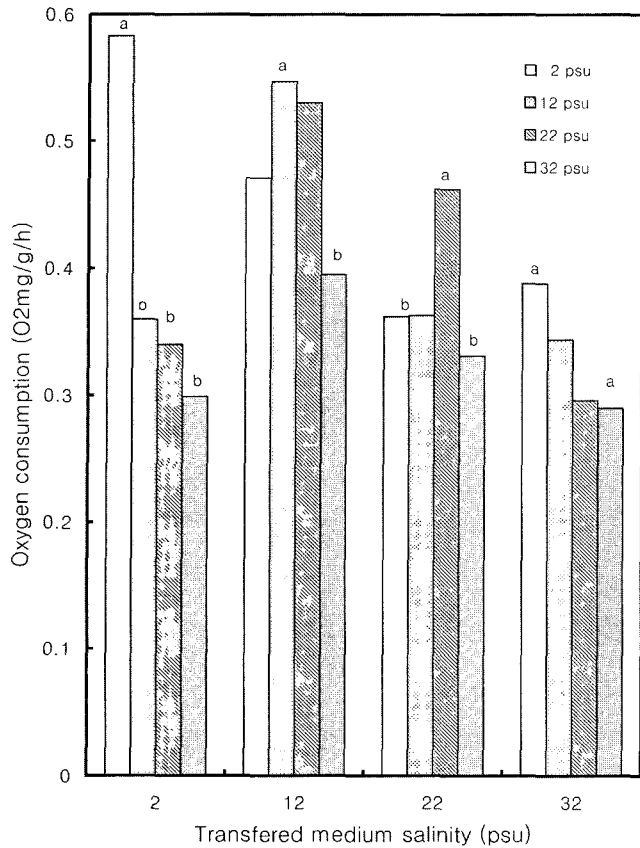


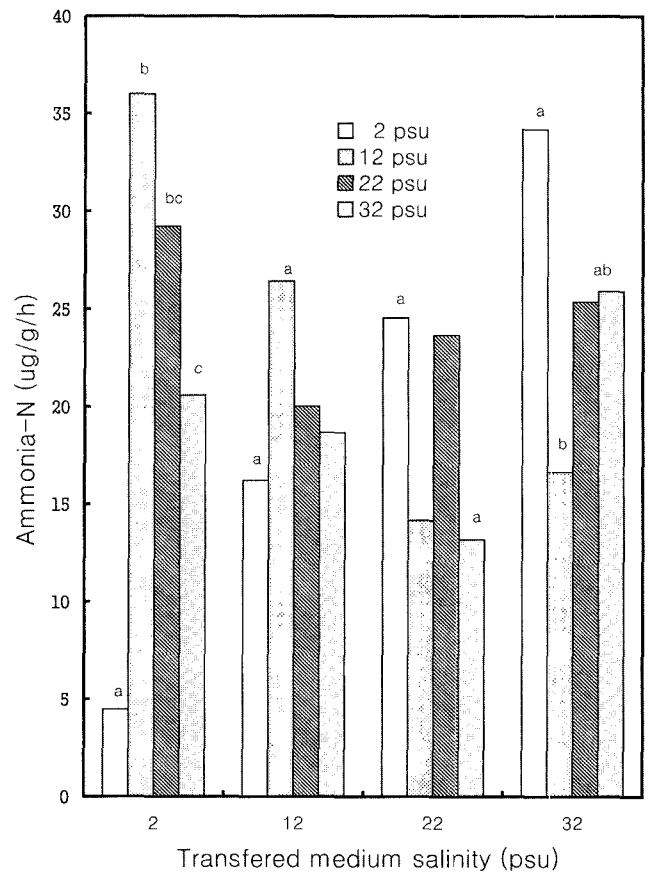
Fig. 3. Diurnal changes of dissolved oxygen and total ammonia nitrogen in rearing tank of *Takifugus obscurus* at 32 psu and 23°C.



**Fig. 4.** Oxygen consumption of *Takifugus obscurus* by rapid transfer to several salinities medium from reared at 32, 22, 12 and 2 psu salinity of 23°C. Different letters denote significant differences ( $p < 0.05$ ).

측정한 황복의 산소소비율은 염분 2 psu 사육군에서 가장 높은 산소소비율을 보였고 32 psu 사육군에서 가장 낮은 산소소비율을 보였으나 각 염분 사육군간에 유의성은 없었으며( $p > 0.05$ ), 실험 염분 22 psu에서는 염분 22 psu에서 사육하던 사육군이 가장 높은 산소소비율을 보인 반면 32 psu 사육군에서 가장 낮은 산소소비율을 보여 두 사육군 사이에 유의적인 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 실험 염분 12 psu에서는 12 psu 사육군이 가장 높은 산소소비율을 보였으며 32 psu 사육군이 가장 낮은 산소소비율을 보여 두 사육군간에 유의적인 차이를 보인 반면 다른 염분 사육군간에는 유의성이 없었다( $p > 0.05$ ). 실험 염분 2 psu의 경우에는 2 psu 사육군이 가장 높은 산소소비율을 보인 반면 12 psu, 22 psu 및 32 psu 사육군에서는 낮은 산소소비율을 나타내어 2 psu 사육군과 현저한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

한편, 암모니아 질소의 배설 경향을 보면(Fig. 5), 실험염분 32 psu에서 2 psu 사육군이 가장 높은 배설률을 보인 반면 12 psu 사육군에서 가장 낮은 배설률을 보여 두 실험군간에 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 또 실험 염분 22 psu에서는 2 psu 사육군과 22 psu 사육군에서 높은 배설률을 보인 반면 12 psu와 32 psu에서는 낮은 배설률을 보여 두 실험군간에 차이를 나타내었지만 유의적이지 않았다( $p > 0.05$ ). 실험염분 12 psu에서는



**Fig. 5.** Ammonia nitrogen excretion of *Takifugus obscurus* by rapid transfer to several salinities medium from reared at 32, 22, 12 and 2 psu salinity of 23°C. Different letters denote significant differences ( $p < 0.05$ ).

12 psu 사육군에서 가장 높은 배설률을 보였고 2 psu 사육군에서 가장 낮은 배설률을 보였고, 22 psu 및 32 psu 사육군에서도 낮은 배설률을 보였지만, 역시 각 사육군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). 한편, 실험 염분 2 psu에서는 실험염분 32 psu에서와는 달리 2 psu 사육군에서 가장 낮은 배설률을 보인 반면 12 psu 사육군에서 가장 높은 배설률을 보였고 22 psu 및 32 psu에서도 높은 배설률을 보여 2 psu 사육군과 배설경향에 현저한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

**O:N 비**

황복 치어를 대상으로 염분변화를 시켰을 때 생리적 보상을 위하여 사용하는 대사기질의 종류를 알기 위하여 산소소비량 대 암모니아성 배설질소량간의 원자비(O:N 비)를 보면 Table 1에 나타낸 바와 같다.

사육수의 염분을 변화 시킨 경우 2 psu 사육군이 염분 2 psu에 노출되었을 때 O:N 비는 106.38로 상당히 높은 수치를 나타낸 반면, 대부분의 사육군에서는 낮은 수치를 나타내고 있다. 특히 32 psu 사육군이 염분 2 psu에 노출되었을 때에는 7.13이라는 가장 낮은 수치를 보였다.

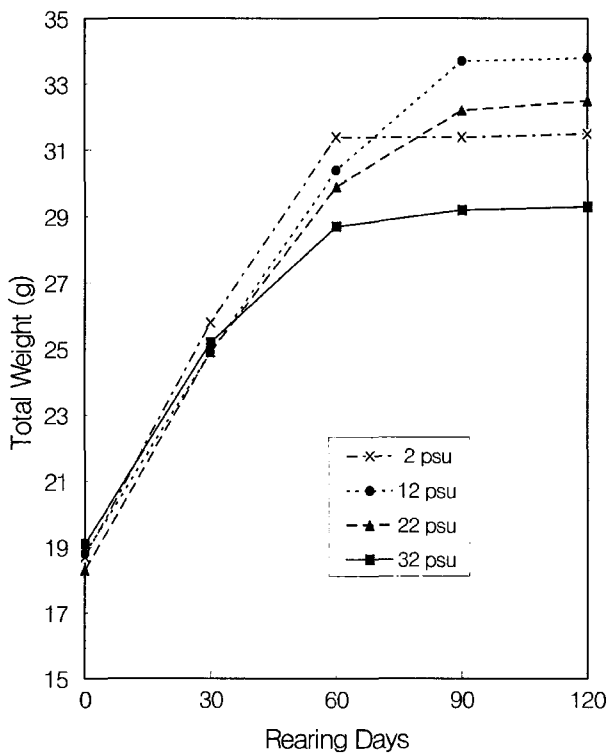
**Table 1.** The ratio of oxygen consumed to ammonia nitrogen excreted by atomic equivalents in *Takifugus obscurus* at different salinities

Rearing salinity (psu)	Transferred medium salinity (psu)			
	2	12	22	32
32	15.37	15.01	18.31	9.13
22	10.10	14.79	15.92	10.64
12	10.67	16.87	30.49	19.35
2	106.38	18.11	11.29	7.13

**염분에 따른 황복의 성장**

실험기간 동안 상업용 펠릿사료(넙치용 사료)를 공급하여 염분 2, 12, 22 및 32 psu에서 120일간 사육한 황복 치어의 성장 경향은 Fig. 6에 나타낸 바와 같다.

사육일수에 따라 체중은 증가하였는데, 사육 시작 60일까지는 빠른 성장을 보이다가 그 후에는 완만한 성장을 보였다. 염분 12 psu 사육군과 22 psu 사육군은 실험기간 동안 지속적인 체중 증가를 보인 반면 2 psu 사육군과 32 psu 사육군은 사육 60일 이후 성장은 거의 없거나 미미한 성장을 나타내어 앞의



**Fig. 6.** Growth of total weight of *Takifugus obscurus* reared at four different salinities and 23°C.

두 그룹과 차이를 나타내었다.

그리고 각 염분 사육군별 사료계수를 보면(Table 2), 염분 12 psu 사육군과 22 psu 사육군에서 가장 낮은 사료계수를 보인 반면 2 psu에서 가장 높은 사료계수를 나타내어 12 psu 사육군 및 22 psu 사육군과 유의적인 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

**고 찰**

어류의 성장은 온도, 염분, 광, 먹이, 수질 등의 외적 요인과 성장호르몬 및 자극의 반응과 같은 내적 요인에 지배를 받는다. 그러나 담수와 해수를 오가는 광염성 종은 염분 변화에 크게 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2004). 하지만 갑작스런 염분의 변화는 삼투압 조절을 위한 체내 이온 평형에 혼란을 가져와서 어류에 상당한 스트레스를 주고 심한 경우 사망하는 것으로 알려져 있다(Hur and Chang, 1999; Chang et al., 2002).

황복은 바다에서 성장하다가 산란을 위하여 강으로 소상하고 강에서 부화된 치어들은 성장을 위하여 다시 바다로 들어가는 생활습성을 가지는데, 이때 황복은 다른 소하성 어류와 마찬가지로 새로운 염분과 수온에 적응하기 위하여 하구에서 일정기간의 적응기간을 가지는 것으로 알려져 있다(장, 2002). 그러나 금강 하구연(河口堰)과 같이 댐으로 막혀져 있는 곳에서는 수문 개폐 따라 하류로의 담수유출량이 달라지기 때문에 갑작스런 염분과 수온의 변화를 당할 수 밖에 없고 이로 인하여 상당한 스트레스를 받을 수 있다.

어류가 외부로부터 스트레스를 받으면 이를 보상하기 위하여 내적으로 catecholamine, corticosteroid와 같은 호르몬을 과다 분비함으로써 대사체계에 변화를 가져오는 것으로 알려져 있으며(Wedemeyer, 1996), 이러한 대사체계의 변화를 총체적으로 나타내 주는 생리적 지표가 산소소비율과 질소배설률이다(Prosser, 1973).

황복의 일반적 대사경향을 알아보기 위하여 치어를 염분 2, 12, 22, 32 psu에서 2개월간 순치 사육한 후, 이들 각 염분에서 산소소비와 암모니아 질소 배설의 경향을 측정된 결과를 보면 산소소비의 경우 염분 22 psu에서 가장 높고 2 psu에서 가장 낮아 전체적으로는 포물선의 형태를 보였다. 산소소비가 활발하다는 것은 생물이 그 생물에 적합한 환경에 있을 때 나타나는 현상이지만, 좋지 못한 환경에 있을 때에도 이를 극복하기 위하여 단기간 동안 나타날 수 있다. 본 실험에서 황복이 다른 염분도보다 염분 22 psu에서 산소소비량이 높다는 것은 이 염

**Table 2.** Rearing result for juvenile of *Takifugus obscurus* in different salinities at 23°C for 120days

Rearing group	No. of animals		Total weight (g)		Total weight increment (g)	Feeding amount (g)	Feed conversion ratio
	Initial	Final	Initial	Final			
2 psu	40	16	748.0	1041.1	293.1	1,886.0	6.43
12 psu	40	37	752.5	1247.2	494.7	1,850.9	3.74
22 psu	40	38	733.5	1235.1	501.6	1,854.9	3.70
32 psu	40	34	763.5	1038.9	275.4	1,584.3	5.75

분이 황복의 생리에 적합하다는 것을 의미하는 것이고, 이는 염분 32 psu에서의 산소소비가 12 psu보다 더 낮고 2 psu에서는 가장 낮은 산소소비를 보임으로써 알 수 있다.

또한 각 염분에서 암모니아 질소의 배설경향을 보면 염분 2 및 12 psu에서 높은 배설률을 보였으며 22 및 32 psu에서 낮은 배설률을 나타내어 정상 염분(32 psu)보다는 낮은 염분에서 활발한 대사활동을 보였다. 이와 같은 점은 황복이 담수에서 부화되어 어린시기에는 담수에서 지내기 때문에 담수에 가까운 쪽이 해수쪽 보다 대사활동에 더 좋았기 때문이라고 생각된다.

한편, 황복의 산소소비 및 암모니아 질소배설에 일주기성을 조사한 결과 사료섭취와 관련된 주기성을 나타내었는데, 산소소비의 경우는 사료섭취 3시간 후에 가장 많은 산소소비를 나타내었고 암모니아 배설량은 사료섭취 4시간 후 가장 많은 배설량을 나타내었다. Kim et al. (1997)은 황복의 산소소비에 내재적인 생리적 리듬을 가지고 11.4~11.7 시간의 주기성을 보였다고 보고하였다. 이때는 먹이를 주지 않았기 때문에 본 연구와는 주기성에 시간적 차이를 보였지만, 황복이 주기성을 가진다는 점에서는 일치된 결과라 하겠으며 많은 다른 어류에서 주기성이 보고된 바 있다(Liu et al., 1997; Jo and Kim, 1999; Kim, 1999). 특히, 사료섭취 후 산소소비량이 많거나 질소 배설량이 많은 것은 먹이의 소화와 관련된 것으로 특이동적작용(specific dynamic action; SDA)이라고 하며(공 등, 1975), 농어류 *Epinephelus areolatus*와 능성어류 *Lutjanus argentimaculatus*에서도 사료섭취 2~12시간 및 6~12시간 후에 암모니아 배설률이 최고에 달하였다고 하여(Leung et al., 1999), 본 연구와 유사하였다. 그리고 사료섭취 초기에 사육수조내 용존산소량이 증가된 것은 사료섭취와 관련된 황복의 물리적 행동에서 기인된 것으로 간주된다(Vahl and Davenport, 1979).

염분 32, 22, 12 및 2 psu에서 사육하고 있던 황복에 갑자기 염분을 변화시켰을 때 산소소비율은 실험염분 2 psu의 저염분에서 2 psu 사육군과 다른 염분 사육군과의 사이에 유의적인 차이를 나타내었고, 또 실험염분 12 psu와 22 psu에서도 각각 32 psu 사육군과 22 psu 사육군이 다른 염분 사육군과 유의적인 차이를 나타낸 반면, 실험염분 32 psu에서는 2 psu 및 12 psu 사육군이 22 psu 및 32 psu 사육군보다 높은 산소소비를 나타내었지만 유의적인 차이는 나타내지 않았다. 또 암모니아 배설 경향에서도 실험염분 2 psu 및 12 psu의 저염분은 각 사육군 사이에 유의적인 차이를 보인 반면 실험염분 22 psu 및 32 psu에서는 각 사육군 사이에 유의적인 차이를 보이지 않아, 2 psu 및 12 psu 사육군을 고염분으로 옮겼을 때보다 22 psu 및 32 psu 사육군이 저염분으로 옮겨졌을 때가 대사활성이 더 크게 작용했음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 어류들이 고장성 환경에서는 저삼투 조절(hypo osmoregulation), 저장액에서는 고삼투 조절(hyper osmoregulation)을 한다는 보고(Chang and Hur, 1999)에 비추어 보아 황복은 저삼투 조절능력보다 고삼투 조절 능력이 더 우세한 것으로 보인다. 그러나 담수종이면서 해수 적

응력이 우수한 틸라피아 *Oreochromis niloticus*를 순치기간 없이 담수에서 바로 해수로 옮겼을 경우 틸라피아의 삼투조절 능력은 10시간 이내에 완전히 상실하여 폐사한다는 보고(Hur et al., 2004)나 광염성 어종인 송어 *Mugil cephalus*를 20 ppt에서 단계적으로 순치하면 126 ppt의 고염분까지 적응이 되지만, 급격한 변화를 준 경우 45 ppt 이상에서는 전부 폐사하였다는 보고(Hotos and Vlahos, 1998)에서 알 수 있듯이 염분에 대한 삼투 조절능력은 종(species)과 순화(acclimation) 정도에 따라 상당히 차이를 나타낸다 하겠다.

일반적으로 동물이 대사기질로 이용하는 물질에 대한 지표로 유용한 것이 호흡 산소와 배설 암모니아성 질소의 원자비(O:N 비)인데(伊藤·花岡, 1972), 대사기질로서 단백질만이 이용될 경우 O:N 비는 대략 7이고, 지질만 이용될 경우에는 415라고 한다(Snow and Williams, 1971; Omori and Ikeda, 1984). 염분 변화에 따른 대사량 변동에서는 실험염분 2 psu에서 2 psu 사육군만이 106.38의 높은 O:N 비를 나타낸 반면 다른 실험군은 7~31의 값을 보여 급격한 염분 변화에 대한 생리적 보상은 높은 에너지를 소비하기 보다는 이온조절을 통한 삼투조절로 생리적 보상을 하는 것으로 생각된다.

한편, 각 염분 사육군별 황복의 성장을 보면 사육 90일까지는 염분별 사육군간에 유의의 차이가 없었지만 사육 120일에는 각 염분별 사육군간에 유의의 차이를 나타내어 사육기간이 길어지면서 염분의 영향이 나타나는 것으로 보인다. 농어 *Lateolabrax japonicus*의 염분별 실험에서도 90일까지는 성장에 차이를 보이지 않았으나 120일 이후에 차이를 나타냈다는 보고(Han et al., 2003)와 넙치 *Paralichthys olivaceus*에서 12주까지는 성장에 차이가 없으나 14주에 성장에 차이가 나타났다는 보고(Kim et al., 2004)에 비추어 볼 때, 어류의 성장에 미치는 염분의 영향은 단기간에 나타나기 보다는 어느 정도 사육기간이 지나야 그 영향이 나타나는 것으로 밝혀졌다.

사료계수로 본 황복의 성장에 미치는 염분의 영향을 보면 기수역인 염분 12 psu 및 22 psu 사육군에서 좋은 사료계수를 나타내어 저염분(2 psu)과 정상염분(32 psu) 보다 황복의 사육에 더 적합한 염분도로 나타났다. 이와 같은 점은 대서양산 연어에서도 보고된 바 있다(Handeland et al., 1998). 따라서 황복은 정상염분(32 psu)이나 저염분(2 psu)보다는 기수역(12 psu~22 psu)이 황복의 생리에 안정적이고 높은 성장을 나타낸다고 할 수 있다.

## 요 약

황복 치어를 대상으로 염분과 수온이 변화되었을 때 나타나는 생리적 변화를 대사지표인 산소소비율과 암모니아 질소 배설률을 측정하여 그 영향정도를 알아보려고 하였다.

염분 2, 12, 22 및 32 psu에서 2 개월간 순치 사육한 황복(체장 9.5±0.9 cm, 체중 18.7±5.4 g)의 산소소비율과 암모니아 질소 배설률은 사육염분에 대하여 포물선식으로 나타낼 수 있어서

각각  $Y = -0.0873X^2 + 0.6384X - 0.690$ 와  $Y = -2.1667X^2 + 7.1672X + 31.999$ 로 표시할 수 있었다. 산소소비율과 질소배설률은 사료섭취와 관련하여 일주기성을 나타내어 산소소비는 사료섭취 3시간 후에, 암모니아 질소 배설은 사료섭취 4시간 후에 각각 높은 값을 나타내었다. 염분 2, 12, 22 및 32 psu에서 사육하던 황복을 갑자기 염분을 달리하였을 때 산소소비율과 암모니아 질소 배설률은 저염분(2, 12 psu)으로 옮긴 경우가 정상염분(32 psu)으로 옮긴 경우보다 각 염분별 사육기간에 유의적인 차이를 보였다. 염분변화에 대한 생리적 보상으로 에너지 소비 경향을 산소소비량 대 암모니아 질소 배설량간의 원자비(O:N비)로 대사 기질을 판단할 때 많은 에너지를 소비하지 않는 것으로 나타났다. 사료효율 및 성장으로 본 황복에 적정 염분은 22 psu로 나타났다.

### 감사의 글

본 논문은 2004년도 군산대학교 수산과학연구소의 학술연구보조비에 의하여 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

### 참고문헌

- 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.
- Chang, Y. J., B. H. Min, H. J. Chang and J. W. Hur, 2002. Comparison of blood physiology in juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) reared in converted freshwater from seawater and seawater from freshwater. J. Korean Fish. Soc., 35, 595–600.
- Chyung, M. K., 1977. The Fishes of Korea. Iljisa, Seoul, 727 pp.
- Han, H. K., D. Y. Kang, C. Y. Jun and Y. J. Chang, 2003. Effect of salinity change on physiological response and growth of yearling sea bass, *Lateolabrax japonicus*. J. Aquacult., 16, 31–36.
- Handeland, S. O., A. Berge, B. Th. Bjornsson and S. O. Stefansson, 1998. Effects of temperature and salinity on osmoregulation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in seawater. Aquaculture, 168, 289–302.
- Hotos, G. N. and N. Vlahos, 1998. Salinity tolerance of *Mugil cephalus* and *Chelon labrosus* (Pisces: Mugilidae) fry in experimental conditions. Aquaculture, 167, 329–338.
- Hur, J. W. and Y. J. Chang, 1999. Physiological responses of grey mullet (*Mugil cephalus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by gradual changes in salinity of rearing water. J. Aquacult., 12, 283–293.
- Hur, J. W., B. H. Min, I. S. Park, J. H. Im, J. Y. Lee and Y. J. Chang, 2004. Stress responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by salinity challenges in a recirculating system. Kor. J. Ichthyol., 16, 94–99.
- Jo, J. Y. and Y. H. Kim, 1999. Oxygen consumption of far eastern catfish, *Silurus asotus* on the different water temperature and photoperiods. J. Kor. Fish. Soc., 32, 56–61.
- Kim, Y. S., 1980. Efficiency of energy transfer by population of the farmed Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in Geoje-Hansan Bay. Bull. Kor. Fish. Soc., 13, 179–193.
- Kim, W. S., J. M. Kim, S. K. Yi and H. T. Hur, 1997. Endogenous circadian rhythm in the river puffer fish *Takifugu obscurus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 153, 293–298.
- Kim, Y. H., 1999. Oxygen consumption and atmospheric oxygen supply in the recirculating aquaculture system for Nile tilapia culture. Ph. D. thesis of Pukyong National University, 124 pp.
- Kim, M. J., S. C. Chung and C. B. Song, 2004. Effect of salinity on growth and survival of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Kor. J. Ichthyol., 16, 100–106.
- Lee, B. K., M. K. Huh, Y. W. Kim, J. S. Choi and B. K. Kim, 2004. Effects of water temperature on the growth and haematological response of juvenile river puffer, *Takifugu obscurus*. Kor. J. Ichthyol., 16, 27–33.
- Leung, K. M. Y., J. C. W. Chu and R. S. S. Wu, 1999. Effects of body weight, water temperature and ration size on ammonia excretion by the areolated grouper (*Epinephelus areolatus*) and mangrove snapper (*Lutjanus argentimaculatus*). Aquaculture, 170, 215–227.
- Liu, H., Y. Sakurai, H. Munehara and K. Shimazaki, 1997. Diel rhythms of oxygen consumption and activity level of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Fish. Sci., 63, 655–658.
- Morgan, J. D. and G. K. Iwama, 1991. Effects of salinity on growth metabolism and ion regulation in juvenile rainbow trout and steel head trout and fall chinook salmon. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48, 2083–2094.
- Omori, M. and T. Ikeda, 1984. Methods in marine zooplankton ecology. John Wiley & Sons, New York, 332 pp.
- Prosser, C. A., 1973. Comparative animal physiology. Saunders, Philadelphia, 966 pp.
- Singly, J. A. and W. Chavin, 1971. Cortisol levels of normal goldfish, *Carassius auratus* L. and response to osmotic change. Animal Zoology, 11, 653 pp.
- Snow, N. B. and P. J. Leeb. Williams, 1971. A simple method to determine the O:N ratio of small marine animals. J. mar. biol. Ass. U.K., 51, 105–109.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in nature waters by phenolhypochlorite method. Limnol. Oceanogr., 14, 799–801.
- Vahl, O. and J. Davenport, 1979. Apparent specific dynamic action of food in the fish *Blennius pholis*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 1, 109–113.
- Wedemeyer, G. A., 1996. Physiology of fish in intensive culture systems. Chapman & Hall, New York, 232 pp.
- 伊藤克彦, 花岡 資, 1972. 動物プランクトンの排泄窒素量と酸素消費量について. 九大農學藝誌, 26, 185–190.
- 공태훈, 하두봉, 박상윤, 남상열, 강만식, 이경노, 1975. 동물생리학. 문운당, 서울, 499 pp.
- 윤길하, 조용철, 김용오, 김명석, 2003. 염분 첨가사료가 감성돔의 생존·성장에 미치는 영향. 내외수산 1/8.
- 장계남, 2002. 어류양식. 삼광출판사, 서울, 484 pp.
- 홍종민, 2002. 점농어, 황복. 담수산양식.

원고접수 : 2004년 12월 28일

수정본 수리 : 2005년 1월 13일