

해수 및 담수사육 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli*의 호흡측정실내 수용개체수에 따른 산소소비 비교

정민환, 김영수, 민병화, 장영진*
부경대학교 양식학과

Effect of Fish Number in Respiratory Chamber on Routine Oxygen Consumption of Black Porgy *Acanthopagrus schlegeli* Reared in Seawater or Freshwater

Min Hwan Jeong, Young Soo Kim, Byung Hwa Min and Young Jin Chang*
Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Comparison of fish number on routine oxygen consumption (OC) of black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*) reared in seawater (SW) versus freshwater (FW) was performed in closed water-recirculating system containing respiratory chamber. Fish acclimated in separate indoor tanks with SW or FW were sampled as two groups (one or three of fish used, mean \pm S.D.=36.4 \pm 9.8). OC of fish reared in both SW and FW showed clear temporal rhythms, with higher values in the daytime and lower values at night, in accordance with light (09:00-21:00 h) and dark (21:00-09:00 h) phases of the diel cycle (12L:12D). The OC of the fish increased linearly with the water temperature. The OCs of black porgy reared in SW and FW at 15, 20, 25 °C were 140.0, 174.8, 282.3 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹ and 177.5, 307.8, 413.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹ for the one of fish used, and 200.5, 274.7, 339.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹ and 118.2, 188.2, 252.8 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹ for three of fish used, respectively. Black porgy reared in SW had higher ventilation rates than those in FW. These results indicate that black porgy reared in FW had higher OC than those in SW at the one of fish used, but the fish reared in SW had higher OC than those in FW at the three of fish used.

Keywords: *Acanthopagrus schlegeli*, Oxygen consumption, Fish number, Water temperature, Salinity

서 론

산소는 육상동물뿐만 아니라 수중동물의 생명유지에 있어서 가장 중요한 요소이며, 수중생활을 하는 어류는 아가미를 통해 물속에 녹아있는 용존산소를 흡수하여 산소를 소비한다. 어류의 산소소비량은 에너지 소비와 관련하여 대사율 지표로 사용되며, 대사율은 호흡실(respiratory chamber)을 이용하여 호흡실에 연속적으로 들어가는 물의 산소 함량 차이나 정체된 물에서 시간에 따른 산소 함량 차이를 이용하여 측정한다.

어류의 산소소비량에 영향을 주는 요인으로 수온, 광주기, 염분, 어종, 사료섭취량, 어체의 크기 및 사육밀도 등을 들 수 있으며, 많은 연구자들은 어종에 따라 단일개체와 복수개체를 사용하였을 때 산소소비량의 차이가 있음을 보고했다(Klyashtorin and Salikzyanov, 1981; Umezawa et al., 1983; Herskin, 1999). 이는 단일개체와 복수개체의 산소소비량 측정시 각 개체의 특성과 개

체간의 상호작용이 스트레스로 작용하여 산소소비량에 차이를 줄 수 있음을 나타낸다. 따라서 어류의 대사율 측정을 위한 산소 소비량 측정은 어종의 군효과(group effect)를 파악하는 것이 우선적으로 선행되어야 한다.

감성돔은 수온, 염분, 수질 등 환경변화에 적응력이 강한 어종으로 담수양식기법이 개발되어(Min et al., 2003), 해수와 담수역에서 생산할 수 있는 새로운 양식자원으로 등장하고 있다. 따라서, 상업적 규모의 육상 담수수조에서 감성돔이 고밀도로 사육될 때, 염분과 밀도에 따른 어체의 다양한 생리적 요인을 알아야 하는데, 염분변화에 대응하는 어류의 산소소비 변화를 비롯한 생리적 요인의 연구는 몇몇 어종에서 이루어진 바 있다; coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Morgan and Iwama, 1998), 틸라피아 *Oreochromis mossambicus* (Iwama et al., 1997), 농어 *Dicentrarchus labrax* (Dalla via et al., 1998). 그러나 사육밀도에 따른 어체의 생리학적 반응에 관한 자료는 적을 뿐 아니라, 어종마다 종특이성을 가지고 있어 감성돔이 우수한 삼투압조절 능력으로 담수환

*Corresponding author: yjchang@pknu.ac.kr

경에 적용하였다 하더라도 끊임없는 삼투압조절을 위해 에너지 대사 즉, 산소소비 등의 생리적 요인이 어떻게 변화하는지를 파악하는 일은 담수양식 감성돔의 생산성을 높이는 데 중요한 자료가 될 것이다(Chang et al., 2005).

본 연구에서는 담수사육 감성돔(담수돔) 및 해수사육 감성돔(해수돔)을 이용하여 개체수에 따른 산소소비 경향을 비교함으로써, 담수와 해수에서 감성돔의 군효과 여부를 파악하고, 감성돔의 담수양식시 에너지 요구 및 소비와 같은 기초대사 측면에서 호흡생리학적 반응정도를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

실험어 및 실험방법

실험어로는 부경대학교 양식학과 양식생리학연구실 실내의 해수 및 담수 순환여과 사육수조(수용적 220 L 원형수조 ×12개)에서 사육중인 감성돔을 사용하였다. 담수돔은 Min et al.(2003)의 담수순화 방법을 이용하여 해수에서 사육중인 감성돔을 10 psu의 해수에서 24시간 동안 적응·안정시킨 후, 담수로 옮겨 사육하였다. 이러한 방법으로 담수순화시킨 감성돔을 6개월 이상 담수 순환여과 수조에서 사육한 다음 실험에 사용하였다.

산소소비 실험에 사용한 어류는 26.8~54.8 g의 1년생 감성돔 총 24마리로 해수돔의 평균전장은 12.6±1.0 cm, 평균체중은 36.7±12.4 g, 담수돔의 평균전장은 12.9±1.4 cm, 평균체중은 36.2±8.4 g이었다. 실험은 해수와 담수 순환여과 사육수조에서 사육하고 있는 감성돔을 실험개시전 24시간 동안 절식시킨 후, 밀폐순환 유수식 산소소비 측정장치(OxyGuard 6, OxyGuard International A/S, Birkerød, Denmark) 내의 호흡실로 신속히 옮겼다. 그리고 호흡실에서 12시간 이상 적응시킨 후, 수온(15, 20, 25 °C), 광주기(12L:12D), 개체수(1, 3마리)를 달리하여 실험을 진행하였으며, 모든 실험은 3반복으로 하였다. 수온은 항온수조(JS-WBP-170RP, Johnsam Co., Bucheon, Korea)에 의해 조절되었으며, 명기동안에는 형광등을 사용하여 언제나 1,032 lx를 유지하였으며, 암기동안에는 호흡실을 차광막으로 덮어 빛을 완전히 차단했다. 유량은 실험기간 동안 분당 600±20 mL로 유지하였으며, 사료섭취에 의한 호흡수 및 산소소비량 변화를 최소화하기 위하여 실험기간 동안 절식시켰다.

산소소비량 계산 및 호흡수 측정

산소소비 측정장치의 구조는 Fig. 1과 같으며, 호흡실(RC)은 어체의 행동과 호흡수를 측정할 수 있도록 투명 아크릴체로 하였다. 실험용수는 계속 순환하도록 하였으며, 저수조 I(WR I)에는 순환되는 실험용수가 일정 수위에서 넘쳐 나가도록 하여(흰색 화살표) 수압을 균일하게 유지함으로써, 실험기간 동안 호흡실로 유입되는 수량이 일정해지도록 조절하였다. 호흡실에서 유출된 실험용수는 저수조 II(WR II)에서 에어레이션을 충분하게 하여 실험어에 의해 소비된 용존산소를 보충해 준 후, 항온수조

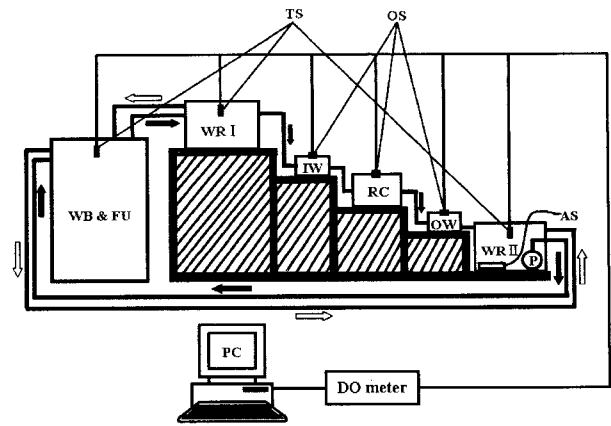


Fig. 1. Schematic diagram of oxygen consumption measuring system. Solid and open arrows indicate circulating and overflowing water, respectively. AS, air supply; FU, filtering unit; IW, inlet water; OS, oxygen sensor; OW, outlet water; P, pump; PC, personal computer; RC, respiratory chamber; TS, temperature sensor; WB, water bath; WR I and II, water reservoirs I and II, respectively.

(WB & FU)에서 정밀여과와 수온조절을 하여 다시 호흡실에 유입되도록 하였다. 산소소비량 측정은 다채널 용존산소 측정 시스템인 Oxyguard 6 프로그램을 사용하였으며, 용존산소량은 유입수(IW)와 유출수(OW)실에 각각 부착되어 있는 용존산소 센서(OS)에서 10분 간격으로 자동측정하여 컴퓨터(PC)에 입력되도록 하였다. 호흡수는 각각의 실험수온에서 실험어의 아가미 개폐횟수를 1분간 육안으로 10회 측정 후 평균을 구하였다.

실험어의 산소소비량은 실험기간동안 10분 간격으로 자동측정된 유입수와 유출수의 용존산소량을 토대로 계산된 단위체중당 산소소비량(mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹)과 호흡당 산소소비량(mg O₂·kg⁻¹·breath⁻¹)의 평균값으로 나타냈다. 호흡당 산소소비량은 각각의 실험에서 실험어의 호흡수를 측정할 수 있었던 명기동안에만 계산하였다. 각 실험에서 산소소비량은 다음 식으로 산정하였다.

$$\begin{aligned} \text{단위체중당 산소소비량 (mg O}_2\text{·kg}^{-1}\text{·h}^{-1}) &= \{(C_i - C_o) \times F \times 60\} / W \\ \text{호흡당 산소소비량 (mg O}_2\text{·kg}^{-1}\text{·breath}^{-1}) &= \{(C_i - C_o) \times F \times 60\} \\ & / (W \times R \times 60) \end{aligned}$$

여기에서, C_i = 유입수의 용존산소량, mg L⁻¹; C_o = 유출수의 용존산소량, mg L⁻¹; F = 유량, L min⁻¹; W = 어체총중량, kg; R = 호흡수, breath number·min⁻¹이다.

통계처리

모든 측정값은 평균값±표준편차로 나타냈으며, 유의차는 SPSS-통계패키지(version 10.0)를 이용하여 t-test와 one-way ANOVA를 실시한 후, Duncan's multiple range test를 이용하여 검정하였다(P<0.05).

결 과

명암주기에 따른 산소소비

해수 및 담수에서 사육한 감성돔 1마리와 3마리를 호흡실에 수용 후, 수온 15, 20 그리고 25 °C까지 연속적으로 수온을 상승시키며 측정한 산소소비 리듬은 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 모든 실험조건에서 감성돔의 산소소비 리듬은 명기동안에 산소소비가 많고, 암기동안에는 산소소비가 적은 뚜렷한 산소소비 리듬을 보였으며, 수온상승과 비례하여 산소소비가 증가하는 경향을 보였다. 또한 각각의 수온조건에서 명기동안에는 일정하지 않은 산소소비 리듬을 보였으나, 암기동안에는 일정한 산소소비 리듬을 보였다.

개체수에 따른 산소소비 경향은 감성돔 1마리를 사용한 실험에서 해수돔의 1일 평균 산소소비량은 수온 15, 20, 25 °C에서

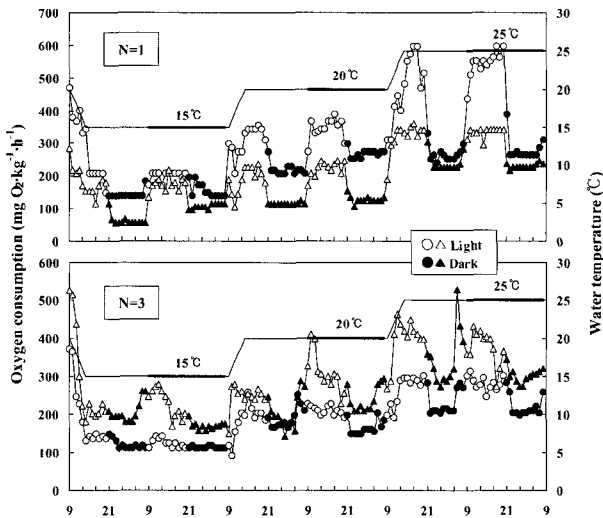


Fig. 2. Changes of oxygen consumption of black porgy (*Acanthopagrus schlegelii*) reared in seawater and freshwater in light and dark phases. N: Number of fish used.

각각 140.0±38.3, 174.8±52.3, 282.3±53.8 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 담수돔은 177.5±29.3, 307.8±45.6, 413.1±140.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 각각의 수온에서 담수돔이 해수돔에 비해 유의하게 많은 산소소비량을 보였다(*P*<0.05). 감성돔 3마리를 사용한 실험에서 해수돔의 1일 평균 산소소비량은 각각의 수온에서 200.5±40.6, 274.7±55.6, 339.1±50.3 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 담수돔은 118.2±10.0, 188.2±28.5, 252.8±39.6 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 감성돔 1마리를 사용한 실험결과와 반대로, 해수돔이 담수돔에 비해 유의하게 많은 산소소비량을 보였다(*P*<0.05).

수온별 산소소비

해수 및 담수에서 사육한 감성돔을 개체수에 따라 수온 15, 20 그리고 25 °C까지 연속적으로 상승시키면서 산소소비량을 측정한 결과를 광주기별로 Table 1에 나타냈으며, 모든 실험조건에서 암기보다 명기에 산소소비량이 많았다. 또한 개체수가 1마리일 때, 담수돔이 해수돔 보다 유의하게 많은 산소소비량을 보였으며(*P*<0.05), 개체수가 3마리일 때, 해수돔이 담수돔 보다 유의하게 많은 산소소비량을 보였다(*P*<0.05). 수온이 15 °C에서 25 °C로 상승했을 때, 해수에서 개체수가 1마리일 때 산소소비 증가량은 명기동안 1.92배, 암기동안에는 2.18배로 증가하였으며, 개체수가 3마리일 때 1.63, 2.30배 증가하여 명기 보다 암기 동안에 수온상승에 따른 산소소비 증가량이 높았다. 담수에서는 개체수가 1마리일 때 산소소비 증가량은 명기동안 2.73배, 암기 동안에는 1.82배 증가하였으며, 개체수가 3마리일 때 2.30, 1.97 배 증가하여 암기 보다 명기동안에 수온상승에 따른 산소소비 증가량이 높았다.

각각의 실험조건에서 지수함수식의 기울기(*b*)는 개체수 3마리 실험인 명기-해수의 조건의 0.049(*Q*₁₀=1.63)부터 개체수 1마리 실험인 명기-담수의 0.100(*Q*₁₀=2.72)까지 넓은 범위의 값을 나타냈으며, 개체수 1마리의 암기조건을 제외한 나머지 조건에서 *b*는 해수돔에 비해 담수돔이 높은 경향을 보였다.

Table 1. Mean oxygen consumption (mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹) in black porgy (*Acanthopagrus schlegelii*) reared in seawater and freshwater at water temperatures of 15°C, 20°C and 25°C

Water temp. (°C)	N=1				N=3			
	Light period		Dark period		Light period		Dark period	
	Seawater	Freshwater	Seawater	Freshwater	Seawater	Freshwater	Seawater	Freshwater
15	174.0±21.9 ^a	200.0±13.4 ^{a*}	106.0±7.9 ^a	155.0±22.7 ^{a*}	230.4±37.3 ^{a*}	123.6±11.8 ^a	170.7±10.3 ^{a*}	112.8±2.9 ^a
20	223.0±23.1 ^b	345.7±32.2 ^{b*}	126.5±11.0 ^b	269.8±13.4 ^{b*}	309.2±51.8 ^{b*}	211.1±12.6 ^b	240.2±34.4 ^{b*}	165.3±19.7 ^b
25	333.7±15.1 ^c	544.9±42.1 ^{c*}	230.9±7.4 ^c	281.3±37.1 ^{b*}	375.5±44.7 ^{c*}	283.7±18.0 ^c	302.7±19.9 ^{c*}	221.9±28.9 ^c
<i>b</i>	0.066	0.100	0.078	0.060	0.049	0.083	0.057	0.067
<i>a</i>	62.71	45.07	30.49	68.33	110.20	36.73	73.32	41.83
<i>r</i> ²	0.871	0.960	0.875	0.695	0.646	0.932	0.862	0.891
<i>Q</i> ₁₀	1.93	2.72	2.18	1.82	1.63	2.29	1.77	1.95

Data are the mean ± S.D. of OC in mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹. The mean values of the oxygen consumption with different superscripts in each column are significantly different (*P*<0.05, one-way ANOVA). The mean values with asterisks in freshwater at each photoperiod denote significantly different from the mean oxygen consumption in seawater (*P*<0.05, *t*-test). Parameters "*b*" and "*a*" are for the exponential model, OC = a × EXP (*b*T); *r*² is for the linearized transform of the exponential model, ln (OC) = ln (*a*) + *b*T. N: Number of fish used.

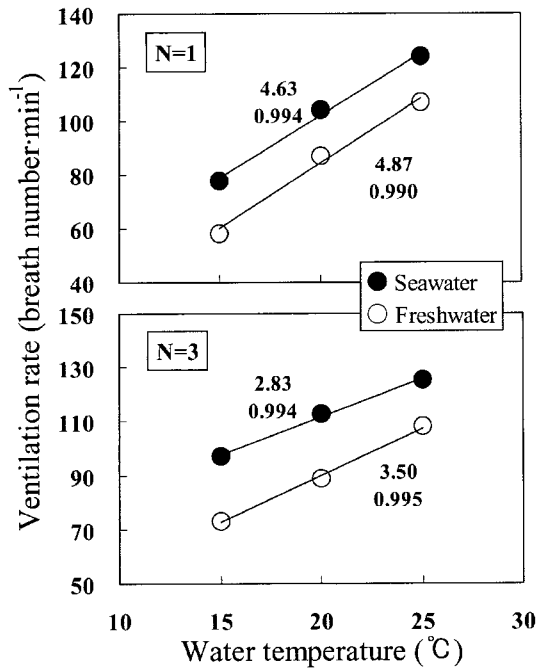


Fig. 3. Ventilation rate in black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*) reared in seawater and freshwater at water temperatures at 15 °C, 20 °C and 25 °C. The numbers in the figure are the slope (b) and value of r^2 , respectively. N: Number of fish used.

분당 호흡수와 호흡당 산소소비량

해수 및 담수에서 사육한 감성돔 치어를 개체수에 따라 수온 15, 20 그리고 25 °C까지 연속적으로 상승시키며 측정된 분당 호흡수는 Fig. 3과 같으며, 해수와 담수에서 개체수 1, 3마리 모두 수온상승에 비례하여 분당 호흡수가 직선회귀적으로 증가하였으며, 해수돔이 담수돔에 비해 유의하게 많은 호흡수를 보였다 ($P < 0.05$).

개체수 1마리 실험에서 해수돔의 호흡수는 각각의 수온에서 78, 104, 124회, 담수돔은 58, 87, 107회로 각각의 수온에서 해수돔이 담수돔에 비해 호흡수가 빨랐으며, 해수돔의 수온상승에 따른 호흡수 증가 기울기는 4.63, 담수돔은 4.87로 수온상승시 호흡수 증가속도는 담수돔이 빨랐다. 3마리 실험 역시, 각각의 수온에서 해수돔은 122, 133, 139회, 담수돔은 73, 89, 102회로 해수돔이 담수돔에 비해 호흡수가 빨랐으며, 해수돔의 호흡수 증가속도는 2.83, 담수돔은 3.50으로 담수돔이 호흡수 증가속도가 더 빨랐다.

호흡당 산소소비량은 Fig. 4와 같으며, 개체수 1마리일 때 해수돔의 호흡당 산소소비량은 15, 20, 25 °C에서 각각 0.037, 0.047, 0.071 mg O₂·kg⁻¹·breath⁻¹, 담수돔은 0.058, 0.067, 0.085 mg O₂·kg⁻¹·breath⁻¹로 수온상승과 비례하여 증가하였으며, 담수돔이 해수돔 보다 호흡당 산소소비량이 많았다 ($P < 0.05$). 개체수가 3마리일 때 해수돔의 호흡당 산소소비량은 0.036, 0.040, 0.046 mg O₂·kg⁻¹·breath⁻¹, 담수돔은 0.028, 0.039, 0.045 mg O₂·kg⁻¹·breath⁻¹로 수온상승과 비례하여 증가하였으며, 담수돔과 해수돔

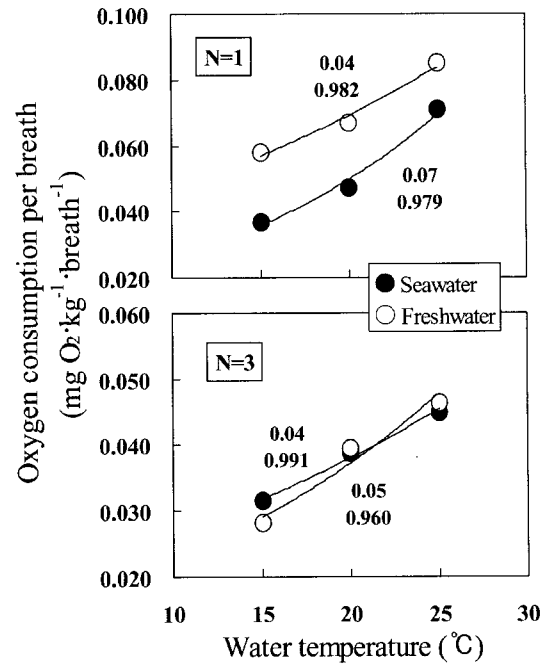


Fig. 4. Oxygen consumption per breath in black porgy (*Acanthopagrus schlegeli*) reared in seawater and freshwater at water temperatures at 15 °C, 20 °C and 25 °C. The numbers in the figure are the slope (b) and value of r^2 , respectively. N: Number of fish used.

의 호흡당 산소소비량은 큰 차이를 보이지 않았다 ($P > 0.05$).

고찰

많은 연구자들은 어류의 산소소비량에 결정적인 영향을 주는 요인으로 수온을 대표적인 예로 들었고, 여러 어종을 대상으로 이를 증명하였다 (Requena et al., 1997; Chang et al., 2001; Chang et al., 2005). 본 연구에서 해수 및 담수사육 감성돔은 수온상승과 비례하여 산소소비량이 증가하였으며, 수온이 15 °C에서 25 °C로 10 °C 상승했을 때, 산소소비량은 평균 2.1배 증가하였다. Dalla Via et al. (1998)의 연구보고에 의하면 농어 치어는 20~30 °C의 수온변화에서 Q₁₀값은 1.6~3.8 범위로 변화한다고 하였다. 본 연구에서 수온이 10 °C 상승했을 때 해수돔의 Q₁₀값은 평균 1.9였으며, 담수돔은 2.2로 Q₁₀ 범칙에 부합되는 결과를 나타냈다.

광주기는 어류의 산소소비 리듬에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며, Spencer(1939)와 Spoor(1946)는 담수어류의 활성과 산소소비 관계를 3가지 형태(주간활동형, 야간활동형, 불규칙활동형)로 나누었다. 본 연구의 결과에서 해수 및 담수사육 감성돔은 명기와 암기의 광주기 조건에서 명기동안에 산소소비가 많고, 암기동안에는 산소소비가 적은 뚜렷한 리듬을 보여, 명기동안에 활성이 높은 주간활동형 어종으로 판단된다. 이와 같은 결과는 gilthead sea bream *Sparus aurata*를 비롯한 다른 경골어류에서도 보였다 (Hettler, 1976; Guinea and Fernández, 1991; Requena et al., 1997). Love(1980)는 이러한 이유를 호르몬 때

문이라고 논의했는데, gulf killifish *Fundulus grandis*의 경우, 혈관 수축제인 세로토닌의 함량이 암기 보다 명기동안에 높았으며, 금붕어 *Carassius auratus*의 혈액속 부신피질자극 호르몬의 경우 해가 뜨고 난 후 4시간과 7~9시간에서 정점을 나타내어, 분명하진 않지만 빛은 호르몬 분비의 기폭제 역할을 한다고 보고하였다.

염분에 따른 어류의 저항성은 서식환경에 따라 다양한 내성을 가지고 있다. 기수지역에 서식하는 어류는 담수 혹은 해수지역에 한정되어 서식하는 어류보다 넓은 범위의 염분에서도 강한 내성을 나타내며, 삼투압조절이 가능하다(Martin, 1990; Kang et al., 2000). 어류의 성장에 있어 염분의 영향은 흔히 삼투압 및 이온조절에 소비되는 에너지가 적게드는 염분에서 가장 양호한 성장을 할 수 있다. 즉, 등장액의 환경조건에서 삼투압조절에 소비되는 에너지가 가장 적게 소비되는 염분범위가 성장에 최적 조건이라는 것을 의미한다(Morgan and Iwama, 1991). 또한 염분은 어류의 산소소비 변화에 영향을 주는 요인중 하나인데, 점농어 *Lateolabrax maculatus*는 자연해수에서의 산소소비량에 비해 15 ppt의 염분에서 13.5~16.0%의 감소를 나타냈으며, 담수에서는 25.3~36.4%의 감소를 보였다(Kim et al., 1998). 이와 반대로, white mullet *Mugil curema*는 수온이 20 °C일 때 해수에서 산소소비량은 119.8 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 담수에서는 136.7 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 해수보다 담수에서 산소소비량이 더 많았다(Fanta-Feofiloff et al., 1986).

본 연구에서 해수 및 담수사육 감성돔을 개체수를 달리하여 산소소비량을 측정한 실험결과, 수온 20 °C에서 개체수가 1마리일 때 담수돔의 산소소비량은 307.8±45.6 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 해수돔은 174.8±52.3 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 담수돔이 해수돔 보다 높은 산소소비량을 보였다. 개체수가 3마리일 때는 해수돔은 274.7±55.6 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 담수돔은 188.2±28.5 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 측정되어 해수돔이 담수돔 보다 높은 산소소비량을 보여 서로 상반되는 결과가 나타났다. 이에 관해, 본 논문에서는 나타나지 않았으나 해수돔과 담수돔의 개체수를 2, 5마리로 설정한 후 추가실험을 한 결과, 개체수가 2마리일 때는 해수돔과 담수돔의 산소소비량은 20 °C에서 각각 277.6±49.2, 298.3±17.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 유의한 차이를 보이지 않았다. 개체수가 5마리일 때는 해수돔과 담수돔의 산소소비량은 20 °C에서 각각 293.0±40.0, 205.8±30.4 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 해수돔이 담수돔에 비해 유의하게 높은 산소소비량을 보였다. 또한, 각 염분에서 감성돔의 활성과 행동을 관찰했을 때, 해수에서 사육한 감성돔은 담수에서 사육한 감성돔 보다 활동적이었으며, 개체간의 공격행동도 해수돔이 많았다(Chang et al., 2005).

많은 연구자들은 단일개체와 복수개체의 성장과 대사량 차이에서 군효과가 존재함을 증명하였으며, 군효과는 어류의 기초 대사량과 스트레스 반응에 의한 에너지 소비 차이에 의해 나타난다고 하였다(Parker, 1973; Umezawa et al., 1983; Ruer et al., 1987; Lucas & Priede, 1992; Ross et al., 1992). 본 연구의 결과

로 추론해 볼 때, 감성돔이 담수환경에 완전히 적응하였다 하더라도, 끊임없는 삼투압조절을 위해 에너지 소비가 많은 반면, 해수에서 사육한 감성돔은 상대적으로 삼투압조절에 소비되는 에너지가 적기 때문에 에너지 대사의 간접지표인 산소소비량이 담수돔에 비해 적게 나타난 것으로 생각된다. 그러나 개체수가 증가하게 되면 담수돔에 비해 해수돔의 개체간 공격행동이 많아져 스트레스가 증가하게 되고, 이로 인해 해수돔의 에너지 소비가 증가하여 경쟁적으로 산소를 소비하는 것으로 생각되어 진다. 즉, 단일개체에서 산소소비량은 담수돔이 해수돔에 비해 높았으나, 복수개체에서는 개체간의 상호작용으로 인해 해수돔이 담수돔 보다 높은 산소소비량을 보였다. 따라서 감성돔의 산소소비에 군효과가 존재하며, 담수돔에 비해 해수돔에서 군효과가 크게 작용한 것으로 판단된다.

요 약

밀폐순환 유수식 산소소비 측정장치를 이용하여 해수 및 담수에서 사육한 감성돔, *Acanthopagrus schlegelii*의 개체수에 따른 산소소비 경향을 조사하였다. 해수 및 담수순화된 평균체중 36.4 g의 감성돔을 각각 1마리와 3마리 그룹으로 나누어 수온(15, 20, 25 °C), 광주기(12L:12D)를 달리하여 실험하였다. 모든 실험조건에서 감성돔은 명기동안에 산소소비량이 많고, 암기동안에는 적은 뚜렷한 리듬을 보였으며, 수온상승과 비례하여 산소소비량이 증가하였다. 감성돔의 호흡수는 담수돔 보다 해수돔이 많았으며, 수온상승과 비례하여 증가하였다. 수온 15, 20, 25 °C에서 개체수가 1마리일 때 해수돔의 산소소비량은 각각 140.0, 174.8, 282.3 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 담수돔은 177.5, 307.8, 413.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 해수돔에 비해 담수돔의 산소소비량이 많았다. 그러나 개체수가 3마리일 때는 해수돔 각각 200.5, 274.7, 339.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹, 담수돔 177.5, 307.8, 413.1 mg O₂·kg⁻¹·h⁻¹로 담수돔 보다 해수돔의 산소소비량이 많았다.

참고문헌

- Chang, Y. J., J. W. Hur and H. K. Lim, 2001. Growth and survival of juvenile grey mullet (*Mugil cephalus*) in rearing system with recirculated seawater and freshwater. *J. Aquacult.*, 14, 29–33.
- Chang, Y. J., M. H. Jeong, B. H. Min, W. H. Neill, and L. P. Fontaine, 2005. Effects of photoperiod, temperature, and fish size on oxygen consumption in the black porgy (*Acanthopagrus schlegelii*). *J. Fish. Sci. Technol.*, 8, 142–150.
- Dalla Via, J., P. Villani, E. Gasteiger and H. Niederstatter, 1998. Oxygen consumption in sea bass fingerling (*Dicentrarchus labrax*) exposed to acute salinity and temperature changes: metabolic basis for maximum stocking density estimations. *Aquaculture*, 169, 303–313.
- Fanta-Feofiloff, E., D. R. B. Eiras, A. T. Boscardin and M. Lac-

- erda-Krambeck, 1986. Effect of salinity on the behavior and oxygen consumption of *Mugil curema* (Pisces, Mugilidae). *Physiol. Behav.*, 36, 1029–1034.
- Guinea, J. and F. Fernández, 1991. The effect of SDA, temperature and daily rhythm on the energy metabolism of the mullet *Mugil saliens*. *Aquaculture*, 9, 353–364.
- Herskin, J., 1999. Effects of social and visual contact on the oxygen consumption of juvenile sea bass measured by computerized intermittent respirometry. *J. Fish Biol.*, 55, 1075–1085.
- Hettler, W. F., 1976. Influence of temperature and salinity on routine metabolic rate and growth of young Atlantic menhaden. *J. Fish Biol.*, 8, 55–65.
- Iwama, G. K., A. Takemura and K. Takano, 1997. Oxygen consumption rates of tilapia in fresh water, sea water, and hypersaline sea water. *J. Fish Biol.*, 51, 886–894.
- Kang, J. C., P. Chin, J. S. Lee, Y. K. Shin and K. S. Cho, 2000. Effects of salinity on survival, growth and oxygen consumption rates of the juvenile gobiid, *Favonigobius gymnachen*. *J. Kor. Fish. Soc.*, 33, 408–412.
- Kim, W. S., H. T. Huh, J. H. Lee and C. H. Koh, 1998. Effects of sudden changes on salinity on endogenous rhythm of the spotted sea bass *Lateolabrax* sp. *Mar. Biol.*, 131, 219–225.
- KlyashTORIN, L. V. and R. F. Salikzyanov, 1981. A change in metabolic rate in time and the influence of the group effect. *J. Ichthyol.* 20, 132–137.
- Love, M. R., 1980. The chemical biology of fishes. Vol. II. Advances 1968-1977. Academic Press, New York, 943 pp.
- Lucas, M. C. and I. G. Friede, 1992. Utilization of metabolic scope in relation to feeding and activity by individual and grouped zebrafish, *Brachydanio rerio* (Hamilton-Buchanan). *J. Fish Biol.*, 41, 175–190.
- Martin, T. J., 1990. Osmoregulatory in three species of Ambassidae (Osteichthyes: Perciformes) from estuaries in Natal. *S. Afr. J. Zool.*, 25, 229–234.
- Min, B. H., B. K. Kim, J. W. Hur, I. C. Bang, S. K. Byun, C. Y. Choi and Y. J. Chang, 2003. Physiological responses during freshwater acclimation of seawater-cultured black porgy (*Acanthopagrus schlegelii*). *Kor. J. Ichthyol.*, 15, 265–275.
- Morgan, J. D. and G. K. 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, J. D. and G. K. Iwama, 1998. Salinity effects on oxygen consumption, gill Na^+ , K^+ ATPase and ion regulation in juvenile coho salmon. *J. Fish Biol.*, 53, 1110–1119.
- Parker, F. R., 1973. Reduced metabolic rates in fishes as a result of induced schooling. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 102, 125–130.
- Requena, A., J. Fernández-Borrás and J. Planas, 1997. The effects of a temperature rise on oxygen consumption and energy budget in gilthead sea bream. *Aquacult. Internation.*, 5, 415–426.
- Ross, R. M., T. W. H. Backman and K. E. Limburg, 1992. Group-size-mediated metabolic rate reduction in American shad. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 121, 385–390.
- Ruer, P. M., J. J. Cech, & S. I. Doroshov, 1987. Routine metabolism of the white sturgeon, *Acipenser transmontanus*: effect of population density and hypoxia. *Aquaculture*, 62, 45–52.
- Spencer, W.P., 1939. Diurnal activity rhythms in freshwater fishes. *Ohio. T. Sci.*, 39, 119–132.
- Spoor, W.A., 1946. A quantitative study of the relationship between the activity and oxygen consumption of the goldfish, and its application to the measurement of respiratory metabolism in fishes. *Biol. Bull.*, 91, 312–325.
- Umezawa, S. I., S. Adachi and K. Taneda, 1983. Group effect on oxygen consumption of the ayu (*Plecoglossus altivelis*) in relation to growth stage. *Jap. J. Ichthyol.*, 30, 261–267.

원고접수 : 2006년 12월 18일

수정본 수리 : 2007년 5월 23일