

꼬막, *Tegillarca granosa*의 생존과 대사에 미치는 염분의 영향

문태석, 신윤경¹

남해특성화연구센터, ¹남해수산연구소 증식과

Effect of Salinity on Survival and Metabolism of ark shell, *Tegillarca granosa*

Tae Seok Moon and Yun Kyung Shin¹

South Sea Mariculture Research Center, NFRDI, Namhae, 668-821

¹South Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yeosu, 556-823

ABSTRACT

We examined physiological responses related to the survival, oxygen consumption and filtration rate of the blood cockle, *Tegillarca granosa* as a result of salinity changes. The 44-day LS_{50} (median lethal salinity) at 10°C for adult and juvenile was 15.8 (confidence limits 13.5-18.2 psu) and 16.2 (confidence limits 14.1-18.4 psu) psu respectively, whereas the 11-day LS_{50} at 25°C for adult and juvenile was 16.8 psu (confidence limits 12.9-21.2 psu) and 22.4 (confidence limits 20.5-24.7 psu) psu respectively. In conditions of decreasing salinity, Oxygen consumption and filtration rates decreased or varied irregularly as salinity decreased. The results of this study could prove important in investigating causes of mass mortality and managing shellfish aquaculture farms.

Key words: *Tegillarca granosa*, Salinity, Survival, oxygen consumption

서론

연안 및 조간대에 서식하고 있는 해산 무척추동물들은 수시로 염분변화에 노출되고 있으므로 낮은 염분에 노출되고 있는 시간은 생존하기 위하여 수행하는 생리적 조정의 결과로서 성장률 감소를 수반하는 스트레스의 중요한 요인이다. 또한 염분은 해산과 기수지역 생물의 생리적 과정에 영향을 미치며, 종의 분포를 결정짓는 중요한 환경요인중 하나이다. 연안에서 염분의 변화는 계절에 따라 다르며, 비록 짧은 기간동안 염분의 변화에 노출되었다 할지라도 생물의 반응은 생물의 종류에 따라 다양하게 나타난다. 대부분의 패류들은 근본적으로 150-50% 해수의 범위에서는 등장성 (isotonic) 이며 (Tucker, 1970), 염분감소에 따라 심장박동수, 산소소비의 유형, 암모니아배설 및 아미노산 등의 생리적 변화가 수반한다

(Pierce and Greenberg, 1972). 또한 염분의 변화는 세포내 수분과 염류 출입간의 일정한 균형상태를 파괴시키며, 염분이 급격하게 변하면 세포용적과 관련된 대사율의 감소를 줄이기 위하여 즉시 폐각을 닫는 행동반응을 보이므로 이와 관련된 연구는 중요생산 및 양식생물의 관리를 뒷받침 하는 자료로서 중요할 것으로 여겨진다.

꼬막의 환경내성에 관한 연구는 염분, 저산소 및 공기노출 (Davenport and Wong, 1986), 저산소에 대한 호흡반응 (Brand and Morris, 1984) 그리고 용존산소 감소에 따른 생리적 반응 (Shin *et al.*, 2002) 및 수온내성 (Shin and Yang, 2005) 등 단편적으로 이루어져 있을 뿐이다. 꼬막은 간출 시간이 긴 개펄에 서식하는 돌조개과에 속하는 패류로서 이동이 적고 개펄의 표층에서 약 5-10 cm 저층의 개펄에 파묻혀서 서식하고 있다. 이러한 서식 습성으로 인해 계절의 변동에 따른 극단적인 수온과 염분 등의 환경변화에 쉽게 노출되어 있어 집단 폐사가 일어나기도 하므로 꼬막의 환경변화에 대한 특성을 파악하는 것이 무엇보다도 중요하다. 본 연구는 꼬막 자연 서식지의 염분의 변동을 고려하여 인내할 수 있는 염분의 생리적 범위와 염분변화에 따른 꼬막의 생리적 반응을 조사하였다.

Received May 7, 2010; Revised June 28, 2010; Accepted July 5, 2010

Corresponding author: Shin, Yun Kyung

Tel: +82 (61) 690-8974 e-mail: ykshin@nfrdi.go.kr

1225-3480/24352

재료 및 방법

실험에 사용된 꼬막은 전남 보성군 벌교읍 해도지역에서 2003년 1월부터 11월 동안 동계 및 하계의 계절별로 채집하여 실험실로 옮긴 후 0.5 m³ 수조에서 사육하면서 각 실험에 사용하였다. 이때 먹이는 *Tetraselmis* sp.를 공급하였으며, 염분은 33.5 (일반해수), 조도는 12L : 12D로 조절하였다. 실험방법은 지수식 및 환수식을 병행한 생물검정법을 이용하였으며, 매일 수질악화를 고려하여 실험해수를 전량을 교환하였다. 실험수온은 동계 10 ± 1°C와 하계 25 ± 1°C였으며, 실험 염분은 33.5, 26.8, 20.1, 13.4, 6.7, 3.4 및 0 psu 였으며, 실험 개체의 크기는 성패의 경우 각장 36.0 ± 1.5 mm, 치패의 경우 각장, 19.5 ± 1.3 mm 로 구분하였다. 사망개체의 판정은 꼬막의 특성을 고려하여 패각이 열려있거나 침으로 자극을 주어 반응이 없으면 죽은 것으로 간주하여 생존율로 환산하였다. 생존율은 12시간 간격으로 점검하여 생존개체를 관찰하여 구하였으며, 반수치사염분 (lethal salinity, LS₅₀) 은 probit 분석 (Finney, 1971) 에 의하여 산출하였다. 산소소비율은 산소검량기 (YSI 5000) 를 사용하여 실험전후의 용존 산소의 차로서 구하였으며, 여수율은 0.001%의 neutral red 를 이용하여 Cole and Hepper (1954) 의 방법을 이용하였다. 자료분석에 사용한 통계처리는 one-way ANOVA와 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955) 를 실시하여 평균간의 유의성 (P < 0.05) 을 SPSS (version 10.1) 통계 package program으로 검정하였다.

결 과

염분변화 따른 꼬막의 생존과 생리적 변화를 알아보기 위하여 수온 별 염분 감소에 따른 생존율, 산소소비율 및 여수율 등의 생리적 반응을 조사하였다. 동계수온에 순응된 꼬막의 염분 감소에 따른 생존율 (Fig. 1) 은 성패의 경우, 담수 (0 psu) 에 20일간 노출시킨 후부터 현저히 감소하기 시작하여 담수 노출 34일째 모두 사망하였으며, 염분 3.4 psu의 경우에는 37일째 모두 사망한 반면 염분 6.7 psu에서는 노출 44일째 25%의 생존율을 나타내었다. 한편 치패의 경우에는 담수에서는 34일째, 염분 3.4 psu에서는 37일째 그리고 염분 6.7 psu에서 노출 44일째 모두 사망하였다. 그러나 염분 13.4 psu에서는 노출 44일째 55%의 생존율을 나타내었다 (Fig. 1). 동계수온 10 ± 1°C에서 44일 동안 염분에 대한 꼬막의 성패와 치패의 반수치사염분은 (44day-LS₅₀) 은 각각 15.8 psu (신뢰한계 13.5-18.2 psu) 와 16.2 psu (14.1-18.4 psu) 였으며 (Table 1), 개체크기간의 반수치사염분에 대한 유의적인 차이는 없었다 (p > 0.05).

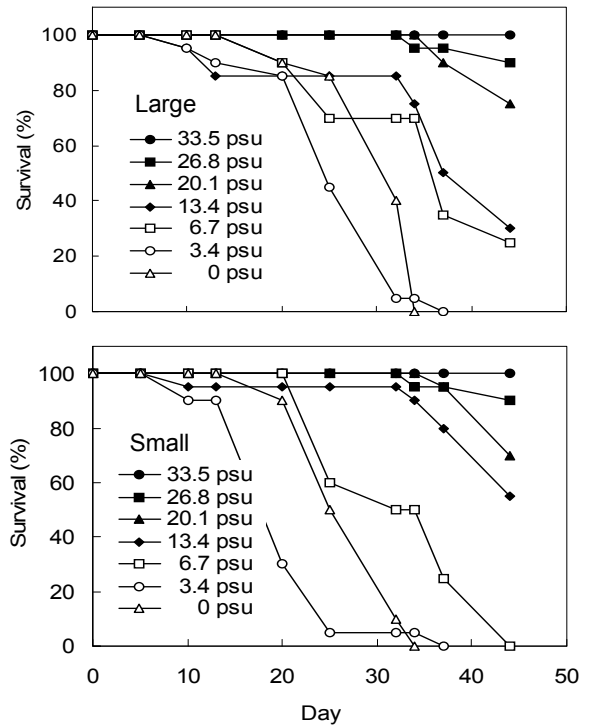


Fig. 1. Survival rate of blood cockle *Tegillarca granosa* exposed to different salinity regimes at 10 ± 1°C.

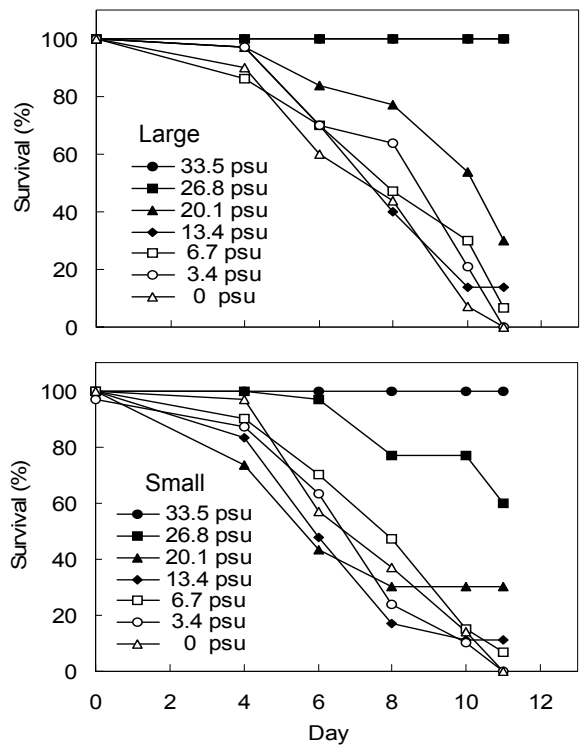


Fig. 2. Survival rate of blood cockle *Tegillarca granosa* exposed to different salinity regimes at 25 ± 1°C.

Table 1. Survival rate and LS_{50} (lethal salinity) of blood cockle, *Tegillarca granosa* acclimated to $10 \pm 1^\circ C$ and $25 \pm 1^\circ C$

Acclimation temp. ($^\circ C$)	Exposure salinity (psu)	Exposure period (day)	Experimental environment		Survival rate (%)		LS_{50} (psu) and 95% confidence limits	
			Do	pH	Large	Small	Large	Small
Winter ($10 \pm 1^\circ C$)	0	44	7.5	7.28	0.0	0.0	15.8 (13.5-18.2)	16.2 (14.1-18.4)
	3.4		7.6	7.18	0.0	0.0		
	6.7		7.2	7.12	25.0	0.0		
	13.4		7.8	7.37	30.0	55.0		
	20.1		7.7	7.28	75.0	70.0		
	26.8		7.8	7.20	90.0	90.0		
	33.5		7.6	7.21	100.0	100.0		
Summer ($25 \pm 1^\circ C$)	0	11	6.9	7.15	0.0	0.0	16.8 (12.9-21.2)	22.4 (20.5-24.7)
	3.4		7.1	7.19	0.0	0.0		
	6.7		6.8	7.18	6.7	7.0		
	13.4		6.8	7.14	14.0	11.0		
	20.1		6.9	7.11	30.0	30.0		
	26.8		7.0	7.19	100.0	60.1		
	33.5		6.8	7.7	100.0	100.0		

Fig. 2는 하계수온 $25 \pm 1^\circ C$ 에 순응한 꼬막의 염분별 생존율을 나타낸 것이다. 염분 3.4 psu 이하에서 노출 11일째 개체크기와 상관없이 성패와 치패 모두 사망하였다. 염분 13.4 psu에서는 성패와 치패의 생존율은 각각 14.0%와 11.0%였으며, 염분 26.8 psu에서는 각각 100%와 60.1%로 염분 내성에 대한 차이를 보였으며, 11일 동안의 반수치사 염분 (11day- LS_{50}) 은 성패와 치패에서 각각 16.8 psu (신뢰한계 12.9-21.2 psu) 와 22.4 (신뢰한계 20.5-24.7 psu) 로 개체크기에 대한 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$, Table 1).

Fig. 3은 동계 ($10 \pm 1^\circ C$) 와 하계 ($25 \pm 1^\circ C$) 수온에서 각 실험 염분에 노출시킨 꼬막의 산소소비율 변화를 나타낸 것이다. 수온 $10 \pm 1^\circ C$ 의 경우, 대조구의 산소소비율은 실험기간 동안 성패 0.007-0.008 $mgO_2/ind./h.$ 그리고 치패 0.0045-0.0052 $mgO_2/ind./h.$ 의 범위를 나타내었으며, 염분 26.8 psu에 노출시킨 경우에는 대조구와 유사하거나 다소 높은 경향을 보였다. 반면 각 실험 염분에 노출시킨 꼬막의 산소소비율은 노출 10일째 성패와 치패에서 모두 감소한 후 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 수온 $25 \pm 1^\circ C$ 의 경우에는, 대조구에서 성패 0.14-0.15 $mgO_2/ind./h.$ 그리고 치패 0.02-0.03 $mgO_2/ind./h.$ 를 나타내었다. 그러나 염분 20.1 psu이하에 노출된 꼬막의 경우에는 각 실험 염분의 노출 기간 동안 개체크기에 관계없이 산소소비율은 감소하였으며, 노출 10일째에는 70-90%의 감소를 나타내어 수온과 저염분에 대한 치명적인 생리적 스트레스를 나타내었다 (Fig. 3).

Fig. 4는 동계 ($10 \pm 1^\circ C$) 와 하계 ($25 \pm 1^\circ C$) 수온에서 각 실험 염분에 노출시킨 꼬막의 여수율 변화를 나타낸 것이다.

동계수온 $10 \pm 1^\circ C$ 에서, 대조구의 여수율은 성패 4.9-5.3 $ml/ind./h.$ 그리고 치패 1.9-2.2 $ml/ind./h.$ 으로 실험기간동안 유사하였다. 그러나 염분 20.1 psu 이하의 노출구의 경우 여수율은 노출 10일 째 감소를 보인 후 다소 증가하는 산소소비율과 유사한 경향을 보였으나, 노출 40일째에는 26.8 psu 이하의 실험 염분구에서 감소하는 경향을 보였다. 반면, 하계수온 $25 \pm 1^\circ C$ 의 경우에는 대조구에서 여수율은 성패 53 $ml/ind./h.$ 와 치패 14.3-16.6 $ml/ind./h.$ 였으며, 각 실험 염분 노출구에서는 저염분의 노출기간이 길어짐에 따라 여수율은 현저히 감소하였다 (Fig. 4).

고 찰

꼬막은 간석지에 서식하는 종으로서 공기 중의 노출로 인하여 환경 변화에 직접적인 영향을 받게 되어 있다. 이 중에서 겨울의 혹한과 여름의 혹서, 그리고 집중호우에 의한 저염분 지속, 노출시의 호흡과 노출로 인한 생존한계 등 여러 환경요인에 민감할 수밖에 없다. 조개류의 생리활성을 판단하는 기준으로 여수율 (Loosanoff, 1950; Navarro and Winter, 1982; Nakamura *et al.*, 1990c), 산소소비 (Van Winkle, 1968; Mohlenberg and Kiorboe, 1981; Shumway and Koehn, 1982; Jeong, 2000), 심장 박동수 (Feng and Van Winkle, 1975) 등 많은 연구가 있으나 본 연구에서는 동계와 하계수온에서 염분에 따른 내성을 조사하였다.

일반적으로 염분은 해양 및 연안생물의 생리적 과정에 영향을 미치며, 낮은 염분에서 전형적인 반응은 먹이섭취와 성장을

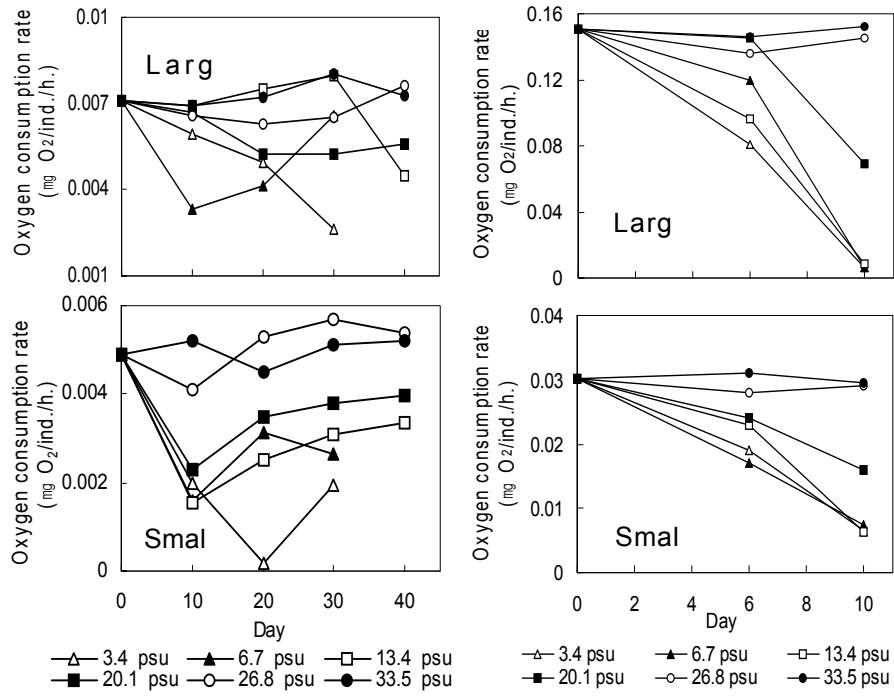


Fig. 3. Oxygen consumption of blood cockle, *Tegillarca granosa* with different salinities at $10 \pm 1^\circ\text{C}$ (left) and $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (right)

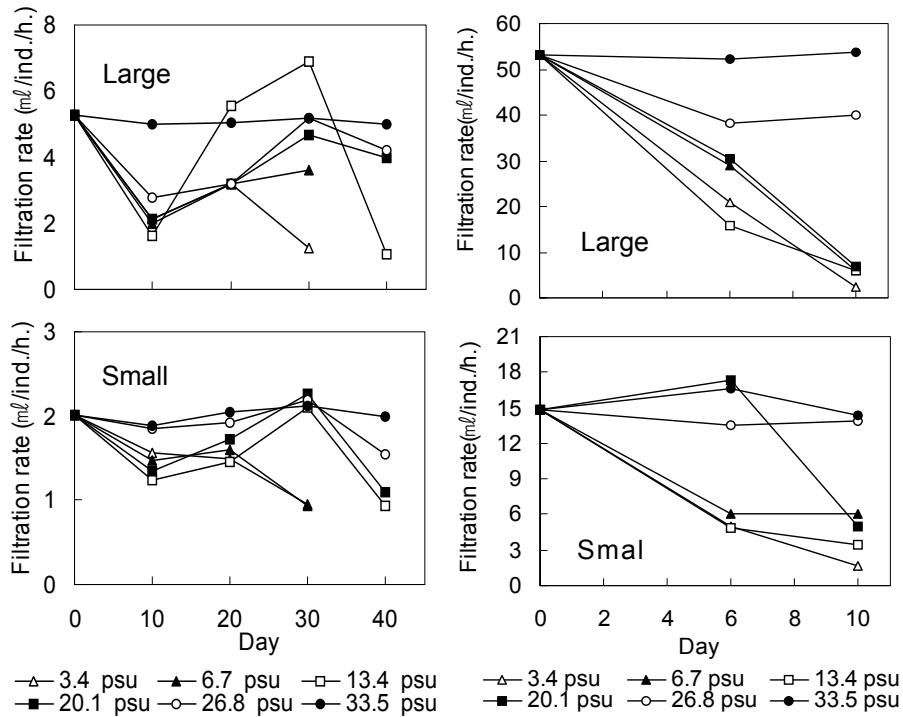


Fig. 4. Filtration rate of blood cockle, *Tegillarca granosa* with different salinities at $10 \pm 1^\circ\text{C}$ (left) and $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (right).

Table 2. Salinity tolerance (LS₅₀) on each specific period in several cultured bivalves

Species	Individual size	Acclimation Temperature (°C)	Exposure period (day)	LS ₅₀ (psu)	References
<i>Mytilus coruscus</i>	Juvenile	20	9	17.0-21.8	Shin and Wi (2004)
<i>Haliotis diversicolor</i>	Juvenile	20	-	20-45	Chen and Chen (2000)
<i>Argopecten purpuratus</i>	Shell height 25-100 mm	12	-	27.0	Navarro and Gonzalez (1998)
<i>Scapharca broughtonii</i>	Adult	25	9	16.5 (14.9-18.1)	Shin <i>et al.</i> (2006)
	Adult	25	11	16.8 (12.9-21.2)	This paper
	Adult	10	44	15.8 (13.5-18.2)	This paper
<i>Tegillarca granosa</i>	Juvenile	25	11	22.4 (20.8-24.7)	This paper
	Juvenile	10	44	16.2 (14.1-18.4)	This paper
<i>Anadara granosa</i>	Adult	28-30	7	19.0	Davenport and Wong (1986)
<i>Tresus keenae</i>	Juvenile	20	5	29.1	Shin and Yang (2005)

감소 (Bohle, 1972; Widdows, 1985) 와 폐각의 폐쇄 (Hand and Stickle, 1977; Shumway, 1977) 등이다. 특히 연안에서 양식하고 있는 패류는 rain period의 저염분에 노출되어 있는 기간동안, 성장률 감소 (Bohle, 1972), 호흡률 및 배설률 증가 (Navarro and Gonzalez, 1998) 등 다양한 생리적 변화를 나타낸다.

Table 1에서 보이는 바와 같이 양식 패류들의 염분에 대한 임계 내성 범위는 다양하게 나타난다. 본 실험 중인 blood cockle *T. granoa*의 LS₅₀은 수온 25°C에서 16.8 psu (신뢰한계 12.9-21.2 psu), 치패 22.4 psu (신뢰한계 20.5-24.7 psu) 으로 개체간의 유의한 차이를 보인 반면, 수온 10°C에서는 성패와 치패에서 각각 16.8 ppm (13.5-18.2 ppm) 과 16.2 psu (14.1-18.4 psu) 으로 개체간의 차이는 나타나지 않았다. 한편 같은 Arcidae에 속하는 ark shell *S. broughtonii* (Shin *et al.*, 2006) 는, 수심 10-30 m에서 양식되고 있는데, 수온 25°C에서 9일 동안의 LS₅₀은 16.5 psu 으로서 반수치사임계 염분은 유사할지라도 인내 가능한 내성 기간에 차이를 보여 같은 family에 속하는 종일지라도 염분내성에 차이를 보였다. 또한 *Mytilus coruscus*의 경우 수온 20°C에서 9일 동안 17.0-21.8 psu (Shin and Wi, 2004) 그리고 *Tresus keenae* 치패 (Shin and Yang, 2005) 는 5일 동안 수온 20°C에서 29.1 psu으로 중간 다양한 차이를 나타

내었으며, ark shell의 염분 내성범위보다 다소 높게 나타나 같은 연안에 서식하는 생물일지라도 종에 따라 생리적 상태 및 염분변화에 대한 내성의 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 지리적 분포 및 서식지 (Widdows, 1985) 에 의해 영향을 받는 것으로 보인다. 또한 종에 따라 서로 다른 내성범위를 갖는 것은 그 생물이 가지는 고유한 유전적 범위 (Otto, 1973) 에 기인하는 것으로 여겨진다.

생물체의 대사지표로서 이용되는 산소소비율은 생리적으로 스트레스를 겪고 있는 생물에서 여러 가지 형태로 변화하는데 (Sastry and Varge, 1977), Almada-Villela (1984) 는 다양한 환경변화의 스트레스에 노출된 생물에서 산소소비율이 증가하거나 감소하는 것으로 보고하였다.

꼬막의 산소소비율은 수온 10°C에서 염분 26.8 psu에 노출시킨 경우에는 대조구와 유사하거나 다소 높은 경향을 보였으나, 20 psu이하의 각 실험 염분에 노출시킨 꼬막의 산소소비율은 노출 10일째 성패와 치패에서 모두 감소한 후 다시 증가하는 경향을 나타내었다. 반면 수온 25°C에 노출된 경우에는 염분 20.1 psu이하에 노출된 경우 각 실험 염분의 노출 기간 동안 개체크기에 관계없이 산소소비율은 감소하였으며, 노출 10일째에는 70-90%의 감소를 나타내어 수온과 저염분에 대한 치명적인 생리적 스트레스를 나타내었다. 또한 여수율은 10°C에 비해 25°C에서 저염분의 노출기간이 길어짐에 따라

여수율은 현저히 감소하였으며, 산소소비율과 유사한 양상을 나타내었다. 이는 Chilean scallop, *Argopecten purpuratus* (Navarro and Gonzalez, 1998) 의 저염분에서 산소소비율의 감소양상과 유사하였다. 또한 *M. edulis* (Widdows, 1985) 의 경우에도 20-30 psu에서 산소소비율, 여수율 및 에너지수지가 일정하게 유지된 반면 20.0psu 이하에서는 모든 대사가 감소되어 생리적 내성범위내에서 염분변화에 따라 대사조절이 가능하지만 생리적 내성범위를 벗어나면 모든 대사가 감소하여 조절능력이 떨어져서 사망할 것으로 추정된다.

조개류에 있어서 염분에 대한 내성은 알, 유생, 치패 순서로 증가하며, 성패 (노령패) 에서는 감소하며 (Tettelbach and Rhodes, 1981; Dame, 1996), 염분 감소 요인에 따른 반응에서 alanine, arginine, glutamic acid 농도는 증가하고, 반면에 aspartic acid, glycine은 10%를 유지하면서 감소 (de Zwaan and Zandee, 1972) 하는 것으로 보고하였다. Davenport and Wong (1986) 는 꼬막은 염분 19 이하에서 효과적인 폐각 개폐작용으로 낮은 염분에 대해 광적응성이 있고 폐각의 달음은 비교적 짧은 기간동안 유지되므로, 이 종은 약 3일 이상 유지되는 낮은 염분에는 피해를 보기 쉽고, 또 조석에 의한 노출로 저산소 상태에 잘 적응할 수 있는 산소조절 능력이 있으며, 물에 잠겼을 때 넓게 벌려서 호흡공기 (수중 산소와 비슷한 공기 중 산소) 에 반응하는 다양한 생리적 반응을 보이는 점에 비추어보면 꼬막은 공기노출, 고수온, 저산소 등 환경변화에 다양하게 변화하며 강한 내성을 가진 종으로 여겨진다.

종합하여보면 blood cockle *T. granaea*의 LS_{50} 은 수온 25°C에서 성패 16.8 psu (신뢰한계 12.9-21.2 psu) 와 치패 22.4 psu (신뢰한계 20.5-24.7 psu) 이었으며, 수온 10°C에서는 성패와 치패에서 각각 16.8 psu (13.5-18.2 psu) 과 16.2 psu (14.1-18.4 psu) 으로 이었다. 특히 한국에서는 여름철에 집중호우가 내리고 이 시기에 연안의 염분은 10psu 이하로 떨어지기도 한다. 이 기간동안 여름철의 고수온과 저염분에 의해 연안에서 양식되고 있는 패류들의 대량폐사가 빈번히 발생하고 있으나 이러한 연구가 미흡하여 제대로 이루어지지 않고 있는 실정으므로 이 연구는 여름철 폐사원인 규명에 중요한 기초 자료가 될 것이다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원 (꼬막 양식기술개발연구, RP-2010-AQ-009) 의 지원에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

Almada-villela, P.C. (1984) The effects of reduced salinity on the growth of small *Mytilus edulis*. *J.*

- Mar. Biol. Ass. U.K.*, **64**: 171-182.
- Bohle, B. (1972) Effects of adaptation to reduced salinity on filtration activity and growth of mussels (*Mytilus edulis*). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **10**: 41-49.
- Dame, R. F. (1996) Ecology of Marine Bivalves: An Ecosystem Approach. CRC Press, Boca Raton, FL. 254 pp.
- Davenport, J. and Wong, T.M. (1986) Responses of the blood cockle *Anadara granosa* L. (Bivalvia: Arcidae) to salinity, hypoxia and aerial exposure. *Aquaculture*, **56**: 151-162.
- Feng, S. Y. and Winkle, W. Van. (1975) The effect of temperature and salinity on the heart beat of *Crassostrea virginica*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **50**: 473-476.
- Finney D.J. (1971) Probit Analysis, 3rd ed. Cambridge University Press. London, pp. 333.
- Hand S.C. and Stickle, W.B. (1977) Effects of tidal fluctuations of salinity on pericardial fluid composition of the American *Crassostrea virginica*. *Mar. Biol.*, **42**: 259-271.
- Loosanoff, V. L. (1950) Rate of water pumping and shell movements of oyster in relation to temperature (Abstract). *Anat. Rec.* 108, pp. 620.
- Mohlenberg, F. and Kiorboe, T. (1981) Growth and energetics in *Spisula subtruncata* (Da Costa) and the effect of suspended bottom material. Marine Biol. Lab., Strandpromenaden, DK-3000 Helsingor, Denmark. *Ophelia*, **20**: 79-90.
- Nakamura, Y., Yoshimasa, A. and Takashi, O. (1990) On measurements of the oxygen consumption and filtration rate of juvenile surf clams. *Japan Aquacul. Soc.*, **38**: 269-274.
- Navarro J.M. and Gonzalez, C.M. (1998) Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. *Aquaculture*, **167**: 315-327.
- Navarro, J.M. and Winter, J.E. (1982) Ingestion rate, assimilation efficiency and energy balance in *Mytilus chilensis* in relation to body size and different algal concentration. *Mar. Biol.*, **67**: 255-266.
- Otto, R.G. (1973) Temperature tolerance of the mosquito fish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). *J. Fish Biol.*, **5**: 575-585.
- Pierce, S.K and Greenberg, M.J. (1972) The nature of cellular volume regulation in marine bivalves. *J. Exp. Biol.*, **57**: 681-692.
- Shumway, S. (1977) The effects of fluctuating salinity on the tissue water content of eight species of bivalve mollusks. *J. Comp. Physiol.*, **116**: 269-285.
- Shumway, S. E. and Koehn, R.K. (1982) Oxygen consumption in the American oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **9**: 59-68.
- Sastry A.N. and Vargo, S.L. (1977) Variations in the physiological response of crustacean larvae to temperature. *In*: Vernberg, F.J., Calabrese, A., Thurberg, F.P., Vernberg W.B.(Eds.), Physiological response of marine biota to pollutants. Academic

- Press, New York., pp. 410-424.
- Shin, Y.K., Kim, B.H. Oh, B.S. Jung, C.G., Sohn, S.G. and Lee, J.S. (2006) Physiological responses of the ark shell *Scapharca broughtonii* (Bivalvia: Arcidae) to decrease in salinity. *J. Fish. Sci. Technol.*, **9**(4): 153-159.
- Shin, Y.K. and Yang, M.H. (2005) Effects of temperature and salinity on the survival and metabolism of *Tresus keenae* (Mollusca: Bivalvia). *J. Fish. Sci. Technol.*, **8**(3): 161-166.
- Shin, Y.K. and Wi, C.H. (2004) Effects of temperature and salinity on survival and metabolism of the hard shelled mussel *Mytilus coruscus*, Bivalve: Mytilidae. *J. of Aquaculture*, **17**(2): 103-108.
- Tettelbach, S. T. and Rhodes, E.W. (1981) Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop *Argopecten irradians*. *Mar. Biol.*, **63**: 249-256.
- Tucker, L.E. (1970) Effects of external salinity on *Scutus breviculus* (Gastropoda, Prosobranchia)-I. Body weight and blood composition. *Comp. Biochem. Physiol.*, **36**: 301-319.
- Van Winkle, W. (1968) The effects of season, temperature and salinity on the oxygen consumption of bivalve tissue. *Comp. Biochem. Physiol.*, **26**: 69-80.
- Widdows, J. (1985) The effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of *Mytilus edulis*. **In**: Gray, J. S., Christiansen, M.E. (Eds.), Marine Biology of Polar Regions and Effects of stress on marine organism. Wiley-Interscience, pp. 555-566.
- Zwaan A. de and Zandee D. I. (1972) The utilization of glycogen and accumulation of some intermediates during anaerobiosis in *Mytilus edulis*. *Comp. Biochem. Physiol.*, **43B**: 47-54.