

바지락 (*Ruditapes philippinarum*)의 온도 및 염분 내성

신윤경·김 윤·정의영*·허성범**

국립수산진흥원 남해수산연구소, *군산대학교 해양자원육성학과, **부경대학교 양식학과

Temperature and Salinity Tolerance of the Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*

Yun-Kyong SHIN, Yoon KIM, Ee-Yung CHUNG* and Sung-Bum HUR**

South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute

*Department of Marine Living Resources, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

**Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Tolerance on temperature and salinity of *Ruditapes philippinarum* was investigated in five different salinity, 32.0, 25.6, 19.20, 12.80, 6.40, 3.20‰ with increasing continuously 1°C/day, 2°C/day and 3°C/day water temperature. *R. philippinarum* was acclimated to 18°C and 25°C before the experiment. Oxygen consumption rates and filtration rates of *R. philippinarum* were estimated during the experiment. LT₅₀ of two stocks acclimated to 18°C and 25°C were similar. However, the maximum tolerance temperature of a stock acclimated 18°C was 36°C while a stock acclimated 25°C was 37°C. This suggested that the higher water temperature a stock acclimated, the higher tolerance a stock showed. The survival rates of *R. philippinarum* with the changes in salinities decreased below 19.2‰ at 18°C and 25°C. Oxygen consumption rates in the experimental group acclimated at 18°C reduced with decreasing of salinity concentrations, while those of the experimental group acclimated at 25°C showed irregular trend. Filtration rates revealed the maximum at 24~28°C in the experimental group acclimated at 18°C and 31~33°C in those at 25°C. Filtration rates sharply decreased at the lower salinity concentrations.

Key words: *Ruditapes philippinarum*, Temperature, Salinity tolerance, Oxygen consumption rates, Filtration rates

서 론

일반적으로 변온동물은 환경에 수동적으로 순응하면서 변화된 온도에 장기간 유지되면 그들의 대사작용을 재 조절하는 것으로 알려져 있다. 이러한 온도변화에 대한 대사작용의 온도보상 또는 온도순화는 이들 동물의 환경적 적응이라고 할 수 있다. 온도는 대사율, 활성도 및 에너지 균형 등에 영향을 미치는 직접적인 요인(Newell and Kofoed, 1977)이며, 염분에 의한 삼투조절 능력은 생태적 내성에 영향을 미치므로 해양생물의 분포를 결정하는 중요한 요인 중의 하나이다(Kinne, 1966; Rippingale and Hodgkin, 1977).

대부분의 경우 생물은 환경변화에 대하여 보상할 수 있는 능력을 가지고 있으며, 이러한 능력은 정상적인 환경범위 내에 있다. 이때 패류의 수온 및 염분에 대한 내성은 그들의 서식환경에 따라 영향을 받으며, 지리적 분포나 생리적 적응현상에 다양한 영향을 미친다.

염분이 낮은 환경에서 생물이 인내할 수 있는 생리적 기작으로는 물에 대한 투과성 및 이온흡수율을 높이고, 혈림프에 아미노산이나 펩티드와 같은 삼투조절능력이 있는 물질의 방출을 증가시켜 환경에 견디게 한다(Hewitt, 1992).

염분내성에 관한 것으로는 패류에서 삼투조절과 관련하여 염분 내성 등이 보고(Deaton et al., 1989; Maslin, 1989)되어 있으며, 염분감소에 따른 생리적 반응(Navarro and Gonzalez, 1998) 등의 연구가 있다.

온도내성에 관한 연구는 어류(Manasveta, 1981; William, 1997)에서 주로 보고되어 있으며, 이는 상·하한 온도내성 한계 및 치사온도에 관한 것이며, 패류에서는 계절 및 지리적 분포 등과 관련한 온도내성(Wilson, J.G., 1981; Wilson and Elkaim, 1991; Urban, 1994), 온도변화에 대한 대사반응(Hilbish, 1987), 그리고 패류 유생의 온도내성(Wright et al., 1983) 등에 관한 보고가 있다.

바지락, *Ruditapes philippinarum*은 전 연안에 널리 분포하고, 조간대에서 2~3 m 깊이까지 담수가 섞이는 사니질 해안에 많이 서식하며(柳, 1976), 최근에 와서는 주요 양식 종으로 선호되고 있으나, 환경수질의 악화로 인해 대량 폐사되어 사회적 물의를 일으키고 있다. 따라서 본 연구는 바지락의 지속적 생산을 위한 modelling 연구의 일환으로서, 기초자료를 제시할 목적으로 수온상승 및 염분변화에 대한 바지락의 생태 생리적 일면을 파악하여 환경변화에 대처할 수 있는 수온 및 염분의 한계와 내성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 바지락은 서해안의 곰소만에서 채집하여 실험실로 옮긴 후 40ℓ 수조에서 실내 사육하면서 실험에 사용하였다. 이때 먹이는 *Isochrysis galbana*를 공급하였으며, 수온은 20 ± 1°C, 염분은 32 ± 1‰, 그리고 명암은 12L : 12D로 조절하였다. 실험방법은 수온의 경우, 18 ± 0.5°C 및 25 ± 0.5°C에서 10일간 순응시킨

본 연구는 1998년도 수산특정연구개발과제의 연구비지원에 의한 연구결과의 일부입니다.

후, 각 순응온도에서 온도조절기 및 티타늄 히터기를 사용하여 매일 1, 2 및 3℃씩 상승시켜 상한 치사온도를 측정하였다. 그리고 염분은 32.0, 25.6, 19.2, 12.8, 6.40 및 3.20‰으로 실험용액을 설정하여 각 실험수온구 및 염분구에 개체 20 마리씩 넣고 환수식 방법으로 하였으며, 매일 사망개체를 점검하여 패각이 열려 있거나 침으로 자극을 주어 반응이 없으면, 죽은 것으로 간주하여 사망률로 환산하였다.

산소소비율과 여수율은 수온상승 및 염분의 각 실험구에서 무작위로 추출하여 측정에 사용하였으며, 산소소비율은 산소검량기(YSI 5000형)를 사용하여, 실험전 후의 용존산소값의 차이로 계산하였다. 한편, 여수율은 Cole and Hepper (1954)의 방법에 의하여 600 ml 용량의 산소병에 0.001%의 neutral red 해수를 넣은 다음 실험 동물을 넣고 실험전후의 색소파턴 제거율을 비색계로 파장 500 nm에서 측정하여 계산하였다. 바지락 육질부의 건조중량은 실험을 마친 후 바지락의 패각을 열어 육질만을 선별하여 증류수로 헹군 후 80℃에서 24시간 건조시킨 후 측정하여 이용하였다. 실험온도에 따른 반수치사온도 (Lethal Temperature: LT₅₀)은 probit법에 의해 분석 (Finney, 1971)하였으며, 자료분석에 사용한 통계처리는 SPSS-통계패키지를 이용하여 ANOVA 및 Duncan's multiple range test에 의해 판정하였다.

결 과

수온 18℃와 25℃에 순응시킨 바지락의 수온변화에 따른 생존율은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이, 18℃의 경우, 하루에 1℃씩 상승시킨 실험구에서는 노출 11일째 수온 29℃부터 급격히 사망하기 시작하여 14일째 수온 32℃에서 모두 사망하였다. 그리고 하루에 2℃ 및 3℃씩 상승시킨 실험구에서는 노출 4~6일째, 수온 30℃ 이상부터 급격히 사망하기 시작하여 각각 노출 9일째와 6일째, 수온 36℃에서 모두 사망하였다. 25℃의 경우는 하루에 수온을 1℃씩 상승시켰을 때 18℃ 실험구와 마찬가지로 수온 29℃에서 사망하기 시작하였으며 노출 8일째인 수온 33℃에서 모두 사망하였다. 그러나 하루에 2℃ 및 3℃씩 증가시킨 실험구들에서는 각각 노출 6일과 4일째인 수온 37℃에서 모든 개체가 사망하여 18℃에 순응시킨 실험구에 비해 순응시킨 온도가 높았으므로 생존일수는 낮았으나, 최대 임계온도는 높게 나타났다.

18℃와 25℃에 순응시킨 바지락의 반수치사 온도는 하루에 1℃씩 상승시킨 실험구들의 경우는 각각 30.1℃와 30.2℃를 나타내었고, 2℃씩 상승시킨 실험구들에서는 33.7℃와 33.6℃를 나타내어 순응시킨 온도에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 18℃에 순응시킨 실험구에서는 하루에 3℃씩 증가시킨 경우, 30℃에서는 100%의 생존율을 나타내었으나 33℃이상의 온도에서는 급격한 사망률을 나타내고 있어 (Fig. 1), 반수치사온도는 나타낼 수 없었으나, 25℃에 순응시킨 후 하루에 3℃씩 증가시킨 실험구의 반수치사온도 (LT₅₀)은 32.2℃를 나타내었다 (Table 1).

수온 18℃와 25℃에서 순응시킨 바지락의 수온 증가에 따른 산소소비율 및 여수율의 변화는 Fig. 2와 3에 나타낸 바와 같이 하

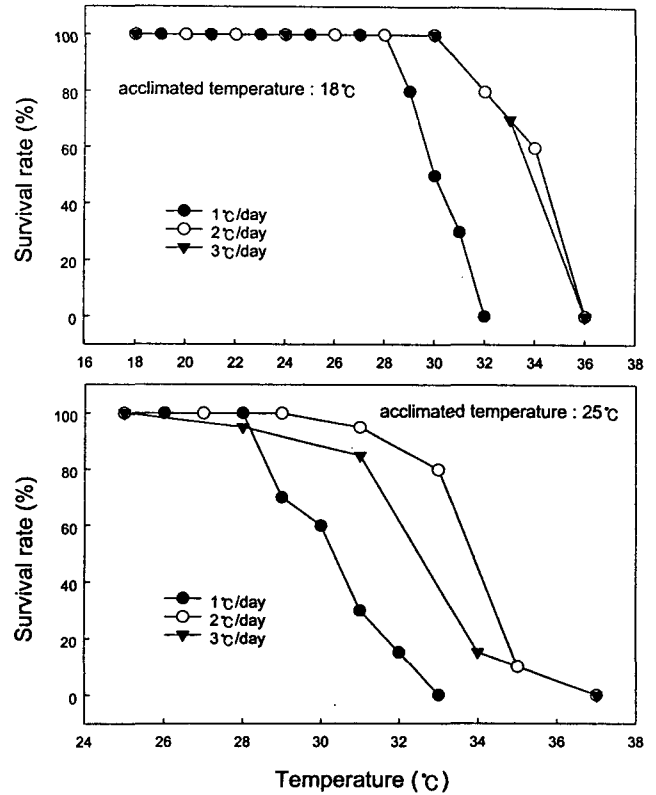


Fig. 1. Changes in survival rates of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18℃ and 25℃ with increase of temperature.

Table 1. LT₅₀ (Lethal Temperature) values and their 95% confidence intervals of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18℃ and 25℃

Acclimation temperature(℃)	stock	LT ₅₀ (℃)	95% confidence intervals(℃)
18	1℃/day	30.1	29.4~30.7
	2℃/day	33.7	32.0~36.0
	3℃/day	-	-
25	1℃/day	30.2	29.6~30.8
	2℃/day	33.6	32.7~34.6
	3℃/day	32.2	30.5~34.1

루에 1℃씩 증가시킨 경우 바지락의 산소소비율의 변화는 수온 30℃까지 꾸준히 증가하는 경향을 보인 후 감소하였으며, 하루에 2℃ 및 3℃씩 증가시킨 경우에는 대체로 사망 직전까지 증가하는 경향을 나타내었다. 수온증가에 따른 여수율의 변화는 18℃에 순응시킨 바지락의 경우, 하루에 각각 1℃, 2℃ 및 3℃씩 증가시킨 실험구들에서 각각 25℃, 28℃ 및 27℃에서 최대치를 보인 후 감소하는 경향을 보였다. 한편 25℃에 순응시킨 경우는 하루에 1℃와 3℃씩 증가시킨 실험구에서는 31℃에서 최대치를 나타내었으나, 2℃씩 증가시킨 실험구에서는 33℃에서 최대를 보인 후 감소하는 경향을

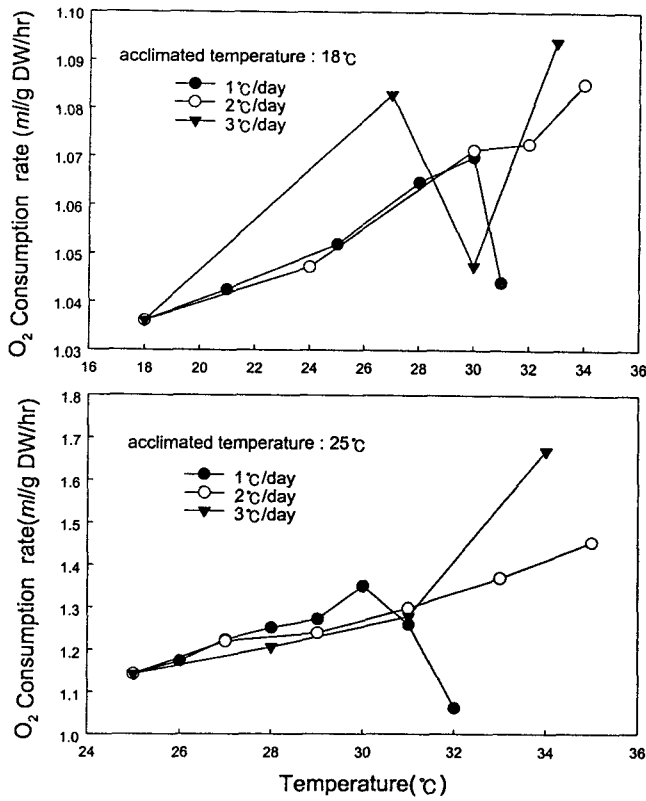


Fig. 2. Changes in oxygen consumption rates of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18°C and 25°C with increase of temperature.

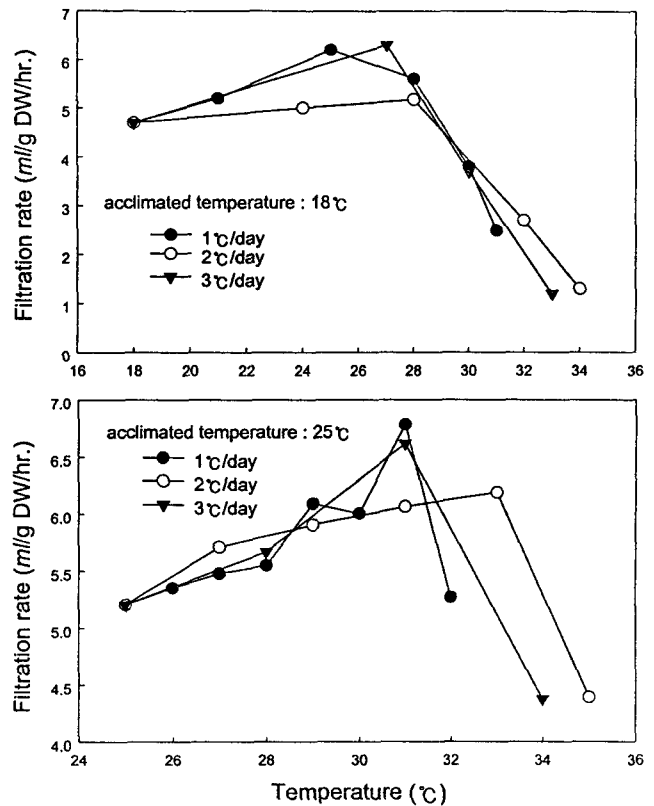


Fig. 3. Changes in filtration rates of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18°C and 25°C with increase of temperature.

보여 18°C에 순응시킨 실험구에 비해 25°C에 순응시킨 실험구들이 보다 높은 온도에서 여수율의 최대치를 나타내었다. 따라서 수온 증가에 따른 여수율은 18°C에 순응시킨 실험구의 경우는 24~28°C에서, 25°C에 순응시킨 실험구의 경우는 31~33°C에서 최대치를 보인 후 감소하였다.

Fig. 4는 수온 18°C와 25°C에서 순응시킨 바지락의 염분변화에 따른 생존율의 변화를 나타낸 것으로, 18°C에 순응시킨 경우는, 각 염분 실험구별로 12일 동안 19.2% 이상에서 노출 시켰을 때 생존율이 60% 이상을 나타내었으나, 25°C에 순응시킨 경우에는 6.40% 이하 실험구들에서 5일 이내에 사망률 100%를 나타내었다. 대체로 각 염분별 노출일수에 따라 완만한 사망률을 보여 유의성은 없었으나 ($P>0.05$), 18°C에 비해 25°C에 순응시킨 실험구들에서 염분별 영향이 다소 크게 나타났다.

18°C와 25°C에 순응시킨 바지락의 각 염분농도별 산소소비율과 여수율을 Fig. 5와 6에 나타내었다. 18°C에 순응시킨 바지락 실험구들의 경우, 염분의 감소에 따라 산소소비율도 감소하는 경향을 보였으며, 각 염분에 노출된 경과 일수에 따라 감소하는 경향을 보였다. 그러나 25°C에 순응시킨 바지락 실험구들에서는 염분이 감소함에 따라 산소소비율은 다소 불규칙하게 나타났다. 한편 여수율은 18°C에 순응시킨 경우 32.0%에서 가장 높게 나타난 반면, 25°C에 순응시킨 실험구에서는 25.6%에서 가장 높았으나, 염분감

소에 따라 그리고 각 염분별 노출 경과 일수에 따라 대체로 감소하는 경향을 보였다.

고 찰

패류에 미치는 온도의 영향은 성장, 생존 및 생식특성에 영향을 미치며 (Calow, 1981; Wilson, 1988), 염분은 해양 및 기수지역에 서식하는 생물의 생리적 과정에 영향을 미치는데 (Kinne, 1967; Widdows, 1985a), 특히 온도와 염분의 변화로 인해 패류에서 일어나는 전형적인 반응은 패류의 먹이섭취 활동과 성장률이 저하되며, 버어지니아굴, *Crassostrea virginica* (Hand and Stickle, 1977)와 *Modiolus modiolus* (Shumway, 1977) 등에서는 패각을 열지 않는 반응을 보인다.

환경의 온도는 동물의 대사율에 중요한 역할을 하며, 여러 가지 다른 환경요인과 복합하여 영향을 미친다 (Venables, 1981). 온도 내성한계는 생물이 이전에 경험했던 비유전적 적응의 범위와 관련되어 있으며, 반면에 동일한 환경조건하에서 생물이 서로 다른 온도내성범위를 갖는 것은 그 생물이 가지는 한정된 유전적 범위로서 보고하고 있다 (Otto, 1973).

대체로 순응온도에 따른 바지락의 반수치사 온도는 30.1°C~

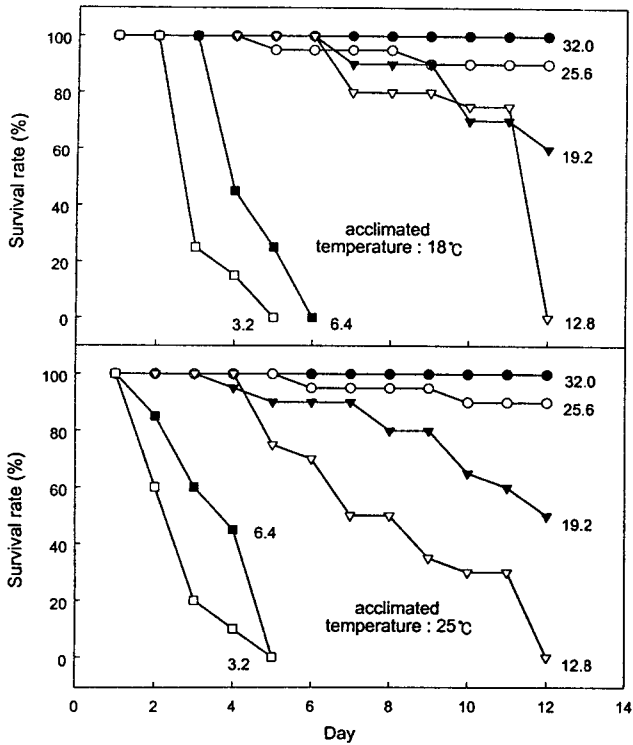


Fig. 4. Survival rates of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18°C and 25°C during 12 days exposure to each salinity.

33.7°C 범위에 있었으며, 순응시킨 온도에 따른 LT₅₀의 차이는 나타나지 않았으나, 최대 임계온도는 18°C 순응실험구에서 36°C였으며, 25°C 순응실험구에서는 37°C로 순응온도가 증가할수록 온도에 대한 내성이 다소 크다는 것을 보여주고 있다.

어류인 홍민어의 경우, 12°C에 순응시킨 개체의 상한 온도내성 한계는 27°C~29.5°C였으며, 20°C에서는 32°C~34.5°C, 28°C에 순응시킨 개체의 경우는 37°C로 보고 (Procarione and King, 1993) 되어 있어 순응온도의 증가에 따라 상한 온도내성 한계가 상승됨을 보여 주고 있다. 또한 송어류인 *Mugil dussumerii*의 경우도, 22.5, 24.7°C 그리고 29.5°C에 순응한 개체에 있어서 AT (avoidance temperature)는 각각 34.0, 35°C 그리고 35.8°C였으며, 평균 최대임계온도는 38.8, 39.8°C 그리고 42.0°C로 홍민어와 유사한 경향을 나타내었으며, 본 논문에서 바지락의 순응온도의 증가에 따라 최대 임계온도가 증가한 결과와도 유사한 경향을 나타내었다.

바지락 염분변화에 따른 생존률은 두 순응온도에서 염분 감소에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으며, 6.4‰ 이하의 저염분에서는 5~6일 이내 모두 사망하여 고수온-저염분의 복합구에서 생존률의 감소가 현저하였다.

일반적으로 변온동물의 대사율은 기아, 활동도, 수온 및 염분 등의 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는데 (Smith, 1965; Newell, 1973), Krogh (1914)가 산소소비율과 수온간의 관계를 보고한 바에 의하면, *Australorbis glabratus*는 수온 증가에 따라 37°C까지 산소소비율이 증가하였다 (von Brand et al., 1948)고 하였다.

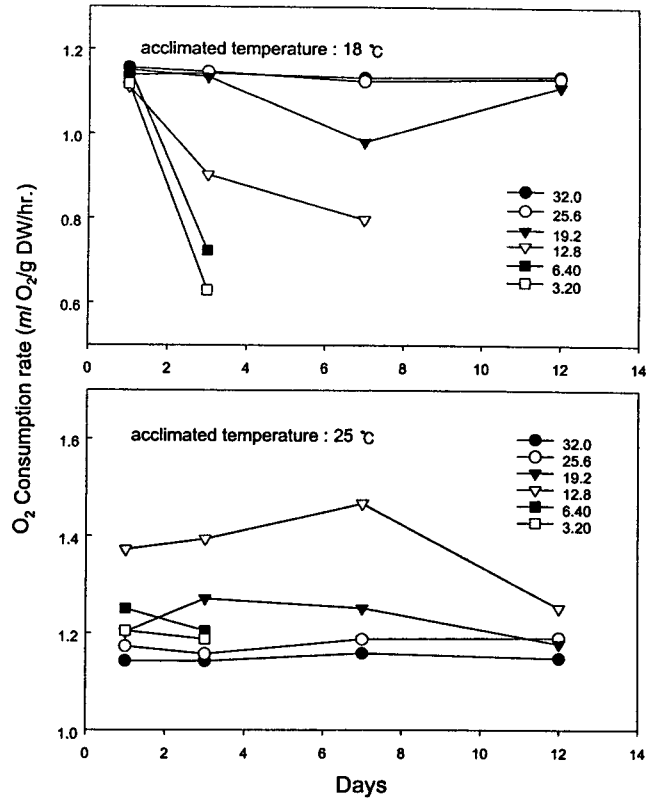


Fig. 5. Oxygen consumption rates changes of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18°C and 25°C during 12 days exposure to each salinity.

진주담치, *Mytilus edulis*의 호흡률은 20°C에서 최대를 보인 후 치사온도에서 호흡률이 감소하였고 (Read, 1962), *Littorina irrorata*는 35°C에서 최대를 나타내었다 (Newcombe et al., 1936). 본 실험에서 바지락은 18°C에 순응된 개체는 24°C에서, 25°C에 순응된 개체는 35°C에서 최대를 나타내어 대체로 수온 증가에 따라 호흡률이 감소하는 진주담치, *M. edulis*와 유사한 경향을 보였으며, 각종의 최대 산소소비점은 순응온도에 의해 영향을 받는 것으로 추정되었다.

저염분에서 산소소비율의 감소는 활동력의 감소와 관련되는데 (Cheung and Lam, 1995), 본 실험에서 바지락은 두 순응온도의 저염분에서 산소소비율 및 여수율이 현저한 감소를 하였으며, 패각의 개폐를 관찰할 수 없었다. Widdows (1985a)에 의하면 *Mytilus edulis*는 20~30‰의 염분범위 내에서는 산소소비율, 여수율 및 에너지수지가 일정하게 유지된 반면, 20‰이하의 염분에서는 모든 대사가 감소하였는데 이는 18°C에 순응된 바지락의 19.2‰ 이하의 염분농도감소에 따른 호흡률 및 여수율의 감소 경향과 유사하였다. 또한 해만가리비, *Argopecten irradians* (Palmer, 1980)의 여수율은 27~30‰에서는 일정하였으나, 18~21‰에서는 감소하여 본 조사의 염분변화에 따른 여수율의 결과와도 유사하였다. 그러나 25°C에 순응된 바지락의 산소소비율은 18°C에 순응된 개체와는 달리 대체로 저염분에서 높았는데 이는 고수온-저염

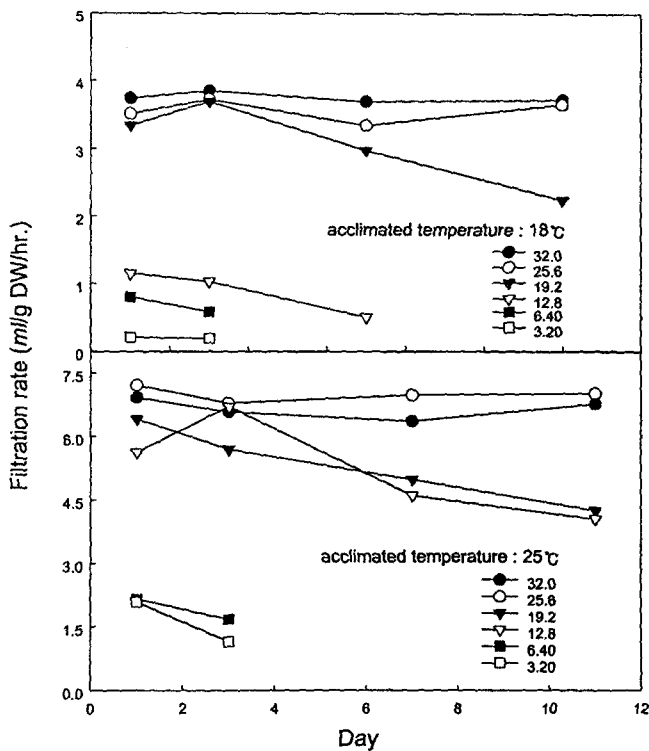


Fig. 6. Filtration rates changes of *Ruditapes philippinarum* acclimated at 18°C and 25°C during 12 days exposure to each salinity.

분의 복합적인 환경에서 생존하기 위한 생리적 전략의 일면인 것으로 사료된다.

따라서 바지락의 수온 및 염분의 내성에 대한 결과를 종합하여 보면, 수온온도에 따라 바지락의 최대 내성온도가 결정되며, 고수온 순응일수록 최대 내성온도가 상승되었다. 또한 염분농도 19.2‰ 이하에서는 생존률 저하 및 대사율이 감소하며, 고수온-저염분의 복합적인 영향이 크게 나타나므로 바지락 양식장의 환경 변화는 바지락의 생존, 성장 및 생식 등에 주요한 영향을 미칠 것으로 사료된다.

요 약

전북 곰소만에 서식하는 바지락, *Ruditapes philippinarum*을 대상으로 18°C와 25°C에 순응시킨 후 수온상승 (1°C/day, 2°C/day 및 3°C/day) 및 염분 (32.0, 25.6, 19.2, 12.8, 6.40 및 3.20‰) 변화에 따른 생존율, 여수율 및 산소소비율 등을 조사하였다. 18°C와 25°C에 순응시킨 바지락의 반수치사온도 (LT₅₀)는 두 수온온도구간에 차이를 나타내지 않았으나, 최대 임계온도는 18°C에 순응시킨 실험구는 36°C, 그리고 25°C에 순응시킨 실험구는 37°C로 고수온에 순응시킨 실험구에서 높았다. 염분변화에 따른 바지락의 생존율은 19.2‰ 이하에서 감소하였다. 산소소비율은 18°C에 순응시킨 바지락의 경우, 염분감소에 따라 감소한 반면 25°C에 순응시킨 실험구

에서는 산소소비율이 불규칙하였다. 한편, 수온증가에 따른 여수율은 18°C에 순응시킨 실험구의 경우 24°C~28°C에서, 25°C에 순응시킨 실험구의 경우는 31~33°C에서 최대를 보인 후 감소하였으며, 염분변화에 따른 여수율은 염분감소에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

참 고 문 헌

Calow, P. 1981. Resource, utilisation and reproduction. In *Physiological Zoology: an Evolutionary Approach to resource Use* (ed. C.R. Townsend and P. Calow), p. 245~270. Oxford: Blackwell Scientific Publication.

Cheung, S.G. and S.W. Lam. 1995. Effect of salinity, temperature and acclimation on oxygen consumption of *Nassarius festivus* (Powys 1985) (Gastropoda: *Nassarius festiidae*). *Comp. Biochem Physiol.*, 111A, 625~631.

Cole, H.A. and B.T. Hepper. 1954. The use of neutral red solution for the comparative study of filtration rate of *Lamelli* branchs. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 20, 197~203.

Deaton, L.E., J.G.B. Derby, N. Subhedar and M. Greenberg. 1989. Osmoregulation and salinity tolerance in two species of bivalve mollusc: *Limnoperna fortunei* and *Mytilopsis leucophaeta*. *J. Exp. Mar. Ecol.*, 133, 67~79.

Finney, D.J. 1971. *Probit Analysis*. 3rd ed. London: Cambridge University Press.

Hand, S.C. and W.B. Stickle. 1977. Effects of tidal fluctuations of salinity on pericardial fluid composition of the American *Crassostrea virginica*. *Mar. Biol.*, 42, 259~271.

Hewitt, D.A. 1992. Response of protein turnover in the brown tiger prawn *Penaeus esculentus* to variation in the dietary protein content. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103A, 183~187.

Hilbish, T.J. 1987. Response of aquatic and aerial metabolic rates in the ribbed mussel *Geukensia demissa* (Dillwyn) to acute and prolonged changes in temperature. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 105, 207~218.

Kinne, O. 1966. Physiological aspects of animal life in estuaries with special reference to salinity. *Neth. J. Sea. Res.*, 3, 222~244.

Kinne, O. 1967. Physiological of esturain organism with special reference to salinity and temperature: general aspect. In: Lauff, G.H. (Ed). *Esturaires*. American Association for the Advancement of Science. No. 83, Washington, DC, 525~540.

Newell, R.C. and L.H. Kofoed. 1977. Adjustment of the components of energy balance in the gastropod *Crepidula fornicata* in response to thermal acclimation. *Mar. Biol.*, 44, 275~286.

Krogh, A. 1914. The quantitative relation between temperature and standard metabolism in animals. *Intern. Z. Physik. Chem. Biol.*, 1, 491~508.

Maslin, J.L. 1989. The salinity tolerance of *Corbula trigona* (Bivalvia: Corbulidae) from a west-African lagoon and its variations. *Arch. hydrobiol.*, 117, 205~223.

Menasveta, P. 1981. Lethal temperature of marine fishes of the gulf of Thailand. *J. Fish. Biol.* 18, 603~607.

Navarro, J.M. and C.M. Gonzalez. 1998. Physiological responses of the chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. *Aquaculture*, 167, 315~327.

- Newcombe, C.L., C.E. Miller and D.W. Chappel. 1936. Preliminary report on respiratory studies in *Littorina irrorata*. Nature. 137, P. 33.
- Newell, R.C. 1973. Factors affecting the respiration of intertidal invertebrates. Am. Zool., 13, 513~528.
- Otto, R.G. 1973. Temperature tolerance of the mosquito fish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). J. Fish Biol., 5, 575~585.
- Palmer, R.E. 1980. Behavioral and rhythmic aspects of filtration. *Argopecten irradians* (Say), and the oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 45, 273~295.
- Procarione, L.S. and T.L. King. 1993. Upper and lower temperature tolerance limits for juvenile red drums from Texas and South Carolina. J. Aquat. Anim. Health, 5, 208~212.
- Rippingale, R.J. and E.P. Hodgkin. 1977. Food availability and salinity tolerance in a brackish water copepod. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 28, 1~7.
- Read, K.R.H. 1962. Respiration of the bivalve molluscs *Mytilus edulis* L. and *Brachidontes demissus plicatulus* Lam. as a function of size and temperature. Comp. Biochem. Physiol., 7, 89~101.
- Shumway, S. 1977. The effects of fluctuating salinity on the tissue water content of eight of bivalve molluscs. J. Comp. Physiol., 116, 269~285.
- Smith, H. 1965. Some experiments on the oxygen consumption of goldfish (*Carassius auratus*) in relation to swimming speed. Can. J. Zool., 43, 623~633.
- Venables, B.J. 1981. Oxygen consumption in a tropical beach amphipod, *Talorchestia margaritae* Stephenson: Effects of size and temperature. Crustaceana, 41, 89~94.
- Widdows, J. 1985a. 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 effect of stress on marine organism. Wiley-Interscience, 555~566.
- William, L.S. 1997. Mechanism of temperature acclimation in the channel catfish *Ictalurus punctatus*: Isozymes and quantitative changes. Comp. Biochem. Physiol., 118A, 813~820.
- Wilson, J.G. 1988. Resource partitioning and predation as a limit to size in *Nucula turgida* (Leckenby & Marshall). Func. Ecol., 2, 63~66.
- Wilson, J.G. and Elkain. 1991. Tolerance to high temperature of infaunal bivalves and the effect of geographical distribution, position on the shore and season. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 71, 169~177.
- Wilson, J.G. 1981. Temperature tolerance of circatidal bivalves in relation to their distribution. J. Therm. Biol., 6, 279~286.
- Wright, D.A., V.S. Kennedy, W.H. Roosenburg, M. Castagna and J.A. Mihursky. 1983. Temperature tolerance of embryos and larvae of five species under simulated power plant entrainment condition: A synthesis. Mar. Biol., 77, 271~278.
- Urban, H.J. 1994. Upper temperature tolerance of ten bivalves species off Peru and Chile related to El Nino. Mar. Ecol. Prog. Ser., 107, 139~145.
- von Brand, T. Nolan and E.R. Mann. 1948. Observations on the respiration of *Australorbis glabratus* and some other aquatic snails. Biol. Bull., 95, 199~213.
- 柳鍾生. 1976. 原色 韓國貝類圖鑑. 一志社. p. 129.

2000년 1월 13일 접수

2000년 5월 8일 수리