

바지락, *Ruditapes philippinarum* 치패의 수온내성과 바닥기질에 따른 성장

민광식, 이승주, 김병학, 박기열

국립수산과학원 패류연구센터

Tolerance against Water Temperature and Growth of *Ruditapes philippinarum* Spats in Different Substrates

Kwang-Sik Min, Seung-Ju Lee, Byoung-Hak Kim and Ki-Yeol Park

Shellfish Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Gyeongsangnam-do, 668-821, Korea

ABSTRACT

Water temperature tolerance of spats of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* was investigated in the different temperature groups, 15, 20, 25, 30 and 35°C. The survival rates of the groups were 99.7%, 91.0%, 88.7%, 73.3% and 0%, respectively ($p < 0.05$). When the temperature of the water decreased from 15°C to 5°C, the survival of spats was higher than when the temperature increased.

The growth and survival of spats were investigated in different types of bottom substrates in the tanks. The spats grew the best in the polyvinyl plates, the average shell length was 3.9 ± 0.4 mm. In the FRP tank bottom and sand bottom, the average shell lengths of spats were 3.6 ± 0.3 mm and 3.2 ± 0.3 mm, respectively. The best survival of spats was 38.2% in the sand bottom. In the FRP tank bottom and polyvinyl plates, survival were recorded 36.7% and 23.3% respectively. Total weight of spats cultured in the FRP tank bottom was (26.0 g) greater than that in the sand bottom (22.9 g) and in the polyvinyl plates (20.6 g) ($p < 0.05$).

Keywords: *Ruditapes philippinarum*, Spat, Growth and survival rate, Bottom substrate.

서 론

바지락, *Ruditapes philippinarum*은 백합과 (family Veneridea) 에 속하는 종으로 서해안과 남해안 천해의 조간대 지역에 주로 분포하며, 2003년도 양식생산량은 27,494 톤으로 국내 패류양식생산량 중에서 굴 다음으로 많은 산업적으로 매우 중요한 양식 품종이다. 그러나 양식에 필요한 종묘는 전량 자연종묘에 의존하고 있으며, 특히 최근에 이르러 자연 발생한 종묘의 수급이 불안정하여 양식용 종묘의 부족분은 점진적으로 인공종묘로 충당할 수밖에 없는 실정이다.

바지락의 난은 젤라틴상의 외피에 싸여져 참굴 등 부착성 이매패류에 비해 수정률과 유생의 생존율이 낮아 인공종묘 생산 시 생산성이 낮은 문제점을 안고 있다. 또한 바지락이 서식하고 있는 조간대는 환경조건의 변화, 특히 수온의 변화가 매우 심한 지역으로 이러한 수온의 영향은 성장, 생존 및 생식특성에 영향을 주는 것으로 보고되어 있다. 바지락 유생은 부유 생활을 마치면 바닥에 착저하여 즉시로 부착생활을 하다가 잠입하게 된다.

바지락에 관한 연구로는 생태 (Montaudouin, 1997), 생리 (Kim *et al.*, 1999), 형태변이 (Kim, 1978; Yoo *et al.*, 1978), 먹이생물 (Kim and Hur, 1998), 생식소 발달 및 산란기 (Eugenia *et al.*, 1992; Chung *et al.*, 1994), 초기성장 (Hur, 1994), 산소소비량 (Kim *et al.*, 1996), 용존산소 변화에 따른 생리적 반응 (Shin *et al.*, 2001) 등 많은 연구가 되어 있다.

본 연구는 인공종묘의 생산성을 향상시키기 위해 바지락 치패의 수온내성과 바닥기질에 따른 치패의 성장과 생존 그리고 생산성을 조사함으로써 바지락 생산성 향상에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 실시하였다.

Received September 20, 2004; Accepted December 8, 2004

Corresponding author: Min, Kwang-Sik

Tel: (82) 55-862-9640 e-mail: ksmin@nfrdi.re.kr

1225-3480/20203

© The Malacological Society of Korea

재료 및 방법

채란에 사용된 바지락 어미는 경남 남해군 문항리 마을어장에서 확보하여 사용하였다.

바지락 치패의 수온내성 시험은 평균 각장 2.9 ± 0.5 mm의 치패를 1 liter 비커에 100 마리씩 수용하여 5일간에 걸쳐 서로 다른 수온 (15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C) 에서 수온변화에 따른 치패의 생존율을 조사하였다. 그리고 서로 다른 바닥기질 (FRP수조 저면, 입자크기 0.99 ± 0.24 cm의 모래, 32 × 37.5 cm의 투명염화비닐파판) 의 FRP수조 (W 40 × L 80 × H 50 cm) 에 평균 각장 240.4 ± 9.30 μm의 착저기 유생을 10,000 개체 (0.06 g) 씩 수용하여 2004년 4월 30일부터 7월 30일까지 91일간에 걸쳐 치패의 성장과 생존 그리고 생산성을 조사하였다. 실험기간동안 사육수온은 17.0-28.0°C이었고, 먹이는 *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis tetrathele*를 같은 비율로 혼합하여 0.5-20 × 10⁴ cells/ml/day 농도로 공급하였으며 7, 8일마다 전량 환수하였다.

생존율은 모래입자보다 큰 개체만 산정하였으며, 모래입자보다 작은 개체를 제거하기 위해 생산된 치패를 망목 1.18 mm 표준망체로 선별하였다. 선별된 개체는 1.7 mm와 2.3 mm 표준망체로 3 개의 그룹으로 선별하여 성장도를 비교하였다.

모든 실험은 3 회 반복으로 하였고, 실험 결과는 Statistical Analysis System (SAS Inc., 1999) program으로 ANOVA를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1999) 로 처리, 평균 간의 유의성을 95% 신뢰한계에서 검정하였다.

결 과

1. 바지락 치패의 수온내성 시험

수온 15°C, 20°C, 25°C, 30°C 및 35°C에서 평균 각장 2.9 ± 0.5 mm의 바지락 치패의 수온내성 시험 결과, 사육 2일째

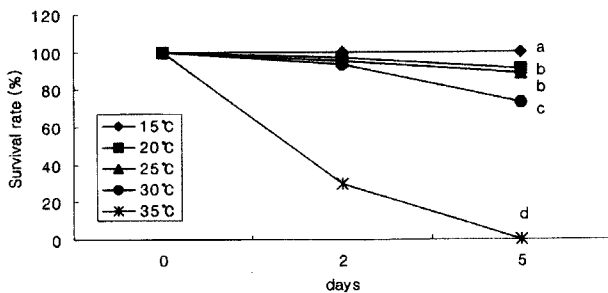


Fig. 1. Survival rates of *Ruditapes philippinarum* spats at various water temperature.

의 생존율은 각각 100%, 96.7%, 95.3%, 93.3% 및 30.0%로 나타났으며, 사육 5일째의 생존율은 각각 99.7%, 91.0%, 88.7%, 73.3%로 나타났고, 수온 35°C에서는 전량 폐사하였다 (p < 0.05) (Fig. 1).

평균 각장 2.9 ± 0.5 mm의 바지락 치패의 수온상승 및 하강 (5°C, 10°C, 15°C) 자극 실험 결과, 수온하강에 대한 치패의 평균생존율은 99.7%, 99.3%, 99.7%로 수온하강에 대한 내성은 강했으나, 수온상승 자극의 경우 치패의 생존율은 100%, 99.3%, 93.7%로 나타나 온도차가 클수록 폐사율이 높아지는 경향을 나타내었다 (p < 0.05) (Fig. 2).

2. 바닥기질에 따른 바지락 치패의 성장 시험

서로 다른 바닥기질에서 평균 각장 240.4 ± 9.30 μm의 착저기 유생을 91일간 사육한 결과, 성장은 염화비닐파판 기질에서 평균 각장이 3.9 ± 0.4 mm로 가장 빨랐으며, 수조저면과 모래기질에서 평균 각장이 각각 3.6 ± 0.3 mm와 3.2 ± 0.3 mm로 나타났다 (p < 0.05) (Fig. 3).

생존율은 모래기질에서 38.2%로 가장 높았으며, 수조저면과 염화비닐파판 기질에서 36.7%와 23.3%로 각각 나타났다 (p < 0.05) (Fig. 4).

수조당 생산성 (총중량) 은 수조저면에서 26.0 g으로 가장 높았으며, 모래 및 염화비닐파판기질에서 22.9 g, 20.6 g으로 나타내어 바닥기질 구간에 유의한 차이가 있었다 (p < 0.05)

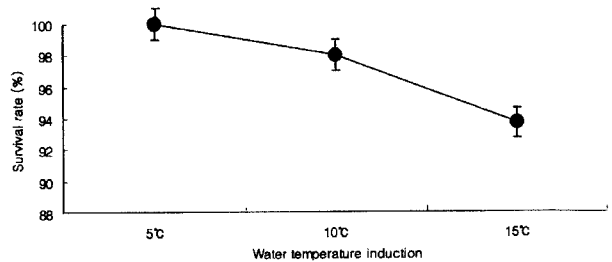


Fig. 2. Survival rates of *Ruditapes philippinarum* spats induced by increasing water temperature.

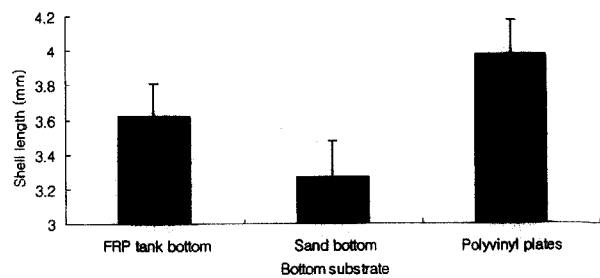


Fig. 3. Shell lengths of *Ruditapes philippinarum* spats cultured in three bottom substrates.

(Fig. 5).

생산된 바지락 치패의 크기 분포를 조사하기 위해 표준망체 (망목 2.3 mm, 망목 1.7 mm, 망목 1.18 mm) 로 선별한 결과, 염화비닐파판기질에서 가장 큰 개체군인 각장 3.9 mm 이상의 치패 분포 비율이 56.8%로 가장 높았으며, 수조저면 및 모래기질에서 36.5%, 17.5%로 각각 나타났다 (Table 1).

고 찰

조간대에 서식하는 저서동물의 성장과 생존에 영향을 미치는 환경요인으로는 수온과 염분, 수심과 용존산소, 먹이생물량 등이 있으며, 그 중 수온은 대사작용과 활력 및 에너지 수치 등에 직접적인 영향을 미친다 (Newell and Kofoed, 1977). 또한 패류에 미치는 온도의 영향은 성장, 생존 및 생식특성에 영향을 미치며 (Calow, 1981; Wilson, 1988), 바지락과 같이 조간대에 서식하는 조개류는 여름철 고수온기와 집중호우 시 염분의 급격한 감소로 인하여 대량폐사의 원인이 되기도 한다.

온도 내성한계는 생물이 이전에 경험했던 비유전적 적응의 범위와 관련되어 있으며, 반면에 동일한 환경조건하에서 생물이 서로 다른 온도내성 범위를 갖는 것은 그 생물이 가지는 한정된 유전적 범위로서 보고하고 있다 (Otto, 1973).

수온 15℃, 20℃, 25℃, 30℃ 및 35℃에서 바지락 치패의 수온내성 시험 결과, 사육 5일째의 평균생존율은 각각 99.7%, 91.0%, 88.7%, 73.3%로 나타났고, 수온 35℃에서는 전량 폐

사하여 수온이 높을수록 생존율이 낮았다. 이러한 결과는 수온 온도에 따른 바지락의 반수치사 온도를 30.1-33.7℃로 보고한 Shin *et al.* (2000) 의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 수온상승 및 하강 (5℃, 10℃, 15℃) 자극 실험 결과, 수온하강에 대한 치패의 내성은 강했으나, 수온상승의 경우 온도차가 클수록 폐사율이 높아지는 경향을 나타내었다.

패류의 초기 부유유생은 일정기간 부유생활을 한 후 고착생활을 하는 부착성 종과 일시적인 부착 후 저서생활을 하는 일시부착성 종, 부착하지 않고 저서생활을 하는 비부착성 종이 있다 (유, 2000). 본 연구에서 바지락은 부착하지 않고 저서생활을 하는 비부착성 종으로 판단되며, 수온 20℃에서 수정 후 13일째에 각장 $236.8 \pm 4.67 \mu\text{m}$ 에서 착저생활을 하였다. 비부착성 패류는 부유생활을 마치고 직접 바닥의 모래위에 침강하여 처음에는 족사를 이용하여 모래에 붙어 몸을 지지하고 있지만 성장함에 따라 곧 저질 중에 잠입하게 된다 (유, 2000). 따라서 인공종묘 생산 시 저질바닥은 비부착성 패류의 초기성장과 생존에 매우 중요한 요인이 된다. 본 연구에서 서로 다른 바닥기질에서 바지락 착저기 유생을 사육한 결과, 성장은 염화비닐파판 기질에서 $3.9 \pm 0.4 \text{ mm}$ 로 가장 빨랐으며, 생존율은 모래기질에서 38.2%로 가장 높았다. 바지락의 착저기 유생이 모래기질에서 생존율이 높은 이유는 모래기질에서는 이동이 어렵고 표면적이 넓어짐으로 인하여 폐사가 적었

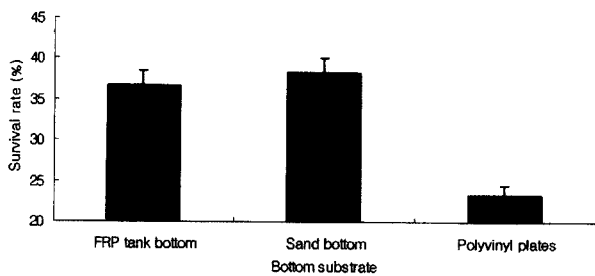


Fig. 4. Survival rates of *Ruditapes philippinarum* spat cultured in three bottom substrate.

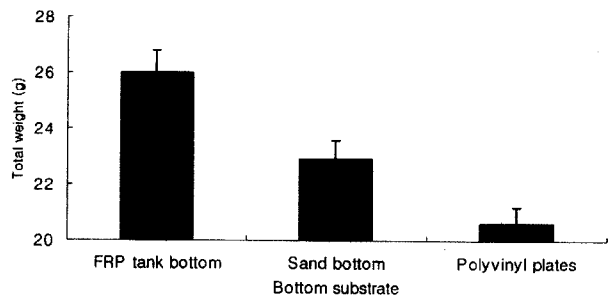


Fig. 5. Total weights of *Ruditapes philippinarum* spat cultured in three bottom substrate.

Table 1. Total weight of *Ruditapes philippinarum* spat grouped by shell length after 91 days cultivation in three types of bottom substrates.

Substrate	Total weight (g) of spat grouped by shell length		
	3.9-7.8 mm	2.9-3.8 mm	1.9-2.8 mm
Polyvinyl plates	11.7 (56.8%)	5.6 (27.2%)	3.3 (16.0%)
FRP tank bottom	9.5 (36.5%)	9.3 (35.8%)	7.2 (27.7%)
Sand bottom	4.0 (17.5%)	0.0 (43.7%)	8.9 (38.9%)

다. 반면에 염화비닐파판이나 수조저면에서는 바다 생활 중에서도 불어서 폐사하는 현상을 보여 생존율이 낮았다. 그러나 모래기질에서는 장기간 사육 시 저질 오염으로 인한 폐사가 발생함으로 더욱 효과적인 치패의 사육방법이 요구된다. 생산된 바지락 치패의 크기 분포에서 염화비닐파판기질에서 가장 큰 개체군인 각장 3.9 mm 이상의 치패 분포 비율이 높은 이유는 폐사가 많아 치패 밀도가 낮았기 때문이라고 생각된다.

요 약

바지락 치패의 수온내성 실험 결과, 생존율은 15℃, 20℃, 25℃ 및 30℃의 수온에서 각각 99.7%, 91.0%, 88.7% 및 73.3%로 나타났으며, 수온 35℃에서는 전량 폐사하였다 (p < 0.05). 수온상승 및 하강 (5℃, 10℃, 15℃) 자극 실험 결과, 수온하강에 대한 치패의 내성은 강했으나, 수온상승의 경우 온도차가 클수록 폐사율이 높아지는 경향을 나타내었다.

서로 다른 바닥기질에서 평균 각장 240.4 ± 9.30 μm의 착저기 유생을 사육한 결과, 성장은 염화비닐파판 기질에서 3.9 ± 0.4 mm로 가장 빨랐으며, 수조저면과 모래기질에서 각각 3.6 ± 0.3 mm와 3.2 ± 0.3 mm로 나타내었다. 생존율은 모래기질에서 38.2%로 가장 높았으며, 수조저면과 염화비닐파판기질에서 36.7%와 23.3%로 각각 나타내었다. 수조당 생산성 (총중량) 은 수조저면에서 26.0 g으로 가장 높았으며, 모래 및 염화비닐파판기질에서 22.9 g, 20.6 g으로 나타내어 바닥기질 구간에 유의한 차이가 있었다 (p < 0.05). 생산된 바지락 치패의 크기 분포를 조사하기 위해 표준망체로 선별한 결과, 염화비닐파판기질에서 가장 큰 개체군인 각장 3.9 mm 이상의 치패 분포 비율이 56.8%로 가장 높았다.

REFERENCES

Calow, P. (1981) Resource, utilization and reproduction. In: *Physiological Zoology: An Evolutionary Approach to Resource Use*. (ed. by Townsend, C.R. and Calow, P). pp. 245-270. Blackwell Scientific Publication, Oxford.

Chung, E.Y., Ryou, D.K. and Lee, J.H. (1994) Gonadal development, age and growth of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum* (Pelecypoda: Veneridae), on the coast of Kimje, Korea. *Korean J. Malacology*, 10(1): 38-54. [in Korean]

Eugenia, R., Pazo, J.P., Garcia, A. and Cortes, F. (1992) Reproductive cycle of Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in Rio of Vigo (NW Spain). *Scientia Marina*, 56(1): 61-67.

Hur, Y.B. (1994) Comparative studies on the embryonic development and the growth of larvae of eight

bivalve species. 56 pp. MS Thesis, Pusan National Fisheries University. [in Korean]

Kim, C.W. and Kho, K.H. (2004) Effect of temperature and salinity on dietary feeding of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*). *Korean Journal of Environmental Biology*, 22(1): 28-34. [in Korean]

Kim, C.W. and Hur, S.B. (1998) Dietary value of frozen and freeze-dried *Tetraselmis suecica*. *Journal of Aquaculture*, 11: 183-191.

Kim, W.S., Huh, H.T., Lee, J.H., Rumohr, H. and Koh, C.H. (1999) Endogenous circatidal rhythm in the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae). *Marine Biology*, 134: 107-112.

Kim, W.S., Rumohr, H., Schmid, M.K. and Koh, C.H. (1996) A rhythm in the rate of oxygen consumption by the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Korean Society of Oceanography*, 31: 117-122. [in Korean]

Kim, Y.H. (1978) Study on the morphological variation of short necked clam, *Tapes japonica* (Deshayes). *Bulletin of Gunsan Fisheries Junior College*, 12: 23-26 [in Korean]

Montaudouin, X. (1997) Potential of bivalves secondary settlement differs with species: a comparison between cockle (*Cerastoderma dule*) and clam (*Ruditapes philippinarum*) juvenile resuspension. *Marine Biology*, 128: 639-648.

Newell, R.C. and Kofode, L.H. (1977) Adjustment of the components of energy balance in the gastropod *Crepidula fornicata* in response to thermal acclimation. *Marine Biology*, 44: 275-286.

Otto, R.G. (1973) Temperature tolerance of the mosquito fish, *Gambusia irradians* (Say), and the oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 5: 575-585.

Wilson, J. G. (1988) Resource partitioning and predation as a limit to size in *Nucula turgida* (Leckenby & Marshall). *Functional Ecology*, 2: 63-66.

Shin, Y.K., Kim, Y., Chung, E.Y. and Hur, S.B. (2000) Temperature and salinity tolerance of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Korean Fisheries Society*, 33(3): 213-218. [in Korean]

Shin, Y.K., Kim, Y., Chung, E.Y. and Hur, S.B. (2001) Effect of the dissolved oxygen concentration on the physiology of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Journal of Korean Fisheries Society*, 34: 190-193. [in Korean]

Yoo, S.K., Chung, Y.J. and Ryu, H.Y. (1978) Biological studies on the propagation of important bivalves. *Bulletin of National Fisheries University of Busan*, 18: 89-94. [in Korean]

유성규 (2000) 천해양식. 639 pp. 구덕출판사, 부산.