

바지락, *Ruditapes philippinarum*의 먹이 섭취에 미치는 수온과 염분의 영향

김 철 원* · 고 강 희¹

국립수산과학원 남해수산연구소 양식연구팀, ¹여수대학교 수산과학연구소

Effects of Water Temperature and Salinity on Dietary Feeding of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*)

Chul-Won Kim* and Kang-Hee Kho¹

Aquaculture Research Team, South sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 556-823, Korea

¹Department of Aquaculture, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

Abstract - The feeding, clearance rate, and ingestion rate of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*) were investigated with small group (10.8±0.58 mm in shell length) and large group (37.5±3.8 mm in shell length) under combination in water temperature (24, 27, 33, 36°C) With salinity (12, 15, 24, 27‰). The maximum feeding, clearance rate, and ingestion rate in small and large groups were 27°C and 27‰, respectively. While, The minimum feeding, clearance rate, and ingestion rate in both groups were 36°C and 12‰, respectively. There results were suggested that the feeding, clearance rate, and ingestion rate of Manila clam were significantly influenced by external factors such as water temperature and salinity. The reason for the mass mortality of Manila clam during the heavy rainfall in summer season can be explained by high temperature and low salinity.

Key words : Manila clam (*Ruditapes philippinarum*), feeding, clearance rate, ingestion rate

서 론

바지락 (*Ruditapes philippinarum*)은 백합과 (Family Veneridea)에 속하는 종으로 조간대 상부에서부터 수심 10 m의 모래펄에 주로 서식하는 우리나라 서남해안의 중요한 양식대상종이다. 최근에 바지락 생산량은 매립에 의한 서식장 감소, 밀식에 따른 자가오염 및 연안 환경변

화 등에 의하여 크게 감소되고 있어 생산성 향상을 위한 많은 연구가 진행되고 있다.

바지락에 관한 연구로는 생태 (Montaudouin 1997), 생리 (Kim *et al.* 1999), 양식환경 (Ali and Nakamura 1999; Gouletquer *et al.* 1999), 먹이생물 (Defossez and Hawkins 1997; Kim and Hur 1998), 저질 (Cho *et al.* 2001), 대량폐사 원인 (Park *et al.* 1999) 산소소비량 (Kim *et al.* 1996) 용존산소 변화에 따른 생리적 반응 (Shin *et al.* 2001) 등과 같은 많은 연구가 되어 있다.

이처럼 바지락이 서식하고 있는 조건대는 환경조건의

* Corresponding author: Chul-Won Kim, Tel. 061-552-5097, Fax. 061-554-9294, E-mail. cwkim@nfrda.re.kr

변화가 매우 심한 지역으로 그곳에 서식하는 저서생물들은 외부환경조건에 의하여 성장과 생존이 큰 영향을 받는 것으로 보고되고 있다(Lee 1987; Chio and Koh 1990; Lim *et al.* 1991). 특히 외부환경요인 중 수온과 염분은 바지락과 같은 조개류의 성장, 성숙, 생존, 분포 및 먹이생물의 섭취, 생물의 에너지 활용 및 대사활동에 밀접한 관계를 가지고 있으며 조개류의 생산성에 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Mills 2000; Navarro *et al.* 2000).

한편 조개류의 먹이섭취는 성장과 생존에 큰 영향을 미치는데 이러한 조개류의 먹이 섭취에 관한 연구는 개조개(Lee *et al.* 2002), 참굴(MacDonald and Thompson 1986), 진주담치(Clausen and Riisgard 1996), 가리비(Mill 2000) 등 많은 연구가 되어있으며 먹이섭취활동에 가장 크게 작용하는 환경요인으로 수온과 염분으로 보고하고 있다. Kim and Chin (2002)은 수온이 여수율에 영향을 미치므로 조개류의 섭식과 성장에 관여한다고 보고하고 있다.

본 연구는 최근 바지락의 대량폐사의 원인으로 보고되고 있는 여름철 고수온시기와 장마기의 집중 강우로 인한 저염분 시기의 먹이섭취능력(일간먹이밀도 감소량, 여수율, 소화율)을 조사함으로써 바지락의 생산성 향상에 필요한 기초 자료를 얻기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

실험 대상종인 바지락은 전남 완도군 완도읍 죽청리 해역에서 채집한 것으로 국립수산물품질관리원 완도수산물시험장으로 옮긴 후 200l FRP 수조에서 2일 동안 먹이를 공급하지 않고 유수식으로 사육하였다. 바지락은 각장 크기에 따라 소형그룹(각장크기 평균 11.05 ± 0.58 mm)과 대형그룹(37.50 ± 0.42 mm)으로 구분하였으며 실험은 각각 1l, 2l 유리수조에 20개체씩을 수용하여 지수식으로 24시간 사육하면서 관찰하였다. 실험에 사용된 먹이생물은 부경대학교 한국미세조류은행에서 분양받은 *Isochrysis galbana*와 *Chaetoceros simplex*를 20l carboy병에 대량배양하여 두 종의 먹이생물을 혼합하여 소형 그룹에는 10×10^4 cell ml⁻¹를 대형그룹에는 30×10^4 cell ml⁻¹ 먹이를 원심분리기를 이용하여 농축한 후에 공급하였다. 수온 실험은 다연실 배양기를 사용하여 실험하였으며 실험구는 24, 27, 30, 33, 36°C의 5구간으로 구분하였고, 염분은 12, 15, 18, 21, 24, 27‰의 6구간으로 나누어 실험하였는데 수온과 염분 측정에는 디지털측정기(Model: 815PDC, istek)를 사용하였다.

먹이생물의 일간먹이밀도 감소량은 4시간 간격으로 사

육수 1ml를 Sampling하여 1% 중성포르말린에 고정 후 hemacytometer를 이용하여 먹이생물의 개체수를 계수함으로써 구하였으며 5반복하였다.

여수율은 Coughlan (1969)의 공식을 사용하여 아래와 같이 구하였다.

$$\text{여수율 (CR)} = \text{사육수량 (V)} \times \frac{\text{Ln}(C_0/C_t)}{\text{(FDW} \times t)}$$

C₀: 실험개시시 공급된 먹이량

C_t: 실험종료시 잔존한 먹이량

FDW: 육질부의 건중량

t: 실험진행 시간

C: 실험기간동안 남아있는 평균 먹이생물량

CR: 여수율

먹이소화율(IR)은 $IR = C \times CR$ 공식으로 구하였다.

바지락의 건중량은 소형과 대형그룹에서 각각 20개체씩을 무작위로 선택하여 패각을 제외한 육질부만을 건조멸균기에 넣어 90°C로 48시간 건조한 후 구하였다.

모든 실험구는 3반복하였으며 통계처리는 SPSS-통계패키지를 이용한 ANOVA 및 Duncan's Multiple Range Test(Nie *et al.* 1975)방법으로 유의성(P<0.05)을 분석하였다.

결 과

1. 일간 먹이밀도 감소량

바지락의 일간 먹이밀도 감소량은 수온에 따라 많은 차이를 보이는 것으로 나타났다(Fig. 1). 소형그룹의 경우 일간 먹이밀도 감소량은 24°C에서 4.77×10^4 cells ml⁻¹로 비교적 높았고 27°C에서 6.80×10^4 cells ml⁻¹로 가장 높았으며 30°C에서부터는 감소하기 시작하여 33°C와 36°C에서는 각각 0.55×10^4 cells ml⁻¹과 0.48×10^4 cells ml⁻¹로 먹이섭취를 거의 하지 않은 것으로 나타나 수온에 따른 유의적인 차이를 보였다(P<0.05). 대형그룹에서도 일간 먹이밀도 감소량은 24°C에서는 13.60×10^4 cells ml⁻¹로 비교적 높게 나타났고 27°C에서는 15.60×10^4 cells ml⁻¹로 가장 높게 나타났으나 33°C와 36°C에서는 각각 3.05×10^4 cells ml⁻¹과 1.89×10^4 cells ml⁻¹로 매우 낮게 나타나 역시 수온에 따른 유의적인 차이를 보였다(P<0.05)(Fig. 1). 그리고 36°C 실험구의 경우 먹이생물인 *I. galbana*와 *C. simplex*가 공급 직후 폐사되어 실험용기 바닥에 가라 앉은 것이 관찰되었다.

염분에 따른 바지락의 일간 먹이밀도 감소량을 조사한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 소형그룹에서는 18‰ 실험

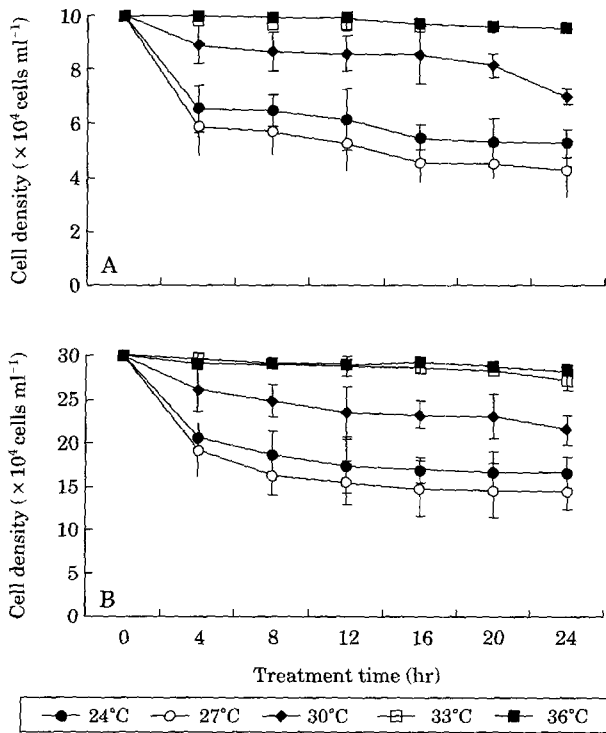


Fig. 1. The dietary feeding of small group (A) and large group (B) of *Ruditapes philippinarum* at different water temperatures.

구에서 감소하기 시작하였고 15‰과 12‰에서는 각각 0.30×10^4 cells ml^{-1} 와 0.01×10^4 cells ml^{-1} 로 매우 낮은 먹이섭취량을 보였다. 그러나 21‰ 실험구에서 비교적 양호한 먹이섭취량을 보였고 24‰과 27‰에서 실험종료시 각각 5.48×10^4 cells ml^{-1} , 6.09×10^4 cells ml^{-1} 로 나타났다 ($P < 0.05$). 대형그룹에서는 27‰과 24‰에서 각각 먹이섭취량이 19.50×10^4 cells ml^{-1} 와 17.85×10^4 cells ml^{-1} 로 높은값을 보였으며 18‰에서부터 크게 감소하기 시작하여 15‰과 12‰에서 각각 0.85×10^4 cells ml^{-1} 과 0.76×10^4 cells ml^{-1} 로 매우 낮은 먹이섭취량을 보여 유의적인 차이를 보였다 ($P \leq 0.05$). 그리고 저염분인 12, 15‰에서는 먹이생물인 *I. galbana*와 *C. simplex*가 실험용기 바닥에 가라앉은 것이 관찰되었다.

시간대별 먹이섭취 형태의 경우 소형그룹과 대형그룹 모두 먹이섭취가 적당한 수온과 염분 조건들의 실험구들에서는 먹이생물 공급 후 4시간까지 매우 높은 먹이섭취량을 보이다가 그후에 차츰 완만한 먹이섭취량을 보이는 것으로 나타났다.

2. 여수율 및 소화율

수온에 따른 바지락 치패의 여수율과 소화율 변화는

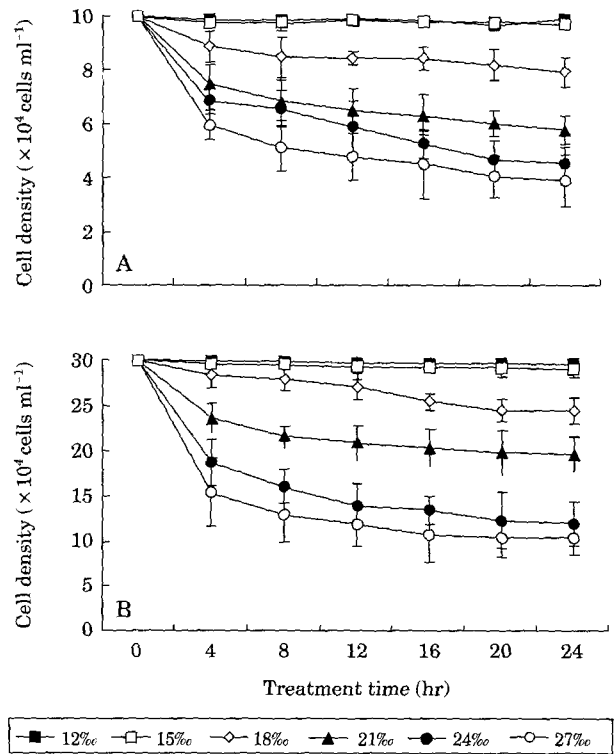


Fig. 2. The dietary feeding of small group (A) and large group (B) of *Ruditapes philippinarum* at different salinities.

Table 1, 2와 같다. 소형그룹의 경우 여수율과 소화율이 수온 24°C에서는 각각 $12.97 l hr^{-1} g^{-1}$ 과 9.70×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$ 으로 비교적 높게 나타났으며 27°C에서 각각 $16.96 l hr^{-1} g^{-1}$ 와 12.04×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$ 로 가장 높은 값을 보였다. 그러나 고수온인 33°C와 36°C에서는 각각 $1.09 l hr^{-1} g^{-1}$, 1.59×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$ 과 $0.97 l hr^{-1} g^{-1}$ 과 0.94×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$ 로 매우 낮은 값을 보여 유의적인 차이를 나타내었다 ($P < 0.05$).

대형그룹의 경우 수온 27°C에서는 여수율과 소화율이 $11.85 l hr^{-1} g^{-1}$ 와 26.30×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$ 로 가장 높은 값을 보였으며 24°C에서도 비교적 높은 여수율과 소화율을 보였다. 그러나 30°C에서 점차 감소하기 시작하여 33°C, 36°C에서는 여수율이 각각 $1.73 l hr^{-1} g^{-1}$ 와 $1.06 l hr^{-1} g^{-1}$ 로 나타났으며 소화율은 4.97×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$, 3.07×10^7 cells $hr^{-1} g^{-1}$ 로 매우 낮은 값을 보여 유의적으로 차이가 나타났다 ($P < 0.05$).

결과적으로 수온에 따른 바지락의 여수율과 소화율은 소형그룹의 경우 최고치를 보인 27°C와 최저치를 보인 36°C를 비교할때 여수율은 17배, 소화율은 13배 이상 높은 것으로 나타났으며 대형그룹의 경우 여수율은 11배,

Table 1. Clearance rate and ingestion rate of small size group of *Ruditapes philippinarum* at different temperatures

Tem. (°C)	Size (mean±SD)		Cell density ($\times 10^4$ cells ml ⁻¹)		CR (liter hr ⁻¹ g ⁻¹)	IR ($\times 10^7$ cells hr ⁻¹ g ⁻¹)
	SL (mm)	FDW (mg)	Initial	Final		
24	11.5±1.25	2.11±0.35	10	5.23	12.97 ^{ab}	9.70 ^{ab}
27	11.8±1.19	2.13±0.40	10	4.20	16.96 ^a	12.04 ^a
30	11.2±1.36	2.08±0.25	10	6.94	7.31 ^b	6.19 ^b
33	11.8±1.40	2.16±0.30	10	9.45	1.09 ^{cd}	1.59 ^{cd}
36	11.4±1.18	2.10±0.35	10	9.52	0.97 ^d	0.94 ^d

CR: Clearance rate, IR: Ingestion rate

Table 2. Clearance rate and ingestion rate of large size group of *Ruditapes philippinarum* at different temperatures

Tem. (°C)	Size (mean±SD)		Cell density ($\times 10^4$ cells ml ⁻¹)		CR (liter hr ⁻¹ g ⁻¹)	IR ($\times 10^7$ cells hr ⁻¹ g ⁻¹)
	SL (cm)	FDW (mg)	Initial	Final		
24	37.60±3.40	5.11±0.60	30	16.40	9.84 ^{ab}	22.82 ^{ab}
27	37.00±3.50	5.16±0.55	30	14.40	11.85 ^a	26.30 ^a
30	37.50±2.85	5.15±0.30	30	21.45	5.41 ^b	13.91 ^b
33	37.50±4.15	5.15±0.30	30	26.95	1.73 ^c	4.92 ^c
36	37.70±2.95	5.10±0.45	30	28.11	1.06 ^c	3.07 ^c

CR: Clearance rate, IR: Ingestion rate

섭취율은 9배 이상 높은 것으로 나타나 수온에 따른 유의적으로 차이가 있는 것으로 나타났다 ($P < 0.05$).

염분에 따른 바지락의 여수율과 소화율 변화는 Table 3과 4에 나타났다. 소형그룹에서는 24‰과 21‰에서는 여수율과 소화율이 비교적 높은 값을 나타내었고 27‰에서 여수율이 18.54 l hr⁻¹ g⁻¹, 소화율이 12.88 $\times 10^7$ cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 높았다. 그러나 18‰부터는 여수율과 소화율이 크게 감소하기 시작하였으며 15‰과 12‰에서는 여수율이 각각 0.59 l hr⁻¹ g⁻¹, 0.19 l hr⁻¹ g⁻¹로 매우 낮게 나타났으며 소화율은 각각 0.58 $\times 10^7$ cells hr⁻¹ g⁻¹와 0.18 $\times 10^7$ cells hr⁻¹ g⁻¹로 매우 낮은 값을 보여 유의적인 차이를 나타내었다 ($P \leq 0.05$).

대형그룹에서는 24‰과 21‰에서 여수율과 소화율이 비교적 높은 값을 나타내었고 27‰에서 여수율이 17.32 l hr⁻¹ g⁻¹, 소화율이 35.07 $\times 10^7$ cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 높은 값을 나타내었다. 그러나 18‰에서부터 여수율과 소화율이 감소하기 시작하여 15‰, 12‰에서의 여수율은 각각 0.46 l hr⁻¹ g⁻¹, 0.24 l hr⁻¹ g⁻¹로 매우 낮은 값을 보였다. 소화율은 15‰, 12‰에서 각각 1.36 $\times 10^7$ cells hr⁻¹ g⁻¹, 0.71 $\times 10^7$ cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 낮게 나타나 유의적인 차이를

Table 3. Clearance rate and ingestion rate of small size group of *Ruditapes philippinarum* at different salinities

Salinity (‰)	Size (mean±SD)		Cell density ($\times 10^4$ cells ml ⁻¹)		CR (liter hr ⁻¹ g ⁻¹)	IR ($\times 10^7$ cells hr ⁻¹ g ⁻¹)
	SL (mm)	FDW (g)	Initial	Final		
12	10.5±1.20	2.10±0.25	10	9.90	0.19 ^e	0.18 ^d
15	11.2±1.25	2.14±0.30	10	9.70	0.59 ^e	0.58 ^d
18	10.8±1.20	2.11±0.30	10	7.95	4.53 ^d	4.06 ^c
21	11.3±1.20	2.11±0.35	10	5.80	10.75 ^c	8.49 ^b
24	11.5±1.24	2.10±0.45	10	4.52	15.75 ^b	11.43 ^{ab}
27	11.0±1.18	2.11±0.15	10	3.91	18.54 ^a	12.88 ^a

CR: Clearance rate, IR: Ingestion rate

Table 4. Clearance rate and ingestion rate of large size group of *Ruditapes philippinarum* at different salinities

Salinity (‰)	Size (mean±SD)		Cell density ($\times 10^4$ cells ml ⁻¹)		CR (liter hr ⁻¹ g ⁻¹)	IR ($\times 10^7$ cells hr ⁻¹ g ⁻¹)
	SL (cm)	FDW (g)	Initial	Final		
12	37.80±3.54	5.05±0.45	30	29.55	0.24 ^c	0.71 ^d
15	37.80±3.54	5.10±0.55	30	29.15	0.46 ^c	1.36 ^d
18	37.80±3.54	5.10±0.35	30	24.55	3.27 ^{bc}	8.91 ^c
21	37.80±3.54	5.10±0.75	30	19.80	6.78 ^b	16.88 ^b
24	37.80±3.54	5.14±0.55	30	12.15	14.65 ^a	30.86 ^a
27	37.80±3.54	5.05±0.30	30	10.50	17.32 ^a	35.07 ^a

CR: Clearance rate, IR: Ingestion rate

보였다 ($P < 0.05$). 결과적으로 염분에 따른 바지락의 여수율과 소화율은 소형그룹의 경우 여수율이 최저값을 보인 12‰에 비하여 최고값을 보인 27‰에서 98배, 소화율은 72배로 나타났으며 대형그룹의 경우 여수율이 12‰에 비하여 27‰에서 약 30배, 소화율은 24배로 높은 값을 보여 유의적으로 차이가 나타났다.

논 의

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 미치며 (Newell and Kofoed 1977), 염분은 삼투압조절능력에 의하여 해양생물의 분포와 생리적인 대사 기능에 밀접한 영향을 주는 요인이다 (Kinne 1966). 특히 바지락과 같이 조간대에 서식하는 조개류는 여름철 고수온기와 집중호우시 염분의 급격한 감소에 인하여 대량폐사의 원인이 되기도

한다.

본 실험은 최근 바지락의 대량폐사의 원인 중 하나로 보고되고 있는 여름철 고수온시기와 여름철 집중 강우로 염분이 저하되었을 시기의 먹이섭취능력에 대하여 알아본 결과 수온과 염분이 여과섭식을 하는 바지락의 여수율과 먹이섭취율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

*Crassostrea virginica*의 경우 온도의 범위는 $-4 \sim 49^\circ\text{C}$ 의 범위에서 서식이 가능하지만 적온은 $13 \sim 32^\circ\text{C}$ 에서 먹이섭취나 소화능력이 좋아지는 것으로 보고되고 있으면 염분의 경우 $0 \sim 42\%$ 에서 서식가능하고 $14 \sim 28\%$ 에서 가장 적당한 염분으로 보고되었다. 또 수온의 경우 6°C , 염분의 경우 14% 이하에서는 먹이섭취를 거의 하지 않고 폐각을 닫고 있으며 성장이 거의 이루어지지 않는다고 보고하고 있다(Shumway 1996).

수온에 따른 소형그룹의 일간 먹이밀도 감소량, 여수율과 소화율은 27°C 에서 각각 6.80×10^4 cells ml^{-1} , 16.96 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 12.04×10^7 cells $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 값을 보였으며 36°C 에서는 0.48×10^4 cells ml^{-1} , 0.97 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 0.94×10^7 cells $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 가장 낮은 값을 보였다. 대형그룹에서도 비슷한 경향을 보였는데 27°C 에서 각각 15.60×10^4 cells ml^{-1} , 11.85 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 26.30×10^7 cells $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 가장 높은 값을 보였으며 33°C 에서부터 크게 감소하기 시작하여 36°C 에서는 1.89×10^4 cells ml^{-1} , 1.06 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 3.07×10^7 cells $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 값을 보였다. 이 실험의 결과로 보아 바지락 치패의 경우 30°C 이상부터 섭식활동이 크게 떨어지는 것을 알 수 있었으며 바지락 성패의 경우 33°C 이상부터 섭식활동이 크게 약화되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 바지락의 섭식활동이 가장 적합한 서식 수온이 23°C 내외이며 서식수온범위 내에서는 수온이 높을수록 대사작용이 활발해지며 서식수온 36°C 이상에서 먹이섭취와 밀접한 관계가 있는 아가미 섬모운동이 정지하여 먹이섭취를 거의 하지 않는다는 보고(Won 1994)와 일치한다.

먹이공급 후 4시간 이전에 많이 섭취량을 보였고 16시간정도에도 섭취량이 많아지는 것으로 나타났는데 이것은 Amourux (1986)은 대합(*Venus mercenaria*)의 경우 Pavlova에 대한 섭취량을 조사한 결과 2시간안에 100% 여과섭취 하였다는 보고와 비슷한 경향을 보였으며 또한 시간대별 섭취 형태는 조간대 저서동물의 조석간만의 차에 따라 달라지는 생체리듬과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

수온에 따른 여수율은 본 실험결과에서 바지락 소형그룹에서의 여수율은 $0.97 \sim 16.96$, 대형그룹에서는 $1.06 \sim 11.85$ 의 범위로 넓게 나타났다. *Brachidontes pharaonis*은 여수율이 $0.8 \sim 3.0$ 범위로 보고하여(Sara et al. 2000)

본 실험결과와는 많은 차이가 나타났으며 *Argopecten ventricosus circularis*는 $8.7 \sim 17.8$ liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 나타났으며 진주담치, *Mytilus edulis*는 18.0 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 보고하고 있다(Clausen and Riisgard 1996). 그리고 *Pinctada maxima* (Mills 2000)의 경우 $17.3 \sim 54$ liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 보고하고 있어 본 실험결과와 큰 차이를 보이고 있다. 본 실험결과에서 여수율의 차이는 조개류 중에 따라 그리고 환경에 따라 크게 변화하는 것을 알 수 있었다. 또한 Kim and Chin (2002)은 바지락이 30°C 이상부터 여수율이 크게 감소하여 고온에 대한 스트레스를 크게 받으며 고온에 대한 내성이 약한 것으로 보고하고 있으며, Won (1994)은 바지락의 성장과 생존이 가능한 수온범위는 35°C 이하로 보고하고 있다.

염분에 따른 소형그룹의 일간 먹이밀도 감소량, 여수율과 소화율은 27% 에서 각각 6.09×10^4 cells ml^{-1} , 18.54 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 12.88×10^7 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 값을 보였으며 12% 에서 0.10×10^4 cells ml^{-1} , 0.19 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 0.18×10^7 cells ml^{-1} 로 가장 낮은 값을 보였다. 대형그룹에서는 27% 에서 각각 19.50×10^4 cells ml^{-1} , 17.32 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 35.07×10^7 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 가장 높은 값을 보였으며 12% 에서는 0.45×10^4 cells ml^{-1} , 0.24 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$, 0.71×10^7 liter $\text{hr}^{-1} \text{g}^{-1}$ 로 가장 낮은 값을 보였다.

본 실험의 결과로 보아 바지락 치패의 경우 18% 이하에는 섭식활동이 크게 떨어지고 12% , 15% 에서는 거의 섭식활동을 하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 저염분에서 높은 염분수를 폐각내에 두면서 폐각을 닫고 섭식활동을 거의 하지 않으며 조개류는 일반적으로 외부의 환경과 체내의 조직사이에 삼투압의 균형을 유지할 수 있는 생리적인 기능이 없기 때문이다(Davenport and wang 1986). 그리고 Palmer (1980)은 *Argopecten irradians*의 여수율이 $18 \sim 21\%$ 에서 감소하기 시작하였으며 Widdows (1985)은 진주담치의 20% 이하에서 여수율이 감소하기 시작하였다고 보고하여 본 실험결과와 비슷하였다. 또한 본 실험결과에서는 바지락의 일간 먹이밀도 감소량, 여수율, 소화율이 $24 \sim 27\%$ 까지는 유의적인 차이를 보이지 않고 섭식활동이 활발하였는데 이것은 이들의 서식장소가 담수의 영향을 많이 받는 곳에 있기 때문으로 판단된다.

염분에 따라서는 소형그룹에서는 약 18% 부터 먹이 섭취량이 매우 감소하기 시작하였으며 대형그룹에서는 21% 부터 먹이 섭취량이 크게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이것은 저염분에 의해 대사작용이나 활력이 떨어지는 것으로 보이며 특히 소형그룹에 비해 대형그룹에서의 섭취량이 적어지는 것을 알 수 있는데 먹이를 섭취하는데 있어서 염분의 내성이 성패에 비하여 치패가 더 강하다는 Ikematus (1953)의 보고와 일치한다. Won and Hur

(1994)는 바지락의 성장에 적합한 해수비중이 약 1.015 ~ 1.023 정도로 보고하였고 Brown (1988)은 저서동물에 있어서 강우에 의한 저염분현상은 환경인자에 대한 내성을 저하시킨다고 하였으며 Won (1994)은 바지락이 염분 15‰ 이하에서는 7일만에 전량 폐사하였다고 보고하고 있으며 Wilbur and Saleuddin (1983)은 고염분에 비하여 저염분이 조개류의 성장과 생존에 더 많은 영향을 미치는데 이런 원인은 저염분에서의 낮은 칼슘농도로 인하여 먹이생물의 양과 질이 떨어지기 때문이라고 보고하고 있어 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 보인다. 또한 저염분은 폐각 형성에 악영향을 미치며 결국 대량폐사의 원인이 된다.

본 실험결과 수온과 염분의 변화에 따라 바지락에서 일어나는 전형적인 반응은 조개류의 먹이섭취능력의 감소로 나타났다. 따라서 여름철 고수온기와 급격한 담수의 유입이나 장마가 계속될 경우 바지락의 대량폐사가 발생할 수 있으며 생산성 유지에도 큰 영향을 미칠 것으로 판단되며 이를 예방하기 위한 보다 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

적 요

여름철 고수온기와 집중강우로 인하여 염분의 급격히 감소하는 시기에 바지락의 일간먹이밀도 감소량, 여수율, 소화율을 조사하였다. 실험결과 바지락은 수온과 염분에 의하여 일간먹이밀도 감소량, 여수율, 소화율이 영향을 받는 것으로 나타났다.

수온의 경우 소형그룹의 27°C에서 각각 5.8×10^4 cells ml⁻¹, 16.96 liter hr⁻¹ g⁻¹, 12.04×10^7 cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 높은값을 보였으며 대형그룹에서도 27°C에서 각각 15.60×10^4 cells ml⁻¹, 11.85 liter hr⁻¹ g⁻¹, 26.30×10^7 cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 높은 값을 보였다.

염분에 따른 소형그룹의 일간 먹이밀도 감소량, 여수율과 소화율은 12‰에서 0.10×10^4 cells ml⁻¹, 0.19 liter hr⁻¹ g⁻¹, 0.18×10^7 cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 낮은값을 보였으며 대형그룹에서도 12‰에서 0.45×10^4 cells ml⁻¹, 0.24 liter hr⁻¹ g⁻¹, 0.71×10^7 cells hr⁻¹ g⁻¹로 가장 낮은값을 보였다.

본 실험결과 여름철 고수온과 저염분이 바지락의 대량폐사 원인으로 작용하며 안정적인 생산을 방해하는 요인임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- Amouroux JM. 1986. Comparative study of the carbon cycle in *Venus verrucosa* fed on bacteria and phytoplankton 1. Consumption of bacteria (*Lactobacillus* sp.). Mar. Biol. 90:237-241.
- Brown JR. 1988. Multivariate analysis of the role of environmental factors in seasonal and site-related growth variation in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 45:225-236.
- Chio JW and CH Koh. 1990. Distribution pattern of polychaete worms on the continental shelf and slope of the East Sea (southwestern sea of Japan), Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 25:36-48.
- Icho S and Y Osima. 1931. Textbook of clam culture. Sugiyama Book. co. pp. 289.
- Clausen I and HU Riisgard. 1996. Growth, filtration and respiration in the mussel *Mytilus edulis*: no evidence for physiological regulation of the filter-pump to nutritional needs. Mar. Ecol. Prog. Ser. 141:37-45.
- Coughlan J. 1969. The estimation of filtering rate from the clearance of suspensions. Mar. Biol. 2:356-358.
- Davenport J and TM Wong. 1986. Responses of the blood Cockle *Anadara granosa* (L) Salinity, Hypoxia and Aerial exposure, Aquaculture 56:151-162.
- Defossez J and JS Hawkins. 1997. Selective feeding in shellfish: size-dependent rejection large particles within pseudofaeces from *Mytilus edulis*, *Ruditapes philippinarum* and *Tapes decussatus*. J. Mar. Biol. 129:139-147.
- Gouletqur P, R Rovert and G Trut. 1999. Manila clam *Tapes philippinarum* culture: Sediment-clam interaction. Aquat. Living Resour. 12:45-56.
- Kim CW and SB Hur. 1998. Dietary value of frozen and freeze-dried *Tetraselmis suecica*. J. Aquacult. 11:183-191.
- Kim KS and P Chin. 2002. Influence of increased temperature on the standard metabolism th the marine bivalves acclimated to seasonal water temperature: 1. Effects of acclimation temperature. J. Korean Fish. Soc. 35: 463-468.
- Kim WS, HT Huh, JH Lee, H Rumohr and CH Koh. 1999. Endogenous circatidal rhythm in the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae). Mar. Biol. 134:107-112.
- Kim WS, H Rumohr, MK Schmid and CH Koh. 1996. A rhythm in the rate of oxygen consumption by the manila clam, *Ruditapes philippinarum*. J. Kor. Soc. Ocean. 31: 117-122.
- Kinne O. 1966. Physiological aspects of animal life in estuaries with special reference to salinity. Neth. J. Sea. Res. 3:222-244.
- Lee JH. 1987. Distribution pattern of polychaetes in the

- benthic community of the Yellow Sea. *Bull. Korea fish. Soc.* 20:224-229.
- Lee CH, YS Chio, JD Bang and SG Jo. 2002. Feeding of juvenile purple washington clam, *Saxidomus purpuratus* (Sowerby): effects of algae concentration and temperature. *J. Aquacult.* 15:253-260.
- Lim HS, JG Je, JW Chio and JH Lee. 1991. Distribution pattern of the macrozoobenthos at Yoja Bay in summer. *Ocean Res.* 13:31-45.
- MacDonald BA and RJ Thompson. 1986. Influence of temperature and food availability on the eco-logical energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. III. Physiological ecology, the game-togenic cycle and scope for growth. *Mar. Biol.* 93:37-48.
- Mills D. 2000. Combined effects of temperature and algal concentration on survival, growth and feeding physiology of *Pinctata maxima* (Jameson) spat. *J. shellfish Res.* 19:159-166.
- Montaudouin X. 1997. Potential of bivalves' secondary settlement differs with species: a comparison between cockle (*Cerastoderma dule*) and clam (*Ruditapes philippinarum*) juvenile resuspension. *Mar. Biol.* 128:639-648.
- Navarro JM, GE Leiva, G Martinez and C Anguilera. 2000. Interactive effects of diet and temperature on the scope for growth of the scallop *Argopecten purpuratus* during reproductive conditioning. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 147: 67-83.
- Newell RC and LH Kofode. 1977. Adjustment of the components of energy balance in the gastropod *Crepidula fornicata* in response to thermal acclimation. *Mar. Biol.* 44:275-286.
- Nie NH, CH Hull, JG Jenkins, K Steinbrenner and DH Bent. 1975. *SPSS: Statistical Package for Social Sciences*, 2nd ed. McGraw Hill, New York. 675pp.
- Palmer RE. 1980. Behavioral and rhythmic aspects of filtration. *Argopecten irradians* (Say), and the oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 45:273-295.
- Park KI, KS Choi and JW Choi. 1999. Epizootiology of *Perkinsus* sp. found in the Manila clam, *Ruditapes philippinarum* in Komsoe Bay, Korea. *J. Korean Fish. Soc.* 32:303-309.
- Sara G, C Romano, M Caruso and A Mazzola. 2000. The new lessepsian entry *Brachidontes pharaonis* (Fischer P. 1870) (Bivalvia, Mytilidae) in the western Mediterranean: A physiological analysis under varying natural conditions. *J. shellfish Res.* 19:967-977.
- Shin YK, Y Kim, EY Chung and SB Hur. 2001. Effects of the dissolved oxygen concentration on the physiology of the manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *J. Korean Fish. Soc.* 34:190-193.
- Shumway SE. 1996. Natural environmental factors. pp. 467-513. In: V.S. Kennedy, R.I.E. Newell and A.F. Eble (eds.). *The eastern oyster Crassostrea virginica*. Maryland Sea Grant College, College Park, MD.
- Widdows J. 1985. The effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of *Mytilus edulis*. pp.555-566. In: Gray, J.S. Christiansen, M.E. (Eds.). *Marine biology of polar regions and effect of stress on marines organism*. Wiley-interscience.
- Wilbur KM and ASM Saleuddin. 1983. Shell formation. pp. 236-287. In: ASM. Saleuddin and KM Wilbur (eds.). *The Mollusca: Physiology*, vol. 4, part 1. Academic Press, New York.
- Won MS. 1994. Seed production and environmental influence on productivity of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. Thesis of PH. D in National Fisheries University of Pusan. 80pp.

Manuscript Received: July 1, 2003

Revision Accepted: August 30, 2003

Responsible Editorial Member: Ki-Hoon Song
(Korea Naval Academy)