

# 새만금호의 수질예측과 그에 따른 대책 1. 환경 오염원이 참재첩(*Corbicula leana*)의 여수작용 및 산소소비에 미치는 영향

정의영 · 신윤경\* · 최문술

군산대학교 해양자원육성학과, \*부경대학교 해양생물학과

= Abstract =

## Prediction of Water Quality and Water Treatment in Saemankeum Lake 1. Effects of Environmental Pollutants on Filtration and Oxygen Consumption of the Marsh clam, *Corbicula leana*

Ee-Yung Chung, Yun-Kyong Shin\* and Moon Sul Choi

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

\*Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan 608-737, Korea

As a preliminary study on usage of metabolic characteristics of the indicator species for indirect estimation of environmental water quality, effects of environmental pollutants on survival, filtration and oxygen consumption rates in *Corbicula leana* were investigated at 17°C and 25°C in 10 days after treatment of pollutants.

In case of glucose and complex fertilizer, the survival rates of the clams were 100% without any relation to individual sizes and water temperatures.

In small sizes at 25°C, the survival rates of the clams by NH<sub>4</sub>Cl concentration were shown 95% at 10 mg/l and 15 mg/l, and 90% at 20 mg/l, respectively. But the survival rate was 95% at 20 mg/l of NH<sub>4</sub>Cl concentration in small size at 17°C.

The higher filtration and oxygen consumption rates were shown in small size at higher water temperatures (over 25°C), and generally filtration and oxygen consumption rates decreased with increase of glucose, complex fertilizer and NH<sub>4</sub>Cl concentrations, respectively. In general, effects of filtration and oxygen consumption rates at NH<sub>4</sub>Cl concentrations were shown slightly larger than those of glucose and complex fertilizer.

**Key words :** Filtration, Oxygen consumption rate, *Corbicula leana*, Water quality

### 서 론

오늘날 수환경은 급속히 오염되고 있으나 청정 수자

본 논문은 1996년도 학술진흥재단의 대학 부설연구  
소 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

원의 확보는 국가경쟁력의 향상과 더불어 쾌적한 삶을  
영위케 한다.

전라북도 연안을 거의 체질하는 새만금 사업으로 조  
성될 담수호는 11,800 ha에 달해 연간 약 19억톤의 담  
수를 저장할 수 있는 잇점이 있지만 갯벌 생태계의 파  
괴 및 해양생태계의 교란 등이 우려된다. 담수호의 수

질관리는 시화호에서와 같이 매우 어려울 것이며, 기존의 하수처리방법으로 부영양화의 원인 물질인 질소나 인의 완전한 제거는 불가능하고, 완벽한 처리를 위해서는 막대한 경비가 소요될 것이나, 사회적인 여건상 거의 실현 가능성이 없다. 이러한 사정을 고려하여 볼 때 최근 대두되고 있는 자연친화적 환경처리방법이 담수호의 새로운 수처리방법으로 제시될 수 있을 것이다.

여과 섭식자인 이매패류는 여수작용과 호흡작용이 중요한 생리적 기능으로서, 여수작용을 통하여 수질을 정화시킬 수 있다. 여수작용은 폐각 개폐운동과 밀접하게 연관되어 있으며 서식환경에 따라(李와 陳, 1981) 여수량이 좌우되기도 하며, Mattice(1979) 및 Conover(1981)에 의하면 재첩(*Corbicula fluminea*)과 *Musculium lacustre*에 있어서 입자의 농도와 여과율과는 서로 상관이 없다는 보고도 있다.

이매패류를 수처리에 이용하기 위하여는 각 패류의 여수량과 서식밀도 등에 대한 기초자료가 있어야 할 것이며, 오염환경에서의 생존능력이 검증되어야 한다.

유독성 오염원 중 암모니아는 수생생물들의 배설 및 폐사로 단백질이 분해되어 생성되는데 수중에 잔존하는 암모니아의 양적 변동은 패류의 대사생리에 매우 크게 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다(Chung et al., 1994). 특히 암모니아 이온 및 일부 중금속화합물의 이온 성분들은 패류의 아가미에 작용하여 호흡장애를 일으키고, 여수작용 및 배설작용을 저해할 뿐만 아니라 생존에까지 크게 영향을 미치게 되어 생태계의 불균형을 초래하게 된다(김과 이, 1988).

지금까지 재첩류의 생리·생태에 관한 연구·보고로는 산소소비, 온도대성 및 여수율(Mattice and Dye, 1976; Habel, 1970; Park, 1985), 아가미 조직의 호흡에 미치는 온도 및 염분의 영향(Sung, 1972), 온도 및 저산소에 대한 호흡반응 및 온도 순화(McMahon, 1978), 그리고 염분에 따른 대사율과 생존율(Lee et al., 1985) 등의 보고를 찾아볼 수 있으나, 외부 환경오염원에 의한 담수산 참재첩의 생리작용 및 서식지의 수질환경 변화에 따른 생리·생태에 관한 연구는 매우 희소하다. 또한 여수작용에 의한 환경처리 능력에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않다.

따라서 본 연구는 새만금 지역의 주변에 위치한 동진강과 만경강에 서식하고 있는 참재첩, *Corbicula leana*를 지표종으로 선정하여 여수작용에 의한 수질정

화능력을 알아보기 위해 참재첩의 생리적 기능을 검토하고 암모니아에 대한 내성을 규명하여 오염된 수환경에서의 적응능력을 조사하였다.

## 재료 및 방법

실험재료로 사용한 참재첩, *Corbicula leana*는 동진강과 만경강에서 채집하였으며, 즉시 실험실의 사육수조(염분: 0‰)로 옮겨 3일간 순응시킨 후 실험에 사용하였다.

실험방법은 수온,  $17 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 와 평균 각장,  $10 \pm 2$  mm,  $20 \pm 2$  mm로 구분하여 glucose, 복합비료(complex fertilizer) 및  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 환경오염원에서 각각의 실험농도를 예비실험을 거쳐 설정하여 생존율, 여수율 및 산소소비율을 측정하였다.

glucose의 실험농도는 30, 50, 70, 90 및 110 mg/l, 복합비료는 90, 117.5, 130, 150 및 170 mg/l였으며,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 은 1, 5, 10, 15 및 20 mg/l였다.

각 실험농도에 따른 실험구의 수량 및 실험 개체수는 작은 개체의 경우 4 liter에 20마리, 큰 개체의 경우는 8 liter에 20마리씩 넣고 실험하였으며 각 실험농도 별로 실험수온은 thermostat로 자동 조절 유지하면서, 수조내의 실험 수량의 반을 매일 교환하였다.

생존율은 10일 동안 각 실험농도에 노출시킨 개체 중 사망개체를 헤아려 생존율로 환산하였다. 여수율의 측정에는 Cole and Hepper(1954)의 방법에 의하여 600 ml 용량의 산소병에 일정량의 0.001% neutral red를 함유한 담수를 부어 넣은 다음, 실험동물을 넣고 실험 전 후의 색소과립 제거율을 비색계로 파장 500 nm에서 측정 정량하여 계산하였다. 그리고 산소소비율은 여수율의 측정과 동시에 산소검량기(YSI 58형)를 이용하여 실험 전 후의 용존산소의 차로써 측정 정량하여 계산하였으며, 실험동물의 건조 중량은 실험을 마친 후 실험동물의 폐각을 열어 육질만을 선별하여 증류수로 행군후  $70^\circ\text{C}$ 에서 24시간 건조시킨 후 측정하여 이용하였다.

## 결 과

### 1. 환경오염원이 생존율에 미치는 영향

Glucose, 복합비료 및  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 각 실험농도에서 수온 및 개체 크기별로 10일간 노출시킨 결과는 Table 1

**Table 1.** Survival rate of small size(10±2 mm) *Corbicula leana* at the concentrations of glucose, complex fertilizer and NH<sub>4</sub>Cl after 10 days

Materials	Test Conc. (mg/ℓ)	No. of test animals	Water quality		Survival rate (%) at water temp. (°C)	
			pH	Sal.(‰)	25±1	17±1
glucose	0	20	7.79	0	100	100
	30	20	7.82	0	100	100
	50	20	7.80	0	100	100
	70	20	7.81	0	100	100
	90	20	7.90	0	100	100
	110	20	7.75	0	100	100
complex fertilizer	0	20	7.81	0	100	100
	90	20	7.76	0	100	100
	117.5	20	7.84	0	100	100
	130	20	7.91	0	100	100
	150	20	7.75	0	100	100
NH <sub>4</sub> Cl	0	20	7.70	0	100	100
	1	20	7.69	0	100	100
	5	20	7.81	0	100	100
	10	20	7.75	0	95	100
	15	20	7.91	0	95	100
	20	20	7.94	0	90	95

과 2와 같다. Glucose와 복합비료의 경우는 수온과 개체 크기에 관계없이 생존율이 100%였으나, NH<sub>4</sub>Cl의 경우는 25±1°C - 작은 개체에서 10 mg/l과 15 mg/l에서 95%의 생존율을 나타내었고, 20 mg/l에서는 90%의 생존율을 보였다. 반면, 17±1°C - 작은 개체에서는 20 mg/l에서만 95%의 생존율을 보였다.

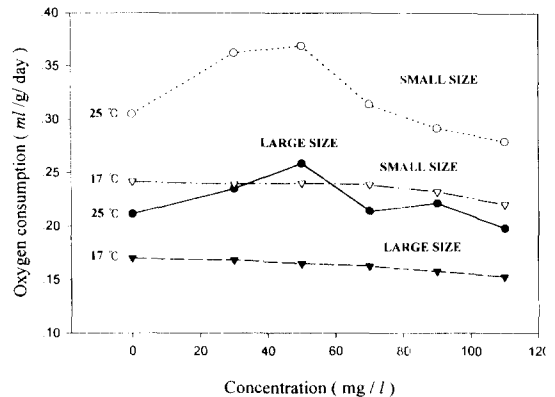
또한 25±1°C - 큰 개체에서는 15 mg/l과 20 mg/l에서 95%의 생존율을 보였으며, 17±1°C - 큰 개체에서는 20 mg/l에서만 95%의 생존율을 나타내어 고수온-작은개체에서 NH<sub>4</sub>Cl의 영향을 다소 받은 것으로 나타났다.

## 2. 환경오염원이 여수율과 산소 소비율에 미치는 영향

Glucose, 복합비료 및 NH<sub>4</sub>Cl의 각 실험농도에서 수온 및 개체 크기별로 10일간 노출시킨 후 여수량과 산소소비량의 변화를 Fig. 1 - 6에 각각 나타내었다.

대조구의 경우 여수율 및 산소소비율은 25±1°C - 작은 개체에서는 1.1592 l/g/day와 0.3048 ml/g/day, 25

±1°C - 큰 개체에서는 각각 0.7896 l/g/day와 0.2114 ml/g/day였다. 그리고 17±1°C - 작은 개체에서는 각



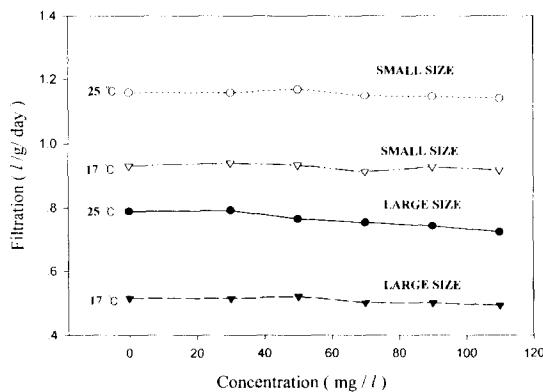
**Fig. 1.** Changes in oxygen consumption rate of *Corbicula leana* by water temperature and individual size at different concentrations of glucose

**Table 2.** Survival rate of large size( $20 \pm 2$  mm) *Corbicula leana* at the concentrations of glucose, complex fertilizer and  $\text{NH}_4\text{Cl}$  after 10 days

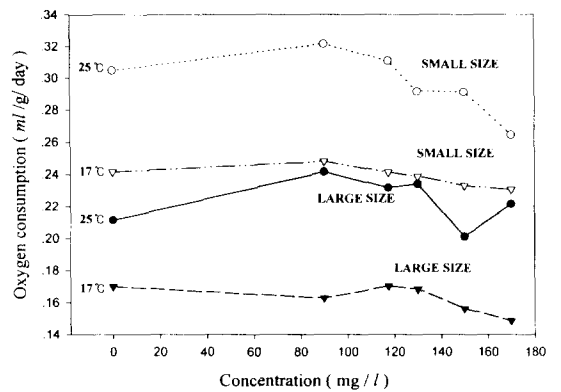
Materials	Test Conc. (mg/ℓ)	No. of test animals	Water quality		Survival rate (%) at water temp. (°C)	
			pH	Sal.(‰)	25±1	17±1
glucose	0	20	7.84	0	100	100
	30	20	7.80	0	100	100
	50	20	7.80	0	100	100
	70	20	7.85	0	100	100
	90	20	7.75	0	100	100
	110	20	7.75	0	100	100
complex fertilizer	0	20	7.85	0	100	100
	90	20	7.69	0	100	100
	117.5	20	7.55	0	100	100
	130	20	7.94	0	100	100
	150	20	7.70	0	100	100
	170	20	7.87	0	100	100
$\text{NH}_4\text{Cl}$	0	20	7.95	0	100	100
	1	20	7.55	0	100	100
	5	20	7.95	0	100	100
	10	20	7.75	0	100	100
	15	20	7.96	0	95	100
	20	20	7.88	0	95	95

각 0.9312 l/g/day와 0.2415 ml/g/day,  $17 \pm 1^\circ\text{C}$  - 큰 개체에서는 0.5164 l/g/day와 0.1699 ml/g/day로서, 고수온 - 작은개체에서 비체중 여수율이 높았으며, 단위

건중당 여수율 및 산소소비율도 개체의 크기가 작을수록 높게 나타나 같은 경향을 보였다.



**Fig. 2.** Changes in filtration rate of *Corbicula leana* by water temperature and individual size at different concentrations of glucose



**Fig. 3.** Changes in oxygen consumption rate of *Corbicula leana* by water temperature and individual size at different concentrations of complex fertilizer

환경 오염원이 참재첩의 여수작용 및 산소소비에 미치는 영향

한편, glucose, 복합비료 및  $NH_4Cl$ 의 경우는 실험농도구의 농도가 증가함에 따라 여수량과 산소소비량은 수온 및 개체 크기와 관련하여 다소 감소하는 경향을 보였다.

특히,  $NH_4Cl$ 의 경우는 glucose와 복합비료에 비해 여수량과 산소소비량의 감소율이 좀더 높게 나타났고, 고수온 - 작은개체에서 감소하는 경향이 보다 높았다 (Figs. 5, 6).

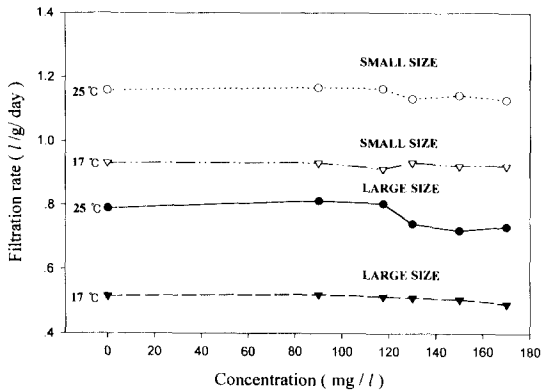


Fig. 4. Changes in filtration rate of *Corbicula leana* by water temperature and individual size at different concentrations of complex fertilizer

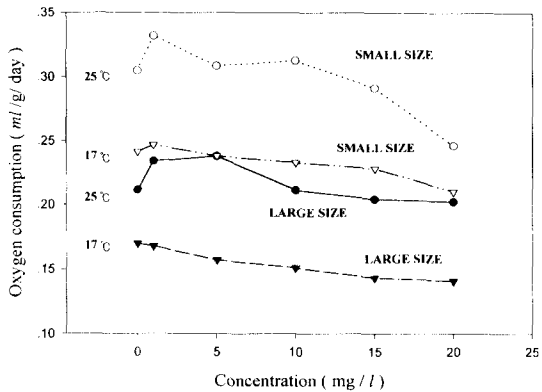


Fig. 5. Changes in oxygen consumption rate of *Corbicula leana* by water temperature and individual size at different concentrations of  $NH_4Cl$

고찰

환경 오염원이 패류에 미치는 영향에 대해서 연구된 바로는 주로 오염원의 체내 잔존량 또는 독성에 의한

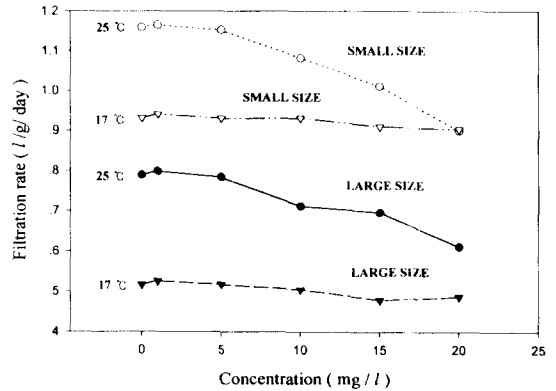


Fig. 6. Changes in filtration rate of *Corbicula leana* by water temperature and individual size at different concentrations of  $NH_4Cl$

치사작용 등 (LaRocke *et al.*, 1970)에 관한 것으로 특히 오염원에 의한 생체반응의 변화는 오염원의 물리화학적 특성의 차이와 오염물질의 양과 폭포시간에 관련되어 진다고 하였다(Clark and Finley, 1975).

Rasmussen 등 (1983)은 오염물질 속에 생체조직을 노출시킨 경우, 오염물질은 생체조직에 저해를 주게되며, 저해 영향을 받는 조직부위는 오염물질의 종류에 따라 부위가 다르게 나타나는데, 특히 장기간 실험을 하는 경우 이들 오염물질에 의한 병변 target cell의 구분은 더욱 명확해 진다고 하였다.

Stromgren (1986)은 아가미를 가지는 이매패류는 오염물질에 노출되었을 때 독성물질의 침투는 먼저 아가미를 통해 흡수된 후 소화계로 들어가고 점차 내부조직이 오염물질에 노출되면 큰 영향을 받게 된다고 하였다.

김과 이 (1988)에 의하면 이매패류의 조직병변 실험에서 각종 오염물질 중 특히, 중금속화합물질의 이온들은 심한 대사 저해작용을 나타내는데 조직·기관의 저해 현상이 가장 민감하고 뚜렷하게 나타나는 부위는 아가미로 이 부위는 낮은 농도에서는 대사생리적 저해 현상이 나타나, 높은 농도로 갈수록 아가미의 조직병변현상이 일어난다고 하였다. 특히, 아가미를 이루는 外鰓葉의 鰓條帶를 이루는 상피세포들이 수질 오염물질에 의해서는 괴사현상이 일어나거나, 상피세포 섬모들의 탈락으로 인한 호흡기능의 장애와 물의 체내 유통 방해 및 여수작용 장애 등 대사생리 저해가 일어난다고 하였다.

본 실험에서는 강 하구로 유입될 유기물을 대표하는 glucose와 복합비료 및 암모니아 등에 의한 폐사율과 환경지표생물의 생리적 기능에 미치는 영향을 조사하였는데, 10일 동안 17°C와 25°C의 두 수온구에서 glucose와 복합비료의 농도별 사망률은 0%를 나타내었으나, 암모니아 농도 10 mg/l 이상에서만 5-10%의 사망률을 보였다. 그리고 여수율 및 산소소비율은 고수온-작은개체에서 높게 나타나는 일반적인 경향을 보였다. 그리고 glucose, 복합비료 및 염화암모니움의 영향으로 인한 여수율과 산소소비율의 변화는 고수온에서 약간 더 큰 영향을 나타내었으나, 개체 크기와는 무관하게 각 실험구의 농도 증가에 따라 대사율이 다소 감소하는 경향을 보였는데, 특히 대체로 암모니아 이온이 미치는 영향은 좀더 크게 나타났다.

일반적으로 수소이온농도, 온도 및 염분 등은 암모니아의 이온화에 영향을 미쳐 강한 독성을 띠는  $\text{NH}_3$ 의 비율을 증가시키므로 암모니아의 독성은 주변환경의 영향을 받으며 수산생물의 생활사, 크기 및 적응력 등에 따라 그 영향은 다르게 나타난다(Bower and Bidwell, 1978; Calamari *et al.*, 1981).

해산어와 담수어의 암모니아에 대한 만성적인 독성의 영향을 비교하여 보면, 담수어의 경우 Mitchell and Cech(1983)는 0.219 mg/l의 암모니아 농도에 Channel catfish를 83일 노출시키는 동안 아가미 상피조직에 아무런 영향을 미치지 않았으나, 같은 종에 대하여 Robinette (1976)에 의하면 0.146 mg/l의 농도에서 27일 노출시켜도, 아가미 상피조직에 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

한편, 해산어에 있어서는 red drum을 14일간 0.3 mg/l에 노출시켰을 경우 생존율감소를 보고(Holt and Arnold, 1983)하였으며, turbot는 0.11 mg/l에서 11일간 노출시킨 경우 성장에는 영향을 미치지 않았으나 대사율의 감소를 보고(Anderson, 1979)하였다.

위의 보고들로 미루어 보아 암모니아에 대한 영향은 해산어 보다는 담수어에서 미약하여, 서식지에 따른 종의 특성에 따라 어느 정도 차이가 있는 것으로 보인다. 특히 패류의 경우는 환경수질 오염원에 노출되면 패각을 열지 않고 무기호흡으로 견디어 낼 수 있는 종의 내적 특성과 담수의 외부 환경변화에 대한 요인 등으로 인해 단기간에 걸쳐 조사된 결과로 그 지역의 수질변화를 간접적으로 예측하기는 어렵다.

김과 이(1988)에 의하면 염소이온( $\text{Cl}^-$ )이 이매패류의

성체 아가미의 外鰓葉 鰓條帶의 상피세포에 미치는 조직병리학적 영향은  $\text{NaOCl}$ 의 경우, 진주담치와 참굴은 5.0 ppm 48시간 처리구부터 상처 및 조직병변이 일어났으며,  $\text{HCl}$ 의 경우도 진주담치, 참굴, 바지락 모두 5.0 ppm 48시간 처리구부터 아가미의 상처 및 조직병변 현상이 나타났다고 하였다. 본 조사에서 참재첩(*C. leana*)은  $\text{NH}_4\text{Cl}$  실험구에서 작은개체나 큰개체에서 대체로 5.0 ppm부터 산소소모율이나 여수율이 대조군 보다 약간씩 감소되기 시작하였고, 농도가 높아질수록 좀더 감소되는 현상을 보였다.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 경우는 수중에서 암모니아 이온( $\text{NH}_4^+$ )과 염소이온( $\text{Cl}^-$ )으로 해리되어 이들 이온이 아가미 조직의 상피세포에 상처 및 조직병변을 일으키게 되는데, 이 경우는 암모니아 이온이 염소 이온보다 독성이 더 강하게 작용하였을 것으로 추정된다. 따라서 환경수질 오염원에 아가미 조직이 노출됨으로써 상처 및 조직병변이 일어나 아가미를 통한 산소소모율과 여수율이 감소되는 것으로 사료된다.

따라서 본 연구를 기초로 하여 glucose, 복합비료 및 염화암모니움 등의 만성 농도에서 장기간 투여하여 실험생물의 수질변화에 따른 생리활성을 추적하여 얻어진 결과를 토대로 담수에 서식하는 패류의 각종 환경수질 오염원별 최대허용안전 농도를 설정하여 줌으로써 그 지역의 수질을 관리할 수 있는 자료로 이용할 수 있으리라 생각된다.

## 요 약

수처리에 이용할 수 있는 이매패의 생리특성을 규명하기 위해 사전 예비조사의 일환으로 glucose, 복합비료 및  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 각 실험구의 오염원 농도속에 참재첩(*Corbicula leana*)를 넣고 10일 동안 노출시킨 후 수온 및 개체 크기별로 생존율, 여수율 및 산소소비율을 측정하였다.

생존율은 glucose와 복합비료의 경우 수온과 개체 크기에 관계없이 생존율이 100%였으나  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 경우는 25°C-작은개체에서 10 mg/l와 15 mg/l에서 95%, 20 mg/l에서 90%의 생존율을 보인 반면, 17°C-작은개체에서는 20 mg/l에서 95%의 생존율을 나타내었다.

여수율 및 산소소비율은 고수온-작은개체 일수록 높았으며, glucose, 복합비료 및  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 의 각 실험농도구에서는 농도가 높을수록 다소 감소하는 경향을 보였다. 그리고 glucose와 복합비료에 비해  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 이 여수

울과 산소소비율에 있어서 좀더 영향을 미치는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Anderson, R. (1979) The effect of ammonia on the growth of juvenile dover sole. *Solea solea* (L.) and turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *Aqua*, 17: 291-309.
- Bower, C.E. and Bidwell, J.P. (1978) Ionization of ammonia in seawater: effects of temperature, pH and salinity. *J. Fish Res. Board Can.*, 35: 1012-1016.
- Calamari, D., Marchetti, R. and Vailati, G. (1981) Effects on long-term exposure to ammonia on the developmental stages of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 178: 81-86.
- Chung, E.Y., Shin, Y.K. and Lee, J.H. (1994) Effects of suspended sediment on metabolism of *Scapharca broughtonii*. *Korean J. Malacol.*, 10(1): 55-63. [in Korean]
- Clark, R.C. and Finley, J.S. (1975) Uptake and loss of petroleum hydrocarbons by the mussel *Mytilus edulis*, in laboratory experiments. *Fish Bull.*, 73: 508-515.
- Cole, H.A. and Hepper, B.T. (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.
- Conover, D.G., Detrick, R.J., Alexander, J.P. and Burky, A.J. (1981) Comparison of filtration rates as a function of suspended particle concentration in hte freshwater spheriid clams, *Musculium partumeium* (Say) and *Musculium lacustre* (Müller). *Ohio J. Sci.*, 81: Abstra. Suppl., 110
- Habel, M.L. (1970) Oxygen consumption, temperature tolerance, and filtration rate of the introduced Asiatic, clam, *Corbicula manilensis* from the Tennessee River. Master's Thesis. Auburn University., 91 pp.
- Holt, G.P. and Arnold, C.R. (1983) Effect of ammonia and nitrite on growth and survival of red drum eggs and larvae. *Trans. Am. Fish Soc.*, 12: 314-318.
- Kim, S.Y. and Lee, T.Y. (1988) The effects of Pollutants effluent from a steam-power plant on coastal bivalves. *Ocean Res.*, 10(1): 47-65. [in Korean]
- LaRoche, G., Eisler, R. and Tarzwell, C.M. (1970) Bioassay procedures for oil and oil dispersant toxicity evaluation. *J. Water Pollut. Control Fed.*, 42: 1982-1989.
- Lee, T.Y., Park, J.S., Chin, P., Kang, Y.J., Sohn, C.H and Lee, P.Y. (1985) Studies on environment and biology of aquatic living resources in Nakdong estuary. *Bull. Fish Res. Dev. Agency*, 34: 5-60. [in Korean]
- Mattis, J.S. (1979) Interaction of *Corbicula* sp. with power plants. *Proc.-Int. Corbicula Symposium 1st*, 1977, pp. 119-138.
- Mattice, J.S. and Dye, L.L. (1976) Thermal tolerance of the adult Asiatic clam. *In: Thermal Ecology II.* (ed. by Esch G.W. and McFarlane, R.W.), pp. 130-135. United States Energy Rresearch and Development Administration Symposium Series, Washington, D. C.
- McMahon, R.F. (1978) Response to temperature and hypoxia in the oxygen consumption of the introduced Asiatic freshwater clam, *Corbicula fluminea*. *Comp. Biochem. Physical.*, 63A: 383-388.
- Mitchell, S.J. and Cech, J.J. (1983) Ammonia-caused gill damage in channel catfish, *Ictalurus punctatus*: confounding effects of residual chlorine. *Can. J. Fish Aqua. Sci.*, 40: 242-247.
- Park, K.Y. (1985) Effects of season, temperature and salinity on the rate of oxygen consumption and filtration of *Corbicula fluminea*. M.S. Thesis. Department of Marine Biology, Graduate School, National Fisheries University of Pusan, 4-18.

- Rasmussen, L.P.D., Hage, E. and Karlog, O. (1983) Light and electron microscopic studies of the acute and chronic toxic effects of N-nitroso compounds on the marine mussel, *Mytilus edulis* (L). II. N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine. *Aquat. Toxicol.* **3**: 301-311.
- Robinette, H.R. (1976) Effect of selected sublethal levels of ammonia on the of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Prog. Fish-Cult.*, **38**: 26-29.
- Stromgren, T. (1986) The combined effect of copper and Hydrocarbons on the length growth of *Mytilus edulis*. *Mar. Environ. Res.* **19**: 251-258.
- Sung, W.I., (1972) The effects of temperature and salinity on the oxygen consumption of excised gill tissue of *Corbicula fluminea* (Müller). *Publ. Mar. Lab. Pusan Fish Coll.*, **5**: 37-43.
- 이복규, 진 평 (1981) 양식굴과 진주담치의 여수율에 미치는 개체크기, 수온-염분 및 기아의 영향. 부산수대해연보, **14**: 37-41.

---

Received November 5, 1997

Accepted December 11, 1997