

# 조피볼락, *Sebastes schlegeli*의 초기생활사 동안 생존율 향상을 위한 생물학적 연구

## I. 자어의 생존과 성장에 미치는 암모니아의 영향

진 평 · 신윤경 · 김학균\* · 이정식\*\* · 김형수

부경대학교 해양생물학과 · \*국립수산진흥원 적조연구부 · \*\*여수대학교 어병학과

조피볼락, *Sebastes schlegeli* 자어의 생존과 성장에 미치는 암모니아의 영향을 알아보았다. 2시간 반수치사농도는 7일째 0.4757 NH<sub>3</sub>mg/l 에서 부화 후 시간이 경과할수록 0.8904 NH<sub>3</sub>mg/l 로 증가하는 경향을 보여 암모니아에 대한 내성은 성장함에 따라 커지고 어릴수록 민감하였다. 부화 후 14일부터 여러 암모니아 농도로 처리된 자어의 폐사율은 대조구와 0.0112 NH<sub>3</sub>mg/l 농도구에서 5% 였으나 농도가 높을수록 폐사율은 증가하여 0.123 NH<sub>3</sub>mg/l 에서는 27.5%로 증가하였다. 암모니아 농도(X)와 폐사율(Y)간의 회귀식은  $Y=0.516+3.482X$  ( $r^2=0.4737$ ,  $P<0.01$ )이었다. 대조구와 비교하여 사망률에 대한 NOEC는 0.100 NH<sub>3</sub>mg/l, LOEC는 0.123 NH<sub>3</sub>mg/l 였으며 이들 값의 기하평균인 반만성적농도 (ChV)는 0.111 NH<sub>3</sub>mg/l 로 나타났다. 성장에 미치는 영향을 알아보기 위해 7일간 노출 후 체장을 측정된 결과, 대조구의 체장 성장에 비해 높은 농도로 처리한 노출군일수록 성장이 느린 경향을 보였다. 체장 성장에 대한 NOEC는 0.0335 NH<sub>3</sub>mg/l, LOEC는 0.0558 NH<sub>3</sub>mg/l 였으며 NOEC와 LOEC의 기하평균인 chronic value(ChV)는 0.0432 NH<sub>3</sub>mg/l 였다.

### 서 론

암모니아는 어패류나 갑각류등의 수서생물에 의한 배설물과 잔류 사료 및 외부에서 유입되어 수중에 방출된 암모니아는 이온화된 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>와 이온화되지 않은 NH<sub>3</sub>의 두 형태로 존재하면서 평형상태를 이룬다. 수온, pH에 많은 영향을 받으며 염분도 다소 영향을 미치고, pH가 커지고 온도가 상승하면 NH<sub>3</sub>의 양이 증가한다(Bower and Bidwell, 1978). NH<sub>3</sub>는 비극성이므로 원형질막내로 농도경사에 따라 조직내로 침투될 수 있지만, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>는 극성을 띠면서 수화되어 투과성이 낮다(Miline et al., 1958). 따라서 수중 NH<sub>3</sub>의 양이 일정량 이상으로 증가하면 체내로 흘러들어가 영향을 주게 된다. NH<sub>3</sub>는 어체의 삼투조절에 영향을 주게되며 개체의 아가미조직의 괴사로 인한 호흡장애 및 생리

적 대사의 저해를 초래해 개체의 성장과 생존에 영향을 주게된다(Ruffer et al., 1981).

근래 오염과 남획으로 인해 연안자원은 감소하고 있는 반면, 수산물에 대한 수요는 증가하고 있어 고밀도 양식업은 점점 그 역할이 중요시되고 있다. 하지만 이런 고밀도 양식을 제한하는 가장 큰 요인의 하나는 암모니아로서, 이에 대한 연구 또한 더 절실해지고 있다. 현재 암모니아에 관한 연구는 담수어종을 중심으로 급성독성에 관해 연구가 많이 되어 있고(Burrows, 1964; Alderson, 1979; Holt and Arnold, 1983) 만성적인 연구는 시간이 많이 소요되고, 비용도 많이 들기 때문에 상대적으로 적다(Smith and Piper, 1975; Thurston et al., 1984). 국내 연구는 국내에는 불과 몇편에 불과하다(Kwon, 1994; Kim, et al., 1997).

미국환경보호국에서는 해양 및 하구생물에 미

치는 순수화합물이나 특정배출물의 안전농도를 단기간에 추정하기 위한 단기 독성시험법을 제시하였다(Horning and Weber, 1988). 이 시험법은 오염물질에 대한 생물반응이 생활사의 초기에 가장 민감하고 발생과 생존에 미치는 오염원의 영향이 가장 분명히 나타나므로, 이 시기에 오염원의 안전농도를 규명한 결과는 전 생활사에 대해 실시한 만성독성 시험결과에 근접한다는 사실에 기초하고 있다(Degraeve *et al.*, 1988; Degraeve *et al.*, 1991). 본 연구는 국내에서 최근 널리 양식되고 있는 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)에 대한 암모니아의 영향을 단기독성시험법에 준하여 생물검정 시험을 실시하여, 자어시기의 암모니아 내성 및 성장에 미치는 암모니아농도를 구명하는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

실험에 사용한 조피볼락 자어는 1996년 5월부터 1997년 5월까지 경남 통영군 용초 호림수산에서 분양받아 실험에 이용하였다. 사육수조의 수온은  $16 \pm 1^\circ\text{C}$ , 광주기는 자연광으로 하였으며 해수는 공경 10 $\mu\text{m}$  필터로 걸러서 사용하였다. 먹이는 *Artemia nauplii*를 공급하였으며 *Chlorella sp.*를 사육수조에 넣어 수질안정을 도모하였다. 시험용액은 시약용  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 을 탈이온수에 녹여 1,000 ppm의 표준용액을 만든 다음 해수에 희석하여 실험구를 만들었다. 자어의 성장단계별 반수치사농도(24hr-LC<sub>50</sub>)의 측정은 1.5 l의 용기에 1 l의 해수를 넣고 예비실험을 통해 적정농도구를 설정한 다음, 출산 7일된 개체를 시작으로 대조구와 0.115, 0.335, 0.558, 0.7801  $\text{NH}_3\text{mg/l}$ 의 5개 농도구를 설정하고 농도구당 20미씩 투입하였으며, 13, 18, 23일 경과된 개체부터는 반응정도에 따라 약간씩 농도를 증가시키면서 실험하였다. 생존과 성장에 미치는 영향을 조사하기 위해서는 대조구와 0.0112, 0.0335, 0.0558, 0.0781, 0.100, 0.123  $\text{NH}_3\text{mg/l}$ 의 농도구를 설정하고, 독성시험에서 대조구의 생존율을 90% 정도가 유지될 수 있도록 하기 위해 출산 후 14일된 개체를 2미씩 투입하였다. 대조구와 실험구내의 배설물이나 저면의 먹이 여

분은 매일 제거한 후 용액을 교환하였으며 암모니아농도의 변화를 막기 위해 PE(Polyethylene)막으로 비이커를 들렀다. 실험용액의 용존산소는 산소검량기(YSI 58형)를 사용하여 포화산소의 60% 이상 유지되는지 점검하였다. 총암모니아양 중에서 이온화되지 않은  $\text{NH}_3$ 의 양은 Bower와 Bidwell(1978)이 제시한 환산법을 적용하여 구하였다. 실험종료 후 개체의 전장은 얼음에 마취시킨 후 즉시 측정하였으며, 성장단계별 LC<sub>50</sub>계산은 probit방법을 이용하였다. 만성영향을 알아보기 위한 7일간의 노출실험에서 제장을 대조군과 비교해서 성장에 유의한 영향을 미치지 않는 암모니아농도, NOEC(No-observable-effects concentration)와 영향을 미치는 최소농도, LOEC (Lowest-observable-effects concentration)의 산출에는 Dunnett's one-tailed t-test를 사용하였으며, 시험결과의 암모니아 농도는 비이온성 암모니아( $\text{NH}_3$ )로 나타내었다.

## 결 과

### 1. 성장 단계별 암모니아의 급성독성

조피볼락 자어의 암모니아에 대한 내성변화를 조사하기 위해 출산 후 7, 13, 18, 23일 경과된 조피볼락의 24시간 반수치사농도(24hr-LC<sub>50</sub>)를 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 7일된 개체의 24시간 반수치사농도는 0.476  $\text{NH}_3\text{mg/l}$  이었고, 13일째는 0.589  $\text{NH}_3\text{mg/l}$ , 18일째는 0.728  $\text{NH}_3\text{mg/l}$  그리고 23일째는 0.890  $\text{NH}_3\text{mg/l}$ 로 서서히 증가하는 경향을 보여, 출산 후 암모니아에 대한 내성은 성장함에 따라 커지고, 초기에 민감하였다.

### 2. 생존과 성장에 미치는 암모니아의 만성독성

초기생존에 미치는 암모니아의 영향을 파악하기 위해 출산 후 14일된 조피볼락 자어를 7일간 암모니아 농도별로 노출시킨 후 폐사율은 Fig. 2에 나타내었다. 대조구와 0.0112  $\text{NH}_3\text{mg/l}$ 의 농도구에서 폐사율은 5%였으며, 0.0335  $\text{NH}_3\text{mg/l}$ 에서

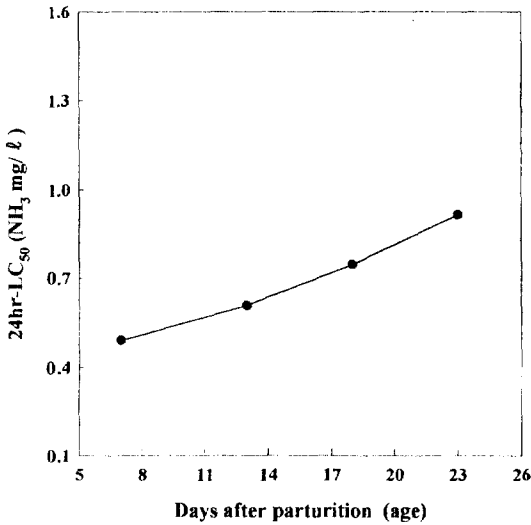


Fig. 1. 24hr-LC<sub>50</sub> of rockfish, *Sebastes schlegelii* larvae exposed to several concentration of ammonia with days after parturition.

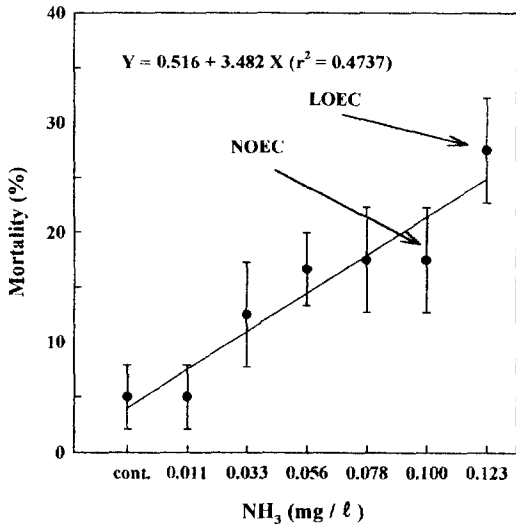


Fig. 2. Mortality of 14 day-old rockfish, *Sebastes schlegelii* exposed for 7 days at each concentration of ammonia.

16.7%, 0.558 NH<sub>3</sub>mg/l 에서 17.5%, 0.781 NH<sub>3</sub>mg/l 에서 17.5%, 0.123 NH<sub>3</sub>mg/l 에서는 27.5%로 암모니아 농도가 높을수록 폐사율이 증가하였으며, 암모니아 농도(X)와 폐사율(Y)간의 회귀식은  $Y = 0.516 + 3.482 \cdot X (r^2 = 0.474)$ 이었다. 대조구와 비

교하여 폐사율에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않는 농도(NOEC)는 0.100 NH<sub>3</sub>mg/l 였고 통계적으로 유의한 차이를 나타내는 농도(LOEC)는 0.123 NH<sub>3</sub>mg/l 이었으며 이들 값의 기하평균인 반만성적농도(ChV)는 0.111 NH<sub>3</sub> mg/l 로 나타났다 (Table 1).

체장성장에 미치는 영향은 출산 후 14일된 자어를 암모니아 농도별로 7일간 노출시켜 체장의 성장을 측정하였으며 Fig. 3에 나타내었다. 대조구의 평균체장은 7.832mm였으며, 0.0112 NH<sub>3</sub>mg/l 에서 7.700mm, 0.123 NH<sub>3</sub>mg/l 에서는 7.050mm으로 대조구에 비해 고농도구로 갈수록 체장성장이 느려 암모니아로 인한 성장장애가 뚜렷해졌다. 대조구와 비교하여 체장성장에 대한 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않는 농도(NOEC)는 0.0335 NH<sub>3</sub>mg/l 였고 통계적으로 유의한 차이를 나타내는 농도(LOEC)는 0.0558 NH<sub>3</sub>mg/l 였으며, 이들 값의 기하평균인 반만성적인 값(ChV)은 0.0432 NH<sub>3</sub>mg/l 였다(Table 1).

Table 1. Un-ionized ammonia concentrations that resulted in significant ( $P \leq 0.05$ ) differences between mortality and body length during 7-d toxicity tests

Measure	Limit (NH <sub>3</sub> mg/l)		Estimated ChV (NH <sub>3</sub> mg/l)
	NOEC	LOEC	
Mortality			
Un-ionized ammonia (mg/l)	0.100	0.123	0.111
Total ammonia	4.500	5.500	4.975
Mean survival (%)	17.5 ± 9.574	27.5 ± 9.574	
Body length			
Un-ionized ammonia (mg/l)	0.033	0.056	0.0432
Total ammonia	1.500	2.500	1.936
Mean body length (mm)	7.70 ± 0.455	7.09 ± 0.272	

NOEC : the no-observable-effect concentration is the highest concentration of un-ionized ammonia that did not significantly affect dry weight or body length.

LOEC : the lowest-observable-effect concentration is the lowest concentration of un-ionized ammonia that significantly reduced dry weight or body length.

ChV : geometric mean of the NOEC and LOEC

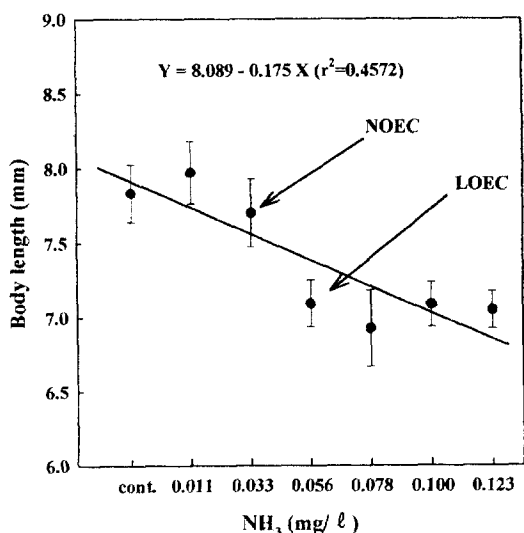


Fig. 3. Growth of body length of 14 day-old rockfish, *Sebastes schlegeli* exposed for 7 days at each concentration of ammonia. NOEC and LOEC are no-observable-effect concentration and lowest-observable-effect concentration, respectively.

### 고 찰

질소는 아미노산과 단백질의 합성에 필수적인 성분으로 먹이를 통해 아미노산으로 공급되며 체내조직이나 필요한 효소 등으로 재구성 된다. 어류는 먹이를 통해 흡수된 단백질 중 초과된 양과 체내 조직단백질의 이화과정에서 최종적인 질소대사 산물로서 암모니아를 배설하게 되는데 그외 urea, uric acid, trimethylamine oxide, creatine, creatinine을 소량으로 배설한다(Forster and Goldstein, 1969). 암모니아는 질소를 배설하는데 에너지 이용 면에서 더 효율적이므로 수서생물은 이 형태로 주

로 배설을 하게 되며 수중의 암모니아농도가 증가하면, 에너지 이용면에서 효율이 떨어지지만 urea 형태로 배설되는 양을 증가시킨다. 암모니아의 배설은 아가미를 통해 수동적 확산이나 능동적인  $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$  교환으로 혈액에서 수중으로 방출되고 능동적 배출보다는 수동적 확산이 암모니아 제거에 더 큰 역할을 하는 것으로 생각되고 있다 (Holeton *et al.*, 1983; Wright and Wood, 1985). 혈액내 암모니아 농도는 수중의 농도보다 40배 정도 높은 것으로 예상되며 외부로의 확산은 농도경사가 클 때 가장 중요한 역할을 한다. 암모니아 농도가 높아지면 외부적 확산이 느려지고 혈액내 암모니아의 농도는 상승하게 되면 결국 독성을 띠게 된다 (Fromm and Gillette, 1968).

Kim *et al.* (1997)과 Ruyet *et al.* (1995)의 보고에 의하면 반수치사시간 ( $\text{LT}_{50}$ )의 그래프에서 독성 곡선(toxicity curve)이 24시간 이후부터 48시간, 96시간으로 증가해도 크게 감소하지 않고 X축에 평행해지므로, 즉 24시간 이후 반수치사농도는 별로 감소하지 않으므로 출산 후 경과일수에 따른 내성변화를 파악하기 위해 24hr -  $\text{LC}_{50}$ 를 이용하였다. 부화후 7, 13, 18, 23일된 자어에 대한 24hr -  $\text{LC}_{50}$ 을 보면 성장하면서 값이 점점 커지므로 내성이 강해지고 있음을 보여준다. 이 결과는 넙치의 부화 후 30일까지의 96hr -  $\text{LC}_{50}$ 의 변화 (Kim *et al.*, 1997)와 무지개 송어에서는 1년생까지 내성이 증가했다는 보고(Thurston and Russo, 1983)와 같은 경향을 보여주고 생물이 초기에 가장 민감하고 성장하면서 내성이 강해진다는 일반적인 경향과 일치한다.

몇 어종의 초기 급성독성 자료를 비교하면 (Table 2), 담수산 메기류(Bader and Grizzle,

Table 2. Comparison of  $\text{LC}_{50}$  of fishes in larva and juvenile stage

Species	Life stage	Exposure time (hours)	$\text{LC}_{50}$ (mg $\text{NH}_3/l$ )	Authors
Channel catfish	larva(1d)	96	1.21	Bader and Grizzle(1992)
	juvenile(7d)		1.61	
Spotted seatrout	larva(1d)	24	0.34	Daniels & Boyd (1987)
	juvenile(1month)	96	1.67	
Flounder	larva(13 - 23d)	96	0.343 - 1.023	Kim <i>et al.</i> (1997)
Rockfish	larva(13 - 23d)	24	0.476 - 0.890	This study

1992)는 1일된 개체에서 96hr-LC<sub>50</sub>이 1.21 NH<sub>3</sub> mg/l로 나타났고, Spotted seatrout(Daniels and Boyd, 1987)는 24hr-LC<sub>50</sub>이 0.34 NH<sub>3</sub> mg/l 이고 1개월된 치어에서는 96hr-LC<sub>50</sub>이 1.67 NH<sub>3</sub> mg/l로 나타났다. 또한 비슷한 시기에 넙치, *Paralichthys olivaceus*(Kim et al., 1997)의 96hr-LC<sub>50</sub>이 0.343~1.023 NH<sub>3</sub>mg/l로 나타나 비슷한 시기의 조피볼락이 타 어종에 보다 다소 암모니아에 대해 민감하게 보인다.

만성적 안정농도에 관한 여러 연구자들에 의해 제시된 결과를 Table 3에 나타내었다. 본 실험에서 출산 14일된 개체를 암모니아 농도구별 7일간 체장성장을 조사한 결과를 보면, 초기의 체장성장은 0.056 NH<sub>3</sub>mg/l에서 대조구에 비해 유의한 성장 감소가 나타나, Table 3에 나타난 0.0152~0.423 NH<sub>3</sub>mg/l의 범위에서 보면 암모니아에 의해 민감하게 영향을 받는 것으로 생각된다. 그리고 Arillo et al.(1981)이 암모니아에 민감한 어류인 연어의 성장에 영향을 주지 않고 장기간 사육할 수 있는 최대허용농도로 제시한 0.02 NH<sub>3</sub>mg/l 보다

는 높게 나타났다.

Meade(1985)는 저농도의 비이온화된 암모니아에 의한 아가미조직의 손상이나 만성적 영향이 다른 요인에 의한 결과일 수도 있는 것으로 보고 있다. 그외 암모니아가 박테리아에 의해 산화되면서 생기는 아질산염은 산소를 운반하는 헤모글로빈의 기능을 방해하고(Brown and McLeay, 1975), 이온화된 암모니아와 미량의 대사산물의 축적으로 인한 영향도 있을 수 있다고 생각된다 (Meade, 1985).

무지개 송어와 gilthead seabream를 대상으로 한 실험에서 산소농도가 포화수준 이하로 내려가면 암모니아에 대한 LC<sub>50</sub>이 감소하고(Thurston et al., 1986; Wajsbroet et al., 1991), 저농도의 암모니아에 몇주간 노출시키면 담수나 해수에서 내성이 증가된다는 보고가 있다(Thurston et al., 1986, Alabaster et al., 1983; Ruyet et al., 1995). Weirich와 Tomasso(1993)는 광염성어종인 sunshine bass는 담수중의 칼슘농도를 증가시키고 pH를 낮추어 아가미 상피세포막의 암모니아에 대

**Table 3. Values of chronic toxicity of ammonia for fresh water and marine fish**

Species	Ammonia levels (NH <sub>3</sub> /l)	Indicator	Exposure duration	Effect	Reference	
fresh water fish	channel catfish	0.146	gill damage	27days	Effect on gill epithelium	Robinette (1976)
	rainbow trout	0.0152	gill damage	180days	Effect on gill epithelium	Smith & Piper (1975)
	rainbow trout	0.423	gill damage	90days	MATC*	Dadust & Ferguson (1984)
	rainbow trout	0.04	gill damage	parental, F <sub>1</sub> fish	Effect on gill epithelium	Thurston et al. (1984)
channel catfish (larvae)	0.082	growth	7days	No effect on growth	Bader and Grizzle (1992)	
marine fish	red drum (larvae)	0.31	survival	14days	Reduced survival	Holt & Arnold (1983)
	silversides (larvae)	0.05	growth	28days	No effect on growth	Brownell (1990)
	gilthead seabream (juvenile)	0.27	growth	20days	No effect on growth	Waisbroet et al. (1992)
	flounder (larvae)	0.102	growth	7days	No effect on growth	Kim et al. (1997)
	rockfish (larvae)	0.033	growth	7days	No effect on growth	This study

\* MATC : toxicant concentration that may be present in a receiving water without causing significant harm to production or other use.

한 막투과성을 낮추어 독성을 감소시킬수 있고 아질산염의 독성은 염소를 첨가해서 투과를 경쟁적으로 방해해서 완화시킬 수 있다. 따라서 적절한 암모니아 및 아질산염농도를 적절하게 관리하는 것이 중요하지만, 부득이한 경우 칼슘이나 염소의 사용이 도움될 수도 있다고 말하고 있다(Weirich and Tomasso, 1993).

본 실험의 결과를 토대로 조피볼락 자어의 초기 폐사를 방지하기 위해서는 암모니아농도를 0.0432 NH<sub>3</sub>mg/l 이하로 유지한다면 자어의 사육시 별영향이 없을 것으로 보인다.

## 사 사

본 연구는 1996년도 교육부 학술연구조성비(수·해양분야)에 의해 수행되어진 것임.

## 인 용 문 헌

- Alderson, R. 1979. The effect of ammonia on the growth of juvenile dover sole, *Solea solea*(L.) and turbot, *Scophthalmus maximus*(L.). *Aquaculture* 17 : 291~309.
- Arillo, A., C. Margicco, F. Melodia, P. Mensi and G. Schenone. 1981. Biochemical aspects of water quality criteria : the case of ammonia pollution. *Environ. Tech. Lett.* 2 : 285~292.
- Bader J. A. and J. M. Grizzle. 1992. Effects of ammonia on growth and survival of recently hatched channel catfish. *J. Aquat. Anim. Health*, 4 : 17~23.
- Bower, C. E. and J. P. Bidwell. 1978. Ionization of ammonia in seawater effects of temperature, pH and salinity. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 35 : 1012~1016.
- Brown, D. A. and D. J. McLeay. 1975. Effect of nitrite on methemoglobin and total hemoglobin of juvenile rainbow trout. *Prog. Fish. Cult.* 37 : 36~38.
- Brownell, C. L. 1980. Water quality requirements for first-feeding in marine fish larvae. I. Ammonia, nitrite and nitrate. *J. Expt. Mar. Biol. Ecol.* 44 : 269~283.
- Burrows, R. E. 1964. Effects of accumulated excretory products on hatchery reared salmonids. United States Fish and Wildlife Service Res. Rept. 66 pp.
- Dadust, P. Y. and M. D. Ferguson. 1984. The Pathology of chronic ammonia toxicity in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Dis.* 7 : 199~205.
- Daniels H. V. and C. E. Boyd. 1987. Acute toxicity of ammonia and nitrite to spotted seatrout. *Prog. Fish - Cult.* 49 : 260~263.
- Degraeve, G. M., J. D. Cooney, T. L. Pollock, N. G. Reichenbach, J. H. Dean, M. D. Marcus and D. O. McLntyre. 1988. Interlaboratory study to determine the reproductibility of the seven - day fathead minnow larval survival and growth test. Publication No. 4468. American Petroleum Institute, Washington, DC.
- Degraeve, G. M., J. D. Cooney, D. O. McLntyre, T. L. Pollock, N. G. Reichenbach, J. H. Dean and M. D. Marcus. 1991. Variability in the performance of the seven - days fathead minnow(*Pimephales promelas*) larval survival and growthtest : an intra - and interlaboratory study. *Environ. Toxicol. Chem.* 10 : 1189~1203.
- Förster, R. P. and L. Goldstein. 1969. Formation of excretory products. In : W. E. Hoar and D. J. Randall (Eds.), *Fish Physiology*, Vo. I, Academic Press, New York. pp. 313~345.
- Fromm, P. O. and J. R. Gillete. 1968. Effect of ambient ammonia on blood ammonia nitrogen excretion of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.* 26 : 887~896.
- Holeton, G. F., P. Neumann and N. Heisler. 1983. Branchial ion exchange and acid - base regulation after strenuous exercise in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Respir. Physiol.* 51 : 303~318.
- Holt, G. P. and C. R. Arnold. 1983. Effect of ammonia and nitrite on growth and survival of red drum eggs and larvae. *Trans. of Am. Fish. Soc.* 12 : 314~318.
- Horning, W. B. and C. I. Weber. 1988. Short - term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving water to marine and estuarine organisms. U.S. Environmental Pro-

- tection Agency, EPA 600/4 - 88/028, Cincinnati, Ohio, 416 pp.
- Kim, H. S., H. Y. Kim and P. Chin. 1997. Effects of ammonia on survival and growth of the flounder larva, *Paralichthys olivaceus*. J. Korean Fish Soc. 30 : 488~405.
- Kwon, J. Y. 1994. Influence of ammonia and salinity on physiological conditions of the black seabream, *Acanthopagrus schlegeli*. M. S. Thesis. Nat'l. Fish. Univ. Pusan, 54 pp.
- Meade, J. W. 1985. Allowable ammonia for fish culture. Prog. Fish - Cult. 47 : 135~144.
- Miline, M. D., B. H. Scribner and M. A. Crawford. 1958. Non - ionic diffusion and the excretion of weak acids and bases. Am. J. Med. 24 : 709~729.
- Robinette, H. R. 1976. Effect of selected sublethal levels of ammonia on the channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Prog. Fish-Cult. 38 : 26~29.
- Ruffer, P. J., W. C. Boyle and J. Heinschmidt. 1981. Short - term acute bioassays to evaluate ammonia toxicity and effluent standards. J. Water Pollut. Control Fed. 53 : 369~379.
- Ruyet, P. J., H. Chartois and J. Quemener. 1995. Comparative acute ammonia toxicity in marine fish and plasma ammonia response. Aquaculture, 136 : 181~194.
- Smith, C. E. and R. G. Piper. 1975. Lesions associated with chronic exposure to ammonia. In : W. E. Ribelin and G. Migaki, eds. The pathology of fishes. University of Wisconsin Press, Madison WI, pp. 279~292.
- Thurston, R. V. and R. C. Russo. 1983. Acute toxicity of ammonia to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Trans. Am. Fish Soc., 112 : 696~704.
- Thurston, R. V., R. C. Russo, R. J. Lou Luedtke, C. E. Smith and J. D. Brown. 1984. Chronic toxicity of ammonia to rainbow trout. Trans. Am. Fish Soc., 113 : 56~73.
- Thurston, R. V., R. C. Russo, R. J. Meyn, E. L. Zajdel and C. E. Smith. 1986. Chronic toxicity of ammonia to fathead minnows. Trans. Am. Fish Soc., 115 : 196~207.
- Tomasso, J. R., C. A. Goudie, B. A. Simco and K. B. Davis. 1980. Effects of environmental pH and calcium on ammonia toxicity in channel catfish. Trans. Am. Fish Soc., 109 : 229~234.
- Wajsbrot, J., A. Gasith, M. D. Krom and D. M. Popper. 1991. Acute toxicity of ammonia juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. Aquaculture 92 : 277 - 288.
- Weirich, C. R. and J. R. Tomasso. 1993. Toxicity of ammonia and nitrite to sunshine bass in selected environments. J. Aquat. Anim. Health 5 : 64 ~72.
- Wright and Wood. 1985. An analysis of branchial ammonia excretion in the freshwater rainbow trout : effect of environmental pH change and sodium uptake blockade. J. Exp. Biol. 114 : 329 ~353.

**Biological Study on the Increment of Survival Rate  
during Early Life Cycle in th Rockfish,  
*Sebastes schlegeli* (Telostei : Scorpaenidae)**

**I. Effects of Ammonia on Survival and Growth  
of the Larvae and Juveniles Stages**

**Pyung Chin, Yun Kyung Shin, Hak Gyoon Kim<sup>\*</sup>, Jung Sick Lee<sup>\*\*</sup> and Hyung Soo Kim**

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608 – 737, Korea

<sup>\*</sup>Department of Harmful Algal Blooms Research, National Fisheries Research  
and Development Institute, Pusan 619 – 900, Korea

<sup>\*\*</sup>Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 500 – 749, Korea

The effect of ammonia on survival and growth of the larval rockfish, *Sebastes schlegeli* was examined by a static renewal bioassay method. The tolerance of larvae to ammonia toxicity was more sensitive at the early larvae, but increased with the development of larvae. In 14 day – old – larvae after parturition, the mortality with treatment of each concentration of ammonia was 5% at control group and 0.0112 NH<sub>3</sub>mg/ l , whereas it was increased up to 27.5% at exposure group of 0.1230 NH<sub>3</sub> mg/ l with higher concentration. Regression equation between ammonium concentration(X) and mortality(Y) was followed;  $Y=0.516+3.482 \cdot X(r^2=0.4737, P<0.01)$ . The NOEC(no – observable – effect concentration) and LOEC (lowest – observable – effect concentration) to mortality compared to control group were 0.100 NH<sub>3</sub>mg/ l and 0.1230 NH<sub>3</sub>mg/ l , respectively and chronic value(ChV) which is the geometric mean of the NOEC and LOEC was 0.1110 NH<sub>3</sub>mg/ l . Body length after 7 – days exposure in control group, 0.0112 NH<sub>3</sub>mg/ l and 0.1230 NH<sub>3</sub>mg/ l were 7.8325mm, 7.700mm and 7.05mm, respectively. The NOEC, LOEC and chronic value(ChV) were 0.0335 NH<sub>3</sub>mg/ l , 0.0558 NH<sub>3</sub>mg/ l and 0.0432 NH<sub>3</sub>mg/ l , respectively.