



## 마취제 MS-222, ethyl 3-amino-benzoate-methane sulfonate 가 해양 부착성 요각류 *Tigriopus japonicus*의 생존과 부화에 미치는 영향

신효진, 허성범\*  
부경대학교 양식학과

### Effect of the Anesthesia MS-222, Ethyl 3-Amino-Benzoate-Methane Sulfonate on Survival and Hatching of Marine Benthic Copepod *Tigriopus japonicus*

Hyo Jin Shin and Sung Bum Hur\*

Department of Aquaculture, Pukyung National University, Busan 608-737, Korea

This study was carried out to examine the anesthesia and recovery time of the male and gravid female of marine benthic copepod *Tigriopus japonicus* at 500, 750, 1,000 ppm of MS-222. We also investigated the survival (%) and the nauplii production of *T. japonicus* for 14 days, which was anesthetized with MS-222. As the concentration of MS-222 was higher, the anesthesia time of the copepod was shorter and the recovery time was longer. The survival (%) of male *T. japonicus* was significantly higher than that of the gravid female both in anesthetized and control group. But the survival (%) of the male treated with MS-222 did not show the different survival (%) with the control (0 ppm). In contrast, the survival (%) of the gravid female treated with 750 and 1,000 ppm was significantly lower than that of 500 ppm and control. With regard to hatching, as the concentrations was higher, the number of hatching and total nauplii were lower and interval of hatching was longer. However, the gravid female treated with 500 ppm did not show the significant difference with control. We suggest that 500 ppm of MS-222 is the suitable concentration in isolation of *T. japonicus*.

**Keywords:** *Tigriopus japonicus*, Copepod, Anesthesia, MS-222, Isolation

## 서론

해산 어류를 인공종묘생산할 때 부화 직후 자치어의 초기 먹이생물로 rotifer와 *Artemia* 유생이 주로 이용되고 있다(Lubzens et al., 1989). 그러나 이 두 종은 실제로 바다에 서식하는 생물이 아니므로 식성이 까다로운 해산 자치어의 먹이생물로 적합하지 않을 수도 있다. 따라서 rotifer와 *Artemia* 유생을 대체할 수 있는 새로운 동물 먹이생물의 개발은 양식 산업뿐만 아니라 해양생물학의 기초연구를 위하여 매우 중요하다.

바다에서 요각류는 그 종류와 크기가 다양하며 높은 함량의 단백질과 고도불포화지방산(HUFA)은 물론, carotenoid와 같은 자치어의 성장에 필요한 필수적 화합물을 가지고 있어 해산 어류 자치어의 가장 중요한 먹이생물이다(Evjemo et al., 2003; McKinnon et al., 2003). 따라서 rotifer나 *Artemia* 유생으로 만

족할 수 없는 자치어 사육을 해결할 수 있는 훌륭한 먹이생물로 알려져 있다(Gapasin and Duray, 2001). 현재 자치어 먹이생물로 이용되는 요각류는 단일종으로 순수 분리 배양하여 공급하는 경우보다는 자연에서 요각류를 채집하거나 또는 수조에서 혼합 배양하여 이용하는 경우가 많다(Phels et al., 2005; Toledo et al., 2005).

1980년대 이후 자치어의 먹이생물로 사용하기 위해서 *Acartia tonsa* (Støttrup et al., 1986), *A. tsuensis* (Ohno and Okamura, 1988), *Acartia* spp. (Schipp et al., 1999), *Gladiiferens imparipes* (Payne and Rippingale, 2000; 2001), *Paracyclopsina nana* Smirnov (Lee et al., 2006) 등의 부유성 요각류와 *Tigriopus japonicus* (Park and Hur, 1993; Park et al., 1998), *Amphiascoides atopus* (Sun and Fleeger, 1995), *Tisbe holothurie* (Støttrup and Norsker, 1997)등의 부착성 요각류를 중심으로 대량 배양에 관한 많은 연구가 시도되어 왔으나 아직도 rotifer나 *Artemia* 유생을 대체할 만한 요각류를 개발하지 못한 실정이다.

\*Corresponding author: hurs@pknu.ac.kr

자연 상태에서 다양한 종류의 요각류를 먹이생물로 개발하기 위해서는 채집된 시료에서 포란한 어미 1개체를 모세관을 이용하여 단일종으로 순수 분리하여 배양 시켜야 한다. 그러나 분리하는 과정에서 요각류의 활발한 움직임은 한 개체를 분리하는데 어려움을 줄뿐 아니라, 요각류의 촉각과 유영지 등이 손상을 입을 수 있고, 암컷의 경우, 모세관에 걸려 포란한 알이 떨어지기도 한다. 따라서 빠르게 움직이는 요각류를 순수 분리할 때 마취제를 이용하면 편리할 수 있다. 지금까지 요각류의 기초 생물학적 연구를 위하여 마취제를 사용한 예가 있으나 (Mulin, 1979; Wagner et al., 2001) 마취농도에 따른 구체적인 보고는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대표적 부착성 요각류인 *Tigriopus japonicus*를 대상으로 MS-222 (ethyl 3-amino-benzoate-methane sulfonate)의 농도별 마취 및 회복시간을 조사하고, 또 마취 후 분리된 *T. japonicus*의 생존율과 마취가 nauplius 생산력에 미치는 영향을 조사함으로써 요각류 분리를 위한 MS-222의 적정 농도를 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

실험에 사용된 *T. japonicus*는 부산시 해운대구 동백섬의 조간대 웅덩이에서 100  $\mu$ m 망목의 sieve를 이용하여 채집하였고, 실험에 사용한 MS-222 (ethyl 3-amino-benzoate-methane sulfonate) 시약은 (주)우진 B&G 제품을 사용하였다.

### *T. japonicus*의 수컷과 암컷의 체장 및 전중

*T. japonicus* 체장은 현미경의 micrometer를 이용하여 성체 수컷과 포란한 암컷 각각 30개체씩 측정하였다. *T. japonicus*의 전중은 *T. japonicus* 성체 수컷과 포란한 암컷 각각 10개체씩 저울에 달아 무게를 5반복 측정 후, 수컷과 암컷 1개체씩의 평균전중을 구하였다.

### MS-222 농도별 마취시간, 회복시간 및 생존율

*T. japonicus*에 대한 MS-222의 농도별 마취시간 및 회복시간을 조사하기 위하여 MS-222를 500 ppm, 750 ppm 및 1,000 ppm 농도로 8 ml 씩 tissue cell chamber에 넣은 후, 각 농도별로 *T. japonicus*의 포란한 암컷과 수컷을 구분하여 각각 한 개체씩 넣고, 마취될 때까지의 시간을 측정하였다. 마취된 *T. japonicus*는 여과해수 4 ml를 넣은 tissue cell chamber에 각각 한 개체씩 수용하여 회복될 때까지의 시간을 측정하였다. 암수 각각 30개체씩을 조사하여 농도별 평균 마취시간과 회복시간을 조사하였다.

MS-222가 *T. japonicus*의 생존율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 앞의 실험에서와 동일한 농도로 마취한 실험구와 마취를 하지 않고 동일한 크기의 모세관으로 분리한 대조구로 구분하였다. 또 포란한 암컷과 수컷 각각 30개체를 8 ml의 cell

chamber에 한 마리씩 수용하였다. *T. japonicus*는 수온 20°C, 조도 600 lux, 광주기 12L : 12D의 환경에서 배양하며 14일간 매일 1회 생존유무를 조사하였다. 배양기간 중 먹이생물은 한국해양미세조류은행에서 분양받은 *Tetraselmis suecica* (KMCC P-9)를 f/2 배지(Guillard and Ryther, 1962)로 20°C, 3,000 lux 연속 조명 하에서 배양하여 원심분리한 후 각 chamber에 매일 약 80만 cells 씩 충분히 주었고, 2일에 한 번씩 전량 환수하였다.

### 포란한 암컷의 생산력

MS-222가 포란한 암컷 *T. japonicus*의 nauplius 생산력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 앞의 실험에서와 동일한 농도로 마취 후 분리한 포란한 암컷 15마리와 대조구로 마취하지 않고 분리한 포란한 암컷 15마리를 각각 8 ml의 cell chamber에 한 마리씩 수용한 후 매일 부화한 nauplius를 현미경하에서 계수하여, 산란간격일과 산란횟수를 조사하였다.

### 통계처리

*T. japonicus* 암컷과 수컷의 체장, 전중 및 마취와 회복시간의 평균값은 t-test로, 농도별 생존율과 nauplii 생산력 실험결과는 one-way ANOVA test를 실시한 후 Duncan's multiple range test를 실시하여 평균간의 유의성( $P < 0.05$ )을 SPSS program (Ver. 10.1)으로 검정하였다.

## 결 과

### *Tigriopus japonicus* 수컷과 포란한 암컷의 체장 및 전중

본 실험에서 사용한 *T. japonicus* 수컷 성체와 포란한 암컷 각각 30개체의 평균 체장은 암컷이 1041.3 $\pm$ 56.12  $\mu$ m로, 수컷 956.1 $\pm$ 49.89  $\mu$ m 보다 유의적으로 크게 나타났다. 또 10개체씩 5회 측정하여 구한 평균 전중 역시 수컷(0.43 $\pm$ 0.12  $\mu$ g)은 암컷(0.80 $\pm$ 0.10  $\mu$ g)보다 유의적으로 낮았다( $P < 0.05$ ).

### MS-222 농도별 마취시간, 회복시간 및 생존율

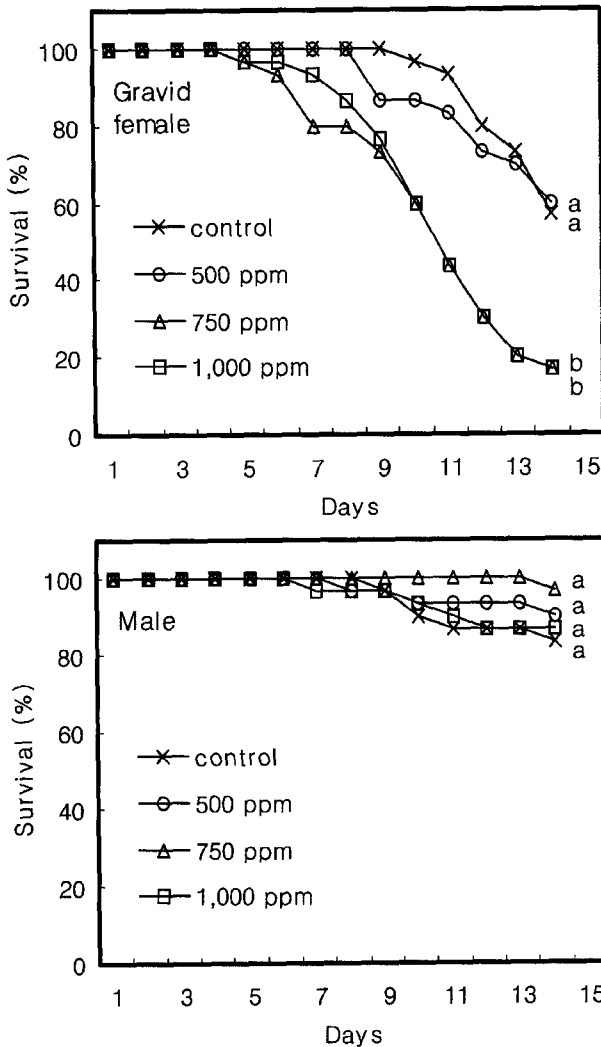
실험에 사용한 MS-222 농도에 따른 *T. japonicus*의 마취시간 및 회복시간은 Table 1과 같다. 농도별 마취시간은 500 ppm에서 포란한 암컷과 수컷이 각각 93.9와 56.7초로 가장 길었다. MS-222의 농도가 높을수록 *T. japonicus*가 마취되는 시간이 단축되는 것으로 나타났다. 그리고 포란한 암컷은 수컷에 비해 마취되는데 걸리는 시간이 모든 농도에서 유의적으로 길었다.

마취 후 회복하는데 걸리는 시간은, 농도가 500 ppm에서 포란한 암컷이 11.6초, 수컷이 18.1초로 다른 농도보다 빠른 시간 내에 회복되었고, 마취농도가 높을수록 회복하는데 걸리는 시간이 길었다. 또 포란한 암컷은 수컷에 비해 마취되는데 걸리는 시간은 길었으나 반대로 회복하는데 걸리는 시간은 오히려 짧았다( $P < 0.05$ ).

**Table 1.** Anesthesia and recovery time of *Tigriopus japonicus* with different concentrations of MS-222

Concentration	Anesthesia time (sec)		Recovery time (sec)	
	gravid female	male	gravid female	male
500 ppm	93.9 ± 41.86 <sup>b</sup>	56.7 ± 12.08 <sup>a</sup>	11.6 ± 7.08 <sup>a</sup>	18.1 ± 6.28 <sup>b</sup>
750 ppm	41.4 ± 12.75 <sup>b</sup>	34.0 ± 5.34 <sup>a</sup>	17.4 ± 7.61 <sup>a</sup>	26.3 ± 11.12 <sup>b</sup>
1,000 ppm	34.9 ± 8.08 <sup>b</sup>	22.9 ± 5.51 <sup>a</sup>	22.5 ± 12.13 <sup>a</sup>	41.3 ± 12.39 <sup>b</sup>

Different letter in the same row in each anesthesia and recovery time means significant difference at 5% level.



**Fig. 1.** Survival (%) of gravid female (upper) and male (lower) of *Tigriopus japonicus* with different concentrations of MS-222. Different letter on the final survival (%) means significant difference at 5% level.

MS-222 농도에 따른 *T. japonicus*의 생존율에 변화는 Fig. 1과 같다.

포란한 암컷의 경우, 실험시작 후 6일째까지는 모든 실험구에서 생존율은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 7일째부터는 750 ppm으로 마취한 포란한 암컷의 생존율이 80.0%로 떨어졌으며, 8일째부터 750 ppm과 1,000 ppm으로 마취한 포란한 암

컷의 생존율이 계속 떨어져 실험 종료 시인 14일째에는 두 실험구 모두 20%로 매우 낮게 나타났다. 반면에, 마취를 하지 않은 대조구와 500 ppm 실험구는 750 ppm과 1,000 ppm 실험구와는 달리 각각 9일과 8일째까지 모두 폐사한 개체가 없었으며 그 후 생존율이 떨어지기 시작하여 14일째 대조구에서는 56.7%, 500 ppm에서는 60.0%의 생존율을 보였다. 이 두 실험구 사이에는 유의적인 차이가 없었으나 750 ppm이나 1,000 ppm 실험구와는 유의적인 차이를 보였다( $P < 0.05$ ).

수컷의 경우, 포란한 암컷과는 달리 6일째까지 모든 실험구에서 100%의 생존율을 보였으며 실험종료 시 생존율은 83.3% (대조구)~100%(750 ppm)로 대조구와 실험구 사이의 유의적인 차이는 없었다.

### 포란한 암컷의 생산력

MS-222가 포란한 *T. japonicus*의 nauplius 생산력에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험의 결과는 Table 2와 같다.

총 부화횟수는 대조구와 500 ppm으로 마취한 실험구가 각각 3.0~3.1회로 서로 유의적인 차이가 없었으나 750 ppm과 1,000 ppm의 1.9회보다는 유의적으로 많았다. 총 nauplius 생산량도 대조구와 500 ppm에서 104.2개체와 101.1개체로 750 ppm과 1,000 ppm의 41.5개체와 43.7개체보다 유의적으로 많았다. MS-222 농도에 따른 부화 1회시의 평균 nauplius 생산량도 총 생산량과 같은 경향의 결과를 보였다. 부화주기에서는 대조구가 3.3일로 가장 짧게 나타났고 1,000 ppm으로 마취된 실험구가 4.2일로 마취 농도가 높을수록 포란한 *T. japonicus*의 부화주기는 길어지는 경향이었다. 그러나 대조구와 500 ppm, 750 ppm 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

### 고 찰

본 연구는 채집된 요각류를 안전하게 분리하는 방법을 파악하고자 부착성 요각류인 *Tigriopus japonicus*를 대상으로 MS-222의 농도별 마취시간과 회복시간, 생존율 및 포란한 암컷의 nauplius 생산력을 조사하였다.

Mulin (1979)은 육식성 요각류인 *Tortanus discaudatus*의 먹이로 사용할 적합한 크기의 *Acartia longiremis*를 분리하기 위하여 MS-222를 사용한바 있다. 그 후, *A. californiensis*, *A. clausi*, *A. tonsa*, *Calanus australis*, *C. firmarchicus*, *C. glacialis*, *Temora*

**Table 2.** Nauplius production of a gravid female of *Tigriopus japonicus* anesthetized with different concentrations of MS-222

Concentration	Hatching (No.)	Total nauplii (inds)	Nauplii/hatching (inds)	Interval of hatching (days)
Control	3.0 ± 1.00 <sup>a</sup>	104.2 ± 55.46 <sup>a</sup>	33.2 ± 9.8 <sup>a</sup>	3.3 ± 0.78 <sup>a</sup>
500 ppm	3.1 ± 0.88 <sup>a</sup>	101.1 ± 44.50 <sup>a</sup>	31.3 ± 9.1 <sup>a</sup>	3.4 ± 0.35 <sup>a</sup>
750 ppm	1.9 ± 0.83 <sup>b</sup>	41.5 ± 22.66 <sup>b</sup>	21.8 ± 4.7 <sup>b</sup>	3.6 ± 0.94 <sup>ab</sup>
1,000 ppm	1.9 ± 0.64 <sup>b</sup>	43.7 ± 19.10 <sup>b</sup>	23.3 ± 6.7 <sup>b</sup>	4.2 ± 1.10 <sup>b</sup>

Different letter in the same column means significant difference at 5% level.

*longicornis*, *Tigriopus californicus* 등의 요각류를 대상으로 생 활사(Trujillo-Ortiz, 1986; Breteler et al., 1994), 성장(Wagner et al., 2001), 식성(Van Duren et al., 2002) 및 영양가(Theilacker and Kimball, 1984; Wagner et al., 2001), 수직분포(Marcus and Taulbee, 1992) 및 침강속도(Knusten et al., 2001) 등의 실내 배 양실험에서 MS-222는 널리 활용되고 있다. 이들의 실험에서 700 ppm 또는 0.06%의 농도에서 요각류를 마취시킨 후 여과 해수로 옮겼을 때 빠른 시간 내에 회복된다고 보고하였으나 (Theilacker et al., 1984; Knusten et al., 2001) MS-222의 농도 별 마취효과에 대한 구체적인 보고는 부족한 실정이다.

본 실험에서도 *T. japonicus*는 500~1,000 ppm의 MS-222로 마취 후 여과해수로 옮길 경우 쉽게 회복되어, MS-222가 요각 류의 마취에 효과적인 것으로 판단된다. 그러나 MS-222의 농 도에 따른 *T. japonicus* 암컷과 수컷의 마취효과, 생존율, 번식 력 등은 서로 다른 특성을 보였다. *T. japonicus*는 MS-222 농 도가 낮을수록 마취시간이 오래 걸리고, 회복시간은 농도가 낮 을수록 짧은 것으로 나타났다. 또 수컷은 모든 농도에서 대조 구와 유의적인 차이를 보이지 않았으나 750 ppm과 1,000 ppm 으로 마취하여 분리한 포란한 암컷은 대조구와 500 ppm 실험 구에 비해 생존율이 낮게 나타났다. 따라서 750 ppm 이상의 농 도는 포란한 암컷의 생존율에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 이러한 결과는 같은 부착성 요각류인 *Tisbe holothuriae*의 마취 에 사용한 clomethiazole ethane disulfonate (hydrochloric ester of the thiazole fraction of vitamin B<sub>1</sub>)의 농도가 250 ppm 정 도가 적합하고 1,000 ppm의 농도는 치명적이라는 보고와 유사 하였다(Guerin et al., 1982).

MS-222로 마취하지 않고 분리한 포란한 *T. japonicus*의 암 컷은 14일 동안 평균 33.2개체의 nauplius를 생산했으며, 부화 주기는 3.3일로 나타났다. 이는 Park and Hur (1993)가 *T. japonicus*에게 먹이로 *Tetraselmis suecica*를 매일 55×10<sup>4</sup> cells/ml로 주었을 때, 부화주기는 3.2일, 부화 당 평균 nauplius는 28.9개 체였다는 보고에 비해 평균 nauplius 수는 다소 많았으나 부화 주기에서는 유사하였다. 이러한 nauplius 생산의 차이는 온도와 염분 등의 배양환경의 차이에 인한 것으로 판단되어진다. 14일 동안 총 nauplius 생산량은 750 ppm과 1,000 ppm으로 마취하 여 분리한 실험구에서는 각각 41.5개체와 43.7개체로 대조구 (104.2개체)와 500 ppm (101.1개체)실험구와는 유의적인 차이 를 보였다. 또한, 750 ppm과 1,000 ppm으로 마취하여 분리한 실험구에서는 대조구에 비해 총 부화횟수도 적고, 부화주기는

길게 나타났다. 그러나 500 ppm으로 마취하여 분리한 실험구에 서는 평균 nauplius 생산량, 총 부화횟수 및 부화주기에서 대조 구와 유의적인 차를 보이지 않았다. Barata et al. (2005)은 요각 류 *Oithona davisae*를 polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) 로 마취시킨 직후, 여과해수로 옮기면 짧은 시간에 회복되나, 마 취시간이 길어지면 결국 죽게 된다고 보고하였다. 이러한 결과 로 보아, 500 ppm의 MS-222 농도는 *T. japonicus*의 포란한 암컷 의 생존에 영향을 주지 않을 뿐만 아니라, nauplius 생산에도 영 향을 미치지 않아 가장 적합한 마취농도로 판단된다. 또 500 ppm 보다 낮은 농도에서는 *T. japonicus*의 생존율과 nauplius 생산력에 영향을 미치지 않을 것으로 생각되나 마취시간이 길어져 *T. japonicus*의 마취에 효과적이지 않을 것으로 판단된다.

*T. japonicus* 수컷은 암컷에 비해 마취되기까지의 시간이 짧 고 여과해수로 옮긴 후 회복할 때까지의 시간이 길었으며 최종 생존율도 높았다. 이러한 차이가 암컷과 수컷의 크기 차이 때 문인지 아니면 MS-222에 대한 암, 수의 생리적 반응 차이 때 문인지는 정확히 파악할 수 없었다. MS-222의 마취가 요각류 의 암, 수 또는 크기에 따라 어떠한 서로 다른 영향을 주는가에 대한 해석은 보다 구체적인 생리학적인 연구로 구명되어야 할 것 이다. 그러나 본 실험의 결과는 앞으로 다양한 크기의 요각류 를 분리할 때 MS-222의 적정농도를 파악하기 위한 기초 자료 로 활용할 수 있을 것이다.

## 요 약

살아 움직이는 요각류를 모세관으로 분리 할 때 마취제(MS-222)의 이용은 편리할 뿐만 아니라 분리 후 요각류의 생존율을 높일 수 있다. 본 실험은 다양한 종류와 크기의 요각류를 효율 적으로 분리하기 위하여 부착성 요각류인 *Tigriopus japonicus* 수컷과 포란한 암컷을 대상으로 MS-222의 농도별(500, 750, 1,000 ppm) 마취시간과 회복시간 그리고 마취 후 분리된 개체 들의 생존율 및 포란한 암컷의 nauplius 생산력을 비교 조사하 였다. 그 결과는 다음과 같다.

MS-222의 농도가 높아질수록 마취시간은 짧고 회복시간은 길게 나타났다. MS-222로 마취 후 분리한 *T. japonicus*의 14일 간의 생존율에서 수컷은 포란한 암컷 실험구에 비해 유의적으 로 높게 나타났으나 수컷 대조구와 유의적 차를 보이지 않았다. 반대로 포란한 암컷의 경우는, 750 ppm, 1,000 ppm에서는 생 존율이 대조구나 500 ppm 에서보다 유의적으로 낮았다.

MS-222 농도가 높을수록 *T. japonicus*의 부화횟수와 부화량은 적고, 부화주기는 길었다. 그러나 500 ppm 실험구는 대조구와 유의적인 차이가 없어 *T. japonicus*의 분리 시 적정 농도는 500 ppm 정도로 판단된다. 이러한 결과는 차후 다양한 크기의 요각류를 분리할 때 MS-222의 적정 농도를 파악하는데 유익한 기초 자료가 될 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 2000년도 수산특정연구개발사업과제에 의해 수행되었으며 연구비를 지원해 주신 해양수산부에 사의를 표합니다.

## 참고문헌

- Barata, C., A. Calbet, E. Saiz, L. Ortiz and J. M. Bayona, 2005. Predicting single and mixture toxicity of petrogenic polycyclic aromatic hydrocarbons to the copepod *Oithona davisae*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 24, 2992–2999.
- Breteler, K., N. Schogt and J. Van Der Meer, 1994. The duration of copepod life stages estimated from stage-frequency data. *J. Plankton Res.*, 16, 1039–1057.
- Evjemo, J. O., K. I. Reitan and Y. Olsen, 2003. Copepods as live food organism in the larval rearing of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) with special emphasis on the nutritional value. *Aquaculture*, 227, 191–210.
- Gapasin, R. S. J. and M. N. Duray, 2001. Effects of DHA-enriched live food on growth, survival and incidence of opercular deformities in milkfish (*Chanos chanos*). *Aquaculture*, 193, 49–63.
- Guerin, J. P., P. Kerambrun and D. Riviere, 1982. Short and long-term effects of a narcotic on some enzymatic activities of the harpacticoid copepod *Tisbe holothuriae*. *Mar. Biol.*, 68, 217–221.
- Guillard, R. R. L. and J. H. Ryther, 1962. Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve). *Gran. Can. J. Microbiol.*, 8, 229–239.
- Knusten, T., W. Melle and L. Calise, 2001. Determining the mass density of marine copepods and their eggs with a critical focus on some of the previously used methods. *J. Plankton Res.*, 23, 859–873.
- Lee, K. W., H. G. Park, S. M. Lee and H. K. Kang, 2006. Effects of diets on the growth of the brackish water cyclopoid copepod *Paracyclopina nana* Smirnov. *Aquaculture*, 256, 346–353.
- Lubzens, E., A. Tandler and G. Minkoff, 1989. Rotifers as food in aquaculture. *Hydrobiologia.*, 186–187, 387–400.
- McKinnon, A. D., S. Duggan, P. D. Nichols, M. A. Rimmer, G. Semmens and B. Robino, 2003. The potential of tropical paracalanoid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture*, 223, 89–106.
- Marcus, N. H. and K. Taulbee, 1992. Potential effects of a resuspension event on the vertical distribution of copepod eggs in the sea bed: a laboratory simulation. *Mar. Biol.*, 114, 249–251.
- Mulin, M. M., 1979. Differential predation by the carnivorous marine copepod, *Tortanus discaudatus*. *Limnol. Oceanogr.*, 24, 774–777.
- Ohno, A. and Y. Okamura, 1988. Propagation of the calanoid copepod, *Acartia tsuensis*, in outdoor tanks. *Aquaculture*, 70, 39–51.
- Park, H. G. and S. B. Hur, 1993. Optimum culture environment of the benthic copepod, *Tigriopus japonicus*. *J. Aquaculture*, 6, 149–159.
- Park, H. G., S. B. Hur and C. W. Kim, 1998. Culturing method and dietary value of benthic copepod, *Tigriopus japonicus*. *J. Aquaculture*, 11, 261–269.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale, 2000. Evaluation of diets for culture of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*, 187, 85–96.
- Payne, M. F. and R. J. Rippingale, 2001. Intensive cultivation of the calanoid copepod *Gladioferens imparipes*. *Aquaculture*, 201, 329–342.
- Phels, R. P., G. S. Sumiarsa, E. E. Lipman, H. P. Lan, K. K. Moss and A. D. Davis, 2005. Intensive and extensive production techniques to provide copepod nauplii for feeding larval red snapper *Lutjanus campechanus*. (in) C. S. Lee, P. J. O'Bryen and N. H. Marcus (ed.), *Copepod in Aquaculture*. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 151–168.
- Schipp, G. R., M. P. B. Jérôme and J. M. Andria, 1999. A method for hatchery culture of tropical calanoid copepods, *Acartia* spp.. *Aquaculture*, 174, 81–88.
- Støttrup, J. G., K. Richardson, E. Kirkegaard and N. J. Pihl, 1986. The cultivation of *Acartia tonsa* Dana for use as a live food source for marine fish larvae. *Aquaculture*, 52, 87–96.
- Støttrup, J. G. and N. H. Norsker, 1997. Production and use of copepods in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 155, 231–247.
- Sun, B. and J. W. Fleeger, 1995. Sustained mass culture of *Amphiascoides atopus* a marine harpacticoid copepod in a recirculating system. *Aquaculture*, 136, 313–321.
- Theilacker, G. H. and A. S. Kimball, 1984. Comparative quality of rotifers and copepods as foods for larval fishes. *California Cooperative Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 25, 80–86.
- Toledo, J. D., M. S. Golez and A. Ohno, 2005. Studies of the use of copepods in the semi-intensive seed production of grouper *Epinephelus coioides*. (in) C. S. Lee, P. J. O'Bryen and N. H. Marcus (ed.), *Copepod in Aquaculture*. Blackwell Publishing, Iowa, pp. 169–182.
- Trujillo-Ortiz, A., 1986. Life cycle of the calanoid copepod *Acartia californiensis* Trinast reared under laboratory conditions. *California Cooperative Ocean. Fish. Invest. Rep.*, 27, 188–204.
- Van Duren, L. A., E. J. Stamhuis and J. J. Videler, 2002. Copepod feeding currents: flow patterns, filtration rates and energetics. *J. Exp. Biol.*, 206, 255–267.
- Wagner, M. M., R. G. Campbell, C. A. Boudreau and E. G. Durbin, 2001. Nucleic acids and growth of *Calanus finmarchicus* in the laboratory under different food and temperature conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 221, 185–197.

원고접수 : 2006년 9월 5일

수정본 수리 : 2006년 11월 8일