

Maroon clownfish, *Premnas biaculeatus* 초기 자어의 최적 성장과 생존을 위한 먹이생물 급이 계열

김종수 · 노 섬¹ · 최영웅² · 김원평³ · 정민민^{4*}

제주특별자치도 서귀포시 해양수산과, ¹한국해수관상어센터, ²한국해양연구원, ³제주특별자치도 해양수산국, ⁴국립수산과학원 정보조연구센터

Feeding Regime of Phyto- and Zoo Live Food Organisms for the Optimum Growth and Survival of Maroon Clown fish, *Premnas biaculeatus* Early Larvae

Jong-Su KIM, Sum RHO¹, Young-Ung CHOI², Won-Pyoung KIM³ and Min-Min JUNG^{4*}

Maritime Affairs and Fisheries, Seogwipo-si Jeju-do 697-701, Korea

¹Center of Ornamental reef & Aquarium, Jeju-do 690-974, Korea

²Korea Ocean Research & Development Institute, Gyeonggi-do 425-600, Korea

³Maritime Affairs and Fisheries, Jeju-do 690-700, Korea

⁴Marine Conservation Research Center, NFRDI, Jeju-do 690-929, Korea

Feeding regimens was investigated for the growth and survival rate of juvenile Maroon clownfish (*Premnas biaculeatus*) in order to establish a seed production technique for this fish. Three types of feeding regimens were used, and growth and survival were highest under the following regimen: rotifer from day 0, *Artemia* from day 4, copepod from day 9 and artificial food from day 15, respectively ($P < 0.05$). The average body lengths of the larvae were 6.76 ± 0.55 mm, 7.63 ± 0.50 mm and 7.33 ± 0.43 mm in the *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* and control treatments conducted with 3 larvae/L, respectively ($P < 0.05$). There were significant differences in larval growth between the treatments and controls conducted with 6 larvae/L and 9 larvae/L, respectively ($P < 0.05$) but there was no significant difference between the *N. oculata* and *I. galbana* treatments ($P > 0.05$). There were no significant differences in larval growth between the treatments at densities of 3-9 larvae/L ($P > 0.05$). At highest density level, the larvae reared in *I. galbana* had the highest survival rate whereas survival was lowest in the control.

Key words: Feeding regime, Live food organism, Maroon clownfish, Ornamental fish, *Premnas biaculeatus*

서 론

흰동가리류 (clownfish)는 주로 인도양과 태평양의 연안에 주로 서식하고 *Amphiprion*속 속하는 27종과 maroon clownfish (*Premnas biaculeatus*) 1종만이 존재하는 *Premnas*속으로 구성되어 있다 (Fautin and Allen, 1992). 이 연구의 대상종인 Maroon clownfish는 말레이시아의 북부에서부터 Queensland의 주변해역까지 분포하는 것으로 알려져 있으며, 몸에는 가로줄의 하얀 무늬 또는 노란 무늬를 가지는 2 개통이 있다 (Fautin and Allen, 1992; Wilkerson, 1998). 하지만 일반적으로 관찰되는 Maroon clownfish (*P. biaculeatus*)의 체색은 적갈색이고 머리와 배, 꼬리에 각각 세로로 흰색 띠를 가지고 있으며 특징적으로 두 뺨에 큰 가시를 가지고 있다 (Burgess et al., 2000). 이 종의 암컷은 최대 170 mm까지 성장하고 수컷 (60-70 mm)은 암컷보다 크기가 작고 보다 밝은 체색을 띠는데 (Fautin and Allen, 1992), 수컷의 전장은 일반적

으로 암컷의 절반보다 작은 것으로 알려져 있다 (Wilkerson, 1998). Maroon clownfish 암컷은 보통 연중 산란을 하고, 알은 말미잘 근처의 암반과 단단한 기질에 부착시키며, 부화할 때까지 주로 수컷이 알을 관리 한다 (Hoff, 1996). 이 종은 매우 공격적인 성질을 갖고 있어서 같은 수조에서 다른 흰동가리류와 혼합해서 사육할 경우 다른 개체를 공격하여 상처를 입히거나 죽일 수 있으므로 단독으로 사육하는 것이 좋다 (Fenner, 2005).

Maroon clownfish는 시각의 발달이 늦어 부화 3일까지는 먹이에 대한 포식능력이 약하기 때문에 먹이 밀도를 높여 주어야 하며 (Wilkerson, 1998), 시각은 부화 후 3일부터 10일 사이에 발달하여 포식 성공률이 100%가 된다고 보고되어 있다 (Job and Bellwood, 1996). 그리고 수조에서 단독으로 사육할 경우에는 공격적으로 변할 수 있기 때문에 크기가 다른 개체들과 혼합 사육하는 것이 공격행동을 안정시키는데 도움을 줄 수 있다고 하였다 (Fautin and Allen, 1992). 또한 이 종은 공생하는 말미잘 (*Entacmaea guadrucolour*)에서 다른 개체와

*Corresponding author: jminmin@nfrdi.go.kr

어떤 경쟁관계를 갖는지에 대한 연구 등이 이루어졌는데, Maroon clownfish 한 쌍이 한 개의 말미잘에 단독으로 공생한다고 알려져 있다 (Srinivasan et al., 1999).

해산어류 중에 넙치 (*Paralichthys olivaceus*) (Rho and Pyen, 1986), 돌돔 (*Oplegnathus fasciatus*) (Kumai, 1984) 등과 같이 부화 후 일정시간이 지난 후 입이 열리는 어종이 있는 반면에 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*) (Kim et al., 1993)나 장갱이 (*Stichaeus grigorjewi*) (Lee, 1996), Saddleback clownfish, *Amphiprion polymnus* (Yoon, 2004) 등과 같이 부화되면서 이미 입과 항문이 열려 있는 종도 있다. 이 연구에 이용된 Maroon clownfish는 부화되면서 이미 입과 항문이 열려 있는 종에 속하며, 이러한 종들은 먹이 공급을 빨리 해 주어야 초기 폐사 현상을 줄일 수 있다.

일반적으로 해산어 종묘생산 시 먹이계열은 rotifer, *Artemia*, 배합사료 순으로 사용하고 있으나, 관독가시치 (*Siganus canaliculatus*) (Kim et al., 2001)는 입이 작기 때문에 굴 유생과 소형 rotifer를 이용하여 종묘 생산하였고 (Hwang, 1999), Song et al. (2005)은 자바리 (*Epinephelus bruneus*)의 종묘생산에서 rotifer만을 단독으로 공급하기도 하였다. 능성어류의 종묘생산에 있어서 *E. coioides*와 *E. suillus* 자어에 rotifer만을 20,000개체/L의 밀도로 공급하였을 때 5일령의 자어는 100% 섭이한 (Duray, 1994) 반면에 5일된 *E. taurina* 자어의 대부분은 5,000개체/L의 rotifer 밀도에서는 먹이를 섭취한 개체가 없었다고 하였다 (Randall and Heemstra, 1991). 그리고 종묘 생산 시 *Artemia*의 섭식량을 보면 관독가시치는 부화 후 12일째 자어 (평균 전장 7.0 ± 0.6 mm) 1마리가 12시간 동안 평균 43.5개체의 *Artemia*를 섭식하였다 (Hwang, 1999). 장갱이는 부화 후 10일이 경과된 전장 9.8 mm 내외에서 최초 *Artemia* 섭식이 가능하였으나 초기에 *Artemia* 섭식량은 매우 적었고 주로 로티퍼를 섭식하였다 (Lee, 1996). 그리고 범가자미 (*Verasper variegatus*) (Cho et al., 1995)는 부화 후 16일째부터 *Artemia*를 공급하였다.

해산어의 종묘생산 시 자치어의 생존율을 높이기 위해서는 먹이생물이 효과적으로 공급되어야 한다. 먹이생물의 배양방법과 영양에 대한 연구로는 공기 및 산소 공급과 pH 조절에 따른 rotifer의 성장과 고밀도 배양의 생산성에 관한 연구 (Park et al., 1999; Yoshimura et al., 1996)를 비롯하여 넙치 자어 사육에 있어서 먹이 종류에 따라 고밀도로 배양한 rotifer의 먹이효율 (Park et al., 2000), 기수산 물벼룩 (*Diaphanosoma celebensis*)의 배양 밀도와 섭이에 미치는 염분 농도의 영향 (Jung et al., 2001)에 대한 연구 등이 있다. 그리고 고품질의 Rotifer와 *Artemia* 생산을 위한 해양세균의 이용과 대량생산에 따른 환경 인자에 관한 연구 (Lee et al., 1997)와 Rotifer 배양수조에 혼재된 *Artemia*가 Rotifer의 증식에 미치는 영향에 대한 연구 (Jung et al., 1998)와 빵 이스트를 먹이로 이용한 부유성 코페포다 *Apocyclops* sp. (Copepod: Cyclopoida)의 배양 (Jung et al., 1999) 및 로티퍼 (*Brachionus rotundiformis*)와 코페포다

Apocyclops sp.의 혼합 배양 (Jung and Rho, 1998)에 대한 연구 등 다양한 종류의 먹이생물과 배양 방법 그리고 생태학적 고찰에 대한 연구가 광범위하게 이루어져 있다. 그리고 식물 플랑크톤을 해산어의 자어 사육수조에 첨가하는 Green water의 효과에 대한 연구로서는 종묘생산 초기에 미세조류를 자어 사육수조에 첨가해 주었을 때 양호한 성장과 생존율을 보였다는 보고가 있으며 (Bromley and Howell, 1983), 더불어 수질안정과 사육 수조 내 rotifer의 영양강화 효과를 기대할 수 있다고 보고되어 있다 (Reitan et al., 1993). 그러나 Hwang (1999)의 연구에서는 관독가시치 (*Siganus canaliculatus*) 자어가 갖 태어난 어린 rotifer를 먹을 수 있도록 *Nannochloropsis oculata*를 부화 후 2주일간 자어 사육 수조에 첨가시켜 주면서 사육하였지만 뚜렷한 효과를 구명하지 못하였다고 한다.

한편, 현재까지 우리나라에서의 관상어 종묘생산은 주로 비단잉어나 금붕어, 그리고 담수 열대어 등 주로 담수어종이 그 주요 대상 어종이었다. 그렇지만 최근 해수 관상어에 대한 관심이 높아지면서 주요 해수 관상어의 인공종묘 생산 기술을 확립해야 할 필요성이 높아지고 있다. 그러나 앞에서 많은 예로 살펴 본 것처럼 해산 식용어의 먹이생물과 급이 환경에 대한 연구는 비교적 다양하게 이루어져 현장에 적용되고 있지만 해수관상어의 경우에는 그다지 많은 연구가 이루어져 있지 않다. Maroon clownfish를 비롯한 흰동가리류는 부화 후 2-3일부터 변태가 완성되는 단계까지의 초기사육과정에서 생존율이 급격히 낮아 (Hoff, 1996), 흰동가리류의 초기 생존율을 향상시키기 위해서는 적절한 먹이공급 방법 (Wilkerson, 1998), 초기 자어 사육수조의 벽면 색깔 (Rho et al., 2007)을 달리하는 등 몇몇 연구가 이루어져 있을 뿐이다.

이 연구에서는 해수관상어 중 대중적인 인기가 높은 흰동가리류의 한 종인 Maroon clownfish 자어를 이용하여 먹이생물 투여 방법과 식물 plankton 첨가 방법 (green water 조성 방법) 및 수용 밀도별 자어의 성장과 생존율을 조사함으로써 해수관상어 양식 산업에 필요한 기반 조성과 함께 해수관상어 Maroon clownfish (*P. biaculeatus*)의 종묘생산 기술로서 초기 자어가 성장하는데 적당한 먹이생물 급이 계열을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 실시에 따른 일반 조건

2001년 6월에 구입한 Maroon clownfish (*P. biaculeatus*) 어미가 2004년 2월부터 8월까지 8차례에 걸쳐서 산란하였는데 이 과정에서 얻어진 부화 자어를 실험에 이용하였다. 이 연구에서는 동물먹이생물 투여방법과 식물먹이생물 첨가방법 (green water 효과) 및 자어의 수용밀도를 달리하는 실험조건 하에서의 성장과 생존율을 조사하였다. 실험기간 도중에 발생한 폐사 개체는 즉시 수거하였고, 어체의 크기는 만능투영기 (Mitopoyo, PD-3000)와 디지털 카메라 (Nikon, coolpix 5700)로

촬영한 후 image scope 2.3 (Image Line, Inc.)으로 10 μ m 단위까지 측정하였다.

동물먹이생물 투여방법에 따른 Maroon clownfish의 초기 성장 및 생존

먼저 동물먹이생물 투여방법에 따른 성장 및 생존을 조사 실험은 10 L 사육수량의 유리 사각수조에 Maroon clownfish 부화 자어를 각각 30마리씩 수용하여 3반복 실시하였다. 그리고 사육수는 지수상태를 유지하면서 aeration 시켜주었으며 히터를 이용하여 수온 26.5 \pm 0.5 $^{\circ}$ C를 유지하고 매일 저녁 8시에 사육수의 50%를 교환하고 수조 내에 남은 먹이생물은 전량 회수하였다.

세 가지 유형의 동물먹이생물 투여방법은 A, B, 그리고 C의 방법으로 구분하였다 (Fig. 1). 우선 투여방법 A는 부화 후 4일째부터 알테미아 (*Artemia*) 급이 시작, 9일째부터 코페포다 (*Tigriopus* sp.) 급이 시작 그리고 15일째부터 배합사료 급이 시작의 조건하에서 실시하였고 투여방법 B와 C에서는 투여방법 A와 비교하여 알테미아와 코페포다 그리고 배합사료의 최초 급이 시기를 각각 1일 (B), 2일 (C)씩 늦어지게 하는 조건으로 실험 디자인하였다. 그러나 투여방법 A, B, C 모두에서 초기 동물먹이생물로 해산어의 종묘생산 과정에서 널리 이용중인 로티퍼 (*rotifer*, *B. rotundiformis*)는 부화 일령 0일째부터 15일째까지 동일하게 지속 공급하였다. 한편, 이 과정에서 먹이로 투여된 모든 동물먹이생물 (로티퍼, 알테미아, 코페포다)은 해산어 종묘생산 현장에서 일반적으로 이용 중인 대표적인 미세조류 (동물먹이생물) 3종 (*I. galbana*, *N. oculata*, *Tetraselmis suecica*)을 4:3:3의 비율로 첨가하여 영양강화 한 후 먹이로 공급하였다. 먹이생물의 공급량은 실험구 A, B, C 모두 동일하게 로티퍼는 20개체/mL, *Artemia* 유생은 5개체/mL, 코페포다는 1개체/10 mL가 유지되도록 공급하였다.

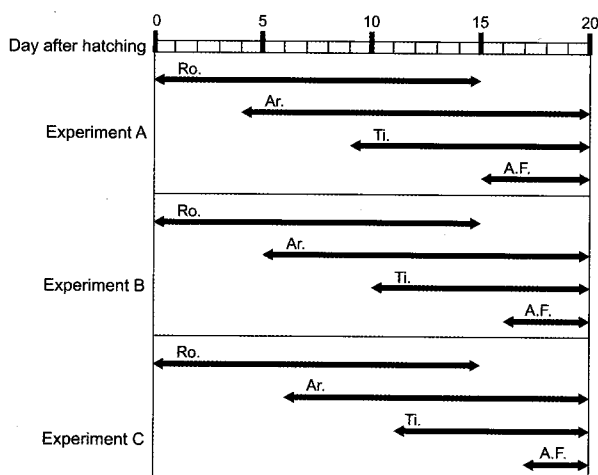


Fig. 1. The feeding regimes for larval rearing of Maroon clownfish, *Premnas biaculeatus*. Ro.: rotifer (*Brachionus rotundiformis*), Ar.: *Artemia* nauplii, Ti.: *Tigriopus* sp., and A.F.: Artificial food.

식물먹이생물의 첨가방법 (green water 효과) 및 수용한 자어의 밀도에 따른 Maroon clownfish 초기 자어의 성장 및 생존

첨가한 식물먹이생물의 종류 및 수용한 자어의 밀도에 따른 Maroon clownfish 자어의 성장 및 생존율을 조사하기 위한 실험은 6 L의 Polycarbonate 원형수조를 이용하였으며 사육수량은 5 L이었다. 실험 개시 시 자어 수용 밀도는 3 ind./L, 6 ind./L 그리고 9 ind./L로 구분하였다. 사육수온은 온도조절기와 히터를 이용하여 26.5 \pm 0.5 $^{\circ}$ C를 유지하였다. 그리고 염분농도는 32.4 \pm 0.6‰를 유지시켜 주었으며, 40 W 형광등을 실험수조 상부에 설치하고 광주기를 15L:9D로 조정하였다. 그리고 green water 효과를 비교하기 위하여 *N. oculata*와 *I. galbana*를 첨가하였다. 즉, green water 효과를 판단하기 위하여 5 \times 10⁵ cells/mL 농도의 *N. oculata* 현탁 사육수와 5 \times 10⁵ cells/mL 농도의 *I. galbana*의 현탁 사육수를 각각 만들어서 Maroon clownfish의 자어를 밀도별로 사육하였고 각 실험에는 대조구로서 여과해수를 이용하여 자어를 비교 사육하였다.

통계분석

모든 측정값은 평균 \pm 표준편차로 나타내었고 실험 결과는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균과의 유의성 ($P < 0.05$)을 검정하였다.

결 과

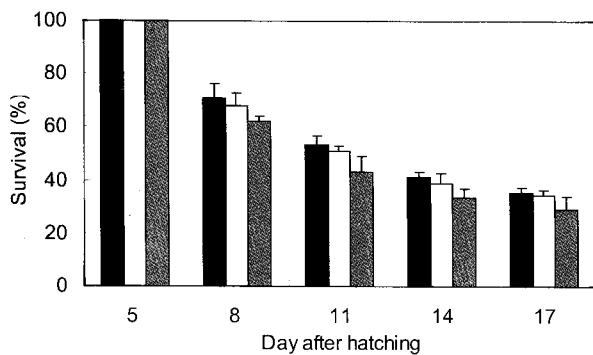
동물먹이생물 투여방법에 따른 Maroon clownfish의 초기 성장 및 생존

먹이 투여방법에 따른 자어의 성장은 알테미아 유생과 코페포다, 배합사료의 공급 시기가 가장 빠른 A 실험구가 부화 17일째 전장 9.97 \pm 0.8 mm로 성장이 가장 좋게 나타났고, A 실험구보다 1일 늦은 B 실험구는 전장 9.11 \pm 0.67 mm로 나타났다. 그리고 알테미아와 코페포다, 배합사료의 공급 시기가 가장 늦은 C 실험구는 전장 8.79 \pm 0.66 mm로 성장이 가장 낮았다. 먹이 투여방법에 따른 성장은 부화 8일째부터 실험 종료 시점인 부화 17일째 까지 A 실험구와 B, C 실험구 사이에서 유의차가 인정되었다 (Table 1).

실험 기간 중 먹이 투여 방법에 따른 실험 대상 Maroon clownfish 자어의 생존율을 살펴보면 부화 후 일령 8일째부터 A 실험구 자어의 생존율이 다른 실험구 (B와 C)에 비교하여 높은 것을 알 수 있다. 그리고 이러한 생존율 관찰 결과는 부화 일령 17일째 까지 이어졌다 (Fig. 2). 그러나 실험구 A, B, C 모두 17일째 경과 후 생존율이 30% 전후로 나타나 전반적으로는 그다지 높은 생존율을 관찰할 수는 없었으며 각 실험구별 생존율을 구체적으로 살펴보면 부화 후 일령 11일째의 A, B 실험구는 각각 53%와 51%를 보였으나 C 실험구는 43%로 큰 차이를 보이기 시작하였다. 이러한 차이는 실험 기간 중 유사한 경향을 보였지만 통계 분석한 결과에서는 실험구 A, B, C 간에 유의성은 확인할 수 없었다 ($P > 0.05$).

Table 1. The growth of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus* for 17 days after hatching. TL is total length of experimental fish larvae

Feeding regime Experimental designs	Days after hatching				
	5	8	11	14	17
	TL (mm)	TL (mm)	TL (mm)	TL (mm)	TL (mm)
A	5.26±0.35 ^a	6.32±0.54 ^a	7.49±0.58 ^a	8.71±0.5 ^a	9.97±0.8 ^a
B	5.19±0.35 ^a	6.0±0.48 ^b	6.92±0.48 ^b	7.95±0.57 ^b	9.11±0.67 ^b
C	5.22±0.31 ^a	5.81±0.33 ^b	6.71±0.46 ^b	7.69±0.57 ^b	8.79±0.66 ^b

Fig. 2. The survival of maroon clownfish, *Premnas biaculeatus* in the different three feeding regimes. black bars; experimental design A, white bars; experimental design B and gray bars; experimental design C. Each bar and vertical bar represent mean±SD of three replicates.

식물먹이생물의 첨가방법 (green water 효과) 및 수용한 자어의 밀도에 따른 Maroon clownfish 초기 자어의 성장 및 생존

사육수조에 첨가한 식물플랑크톤의 종류 및 밀도에 따른 성장 상태를 비교하여 보면 최초 자어 사육밀도가 3개체/L인 경우에 식물플랑크톤을 사육수조에 첨가하지 않은 대조구와 *I. galbana*와 *N. oculata*를 사육수조에 첨가한 실험구는 실험 종료 시 전장이 각각 6.76±0.55 mm, 7.63±0.50 mm, 7.33±0.43 mm로 나타났으며 대조구와 실험구 사이에서는 유의차가 인정되었으나 *I. galbana*와 *N. oculata*를 첨가한 실험구 사이에서

는 유의차가 인정되지 않았다 (Table 2). 그리고 최초 자어 사육밀도가 6개체/L인 경우 대조구와 *I. galbana*, *N. oculata* 첨가 실험구는 실험 종료 시 전장이 각각 6.63±0.46 mm, 7.46±0.48 mm, 7.23±0.36 mm이었고, 사육밀도가 9개체/L인 경우에는 전장이 각각 6.53±0.42 mm, 7.29±0.45 mm, 7.12±0.48 mm 이었다. 최초 자어 사육밀도 6개체/L, 9개체/L인 경우도 최초 자어 사육밀도 3개체/L일 때와 마찬가지로 대조구와 실험구 사이에서는 유의차가 인정되었으나 *I. galbana*와 *N. oculata*를 첨가한 실험구 사이에서는 유의차가 인정되지 않았다 (Table 2, P>0.05).

이러한 경향은 부화 후 5일이 경과 한 후부터 7일, 9일, 11일 까지 비슷하였으나 사육밀도가 6 개체/L일 때 부화 5일째에는 대조구와 *I. galbana*를 첨가한 실험구 사이에서는 유의차가 인정되었으나, 대조구와 *N. oculata*를 첨가한 실험구 사이에서는 유의차가 인정되지 않았다. 그리고 사육밀도가 9개체/L일 때 부화 7일째에는 대조구와 *I. galbana* 및 *N. oculata*를 첨가한 실험구 사이에서 모두 유의차가 인정되었다 (P<0.05).

결론적으로 첨가한 식물플랑크톤에 따른 자어의 성장 차이는 사육밀도에 관계없이 *I. galbana*나 *N. oculata*를 첨가한 실험구가 식물플랑크톤을 첨가하지 않은 대조구에 비교하여 성장이 양호하게 나타났다 (Table 2). 한편, 자어의 사육밀도 별 성장 차이를 비교하여 보면 식물플랑크톤을 첨가하지 않은 대조구인 경우 3개체/L와 6개체/L, 9개체/L에서 각각 전장이 6.76±0.55 mm, 6.63±0.46 mm, 6.53±0.42 mm로 나타났다.

Table 2. The growth of maroon clownfish larvae (3, 6 and 9 ind./L), *Premnas biaculeatus* in the presence of phytoplankton. TL is total length of experimental fish larvae

Treatments (ind./L of fish larvae)	Days after hatching					
	3	5	7	9	11	
	TL (mm)	TL (mm)	TL (mm)	TL (mm)	TL (mm)	
3 ind./L	Control (filtered seawater)	4.21±0.11 ^a	4.34±0.20 ^b	5.07±0.22 ^b	6.09±0.32 ^b	6.76±0.55 ^b
	<i>Isochrysis galbana</i>	4.18±0.12 ^a	4.63±0.22 ^a	5.99±0.34 ^a	6.73±0.52 ^a	7.63±0.50 ^a
	<i>Nannochloropsis oculata</i>	4.19±0.13 ^a	4.56±0.23 ^a	5.79±0.24 ^a	6.57±0.39 ^a	7.33±0.43 ^a
6 ind./L	Control (filtered seawater)	4.19±0.18 ^a	4.30±0.17 ^b	5.03±0.28 ^b	6.03±0.25 ^b	6.63±0.46 ^{ab}
	<i>Isochrysis galbana</i>	4.17±0.15 ^a	4.54±0.26 ^a	5.90±0.30 ^a	6.60±0.46 ^a	7.46±0.48 ^a
	<i>Nannochloropsis oculata</i>	4.18±0.16 ^a	4.48±0.29 ^{ab}	5.74±0.37 ^a	6.42±0.33 ^a	7.23±0.36 ^a
9 ind./L	Control (filtered seawater)	4.20±0.14 ^a	4.25±0.15 ^a	4.98±0.26 ^c	5.95±0.30 ^b	6.53±0.42 ^b
	<i>Isochrysis galbana</i>	4.21±0.19 ^a	4.41±0.30 ^a	5.77±0.31 ^a	6.47±0.42 ^a	7.29±0.45 ^a
	<i>Nannochloropsis oculata</i>	4.17±0.21 ^a	4.35±0.26 ^a	5.50±0.28 ^b	6.33±0.29 ^a	7.12±0.48 ^a

Different superscript indicate significant difference (P<0.05).

*I. galbana*를 사육수조에 첨가한 실험구에서는 자어 수용 밀도 3개체/L와 6개체/L, 9개체/L에서 각각 전장이 7.63 ± 0.50 mm, 7.46 ± 0.48 mm, 7.29 ± 0.45 mm로 나타났으며, *N. oculata*를 사육수조에 첨가한 실험구에서는 3개체/L와 6개체/L, 9개체/L에서 각각 전장이 7.33 ± 0.43 mm, 7.23 ± 0.36 mm, 7.12 ± 0.48 mm로 나타났다. 결국 이 실험에서는 자어의 사육 밀도가 낮을수록 성장이 빨라지는 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 대조구와 실험구 모두 유의차는 인정되지 않았다 (Table 2, $P > 0.05$).

사육수조에 첨가한 식물플랑크톤의 종류 및 자어의 수용 밀도에 따른 생존율 변화를 보면 최초 자어의 사육밀도가 3개체/L인 경우에 식물플랑크톤을 사육수조에 첨가하지 않은 대조구와 *I. galbana*와 *N. oculata*를 사육수조에 첨가한 실험구인 경우 실험 종료 시 생존율이 각각 42.2%, 62.2%, 55.6%로 나타났고 (Fig. 3A) 자어 사육밀도가 6개체/L인 경우에는 각각 36.7%, 54.4%, 50.0% (Fig. 3B), 사육밀도가 9개체/L인 경우에는 각각 34.1%, 54.1%, 48.2%의 생존율을 보였다 (Fig. 3C). 결국 자어 수용밀도 3개체, 6개체, 9개체/L 모두의 실험 조건에서 대조구인 여과수만의 조건에 비교하여 green water를 조성하기 위하여 *I. galbana*와 *N. oculata*를 첨가한 경우 유의적으로 높은 생존율이 관찰되었고 ($P < 0.05$), 특히 사육일수가 경과할수록 *I. galbana*를 첨가한 사육구가 다른 사육구 (*N. oculata* 첨가구와 여과수만 첨가한 실험구)에 비교하여 유의적으로 높은 생존율이 관찰되었다 ($P < 0.05$).

고 찰

해산어류 종묘 생산에 있어서 적당한 먹이를 적당한 시기에 공급해 줄 수 있는지 여부는 매우 중요한 문제 중 하나이다. 일반적으로 부화 자어의 첫 먹이 섭식은 난황을 완전히 흡수하기 직전에 하기 때문에 부화 전에 미리 첫 먹이를 준비하고 자어가 성장함에 따라 먹이량과 크기를 조절하면서 공급해 주어야 한다. 또한 인공으로 배양된 먹이생물은 영양성분이 부족할 수가 있기 때문에 영양강화를 충분히 한 후 공급해 주어야 한다. 이 연구에 이용된 Maroon clownfish는 부화되면서 이미 입과 항문이 열려 있는 중에 속하며, 이러한 종들은 먹이 공급을 빨리 해 주어야 초기 폐사현상을 줄일 수 있다. 그래서 이 연구에서는 부화 직후 자어를 사육수조에 옮긴 후 바로 로티퍼를 공급하였는데 동물먹이생물을 첨가한 직후 바로 섭식행동이 관찰되었다.

성공적인 먹이 급이계열을 적용하기 위해서는 자어에게 먹이를 공급하는 시간이나 먹이 주는 방법 등 여러 가지가 고려되어야 하겠지만 특히 적당한 크기의 먹이를 선택하는 것이 무엇보다도 중요하다.

Hoff (1996)는 clownfish의 유생 사육에 있어서 부화 후 6일 후부터 300-400 μ m의 알테미아를 공급하였고, Wilkerson (1998)은 clownfish 중 ocellaris clownfish (*Amphiprion ocellaris*)는 4일째 알테미아를 공급하였고 Maroon clownfish와 clark's

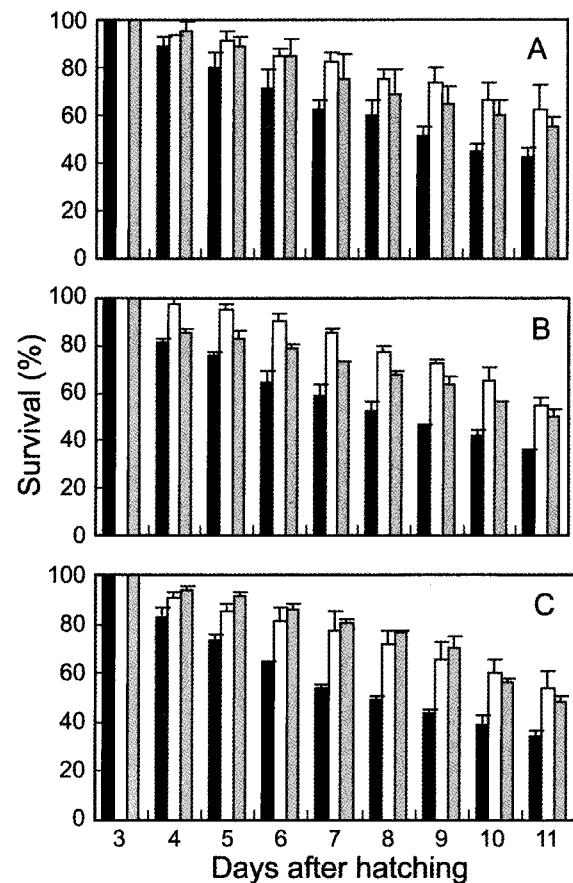


Fig. 3. The survival percentages of maroon clownfish larvae, *Premnas biaculeatus* in the presence of phytoplankton (black bars, only filtered seawater; white bars, filtered seawater containing *Isochrysis galbana*; gray bars, filtered seawater containing *Nannochloropsis oculata*) with three different larvae densities of 3 ind./L (A), 6 ind./L (B) and 9 ind./L (C). Each bar and vertical bar represent mean \pm SD of three replicates.

clownfish (*A. clarkii*)는 7-8일째 공급하였다. 한편, 이 실험에 사용된 Maroon clownfish는 부화 직후부터 200 μ m 내외의 로티퍼를 충분히 섭식하였고, 전장 5 cm 내외에서 알테미아를 섭식하는 것이 관찰되었는데, 부화 5일째에 알테미아를 공급하고 9일째와 20일째에 각각 코페포다와 배합사료를 공급한 A 실험구와 먹이 공급 시기를 하루씩 늘린 B 실험구 (A+1일), 이틀씩 늘린 C 실험구 (A+2일)를 비교한 결과 부화 5일째, 9일째, 20일째 각각 알테미아, 코페포다, 배합사료를 공급한 A 실험구가 다른 두 실험구에 비교하여 성장에서 유의하게 높은 결과를 얻을 수 있었고, 생존율에 있어서도 비슷한 결과를 얻었다. 이는 돌류, *Chrysophrys major*의 종묘생산에 있어서도 부화 직후 로티퍼를 공급한 실험구에서 성장과 생존율이 높게 나타났고, 로티퍼와 알테미아 그리고 바지락을 혼합하거나 코페포다를 공급한 시기가 짧을수록 생존율이 높게 나타난 것과 비슷한 결과이다 (Baek et al., 1986). 그리고 볼락 (*Sebastes inermis*)의 먹이 급이 방법에 관한 실험에서 로티퍼와

알테미아를 단독으로 공급한 실험구에 비교하여 혼합 공급한 실험구에서 생존율이 높게 나타났고 성장에 있어서도 로티퍼와 알테미아를 혼합 공급하면서 알테미아를 35일 이상 공급해 준 실험구가 양호한 성장을 나타낸 것처럼 (Kim et al., 2001) 자어에 있어서 초기 먹이 선택을 어떻게 하느냐에 따라 성장과 생존율에는 많은 차이를 보였다.

양식시설에서 먹이생물로 이용되고 있는 식물플랑크톤인 *I. galbana*와 *N. oculata*를 사육수조에 첨가하여 green water를 만들어 준 결과 대조구에 비교하여 성장과 생존율에서 모두 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이것은 능성어 (*Epinephelus suillus*) 치어의 초기 성장과 생존율에 있어서도 green water가 조성된 실험구가 대조구에 비교하여 성장과 생존율이 모두 우수하였는데 이는 사육수조의 배경색에 따라 rotifer에 대한 가시성의 차이가 원인이라고 보고한 것과 연관성이 있을 것으로 판단할 수 있다 (Duray, 1994). 그리고 Sea bream (*Sparus aurata*) 유생 사육 시 식물플랑크톤을 첨가하여 사육한 결과 사육 후 20일이 경과한 후 생존율이 44±17%, 개체의 건중량이 2.0±0.2 mg인 것에 비교하여 식물플랑크톤을 첨가하지 않은 경우에는 Sea bream의 생존율과 성장률이 각각 16.6±6%, 1.1±0.2 mg로 낮게 나타났다 (Papandroulakis, 2002). Oie et al. (1997)의 연구에서도 *I. galbana*를 Turbot (*Scophthalmus maximus*) 사육수조에 첨가한 것과 첨가하지 않은 것을 비교한 결과 첨가한 쪽의 생존율과 성장이 모두 높게 나타났다고 한다. 이는 *I. galbana*를 첨가한 쪽의 유생이 그렇지 않은 경우보다 소화력이 높기 때문이었다고 한다. 또한 *Chlorella*를 첨가하였을 때 병원성 세균의 수가 감소하는 결과를 얻을 수 있었는데 이는 환경을 악화시키는 원인이 되는 항생물질이나 화학물질을 사용하지 않고도 친환경적인 green-water 조성방법을 이용하여 병원성 세균을 억제하거나 예방할 수 있다는 연구 보고도 있다 (Tendencia and dela Pena, 2003).

이 연구에서 Maroon clownfish의 종묘 생산을 위하여 자치어 사육은 식물플랑크톤을 사육수조에 첨가하는 Green water 조성 방법으로 실시하였는데 부화 후 5일 정도가 경과한 후에 즉시 알테미아와 로티퍼를 혼합하여 공급하여 주는 것이 성장과 생존율에서 모두 양호한 결과를 보였다.

그러므로 앞으로 Green water를 만들기 위하여 안정적으로 식물플랑크톤을 사육수조에 공급할 수 있는 system 연구와 함께 사육수조에 조성된 Green water의 어떤 효과가 자치어의 생존율을 높이는데 관여했는가에 대한 구체적인 연구도 진행되어야 할 것으로 보인다.

사 사

이 연구는 해수관상어 양식기술개발에 관한 연구에 의해 수행된 연구 결과입니다 (RP-2008-AQ-038).

참 고 문 헌

Baek, J.H., S.J. Son and K.Y. Yang. 1986. Effects of

- initial feeding time on growth and survival rates of fry and fingerlings of red sea bream, *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL. Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 39, 97-104.
- Bromley, P.J. and B.R. Howell. 1983. Factors influencing the survival and growth of turbot larvae, *Scophthalmus maximus* L., during the change from live to compound feeds. Aquaculture, 31, 31-40.
- Burgess, W.E., H.R. Axelrod and R.E. Hunziker III. 2000. Atlas of marine aquarium fishes. 3rd. T.F.H. Publications Inc., NJ, USA, 784.
- Cho, K.C., J.H. Kim, C.S. Go, Y. Kim and K.K. Kim. 1995. A study on seedling production of the spotted flounder, *Verasper variegatus*. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 50, 41-57.
- Duray, M.N. 1994. Daily rates of ingestion on rotifers and *Artemia* nauplii by laboratory-reared grouper larvae of *Epinephelus suillus*. Philipp. Sci., 31-41.
- Fautin, D.G. and G.R. Allen. 1992. Anemone fishes and their host sea anemones. Western Australian Museum, Perth, Western Australia, Australia, 160.
- Fenner, B. 2005. *Premnas biaculeatus* - The Maroon Clownfish. SeaScope, Aquarium Systems, Inc., Sarrebourg Cedex, France, 22, 1-3.
- Hoff, F.H. 1996. Conditioning, spawning and rearing of fish with emphasis on marine clownfish. Aquaculture Consultants Inc., FL, USA, 212.
- Hwang, H.K. 1999. Biological studies on aquaculture of the rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). Ph. D. Thesis. National University Cheju, Korea.
- Job, S.D. and D.R. Bellwood. 1996. Visual acuity and feeding in larval *Premnas biaculeatus*. J. Fish. Biol., 48, 952-963.
- Jung, M.M. and S. Rho. 1998. Combination culture of rotifer *Brachionus rotundiformis* and copepod *Apocyclops* sp. J. Aquaculture, 11, 449-455.
- Jung, M.M., S. Rho and P.Y. Kim. 1998. The effect of co-existing *Artemia* sp. on the rotifer *Brachionus rotundiformis* population growth. J. Aquaculture, 11, 99-103.
- Jung, M.M., H.S. Kim, S. Rho, I.F.M. Rumengan and A. Hagiwara. 1999. The culture of free-swimming copepod species *Apocyclops* sp. (Copepod: Cyclopoida) by baking yeast. J. Aquaculture, 12, 303-307.
- Jung, M.M., H.S. Kim, S. Rho, S.I. Hur, Y.S. Yoon and J.W. Kim. 2001. Effects of saline concentrations on the culture density and feeding of estuarine cladoceran, *Diaphanosoma celebensis*. J. Korean Fish. Soc., 34, 605-610.

- Kim, J.H., Y.H. Lee, Y.B. Moon and C.S. Ko. 2001. Survival and growth of larvae and juveniles of Rockfish, *Sebastes inermis* at different water temperature, feed and rearing density. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 59, 90-98.
- Kim, Y.U., K.H. Han and B.H. Kim. 1993. The embryonic and larval development of the greenling, *Hexagrammos otakii*. Korean J. Ichthyol., 5, 151-159.
- Kim, Y.U., J.G. Myoung, Y.S. Kim, K.H. Han, C.B. Kang and J.G. Kim. 2001. The marine fishes of Korea. Hangeul Graphics Inc. Korea, 382.
- Kumai, H. 1984. Biological studies on culture of Japanese parrot fish, *Oplegnathus fasciatus*. Bull. Fish. Lab. Kinki Univ., 2, 5-10.
- Lee, J.E. 1996. Spawning season and controlled seedling production of long shanny, *Stichaeus grigorjewi*. Ph. D. Thesis. National Fisheries University Pusan, Korea.
- Lee, W.J., Y.S. Park, Y.T. Park, S.J. Kim and K.Y. Kim. 1997. Studies on the availability of marine bacteria and the environmental factors for the mass culture of the high quality of rotifer and *Artemia*. J. Korean Fish. Soc., 30, 319-328.
- Oie, G., P. Markidis, K.I. Reitan and Y. Olsen. 1997. Protein and carbon utilization of rotifers (*Brachionus plicatilis*) in first feeding of turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). Aquaculture, 153, 103-122.
- Papandroulakis, N., P. Divanach and M. Kentouri. 2002. Enhanced biological performance of intensive sea bream (*Sparus aurata*) larviculture in the presence of phytoplankton with long photophase. Aquaculture, 204, 45-63.
- Park, H.G., K.W. Lee and S.K. Kim. 1999. Growth of rotifer by the air, oxygen gas-supplied and the pH-adjusted and productivity of the high density culture. J. Korean Fish. Soc., 32, 753-757.
- Park, H.G., K.W. Lee, S.K. Kim, S.M. Lee, J.H. Lee and Y.S. Lim. 2000. Dietary value of rotifer fed on the different diets in high density culture for flounder larvae, *Paralichthys olivaceus*. J. Korean Fish. Soc., 33, 93-97.
- Randall, J.E. and P.C. Heemstra. 1991. Revision of Indo-Pacific groupers (Perciformes: Serranidae: *Epinephelinae*) with descriptions of five new species. Indo-Pacific Fishes No. 20. Bernice Pauahi Bishop Museum. Honolulu. Hawaii, USA, pp. 332.
- Reitan, K.I., J.R. Rainuzzo, G. Oie and Y. Olsen. 1993. Nutritional effects of algal addition in first-feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. Aquaculture, 118, 257-275.
- Rho, S. and C.K. Pyen. 1986. Mass fry production of rock cod, *Epinephelus fario* and flat fish, *Paralichthys olivaceus*. Rept. Aquacult. Lab. Coll. Mar. Sci. Technol. Cheju Univ., 3, 20-37.
- Rho, S., Y.S. Yoon, Y.U. Choi, M.M. Jung, J.S. Kim, G.A. Noh and Y.D. Lee. 2007. Growth and survival of saddleback clownfish, *Amphiprion polymnus* with culture conditions. J. Aquaculture, 20, 178-183.
- Song, Y.B., S.R. Oh, J.P. Seo, B.G. Ji, B.S. Lim, Y.D. Lee and H.B. Kim. 2005. Larval development and rearing of longtooth grouper *Epinephelus bruneus* in Jeju Island, Korea. Aquaculture, 36, 209-216.
- Srinivasan, M., G.P. Jones and M.J. Caley. 1999. Experimental evaluation of the roles of habitat selection and interspecific competition in determining patterns of host use by two anemonefishes. Mar. Ecol. Prog. Ser., 186, 283-292.
- Tendencia, E.A. and M. dela Pena. 2003. Investigation of some components of the green water system which makes it effective in the initial control of liminous bacteria. Aquaculture, 218, 115-119.
- Wilkerson, J.D. 1998. Clownfishes. T.F.H. Publications, Inc., NJ, USA, 240.
- Yoon, Y.S. 2004. Studies on spawning and larval culture of Saddleback clownfish, *Amphiprion polymnus*. M.S. thesis. Jeju Natl. Univ., Korea.
- Yoshimura, K., A. Hagiwara, T. Yoshimatsu and C. Kitajima. 1996. Culture Technology of marine rotifers and the implications for intensive culture of marine fish in Japan. Mar. Freshwater Res., 47, 217-222.

2008년 8월 11일 접수
2009년 2월 20일 수리