

# 은어, *Plecoglossus altivelis* 種苗生産을 위한 먹이생물학적 연구\*

金 亨 燮 · 許 聖 範

釜山水産大學校 養殖學科

## Dietary Value of Live Food for the Seedling Production of the Sweetfish, *Plecoglossus altivelis*\*

Hyung Sub Kim and Sung Bum Hur

Department of Aquaculture, National Fisheries University of  
Pusan, Pusan 608-737, Korea

### ABSTRACT

For the effective seedling production of the sweetfish, *Plecoglossus altivelis*, dietary value of live food in the growth and survival rate of the larvae was examined.

To investigate dietary value of three types of rotifers (L-type, S-type, Us-type rotifer) for the sweetfish larvae, the larvae were fed with alone or mixed with each type and with mixtures of two or three types. Although the survival rates of the larvae fed different types of rotifers were not significantly different among them, the larvae fed a mixture of three types of rotifers showed the highest growth significantly.

A feeding trial was conducted to determine the effect of the dietary values of rotifer and *Artemia* nauplius enriched with *Chlorella ellipsoidea*,  $\omega$ -yeast, spray-dried *Spirulina platensis*, and Super Selco for the sweetfish larvae. The dietary values of rotifer and *Artemia* nauplius enriched with Super Selco mixed with spray-dried *S. platensis* were distinctly improved for the survival rate and growth of the larvae.

With regard to effect of the green water with *Chlorella ellipsoidea*, spray-dried *Spirulina platensis*, and the addition of photosynthetic bacteria (*Rhodospseudomonas capsulatus*), the green water with *Spirulina platensis* mixed with photosynthetic bacteria also enhanced the growth and survival rate of the larvae.

### 序 論

은어(*Plecoglossus altivelis*)는 우리 나라 동·남해안의 낙동강, 섬진강, 오십천, 남대천 등에 많이  
소상하여 서식하는 1년생 어류로서 9~10 월경에 강하류에서 산란하며, 부화된 자어는 바다로 내려가

\* 본 연구는 한국과학재단 지정 우수공학연구센터인 부산수산대학교 해양산업개발연구소의 연구비  
지원에 의해 수행되었음.

자치어기를 보내고, 3~4 월경에 다시 강으로 올라오는 양측 회유성 어류이다(鄭 1977). 또한 은어는 독특한 향과 맛이 있고, 빠른 성장과 넓은 시장성 때문에 일본에서는 상업적으로 가장 중요한 양식 어류 중의 하나로 취급되고 있다.

자어의 대량 사육시 부화 자어의 입의 크기(Shirota 1970)와 제한된 난황량(Eda *et al.* 1990)은 자어의 섭식 생태에 매우 중요한 요인이므로 이에 따른 먹이생물의 형태(Howell 1979) 및 크기 (Witt *et al.* 1984; Meeren 1991a), 영양적인 가치(Watanabe *et al.* 1983; Frolov *et al.* 1991; Navarro and Amat 1992)와 먹이 공급 시기(Eda *et al.* 1990; Cabrera 1993) 등을 결정하는 것이 무엇보다도 중요한 것으로 보고되어 있다. 따라서 rotifer와 *Artemia* nauplius는 해산어류 및 갑각류의 초기 먹이생물로서 널리 이용되고 있을 뿐만 아니라 은어의 인공 종묘 생산에도 필수적이다(Kanazawa *et al.* 1982; 山野井 等 1988).

최근, 이들 먹이생물이 함유하고 있는 필수지방산, 즉 eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3)와 docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3)와 같은 n-3 고도불포화지방산은 해산 자치어의 성장과 생존을 크게 좌우하는 것으로 알려져 있다. 그러나 rotifer와 *Artemia* nauplius는 n-3 고도불포화지방산이 적으므로 이를 해결하기 위하여 유지효모(Kitajima *et al.* 1980; 北島 等 1980; 岡 1980; 岡 等 1980; 林 1990)나 유화 oil (Watanabe *et al.* 1982; Watanabe *et al.* 1989; 趙 1993; Fernandez-Reiriz *et al.* 1993), 미세조류(Watanabe *et al.* 1978), microcapsules (Walford and Lam 1987; Fernandez-Reiriz *et al.* 1993) 등으로 영양 강화한 후에 부화 자어에 공급함으로써 자어의 성장 및 생존율을 개선하고, 변태 및 환경 stress에 대한 자치어의 저항성을 증가시키고 있다(Sorgeloos *et al.* 1988; Dhert *et al.* 1990; Ostrowski and Divakaran 1990).

은어도 해양 생활기에 n-3 고도불포화지방산이 일반 해산 어류와 같이 필수지방산의 역할을 하는 것으로 보고되어 있으며(北島 等 1980; 岡 1980), 특히 20:5n-3와 22:6n-3가 필수지방산으로 알려져 있어(岡 等 1980; Watanabe *et al.* 1983) 은어 종묘 생산시 먹이생물의 영양 강화 방법이 널리 활용되고 있다.

우리 나라에서의 은어에 관한 연구는 宋 等(1993), 金 等(1993), 朴 等(1993)의 사육에 관한 연구와 林 等(1993a)의 은어 종묘 생산 시험, 林 等(1993b)의 수정란의 부화와 자치어의 사육에 대한 비중의 영양에 관한 연구가 있을 뿐 은어 종묘 생산에 관한 연구 보고는 매우 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 은어의 효과적인 인공 종묘 생산을 위한 기초자료로서 rotifer와 *Artemia* nauplius를 유지효모, 유화 oil (Super Selco), 식물플랑크톤인 *Spirulina platensis*의 건조분말, 옥외 배양한 *Chlorella ellipsoidea* 등으로 영양 강화한 후에 자어에 공급하여 영양 강화 효과를 조사하였다. 또 사육 수조의 green water와 광합성 세균 첨가 효과 등을 비교, 분석하여 은어 종묘 생산시 효율적이고 경제적인 기술을 개발하고자 실시하였다.

## 材料 및 方法

### 採卵 및 孵化

은어의 난은 1992년 10월에 경남내수면개발시험장에서 양성하고 있던 친어(평균 전장: 22.5 cm, 평균 전중: 121.4 g)로부터 복부 압박법으로 채란하여 건식법으로 수정시켰다. 이 수정란을 모기망으로 만든 사각 채란상(20.0 cm × 20.0 cm)에 각각 2,000~3,000 개씩 부착시켜 부산수산대학교 해양과학공동연구소로 수송한 다음, 1.5톤 FRP 원형 수조에 수하식으로 수용하였다.

수정란의 관리는 수돗물을 10 μm cartridge 필터로 여과한 다음, 활성탄을 이용하여 염소를 제거시

킨 후, 유수식(2 회 환수/일)으로 하였고, 수조에 차광막을 덮어주었으며, 충분한 공기를 공급해 주었다. 이때의 수온은  $19.0 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 였다.

채란상을 수용한 원형 FRP 수조 옆에 200 ℓ 사각수조를 놓고, 그 안에 망을 씌운 플라스틱 바구니를 넣어 이 바구니에 부화된 자어가 유수되는 물과 함께 나와 모이도록 설치하였다. 바구니에 모인 부화 자어는 1.5 톤 FRP 원형 수조에 수용한 다음, 하루 2 회에 걸쳐 10%씩 여과 해수를 공급하여 5 일간 해수 순치시킨 후 실험에 이용하였다.

### 먹이生物 培養

Rotifer의 먹이, green water 및 *Artemia* nauplius 영양 강화에 사용된 *Chlorella ellipsoidea* (NFUP-27)는 본 실험실에서 배양중인 것을 사용하였다. Rotifer는 large (L)-type (Japan strain), small(S)-type (Hawaii strain), ultra small (Us)-type rotifer (Thailand)로 FRP 1 톤 탱크에서 L-type rotifer는  $22^\circ\text{C}$ , S-type과 Us-type rotifer는  $28^\circ\text{C}$ 로 배양하면서 *C. ellipsoidea*를 먹이로 공급하여 배양하였다. Rotifer는 50  $\mu\text{m}$  sieve로 걸러서 여과 해수로 여러번 씻은 후 자어에 공급하였다.

*Artemia* cyst는 San Francisco Bay strain (Argent Co., gold label)을 사용하여 30%,  $28^\circ\text{C}$ 에서 18 시간 동안 100 ℓ 원추형 수조에서 부화시켰다. 부화시킨 *Artemia* nauplius는 추광성을 이용하여 난각을 제거한 다음, nauplius 만을 100  $\mu\text{m}$  sieve로 걸러서 여과 해수로 여러번 씻은 후, 자어에 공급하였다.

### Rotifer type別 먹이效率

부화 자어의 rotifer type에 따른 먹이효율을 조사하기 위해 50 ℓ 사각 수조 (해수량 40 ℓ)를 이용하여 L-type, S-type, Us-type rotifer를 단독 또는 혼합하여 공급하였다. 두 types의 rotifer를 혼합하여 공급할 경우는 각각의 type을 1:1의 개체수 비율로, 3 개 types를 혼합할 경우는 L-type, S-type, Us-type rotifer를 4:3:3의 개체수 비율로 혼합하여 부화 자어에 공급하였다. 이들의 평균 크기는 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Lorica length and width of three types of the rotifer, *Brachionus plicatilis*

Types	Lorica length ( $\mu\text{m}$ )	Lorica width ( $\mu\text{m}$ )
Large - type	$195.19 \pm 26.75$	$143.65 \pm 20.36$
Small - type	$163.39 \pm 25.72$	$129.40 \pm 23.00$
Ultra small - type	$144.75 \pm 18.24$	$119.53 \pm 17.42$

### Rotifer 및 *Artemia* nauplius의 營養強化

Rotifer 및 *Artemia* nauplius의 영양 강화 효과를 실험하기 위해 200 ℓ (해수량 100 ℓ) 폴리에틸렌 사각 수조를 이용하였다. 본 실험에 사용한 영양 강화제는 빵효모(*Saccharomyces cerevisiae*)에 오징어유 15%를 첨가한 유지효모(二和油脂工業社), 유화 oil인 Super Selco (*Artemia* System

社), 식물플랑크톤인 건조분말 *Spirulina platensis* (Argent 社), 옥외에서 배양한 *Chlorella ellipsoidea* (NFUP-27)를 이용하였다.

Rotifer의 영양강화시 유지효모와 Super Selco는 rotifer  $5 \times 10^5$  개체당 0.25 g으로 6 시간 동안 영양강화하였고, 건조분말 *S. platensis*는 rotifer  $5 \times 10^5$  개체당 0.25 g을 기준으로 믹서를 이용하여 여과해수에 완전히 혼합한 다음 거품을 건어내고 20  $\mu\text{m}$  sieve로 여과하여 6시간 동안 영양 강화하였다. 3 l 용기에서 영양 강화한 rotifer는 여과 해수로 충분히 씻은 후 자어에 공급하였다.

*Artemia* nauplius의 영양 강화시 유지효모와 Super Selco는 *Artemia* cyst g당 0.25 g으로 부화 직후부터 12 시간 영양 강화하였고, 건조분말 *S. platensis*는 *Artemia* cyst g당 0.25 g으로 하여 rotifer 영양강화와 같은 방법으로 여과 해수에 혼합한 다음 12 시간 영양 강화하였다. *C. ellipsoidea*는 건조분말 *S. platensis*의 건중량 기준으로  $7.5 \times 10^6$  cells/ml로 12 시간 영양 강화하였다. 3 l 용기에서 영양 강화한 *Artemia* nauplius는 여과해수로 충분히 씻은 후 자어의 먹이로 공급하였다.

#### 飼育水槽의 green water 效果

Rotifer 공급시기에 *C. ellipsoidea*와 건조분말 *S. platensis*에 의한 자어 사육 수조의 green water 조성이 자어의 생존율과 성장에 미치는 효과를 비교하기 위하여 L-type rotifer 단독구와 L-type+S-type, L-type+S-type+Us-type의 rotifer 혼합구를 설정하여 각 실험구에 green water 를 조성해 주었고, 실험 수조는 50 l 사각 수조(해수량 40 l)를 이용하였다. *Artemia* nauplius 공급시기에는 200 l (해수량 100 l) 폴리에틸렌 사각 수조를 이용하여, green water와 광합성 세균 첨가 효과를 조사하기 위해 *C. ellipsoidea*, 건조분말 *S. platensis*, 두산기술원에서 생산한 광합성 세균 (*Rhodospseudomonas capsulatus*)을 이용하여 각각을 단독 또는 혼합하여 실험하였다. 이때 *C. ellipsoidea*, 건조분말 *S. platensis*, 광합성 세균의 농도는 각각  $5 \times 10^5$  cells/ml로 하였다. 건조분말 *S. platensis*는 믹서기를 사용해 여과 해수와 완전히 혼합한 후 거품을 제거하고, 20  $\mu\text{m}$  sieve로 거른 다음 1.5 l 폴리에틸렌 병에 담아 서서히 사육 수조에 흘려 주었으며, 거품이 한 곳에 모이도록 수면 위에 스티로폼을 고정시키고 수시로 거품을 제거하였다.

#### 仔魚의 飼育 條件 및 統計處理

자어의 사육 밀도는 모든 실험에서 10 마리/l였으며, 지수식으로 사육하였다. 사육 수조에는 충분한 양의 공기를 공급해 주었으며, 매일 전체 수량의 약 20%를 10  $\mu\text{m}$  cartridge 필터로 여과한 해수로 환수해 주었다.

부화 자어에 공급한 사육 수조의 먹이생물 농도는 모든 실험구에서 rotifer의 경우 10 개체/ml, *Artemia* nauplius는 5 개체/ml로 유지하였고, rotifer type에 따른 먹이효율 실험을 제외한 모든 실험에서 rotifer는 3 개 types를 혼합하여 공급하였다. 또한 green water 효과 실험을 제외한 모든 실험 수조에는 *C. ellipsoidea*로 green water를 만들어 주었고 이때의 농도는  $5 \times 10^5$  cells/ml로 하였다.

바닥의 찌꺼기와 죽은 자어는 매일 siphon으로 제거하였고, 실험 종료시 생존율을 측정하였으며, 30~50 마리의 자어를 무작위로 추출하여 5% 중성 포르마린에 고정된 다음 제장과 체중을 측정하였다.

모든 실험은 2 회 반복하였고, 생존율은 survival analysis (Lee and Desu 1972)로, 성장은 Duncan's multiple range test (Duncan 1955) 방법으로 SPSS/PC' 통계 프로그램을 이용하여 유의

성( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

## 結 果

### Rotifer type別 먹이效率

사육 수조에 *C. ellipsoidea*로 green water를 조성하였을 때, L-type, S-type, Us-type rotifer를 은어 부화 자어에 단독 또는 혼합하여 10 일간 공급한 결과는 Table 2와 같다. Rotifer 3 개 types를 각각 단독으로 공급한 경우, L-type rotifer (I)가 생존율 25.0%, 체장 9.12 mm, 체중 1.65 mg으로 S-type rotifer (II)와 Us-type rotifer (III)의 경우 보다 생존율 및 성장이 더 좋았다. 그러나 생존율은 서로 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 성장에 있어서 L-type과 S-type, S-type과 Us-type은 서로 유의적인 차이가 없었지만, L-type과 Us-type과는 5% 수준에서 유의적인 차이가 있어 L-type rotifer가 Us-type rotifer 보다 높은 먹이효율을 보였다.

Rotifer 3 개 types를 각각 혼합하여 공급한 경우, L-type, S-type, Us-type rotifer를 4:3:3의 비율로 혼합하여 공급한 실험구(VII)가 생존율이 28.0%로 가장 높았으나, 다른 실험구(IV, V, VI)와

Table 2. Dietary value of different types of the rotifer in the survival rate and growth of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis* in the green water with *Chlorella ellipsoidea* (initial body length:  $6.70 \pm 0.37$  mm, initial body weight: 0.42 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth	
		Body length Mean $\pm$ SD(mm)	Body weight (mg)
I	25.0 <sup>a</sup>	9.12 $\pm$ 0.56 <sup>ab</sup>	1.65
II	23.8 <sup>a</sup>	8.90 $\pm$ 0.61 <sup>bc</sup>	1.65
III	20.8 <sup>a</sup>	8.89 $\pm$ 0.55 <sup>c</sup>	1.63
IV	24.5 <sup>a</sup>	9.14 $\pm$ 0.52 <sup>a</sup>	1.65
V	24.8 <sup>a</sup>	9.17 $\pm$ 0.59 <sup>a</sup>	1.65
VI	26.0 <sup>a</sup>	8.97 $\pm$ 0.61 <sup>bc</sup>	1.60
VII	28.0 <sup>a</sup>	9.26 $\pm$ 0.63 <sup>a</sup>	1.66

I: larvae fed on L-type rotifer, II: S-type rotifer, III: Us-type rotifer

IV: L + S-type rotifer, V: L + Us-type rotifer, VI: S + Us-type rotifer

VII: L + S + Us-type rotifer.

Values with the same superscripts are not significantly different ( $P > 0.05$ ):

서로 유의적인 차이는 없었다. 성장은 3 개 types를 모두 혼합하여 공급한 실험구(VII)가 체장 9.26 mm, 체중 1.66 mg으로 가장 높았다. 혼합 실험구 중 L-type이 포함된 IV와 V 실험구와는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, S-type과 Us-type rotifer를 혼합하여 공급한 실험구(VI)와는 유의적인 차이를 보였다.

Rotifer type별 실험을 전체적으로 살펴보면, 생존율은 모든 실험구에서 유의적인 차이는 없었다. 성장은 L-type 단독 공급 실험구(I), L+S-type (IV), L+Us-type (V), L+S+Us-type rotifer (VII) 혼합 공급 실험구가 서로 유의적인 차이가 없는 것으로 볼 때, L-type은 Us-type 보다 성장 효과가 높으며, L-type을 다른 두 types의 rotifer와 혼합하여 공급하는 것이 단독으로 공급하는 것 보다 더 높은 성장 효율을 보였다.

Rotifer의 營養強化 效果

사육 수조에 *C. ellipsoidea*로 green water를 조성해주면서 오징어유 15%가 함유된 유지효모와 유화 oil인 Super Selco, 건조분말 *S. platensis*를 rotifer에 6 시간 동안 영양 강화하여 은어 자어에 공급한 결과는 Table 3과 같다. Super Selco와 건조분말 *S. platensis*로 동시에 영양 강화한 실험구 (V)에서 53.9%로 가장 높은 생존율을 보였고, Super Selco와 건조분말 *S. platensis*로 각각 영양 강화한 실험구(III, IV)는 43.9%, 40.8%로 실험구 III이 더 높았으나 서로 유의적인 차이는 없었다.

Table 3. Dietary of the rotifers enriched with different materials on the survival rate and growth of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis* in green water with *Chlorella ellipsoidea* (initial body length:  $7.43 \pm 0.39$  mm, initial body weight : 0.47 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth		
		Body length		Body weight (mg)
		Mean	± SD(mm)	
I	24.9 <sup>d</sup>	9.82	± 0.57 <sup>d</sup>	1.89
II	33.2 <sup>c</sup>	10.51	± 0.53 <sup>c</sup>	2.42
III	43.9 <sup>b</sup>	11.08	± 0.53 <sup>b</sup>	2.64
IV	40.8 <sup>b</sup>	10.71	± 0.53 <sup>c</sup>	2.52
V	53.9 <sup>a</sup>	11.52	± 0.49 <sup>a</sup>	2.86

I : larvae fed on rotifers without enrichment (control), II : enriched with  $\omega$ -yeast

III : enriched with Super Selco, IV : enriched with spray-dried *S. platensis*

V : enriched with Super Selco and spray-dried *S. platensis*.

Values with the same superscripts are not significantly different (P> 0.05).

그 다음으로 유지효모로 영양 강화한 실험구(II)가 33.2%였고, 영양 강화하지 않고 *C. ellipsoidea*로만 배양한 rotifer를 공급한 대조구(I)는 24.9%로 가장 낮은 생존율을 보였다.

자어의 성장을 보면, 역시 Super Selco와 건조분말을 동시에 영양 강화한 실험구(V)가 체장 11.52 mm, 체중 2.86 mg으로 가장 좋았고, 다음은 Super Selco 만으로 영양 강화한 실험구(III)에서 체장 11.08 mm로 높았다. 그러나 건조분말 *S. platensis*로 영양 강화한 실험구(IV)와 유지효모로 영양 강화한 실험구(II) 사이에서는 서로 유의적인 차이는 없었으며, 영양 강화하지 않은 rotifer를 공급한 실험구(I) 사이에서는 서로 유의적인 차이는 없었다.

험구(I)는 가장 저조한 성장을 보였다.

따라서 은어 자어에 rotifer를 공급할 경우, Super selco와 건조분말 *S. platensis*로 동시에 영양 강화하여 공급하는 것이 유의적으로 가장 높은 생존율 및 성장을 보였고, 영양 강화하지 않은 rotifer를 공급하는 것 보다는 영양 강화한 rotifer를 공급하는 것이 더 좋은 결과를 보였다.

#### *Artemia* nauplius의 營養強化 效果

자어 사육 수조에 *C. ellipsoidea*로 green water를 만들어주면서 갓 부화한 *Artemia* nauplius를 오징어유 15%가 함유된 유지효모, Super Selco, 건조분말 *S. platensis*, *C. ellipsoidea* 등으로 12 시간 동안 영양 강화하여 자어에 공급한 결과는 Table 4와 같다. 가장 높은 생존율을 보인 실험구는 Super Selco와 건조분말 *S. platensis*를 혼합하여 영양 강화한 실험구(VI)로 생존율 68.7% 로 나타나

Table 4. Dietary value of *Artemia* nauplii enriched with different materials on the survival rate and growth of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis* in green water with *Chlorella ellipsoidea* (initial body length : 10.66 ± 0.47 mm, initial body weight : 2.11 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth	
		Body length Mean ± SD(mm)	Body weight (mg)
I	26.5 <sup>e</sup>	11.73 ± 0.47 <sup>f</sup>	3.41
II	41.3 <sup>d</sup>	11.98 ± 0.62 <sup>e</sup>	3.95
III	56.6 <sup>b</sup>	12.66 ± 0.60 <sup>c</sup>	4.90
IV	51.6 <sup>c</sup>	12.41 ± 0.58 <sup>d</sup>	4.48
V	31.3 <sup>e</sup>	11.91 ± 0.59 <sup>ef</sup>	3.75
VI	68.7 <sup>a</sup>	13.18 ± 0.59 <sup>a</sup>	5.21
VII	59.0 <sup>b</sup>	12.87 ± 0.58 <sup>b</sup>	5.04

I : larvae fed on newly hatched *Artemia* nauplii without enrichment (control)

II: enriched with  $\omega$ -yeast,

III: enriched with Super Selco

IV: enriched with spray-dried *S. platensis*, V: enriched with *C. ellipsoidea*

VI: enriched with Super Selco and spray-dried *S. platensis*

VII: enriched with Super Selco and *C. ellipsoidea*

Values with the same superscripts are not significantly different (P> 0.05).

다른 실험구와 통계적으로 유의적인 차이를 보였다. 또한 Super Selco와 *C. ellipsoidea*를 혼합하여 영양 강화한 실험구(VII)와 Super Selco 만으로 영양 강화한 실험구(III)에서 생존율이 각각 59.0% 와 56.6%로 나타나 두 실험구 간에는 유의적인 차이는 보이지 않았다. 그 외에는 건조분말 *S. platensis* (IV), 유지효모(II), *C. ellipsoidea* (V)로 영양 강화하여 공급한 실험구 순으로 생존율이 낮아지는 경향을 보였으며, 영양 강화하지 않은 실험구(I)가 가장 낮은 생존율을 나타냈다.

영양 강화한 *Artemia* nauplius를 공급한 다음 실험 종료 후의 자어의 성장을 비교해 보면, Super

Selco와 건조분말 *S. platensis*를 혼합하여 영양 강화한 실험구(VI)에서 체장과 체중이 각각 13.18 mm, 5.21 mg으로 가장 좋은 성장을 보였고, Super Selco와 *C. ellipsoidea*를 혼합하여 영양 강화한 실험구(VII), Super Selco 만으로 영양 강화한 실험구(III), 건조분말 *S. platensis*로 영양 강화한 실험구(IV), 유지효모로 영양 강화한 실험구(II) 순으로 성장이 저조하게 나타났다. 그러나 영양 강화하지 않고 *Artemia nauplius*를 공급한 실험구(I)에서의 체장 및 체중은 11.73 mm, 3.41 mg으로 나타나 가장 낮은 성장을 보였지만, *C. ellipsoidea*로 영양 강화한 실험구(V)와는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 *Artemia nauplius*를 영양 강화하지 않고 은어 자어에 공급하는 것보다는 영양 강화하여 공급하는 것이 생존율 및 성장에 있어 좋은 결과를 나타냈다.

Rotifer 供給時 green water 效果

은어 자어 사육 수조에 건조분말 *S. platensis*로 green water를 조성해 주었을 때 rotifer type에 따른 먹이효율을 조사한 결과는 Table 5에 나타내었다. 생존율은 33.0~33.8%의 범위로 실험구 간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 성장은 3 개 rotifer types를 모두 혼합하여 공급한 실험구(III)가 체장 10.03 mm, 체중 2.18 mg으로 가장 좋았고, L-type rotifer 만을 단독으로 공급한 실험구(I)에서 9.61 mm, 1.80 mg으로 가장 낮은 성장을 보여 두 실험구 간에 유의차가 있는 것으로 나타났다. 그리고 *C. ellipsoidea*로 green water를 조성하여 rotifer type에 따른 먹이효율을 조사한 결과(Table 2)와 비교해 보면, 건조분말 *S. platensis*로 green water를 조성해 주었을 때의 생존율이 전체적으로 약 29% 증가하였고, 그 차이가 5% 수준에서 유의적으로 나타났다(Fig. 1). 성장은 *C. ellipsoidea*로 한 경우보다 모든 실험구에서 높았는데, 체장과 체중이 각각 8%, 21% 증가하여 서로 유의적인 차이를 보였다(Fig. 2).

따라서 green water 원으로서 *C. ellipsoidea*와 건조분말 *S. platensis*를 비교해 볼 때, 건조분말 *S. platensis*가 더 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Dietary value of different types of the rotifer on the survival rate and growth of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis* in green water with spray-dried *Spirulina platensis* (initial body length: 6.70±0.37 mm, initial body weight: 0.42 mg)

Exp. group	Survival rate (%)	Final growth	
		Body length Mean ± SD(mm)	Body weight (mg)
I	33.8 <sup>a</sup>	9.61 ± 0.56 <sup>b</sup>	1.80
II	33.0 <sup>a</sup>	9.94 ± 0.57 <sup>ab</sup>	1.99
III	33.3 <sup>a</sup>	10.03 ± 0.58 <sup>a</sup>	2.18

I : larvae fed on L-type rotifer, II : L + S-type rotifer

III: L + S + Us-type rotifer.

Values with the same superscripts are not significantly different (P> 0.05).



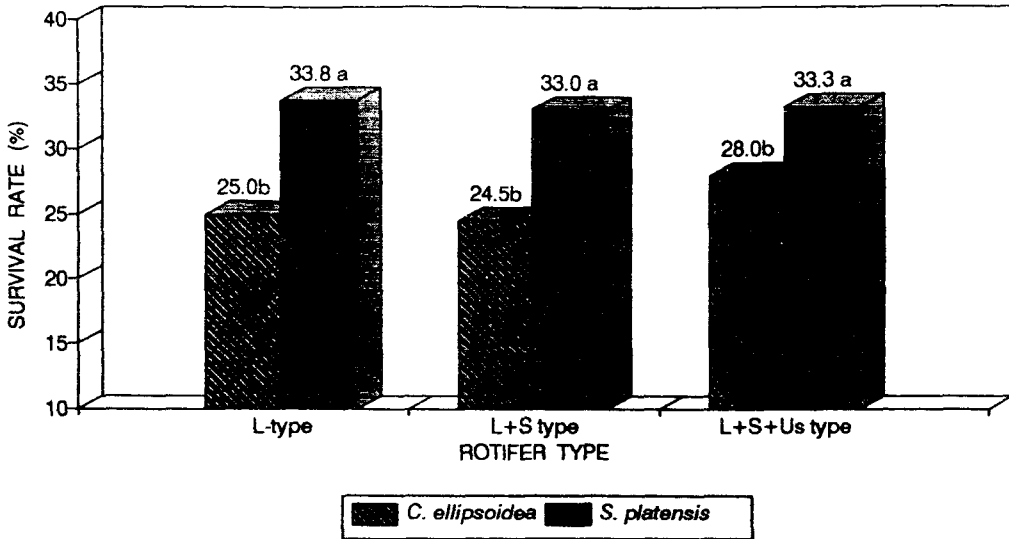


Fig. 1. Comparison of green water effects between *Chlorella ellipsoidea* and spray-dried *Spirulina platensis* on the survival rate of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. Values with the same superscripts are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

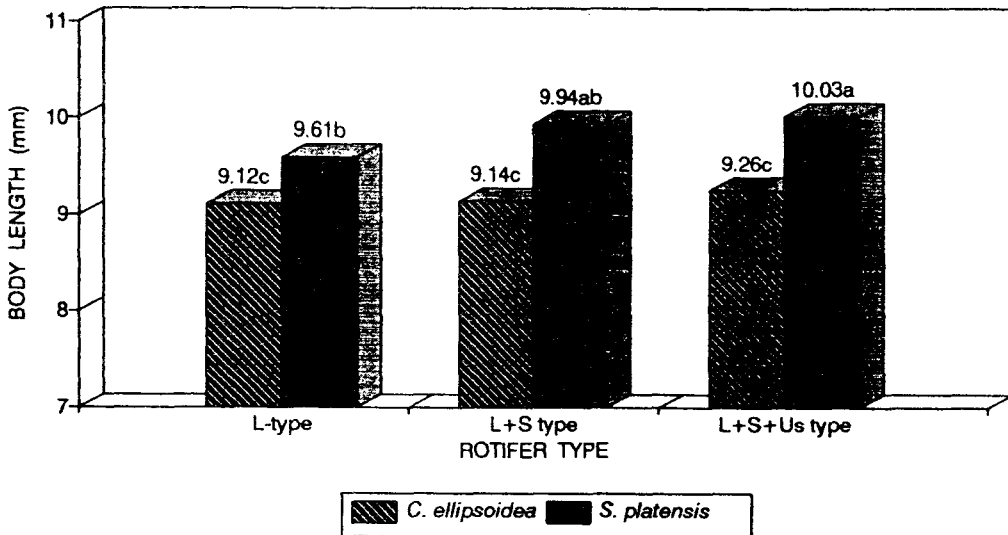


Fig. 2. Comparison of green water effects between *Chlorella ellipsoidea* and spray-dried *Spirulina platensis* on the body length of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis*. Values with the same superscripts are not significantly different ( $P > 0.05$ ).

*Artemia* nauplius 供給時 green water 效果

은어 자어에 *Artemia* nauplius를 공급할 때 사육 수조의 green water 효과를 조사하기 위해 *C. ellipsoidea*, 건조분말 *S. platensis*, 광합성 세균(photosynthetic bacteria, PSB)을 각각 단독 또는 혼합하여 공급한 결과는 Table 6과 같다. 건조분말 *S. platensis*와 광합성 세균을 혼합하여 green water를 조성해 준 실험구(IV)에서 생존율 79.3%, 체장 14.33 mm, 체중 6.91 mg으로 가장 높은 생존율 및 성장을 나타냈다. *C. ellipsoidea*와 광합성 세균을 혼합하여 green water를 만들어준 실험구(II)는 생존율 77.6%, 체장 14.05 mm, 체중 6.32 mg으로 두 실험구(IV, II) 간에는 유의적인 차이가 없었다. 또한 *C. ellipsoidea* 및 건조분말 *S. platensis*를 각각 단독으로 하여 green water를 만들어준 실험구 I 과 III에서의 생존율은 각각 69.5%, 73.1%로 나타나 서로 유의적인 차이가 있었으나, 체장의 성장은 각각 13.31 mm, 13.55 mm로 유의적인 차이가 없었다. 그리고 광합성 세균 단독으로 green water를 조성해준 실험구(V)가 생존율 59.5%로 타 실험구에 비하여 가장 낮았고, 성장은 체장 13.08 mm, 체중 5.43 mg으로 실험구 I 과 비슷한 결과를 보였다.

Table 6. Effect of different green water sources on the survival rate and growth of the larval sweetfish, *Plecoglossus altivelis* (initial body length: 10.58 ± 0.49 mm, initial body weight: 2.07 mg)

Exp. group group	Survival rate (%)	Final growth		
		Body length		Body weight (mg)
		Mean	± SD (mm)	
I	69.5 <sup>c</sup>	13.31	± 0.80 <sup>bc</sup>	5.85
II	77.6 <sup>a</sup>	14.05	± 0.76 <sup>a</sup>	6.32
III	73.1 <sup>b</sup>	13.55	± 0.73 <sup>b</sup>	5.88
IV	79.3 <sup>a</sup>	14.33	± 0.76 <sup>a</sup>	6.91
V	59.5 <sup>d</sup>	13.08	± 0.92 <sup>c</sup>	5.43

I : larvae reared in green water with *C. ellipsoidea*

II : *C. ellipsoidea* + photosynthetic bacteria, III : spray-dried *S. platensis*

IV : spray-dried *S. platensis* + photosynthetic bacteria

V : photosynthetic bacteria.

Values with the same superscripts are not significantly different (P > 0.05).

考 察

Ito *et al.* (1981)과 Suzuki (1987)는 어류 및 갑각류의 인공 종묘생산시 가장 일반적인 먹이생물로 이용하고 있는 rotifer를 크기가 130~340 μm 정도인 Large-type rotifer와 100~210 μm 정도인 Small-type rotifer로 나누었다. 그러나 최근 Korokura *et al.* (1991)은 약 140 μm 정도의 크기인 Ultrasmall-type rotifer를 태국에서 분리하여 이들 세가지 type은 각각 생활사의 특성이 다르며, 적

정 서식 수은 및 염분도도 다른 것으로 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이들 rotifer의 먹이효율이 서로 다른 것으로 판단되어 은어 부화 자어에 대한 이들의 먹이효율을 조사하였다. 3 개의 rotifer types를 각각 단독으로 공급했을 경우, 생존율은 rotifer type에 따라 차이가 없었고, 성장은 L-type rotifer와 S-type rotifer와는 유의적인 차이가 없었던 반면, L-type과 Us-type rotifer와는 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 또 S-type과 Us-type과도 유의적인 차이가 없었다. 趙(1989)는 L-type과 S-type rotifer를 각각 은어 자어에 공급했을 때 L-type rotifer와 S-type rotifer 사이에 성장 및 생존율의 유의적인 차이가 없었음을 보고 하였는데 이는 본 실험 결과와 일치하였다. L-type과 S-type rotifer는 은어 자어의 먹이효율에 차이가 없는 것으로 생각되나, L-type과 Us-type rotifer와는 먹이효율의 면에서 차이가 있다고 생각된다.

각각의 rotifer type을 혼합하여 공급할 경우 생존율은 3 개 types를 모두 혼합하여 공급한 실험 구에서 가장 높았으나, 각각 2 개 types 씩 혼합하여 공급한 실험구와는 유의적인 차이는 없었다. 그러나 성장에 있어서는 3 개 rotifer types를 혼합하여 공급한 실험구에서 가장 좋았던 반면, S-type과 Us-type을 혼합한 실험구에서 가장 낮은 성장을 보여 다른 혼합 공급 실험구와는 유의적인 차이를 나타냈다. 이와같이 다양한 크기의 rotifer를 혼합한 경우에 먹이 효과가 더 높았던 이유는 Witt *et al.* (1984), Eda *et al.* (1990), Meeren (1991a) 및 Polo *et al.* (1992)이 지적했듯이 부화 자어가 성장함에 따라 점차로 크기가 큰 먹이생물을 포식하게 되고, 같은 수조 내에서 서로 크기가 다른 자어는 포식할 수 있는 먹이생물의 크기가 다양할 수록 이용할 수 있는 먹이가 많기 때문으로 생각된다.

北島 等(1980)은 유지효모로 배양한 rotifer와 빵효모로 배양하여 해산 *Chlorella*로 2차 배양한 rotifer를 각각 공급한 실험에서 유지효모로 키운 rotifer를 공급한 은어 자어가 성장 및 생존율이 높아 은어 자어의 정상적인 성장을 위하여 필수지방산으로서 n-3 고도불포화지방산을 요구하는 것으로 보고하였다. 岡 等(1980)도 18:2n-6, 18:3n-3, 22:5n-3, 20:6n-3 등의 n-3 고도불포화지방산을 첨가한 효모로 rotifer를 배양하여 20 일간 실험한 결과, 20:5n-3와 22:6n-3와 같은 n-3 고도불포화지방산은 은어 자어의 성장 및 생존에 필수적이라 보고하였다.

Fernandez-Reiriz *et al.* (1993)은 rotifer를 Super Selco로 6 시간 영양 강화하여 n-3 고도불포화지방산의 함량을 4.4 mg/g dry weight에서 29.5 mg/g dry weight로 증가시켰고, Dhert *et al.* (1990)은 *Artemia* nauplius를 Super Selco로 24 시간 영양 강화하여 n-3 고도불포화지방산의 함량을 2 mg/g dry weight에서 40 mg/g dry weight로 증가시킨 바 있다.

본 실험에서도 이러한 지방산의 함량을 증가시키기 위해 rotifer 공급 단계에서는 *C. ellipsoidea*로 배양한 rotifer에 유지효모, 건조분말 *S. platensis*, 유화 oil (Super Selco) 등으로 영양 강화시켰고, *Artemia* nauplius 공급 단계에서는 *C. ellipsoidea*, 유지효모, 건조분말 *S. platensis*, Super Selco 등으로 영양 강화시켜 은어 자어에 공급하였다. rotifer와 *Artemia* nauplius에 Super Selco와 *S. platensis*를 혼합하여 영양 강화시킨 실험구가 가장 높은 생존율 및 성장을 보였다. 그러나 rotifer와 *Artemia* nauplius를 유지효모로 영양 강화시켜 공급한 실험구는 영양 강화시키지 않은 실험구보다 성장 및 생존율이 높았지만 n-3 고도불포화지방산(20:5n-3와 22:6n-3)의 함량이 높은 Super Selco 보다는 낮은 성장 및 생존율을 나타냈다.

北島 等(1980)은 은어 자어에 대한 rotifer의 먹이효율은 참돔(*Pagrus major*)이나 자주복(*Fugu rubripes*)과 비슷하나 필수지방산의 결핍 증상으로 볼 때 자주복에 더 가깝다고 하였다. 또 본 실험 결과는 趙(1993)가 Super Selco와 건조분말 *S. platensis*를 혼합하여 영양 강화시킨 rotifer나 *Artemia* nauplius를 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 자어에 공급하여 얻은 결과와 일치하여 은어 자

어도 해산어와 같은 필수지방산을 요구하는 것으로 생각된다.

본 연구의 영양강화 실험 결과는 전체적으로 비교해 볼 때, 은어 자어는 rotifer나 *Artemia* nauplius 공급 단계에서 n-3고도불포화지방산이 자어의 성장 및 생존율을 크게 좌우하는 것으로 생각되나, 이에 관하여 영양 강화한 먹이생물 및 이를 섭취한 은어 자어의 지방산 조성 분석 등의 더 자세한 연구가 시행되어야 할 것이다.

한편, Watanabe *et al.* (1980)은 *Artemia* nauplius를 건조분말 *Spirulina* sp.로 24 시간 영양강화하여 참돔에 공급한 결과 생존율에는 효과가 없었지만, 성장은 효과가 있는 것으로 보고하였다. 본 실험에서 rotifer를 Super Selco와 건조분말 *S. platensis*로 각각 영양 강화시켜 은어 자어에 공급했을 때 생존율에는 차이가 없었고, 성장에서는 Super Selco로 영양 강화시킨 것이 다소 높았다. 그러나 Super Selco와 건조분말 *S. platensis*로 동시에 영양 강화시켰을 경우 생존율은 Super Selco 단독으로 영양 강화시킨 것보다 약 23%, 성장은 약 4% 더 증가하였다. 이러한 결과를 볼 때 rotifer를 영양 강화시킬 때 n-3 고도불포화지방산이 단백질보다 더 중요한 요인이기는 하나, *S. platensis*와 같은 고단백질을 영양 강화제로 동시에 사용할 경우 자어의 생존율과 성장을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 또한 *Artemia* nauplius를 영양강화시킬 때도 rotifer와 같은 현상이었다. 이러한 결과들을 볼 때 은어 자어의 단백질 요구에 대한 구체적인 연구와 *S. platensis*가 영양 강화제로서의 효과 등이 보다 자세히 연구되어야 할 것으로 생각된다.

최근 미세조류를 사육 수조에 첨가하여 green water를 만들어주는 것은 해산 어류 중요 생산시 기본적인 것 중의 하나로 여겨지고 있으나, green water 효과에 대한 정확한 기작은 밝혀져 있지 않다. 사육 수조의 green water에 대한 연구 결과를 보면, 수질 정화 효과(Houde 1978), 자어의 안정을 위한 그늘 효과(Boehlert and Morgan 1985), 자치어의 장내세균에 대한 영향(Nicolas *et al.* 1989), 어류 자치어의 직·간접적인 영양원(Meeren 1991b), 먹이섭취 활동 촉진(Nass *et al.* 1992) 등 여러 가지 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 광합성 세균(*Rhodospseudomonas capsulatus*)은 수조 내의 유기오염 물질의 분해를 빠르게 하여 어류 자치어의 생존율을 높이고, 세균 체내의 조단백질의 양과 각종 비타민, 특히 B<sub>12</sub>가 풍부하여 동물플랑크톤이나 어류 자치어의 먹이로서 우수한 역할을 한다고 보고한 바 있다(Kobayashi *et al.* 1969).

Nass *et al.* (1992)은 유럽산 넙치류(*Hippoglossus hippoglossus*)의 자어 사육시 green water는 자어의 직·간접적인 영양원보다는 먹이 섭취 활동에 영향을 주는 환경 요인, 즉 탁도 및 수면 조도의 영향으로 먹이생물의 발견 및 포획을 보다 쉽게 하여 먹이 섭취 시기 및 성장율과 생존율에 현저한 영향을 주었다고 보고하였다. 또한 伊藤 等(1968)은 은어는 빛에 대해 매우 민감하게 반응하기 때문에 수면 조도 2,400~14,000 lux에서는 자어가 추광성을 나타내 표층에 분포하면서 정상적인 유영활동을 하지만 23,000 lux 이상에서는 배광성을 나타내 일제히 수조 바닥으로 내려가고, 그후에 다시 추광성을 나타내 표층에 올라오면서 狂奔行動을 하는 자어가 많이 관찰된다고 보고하였다.

본 실험에서 rotifer와 *Artemia* nauplius 공급 단계에서 옥외에서 배양한 *C. ellipsoidea*와 건조분말 *S. platensis*로 green water를 조성해 주었을 경우, 건조분말 *S. platensis*로 green water를 조성해 주었을 때 자어의 생존율과 성장이 더 좋았다. 건조분말 *S. platensis*를 공급한 실험구는 수면에 거품이 생겼고 수조 바닥에 가라앉았음에도 불구하고, *C. ellipsoidea*로 green water를 조성한 경우보다 좋은 결과를 보인 이유는 *C. ellipsoidea*보다는 단백질의 영양가가 더 풍부한 건조분말 *S. platensis*가 자어에게 직·간접적인 영양원으로 작용했기 때문으로 생각된다.

한편, *C. ellipsoidea*나 건조분말 *S. platensis*를 단독으로 green water를 조성해 주었을 때 보다 광합성 세균을 첨가하여 green water를 조성할 경우, 자어의 생존율과 성장은 *C. ellipsoidea*에서는

각각 12%, 6% 증가하였고, 건조분말 *S. platensis* 에서는 각각 8%, 6% 증가하였다. 또한 광합성 세균 단독으로 green water를 만드는 경우보다는 *S. platensis*와 광합성 세균을 혼합하여 green water로 만드는 경우 생존율은 33%, 성장은 10% 증가하였다. 본 실험에서 광합성 세균만을 공급했을 경우 사육수의 색이 투명하였고, 은어 사육실의 형광등 및 빛이 그대로 수중에 투과되어 은어 자어가 수조 바닥이나 벽면에 몸을 비비는 현상이 많이 관찰되었다. 따라서 수면의 강한 조도로 인해 자어의 먹이 섭취활동에 지장을 주었거나, 안정적인 환경을 조성하지 못해 자어의 생존율과 성장이 저조한 것으로 생각된다.

이러한 green water 효과 실험 결과들을 종합적으로 볼 때, 은어 자어 사육시 사육 수조의 green water 효과는 사육수의 수질 정화의 효과보다는 일차적으로 식물부유생물에 의한 직·간접적인 먹이 효과와 인한 그늘 효과 등의 효과가 복합적으로 작용하는 것으로 생각된다. 한편, *C. ellipsoidea*의 green water와 광합성 세균에 의한 수질 정화 효과는 사육수의 수질 분석을 통한 더욱 자세한 연구로 구명되어야 할 것이다.

## 要 約

은어의 효과적인 인공 종묘 생산을 위하여 자어의 성장과 생존율에 대한 먹이생물의 영양 가치에 대해 실험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

자어의 rotifer type에 따른 먹이효율을 조사하기 위해 3 개 rotifer type (L-type, S-type, Us-type rotifer)을 각각 단독 또는 혼합하여 공급하였을 때 자어의 생존율은 모든 실험구에서 차이가 없었으나, 성장은 3 개 type rotifer를 모두 혼합하여 공급한 실험구에서 가장 높았다.

Rotifer와 *Artemia* nauplius를 *Chlorella ellipsoidea*, 유지효모, 건조분말 *Spirulina platensis*, Super Selco로 영양 강화시켜 자어에 공급한 영양 강화 실험에서 건조분말 *S. platensis*와 Super Selco를 혼합하여 영양 강화시킨 실험구에서 가장 높은 성장과 생존율을 보였다.

Rotifer와 *Artemia* nauplius 공급시 자어의 사육 수조에 green water의 효과를 조사하기 위해 *Chlorella ellipsoidea*, 건조분말 *Spirulina platensis*, 광합성 세균(*Rhodospseudomonas capsulatus*)을 green water 원으로 사용하였을 때 건조분말 *Spirulina platensis*와 광합성 세균을 혼합하여 공급한 실험구에서 가장 높은 성장과 생존율을 나타냈다.

## 參 考 文 獻

- Boehlert, G. W. and J. B. Morgan. 1985. Turbidity enhances feeding abilities of larval Pacific herring, *Clupea harengus pallasii*. *Hydrobiologia* 123: 161~170.
- Cabrera, B. T. R. 1993. The nutritional value of live feeds and egg quality on the larval growth and survival of flounder (*Paralichthys olivaceus*), Ph. D. thesis. Nat. Fish. Univ. Pusan, Pusan. 231pp.
- Dhert, Ph., P. Lavens, M. Duray and P. Sorgeloos. 1990. Improved larval survival at metamorphosis of Asian seabass (*Lates calcarifer*) using  $\omega$ -3 HUFA-enriched live food. *Aquaculture* 90: 63~74.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11: 1~42.
- Eda, H., R. Murashige, Y. Oozeki, A. Hagiwara, B. Eastham, P. Bass, C. Tamaru and C. Lee.

1990. Factors affecting intensive larval rearing of striped mullet, *Mugil cephalus*. *Aquaculture* 91: 281~294.
- Fernandez-Reiriz, M. J., U. Labarta and M. J. Ferreiro. 1993. Effects of commercial enrichment diets on the nutritional value of the rotifer (*Brachionus plicatilis*). *Aquaculture* 112: 195~206.
- Frolov, A., S. Pankov, K. Geradze, S. Pankova and L. Spektorova. 1991. Influence of the biochemical composition of food on the biochemical composition of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 97: 181~202.
- Houde, E. D. 1978. Critical food concentrations for larvae of three species of subtropical marine fishes. *Bull. Mar. Sci.* 28: 395~411.
- Howell, B. 1979. Experiments on the rearing of larval turbot, *Scophthalmus maximus* L.. *Aquaculture* 18: 215~225.
- Ito, S., H. Sakamoto, M. Hori and K. Hirayama. 1981. Morphological characteristics and suitable temperature for the growth of several strains of the rotifer, *Brachionus plicatilis*. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.* 51: 9~16.
- Kanazawa, A., S. Teshima and M. Sakamoto. 1982. Requirement of essential fatty acids for the larval Ayu. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48: 587~590.
- Kitajima, C., T. Arakawa, F. Oowa, S. Fujita, O. Imada, T. Watanabe and Y. Yone. 1980. Dietary value for red sea bream larvae of rotifer *Brachionus plicatilis* cultured with a new type of yeast. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.* 46: 43~46.
- Kobayashi, M., A. Kawamura, S. Oya, K. Mikami, H. Nakanishi, K. Murata, Y. Kinugasa and T. Kawasugi. 1969. Sewage purification by photosynthetic bacteria and its use as a fish-feed. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 35: 1021~1026.
- Kurokura, H., M. Castellano and S. Kasahara. 1991. The population growth of a rotifer *Brachionus plicatilis* and life history of amictic females. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57: 1629~1634.
- Lee, E. and M. Desu. 1972. A computer program for comparing k samples with right-censored data. *Computer Programs in Biomedicine* 2: 315~321.
- Meeren, T. 1991a. Selective feeding and prediction of food consumption in turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) reared on the rotifer *Brachionus plicatilis* and natural zooplankton. *Aquaculture* 93: 35~55.
- Meeren, T. 1991b. Algae as first food for cod larvae, *Gadus morhua* L. filter feeding or ingestion by accident. *J. Fish Biol.* 39: 225~237.
- Nass, K. E., T. Naess and T. Harboe. 1992. Enhanced first feeding of halibut larvae (*Hippoglossus hippoglossus* L.) in green water. *Aquaculture* 105: 143~156.
- Navarro, J. and F. F. Amat. 1992. Effect of algal diets on the fatty acid composition of brine shrimp, *Artemia* sp. cysts. *Aquaculture* 101: 223~227.
- Nicolas, D. A., E. Robic and D. Ansquer. 1989. Bacterial flora associated with a trophic chain consisting of microalgae, rotifers and turbot larvae, influence of bacteria on larval survival. *Aquaculture* 83: 237~248.

- Ostrowski, A. C. and S. Divakaran. 1990. Survival and bioconversion of n-3 fatty acids during early development of dolphin (*Coryphaena hippurus*) larvae fed oil-enriched rotifers. *Aquaculture* 89: 273~285.
- Polo, A., M. Yufera and E. Pascual. 1992. Feeding and growth of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae in relation to the size of the rotifer strain used as food. *Aquaculture* 103: 45~54.
- Shirota, A. 1970. Studies of mouth size of fish larvae. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 36: 353~368.
- Sorgeloos, P., Ph. Leger and P. Lavens. 1988. Improved larval rearing of European and Asian seabass, seabream, mahi-mahi, siganid and milkfish using enrichment diets for *Brachionus* and *Artemia*. *World Aquaculture* 19: 78~79.
- Sudzuki, M. 1987. Intraspecific variability of *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia* 147: 45~47.
- Walford, J. and T. J. Lam. 1987. Effect of feeding with microcapsules on the content of essential fatty acids in live foods for the larvae of marine fishes. *Aquaculture* 61: 219~229.
- Watanabe, T., C. Kitajima and S. Fujita. 1983. Nutritional value of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture* 34: 115~143.
- Watanabe, T., F. Oowa, C. Kitajima and S. Fujita. 1978. Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as a living feed from the viewpoint of essential fatty acids for fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 44: 1115~1121.
- Watanabe, T., F. Oowa, C. Kitajima and S. Fujita. 1980. Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of  $\omega$ -3 highly unsaturated fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. fish.* 46: 35~41.
- Watanabe, T., M. Ohta, C. Kitajima and S. Fujita. 1982. Improvement of dietary value of brine shrimp *Artemia salina* for fish larvae by feeding them on highly unsaturated fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48: 1775~1782.
- Watanabe, T., M. S. Izuquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh and C. Kitajima. 1989. Comparison between eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficiency in larval red seabream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 55: 1635~1640.
- Witt, U., G. Quantz, D. Kuhlmann and G. Kattner. 1984. Survival and growth of turbot larvae *Scophthalmus maximus* L. reared on different food organisms with special regard to long-chain polyunsaturated fatty acids. *Aquaculture Engineering* 3: 177~190.
- 岡 彬, 1980. 培養餌料の異なるワムシのアユふ化仔魚に對する餌料效果. *水産増殖* 27: 202~208.
- 岡 彬, 鈴木規夫, 渡邊 武, 1980. 脂肪酸組成の異なるワムシのアユふ化仔魚に對する餌料效果. *日水誌* 46: 1413~1418.
- 金相郁, 趙茂根, 朴種日, 1993. 銀魚 가두리飼育試驗. 慶南內水面開發試驗場 事業報告 1: 9~13.
- 朴種日, 金相郁, 趙茂根, 1993. 銀魚 早期人工採卵 및 孵化試驗. 慶南內水面開發試驗場 事業報告 1: 14~18.
- 北島 力, 吉田滿彦, 渡邊 武, 1980. アユ仔魚に對する油脂酵母ワムシの餌料效果. *日水誌* 46: 47~50.
- 山野井 英夫, 杉山瑛之, 片山勝介, 1988. アユの人工種苗生産における餌料と大量斃死に關するアンケート調査結果. *水産増殖* 35: 213~222.

- 宋泰仁, 朴種日, 金相郁, 1993. 銀魚 人工種苗에 의한 飼育試驗. 慶南內水面開發試驗場 事業報告 1: 3~8.
- 伊藤隆, 鈴木良治, 古市達也, 1968. アユ種苗の人工生産に關する研究-L X III. アユ仔魚の人工光線に對する反應について. 木曾三川河口資源調査報告 No. 5: 617~634.
- 林映秀, 1990. 넙치種苗生産을 위한 rotifer와 *Artemia nauplius*의 營養強化效果, 碩士學位論文. 釜山水產大學校, 釜山. 51pp.
- 林映秀, 文榮鳳, 曹基采, 1993a. 은어 種苗生産試驗. 慶南內水面開發試驗場 事業報告 1: 21~25.
- 林映秀, 文榮鳳, 朴相彦, 曹基采, 1993b. 은어 *Plecoglossus altivelis* 受精卵의 孵化와 仔稚魚 飼育에 미치는 比重의 影響. 水振院 研究報告 47: 59~69.
- 鄭文基, 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 서울. 727pp.
- 趙成煥, 1993. 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 仔稚魚의 먹이生物學的 研究, 碩士學位論文. 釜山水產大學校, 釜山. 80pp.
- 趙殷涉, 1989. Large-type 및 Small-type rotifer의 繁殖生態 및 魚類仔魚 먹이로서의 效率, 碩士學位論文. 釜山水產大學校, 釜山. 37pp.