

循環濾過式과 流水式 飼育시스템에 의한 海産魚類 種苗生産 比較*

張榮振 · 高昌淳** · 梁漢燮***

釜山水産大學校 養殖學科 · ***海洋學科

**國立水産振興院 巨濟水産種苗培養場

Comparison on Seedling Production of Marine Fishes between Recirculating and Running Seawater System¹

Young Jin Chang, Chang Soon Ko² and Han Soeb Yang³

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

²Koje Hatchery, National Fisheries Research and Development Agency,

Koje 656-840, Korea

³Department of Oceanography, National Fisheries University of Pusan, Pusan 608-737, Korea

ABSTRACT

In order to improve the present running seawater system for seedling production of marine fishes, rearing experiments with the juveniles of black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*) and oblong rockfish (*Sebastes oblongus*) were conducted. The recirculating seawater system (F) equipped with the rotating biological contactors and the running seawater system (R) were used. Environmental factors, growth, survival rate and rearing density of the fish were compared between two systems during the experimental period.

In the rearing experiment of black seabream, water temperature in F was fluctuated with surrounding air temperature and was higher than that in R. Specific gravity of the rearing seawater in F was relatively stable in the range of 1.0252 to 1.0266, while that in R was greatly fluctuated. pH in F turned out to be 7.51, but pH in R was similar to that in the natural seawater. Dissolved nitrite and nitrate in F were higher than those in R. While no significant differences in the growth of black seabream juveniles were recognized between two systems, survival rates of fishes in F were higher than those of fishes in R.

In the rearing experiment of oblong rockfish, water temperature in F was higher than that in R. Specific gravity in F was slightly higher than that in R which showed relatively less fluctuation in the range of 1.0253 to 1.0270. pH in F turned out to be 7.96, but pH in R was similar to that in the natural seawater. Dissolved nitrite and nitrate in F were higher

* 이 연구는 韓國科學財團 지정 優秀研究센터인 海洋産業開發研究所의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

than those in R, but ammonia was lower in F. The juveniles of oblong rockfish reared in F grew significantly faster in their total length and body weight than those in R ($P < 0.05$). However, survival rates of fishes between two systems showed no significant differences.

序 論

근래 국립수산진흥원의 수산종묘배양장 건립과 종묘생산의 기술개발에 힘입어 해산어류의 종묘가 대량으로 생산되면서 이들 어류의 양식이 활발해지고 있으며, 현재는 전국의 해안선을 따라 넙치의 양식이 성행되고 있다. 이러한 종묘의 양산이 해산어류 양식의 原料供給 次元에서 크게 이바지하고 있기는 하나, 아직까지 종묘생산 방법의 工程化나 初期 大量斃死에 대한 많은 문제점이 남아있으며, 해마다 종묘의 생산량이 서로 큰 차이를 보이는 등 종묘수급의 안정화가 꾸준히 요구되고 있다.

넙치의 경우 일본의 양식개발 예를 보면, 종묘생산 및 양식 전반에 걸쳐 다수의 논문이 발표되어 산업에 기여하고 있고, 생산성 향상을 기하기 위하여 환경관리, 먹이, 成熟調節 등에 관한 연구를 계속함과 동시에, 초기단계의 대량폐사 요인에 관한 연구도 진행되고 있다(草刈·森 1982; 福所 등 1985; Morioka 1985; 平本·小林 1979). 이에 비해, 우리나라에서는 수산진흥원의 종묘배양장에 의해 종묘생산이 실시되고, 개인업체에 의한 종묘생산 및 陸上탱크 양식이 시도되고 있으나, 아직까지 그 생산 체계가 궤도에 올라섰다고는 하기 어렵다. 특히, 해산어류의 종묘생산 시기가 일반적으로 春夏季인 3~8월에 집중되어있기 때문에, 해수 수온의 斷續的인 변화, 장마에 의한 淡水流入 및 颱風의 영향 등으로 수질환경이 불안정해지는 경우가 많다. 따라서, 현행 流水式 방식의 종묘생산 과정에서 부화후 仔魚 및 稚魚期の 폐사가 심하여 종묘의 계획생산에 차질을 빚고 있으므로, 상품어의 안정생산을 기하기 위하여는 효율적인 종묘생산 방법의 개발이 절실하게 요구된다.

더욱이, 최근에는 넙치의 생산과잉과 가격하락의 영향으로 양식어종 다양화의 필요성이 제기됨에 따라, 연구기관 및 업체에 의해 볼락류, 돔류 및 능성어류 등 신품종 양식어류의 개발이 활기있게 전개되고 있다. 이러한 신품종 역시 생산 종묘의 수급에 균형을 잃고있어 그 가격이 불안정한 실정에 있으므로, 이들 어류의 종묘생산 과정을 재고해야 할 시점에 있다.

이상과 같은 관점에서 최근 어류의 양식에 있어 환경오염 방지도도 유리하여 未來指向型 양식방법으로서 국내외적으로 개발이 진행되고있는 循環濾過 飼育시스템(金 1980 & 1983; 田 1983; 溫水 養魚開發協會 1988; Mewis 1990)의 이용이 해산어류 양식에서도 확대될 것에 대비하여, 본 연구에서는 양식대상 어류이자 연안 정착성어류인 감성돔과 황점볼락을 재료로 循環濾過式과 기존의 流水式 飼育시스템에 의한 종묘생산 실험을 실시하고, 그 결과를 서로 비교하였다.

材料 및 方法

본 연구에서는 자연수온이 가장 높은 여름(1992년 7월 6일~8월 6일)과 가장 낮은 겨울(1993년 2월 7일~3월 9일)의 각 1개월간에 걸쳐 종묘생산 실험을 실시하였으며, 여름의 실험에서는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)의 자어를, 겨울의 실험에서는 황점볼락(*Sebastes oblongus*)의 자어를 실험어류로 하였다.

사육시설로는 Fig. 1에서 보는 바와 같이, 순환여과식과 유수식 사육시스템을 이용하였다. Fig. 1A는 순환여과식으로, T₁~T₃는 1톤 들이 FRP제 원형 사육수조이며, F는 펌프에 의해 사육수조로 부터 流入되는 먹이찌꺼기 및 魚體의 배설물중 큰 입자가 強壓式으로 제거되도록 한 여과장치이다. RBC는 生物學的 窒酸化工程을 위한 回轉圓板으로, 넙치 양식장에서 濾過生物이 충분히 번식된 것

을 사용하였다. 사육수는 回轉圓板을 거친 다음, 화살표 방향으로 진행하면서 계속 순환되도록 하였다. Fig. 1B는 유수식으로, 모래여과기를 거친 자연해수가 $T_4 \sim T_6$ 의 사육수조를 거쳐 배출되도록 하였다.

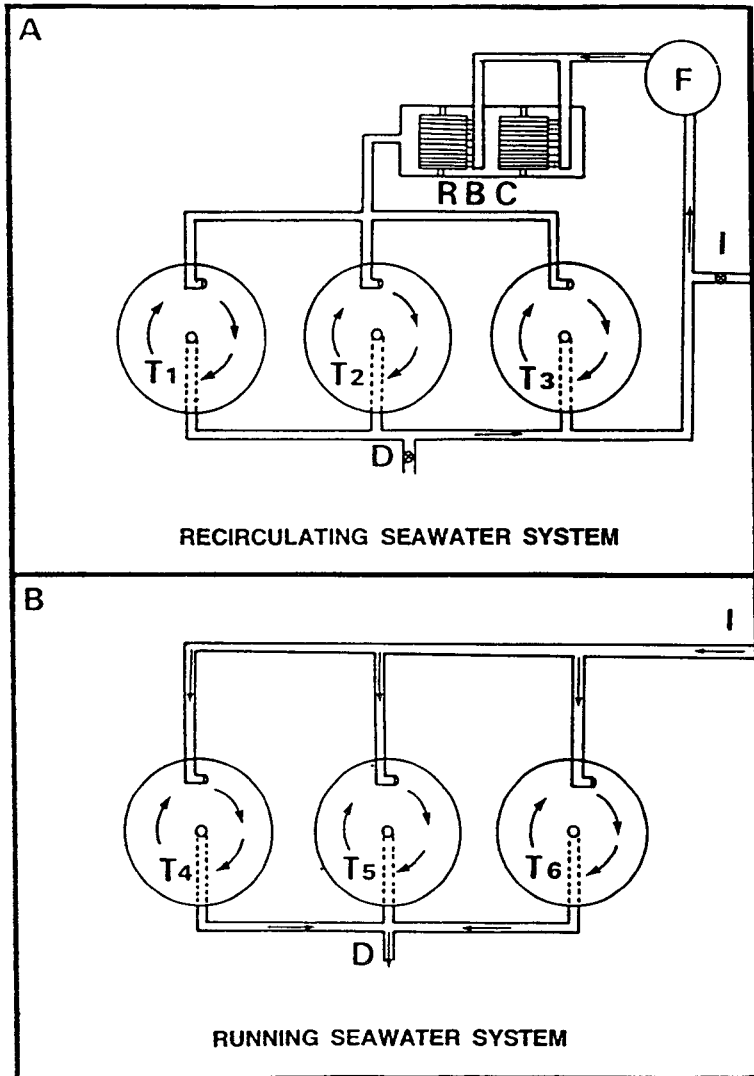


Fig. 1. Schematic diagram of recirculating seawater system (A) and running seawater system (B) used for the seedling production experiment. D; drain, F; sand filter, I; water inlet, RBC; rotating biological contactors, $T_1 \sim T_6$; rearing tanks. Arrows indicate the direction of water flow.

1. 감성돔

실험에 사용한 감성돔 자어는 수조에서 사육한 감성돔 親魚로 부터의 受精卵을 부화시킨 것으로, 실험개시시의 어체크기는 전장 0.77 ± 0.08 cm, 체고 0.18 ± 0.02 cm, 체중 0.004 ± 0.001 g이었다.

실험구로는 순환여과 사육시스템의 T₁, T₂ 수조에 사육수 1 ℓ 당 4개체의 밀도구(F4)와 T₃ 수조에 8개체의 밀도구(F8), 그리고 유수식 사육시스템의 T₄, T₅ 수조에 4개체의 밀도구(R4)와 T₆ 수조에 8개체의 밀도구(R8)를 각각 설정하여 31일간 사육하였다. 각 실험구별 사육수조의 水容積은 800 ℓ로 하였으며, 실험구별 어체 수용량은 反復區를 설정한 F4와 R4에 각각 3,200개체, F8 및 R8에 각각 6,400개체씩으로 하여 총 25,600개체를 전체 실험개체수로 하였다.

각 실험구별 사육수는 F4 및 F8의 경우 매일 먹이찌꺼기 및 어체 배설물 제거와 수조의 청소시에 소모되는 사육해수(평균 327 ℓ)를 새로운 여과해수로 채워주어 1일 10~100%(평균 41%)씩의 환수율이 되게하고, R4 및 R8의 유수식 사육수조에서는 1일 10~2,000%(평균 886%)씩의 환수율이 되도록 하였다(Fig. 2A). 한편, 순환여과 사육수조인 F4 및 F8에는 回轉圓板을 거쳐 정화된 사육수를 계속 순환시켰으며, 그 환수율은 1일 평균 1,200%씩 되도록 하였다.

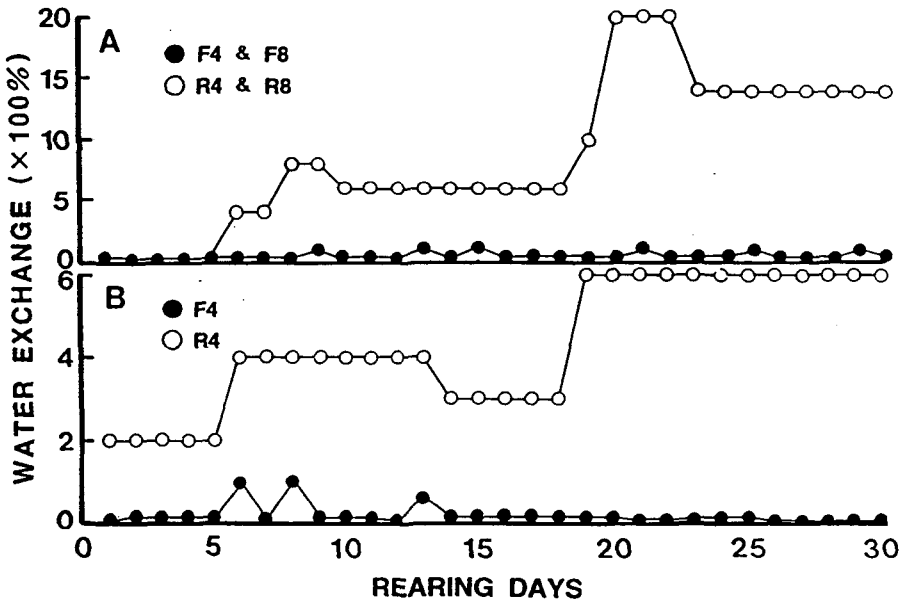


Fig. 2. Exchange rate of new seawater in each rearing tank of black seabream (A) and oblong rockfish (B) seedling production.

실험 기간중 仔稚魚의 먹이로는 사육개시 당일 및 이후 4일째까지는 각각 rotifer 및 rotifer + *Artemia* + 넙치종묘용 배합사료를, 飼育中期인 5~17일째는 *Artemia* + 배합사료를 공급하다가, 이후 부터는 배합사료를 單獨投與하였다. rotifer, *Artemia* 및 배합사료의 日間供給量은 Table 1에서와 같이, 각 실험구별로 사육일수에 따라 생존율 및 어체의 성장을 감안하여 그 양을 늘려 주었다.

Table 1. The kind and amount of diets daily fed to black seabream juveniles according to rearing days in two systems

Diet	Density	Rearing days		
		1~4	5~17	18~31
Rotifer (×1000)	F4	750 ~ 8,000		
	R4	750 ~ 8,000		
	F8	1,500 ~ 10,000		
	R8	1,500 ~ 10,000		
<i>Artemia</i> (×1000)	F4	750 ~ 1,500	450~2,100	
	R4	750 ~ 1,500	200~1,800	
	F8	1,500 ~ 3,000	900~4,200	
	R8	1,500 ~ 3,000	200~3,000	
Artificial diet* (g)	F4	0.3~1.0	1.0~23.5	11.8~40.5
	R4	0.3~1.0	1.0~20.0	4.0~17.0
	F8	0.3~1.0	1.0~46.6	23.0~81.0
	R8	0.3~1.0	1.0~30.0	4.0~17.0

* Commercial diet produced by Daiyo Fisheries Co., Japan.

사육중 환경조건으로서의 기온, 수온 및 비중, 그리고 용존無機態窒素 및 磷의 양은 매일 또는 매 5일 간격으로 측정하였다. 수온은 棒狀溫度計로 측정하였으며 비중은 B형 비중계에 의해 實測한 후 標準比重으로 환산하였다. 사육수조내의 용존無機態窒素中 NH₄-N은 indophenol blue method, NO₂-N은 naphthyl-ethylenediamine method, NO₃-N은 Cd-Cu column reduction method, 용존無機態磷인 PO₄-P는 molybden blue method에 의해 측정하였다(Strickland and Parsons 1968).

실험구별 仔稚魚의 성장상황은 매 10일마다 각 구별로 50개체씩 무작위 추출하여 개체별 측정에 의해 조사하였는데, 어체의 全長 및 體高는 1 mm 간격으로 만들어진 모눈종이를 이용하여 측정하고, 체중은 0.001 g까지 잴 수 있는 直讀式 電子저울로 計量하였다. 사육기간중의 생존율은 각 실험구내 폐사어를 매일 발견 즉시 들어내어 계수함으로써 산정하였다.

2. 황점볼락

실험에 사용한 재료는 양식산 황점볼락 親魚로부터 출산된 仔魚로서, 실험개시시의 어체크기는 전장 1.50±0.12 cm, 체고 0.32±0.04 cm, 체중 0.034±0.011 g이었다.

실험용 자어는 전술한 감성돔의 실험결과를 고려하여 각 사육시스템의 수조별로 사육수 1 ℓ 당 4 개체씩 수용하고, 循環濾過 飼育시스템에 의한 T₁, T₂ 및 T₃ 수조(F4)와 流水式 飼育시스템에 의한 T₄, T₅ 및 T₆ 수조(R4)로 구분하여 각각 3反復 실험이 되도록 하였다. 각 실험구별 사육수조의 水容積은 500 ℓ로 하였으며, 어체 수용량은 모든 수조에 각각 2,000개체씩 넣어 총 12,000개체를 전체 실험개체수로 하여 30일간 사육하였다.

각 실험구별 사육수는 F4의 경우 각 수조별로 매일 먹이찌꺼기 및 어체 배설물 제거와 수조 청소 시에 소모되는 사육해수(평균 107 ℓ)를 새로운 여과해수로 보충하여 1일 0~100%(평균 21%)씩의 환수율이 되도록 하였고, R4의 각 유수식 사육수조에서는 1일 200~600%(평균 430%)씩 환수하여

주었다(Fig. 2B). 한편, 순환여과 사육방법을 채택한 F4의 각 수조에는 回轉圓板에 의해 生物學的 淨化過程을 거친 사육수를 흘려 1일 평균 500%씩의 환수율이 유지되도록 하였으며, 淨化槽에는 1 kw 히이터를 설치하여 保溫하여 주었다.

실험기간중의 먹이로는 넙치종묘용 배합사료를 공급하였다. 日間 飼料供給量은 각 실험구별로 사육일수에 따라 생존율 및 어체의 성장을 감안하여 그 양을 늘려주었다(Table 2).

Table 2. The amount (g) of diet* daily fed to oblong rockfish juveniles according to rearing days in two systems

Density	Rearing days				Total
	1~6	7~17	18~19	20~30	
F4	144	330	72	504	1,050
R4	144	330	72	504	1,050

* Commercial diet produced by Daiyo Fisheries Co., Japan.

사육중 환경조건으로서 기온, 수온 및 비중, 그리고 溶存無機態窒素 및 磷의 양과 실험구별 仔稚魚의 성장상황 및 생존율을 조사는 감성돔 종묘생산 실험에서와 동일한 방법으로 하였다.

감성돔과 황점볼락의 仔稚魚 사육실험에 있어서 두 시스템간의 魚體成長에 대한 差異有無의 통계 처리는 一元分類에 의한 ANOVA와 Duncan's Multiple Range Test (Duncan 1955)에 의하였다.

結 果

1. 飼育環境

가) 감성돔

감성돔 종묘생산 실험기간중 순환여과식 사육시스템의 F4와 F8 및 유수식 사육시스템의 R4와 R8의 수온, 비중 및 pH의 변화는 Fig. 3과 같다.

F4와 F8의 매 5일간 평균 수온은 사육개시시 23.6℃로 최저치를 보인 후, 20일째에 최고치인 26.4℃까지 상승하였다. R4와 R8는 사육 15일째에 22.6℃로 최저치를, 20일째에 24.2℃로 최고치를 나타냈다. 순환여과식인 F4와 F8의 수온은 기온변화에 따라 변화하는 경향이 뚜렷하였으며, R4와 R8에 비해 전반적으로 평균 1.4℃의 높은 수온분포를 나타냈다.

비중의 日間變化는 순환여과 사육시스템인 F4와 F8의 경우, 1.0252~1.0266의 범위로 비교적 안정된 조건을 보였다. 유수식 사육시스템의 R4와 R8에서는 사육일수 16일째에 1.0243으로 사육기간중 가장 낮은 값을 나타냈고 실험종료일인 31일째에 1.0267의 비중분포를 보임으로써, F4와 F8에 비하여 사육수의 비중변화가 큰 편이었다.

각 실험구별 사육수의 매 5일간 평균 pH 변화에 있어서 F4와 F8에서는 실험개시시의 pH 8.20으로 부터 사육 5일째에 각각 7.90, 7.83로 낮아졌다. 이후에도 사육일수의 경과에 따라 자연해수보다 점차적으로 낮아지는 경향을 보여, 실험종료시인 31일째에는 각각 7.60, 7.51로 최저치를 나타냈다. 유수식 사육시스템의 R4와 R8에서는 사육 5일째까지 각각 7.89, 7.77로 낮아지다가 이후부터 7.97~8.14의 pH 변화를 나타냈다.

실험기간중 溶存無機態窒素인 NH₄-N, NO₂-N 및 NO₃-N과 無機態磷인 PO₄-P 양의 변화는 Fig. 4

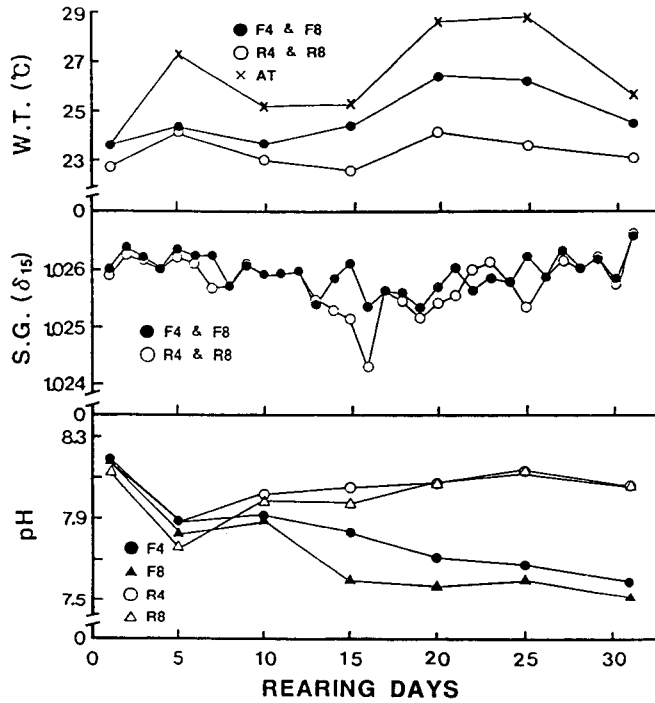


Fig. 3. Fluctuations of air temperature (AT), water temperature (W.T.), specific gravity (S.G.) and pH in each rearing tank of black seabream seedling production.

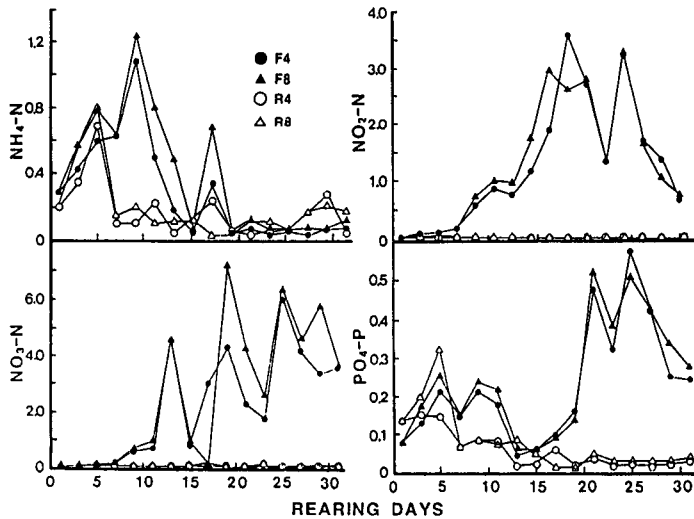


Fig. 4. Fluctuations of dissolved NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N and PO₄-P in each rearing tank of black seabream seedling production.

에 나타났다. F4와 F8의 無機態窒素와 磷의 양은 $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.031~1.235 ppm, $\text{NO}_2\text{-N}$ 0.019~3.623 ppm, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.059~7.207 ppm 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 0.046~0.574 ppm의 범위로 변화하여 $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 양이 가장 많았다. R4와 R8의 경우는 $\text{NH}_4\text{-N}$ 0.025~0.808 ppm, $\text{NO}_2\text{-N}$ 0.002~0.055 ppm, $\text{NO}_3\text{-N}$ 0.028~0.221 ppm 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 0.015~0.321로 변화하여 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 양이 가장 많았으나, 전체적으로는 F4와 F8에 비해 매우 낮은 농도를 유지하고 있었다.

나) 황점볼락

황점볼락 종묘생산 실험기간중 순환여과식 사육시스템인 F4 및 유수식 사육시스템인 R4의 수온, 비중 및 pH의 변화는 Fig. 5와 같다.

F4의 매 5일간 평균수온은 사육개시시에 9.8℃로 최저치를 보인 후, 20일째에 최고치인 14.6℃를 나타냈다. R4에서는 사육개시시에 8.6℃로 최저치를, 20일째에 11.6℃로 최고치를 나타냈으며, F4가 R4에 비하여 평균 1.5℃ 높은 수온분포를 보였다.

비중의 변화는 순환여과 사육시스템인 F4의 경우 1.0255~1.0270의 범위를 보였으나, R4에서는 1.0253~1.0265의 비중분포를 보임으로써, F4가 R4에 비해 사육수의 비중이 높은 편이었다.

사육수의 매 5일간 평균 pH는 순환여과 사육시스템인 F4에서 실험종료시에 7.96까지 하강하는 변화를 보인 외에 모두 8.01~8.46(평균 8.24)의 pH 범위를 나타냈으며, 사육일수의 경과에 따라 서서히 낮아지는 경향이였다. 한편, 유수식 사육시스템인 R4에서는 전체적으로 8.17~8.64(평균 8.43)의 pH 범위를 보였다.

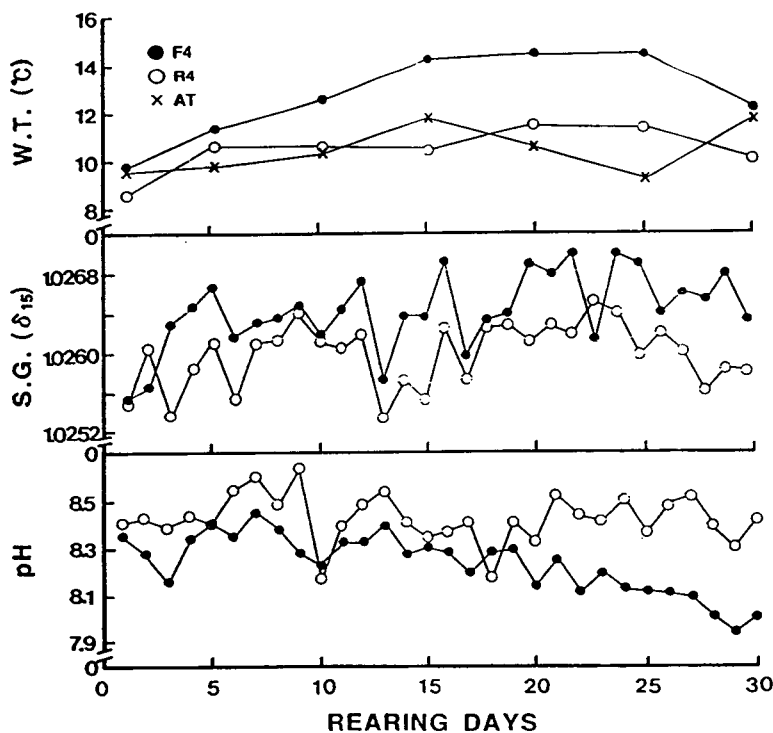


Fig. 5. Fluctuations of air temperature (AT), water temperature (W.T.), specific gravity (S.G.) and pH in each rearing tank of oblong rockfish seedling production.

실험기간중의 $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 $\text{PO}_4\text{-P}$ 의 변화는 Fig. 6에 나타났다. $\text{NH}_4\text{-N}$ 은 F4에서 0.009~0.171 ppm으로 평균 0.070 ppm이었으며, R4에서 0.009~0.351 ppm (평균 0.151 ppm)으로 F4에 비하여 높은 편이었다. $\text{NO}_2\text{-N}$ 은 F4에서 0.002~0.433 ppm으로 평균 0.170 ppm이었으며, R4에서는 F4에 비하여 낮은 0.002~0.008 ppm (평균 0.006 ppm)이었다. $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 F4에서 0.081~2.333 ppm으로 평균 0.916 ppm이었으나, R4에서는 0.031~0.081 ppm (평균 0.057 ppm)으로 나타나 F4에서 보다 낮았다. $\text{PO}_4\text{-P}$ 는 F4에서 0.016~0.114 ppm으로 평균 0.053 ppm이었으며, R4에서는 0.006~0.080 ppm (평균 0.034 ppm)으로 나타나 F4에 비하여 낮은 편이었다.

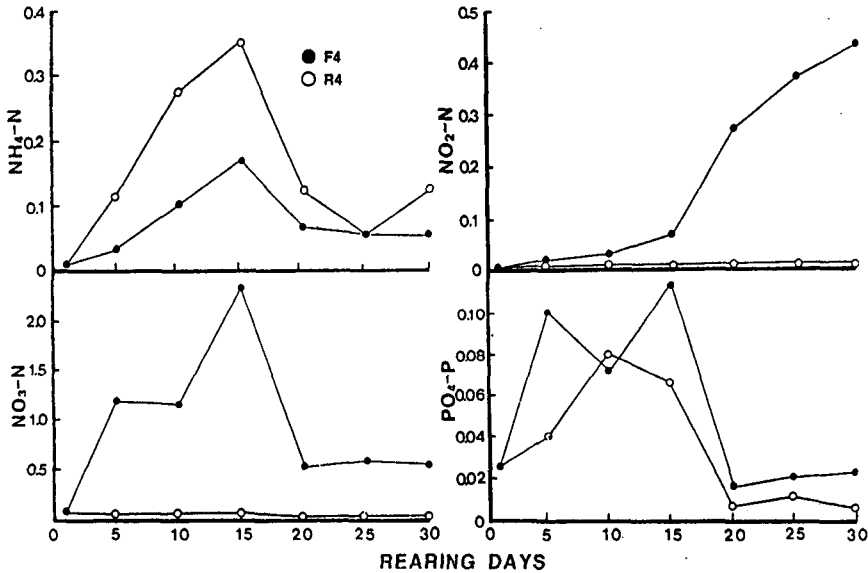


Fig. 6. Fluctuations of dissolved $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in each rearing tank of oblong rockfish seedling production.

2. 成 長

가) 감성돔

사육일수에 따른 실험구별 어체의 전장, 체고 및 체중의 성장은 Fig. 7과 같다. 全長成長을 비교하여 보면, 실험개시시 평균전장 0.77 cm이었던 개체들이 사육종료시인 30일후에는 F4 2.86 ± 0.34 cm, F8 2.73 ± 0.48 cm, R4 2.85 ± 0.37 cm, R8 3.03 ± 0.50 cm로 성장하여 R8이 가장 빠른 성장을 보였으나, F4와 R4에서는 서로 비슷한 성장결과를 나타냈다. 체고의 성장에 있어서는 실험개시시의 평균 체고 0.18 cm로 부터 30일후에는 0.94~1.04 cm로 자라나 F8이 가장 느린 성장을 보였고, 나머지구에서는 서로 비슷한 경향을 보였다. 한편, 체중의 성장은 실험개시시 평균체중 0.004 g으로 부터 실험종료시에는 F4 0.334 ± 0.102 g, F8 0.261 ± 0.130 g, R4 0.295 ± 0.104 g, R8 0.317 ± 0.154 g으로 성장하여, F4에서 가장 빠른 성장결과를 나타냈다. 그러나, F4와 R4 사이의 사육기간별 全長, 體高 및 體重成長에 대한 有意差 有無를 95% 신뢰수준에서 검정한 결과, 사육 10, 20 및 30일째 모두에서 有意差가 인정되지 않았다.

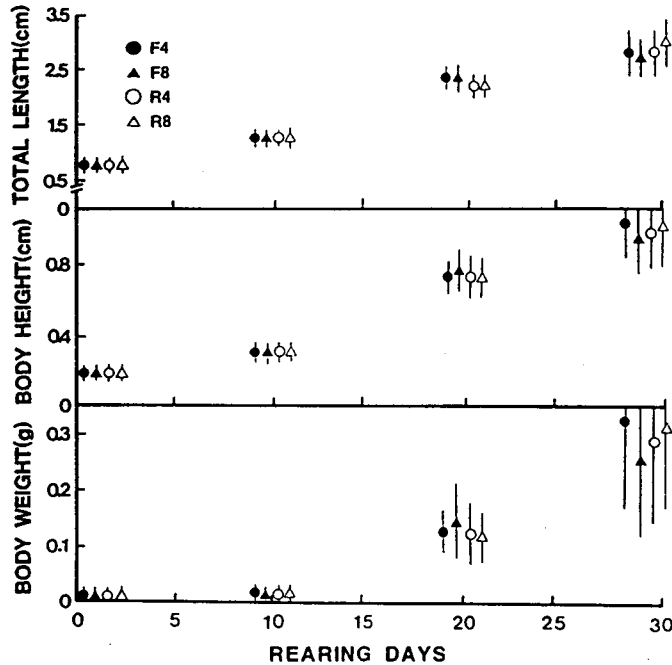


Fig. 7. Growth in total length, body height and body weight of black seabream juveniles in each rearing tank of seedling production.

나) 황점볼락

실험구별로 사육일수에 따른 어체의 전장, 체고 및 체중의 성장은 Fig. 8에 나타난 바와 같다. 전장성장을 비교하여 보면, 실험개시시 평균전장 1.50 cm이었던 개체들이 사육종료시인 30일후에 평균 2.94~3.21 cm의 범위로 성장하여 F4가 빠른 성장을 보였으며, F4와 R4 사이의 사육기간별 전장 성장은 사육 10일째까지 유의차가 없었으나, 사육 20 및 30일째에는 F4에서 유의하게 빠른 성장이 인정되었다($P < 0.05$). 체고의 성장에 있어서는 실험개시시의 평균체고 0.32 cm로 부터 30일후에는 0.73~0.76 cm로 자라났으나, 전장성장에서도 같이 F4에서 성장이 빠른 결과를 보였다. 그러나, F4와 R4 사이의 사육기간별 체고성장에 대한 유의차는 인정되지 않았다. 한편, 체중의 성장은 실험개시시 평균체중 0.034 g으로 부터 실험종료시에는 0.355~0.468 g의 범위로 자라났으며, F4에서 빠른 성장결과를 나타냈다. F4와 R4 사이의 체중성장은 사육 10일째까지 유의차가 없었으나 사육 20 및 30일째에는 F4에서 유의하게 빠른 성장이 인정되었다($P < 0.05$).

3. 生存率

감성돔에 있어서 실험기간중의 각 실험구별 사육어의 생존율은 Fig. 9A와 같이 F4와 F8에서는 각각 71.1% 및 66.2%의 높은 생존율을 보인 반면, R4는 지속적으로 폐사개체가 발생하였고 R8은 사육 5~15일에 많은 개체수가 폐사함으로써, 실험종료시에는 각각 16.2% 및 5.5%의 매우 저조한 생존율을 나타냈다. 한편, 사육일수에 따른 황점볼락의 생존율은 Fig. 9B에서와 같이 R4에서 평균 73.6%로 높았고, F4에서는 평균 67.6%로 R4에 비해 약간 낮았다.

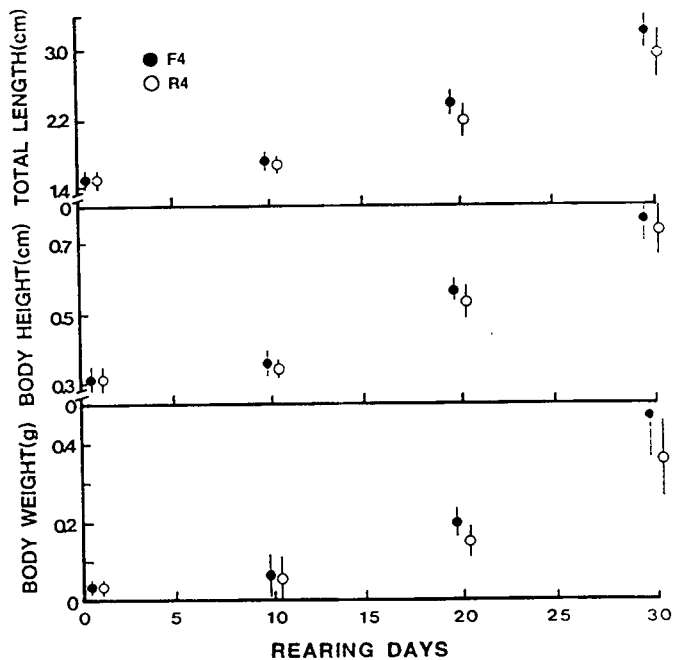


Fig. 8. Growth in total length, body height and body weight and body weight of oblong rockfish juveniles in each rearing tank of seedling production.

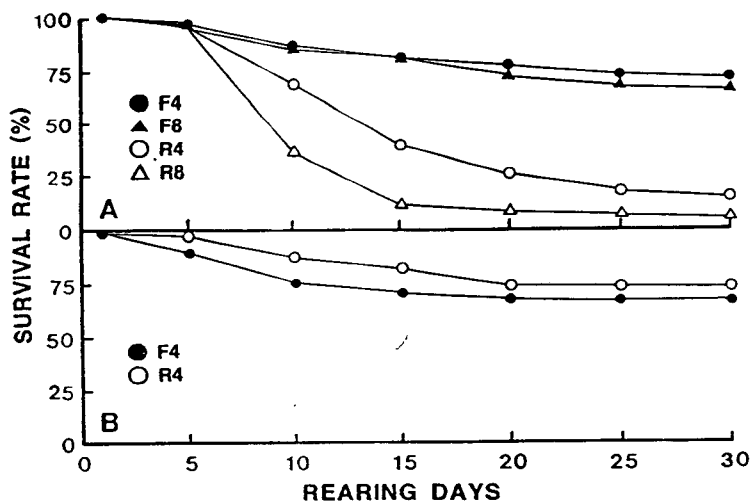


Fig. 9. Survival rates of black seabream (A) and oblong rockfish (B) juveniles in each rearing tank of seedling production.

考 察

어류의 인공종묘 생산은 대상종에 따라 자연수온에 대응한 成熟 및 産卵·出産 時期에 실시하는 것이 일반적이다. 夏季産卵種(summer breeder)인 감성돔과 冬季出産種(winter breeder)인 황점볼락의 自然繁殖 時期이자, 종묘생산 환경으로서 수온이 매우 높거나 낮은 시기인 여름과 겨울에 걸쳐 순환여과식 및 유수식 사육시스템에서 사육성적을 서로 비교한 본 연구의 결과는, 이러한 시기에 생산되는 다른 有用魚種의 종묘생산에도 참고자료가 될 것으로 생각된다.

본 연구에 이용한 순환여과식 사육시스템은 모든 수조가 동일한 生物學的 淨化裝置에 연결되어 있었으므로, 각 사육수조내 수질환경은 거의 같은 수준이었다. 그러나, 유수식 시스템의 경우는 자연해수를 여과한 후 그대로 흘려주었으므로 자연환경 수준과 거의 비슷한 조건이라 할 수 있다.

사육수의 수온변화에 있어서 감성돔의 경우 최고 26.9℃까지 상승하였고, 황점볼락에서 최저 8.6℃까지 하강하는 수온분포를 보였으나, 이에 의한 폐사개체가 그다지 발생하지 않았던 것은 감성돔과 황점볼락의 仔稚魚가 각각 고수온과 저수온에 잘 적응되어 있다는 것을 의미한다.

본 연구에서 감성돔과 황점볼락의 仔稚魚를 사육하였던 여름과 겨울의 無機態窒素量이 서로 크게 차이를 나타낸 것은 사육수온 및 실험어류의 代謝活性과 관련이 있는 것으로 보지며, 겨울보다는 여름에 순환여과 시스템의 수질관리에 보다 신경을 써야하는 것으로 생각된다. 한편, 순환여과식 사육수조의 溶存無機態窒素 및 磷의 양이 유수식 보다 많았던 것은 사육수의 재사용 과정에서 다소의 미분해된 용존 유기물이 殘存했기 때문으로 보인다. 그러나 순환여과식 사육수조의 NO₃-N의 양이 NH₄-N 및 NO₂-N에 비해 월등히 많았던 것은, 仔稚魚의 배설물이 窒化細菌에 의해 암모니아로부터 亞窒酸을 거쳐 窒酸으로 산화되는 生物學的 窒酸化工程이 원활하게 이루어지고 있었음을 입증하는 것으로 판단된다.

어류의 사육에 있어 성장에 지장을 초래하지 않는 無機態窒素의 농도는 틸라피아에서 NH₄-N 10 ppm (金 1983)이었고, 뱀장어에서 成長과 攝食에 영향을 미치지 않는 NH₄-N 및 NO₂-N의 농도는 각각 10 ppm, 10 ppm (山形·丹羽 1979 & 1982)과 30 ppm, 20 ppm (千葉 1980)이라고 한다. 더욱이, 본 연구의 재료와 같은 어종인 감성돔 稚魚飼育에서 최초의 폐사개체가 출현하는 總암모니아(TAN) 농도는 10.4 ppm (Kwon and Chang 1995)이었다. 따라서, 본 연구의 감성돔이나 황점볼락의 仔稚魚飼育時 無機態窒素量은 이러한 수준에 크게 미치지 않는 것으로 보아 성장과 생존에 그다지 영향을 주지 않는 것으로 추측된다. 특히, Daniels *et al.* (1987)은 海産魚類인 spotted seatrout 仔魚에 대한 亞窒酸의 독성에 대한 연구에서 24-h LC₅₀은 980 ppm이라 하였으며, 해수중에서 아질산의 독성이 약화되는 것은 높은 Ca²⁺, Cl⁻ 이온의 농도에 기인한다고 하였다(Crawford and Allen 1977). 이러한 관점에서 볼 때, 본 연구에서 해산어류인 감성돔 사육시 나타났던 NO₂-N 농도의 최대치인 3.6 ppm은 문제가 되지 않을 것으로 보인다. 한편 본 연구에서 NO₃-N의 농도는 종묘생산에 거의 지장이 없을 것으로 판단되며, NO₃-N 농도 300 ppm은 문어에게 유해하나 어류에게는 영향이 없다는 川本(1977)의 언급이 이를 뒷받침해 준다.

순환여과식 시스템을 이용한 연구에서는 NO₂-N 0.05~0.80 ppm, NO₃-N 10~40 ppm 수준으로도 8회의 틸라피아 산란이 유도되었으며(Koiller and Avtalion 1985), NO₂-N 4 ppm, NO₃-N 7 ppm 전후의 사육수에서도 177 g의 틸라피아 稚魚가 146일만에 48.6 kg까지 성장함으로써(Provenzano and Winfield 1987), 담수어류의 산란 및 치어사육에 순환여과 사육시스템의 유용성이 제시되었다. 특히, 순환여과식 사육시스템에서 해산어류인 넙치稚魚를 사육한 결과, NO₂-N 0.006~0.33 ppm, NO₃-N 3.89~34.06 ppm 범위의 농도에서 90%의 높은 생존율과 유수식에서의 차이없는 성장률을 나타낸 張·柳(1988)의 보고는 無機態窒素量이 자연해수 보다 다소 높더라도 해산어류의 종묘생산시 순환여

과 사육시스템의 사용이 가능함을 엿볼 수 있게 한다.

본 연구중 순환여과식과 유수식의 사육결과, 감성돔의 全長, 體高 및 體重成長은 두 시스템 사이에서 有意差를 인정할 수 없었던 반면, 황점볼락에서는 사육 10일째 이후부터는 전장 및 체중에 있어 유의한 차이를 나타냈다. 이와 같이 순환여과 시스템에 의한 두 어종의 종묘생산은 유수식에 비해 거의 동등하거나 보다 나은 결과를 보이고, 생존율에 있어서 감성돔의 경우 순환여과식 사육이 월등히 좋았던 점을 고려해 보면, 순환여과식에 의한 종묘생산은 유수식에 비해 뒤지지 않는 성적을 보일 것으로 기대된다. 더우기, 유수식의 경우 장마기 및 태풍래습기에 해당하는 여름에는 자연해수의 혼탁과 일시적인 低水溫 및 低比重으로 인한 수질의 급격한 변화가 오히려 仔稚魚期의 성장을 지연시키고 생존율을 저하시키는 요인으로 작용할 수 있음을 지적하지 않을 수 없다. 이에 대하여는, 앞으로 순환여과와 유수식 사육시스템의 보다 세밀한 환경변화 비교실험을 통하여 심층분석해 볼 필요가 있다.

결론적으로, 해산어류의 종묘생산에 있어 循環濾過 飼育시스템은 앞으로 그 활용이 점차 확대될 것으로 예측되므로, 보다 체계적인 연구개발을 통하여 생산성이 더욱 높은 종묘생산 방법으로 발전시켜 나가야 할 것이다.

要 約

현행의 海産魚類 종묘생산 방법을 개량하여 보다 효율적인 종묘의 사육방법을 개발하고자, 감성돔과 황점볼락의 仔魚를 재료로 각각 여름과 겨울에 있어 循環濾過式과 流水式 飼育시스템에 의한 사육실험을 실시하고, 飼育水의 수질환경 및 魚體의 성장과 생존율을 비교하였다.

1. 감 성 돔

순환여과식 사육시스템의 수온은 기온에 따라 변화하는 경향을 보였고, 유수식보다 평균 1.4℃ 높은 23.6~26.4℃의 범위를 나타냈다. 순환여과식 사육시스템에서의 비중은 1.0252~1.0266의 범위로 비교적 안정되었으나, 유수식에서는 그 변화폭이 컸다. 사육수의 pH는 유수식 사육시스템에서 자연해수와 비슷한 변화를 보인 반면, 순환여과식에서는 7.51까지 낮아졌다. 사육수의 NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N 및 PO₄-P의 양은 순환여과식에서 매우 높았고, NO₂-N과 NO₃-N은 각각 3.623 ppm, 7.207 ppm까지 상승하였다.

순환여과식과 유수식 사육시스템간에 있어 어체의 全長, 體高 및 體重의 성장에는 유의한 차이를 인정할 수 없었다. 두 시스템의 魚體 생존율은 F4 71.2%, F8 66.2%, R4 16.2%, 그리고 R8 5.5%의 順으로, 순환여과식 사육시스템에서 높았다.

2. 황점볼락

순환여과식 사육시스템에서의 수온은 유수식보다 평균 1.5℃ 높은 9.8~14.6℃의 범위였다. 비중은 두 시스템에서 1.0253~1.0270의 범위로 안정되었으나, 순환여과식 사육시스템에서 약간 높은 분포를 보였다. pH는 두 시스템에서 자연해수에 가까운 7.96~8.64 범위로 유지되었으나, 순환여과식 사육시스템에서 다소 낮아지는 경향이였다. 순환여과식에서의 NO₂-N과 NO₃-N 양은 각각 0.433 ppm, 2.333 ppm까지 높아져 유수식에 비해 높은 편이었으나, NH₄-N 양은 오히려 낮았다.

순환여과식 사육시스템에서 魚體의 全長 및 體重의 성장은 유수식에 비해 유의하게 빨랐으나, 體高의 성장에는 유의차가 없었다. 두 시스템의 魚體 생존율은 F4 67.6% 및 R4 73.6%로 나타나, 서

로 비슷하였다.

謝 辭

本 研究를 수행함에 있어 실험어의 사육관리 및 계측분석을 도와준 釜山水產大學校 養殖生理學 研究室의 姜德寧 군에게 감사한다.

參 考 文 獻

- Crawford, R. E. and G. H. Allen. 1977. Seawater inhibition of nitrite toxicity to chinook salmon. Trans. Am. Fish. Soc. 106: 105~109.
- Daniels, H. V., C. E. Boyd and R. V. Minton. 1987. Acute toxicity of ammonia and nitrite to spotted seatrout. Prog. Fish Cult. 49: 260~263.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F test. Biometrics 11: 1~42.
- Koiller, M. and R. R. Avtalion. 1985. A laboratory scale recycling water unit for tilapia breeding. Aquacult. Eng. 4: 235~246.
- Kwon, J. Y. and Y. J. Chang. 1995. Influence of ammonia on physiological conditions of black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). Aquaculture (submitted).
- Mewis, N. C. A. 1990. Metz Mannheim의 물고기 養殖의 尖端新技術. 韓國송어養殖25週年記念集 197~207.
- Morioka, Y. 1985. Growth, respiration and food requirement of a flounder, *Paralichthys olivaceus*, in its early life history. Bull. Seikai. Reg. Fish. Res. Lab. 62: 67~77.
- Provenzano, A. J. and J. G. Winfield. 1987. Performance of a recirculating fish production system stocked with tilapia hybrids. Aquacult. Eng. 6: 15~26.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1968. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167. 310pp.
- 金仁培. 1980. 循環濾過式 飼育水淨化 再使用方法에 의한 pilot 規模의 魚類養殖試驗. 韓國水產學會誌 13: 195~206.
- 金仁培. 1983. 無濾過循環水 탱크利用 tilapia의 高密度飼育 實驗. 韓國水產學會誌 16: 59~67.
- 福所邦彦·岡内正典·田中秀樹·S. I. Wahyuni·P. Kraisingdecha·渡邊武. 1985. テトラセルミスで培養したシオミズツボムシのヒラメ仔魚に對する餌料價値. 養殖研報 7: 29~36.
- 山形陽一·丹羽誠. 1979. 亞硝酸のウナギに對する毒性について. 水産増殖 27: 5~11.
- 山形陽一·丹羽誠. 1982. 日本ウナギに對するアンモニアの急性および慢性毒性. 日水誌 48: 171~176.
- 溫水養魚開發協會. 1988. ヒラ메を對象にした高密度養殖について. 漁村 54: 79~80.
- 張榮振·柳晟奎. 1988. 閉鎖循環濾過システム에서의 넙치, *Paralichthys olivaceus* 稚魚의 飼育密度-高密度飼育의 可能性-. 韓國養殖學會誌 1: 13~24.
- 田世圭. 1983. 高密度 養殖水槽의 疾病對策. 韓國水產學會誌 16: 103~110.
- 川本信之. 1977. 魚類生理. 恒星社厚生閣. 東京. 605 pp.
- 千葉健治. 1980. 水質環境と魚類の成長-VII. 止水養魚池におけるウナギの餌付きと水質の關係について. 水産増殖 28: 66~77.
- 草刈宗晴·森泰雄. 1982. ヒラメの飼育に關する研究 第1報 稚魚期の生殘と成長に及ぼす水溫の影響.

循環濾過式과 流水式 飼育시스템에 의한 海産魚類 種苗生産 比較

北水試月報 39: 305~319.

本義春・小林啓二. 1979. ヒラメの種苗生産に關する研究-I 室内水槽における自然産卵について. 水産増殖 26: 152~158.