

최 종
연구보고서

서해안 축제식양식장을 이용한 어류종묘생산 기술개발

Development of seedling production techniques of finfish from
seawater pond in the west coastal area of Korea

2002. 12

연 구 기 관

주관연구기관 : 순 천 향 대 학 교

협동연구기관 : 국립수산과학원
(서해수산연구소)

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 서해안 축제식양식장을 이용한 어류종묘 생산기술개발
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002 년 12 월 일

주관연구기관명 : 순천향대학교
총괄연구책임자 : 방 인 철
세부연구책임자 : 마 채 우
연 구 원 : 배평암, 신현철, 신현웅,
박상용, 임용석, 박관순,
김동준, 정태수, 이윤아,
김종춘, 유용훈, 김기만,
서호영(여수대학교),
박승(영광수산기술관리소)
협동연구기관명 : 국립수산과학원
(서해수산연구소)
협동연구책임자 : 최 낙 중
연 구 원 : 안경호, 박영제, 송기철,
김전풍, 박중현, 이진호,
박광재, 최은호, 백성숙

요 약 문

I. 제 목

서해안 축제식양식장을 이용한 어류종묘생산 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라 서해안 해수 중에는 풍부한 영양염이 함유되어 동·식물 플랑크톤이 고밀도로 분포하고 있어 해산어류 종묘생산을 위한 천혜의 수질환경 여건을 지니고 있는 것으로 평가되고 있다. 또한 간척지, 폐염전 등 종묘 생산장으로 활용할 수 있는 장소가 조성되어 있다. 이러한 조건을 활용하여 1960년대 후반부터 보리새우 및 대하의 양식이 시도되어, 70년대와 80년대에 새우류 양식이 성행하였다. 그러나 바이러스성 질병으로 인해 생산성이 크게 저하되고 있어, 최근에는 양식을 포기하여 유힬 양식장 상태로 방치되고 있는 실정이다. 한편 서해안에 위치한 축제식 양식장은 봄철에 연안 수온보다 1개월 정도 빨리 상승하기 때문에 비교적 높은 수온을 유지할 수 있는 장점을 지니고 있다. 이러한 장점을 이용하여 조피볼락, 감성돔 및 가숭어 등의 종묘생산이 시도되고 있으나, 아직까지 체계적인 생산 기법이 정립되어 있지 못하여 생산성 낮고 실패를 거듭하고 있는 실정이다.

수산동물의 성장은 염분 및 온도 등과 밀접한 관련이 있으며 특히 암모니아, 아질산, 황화수소 및 용존산소등의 수질환경 요인은 성장과 생존율에 있어 제한요소로 작용한다. 따라서 축제식양식장을 이용하여 어류종묘생산시 수질환경을 모니터링하여 체계화시키는 것은 생산성 증대와 대량폐사를 막을 수 있는 대단히 중요한 사항이라고 할 수 있다.

축제식양식장의 기초적인 동,식물플랑크톤의 생태연구는 이용가치가 높으며, 종묘생산시 초기 먹이생물로 이용하여 높은 생산성을 기대할 수 있다. 그러나 최근

축제식양식장을 이용한 어류종묘생산이 시도하고 있으나 생산성이 매우 낮고 지속적으로 관리할 수 있는 시스템이 절실히 요구되고 있다. 그러므로 이들에 대한 기초자료 없이는 좋은 성과를 기대하기 힘들며, 해양생태계를 이해하는데 필수적인 해양 동,식물 플랑크톤의 종조성, 우점종, 풍부도 등의 구명은 생물학적으로 중요한 요인뿐만 아니라 초기 먹이생물로서의 가치로서도 매우 중요하다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 축제식 양식장을 활용한 체계적인 어류종묘생산기술을 정립하기 위해서 수질 환경 모니터링, 동·식물성 플랑크톤의 생태 및 유용플랑크톤의 대량배양 및 어류종묘생산 기술개발을 하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 어류종묘생산시 문제점으로 대두되고 있는 높은 종묘생산비용, 기형문제, 자연환경오염등을 해결하고 축제식양식장의 생태연구를 통한 서해안 축제식 양식장을 활용하여 어류종묘생산 기술개발 연구를 수행하였다.

1. 양식장 수질환경 조사

- 가. 축제식 양식장 및 연안수 수질환경 분석
- 나. 축제식 양식장의 퇴적물 조사
- 다. 축제식 양식장의 환경 변동 조사

2.. 동, 식물플랑크톤 조사 및 대량배양

- 가. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량 분석
- 나. 동물플랑크톤의 생태조사
- 다. 종묘생산 기간중 우점종 조사
- 라. 곤쟁이류 생활사 관찰
- 마. 노지에서 요각류 초기유생사육을 위한 적정 배양조건 구명
- 바. 요각류 대량생산

3. 어류종묘생산 기술개발

- 가. 영양염 시비조건에 따른 종묘의 성장 및 생존율
- 나. 먹이 선호도 조사
- 다. 자어 입식시기에 따른 생산성 분석
- 라. 반집약식 종묘생산 방법개발
- 마. 종묘생산방법에 따른 기형률, 성장률 및 생존율 비교
- 바. 대량생산방법 개발
- 사. 어체의 일반성분 분석
- 아. 종묘생산방법에 따른 생산성 분석
- 자. 가숭어종묘생산
 - 1) 시기별 가숭어의 성숙도 조사
 - 2) 육상수조 및 축제식 양식장에서 종묘생산
 - 3) 자, 치어기 질병조사
 - 4) 종묘생산방법에 따른 생산성 분석

IV. 연구개발결과

1. 양식장 수질환경

가. 수온

순천향대학교 해양수산연구소의 축제식양식장에 인접한 연안수의 수온변화는 2월 2일에 1.96℃, 3월 1일에 3.22℃, 4월 1일에 7.0℃로 완만하게 상승하였다. 이후 일조량의 증가와 함께 수온도 급격하게 상승하기 시작하여 5월 1일에는 13.5℃, 6월 1일에는 19.0℃를 나타내었다. 한편 저수지 및 각 양식장의 수온은 날씨 및 기온에 크게 영향을 받아 4월 1일에는 10.1℃, 5월 1일에는 19.1℃, 6월 1일에는 24.5℃를 나타내었다.

나. pH, DO, Salinity 및 영양염

실험기간동안 pH 변화는 7.2~8.8, DO는 5.2~9.9 mg/l, 염분도는 32~34‰로 나타났다. 영양염 변화는 아질산염(nitrite, NO₂⁻) 농도가 4월에는 0.0002~0.0176 mg/l, 5월에는 0.0002~0.0024 mg/l 의 분포를 나타내었다. 연안수와 저수지의 경우 연안수가 다소 높은 수치를 나타낸 반면, 3호지, 2-A, D, G호지는 값은 안정적인 분포를 나타내었다. 4호지는 3월29일부터 4월23일까지는 값이 상승한 후 다시 안정된 수치로 내려갔다. 질산염(nitrate, NO₃⁻)의 농도는 4월에 0.0018~0.1296mg/l, 5월에는 0.0014~0.6848 mg/l 의 분포를 나타내었으며, 암모니아(ammonium, NH₄⁺) 농도는 4월에 0.0307~0.2981 mg/l, 5월에는 0.0293~0.3365 mg/l 의 분포를 나타내었다. 용존 무기질소(DIN)의 농도는 4월에 0.0352~0.355 mg/l, 5월에 0.044~0.3527 mg/l 를 나타내었으며 인산염(phosphate, PO₄³⁻)은 4월에 0.0011~0.0266 mg/l, 5월에 0.0001~0.0498 mg/l 의 분포를 나타내었다.

다. 가숭어 축제식양식장 수질환경

양성 시험기간 동안 사육지의 월별 수온변화는 4월에는 연안수온은 평균 17.7℃였으며, 일사량 증가와 함께 지속적인 수온 상승으로 치어 방양 시기인 7월 초순 25℃를 상회하는 수온이 유지되었다. 치어 방양 후 용존산소량 변화는 7.0 mg/l

전후의 범위를 보였으며, 사육수의 염분은 강우시 소폭 변동은 있었으나 27~30%로 나타났다. 영양염류에 있어서는 NO₂ 농도는 0.017~0.0022 mg/ℓ, NO₃는 0.0351~0.0657 mg/ℓ, NH₄는 0.0673~0.0752 mg/ℓ, DIN은 0.1000~0.1428 mg/ℓ 그리고 PO₄는 0.0045~0.0126 mg/ℓ 으로 나타났다. 가숭어 종묘생산용 축제식 양식장의 저질퇴적물은 저질입도의 부니량이 증가하였으며, 황하물과 화학적 산소 요구량이 현저히 증가하여 종묘 양성에 의한 저질의 부영양화 영향을 받는 것으로 조사되었다.

1. 동·식물플랑크톤 조사 및 대량배양

가. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량

1) 종조성

축제식양식장에서 실험기간 동안 출현한 미세 조류의 종 수는 총 3개의 식물문으로 분류되었으며 이중 규조식물문은 22개종으로 가장 많이 출현되었다. 와편모식물문은 2개종, 남조식물문은 2개종으로 분류되었으며, 녹조류는 출현되지 않았다. 연안수와 저수지에서는 각각 규조식물문과 와편모식물문에서 3개종과 4개종이 출현하여 가장 빈약한 종 조성을 보여주었으며, 실험호지 2-C에서는 가장 많은 종조성을 보였다. 출현종에 있어서는 *Exuviaella* sp.가 전체 출현종 중 55.64%를 차지하여 우점종으로 나타났으며, *Diplopsalis* sp.는 27.59%, *Eucampia zoodiacus*는 4.90%의 분포를 나타내었다. 미세조류의 현존량은 연안수가 16×10^3 cells/ℓ 으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 3호지가 $1,359 \times 10^3$ cells/ℓ 으로 최고를 나타내어 약 84배의 변화의 폭을 나타냈다.

나. 동물플랑크톤의 생태

동물플랑크톤의 주 산란 시기는 양식장의 수온이 15℃ 이상으로 상승하기 시작하는 4, 5 및 6월로 생각된다. 각 종류의 유생이 봄과 여름에 걸쳐 지속적인 출현을 보이고는 있으나 채집된 동물플랑크톤의 총 개체수에 비교해 볼 때 요각류가 다른 종류에 비해 개체수에 있어서 현저하게 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러나

호지내에서의 어류와 같은 포식종은 그들의 먹이를 주로 요각류를 섭이하는 것을 볼 때 요각류의 개체밀도가 양식 어류의 초기먹이 제공에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다. 호지내에서의 동물플랑크톤의 우점종 출현은 시기별로 큰 차이를 나타내는 것 같다. 특이한 것은 축제식양식장의 경우 못의 특징과 환경 변화에 따라 그 종의 구성이 많은 차이가 나타나는 것을 볼 수 있었다. 감성돔 종묘생산지의 경우 *Farella*가 우점적인 반면, 조피볼락 종묘생산지는 갯지렁이 유생이 우점적으로 나타났다. 이러한 현상은 앞으로 못에 서식하는 동물 플랑크톤의 우점종 구성에 따라 이들을 먹이로 하는 양식종의 선택을 달리하여야 할 것으로 사료된다.

다. 종묘생산기간 중 우점종

조사기간 동안 실험지 내에 출현한 동물성 부유생물의 종 수를 분류한 결과 2001년 4월의 경우 총 11종이며, 5월의 경우도 11종으로 출현하였다. 또한 호지별 출현 종수를 보면, 감성돔 종묘생산지의 경우 11종이며, 조피볼락 종묘생산지의 경우 10종으로 나타났다. 즉 어류 종묘생산기간 중 월별 및 호지별 출현 종수의 차이는 나지 않는 것으로 생각된다.

라. 요각류 초기유생 사육을 위한 적정배양조건

노지에서의 요각류 적정배양조건을 구명하기 위해 화학비료 사용량에 따른 요각류 개체수 변화는 복합(2.4 kg), 요소(3.6 kg), 규산질비료(2.4 kg)를 300평에 시비한 실험구에서 시비 후 30일 후 가장 많은 개체수 증가를 보였으며, 2배 및 5배 시비한 실험구에서는 요각류의 개체수 밀도가 낮게 나타났다. 이는 화학비료의 질소, 암모니아성분에 의해 밀도증가가 저해되었을 것으로 판단된다. 동물플랑크톤 중 copepoda, copepoda nauplii, polychaeta, polychaeta larvae가 우점종을 차지하였으며, 그 다음으로 계류 megalopa, noctiluca, gastropoda, gastropoda larvae, jellyfish등이 출현하였다.

화학비료인 복합(2.4 kg), 요소(3.6 kg), 규산염(2.4 kg)을 300평에 시비 후 수질 환경 변화를 측정한 결과, 아질산염(NO_2^-), 질산염(NO_3^-), 인산염(PO_4^{3-})은 농도는 실험기간 대체적인 안정되었으나, 암모니아(NH_4^+) 농도에 있어서는 0.0177 ~ 0.1710 mg/l 으로 나타나 불규칙한 농도변화를 보였다. 그러나 2배 및 5배 시비한 실험구에서는 아질산염, 암모니아 및 인산염의 농도변화가 실험기간 동안 크게 나타나 화학비료의 과다 시비는 수질을 안정시키는데 적합하지 않은 것으로 나타났다.

마. 요각류 대량생산

자,치어기때에 공급할 수 있는 초기 먹이생물(요각류 유생)을 대량배양하기 위해 시비제에 따른 요각류 개체수 변화를 관찰한 결과, 영양염 시비 7일 후부터 개체수 증가를 보였으며, 화학비료를 2배 시비한 실험구에서 가장 많은 개체수 증가를 나타내었다. 화학비료는 단기간 대량 번식을 위한 영양염으로는 가능하나, 기간이 지속됨에 따라 질소성분 및 암모니아 성분에 의해 유용 동,식물플랑크톤이 대량 폐사하는 결과를 나타내어 지속적 관리를 위한 영양염으로는 적합하지 않은 것으로 판단되었다(그림 21). 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 무기질과 유기질을 병행하여 시비하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 무기질 및 유기질 영양염과 요각류의 생태학적 상호관계를 구명할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

이러한 결과를 통해 축제식양식장에서 어류종묘생산시 초기먹이생물인 요각류의 밀도를 안정적시키고 지속적으로 유지하기 위해서는 알팔파, 계분, 우분, 돈분 등과 같은 무기질을 시비하여 관리하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 식물 및 동물 플랑크톤을 분리하여 관리하는 시스템이 필요할 것으로 판단된다.

3. 어류 종묘생산 기술개발

가. 시비조건에 따른 종묘의 생존율 및 성장

1) 생존율

가) 조피볼락

실험호지별 조피볼락의 생존율을 측정해 본 결과, 4호지 및 2-H 실험구에서 각각 20.87%, 20%로 타 실험구보다 높게 나타난 반면, 2-B ~ 2-F 실험구는 상대적으로 낮은 생존율을 보였다. 이러한 결과는 영양염 종류에 의한 먹이생물의 번식밀도에 따른 것으로 판단된다. 따라서 축제식양식장에서 먹이생물번식 및 관리를 위해서는 호지에 해수를 취수하기 전에 반듯이 연안수의 동물플랑크톤의 종조성을 구명하여 적정밀도가 조성되어 있는지 판단해야 할 것으로 사료된다. 또한 조피볼락 종묘의 생존율을 높이기 위해서는 초기 먹이생물을 종묘생산 종료시까지 지속적으로 유지시키는 체계적인 방법이 구명되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 이를 위해서는 질소질 화학비료를 단독으로 시비하는 것보다는 알팔파, 규산염 등과 같은 유기질 및 무기질 비료를 병행해서 시비하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 실험기간 동안 동물플랑크톤의 출현종과 그에 따른 개체 밀도도 생존율에 많은 영향을 미친 것으로 나타났다. 2-A호지는 6종이 3 및 4 호지는 7종이 출현하였지만, 실험기간 동안 밀도분포에서는 큰 차이를 나타내었다. 이는 영양염 종류에 기인한 것으로 판단되며, 수질변화 측면에서는 앞으로 지속적인 연구가 있어야 하겠다.

또한 대표적인 초기먹이생물인 copepods 밀도는 자,치어 생존율의 큰 요인으로, 지속적으로 유지관리하기 위해서는 축제식양식장 환경변화를 종묘생산 종료시까지 모니터링하여 체계화 시켜야 할 것으로 판단되며 시비제 선정 및 시비량도 중요시해야 할 것으로 사료된다.

나) 감성돔

감성돔 치어의 생존율은 33%로 조피볼락 2-A 호지 실험군과 비교해 볼 때 다소 높은 생존율을 나타내었다. 이는 초기먹이생물의 번식 및 지속적 유지가 상대적으로 길어 먹이생물이 풍부하여 생존율이 향상되었을 것으로 판단된다. 그러나 수질환경의 급격한 변화는 생존율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 축제식 양식장에 입식 후 1 개월 동안은 약 90%이상의 생존율 보였으나, 약 1/4 환수 후 스트

레스로 인하여 생존율이 급감되었다. 따라서 급격한 수질환경은 생존율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이를 방지하기 위해서는 지속적인 수질환경모니터링을 통한 환수량 조절과 축제식양식장에 적합한 수질환경 유지방법을 통해 생산량을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

2) 성장

가) 조피볼락

실험기간 동안 2-A 와 4 호지에서 조피볼락 자,치어의 성장을 측정한 결과 사육일수에 따른 전장과 체중의 증가가 지수함수적인 결과를 보였다. 조피볼락 자,치어의 전장 및 체중 성장은 5월 8~23일까지 높게 나타났다. 한편 본 실험기간동안 동물플랑크톤 개체밀도 변화를 측정한 결과 이때 가장 많은 개체밀도를 보였다. 따라서 자, 치어의 성장에 가장 큰 영향을 미친 것은 풍부한 먹이생물에 기인한 것으로 판단된다.

나) 감성돔

감성돔 자,치어의 체중 및 전장 성장에 있어서도 조피볼락과 유사한 지수함수적인 결과를 보였다. 감성돔 자,치어의 평균성장은 조피볼락과 비교해 볼 때 전장과 체중에 있어 높게 나타났다. 이는 육상수조에서 부화 및 2주간 사육관리 후 호지에 입식에 의한 것으로 판단된다.

나. 먹이생물 분석

1) 조피볼락

실험호지에서 채집한 조피볼락 자,치어의 위을 해부하여 소화되지 않은 동물플랑크톤을 관찰한 결과, copepods와 copepods larvae가 대부분을 차지하고 있는 것으로 관찰되었으며, 성장함에 따라 자어기때는 copepods larvae를 치어기로 성장해서는 copepoda 성체를 주로 섭취하는 것으로 나타났다. 동물성 플랑크톤의 섭취가 가장

활발하게 일어나는 시기는 약 1개월 이후로 나타났다. 이러한 결과는 copepods 밀도 변화에서도 알 수 있었다. 즉, 실험기간 동안 4월 5일 ~ 5월 2일까지 또한, 4호지에서의 copepods의 밀도를 측정해 본 결과 번식이 가장 활발히 이루어진 것으로 나타났다으며 이후 실험종료시까지 지속적인 감소가 이루어졌다.

그러나 조피볼락 자, 치어는 copepods와 함께 우점종을 이루었던 갯지렁이 유생, 패류유생 및 야광충등은 섭이하지 않은 것으로 관찰되었다. 조피볼락 자,치어 기때 가장 선호하는 먹이는 copepods와 copepoda larvae로 판단되었다. 따라서 copepods 및 larvae를 대량배양하여 섭취가 가장 활발하게 일어나는 시기에 인위적으로 첨가하여 주면 생산량 증대를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

2) 감성돔

감성돔 자,치어를 대상으로 장에 소화되지 않은 동물플랑크톤을 분석한 결과 조피볼락과는 달리 copepods, copepods larvae 및 lugworm 유생까지 섭취한 것이 관찰되었다. 실험호지에서 채집한 소화되지 않은 동물플랑크톤의 개체수를 측정한 것으로 자어기때는 copepods larvae 및 lugworm larvae를, 치어기로 성장해서는 copepods 성체 및 lugworm larvae를 주로 섭취하는 것으로 나타났다. 가장 활발하게 동물성 플랑크톤의 섭취가 일어난 시기는, 입식 후 약 1개월 이후로 나타났다. 그러나 copepods 및 lugworm larvae와 함께 우점종을 이루었던 패류유생 및 야광충의 섭취는 관찰되지 않았다.

다. 자어 입식시기에 따른 생산성 조사

1) 수질환경

실험기간 동안 수질환경변화는 pH는 7.2~8.8, DO는 5.2~9.9 mg/l, 수온은 10.8~19.4℃, 염분도는 32~34‰로 나타났다. 또한 아질산염(NO₂)은 0.0002~0.018 (평균: 0.003) mg/l, 질산염(NO₃)은 0.002~0.130 (평균: 0.036) mg/l, 암모니아

(NH₄)는 0.031~0.300 (평균: 0.118) mg/l, 인산염(PO₄)은 0.001~0.027 (평균: 0.011) mg/l, 용존 무기질소(DIN)는 0.035~0.355 (평균: 0.144) mg/l 의 분포를 나타내며 생활환경 II등급 기준 (0.6 mg/l 이하) 이내였다.

2) 기형률

육상수조 및 노지입식을 부화 후 시기별로 달리하여 감성돔 종묘를 방양하여 종묘생산한 결과, 기형율은 육상수조가 49%, 부화 2주 후 방양은 4.5%, 부화 1주 후 방양은 2.2%, 수정란 직접입식은 0.4%로 나타났다. 본 실험 결과 감성돔 기형율을 억제하여 건강한 종묘를 방법으로 수정란을 직접 호지에 입식하여 생산하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

3) 생존율

가) 감성돔

감성돔을 대상으로 입식시기에 따른 생존율을 분석한 결과, 수정란을 입식한 300평 실험호지(2개소)에서 수정란 200 cc (200,000마리) 중 약 30,000마리가 생산되어 12.5~17.5%의 생존율을 보여 평균 15%를 나타내었다. 부화 1, 2주 후에 입식한 경우 적정 수용 마리수를 계산하여 각각 40,000마리씩 입식하였으나 그 생존율은 25~28% 전후로 수정란을 입식한 실험군보다 약간 높았다.

나) 조피볼락

조피볼락 친어는 1마리만이 출산이 이루어졌으며, 2마리는 미출산 및 사산이 되었다. 출산 마리수는 약 150,000마리로 추정되었으며, 실험종료 후 약 1,000마리의 종묘가 생산되어 0.7%의 생존율을 보였다. 본 실험결과 생존율이 극히 낮게 나타난 것은 초기 먹이생물이 부족과 조피볼락이 성장함에 있어 성장차이에 의한 공식으로 기인한 것으로 판단된다. 그러나 육상수조에서 출산을 유도하여 사육한 20,000마리

를 방양한 결과, 약 3,000마리의 종묘를 생산하여 15%의 생존율을 보였다. 따라서 생존율을 높이기 위한 방법으로는 본 실험에서 구명된 초기먹이생물(요각류 및 요각류 유생) 대량배양조건을 활용하여 400~500마리/ℓ의 밀도로 유지시켜 종묘생산에 이용하는 것을 고려할 수 있다.

4) 동,식물플랑크톤의 종조성

동,식물플랑크톤의 종조성을 실험기간 동안 관찰한 결과, 동물플랑크톤의 경우 copepods, copepoda nauplii, rotifer, polychaeta, polychaeta larvae, jellyfish, crustaces (megaropa), noctiluca, gastropoda larvae의 종들이 출현하였으며, 이들 중 copepoda, copepoda nauplii, polychaeta가 우점종을 차지하였다.

또한 식물플랑크톤의 경우, *Coscinodiscus* spp., *Thalassiosira* spp., *Chaetoceros* spp., *Nitzschia* spp., *Navicula* spp., *Rhizosolenia* spp., *Striatella* spp., *Pleurosigma* spp., *Closterium* spp., *Asterionella* spp., *Siraurosphaera* spp., *Podolampas* spp., *Fragilaria* spp. 등이 주종으로 출현하였으며, 이들 중 *Coscinodiscus* spp., *Thalassiosira* spp., *Chaetoceros* spp., *Nitzschia* spp., *Navicula* spp. 등이 우점종을 차지하였다.

또한 동물플랑크톤인 copepoda와 식물플랑크톤의 상호변화 추이를 분석한 결과, 영양염 시비후 약 7일까지는 식물플랑크톤의 밀도가 4,000 cell/ml 이상으로 유지되었으나, copepoda 등 요각류의 번식이 지속적으로 번식됨에 따라 그 밀도가 급격히 떨어지는 현상을 관찰할 수 있었다. 이는 copepoda와 같은 요각류의 섭식으로 기인한 것으로 판단되었으며, 이때 감성돔을 입식하였다. 이후 요각류의 번식이 급격히 증가되는 경향을 나타내었으며, 시비 후 약 40일째에는 400 cell/ℓ로 가장 높은 개체밀도를 보였다. 그러나 시비후 43일째에는 copepods의 개체밀도가 급격히 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 입식 후 약 20일째로 감성돔 자어의 섭식으로 기인한 것으로 판단되었다.

라. 반집약식 종묘생산 방법개발

축제식양식장에서 효율적인 종묘생산을 하기 위해 알팔파를 시비한 실험호지(300평)에서 60일동안 종묘생산을 한 결과 20%의 생존율을 보였다. 이러한 생존율은 다른 실험구의 생존율(5~12%)과 비교하여 볼 때 높은 생존율을 보인 것으로 판단되며, 영양염으로 쓰여진 무기질비료인 알팔파의 성분이 수질안정과 지속적인 동,식물플랑크톤의 밀도를 유지시켜 높은 생존율을 기록한 것으로 판단된다.

마. 생산방법에 따른 기형율, 성장률 및 생존율

1) 기형률

감성돔을 대상으로 육상수조 및 노지에서 종묘를 생산한 결과, 기형율의 경우 육상수조가 65%, 노지에서는 4.5%의 기형율을 보였다.

2) 생존율

육상수조와 노지에서 감성돔 종묘의 생존율 분석 결과 육상수조의 경우 수정란 100 cc(100,000마리) 중 약 65,000 마리가 생산되어 평균 65%의 생존율을 나타냈으나, 노지의 경우 300평 실험호지에 수정란 200 cc (200,000마리)를 방양하여 생산한 결과 이들 중 약 25,000~35,000마리의 종묘가 생산되어 12.5~17.5% (평균 15%)의 생존율을 나타내었다. 그러나 육상종묘의 경우 약 42,000마리(65%)가 기형 개체로 나타나 실질적으로 종묘로서 가치를 인정받지 못하였다.

3) 성장율

육상수조와 축제식양식장의 감성돔 종묘의 성장을 분석 결과, 육상수조의 경우 $y = 4.3732e^{0.0502x}$ ($R^2=0.9436$), 노지의 경우 $y = 4.7158e^{0.0428x}$ ($R^2=0.9129$)의 성장식이 성립되었으며 두 실험군간 큰 차이를 보이지 않았다.

바. 대량생산방법 개발

축제식 양식장에서 감성돔 종묘를 대량생산하기 위해 부화 및 초기 이료(로티퍼)을 14일 간 공급한 후, 약 100만마리를 실험호지에 방양하여 실험한 결과, 7.8%의 생존율과, 4.5%의 기형률을 나타내었다.

알팔파를 시비한 실험호지의 생존율(20%)에 비해 현저히 낮은 생존율을 기록하였다. 이는 화학비료시비로 인한 수질, 동,식물플랑크톤의 불안정이 큰 요인으로 작용한 것으로 판단되었으며, 또한 감성돔 자,치어의 해적생물로 판단되는 망둥어에 의해 포식(3~5마리)도 많이 이루어진 것으로 확인되었다. 실험기간 동안 수온은 15.5℃~24.5℃로 연안수의 수온보다 2~3℃정도 높게 나타났으며, 용존산소량은 평균농도 7.3~7.9 mg/l, pH는 평균 8.5~9.5, 염분도는 평균 30‰로 나타났다.

실험기간 중 출현한 동물플랑크톤은 copepoda, rotifer, nauplii 등이 우점종을 점유하였다. 또한 실험기간 중 출현한 미세조류는 3개의 식물문으로 분류되었으며, 규조식물문은 전체의 종에서 22개종으로 나타났고, 와편모식물문은 2개의 종으로 나타났고, 남조식물문도 2개의 종으로 분류되었다. 출현종을 보면 *Exuviaella* sp.는 55.64%의 점유율을 보여 우점종이었으며, *Diplopsalis* sp.는 27.59%, *Eucampia zoodiacus*는 4.90%의 분포를 보였다. 그 밖의 종들은 0.02- 2.80%의 분포를 보였다. 총 출현한 26종 중 규조식물문이 38.41%로 22종이며, 와편모식물문이 61.48%를 점유하며, 2종으로 나타났으며 남조류가 0.11%로 2개의 종이였다.

이러한 결과를 토대로 대량종묘생산을 위해서는 1) 초기먹이생물(copepods, nauplii) 번식을 위한 영양염 시비는 화학비료보다 계분, 돈분, 우분, 알팔파 등과 같은 유기질 및 무기질 영양염을 시비, 2) 기형 발생 방지를 위해 수정난을 직접 호지에 입식하여 종묘생산, 3) 주수구에 2~3중 fence 설치를 통해 해적생물의 유입을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

사. 어체의 일반성분 분석

생산방법을 달리하여 생산된 축제식 양식장 및 육상수조 종묘의 어체 성분을 실험종료 후 각각 10마리씩 pooling하여 비교 분석한 결과 표 9와 같이 나타났다. 수분 함량에 있어서는 축제식 양식장에서 생산된 종묘가 77.0%로 육상 수조에서 생산된 종묘보다 약간 높게 나타났으나, 지질함량의 경우 육상 수조에서 생산된 치어가 현저하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 인공배합사료를 공급한 어류 종묘의 경우 공통적으로 나타나는 현상으로 이는 배합사료에 함유된 높은 농도의 지질에 기인한 것으로 판단된다. 한편 회분 함량에 있어 육상수조에 비해 축제식 양식장산 치어가 약간 높게 나타났는데 이는 감성돔을 담수에서 사육한 실험에서와 비슷한 결과(염분농도가 낮을수록 회분함량 감소)로, 추후 회분함량의 감소에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

아. 생산성 비교

1) 축제식 양식장에서의 감성돔 종묘생산시 경제성 분석

육상 수조에서의 종묘생산은 생산업체에 따라 기형률이 매우 다양하여 10-98%에 이른다. 따라서 육상수조의 감성돔 종묘생산 경제성은 분석하기에 많은 어려움이 따른다. 본 연구에서는 아래와 같이 축제식 양식장의 경우만 경제성을 분석하였다. 분석결과 감성돔의 조수입에 대한 순수익의 비율은 11%인 조피볼락과 42.2%인 가숭어에 비해 현저히 높아 71%를 나타내었다.

2) 축제식 양식장에서의 조피볼락 종묘생산시 경제성 분석

축제식 양식장을 이용한 조피볼락 종묘생산은 1999년부터 일반 어민에 의해 기술개발이 시작되어 대량으로 생산되고 있다. 그러나 본 연구에서는 호지 내에서의 생태계 및 수질환경에 대한 연구가 전무한 상태에서 기초자료를 확보하였다. 2000년도의 생산성은 조수입에 대한 순수익의 비율이 80% 전후였으나, 2001년도에 자연산 치어의 불법유통과 함께 노자산 종묘의 대량생산이 이루어지면서 44%로 낮아졌고, 2002년도에는 더욱 악화되어 본 연구에서 분석한 바와 같이 11%로 낮아졌

다. 이러한 수익 감소 현상은 당분간 조피볼락 상품어 가격 회복과 함께 불법 치어 채포가 근절되지 않는 한 지속될 것으로 판단된다.

자. 축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산

1) 시기별 가숭어의 성숙도 조사

어미 가숭어의 시기별, 암·수의 생식소 속도지수 조사 결과 충남 삽교호와 인천 강화도에서 포획된 가숭어를 대상으로 12회에 걸쳐 암컷 26마리, 수컷 28마리의 성숙도 조사를 실시한 결과 서해 중부해역의 주 산란시기는 5월 하순부터 6월 초순 사이의 생식선 속도지수, ♀; 18.8~35.1, ♂; 2.4~7.5가 주산란기로 조사 되었다.

2) 육상수조 및 축제식 양식장 종묘생산

자연산 친어 3마리로부터 채란한 난은 약 130만개였으며 수정란의 부화율은 부화된 자어를 표본 채집하여 계수한 결과 약 120만마리가 부화되었다. 육상수조에서 로티퍼와 초기배합사료를 이용하여 12~16일간 사육한 후 축제식양식장에 입식하여 30일간 사육한 결과 전장 45~55mm, 체중 1.7~2.0g인 건강한 종묘 120만마리를 생산하였다.

3) 자,치어기 질병

가) 기생충

축제식양식장에서 종묘생산기간 중 기생충 감염여부를 판별하기 위해 수시로 자,치어를 채집하여 표피, 아가미 및 지느러미를 중심으로 피부흡충류 및 선충류등과 같은 병원성 기생충은 관찰되지 않았다.

나) 세균

축제식양식장에서 채집된 가숭어 자,치어의 꼬리지느러미, 아가미 및 간조직을

BHIA, SM110, TSA 및 TCBS 평판 배지에 도말하여 27℃에서 24시간 배양하여 세균감염여부를 조사한 결과 세균성 병원균이 전혀 검출되지 않았다. 그러나 양성 초기단계인 7월에 연쇄상구균(*Streptococcus* sp.)이 아가미와 간에서 극히 미량 검출되었으나 질병으로 발병되지 않았다.

또한 가숭어 자,치어로부터 분리된 세균은 전체적으로 독시사이클린, 옥시테트라사이클린 그리고 테트라사이클린 등의 수산용 항생물질에는 감수성을 나타낸 반면 기타 대부분의 항생물질에 내성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

4) 종묘생산방법에 따른 생산성 분석

축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산의 생산성 분석을 위하여 시험어장과 일반 양식장의 종묘생산 및 양성어가의 생산 및 수익성 조사를 하여 경제성 분석을 한 결과 조수입 (종묘)에서 지출(시설비, 운영비, 기타)을 뺀 순수익의 비율은 42.2%로 나타났다.

5) 양식장 수질환경 변화

가숭어 종묘생산 기간 중 축제식 양식장의 3월과 4월 수온은 주간 1~2℃씩 상승하여 4월 하순 17℃ 전후에 이르러 연안수에 비해 5℃전후 높은 수온상승을 보였다. 용존산소량 변화는 사육용 종묘의 방양사육과 사육수조내의 플랑크톤 발생 등의 영향으로 감소 경향을 보이거나 염분도는 점진적으로 상승하여 강우에 의한 영향을 직접적으로 받고 있음을 나타내었다.

6) 영양염 분석 조사

연안수와 야외사육지 및 실내사육지의 수질 영양염 분석 결과 각 사육지내의 수온 변화와 사육 생물인 종묘 방양에 의한 사료공급 및 각종 플랑크톤 조성과 관련하여 수차 및 부로어 시설 등 가동과 환수량 조절 등에 의한 양식환경 조성에 측정자료로 적극적으로 활용하였다.

7) 양식장의 플랑크톤 조성 및 농도 조사

사육지내의 플랑크톤 조성은 7~8월에 종조성과 발생량에서 최고치에 달하였으며, *Ceratium* sp., *Chaetoceros* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Skeletonema* sp. 등이 우점종으로 번식하였다. 또한 다량의 규조류와 식물성 플랑크톤이 발생하고 점진적으로 동물성 플랑크톤의 종과 발생량이 증가하였다.

8) 양식장의 퇴적물 분석

가숭어 종묘생산용 축제식 양식장의 저질퇴적물은 저질입도의 부니량이 증가하였으며, 황하물과 화학적 산소요구량이 현저히 증가하여 종묘 양성에 의한 저질의 부영양화 영향을 받는 것으로 조사되었다.

S U M M A R Y

I . Title

Development of seedling production techniques of finfish from seawater pond in the west coastal area of Korea

II . Objective

The production of fish seedling can be increased substantially by fertilizing seawater ponds with organic and/or chemical fertilizers comprising the essential elements that are required for the primary production of phytoplankton and the secondary production of zooplankton and benthic invertebrates.

The cost of the production of Korean rockfish, *Sabestas schlegeli* and black porgy, *Acanthopagrus schlegeli* has often been high. Mass abnormalities and problems of water pollution are common to the production and these indicate the importance of the use of organic and/or chemical fertilizer for seedling production.

The aims of this study were to determine phytoplankton abundance, zooplankton diversity and production and survival of rockfish and black porgy larvae in ponds treated with organic and/or chemical fertilizers. Experiment was conducted in eight small ponds (1,000-1500 m²) and one large pond (10,000 m²) at the Marine Research Development Institute, Soonchunhyang University, South Korea (36° 41' N; 126° 18' E) from March to June 2001 and 2002.

III. Result and Discussion

Ponds treated with chemical and organic-fertilizers produced higher numbers of nauplii, copepoda and polychaeta, especially during the critical a-2-weeks period after stocking; phytoplankton levels were also initially higher compared to the control ponds. Stomach content analysis revealed that nauplii and copepoda were the major zooplankton items in the feeding of rockfish and black porgy larvae. Black porgy had high abnormality rates in inland flow-through tanks, ranging from 20% to 98%. By contrast, low abnormalities were observed in larvae reared in pond. The abnormality rates were 0.4%, 2.18% and 4.51% for seedling released by fertilized eggs, 10 day-old, and 20 day-old larvae, respectively.

After 60 days, the average survival rate for black porgy seedling production by non-fertilized control, only chemical fertilized and chemical/organic fertilized ponds were 5%, 11.8% and 20%, respectively. Overall average survival rate for both rockfish and black porgy in rearing ponds was found to be less than 33% until they reached market size. The low survival observed in the seedling of black porgy reared in pond treated with chemical fertilizer led to conclude that the rapid blooming of phytoplankton was due to excessive chemical fertilizer and water quality deterioration.

Results of this study suggest that pond management effort (including the amount of fertilizer used, the type of other fertilizers such as alfalfa, animal manure and treatment timing of fertilizers) should be shifted to maximize zooplankton foods during the period of 4 weeks, before and 2 weeks after stocking of fertilized eggs or larvae.

목 차

표목차	27
그림목차	28
제 1 장 서 론	30
제 2 장 양식장 수질환경	31
제 2 절 재료 및 방법	31
1. 수질환경분석	31
가. 순천향대학교 해양수산연구소	33
1) 수질환경조사방법	33
2) 수온	33
3) pH, DO, Salinity 및 염양염	33
나. 가숭어 축제식양식장	33
1) 수질환경조사방법	33
2) 양식장 퇴적물 조사	35
제 3 절 결과 및 고찰	36
1. 순천향대학교 해양수산연구소	36
가. 수온변화	36
나. pH, DO, Salinity, 염양염 변화	36
2. 가숭어 축제식양식장	46
가. 축제식양식장의 수온변화	46
나. 영양염	49
다. 축제식양식장의 퇴적물분석	49

제 3 장 동·식물플랑크톤 조사 및 대량배양	52
제 1 절 서론	52
제 2 절 재료 및 방법	53
1. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량 분석	53
2. 동물플랑크톤의 생태조사	54
3. 종묘생산기간 중 우점종 조사	54
4. 곤쟁이류의 생활사 관찰	54
5. 요각류 초기유생 사육을 위한 적정배양조건 구명	55
6. 요각류 대량생산	55
제 3 절 결과 및 고찰	55
1. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량 분석	55
가. 종조성	55
나. 현존량	59
2. 동물플랑크톤의 생태조사	62
3. 종묘생산기간 중 우점종	62
4. 곤쟁이(<i>Neomysis awatschensis</i>)의 개체군 구조	63
5. 요각류 초기유생 사육을 위한 적정배양조건 구명	66
6. 요각류 대량생산	68
제 4 장 어류 종묘생산 기술개발	73
제 1 절 서론	73
제 2 절 재료 및 방법	75
1. 시비조건에 따른 종묘의 성장 및 생존율	75
가. 실험어 입식방법	75
1) 조피볼락	75

2) 감성돔	75
2. 떡이선평도 조사	78
3. 자어 입식시기에 따른 생산성 조사	78
4. 반집약식 종묘생산 방법개발	78
5. 생산방법에 따른 기형율, 성장률 및 생존율	78
6. 대량생산방법 개발	80
7. 어체의 일반성분 분석	80
8. 생산성 비교	80
9. 축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산	82
가. 시기별 가숭어의 성숙도 조사	82
나. 육상수조 및 축제식 양식장 종묘생산	82
다. 자,치어기 질병조사	82
라. 종묘생산방법에 따른 어체성분조사	82
마. 종묘생산방법에 따른 생산성 분석	83
제 3 절 결과 및 고찰	84
1. 시비조건에 따른 종묘의 생존율 및 성장	84
가. 생존율	84
1) 조피볼락	84
2) 감성돔	86
나. 성장	86
1) 조피볼락	86
2) 감성돔	86
2. 떡이 분석	90
가. 조피볼락	90
나. 감성돔	90

3. 자어 입식시기에 따른 생산성 조사	95
가. 수질환경	95
나. 기형률	95
다. 생존율	95
1) 감성돔	95
2) 조피볼락	100
라. 동,식물플랑크톤의 종조성	100
4. 반집약식 종묘생산 방법개발	102
5. 생산방법에 따른 기형율, 성장률 및 생존율	102
가. 기형률	102
나. 생존율	105
다. 성장율	105
6. 대량생산방법 개발	109
7. 어체의 일반성분 분석	111
8. 생산성 비교	111
가. 축제식 양식장에서의 감성돔 종묘생산시 경제성 분석	111
나. 축제식 양식장에서의 조피볼락 종묘생산시 경제성 분석	114
9. 축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산	114
가. 시기별 가숭어의 성숙도 조사	114
나. 육상수조 및 축제식 양식장 종묘생산	119
다. 자,치어기 질병	119
1) 기생충	119
2) 세균	119
라. 종묘생산방법에 따른 생산성 분석	125
마. 양식장 수질환경 변화	125

1) 영양염 분석 조사	130
2) 양식장의 플랑크톤 조성 및 농도 조사	130
3) 양식장의 퇴적물 분석	130
제 5 장 연구개발 활용계획	138
참고문헌	139

표 목 차

표 1. 실험호지 수질환경	38
표 2. 가숭어 축제식 양식장의 입도, 황화물, 강열감량 및 COD변화	51
표 3. 실험호지에 사용된 영양염 성분함량	76
표 4. 실험호지에 사용된 영양염 시비량	77
표 5. 자어 입식시기에 따른 생산성 분석을 위한 감성돔 및 조피볼락 자, 치어의 실험호지 입식방법	79
표 6. 실험호지별 조피볼락 및 감성돔의 생존율 및 성장	85
표 7. 자어 입식시기에 따른 실험호지의 수질환경	97
표 8. 종묘생산 기간 중 채집된 동물플랑크톤 개체수 (마리수/톤)	101
표 9. 축제식 양식장 및 육상수조에서 생산된 감성돔 치어의 일반 체성분	112
표 10. 축제식 양식장을 활용하여 감성돔 종묘생산시 경제성 분석	113
표 11. 축제식 양식장을 활용하여 조피볼락 종묘생산시 경제성 분석	115
표 12. 가숭어 성 성숙도	116
표 13. 가숭어 채란	120
표 14. 가숭어 종묘생산	121
표 15. 가숭어종묘생산기간 중 출현한 병원균	123
표 16. 가숭어 종묘의 약제 감수성	124
표 17. 축제식 양식장을 활용하여 가숭어 종묘생산시 경제성 분석	126
표 18. 가숭어 축제식 양식장의 퇴적물 일반항목 분석	137

그림목차

그림 1. 실험에 사용된 축제식 양식장의 호지.	32
그림 2. 실험호지 평면도.	34
그림 3. 실험기간중 연안수 및 각 실험호지의 수온변화, 시비 및 자치어수용.	37
그림 4. 연안수 및 실험호지의 pH 변화.	39
그림 5. 연안수 및 실험호지의 용존산소량(DO) 변화.	40
그림 6. 연안수 및 실험호지의 NO ₂ 변화.	41
그림 7. 연안수 및 실험호지의 NO ₃ 변화.	42
그림 8. 연안수 및 실험호지의 NH ₄ 변화.	43
그림 9. 연안수 및 실험호지의 DIN 변화.	44
그림 10. 연안수 및 실험호지의 PO ₄ 변화.	45
그림 11. 가숭어 축제식양식장의 월별 수온변화.	47
그림 12. 가숭어 축제양식장의 월별 염분도 및 용존산소.	48
그림 13. 연안수, 야외 및 실내사육지 NO ₂ , NO ₃ , NH ₄ , DIN, PO ₄ 농도변화.	50
그림 14. 실험호지에 출현한 Bacillarophyta, Dinophyta, Cyanophyta.	57
그림 15. 축제식 양식장에 출현한 우점종 미세조류의 분포.	58
그림 16. 실험호지의 클로로필 a 함량 변화.	60
그림 17. 실험호지의 클로로필 a 함량 변화.	61
그림 18. 노지에서 요각류 배양을 위한 화학비료의 사용량에 따른 개체수 변화	67
그림 19. 화학비료의 시비농도에 따른 실험호지의 영양염 변화.	69
그림 20. 요각류 대량배양을 위한 다양한 시비제에 따른 요각류 개체수 변화.	70
그림 21. 요각류 대량배양을 위한 다양한 시비제 처리에 따른 실험호지의 영양염 변화	71
그림 22. 축제식양식장에서 어류종묘생산을 위한 초기먹이생물 관리체계.	72
그림 23. 축제식 양식장을 이용한 조피볼락 및 감성돔 종묘생산.	81
그림 24. 사육기간에 따른 조피볼락 자,치어의 전장과 체중의 변화.	87

그림 25. 사육기간에 따른 조피볼락 자,치어의 전장과 체중의 변화.	88
그림 26. 사육기간에 따른 감성돔 자,치어의 전장과 체중의 변화.	89
그림 27. 조피볼락 자,치어의 성장 단계에 따른 copepods 섭식량.	92
그림 28. 조피볼락 및 감성돔 위내 동물플랑크톤.	93
그림 29. 감성돔 자,치어의 성장단계에 따른 동물플랑크톤 섭식량.	94
그림 30. 감성돔의 육상수조 및 사육기간에 따른 기형률.	98
그림 31. 입식시기에 따른 감성돔의 생존율.	99
그림 32. 종묘생산기간 중 동·식물플랑크톤의 개체밀도 변화.	103
그림 33. 육상수조 및 노지에서 사육된 감성돔종묘의 기형률.	104
그림 34. 육상수조에서 생산된 감성돔 종묘의 기형.	106
그림 35. 육상수조에서 생산된 감성돔 종묘 성장 추세선.	107
그림 36. 노지에서 생산된 감성돔 종묘의 성장 추세선.	108
그림 37. 해적생물 망둑어에 의한 감성돔 치어의 피해.	110
그림 38. 가숭어의 시기별 생식선의 성숙도 지수.	118
그림 39. 축제식 양식장에서 가숭어 자,치어의 전장 및 체중의 변화.	122
그림 40. 가숭어 축제식 양식장의 실험기간동안 수온 및 기온변화.	127
그림 41. 가숭어 축제식 양식장의 월별 수온 변화.	128
그림 42. 가숭어 축제식 양식장의 염분도 및 용존산소 변화.	129
그림 43. 가숭어 축제식 양식장의 NO ₂ 변화.	131
그림 44. 가숭어 축제식 양식장의 NO ₃ 변화.	132
그림 45. 가숭어 축제식 양식장의 NH ₄ 변화.	133
그림 46. 가숭어 축제식 양식장의 DIN 변화.	134
그림 47. 가숭어 축제식 양식장의 PO ₄ 변화.	135
그림 48. 가숭어 축제식 양식장에 출현된 플랑크톤의 종조성 및 밀도.	136

제 1 장 서 론

우리나라 서해안 해수 중에는 풍부한 영양염이 함유되어 동·식물 플랑크톤이 고밀도로 분포하고 있어 해산어류 종묘생산을 위한 천혜의 수질환경 여건을 지니고 있는 것으로 평가되고 있다. 또한 간척지, 폐염전 등 종묘 생산장으로 활용할 수 있는 장소가 조성되어 있다. 이러한 조건을 활용하여 1960년대 후반부터 보리새우 및 대하의 양식이 시도되어, 70년대와 80년대에 새우류 양식이 성행하였다. 그러나 바이러스성 질병으로 인해 생산성이 크게 저하되고 있어, 최근에는 양식을 포기하여 유힬 양식장 상태로 방치되고 있는 실정이다.

한편 서해안에 위치한 축제식 양식장은 봄철에 연안 수온보다 1개월 정도 빨리 상승하기 때문에 비교적 높은 수온을 유지할 수 있는 장점을 지니고 있다. 이러한 장점을 이용하여 조피볼락, 감성돔 및 가숭어 등의 종묘생산이 시도되고 있으나, 아직까지 체계적인 생산 기법이 정립되어 있지 못하여 생산성 낮고 실패를 거듭하고 있는 실정이다.

따라서 이러한 문제점을 해결하여 축제식 양식장을 활용한 체계적인 어류종묘 생산 정립하기 위해서 1) 축제식 양식장의 수질 환경 분석 2) 축제식 양식장에 분포하는 동·식물성 플랑크톤의 생태 및 유용플랑크톤의 대량배양 3) 축제식 양식장을 이용한 체계적인 어류종묘생산 기술개발을 하였다.

제 2 장 양식장 수질환경

제 1 절 서 론

서해안 일대에 위치에 있는 축제식 양식장을 이용하여 어류종묘생산이 시도 있으나, 수질환경에 대한 정보는 없는 상태이다. 수산동물의 성장은 염분 및 온도 등과 밀접한 관련이 있으며 (Okamasao, 1970; Wang, 1983), 특히 암모니아, 아질산, 황화수소 및 용존산소등의 수질환경 요인은 성장과 생존율에 있어 제한요소로 작용한다 (Chen and Lin, 1991; Chen and Kou, 1992; Alacaraz et al., 1997). 황화수소가 존재하는 수역에 서식하는 수생생물들은 생리활동에 많은 피해를 받게되고, 극단적인 경우에는 집단 사망을 초래하는 것은 일반적으로 알려진 사실이다. (Brongersma-Sanders, 1975; Swanson and Sundermann, 1979). 따라서 축제식양식장을 이용하여 어류종묘생산시 수질환경을 수시로 모니터링하여 체계화시키는 것은 생산성 증대와 대량폐사를 막을 수 있는 대단히 중요한 사항이라고 할 수 있다. 또한 서해안 축제식양식장은 위치가 높아 조수 간만차에 의해 영향을 받아 극히 제한적이며(한달에 10일 정도) 용존산소 부족 등의 문제가 있어 어류 종묘생산에 많은 제약은 가져올 것으로 판단된다. 그러므로 기초적인 수질환경 측정은 축제식 양식장의 효율적인 이용과 이를 이용한 어류종묘생산시 생산성 증대를 위한 필요사항으로 판단된다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 수질환경분석

수질환경분석은 순천향대학교 해양수산연구소의 축제식 양식장과 충남 당진 소재의 축제식 양식장을 활용하였다 (그림 1).

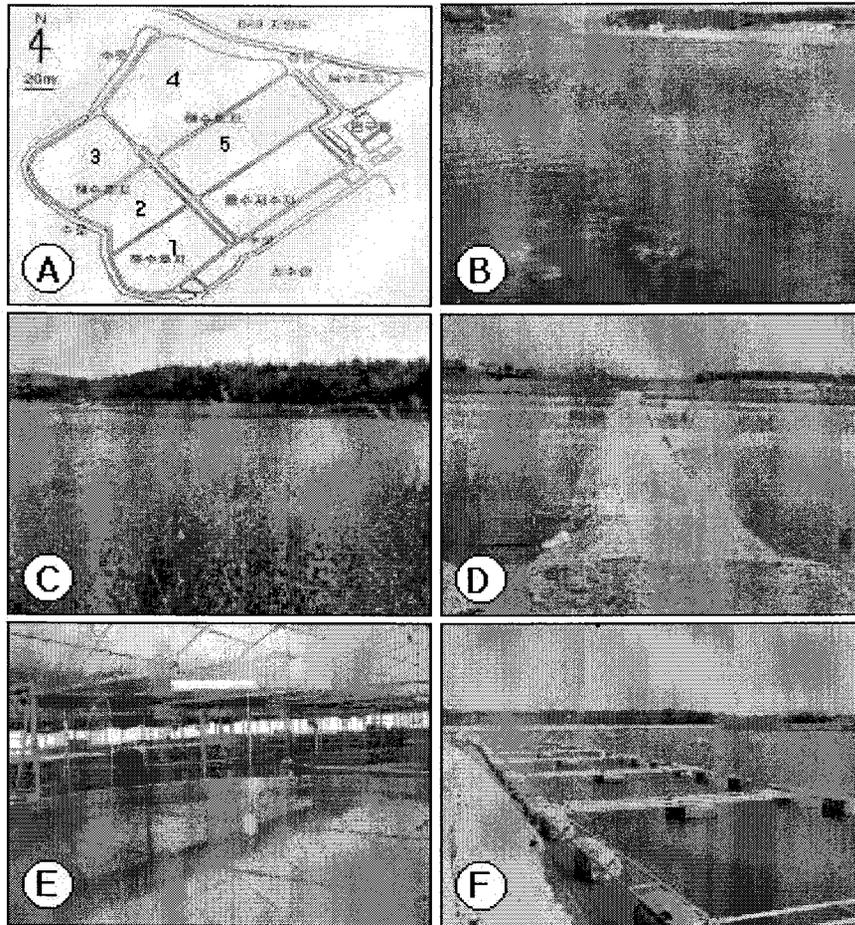


그림 1. 실험에 사용된 축제식 양식장의 호지.

- A, 순천향대 해양수산연구소평면도; B, 조피볼락 종묘생산용 호지(9,000평);
- C, 감성돔 종묘생산용 호지(4,000평); D, 실험호지 (250평-400평);
- E, 감성돔 초기사육에 사용한 실내수조; F, 가숭어종묘생산용 호지 (20,000평)

가. 순천향대학교 해양수산연구소

1) 수질환경조사방법

수질 환경조사는 그림 2와 같이 구획된 양식장 및 인접한 연안수를 대상으로 월 1~4회 채수하여 실험실로 운반하여 일반 수질과 영양염 분석을 통해 환경 변동성 및 먹이생물 발생관계를 구명하였다. 또한 주 생산시기에는 월 4회 이상 현장조사와 양식장 수질을 분석하여 어류종묘생산시 기초자료로 활용하였다.

2) 수온

Data logger (Hobo co, England)를 이용하여 1시간 간격으로 수온을 측정할 수 있도록 프로그램하여 수심 1 m 전후의 위치에 부자를 설치하여 실험호지별로 측정하였고, 연안수는 인근 가두리 양식장에 매달아 측정하였다.

3) pH, DO, Salinity 및 염양염

수소이온농도, 용존산소 및 염분도는 매일 측정하였으며, 각 실험호지별로 채수된 물은 실험실로 운반하여 냉동 보관한 후 $PO_4\text{-P}$, $NH_4\text{-N}$, $NO_2\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$, DIN의 영양염을 분석하였다.

나. 가숭어 축제식양식장

1) 수질환경조사방법

가숭어 축제식양식장의 수질 환경조사를 위해 양식장은 매일, 연안수는 월 2~3회씩 채집하여 일반수질과 영양염을 분석하였다.

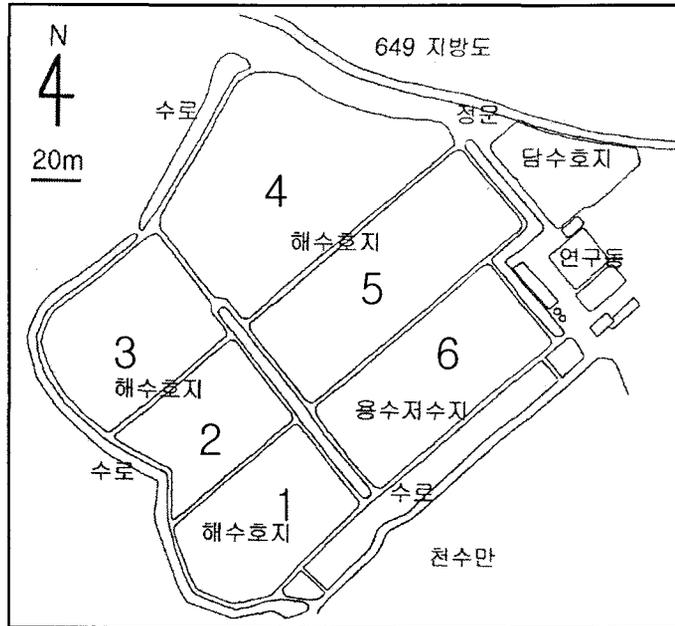


그림 2. 실험호지 평면도

위치 : 충남 태안군 남면 당암리 19-18 (천수만 북쪽)

면적 : 50,000평 (축제식 노지 : 35,000평, 육상 수조식 수조시설 : 900평,
연구시설 500평)

2호지(4,000평) : 500 평 6개, 700평 2개로 분할사용

(2-A, 2-B, 2-C, 2-D, 2-E, 2-F, 2-G, 2-H)

3호지(4,000평), 4호지(10,000평): 대량종묘생산(조피볼락, 감성돔, 가숭어 등)

6호지 (8,000평): 수량 부족을 고려하여 저수지로 활용

2) 양식장 퇴적물 조사

퇴적물 환경조사는 실험호지와 인접 연안을 대상으로 월 1~4회 시료를 채취하여 황화물, 강염감량, 입도, COD을 분석하였으며 주 생산시기에는 월 4회 이상 퇴적물을 채집하여 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 순천향대학교 해양수산연구소

가. 수온변화

실험기간 중 연안수의 수온변화는 2월 2일에 1.96℃, 3월 1일에 3.22℃, 4월 1일에 7.0℃로 완만하게 상승하였다. 이후 일조량의 증가와 함께 수온도 급격하게 상승하기 시작하여 5월 1일에는 13.5℃, 6월 1일에는 19.0℃를 나타내었다 (그림 3). 한편 저수지 및 각 양식장의 수온은 날씨 및 기온에 크게 영향을 받아 4월 1일에는 10.1℃, 5월 1일에는 19.1℃, 6월 1일에는 24.5℃를 나타내었다.

나. pH, DO, Salinity, 영양염 변화

실험기간동안 pH 변화는 7.2~8.8, DO는 5.2~9.9 mg/l, 염분도는 32~34‰로 나타났다 (표 1, 그림 4, 5). 모든 실험호지가 전체적으로 안정된 수치를 보였다. 실험기간 중 영양염 변화는 아질산염(Nitrite, NO₂⁻) 농도가 4월에는 0.0002~0.0176 mg/l, 5월에는 0.0002~0.0024mg/l의 분포를 나타내었다. 연안수와 저수지의 경우 연안수가 다소 높은 수치를 나타낸 반면, 3호지, 2-A, D, G호지는 값은 안정적인 분포를 나타내었다. 4호지는 3월29일부터 4월23일까지는 값이 상승한 후 다시 안정된 수치로 내려갔다 (그림 6). 질산염(Nitrate, NO₃⁻)의 농도는 4월에 0.0018~0.1296mg/l, 5월에는 0.0014~0.6848 mg/l의 분포를 나타내었으며 (그림 7), 암모니아(Ammonium, NH₄⁺) 농도는 4월에 0.0307~0.2981 mg/l, 5월에는 0.0293~0.3365 mg/l의 분포를 나타내었다 (그림 8). 용존 무기질소(DIN)의 농도는 4월에 0.0352~0.355 mg/l, 5월에 0.044~0.3527 mg/l를 나타내었으며 (그림 9) 인산염(Phosphate, PO₄³⁻)은 4월에 0.0011~0.0266 mg/l, 5월에 0.0001~0.0498 mg/l의 분포를 나타내었다 (그림 10). 모든 실험호지의 수질분석한 결과 생활환경 II등급 기준(0.6mg/l 이하)이내를 나타내었다.

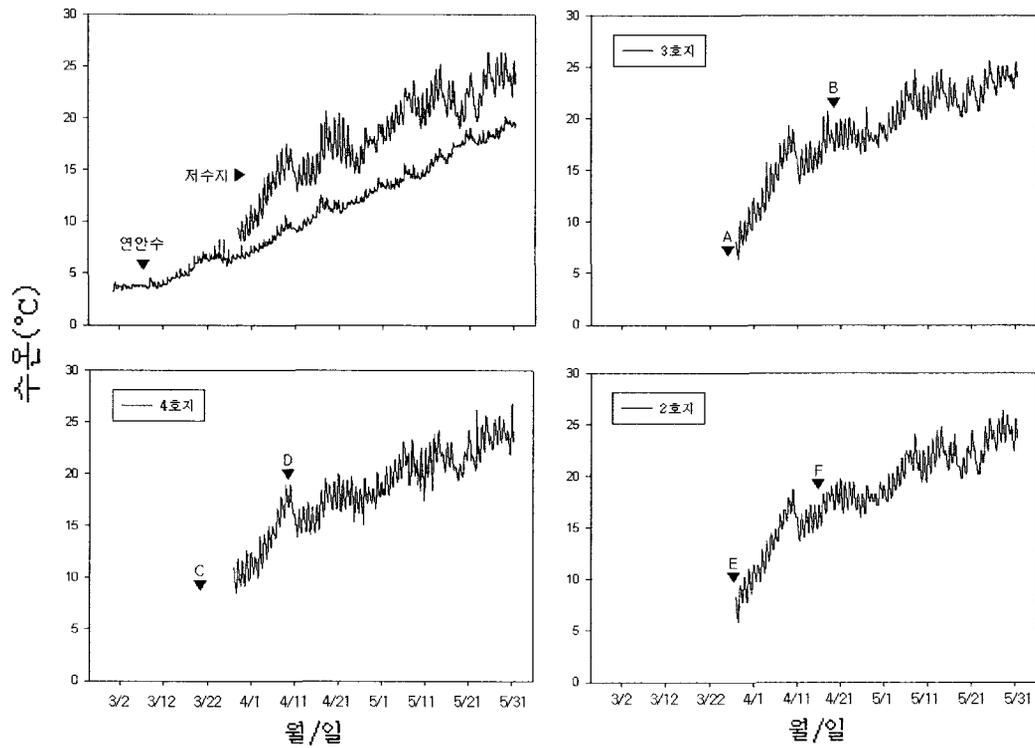


그림 3. 실험 기간 중 연안수 및 각 실험호지의 수온 변화, 시비 및 자치어 수용
 A, 3호지 알팔파 시비(3월 26일); B, 감성돔 자어수용(부화 17일째, 4월 18일)
 C, 4호지 유안 및 계분시비(3월 20일); D, 조피볼락 친어 수용(4월 10일);
 E, 다양한 시비제 시비(3월 28일); F, 조피볼락 출산 자어 수용(4월 15일).

표 1. 실험호지 수질환경

실험어종 입식방법	수질환경		
	pH	DO(mg/L)	염분도(‰)
감성돔			
A	7.9~8.8	5.2~9.9	32~34
B	7.2~8.7	5.9~9.7	32~34
C	7.9~8.8	6.2~9.9	32~34
조피볼락			
D	7.2~8.7	5.9~9.7	32~34
E	7.9~8.8	6.2~9.9	32~34

A: 수정난을 직접 입식 호지, B: 부화 7일 후 방양 호지, C: 부화 14일 후 방양 호지,
D: 친어를 직접 수용하여 출산유도한 호지, E: 육상수조에서 출산유도 후 방양 호지.

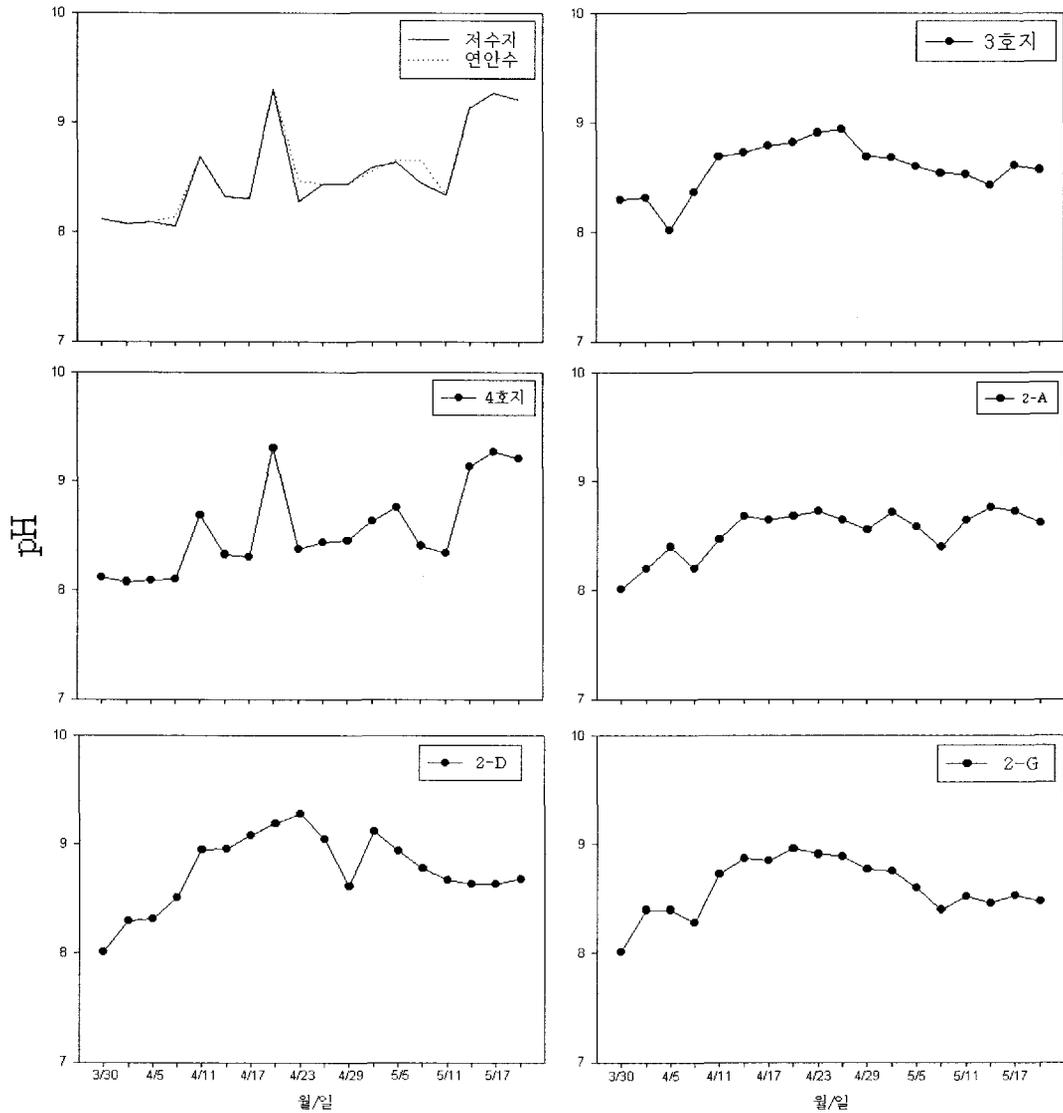


그림 4. 연안수 및 실험호지의 pH 변화.

2-A호지- Not treatment , 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파, 3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분

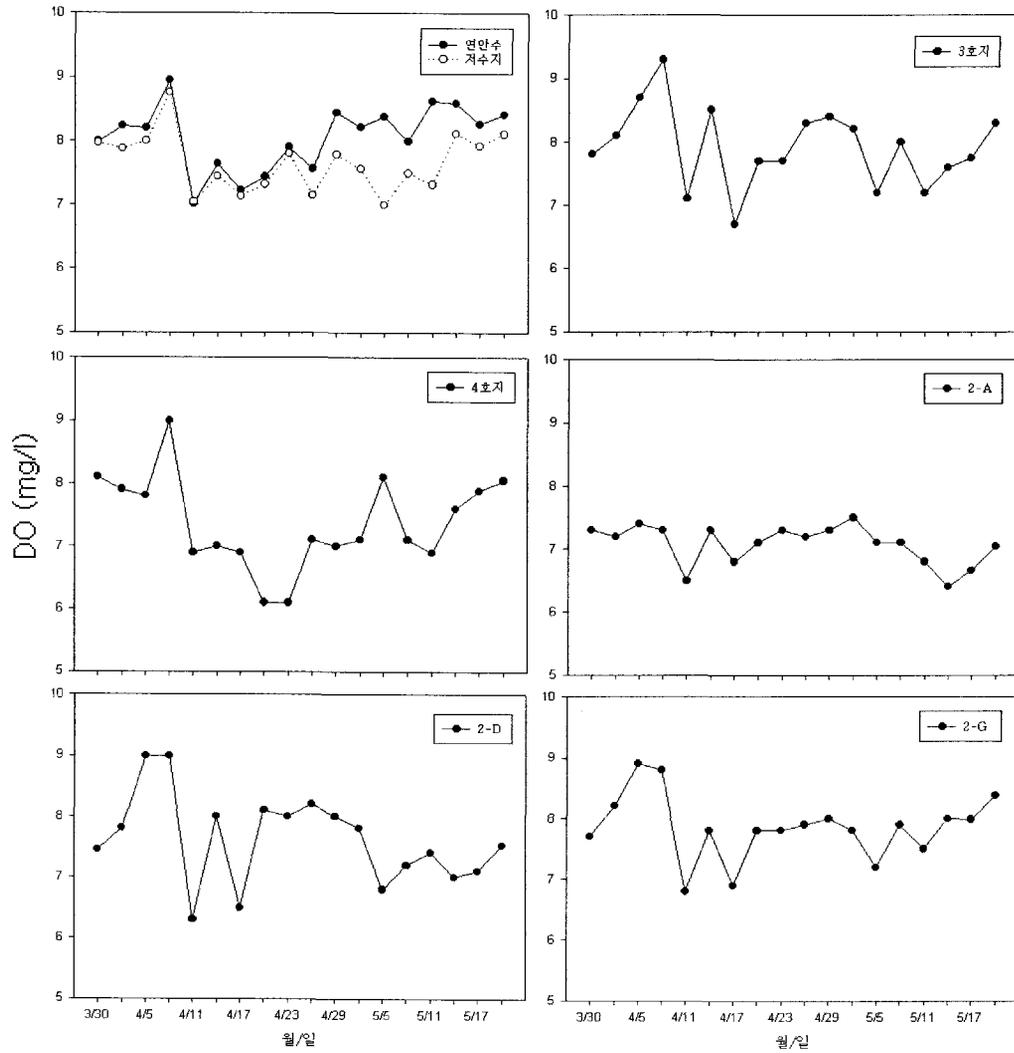


그림 5. 연안수 및 실험호지의 용존산소량(DO) 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파,
 3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분.

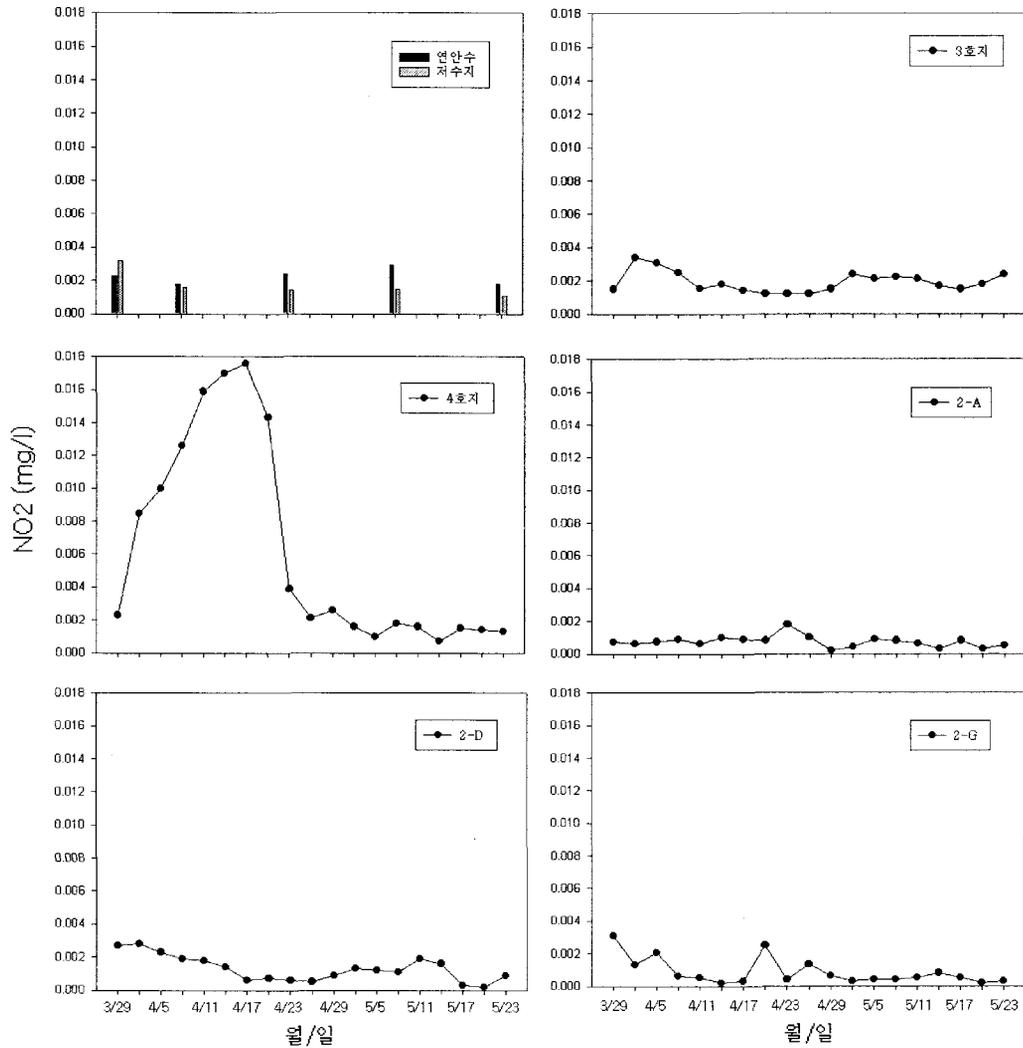


그림 6. 연안수 및 실험호지의 NO₂ 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파
 3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분.

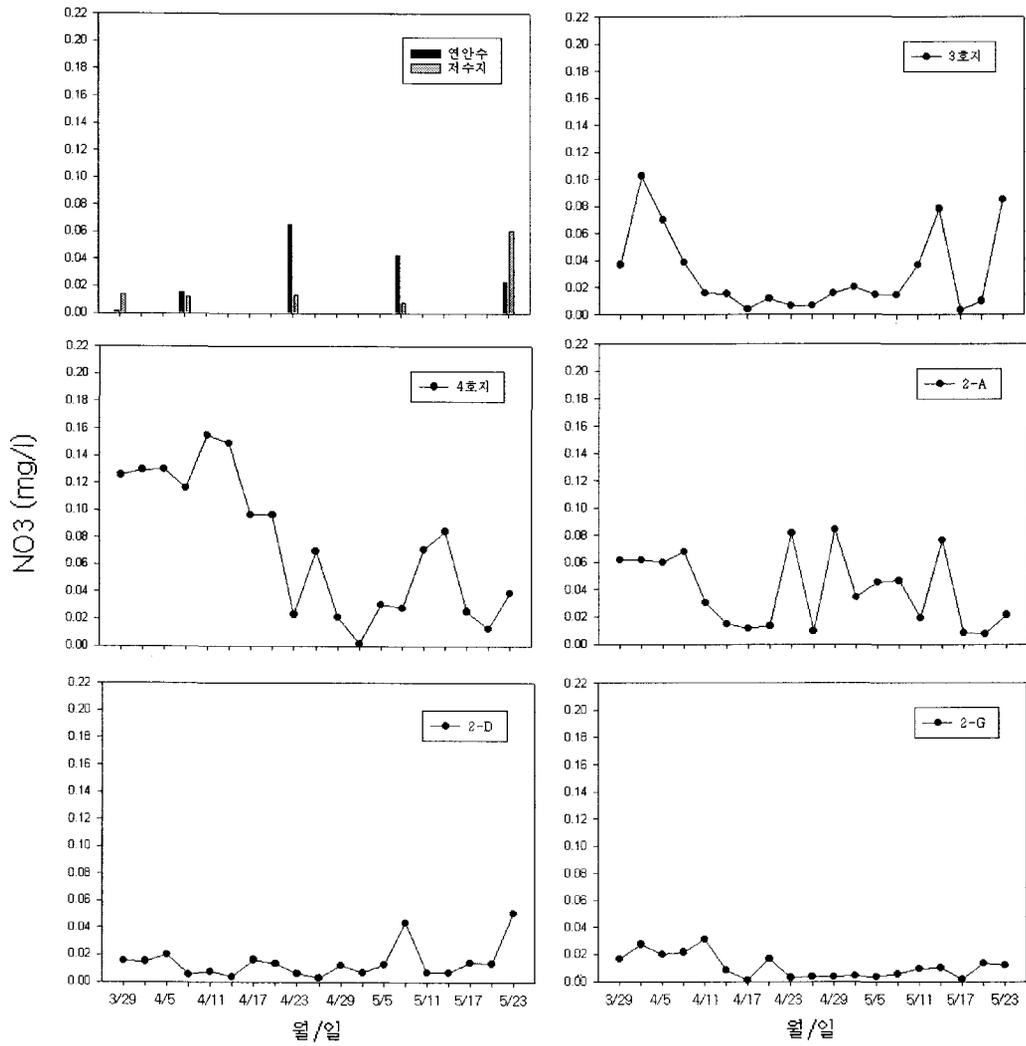


그림 7. 연안수 및 실험호지의 NO₃ 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파
 3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분

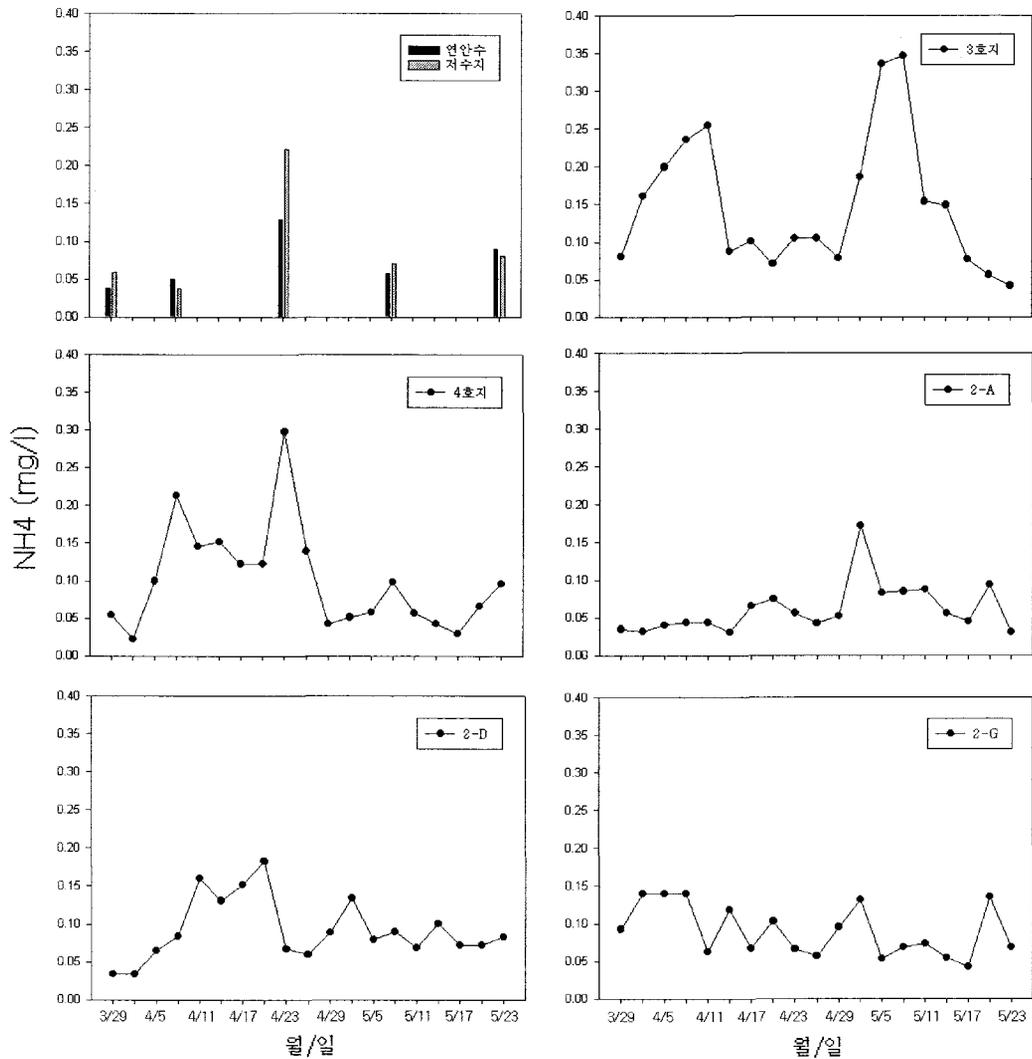


그림 8. 연안수 및 실험호지의 NH₄ 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파
 3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분.

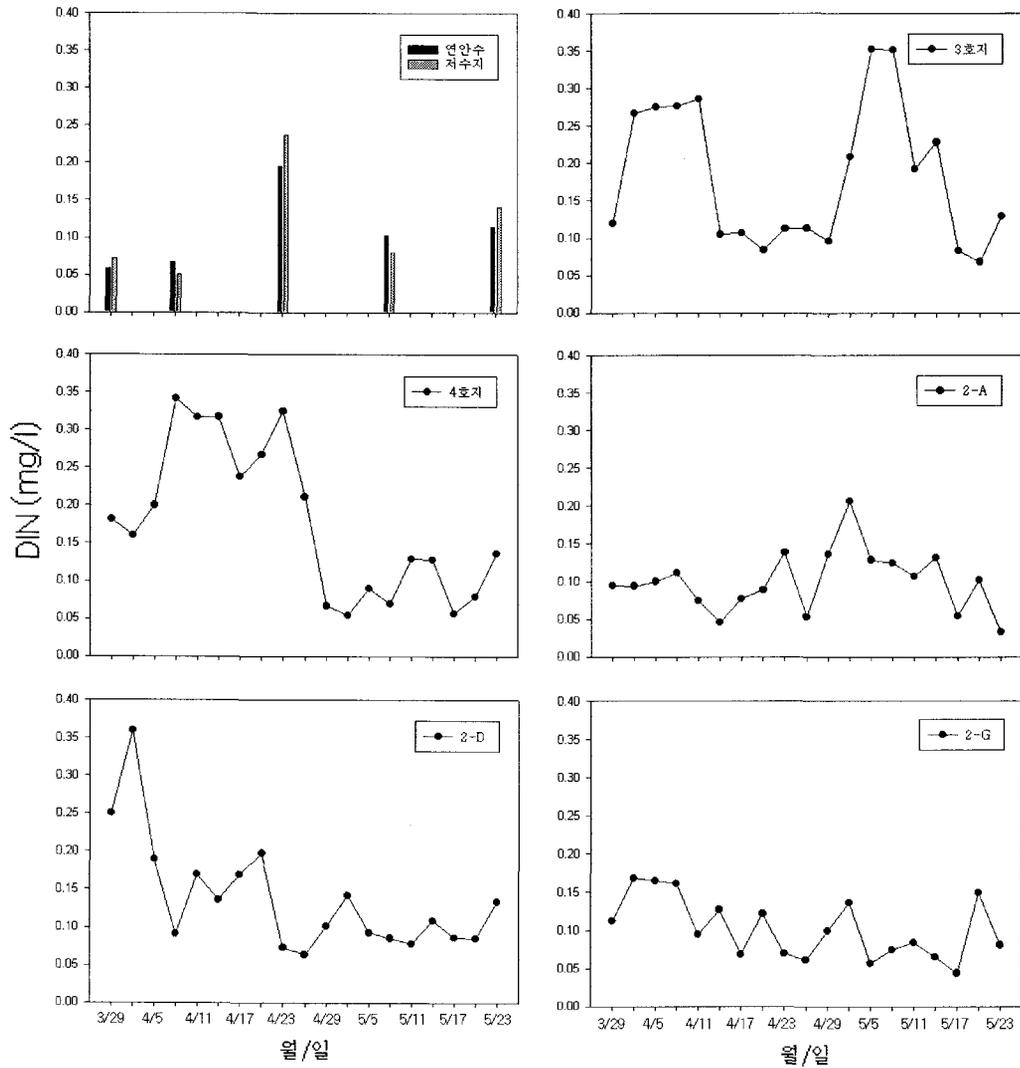


그림 9. 연안수 및 실험호지의 DIN 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파,
3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분.

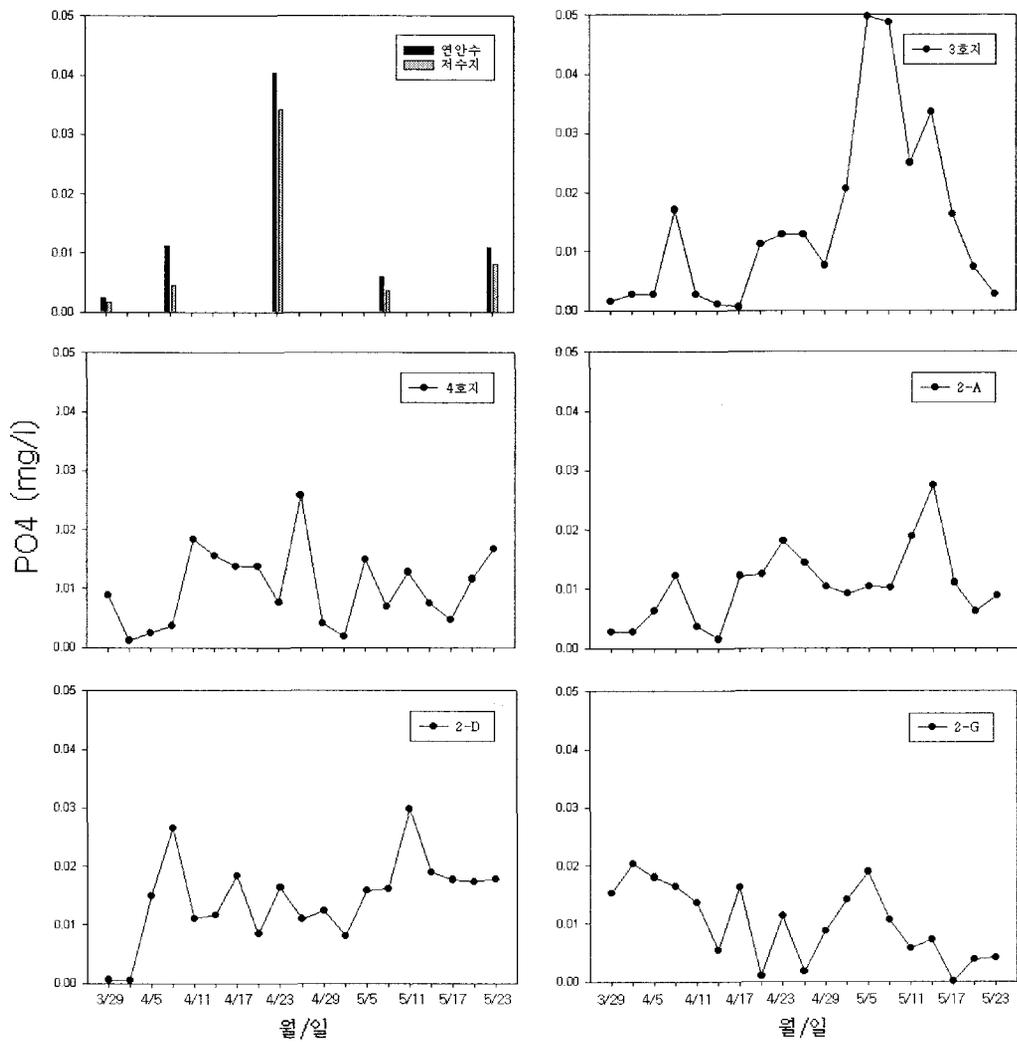


그림 10. 연안수 및 실험호지의 PO₄ 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-D- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파,
3호지- 화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분.

2. 가숭어 축제식양식장

가. 축제식양식장의 수온변화

양성 시험기간 동안 사육지의 월별 수온변화는 그림 11과 같이 4월중 연안수 온은 17.7℃였으며, 일사량 증가와 함께 지속적인 수온 상승으로 치어 방양 시기인 7월 초순 25℃를 상회하는 수온이 유지되었다. 치어 방양 후 용존산소량 변화는 7.0ppm 전후의 범위를 보였으며, 사육수의 염분은 강우시 소폭 변동은 있었으나 27~30‰로 나타났다 (그림 12).

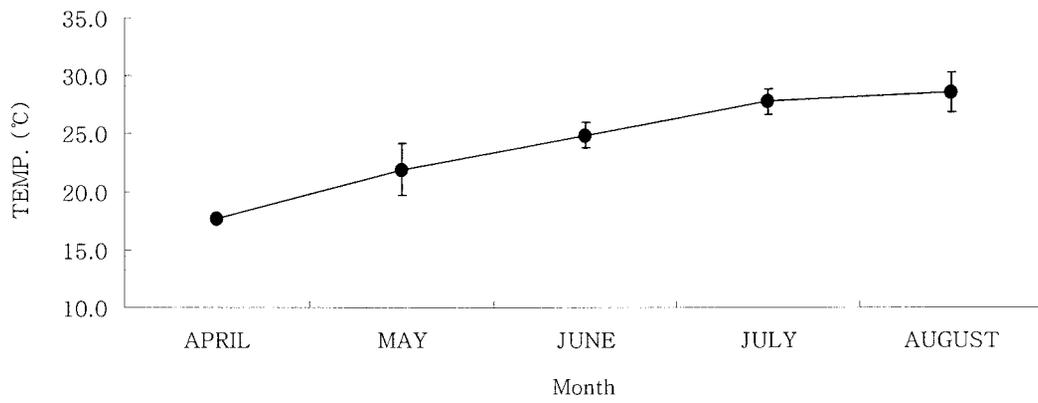


그림 11. 가숭어 축제식양식장의 월별 수온변화.

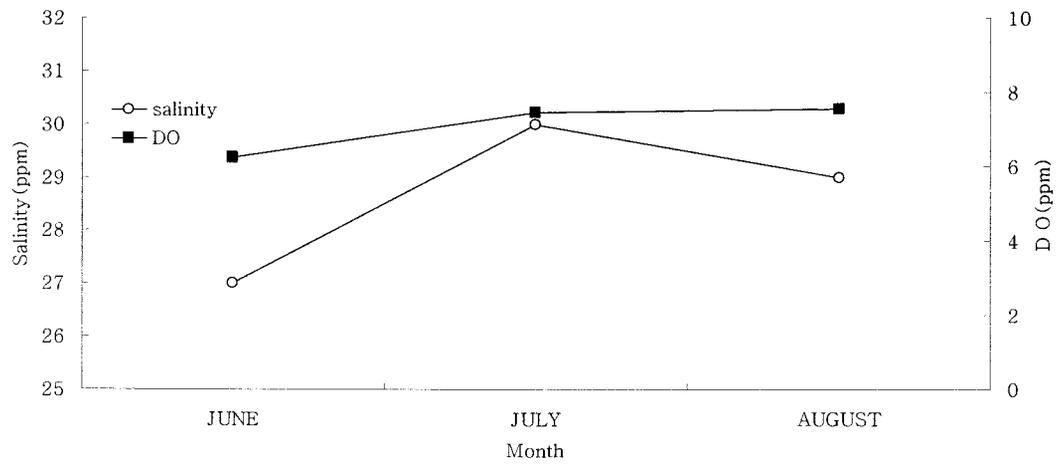


그림 12. 가숭어 축제양식장의 월별 염분도 및 용존산소.

나. 영양염

가숭어 축제식양식장의 영양염류 분석결과 NO_2 농도는 0.017~0.0022 ppm, NO_3 는 0.0351~0.0657 ppm, NH_4 는 0.0673~0.0752 ppm, DIN은 0.1000~0.1428 ppm 그리고 PO_4 는 0.0045~0.0126 ppm으로 나타났다 (그림 13).

다. 축제식양식장의 퇴적물분석

가숭어 종묘생산용 축제식 양식장의 저질퇴적물은 저질입도의 부니량이 증가하였으며, 황하물과 화학적 산소요구량이 현저히 증가하여 종묘 양성에 의한 저질의 부영양화 영향을 받는 것으로 조사되었다 (표 2).

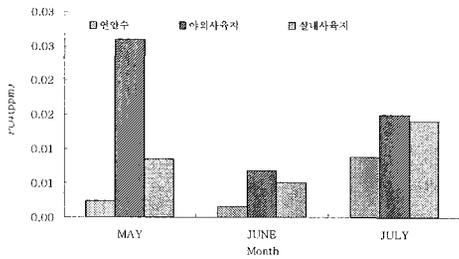
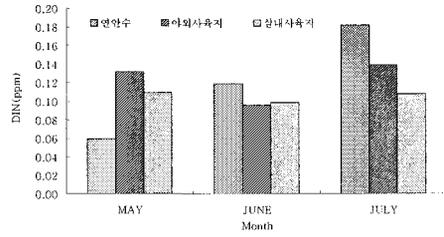
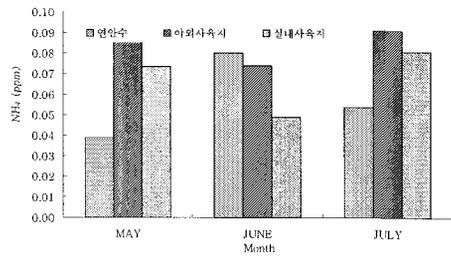
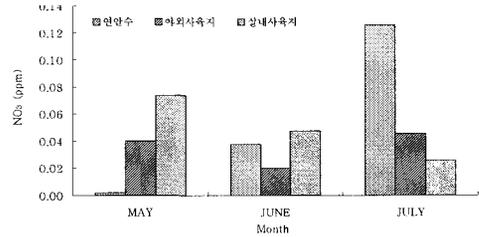
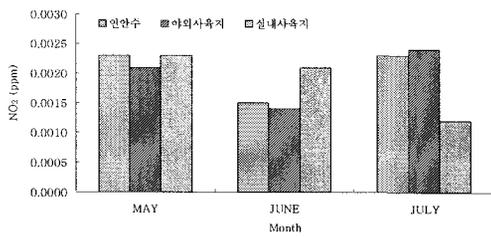


그림 13. 연안수, 아외 및 실내사육지 NO₂, NO₃, NH₄, DIN, PO₄ 농도변화

표 2. 가숭어 축제식 양식장의 입도, 황화물, 강열감량 및 COD변화

조사연월		입도(%)		황화물	강열감량	COD
년	월	>0.062mm	<0.062mm	mg/g.d	IL(%)	mg/g.d
2002	4	27.32	72.68	0.265	5.82	11.71
	7	24.25	75.75	0.413	5.13	17.64

제 3 장 동·식물플랑크톤 조사 및 대량배양

제 1 절 서 론

축제식양식장의 기초적인 생태연구는 이들의 폐쇄생태계 (Closed ecosystem)를 이해하는데 필수적이다. 특히 최근에는 축제식양식장을 이용한 어류 및 갑각류양식을 시도하고 있으나 생산성을 향상시키지 못하고 있다. 따라서 이들에 대한 기초자료 없이는 좋은 성과를 기대하기 힘들며, 해양생태계를 이해하는데 필수적인 해양동,식물 플랑크톤의 종조성, 우점종, 풍부도등의 구명은 생물학적으로 중요한 요인뿐만 아니라 초기먹이생물로서의 가치로서도 매우 중요하다.

해양환경에서 미세조류의 생태학적인 중요성은 이미 1950년대 후반부터 인식되기 시작하였다 (Yentzsch and Ryther, 1959; Gilmartin, 1964). 생태계 전반에 걸쳐 광합성에 의해 생산되는 유기물의 연중 생산량은 2×10^{11} 톤으로 추정되고 있다. 그중 식물성 플랑크톤 총 생산량의 50% 이상을 차지하고 있으며, 이는 수산 생물분야에 있어서의 미세 조류의 중요성을 시사한다고 하겠다. 미세조류는 해양생태계의 1차 생산자로서 해양의 생물생산력을 좌우한다. 즉 모든 바다동물의 먹이 사슬은 미세조류를 일차 영양단계로 시작된다. 따라서 해양미세조류는 바다동물양식에서도 가장 중요한 일차먹이생물이 된다.

해양미세조류가 천해양식의 종묘생산과정에서 초기 먹이 생물로 이용되는 경우는 크게 두가지로 구분할 수 있다. 첫째, 먼저 동물성 먹이생물을 대량으로 배양하기 위해서 필요한 해양미세조류의 배양과 둘째, 해양미세조류 자체를 먹이로 섭취하는 초식성 무척추 동물의 유생사육을 위한 해양미세조류의 배양이다.

최근에는 천연 해양미세조류를 대체 할 수 있는 배합사료를 개발하고자 노력하고 있다. 그러나 아직 해양미세조류를 대체할 수 있는 미세한 입자의 개발은 이루어지지 않고 있는 실정이다. 축제식양식장 호지에서 부화한 유생들은 여러 종류의 부유생물 중 생물학적 활성도가 높은 먹이를 직접 선택하여 섭취할 수 있다. 그

러나 일반적으로 자연생태에서 부화된 유생들은 선택적인 먹이섭취를 하는 것이 아니라 해수중의 먹이가 입으로 자연히 흘러들어 섭취하게 되는 경우가 많고 이때의 먹이는 자연상태의 해양미세조류 가운데도 크기가 미세하고 다양한 nanoplankton (2~20 μ m)이라 할 수 있다.

미세조류의 크기분포는 먹이사슬 동태와 해양 생태계의 생태적 효율에 매우 중요한 영향을 미치고 있다 (Ryther, 1969; Parsons and LeBrasseur, 1970; Walsh, 1976; Malone, 1980). 따라서 본 연구는 축제식 양식장 내 동,식물플랑크톤의 생태계 조사 및 월별 미세조류의 변화를 조사하였다.

해양에서 먹이생물로서 중요한 위치에 있는 요각류는 특히 최근에 와서 먹이생물인 *Artemia*의 대체 먹이로서 관심이 집중되고 있다. 특히 축제식 양식장에서는 이들이 지니는 초기먹이생물로서의 역할이 매우 중요하다. 따라서 양식장에서 이들을 정량적으로 평가하는 연구와 자연상태에서의 번식생태학적인 연구는 축제식양식장의 활용하는데 있어 필수적인 연구로 판단된다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량 분석

축제식 양식장의 식물플랑크톤의 생태조사를 위하여 연안수와 모든 실험호지에서 1주일에 2회이상 채집을 통해 종조성 및 미세조류의 현존량을 조사하였다. 미세조류의 검경을 위한 시료채집은 450 ml sample bottle을 사용하였으며, 시료고정은 전체농도를 2%가 되게끔 중성포르말린으로 현장에서 고정하였다.

고정된 시료는 연구실로 운반하여 진동이 없는 상황하에서 5일 이상을 방치하여 침전되게 한 후 상층액을 siphon방식에 의하여 교란이 없이 제거하였다. 상층액이 제거된 시료는 McAlice의 처리방법에 따라 처리 후, Sedgewick-Rafter 침전법에 따라 농축시켜 Sedgwick-Rafter counting chamber를 사용하여 광학현미경의 저배율하(x100)에서 시료의 개체수를 계수하였다.

식물플랑크톤의 동정은 고배율(x400~1,000)하에서 녹조류, 규조류, 쌍편모조류, 편모조류를 중심으로 하였으며 동정이명은 Hasle and Syvertsen(1996), Steidinger and Tangen(1996), Thronsen(1993)을 근거로 종조성을 분류하였다. 동정된 시료는 종분류별로 단위 용량 1 m³당 세포수로 표기하고 동정에는 Abe(1967), Butcher(1959), Cupp(1943), Clever-Euler(1951-1955), Dodge(1982) 및 Hendy(1964)을 참고하였다. 시료의 군집 규명을 위하여 풍부도 지수는 Margalef(1958), 균등도 지수는 Pielou(1967) 그리고 우점도 지수는 McNaughton(1968)에 의하여 산출하였다.

2. 동물플랑크톤의 생태조사

동물 플랑크톤의 생태조사는 모든 실험호지에서 매주 2회 이상 채집하여 현장에서 중성포르말린에 고정 후, 실험실로 옮겨 이들의 종조성 및 개체수를 통한 양식장내에서 이들의 변화추이를 관찰하였다.

3. 종묘생산기간 중 우점종 조사

어류 종묘생산기간 동안 매주 2회 이상 동물플랑크톤을 채집하여 종조성, 요각류 및 개체수를 통해 우점종을 분석하여 대량배양시 기초자료로 활용하였다.

4. 곤쟁이류의 생활사 관찰

곤쟁이류는 본 대학교 해양수산연구소 내의 3천평 규모의 축제식 양식장에서 자연 발생된 개체를 채집하였다. 채집은 플랑크톤 넷과 소형 뜰채를 사용하여 주로 주간과 야간에 실시하였다. 채집은 매월 격주로 실시하였으며 채집된 표본은 현장에서 일정량은 10%의 중성 포르말린으로 고정하여 개체군의 특징과 생활사를 규명하였으며, 포란한 암컷은 실험실 사육수조로 옮겨 사육실험과 먹이실험을 실시하였다. 고정된 표본은 암컷과 수컷을 분리한 뒤 갑각장 (carapace length)과 전중을 stereomicroscope 와 전자식 저울 (electronic digital balance)을 이용하여 각각 측정하

였다. 이중 암컷은 포란의 유무를 관찰, 포란한 암컷은 복부내지(abdominal pleopods)에 부착된 난을 분리하여 계수한 뒤 해부를 해서 생식소의 발달 상태를 관찰하였다. 생식소 지수 및 생식에 의한 생산 (reproductive output)를 얻기 위해 80℃ 의 dry oven에 암컷, 난, 생식소를 각각 분리하여 넣은 뒤, 48시간 후에 꺼내서 이들의 건조 중량을 1 mg까지 측정할 수 있는 전자저울을 이용하여 측정하였다.

5. 요각류 초기유생 사육을 위한 적정배양조건 구명

초기먹이생물로 중요시되는 요각류 유생을 인위적 사육조건을 알아보기 위해 영양염을 달리하여 시비하였다. 시비한 호지의 동, 식물플랑크톤의 종조성 및 풍부도 변화 결과를 바탕으로 영양염의 종류, 농도 및 수온에 따른 요각류를 대량 번식할 수 있는 방법을 제시하였다.

6. 요각류 대량생산

요각류 대량생산은 초기유생사육을 통해 구명된 적정배양조건을 토대로 대량 생산할 수 있는 system을 제시하였으며, 또한 이를 이용한 집약식 양식시스템을 구축할 수 있는 방법을 제시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 식물플랑크톤 종조성 및 현존량 분석

가. 종조성

축제식양식장에서 실험기간 동안 출현한 미세 조류의 종 수는 총 3개의 식물문으로 분류되었으며 이중 규조식물문은 22개종으로 가장 많이 출현되었다. 와편모 식물문은 2개종, 남조식물문은 2개종으로 분류되었으며, 녹조류는 출현되지 않았다. 연안수와 저수지에서는 각각 규조식물문과 와편모식물문에서 3개종과 4개종이 출현

하여 가장 빈약한 종 조성을 보여주었으며, 실험호지 C에서는 가장 많은 종조성을 보였다 (그림 14).

규조식물문인 *Diplopsalis* sp.과 와편모식물문인 *Exuviaella* sp. 의 경우에는 실험기간 내내 전지역에서 출현하였으며, 출현종에 있어서는 *Exuviaella* sp. 가 전체 출현종 중 55.64%를 차지하여 우점종으로 나타났으며, *Diplopsalis* sp.는 27.59%, *Eucampia zoodiacus* 는 4.90%의 분포를 나타내었다. 그 밖의 종들은 0.02~2.80%의 분포를 보였다. 총 출현한 26종 중 규조식물문이 38.41%로 22종으로 가장 많은 종조성을 보였으며, 와편모식물문이 61.48%, 남조류가 0.11%로 각각 2종이 동정되었다 (그림 15).

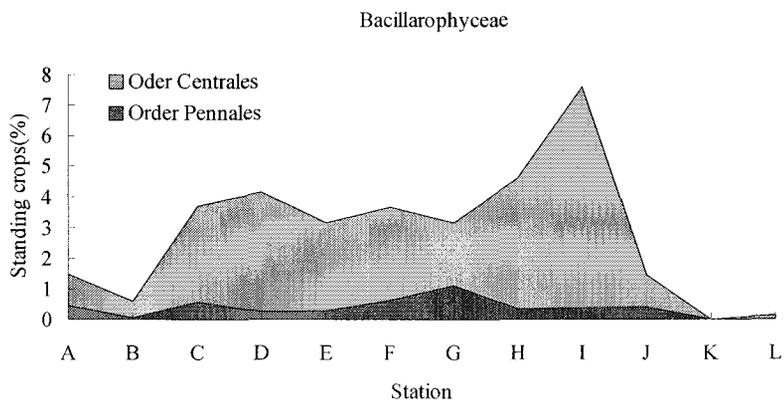
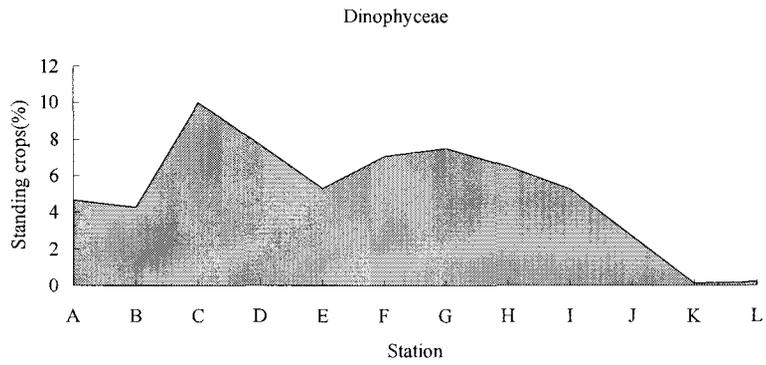
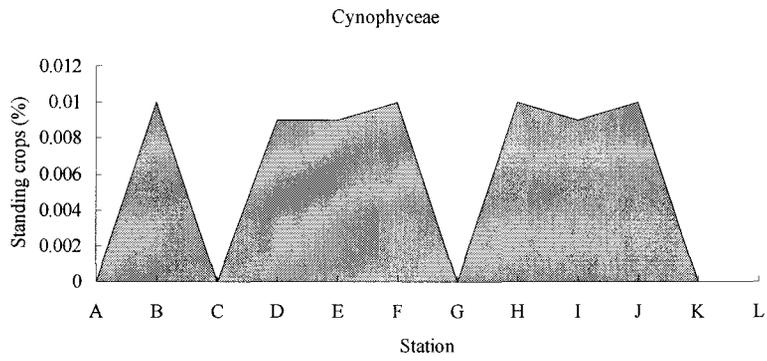


그림 14. 실험호지에 출현한 Bacillaroiphyta, Dinophyta, Cyanophyta
 A, B, C, D, E, F, G, H : 실험호지,
 I : 연안수, J : 저수지(5,000평), K : 3호지 (4,000평), L : 4호지(9,000평)

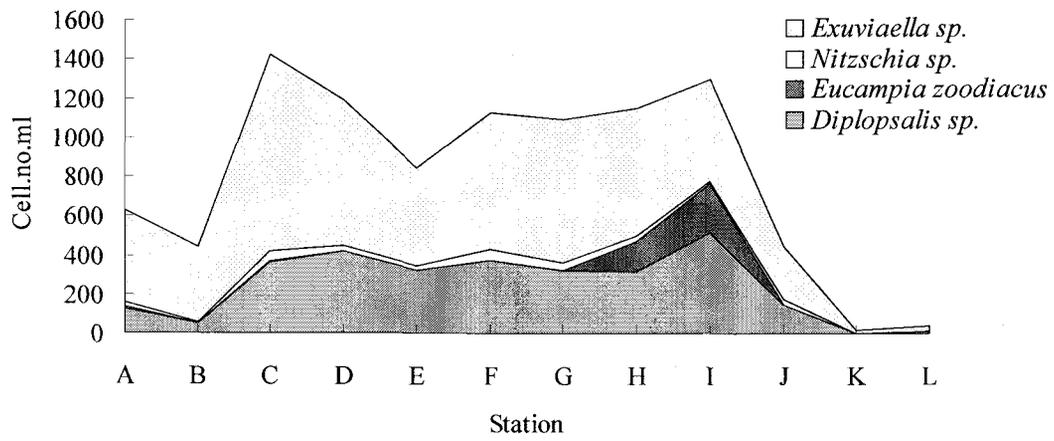


그림 15. 축제식 양식장에 출현한 우점종 미세조류의 분포.

A, B, C, D, E, F, G, H : 실험호지,

I : 연안수, J : 저수지(5,000평), K : 3호지 (4,000평), L : 4호지(9,000평).

나. 현존량

미세조류의 현존량은 연안수가 16×10^3 cells/ ℓ 으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, 3호지가 $1,359 \times 10^3$ cells/ ℓ 으로 최고를 나타내어 약 84배의 변화의 폭을 나타냈다(그림 16, 17). 생태계의 안정도를 조사하기 위하여 산출한 다양도 지수는 실험호지, 연안수 및 저수지의 평균 다양도 지수가 각각 1.22이고, 가장 낮은 지수를 보인 지점은 저수지로 0.60 이었으며, 가장 높은 지수를 보인 지점은 실험호지 B로 13.2를 나타내었다. 또한 균등도 지수는 평균 0.65를 나타냈다.

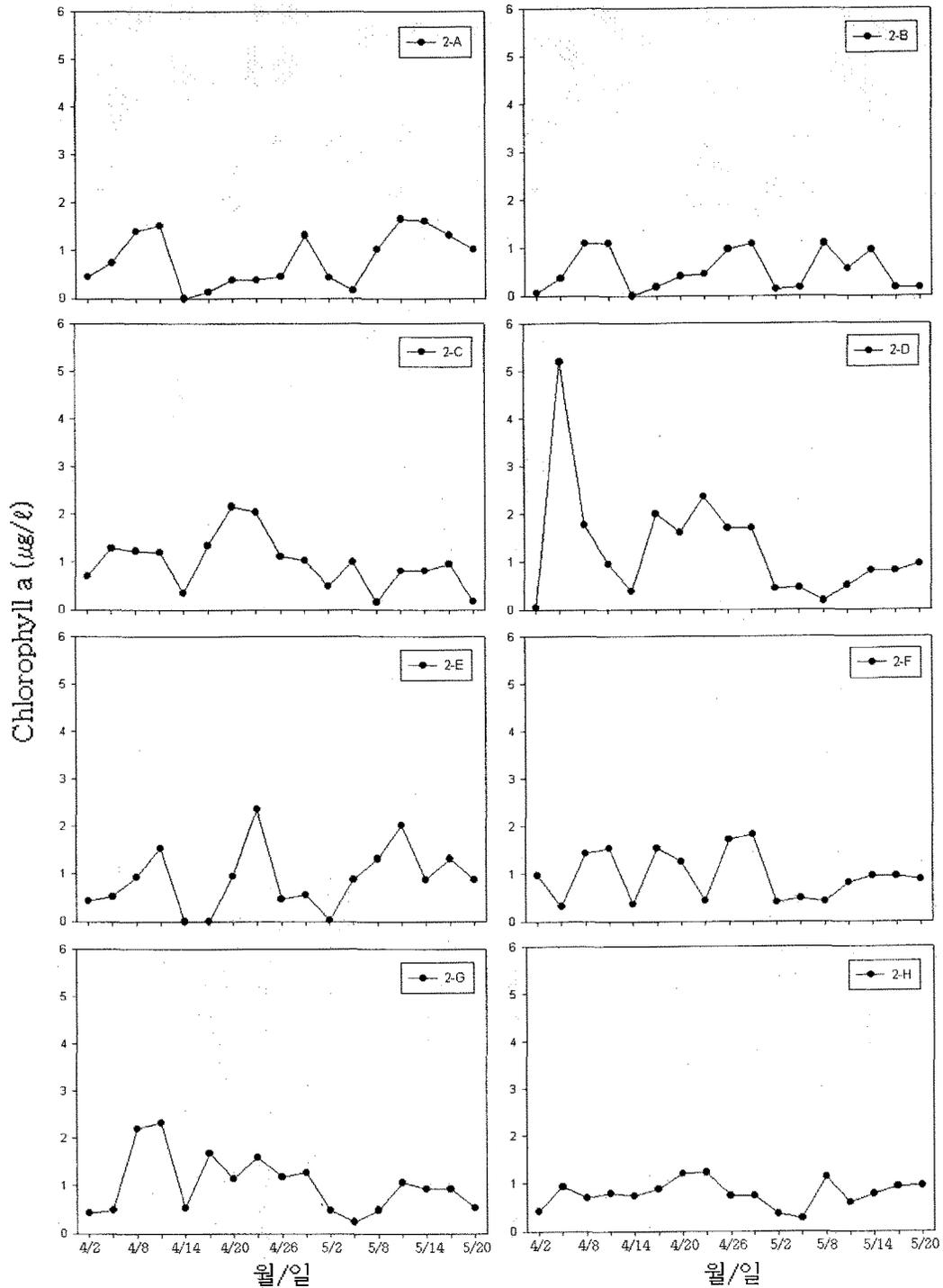


그림 16. 실험호지의 클로로필 a 함량 변화.

2-A호지- Not treatment, 2-B호지- 계분, 2-C호지- 화학비료, 2-D- 화학비료+계분,
 2-E호지- 알팔파, 2-F호지- 화학비료+계분, 2-G호지- 화학비료+계분+알팔파,
 2-H호지- 화학비료.

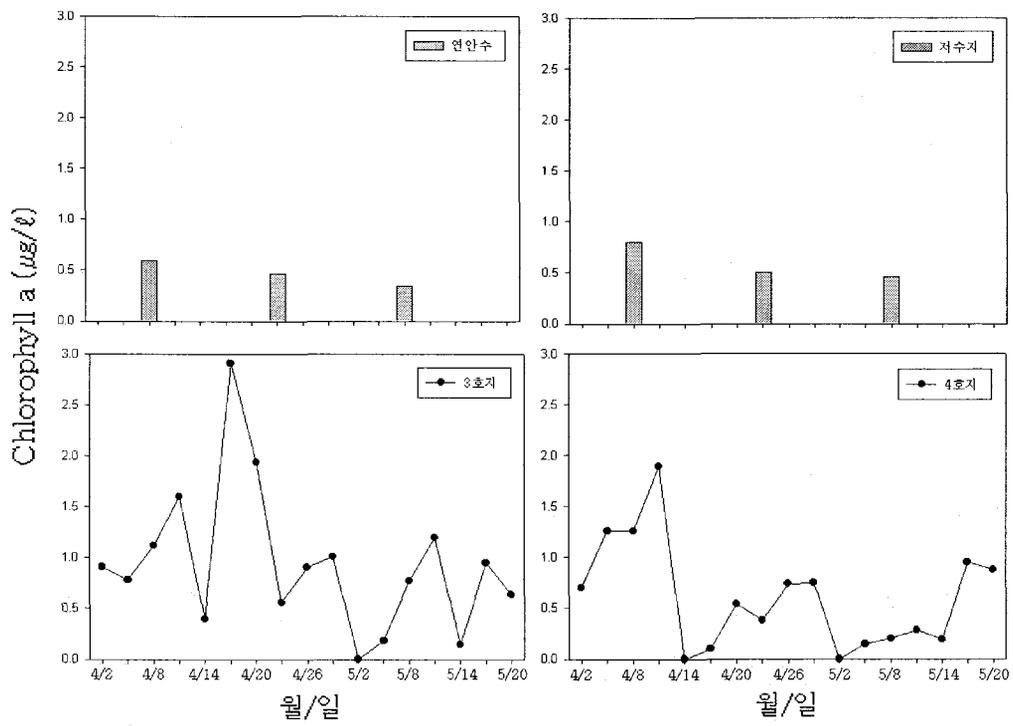


그림 17. 실험호지의 클로로필 a 함량 변화.

3호지-화학비료+알팔파, 4호지- 화학비료+계분.

2. 동물플랑크톤의 생태조사

일반적으로 연안해역은 외해에 비해 환경 변화가 심하며, 특히 만은 수리 역학적인 특성이 다양하므로 만내 동물성 부유생물의 종조성 및 분포 양상도 이러한 환경 요인에 의해 변화한다(Lee, 1972; Suh *et al.*, 1991). 그리하여 호지내 동물플랑크톤의 종구성은 매우 독특한 특징을 보인다.

동물 플랑크톤의 주 산란 시기는 양식장의 수온이 15°C 이상으로 상승하기 시작하는 4, 5 및 6월로 생각된다. 각 종류의 유생이 봄과 여름에 걸쳐 지속적인 출현을 보이고는 있으나 채집된 동물플랑크톤의 총 개체수에 비교해 볼 때 요각류가 다른 종류에 비해 개체수에 있어서 현저하게 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그러나 호지내에서의 어류와 같은 포식종은 그들의 먹이를 주로 요각류를 섭이하는 것을 볼 때 요각류의 개체밀도가 양식 어류의 초기먹이 제공에 큰 영향을 미칠 것으로 생각된다.

본 조사에서 요각류 중 우점적으로 출현한 *Acartia*의 경우, 유기오염 지표성 종으로 알려져 있다(Yamazi, 1956; ueda, 1986). 특히 부산항에서 *Acartia omorii*는 COD와 높은 상관관계를 나타내고있는 것을 볼 수 있다(Hong *et al.*, 1994). 본 연구에서 4호지의 경우 DIN의 증가와 *Acartia hongii*의 증가와 다소 연관성을 볼 수 있었으며, 3호지의 경우는 관련성이 나타나지 않았다.

호지내에서의 동물플랑크톤의 우점종 출현은 시기별로 큰 차이를 나타내는 것 같다. 특이한 것은 호지의 경우 호지의 특징과 환경 변화에 따라 그 종의 구성이 많은 차이가 나타나는 것을 볼 수 있었다. 3호지의 경우 *Farella*가 우점적인 반면, 4호지는 갯지렁이 유생이 우점적으로 나타났다. 이러한 현상은 앞으로 호지에 서식하는 동물 플랑크톤의 우점종 구성에 따라 이들을 먹이로 하는 양식종의 선택을 달리하여야 할 것으로 사료된다.

3. 종묘생산기간 중 우점종

조사기간 동안 호지내에 출현한 동물성 부유생물의 종 수를 분류한 결과 2001년 4월의 경우 총 11종이며, 5월의 경우도 11종으로 출현하였다. 또한 호지별 출현 종수를 보면, 3호지의 경우 11종이며, 4호지의 경우 10종으로 나타났다. 즉 어류 중요생산기간 중 월별 및 호지별 출현 종수의 차이는 나지 않는 것으로 생각된다.

그러나 월별 및 호지별로 출현한 동물플랑크톤의 개체밀도의 분포는 큰 차이를 나타내었다. 먼저 동물플랑크톤의 월별 출현 개체밀도 범위와 평균값은 4월의 경우, 26~8,684,268개체/m³로 평균 126,065개체/m³였다. 5월의 경우 출현 범위는 41~3,331,483개체/m³였으며, 평균 50,376개체/m³로 출현 개체수가 적게 나타났다. 호지별 출현개체밀도를 보면, 3호지는 평균 59,399개체/m³이며, 4호지는 평균 145,782 개체/m³였다. 이와 같이 월별 및 호지별로 출현 개체밀도 범위와 평균값에서 차이를 보인 것은 각 호지에 시비에 염양염에 의해 영향을 받은 것으로 판단된다.

월별 및 호지별 주요 우점종과 그들의 출현 밀도를 살펴보면, 4월에는 갯지렁이의 유생인 *Spionid larvae* 738,085개체/m³로 가장 우점적으로 출현하였고, 그 다음이 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 110,950개체/m³ 출현하였다. 5월에는 *Farella sp.*가 256,267개체/m³로 우점적 이었으며, 그 다음이 역시 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 33,057개체/m³ 출현하였다. 호지별 출현밀도를 보면, 3호지의 경우, *Farella sp.*가 222,099개체/m³로 가장 우점적 이었으며, 그다음이 야광충인 *Noctiluca scintillans*가 154,273개체/m³ 출현하였다. 4호지의 경우, 갯지렁이의 유생인 *Spionid larvae* 820,429개체/m³로 가장 우점적으로 출현하였고, 그 다음이 복족류 유생인 *Gastropoda larvae*가 28,597개체/m³로 출현하였다. 그러므로 월별 및 호지별의 우점종과 그 개체밀도는 차이를 나타내었다.

4. 곤쟁이(*Neomysis awatschensis*)의 개체군 구조

개체구조의 분석은 체장빈도 분포에 의한 방법과 암수의 발달단계에 의한 구

분으로 하였는데, 발달단계에 의한 구분은 다음과 같이 6단계로서 하였다. 첫 번째는 어린 개체로서 아직 이차성징이 나타나지 않은 단계를 말하며, 두번째는 미성숙 수컷으로 수컷의 이차성징이 발달 중에 있는 단계이며 세 번째는 성숙한 수컷으로 이차성징이 충분히 발달하였으며 생식기의 기능이 완전한 단계이다. 네 번째는 미성숙 암컷으로 보육낭이 발달 중에 있으며 그 기능이 아직 생식에 참여할 수 있을 정도로 완전하지 않은 단계를 말하며 다섯 번째는 성숙한 암컷으로 보육낭이 완전히 발달하여 생식에 참여할 수 있으나, 아직 유생을 포란하지 않은 개체의 단계이다. 마지막으로 여섯 번째는 포란한 암컷으로 보육낭 내에 유생을 가진 단계를 말한다.

발달 단계에 의해 채집된 표본들을 매월 분석하여 그 변동을 살펴보았다. 이 분석에 의하여 2000년의 자료에서 3번의 포란한 암컷의 peak가 나타났다. 이것은 이들이 일년에 3번의 세대를 산란한다는 것을 의미하여, 이들의 세대를 계절별로 보면 크게 3세대로 나눌 수 있다. 즉 월동세대 (Overwintering generation), 춘계세대 (Spring generation), 하계세대 (Summer generation)이다.

체장빈도분포와 발달단계에 의한 개체군 분석은 이들 개체군내 세대구조를 보다 정확하게 나타내고 있다. 2000년 1월에는 미성숙 암컷과 수컷 그리고 성숙한 암수가 출현하며 큰 체장에서 포란한 암컷도 다소 출현한다. 그러나 세대분석에 의하면 이들이 하나의 세대 즉 하나의 정규분포곡선만을 나타냈다. 이것은 이들의 가입 후 발달 속도가 다르며 또한 가입시기도 다르나 결국 이들은 하나의 세대인 것을 의미한다.

겨울동안 성숙한 암컷과 수컷은 2000년 2월에 이들 암컷이 유생을 포란하기 시작한다. 이 포란은 2000년 3월까지 계속되며 4월과 5월에 이르면 이들 중 일부가 부화하여 어린 개체와 미성숙한 암수 개체를 산란시킨다. 이들은 앞으로 춘계세대를 이룰 것으로 예상된다. 그러나 아직도 월동세대의 포란 개체가 일부 남아있다. 6월이 되면 4월과 5월에 산란된 개체중 일부가 성숙하여 포란에 참여하게 되는데 이

때가 되면 어린 개체와 미성숙개체는 그수가 감소하기 시작하며, 포란 개체는 계속 증가하여 최고의 포란율을 보인다. 2000년 7월과 8월에는 6월의 포란 암컷에서 부화한 어린 개체와 미성숙개체들이 나타나기 시작하며 포란 개체는 그 수가 차츰 감소하기 시작한다. 이때 출현한 어린 개체와 미성숙 개체는 앞으로 하계세대를 형성할 것이다. 이 기간 동안 이들 개체군에서 특이한 것은 포란에 참여하는 암컷들의 갑각장이 평균 1.8mm로 다른 기간에 비해 작다는 것이다. 9월이 되면 7월과 8월에 산란된 일부 종들이 포란에 참여하기 시작하여 높은 포란율을 보인다. 10월이 되면 9월의 포란 개체는 부화하여 어린 개체와 미성숙개체들이 출현하기 시작하며, 이들이 차츰 성장하여 앞으로 월동세대를 형성할 것으로 예상된다. 이때부터는 수온이 차츰 낮아지는 시기이므로 포란 및 부화의 속도는 차츰 늦어지기 시작한다. 그리하여 12월과 이듬해 1월로 월동세대를 형성할 어린 개체와 미성숙개체들의 가입이 계속되며, 포란 개체는 거의 소멸하게 된다. 이와 같이 2000년 한해만 볼때 이들 개체군은 대략 3번의 주 포란 시기를 가지며 또한 이 주 포란 시기를 중심으로 3번의 세대 교체가 이루어짐을 알 수 있다.

일반적으로 갑각류에 있어 자연 개체군에서 세대를 분석하는 것은 매우 힘들다. 특히 그 개체군이 일년에 2세대 이상을 생산하는 경우는 더욱 그러하다. 곤쟁이류는 위도와 수온에 따라 개체군의 세대수가 다양하다 (Machline, 1980). 일년에 3세대를 가지는 종은 약 3번의 주 포란기를 가지며 또한 이것은 해마다 그 시기가 다양하게 변화한다 (Mauchline, 1973). 많은 학자들이 이들의 정확한 세대수와 또 그들의 수명을 알고저 노력했으나 아직 이것의 정확한 방법들이 제시되고 있지 못하다. 그러나 많은 학자들은 나름대로의 방법으로 세대분리와 수명을 개체군에서 분석하고 있다. 본 연구에서 *N. awatschensis*는 일년에 3세대가 출현하는 것으로 나타나는데, *N. awatschensis*의 채집지와 비슷한 위도에 위치한 곳에서 3세대를 갖는 종으로는 먼저 스코틀랜드에서 *Mysidopsis gibbosa* (Machline, 1970), *Neomysis integer* (Kinne, 1955; Mauchline, 1971a), *Schistomysis spiritus* (Mauchline, 1967)등이 있으며,

또 일본과 중국에서는 *Archaeomysis vulgaris* (Matsudaria et al., 1952), *Neomysis intermedia* (Toda et al., 1983), *Neomysis awatschensis* (Yan, 1982) 등이 있다.

곤쟁이류의 수명 역시 같은 위도내에서도 계절과 지역에 따라 다양하게 나타난다 (Mauchline, 1980). *N. awatschensis*는 월동세대에서 8개월, 춘 하계세대에서 5개월로 나타났다. 그러나 비슷한 위도에 위치한 스코틀랜드의 *Neomysis integer*의 수명은 월동세대가 9개월, 춘계세대가 4개월로 나타났다.

Mauchline (1967, 1970, 1971b)은 월동세대는 겨울을 지나는 동안 아주 적은 수의 어린 개체만 부화시키며 심지어 환경이나 온도가 낮은 지역에서는 거의 어린개체를 부화하지 않는다고 하였다. 본 종에서도 겨울을 지나는 동안 어린개체의 출현율은 매우 적었으며 어떤해는 출현하지 않았다. 아마 이것은 이들의 주 서식처가 연안, 즉 수심 1-2m정도내에 있으므로 겨울동안의 온도 변화에 따른 적응이 힘들기 때문에 어린개체의 생산을 줄이는 생태적 적응이라 사료된다.

5. 요각류 초기유생 사육을 위한 적정배양조건 구명

노지에서의 요각류 적정배양조건을 구명하기 위해 화학비료 사용량에 따른 요각류 개체수 변화는 복합(2.4kg), 요소(3.6kg), 규산염(2.4kg)을 300평에 시비한 실험구에서 시비 후 30일 후 가장 많은 개체수 증가를 보였으며, 2배 및 5배 시비한 실험구에서는 요각류의 개체수 밀도가 낮게 나타났다. 이는 화학비료의 질소, 암모니아성분에 의해 밀도증가가 저해되었을 것으로 판단된다(그림 18). 요각류 중 copepoda, nauplii spp., polychaeta, polychaeta larvae가 우점종을 차지 하였으며, 그 다음으로 crustacea larvae (megalopa) naiades cantraini, noctiluca, gastropoda, gastropoda larvae, jellyfish등이 출현하였다.

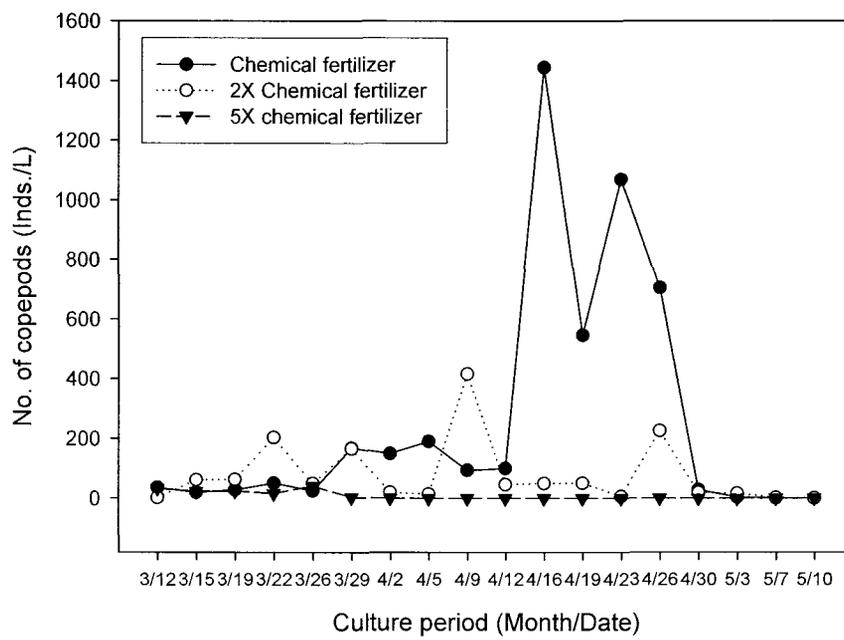


그림 18. 노지에서의 요각류 배양을 위한 화학비료의 사용량에 따른 개체수 변화

화학비료인 복합(2.4 kg), 요소(3.6 kg), 규산염(2.4 kg)을 300평에 시비 후 수질 환경 변화를 측정한 결과, 아질산염(NO_2^-), 질산염(NO_3^-), 인산염(PO_4^{3-})은 농도는 실험기간 대체적인 안정되었으나, 암모니아(NH_4^+) 농도에 있어서는 0.0177 ~ 0.1710 mg/l 으로 나타나 불규칙한 농도변화를 보였다(그림 19). 그러나 2배 및 5배 시비한 실험구에서는 아질산염, 암모니아 및 인산염의 농도변화가 실험기간 동안 크게 나타나 화학비료의 과다 시비는 수질을 안정시키는데 적합하지 않은 것으로 나타났다.

6. 요각류 대량생산

자,치어기때에 공급할 수 있는 초기 먹이생물배양(요각류, copepoda)을 대량배양하기 위해 시비제에 따른 요각류 개체수 변화를 관찰한 결과, 영양염 시비 7일 후부터 개체수 증가를 보였으며, 화학비료를 2배 시비한 실험구에서 가장 많은 개체수 증가를 나타내었다(그림 20).

예컨대 화학비료는 단기간 대량 번식을 위한 영양염으로는 가능하나, 기간이 지속됨에 따라 질소성분 및 암모니아 성분에 의해 유용 동,식물플랑크톤이 대량폐사하는 결과를 나타내어 지속적 관리를 위한 영양염으로는 적합하지 않은 것으로 판단되었다(그림 21). 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 무기질과 유기질을 병행하여 시비하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 무기질 및 유기질 영양염과 요각류의 생태학적 상호관계를 구명할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

이러한 결과를 통해 축제식양식장에서 어류종묘생산시 초기먹이생물인 요각류의 밀도를 안정적시키고 지속적으로 유지하기 위해서는 알팔파, 계분, 우분, 돈분 등과 같은 무기질을 시비하여 관리하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 식물 및 동물 플랑크톤을 분리하여 관리하는 시스템이 필요할 것으로 판단된다(그림 22).

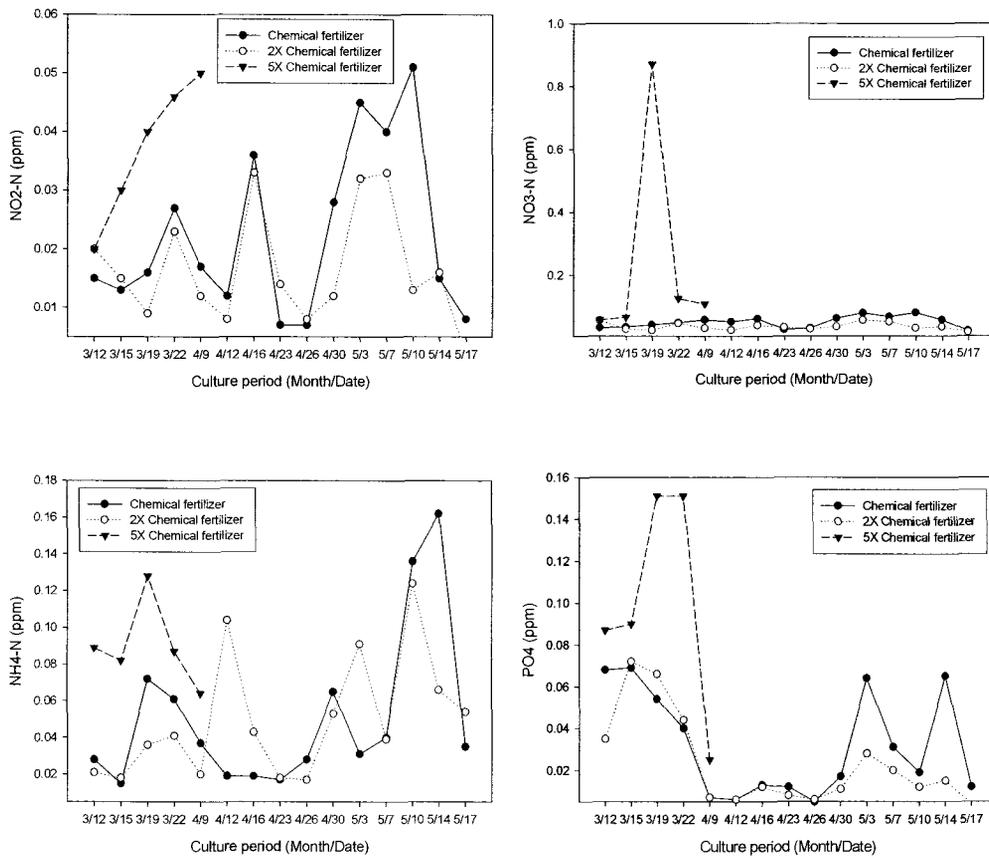


그림 19. 화학비료 시비 농도에 따른 실험호지의 영양염 변화.

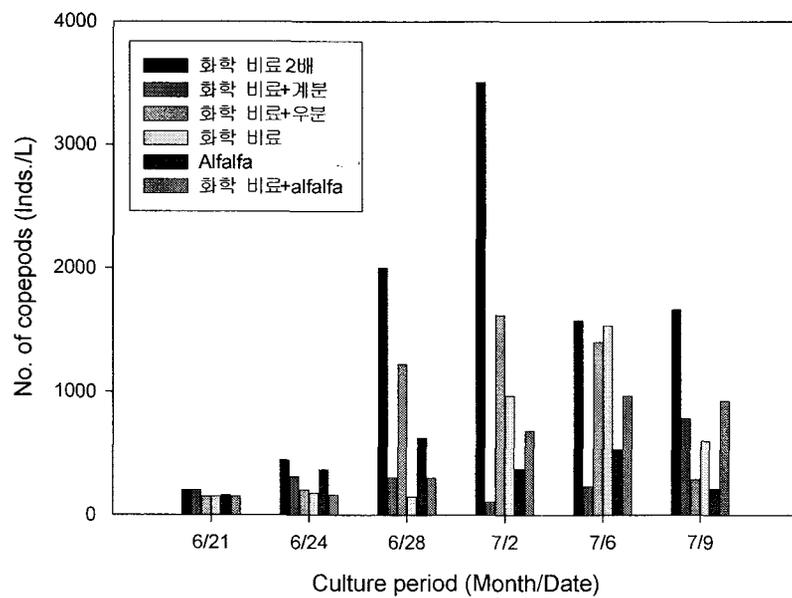


그림 20. 요각류 대량배양을 위한 다양한 시비제에 따른 요각류 개체수 변화

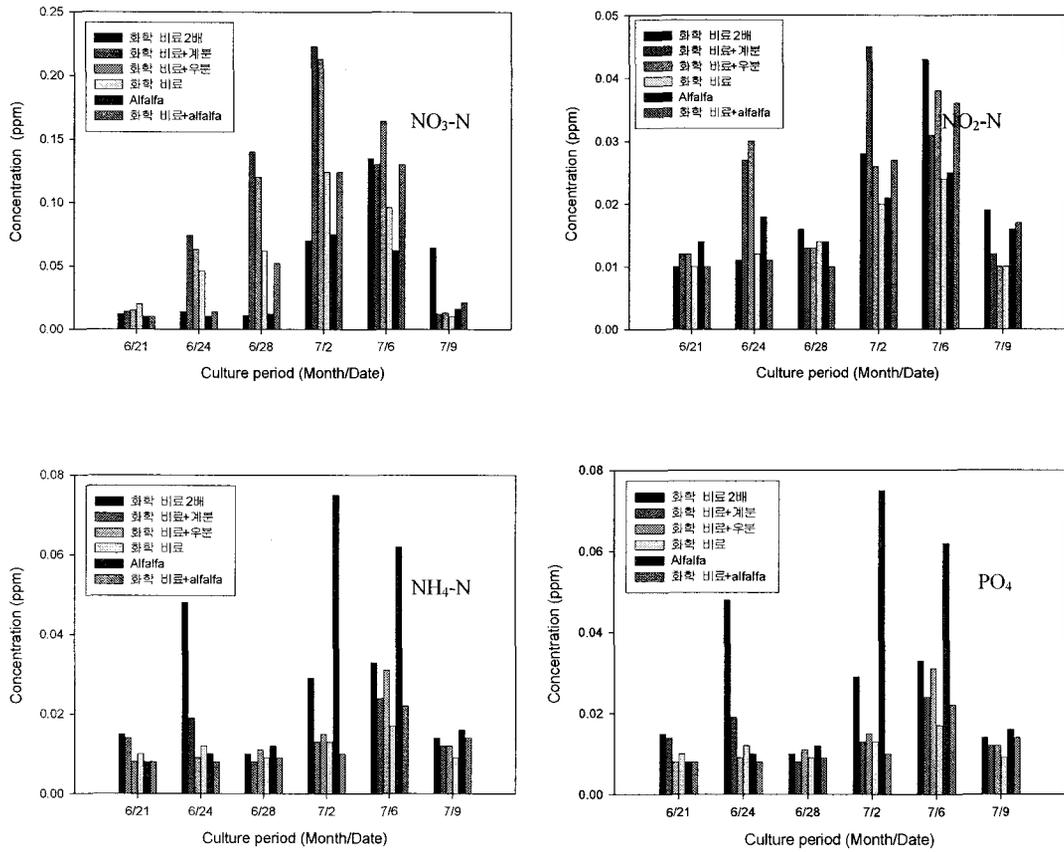


그림 21. 요각류 대량배양을 위한 다양한 시비제 처리에 따른 실험호지의 영양염 변화.

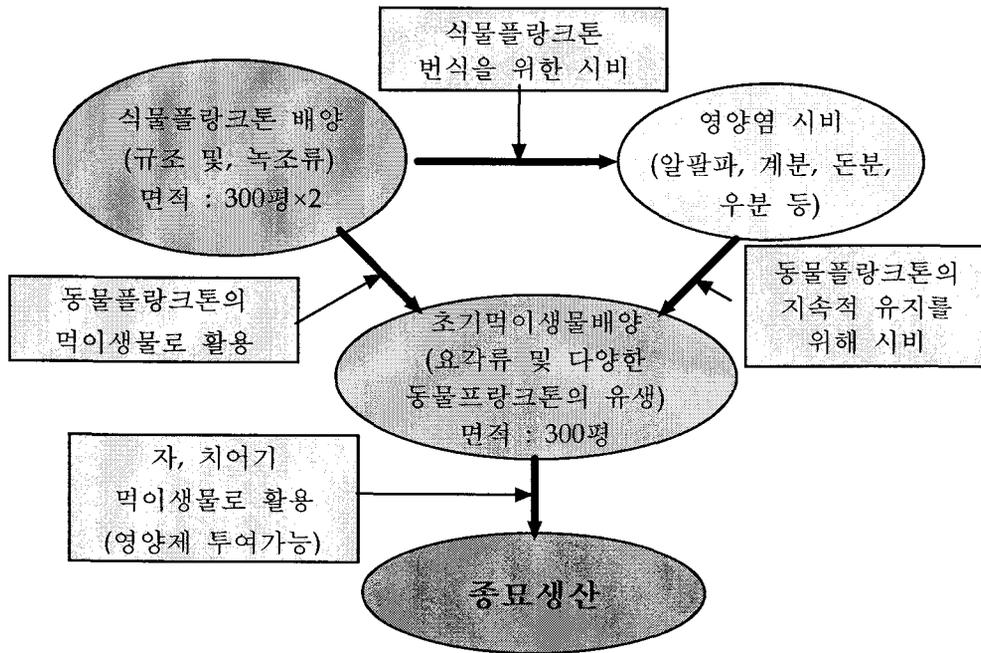


그림 22. 축제식양식장에서 어류중요생산을 위한 초기먹이생물 관리체계.

제 4 장 어류 종묘생산 기술개발

제 1 절 서 론

서해안 특히 충남 태안반도를 중심으로 어류종묘 배양장의 수가 크게 늘고 있고, 과거에 새우 양식장으로 이용하던 축제식양식장이 어류종묘생산에 이용하고자 하는 시도가 활발하게 진행되고 있다. 가두리 양식어민들은 질병에 강하고 기형 발생이 없는 축제식양식장에서 생산된 종묘를 선호하고 있다. 따라서 축제식양식장에서 종묘생산이 절실히 요구되고 있는 종들로는 조피볼락, 감성돔, 가숭어 등이 있다.

조피볼락은 다양한 양식방법이 개발되어 큰 어려움이 없어 남해안 지역의 가두리 양식장을 중심으로 양식이 이루어지고 있으며 생산량도 증가하고 있으며 이들 종묘는 서해안 및 남해안의 육상종묘배양장에서 대부분 생산하고 있다. 그러나 최근 종묘생산단가가 큰 폭으로 상승하여 생산단가를 절감할 수 있는 방법이 절실히 요구되고 있다. 따라서 조피볼락 종묘생산시 문제점 해결을 위해 낮은 종묘생산비, 질병저항력 증대 및 건강한 종묘를 생산하기 위하여 서해안일대의 축제식양식장에 초기먹이생물을 번식시켜 친환경적인 방법을 사용하여 종묘를 생산하고 있다. 그러나 초기먹이생물 조성시 시비제 선택, 시비량 및 동·식물플랑크톤의 상관관계 등이 체계적으로 정립되지 않아 어려움을 겪고 있어 이러한 문제점 해결이 절실히 요구되고 있다.

감성돔은 비교적 저수온에 강하여 양식 생산량이 꾸준히 늘고 있는 추세이나, 양식용 종묘의 기형문제로 육상 종묘배양장에서 생산된 것보다 기형이 발생이 없는 축제식 양식장에서 생산된 종묘를 절실히 요구되고 있다.

또한 가숭어의 경우 해수 축제식 또는 담수 못 양식이 성공으로 이루어져 생산량이 크게 증가하고 있으며, 타 어종에 비해 자금회전이 빠르고 질병 감염 우려가 적은 장점이 있다. 1996년부터 가숭어의 산업적 양식을 위해 해상 가두리양식과

축제식양식장에서 어류 및 대하와 복합양식시험을 통해 양성기술이 개발 완료 단계에 있으나, 양식에 필수적으로 수반되어야 하는 인공종묘 생산 기술 체계가 미흡하여 양식용 종묘수급이 어려운 실정에 있다. 따라서 조피볼락, 감성돔 및 가숭어를 대상으로 축제식양식장을 이용한 종묘생산 기술을 개발하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 시비조건에 따른 종묘의 성장 및 생존율

축제식양식장에 동·식물플랑크톤의 번식을 위해 실험어를 입식하기 1주일 전에 표 3과 같은 성분을 함유하고 있는 영양염을 서로 달리하여 시비를 하였으며, 이 시비조건하에서 조피볼락과 감성돔의 성장 및 생존율을 구명하기 위하여 실험을 하였다(표 4).

가. 실험어 입식방법

1) 조피볼락

축제식양식장에 조피볼락을 2가지 방법에 의해 입식하여 실험하였다. 첫번째로 시각적인 감별에 의해 선별된 평균 체중 1.5 ± 0.3 kg 성숙된 조피볼락 친어 25마리씩 50마리를 실험호지 4호지(9,000평)에 6×6 m 인 가두리 2개에 수용하여 출산개시 4일 후에 출산한 친어를 제거하는 방법을 사용하였다.

두번째로 육상에 시설된 2×2 m FRP 수조 4개를 이용하여 출산을 유도 후, 출산한 자어를 20,000마리씩 계수하여 2-A~2-H 실험호지에 수용하는 방법을 사용하였다.

2) 감성돔

감성돔은 육상수조 ($\varnothing 7$ m)에 수정란을 수용하여 부화하였다. 감성돔 자어 사육은 부화 후 2일부터 16일까지는 영양강화한 로티퍼를 공급하였으며, 부화 후 17일째 *Artemia nauplius*를 1일 공급 후, 3호지(4,000평)에 약 60만 마리를 수용하여 실험하였다.

표 3. 실험호지에 사용된 영양염 성분함량

영양염	성분(%)						
	질소	인산	석회	고토	규산	염기도	기타
유안	20	-	-	-	-	-	-
용과린	-	17	33	12	9.3	-	미량원소
규산염	-	-	-	2	25	15	〃
계분	1.3	1.5	0.5	-	-	-	-
알팔파	수입건초						

표 4. 실험호지에 사용된 영양염 시비량

실험호지	시비량 (kg)					시비시 수온(°C)	면적 (평)	용량 (ton)	실험어
	유안	계분	용과린	규산염	알팔파				
2-A*	-	-	-	-	-	10	300	1,334	조피볼락
2-B	-	12	-	-	-	〃	〃	〃	〃
2-C	3	-	0.4	-	-	〃	〃	〃	〃
2-D	3	12	-	-	-	〃	〃	〃	〃
2-E	-	-	-	-	30	〃	〃	〃	〃
2-F	3	12	0.4	-	-	〃	〃	〃	〃
2-G	4.2	-	0.6	4.2	42	〃	420	2,192	〃
2-H	4.2	-	0.6	4.2	-	〃	〃	〃	〃
3	-	-	-	40	250	9	4,000	22,914	감성돔
4	90	320	-	-	-	8	9,000	33,000	조피볼락

*Not treatment

2. 먹이선호도 조사

실험호지에 입식한 조피볼락과 감성돔 자, 치어가 축제식양식장에서 자연 발생된 동물플랑크톤 중 먹이선호도를 구명하기 3일 간격으로 실험종료시까지 무작위로 자, 치어를 채집하였다. 채집된 자, 치어는 현장에서 중성포르말린에 고정 후 광학 및 해부현미경하에서 어체의 위내에 소화되지 않은 동물플랑크톤을 분류하여 양식장에서 번식된 동물 플랑크톤과 비교하여 섭식량 및 선호도를 분석하였다.

3. 자어 입식시기에 따른 생산성 조사

조피볼락 및 감성돔의 자, 치어를 육상에서 부화 후, 표 5과 같은 방법으로 축제식 실험호지에 입식하여 생산성을 비교 분석하였으며, 또한 수질변화, 자, 치어의 생존율, 성장, 동물플랑크톤의 밀도와 종조성 변화를 측정하여 생산성 분석시 참고하였다.

4. 반집약식 종묘생산 방법개발

반집약식 종묘생산을 위하여 알팔파를 실험호지에 시비하여 초기먹이생물을 번식시켰다. 알팔파 시비 후 채집망을 이용하여 동·식물플랑크톤의 밀도 및 종조성이 최적이었다는 시기를 판단하여, 감성돔 수정란을 직접 입식하여 부화시켰다. 종묘의 성장 및 생존율을 측정하여 반집약식 종묘생산 방법을 개발하였다.

5. 생산방법에 따른 기형율, 성장률 및 생존율

생산방법(육상수조 및 축제식 실험호지)에 따른 감성돔 종묘의 기형율, 성장률 및 생존율을 측정하기 위하여, 실험어 수용 후 3일 간격으로 채집망을 이용하여 자어를 채집하였다. 채집된 자, 치어는 현장에서 중성포르말린으로 고정하여 실험실로 운반 후 즉시 전장과 체중을 측정하였다. 체중은 0.1 mg 단위까지 전자저울을 이용하여 측정하였으며, 전장은 버니어캘리퍼스를 이용하여 0.1 mm 단위까지 측정하였다.

표 5. 자어 입식시기에 따른 생산성 분석을 위한 감성돔 및 조피볼락
 자, 치어의 실험호지 입식방법

		실험어종	
		감성돔	조피볼락
자어 입식시기 및 방양 마리수	수정난 직접(200cc) 부화 7일 후 방양(40,000마리) 부화 14일 후 방양(40,000마리)	치어를 직접입식하여 육상에서 출산유도 후 15일 후 방양(60,000)	출산유도 후 15일 후 방양(60,000)
시비방법 실험호지	화학비료(복합 : 2.4 kg, 요소 : 3.6 kg, 규산염 : 2.4 kg) 면적 : 300평(1,334 ton)×6		
분석항목	수질분석, 동, 식물플랑크톤 밀도 및 종조성, 성장, 생존율		
실험기간	2002년 4월 8일 ~ 6월 8일(60일)		

6. 대량생산방법 개발

축제식양식장에서 대량종묘생산을 하기 위하여 아래와 같은 방법으로 종묘생산을 시도하였다.

- 실험호지 : 4,000평 호지, 300평 호지
- 시비방법 : 4,000평 호지(복합 : 32 kg, 요소 : 48 kg)
300평 호지(복합 : 2.4 kg, 요소 : 3.6 kg, 알팔파 : 30 kg)
- 실험어종 및 입식형태 : 감성돔 수정난 직접입식
- 실험기간 : 2002년 4월 8일 ~ 6월 8일(60일)

※ 바람 및 수정난 해적생물로부터의 보호와 수정난의 부화율을 높이기 위해 비닐을 이용하여 2×2×1 m의 간이 수용시설을 호지에 설치하여 부화시켰다(그림 23-E).

7. 어체의 일반성분 분석

육상수조 및 노지에서 생산된 종묘를 대상으로 분석하였다. 실험어의 체성분 분석을 위하여 AOAC (1995)의 방법에 따라 수분은 상압 가열 건조법(105℃, 4시간), 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법(N×6.25), 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법을 이용하였다.

8. 생산성 비교

축제식양식장을 이용한 조피볼락 및 감성돔 종묘생산 시 경제성 분석을 위하여, 실험결과를 토대로 항목별(수입, 시설비, 운영비, 자본용역, 감가상각비 등)로 나누어 분석하였다.

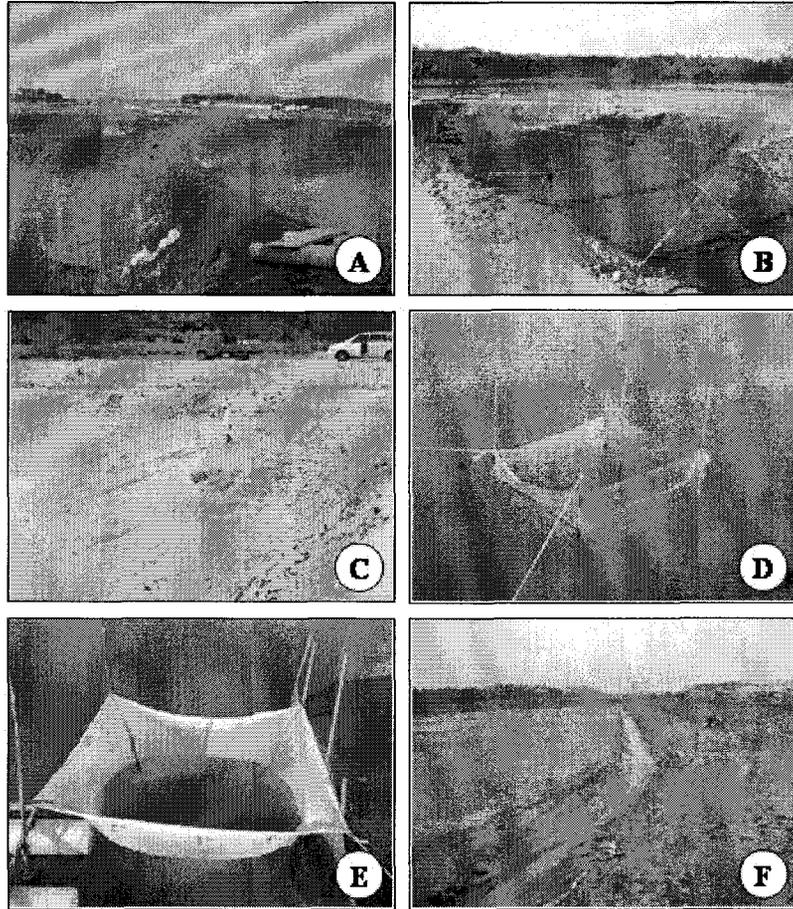


그림 23. 축제식양식장을 이용한 조피볼락 및 감성돔 종묘생산.
 A, 300-500평 규모의 실험호지; B, 실험호지 취수구 주변의 3중망 시설; C, 호지 소독을 위한 클로르칼키 살포; D, 감성돔 수정란 수용을 위한 비닐설치; E, 조피볼락 친어 수용 가두리; F, 대량생산 시 종묘 포획을 용이하게 하기 위한 폭 2 m 길이 200 m, 깊이 1 m의 도랑.

9. 축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산

가. 시기별 가숭어의 성숙도 조사

가숭어의 암·수의 시기별 생식소 속도지수 조사하기 위해 4월 24일부터 7월 20일까지 12회에 걸쳐 충남 삼교호와 인천 강화에서 포획된 가가숭어를 해부하여 생식소 중량과 어체 측정을 통하여 생식소 속도를 조사하여 서해 중부해역의 주산란기를 파악하였다.

나. 육상수조 및 축제식양식장 종묘생산

육상수조 및 축제식양식장에서 가숭어 종묘생산을 위해 성숙된 자연산 친어 3마리를 구입하여 수정란을 확보하였다. 부화율 조사는 첫째, 부화조의 환경조건별 부화율과 둘째, 육상수조내 인위적으로 조절된 환경에서의 부화율과 셋째, 야외 축제식양식장에서의 부화율을 조사하였으며 이를 바탕으로 건강한 치어의 최대 생산성 제고를 위한 시험을 실시하였다.

또한 부화된 치어를 양성용 적정종묘로 양성하기 위한 시험으로 육상탱크에서 부화 후 야외 축제식양식장에서 종묘생산 방법과 수정란을 축제식양식장에 직접 수용하여 종묘생산하는 방법으로 실시하였다.

다. 자,치어기 질병조사

자, 치어기에 발생하는 질병의 세균을 분리 동정하고, 약제 감수성 시험을 실시하여 적정 치료방법을 수립하였으며, 각종 면역 증강제 및 영양제별로 투여효과 시험을 실시하여 건강한 우량종묘를 생산하고 환경친화적인 양식장을 운영할 수 있는 방법을 제시하였다.

라. 종묘생산방법에 따른 어체성분조사

종묘생산방법에 따른 종묘의 어체 성분을 분석하여 건강한 종묘 육성조건을

구명하였다.

마. 종묘생산방법에 따른 생산성 분석

육상수조 및 축제식에서 생산된 종묘의 생산성과 수익성 등을 분석, 평가하여 안정된 양식산업으로 육성할 수 있는 방법을 제시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 시비조건에 따른 종묘의 생존율 및 성장

가. 생존율

1) 조피볼락

실험호지별 조피볼락의 생존율을 측정해 본 결과, 4호지 및 2-H 실험구에서 각각 20.87%, 20%로 타 실험구보다 높게 나타난 반면, 2-B ~ 2-F 실험구는 상대적으로 낮은 생존율을 보였다(표 6). 이러한 결과는 영양염 종류에 의한 먹이생물의 번식밀도에 따른 것으로 판단된다. 따라서 축제식양식장에서 먹이생물번식 및 관리를 위해서는 호지에 해수를 취수하기 전에 반듯이 연안수의 동물플랑크톤의 종조성을 구명하여 적정밀도가 조성되어 있는지 판단해야 할 것으로 사료된다. 또한 조피볼락 종묘의 생존율을 높이기 위해서는 초기 먹이생물을 종묘생산 종료시까지 지속적으로 유지시키는 체계적인 방법이 구명되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 이를 위해서는 질소질 화학비료를 단독으로 시비하는 것보다는 알팔파, 규산염 등과 같은 유기질 및 무기질 비료를 병행해서 시비하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 실험기간 동안 동물플랑크톤의 출현종과 그에 따른 개체 밀도도 생존율에 많은 영향을 미친 것으로 나타났다. 2-A호지는 6종이 3 및 4호지는 7종이 출현하였지만, 실험기간 동안 밀도분포에서는 큰 차이를 나타내었다. 이는 영양염 종류에 기인한 것으로 판단되며, 수질변화 측면에서는 앞으로 지속적인 연구가 있어야 하겠다.

또한 대표적인 초기먹이생물인 Copepods 밀도는 자, 치어 생존율의 큰 요인으로, 지속적으로 유지관리하기 위해서는 축제식양식장 환경변화를 종묘생산 종료시까지 모니터링하여 체계화 시켜야 할 것으로 판단되며 시비제 선정 및 시비량도 중요시해야 할 것으로 사료된다.

표 6. 실험호지별 조피볼락 및 감성돔의 생존율 및 성장

실험호지	실험어종	생존율(%)	성장	
			전장 (mm)	체중 (g)
2-A	조피볼락	10.76	27.98±3.37	0.24±0.07
2-B	〃	5.61	25.63±1.95	0.19±0.04
2-C	〃	4.34	29.06±2.80	0.30±0.08
2-D	〃	2.33	30.49±5.74	0.38±0.34
2-E	〃	3.21	28.44±2.53	0.26±0.09
2-F	〃	3.58	34.55±2.02	0.53±0.11
2-G	〃	11.85	33.03±4.31	0.49±0.31
2-H	〃	20.87	24.69±3.74	0.19±0.06
3	감성돔	33	29.83±5.25	0.33±0.16
4	〃	20	29.20±1.30	0.19±0.06

2) 감성돔

실험종료 후 감성돔 치어의 생존율은 33%로 조피볼락 2-A호지 실험군과 비교해 볼 때 다소 높은 생존율을 나타내었다(표 6). 이는 초기먹이생물의 번식 및 지속적 유지가 상대적으로 길어 먹이생물이 풍부하여 생존율이 향상되었을 것으로 판단된다. 그러나 수질환경의 급격한 변화는 생존율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 축제식양식장에 입식 후 1개월 동안은 약 90%이상의 생존율을 보였으나, 약 1/4 환수 후 스트레스로 인하여 생존율이 급감되었다. 따라서 급격한 수질환경은 생존율에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이를 방지하기 위해서는 지속적인 수질환경모니터링을 통한 환수량 조절과 축제식양식장에 적합한 수질환경 유지방법을 통해 생산량을 증대시킬 수 있을 것으로 판단된다.

나. 성장

1) 조피볼락

실험기간 동안 2-A 와 4호지에서 조피볼락 자, 치어의 성장을 측정된 결과 사육일수에 따른 전장과 체중의 증가가 지수함수적인 결과를 보였다(그림 24, 25). 조피볼락 자, 치어의 전장 및 체중 성장은 5월 8 ~23일까지 높게 나타났다. 한편 본 실험기간동안 동물플랑크톤 개체밀도 변화를 측정된 결과 이때 가장 많은 개체밀도를 보였다. 따라서 자, 치어의 성장에 가장 큰 영향을 미친 것은 풍부한 먹이생물에 기인한 것으로 판단된다.

2) 감성돔

감성돔 자, 치어의 체중 및 전장 성장에 있어서도 조피볼락과 유사한 지수함수적인 결과를 보였다(그림 26). 감성돔 자, 치어의 평균성장은 조피볼락과 비교해 볼 때 전장과 체중에 있어 높게 나타났다. 이는 육상수조에서 부화 및 2주간 사육관리 후 호지에 입식에 의한 것으로 판단된다.

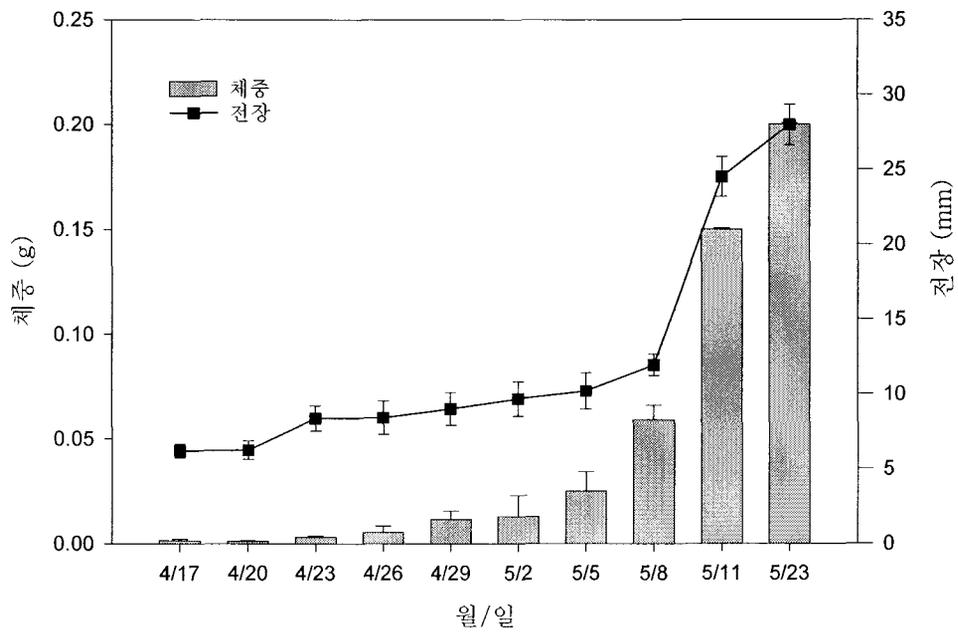


그림 24. 사육기간에 따른 조피불락 자, 치어의 전장과 체중의 변화(2-A 호지)

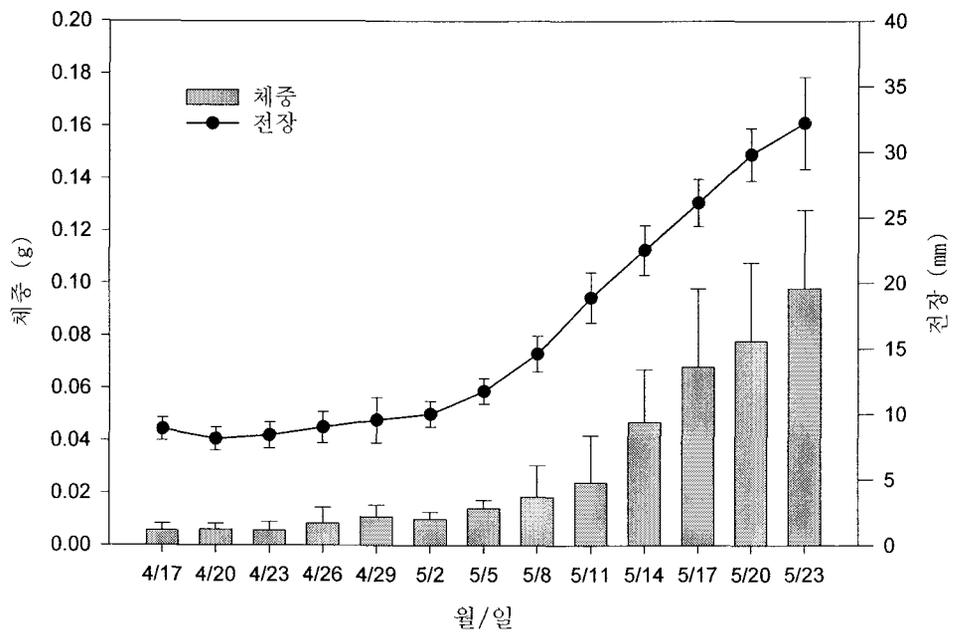


그림 25. 사육기간에 따른 조피볼락 자, 치어의 전장과 체중의 변화(4호지)

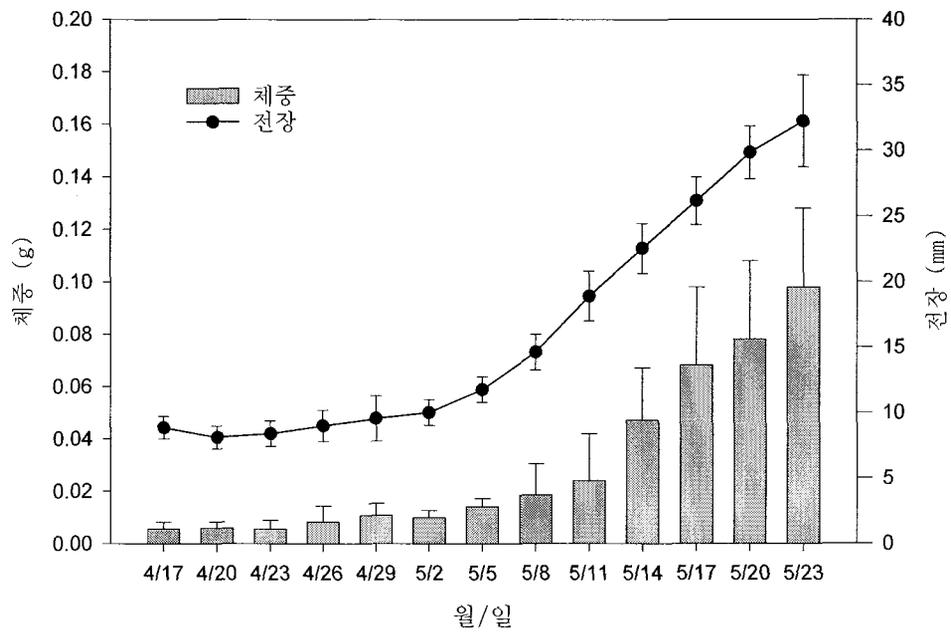


그림 26. 사육기간에 따른 감성돔 자, 치어의 전장과 체중의 변화.

2. 먹이 분석

가. 조피볼락

실험호지에서 채집한 조피볼락 자, 치어의 위을 해부하여 소화되지 않은 동물 플랑크톤을 관찰한 결과, copepods와 copepods larvae가 대부분을 차지하고 있는 것으로 관찰되었으며, 성장함에 따라 자어기때는 copepods larvae를 치어기로 성장해서는 copepods 성체를 주로 섭취하는 것으로 나타났다. 동물성 플랑크톤의 섭취가 가장 활발하게 일어나는 시기는 약 1개월 이후로 나타났다(그림 27). 이러한 결과는 copepods 밀도변화에서도 알 수 있었다. 즉, 실험기간 동안 4월 5일 ~ 5월 2일까지 또한, 4호지에서의 copepods의 밀도를 측정해 본 결과 번식이 가장 활발히 이루어진 것으로 나타났으며 이후 실험종료시까지 지속적인 감소가 이루어졌다.

그러나 조피볼락 자, 치어는 copepods와 함께 우점종을 이루었던 갯지렁이 유생, 패류유생 및 야광충등은 섭이하지 않은 것으로 관찰되었다. 조피볼락 자,치어기때 가장 선호하는 먹이는 copepods와 larvae로 판단되었다. 따라서 copepods 및 larvae를 대량배양하여 섭취가 가장 활발하게 일어나는 시기에 인위적으로 첨가하여 주면 생산량 증대를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 감성돔

감성돔 자,치어를 대상으로 장에 소화되지 않은 동물플랑크톤을 분석한 결과 조피볼락과는 달리 copepods, copepods larvae 및 갯지렁이 유생까지 섭취한 것이 관찰되었다.

그림 28는 3호지의 사육일자에 따른 소화되지 않은 동물플랑크톤의 개체수를 측정한 것으로 자어기때는 copepods larvae 및 spionid larvae를, 치어기로 성장해서는 copepods 성체 및 spionid larvae를 주로 섭취하는 것으로 나타났다. 가장 활발하게 동물성 플랑크톤의 섭취가 일어난 시기는, 입식 후 약 1개월 이후로 나타났다 (그림 29). 그러나 copepods 및 spionid larvae와 함께 우점종을 이루었던 패류유생 및 야

광충의 섭취는 관찰되지 않았다. 그림 5는 조피볼락 및 감성돔의 위를 해부하여 촬영한 사진으로 장내 소화가 이루어지지 않은 copepods 및 spionid larvae를 관찰할 수 있었다.

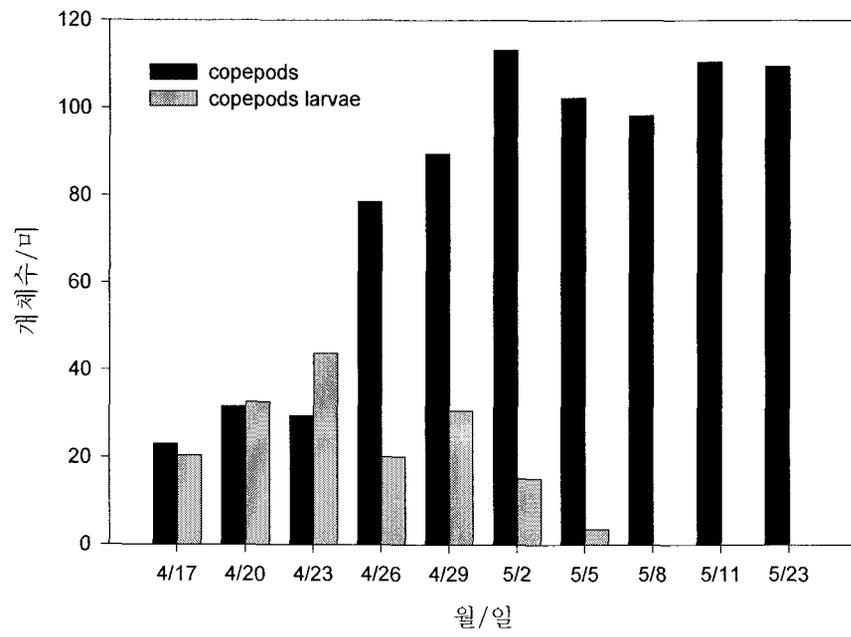


그림 27. 조피볼락 자, 치어의 성장 단계에 따른 copepods 섭식량

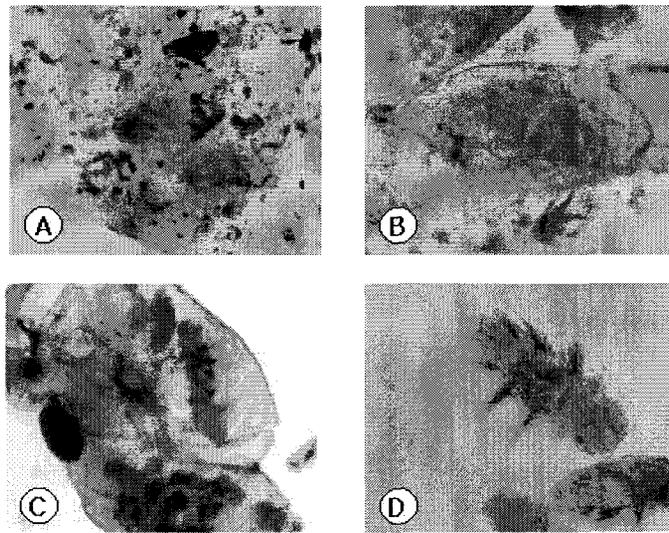


그림 28. 조피볼락 및 감성돔 위내 동물플랑크톤.0

A-B, 조피볼락 위내 동물플랑크톤(copepods);

C-D, 감성돔 위내 동물플랑크톤(lugworm larvae)

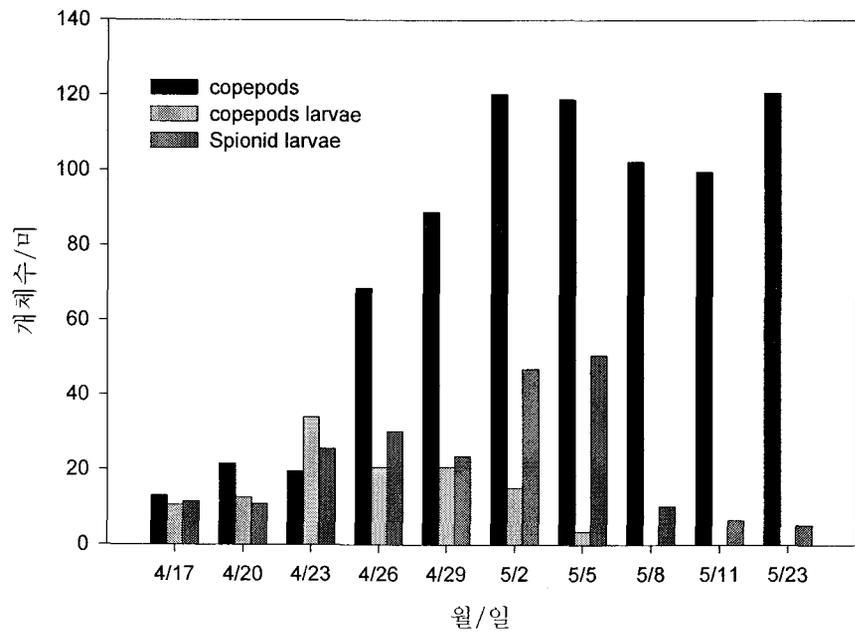


그림 29. 감성돔 자, 치어의 성장단계에 따른 동물플랑크톤 섭식량

3. 자어 입식시기에 따른 생산성 조사

가. 수질환경

실험기간동안 pH 변화는 7.2~8.8, DO는 5.2~9.9 mg/l, 염분도는 32~34‰로 나타났다(표 7). 실험기간 중 영양염 변화는 아질산염(Nitrite, NO₂⁻) 농도가 4월에는 0.0002~0.0176 mg/l, 5월에는 0.0002~0.0024mg/l의 분포가 나타났다. 질산염(Nitrate, NO₃⁻)의 농도는 4월에 0.0018~0.1296mg/l, 5월에는 0.0014~0.6848 mg/l의 분포를 나타내었으며, 암모니아(Ammonium, NH₄⁺)의 농도는 4월에 0.0307~0.2981 mg/l, 5월에는 0.0293~0.3365 mg/l의 분포가 나타났다. 용존 무기질소(DIN)의 농도는 4월에 0.0352~0.355 mg/l, 5월에 0.044~0.3527 mg/l를 나타내었으며, 인산염(Phosphate, PO₄³⁻)은 4월에 0.0011~0.0266 mg/l, 5월에 0.0001~0.0498 mg/l의 분포가 나타났다. 모든 실험호지의 수질분석한 결과 생활환경 II등급 기준(0.6mg/l 이하) 이내를 나타내었다.

나. 기형률

육상수조 및 노지입식을 부화 후 시기별로 달리하여 감성돔 종묘를 방양하여 종묘생산한 결과, 기형률은 육상수조가 49%, 부화 2주 후 방양은 4.5%, 부화 1주 후 방양은 2.2%, 수정란 직접입식은 0.4%로 나타났다(그림 30). 본 실험 결과 감성돔 기형율을 억제하여 건강한 종묘를 방법으로 수정란을 직접 호지에 입식하여 생산하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

다. 생존율

1) 감성돔

감성돔을 대상으로 입식시기에 따른 생존율을 분석한 결과, 수정란을 입식한 300평 실험호지(2개소)에서 수정란 200 cc (200,000마리) 중 약 30,000마리가 생산되어 12.5~17.5%의 생존율을 보여 평균 15%를 나타내었다. 부화 1, 2주 후에 입식한

경우 적정 수용 마리수를 계산하여 각각 40,000마리씩 입식하였으나 그 생존율은 기대에 미치지 못하는 25~28% 전후로 나타났다(그림 31).

표 7. 자어 입식시기에 따른 실험호지의 수질환경

실험어종 입식방법	수질환경			
	pH	DO (mg/L)	온도(°C)	염분도(‰)
감성돔				
수정난 직접 입식	7.9~8.8	5.2~9.9	10.8~19.4	32~34
부화 7일 후 방양	7.2~8.7	5.9~9.7	10.8~19.4	32~34
부화 14일 후 방양	7.9~8.8	6.2~9.9	10.8~19.4	32~34
조피볼락				
친어직접수용 출산유도	7.2~8.7	5.9~9.7	10.8~19.4	32~34
육상수조에서 출산유도 후 방양	7.9~8.8	6.2~9.9	10.8~19.4	32~34

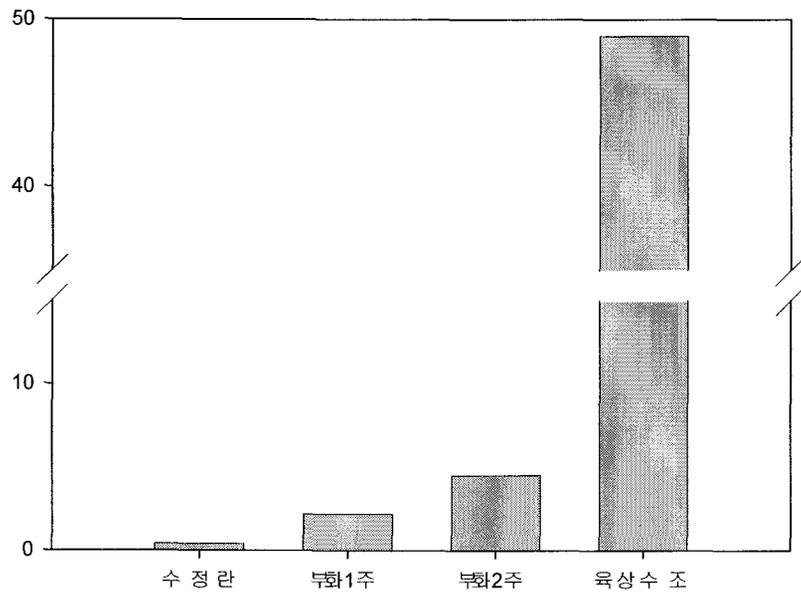


그림 30. 감성돔의 육상수조 및 사육기간에 따른 기형률.

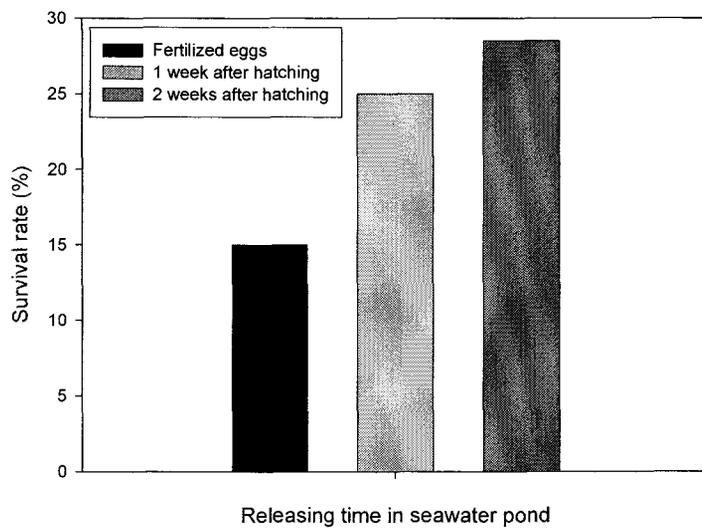


그림 31. 입식시기에 따른 감성동물의 생존율.

2) 조피볼락

조피볼락 친어는 1마리만이 출산이 이루어졌으며, 2마리는 미출산 및 사산이 되었다. 출산마리수는 약 150,000마리로 추정되었으며, 실험종료 후 약 1,000마리의 종묘가 생산되어 0.7%의 생존율을 보였다. 본 실험결과 생존율이 극히 낮게 나타난 것은 초기 먹이생물이 부족과 조피볼락이 성장함에 있어 성장차이에 의한 공식으로 기인한 것으로 판단된다.

그러나 육상수조에서 출산을 유도하여 사육한 20,000마리를 방양한 결과, 약 3,000마리의 종묘를 생산하여 15%의 생존율을 보였다. 따라서 생존율을 높이기 위한 방법으로는 본 실험에서 구명된 초기먹이생물(요각류 및 *Nauplii* spp.)대량배양조건을 활용하여 400~500마리/ℓ의 밀도로 유지시켜 종묘생산을 하는 것이 생산성을 높일 수 있는 방법으로 판단된다.

라. 동·식물플랑크톤의 종조성

동·식물플랑크톤의 종조성을 실험기간 동안 관찰한 결과, 동물플랑크톤의 경우 copepods, *nauplii* spp., rotifer, polychaeta, polychaeta larvae, jellyfish, crustaceans(megaropa), noctiluca, gastropoda larvae의 종들이 출현하였으며, 이들 중 copepoda, *nauplii* spp., polychaeta가 우점종을 차지하였다(표 8).

또한 식물플랑크톤의 경우, *Coscinodiscus* sp., *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros* sp., *Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Rhizosolenia* sp., *Striatella* sp., *Pleurosigma* sp., *Closterium* sp., *Asterionella* sp., *Sphaerosphaera* sp., *Podolampas* sp., *Fragilaria* sp. 등이 주종으로 출현하였으며, 이들 중 *Coscinodiscus* sp., *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros* spp., *Nitzschia* sp., *Navicula* spp. 등이 우점종을 차지하였다.

표 8. 종묘생산 기간 중 채집된 동물플랑크톤 개체수(마리수/톤)

날짜	구분	copepods	copepods	polychaeta	crustaces	jellyfish	noctiluca
			larvae				
03월 12일		4861	128	0	0	0	640
03월 15일		19840	256	128	0	128	1408
03월 19일		80128	30208	0	0	0	0
03월 22일		195584	19456	0	0	0	0
03월 26일		112384	12288	0	0	512	0
03월 29일		19456	25856	0	0	0	0
04월 02일		194560	25600	0	0	0	14336
04월 05일		1045299	0	0	0	0	0
04월 09일		94208	0	0	0	0	0
04월 12일		48896	0	256	256	0	0
04월 16일		991232	0	0	0	0	0
04월 19일		107008	0	0	0	0	0
04월 23일		4491408	0	0	0	0	0
04월 26일		183296	0	0	0	0	0
04월 30일		1313792	0	16	0	0	0
05월 03일		1904	0	1	0	0	0
05월 07일		1062	0	8	8	0	0
05월 10일		142	0	0	0	0	0

또한 동물플랑크톤인 copepoda와 식물플랑크톤의 상호변화 추이를 분석한 결과, 영양염 시비후 약 7일까지는 식물플랑크톤의 밀도가 4,000/ml이상으로 유지되었으나, copepoda등 요각류의 번식이 지속적으로 번식됨에 따라 그 밀도가 급격히 떨어지는 현상을 관찰할 수 있었다. 이는 copepoda와 같은 요각류의 섭식으로 기인한 것으로 판단되었으며, 이때 감성돔을 입식하였다(그림 32). 이후 요각류의 번식이 급격히 증가되는 경향을 나타내었으며, 시비 후 약 40일째에는 400개체/ℓ로 가장 높은 개체밀도를 보였다. 그러나 시비후 43일째에는 copepods의 개체밀도가 급격히 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 입식 후 약 20일째로 종묘들에 의한 섭식으로 기인한 것으로 판단되었다.

4. 반집약식 종묘생산 방법개발

축제식양식장에서 효율적인 종묘생산을 하기 위해 알팔파를 시비한 실험호지(300평)에서 60일동안 종묘생산을 한 결과 20%의 생존율을 보였다. 이러한 생존율은 다른 실험구의 생존율(5~12%)과 비교하여 볼 때 높은 생존율을 보인 것으로 판단되며, 영양염으로 쓰여진 무기질비료인 알팔파의 성분이 수질안정과 지속적인 동·식물플랑크톤의 밀도를 유지시켜 높은 생존율을 기록한 것으로 판단된다.

5. 생산방법에 따른 기형률, 성장률 및 생존율

가. 기형률

감성돔을 대상으로 육상수조 및 노지에서 종묘를 생산한 결과, 기형율의 경우 육상수조가 65%, 노지에서는 4.5%의 기형율을 보였다(그림 33).

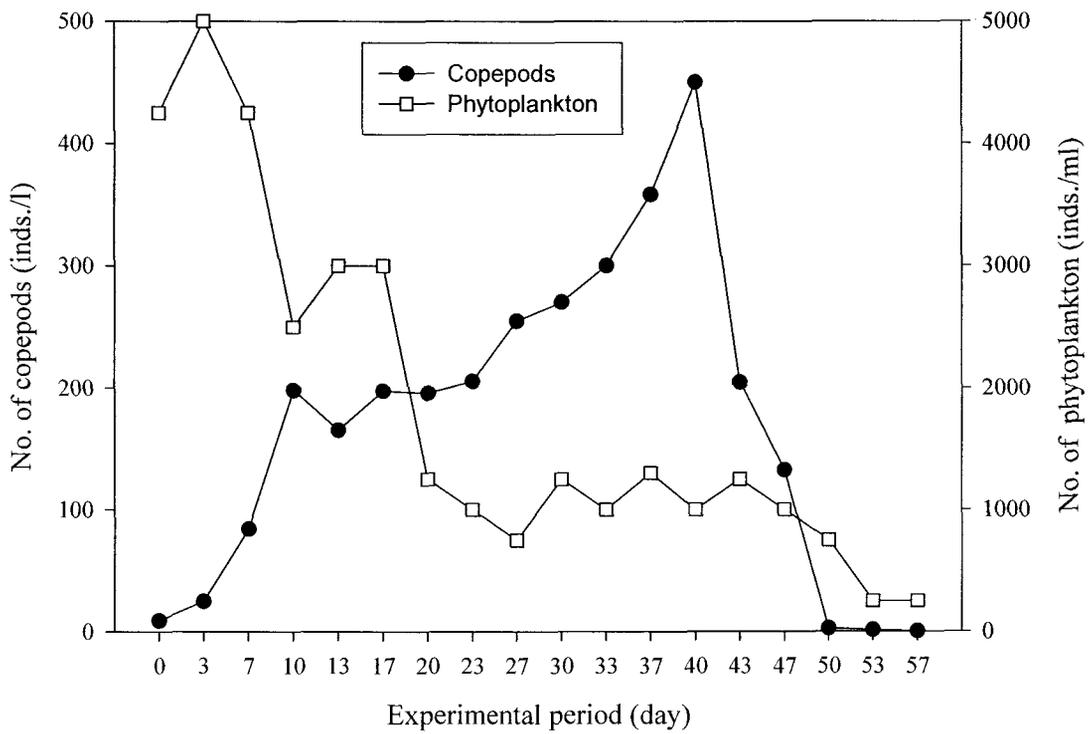


그림 32. 종묘생산기간 중 동·식물플랑크톤의 개체밀도 변화.
 20일째에 자어를 입식하였고, 40일 이후에 자어의 왕성한 copepoda
 섭취로 밀도의 급격한 감소를 볼 수 있다.

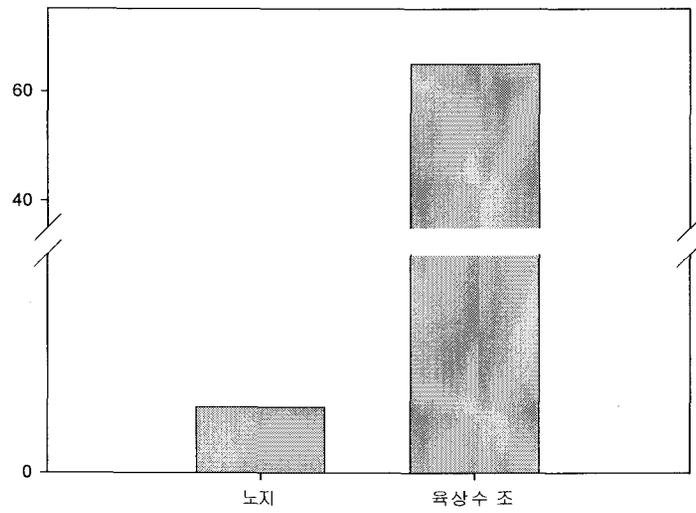


그림 33. 육상수조 및 노지에서 사육된 감성듬종묘의 기형률

나. 생존율

육상수조와 노지에서 감성돔 종묘의 생존율 분석 결과 육상수조의 경우 수정란 100 cc (100,000마리) 중 약 65,000 마리가 생산되어 평균 65%의 생존율을 나타냈으나, 노지의 경우 300평 실험호지에 수정란 200 cc (200,000마리)를 방양하여 생산한 결과 이들 중 약 25,000~35,000마리의 종묘가 생산되어 12.5~17.5%(평균 15%)의 생존율을 나타내었다. 그러나 육상종묘의 경우 약 42,000마리(65%)가 기형개체로 나타나 실질적으로 종묘로서 가치를 인정받지 못하였다(그림 34).

다. 성장율

육상수조와 노지에서 감성돔 종묘의 성장 분석 결과, 육상수조의 경우 $y = 4.3732e^{0.0502x}$ ($R^2=0.9436$), 노지 경우 $y = 4.7158e^{0.0428x}$ ($R^2=0.9129$)의 성장식이 성립되었으며 성장률 측면에서는 큰 차이를 보이지 않았다(그림 35, 36).



그림 34. 육상수조에서 생산된 감성돔 종묘의 기형

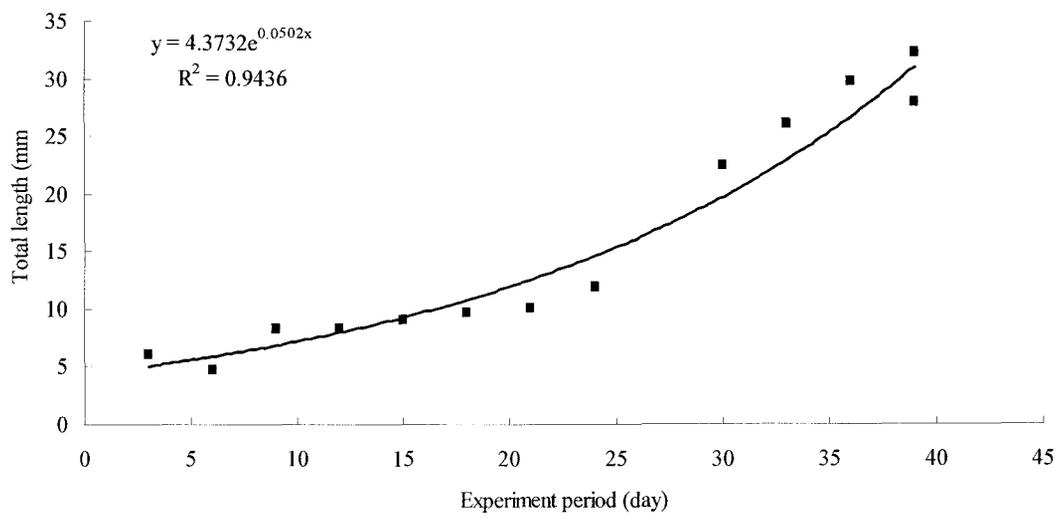


그림 35. 육상수조에서 생산된 감성돔 종묘 성장 추세선.

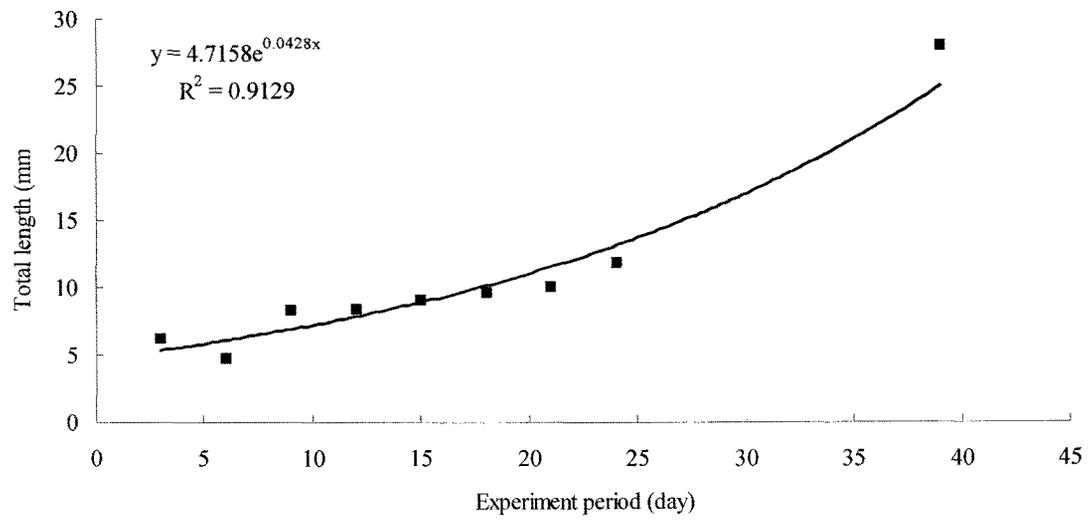


그림 36. 노지에서 생산된 감성돔 종묘의 성장 추세선.

6. 대량생산방법 개발

축제식양식장에서 감성돔 종묘를 대량생산하기 위해 부화 및 초기 이료(로티퍼)을 14일 간 공급한 후, 약 100만마리를 실험호지에 방양하여 실험한 결과, 7.8%의 생존율과, 4.5%의 기형률을 나타내었다.

알팔과를 시비한 실험호지의 생존율(20%)에 비해 현저히 낮은 생존율을 기록하였다. 이는 화학비료시비로 인한 수질, 동·식물플랑크톤의 불안정이 큰 요인으로 작용한 것으로 판단되었으며, 또한 감성돔 자, 치어의 해적생물로 판단되는 망둥어에 의해 포식(3~5마리)도 많이 이루어진 것으로 확인되었다(그림 37).

실험기간 동안 수온은 15.5℃~24.5℃로 연안수의 수온보다 2~3℃정도 높게 나타났으며, 용존산소량은 평균농도 7.3~7.9 mg/l, pH는 평균 8.5~9.5, 염분도는 평균 30‰로 나타났다.

실험기간 중 출현한 동물플랑크톤은 copepoda, rotifer, nauplii 등이 우점종을 점유하였다. 또한 실험기간 중 출현한 미세조류는 3개의 식물문으로 분류되었으며, 규조식물문은 전체의 종에서 22개종으로 나타났고, 와편모식물문은 2개의 종으로 나타났고, 남조식물문도 2개의 종으로 분류되었다. 출현종을 보면 *Exuviaella* sp.는 55.64%의 점유율을 보여 우점종이었으며, *Diplopsalis* sp.는 27.59%, *Eucampia zoodiacus*는 4.90%의 분포를 보였다. 그 밖의 종들은 0.02- 2.80%의 분포를 보였다. 총 출현한 26종 중 규조식물문이 38.41%로 22종이며, 와편모식물문이 61.48%를 점유하며, 2종으로 나타났으며 남조류가 0.11%로 2개의 종이였다.

이러한 결과를 토대로 대량종묘생산을 위해서는 1) 초기먹이생물(copepods, nauplii) 번식을 위한 영양염 시비는 화학비료보다 계분, 돈분, 우분, 알팔과 등과 같은 유기질 및 무기질 영양염을 시비, 2) 기형 발생 방지를 위해 수정난을 직접 호지에 입식하여 종묘생산, 3) 주수구에 2~3중 그물망 설치를 통해 해적생물의 유입을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

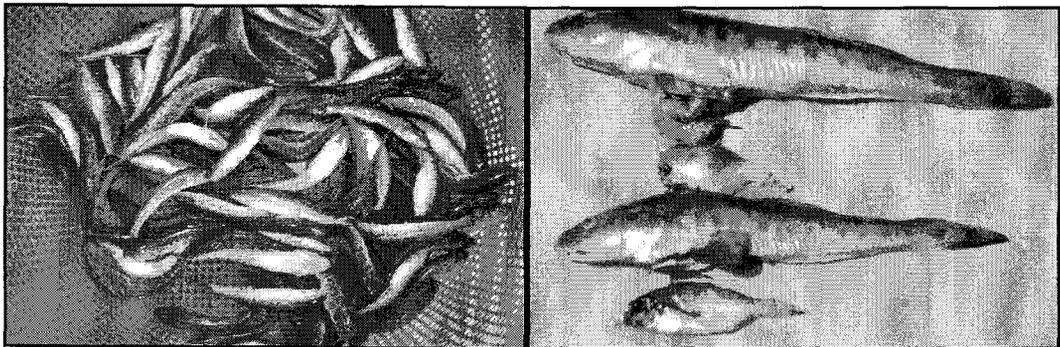


그림 37. 해적생물 망둑어에 의한 감성돔 치어의 피해.

7. 어체의 일반성분 분석

생산방법을 달리하여 생산된 축제식양식장 및 육상수조 종묘의 어체 성분을 실험종료 후 각각 10마리씩 pooling하여 비교 분석한 결과 표 9와 같이 나타났다. 수분 함량에 있어서는 축제식양식장에서 생산된 종묘가 77.0%로 육상 수조에서 생산된 종묘보다 약간 높게 나타났으나, 지질함량의 경우 육상 수조에서 생산된 치어가 현저하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 인공배합사료를 공급한 어류 종묘의 경우 공통적으로 나타나는 현상으로 이는 배합사료에 함유된 높은 농도의 지질에 기인한 것으로 판단된다. 한편 회분 함량에 있어 육상수조에 비해 축제식양식장 산 치어가 약간 높게 나타났는데 이는 감성돔을 담수에서 사육한 실험에서와 비슷한 결과(염분농도가 낮을수록 회분함량 감소)로, 추후 회분함량의 감소에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

8. 생산성 비교

가. 축제식양식장에서의 감성돔 종묘생산시 경제성 분석

육상 수조에서의 종묘생산은 생산업체에 따라 기형률이 매우 다양하여 10-98%에 이른다. 따라서 육상수조의 감성돔 종묘생산 경제성은 분석하기에 많은 어려움이 따른다. 본 연구에서는 아래와 같이 축제식양식장의 경우만 경제성을 분석하였다. 분석결과 감성돔의 조수입에 대한 순수익의 비율은 11%인 조피볼락과 42.2%인 가송어에 비해 현저히 높아 71%를 나타내었다(표 10).

표 9. 축제식양식장 및 육상수조에서 생산된 감성돔 치어의 일반 체성분

종묘생산방법	수분	단백질	지질	회분
축제식양식장	77.0	17.5	1.2	4.2
육상수조	74.1	17.2	3.1	4.9

표 10. 축제식양식장을 활용하여 감성돔 종묘생산시 경제성 분석

항 목	품 목	금액 (천원)	산 출 내 역(원)	
조수입	종 묘	140,000	700,000마리 x 200원 = 140,000,000원	
지출	합 계	40,774		
	소 계	7,000		
	시 설 비	양수기, 보트 주배수시설 등	1,000	시설비 10,000,000원 x 1/10 = 1,000,000원
		야외 사육지 임차료	6,000	6,000평 x 1,000원 = 6,000,000원
		소 계	25,050	
	운 영 비	수정란	5,250	350만개 x 1.5원 = 5,250,000원
		장비사용료	4,000	불도저, 포크레인 등 800,000원 x 5일 = 4,000,000원
		생사료	2,000	400 kg x 5,000원 = 2,000,000원
		배합사료	1,200	400 kg x 3,000원 = 1,200,000원
		인건비	4,800	1인 x 1,200,000원 x 4월 = 4,800,000원
		전기료	800	200,000원 x 4월 = 800,000원
		비 료	1,000	화학비료, 알팔파 등 1,000,000원
		소모품비	2,000	20종 x 100,000원 = 2,000,000원
		약품, 영양제	2,000	2종 x 100,000원 x 10회 = 2,000,000원
		주부식비	2,000	500,000원 x 4월 = 2,000,000원
		소 계	8,724	
	기 타	기타(자본용역)	2,524	31,550,000원 x 0.02 x 4 = 2,800,000원
		감가상각비	200	1,000,000원 x 1/5 = 200,000원
		자가노력	6,000	1,500,000원 x 4월 = 6,000,000원
	순수익	조수입-지출	140,000천원 - 40,774천원 = 99,226,000천원(70.9%)	

나. 축제식양식장에서의 조피볼락 종묘생산시 경제성 분석

축제식양식장을 이용한 조피볼락 종묘생산은 1999년부터 일반 어민에 의해 기술개발이 시작되어 대량으로 생산되고 있다. 그러나 본 연구에서는 호지 내에서의 생태계 및 수질환경에 대한 연구가 전무한 상태에서 기초자료를 확보하였다. 2000년도의 생산성은 조수입에 대한 순수익의 비율이 80% 전후였으나, 2001년도에 자연산 치어의 불법유통과 함께 노지산 종묘의 대량생산이 이루어지면서 44%로 낮아졌고, 2002년도에는 더욱 악화되어 본 연구에서 분석한 바와 같이 11%로 낮아졌다(표 11). 이러한 수익 감소는 당분간 조피볼락 상품어 가격 회복과 함께 불법 치어 채포가 근절되지 않는 한 더욱더 감소할 것으로 판단된다.

9. 축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산

가. 시기별 가숭어의 성숙도 조사

어미 가숭어의 시기별, 암·수의 생식소 속도지수 조사 결과 표 12 및 그림 38과 같이 충남 삽교호와 인천 강화도에서 포획된 가숭어를 대상으로 12회에 걸쳐 암컷 26마리, 수컷 28마리의 성숙도 조사를 실시한 결과 서해 중부해역의 주 산란시기는 5월 하순부터 6월 초순 사이의 생식선 속도지수, ♀; 18.8~35.1, ♂; 2.4~7.5가 주산란기로 조사 되었다.

표 11. 축제식양식장을 활용하여 조피볼락 종묘생산시 경제성 분석

항 목	품 목	금액(천원)	산 출 내 역(원)	
조수입	종 묘	60,000	1,000,000마리 x 60원 = 60,000,000원	
지 출	합 계	53,396		
	시 설 비	소 계	21,000	
		양수기, 보트 주배수시설 등	1,000	시설비 10,000,000원 x 1/10 = 1,000,000원
		야외 사육지 임차료	20,000	20,000평 x 1,000원 = 20,000,000원
	운 영 비	소 계	22,700	
		친 어	4,500	45,000원 x 100마리 = 4,500,000원
		장비사용료	2,400	불도저, 포크레인 등 800,000원 x 3일 = 2,400,000원
		생사료	5,000	1,000 kg x 5,000원 = 5,000,000원
		인건비	4,800	1인 x 1,200,000원 x 4월 = 4,800,000원
		전기료	1,000	250,000원 x 4월 = 1,000,000원
		비 료	1,000	화학비료, 유기비료 등 1,000,000원
		소모품비	2,000	20종 x 100,000원 = 2,000,000원
		주부식비	2,000	500,000원 x 4월 = 2,000,000원
		소 계	9,696	
	기 타	기타(자본용역)	3,496	43,700,000원 x 0.02 x 4 = 3,496,000원
		감가상각비	200	1,000,000원 x 1/5 = 200,000원
		자가노력	6,000	1,500,000원 x 4월 = 6,000,000원
	순수익	조수입-지출	60,000천원 - 53,396천원 = 6,604,000천원(11.0%)	

표 12. 가숭어 성 성숙도

Date	Sex	TL (cm)	BL (cm)	BW (g)	Gonad (g)	GSI
4/24	♀	42.5	37.0	785	29.0	3.7
		39.0	34.5	690	26.2	3.8
	♂	35.5	30.0	575	6.9	1.2
		38.0	35.0	615	8.0	4.3
		27.9	24.5	516	11.4	2.2
		32.4	28.9	620	35.3	5.7
		29.0	25.8	570	18.8	3.3
		30.1	28.1	571	15.4	2.7
5/4	♀	33.7	29.4	653	73.8	11.3
		45.5	42.5	876	76.2	8.7
		47.2	43.7	1057	160.7	15.2
		39.6	32.6	718	66.8	9.3
		42.5	37.8	845	51.6	6.1
	♂	40.5	35.4	762	39.6	5.2
		40.5	36.0	654	30.7	4.7
		42.3	37.9	671	35.6	5.3
5/14	♀	49.7	44.0	1,070	28.5	2.7
		46.5	42.0	1,130	185.0	16.4
	♂	39.5	35.0	615	20.0	3.3
		43.0	38.5	645	25.0	3.9
5/19	♂	59.5	49.5	175	11.0	0.7
		34.5	30.0	571	15.7	2.8
5/25	♀	43.5	39.5	829	71.5	8.6
5/29	♀	42.8	37.9	799	48.4	6.1
	♂	35.6	32.2	667	18.0	2.7
6/1	♀	47.8	43.5	983	23.9	2.4
		41.5	37.6	714	97.7	13.7
		45.7	42.0	915	71.9	7.9
	♂	43.5	38.7	617	4.2	0.7
		37.8	34.5	517	5.3	1.0

Continue.....

6/7	♀	62.0	55.5	2,425	455.0	18.8
		59.4	52.7	1,920	450.0	23.4
		55.0	50.0	2,136	636.0	29.8
		57.2	53.2	1,850	650.0	35.1
	♂	42.7	38.5	624	9.4	1.5
		39.8	35.4	598	14.4	2.4
		44.7	37.1	579	28.2	4.9
		41.5	40.6	628	46.7	7.5
		38.4	35.0	574	29.7	5.2
6/14	♀	46.5	41.8	1080	116.6	10.8
		53.1	47.3	995	89.5	9.0
	♂	45.3	41.0	695	24.3	3.5
6/21	♀	40.4	36.8	805	3.5	0.4
		50.1	47.3	1,177	3.5	0.3
	♂	37.5	33.7	534	21.9	4.1
		40.0	45.7	634	14.6	2.3
7/14	♀	57.5	52.7	1,254	94.0	7.5
		54.3	49.5	986	96.6	9.8
	♂	41.5	37.1	618	10.5	1.7
		39.5	35.7	590	14.7	2.5
7/20	♀	55.4	50.2	1,057	3.1	0.3
		54.8	48.9	968	4.2	0.4
	♂	42.5	37.8	549	7.2	1.3
45.7		41.5	716	26.0	3.6	

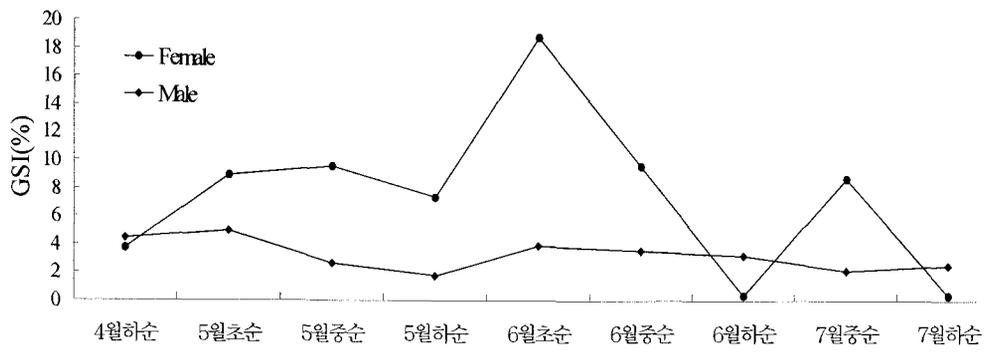


그림 38. 가숭어의 시기별 생식선의 성숙도 지수.

나. 육상수조 및 축제식양식장 종묘생산

자연산 친어 3마리로부터 채란한 난은 약 130만개였으며 수정란의 부화율은 부화된 자어를 표본 채집하여 계수한 결과 약 120만마리가 부화되었다(표 13, 14). 육상수조에서 로티퍼와 초기배합사료를 이용하여 12~16일간 사육한 후 축제식양식장에 입식하여 30일간 사육한 결과 전장 45~55 mm, 체중 1.7~2.0 g인 건강한 종묘 120만마리를 생산하였다(그림 39).

다. 자,치어기 질병

1) 기생충

축제식양식장에서 종묘생산기간 중 기생충 감염여부를 판별하기 위해 수시로 자, 치어를 채집하여 표피, 아가미 및 지느러미를 중심으로 피부흡충류 및 선충류 등과 같은 병원성 기생충은 관찰되지 않았다.

2) 세균

축제식양식장에서 채집된 가숭어 자, 치어의 꼬리지느러미, 아가미 및 간조직을 BHIA, SM110, TSA 및 TCBS 평판 배지에 도말하여 27℃에서 24시간 배양하여 세균감염여부를 조사한 결과 세균성 병원균이 전혀 검출되지 않았다. 그러나 양성 초기단계인 7월에 연쇄상구균(*Streptococcus* sp.)이 아가미와 간에서 극히 미량 검출되었으나 질병으로 발병되지 않았다(표 15).

또한 가숭어 자, 치어로부터 분리된 세균은 전체적으로 독시사이클린, 옥시테트라사이클린 그리고 테트라사이클린 등의 수산용 항생물질에는 감수성을 나타낸 반면 기타 대부분의 항생물질에 내성을 가지고 있는 것으로 나타났다(표 16).

표 13. 가숭어 채란

구분	산지	채란일	전장 (cm)	체장 (cm)	체중 (g)	채란량 (천개)	비고
①		2002. 5. 21	59.4	52.7	1,920	350	
②	강화도	5. 23	55.0	50.0	2,136	540	
③		5. 26	57.2	53.2	1,850	410	
④		5. 26	62.0	55.5	2,425	-	과속
합계						1,300	
평균			58.4	52.9	2,082	433	

표 14. 가숭어 종묘생산

일 자	채란량 (천개)	부 화			종묘생산량 (%)
		수 온(°C)	시 간(hr)	수 량 (천마리)	
2002. 5. 21~26	1,300	24.7±0.6	36~48	1,250	96.2 (96.0%)

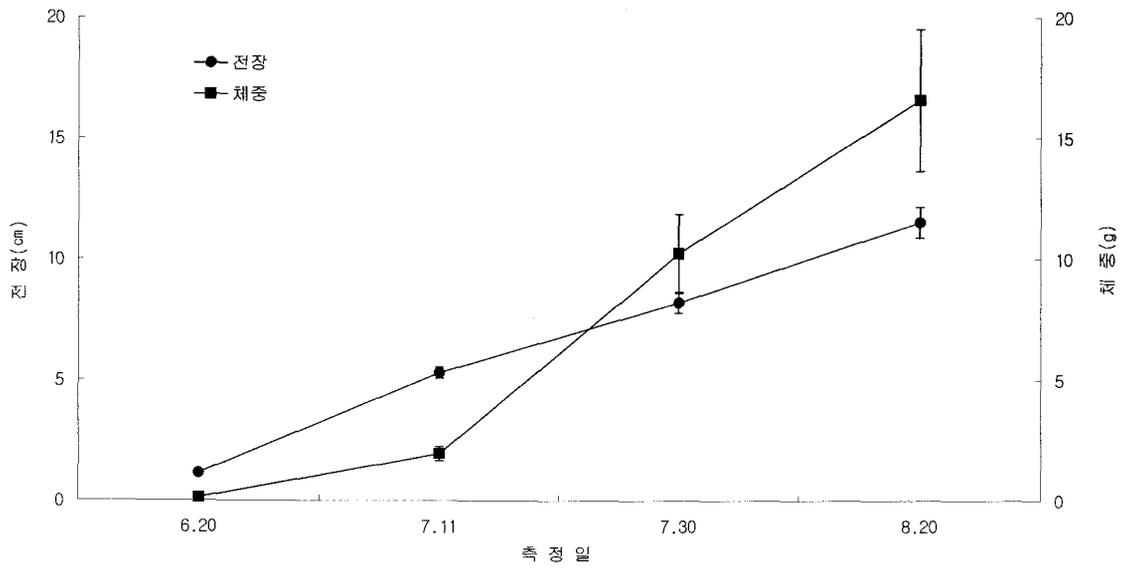


그림 39. 축제식양식장에서 가숭어 자, 치어의 전장 및 체중의 변화.

표 15. 가송어종묘생산기간 중 출현한 병원균

조사월	출현 병원균	집락정도	출현부위
5	-	-	-
6	-	-	-
7	<i>Streptococcus</i> sp.	+	아가미, 간

- : 병원균 미검출

+ : 1~3 colony, ++ : 3~10 colony, +++ : 10~20 colony

표 16. 가숭어 종묘의 약제 감수성

세 균 명	감수성 약제	내성약제
<i>Staphylococcus</i> sp.	T > DO = TE	AM, B, E, K, N, P, S,
<i>Streptococcus</i> sp.	T > TE > DO	AM, B, E, K, N, P, S,

AM:Ampicilin,B:Bacitracin,DO:Doxycycline,E:Erythromycin, K:Kanamycin,
 N:Neomycin,P:Penicillin, S:Streptomycin, T:Oxytetracycline, TE:Tetracycline,

라. 종묘생산방법에 따른 생산성 분석

축제식양식장을 이용한 가숭어종묘생산의 생산성 분석을 위하여 시험어장과 일반 양식장의 종묘생산 및 양성어가의 생산 및 수익성 조사를 하여 경제성 분석을 한 결과 표 17과 같이 분석되었다.

마. 양식장 수질환경 변화

가숭어 종묘생산 기간 중 축제식양식장의 3월과 4월 수온은 주간 1~2℃씩 상승하여 4월 하순 17℃ 전후에 이르러 연안수에 비해 5℃전후 높은 수온상승을 보였다 (그림 40, 41).

용존산소량 변화는 사육용 종묘의 방양사육과 사육수조내의 플랑크톤 발생 등의 영향으로 감소 경향을 보이거나 염분도는 점진적으로 상승하여 강우에 의한 영향을 직접적으로 받고 있음을 나타내었다(그림 42).

표 17. 축제식 양식장을 활용하여 가숭어 종묘생산시 경제성 분석

시험어장	충남 당진군 신평면 매산리 진흥수산
시 설	육상수조(비닐하우스, 브로워, 보일러 등) 80 m ² x 3조 야외사육지 : 10,000 m ² 그물가두리 : 350 m ² (7 x 7 x 7 m, 7조)

항 목	품 목	금액(천원)	산 출 내 역(원)	
조수입	종 묘	99,000	1,100,000마리 x 90원 = 99,000,000원	
	합 계	56,186		
시 설 비	소 계	16,600		
	비닐하우스	5,000	350 m ² 시설비 20,000,000원의 1/4	
	수 조	3,000	1,000,000원 x 3조 = 3,000,000원	
	양수기, 보일러, 지하수 등	3,500	시설비 35,000,000원 x 1/10 = 3,500,000원 (하우스, 수조 15조)의 1/10	
	야외 사육지 임차료	3,000	3,000평 x 1,000원 = 3,000,000원	
	그물가두리	2,100	300,000원 x 7조 = 2,100,000원	
	소 계	27,350		
	지 출	운 영 비		
		친 어	2,400	4마리 x 600,000원 = 2,400,000원
		사 료	16,000	2,000 kg x 8,000원 = 16,000,000원
인건비		4,800	1인 x 1,200,000원 x 4월 = 4,800,000원	
전기료		800	200,000원 x 4월 = 800,000원	
연료비		350	70,000원 x 5드럼 = 350,000원	
소모품비		1,000	10종 x 100,000원 = 1,000,000원	
주부식비	2,000	500,000원 x 4월 = 2,000,000원		
기 타	소 계	12,236		
	기타(자본용역)	3,516	43,950,000원 x 0.02 x 4 = 3,516,000원	
	감가상각비	2,720	13,600,000원 x 1/5 = 2,720,000원	
	자가노력	6,000	1,500,000원 x 4월 = 6,000,000원	
순수익	조수입-지출	99,000천원 - 56,186천원 = 42,814,000천원(42.2%)		

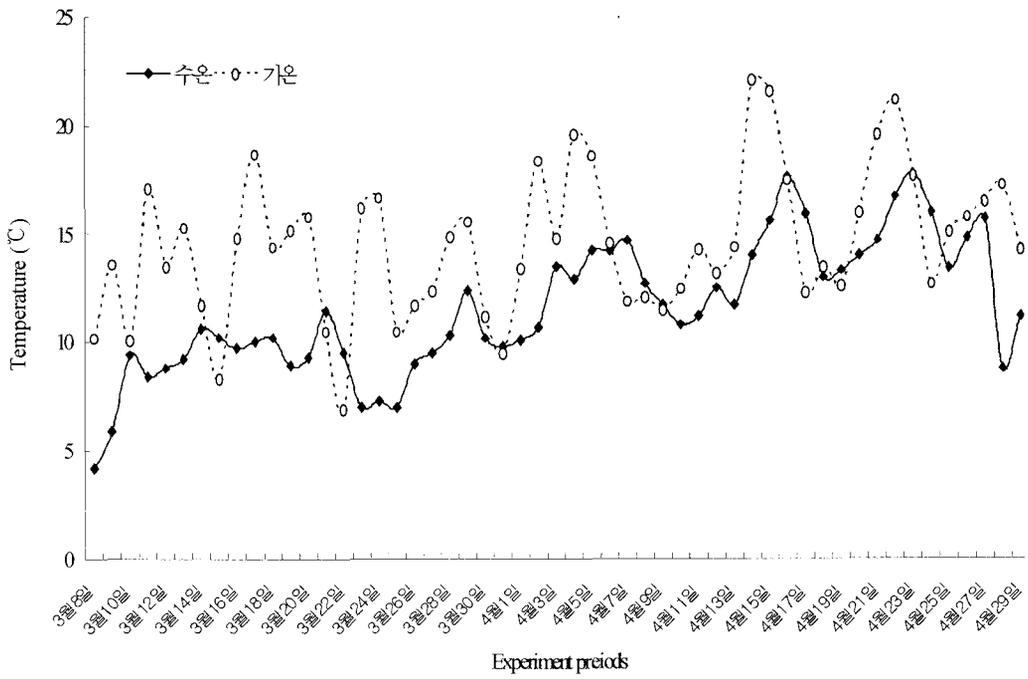


그림 40. 가숭어 축제식양식장의 실험기간동안 수온 및 기온변화.

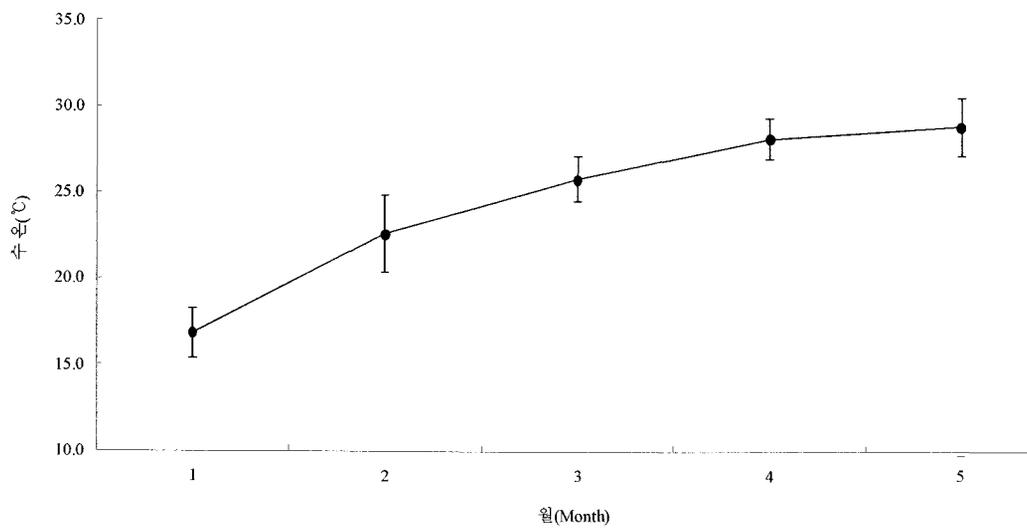


그림 41. 가숭어 축제식양식장의 월별 수온 변화.

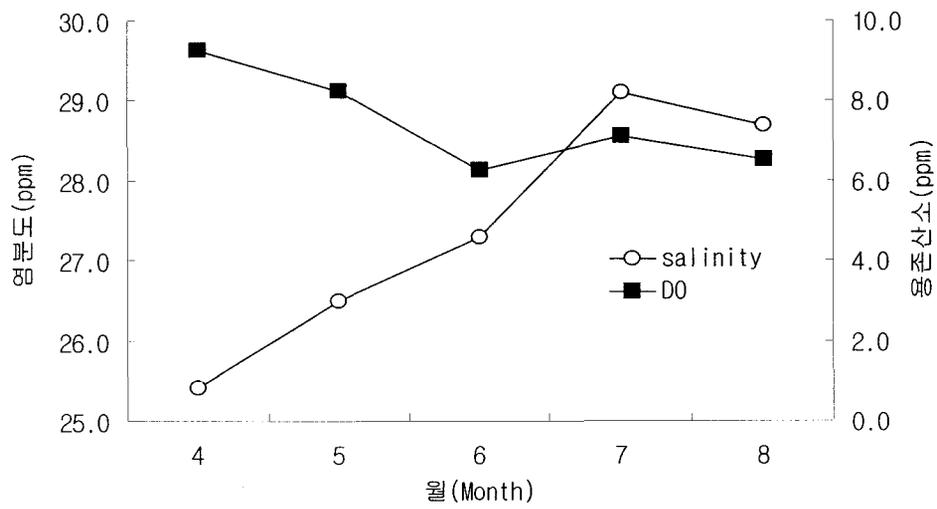


그림 42. 가숭어 축제식양식장의 염분도 및 용존산소 변화.

1) 영양염 분석 조사

연안수와 야외사육지 및 실내사육지의 수질 영양염 분석 결과 각 사육지내의 수온 변화와 사육 생물인 종묘 방양에 의한 사료공급 및 각종 플랑크톤 조성과 관련하여 수차 및 부로어 시설 등 가동과 환수량 조절 등에 의한 양식환경 조성에 측정자료로 적극적으로 활용하였다(그림 43, 44, 45, 46, 47).

2) 양식장의 플랑크톤 조성 및 농도 조사

사육지내의 플랑크톤 조성은 7~8월에 종조성과 발생량에서 최고치에 달하였으며, *ceratium* sp., *chaetoceros* sp., *navicula* sp., *nizschia* sp., *skeletonema* sp. 등이 우점종으로 번식하였다. 또한 다량의 규조류와 식물성 플랑크톤이 발생하고 점진적으로 동물성플랑크톤의 종과 발생량이 증가하였다(그림 48).

3) 양식장의 퇴적물 분석

가송어 종묘생산용 축제식양식장의 저질퇴적물은 저질입도의 부니량이 증가하였으며, 황하물과 화학적 산소요구량의 양이 현저히 증가하여 종묘 양성에 의한 저질의 부영양화 영향을 받는 것으로 조사되었다(표 18).

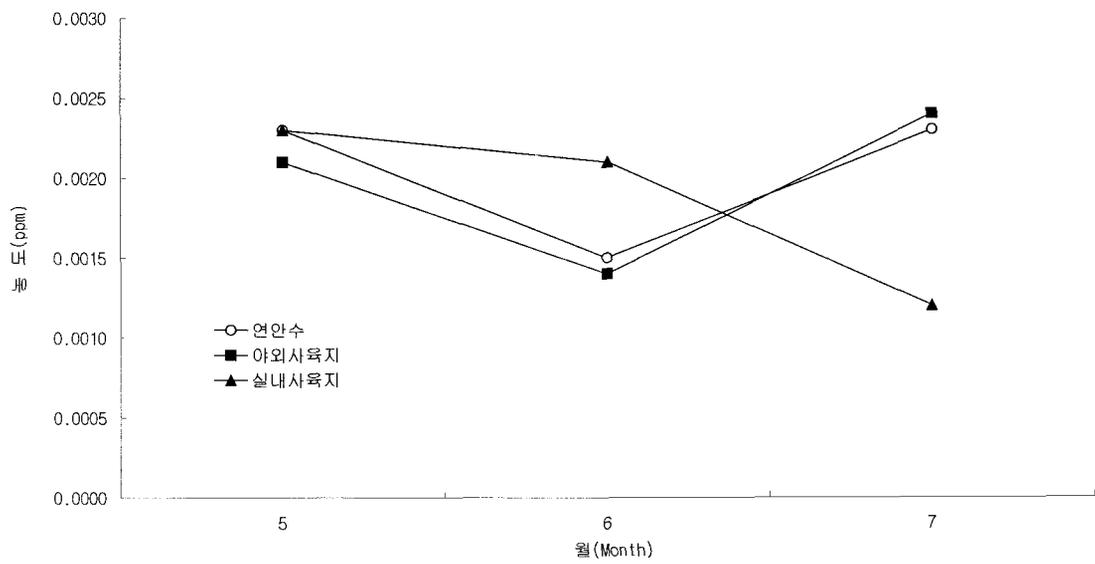


그림 43. 가숭어 축제식양식장의 NO₂ 변화.

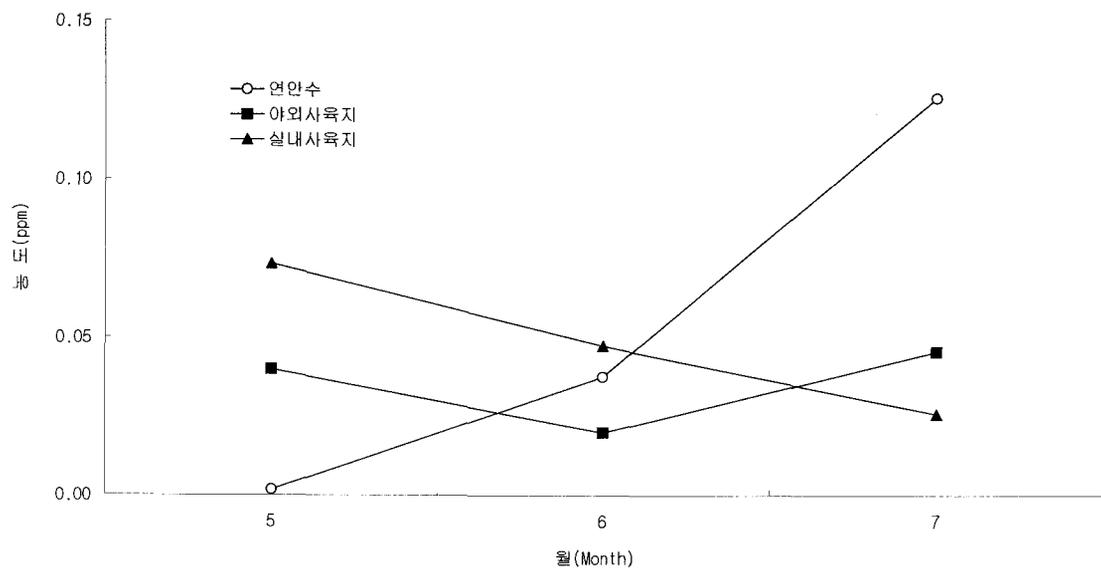


그림 44. 가숭어 축제식양식장의 NO₃ 변화.

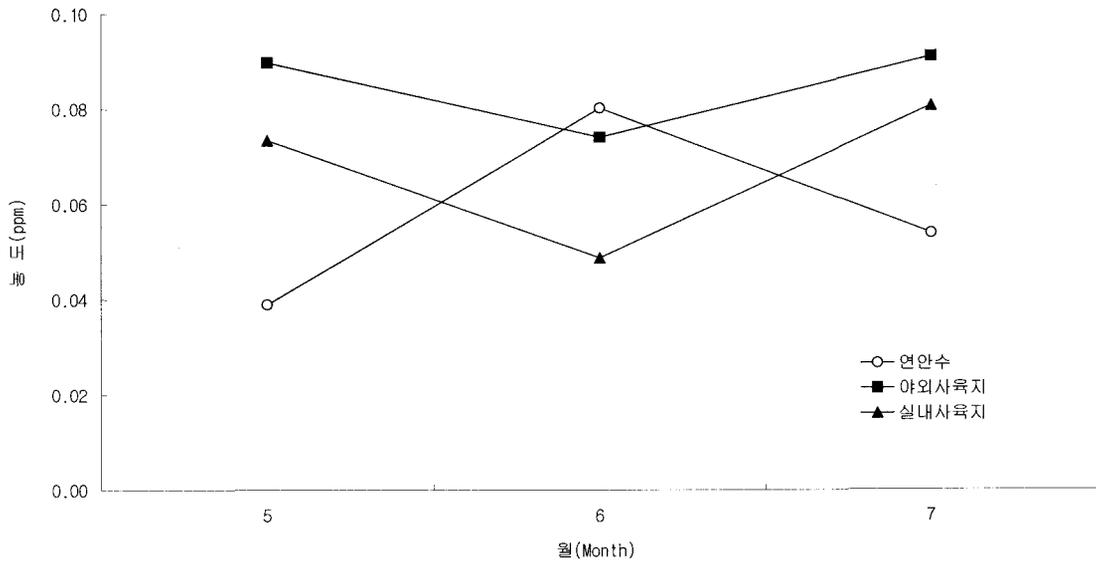


그림 45. 가송어 축제식양식장의 NH_4 변화.

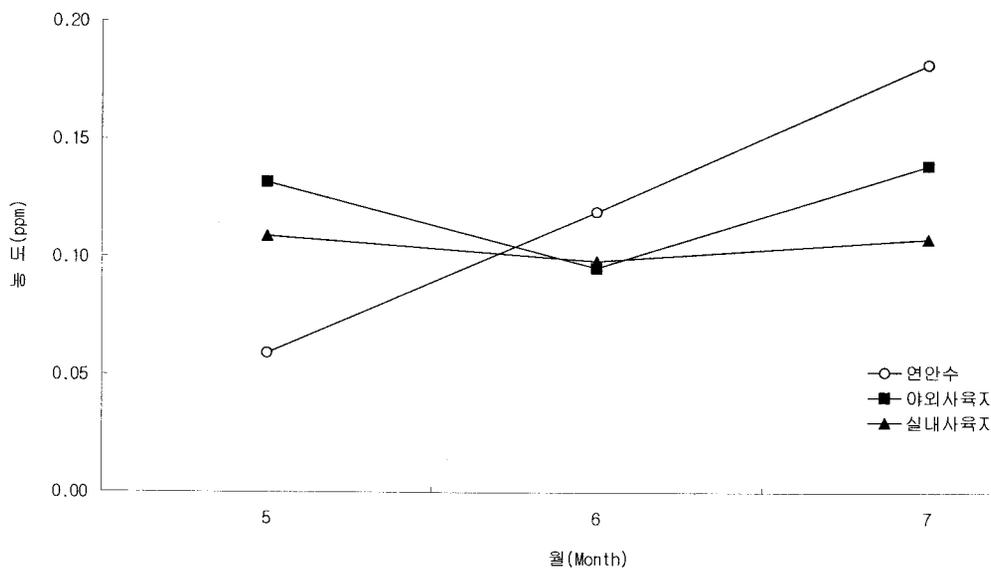


그림 46. 가숭어 축제식양식장의 DIN 변화.

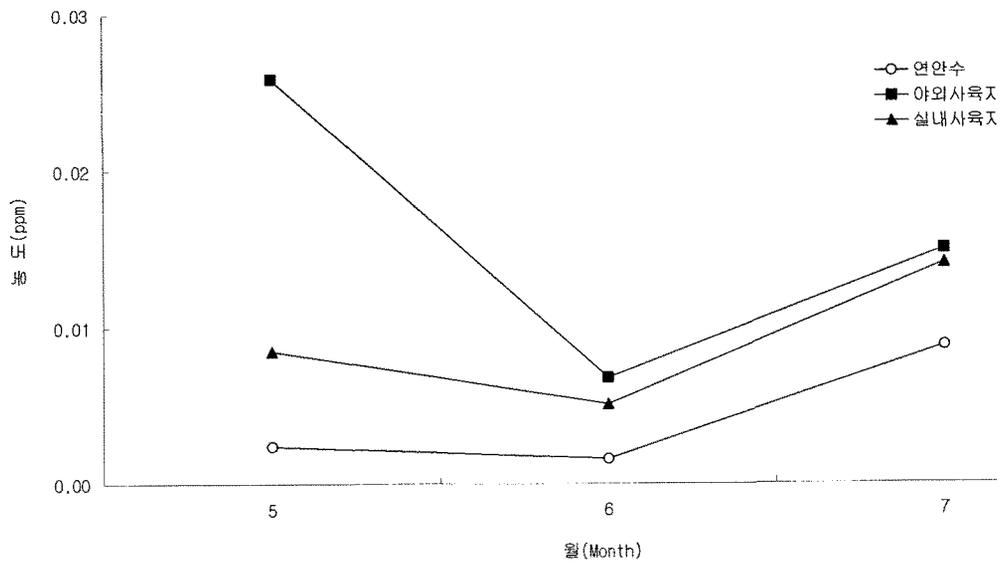


그림 47. 가송어 축제식양식장의 PO₄ 변화.

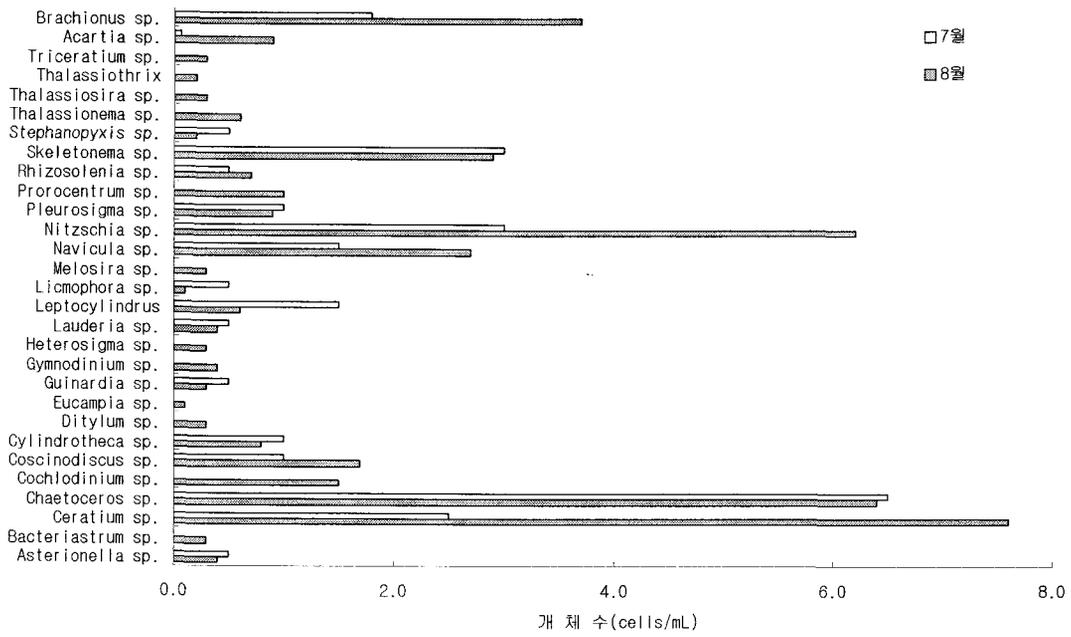


그림 48. 가송어 축제식양식장에 출현된 플랑크톤의 종조성 및 밀도.

표 18. 가승어 축제식양식장의 퇴적물 일반항목 분석

조사연월		입도(%)		황화물	강열감량	COD
년	월	>0.062mm	<0.062mm	mg/g.d	IL(%)	mg/g.d
2002	4	27.32	72.68	0.265	5.82	11.71
	7	24.25	75.75	0.413	5.13	17.64

제 5 장 연구개발 활용계획

축제식양식장에 대한 기초적인 자료가 전혀 없는 상태에서 2년간 연구를 수행해 본 결과, 동·식물플랑크톤, 저서생물 및 어류 등의 생태계를 이해하고 지속적으로 양호한 수질환경을 유지하기 위한 후속적인 연구가 더 필요할 것으로 판단되었다.

또한 계속적인 화학비료 사용으로 어류생산력이 매년 20-30%씩 감소하는 경향이 관찰되어 앞으로는 유기비료의 전환으로 친환경적인 생산시스템을 구축으로 활용 가능할 것으로 판단된다. 또한 단순한 조방적 생산 시스템에서 집약적인 양식시스템을 위한 가온시설, 먹이배양 호지 운영, 수차 또는 산소공급시설 등의 양식시설의 설치하여 활용한다면 높은 생산성이 기대된다. 또한 본 연구결과 다음과 같은 문제점 해결과 다양한 생산기법을 제시하여 생산성 향상을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

- 가. 축제식양식장을 이용한 어류종묘생산시 초기먹이생물관리를 위한 기초적인 생태계자료 확립으로 친환경적 종묘생산기술개발
- 나. 높은 종묘생산비용, 기형발생 및 새로운 품종 개발등 문제점 해결
- 다. 서해안일대 미활용양식장, 간척지 및 폐염전을 활용한 어류종묘생산가능
- 라. 축제식양식장의 효율적이며 생산성을 극대화시킬 수 있는 생산기법활용
- 마. 어류의 종 특이성, 지역 및 적적 노지 생태계등을 고려한 생산기법활용
- 바. 연구결과의 신속한 어업인 기술이전으로 소득증대 자료로 활용
- 사. 양식수산물 경쟁력 확보자료로 활용

참고문헌

- Alcaraz, G. and X. C. Carrara and C. Canegas, 1997. Temperature tolerance of *Penaeus setiferus* postlarvae exposed to ammonia and nitrite. *Aquat. Toxicol.*, 39: 305-353
- Chen. J. C. and Y. Z. Kou, 1992. Effects of ammonia on growth and molting of *Penaeus japonicus* juveniles. *Aquacult.*, 104 : 249-260
- Chen. J. C. and C. Y. Lin, 1991. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus penicillatus* juveniles at two salinity levels. *Comp. Biochem. Physiol.*, 100C : 477-482
- Fujita, S., 1973. Importance of zooplankton mass culture in producing marine fish seed for fish farming. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 20: 49-53.
- Garcia, S. and L. Le Reste, 1981. Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid stocks. *FAO*, No. 203: 215 p.
- Gayaniilo, F.C., P. Sparre. and D. Pauly, 1995. The FAO-ICLARM stock assessment. Tools (FiSAT) user's guide. *FAO Computerized Series (Fisheries)*. No. 8. *FAO*, Rome, 126 pp.
- Hong S. Y., Ma C. W. and Kang Y. S. 1994. Distribution of Copepod Indicator Species and Zooplankton Communities in Pusan Harbor, Korea. *J. Kor. Oceanog. soc. korea*. 29 : 132-144.
- Malone T. C. 1980. Size-Fractioned Primary Productivity of Marine Phytoplankton. In: *Primary Productivity in the sea* (P.G Falkowski ED.). Plenum Press, New York. 301-319.
- Murano, M., 1964. Fisheries biology of a marine relict mysid *Neomysis intermedia* Czerniavsky. III. Lifecycle, with special reference to the reproduction of the mysid. *Japan Aqua. Res. Group*, 12: 19-39.
- Okamasao, 1970. Larval rearing and culture of prawns . *Aquacul.*, 2 : 34.

- Parsons, T. T. and LeBrasseur R. J. 1970. The availability of food to different trophic levels in the marine food chain. Oliver Boyd, Edinburgh. 325-343pp
- Pauly, D., J. Ingles and R. Neal, 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II). *In* Penaeid shrimps-their biology and management (Eds. J.A. Gulland and B.J. Rothschild), pp. 220-234. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publication Ltd., Oxford, 308 pp.
- Pauly, D. and G. Gaschtz, 1979. A simple method for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. ICES, C.M. 1979/G: 24: 26 pp.
- Pauly, D. and G.R. Morgan, 1987. Length-based methods in fisheries research. ICLARM & KISR, 468 pp.
- Reitsema, L. A. and J. M. Neff, 1980. A recirculating artificial seawater system for the laboratory culture of *Mysidopsis almyra* (Crustacea; Pericaridea). *Estuaries*, 3(4): 321-323.
- Ryther J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science* 166 : 72-76.
- Swanson, S. L. and C. J. sundermann, 1979. Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976. NOAA Prof. Pap., pp.345
- Walsh J. J. 1976. Models of the Sea. In: *The ecology of the sea* (D.H. Chshing and J.J. Walsh, eds.). Balckwell Publ., Oxford. 389-446pp.
- Wang, K., 1983. Penaeid culture. China Aquaculture Company, China. pp. 240 (in Chinese).
- Ward, S. H. 1984. A System for laboratory rearing of the mysid, *Mysidopsis bahia* Molenock, *Prog. Fish-Cult.*, 50:170-175.

Watanabe, T., T. Arakawa, C. Kitajima, K. Fukusho and S. Fujita, 1978. Proximate and mineral composition of living feeds used in seed production of fish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44: 973-984.

Wheat, J. V., 1980. A modified semi-enclosed culture system for *Mysidopsis bahia* (Crustacea: Pericarida) and its use in evaluating reproductive cycles. MS these, Uni. BLVO, Galveston, 24 pp.