

최 종
연구보고서

생태양식법을 이용한 말쥐치와 참돔의 종묘생산 및 생태학적 연구

**Development of Seed Production Techniques and Ecological
Studies of Filefish (*Thamnaconus modestus*) and
Red seabream (*Pagrus major*) by Eco-culture System**

2005. 10.

주 관 연구 기관

순 천 향 대 학 교

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “생태양식법을 이용한 말쥐치와 참돔의 종묘생산 및 생태학적 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 10월

주관연구기관명 : 순천향대학교

총괄연구책임자 : 방 인 철

세부연구책임자 : 신 현 응

연 구 원 : 마채우, 박흠기, 박상용,
정진우, 김기만, 권성민,
이윤아, 임윤희, 이일로,
성용길, 김희석, 정해순,
김철순

요 약 문

I. 제 목

생태양식법을 이용한 말쥐치와 참돔의 종묘생산 및 생태학적 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

말쥐치, *Thmnaconus modestus* (Gunther)는 복어목(Tetraodontiformes), 쥐치과(Monacanthidae)에 속하는 어류로서 예전부터 우리가 흔히 ‘쥐포’라고 부르는 수산 가공건어물의 원료가 되는 어종으로 우리나라의 동·서·남해, 일본 남부 연안, 동중국해 등 광범위하게 분포하고 있다. 자연생태에서의 서식수온은 10-28℃이며, 제주 연근해에서도 많이 출현하고 있는 어종으로 먹이는 갑각류, 패류 및 각종 동물의 유생체 등 주로 동물성이지만 식물성 먹이도 먹는다.

우리나라에서 말쥐치의 어획은 주로 동해안과 남해안에서 이루어지며 1990년까지는 꾸준히 높은 어획량(230,252톤)을 보여 산업적으로 많이 이용하였으나 그 이후부터는 감소하여 최근에 들어서는 어획량이 급격히 줄어들어 가격이 상승하고 있고, 기호품인 쥐포는 가격이 비싸 명태와 같은 저가 어종의 육질을 이용한 생선포를 생산하여 쥐포로 판매하는 실정에 있다. 이러한 점을 해결하기 위해서는 쥐치의 종묘생산과 양식기술을 통해 해결할 수밖에 없는 실정이다.

말쥐치를 대상으로 일본에서는 1960년대부터 연구가 집중적으로 이루어지고 있으며, 국내에서는 한국 남해산 말쥐치의 성숙과 산란, 자원생물학적 연구, 년 생식주기, 난발생과정과 부화자어의 형태발달, 말쥐치 산란에 관한 자원생물학적 연구 등이 보고되고 있다.

말쥐치는 수정 및 부화 적정온도가 18~20℃로 25℃ 이상이 되면 수정난이 전량 폐사되며, 부화직후 자어의 입 크기가 작아 초기 먹이의 선택 및 대량확보가 이

루어지지 않으면 종묘생산이 이루어지지 않는다. 이와 같이 육상 수조에서 말쥐치의 종묘생산은 수온 및 초기먹이생물의 공급의 문제점이 있으며, 그 외 사료전환, 다량의 수정난 확보 등 안정적인 종묘생산을 하기 위한 기술이 요구되고 있다.

참돔, *Pagrus major*는 분류학적으로 농어목(Perciformes) 도미과(Sparidae) 속하며, 열대 및 온대성 어류로 전세계적으로 태평양, 인도양에 폭넓게 분포하고 있다. 우리나라에서는 동, 서, 남해안에 걸쳐 분포하지만 특히 제주도를 중심으로 한 따뜻한 남해안 암초지대에 주로 서식하는 고급어종이다.

참돔은 고부가가치 양식 대상품종으로서 1990년대 중반부터 종묘생산 기술의 확립과 더불어 남해안 해상가두리를 중심으로 양식이 실시되고 있다.

그러나 참돔은 열대 및 온수성 어류로 겨울철 수온이 10℃이하로 내려가면 대사기능이 급속히 떨어지고, 먹이를 먹지 못하고 폐사가 증가하기 때문에 겨울철 월동에 상당한 어려움이 있다.

최근 해상가두리에서 참돔의 양식이 확대 보급되고 있지만, 어병 발생에 따른 손실로 인해 어가 경제에 막대한 피해를 주고 있다. 현재 참돔은 연중 끊이지 않고 발생하고 있는 기생충성 질병과 이리도 바이러스병의 일종인 림포시스티스병이 남해안 해상가두리와 종묘생산시 많은 피해를 주고 있어 질병대책 및 건강한 종묘생산이 시급한 실정이다.

또한 육상수조식에서 참돔 종묘생산시 기형율이 매우 높아 종묘수급에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 양식용 종묘수급이 어려운 말쥐치의 대량종묘생산과 기형발생율이 높은 참돔을 대상으로 축제식 양식장을 활용하여 환경 친화적이면서 생태학적 방법으로 건강한 종묘생산 기술을 개발하고자 하였다..

서해안은 어류 종묘생산을 위한 좋은 수질환경 여건을 지니고 있는 것으로 평가되고 있다. 또한 해수 중에는 풍부한 영양염이 함유되어 동, 식물 플랑크톤이 고밀도 분포하고 있으며, 간척지 등 종묘 생산장으로 활용할 수 있는 넓은 간척지가 조

성되어 있을 뿐만 아니라 많은 염전들이 폐염전으로 방치되고 있는 실정이다. 이러한 조건을 활용하여 축제식 양식장에서 조피볼락, 감성돔 및 송어등 건강한 종묘들이 생산되고 있는 실정이다.

그러나, 아직까지 축제식 양식장을 활용하여 참돔 및 말쥐치의 종묘생산은 이루어진바 없으며, 육상수조에서 종묘생산시 어려움을 겪고 있는 문제점 해결을 위해 축제식 양식장을 활용하여 환경 친화적이며, 생태학적 양식법을 이용하여 건강한 종묘생산 기술을 개발하기 위해 1) 축제식 양식장에서 생태학적 방법을 이용하여 말쥐치 및 참돔의 대량 종묘생산 2) 유기질 비료의 시비에 따른 동, 식물플랑크톤 변화, 수질 및 저질환경 조사로 환경특성 확립 3) 축제식 양식장의 활용으로 종묘생산의 효율성 분석 및 환경 친화적 종묘생산 시스템 개발하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 어류종묘생산시 문제점으로 대두되고 있는 높은 종묘생산비용, 기형 문제, 자연환경오염등을 해결하고 축제식양식장의 생태연구를 통해 말쥐치와 참돔을 축제식 양식장을 활용하여 어류종묘생산기술을 개발하기 위하여 연구를 수행하였다.

1. 어류 종묘생산기술개발

1) 말쥐치의 종묘 생산기술개발

- 가. 친어 확보 및 관리
- 나. 산란 유도방법 개발
- 다. 환경 조절에 의한 조기 성숙유도
- 라. 수정난의 대량 확보기술 개발
- 마. 노지에서 자, 치어의 초기먹이 선호도 조사
- 바. 육상수조 및 노지에서 종묘생산
- 사. 친어의 시험구와 대조구간 성숙비교
- 아. 종묘생산성 평가
- 자. 어체 일반성분 분석
- 차. 노지 양식장을 이용한 말쥐치의 대량종묘생산 기술 구축

2) 참돔의 종묘 생산기술 개발

- 가. 육상수조 및 노지에서 종묘 생산
- 나. 육상수조 및 노지종묘의 기형률 조사
- 다. 어체 일반성분 분석
- 라. 노지를 활용한 대량종묘생산
- 마. 종묘생산성 평가
- 바. 노지 양식장을 이용한 참돔 대량종묘생산 기술 구축

2. 생태학적 조사 및 환경 친화적 노지양식 시스템 개발

- 1) 양식장 수질 및 저서환경 조사
 - 가. 연안수 및 양식장 수질환경 조사
 - 나. 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사
 - 다. 수질 및 저서환경 변화조사
- 2) 유기질 비료 시비에 따른 환경변화 조사
 - 가. 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동, 식물성 플랑크톤의 종조성 출현량 및 우점종 조사
 - 나. 동, 식물 플랑크톤의 변화조사
 - 다. 유기질 비료의 시비방법 및 적정 처리농도 규명
 - 라. 최적 유기질 비료 시비에 따른 생산성 평가
- 3). 환경친화적 노지양식 시스템 개발
 - 가. 생산성 증대를 위한 환경친화적 시스템 개발
 - 나. 노지 양식장의 생태학적 관리모델 구축

IV. 연구개발결과

1. 어류 종묘생산기술개발

가. 말쥐치

1) 말쥐치 친어확보

말쥐치 종묘생산 및 양질의 수정난을 대량확보를 위해 자연에서 어획되는 3~4년생 친어를 확보하여 순천향대학교 해양수산연구소에서 관리하여 실험에 사용하였다.

2) 환경 조절에 의한 조기 성숙유도

말쥐치 수정난을 확보하기 위해 초기 사육수온 12℃에서 서서히 상승시킨 결과 40일째부터 자연산란이 유도되어 조기 성 성숙 유도가 성공적으로 유도되었다. 이후 사육수온이 20℃ 시점에서는 가장 많은 자연산란이 이루어졌다.

3) 산란 유도

말쥐치 수정난을 대량확보하기 위해 환경조절에 의한 조기에 성숙을 유도하여 호르몬 유도제에 의한 산란과 자연산란유도를 한 결과 산란유도호르몬 hCG, LHRH-a 및 혼합투여의 경우 농도가 높을수록 산란이 빠른 경향을 보였다. 그러나 산란유도 호르몬에 의한 수정난 유도는 처리비용, 친어손상 및 질병감염등으로 수정난을 확보하는데 문제가 대두되었다.

그러나 광주기 및 서서히 온도를 상승시켜 자연산란을 유도한 경우 최초 40일째 수조 바닥에 산란된 수정률이 80~92%인 수정난(3,300개/cc)을 siphon에 의해 확보할 수 있었다. 이때 수정난은 산란유도호르몬 처리군보다 월등히 높게 나타나 수정난을 대량 확보할 수 있는 기술이 확보되었다.

4) 육상수조 및 노지에서 종묘생산

육상수조에서의 종묘생산 성패는 난황흡수 완료시기인 부화 5-6일째에 초기 먹이생물섭식이 여부에 달려있다 이시기때 자어의 위를 해부하여 내용물을 분석한 결과 부화 직후의 rotifer와 egg를 포식한 것으로 나타났다. 따라서 위 내용물 중 egg만을 수집하여 부화를 시킨 결과 rotifer 유생으로 확인 되었다.

노지에서의 말쥐치 종묘생산은 자체 생산된 수정난을 시비제를 상이하게 시비한 2개 노지에 1,000cc 씩을 대조구에는 300cc를 수용하여 5월 1일에서 6월 25일까지 종묘생산 한 결과 부화율에서 있어서 숙성계분을 시비한 노지는 약 25%, 규조성 시비제를 시비한 노지는 약 40%로 산정되었다.

따라서 노지에서 종묘생산은 초기 먹이생물 즉, 동물플랑크톤 중 우점종인 요각류 유생의 발생시점을 난황 흡수 완료시점에 번식될 수 있게 하는 것이 생존율을 향상 및 대량종묘생산으로 이어질 것으로 판단된다. 또한 노지수질환경을 윤택류가 번식할 수 있는 조건을 확보 후, 고밀도 배양기를 통해 배양된 윤택류를 노지에 첨가하는 종묘생산방법도 효율적일 것으로 판단된다.

5) 종묘생산성 평가

종묘입식 후부터 출하시까지 양식기간은 4~5개월이었고, 전 양식기간 중 3개소의 생존율은 82~91%로 나타났으며, 5월 28일 입식한 종묘(총 55,000마리)의 경우 입식 1개월째에 11.6 g, 2개월째에 28.4 g, 3개월째에 69.6 g, 4개월째에 85.4 g, 최종 출하시(11월 16일)에 123 g으로 성장하였다. 그러나 6월 18일 입식하여 9월말 출하 시까지 평균 72.3 g, 11월 중순 출하시 평균 85.4 g으로 성장하였다. 사료는 주로 냉동 곤쟁이와 부상사료를 이용하였고, 사료효율은 냉동사료의 경우 약 20% 정도였다. 한편, 7월 5일 55,000마리를 가두리 1개에 입식하여 9월말 경 출하한 A업체의 경우, 생존율은 91%, 평균체중 70 g이었으며, 총 3.7톤을 생산하였다. 판매가격은 14,000원/kg으로 총 매출액 5,180만원에서 사료대금(곤쟁이, 흰배도라치 치어

등 총 1,750상자) 650만원, 종묘구입비 1,250만원(단가 250원), 인건비 400만원을 제외하고 약 2,880만원의 경상이익을 창출하였다. 이상의 결과로 볼 때 최근 돔류(참돔, 감성돔, 돌돔) 등의 어가 하락으로 인해 가두리 양식장에서의 수익개선이 어려운 현실에서 말쥐치는 새로운 양식어종으로 주목되었다.

6) 어체 일반성분 분석

노지 및 육상수조에서 생산된 말쥐치 치어의 일반체성분 분석결과, 수확 직후 육상수조와 노지 종묘의 수분 함량은 각각 78.63, 81.44, 단백질 함량은 13.86, 11.85, 회분함량은 3.74, 2.23로 큰 차이를 보이지 않았으나 지질함량은 3.74, 2.23로 노지산이 낮게 나타났는데 이는 배합사료 성분 중 높은 지질함량에 기인한 것으로 보인다.

나. 참돔

1) 육상수조 및 노지에서 종묘 생산

참돔 수정란을 구입하여 실험노지에는 100 cc씩, 육상수조에는 50 cc를 입식하여 종묘생산을 한 결과 육상수조에서는 20,000마리가 생산되어 평균 40%의 생존율을 나타내었으나 노지의 경우는 15,000마리의 종묘가 생산되어 약 15%가 생산되었다. 육상 수조 및 노지에서 생산된 참돔 종묘의 기형율에 있어서 육상수조의 경우 120마리를 분석한 결과 74마리가 기형을 판명되어 약 61%, 실험노지에서는 139마리를 분석한 결과 1마리가 기형으로 판명되어 0.7%의 기형률을 나타냈다. 육상수조에서 나타난 기형은 대부분 꼬리 부분의 척추가 휘어지는 만곡형태와 주둥이 기형으로 나타났다.

2) 노지를 활용한 대량종묘생산

실험노지 노지 2,000평에서는 4월 7일부터 10일까지 총 3,500cc의 수정란을 입

식하여 극히 적은 약 2,000마리 참돔 종묘가 생산되었다. 이는 수정난 입식시 잦은 기상변화(수온변화, 바람, 비등)로 인한 낮은 부화율과 난황 흡수완료 시점인 4월 15일 초기먹이생물로 활용될 수 있는 요각류 유생의 밀도가 감소되어 대량 폐사로 이어진 것으로 사료된다.

3) 종묘생산성 평가

육상 수조에서의 종묘생산은 기형률이 매우 다양하여 10-50%에 이른다. 따라서 육상수조의 경우 경제성 분석을 하기에는 많은 어려움이 따른다. 본 연구에서는 아래와 같이 노지경우만 경제성을 분석하였다. 분석결과 참돔의 조수입에 대한 순수익의 비율은 61.2%로 “서해안 축제식 양식장을 이용한 어류종묘생산 (2002.12, 해양수산부)”에서의 노지를 활용한 감성돔 종묘생산시 71%의 경제성을 보인 결과와 비교시 다소 낮은 수치를 보였지만 조피볼락(11%), 송어(42.2%)에 비해서는 높은 수치를 보였다.

4) 노지 양식장을 이용한 말쥐치와 참돔 대량종묘생산 기술 구축

노지 양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산을 위해서는 노지의 환경조건을 우선적으로 파악해야 할 것으로 판단된다.

노지의 환경, 저질, 유입수 수질환경, 동·식물 플랑크톤의 변화, 기상변화에 따른 노지환경변화등의 자료확보가 우선되어야 할 것으로 판단된다. 또한 종묘생산 대상상종의 생태학적 특징, 초기 및 후기먹이생물 선호도등을 파악해야 할 것이다.

말쥐치 종묘를 대량생산하기 위해서는 수질환경, 수색, 자어기때 섭이가 가능한 100 μ m내외의 초기먹이생물 번식이 생존율을 높이는데 중요 요인이라고 할 수 있다. 노지의 제반여건이 최적이라고 판단시 기상변화를 충분히 예측하여 수정난을 입식하는 것이 좋으며, 이후 지속적인 채집을 통해 수질, 수색, 동,식물플랑크

톤의 종조성, 밀도등의 노지환경을 모니터링하여 보정을 해야 한다. 또한 급격한 환수는 수질환경변화로 이어지므로 말쥐치 종묘를 집중사육하기 위해 배합사료, 곤쟁이등의 투여양은 생존마리수, 호지수용능력등을 고려해서 정확한 투여량, 횡수등을 산정해야 한다. 이로 인해 수질환경 악화는 급격한 환수로 이어지므로 최대한 안정된 수질환경을 유지하여야 한다.

참돔은 노지에서 생산시 가장 크게 영향을 받는 것은 입식수온과 기상변화로 판단된다. 따라서 수정난은 부화직전에 입식하고 입식시 수온은 18℃이상, 기상예보를 참고하여 판단해야 할 것이다. 참돔은 수확 시 비닐이 탈락되면 질병 감염율이 높아 주의 깊게 수확해야 한다.

2. 생태학적 조사 및 환경 친화적 노지양식 시스템 개발

1) pH, DO, Salinity 및 영양염 변화

실험기간 동안 pH 변화는 7.6~9.72, DO는 4.05~11.12 mg/ℓ, 염분도는 23.7~35.7‰, 투명도에 있어서는 불규칙한 기상변화로 변동량이 다소 크게 나타났다 A 노지가 1.10~1.40 m (평균 1.24 m) 로 가장 안정된 투명도가 유지되었으며, B 노지는 0.5~1.60 m(평균 1.13 m), C 노지는 1.10~1.60 m (평균 1.25 m), D 노지는 0.6~1.50 m (평균1.08 m), E 노지가 0.60~1.20 m (평균 0.97 m)로 나타났다. 이는 일조량, 온도변화 및 시비제에 따른 동,식물플랑크톤의 번식차이에 기인된 것으로 추정되며 적정 투명도 유지를 위해서는 동,식물 플랑크톤의 밀도변화를 지속적으로 관찰할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

실험기간 동안 각각 노지에서 아질산염, 질산염, 인산염, 암모니아를 분석한 결과 생활환경 II등급 기준(0.6mg/ℓ 이하)이내를 나타내었다. 또한 실험노지에서 동물플랑크톤이 감소되어 증가를 목적으로 추가적으로 시비를 한 결과 일시적으로 농도가 상승되었지만 시비 후 2일 후 다시 안정화 되는 것을 관찰할 수 있었다. Chlorophyll a 함량에 있어서도 시비제에 영향을 받은 것으로 나타났다. A노지가

0.2~1.7 mg/l (평균 0.73), B 노지가 0.4~3.5 mg/l (평균 1.09), C 노지가 0.2~1.8 mg/l (평균 0.88), D 노지가 0.5~2.1 mg/l (평균 1.08)로 B 노지가 가장 많은 함량을 나타내었다. 이는 화학비료 시비에 따른 것으로 판단되며 과도한 화학비료 시비는 제한되어야 할 것으로 판단된다.

2) 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사

실험노지의 저질성향은 사질, 자갈 및 펄로 구성되어 있으며, 저서동물 소형채니기를 이용하여 채집한 결과 연체동물문 *Gastropoda* spp.와 절지동물문인 crab 및 polychaeta 가 우점적으로 분포하고 있는 것으로 나타났다.

3) 유기질 비료 시비에 따른 환경변화 조사

실험기간동안 출현한 동물플랑크톤은 *Acartia* sp.가 우점종을 이루는 copepods 와 copepods nauplius가 모든 실험노지에서 우점적으로 출현하였으며 그 다음으로 *Noctiluca* sp. polychaeta, jellyfish, egg, gastropoda 및 *Podon leuckarti* (cladocera)가 출현하였다. 동물플랑크톤의 현존량에 있어서는 4월 23일부터 5월 18일 사이에 가장 많이 출현되었다.

실험기간 출현한 copepods 및 copepods nauplius 변동량을 관찰한 결과 영양염을 1회성 시비로 끝내기보다는 요각류 밀도변화를 모니터링하여 밀도저하시 유기질 비료를 추가적으로 시비는 것이 밀도유지와 종묘생존율을 높이는 데 중요할 것으로 판단된다.

실험기간동안 식물플랑크톤의 대부분은 규조류에 속한 *Asterionella* sp., *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Cylindrotheca* sp., *Navicular* sp., *Nitzschia* sp., *Skeletonema* sp., 등이 주종을 이루었으며 와편모조류 및 황갈조류의 출현종수 및 양은 극히 적었다.

4) 환경친화적 노지양식 시스템 개발

노지양식장에 생산을 증대를 위해서는 수질관리, 동·식물플랑크톤, 초기먹이 생물 및 저질관리가 유기적으로 결합되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 이러한 항목에 대한 기초자료 확보는 노지양식장의 특성과약으로 생산성 증대가 기대된다. 노지양식장에는 먹이생물번식을 위해 화학비료 사용으로 어류생산력이 떨어지는 경향이 관찰되고 있어 앞으로는 유기비료의 확대로 생산시스템 구축으로 활용 가능할 것으로 판단된다. 노지양식장의 기초적인 생태계자료 확립으로 초기먹이생물 관리를 친환경적으로 전환하여 높은 종묘생산 비용 및 기형발생의 문제점 해결과 새로운 품종개발이 가능하다. 따라서 노지양식장의 생태학적 관리모델 구축은 지역에 따른 노지생태계 파악이 가능하여 신속한 어업인 기술이전으로 소득증대 자료활용 및 양식수산물 경쟁력 확보자료로 활용 가능할 것으로 판단된다

V. 연구개발결과의 활용계획

1. 말귀치 수정난 조기대량생산은 수정난 전문생산업체에 종묘생산 기술은 각 권역별 1개업체씩 선정하여 종묘생산 전 과정에 대해 기술을 이전할 예정이다.
2. 어류종묘의 기형율을 현저히 낮은 생태양식법을 활용한 조지종묘생산방법, 초기먹이생물관리 및 노지환경관리방법을 보급할 것이다.
3. 가두리 양식시 천연방오생물인 본 종의 확산을 위해 가두리 그물에 사용하는 방오페인트 사용량의 경감을 위해서 및 경제성을 고려하여 가두리 당 일정 수량을 사육하는 것도 좋을 것으로 판단됨.
4. 연안의 해파리 구제 차원에서 일정량의 종묘를 정부가 매입하여 특정 수역에 방류함으로써 전 연안에 문제가 되고 있는 해파리 문제를 해결하여야 할 것임(우선 특정 수역을 선정하여 예비실험 수행 필요).

S U M M A R Y

I . Title

Development of seed production techniques and ecological studies of filefish (*Thamnaconus modestus*) and red seabream (*Pagrus major*) by eco-culture system

II . Objective

The ecology of aquaculture ponds consists of many interdependent physical, chemical, and biological processes. The ecosystem is extraordinarily complex, and, until recently, aquaculture in ponds was viewed as a "black box" system in which outputs with little knowledge of the processes linking the two.

The filefish, *Thamnacounus modestus* is widely distributed in the Korea coast, southern Japan and extended to east and south China sea (www.fishbase.org). This fish are quite useful for the dried slices of fish, antifouling organism in the seawater net cage and natural enemy of large Jelly fish. Presently, the population of these species are chronologically reduced from late 1980s (320,000 metric tons) to 2000s (1,000 metric tons) due to overfishing. Therefore, seedling production of this fish has been required continuously from 1990s. The some restricted factor for mass production of this fish were discussed to very small size of newly-hatched larva (2.14 mm in total length) and their small mouth size at full opening.

The present study was aimed to the acquisition of fertilized eggs with good quality through broodstock management, search for first feeding organisms and production of seedling in mass scale by various hatchery system.

The red seabream, *Pagrus major* (Temminck et Schlegel) belong to the Sparidae of Peciformes, which are distributed from the Korean and Japanese to the East China

coasts. In Korea, this fish popularly sell as valuable sports fish as well as aquacultural fish at market. But red seabream had high abnormality rates in inland flow-through tanks, ranging from 10% to 50%.

The aims of this study were to determine phytoplankton abundance, zooplankton diversity and production and survival of filefish and red seabream larvae in ponds treated with organic and/or chemical fertilizers.

Also, this study was analyzed how zooplankton populations related to various nutrient levels in fish larval production ponds. Zooplankton samples were collected twice per week using an 100 μm mesh Wisconsin-style net from all experimental pond. Composite samples were preserved using chilled 4% formalin. The 1 ml sub-samples were removed from the original samples with a Hensin-Stempel pipette, enumerated and identified according to Pennak (1989) using a phase-contrast compound microscope. The sub samples were averaged and the number/ℓ for each sample was calculated.

III. Contents and scopes of the study

1. Development of seed production techniques of filefish and red seabream in seawater pond

This work was performed to investigate seed production techniques of filefish and red seabream on various pond environment and diets.

2. Ecological analysis of experimental ponds and development of environmental friendly pond culture system

This work was performed to investigate determine phytoplankton abundance, zooplankton diversity and production and survival of filefish and red seabream larvae

in ponds treated with organic and/or chemical fertilizers. Experiment was conducted in eight small ponds (1,000-1,500 m²) and on large pond (10,000 m²) at Marine Research Development Institute, Soonchunhyang University, South Korea (36 41' N; 126 18'E) from March to June 2002 and 2005.

IV. Result and Discussion

A broodstock management for acquisition of the good quality filefish eggs, which involved changing the water temperature management (rise slowly for 40-days from 12°C to 16°C) and photoperiod. The mean diameter of fertilized egg was 0.625 mm (3,300 individuals/ml). Total spawned eggs was 170 millions from 500 adult fishes (450 g in body weight) for 59 days. Larval rearing was conducted in 50 ton tank at a stocking density of 6-12 larvae per liter. The feeding regime consisted of *Chlorella*, rotifer, brine shrimp and artificial feed.

First feeding organisms analyzed from stomach content in the 5-day-old fish reared in the larval tanks were eggs and newly hatched larvae of rotifer (about 100 μ m in total length). The survival rate of this seedling fish from this study was very low and the highest survival rate was observed (9.5%) from the group fed by rotifer + brine shrimp + artificial feed. High mortalities in the experimental groups occurred in the first week during transition from endogenous to exogenous feeding.

Ponds treated with chemical and organic-fertilizers produced higher numbers of copepods nauplii, copepods and polychaeta, especially during the critical a 2-weeks period after stocking; phytoplankton levels were also initially higher compared to the control ponds.

During pond culture of fish fry, natural production of copepods an copepods nauplii is often relied on for the fish's initial food source. Fertilizers are commonly

added to production ponds to increase the zooplankton forage base for the fish fry. A better understanding of zooplankton population trends and how they relate to nutrients is necessary for more efficient fertilization strategies.

The stomach content analysis indicated that juvenile red seabream show a preference for copepods nauplii, copepods. Copepods are the most important zooplankton in influencing ultimate fish productivity. Larger number of copepods nauplii and copepods were significantly correlated with higher productivity indices. This suggests that fertilization programs should concentrate on increasing the numbers of copepods nauplii and copepods in ponds throughout the production period. Red seabream had 61% high abnormality rates in inland flow-through tanks. By contrast, low abnormalities were observed in larvae reared in pond. The abnormality rates were 0.7% produced from seawater pond system.

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.

Contents

Chapter 1. Introduction	23
Chapter 2. Development of seed production techniques of filefish and red seabream	26
1. Introduction	26
2. Materials and Methods	27
3. Results and discussion	33
Chapter 3. Ecological analysis of experimental ponds and development of environmental friendly pond culture system	66
1. Introduction	66
2. Materials and Methods	66
3. Results and discussion	74
Chapter 4. Achievement and expectable effects of the research	108
Chapter 5. Application plans of the results	110
Chapter 6. References	112

목 차

제 1 장 서 론	23
제 2 장 어류 종묘생산 기술개발	26
제 1 절 서 론	26
제 2 절 재료 및 방법	27
1. 말쥐치	27
가. 산란유도 방법 개발	27
나. 환경조절에 의한 조기 성 성숙 유도	28
다. 수정난 대량 확보기술개발	28
라. 노지에서 자, 치어의 초기먹이 선호도 조사	28
마. 육상 수조 및 노지에서 종묘생산	29
1) 육상수조를 활용한 종묘생산	29
2) 노지를 활용한 종묘생산	29
바. 친어의 시험구와 대조구간 성숙비교	30
사. 종묘생산성 평가	31
아. 어체 일반성분 분석	31
2. 참돔	31
가. 육상수조 및 노지에서 종묘생산	31
나. 육상수조 및 노지종묘의 기형률 조사	31
다. 어체일반 성분 분석	32
라. 노지를 활용한 대량종묘생산	32
마. 종묘생산성 평가	32
3. 노지양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산 기술 구축	32
제 3 절 결과 및 고찰	33
1. 말쥐치	33
가. 산란유도 방법 개발	33
1) 산란유도 호르몬 처리	33
2) 자연산란유도	34

3) 부화 및 종묘생산	35
4) 양식생물학적 기초연구	38
가) 동물플랑크톤(해수노지에서 양수, 우점종 : 요각류)	38
나) 규조 및 클로렐라로 조성된 사육환경	39
다) 클로렐라 + rotifer	39
나. 환경조절에 의한 조기 성 성숙 유도	41
다. 수정난 대량확보 기술개발	43
라. 노지에서 자, 치어의 초기 먹이 선호도 조사	43
마. 육상 수조 및 노지에서 종묘생산	44
1) 육상수조에서의 종묘생산	44
2) 노지를 활용한 대량종묘생산	49
바. 친어의 시험구와 대조구간 성숙비교	50
사. 종묘생산성 평가	53
아. 어체 일반성분 분석	54
2. 참돔	54
가. 육상수조 및 노지에서 종묘생산	54
나. 육상수조 및 노지종묘의 기형률 조사	55
다. 어체일반 성분 분석	56
라. 노지를 활용한 대량 종묘 생산	58
마. 종묘생산성 평가	61
3. 노지양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산 기술 구축	61
제 3 장 생태학적 조사 및 환경친화적 노지양식 시스템 개발	66
제 1 절 서 론	66
제 2 절 재료 및 방법	68
1. 양식장 수질 및 저서환경 조사	68
가. 연안수 및 양식장 수질환경조사	68
나. 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사	68
다. 수질 및 저서환경 변화조사	68
2. 유기질 비료 시비에 따른 환경 변화 조사	70
가. 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동,식물플랑크톤의 종조성, 출현량	

및 우점종 조사	70
나. 동,식물 플랑크톤의 변화 조사	71
다. 유기질비료의 시비방법 및 적정 처리농도 구명	72
라. 최적 유기질 비료 시비에 따른 생산성 평가	72
3. 환경친화적 노지양식 시스템 개발	72
가. 생산성 증대를 위한 환경 친화적 시스템 개발	72
나. 노지 양식장의 생태학적 관리모델 구축	72
제 3 절 결과 및 고찰	74
1. 양식장 수질 및 저서환경 조사	74
가. 연안수 및 양식장 수질환경조사	74
1) 수온변화	74
2) pH, DO, Salinity 및 염양염 변화	75
나. 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사	86
다. 수질 및 저서환경 변화조사	87
2. 유기질 비료 시비에 따른 환경 변화 조사	88
가. 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동,식물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종 조사	88
1) 동물플랑크톤의 개체밀도 분포	88
2) 실험기간 출현한 copepods 및 copepods nauplius 변동량	94
3) 동물플랑크톤의 개체밀도 분포	95
4) 말쥐치 종묘생산 노지(A, E, F)	96
5) 참돔 종묘생산 노지(1-A, B, C, E, F)	98
6) 식물플랑크톤의 출현종 및 밀도	102
나. 동, 식물플랑크톤의 변화조사	102
다. 유기질 비료의 시비방법 및 적정 처리농도 구명	103
라. 최적 유기질 비료 시비에 따른 생산성 평가	104
3. 환경친화적 노지양식 시스템 개발	106
가. 생산성 증대를 위한 환경 친화적 시스템 개발	106
나. 노지 양식장의 생태학적 관리모델 구축	106
제 4 장 목표달성도 및 기대효과	108
1. 연도별 연구개발 목표 및 달성도	108

2. 기대효과	109
제 5 장 연구개발 결과의 활용계획	110
1. 활용방안	110
2. 연구성과 활용	110
3. 활용계획	111
제 6 장 참고문헌	112

제 1 장 서 론

말쥐치, *Thamnaconus modestus*는 복어목(Tetraodontiformes), 쥐치과(Monacanthidae)에 속하는 어류로서 우리나라의 동, 서, 남해, 일본 남부 연안, 동중국해 등 광범위하게 분포하고 있으며, 제주 연근해에서도 많이 출현하고 있는 어종이다.

말쥐치는 우리가 흔히 ‘쥐포’라고 부르는 수산 가공건어물의 원료가 되는 어종이며 산업적으로 가치가 높아 일본에서는 1960년대부터 말쥐치에 대한 연구가 집중적으로 이루어져 왔었다. 국내에서 말쥐치에 관한 연구로는 한국 남해산 말쥐치의 성숙과 산란, 자원생물학적 연구, 년생식주기, 난발생과정과 부화자어의 형태발달 등이 보고되고 있다.

말쥐치는 동해안과 남해안에서 주로 어획되어 산업적으로 많이 이용하였으나 1990년까지는 꾸준히 높은 어획량(230,252톤)을 보여 왔으나 그 이후부터는 급격히 줄어들어 가격이 상승하고 있고, 우리나라에서 기호품 중의 하나인 쥐포는 가격이 비싸 명태와 같은 저가 어종의 육질을 이용한 생선포를 생산하여 쥐포로 판매하는 실정에 있다(그림 1). 이러한 점을 해결하기 위해서는 쥐치의 종묘생산과 양식기술을 통해 해결할 수밖에 없는 실정이다. 말쥐치는 수정 및 부화 적정온도가 18~20℃로 25℃ 이상이 되면 수정난이 전량 폐사되며, 또한 말쥐치는 입의 크기가 작아 부화 직후 초기 먹이의 선택은 종묘생산시 결정적인 요인으로 작용하여 초기 먹이생물의 확보가 이루어지지 않으면 종묘생산 시 대량폐사로 이어진다. 이와 같이 육상 수조에서 말쥐치의 종묘생산은 수온 및 초기먹이생물의 공급시 문제점이 있으며, 그 외 사료전환, 다량의 수정난 확보 등 안정적인 종묘생산을 하기 위한 기술이 요구되고 있다.

참돔, *Pagrus major*는 분류학적으로 농어목(Perciformes) 도미과(Sparidae) 속하며, 열대 및 온대성 어류로 전세계적으로 태평양, 인도양에 폭넓게 분포하고 있다. 우리나라에서는 동, 서, 남해안에 걸쳐 분포하지만 특히 제주도를 중심으로 따뜻한 남해안 암초지대에 주로 서식하는 고급어종이다.

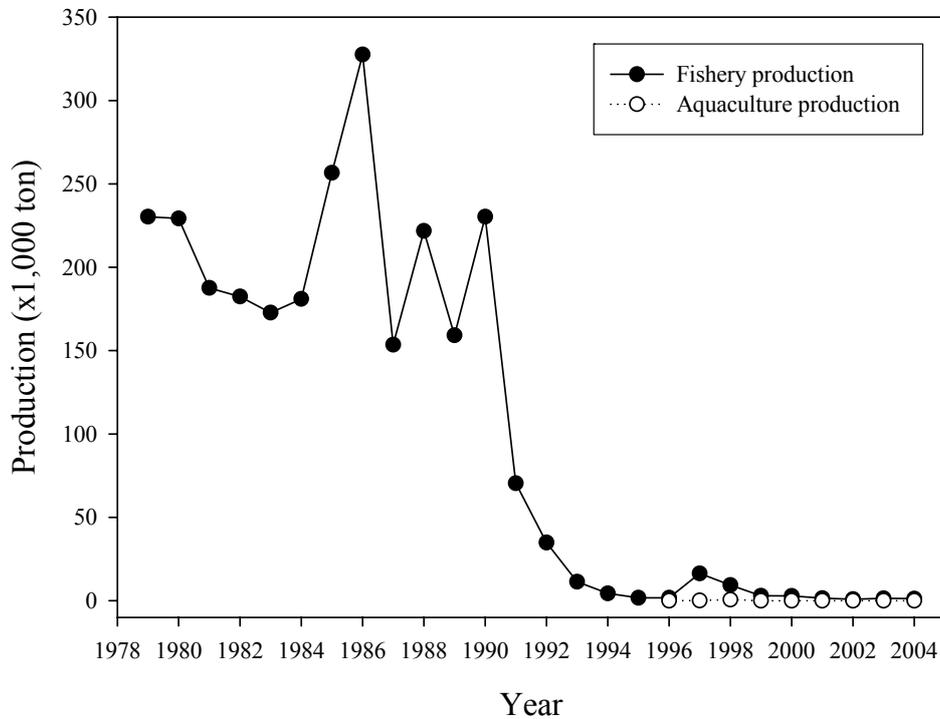


그림 1. 말쥐치 연간 어획량.

참돔은 기호성이 높아 고부가가치 양식 대상품종으로서 1990년대 중반부터 종묘생산 기술의 확립과 더불어 남해안 해상가두리를 중심으로 양식이 실시되고 있다. 그러나 참돔은 열대 및 온수성 어류로 겨울철 수온이 10℃이하로 내려가면 대사기능이 급속히 떨어지고, 먹이를 먹지 못하고 폐사량이 증가하기 때문에 겨울철 월동에 상당한 어려움이 있다. 최근 해상가두리에서 참돔의 양식이 확대 보급되고 있지만, 어병 발생에 따른 손실과 기형 종묘의 입식으로 생산성이 날로 악화되어 가고 있다. 따라서 기형 개체가 없는 건강한 종묘 생산이 요구되고 있다.

또한 육상수조식에서 참돔 종묘생산시 기형율이 매우 높아 종묘수급에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 양식용 종묘수급이 어려운 실정에 있는 말쥐치 및 참돔을 대상으로 축제식 양식장을 활용하여 환경 친화적이면서 생태학적 방법으로 건강한 종묘생산 기술을 개발하고자 하였다..

서해안은 어류 종묘생산을 위한 좋은 수질환경 여건을 지니고 있는 것으로 평가되고 있다. 또한 해수 중에는 풍부한 영양염이 함유되어 동, 식물 플랑크톤이 고밀도 분포하고 있으며, 간척지 등 종묘 생산장으로 활용할 수 있는 넓은 간척지가 조성되어 있을 뿐만 아니라 많은 염전들이 폐염전으로 방치되고 있는 실정이다. 이러한 조건을 활용하여 축제식 양식장에서 조피볼락, 감성돔 및 송어등 건강한 종묘들이 생산되고 있는 실정이다.

그러나, 아직까지 축제식 양식장을 활용하여 참돔 및 말쥐치의 종묘생산은 이루어진 바 없으며, 육상수조에서 종묘생산시 어려움을 겪고 있는 문제점 해결을 위해 축제식 양식장을 활용하여 환경 친화적이며, 생태학적 양식법을 이용하여 건강한 종묘생산 기술을 개발하기 위해 1) 축제식 양식장에서 생태학적 방법을 이용하여 말쥐치 및 참돔의 대량 종묘생산 2) 유기질 비료의 시비에 따른 동, 식물플랑크톤 변화, 수질 및 저질환경 조사로 환경특성 확립 3) 축제식 양식장의 활용으로 종묘생산의 효율성 분석 및 환경 친화적 종묘생산 시스템 개발을 하고자 하였다.

제 2 장 어류 종묘생산 기술개발

제 1 절 서 론

서해안 특히 충남 태안반도를 중심으로 어류종묘 배양장의 수가 크게 늘고 있고, 과거에 새우 양식장으로 이용하던 축제식 양식장에서 어류를 종묘생산 하고자 하는 시도가 활발하게 진행되고 있다. 조피볼락의 경우 사육방법이 비교적 쉽고, 반농반어 형태의 남해안 도서지역의 가두리 양식장에서 양식 생산량이 증가하고 있으며, 축제식 양식장에서 생산된 종묘를 선호하고 있다. 감성돔의 경우 비교적 저수온에 강하여 최근 양식 생산량이 늘고 있는 추세이나, 육상 수조식 양식장에서의 기형발생률이 높아 문제가 되고 있어 축제식 양식장을 이용하여 생산된 건강한 종묘를 필요로 하는 실정이다. 또한 송어의 경우 해수 축제식 또는 담수 못 양식 성공으로 인해 생산량이 크게 증가하고 있으며, 타 어종에 비해 자금회전이 빠르고 질병 감염 우려가 적은 장점이 있다. 따라서 육상수조식에서 생산된 종묘보다 축제식 양식장에서의 생산된 건강한 종묘들을 선호하고 있다.

축제식 양식장을 참돔 및 말쥐치의 종묘생산 시설로 활용할 경우 천연 먹이를 활용한 경제적인 종묘생산이 가능하며, 양식 수산물의 생산성 향상은 물론 미이용 폐염전 등의 합리적 이용으로 어업인 소득 증대가 가능할 것이다.

축제식 양식장에서 생산되는 건강한 어류 종묘는 양식업 종사자가 선호하는 경향이 있어 고가로 거래되고 있다. 예를 들어 가두리 양식장에서의 조피볼락의 성장은 육상 수조식 양식장에서 생산된 종묘보다 월등히 빠르고, 감성돔의 경우 육상 수조에서 생산된 종묘의 경우 높은 기형률 (10~80%)로 인해 축제식 양식장에서 생산된 종묘를 선호하고 있다.

요각류는 먹이생물로서 매우 중요한 위치에 있어 최근 양식업자들이 이들을 자연에서 채집하여 어류사육에 직접적으로 이용하고 있다. 그러므로 이들에 대한 배양기술의 개발은 *Artemia*와 같은 값비싼 먹이를 대체하는 효과를 얻을 수 있을 뿐

아니라 수입대체 효과도 얻을 수 있다. 또한 이들은 짧은 초기 유생기를 갖기 때문에 단기간 사육이 가능하므로 먹이생물 대상 종으로서 가치가 크다. 이들을 먹이생물로 사용하였을 때 보다 건강하고 질 좋은 어류종묘를 사육할 수 있다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 말쥐치

가. 산란유도 방법 개발

말쥐치의 성숙난을 대량 확보하기 위해 친어는 양식산의 경우 총 159마리(암컷 75마리)였으며, 평균체중은 약 452 g 이었다. 자연산 말쥐치 친어는 충남 안면도 인근 해역에서 산란을 위해 회유한 개체를 수시로 확보하였고, 총 120마리 (암컷 71마리)의 체중은 310~891 g (평균 528 g) 이었다

말쥐치는 주 산란기가 5~6월로서 적어도 3회 이상 산란하는 다회산란 어종이다 (Ikehara, 1976; 박, 1985; 이등, 2000). 배가 부른 친어의 복부를 압박에 의한 산란은 미성숙난의 유도를 초래할 것으로 판단되어 산란유도호르몬 hCG, LHRH-a 및 혼합투여를 통해 각 호르몬 농도에 따른 산란유도시간, 산란유도율, 수정률을 측정하여 유효농도를 구명하였다.

말쥐치의 난은 강한 점착성을 지닌 분리침성점착란으로 자연에서 5~6월에 해조류에 쉽게 부착되어 있는 것을 발견 할 수 있다(Kawase, 1996). 따라서 말쥐치를 인공수정으로 부화시키기 위해서는 수정란을 부착시킬 부착기질이 필요한데 高見과 宇都宮 (1969)의 연구에서는 난의 부착기질로 여러 가지를 사용하여 부화실험을 실시한 결과 유리평판이 가장 부화율이 높다고 지적하고 있으나 이 등 (2000)은 말쥐치는 인공수정에 의한 수정보다는 자연산란에 의한 수정이 더 효과적으로 사료된다고 지적하였다.

따라서 자연산란에 의해 수정을 유도하기 위해 말쥐치 친어를 확보하여 월동기

관리수는 13℃에서 17℃까지 2개월 단위로 2℃씩 상승시켜 6개월 동안 수온관리를 통해 성숙시켜 자연산란을 유도하였다. 또한 국내산 말쥐치의 산란에 관한 연구가 최와 박 (1982)과 박 (1985)에 의해 보고된바 있는데, 박 (1985)의 연구에서는 동해와 서해산 말쥐치의 산란시기가 5~6월, 남해산은 4~6월이 주산란시기라고 보고하고 있어 서해안에 서식하고 있는 말쥐치와 큰 차이점을 보이고 있지 않아 인근 연안에서 어획되는 성숙한 친어를 구입하여 자연산란을 유도하였다. 또한 인근해역에서 어획되는 자연산 친어의 산란기는 해마다 큰 변동없이 6월 초~7월 중순까지 약 45일간 유지되는 것으로 판단되었다.

나. 환경조절에 의한 조기 성 성숙 유도

말쥐치 성숙유도 친어는 남해안 가두리에서 관리중인 평균 체중 452g인 약 300마리(암컷 150마리)를 활어차로 순천향대학교 해양수산연구소 운반하여 친어사육동에서 수용하여 성숙 유도에 사용하였다. 본 실험을 위해 수온조절에 의한 방법을 하였으며, 수온조절은 12℃에서 20℃까지 서서히 상승시켜 성숙을 유도하였다.

다. 수정난 대량 확보기술개발

“말쥐치의 산란유도방법”에서 구명된 자연산란에 의한 수정 방법을 활용하여 말쥐치 수정난을 대량 확보하였다. 즉, 친어 사육수조에서 매일 siphon에 의해 수정난을 수거하여 산란량을 조사하였다.

라. 노지에서 자, 치어의 초기먹이 선호도 조사

육상수조에서 말쥐치 종묘생산 결과에 의하면 말쥐치 자어시기때는 입이 작아 rotifer egg나 갯 부화된 rotifer 유생과 같은 약 100 μm 내외의 먹이를 취하는 것으로 나타났다.

따라서 노지에서 말쥐치 종묘를 생산하기 위해서는 부화 직후의 요각류 유생과 같은 소형 동물플랑크톤을 번식시켜 초기먹이생물로 활용되어야 되며 인위적으로

rotifer를 첨가시켜 주어야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 자어시기에 적합한 초기먹이생물을 번식시키기 위해 숙성계분이 주성분인 유기질 비료가 시비된 실험호지에서 자어기 때 선호하는 먹이와 성장함에 따라 선호하는 먹이를 구명하기 위해 수정난을 직접 노지에 입식하였다. 말쥐치 수정난을 입식 후 정기적인 채집을 통해 부화율을 측정하였으며 채집된 자, 치어는 현장에서 즉시 중성포르말린에 고정한 후, 실험실로 운반하여 해부현미경하에서 어체의 위에 소화되지 않은 먹이를 분류하여 선호도를 조사하였다.

마. 육상 수조 및 노지에서 종묘생산

1) 육상수조를 활용한 종묘생산

육상 수조에서 말쥐치 대량종묘생산은 양식생물학적 연구결과에서 구명된 종묘생산 환경인 클로렐라와 초기먹이인 rotifer를 활용하였다. 말쥐치 종묘생산 수조의 조도는 50% 내외로 차광 후, 클로렐라를 200~300만 cells/ml로 수질환경을 유지하고 자어기때의 초기먹이 생물인 rotifer를 부화 후 5일부터 20일까지 5~10 개체/ml로 사육하였다. 말쥐치 자어가 성장함에 15일에서 30일까지는 알테이마를 25일부터는 배합사료를 이용하여 종묘생산을 하였다.

2) 노지를 활용한 종묘생산

말쥐치 종묘를 노지에서 대량생산하기 위해서는 부화 5-10일 사이에 섭식이 가능한 먹이생물번식이 이루어져야 가능하다. 말쥐치 부화자어는 입 크기가 매우 작아 100 μ m 내외의 로티퍼 알 또는 부화유생, 요각류 유생을 섭식하여야만 생존이 가능하므로 수정난을 입식하기 전에 주기적인 수질환경 모니터링과 동·식물 플랑크톤 변화를 예측해야 할 것으로 판단된다.

따라서 실험노지의 수색 발현을 목적으로 식물플랑크톤을 번식시키기 위해 유안(20kg) 및 복합(20kg)을 영양염으로 시비하였으며, 지속적인 동물플랑크톤을 번식시키기 위해 숙성계분(400kg)을 시비하였다(표 1).

표 1. 유기질 비료 및 화학비료 처리농도(kg)

실험노지	면적(평)	Alfalfa	숙성계분	요소	복합	비고
A	300	60	20	-	-	
B	"	-	-	4.8	3.6	
C	"	-	20	4.8	3.6	
D	"	30	-	2.4	1.8	
E	"	-	-	9.6	7.2	식물플랑크톤 대량배양

노지에 영양염 시비 후, 수색, 밀도 및 종조성을 모니터링하여 동·식물플랑크톤 번식이 유기적인 상태여부를 파악하고, 향후 10일 후의 변화량을 예측하여 부화직전의 수정란 7,000cc를 8,000평 노지에 입식하였다.

바. 친어의 시험구와 대조구간 성숙비교

말쥐치 성숙 및 산란여부를 비교하기 위해 1,2 차년도에서 사용된 자연수온이 상승하는 것과 같은 수온상승을 이용한 방법과 수온을 4~5℃로 상승시켜 유지시키는 방법을 활용하여 45일동안 생식소의 성숙비교 및 산란여부를 관찰하였다.

실험에 사용된 친어의 평균전장 및 체중은 각각 30.5±1.2 cm, 484.1±67.7 g이었으며, 간중량지수와 생식소지수는 각각 17.0±1.6, 4.9±1.3이었다. 또한 말쥐치 친어 암·수 생식소 발달정도를 알아보기 위해 조직학적 검사를 실시하여 실험기간동안 생식소 변화를 측정하였다.

말쥐치 친어의 성숙비교를 위해 2005년 3월에 수조에서 적응한 양식산 친어를 이용하였으며, 대조구는 2차년도의 자연수온의 상승주기(13→19℃) 자료를 활용, 냉각기를 가동하여 수온을 조절하였고, 실험구는 인근 연안수온 자료를 토대로 저수온으로 유지하였다.

또한 말쥐치 친어 암·수 생식소 발달정도를 알아보기 위해 2주 간격으로 무작위로 10마리씩 채집하여 간성숙도 지수, 생식소 성숙지수를 측정하였으며, 암·수

생식소는 조직학적 검사를 실시하여 변화를 관찰하였다.

사. 종묘생산성 평가

말쥐치의 양식 가능성을 평가하기 위하여 2004년 5~6월 인공 생산된 말쥐치 종묘 220,000만 마리(전장: 4~6 cm, 체중: 0.5~0.8 g)를 충남 태안군 남면 당암리(천수만 복단)의 가두리 양식장 3개소에 입식하여 생존율, 성장, 사료효율 등의 자료를 구하여 경제성을 분석하였다.

아. 어체 일반성분 분석

육상수조 및 노지에서 생산된 말쥐치 전어체의 수분, 단백질, 탄수화물등 일반성분 함량차이점을 비교 분석하였다.

2. 참돔

가. 육상수조 및 노지에서 종묘생산

육상수조 및 노지에서 참돔을 종묘생산하기 위해 수정난 생산업체로부터 수정난을 구입하여 각각 100 ml 입식하여 종묘생산을 하였다. 노지실험군은 유기질 비료인 알팔파, 숙성계분과 화학비료인 인산 및 복합을 시비하여 동, 식물플랑크톤의 종조성 변화와 종묘생산 효율성을 분석하였다(표 1). 또한 시비방법별로 구획된 실험군을 대상으로 수질환경과 동, 식물플랑크톤의 변동을 모니터링 하였다. 육상수조에서의 종묘생산 방법은 일반어민이 사용하는 방법을 기준으로 생산하였고, 노지의 경우 수정난을 수용한 후 부화직전의 수정난만을 수조에 수용하고, 부화된 자어를 counting 하여 실험군별로 수용하였다.

나. 육상수조 및 노지종묘의 기형률 조사

참돔의 경우 육상 수조에서 생산된 종묘는 30~50% 정도의 기형을 나타내는 문

제점이 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 육상 및 노지에서 생산된 참돔의 외부 형태를 특징으로 기형률을 조사하였다. 기형률 분석시기는 육안으로 판단이 용이한 시기 즉, 부화 4개월째에 실시하였다.

다. 어체일반 성분 분석

육상수조에서 생산된 종묘와 노지에서 생산된 참돔을 수확직후 및 육상수조에서 1개월동안 배합사료로 사육한 종묘를 대상으로 어체의 수분 함량, 단백질 함량, 탄수화물 함량 등 일반 체성분 차이점을 비교 분석하였다.

라. 노지를 활용한 대량종묘생산

노지참돔을 생산하기 위해 2,000평 1-A 노지는 3,500cc, 2개의 300평 C, D노지에는 각각 1,000cc, 대조구로 사용된 300평 B 노지에는 300cc, 2개의 500평 G, H 노지는 각각 500cc 수정난을 직접 입식하여 종묘생산을 시도하였다.

참돔 수정난을 입식하기 전에 숙성계분을 B, C, D 노지에는 20kg, G 노지는 40kg 시비 후 1주일 간격으로 20kg 씩 3회에 걸쳐 시비하였다. H 노지는 100kg을 1회 시비하였으며, 1-A 노지에는 숙성계분 170 kg과 요소 16kg을 시비하였다. 실험종료 후 각 실험호지별 생존율을 측정하여 효율성을 판단하였다.

마. 종묘생산성 평가

육상 수조식 및 노지에서 참돔 종묘생산성(종묘생산비용, 수익성, 시설 감가상각비등)과 노지에서 생산되는 감성돔의 경제성과 비교 검토하였다.

3. 노지양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산 기술 구축

유기질 비료의 시비에 따른 동, 식물플랑크톤의 밀도 및 종조성 분석과 자, 치어의 일령별 1마리당 먹이생물 섭취량의 조사를 통해 먹이생물 총생산량, 생산비용

등을 감안하여 경제성 분석 자료로 활용하였다. 최종적으로 생존율 및 성장을 측정 후, 현지 양식어업인의 의견수렴 및 여러 축제식양식장의 현장검증과 1, 2차년도의 최종 분석결과를 종합하여 단위 면적당 자어의 적정 수용밀도를 통해 대량종묘생산 방법을 제시하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 말쥐치

가. 산란유도 방법 개발

말쥐치를 대상으로 산란유도 방법을 개발하기 위해 산란유도 호르몬처리 및 수온상승자극과 성숙된 자연산 친어를 이용하여 실험한 결과 다양한 산란유도방법이 제시되었다.

1) 산란유도 호르몬 처리

산란유도호르몬 hCG는 1,000, 2,000 및 3,000 IU/kg를 투여하여 산란을 유도한 결과 농도별 산란 유도율은 1,000IU/kg에서 57%, 2,000과 3,000 IU/kg에서 75%였으며, 호르몬 주사 후 산란까지의 소요시간은 18~24시간으로 고농도에서 다소 빠른 경향을 보였다. 산란유도된 알을 습식법에 의해 수정 후, 유리판에 부착시켜 1 ton 용량의 사각수조에 수용하여 $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ 를 유지시켜 부화시킨 결과, 채란양에 다소 차이는 있었지만 수정률에 있어서는 약 68.5~71.4%으로 다소 높게 나타났으며, 부화시간은 68~71시간이 소요되었다(표 2).

LHRH-a는 100, 200 및 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 을 투여한 결과 농도별 산란유도율을 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에서 66%, 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에서 80% 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 에서는 100% 산란이 이루어졌다. 호르몬

주사 후 산란까지 소요시간은 22~26시간으로 hCG를 투여한 처리군보다 다소 느린 경향을 보였으며 수정률에 있어서는 67.2~76.1% hCG와 큰 차이를 보이지 않았다(표 2).

표 2. 호르몬 처리에 의한 말쥐치의 산란유도

Hormone	Treatment dose	Induce of spawning(hr)	Fertilization rate(%)
Control (자연산란)	-	22	88.8
hCG	1000 IU/kg	24	68.7
	2,000 IU/kg	21	71.4
	3,000 IU/kg	18	68.5
LHRH-a	100 μ g/kg	26	67.2
	200 μ g/kg	25	76.1
	400 μ g/kg	22	75.8
LHRH-a + hCG	400 μ g/kg + 1,000 IU/kg	18	54.1
	400 μ g/kg + 2,000 IU/kg	15	53.8
	400 μ g/kg + 3,000 IU/kg	14	-

LHRH-a 400 μ g/kg와 hCG 1,000, 2,000 및 3,000 IU/kg을 혼합투여한 결과, 모든 농도에서 100% 산란이 이루어졌다. 수정율은 54.1~53.1%으로 다소 낮았으나 산란까지 소요시간은 14~18시간으로 가장 빠른 경향을 보였으나 난질이 저하되는 현상이 나타났다(표 2). 이러한 결과를 종합해 볼 때 산란유도호르몬에 의한 말쥐치 산란유도는 호르몬 처리비용, 친어손상 및 질병감염, 수정난 대량확보 등의 문제가 있어 앞으로 해결해야 할 부분으로 판단된다.

2) 자연산란유도

말쥐치 친어를 광주기 및 수온상승자극을 통해 성숙시켰으며 자연산란을 유도할 수 있었다. 수정률은 80~92%로 산란유도호르몬 처리군보다 월등히 높게 나타났다. 부화에 소요되는 시간은 호르몬 처리실험과 큰 차이는 없었으며 70시간만에

첫 부화 자어가 출현되는 것이 관찰되었다. 또한 인근 연안에서 성숙된 친어를 대상으로 자연산란을 유도한 결과에서도 12~90%의 수정률을 보였으며, 이처럼 낮은 수정률은 운반에 따른 stress로 인하여 산란유도용 수조에 수용 후 산란 개시 5일째까지 지속되었고, 이후 안정됨에 따라 수정률이 높게 나타났다. 부화에 소요되는 시간은 72시간만에 첫 부화 자어가 출현되었다.

말쥐치의 자연산란에 영향을 미치는 환경요인을 수온과 광주기를 결부하여 살펴보면 자연상태에서 산란개시는 봄의 수온상승과 광주기의 증가에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(이 등, 2000). 또한 제주도 남부해역에 서식하는 말쥐치의 생식주기를 조직학적 방법으로 연구한 결과 암,수컷의 GSI변화에 있어서 암컷은 5월, 수컷은 6월에 년 중 최고값을 보였다. 생식주기에 있어서도 암컷인 경우 성장기 3~4월, 성숙기 4~5월, 산란기 5~6월, 퇴화 및 휴지기 7~2월로 구분하였다(이 등, 2000).

따라서 말쥐치 친어를 6개월 동안 수온관리 및 광주기 조절을 통해 자연산란을 성공적으로 유도할 수 있는 방법이 제시되었다. 따라서 우리나라 연안해역에 따라 다소 차이가 있겠지만 말쥐치 친어 확보는 퇴화 휴지기이후인 11~12월 사이에 확보하여 수온 및 광주기 조절을 통해 성숙시킨 후 자연산란을 유도하여 수정란을 대량확보할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 말쥐치의 산란시기인 5~6월에 인근 연안에서 성숙된 친어를 대량적으로 확보하는데 있어서는 기상변화 및 불규칙한 어획량 등으로 인하여 계획적인 생산에 차질이 있을 것으로 판단된다.

3) 부화 및 종묘생산

말쥐치 초기성장을 조사하기 위하여 부화 후 50일까지 전장 및 체중을 측정한 결과 전장에 있어서는 부화직후 1.95 mm 였던 것이 10일째는 2.96 mm, 20일째는 3.89 mm, 30일째는 12.9 mm, 50일째는 35.1 mm로 성장하였다(그림 2- 4). 본 실험에서 말쥐치 부화직 후 자어의 전장은 1.72~2.06 mm(평균 1.95 mm) 으로 高見과

宇都宮 (1969)와 이 등(2000)이 보고한 평균 2.30 mm 와 2.14 mm와 다소 차이가 있었는데 아마 인위적으로 조기산란을 유도한 영향으로 판단되나 정확한 조사를 위하여 향후 인근 연안에서 어획되는 자연산 친어로부터 부화한 자어와 비교해야 할 것이다. 그러나 넙치의 경우 난경 및 부화자어의 크기와 생존율과의 상관관계는 없을 것으로 알려져 있어 본 종의 종묘생산에 있어 제한요인으로 작용하지는 않을 것으로 판단된다.

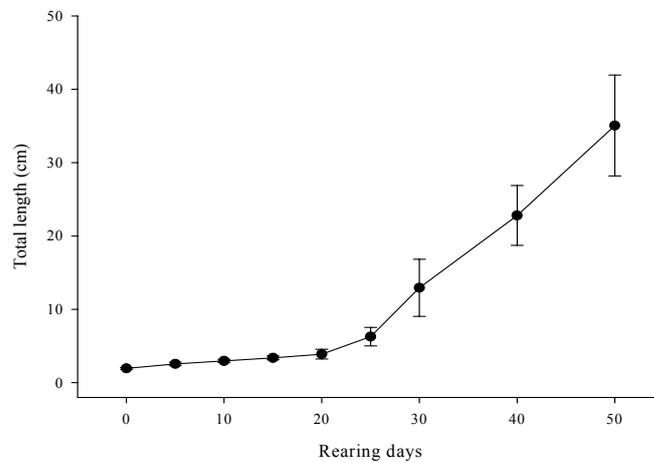


그림 2. 사육기간에 따른 말쥐치 자어의 전장성장.

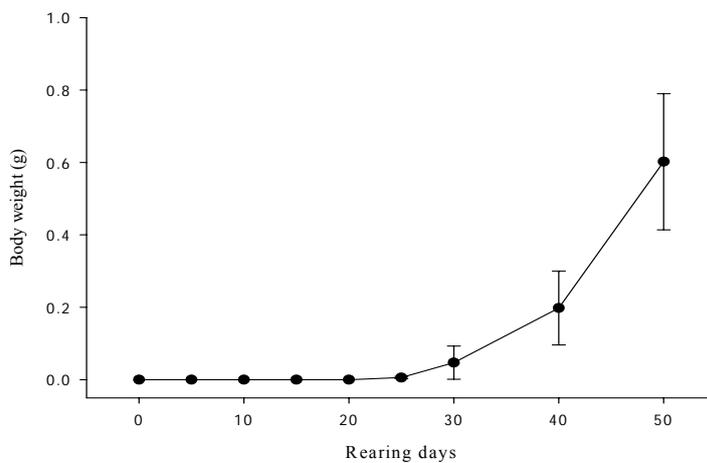


그림 3. 사육기간에 따른 말쥐치 자어의 체중성장.



그림 4. 부화 40일째 치어 외부형태.

부화 직후 자어들은 대부분 머리가 수조 바닥으로 향하는 형태로 수영하지만 사육수온 $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 부화 후 3일째 자어는 수평으로 수영하면서 대부분의 개체가 수조 표층에 몰려 있었다. 부화 4일째부터는 난황이 거의 흡수되었고, 입이 개구되는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 부화 후 10일이 되자 부화개체의 약 50%정도 폐사하는 현상이 발생하였는데 이는 高見과 宇都宮(1969)의 연구에서 최대 감모기인 7일경보다 약 3일, 이 등(2000)의 연구에서 4일경보다는 6일 늦은 결과이다. 본 실험에서 사육수온은 $19\pm 1^{\circ}\text{C}$ 으로 사육수온이 대량폐사의 원인으로 추측하는 高見과 宇都宮 (1969)의 $20.1\sim 23.5^{\circ}\text{C}$ 와 이 등 (2000)의 $23.5\sim 25.6^{\circ}\text{C}$ 의 실험결과보다 $3\sim 5^{\circ}\text{C}$ 낮아 폐사율이 낮은 것으로 추측할 수 있으나 말쥐치 자어의 입이 개구되고 변태 및 장이 발달되는 시점에서 초기먹이 및 수질환경의 상관관계가 더 크게 작용된 것으로 판단된다. 따라서 생존율을 높이기 위한 방법으로 종묘생산 조도를 50% 차광막으로 차단시키고 부화자어가 부화 후 클로렐라를 200~500만 cell/ml로 수용한 다음 초기먹이생물인 rotifer를 1~2개체/ml로 유지하면서 클로렐라 또는 rotifer를 적정 밀도로 보충하는 방식으로 종묘생산을 한 결과 생존율이 70%로 높아졌다(그림 5).

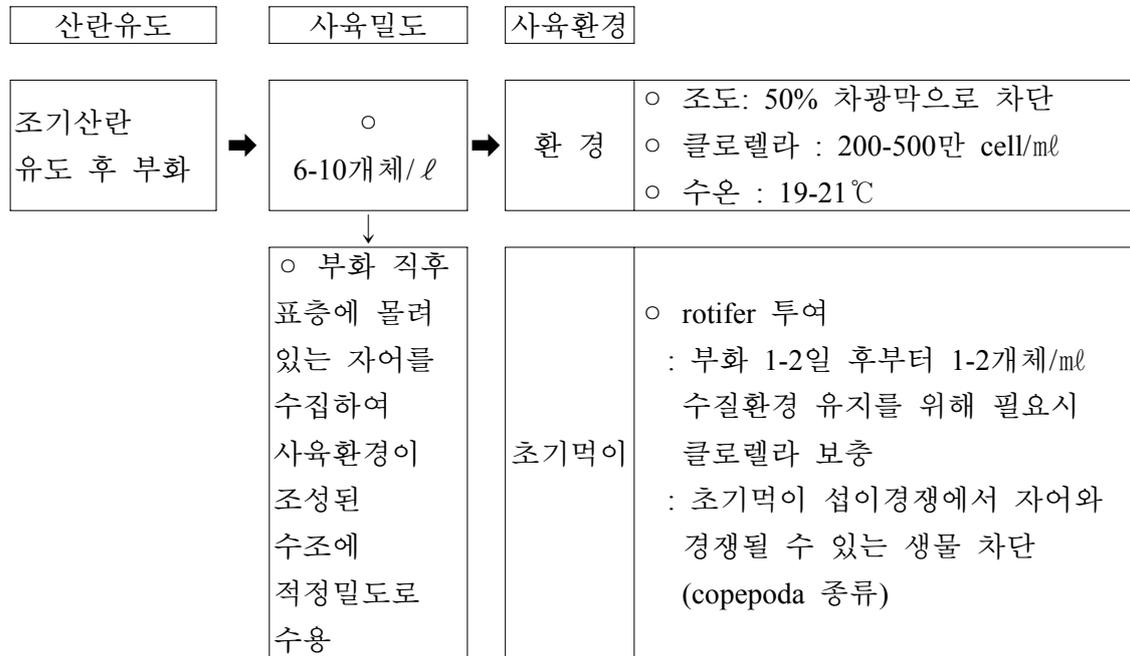


그림 5. 육상수조에서 말쥐치 종묘생산을 위한 환경조성.

4) 양식생물학적 기초연구

육상수조에서 말쥐치 종묘의 대량생산을 위해 요각류, 규조, 클로렐라 등 사육환경 및 초기먹이생물 선호도를 구명하기 위한 양식생물학적 기초연구를 시도하였다.

가) 동물플랑크톤(해수노지에서 양수, 우점종 : 요각류)

해수 노지에서 번식된 동물플랑크톤을 양수하여 사육환경으로 사용한 결과 copepods nauplius, copopods 순으로 성장함에 따라 섭이하는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 생존율에 있어서는 약 11%로 매우 낮게 나타났는데 양식현장에서 직접 이용하기에는 적합지 못한 사육환경으로 사료된다(표 3).

나) 규조 및 클로렐라로 조성된 사육환경

규조류와 클로렐라로 번식된 사육수조에서는 먹이섭이가 전혀 이루어지지 않아 20일째 전량 폐사하는 경우가 발생하였다. 해산어류 종묘생산시 사용되는 rotifer를 부화 후 일째부터 1~3개체/ml로 유지시켜주면서 사육함에도 불구하고 폐사가 발생한 것은 종묘생산수조에서 섭이되지 않은 rotifer의 증식으로 수질환경변화가 주요 원인으로 판단된다. 따라서 섭이되지 않은 rotifer로 인한 수질환경변화를 최소화시키기 위해서는 지속적으로 클로렐라를 첨가해 주어야 할 것으로 판단된다(표 3).

표 3. 사육환경에 따른 말쥐치 자어의 먹이선호도

사육환경	사육기간		먹이선호도				생존율 (%)
	난황흡수 (3일)	5	10	20	30		
동물플랑크톤 (해수노지에서 양수)	-	-	copepod nauplius	copepod nauplius, copepods	copepods	11	
규조류*	-	-	-	폐사	폐사	0	
클로렐라*	-	-	-	폐사	폐사	0	
클로렐라+rotifer	-	rotifer egg	rotifer egg, small rotifer	rotifer	Artemia sp.	70	

* 부화 후 5일째부터는 rotifer를 1~3 개체/ml로 유지하면서 사육

※ 사육수온 : 20±1℃

다) 클로렐라 + rotifer

말쥐치 종묘생산시 사육환경변화와 초기먹이생물간의 밀접한 관계가 있다는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 수조내 조도를 50% 차광 후, 클로렐라를 200~500만 cells/ml로 수질환경을 유지하고 초기먹이인 rotifer를 1~2 개체/ml로 종묘생산을 한 결과 70%의 생존율을 나타내었으며, 먹이선호도에서도 초기에는 rotifer egg를,

성장함에 따라 rotifer를 활발히 섭식하는 것을 위 내용물 분석을 통해 관찰할 수 있었다(그림 6&7). 기존의 보고에 의하면 본 종의 초기 먹이는 부착성 규조 또는 식물 플랑크톤일 것으로 추정하고 있으나 본 연구결과 부화 5일부터 20일째까지 장기간에 걸쳐 rotifer egg를 선호하는 경향이 있음을 확인하였다. 또한 여타 어종과 달리 rotifer 유생 또는 성체를 섭식하지 않는 것은 부화 자어의 구경 차이에 의한 것으로 판단된다. 또 부착성 규조를 섭식하지 않는다는 간접적인 증거로 자어의 입 구조가 규조를 갉아먹을 수 있는 구조가 아니라(아래턱이 윗턱보다 돌출되어 있음) 흡입에 의한 섭식형태의 구조임을 예로 들 수 있다. 그러나 성장함에 따라 배합사료 순치 과정에서 공식에 의해 폐사하는 개체가 발생하여 이를 줄일 수 있는 다양한 실험이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다. 이러한 문제는 이 시기에 지속적으로 먹이생물을 대량으로 공급함으로써 어느 정도 해결할 수 있을 것으로 판단되고, 심한 공식을 억제하기 위한 선별 방법도 개발되어야 할 것이다.

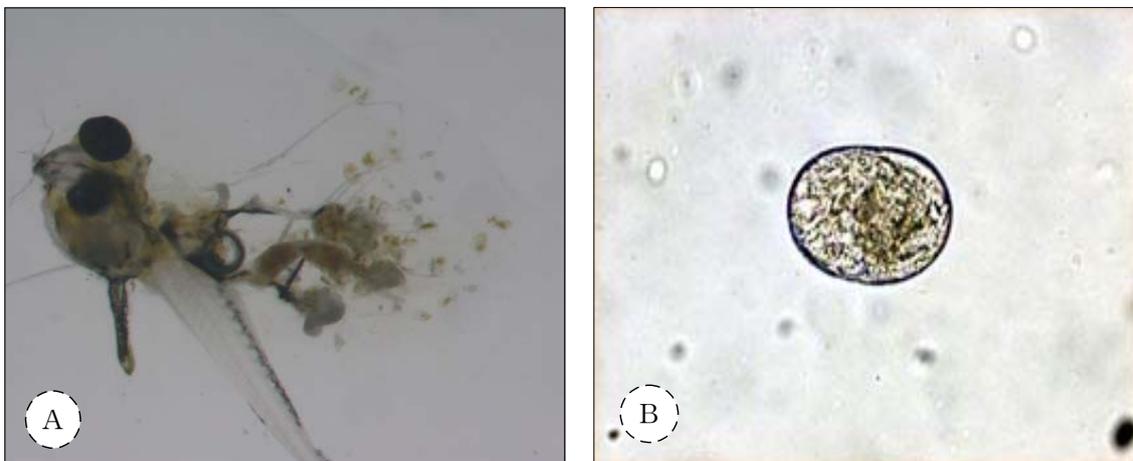


그림 6. 말쥐치 자어의 위 내용물 분석. A, 부화 20일째 자어의 위 내용물.
B, rotifer egg로 추정(약 100 μm).

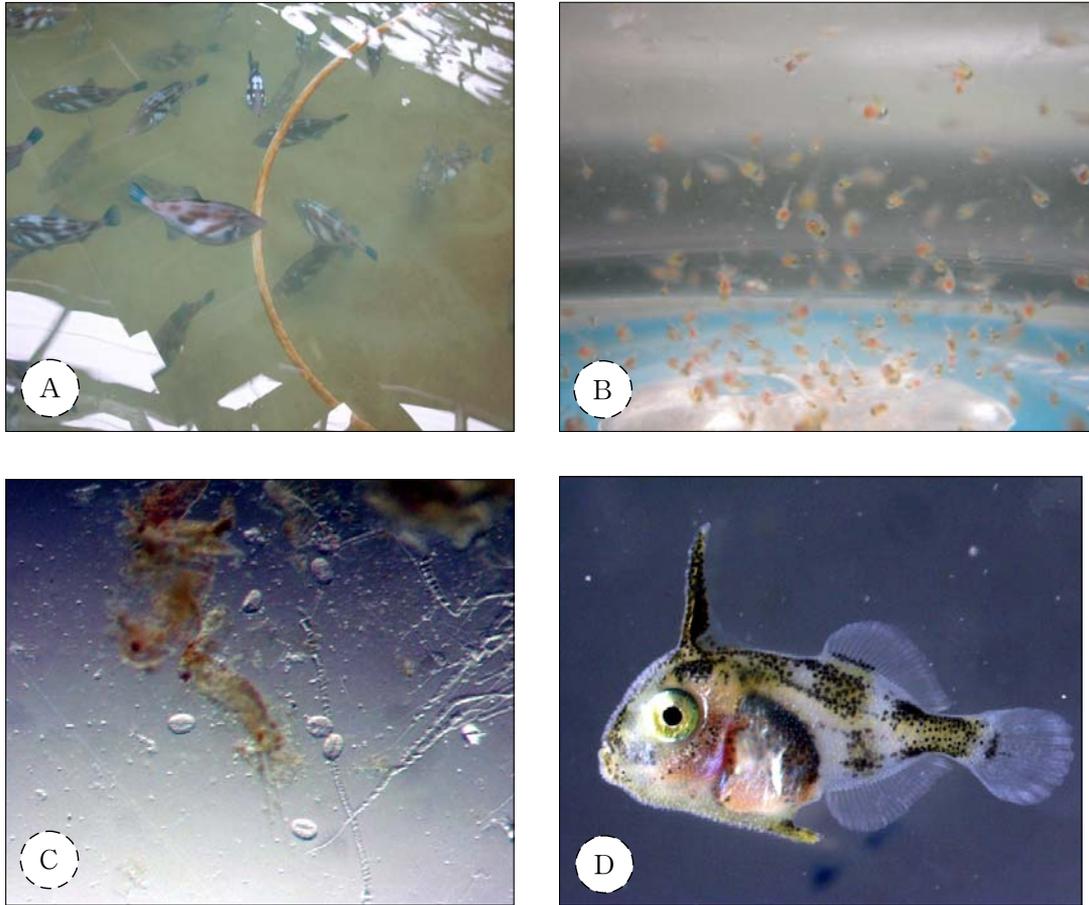


그림 7. 말쥐치 종묘생산과정.

A, 산란 중인 친어(암컷의 경우 복부가 팽만); B, 일령 20일째 자어(*Artemia* sp. 섭식); C, 초기 생활사 중 중요한 먹이생물인 rotifer egg (장경 100 μm); D, 부화 30일째의 자어(변태 중).

나. 환경조절에 의한 조기 성 성숙 유도

말쥐치 친어를 확보하여 초기 사육수온 12°C에서 서서히 상승시킨 결과 40일째부터 자연산란이 유도되어 조기 성 성숙 유도가 성공적으로 유도되었다. 이후 사육수온이 20°C 시점에서는 가장 많은 자연산란이 이루어졌다.

1차년도에서 수행된 수온조절과 광주기 조절을 통한 자연산란 유도 방법과 비교해서 성 성숙 유도 기간이 6개월에서 40일로 단축되어 성숙유도에 소요되는 비용을 절감과 조기 종묘생산이 가능하게 되었다(그림 8&9).

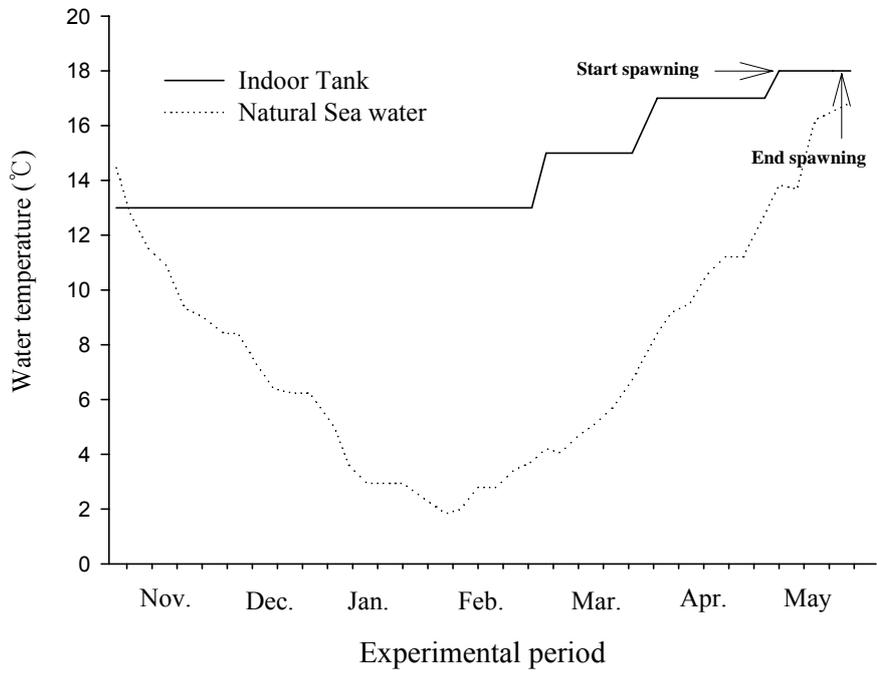


그림 8. 인공성숙 및 산란유도를 위한 수온조절(6개월).

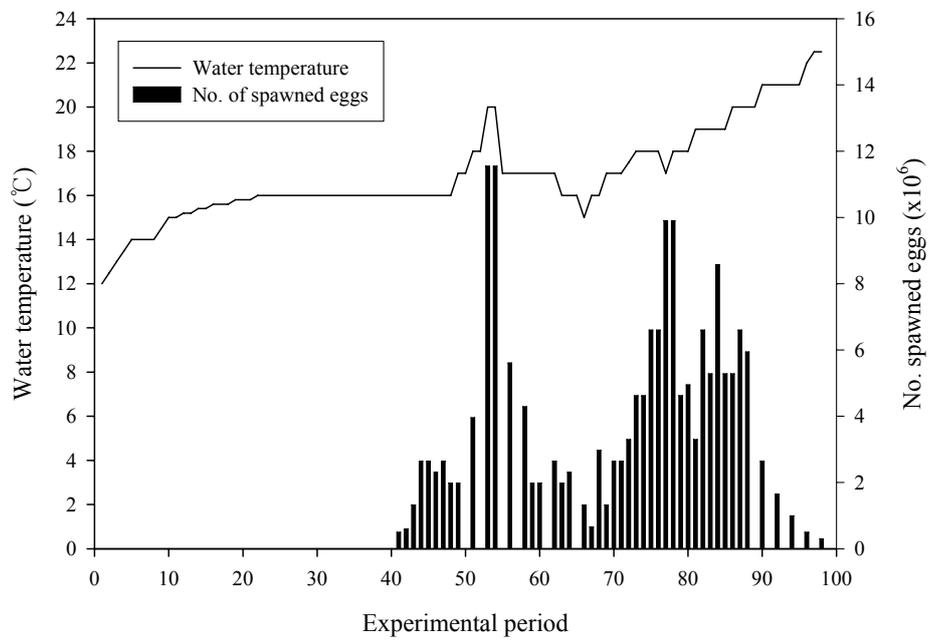


그림 9. 수온조절에 의한 말쥐치 산란량(100일).

다. 수정란 대량확보 기술개발

육상 및 노지에서 말쥐치 종묘생산을 위한 양질의 수정란을 대량확보하기 위해 수온조절을 통해 자연산란 및 수정을 유도한 결과 최초 40일째에 약 500,000 cc(3,300개/cc)를 siphon에 의해 확보할 수 있었으며 약 70% 이상의 수정률을 보였다(그림 10). 이 후 지속적으로 산란량은 증가되었으며 사육수온이 20℃로 상승된 실험개시 53, 54일째에는 일간 산란량중 가장 많은 11,550,000개의 수정란을 확보할 수 있었으며 약 57일간 산란이 지속되었다.

말쥐치 수정란 대량확보는 매일 siphon 방법에 따라 효과적으로 확보할 수 있었으며 향후 넙치, 감성돔, 참돔등과 같이 수정란만을 생산하여 종묘생산 업체에 시험분양 및 계획된 종묘생산이 가능케 되었다.

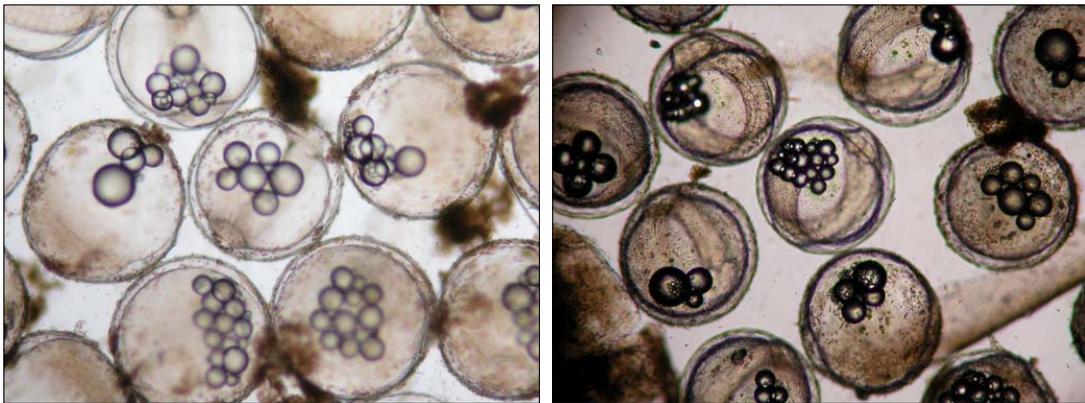


그림 10. 말쥐치 친어사육수조에서 수집된 발생진행 중인 수정란(좌) 및 부화직전의 수정란(우).

라. 노지에서 자, 치어의 초기 먹이 선호도 조사

실험노지에 말쥐치 수정란을 입식 후 부화 자어의 관찰은 동물플랑크톤 채집기를 통해 7일째 관찰할 수 있었다. 채집된 말쥐치 자어는 난황이 흡수되지 않은 상태였으며 그 후 4일간 채집이 지속되었다. 그러나 5일째 부터는 채집되는 자어의 개체수가 급격히 감소되었으며 6일째부터는 채집이 되지 않았다. 초기먹이생물 섭이가 되지 않아 대량폐사로 이어진 것으로 판단된다.

육상수조에서 종묘생산기에도 도 초기먹이생물 부재로 먹이섭이가 이루어지지 못하면 대량폐사로 이어지는 경우가 발생한다. 따라서 노지에서 말쥐치 종묘를 생산하기 위해서는 요각류 유생만을 집중적으로 조성시키는 방법에 따라 종묘생산이 이루어져야 할 것으로 판단된다(그림 11).



그림 11. 요각류 유생(크기 : 120×90 μm).

마. 육상 수조 및 노지에서 종묘생산

1) 육상수조에서의 종묘생산

육상수조에서 말쥐치 종묘생산은 1차년도에 수행된 양식생물학적 연구결과를 토대로 수질환경조성은 클로렐라로 조성하였으며, 자어기때는 rotifer를 성장함에 따라 *Artemia nauplii*를 활용하여 성공적으로 대량종묘생산을 할 수 있었다(그림 12&14). 육상 수조에서 말쥐치 종묘생산 성패는 난황흡수 완료시기인 부화 5~6 일째에 초기먹이생물 섭식이 효과적으로 이루어지느냐에 달려 있다. 즉 초기먹이생물로 활용되는 rotifer가 자어 수조에서 번식이 이루어질 수 있는 환경을 조성하여, 부화 직후의 rotifer를 섭식할 수 있도록 하는 게 중요하다.

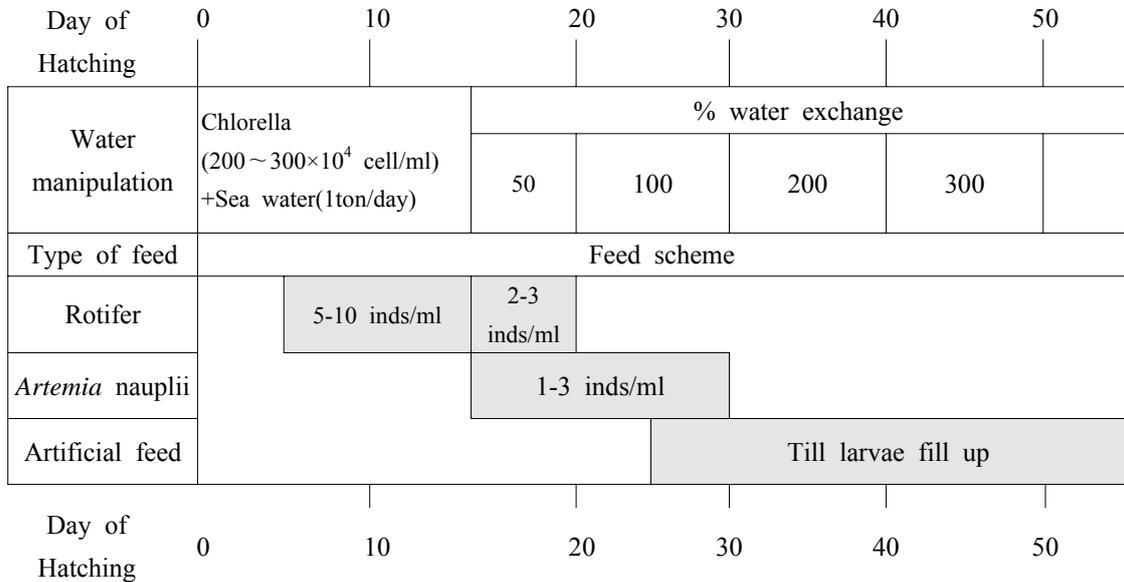


그림 12. 육상수조를 활용한 말쥐치 종묘생산.

말쥐치 자어의 위를 해부하여 내용물을 분석한 결과 부화 직후의 rotifer와 egg를 포식한 것으로 나타났다. 따라서 위 내용물 중 egg만을 수집하여 부화를 시킨 결과 rotifer 유생으로 확인 되었다(그림 13). 육상수조에 종묘생산된 말쥐치 종묘(평균 1.2g)를 충남 태안군 천수만 가두리 양식장에 6월 19일에 입식하여 8월 10일까지 성장한 개체를 측정 결과 평균 전장 12.3cm, 평균체중 28.4g로 타 어종에 비해 빠른 성장을 나타내고 있어 앞으로 새로운 양식품종으로 각광받을 것으로 판단된다.

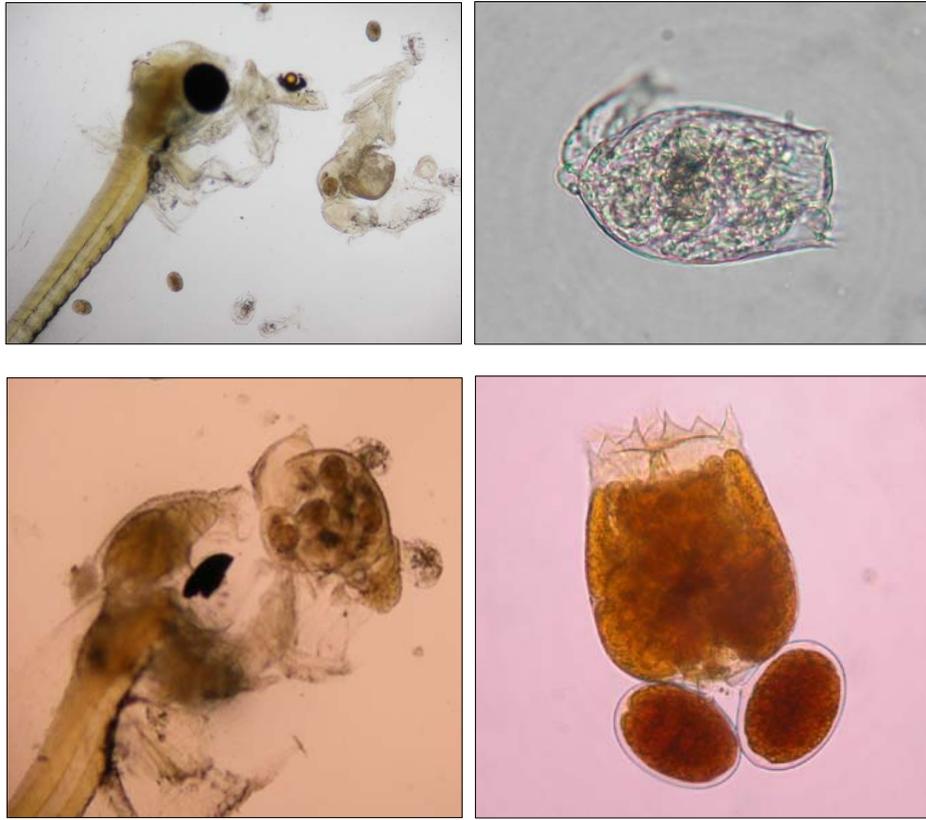


그림 13. 말쥐치 자어의 위 내용물 분석.

대부분 해산어류의 운반은 활어 차량을 이용하여 운반되고 있으면 5 ton 차량 1대가 약 5~6만정도의 종묘를 운반할 수 있다. 근거리의 경우 운반시 질병문제만 아니면 폐사가 전혀 나타나지 않았으며, 장거리 수송시 절식 및 질병 control을 통해 이러한 폐사문제를 해결할 수 있었다(그림 15). 활어차량 운반대신 산소포장을 이용한 운반방법도 생존율에 있어 50% 미만으로 급격히 떨어지는 현상이 나타났다. 이와 같이 운반과정에서 발생하는 폐사원인은 급성비브리오 감염에 의한 폐사, 운반 중 먹이를 섭취한 개체의 폐사 등에 의해 50-100%에 이르는 폐사가 관찰되지만 단거리 수송에서는 폐사율이 낮아지고, 최근 장거리 수송에서도 안정적인 수송 방법에 개발되었다.

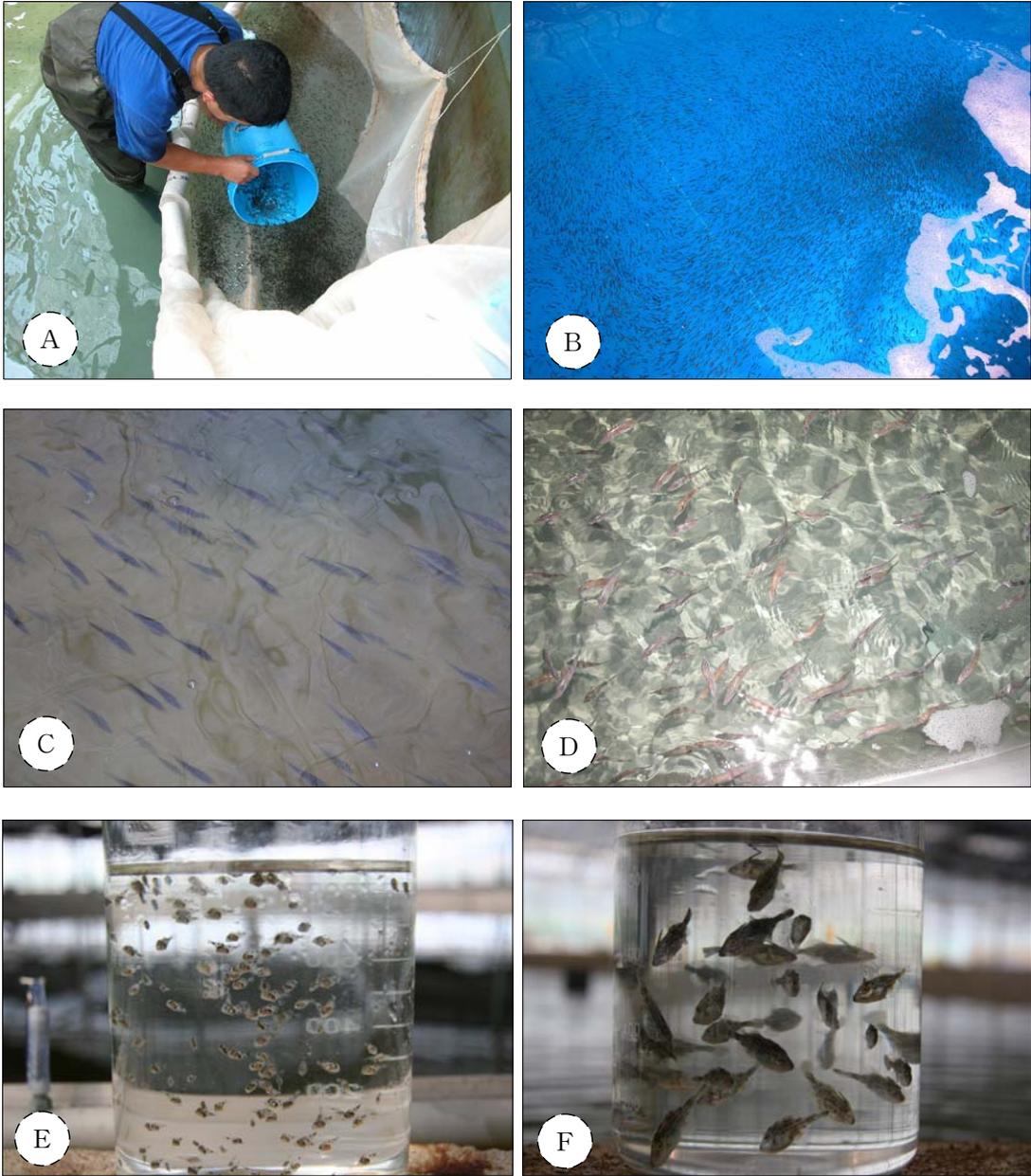


그림 14. 말쥐치 종묘생산.

A, 말쥐치 자어의 밀도조절을 위한 분조; B, 말쥐치 치어;
 C, 출하크기로 성장한 말쥐치 치어; D, 노지에서 생산된 종묘; E, 부화20일째 자어;
 F, 출하직전의 종묘.

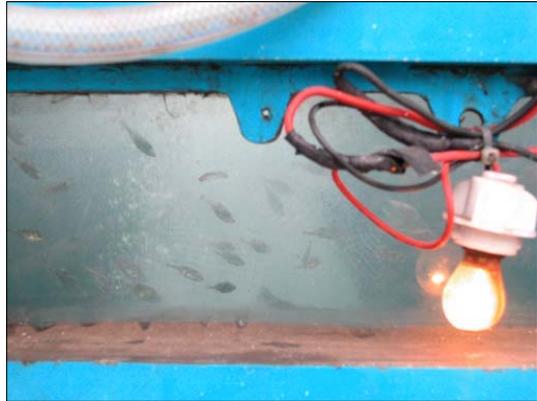


그림 15. 말쥐치 종묘의 차량 운반, 산소포장운반 및 근거리 운반.

2) 노지를 활용한 대량종묘생산

노지를 활용하여 말쥐치 종묘를 대량생산하기 위해 8,000평 노지에 부화직전의 수정란 7,000cc를 입식하여 4월 29일에서 6월 27일까지 종묘생산을 한 결과 부화자어는 수정란 입식 후, 6일째부터 채집이 되었으며 이를 토대로 부화율을 예측한 결과 48%로 산정되었다. 말쥐치 자어 채집은 수정란 입식 후 8일째부터는 급감되어 10일째부터는 자어 채집이 되지 않았다.

종묘생산기간 동안 염분도는 31-32‰, pH는 7.9-8.7, 용존산소량은 7.1-7.59mg/L로 큰 변화는 없었지만 수온변화에 있어서는 2회에 걸쳐 큰 변화량을 나타내었다(그림 16). 말쥐치 수정란 입식시 수온은 18℃였으며 9일 동안 서서히 23℃까지 증가되었으나, 이 후 날씨영향으로 수온이 10일째에 19℃로 급격히 하강하였다.

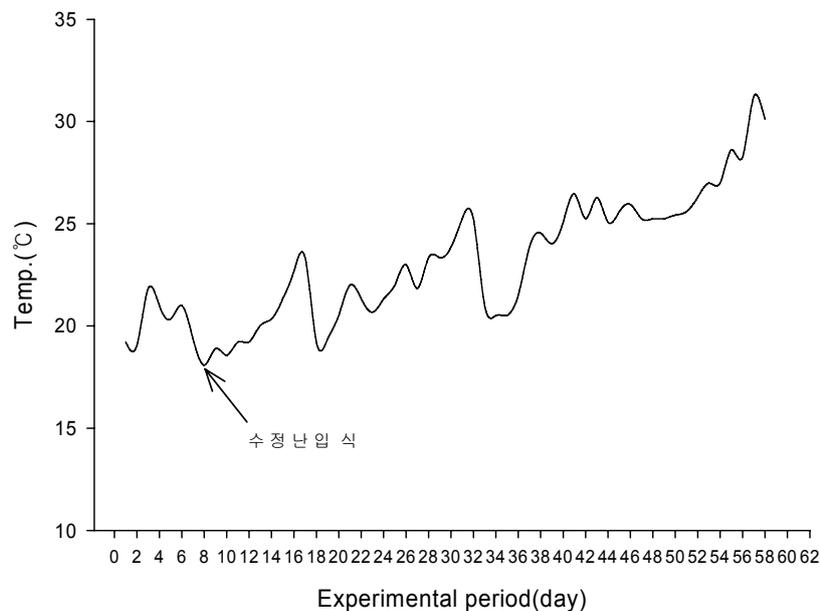


그림 16. 말쥐치 대량종묘생산 실험노지의 수온변화.

이 후, 노지수온은 12일째부터 12일 동안 서서히 증가되어 25℃까지 상승하였으나, 날씨영향으로 25일째 수온이 21℃로 급격히 떨어지는 경향을 보였다. 말쥐치 자어는 부화 후 5-10일 사이에 난황 흡수가 완료되고 입이 개구되는 시점으로 이러한 시점

에서 수정난 입식 후 10일째 및 25일째 노지의 급격한 수온변화에 의해 대량폐사가 이루어진 것으로 판단된다. 그림 17은 노지 및 육상주소에서 생산된 종묘의 외형사진으로 노지에서 생산된 종묘의 건강도가 우수하였으며, 동일사육기간일지라도 성장에 있어서도 노지산이 빠른 것으로 나타났다.



그림. 17. 노지(좌) 및 육상주소(우)에 생산된 말쥐치 종묘.

(노지종묘가 체색 및 외형 건강도 측면에서 상품성이 좋은 것으로 판단된다)

바. 친어의 시험구와 대조구간 성숙비교

실험전 말쥐치 암수의 생식소지수는 5-6 정도의 낮은 수치를 나타내었으나, 생식소 조직은 난모세포의 경우 이미 활성화되기 시작하여 성숙이 진행되는 양상을 나타내었다. 그러나 간중량지수에 있어 여타 어류와 달리 전 실험기간동안 17 내외의 높은 수치를 보여 주목되었으며 암수 구분없이 전 산란기간동안 점차 감소하는 경향을 나타내었다(그림 18-20).

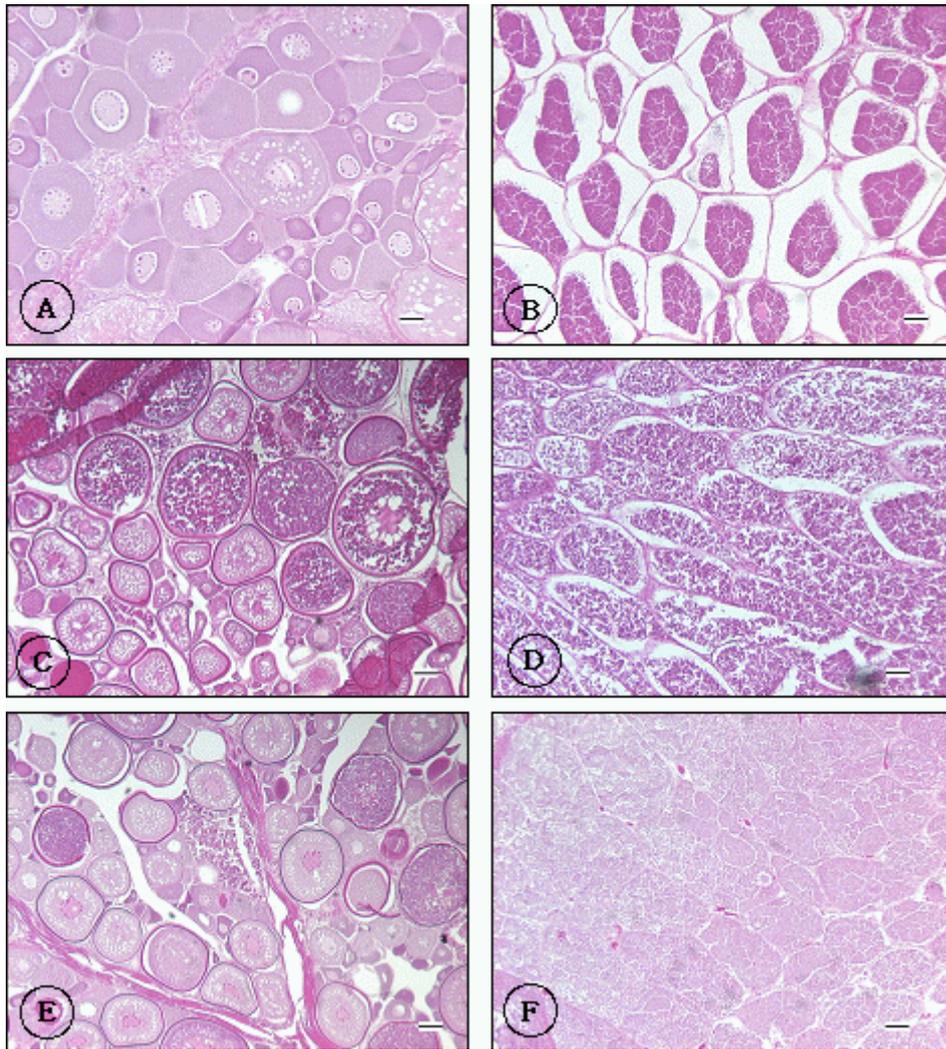


그림 18. 실험구와 대조구의 말쥐치 암·수 생식소 변화(Scale Bar : 50 μ m).

A,B : 최초 실험개시시; C,D : 시험구; E,F : 대조구.

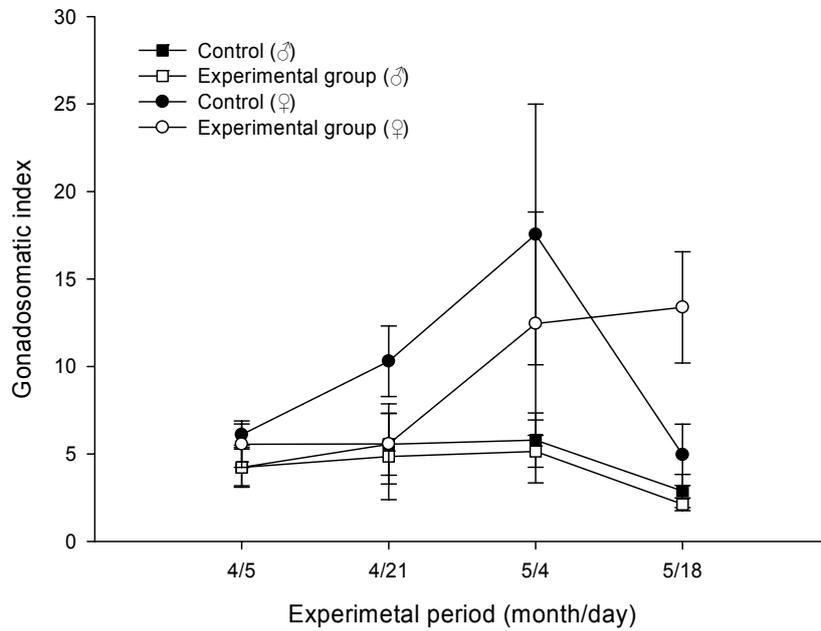


그림 19. 실험기간동안 대조구와 실험구간 말쥐치의 생식소 중량지수 변화.

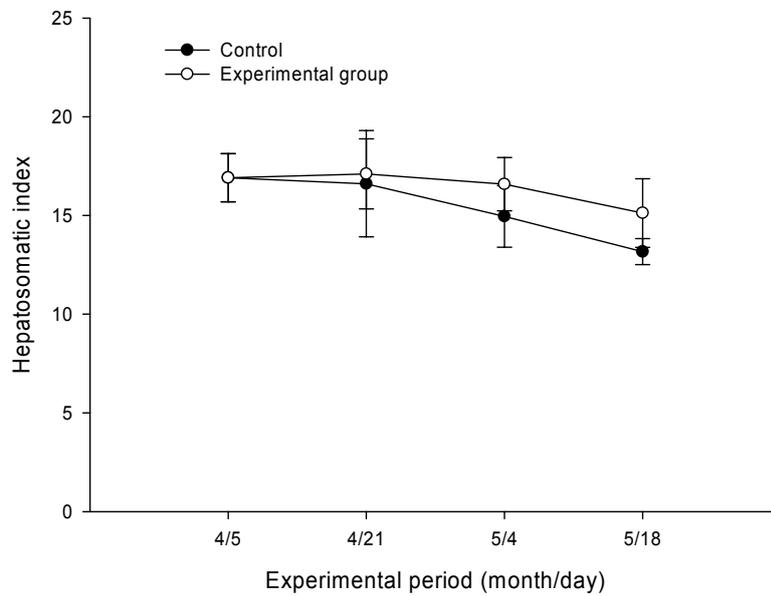


그림 20. 실험기간동안 대조구와 실험구간 말쥐치의 간 중량지수 변화.

실험군의 암컷 생식소지수는 수컷과 비교하여 월등히 높은 값을 보였고, 실험개시 4주후에는 최대치를 나타내어 본격적으로 산란이 이루어졌다. 이때의 생식소는 난소 외벽으로부터 난소강으로 성숙한 난이 밀려나왔으며 산란기간동안 여러차례 산란이 이루어지는 것으로 추정되었다. 정확한 산란횟수에 대해서는 별도의 실험이 필요할 것이다. 또한 대조구의 경우 수온 상승으로 인해 실험군과 비교하여 약 2주-4주 정도의 간격을 본격적으로 산란이 이루어졌다. 이때의 생식소지수 및 생식소 조직 관찰 결과는 실험군의 경향과 비슷한 성숙양상을 보였다.

수컷의 생식소는 실험개시시 길이 6 cm 전후의 크기에서 점차 증대되었으며, 생식공 주변 즉, 정소 끝부분부터 성숙이 진행되어 육안으로도 확인이 가능할 정도로 하얗게 관찰되었으나 전 생식소가 동시에 성숙되지는 않는 것으로 판단된다. 수컷의 생식소 지수는 실험군과 대조군간 차이 없이 5 정도의 범위를 나타내다 산란이후 2.5 정도로 급격하게 감소하였다.

사. 종묘생산성 평가

종묘입식 후부터 출하시까지 양식기간은 4~5개월이었고, 전 양식기간 중 3개소의 생존율은 82~91%로 나타났으며, 5월 28일 입식한 종묘(총 55,000마리)의 경우 입식 1개월째에 11.6g, 2개월째에 28.4g, 3개월째에 69.6g, 4개월째에 85.4g, 최종 출하시(11월 16일)에 123g으로 성장하였다. 그러나 6월 18일 입식하여 9월말 출하 시까지 평균 72.3g, 11월 중순 출하시 평균 85.4g으로 성장하였다. 사료는 주로 냉동 곤쟁이와 냉동 흰배도라치 치어 및 부상사료를 이용하였고, 사료효율은 냉동사료의 경우 약 20% 정도였다. 한편, 7월 5일 55,000마리를 가두리 1개에 입식하여 9월말 경 출하한 A업체의 경우, 생존율은 91%, 평균체중 70g이었으며, 총 3.7톤을 생산하였다. 판매가격은 14,000원/kg으로 총 매출액 5,180만원에서 사료대금(곤쟁이, 흰배도라치 치어 등 총 1,750상자) 650만원, 종묘구입비 1,250만원(단가 250원), 인건비 400만원을 제외하고 약 2,880만원의 경상이익을 창출하였다. 이상의 결과로 볼 때 최근 돔류(참돔, 감성돔,

돌돔) 등의 어가 하락으로 인해 가두리 양식장에서의 수익개선이 어려운 현실에서 말쥐치는 새로운 양식어종으로 주목되었다.

아. 어체 일반성분 분석

노지 및 육상수조에서 생산된 말쥐치 치어의 일반체성분 분석결과, 수확 직후 육상수조와 노지 종묘의 수분 함량은 각각 78.63, 81.44, 단백질 함량은 13.86, 11.85, 회분함량은 3.74, 2.23로 큰 차이를 보이지 않았으나 지질함량은 3.74, 2.23로 노지산이 낮게 나타났는데 이는 배합사료 성분 중 높은 지질함량에 기인한 것으로 보인다(표 4).

표 4. 노지 및 육상수조에서 생산된 말쥐치 치어의 일반 체성분

분석항목	종묘생산방법	
	육상수조	노지
수분	78.63	81.44
단백질	13.86	11.85
지질	3.74	2.23
회분	2.97	2.47

2. 참돔

가. 육상수조 및 노지에서 종묘생산

참돔 수정란을 구입하여 실험노지에는 100 cc씩, 육상수조에는 50 cc를 입식하여 종묘생산을 한 결과 육상수조에서는 20,000마리가 생산되어 평균 40%의 생존율을 나타내었으나 A 노지는 15,000마리의 종묘가 생산되어 약 15%, C 노지는 8,000마리의 종묘가 생산되어 8%, D 노지는 10,000마리의 종묘가 생산되어 약 10%의 생존율을 나타내었다(그림 21). 그러나 육상종묘의 경우 120마리 중 74마리가 기형으로 판명되어 실질적인 종묘로서의 가치를 인정받지 못하였다.



그림 21. 참돔 종묘생산.

A, 육상 수조에서의 종묘생산; B, 노지에서의 종묘생산(수확 직전).

실험노지별 참돔의 생존율이 상이한 결과는 시비제 종류에 따른 수질환경안정화 및 초기먹이생물의 번식밀도에 따른 것으로 판단된다. A, C 및 D 노지에서는 생존율에 있어 8~15%로 다소 차이는 있었지만 8,000~15,000마리의 종묘가 생산된 반면, B 노지에서는 종묘생산이 전혀 이루어지지 않았다. 이는 유기질 비료인 알팔파와 숙성계분 시비된 A, C 및 D 호지에서 수질안정화를 유지시켜 동물플랑크톤 번식을 지속적으로 유지시켜주었지만 화학비료만을 시비한 B 노지에서는 급격한 수질환경변화로 인한 동물플랑크톤 번식에 큰 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 따라서 먹이생물번식 및 관리를 위해서는 질소질이 많이 함유되어 있는 화학비료만을 단독으로 시비하는 것보다는 알팔파, 숙성계분, 우분, 돈분 등과 같은 유기질 비료를 시비하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 또한 대표적인 초기먹이생물인 copepods 및 copepods nauplius는 자,치어 생존율의 큰 요인으로, 지속적으로 유지관리하기 위해서는 노지의 환경변화를 종묘생산 종료시까지 모니터링하여 동물플랑크톤이 감소될 시 유기질 비료를 추가적으로 시비하여 계속적으로 유지시킬 필요가 있다.

나. 육상수조 및 노지종묘의 기형률 조사

육상 수조 및 노지에서 생산된 참돔 종묘의 기형율에 있어서 육상수조의 경우 120마리를 분석한 결과 74마리가 기형을 판명되어 약 61%, 실험노지에서는 139마리를 분석한 결과 1마리가 기형으로 판명되어 0.7%의 기형률을 나타냈다(그림 22). 육상수조에서 나타난 기형은 대부분 꼬리 부분의 척추가 휘어지는 만곡형태와 주둥이 기형으로 나타났다(그림 23, 24).

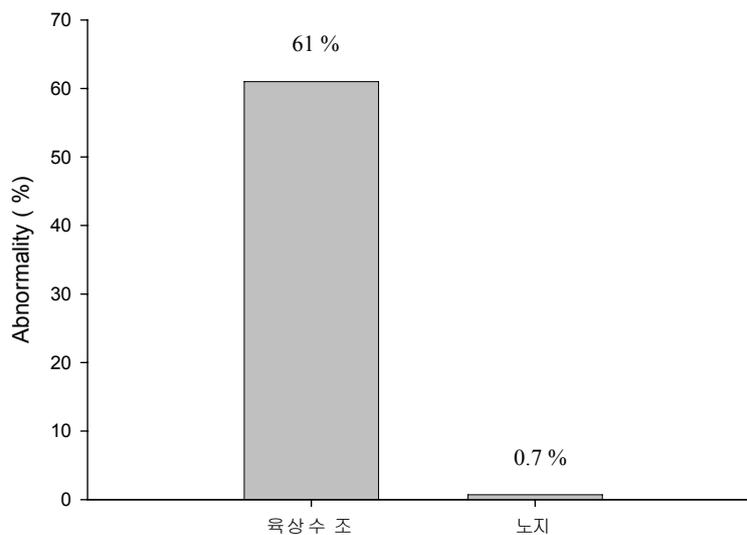


그림 22. 육상수조 및 노지에서 생산된 참돔의 기형률.

다. 어체일반 성분 분석

노지 및 육상수조에서 생산된 참돔 치어의 일반체성분 분석결과, 수확직 후 육상수조와 노지 종묘의 수분 함량은 각각 80.79, 79.75, 단백질 함량은 14.12, 14.70, 회분함량은 3.30, 3.28로 큰 차이를 보이지 않았으나 지질함량은 1.48, 1.24로 노지산이 낮게 나타났는데 이는 배합사료 성분중 높은 지질함량에 기인한 것으로 보인다. 그러나 노지종묘를 육상수조에서 배합사료로 1개월 동안 사육한 경우 수분, 단백질, 회분 함량에 있어서는 큰 차이가 없었던 것에 비해 지질함량에 있어서는 1.21에서 4.41로 크게 상승하는 것으로 나타났는데 이는 노지에서 자연 번식된 자

연떡이의 높은 의존도에서 상대적으로 지질함량이 높은 배합사료에 따른 것으로 사료된다(표 5).

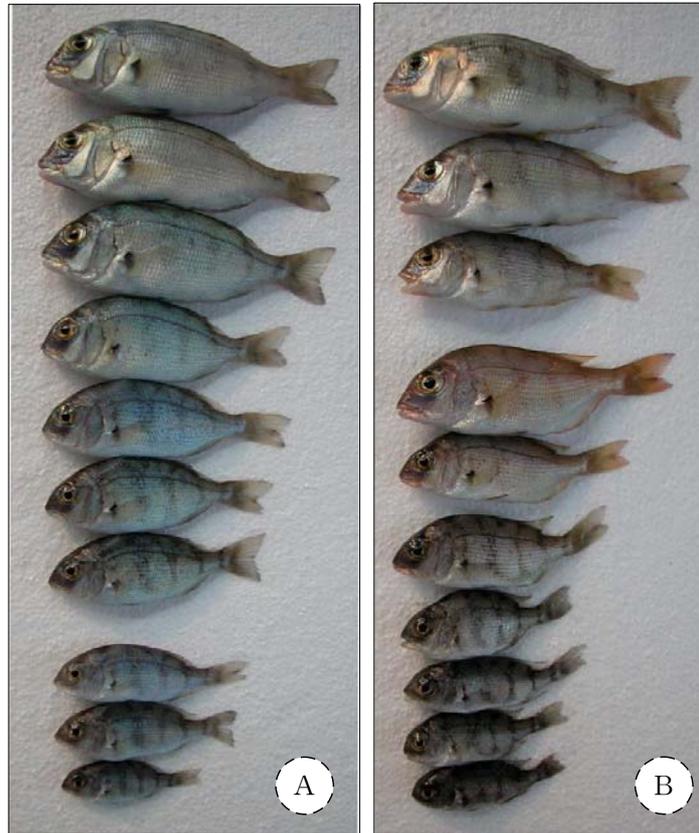


그림 23. 생산 방법에 따른 참돔 종묘의 외부 형태.
A, 노지 : 맨 아래 1마리가 기형; B, 육상 수조 : 아래 7마리가 기형임.

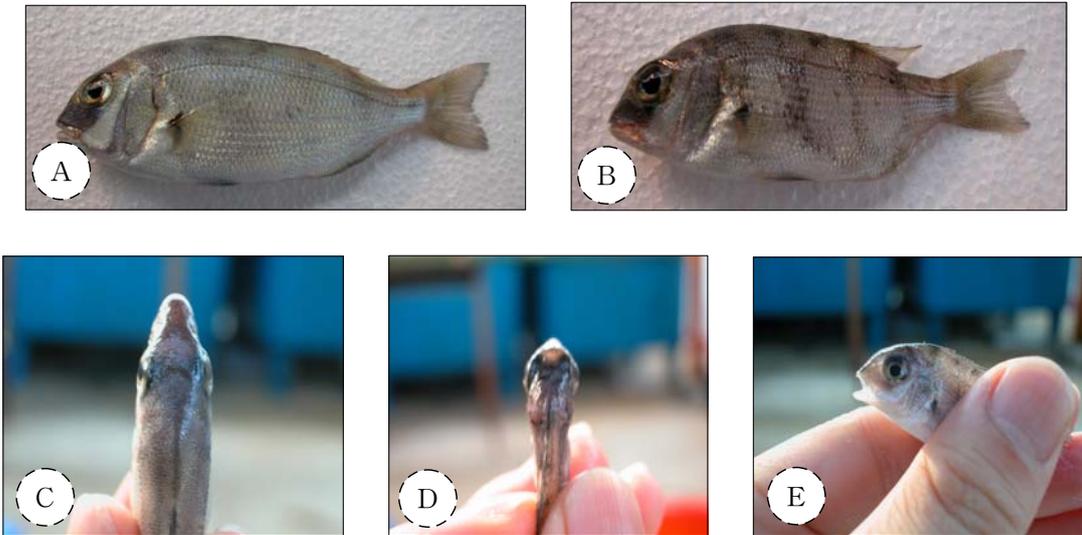


그림 24. 다양한 형태의 참돔 기형 비교.

A, 정상 개체; B, 척추 만곡으로 인한 뒷지느러부위 돌출; C, 정상 개체; D, 주둥이 기형(위에서 본 모습); E, 주둥이 기형(옆에서 본 모습). D&E의 경우 성장 장애를 받아 소형임.

표 5. 노지 및 육상수조에서 생산된 참돔 치어의 일반 체성분

분석항목	종묘생산방법			
	육상수조*	노지*	육상수조**	노지**
수분	80.79	79.75	75.92	74.58
단백질	14.12	14.70	15.60	15.88
지질	1.48	1.24	4.34	4.41
회분	3.30	3.28	3.79	4.04

* 노지 수확직 후 분석 **노지 수확하여 육상수조에서 배합사료로 1개월 사육 후 분석

라. 노지를 활용한 대량 종묘 생산

실험노지 1-A 노지 2,000평에서는 4월 7일부터 10일까지 총 3,500cc의 수정난을 입식하여 극히 적은 약 2,000마리 참돔 종묘가 생산되었다(그림 25, 27). 이는 수정난 입식시 잦은 기상변화(수온변화, 바람, 비등)로 인한 낮은 부화율과 난황 흡수완

료 시점인 4월 15일 초기먹이생물로 활용될 수 있는 요각류 유생의 밀도가 감소되어 대량폐사로 이어진 것으로 사료된다(그림 26).

대조구인 B 노지에서는 1,300마리, C 노지에서는 18,480마리, D 노지에서는 21,800마리, G 노지에서는 19,360마리가 최종적으로 생산되었으며, H 노지에서는 배수과정에서 전량 폐사되는 현상이 나타났는데 이는 배수과정에서 가스발생에 기인된 것으로 판단된다. 따라서 노지를 활용한 참돔의 종묘생산시 가장 중요한 사항은 난황 흡수 완료시점(부화후 4-5일)에 초기먹이 생물의 유지가 가장 중요사항이라고 판단된다. 또한 동물플랑크톤이 자연적 또는 섭이에 의해 감소되었을시 대부분 냉동곤쟁이를 믹스해서 뿌려주는데 이러한 경우 수질환경변화의 폭이 확대되어 전량 폐사로 이어지는 현상이 많이 발생된다. 이러한 대량폐사 현상을 방지하기 위해서는 동물플랑크톤의 변동량을 수시로 측정하여 사육수 교환 및 영양염 시비를 통한 번식을 유도시키는 것이 우선되어야 할 것으로 판단된다.

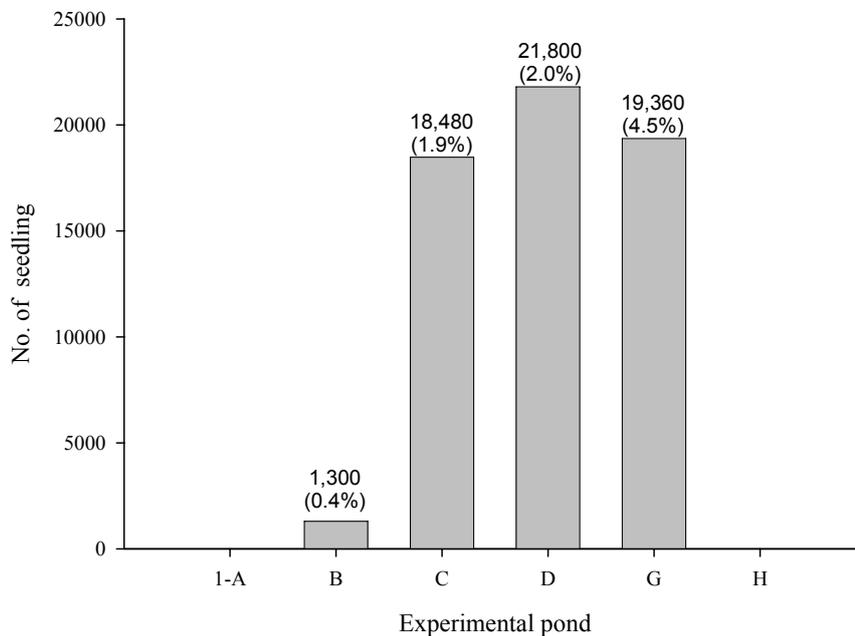


그림 25. 실험노지별 참돔 종묘생산량.

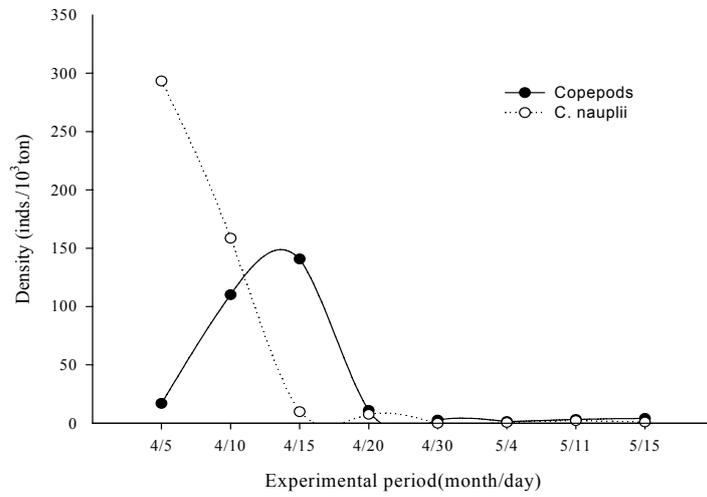


그림 26. 실험노지 1-A에서 요각류 및 유생의 변동량.



그림 27. 참돔 노지 종묘생산.

A, 수확 된 참돔 종묘; B, 노지에서 수확하여 육상수조로 이송;
 C, 노지에 번식된 *Tetraselmis* sp.; D, 기형개체(포식에 의한 것으로 추정).

마. 종묘생산성 평가

육상 수조에서의 종묘생산은 기형률이 매우 다양하여 10-50%에 이른다. 따라서 육상수조의 경우 경제성 분석을 하기에는 많은 어려움이 따른다. 본 연구에서는 아래와 같이 노지경우만 경제성을 분석하였다. 분석결과 참돔의 조수입에 대한 순수익의 비율은 61.2%로 “서해안 축제식 양식장을 이용한 어류종묘생산(2002.12, 해양수산부)”에서의 노지를 활용한 감성돔 종묘생산시 71%의 경제성을 보인 결과와 비교시 다소 낮은 수치를 보였지만 조피볼락(11%), 숭어(42.2%)에 비해서는 높은 수치를 보였다(표 6).

3. 노지양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산 기술 구축

노지 양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산을 위해서는 노지의 환경조건을 우선적으로 파악해야 할 것으로 판단된다.

노지의 환경, 저질, 유입수 수질환경, 동·식물 플랑크톤의 변화, 기상변화에 따른 노지환경변화등의 자료확보가 우선되어야 할 것으로 판단된다. 또한 종묘생산 대상상종의 생태학적 특징, 초기 및 후기먹이생물 선호도등을 파악해야 할 것이다.

노지에서 말쥐치 종묘를 대량생산하기 위해서는 취수때 자,치어의 경쟁생물을 철저히 차단해야 한다. 갯 부화된 말쥐치 자어의 크기는 요각류 성체와 구별이 되지 않을 정도로 작아 취수시 주의가 요구된다.

노지의 수질환경, 수색, 자어기때 섭이가 가능한 100 μ m내외의 초기먹이생물 번식이 생존율을 높이는데 중요 요인이라고 할 수 있다. 노지의 제반여건이 최적이라고 판단시 기상변화를 충분히 예측하여 수정난을 입식하는 것이 좋으며, 이후 지속적인 채집을 통해 수질, 수색, 동,식물플랑크톤의 종조성, 밀도등의 노지환경을 모니터링하여 보정을 해야 한다. 또한 급격한 환수는 수질환경변화로 이어지므로

말쥐치 종묘를 집중사육하기 위해 배합사료, 곤쟁이등의 투여양은 생존마리수, 호지수용능력등을 고려해서 정확한 투여량, 횟수등을 산정해야 한다. 이로 인해 수

질환경 악화는 급격한 환수로 이어지므로 최대한 안정된 수질환경을 유지하여야 한다(표 7).

노지에서 참돔종묘생산은 생산성이 높은 어종으로 육상수조에서 생산된 개체는 30-50%의 기형율이 있어 감성돔과 더불어 경쟁력이 높은 어종이다.

참돔은 노지에서 생산시 가장 크게 영향을 받는 것은 입식수온과 기상변화로 판단된다. 따라서 수정난은 부화직전에 입식하고 입식시 수온은 18℃이상, 기상예보를 참고하여 판단해야 할 것이다. 참돔은 수확시 비닐이 탈락되면 질병감염율이 높아 주의 깊게 수확해야 한다(표 8).

표 6. 노지를 활용하여 참돔 종묘생산시 경제성 분석

항 목	품 목	금액(천원)	산 출 내 역 (원)	
조수입	종 묘	105,000	700,000마리 x 150원 = 105,000,000원	
	합 계	40,774		
	소 계	7,000		
시설비	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		
지출	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, 알팔과 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	105,000천원 - 40,774천원 = 64,226,000천원 (61.2%)		

표 7. 노지양식장을 활용한 말쥐치의 대량종묘생산

기간	노지양식장	<ul style="list-style-type: none"> · 노지양식장 환경조사 (약 3,000-4,000평, 평균수심 2 m이상) · 저질상태 및 노지환경조사 (오염여부, 해적생물구제, 취,배수 용이성, 기상변화등)
	↓	
	취수	<ul style="list-style-type: none"> · 말쥐치는 부화직후의 자어 크기가 매우 작으므로 취수 시 해적생물을 철저히 차단
	↓	
	수색유지, 동물플랑크톤 종 및 밀도조절	<ul style="list-style-type: none"> · 노지에 취수된 동,식물플랑크톤 종조성, 밀도조사 및 수질환경 분석을 통해 영양염 종류결정 및 시비 (화학비료 및 유기질 비료를 병행시비)
8-10일	수색유지, 동물플랑크톤 종 및 밀도조절	<ul style="list-style-type: none"> · 말쥐치는 부화후 7-10일동안 수색유지, · 10-20일동안은 100μm 내외의 초기먹이생물유지 (로티퍼, 부화직후의 요각류 유생등) · 20일이후는 동물플랑크톤이 유지될 수 있도록 관리
	↓	
30일	수정난 입식	<ul style="list-style-type: none"> · 수정난 : 5,000cc · 말쥐치 수정난은 일시에 대량으로 확보하기 위해서는 친어를 관리하여 성숙시키는 것이 좋을 것으로 판단됨 · 입식수온 19~21$^{\circ}$C · 수색변화는 기상에 따라 변화량이 크기 때문에 기상예보를 통해 향후 변화를 충분히 검토 후 입식 · 수정난 입식 후 부화 직후의 요각류 유생의 변화량을 주기적으로 조사하여 2차 시비시기를 결정
	↓	
	동,식물플랑크톤 밀도유지	<ul style="list-style-type: none"> · 부화율 및 수온에 따른 난황흡수기간 파악 · 주기적인 채집을 통해 동물플랑크톤의 종, 밀도 및 수색변화 가능성이 있을 시 유기질 시비제를 통한 보정 및 유지
	↓	
15-20일	집중사육	<ul style="list-style-type: none"> · 곤쟁이, 배합사료 · 급격한 환수로 인하여 수질변화를 억제
	↓	
	수확 및 출하	<ul style="list-style-type: none"> · 말쥐치는 등과 배쪽의 가시가 돌출되어 있어 종묘수확 시 삼각망 자루그물을 조심스럽게 다룬다면 큰 문제는 없음

표 8. 노지양식장을 활용한 참돔의 대량종묘생산 방법

	노지양식장	<ul style="list-style-type: none"> · 노지양식장 환경조사(약 3,000-4,000평, 평균수심 2 m) · 저질상태 및 노지환경조사 (오염여부, 해적생물구제, 취,배수 용이성, 기상변화등)
		↓
	취수	
		↓
		<ul style="list-style-type: none"> · 노지에 취수된 동,식물플랑크톤 종조성, 밀도조사 및 수질환경 분석을 통해 영양염 종류결정 및 시비
8-10일	수색유지, 동물플랑크톤 종 및 밀도조절	<ul style="list-style-type: none"> · 동물플랑크톤 번식시 초기자어의 섭이 효율이 좋은 요각류 유생이 번식이 되도록 관리
		↓
20일	수정난 입식	<ul style="list-style-type: none"> · 수정난 입식 : 3,000cc · 입식수온 18℃ (참돔은 입식수온이 낮을 경우 자어생존율이 극히 저조함) · 기상예보를 통해 수색변화, 동물플랑크톤의 변화를 충분히 검토
		↓
		<ul style="list-style-type: none"> · 부화율 및 수온에 따른 난황흡수기간 파악
	동,식물플랑크톤 밀도유지	<ul style="list-style-type: none"> · 주기적인 채집을 통해 동물플랑크톤의 종, 밀도 및 수색변화 가능성이 있을 시 유기질 시비제를 통한 보정 및 유지
		↓
20일	집중사육	<ul style="list-style-type: none"> · 곤쟁이, 배합사료 · 급격한 환수로 인하여 수질변화를 억제
		↓
	수확 및 출하	<ul style="list-style-type: none"> · 참돔은 비늘부분이 탈락이 될 경우 질병 감염이 쉽게 되므로 수확시 조심스럽게 해야 함

제 3 장 생태학적 조사 및 환경친화적

노지양식 시스템 개발

제 1 절 서 론

해산어류의 종묘생산에 있어서 초기먹이로써 rotifer와 *Artemia nauplius* 다음으로 요각류가 많이 이용되고 있다. 현재 초기 먹이생물로 많이 이용되고 있는 *Artemia* 는 cyst를 형성하기 때문에 보관이 쉽고 부화시켜 사용하기 편리하다. 그러나 해산어류에 필요한 필수 지방산이 부족하며, 높은 사망률과 가격이 고가로 경제성 문제가 대두되고 있다.

이와 같이 초기먹이로서 많이 쓰이는 rotifer와 *Artemia nauplius*의 단점을 고려할 때 축제식 양식장 내에서 대량배양이 쉽고 먹이효율이 뛰어난 동, 식물플랑크톤 먹이생물 번식기술을 개발할 필요성이 있다.

현재 축제식 양식장을 이용하여 조피볼락 및 감성돔 종묘를 생산하는데 있어 동, 식물플랑크톤 번식을 위한 시비제로는 요소, 인산, 규산염 등이 대부분 함유되어 있는 화학비료를 많이 사용하고 있다. 그러나 화학비료를 시비시 급격한 수질변화로 초기 먹이생물로 가치 있는 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식과 유지가 되지 않아 문제점으로 제기되고 있다.

축제식양식장에서 감성돔 종묘생산시 대량폐사가 발생하였으며, 이는 수질환경인 용존산소, 수소이온농도, 질산염, 아질산염 농도는 어류가 대사활동을 하는데 있어 큰 지장을 주지 않은 것으로 판단되었으나, 암모니아농도가 높게 나타나 폐사요인으로 작용되었을 것으로 사료된다. 이는 축제식 양식장에서 화학비료의 시비로 인해 대량번식 된 유기물이 침전되어 저서생물의 양을 증가시키나 많은 양이 침전, 축적되었을 경우 유기물의 혐기분해작용에 의한 메탄가스가 생성되고 기포를 발생시킬 가능성이 있다. 이렇게 되면 유독한 황화수소(H_2S)가 생성되어 축제식양식장

내의 생물이 단시간에 대량폐사로 연결되었을 것으로 사료된다.

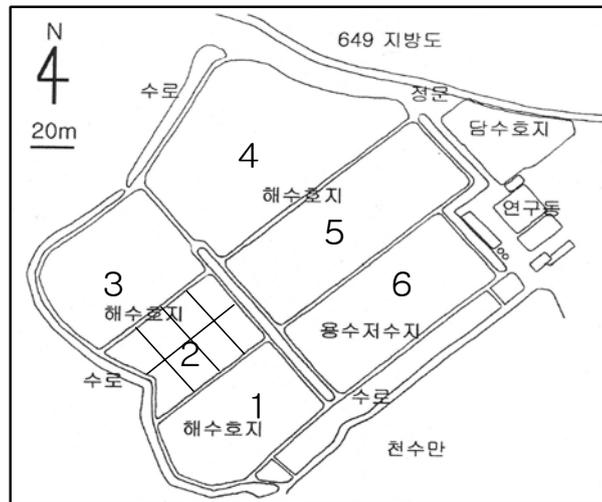
이러한 문제점을 해결하기 위해 계분, 돈분, 우분, 알팔파 등과 같은 유기질비료의 시비로 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식과 유지가 가능할 것으로 판단되며, 다양한 농도의 유기질 비료와 화학적 비료의 미량첨가로 동, 식물플랑크톤의 번식 유도가 가능할것으로 보여진다.

따라서 본연구는 플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종등 종합적인 생태조사를 위해 채집망과 채수기를 통해 채집하고, 채집시 염분도변화, 수온, 수소이온농도, 용존산소 등은 현장에서 측정하여 기초자료로 활용할 것이다. 또한, 유기질 비료시비에 따른 축제식 양식장의 동, 식물플랑크톤의 변화 특성을 조사하여 향후 축제식 양식장의 생태학적 관리모델 구축시 기초자료로 활용하고자 하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

축제식 양식장을 활용하여 환경친화적이고 생태학적 특성을 고려한 양식법을 이용하여 건강한 종묘생산 기술을 개발하고 또한 그동안 대량종묘생산이 불가능한 말쥐치의 대량생산 기법을 개발하기 위하여, 1) 축제식 양식장에서 생태학적 방법을 이용하여 말쥐치 및 참돔의 대량 종묘생산 2) 유기질 비료의 시비에 따른 동, 식물플랑크톤 변화, 수질 및 저질환경 조사로 환경특성 확립 3) 축제식 양식장의 활용으로 종묘생산의 효율성 분석 및 환경 친화적 종묘생산 시스템 개발을 수행하였다.

본 연구를 위해 1, 2차년도는 위해 순천향대학교 해양수산연구소에서 육상 및 축제식양식장에서 연구를 수행하였다.



- 위치 : 충남 태안군 남면 당암리 19-18 (천수만 북쪽)
- 부지 : 50,000평, 축제식 노지 : 35,000평, 육상 수조식 수조시설 : 900평, 연구시설 500평
- * 연구 수행을 위한 pilot scale의 실험 노지
 - 1 호지(3,000평) : 2,000평 노지 2개로 구획(참돔 대량종묘생산)

- 2 호지(3,000평) : 300평 노지 6개, 450평 노지 2개

: 다양한 실험조건에 따른 환경변화 구명 및 어류
종묘생산

- 6 호지(8,000평) : 물량 부족을 고려하여 저수지로 활용

3차년도 연구장소는 해양수산연구소 실습장이 학교사정상 운영이 불가능하여 개인
종묘배양장 및 새우양식장을 임대하여 연구를 수행하였다.

1. 양식장 수질 및 저서환경 조사

가. 연안수 및 양식장 수질환경조사

노지 및 연안수의 수질환경 요인을 측정하기 위해 5일 간격으로 시료를 채집하
여 현장에서 차광을 시킨 다음 실험실로 운반하여 NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, NH₄-N,
chlorophyll a 함량을 측정하여 수질환경변화를 조사하였다. 실시간으로 수온을 측
정하기 위하여 Data logger(Hobo co, England)를 이용하여 1시간 간격으로 측정할
수 있도록 프로그밍하여 수심 1 m 전후의 위치에 부자를 설치하여 실험호지와 연
안수를 측정하였다.

나. 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사

실험노지의 저서환경을 조사하기 위하여 소형채니기를 사용하여 임의적으로 3개
정점을 지정하여 1개 정점에서 3회씩 5일 간격으로 시료를 채집하여 현장에서 망
목크기가 0.5 mm인 sieve에 걸러 남은 것을 10% 중성 포르말린으로 고정하였다.
고정된 시료는 해부현미경하에서 주요 분류군으로 선별하여 가능한 종 수준까지
동정하여 종조성, 출현량 및 우점종을 조사하였다.

다. 수질 및 저서환경 변화조사

노지 및 연안수의 수질환경 요인을 측정하기 위해 5일 간격으로 시료를 채집하

여 현장에서 차광을 시킨 다음 실험실로 운반하여 NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, NH₄-N 함량을 측정하여 수질환경변화를 조사하였다. 실시간으로 수온을 측정하기 위하여 Data logger(Hobo co, England)를 이용하여 1시간 간격으로 측정할 수 있도록 프로그래밍하여 수심 1 m 전후의 위치에 부자를 설치하여 측정하였다.

실험호지의 저서동물 중 조성을 보기 위해 소형 채니기를 이용하여 실험호지별로 3곳의 저질을 채취 후 망목크기가 0.5 mm인 sieve에 걸러 남은 것을 10% 중성 포르말린으로 고정하여 해부현미경하에서 주요 분류군으로 선별하였다. 또한 실험 종료 후 hand core sampler를 이용하여 실험호지 저질을 채취하여 강열감량, 화학적 산소요구량(COD)등을 측정하였다.

2. 유기질 비료 시비에 따른 환경 변화 조사

가. 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동,식물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종 조사

미세조류의 크기분포는 먹이사슬 통태와 해양 생태계의 생태적 효율에 매우 중요한 영향을 미치고 있다(Ryther, 1969; Parsons and lebrasseur, 1970; Walsh, 1976; Malone, 1980). 따라서 노지를 활용하여 종묘생산시 동,식물플랑크톤의 생태 및 현존량 조사와 인위적 번식을 위한 시비제 활용은 필수적인 연구로 판단된다. 또한 노지에서 어류종묘생산시 계분, 돈분, 우분, 알팔파 등과 같은 유기질비료의 시비로 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식과 유지가 가능할 것으로 판단된다.

따라서 다양한 농도의 유기질 비료와 화학적 비료의 미량첨가로 동, 식물플랑크톤의 번식을 유도하여 참돔을 대상으로 종묘생산을 시도하였다. 또한 지속적인 동물플랑크톤의 개체밀도를 모니터링하여 급격한 감소가 있을 시 유기질 비료를 추가로 첨가하여 동물플랑크톤 번식을 유도하였다. 또한 참돔 종묘생산시간동안 동, 식물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종등 종합적인 생태조사를 위하여 5일간격으로 채집망과 채수기를 통해 채집을 하였으며, 채집시 염분도변화, 수온, 수소이

온농도, 용존산소, 투명도 등은 현장에서 측정하였다.

식물플랑크톤의 검경을 위해 채집된 시료는 현장에서 lugol's solution으로 고정 후 빛을 차단하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 충분히 침전시켜 상층액을 siphon 방식에 의하여 교란없이 제거 후, MaAlice의 처리방법에 따라 처리 후 Sedgwick-Rafter 침전법에 따라 농축시켜 Sedgwick-Rafter counting chamber를 사용하여 광학현미경의 저배율에서 시료의 개체수를 계수하였다. 식물플랑크톤의 동정은 고배율하에서 녹조류, 규조류, 쌍편모조류를 중심으로 하였으며 동정이명은 Hasle and Syvertsen(1996)의 근거로 종조성을 분류하였다. 동물플랑크톤의 종조성 및 현존량은 실험노지별로 채집하여 현장에서 중성포르말린으로 고정 후 실험실에서 분류하였다.

나. 동,식물 플랑크톤의 변화 조사

말취치 및 참돔 종묘생산시간동안 동, 식물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종 등 종합적인 생태조사를 위하여 5일 간격으로 채집망과 채수기를 통해 채집을 하였으며, 채집시 염분도 변화, 수온, 수소이온농도, 용존산소, 투명도 등은 현장에서 측정하였다.

동물플랑크톤 종조성 파악을 위한 시료의 채집은 각 실험호지 저층에서 표층까지 연직 예인하는 방법으로 네트(zooplankton net)는 mesh size가 80 μ m, 망 입구의 직경이 45cm인 NORPAR net를 사용하였으며, 네트에 의해 여과된 해수의 양은 망 입구에 유량계를 부착하여 계산하였다.

식물플랑크톤의 검경을 위해 채집된 시료는 현장에서 lugol's solution으로 고정 후 빛을 차단하여 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 충분히 침전시켜 상층액을 siphon 방식에 의하여 교란없이 제거 후, MaAlice의 처리방법에 따라 처리 후 Sedgwick-Rafter 침전법에 따라 농축시켜 Sedgwick-Rafter counting chamber를 사용하여 광학현미경의 저배율에서 시료의 개체수를 계수하였다. 식물플랑크톤의 동정은 고배율하에서 녹조류, 규조류, 쌍편모조류를 중심으로 하였으며 동정이명은 Hasle

and Syvertsen(1996)의 근거로 종조성을 분류하였다.

다. 유기질비료의 시비방법 및 적정 처리농도 구명

노지양식장을 종묘생산에 이용시 동, 식물플랑크톤의 번식을 위해 유기질 비료의 시비방법에 따른 적정 처리농도 구명을 위해 첫째로 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식과 유지를 할 수 있는 적정 농도와 둘째로 시비방법에 따른 참돔 및 말쥐치 자, 치어의 성장 및 생존을 구명하기 위해 1주일에 2회 이상 채집분석 후, 우리나라 노지 양식장에서 이용되는 화학비료, 계분, 무시비 등 시비조건과 외국의 pond system에서 이용하는 다양한 시비제와 면밀히 검토 후 적정 처리농도를 설정하였다.

라. 최적 유기질 비료 시비에 따른 생산성 평가

최적 유기질 비료의 선정 및 적정 처리농도에 따른 참돔 및 말쥐치 종묘의 생산성 및 수익성을 육상수조와 비교 분석하여 생산성 평가를 할 것이다.

3. 환경친화적 노지양식 시스템 개발

가. 생산성 증대를 위한 환경 친화적 시스템 개발

축제식 양식장에서 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식 및 유지, 수질, 저질환경관리 결과를 통해 육상수조식에서 종묘생산이 어려운 참돔 및 말쥐치 자, 치어를 환경친화적으로 사육을 통하여 생산성 증대를 위한 시스템 개발을 할 것이다.

나. 노지 양식장의 생태학적 관리모델 구축⁷⁴

조피볼락 및 감성돔은 축제식 양식장을 이용하여 종묘생산을 시도되고 있다. 동, 식물플랑크톤 번식을 위해 시비제로 요소, 인산, 규산염등이 대부분 함유되어 있는

화학비료를 많이 사용하고 있다. 그러나 화학비료를 시비시 급격한 수질변화로 초기 먹이생물로 가치 있는 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식과 유지가 되지 않아 문제점으로 제기되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 계분, 돈분, 우분, 알팔파등과 같은 유기질비료의 시비에 의한 동, 식물플랑크톤의 지속적인 번식과 유지할 수 있는 기술로 노지양식장에서 참돔 및 말쥐치 종묘의 생산을 극대화 할 수 있는 생태학적 관리모델을 구축할 것이다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 양식장 수질 및 저서환경 조사

가. 연안수 및 양식장 수질환경조사

1) 수온변화

실험기간 중 연안수의 수온변화는 3월 8일에 5.14℃를 기록하였으며 이후 계속적으로 완만한 상승을 보여 16.8℃까지 상승하였다. 실험노지의 경우는 3월 8일에 7.1℃를 기록하였으며 이후 날씨에 의해 다소 변동은 있으나 이후 날씨의 영향을 크게 받아 27.2℃까지 상승하였다(그림 28).

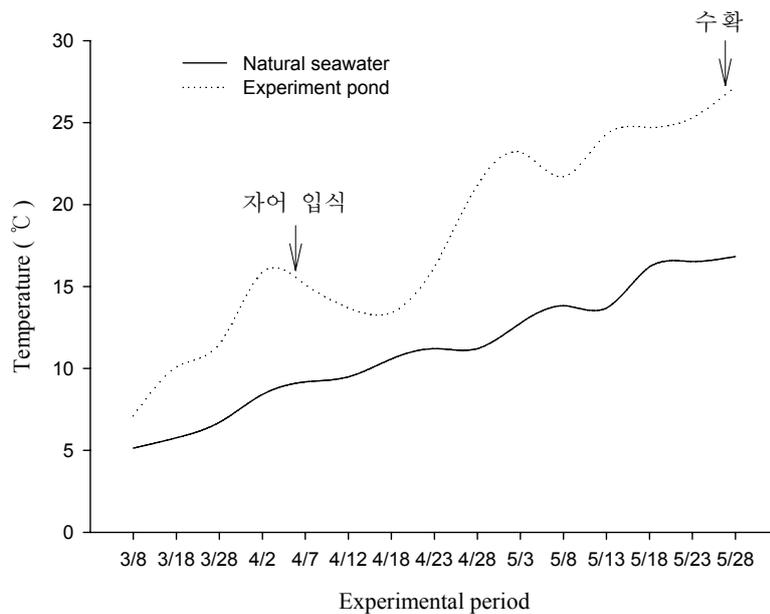


그림 28. 실험기간 동안 연안수 및 실험호지 수온변화.

2차년도 실험기간 중 노지의 수온변화는 3월 12일에 9.5℃를 기록하였으며 이후 계속적으로 완만한 상승을 보여 실험 종료시에는 26.4℃까지 상승하였다. 1차년 노지 수온과 비교시 일간 온도변화는 다소 차이는 있었지만 큰 차이는 없었다(그림

29).

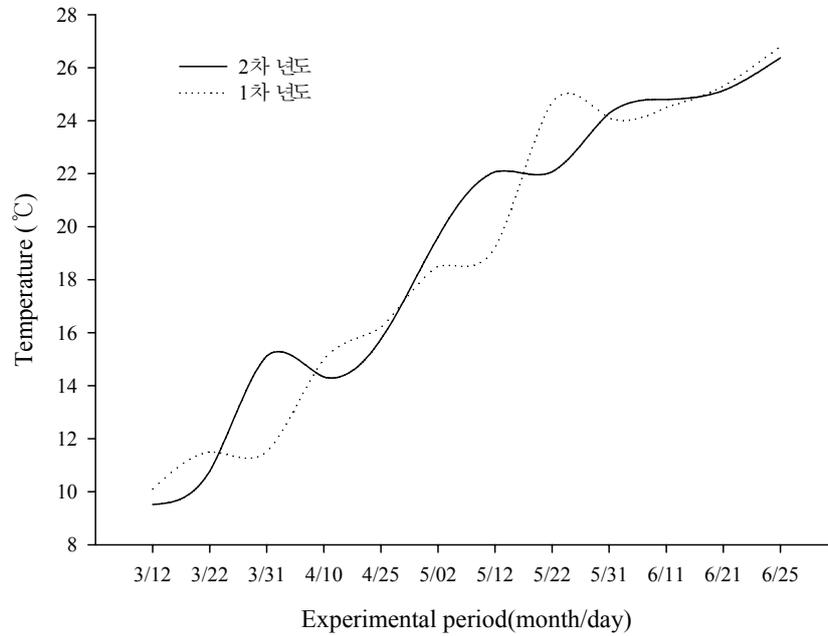


그림 29. 실험노지의 수온변화.

2) pH, DO, Salinity 및 염양염 변화

실험기간 동안 pH 변화는 7.6~9.72, DO는 4.05~11.12 mg/l, 염분도는 23.7~35.7‰, 투명도에 있어서는 불규칙한 기상변화로 변동량이 다소 크게 나타났다(그림 30) A 노지가 1.10~1.40 m (평균 1.24 m) 로 가장 안정된 투명도가 유지되었으며, B 노지는 0.5~1.60 m(평균 1.13 m), C 노지는 1.10~1.60 m (평균 1.25 m), D 노지는 0.6~1.50 m (평균 1.08 m), E 노지가 0.60~1.20 m (평균 0.97 m)로 나타났다(그림 30). 이는 일조량, 온도변화 및 시비제에 따른 동,식물플랑크톤의 번식차이에 기인된 것으로 추정되며 적정 투명도 유지를 위해서는 동,식물 플랑크톤의 밀도변화를 지속적으로 관찰할 필요성이 있을 것으로 판단된다.

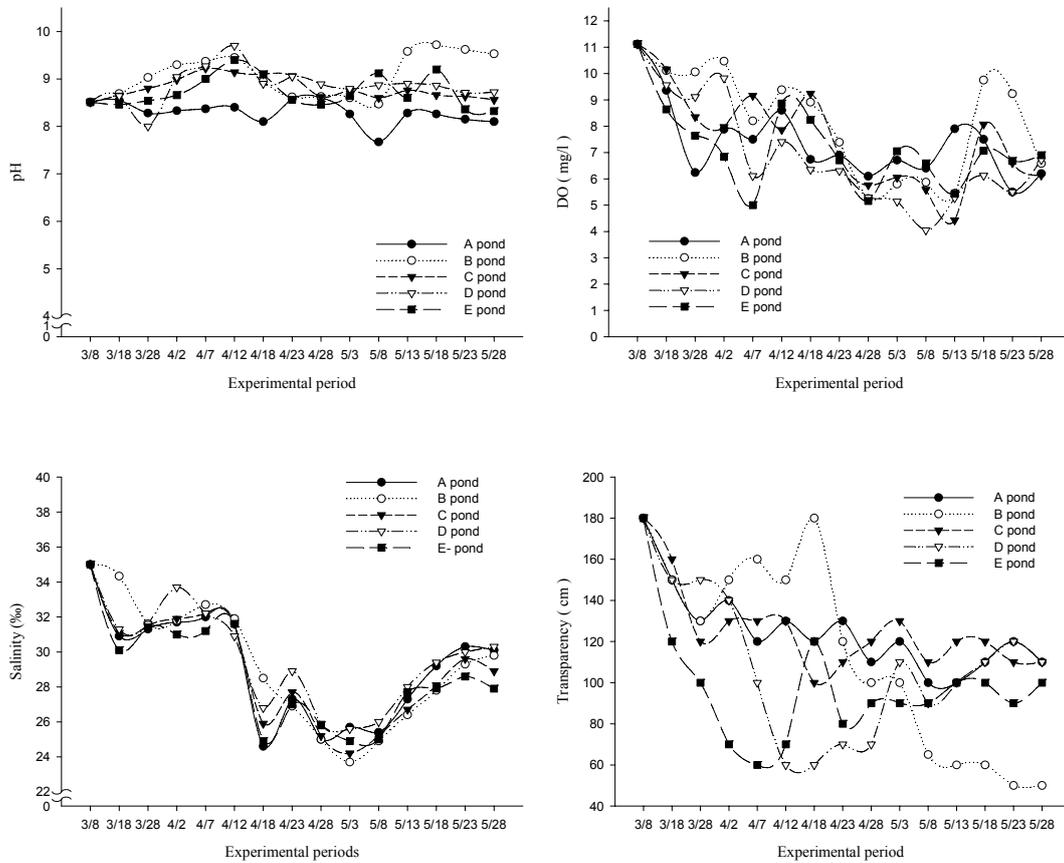


그림 30. 실험기간 중 각 실험노지의 수질환경 변화.

실험기간 중 영양염 변화 중 아질산염(Nitrite, NO_2^-) 농도는 A 노지가 0.008~0.045 mg/l, B 노지가 0.013~0.044 mg/l, C 노지가 0.009~0.035 mg/l, D 노지가 0.008~0.039 mg/l의 분포를 나타내었다(그림 31).

질산염(Nitrate, NO_3^-)의 농도는 A 노지가 0.012~0.097 mg/l, B 노지가 0.02~0.09 mg/l, C 노지가 0.015~0.088 mg/l, D 노지가 0.012~0.075 mg/l로 다소 높은 분포를 나타내었지만 이는 추가적으로 시비한 시비제 의해 다소 변동폭이 있었을 것으로 판단된다(그림 32).

인산염(Phosphate, PO_4^{3-})은 A 노지가 0.004~0.045 mg/l, B 노지가 0.009~0.4650 mg/l, C 노지가 0.001~0.042 mg/l, D 노지가 0.005~0.0610 mg/l의 분포를 나타내었

다(그림 33).

암모니아(Ammonium, NH_4^+) 농도는 A 노지가 0.0150~0.048 mg/l, B 노지가 0.0130~0.0710 mg/l, C 노지가 0.0120~0.0930 mg/l, D 노지가 0.0110~0.0450 mg/l 의 분포를 나타내었다(그림 34).

실험기간 동안 각각 노지에서 아질산염, 질산염, 인산염, 암모니아를 분석한 결과 생활환경 II등급 기준(0.6mg/l 이하)이내를 나타내었다. 또한 실험노지에서 동물플랑크톤이 감소되어 증가를 목적으로 추가적으로 시비를 한 결과 일시적으로 농도가 상승되었지만 시비 후 2일 후 다시 안정화 되는 것을 관찰할 수 있었다. Chlorophyll a 함량에 있어서도 시비제에 영향을 받은 것으로 나타났다(그림 35). A 노지가 0.2~1.7 mg/l (평균 0.73), B 노지가 0.4~3.5 mg/l (평균 1.09), C 노지가 0.2~1.8 mg/l (평균 0.88), D 노지가 0.5~2.1 mg/l (평균 1.08)로 B 노지가 가장 많은 함량을 나타내었다. 이는 화학비료 시비에 따른 것으로 판단되며 과도한 화학비료 시비는 제한되어야 할 것으로 판단된다.

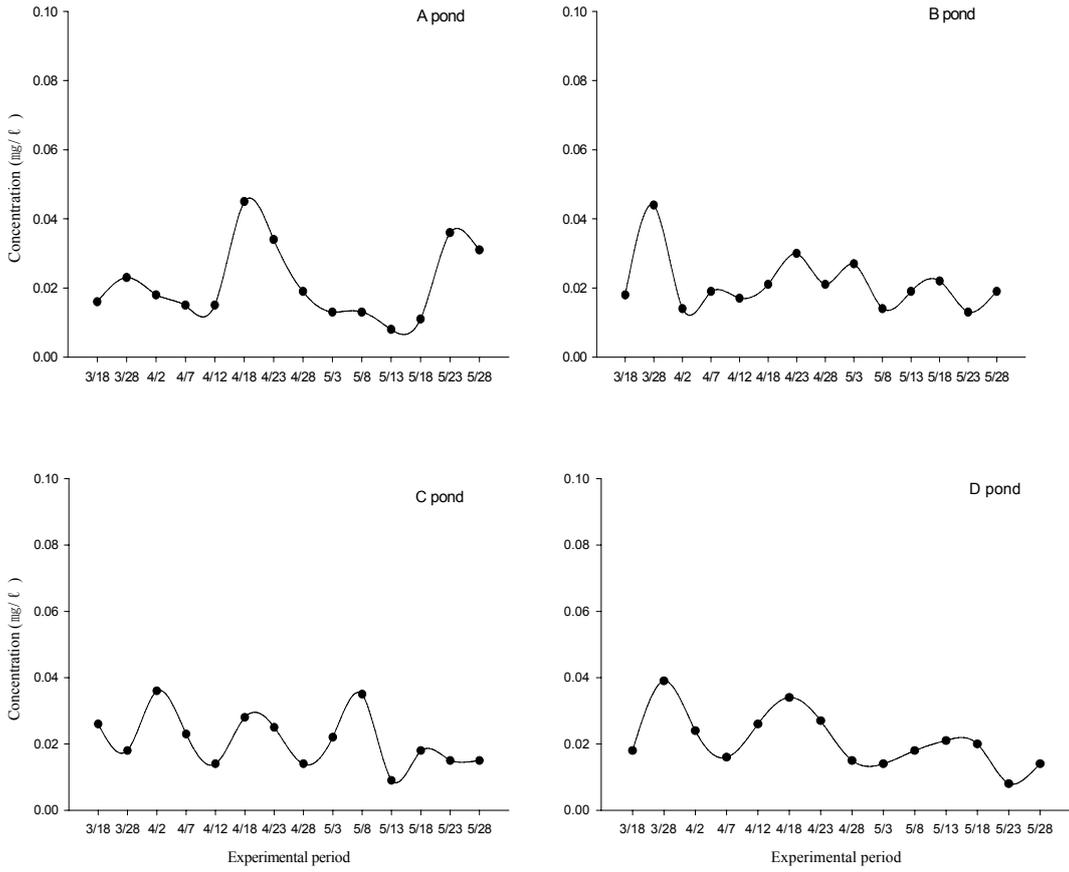


그림 31. 실험기간 중 각 실험노지의 NO_2^- 변화.

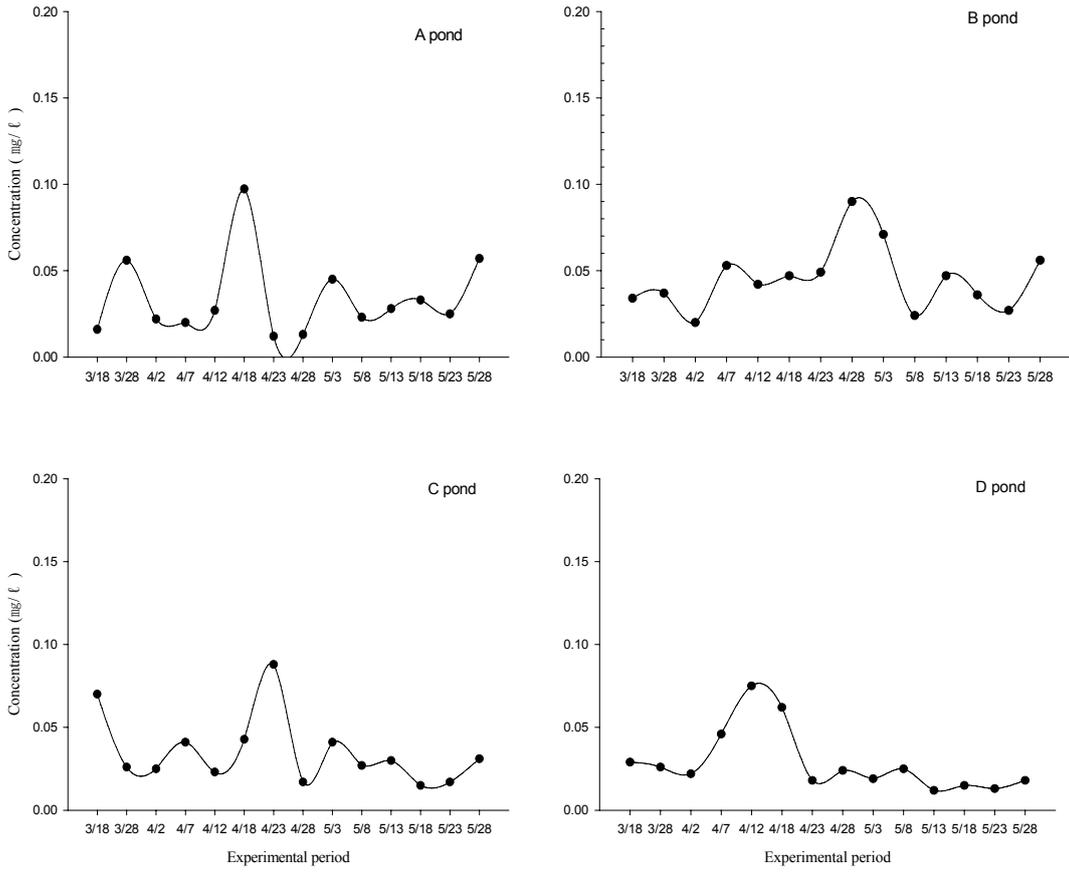


그림 32. 실험기간 중 각 실험노지의 NO_3^- 변화.

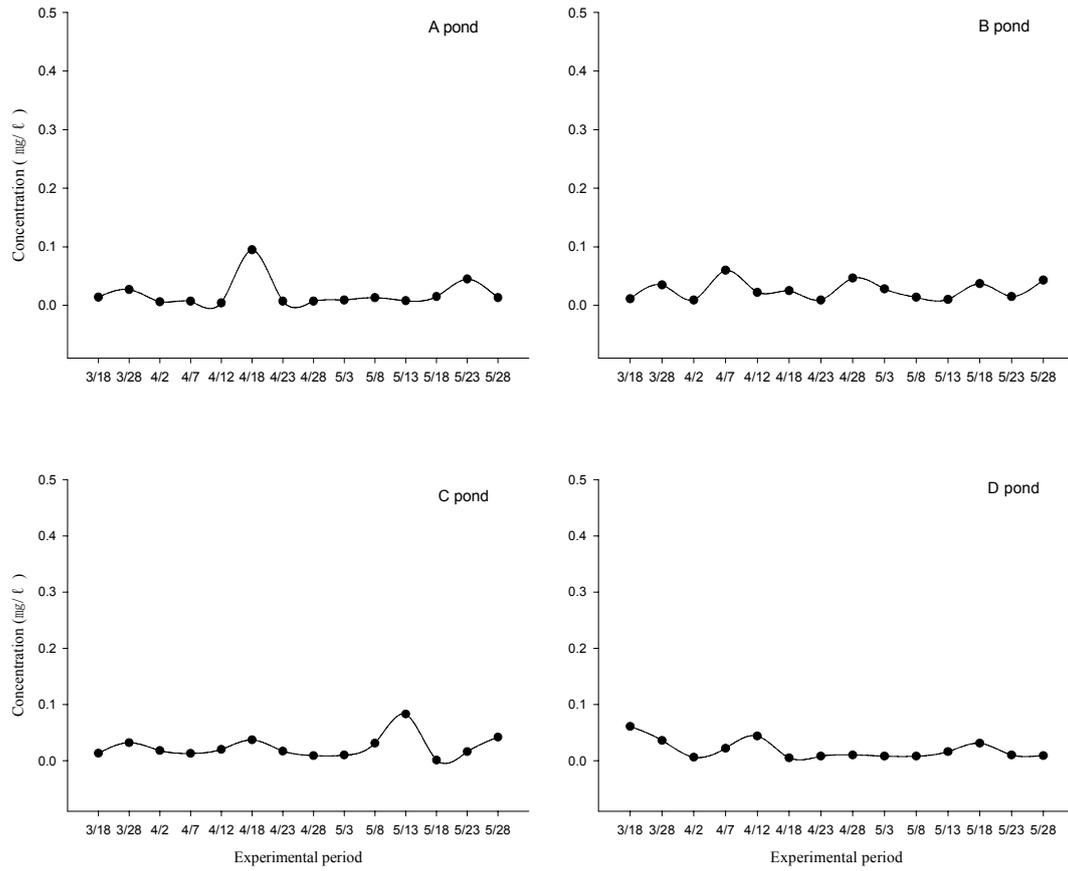


그림 33. 실험기간 중 각 실험노지의 PO₄³⁻ 변화.

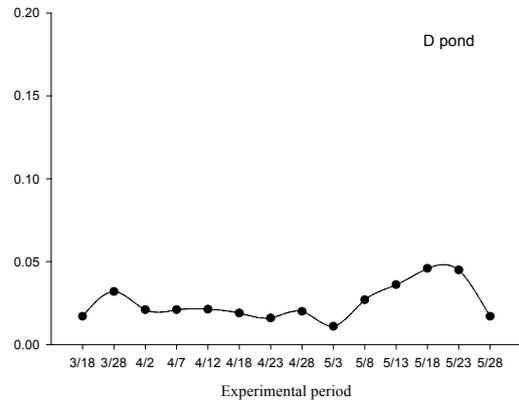
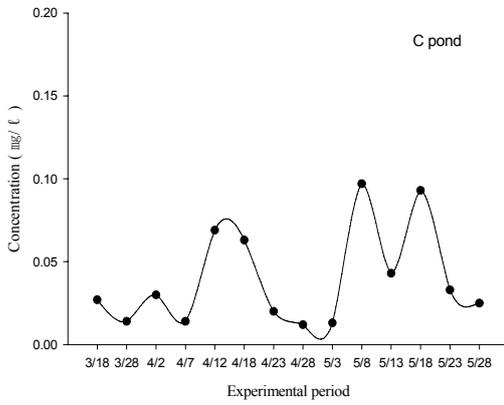
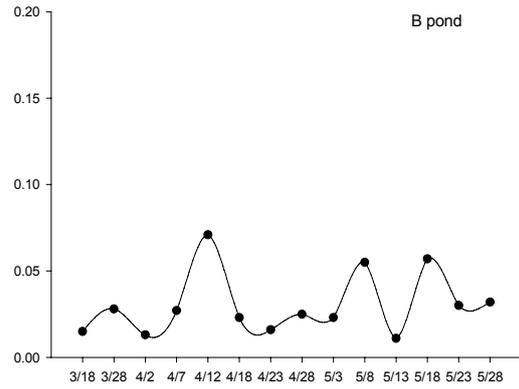
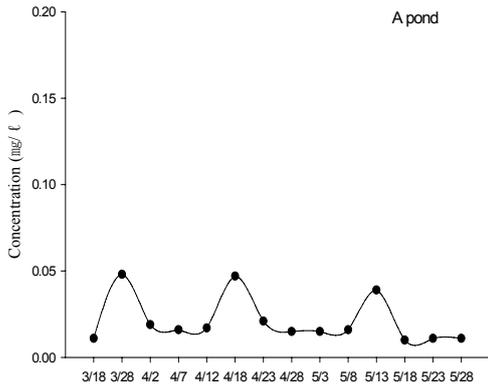


그림 34. 실험기간 중 각 실험노지의 NH_4^+ 변화.

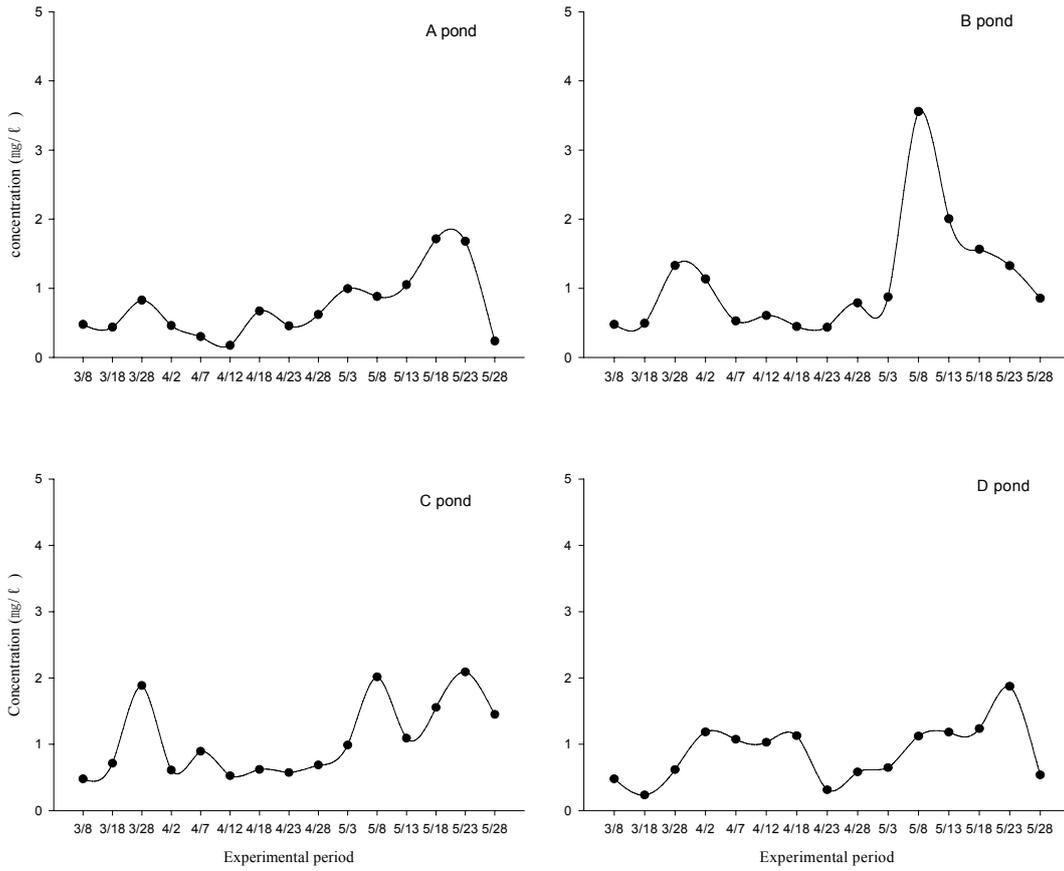


그림 35. 실험기간 중 각 실험노지의 chlorophyll a 함량변화.

2차년도 말쥐치 노지의 pH 변화는 7.9~8.7, DO는 7.8~9.2 mg/l의 변동량을 나타내었다. 이는 불규칙한 기상 변화에도 불구하고 1차년도에 비해 상대적으로 안정된 값을 보였다. 이는 시비제로 사용된 숙성계분에 많은 영향을 받은 것으로 판단된다(그림 36).

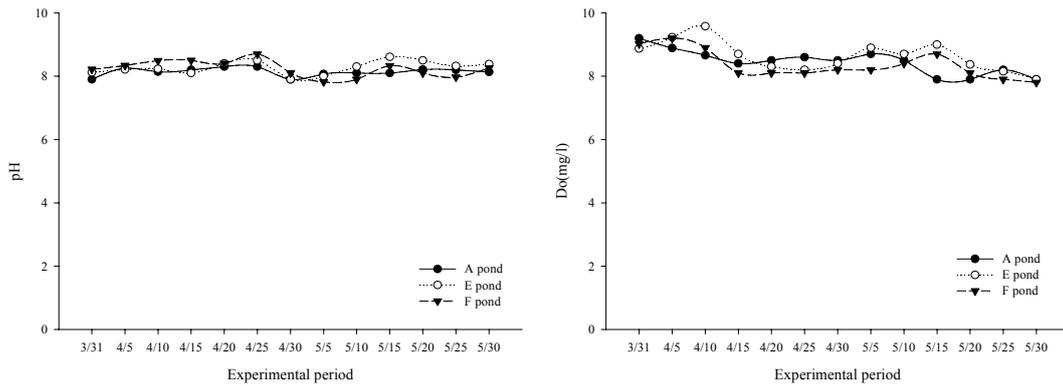


그림 36. 실험기간 중 말쥐치 실험노지의 pH 및 Do 변화.

참돔 노지의 pH 변화는 7.8~8.5, DO는 7.3~11.3 mg/l의 변동량을 나타내었다. 말쥐치 실험노지와 비교해서 pH 변화는 큰 차이는 없었지만 Do의 변동량이 일조량의 변화로 다소 크게 나타났다(그림 37).

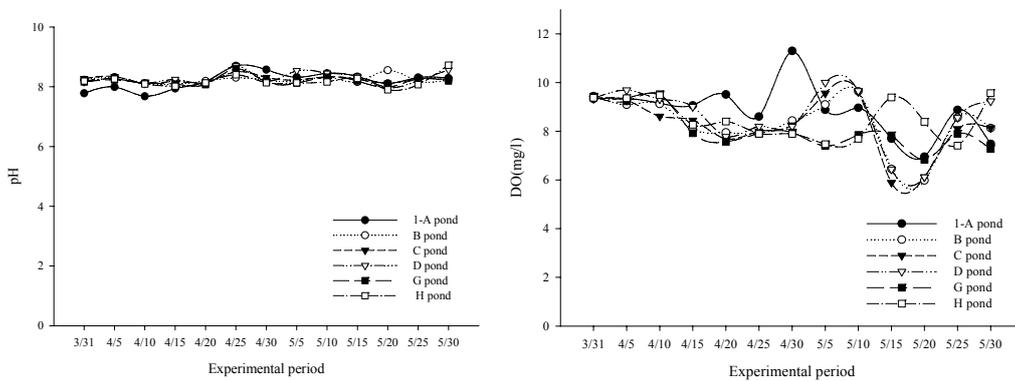


그림 37. 실험기간 중 참돔 실험노지의 pH 및 Do 변화.

말쥐치 종묘생산을 시도한 A 노지에서의 아질산염(Nitrite, NO_2) 농도는 0.008~0.03 mg/l, E 노지가 0.013~0.022 mg/l, F 노지가 0.009~0.022 mg/l로 대체적으로 안정된 분포를 나타내었다(그림 38). 질산염(Nitrate, NO_3^-)의 농도는 A 노지가 0.009~0.07 mg/l, E 노지가 0.01~0.06 mg/l, F 노지가 0.012~0.072 mg/l로 다소 높은 분포를 나타내었다. 암모니아(Ammonium, NH_4^+) 농도는 A 노지가 0.0150~0.048 mg/l, B 노지가 0.0130~0.0610 mg/l, C 노지가 0.0120~0.0730 mg/l, D 노지가 0.011~0.050 mg/l의 분포를 나타내었다. 인산염(Phosphate, PO_4^{3-})은 A 노지가 0.004~0.05 mg/l, E 노지가 0.009~0.060 mg/l, F 노지가 0.008~0.05 mg/l의 분포를 나타내었다.

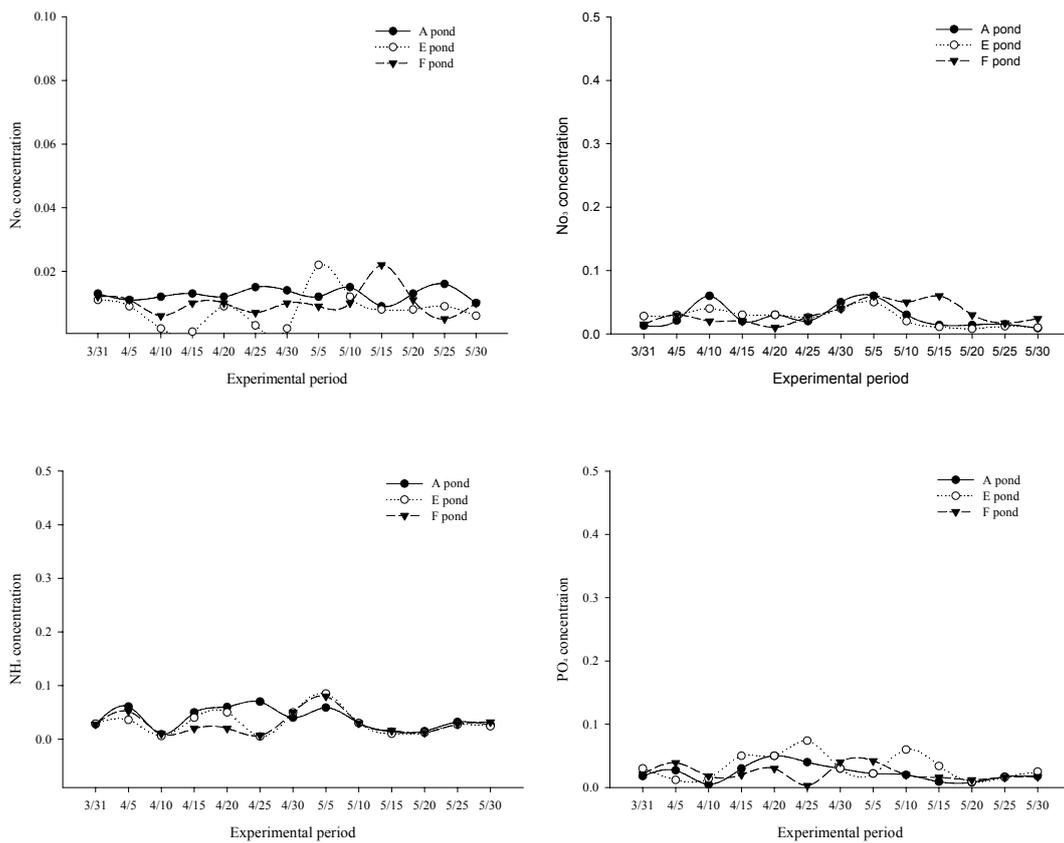


그림 38. 말쥐치 실험노지의 NO_2 , NO_3 , NH_4 및 PO_4 변화.

참돔 종묘생산을 시도한 1-A 노지에서의 아질산염(Nitrite, NO_2) 농도는 0.02 ~ 0.070 mg/l, B 노지가 0.008~0.06 mg/l, C 노지가 0.01~0.04 mg/l, D 노지가 0.009~0.05 mg/l, G 노지가 0.009~0.05 mg/l, H 노지가 0.01~0.07 mg/l의 분포를 나타내었다(그림 39). 질산염(Nitrate, NO_3^-)의 농도는 1-A 노지 농도는 0.009~0.065 mg/l, B 노지가 0.01~0.06 mg/l, C 노지가 0.01~0.06 mg/l, D 노지가 0.02~0.06 mg/l, G 노지가 0.01~0.04 mg/l, H 노지가 0.02~0.06 mg/l의 분포를 나타내었다.

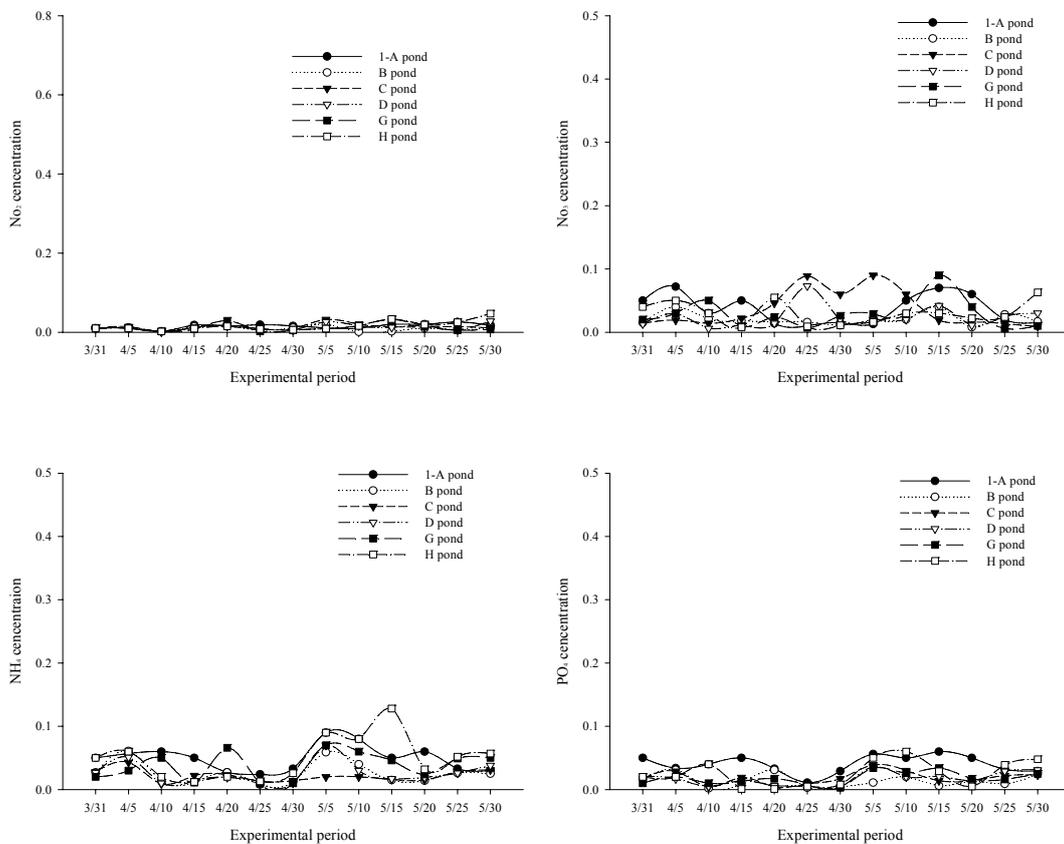


그림 39. 참돔 실험노지의 NO_2 , NO_3 , NH_4 및 PO_4 변화.

암모니아(Ammonium, NH_4^+) 농도는 1-A 노지 농도는 0.02~0.06 mg/l, B 노지가 0.03~0.07 mg/l, C 노지가 0.02~0.06 mg/l, D 노지가 0.01~0.04 mg/l, G 노지가 0.01~0.06 mg/l, H 노지가 0.02~0.06 mg/l의 분포를 나타내었다. 인산염(Phosphate,

PO₄³⁻)은 1-A 노지 농도는 0.02~0.06 mg/l, B 노지가 0.01~0.05 mg/l, C 노지가 0.01~0.04 mg/l, D 노지가 0.01~0.05 mg/l, G 노지가 0.01~0.06 mg/l, H 노지가 0.02~0.08 mg/l의 분포를 나타내었다. 실험노지 1-A 및 H호지에서 아질산염, 암모니아 농도에 있어 불규칙한 변동량을 보여 자,치어의 생존율에 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

나. 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사

실험노지의 저질은 사질, 자갈 및 펄로 구성되어 있으며(그림 40), 저서동물 소형 채니기를 이용하여 채집한 결과 연체동물문 *Gastropoda* spp.와 절지동물문인 crab 및 polychaeta 가 우점적으로 분포하고 있는 것으로 나타났다(표 9). A 노지에서는 *Gastropoda* spp. 8개체/m², B 노지에서는 8개체/m², C 노지에서는 5개체/m², D 노지에선 5개체/m²로의 출현율을 보였으며 그 다음으로 polychaeta, 게유생순으로 출현 개체밀도에서는 빈약하였지만 저질은 안정된 상태를 보인 것으로 사료된다. 2차년도에도 말쥐치 및 참돔의 실험노지의 소형 채니기를 이용하여 저서동물을 분류한 결과 연체동물문 *Gastropoda* spp.와 young crab 및 polychaeta larvae가 우점적으로 분포하고 있어 1차년도 연구결과와 유사한 종조성을 보였다.

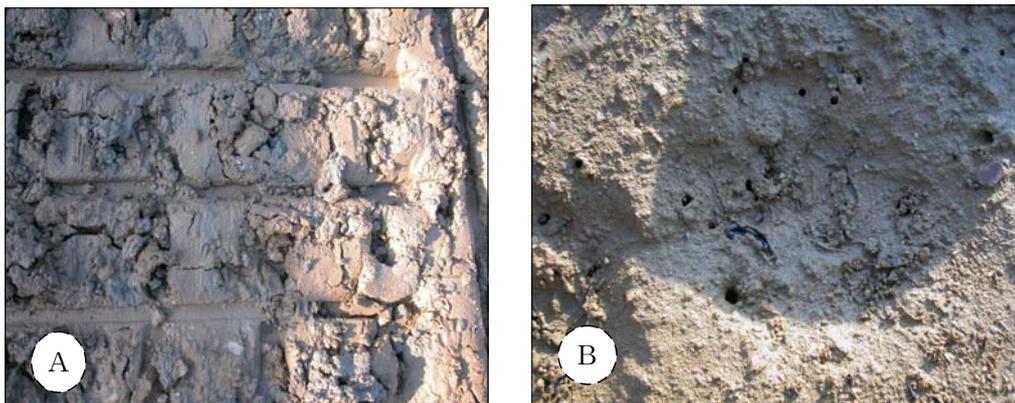


그림 40. 참돔 종묘생산에 사용된 실험 시작 (A) 및 종료 후 노지의 저질 (B).

표 9. 실험노지에 출현한 저서동물 개체수 (개체수 / m²)

Species	Experimental ponds				Total
	A	B	C	D	
Class Gastropoda					
<i>Gastropoda</i> spp.	8	9	5	5	27
Phylum Arthropoda					
Young crab	2		3	3	8
polychaeta	2	4	2	3	11
Total	12	13	10	11	
Total species	3	2	3	3	

Experimental period : 8. March ~ 28. May

다. 수질 및 저서환경 변화조사

말쥐치 및 참돔의 실험노지의 저서동물을 분포는 연체동물문 *Gastropoda* spp.와 young crab 및 polychaeta larvae가 우점적으로 분포하고 있었다. 말쥐치 및 참돔 노지의 저질퇴적물은 저질입도의 부니량이 증가하였으며, 화학적 산소요구량의 현저히 증가하여 종묘 양성에 의한 저질의 부영양화 영향을 받는 것으로 조사되었다(표 10).

표 10. 말쥐치 및 참돔 실험 노지의 퇴적물 일반항목 분석

실험노지	입도(%)		강열감량 IL(%)	COD mg/g.d	
	>0.062mm	<0.062mm			
말쥐치	A	27.32	72.68	2.9	27.3
	E	23.56	76.44	10.2	43.4
	F	24.25	75.75	4.0	61.1
참돔	1-A	26.32	73.68	3.7	39.9
	B	22.98	77.02	3.3	7.5
	C	21.15	78.85	8.3	45.1
	D	23.35	71.65	10.2	53.6
	G	25.74	74.26	4.6	35.4
	H	19.52	80.48	2.7	15.2

2. 유기질 비료 시비에 따른 환경 변화 조사

가. 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동,식물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종 조사

1) 동물플랑크톤의 개체밀도 분포

실험기간동안 출현한 동물플랑크톤은 *Acartia* sp.가 우점종을 이루는 copepods와 copepods nauplius가 모든 실험노지에서 우점적으로 출현하였으며 그 다음으로 *Noctiluca* sp. polychaeta, jellyfish, egg, gastropoda 및 *Podon leuckarti* (cladocera)가 출현하였다. 동물플랑크톤의 현존량에 있어서는 4월 23일부터 5월 18일 사이에 가장 많이 출현되었다.

A 노지의 경우 copepods 개체밀도 범위는 411~78,535 개체/톤, 평균 14,835개체/톤으로 평균 6,801개체/톤였다(표 11). 그 다음으로 copepods nauplius 가 1,338~23,229개체/톤으로 나타났다. 동물플랑크톤 중 우점적으로 출현한 copepods 및 copepods nauplius 가 4월 2일까지 지속적으로 증가가 이루어 졌으나 4월7일에는 급격한 감소가 이루어 졌다. 따라서 4월 7일 추가적으로 알팔파 및 숙성계분을 시비한 결과 이후 증가세를 보여 5월 3일에 최고치인 78,535 개체/톤을 기록하였다. 이후 다시 감소가 이루어졌는데 이는 참돔치어의 포식에 의해 감소된 것으로 판단된다. 또한 copepods egg로 추정되는 egg가 2,754~38,235개체/톤, 평균 3,672개체/톤, jellyfish 가 862~8,872 개체/톤, 평균 1,702개체/톤, polychaeta, *Noctiluca* sp. 순으로 개체밀도를 보였다.

B 노지에서 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta였다(표 12). 실험기간동안 copepods 는 평균 24,575 개체/톤, copepods nauplius는 5,126 개체/톤, polychaeta는 20,215 개체/톤의 밀도를 보였으며, 4월 12일에 copepods 및 copepods nauplius의 개체밀도가 가장 적게 출현되어 추가적으로 요소, 복합을 시비한 결과 이후 증가추세를 보였다.

표 11. 실험기간 중 A 노지에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Egg
3/8	8,253	3,022	11,322	160	1,163	-
3/18	3,071	5,540	4,676	774	862	-
3/28	14,343	17,364	2,094	1,633	3,316	5,562
4/2	18,144	17,795	-	-	7,214	-
4/7*	5,882	3,286	-	-	8,872	-
4/12	6,278	3,113	-	-	2,255	-
4/18	9,099	1,338	-	-	1,862	2,754
4/23	11,183	2,181	-	-	-	8,537
4/28	29,270	23,229	-	-	-	38,235
5/3	78,535	14,401	-	-	-	-
5/8	35,661	5,663	-	-	-	-
5/13	2,400	3,246	-	-	-	-
5/18	411	1,838	-	-	-	-
5/23	-	-	-	-	-	-
5/28	-	-	-	-	-	-
평균	14,835.33	6,801.07	1,206.13	171.13	1,702.93	3,672.53

* 동물플랑크톤 번식을 위한 추가 시비
 시비제 : 알팔파 : 30kg , 계분 : 15kg

표 12. 실험기간 중 B 노지에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)							
	Copepods	Copepods nauplius	Copepods egg	Noctiluca sp.	Polychaeta	Jellyfish	Gastropoda	Cladocera
3/8	8,253	3,022	-	11,322	160	1,163	-	-
3/18	56,404	3,266	-	82,535	4,202	4,133	-	-
3/28	8,228	4,364	-	-	-	2,692	-	-
4/2	5,251	5,791	-	-	-	1,948	-	-
4/7	2,008	2,175	17,665	-	60	1,454	-	-
4/12*	1,656	915	-	-	-	1,326	-	-
4/18	9,878	1,413	-	-	110	1,344	8,224	-
4/23	22,171	5,834	-	-	263	1,576	-	-
4/28	24,372	1,010	-	-	353	-	-	-
5/3	51,751	19,506	-	-	4,008	-	-	-
5/8	23,286	2,184	720	-	1,095	-	-	-
5/13	36,002	2,703	-	-	14,163	-	-	24,883
5/18	73,686	14,362	-	-	81,684	-	-	70,746
5/23	35,682	4,638	-	-	87,615	-	-	-
5/28	10,002	5,718	-	-	109,526	-	-	-
평균	24,575.33	5,126.73	1,225.67	6,257.13	20,215.93	1,042.40	548.27	6,375.27

* 동물플랑크톤 폐사로 배수 후 재취수(4월 13일~19일), 요소 (4.8kg), 복합(3.6kg)시비

그러나 갑각류 특히 새우류의 아가미에 질병을 초래하는 원생동물문 섬모충류에 속하는 *Zoothamnium* sp., *Epistylis* sp.,가 25℃로 수온이 상승하면서 실험노지에 출현되기 시작하였으며 이로 인해 copepods가 급격하게 감소되는 것이 관찰되었다. 따라서 이로 인한 피해를 줄이기 위해서는 지속적인 동물플랑크톤의 생태를 모니터링을 통해 수질관리를 철저히 해야 할 필요성이 있을 것으로 판단된다(그림 41).



그림 41. 섬모충류인 *Epistylis* sp., 및 *Zoothamnium* sp.,에 감염된 copepods.

C 노지에서 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta순으로 나타났다(표 13). 실험기간동안 copepods 는 평균 14,790 개체/톤, copepods nauplius는 12,046 개체/톤, polychaeta는 6,348 개체/톤의 개체밀도를 보였으며, A 및 B 노지에 비해 copepods의 개체밀도는 다소 적었지만 copepods nauplius의 개체밀도 높게 나타났다.

D 노지의 경우에서도 동물플랑크톤 중 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta였다(표 14). 실험기간동안 copepods 는 평균 29,989 개체/톤, nauplius는 16,384 개체/톤, polychaeta는 13,927 개체/톤의 개체밀도를 보였다. 이는 A, B 및 C 호지와 비교해서 가장 높은 개체밀도를 보였으며 이는 유기질 비료인 알팔파와 화학비료를 복합적으로 시비한 때문으로 판단된다.

표 13. 실험기간 중 C 노지에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	Copepods egg	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish
3/8	8,253	3,022	-	11,322	160	1,163
3/18	4,804	105	-	3,700	-	6,808
3/28	5,433	7,701	-	-	-	18,117
4/2	3,674	5,332	-	-	-	3,420
4/7	16,263	16,892	3,126	-	-	-
4/12	8,661	3,103	-	-	-	-
4/18	21,174	2,098	24,276	-	-	-
4/23	26,333	2,301	4,608	-	-	-
4/28	6,455	6,423	-	-	-	-
5/3	8,128	432	-	-	-	-
5/8	40,809	1,802	890	-	2,301	-
5/13	17,911	6,154	-	-	12,705	-
5/18	22,226	32,196	-	-	59,353	-
5/23	9,048	16,154	-	-	12,356	-
5/28	22,691	76,991	-	-	8,506	-
평균	14,790.87	12,047.07	2,193.33	1,001.47	6,358.73	1,967.20

표 14. 실험기간 중 D 노지에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)							
	Copepods	Copepods nauplius	Copepods egg	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Gastropoda	Cladocera
3/8	8,253	3,022	-	11,322	160	1,163	-	-
3/18	15,302	2,661	-	60,026	37,626	2,456	-	-
3/28	6,866	2,956	-	13,324	376	7,141	-	-
4/2	9,088	7,526	-	8,921	128	3,226	-	-
4/7	21,466	19,236	1,960	-	-	-	-	-
4/12	6,226	7,448	-	-	-	-	-	-
4/18	83,274	6,916	-	-	-	-	-	-
4/23	39,167	3,571	6,863	-	-	-	431	1,401
4/28	3,576	308	-	-	-	-	-	-
5/3	8,122	432	-	-	-	-	-	-
5/8	61,088	2,481	-	-	1,466	-	-	-
5/13	53,496	30,076	-	-	25,541	-	-	-
5/18	17,096	63,891	-	-	76,914	-	-	-
5/23	96,539	72,536	-	-	62,936	-	-	-
5/28	20,238	22,701	-	-	3,763	-	-	-
평균	29,986.47	16,384.07	588.20	6,239.53	13,927.33	932.40	28.73	93.40

2) 실험기간 출현한 copepods 및 copepods nauplius 변동량

실험노지에 따른 초기먹이생물로 중요한 위치에 있는 copepods 및 copepods nauplius의 변동량을 관찰한 결과 4월 12일 기준으로 볼 때 이 시점은 참돔 수정난을 노지에 입식한 시기로 B, C 및 D 노지의 경우 요각류 변동량이 A 노지에 비해 불규칙한 것을 관찰 할 수 있었다(그림 42). 이는 질소질 함량이 많은 화학비료가 시비된 결과로 판단된다. 그러나 A 노지의 경우 요각류 밀도가 연안수 취수 후 4월 2일까지는 증가추세에 있었으나 이후 감소되는 것이 관찰되었다.

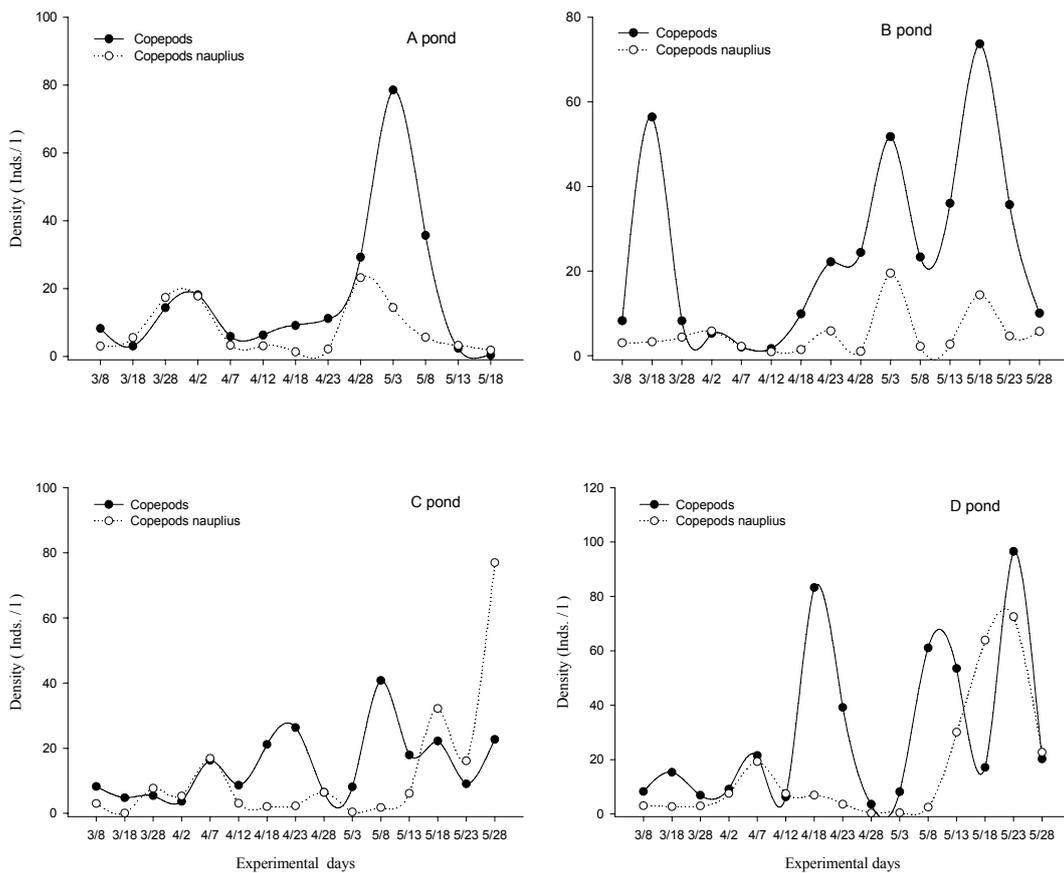


그림 42. 실험 노지에서의 copepods 와 copepods nauplius의 변동량.

따라서 요각류 번식을 위해 유기질 비료를 추가적으로 시비한 결과 이후 지속적인 증가를 관찰할 수 있었다. 노지를 활용해서 어류 종묘생산을 시도시 시비제를 1회성으로 끝내기보다는 요각류 밀도를 지속적으로 관찰하여 밀도가 저하시 유기질 비료를 추가적으로 시비하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

3) 동물플랑크톤의 개체밀도 분포

실험기간동안 출현한 동물플랑크톤은 *Acartia* sp.가 우점종을 이루는 copepods와 copepods nauplius가 모든 실험노지에서 우점적으로 출현하였으며 그 다음으로 *Noctiluca* sp. polychaeta, jellyfish, egg, gastropoda 및 *Podon leuckarti* (cladocera)가 출현하였다. 동물플랑크톤의 현존량에 있어서는 4월 5부터 20일 사이에 가장 많이 출현되었다.

1차년도에 수행된 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동물플랑크톤의 현존량과 비교시 요각류 및 요각류 유생 출현량 및 지속력에 있어 상대적으로 높게 나타났으며 특히 요각류 유생의 출현 개체수가 많았다.

이는 날씨 및 수온의 영향도 있겠지만 현존량의 지속력에 있어서는 유기질 비료 시비에 의한 것으로 사료된다. 또한 유기질비료를 2배 및 3배까지 시비한 경우 어류에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다.

그러나 갑각류 특히 새우류의 아가미에 질병을 초래하는 원생동물문 섬모충류에 속하는 *Zoothamnium* sp., *Epistylis* sp.,가 25℃로 수온이 상승하면서 요각류 등에 기생하는 개체가 출현되기 시작하였으며 이로 인해 copepods가 급격하게 감소되는 현상이 관찰되었다 . 따라서 이로 인한 피해를 줄이기 위해서는 지속적인 동물플랑크톤의 모니터링과 환수 또는 주수시 수질환경을 철저히 검사할 필요가 있을 것으로 판단된다.

4) 말쥐치 종묘생산 노지(A, E, F)

노지 A의 경우 copepods 개체밀도 범위는 1,326~226,816 개체/ton, 평균 62,345개체/ton를 기록하였다(표 15). 그 다음으로 copepods nauplius 가 370~180,000개체/ton으로 나타났다. 동물플랑크톤 중 우점적으로 출현한 copepods 및 copepods nauplius는 4월 10일 가장 적은 현존량을 나타내어 배수 후, 4월 12일 다시 취수한 결과 현존량이 서서히 증가되었다. 1차년도 측정한 동물플랑크톤의 현존량과 비교시 요각류 및 요각류 유생의 경우 약 5배정도 많은 개체가 출현하였다.

표 15. 실험기간 중 노지 A에 출현된 동물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)				
	Copepods	Copepods nauplius	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
3/31	92,188	180,000	-	3913	-
4/5	14,239	56,630	-	2282	-
4/10	1,326	370	-	587	-
4/25	6,739	5,565	413	1022	-
4/30	2,022	10,413	435	-	-
5/4	18,826	4,044	-	-	-
5/11	90,957	45,913	50	-	2,434
5/15	108,000	9,043	125	-	-
5/19	226,816	15,872	650	-	-
5/25	100,500	882	5,000	-	-
평균	66,161.30	32,873.20	667.30	867.11	270.44

4월 12일 동물플랑크톤 현존량 저하로 배수후 취수

노지 E 에서도 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta 이었다(표 16). 실험기간동안 copepods 는 평균 39,672 개체/톤, copepods nauplius는 24,968 개체/톤의 개체 밀도를 보였다. 4월 10일에 copepods 및 copepods nauplius의 개체밀도가 가장 적게 출현되어 배수 후 취수하여 추가적으로 유기질 비료를 시비 결과 이후 증가추세를 보였다.

노지 F 에서 출현한 종은 copepods, copepods nauplius, jellyfish 및 cladocera순으로

나타났다(표 17). 실험기간동안 copepods 는 평균 31,790 개체/톤, copepods nauplius 는 47,846 개체/톤의 개체밀도를 보였다.

표 16. 실험기간 중 노지 E에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
3/31	80,869	104,783	-	-	3,043	
4/5	50,625	25,625	-	-	-	
4/10	4,239	696	-	-	217	
4/25	4,152	5,413	109	239	-	
5/4	13,391	24,870	-	-	-	260
5/11	82,434	4,609	-	-	-	348
5/15	42,000	8,782	300	2,696	-	
5/25	80,500	8,882	4,800			
평균	44,776.25	22,957.50	51.13	419.29	465.71	304.00

4월 12일 현존량 저하로 배수 후 취수

표 17. 실험기간 중 노지 F에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)				
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Jellyfish	Cladocera
3/31	53,894	224,000	-	315	-
4/5	77,500	56,250	-	7,500	-
4/10	913	239	-	1,978	-
4/25	478	521	891	-	-
5/4	9,543	7,630	-	-	-
5/11	49,304	35,739	-	-	4,522
5/15	31,435	10,521	-	-	1,826
5/25	80,500	8,882	4,800		
평균	37,945.88	42,972.75	632.33	1,399.00	906.86

4월 12일 현존량 저하로 배수 후 취수

5) 참돔 종묘생산 노지(1-A, B, C, E, F)

참돔 종묘생산이 이루어진 노지 1-A의 경우에서도 동물플랑크톤 중 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta이었다(표 18). 실험기간동안 copepods 는 평균 36,265 개체/톤, nauplius는 59,090 개체/톤의 개체밀도를 보였다.

표 18. 실험기간 중 노지 1-A에 출현된 동물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
4/5	16,957	293,261	217	-	1,086	-
4/10	110,112	158,508	-	9,768	2,886	-
4/15	140,729	9,845	-	142,756	2,751	-
4/20	10,913	7,565	-	-	1,391	-
4/30	2,652	-	-	16,522	6	6,000
5/4	1,413	544	43	-	-	2,174
5/11	3,217	2,087	-	-	-	11,349
5/15	4,130	913	-	-	-	7,217
평균	36,265.38	59,090.38	28.89	21,130.75	1,015.00	3,342.50

대조구를 활용된 노지 B의 경우 동물플랑크톤 중 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta이었다(표 19). 실험기간동안 copepods 는 평균 21,155 개체/톤, nauplius는 27,465 개체/톤의 개체밀도를 보였다.

표 19. 실험기간 중 노지 B에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	Noctiluca sp.	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
3/31	28,795	237,682	-	-	636	-
4/5	15,696	6,304	-	-	1,478	-
4/15	37,217	4,957	434	-	3,044	-
4/20	53,304	3,391	-	-	-	-
4/25	7,130	4,109	108	1,109	260	-
4/30	37,056	12,559	-	1,181	684	-
5/4	9,652	3,957	-	-	-	1,261
5/11	17,304	2,347	-	-	43	130
5/11	1,283	3,326	-	-	-	4,565
5/15	1,782	-	-	-	-	-
5/19	23,488	23,488	-	2,048	-	-
평균	21,155.18	27,465.45	45.17	394.36	558.64	541.45

노지 C는 숙성계분과 규조성 시비를 지속적으로 한 경우로 요각류 성체보다 유생이 다소 많이 출현되었다. 표 20에서 보는 바와 같이 3월 31일에는 요각류 유생이 255,862개체/톤으로 많이 출현된 것을 관찰 할 수 있다. 그러나 4월 5일에는 급격하게 유생의 감소가 이루어 졌으며 4월 10일에는 요각류 성체의 개체수가 155,786개체/톤으로 급격하게 증가되는 현상이 관찰되었다.

해양생태계에서 규조류는 요각류의 생산력에 필요한 중요한 먹이인 것으로 인식되고 있다. 그러나 많은 실험실 연구에서 규조류가 요각류의 번식력을 억제할 수 있음을 제시하고 있다. C 노지에서 4월 5일 급격하게 유생의 감소가 이루어진 현상은 규조성 시비에 의한 것인지에 대해서는 지속적인 연구가 필요하겠다.

그러나 실제 해양에서는 요각류의 먹이가 다양할 수 있으며, 먹이의 다양성에도 불구하고 요각류의 먹이 선택성이 어떻게 요각류의 번식력에 영향을 줄 수 있는지 아직 확실하지 않은 것으로 보고되고 있다.

4월 15일을 전후해서 현존량이 급격히 낮아지다 4월 20일에 요각류 유생이 213,217개체/톤으로 다시 증가되었다가 4월 25일 다시 급격하게 낮아졌다. 이는 참

돔 자어의 섭이에 의한 것으로 판단될 수 있다. 참돔 수정란을 4월 17일에 입식하였으며 난황흡수 기간이 3~4일로 가정한다면 4월 25일 측정한 요각류 유생의 급격한 감소는 섭이에 의한 것으로 판단된다.

표 20. 실험기간 중 노지 C에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
3/31	88,620	255,862	-	-	12,413	-
4/5	19,654	9,843	-	-	13,438	-
4/10	155,786	15,781	-	-	8,687	-
4/15	4,913	1,956	21,174	-	-	-
4/20	12,522	213,217	10,522	-	-	-
4/25	3,000	19,522	5,913	174	-	1,609
4/30	87,014	2,896	2,317	-	-	1,592
5/4	34,304	-	44	-	-	-
5/11	261	848	-	22	-	-
5/15	783	1,087	-	2,978	-	-
5/19	384	2,848	-	5,120	-	-
평균	37,021.91	47,623.64	3,330.83	754.00	3,139.82	291.00

노지 D에서 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta이었다(표 21). Copepods 는 평균 27,229 개체/톤, nauplius는 12,439 개체/톤의 개체밀도를 보였다. 노지 G에서 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta이었다(표 22). Copepods 는 평균 11,531 개체/톤, nauplius는 4,811 개체/톤의 개체밀도를 보여 참돔 실험호지 중 가장 낮은 현존량 값을 보였다. 노지 H에서 우점적으로 출현한 종은 copepods, copepods nauplius 및 polychaeta이었다(표 23). Copepods 는 평균 32,279 개체/톤, nauplius는 16,442 개체/톤의 개체밀도를 보였다.

표 21. 실험기간 중 노지 D에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
3/31	21,600	40,500	-	-	950	-
4/5	16,650	5,936	-	-	3,909	-
4/10	30,609	4,696	1,478	-	458	-
4/15	14,522	36,348	1,130	-	87	87
4/20	111,483	25,047	-	1,737	167	579
4/25	19,435	3,869	870	-	14,087	565
4/30	31,274	1,990	-	-	2,736	435
5/4	869	608	-	43	87	130
5/11	42,609	1,913	-	-	173	347
5/15	1,261	3,130	-	-	-	22
5/19	9,216	12,800	-	53,504	-	256
평균	27,229.82	12,439.73	289.83	5,025.82	2,059.45	220.09

표 22. 실험기간 중 노지 G에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)					
	Copepods	Copepods nauplius	<i>Noctiluca</i> sp.	Polychaeta	Jellyfish	Cladocera
4/5	39,391	1,739	-	-	1,391	-
4/15	13,478	6,435	5,478	-	783	-
4/20	37,217	28,609	3,391	-	174	87
4/25	10,500	2,282	108	-	152	-
4/30	1,761	848	87	-	65	-
5/4	608	478	11	-	-	141
5/11	478	239	-	130	-	-
5/15	130	174	-	-	-	-
5/19	224	2,496	64	3,480	-	-
평균	11,531.89	4,811.11	913.90	401.11	285.00	25.33

표 23. 실험기간 중 노지 H에 출현된 동물플랑톤의 종조성, 출현량 및 밀도변화

조사일 (월/일)	현존량(개체수/톤)				
	Copepods	Copepods nauplius	Noctiluca sp.	Polychaeta	Jellyfish
4/5	64,218	39,062	-	-	1875
4/15	52,261	45,826	348	-	1217
4/20	38,609	30,261	105	737	105
4/25	11,391	913	65	-	543
4/30	39,044	10,783	-	-	261
5/4	15,043	7,173	-	23782	
5/11	4,652	6,478	-	4217	-
5/15	47,217	4,609	-	1043	-
5/19	18,080	2,880	-	-	-
평균	32,279.44	16,442.78	51.80	3,308.78	500.13

6) 식물플랑크톤의 출현종 및 밀도

식물플랑크톤의 대부분은 규조류에 속한 *Asterionella* sp., *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Cylindrotheca* sp., *Navicular* sp., *Nitzschia* sp., *Skeletonema* sp., 등이 주종을 이루었으며 와편모조류 및 황갈조류의 출현종수 및 양은 극히 적었다(표 24). 각 실험노지에 출현한 종 수는 A 및 B 노지가 13종으로 가장 많았으며 D, C 노지순으로 나타났으며 출현밀도에서는 B 노지가 656 cells/ml 으로 가장 많은 밀도를 나타내었으며 이는 화학비료에 의한 것으로 추정되며 일시적으로 대량으로 번식되어 수질안정화에 악영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

나. 동, 식물플랑크톤의 변화조사

식물플랑크톤의 대부분은 규조류에 속한 *Asterionella* sp., *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Cylindrotheca* sp., *Navicular* sp., *Nitzschia* sp., *Skeletonema* sp., 등이 주종을 이루었으며 와편모조류 및 황갈조류의 출현종수 및 양은 극히 적었다(표 24). 각 실험노지에 출현한 종 수는 A 및 B 노지가 13종으로 가장 많았으며 D, C

노지순으로 나타났으며 출현밀도에서는 B 노지가 656 cells/ml 으로 가장 많은 밀도를 나타내었다.

표 24. 실험기간동안 실험노지에 출현한 식물플랑크톤의 출현종 및 밀도(cells/ml)

Species	Experimental ponds				Total
	A	B	C	D	
Diatom					
<i>Actubictckys senarius</i>	23	75	18	65	181
<i>Asterionella glacialis</i>	13	26		38	77
<i>Coscinodiscus gigas</i>	89				89
<i>Coscinodiscus sp.</i>		9			9
<i>Chaetoceros affinis</i>		63			63
<i>Chaetoceros sp.</i>	38	12		5	55
<i>Eucampia zodiacus</i>	3			3	6
<i>Navicular distans</i>	11		7		18
<i>Navicular sp.</i>		60			60
<i>Nitzschia delicatissima</i>	1	15	3	16	35
<i>Nitzschia longissima</i>	18	156			174
<i>Nitzschia sp.</i>	9		15	3	27
<i>Pleurosigma sp.</i>		42			42
<i>Rhizosolenia alata</i>	5				5
<i>Skeletonema costatum.</i>	17	38		25	80
<i>Streptothecha sp.</i>		89			89
<i>Thalassiosira sp.</i>	3			78	81
Dinophyceae					
<i>Dinophysis avum</i>	20				20
<i>Procentrum micans</i>			89		89
<i>Protoperidinium sp.</i>		65			65
Chrysophyceae					
<i>Dictyocha fibula</i>		6		3	9
<i>Ebria tripartita</i>					
Total	260	656	132	236	1,284
Total species	13	13	5	9	
Experimental period : 8. March ~ 28. May					

다. 유기질 비료의 시비방법 및 적정 처리농도 구명

실험기간동안 출현한 동물플랑크톤은 *Acartia sp.*가 우점종을 이루는 copepods와 copepods nauplius가 모든 실험노지에서 우점적으로 출현하였으며 그 다음으로 *Noctiluca sp.* polychaeta, jellyfish, egg, gastropoda 및 *Podon leuckarti* (cladocera)가 출

현하였다. 동물플랑크톤의 현존량에 있어서는 4월 5부터 20일사이에 가장 많이 출현되었다. 1차년도에 수행된 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동물플랑크톤의 현존량과 비교시 요각류 및 요각류 유생 출현량 및 지속력에 있어 상대적으로 높게 나타났으며 특히 요각류 유생의 출현 개체수가 많았다.

이는 날씨 및 수온의 영향도 있겠지만 현존량의 지속력에 있어서는 유기질 비료 시비에 의한 것으로 사료된다. 또한 유기질비료를 2-3배까지 시비한 경우 어류에 미치는 영향은 없는 것으로 나타났다.

그러나 갑각류 특히 새우류의 아가미에 질병을 초래하는 원생동물문 섬모충류에 속하는 *Zoothamnium* sp., *Epistylis* sp.,가 25℃로 수온이 상승하면서 요각류 등에 기생하는 개체가 출현되기 시작하였으며 이로 인해 copepods가 급격하게 감소되는 현상이 관찰되었다. 따라서 이로 인한 피해를 줄이기 위해서는 지속적인 동물플랑크톤의 모니터링과 환수 또는 주수시 수질환경을 철저히 검사할 필요가 있을 것으로 판단된다.

라. 최적 유기질 비료 시비에 따른 생산성 평가

노지양식장을 이용하여 참돔 종묘를 대량 생산시 가장 중요시 되는 사항은 난황 흡수 완료시점(부화 후 4-5일)에 초기먹이 생물의 유지가 가장 중요사항이라고 판단된다. 또한 동물플랑크톤이 자연적 또는 섭이에 의해 감소되었을시 대부분 냉동 곤쟁이를 믹스해서 뿌려주는데 이러한 경우 수질환경이 악화되는 경우가 발생되어 대량폐사로 이어지기 쉽다. 따라서 동물플랑크톤 변동량을 수시로 측정하여 향후 밀도변화를 예측하고 환수 및 유기질 비료의 시비로 종 조성과 밀도유지를 통해 높은 생산성을 기대할 수 있다.

참돔의 경우는 육상 수조에서 종묘생산시 기형률이 매우 다양하여 10-50%에 이른다. 따라서 육상수조의 경우 경제성 분석을 하기에는 많은 어려움이 따른다. 노지양식장을 활용하여 경제성을 분석결과 조수입에 대한 순수익의 비율은 61.2%로 기형률

위험도가 높은 육상수조에 비하면 높은 생산성이 기대된다.

말쥐치는 참돔, 감성돔, 조피볼락등의 어류와 비교시 영양염 시비 따른 수색관리 및 100 μ m전후의 먹이생물 밀도에 따라 생존율이 좌우되는 것으로 판단된다. 노지양식장을 이용하여 말쥐치 종묘생산을 시도한 결과 부화율에 있어 숙성계분을 시비한 노지는 약 25%, 규조성 시비제를 시비한 노지는 약 40%의 결과를 보였다.

초기생존율에 있어서도 난황흡수 기간동안은 큰 변화가 없었으나 부화 후 6일째에 대량폐사가 이루어지는 것으로 판단된다. 이 시기는 자어의 난황 흡수가 완료되고 입이 개구되어 초기먹이를 섭이하는 시기로 이때 초기먹이생물의 부재 또는 섭이치 못해 대량 폐사가 발생된 것으로 판단된다. 따라서 이 시기를 전후하여 투명도 60cm 이상의 녹조계열의 수색 유지와 부화자어의 입 크기에 적합한 먹이생물번식 또는 노지수질환경을 윤충류가 번식할 수 있는 조건을 확보 후, 고밀도 배양기를 통해 배양된 윤충류를 노지에 첨가하는 종묘생산방법도 효율적일 것으로 판단된다.

즉, 동물플랑크톤 유생 발생시점을 난황 흡수 완료시점에 번식될 수 있게 하는 것이 생존율 향상 및 대량종묘생산으로 이어질 것으로 판단된다. 그러나 부화 직후 말쥐치 자어의 크기는 요각류 성체와 유사한 크기로 노지에서는 요각류와 먹이생물관계에서 경쟁상대인 것으로 판단되며 문제점 해결이 요망된다.

노지에서 말쥐치 종묘수확시까지 소요된 기간은 약 55일정도 소요되었으며, 숙성계분(500-700kg/10,000평)을 활용하는 것이 좋을 것으로 판단되며, 식물플랑크톤 번식을 통한 수색 유지를 위해 화학비료(유안, 복합)도 병행하여 사용하는 것도 좋을 것으로 판단된다.

말쥐치 종묘를 노지에서 생산할 시 경제성을 분석한 결과 조수입에 대한 순수익 비율은 73.4%로, 참돔의 순수익 비율 61.2%에 비해 높은 경제성이 있을 것으로 판단된다. 그러나 수정난 구입비가 14,000천원으로 매우 높은 운영비를 차지하고 있다. 따라서 수정난 확보를 효율적으로 하기 위해서는 말쥐치 친어를 자체 관리하여 성숙시키는 것이 좋을 것으로 판단된다.

3. 환경친화적 노지양식 시스템 개발

가. 생산성 증대를 위한 환경 친화적 시스템 개발

노지양식장에 생산을 증대를 위해서는 수질관리, 동·식물플랑크톤, 초기먹이생물 및 저질관리가 유기적으로 결합되어야 할 것으로 판단된다. 따라서 이러한 항목에 대한 기초자료확보는 노지양식장의 특성과악으로 생산성 증대가 기대된다(그림 43).

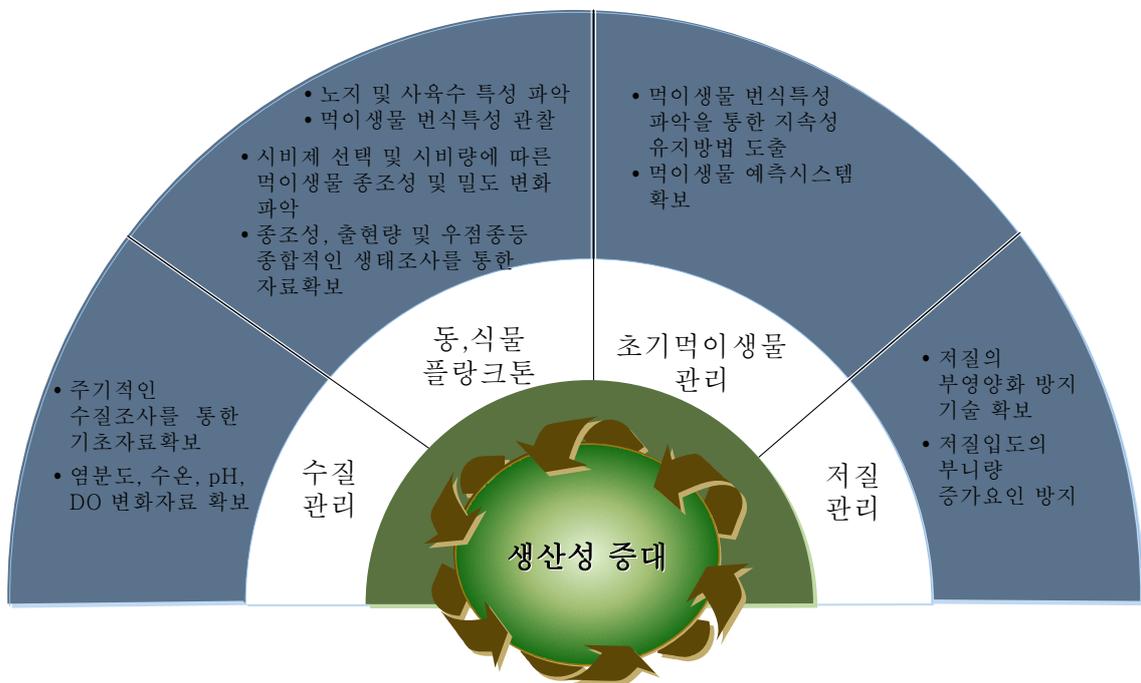


그림 43. 생산성 증대를 위한 환경친화적 모델.

나. 노지 양식장의 생태학적 관리모델 구축

노지양식장에는 먹이생물번식을 위해 화학비료 사용으로 어류생산력이 떨어지는 경향이 관찰되고 있어 앞으로는 유기비료의 확대로 생산시스템 구축으로 활용 가능할 것으로 판단된다. 노지양식장의 기초적인 생태계자료 확립으로 초기먹이생물 관리를 친환경적으로 전환하여 높은 종묘생산 비용 및 기형발생의 문제점 해결과

새로운 품종개발이 가능하다.

따라서 노지양식장의 생태학적 관리모델 구축은 지역에 따른 노지생태계 파악이 가능하여 신속한 어업인 기술이전으로 소득증대 자료활용 및 양식수산물 경쟁력 확보자료로 활용 가능할 것으로 판단된다(그림 44).

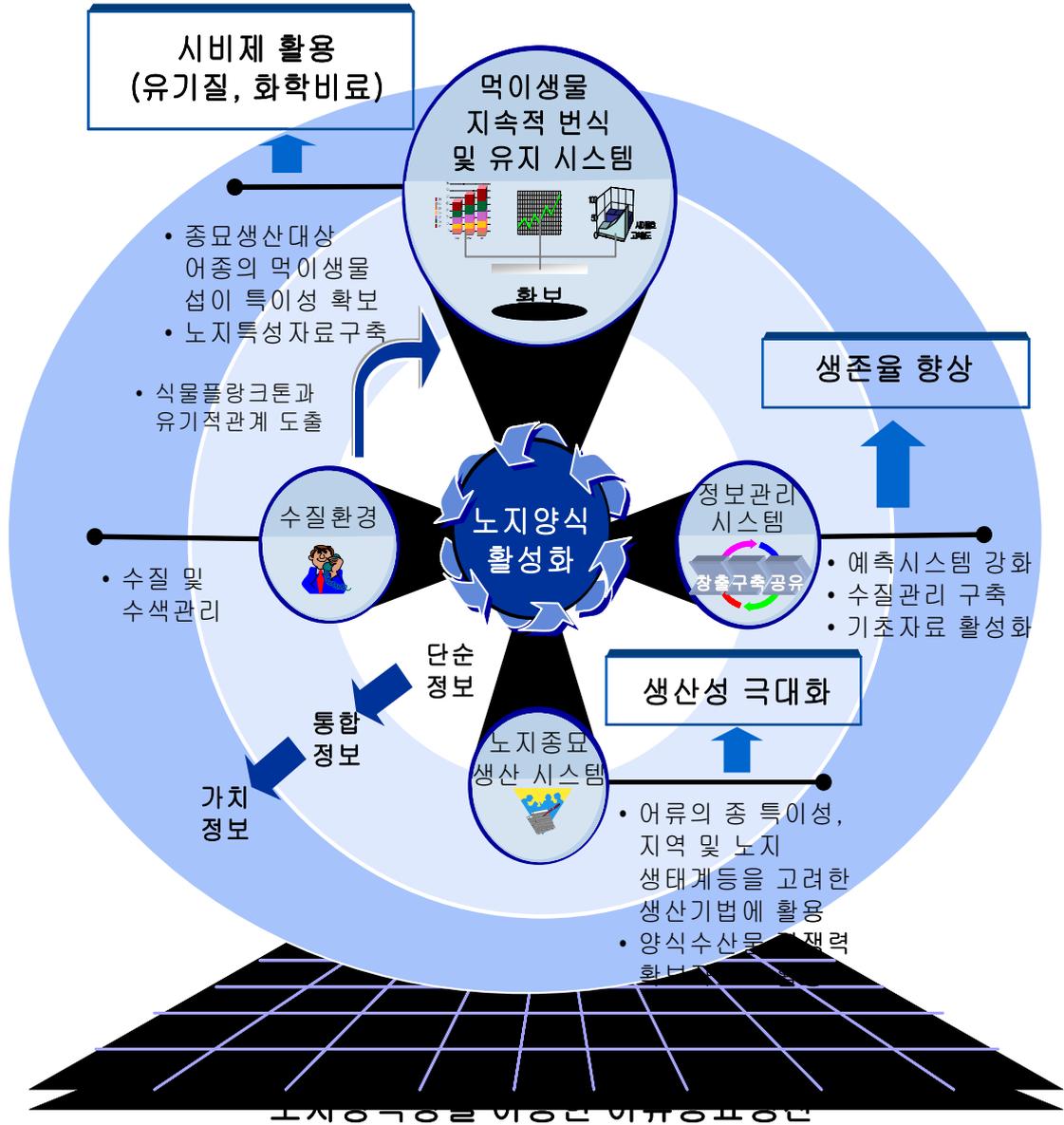


그림 44. 노지양식장의 생태학적 관리모델.

제 4 장 목표달성도 및 기대효과

1. 연도별 연구개발 목표 및 달성도

연구 년차	연구세부계획	연구 실적	달성도 (%)
1	<ul style="list-style-type: none"> - 양식산 말쥐치 친어 확보 및 관리 - 말쥐치의 산란유도방법 개발 - 육상수조 및 노지에서 참돔 종묘생산 - 어체일반성분 분석(참돔) - 육상 및 노지종묘의 기형률 조사 - 유기질 및 화학비료 시비에 따른 동, 식물플랑크톤의 종조성, 출현량 및 우점종 조사 - 연안수 및 양식장 수질환경 조사 - 양식장 내 저서동물의 종조성, 출현량 및 우점종 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 양식산 및 자연산 말쥐치 친어 확보 및 관리 중 - 양식산 및 자연산 말쥐치로부터 다양한 산란유도 및 부화방법 개발 - 종묘생산 기초기술개발 (초기먹이 확인) - 육상수조 및 노지에서 참돔 종묘생산 - 육상 및 노지종묘의 어체일반성분 분석(참돔) - 육상(61%) 및 노지종묘(0.7%미만)의 기형률 분석 완료 - Copepods, copepods nauplius, polychaeta larvae, jellyfish, <i>Noctiluca</i> sp. 등이 우점종으로 출현 - 실험기간동안 수온변화는 1.8~16.3℃, 실험노지는 13.1~18.2℃, 수질환경은 생활환경 2등급 이내였음. - Polychaeta, gastropoda 성체 및 유생이 우점종으로 출현 	100
2	<ul style="list-style-type: none"> - 노지를 활용한 참돔 대량 종묘생산 - 종묘생산성 평가(참돔) - 환경조절에 의한 말쥐치의 조기 성 성숙 유도 - 말쥐치 수정란의 대량 확보기술개발 - 노지에서 말쥐치 자, 치어의 초기먹이 선호도 조사 - 육상수조 및 노지에서 말쥐치 종묘생산 - 어체 일반성분 분석(말쥐치) - 유기질비료의 시비방법 및 적정 처리농도 구명 - 동, 식물플랑크톤의 변화 조사 - 수질 및 저서환경 변화 조사 	<ul style="list-style-type: none"> - 노지를 활용한 참돔 종묘생산 - 조수입-지출 대비 61%의 경제성이 분석됨 - 수온조절을 통한 조기 성숙유도로 기간 및 비용절감 효과가 증명됨 - 효과적인 수정란 대량확보 방법이 개발되어 계획적인 종묘생산 가능 - 말쥐치 자어의 생태적 특성 때문에 채집의 어려워 부화 7일째까지 조사 - 육상수조에서 말쥐치 종묘 40만마리 생산 - 노지에서 종묘생산 및 특성평가 - 수분함량은 노지산이 높고 단백질, 지질, 탄수화물 함량은 낮게 나타남 - 유기질 비료 시비로 요각류 및 유생 현존량이 증대되고 지속력이 향상됨 - Copepods, copepod nauplius, polychaeta larvae, jellyfish, <i>Noctiluca</i> sp. 등이 우점종으로 출현 - 실험기간동안 수온변화는 1.8~16.3℃, 실험노지는 13.1~18.2℃, 수질환경은 생활환경 2등급 이내였음. - Polychaeta, gastropoda 성체 및 유생이 우점종으로 출현 	100
3	<ul style="list-style-type: none"> - 말쥐치 친어의 시험구와 대조구간 성숙비교 - 노지를 활용한 말쥐치의 대량종묘생산 - 종묘생산성 평가 (말쥐치) - 노지 양식장을 이용한 말쥐치 및 참돔의 대량종묘생산 기술 구축 - 최적 유기질비료 시비에 따른 생산성 평가 - 생산성증대를 위한 환경친화적 시스템 개발 - 노지양식장의 생태학적 관리 모델 구축 - 말쥐치 대량종묘생산 	<ul style="list-style-type: none"> - 환경조절에 의해 수정란 조기생산 및 실험구간별 생식소 조직학적 비교 - 수색관리 및 초기먹이생물번식으로 대량종묘생산 가능 - 종묘 55,000마리 3-4개월 사육시 2,880만원 경상이익 창출 - 노지를 활용한 대량종묘생산 체계가 구축됨 - 유기질 비료시비에 의한 생산비용절감 가능 - 환경친화적 모델 정립 - 생태학적 노지 관리 모델 도출 - 연간 50만마리 생산가능 	100

2. 기대효과

가. 정량적 효과

- 말쥐치 종묘생산 (연간 300만마리 - 9억원), 고용창출(5개업체 - 10명)
- 말쥐치 가두리 양식 (연간 300톤 - 42억원), 고용창출(5개업체 - 10명)

나. 정성적 효과

- 초소형 부화자어 어류의 초기 먹이생물 해결 및 종묘생산 기술개발
- 지역어민에게 새로운 양식종 보급 등

다. 노지 양식장으로 활용가능한 간척지 및 폐염전 등을 이용하여 해산어류의 종묘 생산기술을 개발하여 타어종의 종묘생산 기술개발에 활용

라. 양식생산 기간단축을 통한 건강종묘 생산과 안정된 양식산업으로 육성

마. 미활용 간척지 및 폐염전의 생산성 향상 극대화 자료로 활용

바. 연구결과의 신속한 어업인 기술이전으로 어업인의 대량 종묘생산기술 확립을 통한 소득증대 자료로 활용

사. 양식수산물 경쟁력 확보 자료로 활용

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

1. 활용방안

가. 말쥐치 수정난 조기대량생산은 수정난 전문생산업체에 종묘생산 기술은 각 권역별 1개업체씩 선정하여 종묘생산 전 과정에 대해 기술이전을 고려중에 있다.

나. 어류종묘의 기형율을 현저히 낮은 생태양식법을 활용한 조지종묘생산방법, 초기먹이생물관리 및 노지환경관리방법을 보급할 것이다.

다. 가두리 양식시 천연방오생물인 본 종의 확산을 위해 가두리 그물에 사용하는 방오페인트 사용량의 경감을 위해서 및 경제성을 고려하여 가두리 당 일정 수량을 사육하는 것도 좋을 것으로 판단됨.

라. 연안의 해파리 구제 차원에서 일정량의 종묘를 정부가 매입하여 특정 수역에 방류함으로써 전 연안에 문제가 되고 있는 해파리 문제를 해결하여야 할 것임(우선 특정 수역을 선정하여 예비실험 수행 필요).

2. 연구성과 활용

가. 산업재산권

유형	상태	기술명	출원국	출원번호	출원일	출원자
특허	출원	말쥐치의 조기산란유도 및 종묘생산방법	한국	10-2004-0027844	2004. 4.	방인철 · 권성민

나. 국내 및 국제학술회의

1) Mass seedling production of filefish, *Thmnaconus modestus* Gunther. World aquaculture 2005.

2) 말쥐치의 조기산란 유도 및 종묘생산. 2003년 한국양식학회 추계 학술발표대회.

3) 참돔 노지종묘생산과 요각류 번식을 위한 적정 시비제. 2003년 한국양식학회 추계 학술발표대회.

4) 말쥐치, *Thamnaconus modestus*의 조기산란유도. 2005년 한국양식학회 춘계학술발표대회.

5) 말쥐치(*Thamnaconus modestus*)의 양식 가능성 평가. 2005년 한국양식학회 춘계학술발표대회.

다. 교육 및 세미나 활용

학회발표 1회, 세미나 2건, 기술지도(대양수산 등 3개업체), 수산양식 투고 1회, 수산신문 1회 기고하였음.

마. 홍보실적

기술지도(대양수산 등 3개업체), 수산양식 투고 2회, 수산신문 1회 기고하였음.

3. 활용계획

- 노지 양식장으로 활용가능한 간척지 및 폐염전 등을 이용하여 해산어류의 종묘생산기술을 개발하여 타어종의 종묘생산 기술개발에 활용

- 양식생산 기간단축을 통한 건강종묘 생산과 안정된 양식산업으로 육성

- 미활용 간척지 및 폐염전의 생산성 향상 극대화 자료로 활용

- 연구결과의 신속한 어업인 기술이전으로 어업인의 대량 종묘생산기술 확립을 통한 소득증대 자료로 활용

- 양식수산물 경쟁력 확보 자료로 활용

제 6 장 참고문헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleostei. Bull. Inst. Zool., Academia Sinsca, Monograph., 16 : 173-187.
- Asahina, K. ANd I. Hanyu. 1985. Development of photoperiodism involved in the gonadal activity of the rose bitterling, *Rhodeus ocellatus*. Bul. Japan. Soc. Sci. Fish., 51 : 1655-1670.
- Ikehara, K. 1976. Notes on the spawning and growth of *Navodon modestus* (GUTHER) in the near-shore waters of Niigata Prefecture. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab, 27 : 41-50(in Japanese).
- Kawase, H. 1996. Larval and Juvenile filefishes (Monacanthidae) associated with drift algae collected at Funakoshi Bay, Iwate, Japan. Otsuchi Mar. Res. Cent. Rep., 21 : 48-58.
- Malone T. C. 1980. Size-Fractioned primary productivity of marine phytoplankton In : Primary productivity the in the sea (P. G. Falkowski ED). Plenum press, New York. 301-319.
- Parsons, T. T. and LeBrasseur R. J. 1970. The availability of food to different tropic levels in the marine food chain. Oliver Boyd. Edinbury. 325-343.
- Ryther J. H. 1969. Photosynthesis and fish production in the sea. Science 166 : 72-76.
- Vlaming, V.L. 1975. Effects of photoperiod and temperature on gonadal activity in the cyprinid teleost, *Notemigonus*. Biol. Bull., 148 : 402-415.
- Walsh J. J. 1976. Models of the sea in : The ecology of the sea (D. H. Chshing and J. J. Walsh, eds.) Blackwell Phbl., Oxford : 389-446.
- 국립수산진흥원. 1994. 연근해 주요 어종의 생태와 어장, 85-95pp.
- 김 윤 · 허성범. 1991. 수온과 광주기 조절에 의한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 산란

- 유도. 한국양식학회지, 4 : 85-95.
- 김성연 · 방인철 · 김석민. 2000. 환경조절에 의한 돌돔 *Oplegnathus fasciatus*성 성숙 유도. 한국어류학회지, 12(1), 46-53.
- 김형배 · 김종만. 1990. 참돔, *Pagrus major*의 광주기 및 수온조절에 따른 조기산란. 한국양식학회지, 3 : 1-11.
- 박병하. 1985. 한국 근해 말쥐치의 자원생물학적 연구. 수진연구보고, 34 : 1-64.
- 백문하. 1980. 서귀포 연근해의 어류상. 제주대 해자원보, 4 : 39~46.
- 이승중 · 고유봉 · 이영돈 · 정지현 · 한창희. 2000a. 제주 남부연안 말쥐치 *Thamnacounus modestus*의 생식년주기. 한국어류학회지, 12(1) : 71-84.
- 이승중 · 고유봉 · 최영찬. 2000b. 말쥐치의 난발생과 부화자어 형태발달. 한국어류학회지 12(3) : 208-214.
- 이택열 · 우생공. 1984. 그물코쥐치, *Rdarius ercodes*의 생식활동에 미치는 광주기 및 온도의 영향. 한국수산학회지, 17 : 423-435.
- 정관식 · 김석민 · 방인철 · 김성연 · 이원교. 1998. 수온 및 광주기 조절에 의한 돌돔, *Oplegnathus fasciatus*의 산란 유도. 한국양식학회지, 11 : 141-149.
- 정문기. 1977. 한국어류학회. 일지사. 서울, 727pp.
- 조용철 · 양상근. 1993. 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 조기산란에 관하여. 수산진흥원 연구보고, 45 : 183-195.
- 최수하 · 박차수. 1982. 한국 남해산 말쥐치의 성숙과 산란. 수진연구보고 30 : 73-80.

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.