

여수해역 바다목장화 사업의 발전을 위한 제언

I. 감성돔의 건강종묘 생산에 관한 연구



한종석 전임연구원
여수대학교 수산증양식연구센터
TEL) 017-621-9533 FAX) 061-644-4943
E-mail) hjs651@empal.com

이원교¹ · 김민석² · 최상덕¹
¹여수대학교 양식학과
²한국해양연구원

1. 연구배경

일반적으로 감성돔, *Acanthopagrus schlegeli*은 도미과에 속하는 연안성 어류로서 우리나라 서·남해, 일본 홋카이도 이남, 황해, 동중국해에 분포하고, 수심 50m 이내인 바닥에 해조류가 있는 모래질이나 암초지대에 주로 서식하며, 큰 이동이 없다. 이 종은 양성선숙어로 4~5년생부터 암·수로 분리되며 5~6월에 산란하는 어종이다.

감성돔은 낚시 동호인들에게 최고로 인기가 있을 뿐만 아니라 맛이 좋아 횡감, 구이 등 기호식품으로 각광을 받고 있으며, 명절 제수용품으로 널리 이용되고 있다. 그러나, 자원은 점점 고갈되고 있는 실정으로 양식 대상 품종으로 오래 전부터 주목받고 있었다. 감성돔은 그간 대량 종묘생산이 이루어지지 않아 완전 양식은 가능하지 않았고 남해안의 가두리를 중심으로 양식이 되고 있었다.

그러나 인공종묘생산에 의해 양식되는 어류는 높은 생산력에도 불구하고, 기형어와 같은 열성개체가 상당한 비율(20~90%)을 점하며 일반 양

식어와 같이 양식되어 지고 있다. 기형어는 상품 가치를 극히 떨어뜨려 생산성 하락 및 생산단가의 상승을 유발하고 있으며, 특히 열성 종묘의 방류는 생태계의 불균형과 자연집단의 붕괴가 우려된다.

또한, 열성개체의 주요 원인이 되는 기형어의 발생은 근년에 일본을 중심으로 연구되어지고 있으나 원인규명에 의한 문제의 해결이 이루어지고 있지 않은 상태에서 환경과 영양적인 요인에 유의하며 생산하고 있다. 기형어가 없는 건강한 인공종묘의 생산은 생물생산성을 높이고 자원의 증진에 높은 기여를 할수 있으므로, 이의 원인규명에 의한 건강종묘의 생산이 필요하다.

따라서, 바다목장 사업은 전남 여수 해역을 대상으로 산학연 체제를 구축하여 환경친화적 어장조성, 자원증대를 통하여 그동안 황폐되었던 해역의 생산성을 회복하기 위하여 감성돔의 기초적인 생물학적 연구를 통해 최적 서식 수심에 따른 방류 시스템 개발과 함께 기형어 발생 및 원인규명을 통한 우량한 인공종묘를 생산하여 자연 부존량을 증가시켜 어가 소득의 증대에 기여하고자 한다.

(1) 기술적 측면

성공적인 인공종묘 생산을 위해서는 우선 건강한 어미의 확보가 무엇보다도 중요하고, 어미관리는 양질의 수정란을 적기에 확보하기 위해서도 무엇보다도 중요시 취급하여야 한다.

현재 연안에 방류되는 어류의 양이 증가하고 있음에도 불구하고, 경우에 따라 방류한 만큼의 기대효과가 나지 않는 경우가 있다. 여러가지 요인 가운데 앞서 언급한 종묘의 질에 대한 문제가 제기 되고 있는데, 이는 친어양성, 먹이생물, 사료, 사육환경, 중간육성 방법등 종묘생산의 전반에 걸친 문제로서 최적 사육시스템이 명확히 규명되어야 한다.

또한, 경제적인 감성돔의 인공종묘 생산 기술을 통해 자연계에 있어 최적 서식처에 방류를 행함으로써 자원 부존량의 증가를 통한 어가 소득의 증가에 기여할 것이다.

(2) 경제적 측면

감성돔은 전국 연안에 서식하고 있으며, 갯바위나 배낚시의 주 대상 어종이면서 또한 연안어업인의 주요 소득원이다. 연도별 어획량을 보면 1996년 545톤이 어획된 이후 2000년 658톤이 어획되어 어획량이 점진적으로 증가되는 경향을 보여주고 있다. 또한, 2000년도 도별 생산량을 보면 전남 346톤, 경남 207톤, 강원도 67톤, 제주 24톤, 충남 10톤의 순으로 감성돔은 대부분 전남과 경남에서 어획되며 주요 산지는 전남 해역의 여수, 고흥, 장흥으로서 바다목장화 개발사업의 방류해역인 여수해역에 효과적이고 경제적인 감성돔 자원조성이 기대되는 바이다.

(3) 사회적 측면

수산 자원은 중요한 동물성 단백질원의 하나로 우리 민족으로 예로부터 어류를 선호하였고, 오랜 기간 동안 식품으로 이용하였다. 수산물의 이용이 다른 나라보다 많은 우리나라에서는 수산자원 관리의 미흡으로 인해 해산 유용동물, 특히 어류의 남획으로 공급이 수요를 감당할 수 없는 시점에 이르렀다. 또 최근 들어 우리나라 주변해역은 일본, 중국, 북한, 대만 등의 주변 연안국에 의하여 공동 이용되고 있어서, 동일자원을 어획하기 위한 어업경쟁이 치열하여 어족자원의 감소가 일반적으로 일어나고 있다.

따라서 양식에 대한 관심이 과거 어느 때보다도 높아지고 있다. 생산수준의 향상으로 고급 어류의 수요가 급격히 증가하고 있는 우리나라의 경우, 고급어종으로 양식하고 있는 종은 방어, 참돔, 조피볼락, 넙치, 은연어, 틸라피아, 무지개송어 등으로 극히 제한되어 있는 실정이다. 고부가가치의 다른 양식 어종의 발견은 무엇보다도 중요하다.

남해 연안의 경우 연안에 주로 서식하며 내만성 어종으로 큰 이동이 없는 감성돔이 서식하기에 좋은 환경을 형성하고 있으며 이들 어종의 육질은 특유의 촉감과 맛을 가지고 있으며 활어로서 회를 좋아하는 우리민족에 있어 인공종묘생산 기술개발을 통한 대량생산은 자원 부존량의 증가를 통해 어민의 소득증대 및 단백질원으로서 크게 기대되어지는 중이다.

2. 종묘생산

(1) 친어사육

성공적인 인공종묘생산을 위해서는 우선 건강향 어미의 확보가 무엇보다도 중요하다. 어미관

리는 양질의 수정란을 적기에 확보하기 위해서도 무엇보다도 중요시 취급하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 여수시 돌산에 위치한 경양수산에서 4년생 이상(30cm 이상)인 감성돔 친어를 사용하였다. 어미수조는 체란할 양에 따라 결정하지만, 본 연구에서는 30톤(수심 1.5m) 이상인 사각수조를 사용하였으며, 어미의 스트레스 방지를 위해 조도를 1,000lux 이하로 약간 어둡게 해주었다. 그리고 어미의 수용마리수는 수용량 30톤을 기준으로 약 200마리 수용하였다.

(2) 자연산란

양식산업에서 건강한 종묘를 얻기 위해서는 양질의 수정란 확보가 우선되어야 하기 때문에 종묘생산시 질 좋은 수정란을 효율적으로 선별하는 기술이 필요하다. 그러나 난질은 친어의 기원, 연령, 영양상태 및 과숙(Over-ripening) 등의 다양한 요인에 의해 영향을 받기 때문에 그것을 평가할 수 있는 기준 또한 다양하다.

따라서 본 연구에서는 감성돔 4년생 어미로 암컷 20마리와 수컷 30마리였다. 암컷은 전장 33.6 ± 2.0 cm, 체중 725.7 ± 19.3 g 이었고, 수컷은 전장 32.0 ± 2.3 cm, 체중 578.5 ± 13 g 이었다. 매일 아침 집란망에 모인 난을 오전 10시에 수거하여 산란량과 부상율을 메스실린더를 이용하여 측정하였고, 그중 일부(100개 이상)를 채취하여 수정률과 부화율을 조사하였다. 수정률과 유구의 직경은 만능투영기(V-12A, Nikon)를 이용하여 측정하였다.

(3) 부화율에 미치는 수온 및 염분영향

감성돔 수정란의 수온 및 염분에 따른 부화율을 알아보기 위하여 온도구배 배양기를 이용하여 2ℓ 비이커에 여과해수를 채우고 수온을 5℃에서

35℃까지 5℃ 간격으로 일정하게 유지시켰다. 여기에 수정란을 500개씩 수용하여 부화율을 조사하였다. 염분별 부화율은 수온별 부화율을 토대로 부화율이 가장 양호한 수온을 유지하면서 여과해수와 담수를 혼합하여 0psu에서 40psu까지 5psu 간격으로 조절한 비이커에 수정란을 500개씩 수용하여 부화율을 조사하였다.

(4) 자치어 및 실험어 사육

본 연구에 사용된 자어는 2002년 5월 20일 여수시 돌산에 위치한 경양수산에서 체중 1.2~1.5kg의 친어에서 얻어진 자연산란란 10만개를 구입하여 여수대학교 수산증양식 연구센터에서 부화한 9만 3천마리를 재료로 사용하였다. 부화 자어는 콘크리트 사각수조(6m×6m×1.0m)에 수용한 뒤 모래 여과 해수를 0.5~1회/일로 소량 환수하여 주었고 수조 내에는 약하게 aeration을 시켜 주었다. 전장 10mm 내외로 성장하면서부터 같은 크기의 콘크리트 수조 2개에 옮겨 이때부터 유수량을 1~5회/일로 점차 증가시켜 주었다. 부화 직후부터 부화 후 30일까지는 *Chlorella sp.*를 20~30만 개/ml 농도로 보충한 해수를 사용하였다.

일반적으로 감성돔은 부화 후 5일경이 되면 난황은 거의 흡수가 완료되고, 난황이 완전히 흡수되기전에 Rotifer를 섭취하지만, 본 실험에서는 부화 2일 후부터 5~7개체/ml 농도의 Rotifer(*Brachionus plicatilis*)를 급이하였다. 그리고 부화 28일 후에는 Brine shrimp를 급이하였고, 부화 30일 후부터는 배합사료를 각각 성장단계에 따라 급이하였다. 감성돔의 성장측정은 초기에는 50마리씩을 무작위로 추출하여 10% formalin으로 고정하여 전장을 micrometer로 측정하였고, 전장 10mm 부터는 100마리를 눈금 1mm 자로 측정하였다.

사육기간중의 생존율은 용적법으로 수조에 남아 있는 개체를 계수하여 %로 환산하여 나타내었다. 사육중 자어의 초기 기포병 발생을 방지하고 자어의 안정을 위하여 표면의 밝기가 1,000~3,000lux로 내외로 유지하였으며, 매일 오전 10시에 수온과 비중을 측정하였고, 실험 기간 동안 수온은 18.5 ~ 24.3°C 범위였으며, 비중은 1.022~1.025의 범위였다.

(5) 기형발생

어류의 종묘생산 중 부화자어 초기의 기형발생 및 대량폐사는 종묘생산의 성패를 좌우하는 가장 중요한 요인중 하나이다. 감성돔의 종묘생산 과정시 기형발생율을 알아보기 위해 각 수조에서 발생하는 기형어들을 매일 환수시 수거하여 10% formalin으로 고정하여 만능투영기(V-12A, Nikon)하에서 관찰하였다.

3. 결과

(1) 자연산란 난

산란은 수온 16.3°C인 5월 3일 산란이 개시되어 7월 5일까지 산란하였다. 산란기동안 수온은 16.3°C~22.5°C로 서서히 높아지는 경향이었으나, 비중은 강수량의 변화에 따라 1.0171~1.0243이었다. 산란기간 동안 체중 100g당 얻어진 알의 수는 평균 4,120개로 산란기간인 64일동안 체중 100g당 총 597,400개의 알을 얻었다(표 1).

산란 초기인 5월 3일부터 7일까지는 100,000개 이하로 산란된 알의 수가 적었으나, 이후 빠르게 늘어나 6월 13일에는 1,560,000개로 가장 많았고, 이후 서서히 감소하였다. 전체적으로 산란초기에 적었다가 산란기의 중반으로 갈수록 서서히 많아

표 1. 육상수조에서의 자연산란율

부 상 율(%)	89.3±12.5
수 정 율(%)	89.3±12.5
부 화 율(%)	88.9±13.1
난 경(mm)	0.812±0.105
유구 직경(mm)	0.184±0.027
산란 수(일/100g 체중)	4,120

졌고, 산란말기가 되면 다시 적어지는 경향이 있었다. 그러나 산란기의 중반에도 산란량이 갑자기 감소하는 날들이 많이 나타나 산란기동안 일일 산란량은 변화의 폭이 매우크게 나타났다.

산란기동안 얻어진 수정란의 직경 0.797~0.909mm(평균 0.812±0.105mm)이며, 유구의 직경은 0.184±0.027mm이다. 난경의 크기 변화를 보면, 산란량이 적었던 5월 3일에는 0.909 mm로 산란기간중 가장 컸지만 산란량이 많아지면서 서서히 작아져 5월 8일부터 6월 30일까지 평균 0.840mm이하의 크기를 유지하였다. 그러나 다시 산란량이 적어진 6월 26일부터 다소 커지는 경향을 보여 7월 5일에는 0.855로 커졌다. 유구의 직경변화는 난경과는 달리 산란기간 동안 점점 작아지는 경향을 보였다. 산란개시일인 5월 3일에는 0.216±0.005mm였던 것이 산란기의 중반인 6월 5일에는 0.183±0.02mm까지 작아졌으며, 7월 5일에는 0.168±0.005mm로 산란기간 중 가장 작아졌다.

부상율은 산란을 처음 시작한 5월 3일에는 5.7%로 매우 낮았으나, 산란이 진행되면서 산란량의 증가와 함께 높아져 산란말기까지 90% 전후의 높은 수준을 유지하였다. 가라 앉은 알은 대부분 미수정란 이었으며, 수정막이 형성된 알은 정상적으로 발생하지 못하고 시간이 흐르면 색깔이

탁하게 되었다. 수정율과 부화율의 변화경향은 산란기 초반을 제외하고는 서로 일치하였다. 즉 수정된 모든알은 대부분 정상적으로 부화하였다. 처음 산란이 이루어진 5월 3일의 수정율과 부화율은 각각 5.7%와 4.9%로 매우 낮았지만 5월4일에는 80.1%와 79.3%로 급격히 높아졌고, 산란기의 중반 이후부터는 90%전후의 높은 수준을 유지하였다.

(2) 부화율에 미치는 수온 및 염분영향

수온에 따른 부화율은 채란시 자연수온대인 15~20℃에서 양호한 부화율을 보여 수온 15℃에서 91.6%, 20℃에서는 91.2%의 부화율을 보였다. 10℃와 25℃에서는 각각 42% 및 60.9%의 부화율을 보였으며, 5℃이하의 낮은 수온과 35℃이상의 높은 수온에서는 부화하지 못하고 전량 폐사하였다(표 2).

표 2. 부화율에 미치는 수온의 영향

수 온(℃)	부 화 율(%)
5	0
10	42
15	91.6
20	91.2
25	60.9
30	8.5
35	0

한편, 염분에 따른 부화율은 표 3과 같다. 부화가 가능한 염분은 10~35psu로 염분이 낮을수록 부화율은 낮은 결과를 보였다. 최적 부화 염분은 30psu로서 98.3%의 부화율을 보였으며, 35psu에서 97.4%, 자연해수보다 약간 낮은 염분인 25psu에서는 80.3%의 부화율을 보였다. 특히, 부화자

표 3. 부화율에 미치는 염분의 영향

염 분 농 도 (Psu)	부 화 율(%)
10	12.7
15	27.3
20	73.8
25	80.3
30	98.3
35	92.5

어중 기형율은 염분이 낮을수록 높은 기형율을 보여 25psu에서는 1.5%의 기형율을, 20psu에서는 13.2%, 15psu에서는 44%, 10psu에서는 부화자어중 58.6%가 기형어로 출현하였다.

(3) 자치어의 사육

부화자어의 초기먹이인 로티퍼를 부화후 1일 간격으로 공급한 결과는 표 4와 같다. 부화후 7일째 먹이를 공급한 경우는 먹이를 공급하지 않았던 실험구와 같이 부화후 8일째 전량 폐사하였으며, 부화후 4일 이전에 먹이를 공급한 경우에 있어서는 63.1~78.2%의 생존율을 보여 초기 먹이인 로티퍼 공급은 부화후 4일 이전에 공급하는 것이 좋은 것으로 생각된다.

2002년 5월 20일에 부화한 감성돔(*A. schlegeli*)

표 4. 먹이공급에 따른 감성돔 부화자어의 생존율 변화

부 화 일 수	생 존 율(%)
2	78.2
3	72.9
4	63.1
5	50.8
6	20.4
7	0
대조구(먹이공급이 없음)	0

표 5. 감성돔의 부화후 69일간의 성장과 생존율(10만미)

날 짜	부화후 경과일수	전 장 (mm±표준편차)	생 존 마 리 수	생 존 율 (%)
2002. 5				
22	3	2.57±0.35	93,000	100
23	4	2.89±0.74		
28	9	4.53±1.58	82,119	88.3
2002. 6				
2	14	8.03±1.39		
8	20	8.45±1.08	70,122	75.4
13	25	9.71±2.21		
18	30	10.32±2.44	47,151	50.7
23	35	13.52±3.05		
28	40	15.13±2.11		
2002. 7				
3	45	18.79±2.76		
8	50	22.08±3.74	46,221	49.7
13	55	25.50±3.15		
18	60	28.32±2.97		
23	65	31.43±3.71		
27	69	33.72±3.45	42,036	45.2

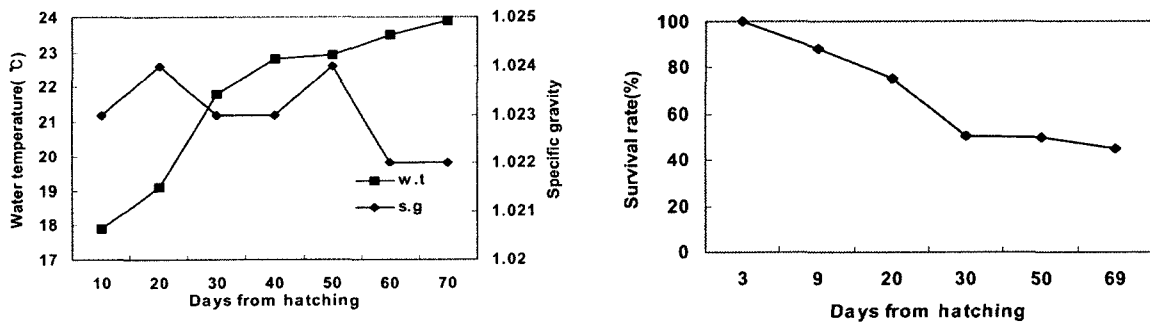


그림 1. 감성돔 자어의 부화후 69일 동안 성장율

표 6. 사육일수에 따른 먹이불임과 성장

일 수 먹이	체 장 (mm)	10	20	30	40	50	60
		4.03	7.43	11.04	21.00	22.51	23.41
로 티 퍼		3~5*	4~8	3~5			
알테미아				2~3	1~2		
배합사료					50/5**	100/4	

*ml당 먹이 개체수, **ml당 먹이 개(체)수(배합사료/알테미아)

자어 10만 마리를 7월 27일까지 69일간 사육한 결과를 표 5 및 그림 1에서 나타내었다.

부화후 3일째 전장 $2.57 \pm 0.35\text{mm}$ 에 달하였고, 일령 20일에는 전장 $8.45 \pm 1.08\text{mm}$ 로 성장하면서 모든 개체들의 섭식활동이 활발해졌고, 그에 따른 먹이량의 증가와 더불어 개체크기의 증가와 함께 생존율은 75.4%로 낮아졌다. 알테미아와 배합사료의 섭식이 왕성한 일령 30일째부터 급격한 성장을 보여 40일째에는 평균 전장 15.13 ± 2.11 로 성장하였다(표 6). 또한, 수온의 상승과 함께 빠른 성장을 보여 일령 50일에는 평균 전장이 $22.08 \pm 3.74\text{mm}$ 에 달하였고, 일령 69일에는 전장 $33.72 \pm 3.45\text{mm}$ 로 성장하였으며, 생존율은 45.2%였다.

(4) 기형발생율

부화 후 감성돔 자어의 기형발생율을 살펴보면(그림 2) 대부분이 비교적 부화자어의 초기인 15일령 전후로서 전체의 4.9%의 기형율을 보였으며, 주요 발생부위와 형태로는 척추가 S자 모양으로 만곡되는 형태를 나타내었다(표 7). 이후, 45일령으로 접어들면서 기형발생율은 7.4%로 증

가하였으며, 주요 발생부위로는 배지느러미의 늘어짐이 두드러졌고, 일령 69일에는 기형발생율이 전체의 7.7%를 차지하였다(표 7).

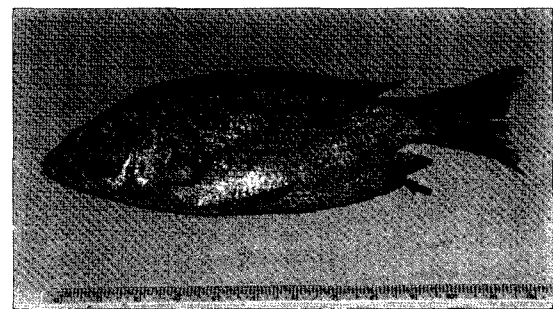
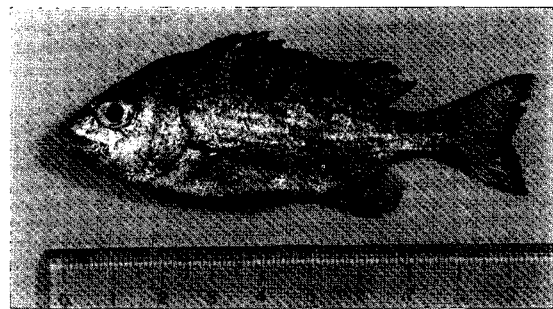


그림 2. 감성돔의 정상개체와 기형어의 차이(위 : 정상어, 아래 : 기형어)

표 7. 감성돔 자어의 부화후 69일 동안의 기형발생율

일 수	전 장	기 형 율 (%)	기형발생부위 (형태)
0	-	-	
15	8.15±1.79	4.9%	척추만곡 (S자)
30	10.32±2.44	6.5%	
45	18.79±2.76	7.4%	
60	28.32±2.97	7.6%	배지느러미 처짐
69	33.72±3.45	7.7%	

4. 금후발전 방향

우리 나라의 수산업여건은 국내적으로 간척 매립등에 의한 어장상실, 연안환경악화, 연안자원 감소에 더하여 국제적으로는 WTO 산업자유화, 200해리 경제 수역 선포에 따른 원양어장 축소, 한·중·일 어업환경 변화에 의한 어장 감소의 이중고를 겪고 있다.

종묘방류사업은 국가 주체하에 1976년부터 본격적으로 실시하여 현재까지 81종이 개발되어 그중 34종이 방류되고 있으며 268,561천 마리가 방류되었다. 일반업자가 생산한 종묘의 매입방류도 '86년 624천 마리가 방류되었고 2000년 23,756천 마리가 방류되었다. 방류사업의 주체는 국가, 지방자치단체(도, 시), 민간단체로 구분되며 연안자원 조성을 위한 최적 품종을 선정하여 방류사업을 확대할 필요가 있다. 국가는 새로운 대상 종의 선택, 방류지역의 사전검증과 조성 및 방류 후 효과 조사등 방류기술개발에 주력해야 하며, 지방자치단체는 지역특산품종 및 정착어종의 방류확대에 주력해야 한다. 민간은 국가로부터 방류용 종묘생산을 위탁받아 동참할 수 있다.

지금까지의 종묘생산 및 방류기술로 이루어진

대단위 방류사업이 얼마만큼의 효과를 거두고 있는지와 단지 양적인 확대만을 추구해 왔던 방류사업이 혹시 자연자원의 열성화를 초래하고 있는지는 않는지, 이제는 방류사업의 효과와 기술에 대하여 재조명해볼 시점에 도달하였다.

이제껏 선행되었던 양식용 종묘생산의 시스템에 의한 방류에서 탈피하여 방류용 종묘 생산시스템의 구분이 이루어져야 할 것이다. 또한 방류용 종묘생산 시스템의 구축에 필요한 기초자료를 확보하기 위한 연구로서 방류용 우량 형질의 치어 생산기술 연구가 선행되어야 한다. 인공적으로 생산된 종묘는 먹이섭취 행동 등 행동특성이 자연산과는 다른 차별행동을 하는 것이 피식요인이 된다고 하며, 먹이생물과 포식생물의 분포를 고려한 방류장소의 적합성과 환경 수용력, 방류 적정 시기, 방류적정 크기, 적정방류량, 방류방법 등을 비롯하여 방류 후 자연에의 적응력을 높이기 위한 도피 및 포식 훈련과 같은 자연적응 학습기법 등 방류후 자연에서의 초기감모를 최소화하기 위한 다양한 분야의 연구가 체계적으로 이루어져야한다.

더불어 종묘생산과정시 빈번히 발생하는 기형어 문제 또한 면밀히 분석하여 일반적으로 추정

하는 친어에서 오는 난질의 불량때문인지, 초기 자어관리시 부적절한 환경에서 발생하는 것인지를 파악하고, 기형어 발생 원인규명 및 기형발생 패턴을 조사하여 건강종묘 즉 우량종묘의 개발도 시급하다 하겠다.

참 고 문 헌

1. 정문기, 1990. 한국어도보. 일지사, 357~363.
2. 황성일, 정장환, 문영봉, 1995.(Ⅱ) 감성돔 종묘 양산시현. 남해수연사업보고, 280~282.
3. 한국해양연구소, 1996. 해양목장화를 위한 기반연구. BSPN 00318-969-3.
4. 한국해양연구소, 1997. 해양목장화를 위한 기반연구(해양생태계 관리모델과 자원첨가 기술개발). BSPE 97602-00-1073-3.
5. 한국해양연구소, 1998. '98 통영해역의 바다목장 연구 개발 용역사업보고서. BSPM 98005-01-1116-3. 서울. 980 p.
6. 한국해양연구소, 1999. 발전소 온배수 확산해역의 해양목장화 기반 기술개발. BSPM 96239-001218-3. 서울. 939 p.
7. 해양수산부, 2002. 우리나라 자원조성 사업의 발전방향 토론회, pp. 197.