

고소득 품종 자원회복 기술개발

- 박대 종자생산 연구 개발 -

송지훈, 김윤설, 정선경, 심철홍, 김종기

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

박대(*Cynoglossus semilaevis*)는 가자미목(Pleuronectiformes) 참서대과(Cynoglossidae)에 속하는 저서성 어류로 연안의 바닥이나 강물이 유입되는 기수역 및 담수지역에서도 서식한다(Kang et al., 2012). 또한, 게와 조개류, 갯지렁이 등을 먹이로 하는 육식성 어류로 우리나라 서해와 남해 서부 해역 및 동중국해에서 발해 만에 이르는 해역에 분포한다(Overseas Fishery cooperation Foundation of Japan, 2009). 참서대과 어류 중 가장 대형종에(최대 전장 75cm) 속하고 성장이 빨라 서해 특산품종으로서 산업적으로 매우 유용한 종이다.

박대는 2000년대 초반까지 참서대와 함께 저서성 어류의 우점종으로 어획되었다. 그러나 남획과 불법어업에 의한 자원량 감소와 간척사업에 의한 산란장 파괴, 연안 오염 등의 원인으로 어획량이 급감하여 현재는 전라남도 신안해역에서만 일부가 어획되고 있는 실정이다(Kang et al., 2012). 최근 3년(2017~2019년) 동안의 서대류 전국 생산량은 1,870톤(156 백만원)으로, 그 중 전라남도는 1,368톤(124 백만원)으로 약 73.2%를 차지하고 있어, 전라남도 수산자원 생물로서의 유용한 어종이다(표 1). 그러나 아직 박대의 종자 생산 기술이 표준화 되지 않아 그 생산량은 미비하다.

박대에 관한 연구로는 국내 박대를 이용한 연구 중 호르몬을 이용한 배란 배정 유도로 한정되어 있다(Kang et al., 2012; Lim et al., 2016). 국외 연구로는 치어사육에 관련된 연구가 진행되고 있으나(Fang et al., 2010), 종자생산 기술을 표준화하기에는 부족한 실정이다. 따라서 박대 종자생산기술을 확보하기 위해서는

박대 종자생산 선행 연구가 진행되어야 한다.

수산자원생물의 적정 사육 환경(수온, 염분, 광주기 등)은 연구는 종자 생산 및 사육관리에 중요한 기초자료를 제공한다. 따라서, 본 연구는 박대의 종자생산 선행 연구를 위해 수정란을 분양 받아 수정란 관리부터 부화 후 자·치어를 사육하였다. 박대의 수정란 관리 및 자·치어 사육 기간 동안 사육수온을 조사하여, 박대의 종자생산 선행 연구를 위한 과학적인 기초자료로 활용하고자 한다.

표 1. 최근 5년(2014~2019)동안 서대류 생산현황

구 분		2014	2015	2016	2017	2018	2019	평균 (최근 3년)
생산량 (톤)	전국	1,402	1,340	1,400	1,682	1,891	2,038	1,870
	전남	805	842	983	1,166	1,412	1,528	1,368
	비율	57.4	62.8	70.2	69.3	74.7	75	73.2
생산액 (백만원)	전국	101	110	121	148	152	170	156
	전남	70	77	93	116	119	138	124
	비율	69.3	70	76.9	78.4	78.3	81.2	79.5

해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

재료 및 실험 방법

수정란 관리 및 부화

2019년 9월 4일에 배체가 형성된 수정란 300cc를 분양 받아, 30톤 원형 수조에 입식하였으며, 이때 사육수 환경은 수온 25℃ 내외, 염분 30‰, 용존산소 7~10mg/L로 지수식으로 유지하였다. 박대 수정란은 부화한 후 변태 과정을 관찰하였으며, 변태 과정 중의 크기를 측정하였다(그림 1).

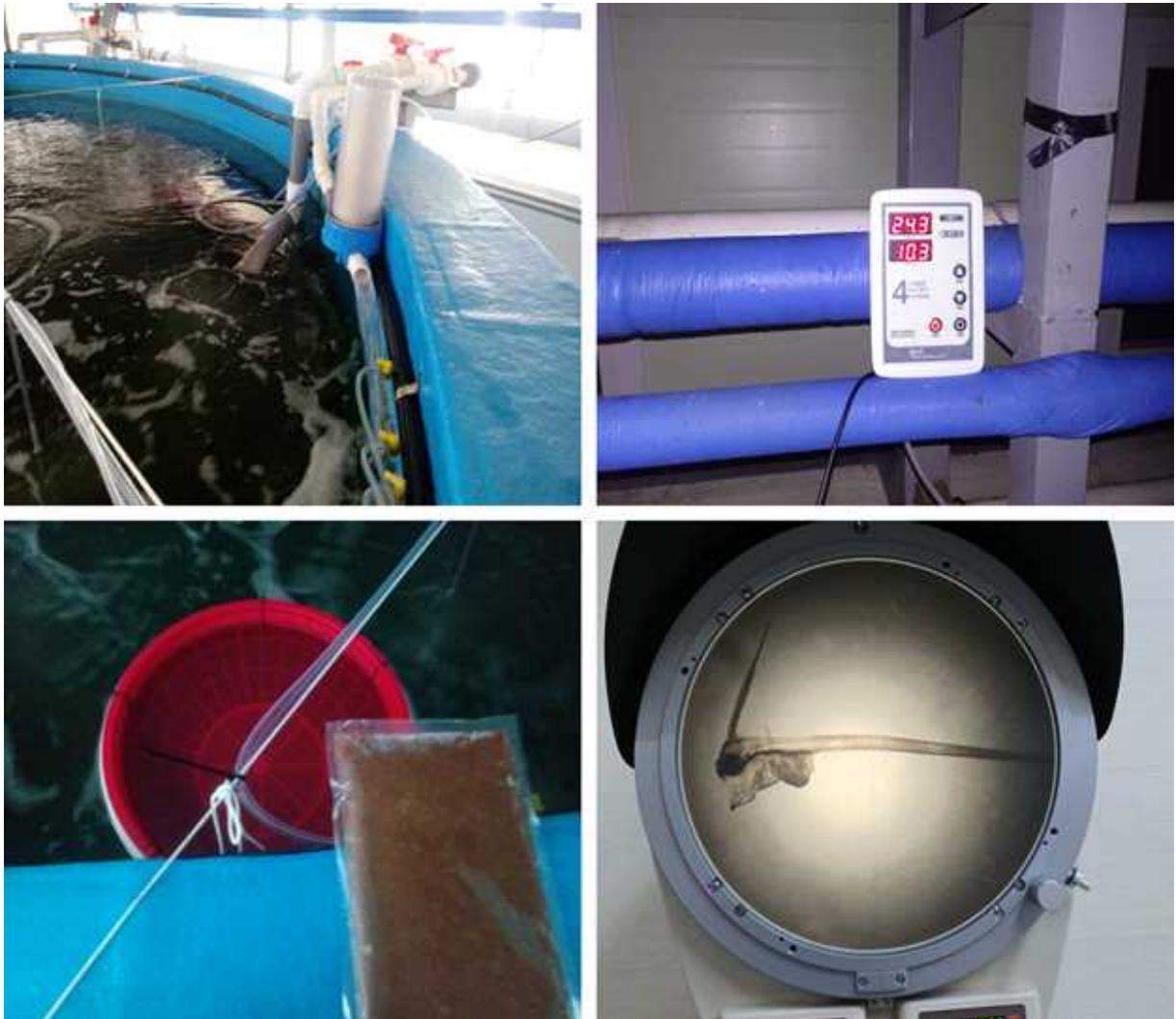


그림 1. 박대의 수정란 및 자·치어 관리

박대 치어 사육 관리 및 성장

박대의 수정란에서 부화 후 변태 시기가 끝난 치어기부터 2020년 8월 7일까지 약 11개월(330일령) 사육 기간 동안의 사육 수온을 측정 하였으며, 박대 치어 개체 중 무작위로 선별하여 체장, 체폭, 중량을 측정하여 성장을 확인하였다(그림 2).



그림 2. 박대의 치어 성장 조사를 위한 전장, 체폭, 중량 측정

결과 및 고찰

자어기 변태과정

박대 수정란은 2019년 9월 5일부터 부화하였고, 특징으로 머리에 흑의 형태와 개구전의 모습이 관찰되었다(그림 3). 안정적인 사육수 관리를 위해 해산클로렐라로 수색을 맞추고, 질병 관리를 위해 광합성세균, 비브리오탁제제를 공급하였다. 또한, 일부 부화가 빨라 개구가 된 개체들을 위해 로티퍼 소량을 먹이로 공급하였다.

부화 3일령에 전장 0.3mm 크기로 성장하였으며, 특징으로는 머리에 빨 형태를 보이고 일부 개구된 개체가 관찰되었다(그림 3). 개구가 된 개체들은 먹이 섭취가 가능하여 스피리루나로 영양강화된 로티퍼를 일일 5억 개체씩 공급하였고, 수질 관리를 위해 수질 개선제를 2회/일 공급 하였다.

부화 12~19일령에 전장 1.2cm이었으며, 먹이 전환을 위해 로티퍼와 알테미아를 혼합공급하였다(그림 3). 수질 관리를 위해 사육수 전체 양을 일일 1/3씩 환수하였으며, 여과해수로 주수하였다.

부화 31일령에 전장 1.5cm이었으며, 먹이는 알테미아와 코페포다를 공급하였고, 이때 약 90% 변태를 완료하였다(그림 3).



2일령 ('19. 09. 06.)



3일령 ('19. 09. 07.)



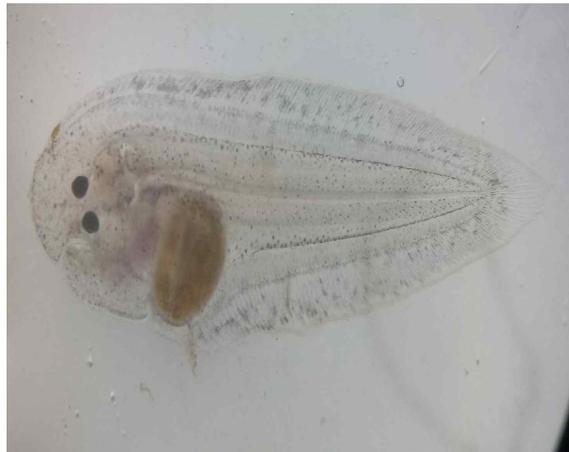
11일령 ('19. 9. 15.)



24일령 ('19. 9. 28.) * 변태중



30일령 ('19. 10. 04) * 변태중



30일령 ('19. 10. 04) * 8배 검경

그림 3. 박대 수정란 부화 후 변태 과정

사육 수온 변화

박대 사육 기간 동안의 사육 수온을 측정한 결과 부화 후 25.46°C이었으며, 점차 수온이 감소하여 2019년 12월 6일에 12°C로 사육기간 중 가장 낮은 수온을 보였다. 이 후 사육수온 14°C 내외를 유지하였고, 2020년 4월 30일 이 후부터 수온이 상승하였다. 2020년 7월부터 23.45°C를 유지하였으나, 2020년 8월 7일에 27°C까지 급격한 수온 증가로 폐사 개체가 관찰되었고, 2020년 8월 10일에 전량 폐사 하였다.

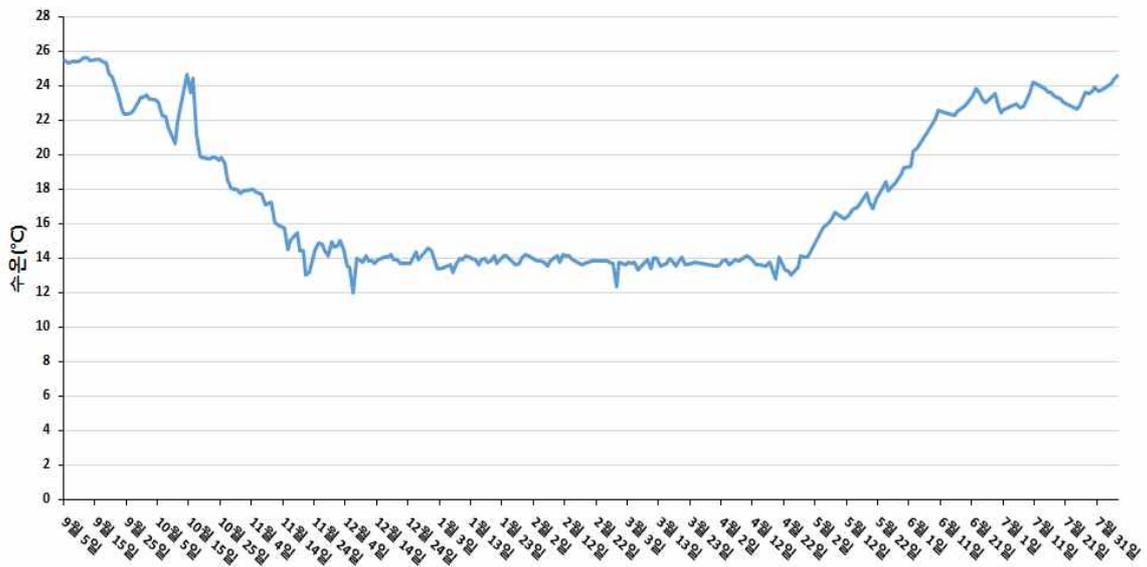


그림 4. 박대 사육 기간 동안의 사육수의 수온 변화(2019년 9월 5일 ~ 2020년 8월 6일)

성장

2020년 8월 7일에 박대 치어 개체 중 무작위로 선별하여 30개체를 측정 하였다. 측정 결과로 가장 큰 개체는 체중 15g, 체장 13.2 cm, 체폭 3.9 cm이었으며, 가장 작은 개체는 체중 3g, 체장 9 cm, 체폭 2.5 cm로 나타났다. 최종 약 11개월(330일령)의 사육기간 동안에 평균 최종 8.0 g, 체장 10.9 cm, 체폭 3.1 cm로 나타났다 (그림 5).

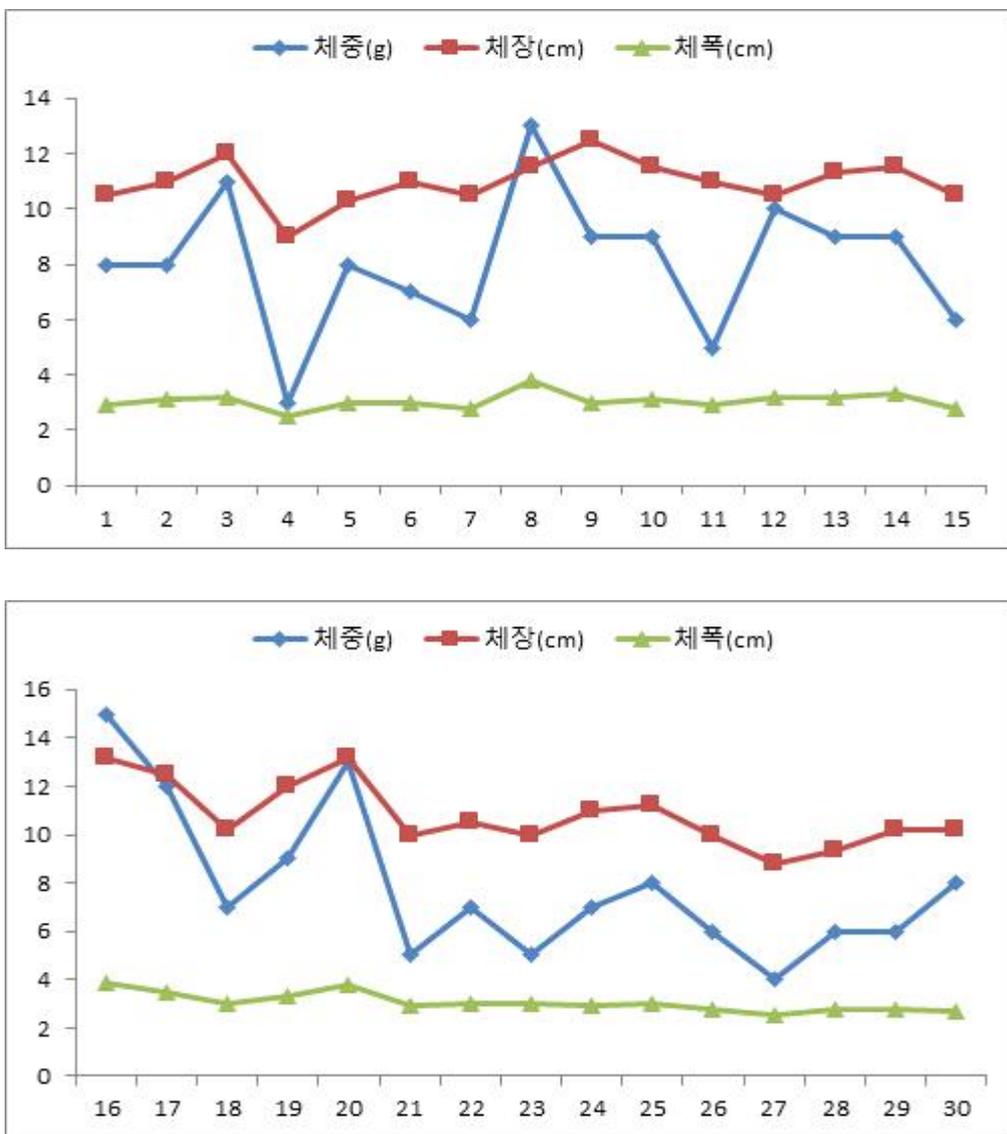


그림 5. 박대 치어의 개체별 체중, 체장, 체폭

향후 계획

2020년도 연구에서는 서대류에서 가장 대형종이면서 지역 특산어종인 박대 종자생산 연구를 진행하였다. 박대는 서해안 신안, 영광, 군산해역에서 주로 잡히는 어종으로 아직까지 종자생산 및 자원조성 연구가 일반화 되어 있지 않았다.

이번 종자생산연구에서는 일령별 먹이공급 및 환경관리를 하면서 종자생산 가능성을 확인하였다.

앞으로 본 연구소에서는 지역 특산어종 박대의 종 확보, 종 보존을 위하여 어미를 지속적으로 확보하고자 한다. 또한 순치 적응된 어미를 가지고 인위적 환경조절 등을 통하여 수정란을 생산하여 도내에 자원조성 어종으로 품목을 확대 할 예정이다.

참고문헌

수산정보포탈(<http://www.fips.go.kr>)

- Lim, H.K., Park, J.Y. and Kang H.W., 2016. Effect of Luteinising Hormone Releasing Hormone Analogue and Human Chorionic Gonadotropin on Spermiation in the Tongue Sole, *Cynoglossus semilaevis*. Journal of fisheries and marine sciences education, 28(2), 596-602.
- Fang, J., Tian, X. and Dong, S., 2010. The influence of water temperature and ration on the growth, body composition and energy budget of tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). Aquaculture, 299(1-4), 106-114.
- Kang, H.W., Lim, H.K., Kang, D.Y., Han H.S., Do, Y.H. and Park, J.S., 2012. Maturation and spawning of the female Tongue sole, *Cynoglossus semilaevis* in the West Coast of Korea, Dev. Reprod. 16, 87-93.
- Overseas Fishery Cooperation Foundation of Japan (2009). Names and illustrations of fishes from the East china Sea and Yellow Sea, Nihon Shiko Printing Co. LTD, 784.

고소득 품종 자원회복 기술개발

- 민어 종확보 및 종자생산 연구 -

송지훈, 김윤설, 정선경, 심철홍, 김종기

전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

민어(*Miichthys miiuy*)는 농어목(Order Perciformes) 민어과(Family Sciaenidae) 민어속(Genus *Miichthys*)에 속하며, 우리나라 서·남해, 동중국해, 남중국해, 일본(남부 홋카이도, 남부해)에 널리 분포한다(이와 박, 1992). 우리나라에는 13개종의 민어과 어류가 서식하고 있으며 일부 소형어도 있지만 대부분 중형어 이상이며 특히 민어는 다른 어종에 비해 큰 편(최대 전장 1m)에 속한다.

민어의 서식장소는 수심 40~120m의 저질이 펄인 곳이며, 낮에는 바다속 깊은 곳에 있다가 밤이 되면 수면 가까이 이동하는 습성이 있다. 새우, 게, 어류 등 저서성 동물을 먹고 살며 90cm 이상으로 성장한다(이 등, 2017a; 박 등, 2007). 체형은 원통형으로 약간 측편형이며 전체적으로 흑회색을 띠며 배 쪽으로 갈수록 열어진다. 위턱과 아래턱 모두 송곳니가 발달하였고 아래턱에는 네 개의 구멍이 나 있는 것이 특징이다(박 등, 2012; 한, 2002).

민어는 회유종으로 겨울철에는 수온이 높은 제주도 남방해역에서 월동한 후 봄철에 수온의 상승과 함께 북서방향으로 회유를 시작하여 여름철에는 주로 서해안의 인천 덕적도 및 인천 앞바다에 산란하는 것으로 알려져 있으며, 산란기는 7~9월의 여름철로 남쪽일수록 빠르고 북쪽일수록 늦다(이 등, 2017b; 윤 등, 2006). 예전에는 여름이면 인천 앞바다에 민어 과시가 형성 되었으며, 일제 강점기부터 1970년대까지는 인천에서 잡힌 많은 양의 민어가 일본으로 수출 되었을 정도로 자원량이 풍부하였다. 민어는 '19년 기준 전국 생산량은 3,458톤이며 전남생산량은 2,085톤으로 전국 생산량의 60%를 차지하고 있다(표 1).

하지만, 연안 어장의 오염 및 어구·어법의 발달로 인한 남획으로 인천 연안에서는 민어를 찾아보기 힘든 실정에 이르렀다. 게다가 민어의 특성상 수정란 확보 및 대량 종자생산이 어려워 자원조성을 위한 방류실적이 타 어종에 비해 저조한 실정이다. 따라서 본 연구소에서는 지역 특산어종인 민어의 친어 관리부터 종자생산 및 방류까지의 생산 공정을 체계화 시키고 지속적인 방류를 통해 자원량을 회복시켜 어업인 소득증대에 기여하고자 한다.

표 1. 최근 5년(2014~2019)동안의 민어 생산현황

구 분		2014	2015	2016	2017	2018	2019	평균 (최근 3년)
생산량 (톤)	전 국	6,420	4,612	4,096	3,628	2,876	3,458	3,321
	전 남	3,729	2,506	2,412	2,312	1,537	2,085	1,978
생산액 (억원)	전 국	568	471	503	465	377	449	430
	전 남	406	333	369	352	264	334	317

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

재료 및 실험 방법

친어 후보종 확보

자연에서 종자생산 위한 수정란 확보방법은 조황 및 해황에 따라 의존하기 때문에 안정적인 종자생산에 매우 어려움이 많다. 제일 안정적인 종자생산 방법은 어미를 직접 관리하면서 환경을 제어, 원하는 시기에 수정란을 생산하는 것이다. 자연산 미성어는 채포한 후 육상수조에 적응시켜 사육함으로써 어미개체군 확보 가능성이 높아진다. 친어 확보 추진방법은 어선어업을 통한 활어구입과 건간망을 통한 직접 채포방식을 병행 하였다.



그림 1. 민어 어미후보종 어장수집

종자생산 위한 수정란 확보

수정란 확보방법은 영광 안마도 및 신안 임자도 연안에서 자망을 이용해 어획한 자연산 친어를 사용하는 방법(그림 2, 3, 4, 5)과 양식산 친어를 보유한 지자체 연구소를 통하여 수집하는 방법(그림 6)을 모색하였다. 민어의 산란시기인 7~9월 중 자연산 친어로부터 채란과 채정을 한 후 건식법으로 수정란을 확보 하였다. 어장은 민어가 주로 이동하는 안마도 인근해역 등에서 어군을 탐색하여 선상에서 유자망으로 잡힌 민어를 암컷과 수컷으로 선별하고 채란 후 수정을 유도하였다. 주확보 시기에 어장여건은 태풍 등 잦은 우천일정으로 미성숙 개체들이 다량 관찰되었으며 이로

인해 낮은 수정률을 보여 경남 수산자원연구소의 협조로 수정란을 확보하였다.

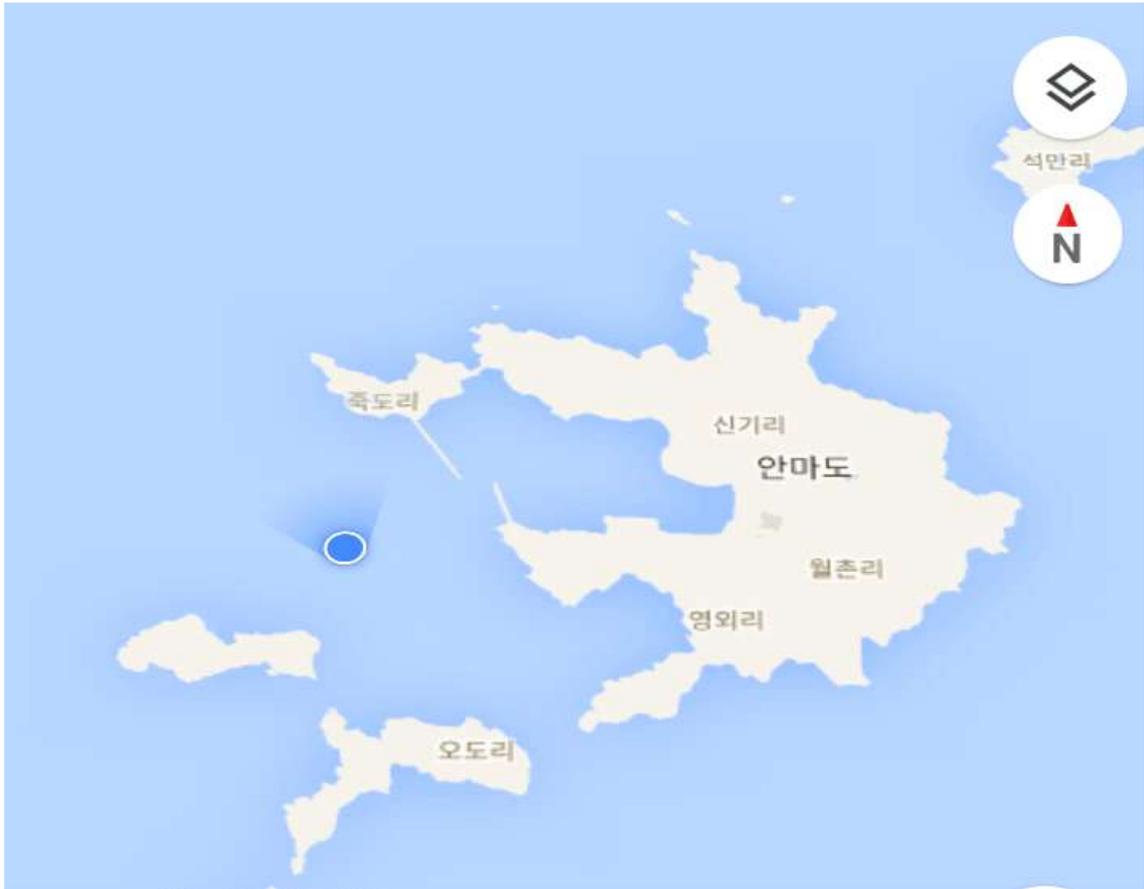


그림 2. 민어 어획 지역(영광 안마도 해역)



그림 3. 민어 유자망 어선 및 어군 탐색



그림 4. 민어 유자망 어획 및 채포장면



그림 5. 수집된 암·수 어미 및 생식공 확인



그림 6. 수정란 수거 및 수정란 입식

종자생산 관리

종자생산수조는 콘크리트 및 PP로 제작된 수조(그림 7)로 소독 및 밀물세척 후 사용하였다. 사육수는 자외선살균기 및 하우징필터, 백필터를 활용한 여과해수로 수온은 23°C(자연수온) 유지하였다. 수온계를 설치하여 수시로 확인할 수 있게 하였고 산소공급은 에어레이션 및 산소발생기를 활용하였다.

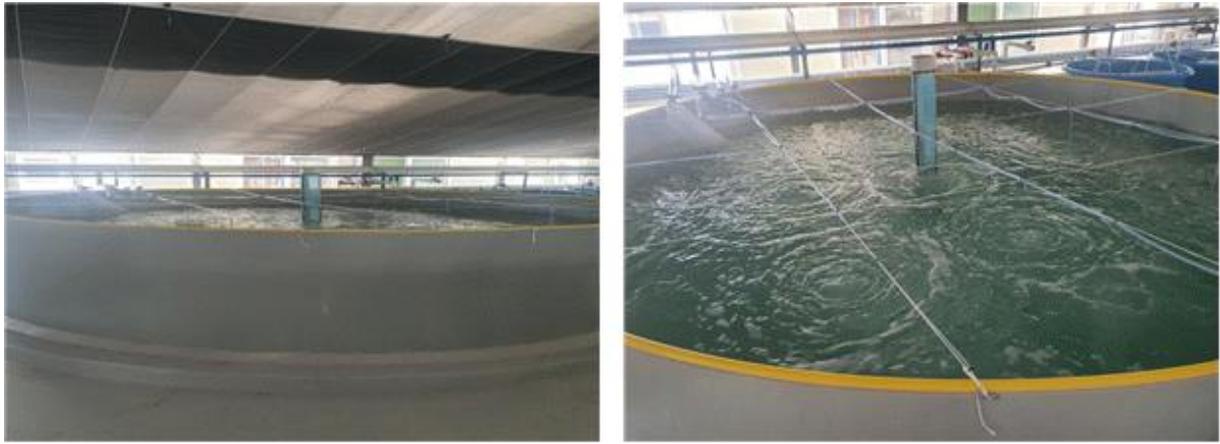


그림 7. 민어 종자생산 수조

표 2. 민어 사육기간 중 먹이공급표

부화 일수 먹이	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	150	
Rotifer	3			37										
Artemia			25			53								
미립자 사료				35				75						
EP사료							65							150

종 보존 관리

수집된 어미 후보종을 관리기간 동안 적정수온을 유지하고자 하절기에는 냉각기를 활용 하였고, 동절기에는 히트펌프 신설 완료한 연구동으로 이동 관리하였다. 수조 내산소 벤츄리 펌프 활용, 산소공급을 일정하게 유지하였고 바닥찌꺼기 등의 유기물 제거를 위하여 2회/일 환수를 하여 사육수의 오염물을 제거하고 2회/일 먹이를 공급하였다.

또한 '20년도 9월 수정란 확보 하여 12월 기준 약 100일령이며 1만 마리를 생산한 어미로 활용하고자 하였다. 수온 하강시에는 보일러시설을 활용하여 수조 내 온도를 적정하게 유지하였다. 산소공급은 에이레이션 및 산소발생기를 활용하였고 먹이공급은 부상배합사료를 5회/일 조금씩 나누어서 주었다. 바닥 찌꺼기 제거는 환수를 하거나 및 사이펀을 하였다.

결과 및 고찰

친어 후보종 확보

종자생산용 후보 어미들은 영광 칠산바다 안강망에서 잡거나 건강망을 활용한 직접 채포 하여 사육수조에 입식하였다. 대부분의 어미 포획 시기는 9~11월초에 집중 되었으며 연안으로 이동중인 어미를 수집 확보하였다. 이동간에는 최대한 상처에 의한 손상이 없도록 물과 같이 떠서 상처를 방지하였다. 육상수조에 적응시키기 위하여 면밀하게 관찰하면서 어체손상으로 인한 질병예방을 위하여 옥시테트라싸이클린 100ppm으로 1시간 약욕하였으며, 생새우, 갯지렁이, 배합사료 등으로 먹이 불임을 하였다.

종자생산 관리

민어의 수정란은 자연산 수집을 추진하였으나(그림 9, 그림 10) 어획여건이 좋지 않고 난질이 좋지 못하여 양식산 친어를 활용하여 수정란을 확보 후 종자생산을 추진하였다.

수정란은 무색투명한 분리부성란으로 크기는 0.96~1.08mm(평균 1.03mm)이었고, 크고 작은 유구가 1~5개 존재하였다. 난 발생은 수정 후 10~20분에 배반을 형성, 1~2시간에 2~8세포기로 이행하였고, 수정 후 2.5~3시간에 상실기에 도달하였으며 3~3.5시간에 동물극에서 반구형 세포층을 형성하는 포배기에 달하였다.

수정 후 16~17시간에 각 배엽에서 기관이 형성되는 기관형성기를 거쳐 23~24시간에 부화자어 단계로 발달하였다.

자치어 사육을 위한 사육수 공급은 자외선살균기를 통과한 여과해수를 사용하고 수용 후 2주일 후부터 해수 교환을 실시하며 점차 환수량을 늘려 가온수온(21~23°C)을 유지하여야 한다. 에어공급은 에어레이션 및 산소발생기를 활용하였고 DO는 평균 8.5~11mg/ℓ 유지하였다. 염분은 30.1~32‰를 유지하였다(그림 8).

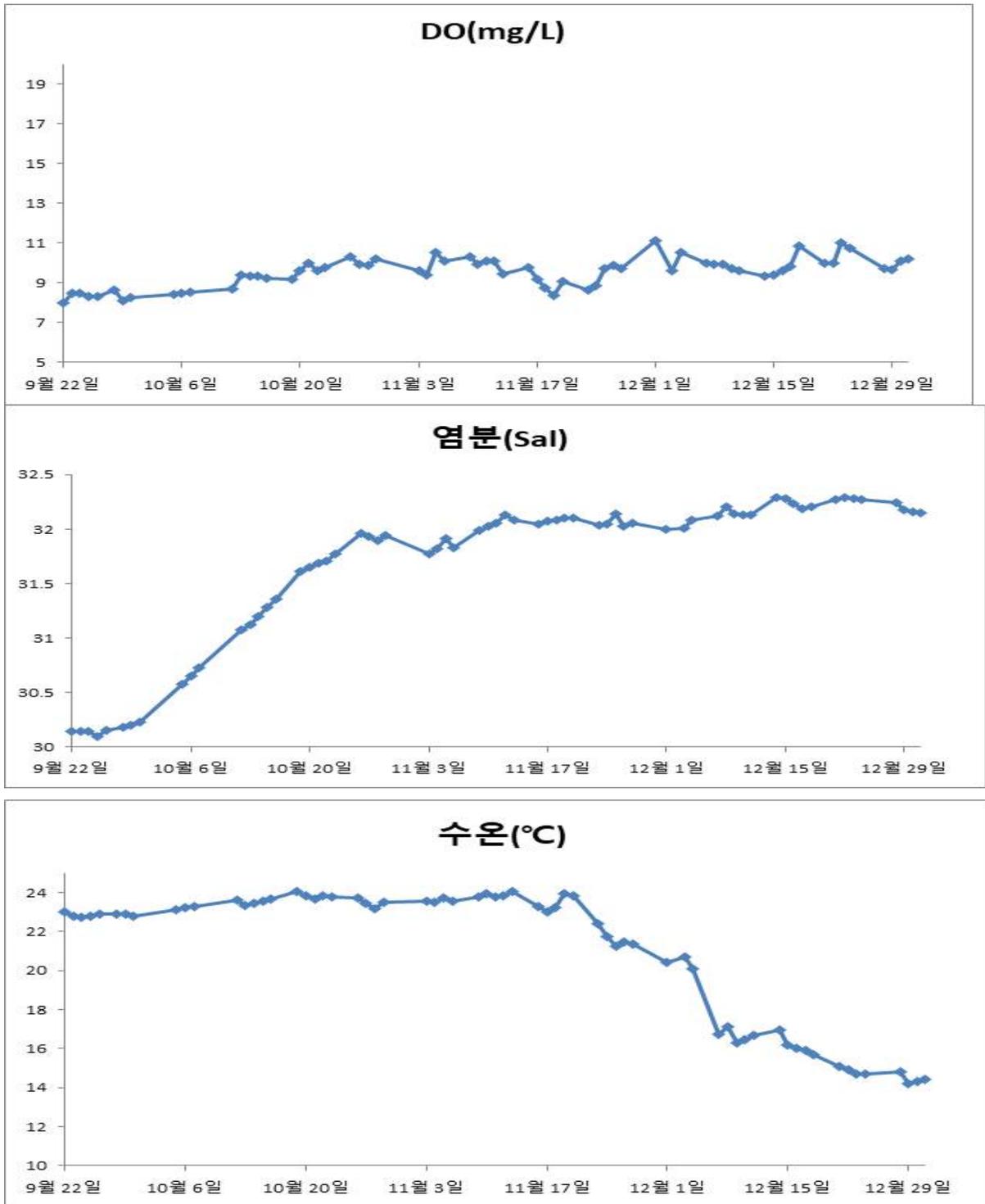


그림 8. 민어 종자생산 환경자료(수온, 용존산소, 염분)

로티퍼 공급시기에(그림 11, 그림 12) 1차 감모현상이 보였으며, 사육일수 30일 경과 후부터 적극적인 섭식활동이 보이며 건강한 개체일수록 먹이활동이 왕성하

고 개체 간 성장 차이가 나타나기 시작하면서 이 시기부터 공식현상이 발생하므로 사료급여 횟수 증가 및 물만들기 등에 따른 공식현상을 방지하여야 한다. 사육수조 내 암모니아를 제거하기 위하여 수질정화제를 매일 공급하였으며, 영양강화제와 로티퍼 사체 때문에 발생하는 유막은 사육수의 산소공급을 방해하므로 유막제거기를 설치하여 수시로 제거하였다(표 4).

부화 직후의 자어는 약 $2.20 \pm 0.02\text{mm}$ 정도의 크기로 유영력을 보이지는 않고 부화 2일 후 자어는 난황을 완벽히 흡수하며, 부화 10일 후 자어는 전장 4mm로 입이 열려 섭이활동이 시작되는 후기자어기로 이행하면서 해수산 클로렐라 물만들기 및 로티퍼의 공급을 실시한다. 부화 후 20일째 후기자어는 6mm로 로티퍼 섭이가 가장 활발하게 이루어지는 시기였으며 부화 후 40일 경과 후 체형이나 반문이 완전한 성어와 닮아 치어가 된다(표 3). 이번 종자 생산시기 시기 10일령 이후부터(9월 하순) 가온시설 미비 $21 \sim 22^\circ\text{C}$ 에서 감모 현상이 나타났으며, 최소 25°C 이상은 유지가 꼭 필요하다고 사료된다.



그림 9. 민어 수정란 수거·수집



그림 10. 민어 수정란 세란 및 수거



그림 11. 먹이생물(로티퍼) 배양



그림 12. 먹이생물 수거 및 먹이공급

표 3. 민어 성장단계별 사진 및 형태적 특징

구 분	사 진	형 태 적 특 징
수정란		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 1.03 ± 0.02 mm •분리부성란 •투명, 원형 •유구 1~4개
부화직후		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 2.20 ± 0.02 mm •입 · 항문 열리지 않음 •소화관 미발달 •난황을 가지고 있음
부화 10일		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 4.05 ± 0.12 mm •안구 및 소화관 발달 •Rotifer 활발히 급이
부화 20일		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 6.16 ± 0.79 mm •미병부 하단부 분조 활발 •알테미아 급이 시작
부화 40일		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 30.29 ± 2.43 mm •미병부 착색 상향 •꼬리지느러미 기초 생성
부화 60일		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 47.60 ± 1.75 mm •등지느러미 분리 · 꼬리지느러미 형태 완성 •배합사료 급이
부화 70일		<ul style="list-style-type: none"> •크기 : 66.21 ± 2.90 mm •유어기 •배합사료 급이

표 4. 민어 종자생산 공정표

항 목 \ 일 령	3	10	20	30	40	50	60
크기 (mm)	3.1	4.5	6.1	18.5	30.2	43.2	47.6
수온 (°C)	25.5	26.5	26.0	25.5	24.5	24.0	23.5
수질 관리	물만들기	해산 클로렐라, 1ℓ/35t, 매일오전					
	바닥청소	17일령일 때 첫 실시 후 10일 간격 실시					
	환 수	0.5~1.0회전/일	2.5회전/일	3~5회전/일			
	용존산소	액화산소와 에어브로워 이용 8~12mg/ℓ 유지					
먹이	로티퍼	2회/일, 8~10개체/m ³ 이상 유지, 37일령까지 공급					
	알테미아	2회, 3~5개체/m ³ 영양강화, 2회, 3~5개체/m ³					
	배합사료	5~8회/1일, 200~1,000μm					
질병예방	· 바닥청소 후 항생제(30~50ppm)와 포르말린(50~100ppm) 처리						
기타사항	· 붉은곰팡이 발생 등 수조 바닥상태를 고려하여 첫 바닥청소 시기 조정						

종 보존 관리

모든 생물은 성장 및 번식을 위한 적정 수온 범위를 가지고 있는데 민어의 성장에 필요한 적정 수온범위는 15~25°C이고 겨울철 10°C이하에서는 먹이섭이 활동 저하 및 성장이 멈춘다. 그래서 하절기에는 냉각기를 활용하여 25°C, 동절기에는 13~15°C 내외에서 먹이공급은 자연산을 수집하였기 때문에 갯지렁이 및 크릴 등을 공급하여 환경적응을 유도하였고 이후 EP배합사료에 영양제를 첨가하여 공급하였으며 배합사료를 먹는 것이 입식 이후 1달 지난 시점부터 관찰 되었다.

입식 및 수조 이동시에는 항생제 옥씨테트라싸이클린 100ppm 농도에서 상처 등을 회복하고자 약욕을 진행하였다.

최종 순치 관리된 민어는 70마리로 전장 25~75cm이었고, 종 보존연구동에서 관리중이다(그림 13). 어미후보종을 지속적으로 수집하여 종 다양성을 확보하고, 앞으로 원하는 시기에 건강한 종자를 생산할 수 있도록 적응 관리하였다.

또한 '20년도 생산한 민어 종자를 육성하였다. 민어 종자는 9월 수정란 확보하여 12월 기준 약 100일령이며 1만 마리로 전장 6cm 이상이였다. 9월경 수온은 23°C

를 유지하였고 12월경 14°C(자연수온 5°C)로 관리하였다. 바닥 찌꺼기 제거는 환수 및 사이펀을 통하여 적정 환경관리를 하였고 이때는 암모니아 제거 수질개선제를 활용하여 일시적인 수질악화 등을 방지하였다(그림 14).



그림 13. 종보존 연구동 내부 전경



그림 14. 종자생산 수조 환경관리(바닥찌꺼기 제거)

향후 계획

2020년도 연구에서는 민어 종 확보 및 종자생산 연구를 함으로써 민어 자원 조성 기반을 마련하고자 하였다. 자연산 어미를 지속적으로 가입, 순치하면서 수정란 생산의 발판을 마련하고 '20년도 종자생산 개체는 양식산 1세대로서 육성하여 향후 종자생산용 어미로 활용하고자 한다.

본 연구소가 위치해 있는 신안 지도는 민어의 주산지이며, 지역을 대표하는 특산어종이다. 우리 연구소에서 특산어종을 종 보존 관리하면서 향후 도내 자원 조성을 지속적으로 추진 하고자 한다.

수산종자방류 지침에 방류 시기는 10~12월, 4~6월로 되어있지만 수정란 확보가 10월 이후가 된다면 저수온 등의 영향으로 12월 방류하기에는 적합하지 않을 수도 있다. (방류크기 전장 6cm 이상) 최소한 9월에는 수정란을 확보하여야 연내 안정적인 자원조성이 가능하리라 생각된다.

자원조성 시기는 수정란 확보시기가 큰 관건으로 자연에서 수정란 확보하는 방법 보다는 양식산 어미를 활용한 인위적 산란유도를 추진할 계획이다.

참고문헌

- 이충렬, 박미혜, 1992. 한국산(韓國産) 민어과(科)(농어목(目)) 어류(魚類)의 분류학적(分類學的) 재검토(再檢詞). 한국어류학회 4(1), 29-53
- 이승환, 정상덕, 김영혜, 유준택, 2017a. 한국 서남해 민어 (*Miichthys miiuy*) 의 연령과 성장. 한국어류학회 29(1), 69-74.
- 이승환, 정상덕, 김영혜, 유준택, 2017b. 한국 서남해 민어 (*Miichthys miiuy*) 의 성숙과 산란. 한국어류학회 29(2), 109-116.
- 윤호섭, 최상덕, 서대철, 2006. 서해안 민어, *Miichthys miiuy*의 산란 특성과 부화에 미치는 염분의 영향. 한국환경생물학회 24(1), 53-59.
- 박인석, 김영자, 구인본, 김동수, 2012. 민어, *Miichthys miiuy*의 초기 형태 발달: 지느러미 분화, 두부 계측 및 비늘 도포. 한국어류학회, 24(2), 125-130.
- 박인석, 조성환, 송영채, 김재수, 조효제, 노충환, 최희정, 살동원, 임수연, 박민욱, 허우준, 2007. 민어, *Miichthys miiuy* (Basilewsky) 의 성장과 연관된 생식소 발달. 한국어류학회, 19(2), 107-111.
- 한경호, 2002. 민어 (*Miichthys miiuy*)의 난발생과정 및 자치어 발육단계에 따른 형태 발달. 한국어류학회, 14(2), 2-98.

고소득 품종 자원회복 기술개발

- 신품종 병어 기술개발 위한 후보 종 확보 -

송지훈, 한미강, 김윤설, 정선경, 심철홍, 김종기
전라남도 해양수산과학원 서부지부 자원조성연구소

연구의 배경 및 목적

병어(*Pampus argenteus*)는 농어목 병어과에 속하는 어종으로서 우리나라 서·남해 연안 및 동중국해역에 주로 분포하며, 수심 40~130m의 난류 영향을 받는 곳에 서식하는 외양성 저서어류로 예로부터 우리 국민의 식탁에 친숙한 주요 어종 중 하나이다.

병어 자원은 횡감으로 미식가들에게 크게 각광을 받아 소비가 날로 증가되고 있으며, 이들의 수요를 충족시키기 위한 어획량 증가로 자원이 날로 고갈되고 있어 자원량 증대가 필요한 양식 대상 종으로 주목을 받게 되었다. 병어의 주 어장인 동중국해에서 조업이 가능했던 1980년에는 14,169톤을 생산하였으나 2003년에 한·중 어업협정 체결로 조업수역이 축소되어 7,496톤으로 감소되었고 지속적인 감소추세를 보이다가 2017년부터 조금씩 증가하고 있다(표 1). 한편 1996년 중국으로부터 29톤이 수입된 이래 수요 증가 및 유통기술의 발달로 수입량이 급격히 증가하여 2003년 1,409톤이 수입되었으나 2004년 이후 10톤 미만으로 감소하였다.

국내 병어류의 연구는 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구로서 병어류의 형태에 관한 연구(김과 한, 1989), 성숙과 산란(이와 진, 1989), 덕대의 식성(허, 1989), 병어 분포와 어황(조 등, 1989), 덕대의 자원 해석과 관리(김 등, 1989), 덕대와 병어의 성 성숙에 관한 연구(진, 1990)와 한국근해산 병어의 자원생물학적 연구(김, 1991) 등이 보고되었다. 2004년 목포지방해양수산청에서는 인공채란을 통해 소량의 수정란을 확보하여 발생 과정까지 시험적으로 연구한 바 있으나 종자 생산 기술에는 미치지 못하였으며, 건간망을 이용해 어린 치어를 포획하고 육상

수조에서 순치 및 실내사육을 연구하였다(배, 2009). 이후 2005년부터 2008년까지 국립수산물과학원에서 병어의 양식생물학적 기초연구 및 인공종묘생산 기술 개발에 그 목적을 두고 기초 생리·생태 조사, 유전학적 분석, 병어 뇌에서 GnRH의 발현 양상 조사, 병어 자연산 친어 채포 및 실내 사육기술, 자연산란 유도, 인공채란에 의한 종묘생산 등에 관한 일련의 연구를 수행함으로써 병어의 생태학적 특성의 이해와 새로운 양식대상 가능성이 확인되었다.

전 세계적으로 수산물 어획이 매년 감소하고 있음에도 불구하고 양식수산물은 국내·외적으로 먹거리 뿐만 아니라 건강식품, 기능성 식품으로 소비패턴이 다양화 되면서 소비량은 급속한 증가세를 보이고 있다. 그러나 최근 국내 어류양식 산업은 내적으로는 양식 수산물의 과잉생산과 외적으로 WTO 시대의 무역자유화에 따른 수입 수산물의 양적인 증가와 더불어 수입 수산물과 국내 생산물과의 질적인 차별화가 구분되지 않은 상황에서 상대적으로 경쟁력이 뒤떨어지는 국내 어류양식 어가로는 이중삼중의 어려움에 직면해 있다.

소득수준이 향상되면서 자연스럽게 고급 단백질에 대한 수요가 높아지고, 안전한 우리 먹거리를 찾고 있으므로, 국민 선호도가 높고 경제성이 있는 병어에 대한 수요도 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 2005~2008년 연구 이후 실용화 되어 있지 않은 병어의 인공종자생산 기술 개발을 통해 자원량 확대 및 어업인 소득증대에 기여하고자 한다.

표 1. 최근 6년간 병어 생산현황

구 분		2014	2015	2016	2017	2018	2019	평균 (최근 3년)
생산량 (톤)	전국	3,421	3,314	4,748	5,909	8,268	8,678	7,618
	전남	1,578	1,620	1,859	2,655	4,489	4,540	3,895
생산액 (억원)	전국	559	586	693	794	886	964	881
	전남	305	344	347	457	491	556	501

※ 해양수산부 수산정보포털(<https://www.fips.go.kr>)

재료 및 실험 방법

자연산 어미 수정란 채란

우리나라 서해남부 해역에서의 병어 어장은 5~7월 신안군 임자도, 증도, 영광군 낙월도 등을 중심으로 형성된다. 병어의 채포는 산란하기 위하여 연안으로 들어오므로 그 시기를 정확하게 예측하는 일이 중요하다. 따라서 채포 장소와 시기는 해황 자료를 토대로 어업인의 경험을 청취하여 결정하였으며, 위판장 조사, 병어잡이 어선 등에서 어획량, 포란 상태, 난의 속도 등에 관한 사전 조사를 실시하였다.

채란용 친어는 산란시기를 고려하여 6월 15일부터 9월 7일까지 전남 신안군 임자면 인근 해역에서 유자망, 소형 안강망 등으로 어획한 것으로(그림 1), 어획 즉시 복부압박법으로 채란하였으며, 건식법으로 인공수정 하였다. 수정된 알은 자연해수로 4회 세란하였으며, 부상란만을 수거하여 20L 비닐봉지에 담아 아이스박스에 포장해 신속하게 연구소로 운반하였다.

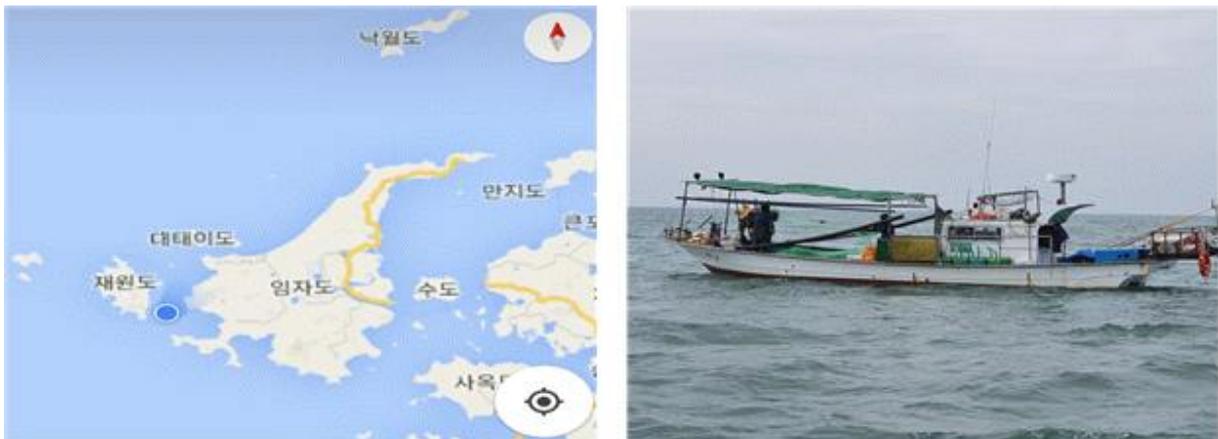


그림 1. 조업지역 및 유자망 어선

난 발생 및 자·치어 관리

운반한 수정란은 연구 2동 15톤($\phi 5.0\text{m} \times H1.0\text{m}$) 수조에 수용하였으며, 난에 충격이 가지 않게 산소를 공급하였다. 수정란과 자어의 형태변화는 광학현미경과 입체현미경을 이용하여 관찰하였다. 수조 내 환경관리 및 로티퍼 먹이공급을 위해

해수산 클로렐라(*Chlorella* sp.)를 공급하여 수색을 맞췄으며, 로티퍼(Rotifer)는 수정란 입식 수조 내 개체수 10~15개체/ml가 유지되도록 하였다(그림 2).



그림 2. 해수산 클로렐라 및 로티퍼

자연산 치어 샘플링

치어는 9월 7일 영광해역에서 유자망 어선으로 병어과 어류 2종을 수집 하였다. 확보된 치어로 종을 분류하고 산란시기를 추정하였다(그림 3).



그림 3. 수집된 병어과 치어

결과 및 고찰

자연산 어미 수정란 채란

자연산 어미를 통한 수정란 채란은 선박을 활용하여 총 10회 실시하여 약 100cc를 확보하였다. 1차(6월 15일) 신안군 임자해역 사전현장조사시 수온은 22°C이었으며 어획지역의 수심은 20m 내외였다. 어획된 어미종이 수컷이 많이 잡혔으며 암컷은 미성숙 개체도 많이 관찰되었고 일부 산란이 완료된 개체도 관찰되었다. 암컷 배를 압박해서 채란하다 보니 수정란의 형태가 찌그러져 있는 난들이 많이 보였으며, 백탁이 있어 발생이 이루어지지 않고 수면 위에 떠있는 난들도 다량 확인되었다. 수정율은 10%, 부화율은 5%이었으며 배양관리 중 전량 폐사하였다.

병어는 측편형 어류로 생식소는 일반 경골어류와는 달리 복강 배후부의 척추골을 따라 만곡되어 장의 일부를 둘러싸며 위치하고 있다. 그리고 암·수 모두 생식소는 좌우비상칭이며, 난소는 낭상형, 정소는 엽상형이다. 이들 생식소의 육안적 구별은 미성숙 개체일 때는 암·수 모두 백색을 띠고 있어 어려우나 성숙되면서 암컷은 황색, 수컷은 유백색을 띠어 식별이 용이하다. 또한, 생식세포 월별 변화는 수온이 낮아지기 시작하는 9월부터 생식소 내 난원세포가 난모세포로 발달하기 시작하여 1차 성장기를 나타내고, 10~12월에 2차 성장기를 보내고 다음해 4월에 난소는 본격적으로 성숙을 시작하여, 5월에 최종 성숙, 배란 및 산란 단계를 나타낸 이후 6월까지 왕성한 산란 시기에 머물러 있었으며, 7월에 이르러 산란 후 잔존 난모세포를 퇴화, 흡수시키고 8월에 이르러 휴지기에 접어든다고 하였다(국립수산과학원, 2008).

본 연구기간동안 평년보다 강수일수가 많아 조업일정에 한계가 있어서 10회 조사에 그쳤지만 향후 자연산 어미 수정란 채란을 위해서는 5월 말부터 2~3개팀을 구성하여 산란시기에 집중적으로 현장조사를 추진하여야 난질이 좋은 수정란을 확보할 것으로 판단된다.



그림 4. 자연산 어미 수정란 채란(소형 안강망)



그림 5. 자연산 어미 수정란 채란(유자망)

난 발생 및 자·치어 관리

병어 수정란의 수정과 부화율은 어미의 상태 및 난질의 상태에 따라 많은 차이를 보이는데, 기존 연구자료에서는 건식법에 의한 수정률은 10.0~71.4%, 등조법에 의한 수정률은 32.4~69.7%를 보였다(정 등, 2008). 본 연구에서는 일반 현장에서 사용하는 건식법을 사용하였다(그림 6).

자연산 수정란 채란 및 난 발생이 시간적으로 바다 현장에서 이루어졌기 때문에 단계별 사진은 찍을 수 없었다. 수조 내 부화관리 환경조건은 바다환경과 같은 수온 22~23.5℃, 염분 32.1~32.3psu, DO 8.1~14.6mg/L, pH 7.1~8.1의 범위였다. 병어 수정란의 난 발생 과정을 관찰한 결과 수정란은 원형으로 크기는 약 2mm 내외, 1개의 유구를 가지고 있었으며, 수정 후 2시간 30분에 4세포 형성, 수정 후 5시간 30분 상실기, 수정 후 약 15시간 이후 배체형성, 수정 후 약 25시간 이후 기관형성기(배체전반부에 흑색소포 출현)를 나타내었고, 이후 40~50시간 지나서 부화하였다(그림 7). 기존 문헌자료의 경우 수온 20℃, 염분 35psu 조건에서는 수정 후 2시간 15분 만에 4세포기, 수정 후 3시간 30분 만에 16세포기, 수정 후 6시간 40분 후에 상실기, 이후 난황의 한쪽 끝에서 조금씩 함몰되어 배순이 자라 오르면서 수정 후 15시간 25분에는 배체가 형성, 수정 후 42시간 10분 만에 배체가 꼬리지느러미를 활발히 움직이면서 첫 부화가 시작되어 본 연구와 큰 차이를 보이지 않았다(그림 7, 그림 8).



그림 6. 수정란 채란 및 입식

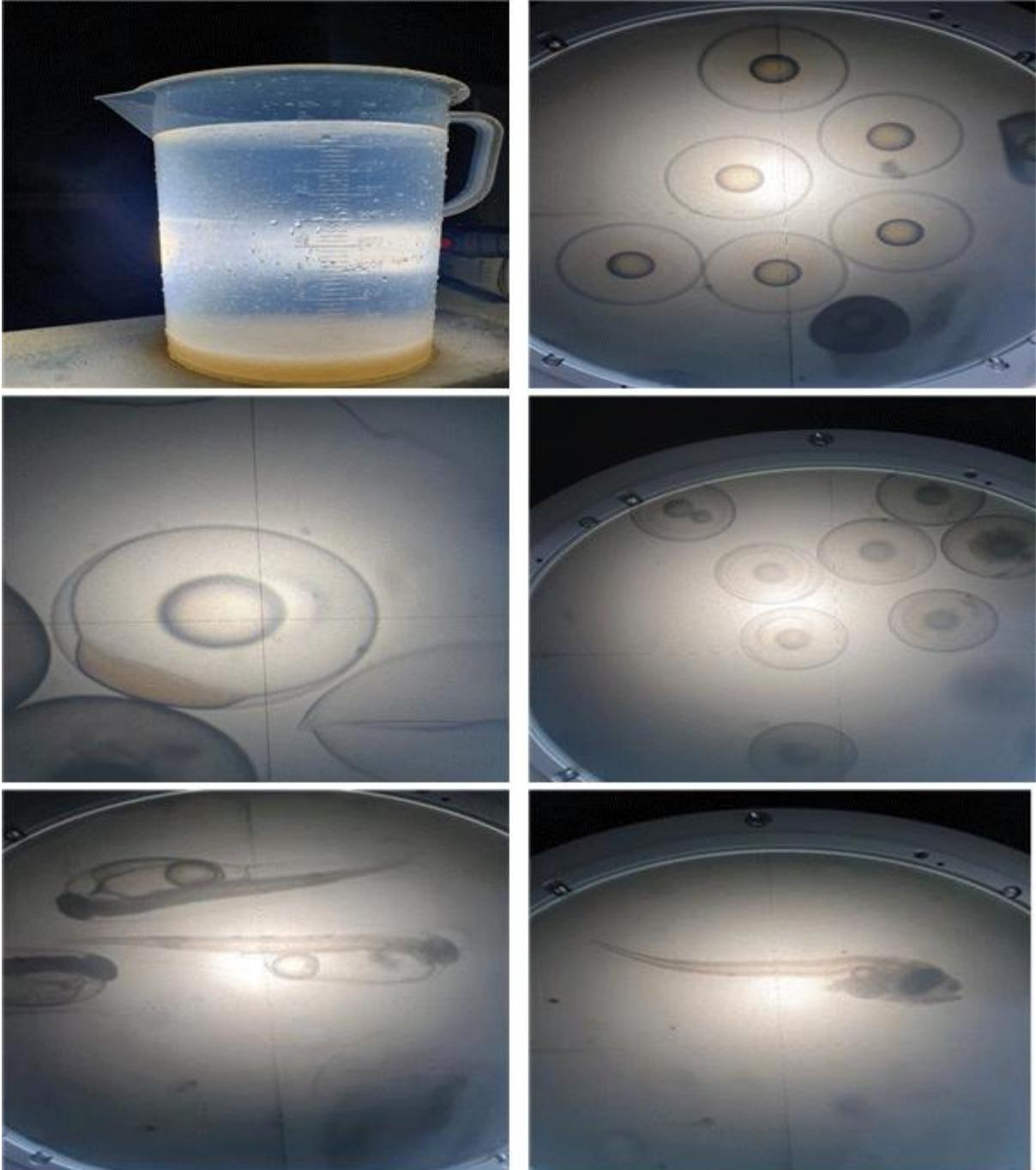
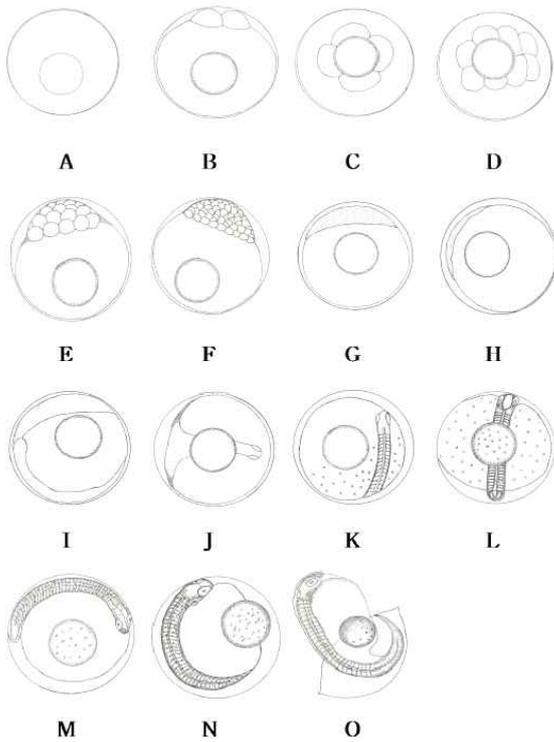
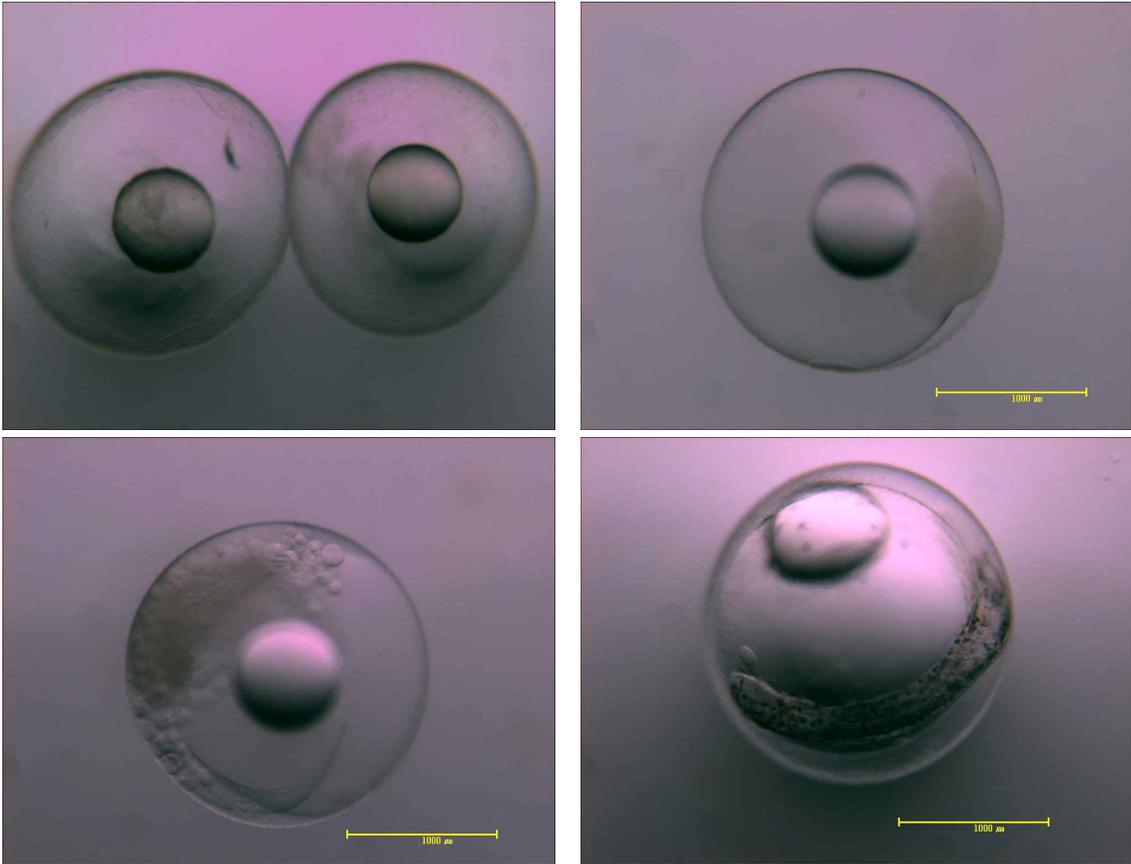


그림 7. 병어 수정란 부화 과정



- A: 수정란, 수정 후 10분
- B: 2세포기, 수정 후 1시간 35분
- C: 4세포기, 수정 후 2시간 15분
- D: 8세포기, 수정 후 2시간 50분
- E: 16세포기, 수정 후 3시간 30분
- F: 64세포기, 수정 후 4시간 50분
- G: 상질기, 수정 후 6시간 40분
- H: 낭배기, 수정 후 12시간 57분
- I: 배체형성, 수정 후 15시간 25분
- J: 안포형성, 수정 후 17시간 12분
- K: kupffer's vesicle 형성, 수정 후 20시간 18분
- L: 이포형성, 수정 후 24시간 14분
- M: lens형성, 수정 후 35시간 25분
- N: 흑색소포 출현, 수정 후 39시간 40분
- O: 부화시작, 수정 후 42시간 10분

그림 8. 자연산 병어 난 발생 과정(배, 2009)

자연산 치어 샘플링

9월 7일 전남 영광군 유자망 어장에서 병어과인 병어와 덕대 치어가 2종류가 수집되었다(표 2). 수집된 치어는 형태학적(파상물결무늬, 꼬리지느러미)으로 구분한 후 계측 조사하였다. 꼬리지느러미는 병어는 위 아래 길이가 같고 덕대는 아래 쪽이 길고 파상물결무늬(눈 뒤쪽 물결모양) 병어는 넓게 분포, 덕대는 일렬로 좁다(그림 9, 그림 10). 병어는 총 124마리로 평균 전장 11.3cm 중량 22g로 조사되었다. 덕대는 총 65마리로 평균 전장 9.85cm, 중량 16.3g 이었다.

병어는 만 1년산(만 1년산 전장 12.1cm~15cm), 주 산란시기가 5~7월로 추정되며 이에 비해 덕대는 주 산란시기가 병어에 비해 1~2달 늦기 때문에 만 1년산을 같은 시기에 비교 했을 때 덕대 치어는 병어 치어보다는 작다.

자연산 치어 채포한 기간의 수질환경은 수온 25℃ 내외 이었으며, 그물에 손상된 개체는 어획되자마자 폐사하였다. 치어나 어미후보종을 확보하기 위해서는 조석간만의 차를 이용하여 건간망등을 활용한 치어수집 방법이 필요하다. 건간망은 수집 어종이 물과 함께 되어 어체의 손상을 최소화 할 수 있는 방법이다. 하지만 물 때 및 시기에 따라 잡히는 어종이 다르기 때문에 채포하는 시점 결정이 어려운점이 있다.



그림 9. 수집된 병어 치어(좌 병어, 우 덕대)



그림 10. 병어와 덕대의 차이점(좌 병어, 우 덕대)

표 2. 병어와 덕대 치어 측정자료

어 종	수집일	평균전장 (cm)	평균체고 (cm)	평균중량 (g)
병 어	'20.9.7.	11.13	5.32	22.07
덕 대	'20.9.7.	9.85	4.70	16.37

향후 계획

2020년에는 서해안 신안지역의 특산어종인 병어의 종자생산 연구를 진행하였다. 병어는 지역을 대표하는 어종으로 종자생산 연구는 '08년도 연구를 통하여 과거 선행되었으나 그 이후로 추가연구 또는 자원조성 및 양식으로 이어지지 않았다.

병어는 단기적으로는 종자생산기술을 확보하여 종자생산체계를 구축하여 새로운 품종을 개발하고, 장기적으로 자원조성을 하고자 한다. 친어 종 확보를 위해서 건간망을 활용하여 수집을 하고 순치방법을 기존과 다른 방법을 강구하여 생존율 향상을 통해 종 보존을 실현하고자 한다. 또한 자연산 어미로부터 수정란을 확보를 하여 양식산 종자를 생산 육성하고자 한다.

최근 경상남도 수산자원연구소에서 병어 어미확보 및 순치 연구를 추진하고 있다. 각 지자체 연구소와의 자료공유 및 업무협의를 통해 종자생산 기술 등을 공유하면 안정적인 인공종자생산 및 양식 기술 개발이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국립수산과학원, 2008. 병어 인공종묘생산 기술개발, 220pp.
- 김용문, 강용주, 강병하, 이동우, 이주희, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 6. 덕대의 자원해석과 관리. 한수지, 22(5), 306-316.
- 김용문, 1991. 한국근해산 병어의 자원생물학적 연구. 부경대학교 석사학위논문, 60pp.
- 김용익, 한경호, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 1. 병어류의 형태에 관한 연구. 한수지, 22(5), 241-265.
- 배주승, 2009. 병어 *Pampus argenteus*의 번식생태 및 자치어 생산. 군산대학교 대학원 박사학위논문, 131 pp.
- 수산정보포탈(<http://www.fips.go.kr>)
- 이택열, 진종주, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 2. 성숙과 산란. 한수지, 22(5), 266-280.
- 정의영, 배주승, 강희웅, 이황복, 이기영, 2008. 한국 서해산 병어, *Pampus argenteus*의 번식생태. 발생과 생식, 12(2), 169-181.
- 조규대, 김정창, 최용규, 1989. 한국근해 병어류의 자원생물학적 연구 5. 분포와 어황. 1989. 한수지, 22(5), 294-305.
- 진종주, 1990. 덕대, *Pampus echinogaster*와 병어, *Pampus argenteus*의 성성숙에 관한 연구. 부산수산대학 대학원 석사학위 논문, 40pp.
- 허성희, 1989. 한국 근해 병어류의 자원 생물학적 연구 4. 덕대(*Pampus echinogaster*)의 식성. 한수지, 22(5), 291-293.