

# 경제성 있는 참조기 양성기간 단축연구

- 참조기 조기(早期) 수정란 생산과 전용배합사료 개발 기초개발 연구 -

황남용, 정병석, 박충열, 김익희, 박영남  
전라남도 해양수산과학원 서부지부 영광지원

## 연구의 배경 및 목적

국내 해산어 양식은 1990년대 들어서 넙치와 조피볼락 중심으로 활발한 양식이 이루어졌으며, 전체 어류 양식량의 75%(85천톤 중 넙치43천톤, 조피볼락 20천톤)로 가장 많은 비중을 차지하고 있다(FAO, 2019.). 그러나 최근 온난화에 따른 기후변화와 연안 환경오염 증가 등으로 양식수산물의 생산력과 가격 경쟁력이 낮아지고 있어 전략적인 고부가가치 신품종 양식 개발이 시급한 시점이다.

참조기(*Larimichthys polyactis*)는 조기강(Actinopterygii), 농어목 (Perciformes), 민어과(Sciaenidae)에 속하는 어종으로(Bleeker, 1877 ; 이 등, 1992) 우리나라 서해안의 지역특산 품종이며 맛과 육질이 우수하고 기호도가 매우 높아 타 어종과의 차별화 및 경쟁력이 높은 고부가가치 어종으로 손꼽히고 있다. 특히 영광굴비로 유명한 전라남도 영광지역은 참조기를 이용한 특산 가공품으로 500여개의 업체가 한해 4천여억 원의 소득을 벌여 지역 경제 발전에 이바지하고 있다.

그러나 최근 국내 참조기 어획량은 기후변화와 남획 심화로 인해 어획량 감소(그림 1.), 소형화가 급격하기 이루어지 있는 실정이며(그림 2.), 이로 인한 굴비원료 부족, 품질 저하 및 구매가격 상승은 소비자 구매에 있어서 가격과 품질 불만족으로 이어져 굴비산업의 위기를 초래하고 있다.

이에 우리과학원에서는 ‘국민의 밥상에서 굴비가 사라질 수 있다’라는 우려가 우선시 되는 현 시점에서 해황에 따라 달라지는 자연산 의존도가 높은 참조기 산업의 안정화와 굴비산업의 재도약을 위해 2000년대 중반부터 양식기술 개발을 진행하고 있다. 현재 참조기양식은 육상수조식, 해상가두리, 축제식 등의 다양한 양식이 이루어지고 있으며 전남도에서는 약 20여개의 업체가 시범양성하고 있으

며, 2017년부터는 양식 참조기가 수협에 위판 되는 성과가 나타나고 있다(해양수산과학원, 2019.). 그러나 아직까지 참조기 양식은 산업 초기단계이며, 자연산 어획량과 가격 변동에 따라 양식산 단가가 좌우되고 있어 앞으로 참조기 양식 산업의 정착을 위해서는 고부가가치와 경쟁력 향상을 위한 양식기술의 고도화 기술개발이 필요로 하고 있다.

본 연구는 참조기 조기(早期) 수정란 생산 기술개발을 통해 자연에서는 5월 산란하는 참조기를 환경관리(광주기, 수온, 영양관리 등)를 통해 3개월 이상 앞당겨 2월에 산란 유도하여 수정란을 확보 하는 것이 목적이다. 3개월 빠른 종자생산을 통해 양성기간은 3개월 연장되어 당해 연도 100g 이상의 상품이 생산 가능해질 것이며, 양식어가는 월동을 하지 않아 유류비 절감, 단기간 생산으로 인건비, 사료비 절감으로 양식경영에 있어서 큰 이점을 가질 수 있을 것으로 기대되고 있다. 또한 기존 고가의 넙치사료에 의존하고 있는 사료공급체계에서 벗어나 저비용·고효율의 참조기 전용배합사료 개발하여 양식 경쟁력을 제고 할 수 있는 연구도 병행하여 진행하고 있다.

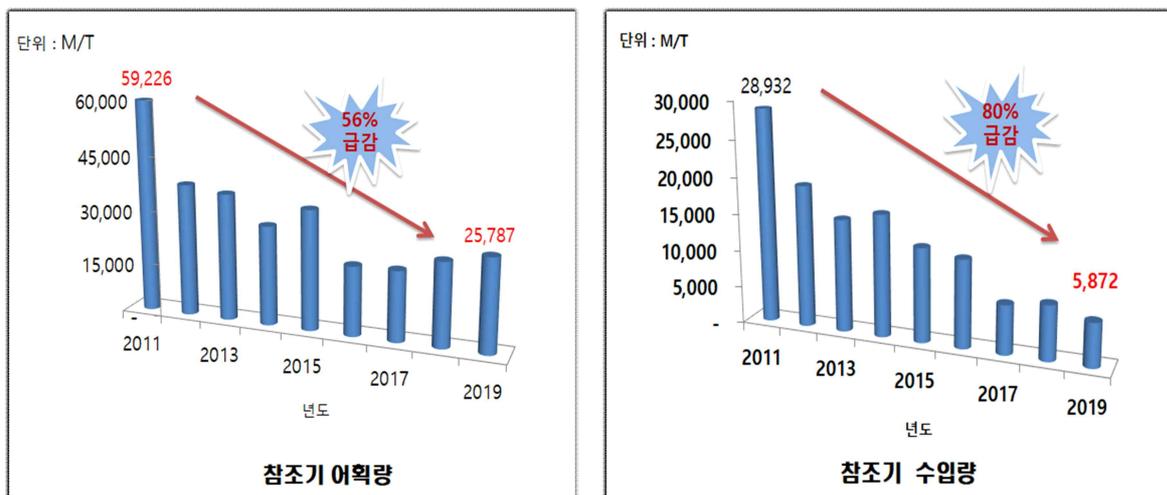


그림 1. 국내 참조기 어획량 및 수입량 현황(자료출처 : 수산정보포털)

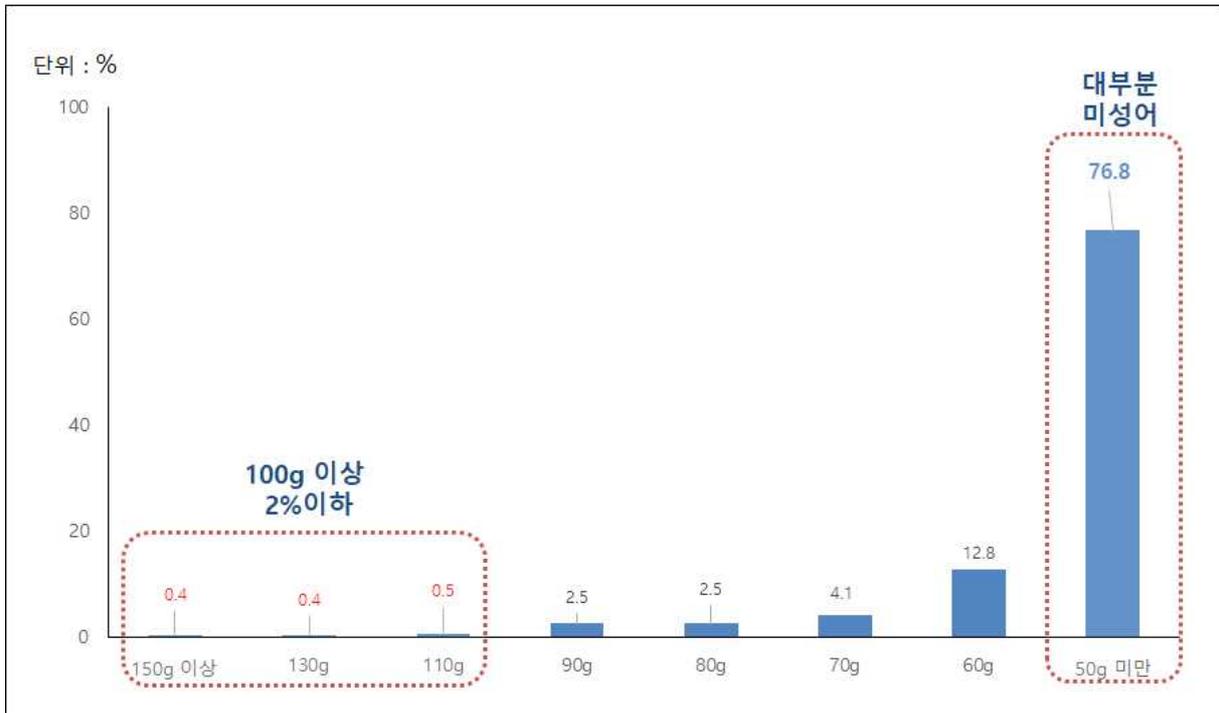


그림 2. 2019년도 영광군 위판 참조기 개체 크기 분석(자료출처 : 영광수협)

## 재료 및 실험 방법

### 참조기 조기(早期) 수정란 생산

참조기 우량 수정란 조기(早期) 생산 확보를 위해 「참조기 성 성숙 전문가 간담회」를 개최하였으며 성 성숙 관련 논문과 자료를 수집하였고 전문가 자문을 걸쳐 참조기 조기(早期) 산란 프로그램 제작하였다(표 1, 그림 3). 체계적인 어미 관리를 통한 광주기, 수온 영양관리를 프로그램의 주요소로 설정하였고 기존 5~6월 자연산란 체계에서 2월에 산란될 수 있도록 목표 설정하여 수조환경관리를 진행하였다. 참조기 어미 6,500마리를 각각 콘크리트 원형수조( $\varnothing 6\text{m} \times 2\text{m}$ )에 입식하였고 본격적인 성숙이 진행되는 12월 ~ 이듬해 2월까지 광주기를 장일처리 하였으며, 수온도 14°C에서 18°C까지 순차적으로 상승시켰다. 영양관리를 위해 10월부터 생새우, 배합사료를 혼합하여 공급했고 먹이 공급량은 사육수온, 어체 크기, 사육환경 및 사료 종류에 따라서 다르나 생사료를 공급할 경우 어체 중의 1~3% 기준으로 1일 1~2회 공급했다. 12월부터는 우수 난질 형성을 위한 생새우, 굴을 추가 공급해 주었다.

포란된 어미를 대상으로 LHRH-a 호르몬(sigma, USA)을 0.1mg/kg/마리로 주사한 후 48시간 안에 산란을 시작했다. 참조기 산란은 약 4~5일간 이뤄지며, 보통 새벽 4~6시 사이에 산란하는 것이 대부분이나, 일부 아침과 오후에도 산란하는 것을 관찰할 수 있다. 사란한 부상란은 표층의 물과 함께 배출시켜 미리 준비한 수정란 채집망을 이용하여 배출된 수정란을 수집했다. 수집한 수정란은 세란 시킨 후 비커에 넣어 부상란만 선별하여 계수하였다. 이 부상란은 소형 수조에 수용 후 12시간 동안 부화 직전까지 모아 두었다가 다시 세란 한 후 비커에 넣어 가라앉은 사란을 제거한 후 수조에 입식했다. 이는 수질 오염 억제 효과와 수정란 수용량을 정확히 파악할 수 있었다. 생산된 수정란은 영광군 위탁사업, 자체활용에 일부 활용되었으며, 남은 수정란은 도내 종자생산 시범어가에 분양하였다.

표 1. 참조기 어미 광주기 관리

월	자연			인위		
	일출	일몰	광주기(L:D)	점등	소등	광주기(L:D)
'19. 10	6:30	18:20	11:50 : 12:10	7:30	18:00	10:30 : 13:30
11	6:55	17:40	10:50 : 13:10	7:00	18:30	11:30 : 12:30
12	7:20	17:20	10:00 : 14:00	6:30	19:00	12:30 : 11:30
'20. 1	7:40	17:30	09:50 : 14:10	6:30	20:30	14:00 : 10:00
2	7:30	18:00	10:30 : 13:30	6:30	21:00	14:30 : 09:30

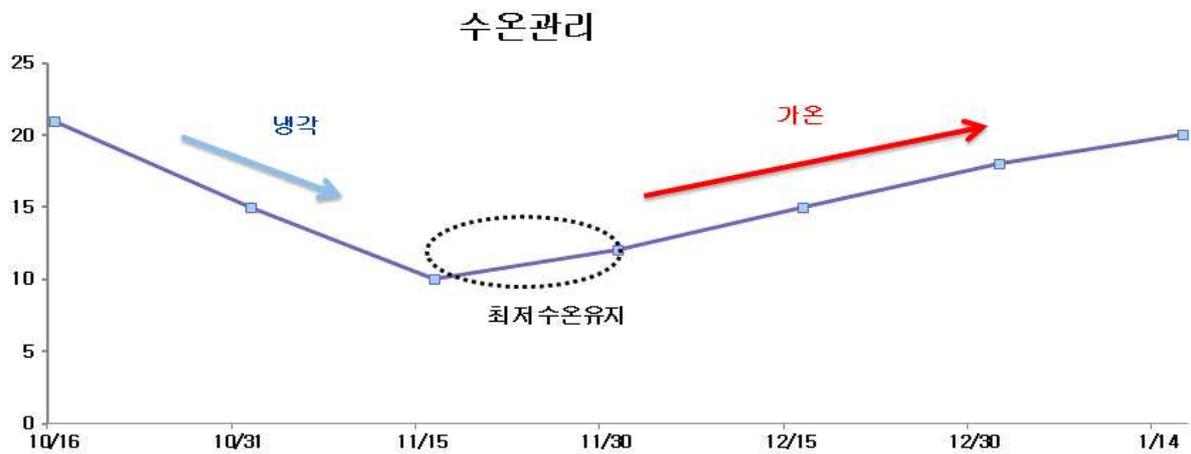
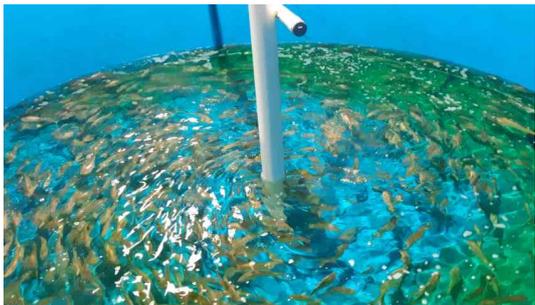


그림 3. 참조기 어미 수온 관리



참조기 어미 산란 유도



어미 성숙도 조사



어미 산란유도를 위한 호르몬 처리



참조기 수정란 생산

그림 4. 참조기 조기(早期) 수정란 생산과정

## 참조기 전용배합사료 개발을 위한 치어 영양요구량 요구 구명

실험어는 우리원에서 자체 생산한 참조기 치어를 활용하였고 원형 30톤 수조에 서 실험환경에 적응할 수 있도록 1주간 예비사육 하였다. 예비사육 후 6.1g 인 참조기 치어를 2톤 원형 PP수조에 각각 실험구당 100마리씩 무작위로 3반복 배치하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량 4.2L/min(환수율 300%/day)으로 조절하였으며, 총 사육실험 기간은 8주간 실시하였다. 본 실험에 사용된 실험사료는 국립수산과학원 사료연구센터에서 제작한 실험 부상사료의 단백질 함량은 45, 50%, 지질 함량은 8, 12%로 총 4개의 실험구에 3반복을 실시하였다. 사료공급은 1일 2회 공급하였으며 용존산소는 10mg/L이내를 유지시켰다.

실험종료 후 성장도 측정을 위하여 24시간 절식시켰고, 실험구별로 나누어 전체 무게를 측정하였다. 증체율(WG), 일간성장율(SGR), 단백질전환효율(PER) 사료효율(FE), 생존율(Survival), 비만도(CF) 등을 각각 측정하였다. 일반성분과 혈액분석은 국립수산과학원에 의뢰하였고 전처리로 일반성분은 각 수조별로 10마리씩 무작위 추출하여 분쇄한 전어체 시료를 확보하였고 혈액성분은 각 실험구당 10마리씩 무작위 추출하여 미부정맥에서 채혈 한 후 항응고제가 처리되지 않는 원심분리기에 넣고 3,000rpm에서 10분간 원심 분리하여 냉동보관 하였다.

모든 자료의 통계처리는 J.M.P program version 9.1.3 statistical software(SAS Institute, 2004)로 One-way ANOVA test를 실시한 후, 최소유의차 검정(LSD: Least Significant Difference)으로 평균 간의 유의성( $P < 0.05$ )을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 참조기 조기(早期) 수정란 생산

국내 참조기 성 성숙 관련 연구는 자연산 어미로부터 소량의 인공 수정란 생산 후 배발생 실험(명 등, 2004)이나 생식주기 파악 실험(강 등, 2006)은 진행되었으나 양식산 어미 대상이나 상업적 목적으로 산란주기를 인위적 환경을 통해 조절할 수 연구는 전무하다. 본 연구는 상업적 가치와 참조기양식의 경쟁력 제고를 위하여 당년 생산을 위한 조기(早期) 수정란 확보에 중점을 두고 이루어졌다.

참조기 어미는 1월부터 본격적으로 복부가 팽창하는 것을 관찰할 수 있었으며 암컷 생식소 평균 성숙지수가 11 ~ 12인 2월 17일 어체 복강에 황체형성호르몬(LHRH)을 0.1mg/kg/fish로 주사하였다. 호르몬 주사 후 48시간 안에 산란을 시작하였고 산란은 약 4~5일간 이루어졌다. 산란한 부상란은 표층의 물과 함께 배출시켜 미리 준비한 수정란 채집망을 이용하여 배출된 수정란을 수집했다. 수집한 수정란은 세란 시킨 후 비커에 넣어 부상란만 선별하여 계수하였다. 이 부상란은 소형 수조에 수용 후 12시간 동안 부화 직전까지 모아 두었다가 다시 세란 한 후 비커에 넣어 가라앉은 사란을 제거한 후 최종 수정란 양을 계수하였다. 자연 상태에서는 5~6월 산란이 이루어지지만 본 산란유도 프로그램을 통해 2019년에는 3월 14일, 2020년에는 2월 19일에 수정란을 얻을 수 있어 전년 대비 25일이 앞선 조기(早期) 수정란 생산을 확보할 수 있었다. 최종 수정란 양은 30,150cc로 자체 종자 생산을 위해 3,000cc를 활용하였고 27,150cc는 참조기 양식산업 활성화를 위하여 영광군 위탁사업 관련 4어가와 도내 종자생산 시범어가 육성을 위해 5어가에 각각 분양 하였다.

## 참조기 전용배합사료 개발을 위한 치어 영양요구량 요구 구명

어류영양에 있어서 사료 내 단백질 함량은 사료값 좌우에 큰 영향을 미치고 지질 함량을 가능한 최대로 높일 수 있다면 에너지 이용성 향상, 단백질 절약효과 및 질소배출 감소 효과가 있다고 보고되고 있다(Cho and Kausik, 1990; Peres and Oliva-Teles, 1999). 2018년도 참조기 치어 단백질 영양 요구량 1차 실험결과 49.2%의 적정요구량이 구명된 바 있으며 본 연구는 참조기 치어의 지질 함량에 따른 단백질 함량 절감효과 등을 구명하기 위해 8주간의 사육실험을 실시하였고 그 결과는 표 2와 같다. 실험구는 사료 내 단백질 함량 : 지질 함량을 P : L로 각각 표시하여 구분하였다. P50:L12 실험구에서 가장 높은 증체율과 일간성장률이 나타났으나, P45:L8 실험구를 제외한 모든 실험구에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 사료효율에 있어서 P50:L12 실험구에서 가장 높은 값을 보였으나 P45:L12와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 비만도에 있어서는 실험구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 사료 내 단백질과 지질 함량에 변화의 영향은 없는 것으로 판단된다.

증체율, 일간성장률, 사료효율 등을 종합적으로 고려하였을 때 P50:L12 실험구에서 가장 높은 성장도를 보였으나 P45:L12 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않아 사료 경영비 및 효율성을 고려하였을 때 P45:L12가 적정하다고 판단되어진다. 본 연구를 통한 성장도에 있어서는 지질 함량 증가에 따라 단백질 함량을 낮추는 효과가 나타났으며, 향후 혈액학적 분석 및 성분분석을 통한 복합적 결과물을 토대로 적정 요구량을 구명할 예정이다.

**표 2. 참조기 치어 단백질-지질 요구량 사육실험 성장도**

Parameters	실험구				Pooled SEM
	P45:L8	P45:L12	P50:L8	P50:L12	
초기무게	6.1	6.1	6.1	6.1	0.01
최종무게	22.8b	24.7a	23.9ab	25.3a	0.35
증체율	373.4b	404.7a	391.0ab	413.0a	5.59
일간성장률	3.1b	3.3a	3.2ab	3.3a	0.03
비만도	1.0	0.9	0.9	1.0	0.01
사료효율	88.2c	99.6ab	91.0bc	102.6a	2.26
생존율	99ab	100a	97b	100a	0.60

각 그룹 값의 유의차는 위첨자 a, b, c, d로 나타냄(P<0.05).

<sup>1</sup>증체율 (%) = (최종무게 - 초기무게) × 100 / 초기무게

<sup>2</sup>비만도 = 최종무게 / 전장<sup>3</sup>

<sup>3</sup>일간성장률 = (log<sub>e</sub> 최종 무게 - log<sub>e</sub> 초기 무게) / 사육일

<sup>4</sup>사료효율(%) = (최종무게 - 초기무게) × 100 / (사료공급량 / 사육량)

<sup>5</sup>생존율(%) = 최종 생존량 / 입식량 × 100

<sup>6</sup> Pooled SEM(오차): Pooled Standard error of mean: SD/√n.

## 향후 계획

우리원에서는 참조기 양식 산업 정착과 고부가가치 상품 생산을 위하여 양식기술고도화와 시범어가 확대를 해나갈 예정이다. 조기(早期) 수정란 생산기술 강화를 통해 1월 수정란 생산을 목표로 하여 4월에는 종자분양이 이루어지고 당년 12월에는 120g 상품 생산을 통해 자연산에 1% 차지하는 대형어(120g 이상)를 생산하여 자연산과 차별화된 고부가가치 상품 생산 및 양식 활성화를 꾀할 것이다.

초기 연구 단계인 참조기 전용 배합사료 연구도 성장단계별 영양요구량 구명 연구와 더불어 배합사료 공급프로그램까지 매뉴얼화하여 고효율·저비용의 배합사료를 체계적으로 공급할 수 있게 기술개발에 박차를 가할 것이다.

또한 충분한 자연산 어미 확보와 유전자 다양성 연구를 통한 우수 종 보전을 통해 양질의 수정란과 종자를 보급하여 지속가능한 참조기 양식 산업이 될 수 있도록 노력해 나갈 것이며, 기존 양식기술의 데이터화 및 매뉴얼화를 통해 누구나 쉽게 참조기 양식에 도전할 수 있도록 정례화 할 것이며 연안 환경오염 대비와 친환경 양식연구의 일환으로 참조기 순환여과 시스템 기술개발도 시도 중에 있다. 이러한 과정들을 통해 우리 국민 누구나 값싸고 질 좋은 굴비를 맘껏 즐길 수 있는 참조기 양식 산업이 이루어지도록 노력해 나갈 예정이다.



## 반값굴비 통큰굴비

그림 5. 참조기 양식 산업 정착을 위한 향후 계획

## 참고문헌

- Bleeker, P., 1877. Versl, Akard. Amasterdam, Proc, Verb., (24)-1879.
- Cho, C. Y. and S. J. Kaushik, 1990. Nutritional energetcn in fish: energy and protein utilization in rainbow trout(*Samom gairdneri*) World Rev. Nutr. Diet., 61, 132-172.
- PARK, C, S, 1981. Maturity and spawning of yellow croaker, *Pseudosciana mancurica*, in the westerns of Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. Kor., 27, 93-101.
- Peres, H. and A. Oliva-Teles, 1999. Effect of dietary lipid level on growth performance and feed utilization by European sea bass juvenile(*Dicentrarchus labrax*), Aquaculture., 170, 325-334.
- FAO. 2019. Fishstat plus, universal software for fishery statistical time series. Food and Aquaculture Organization, United Nations, Rome. Electronic webpage.
- 강덕영, 조기채, 이진호, 강희용, 김효찬, 김규희, 2006. 자연산 암컷 참조기의 생식년 주기, 한국양식학회지, 19(3), 188-196)
- 명정구, 김용억, 박용주, 김병기, 김종만, 허형택, 2004. 실내수조에서 사육한 참조기 배발생 및 자치어의 형태, 한국수산학회지, 37(6), 478-484
- 이충열, 박미혜, 1992. 한국산 민어과 어류의 분류학적 재검사. 한국어류학회지. 4(1), 29-53.
- 전라남도 해양수산과학원, 2014. 알기 쉬운 참조기 양식 기술지 37(6), 478-484
- 전라남도 해양수산과학원, 2019. 경제성 있는 참조기 양성기간 단축연구 결과 보고서