

부세 양식기술 개발

박충열* · 황남용 · 정병석 · 김익희 · 박영남**

전라남도 해양수산과학원 서부지부 영광지원

연구배경 및 목적

부세(*Larimichthys crocea*)는 대표적인 황해 해산어종으로 농어목, 민어과에 속하며, 전 세계적으로 민어과 어류는 약 70속 270종이 분포하고 있다(이와 박, 1992). 우리나라 서·남부 등의 서부태평양 온대 해역, 동·남중국해 수심 120m 미만의 모래와 개펄 지역에 서식하고, 최대 75cm 까지 성장하며, 산란기는 4~5월 경이다. 같은 속의 참조기와 유사하게 생겨 측선의 비늘수와 척추뼈의 개수로 구분한다. 등은 회황색, 배는 황백색, 각 지느러미는 노란색을 띤다(한국어류대도감, 2005). 수조기라는 어류가 있지만 부산에서는 수조기를 부세라고 부르기도 하며 인천, 강화, 김포에서는 백조구라고 한다.

어획된 부세는 참조기와 함께 대부분 굴비의 원료로 이용되며, 어업 생산량과 상품 크기가 줄어가고 있는 실정이다. 주로 참조기 조업 시 혼획되어 국내에 유통되고 있으나, 2000년대 들어서 어선어업의 현대화 및 한·중 어선의 경쟁적 조업으로 자원량이 급감함에 따라 굴비생산 업체들에서는 중국산 조기 수입을 통해 굴비의 원재료를 대체하고 있다. 국내 연간 소비량은 2020년 16,899톤에 달하지만, 국내 생산량은 288톤에 불과하고, 중국산 수입이 국내 수요량 대부분인 16,611톤을 차지하고 있다(표 1).

국내·외 연구결과를 살펴보면, 국내에서는 국립수산물과학원 서해수산연구소 부안 시험포에서 1998년부터 조기류인 부세 이식 기반조사에 대한 연구를 하기 위하여 중국에서 부세 어미를 이식하여 양식 가능성에 대한 생물학적 자료를 축적한바 있다(Cho, 2007).

국외는 중국에서 경제성 해산어류에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 1970년대 초반, 중국 부세의 생산량은 15~20만톤에 달하였으나, 1970년대 후반 부세의 연간 생산량은 초기의 가장 낮았던 생산수준까지 떨어졌고, 1990년대에 이르러서

는 부세의 자연자원은 이미 거의 고갈 되었다. 급격히 감소하는 부세 어획량을 보충하기 위하여 1980년대 초부터 자연산 종묘를 포획하여 가두리 양식이 시도되었다. 후지엔성(복건성)에서는 1985년 인공번식과 종자생산기술 연구를 과제로 채택, 종묘생산에 착수하여 1987년 최초로 인공종묘 생산에 성공하였으며, 이를 발판으로 부세 양식이 본격적인 궤도에 진입하기 시작하였다. 1995년에는 대부분의 양식용 종묘를 인공종묘로 충당하게 되어 부세 양식이 급속도로 확대되기 시작하였다. 점차 양성기술도 발전하여 시장 크기인 350g으로 양성하기까지 최초 2년 6개월의 기간이 소요되었던 것이 18개월로 단축되었으며, 1년 만에 시장 크기로 육성하는 어장도 생겨났다. 양식업체 규모도 우리나라의 일반적 단위 가두리 양식장 50배 이상의 규모로 대부분 기업 규모의 양식이다. 그러나 1990년대 후반부터 과잉 생산에 따른 시장가 하락, 제한된 친어에서 부화된 인공종묘의 품질 저하 등으로 인한 어려움을 겪고 있다. 이에 대한 중국의 타개책으로 부세 양식에 대한 많은 연구가 수행되었으며, 또한 진행 중에 있다(이순길, 2002).

현재까지 부세 연구는 중국 이외에 국내에서 연구수행 결과가 부진한 이유는 우리나라에서 양식중인 다른 어종과 달리 종자수집과 어미 채포 등 종자 생산에 가장 기본이 되는 개체 확보와 같은 제반 여건이 매우 불리하였고, 건강하고 완벽한 종자생산용 어미 개체를 확보하지 못한 것이 주원인이었다.

수입산에 의존하고 있는 부세의 종자생산기술과 양성기술을 개발함으로써 새로운 양식대상종에 대한 산업화 가능성을 타진하고, 동시에 양질의 방류용 종자생산을 위한 대량 생산 체계를 구축하여 자연 자원회복 및 자원 조성 연구에 활용할 수 있는 방안을 제시하며, 양식 산업화 시기 단축을 위한 표준화된 체계적인 양식 기반 조성 프로그램을 운영함으로써 침체된 해면 양식 수산업의 활성화와 어업 생산성 증대를 도모하고자 한다.

따라서 본 연구는 부세 어미 관리, 인공종자생산 및 양성을 통해 양식기술을 개발하여 침체되어 있는 어류양식의 신품종 개발과 생산성 향상을 도모하고, 대량생산을 통한 굴비 원료의 자급화로 품질이 우수한 지역 특산 브랜드화로 개발하고자 한다.

표 1. 부세 어업 생산 및 소비 동향

(단위 : M/T, 천원, 천\$)

항목 년도	국내 생산량		전남 생산량		중국산 수입량	
	생산량	생산금액	생산량	생산금액	생산량	생산금액
2013	190	2,116,983	92	734,127	9,130	39,958
2014	558	4,116,983	299	1,796,046	7,778	36,670
2015	662	5,568,423	322	1,599,292	12,490	62,059
2016	456	5,799,390	191	1,556,604	12,918	59,100
2017	422	4,042,790	207	1,042,945	16,739	73,778
2018	693	11,578,150	399	4,268,855	20,270	88,482
2019	321	8,720,706	113	1,862,900	21,598	96,141
2020	288	4,681,609	161	1,221,067	16,611	70,062

※ 자료출처 : 수산정보포털(2020년 11월 누적기준), 국립수산물품질관리원

재료 및 실험 방법

1. 친어(어미) 관리

실험어는 2015년 전라남도 해양수산과학원 서부지부 영광지원이 중국에서 이식한 활부세를 종묘생산 및 양성 후 친어로 육성시킨 것을 사용하였다. 인공 종묘생산 과정에 있어 친어 성숙관리와 수정란 관리는 매우 중요하다. 자연산보다 2개월 일찍 어미 성 성숙 유도로 양성기간 연장 및 우량 수정란 확보를 위하여 ‘19년 10월부터 이듬해 2월까지 체계적으로 영양공급, 광주기, 수온 등 어미 성숙관리를 실시하였다. 영양 공급은 10월부터 영양강화된 배합사료(비타민제 혼합)와 생먹이(생새우)를 혼합하여 급이 하였고, 12월부터 우수 난질 형성을 위해 생새우와 함께 고도 불포화 지방산이 다량 함유된 굴을 추가 공급하였다. 생먹이의 급이량은 어미 어체 중의 3% 기준으로 1~2회/일 공급하였고, 시간이 지나면서 수온 상승에 따라 친어의 섭이량을 증가시켰다(그림 1). 수질관리 역시 친어의 성성숙과 생존율에 지대한 영향을 미쳐 1회/일 이상 환수 및 슬러지 제거 등 청소를 실시하였다.



영양강화(비타민C,E) 배합사료 급이



생새우 급이



생새우 급이



생굴 급이



친어 성 성숙도 지수(GSI) 측정

그림 1. 부세 친어 성숙관리

광주기 조절은 10월부터 인위적으로 점등 시간을 늦추어 낮이 10시간 30분으로 단일 처리 하였고, 12월부터 2월까지의 점등 시간과 소등시간을 조절하여 장일 처리 시간을 최대 14시간 30분까지 연장하였다(표 2).

부세의 자연 산란 수온은 18~23℃ 이다. 따라서 친어 수조의 수온을 20℃ 가까이 유지시키기 위해 10월부터 냉각기를 가동하여 12℃ 이하 까지 하강시키고, 11월까지 유지한 후 12월부터 히트펌프와 보일러를 이용하여 1℃ 씩 점차적으로 상승시켜 이듬해 2월까지 18℃ 이상 수온을 상승시켰다(표 3).

표 2. 친어 관리를 위한 광주기 조절

월	실외(자연)			실내(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	6:50	17:40	10:50 : 13:10	7:30	18:00	10:30 : 13:30
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

표 3. 친어 관리를 위한 수온 조절

월	수온 조절	비고
‘19. 10	12℃ 이하 순차적 수온 하강	냉각기 가동
11	12 ~ 13℃ 유지	히트펌프 가동
12	13 ~ 14℃ 유지	보일러 가동
‘20. 1	14 ~ 15℃ 유지	
2	15 → 18℃ 로 순차적 수온 상승	

2. 산란 유도

선별된 건강한 어미(2~3년생)는 1월부터 본격적으로 복부가 팽창하는 것을 관찰하고, 암컷의 GSI(Gonadosomatic index, 성 성숙도 지수)를 1회/주 측정하여, 수치가 11~12 일 때 어체 복강에 황체호르몬(LHRH-a, 성성숙 촉진제)을 0.1mg/kg/fish로 주사하였다. 시기는 2월부터 GSI 조사하여 암컷 GSI가 11이상이 넘어가기 시작하였고, 2월 15일부터 2월 28일까지 성숙된 어미를 선별하여 순차적으로 가슴지느러미 아래쪽 복강에 호르몬을 주사하였다.

수정란 확보는 그림 2와 같이, 수면에 부상하는 분리부성란을 원형 수조(지름 6m)의 원심력을 이용하여 표층의 물과 함께 배출시켜 채집망($\phi 60 \times H 45 \text{cm}$, Mesh size $700 \mu\text{m}$)에 수집하였다.

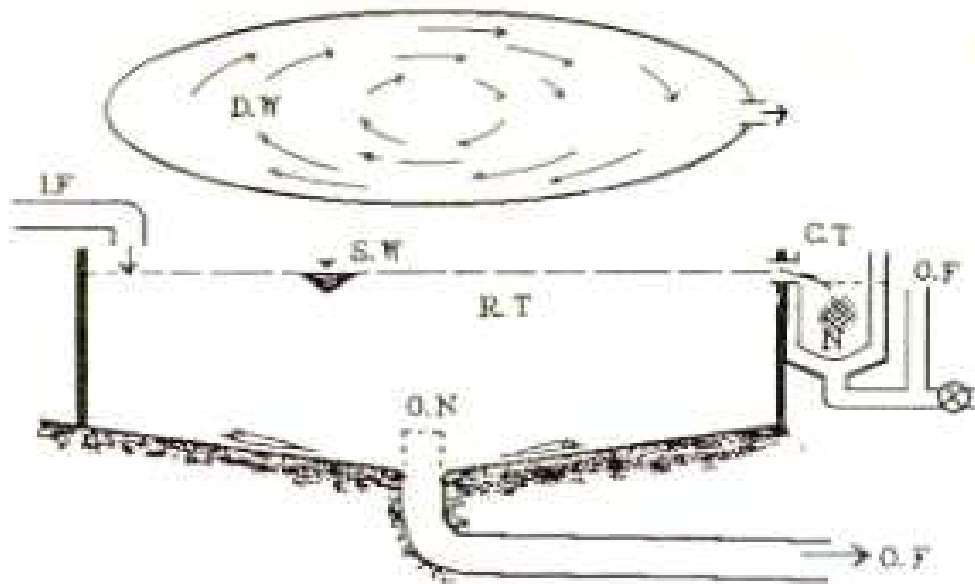


그림 2. 산란 수조 모식도(출처 : 전라남도 해양수산과학원 2018년 최종보고서)

채집망에 확보된 수정란은 부화율 향상을 위하여 2시간 간격 주기적으로 수거하고, 필터가제를 이용한 세란 및 사란 제거 후 육란 수조(지름 1m)에 입식하였다(그림 3). 그리고 육란 과정(입식 후 12시간) 중 발생한 사란을 제거 완료하여 부화 수조에 입식하였다.



산란수조



수거 중인 수정란

그림 3. 산란수조 및 수정란 수거

3. 종자 생산 및 우량 종자 선별

부화 수조는 사각 수조(지름6m)에 수정란 500cc씩 입식하여 사란을 제거하고, 배채 형성이 진행되는 수정란을 각 수조에 입식하였다.

사육해수 주수는 Bag-filter에서 1차 여과 후 하우스 필터로 2차 여과, 자외선 살균기로 3차 여과시킨 해수를 사용하였다. 수정란은 수온을 20℃ 전후로 유지하고 조도는 500lux 이하로 낮게 유지하였으며, 염분 30~33‰, 용존산소 7~10mg/L, PH 7~8.5 관리한 결과 만 48시간만에 난막을 뚫고 부화하였다.

수정 후 현미경(OLYMPUS, SZX10)을 통하여 난발생과 자·치어 발달 과정을 관찰하였고, 먹이 공급은 난황이 모두 흡수하고 개구가 되면 공급을 시작하였으며, 영양강화된 로티퍼, 알테미아, 배합사료 순으로 순차적 급이 하였다. 먹이를 전환할 때는 2-3일간 기존 먹이와 같이 급이 하여 먹이불임을 실시하였다. 수질관리를 위해 종자관리 초기에는 20-30%/일 환수하였고, 배합사료를 급이 하면서 환수량을 점차 늘려갔다. 동시에 수조 바닥의 오염물을 사이펀으로 제거하였다.

성장이 빠르고, 체형이 우수하며, 건강한 우량종자를 중간어 및 친어로 양성하기 위하여 별도로 선별하였다. 선별 과정은 스트레스로 인한 폐사 방지를 위하여 수조의 물빼기는 적게 하고(최소 수심 1m 이상 유지) 널따란 광주리와 뜰채를 이용하여 어체가 공기중에 노출되지 않도록 신속하게 선별하여 물과 동시에 채포, 가까운 옆 수조로 옮겨 점액질 과다 분비를 억제하고, 비늘 탈락을 최소한으로 세심히 작업하였다. 선별 후 질병관리를 위해 네오마이신 및 포르말린으로 약욕하였다.

결과 및 고찰

1. 종자 생산

가. 난 발생

정상적인 수정란은 처음에는 부상되는 난과 반부상하는 난으로 분리되지만 약 10~20분이 경과하게 되면 완전 부상하게 된다. 수정된 난은 위란강을 형성하고, 수정 10~20분에 배반형성, 1~2시간에 4~8세포기, 2.5~3시간에 상실기, 4~9시간에 포배기, 10~15시간에 낭배기, 16~22시간에 신경배 형성기, 23~32시간에 기관형성기, 35~60시간에 부화자어 단계 그리고 122시간 후 난황흡수기로 발달하였다(그림 4).

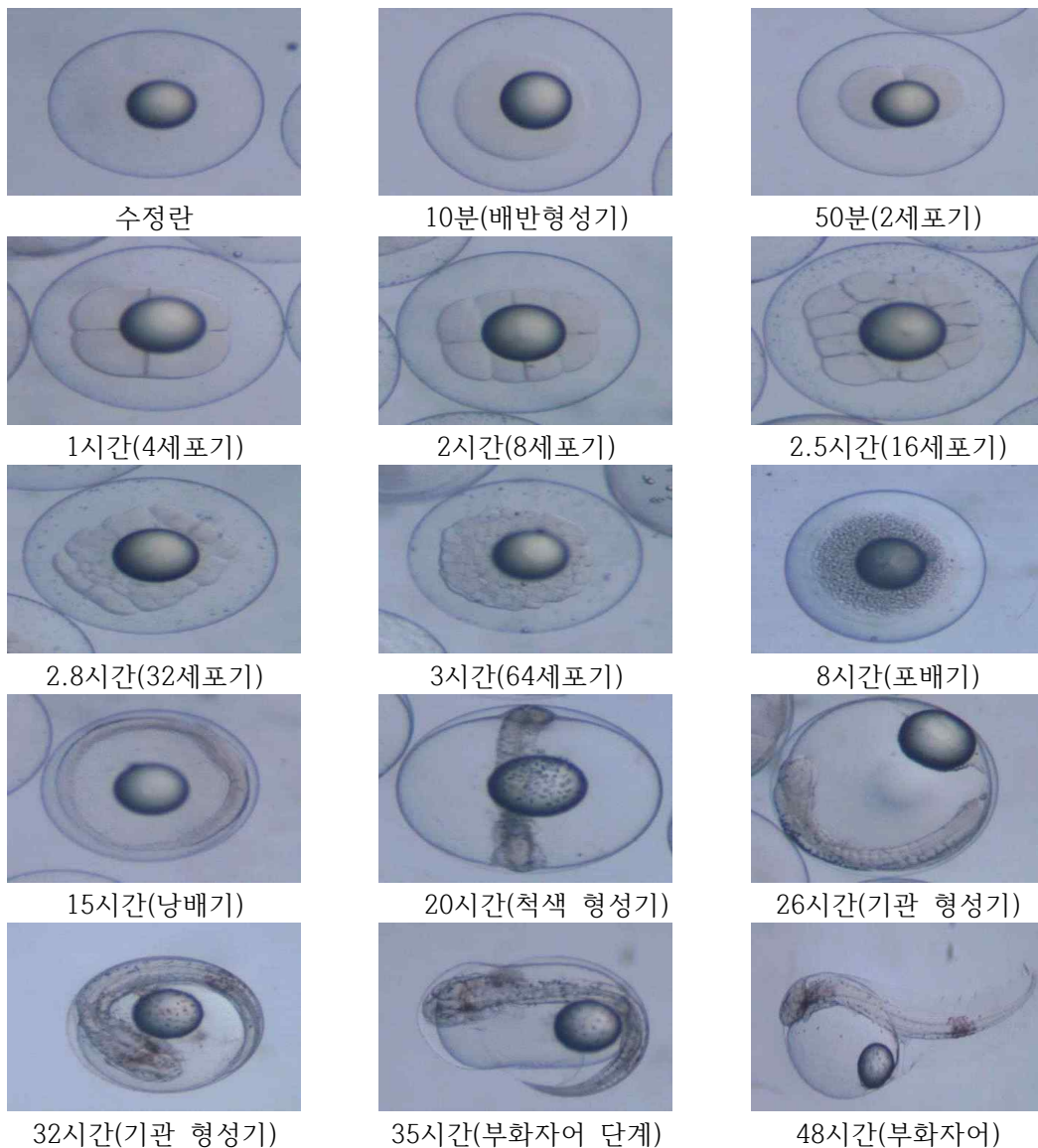


그림 4. 난발생 과정(출처 : 전라남도 해양수산과학원 2018년 최종보고서)

나. 자·치어 영양공급

부화 자어는 전장이 $2.5 \pm 0.2\text{mm}$ 로 $1.2 \pm 0.08\text{mm}$ 의 난황을 가지고 있었으며, 시간이 지날수록 난황은 흡수되어 크기가 점차 줄어들었다. 유구는 부화 후 4일 동안 크기가 거의 유사하였고, 6일째 72%로 감소하였으며 9~10일째는 완전히 흡수되었다. 부화 후 입이 열리기 시작한 3일째부터 로티퍼를 급이하기 시작하였으며, 알테미어, 배합사료 순으로 성장별 순차적 급이를 실시하였다(표 4).

표 4. 자·치어 먹이별 급이 기간

부화일수 먹이별	3	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
로티퍼 (100~200 μm)														
알테미어 (200~300 μm)														
배합사료 (300~500 μm)														
배합사료 (500~800 μm)														
배합사료 (1.2mm)														

㉠ 로티퍼 영양강화 및 공급

초기 먹이 공급과정에서 로티퍼 배양이 완전하지 못한 먹이를 지속적으로 공급하게 되면 영양 결핍 현상이 나타날 수 있으므로 영양강화를 시켜주는 것이 바람직하다. 로티퍼 영양 강화에는 해양 미세조류를 원료로 한 DHA함유 시판 제품인 로티 셀코(미국산)를 사용하였다. 로티퍼 1억개체 당 로티 셀코 15g을 넣어 최소한 6시간 이상 영양 강화 시킨 후 공급하였으며, 공급 시 액화산소를 이용하여 충분히 폭기 하였다.

부화 후 1일령부터 사육수에 해산 클로렐라를 약 10~20만cells/ml 되도록 유지 시켜주었으며, 로티퍼 공급은 부화 2일 오후부터 10~15개체/ml를 25일령까지 급이하였다. 초기성장과 생존율 그리고 개체간의 성장차이를 감소시키는데 있어 중요한 작용을 한다고 보여지기 때문에 첫 먹이공급 시기를 앞당겨서 부화 2일부터 급이하였고, 고밀도 배양하여 활력이 최상의 상태일 때 공급하였다.

㉞ 알테미어 영양강화 및 공급

알테미어는 그 자체가 영양적으로 매우 낮기 때문에 자·치어에 그대로 공급하거나 영양강화가 제대로 이루어지지 않으면 자·치어의 성장과 생존율에 영향을 끼칠 수 있다. 알테미어 부화는 1톤 PP수조에 1억개체를 넣고 수온 28~30℃, 용존 산소 10~14ppm의 조건하에서 24시간 부화시켜 난각분리기로 난각을 완전히 제거한 후 영양강화제(셀코)로 6시간 정도 영양강화 시켜 여과해수로 세척하여 공급하였다. 공급 시에는 난각을 철저히 분리해 주어야 하는데 이는 부화 자어가 난각을 함께 섭식하여 위에서 소화를 시키지 못하기 때문에 결국은 항문을 통해 배출되거나 또는 많은 양을 섭식할 경우 결국 항문을 차단하여 폐사를 유발하는 원인이 되기 때문이다. 공급량과 공급 시기는 3~5개체/ml 밀도로 부화 후 20일부터 35일까지 공급하였다.

㉟ 배합사료 공급

초기 배합사료 공급은 부화 20일째부터 시판중인 초기배합사료(일본제품 : 오토히메) 100 μ m 크기를 공급하였고, 부화 후 25일째부터 300~400 μ m 크기를 1~2시간 간격으로 공급하였으며, 부화 50일 이후에는 1mm 크기의 배합사료를 1일 5~6회 공급하였다. 그 이후부터는 자·치어의 성장에 따라 공급 횟수를 최종적으로 3~5일/1일로 줄이면서 충분한 양의 배합사료를 공급하였다.

다. 자·치어 성장

부화 1일령 전장 2.5mm, 부화 20일령 전장 12 ± 2 mm, 부화 25일령 전장 14 ± 2 mm, 부화 45일령 전장 37 ± 8 mm, 부화 60일령에서는 전장 40 ± 8 mm 성장을 보였다. 배합사료 공급이 안정화 되는 치어(50mm 전후) 시기까지 성장시키면 종자생산은 완료되고, 그 이후에는 육성관리로서 치어 전장 5~7cm를 사각수조나 원형수조에 수용하여 양성관리 하였다.

미성어 성장을 보면 부화 60일령에는 전장 40 ± 8 mm로 시작하여 부화 70일령 전장 60 ± 8 mm, 부화 110일령 전장 92 ± 10 mm, 부화 130일령 110 ± 10 mm, 250일령은 전장 $140\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 성장도를 나타냈다.

250일령 전장 $140\text{mm} \pm 10\text{mm}$, 전중량 $75\text{g} \pm 5\text{g}$, 365일령 전장 $230\text{mm} \pm 10\text{mm}$, 전중량 $150\text{g} \pm 5\text{g}$, 450일령 전장 $270\text{mm} \pm 10\text{mm}$, 전중량 $200\text{g} \pm 5\text{g}$, 600일령은 전장 $330\text{mm} \pm 10\text{mm}$, 전중량 $280\text{g} \pm 5\text{g}$ 의 길이와 무게성장을 보였다.

2. 우량 종자 선별 및 관리

우량 종자 선별 및 양성관리는 5cm 내외로 성장한 5월 이후에 실시하였다. 빈번한 선별작업은 사육조 물빼기, 포획, 어류이송, 공기 노출 등 여러 가지 요소가 스트레스 요인으로 작용하기 때문에 환경변화에 민감한 어린 부세가 질병에 대한 면역 능력이 감소하여 어병에 취약할 수 있고, 대량폐사의 원인이 될 수 있다. 선별은 선별기를 이용하여 작업하면 편리하지만 어린 부세는 선별기 통과시 비늘 탈락이 발생하여 질병에 걸릴 위험이 크기 때문에 수작업을 실시하는 것이 안전하다. 선별 시 주의 사항으로 선별전에는 반드시 1일전에 먹이공급을 중지(절식)하는 것이 좋고, 선별 후에는 질병 예방 및 상처 등을 치료할 목적으로 네오마이신, OTC(oxytetracycline) 등의 항생제로 약욕하는 것이 효과적으로 판단된다(그림 5).



선별



우량 종자

그림 5. 우량 종자 선별

향후계획

전라남도 해양수산과학원 영광지원은 부세 양식기술 개발 및 양식 활성화를 위해 분양, 시범양식, 자원조성을 위한 종자방류, 수정란 조기(早期)생산, 양식방법 연구 등 다양한 노력을 기울이고 있다.

2021년에는 선발육종을 통한 우량 친어관리 및 수정란 유상분양을 통한 내실 있는 시범어가를 육성할 계획이다. 또한, 분양어가 모니터링 및 기술지원 역시 꾸준히 이루어져야 할 것이다. 더불어 국내에서 저평가 되고 있는 부세양식 가능성 경영분석, 가공연계, 국내산 시판 출시 등을 통해 부세 양식 활성화를 유도하고 추후에는 중국 수입에 의존하고 있는 부세를 국내산으로 대체할 계획이다. 양식기간 단축을 통한 500g 이상 대형어 생산기술을 연구하여 중국에서 인기 있는 대형 부세를 역수출 하는 방법을 강구할 필요성도 있다.

국내 부세 양식은 해결해야 할 문제점이 아직 많이 남아있다. 전라남도 해양수산과학원 영광지원은 종 보존 관리, 유전자 다양성 유지, 전용사료 개발, 질병관리 등의 연구를 꾸준히 진행하여 어민들에게 새로운 소득원이 될 수 있도록 앞으로 노력할 것이다.

참고문헌

Cho KC, 2007. Seeding production of *Larimichthys crocea*. Pukyong National University, Busan, Korea.

김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현, 2005. 한국어류대도감.

이순길, 2002. 중국의 부세 양식. 한국양식학회지. 14(2); 104-111.

이충열, 박미혜, 1992. 한국산 민어과 어류의 분류학적 재검사. 한국어류학회지. 4(1); 29-53.