

■ 양식기술특집 ② ■

양식 굴의 안정적 종패 확보방안

남해수산연구소 김 윤

1. 서 언

우리나라의 굴 양식산업은 1960대부터 국가적인 어업인 소득증대 사업의 일환으로 국고 보조금 지급 등 정부의 적극적인 장려 정책으로 육성된 산업으로 남해안 일원을 중심으로 기업화된 업종으로 성장하여 높은 고용 창출 효과를 통해 지역 및 국가 경제에 미치는 영향이 지대하다고 할 수 있다.

특히 1970년대에는 수하식 굴 양식 기술의 개발 보급과 함께 꾸준한 생산량 증가로 매년 20만톤 이상의 생산으로 패류양식의 대표적인 품종으로 자리잡고 있으나 1970년대 이후 시작된 매립 간척사업의 증가와 도시화, 산업화로 인한 연안수역 오염이 심화되고, 양식어장의 노화와 어장환경 악화 등으로 종패 부족 현상이 심화되고 있는 실정이며, 1993년부터는 굴 자연채묘 부진으로 양식용 종패 부족 현상과 지속적인 양식 등에 의한 양식어장 노화와 어장환경 악화 등으로 양식 굴의 생산성이 낮아지고 있다. 이러한 여건하에서 안정적인 우량 종패의 확보를 위한 기술개발은 필연적인 과제라 할 수 있다.

2. 양식 현황

우리나라 굴 수하식 양식은 현재 741건, 5,331ha가 개발되어 양식중이며, 상시 종사 인원만도 20,000여명(어업인 3,200명, 어업종사원 5,000명, 박신여공 11,000명, 굴 가공공장 종사원 1,000명, 굴 양식자재 생산업체 종사자 400명 등)이며, 연간 고용인원도 무려 150만명의 높은 고용효과를 창출하는 중요한 산업이다.

굴 생산은 매년 32,000여톤(알굴 기준)을 생산하여 이중 12,000여톤(40%)은 국내 판매하고 20,000여톤(60%)은 굴 통조림, 마른 굴, 생굴, 냉동 굴 등으로 제품화하여 세계 25개국의 해외시장에 수출 매년 1억 1,000만불 이상의 외화를 획득하여 국가 경제에 크게 기여하고 있다. 또한 현재까지 우리나라에서의 굴 양식에 필요한 종묘는 자연채묘에 의존하고 있기 때문에 자연채묘가 부진할 경우 종묘를 안정적으로 확보하는데 많은 어려움이 있으며, 최근에 이르러서는 주 채묘장이 항만 개발 등으로 인하여 점차 상실되고 있어 굴 종묘 확보는 더욱 어려워 질 전망이다. 이에 굴 양식에 필요한 종묘의 확보는 자연채묘에만 의존하지 않고 인공

채묘에 대한 연구 개발로 산업적 생산을 유도하는 방안이 절실하다.

3. 자연 채묘장 특성

가. 남해안 서부해역

남해안 서부해역(전남 동부)의 굴 양식은 1967년 굴 연승 수하식 양식의 개발 보급으로 시작되어 1970년대 가막만 어장을 중심으로 확대 개발되어졌으며, 1999년 현재 187건에 1,427ha(여수 150건 1,150ha, 고흥 37건 277ha)에 이른다.

여수를 중심으로한 이 지역의 굴양식은 1980년대 까지만 해도 매년 25,000줄 내외의 굴 양식시설로 연간 50,000~80,000톤의 굴을 생산, 150~200억원의 소득으로 올리고 있다. 그러나 최근 인구의 집중에 따른 도시하수, 산업폐수, 농·축산 폐수 유입과 양식어장의 장기 연작에 따른 자가오염 등으로 어장의 생산력이 저하되어 각종 병충해, 적조 등에 의한 피해(폐사율 증가 및 폐사범위 확산)가 발생하여 생산량 감소(1980년대의 1/3 수준)에 따른 경영수지 악화로 매년 시설물량이 감소(양식 어업인 수 감소)하는 추세를 보이고 있다.

채묘는 1980년대 초까지만 해도 채묘기술 미흡으로 대부분 전기채묘에 의한 비 단련 종굴을 사용하였으며, 소요 종굴 대부분을 경남지방에서 이식하여 양식하였으나, 1985년부터는 채묘기술의 개발 보급으로 전량을 이곳에서 확보하여 충당하고 있다. 그러나 1992년부터 계속된 후기채묘 부진으로 굴 양식이 큰 어려움을 겪고 있지만 다행히도 남해 서부해역(여수 지방)은 가막만을 비롯한 광양만(초남, 망덕지선)에 천혜적 조건을 갖춘 채묘장이 많아 계속된 채묘부진의 어려움 속에서도 전기채묘에 의

한 종굴 생산으로 자체 소요량 확보는 물론 일부는 주산지인 경남지역 종굴 부족 해소에도 기여하고 있는 실정이다.

나. 남해 동부해역

최근 굴 천연채묘는 임해지역의 도시화, 산업화로 인한 오염원의 증가, 장기간의 밀식 양식에 의한 어장노화, 양식 굴의 품종 열성화 및 급격한 환경변화 등과 같은 복합적인 요인으로 인해 채묘부진 현상이 날로 가속화되고 있다. 1992년 이전 남해안 동부해역의 굴 후기 천연채묘는 후기채묘 적기인 8~9월에 통영, 거제, 고성, 마산, 부산 등지에서 대부분의 채묘가 이루어짐은 물론 채묘 성적도 양호하여 소요 종패의 90% 이상을 공급하였으나, 1992년 이후부터는 유생의 발달이 비 정상적으로 이루어져 중형 각정기까지 성장하고, 소멸하는 과정을 반복하여 정상적인 채묘가 이루어지지 못하고 있는 실정으로 이같은 현상은 연안어장의 오염 및 품종의 열성화 그리고 모패의 기생충 감염 등에 기인한 것으로 추정하고 있다.

또한 최근(1996년 이후) 자연채묘의 양상을 살펴 보면, 후기 천연채묘 성적의 부진으로 인하여 주 채묘 시기가 후기채묘 시기인 8~9월에서 전, 중기 채묘 시기인 7월로 앞 당겨지고 있으며, 채묘 물량도 전기채묘의 비중이 점차 증가하여 1999년의 경우, 55% 이상을 점하였고, 점차 증가할 것으로 예상되어진다.

지역별 후기채묘의 실태를 보아도 1999년의 경우 총 생산량 4,500연중 마산, 통영, 거제에서 500연을 생산하였고, 나머지 대부분(89%)의 물량은 후기채묘가 다소 안정적으로 이루어지는 부산 가덕도 지선으로 이동, 채묘가 이루어지고 있어 해를 거듭할 수록 그 물량이 증가하고 있는 추세이다.

3. 유생의 건강도와 자연채묘

우리 나라에서 가장 많이 사용하였던 양식 패류의 건강도 판정법은 1990년 이전에는 ‘육질부 습중량 : 전체 중량의 비’였으나 1990년대 이후에는 ‘육질부 건조중량 : 패각 건조중량의 비’가 패류 건강도의 지표로서 가장 많이 사용 되어지고 있다. 어린 치패의 경우에는 육질부나 패각의 부분적인 절취가 불가능하기 때문에 ‘육질부 건조중량 : 패각 건조중량의 비’에 상응하는 ‘건조 회분중량 : 치패 건조중량의 비율’로 굴 치패의 건강도를 나타내기도 한다. 유생은 Sudan Black B나 Nile Red 염색으로 지질을 정량하여 활력을 추정하며(그림 1), 이 방법은 간편할 뿐만 아니라 질적, 정량적으

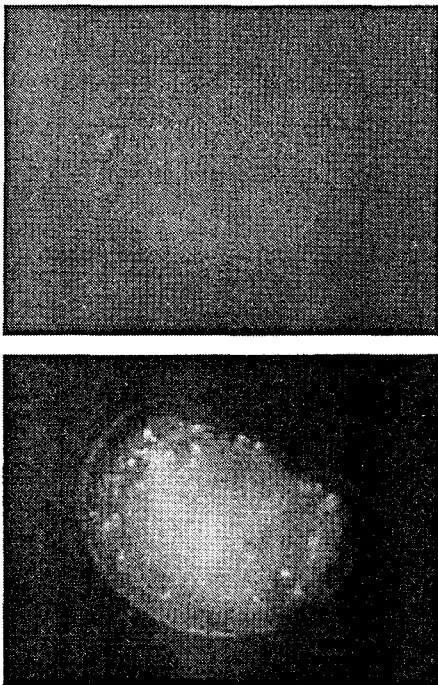


그림 1. Nile Red 염색법에 의한 굴 유생의 건강도 관찰 결과
A, 건강한 굴 유생; B, 건강도 0인 상태인 굴 유생

로도 매우 유용하다.

1996년 10월에서 1997년 9월까지 1년간 경남 거제 오수산 및 통영 저산산 굴 모패를 대상으로 건강도 조사를 한 결과, 지역별 굴 모패의 ‘육질부 건조중량 : 패각 건조중량의 비’는 거제 오수 양식산이 3.87~9.63%, 통영 저산 양식산이 3.65~13.16%로 나타났으며, 글리코젠 함량은 거제 오수 양식산이 0.6~15.1%, 통영 저산 양식산이 0.3~21.8%로 나타나, 산란기를 제외한 굴 모패의 건강도는 통영 저산산이 거제 오수산 보다 좋은 것으로 나타났다.

이를 경남 거제, 통영 지역의 굴 채묘 실적과 연관지어 볼 때, '90년대 이후 채묘가 거의 이루어지지 않고 있는 거제 지역의 굴 모패 건강도 및 난 지질 함량은 '92년 후기채묘 부진 현상이 발생한 이후 연도별로 다소 차이는 있으나 굴 채묘가 비교적 양호하게 이루어지고 있는 통영 지역 보다 낮았다. 그리고, '97년 통영 지역의 굴 채묘가 초순에 집중적으로 이루어진 것과, '97년 통영 지역에서의 채묘 실적이 거의 없었던 것으로 미루어 적어도 채묘에 까지 도달할 수 있는 난의 지질함량은 5.0 ng/egg 이상인 추측된다. 그러므로 굴 건강도 판정 기준으로 사용하고 있는 난 지질함량의 측정이 자연채묘 예보를 위한 수단으로도 매우 유용하게 사용할 수 있는 것으로 입증되었다. 또한 유생의 건강도와 채묘 실적과의 상관관계 분석 결과, 유생의 건강도 판정을 위하여 손쉽게 사용할 수 있는 Nile Red 염색법으로도 채묘의 가능성을 예측할 수 있는 것이다.

4. 인공 종묘생산

가. 모패 관리

먼저 굴 인공종묘 생산을 위해서는 유생사육

및 양성시 성장이 빠르고, 병해 저항성이 강한 우량의 형질을 갖춘 어미확보가 우선적으로 이루어져야 한다. 어미는 주산란기 전에 채집하여 생식소의 발달 단계를 조사하고, 어미로서의 적합성과 생식소 성숙속 측진을 위한 합리적인 어미 관리 방법을 결정해야 한다. 조기 종묘생산을 위한 어미 관리 성숙속 적산수온은 342.0~441.3℃, 염분 27~35, 먹이생물, *Isochrysis galbana*, *Cheatoceros calcitrans*, *Phaeodactylum tricornutum* 등 3종류 이상 혼합하여 100,000세포/ml/일로 연속 공급하면, 연중 수온이 가장 낮은 겨울철에도 어미의 크기에 따라 26~57일 만에 성숙된 개체를 얻을 수 있다.

나. 먹이생물의 대량배양

해양에는 다양한 종류의 식물성 플랑크톤들이 존재하므로 자연상태에서 부화된 유생들은 여러 종류의 먹이생물 중 좋아하는 먹이를 다양하게 선택하여 섭취할 수 있다. 따라서 인위적으로 먹이생물을 배양하여 공급할 경우에도 유생들이 선택할 수 있는 조건을 갖추어야 한다. 먹이생물의 조건으로는 소화가 잘 되어야 하고, 영양가가 충분해야 하고, 유생이 섭취할 수 있는 적당한 크기이어야 하고, 운동성이 적어야 하고, 독성이 없어야 하며, 고밀도의 대량배양이 가능해야 한다. 일반적으로 패류의 먹이로 가장 많이 이용되는 식물성 플랑크톤으로는 *Pavlova lutheri*, *Isochrysis galbana*, *Cheatoceros calcitrans*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Tetraselmis suecica*, *Chlorella* sp. 등이 있다. 자연상태의 유생들이 다양한 종류의 먹이생물을 섭취하듯이 인공적으로 생산된 유생들 역시 균형잡힌 영양소를 섭취할 수 있도록 하기 위해서는 가능한 한 여러 가지 종류의 먹이생물을 혼합하여 공급하는 것이 바람직하다.

대량배양은 일반적으로 먹이생물의 대량 배양을 위해서는 200~500ml 플라스크 → 5ℓ 수조 → 50ℓ 수조 → 500ℓ 수조 → 4톤 수조의 단계로 배양한다. 50ℓ 또는 500ℓ까지는 환경요인이 조절되는 실내에서, 그 이상은 옥외에서 배양하는 예가 많다. 10톤 이상의 콘크리트 수조에서 배양할 수도 있으나 다른 종이 혼입되거나 갑작스런 폐사가 일어나는 경우가 많아 안정적이지 못한 문제점이 있다. 200~500 ml 플라스크에서의 배양은 원종 보존을 위한 것이므로 대량 배양을 위해서는 주로 5ℓ 수조로부터 시작하게 되는데, 각 단계별로 먹이생물 농도가 최대가 되는 시간은 접종농도와 환경조건에 따라 다르지만 최적조건에서 4~5일 소요되므로 4톤 FRP수조에서 먹이생물을 수확하기까지는 16~20일이 소요된다. 먹이생물 대량배양에 사용하는 배양수는 이물질과 세균의 혼입을 방지 하거나 억제하기 위하여 해수를 1 μm 필터로 여과하고 멸균 또는 살균해야 한다. 또한 먹이생물의 성장을 인위적으로 촉진시키기 위해서는 영양성분을 배양수에 첨가해 주어야 한다. 배양액의 종류에는 F/2 배지, Conway 배지, PES 배지 등이 있으며 규조류 배양에는 규산나트륨 용액을 첨가해 준다. 4톤 이상의 대량 배양에는 어업인들이 쉽게 구할 수 있는 농업용 비료인 요소 비료와 복합 비료를 사용할 수 있다. 먹이생물의 성장을 위해서는 수온, 염분농도, 조도 등이 적합하게 갖추어져 있어야 한다. 대량 배양의 경우 다음 단계로의 접종은 정체가 직전인 대수기에 하는 것이 좋으며, 일반적으로 접종량은 배양해수의 1/10 정도가 무난하고 접종농도는 50~100×10⁴ cells/ml 정도가 적당하다. 패류 인공종묘 생산시 양질의 먹이를 보다 편리하게 공급하기 위한 방법으로서 종묘를 생산하지 않는 시기에 농축 먹이 또는

건조 먹이를 만들어 보관하였다가 종묘생산 시기에 유생에 공급하는 방법이 있다. 그러나 농축 먹이, 건조 먹이 나아가서는 미립자 인공사료의 개발에 의해 생먹이를 완전히 대체하기에는 아직도 많은 노력과 시간이 필요하다. 따라서, 연구기관에서는 생산성과 먹이효율이 높은 먹이생물 종을 개발하고 대량배양을 위한 기술 개발 및 대체 먹이 연구를 지속적으로 수행하여야 할 것이다.

다. 채란, 발생 및 유생사육

채란은 간출과 수온상승 자극을 병행하거나 절개법으로 채란 가능하고, 방란·방정이 유도되면 20 μm Muller gauze를 이용하여 수정란을 수거하여 여과 살균해수로 3~4회 세란을 한다. 세란이 완료된 수정란은 여과 살균해수가 채워진 부화조로 옮겨 발생을 유도한다. 수정란의 수용밀도를 25~30개/ml, 수온 $27\pm 1^\circ\text{C}$ 로 조절하여 관리하면 18시간만에 D상 유생으로 발달한다. 사육 환경은 최초 D상 시기; 5마리/ml, 각정기(각장120~180); 3마리/ml, 대형각정기 및 부착기 전 후; 1마리/ml로 성장함에 따라 사육밀도를 조절해주고, 수온은 $27\pm 1^\circ\text{C}$, 염분은 30으로 조절하여 준다.

라. 채 묘

참굴의 부착기 유생의 크기는 각장 310~330 μm , 각고 320~340 μm 로서 수온 27°C 에서 사육 12일만에 부착기 유생까지 성장한다. 채묘 기질로는 굴 패각, 가리비 패각 등을 이용하여 바닥 야적식, 수하식, oyster sec를 이용한 방법으로 채묘한다. 부착기 유생의 투여 밀도는 5월 중 분 양성에 이용할 종묘는 채묘기당 250~300마리, 단련 종묘로 이용할 경우는 400~450

마리로 하는 것이 이상적이다.

마. 인공종묘의 단련

10월 이후 생산된 인공종묘의 경우 가능한 단련하지 않는 것이 좋으나, 필요시 채묘 후 일정기간 중간육성 후 각장 5~7 mm이상 되었을 때, 또는 4월~5월 진주담치 부착시기를 피해 양성 전까지 노출시간을 3시간 이하로 단기간 단련하는 것이 좋다. 7일 이상 수온 20°C 이상에서 *I. galbana*, *C. calcitrans*, *Tetraselmis* sp. 등을 단독 또는 혼합 공급하면서 각장 5 mm 이상 성장되었을 때 현장 가수하 하는 것이 생존율이 높았고, 수온 상승기인 3~4월 사이에 많은 폐사가 관찰되므로 가능한 깊은 수심에 가수하 하는 것이 유리하다.

바. 종묘생산 시기별 양성

인공종묘 생산시기를 1998년 10월(단련), 10월(비 단련) 1999년 1월(비 단련), 5월(비 단련) 및 1998년 8월 자연채묘 종묘의 양성 결과, 각고는 각각 100.3 mm, 95.7 mm, 102.5 mm, 95.5 mm 및 86.2 mm였고, 육중은 각각 11.1 g, 9.5 g, 10.7 g, 8.7 g 및 9.1 g 이었다.

5. 결 론

우리나라의 굴양식 산업은 기술적 측면에서 볼 때 패류 양식장내 물질순환 과정을 고려한 복합적인 어장관리 모델을 패류 양식장에 적용, 생산력을 예측함과 아울러 먹이 생산력에 기초한 수용력 산정으로 연안어장의 합리적인 관리방안 마련이 필요하다. 그렇게 함으로서 어장환경 예측 및 관리를 위한 실용화 기술발전에 기여하고 환경개선 및 관리정책 수립에도 기여할 수 있을 것이다. 또한 경제·산업적 측

면에서는 적정 환경수용 용량 자료에 기초한 오염 부하량 규제와 양식 시설물의 적정량 및 최적 배치를 통하여 생물 생산량 및 어민 소득 증대와 청정해역을 유지하는데 힘써야 한다. 특히 적정 환경수용 용량에 기초한 합리적인 어장관리로 환경 악화로 인한 수산물 피해 최소화 및 양식장의 지속적인 활용을 도모하여 국내 수산과학 기술의 발전에 기여하여야 한다. 한편 양식을 위한 우량 종패확보는 지금까

지는 자연채묘에 의하여 종패 수급이 원활하였으나 앞으로는 우수한 모패를 선발하여 산란 자원으로 활용함과 아울러 인공종묘생산에 의한 과학적인 종패확보 관리가 필요하다. 특히 자연채묘는 기존 채묘장의 축소와 위축으로 생산량이 낮아지는 경향을 인지하여 새로운 채묘장 개발과 이용을 극대화하는 방안을 적극 추진하여야 할 것이다.