

양식적지 개발을 통한 어장 활성화 연구

김동우 · 김근영

I. 서 론

인천은 크고 작은 168개의 섬들이 산재해 있으며 갯벌 면적은 709km²(2013 전국 갯벌면적조사)로 전국 2,487km²의 약 28.5%를 차지한다. 갯벌은 생산력이 가장 높은 연안 생태계 중 하나이며 해양생물들의 중요한 서식처이다. 또한 육상에서 배출되는 각종 오염 물질을 정화하는 기능을 가지고 있다.

하지만 근래 들어 해양환경 및 생태계 변화로 인해 양식어장의 생산성 저하 및 서식품종의 변화가 나타남에 따라 어업인들의 소득이 감소하고 있어 생태계 복원 및 새로운 소득원 창출에 대한 요구가 증가하고 있다.

우리 연구소에서는 생태복원을 위한 갯벌정화 생물 등에 대하여 종자생산 방법 연구 및 환경 적응성에 관한 연구를 진행하던 중 개불의 갯벌 정화능력이 갯지렁이보다 훨씬 더 탁월하며 어업인 소득증대에도 큰 효과를 보인다는 근거를 가지고 개불에 대한 연구를 시작하였다.

개불(*Urechis unicinctus*)은 분류학적으로 의충동물문(Annelida), 의충강(Echiura), 의충동물목(Echiurida), 개불과(Urechidae), 개불속(*Urechis*)에 속하며 우리나라 중부 이남해역과 태평양 연안에 분포하고 있다. 보통 몸길이는 10~15cm, 굵기는 2~4cm 정도이며 체색은 붉은빛이 도는 유백색이며 암수가 따로 있으나 육안으로 구분하기 어렵다. 개불은 주로 조간대에서 수심 100m 정도까지의 바다 밑 사니질에 U자형의 구멍을 파고 서식하며 L자나 J자형의 구멍을 파고 서식하고 있는 개체도 있다. 먹이는 부유유기물이나 플랑크톤을 포식하며 산란기는 11월과 3월 두 번이고 체외수정을 한다.

개불은 번식력이 강하고 저질에 뚫은 U자형의 굴로 바닷물의 순환을 용이하게 하여 유기성분을 변화시켜 저질을 정화시키는 능력이 탁월하며 갯지렁이보다 16배 이상 갯벌정화능력이 있는 것으로 알려져 있어 연안생태계에서 매우 중요한 위치를

점하고 있다. 또한, 방류한 어린개불의 생존율이 높고 환경적응력이 뛰어나며 정착성으로 어업인들에게 직접적인 소득증대 효과가 있어서 남해군에서는 개불잡이 체험행사 등으로 겨울철 비수기에 수익을 창출하고 있으며, 국립수산물과학원에서는 축제식 복합양식을 추진하였고 해남군에서는 방류를 통하여 갯벌정화사업을 추진한 바 있으며 전남해양수산물과학원에서는 강진군 사초리 연안어장에 어린개불 방류를 실시한 결과 90% 이상이 성체로 성장하였고 50~60 개체/m²의 어린 개불도 확인되는 등 향후 어업인들의 소득창출이 예상된다고 발표하였다.

개불은 단맛이 강하고 타우린, 글리신 등의 함유량이 수산물 중 가장 많으며, 비타민 C와 E가 풍부해 항암이나 면역 강화에도 도움이 되고 열량이 낮아 다이어트에도 효과적인 것으로 알려져 있다. 또한, 단백질이 풍부하고 혈전을 용해하는 성분도 들어있어 고혈압 환자나 다이어트를 원하는 사람에게 좋으며 아스파라긴산이 풍부하여 체내의 알코올 대사를 촉진시켜 숙취해소 및 간장보호에 효과적인 것으로 알려져 있다. 특히, 개불류 중 *Urechis caupo*의 경우 황화합물을 분해하는 헤마틴이라는 성분이 풍부한 것으로 알려져 있으며(Arp, et al., 1992), 개불의 체내에는 다른 무척추동물에서 합성할 수 없는 5종의 sterols 등을 함유하고 있어 생리활성 물질을 추출하고 있다(여수대학교, 2002).

본 연구는 개불의 생태·환경 연구를 통한 갯벌생태계 보존 및 어업인들의 새로운 소득원 창출을 위하여 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험어 사육 및 현장적용

1-1. 어미개불 관리 및 산란(채란)

개불 종자 시험생산에 사용한 어미는 충청남도 대천해역에서 채집한 것으로 2020년 4월말에 520마리를 구입하였다. 어미는 활어차를 이용하여 연구소까지 운반하였으며, 운반된 어미는 7톤 콘크리트수조에 수용하였고 수온은 13℃ 내외로

관리하였다. 수조에 수용 전 체색이 검게 변하거나 활력이 좋지 않은 개체는 별도로 수용하였다.

어미는 2일간 배설물 제거 및 안정시킨 후 산란에 사용하였으며, 산란을 위해 2시간 동안 공기 중에 노출시키는 간출자극과 사육수온을 5℃ 상승시키는 수온자극을 실시하였다(그림 1). 산란은 수온자극 후 약 1시간 뒤에 수컷의 방정이 시작되었고 이에 자극받은 암컷이 방란하기 시작하였다. 방란·방정이 일어나고 1~2시간 경과 후 사이폰을 이용하여 망목 40 μ m 크기의 물러가제로 수정란을 수거하여 3~4회 여과해수로 세란 한 뒤 부화수조에 수용하여 관리하였다. 자연산란 유도가 끝난 개체들은 1~2일간 안정시킨 후 더 이상 산란이 이루어지지 않아 절개하여 난과 정충을 각각 수집한 후 인공수정을 실시하였다.



그림 1. 산란유도를 위한 간출자극(좌) 및 수온자극(우)

1-2. 유생사육

부화된 유생은 40, 55 μ m 물러가제를 이용하여 거른 후 40톤 원형수조에 수용하였으며, 사육수온은 17℃ 내외를 유지시켜 주었다. 사육기간 동안 먹이생물은 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp.를 혼합하여 1일 1~2회씩 공급하였다. 유생사육에 사용한 사육수는 고압 모래여과기를 거쳐 나온 해수를 1 μ m 필터로 다시 여과하여 사용하였으며, 수질관리를 위해 2~4일에 한번 씩 전량 환수해 주었다. 환수를 하지 않을 때에는 바닥에 가라앉은 배설물 및 먹이찌꺼기를 사이폰을 이용하여 제거하여 주었다.

1-3. 채묘 및 어린개불 사육

잠입기 유생의 채묘를 위해 사각플라스틱상자(59×38×15cm)에 8cm 높이의 모래를 깔아 40톤 원형수조(∅6.0×1.5m) 2개의 바닥에 1단으로 설치하여 채묘하였다. 채묘에 사용된 모래는 500μm 이하 크기의 것을 담수로 소독하여 사용하였다. 채묘가 완료된 후에는 플라스틱상자를 엇갈리게 4단으로 쌓아 올려 사육하였다.

사육수는 고압 모래여과기를 거쳐 나온 해수를 1μm 백필터로 다시 여과하여 사용하였고 채묘가 완료될 때까지는 수질관리를 위해 1일 1/2회전씩 환수해 주면서 지수식으로 사육하였다. 채묘가 완료된 후에는 자루필터로 여과한 해수를 주입하여 유수식으로 전환하였으며 환수량은 점차 증가시켜 1일 3회전 이상 환수하였다. 먹이생물은 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp. 3종을 상황에 따라 2종 이상씩 혼합하여 1일 1회 공급하였다.

2. 어린개불 생태·환경 실험

2-1 먹이, 저질에 따른 생존율 실험

어린개불의 먹이에 따른 생존율을 조사하기 위한 실험구는 *Isochrysis* sp.공급구, *Monochrysis* sp. 공급구, *Chaetoceros* sp. 공급구, *Isochrysis* sp.+*Monochrysis* sp. +*Chaetoceros* sp.로 설정하였으며, 실험구는 500ml 비이커 바닥에 6cm 정도 높이의 모래를 깔아 사용하였다. 실험구에는 착저직전 부유유생 100마리씩을 수용하였고 2일에 한번씩 사육수의 2/3씩을 1μm 필터로 여과한 해수로 환수하였으며 소량의 에어레이션을 해 주었다. 생존율은 실험시작 후 100일 뒤에 측정하였다.

어린개불의 저질에 따른 생존율을 조사하기 위한 실험구는 모래100%, 모래90%:뿔10%, 모래80%:뿔20%, 모래70%:뿔30%, 모래60%:뿔40%, 모래50%:뿔50%, 모래40%:뿔60%, 모래30%:뿔70%, 모래20%:뿔80%, 모래10%:뿔90%, 뿔100% 비율로 설정하였다. 실험구에는 착저직전 부유유생 100마리씩을 수용하였고 2일에 한번씩 사육수의 2/3씩을 1μm 필터로 여과한 해수로 환수하였으며 소량의 에어레이션을 해 주었다. 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 1회 공급하였으며 생존율은 실험시작 후 100일 뒤에 측정하였다.

2-2 채묘 방법 및 저질 선택성 실험

어린개불의 채묘방법에 따른 생존율을 조사하기 위한 실험구는 원형 콘크리트 수조 내에 사육상자를 1단, 2단, 3단, 4단으로 각각 쌓아 올려 설정하였으며, 사육상자는 59×38×15cm 플라스틱 사각 상자로 바닥에 8cm 정도 높이의 모래를 깔아 사용하였다. 실험수조에는 착저직전 부유유생 6,000마리를 수용하였고 환수는 채묘가 완전히 끝난 후부터 1일 3회전 이상 실시하였다. 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 1회 공급하였으며 생존율은 실험시작 후 100일 뒤에 측정하였다.

어린개불의 저질 선택성을 조사하기 위한 실험구는 모래 100%, 모래50%:뽕50%, 뽕 100% 비율로 설정하였다. 실험구는 원형 콘크리트수조 내에 59×38×15cm 크기의 사각 플라스틱상자(사육상자)에 8cm 정도 높이의 뽕과 모래를 깔아 사용하였다. 환수는 채묘가 완전히 끝난 후부터 1일 3회전 이상 실시하였다. 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 1회 공급하였으며 생존율은 실험시작 후 100일 뒤에 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 실험어 사육 및 현장적용

1-1. 산란(채란)

자연산란을 유도하기 위해 2시간 간출자극과 5℃ 수온자극을 실시하였고 자극 후 약 1시간 뒤에 수컷의 방정이 시작되었으며 간출자극 도중 1개체가 방란 하는 것이 관찰되었다. 이후 자극받은 암컷의 방란이 시작되었으며 방란·방정이 일어나고 1~2시간 경과 후 수정란을 수거하였다. 개불은 암수 모두 4개의 튜브 형태의 생식소를 가지고 있으며, 산란 시 두부에 위치한 한 개 또는 2개 이상의 생식공을 통해 방란·방정을 하였고 다회에 걸쳐 산란하였다(그림 2).

산란 유도 시에는 개불을 원형 바구니에 수용한 후 수조 위에 띄워 산란을

유도하였으며 난과 정충이 잘 섞일 수 있도록 아래쪽에서 에어레이션을 실시하였다. 수정란은 수거 후 3~5회 여과해수로 세란을 실시하였고 채란량은 약 400만립 정도였으며 세란 후 부화수조로 옮겨 관리하였다. 수정율은 약 89%정도 였으며 부화율은 약 82% 정도로 나타났다.

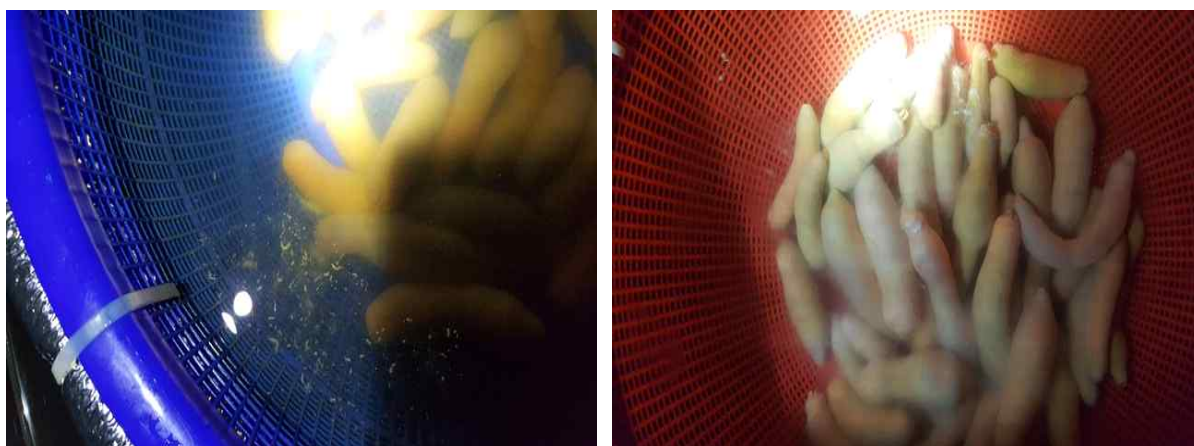


그림 2. 개불의 방란·방정(좌 : 암컷 방란, 우 : 수컷 방정)

수온자극에 의한 산란이 끝나고 나서 1~2일간 안정시킨 후 더 이상 산란이 이루어지지 않아 남은 개체들을 모두 절개하여 난과 정충을 따로 수집한 후 수정 시키는 절개법을 실시하였으며, 수정 시 암컷과 수컷의 비율은 8:2의 비율로 실시하였다. 보통 생식소를 절개하여 수정시킬 경우 미성숙난도 많이 섞여 있어 수정율과 부화율이 저하되고 기형율 또한 높아지는 경향이 있다. 절개법으로 인공수정을 실시한 결과 채란량은 2,500만립 정도였으며 수정율은 약 78%, 부화율은 약 52%정도로 나타났다.

1-2. 유생사육

자연산란의 경우 수정란의 크기는 약 100~150 μ m이었으며 부화유생의 크기는 약 150~180 μ m이었다. 수정란 수는 약 356만립 정도였으며, 부화량은 약 292만 마리로 부화율은 약 82%이었다. 유생사육기간 동안 사육수온은 열교환기를 이용하여 17℃ 내외를 유지시켜 주었다.

부화까지의 소요시간은 17℃내외에서 수정 후 약 18시간 정도 소요되었다. 채묘까지

유생의 사육기간은 약 25일 정도 소요되었고, 수질악화를 방지하기 위해 2~4일에 한 번씩 사육수를 전량 교체하여 주었으며 사육수를 교체하지 않을 때는 바닥에 쌓인 배설물과 찌꺼기를 사이폰으로 제거해 주었다. 사육수 전량교체는 사이폰을 이용해 사육유생을 채집하여 새로운 수조로 이동시키는 방법을 사용하였다. 개불유생은 점액질을 분비하기 때문에 사이폰 시 채집망이 막혀 거름망을 자주 교체하였다. 하지만 점액질로 인해 거름망에 끼여 빠지지 않는 개체도 있고 폐사하는 개체도 발생하였다. 따라서 사육수조 교체(전량환수)는 최대한 천천히 실시하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

일반적으로 절개법을 이용하여 인공 수정하였을 경우 미수정난이 많이 섞여 있어 수정율과 부화율이 상당히 낮고 부화한 개체 중에서도 기형개체가 상당수 발견된다. 2020년도에는 성숙한 어미를 선별하여 사용한 결과 절개법을 시행했음에도 수정율은 비교적 양호하게 나타났으나 부화율은 비교적 낮게 나타났다. 절개법의 경우 채란량은 2,500만립이었으며 수정율은 약 78%, 부화율은 약 52%로 나타났다.

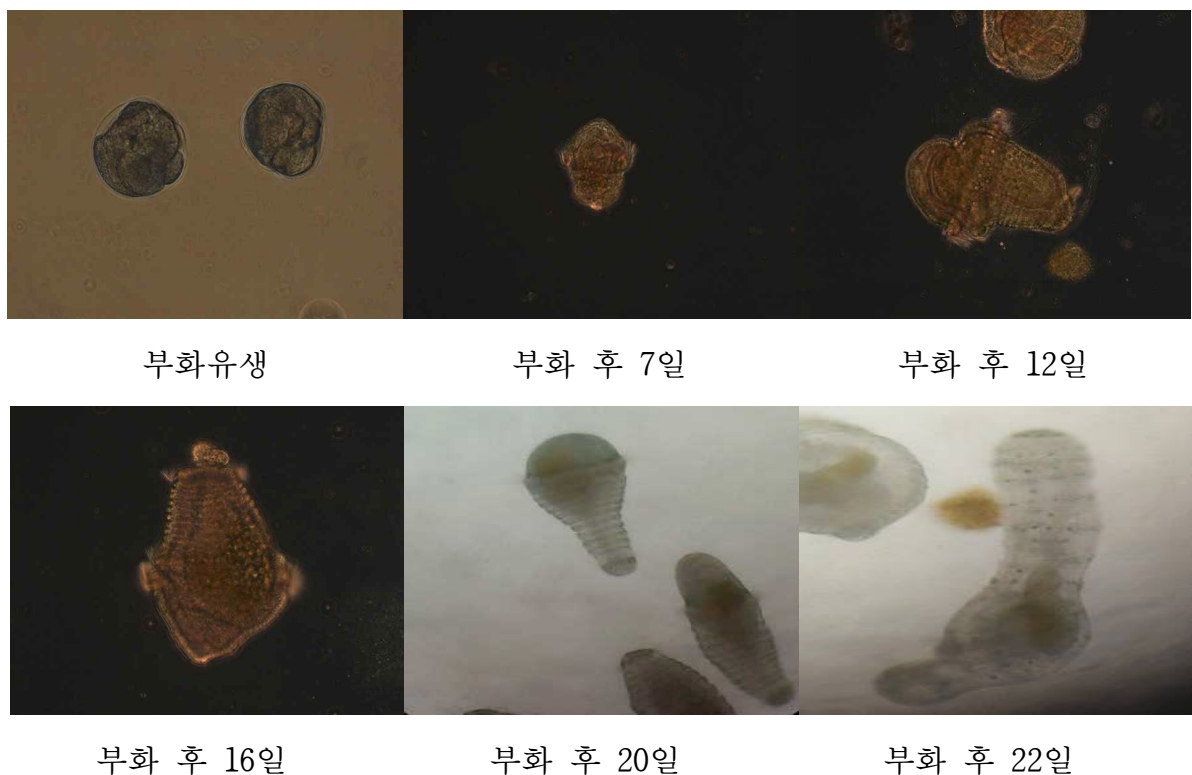


그림 3. 부화 후 개불유생의 성장

자연산란 유생은 기형 개체도 거의 발견되지 않았으며 활력도 양호하였다. 담륜자 유생 초기에는 표피 전체에 섬모가 관찰되었으나 부화 후 7일경부터는 앞과 뒤의 섬모가 탈락되고 몸의 중앙부분에 섬모가 관찰되었으며, 부화 후 약 12일경부터 체절이 형성되기 시작되어 부화 후 16일경에는 10개 내외의 체절이 형성되었다. 또한 체절이 10개 정도 형성될 시기에는 신축성이 상당히 강해졌다. 부화 후 20일경에는 체절이 12개 정도 형성되었으며 부화 후 24일경에는 내장이 보일 정도로 변태한 유생이 관찰되었다(그림 3).

유생사육기간 동안 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 2회 공급하였으며, 부화 후 1~2일간은 수색이 약하게 나타날 정도로 공급하다가 이후 섭식상태를 보며 먹이공급량을 증가시켜 주었다.

1-3. 채묘 및 어린개불 사육

채묘는 부화 후 25일경 체절이 12개 정도 형성되었을 때 미리 준비한 채묘수조에 실시했으며 채묘에 사용한 침착기 유생 수는 300만마리였고, 사육수온은 17℃ 내외를 유지시켜 주었다. 채묘수조는 40톤 원형수조($\varnothing 6.0 \times 1.5\text{m}$) 2개를 사용하였으며, 사각플라스틱상자($59 \times 38 \times 15\text{cm}$)에 8cm 높이의 모래를 깔아 수조바닥에 1단으로 설치하여 채묘하였다. 플라스틱상자를 이용해 채묘 한 수조는 채묘가 완료된 후 1개 수조에 4단으로 엇갈리게 쌓아올려 사육하였다(그림 4).

채묘가 완전히 끝나기 전까지 환수는 1~2일에 한 번씩 사육수의 1/2을 환수 하였으며 환수 시 유생이 빠져나가지 않게 50 μm 망을 이용하여 걸러주었다. 채묘기간 동안 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 2회 공급하였으며, 먹이 섭식상태를 보며 먹이 공급량을 조절하였다.

채묘는 수조 내에 부유하고 있는 유생이 보이지 않을 때까지 실시하였으며 기간은 5일정도 소요되었다. 채묘가 끝난 후부터 환수는 1일 1회전 정도 실시하였으며, 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종 중 먹이상태에 따라 2~3종씩 혼합하여 1일 2회 공급하였다.

채묘 후 20일 정도부터 어린개불이 잠입한 곳의 작은 구멍이 보이기 시작했으며

사육기간이 늘어남에 따라 구멍크기가 증가하고 구멍수도 증가하기 시작하였다. 개불 구멍은 시간이 지남에 따라 조금씩 증가하기 시작하여 채묘 후 약 40~50일경에 최대치를 보였다(그림 4).



그림 4. 플라스틱상자를 이용한 어린 개불 사육

채묘 후 30~40일경에는 어린개불이 체장 1cm 이상으로 성장하였으며 체색은 내장기관이 보일 정도로 투명하였다. 모래 속에 잠입해 있는 어린 개불을 밖으로 꺼냈을 때 체표에 점액질이 많이 분비되어 모래가 뒤덮고 있었으며 모래 밖으로 꺼내놓고 10분정도 지나자 개불의 움직임에 의해 모래가 제거 되었다.

채묘 초기에는 수색이 하루종일 유지될 정도로 먹이 섭이량이 적었으나 개불 구멍이 육안으로 확인되기 시작하면서부터는 섭이량이 늘어나 먹이 공급 후 2~3시간 만에 먹이를 전부 섭이하여 수색이 맑아졌다. 개불은 해수 내 식물성플랑크톤 및 부유물질을 여과하여 섭식하는 여과식자로 먹이를 많이 공급하여도 체내에서 소화되기 전 새로운 먹이를 다시 섭이하고 기존에 완전히 소화되지 않은 먹이를 다시 배출함으로 먹이를 공급함에 있어 하루 2~3회 정도 나누어 공급하는 것이 효율적일 것으로 사료된다. 채묘 후 약 120일 후에는 어린개불의 체장이 3cm 내외로 성장하였으며 체색은 투명하거나 옅은 노란색을 띠고 있었고 어미개불의 형태를 띠고 있었다(그림 5).



그림 5. 성장에 따른 어린개불의 형태 변화(좌 : 채묘 후 55일, 우 : 채묘 후 140일)

어린 개불의 서식밀도는 플라스틱상자 1개 당 74~294마리 범위로 평균 190마리 내외로 나타났으며 서식밀도가 낮을수록 개체의 크기가 컸고 상층과 하층상자 내 어린 개불의 밀도나 개체크기는 차이가 없었다. 자연산란한 유생을 채묘한 수조와 인공수정한 유생을 채묘한 수조에서는 서식밀도에 차이가 나타났으며 자연산란한 유생을 채묘한 수조의 밀도가 약 2배정도 더 높았다. 이러한 결과는 채묘유생의 건강도 때문으로 사료되며 인공수정한 유생 중 미성숙난에서 부화한 유생이 채묘 시기까지 성장하다가 잠입을 하지 못하고 폐사한 것으로 사료된다.

어린 개불 사육 시 초기 사육밀도가 높을 때에는 1/3~1/2정도 분조를 실시하는 것이 효율적일 것으로 사료되며, 사육 시 상자가 무너지지 않을 만큼 높이 쌓아 올려 사육하면 생산량을 더욱 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

1-4. 어린개불 현장적용

생산된 어린 개불은 2020년 10월 16일 인천 옹진군 영흥면 외리어촌계 인근해역에 21,000마리를 현장적용 하였으며, 어린 개불은 이식 시 모래가 많이 섞인 니사질 바닥과 물웅덩이에 씨뿌림 방식으로 살포하였다. 현장적용한 어린개불은 방류 후 저질 속으로 빠른 시간 내에 잠입하였다(그림 6).

잠입을 하지 못한 개체는 갈매기 등의 포식자에 의해 포식될 위험이 있어 방류한 대부분의 어린개불이 잠입할 때까지 방류지역 인근에 머물면서 포식자의 접근을 최대한 차단하였다.



그림 6. 어린개불 채집 및 현장적용

2. 어린개불 생태·환경 실험

2-1. 먹이에 따른 생존율 실험

먹이에 따른 어린 개불의 생존율 실험개시 100일 경과 후 조사한 결과 *Isochrysis* sp.를 먹이로 공급한 실험구에서는 9마리, *Monochrysis* sp.를 공급한 실험구에서는 8마리, *Chaetoceros* sp.를 공급한 실험구에서는 7마리, 3종의 먹이를 혼합하여 공급한 실험구에서는 14마리가 생존하였다(그림 7).

먹이에 따른 어린 개불의 평균 체중은 실험개시 100일 경과 후 조사한 결과 *Isochrysis* sp.를 먹이로 공급한 실험구에서는 0.12g, *Monochrysis* sp.를 공급한

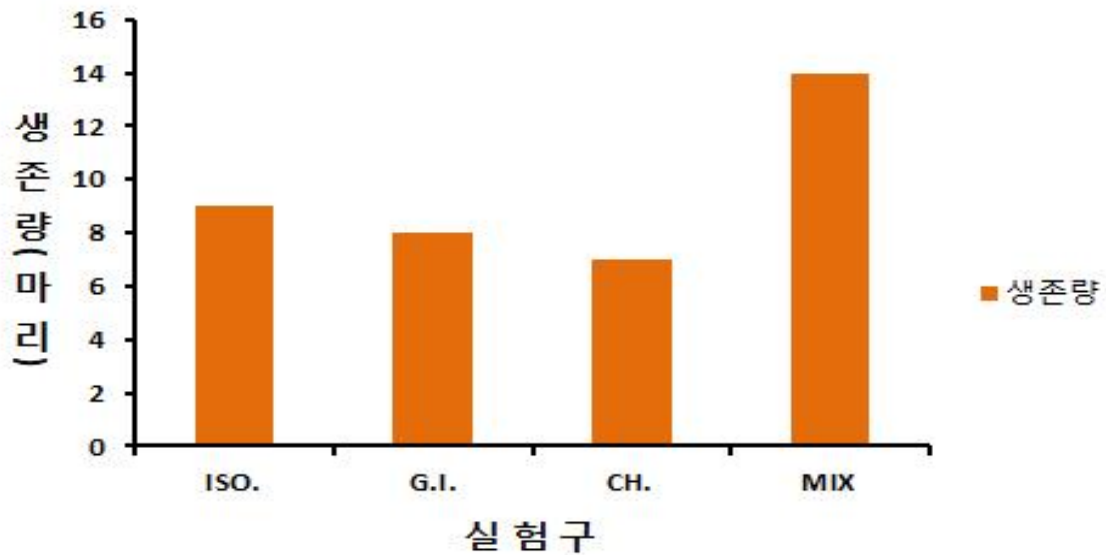


그림 7. 먹이에 따른 어린개불의 생존량

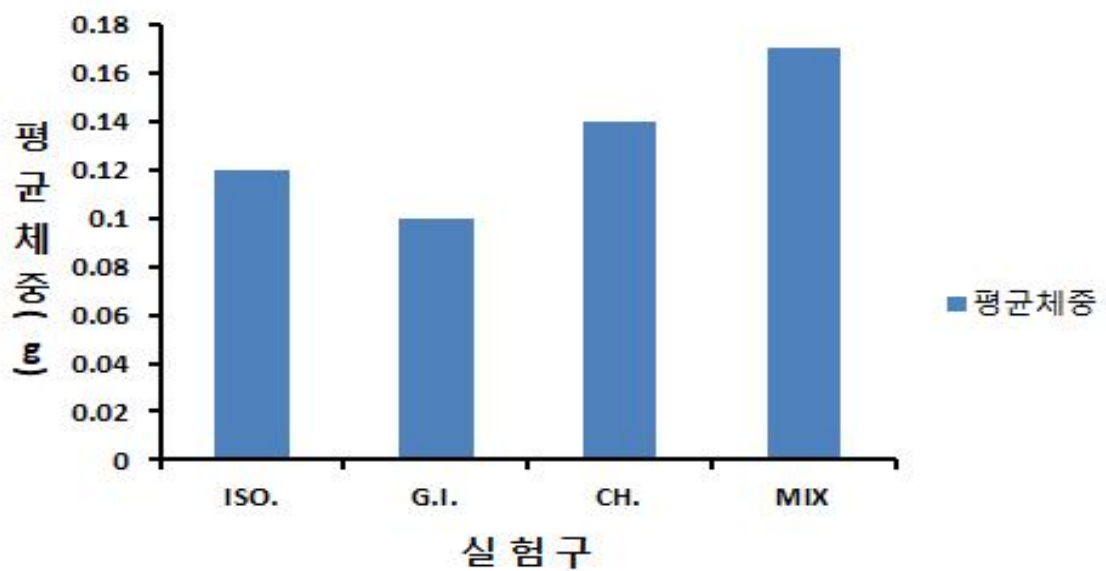


그림 8. 먹이에 따른 어린개불의 체중변화

실험구에서는 0.1g, *Chaetoceros* sp.를 공급한 실험구에서는 0.14g, 3종의 먹이를 혼합하여 공급한 실험구에서는 0.17g으로 나타났다(그림 8).

먹이에 따른 어린 개불의 생존량은 3종의 먹이를 혼합하여 공급하였을 때 가장 높았고 3종을 단독으로 공급하였을 때는 큰 차이가 없었다. 먹이에 따른 어린 개불의 평균 체중은 3종의 먹이를 혼합하여 공급하였을 때 밀도가 가장 높았음에도 불구하고 가장 높게 나타났고 *Monochrysis* sp.를 단독으로 공급하였을 때 가장 낮게 나타났다.

따라서 어린 개불 사육 시 먹이공급은 한 종을 단독으로 공급하는 것보다 여러 종을 혼합하여 공급하는 것이 생존율이나 성장에 효과적인 것으로 판단된다.

2-2. 저질에 따른 생존율 실험

저질에 따른 어린개불의 생존율 실험개시 100일 경과 후 조사한 결과 모래100% 실험구에서 9마리, 모래90%:뿔10% 실험구에서 18마리, 모래80%:뿔20% 실험구에서 40마리, 모래70%:뿔30% 실험구에서 14마리, 모래60%:뿔40% 실험구에서 24마리, 모래 50%:뿔 50% 실험구에서 27마리, 모래 40%:뿔 60% 실험구에서 34마리, 모래 30%:뿔 70% 실험구에서 35마리, 모래 20%:뿔 80% 실험구에서 30마리, 모래10%:뿔90% 실험구에서 11마리, 뿔100% 실험구에서 16마리가 생존하였다(그림 9).

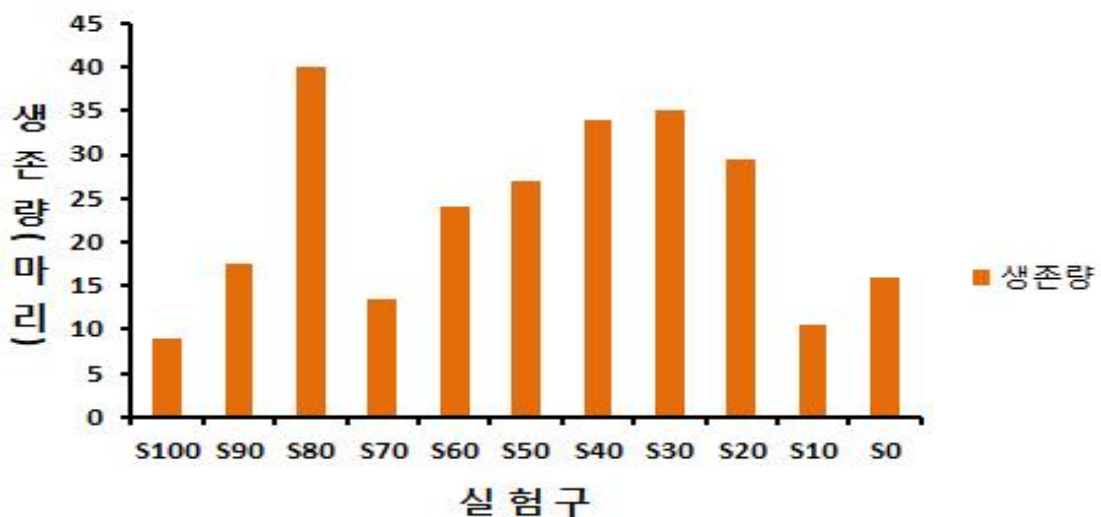


그림 9. 저질에 따른 어린개불의 생존량

저질에 따른 어린개불의 체중은 실험개시 100일 경과 후 조사한 결과 모래100% 실험구에서 0.09g, 모래90%:뿔10% 실험구에서 0.08g, 모래80%:뿔20% 실험구에서 0.05g, 모래70%:뿔30% 실험구에서 0.16g, 모래60%:뿔40% 실험구에서 0.06g, 모래50%:뿔50% 실험구에서 0.09g, 모래40%:뿔60% 실험구에서 0.06g, 모래30%:뿔70% 실험구에서 0.05g, 모래20%:뿔80% 실험구에서 0.08g, 모래10%:뿔90% 실험구에서 0.68g, 뿔100% 실험구에서 0.09g으로 나타났다(그림 10).

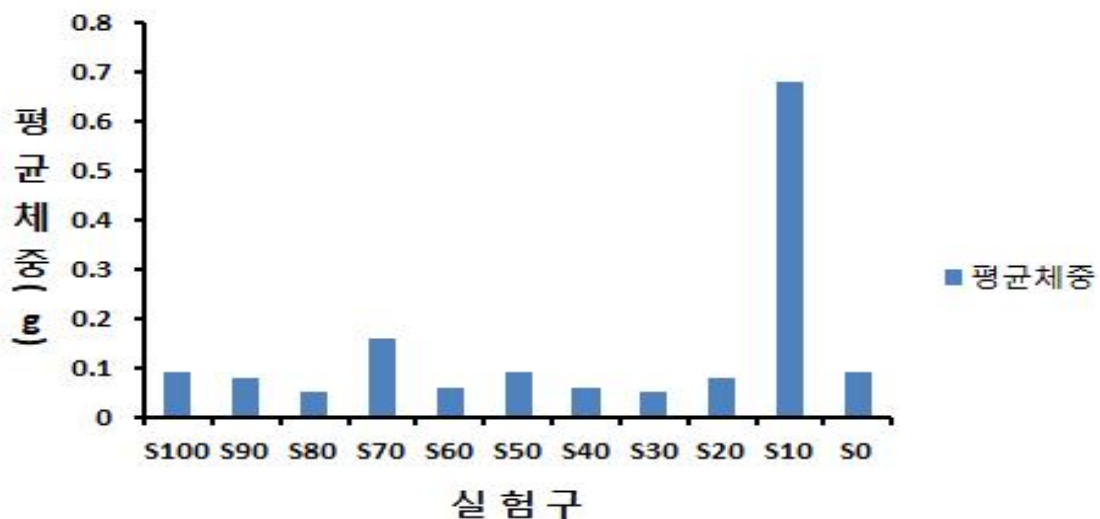


그림 10. 저질에 따른 어린개불의 체중변화

저질에 따른 어린 개불의 생존양은 모래100% 실험구에서 9마리로 가장 낮았고 모래30%:뿔70% 실험구에서 35마리로 가장 높았다. 또한 모래 100% 실험구에서 모래30%:뿔70%로 갈수록 생존양이 점점 높아지고 이후 뿔 100% 실험구까지 낮아지는 경향성이 나타났다. 따라서 개불 사육 시 저질은 뿔과 모래를 섞어 사용하는 것이 효율적일 것으로 사료된다.

2-3. 채묘 방법에 따른 사육구 선택성 실험

채묘방법에 따른 어린 개불의 사육구 선택성 실험 100일 경과 후 조사한 결과

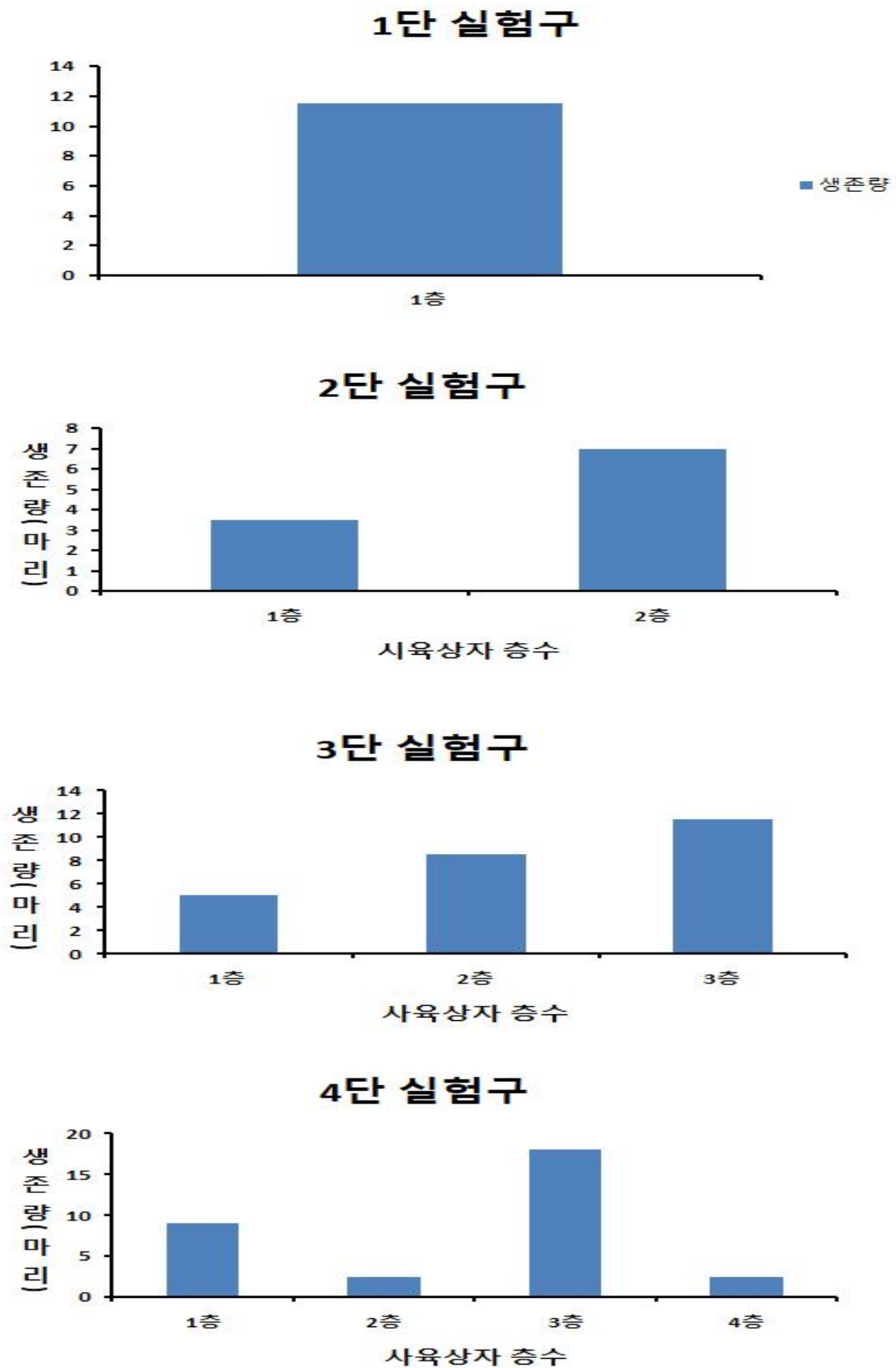


그림 11. 저질에 따른 어린 개불의 체중변화

1단으로 쌓은 실험구에는 12마리, 2단으로 쌓은 실험구 중 1층(바닥)은 4마리, 2층은 7마리가 생존하였고, 3단으로 쌓은 실험구 중 1층은 5마리, 2층은 9마리, 3층은 11.5마리가 생존하였다. 4단으로 쌓은 실험구에서는 1층은 9마리, 2층은 3마리, 3층은 18마리, 4층은 2.5마리가 생존하였다(그림 11).

실험결과 사육상자를 다단으로 쌓아 채묘 하였을 경우 표층에 위치한 사육상자 쪽으로 채묘가 많이 되는 경향이 나타났으며 4단 실험구의 경우 표층과 가까워 4단이 아닌 3단에 채묘가 많이 되었을 것으로 사료된다. 평균 생존량은 1단으로 채묘 하였을 때 가장 높았고 2~4단으로 채묘 하였을 때는 큰차이가 나타나지 않았다. 따라서 채묘공간이 협소할 경우 다단으로 채묘가 가능할 것으로 사료된다.

2-4. 어린개불의 저질 선택성 실험

어린 개불의 저질 선택성 실험 100일 경과 후 조사한 결과 모래 100% 실험구에서는 12마리, 모래50%:뽕50% 실험구에서는 56마리, 뽕 100% 실험구에서는 54마리가 생존하였다(그림 12).

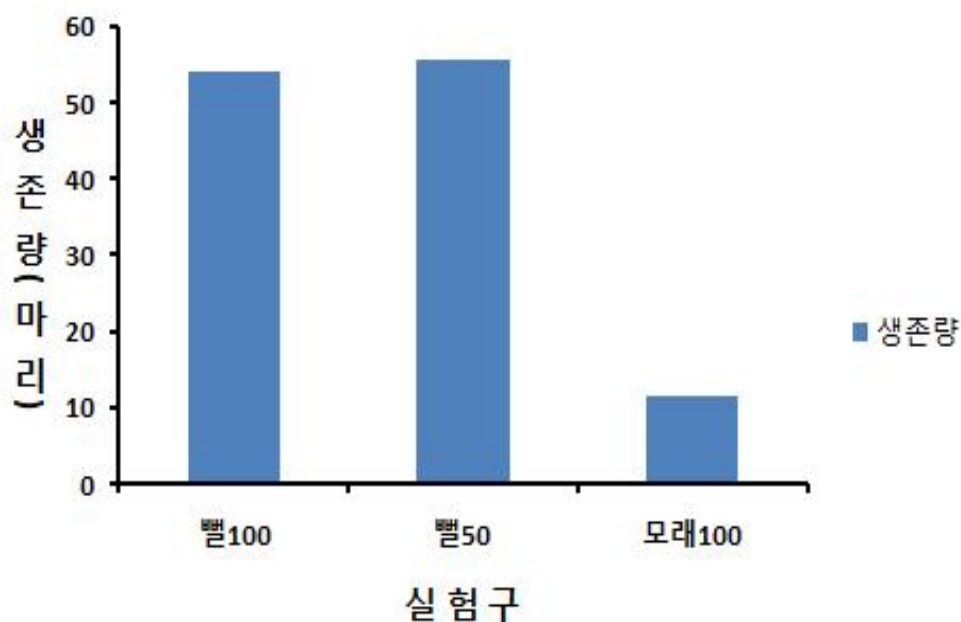


그림 12. 어린 개불의 저질 선택성

우리 연구소에서는 실험을 위한 어린 개불 생산 시 100% 모래만을 저질로 사용하여 왔으며 현재까지 59×38×15cm 플라스틱 사각 상자에 평균 200마리 이상 생산되었다. 하지만 본 실험에서는 여러 종류의 저질이 있을 경우 뽕이 섞여있는 저질을 선호하는 경향을 나타내었다. 따라서 개불 유생은 단일 저질이 있을 경우 선택의 여지가 없기 때문에 채묘율이 높지만 여러종류의 저질이 있을 경우 모래보다는 뽕이 섞인 저질을 선호하는 것으로 사료된다.

3. 고찰 및 향후계획

개불은 우리나라 중부이남지역에 주로 서식하는 종이었으나, 저질 등 해양환경 변화에 따라 바지락이 없어진 바지락 양식장 부근에 개불 서식지가 자연적으로 조성되면서 인천과 경기도 지역까지 서식지가 확장되고 있는 추세이다. 또한 개불은 최근 새로운 양식품종으로 어업인들의 요구가 증가하고 있는 실정이며, 이를 위해 생산성 향상 등을 위한 다양한 연구가 필요한 실정이다.

개불에 대한 연구는 다른 품종에 비해 미비한 실정으로 개불의 생태 연구뿐만 아니라 갯벌생태계 복원을 위한 갯벌정화 능력 등 다양한 실험을 지속적으로 실시할 필요가 있다. 따라서 갯벌생태계 복원을 위해 정화능력을 가지고 있는 다양한 생물을 검증해 나아가고 갯벌의 생산성 향상을 통해 어업인들의 소득증대 방안을 지속적으로 연구할 계획이다.

IV. 요 약

1. 채란에 사용한 어미는 수온 13℃에서 안정시키며 장속의 배설물과 펄, 모래 등을 배출시켰으며 산란유도는 간출자극법과 수온자극법을 이용하다,
2. 채묘까지 유생의 사육기간은 약 25일 정도 소요되었고, 수질악화를 방지하기 위해 2~4일에 한 번씩 사육수를 전량 교체하여 주었다. 먹이는 *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp, *Monochrysis* sp. 3종을 혼합하여 1일 2회 공급하였다.

3. 채묘는 부화 후 25일경 체질이 12개 정도 형성되었을 때 미리 준비한 채묘수조에 실시했으며, 사각플라스틱상자에 8cm 높이의 모래를 깔아 채묘하였다.
4. 생산된 어린 개불은 2020년 10월 16일 인천 옹진군 영흥면 외리어촌계 인근해역에 21,000마리를 현장적용 하였다.
5. 먹이에 따른 어린개불의 생존율 실험에서는 *Isochrysis* sp., *Monochrysis* sp., *Chaetoceros* sp. 3가지를 혼합 공급한 실험구에서는 생존율이 가장 높았다.
6. 저질에 따른 어린개불의 생존율 실험에서는 모래 100% 실험구에서 모래30%:뽕70%로 갈수록 생존율이 점점 높아지고 이후 뽕 100% 실험구까지 낮아지는 경향성이 나타났다.
7. 채묘방법에 따른 어린개불의 사육구 선택성 실험에서 평균 생존량은 1단으로 채묘 하였을 때 가장 높았고 2~4단으로 채묘 하였을 때는 큰차이가 나타나지 않았다.
8. 어린 개불의 저질 선택성 실험에서는 래 100% 실험구에서는 12마리, 모래50%:뽕50% 실험구에서는 56마리, 뽕 100% 실험구에서는 54마리가 생존하였다.

V. 참고문헌

- 강경호, & 김재민. (2003). 개불, *Urechis unicinctus* 치충의 저질선택성 및 성장. 한국양식학회지, 16(1), 24-30.
- 경상남도수산자원연구소. (2011). 연구사업보고서.
- 여수대학교. (2002). 개불 대량종묘생산 기술개발.
- 옹진군. (2008). 옹진군 도서별 양식어장 적지조사 및 바지락 폐사저감 대책.
- 최상덕, 김호진, 이원교, 곽은주, 윤호섭, 라성주, & 이인곤. (2000). 한국산 개불, *Urechis unicinctus* (von Drasche)의 생식주기. 한국양식학회지, 13(2), 169-174.
- 해양수산부. (2006). 해양환경공정시험방법.

- Arp, A. J., Hansen, B. M., & Julian, D. (1992). Burrow environment and coelomic fluid characteristics of the echiuran worm *Urechis caupo* from populations at three sites in northern California. *Marine Biology*, 113(4), 613-623.
- Choi, S. D., H. J. Kim, S. J. Rha, K. J. Choe and H. L. Suh. (1998). Studies on the commercial scale production of *Urechis unicinctus*(von Drasche) in southern Korea. I. The effect of temperature on embryos development. *Bull, Yosu Nat' l. Univ.*, 13, 983-992.
- Choi, S. D., Kim, H. J., Rha, S. J., Hong, S. Y., Lee, W. K., & Lee, W. B. (1999). The Effect of PH and Salinity on Egg Development of *Urechis unicinctus* (von Drasche) in Southern Korea. *Journal of Aquaculture*, 12(2), 155-161.
- Gould-Somero, M., & Holland, L. (1975). Fine structural investigation of the insemination response in *Urechis caupo*. *Developmental biology*, 46(2), 358-369.
- Suer, A. L., & Phillips, D. W. (1983). Rapid, gregarious settlement of the larvae of the marine echiuran *Urechis caupo* Fisher & MacGinitie 1928. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 67(3), 243-259.