

청정해역에 서식하는 살조개, *Protothaca jedoensis*의
대량종묘생산기술개발

Development of seedling production of the venus clam,
Protothaca jedoensis

2005. 12

여 수 대 학 교

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 ■■청정해역에 서식하는 살조개, *Protothaca jedoensis* 의 대량종묘생산기술개발■■과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005년 12월 일

주관연구기관명 : 여 수 대 학 교

총괄연구책임자 : 김 정

연 구 원 : 최상덕, 이원교, 서호영
정춘구, 김철원, 한종석
라성주, 윤호섭, 김용구
문성용, 추부관, 박일웅
정창안, 안윤근, 배애란

협동연구기관명 : 여수지방해양수산청

협동연구책임자 : 정 준 호

연 구 원 : 김철중, 이용환, 조주현
차용백, 김두용, 서경란

요 약 문

I. 제 목

청정해역에 서식하는 살조개, *Protothaca jedoensis* 의 대량종묘생산기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라의 패류양식 생산량은 해마다 급감하고 있는데, 이러한 패류 생산량의 감소는 주력 품종인 굴, 피조개, 바지락 등의 자연 채묘량이 부족한 데다 공업화에 따른 연안오염의 확산과 양식생물의 밀식 및 연작에 의한 양식장 자가 오염의 누적, 양식장의 부영양화에 의한 적조, 간척사업으로 인한 갯벌의 감소 등의 원인을 들어 볼 수 있겠다. 따라서, 매년 급격히 감소추세를 보이는 패류의 생산량 증대를 위해서는 양식장의 환경개선과 대체어장의 개발, 더불어 패류의 새로운 양식품종 및 인공종묘생산기술개발 등이 절실히 요구된다.

살조개는 서남연안에서 기호도가 높은 유용수산자원으로 서식생태가 작은 돌들이 섞인 모래질에 서식하는 특성이 있고, 맛도 우수하므로 앞으로 새로운 양식대체품종뿐만 아니라 양식 대체어장의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종이다.

본 연구에서는 청정해역에 서식하는 살조개, *Protothaca jedoensis*의 대량인공종묘생산기술을 개발하여 종 보존 및 자원증강의 효과를 가져오고 패류양식의 활성화를 통한 어민소득을 증대시키고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

살조개의 자연서식지 어장의 환경적 특성을 구명하고, 살조개와 혼생하며 유사한 서식생태를 보이는 바지락과 백합과의 유용이매패인 개조개, 가무락조개, 백합 등의 5종간의 형태학적, 유전학적, 이화학적 특성을 비교 조사하여 살조개와 유사종간의 유연관계를 밝힌다. 이를 토대로 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위해서 서식 생태와 생식 메카니즘 및 유생과 치패의 번식·생태학적인 연구 등의 기초자료로 활용하고자 한다. 이 기초자료를 바탕으로 살조개의 성숙 및 생식주기, 산란유발, 유생사육을 통한 대량인공종묘생산기술을 확립하고자 한다. 아울러

러, 살조개 치패의 저질선택성 및 잠입율 조사 및 치패의 양식방법에 따른 성장 및 생존율 조사를 통한 방류저질, 방류 크기 등의 양식적응성 검토를 실시하였다.

IV. 연구개발결과

1. 자연서식장의 서식환경 및 생태조사

1.1 서식어장의 수질 및 저질성상 조사

살조개의 자연서식장의 환경요인을 보면 수온은 5.4~27.6℃ 범위였으며, 염분은 26.5~34.5‰, pH는 7.82~8.39의 범위를 나타내었다. DO는 5.31mg/ℓ~11.28mg/ℓ 범위였으며, COD는 0.13mg/ℓ~1.38mg/ℓ 였다. IL은 0.76~7.62% 범위 였으며, 저질 COD는 조사해역에서 0.53~4.14 mg/g-dry 범위였으며, AVS는 0.002~0.113mgS/g 였다.

1.2 저질의 입도분석 및 선택성조사

소경도지선의 경우 저질입자가 자갈(2mm 이상)이 4.21~15.68%, 모래(0.036mm 이상)가 27.14~38.09%, 펄질(0.031mm이하)이 55.70~63.32% 였다. 백야지선은 자갈(2mm 이상)이 2.46~22.71%, 모래(0.036mm 이상)가 19.16~36.08%, 펄질(0.031mm이하)이 58.71~68.30%의 범위 였다. 작금지선의 경우는 자갈(2mm 이상)이 14.85~19.22%, 모래(0.036mm 이상)가 21.07~22.89%, 펄질(0.031mm이하)이 59.71~62.26% 의 범위 였다.

조사지선은 주로 살조개와 바지락이 혼생하는 지역으로 노출선별로 혼생종인 바지락과 살조개의 분포밀도를 보면 고노출선에서는 바지락이 우점종이며 저노출선으로 이동하면서 점차 살조개가 우점종으로 바뀌었다.

조사지선 모두 고노출선의 경우 자갈과 모래질이 비중이 높았고 저노출선의 경우 펄질의 비중이 높게 나타났으며, 살조개는 공간경쟁에서 바지락에 밀리지만 4시간 노출선보다 2시간 노출선에서 바지락보다 양이 많은 것으로 보아 모래질 보다는 펄질이 더 많은 곳에 서식하는 것으로 조사되었다.

2. 유연종간의 유연관계

2.1 형태학적 차이

살조개와 백합과 4종의 유사도는 살조개는 바지락과 0.56로 가장 유사도가 높았고, 백합과

개조개는 0.40의 유사도를 나타내었다. 가무락조개는 살조개와 바지락에 0.22, 개조개와 백합, 살조개, 바지락, 가무락조개간의 유사도는 0.15의 유사도를 나타내었다.

2.2 유전적 차이

백합科 살조개, 바지락, 개조개, 백합, 가무락조개의 5종의 패각근 조직에서 Proteinase K-phenol 추출법에 의해 추출된 DNA를 20ng/ μ l 농도로 조절한 후 10개의 염기로 구성된 arbitrary primer 20 종류를 단일로 사용하여 PCR반응을 시킨 결과 15개의 단일 primer에서 증폭이 일어났고 RAPD pattern의 비교분석 결과, 전반적으로 primer의 종류에 따라 종별 최소 1에서 최대 3의 band가 생성되었다. PCR 반응 생성물은 primer의 종류에 따라 유사한 pattern 및 특이적인 1개의 pattern, 다양한 pattern을 나타내었다. 유전적 유사도는 살조개와 바지락간에는 0.84, 개조개와 백합간에는 0.87로 각각의 두종간에는 높은 유사도를 보였고 가무락조개는 살조개와 바지락간에 0.78의 유사도를 보였으며, 개조개와 백합, 살조개, 바지락, 가무락조개간에는 0.46의 유사도를 보였다.

2.3 체성분 차이

근육부의 구성아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, glycine, alanine, leucine등이 24.02, 19.85, 17.93, 12.65, 11.21으로 총 구성 아미노산의 45%이상, 유리 아미노산은 urea, taurine, proline, glycine, alanine, amminne, arginine 등이 142.36, 76.74, 64.53, 63.72, 59.72로 총 유리 아미노산의 65%으로 특유의 단맛, 감칠맛, 단백질맛을 내었고 타 종에서 비해서 단 맛을 내는 asparagine이 64.53으로 우점종으로 검출되었다. 그리고 백합科 5종의 체성분을 분석해 본 결과 구성아미노산은 종간에는 유의한 차이를 보이지 않았고, 주요 유리아미노산에서는 단맛을 내는 성분은 다소 차이가 있었지만, 쓴맛을 나타내는 성분은 백합, 개조개가 높은 수치를 나타내고 살조개, 바지락, 가무락조개가 낮은 수치를 나타내는 경향을 보였다.

3. 생식주기

비만도는 생식세포의 발달과 함께 증가하여 2월(5.7℃)에 20.6의 최고치를 나타내고 산란직 전인 5월(16.2℃)까지 비교적 높은 18.4를 보였다. 산란을 마친 8월(24.2℃)의 비만도는 9.6의 최하값을 보이는 것으로 보아 생식주기와 밀접한 관계를 보였다.

난군발달양상은 산란 직전인 5월에 직경 50~60 μ m(mature oocyte)와 60~70 μ m(ripe oocyte) 크기의 성숙 및 완숙난이 주된 군을 형성하다 6월에 산란이 시작되면서 직경 60~70 μ m의 완숙

난모세포들의 수가 현저히 감소하였다. 7월경에는 60~70 μ m의 크기의 난모세포는 전혀 나타나지 않은 것으로 보아 연 1회의 산란기와 주산란기는 6~7월로 관찰되었다.

군성숙도의 경우, 암컷과 수컷의 50% 성숙 각장은 이들 채급별 성숙개체의 출현비율을 구한 결과 암·수 동일하게 각장 38.42mm 로 추정되었다. 생식소의 발달단계는 초기 활성화기(12~2월), 후기 활성화기(1~4월), 완숙기(3~7월), 부분 산란기(6~8월), 퇴화 및 비활성기(7~1월)의 연속적인 생식년주기를 나타냈다.

4. 대량종묘생산기술개발

4.1 모패관리

살조개의 성장기 및 성숙기로 예상되는 3월~4월에 자연산의 암수모두 각장의 크기가 38.2 mm 이상 크기의 3년생 이상의 모패를 확보하여 성성숙 요인으로 수온을 자연수온, 18 $^{\circ}$ C, 22 $^{\circ}$ C 구간으로 사육하여 생식소의 조직학적 관찰을 통한 난소에 대한 소낭의 비, 난소에 대한 난모세포의 비를 통한 성숙도를 조사한 결과 22 $^{\circ}$ C 이상으로 사육관리 하였던 모패가 5월초에 성숙도수가 가장 높았다.

4.2 산란유발 및 난발생

산란유발은 생산성을 높이는데 필요한 선결과제로 수온, 간출, 정자현탁액, 자외선조사해수, 약품(H_2O_2 , NH_4OH , serotonin), 절개법(암모니아첨가해수) 등의 물리, 화학적방법을 통한 산란유발 자극방법을 사용한 결과 20~30개씩을 넣은 산란유발실험은 serotonin 자극실험 이외의 모든 실험구간에서 산란하지 않았다. 그러나 대량으로 군집을 이룬 수온자극실험에서는 산란이 가능하였다. 따라서 살조개의 산란유발자극방법은 대량의 개체를 수용한 수조에 수온자극과 약품방법 중의 serotonin 자극을 병행하는 것이 가장 효과적이었고 살조개의 산란량은 20만개체였다.

난 발생에 미치는 수온, 염분, pH의 영향을 알기위하여 15, 20, 25, 30 $^{\circ}$ C 실험구간, 20, 25, 30, 35, 40‰ 실험구간, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 실험구간에서 D상 유생까지의 경과 시간을 비교 조사한 결과는 25 $^{\circ}$ C 이상의 고수온에서 난 발생 시간도 짧았고 생존율도 높았다. 염분, pH의 영향은 발생시간은 거의 별차이가 없으나 20, 25‰에서는 D상 유생이 거의가 기형이었고, 30~40‰에서는 정상적으로 발생되었다. pH에서는 4, 5, 6은 거의가 기형이었고, 7, 8, 9는 정상적으로 발생하였다.

4.3 유생사육

살조개 유생의 사육 환경조건을 조사한 결과, 10 ℓ 수조에 수온을 24, 27, 30, 33℃ 구간으로 실험을 한 결과 27℃에서 성장률이 가장 빨랐고 생존율은 24℃가 가장 높아 살조개 유생사육의 적수온은 24~27℃로 나타났다.

수온 24℃에서 10 ℓ 수조에 수용밀도를 2, 4, 6, 8 개체로 하여 실험한 결과 성장률은 6, 8 개체가 높았으나 생존율은 4개체가 높아 적정 수용밀도는 4~6개체로 나타났으며, 적정 먹이는 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*로 나타났다. 먹이 농도는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이 사육한 결과는 1×10^4 , 2×10^4 /ml 구간 순으로 성장률 및 생존율이 높아 먹이농도별 투여량은 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 로 나타났다.

4.4 채묘기질 조사

사락질, 사질, 사니질, 니질, 물러가제, 파판에 채묘하여 30일간 사육한 결과 사락질 487 μ m, 사질 403 μ m, 파판 346 μ m, 사니질 344 μ m, 물러가제 224 μ m 순으로 성장률을 나타냈으며 니질은 전량 폐사하였다. 생존율도 사락질 14%, 사질 9% 순으로 적정 채묘기질은 사락질과 사니질로 조사되었다.

4.5 치패사육

살조개 성숙 부유유생 250 μ m을 사질에 채묘하여 안정된 500 μ m의 치패를 10 ℓ 수조에 5개체 /cm³로 먹이생물을 30일간 사육한 결과 *Isochrysis galbana* 1643 μ m, 혼합구 1593 μ m, *Chaetoceros calcitrans* 1521 μ m 순의 성장률을 보였고, 생존율도 80, 78, 75%의 순으로 적정 먹이생물은 *Isochrysis galbana* 와 *Chaetoceros calcitrans*로 조사되었다.

먹이생물 농도는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이 사육한 결과는 1×10^4 , 2×10^4 /ml 구간 순으로 성장률은 1636, 1572 μ m로 나타났고, 생존율도 1×10^4 /ml가 75%로 가장 높아 적정 먹이농도는 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 로 조사되었다.

4.6 대량 유생 및 치패사육

살조개 유생을 5톤 사각수조에 수용하고 1 μ m 여과 및 자외선 살균 처리한 해수를 사용하여 먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella ellipsoidea*를 혼합하여 $1 \sim 5 \times 10^4$ /ml 급이하면서, 수온 20℃, 25℃에서 사육하였다. 수온 20℃ 사육에서는 7~10일째

의 130~150 μ m에서 폐사가 일어나기 시작해 거의 폐사하여 13일째 사육을 종료하였다. 수온 25 $^{\circ}$ C 사육에서는 17일째에 245 μ m 이상으로 45% 정도의 생존율을 보여 250 μ m의 칩착기 시점에서 모래질에 채묘하여 5.2~5.8mm의 살조개 치패로 성장하였다.

5. 양식적응성 평가

5.1 저질선택성 및 생존율 조사

살조개 적정 방류 저질을 조사하기 원통형수조(\varnothing 85mm)에 각각 니질(A구, 0.008~0.031mm), 사니질(B구, 0.0625~0.25mm), 사질(C구, 0.25~0.5mm), 사락질(D구, 0.5~2mm) 및 저질이 없는 실험구(E구)로 살조개 치패 20마리를 수용해 72시간 조사한 결과 *P. jedoensis* 치패의 생존율은 니질에서 90.00%, 사니질 98.33%, 사질 86.66%, 사락질 93.33%의 생존율을 나타내었고, 대조구인 저질이 없는 실험구에서는 75.00%의 생존율을 보여 살조개 치패의 적정 방류저질은 사락질과 사니질로 조사되었다.

살조개 치패의 적정 방류크기를 조사하기 위해 지름 85mm의 원통형 수조에 치패 각장에 따라 1~3mm, 3mm~5mm, 5~10mm, 10~12mm 구간으로 10마리씩 수용하여 72시간 경과 후 저질깊이에 따른 치패분포를 조사하였다. 저질잠입 시간은 2~3mm는 50%까지는 15분, 75%까지 90분이 경과하였고, 3~5mm는 50%까지는 10분, 75%까지 15분으로 가장 빨랐으나, 100%까지는 2160분이 소요되었다. 5~10mm는 50%까지는 90분, 75%까지 360분이 소요되었다. 10~12mm는 50%까지는 60분, 75%까지 180분이 소요되었으나, 100%까지는 300분으로 가장 빨라 치패의 방류크기는 최소 3mm 이상은 되어야하고 10mm이상이면 안정적인 것으로 조사되었다.

5.2 양식적응성 검토

살조개 *P. jedoensis* 치패의 야외 생존율과 성장률을 조사하기 위해 평균 각장 1.206 mm의 치패를 폴리에틸렌 사각용기(60cm \times 35cm \times 30cm)에 사질(0.25mm)을 깊이 20cm씩 채운 후 각각 400마리를 수용하여 120일 동안 사육하여 육상양성의 경우 각장 최대성장 6.78mm, 야외양성은 16.19mm 로 약 2.6배의 성장을 보였고, 생존율은 육상양성이 평균 96.4%로 평균 76.58%의 야외 성장보다 높게 나타났다.

5.3 경제성 평가

종묘생산사업은 순소득이 가능하고, 자연양식장에 방류하면 더 많은 소득이 기대되지만, 연안환경 악화로 인한 치패 수요자가 없는 점 등을 고려할 때, 먹이가 인공 먹이생물배양에 의존

하는 단점을 보완하기 위해 채묘 후 자연양식장에서 중간 육성하는 것이 효과적인 양식경영이라 평가된다.

V. 연구개발결과의 활용계획

1. 모패관리 : 종보존 차원의 일환으로 지속적인 기술관리
2. 산란유발 : 조개류의 산란유발방법으로 어민교육 등의 지속적인 기술지도
3. 대량유생사육 : 종보존 차원의 일환으로 지속적인 기술관리
4. 채묘방법 : 침착기 치패의 채묘에 기초자료로 활용
5. 대량치패사육 : 연안자원조성의 일환으로 지속적인 기술관리
6. 방류방법 : 연안자원조성의 일환으로 지속적인 기술관리

Summary

I. Title

Development of seedling production of the venus clam, *Protothaca jedomensis*

II. Objective and significance

The venus clam, *Protothaca jedomensis* distributed in south and west coastal area of Korea. In morphological characteristics is similar to *R. philppinarum*. In Korea, wild venus clam have been caught commercially in some areas. However, cultivation and seed production of venus clam have been carried out to increase the productivity. Therefore we conducted the study of techniques to increase venus clam productivity for its mass culture.

III. The contents and scope

To develop the technique for increasement of venus clam productivity, we carried out the investigation for environmental factors in venus clam habitat, reproductive cycle, spawning induction, sand immersion ability and rearing conditions of larva. Then, we defined the efficiency technique for spat collections in natural conditions and in artificial control and the cultivation system of spats.

IV. Results

Water temperature, salinity of the habitat ranged from 5.4 to 27.6°C and from 26.5 to 34.5 ‰, respectively. Range of pH, DO and COD were 7.82~8.39, 5.31~11.28 mg/L, 0.13~1.38 mg/L, respectively. Dominant grain size was fine silt and the IL of sediment was ranged from 0.76~7.62%. The COD and AVS in the sediments ranged from 0.53~8.67 mg/g-dry and 0.002~0.113mg/g-dry respectively.

Morphological difference between the venus clam, *Protothaca jedomensis* and similarity

species. Line similarity relationship among the venus clam, *P. jedoensis* and the 4 species the family Veneridae, the venus clam, *P. jedoensis* and little clam *R. philppinarum*. The highest was 0.56, Hard clam, *M. lusoria* and Purplish washington, *S. purpuratus*'s similarity was 0.40, Venus clam, *C. sinensis* was 0.22 at the Venus clam, *P. jedoensis* and Little clam, *R. philppinarum*, Hard clam, *M. lusoria*. Purplish washington, *S. purpuratus* is similar to the Venus clam, *P. jedoensis*, Little clam, *R. philppinarum*, Venus clam, *C. sinensis* 0.15.

Genetic difference between venus clam, *Protothaca jedoensis*, and similarity species. The the Family Veneridae clam was drawn out from adductor muscular by proteinase K-phenal drawing out method.

After control the DNA concentration 20mg/ μ l composed co-bases 20 arbitrary primers resulted in PCR products, 15 unit primers were amplified, result in RAPD pattern generally depends on the primer type at least 1 to 3 at the top band was produced. PCR production was showed a similar pattern, and a special pattern. Variety pattern depends on the primers kind.

Genetic similarity between the Venus clam, *P. jedoensis* and Little clam, *R. philppinarum* was 0.84, Purplish washington, *S. purpuratus* and Hard clam, *M. lusoria* was shown at 0.87. Venus clam, *C. sinensis* was 0.78 at the Venus clam, *P. jedoensis* and Little clam, *R. philppinarum*, Hard clam, *M. lusoria*, Purplish washington, *S. purpuratus* is similarity the Venus clam, *P. jedoensis*, Little clam, *R. philppinarum*, Venus clam, *C. sinensis* 0.46.

Proximate compositions difference between the Venus clam, *Protothaca jedoensis* and similarity species.

Composition amino-acid of muscle part was glutamic acid, aspartic acid, glycine, alanine, leucine each one 24.02mg/g, 19.85mg/g, 17.93mg/g, 12.65mg/g, 11.21mg/g these things totally occupied over 45% in total composition amino-acid, in free amino-acid urea, taurine, proline, glycine, alanine, ammine, arginine each one 142.36mg/g, 76.74mg/g, 64.53mg/g, 63.72mg/g, 59.72mg/g these things totally occupied 65% in total free amino-acid and these were made a sweet taste, sapidity, and albumen taste compared to other species make a sweet taste aparagine was the main difference at 64.53mg/g.

The result of the 5 species of the Family Veneridae, Composition amino-acid did not present any difference between the 5 species. The major free amino-acid made it sweet, but more or less different. Also, the case of bitter taste was the highest in the Hard clam,

M. lusoria, Purplish washington, *S. purpuratus* otherwise, Venus clam, *P. jedoensis*, Little clam, *R. philppinarum*, Venus clam, *C. sinensis* tended to be low index.

P. jedoensis was dioecious. The gonads are located between the digestive diverticula and muscle tissue of the foot. The ovary was composed of a number of ovarian sacs, and the testis was composed of several testicular tubules. The condition index was reached its maximum (20.6) in February, and then decreased to 11.5 in June. In August, the value was the lowest(9.6) and then increased slowly. Minimum size for the sexual maturation of individuals were 38.4 mm in shell length.

One the other hand, the size of mature oocytes was ranged to 50~60 μ m in diameter and testis-ova was observed in testis of the mature stage. The reproductive cycle of *P. jedoensis* could be classified into five successive stages : early active (December to February), late active (January to April), ripe (March to July), partially spawned (June to August) and spent/inactive (July to January) stages.

In order to obtain basic information for seedling production of venus clam, *Protothaca jedoensis* spawning induction was investigated. Serotonin injection could induce the spawning in venus clam. Water temperature rising, sperm suspension immersion, UV-ray irradiated seawater and H₂O₂ addition less affected on induction of spawning than serotonin. In order to obtain the aquaculture fundamental data for resources enhancement of the *Protothaca jedoensis*, the egg development and larva growth were investigated at different conditons such as water temperature, phytoplankton and density. Water temperature, at which *P. jedoensis* egg successfully completed development, ranged from 15~30 $^{\circ}$ C. The required time from fertilization to D-shaped larva was 39.7 hours at 15 $^{\circ}$ C, 31.2 hours at 20 $^{\circ}$ C, 26.8 hours at 25 $^{\circ}$ C and 26.2 hours at 30 $^{\circ}$ C in *P. jedoensis*.

In regard to water temperature, growth and survival rates of larvae were high at 24~27 $^{\circ}$ C. In growth and survival rates of larvae with various rearing densities, the highest average growth and survival rates were 4~6 ind./ml. When larvae were fed mixed phytoplankton, such as *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, and *Pavlova lutheri*, their growth and survival rates were the high among the groups. In growth and survival rates of larvae with various rearing food concentrations, the highest average growth and survival rates were 218 μ m, and 45% at the food concentration of 1~2 \times 10⁴ cells/ml, respectively.

In regard to water temperature, growth and survival rates of spat were high at 25 $^{\circ}$ C.

The highest average growth and survival rates were 5 ind./m². When larvae were fed mixed phytoplankton, such as *Isochrysis galbana* and *Chaetoceros calcitrans*.

Effect of substrate composition and food organisms on survival and growth of the venus clam, *Protothaca jedoensis* was studied. Spat collection from the substratum was the highest, when its sand size was better than 344 μ m. In growth and survival rates of spat with various rearing food concentrations, the highest average growth and survival rates were 1636 μ m, and 75% at the food concentration of 1~2 \times 10⁴ cells/ml, respectively.

V. Suggestion for the practical application of this study

We established the technology development of cultivation for new available commercial bivalve that *P. jedoensis*. *P. jedoensis* culture will give fishermen more income and new species for aquaculture. The artificial seed production technology of regional endemic species is possible as enterprise product and will prevent the over production of special species such as oyster, abalone, other bivalve and give an appropriate production.

CONTENTS

Summary	9
Chapter I. Introduction of the research	17
Chapter II. The present status of technique	23
Chapter III. Contents and results of the research	25
Section 1. Environmental and ecological study	25
1. Introduction	25
2. Materials and methods	26
3. Results	29
3. Discussion	48
Section 2. Phylogenetic relationships	50
1. Introduction	50
2. Materials and methods	50
3. Results	59
3. Discussion	80
Section 3. Reproductive cycle	82
1. Introduction	82
2. Materials and methods	82
3. Results	85
3. Discussion	92
Section 4. Artificial seed production	99
1. Introduction	99
2. Materials and methods	100

3. Results	105
3. Discussion	133
Section 5. Adaption for aquaculture on investigation	137
1. Introduction	137
2. Materials and methods	137
3. Results	141
3. Discussion	149
Chapter IV. Research achievement and practical application	150
Section 1. Environmental and ecological study	150
Section 2. Phylogenetic relationship	150
Section 3. Reproductive cycle	151
Section 4. Artificial seed production	151
Section 5. Adjust of aquaculture on investigation	155
Chapter V. Application plan of this study	156
Chapter VI. Collected technical informations from abroad	157
Chapter VII. Reference	158

목 차

요 약 문	2
제 1 장 연구개발과제의 개요	17
제 1 절 연구개발의 필요성	17
제 2 절 연구개발의 목표 및 내용	20
제 2 장 국내외 기술개발 현황	23
제 1 절 국내외 기술개발 현황	23
제 2 절 향후 전망	24
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	25
제 1 절 서식환경 및 생태조사	25
1. 서 론	25
2. 재료 및 방법	26
3. 결 과	29
4. 고 찰	48
제 2 절 계통유연관계조사	50
1. 서 론	50
2. 재료 및 방법	50
3. 결 과	59
4. 고 찰	80
제 3 절 생식주기	82
1. 서 론	82
2. 재료 및 방법	82
3. 결 과	85
4. 고 찰	92

제 4 절	대량종묘생산기술개발	99
1. 서론		99
2. 재료 및 방법		100
3. 결과		105
4. 고찰		133
제 5 절	양식적응성 검토	137
1. 서론		137
2. 재료 및 방법		137
3. 결과		141
4. 고찰		149
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	150
제 1 절	서식환경 및 생태조사	150
제 2 절	계통유연관계조사	150
제 3 절	생식주기	151
제 4 절	대량종묘생산기술개발	151
제 5 절	양식적응성 검토	155
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	156
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	157
제 7 장	참고문헌	158
첨부자료	(성과사진)	165

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

우리나라의 수산업은 70년대부터 80년대까지 비약적으로 성장하여 세계적인 선진수산국으로 발전하였으며, 식량 및 보건식품 산업으로서 국가경제에 크게 이바지하여 왔으나, 90년대에 들어와서 WTO체제의 출범과 수산물의 전면 수입개방, UN해양법협약의 발효 및 한·일 및 한·중 어업협정이 발효됨에 따라 우리나라의 수산물 교역여건과 공해상에서의 조업 여건이 악화되고 연근해어장 축소가 불가피하게 되었다. 국내적으로는 매립 간척에 의한 연안어장의 축소와 산업화에 따른 연안어장 오염의 심화, 무분별한 수산자원의 남획 등으로 수산자원은 날로 감소 추세에 있으며 어가소득은 도시근로자 가계소득의 70% 수준에 머물고 있고 정주환경 취약과 3D업종 기피현상 등으로 어촌인구는 계속 감소추세에 있는 실정이다.

그러나 우리나라의 수산업은 수산식량의 안정적 공급과, 고용기회의 제공, 해양환경 보전, 어촌지역의 균형발전과 국가해양력 증대라는 국가적 역할을 지속적으로 담당해야 한다.

국·내외적으로 이런 어려운 여건을 극복하고자, 이매패류중 분류학적으로 백합과에 속하며, 우리나라의 서남해안(Fig. 1) 조간대에 서식하고 유용수산자원으로서 개발가치가 매우 높은 살조개의 종묘생산기술을 확립함으로써 어가소득을 향상시키고, 어민들의 숙원사업인 양식품종의 다양화에 기여함은 물론 최근, 양식장환경악화로 인해 패류(바지락 등)생산량이 감소되고 있는 점을 감안할 때, 신품종(고급유용생물)인 살조개의 인공종묘생산 기술개발은 절실히 필요한 실정이다.

1. 기술적 측면

미국을 비롯한 세계의 수산 선진국들은 자원보전학적인 측면에서 살조개에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 우리나라에서도 최근 살조개에 대한 관심이 급증함에 따라 일반 양식어민들의 접근이 자주 시도되고 있는 반면, 그에 대한 연구는 전무한 실정이다.

우리나라의 패류양식 생산량은 해마다 급감하고 있는데, 이러한 패류 생산량의 감소는 주력품종인 굴, 피조개 등이 산업화 및 도시화로 인한 연안 환경오염으로 자연채묘가 부진한 데다 자가오염에 따른 양식장의 노화에서 그 원인을 찾을 수 있다. 또한 식용으로 기호도가 높고 유용수산자원으로서 개발 가치가 매우 높을 것으로 기대되는 신품종에 대한 충분한 기본 연구가 수행되고 있지 않는것도 그 원인이라 할수있다.

이에 본 연구에서는 패류양식의 활성화를 위해 새로운 양식대상종으로서 개발 가능성이 높은 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위한 서식지환경특성을 구명하고 인공종묘생산기술을 확립하여 어민들의 숙원사업인 양식품종의 다양화 및 어민소득향상을 위해서 신품종인 살조개의 대량종묘생산기술 개발을 기술적인 측면에서 접근하고자 한다.

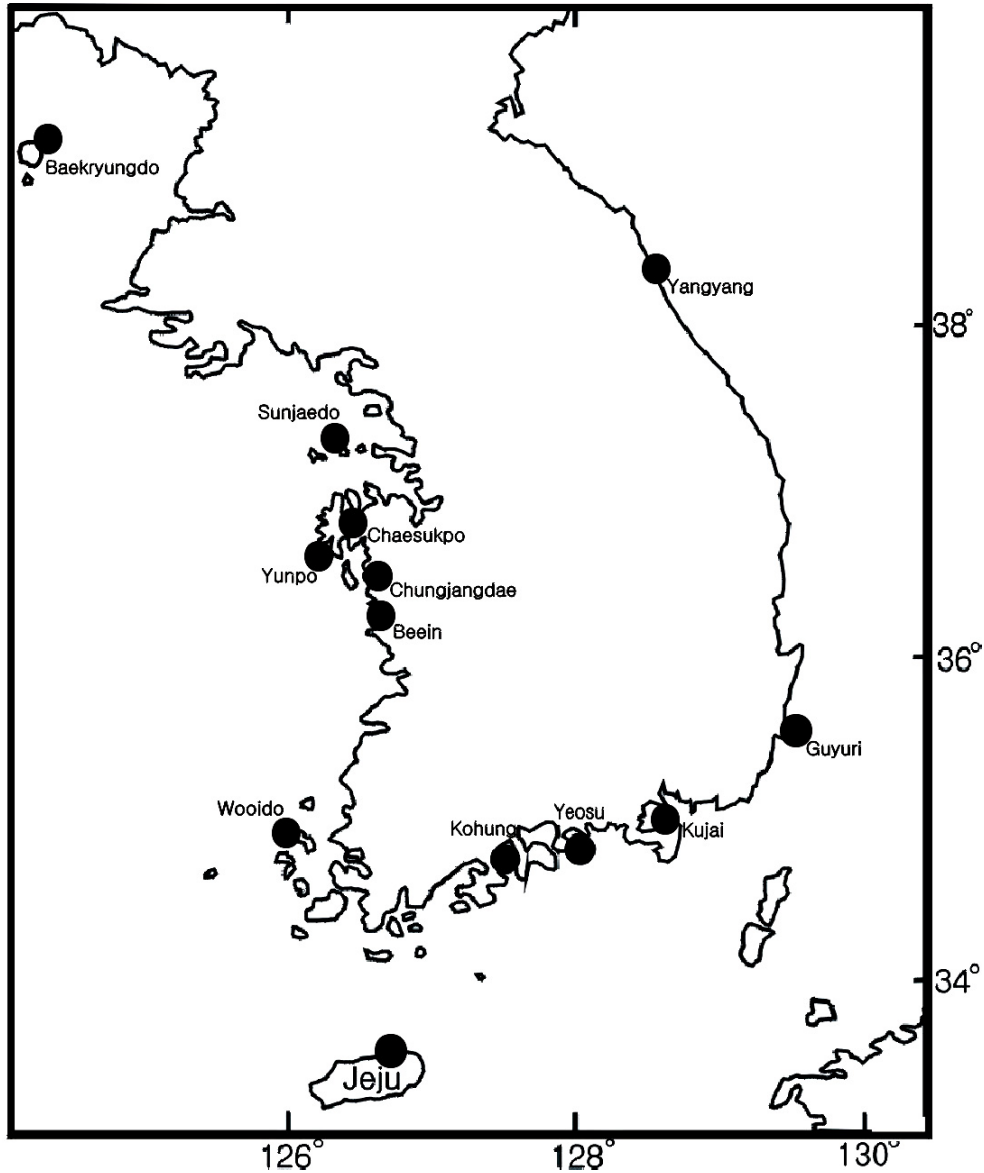


Fig. 1. Map showing the production areas(●) of the *Protothaca jedoensis*(Min, 2001).

2. 경제·산업적 측면

우리나라 천해양식의 대표적인 패류 생산량은 1988년도에는 42만톤에 달하였으나 1989~1997년에는 30~35만톤 내외, 1999년에는 24만톤으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 주요 품종별 생산량은, 굴이 17~20만톤으로 가장 많으며, 피조개는 13~23만톤의 생산량을 보였다. 바지

락은 1989년부터 1992년까지 4만6천~6만5천톤에 달하였으나, 1993년도부터는 1만톤 정도로 급격히 생산량이 줄어들었다. 그러나 비교적 오염에 강한 홍합류는 1989~1992년까지 8천톤~1만톤 정도였던 생산량이 1993년도부터는 5만5천톤에서 계속 증가하고 있다(해양수산부, 2000).

이러한 사실은 공업화에 따른 연안오염의 확산과 양식생물의 밀식 및 연작에 의한 양식장자가 오염의 누적, 양식장의 부영양화에 의한 적조, 간척사업으로 인한 갯벌의 감소 등의 원인을 들어 볼 수 있겠다. 매년 급격히 감소추세를 보이는 패류의 생산량 증대를 위해서는 양식장의 환경개선과 대체어장의 개발, 더불어 패류의 새로운 양식품종 및 인공종묘생산기술개발 등이 절실히 요구된다(김, 2000; 양, 1999).

살조개는 서남연안에서 기호도가 높은 유용수산자원으로 서식생태가 작은 돌들이 섞인 모래질에 서식하는 특성이 있고, 맛도 우수하므로 앞으로 새로운 양식대체품종뿐만 아니라 양식 대체어장의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종이다.

따라서, 살조개와 혼생하며 유사한 서식생태를 보이는 바지락과 백합과의 유용이매패인 개조개, 가무락조개, 백합 등의 5종간의 형태학적, 유전적학적, 이화학적 특성을 비교 조사하여 살조개와 유사종간의 유연관계를 밝히고, 이를 토대로 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위해서 서식 생태와 생식 메카니즘 및 유생과 치패의 번식·생태학적인 연구 등의 기초자료를 얻고자 하며, 대량인공종묘생산기술을 확립하여 어민소득을 증대시키고자 한다.

3. 사회·문화적 측면

1995년을 기준으로 세계수산물의 1인당 평균 소비는 연간 13.5kg인 반면에 우리나라는 50.7kg으로 일본의 71.2kg에 이어 세계 2위 수산물 소비국가이다(FAO, 1998). 아울러, 전 세계적으로 배타적 경제수역(EEZ : Exclusive Economic Zone), 총허용 어획량 설정(TAC : Total Allowable Catch)등의 해양 환경조건으로 인해 원양어업의 위축에서 오는 부족한 수산물의 양을 다른 나라에서처럼 우리나라도 더 많이 양식생산으로 충당해야하는 실정이다. 그러므로 양식산업이 고급 단백질원의 공급이라는 측면이 아닌 식량 안보 차원에서 보호 육성되어야 할 것이다.

해산무척추동물은 지질, 단백질 등 영양기능성분의 함량이 비교적 적기 때문에 어류에 비하여 식품영양학적 가치가 다소 낮은 것으로 알려져 있으나, 육상동물과는 달리 어류처럼 식품의 생체 기능성성분의 하나인 n-3 지방산을 상당히 함유함으로써, 최근에는 건강식품으로 각광을 받게 되어 (Kinsella, 1987), 그 소비량이 증가하는 경향을 나타내고 있다(Korea Rural Economic Institute, 1996). 또한, 탄수화물(주로 글리코겐) 함량은 일반적으로 어류에 비하여 더 많이 함유되어 있어 해산 무척추동물의 일반성분 조성에 대한 보고가 있다(정 등, 1999).

우리나라의 경우 대표적인 영양공급원으로는 오징어, 문어 등의 두족류와 홍합, 바지락, 굴, 재첩 등의 부족류와 전복, 소라, 다슬기 등의 복족류가 우리 한국인에게 없어서는 안되는 필수영양원이다. 특히, 이중에서도 우리나라 국민들이 동물성 단백질의 50% 정도를 해산물에 의존하는 식습관을 가지고 있기 때문에 이때패류는 없어서는 안될 중요한 공급원이다.

이와 같은 취지에서, 살조개의 소비촉진과 효율성을 증대코자 일반성분과 아미노산 조성을 조사하고, 양식품종의 다양화, 양식대체어장의 개발 및 어민소득증대에 이바지하기 위해서는 살조개의 대량종묘생산기술 개발에 대한 관련 연구는 절대적으로 필요한 중요한 과제라고 판단된다.

제 2절 연구개발의 목표 및 내용

1. 최종 목표

- 서식지 어장의 환경특성 규명
- 유연종간의 특징 비교
- 성성숙 및 번식생태 파악
- 유생 및 치패의 적정사육 방법 구명
- 종묘생산 및 대량종묘생산 기술 개발

2. 연구개발의 내용 및 범위

살조개의 자연서식지 어장의 환경적 특성을 구명하고, 살조개와 혼생하며 유사한 서식생태를 보이는 바지락과 백합과의 유용이매패인 개조개, 가무락조개, 백합 등의 5종간의 형태학적, 유전학적, 이화학적 특성을 비교 조사하여 살조개와 유사종간의 유연관계를 밝힌다. 이를 토대로 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위해서 서식 생태와 생식 메카니즘 및 유생과 치패의 번식·생태학적인 연구 등의 기초자료를 얻고자 한다. 이 기초자료를 바탕으로 살조개의 성성숙 및 생식주기, 산란유발, 유생사육을 통한 대량인공종묘생산기술을 확립하고자 한다. 아울러, 살조개 치패의 저질선택성 및 잠입을 조사 및 치패의 양식방법에 따른 성장 및 생존을 조사를 통한 방류저질, 방류 크기 등의 양식적응성 검토를 실시하였다.

2.1 서식어장의 환경특성 및 생태조사

청정해역에 서식하는 살조개, *Protothaca jedoensis* Lischke, 1874는 연체동물문(Mollusca), 부

죽강(Bivalvia), 백합목(Veneroidea), 백합과(Veneridae)에 속하며(한국동물분류학회, 1997), 우리나라 서남연안과 일본, 중국 연안의 조간대에서 수심 20m 까지의 모래밭이나 작은 돌들이 많은 곳에 바지락과 혼생한다(岡田, 1982; Kwon et al., 1993; Kim, 1996; Min, 2001). 따라서, 살조개가 서식하고 있는 어장의 환경적 특성을 파악해 두면 대량종묘생산 및 양성에 유리한 점이 있다.

- 자연서식지의 물리학적 특성을 파악하기 위하여 조금과 사리 때의 유향과 유속을 조사하고 매월 수온, 염분농도, pH, DO, COD, 영양염류를 정기적으로 조사한다.
- 저질의 입도분석과 그 저질에 서식하는 저서생물상도 조사한다.

2.2 대량종묘생산기술 개발

어떤 생물의 종묘생산을 위해서는 반드시 생식기작 등이 밝혀져 있어야 효율적으로 인공종묘생산을 할 수 있다. 그러나, 살조개는 거의 연구된 바가 없어 살조개와 혼생하는 바지락 등의 백합과의 유연종간의 계통유연관계조사를 통해 기초자료로 축적하고 이와 비교조사를 통해 살조개의 생식기작을 조사하여 대량인공종묘생산기술을 확립하고자 한다.

- 살조개의 생식생태학적 기초자를 얻기 위해 혼생하는 바지락 등의 유연종간의 형태학적, 유전학적, 이화학적 특징을 조사하여 기초자료를 얻는다.
- 형태학적 특징은 개체의 분류형질을 패각형태로 하여 Habe의 분류방법(1977)에 따라 패각의 외부 및 내부 형태형질의 분류와 형태형질중의 계측형질인 인대길이, 교판길이, 주치길이, 주치높이, 주치간의 거리, 후폐각근흔길이, 외투선만입길이는 Lewis and Seed(1969)와 유(1992)가 제시한 방법에 따라 유사도 조사한다.
- 유전학적특징은 RAPD-PCR방법을 이용한(Dutcher and Kapaum, 1993; Cho et al., 1997; Baradakci and Skibinski, 1994,민 등, 2000) 유전적 분석은 살조개와 유연종간의 유사도를 조사한다.
- 이화학적특징은 일반성분분석과 아미노산 분석으로 살조개와 유연종간의 유연관계를 조사한다.
- 살조개의 생식기구를 밝히기 위해 생식생리학적 특성을 조사하고, 매월 살조개를 채집하여 생식소를 절취하여 이들에 대하여 조직학적 방법으로 생식관련 세포와 조직 및 기관의 특징과 계절적 변동을 조사하여 난과 정자 형성과정, 생식년주기, 산란기, 군성숙도 등을 조사한다.
- 살조개의 인공종묘생산을 위하여 모패의 사육환경, 난경, 난발생 및 유생의 발달양상을 조사하여 종묘생산 기술개발에 직접 이용 가능하도록 한다.

- 살조개 모패의 성숙유도 조건 및 암컷의 산란량을 조사한다.
- 물리, 화학적(수온, 간출 등)자극에 의한 최적 산란유발방법을 조사하여 대량 유생확보 방법을 구명한다.
- 종묘생산시 난발생에 미치는 적정 수온, 염분, pH 등을 조사한다.
- 유생과 치패 사육을 위한 최적 조건구명을 위해 사육수온의 범위, 크기별 사육밀도, 최적먹이생물 등의 제반요인에 대해 조사한다.
- 대량 유생 및 치패의 최적 사육 조건을 규명한다.
- 치패의 저질잡입률 및 생존율 조사, 사육환경조건에 따른 치패의 성장률 및 생존율을 조사하여 양식적응성을 검토한다.
- 종 보존 및 자원량 증가를 위해 모패 관리, 산란유발, 유생사육, 채묘기술 및 치패의 사육조건을 조사하여 대량종묘생산기술을 확립한다.
- 산업화를 위한 경제성을 평가한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내외 기술개발 현황

1. 국 내

우리나라에 출현하는 살조개屬에는 살조개(*Protothaca jedoensis*), 잔주름살조개(*P.euglypta*) 2종이 알려져 있다(한국동물분류학회, 1997). 우리나라의 경우, 조선총독부수산시험장 1929년 사업보고(1931)의 피조개 연안양식 적지조사 및 양식시험을 수행하면서 안면도의 유용패류 자원량 조사에서 처음으로 살반지락에 대해 언급하고 있으나, 바지락 이외의 생산량은 많지 않다고 보고하고 있다(유, 1976). 이후로, 살조개에 대한 연구는 패류도감에 조사된 일반적인 패각형태와 그림도해 및 사진 등의 설명만이 언급되어 있을 뿐이며(Kwon et al., 1993), 살조개의 분류, 생식·생리 및 생태학적 연구는 김(2002)의 연구만이 있을 뿐 거의 연구된 바가 없고, 어획량조차도 파악되지 않고 있는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 양식대상종으로 중요성이 날로 커가는 살조개(신품종)에 대한 기초생물학적 연구 및 종묘생산기술을 수행하여, 본 종을 양식종으로 정착·유도하고자 한다.

2. 국 외

일본에는 *P. jedoensis*, *P. euglypta*, *P. schencki* 3종이 알려져 있다(新日本動物圖鑑, 1982). 지리학적으로 가까운 일본에서도 살조개를 *Venus hirasei* Pilsbry, 1901로 명명하여 왔으나, 최근에 분류학적 재검토를 거쳐 *Protothaca jedoensis*로 명명하였다(Habe, 1977). 세계적으로는 이들 종 이외에 *Protothaca*屬이 *P. staminea*, *P. pectorina*, *P. grata*, *P. asperrima*, *P. antiqua*, *P. thaca*, 등이 알려져 있다(Parker, 2000).

*Protothaca*屬 조개류는 해양자원 및 해양동물의 영양원으로서 연구가 활발하여 *P. staminea*의 생산, 재생, *P. pectorina*의 정자의 미세구조(Matoss et al., 1997), *P. asperrima*의 배 발생(Ewart et al., 1988), *Protothaca*屬의 성장형태(Harrington, 1987), *P. grata*의 생식주기(Pizarro and Cruz, 1987) 등의 살조개와 비슷한 *Protothaca*屬에 관한 연구가 계속 진행중에 있으나, 지역적으로 상이한 본 종에 대한 연구는 전무한 실정이다.

제 2 절 향후 전망

공업화에 따른 연안오염의 확산과 양식생물의 밀식 및 연작에 의한 양식장 자가 오염의 누적, 양식장의 부영양화에 의한 적조, 간척사업으로 인한 갯벌의 감소 등으로 인한 패류의 생산량이 감소하고 있다.

매년 급격히 감소추세를 보이는 패류의 생산량 증대를 위해서는 양식장의 환경개선과 대체어장의 개발, 더불어 패류의 새로운 양식품종 및 인공종묘생산기술개발 등이 절실히 요구된다 (김, 2000; Bae, 1998).

살조개는 서남연안에서 기호도가 높은 유용수산자원으로 서식생태가 작은 돌들이 섞인 모래질에 서식하는 특성이 있고, 맛도 우수하므로, 앞으로 살조개의 대량종묘생산기술이 확립된다면 새로운 신품종으로 양식대체품종뿐만 아니라 양식품종의 다양화 및 양식대체어장의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종으로 위치하게 될 것이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 서식환경 및 생태조사

1. 서 론

여수반도의 남단과 돌산도에 둘러싸인 가막만은 남북 방향의 길이가 약 15km, 동서 방향 길이가 약 9km인 원형의 내만으로서 평균 수심이 약 9m인 천해이다. 해저 지형의 특징은 오목하게 깊은 북쪽 내만역과, 만 중앙으로부터 남쪽으로 갈수록 40m 까지 차츰 깊어지는 남쪽 만구역 그리고 수심이 얇고 경사가 완만한 동부의 천해역으로 구분된다. 대조차는 약 3m이며, 해수는 북동쪽의 여수항과 남쪽 만구를 통하여 거의 동시에 출입하며 양쪽에서 유입한 해수는 만내에서 상접한다. 가막만은 용량이 적지만(10.2×108m³, 국립수산진흥원·전라남도, 1982) 독특한 지형과 상기한 해양수리학적 여건 때문에, 기본적으로 3개의 수괴가 존재하며 때때로 복잡한 해황을 나타낼 뿐만 아니라(이·조, 1990) 기초 생산력이 매우 크다(이 등, 1991).

가막만에 관한 연구로는 5개 지점에 대한 계절별 특징(Kim, 1983), 만구별 측류 조사에 의한 해수의 교류, 교환(이·장, 1982), Shim(1980)의 5개 지점에 대한 계절별 수질 환경과 Phyto-plankton의 출현종과 량에 대한 조사, 수질 및 저질 환경의 계절별 변동특성 등 주로 해역의 수질과 수류 그리고 저질환경에 관한 연구가 대부분이다. 반면, 만내 양식장 환경에 대하여는 국립수산진흥원·전라남도(1982)가 4개 지점에 대한 일반 환경 및 패류 자원의 분포상에 대한 조사와 이 등(1992)의 수하식 양식굴의 생산실태와 성장특성에 관한 연구뿐 가막만의 유용 패류 중 하나인 살조개 양식장에 대한 연구는 아직까지 없는 실정이다.

저질환경은 해저를 생활기반으로 하는 저서생물의 서식조건 판단에 좋은 지표가 될 뿐만 아니라 여러 가지 수질오염의 누적적인 영향이 반영되어 나타나므로 오염조사의 대상으로써 중요하다(Cho et al., 1994). 환경요인 즉, 수온, 염분, 먹이공급(Hanaoka and Shimadzu, 1949), 저질의 특성, 유속과 유향에 따라 변이를 나타내므로(Stanly, 1968), 패류에 있어 서식적지에 관한 연구는 중요하다. 특히 양식장의 저질이 양식패류의 성장이나 사망에 밀접한 관계가 있다는 보고(이 등 1969; 이·장 1969; 조 등 1982)에 비추어 보아 양식장의 저질 상태는 양식장의 가치를 판단하는 중요한 기준이 되고 있다. 이와 같은 서식환경은 양식생물의 서식적지를 찾아내는 측면에서 중요시 되어 왔다(김, 2002).

따라서 본 연구에서는 기호도가 높은 유용 수산자원인 살조개의 서식생태를 파악하여 대체

어장 선정시 판단근거를 제공하고 방류를 통한 살조개 자원증강을 위해 기존의 살조개 서식지의 해석조사를 통해 살조개 대량 인공종묘생산을 통한 방류 적지에 대한 기초 자료를 얻고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 수질환경조사

살조개 서식지의 수질환경 조사를 위해 가막만 조간대에 위치한 살조개 자연양식장 3개 지선(소경도, 백야도, 돌산도 작금)을 선정하여 2003년 1월부터 동년 12월까지 매월 1회 현장조사 및 시료채취를 실시하였다(Fig. 2). 수질조사는 수온, 염분, pH, DO, COD, 총질소, 총인 및 Chlorophyll-a 를 조사하였으며, 수온과 염분은 YSI-85 디지털수온계를 이용하여 수심 2m 이하를 저층 수온과 저층 염분으로 하여 측정하였다. pH는 ORION-420 pH 미터를 사용하여 측정하였으며, DO는 윙클러-아지드변법(Winkler-azid)에 의해 측정하였다. COD는 채수 당일 바로 알칼리법으로 분석하였고, 영양염류는 Spectro - photometer(GENESYS-5)로 분석하고, 표준 검량선을 미리 작성하여 구해진 흡광도(Abs)를 농도(Conc)로 환산하였다. 영양염류중 암모니아성 질소(NO₂-N)는 Indophenol법에 의해 비색 정량하였으며, 최대흡수파장인 640nm에서 흡광도를 측정하였고, 아질산성 질소(NO₃-N)는 Sulfanilamid-NED법에 의해 비색정량 하였으며, 최대흡수파장인 543nm에서 흡광광도법으로 측정하였다. 질산성질소(NO₃-N)는 Cadmium reduction 법에 의해 질산을 아질산으로 환원시킨 후 Sulfanilamid-NED법에 의해 비색 정량하여 최대흡수파장인 543nm에서 흡광광도법으로 측정하였다. 총질소는 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성질소의 합으로 구하였으며, 총인(PO₄-P)은 Ascorbin acid 법에 의해 비색 정량하여 최대흡수파장인 885nm에서 흡광도를 측정하였다. Chlorophyll-a는 0.45 μ m 멤브렌 필터로 여과하여 엽록소 색소를 90% 아세톤으로 추출한 후 상등액의 흡광도를 630, 647, 664, 750nm에서 측정하여 정량하였다.

2.2 저질환경조사

살조개 서식지의 저질환경 조사를 위해 3곳의 지선에서 2003년 1월부터 동년 12월까지 매월 1회 시료를 채취하였다. 채취된 저질시료를 이용하여 함수율, 강열감량, 저질COD, 황화물 및 입도분석을 실시하였다. 함수율은 채니기로 채취한 조사지점의 저질 상층부를 20~30g 정도

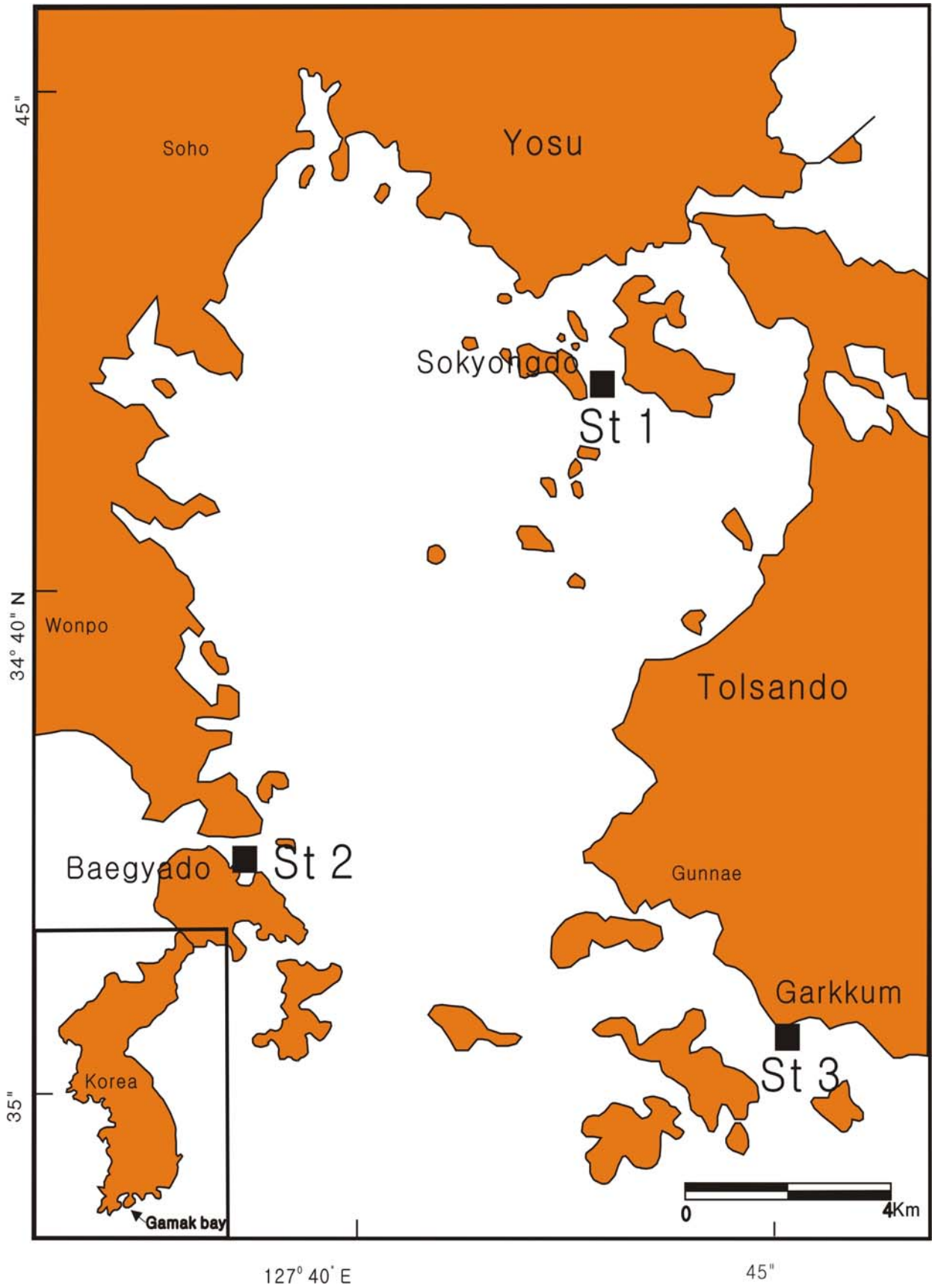


Fig. 2. Map showing the sampling stations in Gamak bay.

취하여 도가니에 넣고, 건조기(Dry oven)에 105℃로 24시간 동안 건조한 후 항량으로 될 때까지 건조시켜 무게를 측정하였으며, 강열감량은 도가니에 건조된 시료 5g을 넣고 550℃의 온도로 2시간 동안 가열한 후 데시케이터에 냉각시키고, 실온으로 식힌 후 측정하였다. 저질COD는 습시료 1g을 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1N 과망간산 칼륨 100cc와 10% 수산화나트륨 5cc를 투입하여 항온수조에 70℃내외로 60분간 중탕 가열 후 요드화나트륨 10ml 와 아지드화나트륨 3방울을 가하여 냉각시키고 증류수를 가하여 250cc로 한 후 유리섬유 여과기를 이용하여 여과하였다. 여과액중 50cc를 취하여 삼각플라스크에 넣고 30% 황산 1ml를 가하여 수화물을 녹이고, 0.1N 치오황산나트륨으로 적정하여 전분용액의 청색이 없어질 때까지 소비량을 구하여 COD의 농도를 계산하였다. 황화물 측정은 황 검지관을 사용하였으며, 습시료 2g을 취하여 기체발생관에 넣고 진한 황산 2ml를 가한 후 검지관을 진공펌프와 연결하여 황화수소가 검지관에 흡수되도록 하였다. 발생한 황화수소의 양과 검지관 눈금으로부터 황화물을 구하였다.

퇴적물의 입도분석은 체분석 및 피펫법을 병행하여 실시하였다. 입도분석을 위해 시료를 30g을 취하여 과산화수소(H₂O₂)를 약간 가하여 실온에서 유기물을 분해하고, 가열판 위로 옮겨 시료가 끓지 않을 정도인 90℃에서 반응이 일어나지 않을 때까지 가열한 후 방냉하여 각종 염과 침전물을 3회 세척하여 제거하였다. 세척된 시료는 4φ(0.0063 mm, 1/16 mm) 체로 습식 체질을 하였다. 모래 크기 이상의 조립질 퇴적물은 건조 후 진탕기를 사용하여 10분간 1φ간격으로 체질하여, 입도별 중량 백분율을 구하였다. 4φ이하의 세립질 시료는 확산이 잘 되도록 확산제인 Calgon용액을 10%의 농도로 10ml 첨가하여 입자들을 분리시켜 확산이 잘 되도록 저은 후, 피펫법을 사용하여 50ml를 채취한 후, 건조기(110℃, 24시간 이상) 및 데시케이터를 사용하여 건조시키고 정밀한 전자저울(0.01)을 사용하여 건조된 퇴적물 입자의 무게를 측정하였다. 퇴적물의 분류는 자갈, 모래 및 펄 함량비를 기준으로 구분하였다.

2.3 살조개 출현량조사

살조개의 자연서식지에 공생하는 패류와 조위별 살조개의 분포량을 조사하기 위해 3곳의 지점에서 대조시에 노출되는 조건대를 4시간 노출 지역과 2시간 노출 지역으로 구분하고 방형구(100cm×100cm)를 이용하여 살조개의 분포량을 조사 하였다. 조위별 살조개의 분포량과 공생 패류를 파악하기 위해 각각의 지점에서 채집된 패류를 실험실로 옮긴 후 패각표면의 이물질 제거하고 도감(신 원색 한국패류도감, 2001)을 참고하여 각각의 패류를 동정 분류 하였으며, 동정된 패류를 개수하여 살조개와 기타 패류와의 혼생비율을 조사하였다.

2.4 서식지별 살조개의 형태학적 특성

살조개 출현량 조사시 채집된 개체를 각 지점별로 150개체씩 무작위로 수거하여 실험실로 운반하였다. 실험실로 운반된 살조개는 불순물을 제거하고 해수로 세척한 후 티슈를 이용해 패각 표면을 가볍게 두드려 해수를 제거하여 측정시 오차를 최소화 하였다. 살조개 패각은 각장(Shell length, SL), 각고(Shell height, SH), 각폭(Shell width, SW)을 vernier calipers로 0.1mm 단위까지 측정하였고, 전자저울을 이용하여 전중량(Total weight, TW)을 0.01g까지 측정하였다.

3. 결 과

3.1 수질환경

3.1.1 수온 및 염분

조사해역의 저층 수온범위는 5.4~27.6℃로 소경도에서 2월에 5.4℃로 가장 낮게 측정되었으며, 백야도에서 8월에 27.6℃로 가장 높게 측정 되었다. 각 조사지역별 수온범위는 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 조사지점별 수온분포를 보면 소경도에서는 2월에 5.4℃로 가장 낮게 측정 되었으며, 8월에 27.3℃로 가장 높게 측정 되었다. 백야도에서는 1월에 6.9℃로 가장 낮게 측정 되었으며, 8월에 27.6℃로 전 조사지역중 가장 높게 측정 되었다. 작금에서는 2월에 6.8℃로 가장 낮게 측정 되었으며, 8월에 26.8℃로 가장 높게 측정 되었다. 각 조사지점별 저층수의 평균 수온을 살펴보면 소경도에서 16℃, 백야도에서 16.1℃ 그리고 작금에서는 16.2℃로 각 지점별 저층수의 년중 평균 수온은 큰 차이를 보이지 않았다.

조사해역의 저층 염분범위는 26.5~34.5‰로 2월에 백야도에서 34.5‰로 가장 높게 측정 되었으며, 소경도에서 9월에 26.5‰로 가장 낮게 측정 되었다. 조사해역별 저층 염분의 변화를 살펴보면 소경도의 저층 염분범위는 26.5~34.3‰였으며, 2월에 34.3‰로 가장 높고 8월에 27.3‰로 가장 낮게 측정 되었다. 백야도의 저층 염분범위는 26.8~34.5‰였으며, 2월에 34.5‰로 가장 높고 9월에 26.8‰로 가장 낮게 측정 되었다. 작금의 저층 염분범위는 27.4~34.3‰였으며, 3월에 34.3‰로 가장 높고 8월에 27.4‰로 가장 낮게 측정되었다. 각 조사지점별 연중 저층수의 염분은 소경도에서 31.3‰, 백야도에서 31.4‰ 그리고 작금에서 31.7‰로 각 지점별 저층수의 평균 염분은 큰 차이를 보이지 않았다.

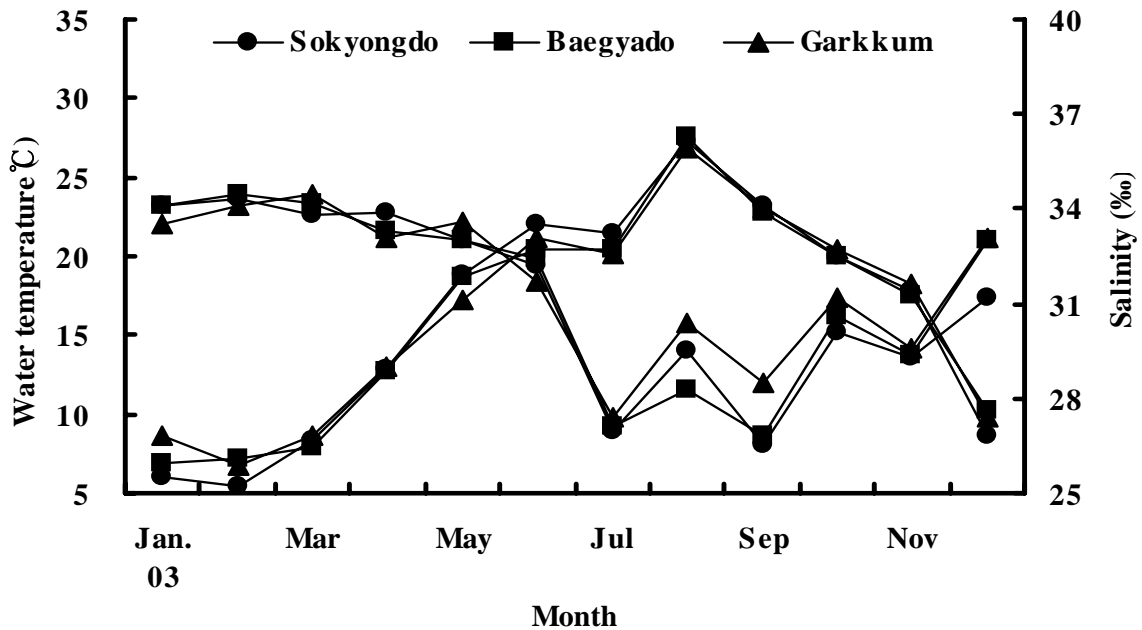


Fig. 3. Monthly variations of water temperature and salinity at stations in 2003.

3.1.2 pH 및 용존산소

조사해역의 저층수 pH는 7.82~8.39의 범위를 나타내었으며, 10월 작금에서 7.82로 최저치를 보였고 5월에 소경도에서 8.39로 최고치를 보였다(Fig. 4). 전 조사해역의 저층수 pH는 해역 I 등급 범위인 것으로 조사되었다. 조사해역별 저층수 pH의 변화를 살펴보면 소경도에서 pH의 범위는 7.98~8.39였으며 7월에 7.98로 가장 낮고 5월에 8.39로 가장 높게 측정되었다. 백야도에서 pH의 범위는 7.95~8.29였으며, 7월에 7.95로 가장 낮고 5월 8.29로 가장 높게 측정되었다. 작금의 pH 범위는 7.82~8.21였으며, 5월에 8.21로 가장 높고 10월에 7.82로 가장 낮게 측정되었다. 각 조사지점별 저층수의 연중 평균 pH는 소경도에서 8.11, 백야도에서 8.10 그리고 작금에서 8.05로 특이한 차이를 보이지는 않았다.

조사해역의 저층수 DO는 5.31~11.28mg/L의 범위를 보였으며 해역 I ~ II 등급 범위인 것으로 조사되었다(Fig. 4). 소경도에서 11월에 5.31mg/L로 가장 낮게 측정 되었으며, 역시 소경도에서 5월에 11.28mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 백야도의 저층수 DO는 7월에 6.98mg/L로 가장 낮게 측정 되었으며, 5월에 10.38mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 작금의 저층수 DO는 7월에 6.86mg/L로 가장 낮게 측정 되었으며, 5월에 9.33mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 각 조사지점별 저층수의 연중 평균 DO는 해역 I 등급 범위인 7.5mg/L보다 높게 측정되었으며, 조사지점별로는 소경도에서 평균 9.42mg/L로 가장 높았고 백야도와 작금에서는 각각 8.68mg/L와 8.45mg/L로 큰 차이를 보이지 않았다.

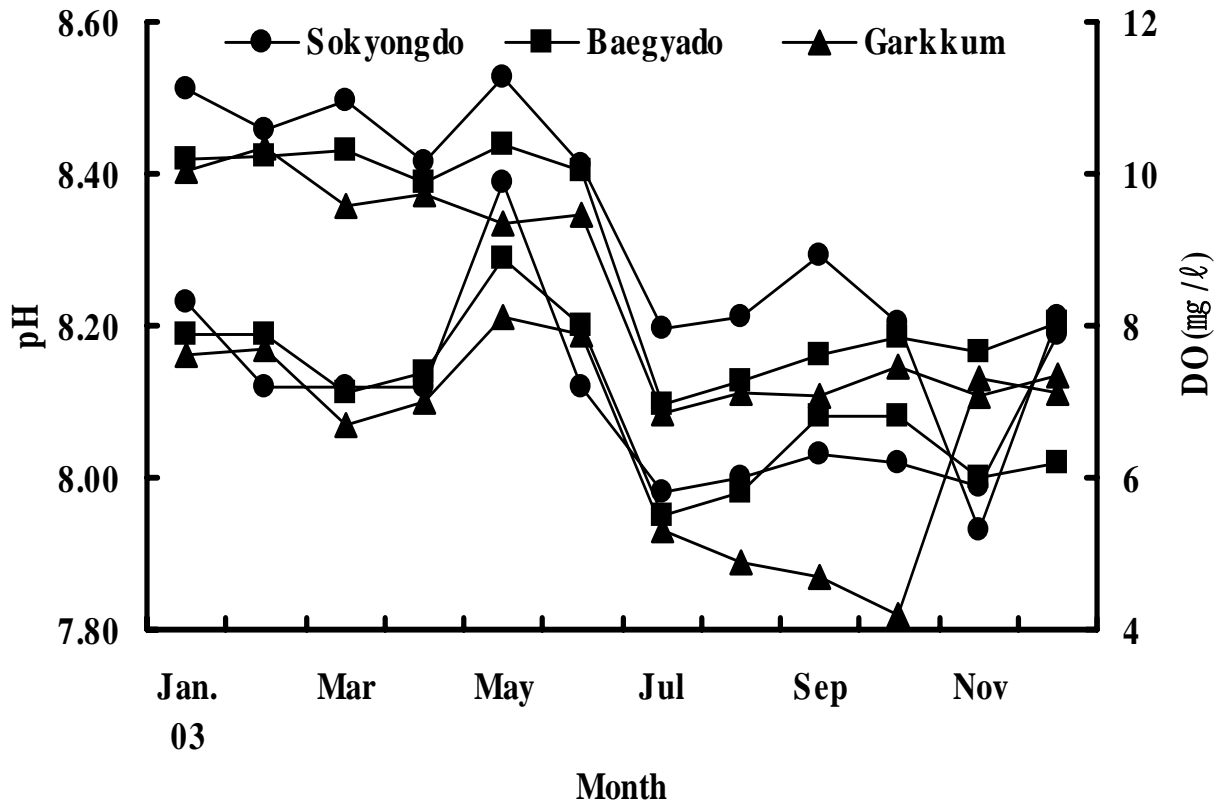


Fig. 4. Monthly variations of pH and dissolved oxygen at stations in 2003.

3.1.3 화학적 산소요구량(COD)

살조개가 자연 서식하고 있는 3곳의 해역에서 저층수의 COD는 대부분 1등급 범위인 것으로 조사되었다(Fig. 5). 조사해역의 저층수 COD 범위는 0.13~1.38mg/L였으며 소경도에서 11월에 0.13mg/L로 가장 낮게 측정 되었으며, 작금에서 6월에 1.38mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 조사 지점별 COD의 저층 분포는 소경도에서 11월 0.13mg/L로 가장 낮았고, 4월에 1.35mg/L로 가장 높게 측정되었다. 소경도에서 저층수의 COD는 봄철에 해역 I 등급 범위인 1이하 보다 다소 높게 나타났으나, 여름철과 가을철에는 1이하의 값을 나타내었고 년평균 0.77mg/L로 조사되었다.

백야도에서는 4월에 1.05mg/L로 가장 높았고, 7월에 0.16mg/L로 가장 낮게 측정 되었으며, 년평균 COD는 0.70mg/L로 조사 되었다. 백야도에서의 저층수 COD 변화는 겨울과 봄철에 비교적 높은 값을 유지하였으며, 여름철에 다소 낮은값을 보이다 가을에 다시 상승하는 경향을 보였다.

작금의 저층수 DO는 7월에 0.43mg/L로 가장 낮았으며, 6월에 1.38mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 작금의 년평균 COD는 0.93mg/L로 소경도와 백야도에 비해 다소 높게 나타났다. 저층

수 COD의 년 변화를 살펴보면 겨울부터 점차 상승하여 6월에 최고값을 보인 후 가을부터 다시 상승하는 경향을 보였다.

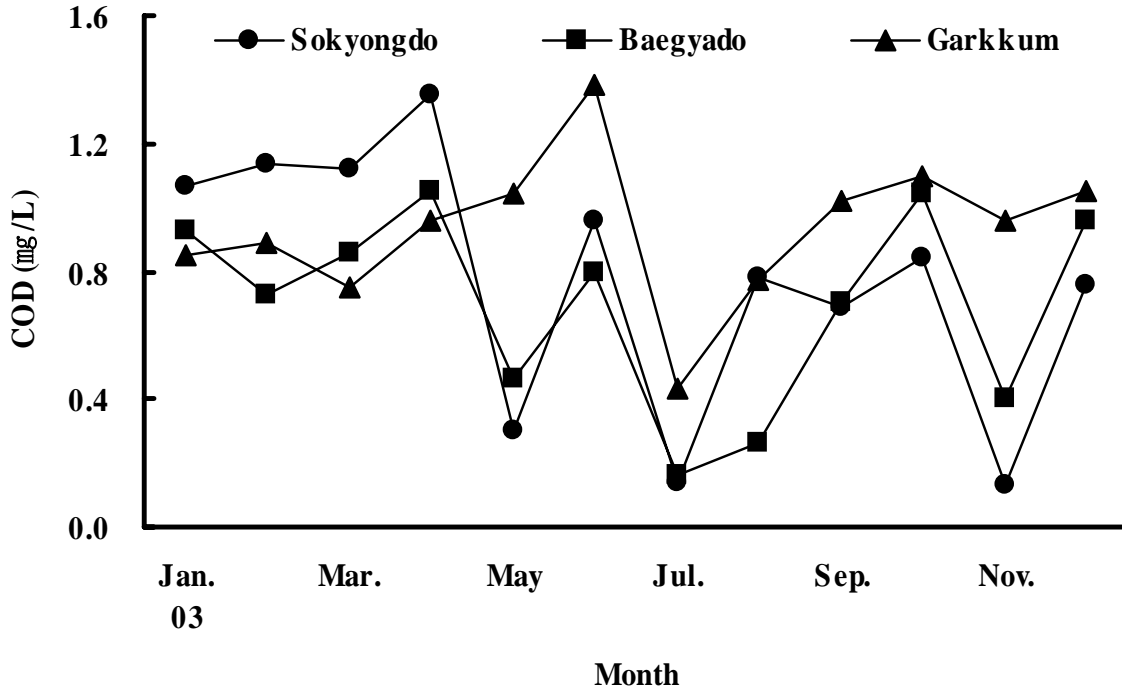


Fig. 5. Monthly variations of COD at stations in 2003.

3.1.4 영양염류

수중의 질소는 유기물 침강과 플랑크톤의 사체, 그리고 간석지 생물의 배설물 및 사체들에서 유래되는 것으로 바닥에 쌓여 저질을 악화시키는 한편 이들은 분해세균에 의해 분해되어 다시 수중으로 용해되어 나가기 때문에 양식장의 노후화는 물론 수질오염을 예견할 수 있는 수단으로도 이용된다. 조사지점별 저층수의 T-N, T-P의 변화를 살펴보면(Fig. 6~7) 소경도에서 T-N는 0.005~0.180mg/L의 범위를 보였으며, 1월에 0.005mg/L로 가장 낮았고 7월에 0.180mg/L로 가장 높게 측정되었다. 소경도에서 연평균 T-N은 0.067mg/L로 해역 I 등급 범위인 0.3mg/L보다 낮게 조사되었으며 연중 해역 I 등급의 분포를 보였다. 반면 7월과 8월에는 특별히 높은 값을 유지 하였는데, 이는 여름철 강우로 인한 담수 유입이 주원인으로 판단된다.

소경도에서 조사된 T-P는 0.007~0.028mg/L범위 였으며, 7월에 0.007mg/L로 가장 낮았고 2월에 0.028mg/L로 가장 높게 측정 되었다. T-P역시 연중 해역 I 등급범위인 0.03mg/L이하를 보였으며, 연평균 T-P는 0.018mg/L로 조사 되었다.

백야도에서 조사된 저층수의 T-N, T-P의 변화를 살펴보면 T-N은 0.011~0.114mg/L의 범위

를 보였으며, 3월에 0.011mg/L로 가장 낮았고 7월에 0.114mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 백야도에서 T-N은 해역 I 등급범위인 0.3mg/L보다 낮은값을 유지 하였으며, 연평균T-N은 0.061mg/L로 조사되었다. 조사지역인 백야도의 경우 백야대교 공사로 인해 해역의 수위가 안정화 되지 못하였을 것으로 판단되며, 이러한 조건이 11월과 12월의 T-N값을 상승 시킨 원인으로 생각된다.

백야도 조사지점의 저층수 T-P의 경우 0.004~0.041mg/L의 범위를 보였으며, 5월에 0.004mg/L로 가장 낮고 2월에 0.041mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 백야도의 경우 월별로 T-P의 측정값이 다소 차이를 보이며 증가하거나 감소하였는데 이는 위에서 언급하였던 바와 같이 인근 해역의 수위가 불안정하였기 때문인 것으로 판단되며 연평균 T-P는 0.016mg/L이다.

작금에서 조사된 저층수의 T-N, T-P의 변화를 살펴보면 T-N은 0.018~0.132mg/L의 범위를 보였으며, 5월에 0.018mg/L로 가장 낮고 1월에 0.132mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 작금에서 T-N은 해역 I 등급범위인 0.3 이하의 분포를 보였으며, 연평균 T-N은 0.08mg/L로 조사 되었다. 월별 변화를 살펴보면 전반적으로 높은 값을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

작금의 저층수 T-P의 경우 0.005~0.045mg/L의 범위를 보였으며, 7월에 0.005mg/L로 가장 낮고 1월에 0.045mg/L로 가장 높게 측정 되었다. 계절별 변화를 살펴보면 봄철에 감소하기 시작하여 여름철에 가장 낮았으며, 가을철부터 다시 증가하는 경향을 보였다. 작금에서 T-P는 겨울과 봄에 높게 측정되었는데, 해역 I 등급 범위인 0.03mg/L보다 높게 측정되어 해역II등급의 분포를 보였다. 연평균 T-P는 0.022mg/ℓ 로 해역 I 등급범위로 조사 되었다.

3.1.5 기초생산량

각 조사지점별로 저층수의 Chlorophyll-a의 경우 3.05~11.55 μ g/L의 범위를 보였으며(Fig. 8), 3월에 3.05 μ g/L로 가장 낮고 7월에 11.55 μ g/L로 가장 높게 측정되었다. 소경도에서는 연평균 Chlorophyll-a는 7.24 μ g/L로 부영양화 기준치인 10 μ g/L보다 낮게 나타났지만, 다른 조사지점보다 다소 높게 나타났다.

백야도에서 조사된 저층수의 Chlorophyll-a의 경우 봄철에 다소 낮게 측정되었으며, 여름과 가을철에 다소 높게 측정되어 겨울철에 감소하는 경향을 보였으며 3.41~7.52 μ g/L범위를 보였다. 5월에 3.41 μ g/L로 가장 낮았고, 1월에 7.52 μ g/L로 가장 높게 측정되었다. 연평균 Chlorophyll-a는 5.27 μ g/L로 소경도보다는 다소 낮게 나타났지만, 작금보다는 조금 높게 나타났다.

작금에서 Chlorophyll-a는 0.97~6.87 μ g/L의 범위를 보였으며, 11월에 0.97 μ g/L로 가장 낮고, 5월에 6.87 μ g/L로 가장 높게 측정 되었다. 작금에서 Chlorophyll-a는 다른 조사 지역과는

달리 5월에 가장 높은 값을 보이고 여름철에 점차 감소하는 경향을 보였으며, 년평균 Chlorophyll-a는 $3.65\mu\text{g/L}$ 로 전 조사지점 중 가장 낮게 나타났다.

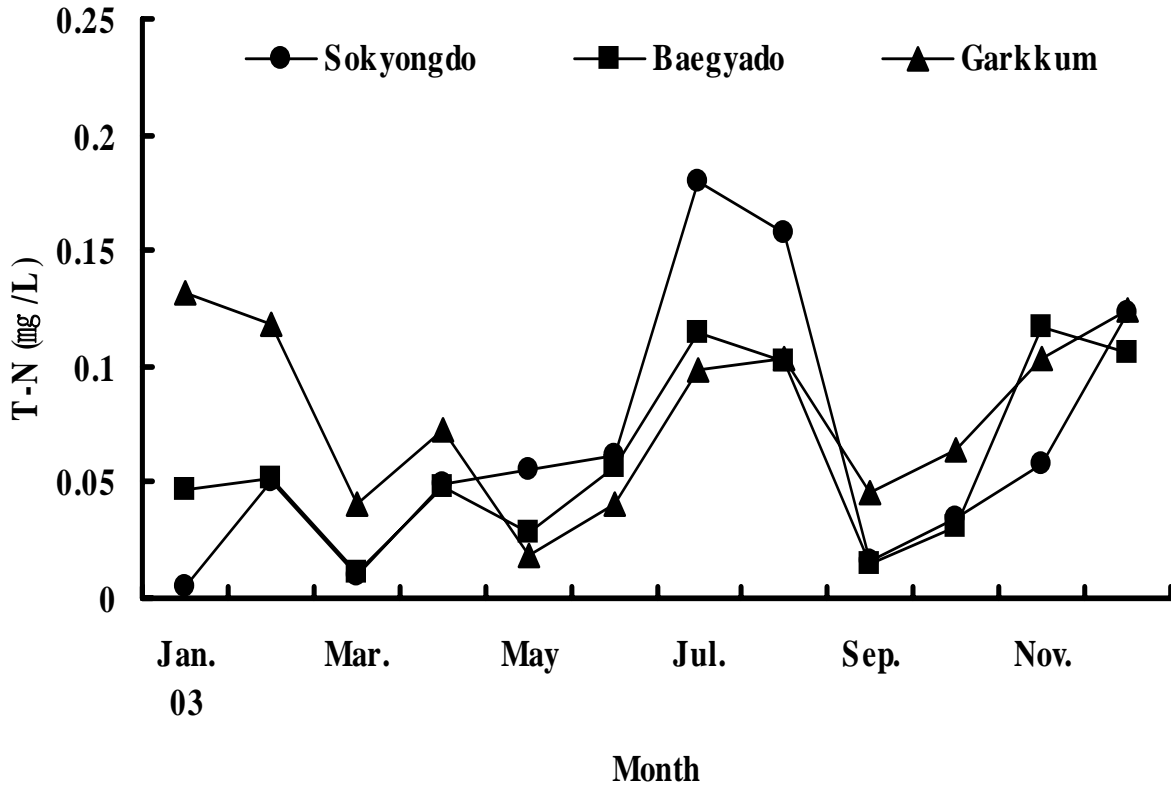


Fig. 6. Monthly variations of T-N at stations in 2003.

3.2 저질환경조사

3.2.1 입도조성 및 함수율

각 조사지점별 입도분포를 살펴보면(Table 1) 소경도에서는 자갈이 4.21~15.68%였으며, 평균분포 값은 8.85%이었다. 모래의 비율은 27.14~38.09%였으며, 평균분포 값은 32.91%였다. 펄 비율은 55.7~63.32%였으며, 평균분포 값은 58.24%였다. 백야도의 입도 분포를 살펴보면 자갈이 평균 12.16%였으며, 2.46~20.71%의 범위였다. 모래의 비율은 평균 23.79%였으며, 19.16~36.08%의 범위였다. 백야도에서의 펄의 함량은 평균 64.05%였으며, 58.71~68.30%의 범위였다. 작금에서는 다른 조사지역에 비해 자갈의 비율이 평균 17.03%로 높게 나타났으며, 14.85~19.22%의 범위였다. 모래의 비율은 21.07~22.89%의 범위였으며, 평균분포 값은 21.98%였다. 펄의 평균분포 값은 60.99%로 다른 조사지역에 비해 다소 낮게 나타났으며, 59.71~62.26%의 분

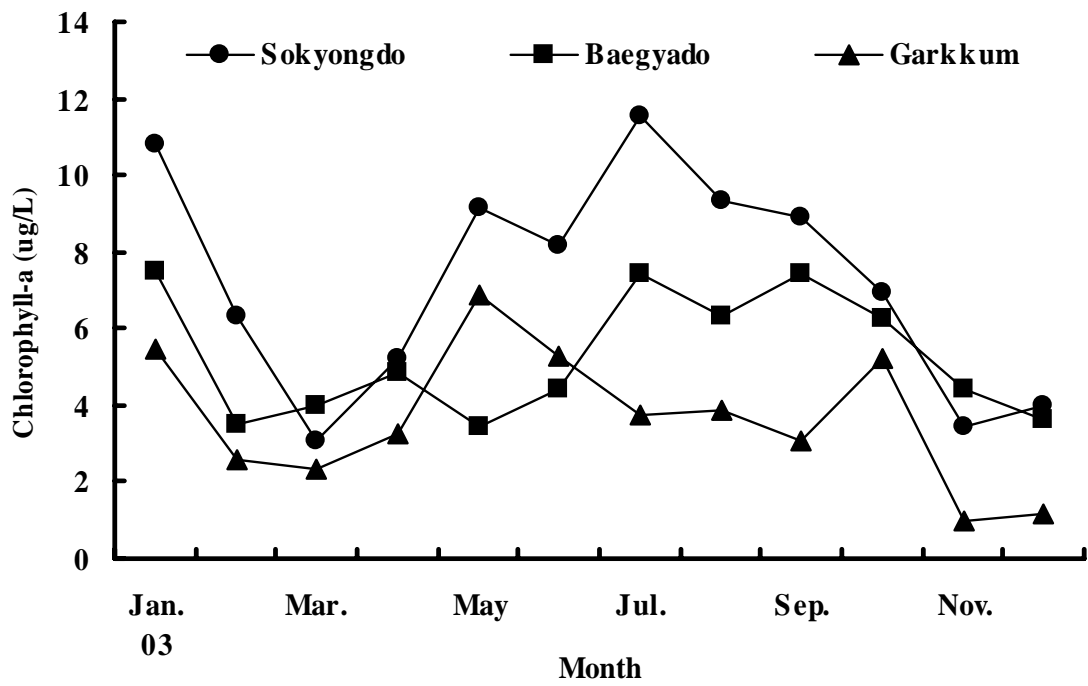


Fig. 7. Monthly variations of Chlorophyll-a at stations in 2003.

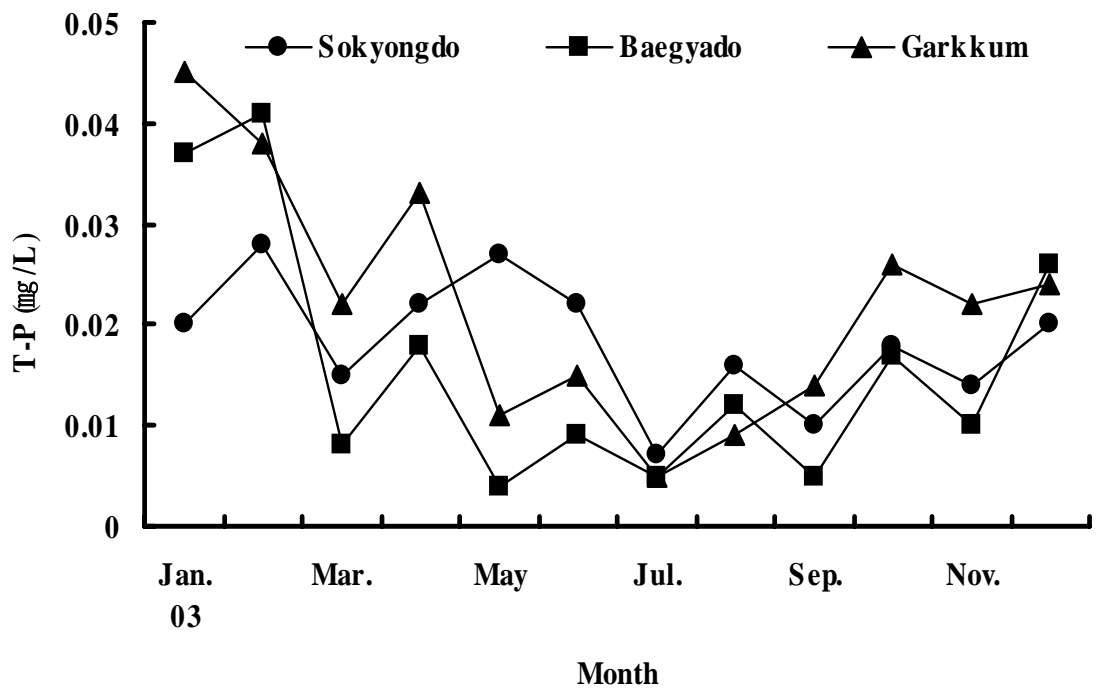


Fig. 8. Monthly variations of T-P at stations in 2003.

포범위였다.

저질의 함수율은 저질 입자간에 품을 수 있는 함수량에 비례되는 것으로 저질의 보수력을 나타내주는 지표로 사용된다. 조사해역의 함수율을 살펴보면 20.16~53.65%였다. 각 조사 지점 별로 살펴보면 소경도에서는 20.16~35.69% 범위였으며, 평균 함수율은 26.63%였다. 백야도에서의 함수율은 30.13~53.65% 범위였으며, 평균 함수율은 38.70%였다. 작금의 함수율 범위는 31.02~45.32% 범위였으며, 평균 함수율은 35.17%였다.

Table 1. Results of particle analysis and water content depending on stations

Station	Soil texture (%)			Water content (%)
	GRAVEL ($\text{\O}2\text{mm}\geq$)	SAND ($0.063\text{mm}\geq$)	SILT ($0.031\text{mm}\leq$)	
Sokyongdo	4.21-15.68 (8.85)	27.14-38.09 (32.91)	55.7-63.32 (58.24)	20.16-35.69 (26.63)
Baegyado	2.46-20.71 (12.16)	19.16-36.08 (23.79)	58.71-68.30 (64.05)	30.13-53.65 (38.70)
Garkkum	14.85-19.22 (17.03)	21.07-22.89 (21.98)	59.71-62.26 (60.99)	31.02-45.32 (35.17)

3.2.2 강열감량

저질의 강열감량 결과는 Fig. 9에서 보는 바와 같다. 각 조사지점별 강열감량을 살펴보면 소경도에서 강열감량의 범위는 0.76~7.26%였으며, 9월에 0.75%로 가장 낮은 값을 보였으며, 11월에 7.26%로 가장 높았다. 소경도의 년평균 강열감량은 2.81%로 년중 양식장 오염니 기준인 12% 이하로 조사 되었다.

백야도에서 강열감량 범위는 0.95~6.25%였으며, 년중 양식장 오염니 기준인 12%이하로 조사 되었다. 11월에 0.95%로 가장 낮게 조사 되었고 12월에 6.25%로 가장 높게 조사 되었으며 년 평균 4.37%였다.

작금에서의 강열감량 범위는 1.24~4.28%범위로 양식장 오염니 기준인 12% 이하의 분포 범위를 보였다. 년평균 강열감량은 2.75%였으며, 4월에 4.28%로 가장 높고 7월에 1.24%로 가장 낮게 조사 되었다.

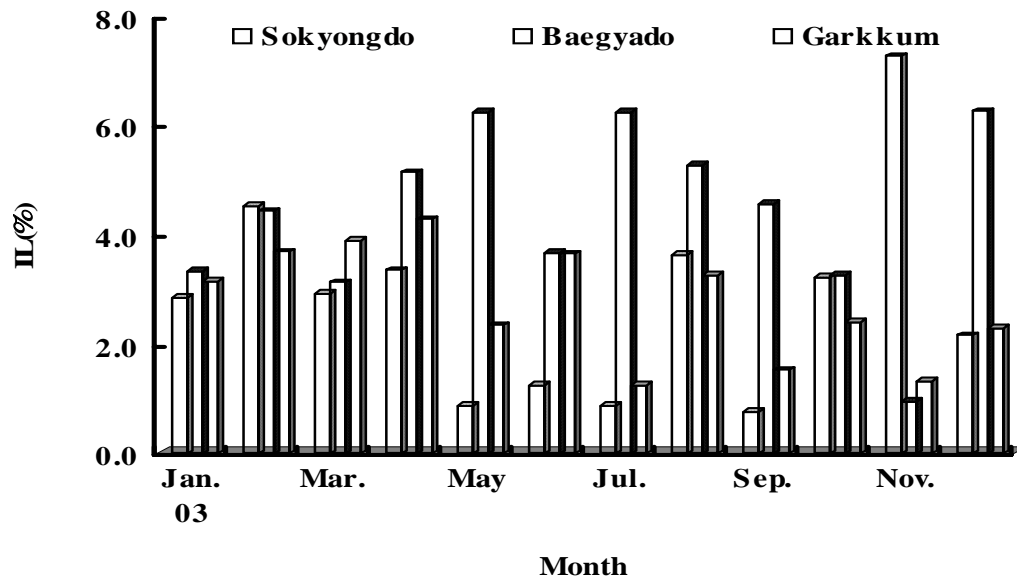


Fig. 9. Monthly variations of Ignition loss at surface sediment in stations 2003.

3.2.3 화학적 산소요구량 (COD)

저질의 화학적 산소요구량은 수중의 유기물이나 저서생물에 의해 공급된 유기물량을 나타내는 것으로 각 조사지점별 저질 COD 분석결과는 Fig. 10에서 보는 바와 같다. 각 조사 지점별 저질 COD의 년중 변화를 살펴보면 소경도에서 저질 COD의 검출 범위는 0.53~4.14mg/g-dry였으며, 2월에 4.14mg/g-dry로 가장 높았고 7월에 0.53mg/g-dry로 가장 낮게 측정되었다. 년중 양식장 오염니 기준인 20mg/g-dry보다 낮게 조사 되었으며, 년평균 저질 COD는 2,67mg/g-dry였다.

백야도에서 저질 COD 범위는 0.62~8.67mg/g-dry였으며, 11월에 0.62mg/g-dry로 가장 낮았고, 7월에 8.67mg/g-dry로 가장 높게 측정되었다. 년중 양식장 오염니 기준인 20mg/g-dry보다는 낮게 조사 되었으나, 다른 조사지역에 비해 다소 높은값이 검출 되었으며, 전 조사지역중 가장 높게 나타났다. 평균 저질 COD는 5.37mg/g-dry였다.

작금에서의 저질 COD 범위는 2.11~5.78mg/g-dry범위였으며, 4월에 5.78mg/g-dry로 가장 높고 9월에 2.11mg/g-dry로 가장 낮게 측정되었다. 작금에서도 년중 양식장 오염니 기준인 20mg/g-dry보다는 낮게 조사 되었으나 외해에 접하고 있으면서도 소경도지역보다 다소 높게 나타났다. 년평균 저질 COD는 3.65mg/g-dry였다.

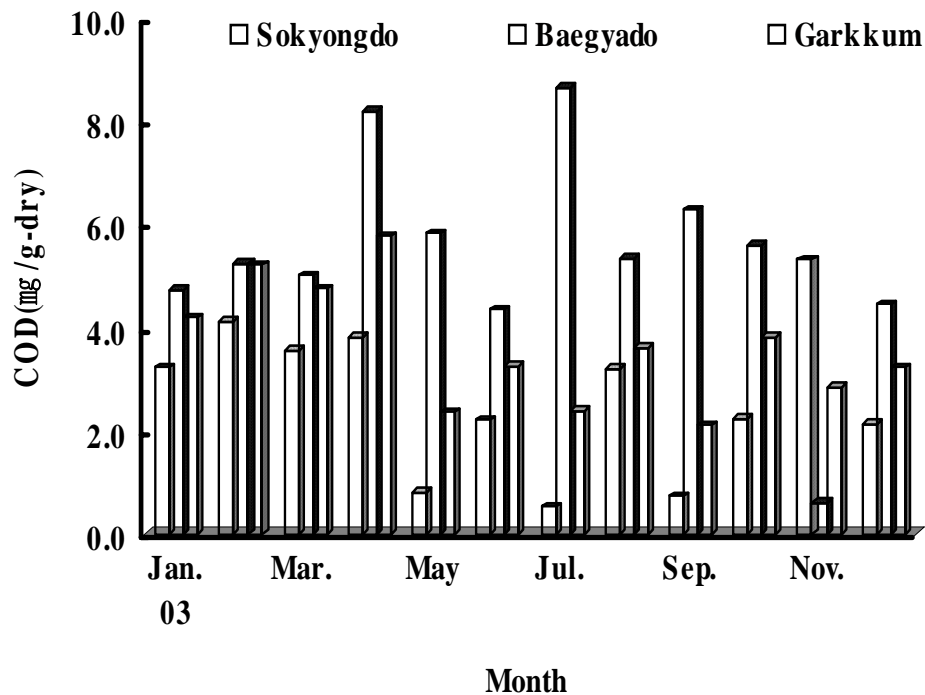


Fig. 10. Monthly variations of COD at surface sediment in stations 2003.

3.2.4 산 휘발성 황화물 (AVS)

저질층의 유기물이 분해되면서 산소가 소비되어 저 산소 상태에 이르면 환원세균의 증식에 의하여 황화수소가 발생하게 되어 저서생물에 악영향을 미치게 되고 2차적으로는 수질에까지 영향을 미치게 된다. 각 조사지점별 AVS 결과는 Fig. 11에서 보는 바와 같다.

각 조사 지점별 AVS 의 년중 변화를 살펴보면 소경도에서 AVS 검출 범위는 0.003~0.086 mgS/g였으며, 11월에 0.086mgS/g로 가장 높았고 1월과 5월에 0.003mgS/g로 가장 낮게 측정되었다. 년중 AVS 검출 범위는 양식장 오염니 기준인 0.2mgS/g보다 낮게 조사되었으며, 전 조사지역중 가장 낮은값을 나타냈다. 소경도의 년평균 AVS의 검출량은 0.019mgS/g였다.

백야도에서 AVS 범위는 0.002~0.113mgS/g였으며, 11월에 0.032mgS/g로 가장 낮았고, 5월에 0.113mgS/g로 가장 높게 측정되었다. 년 평균 AVS 검출 범위는 양식장 오염니 기준인 0.2mg S/g보다는 낮게 조사 되었으나 월별마다 다른 조사지역에 비해 다소 높은 값이 측정되었다. 년평균 AVS 검출량은 0.069mgS/g였다.

작금에서의 AVS 범위는 0.024~0.057mgS/g범위였으며, 5월에 0.057mgS/g로 가장 높게 측정 되었으며, 9월과 11월에 0.024mgS/g로 가장 낮게 측정되었다. 년 평균 AVS 검출 범위는 양식장 오염니 기준인 0.2mgS/g는 낮게 조사되었으며, 년평균 AVS 검출량은 0.039mgS/g였다.

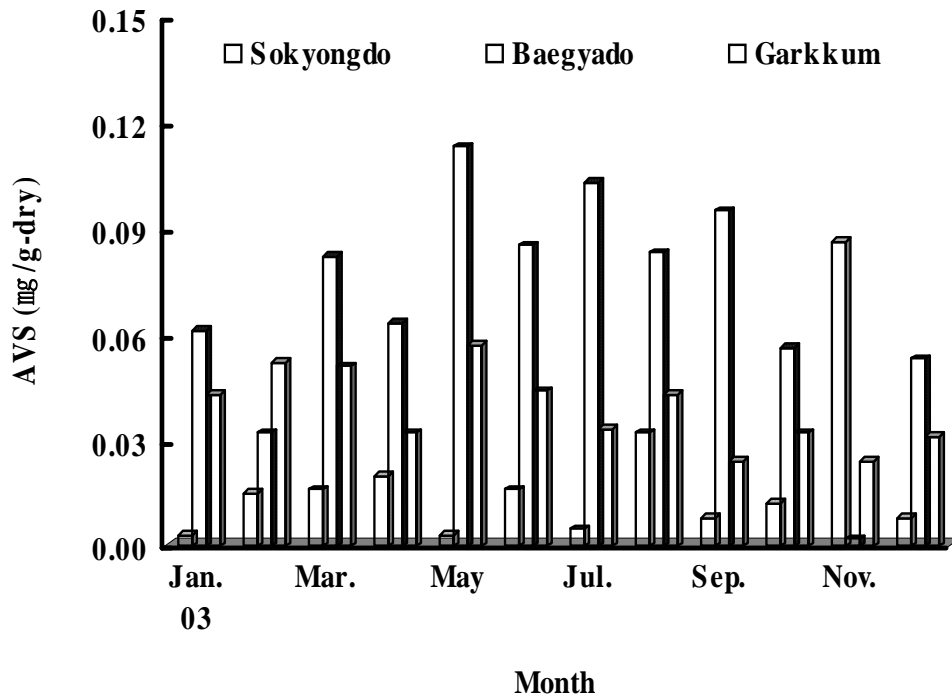


Fig. 11. Monthly variations of AVS at surface sediment in stations 2003.

3.3 살조개 출현량

3.3.1 서식지별 살조개 출현량

각 조사 지역별로 4시간 이상 간출되는 곳과 2시간 이상 간출되는 지점을 각각 6곳의 지점을 설정하여 총 12곳의 지점에서 살조개와 기타패류의 혼생비율을 조사하였다. 살조개와 기타패류의 혼생율은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

소경도에서 채집된 살조개는 214개체로 가장 적은 개체가 채집 되었고, 각지점당 평균 채집 개체수는 18개체였으며 서식지역에서 살조개의 점유율은 28%였다. 반면, 바지락의 총 채집 개체수는 526개체로 다른 조사지점 보다 월등하게 많은 개체가 채집 되었으며, 각지점당 평균 채집 개체수는 44마리였다. 소경도에서 바지락의 점유율은 70%로 다른 지역에 비해 높은 점유율을 보였으며, 기타 패류는 총 12개체가 채집되어 2%의 점유율을 보였다(Fig. 11).

백야도에서 채집된 살조개의 개체 수는 271개체로 각 지점별로는 평균 23마리가 채집 되었으며, 살조개의 서식지 점유율은 57%였다. 바지락의 경우 총 199개체가 채집되었으며, 각지점당 평균 17개체가 채집되었고 점유율은 42%를 차지하였다. 백야도에서는 기타패류는 총 5마리가 채집 되었으며, 점유율은 1%였다(Fig. 12).

작금에서 채집된 살조개의 개체 수는 233개체로 각지점당 평균 19개체가 채집 되었으며, 서

식지에서 살조개의 점유율은 51%를 차지하였다. 바지락은 221개체가 채집되었고, 각지점당 평균 18마리였으며 점유율은 49%를 차지하여 살조개와 비슷한 점유율을 보였다. 작금에서는 기타 패류는 채집되지 않았다(Fig. 12).

Table 2. Comparison of venus clam caught at several farms with stations

Station	Species(inds)		
	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	Other
Sokyeongdo	214	526	12
Baegyado	271	199	5
Garkkum	233	221	0

3.3.2 간출시간별 살조개 출현량

살조개 서식장을 대상으로 간출 시간별 살조개 출현량을 조사한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. 소경도에서 간출 시간별 살조개의 출현량은 대조시 4시간 이하로 간출되는 지역에서 70개체가 채집되었으며, 대조시 2시간 이하로 간출되는 지역에서 144개체가 채집되었다. 소경도의 서식지에서의 살조개는 2시간 이하의 간출 지역에서 67%의 살조개가 채집되었다. 반면 바지락의 경우 4시간 이하로 간출되는 지역에서 65%가 채집되어 살조개와는 다른 양상을 보였다. 공생하는 기타 패류는 4시간 이하로 간출 되는 지역에서 4개체가 채집 되었으며, 2시간 이하로 노출되는 지역에서 8개체가 채집 되었다.

백야도에서 간출 시간별 살조개의 출현량은 4시간 이하로 간출되는 곳에서 96개체가 채집 되었으며, 2시간 이하로 간출되는 지역에서는 176개체가 채집되었다. 백야도의 살조개 양식장은 2시간 이하로 간출되는 지역에서 64%의 살조개가 채집되었으며, 바지락은 4시간 이하로 간출 되는 지역에서 63%가 채집되어 역시 살조개와는 다른 양상을 보였다. 기타 패류는 4시간 이하로 간출 되는 지역에서 1개체가 채집 되었으며, 2시간 이하로 노출되는 지역에서 4개체가 채집 되었다.

작금에서 채집된 살조개는 4시간 이하로 간출되는 지역에서 103개체로 44%를 차지하였으며, 2시간 이하로 간출되는 지역에서 130개체로 56%를 차지하였다. 바지락의 경우 4시간 이하로 간출 되는 지역에서 128개체로 58%가 채집 되었다. 작금에서는 바지락 이외에 살조개와 공생하는 패류는 채집 되지 않았다.

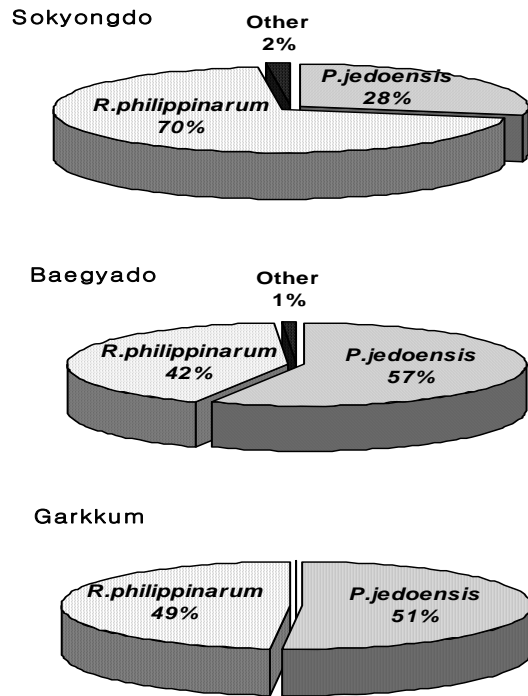


Fig. 12. Numerical composition of benthic bivalve in each stations.

Table 3. The tidal level comparison of distribution characteristics with shellfish

Station	Tidal level	Species(inds)		
		<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	Other
Sokyongdo	4 hour exposure level	70	344	4
	2 hour exposure level	144	182	8
Baegyado	4 hour exposure level	95	127	1
	2 hour exposure level	176	72	4
Garkkum	4 hour exposure level	103	128	-
	2 hour exposure level	130	93	-

3.3.3 서식지별 살조개의 형태학적 특성

서식지별 살조개의 각장, 각고, 각폭 및 전중량은 Table 4에 나타낸 바와 같으며, 각장 빈도 분포는 Fig. 13에 나타낸 바와 같다. 채집된 살조개의 각장은 25.2~46.8mm(평균36.5mm)범위였

으며, 소경도에서는 각장이 36~40mm인 개체들이 33%로 가장 많이 출현하여 다른 조사지점과는 다르게 각장이 31~35mm 크기의 22%보다 높은값을 보였다. 반면 백야도에서는 각장이 31~35mm인 개체들이 37%로 가장 많이 출현 하였으며, 36~40mm인 개체들이 28%, 41~45mm인 개체들이 26%를 차지하여 각장이 커짐에 따라 감소하는 경향을 보였다. 작금 역시 31~35mm인 개체들이 38.5%로 가장 많이 출현 하였으나 36~40mm인 개체들이 32%, 41~45mm인 개체들이 10.5%로 나타났다.

Table 4. Frequency of venus clam depending on the shell length, the shell height, the shell width and the total weight

Station	Shell length(mm)	Shell height(mm)	Shell width(mm)	Total weight(g)
Sokyongdo	25.2-45.6(37.9)	17.4-40.5(31.4)	9.6-30.8(21.4)	2.85-38.9(17.72)
Baegyado	26.7-43.9(36.7)	21.2-39.8(29.8)	14.7-28.2(20.3)	5.9-32.8(15.2)
Garkkum	27.2-46.8(35.0)	19.8-39.6(28.4)	9.0-26.2(18.3)	3.1-30.7(12.6)

살조개의 각고, 각장 및 각고와 전중량의 상대성장식을 분산분석을 통해 검정한 결과 각 조사지점별로 유의한 차이를 보이지 않았다. 살조개의 각장(SL, mm)에 대한 각고(SH, mm)는 각장이 커짐에 따라 비례적으로 증가하였으며, 이들의 관계식은 소경도에서 $SH = 0.8055SL + 0.9256$ ($R^2 = 0.8047$)로 나타났으며, 백야도에서는 $SH = 0.7636 SL + 1.7375$ ($R^2 = 0.7653$), 작금에서는 $SH = 0.7175 SL + 3.2947$ ($R^2 = 0.6882$)로 나타났다(Fig. 14). 또한, 각장에 대한 각폭(SW, mm)의 관계식은 소경도에서 $SW = 0.5516 SL + 0.5304$ ($R^2 = 0.6364$), 백야도에서는 $SW = 0.5748 SL - 0.8048$ ($R^2 = 0.8315$) 그리고 작금에서는 $SW = 0.5112 SL + 0.5002$ ($R^2 = 0.5841$)로 나타났다(Fig. 15).

각장에 대한 전중량(TW, g)의 관계식은 소경도에서 $TW = 0.0004 SL^2 + 2.919$ ($R^2 = 0.7734$)로, 백야도에서는 $TW = 0.0003 SL^2 + 3.0362$ ($R^2 = 0.9039$)로 나타났으며, 작금에서는 $TW = 0.0005 SL^2 + 2.8333$ ($R^2 = 0.6866$)로 나타났다(Fig. 16).

각고에 대한 전중량의 관계식은 소경도에서 $TW = 0.0011 SH^2 + 2.7954$ ($R^2 = 0.8563$)이였으며, 백야도에서는 $TW = 0.0031 SH^2 + 2.4973$ ($R^2 = 0.7261$). 그리고 작금에서는 $TW = 0.0018 SH^2 + 2.6243$ ($R^2 = 0.6683$)이였다(Fig. 17).

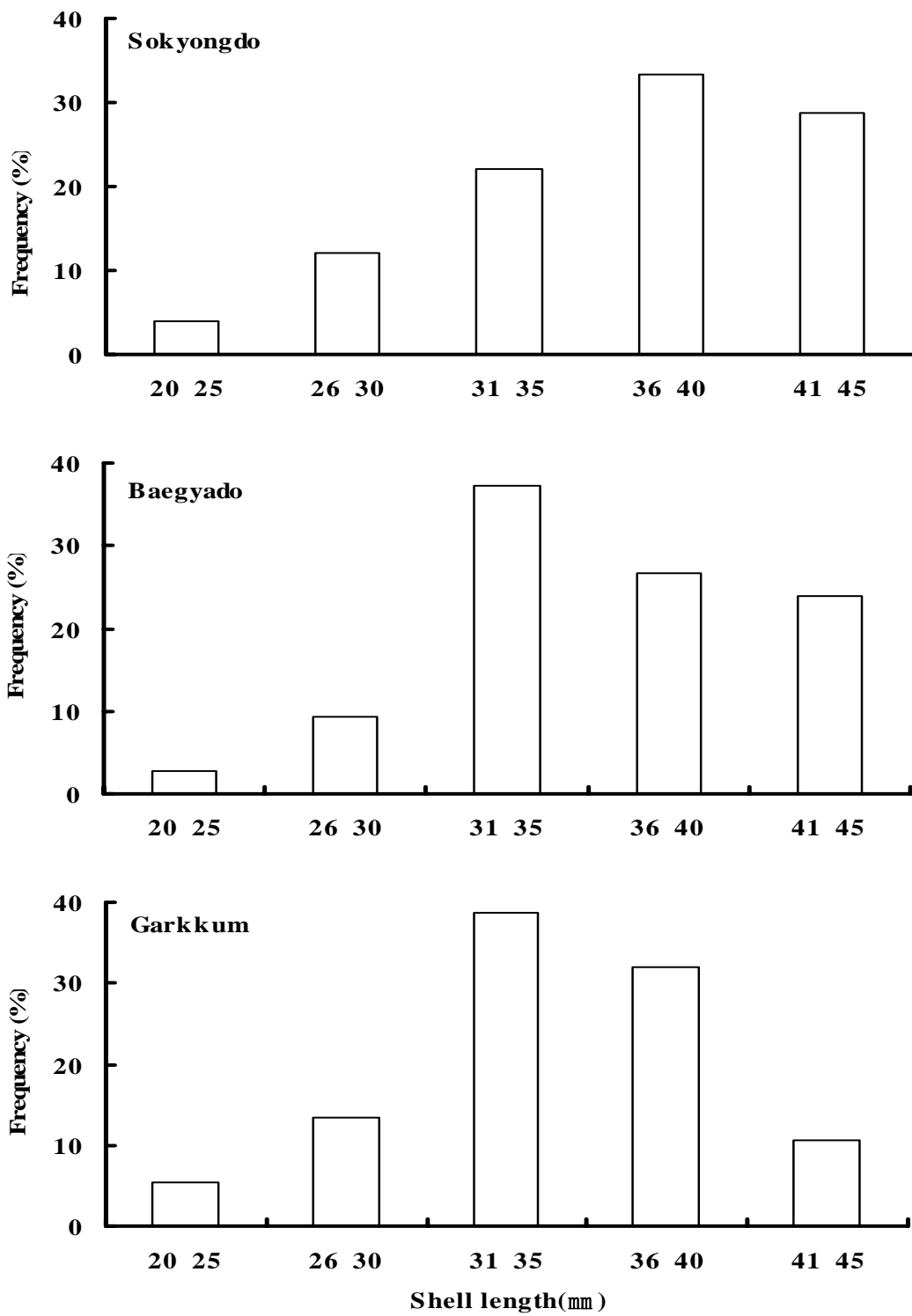


Fig. 13. Comparison of frequency distribution of the venus clam caught at several farms of Gamak bay.

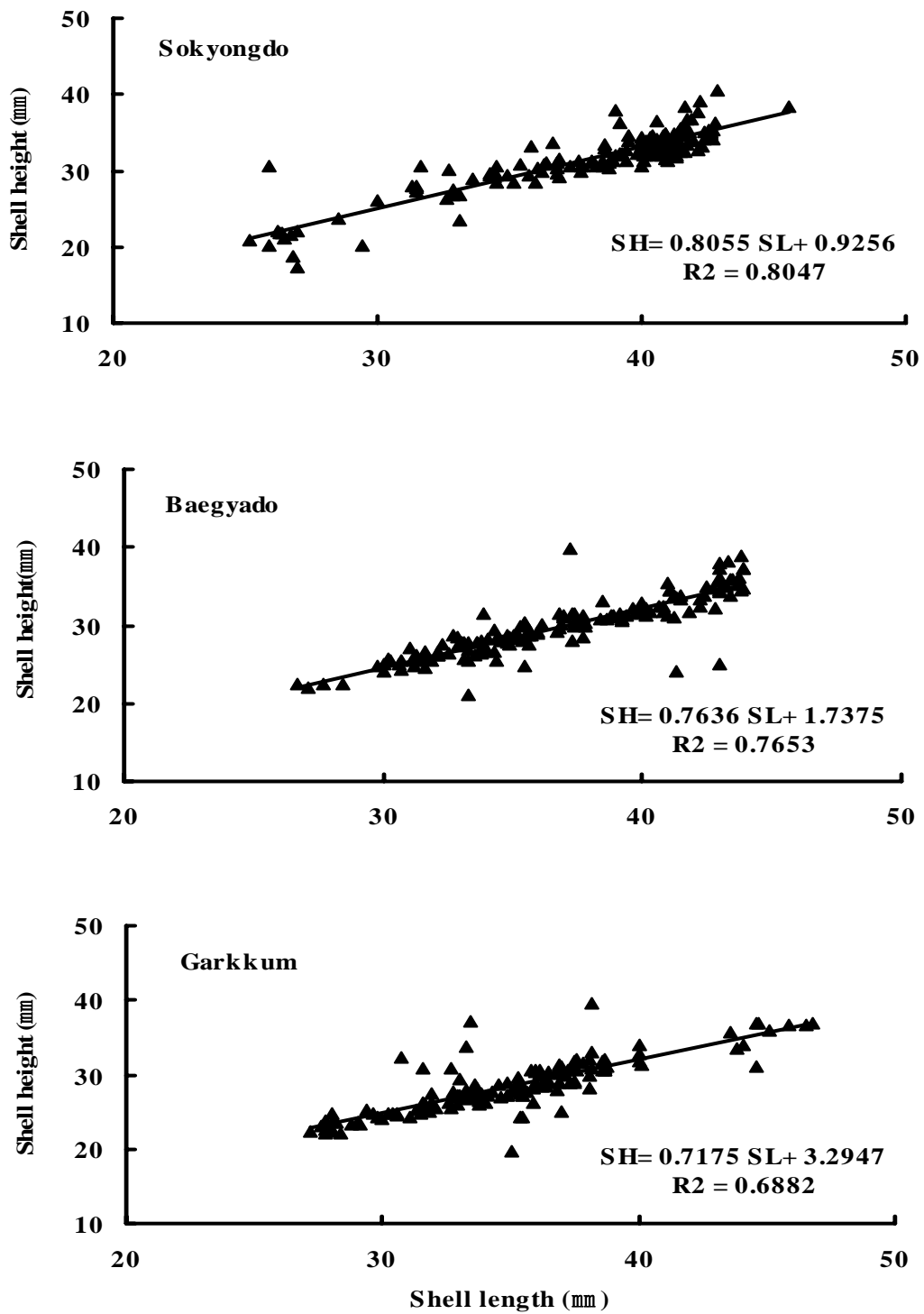


Fig. 14. Relationship comparison between shell length and shell height of the venus clam collected in Gamak bay.

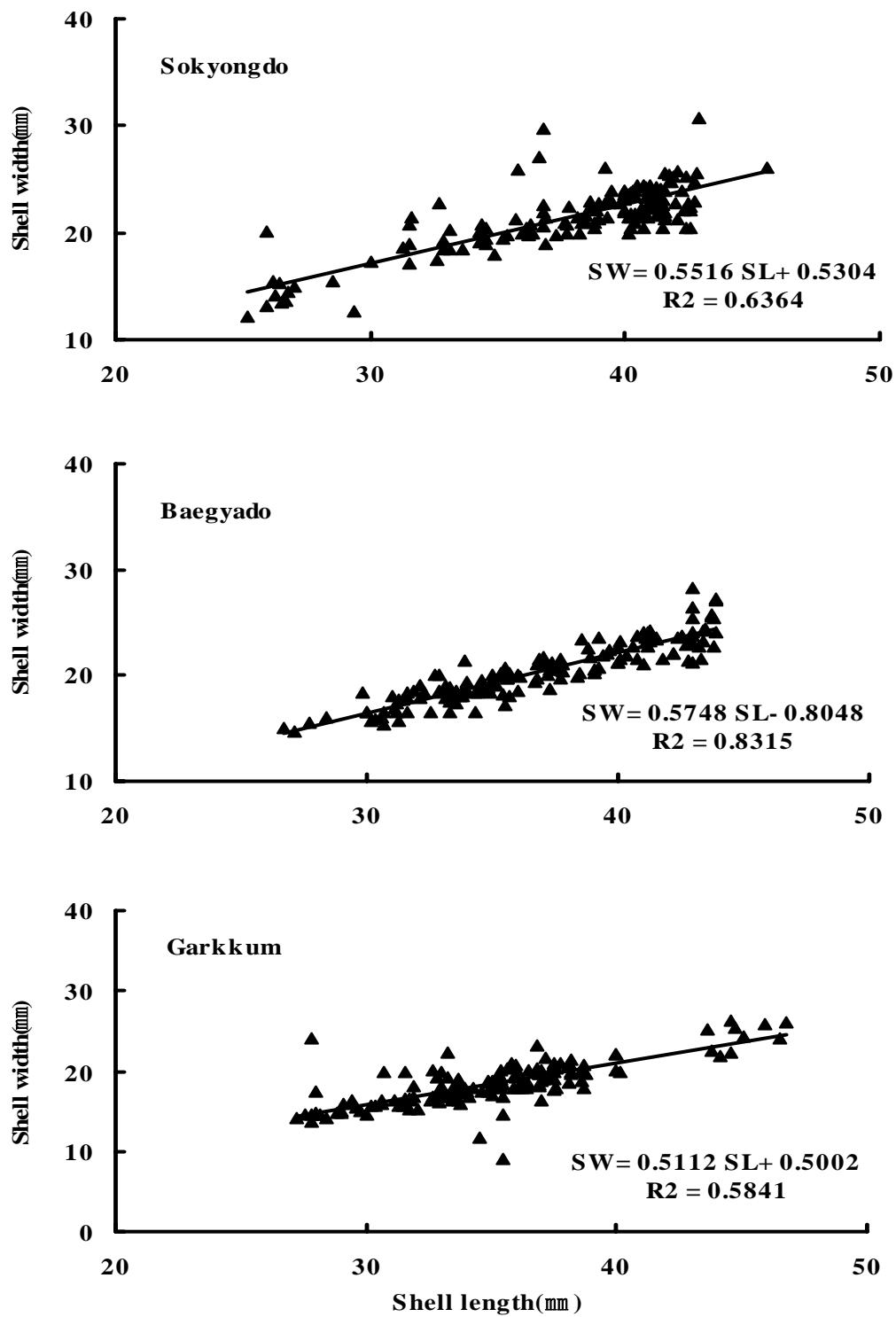


Fig. 15. Relationship comparison between shell length and shell width of the venus clam collected in Gamak bay.

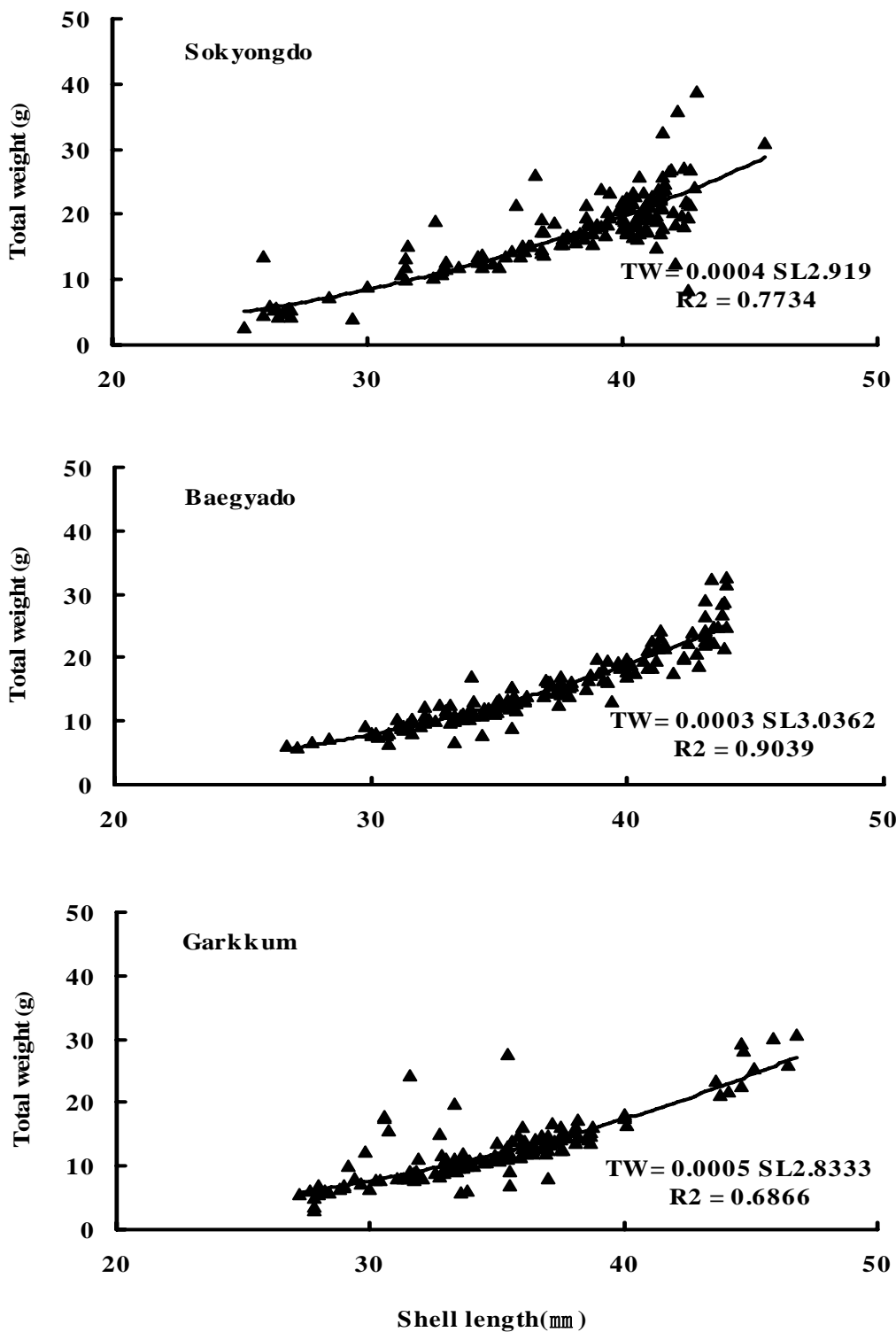


Fig. 16. Relationship comparison between shell length and total weight of the venus clam collected in Gamak bay.

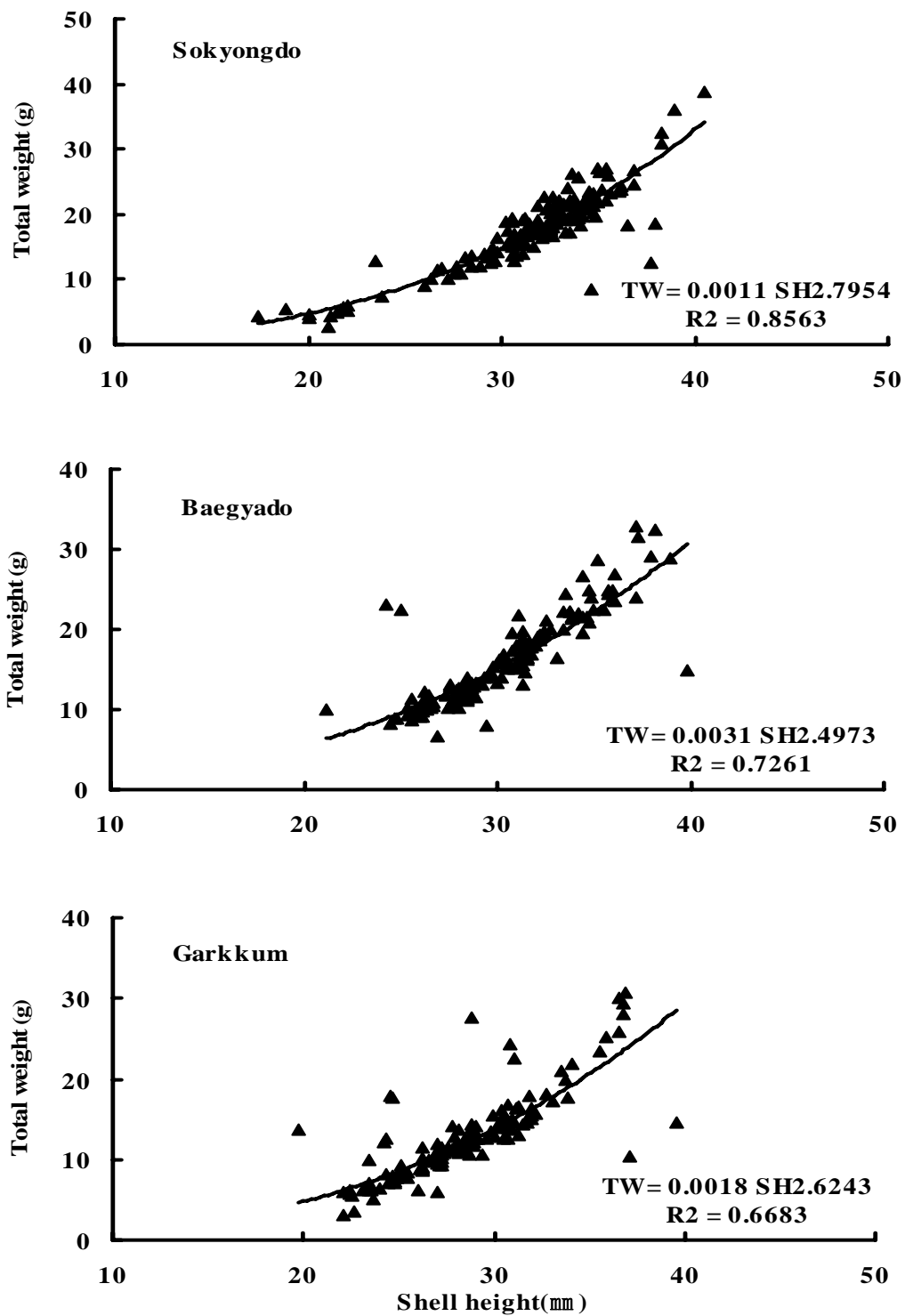


Fig. 17. Relationship comparison between shell height and total weight of the venus clam collected in Gamak bay.

4. 고 찰

여수반도 남단과 돌산도에 둘러싸인 가막만은 평균수심이 약 9m인 천해로 기초 생산력이 매우 커서 서식생물이 다양할 뿐만 아니라 양식업이 성행하는 천해의 수산자원 보고이다. 그렇지만 폐쇄도지수(國松·村岡, 1989)가 약 1.3인 비교적 폐쇄성 해역에 도시화로 인한 인구증가 및 생활양식의 변화, 주변 임해 산업시설 및 밀집한 양식장등으로부터 하·폐수 및 자가오염물질등의 유입증대로 인하여 어장환경의 악화 등 많은 문제가 발생하고 있다. 가막만은 지형 특성에 따른 조류 등에 의해 대체로 내륙의 영향을 크게 받는 북서내만역의 정체성의 해수, 동쪽에 위치하고 연등천과 섬진강 하구수 및 돌산 평사천등의 영향을 크게 받는 여수항수 및 남쪽만 입구역에 위치하고 외해수의 영향을 받는 외만수의 3개의 수괴로 구분되기도 하며 때때로 복잡한 해황을 나타낸다(이, 1993).

작금지역은 조류에 의한 외양수 유출입이 있는 해역이며, 북서쪽은 수심이 얕고 폐쇄적인 가막만(Cho et al., 1994) 남동쪽 입구에 해당하는 해역으로 크고 작은 섬들로 구성되어 있어 어류 양식업이 성행되고 있는 천해의 수산자원 보고 해역이다. 또한, 동해역은 복잡한 지형적인 특성에 기인한 와류와 조류에 의한 난류확산 등의 영향이 크게 미치는 해역으로 외양수와 만내수가 서로 접하고 혼합되어지는 수괴특성을 가지는 해역이다(조·최, 1995). 살조개는 우리나라의 중요한 수출종의 하나인 바지락과 비슷한 환경조건에서 바지락과 혼생하여 잘 자라며, 서남연안에서 식용으로 기호도가 높고 산업적인 가치가 기대되는 품종이나, 자원량이 많지 않고 서식환경에 따라 형태적 차이가 있어 지역마다 부르는 명칭도 다른 실정이다. 가막만의 대표적인 살조개 서식지 3곳에 대한 해양환경 조사 결과 살조개 서식지의 저층수 수온과 염분 그리고 pH는 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 DO의 경우 백야도와 작금은 비슷한 값을 보였으나, 소경도에서는 다른 두 지점에 비해 높은 값을 보였다. 그러나 모든 지점에서 해역 I 등급 기준(7.5mg/L이상)이상으로 매우 양호하였다. COD는 모든 지점에서 해역 II등급 기준(2.0mg/L이하) 이내로 양식생물이 서식하기에 양호한 상태를 보였다. 조사해역의 T-N은 년중 해역 I 등급의 분포를 보였으며, T-P는 수산생물이 서식하기에 적합한 해역 I ~ II등급의 분포를 보였다.

식물플랑크톤의 분포량과 먹이질은 성장과 증량증가에 영향을 미친다(Wallace and Reinsnes, 1984). 조사 기간중 연별 Chlorophyll-a의 분포 농도는 0.97~11.55 $\mu\text{g}/\ell$ 였으나 각 지점별로 년평균 분포 농도는 소경도에서 7.24 $\mu\text{g}/\text{L}$, 백야도에서 5.27 $\mu\text{g}/\text{L}$ 그리고 작금에서 3.65 $\mu\text{g}/\text{L}$ 로 부영양화 기준치인 연평균 10 $\mu\text{g}/\text{L}$ (Yoshida, 1973)에 미달하였으나, 지역에 따라 다소 높은 값을 보이는 지역이 있어 장기적인 모니터링이 필요한 것으로 판단된다. 먹이생물의 양을

간접적으로 나타내는 Chlorophyll-a의 농도범위는 해만가리비의 최적성을 유지하기 위한 Chlorophyll-a 농도 $1.40\mu\text{g/L}$ 이상(Rhodes and Wildman, 1980)과 비교 하였을 때 충분한 농도가 유지 되어 살조개 역시 서식하는 데는 먹이의 양은 충분한 것으로 판단된다.

패류자원을 효과적으로 관리하기 위해서는 개체뿐만 아니라 집단 성장에 관한 양상을 파악할 필요가 있으며, 특히 패류는 저질에 매몰하여 살고 있기 때문에 패류의 성장은 저질환경에 아주 민감한 영향을 받고 있다(유·유, 1973). 따라서 조사 대상패류의 성장 경향과 함께 서식지 환경을 조사하는 것이 그 패류의 집단성장과 자원량을 예측하는데 대단히 중요하다. 간석지 양식장의 저질상태는 양식장의 가치를 판단하는 중요한 기준이 되며 한편으로는 해양환경의 오염도를 추정할 수 있는 요소가 되고 있다(조 등 1982). 특히 간석지에 서식하는 각종 패류들은 저질환경에 따라 서식 종 및 분포가 다르기 때문에 저질의 물리·화학적 요소를 파악하는 일은 패류양식을 적극적으로 관리하는데 중요한 수단이 된다(이·류, 1995). 저질의 강열감량은 전 조사지점에서 양식장 오염니 기준인 12%이하로 아주 양호한 상태를 보였다. 그러나 백야도는 소경도와 작금보다 두배 정도 높게 나타났는데, 이는 인근 해역의 백야대교 공사로 인한 영향으로 생각되며 추후 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 생각된다.

저질 COD역시 전 조사 지역에서 양식장 오염니 기준인 20mg/g-dry 이하로 나타나 아주 양호한 상태를 보였다. 그러나 저질 COD역시 백야도는 소경도 보다 두배 이상으로 나타나 감열감량과 비슷한 경향을 보였다. AVS는 전 조사지점에서 오염니기준치인 0.2mg/g-dry 보다 낮게 나타나 양호한 상태를 보였으나, 백야도는 작금보다 약 두배 이상으로 나타나 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

살조개는 우리나라의 중요 수출종의 하나인 바지락과 비슷한 환경조건에서 바지락과 혼생하여 잘 자란다(최·김, 1996). 가막만에 위치한 3지점의 살조개 자연 서식장에서 살조개와 공생하는 패류의 서식분포는 소경도와 백야도에서는 살조개의 서식분포율이 각각 57%와 51%로 바지락과 혼생하여 서식하지만 서식분포율이 높았으나 작금에서는 28%로 낮게 나타났다. 작금은 지리적 특성상 대조시 간출지역이 좁았기 때문에 바지락보다 저조선에 주로 서식하는 살조개의 채집 개체수가 적었던 것으로 생각된다.

살조개는 4시간 이하 간출지 보다는 2시간 이하의 간출지에서 분포량이 많았으며, 모래질 보다는 펄질이 높은 곳에서 많은 개체수가 채집 되었다. 반면, 바지락은 2시간 이하 간출지 보다는 4시간 이하 간출지에서 많은 개체수가 채집되어 살조개보다 간출시간이 긴 곳에서 많이 채집되는 경향을 보였다.

제 2 절 계통유연관계조사

1. 서 론

조개류와 같은 저서동물의 생산성은 수심, 수온, 염분, 용존산소, 유기물질, 탁도, 퇴적상 등과 같은 환경요인에 크게 영향을 받는다(Lim et al., 1992; Yoo et al., 1975). 이들 환경요인은 양식생물의 생산성과 밀접한 관계를 가지고 있다. 이매패류의 패각의 형태 또한 그들의 유전적인 요인들뿐만 아니라, 환경요인 즉, 수온, 염분, 먹이공급(Hanaoka and Shimadzu, 1949), 저질의 특성, 유속과 유향에 따라 변이를 나타내므로(Stanly, 1968), 지역개체군의 형태변이에 관한 연구는 양식생물의 서식적지를 찾아내는 측면에서 중요시 되어왔다. 또한, 어떤 생물의 종묘생산을 위해서는 반드시 생식기작 등이 밝혀져 있어야 효율적으로 인공종묘생산을 할 수 있다. 그러나, 살조개는 거의 연구된 바가 없고 자원량은 물론 어획량도 파악되어 있지 않는 실정이다. 따라서, 살조개의 생식기작 및 대량종묘생산기술개발을 조사하는데 있어 살조개와 혼생하는 바지락 등의 백합과의 계통유연관계를 조사하여 가장 유사한 종을 밝혀 이 기초자료를 바탕으로 대량인공종묘생산기술을 확립하는데 이용하고자 한다.

따라서, 살조개의 생식기작 및 대량종묘생산기술개발을 조사하는데 있어 살조개와 혼생하는 바지락 등의 백합과의 유연종간의 형태학적, 유전학적특징과, 살조개의 소비촉진과 효율성을 증대코자 조사한 일반성분과 아미노산 조성의 이화학적특징에 따른 유사도를 구하여 살조개와 가장 유사한 종을 밝혀 이 기초자료를 바탕으로 대량인공종묘생산기술을 확립하는데 이용하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 형태학적특징

2.1.1 시료

살조개는 전남 여수시 화정면 백야도에서 채집한 시료로 유연종간의 형태적 차이를 비교 분석하기 위하여 패각형태에 따라 분류형질을 재검토하였다. 백합과 내의 다른 屬과 계통관계를 살펴보기 위해 백합(*Meretrix lusoria*)과 바지락(*Ruditapes philippinarum*)은 전남 강진군 도암면(수산업협동조합), 가무락조개(*Cyclina sinensis*)은 전남 여수시 울촌면, 개조개(*Saxidomus purpuratus*)는 전남 여수시 가막만(잠수기수협)에서 채취하였다. 연구대상 표본의 크기는 성장

함에 따라 형질의 상대적인 변화가 없는 것으로 생각되는 성체로 한정하였다(Fig. 18, Table 5).

2.1.2 분류방법

개체의 분류형질을 패각형태로 하여 Habe의 분류방법(1977)에 따라 패각의 외부 및 내부 형태형질의 분류와 형태형질중의 계측형질인 인대길이, 교판길이, 주치길이, 주치높이, 주치간의 거리, 후폐각근흔길이, 외투선만입길이는 Lewis and Seed(1969)와 유(1992)가 제시한 방법에 따라 조사하였다(Fig. 19, 20).

2.1.3 형질측정방법

백합과 5종이 분류학적 특징으로 뚜렷하게 갖고 있는 패각의 외부 및 내부형질을 관찰하였다. 각 개체들의 계측형질인 각장(Shell Length: SL), 각고(Shell Height: SH), 각폭(Shell Breadth: SB), 인대길이(Ligament Length: LL), 주치길이(Primary tooth Length: PL), 주치높이(Primary tooth Height: PH), 주치간의 거리(Distance Between of Primary tooth: DP), 교판길이(Hinge plate Length: HL), 외투선만입길이(Mantle sinus Length: PSL), 후폐각근흔길이(Posterior adductor muscular scar Length: PML)를 0.01mm까지 잴 수 있는 Vernier caliper로 측정하였다.

2.1.4 유연종간의 유사도

패각의 외부와 내부의 형태형질을 파악하고, 패각내부의 계측형질의 백분율 지수와 비교 분석하여 형태형질을 요약하고 형질상태를 형질행렬표로 나타내고 Pearson correlations를 이용하여 살조개와 백합과 4종의 유사도를 구한 후, cluster analysis를 실시하였다(SPSS, ver 10.0).

2.2 유전학적 방법

2.2.1 시 료

살조개는 전남 고흥군 봉래면, 바지락과 백합은 강진군 도암면, 개조개는 여수시 가막만, 가 무락조개는 여수시 울촌면에서 채집된 것들이다(Fig. 18). 시료를 채취하여, ice box에 넣어 실험실로 운반한 다음 각고, 각장, 각폭, 육중량을 측정하고 탈각 후 이물질을 제거하고 육질부와 내장부를 분리하고 육질부에서도 패각근 부분을 분석시료로 사용하였다(Table 6).

분리한 패각근은 이물질 제거를 위하여 여과해수에 5회, 미생물 살균을 위해 70%알콜에 2회, DNA추출시 저해 요인인 염제거를 위해 증류수로 3회 세척한 후 -80℃에 보관하였다.

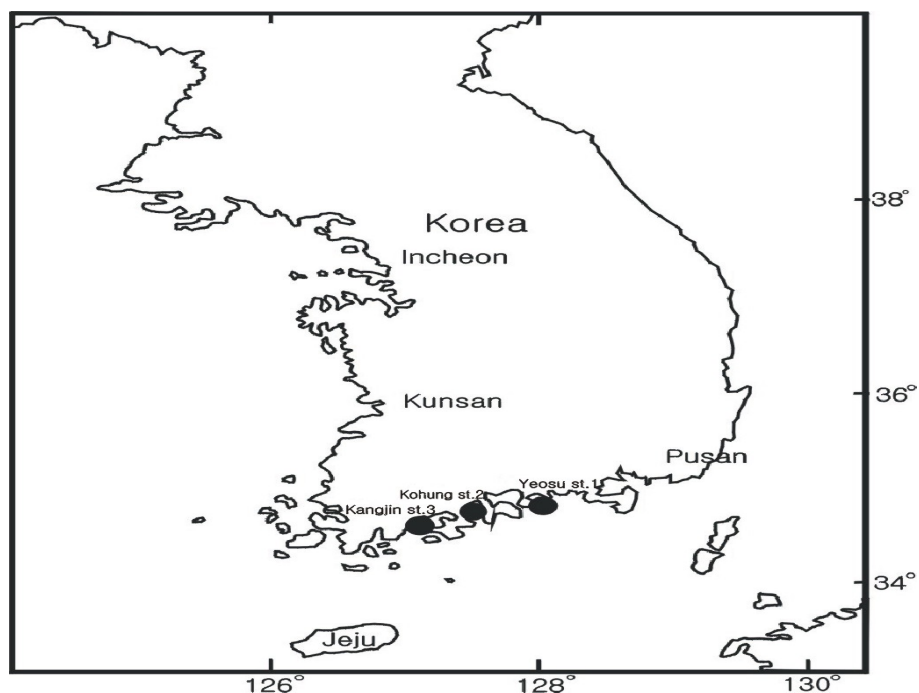


Fig. 18. Map showing the sampling stations(●) of 5 Venerid species Mollusca :Veneroidae).

St. 1, Yeosu: *Protothaca jedoensis*, *Saxidomus purpuratus*,
Cyclina sinensis.

St. 2, Kohung: *Protothaca jedoensis*.

St. 3, Kangjin: *Meretrix lusoria*, *Ruditapes philippinarum*.

Table 5. Five species of the family Veneridae were sampled randomly from 3 sites of the Korea coasts for morphological taxonomy

Common name (Korean name)	Scientific name	Shell length(mm)	Shell height(mm)	Shell breath(mm)
Venus clam (Sal-jo-gae)	<i>Protothaca jedoensis</i>	46.82±3.48	37.27±4.88	26.78±1.99
Baby clam (Ba-ji-rag)	<i>Ruditapes philippinarum</i>	36.95±2.23	25.40±2.09	17.58±1.10
White clam (Baeg-hab)	<i>Meretrix lusoria</i>	73.12±4.62	60.66±3.68	38.30±2.40
Purplish washington clam(Gae-jo-gae)	<i>Saxidomus purpuratus</i>	77.62±3.35	60.75±1.69	42.11±0.84
Venus clam (Ga-mu-rag-jo-gae)	<i>Cyclina sinensis</i>	51.38±1.81	53.21±2.78	33.18±2.72

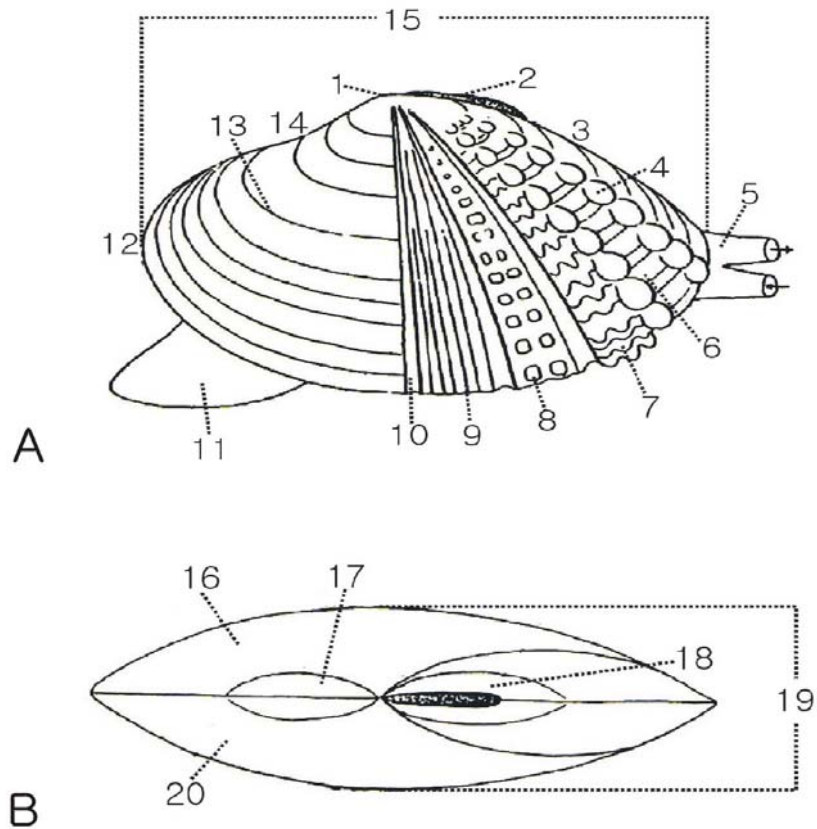


Fig. 19. External features of the clam.

A: External features, B: Dorsal features.

1: umbo, 2: ligament, 3: posterior dorsal margin, 4: nodule, 5: siphon, 6: growth rib, 7: lamina, 8: granule, 9: radial groove, 10: radial rib, 11: foot, 12: anterior margin, 13: growth line, 14: anterior dorsal margin, 15: shell length, 16: right valve, 17: lunule, 18: escutcheon, 19: shell breadth, 20: left valve(Habe et al., 1994).

2.2.2 DNA 추출(Proteinase K Method)

시료의 패각근 조직을 액체질소가 든 막자사발에서 분쇄한후 microtube에 샘플 50-100 mg 을 정량하여 넣고 extraction buffer(10mM Tris-Cl, 0.1M EDTA, 20mg/ml pancreatic RNase A, 0.5% SDS)를 첨가하여 37°C에서 1시간 반응한 후 Proteinase K를 최종농도 100mg/ml 로 가한 다음 50°C 수조에서 3시간 동안 반응 시킨다. tube를 꺼내어 상온이 되도록 식힌 후 Phenol:Chlorform : isoamylalcohol = 25 : 24 : 1을 1Volum첨가하여 15,000 rpm으로 상온에서 5분간 원심분리 하여 당분과 단백질을 제거한후 상등액에 10M ammonium acetate 10 μ l와

-20℃, 100% EtOH를 2Volum 첨가하여 -20℃에서 30분간 방치한 후 15,000 rpm으로 4℃에서 5분간 원심분리하여 DNA를 침전 시킨후 -20℃, 70% EtOH로 세정한후 15,000 rpm으로 4℃에서 5분간 원심분리하여 다시 DNA를 침전하여 25 μ l 3차멸균증류수에 녹여서 4℃에 보관하였다(Fig. 21).

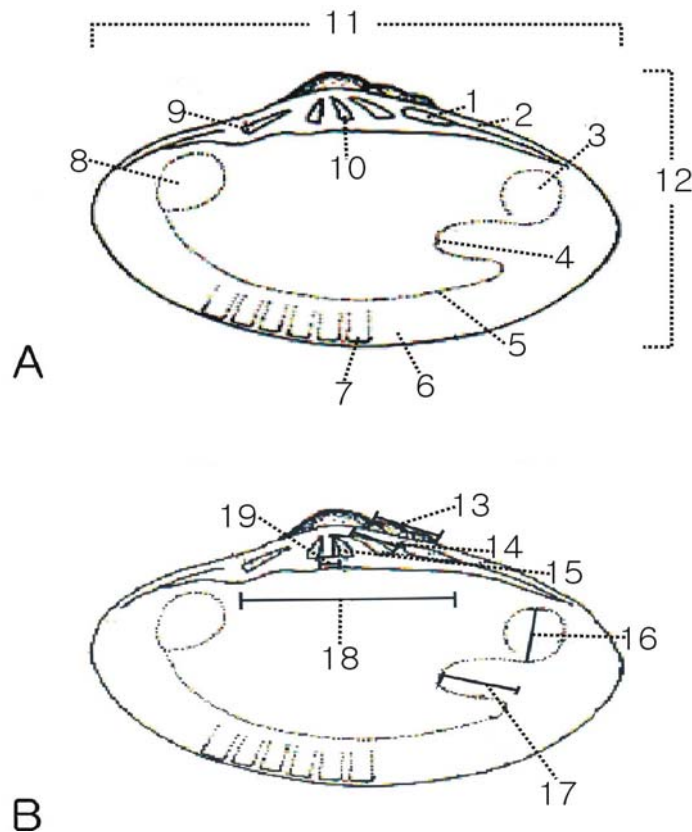


Fig. 20. Internal features of the clam.

A : Internal features, B: Diagram of measured parts.

1: posterior lateral tooth, 2: tooth groove, 3: posterior adductor muscular scar, 4: mantle sinus, 5: mantle line, 6: inner margin, 7: crenation, 8: anterior adductor muscular scar, 9: anterior lateral tooth, 10: primary tooth, 11: shell length, 12: shell height, 13: measured part of ligament length, 14: measured part of primary tooth length, 15: measured part of primary tooth height, 16: measured part of posterior adductor muscle scar, 17: measured part of mantle sinus length, 18: measured part of hinge plate, 19: measured part of distance between primary tooth(Habe et al., 1994).

2.2.3 Primer

20가지로 된 10-mer arbitrary primer, Kits A(Operon Technologies Inc., California)중에서 A1-A20의 primer을 이용하여 PCR반응을 하였다(Table 6).

2.2.4 PCR 반응조건

20 μ l의 PCR반응액은 Premix-Top(Bioneer)을 사용하여 1 μ l의 template DNA(3ng/ μ l), 1 μ l의 primer(5pM/ μ l)와 3차멸균증류수 18 μ l첨가하여 구성하였으며 GeneAmp PCR System 9700(Perkin-Elmer Applied Biosystems)를 사용하여 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 1회 denature 한 후, 94 $^{\circ}$ C에서 30초간 denature, 34 $^{\circ}$ C에서 1분간 annealing, 72 $^{\circ}$ C에서 1분간 extension을 40회 실시하고 나서, 최종 72 $^{\circ}$ C에서 5분간 extension하였다(Fig. 22).

2.2.5 Agarose gel 전기영동

PCR 증폭산물은 1% agarose gel에서 100V, 30분간 전기영동하여 ethidium bromide로 염색한 후 UV transilluminator 위에서 육안으로 확인 후 Digital camera 로 촬영하였다.

2.2.6 유사도 분석

유사도는 predominant band가 각 종간에 대하여 동일하게 생성되는지의 여부에 따라 구해졌으며 Jaccard의 식, 즉 $J_{ij} = C_{ij}/(n_i + n_j - C_{ij})$ 에 따라 계산하였다(Table 7). 이때 C_{ij} 는 비교되는 두 분리주 i와 j에서 공통으로 나타나는 밴드의 수이고 n_i, n_j 는 i와 j에서 각각 나타난

2.2.3 Primer

20가지로 된 10-mer arbitrary primer, Kits A(Operon Technologies Inc., California)중에서 A1-A20의 primer을 이용하여 PCR반응을 하였다(Table 6).

2.2.4 PCR 반응조건

20 μ l의 PCR반응액은 Premix-Top(Bioneer)을 사용하여 1 μ l의 template DNA(3ng/ μ l), 1 μ l의 primer(5pM/ μ l)와 3차멸균증류수 18 μ l첨가하여 구성하였으며 GeneAmp PCR System 9700(Perkin-Elmer Applied Biosystems)를 사용하여 94 $^{\circ}$ C에서 5분간 1회 denature 한 후, 94 $^{\circ}$ C에서 30초간 denature, 34 $^{\circ}$ C에서 1분간 annealing, 72 $^{\circ}$ C에서 1분간 extension을 40회 실시하고 나서, 최종 72 $^{\circ}$ C에서 5분간 extension하였다(Fig. 22).

2.2.5 Agarose gel 전기영동

PCR 증폭산물은 1% agarose gel에서 100V, 30분간 전기영동하여 ethidium bromide로 염색한 후 UV transilluminator 위에서 육안으로 확인 후 Digital camera 로 촬영하였다.

2.2.6 유사도 분석

유사도는 predominant band가 각 종간에 대하여 동일하게 생성되는지의 여부에 따라 구해졌으며 Jaccard의 식, 즉 $J_{ij} = C_{ij}/(n_i + n_j - C_{ij})$ 에 따라 계산하였다(Table 7). 이때 C_{ij} 는 비교되는 두 분리주 i와 j에서 공통으로 나타나는 밴드의 수이고 n_i, n_j 는 i와 j에서 각각 나타난 수로서 유사도 1과 0은 각각 완전히 동일하거나 완전히 불일치함을 나타낸다(Magurran, 1988). 이 유사도 값을 이용해 dendrogram으로 각 종간의 유전적 유사정도를 표시하였다(PAUP, ver 4.0).

2.3 이화학적 특징

2.3.1 시 료

본 연구에 사용된 시료의 일반성상은 Table 7과 같다. 살조개는 채집지는 전남 고흥군 봉래면, 바지락과 백합은 전남 강진군 도암면, 개조개는 전남 여수시 가막만, 가무락조개는 전남 여수시 울촌면에서 2000년 9~10월 사이에 15~40개체씩 채집한 것들이다(Fig. 18). 시료를 채취하여, ice box에 넣어 실험실로 운반한 다음 각고, 각장, 각폭, 육중량을 측정하고 탈각 후 육질부와 내장부위로 분리하여 -40℃의 동결고에 보관하면서 마쇄 혼합하여 분석시료로 사용하였다.

Table 6. Five species of the family Veneridae were sampled randomly from 3 sites of the Korea coasts for RAPD-PCR analysis

Species	Shell length(mm)	Shell height(mm)	Shell breath(mm)	Body weight(g)
<i>Protothaca jedoensis</i>	46.26±3.68	37.07±4.76	26.35±2.18	6.11±1.12
<i>Ruditapes philippinarum</i>	36.95±2.23	25.55±2.09	17.58±1.10	3.83±0.71
<i>Meretrix lusoria</i>	73.41±6.05	59.98±4.40	38.61±3.01	19.69±4.54
<i>Saxidomus purpuratus</i>	79.29±4.37	61.90±2.61	42.46±1.61	48.08±4.16
<i>Cyclina sinensis</i>	51.69±2.09	53.33±3.18	33.25±3.32	13.34±2.07

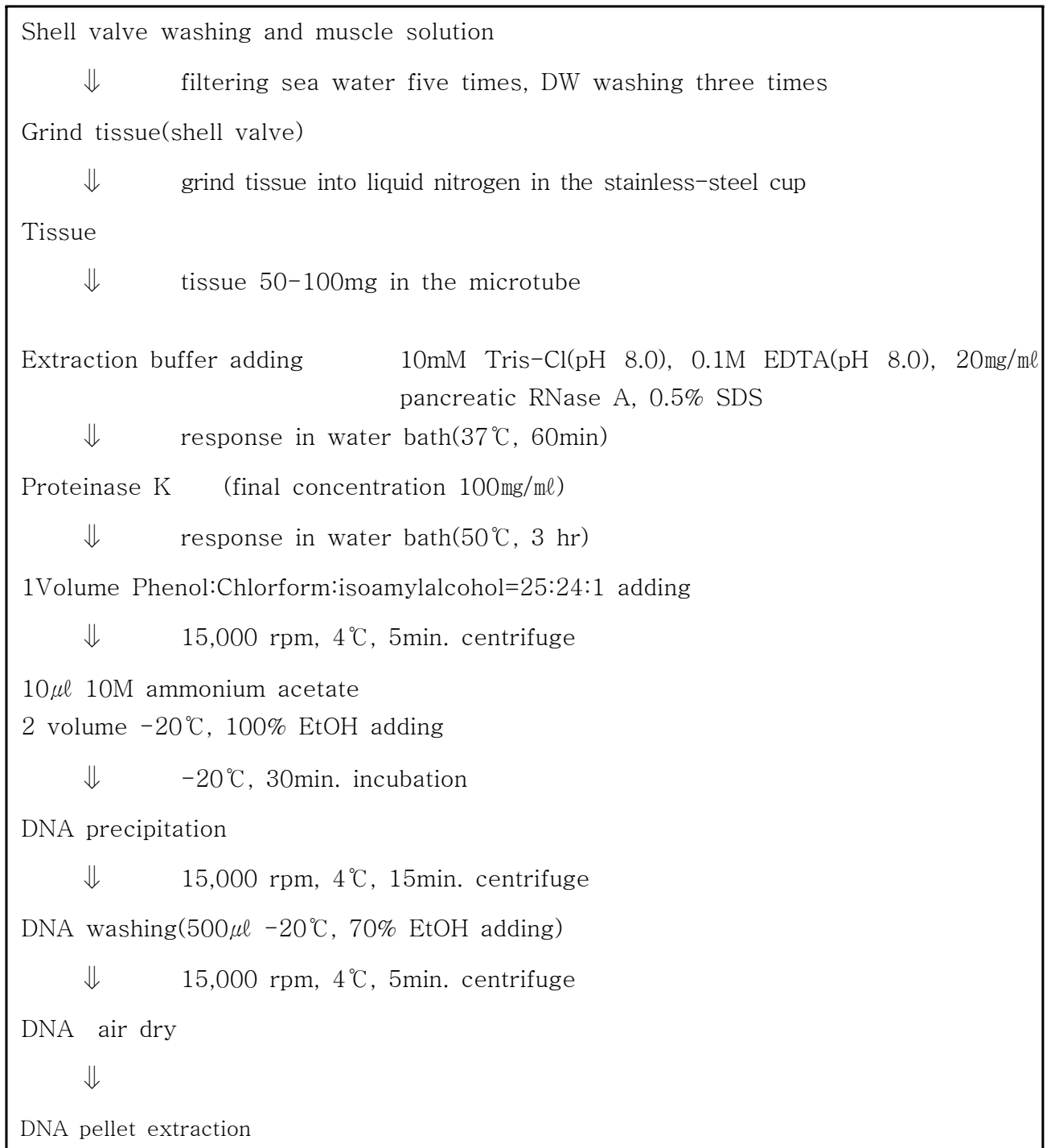


Fig. 21. DNA isolation proceedings of tissue in the family Veneridae(Proteinase K method).

2.3.2 일반성분분석

일반성분 분석은 AOAC(1980)시험방법에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 조단백질은 micro kjeldahl법, 조지방은 soxhlet법, 조회분은 550°C 회화법으로 분석하였고, 모든 측정은 3회 반복 하여 평균값으로 하였다.

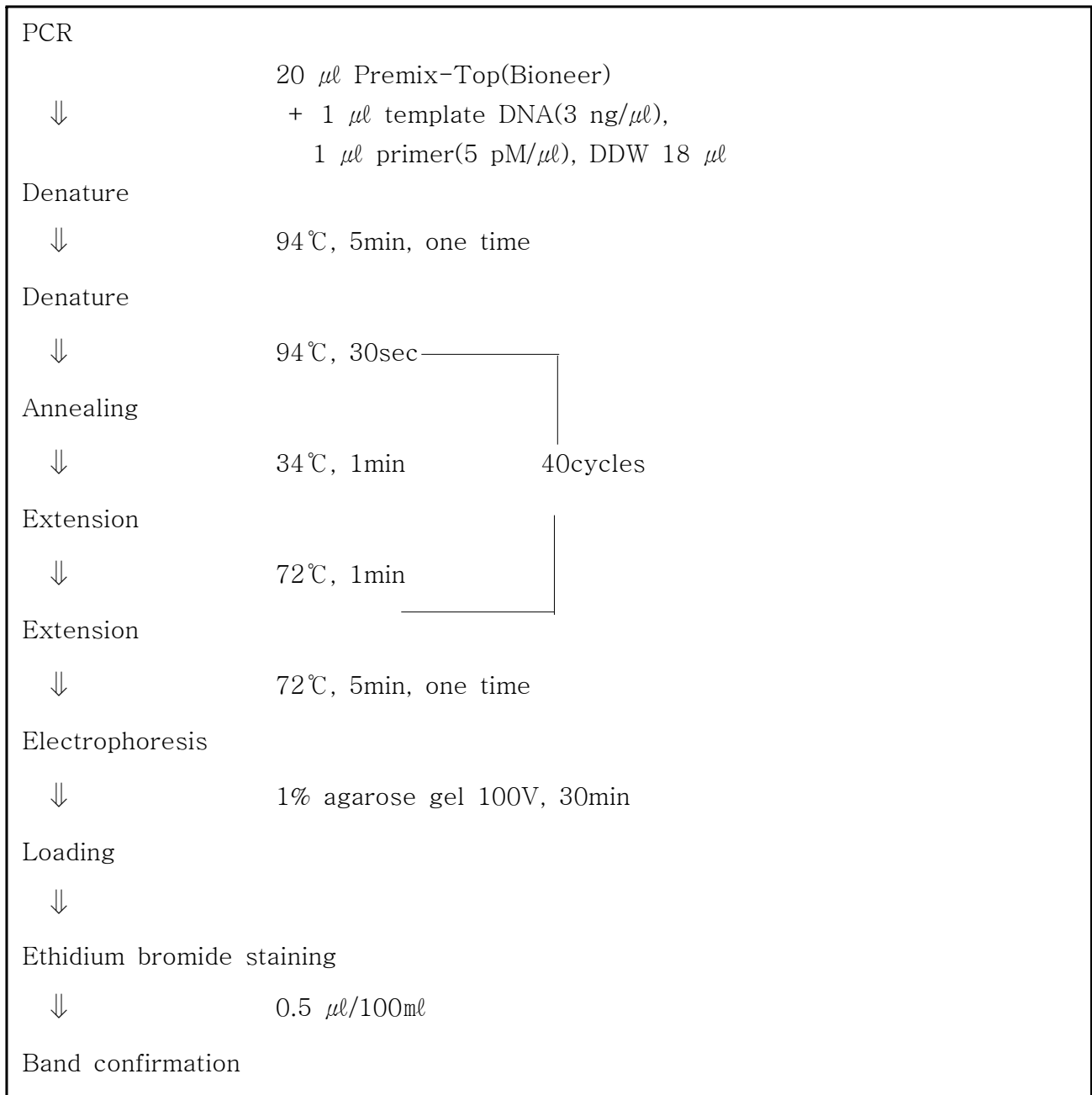


Fig. 22. RAPD-PCR proceedings of tissue in the family Veneridae.

2.3.3 아미노산 분석

1) 구성아미노산

원 시료 0.5g을 시험관에 취하여 6 N HCl 3ml를 넣어 Vacuum Pump를 이용하여 sealing 한 후 115°C heating block에서 24hr동안 가수분해하여 원액을 sodium citrate loading buffer pH 2.2로 10ml 정용한 후, 0.2 μ m filter로 여과하여 아미노산 자동분석기(Pharmacia Biochrom 20, Li⁺ type high performance ultra pack, U.K)로 정량 분석하였다.

2) 유리아미노산

원 시료 10g을 시험관에 취하여 1.5g의 Sulfosalicylic acid를 가하여 혼합한 후 원심분리 (3000×g, 15min) 후 단백질이 제거된 상등액을 취하여 0.2 μm filter로 여과하고, 0.3 M lithium hydroxide로 pH를 2.2로 조정 한 후 아미노산 자동분석기(Pharmacia Biochrom 20, Li⁺ type high performance ultra pack, U.K)로 정량 분석하였다. 유리아미노산을 정량하기 위한 아미노산 자동분석기의 분석조건은 Table 8과 같다.

2.3.4 유연종간의 유사도

살조개와 백합과 4종의 일반성분, 구성 및 유리아미노산 조성을 조사하여 었고, Pearson correlate를 이용하여 살조개와 백합과 4종의 이화학적 특성에 따른 유사도를 구한 후, cluster analysis를 실시하였다(SPSS, ver 10.0).

3. 결 과

3.1 유연종간의 형태적 차이

3.1.1 외부형태

백합과 5종중 개조개, 백합의 패각은 각장 70mm, 각고 60mm가 넘는 대형이고 그 외 3종은 중형이었다. 형태는 주로 타원형이고 살조개는 난원형, 백합이 난삼각형, 가무락조개가 원형이었다. 각정은 주로 중앙에서 앞쪽으로 치우쳐서 위치하고 있으나 가무락조개는 중앙에 위치하고 있었다. 방사능은 살조개가 45개 내외의 두터운 방사능을 가지고 있었으며, 개조개와 백합은 보이지 않았다. 한편 바지락, 백합, 가무락조개는 표면에 광택이 있었다. 패각색은 주로 갈색이었고 개조개는 회백색, 가무락조개는 담황색이었다. 소윌면과 순면은 개조개와 가무락조개에서는 보이지 않았다. 반면 살조개와 바지락은 뚜렷한 소윌면을 가지고 있었고 백합은 뚜렷하지 않았다. 순면은 3종 모두 뚜렷하지 않았고 인대는 모두 뚜렷하게 가지고 있었다.

성장특은 개조개가 강하고 조밀한 형태를 가지고 있었으며, 백합을 제외하고는 주로 뚜렷하여, 방사능과 만나 명확한 포목상을 이루었으나 개조개와 백합은 방사능이 없어서 포목상을 이루지 않았다. 패각의 색대는 바지락이 변이가 심하였으나 거의 일정한 색대를 가지고 살조개는 4-5줄의 갈색의 방사무늬대를, 백합은 각정에서 배연쪽으로 2개의 흑갈색의 방사색대를 가지고 있었다(Fig. 23, Table 9).

Table 7. Five species of the family Veneridae were sampled randomly from 3 sites of the Korea coasts for body composition analysis

Species	Shell length(mm)	Shell height(mm)	Shell breath(mm)	Body weight(g)
<i>Protothaca jedoensis</i>	46.26±3.68	37.07±4.76	26.35±2.18	6.11±1.12
<i>Ruditapes philippinarum</i>	36.95±2.23	25.55±2.09	17.58±1.10	3.83±0.71
<i>Meretrix lusoria</i>	73.41±6.05	59.98±4.40	38.61±3.01	19.69±4.54
<i>Saxidomus purpuratus</i>	79.29±4.37	61.90±2.61	42.46±1.61	48.08±4.16
<i>Cyclina sinensis</i>	51.69±2.09	53.33±3.18	33.25±3.32	13.34±2.07

Table 8. Operating conditions for amino acid autoanalyzer

Items	Conditions
Instrument	Alpha plus amino acid analyzer(Pharmacia LKB)
Column	Ultrapac 7 Cation-exchange(Lithium form)
Buffer solution	pH 3.20 0.2M Li-citrate pH 3.20 0.2M Li-citrate pH 3.20 0.2M Li-citrate 0.4M NaOH
Detection	Amino acid-ninhydrin (440 nm) Amino acid-ninhydrin (570 nm)
Sample volume loaded	20 µL

3.1.2 내부형태

폐각 내면의 색은 개조개가 진한 보라색을 가지고 그 외 종은 보통 백색을 가지며, 바지락, 백합, 가무락조개는 내면에 백색광택을 가지고 있었다. 외투선흔과 폐각근흔은 공통으로 뚜렷하게 가지고 있으며, 대체적으로 폐각근흔의 좌우모양은 비슷하며 크기도 비슷하였다. 외투선의 만입형태는 살조개와

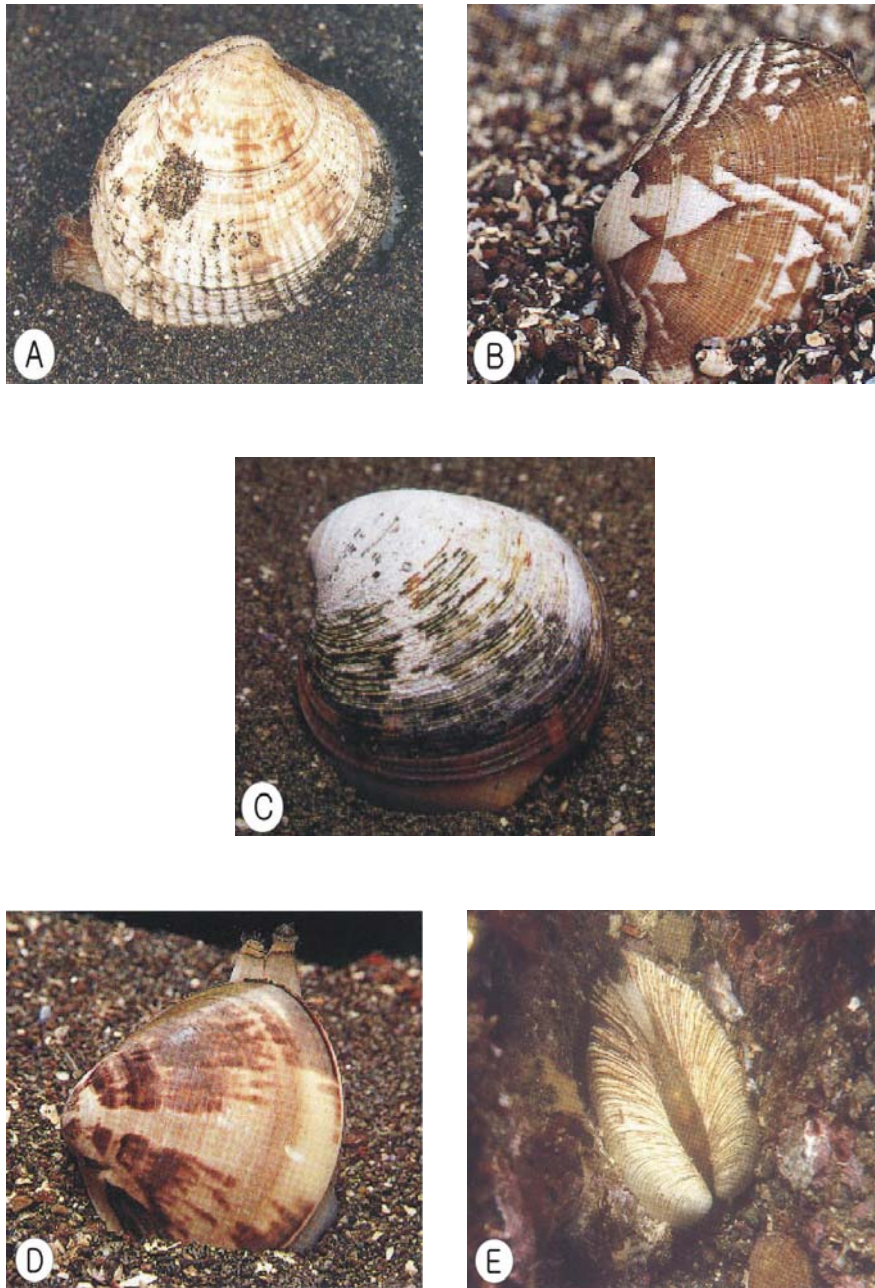


Fig. 23. Photographs of 5 Venerid species(Mollusca : Venerida).

A: *Protothaca jedoensis*, B: *Ruditapes philippinarum*, C: *Cyclina sinensis*,

D: *Meretrix lusoria*, E: *Saxidomus purpuratus*

가무락조개가 삼각형으로 깊게 만입하고 있었으나, 살조개는 타원형으로서 뒤쪽에서 만입하는 형이고 가무락조개는 원형으로 살조개보다 다소 아래쪽에서 만입하고 있었다. 개조개는 엄지손가락형으로 깊게 만입하고 있었고, 백합과 바지락은 둥근형으로 바지락은 깊고 백합은 다소 얇게 만입하고 있었다.

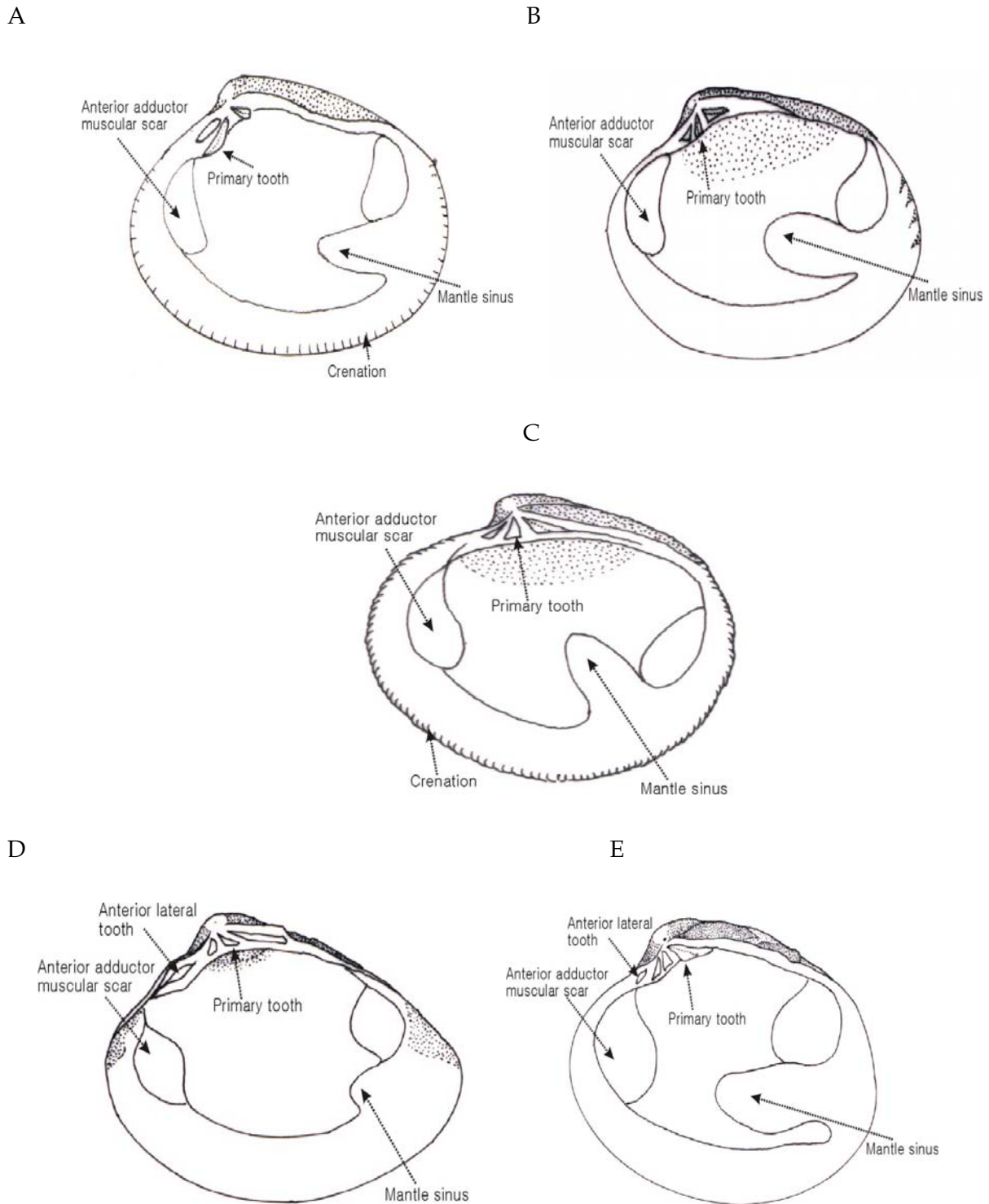


Fig. 24. Morphological characters of 5 Venerid species(Mollusca : Venerida).

A: *Protothaca jedoensis*, B: *Ruditapes philippinarum* C: *Cyclina sinensis*,

D: *Meretrix lusoria*, E: *Saxidomus purpuratus*

Table 9. Comparison of external morphology of 5 species of the family Veneridae

Characters	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Cyclina sinensis</i>
Shell length	46.82±3.48	36.95±2.23	73.12±4.62	77.62±3.35	51.38±1.81
Shell height	37.27±4.88	25.40±2.09	60.66±3.68	60.75±1.69	53.21±2.78
Shell breath	26.78±1.99	17.58±1.10	38.30±2.40	42.11±0.84	33.18±2.72
Shape	Egg circle	Ellipse	Egg triangle	Ellipse	Circle
Surface polish	—	+	+	—	
Axial rib	+++ (45)	++	—	—	++
Innule	+++	+++	++	—	—
Escutcheon	++	++	++	—	—
Ligament	+++	+++	+++	+++	+++
Growth rib	+++	+++	++	+++	+++
Shell color	Gray-Brown	Yellow-Brown	Brown	Gray-White	Thick Yellow
Band color	Brown(4-5)	Variety	Black-brown(2)	Brown	Gray-Brown
Umbo position	Front	Front	Front	Front	Middle
Decussate	+++	+++	—	—	++

— : Absent, +: Present, ++: Dim, +++: Strong.

내면의 복연에는 살조개와 가무락조개가 치상벽의 주름을 가지고 있었다. 교판의 길이는 백합과 개조개가 전측치를 가지고 있어 긴 편이고 살조개는 측치가 없는 것에 비해 다소 길었고 바지락과 가무락조개는 짧은 편이었다. 교치는 5종 모두 공통으로 3주치를 가지며 백합과 개조개는 전측치를 가지고 있었으며 후측치는 없었다. 전측치의 경우는 백합이 잘 발달된 전측치를 갖고 있는 반면 개조개는 주치에 비해 잘 발달되지는 않았다. 3주치 중에서 백합만이 이분하지 않고 있었고, 살조개와 바지락의 2, 3번의 주치가 이분하고 개조개와 가무락조개는 3번의 주치가 이분하고 있었다. 주치의 높이는 개조개만이 서로 비슷하였고 나머지 4종은 2번의 주치가 공통으로 제일 높이 나와 있었다. 주치의 길이는 살

Table 10. Comparison of internal morphology of 5 species of the family Veneridae

Characters	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Cyclina sinensis</i>
Primary tooth number	3	3	3	3	3
Primary tooth division	2,3	2,3	—	3	3
Primary tooth height	2	2	2	Same	2
Primary tooth length	2	3	3	3	3
Anterior lateral tooth	—	—	++	+	—
Posterior lateral tooth	—	—	—	—	—
Hinge plate length	Long	Short	Long	Long	Short
Crenation	+	—	—	—	+
Mantle sinus type	Triangle	Circle	Circle	Circle	Triangle
Mantle sinus degree	Deep	Deep	Shallow	Deep	Deep
Polish	—	+	+	—	+
Color	Yellow-White	White	White	Purple	White
Adductor muscular scar	+++	+++	+++	+++	+++
Mantle scar	+++	+++	+++	+++	+++

— : Absent, +: Present, ++: Dim, +++: Strong.

조개만이 2번의 주치가 가장 길었고 나머지 4종은 3번의 주치가 가장 길었다. 주치의 위치는 바지락과 가무락조개가 각정 아래쪽으로 위치하고 있고, 살조개는 1~2번의 주치가 앞쪽으로 뺏어나가고 백합과 개조개는 3번의 주치가 뒤쪽으로 뺏어나가고 있었다(Fig. 24, Table 10).

3.1.3 계측형질의 비교

1) 교판 및 인대

살조개의 교판은 $13.30 \pm 0.91 \text{mm}$ 로 각장 $46.82 \pm 3.48 \text{mm}$ 에 비해 넓은 편이고 3개의 주치를 갖고 있었다. 3개의 주치중에서 2번째의 주치가 $4.62 \pm 0.38 \text{mm}$ 로 가장 길었다. 그리고 1-2번의 주치 사이가 $2.38 \pm 0.21 \text{mm}$ 로 서로 가까웠고 높이는 2번이 $2.62 \pm 0.37 \text{mm}$ 로 가장 깊이 만입하고 있었다. 3번은 다소 떨어져 위치하고 있었고 2-3번은 이분하고 있었고 측치는 구별할 수 없었다. 인대는 다소 두텁고 길이가 $10.40 \pm 1.12 \text{mm}$ 로 긴 편이었다. 바지락의 교판은 $7.83 \pm 0.86 \text{mm}$ 로 각장 $36.95 \pm 2.23 \text{mm}$ 에 비해 미비 했으며 3개의 주치를 가지고 있었으며 측치는 없었다. 3개의 주치중에서 3번이 $2.45 \pm 0.28 \text{mm}$ 로 가장 컸으며 2번과 3번의 주치는 가늘게 2분하고 있었다. 2번의 높이가 $1.85 \pm 0.20 \text{mm}$ 로 더 깊게 만입하였고 주치 사이의 간격은 $1.39 \pm 0.23 \text{mm}$ 로 거의 비슷하였다. 인대의 길이는 $8.57 \pm 0.80 \text{mm}$ 로 타종에 비해 짧았다. 개조개는 교판이 $19.58 \pm 1.57 \text{mm}$ 로 각장 $77.62 \pm 3.35 \text{mm}$ 에 비해 넓은 편이며 3개의 명확한 주치와 덜 발달한 전측치를 가지고 있었으나 전측치는 약하였다. 다른 백합과에 비해 주치와 가까운 위치에 있었다. 어떻게 보면 측치가 없고 주치가 4개로도 볼 수 있었다. 3번의 주치가 $8.30 \pm 0.06 \text{mm}$ 로 가장 길었으며 만입의 깊이는 $4.25 \pm 0.05 \text{mm}$ 로 비슷하였다. 주치 사이의 간격은 2-3번 사이가 $2.05 \pm 0.16 \text{mm}$ 로 컸다. 인대는 $25.43 \pm 2.00 \text{mm}$ 로 두껍고 길게 나와 있었다. 백합은 교판이 $28.33 \pm 2.34 \text{mm}$ 로 각장 $73.12 \pm 4.62 \text{mm}$ 에 비해 넓은 편이었고 3개의 명확한 주치와 전측치를 가지고 있었다. 전측치는 다른 백합과에 비해 명확하였고, 주치 사이는 $2.35 \pm 0.19 \text{mm}$ 로 거의 간격이 비슷하였다. 주치중 2번째가 $3.34 \pm 0.29 \text{mm}$ 로 가장 높았고 3번째 주치가 $11.07 \pm 1.05 \text{mm}$ 로 다른 종에 비해서 거의 인대의 끝 부분까지 뻗어나와 있었다. 그리고 인대의 길이는 $11.81 \pm 0.88 \text{mm}$ 로 다른 종의 크기에 비해 작았고 이분하는 주치는 없었다. 가무락조개는 교판이 $9.37 \pm 0.71 \text{mm}$ 로 각장 $51.38 \pm 1.81 \text{mm}$ 에 비해 넓은 편이며 3주치 형으로 측치가 없다. 주치 높이는 2번이 $2.66 \pm 0.21 \text{mm}$ 로 더 깊게 만입하고 2-3번의 주치 간격이 $2.70 \pm 0.21 \text{mm}$ 로 넓고, 3번이 $5.97 \pm 0.78 \text{mm}$ 로 가장 길며 2분하고 있었다. 인대의 길이는 $18.37 \pm 2.01 \text{mm}$ 로 각장에 비해 짧은 편이었다(Table 11).

2) 외투선만입 및 후폐각근흔

살조개는 전·후폐각근흔이 같은 모양이고 장경은 $11.05 \pm 1.20 \text{mm}$ 이었고 외투선은 뒤쪽에서 삼각형으로 $10.46 \pm 0.73 \text{mm}$ 로 다소 깊게 위쪽으로 만입하고 있었다. 바지락은 후폐각근흔은 $6.72 \pm 1.04 \text{mm}$ 이었고 외투선은 둥근 모양으로 $11.16 \pm 1.34 \text{mm}$ 으로 다소 크게 위쪽으로 만입한다. 개조개는 후폐각근흔은 $20.25 \pm 1.05 \text{mm}$ 로 다소 컸었고, 외투선 만입의 길이는 $27.75 \pm 2.21 \text{mm}$ 로 엄지손가락 모양으로 외투선의 1/2 정도로 크게 직선상으로 앞쪽으로 만입을 하고 있었다. 백합은

Table 11. Comparison of main morphological characteristics among 5 species of the family Veneridae

Species	Hinge plate length(mm)	Primary tooth length(mm)	Primary tooth height(mm)	Ligament length(mm)
<i>Protothaca jedoensis</i>	13.30±0.91	4.62±0.38	2.62±0.37	10.40±1.12
<i>Ruditapes philippinarum</i>	7.83±0.86	2.45±0.28	1.85±0.20	8.57±0.80
<i>Meretrix lusoria</i>	28.33±2.34	11.07±1.05	3.34±0.29	11.81±0.88
<i>Saxidomus purpuratus</i>	19.58±1.57	8.30±0.06	4.25±0.05	25.43±2.00
<i>Cyclina sinensis</i>	9.37±0.71	5.97±0.78	2.66±0.21	18.37±2.01

Species	Distance between of Primary tooth(mm)	Mantle sinus length (mm)	Posterior adductor muscular scar length(mm)
<i>Protothaca jedoensis</i>	2.38±0.21	10.46±0.73	11.50±1.20
<i>Ruditapes philippinarum</i>	1.39±0.23	11.16±1.34	6.72±1.04
<i>Meretrix lusoria</i>	2.35±0.19	7.45±0.62	15.37±1.29
<i>Saxidomus purpuratus</i>	2.05±0.16	27.75±2.21	20.25±1.05
<i>Cyclina sinensis</i>	2.70±0.21	18.84±1.33	16.85±1.34

패각에 비해 후패각흔이 15.37±1.29mm로 작았으며 외투선의 만입은 등근형으로 7.45±0.62mm로 작았다. 가무락조개는 후패각근흔이 16.85±1.34mm이었고 외투선의 만입은 패각이 원형이며, 각정이 중앙에 위치하고 있으므로 18.84±1.33mm로 복연쪽에서 각정쪽으로 삼각형 모양으로 다소 패각의 1/2정도로 만입하고 있었다(Table 11).

4) 유연종간의 유사도

이매패류의 백합과에 속하는 유연종간 패각의 외부와 내부의 형태형질을 파악하여 형질상태를 형질행렬표로 나타내었다(Table 12, 13). 이를 이용한 살조개와 백합과 4종의 유사도는 살조개와 바지락이 0.56로 가장 유사도가 높았고, 백합과 개조개는 0.40의 유사도를 나타내었다. 가무락조개는 살조개와 바지락에 0.22, 개조개와 백합, 살조개, 바지락, 가무락조개간의 유사도는 0.15의 유사도를 나타내었다(Table 14, Fig. 25).

Table 12. Characters used in cladistic analysis of species of the family Veneridae

No.	Characters	states	Codes
1	Shell length	<40mm/40 ~ 60mm/60mm<	0/1/2
2	Shell shape	circle/ellipse/triangle	0/1/2
3	Axial rib	absent/dim/strong	0/1/2
4	Growth rib	dim/strong	0/1
5	External surface polish	absent/present	0/1
6	Innule	absent/dim/strong	0/1/2
7	Decussate	absent/dim/strong	0/1/2
8	Umbo position in the shell	middle/front	0/1
9	Escutcheon	absent/present	0/1
10	Anterior latreal tooth	absent/dim/strong	0/1/2
11	Three primary teeth division	absent/2 ~ 3/3	0/1/2
12	Three primary teeth height	same/different	0/1
13	Three primary teeth position	beneath/front/back	0/1/2
14	Three primary teeth length	2/3	0/1
15	Mantle sinus degree	shallow/deep	0/1
16	Hinge plate length	short/long	0/1
17	Crenation in the inner margin	absent/present	0/1
18	Mantle sinus type	circle/triangle	0/1
19	Internal surface polish	absent/present	0/1
20	Internal shell color	white/purple	0/1

Table 13. Characters matrix used to analyze the similarity relationships of the family Veneridae

Characters	Species				
	<i>P. j</i>	<i>R. p</i>	<i>M. l</i>	<i>S. p</i>	<i>C. s</i>
1	0	0	2	2	1
2	0	1	1	2	0
3	2	1	0	0	1
4	1	1	0	1	1
5	0	1	1	0	1
6	2	2	1	0	0
7	2	2	0	0	1
8	2	2	0	0	1
9	1	1	1	0	0
10	0	0	2	1	0
11	1	1	0	2	2
12	1	1	1	0	1
13	1	0	2	2	0
14	1	0	0	0	0
15	1	1	0	1	1
16	1	0	1	1	0
17	1	0	0	0	1
18	1	0	0	0	1
19	0	1	1	0	1
20	0	0	0	1	0

P.j: *Protothaca jedomensis*, *R.p:* *Ruditapes philippinarum*, *M.l:* *Meretrix lusoria*, *S.p:* *Saxidomus purpuratus*, *C.s:* *Cyclina sinensis*.

Table 14. The similarity indices based on morphological characteristics of the Veneridae

Species	A	B	C	D	E
A	-				
B	0.56	-			
C	0.46	0.27	-		
D	0.42	0.34	0.40	-	
E	0.16	0.28	0.42	0.05	-

A: *Protothaca jodoensis*, B: *Ruditapes philippinarum*, C: *Meretrix lusoria*, D: *Saxidomus purpuratus*, E: *Cyclina sinensis*.

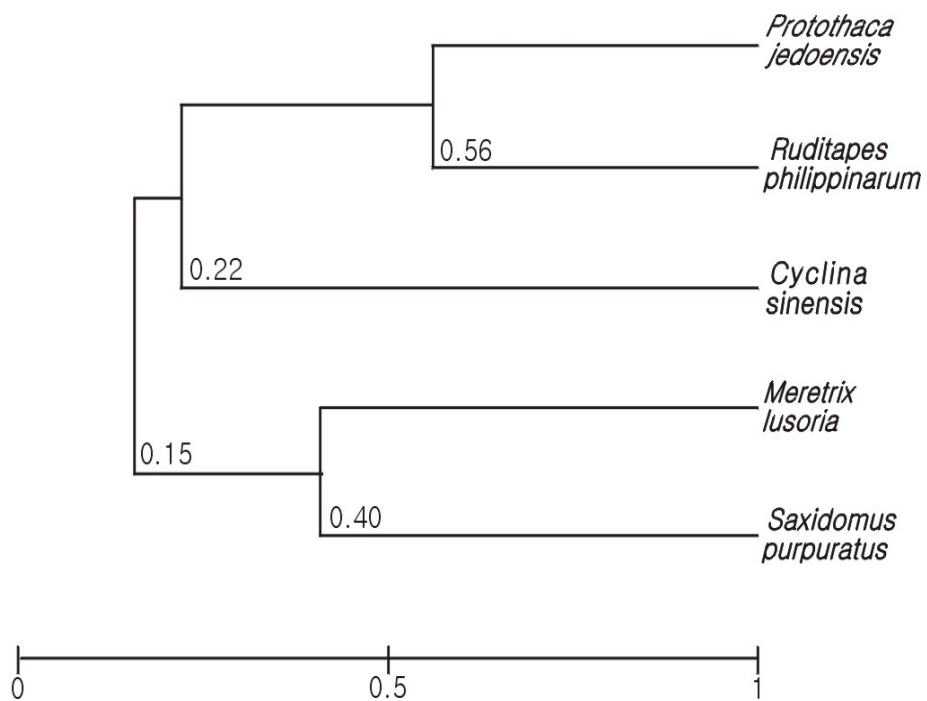


Fig. 25. UPGMA dendrogram of the family Veneridae based on Pearson correlations.

3.2 유연종간의 유전학적 차이

3.2.1 각 종별 DNA의 정량 및 순도

Proteinase K-phenol추출법에 따라 추출된 DNA의 agarose gel 전기영동 결과 모든 시료에서 DNA의 분자량이 23kb보다 높게 나타났으며, 다량의 RNA도 함께 추출되었다. 각 종별 DNA 검출량은 살조개 6.4 $\mu\text{g/g}$, 바지락 7.2 $\mu\text{g/g}$, 백합 5.7 $\mu\text{g/g}$, 개조개 6.2 $\mu\text{g/g}$, 가무락조개 6.7 $\mu\text{g/g}$ 으로 추출되어 바지락에서 가장 많은 DNA가 추출되었다. 그리고 OD₂₆₀/OD₂₈₀ 측정결과 살조개 1.76, 바지락 1.55, 백합 1.64, 개조개 1.74, 가무락조개 1.63 으로 살조개가 가장 단백질 오염이 적게 나타났으며 대부분의 종에서 단백질의 혼입이 적게 나타났다(Table 15). 패각근의 근육조직에서 PCR에 사용할 주형 DNA를 추출하였다. 다음 주형 DNA 농도별 PCR 생성물을 확인한 결과 주형 DNA의 농도는 20ng/ μl 농도가 PCR생성물을 많이 일정하게 생성하였으므로 가장 이상적인 농도를 결정하였다.

3.2.2 종별 polymorphic pattern

각 종별 샘플을 패각근 조직에서 추출된 DNA (Table 15)를 20ng/ μl 농도로 조절한 후 10개의 염기로 구성된 arbitrary primer 20 종류를 단일로 사용하여 PCR반응을 시켰다. 실험결과 primer OPA-03 N OPA-17 (GACCGCTTGT) 그리고 OPA-20 (GTTGCGATCC) 제외한 15개의 단일 primer에서 증폭이 일어났고, 전반적으로 primer의 종류에 따라 개체별 최소 1에서 최대 3의 band가 생성되었다(Table 16). PCR 반응 생성물은 primer의 종류에 따라 유사한 pattern 및 특이적인 1개의 pattern, 다양한 pattern을 나타내었다(Fig. 26).

Table 15. DNA concentration extracted from adductor muscle tissues of specimens of family Veneridae.

Species	DNA($\mu\text{g/g}$)	A _{260/280}
<i>Protothaca jedoensis</i>	6.4	1.76
<i>Ruditapes philippinarum</i>	7.2	1.55
<i>Meretrix lusoria</i>	5.7	1.64
<i>Saxidomus purpuratus</i>	6.2	1.74
<i>Cyclina sinensis</i>	6.7	1.63

Table 16. Size, sequence, G+C content and melting temperature of tested arbitrary primers

Primer	Size (mer)	Sequence	G+C content(%)	T _m (°C)	Number of PCR products
OPA-01	10	5'-CAGGCCCTTC	70	34	1
OPA-02	10	5'-TGCCGAGCTG	70	34	1
OPA-03	10	5'-AGTCAGCCAC	60	32	0
OPA-04	10	5'-AATCGGGCTG	60	32	2
OPA-05	10	5'-AGGGGTCTTG	60	32	2
OPA-06	10	5'-GGTCCCTGAC	70	34	2
OPA-07	10	5'-GAAACGGGTG	60	32	1
OPA-08	10	5'-GTGACGTAGG	60	32	1
OPA-09	10	5'-GGGTAACGCC	70	34	0
OPA-10	10	5'-GTGATCGCAG	60	32	0
OPA-11	10	5'-CAATCGCCGT	60	32	2
OPA-12	10	5'-TCGGCGATAG	60	32	1
OPA-13	10	5'-CAGCACCCAC	70	34	2
OPA-14	10	5'-TCTGTGCTGG	60	32	3
OPA-15	10	5'-TTCCGAACCC	60	32	1
OPA-16	10	5'-AGCCAGCGAA	60	32	1
OPA-17	10	5'-GACCGCTTGT	60	32	0
OPA-18	10	5'-AGGTGACCGT	60	32	1
OPA-19	10	5'-CAAACGTCGG	60	32	2
OPA-20	10	5'-GTTGCGATCC	60	32	0

※ Estimating value calculated as $T_m = 4(G+C)+2(A+T)$ (Suggs et al., 1981).

3.2.3 각 종별 개체간 유사도

백합科 5종에 관하여 유사도를 분석한 결과 살조개와 바지락간에는 0.84, 개조개와 백합간에는 0.87로 각각의 두종간에는 높은 유사도를 보였고 가무락조개는 살조개와 바지락간에 0.78의 유사도를 보였으며, 개조개와 백합, 살조개, 바지락, 가무락조개간에는 0.46의 유사도를 보였다(Table 17, Fig 27).

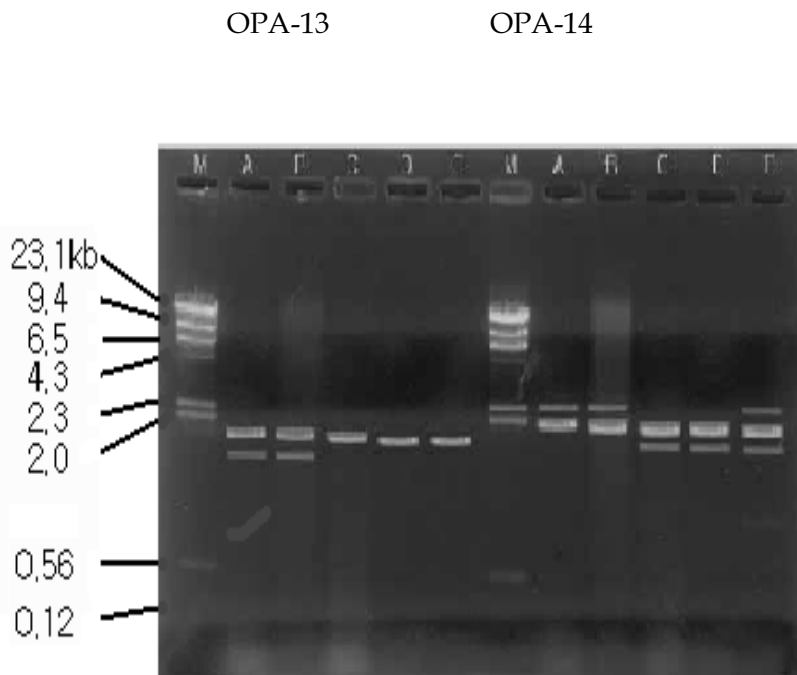
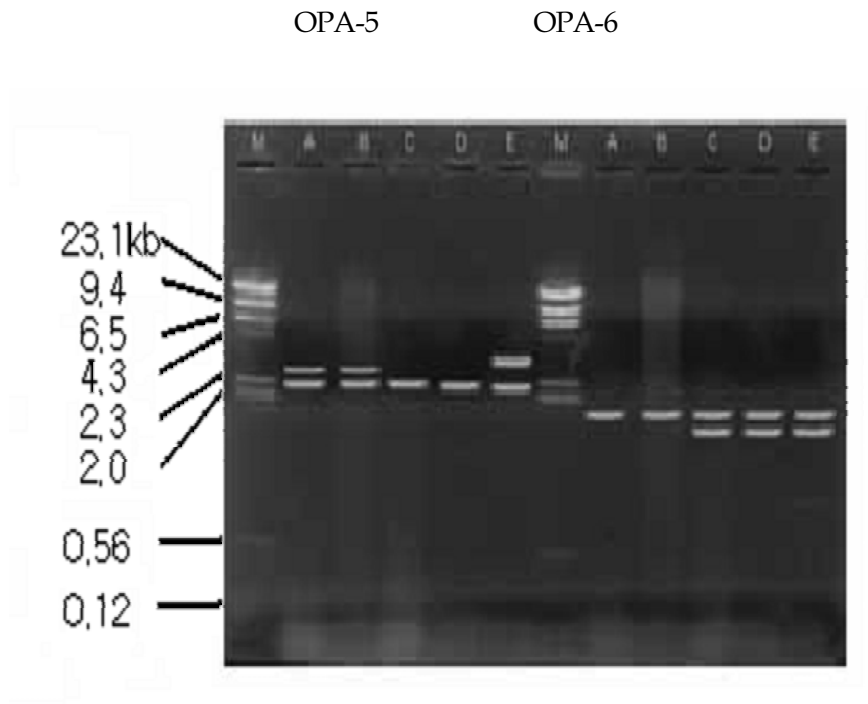


Fig. 26. Gel photo showing random amplified polymorphic DNAs of the family Veneridae using arbitrary OPA-5, OPA-6, OPA-13 and OPA-14. M: λ /hindIII, A: *Protothaca jadoensis*, B: *Ruditapes philippinarum*, C: *Meretrix lusoria*, D: *Saxidomus purpuratus*, E: *Cyclina sinensis*.

Table 17. Similarity matrix based on the Jaccard's equation.

Species	A	B	C	D	E
A	-				
B	0.84	-			
C	0.63	0.67	-		
D	0.67	0.62	0.87	-	
E	0.77	0.73	0.71	0.69	-

A: *Protothaca jedoensis*, B: *Ruditapes philippinarum*, C: *Meretrix lusoria*,

D: *Saxidomus purpuratus*, E: *Cyclina sinensis*.

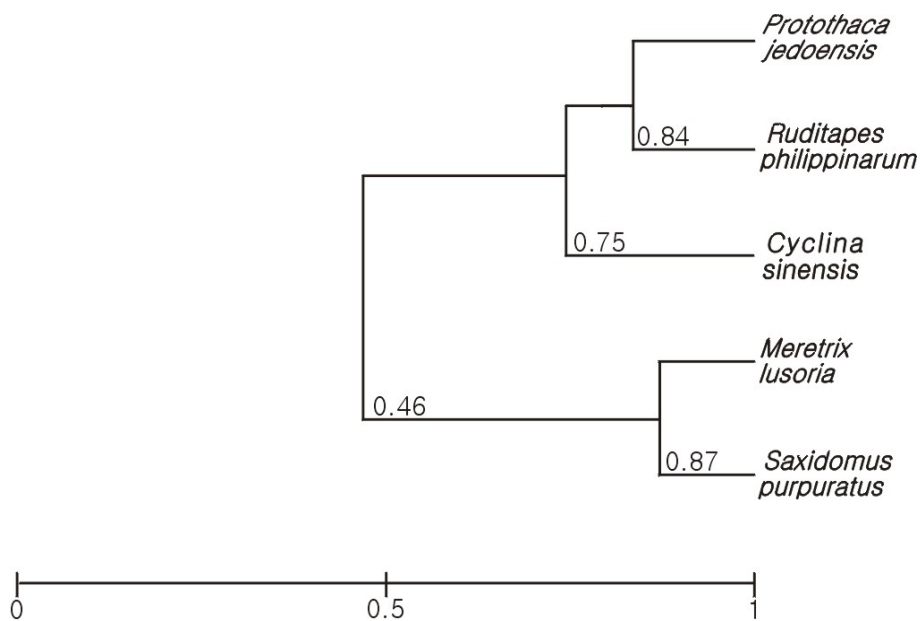


Fig. 27. UPGMA dendrogram based on the similarity matrix data.

3.3 유연종간의 이화학적특징 차이

3.3.1 일반성분

본 연구에서 시료로 사용된 살조개, 바지락, 백합, 개조개, 가무락조개 등 5종에 대한 근육과 내장의 일반 성분을 분석한 결과는 Table 18과 같다. 근육의 경우 수분이 80.43~84.32%, 조단백질이 9.46~12.51%, 조지방이 0.94~1.32%, 조회분이 2.50~3.54% 및 전당이 1.1~3.15%이었다. 또한 내장의 경우는 수분이 79.69~83.58%, 조단백질이 9.00~12.01%, 조지방이 1.41~2.69%, 조회분이 2.56~3.67% 및 전당 2.15~3.61이었다.

근육과 내장의 일반성분의 경우 조지방을 제외한 다른 곳에서는 특별한 차이점을 나타내지 않았으며, 조지방은 내장부가 근육부보다 높은 비율을 나타냈다. 시료간 차이를 보면 수분은 가무락조개 근육에서 가장 높은 84.32%를 나타내었고, 백합의 내장에서 가장 낮은 79.69%를 나타내었으며, 조단백질의 경우 개조개 근육에서 가장 높은 12.51%를 가무락조개 내장에서 가장 낮은 9.43%를 나타내었다. 조지방의 경우 살조개 내장에서 2.69%로 가장 높았으며, 바지락 근육에서 가장 낮은 0.94%를 보였다. 조회분의 경우 백합내장에서 3.67%를 바지락 근육에서 가장 낮은 2.50%를 나타내었다. 전당의 경우 백합의 근육과 내장, 바지락, 살조개의 내장에서 3.15~3.45%의 높게 함유하고 있었고, 개조개 근육에서 1.1%로 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 18. Composition of 5 species of the family Veneridae

(unit : %)						
Species	Sample	Moisture	Curde protein	Crude lipid	Crude ash	Total sugar
<i>Protothaca jedoensis</i>	Muscle	83.14	10.40	1.04	2.74	2.68
	Viscera	81.79	9.57	2.69	2.56	3.39
<i>Ruditapes philippinarum</i>	Muscle	82.40	12.44	0.94	2.50	1.72
	Viscera	83.20	9.00	1.41	2.74	3.45
<i>Meretrix lusoria</i>	Muscle	80.43	11.90	0.98	3.54	3.15
	Viscera	79.69	11.01	2.02	3.67	3.61
<i>Saxidomus purpuratus</i>	Muscle	82.67	12.51	1.10	2.62	1.10
	Viscera	80.42	12.01	2.40	2.63	2.54
<i>Cyclina sinensis</i>	Muscle	84.32	9.46	1.32	2.61	2.29
	Viscera	83.58	9.43	2.01	2.83	2.15

3.3.2 아미노산

1) 구성아미노산

살조개, 바지락, 백합, 개조개, 가무락조개 등 백합과 5종에 대한 근육 및 내장에 대한 구성 아미노산 성분을 분석한 결과는 Table 19, 20와 같다. 인간에게 유용한 주요 필수아미노산 threonine, valine, methionine, isoleucine, phenylalanine, lysine, leucine, histidine는 근육부에서는 가무락조개의 성분수치가 좀 낮고 그 외 4종은 비슷한 수치를 나타내고 있고, leucine는 살조개, 바지락, 개조개가 11.21~14.11, histidine는 살조개와 백합이 11.12~11.56, lysine는 백합과 개조개가 11.16~11.86으로 높은 수치를 나타내었다. 내장부는 인간에게 필요한 필수아미노산 성분이 5종간에 비슷하였으나, leucine, histidine는 백합이 제일 높은 수치를 나타내고, lysine는 백합, 바지락, 살조개순으로 다소 높게 함유하고 있었다.

2) 유리아미노산

본 연구에 시료로 사용한 살조개, 바지락, 백합, 개조개, 가무락조개 등 5종에 대한 근육 및 내장에 대한 40 가지의 성분을 분석하였고, 주요 유리 아미노산 분석 결과는 Table 21, 22와 같다. 살조개는 근육부에는 눈의 피로회복에 도움을 주는 taurine이 다른 종에 비해 76.74로 개조개(90.21)와 같이 높은 수치를 나타내었고, 단맛을 내는 aspartic acid, asparagine, glutamic acid, proline, glycine, alanine 성분도 타종과 비해 다소 많은 수치를 가지고 있었고, asparagine는 타종에 비해 64.53로 높은 수치를 나타내었다. 쓴맛을 나타내는 valine, isoleucine, leucine, tyrosine, phenylalanine은 백합과 개조개가 수치가 높고 살조개, 바지락, 가무락조개는 낮았다. 내장부는 asparagine이 육질부와 달리 비슷하였고 타 성분은 육질부와 동일한 경향을 나타내었다.

3) 유연종간의 유사도

백합과 5종에 관하여 유사도를 분석한 결과 살조개와 바지락간에는 0.89, 가무락조개와 백합간에는 0.94로 각각의 두종간에는 높은 유사도를 보였으나 개조개는 살조개와 바지락간에 0.88의 유사도를 보였으며, 가무락조개와 백합, 살조개, 바지락, 개조개간에는 0.52의 유사도를 보였다(Table 23, Fig 28).

Table 19. Composition amino acids in muscle of 5 species of the family Veneridae

(unit : mg/g)

Amino acid	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Cyclina sinensis</i>
Aspartic acid	19.85	20.57	16.26	25.32	12.94
Glutamic acid	24.02	22.73	18.89	32.62	14.24
Glycine	17.93	26.34	18.80	13.79	15.46
Alanine	12.65	15.22	12.41	12.21	9.91
Serine	8.87	10.77	8.74	11.53	6.73
Proline	11.06	9.85	1.81	13.79	2.39
Cysteine	2.61	3.00	2.36	1.95	2.70
Amine	10.33	7.90	10.10	31.03	12.43
Arginine	9.71	12.00	9.04	12.14	7.54
Tyrosine	6.62	8.55	6.36	6.91	4.59
Threonine	7.00	8.06	6.50	7.96	5.32
Valine	7.43	8.71	7.30	8.03	5.94
Methionine	6.50	6.67	5.81	7.90	4.21
Isoleucine	5.33	5.75	5.09	6.04	3.74
Leucine	11.21	12.14	9.63	14.11	6.69
Phenylalanine	4.69	5.74	4.35	5.68	3.43
Histidine	11.12	6.44	11.56	5.79	3.98
Lysine	10.77	10.40	11.16	11.86	7.23
Total	187.77	129.56	172.32	200.38	227.52

Table 20. Composition amino acids in viscera of 5 species of the family Veneridae

(unit : mg/g)

Amino acid	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Cyclina sinensis</i>
Aspartic acid	14.78	15.57	20.45	9.40	12.80
Glutamic acid	15.54	16.20	23.44	11.44	17.04
Glycine	15.74	17.46	19.28	7.43	17.21
Alanine	9.33	10.84	13.39	5.02	9.88
Serine	7.04	9.77	8.73	6.18	6.66
Proline	2.45	1.81	2.81	2.96	1.91
Cysteine	2.59	2.48	2.34	1.89	2.09
Ammine	10.02	7.90	10.41	22.94	9.72
Arginine	7.80	11.00	21.93	4.47	7.08
Tyrosine	4.73	5.48	7.40	2.25	4.64
Threoine	5.59	5.92	6.68	3.65	5.07
Valine	5.91	6.88	7.72	5.10	6.29
Methionine	4.28	5.41	6.78	4.05	4.37
Isoleucine	3.52	4.56	5.09	2.84	4.10
Luecine	7.05	9.34	11.67	5.32	7.33
Phenylalanine	3.85	4.08	4.98	2.07	3.11
Histidine	7.74	8.45	11.46	1.97	4.50
Lysine	9.29	13.75	13.62	6.46	7.01
Total	137.34	130.89	198.25	156.99	105.52

Table 21. Free amino acids composition in muscle of 5 species of the family Veneridae

(unit : mg/g)

Amino acid	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Cyclina sinensis</i>
Ureanine	142.36	105.30	208.85	127.52	232.30
Amnine	59.63	13.60	46.32	42.46	45.66
Arginine	10.20	20.89	55.38	29.48	26.46
Taurine	76,74	68.61	68.09	90.21	57.42
Aaba	0.98	0.19	1.78	2.15	1.70
Aspartic acid	1.51	5.94	4.81	10.53	4.72
Asparagine	64.53	1.57	12.21	23.99	0.00
Glutamic acid	7.01	12.28	50.73	42.14	26.37
Proline	63.72	51.43	41.01	114.20	29.41
Glycine	59.72	51.28	41.29	83.67	30.96
Alanine	53.10	19.37	87.05	65.84	59.12
Valine	18.20	3.76	27.39	26.34	14.14
Isoleucine	12.77	2.30	21.81	19.40	10.01
Leucine	13.04	3.51	31.72	34.94	11.91
Tyrosine	3.95	1.65	14.44	14.13	3.24
Phenylalanine	3.80	2.04	14.48	15.16	2.49
Total	651.95	602.00	832.93	402.54	871.42

Table 22. Free amino acids composition in viscera of 5 species of the family Veneridae
(unit : mg/g)

Amino acid	<i>Protothaca jedoensis</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>	<i>Meretrix lusoria</i>	<i>Saxidomus purpuratus</i>	<i>Cyclina sinensis</i>
Ureanine	117.83	117.52	124.53	119.89	160.02
Amnine	65.84	16.00	46.80	42.91	48.82
Arginine	0.00	25.88	47.33	44.22	9.44
Taurine	70.38	71.99	69.46	92.23	54.20
Aaba	0.47	0.44	2.96	1.58	2.28
Aspartic acid	4.22	7.13	4.13	17.08	3.23
Asparagine	3.17	1.42	12.58	28.29	0.00
Glutamic acid	30.45	15.66	48.93	58.93	20.05
Proline	54.58	68.44	40.85	125.13	24.57
Glycine	53.22	61.17	42.20	85.17	25.46
Alanine	40.96	23.25	80.55	61.71	45.15
Valine	17.19	4.63	26.24	30.20	10.68
Isoleucine	11.18	2.74	20.57	21.68	6.85
Leucine	7.80	4.33	31.45	35.53	4.97
Tyrosine	2.46	2.27	13.53	13.10	0.89
Phenylalanine	2.49	2.27	15.15	0.00	0.58
Total	534.88	441.97	728.89	473.82	928.90

Table 23. The similarity indices based on body compositional analysis

Species	A	B	C	D	E
A	-				
B	0.89	-			
C	0.87	0.82	-		
D	0.87	0.88	0.82	-	
E	0.88	0.84	0.94	0.75	-

A: *Protothaca jodoensis*, B: *Ruditapes philippinarum*, C: *Meretrix lusoria*,
 D: *Saxidomus purpuratus*, E: *Cyclina sinensis*.

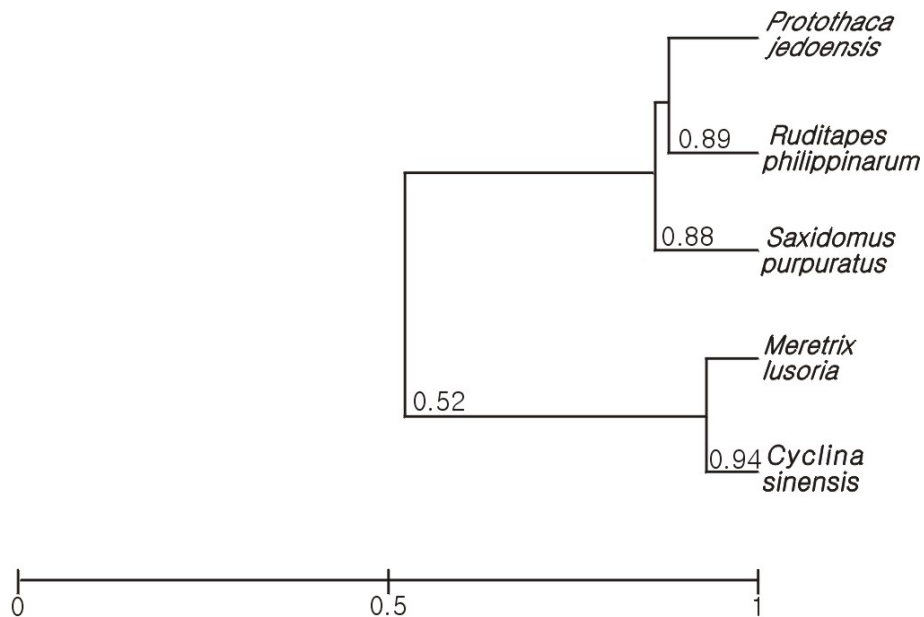


Fig. 28. UPGMA dendrogram based on Pearson correlations.

4. 고찰

살조개와 혼생하며 유사한 서식생태를 보이는 바지락과 백합과의 유용이매패인 개조개, 가

무락조개, 백합 등의 5종간의 형태학적, 유전적학적, 이화학적 특성을 비교 조사하여 살조개와 유사종간의 계통유연관계를 밝히고, 이를 토대로 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위해서 서식 생태와 생식 메카니즘 및 유생과 치패의 번식·생태학적인 연구 등의 기초자료를 얻고자 하였다.

형태학적 특징으로 살조개 패각의 외부 및 내부형태를 백합科 4종과 비교 분석하여 유사도를 구한 결과, 살조개와 바지락이 0.56로 가장 유사도가 높았고, 백합과 개조개는 0.40의 유사도를 나타내었다. 가무락조개는 살조개와 바지락에 0.22, 개조개와 백합, 살조개, 바지락, 가무락조개간의 유사도는 0.15의 유사도를 나타내었다(Fig. 25). 이는 분류형질중에서도 패각의 외부형질상에서 크기, 방사륜의 유무, 포복상의 유무, 패각의 내부형질에서는 교치중의 전측치의 유무, 배연주름, 만입형태, 만입정도의 차이가 이 같은 유사도를 나타나게 한 것으로 사료된다.

유전적 특징으로 DNA를 사용한 RAPD-PCR방법에서는 살조개와 바지락간에는 0.84, 개조개와 백합간에는 0.87로 각각의 두종간에는 높은 유사도를 보였으나 가무락조개는 살조개와 바지락간에 0.78의 유사도를 보였으며, 개조개와 백합, 살조개, 바지락, 가무락조개간에는 0.46의 유사도를 보였다(Fig. 27). 이와 같이 유전적 특징의 유연관계는 형태학적 특징에 따른 유연관계의 결과와 일치하여 형태학적 유사도에 따른 유연관계를 뒷받침하였다((Fig. 25, 27). 이와 같은 결과는 자연생태계에서 서식하는 생물은 상호간에 생태 및 형태에 있어서 다소의 차이를 나타내게 되지만, 서식장의 환경적인 영향뿐 아니라, 유전적인 형질에 의해서도 영향을 받는다고 사료된다.

이화학적 특성으로 일반성분과 주요 구성 및 아미노산의 함량을 가지고 유사도를 분석한 결과 살조개와 바지락간에는 0.89, 가무락조개와 백합간에는 0.94로 각각의 두종간에는 높은 유사도를 보였다. 개조개는 바지락과 가장 높은 0.88의 유사도를 보였다. 이러한 구성성분에 의한 분석결과는 형태, 유전학적인 유연관계와는 다소 다르게 나타난다(Fig. 25, 27, 28). 이처럼 차이가 나타나는 이유는 어패류의 체성분 함량이 서식하고 있는 해수의 수온, 염분농도, 식이의 종류 및 양, 생식주기 등에 따라 변동하기 때문으로 사료된다(Ito, 1959). 그러므로, 체성분을 이용한 유연종간의 계통분석을 파악하는 데는 어려움이 있다고 사료된다.

따라서, 살조개와 백합科 4종간의 계통유연관계는 바지락이 유사도가 가장 가깝게 나타났으므로, 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위해서 서식 생태와 생식 메카니즘 및 유생과 치패의 번식·생태학적인 연구 등에는 바지락의 기초자료를 이용하는 것이 살조개의 종 보존 및 자원증식에 유효하리라고 사료된다.

제 3 절 생식주기

1. 서 론

우리나라 중요 패류의 생식생태학적 연구로는 맛조개, *Solen strictus*와 붉은 맛, *Solen gordonis*(정 등, 1986), 진주조개, *Pinctada martensii*(이, 1972), 남방재첩, *Corbicula fluminea*(이 등, 1980), 동죽, *Macrta veneriformis* (Chung et al., 1988), 참담치, *Mytilus coruscus*(정, 1994), 북방 대합, *Spisula sachalinensis*(이, 1994), 소라, *Turbo Solanderdm*(이, 1980), 전복류, *Haliotis sp.*(이, 1974), 빨조개, *Anodonta woodiana*(정, 1980), 개조개의 생식세포형성 및 생식주기(김, 1969), 생태(김, 1971), 가무락조개의 성숙(정과 오, 1990), 인공수정 및 발생(최와 송, 1973) 대합과 가무락조개의 생태, 초기발생 및 성장(최, 1971; 최, 1975) 등이 있다. 또한, 살조개와 서식생태가 비슷한 바지락에 대해서는 비교적 연구가 활발히 이루어져, 바지락의 성장에 따른 형태변이(김, 1973; 김, 1978; 최, 1965; 류 등, 1978), 생식소에 대한 조직학적 연구(高, 1957; 鳥羽 등, 1993; 鳥羽, 1989; 鳥羽 등, 1991; 安田 등, 1945), 종묘생산과 양식장환경이 생산성에 미치는 영향(원, 1994), 종패의 성장과 성숙(이, 1995), 온도 및 염분 내성(신 등, 2000) 등의 생식생태학적인 많은 연구 보고가 있으나, 서남연안에서 식용으로 기호도가 높고 지선 어민들이 살반지락이라고도 부르며, 유용수산자원으로서 개발 가치가 매우 높을 것으로 기대되는 살조개에 대해서는 전혀 연구된 바 없고 그 어획량 조차도 조사되지 않은 실정이다.

따라서, 패류양식의 활성화를 위해 새로운 양식대상종으로 개발 가능성이 높은 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위한 인공종묘생산기술을 확립하는데 이용할 수 있는 암·수생식세포 형성과정을 조직학적으로 조사하여 생식년주기를 밝히고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 시 료

본 실험에 사용한 살조개, *Protothaca jedoensis* 는 전남 여수시 화정면 백야리 지선에서 채취한 것으로, 이 지선은 바지락과 살조개가 혼생하는 곳이었다. 재료의 채집은 2002년 9월부터 2003년 8월까지 12개월동안에 매월 1회 실시하였으며 개체 30미를 25×35×20cm의 Ice box에 수용하여 실험실로 운반하여 실험에 사용하였다.

2.2 실험방법

채집된 살조개를 즉시 실험실로 옮겨 여과해수로 세척한후, 비만도를 측정하였고 해부현미경(OLYMPUS, SZH10)하에서 생식소의 외부형태를 조사하였다. 그후에 생식소의 내부형태, 생식세포형성과정, 난군발달양상 및 생식주기를 조사하기 위한 생식소의 조직학적 관찰에 사용하였다. 살조개 서식장의 해수수온 조사는 매월 살조개 채집시 수온 온도계를 사용하여 0.1℃ 까지 측정하였다.

2.2.1 비 만 도

살조개 모패집단의 성숙과 관련한 부위별 크기 변화를 조사하기 위하여 각장(shell length, SL), 각고(shell height, SH), 각폭(shell breadth, SB)을 0.01mm 까지 Vernier caliper로 측정하였고, 총중량(TW), 육중량(BW)은 0.01g까지 전자저울로 측정하여, 아래의 식(鳥羽, 1989)으로 구하였다.

$$\text{Condition index} = \frac{\text{BW(g)}}{\text{SL(mm)} \times \text{SH(mm)} \times \text{SB(mm)}} \times 100$$

2.2.2 생식세포 형성과정

생식소 발달에 따른 조직학적 변화를 관찰하기 위하여 생식소 부위를 4×8mm 크기로 절단하여(Fig. 29) Bouin 용액에 24 시간 고정된 다음, paraffin 상법으로 포매하고 5~6 μm 두께의 조직표본을 제작하였다. 핵과 세포질의 구분을 위해 Harris haematoxylin 과 0.5% eosin 으로 염색하여 이(1986)의 분류기준으로 광학현미경(GALENIII. TA-120)하에서 관찰하였다.

암컷의 경우는 난소절편에서 핵이 정상적으로 절단된 난만을 대상으로 만능투영기(Nikon V-12)로 절편당 100개 내외로 월평균 1000개 내외의 난을 검경하여, 난경크기를 10 μm 구간으로 계수하여 백분율로 환산하여 Pearse(1965)의 빈도분포도로 난군발달양상을 나타내었다.

2.2.3 군성숙도

군성숙도를 알아보기 위하여 성숙 및 산란기로 추정되는 6~7월에 각장 35.9~50mm 범위의 살조개 암컷 166개체, 수컷 137개체에 대해 성숙한 난모세포 및 정자 유무를 조직학적으로 관찰하였다.

2.2.4 생식주기

생식주기는 조직학적으로 조사된 생식소 소낭내의 생식세포의 발달에 따라 이(1980)의 분류 기준으로 초기 활성화기(Early active stage), 후기 활성화기(Late active stage), 완숙기(Ripe stage), 부분 산란기(Partially spawned stage) 그리고 퇴화 및 비활성기(Spent/Inactive stage)의 5단계로 구분하였다(Table 24). 또한, 생식주기와 환경요인과의 관련성을 알아보기 위하여 수온변화에 따른 생식소의 발달상황을 비교·분석하였다.

Table 24. The development stage of gametogenesis in *Protothaca jedoensis*

Developmental stage		Histological characteries
Early active stage	Ovary	Oogonia appeared along the germinal epithelium of the ovarian sac.
	Testis	Spermatogonia were actively proliferating.
Late active stage	Ovary	Nucleus and nucleolus were distinct in appearance.
	Testis	Rapid proliferation of the spermatogonia progressed in a simultaneous manner.
Ripe stage	Ovary	Oocytes have grown yolk granules and mature oocytes fill up the lumen.
	Testis	Most of the spermatids formed by meiosis in the mature stage.
Partially spawned stage	Ovary	Note a few undischarged oocytes which are in the ovarian sacs after spawning.
	Testis	The mass of the spermatozoa is exiting through the sperm-duck.
Spent/Inactive stage	Ovary	Many degenerated oocytes appeared.
	Testis	A few of remaining spermatozoa were scattered but they began to degenerate.

3. 결 과

3.1 생식소의 외부형태 및 내부구조

생식소는 내장낭의 간중장선 외측을 둘러싸고 있는 외벽근섬유막과 족부의 외벽근섬유막 사이에 있는 망상결체 조직층에 위치하고 있다(Fig. 29). 생식소의 크기가 작을 때는 외관상으로 난소와 정소의 구분이 불가능 하였다.

그러나 산란기가 가까워지면 난소는 황갈색, 정소는 황백색을 나타내어 외관상의 구별이 가능하였으며 그 크기도 증가하여 내장낭의 대부분을 둘러싸게 되었다. 이때, 생식소를 절개하면, 암컷의 난소부위는 많은 갈색의 난모세포들이 분포하였으며 수컷은 유백색 정액이 유리되었다.

생식소를 조직학적으로 살펴보면, 난소는 다수의 소관상으로 분지된 신축성있는 난소소낭으로 구성되어 있으며, 난소소낭은 외층의 근섬유성결체조직의 막과 내층의 생식상피로 구성된 2층의 막구조를 보이며 정소도 유사한 구조를 나타냈다. 외관적 관찰과 조직학적 조사 결과 난소와 정소를 동시에 가진 개체는 나타나지 않았다.

3.2 수온 및 비만도

해산 무척추동물의 생식주기를 지배하는 환경요인중 가장 중요한 요소로 알려져 있는 서식처의 수온을 측정하였다.

2002년 9월에서 2003년 8월까지 월별 수온분포를 보면 최저 5.7°C(2월), 최고 24.2°C(8월) 사이였다(Fig. 30). 조사를 시작한 2002년 9월에 23.3°C, 10월에 16.8°C, 11월에 16.7°C로 점차 낮아져 2003년 2월에 5.7°C로 연중 가장 낮은 수온을 보였다. 그 후에, 3월에 9.4°C, 4월에 12.5°C로 점차 상승하여 6월에 20.2°C를 보였고 2003년 8월에 24.2°C로 최고 수온을 나타내었다.

성숙도의 추정에 필요한 비만도는 최저 9.6(8월), 최고 20.6(2월)으로 나타났다(Fig. 30). 2002년 9월에 12, 10월에 15, 11월에 18.8로 점차 상승하여 2월에 20.6으로 연중 최고값에 도달하였다. 그후, 3월 20.3에서 4월의 17.4로 약간 낮아지는 경향을 보였으나 5월에 다시 18.8로 상승하였다. 6월에는 11.5로, 7월에는 11.4로 감소하였으며 8월에는 9.6의 연중 최저값을 나타내었다.

3.3 생식세포 형성과정 및 생식주기

생식소의 발달, 생식세포의 형성과정을 조직학적으로 조사한 결과를 종합하여 살조개의 생식주기를 조사하였다 (Fig. 31, 32).

3.3.1 난형성과정 및 난소주기

수온이 7.8~5.7℃로 낮은 12월에서 다음해 2월에 걸쳐서 난소소낭에서 생식상피상의 생식세포는 대부분 직경 7.5 ~10 μ m의 초기 난원세포들로 구성되어 있었다. 비교적 큰 난형의 핵과 핵내에 뚜렷한 1개의 인이 있으며, 세포질은 극히 빈약하였다. 그러나 세포질이 진하게 염색되고 난병을 형성하기 시작하는 소형 난모세포들이 일부 출현하는 것으로 보아 이 시기는 초기활성기로 추정된다. 생식세포 외측에는 체세포와 미분화간충조직들로 채워져 있었다(Pl. I -A).

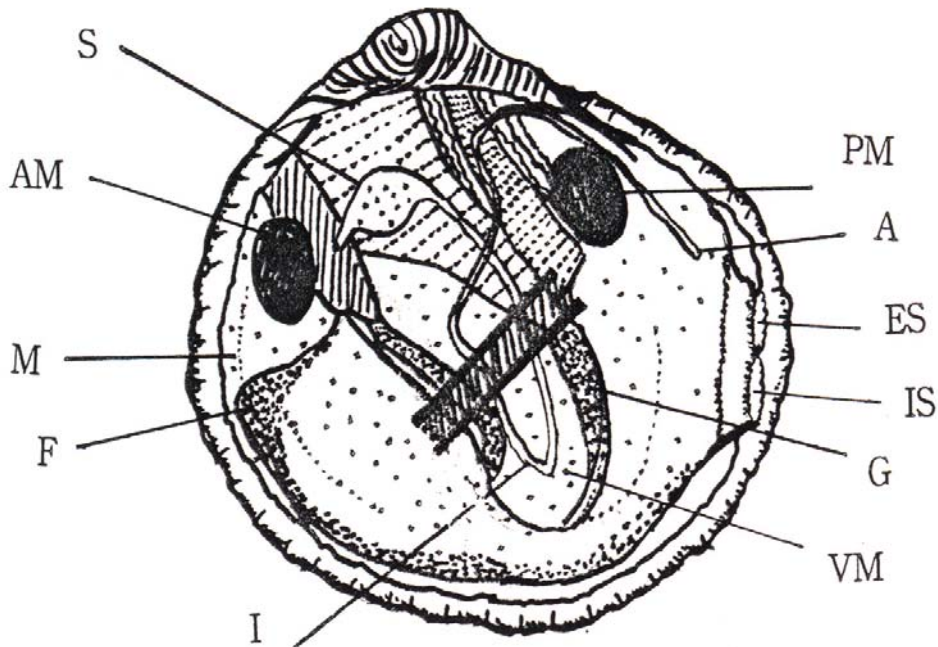


Fig. 29. Anatomy of the venus clam, *Protothaca jedoensis* in which right valve and gills were removed.

A: Anus, AM: Anterior adductor muscle, ES: Exhalant siphon, F: Foot, G: Gonad, I: Intestine, IS: Inhalant siphon, M: Mantle, PM: Posterior adductor muscle, S: Stomach, VM: Visceral mass. ▨ The rectangle in the middle indicates the visceral portion of the clam dissected for measurements of egg diameter and histological examination.

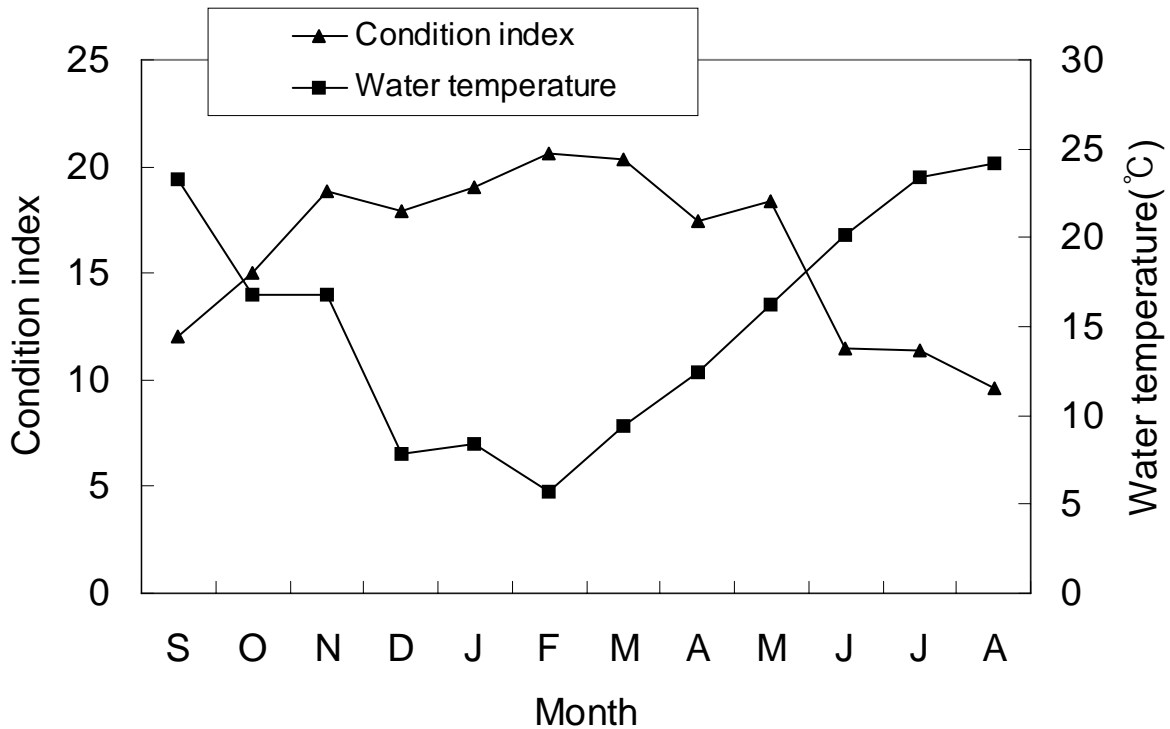


Fig. 30. Monthly changes of condition index of *Protothaca jadoensis* and water temperature at the sampling area.

이 시기의 생식소는 외관상 난소와 정소의 구별이 불가능하였다.

1월(8.3°C)에는 난소소낭의 생식상피에 난병을 부착한 직경 15 ~ 20 μm 크기의 소형난모세포가 다수 출현하였으며(Pl. I - B), 수온이 상승함에 따라 난모세포의 크기는 증가하여 4월(12.5°C)에 직경 40~50 μm 크기에 도달하였다. 이 시기의 난모세포 세포질에는 난병자루쪽부터 축적되어지는 것으로 알려진 영양과립들이 보이며 세포의 모양은 전형적인 서양배형태였다. 소낭 중앙부에는 생식상피로부터 유리된 난모세포도 일부 출현하고 상피층도 얇아졌다. 그리고 소낭은 비후되어 크기가 증가되었다(Pl. I - C). 이 시기에는 난모세포가 빠른 성장을 보이는 것으로 보아 후기 활성기로 추정된다.

수온이 상승하는 3월과 4월(9.4°C ~ 12.5°C)에 내강으로 유리된 난모세포는 5월(16.2°C)에는 직경 50~60 μm 로 성숙 난모세포로 성장하였다. 이 시기의 난소소낭의 중앙내강에는 생식상피로부터 유리된 성숙 난모세포로 채워졌다(Pl. I - D). 이때의 난모세포는 구형으로 세포질에 다량의 난황이 축적되어 있으며 커다란 배포상의 핵을 보였다. 성장기동안 중앙에 위치하였던 인이 핵막 부근에 위치하게 되는 것으로 보아 완숙기로 추정되었고 일부 개체에서는 7월(23.4°C)에도 이와 같은 양상을 보였다.

6월(20.2°C)에는 일부 진행된 방란으로 인해 난소소낭 내강이 부분적으로 비워있고 적은 수

이지만 미방출된 것으로 보이는 직경 60~70 μm 난모세포들이 관찰되었다. 이때의 생식상피는 최대로 가늘어지며 생식상피 기저면에는 난병을 달고 성장발달중인 적은 수의 난모세포도 보이며, 초기 활성화기와 후기 활성화기에 보이던 체세포와 미분화간충조직들이 거의 보이지 않는다(Pl. I - E). 이 시기는 부분 산란기로 추정되며 일부 개체에서는 8월(24.2 $^{\circ}\text{C}$)에도 이와 같은 양상을 보였다.

산란기동안 방란이 종료된 7월부터 10월(23.4~16.8 $^{\circ}\text{C}$)에 걸쳐서는 난소소낭의 내강은 대부분 비워져 있으며, 난소소낭내에 남아있는 소수의 난모세포는 거의 흡수되화되고 난소소낭 상피는 계속적으로 두꺼워지나, 소낭자체는 점차 위축되고 난소 전체의 크기도 현저히 줄어들었다(Pl. I - F, G). 10월과 11월(16.8~16.7 $^{\circ}\text{C}$)에 접어들면, 난소의 비대로 축소되었던 외벽근육층과 간체장이 다시 두터워지기 시작하였고, 이 시기의 난소에는 난원세포들은 거의 발견되지 않았으나 체세포와 미분화간충조직들이 발달하기 시작하였다(Pl. I - H). 이 시기는 퇴화 및 비활성기로 추정되며 일부 개체에서는 1월(7.8 $^{\circ}\text{C}$)에도 이와 같은 양상을 보였다.

조사를 시작한 2002년 9월부터 2003년 8월까지의 난소에서 난경을 측정하여 난군발달양상을 조사하였다(Fig. 33).

12월과 1월의 난소에는 직경 10~20 μm 난원세포와 초기난모세포가 70%이상으로 분포하였고, 2월부터 성장이 시작되어 3월과 4월에 걸쳐서 직경 40~50 μm 가 40%이상으로 출현하였고, 직경 50~60 μm 크기의 출현율도 2~3% 정도 나타났다. 그후, 산란직전인 5월에 접어들면서 50~60 μm (mature oocyte)가 급증하여 40%, 60~70 μm (ripe oocyte)도 31%에 달했다. 그러나 6월의 산란기에 도달하면 직경 60~70 μm (ripe oocyte)의 크기가 현저히 감소하였다. 8월과 9월중에는 대부분의 난모세포들은 미방출된 퇴화중인 변성난이었다. 그리고 10월부터 1월까지의 난소낭에 큰 변동없이 난경 10~20 μm 의 난원세포와 초기난모세포의 조성을 보였다.

3.3.2 정자형성과정 및 정소주기

수온이 7.8~5.7 $^{\circ}\text{C}$ 로 낮은 12월에서 다음해 2월에 걸쳐서 정소도 난소와 마찬가지로 망상결체조직에 소낭이 형태로 나타났다. 정소소낭도 생식상피상의 생식세포는 직경 7.5~10 μm 초기 정원세포들로 구성되어 있었다. 이때의 정원세포는 비교적 큰 핵과 뚜렷한 1개의 인을 가지고 있으며 세포질은 빈약하였다. 그리고 생식세포 외측에는 난소소낭에서 보였던 많은 체세포와 미분화간충조직들이 혼재하고 있었다(Pl. II - I). 정소소낭에 정원세포들이 활발히 형성되어 그 수가 증가하는 것으로 보아 이 시기는 초기 활성화기로 추정된다.

이후 이들 정원세포들도 1월(8.3 $^{\circ}\text{C}$)에 정소소낭이 두꺼워져 크기가 증가하면서 소낭의 중앙 내강을 향해 약 5 μm 정모세포로 변화하여 가는 층상배열을 보였다. 수온이 상승함에 따라 정모세

포가 약 3 μ m 정세포로 변화하였고, 3월(9.4 $^{\circ}$ C)에는 정소소낭 상피로부터 정모세포군과 내강에 정세포군의 층상배열이 보였으며, 일부 소낭에는 변태해 가는 정자들이 출현하였다(Pl. II- J). 이 시기는 후기 활성기로 추정되며 일부개체에서는 4월(12.46 $^{\circ}$ C)까지 이와 같은 양상을 보였다.

3월과 4월(9.4~12.5 $^{\circ}$ C)로 접어들면서, 정소소낭간의 격벽을 이루는 소낭상피가 매우 얇아져 관찰하기가 힘든 상태의 소낭외측에는 일부 정모세포군과 정세포군이 보였다. 그리고 정소소낭은 정자가 내강중양을 채우면서 물결모양의 정자속을 형성하였다(Pl. II- K, L). 5월(16.2 $^{\circ}$ C)의 완숙기에 접어들게 되면 소낭외측에 보이던 정모세포군이 감소하면서 생식상피 가까이까지 변태된 정자들로 가득차는 양상을 보였다(Pl. II- M). 정모세포들이 감소됨과 동시에 많은 정세포와 완전히 변태를 마친 정자들로 충만되는 것으로 보아 이 시기는 완숙기로 추정되며 일부개체에서는 6월(20.2 $^{\circ}$ C)까지 이와 같은 양상을 보였다.

6월(20.2 $^{\circ}$ C)에는 방정이 일어나면서 정소소낭의 내강에 충만되어 있던 정자들이 방출되어 소낭은 중앙내강이 비워있는 상태로 정자속이 흐트러져있다(Pl. II- N). 일부 미방출된 정자를 가지고 있는 이 시기는 부분 산란기로 추정되며 7월(23.2 $^{\circ}$ C)까지 이와 같은 양상을 보였다.

방정이 종료된 7월(24.2 $^{\circ}$ C)의 정소소낭에서는 미방출된 정자들이 퇴화 흡수가 진행되고 성숙기에 얇아져 있던 정소소낭 상피는 두터워지나 정소소낭 자체의 크기는 위축되었다(Pl. II- O). 10월과 11월(16.8 $^{\circ}$ C)에 접어들면, 정소의 비대로 축소되었던 외벽근육층과 간췌장이 다시 두터워지기 시작하였고, 정소에는 정원세포들이 거의 발견되지 않았으나 소낭의 주위에는 미분화간충조직이 재발달하고 아울러 정소가 차지한 면적도 줄어들고 있었다(Pl. II- P). 정소의 비대로 축소되었던 외벽근육층과 간췌장이 다시 두터워지기 시작하는 것으로 보아 이 시기는 퇴화 및 비활성기로 추정되며 일부개체에서는 1월(5.7 $^{\circ}$ C)에도 이와 같은 양상을 나타내었다.

3.3.4 균성숙도

재생산에 참여하는 각장을 알기위하여 성숙기 및 산란기로 추정되는 6~7월의 암컷 166 개체(각장 35.9~50.0mm)와 수컷 137 개체(35.9~50mm)를 대상으로 중숙 상태 이상의 개체는 당해년도에 산란에 참여하는 것으로 간주하고 암·수별 각장 계급별 중숙 단계 이상의 성숙개체의 출현율을 조사한 결과는 다음과 같다.

암컷의 성숙개체는 각장 38mm 이하에서는 0%, 38mm 에서는 47.8%, 40mm에서 69.2%, 42mm 이상에서는 100% 이었고, 수컷의 경우는 각장 38 이하에서는 0%, 38mm 에서는 40.0%, 40mm 에서는 77.3%, 42mm 이상에서는 100% 이었다(Table 25).

암컷과 수컷의 50% 성숙 각장은 이들 계급별 성숙개체의 출현비율을 logistic 식에 적용하여 구한 결과 암·수 동일하게 각장 38.42mm 로 추정되었다(Fig. 34, 35).

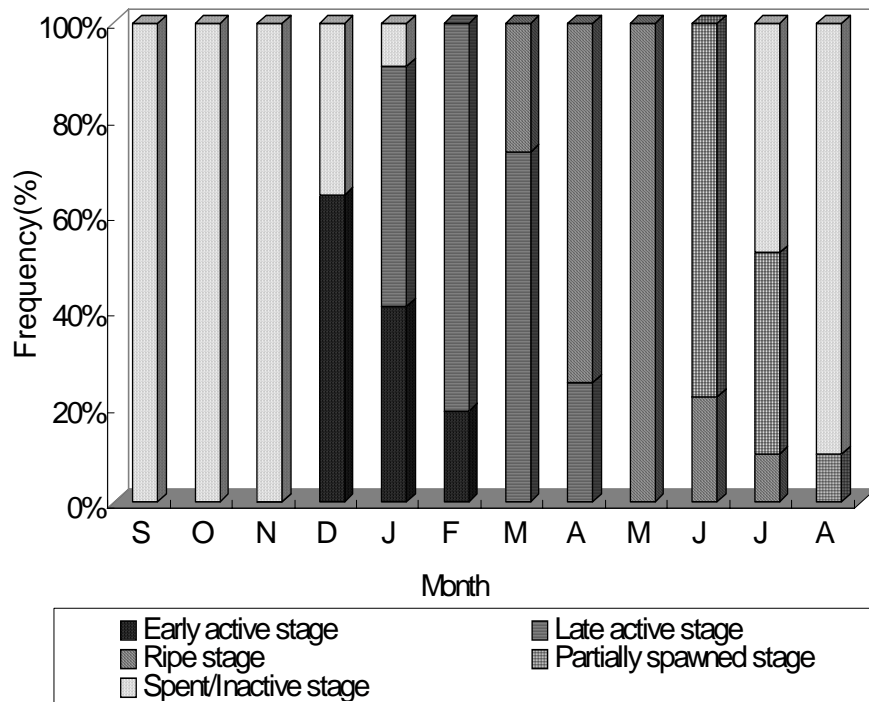


Fig. 31. Gonad developmental stages of *Protothaca jadoensis* in male from September 2002 to August 2003.

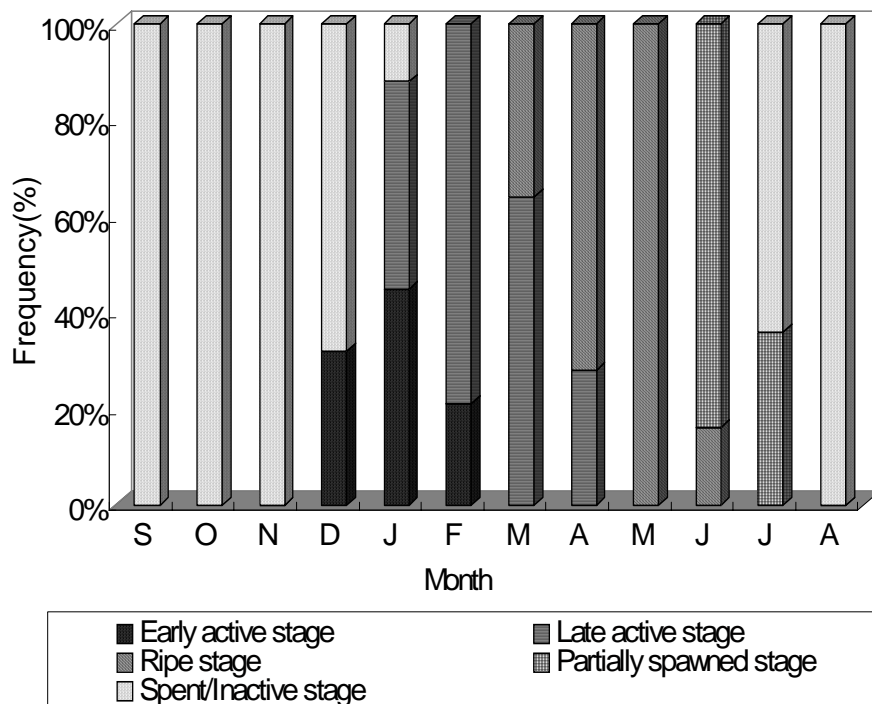


Fig. 32. Gonad developmental stages of *Protothaca jadoensis* in female from September 2002 to August 2003.

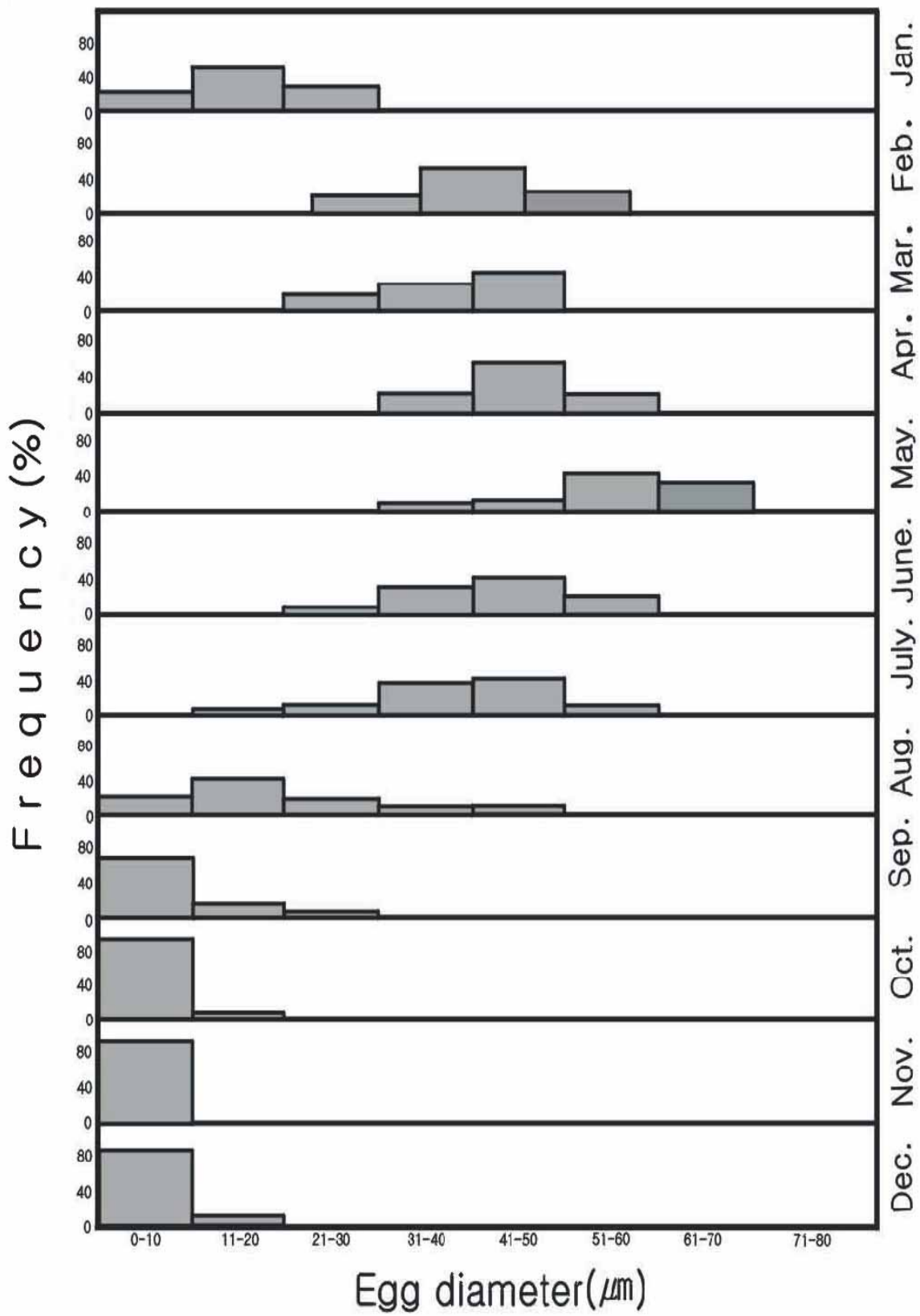


Fig. 33. Monthly patterns of oocyte development in the venus clam, *Protothaca jedomensis*.

Table 25. Occurrence of sexually matured in various shell length groups of *Protothaca jedoensis* between Jun and July 2003

Shell length(mm)	No. of individuals		Matured individuals		Maturity(%)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂
35.9 ~ 38.9	7	9	-	-	0	0
38.0 ~ 39.9	23	15	11	6	47.8	40
40 ~ 41.9	26	22	18	17	69.2	77.3
42 ~ 43.9	31	27	31	27	100	100
44 ~ 45.9	39	35	39	35	100	100
46 ~ 47.9	27	19	27	19	100	100
48 ~ 50.0	13	10	13	10	100	100
Total	166	137				

4. 고 찰

일반적으로 패류의 생식소는 소화맹낭 외측과 족부 근육층 사이에 망상결체조직에 다수의 관 또는 소낭으로 구성된 것으로 알려져 있다(Mackie, 1984; 정 등, 1986; 이, 1972; 이 등, 1980; Chung et al., 1988; 정, 1994). 본 연구에서 살조개의 생식소는 외형적으로 내장낭의 간중장선 외측을 둘러싸고 있는 외벽근섬유막과 족부의 외벽근섬유막 사이에 있는 망상결체조직 사이에 수직상 소낭으로 구성되어 있는 것으로 나타났다(Fig. 29). 그리고 이들 생식소의 내부 구조를 조직학적으로 관찰시, 각 소낭은 외층의 섬유성 결체조직의 막과 내층의 생식상피로 2중막 구조로 구성되어 있어, 살조개도 일반적인 이매패류의 생식소 구조를 갖는 것으로 조사되었다.

패류의 생식양식은 일반적으로 자웅동체, 자웅이체의 2가지 형태로 알려져 있다(隆島 등, 1989). 대부분의 패류는 외형적으로는 자웅의 성 구별이 어렵지만, 일부 패류에서는 산란기의 성숙된 생식소의 색상과 모양의 차이로 자웅을 구분할 수 있다고 보고되어 있다(정, 1980; Sasaki, 1981; 유, 1989). 살조개에 있어서도 5월 이후 생식소가 점차 성숙하여 갈수록 난소는 황갈색, 정소는 황백색의 색상을 가지는 것으로 자웅의 성 구별이 가능하였다. 그리고 조직학적 관찰에서 난소와 정소를 함께 가지는 자웅동체형의 개체는 없는 것으로 나타나, 살조개는 생식양식이 자웅이체로 조사되었다. Pizarro and Cruz(1987)는 코스타리카에 서식하는 *Protothaca*

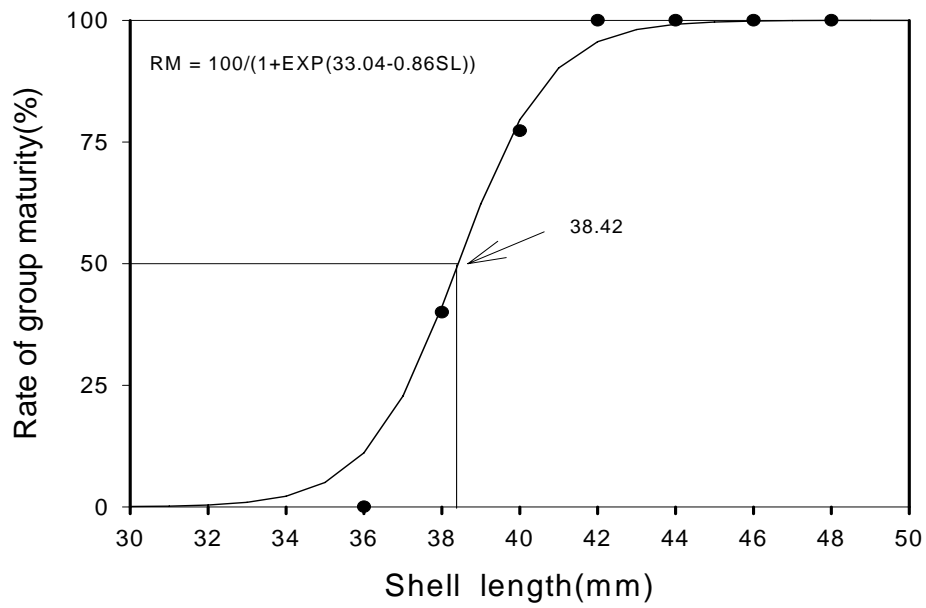


Fig. 33. Relationship between shell length and rate of group maturity of male *Protothaca jedoensis*.

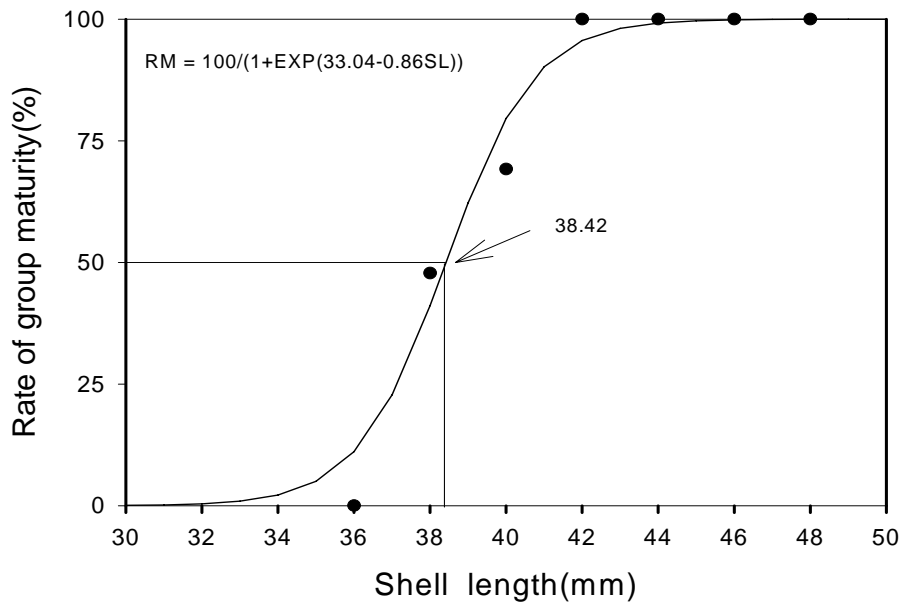
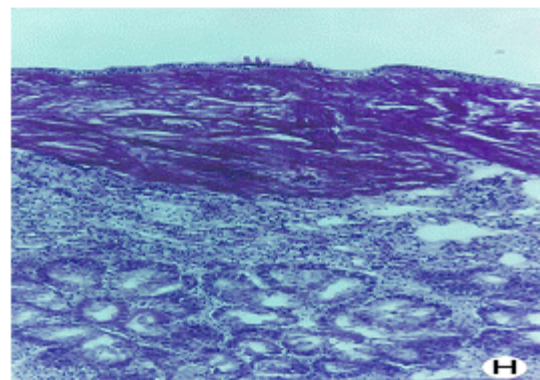
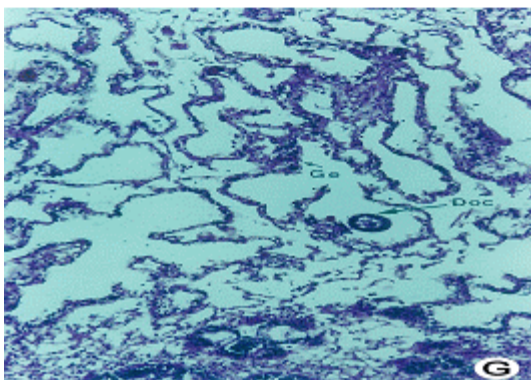
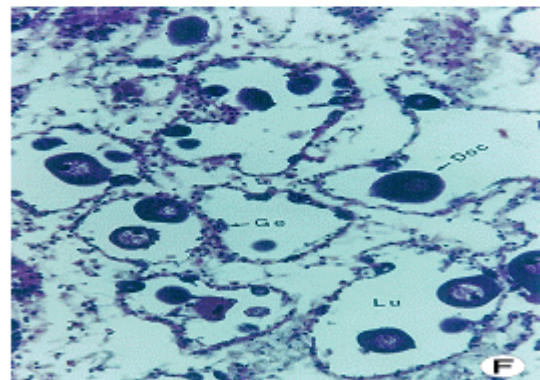
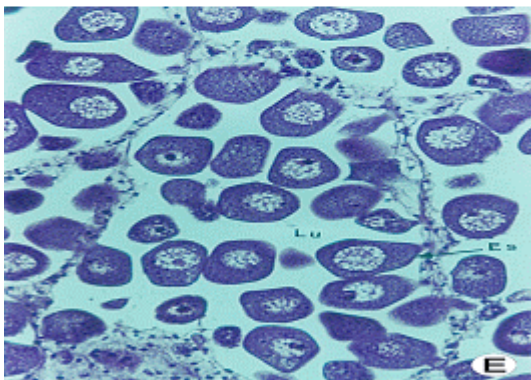
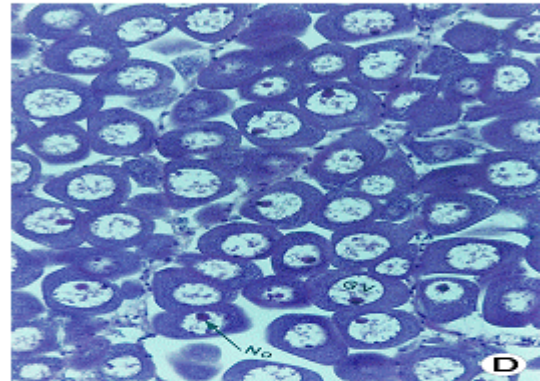
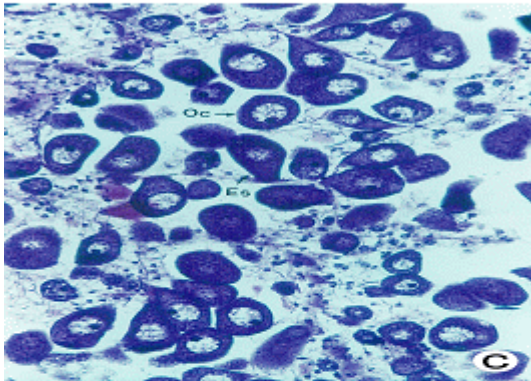
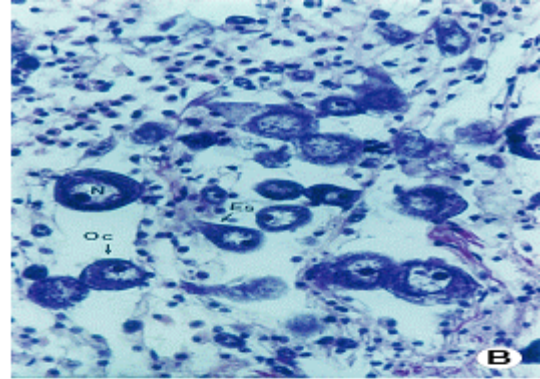
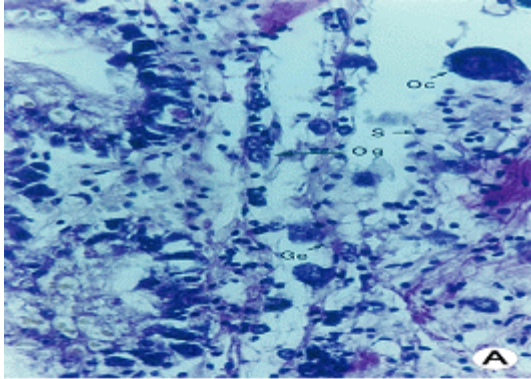
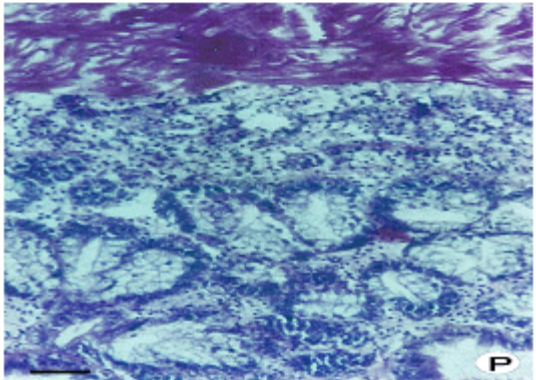
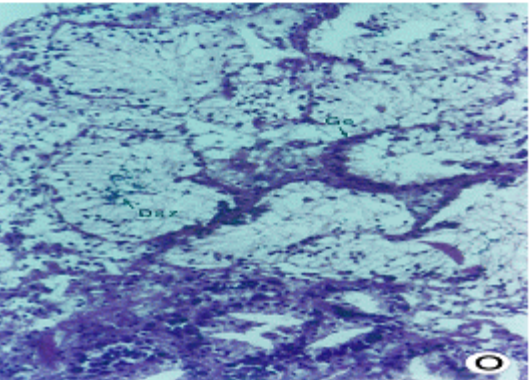
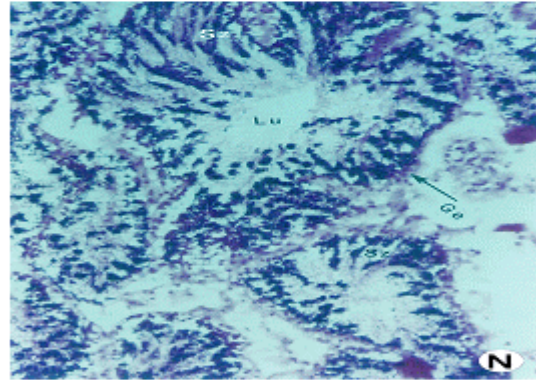
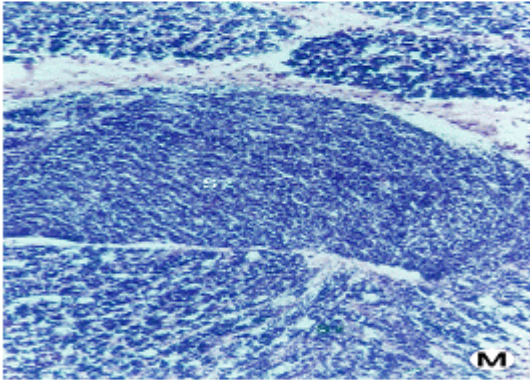
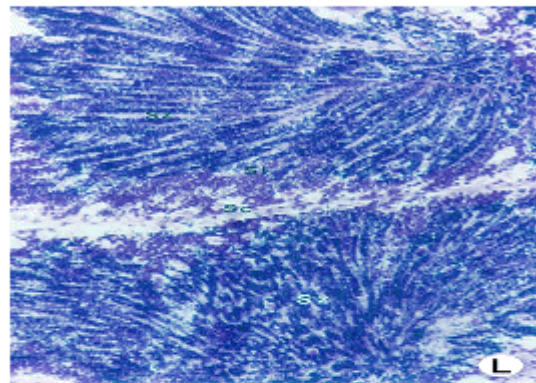
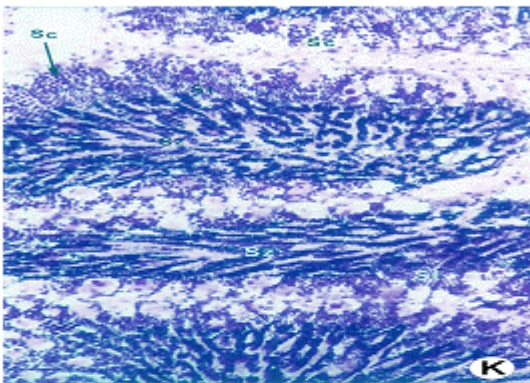
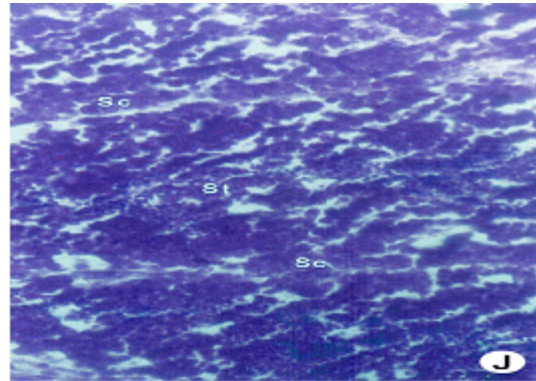
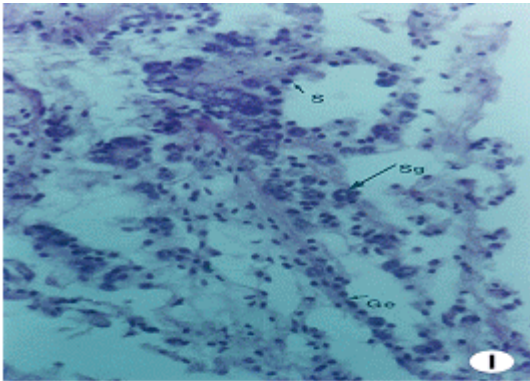


Fig. 34. Relationship between shell length and rate of group maturity of female *Protothaca jedoensis*.

Plates I



Plates II



grata 에서 암수의 성비는 1대 1.2로 성전환은 없고 생식양식이 자웅이체라고 보고하였고, *Protothaca* 속의 *P. pectorina*, *P. staminea*, *P. asperrima* 등도 자웅이체라고 보고되어 있다(Matoss et al., 1997; Hetrick, 1995; Ewart et al., 1988).

패류의 생식소는 대개의 경우 독립된 기관으로 존재하지 않아 생식소만을 분리하기 어려워 생식소의 성숙시 증가되는 무게의 변화에 따라 성적 성숙을 지수값으로 표현하는 생식소중량지수값(GSI)을 구하기 어렵다. 따라서, 비만도의 연간변화상을 생식소 발달과 관련시켜 성숙도를 추정하려는 시도들이 있다(정 등, 1986; Chung et al., 1988; Chang and Lee, 1982). 살조개의 비만도는 생식세포의 성장과 더불어 수온이 하강하는 시기인 9월(23.3℃)부터 점차 증가하여 2월(5.7℃)에는 20.6의 최고치를 나타내고 산란직전인 5월(16.2℃)의 성숙 기간중 비교적 높은 18.4 이상의 수치를 보였다. 이후 6월에 산란이 시작되면서 급격히 감소하여, 산란을 마친 8월(24.2℃)의 비만도는 9.6의 최하값을 보였다. 그리고 9월(23.2℃)부터는 체세포와 미분화간충조직이 재배치되는 퇴화 및 비활성기를 거치면서 다시 상승하였다(Fig. 30). 살조개와 비슷한 하계산란종인 동죽, 새조개에서의 비만도는 생식세포의 성장과 더불어 봄에 빠른 속도로 증가하여 5~6월에 가장 높고 산란이 종료한 다음, 수온이 하강하는 10~11월에 가장 낮은 값을 나타내고 생식세포의 발달과 함께 다시 증가하는 것으로 보아, 생식소발달과정과 비만도는 상호 밀접한 연관성이 있는 것으로 제안하였다(Chung et al., 1988; Chang and Lee, 1982). 이러한 결과로 볼때, 살조개도 이들 종과 비슷한 비만도 변화양상을 보이나, 최고값은 2월에 20.6으로 나타났으며, 성숙기간인 5월까지도 이보다 조금 낮은 18.4 이상의 값을 보이는 등 약간의 차이를 나타내었다. 이러한 차이는 종 특이성에 따른 에너지의 이용효율 및 저장의 차이에 따른 것으로 추정되나 앞으로 연구가 수행되어야 할 것이다.

본 실험에서 생식소의 생식세포 형성초기에 난소소낭과 정소소낭내에 생식세포와 구별되는 체세포와 미분화간충조직들이 많이 출현하였다가 생식소의 성장과 더불어 그 수가 감소하고, 퇴화 및 비활성기 상태로 되면서 다시 생성되는 변화상이 관찰되었다(Pl. I-II). 이러한 체세포 성분의 연간변화상에 대해 高(1970)는 북방대합에서 생식소내 생식세포와 구별되는 체세포는 생식소가 발달하면서 그 수가 감소하는 점을 들어 생식소 성숙에 관여하고 있을 것이라고 제안하였다. 그리고 맛조개와 붉은 맛, 진주조개, 소라, 남방재첩, 동죽 그리고 참담치에서도 에오신염색에 호산성을 나타내는 미분화간충조직의 세포들과 에오신과립막세포가 성숙기에는 감소하는 것으로 보아 이들이 생식세포 발달과정에서 영양물질을 제공하는 것으로 제안하였다(정 등, 1986; 이, 1972; 이, 1980; 이 등, 1980; Chung et al., 1988; 정, 1994). 따라서 살조개에서 성장기에 출현하는 호산성으로 염색되는 미분화간충조직과 체세포들도 생식세포 발달과정에서 생식세포의 영양물질로 제공되는 것으로 추정된다.

살조개는 방란·방정을 마치면 생식소내에 소수 잔존하던 생식세포들은 고수온기를 지나면서 완전히 퇴화흡수되고, 비활성기 상태를 유지하다가 겨울철 저수온기에 접어들면 새로운 조직배열과 함께 신생 생식상피를 형성함을 볼 수 있었다(Pl. I - H, Pl. II - P). 산란기를 지난 후 비활성기에 들어가게 되면, 진주조개, 맛조개와 붉은 맛조개에서는 생식소내에는 생식세포를 찾아볼 수 없다고 보고하고 있고(이, 1972; 정 등, 1986), 전복류, 남방재첩는 휴지기없이 방란후 곧 생식세포형성을 시작한다고 하였다(이, 1974; 이와 정, 1980). 살조개는 전자의 경우와 같이 비활성기를 거친 후 생식세포 형성을 시작하는 양상을 나타내는 것으로 보였다.

서식생태가 비슷한 바지락의 경우, 광양만에서는 성숙기인 4~6월의 사이에 50~60 μ m의 난모세포들이 출현하여 1회의 산란기를 가지는 것으로 제안되었으며(이, 1995), 東京灣의 바지락에서는 5~6월, 8~10월에 50~60 μ m의 크기의 난모세포들이 2회로 걸쳐 출현하는 것으로 보아 2회의 산란기를 가지는 것으로 보고 되었다(鳥羽 등, 1993). 바지락은 동일종일지라도 서식처에 따라 연중 산란기의 횟수가 다른 것으로 알려졌다. 본 실험의 경우 살조개의 난군발달양상을 보면, 산란직전인 5월에 50~60 μ m(mature oocyte)와 60~70 μ m(ripe oocyte)의 크기였으며 6월에 산란이 시작되면서 직경 60~70 μ m(ripe oocyte)의 난모세포들의 수가 현저히 감소하였다. 7월경에는 60~70 μ m(ripe oocyte)의 크기의 난모세포는 나타나지 않았다(Fig. 33). 위의 결과로 볼때, 살조개는 연 1회의 산란기를 가지며, 주산란기는 6~7월인 것 같다. 또한, 바지락의 경우 서해안의 전라북도 김제군 심포의 조간대는 7~8월, 안면도산은 4~6월, 남해안의 남해도산은 4~8월로 지역에 따라 다른 산란기를 가지는 것은 수온의 차이로 제안하였다(Chung, 1994; 원, 1994). 본 실험에서 살조개의 산란기가 6~8월로 나타난 것도 수온에 따른 것인지 혹은 다른 환경요인이 작용하고 있는지는 더 많은 지역에서 살조개의 산란기 조사와 환경요인에 따른 제반실험을 수행하면, 살조개의 산란에 영향을 미치는 수온 이외의 환경요인을 찾을 수도 있겠지만, 바지락의 경우처럼(鳥羽 등, 1993) 연 2회의 산란기도 배제할 수는 없을 것 같다. *Protothaca* 속의 *P. grata* 는 산란기가 1~3월과 6~8월의 2회로 보고하고 있고(Pizarro and Cruz, 1987), *P. staminea* 는 지역에 따라서 봄이나 여름에 산란한다고 보고되어 있다. 이 종들도 바지락이 동일종일지라도 서식처에 따라 연중 산란기의 횟수가 다른 것처럼, 일본 동경만의 바지락처럼 코스타리카에 서식하는 *P. staminea* 도 수온 또는 다른 환경요인 이 작용하고 있는 것으로 사료된다.

본 종에 대한 생식년주기의 단계는 암수 생식소 조직의 세포학적 특징 및 생식세포 형성과정 등의 결과를 토대로 5단계로 나눌 수 있었다(Fig. 31-32). 본 종은 12~2월의 초기 활성화기, 어류에서 볼수 없는 생식상피에 난병을 달고 영양을 흡수하는 1~4월의 후기 활성화기, 3~7월의 완숙기, 6~8월의 부분 산란기 그리고 7~1월의 퇴화 및 비활성기인 연속적인 생식년주기를 나타냈다. 생식소 발달단계에서 각 단계별로 긴 기간동안 일부의 이상개체가 나타나는 것은 시료

의 부족으로 단정하기는 어려우나 연령에 따른 것으로 추측되며 생식주기는 연평균 수온이나 서식지의 해황의 변동에 따라 약간의 차이는 있을 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하여 보면 생식소의 외부형태와 내부구조에서 살조개의 생식양상은 자웅이체였다. 또한 비만도, 난군발달양상, 생식세포형성과정 등을 종합하여 볼때, 생식주기는 12~2월의 초기 활성화기, 1~4월의 후기 활성화기, 3~7월의 완숙기, 6~8월의 부분 산란기, 7~1월의 퇴화 및 비활성기를 거치는 것으로 판단된다.

백합과 5종의 산란기와 군성숙도를 비교해 보면, 살조개 6~8월, 바지락 6~9월, 백합 5~10월, 개조개 3~11월, 가무락조개는 7~9월의 산란기로 조사되었다. 이것은 연체동물의 산란습성으로 생식은 연중 주기적, 계절적으로 나타나고, 연중 산란하는 종(year-around breeder), 늦봄과 이른 가을 사이에 산란하는 하계 산란종(summer breeder), 늦 가을과 다음해 이른 봄 사이에 산란하는 동계 산란종(winter breeder)으로 보고(Booolootian et al., 1962)되어 있는 3가지의 부류 중에서 일련의 생식년주기를 가지는 하계산란종으로 판단되었다. 그리고, 성성숙에 참여하는 개체의 각장의 크기는 살조개 38.42mm, 바지락 20mm, 백합 35mm, 개조개 80mm, 가무락조개는 26mm로 종간의 성숙개체의 크기차이는 더 많은 지역의 개체군의 군성숙도를 조사해 보아야겠지만, 종간의 유전적 특성이거나 서식장의 환경요인 차이에 기인하는 지역간의 개체군의 차이라고 사료된다(Table 26).

따라서, 새로운 양식대상종으로 개발 가능성이 높은 살조개의 종 보존 및 자원증식을 위해 본 연구 결과를 기초로 하여 산란유발, 유생사육실험 등을 통한 인공종묘생산을 위한 연구가 선결되어야 할 것으로 사료된다.

Table 26. Comparison of partially spawned stage and minimum size for the sexual maturation among 5 species of the family Veneridae

Species	Partially spawned stage (Main spawned stage)	Sexual maturation
<i>Protothaca jedoensis</i> (Present study)	From June to August (From June to July)	38.42mm
<i>Ruditapes philippinarum</i> (Kim et al., 1986)	From June to September (From July to August)	20mm
<i>Meretrix lusoria</i> (Kim et al., 1986)	From May to October (From June to July)	35mm
<i>Saxidomus purpuratus</i> (An, 2001)	From March to November (From Jun. to Jul., October)	80mm
<i>Cyclina sinensis</i> (Chung et al., 1991)	From July to September (From July to August)	26mm

제 4 절 대량종묘생산기술개발

1. 서 론

최근 공업화에 따른 연안오염의 확산과 양식생물의 밀식 및 연작에 의한 양식장 자가 오염의 누적, 양식장의 부영양화에 의한 적조, 간척사업으로 인한 갯벌의 감소 등의 원인을 들어 볼 수 있겠다. 매년 급격히 감소추세를 보이는 패류의 생산량 증대를 위해서는 양식장의 환경 개선과 대체어장의 개발, 더불어 패류의 새로운 양식품종 및 인공종묘생산기술개발 등이 절실히 요구된다(김, 2000; 양, 1999; Bae, 1998; 유 등, 1993a,b; 김, 1996; 김, 1997).

살조개, *Protothaca jedoensis*는 서남연안에서 기호도가 높은 유용수산자원으로서 서식생태가 작은 돌들이 섞인 모래질에 서식하는 특성이 있고, 맛도 우수하므로 앞으로 새로운 양식대체품종뿐만 아니라 양식대체어장의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종이다(kim *et al.*, 2002). 그러나, 살조개는일반적으로 백합科에서 가장 근연종인 반지락과 혼생하는 경우가 많으며(Kim, 2002; Jeong *et al.*, 2004a,b), 현재는 자원평가도 안되어 있는 상태에서 자연서식지에서 반지락 채취시 무계획적으로 채취됨으로써 자원량감소를 초래하고 있고 양식에 대한 기술개발도 확립되어 있지 않아 자원감소는 더욱 가중될 위험에 있다. 따라서, 본 연구에서는 패류양식의 활성화를 위해 양식대상종으로 개발가능성이 높은 살조개의 인공종묘생산기술을 확립하는데 이용할 수 있는 기초자료를 얻고자 하였다.

조개류의 안정적인 종묘생산을 위해서는 모패사육, 채란, 유생사육, 채묘 및 치패사육 등의 일련의 과정이 필요하다. 인공종묘생산 과정의 선결조건은 양질의 수정란을 확보하는 것이며, 산란유발은 생산성을 높이는데 필요한 과제로 성숙한 어미로부터 일시에 대량의 수정란을 얻기 위해서는 모패관리에 의한 우수모패를 확보하거나 자연에서 성숙한 우수모패를 확보하는 것이 종묘생산의 생산성을 안정시키고 계획화할 수 있다.

인공종묘생산 과정에서도 모패관리에 따른 산란유발과 난 발생 과정 등의 파악은 가장 기초적인 항목이라 할 수 있다. 패류의 인위적인 산란유발에 관한 국외 연구로는(Galtsoff, 1938; Loosanoff and Davis, 1963; Iwata, 1971; Crawford, 1986)등이 있으며, 국내의 경우 이대패류 유용종중 온도자극과 화학자극(serotonin)을 병행한 비단가리비(Na *et al.* 1995), 간출, 자외선조사해수, 생식소절개, NH₄OH용액 해수첨가자극등의 방법을 사용한 코끼리조개(Lee *et al.*, 1997)등이 있으며, 북방대합의 경우 수온, 자외선조사해수, 정자현탁, H₂O₂ 및 NH₄OH용액 첨가등의 방법을 사용하여 인공종묘생산을 위한 산란유발 연구가 진행된바 있다(Lee *et al.*, 1996).

조개류와 같은 저서동물의 생산성은 수심, 수온, 염분, 용존산소, 유기물질, 탁도, 퇴적상 등과 같은 환경요인에 크게 영향을 받는다(Lim *et al.*, 1992). 이들 환경요인 중 수온은 조개류의 생식주기를 지배하는 가장 중요한 요소로 알려져 있어 조개류의 발생, 유생 및 치패의 사육, 대사율과 성장률에 대한 수온의 영향에 대한 연구(Ventila, 1982) 등이 있다.

인공종묘생산과정 중 수정에서 유생 및 치패 단계까지의 성장과 생존율은 매우 중요하다. 이를 위해서는 유생 및 치패사육 과정에서의 물리적 환경요인도 중요하나 성장에 직접적인 영향을 미치는 먹이생물의 종류와 농도가 중요한 요인으로 작용된다. 그리고, 잠입성질을 가지는 살조개의 적정 채묘방법과 치패사육의 환경조건의 구명도 선행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 패류양식의 활성화를 위해 새로운 양식대상종으로 개발 가능성이 높은 살조개의 인공종묘 생산기술을 확립하는데 이용할 수 있는 기초자료를 얻고자 살조개의 모패관리, 산란유발 및 난 발생, 유생사육, 채묘, 치패사육에 대한 환경조건 등을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 모패관리

살조개의 성장기 및 성숙기로 예상되는 3월~4월에 각장 38.42mm이상의 자연산 모패를 확보하여 3개월간 정도의 모패사육을 하여 본 종묘생산에 이용하였고, 산란기에 해당되는 6~7월의 남해안 자연산 모패를 2~3일간 순치하여 종묘생산에 이용하였다.

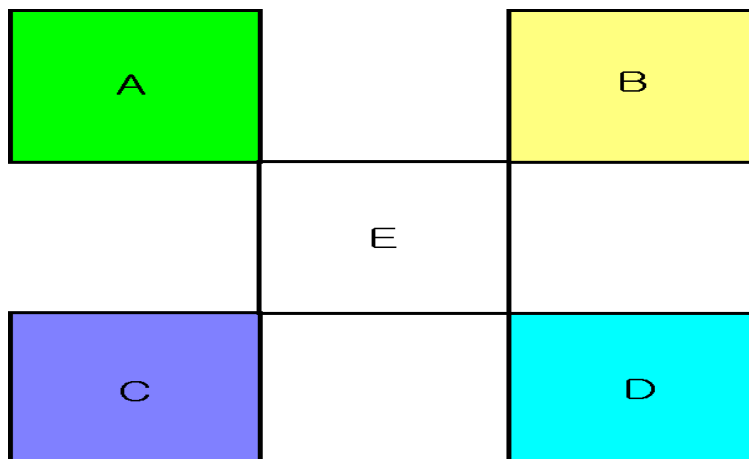


Fig. 35. Schematic diagram for burrowing behavior of *Protothaca jedoensis* on the various sediment size.

A: 0.5~2mm; B: 0.25~0.5mm; C: 0.0625~0.25mm; D: 0.008~0.031mm; E: Blank.

모패 사육방법조사를 위해서는 비부착성인 잠입성질을 이용하여 입도조성별 저질 선택성과 잠입율을 알아보기 위하여 사각수조(450×450×450mm)에 각각 사락질(0.5~2mm) A구, 사질(0.25~0.5mm) B구, 사니질(0.0625~0.25mm) C구, 니질(0.008~0.031mm) D구 및 저질이 없는 실험구를 E를 이용하였으며 저질의 깊이는 40cm되도록 각각 분주하여 5구간을 3반복으로 실험하여 평균으로 시간별 잠입율, 생존율, 잠입깊이를 조사하였다(Fig. 35). 또한, 성숙도 파악을 위한 성숙 실험으로 잠입기질로 모래를 사용한 수조와 잠입기질을 사용하지 않은 수조에 자연해수(무여과해수)와 먹이생물을 급이 하면서 사육하였다. 성숙 모패 파악을 위해 자연수온 및 실험구의 수온을 점차로 18℃, 22℃로 상승시켜 사육하였다.

생식소의 발달을 조직학적 변화를 조사하기 위하여 생식소를 Bouin's solution에 24시간 고정시킨 후 paraffin법에 따라 5μm 두께로 연속절편 하였으며, Delafield's hsmatoxylin과 eosin으로 이중염색하여 광학현미경으로 검경하였다.

난소는 발달 단계의 정량적으로 분석하기 위하여 Image analyzer system(M6200-T. J04)를 이용하여 영상분석 하였다. 현미경 40배율하에서 시야면적은 0.677mm²이었다. 난소조직중 대표적인 세부분을 선택하여 난소 소낭의 면적과 난모세포의 면적을 측정하고 아래의 식을 통해 각각 면적의 비를 구하였다.

$$\text{난소에 대한 소낭의 비(\%)} = \text{소낭 면적의 합} / 0.677 \times 100$$

$$\text{난소에 대한 난모세포의 비(\%)} = \text{난모세포 면적의 합} / 0.677 \times 100$$

2.2 산란유발 및 난 발생

산란유발에 사용한 모패는 3~4월에 수집하여 관리 중이던 모패와 6~7월의 산란기에 자연에서 채집한 모패를 사용하였다. 산란유발방법으로는 수온자극, 간출자극, 정자현탁액자극, 자외선조사해수자극, 약품자극으로는 H₂O₂용액을 해수에 첨가하는 자극, NH₄OH용액을 해수에 첨가하는 자극, serotonin용액을 생식소에 주사하는 자극, 절개법 등의 물리, 화학적방법을 통한 반응 개체수, 반응시간, 수정율, 부화율 등을 조사하여 산란유발 자극방법을 조사하였다. 수온 자극방법으로는 성숙된 모패를 자연수온에서 10분에 1℃씩 상승시켜 20℃ 또는 25℃ 까지 수온을 상승시켜 자극하였고, 간출자극+수온자극은 2시간 간출하여 20℃ 또는 25℃ 에서 자극하였으며, 정자현탁액 자극은 정자현탁액(1×10⁷마리/ml)을 해수 1ml당 10ml씩 첨가하였고, 자외선해수 자극은 자외선조사 해수(670.2mw/h)를 5/1min당 유수하여 자극실험을 하였다. H₂O₂ 첨가자극은 1/100, 2/100, 3/100 N으로, NH₄OH 첨가자극으로는 2/1000, 4/1000, 6/1000, 8/1000, 10/1000 N으로 처리하여 자극실험을 하였다. 신경전달물질인 serotonin 자극은 10⁻⁶, 10⁻⁵, 10⁻⁴, 10⁻³M 농도로 생식소에 0.4ml 주사하였고, 절개법으로는 성숙한 개체의 소화맹낭과

발 사이의 생식소를 절개하여 난과 정자를 습식법으로, 또한 난과 정자에 암모니아첨가해수를 첨가하여 수정가능여부를 조사하였다. 그리고, 대량의 수정란을 얻기위한 자극방법으로 모패 20Kg을 3톤 수조에 넣고 2~3일 순치 시킨 후 수온자극과 serotonin용액을 생식소에 주사하는 자극을 병행하여 산란을 유도하였다.

난발생은 serotonin용액을 생식소에 주사하는 자극에서 방출된 알과 정자를 인공수정한 수정란을 수온 20℃와 25℃의 실험구에 각각 200개/10ml 밀도로 수용하여 쌍안입체현미경을 사용하여 각 발생단계에 이르는 소요시간을 조사하였다. 또한 최적발생수온 조사를 위하여 수온은 Incubator 및 water bath를 사용하여 15, 20, 25, 30℃ 실험구간에서 D상 유생까지의 경과시간을 조사하였다. 난발생에 미치는 염분, pH의 영향을 조사하기위해 20, 25, 30, 35, 40‰, 4, 5, 6, 7, 8, 9의 실험구간을 정하여 각 발생단계에 이르는 시간을 조사하였다. 이때, 각 발생단계결 소요시간은 관찰된 알의 50% 이상이 발생단계에 이르는 시간으로 하였으며, 담륜자와 D상 유생은 섬모로 수영하는 것을 생존한 것으로 판정하였다.

2.3 먹이생물 배양

유생 및 치패사육 과정에서 먹이생물의 종류, 품질, 수량은 유생 및 치패의 생존율을 높이는 하나의 중요한 요인으로 현재까지 연구된 패류 유생 및 치패의 먹이생물로 가장 좋은 황갈편조류인 *Isochrysis galbana*, *Paolova lutheri*, 규조류인 *Chaetoceros calcitrans*, 녹조류인 *Chlorella ellipsoidea*를 Conwy 배지를 사용하여 배양하여 사용하였다. 배양용수는 1 μ m 필터로 여과하여 자외선 살균기를 통과시킨 해수를 수온 70~80℃로 가열 멸균하여 사용하고, 배양용기는 3ℓ 삼각플라스틱과 10ℓ, 40ℓ, 400ℓ의 아크릴 용기를 이용하여 계대 배양하고, 조도는 3000~4000lux, 실내온도는 20~24℃를 유지하여 배양한 먹이생물을 모든 실험에 이용하였다(Fig. 36)

2.4 유생사육

유생사육의 수온별, 사육밀도별, 먹이생물별, 먹이농도별의 사육환경에 따라 발달양상을 조사하여 최적환경조건을 조사하였다. 2004년 7월에 수정하여 사육중인 유생을 사용하였다. 수온조사는 10ℓ의 원형수조에 수온 15, 20, 25, 30℃의 실험구간, 24, 27, 30, 33℃의 실험구간으로 유생을 3개체/1ml를 수용하여 *Isochrysis galbana*, *Paolova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 1~5 $\times 10^4$ /ml 급이하면서 성장에 따라 공급량을 늘려주면서 2일마다 유생을 전량 환수하여 사육하였고, 사육밀도조사는 A(2indiv./ml), B(4indiv./ml), C(6indiv./ml), D(8indiv./ml)으로, 먹이생물별 조사는 *Isochrysis galbana*, *Paolova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 단독 또는 혼합 급이한 4개의 실험구간으로 수온은 실험기간 동안 24℃로 고정하고 사육방법은 수온실험과 동일하게

하였다. 먹이생물 농도별 조사는 *Isochrysis galbana*, *Paolova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이하면서 사육하였고 수온은 실험기간 동안 24°C로 고정하고 사육방법은 수온실험과 동일하게 하였다.

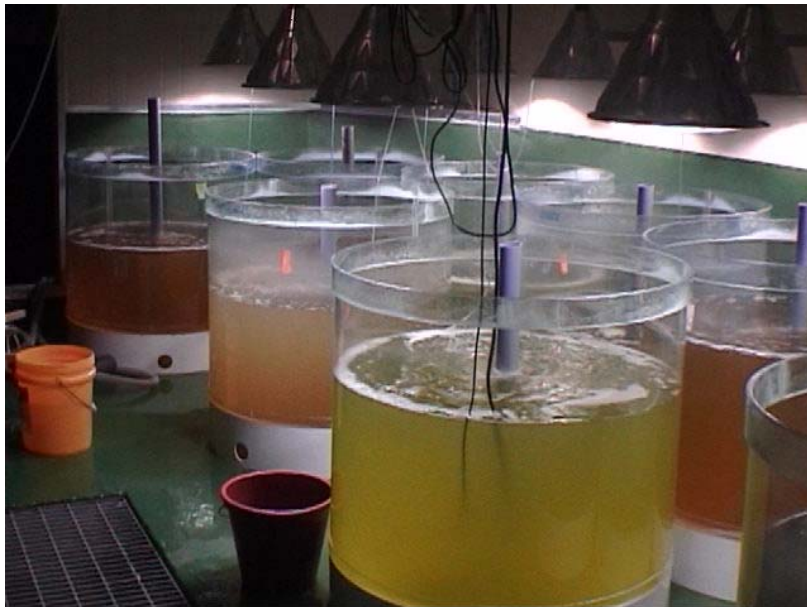


Fig. 36. Photograph of phytoplankton mass culture.

2.5 채묘방법 및 치패사육 조사

채묘는 부유생활을 마친 유생이 부착하거나 바닥에 침강할 때 효과적으로 수집하는 방법으로 초기생존율 향상 및 효율적 생산을 위한 중요한 과정이다. 그리고 인공종묘 생산된 치패는 실내에서 채묘 후 바다에 방류하기 전까지 인위적으로 먹이생물을 공급하며 사육해야 함으로 효과적인 사육방법을 밝히는 것이 매우 중요하다. 살조개의 유생이 바닥에 침강할 때 효과적으로 수집하는 방법으로 살조개의 초기생존율 향상 및 효율적 생산을 위한 채묘방법과 치패의 성장에 대해 조사하였다.

2.5.1 채묘방법 조사

2005년 6월 중순에 Serotonin 주사에 의해 채란 채정 후 인공수정 하여 얻어진 수정란을 25°C로 조절한 5톤 수조에 수용하여 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Monochrysis lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 $1\sim 5\times 10^4/\text{ml}$ 급이하면서 사육한 17일째의 침착기 성숙유생을 사용하였다. 이때, 사용된 성숙기유생의 크기는 $245\mu\text{m}$ 였으며, 밀도는 $10\text{개체}/\text{cm}^3$ 로 하였다. 효과적인 채묘방법을 파악하기 위해 유생을 물러망으로 거른 후, 사락질(0.5~2mm), 사질(0.25~0.5mm), 사니질(0.0625~0.25mm), 니질(0.008~0.031mm), 물러가제(망목 $100\mu\text{m}$), 파판에 채묘하여 30일간 사육하여 성장과 생존율 조사하였다.

2.5.2 치패사육 조사

살조개 치패의 먹이종류별, 먹이농도별 조사에 따른 성장특성을 조사하였다. 먹이생물별 조사는 10ℓ의 원형수조에 치패를 수용하여 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Monochrysis lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 단독 또는 혼합 급이한 4개의 실험구간으로 30일간 사육하여 성장과 생존율을 구하였다. 이때, 사용된 치패는 2005년 6월 하순에 7톤 수조의 사질에 채묘하여 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Monochrysis lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 $1\sim 5\times 10^4/\text{ml}$ 급이 하면서 사육한 30일째의 치패 $450\mu\text{m}$ 내외 크기이며, 밀도는 $5\text{개체}/\text{cm}^3$ 로 하였다. 먹이생물 농도별 조사는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Monochrysis lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , $4\times 10^4/\text{ml}$ 급이하면서 사육하였고 사육방법은 먹이종류별 실험과 동일하게 하였다.

2.6 대량유생 사육 및 치패사육

살조개의 산란기인 6월에 살조개를 대량으로 구입하여 3톤의 직사각형 수조에 1~2일정도 순치하고, 조금시기에 수온자극 및 serotonin 자극을 병행하여 산란유발자극을 하였다. 대량유

생사육은 2005년 6월에 수정된 수정란을 2~3회 여과해수로 세란하여 5톤 사각수조에 수용하고 1 μ m 여과 및 자외선 살균 처리한 해수를 사용하여 먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Monochrysis lutheri* 를 혼합하여 1~5 $\times 10^4$ /ml 급이하면서 사육하였다. 이때, 수온은 1차시 20 $^{\circ}$ C, 2, 3차시에 25 $^{\circ}$ C로 사육하여 성장률과 생존율을 조사하였다. 대량치패사육은 대량 유생 사육하여 17일경에 245 μ m 크기의 침착기 성숙유생을 모래질에 채모하여 자연수온에 맞추어 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Monochrysis lutheri* 를 혼합하여 1~5 $\times 10^4$ /ml 급이하면서 사육하면서 성장률을 조사하였다.

3. 결 과

3.1 모패관리

3.1.1 저질선택성 및 잠입률

살조개 *P. jedoensis*의 인공종묘생산을 위한 저질선택성 실험 기간 중 사육수의 수온은 평균 15.3 $^{\circ}$ C였고, 염분은 29~31‰로 큰 변화는 없었다. DO는 8.4~8.7mg/ℓ로 평균 8.6mg/ℓ를 보여 안정적이었으며, pH는 실험종료시까지 7.8~7.9의 범위를 나타내어 수질의 경우 비교적 안정적이었다(Fig. 37, 38). 살조개 *P. jedoensis*의 저질선택성을 실험한 결과 10시간 경과까지 사락질과 사질에서 평균 40%의 잠입율을 나타내었으며, 사니질과 사질은 평균 34.44%, 14.44%의 잠입율을 나타내어 사락질과 사질의 잠입율이 높게 나타났다(Fig. 39).

살조개 *P. jedoensis*는 잠입시 부족을 이용하여 저질을 파고 몸체를 약간 비틀며 잠입하며, 잠입 후 저질 또는 환경이 적합하였을 경우 수관을 내어 호흡 및 섭식을 하였다. 반면, 환경이 적합지 않을 경우 다시 저질 위로 나와 이동하여 잠입하는 형태를 나타내었다. 이러한 과정은 48시간 경과시 관찰하였을 때 사락질 62.22%, 사질 56.67%, 사니질 48.89%, 니질 50.00%의 잠입율을 나타내었으나, 96시간 경과하였을 때 사락질 51.11%, 사질 48.89%, 사니질 36.67%, 니질 51.11%로 나타나 환경의 적합성에 따라 잠입과 이동을 반복하는 것으로 나타났다(Fig. 40)

반면, 살조개, *P. jedoensis*의 폐사율은 28시간이 경과하여 사니질과 저질이 없는 실험구에서 각각 1.11%로 폐사가 시작되었으며, 34시간 경과 후 전실험구에서 폐사가 나타났다. 96시간 실험 종료시 평균적으로 사락질 7.78%, 사질 10.00%, 사니질 7.78%, 니질 8.89%, 저질이 없는 실험구에서 13.33%로 나타나 저질의 유무에 따라 폐사율이 다른 것으로 나타났다(Fig. 41).

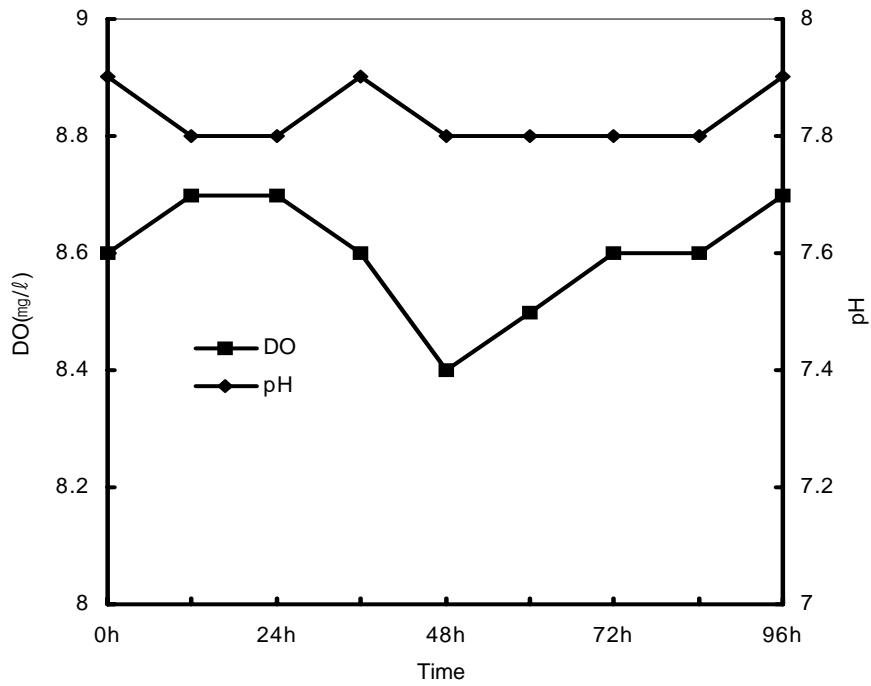


Fig. 37. Variation of DO and pH of rearing sea water during the experiment period.

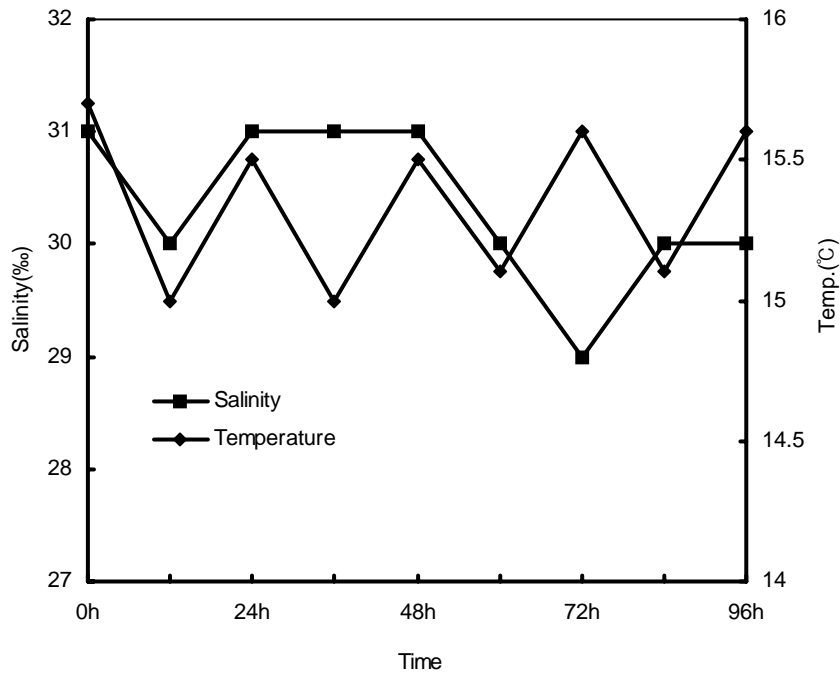


Fig. 38. Valiation of salinity and temperature of rearing sea water during the experiment period.

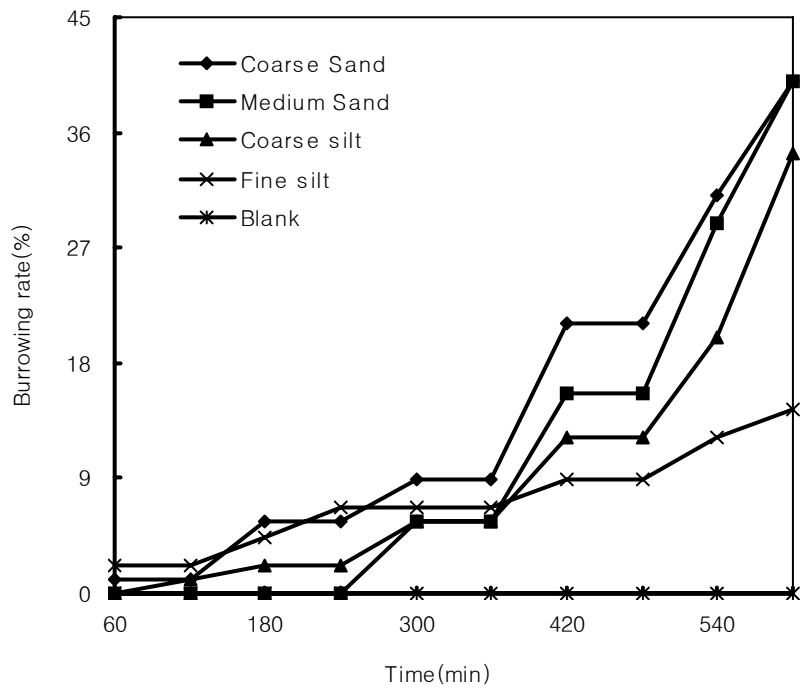


Fig. 39. Burrowing rate of *Protothaca jadoensis* after 10hours in each experimental tank with different grain size.

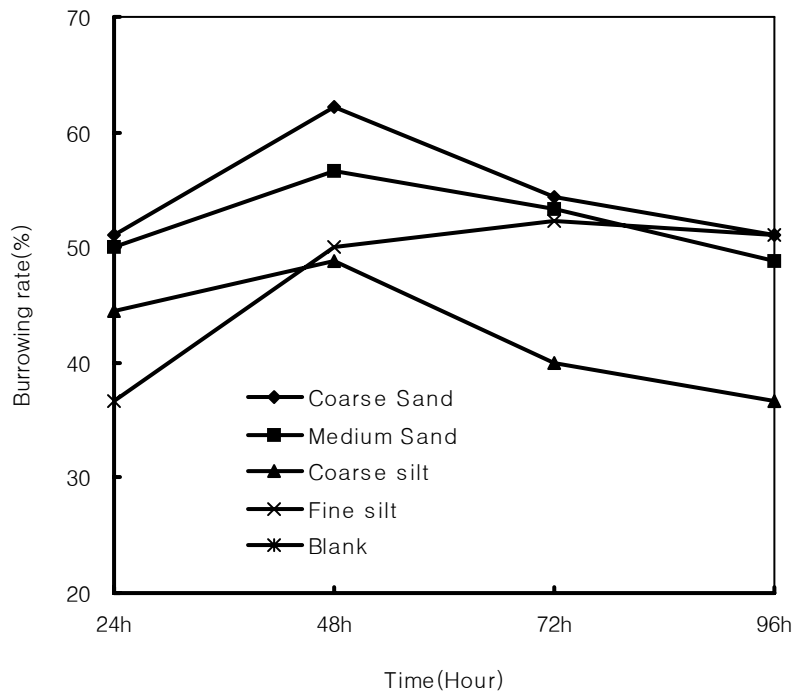


Fig. 40. Burrowing rate of *Protothaca jadoensis* after 96hours in each experimental tank with different grain size.

잠입한 살조개, *P. jedoensis*의 크기는 사략질의 경우 평균 각장 41.65mm, 각고 33.66mm, 각폭 22.37mm 이었으며, 사질의 경우 평균 각장 41.76mm, 각고 33.81mm, 각폭 22.22mm였고, 사니질의 경우 평균 각장 42.35mm, 각고 33.54mm, 각폭 23.09mm 였다. 그리고 니질은 평균 각장 44.48mm, 각고 35.25mm, 각폭 24.59mm 로 나타나 저질입자의 크기가 작을 수록 잠입개체의 크기는 큰 것으로 나타났으며, 저질입자가 작을수록 작은 개체는 잠입하기 어려우며 클수록 잠입에 용이한 것으로 나타났다. 또한, 살조개, *P. jedoensis*의 잠입깊이는 사략질에서 9.23cm, 사질 8.47cm, 사니질 6.03cm, 니질 6.46cm로 저질입자가 작을수록 잠입깊이는 낮아지는 경향을 보여 크기 및 잠입 깊이에서도 저질의 입도조성에 따라 잠입깊이와 크기, 잠입율에 영향을 받는 것으로 보여졌다 (Table 27).

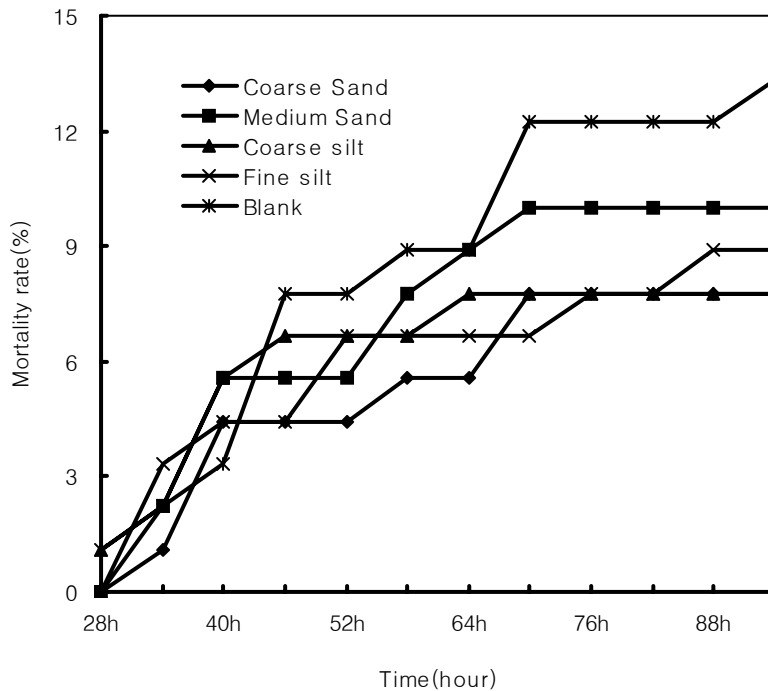


Fig. 41. Mortality rate of *Protothaca jedoensis* after 96hours in each experimental tank with different grain size.

3.1.2 성숙도 파악을 위한 성 성숙 실험

1) 난소에 대한 난소소낭 면적의 비

자연수온에서 난소에 대한 난소소낭 면적의 비율은 4월 1일에 $86.13 \pm 1.68\%$ 이었고, 5월 2일 $89.25 \pm 0.56\%$, 5월 16일 $92.42 \pm 1.12\%$ 로 점점 증가하였으며, 5월 30일에는 $94.56 \pm 0.69\%$ 로 자연수

Table 27. Mean of *Protothaca jodoensis* burrowing depth and body condition in each experimental tank with different grain size

	Depth(cm)	Shell length(mm)	Shell height(mm)	Shell width(mm)
Coarse sand	9.23	41.65	33.66	22.37
Midium sand	8.47	41.76	33.81	22.22
Coarse silt	6.03	42.35	33.54	23.09
Fine silt	6.46	44.48	35.25	24.59

온에서 최고값을 나타내었다. 이후 6월10일부터 $88.25 \pm 1.97\%$, 점차 감소하기 시작하여 6월 23에는 $82.34 \pm 2.3\%$ 이었다. 18°C 에서는 4월 1일에 $87.28 \pm 2.37\%$ 이었으며, 5월 2일에 $93.1 \pm 1.95\%$ 로 급격히 증가하여 5월 16일에는 $94.78 \pm 2.54\%$ 로 18°C 수온에서 최고값을 나타내었다. 이후 점차 감소하기 시작하여 5월 30일 $93.53 \pm 0.75\%$, 6월10일 $87.96 \pm 2.06\%$, 6월 23에는 $81.36 \pm 2.14\%$ 로 나타내었다. 22°C 에서는 4월 1일에는 $87.65 \pm 1.65\%$ 이었으며, 5월 2일 $94.9 \pm 2.01\%$ 로 급격히 증가하여 5월 16일에는 $96.38 \pm 1.36\%$ 로 저질에서 사육한 살조개 중 가장 높은값을 나타내었다. 이후 점차 감소하기 시작하여 5월 30일에는 $92.36 \pm 1.32\%$, 6월10일 $85.15 \pm 1.92\%$, 6월 23에는 $80.36 \pm 1.68\%$ 로 나타내었다(Fig. 42).

2) 난소에 대한 난모세포 면적의 비

자연수온에서 난소에 대한 난모세포 면적의 비율은 4월 1일에 $47.76 \pm 6.89\%$ 이었고, 5월 2일 $58.55 \pm 3.27\%$, 5월 16일 $65.72 \pm 3.84\%$ 로 점점 증가하였으며, 5월 30일에는 $72.85 \pm 5.83\%$ 으로 자연수온에서 최고값을 나타내었다. 이후 6월10일에는 $69.33 \pm 6.94\%$, 6월 23에는 $53.22 \pm 7.52\%$ 로 감소하였다. 18°C 에서는 4월 1일에 $48.99 \pm 3.67\%$ 이었으며, 5월 2일에는 $64.38 \pm 4.96\%$ 로 급격히 증가하여, 5월 16일 $72.48 \pm 6.46\%$ 로 18°C 수온에서 최고값을 나타내었다. 이후 점점 감소하기 시작하여 5월 30일에는 $70.95 \pm 3.02\%$, 6월10일 $65.29 \pm 4.56\%$, 6월 23에는 $51.79 \pm 6.72\%$ 로 나타내었다. 22°C 에서는 4월 1일에는 $48.72 \pm 5.59\%$ 이었으며, 5월 2일 $65.94 \pm 7.17\%$ 로 급격히 증가하여 5월 16일에는 $74.67 \pm 3.67\%$ 로 저질에서 사육한 살조개 중 가장 높은 값을 나타내었다. 이후 점차 감소하기 시작하여 5월 30일에는 $71.56 \pm 4.11\%$, 6월10일 $62.38 \pm 5.04\%$, 6월 23에는 $50.46 \pm 6.43\%$ 로 나타내었다(Fig. 43).

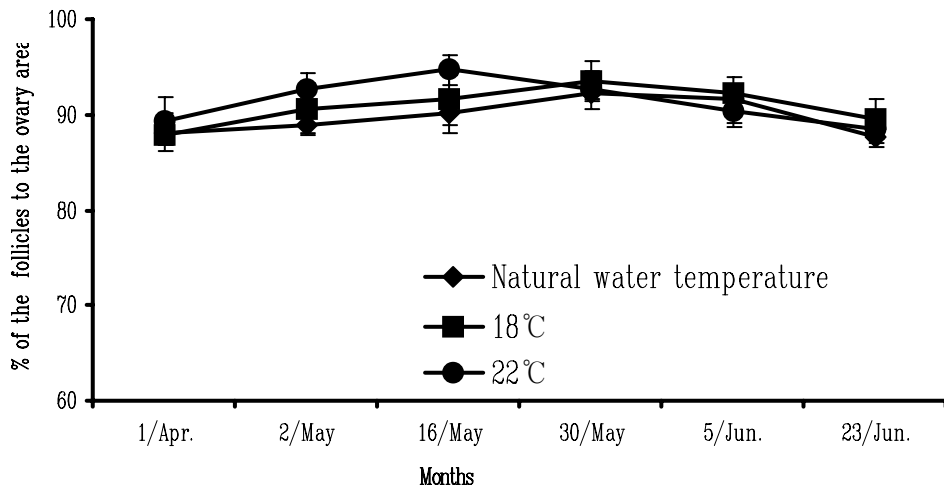


Fig. 42. Percent of the follicles to the ovary of the female *Protothaca jedoensis*.

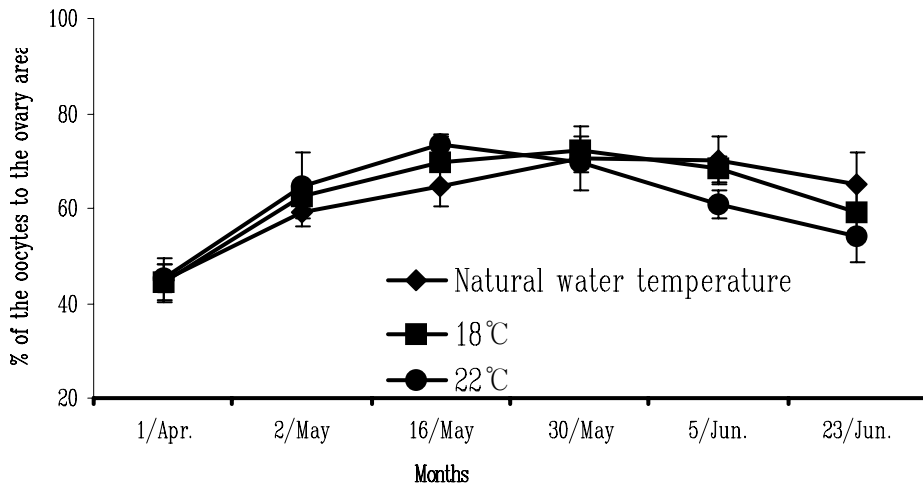


Fig. 43. Percent of the oocytes to the ovary of the female *Protothaca jedoensis*.

3.2 산란유발 및 난 발생

3.2.1 산란유발

살조개의 산란기는 6월에서 8월까지이며, 주산란은 6월부터 7월까지이므로 성숙상태가 양호한 산란기를 중심으로 산란유발시험을 실시하였다. 살조개의 산란유발을 위하여 수온자극, 간출 자극, 자외선 조사해수자극, 정자현탁액자극, H₂O₂용액을 해수에 첨가하는 자극, NH₄OH용액을 해수에 첨가하는 자극, serotonin을 생식소에 주사하는 자극에 의한 산란유발과 생식소 절개법으로 난과 정자의 인공수정을 실시한 결과는 Table 28, 29와 같다.

수온자극은 6월 5일에서 7월 5일까지 6회를 실시하였는데, 사육하고 있던 모패를 25°C, 30°C에서 1시간 자극한 후 다시 사육수온으로 하강시켜 3시간 동안 관찰하였으나 방란·방정이 이루어지지 않았다. 간출자극은 6월 11일부터 7월 9일까지 3회를 실시하였는데 사육하고 있던 모패를 2시간정도 노출시킨 후 다시 사육수온으로 하강시키거나 25°C로 하강시켜 자극하였지만 방란·방정이 이루어지지 않았다. 또한, 정자현탄액자극, 자외선 조사해수자극, H₂O₂용액을 해수에 첨가하는 자극, NH₄OH용액을 해수에 첨가하는 자극에서도 방란·방정이 이루어지지 않았다. 그리고 생식소를 절개하여 얻은 알과 정자의 인공수정도 수정이 안되는 경우가 많았고 정상적으로 수정되지 않아서 기형발생 하였다. 그러나, serotonin을 생식소에 주사하는 자극 산란유발은 6월 11일부터 7월 9일까지 3회 실시하였는데, 6월에는 10⁻⁶, 10⁻⁵, 10⁻⁴, 10⁻³M 농도 중에서 10⁻⁶M 제외한 모든 구간에서 100%의 반응을 나타내었고, 7월 9일에는 10⁻⁵, 10⁻⁴, 10⁻³M 농도 구간에서 80%이상의 반응률을 나타내었고 10⁻⁶ M 농도 구간에서는 70%로 다소 반응률이 낮게 나타났다. 하지만 대체적으로 모든 농도의 구간이 살조개의 산란유발 자극방법으로는 가장 효과적인 것으로 판단된다. 따라서, 대량의 수정란을 확보하기 위한 자극방법으로 수온자극과 serotonin을 생식소에 주사하는 자극방법을 병행하여 6월 11일부터 7월 9일까지 조금때를 맞추어 5회의 산란유발 자극을 실시하였다. 수온자극은 모패 사육하던 살조개가 5월 17일(조금)에 방란·방정한 것에 기인하여 사육수온에서 25°C, 30°C로 1시간 자극하였고, serotonin을 생식소에 주사하는 자극방법은 10⁻⁴M 농도로 자극하여 산란유도를 하였다. 5회의 산란유발 방법에서는 3톤 수조에 많은 양의 살조개를 넣고 10~20미에 serotonin을 주사하여 산란을 유도하였기 때문에 반응률은 구하기가 용이하지 않았으나, 수정량의 양으로 추정하여 볼 때 모든 실험이 대체적으로 70%의 이상의 좋은 반응을 나타낸 것으로 판단된다.

자극방법에 따른 살조개의 방란, 방정 반응시간을 조사한 결과, 유발율이 가장 높았던 높았던 6월 25일의 serotonin 주사에 따른 암수의 방란, 방정의 반응시간을 살펴보면, 10⁻⁶M에서 평균 8분만에 방란, 방정하였으며, 10⁻⁵M에서는 암수 모두 3분만에 반응하였으며, 10⁻⁴M에서는 암수 각각 평균 3분, 2분, 10⁻³M에서는 암수 각각 평균 5분, 4분이 소요되었다(Fig. 44, Table 30).

3.2.2 난 발생

살조개의 수정란은 분리침성란이었으며, 대부분이 난핵포가 소실되지 않은 상태였다(Fig. 45-A). 수온 20°C를 기준으로 수정직후 난핵포가 소실되고 수정막이 형성되었으며(Fig. 45-B), 이후 난할이 시작되어 2, 4, 8세포기 및 포배기까지 각각 1.2, 1.8, 2.2 및 4.6시간이 소요되었다(Fig. 45-C, D, E, F). 수정 후 7.9시간이 지나면 나선상의 상하운동을 반복하는 담륜자 유생으로 부화한다(Fig. 45- G). 폐각이 형성되고 면반으로 유행하는 초기 D상 유생(Fig. 45-H)까지는 31.2시간

Table 28. Result of the spawning induction experiments with *Protothaca jedomensis* by various stimulation methods

Stimulation methods	Date	Process of stimulation	Number of experiment	Number of responses		Rate of response(%)
				♂	♀	
Temperature (heating and cooling)	Jun. 5, 2004	20°C→25°C (1h*)→20°C	20	-	-	0
		20°C→30°C (1h)→20°C	20	-	-	0
	Jun. 6	20°C→25°C (1h)→20°C	30	-	-	0
		20°C→30°C (1h)→20°C	30	-	-	0
	Jun. 11	20°C→25°C (1h)→20°C	20	-	-	0
		20°C→30°C (1h)→20°C	20	-	-	0
	Jun. 24	21°C→25°C (1h)→21°C	20	-	-	0
		21°C→30°C (1h)→21°C	20	-	-	0
	Jun. 25	21°C→25°C (1h)→21°C	30	-	-	0
		21°C→30°C (1h)→21°C	30	-	-	0
	Jul. 5	22°C→25°C (1h)→22°C	20	-	-	0
		22°C→30°C (1h)→22°C	20	-	-	0
Air dry and submerge	Jun. 11, 2004	20°C→25°C (2h*)→20°C	20	-	-	0
		21°C→25°C (2h)→21°C	20	-	-	0
	Jun. 25	22°C→27°C (2h)→25°C	20	-	-	0
	Jul. 9					
Add sperm suspension solution	Jun. 11, 2004	10ml/ml	20	-	-	0
			20	-	-	0
	Jun. 25		20	-	-	0
	Jul. 9					
Pulse spawning	Jun. 5, 2004	Incision of gonads	20	-	-	0
	Jun. 13	Incision of gonads	20	-	-	0
	Jun. 24	Incision of gonads	20	-	-	0
H ₂ O ₂ solution in the tank	Jun. 11, 2004	1/100 N	20	-	-	0
		2/100 N	20	-	-	0
		3/100 N	20	-	-	0
	Jun. 25	1/100 N	20	-	-	0
		2/100 N	20	-	-	0
		3/100 N	20	-	-	0
	Jul. 9	1/100 N	20	-	-	0
		2/100 N	20	-	-	0
		3/100 N	20	-	-	0
UV-ray irradiated seawater	Jun. 11, 2004	670.2mw/h	20	-	-	0
			20	-	-	0
	Jul. 9		20	-	-	0

* ; Time for stimulation

Table 29. Result of the spawning induction experiments with *Protothaca jedoensis* by various stimulation methods

Stimulation methods	Date	Process of stimulation	Number of experiment	Number of responses		Rate of response(%)
				♂	♀	
NH ₄ OH solution in the tank	Jun. 11, 2004	2/1000 N	20	-	-	0
		4/1000 N	20	-	-	0
		6/1000 N	20	-	-	0
		8/1000 N	20	-	-	0
		10/1000 N	20	-	-	0
	Jun. 25	2/1000 N	20	-	-	0
		4/1000 N	20	-	-	0
		6/1000 N	20	-	-	0
		8/1000 N	20	-	-	0
		10/1000 N	20	-	-	0
	Jul. 9	2/1000 N	20	-	-	0
		4/1000 N	20	-	-	0
		6/1000 N	20	-	-	0
		8/1000 N	20	-	-	0
		10/1000 N	20	-	-	0
Injection of serotonin to the gonad	Jun. 11, 2004	10 ⁻⁶ M	10	6	3	90
		10 ⁻⁵ M	10	5	5	100
		10 ⁻⁴ M	10	7	3	100
		10 ⁻³ M	10	6	4	100
	Jun. 25	10 ⁻⁶ M	10	7	3	100
		10 ⁻⁵ M	10	6	4	100
		10 ⁻⁴ M	10	3	7	100
		10 ⁻³ M	10	4	5	100
	Jul. 9	10 ⁻⁶ M	10	5	2	70
		10 ⁻⁵ M	10	4	4	80
		10 ⁻⁴ M	10	5	3	80
		10 ⁻³ M	10	6	3	90
※Temperature (heating and cooling) and Injection of serotonin to the gonad	May 17, 2004	17℃→25℃(1h*)→17℃	200	70	50	60
	Jun. 11**	20℃→30℃(1h)→20℃	200	80	60	70
	Jun. 13**	20℃→25℃(1h)→20℃	600	240	200	70
	Jun. 24**	21℃→25℃(1h)→21℃	200	100	80	90
	Jun. 25**	21℃→30℃(1h)→21℃	200	90	70	80
Jul. 9**	22℃→25℃(1h)→22℃	200	60	60	60	

* ; Time for stimulation

** ; Injection of serotonin(10⁻⁴ M) to the gonad

※ ; The method during mass culture(spawning induction)

Male



Female



Fig. 44. Photograph of spawning of *Protothaca jedoensis*.

이 소요되었다(Table 31). 살조개에 초기 난발생에 있어 수온이 높을수록 각 발생단계에 이르는 시간이 짧아지는 경향을 보였으며, 수온이 낮을수록 발생속도는 느렸으나 난분할 상태나 발생배의 외형은 정상적인 반면, 수온이 높을수록 발생배나 유생의 기형률이 높았다. 염분에서는 20, 25‰에서는 D상 유생에서 기형발생을 보이며 폐사하였고 30, 35, 40‰에서는 85% 이상의 성장적인 발생을 보였다(Table 32). pH 에서는 4~6까지는 D형 유생까지 발생하지 않았고, 7~9까지는

83% 이상의 정상적인 발생을 하였다(Table 33).

Table 30. Response time for spawning at each stimulating treatment in *Protothaca jedoensis*

Stimulation methods	Dose	Response time(min.)	
		Female	Male
Serotonin	10^{-6} M	8	8
	10^{-5} M	3	3
	10^{-4} M	3	2
	10^{-3} M	5	4

3.2.3 수정율 및 부화율

살조개 수정란을 얻기위한 여러 가지 산란유발 방법중 가장 반응율이 높은 serotonin을 대상으로 방출된 알과 정자의 수정율과 부화율을 조사하였다. 각 농도별 가장 양호한 수정율과 부화율은 각각 95.5%, 87.2%를 나타낸 10^{-4} M이었으며, 10^{-6} M에서 가장 낮은 89.4%, 76.6%의 수정율과 부화율을 보였다(Table 34).

3.3 유생사육

3.3.1 수온별 유생사육 조사

1) 1차 실험

수온별 유생사육 실험결과 유생의 성장은 모든 실험구간에서 유의한 차이를 보이지 않았으나, 사육 5일째 이후부터 차이를 나타내기 시작하여 25°C에서는 $135\mu\text{m}$, 30°C에서는 $147\mu\text{m}$ 로 성장하였으며 사육 후 10일째에는 25°C, 30°C 각각 $205\mu\text{m}$, $230\mu\text{m}$ 를 나타내어 수온이 높을수록 빠른 성장을 나타내었다. 또한 수온별 생존율의 경우 15°C와 20°C에서 사육 후 4일째 각각 46%, 57%이던 것이, 5일째 각각 20%, 15%로 급격히 감소함을 알 수 있었다. 25°C와 30°C의 경우 사육 후 3일째 이후 감소하기 시작하여 4일째 각각 70%, 65%를 나타내었으며, 10일째는 각각 50%, 30%를 나타내었다(Fig. 46). 수온별 살조개 유생의 성장률과 생존율을 조사한 결과 비교적 수온이 높은 25°C와 30°C에서 양호한 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

Table 31. Relationships between water temperature and time(hour) required to reach each developmental stage from fertilized egg of *Protothaca jedoensis*

Developmental stage	Water temperature(°C)					
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
8-cell	ND	ND	2.3	2.2	1.9	1.7
Morula	ND	ND	4.5	4.6	4.1	3.8
Trochophore	ND	ND	8.2	7.9	6.9	6.5
D-shaped larva	ND	ND	39.7	31.2	26.8	26.2

ND : no more developed

Table 32. Relationships between salinity and time(hour) required to reach each developmental stage from fertilized egg of *Protothaca jedoensis*

Developmental stage	Salinity(‰)				
	20	25	30	35	40
8-cell	2.3	2.3	2.2	2.0	2.2
Morula	4.3	4.2	4.1	4.0	4.1
Trochophore	6.6	6.6	6.5	6.4	6.5
D-shaped larva	ND	ND	26.3	26.3	26.3

ND : no more developed

Table 33. Relationships between pH and time(hour) required to reach each developmental stage from fertilized egg of *Protothaca jedoensis*

Developmental stage	pH					
	4	5	6	7	8	9
8-cell	3.0	2.4	2.4	2.4	2.1	2.2
Morula	ND	ND	4.3	4.2	4.1	4.1
Trochophore	ND	ND	6.5	6.4	6.4	6.4
D-shaped larva	ND	ND	ND	26.4	26.3	26.4

ND : no more developed

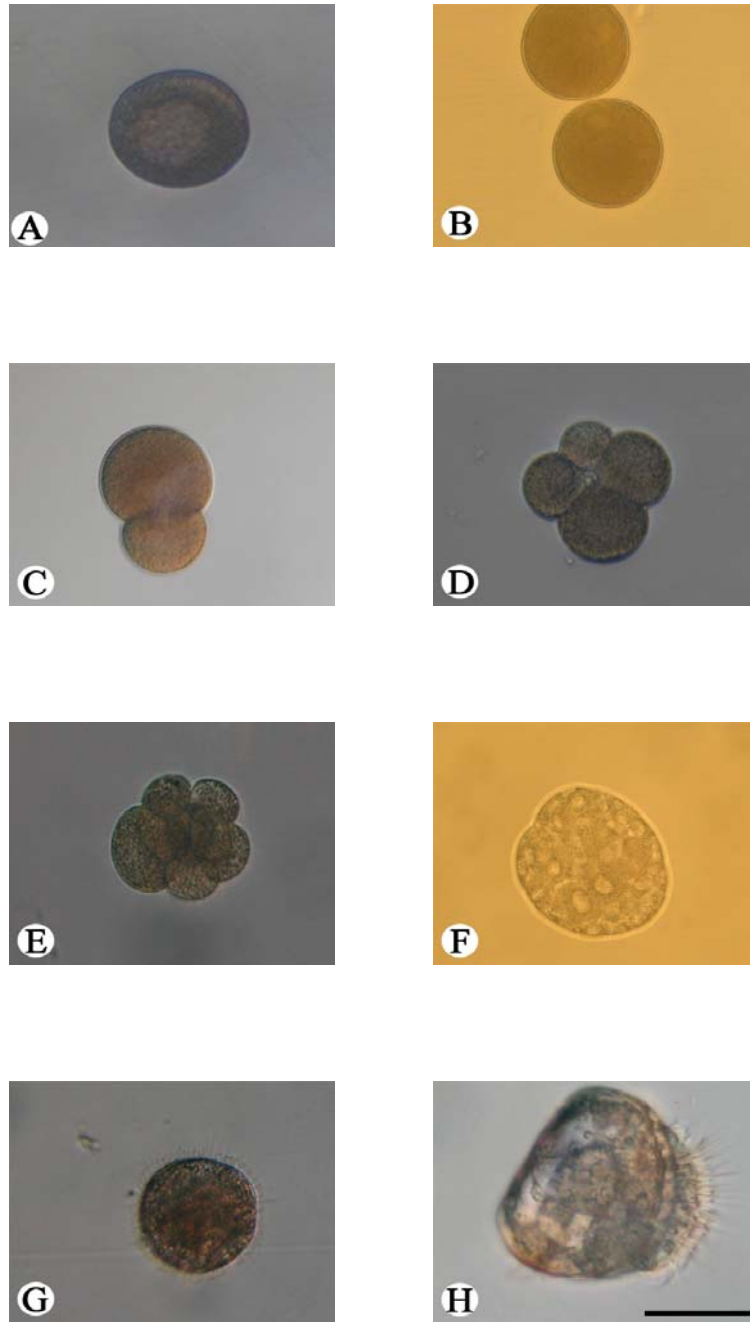


Fig. 45. Egg developmental stages of *Protothaca jedoensis*.

A, Unfertilized egg; B, Fertilized egg; C, 2-cell stage; D, 4-cell stage; E, 8-cell stage; F, Morula stage; G, Trochophore stage; H, Early D-shaped larva stage.

Table 34. Fertilization and hatching rate of eggs spawning by various doses of serotonin in *Protothaca jedoensis*

Stimulating method	Dose	Frequency(%)	
		Fertilization rate	Hatching rate
Serotonin	$10^{-6}M$	89.4	76.6
	$10^{-5}M$	92.0	84.7
	$10^{-4}M$	95.5	87.2
	$10^{-3}M$	90.6	80.1

2) 2차 실험

수온별 유생사육 실험결과 유생의 성장은 모든 실험구간에서 유의한 차이를 보이지 않았으나, 사육기간 중 27°C에서 가장 양호한 결과를 나타내어 사육 후 10일째 250 μ m를 보였다. 반면 가장 높은 33°C에서 사육 후 4일째 137 μ m로 전량 폐사를 나타냈다. 수온별 생존율의 경우 24°C, 27°C, 30°C에서 6일째 각각 80%, 79%, 75%이던 것이 7일째 이후부터 비교적 큰 폭으로 감소하기 시작하여 10일째 사육 시 각각 45%, 40%, 28%를 나타내었다. 33°C의 경우 3일째 77%이던 것이 4일째 17%로 급격히 감소하여 5일째 전량 폐사를 나타내었다(Fig. 47).

3.3.2 사육밀도별 유생사육 조사

사육밀도별 유생사육 실험에서는 D상유생 후 5~6일까지는 성장에서 큰 차이를 보이지 않았으나 7일부터 C, D실험구에서 성장률의 차이를 보이기 시작했다. D실험구에서 가장 빠른 성장을 나타내었으며, 사육 10일째 평균각장은 211 μ m로 가장 빠른 성장은 보이나 10일째 생존율이 28%로 낮은 생존율을 나타내었다. 반면 C실험구에서는 10일째 평균 각장이 202 μ m로 D실험구보다 적은 성장을 보였으나 생존율이 39%로 높았고, B실험구의 경우 41%로 가장 높게 나타났으나 성장률이 낮았다(Fig. 48). 또한, A, B 실험구에서의 성장률은 큰 차이를 보이지 않는다. 10일 경과 후 평균 각장이 A, B 실험구 각각 180 μ m, 185 μ m로 나타났으나 생존율은 A실험구에서 12%로 가장 낮은 생존율을 나타내었다. 위의 결과에 따라 살조개, *P. jedonsis* 유생의 사육 밀도는 4~6/ml개체가 유생 사육 밀도로 가장 적합한 것으로 나타났다.

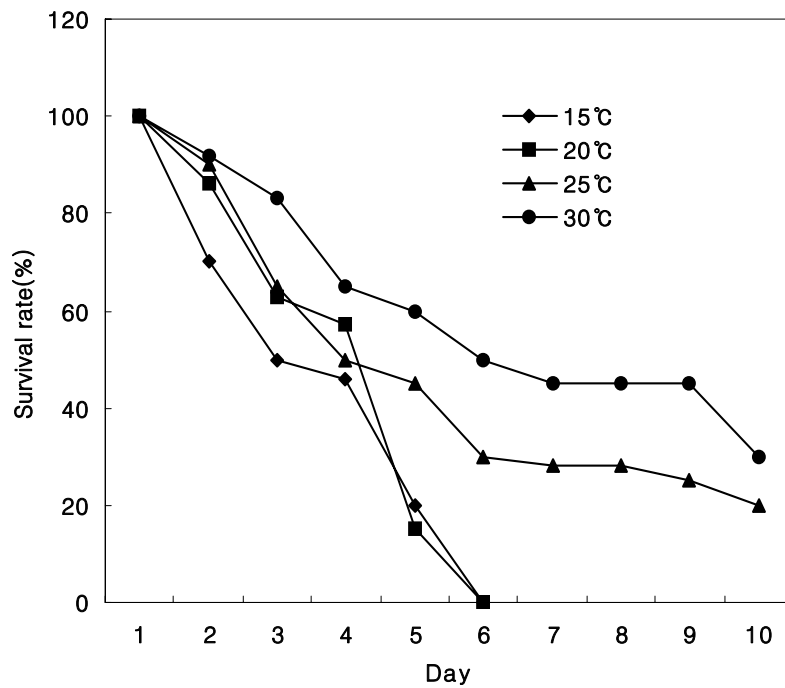
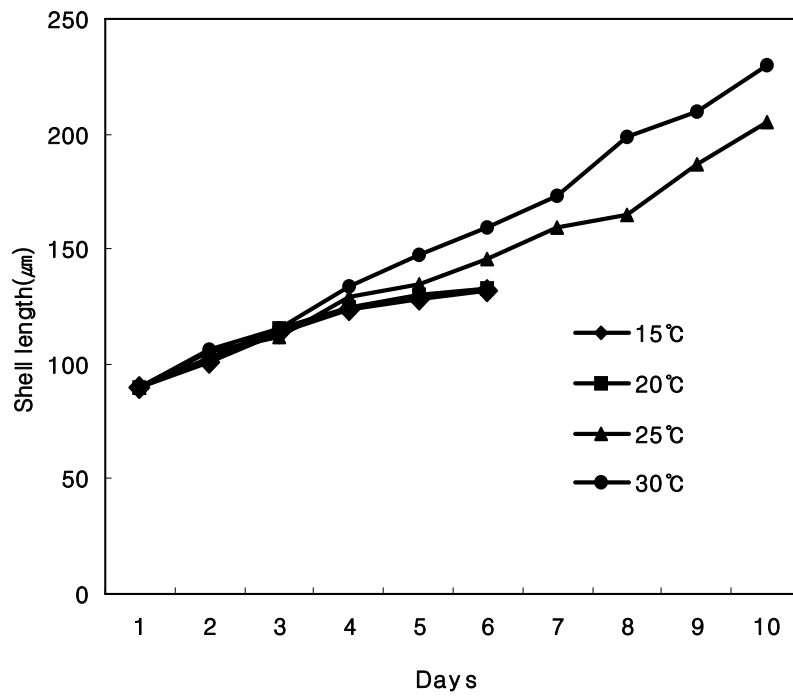


Fig. 46. Effect of seawater temperature on growth and survival of *Protothaca jedoensis* larvae.

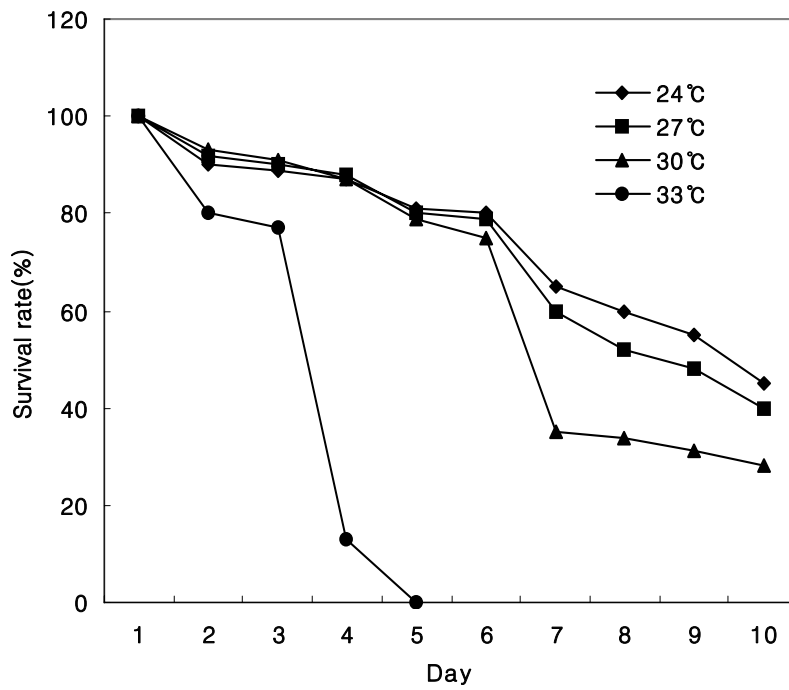
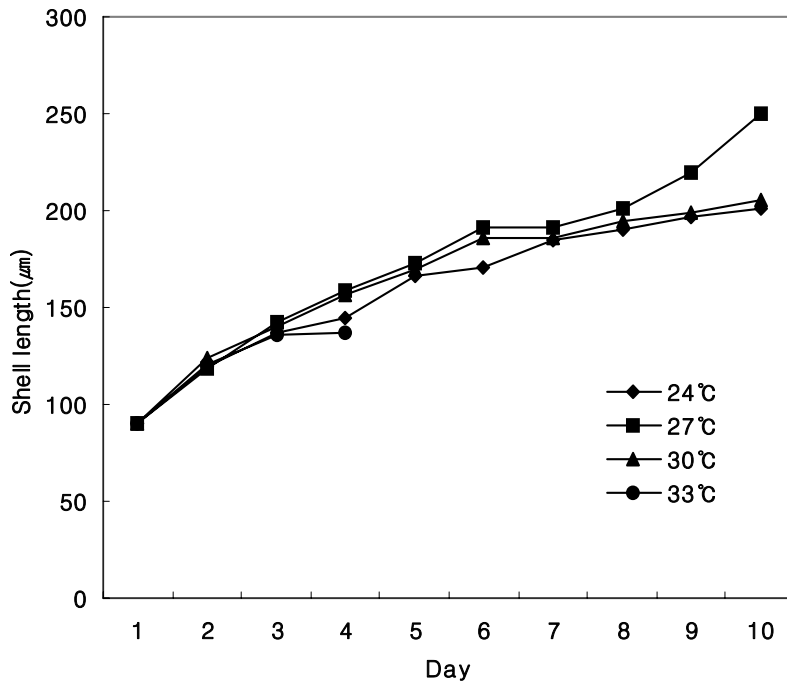


Fig. 47. Effect of seawater temperature on growth and survival of *Protothaca jedomensis* larvae.

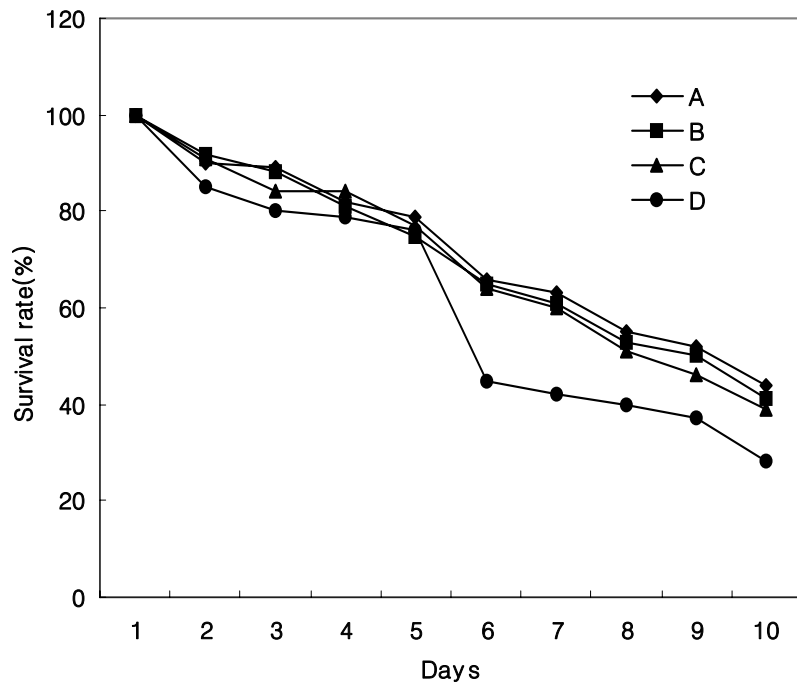
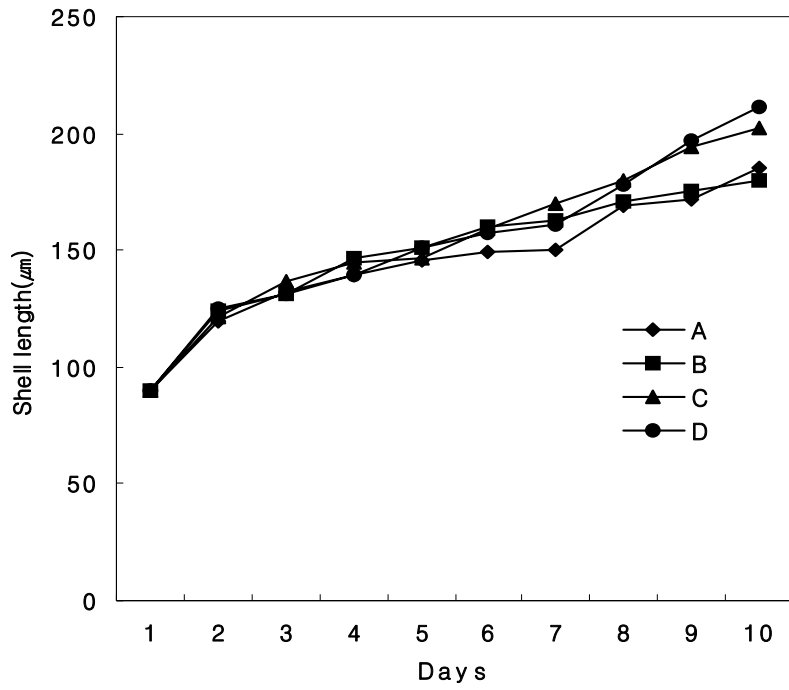


Fig. 48. Effect of stocking density on growth and survival of *Protothaca jedoensis* larvae.

A ; 2 indiv./ml B ; 4 indiv./ml C ; 6 indiv./ml D ; 8 indiv./ml.

3.3.3 먹이종류별 유생사육 조사

먹이멸 유생사육 실험에서는 I, P, C의 단독실험구에서는 C 단독실험구를 제외하고 성장 및 생존률의 차이는 적었으나 I+P+C에서 각장 239 μ m, 생존율 37%로 성장대비 생존율이 가장 높게 나타났다(Fig. 49). 실험종료시 각장에서 C 단독실험구는 223 μ m, I 단독실험구는 202 μ m로 성장을 하였고 P 단독실험구에서 200 μ m를 나타내 C 단독실험구의 경우 혼합실험구보다는 낮지만 단독실험구 중 가장 높은 성장률을 나타내었다. 각각의 실험구에서 각고성장은 각장의 성장과 비슷하여 C는 201 μ m, I는 190 μ m로 성장을 하였고 P는 185 μ m, I+P+C의 혼합 먹이 공급구는 208 μ m로 성장하였다. 생존률에 있어서는 전구간 37~44%의 생존율을 나타내었으며, 그 중 C 단독실험구가 44%로 가장 높은 생존률을 나타내었다. 반면 높은 성장을 나타낸 혼합실험구와 I 단독실험구에서 37%의 가장 낮은 생존률을 나타내었다. 본 실험의 결과 성장은 I+P+C, C, I, P 순으로 성장하였으며, 생존률은 큰 차이를 보이지 않으므로 본 실험 결과 혼합하여 급이하는 것이 유생 사육시 가장 양호 한 것으로 나타났다.

3.3.4 먹이농도별 유생사육 조사

각 실험구간별 각장의 성장을 보면 0.5 $\times 10^4$ cells/ml 실험구에서는 194 μ m, 1 $\times 10^4$ cells/ml 실험구에서는 218 μ m, 2 $\times 10^4$ cells/ml 실험구에서는 200 μ m 그리고 4 $\times 10^4$ cells/ml 실험구에서는 184 μ m의 성장을 보임으로써 1 $\times 10^4$ cells/ml 에서 가장 좋은 성장을 보였으며, 4 $\times 10^4$ cells/ml 에서 가장 낮은 성장을 보였다. 생존율의 경우 1 $\times 10^4$ cells/ml 실험구가 45%로 가장 높은 생존율을 보였고, 4 $\times 10^4$ cells/ml 실험구에서는 11%로 가장 낮은 생존률을 나타내었다(Fig. 50). 위의 실험의 결과에 따라 1 $\times 10^4$ cells/ml 의 먹이 농도로 급이 하였을 때 생존율 및 성장이 가장 양호하였다.

3.3.5 채묘방법 및 치패사육 조사

1) 채묘방법 조사

성숙유생을 대상으로 사락질, 사질, 사니질, 펄, 파관, 물러가제에 채묘하여(Fig. 51) 30일후 성장률과 생존율을 조사한 결과, 사락질이 487 μ m으로 가장 성장이 좋았고, 사질 403 μ m, 평판 346 μ m, 사니질 344 μ m, 물러가제 224 μ m의 순의 성장을 보였다. 생존율도 사락질이 14%로 가장 생존율이 좋았고, 사질9%, 사니질 5%, 파관 2%, 물러가제 1%,순으로 나타났고 펄질은 전량 폐사하였다. 성장률과 생존율 모두 바닥에 모래질에서 높은 것으로 나타났다(Fig. 52).

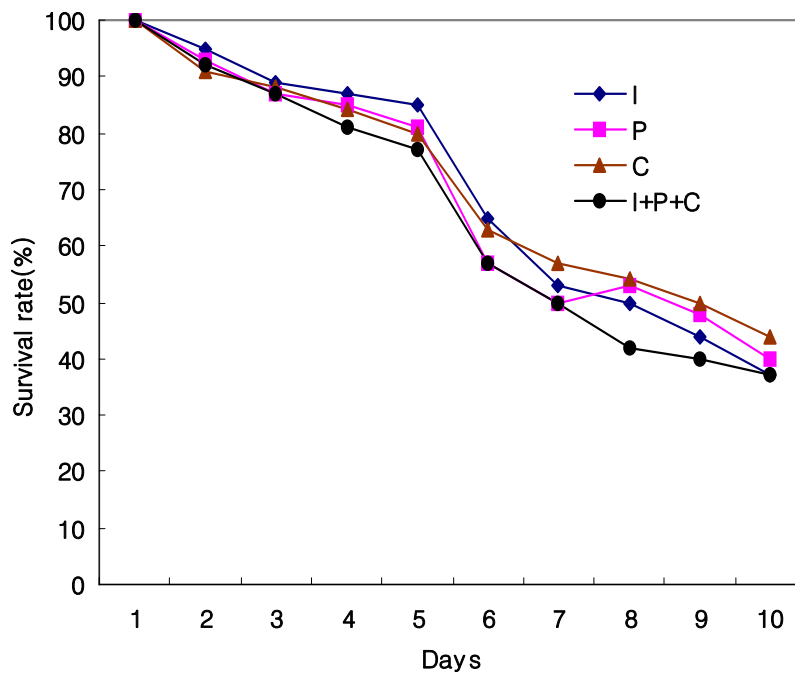
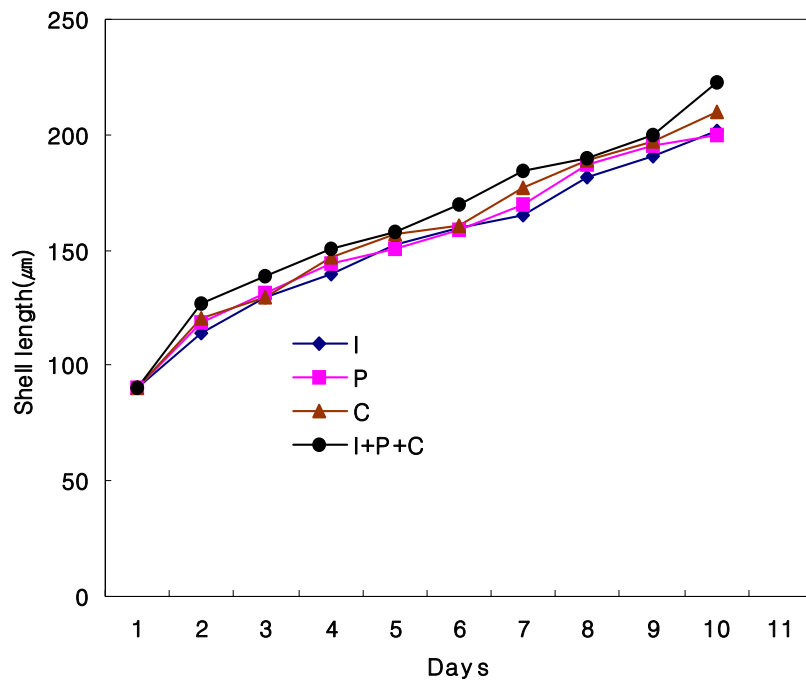


Fig. 49. Effect of food organisms on growth and survival of *Protothaca jedomensis* larvae.

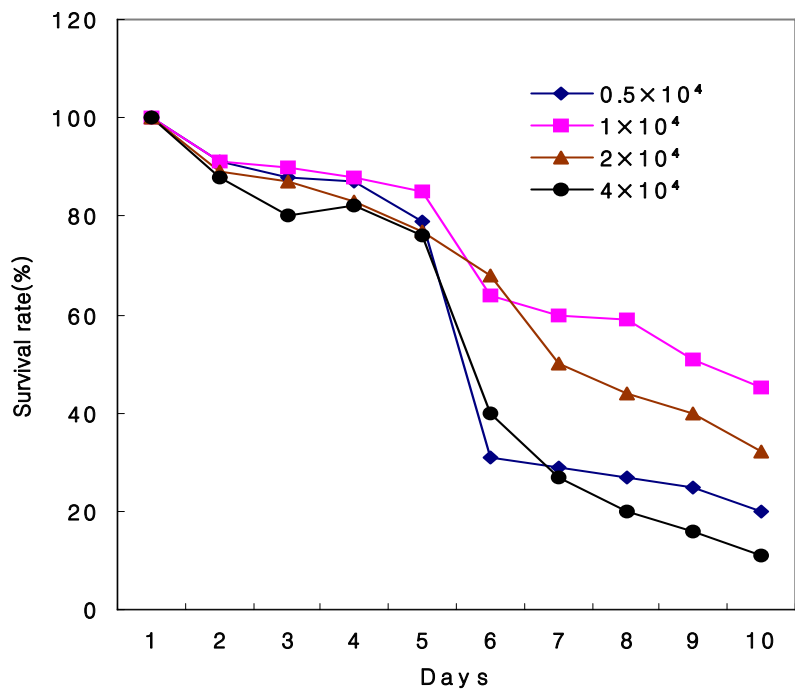
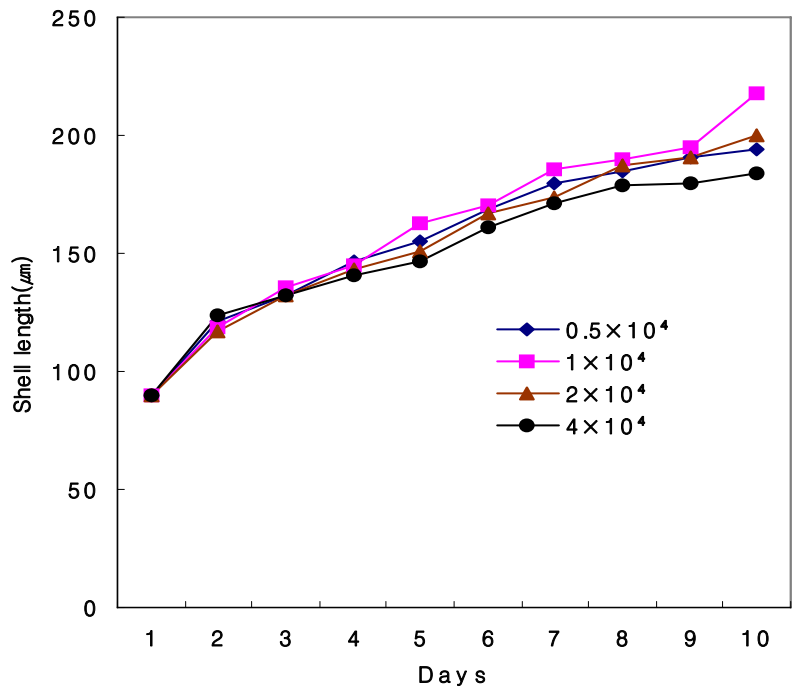


Fig. 50. Effect of food density on growth and survival of *Protothaca jedoensis* larvae.

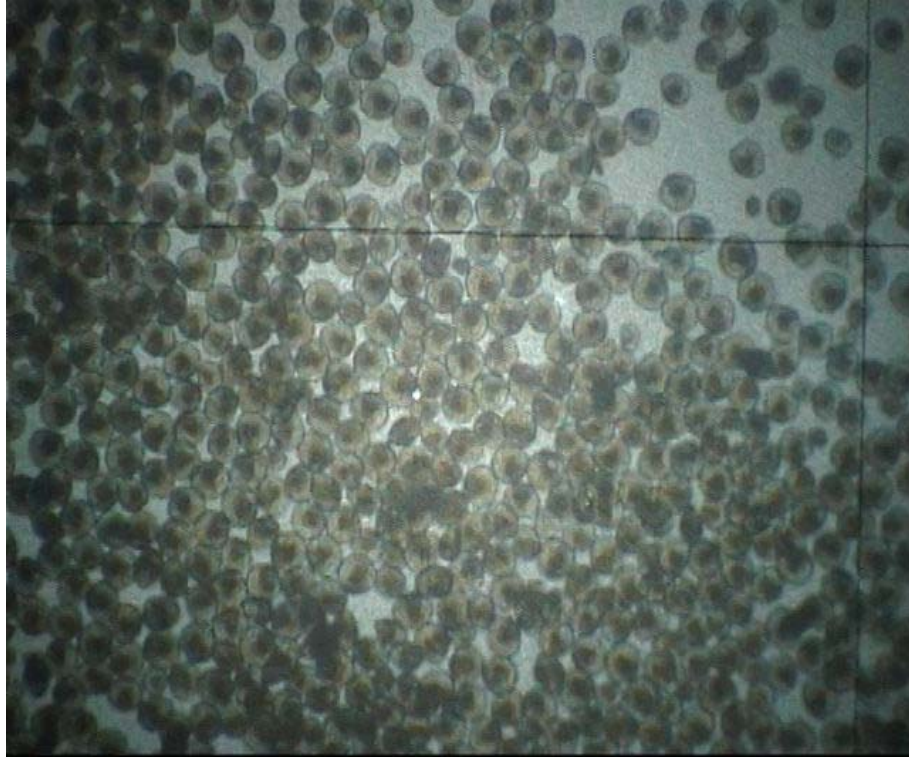


Fig. 51. Photograph of late umbo and settled larvae of *Protothaca jedoensis*.

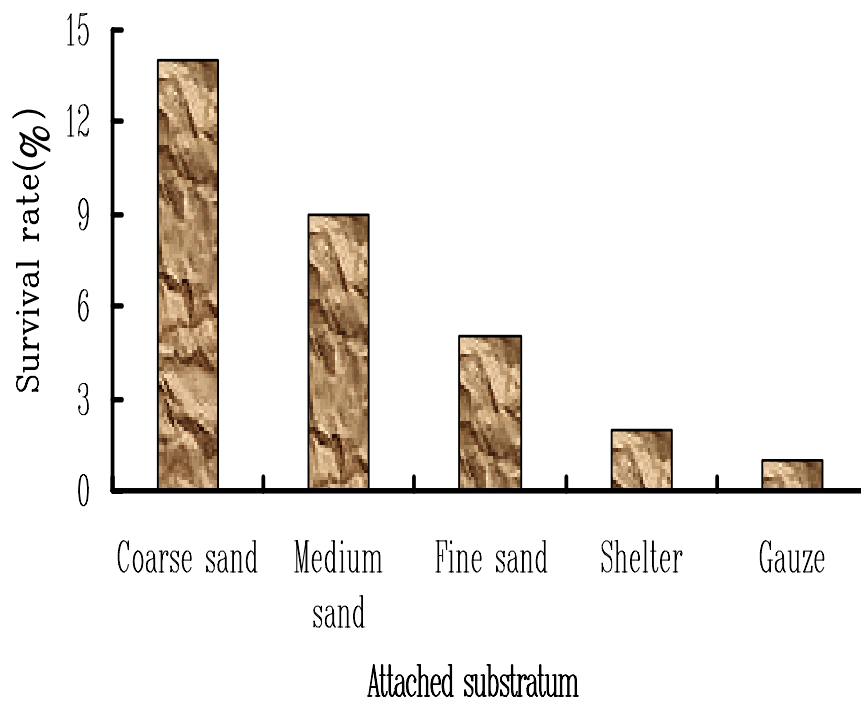
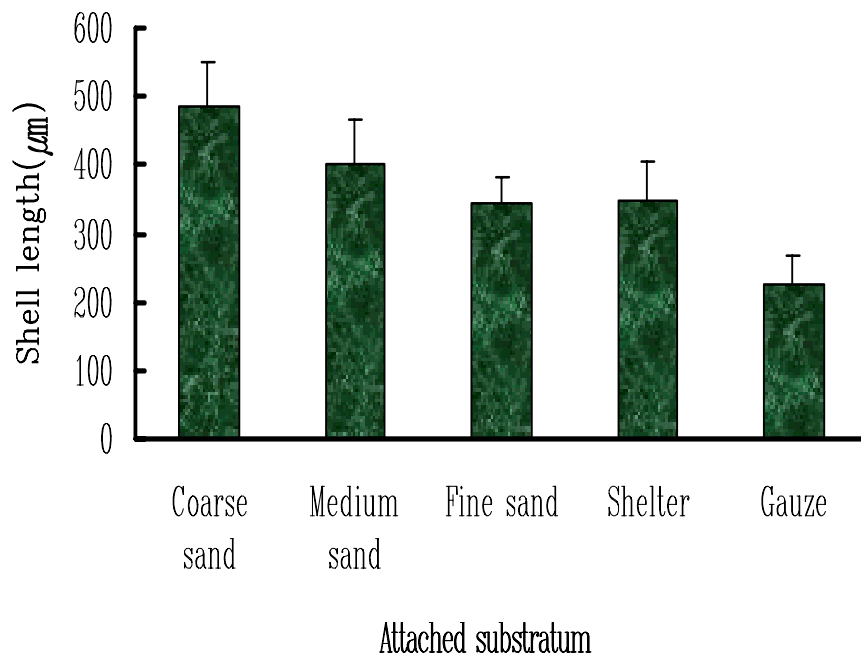


Fig. 52. Effect of spat collection method on growth and survival of *Protothaca jedoensis* spat(30 days after collection).

2) 치패사육 조사

가) 먹이별 조사

식물먹이생물 4종과 혼합 공급에 따른 치패의 성장과 생존율은 *Isochrysis galbana* 가 $1643\mu\text{m}$ 으로 가장 빠른 성장을 보였으며, 다음으로 혼합구 $1593\mu\text{m}$, *Chaetoceros calcitrans* $1521\mu\text{m}$, *Monochrysis lutheri* $1302\mu\text{m}$ *Paolova lutheri* $736\mu\text{m}$ 의 순의 성장을 보였다. 생존율도 *Isochrysis galbana* 가 80%으로 가장 좋은 생존율을 보였으며, 다음으로 혼합구, *Chaetoceros calcitrans*, *Monochrysis lutheri*, *Paolova lutheri* 순의 생존율을 보였으며, *Monochrysis lutheri*, *Paolova lutheri* 는 40% 이하로 낮은 생존율을 나타내었다(Fig. 53).

나) 먹이농도별 조사

식물먹이생물 농도별에 따른 치패의 성장과 생존율은 $1 \times 10^4/\text{ml}$ 가 $1636\mu\text{m}$ 로 가장 빠른 성장을 보였으며, 다음으로 2×10^4 , 4×10^4 , $0.5 \times 10^4/\text{ml}$ 순의 성장을 보였다. 생존율도 $1 \times 10^4/\text{ml}$ 가 75% 가장 좋은 생존율을 보였으며, 다음으로 2×10^4 , 4×10^4 , $0.5 \times 10^4/\text{ml}$ 순의 생존율을 보였으며, $0.5 \times 10^4/\text{ml}$ 는 40% 이하로 낮은 생존율을 나타내었다(Fig. 54).

3.3.6 대량유생 및 치패사육

1) 대량유생사육

각 실험의 성장율을 보면 1차사육(20°C)에서는 7일째에 $130\mu\text{m}$ 로 성장하여 14일째에 $161\mu\text{m}$ 로 성장하였고, 2, 3 차사육(20°C)에서는 $155, 159\mu\text{m}$ 로 성장하여 17일째에 $245\mu\text{m}$ 로 성장하였다. 생존율은 1차 사육(20°C)에서는 사육 7, 8일째에 유생의 각장이 $130\mu\text{m}$ 정도에서 감소가 일어나기 시작하여 사육 14일째에 각장 $161\mu\text{m}$ 에 거의 전량 폐사하여 실험을 종료하였고 2, 3차 사육(25°C)에서는 폐사가 일어나다 사육 8, 9일째부터 완만한 생존율을 보여 17일째에 45%의 생존율을 나타내었다(Fig. 55).

2) 대량치패사육

2004년 7월 29일에 $250\mu\text{m}$ 의 크기에서 모래질에 채묘한(Fig. 56) 치패의 성장은 9월에 1.3mm 로 빠른 성장을 보였으나 그후로 일정한 성장을 하였으나 2005년 5월에 5.8mm 로 빠른 성장을 보였다. 치패의 각장에 대한 각고의 상대성장은 $\text{SH} = 0.8923\text{SL} + 0.0166$ ($R^2 = 0.995$)였다(Fig. 57). 2005년 6월 30일에 $239\mu\text{m}$ 크기의 성숙기 유생에 채묘한 치패의 성장은 7월에 $445\mu\text{m}$, 8월에 $989\mu\text{m}$ 로 빠른 성장을 보이기 시작하여 9월에 1.6mm 의 성장을 보였다. 살조개 치패의 성장은 착저후 초기치패 일때 빠른 성장을 보이며 겨울에 완만한 성장을 하다 수온이 높은 시기에 다시 빠른 성장을 보이는 것으로 사료된다(Fig. 58).

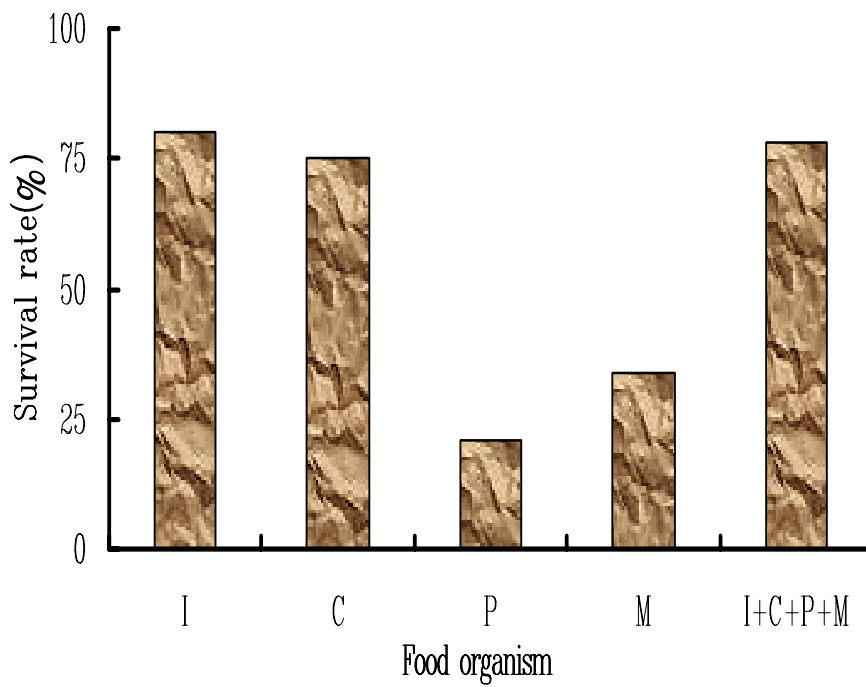
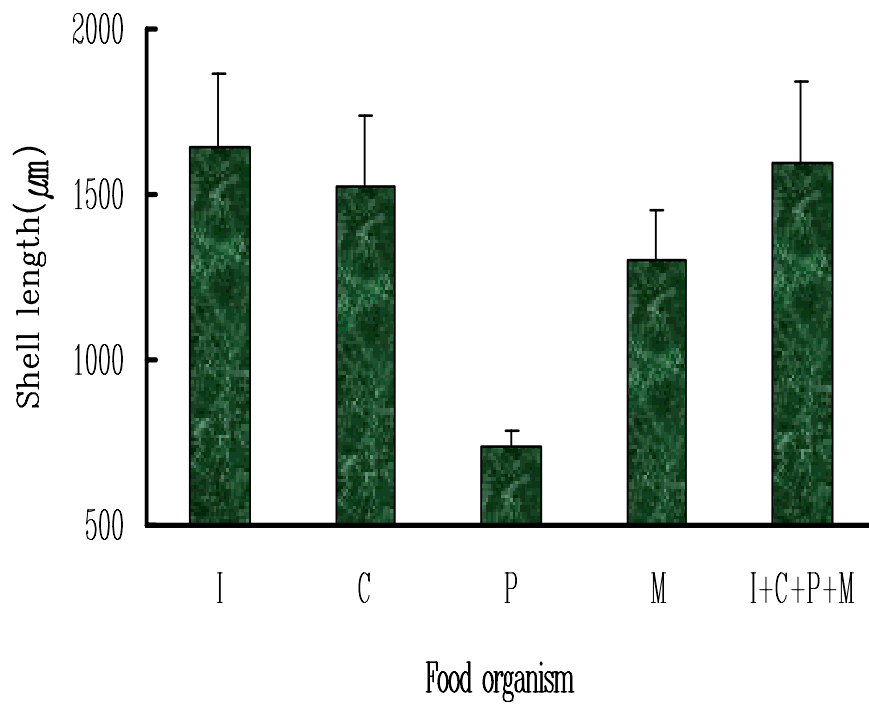


Fig. 53. Effect of food organism on growth and survival of *Protothaca jedomensis* spat.

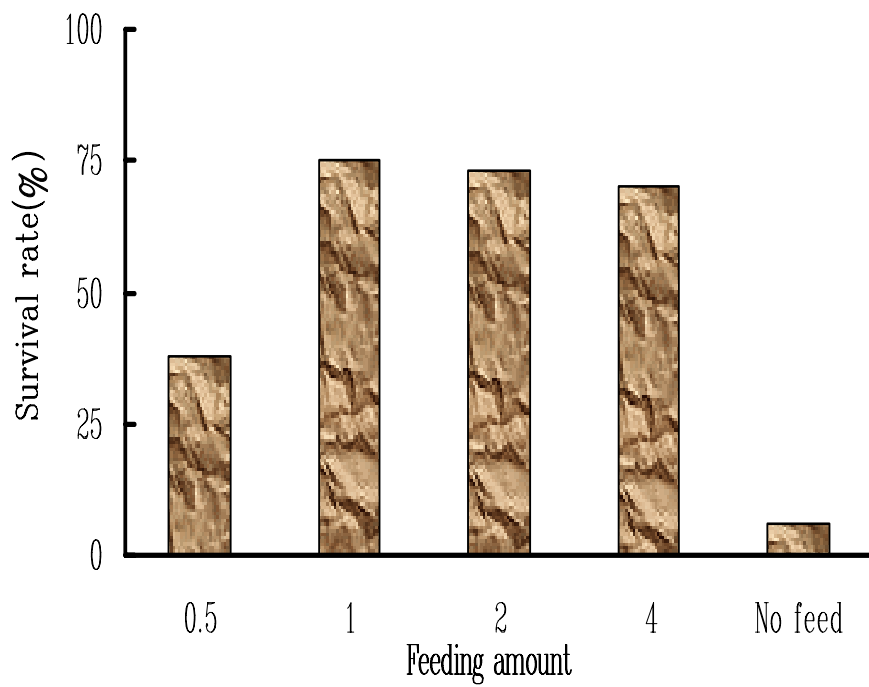
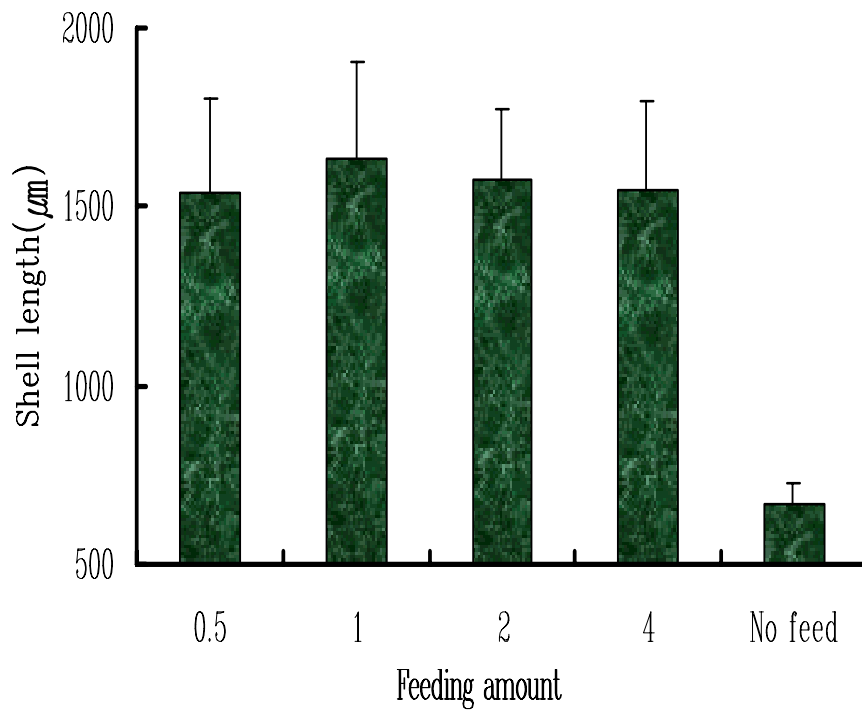


Fig. 54. Effect of food density on growth and survival of *Protothaca jedomensis* spat.

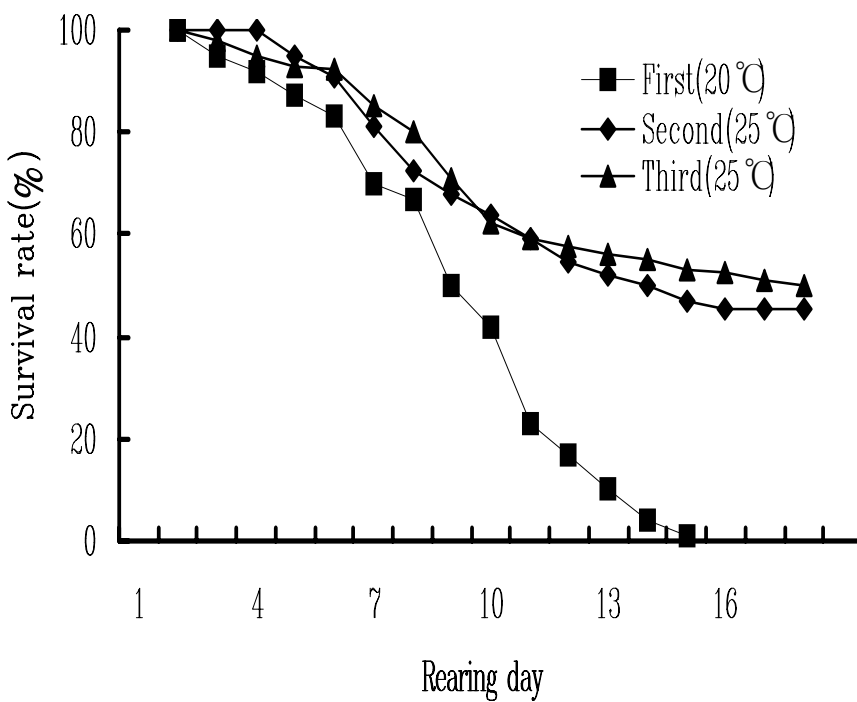
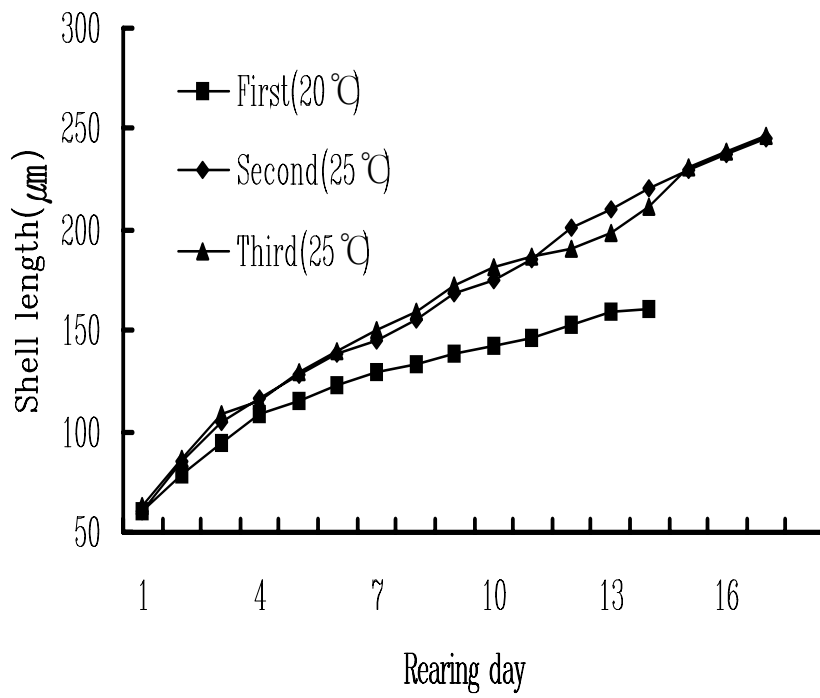


Fig. 55. Effect of seawater temperature on growth and survival of *Protothaca jedomensis* larvae.



Fig. 56. Photograph of setting for seed collection.

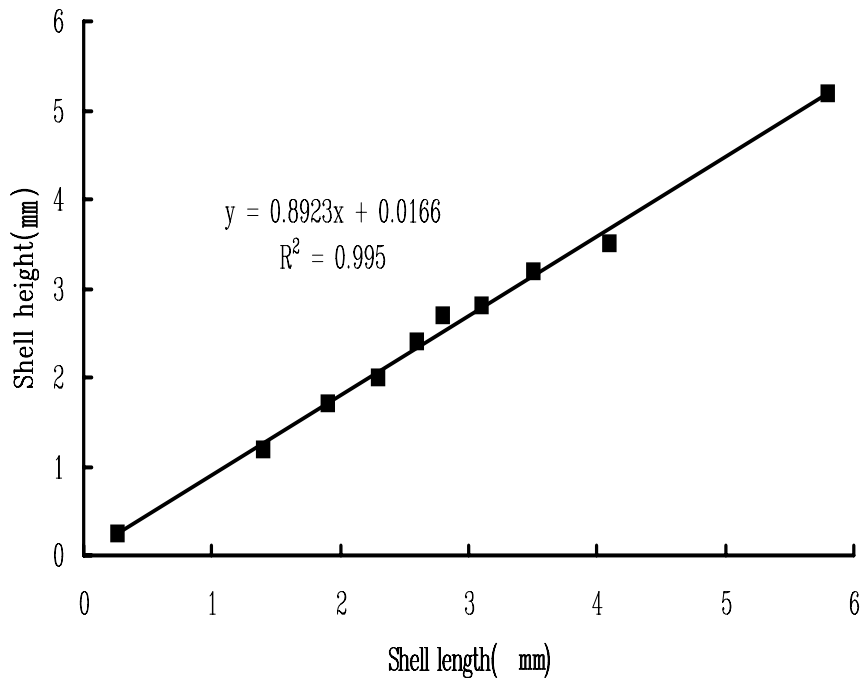


Fig. 57. Relation comparison between shell length and shell height of *Protothaca jedoensis* spat.

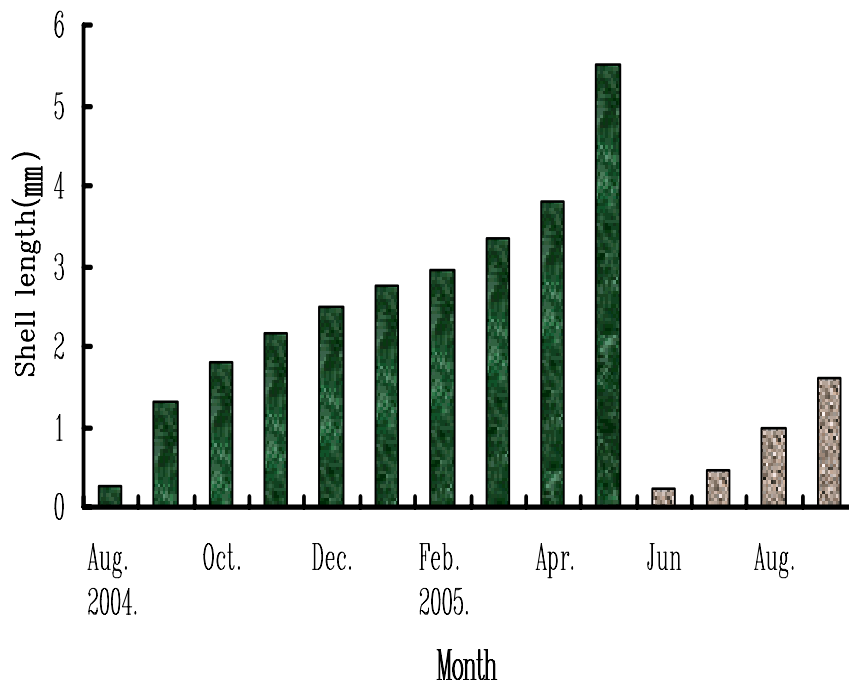


Fig. 58. Growth of *Protothaca jedoensis* spat.

4. 고 찰

살조개의 성장기 및 성숙기로 예상되는 3월~4월에 자연산의 암수모두 각장의 크기가 38.2mm 이상 크기의 3년생이상의 모패를 확보하여 20℃로 모패사육을 한 결과 5월 17일에 양질의 수정란을 얻을 수 있었다. 따라서 모패 확보시기는 3월~4월이 좋을 것으로 판단된다.

저질선택성은 초기에는 사락질과 사질에 잠입율이 높았으나 후기에는 사락질과 니질로 높게 나타나 환경의 적합성에 따라 잠입과 이동을 반복하는 것으로 나타났고, 생존율은 별다른 차이는 없고 저질의 유무에 따라 다르게 나타났으며, 잠입율은 저질입자가 작을수록 잠입깊이는 낮아지는 경향으로 보아 저질의 입도조성에 따라 잠입깊이와 크기, 잠입율에 영향을 받는 것으로 판단된다.

생식소의 조직학적 관찰, 난소에 대한 소낭의 비, 난소에 대한 난모세포의 비를 통한 성숙도 관찰실험결과는 22℃이상으로 사육관리 하였던 모패가 5월초에 수치가 가장 높은 것으로 보아 22℃ 수온구간으로 사육한 것이 자연수온으로 사육한 구간보다 성숙단계가 빨라 수온이 조기 산란을 위한 성성숙 요인으로 작용하는 것으로 판단되며, 피조개의 가온사육에서도 같은 결과를 보여(남해수산연구소 연구보고, 2004) 이때패류에서는 수온이 성성숙 요인으로 적용되는 것과 일치하는 경향을 보였다.

산란유발은 생산성을 높이는데 필요한 선결과제로 수온, 간출, 정자현탁액, 자외선조사해수, 약품(H₂O₂, NH₄OH, serotonin), 절개법(암모니아첨가해수) 등의 물리, 화학적방법을 통한 산란유발 자극방법을 사용한 결과 20~30개씩을 넣은 산란유발실험은 serotonin자극실험 이외의 모든 실험구간에서 산란하지 않았다. 그러나 대량으로 군집을 이룬 수온자극실험에서는 산란이 가능하였고, 이 방법에 serotonin 자극 산란유발을 병행했을 때 더 좋은 산란유발 결과를 얻을 수 있었다. 또한 일본국의 “수족번식학” 문헌에서 바지락을 절개하여 알과 정자에 암모니아 첨가해수를 넣었을 때 난의 성숙을 활성화 시켜 수정이 가능하다는 자료가 있어 이 방법도 이용해 보았으나 수정시킬 수가 없었다. 따라서 살조개의 산란유발자극방법은 대량의 개체를 수용한 수조에 수온자극과 약품방법 중의 serotonin 자극을 병행하는 것이 가장 효과적일 것이라고 판단된다. 살조개의 산란량 측정은 개체를 별도 수용한 것과 다량의 개체를 산란시켜 암수비로 환산시켜 측정한 결과 20만개체로 추정된다. 살조개의 수온 자극실험에서 특이하게 15일 주기의 조금시기에 산란을 하는 경향이 많았으므로 이것이 살조개만의 종 특이성인지 다른 종에서도 이 시기에 산란하는지에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구에서 사용한 살조개의 수정란이 D형 유생으로 발생할 때까지 생존한 수온은 15~30℃로 15℃가 30℃에 비해 약 1.5배의 발생시간이 소요되어 수온이 높을수록 각 발생단계에 이

르는 시간이 짧아지는 경향을 보임으로써, 수온과 난발생 속도는 높은 정상관 관계가 있음을 알 수 있었다. 이는 온도가 상승할수록 대사활동도 같이 증가하기 때문인 것으로 판단된다 (Heasman et al., 1996). 살조개의 초기발생은 수정후 2일째에 D상으로 변태하였는데 이는 가무락의 경우 20~23시간(小野, 1972), 참담치(유 등, 1993b) 및 북방대합(이, 1996)의 수온 15°C에서 2일이 걸린것과 유사하였다.

또한, 살조개의 난발생 속도는 온도가 낮을수록 느려지면서 난분할 상태나 발생배의 외형은 정상적인 반면, 수온이 높을수록 발생속도는 빨라지면서 기형율과 폐사율이 높았다. Dos Santos and Nascimento (1985)는 mangrove oyster의 수정란을 수온 20°C, 25°C 및 30°C에 수용한 결과 30°C에서 정상적인 발생배의 생존율이 평균 $1.7 \pm 2.35\%$, 가리비(Heasman et al., 1996)의 경우에도 D형 유생을 15~27°C에서 사육하였을 때, 온도가 높을수록 생존율이 감소하였으며 본 연구 결과도 유사하게 나타났다.

조개류 유생기의 성장에 미치는 중요한 요인으로 수온, 먹이생물, 유생밀도 및 조도 등을 들 수 있으며, 그 중에서도 수온은 성장을 지배하는 가장 중요한 요인으로 수온에 따라 먹이생물의 섭취량이 달라진다(Loosanoff and Davis, 1963). 또한 일반적으로 낮은 수온에서는 성장과 발달이 늦으나 높은 수온에서는 폐사율이 증가한다(O'Connor and Heasman, 1998). 본 연구에서는 25°C와 30°C에서의 유생의 성장이 15°C와 20°C에 비해 빠른 성장을 보였다. 또한, 생존율에서는 30°C구간에서 가장 높은 생존율을 보여 높은 수온에서는 폐사율이 증가한다는 보고(O'Connor and Heasman, 1998)와는 다소 다른 경향을 보였다. 또한, 바지락의 적정수온 20°C에 비해 살조개는 적정수온이 더 높은 결과를 보였다(남해수산연구소 연구보고, 2004). 이와 같이 수온은 살조개의 대사율과 생존에 직접적으로 영향을 주는 것으로 판단되며, 건강한 인공종묘의 대량생산을 위해서는 발생초기 다양한 범위에서 수온의 영향을 파악하는 것이 중요한 것으로 사료된다.

패류에서 적정 사육밀도에 대한 실험은 참굴(Breese and Malouf, 1977; Min, 1998; Kim, 1996), 코끼리조개(Lee, 1995), 해가리비(Son, 1997), 참담치(유 등, 1993b)등 여러 종에서 보고된 바가 있다. 이들 결과에서 종에 따라 적정 사육밀도는 다소 다르게 나타나고 있으나 일반적으로 사육밀도가 낮을수록 성장은 빠른 경향을 보이고 있지만 대부분의 종에서 성장률과 생존율 등을 비교하여 경제성을 고려하였을 때 5 indiv./ml의 밀도로 사육하는 것이 가장 바람직하다고 보고하고 있다. 본 종에 대한 실험에서는 2~8 indiv./ml까지의 구간에서 큰 성장차이를 보이지는 않았으나, 8 indiv./ml의 구간이 다른 구간에 비해 빠른 성장을 나타내었다. 생존율에서는 2~6 indiv./ml의 구간에서 비슷한 수준을 보이며 2 indiv./ml의 구간이 가장 높은 생존율을 보였다. 그러나 4~6 indiv./ml의 구간이 성장률과 생존율에 있어 양호한 상태를 보여 살조

개, *P. jedonsis* 유생의 사육 밀도는 4~6 indiv./ml 개체가 유생 사육 밀도로 가장 적합한 것으로 판단되며, 위에서 언급한 보고와 유사한 양상을 보였다.

조개류의 인공 종묘생산을 위해서는 식물 먹이생물의 확보가 중요하며(Epifanio, 1979), 조개류의 먹이로는 *Chaetoceros calcitrans*, *Pavlova lutheri* 및 *Isochrysis galbana*가 많이 이용되고 있다(Marty eta al., 1992). 참굴, *Crassostrea gigas* 및 *C. rhizophorae* 등은 *I. galbana*를 먹이로 사용했을 경우 양호한 결과를 얻었으며(Helm and Laing, 1987), Enright et al(1986)도 조개류 유생사육시 *P. lutheri* 및 *I. galbana*는 초기먹이로서 우수한 먹이라고 보고 하였다. 또한 유 등(1993a)에 의해 피조개 유생사육에서도 *C. calcitrans*, *I. galbana*를 공급한 실험구가 *P. lutheri*와 *Chlorella sp.*를 공급한 실험구보다 생존율에서 좋은 효과를 보여주었다. 본 연구에서도 생존율에서는 크게 차이는 보이지 않으나, 성장률에서는 혼합구가 가장 성장률이 높게 나타났다. 그리고 종류별로는 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 의 순으로 성장률이 나타났다. 따라서, *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*를 기본으로 하는 먹이생물을 혼합 급이 하는 것이 성장률 및 생존율이 가장 좋을 것으로 사료된다.

먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이 사육한 결과는 1×10^4 , 2×10^4 /ml 구간 순으로 성장률 및 생존율이 좋게 나타났다. 따라서 살조개 종묘생산의 먹이농도별 투여량은 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 가 가장 좋을 것으로 판단된다.

사라질, 사질, 사니질, 니질, 물러가제, 파판에 채묘하여 30일간 사육한 결과 사라질 $487 \mu\text{m}$, 사질 $403 \mu\text{m}$, 파판 $346 \mu\text{m}$, 사니질 $344 \mu\text{m}$, 물러가제 $224 \mu\text{m}$ 순으로 성장률을 나타냈으며 니질은 전량 폐사하였다. 생존율도 사라질 14%, 사질 9% 순으로 성장율과 같은 경향을 나타내었다. 이 결과는 북방대합에서의 결과와 유사하지만(Lee et al., 2002), 바지락에서는 생존율은 모래질이 좋고 성장률은 파판에서 좋다는 결과와는 상이하게 나타났다(남해수산연구소 연구보고, 2004). 모래질이 이동이 어렵고 표면적이 넓어짐으로서 폐사도 적고 성장이 잘된 것으로 판단되며, 니질이 폐사한 것은 안정된 공간 확보가 어렵고 사육시 저질오염 등으로 폐사한 것으로 사료된다. 살조개와 같이 비부착성조개는 저질바닥이 초기성장과 생존에 미치는 영향이 크므로 모래질 중에서도 공간확보가 좋은 재질을 이용하는 것이 좋다고 사료된다.

성숙부유유생 $250 \mu\text{m}$ 을 사질에 채묘하여 안정된 $500 \mu\text{m}$ 의 치패를 30일간 사육한 결과 *Isochrysis galbana* $1643 \mu\text{m}$, 혼합구 $1593 \mu\text{m}$, *Chaetoceros calcitrans* $1521 \mu\text{m}$ 순의 성장률을 보였고, 생존율도 80, 78, 75%의 순으로 성장률과 같은 경향을 보였다. 이결과는 유생사육시와 마찬가지로 *Isochrysis galbana* 와 *Chaetoceros calcitrans*를 혼합 급이 하는 것이 성장률 및 생존율이 가장 좋을 것으로 사료된다. 이 결과는 북방대합에서의 *Isochrysis galbana* 가 가장 성장이 좋다는

결과가 같은 경향을 보였다(Lee et al., 2002).

먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이 사육한 결과는 1×10^4 , 2×10^4 /ml 구간 순으로 성장률은 1636, 1572 μ m로 나타났고, 생존율도 1×10^4 /ml가 75%로 가장 좋아 유생사육과 같은 결과를 나타내었다. 따라서 살조개 치패사육의 먹이농도별 투여량은 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 가 가장 좋을 것으로 판단된다.

치패의 성장을 보면 자연수온에 사육한 결과 초기성장은 빠른 편이지만 겨울철에 늦은 성장을 보이다 봄에 접어들면서 빠른 성장을 보이기 시작하여 5월에 5.2~5.8mm의 성장을 보였다. 이와 같은 결과를 토대로 할 때 살조개의 성장은 인공적인 먹이를 공급하는 것은 한계가 있어 채묘 후 자연서식환경에 방류하는 것이 성장에 도움이 되리라고 판단된다.

이상의 결과를 종합해 보면, 살조개의 모패관리는 성장기 및 성숙기로 예상되는 3월~4월에 자연산의 암수모두 각장의 크기가 38.2mm 이상 크기의 3년생 이상의 모패를 확보하여 성성숙 요인으로 수온을 22 $^{\circ}$ C 이상으로 관리하면 성성숙이 가능하여 조기 산란이 가능할 것이다. 산란 유발은 대량의 개체를 수용한 수조에 수온자극과 약품방법 중의 serotonin 자극을 병행하는 것이 가장 효과적이었고 살조개의 산란량은 20만개체였으며, 난 발생에 미치는 환경요인으로는 수온 15~30 $^{\circ}$ C, pH 7~9, 염분 30~40‰에서 정상적으로 발생가능 조건이었다.

유생사육 조건은 수온은 24~27 $^{\circ}$ C, 수용밀도는 4~6개체이고, 적정먹이생물은 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*로 나타났으며, 먹이 농도는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans* 를 혼합하여 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 로 투여하는 것이 가장 효과적인 것으로 조사되었다.

채묘기질로서는 사략질과 사니질로 조사되었고, 치패사육 조건은 수온은 24~27 $^{\circ}$ C, 수용밀도는 5개체/cm³이고 먹이생물은 *Isochrysis galbana* 와 *Chaetoceros calcitrans*로 조사되었고 농도는 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 로 조사되었다.

대량 유생 및 치패사육은 살조개 유생을 5톤 사각수조에 수용하고 1 μ m 여과 및 자외선 살균 처리한 해수를 사용하여 먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella ellipsoidea*를 혼합하여 $1 \sim 5 \times 10^4$ /ml 급이하면서, 수온 25 $^{\circ}$ C에서 사육하면 17일째에 245 μ m 이상으로 성장하고 250 μ m의 침착기 시점에서 모래질에 채묘하여 사육하면 5.2~5.8mm의 살조개 치패를 얻을수 있을 것으로 사료된다.

제 5 절 양식적응성 검토

1. 서 론

조개류와 같은 저서동물의 생산성은 수심, 수온, 염분, 용존산소, 유기물질, 탁도, 퇴적상 등과 같은 환경요인에 크게 영향을 받는다(Lim *et al.*, 1992). 이들 환경요인 중 수온은 조개류의 생식주기를 지배하는 가장 중요한 요소로 알려져 있어 조개류의 발생, 유생 및 치패의 사육, 대사율과 성장률에 대한 수온의 영향에 대한 연구(Ventila, 1982) 등이 있다.

살조개, *Protothaca jedoensis*는 서남연안에서 기호도가 높은 유용수산자원으로서 서식생태가 작은 돌들이 섞인 모래질에 서식하는 특성이 있고, 맛도 우수하므로 앞으로 새로운 양식대체품종뿐만 아니라 양식대체어장의 개발에도 유용한 가치가 기대되는 종이다(kim *et al.*, 2002). 그러나, 살조개는 일반적으로 백합과에서 가장 근연종인 반지락과 혼생하는 경우가 많으며(Kim, 2002; Jeong *et al.*, 2004a,b), 현재는 자원평가는 물론 어획량도 조사되는 않는 상태에서 자연서식지에서 반지락 채취시 무계획적으로 채취됨으로써 자원량 감소를 초래하고 있고 양식에 대한 기술개발도 확립되어 있지 않아 자원감소는 더욱 가중될 위험에 있어 인공종묘생산기술개발의 연구가 진행되고 있으나, 살조개의 종보존, 자원조성과 관리를 위한 치패의 적정방류기준과 저서생태에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 패류양식의 활성화를 위해 양식대상종으로 개발가능성이 높은 살조개종보존 및 자원증강의 목적으로 인공종묘생산으로 생산된 치패를 방류할 적지의 환경조건과 방류 크기를 조사하여 방류기술을 확립하는데 이용할 수 있는 기초자료를 얻고자 살조개 치패의 저질잠입률 및 생존율 조사와 치패크기에 따른 저질 잠입깊이를 조사하였고 치패를 육상사육과 자연서식지에서 사육한 성장을 비교하여 양식적응성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 저질선택성 및 생존율 조사

인공종묘생산하여 사육 후 착저한 살조개, *P. jedoensis* 치패를 이용하여 2005년 9월 6일부터 9월 8일까지 3일 동안 전남 여수시 돌산읍 수산증양식연구센터에서 저질선택성 및 잠입율을 실험하였다. 실험에 사용한 살조개, *P. jedoensis* 는 평균 각장 3.46mm 였으며(Table 35), 입도조성별 선택성과 잠입율을 알아보기 위하여 원통형수조(Ø 85mm)에 각각 니질(A구, 0.008~0.031 mm), 사니질(B구, 0.0625~0.25mm), 사질(C구, 0.25~0.5mm), 사락질(D구, 0.5~2mm) 및 저질이 없는

실험구(E구)를 채워 이용하였으며 저질의 깊이는 100mm 되도록 각각 분주하였다(Fig. 59, 60).

저질별 수조에 살조개, *P. jedoensis* 치패를 각각 20마리씩 분주 한 후 72시간 동안 저질 선택성과 잠입율을 조사하였다. 생존율은 실험 종료 후 치패를 저질과 분리하여 실체현미경 (Olympus CH40)으로 생존개체를 계수하여 조사하였다. 또한, 해수의 용존산소와 폐사에 의한 수질 변화를 방지하기 위하여 5 l/min 로 주수하였고, 수온은 자연수온상태였으며, DO는 6~8 mg/l 로 유지하였고, 먹이는 공급하지 않았다. 모든 실험은 3반복하여 실험하였다.

Table 35. Mean shell length of *Protothaca jedoensis* spat in each experimental tank with different grain size.

Sediment	Mean shell length	Individual
Mud	3.83±.34	20
Fine sand	3.24±.44	20
Medium sand	3.43±.49	20
Coarse sand	3.51±.44	20

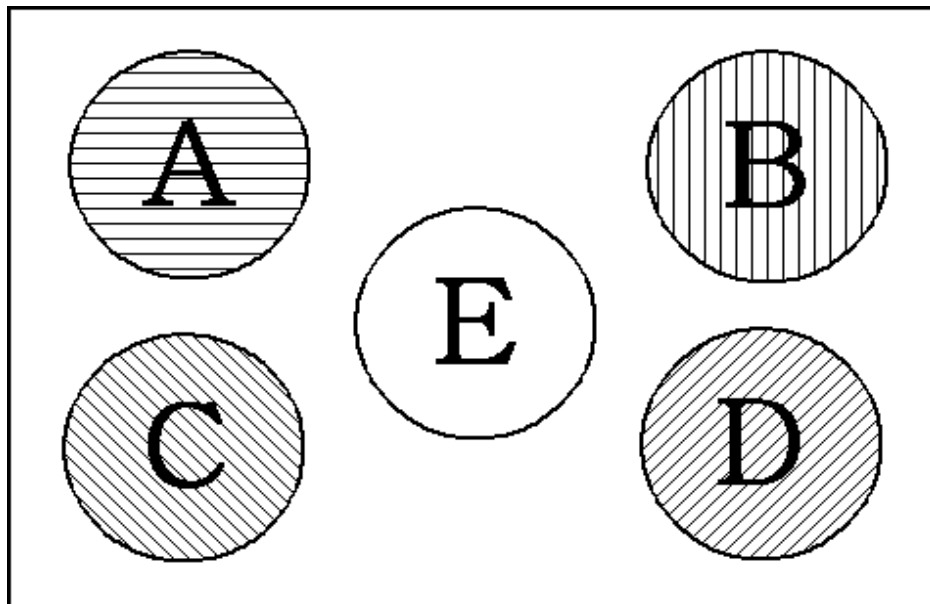


Fig. 59. Schematic diagram for burrowing behavior of *Protothaca jedoensis* on the various sediment size.

A: 0.5~2mm; B: 0.25~0.5mm; C: 0.0625~0.25mm; D: 0.008~0.031mm; E: Blank.

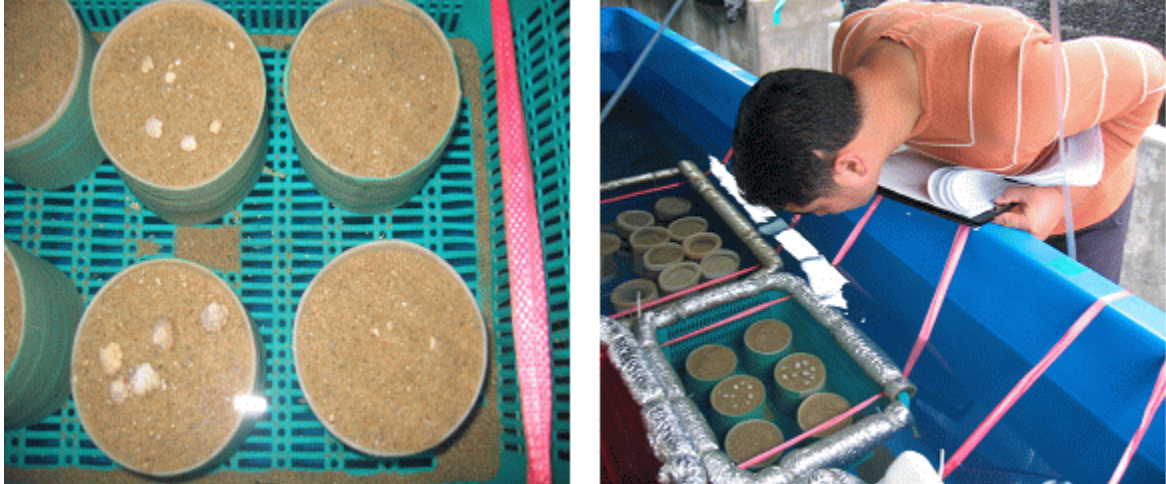


Fig. 60. Photograph of experimental tank.

2.2 잠입에 대한 수직분포 조사

살조개 *P. jedoensis* 치패의 크기별 잠입능력과 저질잠입에 대한 수직분포를 조사하였다. 실험에 쓰인 수조는 지름 85mm의 원통형 수조로 높이 10mm 마다 분리될 수 있도록 제작하였다. 저질은 잠입을 조사에서 생존율이 가장 높았던 사니질(0.0625~0.25mm)을 사용하였으며, 각 수조 별로 치패 각장에 따라 1~3mm(A), 3mm~5mm(B), 5~10mm(C), 10~12mm(D) 4구간을 설정하였다. 각 수조에 살조개, *P. jedoensis* 치패를 10마리씩 수용하여 72시간 경과 후 저질깊이에 따른 치패분포를 조사하였다.

2.3 양식적응성 검토

2005년 5월 10일부터 9월 10일까지 약 120일 동안 전남 여수시 돌산 연안에서 살조개 *P. jedoensis* 치패의 야외 생존율과 성장률을 조사하였다. 실험은 평균 각장 1.206 mm의 살조개 *P. jedoensis*의 치패를 폴리에틸렌 사각용기(60cm×35cm×30cm)에 사질(0.25mm)을 깊이 20cm씩 채운 후 각각 400마리를 수용하였다(Fig. 61). 사각용기 상단은 망목 0.5mm 망을 덮어 여수시 돌산읍 금봉리 앞 지선에 시설하였고, 살조개 *P. jedoensis* 치패의 성장은 30일 간격으로 수거하여 만능투영기(Nikon V-12B)를 이용하여 각장과 각고를 측정하였다. 이식한 살조개 *P. jedoensis* 치패의 환경조건은 매일 PDC-70N(Istek)을 이용하여 현장에서 측정하였다. 또한, 매일 수거한 수조에서 무작위로 30개체씩 채취하여 각장(Shell length: SL), 각고(Shell height: SH)를 만능투영기(Nikon V-12B)로 계측한 후 치패의 성장에 따른 각장과 각고의 상대성장식과 상관관계를 회귀직선식으로 나타내었다. 또한, 육상양성과 야외양성의 성장과 생존율을 비교하기 위하여 수산증양식센터에서 여과해수를 공급하고 저질을 사질로 채운 사각 수조에 살조개, *P.*

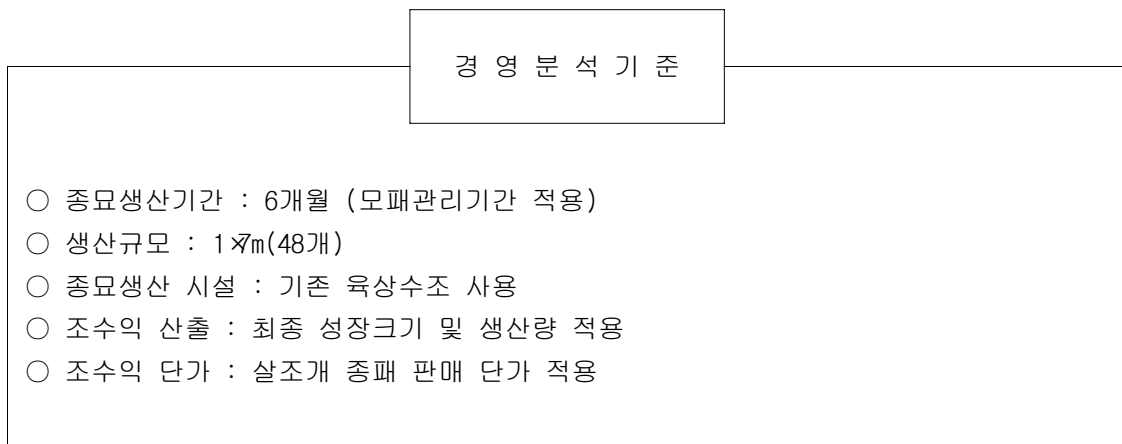
jedoensis 치패를 각각 400개체씩 분주하여 실험하였다. 실험수조에는 *Chaetoceros sp.*, *Nannochloris oculata*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 를 혼합급이하여 같은 실험기간 동안 성장과 생존율을 비교하였다.



Fig. 61. Analysis of *Protothaca jedoensis* spat and experimental tank in field.

2.4 경제성 평가

경영분석의 기준은 종묘생산 기간인 6개월을 적용하였으며, 전체 규모는 1×7m(48개) 육상수조 기준이며, 기존 수조를 사용하는 것으로 시설비는 제외하였고, 조수익 산출은 생산종료시 평균 최종생산량을 적용하였다.



성공적인 양식 경영은 생산만 많이 한다고 해서 순수익을 많이 올리는 것은 아니다. 결국 사업의 성패는 지출과 수입의 차이에서 나타남으로 시설비와 경영비를 줄이고 상품화 될 수 있는 생산량을 늘이는 것이 최대의 목표라 하겠다.

본 사업의 경제성에 영향을 주는 핵심은 고단가의 살조개 생산으로 조수익을 창출하고 경영비

를 줄여 최대의 총소득(순소득)을 창출하는데 있다.

3. 결 과

3.1 저질선택성 및 생존율 조사

살조개 *P. jedoensis* 치패의 저질별 잠입율을 조사한 결과 다음과 같다. 살조개 *P. jedoensis* 치패는 선별과 이동 및 저질에 투입되기까지 handling stress에 의해 초기 각 실험수조에서 잠입하지 않고 패각을 닫은 채로 있었다. 약 10분 후 살조개 *P. jedoensis* 치패는 점차 수관을 내고 호흡하였으며, 몇몇 개체는 패각을 뒤틀며 잠입하는 형태를 나타내었다. 실험시작 30분 후 살조개 *P. jedoensis* 치패는 니질에서 평균 10%의 잠입율을 나타낸 반면 사니질, 사질, 사락질에서 각각 15.00%, 23.30%, 30.00%의 잠입율을 나타내었다(Fig 62). 잠입한 개체는 크기와 개체의 활력에 따라 시간의 차이가 있으나 수관을 내어 호흡을 하였다. 반면, 환경에 적응하지 못하거나 부적합 경우 몇몇 개체는 다시 저질 위로 나와 이동한 후 잠입하는 형태를 나타내었다. 이러한 과정은 실험 종료까지 적은 개체이나 지속적으로 반복되었다.

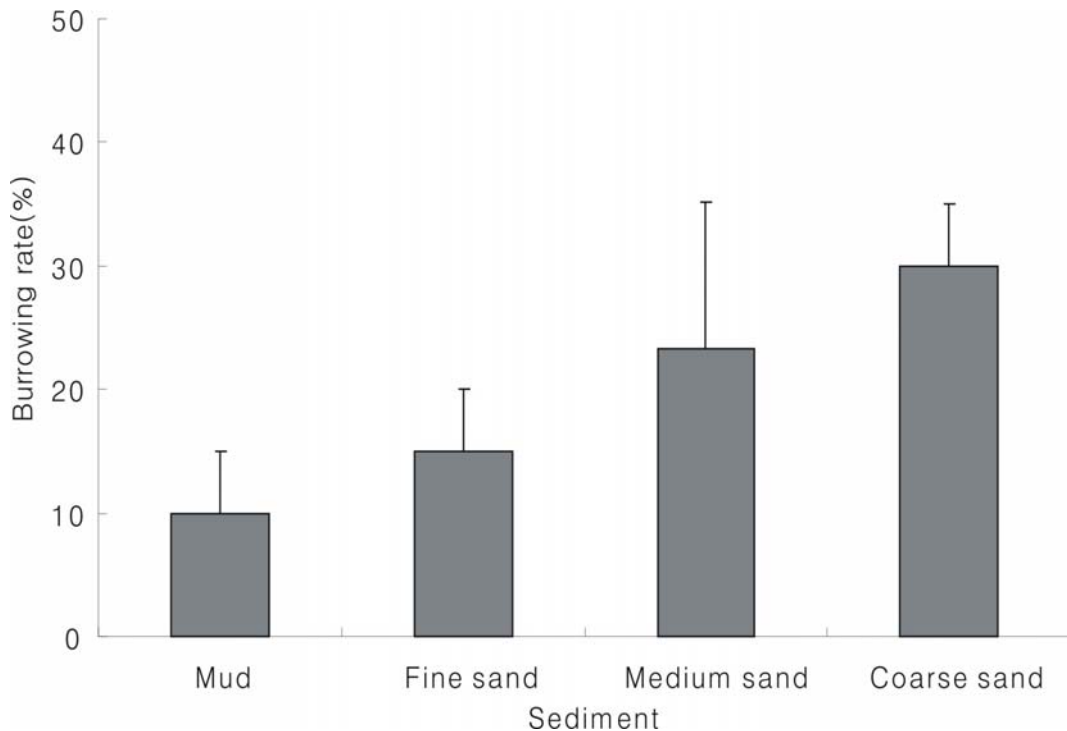


Fig. 62. Burrowing rate of *Protothaca jedoensis* spat after 30min in each experimental tank with different grain size.

3시간 경과 후 살조개 *P. jedoensis* 치패는 니질에서 76.65%, 사니질 58.33%, 사질과 사락질에서 50.00%의 잠입율을 나타내었으나, 24시간 경과 후 니질에서 85.00%, 사니질 65.00%, 사질 53.33%, 사락질에서 100.00%의 잠입율을 나타내었다. 24시간 각 저질별 실험구간에 잠입한 살조개 *P. jedoensis* 치패는 안정적으로 수관을 내어 호흡하였으며, 이동이 적었다. 실험 종료시인 72시간째 니질에서 90.00%, 사니질 76.66%, 사질 61.66%, 사락질 85.00%의 잠입율을 나타내었다(Fig. 63).

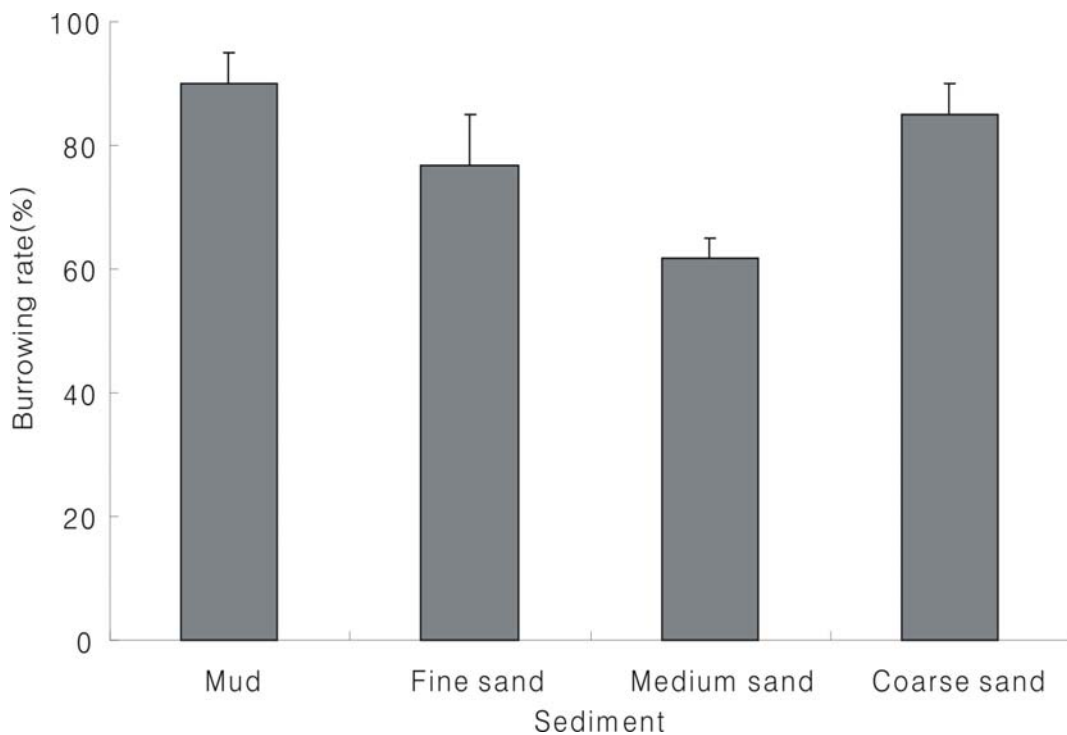


Fig. 63. Burrowing rate of *Protothaca jedoensis* spat after 72h in each experimental tank with different grain size.

반면, 살조개, 폐사한 개체는 패각이 열려 부패가 진행 중 이거나, 패각이 닫혀 있는 경우 수관을 길게 내고 있으나 수관의 형태가 바닥으로 향해 있고 자극에 대한 반응이 전혀 없는 형태를 보였다. *P. jedoensis* 치패의 생존율은 니질에서 90.00%, 사니질 98.33%, 사질 86.66%, 사락질 93.33%의 생존율을 나타내었고, 대조구인 저질이 없는 실험구에서는 75.00%의 생존율을 보였다(Fig. 64).

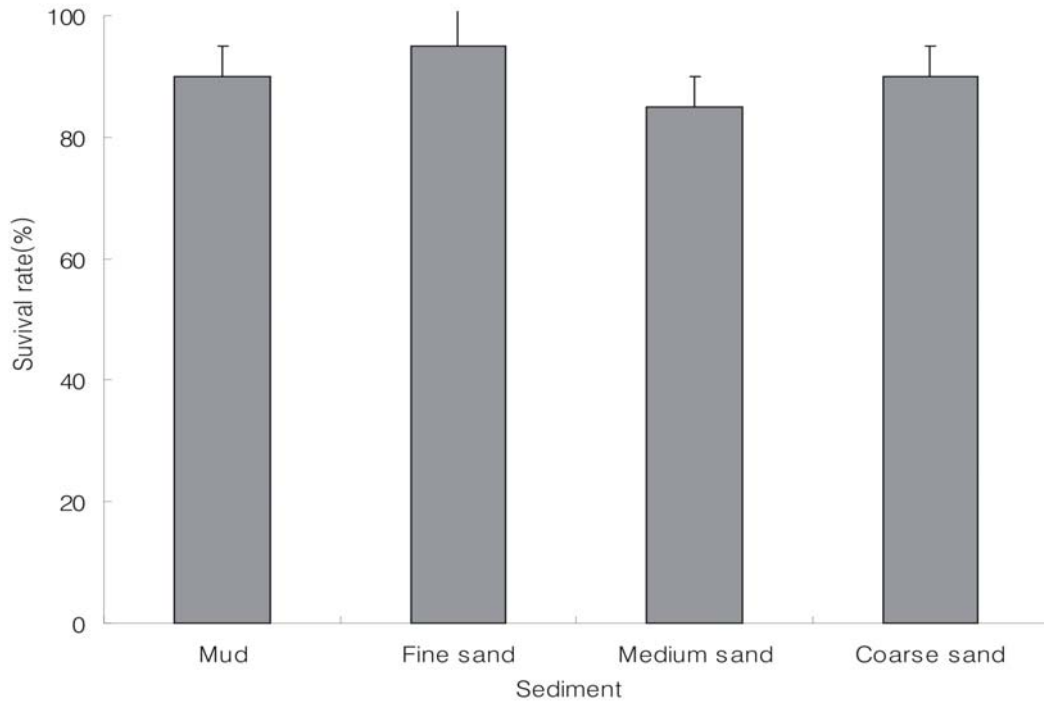


Fig. 994. Survival rate of *Protothaca jedoensis* spat after 72h in experimental tank with different gain size

저질잡입 실험결과 생존율이 가장 높은 사질을 이용하여 살조개, *P. jedoensis* 치패를 각장 2~3mm, 3~5mm, 5~10mm 그리고 10~12mm 4개 실험구로 구분하여 실험하였다(Table 36). 각 실험구의 잡입능력을 측정된 결과 치패 각장 2~3mm 실험구에서 10mm 깊이까지 10.00%, 저질 깊이 10~20mm에서 53.33%, 20~30mm 깊이에 20.00%가 분포하였고, 잡입하지 못한 개체가 16.66%였다. 치패 각장 2~3mm 실험구간의 72시간 실험종료까지 잡입과 이동을 반복하였으나 이동력은 매우 낮았다. 치패 각장 3~5mm 실험구에서는 10mm 깊이까지 20.00%, 10~20mm 까지 60.00%, 20~30mm 깊이까지 20.00%가 분포하였으며, 노출한 개체 없이 모두 잡입하였다. 치패 각장 3~5mm 실험구의 잡입율은 약 20분 경과 후 개체중 약 80%가 잡입하였으며, 36시간 이후 모든 개체가 잡입하였다. 치패 각장 5~10mm의 실험구는 10mm 깊이까지 6.66%, 10~20mm 깊이까지 26.66%, 20~30mm 깊이는 60.00% 분포하였으며, 노출한 개체는 6.66%였다. 치패 각장 5~10mm의 실험구는 실험시작 후 약 1시간 이후 50% 잡입하였고, 실험종료시인 72시간째는 6.66%가 저질 위에 노출되어 있었다. 치패 각장 10~12mm의 실험구는 10mm 깊이까지 3.33%, 10~20mm 깊이까지 53.33%, 20~30mm 깊이까지 43.33% 분포하였고, 노출한 개체는 없었다. 치패 각장 크기 10~12mm 실험구는 초기 잡입까지 20분이 소요되었고, 3시간 경과되었을 때 약 80%이상 잡입하였으며, 실험종료시인 72시간째에는 100% 잡입하였다. 반면, 치패 각장 크기 10~12mm의 실험구는 저질에 잡입 후 이동과 노출을 반복하는 개체가 거의 없었으며, 잡입 후 수관을 내어 호흡하는 형

태를 나타내었다.

저질잡입 시간은 2~3mm는 50%까지는 15분, 75%까지 90분이 경과하였고, 3~5mm는 50%까지는 10분, 75%까지 15분으로 가장 빨랐으나, 100%까지는 2160분이 소요되었다. 5~10mm는 50%까지는 90분, 75%까지 360분이 소요되었다. 10~12mm는 50%까지는 60분, 75%까지 180분이 소요되었으나, 100%까지는 300분으로 가장 빨랐다(Table 37).

Table 36. Mean of *Protothaca jedomensis* spat burrowing depth in each experimental tank(%)

Depth(mm)	Shell length(mm)			
	2~3	3~5	5~10	10~12
0~10	-	10	20	-
10~20	70	70	10	60
20~30	30	20	70	40

Table 37. Mean of *Protothaca jedomensis* spat burrowing depth in each experimental tank(min)

Burrowing rate(%)	Shell length(mm)			
	2~3	3~5	5~10	10~12
50	15	10	90	60
75	90	15	360	180
100	-	2160	-	300

3.2 양식적응성 검토

살조개, *P. jedomensis* 치패를 시험어장에 이식하여 성장과 생존율을 조사한 결과 다음과 같다. 시험어장의 수온은 전 조사기간 동안 5월 19.2℃, 6월 22.5℃, 7월 24℃, 8월 24.5℃, 9월

24.9℃로 계절적인 영향과 육지에서서의 담수의 유입에 의해서 변화하였다. 염분농도는 5월 33.04‰, 6월 34.88‰, 7월 34.39‰, 8월 34.31‰, 9월 31.8‰로 9월에 태풍에 의한 담수유입으로 낮아졌으나 평균 33.68‰을 나타내었다(Fig. 64). 평균각장 1.206mm의 살조개, *P. jedoensis* 치패의 야외양성 및 육상양성에 대한 결과는 다음과 같다(Fig. 65, 66). 2005년 5월부터 9월까지 약 5개월간 성장을 비교하였을 때 육상양성의 경우 각장 최대성장 6.78mm, 야외양성은 16.19mm 로 약 2.6배의 성장을 보였다. 각고의 성장 역시 야외양성의 경우 12.95mm, 육상양성은 4.88mm 로 각장 성장과 비슷하게 나타났다. 육상양성은 먹이생물이 *Chaetoceros sp.*, *Nannochloris oculata*, *Isochrysis galbana*, *Paolova lutheri* 만을 혼합하여 투입한 반면, 야외양성은 다양한 자연먹이를 섭취하여 성장이 빠르게 나타난 것으로 생각된다. 반면 야외성장에서는 각장 10mm 이상 그룹과 이하 그룹간의 크기 차이가 실내성장보다 두드러지게 나타나 일부 개체에서 빠른 발달을 나타내었다. 이는 개체 경쟁에 의한 결과로 판단된다. 두 실험구의 각장대비 각고의 성장을 살펴보면 야외양성의 성장식은 $y = 0.8175x + 0.1353$, 육상양성의 성장식은 $y = 0.7562x - 0.0177$ 로 성장폭은 비슷하였고, 치패시기에 각장성장이 두드러지게 나타났다. 생존율은 육상양성이 평균 96.4%로 평균 76.58%의 야외성장보다 높게 나타나 환경이 안정적인 육상양성에서 높게 나타났으며, 노출과 일교차가 있는 야외양성은 자연먹이에 의한 성장은 높으나 생존율이 육상에 비하여 낮게 나타났다(Fig. 67, 68).

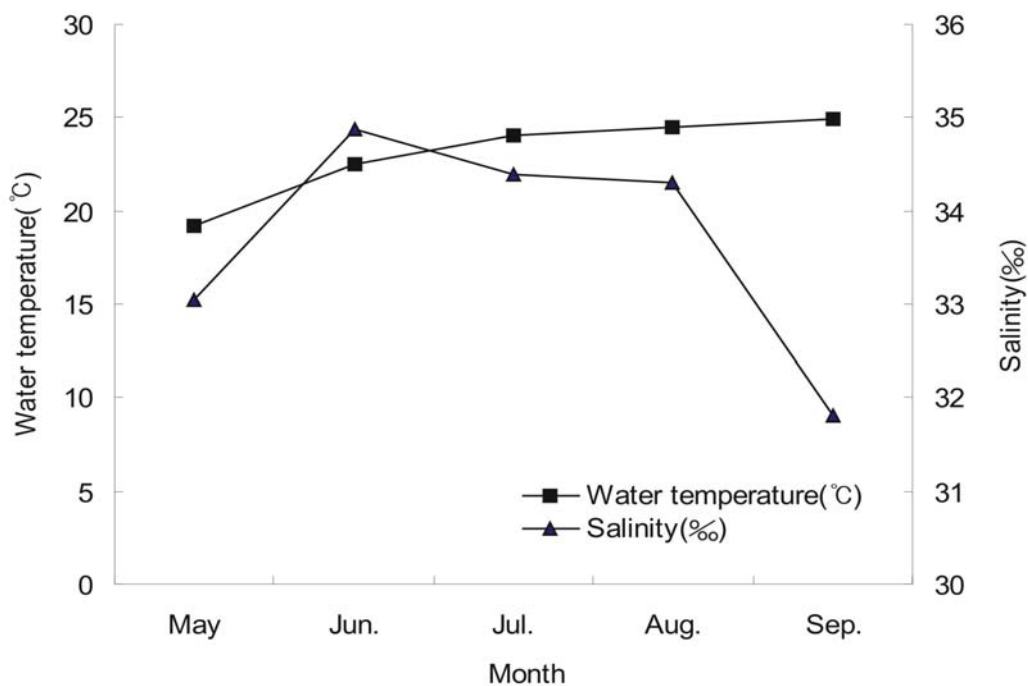


Fig. 64. Variation of water temperature and salinity in experimental field.

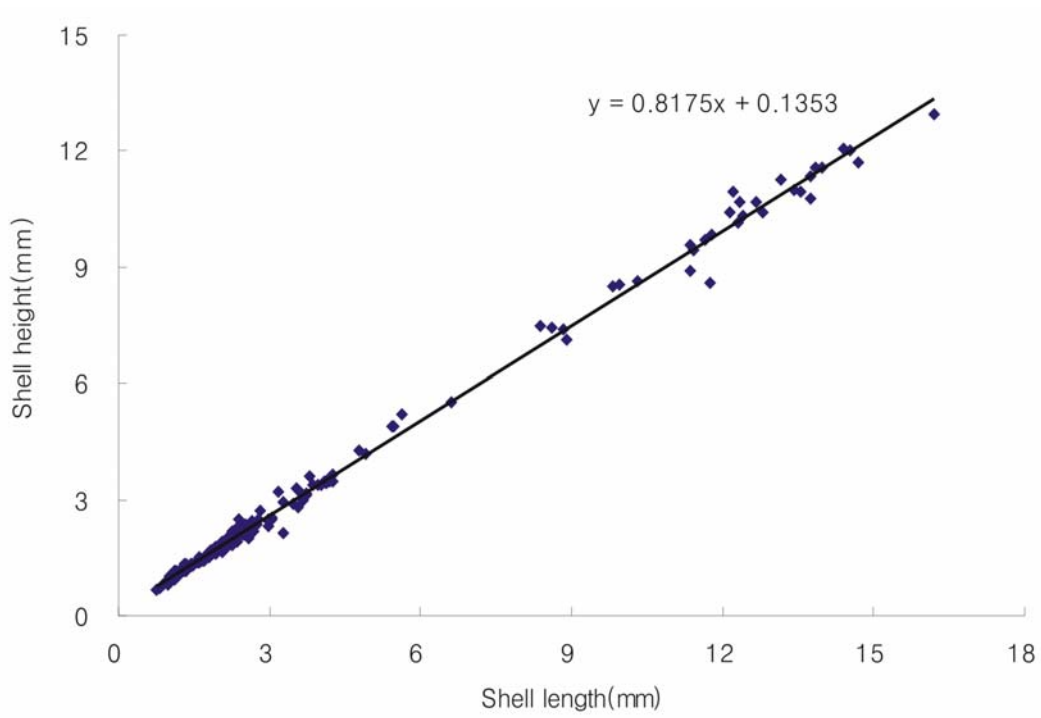


Fig. 65. Relationship between shell length and shell height of *Protothaca jedomensis* spat in experimental field.

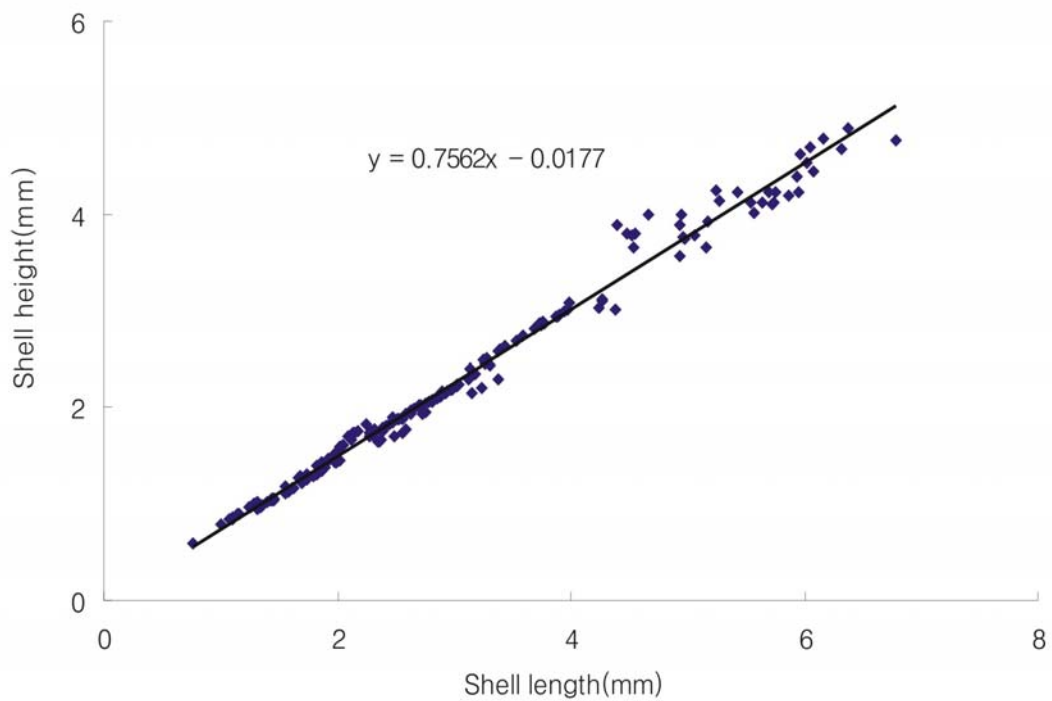


Fig. 66. Relationship between shell length and shell height of *Protothaca jedomensis* spat in experimental tank.

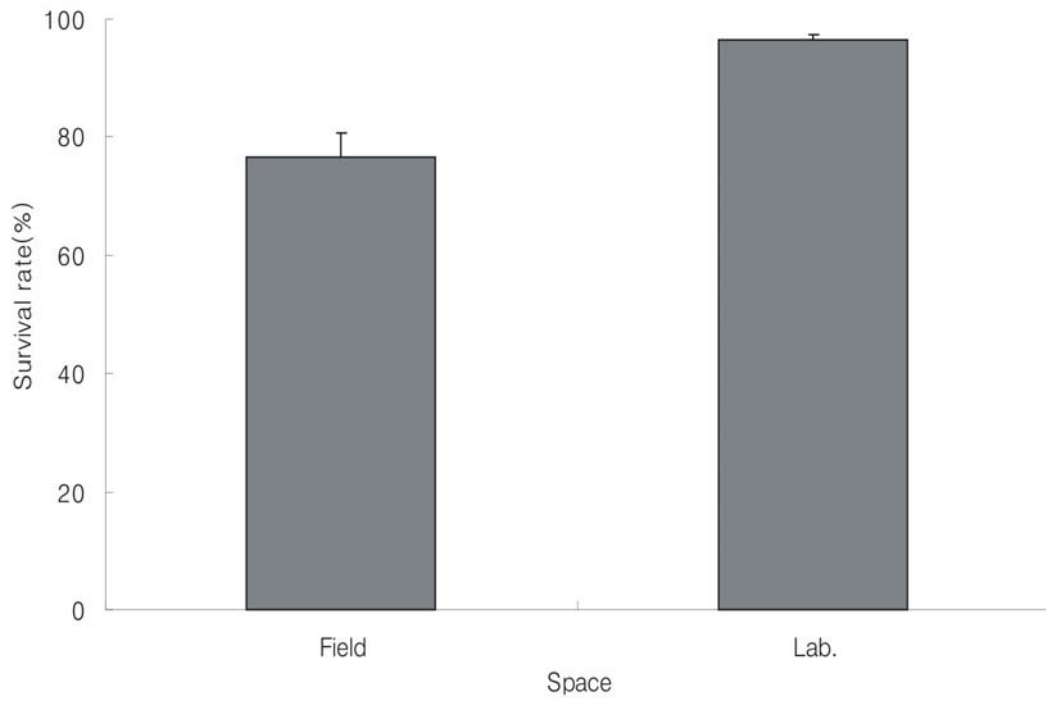


Fig. 67. Survival rate of *Protothaca jedomensis* spat in each space.



Fig. 68. Growth of of *Protothaca jedomensis* spat.

3.3 경제성 평가

[살조개 종묘생산 소득 분석]

▷ 시설규모 : 수면적 336m² (약 100평)

▷ 종묘생산 기간 : 6개월

항 목		금액(천원)	산 출 내 역	
조 수 익	계	30,000,000	종패(각장 1cm) 3,000,000 ×10원	
	판매소득	30,000,000		
생 산 비	경 영 비	재료비		
		-모패구입	60,000	20kg(300마리)
		-먹이생물 배양기	330,000	원형아크릴수조(30ℓ) 단가 13,750 ×24개
		-항온항습장치	2,000,000	냉난방용 1대
		-전자안정기	211,200	단가 8,800 ×24개
		-형광램프	93,500	단가 1,870 ×50개
		-메탈안정기	299,200	단가 18,700 ×16개
		-메탈램프	281,600	단가 17,600 ×16개
		-투광등기구	264,000	단가 16,500 ×16개
		-케이블	85,800	단가 1,430 ×60개
		-KIV전선	21,450	단가 21,450 ×1개
		-형광램프소켓	44,000	단가 4,400 ×10개
		-시약구입(비타민 외)	100,000	단가 25,000 ×4g
		-시약구입(cerotonin)	363,000	단가 72,600 ×5g
		-하우징필터	302,500	단가 6,050 ×50개
		인건비		
		-보조인건비	4,800,000	먹이생물 배양, 운반 및 관리 월평균 80만원 ×6개월
		양식간접비		
		-전기요금	1,200,000	월평균 20만원 ×6개월
	-시설유지비	1,500,000	시설보수 및 교체 월평균 25만원 ×6개월	
-제세공과금	600,000	전화, 공제료 월평균 10만원 ×6개월		
계	12,616,250			
자가인건비	4,800,000	월평균 80만원 ×6개월		
총계	17,416,250			
총소득 (조수익-경영비)		17,383,750		
순소득 (조수익-생산비)		12,583,750		

4. 고 찰

각 저질별 실험구간에 잠입한 살조개 *P. jedoensis* 치패는 24시간 경과 후 안정적으로 수관을 내어 호흡하였으며 이동이 적었으며 잠입을 및 생존율을 감안하여 볼때, 치패의 저질선택성 및 생존율은 사니질과 사락질이 좋은 것으로 나타나 북방대합의 잠입저질실험에서의 결과와 비슷한 경향을 보였다(이 등, 2003).

저질에 치패크기별 잠입깊이 실험에서는 치패 각장 3~5mm 실험구에서 초기 잠입이 빠르고 실험 종료시까지 노출한 개체 없이 모두 잠입하였다. 그리고 각장 크기 10~12mm의 실험구는 저질에 잠입 후 이동과 노출을 반복하는 개체가 거의 없었으며, 잠입 후 수관을 내어 호흡하는 형태를 나타내었다. 저질잠입 시간은 2~3mm는 50%까지는 15분, 75%까지 90분이 경과하였고, 3~5mm는 50%까지는 10분, 75%까지 15분으로 가장 빨랐으나, 100%까지는 2160분이 소요되었다. 5~10mm는 50%까지는 90분, 75%까지 360분이 소요되었다. 10~12mm는 50%까지는 60분, 75%까지 180분이 소요되었으나, 100%까지는 300분으로 가장 빨랐다. 북방대합에서는 각장 크기가 증가할수록 잠입시간이 느려진다(이 등, 2003)는 결과와 비슷한 경향을 보였으나 잠입능력에서는 살조개는 크기가 증가할수록 초기잠입 시간이 오래 소요되었으나 100%으로 잠입하는 것에서는 빠른 경향을 나타내어 북방대합이 크기가 증가할수록 잠입능력이 떨어진다(이 등, 2003)는 것과는 상이한 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과로 볼때 방류최소 크기는 3mm 이상이어야 하고 가장 안정적인 방류크기는 10mm이상은 되어야 한다고 판단된다.

2005년 5월부터 9월까지 약 5개월간 성장을 비교하였을 때 육상양성의 경우 각장 최대성장 6.78mm, 야외양성은 16.19mm 로 약 2.6배의 성장을 보였다. 육상양성은 인공먹이만을 혼합하여 투입한 반면, 야외양성은 다양한 자연먹이를 섭이하여 성장이 빠르게 나타난 것으로 생각된다. 반면 야외성장에서는 각장 10mm 이상 그룹과 이하 그룹간의 크기 차이가 실내성장보다 두드러지게 나타나 일부 개체에서 빠른 발달을 나타내었다. 이는 개체 경쟁에 의한 결과로 판단된다. 생존율은 육상양성이 평균 96.4%로 평균 76.58%의 야외성장보다 높게 나타나 환경이 안정적인 육상양성에서 높게 나타났으며, 노출과 일교차가 있는 야외양성은 자연먹이에 의한 성장은 높으나 생존율이 육상에 비하여 낮게 나타났다.

종묘생산사업은 순소득이 가능하고, 자연양식장에 방류하면 더 많은 소득이 기대되지만, 연안환경 악화로 인한 치패 수요자가 없는 점 등을 고려할 때, 먹이가 인공 먹이생물배양에 의존하는 단점을 보완하기 위해 채묘 후 자연양식장에서 중간 육성하는 것이 효과적인 양식경영이라 평가된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 서식환경 및 생태조사

1. 서식어장의 수질 및 저질성상조사

살조개의 서식환경특성을 파악하기위한 수질 및 저질성상을 정기적으로 조사한 결과 수온 5.4~27.6℃, 염분 26.5~34.5‰, pH 7.82~8.39으로 수질 및 저질등급은 I~II등급 수준의 서식환경으로 살조개의 자연서식어장의 환경 특성과 함께 최적 환경요건의 구명에 기초 자료로 이용하고자 한다.

2. 저질의 입도분석 및 선택성 조사

저질의 입도분석 및 저질선택성 조사에서 살조개는 공간경쟁에서 바지락에 밀리지만 2시간 노출선에서는 바지락보다 양이 많고 모래질 보다는 펄질이 더 많은 곳에 서식하는 것으로 조사되었고, 이를 바탕으로 감소되고 있는 살조개의 자원보존 및 증식을 위한 양식대체어장의 개발에 기초 자료로 효용가치가 있을 것으로 판단된다.

제 2 절 계통유연관계조사

살조개의 생식생태학적 기초자료를 얻기 위해 연구가 어느 정도 진행되어 있는 이매패류중에서 살조개와 혼생하는 바지락 및 백합과 조개류 유연종간의 패각 외부 및 내부 형태형질의 분류와 형태형질중의 계측형질을 이용한 형태학적특징, RAPD-PCR방법을 이용한 유전학적특징, 일반성분분석과 아미노산 분석을 이용한 이화학적 특징을 조사한 결과 혼생하는 바지락과 가장 유사하게 나타났고, 이런 방법들을 이용하여 현재까지 분류가 확실시 되어 있지 않는 해산 이매패류의 분류 및 계통유연관계를 밝히는데 기여할 것으로 판단된다.

제 3 절 생식주기

살조개 생식소의 발달·성숙 및 산란기 조사에서 살조개의 주산란기는 6~7월, 균성속도는 38.42mm로 나타났으며, 이 자료는 살조개 개체군의 자원증식 및 잠재 번식력을 추정할 수 있을 뿐만 아니라 자원량 변동 예측을 위한 모델 개발에 기초자료가 될 것으로 예상된다. 특히 재생산에 가담할 수 있는 개체군의 크기 즉, 균성속도(생물학적 최소형)는 산란시기에 무분별한 어획을 하지 못하게 하여 살조개 자원의 증식 및 지속적인 관리를 할 수 있는 모델 개발에 이바지 할 것으로 판단된다.

제 4 절 대량종묘생산기술개발

1. 모패관리

1.1 모패 확보시기 및 크기

살조개의 성장기 및 성숙기로 예상되는 3월~4월에 자연산의 암수모두 각장의 크기가 38.2 mm이상 크기의 3년생이상의 모패를 확보하여 20℃로 모패사육을 한 결과 5월 17일에 양질의 수정란을 얻을 수 있었다. 따라서 모패 확보시기는 3월~4월이 좋을 것으로 판단되며 수온을 상승시켜 모패를 관리한다면 산란기도 앞당길 수 있을 것으로 판단된다.

1.2 모패 사육방법

1.2.1 저질별 잠입률 및 생존율 조사

저질선택성은 초기에는 사락질과 사질에 잠입율이 높았으나 후기에는 사락질과 니질로 높게 나타나 환경의 적합성에 따라 잠입과 이동을 반복하는 것으로 나타났고, 생존율은 별다른 차이는 없고 저질의 유무에 따라 다르게 나타났으며, 잠입율은 저질입자가 작을수록 잠입깊이는 낮아지는 경향으로 보아 저질의 입도조성에 따라 잠입깊이와 크기, 잠입율에 영향을 받는 것으로 판단된다.

1.2.2 성숙도 파악을 위한 성 성숙 실험

생식소의 조직학적 관찰, 난소에 대한 소낭의 비, 난소에 대한 난모세포의 비를 통한 성숙도 관찰실험결과는 22℃이상으로 사육관리 하였던 모패가 5월초에 수치가 가장 높은 것으로 보아 22℃ 수온구간으로 사육한 것이 자연수온으로 사육한 구간보다 성숙단계가 빨라 수온이 조기산란을 위한 성성숙 요인으로 작용하는 것으로 판단된다.

2. 산란유발 및 난발생

2.1 산란유발

산란유발은 생산성을 높이는데 필요한 선결과제로 수온, 간출, 정자현탁액, 자외선조사해수, 약품(H_2O_2 , NH_4OH , serotonin), 절개법(암모니아첨가해수) 등의 물리, 화학적방법을 통한 산란유발 자극방법을 사용한 결과 20~30개씩을 넣은 산란유발실험은 serotonin자극실험 이외의 모든 실험구간에서 산란하지 않았다. 그러나 대량으로 군집을 이룬 수온자극실험에서는 산란이 가능하였고, 이 방법에 serotonin 자극 산란유발을 병행했을 때 더 좋은 산란유발 결과를 얻을 수 있었다. 또한 일본국의 “수족번식학” 문헌에서 마지락을 절개하여 알과 정자에 암모니아 첨가해수를 넣었을 때 난의 성숙을 활성화 시켜 수정이 가능하다는 자료가 있어 이 방법도 이용해 보았으나 수정시킬 수가 없었다. 따라서 살조개의 산란유발자극방법은 대량의 개체를 수용한 수조에 수온자극과 약품방법 중의 serotonin 자극을 병행하는 것이 가장 효과적일 것이라고 판단된다. 살조개의 산란량 측정은 개체를 별도 수용한 것과 다량의 개체를 산란시켜 암수비로 환산시켜 측정한 결과 20만개체로 추정된다. 살조개의 수온 자극실험에서 특이하게 15일 주기의 조급시기에 산란을 하는 경향이 많았으므로 이것이 살조개만의 종 특이성인지 다른 종에서도 이 시기에 산란하는지에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

2.2 난 발생

난 발생조사를 위하여 기본적으로 20℃와 25℃의 난발생을 조사하였고 난 생에 미치는 수온, 염분, pH의 영향을 알기위하여 15, 20, 25, 30℃ 실험구간, 20, 25, 30, 35, 40‰ 실험구간, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 실험구간에서 D상 유생까지의 경과 시간을 비교 조사한 결과는 25℃이상의 고수온에서 난 발생 시간도 짧았고 생존율도 높았다. 이 결과는 유생사육에서도 높은 수온에서 사육한 결과와 일치하는 점이 많으나 발생에서 유생사육으로 전환시에 수온차이를 어떻게 조절하는가가 유생사육기간을 단축시키고 생존율을 높여 성공적인 종묘생산의 이룰수 있을 것으로 사료된다. 난발생에 미치는 염분의 영향은 발생시간은 거의 별차이가 없으나 20, 25‰에서는 D상 유생이 거의가 기형이었고, 30~40‰에서는 정상적으로 발생되었다. pH에서는 4, 5, 6은 거의가 기형이었고, 7, 8, 9는 정상적으로 발생하였고 시간도 별 차이가 없었다. 이 결과로 볼때 환경요인 중 급격한 충격만 없다면 성공적인 난발생이 가능할 것으로 판단된다.

3. 먹이생물배양

유생 및 치폐사육 과정에서 먹이생물의 종류, 품질, 수량은 유생 및 치폐의 생존율을 높이는 하나의 중요한 요인으로 현재까지 연구된 패류 유생 및 치폐의 먹이생물로 가장 좋은 착편모조류 *Isochrysis galbana*, 황갈편조류 *Pavlova lutheri*, 규조류인 *Chaetoceros calcitrans*, 녹조류인 *Chlorella ellipsoidea*, *Monochrysis lutheri*를 Conwy 배지를 사용하여 배양하였다. 배양용수는 1 μ m 필터로 여과하여 자외선 살균기를 통과시킨 해수를 수온 70~80 $^{\circ}$ C로 가열 멸균하여 사용하고, 배양용기는 3 ℓ 삼각플라스크와 10 ℓ , 40 ℓ , 400 ℓ 의 아크릴 용기를 이용하여 계대배양하였고, 조도는 2000~4000lux, 실내온도는 20~24 $^{\circ}$ C를 유지하여 배양한 먹이생물을 모든 실험에 이용하였다. 그러나, 채묘 후에 수온이 상승함에 따라 이 종들을 배양하는데 어려움이 많아 이 시기에 배양이 잘되는 *Tetraselmis suecica*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Nannochloris oculata* 배양하여 보조하였다. 따라서 성공적인 종묘생산을 위해서는 이들 종의 배양도 중요하지만 최근에 개발된 *Isochrysis galbana*, *Tetraselmis suecica* 등의 냉동 또는 동결 건조된 식물먹이생물을 준비해두는 것도 성공적인 종묘생산의 하나의 필수조건이라고도 사료된다.

4. 유생사육

4.1 수온 조사

10 ℓ 의 수용용기를 가지고 15, 20, 25, 30 $^{\circ}$ C로 1차 실험실시한 결과는 30 $^{\circ}$ C에서는 성장률은 높게 나타났지만 25 $^{\circ}$ C에서는 성장률은 30 $^{\circ}$ C보다 다소 낮지만 생존율이 높게 나타났다. 따라서 2차 실험은 1차 실험 결과시 고수온에서 성장 및 생존율이 좋은 것으로 나타나 수온을 24, 27, 30, 33 $^{\circ}$ C으로 조정하여 실험하였다. 그 실험을 한 결과, 27 $^{\circ}$ C에서 성장률이 가장 빨랐고 생존율은 24 $^{\circ}$ C가 가장 좋았다. 그러나 33 $^{\circ}$ C에서는 6일째에 전량 폐사한 것으로 보아 살조개의 유생사육시 성장 및 생존 적수온은 24~27 $^{\circ}$ C로 판단된다.

4.2 사육밀도 조사

수온 사육실험시 고수온에서 성장률 및 생존율이 양호한 24 $^{\circ}$ C로 실험한 한 결과, 성장률은 6, 8개체가 좋았으나 생존율은 4개체가 가장 좋았다. 따라서 수용밀도별은 4~6개체가 가장 성장 및 생존율이 좋을 것으로 판단된다.

4.3 먹이생물별 조사

생존율에서는 크게 차이는 보이지 않으나, 성장률에서는 혼합구가 가장 성장률이 높게 나타났다. 그리고 종류별로는 *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*의 순으로 성

장률이 나타났다. 따라서, *Chaetoceros calcitrans*, *Isochrysis galbana*를 기본으로 하는 먹이생물을 혼합 급이 하는 것이 성장률 및 생존율이 가장 좋을 것으로 사료된다.

4.4 먹이생물 농도별 조사

먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이 사육한 결과는 1×10^4 , 2×10^4 /ml 구간 순으로 성장률 및 생존율이 좋게 나타났다. 따라서 살조개 종묘생산의 먹이농도별 투입량은 $1 \sim 2 \times 10^4$ /ml 가 가장 좋을 것으로 판단된다.

5. 채묘기질 조사

사락질, 사질, 사니질, 니질, 물러가제, 파관에 채묘하여 30일간 사육한 결과 사락질 $487 \mu\text{m}$, 사질 $403 \mu\text{m}$, 파관 $346 \mu\text{m}$, 사니질 $344 \mu\text{m}$, 물러가제 $224 \mu\text{m}$ 순으로 성장률을 나타냈으며 니질은 전량 폐사하였다. 생존율도 사락질 14%, 사질 9% 순으로 성장률과 같은 경향을 나타내었다. 이 결과는 모래질이 이동이 어렵고 표면적이 넓어짐으로서 폐사도 적고 성장이 잘된 것으로 판단되며, 니질이 폐사한 것은 안정된 공간 확보가 어렵고 사육시 저질오염 등으로 폐사한 것으로 사료된다. 살조개와 같이 비부착성조개는 저질바닥이 초기성장과 생존에 미치는 영향이 크므로 모래질 중에서도 공간확보가 좋은 재질을 이용하는 것이 좋다고 사료된다.

6. 치패사육

6.1 먹이생물별 조사

성숙부유유생 $250 \mu\text{m}$ 을 사질에 채묘하여 안정된 $500 \mu\text{m}$ 의 치패를 30일간 사육한 결과 *Isochrysis galbana* $1643 \mu\text{m}$, 혼합구 $1593 \mu\text{m}$, *Chaetoceros calcitrans* $1521 \mu\text{m}$ 순의 성장률을 보였고, 생존율도 80, 78, 75%의 순으로 성장률과 같은 경향을 보였다. 이결과는 유생사육시와 마찬가지로 *Isochrysis galbana* 와 *Chaetoceros calcitrans*를 혼합 급이 하는 것이 성장률 및 생존율이 가장 좋을 것으로 사료된다.

6.2 먹이생물 농도별 조사

먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*를 혼합하여 0.5×10^4 , 1×10^4 , 2×10^4 , 4×10^4 /ml 급이 사육한 결과는 1×10^4 , 2×10^4 /ml 구간 순으로 성장률은 1636, 1572

μm 로 나타났고, 생존율도 $1 \times 10^4/\text{ml}$ 가 75%로 가장 좋아 유생사육과 같은 결과를 나타내었다. 따라서 살조개 치패사육의 먹이농도별 투여량은 $1 \sim 2 \times 10^4/\text{ml}$ 가 가장 좋을 것으로 판단된다.

7. 대량 유생 및 치패사육

7.1 대량 유생사육 및 채묘

모패관리 → 산란유발 → 난발생 및 유생 사육조건 구명 등의 일련의 과정을 통해 대량사육실험을 하였다. 유생을 5톤 사각수조에 수용하고 $1\mu\text{m}$ 여과 및 자외선 살균 처리한 해수를 사용하여 먹이생물 *Isochrysis galbana*, *Paolova lutheri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella ellipsoidea*를 혼합하여 $1 \sim 5 \times 10^4/\text{ml}$ 급이하면서, 수온 20°C , 25°C 에서 사육하였다. 20°C 의 1차 사육에서는 7~10일째의 $130 \sim 150\mu\text{m}$ 에서 폐사가 일어나기 시작해 거의 폐사하여 13일째 사육을 종료하였다. 25°C 의 2, 3차 사육에서는 17일째에 $245\mu\text{m}$ 이상으로 45% 정도의 생존율을 보여 $250\mu\text{m}$ 의 침착기 시점에서 모래질에 채묘하였다.

7.2 대량 치패사육

자연수온에 사육한 결과 초기성장은 빠른 편이지만 겨울철에 늦은 성장을 보이다 봄에 접어들면서 빠른 성장을 보이기 시작하여 5월에 $5.2 \sim 5.8\text{mm}$ 의 성장을 보였다. 이와 같은 결과를 토대로 할 때 살조개의 성장은 인공적인 먹이를 공급하는 것은 한계가 있어 채묘 후 자연서식환경에 방류하는 것이 성장에 도움이 되리라고 판단된다.

제 5 절 양식적응성 평가

1. 저질선택성 및 생존율 조사

각 저질별 실험구간에 잠입한 살조개 *P. jedoensis* 치패는 24시간 경과 후 안정적으로 수관을 내어 호흡하였으며 이동이 적었으며 잠입을 및 생존율을 감안하여 볼때, 치패의 저질선택성 및 생존율은 사니질과 사락질이 좋은 것으로 나타났다. 이 저질에 치패크기별 잠입깊이 실험에서는 치패 각장 $3 \sim 5\text{mm}$ 실험구에서 초기 잠입이 빠르고 실험 종료시까지 노출한 개체 없이 모두 잠입하였다. 그리고 각장 크기 $10 \sim 12\text{mm}$ 의 실험구는 저질에 잠입 후 이동과 노출을 반복하는 개체가 거의 없었으며, 잠입 후 수관을 내어 호흡하는 형태를 나타내었다. 따라서, 치패의 방류크기는 최소 3mm 이상은 되어야하고 10mm 이상이면 안정적인 것으로 판단된다.

2. 양식적응성 검토

2005년 5월부터 9월까지 약 5개월간 성장을 비교하였을 때 육상양성의 경우 가장 최대성장 6.78mm, 야외양성은 16.19mm 로 약 2.6배의 성장을 보였다. 육상양성은 인공먹이만을 혼합하여 투입한 반면, 야외양성은 다양한 자연먹이를 섭이하여 성장이 빠르게 나타난 것으로 생각된다. 반면 야외성장에서는 가장 10mm 이상 그룹과 이하 그룹간의 크기 차이가 실내성장보다 두드러지게 나타나 일부 개체에서 빠른 발달을 나타내었다. 이는 개체 경쟁에 의한 결과로 판단된다. 생존율은 육상양성이 평균 96.4%로 평균 76.58%의 야외성장보다 높게 나타나 환경이 안정적인 육상양성에서 높게 나타났으며, 노출과 일교차가 있는 야외양성은 자연먹이에 의한 성장은 높으나 생존율이 육상에 비하여 낮게 나타났다.

3. 경제성 평가

종묘생산사업은 순소득이 가능하고, 자연양식장에 방류하면 더 많은 소득이 기대되지만, 연안환경 악화로 인한 치패 수요자가 없는 점 등을 고려할 때, 먹이가 인공 먹이생물배양에 의존하는 단점을 보완하기 위해 채묘 후 자연양식장에서 중간육성하는 것이 효과적인 양식경영이라 평가된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

- 모패관리 : 종보존 차원의 일환으로 지속적인 기술관리
- 산란유발 : 조개류의 산란유발방법으로 어민교육 등의 지속적인 기술지도
- 대량유생사육 : 종보존 차원의 일환으로 지속적인 기술관리
- 채묘방법 : 침착기 치패의 채묘에 기초자료로 활용
- 대량치패사육 : 연안자원조성의 일환으로 지속적인 기술관리
- 방류방법 : 연안자원조성의 일환으로 지속적인 기술관리

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

한국산 살조개, *Protothaca jedoensis* Lischke, 1874는 연체동물문(Mollusca), 부족강(Bivalvia), 백합목(Veneroidea), 백합과(Veneridae)에 속하며(한국동물분류학회, 1997), 우리나라 서남연안(Fig. I -1)과 일본, 중국 연안의 조간대에서 수심 20m 까지의 모래밭이나 작은 돌들이 많은 곳에 바지락과 혼생한다(岡田, 1982; Kwon et al., 1993; Kim, 1996; Min, 2001).

우리나라에 출현하는 살조개屬에는 살조개(*Protothaca jedoensis*), 잔주름살조개(*P. euglypta*) 2종이 알려져 있다(한국동물분류학회, 1997). 일본에는 *P. jedoensis*, *P. euglypta*, *P. schencki* 3종이 알려져 있다(標準原色圖鑑全集, 1967). 세계적으로는 이들 중 이외에 *Protothaca*屬이 *P. staminea*, *P. pectorina*, *P. grata*, *P. asperrima*, *P. antiqua*, *P. thaca*, 등이 알려져 있다(Parker, 2000; Paul and Feder, 1973; Paul et al., 1976a,b; Matos et al., 1997; Hetrick et al., 1995; Urban, 1994; Ewart et al., 1988). *Protothaca*屬 조개류는 해양자원 및 해양동물의 영양원으로서 연구가 활발하여 *P. staminea*의 성장(Paul et al., 1976a,b), 상대성장에 관한 연구(Feder and Paul, 1973), 생산(Feder et al., 1979; Hetrick et al., 1995), 재생(Paul and Feder, 1973), 집단 유전적 특징(Parker, 2000), 패각형성에 있어서의 염분과 조수의 영향(Era, 1985), *P. staminea*의 성장모형(Paul et al., 1976), *P. pectorina*의 정자의 미세구조(Matos et al., 1997), *P. asperrima*의 배 발생(Ewart et al., 1988), *Protothaca*屬의 성장형태(Harrington, 1987), *P. grata*의 생식주기(Pizarro and Cruz, 1987), *P. thaca*의 수온내성(Urban, 1994) 등의 보고가 있다.

우리나라의 경우, 조선총독부수산시험장 1929년 사업보고(1931)의 피조개 연안양식 적지조사 및 양식시험을 수행하면서 안면도의 유용패류 자원량 조사에서 처음으로 살반지락에 대해 언급하고 있으나, 바지락 이외의 생산량은 많지 않다고 보고하고 있다(유, 1976). 이후로, 살조개에 대한 연구는 패류도감에 조사된 일반적인 패각형태와 그림도해 및 사진 등의 설명만이 언급되어 있을 뿐이며(Kwon et al., 1993; 유, 1991), 살조개의 분류, 생식·생리 및 생태학적 연구는 전혀 연구된 바가 없고, 어획량조차도 파악되지 않고 있는 실정이다. 지리학적으로 가까운 일본에서도 살조개를 *Venus hirasei* Pilsbry, 1901로 명명하여 왔으나, 최근에 분류학적 재검토를 거쳐 *Protothaca jedoensis*로 명명하였다(Habe, 1977).

제 7 장 참고문헌

Bae, P.A., 1998. Biological study of the reproductive ecology on the pacific oyster

- Crassostrea gigas* in the southern coast of Korea. PDU. Ph.D. Thesis, 131 pp.
- Bardakci, F. and D.O.F. Skibinski, 1994. Application of the RAPD technique in tilapia fish: Species and subspecies identification. *Heredity*, 73 : 117-123.
- Cho, Y.C., J.W. Park, H.J. Jin, B.H. Nam, C.H. Sohn and Y.K. Hong, 1997. RAPD identification of genetic variation in ulvae seaweed. *J. Korean Fish. Soc.*, 30(3) : 388-392.
- Dutcher, J.A. and D.F. Kapraun. 1994. Random amplified polymorphic DNA (RAPD) identification of genetic variation in three species of *Porphyra* (Bangiales : Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.*, 6 : 267-273.
- Ewart, J.W., M.R. Carriker, J.R., Villalaz, J.A., Gomez, L. D'Cruz, 1988. Gametogenic development of the venerid clam *Protothaca asperrima* in the Bay of Panama. *J. Shellfish Res.*, 7(1) : 118.
- Habe, T., 1977. Systematics of Mollusca in Japan. Bukryunkwan Publishing Co., 245-273.
- Kinsella, J.E., 1987. Potential sources of fish oil. In seafoods and fish oils in human health and disease. Marcel Dekker Inc., New York, 239-255 pp.
- Kwon, O.K, K.M. Park and J.S. Lee, 1993. Coloured Shells of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, 371pp.
- Lewis, J.R. and R. Seed, 1969. Morphological variations in *Mytilus* from south-west England in relation to the occurrence of *M. galliprovincialis* Lmk. *Cahiers de Biologie Marine*, 10 : 231-253.
- Matos, E., P. Matos, G. Casal, C. Azevedo, 1997. Ultrastructure of the spermatozoon of *Protothaca pectorina* Lamarck (Mollusca : Bivalvia) of the North littoral of Brazil. *Rev. Bras. Zool.*, 14(4) : 779-783.
- Parker, M.S., 2000. Population genetics of *Protothaca staminea* and *Nacoma balthica* in Puget Sound, WA. *J. Shellfish Res.*, 19(1) : 686-705.
- Pizarro, J.F., R.A. Cruz, 1987. Reproductive cycle of the clam *Protothaca grata* (Pelecypoda Veneridae). *Brenesia*. San jose, 27 : 23-24.
- Song, H.I., K.J. Park, Y.R. Cho and Y.J. Park, 2002. Spat collection of the ark shell, *Scapha -rca satowi* in the west coast of Korea. *J. of Aquaculture*, Vol. 15(2) : 95-101.
- Lee, J.Y., W.K. Kim, C.S. Lee and Y.J. Park, 2002. Studies on the collection and growth of spat surf clam, *Spisula sachalinensis* in the tank. *J. of Aquaculture*, Vol. 15(2) : 111-117.

- Lee, J.Y., Y.J. Chang, Y.S. Kim, Y.H. Choi and Y.J. Chang, 2002. Influence of water temperature on egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. of Aquaculture, Vol. 15(1) : 39-42.
- Lee, J.Y., Y.J. Chang and Y.J. Park, 1996. Spawning Induction and egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. of Aquaculture, 9 : 419-427.
- Tettelbach, S. T. and E.W. Rhodes, 1981. Combined effects of temperature and salinity on embryos and larvae of the northern bay scallop *Argopecten irradians*. Mar. Biol., 63 : 309-256.
- Toa, M. and Miyama. 1995. Influence of temperature on the sexual maturation in Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. Suisanzoshoku, 43(3) : 305-314.
- Ponurovsky, S.K. and Y.M. Yakolev. 1992. The reproductive biology of the Japanese little-neck. *Tapes philippinarum*(Bivalvia: Veneridae). J. Shellfish Res., 11: 265-277.
- Tanaka, Y., 1954. Spawning season of important bivalves in Ariake Bay III. *Tapes philippinarum*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 19: 1165-1167.
- Toba, M. and Y. Miyama. 1995. Influence of temperature on the sexual maturation in Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*. Suisanzoshoku, 43(3): 305~314.
- Kim, W.S., Rumohr, H., Schmid, M.K. and Koh, C.H. 1996. A rhythm in the rate of oxygen consumption by the manila clam, *Ruditapes philippinarum*. Suisanzoshoku, J. Kor. Soc. Ocean. 31(3): 117-122.
- Wilson, J.G. 1981. Temperature tolerance of circatidal bivalves in relation to their distribution. J. Therm. Biol., 6: 279-286.
- Wright, D.A., V.S. Kennedy, W.H. Roosenburg, M. Castagna and J.A. Mihursky, 1983. Temperature tolerance of embryos and larvae of five species under simulated power plant effluent condition: A synthesis. Mar. Biol., 77: 271-278.
- Ali, F. and K. Nakamura. 1999. Effect of temperature and relative humidity on the tolerance of the Japanese clam, *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve), to air exposure. Aquaculture Research, 30: 629~636.
- Laing, I., S.D. Utting and R.W.S. Kilada. 1987. Interactive effect of diet and temperature on the growth of juvenile clams. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 113: 23~38.
- Ahn, S.H., 2001. Annual reproductive cycle of *Saxidomus purpuratus*(Sowerby) (Bivalvia : Veeneridae) in Sacheon Bay, Korea. PDU. Ms. Thesis, 35 pp.

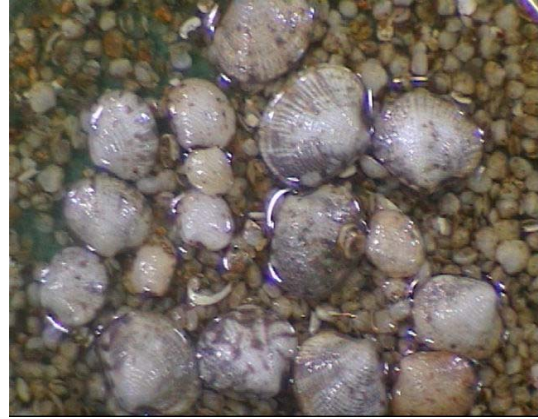
- Booolootian, R.A., A. Farmanfarmaina and A.C. Giese, 1962. On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol.*, 122(2) : 183-192.
- Chang, Y.J. and T.J. Lee, 1982. Gametogenesis and reproductive cycle of the Cockle, *Fulvia mutica* (Reeve). *Bull. Korean Fish. Soc.*, 15(3) : 241-253.
- Chung E.Y. and D.K. Ryou, 1994. Gonadal development, age and growth of the Shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*(Pelecypoda : Veneridae), on the Coast of Kimje, Korea *J. Malacol.*, 1091 : 1479-1482.
- Chung E.Y., S.Y. Kim and T.Y. Lee, 1988. A study on sexual maturation of *Macra veneriformis* Reeve. *Korean J. Malacol.*, Vol. 4(1) : 30-40.
- Chung E.Y., S.Y. Kim and Y.G. Kim, 1993. Reproductive ecology of the purple shell, *Rapana venosa*(Gastropoda : Muricidae), with special reference to the reproductive, depositions of egg capsules and hatchings of larvae. *Korean J. Malacol.*, 9(2) : 1-15.
- Chung E.Y., T.Y. Lee and C.M. An, 1991. Sexual maturation of the venus clam, *Cyclina sinensis*, on the west coast of Korea. *J. Med. & Appl. Malacol.*, 3 : 125-136.
- Era, A.M., 1985. Effects of tide and salinity on increment and line formation in the shells of the bivalve mollusk *Protothaca staminea*. *Dissertation Abstracts International Part B: Science and Engineering*, 46(6) : 107.
- Ewart, J.W., M.R. Carriker, J.R., Villalaz, J.A., Gomez, L. D'Crez, 1988. Gametogenic development of the venerid clam *Protothaca asperrima* in the Bay of Panama. *J. Shellfish Res.*, 7(1) : 118.
- Harrington, R., 1987. Growth patterns within genus *Protothaca*(Bivalvia : Veneridae) from the Gulf of Alaska to Panama aleotemperatures, paleobiogeography and paleolatitudes. *Dssertation Abstracts International Part B : Science and Engineering*, 7(7) : 249.
- Kim, J., 1996. A study on the reproductive cycle of the venus clam, *Protothaca jedoensis*. YNFU. Ms. Thesis, 24 pp.
- Lee, J.M., J.W. Park, M.S. Yoo and Y.G. Hong, 1977. Morphological characteristics and genetic diversity using the RAPD technique in the arkshell, *Scapharaca broughtonii* (Schrenck) from Korea and China. *J. Korean Fish, Soc.*, 30 : 297-304.
- Lewis, J.R. and R. Seed, 1969. Morphological variations in *Mytilus* from south-west England in relation to the occurrence of *M. galliprovincialis* Lmk. *Cahiers de Biologie Marine*, 10 : 231-253.

- Loosanoff, V.L. and H.C. Davis, 1963. Rearing of bivalve molluscus. *Adv. Mar. Biol.*, 1 : 1-136.
- Min, D.K., 2001. Korean Mollusks with Color Illustration. Hanguel Publishing Co., 268-269.
- Parker, M.S., 2000. Population genetics of *Protothaca staminea* and *Nacoma balthica* in Puget Sound, WA. *J. Shellfish Res.*, 19(1) : 686-705.
- Pearse, J. S., 1965. Reproductive periodicities in several contrasting populations of *Odontaster validus* (Koehler), a common Antarctic asteroid. *Biology of the antarctic Seas*, 2 : 39-85.
- Yoo, M.S. and S. K. Yoo, 1974. Spat collection and the growth of *Anadara broughtonii* Schrenck. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 7 : 79-86.
- Yoo, S. K., 1970. Biological studies on the propagation of important bivalves. 2. Growth and morphological variations of *Anadara broughtonii*(Schrenck). *Bull. Pusan Fish. Coll.*, 10 : 81-89.
- Yoo, S. K., 1971. Biological studies on the propagation of important bivalves. 3. Growth and morphological variations of the arkshell *Anadara granosa bisenensis* Schrenck et Reinhart. *Publ. Mar. Lab., Pusan Fish. Coll.*, 4 : 19-27.
- Yoo, S. K., 1977. Biological studies on the propagation of important bivalves. 5. Morphological characteristics of the arkshell, *Anadara subcrenata*.. *Bull. Nat'l. Fish. Univ. Busan*, 17 : 71-78.
- Yoo, S.K., Y.J. Chung and H.Y. Ryu, 1978. Biological studies on the propagation of important bivalves. 6. Morphological characteristics of the short-necked clam, *Tapes japonica*.. *Bull. Nat'l. Fish. Univ. Busan*, 18 : 89-94.
- 김안영, 1969. 개조개 *Saxidomus purpuratus*(Sowerby)의 생식세포형성 및 생식시기에 관한 연구. 부산수대 임연보, 2 : 27-36.
- 김안영, 1971. 개조개 *Saxidomus purpuratus*(Sowerby)의 증식에 관한 생태학적 연구. 한국수산학회지, 4(3, 4) : 92-98.
- 이정재, 1983. 제주도산 소라, *Turbo cornutus*의 생식주기에 관한 조직학적 연구. 제주대 해자년보, 7 : 29-51.
- 이주하, 1980. 소라, *Turbo Solanderdm*의 生殖細胞形成過程 및 生殖週期에 關한 組織學的인 研究. 한국수산학회지, 13(4) : 125-134.
- 이택열, 1974. 전복류의 생식세포 형성과정 및 생식주기. 부산수대 임연보, 7 : 21-50.
- 이택열, 1972. 진주조개 *Pinctada martensii*(DÜNKER)의 生殖細胞 形成 및 發達에 關하여. 부산

- 수대 임연보, 5 : 21-30.
- 이택열 · 정의영, 1980. 남방재첩, *Corbicula fluminea*의 生殖週期. 부산수대임연보, 12 : 47-54.
- 원문성, 1994. 바지락의 종묘생산과 양식장환경의 생산성에 미치는 영향. 부산수산대학교 박사학위논문, 220 pp.
- 유호영 · 박두원 · 전창영 · 정춘구 · 김대희 · 김경희 · 임영섭 · 김민철 · 김수호, 1993a. 피조개 인공 종묘생산에 관한 연구. 경상남도, 221 pp.
- 유호영 · 박두원 · 정춘구 · 김경희 · 전창영 · 김대희 · 명정인 · 임영섭 · 김수호 · 손형우, 1993b. 참담치 인공종묘생산기술에 관한 연구. 경상남도, 156 pp.
- 정의영, 1980. 淡水産 眞珠貝 蜃조개 *Anodonta (Sinanodonta) woodiana*(Lea)의 生殖週期 및 妊卵期. 한국수산학회지, 10(6) : 563-574.
- 정의영 · 김형배 · 이택열, 1986. 맛조개, *Solen strictus* 와 붉은맛, *Solen gordonsis* 의 生殖年週期. 한국수산학회지, 19(6) : 563-574.
- 정춘구, 1994. 참담치, *Mytilus coruscus* (Gould)의 생식주기와 유생사육. 부산수대 석사학위논문, 39 pp.
- 최기철, 1971. 대합과 가무락의 종묘생산을 위한 생태적 연구. 한국육수학회지, 4(1, 2) : 1-10.
- 최신석 · 송용규, 1973. 가무락, *Cyclina sinensis*의 인공수정 및 발생에 관한 연구. 한국수산학회지, 6(1, 2) : 76-80.
- 최신석, 1975. 대합, *Meretrix lusoria*과 가무락, *Cyclina sinensis*의 초기발생 및 성장에 관한 비교 연구. 한국수산학회지, 8(3) : 185-195.
- 김호진, 2000. 한국산 개불, *Urechis unicinctus*의 생식생태와 유생사육 조건에 관한 연구. 여수대학교 박사학위논문, 111 pp.
- 양문호, 1999. 벗굴, *Ostrea denselamellosa*의 종묘생산을 위한 생물학적연구. 동의대학교 박사학위논문, 161 pp.
- 유명숙, 1992. 한국산 및 일본산 진주담치의 패각형태에서 본 분류학적 고찰. 한국수산학회지, 25(3) : 165-170.
- 유종생, 1976. 원색한국패류도감. 일지사, 196 pp.
- 한국동물분류학회, 1997. 한국동물명집. 아카데미, 489 pp.
- 해양수산부, 2000. 해양수산통계연보. 대중인쇄사, 1190 pp.
- 신윤경 · 김윤 · 정의영 · 허성범, 2000. 바지락(*Ruditapes philippinarum*)의 온도 및 염분 내성. 한국수산학회지, 33(3) : 213-218.

- 이채성 · 노섬 · 박영제, 1997. 꼬끼리조개의 인공종묘생산에 관한 연구 I. 산란유발 및 부화. 한국양식학회지, 10(2) : 113-121.
- 이채성 · 노섬, 1997. 꼬끼리조개의 인공종묘생산에 관한 연구 II. 난발생과 유생의 발달. 한국양식학회지, 10(1) : 25-32
- 원승환 · 한석중, 2004. 혼한가리비, *Chlamys nobilis*의 자극방법별 산란유발 효과와 난발생에 미치는 수온의 영향. 한국양식학회지, 17(2) : 97-102.
- 이정용 · 장윤정 · 전민지 · 장해진 · 장영진, 2002. 북방대합, *Spisula sachalinesis*의 수정을 위한 최적방법. 한국수산학회지, 35(2) : 135-139.
- 허영백 · 허성범, 2000. 4종 조개류 유생의 발생과 성장. 한국양식학회지, 13(2) : 119-128.
- 장영진 · 최윤희 · 장윤정 · 최석원, 2000. 진주조개, *Pinctada fucata martensii*와 참굴, *Crassostrea gigas*의 난발생에 미치는 수온의 영향. 한국수산학회지, 33(6) : 559-564.
- 이정용 · 김완기 · 이채성 · 박영제, 2003. 북방대합 치패의 수온, 염분 및 공기노출에 따른 생존율과 잠사능력. 한국양식학회지, 16(4) : 229-232.
- 남해수산연구소 연구보고, 2004. 436 pp.
- 崔相 · 大島泰雄, 1958. 成長の抑制させたアサリの養殖による成長と殻形の變異ついて. 日本水産學會誌, 24(8) : 616-619.
- 岡田要, 1982. 新日本動物圖鑑(中). 北隆館, 273 pp.
- 竹内秀男, 1939. アサリの殻の變異と底質との關係. 日本養殖學會誌, 6 : 77-83.
- 高橋延昭 · 高野和則, 1970. ウバカイの生殖週期にする組織學的研究-I. 精巢の季節的變化. 日本水産學會誌, 36(4).
- 高良夫, 1957. アサリ生殖巢について二・三の組織學的觀察. 日本水産學會誌, 23 : 394-399.
- 隆島史夫 · 羽生功, 1989. 水族繁殖學. 綠書房, 東京, 335 pp.
- 安田治三郎 · 浜井生三 · 堀田秀之, 1945. アサリの産卵期について. 日本水産學會誌, 20(4) : 277-279.
- 鳥羽光晴 · 夏目洋 · 山川紘, 1993. 東京灣船橋地先におけるアサリの生殖期. 日本水産學會誌, 59(1) : 15-22.
- 鳥羽光晴, 1989. あさりの水槽飼育での性成熟過程における攝餌量の重要性. 日本水産増殖, 37(1) : 63-69.
- 鳥羽光晴 · 深山義文, 1991. 飼育アサリの性成熟過程と産卵誘發. 日本水産學會誌, 57(7) : 1269-1275.





주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 수산특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.