



북방대합, *Spisula sachalinensis*의 실내채묘 및 치폐의 성장

이정용^{*} · 김완기 · 이채성 · 박영제¹

국립수산과학원 강릉수산종묘시험장 · ¹국립수산과학원 서해수산연구소 증식과

Studies on the Collection and Growth of Spat Surf clam, *Spisula sachalinensis* in the Tank

Jeong-Yong Lee^{*}, Wan-Ki Kim, Chae-Sung Lee and Young-Je Park¹

Gangnung Hatchery, NFRDI, Gangnung 210-807, Korea

¹West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Inchon 400-201, Korea

Effect of substrate composition, stocking density and food organisms on survival and growth of the surf clam, *Spisula sachalinensis* was studied. Spat collection from the substratum was the highest, when its sand size was less than 250 μm; at such substratum, survival and growth of the surf clam were also the highest. The spat (1.4 mm) grew to 4.6 mm and 8.2 mm in shell length on day 30 and 50, respectively. The relationship between shell length (SL) and shell height (SH), shell breadth (SB), total weight (TW) and shell weight (SW) of the spat are formulated by the following equations; SH = 0.7351SL + 0.2272 ($r^2 = 0.9600$); SB = 0.4037SL + 0.2112 ($r^2 = 0.9452$); TW ≈ 0.2824SL^{2.7020} ($r^2 = 0.9820$); SW = 0.4021SL^{2.0217} ($r^2 = 0.6169$). In the substratum containing fine sand, growth and survival of the clam reared at the density of 1~2 ind./cm² were optimal. The quality of feed decreases in the following order; *C. calcitrans*, mixture group, *L. galbana*, *P. lutheri*, *T. suecica*.

Key words: Collection of surf clam, Survival and growth, Substrate composition, Stocking density, Food organisms

서 론

북방대합, *Spisula sachalinensis*은 개량조개과의 비부착성 조개류로서 각장 10~12 cm, 중량 200~500 g에 이르는 대형종이며, 동해안 연안의 자원증대 및 양식을 위하여 인공 종묘생산이 절실히 요구되는 품종이다 (Lee et al., 1997).

조개류의 안정적인 종묘생산을 위해서는 모폐사육, 채란, 유생사육, 채묘 및 치폐사육 등 일련의 과정이 요구되어진다. 이중 채묘는 부유생활을 마친 유생이 부착하거나

바닥에 침강할 때 효과적으로 수집하는 방법으로 초기 생존율 향상 및 효율적 생산을 위한 중요한 과정이다. 그리고 인공 종묘생산된 치폐는 실내에서 채묘 후 바다에 방류하기 전까지 인위적으로 먹이생물을 공급하며 사육해야 함으로 효과적인 사육방법을 밝히는 것은 매우 중요하다.

조개류 치폐의 사육방법 및 성장에 관한 연구는 참굴, *Crasostrea gigas*의 경우 먹이생물 종류에 따른 성장 (Laing and Millican, 1986), 수용밀도별 성장 (Holliday et al., 1991), 조간대 간출시간에 따른 성장 (Spencer et al., 1978)

*Corresponding author : jylee@nfrda.re.kr

등이 있으며, *C. rhizophoreae*의 인공 치폐 생산 (Rampersad and Ammons, 1992), 인공생산 치폐의 채통식 양식 (Spencer et al., 1978), 육상수조 사육에 있어 유속의 영향 (Rodhouse and OKelly, 1981) 그리고 육상수조에서 상품 크기까지의 양식 (Spencer et al., 1992) 등이 있다. 또한 참가리비, *Patinopecten yessoensis*의 경우는 먹이생물 종류에 따른 성장 (Kim, 1994) 등이 있다. 그러나 대부분의 연구 종들은 부착성이거나 일시부착성인 종으로 비부착성 잠입 조개류의 치폐 성장에 관한 연구는 거의 없다.

따라서, 이 연구에서는 북방대합 치폐의 효율적 생산을 위한 채묘 방법과 채묘된 치폐의 성장에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

채묘방법에 따른 생존율 및 성장

실험은 1999년 6월 하순 국립수산과학원 강릉수산종묘시험장에서 사육중인 북방대합 유생을 이용하였다. 유생은 절개법으로 채란 채정한 후 인공수정하여 얻어진 수정란을 20°C로 조절한 폴리에틸렌 수조 (1 t)에서 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 및 *Chaetoceros calcitrans*를 혼합 공급하며 사육중인 수정 19일째의 유생이었다.

효과적인 채묘 방법을 파악하기 위하여 유생을 물러망 (망목 200 μm , Swiss Silk Bolting Cloth Mfg.사)으로 거른 후, PVC 평판 ($50 \times 50 \text{ cm}$), 물러망 ($50 \times 50 \text{ cm}$, 망목 200 μm) 및 모래바닥 ($50 \times 50 \text{ cm}$, 높이 5cm)에 채묘하여 생존율과 성장을 조사하였다. 채묘시 유생의 평균 각장은 265.7 μm 였으며, 밀도는 10개체/ cm^2 로 하였다. 채묘 후 식물풀랑크톤을 공급하며 유수식으로 사육하였으며, 생존율과 성장은 채묘 20일 후에 조사하였다. 또한 모래 바닥의 입자 조성에 따른 성장과 생존율을 조사하기 위하여 표준체 (standard sieve)를 이용하여 초미세사질 (입경 250 μm 이하), 미세사질 (입경 250~500 μm), 세사질 (입경 500~1,000 μm), 사질 (입경 1,000 μm 이상)로 구분하여 채묘를 하고 20일 후 성장과 생존율을 조사하였다.

채묘 방법에 따른 채묘율과 치폐의 성장에 대한 유의치는 평균을 분산분석과 Duncan's multiple range test에 의하여 검정하였다 (Zar, 1984).

치폐의 성장 및 상대성장

북방대합 치폐의 성장 특성을 조사하기 위하여 채묘후

30일이 경과한 평균 각장 1.4 mm 의 치폐를 이용하여 모래 바닥에서의 성장과 생존율을 조사하였다. 실험은 콘크리트 수조 ($4.0 \times 1.0 \times 0.5 \text{ m}$)에 세사질 이하의 기는 모래를 5 cm 두께로 깔고 1개체/ cm^2 밀도로 사육하였다. 먹이는 *I. galbana*, *P. lutheri* 및 *C. calcitrans*를 혼합하여 1일 2회 공급하였다. 먹이 공급 후 2시간은 지수상태를 유지하였으며, 나머지 시간은 수질 환경을 유지하기 위하여 여과 해수를 이용하여 500 ℓ/hr 로 유수 사육하였다. 치폐의 성장은 10일 간격으로 50마리를 채집하여 각장, 각고, 각폭 및 전중량을 측정하였다.

사육방법에 따른 성장과 생존율

저질상태에 따른 치폐의 성장과 생존율을 조사하기 위하여 미세사질, 세사질, 사질 및 모래를 넣지 않은 상태로 구분하여 실험을 실시하였다. 실험은 평균 각장 1.4 mm 의 치폐를 FRP 사각수조 ($50 \times 35 \times 30 \text{ cm}$)에 1개체/ cm^2 의 밀도로 수용하여 사육하면서 성장과 생존율을 조사하였다. 먹이는 *I. galbana*, *P. lutheri* 및 *C. calcitrans*를 혼합하여 1일 2회 공급하였으며, 먹이 공급 후 2시간은 지수식으로, 나머지 시간은 수질 환경을 유지하기 위하여 여과 해수를 이용하여 500 ℓ/hr 로 유수 사육하였다. 치폐의 성장은 15일 간격으로 50마리씩 채집하여 각장을 측정하였으며, 생존율은 육안으로 계수하여 구하였다.

잠입밀도에 따른 치폐의 성장과 생존율을 조사하기 위하여 1 cm^2 당 1개체, 2개체, 3개체 및 4개체의 밀도로 사육 실험을 실시하였다. 실험은 평균 각장 1.4 mm 의 치폐를 5 cm 두께로 모래를 넣은 FRP 사각수조 ($50 \times 35 \times 30 \text{ cm}$)에 수용하여 사육하면서 성장과 생존율을 조사하였으며, 먹이 공급과 측정은 저질상태에 따른 실험과 동일하게 하였다.

식물풀랑크톤의 종류에 따른 성장과 생존율을 조사하기 위하여 *P. lutheri*, *I. galbana*, *C. calcitrans* 및 *N. oculata* 단독구와 이들의 혼합구로 구분하여 실험을 실시하였다. 평균 각장 5.3 mm 의 치폐를 FRP 사각수조 ($15 \times 25 \times 10 \text{ cm}$)에 모래를 넣지 않은 상태로 200마리씩 수용하여 2반복으로 50일간 실시하였다. 실험은 먹이 유실을 최소화하기 위하여 지수식으로 하였으며, 사육수 순환을 위하여 aeration을 해주었고, 2일 1회 전량 환수하였다. 먹이 공급량은 식물풀랑크톤의 체적을 기준 (Park, 1994)으로 같은 양을 공급하였으며, 실험기간동안 사육수온은 $19.0 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 였다. 성장은 10일 간격으로 30마리씩 무작위로 채취하여 Vernier caliper로 각장을 측정하였으며, 생존율은 모든

개체수를 육안으로 헤아려 계산하였다.

결 과

채묘방법에 따른 생존율 및 성장

성숙유생을 대상으로 플라스틱 평판, 물러망, 모래바닥에 채묘하여 20일 후 생존율과 성장을 조사한 결과, 플라스틱 평판과 물러망에서는 3% 미만의 생존율을 보였으나 모래바닥에서 12%의 생존율을 보임으로써 유의한 차이를 나타냈다 ($P<0.05$). 착지후 초기 성장에 있어서도 모래바닥에서 빠른 성장을 보이며 채묘 20일 후에는 평균 각장 1,184 μm 로 성장함으로서, 플라스틱 평판과 물러망에서의 평균 각장 867 μm 과 756 μm 보다 빠른 성장을 보였다. 일간성장에 있어서도 모래바닥에서 평균 45.9 μm 으로 플라스틱 평판의 30.0 μm 과 물러망의 24.5 μm 보다 빠른 성장을 보였다 (Table 1).

모래바닥 입도 조성에 따른 채묘율은 유의한 차이를 보이지 않았으나 ($P>0.05$), 0.25 mm 이하의 미세사질에서 17.3%로 가장 양호하였으며, 나머지 모래크기에서는 12% 전후로 나타났다 (Fig. 1).

치폐의 성장 및 상대성장

평균 각장 1.4 mm의 치폐는 10일 후에 2.2 mm로 성장하였으며, 30일째에는 4.6 mm로, 50일째에는 8.2 mm로 빠른 성장을 보였다 (Fig. 2).

각장에 대한 각고, 각폭, 전중, 각중의 상대성장은 Fig. 3과 같다.

각장의 성장에 대한 각고와 각폭의 성장은 비례적 관계로 상대성장식은 아래와 같았다.

$$\text{각장 : 각고 } SH = 0.7351SL + 0.2272 \quad (r^2 = 0.9600)$$

$$\text{각장 : 각폭 } SB = 0.4037SL + 0.2112 \quad (r^2 = 0.9452)$$

또한 각장의 성장에 대한 전중과 각중의 상대성장은 함수적 관계로 상대성장식은 아래와 같았다.

$$\text{각장 : 전중 } TW = 0.2824SL^{2.7020} \quad (r^2 = 0.9820)$$

$$\text{각장 : 각중 } SW = 0.4021SL^{2.0217} \quad (r^2 = 0.6169)$$

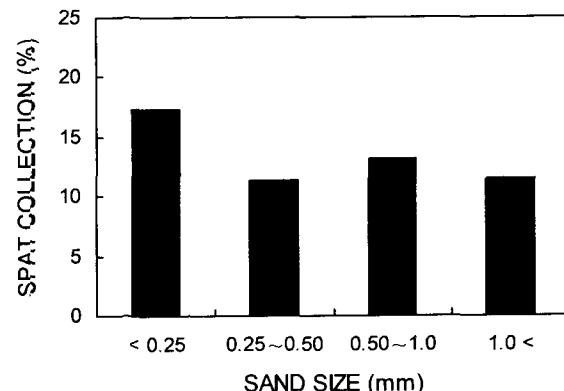


Fig. 1. Effect of sand size on collection of *Spisula sachalinensis* juvenile.

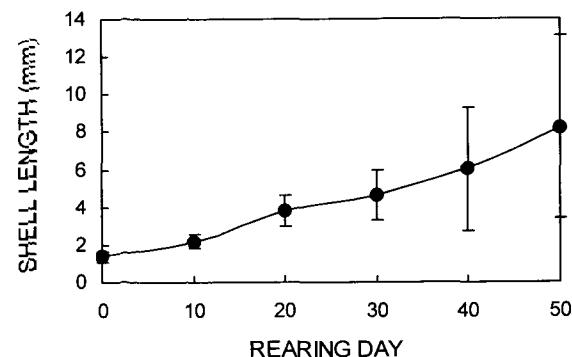


Fig. 2. Growth of *Spisula sachalinensis* spat.

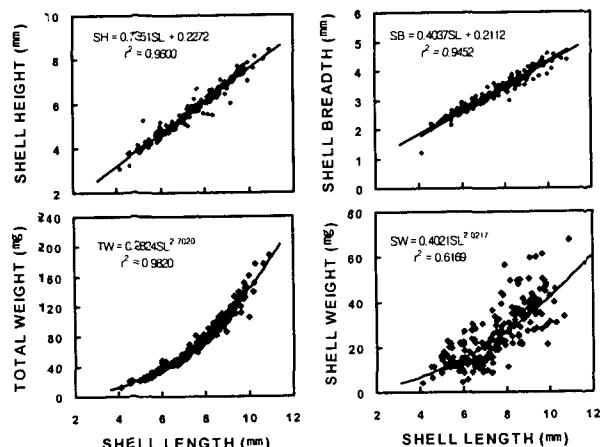


Fig. 3. Relative growth of shell height (SH), shell breadth (SB), total weight (TW) and shell weight (SW) as function of shell length (SL) of *Spisula sachalinensis* spat.

Table 1. Effect of spat collection method on survival and growth of *Spisula sachalinensis* (20 days after spat collection)

Spat collection method	Survival (%)	Shell length (μm)	Daily growth ($\mu\text{m}/\text{day}$)
Plastic plate	1.2 ^b	745~1,073 ^{ab} (867)	30.0
Muller net	2.8 ^b	684~1,028 ^b (756)	24.5
Sand bottom	12.0 ^a	857~1,274 ^a (1,184)	45.9

사육방법에 따른 성장과 생존율

저질 모래입자의 조성에 따른 성장과 생존율은 Fig. 4와 같다. 미세사질 바닥에서의 평균 각장 1.35 μm 의 치폐는 사육 30일 후에 4.13 μm 로 성장하였으며, 실험 종료시에는 평균 각장 12.73 μm 로 가장 빠른 성장률을 보였다. 세사질에서는 미세사질보다는 낮지만 사질보다는 높은 성장률을 보임으로써 저질 입자가 작을수록 빠른 성장을 보였다. 한편 모래를 넣지 않은 실험구에서는 가장 낮은 성장률을 보였다. 생존율에 있어서도 미세사질에서 실험 종료시에 75%로 가장 높은 생존율을 보였으며, 세사질, 사질, 무모래 순으로 나타남으로써 저질입자에 따른 차이를 보였다.

잠입밀도에 따른 성장과 생존율을 조사한 결과, 저밀도인 1 cm^2 당 1개체의 밀도로 사육하는 것이 성장과 생존율이 가장 높았으며, 1 cm^2 당 2개체의 밀도구는 초기에는 1 cm^2 당 1개체의 밀도구와 비슷하게 성장하였으나 성장함에 따라 성장률이 감소하였다. 또한 1 cm^2 당 3~4개체의 고밀도 잠입구역에서는 성장과 생존율 모두 낮게 나타났다 (Fig. 5).

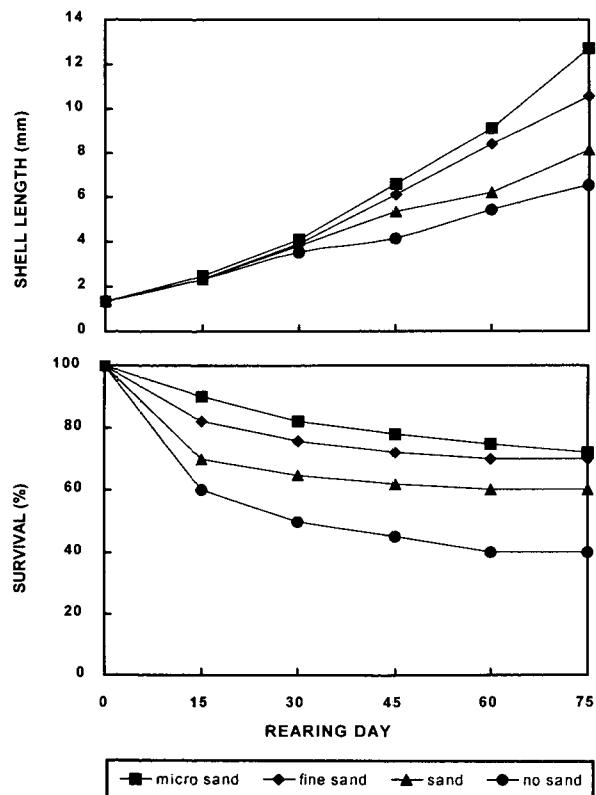


Fig. 4. Effect of sand size on survival and growth of *Spisula sachalinensis* spat.

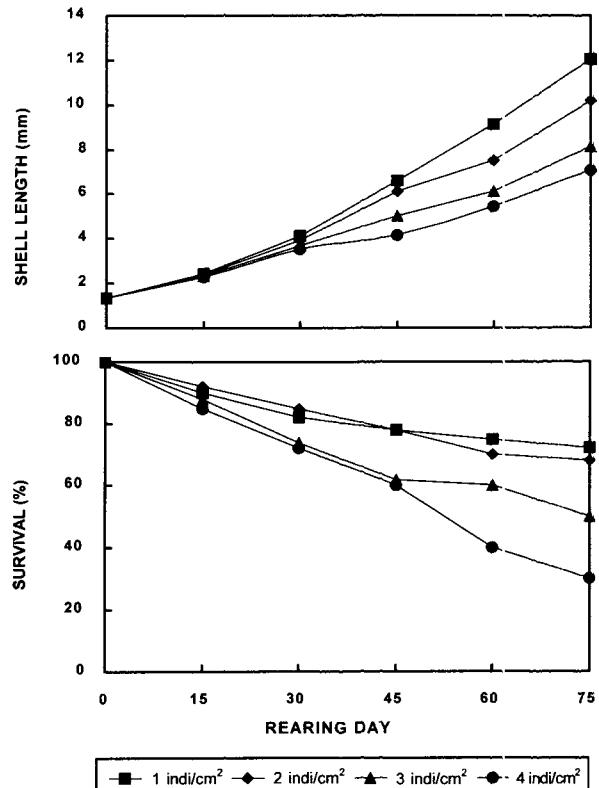


Fig. 5. Effect of stocking density on survival and growth of *Spisula sachalinensis* spat.

식물먹이생물 4종과 혼합 공급에 따른 치폐의 성장과 생존율은 Fig. 6과 같다. *C. calcitrans*가 가장 빠른 성장을 보였으며, 다음으로 혼합구, *I. galbana*, *P. lutheri* 순으로 높은 성장률을 보였다. 그러나 *N. oculata*는 가장 느린 성장을 보였으며, 실험 40일째 전량 폐사하였다. 치폐의 먹이별 생존은 *N. oculata* 만이 모두 폐사하였으며, 다른 3종 및 혼합구에서는 100%의 생존율을 보였다.

고 찰

조개류의 초기 부유유생은 일정기간 부유생활을 한 후 고착생활을 하는 부착성 종과 일시적인 부착후 저서생활을 하는 일시부착성 종, 부착하지 않고 저서생활을 하는 비부착성 종이 있다 (유, 2000). 본 연구에서 북방대합은 부착하지 않고 저서생활을 하는 비부착성 종으로 판단되며, 수정 17일째에 각장 245 μm 전후에서 착저생활을 하였다. 이러한 결과는 Sasaki et al. (1997)의 부화후 17~20일째에 각장 230~250 μm 에서 착저한다는 결과와 일치하였다.

북방대합, *Spisula sachalinensis*의 실내채묘 및 치폐의 성장

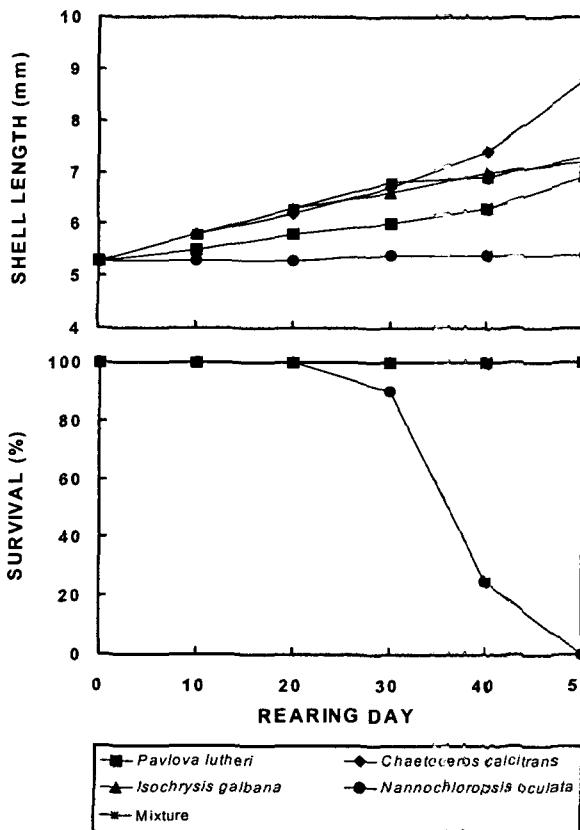


Fig. 6. Effect of food organisms on survival and growth of *Spisula sachalinensis* spat.

비부착성 조개류는 부유생활을 마치고 직접 바닥의 모래위에 침강하여 처음에는 죽사로써 모래에 붙어 몸을 지지하고 있지만 성장함에 따라 곧 저질 중에 잡입하게 된다 (유, 2000). 따라서 인공 종묘생산시 저질 바닥은 비부착성 조개류의 초기 성장과 생존에 매우 중요한 요인이다. 자연에서 비부착성 조개류의 채묘방법으로는 완류식 채묘가 있으나 (유, 2000), 실내에서의 효과적인 채묘 방법에 관한 연구는 드물다. 본 연구에서 북방대합의 착저기 유생은 플라스틱 평판이나 물러망에서는 바닥 생활중에 서로 붙어서 함께 폐사하는 현상이 관찰되었다. 그러나 모래바닥에서는 이동이 어렵고 표면적이 넓어짐으로 인하여 폐사율이 감소하였으며, 착저후 초기 성장에 있어서도 모래바닥에서는 안정된 환경에서 이동 없이 충분한 먹이를 먹음으로써 빠른 성장을 보인 것으로 판단된다. 그러나 장기간 사육시 저질 오염으로 인한 폐사가 발생함으로 더욱 효과적인 치폐의 사육방법이 요구된다.

북방대합 치폐는 각장 1.4 mm의 치폐가 30일 후에 4.6 mm로, 50일째에는 8.2 mm로 성장함으로써 외부형태가 유사

한 비부착성 대형 조개인 큰우럭, *Tresus keenae*의 성장 (유, 2000)과 비슷한 빠른 성장으로, 방류를 목적으로 한 초기 실내사육의 가능성을 확인할 수 있었다.

조개류의 외부형태 및 상관관계는 서식환경, 서식밀도, 먹이량 등에 따라 차이를 보일 수 있으며, 본 연구에서 북방대합 치폐의 각장에 대한 각고, 각폭, 전중 및 각중의 상관관계는 실내사육 치폐의 결과로서 자연산 치폐의 상관관계를 조사해봄으로써 명확한 형태적 특징을 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

모래바닥의 입도 조성에 따른 성장과 생존율을 조사한 결과, 초미세사질(입경 250 μm 이하)에서 높은 성장과 생존율을 보였으며, 모래 입자가 클수록 느린 성장을 보였다. 이것은 자연 서식장의 저질이 80% 이상 초미세사질인 것을 미루어 볼 때 동일한 결과로 사질 속의 유기물을 함께 먹음으로써 빠른 성장을 보인 것으로 생각된다. 한편, 모래를 넣지 않은 실험구에서는 서로 엉키어 폐사함으로써 낮은 생존율과 불안정적인 서식환경으로 인한 스트레스로 느린 성장을 보인 것으로 판단된다.

치폐의 밀도에 따른 성장과 생존율에 관하여 Lee et al. (1996)는 자연산 바지락 치폐의 경우, 고밀도에서는 성장과 생존율이 낮았으며, 단형의 바지락이 나타났다고 하였으며, 이것은 해수 소통이 원활하지 않은 결과로 판단하였다. 본 연구에서도 저밀도인 1 cm^2 당 1개체로 사육하는 것이 성장과 생존율이 가장 높았으며, 고밀도에서 성장과 생존율이 낮게 나타났는데, 이것은 치폐 한 마리당 먹을 수 있는 먹이의 양이 적었으며, 고밀도로 인한 스트레스가 영향을 주었을 것으로 판단된다. 그러나 인공 종묘생산을 위해서는 단위 면적당 생산 마리수를 고려해야 하므로 각장 1 cm 이내까지 실내사육을 목적으로 할 경우 1 cm^2 당 1~2개체를 유지하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

먹이생물에 따른 치폐의 각장 성장 결과에서 *C. calcitrans*, 혼합구, *I. galbana*, *P. lutheri* 순으로 높은 성장을 보였는데, 이것은 참가리비 치폐의 성장에 *I. galbana*가 가장 효과적이었다는 결과 (Kim, 1994)와는 차이를 보였다. 또한 북방대합 유생기간 동안의 먹이로 식물플랑크톤의 혼합 공급이 가장 효과적이었으며, 단독공급구 중에서는 *I. galbana* 및 *P. lutheri*가 *C. calcitrans* 보다 양호한 결과 (Lee, 2001)를 보였으나 치폐는 *C. calcitrans*가 더 효과적인 것으로 나타났는데, 이것은 *C. calcitrans*가 *I. galbana* 및 *P. lutheri* 보다 세포 크기가 크며, 강모를 가지고 있음으로 (황, 2000), 유생기에는 섭식과 소화에 비효율적이었

으나 치폐로 성장함에 따라 더 효과적인 먹이로 이용될 수 있음을 나타낸 것으로 판단된다. 그러나 치폐 사육시 성장과 생존율 향상을 위하여 먹이 종류에 따른 성분분석과 먹이생물 배양 방법에 따른 경제성 등이 고려된 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

요 약

이 연구에서는 북방대합의 안정적인 인공 종묘생산을 위한 기초지식을 얻고자 채묘방법과 치폐의 성장 및 사육 방법에 따른 성장과 생존율을 조사하였다.

채묘는 모래저질이 효과적이었으며, 특히 모래입자가 250 μm 이하의 초미세사질에서 높은 성장과 생존율을 보였다.

각장 1.4 mm 의 치폐는 30일째에 4.6 mm 로, 50일째에 8.2 mm 로 성장하였으며, 각장(SL)에 대한 각고(SH), 각폭(SB), 전중(TW) 및 각중(SW)의 상대성장식은 아래와 같았다.

$$\text{각고의 상대성장식 } SH = 0.7351SL + 0.2272 \quad (r^2 = 0.9600)$$

$$\text{각폭의 상대성장식 } SB = 0.4037SL + 0.2112 \quad (r^2 = 0.9452)$$

$$\text{전중의 상대성장식 } TW = 0.2824SL^{2.7020} \quad (r^2 = 0.9820)$$

$$\text{각중의 상대성장식 } SW = 0.4021SL^{2.0217} \quad (r^2 = 0.6169)$$

치폐 사육을 위한 저질은 미세사질이 효과적이었으며, 1~2개체/ cm^2 의 밀도에서 성장과 생존율이 양호하였다. 먹이생물은 *C. calcitrans*가 가장 빠른 성장을 보였으며, 다음으로 혼합구와 *I. galbana*, *P. lutheri*, *T. suecica* 순이었다.

참 고 문 헌

- Crawford, C. M., 1986. Spawning induction and larval and juvenile rearing of the giant clam, *Tridacna gigas*. Aquaculture, 58 : 281-295.
- Enright, C. T. G. F. Newkirk and J. D. Castell, 1986. Comparison of phytoplankton as diets for juvenile *Ostrea edulis* L. J. Exp. Mar. Biol., 96 : 1-13.
- Holliday, J. E., G. L. Allan and J. Frances, 1991. Cold storage effects on setting of larvae of Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis*, and the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Aquaculture, 92 : 179-185.
- Kang, K. H., K. K. Baik, Y. J. Chang and S. K. Yoo, 1996. Spawning induction according to stimulating treatment and spat rearing of scallop, *Patinopecten yessoensis*. Korean J. Malacol., 12 : 99-104.
- Kim, H. Y., 1994. Live foods for the scallop (*Patinopecten yessoensis*) in the laboratory culture. Master

- thesis, Nat. Fish. Uni. of Busan. 69 pp. (in Korean).
- Kim, J. D., S. C. Cheong and H. W. Kang, 1980. Studies on the artificial mass seed production of the ark shell *Anadara broughtonii* (Schrenck)-II. On the intermediate culture of the artificial seed. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 25 : 45-53.
- Laing, I. and P. F. Millican, 1986. Relative growth and growth efficiency of *Ostrea edulis* L. spat fed various algal diets. Aquaculture, 54 : 245-262.
- Lee, J. Y., 2001. Reproductive cycle and seedling production of surf clam, *Spisula sachaliniensis*. Ph. D. thesis, Pukyong Nat. Uni. 142 pp. (in Korean).
- Lee, J. Y., Y. J. Chang, and C. S. Lee, 1997. Reproductive cycle of surf clam, *Spisula sachalinensis*. Bull. Korean Fish. Soc., 30 : 132-138.
- Lee, Y. H., Y. J. Chang, H. K. Lim and G. S. Chung, 1996. Comparison of growth and survival rate in shortnecked clams, *Ruditapes philippinarum* from different seedling production areas. J. of Aquaculture, 9 : 223-232.
- Min, K. S., T. I. Kim, S. B. Hur, Y. B. Hur, D. W. Park, H. Y. Lee and M. S. Hwang, 1999. Studies on the artificial spat collection method for the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg). Bull. Nat. Fish. Res. Inst., 57 : 35-41.
- Park, J. E., 1994. The optimum culture environment of four species of phyto-food organisms. Master thesis, Nat. Fish. Uni. of Pusan. 34 pp. (in Korean).
- Rampersad, J. N. and D. R. Ammons, 1992. Production of *Crassostrea rhizophorae* (Guilding) spat from hatchery-reared larvae, Aquaculture, 106 : 253-260.
- Rodhouse, P. G. and M. O'Kelly, 1981. Flow requirement of the oysters *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* Thunberg in an upwelling column system of culture. Aquaculture, 22 : 1-10.
- Romverger, H. P. and C. E. Epifanio, 1981. Comparative effects of diets consisting of one or two algal species upon assimilation efficiencies and growth of juvenile oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin). Aquaculture, 25 : 77-87.
- Sasaki, K., H. Ota and M. Saeki, 1997. Morphological development of veliger larval and juvenile stages of the surf clam *Spisula sachalinensis*. Fish. Sci., 63 : 81-89.
- Spencer, B. E., D. B. Edwards and P. F. Millican, 1992. Growing hatchery-reared pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) to marketable size in trays-observations on coastal small-scale culture methods and rough-handling trials. Aquaculture, 106 : 261-274.
- Spencer, B. E., D. Key, P. E. Millican and M. J. Thomas, 1978. The effect of intertidal exposure on the

북방대합, *Spisula sachalinensis*의 실내체육 및 치폐의 성장

- growth and survival of hatchery-reared pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg) kept in trays during their first ongrowing season. *Aquaculture*, 13 : 191-203.
- Spencer, B. E. and C. J. Gough, 1978. The growth and survival of experimental batches of hatchery-reared spat of *Ostrea edulis* and *Crassostrea gigas* Thunberg using different methods of tray cultivation.

- Aquaculture*, 13 : 293-312.
- Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd. Prentice-Hall, 718 pp.
- 유성규, 2000. 천해양식. 구덕출판사. 부산, 639 pp.
- 황미숙, 2000. 건강한 폐류 유생사육을 위한 먹이생물 대량 배양 기술. 양식 굴의 안정적 생산과 인공종묘생산 기술 워크숍 프로시딩. pp 85-101.

(접수 : 2002년 3월 12일, 수리 : 2002년 4월 6일)