



북방대합 치패의 수온, 염분 및 공기노출에 따른 생존율과 잠사능력

이정용¹ · 김완기¹ · 이채성¹ · 박영제*

¹국립수산과학원 동해수산연구소 강릉수산종묘시험장
서해수산연구소 증식과

Survival on Water Temperature, Salinity and Air Exposed Time and Sand Immersion Ability of the Surf Clam, *Spisula sachalinensis* Spat

Jeong-Yong Lee¹, Wan-Ki Kim¹, Chae-Sung Lee¹ and Young-Je Park*

¹Gangnung Marine Hatchery, NFRDI, Gangnung 210-807, Korea
Department of Aquaculture, West Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Incheon 400-201, Korea

Survival with various conditions (water temperature, salinity and air exposure) and sand immersion ability for release of surf clam, *Spisula sachalinensis* spats, which were artificially seed produced, were investigated. Survival with water temperature conditions of spats showed no difference within the range of 4~28 °C for 10 days. In salinity conditions, survival (%) of spats showed more than 50% in over 22 psu. In air exposure conditions, survival (%) of spats air exposed for 12 hours was no difference within below 20 °C, however, that of spats air exposed for 16 hours showed below 50% at 25 °C. In sand immersion ability, the immersion time was increased with the increase of shell length, and the immersion rate was decreased. Spats of below 15 mm in shell length were emersed more than 90% within 10 min. There was no difference in the immersion time and the immersion rate with the grain sizes of the sand bottom.

Keywords: Surf clam, *Spisula sachalinensis*, survival, sand immersion ability

서 론

북방대합, *Spisula sachalinensis*은 개량조개과의 비부착성 조개류로서 각장 10~12 cm, 중량 200~500 g에 이르는 대형종이며, 매재동물(infauna)로서 풍파가 심한 동해안 해역에서 어업인의 양식과 자원관리가 가능한 품종이라 할 수 있다(Lee et al., 1997). 북방대합의 안정적인 양식과 자원관리를 위해서는 인공종묘의 대량생산이 필요한데, 최근 채란, 유생사육, 채묘 및 치패사육 등 일련의 과정이 개발되어 종패의 안정적 생산이 가능하게 되었다(Lee et al., 1996, 2002a, b, c). 그러나 북방대합의 방류효과 및 생산량 향상을 위해서는 생산된 치패의 수송이나 방류방법 또한 중요한 과제가 될 수 있다. 치패를 수송하기 위해서는 일반적으로 일정한 습도를 유지하며 공기중에 노출하여 수송하는데 이때 수온이나 염분 및 공기중 노출시간에 따라 생존율의 차이를 보인다. 또한 생산된 치패의 방류를 위해서는 방류시기와 적지가 조사되어야 하므로 저질 및 치패 크기에 따른 잠사능력은 매우 중요하다.

일반적으로 조개류의 생리활성에 관하여 여수율(Loosanoff,

1950; Nakamura et al., 1990), 산소소비(Van Winkle, 1968; Lee, 1996), 에너지수지(Jeong, 2000), 심장 박동수(Feng and Van Winkle, 1975) 등 많은 연구가 있으나 대부분 성패를 대상으로 한 연구로서 인공종묘 생산된 치패를 일시적인 축양이나 수송을 목적으로 한 환경내성 연구는 드물다.

본 연구에서는 인공종묘 생산된 북방대합 치패를 대상으로 중간육성과 수송을 위한 수온, 염분 및 공기중 노출에 따른 생존율과 방류를 위한 잠사능력을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 동물

실험은 1999년 8월 하순 국립수산과학원 강릉수산종묘시험장에서 사육중인 북방대합 치패를 이용하였다. 치패는 실내에서 인공종묘 생산된 것으로 모래바닥에 채묘한 후 성장 단계에 따라 실험에 이용하였다. 사육중 수온은 15~20°C 범위였으며, 먹이는 *Isochrysis galbana*, *Pavlova lutheri* 및 *Chaetoceros calcitrans*를 1:1:1의 비율로 혼합하여 공급하였다.

*Corresponding author: jyilee@nfrdi.re.kr

수온과 염분에 따른 생존율

치패의 수온에 대한 저온과 고온 내성을 조사하기 위하여 0, 4, 8, 28, 32 및 36°C에서 10일간 생존율을 조사하였다. 실험은 각장 10 mm 전후의 치패를 50마리씩 수용하여 2반복으로 실시하였으며, 수온 조절된 항온수조에 1 L 비이커(20°C)를 넣은 후 시간당 1°C 변하게 하여 설정온도에 이르게 함으로써 수온 변화에 따른 스트레스를 최소화하였다. 사육수에 공기공급을 하고 지수상태를 유지하였으며, 2일 1회 전량 환수하여 오염을 예방하였다. 실험기간 동안 먹이는 공급하지 않았다.

염분에 따른 내성 실험은 지하수를 이용하여 34, 31, 28, 25, 22, 19, 16 및 12 psu로 조절된 뒤 10일간 생존율을 조사하였다. 수온은 20±1°C로 유지하였으며, 급격한 염분변화에 따른 스트레스를 최소화하기 위하여 단계별로 염분변화를 시켰다. 다른 환경과 방법은 수온 내성 실험과 동일하게 하였다.

공기중 노출에 따른 생존율

공기중 노출시간에 따른 생존율을 조사하기 위하여 4°C(냉장고)와 15, 20 및 25°C(항온실)에서 4, 8, 12, 16, 20 및 24시간 노출한 후 생존율을 조사하였다. 치패는 각장 10 mm 전후를 선별하여 이용하였으며, 수분 증발을 방지하기 위하여 젖은 수건을 덮어 보존하였다. 치패의 생존율 조사는 각 실험구마다 공기중에 노출되어 있던 치패를 50마리씩 2반복으로 자연해수가 들어있는 1 L 비이커에 다시 수용하여 24시간 후의 생존율로 측정하였다.

잠사능력

인공종묘 생산된 치패의 최적 방류 크기 및 방류 저질을 판단하기 위하여 각장 및 저질입자의 크기에 따른 잠입률과 잠입 시간을 조사하였다. 각장에 따른 실험은 40×50×30 cm 사각 수조에 5 cm 높이로 미세사질을 넣고 25 cm 높이까지 해수를 채운 다음 치패를 수용하여 10분 이내의 잠입률과 완전 잠입까지의 시간을 측정하였다. 각장은 5 mm 이하, 5~9.9 mm, 10~14.9 mm 및 15~20 mm의 4단계로 구분하여 각 단계별로 10마리의 치패를 10반복으로 사용하였다.

저질입자 크기에 따른 실험은 각장에 따른 실험과 동일한 수조에 표준체를 이용하여 미세사질(500 µm 이하), 세사질(∅ 500~1,000 µm), 사질(∅ 1,000 µm 이상)로 구분하여 3 cm 높이로 넣고 해수를 채운 후 10 mm 전후의 치패를 각각 10마리씩 수용하여 10반복으로 잠입률과 완전 잠입시간을 측정하였다.

각장 및 저질입자 크기에 따른 결과의 통계처리는 ANOVA를 실시하여 Duncan's multiple range test로 평균간의 유의성을 $p < 0.05$ 수준으로 검정하였다.

결 과

수온에 따른 생존율

치패의 수온에 대한 하한 및 상한 내성을 조사하기 위하여

Table 1. Survival (%) of the surf clam, *Spisula sachalinensis* spat with different water temperatures

Water temperature (°C)	Elapsed time (days)					
	0	2	4	6	8	10
0	100	0				
4	100	100	100	100	95.0	90.0
8	100	100	100	100	90.0	90.0
28	100	100	90.0	90.0	85.0	85.0
32	100	95.0	85.0	75.0	55.0	30.0
36	100	0				

0, 4, 8, 28, 32 및 36°C에서 10일간 생존율을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 0°C에서는 2일째에 전량 폐사하였으며, 4°C와 8°C에서는 10일까지 90% 이상 생존하였다. 한편 28°C에서는 10일까지 85%의 생존율을 보였으나 32°C에서는 30%의 생존율을 보였으며, 36°C에서는 1일 후에 전량 폐사하였다.

염분에 따른 생존율

염분에 따른 내성을 조사하기 위하여 34, 31, 28, 25, 22, 19, 16 및 12 psu로 10일간 사육한 결과, 25 psu 이상에서는 80% 이상의 생존율을 보였으며, 22 psu에서는 65%의 생존율을 보였다. 그러나 19 psu 이하에서는 10일 후에 50% 이하의 낮은 생존율을 보였으며, 12 psu에서는 2일 후에 전량 폐사하였다(Table 2).

Table 2. Survival (%) of the surf clam, *Spisula sachalinensis* spat with different salinities

Salinity (psu)	Elapsed time (days)					
	0	2	4	6	8	10
34	100	100	100	100	100	92.0
31	100	100	100	100	100	100
28	100	100	100	95.0	85.0	80.0
25	100	90.0	90.0	85.0	80.0	80.0
22	100	100	90.0	85.0	80.0	65.0
19	100	95.0	85.0	75.0	55.0	40.0
16	100	90.0	80.0	60.0	40.0	10.0
12	100	0				

공기중 노출에 따른 생존율

치패의 수온과 노출 시간에 따른 생존율을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 4°C의 냉장고 속에 노출한 치패의 생존율은 20 시간까지는 100% 생존하였으나 24시간 실험구에서는 일부 폐사개체가 나타나 92%의 생존율을 보였다. 15°C에 노출한 치패는 24시간 노출 실험구에서도 폐사개체가 관찰되지 않았으나 20°C에 노출한 치패는 16시간 노출한 실험구에서 폐사개체가 나타나기 시작하여 24시간 노출 실험구에서는 80%의 생존율을 보였다. 한편 25°C에 노출된 치패의 생존율은 12시간 노출 실험구부터 폐사개체가 발생하여 24시간 노출 실험구는 24시간 후에 모두 폐사하였다.

Table 3. Survival (%) of the surf clam, *Spisula sachalinensis* spat with the air exposed time to different air temperatures

Air temperature (°C)	Elapsed time (hour)					
	4	8	12	16	20	24
4	100	100	100	100	100	92.0
15	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	96.0	88.0	80.0
25	100	100	78.0	30.0	8.0	0.0

잠사능력

각장에 따른 잠입률과 잠입시간을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 각장 1~15 mm의 치패는 10분 이내에 90% 이상 잠입하였으나 15~20 mm의 치패는 70%의 잠입률을 보임으로써 유의한 차이($p < 0.05$)를 보였다. 평균 잠입시간에서도 1~10 mm의 치패는 4분 이내에 모두 잠입하였으나 10~20 mm의 치패는 10~12분이 소요되어 유의한 차이($p < 0.05$)를 보임에 따라 치패가 성장할수록 잠입시간이 증가하는 경향을 보였다.

저질입자의 크기에 따른 잠입률과 잠입시간을 조사한 결과, 미세사질, 세사질 및 사질의 모든 시험구에서 10분 이내에 90% 이상 잠입하여 유의한 차이($p > 0.05$)를 보이지 않았으며, 잠입 시간에서도 8분 전후에 모두 잠입하여 유의한 차이($p > 0.05$)를 보이지 않았다(Fig. 2).

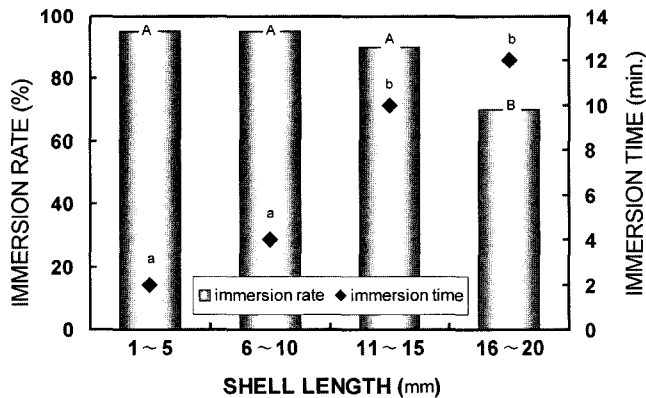


Fig. 1. Sand immersion rate and times of the surf clam, *Spisula sachalinensis* spat by shell length.

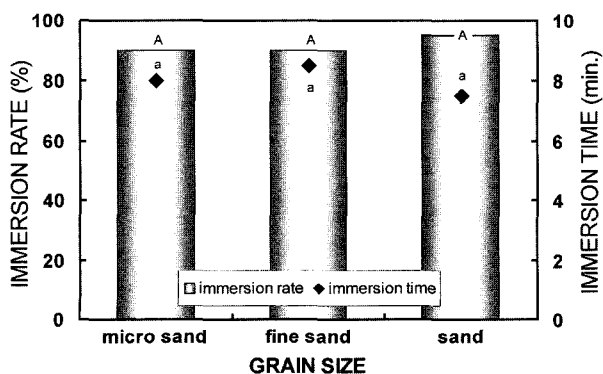


Fig. 2. Sand immersion rate and time of the surf clam, *Spisula sachalinensis* spat by grain size of the sand bottom.

고찰

조개류의 생리활성을 판단하는 기준으로 산소소비량, 여수를 및 심장 박동수 등 많은 연구가 있으나 실제 양식 및 종묘생산 현장에서 치패를 관리하기 위한 환경내성에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

환경에 민감한 변온동물들은 온도와 염분 등에 따라 산소소비량이 달라지며(Uki and Kikuchi, 1975), 한편으로는 환경변화에 순응하면서 보상을 나타낸다(Prosser, 1973). 조개류인 동족, *Mactra veneriformis*의 경우에도 수온이나 염분 변화에 순응을 나타내면서도 급격한 환경변화에는 순응보다는 생리적 손상을 보인다(Lee, 1996). 일반적으로 모래속에 잠입하여 서식하는 조개류는 환경의 악화시 모래속에서 나와 이동하는 것으로 생각되며, 저수온에서는 모래속에 깊이 잠입하며 고수온에서는 모래 위로 노출되어 일정시간 내성을 보이거나 한계시간이 지나면 폐사하는 것을 관찰할 수 있었다. 본 연구에서 북방대합의 치패는 4°C 이상에서는 10일까지 90% 이상 생존하였으며, 28°C에서도 10일까지 85%의 생존율을 보였으나 32°C 이상에서는 10일까지 30%의 생존율을 보임으로써, 4~28°C 범위에서는 10일까지 85% 이상의 생존율을 보이는 종으로 저온에서는 강하고 고온에서는 약한 종으로 판단된다. 이러한 결과는 북방대합 치패는 수정란이 10~25°C 범위에서 발생가능하며 발생생물학적 온도가 5.5°C라는 연구(Lee et al., 2002a) 및 유생이 15~27°C 범위에서는 수온이 높을수록 빠른 성장을 보인다는 연구(Lee et al., 2002b)와 비교할 때 수정란 및 유생 시기보다는 넓은 수온내성 범위를 가지는 것으로 판단된다.

한편 조개류에 있어서 염분에 대한 내성은 알, 유생, 치패 순서로 증가하며, 성패(노령패)에서는 감소한다(Tettelbach and Rhodes, 1981; Dame, 1996). 또한 조건대에 서식하는 동족은 수온보다 염분이 더 큰 환경인자로 작용한다(Lee, 1996). 본 연구에서 북방대합 치패는 25 psu 이상에서 10일까지 50% 이상의 생존율을 보임으로써 염분에 따른 내성은 강한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 유생이 22 psu 이하에서 낮은 생존율을 보인다는 연구 결과(Lee et al., 2002)와도 유사하다.

공기중 노출 실험 결과, 치패는 저수온인 4°C에서는 24시간 노출 후에도 높은 생존율을 보인 반면 고수온인 25°C에서 24시간 노출 후에는 전량 폐사함으로써 수온이 높을수록 공기중 노출시간은 짧아야 한다는 것으로 나타났다. 따라서 방류 등 수송을 위한 공기중 노출은 20°C 이하의 온도에서 직사광선을 피하고 12시간 이내라면 치패의 생존율에는 문제가 없을 것으로 판단된다.

비부착성 조개류는 부유생활을 마치고 직접 모래위에 침강하여 처음에는 족사로써 모래에 붙어 몸을 지지하고 있지만 성장함에 따라 곧 저질 중에 잠입하게 된다(유, 2000). 왕우럭조개, *Tresus keenae* 치패는 각장 크기 1.8 mm 정도가 되면 저질속으로 잠입하며, 잠입 직후에는 완전히 저질속에 매몰하나 몇

시간이 지나면 각장의 1/3~1/2을 저면에 노출시키고 수관을 뿜고 생활한다(유, 2000). 북방대합도 각장 2 mm 이상의 치패는 모래속에 잠입하여 생활하였으며, 각장 2~5 mm의 치패는 방류 후 10분 이내에 잠입함으로써 해적생물로부터 공격당할 가능성이 낮았다. 그러나 각장 15 mm 이상의 치패는 잠입률이 낮고 잠사시간이 길어지므로 해적생물로부터 공격당할 가능성이 높을 것으로 생각된다. 그러므로 각장 15 mm 이전에 방류하는 것이 효과적인 것으로 판단된다. 한편 저질모래의 크기에 따른 잠입률과 잠입시간에서는 미세사질, 세사질 및 사질의 모든 실험구에서 10분 이내에 90% 이상 잠입하였으며, 잠입시간에서도 8분 전후에 모두 잠입함으로써 저질모래 크기에 따른 잠입능력에는 차이가 없는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 인공종묘 생산의 최종 단계라 할 수 있는 치패의 환경내성을 파악하고, 아울러 잠사능력을 조사함으로써 방류를 위한 치패의 방류 시기 및 적정 저질을 파악할 수 있었다.

요 약

이 연구에서는 인공종묘 생산된 북방대합 치패를 대상으로 수온, 염분 및 공기중 노출에 따른 생존율과 방류를 위한 잠사능력을 조사하였다.

수온 4~28°C 범위에서 10일간 치패의 수온에 따른 생존율은 차이가 없었으며, 염분 22 psu 이상에서는 50% 이상의 생존율을 보였다. 또한 기온 20°C 이하의 공기중 노출에서 12시간 이내에는 생존율에 차이가 없었으나 25°C에서는 16시간 이상에서 50% 이하의 생존율을 보였다. 각장에 따른 잠사능력은 각장이 증가할수록 잠입시간은 길어지고 잠입률은 감소하였으며, 각장 15 mm 이하의 치패는 10분 이내에 90% 이상 잠입하였다. 저질모래 크기에 따른 잠입시간과 잠입률에는 차이가 나타나지 않았다.

참고문헌

- Dame, R. F., 1996. Ecology of marine bivalves: An ecosystem approach. CRC Press, Boca Raton, FL., 254 pp.
- Feng, S. Y. and W. Van Winkle, 1975. The effect of temperature and salinity on the heart beat of *Crassostrea virginica*. Comp. Biochem. Physiol., **50**: 473-476.
- Jeong, S. H., 2000. Growth and energy budget of *Spisula sachalinensis* spat fed various food organisms reared in the laboratory. Master thesis, Kangnung Nat. Uni., 53 pp (in Koeran).
- Lee, J. Y., 1996. Study on the oxygen consumption of surf clam, *Maetra veneriformis* Reeve. Bull. Korean Fish. Soc., **29**: 614-619 (in Koeran).
- 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 (in Koeran).
- Lee, J. Y., Y. J. Chang and Y. J. Park, 1996. Spawning Induction and egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. Aquaculture, **9**: 419-427 (in Koeran).
- Lee, J. Y., Y. J. Chang, Y. S. Kim, Y. H. Choi and Y. J. Chang, 2002a. Influence of water temperature on egg development of surf clam, *Spisula sachalinensis*. J. Aquaculture, **15**: 39-42 (in Korean).
- Lee, J. Y., W. K. Kim, C. S. Lee and Y. J. Park, 2002b. Studies on the collection and growth of spat surf clam, *Spisula sachalinensis* in the tank. J. Aquaculture, **15**: 111-117 (in Korean).
- Lee, J. Y., W. K. Kim, C. S. Lee and Y. J. Park, 2002c. Growth and survival of the surf clam, *Spisula sachalinensis* larvae according to rearing conditions. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst., **61**: 56-61 (in Korean).
- Loosanoff, V. L., 1950. Rate of water pumping and shell movements of oyster in relation to temperature (Abstract). Anat. Rec., **108**, 620 pp.
- Nakamura, Y., A. Yoshimasa and O. Takashi, 1990c. On measurements of the oxygen consumption and filtration rate of juvenile surf clams. Japan Aquaculture Society, **38**: 269-274.
- Prosser, C. L., 1973. Comparative animal physiology. 2nd ed. Saunders College Publishing, Philadelphia, 966 pp.
- 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**: 249-256.
- Uki, N. and S. Kikuchi, 1975. Oxygen consumption of the abalone, *Haliotis discus hannai* in relation to the body size and temperature. Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab., **35**: 73-84 (in Japanese).
- Van Winkle, W., 1968. The effects of season, temperature and salinity on the oxygen consumption of bivalve tissue. Comp. Biochem. Physiol., **26**: 69-80.
- 유성규, 2000. 천해양식. 구덕출판사. 부산, pp. 639.

원고접수 : 2003년 4월 16일

수정본 수리 : 2003년 8월 7일

책임편집위원 : 이원교