

온도자극 및 수온밀도에 따른 우렁쟁이 폐사

홍정표* · 김영섭 · 허성범¹⁾

국립수산진흥원 포항분소 · ¹⁾부경대학교 양식학과

Effect of Temperature Fluctuation and Different Stocking Densities on Mortality of Sea Squirt, *Halocynthia roretzi* (von Drasche)

Jeung-Pyo Hong*, Young-Seop Kim and Sung-Bum Hur¹⁾

Pohang Regional Laboratory, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 791-110, Korea

¹⁾Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Mortality suffered by the sea squirt in indoor experiment was higher at the stocking density of 12 kg than that at 3 and 6 kg. Daily mortality was also higher at 8°C thermal fluctuation than that at 3 and 5°C. The thermal fluctuation observed at the depth of 5 m during June was higher, i.e. 7.4°C but it was just 2-4°C during mid-May. It did not fluctuate at all during the period from January to February. Mortality was higher at the stocking density of 12 kg during June than at 10 and 15 m depth.

Key words: Sea squirt, *Halocynthia roretzi*, Temperature fluctuation, Stocking Density, Mortality

서 론

우렁쟁이 *Halocynthia roretzi* (von Drasche)는 우리나라의 경우 동·남해안의 외해의 영향을 많이 받는 암초지대에 주로 서식하는 원색동물로서 중요한 양식 대상품종이다.

본 종은 불포화 알코올인 cynthiol 이 내는 독특한 맛 때문에 옛날부터 우리나라 사람들이 즐겨 먹어오던 해산물로서 그 수요가 날로 증가함에 따라 우리나라에서는 1970년대 초부터 양식에 관심이 많아져 인공채묘에 의한 양식을 시도하였으나, 1977년부터 매년 9~10월만 되면 원인도 밝혀지지 않은 채 우렁쟁이가 대량 폐사하였다. 처음에는 연승수하식으로 양식중인 우렁쟁이가 폐사되기 시작하다가 1978년부터는 자연산 우렁쟁이마저 대량 폐사되어 1980년까지 우리나라 연안의 우렁쟁이는 거의 소멸하다시피 하였다(Chang et al., 1982). 그 후 1982년부터 경북 울진군 왕돌암에서 생존한 자연산 우렁쟁이와 일본에서 수입한 우렁쟁이를 어미로 사용하여 남해안 충무·

통영 일대와 포항시 장기면 지역에서부터 양식을 시도한 이래 현재는 동·남해안 양식 적지에서 양식되고 있다.

그러나 1994년부터 동해안에서 제일먼저 양식을 시작한 장기면 일대에서 또다시 매년 시설량의 약 50% 이상이 폐사하는 현상을 보이기 시작하였는데 그 양상이 70년대와는 조금 다르게 나타나고 있다. 그것은 70년대에는 주로 고수온기를 지난 9~10월경에 대량 폐사가 일어났으나, 1994, 1995년에는 7~8월에 폐사 되다가 1996, 1997년에는 그 시기가 더욱 앞당겨져서 5월부터 폐사가 일어나고 있으며, 또한 폐사되는 우렁쟁이도 1994~1996년까지는 채묘 후 3년째 (양성 2년생) 양식중인 것이 폐사하였지만 1997년에는 채묘 후 2년째 (양성 1년생)인 것도 폐사되기 시작하였다.

우렁쟁이 폐사 원인에 대하여는 藤田等 (1966)은 우렁쟁이 양식에서 여름철 고수온기에 비중이 낮아지는 것이 폐사의 원인이라 추정했으며, 菊池 (1976b)는 고온 내성 실험을 한 결과 22°C에서 수관 위축 징후가 있었고 25°C에서는 폐사된다고 보고하였으며, Chang et al. (1982)은

*Corresponding author : jphong@nfrda.re.kr

영일만 축천 양식장의 경우 7월의 높은 수온과 5월부터 8월까지의 연속적인 먹이생물의 감소로 우렁쟁이가 폐사되는 것으로 추정하였으며, Na et al. (1991)은 1988년 남해안 일원에서 2년산 우렁쟁이의 대량폐사는 고수온에 의한 대사 장애가 있던 중 우렁쟁이 군집의 산소요구량에 대한 수중의 용존산소가 불충분하여 대량폐사를 가중시킨 것 같으며, 1년산이나 3년산에 비해 2년산의 대량폐사는 군집의 산소요구량 차이에 기인한다고 보고하였다.

본 연구는 1994년부터 시작된 동해안에서의 우렁쟁이 폐사원인 조사로 1998년도에 연속 수온측정을 실시하였는데 이때 우렁쟁이의 폐사가 일어나기 시작하는 4월 이후 7, 8월까지 일일 수온 변화가 심한 것을 볼 수 있었다. 이 수온은 단시간에 약 4~8℃까지 변화하는데 이러한 현상은 지금까지 알려진 바가 없는 전혀 새로운 사실이다. 따라서 이러한 불규칙 수온 변화가 우렁쟁이에 어떤 영향을 미치는가를 알아보기 위해 양성장에서 수층별로 수온 밀도를 달리하여 양성하면서 폐사 상황을 조사하였고, 동시에 실내에서 양식장의 수온 변화와 비슷한 조건을 부여하여 사육 실험을 병행 실시하였으며, 또한 종묘간의 환경 적응성을 비교하기 위해 양식산 및 자연산 우렁쟁이를 사용하여 조사한 바 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

실험에 사용된 양식 우렁쟁이 재료는 경북 포항시 남구 룡포읍 장길리 연안의 시험어장에서 사육 중이던 것을 1998년 11월 25일 채취하였고, 자연산 우렁쟁이는 같은 일자에 경북 울진군 원남면 오산리 연안에서 잠수부가 채취한 우렁쟁이를 사용하였다.

실내 실험

실내 실험에 사용된 우렁쟁이는 채취 즉시 실험 장소인 울진수산증묘시험장의 사육수조(4×6×1 m)로 운반하여

15일 동안 유수식으로 사육하면서 충분히 안정시킨 후 비슷한 크기들을 골라 밀도별 사육실험과 온도자극 실험을 실시하였다.

사용된 우렁쟁이는 체고 및 체폭은 전자식 vernier caliper로 0.01 mm 단위로, 체중은 전자저울로 0.01 g 단위로 측정하였으며, 측정방법은 Jang (1979)의 방법에 따랐다. 크기는 양식산이 체고 62.05~91.61 mm (평균 74.65±7.19 mm), 체폭 30.59~48.08 mm (평균 38.77±4.37 mm), 체중 36.06~83.95 g (평균 54.26±12.17 g)의 범위였고, 자연산은 체고 56.05~93.45 mm (평균 75.66±8.23 mm), 체폭 52.01~86.43 mm (평균 66.34±5.24 mm), 체중 83.33~103.45 g (평균 94.39±8.24 g)의 범위였다(Table 1).

가. 수온 밀도별 실험

수온 밀도별 실험은 300 L (유효수량 250 L) FRP수조에 자연산 및 양식산 우렁쟁이를 전자저울로 각각 3, 6, 12 kg 씩 측정된 후 마리수를 계수하여 3 반복으로 설치하였다. 사육방법은 유수량을 4.2 L/min 으로 조절하여 유수식으로 사육하였으며, 사육기간은 1998년 12월 14일부터 1999년 1월 12일까지 30일간 사육하였고, 사육수온은 18±0.9℃로 유지하였다.

폐사 유무는 매일 오전 8시에 확인하였고, 폐사 기준은 온도자극 실험이나 밀도별 실험 공히 우렁쟁이의 입·출수공이 닫혀있고, 위축되어 있어 침을 접촉시켜도 전혀 반응이 없는 것을 1 차로 판정하고 별도의 수조에 옮겨서 사육하여도 입·출수공이 위축된 상태에서 계속 닫혀있는 것을 폐사된 것으로 재확인하였다.

나. 온도자극 실험

온도자극 실험은 1 톤(유효수량 0.8 톤) FRP수조 전체를 18±0.9℃로 사육하면서 수온 8, 5, 3℃로 각각 저온 자극을 가하는 실험구와 자극이 없는 비교구의 4 단계 수온 구간을 설정하여 각각의 수조마다 자연산 및 양식산 우렁쟁이를 3 kg 씩 무게를 동일하게 측정된 후 마리수를 계

Table 1. Dimension of the sea squirt, *H. roretzi* used in the present study

Brood-stocks		Body height±SD (mm)	Body width±SD (mm)	Body weight±SD (g)
Cultured	Range	62.05~91.61	30.59~48.08	36.06~83.95
	Mean	74.65±7.19	38.77±4.37	54.26±12.17
Wild-type	Range	56.05~93.45	52.01~86.43	83.33~103.45
	Mean	75.66±8.23	66.34±5.24	94.39±8.24

SD: Standard deviation

수 하여 3 반복으로 설치하였으며, 사육수는 13 L/min 으로 유수하면서 사육하였고, 사육수의 온도조절은 수온자동제어시스템(Hana Electrical)에 의해 조절된 해수를 사용하였다.

온도자극은 1일 2회(0800~1100, 2000~2300) 실시하였고, 자극방법은 8°C 실험구간의 경우 $18 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 로 사육하다가 오전 8시에 수온자동제어시스템을 10°C로 설정하여 약 1 시간 후인 오전 9시에 사육수가 10°C가 되도록 유수량을 13 L/min 으로 조절하였고, 10°C에서 1 시간 사육하다가 오전 10시에 수온자동제어시스템을 18°C로 조정하면 오전 11시에 18°C로 회복되게 하였다. 18°C에서 9 시간 사육 후인 20시가 되면 다시 오전과 동일한 방법으로 수온을 제어하여 자극을 실시하였다. 같은 방법으로 5°C 실험구간은 18°C에서 13°C로, 3°C 실험구간은 18°C에서 15°C로 각각 수온을 제어하였으며, 실험기간은 1998년 12월 14일 부터 1999년 1월 12일까지 30일간 실시하였는데 그중 처음 7일간만 온도 자극을 가한 후 나머지 23일은 $18 \pm 0.9^\circ\text{C}$ 에서 사육하면서 폐사 유무를 조사하였고, 폐사 유무는 매일 오전 8시에 실시하였다.

야외 실험

경북 포항시 구룡포읍 장길리 앞 바다에 위치한 우렁쟁이 시험어장에서 양식산 및 자연산 우렁쟁이를 각각 3, 6, 12 kg 씩 무게를 측정한 후 마리 수를 계수하여 가리비 육성용기(470×470×120 mm) 2 단에 절반씩 나누어 수용하였으며, 육성용기는 연승 수하식으로 수심별(5, 10, 15 m) 3 반복으로 설치하였다.

폐사율 조사는 매월 1 회씩 우렁쟁이가 수용된 육성용기를 선상위로 올려서 살아있는 개체 수를 확인하였으며, 조사시 우렁쟁이 껍질이 얇아지면서 부패하기 전의 특이한 냄새가 나는 것은 폐사된 것으로 판단하여 미리 제거하였다.

사육기간은 1998년 12월 8일부터 1999년 9월 2일까지 사육하였으며, 사육기간 동안 수온 변화를 파악하기 위하여 다기능 수질측정기(YSI 6000)를 수심 10 m 층에 설치하여 15분 간격으로 24시간 연속 수온을 측정하였다.

모든 시험결과는 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

결 과

1. 실내실험

가. 수용 밀도별 실험

1998년 12월 14일부터 1999년 1월 12일까지 30일간 사육한 결과 양식산은 3 kg 실험구에서 6.2%, 6 kg 실험구에서 9.4%, 12 kg 실험구에서 26.6%의 폐사율을 보여 12 kg 실험구가 6, 3 kg 실험구보다 폐사율이 높게 나타나 유의한 차이가 인정되었으나, 6 kg 실험구와 3 kg 실험구간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 자연산도 3 kg 실험구에서 6.3%, 6 kg 실험구에서 9.4%, 12 kg 실험구에서 13.0%의 폐사율을 보여 양식산과 같은 경향을 보였다. 양식산과 자연산을 비교해 보면 3 kg 및 6 kg 실험구간에는 차이를 보이지 않았으나, 12 kg 실험구간에는 자연산에 비해 양식산에서 2배 이상 높은 폐사율을 보였다(Table 2).

밀도별 사육 실험중 일간 폐사율을 보면 양식산 및 자연산 공히 실험 초기인 0~5일째에 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 5~10일째였다. 전체적으로 볼 때 양식산의 12 kg 실험구의 0~5일째 일간 폐사율이 4.2586%로 가장 높았고, 다음이 자연산의 12 kg 실험구의 0~5일째 실험구의 2.0370%이었다(Table 3).

나. 온도자극 실험

우렁쟁이를 18°C에서 사육하면서 1일 2회 온도 자극(8°C, 5°C, 3°C) 실험을 한 결과 먼저 수온별로 보면 양식산은 8°C 자극 실험구가 실험 종료시까지 36.5%의 폐사율을 보여 5, 3°C 자극 실험구와 자극이 없는 대조구에 비해 유의한 차이를 보였고, 5°C 자극 실험구와 3°C 자극 실험구간에는 차이를 보이지 않았으나, 대조구와는 차이를

Table 2. Effect of stocking density on mortality of the sea squirt, *H. roretzi* reared 18°C

Item	Initial		Mortality	
	Weight (kg)	Mean (No)	Mean (No)	(%)
Cultured	3	65	4	6.2 ^a
	6	117	11	9.4 ^{ab}
	12	263	70	26.6 ^c
Wild-type	3	32	2	6.3 ^a
	6	64	6	9.4 ^{ab}
	12	108	14	13.0 ^b

Columns with different superscripts are significantly different ($t < 0.05$)

Table 3. Effect of stocking density on daily mortality of the sea squirt, *H. roretzi* reared at 18°C

Item	Initial		Daily mortality (%)					
	Weight (kg)	Mean (No)	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30
Cultured	3	65	0.5128	0.4103	0.3077	0.0	0.1026	0.0
	6	117	1.1364	0.1136	0.2273	0.0	0.1705	0.2841
	12	263	4.2586	0.4309	0.2281	0.0	0.1014	0.2788
Wild-type	3	32	1.2500	0.2083	0.0	0.0	0.0	0.0
	6	64	0.9375	0.1042	0.3125	0.0	0.2083	0.3125
	12	108	2.0370	0.3086	0.1235	0.0617	0.0	0.1235

보였다. 자연산도 8°C 편차로 자극을 했을 때 실험 종료시까지 28.1%의 폐사율을 보여 5°C 및 3°C 자극 실험구와 자극이 없는 대조구에 비해 높은 폐사율을 보였고, 5°C 자극 실험구 역시 3°C 자극 실험구나 자극이 없는 대조구에 비해 높은 폐사율을 보였으나, 3°C 자극 실험구와 대조구 간에는 차이가 없었다. 양식산과 자연산을 비교해 보면 8°C 자극 실험구와 3°C 자극 실험구에서는 자연산에 비해 양식산의 폐사율이 높았으나, 5°C 자극 실험구와 대조구에서는 차이가 없었다(Table 4).

Table 4. Effect of temperature fluctuation on mortality of the sea squirt, *H. roretzi*

Item	Temp. fluctuation (°C)	Initial		Mortality	
		Weight (kg)	Mean (No)	Mean (No)	%
Cultured	8	3	63	23	36.5 ^d
	5	3	64	11	17.2 ^b
	3	3	65	8	12.3 ^b
	0	3	64	1	1.6 ^a
Wild-type	8	3	32	9	28.1 ^c
	5	3	31	4	12.9 ^b
	3	3	32	1	3.1 ^b
	0	3	32	1	3.1 ^a

Columns with different superscripts are significantly different ($t < 0.05$)

온도자극 사육실험 중 일간 폐사율을 먼저 수온별로 보면 양식산에서 8°C 편차로 자극했을 때 자극을 줄 때보다 자극이 끝난 9~12 일에 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 6~9 일과 12~15 일에 높은 폐사율을 보였으며, 5°C 와 3°C에서는 온도자극 중인 3~6 일에 높은 폐사율을 보였다. 한편 온도자극이 없는 대조구에서는 실험초기인 0~3일째에 폐사를 보인 후 나머지 기간에는 폐사를 보이지 않았다. 자연산은 8°C 온도 자극 실험구와 3°C 자극 실험구에서는 자극이 끝난 직후인 6~9일째 높은 폐사율을 보였고, 5°C 자극 실험구에서는 12 일까지 같은 폐사율을 보였으며, 대조구에서는 양식산과 동일한 경향을 보였다. 실험 재료별로 볼 때 양식산에서 8°C, 5°C 자극 실험구에서는 실험동안 꾸준한 폐사를 보인 반면 자연산에서는 12 일 이후에는 폐사가 일어나지 않았다(Table 5).

2. 야외 실험

가. 우렁챙이 양식장 수온 변화

1999년 1월 22일부터 8월 28일까지 다기능 수질측정기 (YSI 6000)를 이용하여 수심 10 m 층에서 15 분 간격으로 수온을 연속 측정된 결과를 보면, 1월에서 2월까지 11.3°C ~ 13.8°C의 범위로 일간 수온 변화가 거의 없는 완만한 분포를 나타내고 있었다. 5월에는 수온이 12.5°C ~ 16.5°C

Table 5. Effect of temperature fluctuation on mortality of the sea squirt, *H. roretzi*

Item	Temp. fluctuation (°C)	Initial		Daily mortality (%)									
		Weight (kg)	Mean (No)	0~3	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~21	21~24	24~27	27~30
Cultured	8	3	63	4.7619	4.7619	6.3492	9.5238	6.3492	1.5873	1.5873	0.0	0.0	1.5873
	5	3	64	3.1250	4.6875	3.1250	3.1250	1.5625	1.5625	0.0	1.5625	0.0	0.0
	3	3	65	3.0769	4.6154	1.5385	1.5385	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0	3	64	1.5625	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wild-type	8	3	32	3.1250	6.2500	12.500	6.2500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	5	3	31	3.2258	3.2258	3.2258	3.2258	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3	3	32	0.0	0.0	3.1250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0	3	32	3.1250	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

의 분포를 보였으며, 5월 중순부터 일간 수온이 약 2~4℃ 까지 변화하고 있었다.

6월에는 수온이 8.02℃ (6월16일 18시45분)에서 21.0℃ (6월24일 11시45분)까지의 범위로서 불규칙적인 수온 변화가 더욱 심해져 일일 수온 변화가 최고 7.4℃ (6월14일 18시15분~6월15일 02시30분)까지 변화하는 등 1 일 2 회 주기로 수온 변화가 뚜렷이 나타나고 있었다. 이러한 현상은 6월 23일에서 24 일까지 잠시 회복되었다가 25 일부터 29 일까지 다시 반복되다가 30 일부터 정상으로 회복 되어 7월 8일까지 큰 변화 없이 서서히 상승하였다. 그 후 7월 9일과 10일에는 조사기간 중 최고인 7.98℃의 수온 변화를 보인 후 16 일까지 변화 없는 정상 수온을 유지하였으며, 17 일 이후 또다시 변화를 보이기 시작하였다. 8 월에는 7 월 하순경에 변화를 보이던 수온이 8월 12일까지 계속 변화하는 것을 볼 수 있었으며, 이러한 수온변화는 8월 12일 14시 45분 경에 25.52℃로 조사기간 중 최고 수 온을 보인 후 큰 변화 없이 서서히 하강하는 현상을 보이고 있었다(Fig. 1).

나. 수용밀도별에 따른 수층별 폐사율

자연산 및 양식산 우렁쟁이의 수용밀도에 따른 폐사율을 월별로 보면 먼저 3 kg 수용구에서는 자연산의 경우 5 m 층에서는 6월 (30.88%)이 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 7월 (8.51%), 8월 (6.98%), 1월 (4.11%)의 순이었다. 10 m 층에서도 6월 (4.17%)이 가장 높고, 다음이 7월 (2.90%), 8월 (1.49%) 순이었다. 15 m 층에서는 6월 (12.16 %)이 가장 높고, 다음이 3월 (2.63%), 1월 (2.56%)이었고, 그 외 월에서는 폐사가 일어나지 않았다. 전체적으로 볼 때 5 m 층 (45.12%)이 가장 높고, 다음이 15 m 층 (16.67 %), 10 m 층 (10.81%) 순이었다. 양식산에서는 5, 10, 15 m 층 모두 6월에 폐사율이 22.39~39.84%로 가장 높게 나타났고, 다음이 1월 (6.12~8.55%)이었다. 수층별로 볼 때 5 m 층 (58.55%)이 가장 높고, 다음이 10 m 층 (35.37 %), 15 m 층 (33.97%) 순으로 폐사율을 보여 자연산이나 양식 산 모두 5 m 층에서 높은 폐사율을 보였다. 한편 자연산 과 양식산을 비교해 보면 5, 10, 15 m 층 모두 양식산이 자연산에 비해 높은 폐사율을 보였다.

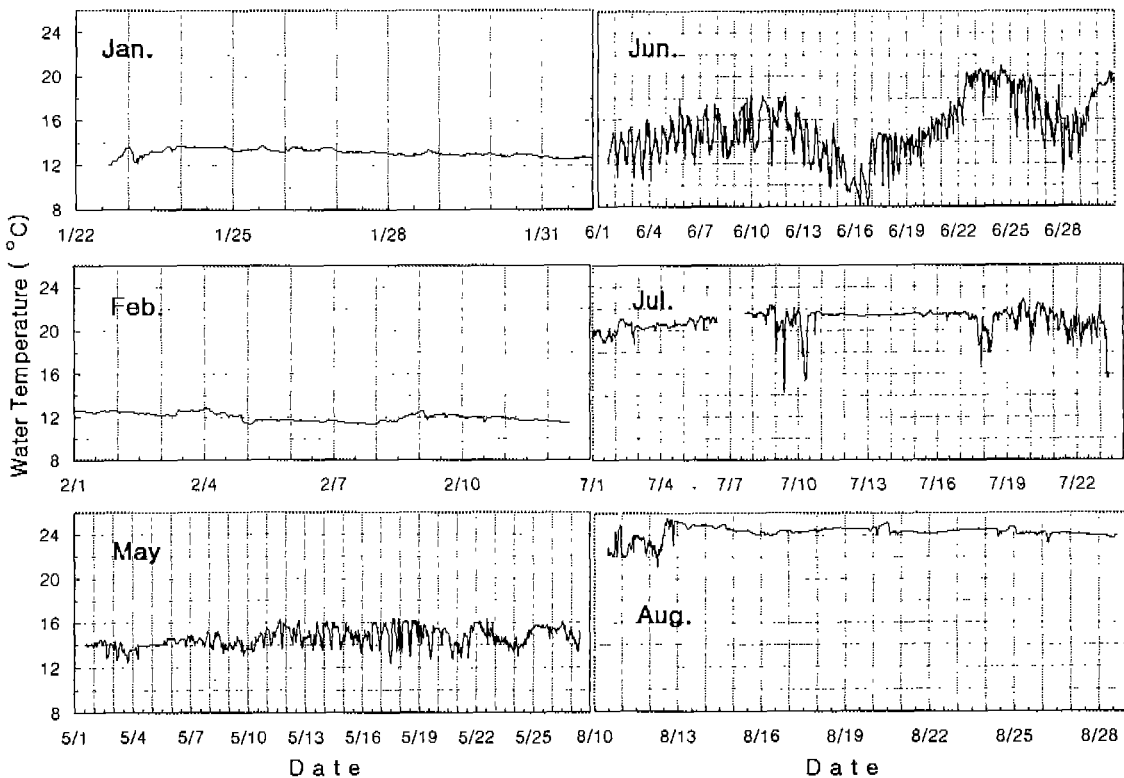


Fig. 1. Monthly variation of seawater temperature measured with multi-parameter monitor (YSI 6000) in the water depth of 10 m of ascidian farm.

다음 6 kg 수용구에서는 자연산의 경우 5, 10, 15 m 층 모두 6 월이 13.64~38.16%로 폐사율이 가장 높게 나타났고, 다음은 5 m 층이 1월 (3.01%), 5월 (2.56%), 10 m 층은 1월 (1.28%), 15 m 층은 7월 (2.33%) 순으로 나타났으며, 전체적으로 볼 때 5 m 층 (43.37%), 15m층 (18.95%), 10 m 층 (14.74%) 순으로 폐사율을 보였다. 양식산은 5 m 층의 경우 6 월 (50.00%)이 가장 높고, 다음이 7월 (26.77%), 8월 (12.90%) 순이었다. 10 m 층과 15 m 층에서는 6 월이 31.52%, 34.52%로 각각 가장 높고, 다음이 1 월로 8.31%, 4.97%로 각각 나타났다. 수층별로 볼 때 5 m 층 (75.96%) 이 가장 높고, 다음이 15 m 층 (47.20%), 10 m 층 (43.38%) 순으로 폐사율을 보여 자연산과 같은 경향을 보였다. 한편 자연산과 양식산을 비교해 보면 5, 10, 15 m 층 모두 양식산이 자연산에 비해 높은 폐사율을 보여 3 kg 수용구와 같은 경향을 보였다.

12 kg 수용구에서는 자연산의 경우 5 m 층에서는 6월 (60.23%)이 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 7월 (6.67%), 8월 (5.10%) 순이었으며, 10 m 층에서도 6월 (36.24%)에 가장 높고, 다음은 7월 (14.74%), 8월 (3.70%) 순이었다. 15 m 층도 6월 (16.50%)이 가장 높고, 다음은 7월 (2.37%), 8월 (2.02%)이었다. 전체적으로 볼 때 5 m 층 (70.26%)에서 가장 폐사율이 높고 다음은 10 m 층(50.96%), 15 m 층 (24.76%) 순이었다. 양식산에서는 5, 10, 15 m 층 모두가 6월에 59.75%, 39.24%, 36.17%로 각각 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음 5 m 층은 8월 (17.47%), 7월 (15.31%) 순이었고, 10 m 층은 7월 (5.40%), 8월 (4.36%) 순이었으며, 15 m 층은 7월 (4.64%), 1월 (3.89%) 순으로 나타났다. 수층별로 볼 때 5 m 층 (79.82%)이 10 m 층 (49.91%), 15 m 층 (48.14%)에 비해 높은 폐사율을 보여 자연산과 같은 경향을 보였다. 한편 자연산과 양식산을 비교해 보면 5, 10, 15 m 층 모두 양식산이 자연산에 비해 높은 폐사율을 보여 3, 6 kg 수용구와 같은 경향을 보였다(Fig. 2).

다. 수층에 따른 수층밀도별 폐사율

5 m 층에서 수층밀도별 월별 폐사율을 보면 먼저 3 kg 수용구에서는 자연산의 경우 6월 (30.88%)이 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 7월 (8.51%), 8월 (6.98%) 순이었다. 양식산도 6월 (39.84%)이 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 1월 (8.55%), 8월 (8.33%) 순으로 자연산과 비슷한 경향을 보였다. 다음 6 kg 수용구에서는 자연산의 경우 6월 (38.16%)이 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 1월 (3.01%)과 5월 (2.56%) 이었으며, 양식산도 6월 (50.0%)이

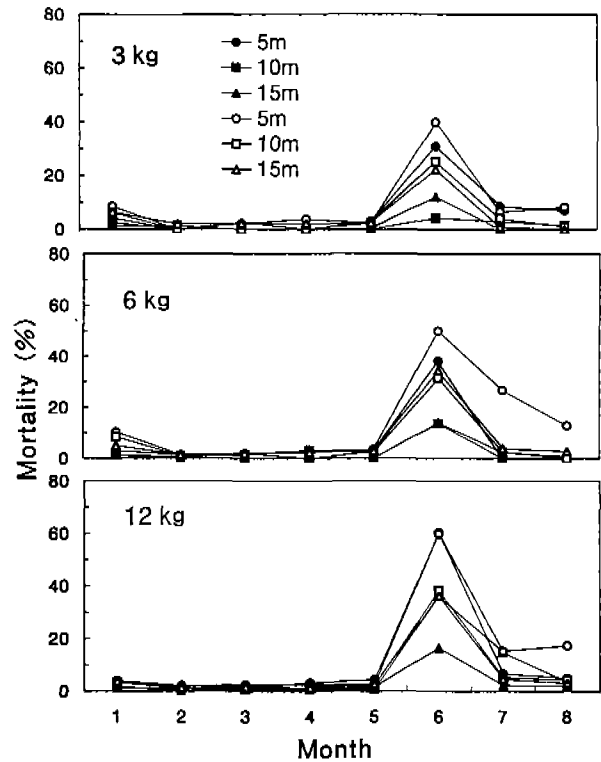


Fig. 2. Monthly mortality of natural and cultured individuals depending on the water depth in the suspended line with three stocking density. (●: wild caught, ○: cultured)

가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 7월 (26.77%), 8월 (12.90%) 순이었다. 12 kg 수용구에서는 자연산의 경우 6월 (60.23%)이 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 7월 (6.67%), 8월 (5.10%) 순이었으며, 양식산은 6월 (59.75%)이 가장 높고, 다음이 8월 (17.47%), 7월 (15.31%) 순이었다. 전체적으로 보면 자연산이나 양식산 모두 12 kg 수용구가 폐사율이 가장 높고 다음이 6 kg, 3 kg 순이었다. 양식산과 자연산을 비교하여 보면 같은 수층밀도에서는 자연산에 비해 양식산의 폐사율이 높게 나타났다. 10 m 층에서는 3 kg 수용구의 경우 자연산에서는 6월 (4.17%)이 가장 높고, 다음이 7월 (2.90%), 8월 (1.49%) 순이었고, 양식산도 6월 (25.19%)이 가장 높고, 다음이 1월 (6.12%), 7월 (3.96%) 순이었다. 다음 6 kg 수용구의 자연산은 6월 (13.64%)과 1월 (0.96%)을 제외한 다른 월에서는 폐사가 없었고, 양식산은 6월 (31.52%)이 제일 높고, 다음이 1월 (8.13%), 4월 (3.09%) 순이었다. 12 kg 수용구의 자연산은 6월 (36.24%)이 가장 높고, 다음이 7월 (14.74%), 8월 (3.70%) 순이었으며, 양식산도 6월 (38.24%)이 가장 높았고, 다

음이 7월 (5.40%), 8월 (4.36%) 순이었다. 10 m 층에서도 자연산이나 양식산 모두 12 kg 수용구가 폐사율이 가장 높고 다음이 6 kg, 3 kg 순이었으며, 양식산과 자연산을 비교하여 보면 12 kg 수용구에서는 비슷한 폐사를 보였으나, 3kg 및 6 kg 수용구에서는 자연산에 비해 양식산의 폐사율이 높게 나타났다. 15 m 층에서는 3 kg 수용구의 경우 6월 (12.16%)이 가장 많이 폐사하였고, 다음이 3월 (2.63%), 1월 (2.56%) 순이었고, 그 외 다른 월에서는 폐사가 없었다. 양식산도 6월 (22.39%)이 가장 높고 다음이 1월 (6.12 %)이었다. 6 kg 수용구의 자연산에서는 6월 (14.0%)이 가장 높고 다음이 7월 (2.33%)이었으며, 양식산도 6월 (34.52 %)이 가장 높고, 다음이 1월 (4.97%), 7월 (3.80%) 순이었다. 12 kg 수용구의 자연산에서는 6월 (16.50%)이 가장 높고 다음이 7월 (2.37%), 8월 (2.02%) 순이었으며, 양식산도 6월 (36.17%)이 가장 높고 7월 (4.64%), 1월 (3.89%), 8월 (3.25%) 순이었다. 15 m 층에서도 5 m 층이나 10 m 층과 같은 경향을 보여 자연산이나 양식산 모두 수용밀도가 높을수록 폐사율이 높고, 같은 수용밀도에서 양식산이 자연산에 비해 높은 폐사를 나타내 이것 역시 5 m 층이나 10 m 층과 같은 경향을 보였다 (Fig. 3).

고 찰

菊池 (1976)는 우렁쟁이의 고온내성 실험에서 22℃에서 수관 위축 징후가 있었고, 25℃에서는 폐사 된다고 보고 하였다. 그러나 菊池 (1976a, b)가 실험한 것은 3월에 해수의 수온이 6℃인 곳에서 자라고 있는 종묘를 2 시간만에 가온 해수를 주입시켜 25℃로 상승시켜 19℃의 급격한 변화를 일으키게 하였으며, 이와 같은 수온 변화는 어패류의 경우 치명적인 자극을 주게 된다하여, Chang et al. (1982)은 이러한 수온급변을 방지하기 위해 수온에 대한 저항성 실험을 6월에 실시하였으며, 상시의 해수가 16℃에서 자라던 우렁쟁이를 18℃로 유지하면서 실험실로 옮겨와 19℃에서 정치시킨 후 10 시간만에 24℃까지 상승시키는 방법으로 했을 때 26℃에서 2 일만에 4 마리가 죽고 4 일만에 나머지 6 마리가 전량 폐사 되었다고 보고하여, 1981년 영일만 죽천 양식장의 경우 7월의 높은 수온과 5월부터 8월까지의 계속적인 먹이 생물의 감소로 우렁쟁이가 폐사된 것으로 추정하였다.

또한 Kim (1980)은 충무산 우렁쟁이의 종묘를 어청도

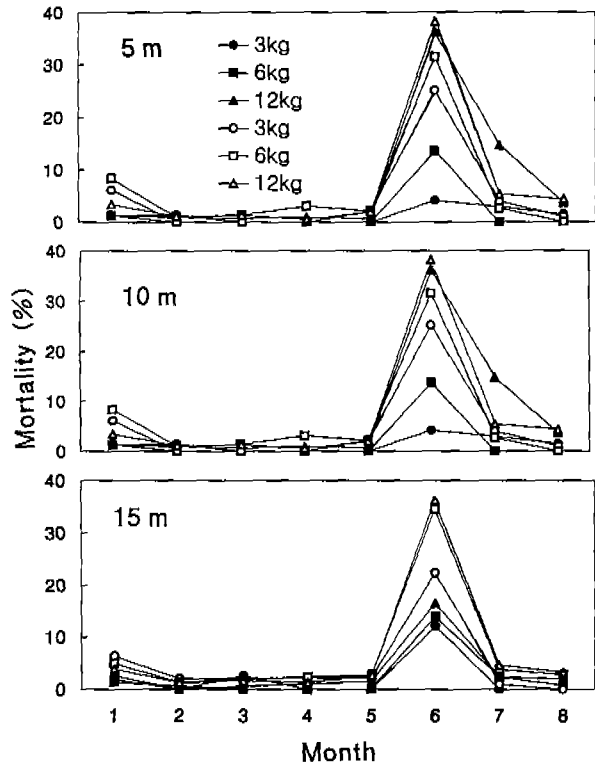


Fig. 3. Monthly mortality of natural and cultured individuals depending on stocking density in the suspended line with three stocking density. (●: wild caught, ○: cultured)

해역과 고군산열도에 이식시킨 결과 수온 26.5℃일 때는 입수공이나 출수공을 닫고 죽는다고 했으며, Na et al. (1991)은 20일간 무급으로 수온에 대한 내성 실험결과 수온 20℃일 때 30%가 폐사 되었으나 27℃이상에서는 전량 폐사 하였으며, Chang et al. (1982)은 20일간 무급으로 수온에 대한 내성 실험결과 수온 26℃에서는 4 일만에 전량 폐사하였고, 수온 24℃에서는 80%, 22℃에서는 90%가 생존하였다고 하였으며, 또한 Rho et al. (1993)은 수온이 높을 때 (20℃이상)는 수온이 높을 수록 낮은 비중에서 생존율이 낮게 나타났고, 체고가 클수록 생존율이 낮게 나타났다고 보고하였다.

이러한 여러 연구자의 보고를 종합해 볼 때 우렁쟁이는 저온보다는 고온 (25℃이상)에 상당히 약하며, 고온에서는 작은 것보다는 큰 것이 더 약하다는 것을 볼 수 있다.

Chang et al. (1982)이 菊池 (1976b)의 실험한 결과에 대해 급격한 수온 변화는 어패류에 치명적인 자극을 준다고 했는데 실제로 본 조사 어장에서는 단시간에 당시 수온보다 낮은 냉수대가 들어와서 수온이 6-8℃까지 변화하는

현상이 나타났으며, 이러한 냉수는 어장에서 일정기간 지속되는 것이 아니고, 1 일 2 회 정도씩 불규칙적으로 영향을 미치고 있었다. 朴 等 (1987)은 1984년에서 1986년까지 동해 남부해역의 냉수현상에 관한 조사에서 수온 18~22℃의 계절 수온약층과 수온 8~12℃의 영구 수온약층 사이에 수온 14~17℃, 염분 34.40 psu 이상의 고염수괴가 1984년에 가장 강하게 일어났고, 1986년에 가장 약하였다고 보고하였는데, 1984년 6월 20일에서 21 일 조사한 결과를 보면 10℃이하의 수괴가 10 m 층까지 상승한 것을 볼 수 있었다. 그러나 이때 이러한 현상이 나타난 곳은 감포 부근이었고, 조사 지점도 연안에서 제일 가까운 곳이 수심 60 m 로서 연안에서 약 3 mile 떨어진 지점으로, 본 조사의 0.6 mile 지점의 수심 23 m 보다는 상당히 외양이었으며, 조사 지역도 본 조사 지점보다 남쪽이었으며, 조사 방법도 일정한 시기에 1 회 조사하는 방법이였기 때문에 본 조사에서와 같은 현상은 발견하기 어려웠을 것으로 추정된다. 본 연구에서 장기적으로 연속 관측한 자료에 의해 동 해역의 수온이 불규칙적으로 변화한다는 것은 지금까지 처음 밝혀지는 사항으로서, 이러한 불규칙적인 수온변화가 해마다 계속 일어나는지 그리고 그 영향이 연안의 어디까지 미치는지에 대해서는 앞으로 좀더 장기적이고 광범위하게 조사하여야 하나 본 조사의 결과만으로 볼 때 중·저층에 있는 냉수괴가 우렁쟁이 양식장의 양식 수하층인 10 m (양식장 수심 23 m)층까지 상승하여 생물에 직접 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 수온이 상기 연구자들이 언급한 고수온은 아니지만 당시의 수온에서 급격히 하강하였다가 회복되는 변화가 반복됨으로서 우렁쟁이 대사에 상당한 장애가 있을 것으로 보이며, 또한 가장 많이 폐사된 6월 조사 시점이 25일인데 이때 대량 폐사가 일어났고, 또한 폐사가 진행 중인점 등을 수온자료와 대조시켜 보면 냉수가 들어와서 지속되는 기간에는 대사장애는 있어도 직접 폐사는 적었지만 수온이 상승되면서 대사가 활발해질 때 장애를 받았던 우렁쟁이가 대량 폐사되는 것으로 보여진다. 이러한 사항은 실내에서의 온도자극 실험에서도 8℃로 저온자극을 가했을 때 자극중일 때 보다 자극이 끝난 후가 오히려 폐사가 많이 일어나는 것보다도 잘 일치하고 있다.

따라서 실내실험 및 야외실험의 결과를 보아 고수온이 아니더라도 불규칙적인 수온변화가 우렁쟁이 폐사에 어떤 형태로든 영향을 미치는 것으로 판단되며, 또한 자연산에 비해 양식산의 폐사가 높은 점과 밀도가 높은 곳이

폐사가 높게 나타나는점 등을 고려해볼 때 종묘간의 차이와 밀식도 대량폐사에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 앞으로 우렁쟁이의 체 성분 분석 등을 통해서 수온 스트레스 발생시 어떤 변화가 있는지에 대해서는 좀 더 연구하여야 할 것으로 보여진다.

요 약

해양에서의 불규칙적으로 심하게 변하는 수온이 우렁쟁이의 폐사율에 어떤 영향을 미치는지를 파악하기 위해 1998년 12월 14일부터 1999년 8월 30일까지 자연산과 양식산 우렁쟁이를 사용하여 실내에서 온도자극 및 수층밀도별로 실험한 결과와 야외 육성장에서 수층별로 밀도를 달리하여 사육한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 실내에서 수층밀도별 사육 결과 12 kg 수용구가 3kg, 6 kg 수용구보다 폐사가 높았고, 자연산에 비해 양식산의 폐사가 높았으나, 3 kg 수용구와 6 kg 수용구간에는 밀도별 실험에서 차이가 없었고, 양식산과 자연산간에도 차이가 없었다.
2. 일간 폐사율은 양식산, 자연산 공히 실험 초기에 폐사율이 높았다.
3. 온도자극에 따른 폐사는 온도자극이 클수록 폐사가 많았고, 양식산이 자연산에 비해 폐사가 많았다.
4. 온도자극에 따른 일간 폐사율은 8℃자극 실험구에서는 온도자극이 끝난 직후에 폐사가 높았고, 5℃, 3℃ 실험구에서는 온도자극 중에 높았고, 대조구에서는 초기에 폐사를 보인 후 폐사가 없었다.
5. 우렁쟁이 육성장에서 10 m 층의 실시간 수온변화는 1, 2월까지는 변화가 없다가 5월부터 일일 2~4℃의 변화를 보였으며, 6월에는 최고 7.4℃까지 변하는 불규칙적인 변화를 보였고, 8월 중순 이후에 안정되었다.
6. 수층밀도에 따른 월별 폐사율은 3, 6, 12 kg 수용구 모두가 6월에 가장 높은 폐사율을 보였고, 다음이 8월이었다. 수층별로는 5 m 층이 10 m, 15 m층에 비해 폐사가 높게 나타났으며, 자연산에 비해 양식산의 폐사가 높았다.
7. 양식수층에 따른 월별 폐사율은 전 수층에서 6월에 폐사가 가장 높게 일어났고, 다음이 7월이었다. 수층 밀도별로는 12 kg 수용구가 폐사율이 가장 높고, 다음이 6 kg, 3 kg 순이었으며, 자연산에 비해 양식산의 폐사율이 높게 나타났다.

참 고 문 헌

- Chang, D. S., S. K. Chun, S. C. Cheong and H. L. Seo, 1982. A study on mortality of sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 47 : 7-40 (in Korean).
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-rang and multiple F tests. Biometrics, 11 : 1-42.
- Jang, Y. J., 1979. Studies on the early growth of the sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 21 : 69-76 (in Korean).
- Kim, Y.G., 1980. Ecological study on the transplantation of the sea squirt, *Halocynthia roretzi* (v. Drasche) to gogunsan islands. Bull. Korean Fish. Soc., 13(2) : 57-64 (in Korean).
- Na, G. H., C. S. Lee and W. J. Choi, 1991. The effect of dissolved oxygen on the estival mass mortality of sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche). Bull. Korean Fish. Soc., 24(1) : 52-58 (in Korean).
- Rho, Y. G., M. H. Lee and M. W. Park, 1993. The environmental factors affecting mortality of cultured sea squirt, *Halocynthia roretzi* (Drasche). Bull. Fish. Res. Dev. Agency, 47 : 145-164 (in Korean).
- 菊池要三郎, 1976a. 成長に養殖る關にす試験. 養殖, 13(3) : 65-67.
- 菊池要三郎, 1976b. マホヤの高温耐性. 養殖, 13(4) : 86 p.
- 藤田惣吉・藤田忠, 1966. ホヤの養殖試験. 養殖, 3(9) : 98 p.
- 朴周錫 外, 1987. 韓國東海南部海域의 冷水現象에 關한 綜合研究. 水産事業報告, 70 : 1-61.