

양식장 환경이 갯벌양식 굴 (*Crassostrea gigas*) 의 성장과 폐사에 미치는 영향

박상우, 김용, 김지혜, 정수환, 한경남

인하대학교 해양과학과

Effect of Environment Factors on Growth and Mortality of Cupped Oyster, *Crassostrea gigas*

Sang-Woo Park, Yong Kim, Ji-Hye Kim, Su-Whan Chung and Kyung-Nam Han

Department of ocean sciences, Inha University, Incheon 402-751, Korea

ABSTRACT

In order to evaluate how the effects of aquacultural environment, such as temperature, salinity, DO, SS, Chlorophyll-a, COD and nutritive salts on Cupped oysters, an investigational study was conducted between September to December of 2011. During the study, different intermediate cage farms on the surface of the sea were used to culture and compare the growth and survival rate of the Cupped oysters in different fishing environments. The different intermediate cage farms used were Wonsando-ri, Chang-ri, and Pado-ri. In January of 2012, these oysters were transplanted to a horizontal net farm in a mudflat until July of that year. The adaptation rates of the Cupped oysters were tested at differential exposure times at varying intertidal periods. Wonsando-ri showed the highest water temperature and Chlorophyll-a levels, while the salinity was found to be within range of stable conditions among all three intermediate cage farms. Once the Cupped oysters were at the horizontal net farm, the growth was measured at distinct tidal exposure time of 1, 3, and 5 hours, whereby the growth rate was highest at 3, 1, and 5 hours, respectively. In addition, the oysters cultivated in intermediate cage farms had longer shell lengths compared to shell heights, while oysters cultured in the horizontal net farm had larger shell heights than shell lengths.

Key words: *Crassostrea gigas*, Intermediate culture, Off-bottom culture, Environmental factor, Transplanted.

서 론

2007년 허베이스피리트호 유류오염 피해 이후 정부는 어장 복원사업의 일환으로 갯벌의 고도 이용 및 고부가가치 신품목인 갯벌양식 굴을 “갯벌참굴”로 명하고 수산물 10대 전략품목으로 선정하여 친환경 양식 산업으로 투자를 확대해 나가고 있다.

갯벌양식 굴은 3배체와 하나굴 형태로 생산하며, 3배체 유도는 약품처리나 온도 자극을 통하여 난모의 극체의 방출을 억제하거나 또는 2배체 굴과 4배체 굴을 교배하여 3배체가 되도록 만들어 감수분열 시 염색체 이상을 일으켜 불임이 되도록 하여 청성숙에 배출되는 에너지를 소비하지 않아 2배체보다 높은 성장을 하고 폐사가 낮은 것으로 알려져 있다 (Beaumont and Fairbrother, 1991; Eversole *et al.*, 1996). 또한 하나굴 형태의 인공종묘 생산은 부착기 유생에 탈할 때 굴 패각을 미세하게 갈아놓은 가루에 부착시키며 (FAO, 2004), 수하식 양식굴에 비해 패각에 손상이 없고 비만도도 높아 고부가가치의 상품으로 생산이 가능하다 (Soletchnik *et al.*, 2001).

그러나 이와 같은 양식기술에 의해 생산된 종묘를 갯벌 수평 망식 본 양식장에 이식하는 과정에 면역력이 약한 종묘가 갯벌 조건대로 이식되어 대기에 노출됨으로써 성장이 느리고 폐사량이 급증하여 경제성을 떨어뜨리는 주요 원인이었다. 따라서

Received: September 23, 2013; Revised: December 21, 2013;
Accepted: December 23, 2013

Corresponding author : Kyung-Nam Han

Tel: +82 (32) 860-7709 e-mail: knhan@inha.ac.kr
1225-3480/24497

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

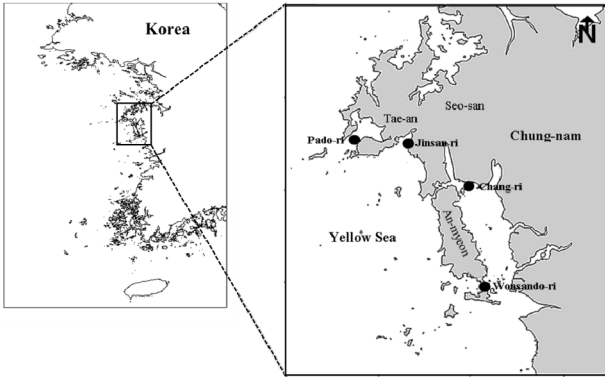


Fig. 1. Location of the study area

인공종묘의 안정적인 생산을 위해서는 질병과 폐사의 내성 등 상품성을 향상시킬 수 있는 중간육성 기술이 필요하다. 그러나 지금까지 국내 갯벌양식 굴에 관한 연구는 환경에 따른 성장 비교 (Mo *et al.*, 2012), 배수체별 성장 비교 (Lim *et al.*, 2011), 노출시간과 선반높이에 따른 성장 비교 (Han and Cho, 2013) 등 수평양식 양식에 국한되어 있고 중간육성에 대한 연구는 아직 보고되지 않았다.

따라서 본 연구는 어장환경이 서로 상이한 해면 가두리 중간육성장에서 성장과 폐사를 비교하고 갯벌 수평양식 본 양 성장에 이식 및 대기노출 시간별 갯벌양식 굴의 순응결과를 비교하여 갯벌양식 굴의 양식을 위한 기초 생물학적 자료를 축적하고자 한다.

재료 및 방법

실험에 사용한 굴은 (주) 씨에버에서 구입한 2배체 굴과 4배체 굴을 교배하여 생성한 3배체 굴이다. 중간육성 실험은 2011년 9월에 근소만 입구와 가까운 외해성 내만에 위치한 태안군 소원면 파도리와 천수만 내측의 반폐쇄성 해역에 위치한 서산시 부석면 창리 그리고 천수만 입구의 외해성 내만에 위치한 보령시 오천면 원산도리 등 세계의 해면 가두리 양식장에 이식 후 12월까지 사육 실험 하였다. 실험 종료 후 중간육성에 사용된 종패를 2012년 1월에 외해성 내만에 위치한 충남 태안군 남면 진산리 갯벌 수평양식 본양성장에 이식하여 7월까지 사육 실험 하였다 (Fig. 1).

해면 가두리 중간육성장에 이식한 굴은 양성망 (1.8 m L, 0.6 m W, 0.5 m H) 에서 성장함에 따라 망목크기를 조절하여 실험하였고, 또한 갯벌 수평양식 본양성장에 이식한 굴은 망목 5 mm의 양성망 (50 cm L, 80 cm H) 에서 조석간만의 차에 의한 대기노출 시간 (1, 3, 5) 으로 나누어 수용하였다.

양식장의 환경변화를 파악하기 위하여 매월 수온, 염분, 용존산소, COD, SS, Chlorophyll-a 및 영양염류 (DIN, PO₄-P, SiO₂-Si) 를 측정하였다. 수온, 염분 및 용존산소는

multiparameter monitoring system (YSI 85, YSI, Yellow Spring, OH, USA) 를 사용하였으며, pH는 pH/ISE meter (Orion 4-Star, Thermo Scientific, Beverly, USA) 를 사용하여 측정하였다. COD, SS, Chlorophyll-a 및 영양염류는 해양환경공정시험법 (MOMAF, 2005) 에 따라 분석하였다.

성장은 각장, 각고, 각폭, 전중량 및 육중량을 50개체 이상 버니어캘리퍼스 (CD-30C, Mitutoyo, Japan) 와 전자저울 (HM-200, AND, Korea) 을 이용하여 측정하였으며, 일간성장률 (Daily Growth Rate : DGR) 을 (1) 식에 의해 산출하였다 (Degremont *et al.*, 2010). 폐사율은 100개체 이상 무작위로 채취하여 폐사한 개체수의 백분율로 환산하였다. 잠굴의 각고와 각장, 전중량에 대한 상대성장식은 (2) 식을 사용하였다.

각고와 전중량의 유의차는 MS-Excel 2011 에서 t-test를 통하여 평균 간의 유의성 (P < 0.05) 을 검정하였다.

$$\text{Daily Growth Rate (\%)} = \{(F-I)/(IR)\}100 \quad (1)$$

F = Final Shell length or Total weight.

I = Initial Shell length or Total weight.

R = Rearing Days

$$\text{Shell length or Total weight} = a\text{Shell height}^b \quad (2)$$

결 과

1. 양식장 환경

가두리 중간육성장이 설치된 파도리와 창리, 원산도리 및 수평양식 본양성장이 설치된 진산리 어장의 환경변화를 Table 1 에 나타냈다. 2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장의 수온은 창리와 원산도리에서 여름과 가을철에 높고 겨울철 급격히 낮아지는 경향을 보였고, 파도리는 계절별 변동범위가 크지 않은 경향을 나타냈다. 2012년 1월부터 7월까지의 원산도리 해면 가두리 중간육성장과 진산리 갯벌 수평양식 본양성장의 수온은 각 해면과 갯벌 지역의 특성이 뚜렷하게 나타났으며, 4월까지 낮은 편차를 보이다가 5월에 진산리에서 급격히 높은 값을 나타냈고 시간이 지남에 따라 두 지역의 편차가 낮아졌다.

2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장의 염분은 파도리와 창리에 비해 원산도리에서 비교적 높은 변동범위를 보였다. 2012년 1월부터 7월까지의 원산도리 해면 가두리 중간육성장은 염분 변화가 낮은 반면 진산리 갯벌 수평양식 본양성장의 경우 3월과 6월, 7월에 다소 낮아져 수온에서의 결과와 마찬가지로 각 해면과 갯벌 지역의 특성이 뚜렷하게 나타났다.

Table 1. Values of water quality parameters Pado-ri, Chang-ri, Wonsando-ri and Jinsan-ri

Station	Month	WT	Salinity	DO	COD	SS	Chl-a	DIN	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si
PR*	9	19.8	32.9	7.27	1.51	45.9	5.78	0.373	0.051	0.512
	10	18.3	32.3	7.34	1.45	24.5	2.14	0.273	0.048	0.480
	11	15.9	32	8.34	1.25	15.5	1.78	0.277	0.041	0.254
	12	9.0	32.7	8.61	0.88	24.1	1.98	0.332	0.011	0.046
CR*	9	22.9	31.3	5.43	1.25	47.7	9.28	0.305	0.023	0.219
	10	19.2	31.6	6.41	1.42	24.4	4.25	0.323	0.024	0.420
	11	16.6	30.9	7.52	1.02	16.9	0.23	0.174	0.020	0.280
	12	8.5	31.9	8.64	1.65	21.8	7.28	0.186	0.018	0.240
WR*	9	22.8	32.1	6.65	1.54	55.8	4.74	0.328	0.049	0.320
	10	19.6	29.7	6.77	1.41	38.7	2.39	0.359	0.058	0.580
	11	16.2	31.4	7.43	1.36	15.4	1.28	0.375	0.085	0.851
	12	7.1	33.3	8.36	1.05	31.8	1.46	0.353	0.048	0.483
	1	4.4	33.1	9.36	1.65	28.7	1.95	0.261	0.011	0.267
	2	3.2	31.1	9.83	1.54	23.7	11.92	0.383	0.058	0.493
	3	5.3	31.4	10.3	1.25	26.5	10.82	0.420	0.073	0.675
	4	10.5	32.8	9.60	1.54	27.8	11.22	0.359	0.012	0.953
	5	13.9	32.1	8.90	2.84	30.5	9.55	0.314	0.036	0.730
	6	18.7	32.3	8.92	1.95	21.8	11.22	0.296	0.044	0.630
JR**	7	24.6	31.8	8.35	2.08	18.3	15.28	0.321	0.041	0.067
	1	3.8	31.5	10.51	1.25	52.2	2.16	0.478	0.045	0.800
	2	5.3	31	9.87	1.25	48.3	2.25	0.513	0.068	0.846
	3	6.7	26.7	8.95	1.11	44.6	5.22	0.584	0.082	1.080
	4	10.7	32.6	7.35	0.88	54.7	7.23	0.327	0.026	0.618
	5	23.7	33	8.30	1.10	65.2	6.15	0.318	0.027	0.513
	6	25.6	26.5	7.18	1.25	52.2	8.12	0.383	0.042	0.458
	7	26.6	28.5	7.89	1.42	42.5	5.21	0.374	0.037	0.492

PR: Pado-ri, CR: Chang-ri, WR: Wonsando-ri, JR: Jinsan-ri
 * = Cage farm in sea surface, ** = Off-bottom farm in mud flat

용존산소는 수온과 반비례 경향을 보였다. 2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장은 파도리, 원산도리, 창리 순으로 높게 나타났고, 2012년 1월-7월 원산도리 해면 가두리 중간육성장에서 진산리 갯벌 수평망식 본양성장보다 높은 값을 나타냈다.

2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장의 화학적 산소요구량은 파도리와 원산도리가 비슷한 경향을 보였고, 창리는 비교적 변동범위가 큰 경향을 보였다. 2012년 1월부터 7월까지 진산리 갯벌 수평망식 본양성장 경우 변동범위가 낮았으나 원산도리 해면 가두리 중간육성장에서 5월에 급격히

높은 경향을 보였다.

2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장의 부유물질 농도는 세 지역 모두 여름철 높은 값을 보이다가 시간이 지남에 따라 낮아지고 겨울철 다시 높아지는 경향을 보였으며, 원산도리에서 다소 높은 값을 나타냈다. 2012년 1월부터 7월 까지 두 지역의 변화가 비슷한 양상을 보였고, 진산리 갯벌 수평망식 본양성장에서 원산도리 해면 가두리 중간육성장에 비해 약 2배 이상 높은 값을 나타냈다.

2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장의 Chlorophyll-a 농도는 부유물질과 비슷한 경향을 보였으며,

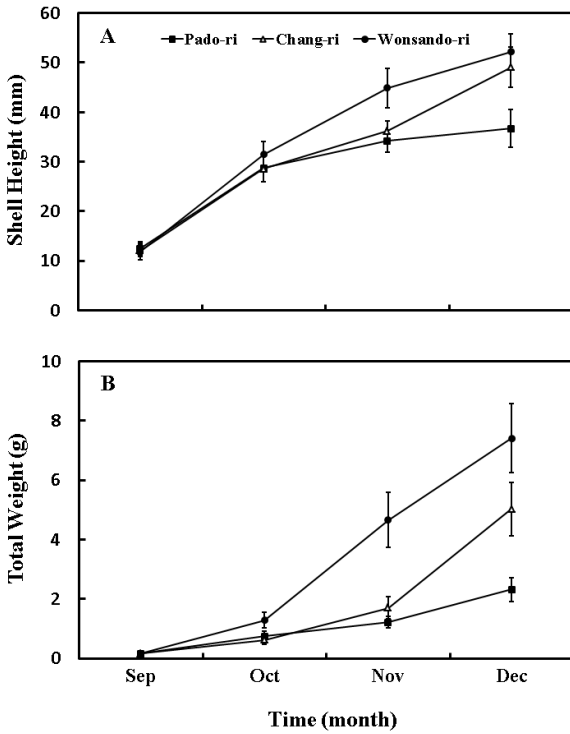


Fig. 2. A comparison of monthly changes in shell height (A) and total weight (B) at Pado-ri, Chang-ri and Wonsando-ri.

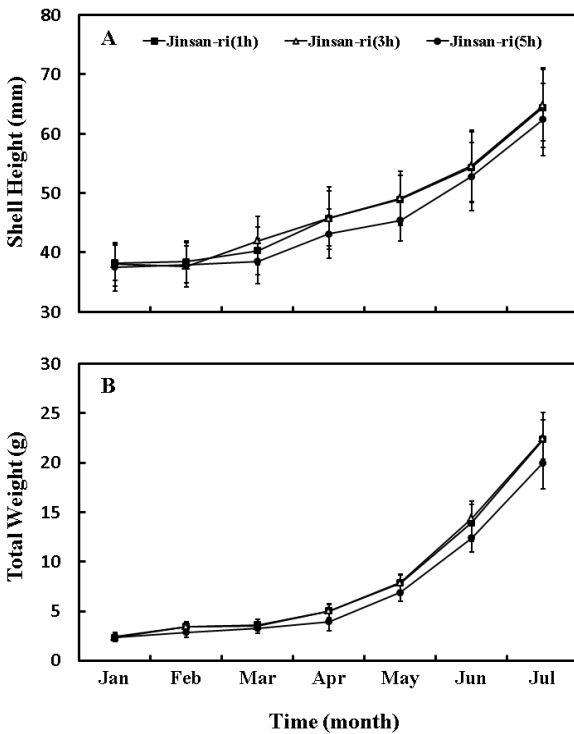


Fig. 3. A comparison of monthly changes in shell height (A) and total weight (B) at Jinsan-ri.

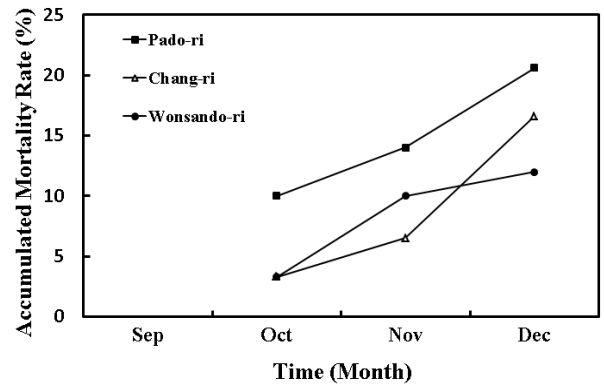


Fig. 4. A comparison of monthly changes in accumulated mortality rate at Pado-ri, Chang-ri, Wonsando-ri.

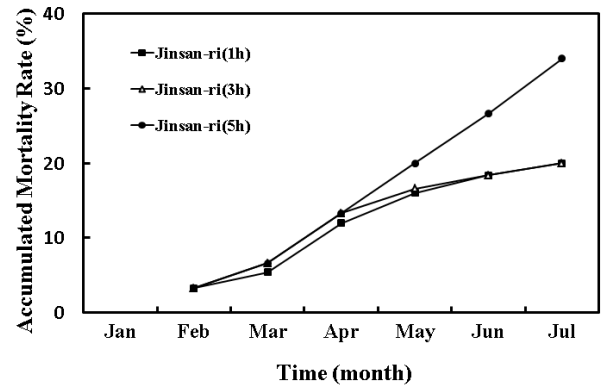


Fig. 5. A comparison of monthly changes in accumulated mortality rate at Jinsan-ri.

창리, 파도리, 원산도리 순으로 높게 나타났고, 2012년 1월부터 7월까지 원산도리 해면 가두리 중간육성장에서 진산리 갯벌 수평망식 본양성장 보다 높은 값을 나타냈다.

2011년 9월부터 12월까지 해면 가두리 중간육성장의 영양 염류는 세 지역 모두 상이한 경향을 보였으며, 원산도리, 파도리, 창리 순으로 높은 값을 나타냈다. 2012년 1월부터 7월까지 두 지역의 변화가 비슷한 양상을 보였고, 진산리 갯벌 수평망식 본양성장에서 원산도리 해면 가두리 중간육 성장에 비해 다소 높은 값을 나타냈다.

2. 성장과 폐사

해면 가두리 중간육 성장과 갯벌 수평망식 본양장의 성장과 폐사의 결과는 Fig. 2, 3, 4, 5에 나타냈고 성장에 대한 일간 성장률(%)은 Table 2에 나타냈다. 2011년 9월에 해면 가두리 중간육 성장에 입식 시 크기는 파도리에서 각각 12.50 ± 1.37 mm, 전중량 0.1725 ± 0.0484 g, 창리는 각각 12.03 ± 1.16 mm, 전중량 0.1722 ± 0.0413 g, 원산도리는 각각 11.81 ± 1.60 mm, 전중량 0.1633 ± 0.0569 g 이었으며, 98

Table 2. Monthly changes of daily growth rate (%) of shell height(A), shell length(B) and total weight(C)

A		Shell Height										
Time	(Years)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Station	(Months)											
	TE(Hours)											
PR*		6.818	0.765	0.129								
CR*		7.233	1.068	0.624								
WR*		8.757	1.704	0.286								
JR**	1					0.017	0.170	0.760	0.140	0.356	1.032	
	3					- 0.031	0.407	0.498	0.151	0.359	1.039	
	5					0.033	0.063	0.666	0.109	0.521	1.011	

B		Shell Length										
Time	(Years)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Station	(Months)											
	TE(Hours)											
PR*		3.800	0.541	0.256								
CR*		5.862	0.003	0.476								
WR*		6.007	2.025	0.049								
JR**	1					0.053	0.715	0.607	0.716	1.054	0.903	
	3					0.073	0.568	0.405	0.767	1.044	0.903	
	5					0.063	0.301	0.283	0.966	0.939	1.082	

C		Total Weight										
Time	(Years)	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
Station	(Months)											
	TE(Hours)											
PR*		17.516	2.526	1.592								
CR*		13.704	6.980	3.431								
WR*		36.469	10.394	1.037								
JR**	1					1.815	0.168	2.144	1.163	2.489	3.362	
	3					1.594	0.051	2.453	1.162	2.672	3.106	
	5					0.836	0.518	1.123	1.507	2.583	3.414	

PR: Pado-ri, CR: Chang-ri, WR: Wonsando-ri, JR: Jinsan-ri
 * = Cage farm in sea surface, ** = Off-bottom farm in mud flat

일 이후, 원산도리에서 각고 52.16 ± 3.55 mm, 전중량 7.4134 ± 1.1574 g, 창리는 각고 49.05 ± 4.02 mm, 전중량 5.0337 ± 0.9047 g, 파도리는 각고 36.68 ± 3.79 mm, 전중량 2.3223 ± 0.3996 g 순으로 성장하였다. 전 구간 입식 초기에 높은 성장을 하였고 시간이 지남에 따라 성장이 낮아지는 경향을 보였다 ($P < 0.05$). 중간육성 실험 종료 후 누적

폐사율은 파도리에서 20%, 창리에서 16%, 원산도리에서 12% 순으로 나타났다.

2012년 1월에 갯벌 수평망식 본양성장에 입식 시 크기는 대기노출 1시간 구간에서 각고 38.27 ± 3.04 mm, 전중량 2.3152 ± 0.4080 g, 대기노출 3시간 구간은 각고 38.01 ± 3.65 mm, 전중량 2.3985 ± 0.4214 g, 대기노출 5시간 구간

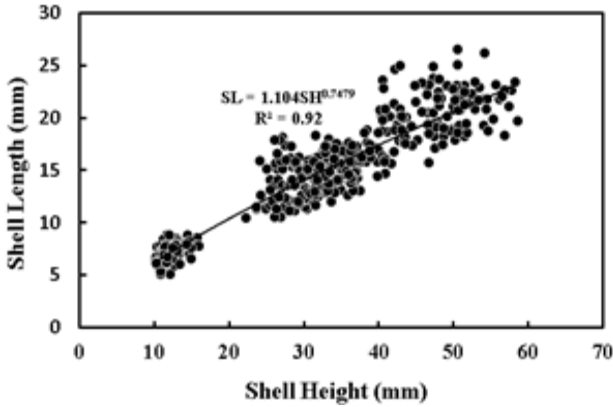


Fig. 6. Relationship between shell height and shell length of *Crassostrea gigas* in farm at sea surface.

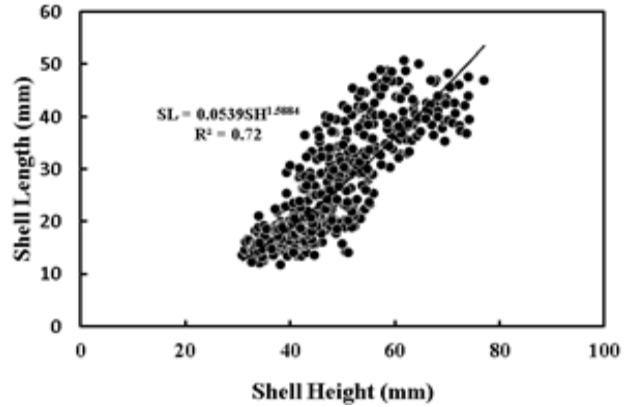


Fig. 8. Relationship between shell height and shell length of *Crassostrea gigas* in farm at mud flat.

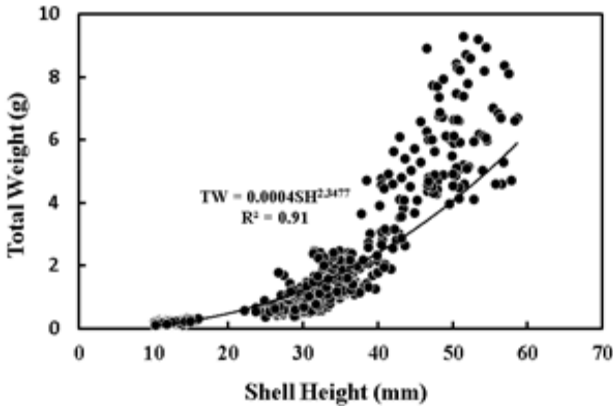


Fig. 7. Relationship between shell height and total weight of *Crassostrea gigas* in farm at sea surface.

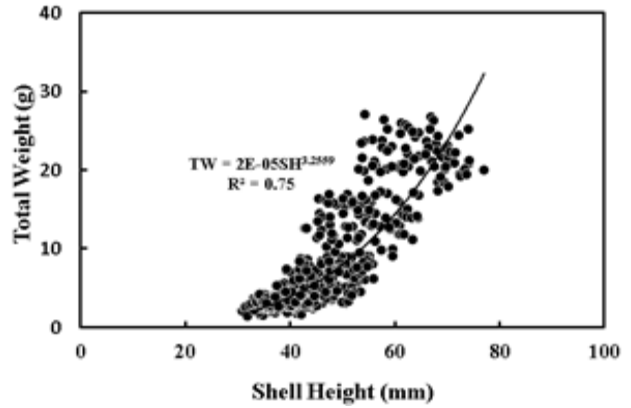


Fig. 9. Relationship between shell height and total weight of *Crassostrea gigas* in farm at mud flat.

은 각고 37.54 ± 3.98 mm, 전중량 2.3465 ± 0.4375 g 이었 으며, 166일 이후 대기노출 3시간 구간에서 각고 64.81 ± 6.01 mm, 전중량 22.4367 ± 2.6209 g, 대기노출 1시간 구간 은 각고 64.42 ± 6.75 mm, 전중량 22.3504 ± 2.0007 g, 대 기노출 5시간 구간은 각고 62.41 ± 6.12 mm, 전중량 20.0072 ± 2.6117 g 순으로 성장하였다. 겨울철에는 전중량 만 소폭 증가하는 경향을 보였고, 수온이 올라가면서 폐각의 성장과 중량의 증가가 뚜렷하게 나타났다 ($P < 0.05$). 본 양식 실험 종료 후 누적 폐사율은 대기노출 5시간 구간에서 34%로 가장 높은 폐사율을 보였고 1시간과 3시간 구간에서 각각 20%로 나타났다.

3. 상대 성장식

해면 가두리 중간육성장 참굴의 각고와 각장의 상관관계식은 (2)식과 같고 (Fig. 6), 각고와 전중량의 상관관계식은 (3) 식과 같다 (Fig. 7).

$$SL = 1.104SH^{0.7479} \quad (R^2 = 0.8221) \quad (2)$$

$$TW = 0.0004SH^{2.3477} \quad (R^2 = 0.9105) \quad (3)$$

또한, 갯벌 수평양식 본양성장 참굴의 각고와 각장의 상관관 계식은 (4)식과 같고 (Fig. 8), 각고와 전중량의 상관관계식은 (5)식과 같다 (Fig. 9).

$$SL = 0.0539SH^{1.5884} \quad (R^2 = 0.7184) \quad (4)$$

$$TW = 2E-05SH^{3.2559} \quad (R^2 = 0.7484) \quad (5)$$

고 찰

이매패류의 성장에 영향을 미치는 환경요인으로는 수온, 염 분, 용존산소, 먹이생물, 이식 등이 있으며, 특히 수온, 먹이생 물, 이식은 성장에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Breese and Malouf, 1977; Incze *et al.*, 1980; Yoo and Ryu, 1982; Yoo and Yoo, 1984; Kim, 1995; Brown *et al.*,

1988; Fry, 1971) 에 의하면 이매패류의 먹이섭취와 대사활동에 수온의 영향은 지대하며, 특히 수온이 5°C 이하로 내려가면 성장이 둔화되거나 정지하고 28°C 이상으로 올라가면 성장이 정지하거나 폐사율이 높아진다고 보고되었다 (Quayle, 1988; Soletchnik *et al.*, 2005; Shin *et al.*, 2008). 본 실험 결과, 해면 가두리 중간육성장의 경우 각 양식장간의 수온과 영양염류를 제외한 그 외의 환경요인이 뚜렷한 차이가 없는 것으로 보아, 수온과 영양염류가 참굴의 성장에 가장 큰 영향을 미친 것으로 추정된다. 또한, 폐사율의 경우도, 창리와 원산도리에서는 일정한 폐사율을 보였으나 파도리에서는 이식 한달 경과 후 10% 가 급격한 폐사를 하였는데, 이는 이식 전 굴의 먹이 섭취에 따른 에너지 저장율과 양성 환경 차이에 의한 스트레스나 운송 과정 중에 취급에 의한 손상 등 굴의 생리 상태와 관련 있는 것으로 사료된다 (Lim *et al.*, 2011). 수온의 변화 폭 또한 참굴의 성장과 폐사에 영향을 미치는데 (Kinne, 1967; Widdows, 1985a; Shin *et al.*, 2000), 갯벌 수평망식 본양성장에서 수온이 5°C 이하로 내려간 1월에는 성장이 크게 낮아졌으나 폐사율의 뚜렷한 경향은 보이지 않았고, 수온이 올라가는 3월부터 성장률이 증가하였으나 4-6월에는 폐사율이 급증하였다. 4월부터 6월 원산도리 해면 가두리 중간육성장의 월별 평균 수온 차가 8°C인 반면, 진산리 갯벌 수평망식 본양성장의 경우 약 15°C의 차로 참굴이 급격히 높아지는 수온에 순응하지 못한 것으로 사료된다.

한편, 영양염류가 가장 높았던 원산도리에서 가장 높은 성장률을 보여 성장에 간접적으로 기여한 것으로 추정된다. 먹이생물은 이매패류의 성장에 크기 기여하는 것으로 알려졌다 (Brown *et al.*, 1988). 해면 가두리 중간육성장에서 Chlorophyll-a 농도는 12월에 창리에서 급격히 증가한 것을 제외하면 세 양식장에서 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였고 갯벌 수평망식 본양성장에서는 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이것은 수온과 영양염류에 의해 영향을 받은 것으로 사료되며, 참굴의 중간육성과 본양성 성장 결과의 일간성장률과 매우 비슷한 경향을 보여 굴의 성장에 크게 기여한 것으로 사료된다.

또한 부유물질도 참굴의 성장에 영향을 미치며, 일정 농도 이상으로 높아지면 성장이 낮아진다고 알려졌다 (Bae *et al.*, 1998). 본 연구지역에서는 부유물질 농도가 가장 높았던 원산도리에서 가장 높은 성장을 한 것으로 보아 일정농도 이하에서는 참굴의 성장에 미치는 영향이 낮은 것으로 사료된다.

수평망식 양식방법은 해수에 잠긴 상태로 키우는 수하식 양식과는 달리 갯벌 조건대에서 조석간만의 차에 의한 대기 노출이 반복되는 극한 상황의 조건에서 키우는 방식으로 고품질의 굴을 생산할 수 있을 뿐만 아니라 연중 생산이 가능한 장점을 가지고 있다 (Mo *et al.*, 2012). 대기에 노출되는 시간도 참굴

의 성장과 폐사에 영향을 미치는데, 남해안 완도에서 15개월간 수행한 Han and Cho (2013) 의 연구에서 1-2시간 노출이 가장 적합한 결과와는 다르게 진산리 갯벌 수평망식 본양성장에서 각고와 전중량 모두 3시간 구간이 가장 높은 성장을 하였고, 1시간, 5시간 순으로 나타났다. 폐사율의 경우 실험 종료 후 대기노출 1, 3시간 구간에서 20%, 5시간 구간에서 34%로 나타나 1-3시간이 적합할 것으로 사료된다.

한편, 해면 가두리 중간육성장에서 수용한 참굴의 각고와 각장의 관계에서 b값이 0.7479로 나타났는데, b값이 1보다 작다는 것은 작은개체의 각장이 각고에 비해 크다는 것을 의미한다. 즉, 성장함에 따라 각장 대비 각고가 더 크게 성장하게 되며, 이는 참굴의 상품가치를 떨어뜨려 본래 중간육성 양식의 목적인 비용 대비 효율성이 낮아진다. 그러나 갯벌 수평망식 본양성장에 이식하여 수용한 참굴의 각고와 각장의 관계에서는 b값이 1.5884로, 1보다 큰 값이므로 성장함에 따라 각고 대비 각장이 더 크게 성장하였다. 해면 가두리 중간육성장의 경우 빠른 유속과 높은 밀도로 인해서 참굴이 한쪽으로 물리는 현상이 관찰되었으며 각장 대비 각고가 길어지는 기형패를 유발한다. 본 연구에서 참굴의 사육밀도는 고밀도인 것으로 판단되며 사육밀도를 조절하고 참굴이 골고루 분포할 수 있도록 수시로 떼어내는 작업을 함으로써 참굴의 각고와 각장이 균형있게 성장할 것으로 사료된다.

이상의 연구를 종합하여 보면, 갯벌양식 굴의 해면 가두리 중간육성장의 적지 선정 시 고려해야 할 환경요인은 수온, Chlorophyll-a, 영양염류 순으로 사료되며, 이식 시 초기에 폐사를 줄이기 위해선 양식 환경 차이에 의한 스트레스나 운송 중 충격 등으로 인한 스트레스를 감소 시켜야 한다. 또한 조간대의 특성으로 수온의 변화가 심한 4-6월, 11-1월에는 중간육성이 요구되며 본양성 참굴의 적정 대기노출 시간은 1-3시간으로 사료된다.

요 약

갯벌양식 굴의 생산성을 향상시키고자 2011년 9월부터 12월까지 어장환경이 서로 상이한 해면 가두리 중간육성장에서 성장과 폐사를 비교하고 2012년 1월 갯벌 수평망식 본양성장에 이식하여 7월까지 조건대 노출시간 별 갯벌양식 굴의 순응 결과를 조사하였다.

해면 가두리 중간육성장의 경우 각 양식장간에 수온과 영양염류를 제외한 환경요소가 뚜렷한 차이가 없음에도 불구하고 참굴의 성장에 차이가 있었다. 해면 가두리 중간육성장의 수온은 원산도리에서 가장 높게 나타났고 염분은 세 지역 모두 안정적인 변화 양상을 보였으며 Chlorophyll-a 농도는 수온과 비례하는 경향을 보였다. 갯벌지역의 수온은 해면지역에 비해 변화 폭이 큰 것으로 나타났다. 해면 가두리 중간육성장 갯벌

양식 굴의 성장은 원산도리, 창리, 파도리 순으로 나타났으며 시간이 지남에 따라 성장이 감소하였다. 갯벌 수평양식 본양식장 갯벌양식 굴의 성장은 3시간, 1시간, 5시간 대기노출 순으로 나타났으며, 수온과 밀접한 관계가 있었다. 수온이 5°C 이하로 내려간 1월에는 성장이 크게 낮아졌으나 폐사율의 뚜렷한 경향은 보이지 않았고, 수온이 올라가는 3월부터 성장률이 증가하였으나 월평균 수온의 변동폭이 높았던 4-6월에 폐사율이 급증하였다.

한편, 해면 가두리 중간육성장장에서 수용한 참굴은 각장 대비 각고가 길게 성장하는 경향을 보였으나 다시 갯벌 수평양식 본양식장에 이식 후 수용하면서 각고 대비 각장이 크게 성장하였다.

사 사

본 연구는 인하대학교 산학협력단 (갯벌참굴 중간육성 시범 연구사업 43902-01) 의 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Bae, P.A. and Han, C.H. (1998) Effects of Nursery Environmental Factors on the Growth of Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, **11**(3): 391-400.
- Beaumont, A. R. and Fairbrother, J. E. (1991) Ploidy manipulation in molluscan shellfish: a review. *Journal of Shellfish Research*, **10**: 1-18.
- Breese, W. P. and Malouf, R. E. (1977) Hatchery rearing techniques for the oyster, *Crassostrea rivularis* Gould. *Aquaculture*, **12**: 123-126.
- Brown, J. R. and Hartwick, E. B. (1988) Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. Absolute and allometric growth. *Aquaculture*, **70**: 231-251.
- Brown, M. R., Jeffrey, S. W., Volkman, J. K. and Dunstan, G. A. (1997) Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, **151**: 315-331.
- Degremont, L., Bedier, E. and Boudry, P. (2010) Summer mortality of hatchery-produced Pacific oyster spat, *Crassostrea gigas*. II. Response to selection for survival and its influence on growth and yield. *Aquaculture*, **299**: 21-29
- Eversole, A. G., Kempton, C. J., Handley, N. H., Buzzzi, W. R. (1996) Comparison of growth, survival and reproductive success of diploid and triploid *Mercenaria mercenaria*. *J. Shellfish Res.*, **15**: 689-694.
- FAO. (2004) Hatchery culture of bivalves: a practical manual. FAO Fisheries Technical Paper, 471.
- Fry, F. E. J. (1971) The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: Hour, W. S., Randall, D. J., (ed) Fish Physiology, Vol. 6. Academic Press, New York, 1-88.
- Han, H. S. and Cho. S. M. (2013) Study on optimal condition for oyster rack culture in term of tidal exposure and rack height in Wando Coast, Korea. *Korean J. Malacol.*, **29**(1): 43-50
- Incze, L. S., Lutz, R. and Watling, L. (1980) Relationships between effects of environmental temperature and seston on growth and mortality of *Mytilusedulis* in a temperature northern estuary. *Marine Biology*, **57**: 147-156.
- Kim, Y. S. (1995) Filtering rate model of farming oyster, *Crassostrea gigas* with effect of water temperature and size. *J. Korea Fish. Soc.*, **28**(5): 589-598.
- Kinne, O. (1967) Physiological of estuarine in organism with special reference to salinity and temperature; general aspect, in: Lauff, G. H. (Ed) (1967). Estuaries. American Association for the Advancement of Science Publication, 83: pp. 525-540.
- Lim, H. J., Lee, T. S., Cho, P. G., Back, S. H., Byun, S. G. and Choi, E. H. (2011) The Production Efficiency of Cupped Oyster *Crassostrea gigas* Sprat According to Clutch and Growth Comparing Diploid and Triploid Oysters in Off-bottom Culture for Tidal Flat Utilization. *Korea J. Fish. Aquat. Sci.*, **44**(3): 259-266.
- Mo, K. H., Park, Y. J., Jung, E. Y., Kim, Y. K., Jeong, C. H. and Han, K. N. (2012) Comparisons of Growth and Mortality of the Mudflat Oyster *Crassostrea gigas* by the Net Bag Rack Culture System in Two Districts in Western Korea. *Korean J. Malacol.*, **28**(1): 45-54.
- MOMAF (2005) Standard methods for the examination of sea water, sediment and marine organism. Seoul, Korea. 389.
- Quayle, D. B. (1988) Pacific oyster culture in British Columbia. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* **218**: 1-231.
- Shin, Y. K., Hur, Y. B., Myeung, J. I. and Lee, S. (2008) Effect of temperature and body size on oxygen consumption and ammonia excretion of Oyster, *Crassostrea gigas*. *J. Malacology*, **24**(3): 261-267.
- Shin, Y. K., Kim, Y. Chung, E. Y. and Hur, S. B. (2000) Temperature and Salinity Tolerance of the Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*. *J. Korea Fish. Soc.*, **33**(3): 213-218.
- Soletchnik, P., Lambert, C. and Costil, K (2005) Summer Mortality of *Crassostrea gigas* (thunberg) in Relation to Environmental Rearing Conditions. *Journal of shellfish Research*. **24**(1): 197-207.
- Soletchnik P, Moine OL, Gouletquer P, Geairon P, Razet D, Faury N, Fouche D and Robert S. (2001) Optimisation of the traditional Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) culture on the French Atlantic coastline: autumnal fattening in semi-closed ponds. *Aquaculture*, **199**: 73-91.
- Widdows, J. (1985a) The effects of fluctuating and abrupt changes in salinity on the performance of *Mytilusedulis*, **In**: Gray, J.S. Christiansen, M.E. (Eds.). Marine Biology of Polar Regions and effect of stress on marine organism. Wiley-Interscience, 555-566.

Yoo, S. K. and Ryu, H. Y. (1982) The Growth of Pacific Oyster *Crassostrea gigas* Transplanted into Ambong Bay in Malaysia. *Bull. Korean Fish. Soc.* **15**(1): 42-46.

Yoo, S. K. and Yoo, N. S. (1984) Studies on the Pen Shell Culture Development (I), Reproductive Ecology of Pen Shell in Yoja Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **17**(6): 529-535.