

북만의 양식 참굴, *Crassostrea gigas*의 수하시기에 따른 육중량 변화

정우건, 조상만, 조창환

경상대학교 해양과학대학 양식학과, 해양산업연구소

Suspended Time Dependent Meat Weight Increase of Oysters, *Crassostrea gigas*, in Pukman Bay, Korea

Woo-Geon Jeong, Sang-Man Cho and Chang-Hwan Cho

Dept. of Aquaculture and Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyoung 650-160, Korea

ABSTRACT

From September 1994 to April 1996, we observed the suspending time dependant meat increase (dry weight) for oysters at Pukman Bay in Korea. The oysters which suspended in September increased to 5 g in meat weight (dry weight) by January. Ones in June increased rapidly but lessened during summer and this stagnation of meat increase extended to autumn. It took long time to compensate for the loss of meat weight owing to spawning.

Oysters suspended in July or August showed low growth or stagnation due to the high water temperature and spawning activities after suspending. However, meat weight showed sudden increasement after December and achieved 5 g at the late farm period.

The meat increase of oysters suspended in October or November was very slow during entire growing period. Most of them did not achieved 5 g during farm period.

A negative correlation was observed between

meat growth and water temperature in September. Also, there was a high correlation between meat growth and chlorophyll-a. It was believed that deficiency of food organisms in the water column lead slow growth in terms of meat growth, particularly right after transplanting seed oysters to the farm.

Our study suggests that proper time for transplanting oysters is between August and mid-September. However, the data indicate that good growth of oysters is depending upon amount of food available in the water column.

Keywords : Oyster, Weight gain, Proper suspending time, Pukman bay

서론

우리나라의 굴양식은 일반적으로 단련종굴은 6월, 일반 종패는 9월에 수하하여 각각 12월, 익년 2월에 수확하는 두 번의 순기가 있었으나, 근년 채묘 부진에 따른 종패 수급의 곤란으로 인하여 수확 후 준비된 종패가 있으면 시기에 관계없이 수하하는 양식장이 늘고 있다. 또한 굴 종묘 생산 기술의 발달로 인하여 앞으로는 경영자가 원하는 시기에 수하 양성이 가능하게 되는 등, 굴 양식전반에 커다란 변화가 있어 왔다.

그러나 양식 참굴(*C. gigas*)의 성장에 관한 국내 연구는 1970년대와 1980년대 초반에 주로 있었고, 이 또한 대부분 기존의 양식주기에 따라 조사되었다. 그 외 해역별, 양

Received February 26, 1999; Accepted May 21, 1999
Corresponding author: Jeong, Woo-Geon
Tel: (82) 557-640-3101; e-mail: jeongwg@gshp.gsnu.ac.kr
1225-3480/15105
© The Malacological Society of Korea

식장 환경별 환경조건에 따른 성장이나(Bae, 1973; Yoo *et al*, 1980), 수하층과 수하간격에 따른 성장변화(Bae and Bae, 1972) 등이 있으며, Yoo and Park(1981)은 굴 종패의 부착밀도에 따른 패각의 성장변화를 보고하였고, Chung and Kwak(1970)은 남, 서해산 참굴의 종패 이식 후 성장변화를 보고한 바 있다.

그러나 1994년 이후 일본산 종패가 대량으로 이식된 후 최근까지 굴의 성장에 관한 연구가 미미한 실정이고, 또한 굴 종패 수급이 원활해짐에 따라 굴양식에 관한 새로운 개념의 정립이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 수하시기를 달리하며 양식 굴의 육중량 변화를 파악하여 최단기간에 소정의 목표 중량을 얻을 수 있는 수하시기를 찾고자 하였다.

재료 및 방법

북만의 수하식 굴양식장의 종패 수하적기를 구명하기 위하여 1994년 9월부터 1996년 4월까지 통영시 북만의 8개 양식장을 대상으로 조사하였다(Fig. 1). 수온 조사는 현장에서 봉상수온계로 표, 저층별로 측정하였고, chlorophyll-a는 현장에서 van Dorn 채수기로 채수하여 1 liter들이 시료병에 담아 실험실로 운반 후 CF/G 유리섬유여과지로 시료수를 감압 여과하여 SCOR-UNESCO (1966)의 방법에 따라 측정하였다.

수하시기에 따른 성장조사를 위하여 매월 1회씩 각각의 조사정점에서 임의로 수하연 1연을 채취하여 실험실로 옮겨 패각을 분리한 후, 60°C에서 항량이 될 때까지 건조시켜 육중량(건중량)을 측정하였다. 수하 당시 굴의 육중량을 측정하여 양성기간 0일의 양성 개시 육중량으로 하였고, 매월 평균 육중량을 이용하여 수하시기별 성장식을 산출하였다.

굴의 상품크기를 건중량 5 g으로 설정하고 수하시기별 성장식을 통하여 최단기간에 목표중량에 도달하는 수하시기를 찾고자 하였다.

결 과

북만에 위치한 8개의 조사정점별 수하시기 및 양성기간은 Table 1과 같다. 동일한 조사정점에서 수하시기를 달리하여 성장을 비교하였고, 또한 수하시기가 동일한 정점들은 타 양식장과 육중량의 증가량을 비교하였다.

북만의 시기별 평균 수온분포는 1996년 2월 표층 6.9 ± 1.1°C, 저층 6.7 ± 1.1°C로 가장 낮았고, 1995년 8월 표층 25.3 ± 1.0°C, 저층 21.1 ± 0.8°C로 가장 높았다. 조사정점별 수온분포는 겨울철에는 만 내측의 평균수온이 외측에 비해 다소 낮았고, 여름철에는 만 외측의 평균수온이 내측에 비해 다소 낮았다(Fig. 2).

조사기간 중 월별 평균 chlorophyll-a 농도는 1995년

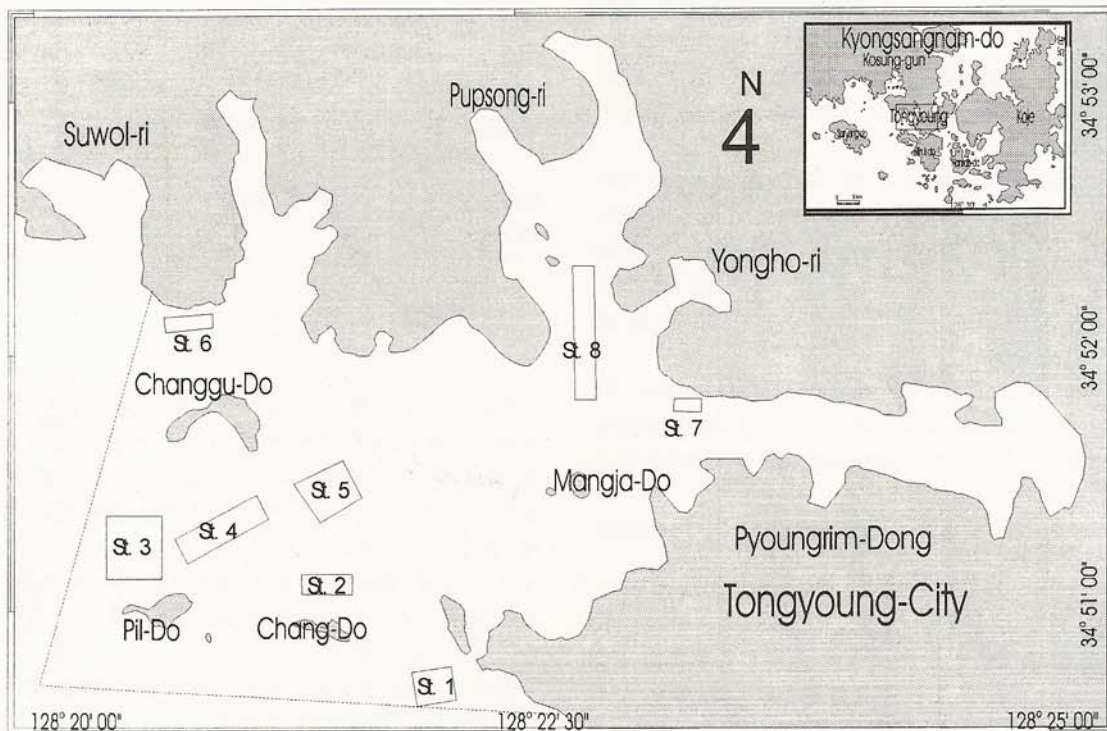


Fig. 1. Location of sampling site in Pukman Bay

Table 1. Cultural period for oysters at each station in Pukman Bay

Station	Period of farming	
1	Sep. '94-Mar. '95	Jul. '95-Apr. '96
2	-	Jun. '95-Jan. '96
3	Sep. '94-Mar. '95	Aug. '95-Feb. '96
4	-	Nov. '95-Mar. '96
5	Sep. '94-Feb. '95	Aug. '95-Apr. '96
6	Sep. '94-Mar. '95	Aug. '95-Feb. '96
7	Sep. '94-Jan. '95	Jul. '95-Jan. '96
8	Sep. '94-Apr. '95	Jul. '95-Dec. '95

3월에 $0.93 \pm 0.07 \mu\text{g-at/l}$ 로 가장 낮았고, 1995년 6월에 $3.57 \pm 1.09 \mu\text{g-at/l}$ 로 가장 높았다. 조사기간 중 조사정점별 평균 chlorophyll-a 농도는 St. 3이 $1.91 \pm 0.78 \mu\text{g-at/l}$ 로 가장 낮았고, St. 8이 $5.51 \pm 2.31 \mu\text{g-at/l}$ 로 가장 높았다(Fig. 3).

굴의 상품크기를 건중량 5 g을 기준으로 보았을 경우, 9월에 수하한 경우 St. 1은 1월에, St. 3은 2월에, St. 6, 7은 1월에 5 g에 달하였다. 한편 St. 5는 1월까지 3.08 g에 불과하여 매우 저조한 성장을 나타내었다(Fig. 4). 6월에 수하한 경우 St. 2는 8월에 3.64 g으로 다소 빠른 육중량 증가속도를 나타내지만, 9월에는 오히려 2.85 g으로 감소하였고, 1월에 이르러서야 5 g이상으로 성장함으로

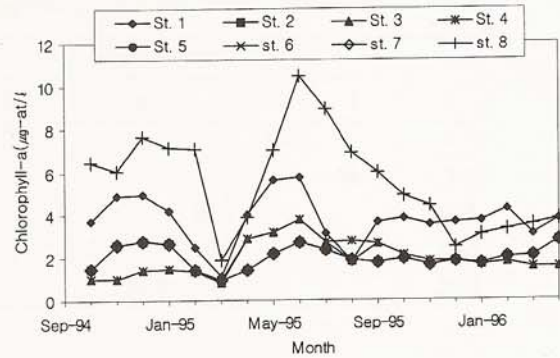


Fig. 3. Monthly variation of chlorophyll-a ($\mu\text{g-at/l}$) at each station in Pukman Bay.

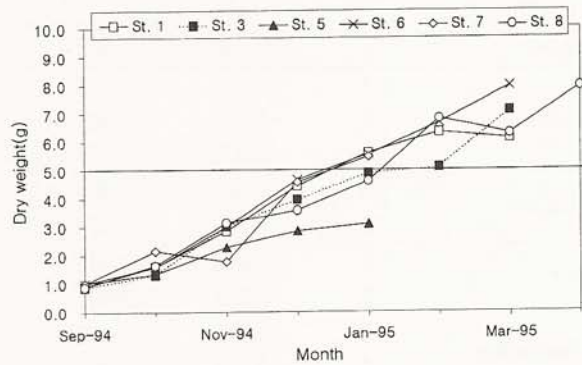


Fig. 4. Growth of oyster in terms of meat weight increase (dry weight, g) suspended on September at each field.

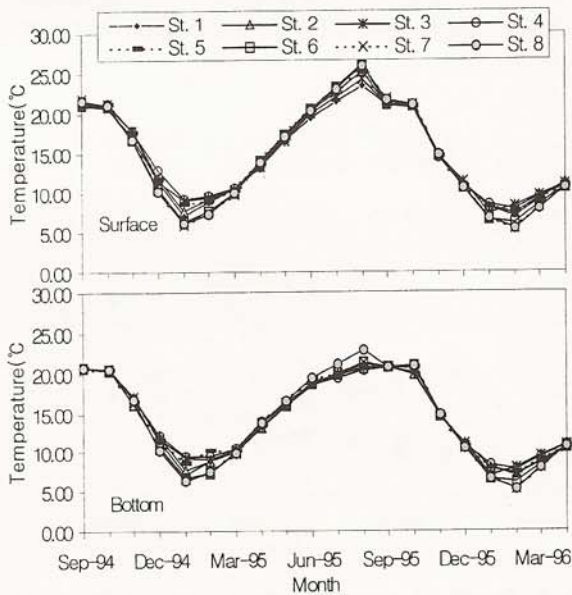


Fig. 2. Monthly variation of water temperature ($^{\circ}\text{C}$) at each station in Pukman Bay.

써, 목표중량 5 g에 도달하는데 9월 수하에 비해 3개월 이상의 기간이 소요되는 것으로 조사되었다. 7, 8월에 수하한 경우 여름철 고수온기로 인하여 초기 성장은 매우 부진하였고, 이러한 성장 저하는 수온이 하강한 이후에도 지속되다가 11월 이후 급격한 성장을 보이며 대부분의 양식장에서 양식말기인 이듬해 봄에 5 g이상 성장하였고, St. 1은 1996년 3월에 5.51 g에 도달하였다. 한편 11월에 수하한 경우 수하 후 줄곧 낮은 성장률을 보이며 모든 양식장에서 이듬해 봄까지 5 g이상 성장하지 못하였다(Fig. 5).

각 정점별 월평균 성장량은 7월에 수하한 St. 6에서 1.18 g/month로 가장 성장이 빨랐고 8월에 수하한 St. 5는 0.36 g/month로 가장 성장이 느렸다. 수하시기별 평균 성장량은 7월과 9월이 평균 0.95 g/month로 가장 성장이 빨랐다. 그러나 7월에 수하된 종굴이 단련종굴임을 감안하면 9월에 수하한 종패의 성장이 가장 좋았다(Table 2). 그러나 이러한 성장량도 수하된 양식장에 따라 차이

Table 2. Suspended time dependent growth rate (g/month) of the oysters cultured in Pukman Bay

	Station								Mean	SD	Max	Min	Initial weight
	1	2	3	4	5	6	7	8					
Jun.		0.74							0.74	-	0.74	0.74	1.52
Jul.	0.61						1.18	1.07	0.95	0.30	1.18	0.61	1.49
Aug.			0.78		0.36				0.57	-	0.78	0.36	1.21
Sep.	0.87		1.01		0.62	1.14	1.09	0.99	0.95	0.19	1.14	0.62	0.95
Nov.				0.78		0.77			0.77	0.01	0.78	0.77	0.83

Table 3. Correlation between water temperature and chlorophyll with meat weight on the basis of suspended time

Suspending month	Station	Temp.	Chlorophyll
June	2	-0.790	0.902
	1	-0.569	0.819
July	7	-0.851	0.803
	8	-0.976	0.887
August	3	-0.960	0.951
	5	-0.860	0.978
September	1	-0.963	0.995
	3	-0.903	0.962
	5	-0.945	0.962
	6	-0.914	0.993
	7	-0.970	0.998
November	8	-0.692	0.977
	4	-0.833	0.974
	6	-0.697	0.951

가 있었다.

굴의 성장에 영향을 미치는 인자를 찾기 위해 수온 및 chlorophyll과의 상관관계를 분석하였다. 전체적으로 수온과 굴의 성장은 강한 역상관 관계를 보였다. 그러나 여름철 고수온기와 겨울철에는 다소 상관도가 낮았으나, 9월에 수온과 강한 역상관 관계에 있었다(Table 3).

어느 시점에서 굴 육중량은 수하이후 양성기간동안의 성장 누적량에 해당하므로 조사기간중의 chlorophyll 누적량과 상관관계를 분석하였다. Chlorophyll의 경우 성장과 매우 밀접한 정상관을 나타내었지만(0.803-0.998), 7, 8월에는 다소 상관도가 낮아지는 경향을(0.803-0.978) 나타내었다. Chlorophyll과의 상관관계는 9월 이후 비교적 높게 나타났고, 이는 여름철에는 먹이 이외의 요인에 의해 성장이 억제되는 것을 알 수 있다(Table 3). 따라서 여름철에는 먹이가 풍부하여도 높은 수온으로 인하여 성장이

억제되고, 수온 하강기인 9월 이후는 chlorophyll 농도와 밀접한 정상관 관계를 이루며 성장하였다.

그러나 Jeong *et al.*(1999)은 여름철 산란으로 인하여 심각한 육중량 감소가 있고, 이는 9월까지 지속되는 것으로 보고하였다. 따라서 여름철 성장장애는 산란에 의한 요인도 작용하고 있는 것으로 판단된다.

북반에서 수하이시에 따른 양식굴의 성장식을 비교하면 9월에 수하이하는 경우가 가장 빨리 목표 중량 5g에 도달하였다. 각 수하이시기별 성장 패턴의 차이는 있지만, 9월에 수하이한 굴 종패의 경우 목표중량 5g에 도달하는데 123일이 소요되어 최단기간 내에 목표중량에 도달하였고, 6월은 198일, 7월은 203일, 8월은 220일, 11월은 152일이 소요되었다(Table 4, Fig 6).

고찰

수하이후 굴의 육중량 변화는 수온과 chlorophyll에 의해 지배되는 경향을 볼 수 있었다. 그러나 chlorophyll 양이 일정량 이상이 되면 이러한 경향은 다소 감소하였다.

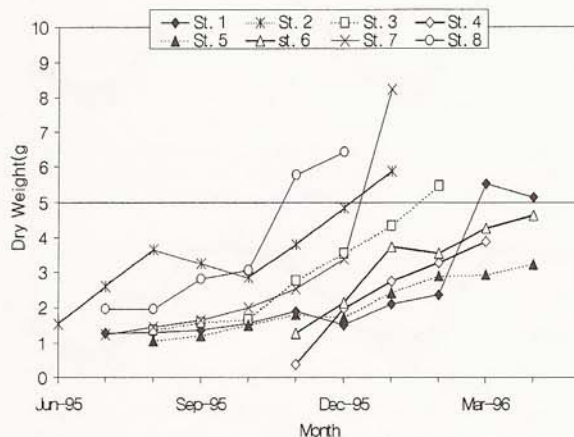


Fig. 5. Growth of oyster in term of meat weight increase (dry weight, g) suspended on other period, except September, at each field.

수온에 따른 굴의 성장은 수온 하강 초기에는 강한 역상관 관계를 나타내었지만, 적정 수온이하로 하강하게 되면 상관관계가 다소 낮아졌다. 또한 여름철의 육중 감소는 굴의 산란기와 일치하였다.

각 수하시기에 따른 육중량 성장식은

$$W_D = (1.71 \times 10^{-6})T^3 - (5.08 \times 10^{-4})T^2 + 0.051T + 1.56 \dots\dots\dots (6\text{월})$$

$$W_D = \text{Exp}[(3.30 \times 10^{-5})T^2 - (4.33 \times 10^{-5})T + 0.2642] \dots\dots\dots (7\text{월})$$

$$W_D = \text{Exp}[(6.71 \times 10^{-3})T + 0.130] \dots\dots\dots (8\text{월})$$

$$W_D = 0.034T + 0.823 \dots\dots\dots (9\text{월})$$

$$W_D = 0.025T + 1.206 \dots\dots\dots (11\text{월})$$

와 같이 수하시기에 따라 확연한 성장 패턴의 차이를 보였다. 6월에 수하한 경우 초기 성장은 양호하였으나, 여름철 고수온기가 됨에 따라 성장의 억제 또는 정체가 나타나 3차 방정식의 성장곡선이 나타났고, 7, 8월에 수하한 경우 수하시기에 높은 수온으로 초기성장이 억제되어 지수형 곡선을 나타내었다. 그러나 수온 하강기 이후 수하한 9-11월의 경우 정상적인 성장을 하는 일차방정식의 성장패턴을 나타내었다.

Yoo *et al.*(1980)은 한산 거제만에서 굴종패를 3월과 7월에 각각 수하하여 수하시기별 육중량 성장변화를 조사한 결과 3월에 수하한 경우 수하당시 0.1 g에서 12월 수확시 8.2 g으로 증육하였고, 7월에 수하한 경우 수하당시 육중 1.2 g에서 12월 수확시 3.2 g으로 증육하였다. 그러나 3월에 수하한 경우 수하초기 3, 4월과 7, 8월의 증육량이 다른 월에 비해 매우 낮았고, 7월에 수하한 경우 7-11월 까지 증육량이 매우 낮았다. 그러나 대체적인 성장 패턴은 이 연구와 거의 일치하였다.

Bae *et al.*(1978)은 한산, 거제만에서 굴 육중의 증가는 9월 이후 빨라진다고 보고하였다. 그러나 이번 연구에서는 이러한 비만시기는 수하시기에 따라 다르며, 특히 여름철 고수온기에 수하한 경우가 수온상승기 이전에 수하한 경우보다 성장억제기간이 길었다. 이는 환경에 대한 저항력이 어린 치패보다는 다소 성장한 성패가 저항력이 높기 때문으로 판단된다.

각 수하시기에 따라 목표중량 5 g까지 성장하는데 소요되는 기간을 계산하면 9월에 수하하는 것이 123일로 가장 성장이 빨랐고, 8월이 220일로 가장 오랜 기간이 소요되었다. 이상의 결과로부터 굴 종패의 수하적기를 유추하면 수온상승기 말기부터 수온하강기 초기인 8월말부터 9월 중순 사이가 적당한 시기로 추정되고, 상품크기 5 g까지 성장하는데 평균 4-5개월이 소요되며, 이 시기는 12-1월 경에 해당한다. 또한 이 시기는 굴의 위판 가격이 비교적 높게 형성되는 시기이므로 타시기에 비해 수익성도 높은

Table 4. Suspended time dependent expended days to achieve 5 g (dry weight) for an oyster

Suspended month	Sep.	Jun.	Jul.	Aug.	Nov.
Days	123	198	203	220	152

것으로 보인다.

Miyazaki(1938)에 의하면 우렁쟁이류의 주 부착기는 4-9월이고, 진주담치의 경우 5-7월이라 하였고, Sato and Takeda(1953)는 우렁쟁이류를 6-8월, 진주담치를 6-7월로 보고하였다. 또한 부착생물의 부착은 언제나 양식 대상물의 성장이나 비만을 저해한다. 따라서 이러한 부착생물의 부착시기를 고려하면 9월이 수하적기로 판단된다.

Choi *et al.*(1997)은 한산, 거제만의 굴 비만도가 낮은 것은 굴의 비만에 중요한 시기인 11월에 chlorophyll의 농도가 0.5 mg/m³ 이하로 낮기 때문이라 하였다. 이 연구도 chlorophyll의 농도와 굴 육중량 성장과는 매우 높은 정상관 관계로 chlorophyll 농도가 낮을 때는 양호한 성장을 기대할 수 없었고, 이러한 경향은 특히 수하 초기에 더

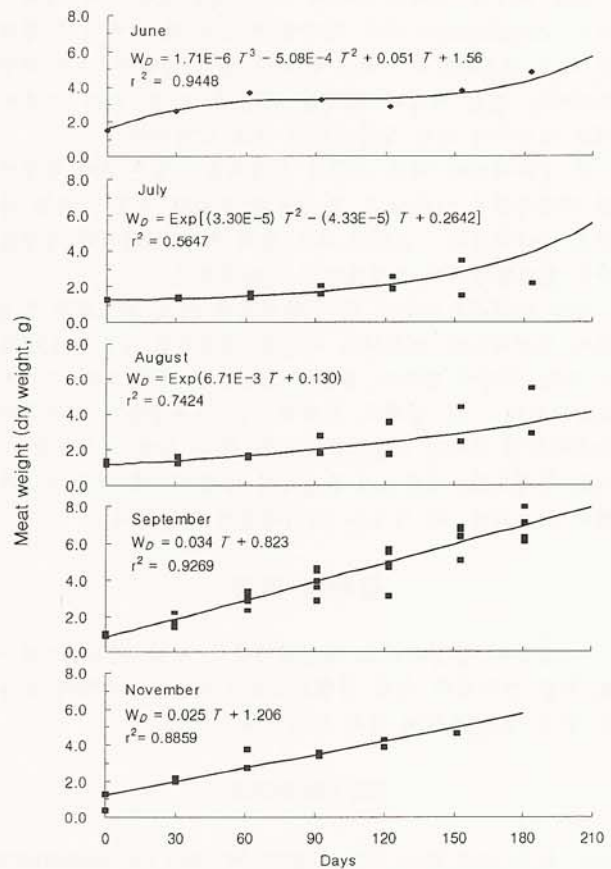


Fig. 6. Growth pattern of oysters on the basis of suspended month.

육 밀접하게 연계되었다. 그러나 해석에 따라서 먹이 이외의 성장억제 요인이 있음을 간과할 수는 없다. 이 연구에서도 1995년 7월에 수하한 St. 8의 클로로필(8.98-2.46 $\mu\text{g-at/l}$)은 이와 비슷한 시기에 수하한 St. 7(2.32-1.82 $\mu\text{g-at/l}$)에 비해 훨씬 높은 농도였지만, 월간 성장률은 오히려 St. 7이 1.18 g/month로 1.07 g/month의 St. 8보다 높았다. 그러나 이러한 원인에 대해서는 아직 명확하게 규정할 수 없고, 이는 굴과 같은 여과섭식성 이매패류 양식장의 생산성 향상을 위해서는 앞으로 반드시 선결되어야 할 문제라고 생각된다.

굴육중량의 절대 성장량은 반드시 클로로필과 일치하지는 않지만, 전체적인 성장패턴은 어느 조건에서도 수온과 먹이에 의해 크게 좌우되는 것은 부정할 수 없다. 따라서 양식장별 수하시기는 먹이공급능력이 수요량 이하로 낮은 경우는 양호한 성장을 기대할 수 없으므로 양식장 특성에 따라 비교적 먹이 공급력이 양호한 시기에 수하하는 것이 성장속도가 빠른 것으로 보인다. 그러나 수하시기가 9월 말 이후 너무 늦은 경우 낮은 성장속도로 인하여 높은 수확량을 기대하기는 어렵다.

요 약

굴의 육중량 변화는 수온과 chlorophyll에 의해 지배되지만, chlorophyll 양이 일정량 이상이 되면 이러한 경향은 다소 감소하였다. 수온에 따른 굴의 성장은 수온 하강 초기에는 강한 역상관 관계를 나타내었지만, 적정 수온 이하로 하강하게 되면 상관관계가 다소 낮아졌다.

각 수하시기에 따른 육중량 성장식을 6월은 3차 방정식의 성장곡선이 나타났고, 7, 8월에 수하한 경우 지수형 곡선을 나타내었다. 그러나 9-11월의 경우 정량적인 성장을 하는 일차방정식의 성장패턴을 나타내었다.

성장 방정식으로부터 각 수하시기에 따라 목표중량 5 g까지 성장하는데 소요되는 기간을 계산하면 9월이 123일로 가장 성장이 빨랐고, 8월이 220일로 가장 오랜 기간이 소요되었다. 굴 종패의 수하적기는 수온상승기 말기부터 수온하강기 초기인 8월말부터 9월 중순 사이가 적당한 시기로 추정되고, 상품크기 5 g까지 성장하는데 평균 4-5개월이 소요되며, 이 시기는 12-1월경에 해당한다.

감사의 말씀

이 연구는 경상대학교 해양과학대학 부설 해양산업연구소 학술 연구비에 의해 진행되었습니다. 연구수행에 도움을 주신 많은 분들께 감사 드립니다.

REFERENCES

Bae, G.M and Bae, P.A. (1972) Studies on suspended

- culture of oyster, *Crassostrea gigas*, in the Korean coastal waters (I) On the growth rate of oyster in growing area. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **9**: 71-84. [In Korean]
- Bae, G.M. (1973) Studies on suspended culture of oyster *Crassostrea gigas* in the Korean coastal waters (II) On the growth rate of oyster by four regional growing area. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **11**: 59-59. [in Korean]
- Bae P.A., Pyen, C.K., Ko, C.S., Kim, Y. and Kang, P.A. (1978) Studies on suspended culture of oyster *Crassostrea gigas* in the Korean coastal waters. (IV) On the environmental factors of oyster culturing farms and the growth rate of oysters. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **20**: 109-119. [in Korean]
- Choi, W.J., Chun, Y.Y., Park, J.H. and Park, Y.C. (1997) The influence of environmental characteristics on the fatness of Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in Hansan-Koje Bay. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **30**(5): 794-803. [in Korean]
- Chung, J.R. and Kwak, H.S. (1970) Growth of south and west coast Pacific oyster spats (*Crassostrea gigas*) after cross-transplantation. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **3**(2): 129-136. [in Korean]
- Jeong W.G, Cho, S.M., Jeong, B.Y. and Moon, S.K. (1999) Growth comparison of the oysters, *Crassostrea gigas*, cultured with Korean and Japanese spats. Abstracts 1999 spring joint meeting of the Korean Societies on Fisheries science. pp. 321-322. [in Korean]
- Miyazaki, I. (1938) On fouling organism in the oyster farm. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **6**(5): 223-232.
- Sato S.G. and Takeda, T.D. (1952) Studies on the organisms attaching to raft cultured oysters. I. On the extermination of the mussels (*Mytilus edulis* L.). *Tohoku J. Fish. Res.*, **1**: 63-67. [in Japanese]
- SCOR-UNESCO (1966) Determination of photosynthetic pigments in seawater. Monographs on Oceanographic Methodology, UNESCO, Paris. **1**: 11-18.
- Yoo S.K., Park, J.S., Chin, P., Chang, D.S., Lim, K.B., Park, C.K., Hong, S.Y., Cho, C.H., Hue, J.S., Lee, S.S., Kang, P.A., Park, K.Y., Lee, M.S. and Kim, Y. (1980) Comprehensive studies on oyster culture in Hansan-Geoje Bay. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, **24**: 7-46 [in Korean]
- Yoo, S.K and Park, K.Y. (1981) Biological studies on

oyster culture (III) Oyster growth comparison between 4 farms in Hansan-Geoje Bay and density-dependent relative shell growth. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **13**(4): 207-212 [in Korean]