

대하양식장의 생산성향상을 위한 환경관리에 관한 연구

I. 대하 양식장의 저질 및 수질특성에 따른 성장

강주찬 · 구자근 · 이정식*

부경대학교 수산생명의학과

*여수대학교 어병학과

Environmental Survey for Productivity Enhancement of Cultured Fleshly Prawn *Penaeus chinensis*

I. Effect of Sediment and Seawater Quality on Growth

Ju-Chan Kang, Ja-keun Koo and Jung-Sick Lee*

Department of Aquatic Life Medicine, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

Successive management of prawn farm is strongly dependent upon monitoring of pond seawater quality which is generally influenced by an excessive food supplied, sediment type, and phytoplankton composition in the pond. For good condition of seawater quality, it must need exchanging of fresh seawater by tidal current. Two distinct shrimp ponds, Galha and Yunho, which were different in seawater exchanging system and sediment type, were selected to understand how some factors affected to seawater and sediment qualities in the pond. Prawn growth was also determined.

Galha pond, characterized by sand bottom with water exchanging by turn of the tidal current, accumulated 1.8 mgS/g-dry as sulfide in sediment, while Yunho pond, mud-bottomed with seawater exchanging of pumping system, showed 4.7 mgS/g-dry when it was highest. Ammonia-N and hydrogen sulfide measured in the seawater were 0.31 mg/l and 21.2 µg/l in Yunho and 0.10 mg/l and 10.8 µg/l in Galha pond, respectively. Dissolved oxygen remained below 6.0 mg/l in Galha and 5.0 mg/l in Yunho pond from June through August. Less growth of prawn was found in Yunho pond than in Galha pond. Prawn growth, expressed as body length and weight, were 138.3mm 22.9g in Yunho pond while they were length 158.2mm and 28.9g in Galha pond, respectively, when they were harvested in October.

These results indicate that higher levels of ammonia-N and hydrogen sulfide and lower dissolved oxygen in bottom seawater of Yunho pond might affect the growth of cultured prawn.

Key words : *Penaeus chinensis*, Shrimp farm, Ammonia-N, Hydrogen sulfide, DO, Growth

서 론

대하, *Penaeus chinensis*는 분류학상 보리새우과 보리새우 속에 속하는 대형 종으로 우리 나라 서해 및 남해안에 주로 분포하며, 양식은 폐쇄적이면서도 먹이생물이 대체로 풍부한 연안을 중심으로 제방을 쌓거나 폐쇄된 염전 등을 이용하여 실시되고 있다. 그러나 우리 나라의 대하

양식은 현재까지 양식장의 수나 면적은 증가하였으나, 생산량은 기복이 심하게 나타나고 있는데, 특히 1993년부터는 단위 면적당 생산량이 감소하고 있는 실정이다 (해양수산부, 1997). 이는 최근 유행되는 바이러스 질병에도 그 원인을 찾을 수 있겠으나, 일차적으로는 연안환경 악화 및 양식장 자가오염에 따른 사육환경의 변화 등을 우선적으로 들 수 있을 것이다.

일반적으로 수산양식에 있어 환경은 수산생물의 생리에 적합한 요인으로 전체가 구성되어야 하는데, 대하 양식장과 같은 폐쇄적이면서도 한정된 장소에서는 양식기간중 먹다 남은 먹이, 배설물 및 식물플랑크톤의 사체 등에 의한 유기물부하가 양식환경에 상당한 영향을 미치고 있다. 따라서, 대하를 비롯한 새우류의 양식과 환경과의 관계를 해명하기 위한 연구들이 부분적으로 이루어지고 있으며 (Shigueno, 1975; Brock, 1983; Malecha, 1983; Chen et al., 1990; Liao and Chien, 1990; Yang, 1990; Chen and Kou, 1992; Chen and Lin, 1992), 이들 연구결과는 수온, 염분, 용존산소, 암모니아 및 황화수소 등은 대하의 생산성에 제한요인으로 작용하고 있다는 것을 지적하고 있다.

우리나라 대하양식장의 환경관리는 대체로 대하 치하를 방양하여 수확하기까지 조석차이를 이용한 인공적인 환수나 양수에 의존하고 있다. 본 조사 양식장인 남해지역에 위치한 갈화 양식장은 조석차이를 이용한 해수교환이 주기적으로 실시되고 있으나, 서해지역에 위치한 운호 양식장은 단지 양수에 의해 해수보충만이 가끔 실시되고 있을 뿐이다. 따라서, 이와 같은 사육조건이 다른 갈화와 운호의 두 곳 양식장의 환경특성 및 대하의 성장을 비교·검토하다.

재료 및 방법

1. 양식장의 위치

환경 및 생산성조사는 Fig. 1과 같이 경남 남해군 고흥

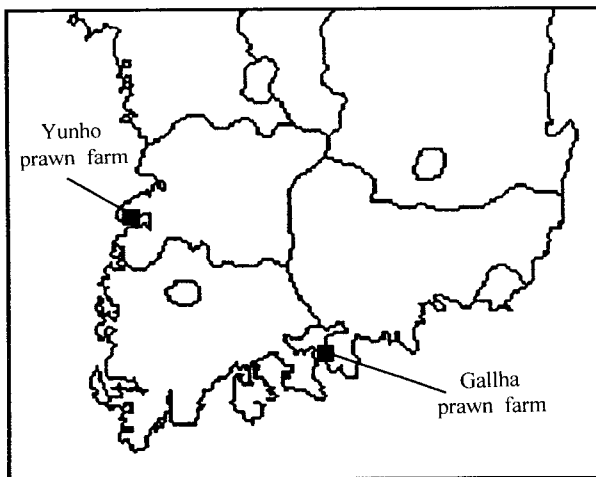


Fig. 1. Environmental survey locations in the prawn cultured farm.

면 갈화리와 전북 부안군 진서면 운호리에 위치한 두 곳의 대하 양식장을 대상으로 실시하였다. 조사지역에 해당하는 남해지역에 위치한 갈화 양식장은 조석차이를 이용한 해수교환이 주기적으로 실시되고 있으나, 서해지역에 위치한 운호 양식장은 단지 양수에 의해 해수보충만이 가끔 실시되고 있는 환경관리가 다른 지역이다.

2. 양식장의 환경특성

양식장의 환경조사는 치하를 방양한 1998년 6월부터 수확직전의 10월까지 각각의 4정점에 대하여 매월 같은 시기에 저질과 수질의 특성을 조사하여 이들에 대한 평균값으로 나타냈다. 저질의 특성은 채니기로 저질을 채취한 후, 온도, pH, 황화물, 산화환원전위 (ORP), 입도조성, 화학적산소요구량 (COD) 및 강열감량 (IL)을 측정하였다 (日本水産資源保護協會, 1980). 수질의 특성은 반돈채수기를 사용하여 저층수를 채수한 후, 온도, pH, 염분 및 용존산소량 (DO)은 현장에서 측정하였으며 (Water checker U-10, Horiba, Ltd), 화학적산소요구량 (COD), 암모니아성질소 (ammonia-N), 아질산성질소 (nitrite-N), 질산성질소 (nitrate-N) 및 황화수소 (H₂S)는 실험실에서 측정하였다 (APHA, 1985).

3. 대하의 성장

양식장의 환경특성에 따른 대하의 생산성을 파악하기 위하여 성장 (체장, 체중)을 측정하였다. 즉, 매월 환경조사시 각 양식장의 대하를 30마리 이상 채집하여 체장 및 체중을 측정하여 이들의 증가분으로 나타내었으며, 일일 성장률 (RDI)은 Zhang (1985)의 방법에 의하여 계산하였다. 그리고, 양식장에 따른 성장차이의 비교는 SPSS 통계 프로그램 (SPSS Inc.)의 ANOVA test하여 평균간의 유의성 (P<0.05)을 검정하였다.

결 과

1. 양식장의 환경특성

남해 갈화리 및 서해 운호리 소재 대하 양식장을 대상으로 실시한 저질의 입도 조성에 대한 결과를 Table 1에 나타냈다. 갈화 양식장 저질의 입도는 63 μ m 이상의 입자가 67.5%로 대부분이 사질이었으며, 운호 양식장은 63 μ m 이하의 입자인 펄이 대부분 차지하고 있었다. 갈화 및 운

Table 1. Composition of sediments in prawn cultured farm

Cultured farm	Particle size (mm)				
	≥2mm	1~2mm	250 μ m~1mm	63~250 μ m	≤63 μ m
Galha	1.9%	5.2%	15.3%	45.1%	32.5%
Yunho	-	-	4.2%	8.5%	87.3%

호 양식장 저질의 온도, pH 및 IL의 측정결과를 Fig. 2에 나타냈다. 6월부터 10월의 조사기간 동안 저질 온도는 8월에 최고 값이 측정되었으며, 두 양식장 사이의 뚜렷한

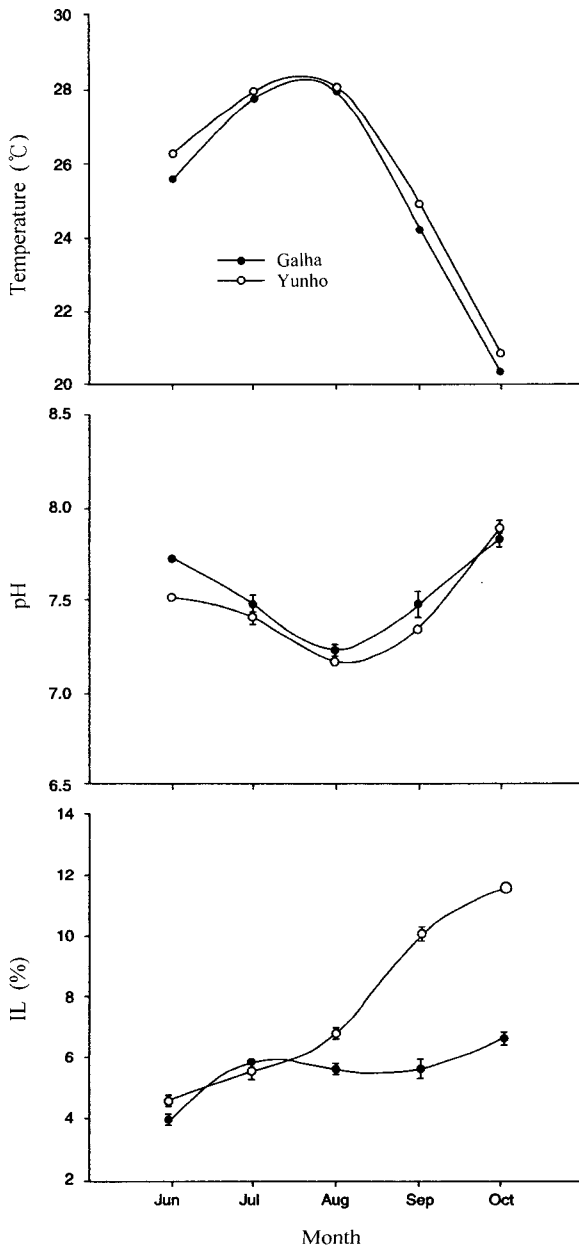


Fig. 2. Monthly variation of temperature, pH and IL of sediment in the prawn cultured farm.

온도차이는 나타내지 않았다. pH는 시기적으로 고수온기인 8월에 가장 낮은 값을 나타내었으며, 역시 두 양식장 사이에 뚜렷한 차이는 관찰되지 않았다. IL은 두 양식장 모두 증가경향을 보였는데, 10월에 운호 양식장은 11.8%까지 상승하여 갈화 양식장의 6.8%에 비해 약 2배정도의 높은 값을 나타냈다. 저질의 ORP, COD 및 황화물의 측정결과는 Fig. 3에 나타냈다. ORP는 조사 기간 동안 약간 증가하다가 감소하는 경향을 보였으나, 전반적으로 환원된 전위를 나타냈다. 또한, 운호 양식장은 갈화 양식장에 비해 8월부터 낮은 값을 보였으며, 9월 이후에는 -54.2 mV이하로 급격한 환원상태를 나타냈다. COD는 6월부터 10월까지 두 양식장 모두 계속 증가하였고, 조사 전기간 동안 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 약 2배 이상의 높은 값이 측정되었다. 즉, 갈화 양식장은 6월에서 10월까지 2.4~6.9 mgO₂/g-dry 범위의 COD값이 측정된 반면, 운호 양식장은 4.5~14.8 mgO₂/g-dry 범위의 값이 측정되었다. 저질 중의 황화물은 갈화 양식장에서 0.9~1.9 mg S/g-dry 범위로 조사기간 동안 큰 변동은 없었으나, 운호 양식장에서는 7월부터 지속적인 증가를 보여 10월 4.7 mg S/g-dry까지 증가하였다.

수질의 수온, 염분 및 pH의 측정결과는 Fig. 4에 나타낸 바와 같다. 수온은 조사기간 동안 갈화 양식장에서 21.5~28.4°C, 운호 양식장에서는 20.8~28.0°C가 측정되었고, 7, 8월에 가장 높게 나타났다. 염분은 갈화 양식장에서는 8월, 운호 양식장에서는 7월에 각각 23.2‰ 및 26.0‰까지 감소하였으며, 이후 두 양식장 모두 증가하는 경향을 나타냈다. pH는 갈화 양식장이 7.7~8.0로 비교적 적은 변동을 나타내었으나, 운호 양식장은 6월 최고 8.2에서 지속적인 감소경향을 보여 9월에 7.5로 가장 낮은 값을 나타냈다. 질소화합물 (ammonia-N, nitrite-N 및 nitrate-N)에 대한 측정 결과는 Fig. 5에 나타냈다. ammonia-N은 6월부터 10월까지 조사기간 동안 갈화 양식장이 0.08~0.10 mg/ℓ 범위로 비교적 적게 변동한 반면, 운호 양식장은 8월부터 급격히 증가하기 시작하여 9월에 최고를 나타냈다. nitrite-N은 갈화 양식장에서 0.042~0.061 mg/ℓ로 큰

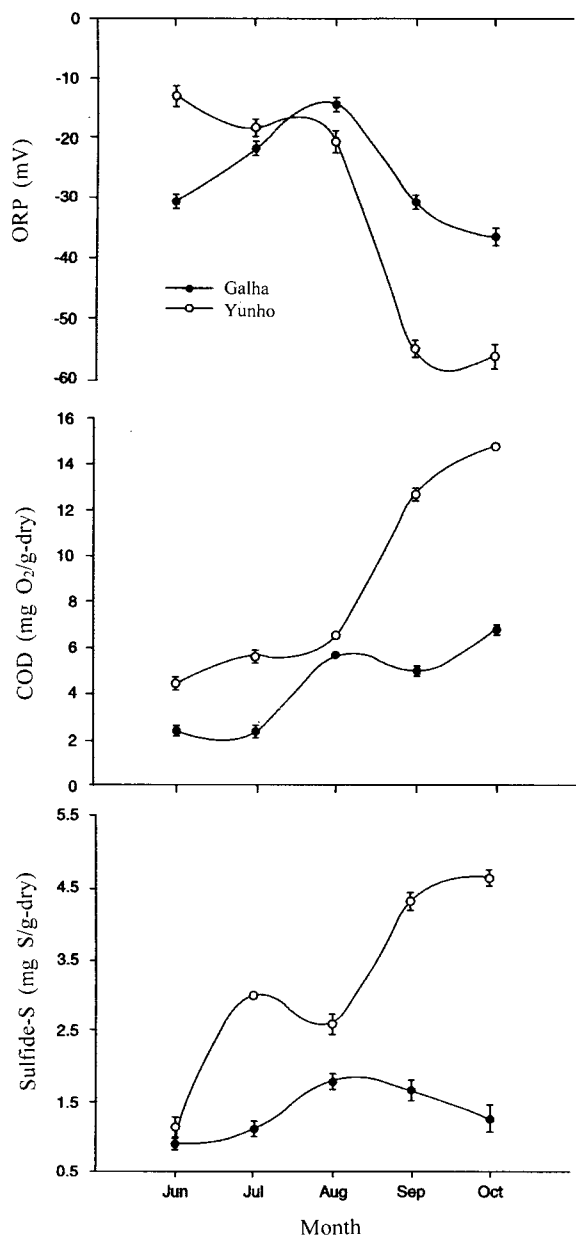


Fig. 3. Monthly variation of ORP, COD and Sulfide-S of sediment in the prawn cultured farm.

변동은 없었으나, 운호 양식장에서는 0.056~0.11 mg/ℓ 로 변동폭이 컸으며, 9월에 가장 높게 나타났다. nitrate-N은 갈화 및 운호 양식장에서 각각 0.080~0.11 mg/ℓ 및 0.099~0.16 mg/ℓ 의 범위를 보였고, 8월 및 9월에 각각 가장 높게 나타났다. COD, DO 및 H₂S의 측정결과는 Fig. 6에 나타낸 바와 같다. COD는 6월부터 10월에 걸쳐 갈화 양식장에서는 낮은 증가를 나타냈으나, 운호 양식장에서는 큰 폭으로 증가하였으며, 9월에 최고 값을 나타냈다. DO는 7월부터 8월에 걸쳐 갈화 양식장에서 6.0 mg/ℓ 이

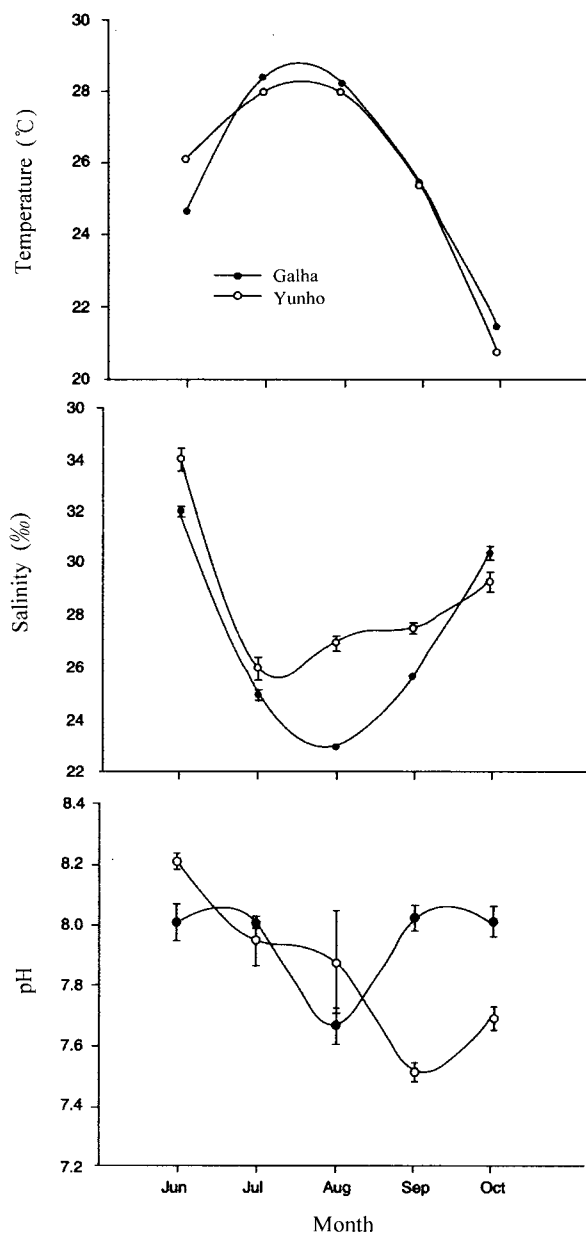


Fig. 4. Monthly variation of temperature, salinity and pH of seawater in the prawn cultured farm.

하가 관찰되었고, 운호 양식장에서는 5.0 mg/ℓ 이하가 관찰되었다. H₂S는 조사기간 동안 두 양식장 모두 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었는데, 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 큰 폭으로 증가하였다. 즉, H₂S는 갈화 양식장에서 10월 10.8 μg/ℓ 까지 증가한 반면, 운호 양식장에서는 9월 21.2 μg/ℓ 까지 증가하였다.

2. 대하의 성장

대하를 방양한 6월부터 수확직전의 10월까지 대하의

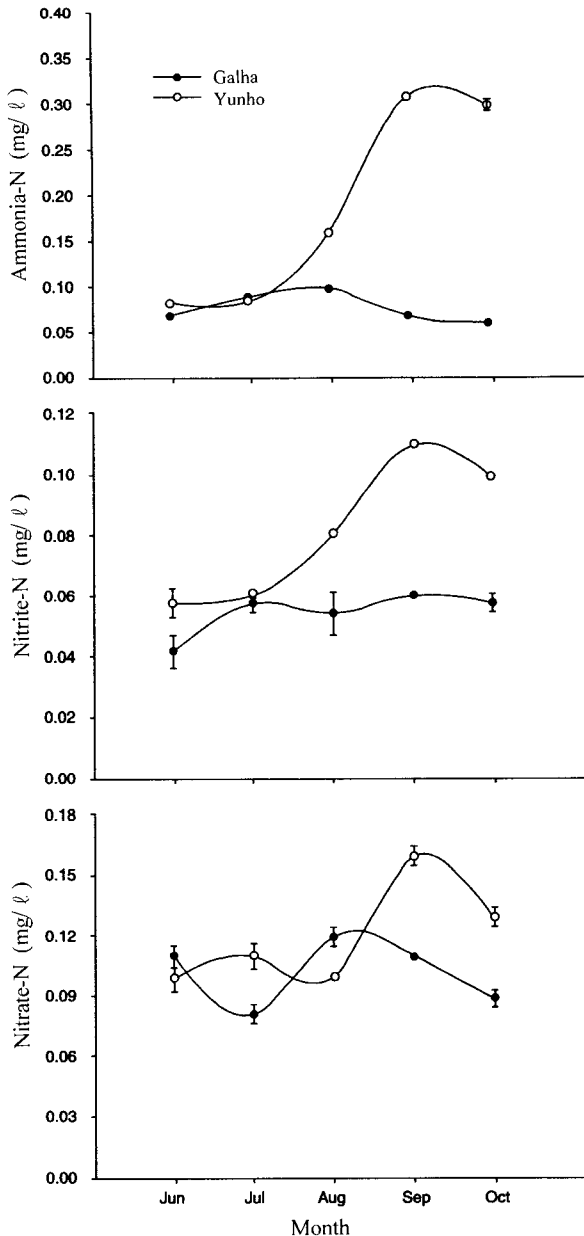


Fig. 5. Monthly variation of ammonia-N, nitrite-N and nitrate-N of seawater in the prawn cultured farm.

체장, 체중 및 일일 성장률을 Fig. 7에 나타냈다. 6월 갈화 및 운호 양식장에 방양한 치하의 평균체중은 각각 0.020, 0.026g이었으며, 이후 8월까지 두 양식장 사이에 뚜렷한 성장차이는 관찰되지 않았다. 그러나, 9월부터 두 양식장 사이에 뚜렷한 차이를 나타내기 시작하여 수확직전의 10월에 대한 체장과 체중은 운호 양식장에서 각각 138.3 mm, 22.9g가 측정된 것에 비해 갈화 양식장에서는 각각 158.2mm, 28.9g가 측정되어 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 유의한 감소를 나타냈다 ($P < 0.05$). 대하의 일일

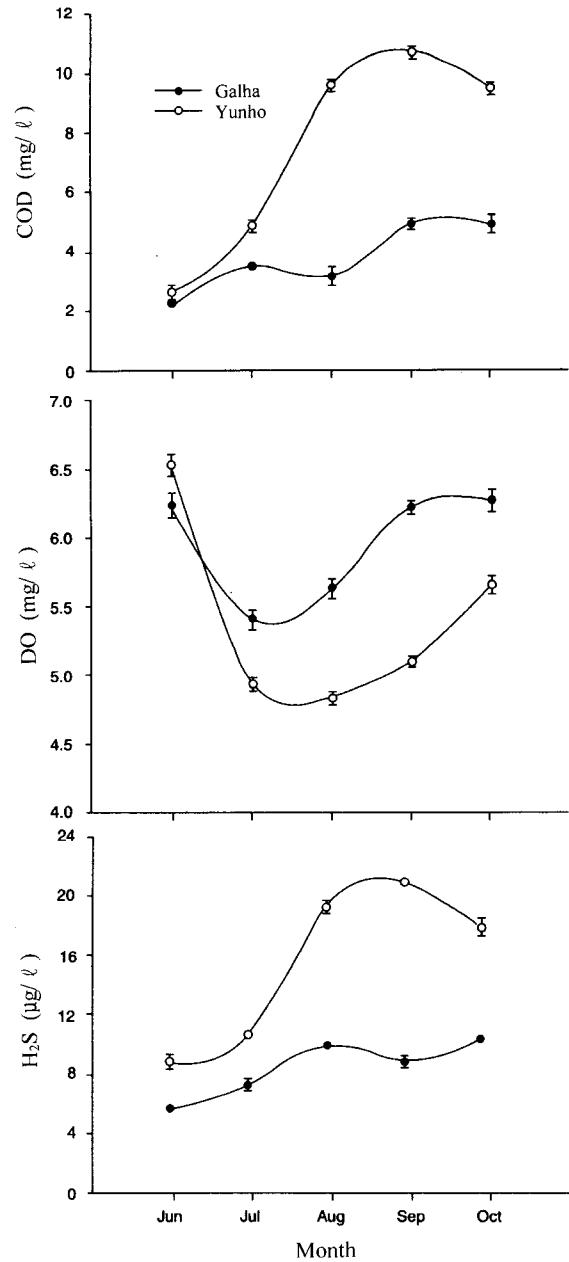


Fig. 6. Monthly variation of COD, DO and H₂S of seawater in the prawn cultured farm.

성장률은 두 양식장 모두 7월에 가장 높아 갈화 양식장에서 60.4%, 운호 양식장에서는 49.9%가 관찰되었지만, 이후 감소를 나타냈다. 그러나 양식기간 동안 갈화양식장이 운호양식장에 비해 높은 일일 성장률을 나타냈다.

고찰

우리나라 대하양식장의 환경특성에 따른 대하의 성장

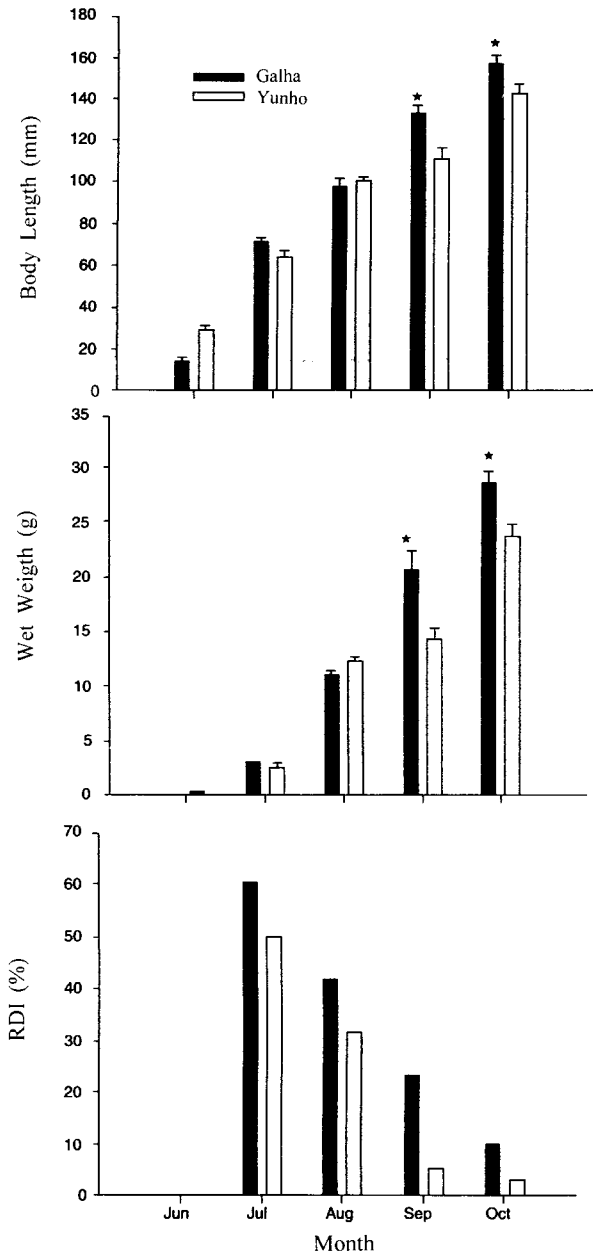


Fig. 7. Monthly variation of body length, body weight and RDI in the prawn. Asterisks indicate significant difference between Galha and Yunho prawn farm.

을 비교하기 위하여 사육조건이 다른 남해 갈화리 및 서해 운호리에 위치한 두 양식장을 대상으로 저질 및 수질을 측정하였다. 저질의 IL, COD 및 황화물은 8월을 시점으로 하여 10월 대하를 수확하기 직전까지 두 곳 양식장 모두 증가하는 경향을 보였고, 운호 양식장에서 보다 높은 값이 측정되었다. 또한, 두 양식장에서 측정된 COD는 IL과 거의 일치하는 경향을 보였으며, 높은 COD는 유기

물뿐만 아니라 높은 황화물에도 기인하는 것으로 나타났다. 즉, IL, COD 및 황화물의 증가정도는 두 양식장 사이에 비슷한 비율로 증가하였으나, 이들 농도는 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 2배 이상의 높은 값을 보였다.

수질의 ammonia-N, nitrite-N, COD 및 H₂S 농도는 7월을 기점으로 하여 대하 수확직전인 10월까지 두 양식장 모두 지속적으로 증가하였으며, 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 약 2배 이상의 높은 값이 측정되었다. DO는 7월부터 8월에 걸쳐 갈화 양식장에서 6.0 mg/l 이하, 운호 양식장에서는 5.0 mg/l 이하가 관찰되었다.

대하 양식장과 같은 폐쇄적인 장소의 환경은 양식장내의 저질 입도조성, 해수 교환정도 및 식물플랑크톤 밀도 등에 의해 변동할 것이다. 우리 나라 대하양식은 연안 및 만을 중심으로 제방을 쌓거나 폐쇄된 염전 등을 이용하여 극히 제한된 장소에서 실시되고 있다. 따라서, 대부분의 양식장 환경관리는 대하 치하를 방양하여 수확하기까지 조석의 차이를 이용한 환수나 인공적인 양수에 의존할 수밖에 없는 실정이다. 본 조사에 의하면, 갈화 양식장의 저질은 사질이 약 70%를 차지한데 비해 운호 양식장은 대부분 펄이 차지하고 있다. 또한, 갈화 양식장은 조석차이를 이용한 환수가 주기적으로 이루어지고 있으나, 운호 양식장은 단지 부분적인 양수에 의한 해수보충이 이루어지고 있을 뿐이었다. 따라서, 상기와 같이 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 환경악화가 진행된 원인은 해수의 환수조건 및 저질조성 등이 차이에서 기인된 결과라고 생각된다.

통상 양식대하의 성장은 먹이, 환경요소 및 질병 등의 요인에 의하여 좌우될 것으로 생각된다. 갈화 및 운호 양식장에 6월에 치하를 방양하여 사육한 결과, 대하의 성장은 8월까지 두 양식장 사이에 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다. 그러나, 9월부터 두 양식장 사이의 대하성장은 뚜렷한 차이를 보여 수확직전의 10월 갈화 양식장에서 158.2 mm 및 28.9g, 운호 양식장에서 138.3mm 및 22.9g이 측정되어 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 유의한 감소를 나타냈다.

일반적으로 새우류의 성장은 염분 및 온도 등과 관련이 있으며 (Okamasao, 1970; Wang, 1983), 특히 ammonia-N, nitrite-N, H₂S 및 DO는 성장의 제한 요소로 작용한다 (Shigueno, 1975; Chen and Lin, 1991; Chen and Kou, 1992; Alcaraz et al, 1997). 예를 들면, ammonia-N 및 nitrite-N에 있어 *Penaeus chinensis* 치하의 생존을 위한 안

정농도는 각각 3.51, 2.30 mg/ℓ 이고 (Chen et al., 1990), *Penaeus penicillatus* 치하의 생존을 위한 안전농도는 각각 2.37, 1.97 mg/ℓ 농도이며 (Chen and Lin, 1991), 이들의 유독 작용은 조직내의 빈산소화, 호흡장애 및 열에 대한 저항성 감소 등으로 나타났다 (Alcaraz, 1997). 갈화와 운호 양식장에서 측정된 온도와 염분은 유사한 값을 나타내었으나, ammonia-N 농도는 각각 0.10과 0.31 mg/ℓ, nitrite-N 농도는 각각 0.06과 0.13 mg/ℓ 가 측정되었고, 이들 농도는 상기 새우류 생존에 대한 안전농도보다 훨씬 낮아 대하의 생존에도 직접적인 영향은 없었을 것으로 사료된다. 한편, Chen and Kou (1992)는 *Penaeus japonicus*에 있어 ammonia-N 농도 0.35 mg/ℓ 이상은 성장저해를 유발시킬 수 있다고 지적하고 있어 운호 양식장에서 측정된 0.31 mg/ℓ 농도는 대하의 성장에 어느 정도 영향이 있었을 것으로 사료된다.

일반적으로 H₂S가 존재하는 수역에 서식하는 수생생물은 그들의 생리에 많은 저해영향을 받게되고, 극단적인 경우에는 집단사망을 초래한다 (Brongersma-Sanders, 1975; Swanson and Sundermann, 1979). 또한, 새우류의 양식에 있어 1~0.2 mg/ℓ 의 H₂S 농도는 생존률을 감소시키며, 4.0 mg/ℓ 이상의 농도는 100%의 사망원인이 된다 (Shigueno, 1975). 갈화와 운호 양식장에서 측정된 H₂S 농도 0.011과 0.021 mg/ℓ 는 상기 새우류의 사망과 관련된 농도보다 훨씬 낮아 대하의 생존에 직접적인 영향은 없었을 것으로 사료된다. 한편, 해양생물의 성장과 관련된 생리적 변화, 특히 새우류의 성장에 대한 H₂S의 영향정도를 규명한 자료는 찾아보기 힘들다. 따라서, 갈화와 운호 양식장에서 측정된 0.011 및 0.021 mg/ℓ H₂S 농도가 대하의 성장에 어떠한 영향을 미쳤는지를 파악하는 것은 대단히 어려운 문제중의 하나이다. 그러나, 갑각류 *Metapenaeus monoceros* 및 *Gammarus pseudolimnaeus*의 H₂S 96시간 반수치사 농도가 각각 0.038, 0.022 mg/ℓ 인 점을 고려할 때 (Donavon and Lloyd, 1974; Kang, 1997), 운호 양식장에서 측정된 0.021 mg/ℓ 농도는 대하의 성장과 관련하여 무시할 수 없는 농도라고 생각된다.

DO는 새우류 양식의 중요한 생산 억제 요인으로 작용하며, 2.0 mg/ℓ 이하의 농도에서는 생존에 치명적일 수 있다 (Avault, 1979; Brock, 1983; Yang, 1989). 또한 새우류의 정상적인 성장을 위한 농도는 6.0 mg/ℓ 이상이어야 하며 (Brock, 1983), 대하는 5.0 mg/ℓ 이상에서 정상적인 성장이 이루어진다고 보고하였다 (Yang, 1990). 따라서, 갈

화 양식장에서 측정된 DO 5.0 mg/ℓ 이상은 대하의 성장에 영향이 없었을 것으로 생각되나, 운호 양식장에서 측정된 5.0 mg/ℓ 이하의 DO는 대하의 성장에 영향을 미쳤을 가능성이 큰 것으로 생각된다.

이상의 결과와 논의로부터 운호 양식장은 갈화 양식장에 비해 저층수의 용존산소 저하에 따라 저질은 환원된 전위를 나타냈었고, 저질 중에는 다량의 황화물이 검출되었으며, 황화물 및 유기물에 의한 산소소비와 함께 저층수의 용존산소 저하 및 고농도의 H₂S가 발생했다고 생각할 수 있다. 금번의 환경조사 결과는 두 양식장 모두 양식기간 동안 대하의 생존에는 영향이 없었을 것으로 생각된다. 그러나, 운호 양식장에서 측정된 ammonia-N, H₂S 및 DO 농도는 대하의 정상적인 성장에 저해요인으로 작용하였을 가능성이 큰 것으로 사료된다. 즉, 운호 양식장의 성장감소는 상기 환경요인들의 악화정도가 뚜렷이 나타나는 시기와 대부분 일치하였으며, 이시기를 기점으로 일일 성장률도 감소하였다. 따라서 우리나라 대하양식장의 환경은 연안환경, 사육방법, 저질성상 및 해수교환 정도 등에 따라 다르게 나타날 것이며, 이와 같은 환경변화는 대하의 생산성에 영향을 미치고 있을 것으로 생각된다.

요 약

우리 나라의 대하양식은 먹이생물이 대체로 풍부한 연안 및 만을 중심으로 제방을 쌓거나 폐쇄된 염전 등을 이용하여 극히 한정된 장소에서 실시되고 있다. 본 조사 대하 양식장인 남해의 갈화 양식장은 조석차이를 이용한 해수교환이 주기적으로 실시되고 있으나, 서해의 운호 양식장은 단지 양수에 의한 해수보충이 가끔 실시되고 있을 뿐이다. 따라서, 본 연구는 갈화와 운호양식장의 환경특성을 파악하였고, 이에 따른 성장을 비교·검토하다.

갈화 양식장의 저질성상은 사질이 약 70%를 차지한데 비해 운호 양식장은 대부분 펄이 차지하고 있었다. 저질중의 황화물은 갈화 양식장에서 1.8 mgS/g-dry, 운호 양식장에서 4.7 mgS/g-dry가 측정되어 약 3배의 차이를 나타내었다. 해수중의 ammonia-N 및 H₂S 농도는 갈화 양식장에서 각각 0.10 mg/ℓ 및 10.8 μg/ℓ 가 측정된 반면, 운호 양식장에서는 약 2배 이상 높은 0.31 mg/ℓ 및 21.2 μg/ℓ 이 측정되었다. 또한, DO는 7월부터 8월에 걸쳐 갈화 양식장에서 6.0 mg/ℓ 이하, 운호 양식장에서는 5.0 mg/ℓ 이하가 관찰되었다. 대하의 체장과 체중은 10월 갈화 양식

장의 158.2mm 및 28.9g에 비해 운호 양식장에서는 138.3mm 및 22.9g로 유의하게 낮은 성장을 보였다. 또한, 대하의 일일 성장률도 양식기간을 통해 갈화 양식장에 비해 운호 양식장에서 낮게 나타났다. 따라서, 운호 양식장의 저층수에서 측정된 ammonia-N, H₂S 및 DO는 대하의 성장에 영향을 미쳤다는 것을 의미한다.

감사의 글

이 논문은 1998년 한국학술진흥재단 과학기술기초 중점연구지원사업 해양·수산과학연구 (1998-023-H00014)의 연구비 지원에 의해 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사 드립니다. 또한, 본 논문을 위해 많은 협조를 주신 남해의 갈화 및 서해의 운호 대하양식장 여러분께 감사 드립니다.

참고 문헌

- APHA (American Public Health Association), American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th edition. APHA, New York, pp.373-411.
- Alcaraz, G. and X. C. Carrara and C. Canegas, 1997. Temperature tolerance of *Penaeus setiferus* postlarvae exposed to ammonia and nitrite. *Aquat. Toxicol.*, 39 : 305-353.
- Brock, J. A., 1983. Environmental and water quality parameters as etiologic factors in prawn diseases. *Handbook of Mariculture. Vol. I. Crustacean Aquaculture* J. P. McVey and J. R. Moore, ed. CRC Press. Florida. pp.363-364.
- Brongersma-Sanders, M., 1975. Mass mortality in the sea. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 67 : 941-1010.
- Chen, J. C., 1990. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus chinensis* juveniles. *Mar. Biol.*, 107 : 427-431.
- Chen, J. C. and Y. Z. Kou, 1992. Effects of ammonia on growth and molting of *Penaeus japonicus* juveniles. *Aquacult.*, 104 : 249-260.
- Chen, J. C and C. Y. Lin, 1991. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus penicillatus* juveniles at two salinity levels. *Comp. Biochem. Physiol.*, 100C : 477-482.
- Chen, J. C and C. Y. Lin, 1992. Lethal effects of ammonia on *Penaeus chinensis* Osbeck juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 156 : 139-148.
- Donavon, O. and S. Llyod, 1974. Chronic toxicity of hydrogen sulfide to *Gammarus pseudolimnaeus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 4 : 819-822.
- Kang, J. C., 1997. Acute toxicity of hydrogen sulfide to larvae and adults of blue crab *Portunus trituberculatus*, white shrimp *Metapenaeus monoceros* and prawn *Macrobrachium nipponense*. *J. Fish Pathol.*, 10 : 65-72.
- Liao, I. C. and Y. H. Chien, 1990. Evaluation and comparison of the culture practices for *Penaeus orientalis*, *Penaeus japonicus*, *Penaeus penicillatus* in Taiwan. In K. L. Main and W. Fulks, *The Cult of Cold-Tolerant Shrimp: Proceedings of an Asian-U.S. Workshop on Shrimp Culture. The Oceanic Institute, Hawaii, U.S.A.* pp.49-63.
- Malecha, S. R., 1983. Commercial pond production of the fresh water prawn. *Macrobrachium rosenbergii*, in Hawaii. *Handbook of Mariculture. Vol. I. Crustacean Aquaculture* J. P. McVey and J. R. Moore, ed. CRC Press. Florida. pp.363-364
- Okamasao, 1970. Larval rearing and culture of prawns. *Aquacul.*, 2 : 34.
- Shigueno, K., 1975. *Shrimp Culture in Japan. Assoc. Int. Tech. Prom.*, Tokyo. pp.153.
- Swanson, S. L. and C. J. Sundermann, 1979. Oxygen depletion and associated benthic mortalities in New York Bight, 1976. *NOAA Prof. Pap.*, pp.345.
- Wang, K., 1983. Penaeid culture. *China Aquaculture Company, China.* pp. 240 (in Chinese).
- Yang, C. M., 1990. Effect of some environmental factors on the growth of chinese prawn, *Penaeus chinensis*. In K. L. Main and W. Fulks, *The Cult of Cold-Tolerant Shrimp: Proceedings of an Asian-U.S. Workshop on Shrimp Culture. The Oceanic Institute, Hawaii, U.S.A.* pp.179-185.
- Zhang, N., 1985. Mathematical analysis on grown of *Penaeus orientalis*. *Mar. Sci.*, 9 : 1-7.
- 김백균 · 류기회, 1989. 대하(*Penaeus chinensis*)의 종묘생산과 양식에 관한 연구. *국립수산진흥원 연구보고*, 43 : 119-125.
- 정우철 · 김진호 · 이종화. 1993. 자연산 대하(*Penaeus chinensis*)의 체중과 체장의 상관관계에 관한 논문. *순천향대 논문집* 16 : 149-156.
- 정충규 · 최이규, 1997. SPSS를 이용한 통계분석, 무역경영사, pp.180-312.
- 해양수산부, 1997. 해양수산 통계연보. pp.974-991.
- 日本水産資源保護協會, 1980. 水質汚濁調査指針, 恒星社厚生閣, pp.240-263.