

KHẢO SÁT HIỆN TƯỢNG NHIỄM GIUN NHIỀU TƠ (*Polydora* sp.) Ở SÒ LÔNG (*Scapharca subcrenata*)

Ngô Thị Thu Thảo¹ và Kwang-Sik Choi²

ABSTRACT

Blood clam (*Scapharca subcrenata*) was collected monthly from Pusan, Korea to investigate the reproductive cycle and the occurrence of mud worm (*Polydora* sp.). Histological observation showed that *S. subcrenata* started their gametogenesis as early as March when environmental temperature increased. Most of clams underwent ripe stage in June and some of observed samples already spawned in July. In studied area, blood clams showed only one spawning period with high synchronism from July to August. Most of clams were in resting phase from September to February. *Polydora* sp. was frequently observed on and inside the shells of clams with high prevalence in November (63.3%). However, low level of infection was found in August (34.2%). The infection prevalence was not significant difference between two valves, however, it was difference among the observed zones on clam shells. Regardless valve, high infection prevalence (76.1 – 79.5 %) presented in zone 1 (corresponding to foot area); low infection (20.5 – 23.8 %) in zone 2 (middle area) and no infection in zone 3 (opposite to foot area).

Keywords: Blood clam, reproductive cycle, *Polydora*, infection

Title: Infection of *Polydora* sp. during reproductive cycle of blood clam *Scapharca subcrenata*

TÓM TẮT

Sò lông (*Scapharca subcrenata*) có nguồn gốc từ Pusan (Hàn quốc) được thu mẫu hàng tháng nhằm theo dõi chu kỳ sinh sản và sự lây nhiễm của một số loài ký sinh trùng. Qua quan sát tế bào học thấy Sò lông bắt đầu chu kỳ sinh sản vào tháng 3 khi nhiệt độ môi trường tăng lên. Phần lớn các cá thể Sò lông thành thực sinh dục vào tháng 6 và một số bắt đầu sinh sản trong tháng 7. Tại địa điểm nghiên cứu, quần thể Sò lông chỉ có một vụ sinh sản rõ từ tháng 7 đến tháng 8. Phần lớn sò hoàn tất sinh sản và ở trạng thái nghỉ từ tháng 9 đến tháng 12. Giun nhiều tơ *Polydora* sp. thường xuất hiện ở trên và bên trong vỏ sò với tỷ lệ nhiễm cao vào tháng 11 (63,3%), tuy nhiên tỷ lệ nhiễm thấp vào tháng 8 (34,2%). Tỷ lệ nhiễm giun nhiều tơ không khác biệt giữa 2 vỏ sò nhưng khác biệt rất rõ ràng trên từng vùng của vỏ. Bất kể là vỏ phải hay vỏ trái, tỷ lệ nhiễm thường cao (76,1-79,5%) ở vùng 1 (tương ứng với khu vực chân); thấp (20,5-23,8%) ở vùng 2 (giữa vỏ) và không xuất hiện sự lây nhiễm ở vùng 3 (đối xứng với khu vực chân sò).

Từ khóa: Sò lông, *Scapharca subcrenata*, chu kỳ sinh sản, *Polydora*, nhiễm bệnh

1 GIỚI THIỆU

Sò lông (*Scapharca subcrenata*) là một trong những loài động vật thân mềm quan trọng ở Hàn quốc. Tại Pusan, đối tượng này được thu hoạch từ quần thể tự nhiên bằng lưới cào hoặc lặn bắt. Gần đây đã có một số nghiên cứu về sinh học, các biến động sinh hóa và chu kỳ sinh sản của Sò lông *S. subcrenata* (Kwun & Chung, 1999) và *S. broughtonii* (Park et al., 2001). Ở Hàn quốc, sản lượng hàng năm của nhóm sò trong họ *Arcidae* (bao gồm *S. broughtonii*, *S. subcrenata* và *Tegillarca granosa*) bị giảm sút nghiêm trọng do các công trình khai hoang môi trường biển, khai thác quá mức và ô nhiễm môi trường. Những lý do khác tác động đến việc

¹ Trung tâm Quản lý Bệnh Thủy sản, Khoa Thủy sản, Đại học Cần thơ

² School of Applied Marine Science, Cheju National University, Korea

giảm sản lượng sò có thể do thiếu nguồn giống chất lượng cao (Rho & Pyen, 1977; Park *et al.*, 1998).

Một số nghiên cứu đã khuyến cáo về hiện tượng nhiễm giun nhiều tơ *Polydora* ở Hàu (Haigler, 1969; Skeel, 1977, Handley & Bergquist, 1997; Handley, 1998) hoặc *Polydora ciliata* ở nghêu Manila (Boscolo & Giovanardi, 2002). *Polydora ciliata* là địch hại nguy hiểm của Hàu và vẹm ngay cả trong trường hợp chỉ có vỏ bị nhiễm loại giun này. Khi bị nhiễm nặng, vỏ bị yếu đi và làm cho động vật thân mềm rất dễ bị cua tấn công. Khi lớp vỏ bên trong bị giun phá hủy, động vật thân mềm sẽ phải tiết ra chất xà cừ để bảo vệ vỏ. Việc tiết quá nhiều các đốm xà cừ sẽ làm cho chúng bị suy dinh dưỡng, cơ chân lỏng lẻo không bám chắc vào giá thể và có khả năng ảnh hưởng đến quá trình sinh sản khi các lớp canxi xuất hiện gần tuyến sinh dục (Bower *et al.*, 1994). Kent (1979) báo cáo tình trạng gầy yếu và mất chất lượng thương phẩm ở vẹm xanh do nhiễm giun nhiều tơ *Polydora ciliata*. Cho đến thời điểm hiện nay chưa có công bố về bệnh đặc biệt là hiện tượng nhiễm *Polydora* trên Sò lông tại Hàn quốc cũng như ở Việt nam. Chúng tôi tiến hành nghiên cứu này nhằm theo dõi chu kỳ sinh sản của Sò lông *Scapharca subcrenata* đồng thời khảo sát hiện tượng nhiễm giun nhiều tơ *Polydora sp.* trong quá trình sinh sản của sò.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thu mẫu và chuẩn bị mô tế bào học

Số lượng 20-40 cá thể Sò lông được thu mẫu hàng tháng hoặc 2 tuần một lần theo chu kỳ sinh sản từ tháng 3 năm 2004 đến tháng 1 năm 2005. Tại phòng thí nghiệm, khối lượng từng cá thể và chiều dài vỏ sò được cân đo nhằm thu thập số liệu về chỉ số thể trạng (condition index, CI) theo công thức: $CI = (DWM \times 1000) / DWS$

Trong đó: DWM: Khối lượng thịt sò (g) sấy khô ở 60°C sau 24 giờ

DWS: Khối lượng vỏ sò (g) sấy khô ở 60°C sau 24 giờ

Để chuẩn bị mô tế bào học, thân mềm được tách khỏi vỏ, phần giữa cơ thể được cắt ngang và bảo quản trong dung dịch Davidson. Khối mô sau đó được khử nước bằng dung dịch cồn, đúc paraffin và cắt với độ dày 5µm. Lát cắt được nhuộm với Harris haematoxylin-Eosin Y và kiểm tra dưới kính hiển vi.

2.2 Chu kỳ sinh sản của Sò lông

Sự phát triển thành thực của tuyến sinh dục được phân chia dựa trên phương pháp của Walker và Heffernan (1994). Chỉ số thành thực (GI) biến động từ 0 đến 4: 0= trạng thái nghỉ, 1= tái hấp thu, 2= phát triển, 3= thành thực, 4= sinh sản. Giá trị trung bình của GI được tính theo mỗi đợt thu mẫu để theo dõi chu kỳ sinh sản của sò.

2.3 Tỷ lệ nhiễm *Polydora sp.* và mức độ hủy hoại vỏ

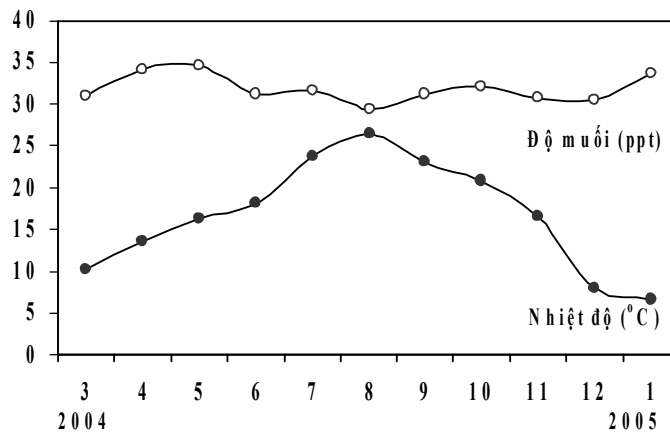
Tỷ lệ nhiễm (phần trăm sò bị nhiễm giun) và cường độ nhiễm *Polydora sp.* được khảo sát trên vỏ sò. Theo Cáceres-Martinez *et al.* (1999) thì bề mặt vỏ sò được chia làm 3 vùng: vùng 1 (Z1): xung quanh khu vực chân; vùng 2 (Z2): vùng giữa vỏ; vùng 3 (Z3): đối xứng với khu vực chân. Việc xác định mức độ hủy hoại vỏ được điều chỉnh từ phương pháp của Handley và Bergquit (1997): 0=không có

giun trên vỏ sò; 1=nhiễm nhẹ, đốm phòng giộp (blister) nhỏ bên trong mặt vỏ; 2=nhiễm trung bình, những đốm phòng giộp có kích thước <5mm; 3=nhiễm nặng, đốm phòng giộp có kích thước >5mm, vỏ bị hủy hoại nghiêm trọng và bùn xâm nhập vào bên trong.

3 KẾT QUẢ

3.1 Điều kiện môi trường và kết quả thu mẫu

Biến động nồng độ muối và nhiệt độ nước được trình bày qua Hình 1. Nhiệt độ nước tăng dần từ tháng 1 (6,5°C) đến tháng 7 và đạt cao nhất vào tháng 8 (26,4°C) sau đó giảm dần vào các tháng mùa đông. Độ muối tương đối dao động và đạt thấp nhất vào tháng 8 (29,4 ppt) do ảnh hưởng của giai đoạn gió mùa và mưa. Từ tháng 9 đến tháng 1, độ muối tương đối ổn định và luôn duy trì ở mức >30ppt. Tổng số 454 sò được sử dụng cho nghiên cứu với chiều dài trung bình 33,8±3,4 mm và trọng lượng thịt tươi 5,15±1,45 g.



Hình 1: Biến động nhiệt độ và độ muối qua các đợt thu mẫu

3.2 Chỉ số thể trạng của Sò lông

Bảng 1: Các chỉ số sinh học của *S. subcrenata* và tỷ lệ nhiễm *Polydora* sp. trong quá trình thu mẫu

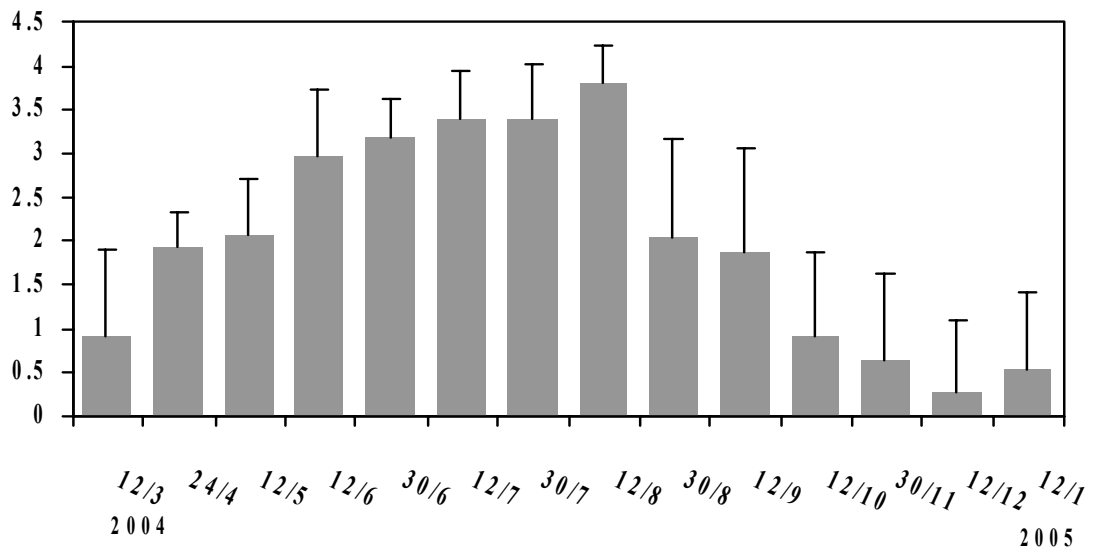
Ngày thu mẫu	Số mẫu	SL (mm)	WTW (g)	CI	Nhiễm <i>Polydora</i>	
					N	Tỷ lệ nhiễm (%)
12/3/ 2004	21	28,7 (4,4)	3,6 (1,4)	165 (9,8)	12	57,1
24/4	25	33,2 (4,4)	5,6 (2,4)	163 (12,4)	11	44,0
12/5	34	30,4 (3,6)	4,5 (1,7)	173 (9,9)	20	58,8
12/6	33	33,5 (2,7)	6,2 (1,4)	236 (36,0)	12	36,3
30/6	43	33,0 (2,6)	5,8 (1,2)	186 (19,4)	23	53,4
12/7	35	35,3 (2,5)	6,1 (1,3)	173 (25,3)	22	62,8
30/7	35	34,3 (3,3)	5,5 (1,2)	162 (19,5)	17	48,5
12/8	28	36,9 (3,0)	5,5 (1,0)	141 (18,1)	17	60,7
30/8	35	36,9 (2,9)	4,1 (0,9)	96,1 (16,3)	12	34,2
12/9	34	36,2 (3,2)	4,9 (1,1)	115 (20,8)	17	50,0
12/10	37	36,7 (3,2)	5,7 (1,5)	128 (24,5)	22	59,4
30/11	30	33,1 (3,7)	5,0 (1,6)	162 (25,7)	19	63,3
12/12	32	33,4 (4,1)	5,0 (1,7)	196 (37,9)	14	43,7
12/1/2005	32	31,5 (3,3)	4,0 (1,1)	174 (25,2)	11	34,3

SL: Chiều dài vỏ; WTW: Trọng lượng thịt; CI: Chỉ số thể trạng; N: Số cá thể nhiễm bệnh, số liệu trong dấu ngoặc biểu thị độ lệch chuẩn.

Qua Bảng 1 ta thấy chỉ số thể trạng (condition index, CI) của sò tương đối ổn định từ tháng 3 đến tháng 4. Tuy nhiên CI tăng nhanh từ tháng 5 (173) và đạt mức cao nhất vào giữa tháng 6 (236). CI giảm đều đặn từ cuối tháng 6 (186), đạt mức thấp nhất vào cuối tháng 8 (96,1) và tăng trở lại từ tháng 9 đến tháng 12 (196).

3.3 Chu kỳ sinh sản

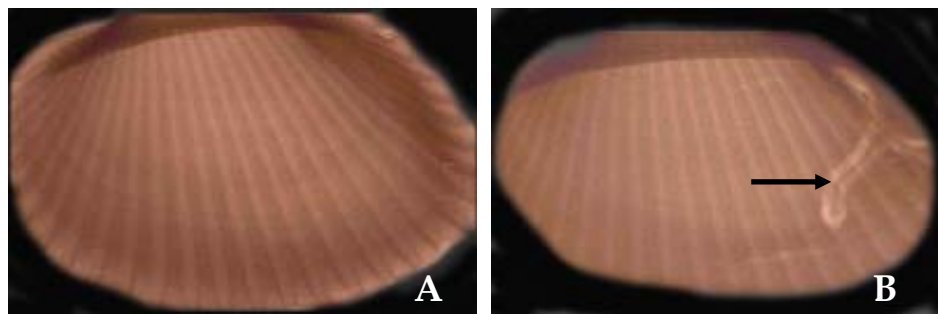
Hình 2 trình bày giá trị trung bình của chỉ số thành thực (GI) của sò qua các tháng thu mẫu. Quá trình phát triển tuyến sinh dục bắt đầu vào tháng 3 khi nhiệt độ nước đạt 10°C. GI tăng nhanh từ tháng 5 đến giữa tháng 6 khi nhiệt độ nước tăng lên. Thời điểm sinh sản rõ xuất hiện vào đầu tháng 7 (khi nhiệt độ nước đạt đến 23°C) và quá trình sinh sản tiếp tục cho đến cuối tháng 8. Phần lớn sò trải qua giai đoạn tái hấp thu từ tháng 9 đến tháng 11 và ở trạng thái nghỉ từ tháng 12 đến tháng 1.



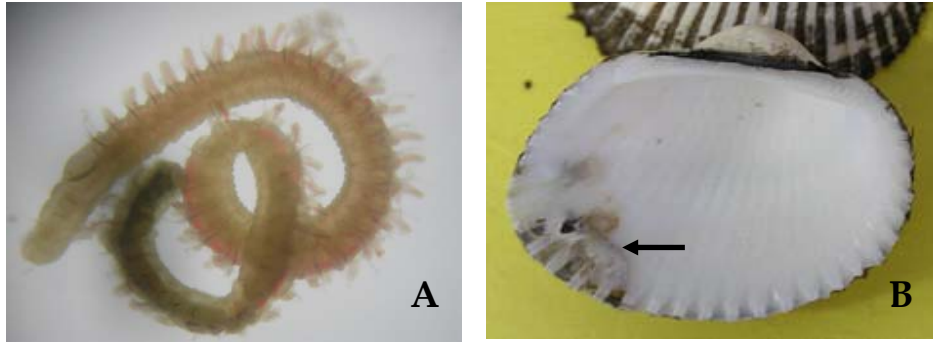
Hình 2: Biến động chỉ số thành thực của Sò lông trong quá trình thu mẫu

3.4 Hiện tượng nhiễm *Polydora* sp.

Sử dụng kỹ thuật X quang cho thấy những khác biệt cấu trúc vỏ giữa cá thể bình thường (Hình 3A) và cá thể nhiễm *Polydora*: giun và bùn xuất hiện tại những ống bên trong vỏ bị nhiễm bệnh (Hình 3B). Giun nhiều tơ *Polydora* (Hình 4A) từ các đốm phỏng giộp xuất hiện bên trong mặt vỏ được thu bằng cách hạ nhiệt và sử dụng dung dịch phenol 10% (Hình 4B).



Hình 3: Hình chụp X quang vỏ sò. (A) vỏ bình thường; (B) vỏ bị nhiễm *Polydora* cho thấy hang giun (mũi tên)



Hình 4: Giun nhiều tơ *Polydora* sp. (A) và nơi cư trú làm xuất hiện đốm phòng giộp trên vỏ sò (B)

Số liệu trình bày ở bảng 1 cũng cho thấy tỷ lệ nhiễm *Polydora* cao vào tháng 7 (62,8%), tháng 8 (60,7%) và cuối tháng 11 (63,3%). Hiện tượng nhiễm giun biến động cách quãng theo tháng và duy trì ở mức cao từ tháng 9 đến tháng 11 (50,0 - 63,3%).

Trên vỏ phải, tỷ lệ nhiễm giun biến động từ 58,3-100% ở vùng vỏ xung quanh khu vực chân (Z1) và từ 0-41,7% ở vùng giữa vỏ (Z2). Trên vỏ trái, tỷ lệ nhiễm giun cũng phân bố rõ ràng theo vùng: từ 59,1-91,7% (vùng Z1) và 8,3-40,9% (vùng Z2).

Mức độ hủy hoại vỏ do *Polydora* gây ra thấp trong các tháng mùa hè và mùa xuân (Bảng 2) nhưng tương đối cao vào tháng 8 (1,7-1,8), tháng 11 (1,8-2,0) và tháng 12 (1,7-2,5). Một số mẫu sò thu từ tháng 10 đến tháng 12 cho thấy vỏ bị phá hủy cấu trúc và nhiễm bùn do giun đào hang xâm nhập.

4 THẢO LUẬN

Park *et al.* (2001) nghiên cứu mối liên hệ giữa sự thành thực của *Scarphaca broughtonii* và nhiệt độ nước. Tác giả khẳng định nhiệt độ có thể đóng vai trò quan trọng trong quá trình thành thực và sinh sản của đối tượng này. Nhiệt độ, độ muối và thức ăn được xem là các yếu tố môi trường quan trọng trong quá trình phát triển và thành thực ở động vật thân mềm hai mảnh vỏ (Mann, 1979; Hofmann *et al.*, 1992). Trong nghiên cứu này chúng tôi không có điều kiện theo dõi biến động của nguồn thức ăn, tuy nhiên Namaguchi (1996) quan sát chu kỳ sinh sản của *S. broughtonii* ở vịnh Kasado (Nhật bản) từ những nguồn bố mẹ khác nhau và kết luận rằng những khác biệt trong thành thực sinh sản do các điều kiện dinh dưỡng và sinh trưởng khác nhau. Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng chu kỳ sinh sản của Sò lông không chỉ đơn thuần phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi tương tự kết quả của Kwun và Chung (1999) khi nghiên cứu chu kỳ sinh sản của Sò lông *S. subcrenata* ở vùng bờ phía tây của Hàn quốc. Các tác giả cũng quan sát thấy loài sò này chỉ sinh sản một lần trong năm từ giữa tháng 7 đến đầu tháng 9 và sự sinh sản đồng loạt xảy ra giữa tháng 7 đến tháng 8.

Giun nhiều tơ có thể xâm nhập vào cơ thể Hàu bằng 2 cách khác nhau đó là sử dụng acid để đào hang trên vỏ từ bên ngoài (Haigler, 1969), hoặc ấu trùng giun xâm nhập vào xoang màng áo Hàu sau đó sống bên trong vỏ (Skeel, 1977; Handley & Bergquist, 1997). Trong trường hợp thứ nhất, hiện tượng phòng giộp sẽ xuất hiện nếu giun đào lỗ xuyên qua lớp vỏ bên trong và xâm nhập vào xoang màng áo. Cách thứ hai làm cho vỏ Hàu xuất hiện các đốm phòng giộp ngay lập tức hoặc vật liệu xà cừ được tiết ra để bao bọc lấy những nơi bị giun xâm nhập. Ở Sò

lông, chúng tôi cho rằng *Polydora* có thể đã xâm nhập vào vỏ sò thông qua cách thứ nhất tuy nhiên quá trình nghiên cứu không phát hiện cá thể giun sống trên màng áo sò.

Bảng 2: Tỷ lệ và cường độ nhiễm *Polydora* sp. theo vỏ và vùng trên vỏ sò

Ngày thu mẫu	Tỷ lệ nhiễm (%)		Cường độ nhiễm		Tỷ lệ nhiễm <i>Polydora</i> theo vùng trên vỏ sò (%)			
	Vỏ phải	Vỏ trái	Vỏ phải	Vỏ trái	Vỏ phải		Vỏ trái	
					Z1	Z2	Z1	Z2
12/3/ 2004	54,5	45,5	1,5 (0,5)	1,6 (0,5)	66,7	33,3	72,7	27,3
24/4	45,5	54,5	1,6 (0,7)	1,6 (0,8)	58,3	41,7	75,0	25,0
12/5	61,9	38,1	1,5 (0,3)	1,4 (0,5)	58,3	41,7	59,1	40,9
12/6	30,7	69,3	1,3 (0,5)	1,1 (0,2)	81,8	18,2	80,0	20,0
30/6	58,7	41,3	1,4 (0,6)	1,1 (0,2)	80,0	20,0	83,3	16,7
12/7	40,9	59,1	1,4 (0,6)	1,6 (0,6)	70,0	30,0	78,6	21,4
30/7	52,9	47,1	1,7 (1,0)	1,2 (0,3)	84,6	15,4	78,6	21,4
12/8	70,6	29,4	1,2 (0,4)	1,1 (0,3)	66,7	33,3	83,3	16,7
30/8	37,5	62,5	1,8 (0,4)	1,7 (0,8)	90,9	9,1	77,8	22,2
12/9	50,0	50,0	1,4 (0,6)	1,5 (0,7)	81,3	18,7	86,7	13,3
12/10	54,5	45,5	1,2 (0,4)	1,4 (0,4)	70,0	30,0	89,5	10,5
30/11	47,4	52,6	1,8 (0,4)	2,0 (0,4)	94,1	5,9	91,7	8,3
12/12	39,3	60,7	1,7 (0,9)	2,5 (0,4)	63,6	36,4	75,0	25,0
12/1/2005	59,1	40,9	0,9 (0,4)	1,5 (0,7)	100	0,0	81,8	18,2

Cacères-Marnnez *et al.* (1999) báo cáo tỷ lệ nhiễm giun nhiều tơ ở loài 2 mảnh vỏ *Chione fluctifaga* là 15% với tần suất cao ở vùng Z1 (95-97%) so với vùng Z2 (3-5%) và vùng Z3 (0%). Các tác giả cũng thu được kết quả vỏ phải thường bị nhiễm giun nhiều hơn vỏ trái nhưng vẫn chưa có lý do để giải thích tại sao giun thường cư trú trên vỏ phải. Ở Sò lông *S. subcrenata*, có sự phân bố rõ rệt của giun trên các vùng vỏ khác nhau tuy nhiên không có sự khác biệt rõ ràng giữa vỏ trái và vỏ phải. Theo Cacères-Marnnez *et al.* (1999), tỷ lệ nhiễm giun *Polydora* có thể liên quan với loại chất đáy và với các yếu tố môi trường đặc trưng. Đặc điểm của khu vực xung quanh siphon cho phép giun có thể lấy thức ăn khi sò hút hoặc thải nước và vùng này trở thành thuận lợi hơn cho giun cư trú so với các khu vực khác của vỏ.

Độ muối và nhiệt độ được xem như các yếu tố cơ bản kiểm soát cường độ nhiễm *Polydora* sp. (Lauckner, 1983). Cường độ nhiễm giun nhiều tơ thấp nhất trong các tháng mùa đông khi quần thể chỉ bao gồm những cá thể trưởng thành. Những cá thể này sẽ sinh sản ấu trùng ngay khi nhiệt độ nước tăng lên vào mùa xuân (Dorsett, 1961; Gudmundsson, 1985; Zajac, 1991). Nghiên cứu của Nel *et al.* (1996) cho thấy mật độ quần thể *Polydora* tăng trong mùa hè và đạt cao nhất vào đầu mùa thu. Stephen (1978) quan sát số lượng *P. ciliata* ở Hàu giảm xuống trong những tháng mưa có lẽ do độ muối bị giảm. Qua các tháng thu mẫu chúng tôi thường quan sát thấy 1-2 cá thể *Polydora* đào hang và sống vùi trên vỏ sò do đó chưa thể kết luận về ảnh hưởng của độ muối đến cường độ nhiễm loại giun này.

Do cường độ nhiễm *Polydora* thấp, chúng tôi không tìm thấy mối tương quan giữa hiện tượng nhiễm giun với chỉ số trạng của Sò lông *S. subcrenata*, tuy nhiên Handley (1998) khuyến cáo rằng những cá thể Hàu bị nhiễm giun nhiều tơ dường như bị mất thể tích bên trong vỏ, hình dạng vỏ bị biến đổi và quá trình tiết vật liệu

vỏ tăng lên cùng với hiện tượng nhiễm bệnh. Trên quan điểm của nghề nuôi trồng thủy sản, giá trị thương phẩm của sản phẩm “half-shell” sẽ bị giảm khi động vật thân mềm hai mảnh vỏ bị nhiễm giun nhiều tơ. Về mặt sinh thái học, những cá thể nhiễm bệnh nặng sẽ sinh ra trứng có đường kính nhỏ hơn, quá trình phát triển trứng cũng như hoạt động sinh sản sẽ chậm hơn và tỷ lệ sống của ấu trùng sẽ bị ảnh hưởng.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn các thành viên và sinh viên phòng thí nghiệm Shellfish Research & Aquaculture, Cheju National University (Korea) đã giúp đỡ tận tình trong quá trình thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Boscolo, S. and O. Giovanardi. 2002. *Polydora ciliata* shell infestation in Manila clam *Tapes philippinarum* held out of the substrate in Adriatic sea, Italy. J. Invert. Patho. 79: 197-198 (Note).
- Bower, S.M., McGladdery and S.E. Price. 1994. Synopsis of infectious diseases and parasites of commercially exploited shellfish. Annu. Rev. Fish. Dis. 4: 1-199.
- Caceres-Martinez J., G. Dalila Tinoco, M.L. Unzueta Bustamante and I.M. Gomez-Humaran. 1999. Relationship between the burrowing worm *Polydora sp.* and the black clam *Chione fluctifraga* Showerby. J. Shellfish Res. 18: 85-89.
- Dorsett, D.A. 1961. The reproduction and maintenance of *Polydora ciliate* (Johnst.) at Whitstable. J. Mar. Biol. Ass. UK 41: 383-396.
- Gudmundsson, H. 1985. Life history patterns of polychaete species of the family spionidae. J. Mar. Biol. Ass. UK 65: 93-111.
- Haigler, S.H. 1969. Boring mechanism of *Polydora websteri* inhabiting *Crassostrea virginica*. Amer. Zool. 9: 821-828.
- Handley, S.J. 1998. Power to the oyster: Do spionid-induced shell blisters affect condition in subtidal oysters? J. Shellfish Res. 17: 1093-1099.
- Handley, S.J. and P.R. Bergquist. 1997. Spionid polychaete infestations of intertidal Pacific oysters *Crassostrea gigas* (Thunberg), Mahurangi Harbour, Northern New Zealand. Aquaculture 153: 191-205.
- Hofmann, E.E., E.N. Powell, J.M. Klinck and E.A. Wilson. 1992. Modeling oyster populations III. critical feeding periods, growth and reproduction. J. Shellfish Res. 11: 399-416.
- Kent, R.M.L. 1979. The influence of heavy infestation of *Polydora ciliata* on the flesh content of *Mytilus edulis*. J. Mar. Biol. Ass. UK 59: 289-297.
- Kwon, S.M. and E.Y. Chung. 1999. Reproductive cycle of the ark shell, *Scapharca subcrenata*, on the west coast of Korea. J. Fish. Sci. Tech. 2: 142-148.
- Lauckner, G. 1983. Diseases of Mollusca: Bivalve. In: O. Kinne (ed.), Diseases of Marine Animals, Vol. II. Introduction to Scaphopoda. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg, pp. 805-817.
- Mann, R. 1979. Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperature. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 59: 95-110.
- Namaguchi, K. 1996. Gonadal development of the ark shell *Scapharca broughtonii* (Schrenck) broodstock in farming grounds of Japan. Nippon Suisan Gakkaishi 62: 384-392.
- Nel, R., P.S. Coetzee and G. Van Niekerk. 1996. The evaluation of two treatments to reduce mud worm (*Polydora hoplura* Claparède) infestation in commercially reared oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg). Aquaculture 141: 31-39.

- Park, M.S., C.K. Kang and P.Y. Lee. 2001. Reproductive cycle and biochemical composition of the ark shell *Scapharca broughtonii* (Schrenck) in a southern coastal bay of Korea. J. Shellfish Res. 20: 177-184.
- Park, M.S., H.J. Lim and P.J. Kim. 1998. Effect of environmental factors on the growth, glycogen and hemoglobin content of cultured arkshell, *Scapharca broughtonii*. J. Korean Fish. Soc. 31: 176-185.
- Rho, Y.G. and C.K. Pyen. 1977. Experimental studies on the seed collection of *Anadara broughtonii* (Shrenck). Bull. Fish. Res. Dev. Agency 16: 135-150.
- Skeel, M.E. 1977. Further investigations on mudworm in oysters. Aust. Fish. Feb: 22-23.
- Stephen, D. 1978. Mud blister formation by *Polydora ciliata* in the Indian backwater oyster *Crassostrea madrasensis* (Preston). Aquaculture 13: 347-350.
- Walker, R.L. and P.B. Heffernan. 1994. Temporal and spatial effects of tidal exposure on the gametogenic cycle of the northern quahog, *Mercenaria mercenaria* (Linnaeus, 1758), in coastal Georgia. J. Shellfish Res. 13: 479– 486.
- Zajac, R.N. 1991. Population ecology of *Polydora ligni* (Polychaeta: Spionidae). I. Seasonal variation in population characteristics and reproductive activity. Mar. Ecol. Prog. Ser. 77: 197-206.