

Application of the passive bioacoustic technique in the determination of some croaker species in the estuaries of Quang Ninh - Hai Phong

Pham Van Chien^{1,*}, Nguyen Van Quan^{1,2}, Nguyen Cong Son³, Pham Van Tung¹,
Nguyen Duc The¹, Nguyen Thi Kim Anh¹, Hin-Kiu Mok⁴

¹*Institute of Geological Sciences, VAST, Vietnam*

²*Graduate University of Science and Technology, VAST, Vietnam*

³*Vietnam Institute of Seas and Islands, Hanoi, Vietnam*

⁴*National Sun Yat-sen University, 70 Lianhai road, Gushan district, Kaohsiung city, Taiwan 804*

*E-mail: chienpv@imer.vast.vn

Received: 16 August 2021; Accepted: 30 September 2021

©2021 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

Abstract

The passive bioacoustic technique has the principle of operation is to use underwater sound recording equipment, collecting the sound signals emitted by fish during the spawning season, analyze by software, through which it is possible to identify identified species name, population size, and the location of broodstock spawning in the study area. In this study, we used a combination of the passive bioacoustic method and analyzing the density of fish eggs and larvae of croaker species in the Tien Yen estuary (Quang Ninh province), Bach Dang estuary and Van Uc estuary (Hai Phong city) to identify spawning grounds of croaker in these areas. By analyzing samples of fish eggs, larvae, and acoustic signals of broodstock collected in August 2018 and September 2019, we identified four spawning grounds of croaker in the Tien Yen estuary, two spawning grounds of croaker in Bach Dang estuary and two in Van Uc estuary.

Keywords: Bioacoustic, croakers, estuary.

Ứng dụng kỹ thuật thủy âm sinh học thụ động trong việc xác định bãi đẻ của một số loài cá đù vùng cửa sông ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng

Phạm Văn Chiến^{1,*}, Nguyễn Văn Quân^{1,2}, Nguyễn Công Sơn³, Phạm Văn Tùng¹,
Nguyễn Đức Thế¹, Nguyễn Thị Kim Anh¹, Hin-Kiu Mok⁴

¹*Viện Tài nguyên và Môi trường biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam*

²*Học Viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam*

³*Viện Nghiên cứu biển và Hải đảo, Hà Nội, Việt Nam*

⁴*Đại học Quốc gia Tôn Trung Sơn, Cao Hùng, Đài Loan*

*E-mail: chienpv@imer.vast.vn

Nhận bài: 16-8-2021; Chấp nhận đăng: 30-9-2021

Tóm tắt

Kỹ thuật thủy âm sinh học thụ động có nguyên lý hoạt động là sử dụng thiết bị ghi âm thanh dưới nước, thu các tín hiệu âm thanh do cá phát ra trong mùa sinh sản, phân tích bằng phần mềm, qua đó có thể xác định được loài, kích thước quần đàn cũng như vị trí của đàn cá bố mẹ tập trung sinh sản trong khu vực nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã sử dụng kết hợp giữa phương pháp thủy âm sinh học thụ động và phương pháp phân tích mật độ trứng cá, cá bột của các loài cá đù ở vùng cửa sông Tiên Yên (tỉnh Quảng Ninh), cửa sông Bạch Đằng và cửa sông Văn Úc (thành phố Hải Phòng) nhằm xác định được các bãi đẻ của cá đù ở các khu vực này. Qua phân tích mẫu trứng cá, cá bột và các tín hiệu âm thanh của cá bố mẹ thu được vào tháng 8/2018 và tháng 9/2019, nhóm nghiên cứu đã xác định được 4 bãi đẻ của cá đù ở vùng cửa sông Tiên Yên, 2 bãi đẻ của cá đù ở vùng cửa sông Bạch Đằng và 2 bãi đẻ của cá đù ở vùng cửa sông Văn Úc.

Từ khóa: Cá đù, cửa sông, thủy âm.

MỞ ĐẦU

Họ cá đù (Sciaenidae) là một họ cá đặc biệt, chúng có khả năng tạo ra âm thanh đặc trưng cho từng loài nhờ vào sự co bóp của các cơ tạo âm phân bố xung quanh bóng hơi. Chúng thường phát ra âm thanh khi tập trung thành những đàn lớn trong mùa sinh sản ở khu vực cửa sông ven biển. Mỗi loài cá đù phát ra các âm thanh với tần số khác nhau [1]. Nếu có thể ghi âm và phân tích các tín hiệu âm thanh này thì các nhà khoa học hoàn toàn có thể xác định được thành phần loài, vị trí chính xác cũng như kích thước quần đàn cá bố mẹ tập trung trong mùa sinh sản.

Trước đây, xác định bãi đẻ của các loài cá biển nói chung và các loài cá đù nói riêng là

một công việc rất khó khăn đối với các nhà khoa học. Việc xác định bãi đẻ của các loài cá đù chủ yếu dựa vào phương pháp truyền thống là xác định mật độ trứng cá, cá bột tại khu vực nghiên cứu. Các khu vực có mật độ trứng cá, cá bột cao được xem như là các bãi đẻ của cá. Mặc dù phương pháp truyền thống dễ thực hiện và ít tốn kém về mặt tài chính nhưng phương pháp này thường cho sai số lớn do không xác định được nguồn phát tán trứng cá, cá bột cũng như vị trí chính xác tập trung quần đàn cá bố mẹ. Thời gian gần đây, một phương pháp khác cũng được các nhà khoa học sử dụng để xác định vị trí quần đàn cá bố mẹ trong mùa sinh sản đó là phương pháp thủy âm sinh học chủ động (Active acoustic). Trong phương pháp

này, người ta sử dụng một thiết bị phát ra sóng âm, khi gặp chướng ngại vật (đàn cá) sóng âm này sẽ phản hồi lại và được các thiết bị thu sóng âm thu lại. Qua phân tích các sóng âm phản hồi này, các nhà khoa học xác định được kích thước đàn cá bố mẹ tại các vị trí nhất định. Phương pháp này tuy có thể xác định được kích thước và vị trí của đàn cá bố mẹ nhưng vẫn có sai số lớn do sóng âm phản hồi có thể do các loài sinh vật biển khác tạo ra hoặc các tạp âm từ các nguồn khác nhau. Ngoài ra, phương pháp thủy âm sinh học chủ động chỉ thực hiện tốt ở những vùng biển sâu, nơi tương đối yên tĩnh, ít tạp âm. Các vùng biển nông, đặc biệt các khu vực có biến động lớn như các vùng cửa sông rất khó để áp dụng phương pháp này.

Ngày nay, khi khoa học phát triển, để khắc phục những hạn chế của các phương pháp trên, một phương pháp mới, hiệu quả hơn được các nhà khoa học sử dụng trong việc xác định bãi đẻ của cá biển đó là phương pháp thủy âm sinh học thụ động (Passive bio-acoustic) [2]. Phương pháp thủy âm sinh học thụ động được phân biệt với các phương pháp khác là do nó sử dụng trực tiếp âm thanh do cá tạo ra, được ghi lại bằng hệ thống ghi âm dưới nước bao gồm thiết bị nghe dưới nước (hydrophones) có cáp nối với thiết bị ghi âm (recoder) đặt trên tàu. Qua phân tích các tín hiệu âm thanh này bằng các phần mềm trên máy tính, các nhà khoa học có thể xác định chính xác loài cá nào đang tham gia sinh sản cũng như vị trí, kích thước quần đàn cá bố mẹ [3]. Phương pháp này thậm chí còn xác định được cả những cá thể khác nhau trong cùng một loài ngay cả khi không nhìn thấy chúng [4].

Các cửa sông ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng tồn tại trong điều kiện thủy triều nhật triều, biên độ lớn, ít có trên thế giới. Cấu trúc quần xã sinh vật ở các cửa sông này tương đối ổn định và đa dạng sinh học cao. Các hệ sinh thái cơ bản bao gồm: Hệ sinh thái rừng ngập mặn, thảm cỏ biển, đáy mềm và hệ sinh thái bãi triều. Ở các cửa sông này, khối nước mặn và ngọt thường xuyên hòa trộn với nhau tạo ra nguồn dinh dưỡng phong phú là điều kiện lý tưởng cho việc hình thành các bãi đẻ, bãi ương nuôi của các loài cá biển, đặc biệt là các loài thuộc họ cá đù [5]. Do tính chất đặc thù của vùng cửa sông, độ sâu thấp, địa hình đáy phức

tạp, dòng nước thường xuyên thay đổi theo thủy triều nên để xác định được các bãi đẻ của cá đù ở khu vực này bằng phương pháp truyền thống hoặc thủy âm sinh học chủ động sẽ cho hiệu quả không cao. Chính vì vậy, việc kết hợp giữa phương pháp truyền thống và phương pháp thủy âm sinh học thụ động để xác định các bãi đẻ của cá đù ở khu vực cửa sông ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng trong khuôn khổ của nghiên cứu này là thật sự cần thiết, cho độ tin cậy cao.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tài liệu, thời gian nghiên cứu

Tài liệu được sử dụng trong nghiên cứu này là các dữ liệu âm thanh do các loài cá đù đầu to (*Collichthys lucidus*), cá sừu (*Nibeia soldado*) và cá đù đuôi băng (*Pennahia anea*) tạo ra trong điều kiện nuôi nhốt cũng như dữ liệu âm thanh của các loài này thu được ngoài tự nhiên. Bên cạnh đó, các dữ liệu về trứng cá, cá bột tại các điểm nghiên cứu cũng được sử dụng trong báo cáo. Các bản ghi âm và mẫu trứng cá, cá bột thu ngoài tự nhiên được thực hiện 2 đợt vào tháng 8 năm 2018 và tháng 3 năm 2019. Các bản ghi âm trong phòng thí nghiệm được thực hiện 2 đợt vào tháng 6 năm 2018 và tháng 2 năm 2019.

Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện tại khu vực cửa sông Tiên Yên (tỉnh Quảng Ninh), khu vực cửa sông Bạch Đằng và cửa sông Văn Úc (thành phố Hải Phòng) (hình 1).

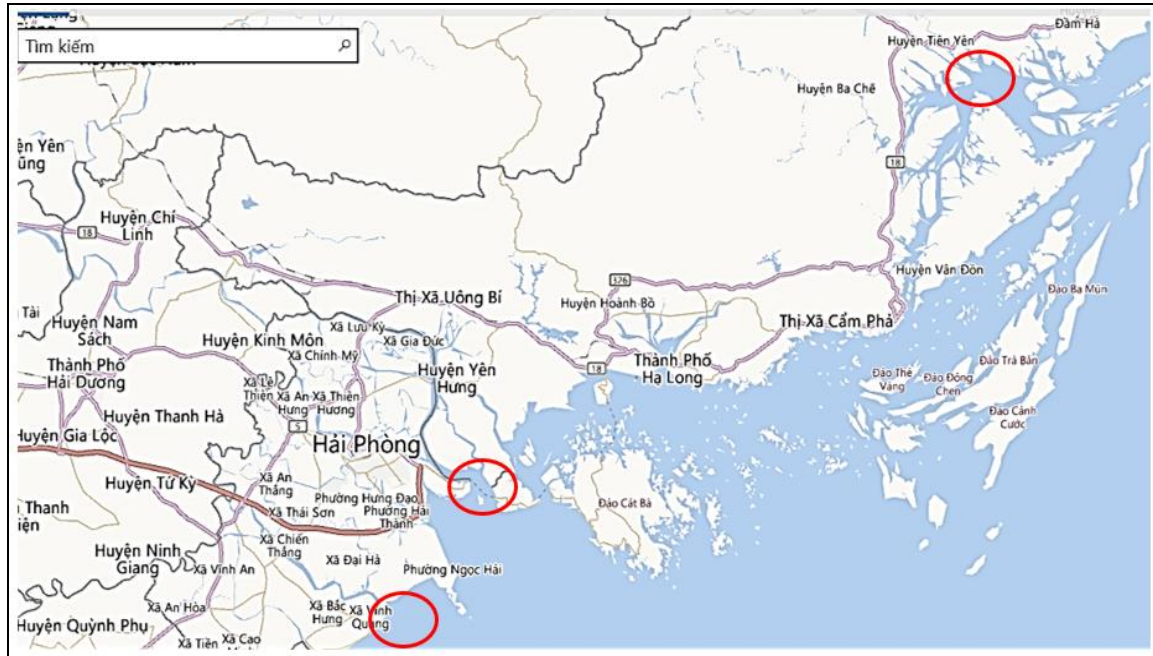
Mỗi vùng cửa sông, nhóm nghiên cứu lựa chọn 10 điểm thu mẫu đại diện cho các sinh cảnh khác nhau như ven rừng ngập mặn, bãi bồi, gò ngầm và thảm cỏ biển, những nơi có khả năng cao là khu vực tập trung sinh sản của cá bố mẹ. Các điểm thu mẫu cách nhau khoảng 500 m, khoảng cách lý tưởng để máy thu âm có thể thu được các âm thanh rõ ràng nhất (bảng 1).

Phương pháp nghiên cứu

Để xác định được chính xác vị trí bãi đẻ của từng loài cá đù, nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp thủy âm sinh học thụ động kết hợp với phương pháp xác định mật độ trứng cá, cá bột ở các điểm nghiên cứu. Các khu vực được khoanh vùng là bãi đẻ của cá đù phải đáp ứng

các điều kiện sau: (1) là nơi tập trung của các loài cá bố mẹ; (2) là nơi có mật độ cao về trứng cá, cá bột; (3) là nơi có các hoạt động kết đàn sinh sản

của cá bố mẹ diễn ra trong thời gian dài; (4) đặc biệt đó phải là nơi có âm thanh do các loài cá đù tạo ra nhiều, cường độ mạnh và rõ ràng.



Hình 1. Sơ đồ khu vực khảo sát

Bảng 1. Tọa độ các điểm thu mẫu

Khu vực cửa sông Tiên Yên		Khu vực cửa sông Bạch Đằng		Khu vực cửa sông Vân Úc	
Tên trạm	Tọa độ	Tên trạm	Tọa độ	Tên trạm	Tọa độ
TY01	21°17'27,7"N-107°27'10,6"E	BĐ01	20°48'29,3"N-106°50'03,2"E	VU01	20°41'03,1"N-106°42'08,0"E
TY02	21°16'48,7"N-107°27'30,7"E	BĐ02	20°48'28,2"N-106°50'31,4"E	VU02	20°40'57,0"N-106°42'17,4"E
TY03	21°16'21,6"N-107°28'23,7"E	BĐ03	20°48'00,5"N-106°50'38,0"E	VU03	20°40'37,6"N-106°44'48,4"E
TY04	21°16'57,3"N-107°28'27,5"E	BĐ04	20°47'20,4"N-106°50'54,7"E	VU04	20°40'40,9"N-106°42'39,7"E
TY05	21°16'52,5"N-107°29'06,1"E	BĐ05	20°46'53,4"N-106°50'24,3"E	VU05	20°40'30,6"N-106°42'55,5"E
TY06	21°16'41,6"N-107°30'01,4"E	BĐ06	20°47'36,0"N-106°48'55,9"E	VU06	20°40'24,2"N-106°43'19,2"E
TY07	21°15'54,2"N-107°30'19,8"E	BĐ07	20°47'24,9"N-106°47'33,3"E	VU07	20°40'13,3"N-106°43'55,7"E
TY08	21°15'22,5"N-107°29'53,6"E	BĐ08	20°46'58,7"N-106°46'58,9"E	VU08	20°38'32,6"N-106°42'47,4"E
TY09	21°15'15,8"N-107°31'07,2"E	BĐ09	20°46'26,0"N-106°47'36,3"E	VU09	20°41'08,9"N-106°44'53,3"E
TY10	21°15'14,2"N-107°32'04,4"E	BĐ10	20°45'34,3"N-106°47'06,2"E	VU10	20°39'37,8"N-106°43'53,6"E

Phương pháp thủy âm sinh học thụ động

Đề thực hiện được phương pháp thủy âm sinh học thụ động, nhóm nghiên cứu đã tiến hành 2 bước: (1) thu thập tín hiệu âm thanh do cá đù tạo ra trong điều kiện nuôi nhốt; (2) thu thập tín hiệu âm thanh do cá đù tạo ra trong điều kiện tự nhiên. Mặc dù những âm thanh do cá đù tạo ra trong điều kiện nuôi nhốt có thể không phải là một hành vi sinh lý bình thường của chúng nhưng những âm thanh này khá tương đồng với âm thanh mà chúng tạo ra trong điều kiện tự nhiên [6].

Thu mẫu cá đù ngoài tự nhiên: Các cá thể cá đù ngoài tự nhiên được thu bằng các cách: Câu, đánh lưới, đánh đặng, kéo giã. Cá đù được thu với nhiều kích thước khác nhau, sau đó lựa chọn các cá thể khỏe mạnh mang về phòng thí nghiệm nuôi trong bể kích thước 2 m × 1 m × 1 m. Sau một thời gian, các cá thể sống khỏe mạnh được tách sang các bể riêng biệt tiếp tục nuôi và tiến hành ghi âm thanh do chúng tạo ra. Các âm thanh này được phân tích, lập cơ sở dữ liệu và lưu trữ để phục vụ cho bước nghiên cứu tiếp theo.

Ở ngoài tự nhiên, vào mùa sinh sản, nhóm nghiên cứu sử dụng tàu vận tốc lớn di chuyển nhanh giữa các điểm nghiên cứu. Tại mỗi điểm nghiên cứu, tàu dừng lại, hạn chế tối đa tiếng động, từ từ thả thiết bị ghi âm xuống nước, cách đáy khoảng 0,5 m; giữ trong vòng 5 phút. Sau đó thiết bị ghi âm được kéo lên và tiếp tục di chuyển đến điểm tiếp theo để ghi âm. Thiết bị ghi âm được sử dụng trong nghiên cứu này là đầu thu H2a của hãng Aquarian, đi kèm với thiết bị ghi âm Linear PCM-M10 của hãng Sony (sản xuất năm 2018 tại Trung Quốc theo công nghệ của hãng Sony). Thời điểm ghi âm được thực hiện từ 17–23 h các ngày trong mùa sinh sản của cá đù, thường vào tháng 3 và tháng 8 dương lịch hàng năm.

Các dữ liệu âm thanh của cá đù thu được trong phòng thí nghiệm cũng như ngoài tự nhiên được phân tích bằng phần mềm Javen Pro 1.5, phiên bản thương mại.

Phương pháp thu mẫu trứng cá, cá bột

Mẫu trứng cá, cá bột được thu bằng lưới kéo động vật nổi tầng mặt. Lưới có miệng hình chữ nhật (40 × 60 cm) có gắn lưu tốc kế để đo lưu lượng nước chảy qua lưới. Chiều dài lưới là 2 m, kích thước mắt lưới là 350 μm. Lưới được

thả phía sau tàu, kéo với tốc độ 2 km/h trong khoảng 10 phút. Sau đó mẫu được lọc, cố định bằng dung dịch formaline nồng độ 5% trong các lọ nhựa và mang về phòng thí nghiệm để phân tích. Công việc xác định thành phần loài trứng cá, cá bột dựa theo phương pháp hình thái học trên tài liệu của các tác giả [7–11]. Các mẫu trứng cá, cá bột được định loại tới bậc taxon thấp nhất có thể.

Xác định mật độ trứng cá, cá bột trong các mẫu theo công thức:

$$M = 1.000 \times n/V$$

Trong đó: M : Số trứng cá, cá bột trong mỗi 1.000 m³ nước; n : Tổng số trứng cá, cá bột thu được; V : Thể tích nước đi qua lưới (m³).

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN
Mật độ trứng cá, cá bột tại các điểm nghiên cứu

Qua các chuyến khảo sát thu mẫu trứng cá, cá bột vào tháng 8 năm 2018 và tháng 3 năm 2019, tại các điểm thu mẫu, nghiên cứu đã xác định được 6 giống cá đù khác nhau gồm: *Juhnus*, *Pennahia*, *Nibea*, *Argyrosomus*, *Otolithes*, *Collichthys*. Mật độ trứng cá, cá bột trung bình trong đợt khảo sát tháng 8/2019 là 136,67 trứng cá, cá bột/1.000 m³, trong đợt khảo sát tháng 3/2019 là 129,6 trứng cá, cá bột/1.000 m³. Trứng cá, cá bột của cá đù thường tập trung nhiều vào một số điểm thu mẫu có các đặc điểm địa hình, sinh thái đặc trưng như khu vực có các rạn ngầm, khu vực ven rừng ngập mặn, chân các cồn cát, bãi triều. Các điểm có mật độ trứng cá, cá bột cao hơn cả là TY03, TY04, TY05, TY06, BĐ05, BĐ10, VU03 và VU08 (bảng 2). Điều này cho thấy khả năng cao các điểm trên là bãi đẻ của cá đù.

Nhìn chung, mật độ trứng cá, cá bột trung bình của cá đù ở khu vực cửa sông Tiên Yên cao hơn ở cửa sông Bạch Đằng và cửa sông Văn Úc. Trong các đợt khảo sát, tại các điểm ở cửa sông Tiên Yên số lượng trứng cá, cá bột cũng nhiều hơn ở cửa sông Bạch Đằng và cửa sông Văn Úc. Lý giải cho điều này là vì ở cửa sông Tiên Yên lượng tàu bè di chuyển qua lại ít, các hoạt động kinh tế, xây dựng, vận tải còn chưa phát triển, môi trường sinh sống, nguồn thức ăn tương đối thuận lợi để các loài cá bố mẹ lựa chọn làm nơi sinh sản. Ngược lại, ở cửa

sông Bạch Đằng và Văn Úc, các hoạt động xây dựng phát triển rất mạnh, môi trường sống của cá đù bị ảnh hưởng. Chính vì vậy, số lượng cá bố mẹ tập trung sinh sản không nhiều.

Bảng 2. Mật độ trứng cá, cá bột của cá đù tại các khu vực nghiên cứu

Trạm	Khu vực Tiên Yên		Khu vực Bạch Đằng			Khu vực Văn Úc		
	8/2018 đơn vị/1.000 m ³	3/2019 đơn vị/1.000 m ³	Điểm	8/2018 đơn vị/1.000 m ³	3/2019 đơn vị/1.000 m ³	Điểm	8/2018 đơn vị/1.000 m ³	3/2019
TY01	27	13	BĐ01	34	38	VU01	51	38
TY02	36	25	BĐ02	76	56	VU02	81	78
TY03	256	182	BĐ03	15	18	VU03	198	159
TY04	192	156	BĐ04	17	23	VU04	82	81
TY05	132	187	BĐ05	158	165	VU05	43	38
TY06	213	226	BĐ06	21	26	VU06	19	15
TY07	43	35	BĐ07	53	29	VU07	87	82
TY08	73	61	BĐ08	73	64	VU08	155	178
TY09	87	28	BĐ09	23	37	VU09	15	24
TY10	82	75	BĐ10	193	180	VU10	9	12

Đặc điểm âm thanh của các loài cá đù trong điều kiện nuôi nhốt

Các loài cá đù được lựa chọn để nghiên cứu đặc điểm âm thanh trong điều kiện nuôi nhốt là loài cá đù đầu to (*Collichthys lucidus*), loài cá

sừ (*Nibea soldado*) và loài cá đù đuôi bằng (*Pennahia anea*). Phân tích âm thanh của 3 loài cá đù này tạo ra trong điều kiện nuôi nhốt bằng phần mềm Javen Pro 1.5 cho thấy đặc điểm như trong bảng 3.

Bảng 3. Đặc trưng âm thanh của 3 loài cá đù nghiên cứu

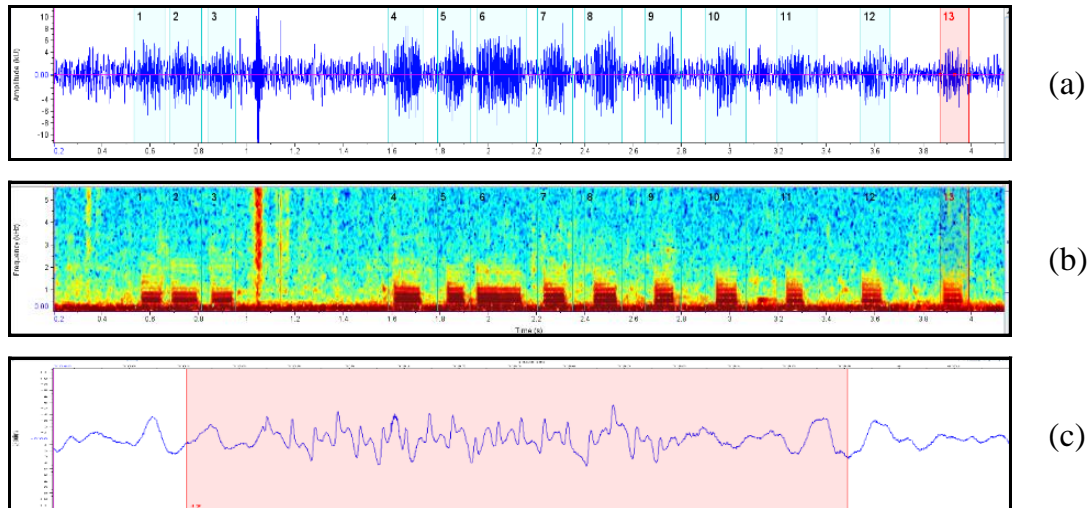
Thông số	Loài cá đù đầu to			Loài cá sừ			Loài cá đù đuôi bằng		
	Giá trị trung bình	Phạm vi	Cỡ mẫu (n)	Giá trị trung bình	Phạm vi	Cỡ mẫu (n)	Giá trị trung bình	Phạm vi	Cỡ mẫu (n)
Thời gian một lần kêu (s)	0,1	0,09–0,2	258	0,2	0,15–0,2	120	0,08	0,04–0,09	180
Số tiếng kêu/lần kêu	1,05	1–2	152	5,1	5–6	117	2	1–3	105
Số tiếng kêu/giây	3	1–5	158	25	20–30	86	15	8–21	52
Thời gian một tiếng kêu (s)	0,1	0,09–0,2	258	0,05	0,03–0,07	56	0,04	0,03–0,07	15
Thời gian giữa các tiếng kêu (s)	2,35	0,1–5	158	0,03	0,02–0,04	80	0,001	0,001	26
Tần số âm thanh cao nhất (kHz)	1,5	1,2–1,8	58	1,25	1,2–1,3	58	3		12
Âm thanh lớn nhất (dB)	55	35–60	125	60	50–63	110	55	50–60	45

Ghi chú: n: Số lần kêu của cá đù được phân tích.

Phổ sóng âm của loài cá đù đầu to trong hình 2 cho thấy, chúng thường kêu những lần liên tục. Mỗi lần kêu là một tiếng kêu dứt khoát, có thể có 2 tiếng kêu trong một lần. Nhìn vào phổ sóng âm trong hình 2 có thể

thấy, 13 lần kêu chỉ có lần kêu thứ 6 là có 2 tiếng kêu, các lần kêu còn lại đều là 1 tiếng kêu. Phân tích kỹ sóng âm và phổ của sóng âm một tiếng kêu của cá đù đầu to cho thấy: Sóng âm của loài cá đù đầu to là dạng không đều,

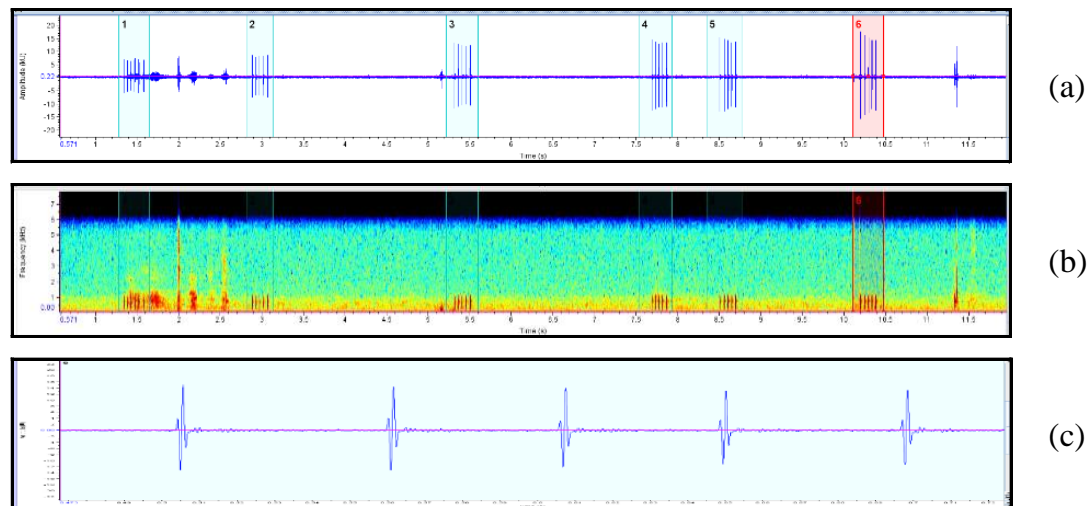
đường sóng âm biến thiên liên tục. Tần số âm tập trung trong khoảng 0,4–1,5 kHz. Tần số lớn nhất ở 1,78 kHz. Cường độ âm thanh lớn nhất đo được là 55 dB.



Hình 2. Phổ và sóng âm của loài cá đù đầu to (a: Sóng âm các lần kêu; b: Tần số các lần kêu; c: Sóng âm một lần kêu)

Loài cá sừ thì tạo ra các lần kêu không liên tục. Mỗi lần kêu thường là 5 tiếng, đôi khi là 6 tiếng kêu. Nhìn vào phổ sóng âm của loài cá sừ trong hình 3 có thể thấy, ở 6 lần kêu, chỉ có duy nhất một lần kêu số 1 là có 6 tiếng kêu, còn lại các lần kêu khác đều là 5 tiếng kêu

được tạo ra. Phân tích kỹ sóng âm và phổ của sóng âm của một tiếng kêu cho thấy, đường sóng âm của loài cá sừ tương đối đều. Tần số của âm tập trung chủ yếu ở mức 0,2–1,25 kHz. Tần số lớn nhất ở 1,25 kHz. Cường độ âm thanh lớn nhất đo được là 60 dB.



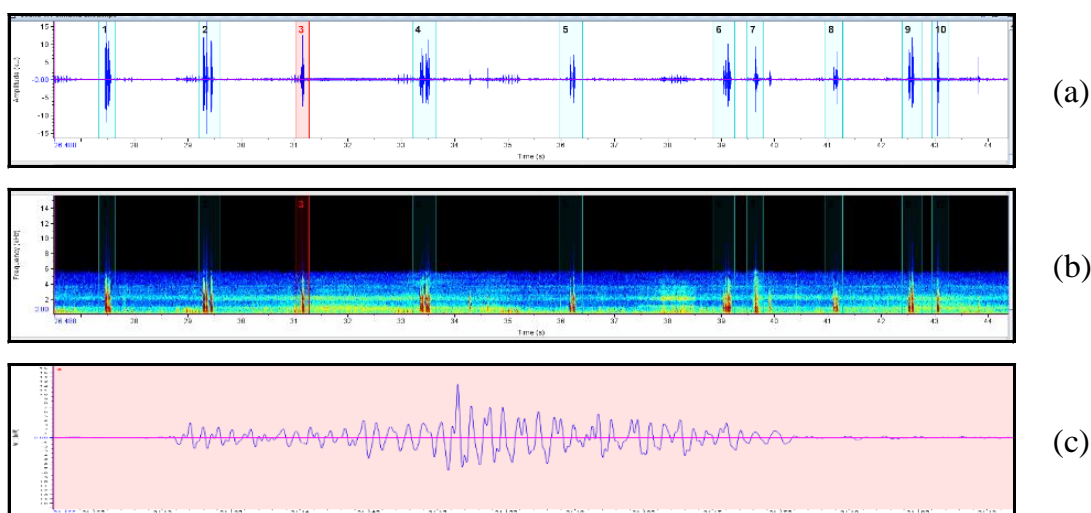
Hình 3. Phổ và sóng âm của cá sừ (a: Sóng âm các lần kêu; b: Tần số các lần kêu; c: Sóng âm một lần kêu)

Đối với loài cá đù đuôi bằng, các lần kêu được tạo ra không liên tục. Mỗi lần kêu có thể là 1 hoặc 2 hoặc 3 tiếng kêu. Các tiếng kêu

gần như liên tiếp nhau, khoảng thời gian giữa các tiếng kêu là rất ngắn, thông số này là 15 tiếng kêu trong 1 giây. Nhìn vào phổ sóng âm

của loài cá đù đuôi bằng trong hình 4 có thể thấy ở 10 lần kêu, các lần kêu số 3, số 7, số 8, số 10 chỉ có một tiếng kêu, các lần kêu số 1, số 5, số 9 có 2 tiếng kêu được tạo ra, các đợt số 2, số 4 và số 6 có 3 tiếng kêu được tạo ra. Phân tích kỹ sóng âm và phổ sóng âm một tiếng kêu cho thấy, đường sóng âm của loài cá

đuôi bằng tương đối đều. Tần số của âm tập trung chủ yếu ở mức 0,1–3 kHz. Tần số lớn nhất ở 3 kHz. Điều đặc biệt, phổ sóng âm của loài cá đù đuôi bằng có các vết mờ kéo dài đến tần số 10,05 kHz ở hầu hết các lần kêu. Cường độ âm thanh lớn nhất đo được là 55 dB.



Hình 4. Phổ và sóng âm của cá đù đuôi bằng (a: Sóng âm các lần kêu; b: Tần số các lần kêu; c: Sóng âm một lần kêu)

Kết quả khoan vùng các bãi đẻ của cá đù trong khu vực nghiên cứu

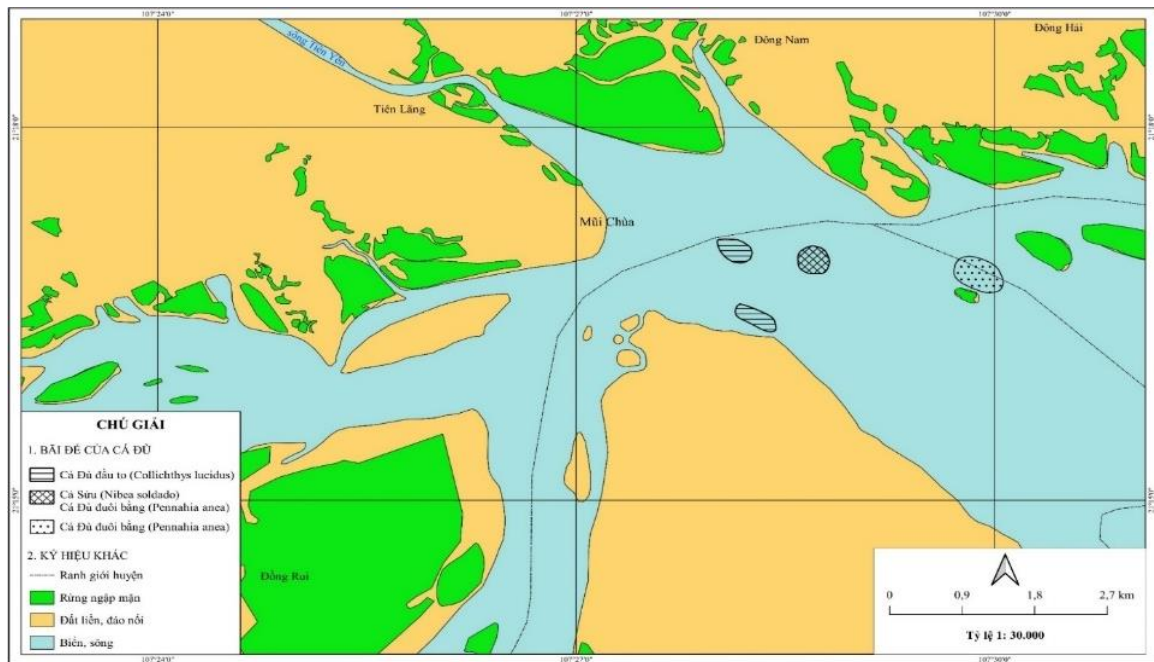
Bãi đẻ của cá đù tại khu vực cửa sông Tiên Yên

Phân tích 20 mẫu âm thanh thu được sau 2 mùa khảo sát tại cửa sông Tiên Yên, nhóm nghiên cứu đã xác định được tại các điểm có tín hiệu âm thanh nhiều nhất là TY03, TY04,

TY05 và TY06 (bảng 4). Kết hợp với việc phân tích mẫu trứng cá, cá bột thu được, nhóm nghiên cứu đã xác định được ở khu vực cửa sông Tiên Yên có 4 bãi đẻ của cá đù. Trong đó: Điểm TY03, TY04 là bãi đẻ của loài cá sừ và loài cá đù đuôi bằng; điểm TY05 là bãi đẻ của loài cá đù đầu to; điểm TY06 là bãi đẻ của loài cá đù đuôi bằng (hình 5).

Bảng 4. Số tín hiệu âm thanh của cá bố mẹ thu được tại cửa sông Tiên Yên

Trạm	Loài cá đù đầu to		Loài cá sừ		Loài cá đù đuôi bằng	
	8/2018	3/2019	8/2018	3/2019	8/2018	3/2019
TY01	1	0	2	0	0	0
TY02	3	1	2	1	0	0
TY03	3	1	450	189	258	168
TY04	2	0	392	213	294	216
TY05	189	282	1	2	2	0
TY06	1	0	4	1	187	168
TY07	2	0	0	0	1	2
TY08	5	0	2	0	0	0
TY09	0	0	8	1	0	1
TY10	0	0	1	0	0	0



Hình 5. Sơ đồ bãi đẻ của cá đù ở cửa sông Tiên Yên

Bãi đẻ của cá đù tại khu vực cửa sông Bạch Đằng

Tại cửa sông Bạch Đằng, qua phân tích các âm thanh thu được tại các điểm khảo sát cho thấy tại các điểm BD05 và BD10 số lượng tín hiệu âm thanh là nhiều nhất (bảng 5). Cùng

với các dẫn liệu về trứng cá, cá bột phân tích được, nhóm nghiên cứu đã xác định được ở khu vực cửa sông Bạch Đằng có 2 bãi đẻ của cá đù. Trong đó: điểm BD05 là bãi đẻ của loài cá sừ; điểm BD10 là bãi đẻ của loài cá đù đầu to (hình 6).

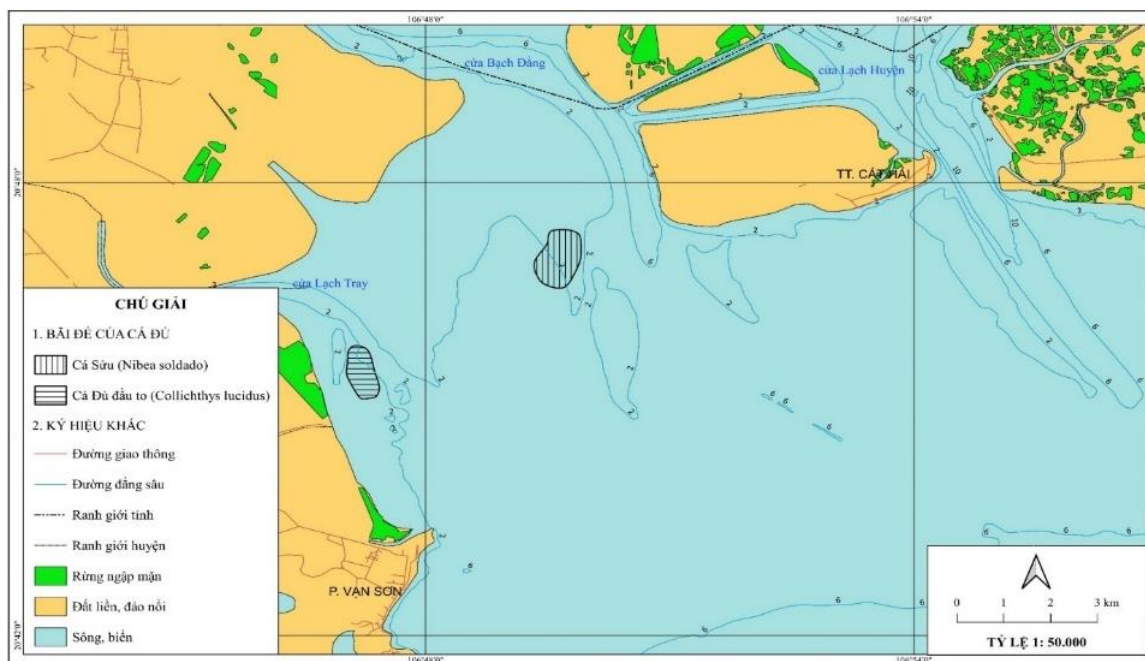
Bảng 5. Số tín hiệu âm thanh của cá bố mẹ thu được tại cửa sông Bạch Đằng

Trạm	Loài cá đù đầu to		Loài cá sừ		Loài cá đù đuôi bồng	
	8/2018	3/2019	8/2018	3/2019	8/2018	3/2019
BD01	0	2	0	2	2	0
BD02	1	0	0	0	0	0
BD03	3	0	0	0	0	0
BD04	0	0	2	0	0	0
BD05	1	0	238	349	0	2
BD06	0	0	3	0	1	0
BD07	0	0	0	0	0	0
BD08	0	0	0	4	0	0
BD09	2	1	0	2	0	0
BD10	385	293	2	15	0	0

Bãi đẻ của cá đù tại khu vực cửa sông Văn Úc

Tại cửa sông Văn Úc, qua phân tích các âm thanh thu được tại các điểm khảo sát cho thấy các điểm VU03 và điểm VU04 có số lượng tín hiệu âm thanh nhiều nhất (bảng 6). Kết hợp với dữ liệu trứng cá, cá bột thu được, nhóm nghiên

cứu đã xác định được định được ở khu vực cửa sông Văn Úc có 2 bãi đẻ của cá đù. Trong đó: Điểm VU03 là bãi đẻ của loài cá sừ; điểm VU08 là bãi đẻ của loài cá sừ và loài cá đù đầu to (hình 7).



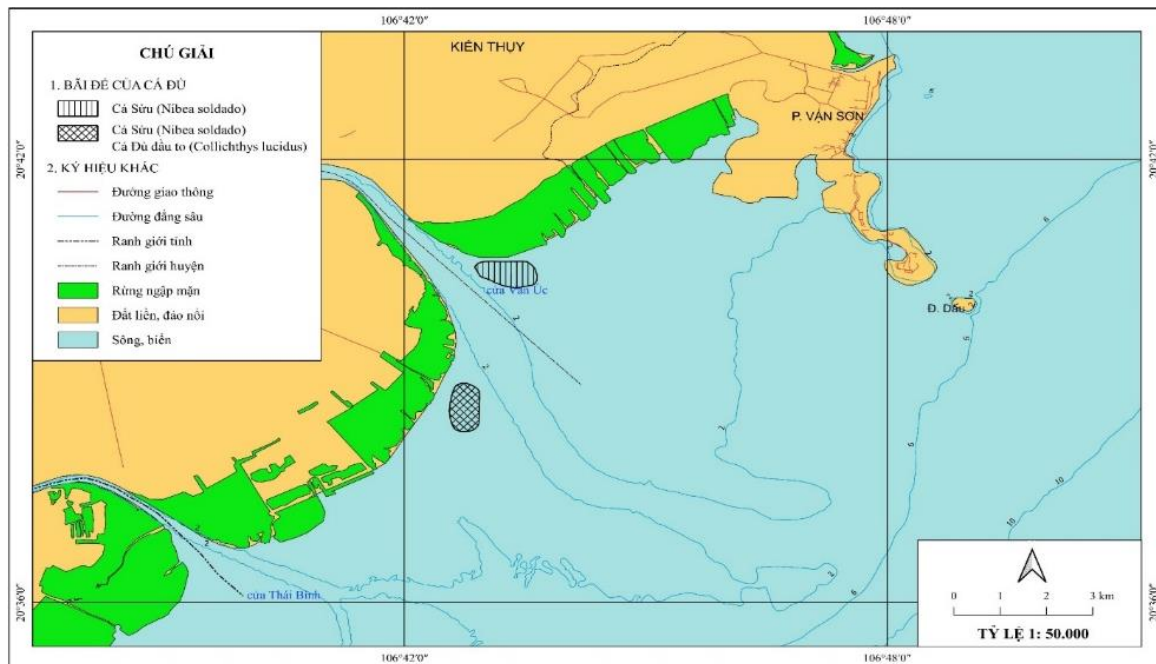
Hình 6. Sơ đồ bãi dề của cá đù ở cửa sông Bạch Đằng

Bảng 6. Số tín hiệu âm thanh của cá bố mẹ thu được tại cửa sông Văn Úc

Trạm	Loài cá đù đầu to		Loài cá sừ		Loài cá đù đuôi bằng	
	8/2018	3/2019	8/2018	3/2019	8/2018	3/2019
VU01	0	0	2	0	1	0
VU02	0	3	0	3	0	5
VU03	2	0	312	294	0	0
VU04	0	0	0	0	0	0
VU05	0	0	0	0	0	0
VU06	0	0	0	0	0	0
VU07	0	2	4	2	0	0
VU08	198	271	410	271	2	0
VU09	4	1	0	1	0	0
VU10	0	0	0	0	0	0

Nghiên cứu này là lần đầu tiên ứng dụng phương pháp thủy âm sinh học thụ động để xác định bãi dề của cá đù ở vùng cửa sông ven biển Quảng Ninh - Hải Phòng nói riêng và Việt Nam nói chung. Kết quả đã xác định được các bãi dề của cá đù trong khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, phương pháp này cũng có những hạn chế nhất định. Đây là một phương pháp mới, kỹ thuật cao, đòi hỏi nguồn kinh phí lớn để mua sắm trang thiết bị cũng như tiến hành nghiên cứu. Bên cạnh đó, muốn

nghiên cứu thành công, cần xây dựng được cơ sở dữ liệu âm thanh sinh học đủ tin cậy của các đối tượng nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Nếu không có cơ sở dữ liệu âm thanh này thì không thể thực hiện được nghiên cứu. Muốn xây dựng được cơ sở dữ liệu âm thanh của các đối tượng này trong phòng thí nghiệm thì người thực hiện nghiên cứu phải có hiểu biết tổng hợp và đầy đủ về tập tính sinh học cũng như hành vi sinh thái của từng đối tượng nghiên cứu.



Hình 7. Sơ đồ bãi đẻ của cá đù ở cửa sông Bạch Đằng

KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Kết luận

Mật độ trứng cá, cá bột của cá đù tập trung cao tại các điểm nghiên cứu TY03, TY04, TY05, TY06, BĐ05, BĐ10, VU03 và VU08 lần lượt là 256, 192, 132, 213, 158, 193, 198, 155 đơn vị/1.000 m³ vào tháng 8/2018 và 182, 156, 187, 226, 165, 180, 159, 178 đơn vị/1.000 m³ vào tháng 3/2019.

Từ những kết quả phân tích các âm thanh thu được của các loài cá đù ngoài tự nhiên, kết hợp với phân tích các mẫu trứng cá, cá bột, báo cáo đã xác định được tại cửa sông Tiên Yên có 4 bãi đẻ của cá đù, cửa sông Bạch Đằng có 2 bãi đẻ của cá đù, cửa sông Vạn Úc có 2 bãi đẻ của cá đù.

Đặc điểm âm thanh của 3 loài cá đù đầu to, cá sừ và cá đù đuôi bằng là cơ sở dữ liệu âm thanh sinh học quan trọng, sẽ được lưu trữ và sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo.

Khuyến nghị

Cần mở rộng phạm vi nghiên cứu xác định bãi đẻ của cá đù bằng phương pháp thủy âm sinh học thụ động trong tương lai. Bên cạnh đó, cần ứng dụng phương pháp này vào nghiên cứu các đối tượng sinh vật biển khác, không riêng gì cá biển.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn BCN đề tài “Xác định các bãi đẻ của một số loài cá vùng cửa sông ven bờ Quảng Ninh - Hải Phòng bằng phương pháp thủy âm sinh học thụ động”, mã số: VAST06.04/18–19 đã cung cấp số liệu, tài liệu và hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này. Bên cạnh đó, tập thể tác giả cũng xin chân thành cảm ơn BCN đề tài mã số VAST07.03/20–21, đề tài mã số VAST06.06/21–22 đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mok, H. K., Yu, H. Y., Ueng, J. P., and Wei, R. C., 2009. Characterization of Sounds of the Blackspotted Croaker *Protonibea diacanthus* (Sciaenidae) and Localization of Its Spawning Sites in Estuarine Coastal Waters of Taiwan. *Zoological Studies*, 48(3), 325–333.
- [2] Popper, A. N., Fay, R. R., Platt, C., and Sand, O., 2003. Sound detection mechanisms and capabilities of teleost fishes. In *Sensory processing in aquatic environments* (pp. 3–38). Springer, New York, NY. doi: 10.1007/978-0-387-22628-6_1

- [3] Lobel, P. S., 1998. Possible species specific courtship sounds by two sympatric cichlid fishes in Lake Malawi, Africa. *Environmental Biology of Fishes*, 52(4), 443–452. <https://doi.org/10.1023/A:1007467818465>
- [4] Wood, M., Casaretto, L., Horgan, G., and Hawkins, A. D., 2002. Discriminating between fish sounds—a wavelet approach. *Bioacoustics*, 12(2–3), 337–339. doi: 10.1080/09524622.2002.9753741
- [5] Vũ Trung Tạng, 2009. Sinh thái học các hệ cửa sông Việt Nam, khai thác, duy trì và quản lý tài nguyên cho phát triển bền vững. *Nxb. Giáo dục Việt Nam*, 327 tr.
- [6] Okumura, T., Akamatsu, T., and Yan, H. Y., 2002. Analyses of small tank acoustics: empirical and theoretical approaches. *Bioacoustics*, 12(2–3), 330–332. doi: 10.1080/09524622.2002.9753738
- [7] Okiyama, M. (Ed.), 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. *Tokai University Press*.
- [8] Leis, J. M., and Carson-Ewart, B. M. (Eds.), 2000. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes: an identification guide to marine fish larvae (Vol. 2). *Brill*.
- [9] Fahay, M. P., 2007. Early Stages of Fishes in the Western North Atlantic Ocean: (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras). *Northwest Atlantic Fisheries Organization*.
- [10] Borie, A., Mok, H. K., Chao, N. L., and Fine, M. L., 2014. Spatiotemporal variability and sound characterization in Silver Croaker *Plagioscion squamosissimus* (Sciaenidae) in the Central Amazon. *PloS one*, 9(8), e99326. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099326>
- [11] Mok, H. K., Parmentier, E., Chiu, K. H., Tsai, K. E., Chiu, P. H., and Fine, M. L., 2011. An intermediate in the evolution of superfast sonic muscles. *Frontiers in Zoology*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-8-31>