

BỘ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
QUỸ PHÁT TRIỂN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ QUỐC GIA



BÁO CÁO TỔNG HỢP

KẾT QUẢ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU CƠ BẢN TRONG KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Tên đề tài: Sinh thái học, sinh học và hệ gen ty thể của giống cá
Periophthalmus ở Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam

Mã số đề tài: 106.05-2019.306

Chủ nhiệm đề tài: PGS.TS Đinh Minh Quang

Hà Nội, tháng 03 năm 2023

Mã nhận hồ sơ	
Ngày nhận báo cáo	
(Do cơ quan điều hành Quỹ ghi)	

PHẦN I. THÔNG TIN CHUNG

1. Tên đề tài Sinh thái học, sinh học và hệ gen ty thể của giống cá *Periophthalmus* ở Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam
2. Mã số 106.05-2019.306
3. Danh sách chủ nhiệm, thành viên tham gia thực hiện đề tài

STT	Họ và tên	Đơn vị công tác	Chức danh trong đề tài
1	PGS. TS. Đinh Minh Quang	Trường Đại học Cần Thơ	Chủ nhiệm đề tài
2	PGS. TS. Trương Trọng Ngôn	Trường Đại học Cần Thơ	Thành viên nghiên cứu chủ chốt
3	PGS. TS. Trần Đắc Định	Trường Đại học Cần Thơ	Thành viên nghiên cứu chủ chốt
4	PGS. TS. Zeehan Jaafar	Trường Đại học Quốc gia Singapore	Thành viên nghiên cứu chủ chốt
5	ThS. Trần Thanh Lâm	Trường Đại học Bạc Liêu	Thư ký đề tài
6	CN. Nguyễn Thị Nhã Ý	Trường Đại học Cần Thơ	Kỹ thuật viên
7	CN. Nguyễn Thị Kiều Tiên	Trường Đại học Cần Thơ	Kỹ thuật viên

4. Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Cần Thơ
5. Thời gian thực hiện:
 - 5.1 Theo hợp đồng: 36 tháng, từ 01/04/2020 đến 01/04/2023
 - 5.2 Gia hạn nếu có: 0 tháng
 - 5.3 Thực hiện thực tế: 36 tháng, từ 01/04/2020 đến 01/04/2023
6. Tổng kinh phí được phê duyệt của đề tài: 1.088 triệu đồng

PHẦN II. NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Mục tiêu

- (1) Vẽ được bản đồ phân bố của các loài thuộc giống *Periophthalmus*.
- (2) Cung cấp được sự phân bố, cấu trúc và vai trò của hang đối với các loài cá thuộc giống *Periophthalmus*; hiểu được tập tính đào hang của những loài cá này.
- (3) Cung cấp được tính ăn, phô thức ăn của các loài cá thuộc giống *Periophthalmus* ở các nhóm chiều dài, điểm thu mồi và mùa thu mồi khác nhau.
- (4) Bổ sung được dẫn liệu về tập tính sinh sản và hình thức sinh sản của các loài cá thuộc giống *Periophthalmus* tại khu vực nghiên cứu. (5) Đánh giá được hiện trạng khai thác, cấu

trúc quần thể và hệ gen ty thể của các loài cá thuộc giống *Periophthalmus* ở khu vực nghiên cứu.

2. Nội dung và phạm vi nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu

(1) Nội dung nghiên cứu 1: Đánh giá đặc điểm phân bố của những loài cá này trong rừng ngập mặn và bãi bồi của ĐBSCL, Việt Nam; và mối liên quan của sự phân bố với các thay đổi môi trường và sự thay đổi của mùa vụ (ví dụ: nhiệt độ, độ mặn, lượng mưa).

(2) Nội dung nghiên cứu 2: Kiểm tra sự phân bố hang của những loài cá này. Sự phân bố của hang có tuân theo sự phân bố của những loài cá này trong hệ sinh thái hoặc hang cá phân bố ở những địa điểm cụ thể trong môi trường sống rộng lớn của chúng? Đức khuôn hang cá bằng hỗn hợp nhựa được trộn với chất làm cứng (98% nhựa : 2% chất làm cứng) trong khoảng thời gian 12 tháng (04/2020–03/2021) để đánh giá xem cấu trúc hang có thay đổi theo mùa hoặc chức năng hay không? Các hang được kiểm tra và đo chiều dài, chiều rộng, đường kính miệng và đường kính chẩm.

(3) Nội dung nghiên cứu 3: Sinh thái học dinh dưỡng của *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* được nghiên cứu bằng cách phân tích thành phần thức ăn trong ống tiêu hóa của 15-30 cá thể/loài/tháng/4 điểm thu mẫu thu được tại 4 điểm thu mẫu từ tháng 03 năm 2020 đến tháng 02 năm 2021.

(4) Nội dung nghiên cứu 4: Mẫu trong nghiên cứu 3 được xác định giới tính và mô để lấy tuyến sinh dục. Tuyến sinh dục sau đó được xác định khối lượng trước khi thực hiện tiêu bản hiển vi lát cắt ngang để xác định đặc điểm sinh học sinh sản của ba loài cá này.

(5) Nội dung nghiên cứu 5: Mẫu cá của nghiên cứu 3 cũng được dùng để đánh giá hiện trạng khai thác, cấu trúc quần thể và hệ gen ty thể của ba loài cá này.

Phạm vi nghiên cứu

Ba loài thuộc giống cá *Periophthalmus* là *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* phân bố ở bốn tỉnh Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau.

3. Cách tiếp cận và phương hướng nghiên cứu

(Mô tả chi tiết cách tiếp cận, phương pháp nghiên cứu đã thực hiện để giải quyết vấn đề đặt ra, các bước tiến hành)

Cách tiếp cận

Nghiên cứu lý thuyết để làm cơ sở cho nghiên cứu bảo tồn và ứng dụng. Đề tài này vừa tiếp cận bằng cách quan sát trực tiếp ngoài thực địa vừa thu mẫu để phân tích. Tất cả nghiên cứu được thực hiện ở vùng ĐBSCL, Việt Nam trong 36 tháng (từ 04/2020 đến 04/2022) gồm thời gian thu mẫu và phân tích mẫu. Vì các loài cá thuộc giống *Periophthalmus* thường sống chủ yếu ở vùng bãi bùn ven biển và phần bìa rừng ngập mặn nên mẫu cá được thu tại 4 điểm tiếp giáp với Biển Đông từ tháng 03 năm 2020 đến tháng 02 năm 2021.

Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu 1: Sự phân bố của cá *Periophthalmus* trong rừng ngập mặn và bãi bồi của ĐBSCL

Nghiên cứu này được thực hiện trong 12 tháng (từ 04/2020 đến 03/2021). Sự xuất hiện của loài này được đánh dấu tại bốn sinh cảnh đặc trưng (bãi bồi ven biển với rừng ngập mặn là cây bần chua ở Trà Vinh, bãi bồi ven biển với rừng ngập mặn là cây bần chua, đước và vẹt ở Sóc Trăng, bãi bồi ven biển với rừng ngập mặn là cây bần đắng, đước, vẹt và có đê bao ở Bạc Liêu, bãi bồi ven nhánh sông cửa sông với cây cây bần đắng, đước và m้าน đen ở Cà Mau) ở khu vực nghiên cứu và vùng phụ cận (Hình 1). Dữ liệu này sau đó được dùng để vẽ bản đồ phân bố của các đối tượng nghiên cứu ở ĐBSCL bằng phần mềm MapInfo 9.

Nghiên cứu 2: Hình thái và chức năng của hang cá

Giống nghiên cứu 1, nghiên cứu này cũng được thực hiện trong 12 tháng (từ 04/2020 đến 03/2021). Nghiên cứu cấu trúc hang của các loài cá thuộc giống *Periophthalmus* bằng cách đúc khuôn hang ở khu vực nghiên cứu và phân tích hình thái của hang nhựa sau khi thu ở phòng thí nghiệm. Mỗi tháng, 2 hang cá được chọn một cách ngẫu nhiên từ khu vực nghiên cứu (2 m x 5 m = 10 m²) để đúc khuôn. Hang được tạo bởi *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* có “dấu chân” được tạo ra bởi vây ngực trong khi ở còng thì “dấu chân” được tạo bởi chân bò của chúng. Hang cá được đúc khuôn dựa trên phương pháp nghiên cứu được mô tả bởi Atkinson & Chapman (1984). Nhựa tổng hợp được pha với chất làm cứng (2%) trong 1 chai nước 500 mL trước khi được cho vào miệng hang để đúc khuôn. Bùn được dập xung quanh miệng hang để ngăn không cho nhựa chảy xung quanh bề mặt bùn. Sau 2-4 giờ, hang nhựa cứng và được lấy ra khỏi bùn bằng tay và sau đó hang được chuyển về phòng thí nghiệm để tiếp tục phân tích. Ở phòng thí nghiệm, mỗi hang cá được đếm số hang nhánh, số miệng hang và số châm; đo chiều dài, chiều rộng, chiều sâu, đường kính miệng hang và đường kính châm; và xác định thể tích của hang. Những dẫn liệu này sau đó được dùng để xác định sự biến động của cấu trúc hang theo mùa và sinh cảnh dựa trên phương pháp nghiên cứu của Gonzales et al. (2008).

Mỗi tương quan giữa chiều dài cá các số do và đếm của cá được kiểm tra bằng cách phân tích phương trình giữa chiều dài cá và đường kính miệng hang, đường kính châm, đường kính hang nhánh (ví dụ, mặt cắt ngang của nhánh hang), chiều sâu, chiều dài, chiều rộng từng nhánh hang, chiều dài tổng và thể tích của hang. Kết quả này giúp xác định những hang này được đào bởi chính loài này hay loài này sử dụng hang được tạo bởi loài khác để trốn kẽ thù. Nếu cá bị đính trong hang hoặc hang nhựa bị hỏng, hang nhựa khác được đúc vào 2 tuần sau để thay thế.

Nghiên cứu 3: So sánh đặc điểm dinh dưỡng

Vì cá thời loli có tập tính xuất hiện thay đổi theo thủy triều nên mẫu cá được thu trong thời gian triều cường và triều kiệt cá ban đêm và ban ngày liên tiếp trong 12 tháng (04/2020-03/2021, định kỳ 1 lần/tháng) tại 04 điểm thu mẫu. Mỗi đợt thu mẫu là 06 ngày gồm 01 ngày di chuyển và 05 ngày thu mẫu. Tại mỗi điểm thu mẫu, một hệ thống gồm 4 tay lưới 12 cửa ngực (hay còn gọi là lưới dãng), mỗi tay lưới dài 15 m (mắt lưới là 1,0 cm) cá được đặt dọc theo bìa rừng ngập mặn lúc triều cường và thu lúc triều kiệt để thu 15-30 mẫu cá/loài/tháng. Ngoài ra, nếu không đủ số lượng thì mẫu cá được thu bổ sung bằng cách câu (thu dọc bãi bồi của rừng ngập mặn), bắt bằng tay và bẫy (bắt trong hang) sao cho đảm bảo được 15-30 mẫu/loài/tháng/diểm thu mẫu. Mẫu cá sau khi thu được lấy 1 phần của vây lưng (50 g/loài/điểm thu mẫu) và được trữ trong cồn 70% để phân tích hệ gen ty thể của chúng. Sau đó, mẫu cá được trữ trong dung dịch formaline 4% để ngăn cản việc tiếp tục phân hủy của thức ăn trong ống tiêu hóa.

Đặc điểm dinh dưỡng của *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* được xác định dựa trên 15-30 mẫu cá/loài/tháng thu được. Tại phòng thí nghiệm, chiều dài tổng (TL; 0,1 cm) và khối lượng (W; 0,1 g) được xác định, sau đó cá được giải phẫu để lấy ống tiêu hóa. Tính ăn của cá được xác định dựa vào tương quan giữa chiều dài ruột và chiều dài thân (relative length of the gut, RLG = Chiều dài ruột/chiều dài toàn thân cá), cá thuộc nhóm ăn động vật khi RLG <1, ăn tạp khi RLG=1-3, và ăn động thực vật khi RLG>3 (Al-Hussaini, 1949). Tiếp đến, thành phần thức ăn trong ống tiêu hóa được xác định bằng kính hiển vi và xác định đến bậc phân loại phù hợp dựa trên mô tả của Nguyen et al. (2013). Phổ thức ăn trong ống tiêu hóa được xác định bằng phương pháp tần số xuất hiện của thức ăn (%O_i= 100 × O_i/N, trong đó O_i là thức ăn thứ i và N là tổng số cá thể cá được dùng để phân tích) (Hynes, 1950) và phương pháp khối lượng (%W_i=100 × W_i/W_{total}, trong đó, W_i là khối lượng của thức ăn thứ i, W_{total} là tổng khối lượng của tất cả thức ăn trong ống tiêu hóa của cá) (Hyslop, 1980). Phổ thức ăn của cá được xác định bằng sự phối hợp của tần số xuất hiện và khối lượng thức ăn có trong ống tiêu hóa của cá, hay còn gọi là phương pháp thể tích sinh học hay chỉ số ưu thế hay điểm số của thức ăn và được tính như %V_i = (100 × O_i × W_i)/Σ(O_i; × W_i), trong đó V_i, O_i; và W_i, lần lượt là tỉ lệ phần trăm của thể tích sinh học, tần số xuất hiện và khối lượng của thức

ăn thứ i. Thể tích sinh học của thức ăn còn được dùng để xác định sự dao động của phổ thức ăn theo giới tính, kích thước, mùa vụ và điểm thu mẫu (Natarajan & Jhingran, 1961; Hyslop, 1980).

Nghiên cứu 4: So sánh đặc điểm sinh thái học sinh sản

Nghiên cứu này cũng được thực hiện trong 12 tháng (từ 04/2020 đến 03/2021). Đặc điểm sinh học sinh sản của *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* được xác định dựa trên mẫu cá thu được ở thí nghiệm 3. Song song với việc giải phẫu cá để lấy dạ dày, tuyển sinh dục được giữ lại nhằm xác định đặc điểm sinh sản của loài này. Sự phát triển của tuyển sinh dục của cá đực và cá cái được xác định dựa trên các giai đoạn phát triển của tuyển sinh dục của cá bống *Parapocryptes serperaster* trước khi xác định khối lượng (Dinh et al., 2015). Tuyển sinh dục sau đó được thực hiện tiêu bản cắt ngang để xác định sự phát triển của tế bào trứng dựa trên phương pháp nhuộm mẫu được mô tả bởi Carleton et al. (1980). Đường kính của 30 tế bào trứng ở từng giai đoạn phát triển được xác định bằng phần mềm Motic Image Pro Plus v.2 để ước lượng trung bình đường kính trứng ứng với từng giai đoạn phát triển.

Sức sinh sản (F) là số lượng trứng đã trưởng thành trong mùa sinh sản của một loài được xác định dựa trên số lượng trứng của 10 buồng trứng đã trưởng thành (giai đoạn IV) và chín (giai đoạn V). Những buồng trứng này được ngâm trong dung dịch Gilson trong 7 ngày để phá bỏ các mô liên kết để tách trứng trước khi rửa bằng cồn 50% Bagenal & Braum (1978). Tất cả các tế bào trứng đã trưởng thành ở trong mỗi buồng trứng được đếm nhằm ước lượng sức sinh sản (Dinh et al., 2015).

Mối tương quan giữa sức sinh sản với chiều dài và trọng lượng cá được xác định bằng phương trình logarit tương quan, và hệ số xác định (r) được dùng đánh giá mức độ tương quan này (Metin et al., 2011). Phương pháp phân tích phương sai 1 nhân tố (1-way ANOVA) được dùng để kiểm tra sự khác biệt của trung bình đường kính trứng giữa các giai đoạn phát triển của tuyển sinh dục. Phần mềm SPSS v.21 được dùng để xử lý thống kê và tất cả phép thử được thiết lập ở mức ý nghĩa $p<0,05$.

Nghiên cứu 5: Kiểm tra cấu trúc quần thể và hệ gen ty thể của *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* ở các sinh cảnh khác nhau

Giống nghiên cứu 3 và 4, nghiên cứu này cũng được thực hiện trong 12 tháng (từ 04/2020 đến 03/2021). Hiện trạng khai thác và hệ gen ty thể của *P. chrysosiphilus*, *P. gracilis* và *P. variabilis* được phân tích dựa vào mẫu cá trong nghiên cứu 3. Trong phòng thí nghiệm, 100 g vây lưng của mỗi loài thuộc giống *Periophthalmus* thu được ở nghiên cứu 3 được sử dụng để phân tích hệ gen ty thể của chúng dựa trên phương pháp nghiên cứu được mô tả bởi Nguyễn Phương Thảo & Dương Thúy Yên (2015).

Phần mềm FiSAT II được dùng để xác định các thông số sinh học quần thể của ba loài cá này theo Gayanilo et al. (2005). Tính năng ELEFAN I được dùng để xác định chiều dài cực đại cá đạt được ($L\infty$), hệ số tăng trưởng của cá (K) (Pauly & David, 1981; Pauly, 1982; Pauly, 1987). Phương trình đường cong sản lượng chuyển đổi được dùng để xác định hệ số chết tổng (Z) (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1975). Hệ số chết tự nhiên (M) được xác định bằng công thức của Pauly (1980): $\text{Log}M=-0,0066-0,279\text{Log}L+0,6543\text{Log}K+0,463\text{Log}T$, trong đó, $L\infty$ là chiều dài tiềm cận cực đại mà cá có thể đạt được (cm), K là tốc độ tăng trưởng của cá, T là nhiệt độ nước trung bình hàng năm ở tầng mặt. Hệ số chết khai thác (F) và hệ số khai thác (E) được xác định theo công thức $F = Z - M$ và $E = F/Z$ (Ricker, 1975).

Phương trình đường cong sản lượng chuyển đổi được dùng để xác định chiều dài đánh bắt đầu tiên (L_c), đây là chiều dài mà tại đó có 50% cá bị đánh bắt (Pauly, 1987). Mô hình Beverton & Holt (1957) được dùng để phân tích mô hình sản lượng trên lượng bổ sung (Y'/R) và sinh khối trên lượng bổ sung (B'/R) theo Sparre & Venema (1992). Sản lượng tối đa (E_{max}), hệ số khai thác tối ưu (E_{opt}) và hệ số khai thác tại đó B'/R giảm 50% ($E_{0.5}$) được ước lượng từ mô hình “knife-edge” (Beverton & Holt, 1966). Hệ số tăng trưởng tổng hợp (Φ) của cá được ước lượng từ công thức $\Phi=\log K + 2x\log L\infty$ được đề nghị bởi Pauly & Munro (1984). Hệ số này đặc trưng cho loài và dùng để so sánh khả năng tăng trưởng của cùng một

loài cá nhung phân bố nhiều vùng khác nhau hoặc giữa các loài trong một giống hay một phân họ hay một họ có cùng khu phân bố dựa vào phương pháp nghiên cứu của Pauly & Munro (1984). Tuổi thọ tối đa của cá được xác định theo công thức $t_{max}=3/K$ trong đó, K là tốc độ tăng trưởng, t_0 là tuổi lý thuyết mà ở đó chiều dài của cá bằng 0 (Taylor, 1958).

4. Kết quả nghiên cứu

(Mô tả các kết quả nghiên cứu đạt được. Đánh giá về các kết quả nghiên cứu bao gồm tính mới, giá trị khoa học, giá trị thực tiễn và khả năng ứng dụng kết quả nghiên cứu)

Nghiên cứu 1: Sự phân bố của cá *Periophthalmus* trong rừng ngập mặn và bãi bồi của ĐBSCL

- Kết quả nghiên cứu cho thấy môi trường sống của các loài cá thuộc giống *Periophthalmus* (*Periophthalmus chrysospilos*, *Periophthalmus variabilis* và *Periophthalmus gracilis*) thuộc vùng bãi bồi của rừng ngập mặn. Ở tất cả các điểm nghiên cứu cho thấy cá di chuyển theo thủy triều và tập trung nhiều ở bìa rừng ngập mặn. Đây cũng là nơi cá kiếm ăn chủ yếu và đào hang làm tổ. Sự phân bố của cá tương đối giống nhau ở ba khu vực Duyên Hải - Trà Vinh, Trần Đề - Sóc Trăng và Đàm Dơi - Cà Mau là bãi bồi bùn bên cạnh rừng ngập mặn. Riêng ở khu vực Đông Hải - Bạc Liêu, cá không chỉ phân bố ở các bãi bồi rừng ngập mặn mà còn xuất hiện rất nhiều ở khu vực bãi cát. Sự phân bố của ba loài cá này phụ thuộc vào chế độ mùa. Do trong mùa khô, mực nước thấp hơn đáng kể so với mùa khô nên cá có xu hướng phân bố chủ yếu ở bìa ngoài rừng ngập mặn. Trong mùa mưa, với lượng nước khá lớn, cá có thể di chuyển sâu hơn vào các khu vực phía trong. Độ mặn không có ảnh hưởng đáng kể đến sự phân bố của các giống cá này do ở các điểm nghiên cứu cho thấy độ mặn khác nhau nhưng vẫn tìm thấy được quần thể cá lớn.

Nghiên cứu 2: Hình thái và chức năng của hang cá

- Cấu trúc đất có vai trò rất quan trọng trong việc đào hang của cá. Nó có thể ảnh hưởng trực tiếp đến độ sâu hoặc cấu trúc của hang. Kết quả nghiên cứu thàng phần chất nền cho thấy phân bố chuẩn được tìm thấy trong bùn, nhưng không có trong cát và đất sét. Thành phần chất nền tại bốn vị trí thay đổi theo tỷ lệ phần trăm [phù sa, đất sét, cát] sau đây [60,4%; 24,6%; 15,0%] tại DHVT, [35,0%; 36,4%; 28,6%] tại TDST, [30,8%; 56,9%; 12,3%] tại DHBL, và [33,0%; 24,5% và 42,5] tại DDCM. Điều này cho thấy thành phần chất nền thay đổi đáng kể theo bốn vùng. Chất nền tại DHBL chủ yếu là đất sét (56,9%). Tại DDCM, chất nền chủ yếu là cát (42,5%); và ở DHVT, phù sa chiếm tỷ lệ cao nhất trong tổng thành phần (60,4%).

- Hang của *Periophthalmus* spp. được quan sát thấy trên nền bùn ở bìa rừng ngập mặn. Theo quan sát, khi thủy triều rút, một số cá thể vẫn còn ở bìa rừng ngập mặn mà không theo thủy triều; phần còn lại di chuyển theo thủy triều. Một đàn cá không theo thủy triều bắt đầu quan sát bãi bồi bằng cách di chuyển qua lại trong một khu vực cụ thể. Kết quả quan sát cho thấy, sau khi tìm được vị trí thích hợp, có đặc điểm như đất xốp hoặc gần các vùng nước nhỏ, cá tiến hành đào hang. Đầu tiên, con cá dùng miệng cắn vào bùn để bắt đầu đào bới; bùn được đào lên được đặt bên cạnh nó. Động tác này diễn ra liên tục trong khoảng 10 - 15 phút. Tiếp đó, cá trở lại môi trường nước làm ẩm cơ thể và tiếp tục đào hang. Quá trình này được lặp lại cho đến khi hoàn thành việc đào hang. Thời gian hoàn thành mỗi hang khoảng 40 - 60 phút.

- Khi quan sát hồ cá, người ta nhận thấy cá đào hang mặc dù mực nước không thay đổi, giống với thủy triều tự nhiên. Sau hai ngày thả chúng vào bể, một con cá trong một bể bắt đầu đào hang hình chữ J trong 30 phút. Chỉ có một con đực đào hang; các loài cá còn lại thể hiện các hoạt động khác như chấn thă trên bãi bồi và đánh nhau. Từ ngày thứ ba đến ngày thứ bảy, cá có những hoạt động tương tự nhưng không đào hang. Vì vậy, người ta đã thả cá ra đồng để bảo tồn chúng.

- Chiều sâu hang (BD) và chiều dài tổng của hang (BL) thể hiện phân phối chuẩn và thể hiện bằng nhau về phương sai. Trong số ba hình dạng hang được phục hồi, hang hình chữ J ($20,4 \pm 0,6$ SE cm) là sâu nhất, tiếp theo là hang hình chữ Y ($16,4 \pm 0,5$ SE cm); Hang hình chữ U nông nhất ($11,6 \pm 0,5$ SE cm, GLM, $F = 8,44$, $p < 0,001$) và rộng nhất ($27,1 \pm 1,5$ SE cm), trong khi hình chữ J ($23,3 \pm 0,6$ SE cm) và hình chữ Y ($23,3 \pm 0,7$ SE cm, $F = 5,10$, $p = 0,007$) các

hang cũng ngắn hơn tương tự.

- Hang sâu nhất được tìm thấy ở TDST ($18,6 \pm 0,80$ SE cm), tiếp theo là DDCM ($17,2 \pm 0,9$ SE cm), DHTV ($16,7 \pm 0,6$ SE cm) và nông nhất ở DHBL ($15,1 \pm 0,9$ SE cm) (GLM, $F=2,34$, $p=0,04$). Hang dài nhất được tìm thấy ở DDCM ($25,7 \pm 1,0$ SE cm) và TDST ($25,1 \pm 0,8$ SE cm), ngắn nhất ở DHBL ($22,1 \pm 1,2$ SE cm) và DHTV ($22,7 \pm 0,6$ SE cm, $F=2,74$, $p=0,04$).

- Độ sâu của hang trong mùa khô ($17,7 \pm 0,5$) không khác biệt có ý nghĩa so với mùa mưa ($16,3 \pm 0,5$) (GLM, $F=2,02$, $p=0,166$). Tương tự, BL trong mùa khô ($24,3 \pm 0,6$) không khác biệt đáng kể so với mùa mưa ($23,2 \pm 0,6$) ($F=1,78$, $p=0,19$). Đường như không có tác động đáng kể nào trong sự tương tác của mùa và hình dạng hang; mùa và địa điểm; hình dạng và địa điểm; mùa vụ, hình dạng và vị trí đến BD (GLM, $p > 0,05$ cho tất cả các trường hợp) và BL ($p > 0,05$ cho tất cả các trường hợp).

Nghiên cứu 3: Đặc điểm dinh dưỡng

Tính ăn

- Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị RGL khác nhau có ý nghĩa giữa các cá thể có kích thước khác nhau; các cá thể trưởng thành thể hiện giá trị RGL cao hơn khi so sánh với các cá thể chưa trưởng thành. Tuy nhiên, giá trị RGL không khác biệt có ý nghĩa giữa cá đực và cá cái. Khi kiểm tra các biến thể theo thời gian, các giá trị RGL khác nhau đáng kể giữa các mùa. Giá trị RGL vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Trong suốt thời gian nghiên cứu, giá trị RGL cao nhất từ tháng 7 đến tháng 11 năm 2020, trong khi giá trị thấp nhất được quan sát vào tháng 1 năm 2021. Khi kiểm tra các biến thể giữa các địa điểm, các giá trị RGL được phát hiện là có sự khác biệt đáng kể giữa các địa điểm. Giá trị RGL tại Đầm Dơi, Cà Mau cao nhất và thấp nhất ở Duyên Hải, Trà Vinh và Trần Đề, Sóc Trăng.

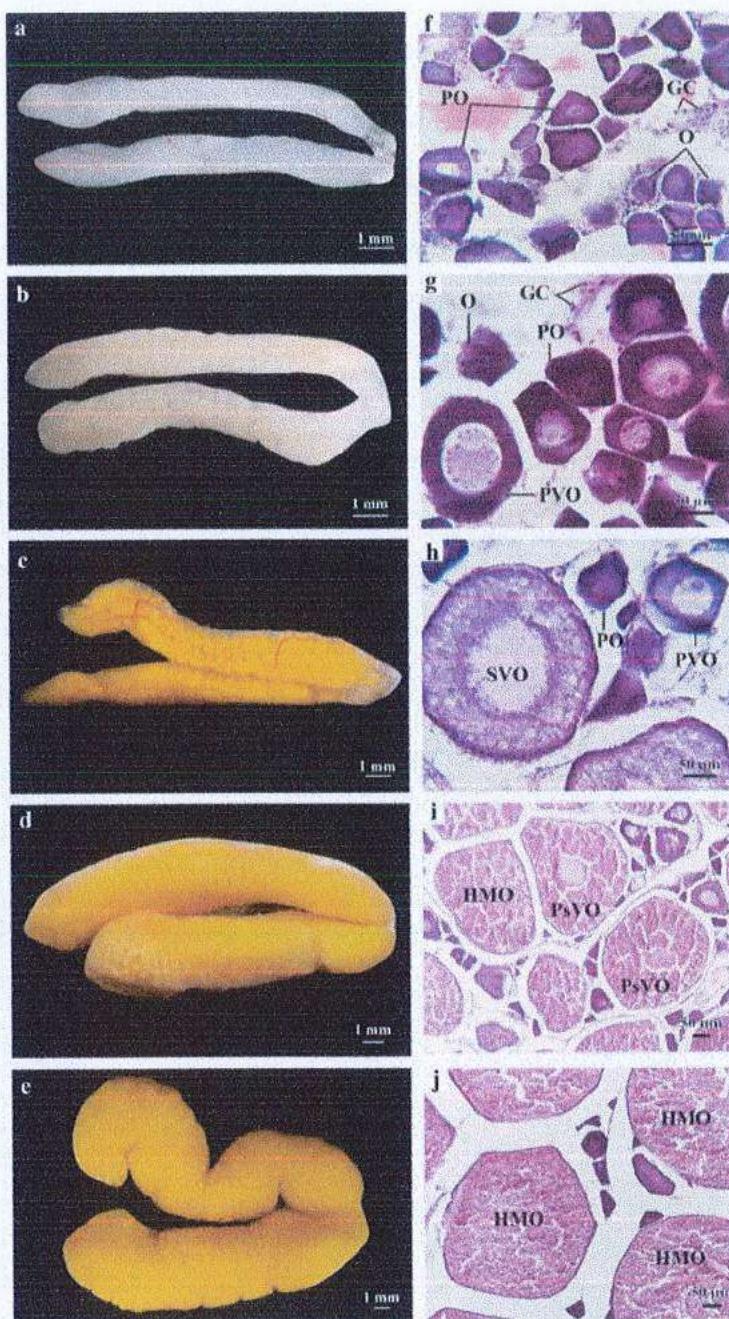
- Mặc dù RGL của *Periophthalmus* spp. thay đổi theo điểm nghiên cứu, nhưng tất cả các giá trị đều <1 , cho thấy loài này chủ yếu ăn thịt (Al-Hussaini 1947). Sự tương tác giữa các yếu tố, được đánh giá bằng GLM, chẳng hạn như giới tính \times kích thước; giới tính \times mùa; giới tính \times địa điểm; kích thước \times mùa; kích thước \times địa điểm; giới tính \times kích thước \times mùa; gen \times kích thước \times địa điểm; giới tính \times mùa vụ \times địa điểm; kích thước \times mùa \times địa điểm; giới tính \times kích thước \times mùa \times địa điểm, không thể hiện tác động đáng kể đến RGL ngoại trừ tương tác mùa \times địa điểm.

Phổ thức ăn

- Phân tích các đặc điểm tiêu hóa *Periophthalmus* spp. cho thấy ba loại thực phẩm chiếm ưu thế nhất theo thứ tự phần trăm biovolume giảm dần là *Acetes* spp. (tôm nhỏ), *Uca* spp. (càng cua) và *Dolichoderus* sp. (kiến). Ngoài ra, cá còn có một số loại thức ăn khác bao gồm Mollusca (nhuyễn thể), Polychaeta (giun lông) và Actinopterygii (cá nhỏ).

- Sự thay đổi của các lần xuất hiện, trọng lượng và khối lượng sinh học của các loại thức ăn khi so sánh với giới tính và kích thước của cá, cũng như địa điểm và mùa đánh bắt cho thấy thành phần chế độ ăn của *Periophthalmus* spp. không thay đổi theo mùa và các thông số kích thước nhưng thay đổi theo giới tính và địa điểm. Chế độ ăn duy nhất dẫn đến sự khác biệt giữa con đực và con cái là *Uca* spp., với cá cái ăn những con cua này nhiều hơn cá đực. Sự khác biệt cũng được quan sát giữa các địa điểm là do năm trên 7 loại thức ăn của cá bao gồm: Mollusca, *Uca* spp., *Dolichoderus* sp. và mảnh vụn hữu cơ. Ba thức ăn khác khác là *Acetes* spp., Polychaeta và Actinopterygii, không đóng góp đáng kể vào sự khác biệt được quan sát giữa các điểm thu mẫu.

- Hình ảnh trên biểu đồ Costello cho thấy *Acetes* spp. và *Uca* spp. trở thành con mồi quan trọng nhất đối với *Periophthalmus* spp., tiếp theo là *Dolichoderus* sp. và Mollusca với mức ý nghĩa như nhau. Mùn, cũng xuất hiện nhiều, không được coi là đáng kể dựa trên vị trí của thành phần chế độ ăn uống này trong góc phần tư bên phải phía dưới của biểu đồ Costello. Cá Polychaeta và Actinopterygii đều được coi là những con mồi ít quan trọng hơn được phản ánh bởi vị trí của chúng trong góc phần tư phía dưới bên trái của biểu đồ Costello. Thành phần chế độ ăn uống của cá *Periophthalmus* spp. ở bốn địa điểm là khác nhau đáng kể. Tại DHTV, *Dolichoderus* sp. là loại thức ăn quan trọng nhất; tại TDST, Mollusca là loại thức ăn có đóng góp đáng kể nhất. Tại DHBL, *Acetes* spp. chiếm 30,2% biovolume và cũng là con mồi quan trọng nhất đối với *Periophthalmus* spp.. Tại DDCM, *Uca* spp. là con mồi chính và chiếm 35,9% loại thức ăn của cá thời lùi xuất hiện tại khu vực này.



Hình 2. Hình dạng ngoài và cấu trúc mô học tuyến trứng

Mùa sinh sản

Các giá trị GSI được phát hiện có phân phối không chuẩn và thay đổi theo giới tính, mùa và vị trí. Giá trị GSI cao hơn được ghi nhận vào mùa mưa so với mùa khô cho cả hai giới tại cả bốn địa điểm. Tại mỗi địa điểm, giá trị GSI của cá cái cao hơn đáng kể so với cá và giá trị GSI của cá đực và cá cái cho thấy sự dao động hàng tháng. Con đực và con cái trưởng thành, có tuyển sinh dục ở giai đoạn IV, được tìm thấy gần như hàng tháng, do đó cho thấy loài này sinh sản quanh năm, với đỉnh điểm là vào mùa mưa.

Chiều dài thành thực đầu tiên và sức sinh sản

- Chiều dài thành thực đầu tiên (L_m) của *Ps. chrysospilos* khác nhau giữa bốn điểm; giá trị này dao động đối với cả cá đực và cái, tương ứng từ 6,2 đến 8,6 cm và 6,4 đến 7,3 cm. Giá trị L_m của *Ps. variabilis* đực và cái tại khu vực nghiên cứu lần lượt là 7,4-8,0 và 6,9-7,9 cm. Giá trị này lớn hơn nhiều so với *Ps. gracilis* (4,0-4,9 cm ở cá đực; 4,2-4,4 cm ở cá cái).
- Sức sinh sản thể hiện phân bố không chuẩn và thay đổi giữa các điểm thu mẫu. Các giá trị sức sinh sản có tương quan thuận với tổng chiều dài và trọng lượng do giá trị r₂ cao của các mối quan hệ giữa F và kích thước cá.

triển), tuyến trứng trở nên vàng nhạt và tăng đường kính lên $1,46\pm0,03$ mm. Ở giai đoạn này, O, PO và noãn bào bậc 2 (PVO) với một số hạt noãn hoàng trong tế bào chất được tìm thấy trong tuyến trứng; tất cả O đều nhỏ, bắt màu tím sẫm, với tế bào chất nổi bật trong khi PO lớn hơn với nhân sáng. Ở giai đoạn III (tuyến trứng trưởng thành), buồng trứng có màu vàng nhạt, nhẵn, có các mạch máu nhô ra, đường kính đo được là $1,87\pm0,04$ mm. Tuyến trứng trong giai đoạn này chứa O, PO, PVO và các noãn bào bậc 3 cấp (SVO) trong khi nhân và noãn hoàng được tích lũy. Một số tế bào trứng đang ở giai đoạn noãn bào hydrat hóa và có thể nhìn thấy cấu trúc của tế bào chất. Các hạt noãn hoàng và các hạt lipid tích tụ trong tế bào chất và bắt màu thuốc nhuộm eosin nhiều hơn. Ở giai đoạn IV (giai đoạn trưởng thành), tuyến trứng dài, nhẵn và có đường kính đo được là $2,70\pm0,03$ mm. Có thể quan sát thấy từng hạt trứng màu vàng. Buồng trứng chủ yếu bao gồm các noãn bào bậc 4 (PsVO) và một số noãn bào hydrat hóa (HMO) cũng như một số PO, PVO và SVO. Ở giai đoạn V (giai đoạn chín), tuyến trứng phồng to được bao quanh bởi các mạch máu nổi rõ, đường kính đạt $4,04\pm0,02$ mm. Những hạt trứng hình cầu màu vàng có thể nhìn thấy bằng mắt thường và dễ dàng tách ra khỏi nhau. Tuyến trứng trong giai đoạn này chủ yếu bao gồm các noãn bào bậc 4 (PsVO) và noãn bào hydrat hóa (HMO) cũng như một số PO, PVO và SVO. Các hạt lipid và các hạt noãn hoàng đồng nhất một phần trong khi nhân co lại và các màng nhân mờ đi (Hình 2). Trong nghiên cứu này, tuyến trứng ở giai đoạn VI (giai đoạn phục hồi) không được tìm thấy trong các mẫu cái.

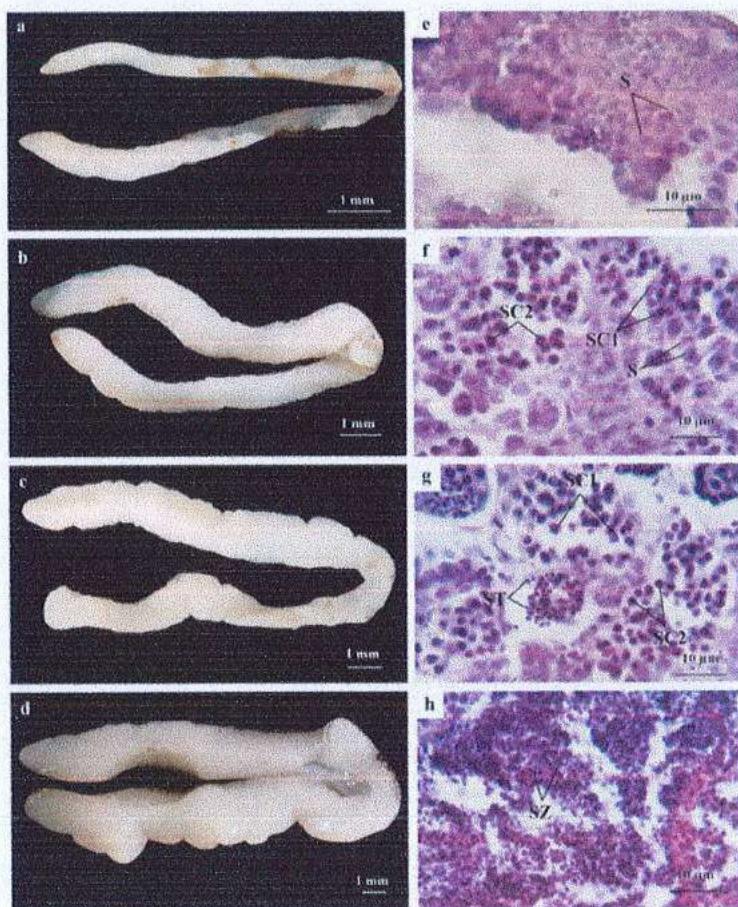
Nghiên cứu 4: Đặc điểm sinh thái học sinh sản

Tỷ lệ giới tính

Mẫu cá đực và cá cái xấp xỉ bằng nhau cả về mùa mưa và mùa khô ở Trà Vinh; Sóc Trăng và Bạc Liêu. Tuy nhiên, ở Cà Mau, tỷ lệ cá đực/cá cái là khoảng 1,5: 1.

Cấu trúc tuyến tính

- Hình dạng ngoài và cấu trúc mô học của tuyến tính của cá được thể hiện ở Hình 1. Ở giai đoạn I, tinh hoàn dài ra, nhẵn và đường kính được đo là $0,42 \pm 0,01$ mm. Chúng màu trắng đục và dễ bị nhầm lẫn với tuyến trứng giai đoạn I. Ở giai đoạn này, tuyến tính chủ yếu chứa tế bào sinh tinh (S), tra bazơ với bắt màu màu tím sẫm của hematoxylin. Tuyến tính tăng lên đường kính khoảng $0,88 \pm 0,01$ mm trong giai đoạn II (giai đoạn phát triển), và có màu trắng sữa, dài và mảnh (Hình 3b). Ở giai đoạn này, tuyến tính chủ yếu bao gồm các tinh bào bậc 1 (SC1), tinh bào bậc 2 (SC2) và một số ít tinh tử; nhân của các SC1 nhạt hơn so với nhân của SC2. Ở giai đoạn III (giai đoạn trưởng thành), tuyến tính có đường kính là $1,19 \pm 0,02$ mm, nhẵn, dài, màu vàng nhạt và có ống dẫn tinh trùng rõ ràng. Ở giai đoạn này, tuyến tính chủ yếu bao gồm các tế bào tinh tử (ST) và một số SC1 và SC2 trong các tiêu thùy của chúng. Tuyến tính ở giai đoạn IV (giai đoạn trưởng thành) nhẵn nhưng phóng lên với các mạch máu nổi rõ và đường kính đo được là $2,39 \pm 0,04$ mm. Các tiêu thùy tinh hoàn được mở rộng và chứa đầy tinh trùng. Một nhóm tinh trùng (SZ), là những tế bào nhỏ có nhân hình cầu ăn màu thuốc nhuộm hematoxylin, được tạo ra trong các khoang tuyến tính và ống dẫn tinh. Tinh trùng và một số ít SC2 cũng được tìm thấy trong tuyến tính ở giai đoạn này. Tinh trùng được phóng thích bởi những con đực trưởng thành trong giai đoạn này. Nghiên cứu này không phục ghi nhận được cá thể đực biểu hiện các giai đoạn V (giai đoạn thoái hóa) và VI (giai đoạn phục hồi).



Hình 1. Hình dạng ngoài và cấu trúc mô học tuyến tính

Cấu trúc tuyến trứng

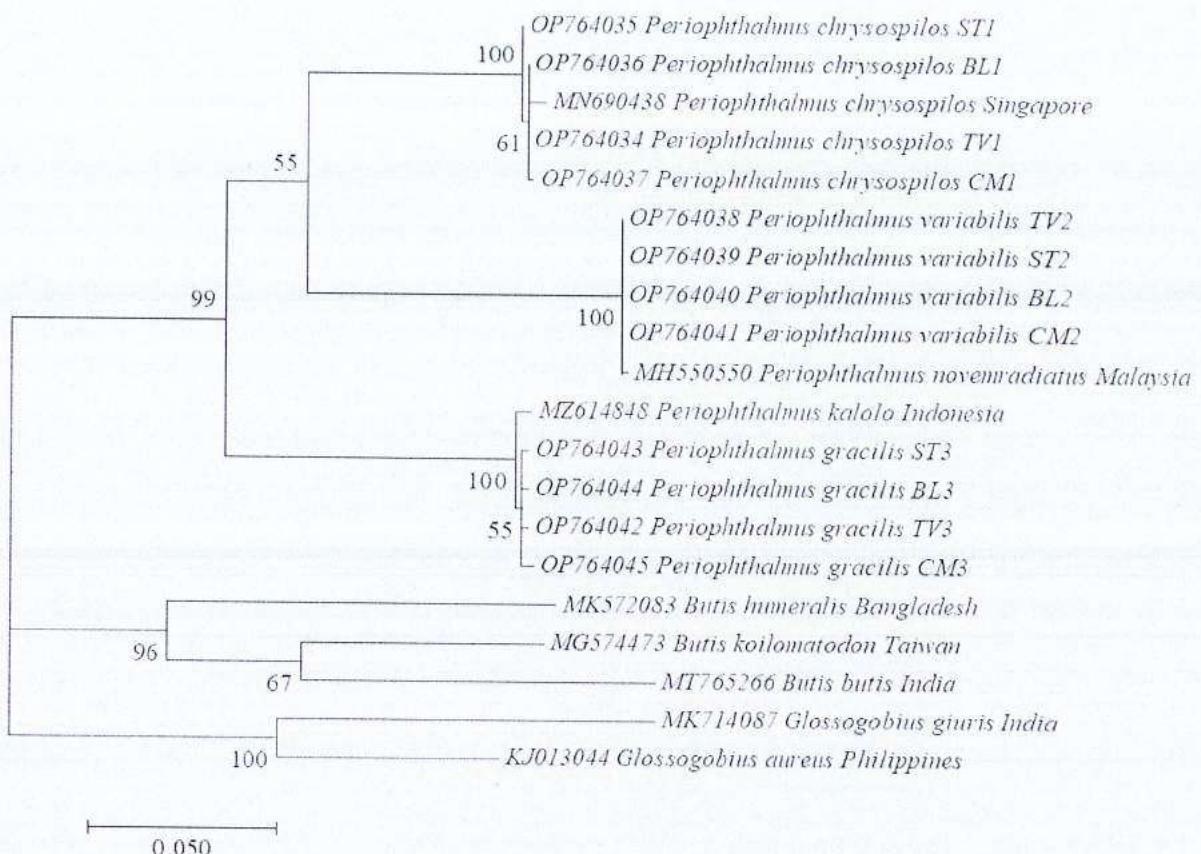
- Tuyến trứng ở giai đoạn I (giai đoạn phát triển sớm) mỏng, nhẵn, màu trắng nhạt và đường kính đo được là $1,16 \pm 0,02$ mm. Ở giai đoạn này, tuyến trứng chủ yếu chứa các tế bào mầm (GC), noãn nguyên bào (O) và một số ít não bào bậc 1 (PO). Ở giai đoạn II (giai đoạn phát

Nghiên cứu 5: Kiểm tra cấu trúc quần thể và hệ gen ty thể của *Ps. chrysospilos*, *Ps. gracilis* và *Ps. variabilis* ở các sinh cảnh khác nhau

- Vùng gen COI của *Periophthalmus* spp. được khuếch đại thành công bằng cặp mồi FishF1/FishR1 với kích thước ~650 bp. Vùng gen Cytb của *Periophthalmus* spp. được khuếch đại thành công bằng cặp mồi GcytbH/GcytbL với kích thước sản phẩm xấp xỉ 1300 bp. Các sản phẩm PCR này sau đó được giải trình tự và đăng ký cấp mã truy cập trên Ngân hàng gen (Bảng 1).

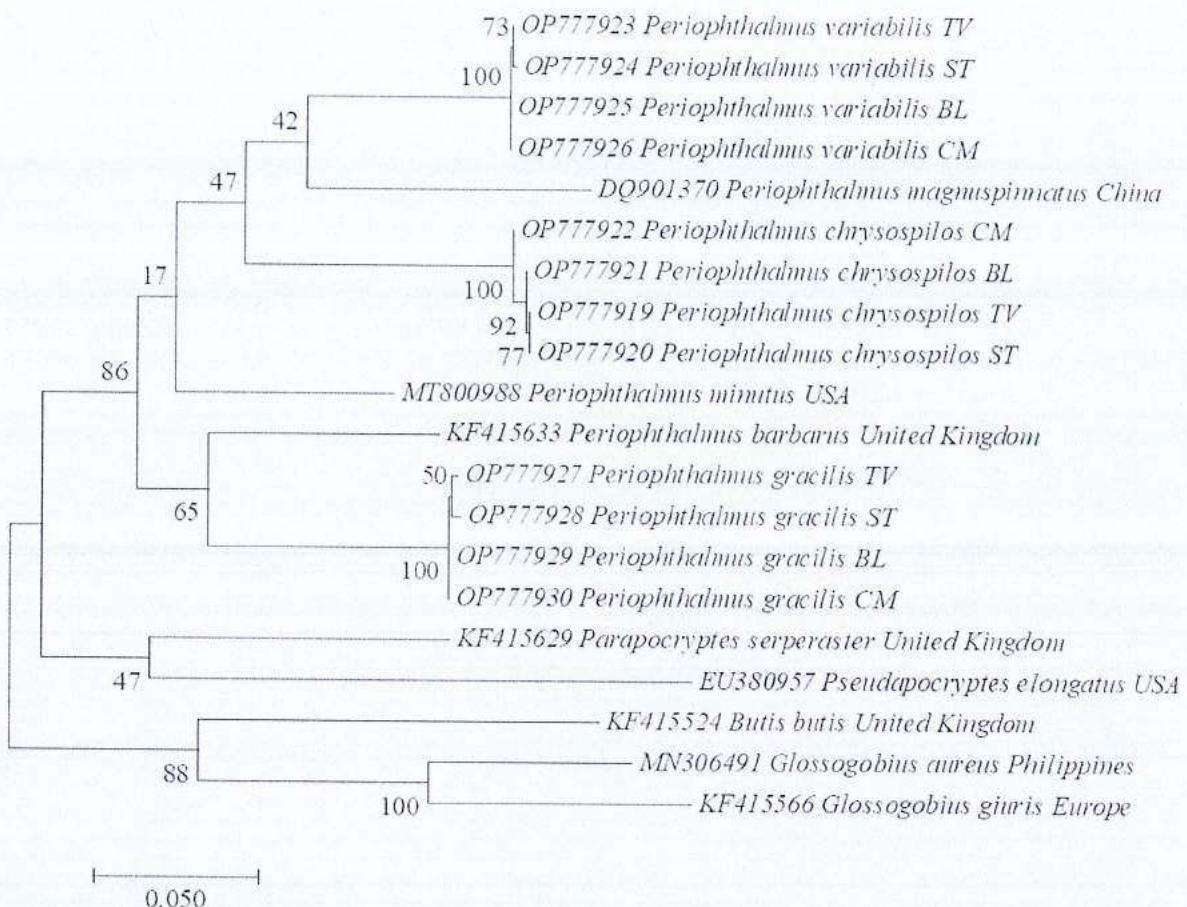
Loài	Điểm thu mẫu	Mã truy cập được cấp	
		COI	Cytb
<i>Ps. chrysospilos</i>	Duyên Hải, Trà Vinh	OP764034	OP777919
	Trần Đề, Sóc Trăng	OP764035	OP777920
	Đông Hải, Bạc Liêu	OP764036	OP777921
	Đầm Dơi, Cà Mau	OP764037	OP777922
<i>Ps. variabilis</i>	Duyên Hải, Trà Vinh	OP764038	OP777923
	Trần Đề, Sóc Trăng	OP764039	OP777924
	Đông Hải, Bạc Liêu	OP764040	OP777925
	Đầm Dơi, Cà Mau	OP764041	OP777926
<i>Ps. gracilis</i>	Duyên Hải, Trà Vinh	OP764042	OP777927
	Trần Đề, Sóc Trăng	OP764043	OP777928
	Đông Hải, Bạc Liêu	OP764044	OP777929
	Đầm Dơi, Cà Mau	OP764045	OP777930

- Mối quan hệ di truyền vùng gen COI và Cytb giữa các loài *Periophthalmus* spp. được thể hiện trong Hình 3 và 4.



Hình 3. Cây quan hệ di truyền gen *COI* của các loài thuộc giống *Periophthalmus*

(Cây quan hệ di truyền được suy ra từ phương pháp Maximum Likelihood dựa trên mô hình Kimura 2-parameter, với giá trị bootstrap 1000 lần. Giá trị phần trăm bootstrap được thể hiện ở gốc (độ tin cậy cao >85%, độ tin cậy trung bình từ 65-85%, độ tin cậy thấp <65%). Chiều dài nhánh tương ứng với số lượng trung bình các nucleotide thay thế trên mỗi vị trí. Thuốc tý lệ cho thấy sự thay thế trên mỗi vị trí. TV: Duyên Hải (Trà Vinh), ST: Trần Đề (Sóc Trăng), BL: Đông Hải (Bạc Liêu) và CM: Đàm Dơi (Cà Mau))



Hình 4. Cây quan hệ di truyền gen *Cytb* của các loài thuộc giống *Periophthalmus*

(Cây quan hệ di truyền được suy ra từ phương pháp Maximum Likelihood dựa trên mô hình Kimura 2-parameter, với giá trị bootstrap 1000 lần. Giá trị phần trăm bootstrap được thể hiện ở gốc (độ tin cậy cao >85%, độ tin cậy trung bình từ 65-85%, độ tin cậy thấp <65%). Chiều dài nhánh tương ứng với số lượng trung bình các nucleotide thay thế trên mỗi vị trí. Thước tỷ lệ cho thấy sự thay thế trên mỗi vị trí. TV: Duyên Hải (Trà Vinh), ST: Trần Đề (Sóc Trăng), BL: Đông Hải (Bạc Liêu) và CM: Đàm Đoi (Cà Mau))

- Cả hai cây quan hệ di truyền gen COI và Cytb của các loài *Periophthalmus* đều cho thấy ba loài *Ps. chrysospilos*, *Ps. variabilis* và *Ps. gracilis* phân thành ba nhóm riêng tương ứng từng loài với độ tin cậy cao (giá trị bootstrap của các nhánh đạt 100%). Kết quả này cho thấy hiệu quả và độ tin cậy của gen COI và Cytb trong phân loại các loài *Periophthalmus*. Hơn nữa, về mặt hình thái, việc nhận biết và phân loại ba loài cá thời lòi khá dễ dàng dựa trên sự hiện diện của các đốm màu cam trên bề mặt cơ thể ở *Ps. chrysospilos*, đốm đen ở *Ps. variabilis* và vạch trắng ở *Ps. gracilis* (Tran et al., 2013). Các đối chứng ngoài nhóm tách thành các nhánh riêng đã cùng có độ tin cậy của cây quan hệ di truyền trong nghiên cứu này.

5. Thay đổi so với thuyết minh ban đầu

(Về mục tiêu, nội dung, phương pháp, kết quả nghiên cứu và tổ chức thực hiện; Nguyên nhân)

Không.

PHẦN III. KẾT QUẢ CÔNG BỐ VÀ ĐÀO TẠO

1. Kết quả công bố

STT	Công trình khoa học	ISSN/ ISBN	DOI	Tình trạng (Đã in/chấp nhận đăng)
1	Công trình công bố quốc tế trên tạp chí thuộc danh mục ISI			
1.1	Foraging ecology of the amphibious mudskipper <i>Periophthalmus chrysospilos</i> (Gobiiformes: Gobiidae)	2167-8359	10.7717/peerj. 12582	Đã in
1.2	Population biological traits of <i>Periophthalmus chrysospilos</i> Bleeker, 1853 in the Vietnamese Mekong Delta	2167-8359	10.7717/peerj. 13289	Đã in
1.3	Factors regulating growth pattern and condition factor of an amphibious fish <i>Periophthalmus gracilis</i> living in the Mekong Delta	2167-8359	10.7717/peerj .13060	Đã in
1.4	Spatiotemporal variations in lengthweight relationship, growth pattern and condition factor of <i>Periophthalmus variabilis</i> Eggert, 1935 in Vietnamese Mekong Delta	2167-8359	dx.doi.org/10. 7717/peerj.127 98	Đã in
1.5	Burrow behaviour, structure and utilization of the amphibious mudskipper <i>Periophthalmus chrysospilos</i> Bleeker, 1853 in the Mekong Delta	1319-562X	10.1016/j.sjbs .2022.103525	Đã in
1.6	Reproduction ecology of an emerging fishery resource, the amphibious mudskipper <i>Periophthalmus chrysospilos</i> , in the Mekong Delta	2045-7758	10.1002/ece3.8 507	Đã in
2	Công trình công bố quốc tế trên tạp chí không thuộc ISI			
2.1	Morphometrics, growth pattern and condition factor of <i>Periophthalmus chrysospilos</i> Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta	1687-4285	10.1016/j.ejar .2021.10.009	Đã in
2.2	Gastrointestinal morphology and feeding intensity of <i>Periophthalmus gracilis</i> caught from some coastal	2629-9968	Accepted	Bản thảo đã được đồng ý đăng.

	provinces in the Mekong Delta, Vietnam			
2.3	Feeding habit and intensity of <i>Periophthalmus variabilis</i> caught from some coastal provinces in the Mekong Delta, Vietnam	2629-9968	Accepted	Bản thảo đã được đồng ý đăng.
3	Công trình công bố trên tạp chí khoa học chuyên ngành trong nước			
3.1	Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển hình thái của cá thòi lòi vạch <i>Periophthalmus gracilis</i> Eggert, 1935	1859-2333	10.22144/ctu.j si.2021.037	Đã in
3.2	Đặc điểm ống tiêu hóa và hệ số Clark của cá thòi lòi chấm đen <i>Periophthalmus variabilis</i> phân bố ở một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long	1859-4581	http://tapchikhoahocnongnghiep.vn/Pages/chuyen-de-nguon-loi-thuy-san-viet-nam-da-dan-g-sinh-hoc-nuo-i-trong-va--.asp	Đã in (Bài báo được đăng trên số đặc biệt của tạp chí Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn của Hội thảo Nguồn lợi thủy sản Việt Nam: Đa dạng sinh học, nuôi trồng và phát triển bền vững. Hội thảo được tổ chức bởi Trường Đại học Vinh, năm 2021).
3.3	Sự biến động một số thông số hình thái của <i>Periophthalmus chrysospilos</i> phân bố ở ven biển Đồng bằng sông Cửu Long	2615-9317	10.25073/2588-1140/vnunst.52 45	Đã in
4	Báo cáo khoa học đăng ký yếu hội nghị quốc tế			
4.1	Examining morphological measurement relationships to differentiate between sexes in slender mudskipper <i>Periophthalmus gracilis</i> (Eggert, 1935)	N/A	N/A	Đã nộp cho Hội thảo "International Conference on Marine Sustainable Development

				and Innovation - MSDI 2023". Đang chờ kết quả phản biện để in trên IOP Proceeding của Hội thảo.
7	Bằng sáng chế			
7.1	Sự dao động của chỉ tiêu đo trong phân loại của Periophthalmus chrysospilos phân bố Từ Trà Vinh đến Cà Mau	1859-2171	10.34238/tnu-j st.6320	Chấp nhận đăng bởi tạp chí TNU Journal of Science and Technology

Tổng hợp kết quả công bố ISI

- Số bài báo đề tài đăng ký: 3
- Số bài báo ISI đề tài đã được công bố/ chấp nhận công bố: 6

Ghi chú:

- Gửi kèm file toàn văn bản công bố trên tạp chí, hội nghị; sách chuyên khảo.
- Cột công trình khoa học:
 - Liệt kê các bài báo đăng trên tạp chí theo thứ tự <ten tác giả, tên công trình, tên tạp chí/nhà xuất bản, số phát hành, năm phát hành, trang đăng công trình, mã công trình đăng tạp chí/ sách chuyên khảo (DOI), loại tạp chí ISI (SCI/SCIE)>
 - Liệt kê các bài báo đăng tại hội nghị theo thứ tự <ten tác giả, tên công trình, tên hội nghị, địa điểm tổ chức, năm phát hành, trang đăng công trình>

2. Kết quả đào tạo

STT	Họ và tên	Thời gian tham gia đề tài (số tháng)	Công trình công bố
Học viên cao học			
2.1	Lê Trung Hiếu	12	Sự biến động một số thông số hình thái của Periophthalmus chrysospilos phân bố ở ven biển Đồng bằng sông Cửu Long
2.2	Châu Sĩ Liêm	12	Sự dao động của chỉ tiêu đo trong phân loại của Periophthalmus chrysospilos phân bố Từ Trà Vinh đến Cà Mau

Ghi chú:

- Gửi kèm bản photo trang bìa luận án/ luận văn và bảng hoặc giấy chứng nhận nghiên cứu sinh/ thạc sỹ nếu học viên đã bảo vệ thành công luận án/ luận văn;
- Cột công trình công bố ghi như mục III.1.

PHẦN IV. TÌNH HÌNH SỬ DỤNG KINH PHÍ

(Chi tiết sử dụng kinh phí theo phụ lục 1)

STT	Nội dung chi	Kinh phí được duyệt (triệu đồng)	Kinh phí thực hiện (triệu đồng)	Ghi chú
A	<i>Chi phí trực tiếp</i>			
1	Nhân công lao động khoa học	650	650	
2	Nguyên, nhiên vật liệu	140	140	
3	Thiết bị, dụng cụ	0	0	
4	Đi lại, công tác phí	208.8	208.8	
5	Dịch vụ thuê ngoài	28.6	28.6	
6	Chi phí trực tiếp khác	6.2	6.2	
B	<i>Chi phí gián tiếp</i>			
1	Chi phí quản lý của tổ chức chủ trì	54.4	54.4	
	Tổng số :	1088	1088	

PHẦN IV. KIẾN NGHỊ

(Về phát triển các kết quả nghiên cứu của đề tài; về quản lý, tổ chức thực hiện ở các cấp)

Kiến nghị nghiệm thu và được nhận kinh phí đợt cuối.

Tổ chức chủ trì đề tài
(Thủ trưởng đơn vị ký tên, đóng dấu)

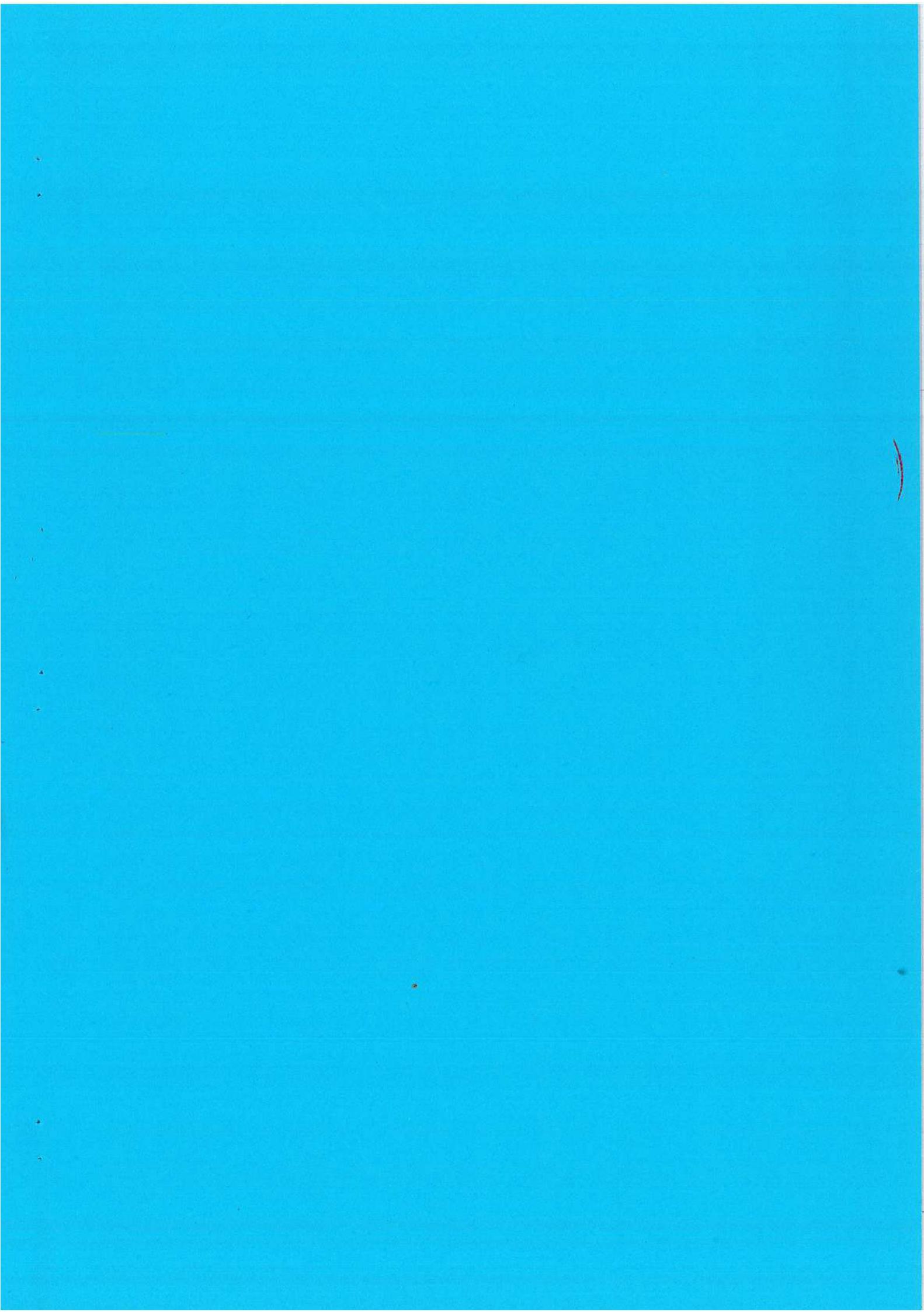


Hà Thanh Toàn

Hà Nội, ngày 16 tháng 03 năm 2023

Chủ nhiệm đề tài
(Họ tên, chữ ký)

Đinh Minh Quang



JOURNAL FACTSHEET

PeerJ
Life & Environment

The Journal of Life and Environmental Sciences

The peer-reviewed & Open Access journal publishing primary research and reviews in biology, life sciences, environmental sciences, and medicine.

Reputation

Publishing high-quality research

From the world's top institutions

Professional & experienced team

More than 125 years publishing experience

Industry-leading service

95% of authors recommend us

Institutional publishing

148 institutions signed up

Editors & Advisors

1,830 Editors and Advisors



Mina J. Bissell

Lawrence Berkeley Nat. Lab



John Gurdon

University of Cambridge



Dorothy Bishop

University of Oxford



Mario R. Capecchi

University of Utah

Audience

Widely read and cited

500,000 monthly views*,
56,000 content alert subscribers

Regular press coverage

In top outlets across US, EU & world

Comprehensively indexed

Web of Science, MEDLINE, JCR,
PubMed, Scopus, Google Scholar, ++

Publishing Made Easy

Relaxed reference formatting

Clarity is the only requirement

Press release & sharing tools

Maximize readership of your work

Great looking articles

Fully typeset article proofs

Straightforward submission

Easy to use, fast and loved by
authors

Peer review

Robust, Developmental review

1 editor, 2+ reviewers

Excellent review quality

Above average quality and depth

Signed reviews (optional)

Opt-in to fair and transparent science

Years publishing	9
Subjects	228
Articles published	13,579
Monthly views	500,000*
Publication speed	30 days†
Impact Factor	3.06
Scimago Ranking	0.766
SNIP	1.074
Citescore	4.7

* All journals

† Median days to 1st decision

Search



• All

• Research articles



811 RESULTS

Research

January 5th, 2022

Effectiveness of antifungal treatments during chytridiomycosis epizootics in populations of an endangered frog

2 citations ◀ 248 downloads ◀ 1703 pageviews

The recently-emerged amphibian chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) has had an unprecedented impact on global amphibian populations, and highlights the urgent need to develop effective mitigation strategies. We conducted in-situ antifungal treatm...

conservation-biology ecology mycology zoology

Editor: Patrick Bergeron

doi: 10.7717/peerj.12712

PeerJ

freshwater-biology

Research

December 24th, 2021

Molecular genetic diversity of seaweeds morphologically related to *Ulva rigida* at three sites along the French Atlantic coast

178 downloads ◀ 1388 pageviews

[biodiversity](#) [ecology](#) [marine-biology](#)[molecular-biology](#) [taxonomy](#)Editor: [Mark Costello](#)doi: [10.7717/peerj.11966](https://doi.org/10.7717/peerj.11966)*PeerJ*

Research

December 24th, 2021

[Linking individual and population patterns of rocky-shore mussels](#)

3 citations ◀ 185 downloads ◀ 1296 pageviews

Individual traits and population parameters can be used as proxies of processes taking place within a range of scales, thus improving the way we can evaluate species response to environmental variability. In intertidal rocky shores, patterns at the within-site...

[conservation-biology](#) [ecology](#) [marine-biology](#)[zoology](#) [population-biology](#)Editor: [Isabel Sousa Pinto](#)doi: [10.7717/peerj.12550](https://doi.org/10.7717/peerj.12550)*PeerJ*

Research

biogeography of *Melonanchora* Carter, 1874 and two new related genera (Myxillidae: Poecilosclerida) from the Okhotsk Sea

1 citation ◀ 157 downloads ◀ 1165 pageviews

Sponges are amongst the most difficult benthic taxa to properly identify, which has led to a prevalence of cryptic species in several sponge genera, especially in those with simple skeletons. This is particularly true for sponges living in remote or hardly acc...

biodiversity marine-biology taxonomy zoology

Editor: Alexander Ereskovsky

doi: 10.7717/peerj.12515

PeerJ

Research

December 21st, 2021

Interpopulational differences in the nutritional condition of *Aequiyoldia eightsii* (Protobranchia: Nuculanidae) from the Western Antarctic Peninsula during austral summer

76 downloads ◀ 1076 pageviews

The Western Antarctic Peninsula (WAP) is a hotspot for environmental change and has a strong environmental gradient from North to South. Here, for the first time we used adult individuals of the bivalve *Aequiyoldia eightsii* to evaluate large-scale spatial vari...

ecology marine-biology zoology population-biology

Editor: Blanca Figuerola

doi: 10.7717/peerj.12679

PeerJ

Research

December 20th, 2021

Light intensity drives different growth strategies in two duckweed species: *Lemna minor* L. and *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleiden

reproduce vegetatively by relatively rapid multiplication of their fronds...

ecology plant-science freshwater-biology

Editor: Piotr Dąbrowski

doi: 10.7717/peerj.12698

PeerJ

Research

December 17th, 2021

Methodological recommendations for assessing scleractinian and octocoral recruitment to settlement tiles

1 citation ◀ 170 downloads ◀ 1728 pageviews

Quantifying recruitment of corals is important for evaluating their capacity to recover after disturbances through natural processes, yet measuring recruitment rates *in situ* is challenging due to the minute size of the study organism and the complexity of bent...

ecology marine-biology zoology

Editor: James Reimer

doi: 10.7717/peerj.12549

PeerJ

Research

December 15th, 2021

Marine soundscape and fish biophony of a Mediterranean marine protected area

2 citations ◀ 275 downloads ◀ 1658 pageviews

Background Marine soundscape is the aggregation of sound sources known as geophony, biophony, and anthrophony. The soundscape analysis, in terms of collection and analysis of acoustic signals, has been proposed as a tool to evaluate the specific features of ec...

Research

December 15th, 2021

Variation in global distribution, population structures, and demographic history for four *Trichiurus* cutlassfishes

5 citations ◀ 167 downloads ◀ 1283 pageviews

Background Species-specific information on distribution and demographic patterns provides important implications for conservation and fisheries management. However, such information is often lacking for morphologically-similar species, which may lead to biases...

aquaculture-fisheries-and-fish-science biodiversity
biogeography evolutionary-studies marine-biology

Editor: Robert Toonen
doi: 10.7717/peerj.12639
PeerJ

Research

December 9th, 2021

The carbon and nitrogen budget of *Desmophyllum dianthus*—a voracious cold-water coral thriving in an acidified Patagonian fjord

2 citations ◀ 177 downloads ◀ 1401 pageviews

In the North Patagonian fjord region, the cold-water coral (CWC) *Desmophyllum dianthus* occurs in high densities, in spite of low pH and aragonite saturation. If and how these conditions affect the energy demand of the corals is so far unknown. In a laboratory ...

ecology marine-biology zoology
aquatic-and-marine-chemistry biogeochemistry

Editor: Erik Cordes
doi: 10.7717/peerj.12609
PeerJ

December 7th, 2021

The determination of thiocyanate in the blood plasma and holding water of *Amphiprion clarkii* after exposure to cyanide

89 downloads ◀ 1567 pageviews

The illegal practice of cyanide fishing continues throughout the Indo-Pacific. To combat this destructive fishing method, a reliable test to detect whether a fish has been captured using cyanide (CN) is needed. We report on the toxicokinetics of acute, pulsed ...

aquaculture-fisheries-and-fish-science marine-biology
toxicology aquatic-and-marine-chemistry
environmental-contamination-and-remediation

Editor: Joseph Pawlik
doi: 10.7717/peerj.12409
PeerJ

Research

December 7th, 2021

Macrobenthic community responses to multiple environmental stressors in a subtropical estuary

238 downloads ◀ 977 pageviews

We assessed how multi- and univariate models reflect marine environmental health based on macrobenthic community responses to three environmental stressor categories: hydrodynamics, organic enrichment and metal contamination. We then compared the models with t...

ecology marine-biology zoology
aquatic-and-marine-chemistry environmental-impacts

Editor: Julian Blasco
doi: 10.7717/peerj.12427
PeerJ

Research

December 7th, 2021

1 citation ◀ 111 downloads ◀ 1102 pageviews

Background Invasive gibel carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) has become well-established in the Hungarian waters and now are spreading in the European waters. On major concern now is the potential hybridization between gibel carp and the other invasive spec...

aquaculture-fisheries-and-fish-science biodiversity
ecology genetics freshwater-biology

Editor: Charles Okpala
doi: 10.7717/peerj.12441
PeerJ

Research

December 7th, 2021

Foraging ecology of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos* (Gobiiformes: Gobiidae)

4 citations ◀ 122 downloads ◀ 904 pageviews

The food composition and feeding ecology of fishes living in the intertidal zone play an essential role in understanding the energetic connectivity between terrestrial and aquatic systems.

Periophthalmus chrysospilos is an amphibious fish species occurring in ...

aquaculture-fisheries-and-fish-science ecology zoology
freshwater-biology

Editor: Khor Waiho
doi: 10.7717/peerj.12582
PeerJ

Research

December 3rd, 2021

Detecting genes associated with antimicrobial resistance and pathogen virulence in three New Zealand rivers

1 citation ◀ 95 downloads ◀ 1434 pageviews

The emergence of clinically significant antimicrobial resistance (AMR) in bacteria is frequently attributed to the use of antimicrobials in humans and livestock and is often found concurrently with

Foraging ecology of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos* (Gobiiformes: Gobiidae)

Quang Minh Dinh¹, Ton Huu Duc Nguyen¹, Tran Thi Huyen Lam^{2,3}, Tien Thi Kieu Nguyen⁴, Giang Van Tran⁵ and Zeehan Jaafar⁶

¹ Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

² Department of Molecular Biotechnology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

³ Department of Pharmacy, Cuu Long University, Vinh Long, Vietnam

⁴ Department of Biology, An Khanh High School, Can Tho, Vietnam

⁵ Department of Zoology, Faculty of Biology, Hue University of Education, Thu Thien Hue, Vietnam

⁶ Department of Biological Sciences, National University of Singapore, Singapore

ABSTRACT

The food composition and feeding ecology of fishes living in the intertidal zone play an essential role in understanding the energetic connectivity between terrestrial and aquatic systems. *Periophthalmus chrysospilos* is an amphibious fish species occurring in the intertidal zone, but data on its diet and foraging ecology is still poorly known. This study on *Ps. chrysospilos* was carried out from April 2020 to March 2021 at four sites within the Mekong Delta estuary to define the influence of spatio-temporal factors on the diet of this species. The diet composition and relative gut lengths (RGLs) of *Ps. chrysospilos* were analysed in relation to four parameters—sex, size, site, and season. A total of 1,031 individuals were collected, and their digestive tract lengths were used to calculate the RGL. The digestive tracts of only 546 individuals were with food items (approximately 1:1 of empty vs full digestive tract) and were subsequently used for further analyses. The ranges in total length and weight in both adult and juvenile individuals were 3.4–10.6 cm and 0.38–14.13 g, respectively.

The RGL values varied with season, fish size and site, but was always lower than 1, indicating a predominantly carnivorous diet. The variability of food items found within the digestive tracts demonstrated its adaptability in pursuing prey items within the limits of the littoral zone, and its importance as a conduit of terrestrial-marine connectivity. This species is characterised as an opportunistic mesopredator feeding primarily on *Acetes* spp., *Uca* spp., *Dolichoderus* sp., and rarely on Polychaeta and Actinopterygii. Other items found within the digestive tract are Mollusca, and detritus. The diet composition of *Ps. chrysospilos* did not vary with season and size, but changed with sex and site parameters. *Uca* spp. contributed to the sexual variation in dietary component, whereas Mollusca, *Uca* spp., *Dolichoderus* sp. and detritus, were drivers for spatial variation in the dietary component. The research provides fundamental information on diet composition and feeding strategy, as well as contributes towards knowledge on foraging ecology and resource use by intertidal animal communities.

Submitted 24 August 2021
Accepted 11 November 2021
Published 7 December 2021

Corresponding author

Quang Minh Dinh,
dmquang@ctu.edu.vn

Academic editor

Khor Waiho

Additional Information and
Declarations can be found on
page 13

DOI 10.7717/peerj.12582

© Copyright
2021 Dinh et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Subjects Aquaculture, Fisheries and Fish Science, Ecology, Zoology, Freshwater Biology
Keywords Carnivorous, Specific feeder, Food composition, Mudskipper

INTRODUCTION

Fishes, occupying all trophic levels within aquatic environments, are integral components to elucidate aquatic trophic ecology ([Wootton, 1996](#); [Blaber, 2000](#)). In intertidal systems where terrestrial elements factor significantly in trophic ecology, studies traditionally focus on the impact of the environment on the foraging strategy of fishes ([Ravi, 2013](#); [Tran, Hoang & Dinh, 2019](#); [Dinh et al., 2020b](#)). During the ebb tide, the landscape of intertidal areas changes drastically. Mudskippers are some of the few fishes that have adapted to aerial exposure, and remain on these exposed littoral areas where they actively forage ([Murdy & Jaafar, 2017](#)). There are forty-three species of mudskippers, with varying sensitivities to aerial exposure and foraging behaviour ([Jaafar & Murdy, 2017](#)). Some species, such as those from the genus *Boleophthalmus*, are less tolerant to desiccation, stay close to the waterline, and graze the substrate surface for diatoms ([Ravi, 2013](#); [Dinh, 2015](#)). Others, such as species of *Periophthalmodon*, are carnivorous and are known to traverse upriver to areas unaffected by tidal cycles ([Dinh, 2018a, 2018b](#); [Dinh, Tran & Nguyen, 2018](#); [Dinh et al., 2020b](#)).

Of the ten genera of mudskippers, the genus *Periophthalmus* is most speciose with 19 species and considered to be most tolerant to aerial exposure ([Jaafar & Murdy, 2017](#); [Dinh et al., 2021a](#)). These fishes are extremely active during the ebb tide. Individuals are observed to forage throughout the mangrove zones, defend their territories, pursue mates, and maintain burrows; the latter oft in pairs ([Polgar & Crosa, 2009](#); [Murdy & Jaafar, 2017](#)). *Periophthalmus* ('Ps.' hereafter) species are omnivorous and opportunistic foragers, and these are reflected in their morphology. Their teeth are typically caniniform, thick basally and recurved at the tips ([Sponder & Lauder, 1981](#)), while their gill rakers are short, knob-like projections that are widely separated ([Mazlan, Masitah & Mahani, 2006](#)). However, plant material is often found in the digestive tracts although there is still no consensus on its role in their diet. Some studies for example, report it as a principal diet component ([Bob-Manuel, 2011](#); [Udoh et al., 2013](#)), while others consider it incidental intake ([Clayton, 2017](#)) or an alternate food source during winter months ([Mhaisen & Al-Maliki, 1996](#)). Species of *Periophthalmus* are known to be visual ([Clayton, 1993](#); [Kutschera, Burghagen & Ewert, 2008](#)) and tactile hunters ([Colombini et al., 1996](#); [Somerfield, Gee & Aryuthaka, 1998](#)), possessing well-developed olfactory epithelia ([Kuciel, Źuwała & Jakubowski, 2011](#); [Kim, Yun & Park, 2019](#)) important receptors of olfactory cues during foraging bouts.

The prominence of these mesopredators within the intertidal zone, makes species of *Periophthalmus* excellent candidates to understand the energetic connectivity between terrestrial and aquatic systems. Yet, current information on the effects of spatio-temporal factors on the diet and foraging ecology of these fishes remain scarce ([Ravi, 2013](#); [Tran, Hoang & Dinh, 2019](#); [Dinh et al., 2020b](#)). We study the diet composition of an obligate intertidal species, *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker 1853 (Gobiidae: Oxudercinae).

Unlike all other species within this genus, *Ps. chrysosipilos* forage in small groups of 20–40 individuals along the ebbing waterline (Milward, 1974; Polgar & Crosa, 2009). Through the analyses of food items within digestive tracts, we aim to define the food composition and investigate if the diet of this species changes with size, sex, site, and season. Our study on the diet composition of this species contributes towards knowledge on foraging ecology and resource use by intertidal animal communities.

MATERIALS AND METHODS

Sampling sites

Specimens were collected from April 2020 to March 2021 at four locations along the Hau river estuary in Vietnam (Fig. 1): Duyen Hai-Tra Vinh (DHTV; 9°41'18.6"N 106°30'35.8"E), Tran De-Soc Trang (TDST; 9°29'26.8"N 106°11'58.5"E), Dong Hai-Bac Lieu (DHBL; 9°06'03.2"N 105°29'49.1"E); and Dam Doi-Ca Mau (DDCM; 8°58'17.5"N 105°22'51.8"E). There is little fluctuation in temperature at the sites between wet (June–December) and dry (January–May) seasons; the temperature remains at approximately 27 °C. Conversely, precipitation measures varied significantly—a monthly average of 20 mm in the dry season and 400 mm in the wet season (Le et al., 2006). The pH was 7.6–7.9 and varied with sites but not seasons, whereas the salinity was 12.3–23.5% and varied with season but not site (Dinh et al., 2021b).

Vegetation typical at these sites include *Acanthus ebracteatus* Vahl., *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh., *Bruguiera gymnorhiza* (L.), *Nypa fruticans* Wurmb., Savigny *Sonneratia caseolaris* (L.) A. Engl., and *Rhizophora apiculata* Blume. The dominant plant species at DHTV, TDST and DHBL were *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Savigny., respectively. At DDCM, *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Savigny. were equally dominant (Dinh et al., 2021b).

Sample collection

Fishes were randomly collected ~4 hours during the ebb tide by hand in an area of 120 square metres (6 m × 15 m) on the mudflat at night for five consecutive days per month. Fishes were identified following Murdy & Jaafar (2017) and sexed. The genital papillae of females are bulbous, pinkish, and equally broad at the base and tip, whereas those for males are slender and whitish, broad at the base and tapers towards the tip (Dinh et al., 2020a). Fishes captured were immediately euthanised in a solution of tricaine methanesulfonate (MS222) before being transferred into a solution of 5% buffered formalin and transported to the laboratory. In the laboratory, specimens were soaked in water for 2 hours before analyses. The total length (TL, nearest to 0.1 cm) and weight (W, nearest to 0.01 g) of each specimen was recorded before dissection and analyses of content of the digestive tract. The length at first maturity (L_m) was used to divide the fishes into two groups: immature group if $TL < L_m$ and mature group if $TL \geq L_m$. Individual of females and males from DHTV with total lengths of 7.3 cm and 6.9 cm or below were considered immature. L_m values of females and males from TDST were 6.4 cm and 6.6 cm; 7.0 cm and 6.2 cm from DHBL; and 6.8 cm and 8.6 cm from DDCM (Q. M. Dinh, 2021, Unpublished data).

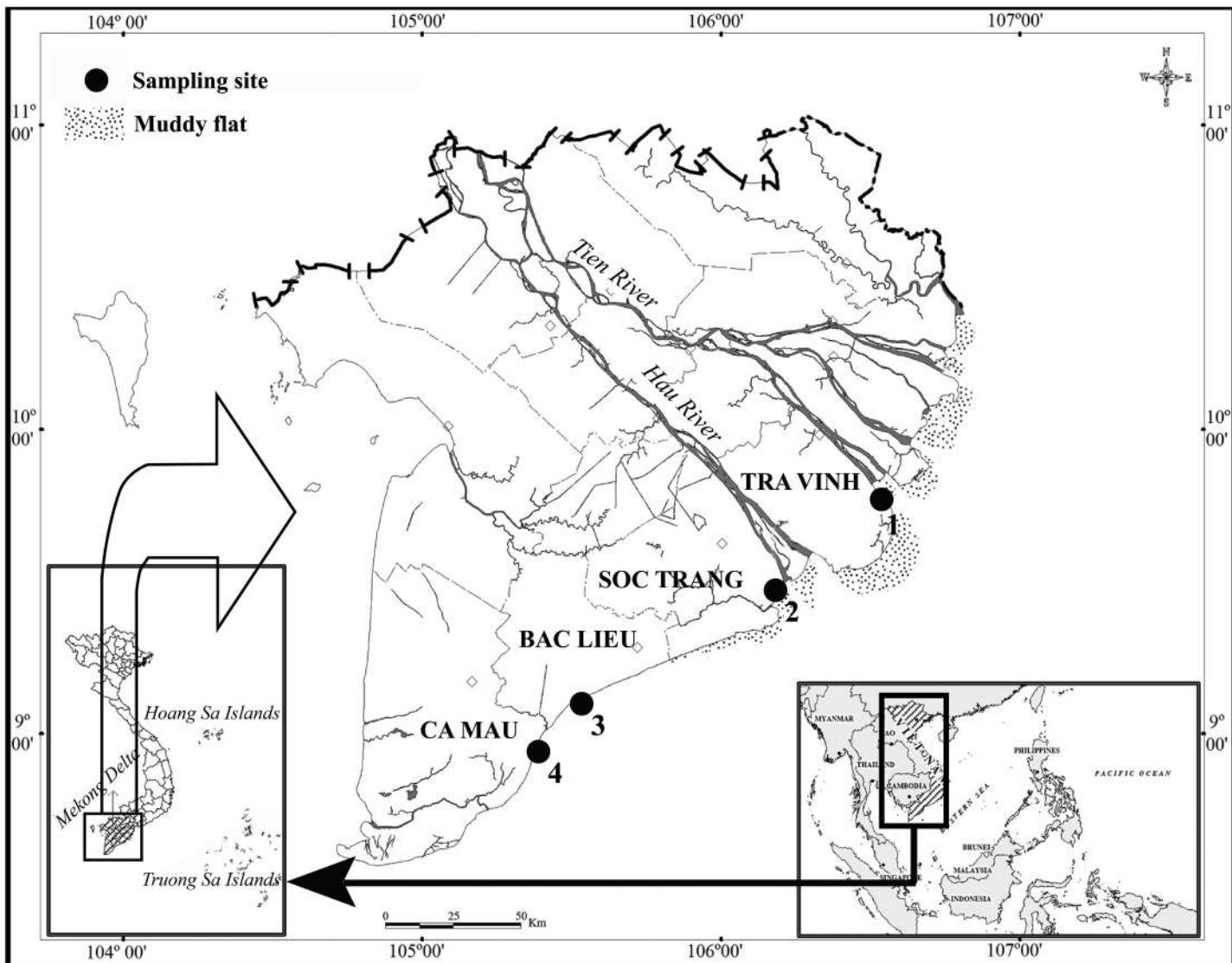


Figure 1 Four sites of this study indicated within the map in the Mekong Delta. Source credit: Dinh (2017) © John Wiley and Sons.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.12582/fig-1

The use of fishes in the present study was assessed and approved by The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University (Animal Welfare Assessment number: BQ2020-03/KSP). Altogether, 1,031 specimens were used for RGL and 546 specimens for diet composition analyses.

Relative gut length

The digestive tract of each specimen was carefully removed and measured (nearest 0.1 cm) to obtain the relative gut length (RGL = total length of the gut/the total length of fish). The association of the length of digestive tract to the length of the fish has been used as an indicator for feeding guild (see [Al-Hussaini \(1947\)](#), [Kapoor, Smit & Verighina \(1976\)](#), [Drewe et al. \(2004\)](#)). Typically, RGL value greater than 3 signifies that the species is

herbivorous, RGL value between 1 and 3 signifies omnivorous fishes, and RGL value below 1 signifies carnivorous fishes.

Diet composition

Contents of each digestive tract were analysed under the stereomicroscope (Motic DM-143-FBGG) and identified to the lowest possible taxonomic level following [Dill \(2002\)](#) and [Nguyen et al. \(2013\)](#). The occurrence of each food item was calculated by the following equation: $\%O_i = 100 \times O_i/N$ ([Hynes, 1950](#)), where O_i is the number of fishes consuming prey i and N is the total number of fishes examined. The weight of each food item was calculated by the following equation: $\%W_i = 100 \times W_i/W_{total}$ ([Hyslop, 1980](#)), where, W_i is weight of prey i , W_{total} is total weight of all prey individuals. Biovolume of prey was calculated by the following equation: $\%V_i = (100 \times O_i \times W_i)/\Sigma(O_i \times W_i)$, where V_i , O_i and W_i are the percentage of biovolume, occurrence and weight of prey i respectively. The diet composition was analysed against sex, size, site, and season to understand the interactions of these parameters to food acquisition ([Natarajan & Jhingran, 1961](#); [Hyslop, 1980](#); [Clayton, 2017](#); [Dinh et al., 2020b](#)).

The modified graphical method of [Costello \(1990\)](#) was used to visualise the diet composition of *Ps. chrysospilos* ([Amundsen, Gabler & Stalder, 1996](#)). Diet components that are highly abundant and essential appear at the upper right quadrant of the graph, while less abundant but essential components appear at the lower right quadrant of the graph; less essential components that are abundant or scarce appear on the left upper and lower quadrants respectively ([Adámek, Andreji & Gallardo, 2007](#)).

Data analyses

PRIMER v.6.1.11 ([Clarke & Gorley, 2006](#)) with PERMANOVA+ v.1.0.1 add-on package ([Anderson, Gorley & Clarke, 2008](#)) was used to test if variation in diet can be attributed to the sex and size of the fish, or to site and season of catch ([Baeck, Yoon & Park, 2013](#)). If variations were detected, nonparametric tests would be applied to identify the driver for the differences ([Dinh et al., 2017](#)). The Mann-Whitney U test was used to test for changes in diet composition between factor pairs: sex (male and female individuals); size (immature and mature were determined basing on the L_m value as mentioned in the section on fish collection); and season (dry and wet). If diet composition varied for more than two factors, the Kruskal-Wallis H test was applied to identify the component driver.

T-test was applied to test the variations of RGL between fish sex, sizes, and season. One-way ANOVA was used to test the variation of RGL between sites. The effect of interactions between factors such as: gender \times size; gender \times season; gender \times site; size \times season; size \times site; season \times site; gender \times size \times season; gender \times size \times site; gender \times season \times site; size \times season \times site; and gender \times size \times season \times site on RGL were quantified using General Linear Model. The significant level was $p < 0.05$ in all tests. To decrease the likelihood of Type I error of all test, the Benjamini-Hochberg procedure was applied ([Benjamini & Hochberg, 1995](#); [McDonald, 2014](#)).

Table 1 Distribution of *P. chrysospilos* specimens.

Year	Month	Duyen Hai, Tra Vinh				Tran De, Soc Trang				Dong Hai, Bac Lieu				Dam Doi, Ca Mau			
		Total specimens		Empty DT		Total specimens		Empty DT		Total specimens		Empty DT		Total specimens		Empty DT	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
2020	April	20	8	8	3	6	14	1	6	9	21	6	13	7	8	4	6
2020	May	10	7	4	2	12	12	6	5	12	8	5	4	11	6	5	4
2020	June	7	17	3	0	5	28	2	9	17	17	6	8	13	12	12	11
2020	July	14	7	6	2	19	9	4	4	12	18	10	13	16	15	7	10
2020	August	7	14	2	5	5	5	2	1	17	11	4	3	15	6	8	3
2020	September	13	6	6	2	13	4	6	4	26	16	22	12	11	9	3	1
2020	October	3	14	2	2	11	9	5	2	7	9	6	6	6	5	3	1
2020	November	6	11	3	2	13	7	7	3	14	5	8	3	11	6	4	3
2020	December	7	12	6	8	8	15	5	8	8	16	3	7	10	6	3	0
2021	January	9	9	7	6	10	16	4	7	5	15	2	2	11	6	2	1
2021	February	11	6	10	6	9	12	2	2	12	8	3	5	11	5	5	3
2021	March	13	8	8	4	9	9	6	6	7	13	7	6	15	8	5	3
Total Specimens		120	119	65	42	120	140	50	57	146	157	82	82	137	92	61	46

RESULTS

A total of 1,031 *Ps. chrysospilos* specimens were captured from four sites (508 females and 523 males) over a span of 1 year, from April 2020 to March 2021,. The highest quantity of fishes was collected from Dong Hai, Bac Lieu (303) while the lowest was from Dam Doi, Ca Mau (229). The number of *Ps. chrysospilos* recovered monthly from each site ranged from 10 to 42 fishes, including those with full and empty digestive tracts. The total length and weight of *Ps. chrysospilos* ranged 3.4–10.6 cm and 0.38–14.13 g, respectively. The most specimens of *Ps. chrysospilos*, at 116 individuals, was collected in July while the fewest specimens collected, at 64 specimens, was collected in October. Of these, the digestive tracts of 546 individuals were found with food, while the digestive tracts of the remaining 485 individuals were empty (see Table 1). Overall the ratio of fishes with empty vs full digestive tracts was approximating 1:1. Dong Hai, Bac Lieu was the site with the highest occurrence of individuals (164 individuals) with empty digestive tracts. The month with the least and most fishes with empty digestive tracts was July (56 individuals) and October (27 individuals) respectively.

Relative Gut Length (RGL)

The RGL values were significantly different between individuals of different sizes (t-test, $t = -5.39$, $n = 1.031$, $df = 1.029$, $p < 0.001$, $CI_{95\%} [-0.07 \text{ to } -0.03]$); mature individuals exhibited higher RGL values when compared to immature individuals (0.56 ± 0.006 and 0.51 ± 0.007), respectively, (see Table 2). However, the RGL values were not significantly different between males and females ($t = 0.45$, $n = 1.031$, $df = 1.029$, $p = 0.15$, $CI_{95\%} [-0.01 \text{ to } 0.02]$; see Table 2). When testing for temporal variations, RGL values were significantly different between seasons ($t = -12.90$, $n = 1.031$, $df = 1.029$, $p < 0.001$, $CI_{95\%}$

Table 2 The Relative Gut Length (RGL) values in *Periophthalmus chrysospilos*.

Category		Specimens	RGL (Mean ± SE)	t-test
Sex	Female	508	0.55 ± 0.006 ^a	$t = 0.45, p = 0.15$
	Male	523	0.54 ± 0.007 ^a	
Season	Dry	408	0.47 ± 0.006 ^a	$t = -12.90, p < 0.01$
	Wet	623	0.59 ± 0.006 ^b	
Size	Immature	377	0.51 ± 0.007 ^a	$t = -5.39, p < 0.01$
	Mature	654	0.56 ± 0.006 ^b	
Year, Month			RGL (Mean ± SE)	One way-ANOVA
	2020 April	93	0.47 ± 0.01 ^{abc}	$F = 28.22, p < 0.01$
	2020 May	78	0.45 ± 0.008 ^{ab}	
	2020 June	116	0.52 ± 0.012 ^{cd}	
	2020 July	110	0.61 ± 0.01 ^e	
	2020 August	80	0.65 ± 0.016 ^e	
	2020 September	98	0.61 ± 0.018 ^e	
	2020 October	64	0.64 ± 0.02 ^e	
	2020 November	73	0.63 ± 0.019 ^e	
	2020 December	82	0.50 ± 0.017 ^{bcd}	
	2021 January	81	0.44 ± 0.01 ^a	
	2021 February	74	0.48 ± 0.02 ^{abcd}	
Site	2021 March	82	0.54 ± 0.02 ^{de}	
	Duyen Hai, Tra Vinh	239	0.53 ± 0.009 ^a	$F = 3.52, p = 0.015$
	Tran De, Soc Trang	260	0.53 ± 0.01 ^a	
	Dong Hai, Bac Lieu	303	0.55 ± 0.009 ^{ab}	
	Dam Doi, Ca Mau	229	0.57 ± 0.009 ^b	

Note:

Different letters (a, b, c, d and e) showed variation of RGL in each category.

[−0.13 to −0.10]). The RGL value was higher in the wet season than the dry season (0.59 ± 0.01 and 0.47 ± 0.01 , respectively, see Table 2). During the study duration, RGL values were the highest from July to November 2020 (around 0.61 ± 0.01 – 0.65 ± 0.016), while the lowest value was observed in January 2021 (0.44 ± 0.01) (One-way ANOVA, $F_{2,11} = 28.22, p < 0.001$, Tukey Post Hoc comparison analysis) (Table 2). When testing for spatial variations, RGL values were found to be significantly different between sites. The RGL value at Dam Doi, Ca Mau was the highest ($0.57 \pm 0.009, F_{2,3} = 3.52, p = 0.015$), and the lowest was found in Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang (0.53 ± 0.01).

Although the RGL of *Ps. chrysospilos* varied ontogenetically, all values were $RGL < 1$, indicating that this species is primarily carnivorous (Al-Hussaini, 1947). The interaction between factors, as assessed using GLM, such as gender × size ($F_{2,1} = 1.48, p = 0.23$); gender × season ($F_{2,1} = 0.78, p = 0.38$); gender x site ($F_{2,1} = 0.92, p = 0.43$); size × season ($F_{2,1} = 0.24, p = 0.63$); size × site ($F_{2,1} = 1.39, p = 0.25$); gender × size × season ($F_{2,2} = 1.94, p = 0.16$); gen × size × site ($F_{2,2} = 2.31, p = 0.08$); gender × season × site ($F_{2,2} = 0.48, p = 0.70$); size × season × site ($F_{2,2} = 0.89, p = 0.45$); gender × size × season × site

Table 3 Recovered food items from digestive tracts (DT) of *Periophthalmus chrysospilos* by percentage occurrence, percentage weight, and percentage biovolume.

Food Item	% Biovolume	% Weight	% Occurrence
<i>Acetes</i> spp.	26.8	21.5	19.2
<i>Uca</i> spp.	21.6	24.3	13.7
<i>Dolichoderus</i> sp.	19.7	16.2	18.8
Detritus	11.2	6.6	26.0
Mollusca	16.7	18.6	13.8
Polychaeta	3.4	9.4	5.6
Actinopterygii	0.7	3.4	2.9

($F_{2,3} = 0.33, p = 0.81$), did not exhibit significant impact to the RGL with the exception of interaction season \times site ($F_{2,1} = 3.93, p = 0.008$).

Diet composition

Analyses of the digestive tracts of 546 individuals of *Ps. chrysospilos* revealed clear patterns of food preferences (see Table 3 and Fig. 2). The three most-dominant food items from the pooled data of all individuals were, in descending order of percentage biovolume—*Acetes* spp. (small shrimps, 26.8%), *Uca* spp. (fiddler crabs, 21.6%) and *Dolichoderus* sp. (ant, 19.7%). Other food items present, by percentage biovolume, were Mollusca (molluscs, 16.7%), Polychaeta (bristleworms, 3.4%) and Actinopterygii (ray-finned fishes, 0.7%). Although relatively high in biovolume (11.2%) and occurrence (26.0%), detritus was low in weight (6.6% of total weight).

The variation of occurrences, weight and biovolume of food items when compared to the sex and size of the fishes, as well as the site and season of catches, are illustrated in Table 4. The diet composition of *Ps. chrysospilos* did not vary under season and size parameters (PERMANOVA, $df = 1$, $Pseudo-F_{season} = 1.64, p = 0.16$; $df = 1$, $Pseudo-F_{fish\ size} = 0.54, p = 0.75$) but did vary under the sex and site parameters ($df = 1$, $Pseudo-F_{gender} = 3.86, p_{gender} = 0.003$; $df = 1$, $Pseudo-F_{sampling\ sites} = 3.80, p_{sampling\ sites} = 0.001$). The only diet component that drove the variance between males and females was ‘*Uca* spp.’ (Mann-Whitney U, $df = 1, U = -1.93, p = 0.05$), with females consuming more of these crabs than their male counterparts (see Fig. 3). The variation observed between sites were driven by five of the diet components: Mollusca, *Uca* spp., *Dolichoderus* sp. and detritus (Kruskal Wallis H test, $df = 3, \chi^2_{Mollusca} = 16.98, p_{Mollusca} = 0.001$; $df = 3, \chi^2_{Uca\ spp.} = 8.15, p_{Uca\ spp.} = 0.04$; $df = 3, \chi^2_{Dolichoderus} = 12.01, p_{Dolichoderus} = 0.007$; $df = 3, \chi^2_{detritus} = 65.17, p_{detritus} < 0.001$). The three other food items, *Acetes* spp., Polychaeta and Actinopterygii, were not significant contributors for the variation observed between sites ($df = 3, \chi^2_{Acetes} = 2.39, p_{Polychaeta} = 0.50$; $df = 3, \chi^2_{Polychaeta} = 7.51, p_{Polychaeta} = 0.06$; $df = 3, \chi^2_{Actinopterygii} = 3.63, p_{Polychaeta} = 0.30$).

Visualisations on the Costello graph (see Fig. 3) revealed *Acetes* spp. and *Uca* spp. to be the most significant prey items for *Ps. chrysospilos*, followed by *Dolichoderus* sp. and Mollusca with equal significance. Detritus, also high in occurrence, was not considered significant based on the position of this diet component within the lower right quadrant of

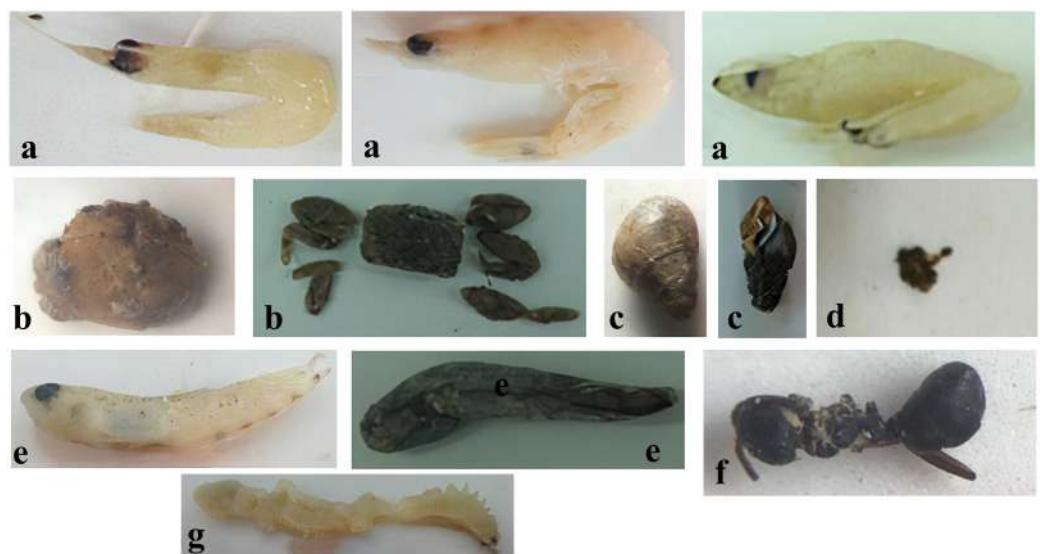


Figure 2 The food composition of *Periophthalmus chrysospilos*. (A) *Acetes* spp., (B) *Uca* spp., (C) Mollusca, (D) Detritus, (E) Actinopterygii, (F) *Dolichoderus* sp., and (G) Polychaeta.

[Full-size](#) DOI: 10.7717/peerj.12582/fig-2

the Costello graph. Both Polychaeta and Actinopterygii were considered less important prey items reflected by their positions within the lower left quadrant of the Costello graph. The diet composition of individuals of *Ps. chrysospilos* at the four sites (see Fig. 4) were significantly different. At DHTV, *Dolichoderus* sp. was the most important food item; at TDST, Mollusca was the item with the most significant contribution. At DHBL, *Acetes* spp. accounted for 30.2% biovolume, and was also by far, the most important prey item to *Ps. chrysospilos* here. At DDCM, *Uca* spp. was the main prey item and accounted for 35.9% of the biovolume of the mudskippers occurring at this site.

DISCUSSION

Periophthalmus chrysospilos is an opportunistic carnivore based on its relative gut length and the contents within the digestive tracts of specimens examined. The RGL of this species fluctuated between values of 0.44 and 0.65, and falls within the range of a carnivorous fish with moderate feeding intensity (Al-Hussaini, 1947). These values corroborate those previously obtained for other *Periophthalmus* species (Clayton, 1993). An ontogenetic shift in the relative gut length was observed in this species, with larger specimens having longer digestive tracts. Seasonal variations in the RGL values could be attributed to the abundant available nutrient for rapid fish development during the wet season (July to November) (Hortle, 2009). The highest RGL values were disproportionately recorded from specimens collected at DDCM, an area with the highest flora diversity amongst sites. The variation in RGL values between sites was also reported in other confamilial taxa—*Periophthalmodon septemradiatus* (Dinh, Tran & Nguyen, 2018) and *Butis koilomatodon* (Nguyen, Lam & Dinh, 2020)—from the Mekong Delta. The varied diet composition of this amphibious fish species reflects the habitat in which it resides and the interactions between marine and terrestrial biota within the intertidal areas.

Table 4 Percentage occurrence, percentage weight, and percentage biovolume of recovered food items within the digestive tracts of *Periophthamus chrysospilos* according to sex, season, and site (DHTV: Duyen Hai, Tra Vinh; TDST: Tran De, Soc Trang; DHBL: Dong Hai, Bac Lieu; DDCM: Dam Doi, Ca Mau.

	Parameter	<i>Acetes</i> spp.	<i>Actinopterygii</i>	Mollusca	<i>Uca</i> spp.	Polychaeta	<i>Dolichoderus</i> sp.	Detritus	PERMANOVA	
									Pseudo-F	p
% Occurrence	Female	22.6	3.2	13.0	15.1	4.6	18.0	23.5	3.86	0.003
	Male	15.8	2.7	14.6	12.2	6.6	19.6	28.6		
% Weight	Female	22.1	3.2	16.7	30.2	3.8	18.0	5.9		
	Male	20.7	3.7	20.8	17.5	15.9	14.0	7.4		
% Biovolume	Female	30.0	0.6	13.1	27.4	1.1	19.5	8.4		
	Male	22.7	0.7	21.0	14.8	7.2	19.0	14.6		
Mann-Whitney U test	<i>U</i>	-1.66	-1.32	-0.40	-1.93	-0.15	-0.37	-1.02		
	<i>p</i>	0.10	0.19	0.69	0.05	0.88	0.71	0.31		
% Occurrence	Dry	17.6	0.8	15.0	12.7	3.8	24.3	25.8	1.64	0.162
	Wet	20.3	4.4	13.0	14.3	6.8	15.2	26.1		
% Weight	Dry	16.6	0.5	18.9	33.1	0.7	22.2	8.0		
	Wet	23.2	4.5	18.6	21.1	12.6	13.9	6.1		
% Biovolume	Dry	16.7	0.0	16.2	24.1	0.2	31.0	11.9		
	Wet	31.6	1.3	16.2	20.2	5.7	14.2	10.7		
% Occurrence	Immature	18.8	0.5	15.3	11.7	4.9	19.7	29.2	0.54	0.747
	Mature	19.4	4.2	13.1	14.6	5.9	18.3	24.5		
% Weight	Immature	22.2	0.3	20.4	25.9	3.2	14.6	13.5		
	Mature	21.3	4.1	18.3	24.0	10.8	16.5	5.1		
% Biovolume	Immature	24.2	0.0	18.0	17.5	0.9	16.7	22.7		
	Mature	27.4	1.1	15.8	23.2	4.2	20.0	8.3		
% Occurrence	DHTV	20.4	3.1	15.4	8.0	6.2	26.5	20.4	3.80	0.001
	TDST	17.4	5.1	22.5	18.0	9.6	17.4	10.1		
	DHBL	18.9	2.4	10.1	12.4	3.6	18.9	33.7		
	DDCM	20.4	1.2	7.0	15.7	2.9	12.8	40.1		
% Weight	DHTV	19.4	3.3	16.2	16.0	0.7	36.0	8.5		
	TDST	18.4	3.6	25.6	18.7	19.7	12.4	1.6		
	DHBL	25.5	2.8	16.6	24.8	3.8	18.4	8.2		
	DDCM	23.1	4.1	10.5	40.1	4.6	5.3	12.3		
% Biovolume	DHTV	20.6	0.5	13.0	6.7	0.2	49.8	9.1		
	TDST	19.2	1.1	34.4	20.1	11.3	13.0	1.0		
	DHBL	30.2	0.4	10.5	19.2	0.8	21.7	17.2		
	DDCM	26.9	0.3	4.2	35.9	0.8	3.8	28.1		
Kruskal Wallis H test	χ^2	2.39	3.63	16.98	8.15	7.51	12.01	65.17		
	<i>p</i>	0.50	0.30	0.00	0.04	0.06	0.01	<0.01		

The dominant diet component of this species is *Acetes* spp, small marine shrimps that are not tolerant of emersion out of water. The second-most dominant component of its diet is the fiddler crabs, *Uca* spp, that are active on exposed sand or mudflats during the ebb

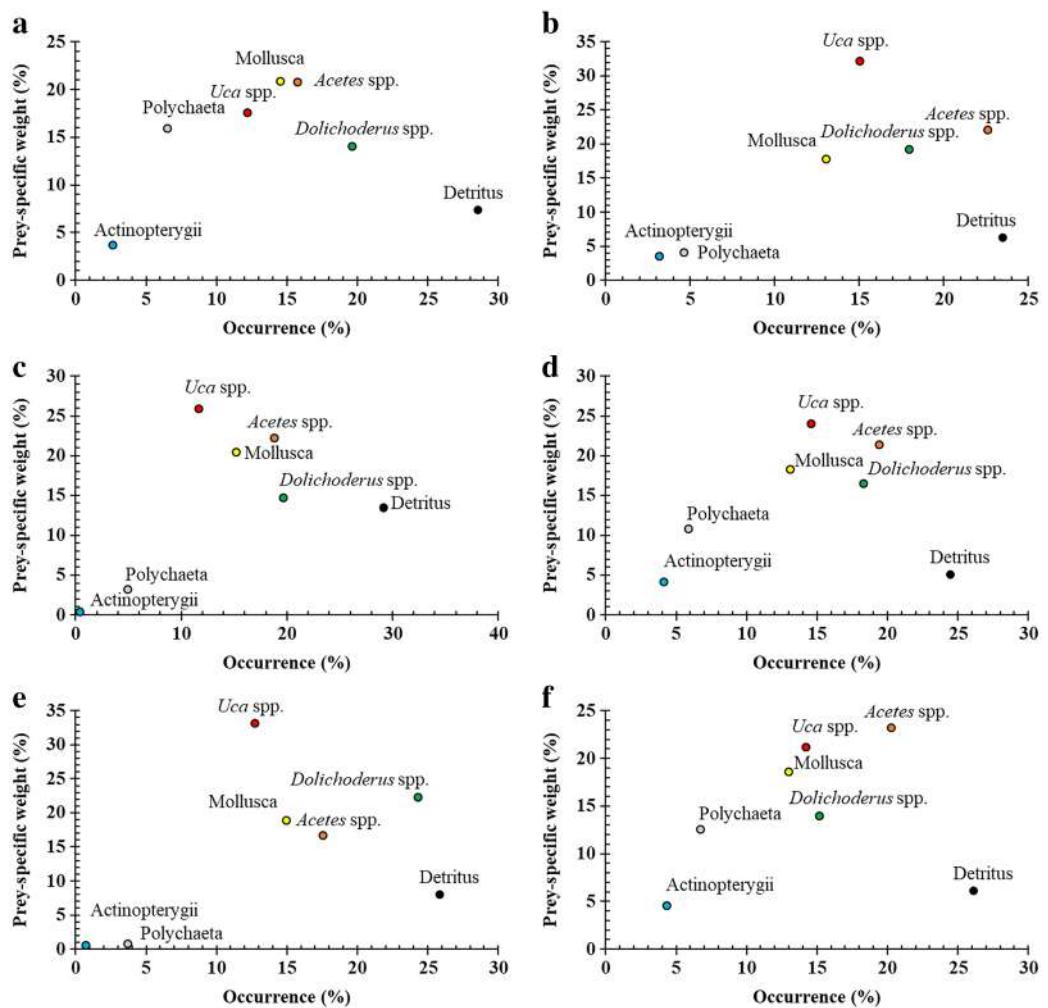


Figure 3 Modified Costello Graphs represent the feeding strategy of *Periophthalmus chrysospilos* based on the relationship between the percentage weight and percentage occurrence of food items between male and female individuals. (A) male, $n = 523$; (B): female, $n = 508$; immature and mature individuals ((C): immature, $n = 377$; (D): mature, $n = 654$); and dry and wet seasons ((E): dry season, $n = 408$; (F): wet season, $n = 623$.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.12582/fig-3

tide. Next in dominance by diet composition is *Dolichoderus* sp., terrestrial ants that are found at or near mangrove forests.

Within the Mekong Delta, *Acetes* spp., *Uca* spp., *Dolichoderus* sp. and many molluscs species are commonly available (Cuc & Van Mele, 1999; Dinh et al., 2020b). Their availability at the sites determines their dominance in the diet composition of this mudskipper species. For example, *Dolichoderus* sp. was the most important prey item for specimens collected at DHTV, while *Acetes* spp. was the main food item for specimens from DHBL. Unsurprisingly, the highest diet components of *Ps. chrysospilos* from elsewhere differ slightly to those from our study; specimens of this species from southern Sumatra predominantly consumed *Uca* sp. and fish eggs (Ridho, Patriono & Solikha, 2019). Similar to our study, detritus accounted for a significant proportion of the diet composition. However, as with our study, polychaete worms and small fishes were

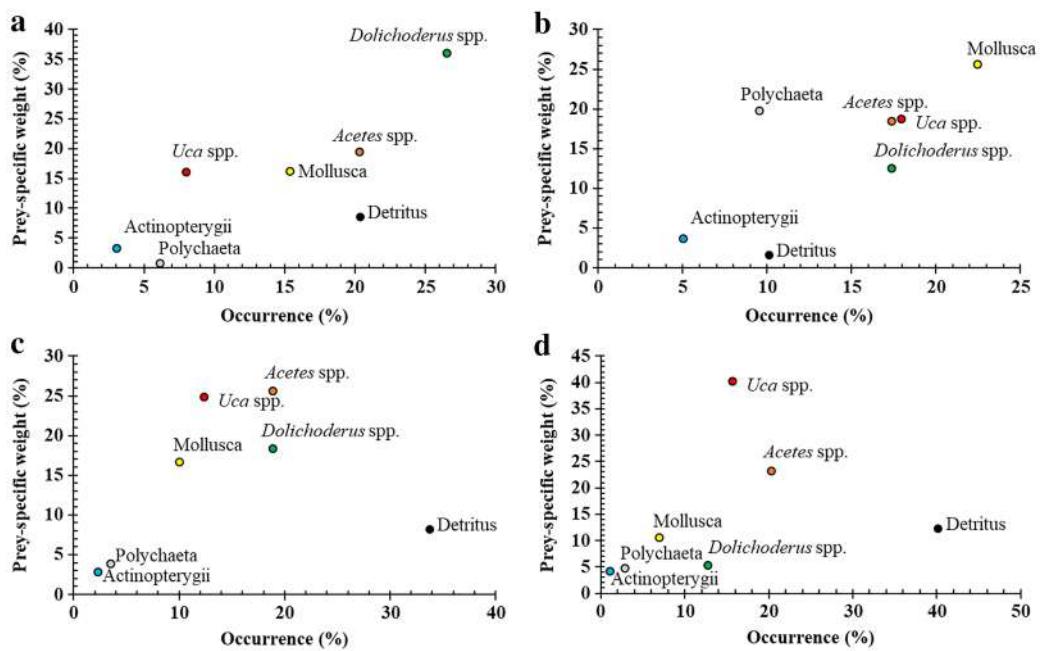


Figure 4 Modified Costello Graphs represent the feeding strategy of *Periophthalmus chrysospilos* based on the percentage weight and percentage occurrence of food items at four sampling sites. (A) Duyen Hai, Tra Vinh, $n = 239$; (B) Tran De, Soc Trang, $n = 260$; (C) Dong Hai, Bac Lieu, $n = 303$; (D) Dam Doi, Ca Mau, $n = 229$.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.12582/fig-4

rarely encountered as diet components of specimens from Sumatra, Indonesia (*Ridho, Patriono & Solikha, 2019*) and Tanjung Piai, Peninsular Malaysia (*Hui et al., 2019*). The tolerance to a wide diversity of food items suggests the adaptability of this species to constant environmental changes within the intertidal habitats.

The diet composition of *Ps. chrysospilos* was not affected by season and fish size but differed according to sex and sites. Females consumed more *Uca* spp. than males. Gender-associated feeding modes was also observed in the congener *Ps. barbarus* (Linnaeus, 1766)—more cyanobacteria, *Coscinodiscus* spp. and *Sesarma* spp. were found in the digestive tracts of males than females (*Udo, 2002b*). This differential preference in food intake was also observed in a closely-related genus *Periophthalmodon* (hereafter ‘*Pn*’), in which the males of *Pn. schlosseri* typically consumed *Uca* spp. while females exhibited preference for the ricefish *Oryzias* sp. (*Zulkifli et al., 2012*). The site, and by extension the food availability therein, was a driver for the differences in the main food item ingested by *Ps. chrysospilos*—*Dolichoderus* sp., Mollusca, *Acetes* spp. and *Uca* spp. were the principal prey item for specimens collected from DHTV, TDST, DHBL and DDCM respectively. Similarly, the diet of congener *Ps. argentilineatus* from Zanzibar consisted predominantly of amphipods and copepods, whereas in mainland Tanzania, Polychaeta was the main food source (*Kruitwagen et al., 2007*).

There appear to be no changes in food preferences between *Ps. chrysospilos* of size ranges from 3.4 cm to 10.6 cm in this study, an observation contrary to mudskippers of other species. *Periophthalmus argentilineatus* collected from Iriomote Island (Japan) showed a significant shift in dietary preference from Polychaetae in smaller individuals

to *Uca* spp. for larger individuals ([Nanjo, Kohno & Sano, 2008](#)). The contribution of *Uca* spp. is more significant in larger and mature specimens of *Pn. schlosseri* ([Zulkifli et al., 2012](#)) and *Parapocryptes serperaster* ([Dinh et al., 2017](#)); the dietary composition of smaller individuals of the latter species consisted mostly of *Dolichoderus* sp. ([Dinh et al., 2017](#)). The dietary composition of *Ps. chrysospilos* is independent of seasons, unlike its congener *Ps. barbarus* (observed in the Niger Delta) that exhibited a shift to the significantly higher consumption level of three food items, namely unidentified crab parts, *Penaeus* sp, as well as annelid and nematode worms in the wet season compared to the dry season ([Chukwu & Deekae, 2013](#)). Analyses of digestive tracts also indicate that detritus and organic matter are ingested incidentally by this species. Despite the increased availability of these two items during the wet season ([Nedeco, 1993](#)), their composition within the diet of *Ps. chrysospilos* remained similar between seasons. The dominance of detritus to dietary composition in *Ps. barbarus* (from Nigeria) however, persisted only during the wet season but changed to algae-dominant in the wet season ([Udo, 2002a](#)).

In conclusion, *Periophthalmus chrysospilos* is demonstrated to be an opportunistic mesopredator, and a carnivore with moderate feeding intensity, as evidenced by the RGL value (<1) and an equal ratio of fishes with empty and full digestive tracts. The food composition of *Ps. chrysospilos* consisted of seven types of food items: *Acetes* spp., *Uca* spp., *Dolichoderus* sp., Mollusca, Polychaeta, Actinopterygii, and detritus. The principal food item of this mudskipper species varied depending on site and food availability, thus indicating its adaptability in pursuing prey items within the limits of littoral zone. Exploited organisms range from marine shrimps to intertidal crabs and terrestrial ants, signalling the importance of this amphibious species as a conduit of terrestrial-marine connectivity within littoral landscapes.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Tran Chi Canh and Nguyen Thi Thuy Hien for their help in analyses for this study.

ADDITIONAL INFORMATION AND DECLARATIONS

Funding

This work is funded by the Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 106.05-2019.306. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Grant Disclosures

The following grant information was disclosed by the authors:

Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED): 106.05-2019.306.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author Contributions

- Quang Minh Dinh conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Ton Huu Duc Nguyen conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, prepared figures and/or tables, and approved the final draft.
- Tran Thi Huyen Lam conceived and designed the experiments, performed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Tien Thi Kieu Nguyen conceived and designed the experiments, analyzed the data, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Giang Van Tran analyzed the data, prepared figures and/or tables, and approved the final draft.
- Zeehan Jaafar conceived and designed the experiments, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.

Animal Ethics

The following information was supplied relating to ethical approvals (*i.e.*, approving body and any reference numbers):

The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University.

Data Availability

The following information was supplied regarding data availability:

The raw data is available in the [Supplemental File](#).

Supplemental Information

Supplemental information for this article can be found online at <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.12582#supplemental-information>.

REFERENCES

- Adámek Z, Andreji J, Gallardo JM. 2007. Food habits of four bottom-dwelling gobiid species at the confluence of the Danube and Hron Rivers (South Slovakia). *International Review of Hydrobiologia* **92**:554–563 DOI [10.1002/iroh.200510998](https://doi.org/10.1002/iroh.200510998).
- Al-Hussaini AH. 1947. The feeding habits and the morphology of the alimentary tract of some teleosts living in the neighbourhood of the Marine Biological Station, Ghardaqa, Red Sea. *Publications of the Marine Biology Station Ghardaga (Red Sea)* **5**:1–61.
- Amundsen PA, Gabler HM, Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology* **48**:607–614 DOI [10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x).
- Anderson MJ, Gorley RN, Clarke KR. 2008. *PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods*. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E.

- Baeck GW, Yoon YH, Park JM.** 2013. Ontogenetic and diel changes in diets of two sympatric mudskippers *Periophthalmus modestus* and *Periophthalmus magnuspinatus* on the tidal flats of Suncheon Bay, Korea. *Fisheries Science* **79**:629–637 DOI [10.1007/s12562-013-0633-6](https://doi.org/10.1007/s12562-013-0633-6).
- Benjamini Y, Hochberg Y.** 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)* **57**:289–300 DOI [10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x](https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x).
- Blaber SJM.** 2000. *Tropical estuarine fishes: ecology, exploitation and conservation*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Science.
- Bob-Manuel F.** 2011. Food and feeding ecology of the mudskipper *Periophthalmus koelreuteri* (PALLAS) Gobiidae at Rumuolumeni creek, Niger Delta, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* **2**:897–901 DOI [10.5251/abjna.2011.2.6.897.901](https://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.6.897.901).
- Chukwu KO, Deekae SN.** 2013. Foods of the mudskipper (*Periophthalmus barbarus*) from New Calabar River, Nigeria. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* **5**:45–48 DOI [10.6084/M9.FIGSHARE.1277605](https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.1277605).
- Clarke KR, Gorley RN.** 2006. *PRIMER v6: user manual/tutorial*. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E.
- Clayton DA.** 1993. Mudskippers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* **31**:507–577.
- Clayton D.** 2017. Feeding behavior: a review. In: Jaafar Z, Murdy EO, eds. *Fishes Out of Water*. Boca Raton: CRC Press, 237–276.
- Colombini I, Berti R, Nocita A, Chelazzi L.** 1996. Foraging strategy of the mudskipper *Periophthalmus sobrinus* Eggert in a Kenyan mangrove. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **197**:219–235 DOI [10.1016/0022-0981\(95\)00160-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00160-3).
- Costello MJ.** 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* **36**:261–263 DOI [10.1111/j.1095-8649.1990.tb05601.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05601.x).
- Cuc N, Van Mele P.** 1999. Beneficial effects of black ants (*Dolichoderus thoracicus* Smith) in sapodilla production in Vietnam. In: Loke WH, Sastroutomo SS, eds. *Symposium on Biological Control in the Tropics Serdang, Malaysia*. Wallingford: CABI Publishing.
- Dill M.** 2002. Taxonomy of the migrating herdsman species of the genus *Dolichoderus* Lund, 1831, with remarks on the systematics of other Southeast-Asian *Dolichoderus*. In: Dill M, Williams DJ, Maschwitz U, eds. *Herdsmen Ants and their Mealybug Partners*. Stuttgart: Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschende Gesellschaft, 17–113.
- Dinh QM.** 2015. Preliminary study on dietary composition, feeding activity and fullness index of *Boleophthalmus boddarti* in Mekong Delta, Vietnam. *Tap chi Sinh hoc* **37**:252–257 DOI [10.15625/0866-7160/v37n2.6599](https://doi.org/10.15625/0866-7160/v37n2.6599).
- Dinh QM.** 2018a. Alimentary tract morphology and temporal variation of Clark of the mudskipper *Periophthalmus septemraidatus* along the Hau River. In: *The 7th Scientific Conference for Young Cadres at Local Pedagogical Universities* Ha Noi: Hanoi National University of Education Publisher.
- Dinh QM.** 2018b. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. *Journal of Applied Ichthyology* **34**:103–110 DOI [10.1111/jai.13521](https://doi.org/10.1111/jai.13521).
- Dinh QM, Lam TTH, Nguyen THD, Nguyen TM, Nguyen TTK, Nguyen NT.** 2021b. First reference on reproductive biology of *Butis koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. *BMZ Zoology* **6**:1–14 DOI [10.1186/s40850-021-00072-y](https://doi.org/10.1186/s40850-021-00072-y).
- Dinh QM, Nguyen THD, Truong NT, Tran LT, Nguyen TTK.** 2021a. Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes:

Oxudercidae) living in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* **25**(2):236 DOI [10.1016/j.ejar.2021.10.009](https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.009).

- Dinh QM, Qin JG, Dittmann S, Tran DD.** 2017. Seasonal variation of food and feeding in burrowing goby *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) at different body sizes. *Ichthyological Research* **64**:179–189 DOI [10.1007/s10228-016-0553-4](https://doi.org/10.1007/s10228-016-0553-4).
- Dinh QM, Tran LT, Ngo NC, Pham TB, Nguyen TTK.** 2020a. Reproductive biology of the unique mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* living from estuary to upstream of the Hau River. *Acta Zoologica* **101**:206–217 DOI [10.1111/azo.12286](https://doi.org/10.1111/azo.12286).
- Dinh QM, Tran TL, Nguyen TKT.** 2018. The relative gut length and gastro-somatic indices of the mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* (Hamilton, 1822) from the Hau River. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology* **34**:75–83 DOI [10.25073/2588-1140/vnunst.4775](https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4775).
- Dinh QM, Tran LT, Tran TMT, To KD, Nguyen TTK, Tran DD.** 2020b. Variation in diet composition of the mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* from Hau River, Vietnam. *Bulletin of Marine Science* **96**:487–500 DOI [10.5343/bms.2018.0067](https://doi.org/10.5343/bms.2018.0067).
- Drewe KE, Horn MH, Dickson K, Gawlicka A.** 2004. Insectivore to frugivore: ontogenetic changes in gut morphology and digestive enzyme activity in the characid fish *Brycon guatemalensis* from Costa Rican rain forest streams. *Journal of Fish Biology* **64**:890–902 DOI [10.1111/j.1095-8649.2004.0357.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.0357.x).
- Hortle KG.** 2009. Fisheries of the Mekong River Basin. In: Campbell IC, ed. *The Mekong*. San Diego, United States: Academic Press, 197–249.
- Hui NY, Mohamed M, Othman MNA, Tokiman L.** 2019. Diversity and behaviour of mudskippers of Tanjung Piai, Pontian, Johor. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*: IOP Publishing.
- Hynes HBN.** 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *The Journal of Animal Ecology* **19**:36–58 DOI [10.2307/1570](https://doi.org/10.2307/1570).
- Hyslop EJ.** 1980. Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* **17**:411–429 DOI [10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x).
- Jaafar Z, Murdy EO.** 2017. *Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers*. United States: CRC Press.
- Kapoor BG, Smit H, Verighina I.** 1976. The alimentary canal and digestion in teleosts. *Advances in Marine Biology* **13**:109–239 DOI [10.1016/S0065-2881\(08\)60281-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60281-3).
- Kim HT, Yun SW, Park JY.** 2019. Anatomy, histology, and histochemistry of the olfactory organ of the Korean shuttles mudskipper *Periophthalmus modestus*. *Journal of morphology* **280**:1485–1491 DOI [10.1002/jmor.21044](https://doi.org/10.1002/jmor.21044).
- Kruitwagen G, Nagelkerken I, Lugendo BR, Pratap HB, Wendelaar Bonga SE.** 2007. Influence of morphology and amphibious life-style on the feeding ecology of the mudskipper *Periophthalmus argentilineatus*. *Journal of Fish Biology* **71**:39–52 DOI [10.1111/j.1095-8649.2007.01508.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01508.x).
- Kuciel M, Źuwała K, Jakubowski M.** 2011. A new type of fish olfactory organ structure in *Periophthalmus barbarus* (Oxudercinae). *Acta Zoologica* **92**:276–280 DOI [10.1111/j.1463-6395.2010.00459.x](https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.2010.00459.x).
- Kutschera U, Burghagen H, Ewert JP.** 2008. Prey-catching behaviour in mudskippers and toads: a comparative analysis. *OnLine Journal of Biological Science* **8**:41–43 DOI [10.3844/OJBSCI.2008.41.43](https://doi.org/10.3844/OJBSCI.2008.41.43).

- Le T, Nguyen MT, Nguyen VP, Nguyen DC, Pham XH, Nguyen TS, Hoang VC, Hoang PL, Le H, Dao NC.** 2006. Provinces and city in the Mekong Delta. In: Le T, ed. *Geography of Provinces and Cities in Vietnam*. Ha Noi: Education Publishing House, 49–94.
- Mazlan AG, Masitah A, Mahani MC.** 2006. Fine structure of gills and skins of the amphibious mudskipper, *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1852, and non-amphibious goby, *Favonigobius reichei* [Bleeker, 1853]. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 2:127–133
DOI 10.3750/AIP2006.36.2.06.
- McDonald JH.** 2014. *Multiple comparisons in handbook of biological statistics*. Baltimore, Maryland: Sparky House Publishing.
- Mhaisen FT, Al-Maliki NS.** 1996. Parasites, diseases and food of the dark-blotched mudskipper *Periophthalmus waltoni* (Perciformes: Gobiidae) in the Khor Al-Zubair estuary (Iraq). *Zoology in the Middle East* 13:85–88 DOI 10.1080/09397140.1996.10637708.
- Milward NE.** 1974. Studies of the taxonomy, ecology, and physiology of Queensland mudskippers. PhD, University of Queensland.
- Murdy EO, Jaafar Z.** 2017. Taxonomy and systematics review. In: Jaafar Z, Murdy EO, eds. *Fishes Out of Water: Biology and Ecology of Mudskippers*. Boca Raton: CRC Press, 1–36.
- Nanjo K, Kohno H, Sano M.** 2008. Food habits of fishes in the mangrove estuary of Urauchi River, Iriomote Island, southern Japan. *Fisheries Science* 74:1024–1033
DOI 10.1111/j.1442-2906.2008.01620.x.
- Natarajan AV, Jhingran AG.** 1961. Index of preponderance—a method of grading the food elements in the stomach analysis of fishes. *Indian Journal of Fisheries* 8:54–59.
- Nedeco.** 1993. *Master plan for the Mekong Delta in Viet Nam: a perspective for sustainable development of land and water resources*. Vietnam: Netherlands Engineering Consultants, Ho Chi Minh.
- Nguyen YTN, Lam TTH, Dinh QM.** 2020. The relative gut length and gastro-somatic indexes of *Butis koilomatodon* living in the coastal estuaries of some provinces in the Mekong Delta. *TNU Journal of Science and Technology* 225:358–365.
- Nguyen VT, Nguyen NC, Nguyen DT, Nguyen TH, Vanreusel A, Smol N.** 2013. *The zoobenthos of the Can Gio mangrove ecosystem*. Ha Noi: Natural Science and Technology Publishing House.
- Polgar G, Crosa G.** 2009. Multivariate characterisation of the habitats of seven species of Malayan mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae). *Marine Biology* 156:1475–1486
DOI 10.1007/s00227-009-1187-0.
- Ravi V.** 2013. Food and feeding habits of the mudskipper, *Boleophthalmus boddarti* (Pallas, 1770) from Pichavaram mangroves, southeast coast of India. *International Journal of Marine Science* 3:98–104 DOI 10.5376/ijms.2013.03.0012.
- Ridho MR, Patriono E, Solikha M.** 2019. Food habits of three species of mudskippers in the Musi River Estuary, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 20:2368–2374 DOI 10.13057/biodiv/d200835.
- Somerfield P, Gee J, Aryuthaka C.** 1998. Meiofaunal communities in a Malaysian mangrove forest. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 78:717–732
DOI 10.1017/S0025315400044738.
- Sponder DL, Lauder GV.** 1981. Terrestrial feeding in the mudskipper *Periophthalmus* (Pisces: Teleostei): a cineradiographic analysis. *Journal of Zoology* 193:517–530
DOI 10.1111/j.1469-7998.1981.tb01501.x.
- Tran TL, Hoang DH, Dinh QM.** 2019. Digestive tract morphology, food composition and feeding habits of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770) from the coastline in

Tran De, Soc Trang. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology 35:30–38
[DOI 10.25073/2588-1140/vnunst.4871](https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4871).

- Udo MT. 2002a.** Tropic attributes of the mudskipper, *Periophthalmus barbarus* (Gobiidae: Oxudercinae) in the mangrove swamps of Imo River estuary, Nigeria. *Journal of Environmental Sciences* 14:508–517.
- Udo MT. 2002b.** Intersexual plasticity in aspects of the biology of the mudskipper *Periophthalmus barbarus* (Gobidae) in the mangrove swamps of IMO Estuary. *Nigeria Journal of Environmental Sciences* 14:95–101.
- Udoh J, Brownson I, Udo M, Ofor C. 2013.** Population dynamics of mudskipper, *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) (Teleostei: Gobiidae) in the artisanal fishery of Imo river estuary, southeast Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquaculture* 4:148.
- Wootton RJ. 1996.** Feeding and growth. In: Wootton RJ, ed. *Fish Ecology*. New York, United States: Chapman & Hall, 98–131.
- Zulkifli SZ, Mohamat-Yusuff F, Ismail A, Miyazaki N. 2012.** Food preference of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* (Teleostei : Gobiidae). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 405:07p01–07p10 [DOI 10.1051/kmae/2012013](https://doi.org/10.1051/kmae/2012013).

JOURNAL FACTSHEET

PeerJ
Life & Environment

The Journal of Life and Environmental Sciences

The peer-reviewed & Open Access journal publishing primary research and reviews in biology, life sciences, environmental sciences, and medicine.

Reputation

Publishing high-quality research

From the world's top institutions

Professional & experienced team

More than 125 years publishing experience

Industry-leading service

95% of authors recommend us

Institutional publishing

148 institutions signed up

Editors & Advisors

1,830 Editors and Advisors



Mina J. Bissell

Lawrence Berkeley Nat. Lab



John Gurdon

University of Cambridge



Dorothy Bishop

University of Oxford



Mario R. Capecchi

University of Utah

Audience

Widely read and cited

500,000 monthly views*,
56,000 content alert subscribers

Regular press coverage

In top outlets across US, EU & world

Comprehensively indexed

Web of Science, MEDLINE, JCR,
PubMed, Scopus, Google Scholar, ++

Publishing Made Easy

Relaxed reference formatting

Clarity is the only requirement

Press release & sharing tools

Maximize readership of your work

Great looking articles

Fully typeset article proofs

Straightforward submission

Easy to use, fast and loved by
authors

Peer review

Robust, Developmental review

1 editor, 2+ reviewers

Excellent review quality

Above average quality and depth

Signed reviews (optional)

Opt-in to fair and transparent science

Years publishing	9
Subjects	228
Articles published	13,579
Monthly views	500,000*
Publication speed	30 days†
Impact Factor	3.06
Scimago Ranking	0.766
SNIP	1.074
Citescore	4.7

* All journals

† Median days to 1st decision

Search

•  All•  Research articles

811 RESULTS

Research

April 25th, 2022

Spatial variability of microzooplankton grazing on phytoplankton in coastal southern Florida, USA

75 downloads ◀ 658 pageviews

Microzooplankton are considered the primary consumers of phytoplankton in marine environments. Microzooplankton grazing rates on phytoplankton have been studied across the globe, but there are still large regions of the ocean that are understudied, such as sub...

ecosystem-science marine-biology

Editor: Julian Blasco

doi: 10.7717/peerj.13291

PeerJ

biological-oceanography

Research

April 20th, 2022

DNA barcoding for biodiversity assessment: Croatian stoneflies (Insecta: Plecoptera)

176 downloads ◀ 1067 pageviews

biodiversity entomology evolutionary-studies

taxonomy zoology

Editor: Xiaotian Tang
doi: 10.7717/peerj.13213
PeerJ

Research

April 20th, 2022

Population biological traits of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 in the Vietnamese Mekong Delta

1 citation ◀ 62 downloads ◀ 771 pageviews

Periophthalmus chrysospilos is an amphibious fish living in mudflats from eastern India to Indonesia, including the Vietnamese Mekong Delta. Population biological traits play an important role in fishery assessment, but understanding is limited for this specie...

aquaculture-fisheries-and-fish-science ecology zoology
freshwater-biologyEditor: Diogo Proverte
doi: 10.7717/peerj.13289
PeerJ

Research

April 19th, 2022

Microplastic ingestion by commercial marine fish from the seawater of Northwest Peninsular Malaysia

3 citations ◀ 880 downloads ◀ 1790 pageviews

Over the past decade, concerns over microplastic pollution in the marine ecosystem has increasingly gained more attention, but research investigating the ingestion of microplastics by marine fish in Malaysia is still regrettably lacking. This study investigate...

aquaculture-fisheries-and-fish-science marine-biology
ecotoxicology environmental-contamination-and-remediationEditor: Isabella Bordon
doi: 10.7717/peerj.13181
PeerJ

Population biological traits of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 in the Vietnamese Mekong Delta

Quang Minh Dinh¹, Ton Huu Duc Nguyen¹, Tien Thi Kieu Nguyen², Tran Thi Huyen Lam^{3,4}, Ngon Trong Truong⁴ and Dinh Dac Tran⁵

¹ Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho, Viet Nam

² Department of Biology, An Khanh High School, Can Tho, Viet Nam

³ Institute of High Quality Biotechnology-Food Technology, Cuu Long University, Vinh Long, Viet Nam

⁴ Department of Molecular Biotechnology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University, Can Tho, Viet Nam

⁵ Department Fisheries Management and Economics, College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Can Tho, Viet Nam

ABSTRACT

Periophthalmus chrysospilos is an amphibious fish living in mudflats from eastern India to Indonesia, including the Vietnamese Mekong Delta. Population biological traits play an important role in fishery assessment, but understanding is limited for this species. In total 1,031 specimens were caught in two regions covering four provinces, including the TVST (Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang) and BLCM (Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau). Results found that the sex ratio was close to 1:1. The parameters of the von Bertalanffy in TVST were $L_{\infty} = 12.8$ cm, $K = 0.41 \text{ yr}^{-1}$, $t_0 = -0.10 \text{ yr}$ and in BLCM were 12.7 cm, 0.38 yr^{-1} and -0.08 yr , respectively. Although the growth coefficient (Φ') in BLCM (1.79), was lower than that in TVST (1.83), the species shared a similar size at first capture (7.9 cm in TVST and 7.9 cm in BLCM). The species suffered from heavy pressure of fishing in TVST as fishing mortality in TVST (2.32 yr^{-1}) was higher than that in BLCM (1.38 yr^{-1}), leading to the higher total mortality ($Z = 3.60 \text{ yr}^{-1}$) in TVST compared to BLCM ($Z = 2.59 \text{ yr}^{-1}$). By contrast, the species showed similar natural mortality over both sites (1.20 yr^{-1} in TVST and 1.22 yr^{-1} in BLCM). The *Periophthalmus chrysospilos* population was reasonably exploited because E values (0.64 in TVST and 0.53 in BLCM) were lower than E_{10} (0.706 in BTTV and 0.705 in STBL). Nonetheless, to avoid the consequences of overfishing, some sustainable fisheries practices should be implemented, such as protecting mangrove forests, restricting fishing during the recruitment period, using appropriate fishing tools and increasing mesh size.

Submitted 22 December 2021
Accepted 28 March 2022
Published 20 April 2022

Corresponding author
Quang Minh Dinh,
dmquang@ctu.edu.vn

Academic editor
Diogo Provete

Additional Information and
Declarations can be found on
page 12

DOI 10.7717/peerj.13289

© Copyright
2022 Dinh et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Subjects Aquaculture, Fisheries and Fish Science, Ecology, Zoology, Freshwater Biology

Keywords Exploitation rate, Fishing mortality, Growth coefficient, Mudskipper, Natural mortality, Size at first capture, Total mortality

INTRODUCTION

Sustainable fishing requires a balance between the rate of exploitation and the natural regenerative capacity of stocks (Etim, King & Udo, 2002; Udo et al., 2013). To evaluate the population stock, population biology parameters play an essential role (Al-Husaini et al.,

2002). Information on both growth and mortality characteristics are also used to assess fish population biology (Amezcua, Soto-Avila & Green-Ruiz, 2006). The changes in fish growth between sex and location are regulated by growth and asymptotic length relationships (Pauly & Munro, 1984). Nevertheless, current knowledge of population dynamics is limited to *P. chrysospilos* in the Vietnamese Mekong Delta (VMD), where they are widely distributed.

Mudskippers are fish that have adapted to aerial exposure. They are active on exposed littoral areas where they actively forage (Murdy & Jaafar, 2017). *Periophthalmus chrysospilos* is widely distributed from eastern India to Indonesia (Murdy, 1989; Murdy, 2011; Murdy & Jaafar, 2017; Froese & Pauly, 2021). They can live out of water for a short period (Low, Ip & Lane, 1990; Polgar & Crosa, 2009) and are one of three species of *Periophthalmus* genus widespread in the VMD (Tran et al., 2013; Diep, Dinh & Tran, 2014; Tran et al., 2020a; Tran et al., 2020b). A potential aquarium pet, they commonly found in estuarine and coastal areas of the VMD (Tran et al., 2013; Diep, Dinh & Tran, 2014; Le et al., 2021; Tran et al., 2021). This species is a carnivore feeding mainly on shrimps *Acetes* spp. (Dinh et al., 2021b) with growth length prevailing over weight (Dinh et al., 2021c). The rainfall in the wet season is significantly higher than in the dry season (Le et al., 2006), influencing the eco-biology of *P. chrysospilos*, including its population structure. Moreover, the salinity and pH conditions in the coastal areas from TVST (Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang) to BLCM (Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau) changed markedly. In addition, the vegetation in these two ecoregions is also different as *Sonneratia caseolaris* (L. Engl) predominates at TVST, whereas *Rhizophora apiculata* (Blume) predominates at BLCM. These factors may lead to differences in the populations biological parameters. The results of this study provide detailed information to understand the adaptability and the ecological role of *P. chrysospilos* in the VMD.

MATERIALS AND METHODS

Study sites

The study was carried out from April 2020 to March 2021 (Fig. 1). The first ecoregion consisted of two sites, Duyen Hai in Tra Vinh province and Tran De, in Soc Trang province, both of which are directly affected by the flow of the Mekong River (Co Chien estuary in Tra Vinh and Tran De estuary in Soc Trang). The second region studied included Dong Hai in Bac Lieu province and Dam Doi in Ca Mau province located in the coastal area south of the Hau River mouth. There was a slight fluctuation in temperature at each site between wet (June–December) and dry (January–May) seasons, at approximately 27 °C. Precipitation, conversely, varies significantly with ~20 mm/month in the dry season and ~400 mm/month in the wet season (Le et al., 2006). The vegetation at TVST is dominated by *Sonneratia caseolaris* and *Avicennia marina*, whereas *A. marna* and *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Savigny occurs predominantly at BLCM. The salinity in BLCM (23.2–23.5) was higher than that in TVST (10.4–12.3), whereas the reverse case was found for pH (pH is 7.8–7.9 in TVST and 7.6–7.7 in BLCM, respectively) (Dinh et al., 2021a).

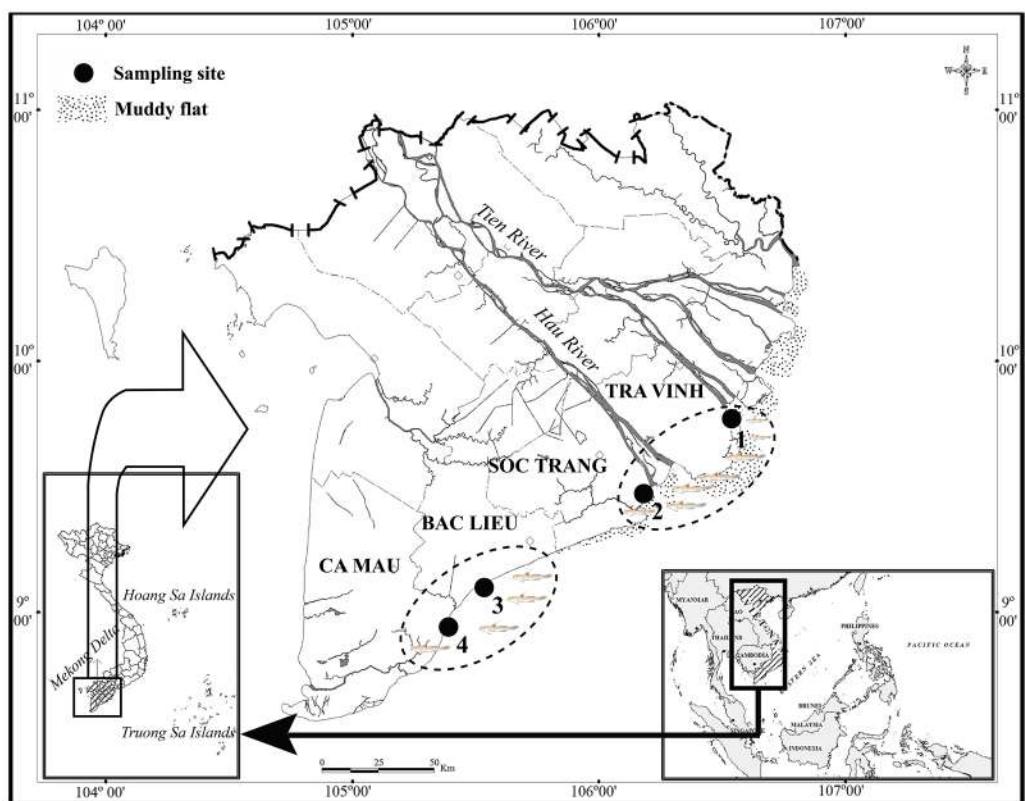


Figure 1 The sampling map in the Mekong Delta (modified from [Dinh, 2008](#)). (•: Sampling site; 1: Duyen Hai – Tra Vinh, 9°41'18.6"N, 106°30'35.8"E; 2: Tran De – Soc Trang, 9°29'26.8"N, 106°11'58.5"E; 3: Dong Hai – Bac Lieu, 9°06'03.2"N, 105°29'49.1"E; 4: Dam Doi – Ca Mau, 8°58'17.5"N, 105°22'51.8"E).

[Full-size](#) DOI: [10.7717/peerj.13289/fig-1](https://doi.org/10.7717/peerj.13289/fig-1)

Fish collection and analysis

Fish samples were collected using the method of [Dinh et al. \(2021b\)](#). Accordingly, fish were caught every month in both eco-zones by hand-catching at dusk in mudflat areas of 120 square meters (6 m × 20 m). Fishes were identified following [Murdy & Jaafar \(2017\)](#) and sexed. The first dorsal fins of females were shorter, smaller, and less colourful than that of males. The genital papillae of females were bulbous and pinkish, and equally broad at the base and tip, whereas those for males was slender and whitish, broad at the base and tapered towards the tip ([Dinh et al., 2020b](#)). After catching, fishes were immediately anaesthetized in a solution of tricaine methanesulfonate (MS222) and transferred into a solution of 5% formalin (Animal Welfare Assessment No. BQ2020-03/KSP). Specimens were then transferred to the laboratory to determine the fish total length (L) to the nearest 0.1 cm.

Data analysis

The χ^2 was used to verify if the male to female ratio differed from 1:1 ratio ([Zar, 1999](#)). The population parameters were analyzed by the FiSAT II software based on length-frequency ([Gaynilo, Sparre & Pauly, 2005](#)).

First, the asymptotic length (L_∞) and the growth parameter (K) values were obtained from the ELEFAN I procedure (Pauly & David, 1981; Pauly, 1982; Pauly, 1987). Whilst, the theoretical age parameter (t_0) was inferred from the equation: $\text{Log}_{10}(-t_0) = -0.3922 + 0.2752\text{log}_{10}L_\infty - 1.038\text{log}_{10}K$ (Pauly, 1979).

Second, the natural mortality (M) was calculated by the mathematical expression (Pauly, 1980): $\text{Log}M = -0.0066 + 0.279\text{Log}L_\infty + 0.6543\text{Log}K + 0.463\text{Log}T$ where: L_∞ and K from ELEFAN I, and T was the mean annual water temperature (°C). Meanwhile, the total mortality (Z) was estimated from length-converted capture curve data (Beverton & Holt, 1957; Ricker, 1975). The fishing mortality (F) was calculated by subtracting the total mortality (Z) from the natural mortality (M). The ratio between F and Z was the exploitation rate (E) (Ricker, 1975).

Third, the length-converted catch curve of fish was obtained by comparing the cumulative capacity graph of capture and to the mid-length of the population. For example, L_c was the length at which fish was ready to be caught (Pauly, 1987). Then, the length-converted catch curve calculates the catching capacity of each fish size class. The stock and yield of this fish species were estimated from the model documented by Beverton & Holt (1957).

Finally, the maximum exploitation rate (E_{max}), the optimized exploitation rate ($E_{0.1}$), and the exploitation rate of 50% stock reduction ($E_{0.5}$) was obtained from the knife-edge selection procedure (Beverton & Holt, 1966). Fishing status was assessed based on the value of the isopleth (L_c/L_∞) (Pauly & Soriano, 1986). The von Bertalanffy growth performance ($\Phi' = \text{Log}K + 2\text{Log}L_\infty$), as demonstrated by Moreau, Bambino & Pauly (1986), was applied to obtain the growth rate according to sampling site.

RESULTS

A total of 1,031 individuals of *P. chrysospilos* (523 males and 508 females) were caught from the two ecoregions (Table 1). The number of males was lower in the estuarine ecological region (TVST) than that of females (240 males and 259 females). Meanwhile, more males were caught in the BLCM than females (283 males and 249 females). The sex ratios for caught fish in both ecoregions was approximately 1:1 ($\chi^2 = 0.22, p > 0.05$).

The total fish length ranged in the two ecoregions from 3.0 to 10.6 cm. Here, the most popular length classes were 7.0–8.0 and 8.0–9.0 cm (Fig. 2). There were four groups of different ages in TVST (Fig. 2A). However, the length frequency values showed that at BLCM, the fish population had five different age groups (Fig. 2B).

At TVST, the von Bertalanffy curve of *P. chrysospilos* population was $L_t = 12.8(1 - e^{-0.41(t + 0.10)})$ (Fig. 3A). This curve in the BLCM was $L_t = 12.7(1 - e^{-0.38(t + 0.08)})$ (Fig. 3B). These parameters in BLCM were lower than that in the TVST ecoregion. Almost all fish were between 1.0 and 2.6 years old in TVST and from 1.5 to 2.8 years of age in BLCM. The t_0 value in the BLCM revealed the eggs of fish hatched earlier (0.8 month) than in the TVST area (1 month).

Other parameters such as total mortality (Z), natural mortality (M), fishing mortality (F) and exploitation ratio (E) in the TVST ecoregion were 3.60/years, 1.20/years, 2.32/years

Table 1 The number of *Periophthalmus chrysosipilos* from April 2020 to March 2021.

Month	Total length (cm)								Total
	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	
Apr-20	1	9	21	29	22	8	1	2	93
May-20		1	39	17	14	4	3		78
Jun-20		1	7	10	51	37	9	1	116
Jul-20	2	3	4	22	64	15			110
Aug-20	2	4	18	21	26	9			80
Sep-20	3	4	11	32	41	7			98
Oct-20		3	11	10	26	14			64
Nov-20	2	10	16	18	19	7	1		73
Dec-20	2	12	18	5	31	13	1		82
Jan-21		16	9	1	23	30	2		81
Feb-21		18	14	4	11	24	3		74
Mar-21	1	8	9	13	29	21	1		82
Total	2	30	146	170	229	311	133	10	1,031

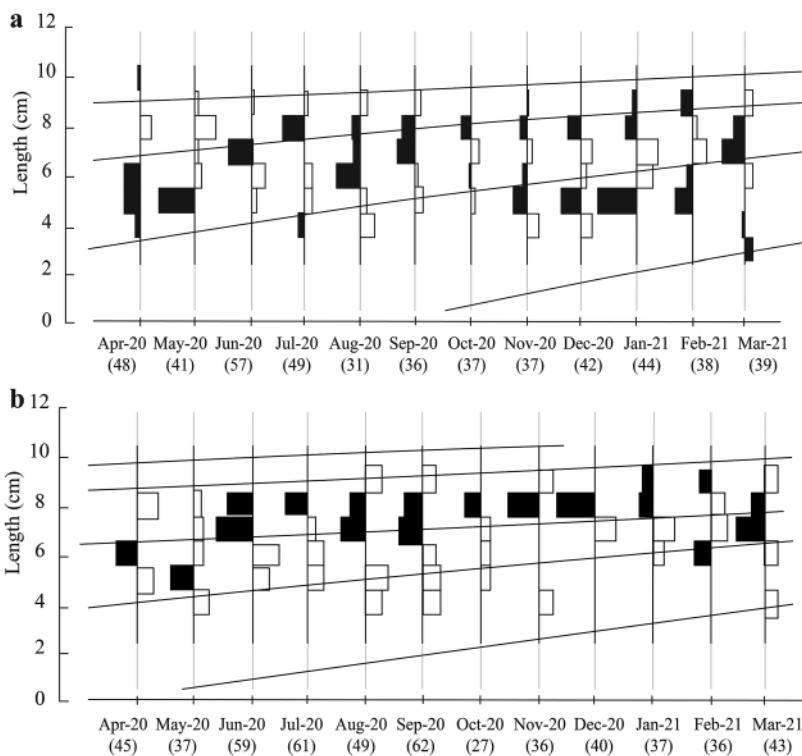


Figure 2 Growth curves of *Periophthalmus chrysosipilos* estimated by means of ELEFAN I superimposed on restructured length-frequency data in TVST (A, $n = 499$) and BLCM (B, $n = 532$). Here length-frequency data corrected for gear selection (Pauly & Soriano, 1986) are presented. These graphs' black and white bars represented the fluctuation of average length groups over the months. TVST: Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang; BLCM: Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.13289/fig-2

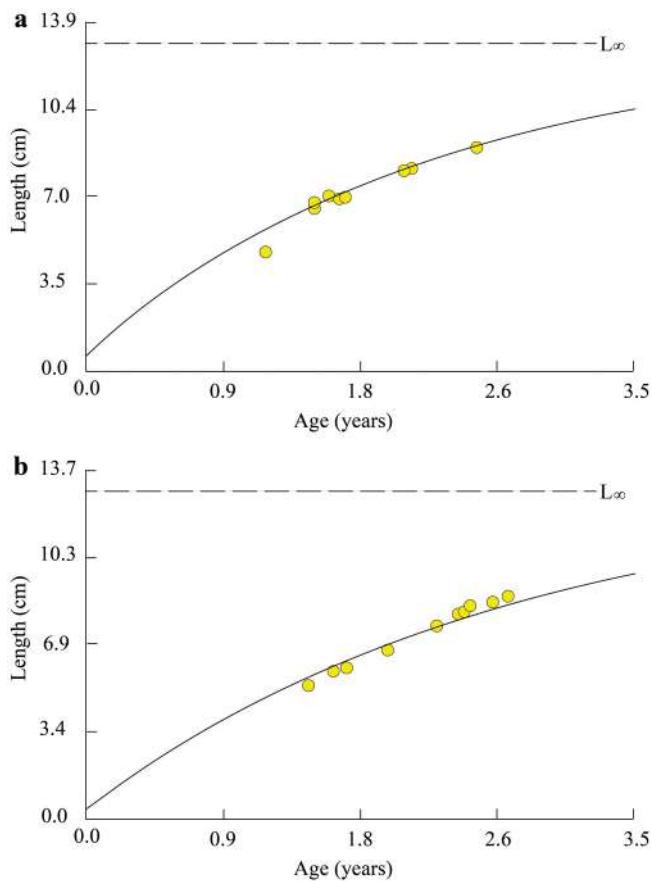


Figure 3 Growth curve of *Periophthalmus chrysospilos*. (A) Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang; (B) Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau. [Full-size](https://doi.org/10.7717/peerj.13289/fig-3) DOI: [10.7717/peerj.13289/fig-3](https://doi.org/10.7717/peerj.13289/fig-3)

and 0.64, respectively. (Fig. 4A). Similarly, at BLCM, these parameters were $Z = 2.59/\text{years}$, $M = 1.22/\text{years}$, $F = 1.38/\text{years}$ and $E = 0.53$ (Fig. 4B).

In the TVST area, fish had a maximum length of 12.8 cm, and the first caught length (L_{50}) was 7.9 cm. In the BLCM region, the first caught length was also 7.9 cm (Fig. 5).

The survival rate gradually decreased from 3.0 cm to the 9.0 cm. Meanwhile, the total mortality rate increased across length groups. Similar results were found in the BLCM region, where the percentage of the fish group that survived over the fish group that died decreased, suggested that the size of fish was inversely proportional to their ability to survive (Fig. 6).

The effects of maximum exploitation rate (E_{max}), optimal exploitation rate ($E_{0.1}$), and the exploitation rate that the population decreased by 50% ($E_{0.5}$) was 0.788, 0.706 and 0.396. These parameters in BLCM also had values of 0.793, 0.705 and 0.397, respectively (Fig. 6). The growth coefficient (Φ') of the *P. chrysospilos* populations at TVST and BLCM were 1.83 and 1.79, respectively.

The time of population recruitment at TVST occurred twice a year in March and August (Fig. 7A), with rates of 15.15% and 22.08%, respectively. In BLCM, the population recruitment time took place in March and September with the rates of 9.56% and 19.47%

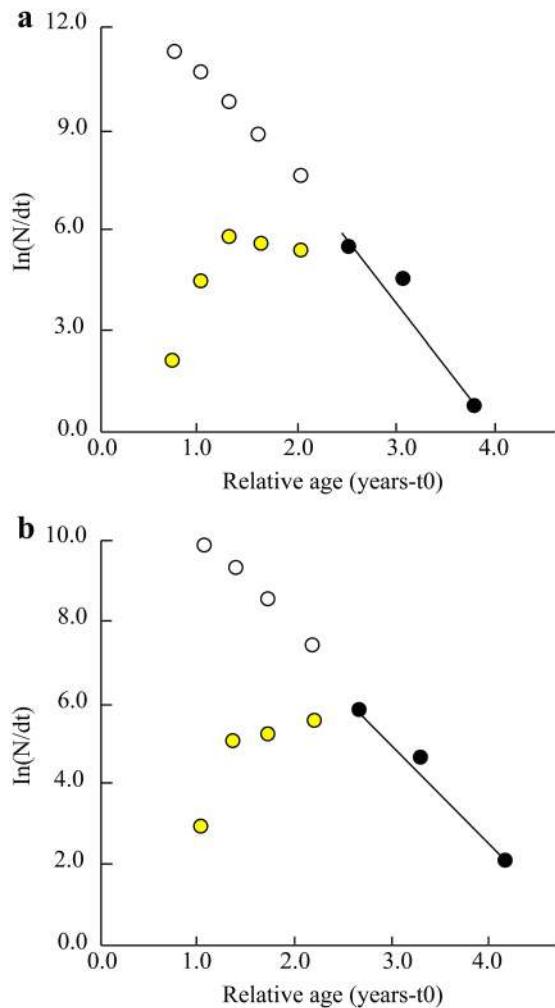


Figure 4 The length converted catch curve of *Periophthalmus chrysospilos*. (A) Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang, $Z = 3.60 \text{ yr}^{-1}$, $M = 1.20 \text{ yr}^{-1}$, $F = 2.32 \text{ yr}^{-1}$, $E = 0.64$; (B) Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau, $Z = 2.59 \text{ yr}^{-1}$, $M = 1.22 \text{ yr}^{-1}$, $F = 1.38 \text{ yr}^{-1}$, $E = 0.53$; yellow data points: not used; dark data points: used; open circles indicate predicted abundance of fish in the partially selected size classes.

[Full-size](#) DOI: 10.7717/peerj.13289/fig-4

(Fig. 7B). Besides the one-month delay, the population replenishment rate of BLCM was also lower than that of TVST.

DISCUSSION

Population parameters in *P. chrysospilos* showed differences between the two ecoregions in the VMD. In TVST, the fish displayed a significantly higher growth rate (Φ') and maximum lifespan (t_{max}), than in BLCM. Similarly, the exploitation coefficient (E) in TVST was also higher than that of BLCM. However, the large extraction coefficient should lead to a higher total mortality rate (Z) in the TVST population. The difference of these coefficients over the two ecoregions showed that the different environments had affected fish populations. With a more suitable environment in terms of phytoplankton (pH from 7.8–7.9, salinity 10.4–12.3% and a large mangrove cover), the population in this

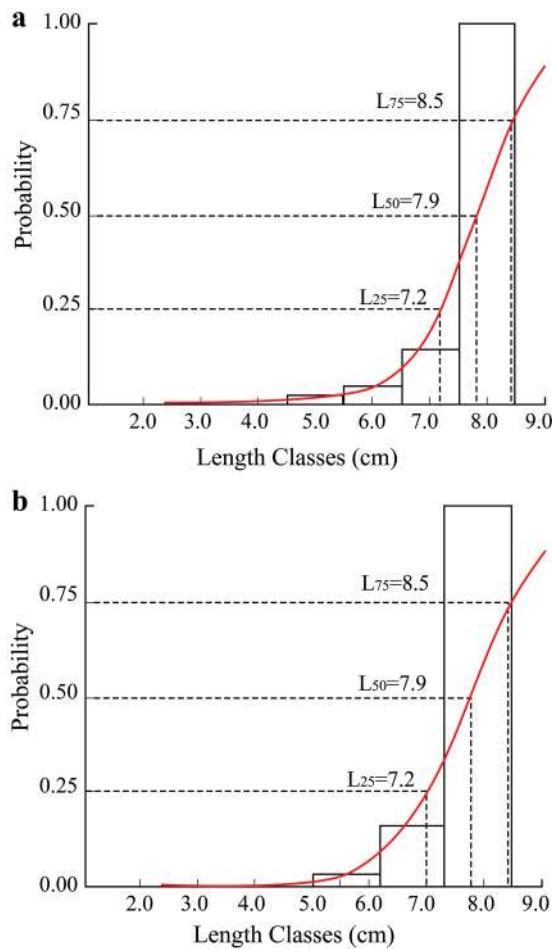


Figure 5 The length converted catch curve of *Periophthalmus chrysospilos*. (A) Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang; (B) Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau.

[Full-size](#) DOI: 10.7717/peerj.13289/fig-5

area developed better than in BLCM. But besides the influence of the environment on the growth rate and maximum lifespan of fish, environmental factors were seen to not affect other parameters such as maximum length (L_{∞}), and the length of first exploitation (L_c). Thereby, these coefficients are species-specific and less affected by the environment. This is verified by another study in Hong Kong which showed that the maximum length of this species was 12.9 cm (Kottelat *et al.*, 1993)-roughly equivalent to the results in this study.

The sex ratios of *P. chrysospilos* in TVST (1.00:1.08) and BLCM (1.00:0.88) were equivalent to a ratio of 1:1. Approximately equal sex ratios have also been found for other mudskippers such as *Periophthalmodon schlosseri* (1.00:1.10) (Mazlan & Rohaya, 2008); *P. schlosseri* (1.16:1.00) (Tran *et al.*, 2019); and *Boleophthalmus boddarti* (0.90:1.00) (Dinh, Nguyen & Nguyen, 2015). In *P. papilio* population in Nigeria, males dominated over females (1.00 : 0.70) (Lawson, 2010); contrary, males were less than females in *P. barbarus* (1.00:1.40) (Chukwu, Deekae & Gabriel, 2010). There were several possible reasons for this variation, including the quantity of caught males or females at random and

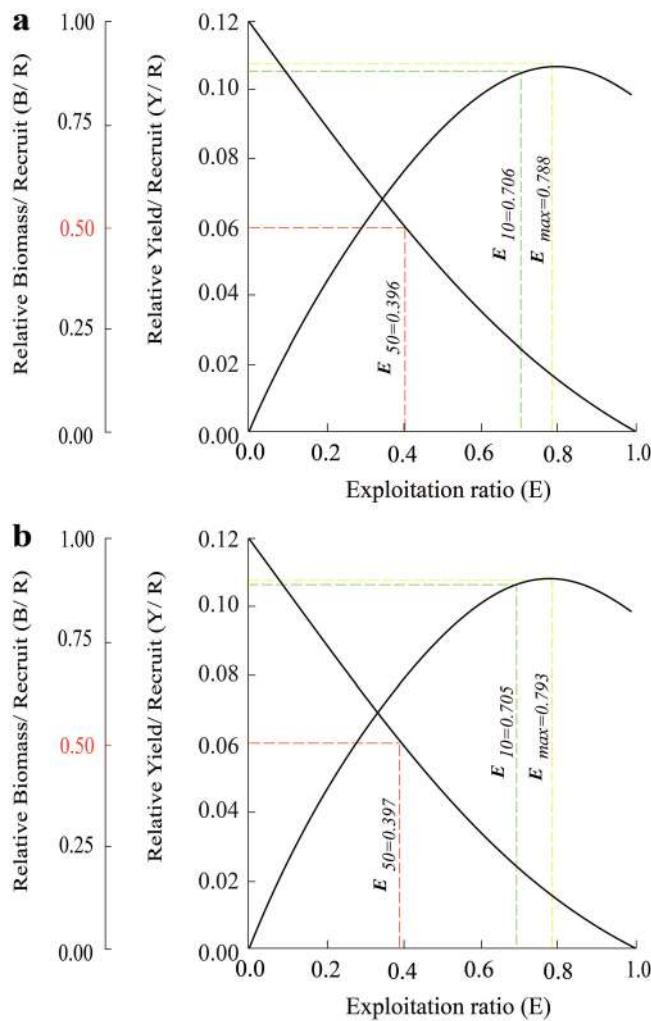


Figure 6 The relative yield-per-recruit (solid curve) and relative biomass-per-recruit (broken curve) using the knife-edge selection procedure of *Periophthalmus chrysosipilos*. (A) Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang; (B) Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.13289/fig-6

the role changing between males and females to adapt to the different habitats ([Dinh et al., 2020a](#)).

Although within the same delta, in each different ecological zone, the fish displayed differing growth rate (K). The analysis results show that fish from TVST (0.41) had a faster growth rate than those of BLCM (0.38). This indicates that the environment in each region has a direct influence on this parameter. One of the crucial factors is the salinity and vegetation in these two ecoregions. It can be seen that *P. chrysosipilos* had better growth ability in low salinity areas ($\approx 10\%$) as in TVST. Compared to other fish species of the genus *Periophthalmus*, the mudskipper *P. chrysosipilos* had a smaller growth parameter (K) (0.41 in TVST and 0.38 in BLCM). This K value is species-specific since this value is different in various species of the genus *Periophthalmus*. For example, the K values of *P. papillo* in Cross River, Nigeria ([Etim, Brey & Arntz, 1996](#)), *P. barbarus* in Nigeria

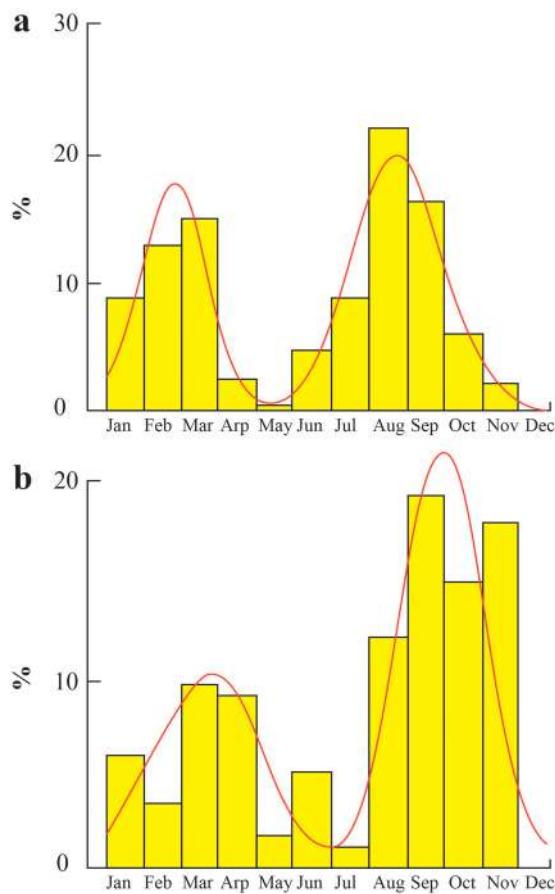


Figure 7 Population recruitment times of *Periophthalmus chrysospilos*. (A) Duyen Hai, Tra Vinh and Tran De, Soc Trang; (B) Dong Hai, Bac Lieu and Dam Doi, Ca Mau.

[Full-size](#) DOI: 10.7717/peerj.13289/fig-7

(*Etim, King & Udo, 2002*), *P. novemradiatus* in Cox's Bazar, Bangladesh (*Rahman et al., 2015*) and *P. waltoni* in Hormozgan Province, Persian Gulf (*Sharifian et al., 2018*) were 0.51, 0.55, 1.5 and 0.68, respectively. The *K* value of *P. chrysospilos* was lower than that of some mudskippers, e.g., *Boleophthalmus boddarti* in Mekong Delta (0.79) (*Dinh, 2017*), *P. septemradiatus* also in Mekong Delta (0.49) (*Tran & Dinh, 2020*), *P. schlosseri* in Malaysia (1.40) (*Mazlan & Rohaya, 2008*). It was recognized that *P. chrysospilos* had a slower growth rate than other species in the genus *Periophthalmus*. From the *K* values of *P. chrysospilos* and other species of *Periophthalmus* it can be understood that the *K* value can be specific to the species.

The environmental factors could affect fish growth coefficient (Φ') (*Pauly & Munro, 1984*). Indeed, Φ' of this mudskipper in the TVST ecoregion (1.83) was higher than that of BLCM (1.79), due to the variation of pH and salinity between these ecoregions (*Dinh et al., 2021a*). Compared to its congeners distributing out of VMD, Φ' of *P. chrysospilos* was lower than *P. papillo* (2.28) (*Etim, Brey & Arntz, 1996*), *P. barbarus* (2.41) (*Etim, King & Udo, 2002*), *P. novemradiatus* (1.91) (*Rahman et al., 2015*), *P. waltoni* (3.58) (*Sharifian et al., 2018*). It indicates that Φ' of this genus showed specific species and spatial variation.

The higher salinity in BLCM (23.2–23.5%), than in TVST (10.4–12.3%) led to earlier hatching time of *P. chrysospilos* in BLCM (~24 days; $t_0 = -0.08$) than in TVST (~30 days; $t_0 = -0.10$).

The relationship between the length of the first catch and the maximum size of fish played a role in determining the fishing age of each species. In this fish species, the L_c/L_∞ was about the same, 0.6, for both regions. These ratios were higher than that of some species of the genus *Periophthalmus*, such as *P. barbarus* in Nigeria (0.47) ([Etim, King & Udo, 2002](#)), and *P. novemradiatus* in Bangladesh (0.56) ([Rahman et al., 2015](#)). This difference may be influenced by environmental factors in the two regions. Salinity in the two study areas in VMD was quite low (10.4–12.3% in TVST and 23.2–23.5% in BLCM). Meanwhile, in two species, *P. barbarus* and *P. novemradiatus* distributed in Nigeria and Bangladesh, the average salinity was 21% ([Etim, King & Udo, 2002](#)) and 29% ([Imran et al., 2020](#)), respectively. The pH in these three regions also differed, with 7.6–7.9 in VMD, 6.8 in Nigeria ([Etim, King & Udo, 2002](#)) and 8.5 in Bangladesh ([Imran et al., 2020](#)). From these data, it can be seen that in the same genus, but with different environments, the age of fishing was also different. However, within the same area, the catching ages of some other oxudercinae fish living in the Mekong Delta were younger than *P. chrysospilos*, due to their lower L_c/L_∞ , e.g., *Parapocryptes serperaster* (0.57) ([Dinh, Qin & Tran, 2015](#)), *P. septemradiatus* (0.55) ([Tran & Dinh, 2020](#)). Some other fish species in the Mekong Delta also had this ratio lower than *P. chrysospilos* such as *Pseudapocryptes elongatus* (0.45) ([Tran et al., 2007](#)), *Trypauchen vagina* (0.57) ([Dinh, 2018b](#)), *Butis butis* (0.44) ([Dinh, 2018a](#)), *Stigmatogobius pleurostigma* (0.44) ([Dinh & Nguyen, 2018](#)) and *B. koilomatodon* (0.44) ([Dinh et al., 2020a](#)). The difference in L_c/L_∞ ratios suggests that the most suitable age for catching is specific-species and affected by environmental conditions.

Periophthalmus chrysospilos displayed high fishing mortality, resulting from human activity affecting their habitat. However, the natural mortality rate of this fish is quite low compared to some other mudskipper species such as *P. barbarus* (1.35) ([Etim, King & Udo, 2002](#)), *P. novemradiatus* (3.39) ([Rahman et al., 2015](#)), *P. waltoni* (1.58) ([Sharifian et al., 2018](#)), *P. serperaster* (1.51) ([Dinh, Qin & Tran, 2015](#)), *P. septemradiatus* (3.14) ([Tran & Dinh, 2020](#)). This suggests that *P. chrysospilos* was inhabiting good environmental conditions.

The populations of *P. chrysospilos* in both ecoregions were not overfished because E was greater than E_{10} . Specifically, in the TVST region, $E = 0.64$ was less than $E_{10} = 0.706$. At BLCM, these parameters were 0.53 and 0.705, respectively. This is different from some other fish species in the VMD that are being overexploited, such as *Glossogobius giuris* ([Dinh, Phan & Tran, 2017](#)), *B. butis* ([Dinh, 2018a](#)), *S. pleurostigma* ([Dinh & Nguyen, 2018](#)), *G. aureus* ([Dinh, Tran & Tran, 2021d](#)), and *G. sparsipapillus* ([Nguyen et al., 2021](#)).

In conclusion, results show that *P. chrysospilos* could be an ideal candidate for aquaculture production and fishing because the population replenishment period took place twice a year in both two ecoregions. Although the population of this fish was not

overexploited, its numbers were still decreasing. Therefore, it is necessary to protect mangrove forests, use favorable fishing gear with larger mesh sizes and avoid fishing at the time of the population recruitment for sustainable exploitation of this mudskipper.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Tran Chi Canh and Nguyen Thi Thuy Hien for fish analysis help. We also would like to thank Dr. Nigel Downes (CIM integrated expert, Can Tho University) for proofreading the manuscript.

ADDITIONAL INFORMATION AND DECLARATIONS

Funding

This work is funded by the Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 106.05-2019.306. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Grant Disclosures

The following grant information was disclosed by the authors:

Vietnam National Foundation for Science and Technology Development: 106.05-2019.306.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author Contributions

- Quang Minh Dinh conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Ton Huu Duc Nguyen conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Tien Thi Kieu Nguyen conceived and designed the experiments, performed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Tran Thi Huyen Lam conceived and designed the experiments, performed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Ngon Trong Truong conceived and designed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Dinh Dac Tran conceived and designed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.

Animal Ethics

The following information was supplied relating to ethical approvals (*i.e.*, approving body and any reference numbers):

The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University approved the study (BQ2020-03/KSP).

Data Availability

The following information was supplied regarding data availability:

The raw data is available in the [Supplemental File](#).

Supplemental Information

Supplemental information for this article can be found online at <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.13289#supplemental-information>.

REFERENCES

- Al-Husaini M, Al-Baz A, Al-Ayoub S, Safar S, Al-Wazan Z, Al-Jazzaf S. 2002. Age, growth, mortality, and yield-per-recruit for nagroor, *Pomadasys kakaan*, in Kuwait's waters. *Fisheries Research* 59(1–2):101–115 DOI [10.1016/S0165-7836\(01\)00417-9](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00417-9).
- Amezcu F, Soto-Avila C, Green-Ruiz Y. 2006. Age, growth, and mortality of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* from the southeastern Gulf of California. *Fisheries Research* 77(3):293–300 DOI [10.1016/j.fishres.2005.10.012](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.10.012).
- Beverton RJH, Holt SJ. 1957. *On the dynamics of exploited fish populations*. Vol. 19. London: Chapman & Hall.
- Beverton RJH, Holt SJ. 1966. *Manual of methods for fish stock assessment. Part II: tables of yield function*. Vol. 38. Rome: FAO.
- Chukwu K, Deekae S, Gabriel U. 2010. Reproductive biology of *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) in new Calabar River, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(6):1158–1161 DOI [10.5251/abjna.2010.1.6.1158.1161](https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.6.1158.1161).
- Diep AT, Dinh QM, Tran DD. 2014. Species composition of gobiidae distributed in the coastal areas, Soc Trang Province. *VNU Journal of Sciences: Natural Sciences and Technology* 30(3):68–76.
- Dinh QM. 2008. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. *Journal of Applied Ichthyology* 34(1):103–110 DOI [10.1111/jai.13521](https://doi.org/10.1111/jai.13521).
- Dinh QM. 2017. Population dynamics of *Boleophthalmus boddarti* in the Mekong Delta, Vietnam. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 27(2):603–610.
- Dinh QM. 2018a. Biological parameters of *Butis butis* (Hamilton, 1822) population from the Mekong Delta. In: *Proceedings Scientific Research Results for Training*, Vietnam: Kien Giang University, 306–314.
- Dinh QM. 2018b. Population dynamics of the goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) at downstream of Hau River, Vietnam. *Pakistan Journal of Zoology* 50(1):105–110 DOI [10.17582/journal.pjz/2018.50.1.105.110](https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.1.105.110).
- Dinh QM, Lam TTH, Nguyen THD, Nguyen TM, Nguyen TTK, Nguyen NT. 2021a. First reference on reproductive biology of *Butis koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. *BMC Zoology* 6(1):1–14 DOI [10.1186/s40850-021-00072-y](https://doi.org/10.1186/s40850-021-00072-y).
- Dinh QM, Lam THT, Nguyen TKT, Nguyen MT, Tran DD. 2020a. Population biology of *Butis koilomatodon* in the Mekong Delta. *AACL Bioflux* 13(6):3287–3299.

- Dinh QM, Nguyen NPD.** 2018. Population and age structure of the goby *Stigmatogobius pleurostigma* (Perciformes: Gobiidae) from the Mekong Delta. *International Journal of Aquatic Science* **9**(1):23–29.
- Dinh QM, Nguyen THD, Lam TTH, Nguyen TTK, Tran GV, Jaafar Z.** 2021b. Foraging ecology of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysosipilos* (Gobiiformes: Gobiidae). *PeerJ* **9**:e12582 DOI [10.7717/peerj.12582](https://doi.org/10.7717/peerj.12582).
- Dinh QM, Nguyen TTG, Nguyen TKT.** 2015. Reproductive biology of the mudskipper *Boleophthalmus boddarti* in Soc Trang. *Tap Chi Sinh Hoc* **37**(3):362–369 DOI [10.15625/0866-7160/v37n3.6720](https://doi.org/10.15625/0866-7160/v37n3.6720).
- Dinh QM, Nguyen THD, Truong NT, Tran LT, Nguyen TTK.** 2021c. Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysosipilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 1–5 In press DOI [10.1016/j.ejar.2021.10.009](https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.009).
- Dinh QM, Phan YN, Tran DD.** 2017. Population biology of the goby *Glossogobius giuris* (Hamilton 1822) caught in the Mekong Delta. *Asian Fisheries Sciences* **30**(1):26–37 DOI [10.33997/j.afs.2017.30.1.003](https://doi.org/10.33997/j.afs.2017.30.1.003).
- Dinh QM, Qin JG, Tran DD.** 2015. Population and age structure of the goby *Parapocryptes serperaster* (Richardson, 1864; Gobiidae: Oxudercinae) in the Mekong Delta. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **15**(2):345–357 DOI [10.13140/RG.2.1.4350.6405](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4350.6405).
- Dinh QM, Tran LT, Ngo NC, Pham TB, Nguyen TTK.** 2020b. Reproductive biology of the unique mudskipper *Periophthalmodon septemradiatus* living from estuary to upstream of the Hau River. *Acta Zoologica* **101**(2):206–217 DOI [10.1111/azo.12286](https://doi.org/10.1111/azo.12286).
- Dinh QM, Tran NQ, Tran DD.** 2021d. Some biological parameters of *Glossogobius aureus* population from the Mekong Delta. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* **20**(1):84–95 DOI [10.22092/ijfs.2021.123478](https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.123478).
- Etim L, Brey T, Arntz W.** 1996. A seminal study of the dynamics of a mudskipper (*Periophthalmus papilio*) population in the Cross River, Nigeria. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* **30**(1):41–48 DOI [10.1007/BF02092146](https://doi.org/10.1007/BF02092146).
- Etim L, King RP, Udo MT.** 2002. Breeding, growth, mortality and yield of the mudskipper *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) (Teleostei: Gobiidae) in the Imo River estuary, Nigeria. *Fisheries Research* **56**(3):227–238 DOI [10.1016/S0165-7836\(01\)00327-7](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00327-7).
- Froese R, Pauly D.** 2021. FishBase. Available at www.fishbase.org (accessed 08 July 2021).
- Gayani FC, Sparre P, Pauly D.** 2005. FAOICLARM stock assessment tools II (FiSAT II). Revised version. Rome: FAO. User's guide.
- Imran MH, Islam MS, Kabir MH, Meghla NT, Islam MT.** 2020. Surface water qualities in coastal moheshkhali fishing zones of Bangladesh. *Bangladesh Journal of Environmental Science* **38**:1–12.
- Kottelat M, Whitten T, Kartikasari SN, Wirjoatmodjo S.** 1993. Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi, Jakarta, Indonesia, Periplus Editions.
- Lawson EO.** 2010. Aspects of reproductive biology in Mudskipper, *Periophthalmus papilio* from mangrove swamps of Lagos lagoon, Lagos, Nigeria. *Journal of Fisheries International* **5**(2):36–43 DOI [10.3923/jfish.2010.36.43](https://doi.org/10.3923/jfish.2010.36.43).
- Le HT, Dinh QM, Hua UV, Nguyen THD.** 2021. The morphological measurement variations of *Periophthalmus chrysosipilos* along the coastline in the Mekong Delta. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology* **38**:1–10 DOI [10.25073/2588-1140/vnunst.5245](https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5245).
- Le T, Nguyen MT, Nguyen VP, Nguyen DC, Pham XH, Nguyen TS, Hoang VC, Hoang PL, Le H, Dao NC.** 2006. Provinces and City in the Mekong Delta. In: Le T, ed. *Geography of Provinces and Cities in Vietnam*. Vol. VI. Ha Noi: Education Publishing House, 49–94.

- Low WP, Ip YK, Lane DJW.** 1990. A comparative study of the gill morphometry in the mudskippers-*Periophthalmus chrysospilos*, *Boleophthalmus boddaerti* and *Periophthalmodon schlosseri*. *Zoological Science* 7(1):29–38.
- Mazlan AG, Rohaya M.** 2008. Size, growth and reproductive biology of the giant mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770), in Malaysian waters. *Journal of Applied Ichthyology* 24(3):290–296 DOI 10.1111/j.1439-0426.2007.01033.x.
- Moreau J, Bambino C, Pauly D.** 1986. A comparison of four indices of overall growth performance based on 100 tilapia populations (Fam. Cichlidae). In: Maclean JL, Dizon LB, Hosillo LV, eds. *The First Asian Fisheries Forum, Philippines*. Philippines: Asian Fisheries Society, 201–206.
- Murdy EO.** 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). *Australian Museum Journal* 11:1–93 DOI 10.3853/j.0812-7387.11.1989.93.
- Murdy EO, Jaafar Z.** 2017. Taxonomy and systematics review. In: Jaafar Z, Murdy EO, eds. *Fishes out of Water: Biology and Ecology of Mudskippers*. Boca Raton: CRC Press, 1–36.
- Murdy E.** 2011. Systematics of Oxudercinae. In: Patzner RA, Tassell JLV, Kovacic M, Kapoor BG, eds. *The Biology of Gobies*. New Hampshire, United States: Science Publishers, 99–106.
- Nguyen TTK, Dinh QM, Tran NS, Nguyen THD.** 2021. Stock assessment of two populations of *Glossogobius sparsipapillus* (Osteichthyes, Gobiidae) in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 47(4):1–7 In press DOI 10.1016/j.ejar.2021.09.001.
- Pauly D.** 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks: a review with emphasis on Southeast Asian demersal fisheries. In: *ICLARM Studies and Reviews*. Vol. 1. Philippines: ICLARM.
- Pauly D.** 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil* 39(2):175–192 DOI 10.1093/icesjms/39.2.175.
- Pauly D.** 1982. Studying single-species dynamics in a tropical multi-species context. In: *Theory and Management of Tropical Fisheries*, Philippines: Philippines, ICLARM, 33–70.
- Pauly D.** 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In: *The International Conference on the Theory and Application of Length-Based Methods for Stock Assessment*, Mazzara del Vallo: Philippines, ICLARM, 7–34.
- Pauly D, David N.** 1981. ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequencies data. *Meeresforschung* 28(4):205–211.
- Pauly D, Munro JL.** 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte* 2(1):1–21.
- Pauly D, Soriano ML.** 1986. Some practical extensions to Beverton and Holt's relative yield-per-recruit model. In: *The First Asian Fisheries Forum*, Manila: Asian Fisheries Society, 491–496.
- Polgar G, Crosa G.** 2009. Multivariate characterization of the habitats of seven species of Malayan mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae). *Marine Biology* 156(7):1475–1486 DOI 10.1007/s00227-009-1187-0.
- Rahman MM, Rahman MM, Parvez MS, Mallik N.** 2015. Population dynamics of mudskipper *Periophthalmus novemradiatus* from Bakkali River estuary, Cox's Bazar, Bangladesh. *Agricultural Science Research Journal* 5(8):118–123.
- Ricker WE.** 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Vol. 191. Canada: Department of the Environment, Fisheries and Marine Service.
- Sharifian S, Taherizadeh MR, Salarpouri A, Dehghani M.** 2018. Population dynamic of the mudskipper *Periophthalmus waltoni* Koumans, 1941 from the Bay of Hormozgan Province,

Persian Gulf. *Russian Journal of Marine Biology* **44**(2):149–158
DOI 10.1134/S1063074018020098.

- Tran DD, Ambak MA, Hassan A, Nguyen TP. 2007.** Population biology of the goby *Pseudapocryptes elongatus* (Cuvier, 1816) in the coastal mud flat areas of the Mekong Delta, Vietnam. *Asian Fisheries Sciences* **20**(2):165–179 DOI 10.33997/j.afs.2017.20.2.003.
- Tran DD, Cao HV, Dinh QM, Tran LX. 2020a.** An assessment of fisheries resources in the coastal water of the Mekong Delta, Vietnam. *AACL Bioflux* **13**(6):3683–3693.
- Tran LT, Dinh QM. 2020.** Population dynamic of *Periophthalmus septemradiatus* (Hamilton, 1822) living along the Hau River, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* **24**(3):97–107 DOI 10.21608/ejabf.2020.89333.
- Tran DD, Le BP, Dinh QM, Duong NV, Nguyen TT. 2021.** Fish species composition variability in Cu Lao Dung, Soc Trang, Vietnam. *AACL Bioflux* **14**(4):1865–1876.
- Tran DD, Nguyen VT, To HTM, Nguyen TT, Dinh QM. 2020b.** Species composition and biodiversity index of gobiid assemblage in estuarine areas of the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* **24**(7):931–941 DOI 10.21608/EJABF.2020.131385.
- Tran DD, Shibukawa K, Nguyen TP, Ha PH, Tran XL, Mai VH, Utsugi K. 2013.** *Fishes of Mekong Delta, Vietnam.* Can Tho: Can Tho University Publisher.
- Tran LT, Son MS, Vo CNM, Hoang HD, Dinh QM. 2019.** Reproductive biology of *Periophthalmus schlosseri* (Pallas, 1770) along the coastline in Soc Trang and Bac Lieu. *Tap Chi Sinh Hoc* **41**(2se):229–240 DOI 10.15625/0866-7160/v41n2se.14153.
- Udo JP, Brownson I, Udo MT, Ofor C. 2013.** Population dynamics of mudskipper, *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) (Teleostei: Gobiidae) in the artisanal fishery of Imo river estuary, southeast Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquaculture* **4**(3):148 DOI 10.9734/JALSI/2017/37007.
- Zar JH. 1999.** *Biostatistical analysis.* Hoboken: Prentice Hall.

JOURNAL FACTSHEET

PeerJ
Life & Environment

The Journal of Life and Environmental Sciences

The peer-reviewed & Open Access journal publishing primary research and reviews in biology, life sciences, environmental sciences, and medicine.

Reputation

Publishing high-quality research

From the world's top institutions

Professional & experienced team

More than 125 years publishing experience

Industry-leading service

95% of authors recommend us

Institutional publishing

148 institutions signed up

Editors & Advisors

1,830 Editors and Advisors



Mina J. Bissell

Lawrence Berkeley Nat. Lab



John Gurdon

University of Cambridge



Dorothy Bishop

University of Oxford



Mario R. Capecchi

University of Utah

Audience

Widely read and cited

500,000 monthly views*,
56,000 content alert subscribers

Regular press coverage

In top outlets across US, EU & world

Comprehensively indexed

Web of Science, MEDLINE, JCR,
PubMed, Scopus, Google Scholar, ++

Publishing Made Easy

Relaxed reference formatting

Clarity is the only requirement

Press release & sharing tools

Maximize readership of your work

Great looking articles

Fully typeset article proofs

Straightforward submission

Easy to use, fast and loved by
authors

Peer review

Robust, Developmental review

1 editor, 2+ reviewers

Excellent review quality

Above average quality and depth

Signed reviews (optional)

Opt-in to fair and transparent science

Years publishing	9
Subjects	228
Articles published	13,579
Monthly views	500,000*
Publication speed	30 days†
Impact Factor	3.06
Scimago Ranking	0.766
SNIP	1.074
Citescore	4.7

* All journals

† Median days to 1st decision

Search

•  All•  Research articles

811 RESULTS

Research

March 23rd, 2022

Growth and survival among Hawaiian corals outplanted from tanks to an ocean nursery are driven by individual genotype and species differences rather than preconditioning to thermal stress

1 citation  179 downloads  1152 pageviews 

The drastic decline in coral coverage has stimulated an interest in reef restoration, and various iterations of coral nurseries have been used to augment restoration strategies. Here we examine the growth of two species of Hawaiian Montipora that were maintain...

conservation-biology ecology marine-biology
zoology climate-change-biology

Editor: Anastazia Banaszak
doi: 10.7717/peerj.13112
PeerJ

Research

March 14th, 2022

Geomorphically controlled coral distribution in degraded shallow reefs of the Western Caribbean

impact of ecological changes on geological reef development. The dec...

biogeography ecology ecosystem-science
marine-biology zoology

Editor: Robert Toonen
doi: 10.7717/peerj.12590
PeerJ

Research

March 14th, 2022

Textural quality, growth parameters and oxidative responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed faba bean water extract diet

2 citations ◀ 157 downloads ◀ 1049 pageviews

Texture is one of the key quality attributes used in the fresh and processed fish industry to assess product quality and consumer acceptability. To improve the textural quality of tilapia, we formulated the expanded pellet diet (EPD) and pellet diet (PD), both...

aquaculture-fisheries-and-fish-science biochemistry
food-science-and-technology

Editor: María Ángeles Esteban
doi: 10.7717/peerj.13048
PeerJ

Research

March 9th, 2022

Optimizing seawater temperature conditions to increase the productivity of ex situ coral nurseries

3 citations ◀ 100 downloads ◀ 1169 pageviews

Large scale ex situ propagation of coral colonies for reef restoration is a relatively new and developing field. One of the many advantages of utilizing ex situ coral nurseries is the ability to optimize water quality conditions for coral health and survival. ...

Research

March 8th, 2022

Four new species of Ctenodrilus, Raphidrilus, and Raricirrus (Cirratuliformia, Annelida) in Japanese waters, with notes on their phylogenetic position

150 downloads ◀ 1321 pageviews

Four new species of annelids, *Ctenodrilus japonicus* sp. nov., *Raphidrilus misakiensis* sp. nov., *Raphidrilus okinawaensis* sp. nov., and *Raricirrus anubis* sp. nov., are described based on specimens collected from Japanese waters. *Ctenodrilus japonicus* sp. nov. i...

biodiversity marine-biology molecular-biology

Editor: Robert Toonen

taxonomy zoology

doi: 10.7717/peerj.13044

PeerJ

Research

March 7th, 2022

Growth, maturity, and diet of the pearl whipray (*Fontitrygon margaritella*) from the Bijagós Archipelago, Guinea-Bissau

1 citation ◀ 113 downloads ◀ 1115 pageviews

The pearl whipray *Fontitrygon margaritella* (Compagno & Roberts, 1984) is a common elasmobranch in coastal western African waters. However, knowledge on their life-history and trophic ecology remains limited. Therefore, we aimed to determine the growth, maturit...

aquaculture-fisheries-and-fish-science ecology

Editor: Khor Waiho

marine-biology molecular-biology zoology

doi: 10.7717/peerj.12894

PeerJ

March 7th, 2022

Sea urchin harvest inside marine protected areas: an opportunity to investigate the effects of exploitation where trophic upgrading is achieved

2 citations ◀ 133 downloads ◀ 1299 pageviews

Background Marine protected areas (MPAs) usually have both positive effects of protection for the fisheries' target species and indirect negative effects for sea urchins. Moreover, often in MPAs sea urchin human harvest is restricted, but allowed. This study i...

aquaculture-fisheries-and-fish-science conservation-biology
marine-biology zoology natural-resource-management

Editor: Patricia Gandini
doi: 10.7717/peerj.12971
PeerJ

Research

March 4th, 2022

Factors regulating growth pattern and condition factor of an amphibious fish *Periophthalmus gracilis* living in the Mekong Delta

2 citations ◀ 98 downloads ◀ 930 pageviews

Growth pattern and condition factor (CF) are essential to fish resource assessment but limited to *Periophthalmus gracilis*—an amphibious fish living in the mudflats along the Indo-Pacific regions, including the Mekong Delta (MD), Vietnam. This study lasted from...

aquaculture-fisheries-and-fish-science ecology zoology
freshwater-biology

Editor: Khor Waiho
doi: 10.7717/peerj.13060
PeerJ

Research

February 24th, 2022

Comparing different farming habitats for mid-water rope nurseries to advance coral restoration efforts in the Maldives

Factors regulating growth pattern and condition factor of an amphibious fish *Periophthalmus gracilis* living in the Mekong Delta

Quang Minh Dinh¹, Ton Huu Duc Nguyen¹, Ngon Trong Truong² and Lam Nguyen-Ngoc³

¹ Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

² Department of Molecular Biotechnology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

³ Department of Marine Plankton, Institute of Oceanography, Vietnam Academy of Science and Technology, Khanh Hoa, Vietnam

ABSTRACT

Growth pattern and condition factor (CF) are essential to fish resource assessment but limited to *Periophthalmus gracilis*—an amphibious fish living in the mudflats along the Indo-Pacific regions, including the Mekong Delta (MD), Vietnam. This study lasted from April 2020 to March 2021 to verify if their growth pattern and CF change with sex, size, season, month and site. The total length and weight of 486 individuals (236 females and 250 males) were 2.9–5.9 cm and 0.13–1.66 g, respectively. The mudskipper displayed negative allometry as the slope value ($b = 2.69 \pm 0.06$) obtained from length and weight (LWR) was significantly less than 3 ($p < 0.01$), indicating that most fish specimens were caught in the immature stage. The fish growth pattern did not change with sex as both males and females displayed negative allometry but varied by size since the mudskipper showed negative allometry in the immature group and isometry in the mature group. Likewise, growth type changed with season since fish showed negative allometry in the dry season but isometry in the wet season. As the slope value (b) varied by site and month, the mudskipper displayed spatiotemporal growth patterns, ranging from negative to positive allometry. The CF was impacted by sex as this value of females (1.09 ± 0.02) was higher than that of males (0.96 ± 0.01 , $p < 0.01$). Besides, CF was regulated by fish length since this value was higher in the mature group (1.12 ± 0.03) than in the immature group (1.01 ± 0.01 , $p < 0.01$). Likewise, CF was affected by season as this value was higher in the wet season (1.05 ± 0.02) than in the dry season (0.99 ± 0.01 , $p < 0.01$). Although the CF varied with site and month variables ($p < 0.01$), this value (1.02 ± 0.01) was generally higher than 1, showing fish adapted well to their habitat. The fish length at first capture should be increased to exploit this species sustainably.

Submitted 29 October 2021
Accepted 13 February 2022
Published 4 March 2022

Corresponding author
Quang Minh Dinh,
dmquang@ctu.edu.vn

Academic editor
Khor Waiho

Additional Information and
Declarations can be found on
page 13

DOI 10.7717/peerj.13060

© Copyright
2022 Dinh et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Subjects Aquaculture, Fisheries and Fish Science, Ecology, Zoology, Freshwater Biology

Keywords Isometry, Mudskipper, Negative allometry, Positive allometry, Vietnam

INTRODUCTION

Gobies are known as one of the critical dietary components due to their high protein content (Nguyen, 2001), but their stocks are subject to plummeting caused by overexploitation, environmental degradation, and climate changes (Thai et al., 2012). Fisheries management is tackled to economic, social and biological pressure and regulated by fish biometrics (Zargar et al., 2012). Length-weight relationship and well-being condition are essential to fish biometric estimation (Froese, 2006; Mahmood et al., 2012; Truong et al., 2021).

The relationship between fish length and weight (LWR) plays an essential role in evaluating the growth and biomass of a fish population (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002; Mahmood et al., 2012; Jin et al., 2015; Dinh, 2016a; Lam & Dinh, 2021) and in assessing fisheries management (Froese, 1998; Froese & Pauly, 2000; Gonzalez Acosta, De La Cruz Agüero & De La Cruz Agüero, 2004; Jin et al., 2015; Phan et al., 2021b). In addition, the growth pattern determined from the slope parameter (b) of LWR (Froese, 2006) and condition factor (CF) play a vital role in fish ecological adaptation understanding (Abdoli et al., 2009; Dinh et al., 2016). Fish growth patterns and CF, including gobies, are affected by sexual, intraspecific and spatiotemporal variables (Froese, 2006; Abdoli et al., 2009; Lam & Dinh, 2021; Phan et al., 2021b; Truong et al., 2021). However, these data are limited in mudskippers, one of the gobiid fish groups, in the Mekong Delta (MD).

The mudflats and mangroves are habitats of many species of animals, including fishes (Sanders et al., 2010; Sasmido et al., 2020). Mudskipper is a unique fish group that lives mainly in these habitats (Murdy, 1989) and can obtain oxygen directly from the air using their skin and gills (Jaafar et al., 2009). *Periophthalmus gracilis* is one of three species of the *Periophthalmus* in MD (Tran et al., 2013) and 19 species in the world (Murdy & Jaafar, 2017). It occurs quite frequently in mudflat and mangrove regions (Murdy, 1989; Kottelat et al., 1993; Jaafar & Hou, 2012; Tran et al., 2013; Tran et al., 2020; Dinh et al., 2021b; Tran et al., 2021a) and can move flexibly in and out of the water to catch preys (Wicaksono et al., 2020). In MD, *P. gracilis* is being captured for food supply that leads to the reduction of fish resources day by day; however, there is no data on its biology, ecology, and which factors affect the fish population. Therefore, this study was conducted to understand its growth pattern and CF, which can be used to realize fish ecological adaptation and fishing status.

MATERIAL AND METHODS

Study site and fish analysis

This study lasted for 12 months from April 2020 to March 2021 at four sites in the estuarine and coastal regions in MD, including Duyen Hai - Tra Vinh (TV, $9^{\circ}40'29.5''N$ $106^{\circ}34'49.5''E$); Tran De - Soc Trang (ST, $9^{\circ}26'19.7''N$ $105^{\circ}10'48.1''E$); Dong Hai - Bac Lieu (BL, $9^{\circ}05'50.5''N$ $105^{\circ}29'54.7''E$) and Dam Doi - Ca Mau (CM, $8^{\circ}58'10.4''N$ $105^{\circ}22'58.9''E$) (Fig. 1). There are two seasons in these sites, including the dry season from January to May (with no rain) and the wet season from June to December (with heavy rain) (Le et al., 2006). The pH ranged 7.6–8.0, and the salinity varied widely from 12.3 to 23.5‰. The pH change depends on site but not season, whereas the salinity variation gives

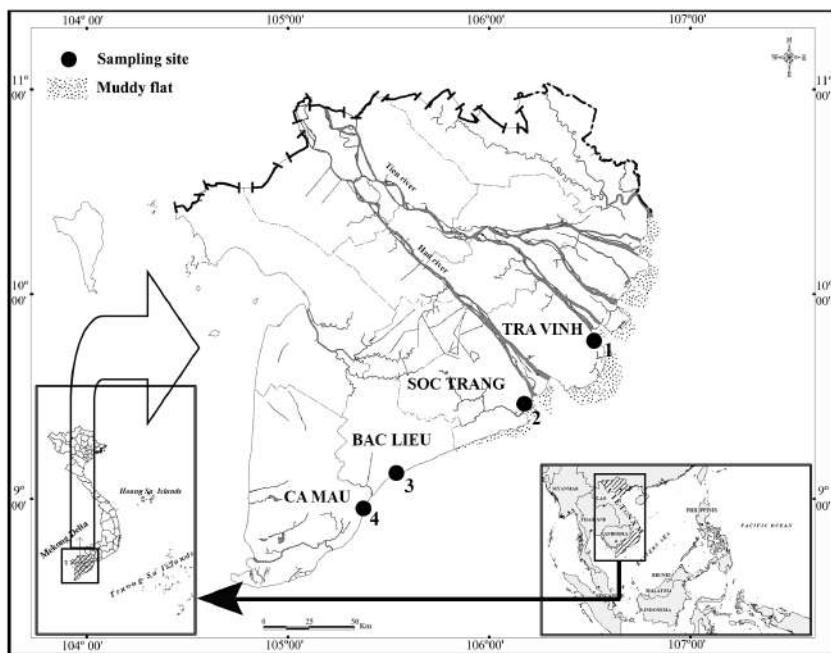


Figure 1 Distribution map of sampling sites. (●: Sampling site; 1: Duyen Hai, Tra Vinh; 2: Tran De, Soc Trang; 3: Dong Hai, Bac Lieu; 4: Dam Doi, Ca Mau) (Dinh, 2018).

[Full-size](#) DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-1](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-1)

the opposite result (Dinh et al., 2021a). The primary vegetation at TV and ST is *Sonneratia caseolaris* and *Rhizophora apiculata*, while *R. apiculata* is the predominant vegetation in BM and CM, according to our observation.

An area of 120 m² (6-m width × 20-m length) in each site was chosen to monthly catch fish species at night as fish was so active in the daytime, from April 2020 to March 2021. Fish samples were collected monthly by hand-catching for 4-hours continuously during low tide. Semi-tides represent the site samples, and during low tide, fish gather in large numbers on the mudflats. Fish specimens were easily distinguished from congeners as *P. gracilis* was covered by many irregular blackish dots, whereas *P. chrysospilos* and *P. variabilis* were surrounded by tiny orange spots and greyish brown (Murdy & Jaafar, 2017). MS222 (30 mg/l) dissolved with water taken from the sampling site was used to anaesthetize the fish specimens before being preserved in formalin buffer 5% (dilute from formalin with the ratio of 1 formalin: 9 water taken from the sampling site) and shipped to the laboratory. Fish was sexing using genital papilla, which was triangle males and oval shape in females. Then, fish total length (TL) was measured using a ruler to the nearest 0.1 cm, and fish weight (W) was weighted using an electric scale to the nearest 0.01 g. The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University approves the fish use in this study (Animal Welfare Assessment number: BQ2020-03/KSP).

Data analysis

The length-weight relationship of fish was defined as $W=a \times TL^b$ (W : fish weight, TL : fish total length, a : intercept parameter and b : slope parameter) (Ricker, 1973). The

condition factor (CF), according to [Le Cren \(1951\)](#), was calculated as $CF=W/(a \times TL^b)$. T -test verified if the b value obtained from the LWRs was ≈ 3 . Fish showed positive allometry ($b > 3$), negative allometry ($b < 3$) and isometry ($b \approx 3$) ([Martin, 1949](#)). T -test qualified whether CF was regulated by sex, size and season (dry season and wet season), while one-way ANOVA verified if CF changed with month and site ([Mahmood et al., 2012](#)). T -test confirmed if CF was ≈ 1 , whereas General Linear Model qualified gender \times season, gender \times site and season \times site affecting CF ([Dinh, 2016a](#)). Fish was divided into the immature group when $TL < L_m$ and the mature group if $TL \geq L_m$. Fish length at first maturity (L_m) of males and females at each site was calculated from the formula: $P = 1/(1 + \exp[-r \times (TL - L_m)])$ (P : proportion of mature individuals in a length class; TL : fish total length; and r : model parameter) ([Zar, 1999](#)). L_m was length at first maturity of female and male which was 5.0 cm and 5.7 cm in TV; 4.6 cm and 5.8 cm in ST; 4.9 cm and 5.2 cm in BL; and 6.2 cm and 5.9 cm in CM, respectively ([Dinh et al., in press](#)). Before weighting to the nearest 0.01 mg, ovarian and testicular development stages were classified into six developmental stages according to the methods of [Dinh et al. \(2020\)](#). Data analysis was performed using SPSS v.21, and all tests were set at $p < 0.05$. To lessen the Type I error of all tests, the Benjamini–Hochberg procedure was performed ([Benjamini & Hochberg, 1995](#); [McDonald, 2014](#)).

RESULTS

Growth pattern

The total length and weight of 486 individuals collected at four sites from Tra Vinh to Ca Mau were 2.9–5.9 cm and 0.13–1.66 g, respectively ([Table 1](#)). The LWRs of *P. gracilis* in different fish sexes, sizes, seasons, sites and months were presented in [Figs. 2–4](#). The growth pattern of *P. gracilis* was obtained from the slope value (b) of the length-weight relationship. Specifically, as a slope b (2.69 ± 0.06 SE) got from LWR was significantly less than the threshold of 3 ($n = 486$, $df = 484$, $p < 0.01$, $t = -5.46$), *P. gracilis* belonged to a negative allometric growth pattern.

In terms of sex, although the slope b value of females (2.80 ± 0.08 SE, $n = 236$) was higher than that of males (2.50 ± 0.07 SE, $n = 250$), both males and females displayed negative allometry as these values were < 3 ($df_{females} = 234$, $t_{females} = -2.40$, $p_{females} = 0.02$; $df_{males} = 248$, $t_{males} = -6.99$, $p_{males} < 0.01$, [Figs. 2A–2B](#)). Regarding fish size, the b value of mature fish (2.80 ± 0.37 SE, $n = 63$, [Fig. 2D](#)) was higher than that of immature fish (2.62 ± 0.06 SE, $n = 423$, [Fig. 2C](#)). The immature fish showed negative allometry due to $b < 3$ ($df = 421$, $t = -6.18$, $p < 0.01$, [Fig. 2C](#)), whereas the mature fish displayed isometry because of $b \approx 3$ ($n = 63$, $df = 61$, $t = -1.99$, $p = 0.05$, [Fig. 2D](#)). Similar to size, the growth pattern of *P. gracilis* changed with the season variable as it showed negative allometry in the dry season ($b = 2.51 \pm 0.08$, < 3 , $df = 195$, $t = -6.25$, $p < 0.01$, [Fig. 2E](#)) but isometry in the wet season ($b = 2.87 \pm 0.08$, ≈ 3 , $p = 0.08$, $t = -1.79$, [Fig. 2F](#)). Growth pattern of this mudskipper varied with site as it showed negative allometry at TV, ST and BL but isometry in CM. Indeed, b values of this fish at TV (2.79 ± 0.10 SE, $n = 139$, [Fig. 3A](#)), ST (2.11 ± 0.10 SE, $n = 95$, [Fig. 3B](#)) and BL (2.68 ± 0.09 , $n = 129$, [Fig. 3C](#)) were < 3 ($df_{TV} = 138$,

Table 1 Number of samples by sex, site and month.

Months	Duyen Hai - Tra Vinh				Tran De - Soc Trang				Dong Hai - Bac Lieu				Dam Doi - Ca Mau			
	Male	Female	TL range	W range	Male	Female	TL range	W range	Male	Female	TL range	W range	Male	Female	TL range	W range
Apr-20	3	7	3.8–5.5	0.50–1.36	4	3	4.3–5.4	0.78–1.24	7	5	4.5–1.2	0.53–1.15	2	3	4.7–5.4	0.85–1.25
May-20	3	12	3.5–5.2	0.34–1.31	6	3	3.9–4.9	0.49–0.79	8	6	3.5–1.1	0.28–1.05	5	3	4.2–5.7	0.57–1.16
Jun-20	1	8	4.4–5.4	0.87–1.26	3	5	3.5–5.8	0.44–1.30	5	5	4.6–1.2	0.72–1.20	6	4	3.7–5.7	0.38–1.14
Jul-20	5	7	3.6–5.9	0.39–1.40	4	4	4.5–5.7	0.68–0.95	8	4	3.6–1.1	0.33–1.10	3	8	4.4–5.4	0.75–1.26
Aug-20	7	6	3.8–4.4	0.54–0.80	6	4	3.9–5.6	0.64–1.05	11	4	3.6–0.9	0.49–0.90	8	5	3.6–5.9	0.39–1.56
Sep-20	1	11	3.8–5.5	0.50–1.36	5	3	4.5–5.2	0.72–0.94	8	2	3.6–0.9	0.44–0.85	5	7	2.9–5.2	0.13–1.31
Oct-20	5	9	3.6–5.4	0.39–1.31	6	2	4.2–5.1	0.73–0.99	11	1	3.9–1.0	0.47–1.04	3	6	3.5–5.0	0.34–1.15
Nov-20	5	3	4.6–5.4	0.77–1.20	5	3	3.8–4.5	0.44–0.68	7	4	3.5–0.5	0.29–0.53	1	10	3.8–5.6	0.50–1.36
Dec-20	4	4	3.8–5.3	0.36–0.92	3	3	3.4–4.8	0.39–0.64	4	4	3.1–0.4	0.24–0.44	3	10	3.6–5.3	0.39–1.31
Jan-21	6	4	3.6–5.6	0.33–1.35	3	3	5.0–5.8	0.92–1.64	5	3	4.6–1.2	0.77–1.20	7	4	3.7–5.7	0.44–1.24
Feb-21	7	5	3.7–5.3	0.38–1.15	4	1	4.4–5.6	0.71–0.93	4	3	4.1–0.9	0.48–0.86	6	3	3.7–5.7	0.38–1.15
Mar-21	7	9	3.4–5.3	0.31–1.28	9	3	3.2–5.5	0.37–1.66	6	4	3.3–1.1	0.26–1.13	5	6	3.3–4.9	0.32–1.19
Total	54	85	3.4–5.9	0.31–1.40	58	37	3.2–5.8	0.37–1.66	84	45	3.1–5.6	0.24–1.20	54	69	2.9–5.9	0.13–1.56

Notes.

TL, total length; W, weight.

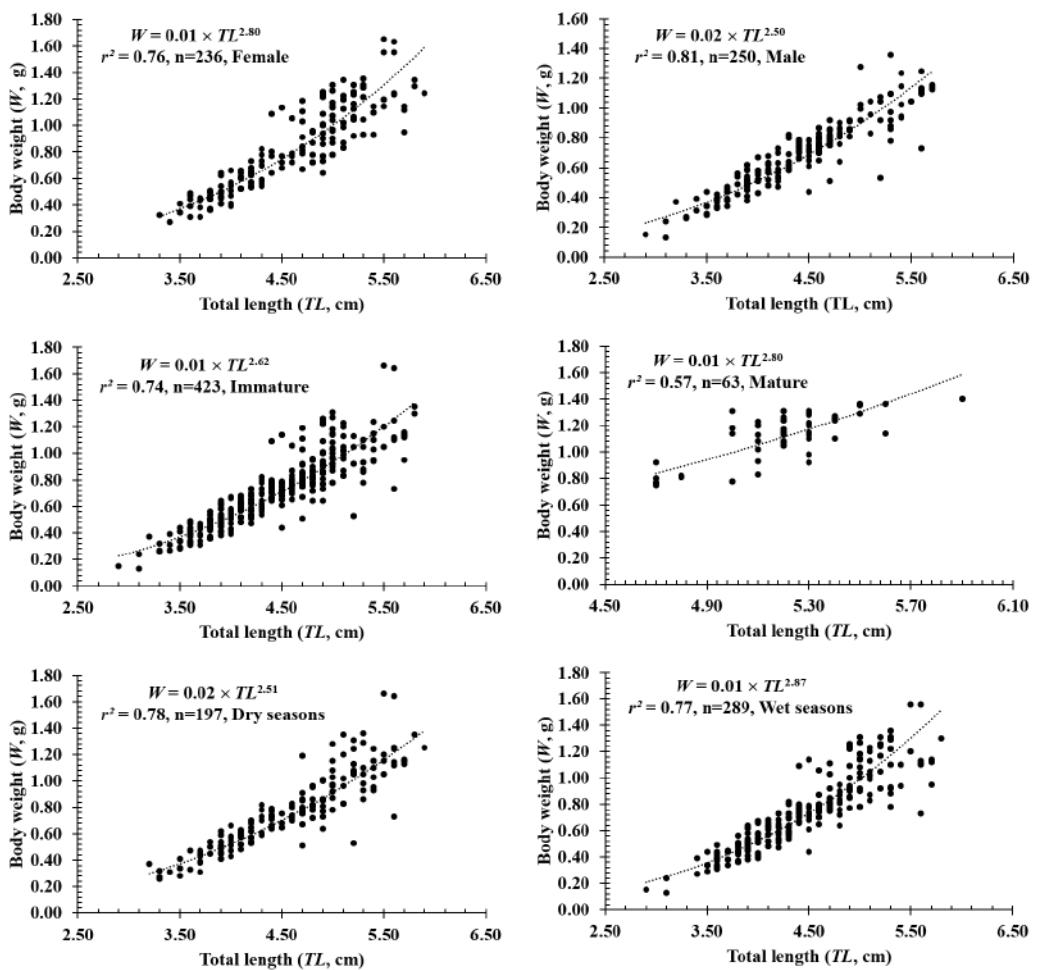


Figure 2 The length-weight relationship of *P. gracilis* in different sexes, sizes and seasons.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-2](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-2)

$= 137$, $t_{TV} = -2.05$, $p_{TV} = 0.04$; $df_{ST} = 93$, $t_{ST} = -8.83$, $p_{ST} < 0.1$; $df_{BL} = 127$, $t_{BL} = -3.43$, $p_{BL} < 0.01$). By contrast, this value in CM ($b = 2.96 \pm 0.11$, $n = 123$, Fig. 3D) was ≈ 3 ($df = 121$, $t = -0.41$, $p = 0.69$). The lowest value of b -value in ST could suggest that most of fish caught from ST belonged to immature fish.

The growth pattern of this fish was also changed with the month variable as it showed negative allometry to isometry to positive allometry. Specifically, as b value in February (2.39 ± 0.16 SE, $n = 33$), April (2.35 ± 0.27 SE, $n = 34$), May (2.56 ± 0.19 SE, $n = 46$), June (2.43 ± 0.23 SE, $n = 37$), August (2.07 ± 0.20 SE, $n = 51$) was significantly less than 3 ($df_{April} = 32$, $t_{April} = -2.42$, $p_{April} = 0.02$; $df_{May} = 44$, $t_{May} = -2.31$, $p_{May} = 0.03$; $df_{June} = 35$, $t_{June} = -2.50$, $p_{June} = 0.02$; $df_{August} = 49$, $t_{August} = -4.71$, $p_{August} < 0.01$; $df_{February} = 31$, $t_{February} = -3.80$, $p_{February} < 0.01$), this fish showed negative allometry. Only in September, the species displayed positive allometry since its b value ($b = 3.47 \pm .01$, $n = 42$) was >3 ($df = 40$, $t = 3.47$, $p < 0.01$). By contrast, this fish showed isometric growth as b value of this fish in the remaining months, e.g., in January (2.67 ± 0.17 , $n = 35$), March (2.84 ± 0.16 , $n = 49$),

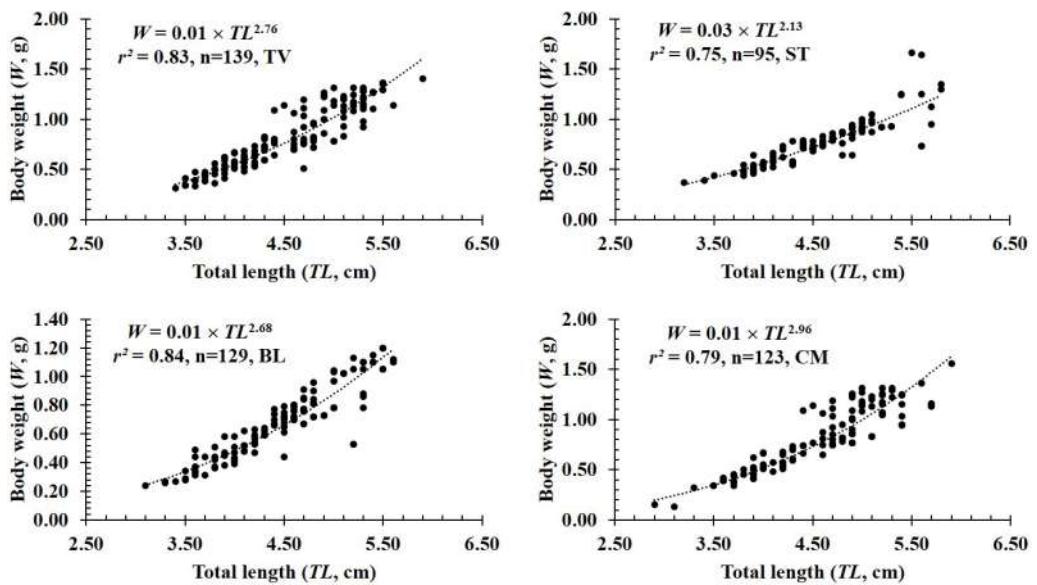


Figure 3 The length-weight relationship of *P. gracilis* in different sites. TV, Duyen Hai–Tra Vinh; ST, Tran De–Soc Trang; BL, Dong Hai–Bac Lieu; CM, Dam Doi–Ca Mau.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-3](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-3)

July ($2.49 \pm 0.26, n = 43$), October ($3.03 \pm 0.17, n = 43$), November ($2.93 \pm 0.13, n = 38$) and December ($3.14 \pm 0.25, n = 35$), equivalented to 3 ($df_{\text{July}} = 44, t_{\text{July}} = -1.98, p_{\text{July}} = 0.03; df_{\text{October}} = 41, t_{\text{October}} = 0.18, p_{\text{October}} = 0.86; df_{\text{November}} = 38, t_{\text{November}} = -0.52, p_{\text{November}} = 0.60; df_{\text{December}} = 35, t_{\text{December}} = 0.56, p_{\text{December}} = 0.58; df_{\text{January}} = 33, t_{\text{January}} = -1.99, p_{\text{January}} = 0.05; df_{\text{March}} = 41, t_{\text{March}} = -1.00, p_{\text{March}} = 0.32$) (Fig. 4).

Condition factor

Condition factor (*CF*) of female *P. gracilis* ($1.09 \pm 0.02 \text{ SE}, n = 236$) was higher than that of males ($0.96 \pm 0.01, n = 250$) ($n = 486, df = 484, t = 5.94, p < 0.01, \text{CI } 95\% = [0.12–0.05]$). The *CF* of both sexes were significantly larger than 1 ($n_{\text{females}} = 236, df_{\text{females}} = 235, t_{\text{females}} = 4.92, p_{\text{females}} < 0.01, \text{CI } 95\%_{\text{females}} = [0.17 \text{ to } -0.07]; df_{\text{males}} = 250, \text{males} = 249, t_{\text{males}} = -3.33, p_{\text{males}} = 0.01, \text{CI } 95\%_{\text{males}} = [-0.01 \text{ to } -0.06]$). Likewise, the *CF* of immature fish group ($1.01 \pm 0.01 \text{ SE}, n = 423$) was significantly less than that of mature one ($1.12 \pm 0.03 \text{ SE}, n = 63$) ($df = 484, t = -3.19, p < 0.01, \text{CI } 95\% = [(-0.04)–(-0.17)]$). The *CF* of immature fish was ≈ 1 ($n = 423, df = 422, t = 0.90, p = 0.36, \text{CI } 95\% = [0.03–(-0.01)]$); this value of mature fish was > 1 ($n = 63, df = 61, t = 4.50, p < 0.01, \text{CI } 95\% = [0.17–0.06]$). The variation of *CF* was also found in season variable as this value in the dry season ($0.99 \pm 0.01 \text{ SE}, n = 197$) was lower than in the wet season ($1.05 \pm 0.02 \text{ SE}, n = 289$) ($df = 484, t = -2.74, p < 0.01, \text{CI } 95\% = [(-0.02)–(-0.10)]$). In the dry season, the *CF* was ≈ 1 ($n = 197, df = 196, t = -0.88, p = 0.38, \text{CI } 95\% [0.15–(-0.03)]$); however, in the wet season the *CF* increases and was > 1 ($n = 289, df = 288, t = 3.09, p < 0.01, \text{CI } 95\% = [0.08–0.01]$).

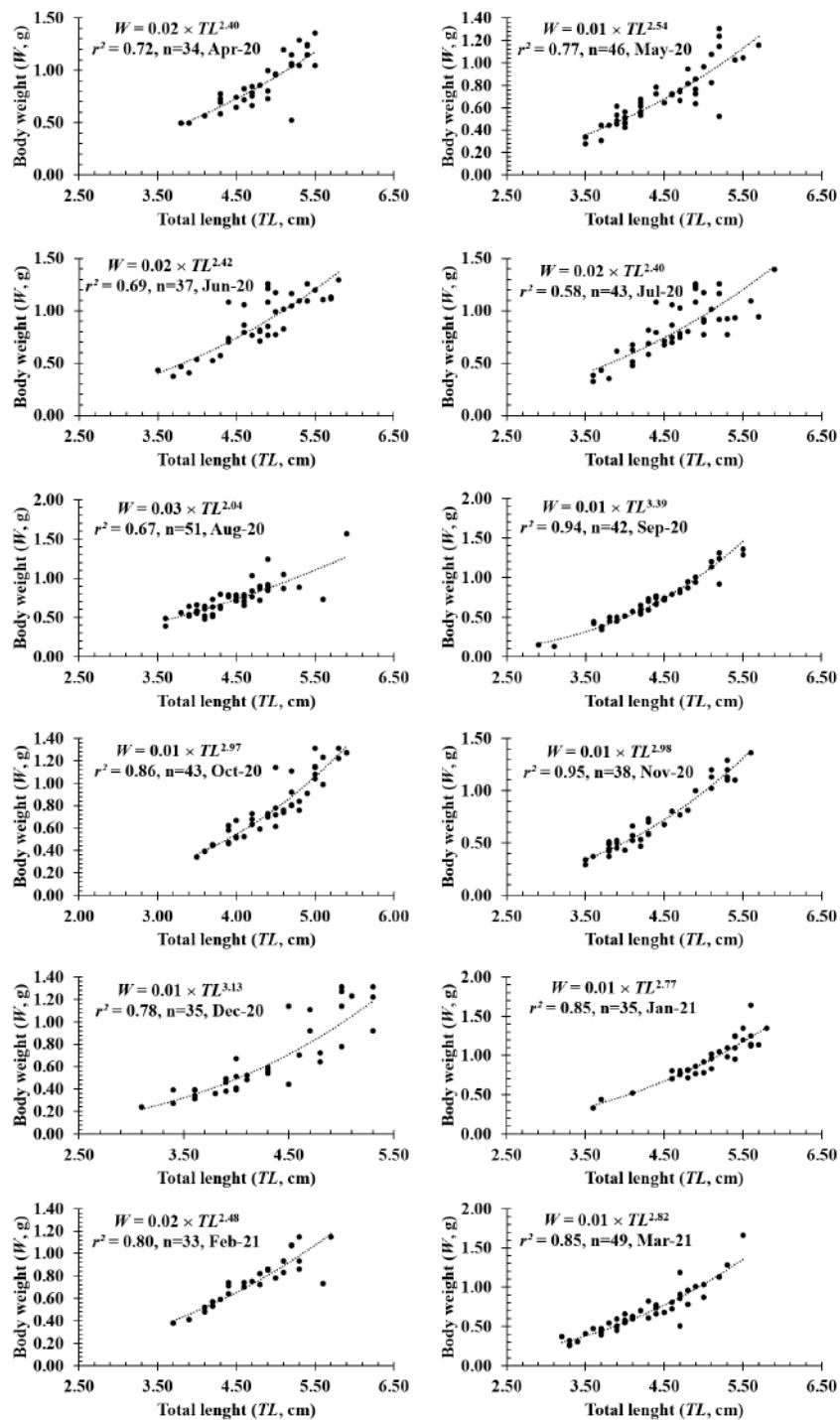


Figure 4 The length-weight relationship of *P. gracilis* in different months.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-4](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-4)

The *CF* value of *P. gracilis* varied with site (one-way ANOVA, $n = 486$, $df = 3$, $F_{2,3} = 4.56$, $p < 0.01$). This value at BL (0.94 ± 0.02 SE, $n = 129$) was significantly lower than that at the remaining 3 sites, comprising TV (1.09 ± 0.02 SE, $n = 139$), ST (1.04

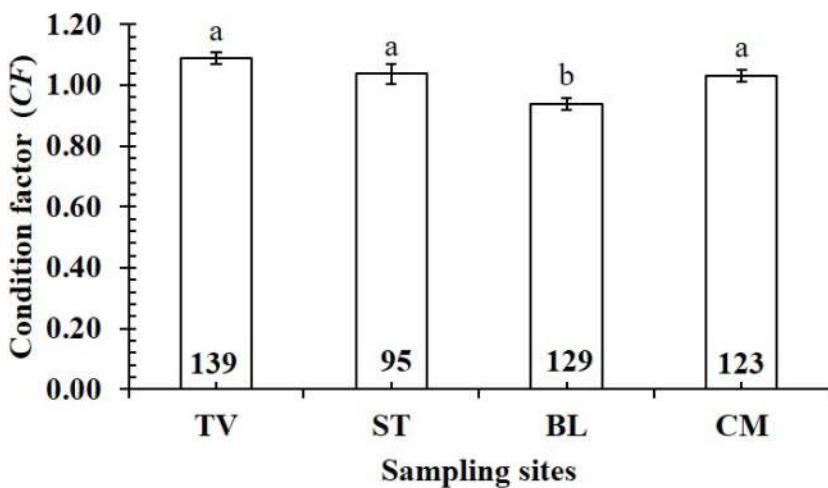


Figure 5 Variations of condition factor of *P. gracilis* by site. TV, Duyen Hai–Tra Vinh; ST, Tran De-Soc Trang; BL, Dong Hai–Bac Lieu; CM, Dam Doi–Ca Mau; the vertical bar is standard error of mean; a and b represent the significant difference; the number in each column is number of samples.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.13060/fig-5

± 0.03 SE, $n = 95$) and CM (1.03 ± 0.02 SE, $n = 123$) (Fig. 5). At ST and CM, the CF of this fish was equivalent to 1 ($n_{ST} = 95$, $df_{ST} = 94$, $t_{ST} = 1.19$, $p_{ST} = 2.35$, CI 95%_{ST} = [0.09 to −0.02]; $n_{CM} = 123$, $df_{CM} = 122$, $t_{CM} = 1.74$, $p_{CM} = 0.08$, CI 95%_{CM} = 0.06 – (−0.01)). Meanwhile at BL, the CF was less than 1 ($n = 129$, $df = 128$, $t = -3.09$, $p < 0.01$, CI 95% = [−0.02 to −0.09]). and at TV this value was higher than 1 ($n = 139$, $df = 138$, $t = 4.37$, $p < 0.01$, CI 95% [0.12–0.04]). The CF of this fish fluctuated during the 12-month study ($n = 486$, $df = 11$, $F_{2,11} = 3.43$, $p < 0.01$), reaching the highest value in March and August–October (1.07 ± 0.04 SE to 1.10 ± 0.06 SE) and the lowest value in February (0.89 ± 0.02 SE, $n = 33$) (Fig. 6).

The CF was also changed by the interaction of sex × season (GML, $n = 486$, $F_{2,3} = 4.18$, $p = 0.04$) (Fig. 7), but sex × site ($n = 486$, $F_{2,3} = 0.91$, $p = 0.44$) (Fig. 8) and season × site ($n = 486$, $F_{2,3} = 0.31$, $p = 0.82$) (Fig. 9). In overall, CF value of this mudskipper (1.05 ± 0.02 , $n = 495$) was significantly higher than an ideal threshold value of 1 ($t = 2.21$, $n = 486$, $df = 485$, $p = 0.03$, CI 95% = [0.05–0.01]).

DISCUSSION

As high determination values (r^2) of LWRs, fish weight in each sex, size, month, season, and site could be estimated from a given length, showing that fish weight could be obtained from fish length regardless of fish developmental stage. Similarly, positive relationships between TL and W were found in its congeners, e.g., *P. barbarus* in Nigeria (Chukwu & Deekae, 2011), *P. argentilineatus* and *P. gracilis* in Indonesia (Taniwel & Leiwakabessy, 2020) and *P. modestus* in the northern of Vietnam (Tran, Nguyen & Ha, 2021b). Some gobies living in MD, e.g., *Glossogobius sparsipapillus* (Dinh, 2015; Truong et al., 2021), *P. serperaster* (Dinh et al., 2016), *Butis butis* (Dinh, 2017a), *B. koilomatodon* (Lam & Dinh,

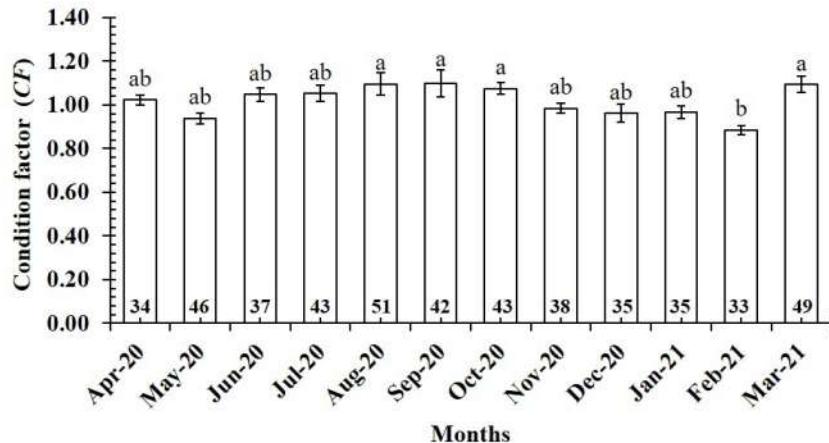


Figure 6 Variations of condition factor of *P. gracilis* by month. Vertical bar was standard error of mean; a and b represented the significant difference; number in each column was number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-6](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-6)

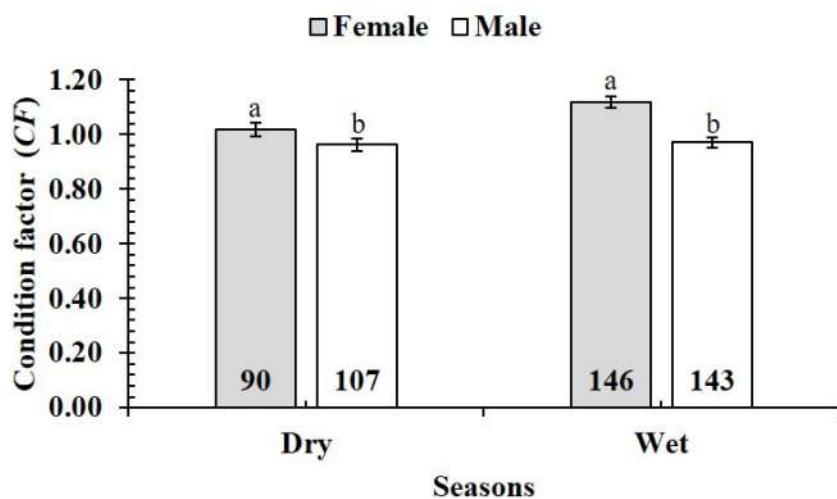


Figure 7 Variations of condition factor of *P. gracilis* by sex and season interaction. The vertical bar is standard error of mean; a and b represent the significant difference; the number in parentheses is number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-7](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-7)

2021), *G. giuris* (Dinh & Ly, 2014; Phan et al., 2021b) and *G. areus* (Phan et al., 2021a) also displayed a positive relationship between TL and W.

Since b value was less than 3, *P. gracilis* displayed negative allometry, showing that most fish collected corresponded to the immature stage found in its congeners, e.g., *P. barbarus* in Nigeria ($b = 2.73$) (King & Udo, 1998). A previous study on the genus *Periophthalmus* in Indonesia showed that both *P. argentilineatus* and *P. gracilis* displayed negative allometry ($b < 3$) (Taniwel & Leiwakabessy, 2020). As $b < 3$, the negative allometric pattern was observed in some gobies living in MD, e.g., *G. aureus* ($b = 2.71$) (Dinh, 2014b; Phan et al., 2021b) and *B. koilomatodon* ($b = 2.66$) (Lam & Dinh, 2021) and *G. sparsipapillus* ($b = 2.68$) (Truong et

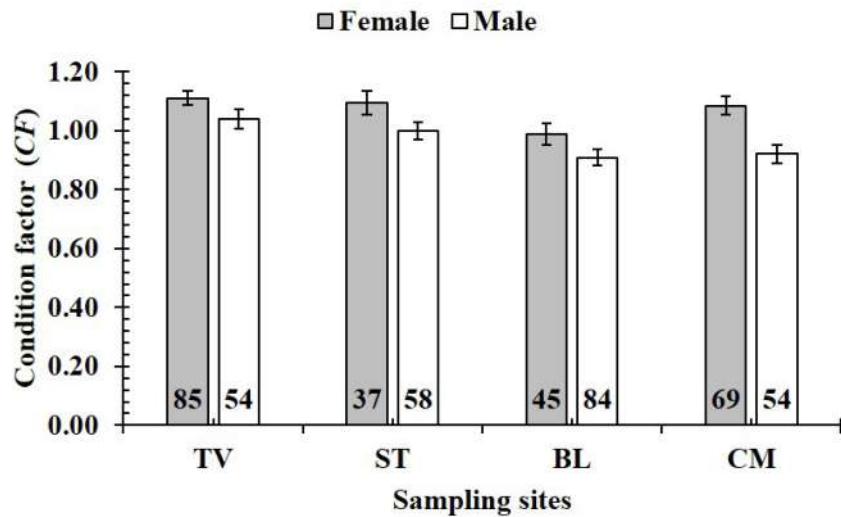


Figure 8 Variations of condition factor of *P. gracilis* by sex and site interaction. TV, Duyen Hai–Tra Vinh; ST, Tran De–Soc Trang; BL, Dong Hai–Bac Lieu; CM, Dam Doi–Ca Mau; vertical bar was standard error of mean; a and b represented the significant difference; number in parentheses was number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-8](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-8)

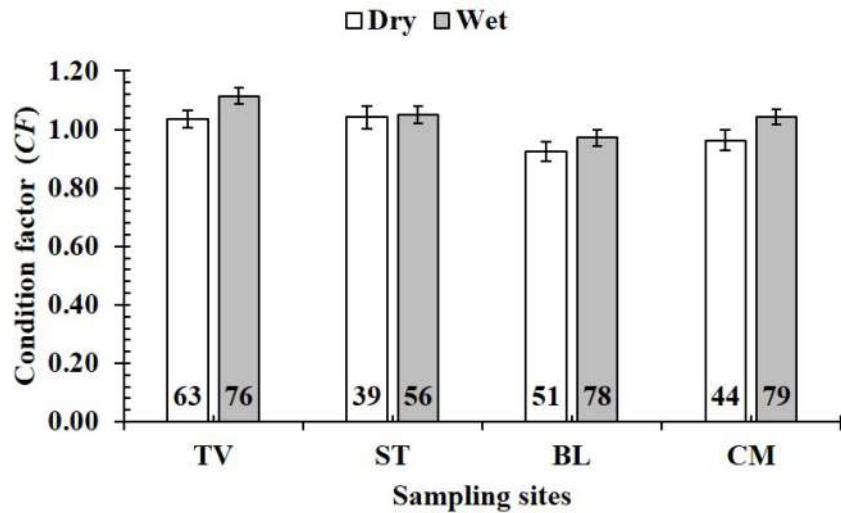


Figure 9 Variations of condition factor of *P. gracilis* by season and site interaction. TV, Duyen Hai–Tra Vinh; ST, Tran De–Soc Trang; BL, Dong Hai–Bac Lieu; CM, Dam Doi–Ca Mau; vertical bar was standard error of mean; a and b represented the significant difference; number in parentheses was number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.13060/fig-9](https://doi.org/10.7717/peerj.13060/fig-9)

al., 2021). Meanwhile, other gobies living in MD showed isometric growth, e.g., *B. boddarti* (Dinh, 2014a), *P. serperaster* (Dinh et al., 2016), *T. vagina* (Dinh, 2016b), *P. schlosseri* (Dinh, 2016c) and *G. giuris* (Dinh & Ly, 2014; Phan et al., 2021b) because of $b \approx 3$. Similar to *P. gracilis*, other congeners of *P. gracilis*, e.g., *P. modestus* distributing in the Red River Delta

(RD), north of Vietnam, showed positive allometry ($b>3$) ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). Likewise, the positive allometric growth pattern was also found in *P. chrysospilos* occurring in Malaysia ([Abdullah & Zain, 2019](#)) and *P. kalolo* and *P. malaccensis* in Indonesia ([Taniwel & Leiwakabessy, 2020](#)). Some other fish species living in MD, e.g., *S. pleurostigma* displayed positive allometry ($b > 3$) ([Dinh, 2017b](#)). The similarities and differences in growth patterns among these gobies indicated fish growth type was specific-species and regulated to by environment.

The difference in ovarian and testicular weights did not regulate fish growth patterns as male and female *P. gracilis* showed negative allometry. A similar growth pattern in the two sexes was found in its congeners in Nigeria, e.g., *P. barbarus* also showed ([King & Udo, 1998](#)), but not in *P. modestus* living in the RD ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). As immature groups showed negative allometry, but mature groups showed isometric growth regarding the fish size. It showed that the growth pattern of *P. gracilis* was impacted by fish size, which was found in *P. barbarus* in Nigeria ([King & Udo, 1998](#)) but not in *P. modestus* in RD ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). Similar to fish size, the growth pattern of *P. gracilis* in the dry season was different from in the wet season, seeming that the difference in precipitation between these two seasons affected fish growth type, which was found in its congener –*P. modestus* in RD ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). The spatial variation in the growth type of *P. gracilis* could be related to differences in abiotic factors among these sites ([Dinh et al., 2021a](#)), which was also found in *P. waltoni* in Nigeria ([Sarafraz et al., 2012](#)) and *P. modestus* in RD ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). Like *P. gracilis*, the variation in growth pattern among months was found in some gobies living in and out of MD, e.g., *P. barbarus* ([King & Udo, 1998](#)), *P. waltoni* ([Sarafraz et al., 2012](#)), *G. giuris* ([Dinh & Ly, 2014](#); [Phan et al., 2021b](#)), *B. boddarti* ([Dinh, 2014a](#)), *P. serperaster* ([Dinh et al., 2016](#)), *T. vagina* ([Dinh, 2016b](#)), *P. schlosseri* ([Dinh, 2016c](#)) and *P. modestus* ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)).

The CF of *P. gracilis* was affected by gender and size, indicating that fish body condition could relate to fish developmental stages. In Nigeria, CF its congener, *P. barbarus*, did not show sexual changes in CF ([King & Udo, 1998](#); [Chukwu & Deekae, 2011](#)). However, *P. modestus*, another congener in RD, showed a sexual change in CF as this value was high in females towards the end of gonadal maturation, which was found in *P. serperaster* living in MD ([Dinh et al., 2016](#)). Different from *P. gracilis*, CF of some gobies in MD, e.g., *P. serperaster* ([Dinh et al., 2016](#)), *P. schlosseri* ([Dinh, 2016c](#)), *T. vagina* ([Dinh, 2016b](#)), and *G. giuris* ([Phan et al., 2021b](#)) did not vary with fish size. The wet season was observed preferably for *P. gracilis* as CF in the wet season was higher than in the dry season, whereas a reverse case was found *P. modestus* in RD due to a lower CF in the wet season compared to the dry season ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). Different from *P. gracilis*, a similar in CF between dry and wet seasons were also found in co-occurring gobiid species such as *P. elongatus* ([Tran, 2008](#)), *P. serperaster* ([Dinh et al., 2016](#)), *T. vagina* ([Dinh, 2016b](#)), *G. giuris* ([Phan et al., 2021b](#)) and *B. koilomatodon* ([Lam & Dinh, 2021](#)). Fish body condition factors could be regulated by the variation in biotic factors between four sites due to the spatial variation in CF. This assumption was also found in co-occurring goby *B. koilomatodon* ([Lam & Dinh, 2021](#)) but not in *P. modestus* in RD ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). Although *P. gracilis* showed spatiotemporal variation in CF, the research sites contributed favourable

environmental conditions as its *CF* was higher than the threshold of 1. Likewise, its congeners living out of MD was also adapted well to their habitats due to higher *CF*, e.g., *P. barbarus* ([King & Udo, 1998](#)), *P. chrysospilos* ([Abdullah & Zain, 2019](#); [Dinh et al., In Press](#)), *P. modestus* ([Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)) and *P. variabilis* ([Dinh et al., 2022](#)). This assumption was also found in some other fish species in MD, such as *P. elongatus* ([Tran, 2008](#)), *P. serperaster* ([Dinh et al., 2016](#)), *T. vagina* ([Dinh, 2016b](#)), *P. schlosseri* ([Dinh, 2016c](#)) and *G. aureus* ([Dinh, 2019](#)) and *G. giuris* ([Phan et al., 2021b](#)).

CONCLUSIONS

As the slope value obtained from *LWR* was less than 3, *P. gracilis* displayed negative allometry for both sexes, showing that most individual fish was caught in the immature stage. The growth pattern did not show sexual changes but intraspecific and spatiotemporal variations. The *CF* was regulated by gender, fish size and season, sites and month, and this value of this species was higher than 1, showing it adapted well to the environment. The fish length at first capture should be increased in order to conserve this species.

ADDITIONAL INFORMATION AND DECLARATIONS

Funding

This work is funded by the Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 106.05-2019.306. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Grant Disclosures

The following grant information was disclosed by the authors:

Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED): 106.05-2019.306.

Competing Interests

The authors declare there are no competing interests.

Author Contributions

- Quang Minh Dinh and Ton Huu Duc Nguyen conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Ngon Trong Truong and Lam Nguyen-Ngoc conceived and designed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.

Animal Ethics

The following information was supplied relating to ethical approvals (i.e., approving body and any reference numbers):

The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University approved the study (BQ2020-03/KSP).

Data Availability

The following information was supplied regarding data availability:

The raw data are available in the [Supplementary Files](#).

Supplemental Information

Supplemental information for this article can be found online at <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.13060#supplemental-information>.

REFERENCES

- Abdoli L, Kamrani E, Abdoli A, Kiabi B.** 2009. Length-weight relationships for three species of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of the Persian Gulf, Iran. *Journal of Applied Ichthyology* **25**(2):236–237 DOI [10.1111/j.1439-0426.2009.01232.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01232.x).
- Abdullah MIC, Zain KM.** 2019. Length-weight relationships, condition factor and growth parameters of *Periophthalmus chrysospilos* (Bleeker, 1852) (Gobiiformes: Gobiidae) in Bayan Bay, Penang, Malaysia. *Sains Malaysiana* **48**(2):271–279 DOI [10.17576/jsm-2019-4802-02](https://doi.org/10.17576/jsm-2019-4802-02).
- Benjamini Y, Hochberg Y.** 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society Series B (Methodological)* **57**(1):289–300 DOI [10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x](https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x).
- Chukwu K, Deekae S.** 2011. Length-weight relationship, condition factor and size composition of *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) in New Calabar River, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* **2**(7):1069–1071 DOI [10.5251/abjna.2011.2.7.1069.1071](https://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.7.1069.1071).
- Dinh QM.** 2014a. A preliminary study on length-weight relationship of the mudskipper *Boleophthalmus boddarti* in Soc Trang. *Tap chi Sinh hoc* **36**(1):88–92.
- Dinh QM.** 2014b. Length-weight relationship of golden tank goby *Glossogobius aureus* Akihito & Meguro, 1975 in Con Tron River, Soc Trang Province. In: *The 2nd national scientific conference on marine biology and sustainable development*. Hai Phong, Vietnam: Natural Science and Technology Publisher 467–472.
- Dinh QM.** 2015. A preliminary study on length - weight relationship of the Linecheek tank goby. *Hanoi Pedagogical University 2 Journal of Science* **37**:52–57.
- Dinh QM.** 2016a. Length-weighth relationship of the goby *Oxyeleotris urophthalmus* in Soc Trang. In: *The 2nd national scientific conference on biological research and teaching*. Vietnam, Da Nang: Vietnamese National University Publisher, 637–641.
- Dinh QM.** 2016b. Growth pattern and body condition of *Trypauchen vagina* in the Mekong Delta, Vietnam. *The Journal of Animal and Plant Sciences* **26**(2):523–531.
- Dinh QM.** 2016c. Growth and body condition variation of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* in dry and wet seasons. *Tap chi Sinh hoc* **38**(3):352–358.
- Dinh QM.** 2017a. The length-weight relationship of the duckbill sleeper *Butis butis* (Hamilton, 1822). *Journal of Science and Technology, the University of Danang* **112**(2):47–49.

- Dinh QM.** 2017b. Morphometrics and condition factor dynamics of the goby *Stigmato-gobius pleurostigma* (Bleeker 1849) during dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Asian Fisheries Sciences* **30**(1):17–25.
- Dinh QM.** 2018. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. *Journal of Applied Ichthyology* **34**:103–110 DOI [10.1111/jai.13521](https://doi.org/10.1111/jai.13521).
- Dinh QM.** 2019. The variation of growth pattern and condition factor of *Glossogobius aureus* at different fish sizes during dry and wet seasons. In: *Proceeding of the first national conference on Ichthyology in Vietnam*. Ha Noi: Publishing House of Natural Sciences and Technology, 174–181.
- Dinh QM, Lam TTH, Nguyen THD, Nguyen TM, Nguyen TTK, Nguyen NT.** 2021a. First reference on reproductive biology of *Butis koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. *BMC Zoology* **6**(1):1–14 DOI [10.1186/s40850-021-00065-x](https://doi.org/10.1186/s40850-021-00065-x).
- Dinh QM, Ly TV.** 2014. Preliminary study result of length –weight of tank goby, *Glossogobius giuris*, distributing in Soc Trang. *Can Tho University Journal of Science* **2014**(2):220–225.
- Dinh QM, Nguyen HTT, Nguyen THD, Truong NT.** 2021b. Study on factor influencing morphological traits of graceful mudskipper *Periophthalmus gracilis* Eggert, 1935. *Can Tho University Journal of Science* **57**:139–149.
- Dinh QM, Nguyen THD, Nguyen TTK, Van Tran G, Truong NT.** 2022. Spatiotemporal variations in length-weight relationship, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus variabilis* Eggert, 1935 in Vietnamese Mekong Delta. *PeerJ* **10**:e12798 DOI [10.7717/peerj.12798](https://doi.org/10.7717/peerj.12798).
- Dinh QM, Nguyen THD, Truong NT, Tran LT, Nguyen TTK.** 2021c. Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 1–5, In press.
- Dinh QM, Qin JG, Dittmann S, Tran DD.** 2016. Morphometric variation of *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) in dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Ichthyological Research* **63**(2):267–274 DOI [10.1007/s10228-015-0497-0](https://doi.org/10.1007/s10228-015-0497-0).
- Dinh QM, Tran LT, Ngo NC, Pham TB, Nguyen TTK.** 2020. Reproductive biology of the unique mudskipper *Periophthalmodon septemradiatus* living from estuary to upstream of the Hau River. *Acta Zoologica* **101**(2):206–217 DOI [10.1111/azo.12286](https://doi.org/10.1111/azo.12286).
- Froese R.** 1998. Length-weight relationships for 18 less-studied fish species. *Journal of Applied Ichthyology* **14**(1–2):117–118 DOI [10.1111/j.1439-0426.1998.tb00626.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1998.tb00626.x).
- Froese R.** 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* **22**(4):241–253 DOI [10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x).
- Froese R, Pauly D.** 2000. FishBase 2000: concepts, design and data sources, Philippines. In: *ICLARM*.
- Gonzalez Acosta A, De La Cruz Agüero G, De La Cruz Agüero J.** 2004. Length-weight relationships of fish species caught in a mangrove swamp in the Gulf of California

(Mexico). *Journal of Applied Ichthyology* **20**(2):154–155
DOI [10.1046/j.1439-0426.2003.00518.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00518.x).

Jaafar Z, Perrig M, Chou LM. 2009. *Periophthalmus variabilis* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novemradiatus*. *Zoological Science* **26**(4):309–314 DOI [10.2108/zsj.26.309](https://doi.org/10.2108/zsj.26.309).

Jaafar Z, Hou Z. 2012. Partner choice in gobiid fish *Myersina macrostoma* living in association with the alpheid shrimp *Alpheus rapax*. *Symbiosis* **56**(3):121–127 DOI [10.1007/s13199-012-0166-2](https://doi.org/10.1007/s13199-012-0166-2).

Jin S, Yan X, Zhang H, Fan W. 2015. Weight-length relationships and Fulton's condition factors of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western and central Pacific Ocean. *PeerJ* **3**:e758 DOI [10.7717/peerj.758](https://doi.org/10.7717/peerj.758).

Khaironizam MZ, Norma-Rashid Y. 2002. Length-weight relationship of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia. *Naga* **25**(3–4):20–22.

King RP, Udo MT. 1998. Dynamics in the length-weight parameters of the mudskipper *Periophthalmus brabarus* (Gobiidae), in Imo River estuary, Nigeria. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **52**(2):179–186 DOI [10.1007/BF02908746](https://doi.org/10.1007/BF02908746).

Kottelat M, Whitten T, Kartikasari SN, Wirjoatmodjo S. 1993. *Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi*. Jakarta, Indonesia: Periplus Editions.

Lam TTH, Dinh QM. 2021. Factors affecting growth pattern and condition of *Butis koiliomatodon* (Bleeker, 1849) (Gobiiformes: Eleotridae) from the Mekong Delta, Vietnam. *Acta Zoologica Bulgarica* **73**(1):99–106.

Le T, Nguyen MT, Nguyen VP, Nguyen DC, Pham XH, Nguyen TS, Hoang VC, Hoang PL, Le H, Dao NC. 2006. Provinces and City in the Mekong Delta. In: Le T, ed. *Geography of Provinces and Cities in Vietnam*, VI. Ha Noi: Education Publishing House, 49–94.

Le Cren E. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* **20**(2):201–219 DOI [10.2307/1540](https://doi.org/10.2307/1540).

Mahmood K, Ayub Z, Moazzam M, Siddiqui G. 2012. Length-weight relationship and condition factor of *Ilisha melastoma* (Clupeiformes: Pristigasteridae) off Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* **44**(1):71–77.

Martin WR. 1949. *The mechanics of environmental control of body form in fishes*. Vol. 58. Canada: University of Toronto Press.

McDonald JH. 2014. *Multiple comparisons in handbook of biological statistics*. Available at <http://www.biostathandbook.com/multiplecomparisons.html> (accessed on October 2021).

Murdy EO. 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). *Australian Museum Journal* **11**:1–93.

Murdy EO, Jaafar Z. 2017. Taxonomy and systematics review. In: Jaafar Z, Murdy EO, eds. *Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers*. Boca Raton: CRC Press, 1–36.

Nguyen HK. 2001. *Fauna of Vietnam*. Ha Noi: Science and Technics Publishing House.

- Phan GH, Dinh QM, Truong NT, Nguyen THD, Nguyen TTK.** 2021a. The intraspecific and spatio-temporal changes in growth pattern and condition factor of *Glossogobius aureus* inhabiting in the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* **25**(2):591–599.
- Phan GH, Le LTT, Dinh QM, Truong NT, Nguyen THD.** 2021b. Length-weight relationship, growth pattern and condition factor of *Glossogobius giuris* caught from coastal areas in the Mekong Delta. *AACL Bioflux* **14**(3):1478–1485.
- Ricker WE.** 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **30**(3):409–434 DOI [10.1139/f73-072](https://doi.org/10.1139/f73-072).
- Sanders CJ, Smoak JM, Naidu AS, Sanders LM, Patchineelam SR.** 2010. Organic carbon burial in a mangrove forest, margin and intertidal mud flat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **90**(3):168–172 DOI [10.1016/j.ecss.2010.08.013](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.08.013).
- Sarafraz J, Abdoli A, Hassanzadeh B, Kamrani E, Akbarian MA.** 2012. Determination of age and growth of the mudskipper *Periophthalmus waltoni* Koumans, 1955 (Actinopterygii: Perciformes) on the mudflats of Qeshm Island and Bandar-Abbas, Iran. *Progress in Biological Sciences* **1**(1):25–54.
- Sasmito SD, Kuzyakov Y, Lubis AA, Murdiyarno D, Hutley LB, Bachri S, Friess DA, Martius C, Borchard N.** 2020. Organic carbon burial and sources in soils of coastal mudflat and mangrove ecosystems. *Catena* **187**:1–11.
- Taniwel D, Leiwakabessy F.** 2020. Density and length-weight relationship of mudskipper (*Periophthalmus* spp.) in the mangrove area of Kairatu Beach, Maluku, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* **21**(11):5465–5473.
- Thai NT, Hoang DD, Nguyen HN, Phan DD, Nguyen BC, Nguyen VS, Trinh TL, Nguyen LP, Thai TMT, Huynh VNQ, Tran HA, Nguyen CT, Le VT, Le TNN.** 2012. *Assessment of impacts of climate change and sea-level rise on coastal habitat communities and recommendation of Adaptation resolution*. Ben Tre Province: The National Target Program of Adaptation to Climate Change.
- Tran DD.** 2008. Some aspects of biology and population dynamics of the goby *Pseudopercytes elongatus* (Cuvier, 1816) in the Mekong Delta. PhD thesis, Malaysia, Universiti Malaysia Terengganu.
- Tran DD, Le BPC, Dinh QM, Duong NV, Nguyen TT.** 2021a. Fish species composition variability in Cu Lao Dung, Soc Trang, Vietnam. *AACL Bioflux* **14**(4):1865–1876.
- Tran DD, Nguyen VT, To HTM, Nguyen TT, Dinh QM.** 2020. Species composition and biodiversity index of gobiid assemblage in estuarine areas of the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* **24**(7):931–941 DOI [10.21608/ejabf.2020.131385](https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.131385).
- Tran DD, Shibukawa K, Nguyen TP, Ha PH, Tran XL, Mai VH, Utsugi K.** 2013. *Fishes of Mekong Delta*. Vietnam, Can Tho: Can Tho University Publisher.
- Tran HD, Nguyen HH, Ha LM.** 2021b. Length-weight relationship and condition factor of the mudskipper (*Periophthalmus modestus*) in the Red River Delta. *Regional Studies in Marine Science* **46**:1–8.

- Truong NT, Phan GH, Dinh QM, Nguyen THD, Nguyen TTK.** 2021. Growth and condition factor of the commercial goby *Glossogobius sparsipapillus* living along Bassac River, Vietnam. *AACL Bioflux* **14**(3):1695–1701.
- Wicaksono A, Hidayat S, Retnoaji B, Alam P.** 2020. The water-hopping kinematics of the tree-climbing fish, *Periophthalmus variabilis*. *Zoology* **139**:1–15.
- Zar JH.** 1999. *Biostatistical analysis*. Hoboken: Prentice Hall.
- Zargar U, Yousuf A, Mushtaq B, Dilafroza J.** 2012. Length-weight relationship of the crucian carp, *Carassius carassius* in relation to water quality, sex and season in some lentic water bodies of Kashmir Himalayas. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **12**(3):683–689.

JOURNAL FACTSHEET

PeerJ
Life & Environment

The Journal of Life and Environmental Sciences

The peer-reviewed & Open Access journal publishing primary research and reviews in biology, life sciences, environmental sciences, and medicine.

Reputation

Publishing high-quality research

From the world's top institutions

Professional & experienced team

More than 125 years publishing experience

Industry-leading service

95% of authors recommend us

Institutional publishing

148 institutions signed up

Editors & Advisors

1,830 Editors and Advisors



Mina J. Bissell

Lawrence Berkeley Nat. Lab



John Gurdon

University of Cambridge



Dorothy Bishop

University of Oxford



Mario R. Capecchi

University of Utah

Audience

Widely read and cited

500,000 monthly views*,
56,000 content alert subscribers

Regular press coverage

In top outlets across US, EU & world

Comprehensively indexed

Web of Science, MEDLINE, JCR,
PubMed, Scopus, Google Scholar, ++

Publishing Made Easy

Relaxed reference formatting

Clarity is the only requirement

Press release & sharing tools

Maximize readership of your work

Great looking articles

Fully typeset article proofs

Straightforward submission

Easy to use, fast and loved by
authors

Peer review

Robust, Developmental review

1 editor, 2+ reviewers

Excellent review quality

Above average quality and depth

Signed reviews (optional)

Opt-in to fair and transparent science

Years publishing	9
Subjects	228
Articles published	13,579
Monthly views	500,000*
Publication speed	30 days†
Impact Factor	3.06
Scimago Ranking	0.766
SNIP	1.074
Citescore	4.7

* All journals

† Median days to 1st decision

Search

•  All•  Research articles

811 RESULTS

Research

February 8th, 2022

Detection of microplastics in *Litopenaeus vannamei* (Penaeidae) and *Macrobrachium rosenbergii* (Palaemonidae) in cultured pond

5 citations ◀ 455 downloads ◀ 1444 pageviews

Background The presence of plastic particles in freshwater species is becoming a global concern owing to the potential impact on food security and human health. In this study, we investigated the presence microplastics (MPs) in two economically important fresh...

aquaculture-fisheries-and-fish-science ecology zoology

Editor: Khor Waiho

doi: 10.7717/peerj.12916

PeerJ

environmental-contamination-and-remediation

environmental-impacts

Research

February 7th, 2022

Temperature and duration of exposure drive infection intensity with the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis*

more likely to experience progression from infection to disease...

[conservation-biology](#)[ecology](#)[parasitology](#)[zoology](#)[freshwater-biology](#)Editor: [John Measey](#)doi: [10.7717/peerj.12889](https://doi.org/10.7717/peerj.12889)*PeerJ*

Research

February 1st, 2022

A revision of Plectanocotyle (Monogenea, Plectanocotylidae), with molecular barcoding of three species and the description of a new species from the streaked gurnard *Chelidonichthys lastoviza* off Algeria

2 citations ◀ 132 downloads ◀ 1126 pageviews

Background The family Plectanocotylidae includes parasites of the gills of marine fish; although nine genera and about 20 species have been described, almost no molecular information is available. Putting aside *Plectanocotyle elliptica* Diesing, 1850, supposedl...

[aquaculture-fisheries-and-fish-science](#)[marine-biology](#)Editor: [James Reimer](#)doi: [10.7717/peerj.12873](https://doi.org/10.7717/peerj.12873)*PeerJ*[parasitology](#)[taxonomy](#)[zoology](#)

Research

January 26th, 2022

Comparison of the bleaching susceptibility of coral species by using minimal samples of live corals

1 citation ◀ 129 downloads ◀ 1134 pageviews

In massive bleaching events (losing symbiotic algae from corals), more sensitive corals are bleached earlier than other corals. To perform a comparison of bleaching susceptibility within and across coral species, a simple quantitative method is required. Accor...

Research

January 26th, 2022

Potential impacts from simulated vessel noise and sonar on commercially important invertebrates

157 downloads ◀ 1620 pageviews

Human usage of coastal water bodies continues to increase and many invertebrates face a broad suite of anthropogenic stressors (e.g., warming, pollution, acidification, fishing pressure).

Underwater sound is a stressor that continues to increase in coastal areas...

animal-behavior ecology marine-biology

environmental-impacts biological-oceanography

Editor: [Mark Costello](#)doi: [10.7717/peerj.12841](https://doi.org/10.7717/peerj.12841)*PeerJ*

Research

January 25th, 2022

Seasonal and diel variations in the vertical distribution, composition, abundance and biomass of zooplankton in a deep Chilean Patagonian Fjord

6 citations ◀ 196 downloads ◀ 1627 pageviews

Comau Fjord is a stratified Chilean Patagonian Fjord characterized by a shallow brackish surface layer and a >400 m layer of aragonite-depleted subsurface waters. Despite the energetic burden of low aragonite saturation levels to calcification, Comau Fjord har...

biodiversity ecology marine-biology zoology

Editor: [Mark Costello](#)doi: [10.7717/peerj.12823](https://doi.org/10.7717/peerj.12823)*PeerJ*

January 20th, 2022

Ecosystem design as an avenue for improving services provided by carbonate producing marine ecosystems

1 citation ◀ 192 downloads ◀ 1610 pageviews

Ecosystem Design (ED) is an approach for constructing habitats that places human needs for ecosystem services at the center of intervention, with the overarching goal of establishing self-sustaining habitats which require limited management. This concept was o...

conservation-biology ecosystem-science marine-biology
climate-change-biology natural-resource-management

Editor: Robert Toonen
doi: 10.7717/peerj.12785
PeerJ

Research

January 19th, 2022

Effective asexual reproduction of a widespread soft coral: comparative assessment of four different fragmentation methods

134 downloads ◀ 1149 pageviews

Background Many coral reefs worldwide are experiencing declines in hard corals, resulting in other benthic organisms, e.g., soft corals, becoming more dominant. As such, more studies on the ecophysiology of soft corals are needed. Despite many methods for asex...

aquaculture-fisheries-and-fish-science conservation-biology
ecology marine-biology zoology

Editor: Robert Toonen
doi: 10.7717/peerj.12589
PeerJ

Research

January 19th, 2022

High fitness areas drive the aggregation of the sea urchin *Mesocentrotus nudus*

season. To clarify, we studied the aggregative responses to food and pred...

animal-behavior marine-biology zoology

Editor: Jennifer Vonk

doi: 10.7717/peerj.12820

PeerJ

Research

January 18th, 2022

Morphological and biochemical responses of tropical seagrasses (Family: Hydrocharitaceae) under colonization of the macroalgae *Ulva reticulata* Forsskål

177 downloads ◀ 1053 pageviews

Background Coastal land development has deteriorated the habitat and water quality for seagrass growth and causes the proliferation of opportunist macroalgae that can potentially affect them physically and biochemically. The present study investigates the morp...

agricultural-science biochemistry ecology

Editor: Francois van der Westhuizen

doi: 10.7717/peerj.12821

marine-biology plant-science

PeerJ

Research

January 12th, 2022

Extra high superoxide dismutase in host tissue is associated with improving bleaching resistance in “thermal adapted” and *Durusdinium trenchii*-associating coral

1 citation ◀ 113 downloads ◀ 1566 pageviews

Global warming threatens reef-building corals with large-scale bleaching events; therefore, it is important to discover potential adaptive capabilities for increasing their temperature resistance

Research

January 11th, 2022

Spatiotemporal variations in length-weight relationship, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus variabilis* Eggert, 1935 in Vietnamese Mekong Delta

4 citations ◀ 161 downloads ◀ 860 pageviews

Length-weight relationship (LWR), growth pattern and condition factor (CF) play a vital role in fish resource evaluation and management but data on this is limited for *Periophthalmus variabilis*. This is an amphibious fish that lives in the mudflats of the mang...

aquaculture-fisheries-and-fish-science

ecology

zoology

Editor: Khor Waiho

doi: 10.7717/peerj.12798

PeerJ

freshwater-biology

Research

January 10th, 2022

DNA barcoding and morphological identification of spiny lobsters in South Korean waters: a new record of *Panulirus longipes* and *Panulirus homarus homarus*

218 downloads ◀ 1538 pageviews

To date, 19 species of spiny lobsters from the genus *Panulirus* have been discovered, of which only *P. japonicus*, *P. penicillatus*, *P. stimpsoni*, and *P. versicolor* have been documented in South Korean waters. In this study, we aimed to identify and update the cur...

Spatiotemporal variations in length-weight relationship, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus variabilis* Eggert, 1935 in Vietnamese Mekong Delta

Quang Minh Dinh¹, Ton Huu Duc Nguyen¹, Tien Thi Kieu Nguyen², Giang Van Tran³ and Ngon Trong Truong⁴

¹ Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho, Vietnam

² Department of Biology, An Khanh High School, Ninh Kieu District, Can Tho, Vietnam

³ Department of Zoology, Faculty of Biology, Hue University of Education, Hue City, Vietnam

⁴ Department of Molecular Biology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho, Vietnam

ABSTRACT

Length-weight relationship (*LWR*), growth pattern and condition factor (*CF*) play a vital role in fish resource evaluation and management but data on this is limited for *Periophthalmus variabilis*. This is an amphibious fish that lives in the mudflats of the mangrove forests in the Western Pacific regions, including the Vietnamese Mekong Delta (VMD). This paper contributes to the understanding of the *LWR*, growth pattern and *CF* of *P. variabilis*. Fish specimens were collected by hand at four sites in the VMD from April 2020 to March 2021. The analysis of 495 individual fish (259 females and 236 males) showed that fish weight could be estimated from a given fish length due to high determination values ($r^2 = 0.70 - 0.97$). Dusky-gilled mudskippers of the VMD exhibited positive allometry, as indicated by their larger than 3 *b* value ($b = 3.094 \pm 0.045$, $p = 0.04$). However, the growth pattern of the mudskipper between the sex and maturation stage (immature versus mature) showed isometry. These fish displayed positive allometry in the dry season ($b = 3.138 \pm 0.065$) (>3 , $p = 0.04$) but isometry in the wet season ($b = 3.058 \pm 0.061$) (≈ 3 , $p = 0.34$). Fish growth ranged from isometry to positive allometry and varied by site ($b = 2.850 \pm 0.103 - 3.370 \pm 0.114$) and month ($b = 2.668 \pm 0.184 - 3.588 \pm 0.299$) based on the *b* value. The *CF* of *P. variabilis* was not affected by sex ($p = 0.29$), body size ($p = 0.64$) or season ($p = 0.43$), but was affected by site ($p = 0.01$) and month ($p = 0.01$). The *CF* of this species (1.05 ± 0.02) was higher than 1 ($p < 0.001$), indicating that the fish adapted well to their habitat.

Submitted 1 September 2021
Accepted 23 December 2021
Published 11 January 2022

Corresponding author
Quang Minh Dinh,
dmquang@ctu.edu.vn

Academic editor
Khor Waiho

Additional Information and
Declarations can be found on
page 10

DOI 10.7717/peerj.12798

© Copyright
2022 Dinh et al.

Distributed under
Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Subjects Aquaculture, Fisheries and Fish Science, Ecology, Zoology, Freshwater Biology

Keywords Positive allometry, Isometry, Vietnam, Dusky-gilled mudskipper

INTRODUCTION

The length-weight relationship (*LWR*) plays an essential role in both evaluating the growth and biomass of a fish population (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002; Mahmood

et al., 2012; *Jin et al.*, 2015; *Dinh*, 2016a; *Lam & Dinh*, 2021) and in assessing fishery management (*Froese*, 1998; *Froese & Pauly*, 2000; *Gonzalez Acosta, De La Cruz Agüero & De La Cruz Agüero*, 2004; *Jin et al.*, 2015; *Phan et al.*, 2021). In addition, the growth pattern and the CF play a vital role in understanding the ecological adaptations of fish (*Abdoli et al.*, 2009; *Dinh et al.*, 2016). The growth pattern and the CF of some fish, including gobies, are affected by sexual, intraspecific and spatiotemporal variables (*Froese*, 2006; *Abdoli et al.*, 2009; *Lam & Dinh*, 2021; *Phan et al.*, 2021; *Truong et al.*, 2021). However, this data is limited for mudskippers, one of the gobiid fish groups in the Vietnamese Mekong Delta (VMD).

The mudflats and mangroves are habitats for a number of animal species including fish (*Sanders et al.*, 2010; *Sasmitha et al.*, 2020). The mudskipper is a unique fish group that lives mainly in these habitats (*Murdy*, 1989) and can obtain oxygen directly from the air using their skin and gills (*Jaafar, Perrig & Ming Chou*, 2009). *Periophthalmus* is one of the largest genera of mudskippers with 19 described species found throughout the world (*Murdy & Jaafar*, 2017). *Periophthalmus* of the VMD is comprised of three species: *P. chrysospilos*, *P. gracilis* and *P. variabilis* (*Tran et al.*, 2013). Of these three species, *P. variabilis* is found quite frequently in mudflat and mangrove regions (*Murdy*, 1989; *Kottelat et al.*, 1993; *Jaafar & Hou*, 2012; *Tran et al.*, 2013; *Tran et al.*, 2020; *Tran & Dinh*, 2021; *Tran et al.*, 2021a) and can move flexibly in and out of the water to catch prey (*Wicaksono et al.*, 2020). In the VMD, our observations show that the number of individual *P. variabilis* has decreased over time. However, there is no data on its biology and ecology. This study was conducted to document fish LWR, growth pattern and CF to further understand the ecological adaptations of the *P. variabilis* population.

MATERIALS AND METHODS

Study site and fish analysis

The present research was carried out in four locations along the estuarine and coastal regions in the VMD, including Duyen Hai–Tra Vinh (DHTV, 9°40'29.5"N 106°34'49.5"E); Tran De–Soc Trang (TDST, 9°26'19.7"N 105°10'48.1"E); Dong Hai–Bac lieu (DHBL, 9°05'50.5"N 105°29'54.7"E) and Dam Doi–Ca Mau (DDCM, 8°58'10.4"N 105°22'58.9"E) (Fig. 1). There are two seasons at these sites: the dry season from January to May and the wet season from June to December (*Le et al.*, 2006). The dominant plants in DHTV, TDST and DHBL are *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza*, respectively. In DDCM, *A. marna* and *B. gymnorhiza* are equally dominant (*Dinh et al.*, 2021a). The pH ranged from 7.6–8.0, and the salinity varied widely from 12.3 to 23.5%. The pH varied with the site but not with the season, whereas the salinity varied with the season but not the site (*Dinh et al.*, 2021a).

Fish samples were collected monthly by hand for 4-hours at a time in an area of 120 m² (6-m width × 20-m length) from April 2020 to March 2021. Fish specimens were easily distinguished from congeners using their external features (*Murdy & Jaafar*, 2017). *Periophthalmus variabilis* are covered by many irregular blackish dots, whereas *P. chrysospilos* and *P. gracilis* are covered by small orange spots and are greyish brown with

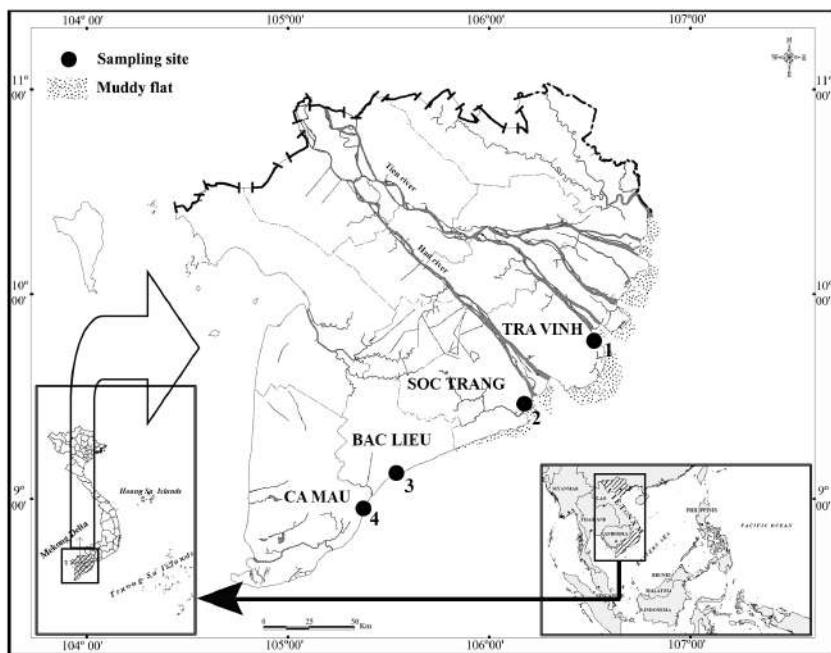


Figure 1 Distribution map of sampling points. ●: Sampling site; 1: Duyen Hai–Tra Vinh; 2: Tran De–Soc Trang; 3: Dong Hai–Bac Lieu; 4: Dam Doi–Ca Mau.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.12798/fig-1](https://doi.org/10.7717/peerj.12798/fig-1)

several irregular narrow white bars, respectively. The roughly triangular first dorsal fin is found on *P. variabilis* and *P. chrysospilos*, but not on *P. gracilis*. Filamentous spines are found in the first dorsal fin of *P. chrysospilos* but are not found in *P. variabilis*. MS222 was used to anaesthetize fish specimens before being preserved in a 5% formalin buffer and shipped to the laboratory. In the laboratory, fish sex was differentiated using genital papilla, e.g., a triangle shape in males and an oval shape in females. Fish total length (TL) was measured to the nearest 0.1 cm using a ruler, and fish weight (W) was recorded to the nearest 0.01 g using an electric scale.

Data analysis

The LWR was determined using the formula $W = a \times TL^b$ (W: fish weight, a: intercept parameter, TL: fish total length, and b: slope parameter) (Ricker, 1973). The condition factor (CF) was calculated as suggested by Le Cren (1951) using the formula $CF = W/(a \times TL^b)$.

The quality of LWRs was determined by using the determination coefficient (r^2) (Metin et al., 2011). The t-test was performed to verify if the b value obtained from the LWRs was close to a cubic value. Species displayed positive allometry ($b > 3$), negative allometry ($b < 3$) and isometry ($b = 3$) (Martin, 1949). The t-test was applied to confirm whether the CF varied by sex, size and season, while one-way ANOVA was used to assess any variations in the CF between months and sites (Mahmood et al., 2012). The t-test was used to verify if the CF was significantly different from the threshold of 1. A General Linear Model was used to confirm if the interactions of sex × season, sex × site and season × site affected the CF.

(Dinh, 2016a). The length at first maturity (L_m) was used to divide fish into the immature group if $TL < L_m$ and into the mature group if $TL \geq L_m$ (e.g., L_m values of females and males were 5.0 cm and 5.7 cm in DHTV; 4.6 cm and 5.8 cm in TDST; 4.9 cm and 5.2 cm in DHBL; and 6.2 cm and 5.9 cm in DDCM, unpublished data). SPSS v.21 was used for data analysis and all tests were set at $p < 0.05$. The Benjamini–Hochberg procedure was used to decrease the Type I error of all tests (Benjamini & Hochberg, 1995; McDonald, 2014).

RESULTS

Length-weight relationship and growth pattern

A total of 495 individuals (TL: 3.7–8.5 cm; W: 0.31–7.09 g) were collected from the four sites, as shown in Table 1. The fish weight of males and females in different sizes, seasons, months and sites could be estimated from fish length due to high determination values ($r^2 = 0.70\text{--}0.97$, Table 2). The LWR of *P. variabilis* (female, male and both sexes) was presented in Table 2 as $W = aTL^b$. As the slope parameters (b) obtained from the LWR of males (3.123 ± 0.068 , $n = 236$) and females (3.014 ± 0.064 , $n = 259$) were not significantly different from the threshold of 3 ($df_{male} = 231$, $t_{male} = 1.81$, $p_{male} = 0.07$; $df_{female} = 257$, $t_{female} = 0.22$, $p_{female} = 0.83$, Table 2), both males and females displayed an isometric growth pattern. Similarly, the growth pattern of the fish was not affected by its developmental stages since the immature and mature fish both exhibited isometry with b values (2.964 ± 0.071 , $n = 404$) close to 3 ($df_{immature} = 89$, $t_{immature} = 1.40$, $p_{immature} = 0.17$; $df_{mature} = 402$, $t_{mature} = 0.51$, $p_{mature} = 0.61$, Table 2). In contrast, the mudskipper displayed isometry in the wet season as b (3.058 ± 0.061 , $n = 283$) was ≈ 3 ($df = 281$, $t = 0.95$, $p = 0.34$) but had positive allometry in the dry season since b (3.138 ± 0.065 , $n = 212$) was > 3 ($df = 210$, $t = 2.21$, $p = 0.03$). In the northern region of the Hau river mouth, *P. variabilis* exhibited isometry since the b value was ≈ 3 ($b_{DHTV} = 3.007 \pm 0.061$, $n_{DHTV} = 194$, $df_{DHTV} = 192$, $t_{DHTV} = 0.12$, $p_{DHTV} = 0.91$; $b_{TDST} = 2.850 \pm 0.103$, $n_{TDST} = 119$, $df_{TDST} = 117$, $t_{TDST} = -1.46$, $p_{TDST} = 0.15$, Table 2), but had positive allometry in the southern region because b was > 3 ($b_{DHBL} = 3.370 \pm 0.114$, $n_{DHBL} = 89$, $df_{DHBL} = 87$, $t_{DHBL} = 3.25$, $p_{DHBL} < 0.001$; $b_{DDCM} = 3.232 \pm 0.101$, $n_{DDCM} = 93$, $df_{DDCM} = 91$, $t_{DDCM} = 2.30$, $p_{DDCM} = 0.02$, Table 2). The species displayed isometry in April and again from August through December as the b value (2.668 ± 0.184 – 3.001 ± 0.105) was close to 3 (t -test, $p > 0.05$ for all cases, Table 3), but displayed positive allometry for the remaining months since the b value (3.215 ± 0.086 – 3.771 ± 0.325) was significantly higher than 3 ($p < 0.05$ for all cases, Table 3). Overall, the Dusky-gilled mudskipper displayed positive allometry as the b value (3.094 ± 0.045) was > 3 ($n = 495$, $df = 493$, $t = 2.09$, $p = 0.04$).

Condition factor

The CF of *P. variabilis* varied by site and month but not by sex, size or season. The CF of males (1.04 ± 0.01 , $n = 236$) was not significantly different from that of females (1.06 ± 0.01 , $n = 259$) (t -test, $t = -1.05$, $n = 495$, $df = 493$, $p = 0.29$, $CI_{95\%} = (-0.01)\text{--}(0.05)$). The CF of the immature group (1.06 ± 0.03 , $n = 91$) was similar to that of the mature group (1.05 ± 0.01 , $n = 404$) ($t = -0.47$, $n = 495$, $df = 493$, $p = 0.64$, $CI_{95\%} = (-0.05)\text{--}(0.08)$). The CF in the dry season (1.06 ± 0.01 , $n = 212$) was not significantly higher than in

Table 1 Number of samples by sex, site and month.

Months	Duyen Hai–Tra Vinh		Tran De–Soc Trang		Dong Hai–Bac Lieu		Dam Doi–Ca Mau	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Apr-20	12	6	4	5	1	4	1	2
May-20	6	8	5	3	5	1	2	3
Jun-20	12	15	5	5	4	1	6	1
Jul-20	9	5	4	4	6	3	1	5
Aug-20	6	6	6	8	5	5	2	4
Sep-20	6	8	3	6	4	3	5	6
Oct-20	4	9	6	6	2	4	5	3
Nov-20	6	6	5	3	3	4	2	6
Dec-20	8	3	1	10	4	3	8	3
Jan-21	4	22	3	7	3	6	3	8
Feb-21	8	7	4	6	8	2	3	6
Mar-21	9	9	5	5	5	3	6	2
Total	90	104	51	68	50	39	44	49

Table 2 Variations of growth pattern of *P. variabilis* by sex, season, size and site (TL, total length; W, body weight; n, number of individuals, b, slope parameter; a, intercept parameter; r², determination parameter; df, freedom degree).

Fish groups		TL	W	n	b ± SE	a ± SE	r ²	t-value	df	p-value	Growth type
Gender	Female	3.7–8.5	0.31–7.09	259	3.014 ± 0.064	0.010 ± 0.001	0.90	0.83	257	0.22	Isometry
	Male	4.0–7.9	0.44–4.86	236	3.123 ± 0.068	0.008 ± 0.001	0.90	0.07	234	1.81	Isometry
Season	Dry	3.7–8.5	0.31–7.09	212	3.138 ± 0.065	0.008 ± 0.001	0.92	0.03	210	2.12	Positive allometry
	Wet	3.8–8.3	0.41–6.79	283	3.058 ± 0.061	0.009 ± 0.001	0.90	0.34	281	0.95	Isometry
Fish size	Immature	3.7–5.7	0.31–2.68	91	3.327 ± 0.234	0.006 ± 0.002	0.70	0.17	89	1.40	Isometry
	Mature	5.2–8.5	1.20–7.09	404	2.964 ± 0.071	0.011 ± 0.001	0.81	0.61	402	-0.51	Isometry
Study site	Duyen Hai, Tra Vinh	3.8–7.8	0.41–4.76	194	3.007 ± 0.061	0.010 ± 0.001	0.93	0.91	192	0.12	Isometry
	Tran De, Soc Trang	4.1–7.9	0.44–4.86	119	2.850 ± 0.103	0.013 ± 0.003	0.87	0.15	117	-1.46	Isometry
	Dong Hai, Bac Lieu	3.7–7.5	0.31–4.86	89	3.370 ± 0.114	0.005 ± 0.001	0.91	0.00	87	3.25	Positive allometry
	Dam Doi, Ca Mau	7.1–8.5	0.78–7.09	93	3.232 ± 0.101	0.006 ± 0.001	0.92	0.02	91	2.30	Positive allometry
Total		3.7–8.5	0.31–7.09	495	3.094 ± 0.045	0.008 ± 0.001	0.91	2.09	493	0.04	Positive allometry

the wet season (1.05 ± 0.01 , $n = 283$) ($t = -0.79$, $n = 495$, $df = 493$, $p = 0.43$, $CI_{95\%} = (-0.02)–(0.04)$). However, the CF in the DDCM was significantly lower in general than the remaining sites (One-way ANOVA, $n = 495$, $F_{2,3} = 3.82$, $p = 0.01$, Tukey Post Hoc comparison analysis) (Fig. 2). The CF all the sites in general also fluctuated from 0.93 ± 0.02 to 1.21 ± 0.02 ($n = 495$, $df = 493$, $F_{2,11} = 7.69$, $p < 0.001$) (Fig. 3) depending on the month. The CF of this species also varied by sex × site (General Linear Model, $n = 495$, $n = 495$, $F_{2,3} = 4.67$, $p = 0.003$, Fig. 4), but not by sex × season ($F_{2,1} = 1.30$, $p = 0.26$, Fig. 5), season × site ($n = 495$, $F_{2,3} = 0.41$, $p = 6.19$, Fig. 6) or sex × season × site ($n = 495$, $df = 1$, $F_{2,3} = 1.40$, $p = 0.24$). Overall, the CF value of the mudskipper (1.05 ± 0.02 , $n = 495$) was significantly higher than an ideal threshold value of 1 ($t = 6.43$, $n = 495$, $df = 494$, $p < 0.001$, $CI_{95\%} = 0.04–0.07$).

Table 3 Variations of growth pattern of *P. variabilis* by months (TL, total length; W, body weight; n, number of individuals; b, slope parameter; a, intercept parameter; r^2 , determination parameter; df, freedom degree).

Months	TL	W	n	b ± SE	a ± SE	r^2	t-value	p	df	Growth type
Apr-20	5.6-7.3	1.00-4.66	35	3.588 ± 0.299	0.003 ± 0.002	0.81	2.57	0.01	33	Positive allometry
May-20	5.6-7.3	1.00-4.86	33	3.771 ± 0.325	0.002 ± 0.001	0.81	2.37	0.02	31	Positive allometry
Jun-20	3.9-7.7	0.44-4.76	49	3.390 ± 0.091	0.005 ± 0.001	0.97	4.29	0.00	47	Positive allometry
Jul-20	3.8-7.7	0.41-4.86	37	3.354 ± 0.143	0.005 ± 0.001	0.94	2.48	0.02	35	Positive allometry
Aug-20	4.8-8.3	1.30-6.89	42	2.887 ± 0.198	0.013 ± 0.005	0.84	-0.57	0.57	40	Isometry
Sep-20	4.5-7.8	1.02-4.40	41	2.767 ± 0.234	0.015 ± 0.006	0.78	-1.00	0.33	39	Isometry
Oct-20	4.3-7.8	0.82-4.71	39	2.668 ± 0.184	0.018 ± 0.006	0.85	-1.80	0.08	37	Isometry
Nov-20	4.7-8.2	1.22-6.79	35	2.772 ± 0.210	0.016 ± 0.006	0.84	-1.09	0.29	33	Isometry
Dec-20	4.10-7.7	0.62-4.41	40	3.001 ± 0.105	0.009 ± 0.002	0.96	0.01	0.99	38	Isometry
Jan-21	4.1-8.5	0.50-7.09	56	3.215 ± 0.086	0.006 ± 0.001	0.96	2.50	0.02	54	Positive allometry
Feb-21	3.7-7.9	0.31-4.61	44	3.418 ± 0.086	0.004 ± 0.001	0.97	4.86	0.00	42	Positive allometry
Mar-21	3.9-7.3	0.57-4.38	44	3.229 ± 0.090	0.008 ± 0.001	0.97	2.54	0.01	42	Positive allometry
Total	3.7-8.5	0.31-7.09	495	3.094 ± 0.045	0.008 ± 0.001	0.91	2.09	0.04	493	Positive allometry

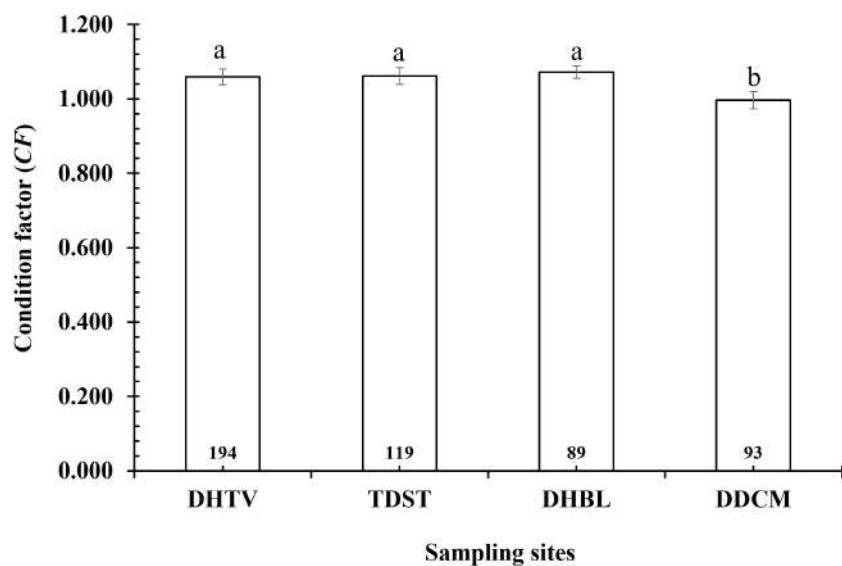


Figure 2 Variations of condition factor of *P. variabilis* by site. DHTV, Duyen Hai-TraVinh; TDST, Tran De-Soc Trang; DHBL, Dong Hai-Bac Lieu; DDCM, Dam Doi-Ca Mau; vertical bar is standard error of mean; a and b represent the significant difference; number in each column is number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.12798/fig-2](https://doi.org/10.7717/peerj.12798/fig-2)

DISCUSSION

The positive relationship between weight and length was found in male, female, immature and mature *P. variabilis* due to the high values of the determination coefficients (r^2) of the LWRs, suggesting that fish weight could be obtained from fish length regardless of the developmental stage of the fish. As high r^2 values were shown in Tables 1 and 2 over a year long study, fish weight and length could be extrapolated using the data from such a large

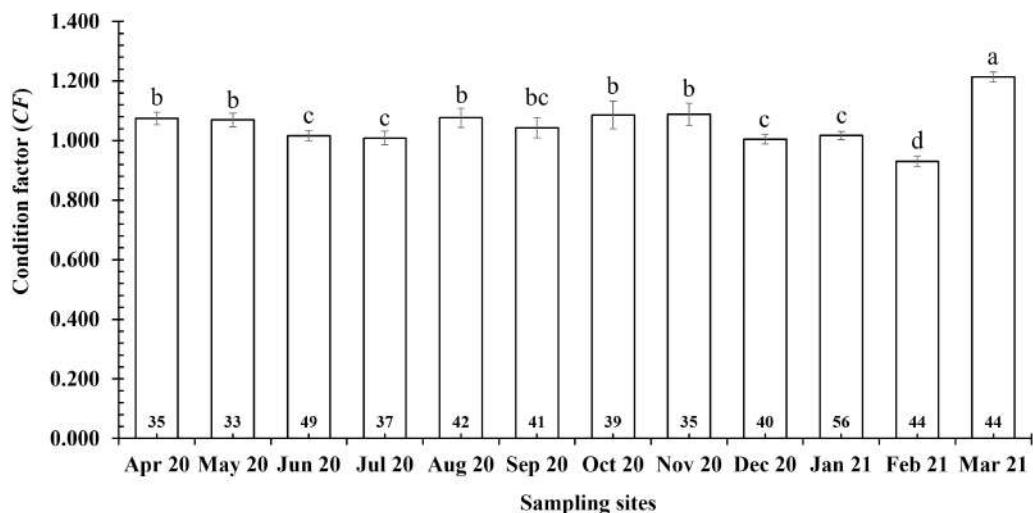


Figure 3 Variations of condition factor of *P. variabilis* by month. Letters a and b represent the significant difference; number in each column is number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.12798/fig-3](https://doi.org/10.7717/peerj.12798/fig-3)

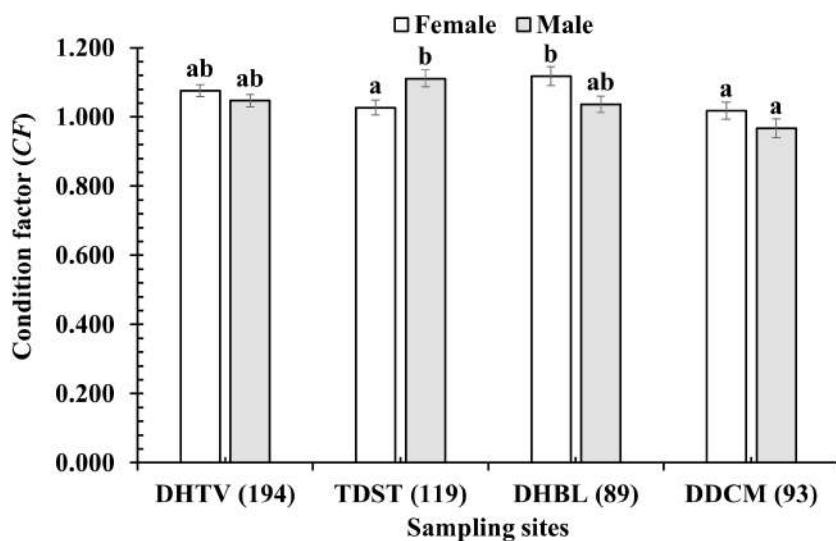


Figure 4 Variations of condition factor of *P. variabilis* by sex and site. DHTV, Duyen Hai–TraVinh; TDST, Tran De–Soc Trang; DHBL, Dong Hai–Bac Lieu; DDCM, Dam Doi–Ca Mau; vertical bar is standard error of mean; a and b represent the significant difference; number in parentheses is number of samples.

Full-size DOI: [10.7717/peerj.12798/fig-4](https://doi.org/10.7717/peerj.12798/fig-4)

sample size and range. Similarly, a positive relationship between TL and W was found in *Periophthalmus* spp. living outside of the VMD ([Chukwu & Deekae, 2011](#); [Panicker, Katchi & Gore, 2013](#); [Tran, Nguyen & Ha, 2021b](#)). A positive LWR was also found in some other co-occurring gobies, e.g., *Pseudapocryptes elongatus* ([Tran, 2008](#)), *Boleophthalmus boddarti* ([Dinh, 2014b](#)), *Glossogobius sparsipapillus* ([Dinh, 2015](#)), *P. serperaster* ([Dinh et al., 2016](#)), *Trypauchen vagina* ([Dinh, 2016c](#)), *Periophthalmodon schlosseri* ([Dinh, 2016b](#)), *Oxyeleotris*

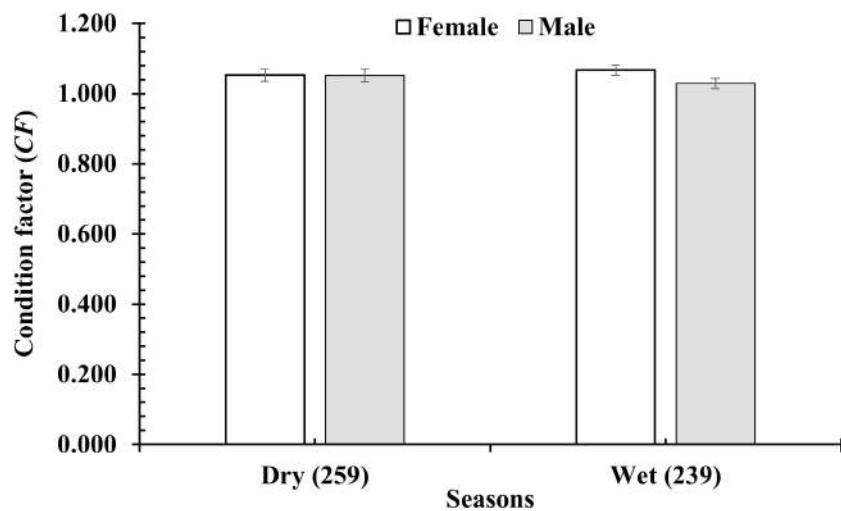


Figure 5 Variations of condition factor of *P. variabilis* by sex and season. Vertical bar is standard error of mean; number in parentheses is number of samples.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.12798/fig-5

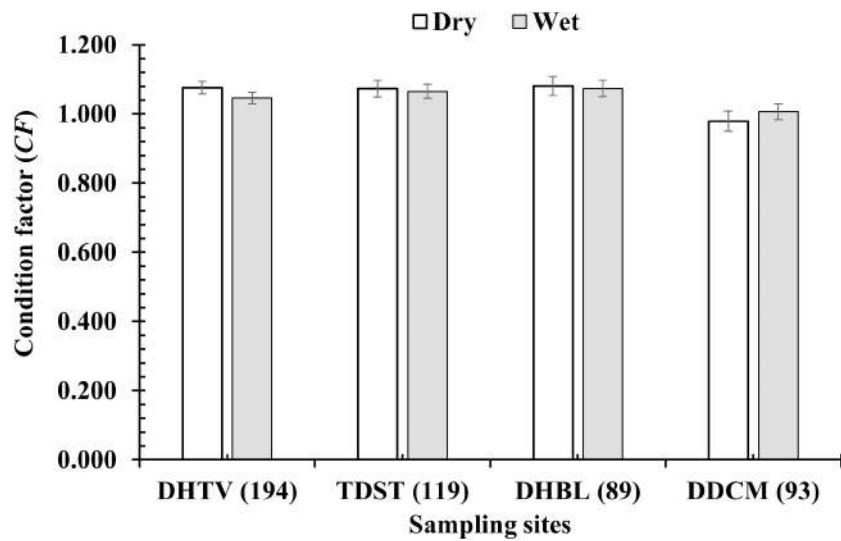


Figure 6 Variations of condition factor of *P. variabilis* by season and site. DHTV, Duyen Hai-TraVinh; TDST, Tran De-Soc Trang; DHBL, Dong Hai-Bac Lieu; DDCM: Dam Doi-Ca Mau; vertical bar is standard error of mean; number in parentheses is number of samples.

Full-size DOI: 10.7717/peerj.12798/fig-6

urophthalmus (Dinh, 2016a), *Butis butis* (Dinh, 2017b), *B. koilomatodon* (Lam & Dinh, 2021) and *G. giuris* (Dinh & Ly, 2014; Phan et al., 2021).

P. variabilis displayed positive allometry ($b > 3$) and the fish specimens collected were mostly adults, indicating that the fish population in this region was not overfished. By contrast, its congener, e.g., *P. barbarus* in Nigeria, displayed negative allometry ($b = 2.73$), indicating that most *P. barbarus* were caught during the juvenile stage (King & Udo, 1998). Another study on the genus *Periophthalmus* in Indonesia showed that both *P. argentilineatus*

and *P. gracilis* had negative allometry ($b < 3$) (Taniwel & Leiwakabessy, 2020). Negative allometry was also observed in some gobies living in the VMD, e.g., *G. aureus* ($b = 2.71$) (Dinh, 2014a; Phan et al., 2021), *B. koilomatodon* ($b = 2.66$) (Lam & Dinh, 2021) and *G. sparsipapillus* ($b = 2.68$) (Truong et al., 2021). Meanwhile, other gobies living in the VMD exhibited isometric growth, e.g., *B. boddarti* (Dinh, 2014b), *P. serperaster* (Dinh et al., 2016), *T. vagina* (Dinh, 2016c), *P. schlosseri* (Dinh, 2016b) and *G. giuris* (Dinh & Ly, 2014; Phan et al., 2021) with a b value of ≈ 3 . Another congener of *P. variabilis*, e.g., *P. modestus* found in the Red River Delta in northern Vietnam (VRD), showed positive allometry ($b > 3$) (Tran, Nguyen & Ha, 2021b). Positive allometry was also found in *P. chrysospilos* occurring in Malaysia (Abdullah & Zain, 2019) and *P. kalolo* and *P. malaccensis* in Indonesia (Taniwel & Leiwakabessy, 2020). Some other fish species living in the VMD, e.g., *S. pleurostigma* displayed positive allometry as well ($b > 3$) (Dinh, 2017a). The similarities and differences in the growth pattern of *P. variabilis* and other gobies obtained from the b value of the LWRs suggest that fish growth type is species specific and regulated by the environment.

The growth pattern of *P. variabilis* did not change based on sex as both males and females showed isometry, suggesting that the different ovarian and testicular weights did not regulate fish growth type. A similar growth pattern in the two sexes was found in *P. barbarus* in Nigeria (King & Udo, 1998) but not in *P. modestus* in the VRD (Tran, Nguyen & Ha, 2021b). The growth pattern of *P. variabilis* was not impacted by size as evidenced by immature and mature groups both exhibiting isometry. This was also observed in *P. barbarus* in Nigeria (King & Udo, 1998) but not in *P. modestus* in the VRD (Tran, Nguyen & Ha, 2021b). Like its congener, *P. modestus* in the VRD (Tran, Nguyen & Ha, 2021b), the growth pattern of *P. variabilis* in the dry season was different from in the wet season, indicating that the difference in precipitation between these two seasons affected fish growth type. The various vegetation among the four sites could have an impact on *P. variabilis*' growth patterns as well. The impact of environmental conditions on fish growth patterns was also found in *P. waltoni* in Nigeria (Sarafraz et al., 2012) and *P. modestus* in the VRD (Tran, Nguyen & Ha, 2021b). Like *P. variabilis*, some gobies living in and out of the VMD, e.g., *P. barbarus* (King & Udo, 1998), *P. waltoni* (Sarafraz et al., 2012), *G. giuris* (Dinh & Ly, 2014; Phan et al., 2021), *B. boddarti* (Dinh, 2014b), *P. serperaster* (Dinh et al., 2016), *T. vagina* (Dinh, 2016c), *P. schlosseri* (Dinh, 2016b) and *P. modestus* (Tran, Nguyen & Ha, 2021b) showed variations in their growth patterns that fluctuated based on the month.

Like *B. koilomatodon* in the VMD (Lam & Dinh, 2021), the CF of *P. variabilis* was not affected by its developmental stage as its CF did not change with sex and size. Likewise, the CF of *P. variabilis*'s congener, *P. barbarus*, in Nigeria did not indicate changes in the CF based on sex differences (King & Udo, 1998; Chukwu & Deekae, 2011). By contrast, *P. modestus*, another congener in the VRD, showed a change in its CF due to sex as this value was high in females towards the end of gonadal maturation. Like *P. variabilis*, the CF of some gobies in the VMD, e.g., *Parapocryptes serperaster* (Dinh et al., 2016), *P. schlosseri* (Dinh, 2016b), *T. vagina* (Dinh, 2016c) and *G. giuris* (Phan et al., 2021) did not vary with size. *P. variabilis* could adapt well to environmental conditions as its CF showed a similar pattern in the dry and wet seasons. In contrast, the dry season was preferable

for *P. modestus* in the VRD as its *CF* value in the dry season was higher than it was in the wet season (*Tran, Nguyen & Ha, 2021b*). Like *P. variabilis*, a similar *CF* value was found between the dry and wet seasons in co-occurring gobiid species such as *P. elongatus* (*Tran, 2008*), *P. serperaster* (*Dinh et al., 2016*), *T. vagina* (*Dinh, 2016c*), *G. giuris* (*Phan et al., 2021*) and *B. koilomatodon* (*Lam & Dinh, 2021*). The difference in abiotic and biotic factors among sites (*Dinh et al., 2021a*) could be impacting the *CF* of *P. variabilis* as it showed a spatial variation in its *CF*. This same spatial variation in the *CF* was also found in the co-occurring goby species *B. koilomatodon* (*Lam & Dinh, 2021*) but was not found in the *P. modestus* species in the VRD (*Tran, Nguyen & Ha, 2021b*). Although *P. variabilis* showed spatiotemporal variations in its *CF*, overall its *CF* was higher than the threshold of 1 which could indicate that the study site had favourable environmental conditions. Congeners living outside of the VMD e.g., *P. barbarus* (*King & Udo, 1998*), *P. chrysospilos* (*Abdullah & Zain, 2019*) and *P. modestus* (*Tran, Nguyen & Ha, 2021b*) were also well adapted to their habitats as evidenced by higher *CFs*. This was also observed in some other fish species in the VMD, e.g., *P. elongatus* (*Tran, 2008*), *P. serperaster* (*Dinh et al., 2016*), *T. vagina* (*Dinh, 2016c*), *P. schlosseri* (*Dinh, 2016b*), *G. aureus* (*Dinh, 2019*), *P. chrysospilos* (*Dinh et al., in press*) and *G. giuris* (*Phan et al., 2021*).

CONCLUSIONS

Due to high determination values fish weight can be estimated using a given fish length. As the slope value obtained from its *LWRs* was higher than the cubic value, *P. variabilis* displayed positive allometry. The growth pattern of this species was not affected by sexual and intraspecific factors since male, female, immature and mature fish displayed isometric growth as indicated by a *b* value ≈ 3 . The *CF* was not affected by sex, size or season, but did vary by site and month. The *CF* of this species was higher than 1, showing it adapted well to the environment. These results can play a vital role in the assessment and management of the *P. variabilis* population in the VMD.

ADDITIONAL INFORMATION AND DECLARATIONS

Funding

This work is funded by the Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 106.05-2019.306. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Grant Disclosures

The following grant information was disclosed by the authors:

Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED): 106.05-2019.306.

Competing Interests

The authors declare there are no competing interests.

Author Contributions

- Quang Minh Dinh and Ton Huu Duc Nguyen conceived and designed the experiments, performed the experiments, analyzed the data, prepared figures and/or tables, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.
- Tien Thi Kieu Nguyen, Giang Van Tran and Ngon Trong Truong conceived and designed the experiments, authored or reviewed drafts of the paper, and approved the final draft.

Animal Ethics

The following information was supplied relating to ethical approvals (i.e., approving body and any reference numbers):

The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University approved the study (BQ2020-03/KSP).

Data Availability

The following information was supplied regarding data availability:

The raw data are available in the [Supplementary File](#).

Supplemental Information

Supplemental information for this article can be found online at <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.12798#supplemental-information>.

REFERENCES

- Abdoli L, Kamrani E, Abdoli A, Kiabi B. 2009.** Length-weight relationships for three species of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of the Persian Gulf, Iran. *Journal of Applied Ichthyology* **25**(2):236–237 DOI [10.1111/j.1439-0426.2009.01232.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01232.x).
- Abdullah MIC, Zain KM. 2019.** Length-weight relationships, condition factor and growth parameters of *Periophthalmus chrysospilos* (Bleeker, 1852) (Gobiiformes: Gobiidae) in Bayan Bay, Penang, Malaysia. *Sains Malaysiana* **48**(2):271–279 DOI [10.17576/jsm-2019-4802-02](https://doi.org/10.17576/jsm-2019-4802-02).
- Benjamini Y, Hochberg Y. 1995.** Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the royal statistical society Series B (Methodological)* **57**(1):289–300.
- Chukwu K, Deekae S. 2011.** Length-weight relationship, condition factor and size composition of *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) in New Calabar River, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* **2**(7):1069–1071 DOI [10.5251/abjna.2011.2.7.1069.1071](https://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.7.1069.1071).
- Dinh QM. 2014a.** Length-weight relationship of golden tank goby *Glossogobius aureus* Akihito & Meguro, 1975 in Con Tron River, Soc Trang Province. In: *The 2nd national scientific conference on marine biology and sustainable development*. Hai Phong, Vietnam: Natural Science and Technology Publisher, 467–472.
- Dinh QM. 2014b.** A preliminary study on length-weight relationship of the mudskipper *Boleophthalmus boddarti* in Soc Trang. *Tap Chi Sinh Hoc* **36**(1):88–92.

- Dinh QM.** 2015. A preliminary study on length - weight relationship of the Linecheek tank goby. *Hanoi Pedagogical University 2 Journal of Science* **37**:52–57.
- Dinh QM.** 2016a. Length-weight relationship of the goby *Oxyeleotris urophthalmus* in Soc Trang. In: *The 2nd national scientific conference on biological research and teaching in Vietnam, Da Nang*. Vietnamese National University Publisher, 637–641.
- Dinh QM.** 2016b. Growth and body condition variation of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* in dry and wet seasons. *Tap Chi Sinh Hoc* **38**(3):352–358 DOI [10.15625/0866-7160/v38n3.7425](https://doi.org/10.15625/0866-7160/v38n3.7425).
- Dinh QM.** 2016c. Growth pattern and body condition of *Trypauchen vagina* in the Mekong Delta, Vietnam. *The Journal of Animal and Plant Sciences* **26**(2):523–531.
- Dinh QM.** 2017a. Morphometrics and condition factor dynamics of the goby *Stigmato-gobius pleurostigma* (Bleeker 1849) during dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Asian Fisheries Sciences* **30**(1):17–25 DOI [10.33997/j.afs.2017.30.1.002](https://doi.org/10.33997/j.afs.2017.30.1.002).
- Dinh QM.** 2017b. The length-weight relationship of the duckbill sleeper *Butis butis* (Hamilton, 1822). *Journal of Science and Technology, the University of Danang* **112**(2):47–49.
- Dinh QM.** 2019. The variation of growth pattern and condition factor of *Glossogobius aureus* at different fish sizes during dry and wet seasons. In: *Proceeding of the first national conference on ichthyology in Vietnam*. Ha Noi: Publishing House of Natural Sciences and Technology, 174–181.
- Dinh QM, Lam TTH, Nguyen THD, Nguyen TM, Nguyen TTK, Nguyen NT.** 2021a. First reference on reproductive biology of *Butis koiomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. *BMC Zoology* **6**(1):1–14 DOI [10.1186/s40850-021-00072-y](https://doi.org/10.1186/s40850-021-00072-y).
- Dinh QM, Ly TV.** 2014. Preliminary study result of length –weight of tank goby, *Glossogobius giuris*, distributing in Soc Trang. *Can Tho University Journal of Science* **2014**(2):220–225.
- Dinh QM, Nguyen THD, Truong NT, Tran LT, Nguyen TTK.** 2021b. Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 1–5 In Press DOI [10.1016/j.ejar.2021.10.009](https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.009).
- Dinh QM, Qin JG, Dittmann S, Tran DD.** 2016. Morphometric variation of *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) in dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Ichthyological Research* **63**(2):267–274 DOI [10.1007/s10228-015-0497-0](https://doi.org/10.1007/s10228-015-0497-0).
- Froese R.** 1998. Length-weight relationships for 18 less-studied fish species. *Journal of Applied Ichthyology* **14**(1-2):117–118 DOI [10.1111/j.1439-0426.1998.tb00626.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1998.tb00626.x).
- Froese R.** 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* **22**(4):241–253 DOI [10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x).
- Froese R, Pauly D.** 2000. *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. Philippines: ICLARM.
- Gonzalez Acosta A, De La Cruz Agüero G, De La Cruz Agüero J.** 2004. Length-weight relationships of fish species caught in a mangrove swamp in the Gulf of California

(Mexico). *Journal of Applied Ichthyology* **20**(2):154–155

DOI [10.1046/j.1439-0426.2003.00518.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00518.x).

Jaafar Z, Hou Z. 2012. Partner choice in gobiid fish *Myersina macrostoma* living in association with the alpheid shrimp *Alpheus rapax*. *Symbiosis* **56**(3):121–127 DOI [10.1007/s13199-012-0166-2](https://doi.org/10.1007/s13199-012-0166-2).

Jaafar Z, Perrig M, Ming Chou L. 2009. *Periophthalmus variabilis* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novemradiatus*. *Zoological Science* **26**(4):309–314 DOI [10.2108/zsj.26.309](https://doi.org/10.2108/zsj.26.309).

Jin S, Yan X, Zhang H, Fan W. 2015. Weight-length relationships and Fulton's condition factors of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western and central Pacific Ocean. *PeerJ* **3**:e758 DOI [10.7717/peerj.758](https://doi.org/10.7717/peerj.758).

Khaironizam MZ, Norma-Rashid Y. 2002. Length-weight relationship of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia. *Naga* **25**(3–4):20–22.

King RP, Udo MT. 1998. Dynamics in the length-weight parameters of the mudskipper *Periophthalmus brabarus* (Gobiidae), in Imo River estuary, Nigeria. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **52**(2):179–186 DOI [10.1007/BF02908746](https://doi.org/10.1007/BF02908746).

Kottelat M, Whitten T, Kartikasari SN, Wirjoatmodjo S. 1993. Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi, Jakarta, Indonesia, Periplus Edition..

Lam TTH, Dinh QM. 2021. Factors affecting growth pattern and condition of *Butis koilomatodon* (Bleeker, 1849) (Gobiiformes: Eleotridae) from the Mekong Delta, Vietnam. *Acta Zoologica Bulgarica* **73**(1):99–106.

Le T, Nguyen MT, Nguyen VP, Nguyen DC, Pham XH, Nguyen TS, Hoang VC, Hoang PL, Le H, Dao NC. 2006. Provinces and City in the Mekong Delta. In: Le T, ed. *Geography of provinces and cities in Vietnam*, VI. Ha Noi: Education Publishing House, 49–94.

Le Cren E. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* **20**(2):201–219 DOI [10.2307/1540](https://doi.org/10.2307/1540).

Mahmood K, Ayub Z, Moazzam M, Siddiqui G. 2012. Length-weight relationship and condition factor of *Ilisha melastoma* (Clupeiformes: Pristigasteridae) off Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* **44**(1):71–77.

Martin WR. 1949. *The mechanics of environmental control of body form in fishes*, 58. Canada: University of Toronto Press.

McDonald H. 2014. Multiple comparisons in handbook of biological statistics. Available at <http://www.biostathandbook.com/multiplecomparisons.html> (accessed on 01 August 2021).

Metin G, Ilkyaz AT, Soykan O, Kinacigil HT. 2011. Age, growth and reproduction of four-spotted goby, *Deltentosteus quadrimaculatus* (Valenciennes, 1837), in İzmir Bay (central Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology* **35**(5):711–716.

Murdy EO. 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). *Australian Museum Journal* **11**:1–93 DOI [10.3853/j.0812-7387.11.1989.93](https://doi.org/10.3853/j.0812-7387.11.1989.93).

- Murdy EO, Jaafar Z.** 2017. Taxonomy and systematics review. In: Jaafar Z, Murdy EO, eds. *Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers*. Boca Raton: CRC Press, 1–36.
- Panicker B, Katchi V, Gore B.** 2013. Morphometry and length-weight relationship of goby, *Parachaeturichthys ocellatus* (Day 1873) from Malad creek, Mumbai. *International Journal of Engineering and Science Invention* 2(7):86–91.
- Phan GH, Le LTT, Dinh QM, Truong NT, Nguyen THD.** 2021. Length-weight relationship, growth pattern and condition factor of *Glossogobius giuris* caught from coastal areas in the Mekong Delta. *AACL Bioflux* 14(3):1478–1485.
- Ricker WE.** 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30(3):409–434 DOI [10.1139/f73-072](https://doi.org/10.1139/f73-072).
- Sanders CJ, Smoak JM, Naidu AS, Sanders LM, Patchineelam SR.** 2010. Organic carbon burial in a mangrove forest, margin and intertidal mud flat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 90(3):168–172 DOI [10.1016/j.ecss.2010.08.013](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.08.013).
- Sarafraz J, Abdoli A, Hassanzadeh B, Kamrani E, Akbarian MA.** 2012. Determination of age and growth of the mudskipper *Periophthalmus waltoni* Koumans, 1955 (Actinopterygii: Perciformes) on the mudflats of Qeshm Island and Bandar-Abbas, Iran. *Progress in Biological Sciences* 1(1):25–54.
- Sasmito SD, Kuzyakov Y, Lubis AA, Murdiyarno D, Hutley LB, Bachri S, Friess DA, Martius C, Borchard N.** 2020. Organic carbon burial and sources in soils of coastal mudflat and mangrove ecosystems. *Catena* 187:1–11 DOI [10.1016/j.catena.2019.104414](https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104414).
- Taniwel D, Leiwakabessy F.** 2020. Density and length-weight relationship of mudskipper (*Periophthalmus* spp.) in the mangrove area of Kairatu Beach, Maluku, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 21(11):5465–5473 DOI [10.13057/biodiv/d211155](https://doi.org/10.13057/biodiv/d211155).
- Tran DD.** 2008. Some aspects of biology and population dynamics of the goby *Pseudopercyptes elongatus* (Cuvier, 1816) in the Mekong Delta. PhD thesis, Malaysia, Universiti Malaysia Terengganu.
- Tran CC, Dinh QM.** 2021. Gastrointestinal tract morphology and Clark index of Dusky gilled mudskipper *Periophthalmus variabilis* caught in coastal regions from Tra Vinh to Soc Trang, Bac Lieu and Ca Mau provinces. *Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development* 10:179–184.
- Tran DD, Le BP, Dinh QM, Duong NV, Nguyen TT.** 2021a. Fish species composition variability in Cu Lao Dung, Soc Trang, Vietnam. *AACL Bioflux* 14(4):1865–1876.
- Tran DD, Nguyen VT, To HTM, Nguyen TT, Dinh QM.** 2020. Species composition and biodiversity index of gobiid assemblage in estuarine areas of the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 24(7):931–941 DOI [10.21608/ejabf.2020.131385](https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.131385).
- Tran HD, Nguyen HH, Ha LM.** 2021b. Length-weight relationship and condition factor of the mudskipper (*Periophthalmus modestus*) in the Red River Delta. *Regional Studies in Marine Science* 46:1–8.

- Tran D, Shibukawa K, Nguyen T, Ha P, Tran X, Mai V, Utsugi K.** 2013. *Fishes of Mekong Delta, Vietnam*. Can Tho: Can Tho University Publisher.
- Truong NT, Phan GH, Dinh QM, Nguyen THD, Nguyen TTK.** 2021. Growth and condition factor of the commercial goby *Glossogobius sparsipapillus* living along Bassac River, Vietnam. *AACL Bioflux* 14(3):1695–1701.
- Wicaksono A, Hidayat S, Retnoaji B, Alam P.** 2020. The water-hopping kinematics of the tree-climbing fish, *Periophthalmus variabilis*. *Zoology* 139:1–15
[DOI 10.1016/j.zool.2020.125750](https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125750).

NOW on PubMed

Volume 30 Issue 2
ISSN 1319-562X - February 2023

Saudi Journal of Biological Sciences

S
J
B
S

Saudi Biological Society



Production and hosting by Elsevier



جامعة الملك سعود
Saudi Biological Society



Submit your article

Menu



Search in this journal

Volume 30, Issue 2

February 2023

Download full issue

[Previous vol/issue](#)

[Next vol/issue](#)

Receive an update when the latest issues in this journal are published

[Sign in to set up alerts](#)

Open access

IC - Editorial Board

Article 103585

Download PDF

FEEDBACK

Saudi Journal of Biological Sciences

Open access

Submit your article



Article issues

Download PDF Article preview ▾

Review article Open access

L-carnitine: Nutrition, pathology, and health benefits

Abdulaziz Hassan Alhasaniah

Article 103555

Download PDF Article preview ▾

Review article Open access

Potential of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum L.*) by-product with significant antioxidant and therapeutic effects: A narrative review

A.A. Saparbekova, G.O. Kantureyeva, D.E. Kudasova, Z.K. Konarbayeva, A.S. Latif

Article 103553

Download PDF Article preview ▾

Original Articles

Research article Open access

Valsartan prevents gefitinib-induced lung inflammation, oxidative stress, and alteration of plasma metabolites in rats

Wael A. Alanazi, Hussain N. Alhamami, Ali A. Alshamrani, Faleh Alqahtani, ... Mohammed Alswayyed
Article 103522

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

Saudi Journal of Biological Sciences

Open access

Submit your article



Research article Open access

Species composition and population dynamics of some arthropod pests in cotton fields of irrigated and semi-arid regions of Punjab, Pakistan

Amir Nadeem, Hafiz M. Tahir, Azhar A. Khan, Zeshan Hassan, Arif M. Khan

Article 103521

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

Effect of Co-culturing both placenta-derived mesenchymal stem cells and their condition medium in the cancer cell (HepG2) migration, damage through apoptosis and cell cycle arrest

F.A. Dain Md Opo, Mohammed Moulay, Ghadeer I. Alrefaei, Nouf H. Alsubhi, ... Mohammed M. Rahman

Article 103519

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

Bioinformatic analysis of WxL domain proteins

Mahreen U. Hassan, Mike P. Williamson

Article 103526

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

Functional consequences of Genetics variant in *TMC1* and *TMC2* within a United Arab Emirates family with Pre-lingual hearing loss

Submit your article



pharmacology and molecular docking approach

Muhammad Qasim, Muhammad Abdullah, Usman Ali Ashfaq, Fatima Noor, ... Mohsin Khurshid

Article 103527

[Download PDF](#) Article preview ▾

Research article Open access

Burrow behaviour, structure and utilization of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 in the Mekong Delta

Quang Minh Dinh, Ton Huu Duc Nguyen

Article 103525

[Download PDF](#) Article preview ▾

Research article Open access

Effects of imidacloprid-contaminated feed exposure on spermatogenic cells and Leydig cells in testes of adult male rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)

Md. Alamgir Kobir, Latifa Akter, Nazneen Sultana, Munmun Pervin, ... Mohammad Rabiul Karim

Article 103541

[Download PDF](#) Article preview ▾

Research article Open access

Can deficit irrigations be an optimum solution for increasing water productivity under arid conditions? A case study on wheat plants

Ahmed M. Saad, Amany K. Elhabbak, Mohamed H.H. Abbas, Ibrahim Mohamed, ... Mohamed A. Bassouny

Article 103537

[Download PDF](#) Article preview ▾



Original article

Burrow behaviour, structure and utilization of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 in the Mekong Delta



Quang Minh Dinh ^{*}, Ton Huu Duc Nguyen

Institution: Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho, Viet Nam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 July 2022

Revised 6 November 2022

Accepted 1 December 2022

Available online 9 December 2022

Keywords:

Burrow morphology

Burrowing behaviour

Burrow utilization

Oxudercinae

ABSTRACT

Burrows of fishes are important to their creators, but knowledge of burrowing behaviour, structure and utilization are poorly understood. We report the burrowing behaviour of the amphibious mudskipper, *Periophthalmus chrysospilos*, from estuarine and coastal sites within the Mekong Delta (Vietnam). Activities at and around the burrow were observed over 12 months (April 2020 to March 2021). Burrow casts were recovered monthly to determine burrow structure and utilization in this species. Observations revealed that males excavate burrows with their mouths during the ebb tide. Burrows were J-, Y- and U-shaped, with 1–2 openings to the surface and a bulbous egg chamber. The burrow depth (BD) and total length (BL) varied with shape and site, but not season. The BD and BL ranged from 15.1 ± 0.9 to 18.6 ± 0.80 SE cm and from 22.1 ± 1.2 to 25.7 ± 1.0 SE (standard error of mean) cm, respectively. These results provide insights into the burrowing ability and better understand the ecology of these fishes in the Mekong Delta.

Running head: Burrow behaviour, structure and utilization of *Periophthalmus chrysospilos*.

© 2022 The Author(s). Published by Elsevier B.V. on behalf of King Saud University. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introduction

Burrows of fish species vary in design, shape, and use (Atkinson & Taylor, 1990). Some fish species inhabit burrows constructed by other organisms, such as snapping shrimps (Karplus et al., 1981; Jaafar & Hou, 2012). Others build their own burrows through excavating the substrate with their mouths, e.g., *Odontamblyopus lacepedii* (Gonzales et al., 2008) or twisting their bodies through the substrate, e.g., *Anguilla japonica* (Aoyama et al., 2005). Burrows are primary sites for shelter in many species, and are often also areas of egg deposition (Ishimatsu et al., 1998).

Burrows are commonly encountered within the littoral zone; the challenging environmental conditions here may explain the high diversity and abundance of burrows therein (Little, 2000).

Fishes living in these areas experience daily immersion and emersion following the tidal cycle. With the ebb and flow of the tide, organisms experience fluctuations in many environmental parameters such as ultraviolet radiation, salinity, temperature, and oxygen availability, amongst others (Little, 2000).

In addition to risks associated with exposure to aquatic and terrestrial systems, fishes living in littoral mudflats further contend with substrata that are not structurally complex. In the absence of readily available structures for shelter, burrows feature prominently in their ecology. Oxudercine mudskippers are a group of approximately fifty fish species well-adapted to living under such challenging conditions (Jaafar and Murdy, 2017). These fishes are amphibious and engage in foraging activities as well as territorial and courtship displays on exposed mudflats during the ebb tide (Ip et al., 1990; Clayton, 1993; Colombini et al., 1996). Following courtship, spawning and fertilization of eggs occur within designated chambers within the burrows. In this group of fishes, burrows are used as shelter areas for adults and developing eggs (Atkinson & Taylor, 1990; Martin & Ishimatsu, 2017; Polgar et al., 2017).

Mudskippers construct burrows in the mud substrate in riverine, estuarine and coastal regions (e.g., *Parapocryptes* [henceforth Pa.] *serperaster* (Dinh et al., 2014b), *Periophthalmodon* [henceforth

* Corresponding author.

E-mail addresses: dmquang@ctu.edu.vn (Q.M. Dinh), nhdton@ctu.edu.vn (T.H.D. Nguyen).

Peer review under responsibility of King Saud University.



Pn.] septemradiatus (Dinh et al., 2021b). In species such as *Pa. serperasters* (Dinh et al., 2014a), burrows are constructed and maintained at high tide while in *Boleophthalmus* [henceforth *B.*] *boddarti* (Clayton & Wright, 1989), *Pn. schlosseri* (Tran et al., 2020) and *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b), these are carried out when the mudflat is exposed during low tide.

The burrows of mudskippers and other gobioid fishes are well-defined; typically I-, J-, Y-, U- and W-shaped (Atkinson & Taylor, 1990; Ishimatsu et al., 2007; Tran et al., 2020; Dinh et al., 2021b). Burrow shapes vary with habitat, e.g., *Pn. schlosseri* construct J-shaped burrows in Malaysia (Ishimatsu et al., 1998). Burrow shapes are also observed to vary between species; for example, *Pn. schlosseri* builds I- and J-shaped burrows (Ishimatsu et al., 1998; Tran et al., 2020), *Pseudapocryptes elongatus* makes Y-shaped burrows (Tran, 2008), *B. dussumieri* digs U-shaped burrows (Clayton & Wright, 1989) and *B. boddarti* makes I- and U-shaped burrows (Dinh et al., 2014a). Burrows of *Periophthalmus* species vary in shape, Y-, J-, U- and W-shaped burrows have been reported for this genus. For example, *Ps. argenteolineatus* and *Ps. modestus* in Okinawa Island dig Y-shaped burrows (Kobayashi et al., 1971). In these two species, the Y-shaped burrows have two turreted openings on the substrat that meet below the surface to form a vertical tunnel then turn at a right angle for a short distance before continuing upward to form the egg chamber. Meanwhile, *Ps. waltoni* in the mudflats of Sulaibikhat Bay, Kuwait, build Y-shaped burrows with one main and one secondary opening; the main opening was the one used most often (Clayton & Snowden, 2012). J-shaped burrows are built by *Ps. minutus* in mudflats of Australia (Takeda et al., 2012). *Periophthalmus variabilis* have also been found to excavate Y-, U- and J-shaped burrows in captivity (Rupp, 2021). Burrow structures of several gobioid fish species vary with mud texture and presence of vegetation and associated roots (Brillet, 1969; Polgar et al., 2017). The density of vegetation and associated roots at mudflats influence burrow distribution (Polgar et al. (2017)); for example, *B. dussumieri* excavate burrows in areas without roots, whereas *Ps. waltoni* dig burrows in areas with and without roots.

Periophthalmus chrysospilos are naturally distributed within the tropical belt, where precipitation can affect the integrity of the silt substrate. It is carnivorous fish, feeding mainly on *Acetes* spp., *Uca* spp., *Dolichoderus* sp. in the Mekong Delta (MD) (Dinh et al., 2021a), and shows temporal variation in some morphometrics and body condition factors (Le et al., 2021; Dinh et al., 2022c). This fish spawns all year round but focuses mainly on the wet season, from July to October, with a batch fecundity of 23,000 eggs (Dinh et al., 2022a), and its population parameters show a spatial change in MD (Dinh et al., 2022b). Some mudskippers in MD use burrows as a place for forging, protecting from predators, and egg releasing and hatching, but there is no data on *Ps. chrysospilos*. Moreover, in MD, precipitation shows a significant seasonal difference because there is almost no rain in the dry season but tremendous rainfall in the wet season (Le et al., 2006). The precipitation variation can affect the moisture and softness of the mud, affecting the burrow's structure and size. Therefore, this study was conducted to contribute to the burrow morphology and utilization; and verify if the burrow structure can change with season and site. The findings will help us gain a better understanding of fish ecology adaptation in the MD.

2. Materials and methods

2.1. Study sites

This study was carried out from April 2020 to March 2021 at four sites within MD in Vietnam: Duyen Hai - Tra Vinh (DHTV),

Tran De - Soc Trang (TDST), Dong Hai - Bac Lieu (DHBL) and Dam Doi - Ca Mau (DDCM) (Fig. 1). The dry season was defined from April to May 2020 and January to March 2021. Meanwhile, the wet season was determined from June to December 2020. Common plant species at these sites were *Acanthus ebracteatus* Vahl., *Avicennia marna* (Forssk.) Vierh., *Bruguiera gymnorhiza* (L.), *Nypa fruticans* Wurmb., Savigny *Sonneratia caseolaris* (L.) A. Engl., and *Rhizophora apiculata* Blume. *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina*, and *Bruguiera gymnorhiza* were dominant at DHTV, TDST, and DHBL, respectively, whereas both *Avicennia marna* and *Bruguiera gymnorhiza* were dominant at DDCM. The average pH (measured with a pH meter (Hanna HI98127)) and salinity (measured with a Refractometer 0–32 Brix (95000–002)) in each study area were presented in Table 1. pH and temperature were determined once a month at each sampling point at high tide.

2.2. Burrowing behavior observations

Periophthalmus chrysospilos were observed in the field and aquarium tanks to understand fish burrowing behavior and other activities using the method of Able et al. (1982). The burrowing behavior and other activities (grazing, foraging, and moving) were observed twice in the field, in May 2020 and October 2020. Five males were randomly chosen for observation. Fish were observed from a distance of 10 m by the camera. Each observation lasted for four continuous hours during the low tide, and if the fish entered the burrow with its head, it used the burrow as a place for predator avoidance, whereas if the fish entered the burrow with its tail, it used the burrow as a foraging place (Dinh et al., 2021b).

2.3. Burrow structure

The structure of burrows made by *Ps. chrysospilos* was recovered using polyester resin (En Chuan Chemical Industries Co., Ltd, Taiwan) mixed with a hardener in the ratio (98:2) according to the method described by Atkinson & Chapman (1984). After mixing in the bottle of 500 mL, polyester was poured *in situ* into openings of burrows. This process was carried out at low tide, within the mudflats near the edge of the mangrove forest, and 5–7 burrows were casted. Fish in selected burrows are relocated to other areas. After 2–4 h, burrow casts were removed from the mudflats, washed, and transported to the laboratory. In the laboratory, the casted burrows were measured. Parameters such as burrow depth (BD) measured from the surface to the deepest point of the burrow, total burrow length (BL), was the total length measured, including all branches of the burrow, diameter of the opening, number of openings and shape were recorded for each burrow cast (Fig. 2) (Gonzales et al., 2008). The BD and BL were used to compare burrow structure between sites and between wet and dry seasons. The Robinson pipette method (Gee & Bauder, 1986) was used to analyze the mud composition (sand, silt and clay) and mud taxonomy of five burrows at each location; the substrate samples were collected at the burrow mouths. Accordingly, the bulk density was calculated as oven-dry soil weight (105 °C) of undisturbed soil samples per bulk volume. The organic matter was examined using the Walkley-Black wet oxidation method with K₂Cr₂O₇ and H₂SO₄ (Walkley & Black, 1934).

2.4. Data analyses

The normal distribution of substrate composition (sand, silt, and clay), BD, and BL were verified by the Kolmogorov-Smirnov test (Kim, 2015). The equality of substrate composition variances between four sites was confirmed by the Levene test. This test was also used to verify if BD and BL exhibited the equality of variances. As the substrate composition variances were equal, one-way

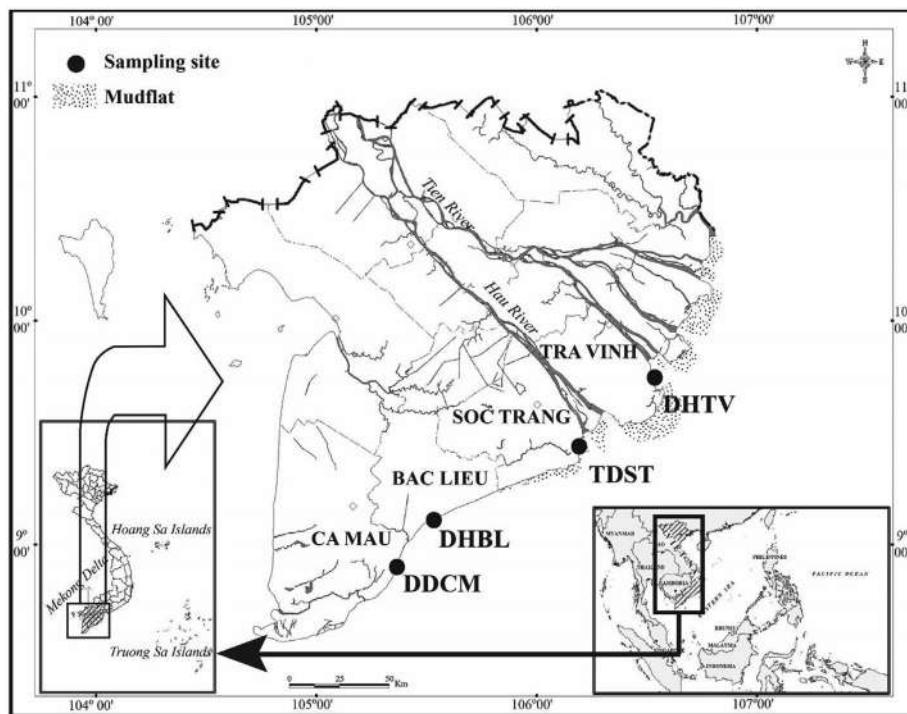


Fig. 1. The sampling map in the Mekong Delta modified from Fig. 1 of Dinh (2018) (●: Sampling area; DHTV: Duyen Hai - Tra Vinh ($9^{\circ}41'18.6''N$ $106^{\circ}30'35.8''E$), TDST: Tran De - Soc Trang ($9^{\circ}29'26.8''N$ $106^{\circ}11'58.5''E$), DHBL: Dong Hai - Bac Lieu ($9^{\circ}06'03.2''N$ $105^{\circ}29'49.1''E$) and DDCM: Dam Doi - Ca Mau ($8^{\circ}58'17.5''N$ $105^{\circ}22'51.8''E$)).

Table 1
pH and salinity at study sites.

No.	Site	pH	Salinity (%)
1	Duyen Hai - Tra Vinh	~7.9	~15.2
2	Tran De - Soc Trang	~7.9	~16.3
3	Dong Hai - Bac Lieu	~7.8	~30.0
4	Dam Doi - Ca Mau	~7.8	~26.8

ANOVA with Tukey Post Hoc was applied to qualify the spatial variation of substrate composition, but one-way ANOVA with Tamhane's T2 was applied otherwise. If the substrate composition did

not show a normal distribution, the Kruskal-Wallis test was used to verify the variation of these variables among four sites. The General Linear Model (GLM) with Tukey Post Hoc was applied to test if BD and BL change with season, burrow shape, site, and their interactions if BD and BL displayed a normal distribution and equality of variances. By contrast, as BD and BL variables did not display normal distribution, Mann-Whitney Test was involved in qualifying the variation of BD and BL between seasons, and the Kruskal-Wallis Test was performed to verify the variation of BD and BL between burrow shapes and sites. The tests were quantified by SPSS v.21 at $p < 0.05$. The Benjamini-Hochberg procedure was used to lessen the Type I error of all tests (Benjamini & Hochberg, 1995; McDonald, 2014).

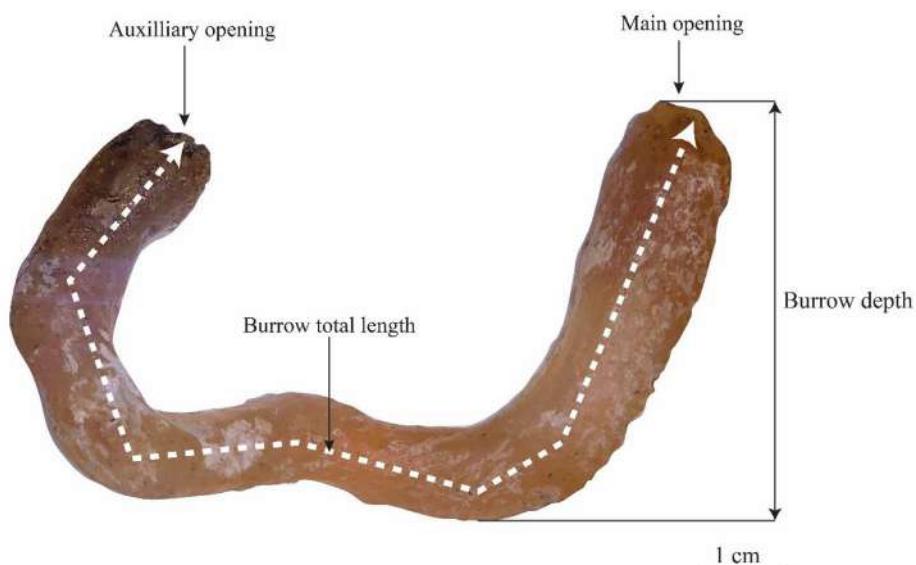


Fig. 2. Method of measuring the total length and depth of the burrow.

3. Results

3.1. Substrate composition

The normal distribution was found in the silt (Kolmogorov-Smirnov, $KS = 0.12$, $p = 0.20$), but not in sand and clay ($KS_{\text{sand}} = 0.26$, $p_{\text{sand}} < 0.001$; $KS_{\text{clay}} = 0.18$, $p_{\text{clay}} = 0.04$). The substrate composition at the four sites varied with the following [silt, clay, sand] percentage make-up [60.4, 24.6, 15.0] at DHVT, [35.0, 36.4, 28.6] at TDST, [30.8, 56.9, 12.3] at DHBL, and [33.0, 24.5, and 42.5] at DDCM. This showed that the substrate composition changed significantly according to four regions. The substrate at DHBL was composed mostly of clay (56.9 %, Kruskal-Wallis, $\chi^2 = 13.72$, $p = 0.003$). At DDCM, the substrate was composed mostly of sand (42.5 %, $\chi^2 = 4.95$, $p = 0.02$); and at DHVT, silt accounted for the highest percentage of total composition (60.4 %, One-way ANOVA, $F = 4.23$, $p = 0.02$). Sample substrate from TDST revealed a similar composition of silt, clay, and mud.

3.2. Burrowing behavior observations

Burrows of *Ps. chrysospilos* were observed on mud substrate at the edge of mangrove forests. It was observed that when the tide started to recede, some individuals remained at the edge of the mangrove forest without following the tide; the rest moved with the tide. A group of fish that did not proceed with the tide began to observe mudflats by moving back and forth in a specific area. Observational results showed that, after finding a suitable location with features such as porous soil or near small puddles, the fish proceeded to burrow. First, the fish used its mouth to bite into the mud to start excavating; the mud that was dug up was placed next to it. This action took place continuously for about 10 – 15 min. Next, the fish returned to the water environment to moisten the body and continue to burrow. This process was repeated until the burrow was completed. The completion time of each burrow was about 40 – 60 min.

3.3. Burrow structure

A total of 161 burrows were cast: 51 burrows at DHVT, 42 burrows at TDST, 29 burrows at DHBL, and 39 burrows at DDCM. Three burrow shapes were recovered 61 were J-shaped burrows (Fig. 3A), 29 were U-shaped burrows (Fig. 3B), and 71 were Y-shaped burrows (Fig. 3C). Burrows openings sometimes do not have turrets and pellets (Fig. 4A-E), but most of them are turreted and with pellets (Fig. 4F-G). J-shaped burrows (45.1 %) were most encountered at DHVT, followed by Y- (39.2 %) and U-shaped burrows (15.7 %). Similarly, U-shaped burrows (16.7 %) were least represented at TDST, while Y- (40.5 %) and J-shaped burrows (42.8 %) were similar in numbers. The percentage burrow distribution [Y-, J-, and U-shapes] was [51.7 %, 31.1 %, 17.2 %] at DHBL and [48.7 %, 28.2 %, 23.1 %] at DDCM. The largest opening in Y- and U-shaped burrows were often the main opening, while there were usually several smaller auxiliary openings nearby.

The BD and BL displayed a normal distribution ($KS_{\text{BD}} = 0.07$, $p_{\text{BD}} = 0.07$; $KS_{\text{BL}} = 0.06$, $p_{\text{BL}} = 0.20$) and exhibited equality of variances (Levene, $F_{\text{BD}} = 1.21$, $p_{\text{BD}} = 0.25$; $F_{\text{BL}} = 1.52$, $p_{\text{BL}} = 0.08$). Of the three burrow shapes recovered, J-shaped burrows (20.4 ± 0.6 SE cm) were the deepest, followed by Y-shaped burrows (16.4 ± 0.5 SE cm); U-shaped burrows were the shallowest (11.6 ± 0.5 SE cm, GLM, $F = 38.44$, $p < 0.001$) and widest (27.1 ± 1.5 SE cm), whereas J-shaped (23.3 ± 0.6 SE cm) and Y-shaped (23.3 ± 0.7 SE cm, $F = 5.10$, $p = 0.007$) burrows were similarly shorter (Fig. 5A).

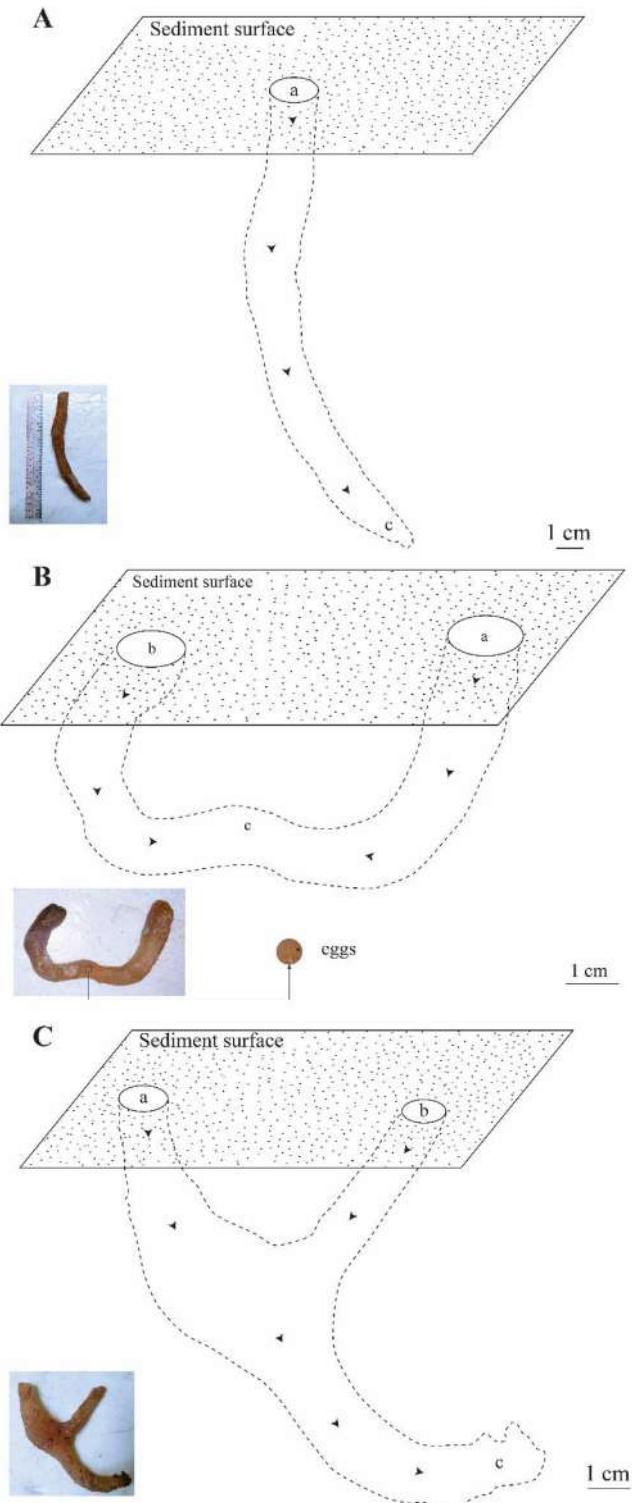


Fig. 3. The burrow drawing of *Periophthalmus chrysospilos* (A-C: J-shaped, U-shaped and Y-shaped burrows; a: opening; b: sub-opening; c: bulbous-chamber; arrowhead: tunnels).

The depth of the burrow in the dry season (17.7 ± 0.5) was not significantly different from that in the wet season (16.3 ± 0.5) (GLM, $F = 2.02$, $p = 0.16$, Fig. 5B). Similarly, BL in the dry season (24.3 ± 0.6) was not significantly different from that in the wet season (23.2 ± 0.6) ($F = 1.78$, $p = 0.19$, Fig. 5B).

The deepest burrow was found at TDST (18.6 ± 0.80 SE cm), followed by DDCM (17.2 ± 0.9 SE cm), DHVT (16.7 ± 0.6 SE cm), and

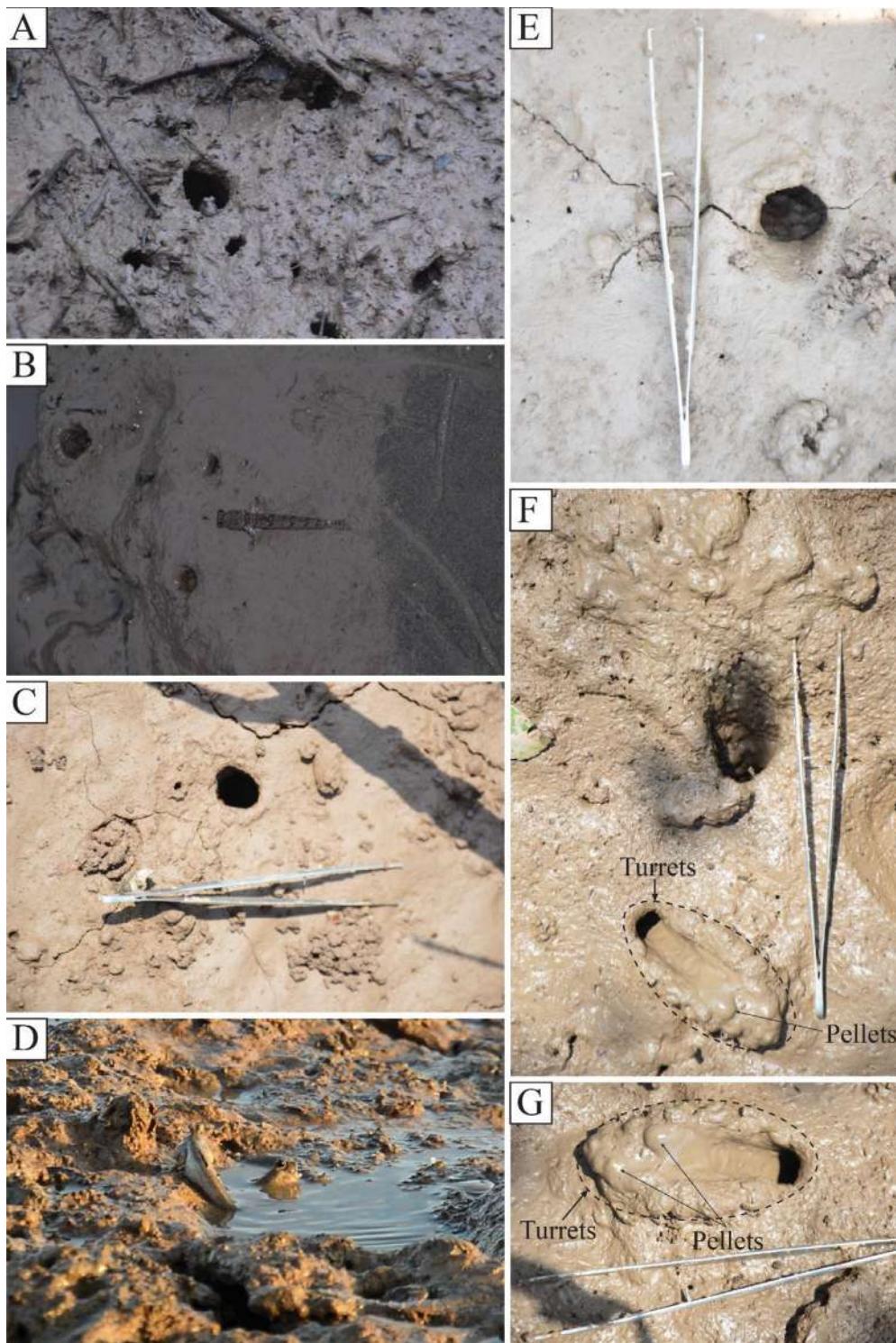


Fig. 4. Burrow openings morphology without mud pellets and turrets (A-E) and with burrow with “footprints”, turrets and mud pellets (F-G) (length of forcep: 15 cm).

the shallowest at DHBL (15.1 ± 0.9 SE cm, Fig. 5C) (GLM, $F = 2.34$, $p = 0.04$). The longest burrow was found at DDCM (25.7 ± 1.0 SE cm) and TDST (25.1 ± 0.8 SE cm), the shortest at DHBL (22.1 ± 1.2 SE cm) and DHTV (22.7 ± 0.6 SE cm, $F = 2.74$, $p = 0.04$) (Fig. 5C). There appeared to be no significant effects in the interaction of season and burrow shape; season and site; shape and site; season, shape and site to BD (GLM, $p > 0.05$ for all cases, Table 2) and BL ($p > 0.05$ for all cases, Table 3).

4. Discussion

Preliminary in-situ observations revealed that *Ps. chrysopilos* built and maintained burrows during the day at low tide when the mud surface was quite soft, which was suitable for this fish to burrow. The burrowing at low tide was found in some other small-sized species, e.g., *B. dussumieri* (Clayton & Wright, 1989), whereas in larger species in MD, e.g., *Pn. schlosseri* (Tran et al.,

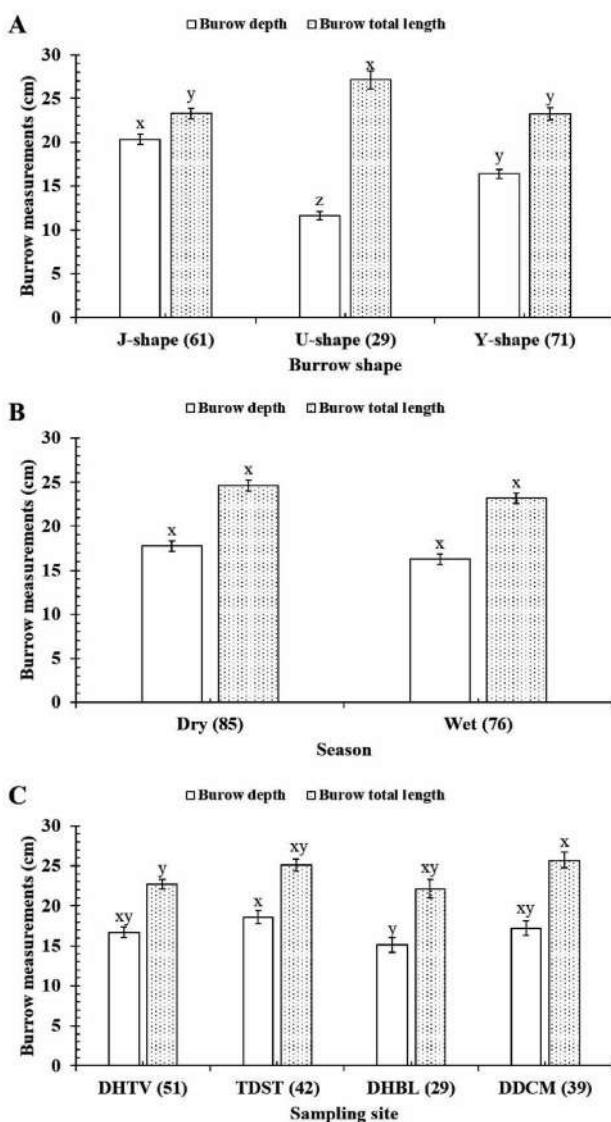


Fig. 5. Burrow depth and total length variations of *Periophthalmus chrysospilos* (A: burrow shape; B: dry-wet pattern seasons; C: studied site; number in parentheses: casting burrow number; vertical line: standard error; different letter (x, y and z): significant differences).

2020) and *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b) exhibited various times of burrow building even at high tide. The in-situ observations indicated that *Ps. chrysospilos* use their mouths to excavate

their burrows, and several mud pellets within the shelter were ejected from the fish's mouth. When studying burrow behavior, Tran et al. (2020) found that *Pn. schlosseri* in MD also created burrows by biting off the mud within the burrow and ejecting the mud pellets at the burrow's opening, but the mud pellets were larger than those of *Ps. chrysospilos*. One other congeneric mudskipper in the MD, e.g., *Pn. septemradiatus* dig burrows by mouth excavating and body twisting (Dinh et al., 2021b). By contrast, *Pa. seperaster* dig burrow by turning their body into the substrate (Dinh et al., 2014b).

The burrows of *Ps. chrysospilos* in this study were found within mangrove forests and on mudflats adjacent to forested areas. The difference in vegetation (e.g., *Sonneratia caseolaris* were dominant at TDST and DHTV, while *Bruguiera gymnorhiza* were dominant at DHBL and DDCM) and variation in mud composition between these sites could have accounted for the variation in burrow parameters. The observation and analysis results of the study areas' substrate structure show deeper burrows and more surface grooves when the substrate components are less cohesive. Mud texture and the presence of vegetation do impact burrow morphology and structure; for example, W-shaped burrows made by *Pn. septemradiatus* in Vietnam were found only in two out of five sampling sites (Dinh et al., 2021b).

Precipitation did not affect the burrow structure of *Ps. chrysospilos* due to a similar depth and total length of burrows between dry and wet seasons. Parameters such as depth and total length in burrows excavated by *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b) showed no seasonal variation; these parameters, however, varied seasonally of *O. lacedepidii* in Japan (Gonzales et al., 2008).

Shapes of mudskipper burrows were fixed, with few variations in overall burrow shape within burrowing members of the subfamily (Polgar et al., 2017). However, there were three types of burrows (U-shaped, Y-shaped, and J-shaped) in *Ps. chrysospilos*. The analysis results of the burrow's shape and substrate structure showed that the burrow's shape depends on the structure of the substrate and the flora at the alluvial grounds. At DHTV, alluvial plains with a substrate structure with high alluvium content combined with a thick amount of roots (*Sonneratia caseolaris*), there was a tendency to dig J-shaped burrows. Meanwhile, the density of roots in TDST is similar to that of DHTV, but the soil structure here was more porous but not too soft. Therefore, the common types of burrows can be J-shaped or Y-shaped. At the two sites of DHBL and DDCM, the density of roots is relatively sparse compared to DHTV and TDST. However, the clay content in DHBL was relatively high (>50 % of the substrate), leading to a rather hard alluvial deposit in this area. So the Y-shaped was a common structure of fish burrows in this area. At DDCM, there is a suitable for burrowing fish with porous substrates and low density. Thereby, more complex burrow shapes, such as Y-shaped or U-shaped, were common in

Table 2

Results of General Linear Model for burrow depth.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Corrected Model	1964.72 ^a	23	85.42	5.19	0.00
Intercept	30745.19	1	30745.19	1868.04	0.00
Season	33.26	1	33.26	2.02	0.16
Shape	1265.43	2	632.72	38.44	0.00
Site	115.38	3	38.46	2.34	0.04
Season * Shape	10.88	2	5.44	0.33	0.72
Season * Site	68.17	3	22.72	1.38	0.25
Shape * Site	18.93	6	3.16	0.19	0.98
Season * Shape * Site	25.77	6	4.30	0.26	0.95
Error	2254.81	137	16.46		
Total	50956.17	161			
Corrected Total	4219.54	160			

a. R Squared = 0.47 (Adjusted R Squared = 0.38).

Table 3

Results of General Linear Model for burrow length.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	P
Corrected Model	1078.11 ^a	23	46.87	1.67	0.04
Intercept	71010.49	1	71010.49	2527.17	0.00
Season	49.82	1	49.82	1.77	0.19
Shape	286.39	2	143.19	5.10	0.01
Site	230.77	3	76.92	2.74	0.04
Season * Shape	21.23	2	10.62	0.38	0.69
Season * Site	175.63	3	58.54	2.08	0.11
Shape * Site	18.95	6	3.16	0.11	0.99
Season * Shape * Site	91.86	6	15.31	0.54	0.77
Error	3849.53	137	28.10		
Total	97275.25	161			
Corrected Total	4927.64	160			

a. R Squared = 0.22 (Adjusted R Squared = 0.09)

the remaining areas. That showed the shape of the fish burrow was highly dependent on the substrate, demonstrating that in several previous studies. As studying the burrow morphology of *Pn. septemradiatus*, Dinh et al. (2021b) found the W-shape burrow only at two sites (An Lac Tay and Long Duc in Soc Trang province) out of a total of six sample dictionaries because the flora in these two sites was broader than in the rest of the areas. However, compared to the flora in DHTV, the plants in these two sites had deeper root systems in the lower soil, topsoil, and alluvial soils, leaving more space for fish to burrow. However, in larger fish such as *Pn. schlosseri* (Tran et al., 2020) did not find a change in burrow shape according to the study site. The difference from the results in this study may be due to *Pn. schlosseri* was significantly larger than *Ps. chrysospilos*, resulting in stronger burrowing in this fish and less dependence on substrate conditions. From these examples, it can be seen that the shape of burrows in fishes of the mudskippers group depends not only on the environmental conditions but also on the condition of the fish. The U-shaped, Y-shaped, and J-shaped burrows found in this fish were common burrows for fish in the Oxudercidae family. For example, the U-shaped burrows were also constructed by other mudskipper species, e.g., *B. boddarti* (Dinh et al., 2014a), *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b), and *Ps. variabilis* (Rupp, 2021). Y-shaped burrows were constructed by *Pd. elongatus* (Tran, 2008), *Ps. argentilineatus*, *Ps. modestus* (Kobayashi et al., 1971), and *Ps. waltoni* (Clayton & Snowden, 2012). Similar to *Ps. chrysospilos*, *Ps. minutus* (Takeda et al., 2012), *Ps. variabilis* (Rupp, 2021) and *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b) also excavates J-shaped burrows. In addition to these common burrow shapes, there were also some other special burrow shapes not recovered for *Ps. chrysospilos* in this study. For example, W-shaped burrow had been reported for burrows of *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2014b), and *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b). In addition, there were L-shaped burrows excavated by *Ps. argentineatus* and *Ps. modestus* (Kobayashi et al., 1971).

The number of openings depends on the behavior of each fish; indeed, the burrows of *Ps. chrysospilos* in this study had 1–2 openings that could lead to a simple burrow shape. According to our observations, this mudskipper stayed outside burrows and used burrows for egg releasing and hatching. Like many other fish species, they also mainly used burrows to protect their eggs *Ps. modestus* (Kobayashi et al., 1971), *Pd. Elongatus* (Tran, 2008), *Ps. variabilis* (Rupp, 2021). With a large number of openings as in some species, e.g., *Ps. minutus* (Takeda et al., 2012), *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2014b), and *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b), there were up to 4 openings, showing that the burrow was not only used as a place to lay eggs, but the burrow was also used as a hiding tool for fish to catch prey. Therefore, the burrow structure was more complex in these fishes and had more openings (Table 4).

The larger fish could create more complicated burrows; indeed, due to the small size compared to other species of the Oxudercidae

family, the burrows of *Ps. chrysospilos* were simpler than others. The results of the comparison of burrow size (BD and HL) in this fish compared with other fish of the Oxudercidae family are shown in Table 4. This table shows that the burrow size of this fish species was assessed as one of the smallest of the studied species and only more significant than the species *Ps. waltoni* (Clayton & Snowden, 2012). Comparing to other congeneric species, e.g., *Ps. argentineatus*, *Ps. modestus* (Kobayashi et al., 1971), *Ps. minutus* (Takeda et al., 2012), and *Ps. variabilis* (Rupp, 2021), showed the burrow of *Ps. chrysospilos* was 1.0 to 1.5 times smaller. Indeed, burrow openings of *Ps. chrysospilos* were fewer than those reported for *Ps. modestus* (Kobayashi et al., 1971), *Pd. elongatus* (1–3 openings) (Tran, 2008), *Ps. minutus* (2–3 openings) (Takeda et al., 2012), *Pa. serperaster* (2–4 openings) (Dinh et al., 2014b), *Ps. variabilis* (1–3 openings) (Rupp, 2021), and *Pn. septemradiatus* (1–4 openings) (Dinh et al., 2021b). Like *Ps. chrysospilos*, burrows made by *B. boddarti* had 1–2 openings (Dinh et al., 2014a). The BD of *Ps. chrysospilos* burrows was shallower than reported for *Pd. elongatus* (Tran, 2008) and *Pn. schlosseri* (Tran et al., 2020), the latter almost three times deeper. The BD of burrows constructed by *B. boddarti* (Dinh et al., 2014a) and *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2014b) were about 1.5 times deeper than those made by *Ps. chrysospilos*. However, BD of burrows made by *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b) was shallower than those by *Ps. chrysospilos*. Another burrow parameter, BL, was found to be four times shorter in burrows of *Ps. chrysospilos* than those of *Pd. elongatus* (Tran, 2008), *B. boddarti* (Dinh et al., 2014a), *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2014b), and *Pn. schlosseri* (Tran et al., 2020); and 1.5 times shorter than those of *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b). Comparisons with burrow dimensions of congeners reveal that BD of burrows of *Ps. chrysospilos* is smaller than those of *Ps. argentineatus*, *Ps. modestus* (Kobayashi et al., 1971), *Ps. minutus* (Takeda et al., 2012), and *Ps. variabilis* (Rupp, 2021). However, this value was larger than *Ps. waltoni* (Clayton & Snowden, 2012). The variation in burrow parameters of *Ps. chrysospilos* and other burrowing gobies suggest that to an extent, burrow dimensions were species-specific.

The size of the fish burrow depends not only on the species or body size of the fish but also on the substrate structure and vegetation at each site. In this study, it was found that the burrow depth and burrow length of the burrow changed markedly across four different areas. The deepest burrows were recorded at DHTV and the shallowest in DHBL. Although the substrate structure in DHTV was not too hard, because the flora here was mainly *Sonneratia caseolaris*, it leads to a relatively high root density. Space width is limited, so fish often burrow deeper than other areas. Meanwhile, in HDBL, the space on the mudflat was not as limited as in DHTV, but the soil structure was hard, so it was difficult for fish to dig deep burrows. In terms of burrow length, the highest value was recorded at DDCM and TDST and the lowest value in TVST and DHBL. The reason for this difference was that the substrate

Table 4Burrow morphometrics of *Periophthalmus chrysospilos* and confamilial species.

No. of casts	No. of openings	Presence of Mound	Depth of burrow (cm)	Total length of burrow (cm)	Taxon	Reference
9	2–7	Yes	41.1 ± 23.7	1326.1 ± 1093.5	<i>Odontamblyopus lacepedii</i>	Gonzales et al. (2008)
10	1–2	No	23.6 ± 8.4	68.1 ± 15.9	<i>Boleophthalmus boddarti</i>	Dinh et al. (2014a)
24	2–4	No	22.3 ± 4.7	81.5 ± 30.1	<i>Parapocryptes serperaster</i>	Dinh et al. (2014b)
30	1–2	Yes	47.7 ± 2.8	88.6 ± 12.4	<i>Periophthalmodon schlosseri</i>	Tran et al. (2020)
73	1–3	Yes	10.5 ± 0.1	32.1 ± 1.5	<i>Periophthalmodon septemradiatus</i>	Dinh et al. (2021b)
–	1–2	Yes	30.0–75.0	–	<i>Periophthalmus argentinilineatus</i>	Kobayashi et al. (1971)
–	1–3	Yes	25.0–30.0	–	<i>Periophthalmus modestus</i>	Kobayashi et al. (1971)
46	2	Yes	10.0	–	<i>Periophthalmus waltoni</i>	Clayton & Snowden (2012)
50	2–3	Yes	25.0–30.0	33.4 ± 6.8	<i>Periophthalmus minutus</i>	Takeda et al. (2012)
–	1–3	Yes	20.0	–	<i>Periophthalmus variabilis</i>	Rupp (2021)
161	1–2	Yes	17.0 ± 0.4	23.9 ± 0.4	<i>Periophthalmus chrysospilos</i>	This study

structure in DDCM and TDST was quite porous, which was favourable for fish burrowing. Meanwhile, DHTV was limited by the density of roots and DHBL was limited by the porosity of the substrate, so the burrow structure was shorter than the other two sites. Thereby, the suitable *Ps. chrysospilos* for burrowing in alluvial areas have a soft substrate structure and not too high root density.

Burrow openings of *Ps. chrysospilos* are oval, similar to those reported in *O. lacepedii* (Gonzales et al., 2008), *B. boddarti* (Dinh et al., 2014a), *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b), *Ps. minutus* (Takeda et al., 2012), *Ps. variabilis* (Rupp, 2021), and *Ps. waltoni* (Clayton & Snowden, 2012). U-shaped burrows of *Ps. chrysospilos* never contained bulbous egg chambers, also reported for *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b).

Field observations suggested that *Ps. chrysospilos* came out of burrows to forage and used burrows in avoiding predators since they entered the burrows head-first. These burrow utilizations were also observed in *Pn. septemradiatus* in MD (Dinh et al., 2021b). The use of burrows as shelters was recorded in some gobies, e.g., *O. lacepedii* living in Japan (Gonzales et al., 2008) and *B. boddarti* habiting in MD (Dinh et al., 2014a). As eggs were found in the bulbous chambers of the casting burrow, *Ps. chrysospilos* used the burrow as a place for releasing eggs. This role of burrows was in some oxudercine species living in and out MD, e.g., *Pn. schlosseri* (Ishimatsu et al., 2018) and *B. boddarti* (Dinh et al., 2014a) and *Pn. septemradiatus* (Dinh et al., 2021b).

5. Conclusion

Mudskippers, and many other closely related gobioid taxa, use burrows in complex ways. In addition to areas of shelter and respite, burrows are also sites for egg deposition and development. The common burrow shapes in *Ps. chrysospilos* was J-shape, Y-shape, and U-shape. The fish burrow shape and size varied and depended on the substrate conditions in each area. Rainfall and flora in the study areas influence the burrow structure in this fish. The burrow of *Ps. chrysospilos* has a simple structure, a small size with 1–2 openings, an average burrow length of 23.9 ± 0.4 cm, and an average burrow depth was 17.0 ± 0.4 cm. The variety in burrow shapes and disparity in burrow parameters underpins the importance of elucidating burrow structures to understand these fishes' ecology better.

Ethics approval

This research was conducted with approval from The Scientific Committee of the School of Education, Can Tho University (No. BQ2021-05/KSP) after animal welfare assessment.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgement

This work is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under Grant No 106.05-2019.0306. We are grateful Dr. Zeehan Jaafar for the manuscript avizing and editing.

References

- Able, K.W., Grimes, C.B., Cooper, R.A., Uzmann, J.R., 1982. Burrow construction and behavior of tilefish, *Lopholatilus chamaeleonticeps*, in Hudson Submarine Canyon. Environmental Biology of Fishes 7 (3), 199–205. <https://doi.org/10.1007/BF00002496>.
- Aoyama, J., Shinoda, A., Sasai, S., Miller, M., Tsukamoto, K., 2005. First observations of the burrows of *Anguilla japonica*. Journal of Fish Biology 67 (6), 1534–1543. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2005.00860.x>.
- Atkinson, R.J.A., Chapman, C.J., 1984. Resin casting: a technique for investigating burrows in sublittoral sediments. Progress in Underwater Science 9, 15–25.
- Atkinson R.J.A., Taylor A.C., 1990. Burrows and burrowing behaviour of fish, in: The environmental impact of burrowing animals and animal burrows. Zoological Society of London. Oxford, United Kingdom, Clarendon Press, pp. 133–155.
- Benjamini, Y., Hochberg, Y., 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. Journal of the royal statistical society Series B (Methodological) 57 (1), 289–300.
- Brillet, C., 1969. Etude du comportement constructeur des poissons amphibiens Periophthalmodae. La Terre et la Vie 4, 496–520.
- Clayton, D.A., 1993. Mudskippers. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 31, 507–577.
- Clayton, D.A., Snowden, R., 2012. Surface activity in the mudskipper, *Periophthalmus waltoni* Koumans 1941 in relation to prey activity and environmental factors. Tropical Zoology 13, 239–249.
- Clayton, D., Wright, J., 1989. Mud-walled territories and feeding behaviour of *Boleophthalmus boddarti* (Pisces: Gobiidae) on the mudflats of Kuwait. Journal of Ethology 7 (2), 91–95. <https://doi.org/10.1007/BF02350029>.
- Colombini, I., Berti, R., Nocita, A., Chelazzi, L., 1996. Foraging strategy of the mudskipper *Periophthalmus sobrinus* Eggert in a Kenyan mangrove. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 197 (2), 219–235. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(95\)00160-3](https://doi.org/10.1016/0022-0981(95)00160-3).
- Dinh, Q.M., 2018. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. Journal of Applied Ichthyology 34 (1), 103–110. <https://doi.org/10.1111/jai.13521>.
- Dinh, Q.M., Giang, N.T.T., Duy, N.N.L., Dong, D.H., Hau, L.T., 2014a. Burrow configuration and utilization of the blue-spotted mudskipper *Boleophthalmus boddarti* caught in Soc Trang, Vietnam. Kasetsart University Fisheries Research Bulletin 38 (2), 1–7.
- Dinh, Q.M., Qin, J.G., Dittmann, S., Tran, D.D., 2014b. Burrow morphology and utilization of the goby (*Parapocryptes serperaster*) in the Mekong Delta, Vietnam. Ichthyological Research 61 (1), 332–340. <https://doi.org/10.1007/s10228-014-0402-2>.
- Dinh, Q.M., Nguyen, T.H.D., Lam, T.T.H., Nguyen, T.T.K., Tran, G.V., Jaafar, Z., 2021a. Foraging ecology of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos* (Gobiiformes: Gobiidae). PeerJ 9, e12582.

- Dinh, Q.M., Tran, L.T., Phan, T.T., Bui, M.T., Nguyen, T.T.K., Tran, D.D., Vo, T.T., Mai, H.V., Tran, L.X., Ishimatsu, A., 2021b. Burrow structure and utilization in the mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* from the Mekong Delta. *Journal of Zoology* 314 (1), 72–83. <https://doi.org/10.1111/jzo.12861>.
- Dinh, Q.M., Nguyen, T.H.D., Lam, T.T.H., Truong, N.T., Nguyen, T.T.K., Jaafar, Z., 2022a. Reproduction ecology of an emerging fishery resource, the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos*, in the Mekong Delta. *Ecology and Evolution* 12 (1), e8507.
- Dinh, Q.M., Nguyen, T.H.D., Nguyen, T.T.K., Lam, T.T.H., Truong, N.T., Tran, D.D., 2022b. Population biological traits of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 in the Vietnamese Mekong Delta. *PeerJ* 10, e13289.
- Dinh, Q.M., Nguyen, T.H.D., Truong, N.T., Tran, L.T., Nguyen, T.T.K., 2022c. Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 48 (2), 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.009>.
- Gee G.W., Bauder J.W., 1986. Particle size analysis, in: Edited by Klute A., Methods of Soil Analysis, Part 1, Madison, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, pp. 383–411.
- Gonzales, T.T., Katoh, M., Ishimatsu, A., 2008. Intertidal burrows of the air-breathing eel goby, *Odontamblyopus lacepedii* (Gobiidae: Amblyopinae). *Ichthyological Research* 55 (3), 303–306. <https://doi.org/10.1007/s10228-008-0042-5>.
- Ip Y.K., Chew S.F., Lim L.L., Low W.P., 1990. The mudskipper, in: Essays In Zoology. National University of Singapore. Singapore, National University of Singapore, pp. 83–95.
- Ishimatsu, A., Hishida, Y., Takita, T., Kanda, T., Oikawa, S., Takeda, T., Huat, K.K., 1998. Mudskippers store air in their burrows. *Nature* 391 (6664), 237–238. <https://doi.org/10.1038/34560>.
- Ishimatsu, A., Yoshida, Y., Itoki, N., Takeda, T., Lee, H.J., Graham, J.B., 2007. Mudskippers brood their eggs in air but submerge them for hatching. *Journal of Environmental Biology* 210 (22), 3946–3954.
- Ishimatsu, A., Mai, H.V., Martin, K.L.M., 2018. Patterns of fish reproduction at the interface between air and water. *Integrative and Comparative Biology* 58 (6), 1064–1085. <https://doi.org/10.1093/icb/icy108>.
- Jaafar, Z., Hou, Z., 2012. Partner choice in gobiid fish *Myersina macrostoma* living in association with the alpheid shrimp *Alpheus rapax*. *Symbiosis* 56 (3), 121–127.
- Jaafar, Z., Murdy, E.O., 2017. Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers. CRC Press, United States.
- Karplus I., Szlep R., M.T., 1981. Goby-shrimp partner specificity. I. Distribution in the northern Red Sea and partner specificity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 51 (1), 1–19. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(81\)90151-9](https://doi.org/10.1016/0022-0981(81)90151-9).
- Kim, T.K., 2015. T test as a parametric statistic. *Korean Journal of Anesthesiology* 68 (6), 540–546. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.6.540>.
- Kobayashi, T., Dotsu, Y., Takita, T., 1971. Nest and nesting behavior of the mud skipper, *Periophthalmus cantonensis* in Ariake Sound. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Bulletin of the Faculty of Fisheries* 32, 27–40.
- Le, H.T., Dinh, Q.M., Hua, U.V., Nguyen, T.H.D., 2021. The morphological measurement variations of *Periophthalmus chrysospilos* along the coastline in the Mekong Delta. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 1–10.
- Le T., Nguyen M.T., Nguyen V.P., Nguyen D.C., Pham X.H., Nguyen T.S., Hoang V.C., Hoang P.L., Le H., Dao N.C., 2006. Provinces and City in the Mekong Delta, in: Edited by Le T., Geography of Provinces and Cities in Vietnam, vol. VI, Ha Noi, Vietnam Education Publishing House, pp. 49–94.
- Little, C., 2000. *The Biology of Soft Shores and Estuaries*. Oxford University Press, New York.
- Martin K.L.M., Ishimatsu A., 2017. Review of reproductive strategies, in: Edited by Jaafar Z., Murdy E.O., Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers, Boca Raton, CRC Press, pp. 209–236.
- McDonald J.H., 2014. Multiple comparisons in Handbook of Biological Statistics. [<http://www.biostathandbook.com/multiplecomparisons.html>]. Accessed: 04/2022.
- Polgar, G., Ghanbarifardi, M., Milli, S., Agorreta, A., Aliabadian, M., Esmaeili, H.R., Khang, T.F., 2017. Ecomorphological adaptation in three mudskippers (Teleostei: Gobioidae: Gobiidae) from the Persian Gulf and the Gulf of Oman. *Hydrobiologia* 795 (1), 91–111. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3120-8>.
- Rupp, H.G., 2021. Submerged spawning and larval dispersal of the mudskipper *Periophthalmus variabilis*. *Aquatic Biology* 30, 113–118.
- Takeda, T., Hayashi, M., Toba, A., Soyano, K., Ishimatsu, A., 2012. Ecology of the Australian mudskipper *Periophthalmus minutus*, an amphibious fish inhabiting a mudflat in the highest intertidal zone. *Australian Journal of Zoology* 59 (5), 312–320. <https://doi.org/10.1071/ZO11059>.
- Tran D.D., 2008. Some aspects of biology and population dynamics of the goby *Pseudapocryptes elongatus* (Cuvier, 1816) in the Mekong Delta. PhD thesis, Malaysia, Universiti Malaysia Terengganu.
- Tran L.T., Nguyen Y.T.N., Nguyen T.T.K., Dinh Q.M., 2020. Burrow structure and utilization of *Periophthalmus schlosseri* (Pallas, 1770) from Tran De coastal area, Soc Trang, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24 (3), 45–52. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.87819>.
- Walkley, A., Black, I.A., 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37 (1), 29–37.

Volume 12, Number 1

Ecology and Evolution

Open Access

Editors-in-Chief:

Allen Moore

Andrew Beckerman

Chris Foote

Geneth Jenkins

Zhaoxue Mu



WILEY

Volume 12, Issue 1

January 2022

[< Previous Issue](#) | [Next Issue >](#)

 GO TO SECTION

 [Export Citation\(s\)](#)

ISSUE INFORMATION

 Open Access

Issue Information

First Published: 10 January 2022

Front Cover: An infant and three female adult rhesus macaques (*Macaca mulatta*) resting in Cayo Santiago, Puerto Rico. Photo by Raisa Hernández-Pacheco.



[Abstract](#) | [PDF](#) | [Request permissions](#)

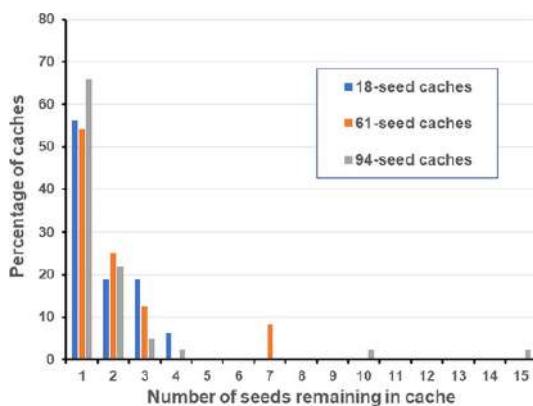
NATURE NOTES

Open Access

Incomplete recovery of seeds from scatterhoards by granivorous rodents: Implications for plant establishment

Keith Geluso, Peter C. Longo, Mary J. Harner, Jeremy A. White

First Published: 13 January 2022



We documented the sloppiness of seed removal from scatterhoards of soapweed yucca (*Yucca glauca*) seeds by Ord's kangaroo rats (*Dipodomys ordii*). In two different experiments, we observed that >50% of caches removed or pilfered by kangaroo rats in the Sandhill Region of Nebraska had at least one seed remaining, with about 30% leaving limited seeds at the bottom of caches. Remaining seeds, especially those buried at bottoms of caches, likely will stay undetected in

landscapes, yielding propagules for subsequent plant generations.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Ground nesting by arboreal American robins (*Turdus migratorius*)

Sarah K. Winnicki, Mark E. Hauber, Thomas J. Benson, Mikus Abolins-Abols

First Published: 17 January 2022



Mobile organisms often construct breeding structures in set locations, but American Robins that typically nest in trees or on human structures construct ground nests in predator-rich tree-filled arbors in Central Illinois, USA. Robins build these ground nests in the early breeding season, when tree nests are often quite visible to the human eye.

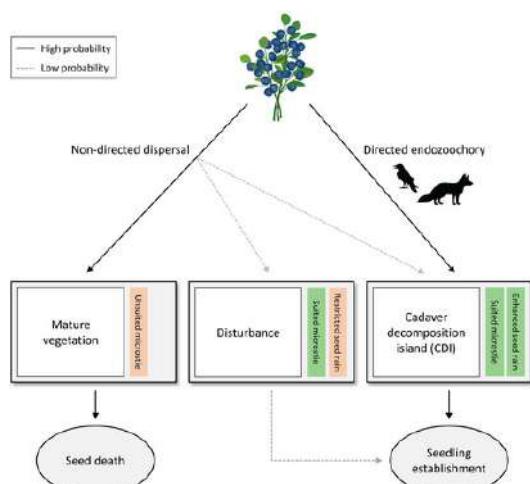
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Directed endozoochorous dispersal by scavengers facilitate sexual reproduction in otherwise clonal plants at cadaver sites

Mie Prik Arnberg, Shane C. Frank, Rakel Blaalid, Marie Louise Davey, Amy Elizabeth Eycott, Sam M. J. G. Steyaert

First Published: 26 January 2022



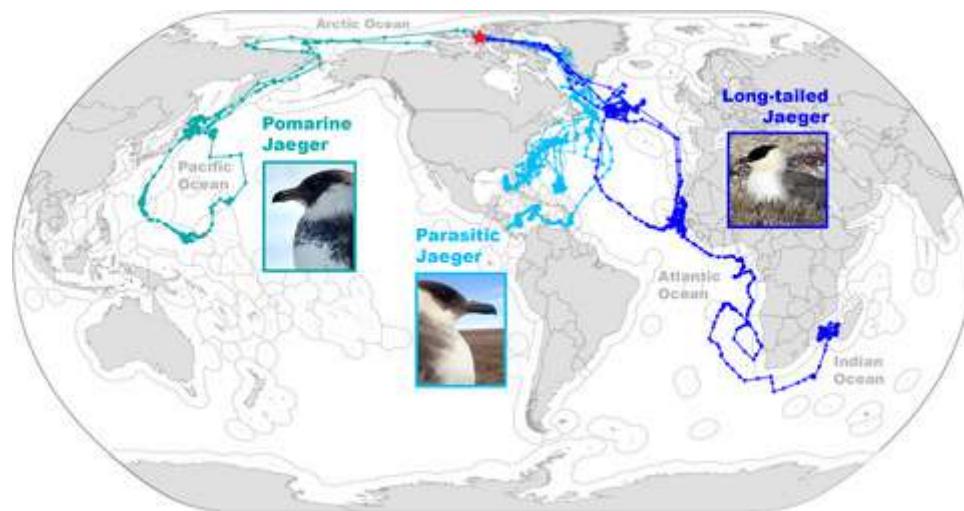
We disentangle the reproductive paradox of ericaceous berry-producing species and demonstrate a pathway of successful sexual reproduction in these otherwise clonal plants. Berry-consuming vertebrate scavengers provide directed endozoochorous dispersal toward cadavers, resulting in higher probability of seedling establishment at cadaver decomposition islands (CDIs). This mechanism allows plants to exploit the advantageous but ephemeral microsite provided by CDIs.

 Open Access

Sympatrically breeding congeneric seabirds (*Stercorarius* spp.) from Arctic Canada migrate to four oceans

Autumn-Lynn Harrison, Paul F. Woodard, Mark L. Mallory, Jennie Rausch

First Published: 21 December 2021



For seabirds nesting in the Nearctic, it is often difficult to predict which of the world's oceans birds will migrate to after breeding. Here, we report on three related predatory seabird species (*Stercorarius* spp.) that divided across four oceans following sympatric breeding at a central Canadian high Arctic nesting location. We also report on extensive nomadic movements over ocean during the postbreeding period (19,002 km) and over land during the prebreeding period (5578 km) by pomarine jaeger, an irruptive species whose full migrations have been a mystery.

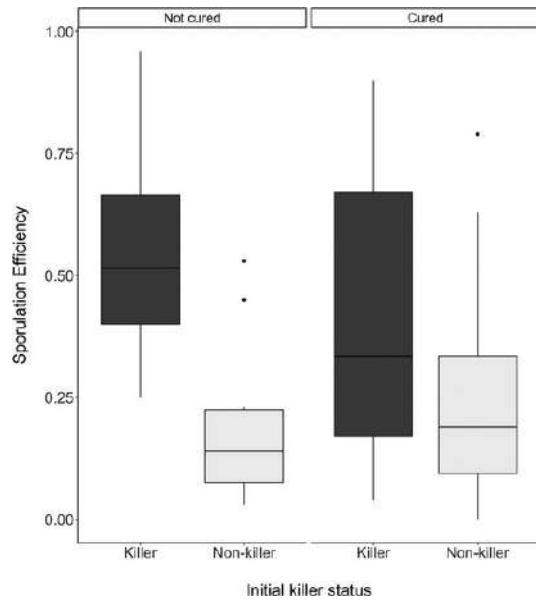
 Open Access

Infection by dsRNA viruses is associated with enhanced sporulation efficiency in *Saccharomyces cerevisiae*

Thomas J. Travers Cook, Christina Skirgaila, Oliver Y. Martin, Claudia C. Buser

First Published: 22 January 2022

Sporulation in yeast is induced by starvation; resource exploitation by endosymbiont should induce earlier sporulation. We find that the presence of two dsRNA viruses is linked to enhanced sporulation in *Saccharomyces cerevisiae*. However, further research is required to determine whether high sporulation leads to infection or infection leads to higher sporulation.



[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

WORKING HYPOTHESIS

[Open Access](#)

Are saltmarshes younger than mangrove swamps?

Geerat J. Vermeij

First Published: 11 January 2022

Saltmarsh vegetation originated at least 35 million years after angiosperm mangroves.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

[Open Access](#)

A niche for null models in adaptive resource management

David N. Koons, Thomas V. Riecke, G. Scott Boomer, Benjamin S. Sedinger, James S. Sedinger, Perry J. Williams, Todd W. Arnold

First Published: 13 January 2022

Ecological null models based on sound logic can be used as benchmarks for learning in ARM that trigger the need for new model parameterizations when prevailing models underperform the



ecological null model. Identifying mechanistic models that surpass these benchmarks will improve learning through ARM and help guide decision making in a rapidly changing world.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

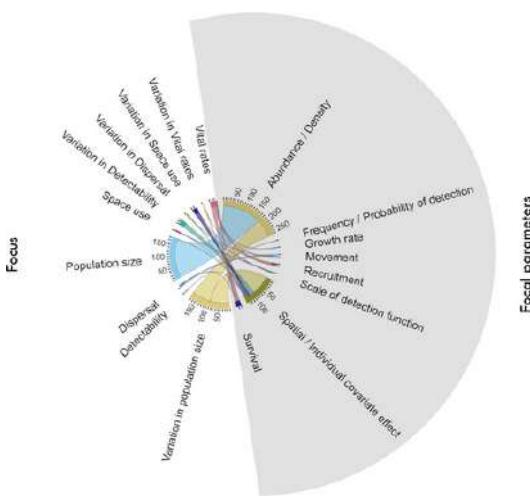
REVIEW ARTICLES

Open Access

A review of spatial capture–recapture: Ecological insights, limitations, and prospects

Mahdieh Tourani

First Published: 21 December 2021



By conducting a literature review, I have highlighted realized applications of spatial capture–recapture, an analytical framework to reveal complex ecological state dynamics that are inherently difficult to observe.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

RESEARCH ARTICLES

 Open Access

First insight of genetic diversity, phylogeographic relationships, and population structure of marine sponge *Chondrosia reniformis* from the eastern and western Mediterranean coasts of Tunisia

Maha Moussa, Sarra Choulak, Soumaya Rhouma-Chatti, Noureddine Chatti, Khaled Said

First Published: 11 January 2022



Both haplotype Network and the biogeographic analysis showed a structured distribution according to the geographic origin. *C. reniformis* populations are subdivided into two major clades: Western and Eastern Mediterranean. This pattern seems to be associated with the well-known discontinuous biogeographic area: the Siculo-Tunisian Strait, which separates two water bodies circulating with different hydrological, physical, and chemical characteristics.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Pieces in a global puzzle: Population genetics at two whale shark aggregations in the western Indian Ocean

Royale S. Hardenstine, Song He, Jesse E. M. Cochran, Camrin D. Braun, Edgar Fernando Cagua, Simon J. Pierce, Clare E. M. Prebble, Christoph A. Rohner, Pablo Saenz-Agudelo, Tane H. Sinclair-Taylor, Gregory B. Skomal, Simon R. Thorrold, Alexandra M. Watts, Casey J. Zakroff, Michael L. Berumen

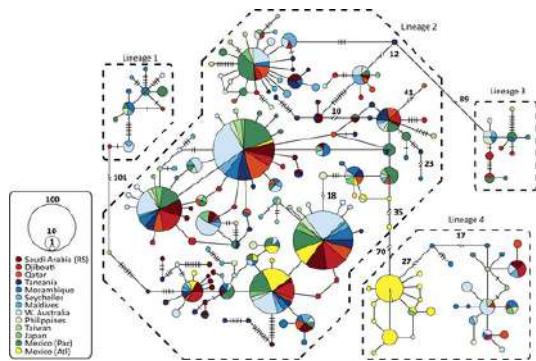
First Published: 25 January 2022

 **Correction(s) for this article >**

Corrigendum

Volume 12, Issue 3, Ecology and Evolution | First Published online: March 23, 2022

This study adds samples from whale sharks in two understudied regions, describes new microsatellite markers, proposes an incremental improvement to mitochondrial analysis, and provides a point of comparison to previous results from other aggregations. We include the first genetic sequences for whale sharks from the Mafia Island, Tanzania aggregation, and nearly



quadruple those available from the Saudi Arabian Red Sea. These sequences were analyzed alongside 699 publicly available sequences from other aggregations. Our results demonstrate that our two study aggregations are derived from the same source population, despite strong ecological differences shown in previous work.

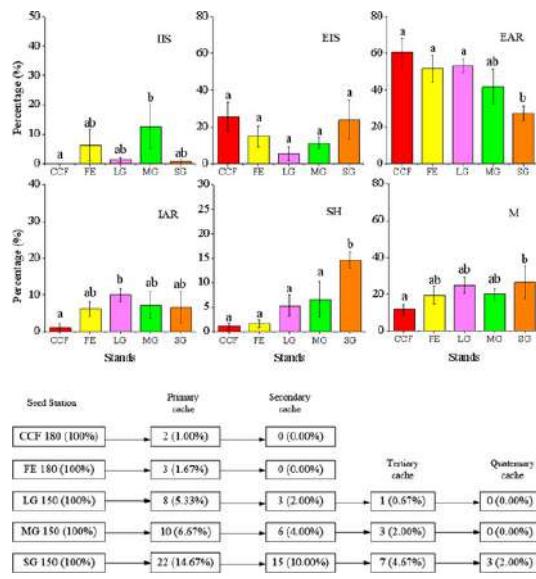
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Rodent-mediated plant seed dispersal: What happens to the seeds after entering the gaps with different sizes?

Fei Yu, Guangjie Li, Shanshan Wei, Xianfeng Yi, Jianmin Ma, Keming Ma, Guangwen Chen

First Published: 11 January 2022



In general, it is accepted that gap formation significantly affects the placement of scatter-hoarded seeds by small rodents, but the effects of different forest gap sizes on the seed-eating and scatter-hoarding behaviors of small rodents remain unclear. Thus, we examined the effects of a closed canopy forest, forest edge, and gaps with different sizes on the spatial dispersal of *Quercus variabilis* acorns and cache placement by small rodents using coded plastic tags in the Taihang Mountains, China. We found that the proportions of scatter-hoarded seeds did not increase significantly as the gap size increased. In small-scale oak reforestation projects or research, creating small gaps to promote rodent-mediated seed dispersal may effectively accelerate forest recovery and successional processes.

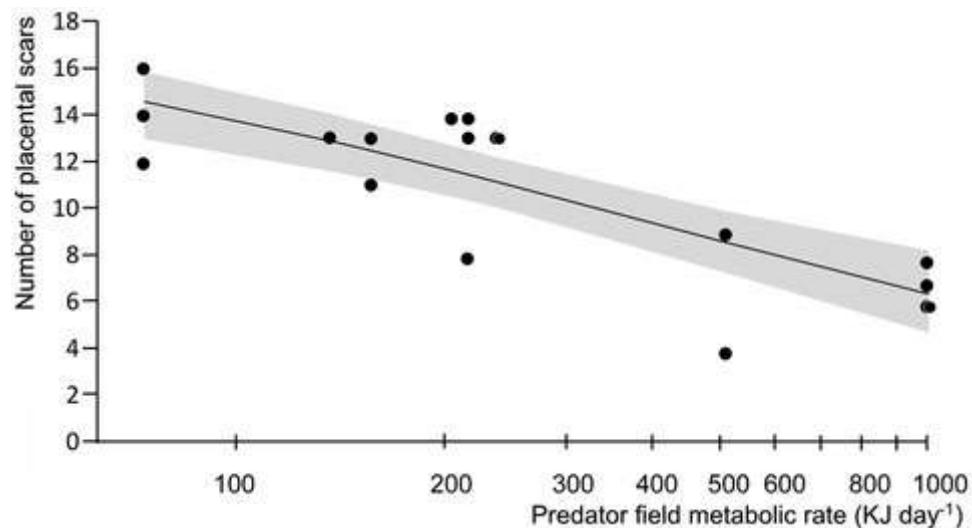
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Influence of multiple predators decreases body condition and fecundity of European hares

Martijn J. A. Weterings, Sanne Losekoot, Henry J. Kuipers, Herbert H. T. Prins, Frank van Langevelde, Sipke E. van Wieren

First Published: 11 January 2022



Our study is one of the few field studies to correlate the potential risk imposed by multiple predators to the fecundity of a mammal prey species over multiple reproduction cycles within a year. We suggest that the sum of the field metabolic rate can be a novel index that can be easily applied to other species systems. With our findings, our paper contributes to a better understanding of the risk effects of multiple predators on prey fitness.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

[Open Access](#)

Rhesus macaques compensate for reproductive delay following ecological adversity early in life

Logan Luevano, Chris Sutherland, Stephanie J. Gonzalez, Raisa Hernández-Pacheco

First Published: 12 January 2022



The Cayo Santiago rhesus macaque population presents a novel reproductive strategy where females experiencing major natural disasters early in life overcome their initial reproductive penalty and exhibit no major negative fitness outcomes. Such strategy suggests that investing more energy into development and maintenance at younger ages allows long-lived females experiencing early-life ecological adversity to reproduce at a mean rate equivalent to that of a typical female cohort later in life. Density at birth presents a

more complex relation with reproduction that suggests females experiencing a population regulated at intermediate densities early in life escape density-dependent effects in reproduction.

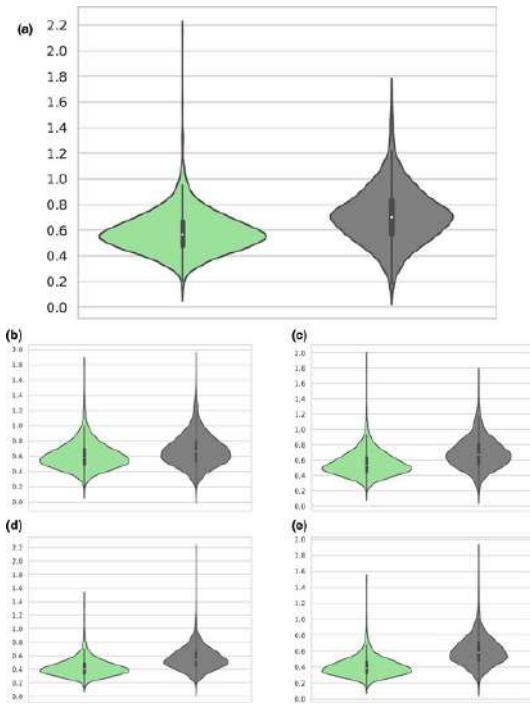
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

[Open Access](#)

Should we hail the Red King? Evolutionary consequences of a mutualistic lifestyle in genomes of lichenized ascomycetes

Claudio G. Ametrano, H. Thorsten Lumbsch, Isabel Di Stefano, Ek Sangvichien, Lucia Muggia, Felix Grewe

First Published: 11 January 2022



Lichens are a stable, mutualistic relationship of fungi and cyanobacteria and/or algae, which originated several times independently during the evolution of fungi. Our results show that independent lichenized clades are characterized by significantly slower rates for both synonymous and non-synonymous substitutions, as predicted by the Red King dynamic for mutualistic relationships. We hypothesize that this evolutionary pattern is connected to the lichen life cycle (longer generation time of lichenized fungi) rather than a result of different selection strengths on specific genes in lichenized fungal taxa.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

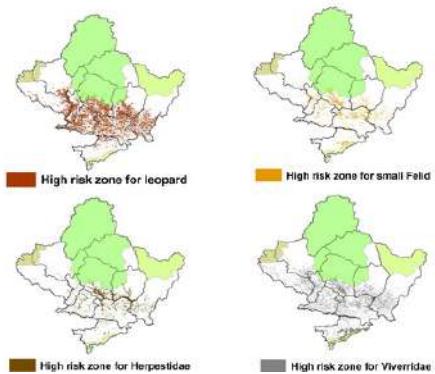
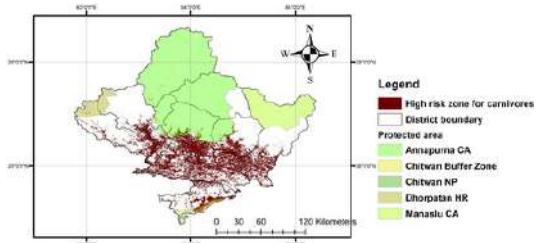
Open Access

Potential risk zone for anthropogenic mortality of carnivores in Gandaki Province, Nepal

Binaya Adhikari, Kedar Baral, Shivish Bhandari, Michelle Szydlowski, Ripu M. Kunwar, Saroj Panthi, Bijaya Neupane, Raj Kumar Koirala

First Published: 12 January 2022

In this study, maximum entropy model was used to identify high-risk areas and explore the contribution of habitat attributes associated with carnivore mortality using the casualty database within the Gandaki province of central Nepal. We identified a 3704-km² area within the province at high risk for carnivore casualty. This study identified that the common leopard was at the highest risk of mortality and therefore would benefit from the implementation of an action plan and species-specific conservation strategies, especially within identified high-risk zones.



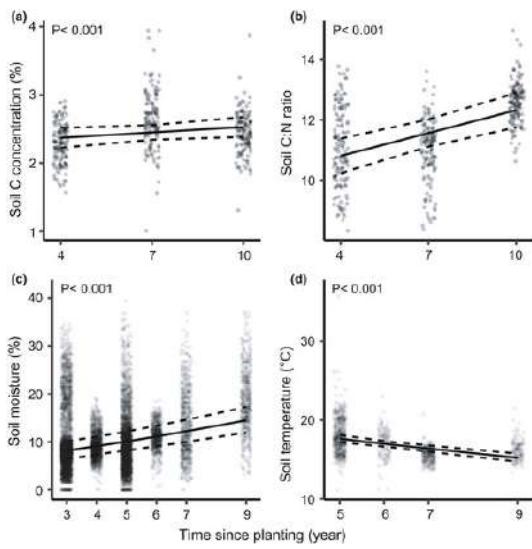
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Tree identity and diversity directly affect soil moisture and temperature but not soil carbon ten years after planting

Marc-Olivier Martin-Guay, Michaël Bellauau, Benoit Côté, Ira Tanya Handa, Mark D. Jewell, Rim Khelifa, Alison D. Munson, Maxime Rivest, Joann K. Whalen, David Rivest

First Published: 12 January 2022



Soil abiotic properties were affected by tree diversity and identity. Tree composition had indirect effects on soil carbon through soil microclimate.

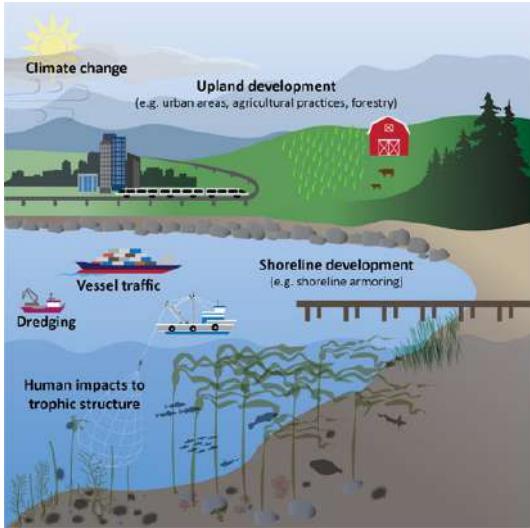
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Toward a conceptual framework for managing and conserving marine habitats: A case study of kelp forests in the Salish Sea

Jordan A. Hollarsmith, Kelly Andrews, Nicole Naar, Samuel Starko, Max Calloway, Adam Obaza, Emily Buckner, Daniel Tonnes, James Selleck, Thomas W. Therriault

First Published: 12 January 2022



Data gaps and limited long-term monitoring have hampered attempts to identify and manage for specific drivers of decline across many ecosystems, despite often documented urgency to protect important habitats. To address these knowledge gaps, we gathered a focus group of experts paired with a comprehensive literature review to identify perceived direct and indirect stressors facing a threatened ecosystem. Our results revealed local research gaps and highlighted the potential to use expert knowledge for making informed decisions in the region.

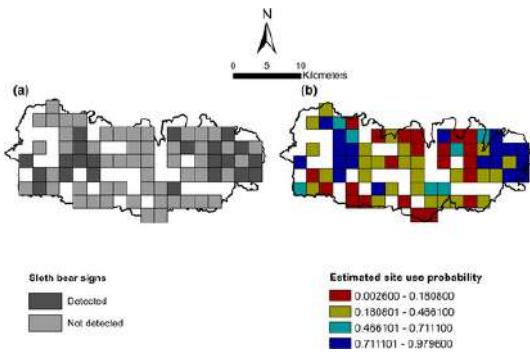
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Fine-scale ecological and anthropogenic variables predict the habitat use and detectability of sloth bears in the Churia habitat of east Nepal

Manoj Pokharel, Asmit Subba, Dipa Rai, Simrik Bhandari, Yadav Ghimirey

First Published: 13 January 2022

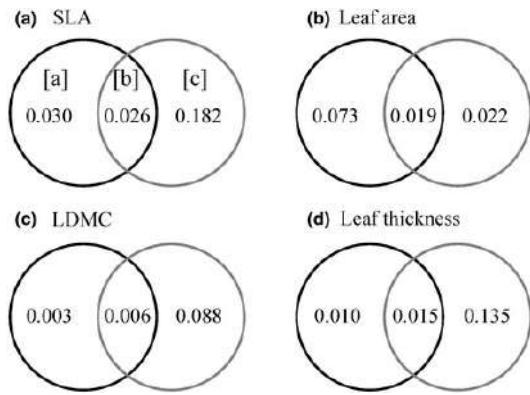


We undertook a spatially replicated sign survey-based single-season occupancy study intending to overcome the ecological information gap for one of the strongholds of sloth bear population residing in the Churia habitat located outside the protected areas of east Nepal.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Size-dependent and environment-mediated shifts in leaf traits of a deciduous tree species in a subtropical forest



Plant size and environment independently shaped the variations in intraspecific leaf traits of *Clausena dunniana* in the subtropical karst forest of Maolan. Compared with plant size, the environment played a more critical role in shaping intraspecific leaf trait variations, and potentially also the underlying individual-level plant resource-use strategies.

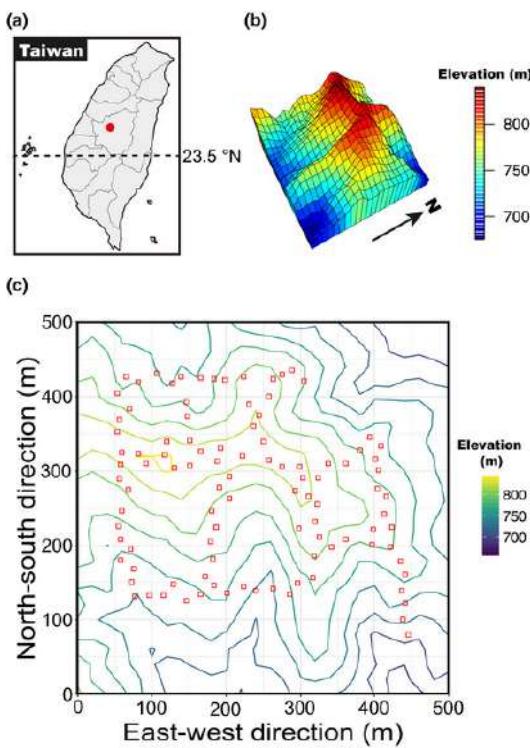
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Seedling survival simultaneously determined by conspecific, heterospecific, and phylogenetically related neighbors and habitat heterogeneity in a subtropical forest in Taiwan

Teng-He Huang, Chun-Lin Huang, Yi-Ching Lin, I-Fang Sun

First Published: 12 January 2022



The relative importance of density dependence by conspecific, heterospecific, and phylogenetically related neighbors and habitat heterogeneity on seedling survival was evaluated in a subtropical forest. Our results revealed that the effects of CNDD, HPDD, PPDD, and habitat heterogeneity were prevalent in the LHC subtropical forest, and their relative importance varied among seedling ages. Our study highlights the importance to incorporate phylogenetic relatedness, seedling age, and habitat heterogeneity when investigating the impacts of density dependence on seedling survival that may contribute to species coexistence in seedling communities.

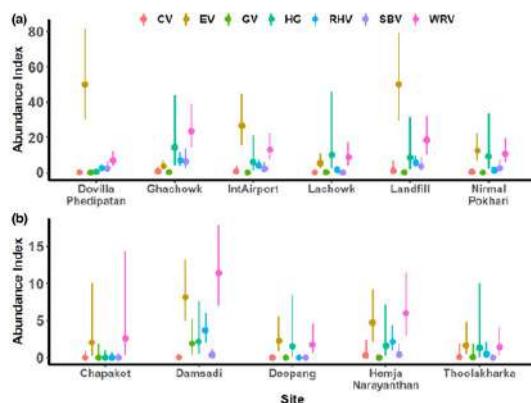
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Vulture distribution and people perception of vultures in Pokhara Valley, Nepal

Hemanta Dhakal, Hari Prasad Sharma, Christopher J. W. McClure, Munir Virani, Brian W. Rolek, Narendra Man Babu Pradhan, Krishna Prasad Bhusal

First Published: 12 January 2022



Among the eight species of vultures, four of which are currently threatened with extinction in our study sites. White-rumped Vulture, Egyptian Vulture, and Himalayan Vulture were the most abundant species. Sites with food resources including a landfill and vulture restaurant had the highest vulture abundance. Almost all respondents were known about vultures and 98% of respondents reported seeing vultures in the wild.

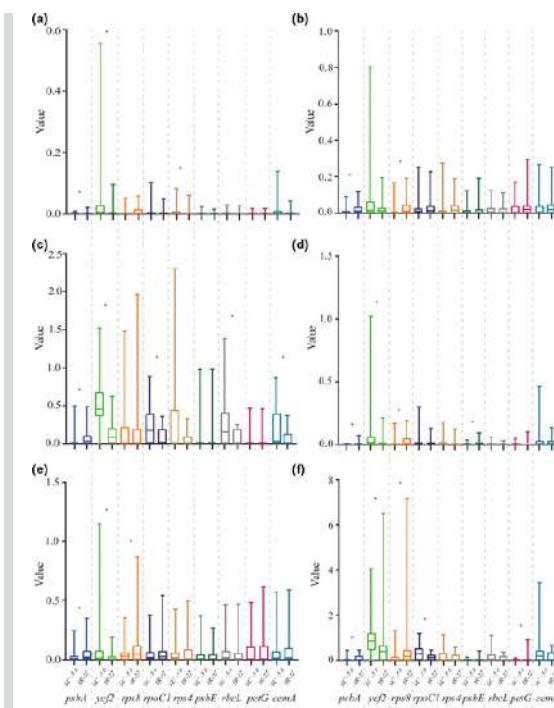
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Loss of the IR region in conifer plastomes: Changes in the selection pressure and substitution rate of protein-coding genes

Jingyao Ping, Jing Hao, Jinye Li, Yiqing Yang, Yingjuan Su, Ting Wang

First Published: 12 January 2022



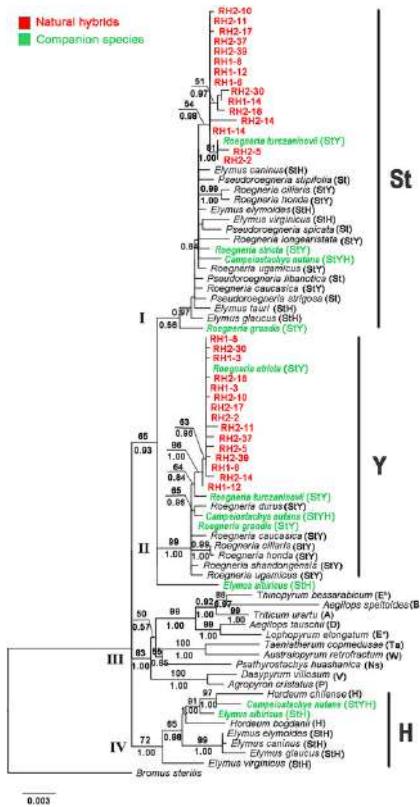
There are significant differences in the selection pressure of 12 genes and the evolution rate of 9 genes between conifer and non-conifer. This difference seems to be not related to the loss of typical IR regions but related to habitat. And the newly obtained short IR region plays a role in stabilizing the genome. The *ycf2* located in the IR region showed a reduced substitution rate, providing evidence for the IR region a reduced substitution rate. *PsbA* is undergoing dynamic changes, and part of it enters the IR region, showing an abnormally high substitution rate.

Open Access

Morphological, cytological, and molecular evidences for natural hybridization between *Roegneria stricta* and *Roegneria turczaninovii* (Triticeae: Poaceae)

Chen Chen, Zilue Zheng, Dandan Wu, Lu Tan, Cairong Yang, Songqing Liu, Jiale Lu, Yiran Cheng, Lina Sha, Yi Wang, Houyang Kang, Xing Fan, Yonghong Zhou, Changbing Zhang, Haiqin Zhang

First Published: 12 January 2022



Our comprehensive analyses of natural hybrids, *R. stricta*, *R. turczaninovii* and the other Triticeae species, growing nearby from morphology, cytology, and molecular levels, provided support for the origin of natural hybrids. It demonstrates for the first time the existence of populations of natural homoploid hybrids in *Roegneria*.

Open Access

Cattle grazing results in greater floral resources and pollinators than sheep grazing in low-diversity grasslands

Jasmine Cutter, Torre Hovick, Devan McGranahan, Jason Harmon, Ryan Limb, Jonathan Spiess, Benjamin Geaumont

First Published: 13 January 2022

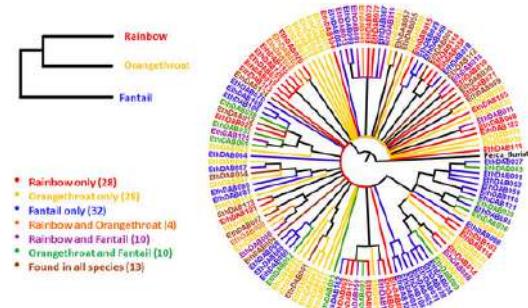
Sheep grazing resulted in significantly lower floral abundance compared with cattle grazing. However, butterfly communities were fairly homogenous and did not differ between grazers.

 Open Access

Trans-specific polymorphism and the convergent evolution of supertypes in major histocompatibility complex class II genes in darters (*Etheostoma*)

Kara M. Million, Curtis M. Lively

First Published: 13 January 2022



In this study, we used deep-sequencing techniques to characterize MHC class IIb gene diversity in three sympatric species of darters. We found at least 5 copies of the MHC gene in darters, with 126 genetic variants encoding 122 unique amino acid sequences, and we identified four supertypes based on the binding properties of proteins encoded by the sequences. Our findings show that trans-specific polymorphism occurs in darters, which suggests that balancing selection is

acting at the genotype level. Supertypes, however, are most likely evolving convergently, as evidenced by the fact that alleles do not form monophyletic groups based on supertype.

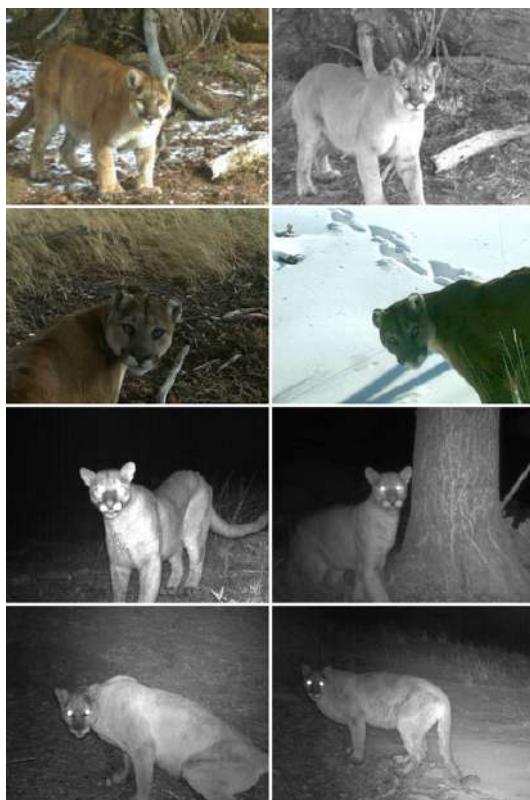
 Open Access

A novel camera trapping method for individually identifying pumas by facial features

Peter D. Alexander, Derek J. Craighead

First Published: 13 January 2022

Pumas (*Puma concolor*) are a challenging species to individually identify in conventional camera trap images due to their lack of distinctive flank markings. Individual identity from facial features has been successful for other “unmarked” species, but has relied on handheld telephoto cameras, which are not suitable for elusive species such as pumas. We developed a camera trap accessory to elicit front-on camera trap images of pumas and found that it increased the likelihood of capturing puma face images; we also found an improvement in inter-rater agreement among experts assigning identity to pumas using face images.



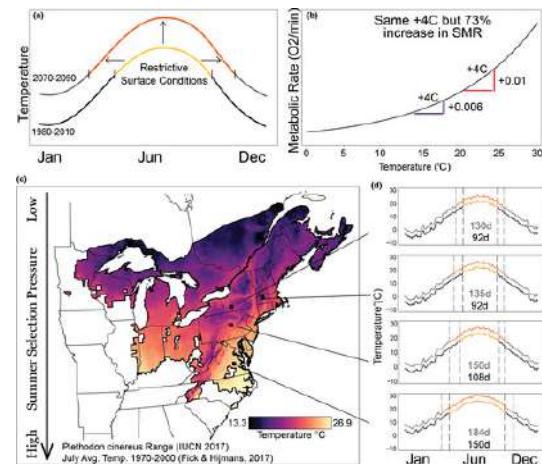
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

[Open Access](#)

Geographic variation and thermal plasticity shape salamander metabolic rates under current and future climates

David Muñoz, David Miller, Rudolf Schilder, Evan H. Campbell Grant

First Published: 15 January 2022



We find geographic variation in thermal plasticity of metabolic rate in a widespread salamander. This variation in metabolic is an energy-saving mechanism under future climates, but is currently constrained and is unlikely to support population persistence under future climates.

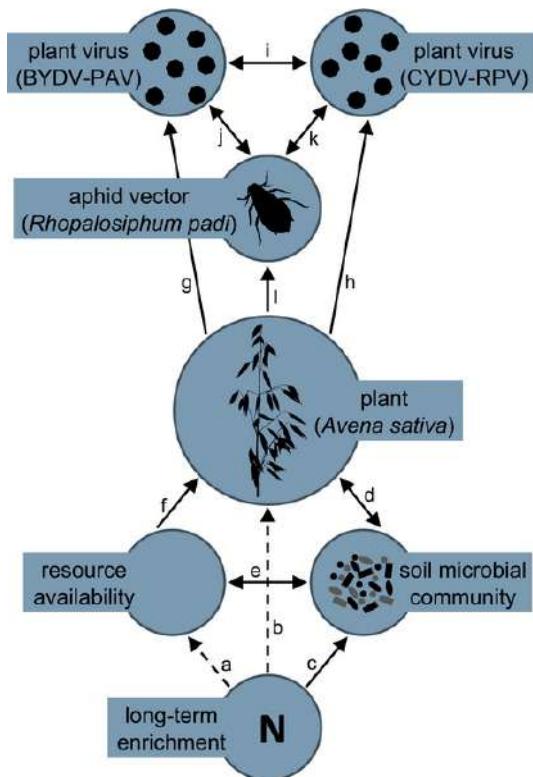
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

[Open Access](#)

Long-term nitrogen enrichment mediates the effects of nitrogen supply and co-inoculation on a viral pathogen

Casey A. Easterday, Amy E. Kendig, Christelle Lacroix, Eric W. Seabloom, Elizabeth T. Borer

First Published: 15 January 2022



Soil microbes alter plant nutrient supply and plant defenses, both of which can modify plant-pathogen and pathogen-pathogen interactions. It is unclear if changes in soil microbial communities exposed to long-term nitrogen (N) enrichment affect their mediation of plant diseases. In a laboratory experiment, soil exposed to long-term N enrichment neutralized the negative effects of nitrogen and co-inoculation on infection incidence of a grass virus.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

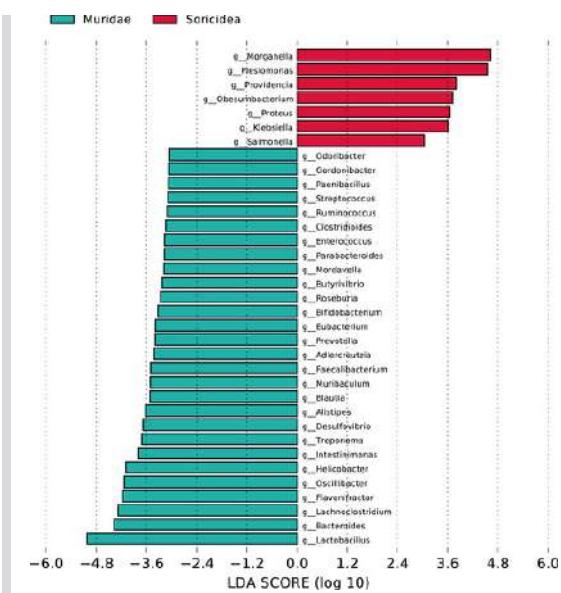
Open Access

Comparative metagenomics analysis reveals how the diet shapes the gut microbiota in several small mammals

Fengjun Li, Shengzhi Yang, Linwan Zhang, Lu Qiao, Lei Wang, Song He, Jian Li, Nan Yang, Bisong Yue, Chuang Zhou

First Published: 15 January 2022

Our study illustrates the use of different diets to resolve potentially relevant host characteristics, providing nuanced insights into the manner by which gut microbes assort among host species.



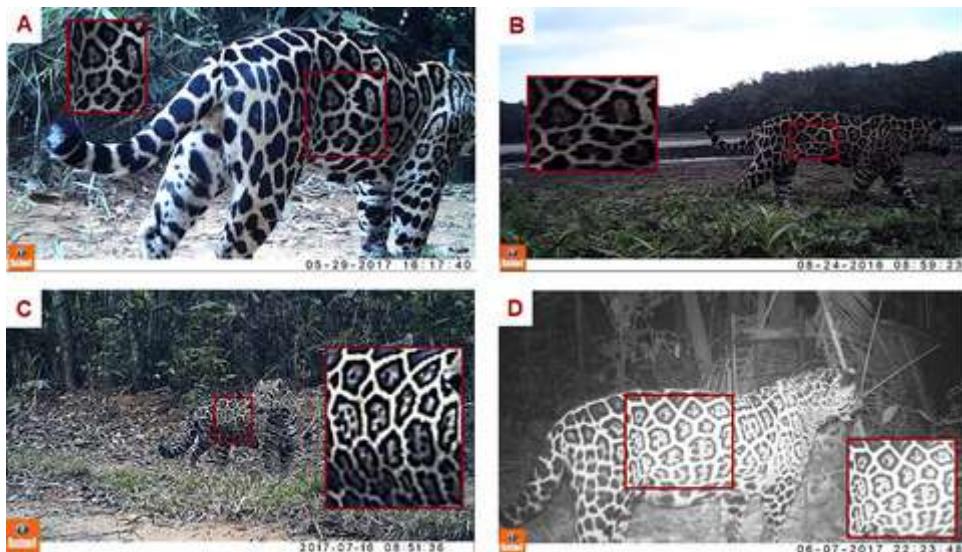
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Density and habitat use of one of the last jaguar populations of the Brazilian Atlantic Forest: Is there still hope?

Fernando Cesar Caselli de Azevedo, Juliana Benck Pasa, Ricardo Corassa Arrais, Rodrigo Lima Massara, Cynthia Elisa Widmer

First Published: 15 January 2022



We evaluated the status of a jaguar population in one of the last stronghold habitats for its conservation in the Atlantic Forest, the Rio Doce State Park (RDSP). Our 2016/17 random survey revealed that jaguar density was the lowest obtained for the species across the Atlantic Forest. The 2017/18 systematic survey revealed density estimates slightly higher. We noticed that jaguar density increased three times from 2017/18 ($0.55 \pm SE 0.45$ individuals/ 100 km^2) to 2020 ($1.61 \pm SE 0.6$ individuals/ 100 km^2). Jaguar occupancy and detection probability were 0.40 and 0.08, respectively.

Density estimates and occupancy probabilities represent not only a temporal snapshot assessment of jaguar population estimates and habitat use, but rather a first attempt to track population change over time.

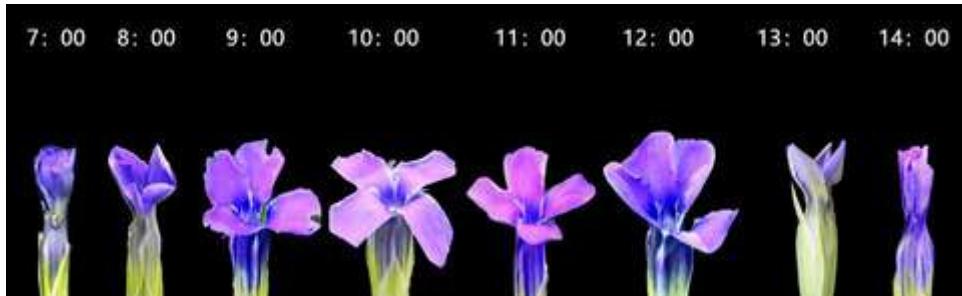
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Why flowers close at noon? A case study of an alpine species *Gentianopsis paludosa* (Gentianaceae)

Qinzheng Hou, Xiang Zhao, Xia Pang, Meiling Duan, Nurbiye Ehmet, Wenjuan Shao, Kun Sun

First Published: 15 January 2022



In this work, we report a repeatable floral closure rhythm, that is, open in the morning but close in early afternoon, first in an alpine species belonging to Gentianaceae. By monitoring the petal movement under treatments of changed environmental factors, detecting the microenvironment changing inside and outside flowers, and measuring the seed production, we found that endogenous rhythm regulates floral closure, but which was also strongly influenced by high/low temperature. The floral closure at noon provides a stable microenvironment inside the flower from possible damage of both high and low temperature. Interestingly, high temperature could promote a rapid floral closure, which is a new finding because low temperature, rather than the high temperature, is assumed as the key limiting environmental factor. Besides, we found that floral closure at noon could assure the seed production. We conclude that floral closure at noon of *Gentianopsis paludosa* might be an effective adaptive strategy to against unfavourable environmental conditions. This is the first report of this petal movement rhythm of Gentianaceae as we know.

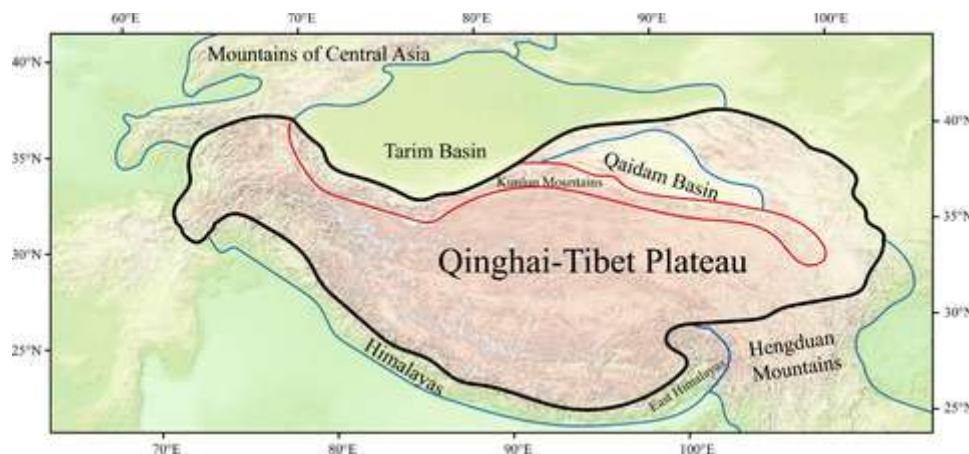
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Current biogeographical roles of the Kunlun Mountains

Weibo Du, Peng Jia, Guozhen Du

First Published: 15 January 2022



The biogeographical roles of the Kunlun Mountains were corridor and sink, and the corresponding key processes were species immigration and extinction. The extant biodiversity on the Kunlun Mountains has occurred through species recolonization after climatic fluctuations and glaciations during the Quaternary. The Kunlun Mountains also formed a barrier, representing a boundary among multiple floras, and converted the QTP into a closed physical geographical unit. The nearest taxon index indicated that habitat filtering may have played an important role in biodiversity patterns.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

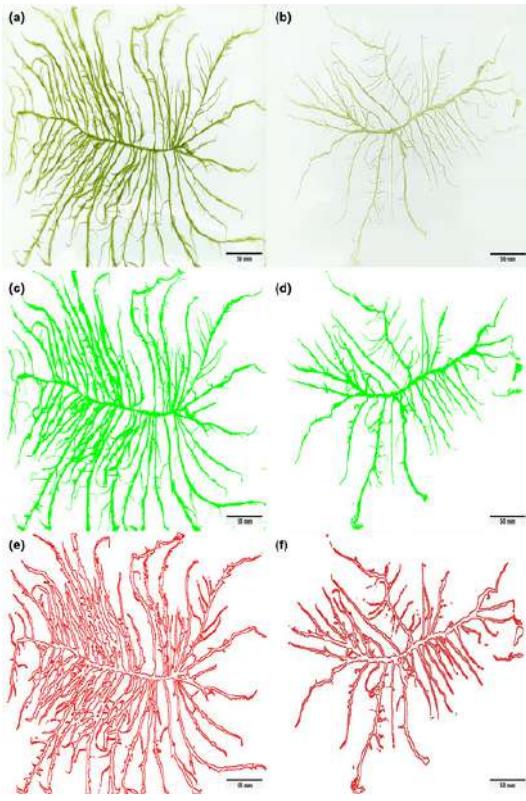
Open Access

Physiological functional traits explain morphological variation of *Ulva prolifera* during the drifting of green tides

Chen Guan, Xinyu Zhao, Tongfei Qu, Yi Zhong, Chengzong Hou, Zhihao Lin, Jinhui Xu, Xuexi Tang, Ying Wang

First Published: 17 January 2022

This manuscript highlighted a trade-off relationship between growth and reproduction existed in the northward drift of green tides caused by *U. prolifera*, and all the results suggested that physiological functional traits affected morphological variation of *U. prolifera* in different environmental conditions during the drifting. Principal findings of the manuscript: (1) previous studies demonstrated that large-scale green tides, mainly the genus *Ulva prolifera*, have occurred in the Yellow Sea of China since 2007 and obtain the highest biomass in Haizhou Bay. *U. prolifera* displayed distinct morphological differences during the drift northward. In order to find the reason about morphological variation of *U. prolifera*, we hypothesized that the thalli of *U. prolifera* adapt to the environmental changes by the variation in morphology to enhance nutrient uptake in northern Haizhou Bay (NH), an area with relatively less nutrients. (2) However, by comparing the surface area to volume ratio (SA:VOL), we found that the thalli in NH had a lower SA:VOL than those in SH, and SA:VOL had positive relationships with temperature and nutrients, contrary to the general hypothesis. (3) The novel results suggested that morphological differences of *U. prolifera* were the result of developmental state rather than environmental acclimation. Indicators of growth (Fv/Fm, Y(II)) and relative growth rate showed positive correlations with SA:VOL, whereas indicators of reproduction (reproductive allocation ratio) exhibited an opposite result and were negatively related to variation in tissue contents of C, N, P, and crude protein.



[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

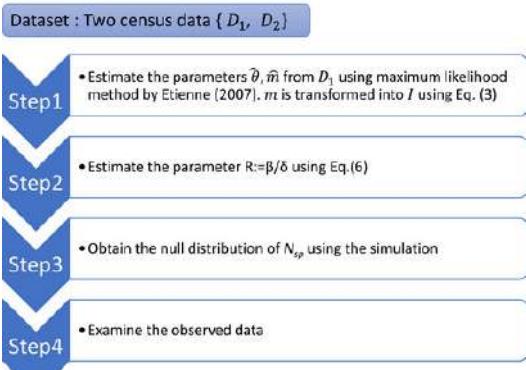
Open Access

Non-zero-sum neutrality test for the tropical rain forest community using long-term between-census data

Yayoi Takeuchi, Hisashi Ohtsuki, Hideki Innan

First Published: 17 January 2022

Non-zero-sum N_{sp} test procedure



In this study, we developed a new neutrality test, so-called “non-zero-sum N_{sp} test,” for local communities that implements non-zero-sum community dynamics and examines neutrality based on the number of new species between censuses. For an empirical test, we applied the test to real tropical tree communities in Panama and Malaysia, and it rejected neutrality in both communities.

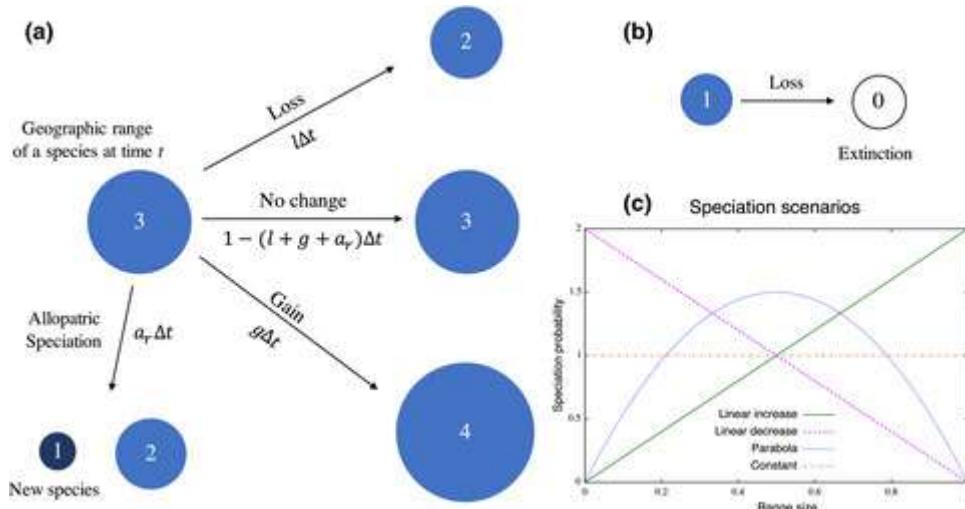
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Species-range-size distributions: Integrating the effects of speciation, transformation, and extinction

Nao Takashina, Michael J. Plank, Clinton N. Jenkins, Evan P. Economo

First Published: 24 January 2022



We developed a new mathematical framework to study species-range-size distributions, one in which allopatric speciation, transformation of range size, and the extinction process are explicitly integrated. Our model captures key dynamics thought to lead to known range-size distributions. We also fitted the model to empirical range-size distributions of birds, mammals, and beetles.

[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

 Open Access

Simulating climate change *in situ* in a tropical rainforest understorey using active air

Advertisement

Ecology and Evolution

 Open Access



experiments in rainforests is urgently needed to help understand the response of these ecosystems to global

change.

 Open Access

Novel hair snare and genetic methods for non-invasive bobcat detection

Thomas F. Rounsville Jr., Richard E. Rogers, Amy B. Welsh, Christopher W. Ryan, James T. Anderson

First Published: 24 January 2022



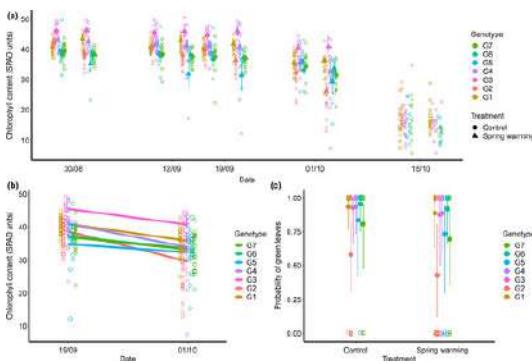
Gathering large-scale population information on elusive carnivores, like bobcats, can be difficult. We developed a novel hair snare to non-invasively sample bobcats for use in capture–recapture studies at a large spatial scale. In addition, we designed felid- and bobcat-specific qPCR primers to assist in determining the species of origin of collected hair samples.

 Open Access

Herbivory in a changing climate—Effects of plant genotype and experimentally induced variation in plant phenology on two summer-active lepidopteran herbivores and one fungal pathogen

Adam Ekholm, Maria Faticov, Ayco J. M. Tack, Tomas Roslin

First Published: 25 January 2022



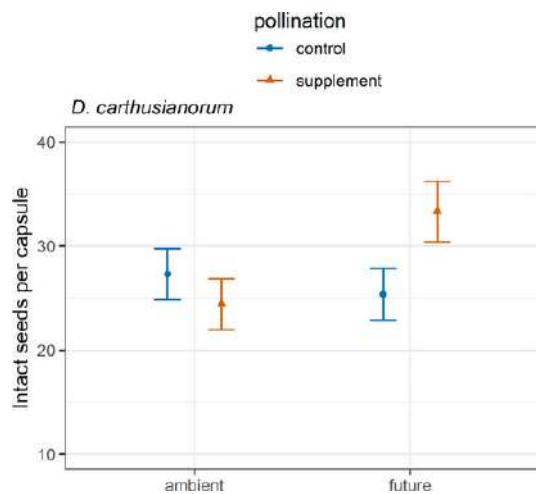
We found that spring and autumn phenology differed among plant genotypes, but that neither the performance of the summer active herbivores nor the fungal pathogen were influenced by host plant phenology. This implies that herbivores active in summer can – at least to a certain extent – tolerate climate-induced shifts in host plant phenology.

[Open Access](#)

Effects of climate change and pollen supplementation on the reproductive success of two grassland plant species

Martin Andrzejak, Lotte Korell, Harald Auge, Tiffany M. Knight

First Published: 24 January 2022



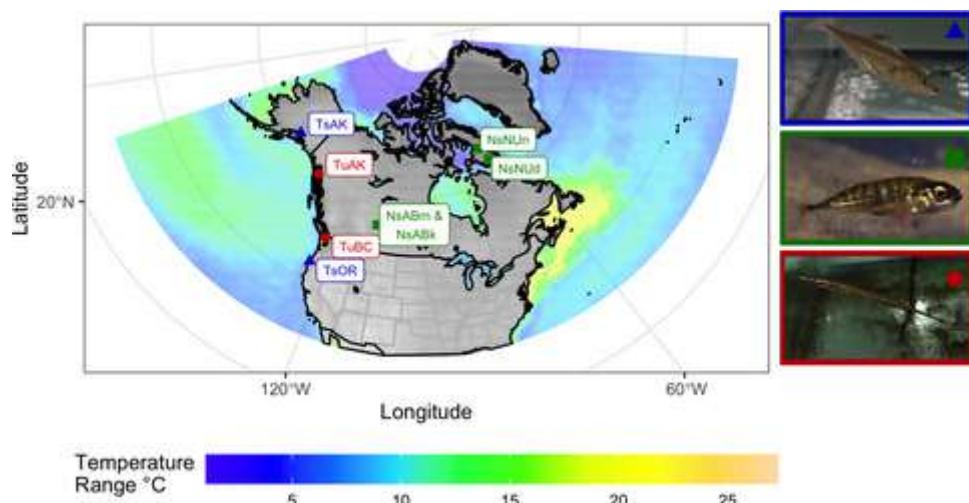
In this study, we conduct pollen supplementation experiments on two plant species within a climate change experiment in which precipitation is manipulated in the context of a regional climate change scenario. *Dianthus carthusianorum* produced more seeds in future climate conditions independent of the season, but only when given supplemental pollen. Both species showed an increased reproduction in summer compared with the fall, but we did not find any evidence for our expectation of higher pollen limitation in the future climate and fall season.

[Open Access](#)

Comparing genome scans among species of the stickleback order reveals three different patterns of genetic diversity

James Reeve, Qiushi Li, Dorothea Lindtke, Samuel Yeaman

First Published: 24 January 2022



Genome scans are popular tools for detecting shared evolutionary events among species. However, not all scans will show overlapping results. This article detects three different outcomes of genome scans, and few shared genetic patterns.

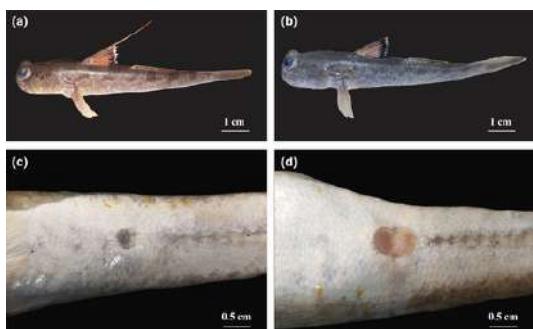
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

Reproduction ecology of an emerging fishery resource, the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos*, in the Mekong Delta

Quang Minh Dinh, Ton Huu Duc Nguyen, Tran Thi Huyen Lam, Ngon Trong Truong, Tien Thi Kieu Nguyen, Zeehan Jaafar

First Published: 24 January 2022



A combination of GSIs and the monthly appearance of mature gonads suggest that this species reproduces throughout the year, with peak from July to October. This species exhibits sexual and spatial variation in size at first maturity (L_m) as L_m is 6.2–8.6 cm in males and 6.4–7.3 cm in females. The batch fecundity ($F = 2614$ to 23,465 eggs/female) exhibits non-normal distribution and varies with site, with the highest values at Dam Doi, Ca Mau ($13,336 \pm 1279$ SE) and the lowest at Tran De, Soc Trang (6654 ± 851 SE).

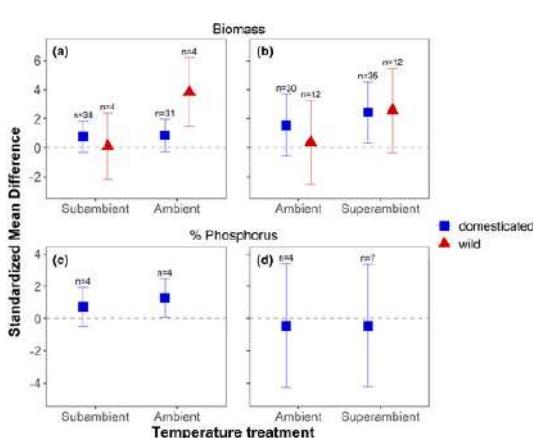
[Abstract](#) | [Full text](#) | [PDF](#) | [References](#) | [Request permissions](#)

Open Access

A meta-analysis of the effects of climate change on the mutualism between plants and arbuscular mycorrhizal fungi

André G. Duarte, Hafiz Maher Ali

First Published: 24 January 2022



We conducted a meta-analysis of experiments that quantified plant growth response to AM fungal inoculation under contrasting temperature and CO₂ treatments. We found that the mycorrhizal mutualism was likely strengthened by past warming due to climate change. However, mycorrhizal growth response may not have been altered by increases in atmospheric CO₂ from the past to the present, nor will it likely be affected by increases in CO₂ forecasted for the future.

Reproduction ecology of an emerging fishery resource, the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos*, in the Mekong Delta

Quang Minh Dinh¹  | Ton Huu Duc Nguyen¹  | Tran Thi Huyen Lam^{2,3}  | Ngon Trong Truong² | Tien Thi Kieu Nguyen⁴  | Zeehan Jaafar⁵ 

¹Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

²Department of Molecular Biotechnology, Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University, Can Tho, Vietnam

³Institute of High Quality Biotechnology-Food Technology, Cuu Long University, Vinh Long, Vietnam

⁴Department of Biology, An Khanh High School, Can Tho, Vietnam

⁵Department of Biological Sciences, National University of Singapore, Singapore, Singapore

Correspondence

Quang Minh Dinh, Department of Biology, School of Education, Can Tho University, 3/2 Street, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho 900000, Vietnam.
 Email: dmquang@ctu.edu.vn

Funding information

Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED), Grant/Award Number: 106.05-2019.306

Abstract

Populations of *Periophthalmus chrysospilos*, the Gold-spotted mudskipper, within the Mekong Delta are facing extirpation risks due to indiscriminate harvesting for the growing aquarium and food-fish trade. This study provides some of the first information on reproductive ecology—such as spawning type and season, length at first maturity, and batch fecundity—of this species, to be used in their management. The sex ratio of wild populations, based on 1031 individuals (523 males and 508 females) is 1:1. The gonadosomatic index (GSI) values are exhibit a non-normal distribution and changed with gender, season, and site. A combination of GSIs and the monthly appearance of mature gonads suggest that this species reproduces throughout the year, with peak from July to October. This species exhibits sexual and spatial variation in size at first maturity (L_m) as L_m is 6.2–8.6 cm in males and 6.4–7.3 cm in females. The batch fecundity ($F = 2614$ to 23,465 eggs/female) exhibits non-normal distribution and varies with site, with the highest values at Dam Doi, Ca Mau ($13,336 \pm 1,279$ SE) and the lowest at Tran De, Soc Trang (6654 ± 851 SE). In addition, batch fecundity is directly proportional to body size due to high determination relationships between batch fecundity and fish size ($r^2 > 0.64$ for all cases). Information derived on the reproductive biology of this species can inform its conservation, sustainable exploitation, and ex situ propagation.

KEY WORDS

batch fecundity, Gold-spotted mudskipper, gonadosomatic index, length at first maturity, multispawner, spawning season

JEL CLASSIFICATION

Conservation ecology

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2022 The Authors. Ecology and Evolution published by John Wiley & Sons Ltd.

1 | INTRODUCTION

The gobioid genus *Periophthalmus* (henceforth 'Ps') comprises 19 species of amphibious fishes, commonly referred to as 'mudskippers' (Jaafar & Murdy, 2017). These fishes forage, defend territories, pursue mates, and maintain burrows when the tide is low, on exposed mudflats (Jaafar & Murdy, 2017; Polgar & Crosa, 2009). Popularity of these fishes as pets have soared in the past decades, facilitated by burgeoning global trade in aquaria (Dang & Nguyen, 2009; Monks, 2006; Schäfer, 2005). Traded fishes are not reared in captivity and, therefore, global supply chains are dependent on wild-caught specimens. In coastal communities in Asia, mudskippers and other gobioid fishes supplement daily protein intake and are popular food fishes (Clayton, 1993; Nguyen, 2000). The extraction rates of these fishes are unknown although many nearshore and estuarine fisheries, where mudskippers naturally occur, are collapsing (Dang & Nguyen, 2009; Udoh et al., 2013). In the Mekong Delta (MD), for example, overexploitation of many fisheries stocks continue unabated (Diep et al., 2014; Trinh & Tran, 2012), and management strategies to recover fish communities are being implemented.

One of the primary elements in fisheries management is to understand the growth and reproductive biology of target taxa (Dinh, Lam, et al., 2021; Fontoura et al., 2009; Miller, 1984; Teichert et al., 2014). The increase in appetite for gobioid fishes and the downward trending fisheries stocks in the MD necessitates a study into the sustainability of these stocks. Yet, knowledge of reproductive biology for gobioid fishes in this region are limited only to a few taxa such as *Parapocryptes serperaster* (Dinh et al., 2016), *Stigmatogobius pleurostigma* (Dinh & Tran, 2018b), and *Butis koilomatodon* (Dinh, Lam, et al., 2021).

The reproductive ecology of mudskippers is complex (see Martin & Ishimatsu, 2017). Unlike other gobioid fishes, courtship displays occur only during the ebb tide, and the mating pair enters a burrow within the mud substrate of the intertidal area, typically excavated by the male (Matoba & Dotsu, 1977). Within the burrow exists an air-filled nest chamber in which spawning occurs. Eggs are deposited on the ceiling and upper walls of the nest chamber and develop in the air. After the spawning event, females leave the burrow. Males remain with the developing eggs, guarding the burrow and maintaining optimal nest chamber conditions (Martin & Ishimatsu, 2017). Developed eggs hatch when immersed in seawater, the latter introduced into the nest chamber by the attending males (Ishimatsu et al., 2007).

Three *Periophthalmus* species (*Ps. chrysosipilos*, *Ps. Gracilis*, and *Ps. variabilis*) occur in Vietnam (Tran et al., 2013). Of these, *Ps. chrysosipilos* is commonly encountered and have been collected for food and for the aquarium fish trade. This estuarine species naturally occur from the eastern coast of India to Gulf of Thailand, the Java Sea and the MD (Dinh, Nguyen, Lam, et al., 2021; Dinh, Nguyen, Truong, et al., 2021; Jaafar et al., 2009; Kottelat et al., 1993; Le et al., 2021; Murdy, 1989; Murdy & Jaafar, 2017; Tran et al., 2013). The paucity of autecology information on *Ps. chrysosipilos* presents a challenge when strategizing for sustainable use and conservation

of this fishery stock. Our study thus aims to plug this knowledge gap. We report, for the first time, the reproductive ecology of *Ps. chrysosipilos*, so that informed decisions can be made when utilizing this emerging fishery.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 | Study sites

This study was carried out from April 2020 to March 2021 at four estuarine areas—Duyen Hai, Tra Vinh (9°40'29.5"N 106°34'49.5"E; TV), Tran De, Soc Trang (9°26'19.7"N 105°10'48.1"E; ST), Dong Hai, Bac Lieu (9°05'50.5"N 105°29'54.7"E; BL), and Dam Doi, Ca Mau (8°58'10.4"N 105°22'58.9"E; CM) (Figure 1). These four sites experience semi-diurnal tidal cycle and daily mean temperature of approximately 27°C. Precipitation rates are extremely low during the dry season (January–May) accounting for only about 10% of the total annual rainfall, while the wet season (June–December) receives approximately 400 mm of rain per month (Le et al., 2006). The pH ranged from 7.7 to 7.9, varying with site; but pH within site remained constant between seasons. The salinity varied widely from 11.2‰ to 26.2‰, remaining constant within site, but varying significantly with seasons (Dinh, Lam, et al., 2021). The primary tree species at these sites are the mangal taxa *Avicennia marina* and *Sonneratia caseolaris* (Nguyen et al., 2020).

Fishes were caught by hand over the final three days of each month. This species is easily distinguishable from sympatric congeners by the extent of fusion of the pelvic fin and the pattern of the first dorsal fin (Murdy and Jaafar (2017)). Tricaine methanesulfonate (10 g/L) was used to anesthetize the fish specimens which were washed under the tap and preserved in 5% buffered formalin before transport to the laboratory. The use of fish in the present study is assessed and approved by The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University (Animal Welfare Assessment number: BQ2020-03/KSP).

2.2 | Examination of fish samples

In the laboratory, sex of specimens was determined from the urogenital papillae (Figure 2). In males, the papillae are narrow, broader at the base, and taper toward a pointed tip. In females, the papillae are broad, and similar in width at the base and tip. The total length (TL to the nearest 0.1 cm) and weight (W to the nearest 0.01 g) were then measured and recorded. The ovaries and testes were then removed and weighed to the nearest 0.01 mg before classifying these into six developmental stages following the methods used in Dinh, Tran, Ngo, et al. (2020). Twenty-five ovaries (stages I to V, five samples/stage) and 20 testes (stages I to IV, five sample/stage) were selected and stained according to the method of Carleton et al. (1980). The ovaries (stages I to V, 30 samples/stage) and testes (stages I to IV, 30 samples/stage) at each stage were cut into three

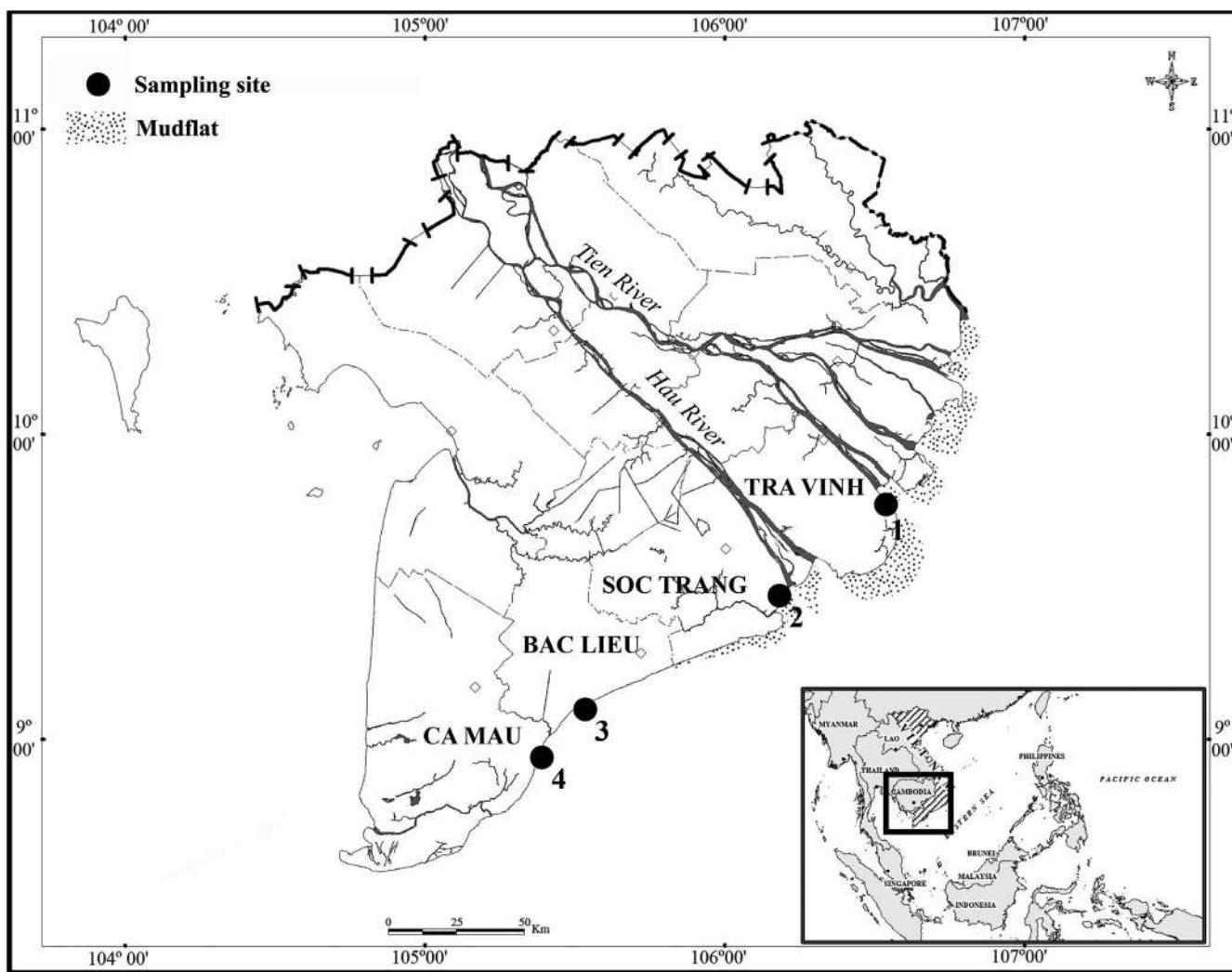


FIGURE 1 Map of the Mekong Delta showing the sampling sites. (Arrowhead: Sampling area; 1: Duyen Hai, Tra Vinh ($9^{\circ}40'29.5''N$ $106^{\circ}34'49.5''E$), 2: Tran De, Soc Trang ($9^{\circ}26'19.7''N$ $105^{\circ}10'48.1''E$), 3: Dong Hai, Bac lieu ($9^{\circ}05'50.5''N$ $105^{\circ}29'54.7''E$), and 4: Dam Doi, Ca Mau ($8^{\circ}58'10.4''N$ $105^{\circ}22'58.9''E$) (Dinh, 2018))

subsamples—one at each end and one in the middle. After, the diameters of 150 ovarian subsample and 120 testicular subsamples were measured using Motic Images Pro Plus 2.0 software (Dinh et al., 2016), and oocyte and spermatocyte stages were described following Yamamoto (1956) and Yamazaki (1965).

The equation $GSI = 100 \times (G/W)$ (G : gonad weight, W : fish body weight; Sturm, 1978) was applied to calculate the gonadosomatic index (GSI). The fish reproductive season was estimated from a combined analysis of GSI and gonad frequency occurrence (Alonso-Fernández et al., 2011; Dinh & Le, 2017).

Fish length at first maturity (L_m) of males and females at each site was calculated from the formula: $P = 1/(1 + \exp[-r \times (TL - L_m)])$ (P : proportion of mature individuals in a length class; TL : fish total length; and r : model parameter) (Zar, 1999).

Batch fecundity, the number of oocytes laid per spawning, was estimated based on the gravimetric method (Hunter et al., 1985). In this study, 66 mature ovaries were used to estimate the batch fecundity as $F = (n \times G)/g$ (n : number of oocytes in subsample; g : weight of subsample; and G : ovarian weight) (Bagenal, 1967). Three tissue

subsamples of 1 mm thick were extracted from each ovary, two samples from each end and one sample from the midovary. Each slice was weighed to the nearest 0.01 mg, and oocytes were separated with tap water and a spear needle in a Petri dish. Thereafter, all mature oocytes were counted under the magnifier.

2.3 | Data analyses

The Shapiro-Wilk test was used to evaluate the normal distribution of GSI and fecundity (Kim, 2015). If GSI was a normal distribution, a t-test with the Levene test for equality of variances was used to verify the variation of GSI between gender and seasons at each site, whereas the Mann-Whitney test was used otherwise. The equality of variances of GSI among 4 sites and 12 months was confirmed by the Levene test that was also used to verify the equality of variances of batch fecundity (F) between four sites. One-way ANOVA with Tukey's post hoc was used to test the change in GSI for sites and months when the GSI variances were equal, but one-way ANOVA

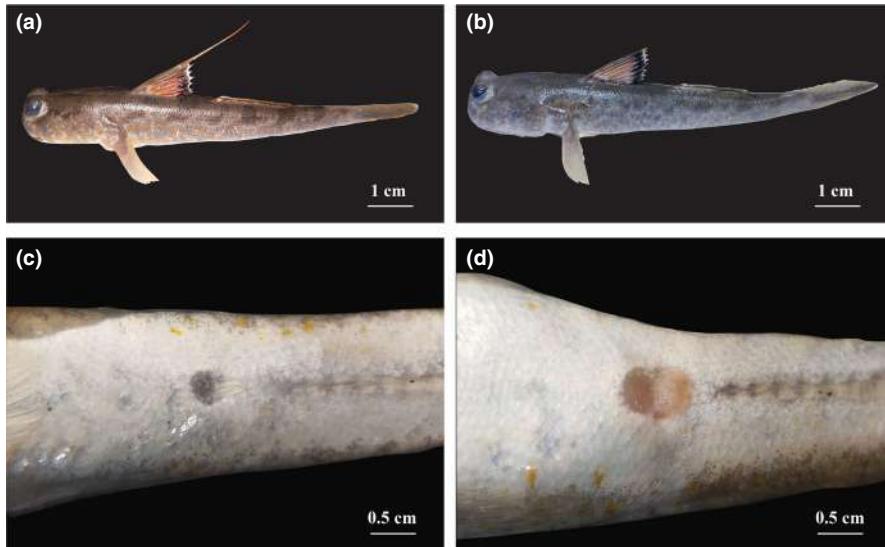


FIGURE 2 The genital papillae of *Periophthalmus chrysospilos* (a: male individual; b: female individual; c: genital papilla of male; d: genital papilla of female)

TABLE 1 Number of *Periophthalmus chrysospilos* individuals sampled at each study site for each month

Sampling year	Sampling month	Duyen Hai-Tra Vinh		Tran De-Soc Trang		Dong Hai-Bac Lieu		Dam Doi-Ca Mau	
		Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
2020	April	20	8	6	14	9	21	7	8
2020	May	10	7	12	12	12	8	11	6
2020	June	7	17	5	28	17	17	13	12
2020	July	14	7	19	9	12	18	16	15
2020	August	7	14	5	5	17	11	15	6
2020	September	13	6	13	4	26	16	11	9
2020	October	3	14	11	9	7	9	6	5
2020	November	6	11	13	7	14	5	11	6
2020	December	7	12	8	15	8	16	10	6
2021	January	9	9	10	16	5	15	11	6
2021	February	11	6	9	12	12	8	11	5
2021	March	13	8	9	9	7	13	15	8
Total		120	119	120	140	146	157	137	92

with Tamhane's T2 was analyzed if the GSI variances were not. In contrast, Kruskal-Wallis test was performed to verify if GSI varied with site and months when GSI variable did not display normal distribution. This test was also applied to confirm the variation of F among four sites if F was not a normal distribution. The logarithmic regression was applied when testing relationships of fish size (TL and W) and F (Metin et al., 2011). SPSS software v.21 was used for data analyses, and all tests were set at a 5% significance level.

3 | RESULTS

3.1 | Sex ratio

A total of 1,031 individuals (523 males and 508 females) were sampled over 1 year at four sampling sites (Table 1). From April 2020 to March 2021, the largest number of fish samples were collected from

BL (303 individuals), while the fewest was from CM (229 individuals, Table 2). The samples of males and females were approximately equal ($\chi^2, p > .05$ for all cases, Table 2) both in the wet and dry seasons (see Table 2) at TV; ST and BL. However, at CM, the ratio of males to females was about 1.5:1.

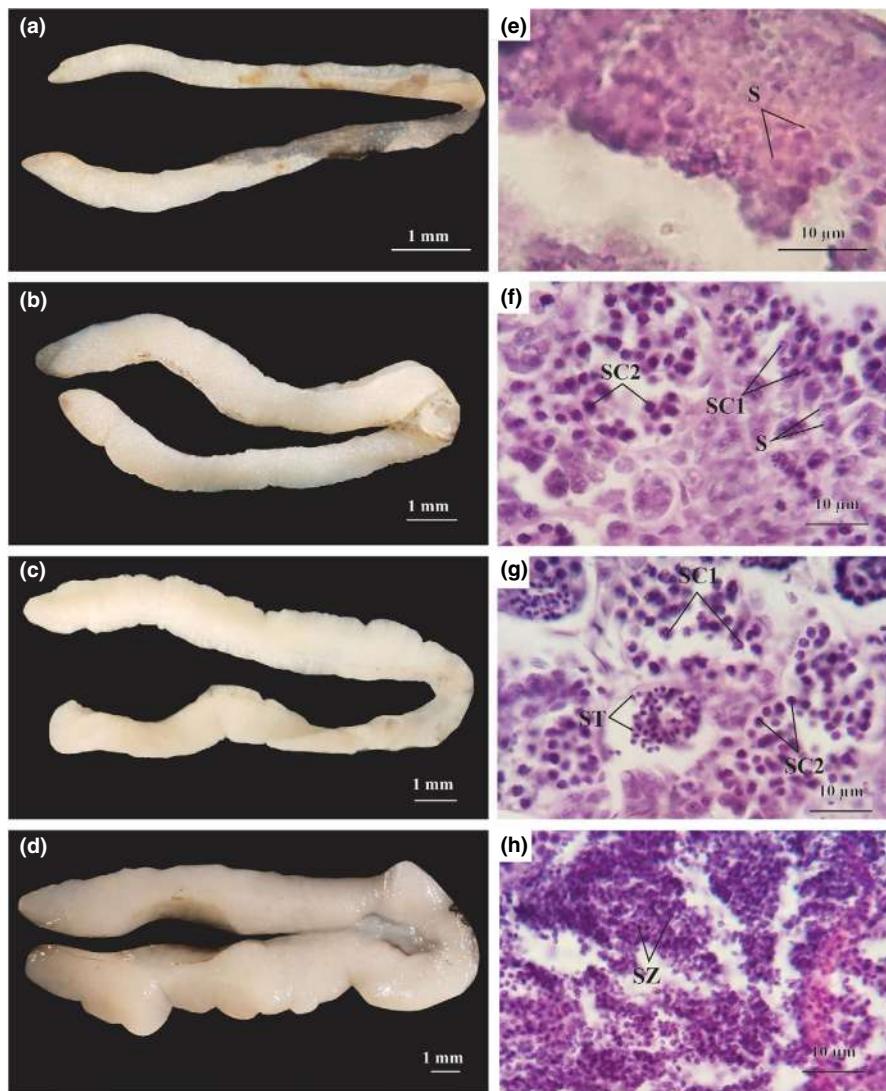
3.2 | Spermatogenesis

In stage I, the testes were elongate, smooth, and measured 0.42 ± 0.01 mm in diameter. These were milky in appearance and easily confused with stage I ovaries (Figure 3a). At this stage, the testes contained mainly spermatogonia (S) which were basophilic with the dark purple of hematoxylin (Figure 3e). Testes increased to 0.88 ± 0.01 mm diameter in stage II (growing stage), and appeared milky white, long, and slender (Figure 3b). At this stage, the testes comprised mainly primary spermatocytes (SC1), secondary spermatocytes (SC2), and

TABLE 2 Distribution of male and female specimens of *Periophthalmus chrysospilos* at each study site

Sampling sites	Duyen Hai, Tra Vinh	Tran De, Soc Trang	Dong Hai, Bac Lieu	Dam Doi, Ca Mau	Dry season	Wet season	Total
Male	120	120	146	137	209	314	508
Female	119	140	157	92	199	309	523
Sex ratio	1.01:1.00	0.86:1.00	0.93:1.00	1.49:1.00	1.05:1.00	1.02:1.00	0.97:1.00
χ^2	0.01	1.54	0.40	8.84	0.25	0.04	0.22
<i>p</i>	.95	.22	.53	.01	.62	.84	.64

FIGURE 3 Testicular morphology and histology of *Periophthalmus chrysospilos* (a, b, c, and d: external morphology stages I–IV of testis; e, f, g, and h: histology stages I–IV of testis; S, Spermatogonia; SC1, primary spermatocytes; SC2, secondary spermatocytes; ST, spermatid; SZ, spermatozoa)



a few spermatogonia; nuclei of the SC1 stages were duskier than those of SC2 (Figure 3f). At stage III (maturing stage), testes were 1.19 ± 0.02 mm in diameter, smooth, elongate, light yellow, and with obvious sperm ducts (Figure 3c). At this stage, the testes comprised mainly spermatids (ST) and a few SC1 and SC2 in their lobules (Figure 3g). Testes at stage IV (mature stage) were smooth but swollen with prominent blood vessels, and measured 2.39 ± 0.04 mm in diameter (Figure 3d). Testicular lobules were enlarged and filled with sperms. A group of spermatozoa (SZ), which are tiny cells with globe-shaped nucleus stained with hematoxylin, was produced in the testicular cavities and sperm ducts. Spermatids and a few SC2

were also found in testes at this stage. Spermatozoa were released by mature males in this period (Figure 3h). This study did not recover male individuals exhibiting stages V (degenerating stage) and VI (recovery stage).

3.3 | Oogenesis

Ovaries in stage I (early growing stage) were thin, smooth, pale white, and measured 1.16 ± 0.02 mm in diameter (Figure 4a). At this stage, the ovaries mostly contained germ cells (GC), oogonia

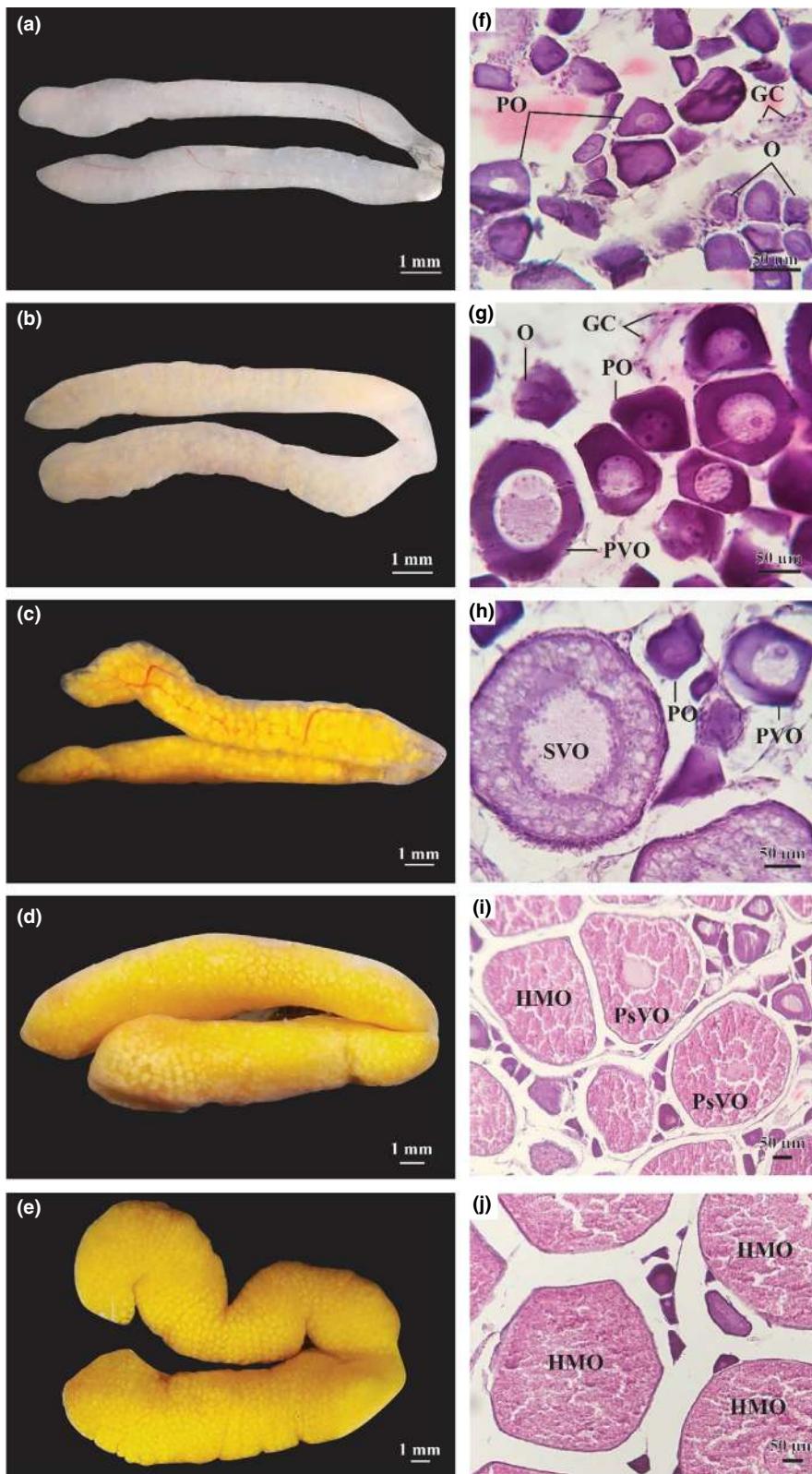


FIGURE 4 Ovarian morphology and histology of *Periophthalmus chrysospilos* (a, b, c, d, and e: external morphology stages I–V of ovary; f, g, h, i, and k: histology stages I–V of ovary; GC, germ cells; O, oogonia; PO, primary oocyte; PVO, primary vitellogenic oocytes; SVO, secondary vitellogenic oocytes, PsVO: post vitellogenic oocytes, HMO: hydrated oocytes)

(O), and a few primary oocytes (PO) (Figure 4f). At stage II (growing stage), the ovaries became pale yellow and increased to 1.46 ± 0.03 mm in diameter (Figure 4b). At this stage, O, PO, and primary vitellogenic oocytes (PVO) with several yolk granules in the cytoplasm were found in the ovaries; all Os were small, dark purple, with prominent cytoplasm while POs were larger with bright

nucleus (Figure 4g). At stage III (maturing ovary), the ovaries were light yellow, smooth, with protruding blood vessels, and measured 1.87 ± 0.04 mm in diameter (Figure 4c). The ovaries in this stage contained O, PO, PVO, and secondary vitellogenic oocytes (SVO) while the nuclei and yolk were accumulated. Some oocytes were in the oil droplet stage and contents of cytoplasm were visible. The

yolk granules and oil droplets accumulated in the cytoplasm stained more eosin-basophilic (Figure 4h). In stage IV (mature stage), ovaries were long, smooth, and measured 2.70 ± 0.03 mm in diameter (Figure 4d). Individual yellow eggs can already be observed. The ovaries consisted mainly of post vitellogenic oocytes (PsVO) and some hydrated oocytes (HMO) as well as some PO, PVO, and SVO (Figure 4i). In stage V (ripe stage), the swollen ovaries were surrounded with prominent blood vessels, reaching a diameter of 4.04 ± 0.02 mm. The circular yellow eggs were visible to the naked eye and separated easily from each other (Figure 4e). The ovaries in this stage consisted of primarily post vitellogenic oocytes (PsVO) and hydrated oocytes (HMO) as well as some PO, PVO, and SVO (Figure 4f). The oil droplets and yolk granules were partially homogeneous while the nuclei contracted, and the nuclear membranes faded away. The nucleoli were near the center of the nuclei; the former could be observed effortlessly in PsVO, but not in HMO. In the present study, ovaries in stage VI (recovery stage) were not found in the female samples.

3.4 | Seasonality and gonadosomatic indices

The GSI values were found to exhibit a non-normal distribution (Shapiro-Wilk test, NJ = 0.87, $p < .01$) and changed by gender (Mann-Whitney U, $Z = 27.04$), season ($Z = 6.17$, $p < .01$) and site (Kruskal-Wallis H, $\chi^2 = 40.72$, $p < .01$). Higher GSI values were

recorded in the wet season compared to the dry season for both sexes at all four sites (Figure 5).

At each site, the GSI values of females were significantly higher than those of males (Mann-Whitney U, $p < .01$ in all cases) and GSI values of males and females showed monthly fluctuations (Kruskal-Wallis H, $\chi^2_{\text{male}} = 147.19$, $\chi^2_{\text{female}} = 29.74$, $p < .01$). Notably, mean values of GSI in females were the highest in August 2020 at TV (3.19 \pm 0.45 SE); in January 2021 at ST (4.53 \pm 0.41 SE); in December 2020 at BL (4.60 \pm 0.43 SE); and in September 2020 at CM (4.08 \pm 0.56 SE). The higher GSI values (1.71 ± 0.18 SE at TV, 2.41 ± 0.20 SE at ST, 2.75 ± 0.23 SE at BL and 3.24 ± 0.35 SE at CM) in females were observed during the wet season. Similar patterns were observed in males, where GSI values were highest in the wet season from July to October. For example, the highest mean of male GSI was found in July 2020 at TV (0.27 \pm 0.03 SE); in October 2020 at ST (0.29 \pm 0.04 SE); in August 2020 at BL (0.27 \pm 0.03 SE); and in October 2020 at CM (0.23 \pm 0.05 SE).

Mature males and females, with gonads in stage IV, were found almost monthly (Figures 6 and 7), thus indicating that this species reproduces throughout the year, with a peak during the wet season.

3.5 | Length at first maturity and fecundity

The length at first maturity (L_m) of *Ps. chrysospilos* differed between the four sites; this value fluctuated for both male and female

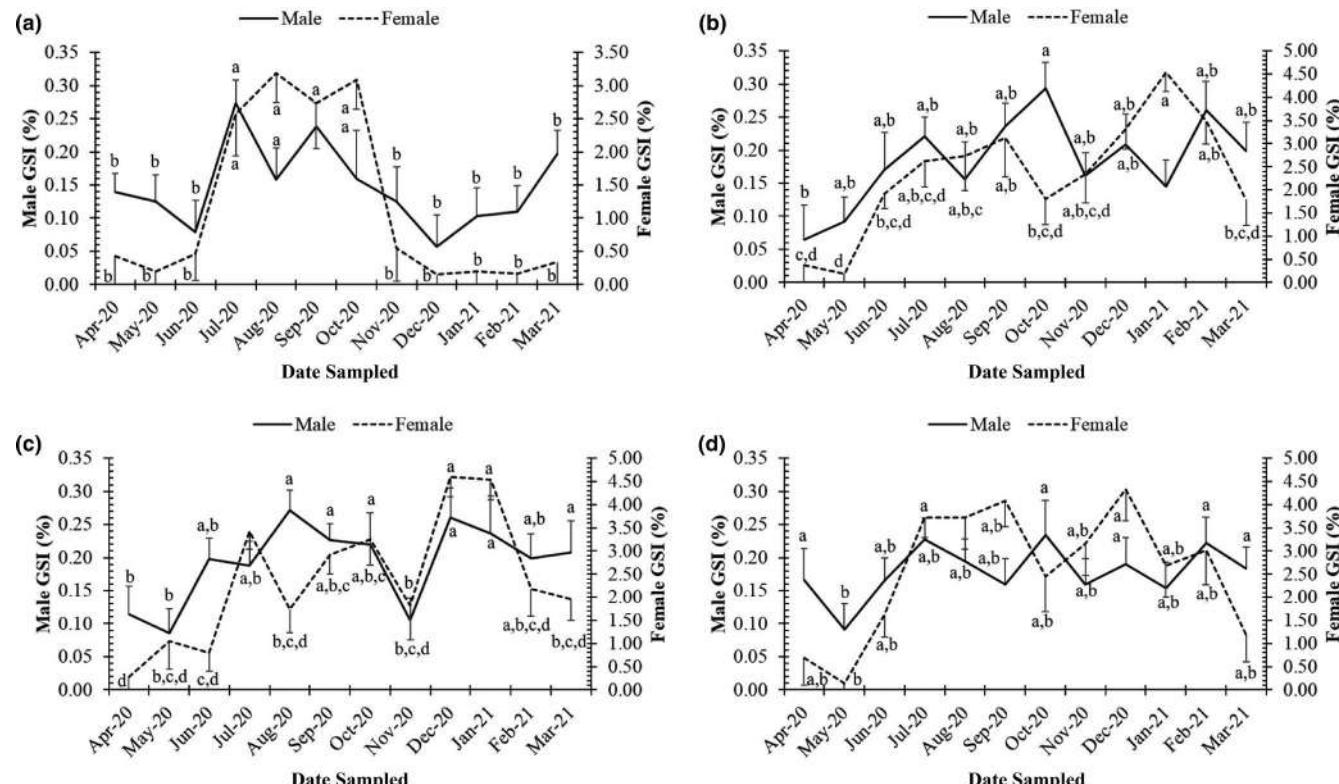


FIGURE 5 Gonadosomatic indices of males and females of *Periophthalmus chrysospilos* at study sites. (a, b, c, and d represent Duyen Hai, Tra Vinh; Tran De, Soc Trang; Dong Hai, Bac Lieu; and Dam Doi, Ca Mau)

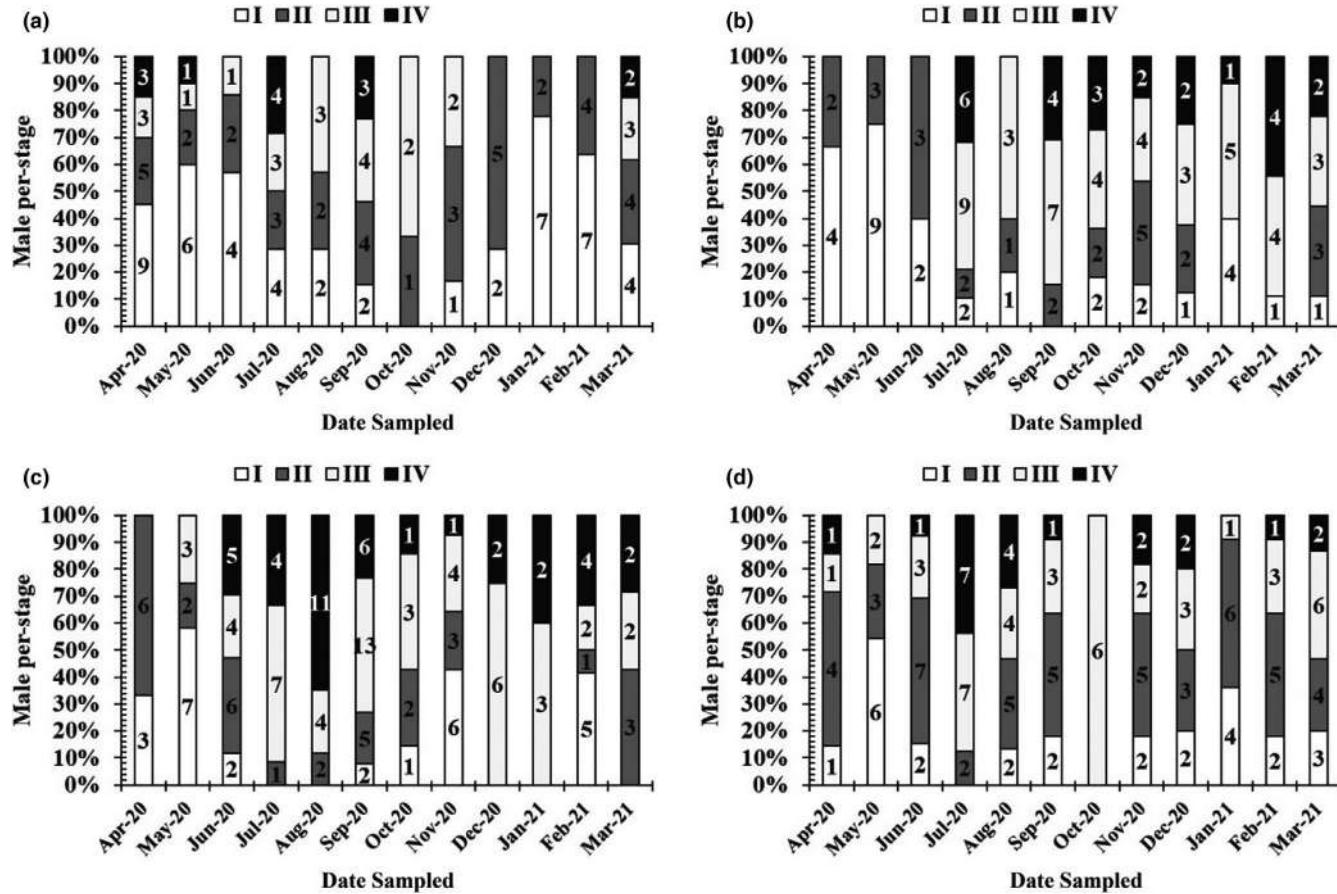


FIGURE 6 Gonadal stage composition of male *Periophthalmus chrysospilos*. (The number in a column represents fishes at each gonad development stage; a, b, c, and d represent Duyen Hai, Tra Vinh; Tran De, Soc Trang; Dong Hai, Bac Lieu; and Dam Doi, Ca Mau)

individuals from 6.2 to 8.6 cm and 6.4 to 7.3 cm, respectively (Figure 8). The *F* exhibited non-normal distribution (Shapiro-Wilk Test, *NJ* = 0.96, *p* < .01) and varied between sites, fluctuating between values 2614 eggs/female and 23,465 eggs/female (Kruskal-Wallis *H*, $\chi^2 = 35.55$, *p* < .01). The highest average fecundity values were from individuals recovered from BL ($12,012 \pm 1015$ SE) and CM ($13,336 \pm 1279$ SE), while the lowest values were from those caught from TV (7516 ± 418 SE) and ST (6654 ± 851 SE). The *F* values are positively correlated with total length and weight due to the high *r*² value of the relationships between *F* and fish size (>0.64 for all cases; Figure 9).

4 | DISCUSSION

This study extensively assessed the reproductive biology of *Ps. chrysospilos* from the MD. Examination of gonads recovered from specimens collected over 12 months revealed the presence of mature males and females, with gonads at stage IV, for every month from every site. This indicates that *Ps. chrysospilos* reproduces throughout the year. However, reproduction is hypothesized to peak in the wet season, from July to October, based on the high values of GSI in

both males and females during this time. Mekong Delta, where the fishes were caught, is an alluvial plain with abundant food sources and spawning grounds (Nedeco, 1993). Within the MD, other mudskippers such as *Boleophthalmus* (henceforth *B.*) *boddarti* (Dinh et al., 2015) and *Periophthalmodon* (henceforth *Pn.*) *septemradiatus* (Dinh, Tran, Ngo, et al., 2020) also show increased rates of reproduction during the wet season. In tropical areas, peak reproduction in many fish species occurs in the wet season, likely due to increased accumulation of nutrients resulting from the high rainfall (Blaber, 2000; Elliott et al., 2007; Whitfield, 1990). As with *Ps. chrysospilos*, peaks in reproduction is also observed during the wet season for other mudskippers such as *Ps. barbarus* from the Imo estuary, Nigeria (Etim et al., 2002), and *Pn. schlosseri* in Malaysia (Mazlan & Rohaya, 2008).

The appearance of spermatids (ST), secondary spermatocytes (SC2), and spermatozoa (SZ) in stage IV of mature testes; as well as oogonia (O), primary oocytes (PO), primary vitellogenic oocytes (PVO), and secondary vitellogenic oocytes (SVO) in stage IV of mature ovaries indicate that *Ps. chrysospilos* is multiple spawner; a reproductive strategy observed in many gobioid species (Miller, 1984). This mode of reproduction is also exhibited in other mudskipper species such as *B. boddarti* (Dinh et al., 2015), *Pn. septemradiatus* (Dinh, Tran, Ngo, et al., 2020), and *Ps. barbarous* (Etim et al., 2010).

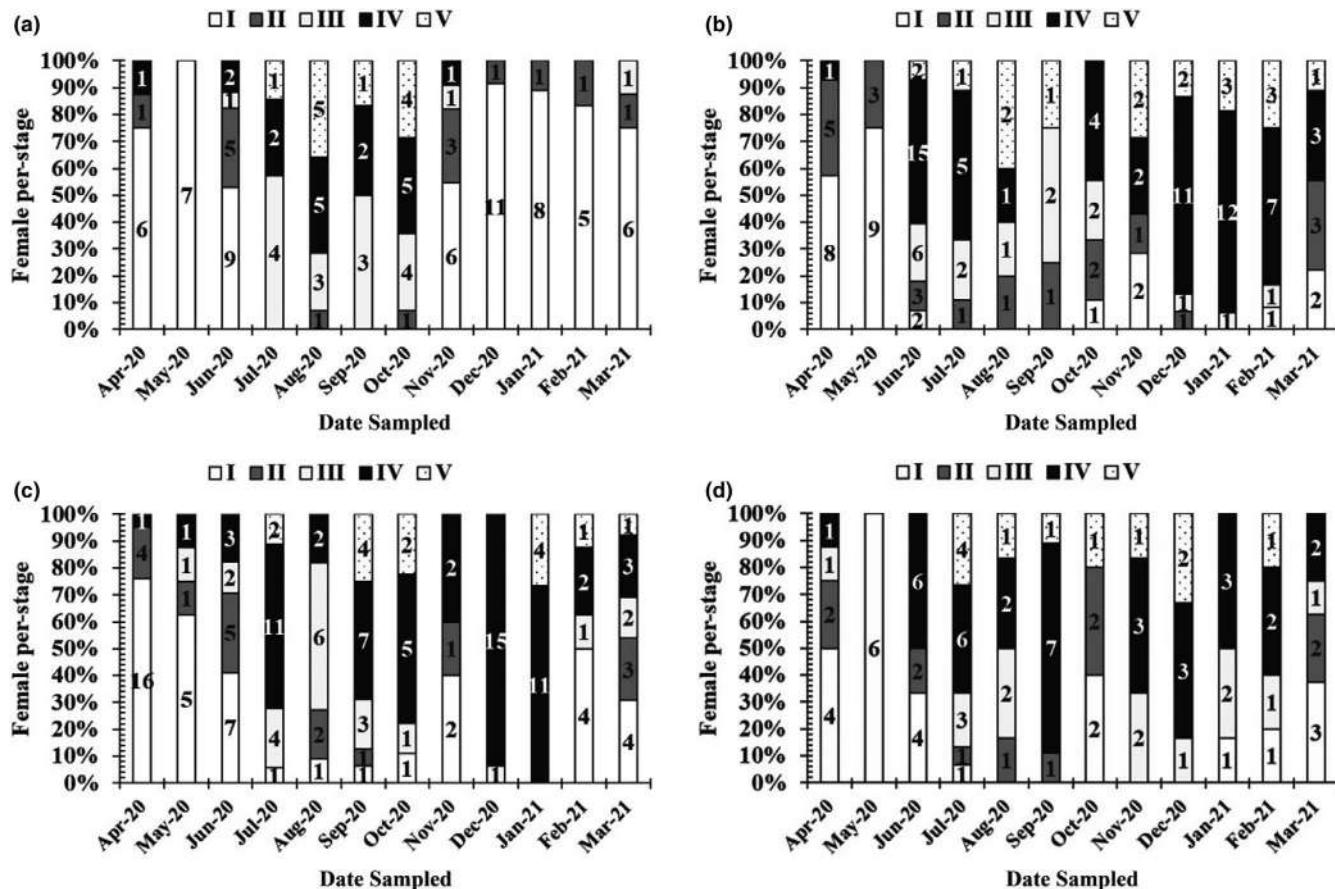


FIGURE 7 Gonadal stage composition of female *Periophthalmus chrysospilos*. (The number in a column represents fishes at each gonad development stage; a, b, c, and d represent Duyen Hai, Tra Vinh; Tran De, Soc Trang; Dong Hai, Bac Lieu; and Dam Doi, Ca Mau)

Mudskippers have also been shown to be serial spawners—eggs are laid multiple times within one breeding period, for example, *Ps. barbus* in Nigeria (Chukwu et al., 2010).

Environmental parameters affect the batch fecundity of many fish species. The *F* of *Ps. chrysospilos* (2614–23,465) changed significantly between the four sites in this study—the highest fecundity was recovered at CM (*F* = 6248–23,465) while the lowest was at TV (*F* = 4927–9941). In gobioid fishes, *F* values can also vary greatly from one species to another. For instance, one of the lowest *F* was reported from *Eviota lacrimae* with only 100 eggs, while one of the highest was reported from *Awaous guamensis* with approximately 500,000 eggs (Ha & Kinzie, 1996). Intraspecific variation in *F* values is high; for example, *F* values in individuals of *B. boddarti* were between 2100 and 12,300 in India but between 9800 and 33,800 in Vietnam. Batch fecundity values positively correlate to body length and weight (Song & Baek, 2005). In our study, *F* of *Ps. chrysospilos* was positively correlated with fish body size; however, this correlation was only moderate ($r^2 > 0.64$ in all cases). Gobioid species sympatric with the gold-spotted mudskipper within the MD also had a positive correlation between fertility and fish body sizes such as *Butis butis* (Dinh & Le, 2017), *Trypauchen vagina* (Dinh, 2018), *Stigmatogobius pleurostigma* (Dinh & Tran, 2018a), and *Pn. septemradiatus* (Dinh, Tran, Tran, et al., 2020). The sex ratio of *Ps. chrysospilos* was not biased in favor of females for the survey period from April

2020 to March 2021. Equal sex ratio was also reported in other mudskipper species such as *Pn. schlosseri* in Malaysia (Mazlan & Rohaya, 2008), *Ps. barbus* in Nigeria (Etim et al., 2010), and *B. boddarti* (Dinh et al., 2015) in the MD. In contrast, the sex ratio between males and females of 1.5:1.0 was recovered at only one site—in CM—for this study. Unequal sex ratios have been reported in five *Pn. septemradiatus* populations in the MD, in which the ratio of males to females was reported to be 1.4:1.0 (Dinh, Tran, Ngo, et al., 2020). The factors contributing to the unequal sex ratio was not accounted for in this or past studies in the MD, but males are hypothesized to be more than females since they compete for mates, build shelters, and guard eggs (Fraser et al., 2001; Gutowsky & Fox, 2011).

Males and female mudskippers mature at different lengths (Dinh et al., 2015; Dinh, Tran, Ngo, et al., 2020). Moreover, in species that guard eggs or young, the length at first maturity (L_m) tends to be longer. The length of maturity for *Ps. chrysospilos* is similar to *Ps. barbus* (Etim et al., 2010) and *Pn. septemradiatus* (Dinh, Tran, Ngo, et al., 2020), but slightly shorter than *B. boddarti* (Chandran et al., 2014; Dinh et al., 2015). This trend is also observed in *Pomatoschistus marmoratus*, in which the L_m in males, who are key egg guarders, is longer than in females (Mazzoldi et al., 2002). In *Ps. chrysospilos*, in which the males are also egg guarders, the length at first maturity of males is longer than females; for example, in CM, L_m of males is 8.6 cm while L_m of females is 6.8 cm).

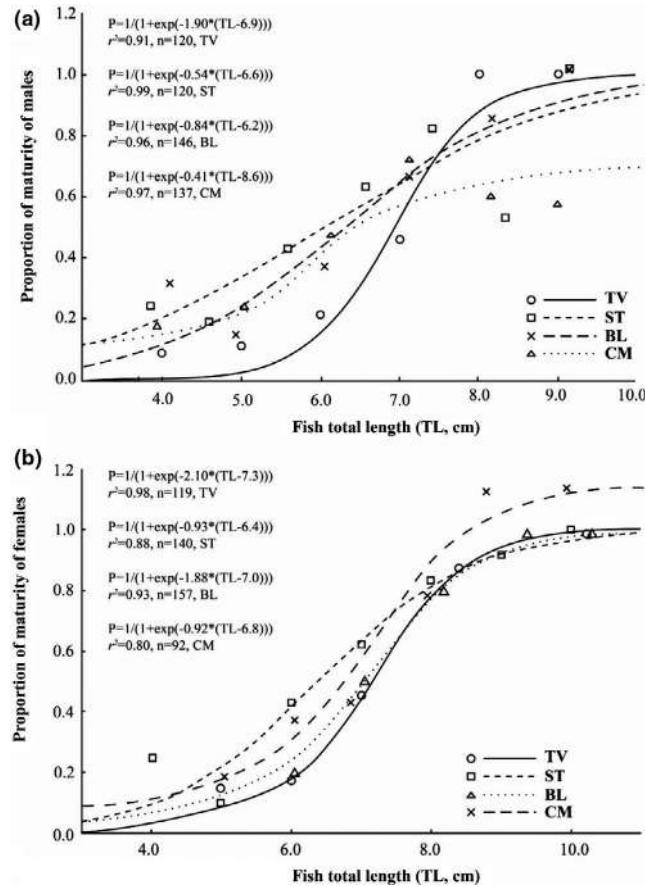


FIGURE 8 Size at first maturity of male (a) and female (b) *Periophthalmus chrysospilos*. (TV, ST, BL, and CM represent Duyen Hai, Tra Vinh; Tran De, Soc Trang; Dong Hai, Bac Lieu; and Dam Doi, Ca Mau, respectively)

In many parts of the world, mudskippers are exploited for consumption and the aquarium trade. Mudskippers are eaten throughout Indo-China and Japan by coastal communities. Within the Imo River Estuary in southeast Nigeria, approximately 79% of the population of *Ps. barbarus* is harvested for the aquarium trade (Udoeh et al., 2013). In Vietnam, mudskippers feature in many local dishes. They are in high demand for food and are increasingly targeted for aquaria, yet the rate of extraction of many species remains unknown. Furthermore, Vietnam reports losses of mangrove areas of up to 42% of original cover (FAO, 2007). This additional impact of mudskipper populations obligate to mangrove habitats is poorly understood. Elucidating the reproductive biology of mudskippers is the first step toward achieving a sustainable extractive management plan as capture can be regulated for size, and for periods outside of peak spawning. The reproductive biology of mudskippers is also of interest to aquarists, and culture fisheries.

In conclusion, this study revealed that *Ps. chrysospilos* populations are reproductively viable throughout the year but with a peak reproduction rate during the wet season. Fecundity was found to differ with locality, and significantly correlated with body size. In males, the size at first maturity was longer than that of females, and the L_m values differed with site. This information can effectively

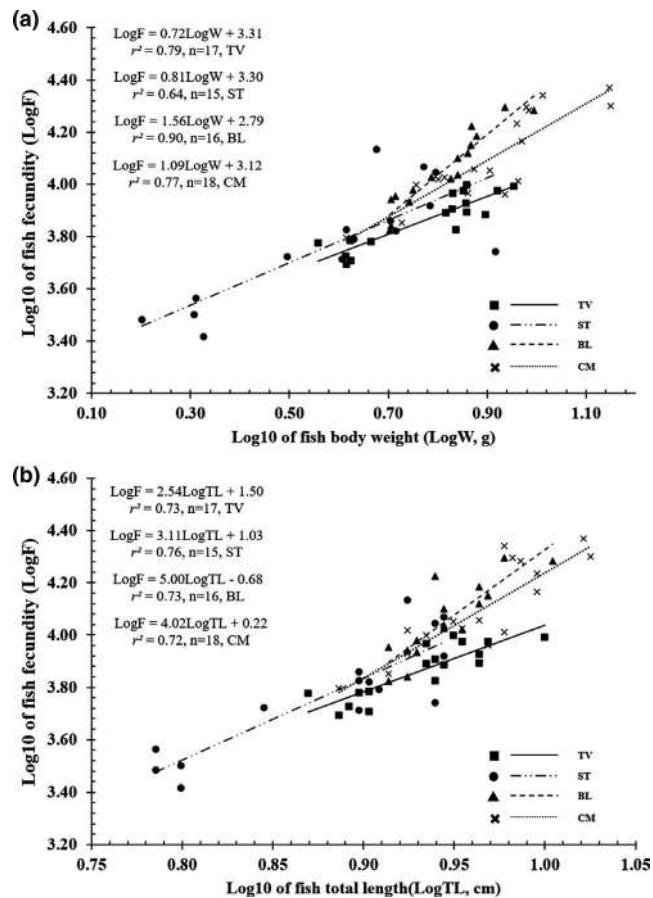


FIGURE 9 Relationships between fecundity and fish weight (a) and total length (b) of *Periophthalmus chrysospilos* (TV, ST, BL, and CM represent Duyen Hai, Tra Vinh; Tran De, Soc Trang; Dong Hai, Bac Lieu; and Dam Doi, Ca Mau, respectively)

contribute toward a holistic and cogent conservation plan for mangrove areas, and organisms, in Vietnam.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 106.05-2019.306.

CONFLICT OF INTEREST

None declared.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Quang Minh Dinh: Conceptualization (equal); Data curation (equal); Formal analysis (equal); Funding acquisition (equal); Investigation (equal); Methodology (equal); Project administration (equal); Resources (equal); Software (equal); Supervision (equal); Validation (equal); Visualization (equal); Writing – original draft (equal); Writing – review & editing (equal). **Ton Huu Duc Nguyen:** Data curation (equal); Formal analysis (equal); Investigation (equal); Methodology (equal); Resources (equal); Software (equal); Writing – original draft (equal); Writing – review & editing (equal). **Tran Thi Huyen Lam:** Formal analysis (equal); Investigation (equal);

Resources (equal); Writing – original draft (equal); Writing – review & editing (equal). **Tien Thi Kieu Nguyen:** Conceptualization (equal); Investigation (equal); Writing – original draft (equal). **Ngon Trong Truong:** Investigation (equal); Writing – review & editing (supporting). **Zeehan Jaafar:** Conceptualization (equal); Investigation (equal); Methodology (equal); Validation (equal); Visualization (equal); Writing – original draft (equal); Writing – review & editing (equal).

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Please find our raw data at <https://doi.org/10.5061/dryad.2fqz612q8>

ORCID

- Quang Minh Dinh  <https://orcid.org/0000-0002-9895-2039>
 Ton Huu Duc Nguyen  <https://orcid.org/0000-0002-7187-1896>
 Tran Thi Huyen Lam  <https://orcid.org/0000-0003-3116-5599>
 Tien Thi Kieu Nguyen  <https://orcid.org/0000-0002-4603-4164>
 Zeehan Jaafar  <https://orcid.org/0000-0002-7311-7491>

REFERENCES

- Alonso-Fernández, A., Alós, J., Grau, A., Domínguez-Petit, R., & Saborido-Rey, F. (2011). The use of histological techniques to study the reproductive biology of the hermaphroditic Mediterranean fishes *Coris julis*, *Serranus scriba*, and *Diplodus annularis*. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 145–159.
- Bagenal, T. B. (1967). A short review of fish fecundity. In S. D. Gerking (Ed.), *The biological basis of freshwater fish production* (pp. 89–111) John Wiley.
- Blaber, S. J. M. (2000). *Tropical estuarine fishes: Ecology, exploitation and conservation*. Blackwell Science.
- Carleton, H. M., Drury, R. A. B., & Wallington, E. (1980). *Carleton's histological technique*. Oxford University Press.
- Chandran, R., Jaiswar, A. K., Jahageerdar, S., Poojary, N., & Chakraborty, S. (2014). A study on reproductive biology of *Boleophthalmus boddarti* from Mumbai region. *Journal of Indian Fisheries Association*, 41, 57–69.
- Chukwu, K., Deekae, S., & Gabriel, U. (2010). Reproductive biology of *Periophthalmus barbarus* (Linnaeus 1766) in new Calabar River, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(6), 1158–1161. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.6.1158.1161>
- Clayton, D. A. (1993). Mudskippers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 31, 507–577.
- Dang, N. T., & Nguyen, H. Y. (2009). *Conservation of marine biodiversity in Vietnam*. Natural science and Technology Publishing House.
- Diep, A. T., Dinh, Q. M., & Tran, D. D. (2014). Species composition of gobiidae distributed in the coastal areas, Soc Trang Province. *VNU Journal of Sciences: Natural Sciences and Technology*, 30(3), 68–76.
- Dinh, Q. M. (2018). Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(1), 103–110.
- Dinh, Q. M., Lam, T. T. H., Nguyen, T. H. D., Nguyen, T. M., Nguyen, T. T. K., & Nguyen, N. T. (2021). First reference on reproductive biology of *Butis koilmatodon* in Mekong Delta. *Vietnam. BMC Zoology*, 6(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40850-021-00072-y>
- Dinh, Q. M., & Le, T. T. M. (2017). Reproductive traits of the duckbill sleeper *Butis* (Hamilton, 1822). *Zoological Science*, 24(5), 452–458.
- Dinh, Q. M., Nguyen, T. H. D., Lam, T. T. H., Nguyen, T. T. K., Tran, G. V., & Jaafar, Z. (2021). Foraging ecology of the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos* (Gobiiformes: Gobiidae). *PeerJ*, 9, e12582.
- Dinh, Q. M., Nguyen, T. T. G., & Nguyen, T. K. T. (2015). Reproductive biology of the mudskipper *Boleophthalmus boddarti* in Soc Trang. *Tap Chi Sinh Hoc*, 37(3), 362–369. <https://doi.org/10.15625/0866-7160/v37n3.6720>
- Dinh, Q. M., Nguyen, T. H. D., Truong, N. T., Tran, L. T., & Nguyen, T. T. K. (2021). Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.009>
- Dinh, Q. M., Qin, J. G., Dittmann, S., & Tran, D. D. (2016). Reproductive biology of the burrow dwelling goby *Parapocryptes serperaster*. *Ichthyological Research*, 63(3), 324–332. <https://doi.org/10.1007/s10228-015-0502-7>
- Dinh, Q. M., Tran, L. T., Ngo, N. C., Pham, T. B., & Nguyen, T. T. K. (2020). Reproductive biology of the unique mudskipper *Periophthalmodon septemradiatus* living from estuary to upstream of the Hau River. *Acta Zoologica*, 101(2), 206–217.
- Dinh, Q. M., Tran, L. T., Tran, T. M. T., To, K. D., Nguyen, T. T. K., & Tran, D. D. (2020). Variation in diet composition of the mudskipper *Periophthalmodon septemradiatus* from Hau River, Vietnam. *Bulletin of Marine Science*, 96(3), 487–500.
- Dinh, Q. M., & Tran, N. T. T. (2018a). Reproductive biological traits of the goby *Stigmatogobius pleurostigma* (Bleeker, 1849) from the Mekong Delta, Vietnam. *Indian Journal of Fisheries*, 65(1), 20–25. <https://doi.org/10.21077/ijf.2018.65.1.68188-04>
- Dinh, Q. M., & Tran, T. T. N. (2018b). Reproductive biological traits of the goby *Stigmatogobius pleurostigma* (Bleeker, 1849) from the Mekong Delta, Vietnam. *Indian Journal of Fisheries*, 65(1), 20–25. <https://doi.org/10.21077/ijf.2018.65.1.68188-04>
- Elliott, M., Whitfield, A. K., Potter, I. C., Blaber, S. J. M., Cyrus, D. P., Nordlie, F. G., & Harrison, T. D. (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*, 8(3), 241–268. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2679.2007.00253.x>
- Etim, L., King, R. P., & Udo, M. T. (2002). Breeding, growth, mortality and yield of the mudskipper *Periophthalmus barbarus* (Linnaeus 1766) (Teleostei: Gobiidae) in the Imo River estuary. *Nigeria. Fisheries Research*, 56(3), 227–238. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00327-7](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00327-7)
- Etim, L., Olele, F., Udo, M. T., & Brownson, I. I. (2010). The reproductive characteristics of mudskipper *Periophthalmus barbarus* (Linnaeus 1760)(teleostei, Gobiidae) in the estuarine swamps of the Imo river, Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 16(4), 395–400.
- Fao, U. (2007). The world's mangroves 1980–2005. *FAO Forestry Paper*, 153, 77.
- Fontoura, N. F., Braun, A. S., & Milani, P. C. C. (2009). Estimating size at first maturity (L₅₀) from Gonadosomatic Index (GSI) data. *Neotropical Ichthyology*, 7(2), 217–222. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252009000200013>
- Fraser, D. F., Gilliam, J. F., Daley, M. J., Le, A. N., & Skalski, G. T. (2001). Explaining leptokurtic movement distributions: intrapopulation variation in boldness and exploration. *The American Naturalist*, 158(2), 124–135. <https://doi.org/10.1086/321307>
- Gutowsky, L. F., & Fox, M. G. (2011). Occupation, body size and sex ratio of round goby (*Neogobius melanostomus*) in established and newly invaded areas of an Ontario river. *Hydrobiologia*, 671(1), 27–37. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0701-9>
- Ha, P. Y., & Kinzie, R. A. (1996). Reproductive biology of *Awaous guamensis*, an amphidromous Hawaiian goby. *Environmental Biology of Fishes*, 45(4), 383–396. <https://doi.org/10.1007/BF00002531>
- Hunter, J., Lo, N. C., & Leong, R. J. (1985). Batch fecundity in multiple spawning fishes. *NOAA Technical Report NMFS*, 36, 67–77.

- Ishimatsu, A., Yoshida, Y., Itoki, N., Takeda, T., Lee, H. J., & Graham, J. B. (2007). Mudskippers brood their eggs in air but submerge them for hatching. *Journal of Environmental Biology*, 210(22), 3946–3954.
- Jaafar, Z., & Murdy, E. O. (2017). *Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers*. CRC Press.
- Jaafar, Z., Perrig, M., & Ming, C. L. (2009). *Periophthalmus variabilis* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novemradiatus*. *Zoological Science*, 26(4), 309–314.
- Kim, T. K. (2015). T test as a parametric statistic. *Korean Journal of Anesthesiology*, 68(6), 540. <https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.6.540>
- Kottelat, M., Whitten, T., Kartikasari, S. N., & Wirjoatmodjo, S. (1993). *Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions.
- Le, H. T., Dinh, Q. M., Hua, U. V., & Nguyen, T. H. D. (2021). The morphological measurement variations of *Periophthalmus chrysospilos* along the coastline in the Mekong Delta. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 1–10. <https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5245>
- Le, T., Nguyen, M. T., Nguyen, V. P., Nguyen, D. C., Pham, X. H., Nguyen, T. S., Hoang, V. C., Hoang, P. L., Le, H., & Dao, N. C. (2006). Provinces and city in the mekong delta. In T. Le (Ed.), *Geography of Provinces and Cities in Vietnam*, vol. VI (pp. 49–94). Education Publishing House.
- Martin, K. L. M., & Ishimatsu, A. (2017). Review of reproductive strategies. In Z. Jaafar & E. O. Murdy (Eds.), *Fishes out of water: Biology and ecology of mudskippers* (pp. 209–236). CRC Press.
- Matoba, M., & Dotsu, Y. (1977). Prespawning behavior of the mudskipper *Periophthalmus cantonensis* in Ariake Sound. *Bulletin of the Faculty of Fisheries, Nagasaki University*, 43, 23–33.
- Mazlan, A. G., & Rohaya, M. (2008). Size, growth and reproductive biology of the giant mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770), Malaysian waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(3), 290–296. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.01033.x>
- Mazzoldi, C., Poltronieri, C., & Rasotto, M. B. (2002). Egg size variability and mating system in the marbled goby *Pomatoschistus marmoratus* (Pisces: Gobiidae). *Marine Ecology Progress Series*, 233, 231–239. <https://doi.org/10.3354/meps233231>
- Metin, G., Ilkyaz, A. T., Soykan, O., & Kinacigil, H. T. (2011). Age, growth and reproduction of four-spotted goby, *Deltentosteus quadrimaculatus* (Valenciennes, 1837), in Izmir Bay (central Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology*, 35(5), 711–716.
- Miller, P. J. (1984). The topology of gobioid fishes. In: G. W. Potts & R. J. Wootten (Eds.), *Fish reproduction: Strategies and tactics* (pp. 119–153). Academic Press.
- Monks, N. (2006). *Brackish water fishes: an aquarist's guide to identification, care & husbandry: a complete guide to the most common and easy-to-obtain species for home aquariums*. TFH Publications.
- Murdy, E. O. (1989). A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). *Australian Museum Journal*, 11, 1–93. <https://doi.org/10.3853/j.0812-7387.11.1989.93>
- Murdy, E. O., & Jaafar, Z. (2017). Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers. In Z. Jaafar & E. O. Murdy (Eds.), *Taxonomy and systematics review* (pp. 1–36). CRC Press.
- Nedeco (1993). *Master plan for the Mekong Delta in Viet Nam: a perspective for sustainable development of land and water resources*. Netherlands Engineering Consultants.
- Nguyen, N. T. (2000). *Fauna of Vietnam - Gobioidei*, Vol. 5. Sciences and Technics Publishing House.
- Nguyen, T. H. D., Nguyen, H. T. T., Tran, T. C., Nguyen, Y. T. N., & Dinh, Q. M. (2020). Morphometric and meristic variations of *Glossogobius sparsipapillus* along the coastline in the Mekong Delta. *Vietnam International Journal of Zoology and Animal Biology*, 3(1), 1–9. <https://doi.org/10.23880/IZAB-16000211>
- Polgar, G., & Crosa, G. (2009). Multivariate characterisation of the habitats of seven species of Malayan mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae). *Marine Biology*, 156(7), 1475–1486. <https://doi.org/10.1007/s00227-009-1187-0>
- Schäfer, F. (2005). *Brackish water fishes: all about species, care and breeding*. Aqualog Special.
- Song, H.-B., & Baek, H.-M. (2005). Population ecology of the common freshwater goby *Rhinogobius brunneus* (Pisces: Cyprinidae) in Korea. *Korean Journal of Ichthyology*, 17(3), 195–204.
- Sturm, M. G. L. (1978). Aspects of the biology of *Scomberomorus maculatus* (Mitchill) in Trinidad. *Journal of Fish Biology*, 13(2), 155–172. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1978.tb03423.x>
- Teichert, N., Valade, P., Fostier, A., Lagarde, R., & Gaudin, P. (2014). Reproductive biology of an amphidromous goby, *Sicyopterus lagocephalus*, La Réunion Island. *Hydrobiologia*, 726(1), 123–141. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1756-6>
- Tran, D. D., Shibukawa, K., Nguyen, T. P., Ha, P. H., Tran, X. L., Mai, V. H., & Utsugi, K. (2013). *Fishes of Mekong Delta*. Can Tho University Publisher.
- Trinh, K. N., & Tran, D. D. (2012). The status of capture fisheries and management of marine fishes in Soc Trang Province. *Can Tho University Journal of Science*, 24(2), 46–55.
- Udo, J. P., Brownson, I., Udo, M. T., & Ofor, C. (2013). Population dynamics of mudskipper, *Periophthalmus barbarus* (Linnaeus 1766) (Teleostei: Gobiidae) in the artisanal fishery of Imo river estuary, southeast Nigeria. *Journal of Fisheries and Aquaculture*, 4(3), 148.
- Whitfield, A. (1990). Life-history styles of fishes in South African estuaries. *Environmental Biology of Fishes*, 28(1–4), 295–308. <https://doi.org/10.1007/BF00751043>
- Yamamoto, K. (1956). Studies on the formation of fish eggs. *Embryologia*, 3(2), 131–138. <https://doi.org/10.1111/j.1440-169X.1956.tb00065.x>
- Yamazaki, F. (1965). Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 13(1), 1–64.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall.

How to cite this article: Dinh, Q. M., Nguyen, T. H. D., Lam, T. T. H., Truong, N. T., Nguyen, T. T. K., & Jaafar, Z. (2022). Reproduction ecology of an emerging fishery resource, the amphibious mudskipper *Periophthalmus chrysospilos*, in the Mekong Delta. *Ecology and Evolution*, 12, e8507. <https://doi.org/10.1002/ece3.8507>



National Institute
of Oceanography and Fisheries (NIOF)

Egyptian Journal of Aquatic Research



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

The Egyptian Journal of Aquatic Research

Open access

Submit your article

Menu



Search in this journal

Volume 48, Issue 2

Pages 99-180 (June 2022)

Download full issue

[Previous vol/issue](#)

[Next vol/issue](#)

Receive an update when the latest issues in this journal are published

[Sign in to set up alerts](#)

Review article Open access

The degradation scenario of man-made lakes from satellite observations: A case of Wadi El-Rayyan lakes, Egypt

Radwan G. Abd Ellah, Md. Nazmul Haque

Pages 99-106

[Download PDF](#) Article preview

FEEDBACK

The Egyptian Journal of Aquatic Research

Open access

Submit your article



Research article Open access

BOD₅ dynamics in three vertical layers in free-water surface wetlands

Alaa Farouk Aboukila, Ahmed Elhawary

Pages 115-121

[Download PDF](#) Article preview ▾

Research article Open access

Potential effects of dietary chitosan against lead-induced innate immunotoxicity and oxidative stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Sally M. Salaah, Dalia M. El-Gaar, Hanan S. Gaber

Pages 123-129

[Download PDF](#) Article preview ▾

Research article Open access

First record of a swarm of *Thalia democratica* (Chordata: Tunicata) in the Egyptian Mediterranean coast

Khaled M. Abdelsalam, Sherif E. Ramadan, Hamdy O. Ahmed

Pages 131-135

[Download PDF](#) Article preview ▾

Research article Open access

Trammel net size selectivity and determination of a minimum legal size (MLS) for the haffara seabream, *Rhabdosargus haffara* in the Gulf of Suez

Mahmoud A. Saber, Azza A. El-Ganainy, Amgad M. Shaaban, Hanan M. Osman, Ayman S. Ahmed

Pages 137-142

The Egyptian Journal of Aquatic Research

Open access

Submit your article



Evelyn Ragheb

Pages 143-150

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

More evidences for the nutritional quality and future exploitation of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) from the River Nile, Egypt

Mahmoud M.S. Farrag, Mennat-Allah M.A. El-Gedawy, Zeinab S.A. Ahmed

Pages 151-156

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta

Quang Minh Dinh, Ton Huu Duc Nguyen, Ngon Trong Truong, Lam Thanh Tran, Tien Thi Kieu Nguyen

Pages 157-161

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access

Diet composition, feeding dynamics and proximate composition of obtuse barracuda *Sphyraena obtusata* (Cuvier, 1829) in the southeastern Arabian Sea

M M Meshram, Mridula Rajesh, N K Suyani, K M Rajesh

Pages 163-168

Download PDF Article preview ▾

Research article Open access



Morphometrics, growth pattern and condition factor of *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker, 1853 (Gobiiformes: Oxudercidae) living in the Mekong Delta

Quang Minh Dinh ^{a,*}, Ton Huu Duc Nguyen ^a, Ngon Trong Truong ^b, Lam Thanh Tran ^c, Tien Thi Kieu Nguyen ^d

^a Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho 900000, Viet Nam

^b Biotechnology Research and Development Institute, Can Tho University, Xuan Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho 900000, Viet Nam

^c Department of Biology, Faculty of Education, Bac Lieu University, 108 Vo Thi Sau, No. 8 Ward, Bac Lieu 960000, Viet Nam

^d An Khanh High School, An Khanh Ward, Ninh Kieu District, Can Tho 900000, Viet Nam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 July 2021

Revised 20 October 2021

Accepted 26 October 2021

Available online 6 November 2021

Keywords:

Length-weight relationship

Mudskipper

Mudflat

Positive allometry

Vietnam

ABSTRACT

Periophthalmus chrysospilos is an amphibious fish and considered candidates of typical aquarium fish in the Mekong Delta (MD), Vietnam. It is a species that is facing overfishing. Unfortunately, the data on its length-weight relationship (*LWR*), growth pattern, and condition factor are limited. The present study lasted from April 2020 to March 2021 to contribute knowledge of these data. A collection of 1,031 specimens (508 females and 523 males) was obtained from estuarine and coastal regions. The results showed that the fish total length (*TL*) and weight (*W*) were significantly different between sexes, seasons, and sites. In order to determine *LWRs*, weights of males and females in two sizes, seasons, four sites, and twelve months were estimated from the fish given lengths. The species displayed temporal variation in growth patterns as *b* values ranged from 2.87 ± 0.12 SE to 3.46 ± 0.07 SE. It generally showed positive allometric growth as *b* (3.22 ± 0.02 SE) was higher than the threshold of three. The fish body conditional factor was close to the well-being value of one and was not influenced by sex, but by season, site and month variations. The findings concluded that the species was well adapted to its habitat.

© 2021 National Institute of Oceanography and Fisheries. Hosting by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

The relationship between length and weight plays a vital role in assessing fish populations and the ability to estimate their length and weight (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002; Mahmood et al., 2012; Dinh, 2016b; Jisr et al., 2018). According to Froese (2006), the regression values (*b*) between length and weight provide valuable data for estimating fish growth patterns. The condition coefficient (*CF*) determines the differences in fish health by region, season, and gender (Abdoli et al., 2009). However, little is known on morphometrics, *LWR*, growth pattern, and *CF* of the mudskippers in MD, where they are potential candidates for aquariaums and are considered as environmental bio-indicators.

The genus *Periophthalmus* comprises 19 species in the world (Murdy and Jaafar, 2017) and three species (e.g., *Ps. chrysospilos*,

Ps. gracilis and *Ps. variabilis*) in Vietnam (Tran et al., 2013; Dinh et al., 2018; Tran et al., 2020; Tran et al., 2021a). Among them, *Ps. chrysospilos* has a potential as typical aquarium pet occurring in the mudflats of estuarine and coastline regions, where the waters range from marine to brackish in the east coast of India, the Gulf of Thailand, the Java Sea, and the MD, Vietnam (Murdy, 1989; Kottelat et al., 1993; Jaafar et al., 2009; Tran et al., 2013; Diep et al., 2014; Murdy and Jaafar, 2017; Le et al., 2021). The mudskipper *Ps. chrysospilos* has an elongated-round body shape and can survive out of the water (Murdy, 1989; Jaafar et al., 2009). It showed negative allometry in Selangor, Malaysia (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002) but positive allometry in Penang, Malaysia (Mohd & Khaironizam, 2019). Some species within this genus (e.g. *Ps. barbarus* and *Ps. novemradiatus*) are exploited by the aquariaums' trade, and the rest of the cognates are potential aquarium pets. However, limited information about the biology of *Ps. chrysospilos* cause a challenge in conserving this fish. Therefore, the present study aimed to contribute data on *LWR*, growth pattern, and *CF* of *Ps. chrysospilos* living in the coastal and estuarine

Peer review under responsibility of National Institute of Oceanography and Fisheries.

* Corresponding author.

E-mail address: dmquang@ctu.edu.vn (Q.M. Dinh).

regions of the MD. The findings will be helpful in the understanding of the fish adaptation and population management.

Materials and methods

Study site and fish analysis

The research lasted from April 2020 to March 2021 in four estuarine and coastal regions, consisting of Duyen Hai, Tra Vinh (DHTV) ($9^{\circ}40'29.5''N$ $106^{\circ}34'49.5''E$), Tran De, Soc Trang (TDST) ($9^{\circ}26'19.7''N$ $105^{\circ}10'48.1''E$), Dong Hai, Bac lieu (DHBL) ($9^{\circ}05'50.5''N$ $105^{\circ}29'54.7''E$), and Dam Doi, Ca Mau (DDCM) ($8^{\circ}58'10.4''N$ $105^{\circ}22'58.9''E$) (Fig. 1). The sites had semi-diurnal tide and the average temperature was $\sim 27^{\circ}\text{C}$. The dry season (January – May) had no rain, however, the precipitation was the highest in the wet season (June – December) with approximately 400 mm per month (Le et al., 2006). The dominant plants in DHTV, TDST and DHBL were *Sonneratia caseolaris*, *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza*, respectively, whereas, in DDCM, *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorhiza* were equally dominant (Dinh et al., 2021). The pH ranged 7.7–7.9, and the salinity varied widely from 11.17 to 26.17‰. The pH varied among the four sites but not change with the seasons, whereas an opposite result was observed in salinity (Dinh et al., 2021).

Samples of *Ps. chrysosipilos* (1,031 individuals, Table 1) were obtained by hand-catching continuously for four hours from an area of 120 square meters ($6\text{ m} \times 15\text{ m}$). It was easy to classify *Ps. chrysosipilos* from the other two congeners due to its unique characteristics, e.g., the body color was beige, the snout was serrated, and 4–7 dark bands were found on its body (Murdy and Jaafar, 2017). Finquel MS-222 (Tricaine Methanesulfonate) was

used to anaesthetize the fish specimens before being preserved in formalin buffer 5% and shipped to the laboratory.

Data analysis

The regression relationship between fish length and weight was determined as $W = a \times TL^b$, where W is the fish weight, TL is the fish total length, a is the intercept, b is the slope (Ricker, 1973). According to Le Cren (1951), the condition factor (CF) was calculated as $CF = W/(a \times TL^b)$, where W is the fish body weight (g), TL is the fish total length (cm), a is the intercept, and b is the slope. Parameters a and b were inferred from $\text{Log}W = \log a + b \times \text{Log}TL$ (Froese, 2006).

The *t*-test was used to examine the differences in TL and W between genders and seasons. One-way ANOVA was used to test the variation of TL and W amongst the four sites. The changes caused by the influence of gender and season on TLs and Ws were tested by two-way ANOVA. The length-weight relationships were qualified by the regressions' determination coefficient (r^2) (Metin et al., 2011). The *t*-test was performed to verify if the b value obtained from the LWRs changed with gender, season and if it was close to the threshold of 3. The species' growth pattern was considered positive allometry when $b > 3$, negative allometry when $b < 3$, and isometric allometry when $b = 3$ (Martin, 1949). The *t*-test was also applied to confirm if the CF changed with gender and season variations, while one-way ANOVA was used to assess the variation of CF between months and sites (Mahmood et al., 2012). Additionally, the *t*-test was used to verify the significant differences of CF from the favorable condition. The Two-way ANOVA was used to verify if the interactions of gender \times season, gender \times site, and season \times site influenced b and CF (Dinh,

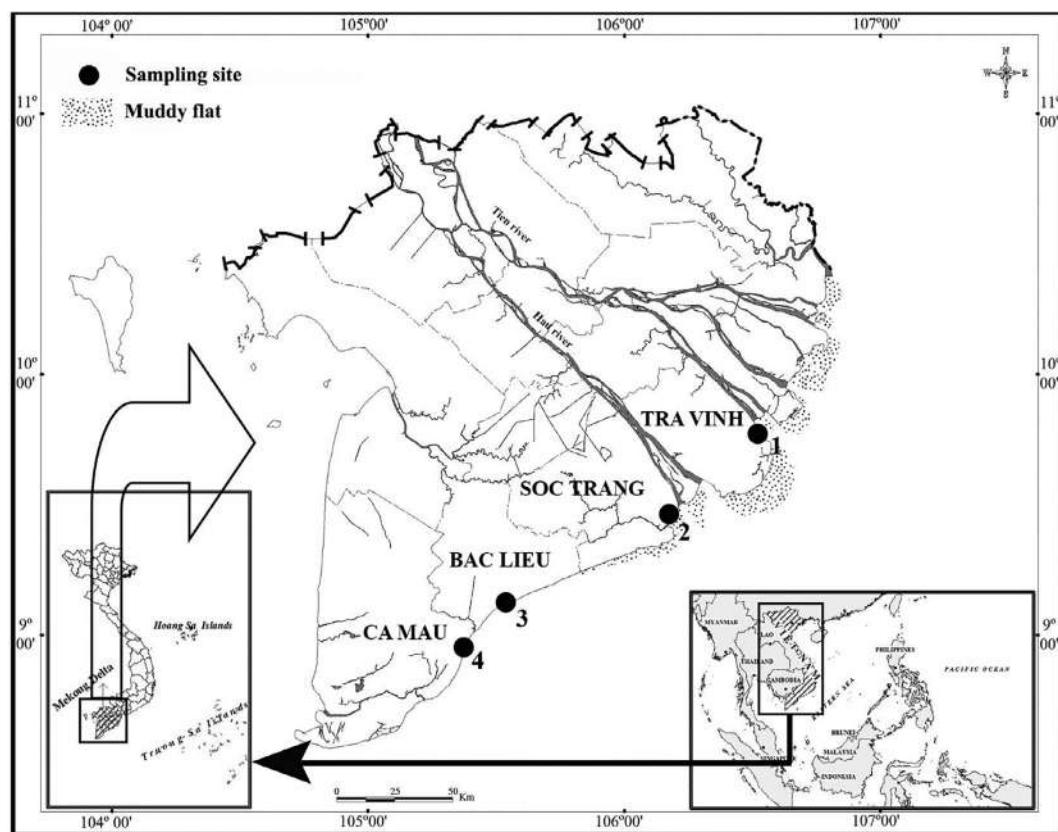


Fig. 1. The sampling map in the Mekong Delta (Dinh, 2018). Arrowhead: Sampling area; 1: Duyen Hai , Tra Vinh ($9^{\circ}40'29.5''N$ $106^{\circ}34'49.5''E$), 2: Tran De, Soc Trang ($9^{\circ}26'19.7''N$ $105^{\circ}10'48.1''E$), 3: Dong Hai, Bac lieu ($9^{\circ}05'50.5''N$ $105^{\circ}29'54.7''E$) and 4: Dam Doi, Ca Mau ($8^{\circ}58'10.4''N$ $105^{\circ}22'58.9''E$).

Table 1Variations in growth pattern and condition factor of *Ps. chrysospilos* by gender, season, maturity and study site.

Fish groups		No. of fish	Mean ± SE		b	a	r^2	t _s	Growth Pattern	CF	Mean ± SE
			TL	W							
Gender	Female	508	7.83 ± 0.06	4.85 ± 0.11	3.163 ± 0.032	0.007 ± 0.000	0.94	7.59	P		1.017 ± 0.008 ^a
	Male	523	7.38 ± 0.06	4.08 ± 0.10	3.296 ± 0.039	0.005 ± 0.000	0.95	5.09	P		1.019 ± 0.007 ^a
Season	Dry	408	7.21 ± 0.08	3.97 ± 0.13	3.245 ± 0.043	0.006 ± 0.000	0.93	5.70	P		1.014 ± 0.008 ^b
	Wet	623	7.85 ± 0.05	4.79 ± 0.08	3.102 ± 0.036	0.007 ± 0.001	0.92	2.83	P		1.02 ± 0.007 ^a
Maturity	Immature	23	6.30 ± 0.05	2.40 ± 0.07	3.329 ± 0.113	0.005 ± 0.001	0.94	2.91	P		1.016 ± 0.011 ^b
	Mature	1,008	8.35 ± 0.03	5.65 ± 0.07	3.181 ± 0.027	0.006 ± 0.000	0.93	6.70	P		1.018 ± 0.006 ^a
Study site	Duyen Hai, Tra Vinh	239	6.87 ± 0.09	3.31 ± 0.14	3.235 ± 0.037	0.006 ± 0.000	0.97	6.35	P		1.009 ± 0.008 ^a
	Tran De, Soc Trang	260	7.72 ± 0.08	4.56 ± 0.14	3.096 ± 0.058	0.007 ± 0.001	0.92	1.66	P		1.01 ± 0.012 ^a
	Dong Hai, Bac Lieu	303	7.70 ± 0.07	4.58 ± 0.13	3.169 ± 0.047	0.006 ± 0.001	0.94	3.60	P		1.016 ± 0.011 ^a
	Dam Doi, Ca Mau	229	8.08 ± 0.08	5.39 ± 0.16	3.417 ± 0.064	0.004 ± 0.001	0.93	6.52	P		1.038 ± 0.013 ^a
Total		1,031	7.58 ± 0.14	4.46 ± 0.24	3.229 ± 0.051	0.006 ± 0.001	0.95	9.08	P		1.018 ± 0.011

2016c). SPSS v.21 was applied for data analysis, and all tests were set at $p < 0.05$.

Results and discussion

Morphometrics

A total 1,031 individuals of *Ps. chrysospilos* (508 females and 523 males) was obtained by hand-catching from four sampling sites (Table 1). The results showed that TLs of females (7.83 ± 0.06 SE cm) were longer than those of males (7.38 ± 0.06 SE cm, t -test, $t = 5.46$, $p < 0.05$), but male Ws (4.85 ± 0.11 SE g) were not significantly heavier than females (4.08 ± 0.10 SE g, $t = 5.40$, $p > 0.05$). This indicated that the larger male was more successful in the spawning activities, e.g., nest building or egg/nest guarding. In *Pomatoschistus minutus*, Lindström & Hellström (1993) found that males were better at maintaining the sites by selecting the best places, which was found in some other gobies living in and out the MD, e.g., *Gobiusculus lavescens* (Houde, 2001) and *Butis koilomatodon* (Lam & Dinh, 2021).

The species *Ps. chrysospilos* displayed a seasonal variation in TL as this value in the dry season (7.21 ± 0.08 SE cm) was lower than that in the wet season (7.85 ± 0.05 SE cm, $t = -7.76$, $p < 0.05$). The W in the wet season (4.79 ± 0.08 SE g) was heavier than in the dry season (3.97 ± 0.13 SE g, $t = -5.61$, $p < 0.05$), suggesting that seasonal changes in environmental conditions could influence fish morphometrics. Likewise, the impact of environmental conditions on morphometrics was found in *B. koilomatodon* (Lam & Dinh, 2021), but not *Parapocryptes serperaster* in MD (Dinh et al., 2016) and *Ilisha melastoma* (Mahmood et al., 2012) in Pakistan.

Both TLs and Ws of *Ps. chrysospilos* showed spatial variations (one-way ANOVA, $F_{TLS} = 35.09$, $F_{Ws} = 37.68$, $p < 0.05$ for the two cases), reaching the highest points in DDCM (8.08 ± 0.08 SE cm TL and 5.39 ± 0.16 SE g W) and the lowest values in DHTV (6.87 ± 0.09 cm TL and 3.31 ± 0.14 g W). TLs and Ws of this species showed the same patterns in the two remaining sites. Specifically, TLs were 7.70 ± 0.07 SE cm in BLCM and 7.72 ± 0.08 SE cm in TDST, and Ws were 4.58 ± 0.13 SE g in BLCM and 4.56 ± 0.14 SE g in TDST. The reason for this may come from the difference in the dominant vegetation, e.g., *S. caseolaris*, *A. marina* and *B. gymnorhiza* that were dominant in DHTV, TDST and DHBL, respectively, while *A. marina* and *B. gymnorhiza* were equally dominant in DDCM (Dinh et al., 2021). Besides, TLs and Ws were affected by the interaction of season × site (two-way ANOVA, $F_{TLS} = 4.94$, $F_{Ws} = 3.22$, $p < 0.05$ for all cases) and gender × site ($F_{TLS} = 26.01$, $F_{Ws} = 12.29$, $p < 0.05$ for all cases). However, TLs and Ws were not affected by gender × season ($F_{TLS} = 1.71$, $F_{Ws} = 2.08$, $p > 0.05$ for all cases). Unlike this species, in *B. koilomatodon*, the total length and weight

varied with gender × season and gender × site but not with season × site (Lam & Dinh, 2021).

Length-weight relationship and growth pattern

In order to determine LWRs ($r^2 > 0.85$ for all cases, Tables 1 and 2), fish weights in different genders, sizes, seasons, months, and studied sites were estimated from the fish given length. Similarly, positive relationships between TL and W were found in *Periophthalmus* spp. living outside MD (Chukwu & Deekae, 2011; Panicker et al., 2013; Tran et al., 2021b). The positive LWR was also found in some other co-occurring gobies, e.g., *Pseudapocryptes elongatus* (Tran, 2008), *Boleophthalmus boddarti* (Dinh, 2014a), *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2016), *Trypauchen vagina* (Dinh, 2016c), *Periophthalmodon schlosseri* (Dinh, 2016a), *Oxyeleotris urophthalmus* (Dinh, 2016b), *B. butis* (Dinh, 2017b), *B. koilomatodon* (Lam & Dinh, 2021), *Glossogobius giuris* (Dinh & Ly, 2014; Phan et al., 2021b), *G. aureus* (Dinh, 2014b; Dinh, 2019; Phan et al., 2021a), and *G. sparsipapillus* (Dinh, 2015; Truong et al., 2021).

The growth pattern of *Ps. chrysospilos* was determined based on the coefficient *b* obtained from LWRs. As the *b* value (3.229 ± 0.051 SE) was significantly higher than 3 ($t = 9.08$, $p < 0.05$), *Ps. chrysospilos* displayed positive allometric growth, which was similar to the previous study on this fish in Penang, Malaysia (Mohd & Khaironizam, 2019). However, in Selangor, Malaysia, *Ps. chrysospilos* showed negative allometry as its *b* (2.56) was lower than 3 (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002) suggesting that this mudskipper adapted well to the MD and Penang conditions than Selangor. The positive allometry was also found in *Ps. spilotus* in Selangor as its *b* value (3.50) was higher than 3 (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002), whereas *Ps. gracilis*, *Ps. novemradiatus*, and *Ps. argentilineatus* in Selangor, Malaysia, and *Ps. barbarus* in New Calabar River, Nigeria, showed negative allometry since their *b* values were lower than three (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002; Chukwu & Deekae, 2011). Moreover, *Ps. barbarus* in Imo River estuary, Nigeria, showed isometric allometry as its *b* value (3.01) was not significantly different from 3 (King & Udo, 1998). These similarities and differences showed that the growth pattern of *Periophthalmus* spp. was not only species-specific but also was influenced by environmental conditions.

The *b* value of females (3.163 ± 0.032 SE) and males (3.329 ± 0.113 SE) were >3 ($t_{female} = 7.59$, $t_{male} = 5.09$, $p < 0.05$ for all cases, Table 1), showing that the difference in testicular and ovarian mass did not influence the fish's growth pattern. This result was found in a previous study in Penang, Malaysia, as both males and females exhibited positive allometry (Mohd & Khaironizam, 2019). Similarly, this coefficient in the dry (3.245 ± 0.043 SE) and wet (3.102 ± 0.036 SE) seasons was >3 ($t_{dry} = 2.83$, $t_{wet} = 2.91$, $p < 0.05$ for all cases, Table 1) indicating that the difference in precipitation (Le

Table 2Variations in growth pattern and condition factor of *Ps. chrysospilos* with months.

Months	No. of fish	Mean ± SE TL	W	b	a	r^2	t_s	Growth type	CF Mean ± SE
Apr-20	93	6.64 ± 0.13	2.76 ± 0.18	3.101 ± 0.064	0.007 ± 0.001	0.96	1.58	I	0.955 ± 0.01 ^d
May-20	78	6.49 ± 0.13	2.61 ± 0.19	3.234 ± 0.136	0.005 ± 0.001	0.88	1.72	I	0.986 ± 0.02 ^{c,d}
Jun-20	116	7.83 ± 0.09	4.35 ± 0.16	3.296 ± 0.069	0.005 ± 0.001	0.95	4.29	P	0.944 ± 0.008 ^d
Jul-20	110	8.25 ± 0.09	5.29 ± 0.15	3.124 ± 0.087	0.007 ± 0.001	0.92	1.43	I	0.989 ± 0.011 ^{c,d}
Aug-20	80	7.71 ± 0.13	4.73 ± 0.24	3.077 ± 0.089	0.008 ± 0.001	0.94	0.87	I	1.065 ± 0.022 ^{b,c}
Sep-20	98	7.82 ± 0.10	5.00 ± 0.18	2.866 ± 0.120	0.013 ± 0.003	0.86	-1.12	I	1.114 ± 0.029 ^{a,b}
Oct-20	64	8.08 ± 0.14	5.18 ± 0.26	3.351 ± 0.077	0.004 ± 0.001	0.97	4.56	P	1.006 ± 0.011 ^{c,d}
Nov-20	73	7.46 ± 0.15	4.08 ± 0.25	3.136 ± 0.065	0.007 ± 0.001	0.97	2.09	P	0.995 ± 0.013 ^{c,d}
Dec-20	82	7.73 ± 0.16	4.86 ± 0.28	3.165 ± 0.083	0.007 ± 0.001	0.95	1.99	P	1.048 ± 0.022 ^{b,c}
Jan-21	81	8.18 ± 0.18	5.74 ± 0.34	3.456 ± 0.070	0.003 ± 0.001	0.97	6.51	P	0.996 ± 0.016 ^{c,d}
Feb-21	74	7.79 ± 0.19	4.85 ± 0.36	3.399 ± 0.066	0.004 ± 0.001	0.94	6.05	P	0.965 ± 0.015 ^d
Mar-21	82	7.05 ± 0.14	4.08 ± 0.24	3.272 ± 0.075	0.006 ± 0.001	0.96	3.63	P	1.169 ± 0.019 ^a
Total	1,031	7.58 ± 0.14	4.46 ± 0.24	3.229 ± 0.051	0.006 ± 0.001	0.95	9.08	P	1.018 ± 0.011

et al., 2006) between dry and wet seasons did not impact the growth pattern of this mudskipper, coinciding with the previous study in Penang, Malaysia (Mohd & Khaironizam, 2019). The *b* value of immature (3.329 ± 0.113 SE) and mature fish (3.181 ± 0.027 SE) was more significant than 3 (Table 1). With regard to the studied sites, the coefficient *b* was >3 ($t_{DHV} = 6.35$, $t_{DST} = 1.66$, $t_{DHBL} = 3.60$, and $t_{DDCM} = 6.52$, $p < 0.05$ for all cases, Table 1). This showed that the fish would be plumped as they grew. The opposite outcomes were found in *Ps. barbarous* in Nigeria (King & Udo, 1998), *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2016), *T. vagina* (Dinh, 2016c), *B. koilomatodon* (Lam & Dinh, 2021), *Glossogobius giuris* (Phan et al., 2021b) in the MD. Particularly for *Stigmatogobius pleurostigma*, the *b* value was significantly lower than the isometric threshold (>3), suggesting the goby was slim in body shape (Dinh, 2017a).

Regarding months, *b* of *Ps. chrysospilos* was more significant than 3 most of the time, except in April, May, and June to August (*b* ≈ 3 , Table 2). The monthly variation in growth pattern was also found in its congener – *Ps. barbarus* in Imo River estuary, Nigeria (King & Udo, 1998). It seemed that environmental conditions influenced the growth patterns of this fish, which was found in *Pn. schlosseri* who displayed isometric allometry in Malaysia (Khaironizam & Norma-Rashid, 2002) and Vietnam (Dinh, 2016a), while showed negative allometry in Bangladesh (Saha, 2013). By contrast, the growth pattern of some fish living in the MD like *Pd. elongatus* (Tran, 2008), *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2016) and *T. vagina* (Dinh, 2016c) showed well adaptation to their habitat and the environmental conditions had no impact on their growth.

Condition factor

The condition factor (CF) of *Ps. chrysospilos* varied with size, season and month. Specifically, in the group of immature fish, this coefficient had a value of 1.016 ± 0.001 SE, but when the fish reached the mature stage, this coefficient was more elevated than 1.018 ± 0.008 SE ($t = -0.18$, $p < 0.05$). Similarly, the CF in the dry season (1.014 ± 0.008 SE) was smaller than in the rainy season (1.020 ± 0.007 SE, $t = -0.57$, $p < 0.05$). This coefficient also changed over the study months and fluctuated from 0.944 ± 0.008 in June to 1.169 ± 0.019 SE in March. It showed that CF of *Ps. chrysospilos* was not impacted by sex but dependent on temporal factors. Likewise, the change of CF of *Ps. barbarus* was not affected by genders (King & Udo, 1998; Chukwu & Deekae, 2011). On the contrary, CF expressed a positive relationship with fish developmental stage like *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2016). The CF value of *Ps. chrysospilos* in the wet season was higher than the dry season (Table 1), as it fluctuated around the threshold of 1 within twelve months (Table 2). Similar to a previous study in Penang, Malaysia (Mohd & Khaironizam, 2019), the CF was higher than 1, indicating that *Ps.*

chrysospilos could be living in a favorite environment, where other gobiid species were present such as *Pd. elongatus* (Tran, 2008), *Pa. serperaster* (Dinh et al., 2016) and *T. vagina* (Dinh, 2016c).

The condition factor of the mudskipper *Ps. chrysospilos* was also influenced by gender × site ($F = 6.66$, $p < 0.05$) and season × site ($F = 5.38$, $p < 0.05$). However, this coefficient was not affected by gender × season ($F = 1.37$, $p > 0.05$). This result was different from the work of Dinh et al. (2016) for *Pa. serperaster*, which was affected by the interaction between gender and season in the MD. Furthermore, in *B. koilomatodon*, this value was independent of gender × season and gender × site, but dependent on season × site (Lam & Dinh, 2021).

Conclusion

Fish total length and weight of *Ps. chrysospilos* showed sexual and spatiotemporal variations. The weights of the two sexes, two seasons, four sites and twelve months were estimated from the fish given lengths. Although the species displayed temporal variation in growth patterns, it generally showed positive allometry indicating that the fish would be plumped as it grew in size. The CF was close to the well-being value of one and was not influenced by sex but by season, site and month variations. The findings of the present study showed that *Ps. chrysospilos* adapted well to their habitat.

Ethical Clearance

The use of fish in the present study is assessed and approved by the Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University (Animal Welfare Assessment number: BQ2020-03/KSP). Please find the full certificate in the supplementary materials.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

This work is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number 106.05-2019.306. The authors would like to thank the local fishers for the samples collection.

Appendix A

<https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.009>.

References

- Abdoli, L., Kamrani, E., Abdoli, A., Kiabi, B., 2009. Length-weight relationships for three species of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of the Persian Gulf, Iran. *Journal of Applied Ichthyology* 25 (2), 236–237. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01232.x>.
- Chukwu, K., Deekae, S., 2011. Length-weight relationship, condition factor and size composition of *Periophthalmus barbarus* (Linneaus 1766) in New Calabar River, Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America* 2 (7), 1069–1071.
- Diep, A.T., Dinh, Q.M., Tran, D.D., 2014. Species composition of gobiidae distributed in the coastal areas, Soc Trang Province. *VNU Journal of Sciences: Natural Sciences and Technology* 30 (3), 68–76.
- Dinh, Q.M., 2014a. A preliminary study on length-weight relationship of the mudskipper *Boleophthalmus boddarti* in Soc Trang. *Tap chi Sinh hoc* 36 (1), 88–92. <https://doi.org/10.15625/0866-7160.2014-0010>.
- Dinh, Q.M., 2014b. Length-weight relationship of golden tank goby *Glossogobius aureus* Akibito & Meguro, 1975 in Con Tron River, Soc Trang Province. In: The 2nd national scientific conference on marine biology and sustainable development. Vietnam, Natural Science and Technology Publisher, Hai Phong, pp. 467–472.
- Dinh, Q.M., Ly, T.V., 2014. Preliminary study result of length – weight of tank goby, *Glossogobius giuris*, distributing in Soc Trang. *Can Tho University Journal of Science* 2014 (2), 220–225.
- Dinh, Q.M., 2015. A preliminary study on length – weight relationship of the Linecheek tank goby. *Hanoi Pedagogical University 2 Journal of. Science* 37, 52–57.
- Dinh, Q.M., 2016a. Growth and body condition variation of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* in dry and wet seasons. *Tap chi Sinh hoc* 38 (3), 352–358 <https://doi.org/10.15625/0866-7160/v38n3.7425>.
- Dinh, Q.M., 2016b. Length-weight relationship of the goby *Oxyeleotris urophthalmus* in Soc Trang. In: The 2nd national scientific conference on biological research and teaching in Vietnam. Vietnamese National University Publisher, Da Nang, pp. 637–641.
- Dinh, Q.M., 2016c. Growth pattern and body condition of *Trypauchen vagina* in the Mekong Delta. Vietnam. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 26 (2), 523–531.
- Dinh, Q.M., Qin, J.G., Dittmann, S., Tran, D.D., 2016. Morphometric variation of *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) in dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Ichthyological Research* 63 (2), 267–274. <https://doi.org/10.1007/s10228-015-0497-0>.
- Dinh, Q.M., 2017a. Morphometrics and condition factor dynamics of the goby *Stigmatogobius pleurostigma* (Bleeker 1849) during dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Asian Fisheries Sciences* 30 (1), 17–25 <https://doi.org/10.33997/j.afs.2017.30.1.002>.
- Dinh, Q.M., 2017b. The length-weight relationship of the duckbill sleeper *Butis butis* (Hamilton, 1822). *Journal of Science and Technology, the University of Danang* 112 (2), 47–49.
- Dinh, Q.M., 2018. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. *Journal of Applied Ichthyology* 34 (1), 103–110. <https://doi.org/10.1111/jai.13521>.
- Dinh Q.M., Tran D.D., Vo T.T., Nguyen M.T., Phan N.Y., 2018. Study on species composition and some biodiversity indices of gobies distributing in the muddy flat along the coastline in the Mekong Delta, In, Can Tho, Can Tho University, 156.
- Dinh, Q.M., 2019. The variation of growth pattern and condition factor of *Glossogobius aureus* at different fish sizes during dry and wet seasons. In: Proceeding of The first national conference on Ichthyology in Vietnam. Publishing House of Natural Sciences and Technology, Ha Noi, pp. 174–181.
- Dinh, Q.M., Lam, T.T.H., Nguyen, T.H.D., Nguyen, T.M., Nguyen, T.T.K., Nguyen, N.T., 2021. First reference on reproductive biology of *Butis koiliomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. *BMC Zoology* 6 (1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40850-021-00072-y>.
- Froese, R., 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22 (4), 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>.
- Houde, A.E., 2001. Sex roles, ornaments, and evolutionary explanation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (23), 12857–12859.
- Jaafar, Z., Perrig, M., Ming, C.L., 2009. *Periophthalmus variabilis* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novemradiatus*. *Zoology Science* 26 (4), 309–314. <https://doi.org/10.2108/zsj.26.309>.
- Jisr, N., Younes, G., Sukhn, C., El-Dakdouki, M.H., 2018. Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon. *The Egyptian Journal of Aquatic Research* 44 (4), 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.004>.
- Khaironizam, M.Z., Norma-Rashid, Y., 2002. Length-weight relationship of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia. *Naga* 25 (3–4), 20–22.
- King, R.P., Udo, M.T., 1998. Dynamics in the length-weight parameters of the mudskipper *Periophthalmus brabarus* (Gobiidae), in Imo River estuary, Nigeria. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52 (2), 179–186.
- Kottelat, M., Whitten, T., Kartikasari, S.N., Wirjoatmodjo, S., 1993. Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi. Jakarta, Indonesia, Peripus Editions.
- Lam, T.T.H., Dinh, Q.M., 2021. Factors affecting growth pattern and condition of *Butis koiliomatodon* (Bleeker, 1849) (Gobiiformes: Eleotridae) from the Mekong Delta. Vietnam. *Acta Zoologica Bulgarica* 73 (1), 99–106.
- Le Cren, E., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20 (2), 201–219.
- Le, H.T., Dinh, Q.M., Hua, U.V., Nguyen, T.H.D., 2021. The morphological measurement variations of *Periophthalmus chrysospilos* along the coastline in the Mekong Delta. In: VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 1–10.
- Le T., Nguyen M.T., Nguyen V.P., Nguyen D.C., Pham X.H., Nguyen T.S., Hoang V.C., Hoang P.L., Le H., Dao N.C., 2006. Provinces and City in the Mekong Delta, in: Edited by Le T., Geography of Provinces and Cities in Vietnam, vol. VI, Ha Noi, Education Publishing House, pp. 49–94.
- Lindström, K., Hellström, M., 1993. Male size and parental care in the sand goby, *Pomatoschistus minutus*. *Ethology Ecology & Evolution* 5 (1), 97–106.
- Mahmood, K., Ayub, Z., Moazzam, M., Siddiqui, G., 2012. Length-weight relationship and condition factor of *Ilisha melastoma* (Clupeiformes: Pristigasteridae) off Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 44 (1), 71–77.
- Martin, W.R., 1949. The mechanics of environmental control of body form in fishes, Vol. 58. University of Toronto Press, Canada.
- Metin, G., Ilkyaz, A.T., Soykan, O., Kinacigil, H.T., 2011. Age, growth and reproduction of four-spotted goby, *Deltentosteus quadrifasciatus* (Valenciennes, 1837), in Izmir Bay (central Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology* 35 (5), 711–716.
- Mohd, A.I.C., Khaironizam, M.Z., 2019. Length-weight relationships, condition factor and growth parameters of *Periophthalmus chrysospilos* (Bleeker, 1852) (Gobiiformes: Gobiidae) in Bayan Bay, Penang, Malaysia. *Sains Malaysiana* 48 (2), 271–279. <https://doi.org/10.17576/jsm-2019-4802-02>.
- Murdy, E.O., 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). *Australian Museum Journal* 11, 1–93. <https://doi.org/10.3853/j.0812-7387.11.1989.93>.
- Murdy E.O., Jaafar Z., 2017. Taxonomy and systematics review, in: Edited by Jaafar Z., Murdy E.O., Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers, Boca Raton, CRC Press, pp. 1–36.
- Panicker, B., Katchi, V., Gore, B., 2013. Morphometry and length-weight relationship of goby, *Parachaeturichthys ocellatus* (Day 1873) from Malad creek, Mumbai. *International Journal of Engineering and Science Invention* 2 (7), 86–91.
- Phan, G.H., Dinh, Q.M., Truong, N.T., Nguyen, T.H.D., Nguyen, T.T.K., 2021a. The intraspecific and spatio-temporal changes in growth pattern and condition factor of *Glossogobius aureus* inhabiting in the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 25 (2), 591–599.
- Phan, G.H., Le, L.T.T., Dinh, Q.M., Truong, N.T., Nguyen, T.H.D., 2021b. Length-weight relationship, growth pattern and condition factor of *Glossogobius giuris* caught from coastal areas in the Mekong Delta. *AACL Bioflux* 14 (3), 1478–1485.
- Ricker, W.E., 1973. Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30 (3), 409–434. <https://doi.org/10.1139/f73-072>.
- Saha, B., 2013. Mudskipper, *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas) from the Naf river. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 47 (4), 449–452. <https://doi.org/10.3329/bjsir.v47i4.14076>.
- Tran, D.D., 2008. Some aspects of biology and population dynamics of the goby *Pseudapocryptes elongatus* (Cuvier, 1816) in the Mekong Delta PhD thesis. Universiti Malaysia Terengganu.
- Tran, D.D., Shibukawa, K., Nguyen, T.P., Ha, P.H., Tran, X.L., Mai, V.H., Utsugi, K., 2013. *Fishes of Mekong Delta. Can Tho, Can Tho University Publisher, Vietnam*.
- Tran, D.D., Nguyen, V.T., To, H.T.M., Nguyen, T.T., Dinh, Q.M., 2020. Species composition and biodiversity index of gobid assemblage in estuarine areas of the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries* 24 (7), 931–941 <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.131385>.
- Tran, D.D., Le, B.P., Dinh, Q.M., Duong, N.V., Nguyen, T.T., 2021. Fish species composition variability in Cu Lao Dung, Soc Trang, Vietnam. *AACL Bioflux* 14 (4), 1865–1876.
- Tran H.D., Nguyen H.H., Ha L.M., 2021b. Length-weight relationship and condition factor of the mudskipper (*Periophthalmus modestus*) in the Red River Delta. *Regional Studies in Marine Science*, 46, 1–8. <https://doi.org/j.rsma.2021.101903>.
- Truong, N.T., Phan, G.H., Dinh, Q.M., Nguyen, T.H.D., Nguyen, T.T.K., 2021. Growth and condition factor of the commercial goby *Glossogobius sparsipinnis* living along Bassac River, Vietnam. *AACL Bioflux* 14 (3), 1695–1701.



Research article

Gastrointestinal morphology and feeding intensity of *Periophthalmus gracilis* caught from some coastal provinces in the Mekong Delta, Vietnam

U Van Hua^{1,2}, Quang Minh Dinh^{3,*}, Ton Huu Duc Nguyen³

¹PhD Student at Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Can Tho 900000, Vietnam

²Department of Biology, Hoang Dieu High School, Soc Trang 950000, Vietnam

³Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho 900000, Vietnam

Abstract

This study provided data on gastrointestinal tract morphology and feeding intensity of slender mudskipper *Periophthalmus gracilis* distributed in some coastal provinces in the Mekong Delta, Vietnam. Fish specimens were sampled monthly by hand-catching, from January 2022 to December 2022, in four provinces in the Mekong Delta: Tra Vinh, Soc Trang, Bac Lieu, and Ca Mau. The samples were sex differentiation, total length and weight, gut length, gastrointestinal morphology, and gastro-somatic index. The analysis results showed that the species had a protruding upper jaw with a longer upper jaw bone length. The teeth are large and sharp, with pointed molars and unevenly distributed in a row on the upper jaw. The tongue was short and had a round tip. The gastrointestinal tract had an elastic tube-shaped esophagus, a short sac-shaped stomach, and long, straight curving tube intestines. The feeding intensity of the mudskipper varied by season and month, with differences between male and female mudskippers. However, the feeding intensity of mature and immature fish groups was the same. The slender mudskipper's feeding intensity was not affected by the interaction of sex, size, and site. These findings provided new information on the mudskipper's gastrointestinal tract morphology and feeding habit. This finding can be used to inform research on the conservation and aquaculture of the species in its natural habitat.

Keywords: Feeding intensity, gastrointestinal morphology, gastro-somatic index, *Periophthalmus gracilis*

*Corresponding author: Quang Minh Dinh, Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho 900000, Vietnam.
Email: dmquang@ctu.edu.vn

Funding;

Article history: received manuscript: 5 January 2023
revised manuscript: 10 March 2023
accepted manuscript:

published online:

Academic editor; Nguyen Trong Ngu



Open Access Copyright: ©2021 Author(s). This is an open access article distributed under the term of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

INTRODUCTION

Periophthalmus gracilis belongs to the family Oxudercidae with 32 genera and 58 species (Nguyen, 2005), distributed in the Indo-Pacific and Western Pacific regions (Froese and Pauly, 2022). In Southeast Asia, this fish is found in the coastal mudflats of Singapore, Indonesia, Malaysia, Thailand, and Vietnam (Khaironizam and Norma-Rashid, 2002; Larson et al., 2008; Tran, 2013; Diep et al., 2014; Tran and Dinh, 2020; Tran and Dinh, 2021b). This fish is exploited for food and has high economic value in Taiwan and Japan (Ip et al., 1990). In addition, some are also exploited and sold as ornamental fish. This fish lives in coastal estuarine mudflats, where brackish and saltwater habitats exist (Murdy, 1989; Kottelat et al., 1993; Jaafar et al., 2009). They have distinctive physiological and behavioral characteristics because of their ability to survive out of water for several hours (Murdy, 1989; Jaafar et al., 2009). According to (Murdy and Jaafar, 2017), mudskippers are special fish; their gills have an evolved part that acts as “lungs”. Therefore, they can live in the water and mudflats for a short time. In addition, they are also environmental indicators for mangrove ecosystems (Murdy and Jaafar, 2017). Dinh et al. (2022) studied factors influencing morphological traits of *Periophthalmus gracilis* Eggert, 1935 in several coastal provinces in the Mekong Delta. However, there is no data on its gastrointestinal tract morphology and gastro-somatic index (GI)—an indicator for feeding intensity. Therefore, the study was conducted to provide data on the gastrointestinal tract morphology and GI of this mudskipper and to analyze the interactions of sex, size, season, and sampling site on the GI variation of this fish. The findings of this study can provide valuable information for further artificial culture study on this species in study region.

MATERIALS AND METHODS

Sample collection and sample analysis

Periophthalmus gracilis samples were collected periodically once a month and continuously for 12 months from January 2022 to December 2022 at four coastal locations in the Mekong Delta, including Duyen Hai - Tra Vinh (TV), Tran De - Soc Trang (ST), Dong Hai - Bac Lieu (BL) and Dam Doi - Ca Mau (CM) (Figure 1). Fish samples were collected by hand-catching in coastal mudflats, anesthetized with MS222, and stored in 10% formalin solution, and then these samples were then expressed to the laboratory for further studies. The fish's weight (W; ± 0.01 g) and length (TL; ± 0.1 cm) were measured before removing the intestine for further analysis. The use of fish was approved by The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University.

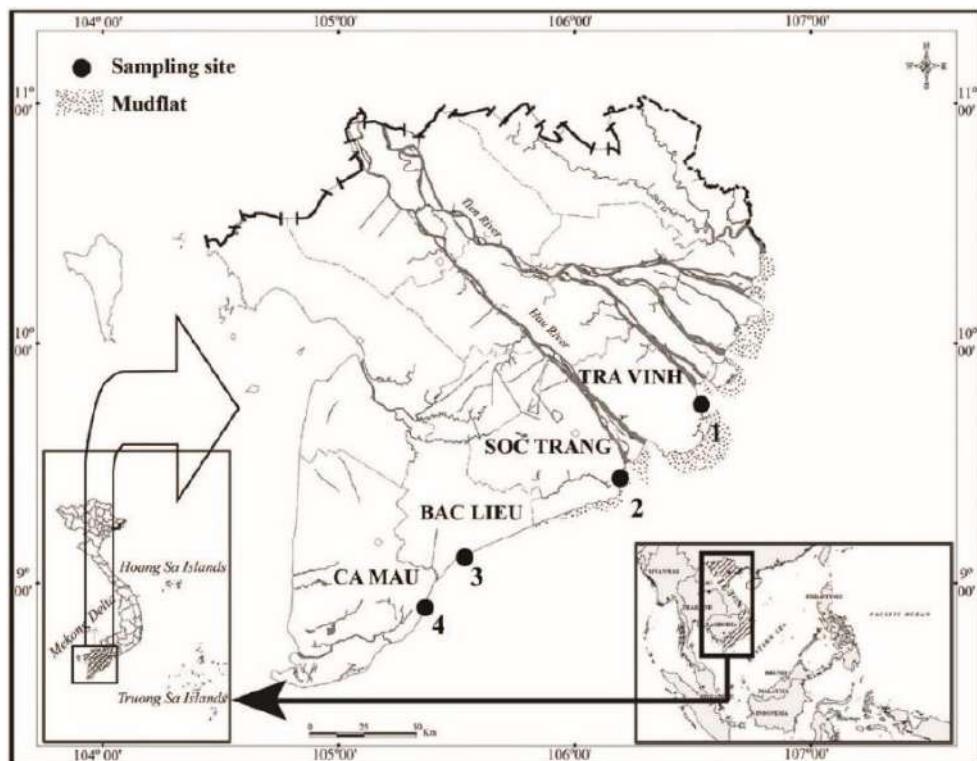


Figure 1 Four sites of slender mudskipper collection in the Mekong Delta, Vietnam (1: Duyen Hai - Tra Vinh; 2: Tran De - Soc Trang; 3: Dong Hai - Bac Lieu; 4: Dam Doi - Ca Mau; modified from [Dinh \(2018\)](#)).

The gastrointestinal morphology of mudskipper was described based on the method of [Nikolsky \(1963\)](#). The feeding intensity of fish was determined based on the gastro-somatic index by way of [Desai \(1970\)](#). Gastro-somatic index (GI) = gut-weight/fish weight.

Data analysis

The PERMANOVA added in PRIMER v.6 software was used to verify the variation of GI concerning sex, size, season, month, site, sex × season, sex × site, size × season, size × site, and season × site. The test was conducted at the 5% significance level.

RESULTS AND DISCUSSION

Gastrointestinal tract morphology

Analysis results of 1,288 (649 females and 639 males) showed that *Periophthalmus gracilis* had a protruding upper jaw and longer maxillary bone (Fig. 2), indicating that they capture prey from the substrate rather than the bottom. *Periophthalmus gracilis*, like other mudskippers, had teeth that were large and unevenly distributed in one jaw, and the molars were sharp, pointed, and arranged in a row on the upper jaw. This dental morphology was necessary for their feeding behavior, which primarily involved capturing and crushing small invertebrates and fish on muddy or sandy substrates (Fig 3).



Figure 2 Fish head and mouth.

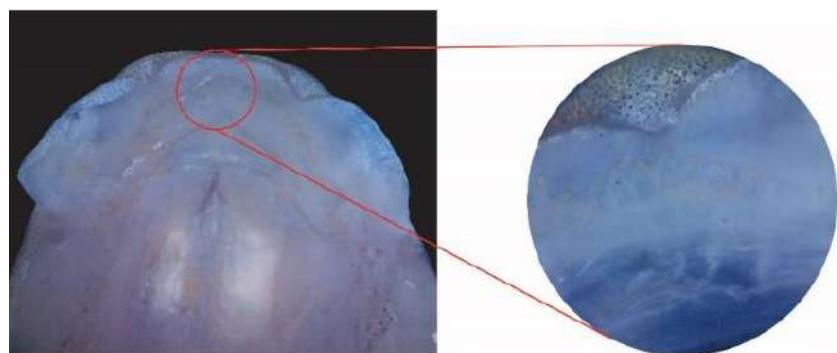


Figure 3 Teeth of fish.

The average body length of *Periophthalmus gracilis* was 4.41 ± 0.02 SE cm, while the average gut length was 1.95 ± 0.02 SE cm. The relative gut length value was 0.44 ± 0.02 SE and less than one, indicating that this fish belonged to carnivores. The mudskipper's tongue was motionless and short, and its tip was round and connected to the gill arches of the fish. The gill rakers (Fig. 4), finger-like projections on the gill arches, were large, coarse, arranged in a row, and directed towards the oropharynx. These gill rakers helped prevent unwanted particles from entering the fish's respiratory system while allowing water to pass over the gill filaments, where gas exchange occurs.

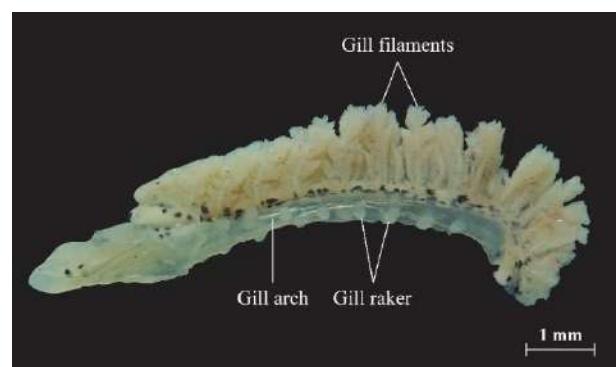


Figure 4 A gill arch of fish.

Like other fish species, *Periophthalmus gracilis* had a large and elastic esophagus that helped transport food from the mouth to the stomach. However, the esophagus did not have many folds inside to support the passage of food; instead, it was relatively smooth and muscular. The mudskipper's stomach was located at the end of the esophagus and had a short and sac-shaped structure (Fig. 5). The stomach walls were thick and muscular, allowing for solid contractions to mix and break down food. The stomach also had many folds or rugae inside, which increased its surface area and allowed it to hold more significant amounts of food.

After the stomach, the intestine of *Periophthalmus gracilis* continued as a long, straight, and curving tube, which was adapted to maximize nutrient absorption. However, the intestine was not short; it could be pretty long, sometimes up to several times the length of the fish's body. The intestine walls were relatively thin and smooth, without many folds or rugae, allowing easy food passage and efficient nutrient absorption (Fig. 5). In some other mudskipper species in the Mekong Delta also showed similar results, such as *Periophthalmodon schlosseri* (Tran et al., 2019a), *Periophthalmus variabilis* (Dinh et al., 2021; Tran and Dinh, 2021a). This assumption was also found in some of the fish species of the family Gobiidae, including *Oxyeleotris urophthalmus* (Toan and Dinh, 2014), *Eleotris melanosoma* (Vo et al., 2014; Dinh et al., 2017a), *Periophthalmodon schlosseri* (Zulkifli et al., 2012; Tran et al., 2019a) and *Periophthalmodon septemradiatus* (Dinh et al., 2018).

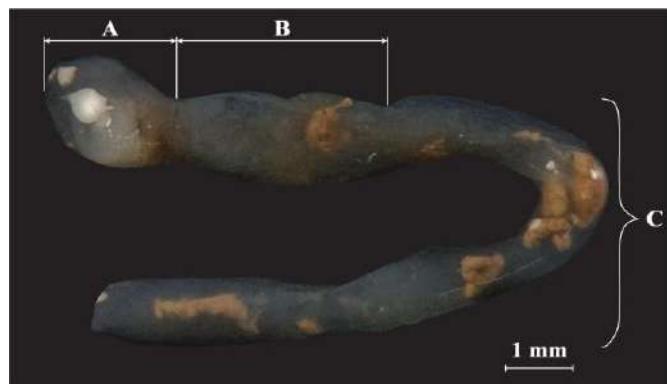


Figure 5 Gastrointestinal tract morphology of the slender mudskipper *Periophthalmus gracilis* (A: Esophagus; B: stomach; C: intestines).

Feeding intensity

The GI values of this species varied with sex (Pseudo-F=44.81; p=0.00), season (Pseudo-F=119.96; p=0.00), and size × season (Pseudo-F=4.24, p=0.05), but not other factors. These findings are consistent with previous studies on other fish species, e.g., *Parapocryptes serperaster* (Dinh et al., 2017b), *Eleotris melanosoma* (Vo et al., 2014), and *Stigmatogobius pleurostigma* (Dinh and Tran, 2018) in the Mekong Delta.

Typically, *Periophthalmus gracilis* had an average GI of 4.13 ± 0.10 SE, and its feeding intensity remained stable concerning fish size (Pseudo-F=0.32, p=0.81). Mature and immature slender mudskippers did not show

significant differences in GI values, with mature mudskippers having a GI value of 4.11 ± 0.07 SE and immature mudskippers having a GI value of 4.16 ± 0.13 SE. The GI of *Periophthalmus gracilis* was relatively low compared to other mudskipper species in the Mekong Delta, Vietnam, such as *Periophthalmodon schlosseri* (Tran et al., 2019b), *Periophthalmus variabilis* (Tran and Dinh, 2021a) or even some species of Gobiidae like *Periophthalmodon septemradiatus* (Dinh et al., 2018), *Parapocryptes serperaster* (Dinh et al., 2017b), *Eleotris melanosoma* (Dinh et al., 2017a).

In addition, the intensity of females (4.48 ± 0.10 SE) was significantly higher ($p < 0.05$) than in males (3.77 ± 0.09 SE). This difference could result from the increased nutritional requirements of the female during development or spawning. Similarly, the feeding intensity of this fish was significantly different by season, with the GI value in the dry season (0.63 ± 0.01 SE) considerably higher than that of the wet season (0.59 ± 0.00 SE, $p < 0.05$). It was clear that rainfall and changes in the environments of the two different seasons strongly affect the feeding intensity of slender mudskippers. *Periophthalmus variabilis* also had significant changes in GI value in two seasons (Tran and Dinh, 2021a), as well as *Eleotris melanosoma* (Dinh et al., 2017a) and *Stigmatogobius pleurostigma* (Dinh and Tran, 2018).

Similar to the season, Fig. 6, which presents the survey results conducted in January 2022 over 12 months, also revealed significant differences ($p < 0.05$) in the GI of this mudskipper. The highest GI value was observed in October (3.63 ± 0.20 SE), while the lowest was recorded in January (1.77 ± 0.06 SE), with GI values ranging from 1.90 - 2.96 SE for the remaining months. These findings are consistent with previous studies by Dinh et al. (2017b), Dinh et al. (2017a), and Dinh and Tran (2018), which also reported changes in feeding intensity month by month in other fish species, such as *Parapocryptes serperaster*, *Eleotris melanosoma*, and *Stigmatogobius pleurostigma* in the Mekong Delta.

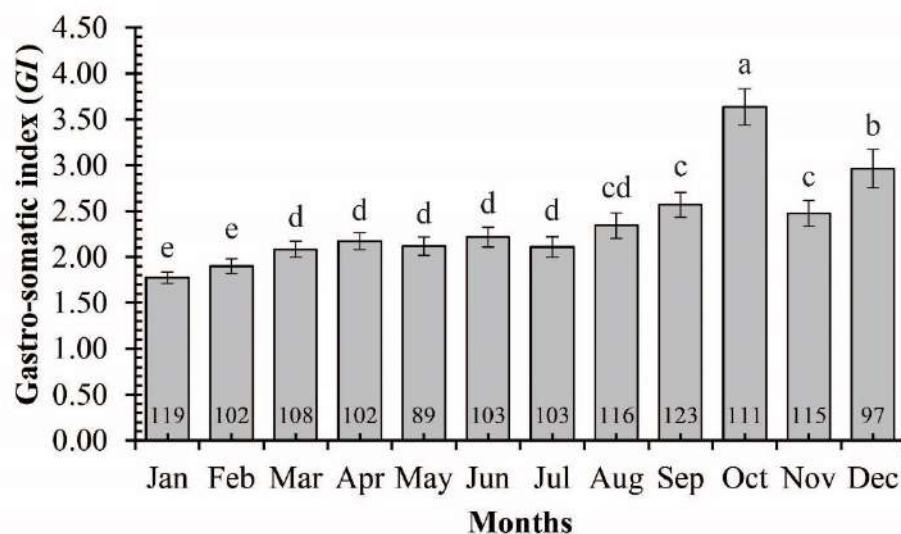


Figure 6 The variation in the gastro-somatic index value of *Periophthalmus gracilis* among four sites (different letters a, b, c, and d: significant differences).

The study found that the feeding intensity of *Periophthalmus gracilis* remained stable and consistent across all four sampling sites, with an average GI value ranging from 4.01-4.21. Interestingly, the highest GI value was observed in Bac Lieu (4.21 ± 0.09 SE), while the lowest was recorded in Ca Mau (4.01 ± 0.12 SE). In Tra Vinh and Soc Trang sites, the GI value was determined to be 4.11 ± 0.08 SE and 4.19 ± 0.06 SE, respectively. However, the feeding intensity of the fish varied depending on changes in their environment.

The analysis of *Periophthalmus gracilis*' gastro-somatic index revealed that gender, size, season, and site did not significantly affect GI value when examined in pairs ($p > 0.05$). The interaction of sex and size (Pseudo-F=3.39, $p=0.05$), sex and season (Pseudo-F=1.05, $p=0.28$), sex and site (Pseudo-F=1.99, $p=0.10$), size and season (Pseudo-F=0.05, $p=0.99$), size and site (Pseudo-F=0.77, $p=0.50$), and season and site (Pseudo-F=2.36, $p=0.07$) were found to be non-significant. Additionally, the interaction of sex, size, season and site (Pseudo-F=0.87, $p=0.45$) was also non-significant. This finding is in line with a previous study conducted in 2018 by Dinh et al., which found that interactions between fish size and site, fish size and season, and site and season do not affect the feeding intensity changes in *Periophthalmodon septemradiatus*.

CONCLUSIONS

Periophthalmus gracilis was a carnivorous fish with a unique mouth morphology that allowed it to catch prey at the bottom. Its teeth were large and unevenly distributed in one jaw, with sharp, pointed molars arranged in a row. The fish had a short, thick-walled stomach with many folds to hold large food and a long, elastic intestine with numerous folds for high elasticity. The study found that the gastro-somatic index of the fish is influenced by sex and season but not by maturity, size, or sampling location. Female mudskippers had a different prey-catching intensity than males, but mature and immature fish groups had the same intensity. The results provide valuable data on the feeding behavior of *Periophthalmus gracilis* in the Mekong Delta, which can be used to inform future research on its aquaculture.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number: 106.05-2019.306.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

U Van Hua; Investigation, methodology, formal analysis, manuscript preparation, editing, and finalization

Quang Minh Dinh; Conceptualization and design of the experiment, investigation, supervision, editing, and finalization

Ton Huu Duc Nguyen; Conceptualization and design of the experiment, investigation, editing, and finalization

CONFLICT OF INTEREST

We have no conflict of interest.

REFERENCES

- Desai V.R., 1970. Studies on fishery and biology of *Tor tor* (Hamilton) from river Narmada. I. Food and feeding habits. Journal of the Inland Fisheries Society of India, 2, 101-112.
- Diep A.T., Dinh Q.M., Tran D.D., 2014. Species composition of gobiidae distributed in the coastal areas, Soc Trang Province. VNU Journal of Sciences: Natural Sciences and Technology, 30 (3), 68-76.
- Dinh Q.M., Nguyen D.T., Danh S., 2017a. Food and feeding habits of the broadhead sleeper *Eleotris melanostoma* from coastline in Soc Trang, in: Proceedings of the 7th National Scientific Conference on Ecology and Biological Resources, Ha Noi, Edited by Le C.X., Publishing House for Science and Technology, pp. 1873-1879.
- Dinh Q.M., Qin J.G., Dittmann S., Tran D.D., 2017b. Seasonal variation of food and feeding in burrowing goby *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) at different body sizes. Ichthyological Research, 64 (2), 179-189.
- Dinh Q.M., Tran L.T., Nguyen T.T.K., 2018. The relative gut length and gastro-somatic indices of the mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* (Hamilton, 1822) from the Hau River. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 34 (3), 75-83.
- Dinh Q.M., Tran M.T.D., 2018. Digestive tract morphology, food and feeding habits of the goby *Stigmatogobius pleurostigma* (Bleeker, 1849) from the Coastline in Soc Trang. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 34 (2), 46-55.
- Dinh, Q.M., 2018. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. Journal of Applied Ichthyology 34, 103-110.
- Dinh Q.M., Nguyen H.T.T., Nguyen T.H.D., Truong N.T., 2021. Study on factor influencing morphological traits of graceful mudskipper *Periophthalmus gracilis* Eggert, 1935. Can Tho University Journal of Science, 57, 139-149.
- Dinh Q.M., Nguyen T.H.D., Truong N.T., Nguyen-Ngoc L., 2022. Factors regulating growth pattern and condition factor of an amphibious fish *Periophthalmus gracilis* living in the Mekong Delta. PeerJ, 10, e13060.
- Froese R., Pauly D., 2022. FishBase. [www.fishbase.org], Accessed: 8/2022.
- Ip Y.K., Chew S.F., Lim L.L., Low W.P., 1990. The mudskipper, in: Essays In Zoology. National University of Singapore. Singapore, National University of Singapore, pp. 83-95.
- Jaafar Z., Perrig M., Chou L.M., 2009. *Periophthalmus variabilis* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novemradiatus*. Zoological Science, 26 (4), 309-314.
- Khaironizam M.Z., Norma-Rashid Y., 2002. Length-weight relationship of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia. Naga, 25 (3-4), 20-22.
- Kottelat M., Whitten T., Kartikasari S.N., Wirjoatmodjo S., 1993. Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi, Jakarta, Indonesia, Periplus Editions. 293.
- Larson H.K., Jaafar Z., Lim K.K.P., 2008. An annotated checklist of the gobioid fishes of Singapore. The Raffles Bulletin of Zoology, 56, 135-155.
- Murdy E.O., 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). Australian Museum Journal, 11, 1-93.
- Murdy E.O., Jaafar Z., 2017. Taxonomy and systematics review, in: Edited by Jaafar Z., Murdy E.O., Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers, Boca Raton, CRC Press, pp. 1-36.
- Nguyen V.H., 2005. [Freshwater fish of Viet Nam], Vol. II, Ha Noi, Agriculture Publishing House. 655.
- Nikolsky G.V., 1963. Ecology of fishes, London, United Kingdom, Academic Press. 352.
- Toan, V.T., Dinh, T.D., 2014. Study on nutritional characteristics of *Oxyeleotris urophthalmus* distributed along Hau river. Can Tho University Journal of Science 2, 192-197.

- Tran C.C., Dinh Q.M., 2021a. Gastrointestinal tract morphology and Clark index of Dusky gilled mudskipper *Periophthalmus variabilis* caught in coastal regions from Tra Vinh to Soc Trang, Bac Lieu and Ca Mau provinces. Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development, 10, 179-184.
- Tran L.T., Son M.S., Vo C.N.M., Hoang H.D., Dinh Q.M., 2019a. Reproductive biology of *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770) along the coastline in Soc Trang and Bac Lieu. Tap chi Sinh hoc, 41 (2se), 229-240. ((in Vietnamese))
- Tran L.T., Dinh Q.M., 2020. Population dynamic of *Periophthalmodon septemradiatus* (Hamilton, 1822) living along the Hau River, Vietnam. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 24 (3), 97-107.
- Tran L.T., Dinh Q.M., 2021b. Population structure of *Periophthalmodon schlosseri* (Perciformes: Gobiidae) in Soc Trang province, Vietnam. AACL Bioflux, 14 (3), 2445-2454.
- Tran T.K., 2013. Composition of goby (Gobiidae and Eleotridae) and some biological characteristics of *Glossogobius sparsipapillus* Akihito and Meguro, 1796 distributed in coastal areas of Thanh Phu district, Ben Tre province., Can Tho, Can Tho University.
- Tran T.L., Hoang D.H., Dinh Q.M., 2019b. Digestive tract morphology, food composition and feeding habits of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770) from the coastline in Tran De, Soc Trang. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 35 (3), 30-38. (in Vietnamese)
- Vo T.T., Tran D.D., Duong O.H.T., 2014. Study on nutritional characteristics of broadhead sleeper (*Eleotris melanostoma* Bleeker, 1853) distributed along the Hau river, in: The 2nd national conference on marine biology and sustainable development. Hai Phong, Science and Technics Publishing House, pp. 507-514.
- Zulkifli S.Z., Mohamat-Yusuff F., Ismail A., Miyazaki N., 2012. Food preference of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* (Teleostei : Gobiidae). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 405, 07p01-07p10.

How to cite this article:

U Van Hua, Quang Minh Dinh, Ton Huu Duc Nguyen. Gastrointestinal morphology and feeding intensity of *Periophthalmus variabilis* caught from some coastal provinces in the Mekong Delta, Vietnam. Veterinary Integrative Sciences. 20XX; XX(X): XXX- XXX.



Research article

Feeding habit and intensity of *Periophthalmus variabilis* caught from some coastal provinces in the Mekong Delta, Vietnam

U Van Hua^{1,2}, Quang Minh Dinh^{3,*}, Ton Huu Duc Nguyen³

¹PhD Student at Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Can Tho 900000, Vietnam

²Department of Biology, Hoang Dieu High School, Soc Trang 950000, Vietnam

³Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho 900000, Vietnam

Abstract

Dusky-gilled mudskipper *Periophthalmus variabilis*, a member of the family Gobiidae, is a potential aquarium pet in the Mekong Delta (MD), Vietnam; however, data on its feeding habit and intensity has been limited. Therefore, this study aims to evaluate the relative gut length (*RGL*) and gastro-somatic index (*GI*) of *P. variabilis* in order to determine the feeding habit and intensity of this mudskipper and its variation regarding sex, size, season, site, and their interaction. One thousand one hundred seventy mudskipper samples were collected monthly in four locations: Duyen Hai-Tra Vinh, Tran De-Soc Trang, Hoa Binh-Bac Lieu, and Dam Doi-Ca Mau from January 2022 to December 2022. The analysis showed that *P. variabilis* was a carnivorous fish with an average *RGL* value of 0.52 ± 0.01 (*RGL*<1). In addition, the *RGL* of this species varied and depended on size, sampling site, season, and the interaction of both size and season with locations. The *GI* of the mudskipper was 4.27 ± 0.29 , indicating that its feeding intensity belonged to the moderate category and varied with size and site but did unchanged with sex, season, and interactions. These results supplement novel knowledge on its feeding habit and intensity, a basis for researching the conservation and aquaculture of *P. variabilis* in MD.

Keywords: Dusky-gilled mudskipper; gastro-somatic index; mudskipper; relative gut length

***Corresponding author:** Quang Minh Dinh, Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Can Tho 900000, Vietnam.
Email: dmquang@ctu.edu.vn

Funding;

Article history: received manuscript: 10 January 2023

revised manuscript: 9 March 2023

accepted manuscript:

published online:

Academic editor; Nguyen Trong Ngu



Open Access Copyright: ©2021 Author(s). This is an open access article distributed under the term of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

INTRODUCTION

Periophthalmus variabilis is distributed in the Indo-Pacific and Western Pacific regions (Froese and Pauly, 2022), including southeast Asia countries: Singapore, Indonesia, Malaysia, Thailand, and Vietnam (Khaironizam and Norma-Rashid, 2002; Larson et al., 2016; Tran and Dinh, 2021). This fish lives in coastal estuarine mudflats, where brackish and marine water habitats exist (Murdy, 1989; Kottelat et al., 1993; Jaafar et al., 2009). This species has distinctive physiological and behavioral characteristics because of its ability to survive in conditions out of water for several hours (Murdy, 1989; Jaafar et al., 2009). In Taiwan and Japan, this species of mudskippers are exploited for food and have a high economic value (Ip et al., 1990). Several species of this fish are being exploited and sold as ornamental fish. In addition, these mudskippers are also environmental indicators for mangrove ecosystems (Murdy and Jaafar, 2017). However, there is no data on the relative gut length (*RGL*) and the Gastro-somatic index (*GI*), which determine fish feeding habit and intensity, respectively. Some recent studies show that fish's feeding habits and intensity change with sex, size, season, and site variables. Therefore, this study was conducted in some coastal provinces in MD to provide data on its *RGL* and *GI* regarding sex, body size, season, and site variables. These parameters, after elucidation, are a valuable basis for future research on the artificial culture of this species in MD.

MATERIALS AND METHODS

Study site and fish collection

Specimens were collected periodically once a month and continuously for 12 months from January 2022 to December 2022 at four locations in the coastal Mekong Delta, Vietnam (Fig. 1): Duyen Hai-Tra Vinh (DHTV; 941'18.6"10630'35.8"E), Tran De-Soc Trang (TDST; 929'26.8"N 10611'58.5"E), Dong Hai-Bac Lieu (DHBL; 906'03.2"N 10529'49.1"E); and Dam Doi-Ca Mau (DDCM; 858'17.5"N10522'51.8"E). The temperature at the sites is approximately 27°C, and little fluctuation between the wet (June–December) and dry (January–May) seasons; Noticeably, precipitation measures varied strongly between the two seasons in a year, with a monthly average of 20 mm in the dry and 400 mm in the wet seasons (Le et al., 2006). The salinity was 12.3–23.5% and also varied in two seasons but not the sites, while the pH was 7.6–7.9 and changed with locations but stable seasons (Dinh et al., 2021).

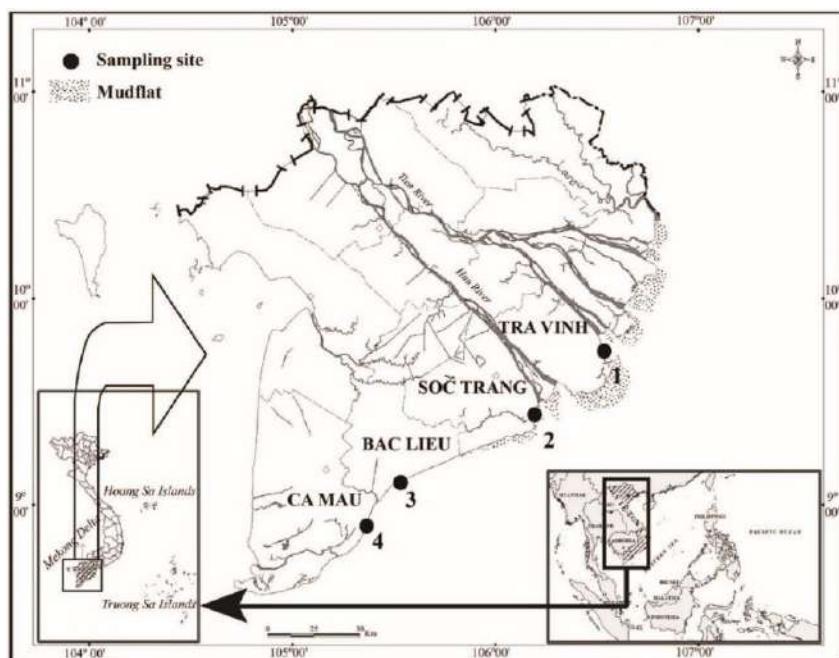


Figure 1 Four sites of dusky-gilled mudskippers collection in the Mekong Delta, Vietnam (1: Duyen Hai district, Tra Vinh province; 2: Tran Đè district, Soc Trang province; 3: Đồng Hải district, Bac Lieu province; 4: Đầm Đồi district, Ca Mau province; modified from [Dinh \(2018\)](#))

Dusky-gilled mudskippers were collected directly by hand-catching for 4 hours continuously at night time with a size of 30 samples/species/month/location. Then, samples were anesthetized with MS222 and stored in a 10% formalin solution to prevent further decomposition of the food in the digestive tract. After that, they were transported to the laboratory for further analysis. The fish weight (W; ± 0.01 g) and length (TL; ± 0.1 cm) were measured before gastrointestinal surgery for further studies. The use of fish was approved by The Council for Science and Education, School of Education, Can Tho University.

Fish analysis

The digestive tract of each mudskipper was carefully removed and measured (± 0.1 cm) to demonstrate the relative gut length (RGL = total length of the gut/the total length of fish). This RGL was an indicator of fish's feeding habits ([Al-Hussaini, 1947](#); [Kapoor et al., 1976](#); [Drewe et al., 2004](#)). Accordingly, $RGL > 3$ meant fish was a herbivore, $RGL = 1 - 3$ signified fish was an omnivore, and $RGL < 1$ indicated fish was a carnivore (Table 1).

Table 1 Classification of relative gut length ([Al-Hussaini, 1947](#))

Number	Relative gut length (RGL)	Feeding habit
1	$RGL < 1$	Carnivorous fishes
2	$1 < RGL < 3$	Omnivorous fishes
3	$RGL > 3$	Herbivorous fishes

The feeding intensity of this fish was estimated from the gastro-somatic index (*GI*). This index is determined based on the formula of Desai (1970) as gut-weight/fish weight.

Data analysis

PRIMER v.6.1.11 (Clarke and Gorley, 2006) with PERMANOVA+ v.1.0.1 add-on package (Anderson et al., 2008) was used to qualify the variation of RGL and GI according to sex, size, season, site, and their interactions at a meaningful level of 5%.

RESULTS

Relative gut length

Based on the relative gut length analysis, the *RGL* of *P. variabilis* ranged from 0.49 ± 0.01 SE to 0.57 ± 0.01 SE, and average *RGL* values of 1,170 specimens were 0.52 ± 0.01 SE (*RGL*<1), this meant that this species fish primarily belonged to the group of carnivorous fishes (Al-Hussaini, 1947). However, *RGL* of *P. variabilis* changed with size (Pseudo-F=16.71, p=0.00), site (Pseudo-F = 5.35, p=0.01), month (Pseudo-F = 8.23, p=0.00, Fig. 2) and season (Pseudo-F = 20.44, p=0.00), but not sex (Pseudo-F = 0.17, p=0.69).

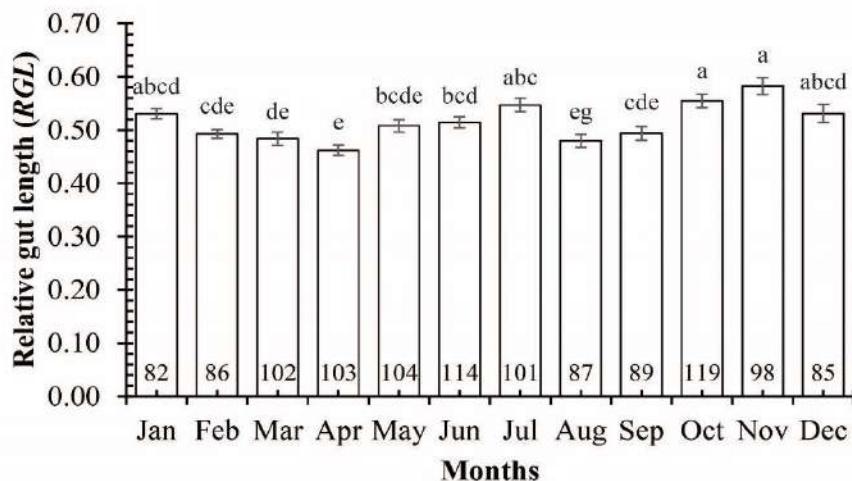


Figure 2 The variation in *RGL* of *Periophthalmus variabilis* among 12 months (the number in each column represented the number of collected fish in each month; different columns with different letters showed a significant difference)

The variation of *RGL* regarding month was presented in Fig. 2, showing that the feeding habits of dusky-gilled mudskippers varied significantly throughout the study period. The *RGL* was the lowest in July, and the highest *RGL* was observed in November, which may be related to this fish's reproductive behavior or maturity. The relationship between the variation of feed composition in the environment over time and the year's seasons could explain this. This result is consistent with the study of (Dinh et al., 2017b; Dinh et al., 2018), which found that *Parapocryptes serperaster* and mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* in the Mekong Delta also had a monthly change in feeding habit.

The spatial *RGL* variation of this mudskipper concerning the site was presented in Fig. 3. the *RGL* of the two locations, including Tra Vinh and Ca Mau, were similar and significantly higher than those of fish in Soc Trang and Bac Lieu. Typically, the *RGL* of mudskipper in Tra Vinh and Ca Mau were 0.54 ± 0.01 SE and 0.53 ± 0.01 SE, whereas samples from Soc Trang and Bac Lieu had *RGLs* of 0.51 and 0.50, respectively.

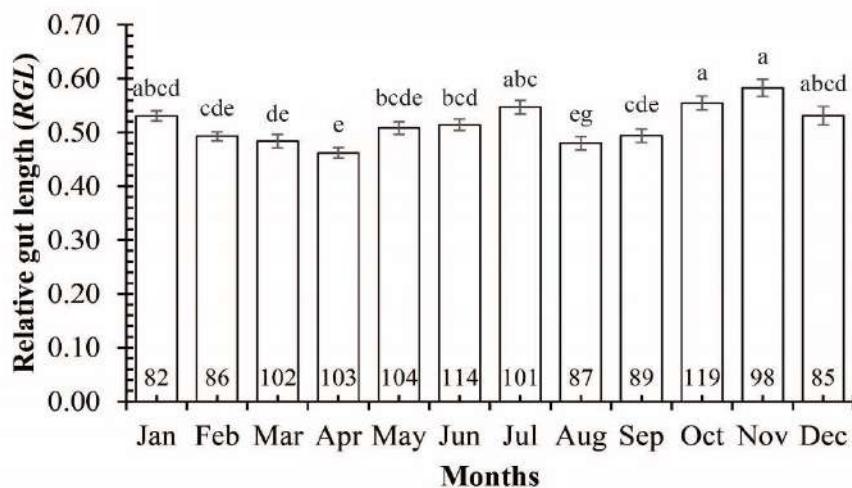


Figure 3 The variation in *RGL* of *Periophthalmus variabilis* among four sites (in different columns with different letters displayed significant differences)

The interactions consisted of sex \times size; sex \times site; sex \times size \times season; sex \times size \times site; sex \times season \times site; and sex \times size \times season \times site showed a significant impact on the *RGL* of *P. variabilis*. For the interaction between sex and site sample on *RGL* (Fig. 4), there was a considerable difference (Pseudo-F=3.96, p<0.05) among those females, with *RGL* of 0.50 ± 0.01 SE in the dry season and 0.53 ± 0.01 SE in the wet season, while males had *RGL* of 0.49 ± 0.01 SE in the dry season and 0.54 ± 0.01 SE in the wet season. Similarly, the interaction of season \times site also indicated a significant difference in impact on the *RGL* of *P. variabilis* (Pseudo-F=13.61, p<0.05). Typically, the value of *RGL* in Bac Lieu and Ca Mau was enormously different between the dry and wet seasons, whereas *RGL* was only slightly different and nonsignificant for Tra Vinh and Soc Trang sites (Fig. 5).

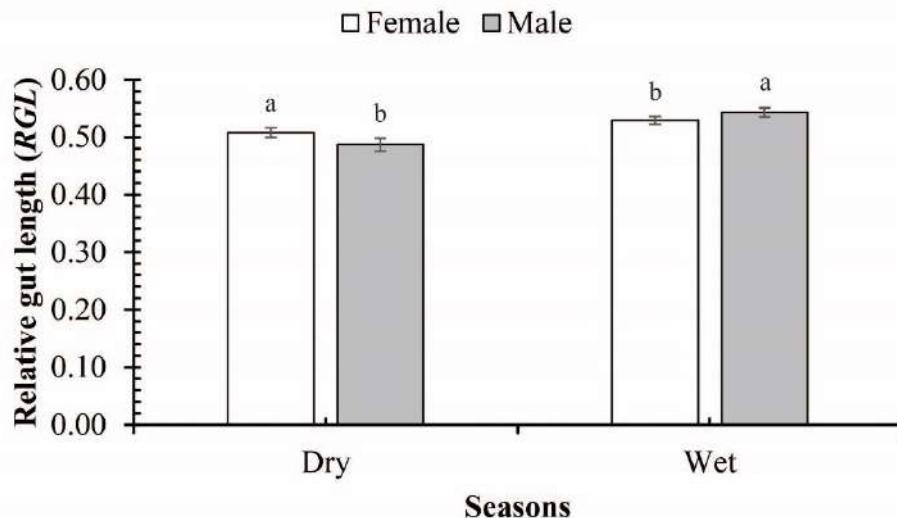


Figure 4 The interaction of sex and Season on RGL index of dusky-gilled mudskipper *Periophthalmus variabilis* (in different columns with different letters displayed significant differences)

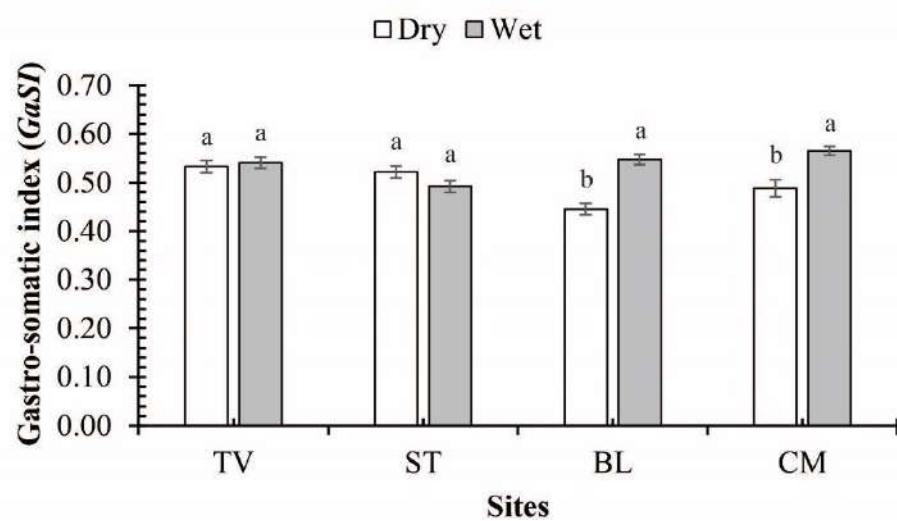


Figure 5 The interaction of site and Season on RGL index of dusky-gilled mudskipper *Periophthalmus variabilis* (in different columns with different letters displayed significant differences)

Similar to this species of *P. variabilis*, several mudskippers in MD also belong to the group of predatory fish such as *Periophthalmodon schlosseri* (Tran et al., 2019) and *Periophthalmodon septemradiatus* (Dinh et al., 2018). This assumption was also found in other fish belonging to the genus of Oxudercinae, such as *Glossogobius giuris* (Pham, 2012; Dinh et al., 2022), *Glossogobius sparsipapillus* (Tran et al., 2021), *Butis koilomatodon* (Nguyen et al., 2020), *Oxyeleotris urophthalmus* (Vo et al., 2014), and *Eleotris melanostoma* (Dinh et al., 2017a). The feeding habits of fish were also not significantly different by sex of *Glossogobius aureus* (Phan et al., 2021).

In short, it was clear that *P. variabilis* was a carnivore based on the relative gut length and Gastro-somatic index of specimens evaluated. The

RGL of this species ranged from the values 0.49 and 0.57 and was divided into a group of carnivorous fish with moderate feeding intensity (Al-Hussaini, 1947). These values were consistent with those previously studied for other *Periophthalmus* species (Clayton, 1993). Besides, there was recorded an ontogenetic shift in the relative gut length in this species; in fact, larger specimens had longer digestive tracts. Moreover, seasonal variations could be contributed to the changes in RGL values, especially in the wet season, because of the abundantly available nutrient for rapid fish development in this season (July to November) (Hortle, 2009). Furthermore, the variation in RGL values between sites convinced by the study of Dinh et al. (2018) in other confamilial taxa-*Periophthalmodon septemradiatus* or the study by Nguyen et al. (2020) in *Butis koilomatodon* from the Mekong Delta

Gastro-somatic index

The gastro-somatic index (GI) of *P. variabilis* was 4.27 ± 0.29 SE and changed with size (Pseudo-F=37.87, p <0.05). In comparison with other previous studies, GI in this species was relatively low compared to some fish species in MD, such as *Periophthalmodon septemradiatus* (Dinh et al., 2018), *Parapocryptes serperaster* (Dinh et al., 2017b), *Eleotris melanosoma* (Dinh et al., 2017a). In addition, female GI (4.15 ± 0.14 SE) was significantly higher than in males (3.79 ± 0.17 SE, p<0.05), indicating that females showed a more vigorous feeding intensity. This difference may be due to the high nutritional requirements of the female during development or spawning. However, the feeding intensity of this fish was not significantly different by season (p>0.05), ranging from 4.05 ± 0.18 SE in the dry season to 3.89 ± 0.13 SE in the wet season. As can be seen, rainfall and changes in habitat conditions of the two seasons did not affect the intensity of preying on this mudskipper. Some species have similar GI between the two seasons, such as *Eleotris melanosoma* (Dinh et al., 2017a) and *Stigmatogobius pleurostigma* (Dinh and Tran, 2018).

Besides, the intensity of this mudskipper also changed significantly differently (p<0.05) among the four sampling sites (Fig 6). Noticeably, the highest GI was in Ca Mau (4.40 ± 0.26 SE), whereas the lowest GI was recorded in Bac Lieu (3.43 ± 0.2), Tra Vinh (3.79 ± 0.21 SE), and Soc Trang (4.25 ± 0.22 SE). Furthermore, the feeding intensity of *P. variabilis* varied and depended on the environmental change. The mudskipper GI also differed significantly among 12-month study (p<0.05), reaching the highest value in November but the lowest one in July (Fig. 7). Similarly, the change of feeding intensity month by month was also found in *Parapocryptes serperaster* in the Mekong Delta (Dinh et al., 2017b). Still, they differed from *Eleotris melanosoma* (Dinh et al., 2017a) and *Stigmatogobius pleurostigma* (Dinh and Tran, 2018).

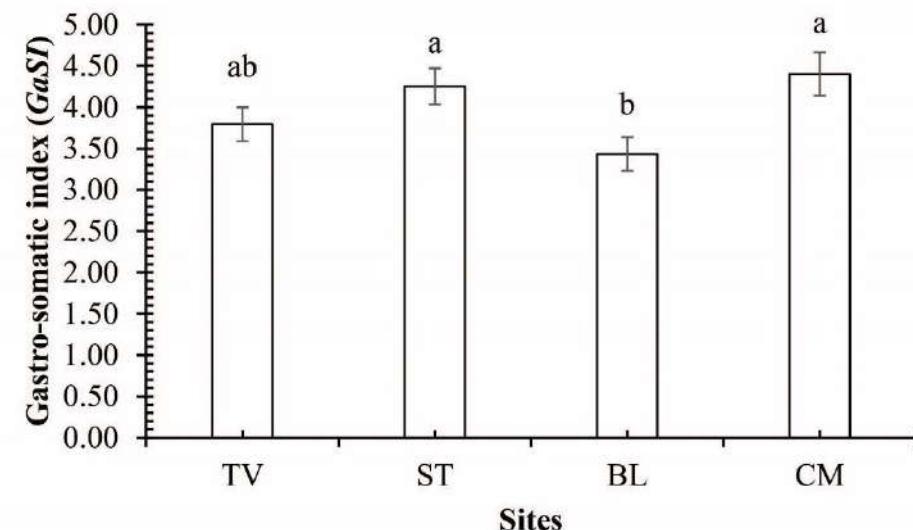


Figure 6 The variation of *GI* of *Periophthalmus variabilis* among four sampling sites (in different columns with different letters displayed significant differences)

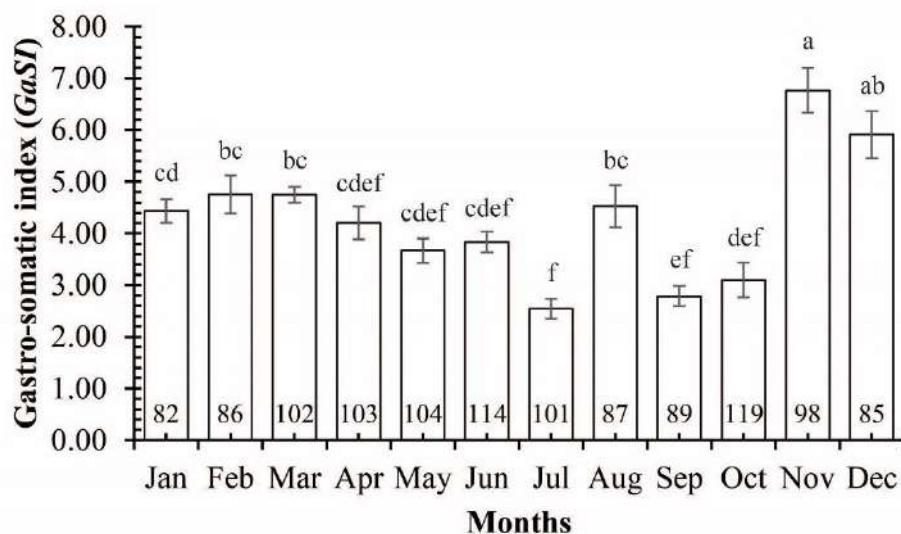


Figure 7 The variation of *GI* of *Periophthalmus variabilis* among 12 months (number in each column represented the number of collecting fish in each month; in different columns with different letters displayed significant differences)

On the other hand, *GI* of *P. variabilis* did not change with sex × size ($\text{Pseudo-F}=0.05$, $p=0.83$); sex × season ($\text{Pseudo-F}=0.25$, $p=0.62$); sex × site ($\text{Pseudo-F}=0.63$, $p=0.60$); size × season ($\text{Pseudo-F}=0.22$, $p=0.63$); size × site ($\text{Pseudo-F}=0.77$, 0.50); season × site ($\text{Pseudo-F}=0.42$, $p=0.75$); sex × size × season ($\text{Pseudo-F}=0.16$, $p=0.69$); sex × size × site ($\text{Pseudo-F}=1.78$, $p=0.14$); sex × season × site ($\text{Pseudo-F}=0.30$, $p=0.81$); size × season × site ($\text{Pseudo-F}=1.01$, $p=0.41$); and sex × size × season × site ($\text{Pseudo-F}=0.61$, $p=0.61$). This result is consistent with the study of Dinh et al. (2018) when the study concluded that feeding intensity changes of *Periophthalmodon*

septemradiatus were not affected by the two factors' interaction such as fish size and site, fish size and season, and site and season.

CONCLUSIONS

Dusky-gilled mudskipper belongs to the group of carnivorous fishes. The relative gut length of this fish is influenced by the fish size, location, and time, but not seasonally; these factors also influence the fish's gut biometric index. The intensity of catching prey of female fish is similar to that of male fish, but the mature fish group differs from that of mature fish. The catching intensity of this species is affected by the fish size and the habitat they live. However, their intensity of them was not affected by sex and season. The results obtained through the study have supplemented the scientific data on the fish's appetite and the intensity of dusky-gilled mudskipper in the Mekong Delta, thereby serving as the basis for subsequent research on the aquaculture of dusky-gilled mudskipper.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number: 106.05-2019.306.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

U Van Hua; Investigation, methodology, formal analysis, manuscript preparation, editing, and finalization

Quang Minh Dinh; Conceptualization and design of the experiment, investigation, supervision, editing, and finalization

Ton Huu Duc Nguyen; Conceptualization and design of the experiment, investigation, editing, and finalization

CONFLICT OF INTEREST

We have no conflict of interest.

REFERENCES

- Al-Hussaini A.H., 1947. The feeding habits and the morphology of the alimentary tract of some teleosts living in the neighbourhood of the Marine Biological Station, Ghardaqa, Red Sea. Publications of the Marine Biology Station Ghardaga (Red Sea), 5, 1-61.
- Anderson M.J., Gorley R.N., Clarke K.R., 2008. PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods, United Kingdom, PRIMER-E, Plymouth. 214.
- Clarke K.R., Gorley R.N., 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial, United Kingdom, PRIMER-E, Plymouth
- Clayton DA, 1993. Mudskippers. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 31, 507-577.
- Desai V.R., 1970. Studies on fishery and biology of *Tor tor* (Hamilton) from river Narmada. I. Food and feeding habits. Journal of the Inland Fisheries Society of India, 2, 101-112.
- Dinh Q.M., Nguyen D.T., Danh S., 2017a. Food and feeding habits of the broadhead sleeper *Eleotris melanosoma* from coastline in Soc Trang, in: Proceedings of the 7th National Scientific Conference on Ecology and Biological Resources, Ha Noi, Edited by Le C.X., Publishing House for Science and Technology, pp. 1873-1879.

- Dinh Q.M., Qin J.G., Dittmann S., Tran D.D., 2017b. Seasonal variation of food and feeding in burrowing goby *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) at different body sizes. Ichthyological Research, 64 (2), 179-189.
- Dinh Q.M., 2018. Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. Journal of Applied Ichthyology, 34 (1), 103-110.
- Dinh Q.M., Tran L.T., Nguyen T.T.K., 2018. The relative gut length and gastro-somatic indices of the mudskipper *Periophthalmus septemradiatus* (Hamilton, 1822) from the Hau River. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 34 (3), 75-83.
- Dinh Q.M., Tran M.T.D., 2018. Digestive tract morphology, food and feeding habits of the goby *Stigmatogobius pleurostigma* (Bleeker, 1849) from the coastline in Soc Trang. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 34 (2), 46-55.
- Dinh Q.M., Lam T.T.H., Nguyen T.H.D., Nguyen T.M., Nguyen T.T.K., Nguyen N.T., 2021. First reference on reproductive biology of *Butis koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. BMC Zoology, 6 (1), 1-14.
- Dinh Q.M., Truong N.T., Phan G.H., Tran N.S., Nguyen T.H.D., 2022. Factors influencing food composition, feeding habits and intensity of *Glossogobius giuris* caught from the Vietnamese Mekong Delta. Journal of King Saud University-Science, 34 (6), 102159.
- Drewe K.E., Horn M.H., Dickson K.A., Gawlicka A., 2004. Insectivore to frugivore: ontogenetic changes in gut morphology and digestive enzyme activity in the characid fish *Brycon guatemalensis* from Costa Rican rain forest streams. Journal of Fish Biology, 64 (4), 890-902.
- Froese R., Pauly D., 2022. FishBase. [www.fishbase.org], Accessed: 8/2022.
- Hortle K.G., 2009. Fisheries of the Mekong River Basin, in: Edited by Campbell I.C., The Mekong, San Diego, United States, Academic Press, pp. 197-249.
- Ip Y.K., Chew S.F., Lim L.L., Low W.P., 1990. The mudskipper, in: Essays In Zoology. National University of Singapore. Singapore, National University of Singapore, pp. 83-95.
- Jaafar Z., Perrig M., Chou L.M., 2009. *Periophthalmus variabilis* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novemradiatus*. Zoological Science, 26 (4), 309-314.
- Kapoor B.G., Smit H., Verighina I., 1976. The alimentary canal and digestion in teleosts. Advances in marine biology, 13, 109-239.
- Khaironizam M.Z., Norma-Rashid Y., 2002. Length-weight relationship of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia. Naga, 25 (3-4), 20-22.
- Kottelat M., Whitten T., Kartikasari S.N., Wirjoatmodjo S., 1993. Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi, Jakarta, Indonesia, Periplus Editions. 293.
- Larson H.K., Jaafar Z., Lim K.K., 2016. An updated checklist of the gobioid fishes of Singapore. Raffles Bulletin of Zoology, 37, 744-757.
- Le T., Nguyen M.T., Nguyen V.P., Nguyen D.C., Pham X.H., Nguyen T.S., Hoang V.C., Hoang P.L., Le H., Dao N.C., 2006. Provinces and City in the Mekong Delta, in: Edited by Le T., Geography of Provinces and Cities in Vietnam, vol. VI, Ha Noi, Education Publishing House, pp. 49-94.
- Murdy E.O., 1989. A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae). Australian Museum Journal, 11, 1-93.
- Murdy E.O., Jaafar Z., 2017. Taxonomy and systematics review, in: Edited by Jaafar Z., Murdy E.O., Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers, Boca Raton, CRC Press, pp. 1-36.
- Nguyen Y.T.N., Lam T.T.H., Dinh Q.M., 2020. The relative gut length and gastro-somatic indexes of *Butis koilomatodon* living in the coastal estuaries of some provinces in the Mekong Delta. TNU Journal of Science and Technology, 225 (08), 358-365.
- Pham X.T.M., 2012. The composition of the goby species of Gobiidea and Eleotridae and some biological characteristics of the tanks goby *Glossogobius giuris* (Hamilton, 1822) in Can Tho, Can Tho, Can Tho University.
- Phan G.H., Dinh Q.M., Truong N.T., Nguyen T.H.D., 2021. The relative gut length and gastro-somatic index of *Glossogobius aureus* from some provinces in the Mekong Delta. TNU Journal of Science and Technology, 226 (05), 44-50.

- Tran C.C., Nguyen T.H.D., Nguyen H.T.T., Vo L.T.T., Dinh Q.M., 2021. Diet composition and feeding habit of *Glossogobius sparsipapillus* caught from estuarine regions in the Mekong Delta. Egyptian Journal of Aquatic Research, 47 (3), 313-319.
- Tran L.T., Dinh Q.M., 2021. Population structure of *Periophthalmodon schlosseri* (Perciformes: Gobiidae) in Soc Trang province, Vietnam. AACL Bioflux, 14 (3), 2445-2454.
- Tran T.L., Hoang D.H., Dinh Q.M., 2019. Digestive tract morphology, food composition and feeding habits of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770) from the coastline in Tran De, Soc Trang. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 35 (3), 30-38. ((in Vietnamese))
- Vo T.T., Tran D.D., Mai V.V., 2014. Some reproductive biology of *Oxyeleotris urophthalmus* (Bleeker, 1851) distributed along Hau River, in: The 2nd Conference on Marine Biology and Sustainable Development. Hai Phong, Science and Technology Publishing House, pp. 515-522.

How to cite this article:

U Van Hua, Quang Minh Dinh, Ton Huu Duc Nguyen. Feeding habit and intensity of *Periophthalmodon variabilis* caught from some coastal provinces in the Mekong Delta, Vietnam. Veterinary Integrative Sciences. 20XX; XX(X): XXX- XXX.



ISSN 1859-2333

Tạp chí
KHOA HỌC
Trường Đại học Cần Thơ
Can Tho University Journal of Science



BẢN TIN ĐỊNH KỲ

Năm 2021
Năm 2020
Năm 2019
Năm 2018
Năm 2017

BÁO CÁO THƯỜNG NIÊN

Năm 2021
Năm 2020
Năm 2019
Năm 2018
Năm 2017

TẠP CHÍ KHOA HỌC ĐHCT

Năm 2022
Năm 2021
Năm 2020
Năm 2019
Năm 2018

TẠP CHÍ TIẾNG ANH ĐHCT

Năm 2022
Năm 2021
Năm 2020
Năm 2019
Năm 2018

TẠP CHÍ TRONG NƯỚC

Năm 2022
Năm 2021
Năm 2020
Năm 2019
Năm 2018

TẠP CHÍ QUỐC TẾ

Năm 2022
Năm 2021
Năm 2020
Năm 2019

Bài báo - Tạp chí

Ước lượng mức săn lùng chi trả đổi với phân sinh khối lồng của nông hộ trồng cây ăn trái tỉnh Bến Tre

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 1-7

Tác giả: 001537 - Huỳnh Việt Khải, 001988 - Huỳnh Thị Đan Xuân, Trần Ngọc Xứng

Tóm tắt

Đánh giá một số chỉ tiêu nước mặn ở các mô hình canh tác tại Cù Lao Dung - Sóc Trăng

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 1-7

Tác giả: Nguyễn Ngọc Bảo Châu, Dương Minh Truyền, 009909 - Lý Văn Lợi, 001386 -

Trương Hoàng Đan

Tóm tắt

Đánh giá lý - hóa tính đất trồng lúa trong và ngoài đê bao khép kín huyện Phú Tân, tỉnh An Giang

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 101-107

Tác giả: 002262 - Trần Sỹ Nam, 009818 - Huỳnh Công Khánh, 009791 - Huỳnh Văn Thảo,

002440 - Nguyễn Công Thuận

Tóm tắt

Xác định và đánh giá các yếu tố tác động đến các mô hình canh tác tại tỉnh Bến Tre

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 103-114

Tác giả: 000323 - Lê Tấn Lợi, Nguyễn Mai Hữu Phước, Nguyễn Ngọc Duy, Mai Xuân

Tóm tắt

Ứng dụng mô hình đánh giá tổng hợp DPSIR trong nghiên cứu thực trạng quản lý chất tưới rẫy sinh hoạt ở Đồng bằng sông Cửu Long

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 108-120

Tác giả: 001988 - Huỳnh Thị Đan Xuân, 002174 - Khổng Tiến Dũng, 001537 - Huỳnh Việt

Khải, 001783 - Ngô Thị Thanh Trúc, 001874 - Tống Yên Đan

Tóm tắt

Mô hình hóa sự thay đổi sử dụng đất dựa trên lựa chọn đa tiêu chí: Trường hợp nghiên cứu ở huyện Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 115-125

Tác giả: 001561 - Trương Chí Quang, Nguyễn Thị Kim Loan, Lê Vũ Bằng, 001407 - Phạm

Thanh Vũ, Nguyễn Hồng Thảo

Tóm tắt

Tái sử dụng ống hút nhựa làm giá thể trong bể lọc sinh học ngập nước để xử lý nước thải sinh hoạt

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 121-129

Tác giả: 001669 - Kim Lavane, 001681 - Nguyễn Trường Thành, 001299 - Phạm Văn Toàn

Tóm tắt

Thực trạng phát sinh rác thải nhựa trong trường học - nghiên cứu điển hình tại Trường Đại học Cần Thơ

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 126-137

Tác giả: 002440 - Nguyễn Công Thuận, 001681 - Nguyễn Trường Thành, 009818 - Huỳnh

Công Khánh, 001246 - Nguyễn Xuân Hoàng

Tóm tắt

Đánh giá sự tích lũy carbon trong đất rừng ngập mặn tại vườn quốc gia mũi Cà Mau

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 130-138

Tác giả: 000323 - Lê Tấn Lợi, Nguyễn Ngọc Duy, Nguyễn Như Quỳnh, 001246 - Nguyễn

Xuân Hoàng

Tóm tắt

Nghiên cứu hiện trạng tiêu thụ năng lượng thông qua vật tư nông nghiệp đầu vào và hiệu quả tài chính của mô hình trồng rau ăn lá tại xã Mỹ Thuận, huyện Hòn Đất, tỉnh Kiên Giang

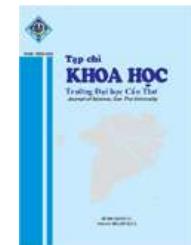
Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 138-147

Tác giả: 002509 - Lê Trần Thanh Liêm, Nguyễn Thị Kim Phước

Tóm tắt

Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển hình thái của cá thời lòi vạch Periophthalmus gracilis Eggert, 1935

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 139-149



Năm 2018

KÝ YẾU HN TRONG NƯỚC

Năm 2022

Năm 2021

Năm 2020

Năm 2019

Năm 2018

Tác giả: 002002 - Đinh Minh Quang, Nguyễn Thị Thuý Hiền, Nguyễn Hữu Đức Tôn, 000308
- Trương Trọng Ngôn
Tóm tắt

Ảnh hưởng của pH, khối lượng, thời gian và nồng độ nitrate lên khả năng hấp phụ nitrate của than tre trong nước thải biogas

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 14-23

Tác giả: Phạm Ngọc Thoa, Tăng Lê Hoài Ngân, Đặng Thị Minh Thùy, Nguyễn Đạt Phương, 002051 - Đỗ Thị Mỹ Phượng, 002655 - Nguyễn Xuân Lộc, 000398 - Nguyễn Hữu Chiếm
Tóm tắt

Đánh giá thực trạng khô hạn tại tỉnh Bến Tre

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 148-157

Tác giả: Mai Xuân, 000323 - Lê Tấn Lợi
Tóm tắt

Đa dạng thành phần loài cỏ dại thủy sinh trong hệ sinh thái đồng ruộng ở tỉnh An Giang

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 150-162

Tác giả: 001137 - Đặng Minh Quân, 001608 - Lê Thành Nghè, Nguyễn Hoài Thanh, 001332
- Phạm Thị Bích Thủy, 002262 - Trần Sỹ Nam
Tóm tắt

Theo dõi tác động của đê bao ngăn lũ lên hiện trạng canh tác lúa vùng Đồng Tháp mười năm 2000 và 2019 sử dụng ảnh viễn thám

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 158-171

Tác giả: 001289 - Nguyễn Thị Hồng Điệp, 001273 - Huỳnh Thị Thu Hương, 002448 - Phan Kiều Diễm, 002262 - Trần Sỹ Nam, Nguyễn Tân Phát
Tóm tắt

Đánh giá hiệu quả tài chính, xã hội, môi trường của mô hình canh tác lúa trong vùng đê bao trước và sau xả lũ tại huyện Tri Tôn, An Giang

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 16-24

Tác giả: 002262 - Trần Sỹ Nam, Hồ Vũ Khanh, Nguyễn Thị Kim Hai, Hồ Minh Nhựt, 009818 -
Huỳnh Công Khánh
Tóm tắt

Loại bỏ chlorpyrifos ethyl trong nước bằng than sinh học trấu

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 163-169

Tác giả: Trần Đức Thạnh, Nguyễn Thị Mỹ Tiên, 000398 - Nguyễn Hữu Chiếm, 000407 -
Nguyễn Văn Công
Tóm tắt

Đa dạng thực vật nổi trong và ngoài đê bao khép kín xã vọng đồng, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 170-183

Tác giả: 009818 - Huỳnh Công Khánh, 000403 - Dương Trí Dũng, 002262 - Trần Sỹ Nam,
002440 - Nguyễn Công Thuận, 000398 - Nguyễn Hữu Chiếm, 000407 - Nguyễn Văn Công
Tóm tắt

Ảnh hưởng tưới nước sông nhiễm mặn lên sinh trưởng và năng suất của hai giống mè đen (*Sesamum indicum L.*)

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 172-182

Tác giả: Nguyễn Thị Ngọc Diệu, Đặng Thị Thu Trang, Huỳnh Trần Lan Vi, 002206 - Phạm
Việt Nữ, Đặng Hữu Trí, Vũ Thị Xuân Nhường, 002649 - Nguyễn Châu Thanh Tùng, 002359 -
Ngô Thúy Diễm Trang
Tóm tắt

Đánh giá ảnh hưởng của xâm nhập mặn lên các mô hình canh tác nông nghiệp tại huyện Bình Đại, tỉnh Bến Tre

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 183-189

Tác giả: 000483 - Nguyễn Hiếu Trung, 001387 - Trần Thị Kim Hồng, Trần Nguyễn, Nguyễn
Vũ Luân
Tóm tắt

Nghiên cứu đặc điểm ống tiêu hóa và hệ số béo của cá bống cát tơi *Glossogobius aureus* Akihito & Meguro, 1975

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 184-190

Tác giả: 002002 - Đinh Minh Quang, Phan Hoàn Gièo, 000308 - Trương Trọng Ngôn, 002262
- Trần Sỹ Nam, Nguyễn Hữu Đức Tôn
Tóm tắt

Phân loại đất đô thị sử dụng các ảnh chỉ số từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 - Trường hợp nghiên
cứu tại thành phố Long Xuyên, thành phố Cà Mau và quận Ninh Kiều

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 190-201

Tác giả: 009972 - Nguyễn Tân Lợi, 002657 - Võ Quốc Tuấn
Tóm tắt

Ảnh hưởng của biochar và phân hữu cơ kết hợp với phân hóa học lên một số đặc tính sinh
học, hóa học đất trong mô hình chuyên lúa vụ Đông Xuân tại huyện Trần Đề, Sóc Trăng

Tập. 57, Số. Chuyên đề: Môi trường & Biển đổi khí hậu (2021) Trang: 191-199

Tác giả: 002700 - Đỗ Thị Xuân, 002262 - Trần Sỹ Nam, Nguyễn Phúc Tuyên, 002774 -
Nguyễn Phạm Anh Thi, Cao Thị Mỹ Tiên, Phan Thị Kim Ba, Mitsunori Tarao, 000751 - Bùi Thị

BOOK CHAPTER

Năm 2022

Năm 2021

Năm 2020

Năm 2019

Năm 2018



NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ PHÁT TRIỂN HÌNH THÁI CỦA CÁ THÒI LÒI VẠCH *Periophthalmus gracilis* EGGERT, 1935

Đinh Minh Quang^{1*}, Nguyễn Thị Thuý Hiền¹, Nguyễn Hữu Đức Tôn¹ và Trương Trọng Ngôn²

¹Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ

²Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Đinh Minh Quang (email: dmquang@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 12/04/2021

Ngày nhận bài sửa: 28/09/2021

Ngày duyệt đăng: 15/11/2021

Title:

Study on factor influencing morphological traits of graceful mudskipper *Periophthalmus gracilis* Eggert, 1935

Từ khóa:

Bãi bồi, cá thòi lòi vạch, Đồng bằng sông Cửu Long, đặc điểm hình thái, tỉ lệ hình thái

Keywords:

Mekong Delta, morphological traits, meristics, mudflat, slender mudskipper

ABSTRACT

The study provided knowledge of factors influencing morphological traits of graceful mudskipper (*Periophthalmus gracilis*), a fish species distributed in the coastal mudflat in the Mekong Delta. Fish specimens were monthly collected in four sites in Mekong Delta, from April 2020 to March 2021. The analysis of 486 individuals showed that fish's total weight (TW) changed with site and sex, whereas fish's total length (TL) did not vary with these variables. The interaction of season × site had the effect of changing the values of TW. Other morphometrics such as body height (BH), head length (HL), eye distance (ED), eye diameter (DE) did not change by season and sex, but by sites. Besides, meristics such as HL/TL, BH/TL, ED/HL and DE/HL varied by study site and did not change by season and sex. This fish's morphological parameters and most morphological ratios were not affected by season × sex, season × site, sex × site. This study contributed understanding to the identification and the ecological adaptation of this species.

TÓM TẮT

Nghiên cứu cung cấp thông tin về sự tác động của một số nhân tố đến đặc điểm hình thái của cá thòi lòi vạch (*Periophthalmus gracilis*), một loài cá phân bố ở vùng bãi bồi ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. Mẫu cá được thu tại bốn khu vực ven biển Đồng bằng sông Cửu Long, định kỳ một lần/tháng, từ tháng 4 năm 2020 đến tháng 3 năm 2021. Kết quả phân tích 486 cá thể cho thấy khối lượng toàn thân (TW) của cá biến động theo giới tính và theo địa điểm, trong khi chiều dài toàn thân (TL) của cá dao động không có ý nghĩa thống kê theo các yếu tố này. Sự tương tác của mùa vụ × địa điểm có sự tác động làm thay đổi các giá trị của khối lượng toàn thân cá. Các thông số khác của cá như chiều cao thân (BH), chiều dài đầu (HL), khoảng cách giữa hai mắt (ED), đường kính mắt (DE) không thay đổi theo mùa vụ và giới tính, nhưng thay đổi theo địa điểm. Bên cạnh đó, các tỉ lệ như HL/TL, BH/TL, ED/HL và DE/HL đều có sự biến đổi theo địa điểm nghiên cứu và không thay đổi theo mùa và giới tính. Tất cả các thông số hình thái và hầu hết các tỉ lệ hình thái của loài cá này đều không chịu tác động của mùa vụ × giới tính, mùa vụ × địa điểm, giới tính × địa điểm. Kết quả của nghiên cứu này nhằm bổ sung thông tin cho việc phân loại và sự hiểu biết về khả năng thích nghi sinh thái đối với loài cá này.

1. ĐẶT VĂN ĐỀ

Các thông số hình thái của cá quyết định rất lớn trong việc phân loại các loài cá phân bố từ vùng nước mặn đến nước ngọt (Strauss & Bond, 1990; Mai Đình Yên và ctv., 1992). Bên cạnh vai trò hỗ trợ việc phân loại cá thì các thông số hình thái còn góp phần trong việc xác định các đặc điểm quần thể ở các loài môi trường (Cadrin & Silva, 2005; Chaklader et al., 2015; Siddik et al., 2016). Môi trường ở vùng sinh thái khác nhau có thể ảnh hưởng đến hình thái của cá (Langerhans et al., 2003).

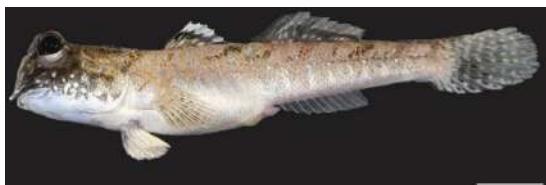
Cá thòi lòi vạch *Periophthalmus gracilis* Eggert, 1935 thuộc giống *Periophthalmus* được tìm thấy ở bãi bồi cửa sông ven biển Đồng bằng sông Cửu Long (DBSCL) (Diệp Anh Tuấn và ctv., 2014; Trần Đắc Định và ctv., 2013; Tran et al., 2020). Đây là loài cá đặc biệt, mang của cá có một phần tiến hóa có vai trò như “phổi”. Vì vậy, chúng có khả năng sống được cả trong nước và trên bãi bồi trong thời gian ngắn (Jaafar & Murdy, 2017). Ngoài những thông tin trên thì đến nay vẫn chưa có nhiều thông tin khác về loài cá này đặc biệt là thông số đặc trưng về hình thái của chúng phân bố ở DBSCL, nơi chúng có vùng phân bố tương đối rộng. Kết quả khảo sát bước đầu cho thấy một số yếu tố môi trường như hệ thực vật, pH và độ mặn từ vùng tỉnh Trà Vinh đến Cà Mau, nơi loài *P. gracilis* sống, có sự khác nhau (Dinh et al., 2021). Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định sự ảnh hưởng của các chỉ số đặc trưng về hình thái dùng trong phân loại của loài cá này đến sự thay đổi về giới tính, mùa vụ và vị trí phân bố của cá *P. gracilis*, đồng thời bổ sung

thêm thông tin cho việc phân loại và sự hiểu biết về thích nghi sinh thái của loài cá này.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

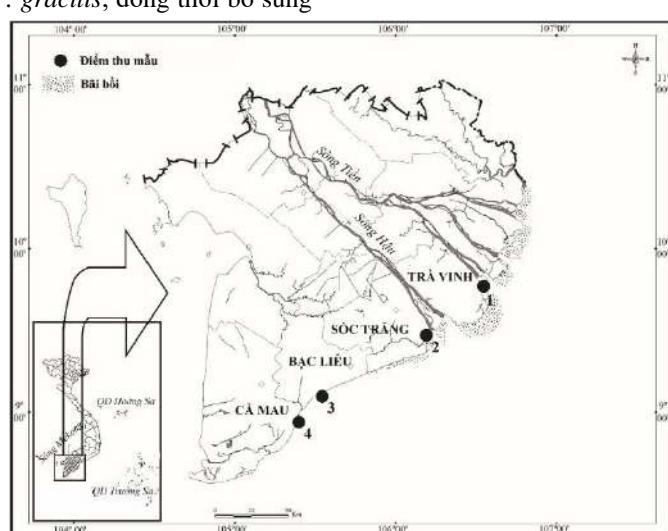
2.1. Thu mẫu và phân tích mẫu

Mẫu cá *P. gracilis* (Hình 1) được thu tại bốn địa điểm có nước mặn quanh năm: huyện Duyên Hải tỉnh Trà Vinh (TV), huyện Trần Đề tỉnh Sóc Trăng (ST), huyện Đông Hải tỉnh Bạc Liêu (BL) và huyện Đầm Dơi tỉnh Cà Mau (CM) (Hình 2). Mẫu cá được thu bằng phương pháp truyền thống (bắt bằng tay) mỗi tháng một lần vào lúc chiều tối (Bảng 1), từ tháng 01 đến tháng 12 năm 2020. Mẫu cá sau khi thu, được trữ trong dung dịch formol 10% và vận chuyển về nơi xử lý mẫu. Sau khi về phòng thí nghiệm, cá được định loại dựa vào đặc điểm mô tả của Trần Đắc Định và ctv, (2013). Tiếp đến, cá được tiến hành xác định các chỉ số về giới tính, cân khối lượng toàn thân (TW), đo chiều dài toàn thân (TL), chiều dài đầu (HL), chiều cao thân (BH), khoảng cách giữa hai mắt (DE) và đường kính mắt (ED) (Pravdin, 1973).



Hình 1. Hình dạng ngoài cá thời lòi vạch *Periophthalmus gracilis*

(Thước tỉ lê: 0,5 cm)



Hình 2. Bản đồ khu vực nghiên cứu

(•: Điểm thu mẫu; 1: Duyên Hải - Trà Vinh; 2: Trần Đề - Sóc Trăng; 3: Đông Hải - Bạc Liêu; 4: Đầm Dơi - Cà Mau) (Đinh, 2018)

2.2. Phân tích dữ liệu

Một số thay đổi của các chỉ số về *TW*, *TL*, *HL*, *BH*, *DE*, *ED*, *HL/TL*, *BH/TL*, *DE/HL* và *ED/HL* theo giới tính và theo mùa vụ được kiểm chứng bằng t-test. Phương pháp phân tích phương sai 1 chiều (1-way ANOVA) cùng với phép thử Tukey được dùng để kiểm tra sự khác nhau của các chỉ số này giữa bốn khu vực nghiên cứu. Sự tác động qua lại lẫn nhau giữa các chỉ số giới tính × mùa vụ, giới tính × địa điểm và mùa vụ × địa điểm lên sự thay đổi của *TW*, *TL*, *BH/TL*, *HL/TL*, *DE/HL* và *ED/HL* được kiểm tra bởi phương pháp phân tích phương sai 2 chiều (2-

way ANOVA). Số liệu được xử lý bởi phần mềm SPSS v21. Toàn bộ các số liệu kiểm tra đều được kiểm định ở mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự biến động chiều dài toàn thân và khối lượng toàn thân của cá

Kết quả khảo sát ở 486 cá thể (236 cá cái và 250 cá đực; Bảng 1) của loài *P. gracilis* thấy được chiều dài toàn thân (*TL*) và khối lượng toàn thân (*TW*) của loài cá này khá ổn định theo các yếu tố như giới tính hay mùa vụ.

Bảng 1. Số lượng mẫu cá thòi lòi vạch *Periophthalmus gracilis* thu được tại khu vực nghiên cứu

Thời gian thu mẫu	Duyên Hải		Trần Đề		Đông Hải		Đầm Dơi	
	Cái	Đực	Cái	Đực	Cái	Đực	Cái	Đực
04/2020	7	3	3	4	5	7	3	2
05/2020	12	3	3	6	6	8	3	5
06/2020	8	1	5	3	5	5	4	6
07/2020	7	5	4	4	4	8	8	3
08/2020	6	7	4	6	4	11	5	8
09/2020	11	1	3	5	2	8	7	5
10/2020	9	5	2	6	1	11	6	3
11/2020	3	5	3	5	4	7	10	1
12/2020	4	4	3	3	4	4	10	3
01/2021	4	6	3	3	3	5	4	7
02/2021	5	7	1	4	3	4	3	6
03/2021	9	7	3	9	4	6	6	5
Tổng	85	54	37	58	45	84	69	54

Ở cá cái, chỉ số này có giá trị trung bình lớn hơn với $4,61 \pm 0,04$ cm so với cá đực là $4,42 \pm 0,04$ SE cm. Nhưng sự khác biệt này không có ý nghĩa về mặt thống kê (t-test, $t=3,26$; $p>0,05$, Bảng 2). Tương tự như ở giới tính, chỉ số này ở các mùa cũng không có

khác biệt đáng kể ($t=2,16$; $p>0,05$, Bảng 2). Cụ thể, vào mùa khô và mùa mưa chỉ số này lần lượt có các giá trị trung bình là $4,59 \pm 0,05$ và $4,46 \pm 0,04$ SE cm (Bảng 2). Qua đó cho thấy chiều dài toàn thân của cá có khả năng phát triển ổn định và ít bị thay đổi.

Bảng 2. Sự thay đổi chiều dài toàn thân và khối lượng toàn thân cá theo giới tính và mùa vụ

Thông số hình thái	Nhóm	Số lượng	Trung bình \pm SE
Chiều dài toàn thân của cá (cm)	Cá cái	236	$4,61 \pm 0,04^a$
	Cá đực	250	$4,42 \pm 0,04^a$
Khối lượng toàn thân của cá (g)	Cá cái	236	$0,86 \pm 0,02^a$
	Cá đực	250	$0,68 \pm 0,01^b$
Chiều dài toàn thân của cá (cm)	Mùa khô	197	$4,59 \pm 0,05^a$
	Mùa mưa	289	$4,46 \pm 0,04^a$
Khối lượng toàn thân của cá (g)	Mùa khô	197	$0,78 \pm 0,02^a$
	Mùa mưa	289	$0,76 \pm 0,02^a$

Nhóm hình thái (theo cột) có chữ cái khác nhau thì khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$)

Trong khi đó, khối lượng toàn thân của cá thòi lòi vạch *P. gracilis* cũng không chịu tác động bởi các yếu tố môi trường khác nhau giữa các mùa ($t=0,69$; $p>0,05$). Trong tự nhiên, vào mùa mưa,

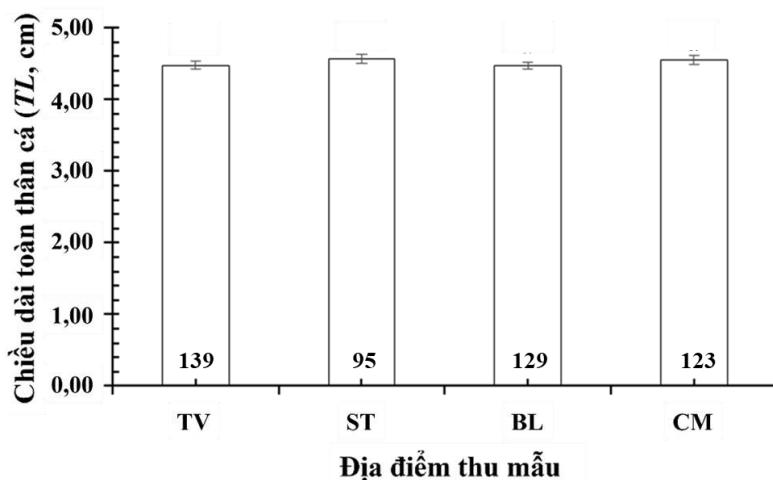
lượng mưa lớn dẫn đến nhiệt độ môi trường thường thấp hơn so với mùa khô. Bên cạnh đó, lượng mưa cũng làm giảm độ mặn tại các bãi bồi. Tuy nhiên các yếu tố trên dường như ảnh hưởng không lớn đến

khối lượng toàn thân của cá. Điều này cho thấy sự phát triển về khối lượng toàn thân của cá ổn định quanh năm. Về giới tính, chỉ số này thể hiện rõ sự khác biệt đáng kể giữa cá đực và cá cái ($t=6,89$; $p<0,05$). Kết quả thống kê ở 236 cá thể cái cho thấy khối lượng toàn thân trung bình của nhóm này là $0,86\pm0,02$ và kết quả này cao hơn so với khối lượng toàn thân trung bình ở cá đực với giá trị là $0,68\pm0,01$ SE g. Điều này cho thấy trong 12 tháng nghiên cứu, cá cái có khả năng tích luỹ vật chất lớn hơn so với cá đực. Nguyên nhân một phần là do vào giai đoạn sinh sản, cá cái có nhiệm vụ mang trứng ở bụng dẫn đến khối lượng toàn thân cá cái thời kì này cao hơn so với cá đực. Điều này cũng có thể giải thích được tại sao ở chiều dài toàn thân thì kích thước không thay đổi giữa cá đực và cá cái nhưng lại có sự chênh lệch về khối lượng toàn thân.

Sự phát triển ổn định giữa các tháng và không theo chu kỳ của mùa vụ ở TL và TW của cá thời lòi vạch *P. gracilis* còn được phát hiện ở các loài *Periophthalmus schlosseri* (Dinh, 2016a),

Trypauchen vagina (Dinh, 2016b), *Boleophthalmus boddarti* (Dinh, 2017), *Periophthalmus chrysospilos* (Lê Trung Hiếu và ctv., 2021) và *Butis butis* (Phan et al., 2021). Tuy nhiên, một số loài cá khác cũng phân bố ở các địa điểm thuộc DBSCL có sự biến đổi của TL và TW giữa mùa mưa và mùa khô như: *Parapocryptes serperaster* (Dinh et al., 2016), *Periophthalmus septeradiatus* (Dinh et al., 2018), *Glossogobius sparsipapillus* (Nguyen et al., 2020) và *Glossogobius aureus* (Phan Hoàng Giêo và ctv., 2021), *Glossogobius giuris* (Nguyễn Hữu Đức Tôn & Đinh Minh Quang, 2021). Như vậy, mỗi loài cá khác nhau sẽ có kiểu phản ứng với môi trường sống khác nhau.

Số liệu phân tích ở bốn điểm nghiên cứu cho thấy TL của *P. gracilis* đạt giá trị lớn nhất ở ST ($4,57\pm0,06$ SE cm) và CM ($4,55\pm0,06$ SE cm), thấp nhất ở BL ($4,47\pm0,05$ SE cm) và TV ($4,48\pm0,05$ SE cm), nhưng sự thay đổi này không đáng kể về mặt thống kê (one-way ANOVA, $F=0,7$; $p>0,05$) (Hình 3).

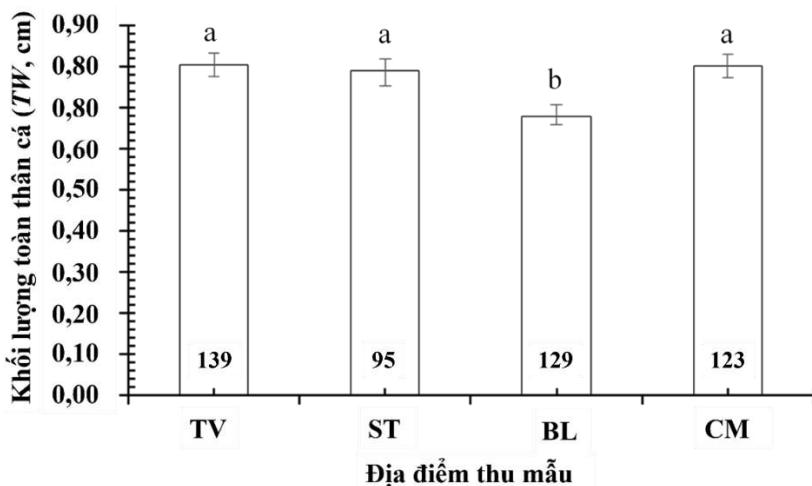


Hình 3. Sự thay đổi chiều dài toàn thân của cá ở các điểm nghiên cứu

(TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi, Cà Mau; số trong cột: số lượng cá thể ở mỗi điểm, thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình)

Ngoại lại, ở các địa điểm TW của loài cá này có sự biến đổi. Cụ thể, giá trị TW đạt cao nhất ở TV ($0,80 \pm 0,03$ SE cm) và CM ($0,80 \pm 0,03$ SE cm), thấp nhất ở BL ($0,68 \pm 0,02$ SE cm) ($F=4,775$; $P<0,05$) (Hình 4). Theo Dinh et al. (2021), độ pH thay đổi giữa bốn vị trí lấy mẫu, với điểm pH thấp

nhất ở BL ($7,66 \pm 0,05$ SE) và CM ($7,63 \pm 0,05$ SE) độ mặn đạt giá trị cao nhất ở BL ($23,50 \pm 1,48$ SE) và CM ($23,17 \pm 1,21$ SE). Qua đó cho thấy độ mặn cao và pH thấp ở BL là nguyên nhân dẫn đến giá trị TW thấp ở loài cá này.



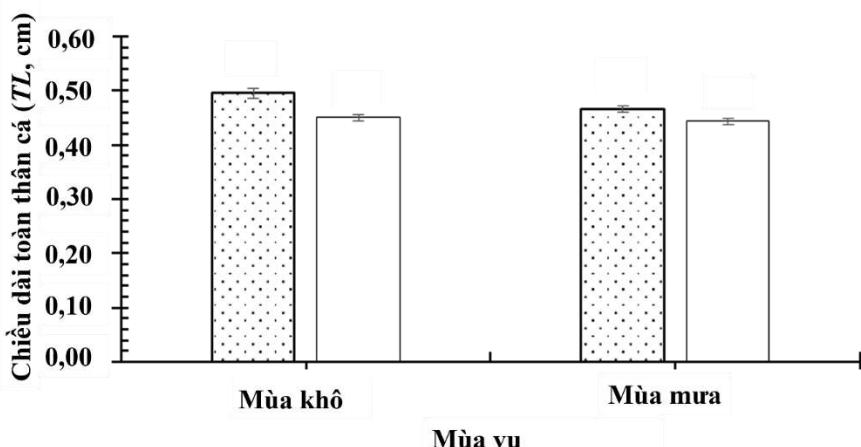
Hình 4. Sự thay đổi khối lượng toàn thân của cá ở các điểm nghiên cứu

(TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi, Cà Mau; số trong cột: số lượng cá thê ở mỗi điểm; thanh dọc: sai số chuẩn của giá trị trung bình; a,b: thể hiện sự khác biệt đáng kể ở mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$)

Sự tương tác của cả hai yếu tố trên tác động đến giá trị chiều dài toàn thân TL của loài (2-way ANOVA, $F=0,06$; $p>0,05$, Hình 5). Tương tự, yếu tố giới tính \times địa điểm cũng không có sự ảnh hưởng ($F=1,05$; $p>0,05$, Hình 6). Ngược lại, yếu tố về mùa vụ \times địa điểm có tác động cùng lúc đến chiều dài toàn thân của cá ($F=3,51$; $p<0,05$; Hình 7). Phân tích phép thử 2-way ANOVA ở khối lượng toàn thân cá

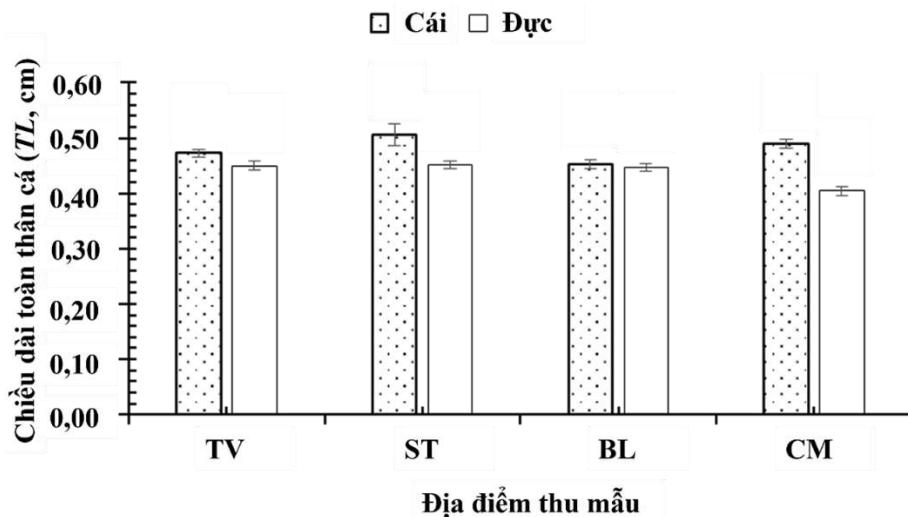
cũng cho kết quả tương đồng. Cụ thể, khối lượng toàn thân của cá thời lòi vạch *P. gracilis* chịu sự tác động của yếu tố mùa vụ \times địa điểm ($F=4,75$, $p<0,05$, Hình 8), nhưng không chịu sự tác động bởi hai yếu tố mùa vụ \times giới tính ($F=0,02$; $p>0,05$; Hình 9) và giới tính \times địa điểm ($F=1,04$, $p<0,05$, Hình 10).

Cá Đực

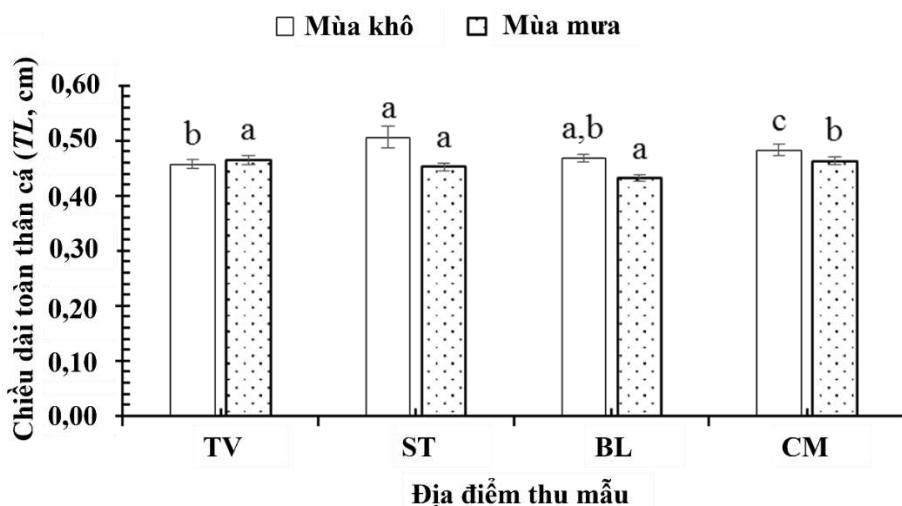


Hình 5. Sự thay đổi chiều dài toàn thân của cá theo giới tính và mùa vụ

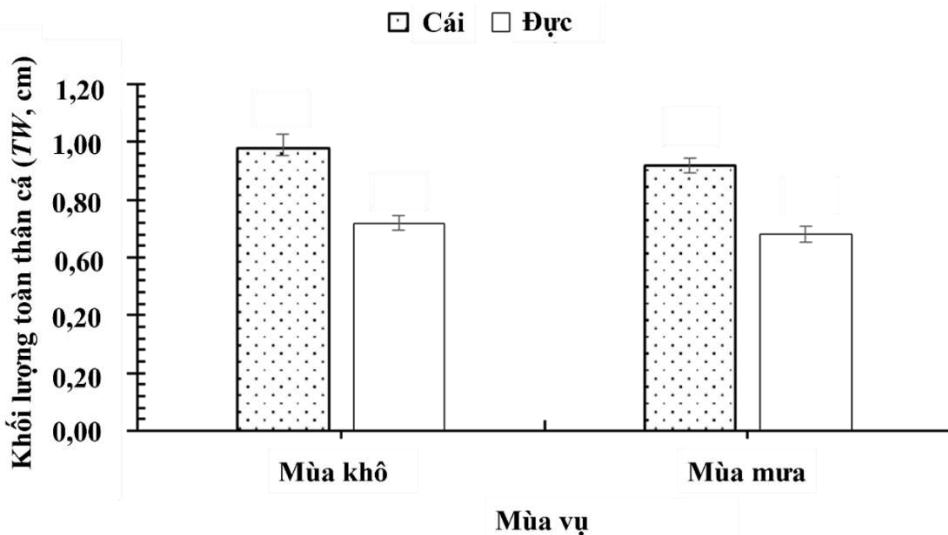
(Thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình)

**Hình 6. Sự thay đổi chiều dài toàn thân của cá theo giới tính và địa điểm**

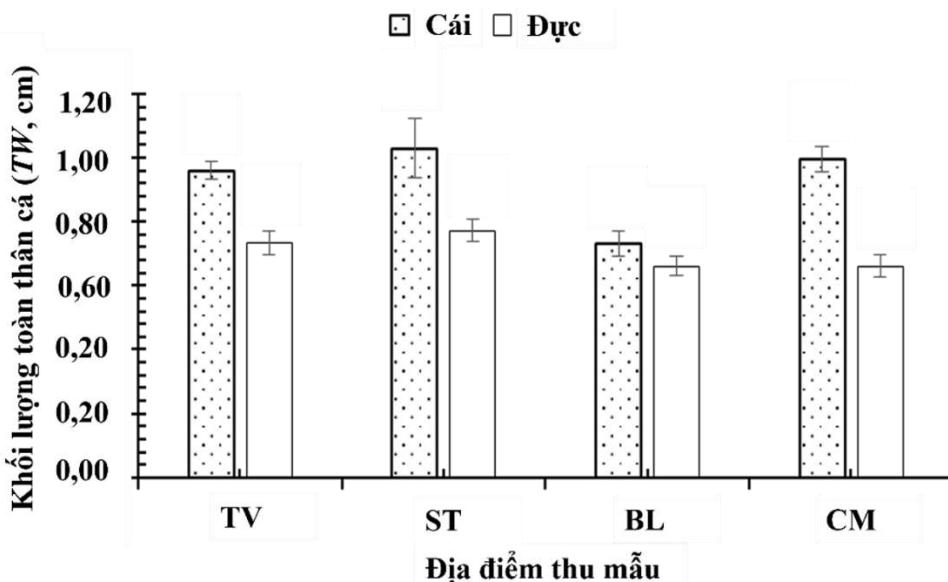
(TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đồng Hải, Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình)

**Hình 7. Sự thay đổi chiều dài toàn thân của cá theo mùa vụ và địa điểm**

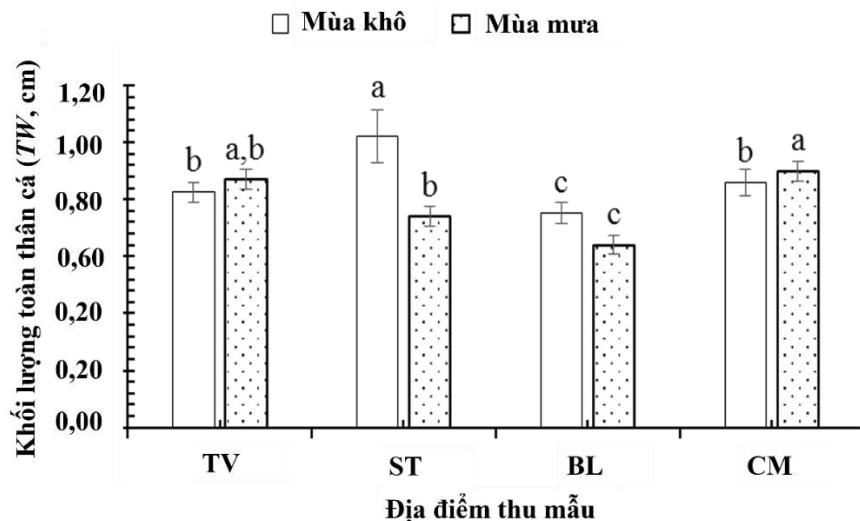
(TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đồng Hải, Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a,b,c: thể hiện sự khác biệt đáng kể ở mức ý nghĩa $\alpha = 5\%$)

**Hình 8. Sự thay đổi khối lượng toàn thân của cá theo giới tính và mùa vụ**

(Thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình)

**Hình 9. Sự thay đổi khối lượng toàn thân cá theo giới tính và địa điểm**

(TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đồng Hải, Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình)

**Hình 10. Sự thay đổi khối lượng toàn thân cá theo mùa vụ và địa điểm**

(TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đồng Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Đoi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a,b,c: thể hiện sự khác biệt đáng kể ở mức ý nghĩa 5%)

3.2. Sự biến động hình thái

Ngoài TL và TW thì các thông số về hình thái bên ngoài của cá như: ED, HL, BH, ED/HL, DE/HL, BH/TL, HL/TL đều không thấy khác nhau theo giới tính của cá thời lòi vạch *P. gracilis* ($p>0,05$ cho mọi

trường hợp). Tuy nhiên, giữa cá cái và cá đực có sự thay đổi về khoảng cách giữa hai mắt (DE). Các thông số này cho thấy sự phát triển giữa cá thời lòi vạch đực và cái tương đối đồng đều nhau và được thể hiện qua Bảng 3.

Bảng 3. Sự biến động các thông số hình thái của cá thời lòi vạch *Periophthalmus gracilis* theo giới tính

Thông số hình thái	Giới tính	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	p
ED	Cá cái	236	0,24	0,00	1,62	0,48
	Cá đực	250	0,23	0,00		
DE	Cá cái	236	0,13	0,01	2,48	0,04
	Cá đực	250	0,11	0,01		
BH	Cá cái	236	0,54	0,01	5,03	0,69
	Cá đực	250	0,48	0,01		
HL	Cá cái	236	0,98	0,01	1,48	0,08
	Cá đực	250	0,96	0,01		
HL/TL	Cá cái	236	0,24	0,00	1,04	0,07
	Cá đực	250	0,24	0,00		
BH/TL	Cá cái	236	0,14	0,01	2,19	0,06
	Cá đực	250	0,12	0,01		
ED/HL	Cá cái	236	0,12	0,00	3,28	0,78
	Cá đực	250	0,11	0,00		
DE/HL	Cá cái	236	0,21	0,00	-1,79	0,16
	Cá đực	250	0,22	0,00		

Tương tự như sự thay đổi theo giới tính, các thông số về hình thái bên ngoài của cá thời lòi vạch *P. gracilis* không chịu ảnh hưởng bởi mùa ($p>0,05$

cho mọi trường hợp). Qua đó cho thấy yếu tố mùa không chi phối đến sự sinh trưởng và phát triển của cá (Bảng 4).

Bảng 4. Sự biến động các thông số hình thái của cá thòi lòi vạch *Periophthalmus gracilis* theo mùa

Thông số hình thái	Mùa vụ	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	p
ED	Mùa khô	197	0,23	0,00	-0,27	0,87
	Mùa mưa	289	0,23	0,00		
DE	Mùa khô	197	0,12	0,01	-0,45	0,47
	Mùa mưa	289	0,12	0,01		
BH	Mùa khô	197	0,49	0,01	-2,39	0,47
	Mùa mưa	289	0,52	0,01		
HL	Mùa khô	197	0,98	0,01	-1,00	0,17
	Mùa mưa	289	0,96	0,01		
HL/TL	Mùa khô	197	0,24	0,00	-1,11	0,77
	Mùa mưa	289	0,24	0,00		
BH/TL	Mùa khô	197	0,12	0,01	-0,71	0,34
	Mùa mưa	289	0,13	0,01		
ED HL	Mùa khô	197	0,11	0,00	-3,37	0,57
	Mùa mưa	289	0,12	0,00		
DE HL	Mùa khô	197	0,21	0,00	-1,47	0,13
	Mùa mưa	289	0,22	0,00		

Bảng 5. Sự biến động các thông số hình thái của cá thòi lòi vạch *Periophthalmus gracilis* theo địa điểm

Thông số hình thái	Địa điểm	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	F	p
ED	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,23	0,00	28,40	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,27	0,00		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,21	0,00		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,23	0,01		
DE	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,10	0,00	18,25	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,18	0,01		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,11	0,01		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,11	0,00		
BH	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,52	0,01	34,64	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,60	0,02		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,43	0,01		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,52	0,01		
HL	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,94	0,01	24,34	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	1,08	0,01		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,95	0,01		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,95	0,01		
HL/TL	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,25	0,00	7,76	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,25	0,00		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,23	0,00		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,25	0,00		
BH/TL	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,11	0,00	9,30	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,17	0,01		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,12	0,01		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,12	0,01		
ED HL	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,12	0,00	25,00	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,13	0,00		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,10	0,00		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,12	0,00		
DE HL	Duyên Hải, Trà Vinh	139	0,21	0,00	40,82	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	95	0,24	0,00		
	Đông Hải, Bạc Liêu	129	0,21	0,00		
	Đầm Dơi, Cà Mau	123	0,21	0,00		

Phân tích của Dinh et al. (2021) ở mỗi khu vực nghiên cứu cho thấy sự khác nhau của độ mặn và pH vì thế dẫn đến xuất hiện sự biến đổi về các giá trị hình thái bên ngoài và các tỉ lệ đặc trưng của loài cá này ($p<0,05$ cho mọi trường hợp, Bảng 5). Đa số các giá trị thông số hình thái cao nhất ở khu vực Trần Đề, tỉnh Sóc Trăng (độ mặn thấp và pH cao). Từ đó, có thể chứng minh rằng môi trường sống, nguồn thức ăn và các điều kiện về tự nhiên ở đây có ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát triển của loài *P. gracilis*. Địa điểm nghiên cứu khác nhau có các giá trị hình thái đặc trưng khác nhau, vì vậy ở loài cá này có sự thay đổi một số đặc điểm hình thái để thích ứng với môi trường ở đó. Một số loài có sự thay đổi các thông tin và giá trị hình thái theo khu vực tương tự như cá thòi lòi vạch *P. gracilis*, cụ thể là các loài *Glossogobius sparsipapillus* (Nguyen et al., 2020), *Glossogobius aureus* (Phan Hoàng Giêo và ctv., 2021), *Glossogobius giuris* (Nguyễn Hữu Đức Tôn & Đinh Minh Quang, 2021) và *Butis humeralis* (Đinh Minh Quang và ctv., 2021).

Sự biến động của các tỉ lệ hình thái ở cá *P. gracilis* có điểm đặc trưng cho loài cá này. Các tỉ lệ

ở loài cá này đều không có sự thay đổi theo mùa và giới tính nhưng thay đổi theo điểm nghiên cứu. Đặc trưng này khác so với loài *Glossogobius sparsipapillus* có các tỉ lệ hình thái thay đổi theo mùa và điểm nhưng không thay đổi theo giới tính (Nguyen et al., 2020). Trong khi đó, ở loài *Butis koilomatodon* thì *ED/HL*, *DE/HL* không thay đổi theo giới tính và mùa nhưng *BH/TL*, *HL/TL* thay đổi theo mùa nhưng không theo giới tính (Lam & Dinh, 2020). Bên cạnh đó, giá trị trung bình của các tỉ lệ trong nghiên cứu này cũng tương đối thấp hơn nhiều so với hai nghiên cứu trên. Qua đó cho thấy các tỉ lệ hình thái có giá trị như một dấu hiệu định loài cho loài.

Hầu hết các thông số hình thái và cá tỉ lệ hình thái ở cá thòi lòi vạch chưa bị tác động bởi sự tương tác của giới tính × mùa, giới tính × địa điểm và mùa vụ × địa. Trong số các tỉ lệ hình thái thì tỉ lệ *BH/TL* bị thay đổi bởi tương tác giới tính × địa điểm và mùa vụ × địa điểm, tỉ lệ *HL/TL* thay đổi theo mùa vụ × địa điểm (Bảng 6).

Bảng 6. Sự biến động các thông số hình thái của cá thòi lòi vạch *Periophthalmus gracilis* theo hai yếu tố

Thông số hình thái	Giới tính × mùa vụ		Giới tính × địa điểm		Mùa vụ × địa điểm	
	F	p	F	p	F	p
<i>ED</i>	0,86	0,35	0,63	0,60	0,89	0,45
<i>DE</i>	0,11	0,75	2,67	0,05	1,54	0,20
<i>BH</i>	0,79	0,38	1,82	0,14	1,86	0,14
<i>HL</i>	0,06	0,81	0,39	0,76	2,26	0,08
<i>HL/TL</i>	0,62	0,43	1,85	0,14	1,41	0,24
<i>BH/TL</i>	0,16	0,69	2,38	0,07	1,44	0,23
<i>ED/HL</i>	1,14	0,29	0,79	0,50	2,75	0,04
<i>DE/HL</i>	0,89	0,35	4,29	0,01	3,66	0,01

4. KẾT LUẬN

Khối lượng toàn thân của cá có sự biến động theo giới tính và theo địa điểm, trong khi chiều dài toàn thân của cá dao động không có ý nghĩa thống kê theo các yếu tố này. Sự tương tác của mùa vụ × địa điểm có sự tác động làm thay đổi các giá trị của khối lượng toàn thân của cá. Các thông số khác của cá không thay đổi theo mùa vụ và giới tính, và các tỉ lệ *HL/TL*, *BH/TL*, *ED/HL* và *DE/HL* đều có sự biến đổi theo điểm nghiên cứu. Tất cả các thông số về hình thái và tỉ lệ hình thái của cá thòi lòi vạch *P. gracilis* đều không chịu tác động bởi các yếu tố như: mùa vụ × giới tính, mùa vụ × địa điểm và giới tính × địa điểm. Từ kết quả của nghiên cứu này có thể bổ sung thêm thông tin hữu ích cho việc định loại và sự hiểu biết về khả năng thích nghi sinh thái đối với loài cá này.

LỜI CẢM TẠ

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Khoa học và Công nghệ Quốc Gia (Nafosted) với mã số đề tài: 106.05-2019.306. Chúng tôi xin cảm ơn sinh viên Trần Chí Cảnh và Võ Thị Thảo Lam đã hỗ trợ trong quá trình phân tích mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Cadrin, S. X. & Silva, V. M. (2005). Morphometric variation of yellowtail flounder. *ICES Journal of Marine Science*, 62(4), 683-694.
- Chaklader, M., Siddik, M. & Nahar, A. (2015). Taxonomic diversity of paradise threadfin *Polynemus paradiseus* (Linnaeus, 1758) inhabiting southern coastal rivers in Bangladesh. *Sains Malaysiana*, 44(9), 1241-1248.
- Diệp Anh Tuấn, Đinh Minh Quang & Trần Đắc Định. (2014). Nghiên cứu thành phần loài cá họ

- Bóng trắng (Gobiidae) phân bố ở ven biển tinh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 30(3), 68-76.
- Đinh Minh Quang, Lâm Thị Huyền Trần & Nguyễn Hữu Đức Tôn. (2021). Nghiên cứu một số chỉ tiêu hình thái ngoài của *Butis humeralis* ở một số khu vực ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 10, 146-153.
- Dinh, Q. M. (2016a). Growth and body condition variation of the giant mudskipper *Periophthalmus schlosseri* in dry and wet seasons. *Tạp chí Sinh học*, 38(3), 352-358.
- Dinh, Q. M., (2016b). Growth pattern and body condition of *Trypauchen vagina* in the Mekong Delta, Vietnam. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(2), 523-531.
- Dinh, Q. M., Qin, J. G., Dittmann, S. & Tran, D. D. (2016). Morphometric variation of *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) in dry and wet seasons in the Mekong Delta, Vietnam. *Ichthyological Research*, 63(2), 267-274.
- Dinh, Q. M. (2017). Morphometric, growth and condition factor variations of *Boleophthalmus boddarti* in the Mekong Delta, Vietnam. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(2), 822-831.
- Dinh, Q. M. (2018). Aspects of reproductive biology of the red goby *Trypauchen vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(1), 103-110.
- Dinh, Q. M., Tran, L. T. & Nguyen, N. T. Y. (2018). The flexibility of morphometric and meristic measurements of *Periophthalmus septemradiatus* (Hamilton, 1822) in Hau river. *Journal of Science and Technology*, 187(11), 81-90.
- Dinh, Q. M., Lam, T. T. H., Nguyen, T. H. D., Nguyen, T. M., Nguyen, T. T. K. & Nguyen, N. T. (2021). First reference on reproductive biology of *Butis koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam. *BMC Zoology*, 6(1), 1-14.
- Jaafar, Z. & Murdy, E. O., 2017. Fishes out of water: biology and ecology of mudskippers. United States: CRC Press.
- Lam, T. T. H. & Dinh, Q. M. (2020). Morphometric and meristic variability in *Butis koilomatodon* in estuarine and coastal areas of the Mekong Delta. *Vietnam Agricultural Science Journal*, 3(4), 806-816.
- Langerhans, R. B., Layman, C. A., Langerhans, A. K. & Dewitt, T. J. (2003). Habitat-associated morphological divergence in two neotropical fish species. *Biological Journal of the Linnean Society*, 80(4), 689-698.
- Lê Trung Hiếu, Đinh Minh Quang, Hứa Văn Ủ & Nguyễn Hữu Đức Tôn. (2021). Sự biến động một số thông số hình thái của *Periophthalmus chrysosipilos* phân bố ở ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, Online, 1-10. DOI: 10.25073/2588-1140/vnunst.5245
- Mai Đình Yên, Nguyễn Văn Trọng, Nguyễn Văn Thiện, Lê Hoàng Yến & Hứa Bạch Loan. (1992). *Định loại cá nước ngọt Nam bộ*. Hà Nội: Nxb Khoa học và Kỹ thuật, 351 tr.
- Nguyễn Hữu Đức Tôn & Đinh Minh Quang. (2021). Sự biến động của một số chỉ tiêu hình thái của cá bóng cát tối *Glossogobius giuris* phân bố ở một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Đại học Thái Nguyên*, 226(10), 31-38.
- Nguyen, T. H. D., Nguyen, H. T. T., Tran, T. C., Nguyen, Y. T. N. & Dinh, Q. M. (2020). Morphometric and meristic variations of *Glossogobius sparsipapillus* along the coastline in the Mekong Delta, Vietnam. *International Journal of Zoology and Animal Biology*, 3(1), 1-9.
- Phan, G. H., Dinh, Q. M., Truong, N. T., Nguyen, T. H. D. & Tran, N. S. (2021). Morphometric and meristic variations of *Butis butis* along the coastline in the Mekong Delta, Vietnam. *AACL Bioflux*, 14(4), 2544-2553.
- Phan Hoàng Gièo, Đinh Minh Quang, Trương Trọng Ngôn & Nguyễn Hữu Đức Tôn. (2021). Biến động một số chỉ tiêu hình thái của cá bóng cát (*Glossogobius aureus*) phân bố từ Cần Thơ đến Cà Mau. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 19(7), 863-874.
- Pravdin, I. F. (1973). *Hướng dẫn nghiên cứu cá* (Phạm Thị Minh Giang dịch). Hà Nội: Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
- Siddik, M., Chaklader, M., Hanif, M., Islam, M., Sharker, M. & Rahman, M. (2016). Stock identification of critically endangered olive barb, *Puntius sarana* (Hamilton, 1822) with emphasis on management implications. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 7(2), 1-6.
- Strauss, R. E. & Bond, C. E. (1990). Taxonomic methods: Morphology. In C. B. Schreck & P. B. Moyle (Eds.), *Methods for fish biology, Maryland: American Fisheries Society*, 109-140.
- Trần Đắc Định, Koichi, S., Nguyễn Thành Phương, Hà Phước Hùng, Trần Xuân Lợi, Mai Văn Hiếu & Kenzo, U. (2013). *Mô tả định loại cá Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam*. Cần Thơ: Nxb Đại học Cần Thơ.
- Tran, D. D., Nguyen, V. T., To, H. T. M., Nguyen, T. T. & Dinh, Q. M. (2020). Species composition and biodiversity index of gobiid assemblage in estuarine areas of the Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(7), 931-941.

Tạp chí

NÔNG NGHIỆP
&
PHÁT TRIỂN
NÔNG THÔN

*Science and Technology Journal
of Agriculture & Rural Development*

MINISTRY OF AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT, VIETNAM

Chuyên đề

**NGUỒN LỢI THỦY SẢN VIỆT NAM:
ĐA DẠNG SINH HỌC, NUÔI TRỒNG VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

Tháng 10
2021

TẠP CHÍ

NÔNG NGHIỆP
& PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

ISSN 1859 - 4581

NĂM THỨ HAI MƯƠI MỘT

CHUYÊN ĐỀ
NGUỒN LỢI THỦY SẢN VIỆT NAM:
ĐA DẠNG SINH HỌC, NUÔI TRỒNG
VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
10/2021

TỔNG BIÊN TẬP
PHẠM HÀ THÁI
ĐT: 024.37711070

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
DƯƠNG THANH HẢI
ĐT: 024.38345457

TOÀ SOAN - TRỊ SỰ
Số 10 Nguyễn Công Hoan
Quận Ba Đình - Hà Nội
ĐT: 024.37711072
Fax: 024.37711073
E-mail: tapchinongnghiep@vnn.vn
Website: www.tapchikhoaohocnongnghiep.vn

VĂN PHÒNG ĐẠI DIỆN TẠP CHÍ
TẠI PHÍA NAM
135 Pasteur
Quận 3 - TP. Hồ Chí Minh
ĐT/Fax: 028.38274089

Giấy phép số:
290/GP - BTTTT
Bộ Thông tin và Truyền thông
cấp ngày 03 tháng 6 năm 2016

Công ty CP Khoa học
và Công nghệ Hoàng Quốc Việt
Địa chỉ: Số 18, Hoàng Quốc Việt,
Cầu Giấy, Hà Nội
ĐT: 024.3756 2778

MỤC LỤC

- ❑ TRẦN ĐỨC HẬU, TẠ THỊ THỦY, NGUYỄN PHÚC HƯNG, NGÔ THANH XUÂN, TRƯƠNG XUÂN CẨM, NGUYỄN VĂN QUYỀN. Bảo tồn đa dạng sinh học cá nước ngọt ở Việt Nam dựa trên tiếp cận dịch vụ hệ sinh thái 5-13
- ❑ HOÀNG ĐỨC HUY, PHẠM MẠNH HÙNG, NGUYỄN DUY THUẬN, TRẦN TRỌNG NGÂN, VÕ VĂN PHÚ. Phân bố địa lý cá bản địa nội địa duyên hải Trung bộ, Bắc Trường Sơn 14-30
- ❑ HOÀNG ĐỨC HUY, PHẠM MẠNH HÙNG, TRẦN TRỌNG NGÂN, NGUYỄN DUY THUẬN, VÕ VĂN PHÚ. Phân bố địa lý cá bản địa nội địa duyên hải Nam Trung bộ, Nam Trường Sơn 31-46
- ❑ HÀ MẠNH LINH, TẠ THỊ THỦY, TRẦN ĐỨC HẬU. Tương quan chiều dài – khối lượng và hệ số điều kiện ở cá: Thực trạng và định hướng nghiên cứu ở miền Bắc Việt Nam 47-56
- ❑ NGUYỄN ĐÌNH TAO, NGUYỄN XUÂN HUÂN, TRẦN TRUNG THÀNH, NGUYỄN THỊ HẠNH TIÊN, NGUYỄN THÀNH NAM. Bảo tồn các giá trị của khu hệ cá hồ Hòa Bình 57-62
- ❑ TRẦN VĂN HƯỚNG, NGUYỄN VĂN HIẾU, NGUYỄN KHẮC BÁT. Đa dạng sinh học cá rạn trong hệ sinh thái rạn san hô tại quần đảo Long Châu, Hải Phòng 63-73
- ❑ NGUYỄN HÀI HÀ, NGUYỄN PHƯƠNG ĐÔNG, LÊ XUÂN PHONG, ĐẶNG HỮU GIANG, VŨ MẠNH ĐÀM. Đa dạng loài cá tại Khu Bảo tồn Thiên nhiên Pù Hu, tỉnh Thanh Hóa 74-83
- ❑ NGUYỄN XUÂN KHOA, ÔNG VĨNH AN, NGÔ DƯƠNG HIỆP, TRẦN THỊ TUYẾN, LÊ THỊ HẢI THANH. Kết quả nghiên cứu về khu hệ cá sông Trai, huyện Thanh Chương, tỉnh Nghệ An 84-90
- ❑ TRẦN THỊ HỒNG HOA, VÕ VĂN QUANG, TRẦN CÔNG THỊNH, LÊ THỊ THU THẢO. Ghi nhận mới hai loài cá chình hậu môn trước, giống *Dysomma* (Anguilliformes:synbranchidae) ở vùng biển Việt Nam 91-97
- ❑ TẠ THỊ THỦY, NGUYỄN THỊ HUYỀN TRANG, TRẦN TRUNG THÀNH, NGUYỄN THỊ NGA, TRẦN ĐỨC HẬU. Sự xuất hiện của giai đoạn sớm các loài cá nước ngọt ở cửa Ba Lạt, Bắc Việt Nam 98-103
- ❑ BÙI MINH TUẤN, NGUYỄN KHẮC BÁT, NGUYỄN NGỌC TUẤN, ĐỖ ANH DUY, HOÀNG ĐÌNH CHIỀU. Thành phần loài động vật thân mềm chân bụng (Gastropoda) tại vùng biển Cồn Cỏ 104-110
- ❑ VÕ VĂN QUANG, TRẦN THỊ HỒNG HOA, LÊ THỊ THU THẢO, TRẦN CÔNG THỊNH. Bước đầu đánh giá hiện trạng quần xã cá đáy vùng biển Khu Bảo tồn Biển Hòn Cau, Bình Thuận 111-118
- ❑ NGUYỄN VĂN QUÂN, ĐÀO MINH ĐÔNG, NGUYỄN VĂN CÔNG, PHAN VĂN BẮC, CHU THẾ CUỜNG, NGUYỄN ĐỨC THÉ, NGUYỄN THỊ HƯƠNG LIÊN. Vai trò của bãi triều rạn đá trong liên kết sinh thái vùng nước quanh đảo Cô Tô, tỉnh Quảng Ninh 119-124
- ❑ TẠ THỊ BÌNH, NGUYỄN ĐÌNH VINH, LÊ ANH TƯỜNG, TRẦN THỊ KIM NGÂN. Nghiên cứu đặc điểm sinh học sinh sản cá sinh cao (*Onychostoma gerlachi* Peters, 1881) tại Nghệ An 125-132
- ❑ VÕ VĂN PHÚ, ĐẶNG ĐỨC TUỆ, VÕ VĂN QUÝ. Đặc điểm sinh học của cá đối lá *Moolgarda cunnesius* (Valenciennes, 1836) ở vùng biển ven bờ tỉnh Thừa Thiên- Hué 133-140
- ❑ ĐINH MINH QUANG, NGUYỄN HỮU ĐỨC TÔN, PHAN HOÀNG GIỎ, NGUYỄN LÊ THÉ VŨ. Sự biến động một số chỉ tiêu hình thái và phân biệt giới tính ở cá bống cát tối *Glossogobius giuris* phân bố tại một số tỉnh đồng bằng sông Cửu Long 141-145

TẠP CHÍ

**NÔNG NGHIỆP
& PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN**

ISSN 1859 - 4581

NĂM THỨ HAI MƯƠI MỘT

CHUYÊN ĐỀ

**NGUỒN LỢI THỦY SẢN VIỆT NAM:
ĐA DẠNG SINH HỌC, NUÔI TRỒNG
VÀ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG**
10/2021

**TỔNG BIÊN TẬP
PHẠM HÀ THÁI**
ĐT: 024.37711070

**PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
DƯƠNG THANH HẢI**
ĐT: 024.38345457

TOÀ SOAN - TRỊ SỰ
Số 10 Nguyễn Công Hoan
Quận Ba Đình - Hà Nội
ĐT: 024.37711072
Fax: 024.37711073
E-mail: tapchinongnghiep@vnn.vn
Website: www.tapchikhoahocnongnghiep.vn

**VĂN PHÒNG ĐẠI DIỆN TẠP CHÍ
TẠI PHÍA NAM**
135 Pasteur
Quận 3 - TP. Hồ Chí Minh
ĐT/Fax: 028.38274089

Giấy phép số:
290/GP - BTTTT
Bộ Thông tin và Truyền thông
cấp ngày 03 tháng 6 năm 2016

**Công ty CP Khoa học
và Công nghệ Hoàng Quốc Việt**
Địa chỉ: Số 18, Hoàng Quốc Việt,
Cầu Giấy, Hà Nội
ĐT: 024.3756 2778

- ĐINH MINH QUANG, LÂM THỊ HUYỀN TRÂN, NGUYỄN HỮU ĐỨC TÔN. Nghiên cứu một số chỉ tiêu hình thái ngoài của *Butis humeralis* ở một số khu vực ven biển đồng bằng sông Cửu Long 146-153
- PHAN DOÃN ĐĂNG, LÊ HÙNG ANH, PHAN THỊ YẾN, NGUYỄN VĂN TÚ, NGUYỄN XUÂN ĐỒNG, ĐỖ VĂN TÚ. Ghi nhận mới về loài tôm nước ngọt *Caridina typus* H. Milne Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Atyidae) ở Việt Nam 154-161
- PHẠM MẠNH HÙNG, HOÀNG ĐỨC HUY, JACQUES PANFILI, JEAN-DOMINIQUE DURAND. Phân bố áu trùng các loài cá biển tại vịnh Côn Sơn, Họp phần bảo tồn biển Côn Đảo 162-171
- PHẠM MỸ DUNG, NGUYỄN THỊ LỆ THỦY, CHU CHÍ THIẾT. Kỹ thuật sản xuất sinh khối tảo *Nannochloropsis oculata* và *Dunaliella salina* tại Nghệ An 172-178
- TRẦN CHÍ CẢNH, ĐINH MINH QUANG. Đặc điểm óng tiêu hóa và hệ số clark của cá thòi lòi chấm đen *Periophthalmus variabilis* phân bố ở một số tỉnh đồng bằng sông Cửu Long 179-184
- NGUYỄN PHÚC HƯNG, NGUYỄN THỊ BÍCH NGỌC, TẮNG THỊ TÂM, NGUYỄN PHƯƠNG ANH. Thay thế bột cá bằng khô đậu tương lên men trong thức ăn cho cá trê lai (*Clarius gariepinus* x *Clarius macrocephalus*) 185-190
- TÀ THỊ BÌNH, NGUYỄN ĐÌNH VINH, NGUYỄN HỮU DỰC, PHẠM MỸ DUNG. Ảnh hưởng của khẩu phần ăn lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và hệ số phân đòn của cá chuối hoa *Channa maculata* (Lacepède, 1801) giai đoạn cá hương lên cá giống 191-197
- NGUYỄN THỊ QUỲNH, NGÔ THỊ MAI HƯƠNG, NINH HOÀNG OANH, NGUYỄN THỊ BIÊN THÙY. Nghiên cứu một số bệnh thường gặp do ký sinh trùng trên cá Koi (*Cyprinus carpio haematopterus*) và đề xuất biện pháp phòng trị 198-203
- PHẠM THẾ VIỆT, TRƯỜNG THỊ MỸ HẠNH, PHAN THỊ VÂN, TRƯỜNG THỊ THÀNH VINH. Vật chủ mang vi rút đóm trắng (WSSV) và khả năng lây nhiễm vi rút từ vật chủ sang tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) 204-210
- LÊ THỊ MÂY, NGUYỄN THỊ LÀ, PHAN TRỌNG BÌNH, NGUYỄN HỮU NGHĨA, TRƯỜNG THỊ MỸ HẠNH, TRƯỜNG THỊ THÀNH VINH. Diễn biến bệnh và môi trường ở vùng nuôi tôm nước lợ Hái Hậu, Nam Định giai đoạn 2017-2020 211-218
- NGUYỄN THỊ THANH, LÊ VĂN KHÔI, LÊ TUẤN ANH. Biến động các yếu tố môi trường ao nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) ứng dụng công nghệ copefloc tại Nghệ An 219-226
- NGUYỄN THỊ HỒNG NGỌC, CAO TRƯỜNG GIANG, VŨ VĂN SÁNG, LÊ PHÚ TUẤN, VŨ VĂN IN, LÊ DUY KHƯƠNG, TRỊNH ĐÌNH KHUYẾN. Ảnh hưởng của một số chế phẩm vi sinh đến chất lượng nước nuôi tôm chân trắng sạch bệnh 227-236
- TRƯỜNG THỊ MỸ HẠNH, NGUYỄN THỊ HẠNH, NGUYỄN ĐỨC BÌNH, PHAN TRỌNG BÌNH, TỔNG TRẦN HUY, NGUYỄN HỮU NGHĨA, PHAN THỊ VÂN, TRƯỜNG THỊ THÀNH VINH. Thiệt hại thủy sản do mưa lũ gây ra tại một số tỉnh miền Trung năm 2020 và đề xuất một số giải pháp khắc phục 237-243
- NGUYỄN THỊ MAI, ĐỖ THỊ NGỌC ANH, TRƯỜNG ĐÌNH HOÀI, TRẦN THỊ NẮNG THU. Nghiên cứu khả năng gây độc và liều lượng vi khuẩn gây chết 50% của vi khuẩn *Aeromonas veronii* trên cá chép (*Cyprinus carpio*) 244-250
- TÀ PHƯƠNG ĐÔNG, TRẦN VĂN CƯỜNG. Tuổi và một số đặc điểm sinh trưởng của cá Đà rusen – *Dendrophysa russellii* (Cuvier, 1829) ở vùng biển ven bờ Tây Nam bộ 251-258

ĐẶC ĐIỂM ỐNG TIÊU HÓA VÀ HỆ SỐ CLARK CỦA CÁ THỜI LÒI CHẤM ĐEN *Periophthalmus variabilis* PHÂN BỐ Ở MỘT SỐ TỈNH ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Trần Chí Cảnh¹, Đinh Minh Quang^{1*}

TÓM TẮT

Bài báo này cung cấp thông tin về đặc điểm hình thái của ống tiêu hóa và mối liên hệ giữa chỉ số béo Clark với giới tính và mùa thu mua của loài *Periophthalmus variabilis*. Mẫu cá được thu thủ công định kỳ 01 lần/tháng từ 04/2020 đến 03/2021 tại bốn điểm ở tỉnh Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau. Sau khi thu, mẫu được xác định giới tính, chiều dài và khối lượng, hình thái của ống tiêu hóa và chỉ số béo Clark được tìm hiểu. Kết quả sau khi phân tích 495 mẫu, cho thấy loài cá này miếng có hàm trên nhô ra hơn so với hàm dưới và chiều dài xương hàm trên lớn hơn so với xương hàm dưới. Trên mỗi hàm có nhiều hàng răng, lưỡi ngắn, đầu lưỡi tròn. Loài này thuộc nhóm cá ăn động vật do chiều dài ruột ngắn hơn chiều dài cơ thể. Chúng có khả năng tích trữ năng lượng cao do chỉ số Clark của chúng có giá trị cao. Sự thay đổi giá trị hệ số béo Clark của loài *P. variabilis* không chịu sự tác động của yếu tố giới tính và địa điểm nhưng chịu ảnh hưởng bởi yếu tố mùa vụ. Sự thay đổi chỉ số béo Clark của loài này không bị tác động đồng thời của giới tính & địa điểm nhưng lại chịu ảnh hưởng bởi giới tính × mùa vụ và giữa mùa vụ × địa điểm. Kết quả này góp phần làm cơ sở cho các nghiên cứu về nuôi nhân tạo loài cá này trong tương lai.

Từ khóa: Bạc Liêu, Cà Mau, hệ số béo Clark, hình thái ống tiêu hóa, *Periophthalmus variabilis*, Sóc Trăng, Trà Vinh.

1. ĐẶT VĂN ĐỀ

Họ Gobiidae ở đồng bằng sông Cửu Long gồm có 32 giống và 58 loài [1]. Riêng vùng ven biển ở khu vực này thì họ Gobiidae đã được xác định gồm 12 giống và 16 loài [2]. Cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* sống tập trung ở cửa sông lớn, một số vùng nước nông và khe đá, chất đáy và bùn cát [1, 2, 3]. Loài cá này được liệt kê vào danh mục IUCN với mức độ ít dữ liệu ở vùng ven biển ĐBSCL. Tuy nhiên, hiện nay các nghiên cứu về *P. variabilis* vẫn còn hạn chế, đặc biệt là các nghiên cứu về hình thái ngoài của ống tiêu hóa và sự thay đổi của chỉ số Clark với giới tính và mùa vẫn chưa được nghiên cứu đến. Hình thái của ống tiêu hóa dùng để xác định tính ăn của cá [4]. Khả năng tích lũy năng lượng của cá được biểu thị bằng chỉ số Clark [5]. Nghiên cứu này nhằm cung cấp các dẫn liệu về hình thái ống tiêu hóa và chỉ số Clark của cá và sự biến đổi của hệ số Clark theo mùa, giới tính và thời gian thu mẫu. Kết quả đề tài sẽ làm cơ sở cho các nghiên cứu về nuôi nhân tạo loài *P. variabilis* trong tương lai.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu mẫu và phân tích mẫu

Mẫu *P. variabilis* được thu bằng cách bắt tay ở vùng Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau (Hình 1). Mẫu cá *P. variabilis* được thu ngẫu nhiên với nhiều kích cỡ cá khác nhau và định kỳ thu mẫu 01 lần/tháng (từ tháng 04/2020 đến tháng 03/2021).



Hình 1. Sơ đồ điểm thu mẫu cá thời lòi chấm đen *P. variabilis*

[Đầu mũi tên: địa điểm thu mẫu; 1: Trà Vinh, 2: Sóc Trăng, 3: Bạc Liêu, 4: Cà Mau; Nguồn: Google Map]

Sau khi thu mẫu, mẫu cá sẽ được bảo quản trong dung dịch formaldehyde 10% (1 formaldehyde : 9 nước) trước khi chuyển về phòng thí nghiệm. Tại

¹ Bộ môn Sư phạm Sinh học, Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ
Email: dmquang@ctu.edu.vn

phòng thí nghiệm Động vật, Bộ môn Sinh học, Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ, mẫu cá sẽ được định loại dựa trên đặc điểm hình thái ngoài được mô tả bởi Trần Đắc Định và nnk. (2013) [3]. Đồng thời, mẫu cá được phân biệt giới tính bằng hình thái ngoài của gai sinh dục (con cái có hình oval, hình nhọn ở con đực). Trước khi giải phẫu lấy ống tiêu hóa, mẫu cá được xác định các chỉ số về khối lượng (W ; chính xác đến 0,01 g) và chiều dài (TL; chính xác đến 0,1 cm).

Mẫu cá được thu liên tục 12 tháng từ tháng 4 năm 2020 đến tháng 3 năm 2021 (5 tháng vào mùa khô từ tháng 04/2020 – 05/2020 và tháng 01/2021 - 03/2021; 7 tháng vào mùa mưa từ tháng 6/2020 - 12/2020).

Hình thái ống tiêu hóa được mô tả dựa trên phương pháp nghiên cứu của Nikolsky (1963) [4]. Khối lượng cá không nội quan dùng để tính chỉ số Clark (W_o ; chính xác đến 0,01 g) theo công thức:

$$\text{Clark} = \frac{W_o \times 100}{\text{TL}^3}$$

Bảng 1. Số lượng mẫu thu được tại 4 điểm nghiên cứu

Tháng	Trà Vinh				Sóc Trăng				Bạc Liêu				Cà Mau			
	Đực	Cái	Chiều dài (cm)	Khối lượng (g)	Đực	Cái	Chiều dài (cm)	Khối lượng (g)	Đực	Cái	Chiều dài (cm)	Khối lượng (g)	Đực	Cái	Chiều dài (cm)	Khối lượng (g)
04/2020	12	6	5,6 – 7,2	1,97 – 4,66	4	5	6,6 – 7,3	2,92 – 4,12	1	4	6,6 – 7,3	2,92 – 4,12	1	2	5,6 – 7,1	1,0 – 3,22
05/2020	6	8	5,7 – 7,3	2,07 – 4,12	5	3	6,0 – 6,8	2,17 – 3,02	5	1	6,0 – 6,8	2,17 – 3,02	2	3	5,6 – 7,1	1,0 – 3,52
06/2020	12	15	3,9 – 7,7	0,51 – 4,76	5	5	5,9 – 7,1	1,90 – 3,72	4	1	5,9 – 7,1	1,90 – 3,72	6	1	4,5 – 6,3	0,82 – 2,51
07/2020	9	5	3,8 – 7,6	0,41 – 4,20	4	4	5,8 – 7,4	1,34 – 4,86	6	3	5,8 – 7,4	1,34 – 4,86	1	5	6,6 – 7,7	3,08 – 3,55
08/2020	6	6	5,4 – 7,4	1,30 – 4,00	6	8	6,1 – 7,5	2,27 – 4,32	5	5	6,1 – 7,5	2,27 – 4,32	2	4	5,9 – 8,3	1,95 – 6,89
09/2020	6	8	4,6 – 7,4	1,21 – 4,31	3	6	5,9 – 6,6	2,27 – 2,82	4	3	5,9 – 6,6	2,27 – 2,82	5	6	5,6 – 7,3	1,20 – 3,42
10/2020	4	9	4,3 – 7,6	0,82 – 4,20	6	6	4,4 – 7,2	1,01 – 4,11	2	4	4,4 – 7,2	1,01 – 4,11	5	3	4,7 – 7,5	0,97 – 3,52
11/2020	6	6	4,8 – 7,6	1,31 – 4,51	5	3	5,7 – 7,0	1,81 – 3,65	3	4	5,7 – 7,0	1,81 – 3,65	2	6	6,1 – 8,2	2,15 – 6,79
12/2020	8	3	4,5 – 7,4	1,02 – 4,05	1	10	4,1 – 6,6	0,62 – 3,12	4	3	4,1 – 6,6	0,62 – 3,12	8	3	4,7 – 6,5	1,02 – 2,71
01/2021	4	22	4,2 – 7,8	0,60 – 4,47	3	7	6,1 – 6,5	2,34 – 3,2	3	6	6,1 – 6,5	2,34 – 3,20	3	8	6,8 – 8,5	2,99 – 7,09
02/2021	8	7	6,2 – 7,7	2,37 – 4,41	4	6	3,7 – 6,1	0,31 – 2,31	8	2	3,7 – 6,1	0,31 – 2,31	3	6	5,8 – 7,3	1,20 – 3,72
03/2021	10	8	3,9 – 7,1	0,57 – 3,71	5	5	4,8 – 6,9	1,15 – 4,10	5	3	4,8 – 6,9	1,15 – 4,10	6	2	4,1 – 6,4	0,78 – 3,15
Tổng	91	103	3,8 – 7,9	0,41 – 4,76	51	68	3,7 – 7,5	0,31 – 4,86	50	39	3,7 – 7,5	0,31 – 4,86	44	49	4,1 – 8,5	0,78 – 7,09

Trong đó, W_o : khối lượng cá không nội quan; TL: tổng chiều dài của cá [5].

2.2. Xử lí số liệu

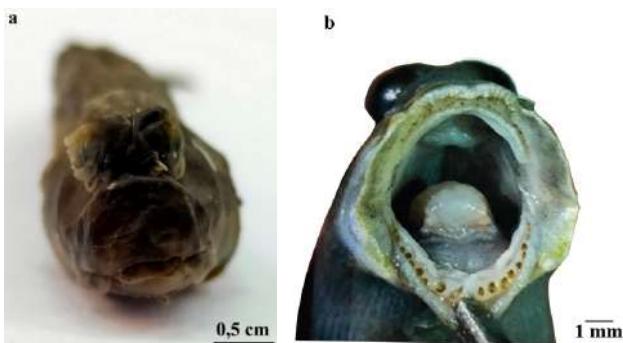
Sự biến động về giá trị Clark theo giới tính và mùa được xác định bằng t-test. Phương pháp phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) được dùng để kiểm tra sự biến động của chỉ số Clark theo địa điểm và tháng thu mẫu. Phương pháp phân tích phương sai hai nhân tố (two-way ANOVA) được dùng để xác định sự ảnh hưởng kết hợp của giới tính và mùa vụ, giới tính và địa điểm thu mẫu, mùa vụ và địa điểm thu mẫu đến sự thay đổi của giá trị Clark. Phần mềm SPSS v.21 được dùng để xử lý các thống kê. Tất cả các phương pháp đều được xác định ở mức ý nghĩa 5%.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

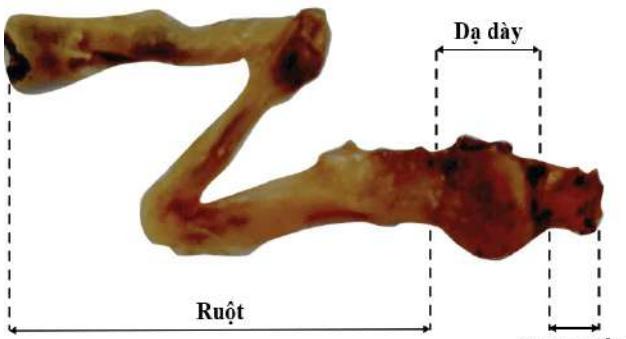
3.1. Hình thái ống tiêu hóa

Tổng số mẫu cá thu được từ tháng 04/2020 đến tháng 03/2021 là 495 cá thể (236 cá đực và 259 cá cái) (Bảng 1).

Kết quả sau khi phân tích 495 cá thể cho thấy, loài cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* về miệng có hàm trên nhô ra hơn so với hàm dưới và chiều dài xương hàm trên lớn hơn so với xương hàm dưới. Trên mỗi hàm có nhiều hàng răng, lưỡi ngắn, đầu lưỡi tròn (Hình 2). Qua phân tích 495 cá thể cho thấy loài cá này có chiều dài thân trung bình từ 3,7 cm đến 8,5 cm và chiều dài ruột dao động từ 1,00 cm đến 5,30 cm (Hình 3). Chiều dài của ruột cá nhỏ hơn chiều dài tổng của cá chứng tỏ đây là loài thuộc nhóm cá ăn động vật. Ở một số loài cá bống khác ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long như *Glossogobius giuris* [6], *Oxyeleotris urophthalmus* [7], *Eleotris melanosoma* [8, 9], *Periophthalmodon schlosseri* [10, 11] và *Periophthalmodon septemradiatus* [12] cũng được tìm thấy kết quả tương tự như kết quả trên.



Hình 2. Miệng (a) và răng (b) của loài cá thời lòi chấm đen *P. variabilis*



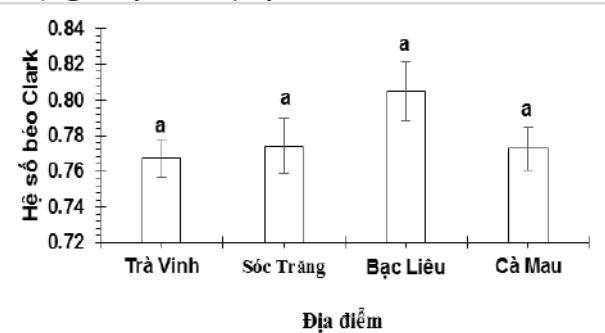
Hình 3. Hình thái ống tiêu hóa của loài cá thời lòi chấm đen *P. variabilis*

3.2. Chỉ số Clark của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis*

Chỉ số béo Clark ở cá cái ($0,78 \pm 0,01$, n=259) tương đương với giá trị này ở cá đực ($0,77 \pm 0,01$, n = 236, $p > 0,05$). Điều này cho thấy nhu cầu về dinh dưỡng của cá đực tương đương với cá cái. Tương tự, nhu cầu dinh dưỡng ở một số loài bống khác sống trong cùng khu vực như *Eleotris melanosoma* [8, 9], *Stigmatogobius pleurostigma* [13], *Periophthalmodon septemradiatus* [12] *Periophthalmodon schlosseri*

[11] cũng không có sự khác biệt giữa cá cái và cá đực.

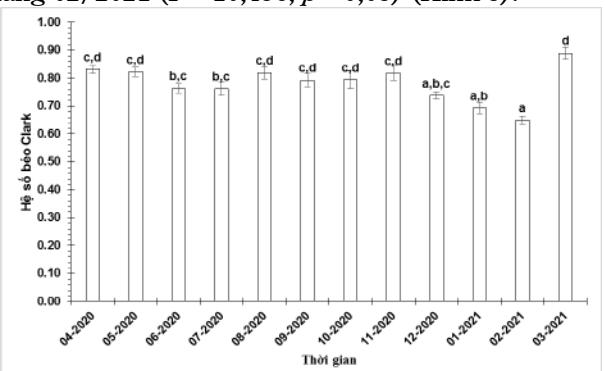
Trung bình chỉ số béo Clark của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* cao nhất tại Bạc Liêu ($0,80 \pm 0,02$, n = 89) và thấp nhất tại Trà Vinh ($0,77 \pm 0,01$, n = 194, one-way ANOVA, $F = 1,376$, $p > 0,05$, Hình 4). Chứng tỏ loài cá này có sự tích lũy năng lượng không chịu tác động bởi yếu tố địa lý.



Hình 4. Sự biến động của hệ số béo Clark của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* tại 4 địa điểm thu mẫu (Đường đứng: sai số chuẩn SE; a thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê).

Cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* có chỉ số béo Clark trong mùa khô ($0,77 \pm 0,01$, n = 212) tương đương so với mùa mưa ($0,78 \pm 0,01$, n = 283, t-test, $p < 0,05$). Điều này cho thấy lượng mưa đã ảnh hưởng đến nhu cầu tích lũy năng lượng của loài cá *P. variabilis*. Ngược lại, ở một số loài cá khác như *Pseudapocryptes elongatus* [14], *Parapocryptes seisperaster* [15], *Stigmatogobius pleurostigma* [13], *Periophthalmodon schlosseri* [11], chỉ số Clark ở mùa khô tương đương với mùa mưa.

Trung bình giá trị chỉ số béo Clark của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* có sự biến đổi giữa các tháng, có giá trị cao nhất vào tháng 03/2021 và thấp nhất vào tháng 02/2021 ($F = 10,456$, $p < 0,05$) (Hình 5).



Hình 5. Sự biến động hệ số béo Clark của loài cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* trong 12 tháng thu mẫu (Đường đứng: sai số chuẩn; a, b, c và d thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê)

Sự thay đổi giá trị hệ số béo của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* chịu ảnh hưởng bởi sự tác động kết hợp của hai yếu tố giới tính và mùa (two-way ANOVA, $F = 7,067, p < 0,05$) (Bảng 2). Ngược lại, đối với cá bống mít *Stigmatogobius pleurostigma* hệ số béo Clark không chịu tác động giữa giới tính và mùa [13]. Ở thời lòi *Periophthalmodon schlosseri* hệ số béo Clark cũng không chịu tác động giữa hai yếu tố giới tính và mùa [11]. Ở một nghiên cứu khác về cá bống lưng cao *Butis koilomatodon* thì chỉ số béo Clark cũng không chịu tác động kết hợp giữa giới tính và mùa [16].

Bảng 2. Sự biến động hệ số béo Clark của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* theo giới tính và mùa thu mẫu (SE: sai số chuẩn).

Giới tính	Mùa thu mẫu	Giá trị Clark (Trung bình ± SE)
Cá cái	Mùa khô	0,58 ^a ± 0,03
	Mùa mưa	0,89 ^a ± 0,03
Cá đực	Mùa khô	0,74 ± 0,02
	Mùa mưa	0,76 ± 0,01

Sự biến động chỉ số béo Clark không chịu tác động giữa giới tính và điểm thu mẫu của cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* ($F = 2,223, p > 0,05$) (Bảng 3). Ở một nghiên cứu khác về cá bống lưng cao *Butis koilomatodon* thì chỉ số béo Clark cũng không chịu tác động kết hợp giữa giới tính và điểm thu mẫu [16].

Bảng 3. Sự biến động của hệ số béo Clark của cá thời lòi chấm đen *P. Variabilis* theo giới tính và địa điểm thu mẫu (SE: sai số chuẩn).

Giới tính	Địa điểm thu mẫu	Giá trị Clark (Trung bình ± SE)
Cá cái	Trà Vinh	0,71 ± 0,02
	Sóc Trăng	0,64 ± 0,05
	Bạc Liêu	0,76 ± 0,04
	Cà Mau	0,79 ^a ± 0,02
Cá đực	Trà Vinh	0,76 ± 0,02
	Sóc Trăng	0,77 ± 0,03
	Bạc Liêu	0,74 ± 0,02
	Cà Mau	0,75 ± 0,02

Tuy nhiên giá trị hệ số béo Clark của loài này chịu ảnh hưởng bởi sự tác động kết hợp của hai yếu tố mùa vụ và điểm thu mẫu ($F = 3,457, p < 0,05$) (Bảng 4). Tương tự, ở cá bống lưng cao *Butis koilomatodon* thì chỉ số béo Clark cũng chịu tác động kết hợp giữa mùa và địa điểm [16]. Ở một nghiên cứu khác về cá thời lòi *Periophthalmodon septemraidatus* sự biến động của hệ số béo Clark của

loài này không thay đổi theo mùa vụ và địa điểm [12].

Bảng 4. Sự biến động của hệ số béo Clark của cá thời lòi chấm đen *P. Variabilis* theo mùa và địa điểm thu mẫu (SE: sai số chuẩn).

Mùa thu mẫu	Địa điểm thu mẫu	Giá trị Clark (Trung bình ± SE)
Mùa khô	Trà Vinh	0,69 ± 0,02
	Sóc Trăng	0,57 ± 0,04
	Bạc Liêu	0,65 ± 0,04
	Cà Mau	0,76 ^a ± 0,03
Mùa mưa	Trà Vinh	0,78 ± 0,02
	Sóc Trăng	0,83 ± 0,04
	Bạc Liêu	0,85 ± 0,03
	Cà Mau	0,76 ^a ± 0,02

Độ béo Clark ở cá bống cát *G. giuris* đực ($0,72 \pm 0,01$ SE, $n = 63$) cao hơn cá cái ($0,69 \pm 0,01$ SE, $n = 81$, $p < 0,05$) có thể do tuyển sinh dục của cá cái đang trong giai đoạn III, IV, lúc này chất dinh dưỡng được huy động cho việc hình thành và hoàn thiện các sản phẩm sinh dục, chính vì vậy độ béo của cá cái thấp hơn ở cá đực [17]. Độ béo Clark cá bống cát *G. giuris* ở mùa khô ($0,78 \pm 0,01$ SE, $n = 82$) cao hơn ở mùa mưa ($0,63 \pm 0,03$ SE, $n = 62$, $p < 0,05$) do mùa mưa phần lớn cá cái có tuyển sinh dục ở giai đoạn III và IV chuẩn bị cho thời kỳ sinh sản nên độ béo thấp hơn cá ở mùa khô đa số cá cái có tuyển sinh dục ở giai đoạn V chuẩn bị đẻ và một số ở giai đoạn I, II nên chất dinh dưỡng tập trung tích lũy cho các cơ quan khác dẫn tới độ béo cao hơn. Độ béo Clark của cá bống trắng *E. melanosoma* không dao động theo giới tính, kích cỡ và mùa vụ ($p > 0,05$) và sự dao động của độ béo của cá bống trắng đực và cái không phụ thuộc vào kích cỡ và mùa vụ ($p > 0,05$) [8].

4. KẾT LUẬN

Periophthalmodus variabilis thuộc nhóm cá ăn động vật dựa vào đặc điểm hình thái ống tiêu hóa và chiều dài ruột so với chiều dài cơ thể. Sự thay đổi giá trị về hệ số béo Clark của loài *P. variabilis* không chịu tác động bởi yếu tố giới tính và địa điểm nhưng chịu tác động bởi yếu tố mùa vụ. Sự thay đổi chỉ số béo Clark của loài này không chịu ảnh hưởng bởi sự tác động kết hợp của hai yếu tố giữa giới tính × địa điểm nhưng lại chịu ảnh hưởng bởi sự tác động kết hợp của hai yếu tố giới tính x mùa vụ và giữa mùa vụ × địa điểm. Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở cho những nghiên cứu về nuôi nhân tạo loài cá thời lòi chấm đen *P. variabilis* trong tương lai.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài bởi Quỹ Khoa học và Công nghệ Quốc gia (Nafosted) với mã số đề tài: 106.05-2019.306. Chúng tôi xin cảm ơn Nguyễn Hữu Đức Tôn, Nguyễn Thị Thúy Hiền và Nguyễn Thảo Lam đã hỗ trợ trong quá trình phân tích mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Hảo, 2005. Cá nước ngọt Việt Nam. Nxb Nông nghiệp, Tập III, Hà Nội.
2. Diệp Anh Tuấn, Đinh Minh Quang, Trần Đắc Định, 2014. Nghiên cứu thành phần loài cá họ Bống trắng (Gobiidae) phân bố ở ven biển tỉnh Sóc Trăng. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 30, 3, 68-76.
3. Trần Đắc Định, Koichi S., Nguyễn Thanh Phương, Hà Phước Hùng, Trần Xuân Lợi, Mai Văn Hiếu, Kenzo U., 2013. Mô tả định loại cá đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam. Nxb Đại học Cần Thơ, Cần Thơ.
4. Nikolsky G. V., 1963. Ecology of fishes. Academic Press, London, United Kingdom.
5. Clark F. N., 1928. The weight-length relationship of the California Sardine (*Sardina crulea*) at San Pedro. Division of fish and game of California, California.
6. Lê Thị Ngọc Thanh, 2010. Thành phần loài và đặc điểm sinh học của một số loài cá bống kinh tế ở tỉnh Bạc Liêu và Sóc Trăng. Luận văn cao học, Trường Đại học Cần Thơ.
7. Võ Thành Toàn, Trần Đắc Định, 2014. Nghiên cứu đặc điểm dinh dưỡng cá bống dừa (*Oxyeleotris urophthalmus*) phân bố dọc theo sông Hậu. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, Thủy sản, 2, 192-197.
8. Đinh Minh Quang, Nguyễn Thảo Duy, Danh Sóc, 2017. Tính ăn và phổ thức ăn của cá bống trúng *Eleotris melanostoma* ở ven biển tỉnh Sóc Trăng, Kỷ yếu Hội nghị khoa học toàn quốc về Sinh thái và Tài nguyên sinh vật lần thứ 7, Nxb Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 1873-1879.
9. Võ Thành Toàn, Trần Đắc Định, Dương Thị Hoàng Oanh, 2014. Nghiên cứu đặc điểm dinh dưỡng của cá bống trúng (*Eleotris melanostoma* Bleeker, 1853) phân bố dọc theo tuyến sông Hậu, Hội nghị toàn quốc về sinh học biển và phát triển bền vững lần 2, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, 507-514.
10. Zulkifli S. Z., Mohamat-Yusuff F., Ismail A., Miyazaki N., 2012. Food preference of the giant mudskipper *Periophthalmodon schlosseri* (Teleostei : Gobiidae). Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 405, 07p01-07p10. 10.1051/kmae/2012013.
11. Trần Thanh Lâm, Hoàng Đức Huy, Đinh Minh Quang, 2019. Hình thái ống tiêu hóa, tính ăn và phổ thức ăn của cá Thòi lòi *Periophthalmodon schlosseri* (Pallas, 1770) phân bố ven biển Trần Đề, Sóc Trăng. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 35, 3, 30-38. 10.25073/2588-1140/vnunst.4871.
12. Dinh Q. M., 2018. Alimentary tract morphology and temporal variation of Clark of the mudskipper *Periophthalmodon septemraidatus* along the Hau River, The 7th Scientific Conference for Young Cadres at Local Pedagogical Universities, Hanoi National University of Education Publisher, 80-86.
13. Đinh Minh Quang, Trần Thị Diễm My, 2018. Hình thái ống tiêu hóa, tính ăn và phổ thức ăn của cá bống mít *Stigmatogobius pleurostigma* (Bleeker, 1849) phân bố ven biển Sóc Trăng. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 34, 2, 46-55. js.vnu.edu.vn/NST/article/view/4740.
14. Tran D. D., 2008. Some aspects of biology and population dynamics of the goby *Pseudapocryptes elongatus* (Cuvier, 1816) in the Mekong Delta. PhD thesis, Universiti Malaysia Terengganu.
15. Dinh Q. M., Qin J. G., Dittmann S., Tran D. D., 2017. Seasonal variation of food and feeding in burrowing goby *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) at different body sizes. Ichthyological Research, 64, 2, 179-189. 10.1007/s10228-016-0553-4.
16. Đinh Minh Quang, Nguyễn Thị Nhã Ý, Lâm Thị Huyền Trần, Phan Thanh Giéo, 2020. Hình thái ống tiêu hóa và hệ số béo Clark của cá bống lung cao *Butis koilomatodon* phân bố ở một số vùng cửa song ven biển thuộc các tỉnh Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau. Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 36, 3, 61-69. 10.25073/2588-1140/vnunst.5051.
17. Phạm Thị Mỹ Xuân, 2012. Thành phần loài cá bống (Họ Gobiidae và Eleotridae) và một số đặc điểm sinh học của cá bống cát (*Glossogobius giuris* Hamilton, 1822) phân bố ở Cần Thơ, Đại học Cần Thơ.

**GASTROINTESTINAL TRACT MORPHOLOGY AND CLARK INDEX OF DUSKY GILLED MUDSKIPPER
Periophthalmus variabilis CAUGHT IN COASTAL REGIONS FROM TRA VINH TO SOC TRANG,
BAC LIEU AND CA MAU PROVINCES**

Tran Chi Canh, Dinh Minh Quang

Summary

This study provided data on gastrointestinal tract morphology and the relationship of Clark index and gender and season variables of *Periophthalmus variabilis*. Fish specimens were sampled monthly using trawling nets, from April 2010 to March 2021, in four sites in Tra Vinh, Soc Trang, Bac Lieu and Ca Mau provinces. After catching, the samples were determined sex, total length and weight, gastrointestinal tract morphology, gut length and Clark index. The analysis results of 495 specimens showed that this species had protruding upper jaw compared to the lower jaw and a longer upper jaw bone length compared to the lower jaw. On each jaw there are many rows of teeth, the tongue is short, the tip of the tongue is round. This fish fell into carnivorous category as gut length was lower than fish total length. This species had a high energy storage capacity due to the high value of the Clark index. The change in value of Clark fat coefficient of *P. variabilis* is not affected by sex and location factors but is influenced by seasonal factors. The change in Clark fat index of this species is not affected by the combination of two factors between sex × location but is influenced by the combined effect of two factors sex × season and between season × location. The results contributed to understanding in future aquaculture this species.

Keywords: *Bac Lieu, Ca Mau, Clark, gastrointestinal tract morphology, Periophthalmus variabilis, Soc Trang, Tra Vinh.*

Người phản biện: TS. Nguyễn Phúc Hưng

Ngày nhận bài: 4/8/2021

Ngày thông qua phản biện: 6/9/2021

Ngày duyệt đăng: 13/9/2021



ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY, HANOI

TẠP CHÍ
KHOA HỌC
VNU JOURNAL of SCIENCE

ISSN 2615-9317
e-ISSN 2588-1140

NATURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY
KHOA HỌC TỰ NHIÊN VÀ CÔNG NGHỆ

(<https://js.vnu.edu.vn/NST/index>)



Home (<https://js.vnu.edu.vn/NST/index>) / Archives (<https://js.vnu.edu.vn/NST/issue/archive>)
/ Vol 38 No 1

Full Issue

[Editorial Board](https://js.vnu.edu.vn/NST/issue/view/618/Bia%20Vol.%2038.1)

[Guide for Author](https://js.vnu.edu.vn/NST/issue/view/618/ML.38.1)

[Contents](https://js.vnu.edu.vn/NST/issue/view/618/ML.38.1tn)

Original Articles

Synthesis of Chitosan Stabilized Silver Nanoparticles and Evaluation of the in vitro Antibacterial Activity Against Xanthomonas oryzae pv. oryzae Causing Blight Disease of Rice
(<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5223>)

Le Thi Hien, Nguyen Thi Phuong Hue, Le Trong Duc, Vu Thi Huyen, Le Thi Van, Hoang Thi Giang, Chu Duc Ha, Nguyen Thanh Ha, Nguyen Duy Phuong, Le Huy Ham

[pdf](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5223/4517)

The Morphological Measurement Variations of Periophthalmus chrysospilos along the Coastline in the Mekong Delta (<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5245>)

Le Trung Hieu, Dinh Minh Quang, Hua Van U, Nguyen Huu Duc Ton

[pdf](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5245/4518)

Effects of Culture Conditions on Growth and Cyclooligomer Depsipeptides Biosynthesis of Cordyceps sp. CPA14V (<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5273>)

Nguyen Thi Thuy Van, Nguyen Dinh Viet, Duong Minh Lam

[pdf](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5273/4519)

Study on Manufacturing Environmentally Friendly Alkyd Paint (<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/4954>)
Nguyen Trung Thanh

[pdf](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/4954/4536)

Detection of Mitochondrial DNA Copy Number in Plasma Exosomes of Patients with Non-small Cell Lung Cancer (<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5150>)

Le Thi Thanh Nhan, Nguyen Thuy Quynh, Le Lan Phuong, Bui Phuong Thao, Nguyen Thi Tu Linh, Le Trung Tho, Trinh Hong Thai

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5150/4548\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5150/4548)

The Safety and Efficacy Evaluation of PRRS Attenuated Vaccine BG895 Strain in Experimental Pigs

(<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5299>)

Bui Anh Thy, Nguyen Tang Truong, Kim Van Phuc, Nguyen Thien Thu, Nguyen Van Dung, Tran Xuan Hanh, Tran Linh Thuoc

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5299/4549\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5299/4549)

A Comparison of Structure, Stability of Neutral and Cationic Vanadium-doped Germanium Clusters GenV0/+ (n = 2 - 8) using Density Function Theory (<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5253>)

Nguyen Huu Tho, Pham Hong Cam

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5253/4550\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5253/4550)

Preliminary Investigation of Microplastics in Sediments from Industrial Manufacturing Waste Sources

(<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5336>)

Doan Thi Oanh, Duong Thi Thuy, Nguyen Thi Nhu Huong, Hoang Thi Quynh, Phung Duc Hieu, Dang Minh Vu, Vu Thi Nguyet, Le Thi Phuong Quynh, Bui Van Cuong, Bui Huyen Thuong

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5336/4551\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5336/4551)

Total Phenolic, Flavonoid Content and Antioxidative, α -amylase Inhibitory Activity of Phellinus gilvus Fruiting Body Extracts (<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5171>)

Duong Thi Hong, Dang Ngoc Quang

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5171/4552\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5171/4552)

Assessment of Concentration and Ecological Risks of some Persistent Organochlorine Compounds in Water and Sediments of the Red River Running from Hanoi to Nam Dinh

(<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5170>)

Trinh Thi Tham, Trinh Thi Thuy, Nguyen Thanh Trung, Le Thi Trinh

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5170/4554\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5170/4554)

Study on Synthesis of some Substituted N-(ω -azidoalkyl) Isatins from (un)Substituted Isatins

(<https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5174>)

Nguyen Minh Tri, Nguyen Dinh Thanh, Vu Ngoc Toan, Hoang Mai Linh, Ngo Thi Ngoc Mai, Tran Thi Hai Yen, Ngo Thi Thuy, Nguyen Thi Thuy Huong, Pham Thi Thuy Van, Tran Thi Hai Yen, Nguyen Thi Kim Giang, Dang Thi Tuyet Anh

[pdf \(https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5174/4555\)](https://js.vnu.edu.vn/NST/article/view/5174/4555)



Original Article

The Morphological Measurement Variations of *Periophthalmus chrysospilos* along the Coastline in the Mekong Delta

Le Trung Hieu¹, Dinh Minh Quang^{2,*}, Hua Van U³, Nguyen Huu Duc Ton²

¹Tran Dai Nghia High School, Hung Phu, Cai Rang, Can Tho City, Vietnam

²Can Tho University, 3/2 Street, Xuan Khanh, Ninh Kieu, Can Tho City, Vietnam

³Nguyen Thi Minh Khai High School for the Gifted, No. 1 Ho Nuoc Ngot,
No. 6 Ward, Soc Trang City, Soc Trang, Vietnam

Received 30 May 2021

Revised 24 July 2021; Accepted 15 August 2021

Abstract: This study provided data on morphological variations of *Periophthalmus chrysospilos* in four provinces from Tra Vinh to Soc Trang, Bac Lieu, and Ca Mau. Fish samples were collected by hand-catching over 12 months from April 2020 to March 2021. Analyzed results of a collection of 1,031 individuals (508 females and 523 males) showed that the total length (TL) and weight (W) of the female *Periophthalmus chrysospilos* were higher than that of the male, these values were also higher in the wet season than those in the dry season, and gradually increased from Tra Vinh to Ca Mau. These values of the *Periophthalmus chrysospilos* fish were also influenced by the interaction of season × site and gender × site. In addition, the morphological variations of this species such as eye diameter (ED), eye distance (DE), body height (BD), head length (HL) and taxonomic ratios such as HL/TL , BD/TL , ED/HL , DE/HL were also affected by gender, seasonal fluctuations, and sites. These morphological variations and ratios were also influenced by interactions season × site. The results supplied information related to fish identification and the ecological adaptation conditions of this species.

Keywords: morphological variations, Tra Vinh, Soc Trang Bac Lieu, Ca Mau, fish identification, ecological adaptation.

* Corresponding author.

Địa chỉ email: dmquang@ctu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5245>

Sự biến động một số thông số hình thái của *Periophthalmus chrysospilos* phân bố ở ven biển Đồng bằng sông Cửu Long

Lê Trung Hiếu¹, Đinh Minh Quang^{2,*}, Hứa Văn Ủ³, Nguyễn Hữu Đức Tôn²

¹Trường THPT Trần Đại Nghĩa, Hưng Phú, Cái Răng, Thành Phố Cần Thơ, Việt Nam

²Dại học Cần Thơ, Đường 3/2, Xuân Khánh, Ninh Kiều, Thành phố Cần Thơ, Việt Nam

³Trường THPT chuyên Nguyễn Thị Minh Khai, Số 1 Hô Nước Ngọt, Phường 6, Thành phố Sóc Trăng, Sóc Trăng, Việt Nam

Nhận ngày 30 tháng 5 năm 2021

Chỉnh sửa ngày 24 tháng 7 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 15 tháng 8 năm 2021

Tóm tắt: Nghiên cứu này cung cấp dữ liệu về sự biến đổi hình thái ở cá thời lùi chấm cam *Periophthalmus chrysospilos*. Nghiên cứu được khảo sát tại bốn tỉnh ven biển từ Trà Vinh đến Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau kéo dài trong 12 tháng từ 04/2020 đến 03/2021. Kết quả phân tích 1.031 cá thể (508 cái và 523 đực) cho thấy chiều dài tổng (*TL*) và khối lượng (*W*) của cá thời lùi *Periophthalmus chrysospilos* cái cao hơn cá đực, ở mùa mưa cao hơn so với mùa khô và tăng dần từ Trà Vinh đến Cà Mau. Bên cạnh đó chiều dài tổng và khối lượng cá còn chịu sự ảnh hưởng của tương tác mùa × địa điểm và giới tính × địa điểm. Ngoài ra các thông số hình thái của loài này như đường kính mắt (*ED*), khoảng cách mắt (*DE*), cao thân (*BD*), dài đầu (*HL*) và các tỉ lệ đặc trưng của loài này trong định loại như *HL/TL*, *BD/TL*, *ED/HL*, *DE/HL* có sự biến động theo giới tính, mùa và điểm nghiên cứu. Các thông số và tỉ lệ này cũng chịu sự ảnh hưởng của các tương tác mùa × địa điểm. Kết quả nghiên cứu bổ sung thêm thông tin cho định loại cũng như là sự hiểu biết thích nghi sinh thái của loài cá này.

Từ khóa: Bạc Liêu, Cà Mau, chỉ số hình thái, định loại, Trà Vinh, Sóc Trăng.

1. Đặt vấn đề

Theo Strauss và Bond [1], các tỉ lệ có được từ các thông số hình thái như dài tổng (*TL*), cao thân (*BD*), dài đầu (*HL*), đường kính mắt (*ED*) và khoảng cách hai mắt (*DE*), *HL/TL*, *BD/TL*, *ED/HL*, *DE/HL* có vai trò trong việc định loại cá, bên cạnh các chỉ số đo và đếm. Các giá trị hình thái này là các thông số cơ bản trong nghiên cứu hình thái và định loại cá [2]. Đây là các thông số cơ bản, dễ dàng nhận biết, xác định trên hầu hết các loài cá. Bên cạnh đó, các thông số này cũng thường xuyên sử dụng trong công tác phân tích sinh học cá [3, 4]. Ở các môi

trường khác nhau thì các yếu tố như độ mặn và độ pH có tác động đến quá trình phát triển của loài cá này cũng như các sinh vật là nguồn thức ăn của chúng, từ đó tác động lên sự sinh trưởng của cá gây nên các thay đổi về hình thái [5-7]. Mối liên hệ của yếu tố môi trường với sự thích nghi sinh thái của cá ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) còn chưa được biết đến nhiều, đặc biệt là nhóm cá bùn.

Cá thời lùi chấm cam *Periophthalmus chrysospilos* Bleeker 1853 là một trong những loài cá bùn và thường xuất hiện ở bãi bồi các vùng ven biển, đặc biệt các bãi bồi với rừng ngập mặn vùng Ấn Độ đến Indonesia và ĐBSCL [8-10]. Đây là loài cá có môi trường sống khác biệt với đa số các loài cá khác, chúng có thể sống ở nước và môi trường cạn trong một

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: dmquang@ctu.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5245>

khoảng thời gian [11, 12]. Tuy nhiên, vẫn chưa có nghiên cứu mối quan hệ giữa nhân tố môi trường với đặc điểm hình thái của loài cá này. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm xác định các thông số hình thái của *Ps. chrysospilos* có bị thay đổi theo giới tính, mùa và điểm thu mẫu không? Kết quả nghiên cứu bổ sung thêm thông tin về tỉ lệ hình thái có thể sử dụng trong định loại cũng như là sự hiểu biết thích nghi sinh thái của loài này.

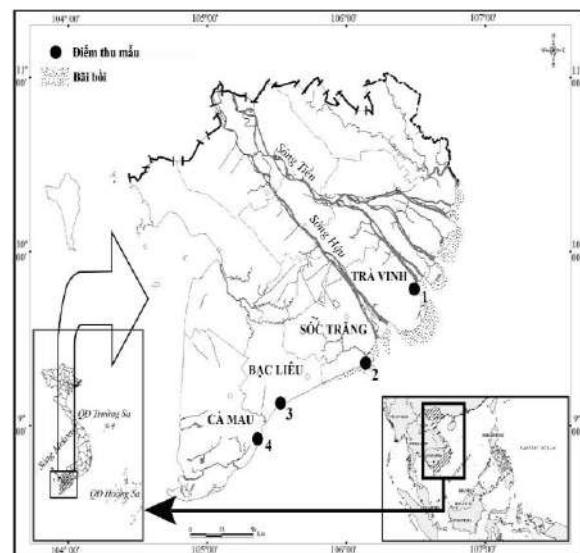
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu mẫu và phân tích mẫu

Mẫu cá *Ps. chrysospilos* được thu ở bốn điểm ở khu vực ven biển từ Duyên Hải - Trà Vinh (TV) đến Trần Đề - Sóc Trăng (ST), Đông Hải - Bạc Liêu (BL) và Đàm Dơi - Cà Mau (CM) (Hình 1). Mẫu cá (1.031 cá thể) được thu liên tiếp từ tháng 04/2020 đến 03/2021 bằng cách bắt trực tiếp bằng tay ở các bãi bồi ven biển vào lúc chiều tối vì cá di chuyển rất nhanh vào ban ngày. Định kì mẫu được thu mỗi tháng. Mẫu cá sau khi bắt được trữ trong dung dịch formol 10% và được xử lý tại phòng thí nghiệm. Tại đây, cá được xác định giới tính dựa vào gai sinh dục và vây lưng. Sau đó cá được đo các chỉ tiêu hình thái như: cân khối lượng (*W*), đo chiều dài tổng (*TL*), cao thân (*BD*), dài đầu (*HL*) đường kính mắt (*ED*) và khoảng cách hai mắt (*DE*).

2.2. Phân tích dữ liệu

Sự khác biệt của *TL*, *W*, *HL*, *BD*, *ED*, *DE*, *HL/TL*, *BD/TL*, *ED/HL* và *DE/HL* giữa cá đực và cá cái, mùa khô và mùa mưa được xác định bằng phép thử *t*-test. Sự thay đổi của các chỉ số này ở các khu vực được xác định bằng phép thử one-way ANOVA. Ngoài ra, phép thử two-way ANOVA để kiểm tra sự tác động của chỉ số giới tính × mùa, giới tính × địa điểm nghiên cứu và mùa × địa điểm nghiên cứu lên sự biến đổi của *TL*, *HL/TL*, *BD/TL*, *ED/HL* và *DE/HL*. Các giá trị của các thông số được xử lý bởi phần mềm SPSS v21. Các phép thử đều có độ tin cậy 95%.



Hình 1. Bản đồ thu mẫu cá *Periophthalmus chrysospilos* ở ĐBSCL.

(•: Điểm thu mẫu; 1: Duyên Hải - Trà Vinh; 2: Trần Đề - Sóc Trăng; 3: Đông Hải - Bạc Liêu; 4: Đàm Dơi - Cà Mau) [13].

3. Nghiên cứu và thảo luận

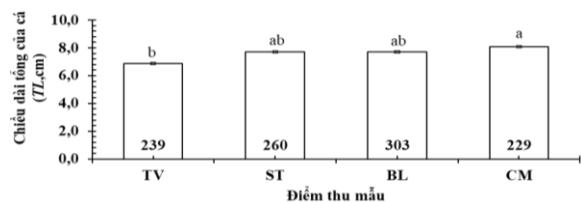
3.1. Sự biến động chiều dài và khối lượng

Kết quả phân tích *TL* và *W* của 1.031 cá thể thời lùi *Ps. chrysospilos* tại bốn khu vực thu mẫu cho thấy chỉ số này có sự thay đổi theo địa điểm. Chiều dài tổng (*TL*) của loài này đạt giá trị lớn nhất tại CM với giá trị trung bình là $5,39 \pm 0,16$ SE cm. Tại ST và BL, cá có chiều dài trung bình tương đương nhau nhưng nhỏ hơn ở CM với các kết quả là $4,56 \pm 0,14$ SE cm và $4,58 \pm 0,13$ SE cm. Điểm có giá trị thấp nhất là Duyên Hải - Trà Vinh (TV) với giá trị trung bình là $3,31 \pm 0,14$ SE cm ($F=37,68$; $P<0,05$ (Hình 2). Về khối lượng cá cũng có sự biến đổi theo địa điểm one-way ANOVA, $F=35,09$; $P<0,05$ (Hình 3). Chỉ số này đạt giá trị lớn nhất tại CM và giảm dần đến TV với các kết quả là $8,08 \pm 0,08$ SE; $7,70 \pm 0,07$ SE; $7,72 \pm 0,08$ SE và $6,87 \pm 0,09$ SE.

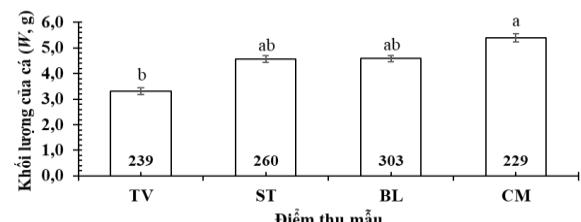
Thay đổi đồng thời của *TL* và *W* của cá cho thấy hai chỉ số này có mối sự tăng trưởng như nhau. Bên cạnh đó các chỉ số môi trường đã làm cho hai chỉ số này có sự biến động giữa các địa điểm, đặc biệt là yếu tố độ mặn. Theo nghiên cứu

của Dinh và các công sự [14], độ mặn có sự thay đổi và tăng dần từ TV đến ST, BL và CM với các giá trị lần lượt là 12,33; 14,00; 23,50 và 23,17‰.

Độ pH có giá trị thấp nhất tại CM (7,63) và cao nhất tại TV (7,85) và ST (7,96). Trong nghiên cứu này sự thay đổi các giá trị TL và W có sự tỉ lệ thuận với độ mặn và tỉ lệ nghịch với pH. Qua đó thấy được các chỉ số này có mối quan hệ với các yếu tố môi trường.



Hình 2. Sự thay đổi chiều dài tổng của cá *Periophthalmus chrysospilos* ở các điểm nghiên cứu. (TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Dơi, Cà Mau; số trong cột: số lượng cá thể ở mỗi điểm; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).

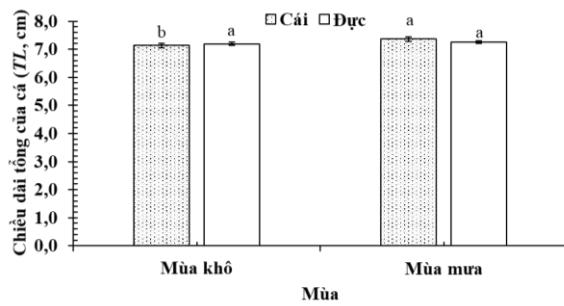


Hình 3. Sự thay đổi khối lượng của cá *Periophthalmus chrysospilos* ở các điểm nghiên cứu. (TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Dơi, Cà Mau; số trong cột: số lượng cá thể ở mỗi điểm; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).

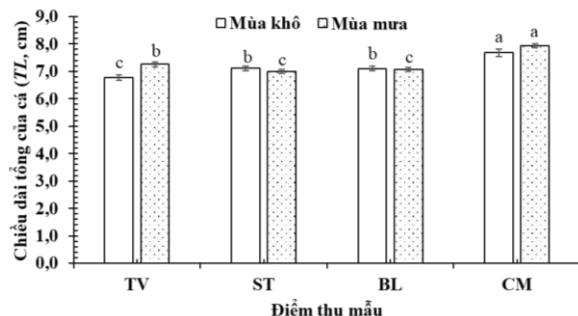
Bảng 1. Sự thay đổi chiều dài và khối lượng cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* theo giới tính và mùa

Thông số hình thái	Nhóm	Số lượng	Trung bình±SE
Chiều dài tổng	Cá cái	508	7,83±0,06 ^a
	Cá đực	523	7,38±0,06 ^b
Khối lượng	Cá cái	508	4,85±0,11 ^a
	Cá đực	523	4,08±0,10 ^b
Chiều dài tổng	Mùa khô	408	7,21±0,08 ^b
	Mùa mưa	623	7,85±0,05 ^a
Khối lượng	Mùa khô	408	3,97±0,13 ^b
	Mùa mưa	623	4,79±0,08 ^a

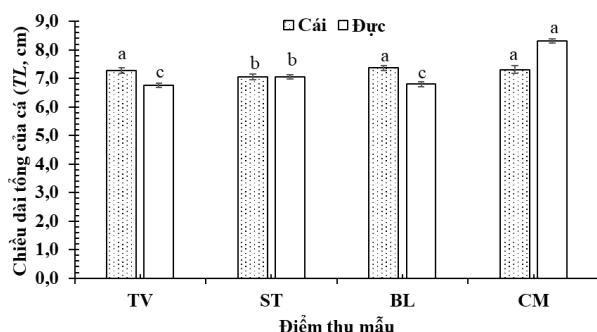
Ở cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos*, TL và W của cá không chỉ thay đổi theo điểm nghiên cứu mà 2 thông số này còn thay đổi theo giới tính và mùa. Giá trị trung bình cho thấy ở cá cái luôn có giá trị trung bình của TL và W cao hơn cá đực (Bảng 1). Cụ thể cá cái có trung bình chiều dài tổng là $7,83\pm0,06$ SE cm cao hơn cá đực là $7,38\pm0,06$ SE cm ($t=5,46$; $P<0,05$). Cá cái có khối lượng với giá trị trung bình là $4,85\pm0,11$ SE g, giá trị này ở cá đực là $4,08\pm0,10$ SE g ($t=5,40$; $P<0,05$). Qua đó cho thấy cá cái có sự phát triển mạnh hơn cá đực ở 4 điểm nghiên cứu. Nguyên nhân có thể là do cá cái cần tích lũy năng lượng nhiều hơn cho việc sinh sản. Song song đó, yếu tố mùa cũng có ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự tăng trưởng của cá. Bằng chứng là TL và W của cá có giá trị vào mùa mưa lớn hơn mùa khô ($t_{TL}=-7,76$; $t_W=-5,61$; $P_{TL}<0,05$; $P_W<0,05$; Bảng 1). Có thể thấy vào mùa mưa cá có môi trường sống tốt hơn với lượng thức ăn đa dạng hơn và môi trường tương thích hơn nên sự phát triển hình thái của cá mạnh hơn so với mùa khô. Sự thay đổi của những giá trị này theo mùa còn được tìm thấy ở loài *Parapocryptes serperaster* [15] có cùng họ cá Oxudercidae và phân bố ở ĐBSCL. Tuy nhiên cũng trong họ cá này nhưng *Periophthalmodon* [16], *Trypauchen vagina* [17] và *Boleophthalmus boddarti* [18] không có sự thay đổi TL và W theo mùa. Các loài cá thuộc họ Gobiidae và Butidae như *Glossogobius sparsipapillus* [19], *Glossogobius giuris* [20], *Glossogobius aureus* [21] và *Butis koilomatodon* [22] cùng khu vực phân bố cũng cho kết quả tương tự.



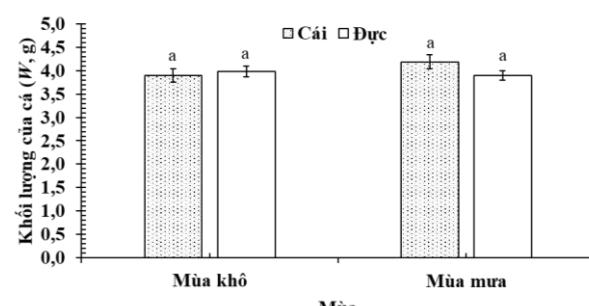
Hình 4. Sự thay đổi chiều dài tổng của cá *Periophthalmus chrysospilos* theo giới tính và mùa. (thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$)



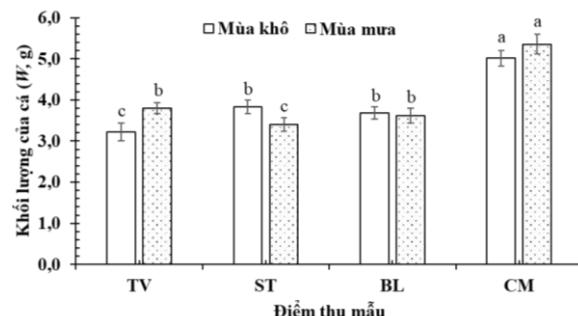
Hình 5. Sự thay đổi chiều dài tổng của cá *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa và địa điểm (TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b, c: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).



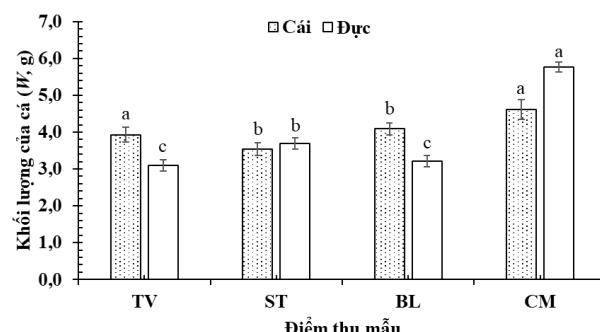
Hình 6. Sự thay đổi chiều dài tổng của cá *Periophthalmus chrysospilos* theo giới tính và địa điểm. (TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b, c: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).



Hình 7. Sự thay đổi khối lượng của cá *Periophthalmus chrysospilos* ở theo giới tính và mùa (thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).



Hình 8. Sự thay đổi khối lượng cá *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa và địa điểm (TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b, c: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).



Hình 9. Sự thay đổi khối lượng cá *Periophthalmus chrysospilos* theo giới tính và địa điểm. (TV: Duyên Hải, Trà Vinh; ST: Trần Đề, Sóc Trăng; BL: Đông Hải, Bạc Liêu; CM: Đàm Dơi, Cà Mau; thanh dọc là sai số chuẩn của giá trị trung bình; a, b, c: thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P<0,05$).

3.2. Sự biến động đường kính mắt, khoảng cách mắt, chiều cao thân và chiều dài đầu và các tỉ lệ hình thái

Ngoài sự biến động về TL và W theo giới tính, mùa và địa điểm thì cá thời lòi *Periophthalmus chrysospilos* còn có sự thay đổi các thông số hình thái khác như: khoảng cách hai mắt (DE), đường kính mắt (ED), cao thân (BD), dài đầu (HL). Các thông số này tạo nên các tỉ lệ chiều dài đầu/chiều dài tổng (HL/TL), chiều cao thân/chiều dài tổng (BD/TL), đường kính mắt/chiều dài đầu (ED/HL), khoảng cách mắt/chiều dài đầu (DE/HL). Các tỉ lệ này ở mỗi loài cá có sự khác biệt và đặc trưng cho loài. Ở loài cá này cá thông số hình thái của cá và các tỉ lệ đặc trưng đều có sự chênh lệch giữa cá cái và cá đực (ngoại trừ DE và BD/TL) ($P>0,05$ cho

mọi trường hợp, Bảng 2). So với loài *G.aureus*, các tỉ lệ *HL/TL*, *BD/TL* và *ED/HL* ở loài cá này đều có giá trị nhỏ hơn. Ngược lại, *DE/HL* ở loài này lớn hơn khá nhiều so với *G. aureus* [21]. Trong khi đó ở loài *G. giuris* cùng giống *Glossogobius* với *G. aureus*, có *HL/TL* và *DE/HL* có giá trị lần lượt là 0,18 và 0,23. Cả hai giá trị này đều thấp hơn so với *P. chrysospilos*. Ở hai tỉ lệ còn lại thì loài *G. giuris* có giá trị cao hơn loài này [20]. Qua đó cho thấy mỗi loài đều có các giá trị tỉ lệ hình thái khác nhau. Do các loài khác trong họ *Periophthalmus* tại ĐBSCL cũng như trên thế giới vẫn chưa được nghiên cứu nên vẫn chưa thể xác định các giá trị hình thái giữa các loài này có khác nhau hay không. Tuy nhiên, kết quả này có thể dùng để so sánh với các loài trong giống này ở các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 2. Sự biến động các thông số hình thái của cá thời lòi *Periophthalmus chrysospilos* theo giới tính

Thông số hình thái	Giới tính	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
<i>ED</i>	Cá cái	508	0,373	0,003	4,88	0,00
	Cá đực	523	0,353	0,003		
<i>DE</i>	Cá cái	508	0,187	0,003	2,76	0,06
	Cá đực	523	0,176	0,003		
<i>BD</i>	Cá cái	508	0,964	0,012	5,02	0,00
	Cá đực	523	0,880	0,012		
<i>HL</i>	Cá cái	508	1,695	0,016	2,99	0,03
	Cá đực	523	1,631	0,015		
<i>HL/TL</i>	Cá cái	508	0,229	0,003	1,97	0,05
	Cá đực	523	0,221	0,002		
<i>BD/TL</i>	Cá cái	508	0,115	0,002	1,53	0,12
	Cá đực	523	0,111	0,002		
<i>ED/HL</i>	Cá cái	508	0,122	0,001	2,40	0,02
	Cá đực	523	0,118	0,001		
<i>DE/HL</i>	Cá cái	508	0,272	0,001	-3,26	0,02
	Cá đực	523	0,278	0,001		

Giống với sự thay đổi theo giới tính, hầu hết các thông số hình thái ở cá thời lòi *Periophthalmus chrysospilos* có sự biến động theo mùa, ngoại trừ thông số về khoảng cách

mắt ($P<0,05$ cho mọi trường hợp, Bảng 3). Cụ thể, vào mùa mưa thì các thông số của cá đều cao hơn so với mùa khô. Qua đó cho thấy vào mùa mưa thuận lợi hơn cho sự phát triển của

loài cá này. Từ sự thay đổi của các thông số hình thái dẫn đến các tỉ lệ đặc trưng ở loài cá này cũng có sự thay đổi theo mùa ($P<0,05$ cho mọi trường hợp, Bảng 3). Các giá trị ED , BD và

HL đều tăng vào mùa mưa nhung và gây ảnh hưởng đến giá trị của các tỉ lệ BD/TL , HL/TL ED/HL và DE/HL . Qua đó thấy được sự thay đổi của hai giá trị hình thái ở mỗi cặp tỉ lệ.

Bảng 3. Sự biến động các thông số hình thái của cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa

Thông số hình thái	Mùa	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
ED	Mùa khô	408	0,355	0,003	-3,16	0,02
	Mùa mưa	623	0,368	0,003		
DE	Mùa khô	408	0,185	0,004	1,33	0,18
	Mùa mưa	623	0,179	0,002		
BD	Mùa khô	408	0,848	0,014	-7,16	0,00
	Mùa mưa	623	0,969	0,010		
HL	Mùa khô	408	1,575	0,019	-6,65	0,00
	Mùa mưa	623	1,719	0,012		
HL/TL	Mùa khô	408	0,233	0,003	3,46	0,01
	Mùa mưa	623	0,220	0,002		
BD/TL	Mùa khô	408	0,122	0,003	5,05	0,00
	Mùa mưa	623	0,107	0,001		
ED/HL	Mùa khô	408	0,116	0,001	-4,57	0,00
	Mùa mưa	623	0,123	0,001		
DE/HL	Mùa khô	408	0,277	0,001	2,22	0,00
	Mùa mưa	623	0,273	0,001		

Tại mỗi khu vực đều có đặc trưng về các yếu tố môi trường (độ mặn và độ pH) nên sự biến động các thông số hình thái và các tỉ lệ đặc trưng có sự khác nhau ở mỗi địa điểm ($P<0,05$ cho mọi trường hợp, Bảng 4). Hầu hết các giá trị cao về các thông số hình thái đều thuộc khu vực Đàm Dơi - Cà Mau và thấp nhất là khu vực Duyên Hải - Trà Vinh (Ngoại trừ DE). Từ đó cho thấy các yếu tố môi trường tại các khu vực này (độ mặn cao và pH thấp) tương thích với sự sinh trưởng của cá. Bên cạnh đó, trong quá trình quan sát khi thu mẫu thì đây là các khu vực ít chịu sự ảnh hưởng từ con người nên cá có môi trường phát triển ổn định. Ở mỗi môi trường sống đặc trưng cho các giá trị hình thái khác nhau ở loài cá này tương tự với sự biến đổi các thông số hình thái ở loài *Glossogobius sparsipapillus* [19], *Glossogobius giuris* [20], *Glossogobius aureus* [21], *Butis koilomatodon* [22], *Parapocryptes serperaster* [15] và *Periophthalmodon septemradiatus* [23]. Qua đó cho thấy, tuy ở mỗi loài cá các giá trị hình thái

riêng lẻ có thể thay đổi theo từng môi trường sống của cá. Nhưng khi xét trên các tỉ lệ hình thái thì giữa các điểm nghiên cứu của các loài thì sự thay đổi này không lớn. Điều này chứng tỏ các tỉ lệ hình thái có sự đặc trưng cho từng loài, trong đó có *Periophthalmus chrysospilos*. Giá trị trung bình của các tỉ lệ này đều nhỏ hơn so với tỉ lệ của loài *Periophthalmodon septemradiatus* [23] và *Parapocryptes serperaster* [15].

Tương tự như TL và W , các thông số hình thái của cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* không chịu sự tác động cùng lúc của mùa × giới tính, mùa × địa điểm, ngoại trừ DE và BD có biến đổi bởi sự ảnh hưởng của mùa × địa điểm. Các thông số hình thái của loài này còn chịu sự tác động của giới tính × địa điểm. Bên cạnh các thông số hình thái, các tỉ lệ đặc trưng của cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* không chịu sự tác động của mùa × giới tính, giới tính × địa điểm và mùa × địa điểm. Ngoại trừ tỉ lệ BD/TL , ED/HL và DE/HL thay đổi theo mùa × địa điểm (Bảng 5).

Bảng 4. Sự biến động các thông số hình thái của cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* theo địa điểm

Thông số hình thái	Điểm	Số lượng	Trung điểm	Sai số chuẩn	F	P
ED	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,338	0,003	17,47	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,369	0,004		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,362	0,004		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	0,381	0,004		
DE	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,192	0,005	13,93	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,186	0,003		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,161	0,003		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	0,191	0,003		
BD	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,796	0,013	33,32	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,974	0,016		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,900	0,015		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	1,018	0,018		
HL	Duyên Hải, Trà Vinh	239	1,475	0,021	35,46	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	1,714	0,021		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	1,685	0,019		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	1,766	0,019		
HL/TL	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,236	0,003	4,21	0,01
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,222	0,003		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,223	0,004		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	0,217	0,002		
BD/TL	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,136	0,004	31,69	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,113	0,002		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,096	0,001		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	0,109	0,002		
ED/HL	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,115	0,001	13,59	0,00
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,125	0,001		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,115	0,001		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	0,125	0,001		
DE/HL	Duyên Hải, Trà Vinh	239	0,271	0,002	3,88	0,01
	Trần Đề, Sóc Trăng	260	0,279	0,002		
	Đông Hải, Bạc Liêu	303	0,274	0,002		
	Đầm Dơi, Cà Mau	229	0,272	0,001		

Bảng 5. Sự biến động các thông số hình thái của cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* ở hai nhân tố

Tương tác	ED	DE	BD	HL	HL/TL	BD/TL	ED/HL	DE/HL
Giới tính × mùa	F	0,00	0,34	3,77	0,03	0,60	0,77	2,98
	P	1,00	0,56	0,05	0,86	0,44	0,38	0,09
Giới tính × địa điểm	F	13,29	2,26	6,01	13,63	0,11	0,13	2,21
	P	0,00	0,08	0,00	0,00	0,95	0,95	0,09
Mùa × địa điểm	F	2,12	14,09	2,67	1,15	0,47	16,28	5,72
	P	0,10	0,00	0,05	0,33	0,70	0,00	0,04

4. Kết luận

Periophthalmus chrysosipilos có chiều dài và khối lượng thay đổi theo giới tính, mùa và địa điểm, và sự tác động đồng thời của giới tính × địa điểm, mùa × địa điểm. Các thông số hình thái và tỉ lệ đặc trưng của chúng thay đổi theo giới tính, mùa, địa điểm và sự tác động đồng thời của mùa × địa điểm. Kết quả nghiên cứu bổ sung thêm thông tin về các tỉ lệ hình thái cho định loại cũng như là sự hiểu biết thích nghi sinh thái của loài này.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài bởi Quỹ Khoa học và Công nghệ Quốc Gia (Nafosted) với mã số đề tài: 106.05-2019.306. Chúng tôi xin cảm ơn Trần Chí Cảnh, Nguyễn Thị Thuý Hiền và Võ Thị Thảo Lam đã hỗ trợ trong quá trình phân tích mẫu.

Tài liệu tham khảo

- [1] R. E. Strauss, C. E. Bond, Taxonomic Methods: Morphology, in: C. B. Schreck, P. B. Moyle (eds), Methods for Fish Biology, American Fisheries Society, Maryland, 1990, pp. 109-140.
- [2] C. J. Grant, A. V. Spain, Variation in the Body Shape of Three Species of Australian Mullets (Pisces: Mugilidae) During the Course of Development, Marine and Freshwater Research, Vol. 26, 1977, pp. 723-738.
- [3] V. H. Nguyen, S. V. Ngo, Fresh Water Fish of Vietnam, Agriculture, III, Hanoi, 2001 (in Vietnamese).
- [4] Y. D. Mai, T. V. Nguyen, T. V. Nguyen, Y. H. Le, L. B. Hua, Identification of Freshwater Fishes of South Vietnam, Science and Technology Publishing House, Hanoi, 1992 (in Vietnamese).
- [5] S. X. Cadrin, V. M. Silva, Morphometric Variation of Yellowtail Flounder, ICES Journal of Marine Science, Vol. 62, 2005, pp. 683-694.
- [6] M. Chaklader, M. Siddik, A. Nahar, Taxonomic Diversity of Paradise Threadfin *Polynemus Paradiseus* (Linnaeus, 1758) Inhabiting Southern Coastal Rivers in Bangladesh, Sains Malaysiana, Vol. 44, 2015, pp. 1241-1248.
- [7] M. Siddik, M. Chaklader, M. Hanif, M. Islam, M. Sharker, M. Rahman, Stock Identification of Critically Endangered Olive Barb, *Puntius Sarana* (Hamilton, 1822) with Emphasis on Management Implications, Journal of Aquaculture Research and Development, Vol. 7, 2016, pp. 1-6,
<https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000411>.
- [8] E. O. Murdy, A Taxonomic Revision and Cladistic Analysis of the Oxudercine Gobies (Gobiidae, Oxudercinae), Australian Museum Journal, Vol. 11, 1989, pp. 93,
<https://doi.org/10.3853/j.0812-7387.11.1989.93>.
- [9] R. Froese, D. Pauly, FishBase, World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org/, 2021, (accessed on: June 10th, 2021).
- [10] D. D. Tran, V. T. Nguyen, H. T. M. To, T. T. Nguyen, Q. M. Dinh, Species Composition and Biodiversity Index of Gobiid Assemblage in Estuarine Areas of the Mekong Delta, Vietnam, Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, Vol. 24, 2020, pp. 931-941,
<https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.131385>.
- [11] G. Polgar, G. Crosa, Multivariate Characterisation of the Habitats of Seven Species of Malayan Mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae), Marine Biology, Vol. 156, 2009, pp. 1475-1486,
<https://doi.org/10.1007/s00227-009-1187-0>.
- [12] W. P. Low, D. J. W. Lane, Y. K. Ip, A Comparative Study of Terrestrial Adaptations of the Gills in Three Mudskippers: *Periophthalmus Chrysosipilos*, *Boleophthalmus Boddarti*, and *Periophthalmus Schlosseri*, Biological Bulletin, Vol. 175, 1988, pp. 434-438, <https://doi.org/10.2307/1541736>.
- [13] Q. M. Dinh, Aspects of Reproductive Biology of the Red Goby *Trypauchen Vagina* (Gobiidae) from the Mekong Delta, Journal of Applied Ichthyology, Vol. 34, 2018, pp. 103-110,
<https://doi.org/10.1111/jai.13521>.
- [14] Q. M. Dinh, T. T. H. Lam, T. H. D. Nguyen, T. M. Nguyen, T. T. K. Nguyen, N. T. Nguyen, First Reference on Reproductive Biology of *Butis Koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam, BMC Zoology, Vol. 6, 2021, pp. 1-14,
<https://doi.org/10.1186/s40850-021-00072-y>.
- [15] Q. M. Dinh, J. G. Qin, S. Dittmann, D. D. Tran, Morphometric Variation of *Parapocryptes Serperaster* (Gobiidae) in Dry and Wet Seasons in the Mekong Delta, Vietnam, Ichthyological Research, Vol. 63, 2016, pp. 267-274,
<https://doi.org/10.1007/s10228-015-0497-0>.
- [16] Q. M. Dinh, Growth and Body Condition Variation of the Giant Mudskipper *Periophthalmus Schlosseri* in Dry and Wet Seasons, Journal of Biology, Vol. 38, 2016, pp. 352-358,
<https://doi.org/10.15625/0866-7160/v38n3.7425>.

- [17] Q. M. Dinh, Growth Pattern and Body Condition of *Trypauchen Vagina* in the Mekong Delta, Vietnam, The Journal of Animal and Plant Sciences, Vol. 26, 2016, pp. 523-531.
- [18] Q. M. Dinh, Morphometric, Growth and Condition Factor Variations of *Boleophthalmus Boddarti* in the Mekong Delta, Vietnam, Iranian Journal of Fisheries Sciences, Vol. 16, 2017, pp. 822-831.
- [19] T. H. D. Nguyen, H. T. T. Nguyen, T. C. Tran, Y. T. N. Nguyen, Q. M. Dinh, Morphometric and Meristic Variations of *Glossogobius Sparsipapillus* along the Coastline in the Mekong Delta, Vietnam, International Journal of Zoology and Animal Biology, Vol. 3, 2020, pp. 1-9, <https://doi.org/10.3853/j.08127387.11.1989.93.10.23880/izab-16000211>.
- [20] T. H. D. Nguyen, Q. M. Dinh, Morphometric and Meristic Variations in *Glossogobius Giuris* Distributed in Different Locations in the Mekong Delta, TNU Journal of Science and Technology, Vol. 226, 2021, pp. 31-38, <https://doi.org/10.3853/j.08127387.11.1989.93.10.34238/tnu-jst.4274> (in Vietnamese).
- [21] G. H. Phan, Q. M. Dinh, N. T. Truong, T. H. D. Nguyen, Variation in Morphometric Characteristics of *Glossogobius Aureus* Distributed from Can Tho to Ca Mau, Vietnam Agricultural Science Journal, Vol. 19, 2021, pp. 863-874 (in Vietnamese).
- [22] T. T. H. Lam, Q. M. Dinh, Morphometric and Meristic Variability in *Butis Koilomatodon* in Estuarine and Coastal Areas of the Mekong Delta, Vietnam Agricultural Science Journal, Vol. 3, 2020, pp. 806-816.
- [23] Q. M. Dinh, T. L. Tran, T. Y. N. Nguyen, The Flexibility of Morphometric and Meristic Measurements of *Periophthalmodon Septemradiatus* (Hamilton, 1822) in Hau River, Journal of Science and Technology, Vol. 187, 2018, pp. 81-90.

MSDI 2023 submission 2217

1 message

MSDI 2023 <msdi2023@easychair.org>
To: Quang Dinh <dmquang@ctu.edu.vn>

Fri, Mar 10, 2023 at 11:06 AM

Dear authors,

We received your submission to MSDI 2023 (Marine Sustainable Development and Innovation):

Authors : U Hua, Ton Nguyen and Quang Dinh

Title : Examining morphological measurement relationships to differentiate between sexes in slender mudskipper

Periophthalmus gracilis (Eggers, 1935)

Number : 2217

The submission was uploaded by Quang Dinh <dmquang@ctu.edu.vn>. You can access it via the MSDI 2023 EasyChair Web page

<https://easychair.org/conferences/?conf=msdi2023>

Thank you for submitting to MSDI 2023.

Best regards,

EasyChair for MSDI 2023.

Examining morphological measurement relationships to differentiate between sexes in slender mudskipper

***Periophthalmus gracilis* (Eggert, 1935)**

U Van Hua^{1,2}, Quang Minh Dinh^{3,*}, Ton Huu Duc Nguyen³

¹PhD Student at Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Xuan Khanh ward, Ninh Kieu district, Can Tho 900000, Vietnam

²Department of Biology, Hoang Dieu High School, No. 4 wards, Soc Trang city, Soc Trang 950000, Vietnam

³Department of Biology, School of Education, Can Tho University, Xuan Khanh ward, Ninh Kieu district, Can Tho 900000, Vietnam

Email: dmquang@ctu.edu.vn

Abstract. This study developed a new method for determining the sex of *Periophthalmus gracilis* (Eggert, 1935) fish using morphological measurements. This alternative method could potentially overcome the limitations of traditional methods, such as dissection, which is time-consuming, invasive, and can only be performed on dead or mature fish. The researchers collected 1,288 fish samples over 12 months from different coastal regions in the Vietnamese Mekong Delta. The fish were sexed based on their gonads and measured for various morphological aspects, including total length, standard length, body height, eyeglass distance, eye diameter, mouth width, and head length. The researchers found that the relationship between total length and eye distance was the most effective in distinguishing between male and female fish. Males significantly increased eye distance than females, making it a vital measurement for sex determination. The combination of eye distance, body height, and mouth width could also be used to determine the sample collection time, whether during the wet or dry season. The study highlights the importance of using non-invasive and suitable ways to determine fish sex. The alternative method can potentially help reduce the number of fish used in traditional ways, ultimately aiding in conserving fish populations. Additionally, this study provides essential information for fishery management, as it can help estimate population sizes and sex ratios, leading to more effective and sustainable management strategies.

Keywords: Mekong Delta, morphometrics, mudskipper, *Periophthalmus gracilis*, sex differentiation.

1. Introduction

Periophthalmus gracilis is a member of the Oxudercidae family, comprising 32 genera and 58 species [1]. These fish are found in the Indo-Pacific and Western Pacific regions [2], including the coastal mudflats of Singapore, Indonesia, Malaysia, Thailand, and Vietnam in Southeast Asia [3-8]. This species is highly valued for food and has significant economic importance in Taiwan and Japan [9], as well as being sought after as an ornamental fish. Living in brackish and saltwater habitats in coastal

estuarine mudflats, *P. gracilis* exhibits unique physiological and behavioral traits, including surviving out of water for extended periods [10, 12]. They have a distinctive appearance: a gray body featuring white transverse lines, a yellow first dorsal fin, a large black streak with a white fringe, two separated ventral fins, and one row of teeth in the upper jaw. Their standard length is 4.5 cm (SL) [13].

Sex differentiation in fish is critical for biological and ecological research, and many fish species can quickly distinguish between males and females based on color or other physical characteristics, e.g., male *Periophthalmus septemradiatus* have longer, more colorful dorsal fins than females [14]. Some species in the goby group, e.g., *Boleophthalmus boddarti* [15], *Parapocryptes serpersater* [16], *Butis butis* [17], *Eleotris melanosoma* [18], *Periophthalmus schlosseri* [19], *Periophthalmus septemradiatus* [20] and *Butis koilomatodon* [21], can be sex distinguished regarding genital papilla. In some cases, it is necessary to examine the genital anatomy to differentiate between male and female fish, such as with the slender mudskipper, which requires anatomical observation of the gonads. However, this method requires the researcher to spend considerable time and often involves killing the sample.

It is necessary to find other solutions to determine the sex without killing the fish and shorten the time in determining fish sex. The use of the relationship between total length (TL) and standard length (SL), head length (HL) and body height (BH) to distinguish males and females have been used by some authors in recent times, such as *Glossogobius sparsipapillus* [22], *Glossogobius giuris* [23], *Ellochelon vaigiensis* [24]. In addition, through this relationship it is possible to determine the autumn pattern of fish. Therefore, this study aims to confirm whether these correlations can be applied to distinguish the sex of *P. gracilis* in the Mekong Delta and whether they can be used to determine the fall pattern of the fish. To achieve this, we conducted continuous sampling at four coastal sites in the Mekong Delta for 12 months, from January 2022 to December 2022. The findings of this study may contribute to the development of sex discrimination methods for *P. gracilis* and other fish species with similar characteristics.

2. Materials and methods

2.1 Sample collection and sample analysis

Periophthalmus gracilis samples were collected periodically once a month and continuously for 12 months from January to December 2022 at four coastal locations in the Mekong Delta, including Duyen Hai - Tra Vinh (TV), Tran De - Soc Trang (ST), Dong Hai - Bac Lieu (BL), and Dam Doi - Ca Mau (CM) (Figure 1). Fish samples were collected by hand-catching in coastal mudflats, anesthetized with MS222, and stored in 10% formalin solution before transporting them to the laboratory for further studies. In the laboratory, the fish was sex-defined through gonadal morphological characteristics and conduct measurements of morphological indicators, including total length (TL), standard length (SL), body height (BH), eye distance (DE), eye diameter (ED), mouth width (MD), and head length (HL).

2.2 Sample and data analysis

The relationship between the total length (TL) and various morphological characteristics of fish was analyzed using the equation $Y=a \times TL^b$ [26]. Y represents the size of six parameters, including standard length (SL), eye diameter (ED), eye distance (DE), body height (BH), head length (HL), and mouth width (MD). The coefficients *a* and *b* in the equation correspond to the intercept and slope, respectively. The t-test is used to determine the significance of differences in slope and isobaric values among variables. The morphological correlations are classified as dominant (A+) if the slope is more significant than one, less dominant (A) if the slope is less than one, and isometric (I) if the slope is one. The t-test was also used to examine whether the b-factor differs by sex and season. Data analysis was performed using SPSS v21 software, and all comparisons were evaluated at the 5% significance level.

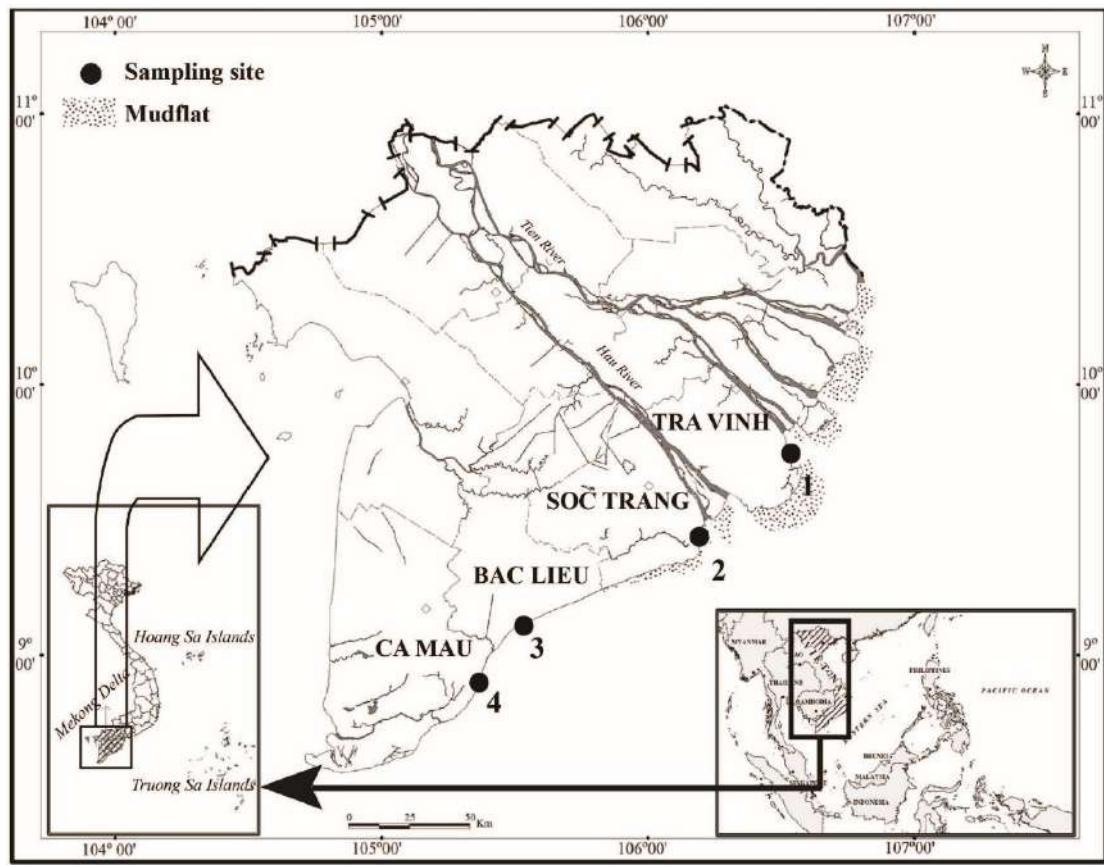


Fig. 1. Four sites of mudskipper collection in the Mekong Delta, Vietnam (1: Duyen Hai - Tra Vinh; 2: Tran De - Soc Trang; 3: Dong Hai - Bac Lieu; 4: Dam Doi - Ca Mau; modified from Dinh [25])

3. Results and Discussion

The study analyzed the morphology of 1,288 fish (649 females and 639 males) and classified the morphological indicators into four groups. The eye distance index was found to differ between the sexes. The correlation between total length (TL) and standard length (SL), and eye diameter (ED) was classified into group I, indicating that in both females and males, the standard length and developed eye diameter grow proportionally with the total length of the fish. The TL-BH and TL-HL regression correlations were classified into group A-, indicating that in both females and males, body height and head length grow slower than the total length of the fish. The TL-MD regression correlation was grouped into A+, suggesting that in both males and females, wide-mouthing growth is faster than the total length of the fish. In females, the TL-DE regression relationship was classified as A-, indicating that the development of eye distance is slower than the total length of the fish. However, in males, the TL-DE relationship was classified as group I, indicating that the development of eye distance was similar to the total length of the fish. This finding suggests that the development of eye distance can be used as a potential measure for sex discrimination in this fish species. Several other studies have used regression correlation between morphological indicators to distinguish sex in other fish species, e.g., *Heterotis niloticus* [27], *Zacco koreanus* [28]. In Vietnam, this method has been applied to *Glossogobius sparsipapillus* [22], *Glossogobius giuris* [23], and *Ellochelon vaigiensis* [24] in the Mekong Delta. This indicated that certain morphological indicators grow at different rates relative to the total length of the fish in both males and females, and the TL-DE relationship was identified as a potential measure for sex discrimination in this fish species.

Table 1. Regression relationship of total length (*TL*) to standard length (*SL*), eye diameter (*ED*), eye distance (*DE*), body height (*BH*), head length (*HL*), and mouth width (*MD*) of fish regarding sex

Index	Forms of growth	b	SE _b	a	SE _a	n	ts	P
Female								
<i>SL</i>	I	1.00	0.01	0.81	0.01	649	-0.25	0.80
<i>ED</i>	I	1.10	0.07	0.04	0.01	649	1.37	0.17
<i>DE</i>	A-	0.26	0.14	0.07	0.02	649	-5.38	0.00
<i>BH</i>	A-	0.77	0.06	0.16	0.02	649	-3.55	0.00
<i>HL</i>	A-	0.79	0.03	0.29	0.01	649	-6.33	0.00
<i>MD</i>	A+	1.20	0.09	0.11	0.01	649	2.35	0.02
Male								
<i>SL</i>	I	1.03	0.03	0.75	0.03	639	1.04	0.30
<i>ED</i>	I	0.94	0.06	0.06	0.00	639	-1.02	0.31
<i>DE</i>	I	1.22	0.12	0.02	0.00	639	1.73	0.08
<i>BH</i>	A-	0.83	0.07	0.14	0.01	639	-2.58	0.01
<i>HL</i>	A-	0.85	0.03	0.27	0.01	639	-5.31	0.00
<i>MD</i>	A+	1.24	0.05	0.11	0.01	639	4.78	0.00

The study analyzed the relationship between seasonal morphological parameters in *P. gracilis* and found that the development of standard length and eye diameter grew proportionally with the total length of the fish in both the dry and wet seasons (group I). However, the TL-HL regression relationship in both seasons was classified as A-, indicating that the head length grows slower than the total length of the fish. The TL-DE and TL-BH regression relationships in the dry season were classified as group I, indicating that eye distance and body height develop proportionally with the total length of the fish. In the wet season, these relationships were classified as slow-growing (group A-). Furthermore, the TL-MD regression relationship in the dry season was classified as A+, indicating that the mouth size grows faster than the total length of the fish. In the wet season, this relationship was classified as group I, meaning that the mouth width is similar to the total length. These results suggest that *P. gracilis* exhibits morphological variation between the wet and dry seasons, indicating that environmental factors such as seasonal changes may play a role in shaping the morphology of this fish species.

Table 2. Regression relationship of total length (*TL*) to standard length (*SL*), eye diameter (*ED*), eye distance (*DE*), body height (*BH*), head length (*HL*), and mouth width (*MD*) of fish regarding season

Index	Forms of growth	b	SE _b	a	SE _a	n	ts	P
Dry season								
<i>SL</i>	I	1.04	0.03	0.74	0.03	520	1.96	0.17
<i>ED</i>	I	0.95	0.07	0.05	0.01	520	1.96	0.50
<i>DE</i>	I	1.03	0.13	0.02	0.00	520	1.96	0.84
<i>BH</i>	I	0.89	0.07	0.13	0.01	520	1.96	0.09
<i>HL</i>	A-	0.88	0.03	0.25	0.01	520	1.96	0.00
<i>MD</i>	A+	1.35	0.07	0.10	0.01	520	1.96	0.00
Wet season								
<i>SL</i>	I	1.01	0.01	0.79	0.02	768	0.50	0.62
<i>ED</i>	I	1.03	0.06	0.05	0.00	768	0.54	0.59
<i>DE</i>	A-	0.62	0.13	0.04	0.01	768	-2.89	0.00
<i>BH</i>	A-	0.79	0.06	0.16	0.02	768	-3.37	0.00
<i>HL</i>	A-	0.76	0.03	0.31	0.02	768	-7.66	0.00
<i>MD</i>	I	1.04	0.07	0.14	0.01	768	0.54	0.59

4. Conclusion

The study found that the relationship between total length and eyeglass distance is an effective way of distinguishing male and female fish, with males having a significantly greater eye distance than females. The combination of eye distance, body height, and mouth width could also be used to determine the time of sample collection. The study underscores the importance of using accurate and non-invasive methods for determining the sex of fish, which can help conserve fish populations and inform fishery management efforts.

Acknowledgments

This study is funded by Vietnam National Foundation for Science and Technology Development (NAFOSTED) under grant number: 106.05-2019.306.

References

- [1] Nguyen, V.H., *[Freshwater fish of Viet Nam]*. Vol. II. 2005, Ha Noi: Agriculture Publishing House. 655.
- [2] Froese, R. and D. Pauly. *FishBase*. 2021 version (06/2021) [cited 08/07/2021]; Available from: www.fishbase.org.
- [3] Khaironizam, M.Z. and Y. Norma-Rashid, *Length-weight relationship of mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) in the coastal areas of Selangor, Malaysia*. Naga, 2002. **25**(3-4): p. 20-22.
- [4] Diep, A.T., Q.M. Dinh, and D.D. Tran, *Species composition of gobiidae distributed in the coastal areas, Soc Trang Province*. VNU Journal of Sciences: Natural Sciences and Technology, 2014. **30**(3): p. 68-76.
- [5] Tran, T.K., *Composition of goby (Gobiidae and Eleotridae) and some biological characteristics of Glossogobius sparsipapillus Akihito and Meguro, 1796 distributed in coastal areas of Thanh Phu district, Ben Tre province*, in *Faculty of Natural Science*. 2013, Can Tho University: Can Tho. p. 92.
- [6] Larson, H.K., Z. Jaafar, and K.K.P. Lim, *An annotated checklist of the gobioid fishes of Singapore*. The Raffles Bulletin of Zoology, 2008. **56**: p. 135-155.
- [7] Tran, L.T. and Q.M. Dinh, *Population dynamic of Periophthalmodon septemradiatus (Hamilton, 1822) living along the Hau River, Vietnam*. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries, 2020. **24**(3): p. 97-107.
- [8] Tran, L.T. and Q.M. Dinh, *Population structure of Periophthalmodon schlosseri (Perciformes: Gobiidae) in Soc Trang province, Vietnam*. AACL Bioflux, 2021. **14**(3): p. 2445-2454.
- [9] Ip, Y.K., et al. *The mudskipper*. in *Essays In Zoology*. 1990. National University of Singapore: National University of Singapore.
- [10] Murdy, E.O., *A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae)*. Australian Museum Journal, 1989. **11**: p. 1-93.
- [11] Kottelat, M., et al., *Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi*. 1993, Jakarta, Indonesia: Periplus Editions. 293.
- [12] Jaafar, Z., M. Perrig, and L.M. Chou, *Periophthalmus variabilis (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), a valid species of mudskipper, and a re-diagnosis of Periophthalmus novemradiatus*. Zoological Science, 2009. **26**(4): p. 309-314.
- [13] Tran, D.D., et al., *Fishes of Mekong Delta, Vietnam*. 2013, Can Tho: Can Tho University Publisher. 174.
- [14] Dinh, Q.M., L.T. Tran, and N.T.Y. Nguyen, *The flexibility of morphometric and meristic measurements of Periophthalmodon septemradiatus (Hamilton, 1822) in Hau river*. Journal of Science and Technology 2018. **187**(11): p. 81-90.
- [15] Dinh, Q.M., *Preliminary study on dietary composition, feeding activity and fullness index of Boleophthalmus boddarti in Mekong Delta, Vietnam*. Tap chi Sinh hoc, 2015. **37**(2): p. 252-257.
- [16] Dinh, Q.M., et al., *Reproductive biology of the burrow dwelling goby Parapocryptes serperaster*. Ichthyological Research, 2016. **63**(3): p. 324–332.

- [17] Dinh, Q.M. and T.T.M. Le, *Reproductive traits of the duckbill sleeper Butis butis (Hamilton, 1822)*. Zoological Science, 2017. **24**(5): p. 452-458.
- [18] La, H.T.N. and Q.M. Dinh, *Reproductive pattern, morphological and histological characteristics of gonads of the goby Eleotris melanosoma from the coastline in SocTrang*. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 2017. **33**(3): p. 79-86.
- [19] Tran, T.L., D.H. Hoang, and Q.M. Dinh, *Digestive tract morphology, food composition and feeding habits of the giant mudskipper Periophthalmodon schlosseri (Pallas, 1770) from the coastline in Tran De, Soc Trang*. VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, 2019. **35**(3): p. 30-38.
- [20] Dinh, Q.M., et al., *Reproductive biology of the unique mudskipper Periophthalmodon septemradiatus living from estuary to upstream of the Hau River*. Acta Zoologica, 2020. **101**(2): p. 206-217.
- [21] Dinh, Q.M., et al., *First reference on reproductive biology of Butis koilomatodon in Mekong Delta, Vietnam*. BMC Zoology, 2021. **6**(1): p. 1-14.
- [22] Dinh, Q.M., T.H.D. Nguyen, and T.T.K. Nguyen, *Allometry variation in morphometrics of Glossogobius sparsipapillus caught along Hau river, from Can Tho to Soc Trang provinces*. TNU Journal of Science and Technology, 2021. **226**(05): p. 3-7.
- [23] Dinh, Q.M., et al., *The morphological variation and sex determination of tank goby Glossogobius giuris distributing in some provinces in Mekong Delta*. Science and Technology Journal of Agriculture & Rural Development, 2021. **10**: p. 141-145.
- [24] Linh, N.D., N.H.D. Ton, and D.M. Quang, *Sex discrimination based on morphological traits in squaretail mullet Ellochelon vaigiensis (Quoy & Gaimard, 1825)*. TNU Journal of Science and Technology, 2022. **227**(05): p. 132 - 136.
- [25] Dinh, Q.M., *Aspects of reproductive biology of the red goby Trypauchen vagina (Gobiidae) from the Mekong Delta*. Journal of Applied Ichthyology, 2018. **34**(1): p. 103-110.
- [26] Minos, G., L. Kokokiris, and M. Kentouri, *Allometry of external morphology and sexual dimorphism in the red porgy (Pagrus pagrus)*. Belgian Journal of Zoology, 2008. **138**(1): p. 90-94.
- [27] Obi, A., *Sex determination in Heterotis niloticus (Cuvier 1829) based on morphometric features*. SSET: An International Journal (Series B), 2010. **6**(1): p. 22-30.
- [28] Kim, Y.-J., et al., *Sexual dimorphism in morphometric characteristics of Korean chub Zacco koreanus (Pisces, Cyprinidae)*. Journal of Ecology and Environment, 2008. **31**(2): p. 107-113.

Số: 10/2023

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CHỨNG NHẬN

Bài báo khoa học có tiêu đề “*Sự dao động của chỉ tiêu độ trong phân loại của Periophthalmus chrysospilos phân bố từ Trà Vinh đến Cà Mau*” (mã số #6320) của các tác giả Châu Si Liêm, Đinh Minh Quang, Nguyễn Hữu Đức Tôn (Trường Đại học Cần Thơ) đã được Hội đồng biên tập Tạp chí Khoa học và Công nghệ tổ chức phản biện khoa học và sẽ được đăng tải trong kế hoạch xuất bản năm 2023 (Chuyên san **Khoa học Nông nghiệp – Lâm nghiệp – Y Dược**).

Thái Nguyên, ngày 23 tháng 02 năm 2023

TỔNG BIÊN TẬP



PGS.TS Nguyễn Hữu Công

VARIATIONS IN TAXONOMIC METRIC CHARACTERS OF *Periophthalmus chrysospilos* DISTRIBUTING FORM TRA VINH TO CA MAU

Chau Si Liem, Dinh Minh Quang*, Nguyen Huu Duc Ton
Can Tho University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received:	This study provided the influence of some factors on the taxonomic metric characters of <i>Periophthalmus chrysospilos</i> , a common fish species distributed in the Mekong Delta's mudflat coastal regions. A total of 480 fish samples (260 males and 220 females) were collected in four coastal areas: Duyen Hai (Tra Vinh), Tran De (Soc Trang), Dong Hai (Bac Lieu), and Dam Doi (Ca Mau) from April to July 2022. Because fish move very quickly during the day, fish samples were collected directly in the evening in the area by hand-catching. The data analysis results showed that these parameters were higher in female fish than in male fish ($p<0.05$), except that the maximum body height did not change ($t=1.94$; $p=0.05$). All metric characters of this species were observed to be higher values than in the mature group ($p<0.05$). Favorable conditions in the wet season might be the cause of the increase in these metric values in the wet season compared to the dry season ($p<0.05$). However, D1D and D1L were not seasonally affected. This fish species was observed to be well adapted to the environment in Tra Vinh and Ca Mau due to its significantly higher metric value than in the other two areas ($p<0.05$). The results provide additional information that can be used for this fish's taxonomy and ecological adaptation in the ecosystem.
Published:	
KEYWORDS	
Classify Count index Metric character Morphological characteristics <i>Periophthalmus chrysospilos</i>	

SỰ ĐAO ĐỘNG CỦA CHỈ TIÊU ĐO TRONG PHÂN LOẠI CỦA *Periophthalmus chrysospilos* PHÂN BỐ TỪ TRÀ VINH ĐẾN CÀ MAU

Châu Sĩ Liêm, Đinh Minh Quang*, Nguyễn Hữu Đức Tôn
Trường Đại học Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	Nghiên cứu này cung cấp dữ liệu về sự ảnh hưởng của một số yếu tố đến đặc điểm hình thái của cá thoi lòi chấm cam <i>Periophthalmus chrysospilos</i> , một loài cá phân bố phổ biến ở vùng bãi bồi ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. Đây là một loài cá phân bố phổ biến ở các tỉnh ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. Tổng số 480 mẫu cá (260 con đực và 220 con cái) được thu tại bốn tỉnh ven biển: Duyên Hải (Trà Vinh), Trần Đề (Sóc Trăng), Đông Hải (Bạc Liêu) và Đàm Doi (Cà Mau) từ tháng 4 đến tháng 7 năm 2022. Vì ban ngày cá di chuyển rất nhanh nên mẫu cá được thu trực tiếp vào lúc chiều tối tại khu vực bằng cách bắt bằng tay. Kết quả so sánh các thông số hình thái ở loài cá này cho thấy các thông số này ở cá cái lớn hơn so với cá đực ($p<0.05$), ngoại trừ chiều cao thân tối đa không thay đổi ($t=1.94$; $p=0.05$). Tất cả các thông số hình thái ở loài cá này đều có giá trị lớn hơn ở nhóm thành thục ($p<0.05$). Điều kiện thuận lợi ở mùa mưa có thể là nguyên nhân dẫn đến sự tăng trưởng giá trị hình thái vào mùa mưa so với mùa khô ($p<0.05$). Tuy nhiên, D1D và D1L không bị ảnh hưởng theo mùa. Nghiên cứu còn cho thấy loài cá này thích nghi tốt với môi trường tại Trà Vinh và Cà Mau do có giá trị hình thái lớn hơn đáng kể so với hai khu vực còn lại ($p<0.05$). Kết quả cung cấp thêm thông tin sử dụng cho định loại và sự thích nghi sinh thái của loài cá này trong hệ sinh thái.
Ngày hoàn thiện:	
Ngày đăng:	
TÙ KHÓA	
Chỉ số đo Chi số đếm Đặc điểm hình thái <i>Periophthalmus chrysospilos</i> Phân loại	

* Corresponding author. Email: dmquang@ctu.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.6320>

1. Giới thiệu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là một trong những đồng bằng lớn, phì nhiêu nhất nước ta cũng như ở Đông Nam Á và thế giới với hệ động thực vật phong phú [1]. Với điều kiện sông ngòi dày đặc và ba mặt giáp biển, hệ cá ở khu vực này phát triển rất đa dạng về chủng loại [2]. Vì vậy, việc xác định loài và phân loại cá ở hai vùng nước mặn và nước ngọt đã được thực hiện rất phổ biến [3]. Trong đó, việc sử dụng các thông số hình thái để phân loại các loài cá khá phổ biến. Một số nghiên cứu phân loại cá nổi bật như: nghiên cứu của **Diệp Anh Tuấn và ctv.** (2014) về thành phần loài thuộ họ Gobiidae [4]; nghiên cứu của **Nguyễn Hữu Đức Tôn và Đinh Minh Quang** (2021) về sự thay đổi chỉ tiêu hình thái ở *Glossogobius giuris* [5].

Cá thòi lòi chấm cam *Periophthalmus chrysospilos* là một loài cá lưỡng cư sống ở các bãi bồi từ Ấn Độ đến Indonesia, bao gồm cả ĐBSCL (Việt Nam) [6]. Loài cá này có thể thích nghi với hai môi trường sống khác nhau và có khả năng nhảy như một loài lưỡng cư nên nó được gọi là cá lưỡng cư [7]. Cá *Periophthalmus chrysospilos* có cấu tạo hình thái đặc biệt giúp chúng thích nghi với môi trường trên mặt đất thông qua việc sửa đổi tầm nhìn nhờ cấu tạo mắt lồi, khả năng chịu được mức amoniac cao và có vây ngực to giúp chúng nhảy, trèo lên cây trong môi trường trên cạn [8]. Cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* có hình dạng cơ thể thuôn dài với đuôi tròn, màu sắc cơ thể màu nâu với những đốm vàng, **vây lưng thứ nhất có các chấm đen lớn ở cuối tia vây, vây lưng thứ hai có một đường đen nằm giữa vây và song song với thân cá**, có mắt trên đỉnh đầu có thể xoay xung quanh, miệng kém hơn. Chiều dài cơ thể 6,8 - 10,6 cm. Phần vây lưng của loài *P. chrysospilos* có đặc điểm là màu đen và màu cam [6]. Sự thích nghi theo môi trường sống của cá *Periophthalmus chrysospilos* gây ra các biến thể trong việc xác định và phân loại dựa trên hình thái [9]. Vì vậy cần phải thực hiện thêm nhiều nghiên cứu nhằm cung cấp thông tin để định loại loài cá này. Nghiên cứu này được thực hiện để kiểm tra các chỉ tiêu hình thái của cá thòi lòi *Periophthalmus chrysospilos* có thay đổi theo giới tính, độ thành thục, màu và từng địa điểm thu mẫu khác nhau hay không? Từ đó cung cấp các dẫn liệu cơ bản về đặc điểm hình thái và phân loại của loài cá này ở các khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

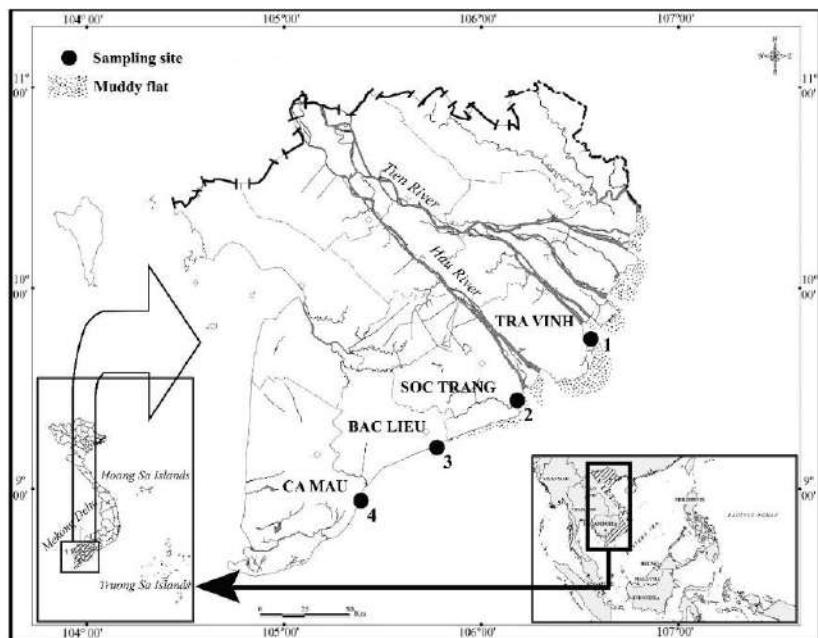
Tại bốn địa điểm thu mẫu (Duyên Hải, Trà Vinh; Trần Đề, Sóc Trăng; Đồng Hải, Bạc Liêu và Đầm Dơi, Cà Mau) **được thể hiện ở Hình 1**, các mẫu cá được thu trực tiếp ngẫu nhiên với nhóm kích thước khác nhau. Thời gian thu mẫu kéo dài 4 tháng, trong đó gồm 2 tháng mùa khô (tháng 4 - 5/2022) và 2 tháng mùa mưa (tháng 6 - 7/2022).

Tại mỗi điểm thu mẫu, tiến hành thu 30 mẫu/điểm/tháng. Do loài cá này có tập tính sống trên bãi bồi nên thời điểm thu mẫu cá diễn ra khi nước rút và đê lộ ra các bãi bồi. Để mẫu cá không bị phân hủy, formol 10% được sử dụng để làm chất bảo quản cá. Mẫu cá sau đó được phân tích tại phòng thí nghiệm (Bộ môn Sư phạm Sinh học, Khoa Sư phạm, Trường Đại học Cần Thơ). Tại đây, mẫu cá được xác định giới tính nhờ gai sinh dục và vây lưng. Các đặc điểm hình thái được xác định bao gồm các thông số thể hiện trong Bảng 1 [10].

Bảng 1. Các chỉ tiêu hình thái của *Periophthalmus chrysospilos*

Kí Hiệu	Chỉ Tiêu	Kí Hiệu	Chỉ Tiêu
BHA	Chiều cao cơ thể tối đa	D1L	Chiều dài vây lưng thứ nhất
BHI	Chiều cao cơ thể tối đa	D1D	Chiều cao vây lưng thứ nhất
CL	Chiều cao đuôi	D2L	Chiều dài vây lưng thứ hai
CD	Chiều rộng đuôi	D2D	Chiều cao vây lưng thứ hai
HW	Chiều rộng đầu	VL	Chiều dài vây ngực
VW	Chiều rộng vây ngực	AL	Chiều dài vây hậu môn
AD	Chiều rộng vây hậu môn	D	Số lượng tia vây lưng
P	Số lượng tia vây bụng	A	Số tia vây hậu môn

Sau khi tiến hành đo đếm các thông số hình thái ở Bảng 1, dữ liệu được lưu trữ lại bằng phần mềm Excel by Microsoft. Các dữ liệu thô sau đó được phân tích bằng phần mềm SPSS v21 với $P<0,05$.



Hình 1. Bản đồ khu vực thu mẫu
(•: Điểm thu mẫu; 1: Duyên Hải - Trà Vinh; 2: Trần Đề - Sóc Trăng;
3: Đông Hải - Bạc Liêu; 4: Đầm Dơi - Cà Mau)

3. Kết quả và bàn luận

Kết quả phân tích dữ liệu của các cá thể *Periophthalmus chrysospilos* (260 con đực và 220 con cái) cho thấy giới tính có ảnh hưởng đến các thông số hình thái của cá (T-test, $p<0,05$ cho tất cả các trường hợp) (Bảng 2). Từ kết quả cho thấy tất cả các thông số hình thái đều có giá trị lớn hơn ở cá cái so với cá đực. Tuy nhiên, thông số BHA không có sự khác biệt có ý nghĩa giữa cá thể đực và cái ($t=1,94$; $p=0,05$). Qua đó thấy được tuy cá cái có giá trị hình thái lớn hơn nhưng chiều cao thân tối đa ở loài cá này là như nhau ở cả hai giới.

Bảng 2. Sự biến động các thông số hình thái của *Periophthalmus chrysospilos* theo giới tính

Thông số	Giới tính	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
BHA	Cái	220	1,79	0,04	1,94	0,05
	Đực	260	1,69	0,04		
BHI	Cái	220	0,41	0,00	6,35	0,00
	Đực	260	0,38	0,00		
CL	Cái	220	0,61	0,01	6,23	0,00
	Đực	260	0,56	0,01		
CD	Cái	220	1,57	0,01	6,78	0,00
	Đực	260	1,43	0,01		
HW	Cái	220	0,86	0,01	5,81	0,00
	Đực	260	0,79	0,01		
D1L	Cái	220	1,52	0,02	3,50	0,00
	Đực	260	1,43	0,02		
D1D	Cái	220	0,86	0,01	2,93	0,00
	Đực	260	0,82	0,01		
D2L	Cái	220	1,69	0,02	5,69	0,00
	Đực	260	1,55	0,02		

Thông số	Giới tính	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
D2D	Cái	220	0,27	0,00	5,49	0,00
	Đực	260	0,25	0,00		
VL	Cái	220	0,90	0,01	6,30	0,00
	Đực	260	0,82	0,01		
VW	Cái	220	1,01	0,01	6,20	0,00
	Đực	260	0,93	0,01		
AL	Cái	220	1,60	0,02	6,44	0,00
	Đực	260	1,46	0,01		
AD	Cái	220	0,22	0,00	5,52	0,00
	Đực	260	0,20	0,00		
D1	Cái	220	9,23	0,08	7,11	0,00
	Đực	260	8,39	0,08		
D2	Cái	220	13,06	0,12	7,57	0,00
	Đực	260	11,84	0,11		
P	Cái	220	10,39	0,10	7,17	0,00
	Đực	260	9,46	0,09		
A	Cái	220	12,75	0,12	7,01	0,00
	Đực	260	11,66	0,10		

Kết quả trong Bảng 3 thể hiện giá trị của các thông số hình thái ở 2 nhóm cá (nhóm 1: chưa thành thục (136 cá thể) và nhóm 2: thành thục (344 cá thể)). Số liệu thống kê cho thấy, hầu hết các thông số hình thái đều thay đổi theo nhóm chiều dài ($p<0,05$ cho tất cả trường hợp); từ đó cho thấy không chỉ kích thước của các chỉ số đo của cá tăng lên theo độ thành thục cá mà các tia vây ở chỉ số **đếm** cũng tăng trưởng theo mức độ trưởng thành.

Bảng 3. Sự biến động các thông số hình thái của *Periophthalmus chrysospilos* theo nhóm chiều dài

Thông số	Chiều dài	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
BHA	Nhóm 1	136	1,65	0,05	-1,98	0,04
	Nhóm 2	344	1,77	0,03		
BHI	Nhóm 1	136	0,33	0,00	-19,00	0,00
	Nhóm 2	344	0,42	0,00		
CL	Nhóm 1	136	0,48	0,01	-18,87	0,00
	Nhóm 2	344	0,62	0,00		
CD	Nhóm 1	136	1,26	0,02	-19,33	0,00
	Nhóm 2	344	1,59	0,01		
HW	Nhóm 1	136	0,68	0,01	-18,08	0,00
	Nhóm 2	344	0,88	0,01		
D1L	Nhóm 1	136	1,20	0,02	-15,60	0,00
	Nhóm 2	344	1,58	0,01		
D1D	Nhóm 1	136	0,68	0,01	-14,05	0,00
	Nhóm 2	344	0,90	0,01		
D2L	Nhóm 1	136	1,34	0,02	-18,47	0,00
	Nhóm 2	344	1,72	0,01		
D2D	Nhóm 1	136	0,21	0,00	-17,32	0,00
	Nhóm 2	344	0,27	0,00		
VL	Nhóm 1	136	0,72	0,01	-18,74	0,00
	Nhóm 2	344	0,92	0,01		
VW	Nhóm 1	136	0,81	0,01	-18,72	0,00
	Nhóm 2	344	1,03	0,01		
AL	Nhóm 1	136	1,28	0,02	-19,25	0,00
	Nhóm 2	344	1,62	0,01		
AD	Nhóm 1	136	0,17	0,00	-16,80	0,00
	Nhóm 2	344	0,22	0,00		
D1	Nhóm 1	136	7,36	0,09	-18,29	0,00

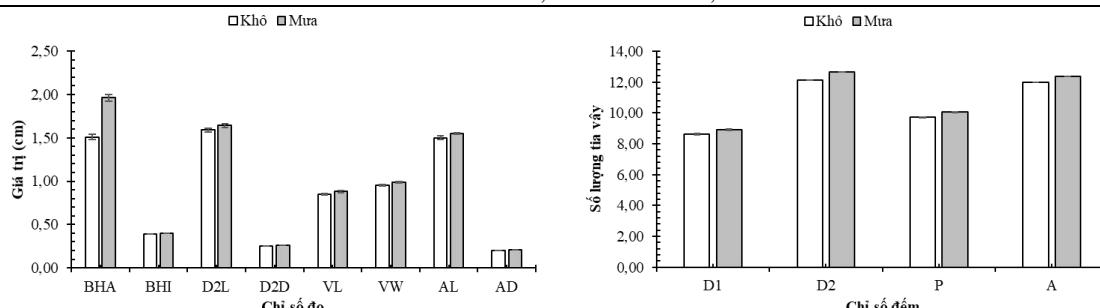
Thông số	Chiều dài	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
D2	Nhóm 2	344	9,33	0,05		
	Nhóm 1	136	10,54	0,13		
P	Nhóm 2	344	13,14	0,08	-17,64	0,00
	Nhóm 1	136	8,36	0,10	-18,46	0,00
A	Nhóm 1	136	10,35	0,12	-17,65	0,00
	Nhóm 2	344	12,88	0,07		

(Nhóm 1: Chưa thành thục sinh dục; Nhóm 2: Thành thục sinh dục)

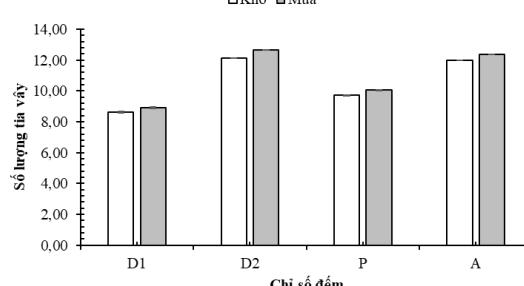
Kết quả phân tích hình thái ở cá *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa (240 cá thể mỗi mùa) cho thấy ngoại trừ CL, CD, HW, D1L và D1D (Bảng 4) thì hầu hết các chỉ tiêu đo và **đếm** ở loài cá này đều khác biệt theo mùa. Hình 2 và Hình 3 cho thấy, vào mùa mưa chỉ số đo ($t_{BHA}=-9,02$; $p_{BHA}<0,01$; $t_{BHI}=-2,34$; $p_{BHI}=0,02$; $t_{D2L}=-2,15$; $p_{D2L}=0,03$; $t_{D2D}=-2,22$; $p_{D2D}=0,03$; $t_{VL}=-2,35$; $p_{VL}=0,02$; $t_{VW}=-2,35$; $p_{VW}=0,03$; $t_{AL}=-2,39$; $p_{AL}=0,02$; $t_{AD}=-2,16$; $p_{AD}=0,03$) và chỉ số đếm ($t_{D1}=-2,39$; $p_{D1}=0,02$; $t_{D2}=-2,99$; $p_{D2}<0,01$; $t_A=-2,32$; $p_A=0,02$; $t_P=-2,41$; $p_P=0,02$) đều có giá trị lớn hơn so với mùa khô. Điều này chứng tỏ loài cá này phát triển tốt hơn ở mùa mưa.

Bảng 4. Sự biến động các thông số hình thái của *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa

Chỉ Tiêu	Mùa	Số lượng	Trung bình	Sai số chuẩn	t	P
CL	Khô	240	0,57	0,01		
	Mưa	240	0,59	0,01	-2,38	0,18
CD	Khô	240	1,47	0,02		
	Mưa	240	1,52	0,01	-2,48	0,14
HW	Khô	240	0,81	0,01		
	Mưa	240	0,84	0,01	-2,92	0,22
D1L	Khô	240	1,44	0,02		
	Mưa	240	1,50	0,01	-1,92	0,06
D1D	Khô	240	0,81	0,02		
	Mưa	240	0,84	0,01	-1,74	0,08



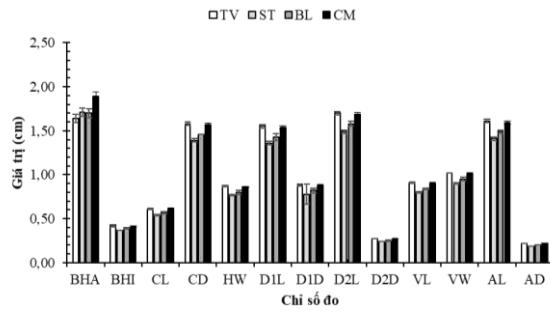
Hình 2. Sự thay đổi chỉ số đo ở cá *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa



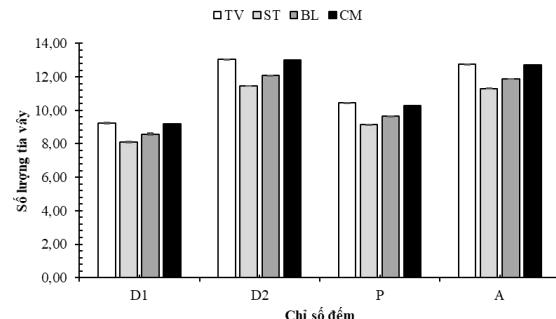
Hình 3. Sự thay đổi chỉ số đếm ở cá *Periophthalmus chrysospilos* theo mùa

Thông số hình thái ở cá *Periophthalmus chrysospilos* không chỉ thay đổi theo giới tính, nhóm chiều dài, mà còn thay đổi theo điểm nghiên cứu (One-way ANOVA, $p<0,05$ cho tất cả các trường hợp). Hầu hết các chỉ số đo ở loài cá này lần lượt có giá trị cao nhất ở Trà Vinh và Cà Mau, kế đến là Bạc Liêu và thấp nhất là Sóc Trăng (Hình 4). Kết quả tương tự cũng được tìm thấy ở hệ số đếm (Hình 5). Từ các thông số này cho thấy, cá *Periophthalmus chrysospilos* thích hợp phát triển ở Trà Vinh và Cà Mau hơn hai khu vực còn lại. Điều này có thể là do điều kiện môi trường ở các điểm này có sự chênh lệch, trong đó pH và độ mặn đóng vai trò không nhỏ. Theo nghiên cứu của Dinh et al. (2021) [11] cho thấy, độ mặn có giá trị cao nhất ở Cà Mau ($23,17\pm1,21$), kế đến là Bạc Liêu ($23,50\pm1,48$), Sóc Trăng ($14,00\pm2,06$) và thấp nhất là Trà Vinh ($12,33\pm2,51$). Trong khi đó, pH ở bốn điểm này cũng có sự thay đổi, cao nhất vẫn là Cà Mau ($7,63\pm0,05$), kế đến là Bạc Liêu ($7,81\pm0,03$), Sóc Trăng ($7,96\pm0,06$) và thấp nhất là Trà Vinh ($7,85\pm0,02$). Qua kết quả về độ

mặn và pH có thể thấy được loài cá này phát triển mạnh ở cả điều kiện pH và độ mặn cao nhất và thấp nhất. Ngoài ra, sự khác biệt này còn do các yếu tố môi trường khác nhưng chưa được nghiên cứu đến.



Hình 4. Sự thay đổi chỉ số đo của cá *Periophthalmus chrysospilos* theo điểm
(TV: Duyên Hải - Trà Vinh; ST: Trần Đề - Sóc Trăng; BL: Đông Hải - Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi - Cà Mau)



Hình 5. Sự thay đổi chỉ số đếm của cá *Periophthalmus chrysospilos* theo điểm
(TV: Duyên Hải - Trà Vinh; ST: Trần Đề - Sóc Trăng; BL: Đông Hải - Bạc Liêu; CM: Đầm Dơi - Cà Mau)

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy, loài cá này có giá trị các thông số hình thái cơ thể là chiều cao cơ thể tối đa $1,73 \pm 0,03$; chiều cao cơ thể tối thiểu $0,39 \pm 0,00$; chiều cao đuôi $0,58 \pm 0,00$; chiều rộng đuôi $1,50 \pm 0,01$; chiều rộng đầu $0,82 \pm 0,01$; chiều dài vây lưng thứ nhất $1,47 \pm 0,01$; chiều cao vây lưng thứ nhất $0,84 \pm 0,01$; chiều dài vây lưng thứ hai $1,61 \pm 0,01$; chiều cao vây lưng thứ hai $0,26 \pm 0,00$; chiều dài vây ngực $0,86 \pm 0,01$; chiều rộng vây ngực $0,97 \pm 0,01$; chiều dài vây hậu môn $1,52 \pm 0,01$; chiều rộng vây hậu môn $0,21 \pm 0,01$. Các chỉ số đếm như: 9 tia vây lưng 1, 12 tia vây lưng 2, 10 ngực và 12 tia vây hậu môn.

So với loài *Periophthalmus takita* (7-8 tia vây lưng 1) thì loài *Periophthalmus chrysospilos* có số tia vây lưng 1 nhiều hơn với trung bình là 8 tia [12]. Tuy nhiên, ở hai loài này đều có 12 tia vây lưng 2. Về số vây ngực và vây bụng, loài *Periophthalmus takita* (13 tia vây bụng và 16 tia vây hậu môn) có số lượng lớn hơn so với *Periophthalmus chrysospilos* (10 tia vây bụng và 12 tia vây hậu môn). Trong khi đó, ở loài *Periophthalmus darwini* (5 tia vây lưng 1, 11 tia vây lưng 2, 12 tia vây hậu môn) cho thấy số lượng tia vây lưng thấp hơn loài cá này, nhưng bằng về số lượng tia vây hậu môn [13]. Ngoài ra ở cá *Periophthalmus murdyi* có 10 tia vây lưng 1, 12 tia vây lưng 2, 11 tia vây hậu môn [13]. Qua các nghiên cứu này cho thấy số lượng vây lưng 2 ở các loài thuộc chi *Periophthalmus* đều có số lượng là 12 tia vây. Tuy nhiên, ở vây lưng 1 có sự khác biệt rõ rệt giữa các loài. Đây có thể là cơ sở dùng để phân biệt các loài thuộc chi này.

4. Kết luận

Các thông số hình thái của cá thòi lòi chấm cam *Periophthalmus chrysospilos* có sự thay đổi rõ rệt theo giới tính, độ thành thực, mùa và từng địa điểm thu mẫu. Tuy nhiên, thông số BHA không thay đổi theo giới tính. Tương tự hai thông số D1D và D1L không bị ảnh hưởng theo mùa. Kết quả đã cung cấp thêm thông tin cho việc định loại loài và khả năng thích nghi với điều kiện môi trường sinh thái của loài cá này tại từng địa điểm sinh sống. Mặc dù vậy, do có nhiều sự khác biệt về các thông số hình thái giữa các địa điểm thu mẫu nên cần phải thực hiện thêm nghiên cứu bằng kỹ thuật mã vạch DNA để xác định xem liệu có sự biến đổi di truyền của loài này ở các vùng sinh thái khác nhau hay không.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) theo đề tài 106-NN.05-2016.30.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Trần Đắc Định, Shibukawa Koichi, Nguyễn Thanh Phương, Hà Phước Hùng, Trần Xuân Lợi, Mai Văn Hiếu, Utsugi Kenzo, *Mô tả định loại cá Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 2013, p. 174.
- [2] Lê Thông, Nguyễn Minh Tuệ, Nguyễn Văn Phú, Nguyễn Đăng Chung, Phạm Xuân Hậu, Nguyễn Thị Sơn, Hoàng Văn Chức, Hoàng Phúc Lâm, Lê Huỳnh, Đào Ngọc Cảnh, "Các tỉnh thành phố Đồng bằng sông Cửu Long", Tập sáu. Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, pp. 49-94, 2006.
- [3] R. E. Strauss and C. E. Bond, "Taxonomic methods: Morphology," in *Methods for fish biology*, C. B. Schreck and P. B. Moyle, Eds. Maryland: American Fisheries Society, 1990, pp. 109-140.
- [4] Diệp Anh Tuấn, Đinh Minh Quang, Trần Đắc Định, " Thành phần loài họ cá bống phân bố ở vùng ven biển tỉnh Sóc Trăng.," *Tạp chí Khoa học DHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 30(3), 68-76, 2014.
- [5] Nguyễn Hữu Đức Tôn, Đinh Minh Quang, " Sự biến động của một số chỉ tiêu hình thái của cá bống cát tối *Glossogobius giuris* phân bố ở một số tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Thái Nguyên*, 226 (10), 31-38, 2021.
- [6] E. O. Murdy, "A taxonomic revision and cladistic analysis of the oxudercine gobies (Gobiidae, Oxudercinae)," *Australian Museum Journal*, vol. 11, pp. 1-93, 1989.
- [7] N. Garbutt and J. C. Prudente, *Wild Borneo: the wildlife and scenery of Sabah, Sarawak, Brunei and Kalimantan*. MIT Press Cambridge, Mass, 2006.
- [8] U. Kutschera and J. M. Elliott, "Do mudskippers and lungfishes elucidate the early evolution of four-limbed vertebrates?," *Evolution: Education and Outreach*, vol. 6, no. 1, pp. 1-8, 2013.
- [9] E. D. Nugroho, D. A. Rahayu, and D. Rupa, "Studi morfologi ikan mudskippers (Gobiidae: Oxudercinae) sebagai upaya karakterisasi biodiversitas lokal Pulau Tarakan," *Jurnal Harpodon Borneo*, vol. 9, no. 1, pp. 46-57, 2016.
- [10] C. C. Aaron, A. H. A. Aziz, S. A. S. T. Meriam, Y. G. Seah, and A. N. Asma, "Morphological and molecular identification of mullet species (Mugilidae) from Setiu Wetland, Terengganu, Malaysia," *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, vol. 11, no. 2, pp. 429-438, 2018.
- [11] Q. M. Dinh, T. T. H. Lam, T. H. D. Nguyen, T. M. Nguyen, T. T. K. Nguyen, and N. T. Nguyen, "First reference on reproductive biology of *Butis koilomatodon* in Mekong Delta, Vietnam," *BMC Zoology*, vol. 6, no. 1, pp. 1-14, 2021.
- [12] Z. Jaafar and H. K. Larson, "A new species of mudskipper, *Periophthalmus takita* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae), from Australia, with a key to the genus," *Zoological Science*, vol. 25, no. 9, pp. 946-952, 2008.
- [13] H. K. Larson and T. Takita, "Two new species of *Periophthalmus* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae) from northern Australia, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novaequeineaensis*," *Beagle: Records of the Museums and Art Galleries of the Northern Territory*, vol. 20, pp. 175-185, 2004.