

Nguồn gốc phát sinh và phân bố cá bản địa ở các phụ lưu sông Mê Kông, Việt Nam

Hoàng Đức Huy^{1,2,*}, Phạm Mạnh Hùng^{1,2}, Trần Trọng Ngân^{1,2}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Các loài cá bản địa ở các phụ lưu sông Mê Kông, Việt Nam đã được khảo sát để tìm hiểu phân bố, nguồn gốc, quan hệ phát sinh và phân bố nguồn gốc từ năm 2010 đến 2020. Mỗi quan hệ tiến hóa, phát sinh loài được phân tích đối với các loài cá bản địa và suy luận yếu tố giới hạn trong phân bố môi trường sống. Các gene sử dụng gồm một số gene tiêu biểu từ bộ gene ty thể và gene nhân như COI, Cyto b, 16S rRNA, ATPase 6-8, RAG1. Diễn giải về nguồn gốc, thời gian phát sinh và xác định tính đặc hữu các loài cá được tích hợp từ kết quả phân tích nghiên cứu này và điều chỉnh dựa trên dữ liệu về phát sinh các bộ cá toàn cầu. Từ 680 mẫu cá được thu thập từ 18 vị trí thu mẫu đã xác định được 200 loài cá tự nhiên bản địa, thuộc 119 giống, 36 họ, 11 bộ, trong đó đa dạng nhất là bộ cá Chép Cypriniformes 125 loài (62%), và cá Da trơn Siluriformes 40 loài (20%). Cá Mê vinh được xác định danh pháp *Hypsibarbus gonionotus*. Số loài đặc hữu là 73, chiếm tỷ lệ 36% trên các phụ lưu sông Mê Kông ở Việt Nam, trong đó tính đặc hữu cao nhất, lần lượt ở hệ cá sông Nậm Nua (46%), 3S (27%), và Se Pôn (25%). Khu hệ cá khảo sát được xác định trong ba đơn vị địa lý sinh vật: 43 loài thuộc vùng sinh thái nước ngọt Hạ Lan Thương, 32 loài thuộc Cao nguyên Khorat và 177 loài thuộc Kratie–Stung Treng.

Từ khoá: cá bản địa, phả hệ sinh, phụ lưu Mê Kông, sự đặc hữu, vùng sinh thái nước ngọt

MỞ ĐẦU

Sông Mê Kông có năm vùng sinh thái chính, ngoại trừ vùng sinh thái Thượng Lan Thương (Upper Lancang) ở hoàn toàn trong lãnh thổ Trung quốc, thì bốn vùng sinh thái còn lại, Hạ Lan Thương (Lower Lancang), cao nguyên Khorat (Khorat Plateau), Kratie–Stung Treng và châu thổ Mê Kông (Mekong Delta) đều có sự đóng góp của lãnh thổ Việt Nam và các nước Myanmar, Thái Lan, Lào và Campuchia¹. Trong bốn vùng sinh thái mà lãnh thổ Việt Nam chia sẻ, chỉ duy nhất vùng sinh thái Châu thổ Mê Kông đến nay có các nghiên cứu về đa dạng các loài cá được thực hiện kỹ, nhất là ở Đồng bằng Sông Cửu Long². Ở ba vùng sinh thái còn lại, các nghiên cứu về đa dạng cá còn rời rạc và chưa có hệ thống. Bắt đầu từ những phụ lưu sông Mê Kông khởi nguồn từ sườn tây dãy Pú Huối Luông phía bắc đến sườn tây dãy Trường Sơn xuống phía nam. Dòng Nậm Rốm chảy hướng nam, đến hết thung lũng Mường Thanh đổ vào Nậm Núa chảy qua Lào vào dòng Nậm Ou và ra sông Mê Kông. Khu hệ cá ở đây được Nguyễn Văn Hào và Ngô Sĩ Văn (2001) ghi nhận 15 loài, nhưng có một số tên gọi nhầm lẫn, sau đó được Kottelat (2009) khảo sát khu hệ cá Nậm Ou với nhiều tu chính^{3,4}. Các dòng Se Pôn–Se Bang hiện, Se Kông, Se San và Sre Pok từ sườn tây Trường Sơn thì đã được nghiên cứu và khảo sát khá chi tiết, nhất

là 3S thuộc khu vực sinh thái nước ngọt Kratie–Stung Treng bởi Rainboth (1996), Kottelat (2001), Kottelat (2011)⁵⁻⁷. Khu hệ cá Se San và Sre Pok ở Việt Nam được Nguyễn Thị Thu Hà (2000) khảo sát sơ bộ với nhiều mẫu vật, song việc xác định các cấp phân loại vẫn còn chưa chắc chắn⁸, trong khi đó các khu hệ cá Se Pôn (Quảng Trị) và Se Kông (Thừa Thiên Huế) lại chưa được khảo sát và ghi nhận toàn diện trong các tư liệu ngư loại của Việt Nam. Phát triển bền vững có nhiều lợi ích chung, trong đó việc quản lý bền vững nguồn nước và sự phong phú của đa dạng sinh học là một giải pháp hiệu quả về chi phí đầu tư dựa trên tự nhiên sẵn có. Trong khi đó, nhu cầu tiếp tục thăm dò và đánh giá để có phương hướng bảo tồn và phát triển nguồn gene các khu hệ cá bản địa phụ lưu Mê Kông ở Việt Nam là cần thiết. Sự thay đổi dòng chảy và chuyển hướng nước, tăng lượng phù sa, các loài du nhập, đánh bắt quá mức và mất môi trường sống là các mối đe dọa đối với tài nguyên nước ngọt. Hiện nay, 24 loài cá nước ngọt dễ tổn thương đến nguy cấp ở những phụ lưu sông Mê Kông ở Việt Nam đã được đưa vào Sách Đỏ của IUCN (2021)⁹, tuy nhiên còn những loài giá trị phổ biến, như cá khoai *Acanthopsis*, cá Srang *Onychostoma krongnoensis* sống giới hạn ở sông suối cao nguyên, vẫn chưa được xem xét. Đây rõ ràng là một đánh giá chưa đầy đủ về các loài cá nước ngọt bị đe dọa của Việt Nam.

¹Khoa Sinh học và Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Hoàng Đức Huy, Khoa Sinh học và Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: hduy@hcmus.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 01-9-2021
- Ngày chấp nhận: 10-3-2022
- Ngày đăng: 18-5-2022

DOI: 10.32508/stdjns.v6i2.1121



Bản quyền

© ĐHQG TP.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Hoàng D H, Phạm M H, Trần T N. Nguồn gốc phát sinh và phân bố cá bản địa ở các phụ lưu sông Mê Kông, Việt Nam. *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*, 2022; 6(2):1956-1969.

Các loài cá sinh sống nơi sông suối bắt nguồn từ phía tây Trường Sơn ra đến dòng chính Mê Kông ít được biết đến về nguồn gốc, quan hệ phát sinh và phân bố. Trong số đó, Lớp cá Vây tia Actinopterygii là nhóm lớn nhất và đa dạng nhất trong số động vật có xương sống. Gần đây Hughes và cs. (2018)¹⁰ phân loại phát sinh loài và đề xuất bộ dữ liệu cho tất cả các dòng (lineage) cá Vây tia. Trước đó, lưu vực sông Mê Kông được phân định thành năm vùng sinh thái nước ngọt bằng cách tiếp cận từ cấp độ gene tới sinh thái, sử dụng cả dữ liệu thực địa và đánh giá của chuyên gia^{1,11}. Tuy nhiên, cho đến hiện nay, vẫn chưa có khảo sát nào về các khu hệ cá phụ lưu sông Mê Kông ở Việt Nam có tương quan gì đến các vùng sinh thái nước ngọt của sông Mê Kông.

Từ năm 2011 đến 2021, Phòng thí nghiệm Động vật học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, đã khảo sát các khu hệ cá nước ngọt tại 18 địa điểm ở vùng Tây bắc Điện Biên, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế và Tây Nguyên. Mục tiêu của nghiên cứu này là ghi lại sự đa dạng, phả hệ phát sinh loài, nguồn gốc và phân bố của các loài cá nước ngọt, xác định các đơn vị phân loại mới, ghi nhận phạm vi vùng sinh thái nước ngọt, cung cấp dữ liệu cơ bản để theo dõi sức khỏe hệ sinh thái nước ngọt và đánh giá giá trị bảo tồn và đa dạng sinh học của các vùng hiện chưa được bảo vệ.

PHẠM VI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phạm vi nghiên cứu

Khảo sát khu hệ cá bản địa được tiến hành tại các phụ lưu suối và sông chính thuộc các hệ thống sông Nậm Rốm–Nậm Nứa (Nậm Ou), Se Pôn (Se Bang Hiên), Se Kông, Se San và Sre Pok thuộc các tỉnh Điện Biên, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế, Kon Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông và Lâm Đồng trong khoảng thời gian 2011–2021 (xem Hình 1, Bảng 1).

Phương pháp nghiên cứu

Vị trí khảo sát được lựa chọn bằng cách xem xét địa hình, khí hậu, thủy văn của khu vực thông qua các tài liệu, bản đồ và kết hợp với khảo sát thực địa (Hình 1). Sau đó, tiến hành thu mẫu bằng cách tham gia đánh cá cùng ngư dân, sử dụng các loại ngư cụ thông thường (lưới kéo, chài, vợt) tùy theo lưu vực khảo sát. Mẫu vật thu thập được đeo nhãn có ghi rõ thời gian, địa điểm thu mẫu, sau đó được định hình để đưa về phòng thí nghiệm phân tích.

Các thông tin về điều kiện lý hóa của nước, đặc điểm các sinh cảnh của cá đều được ghi nhận lại. Ngoài ra, tiến hành phỏng vấn thêm dân địa phương để ghi

nhận một số thông tin về phân bố và mùa xuất hiện của các loài bị đánh bắt. Các loài cá được định danh, cập nhật danh pháp và xác định phân bố theo các công trình công bố gần đây nhất. Cá bản địa Mê Kông dựa theo Kottelat (2001a, 2013), Praxaysombath và cs. (2020), Rainboth (1996), Rainboth và cs. (2012), So và cs. (2018)^{5,6,12–15}; Cá bản địa sông Mê Kông, miền Bắc Việt Nam và Nam Trung Quốc theo Mai Đình Yên (1978), Yue và cs. (2000), Kottelat (2001b, 2013), Nguyễn Văn Hào (2001, 2005)^{3,12,16–20}; các loài bộ cá chép Cypriniformes dựa theo Ciccotto & Page (2020), Page và cs. (2020), Kottelat (2020), Serov và cs. (2006), Šlechtová và cs. (2006), Sholihah và cs. (2020)^{21–26}; các loài bộ cá da trơn Siluriformes dựa theo Jiang và cs. (2012), Ng (2002, 2003, 2004), Ng & Freyhof (2003, 2008), Ng & Kottelat (2000, 2008, 2013, 2017, 2021), Ng & Tan (2007)^{27–37}; lươn, chạch và các loài họ cá lóc Channidae dựa theo Matsumoto và cs. (2010), Adamson và cs. (2019), Rüber và cs. (2020), Duong và cs. (2020)^{38–41} các loài cá bống và cá nguồn gốc từ nước lợ sông Mê Kông dựa theo Trần Đức Định và cs. (2013)².

Các mẫu cá chưa xác định được loài bằng hình thái thì phân tích DNA (gene COI) để xác định.

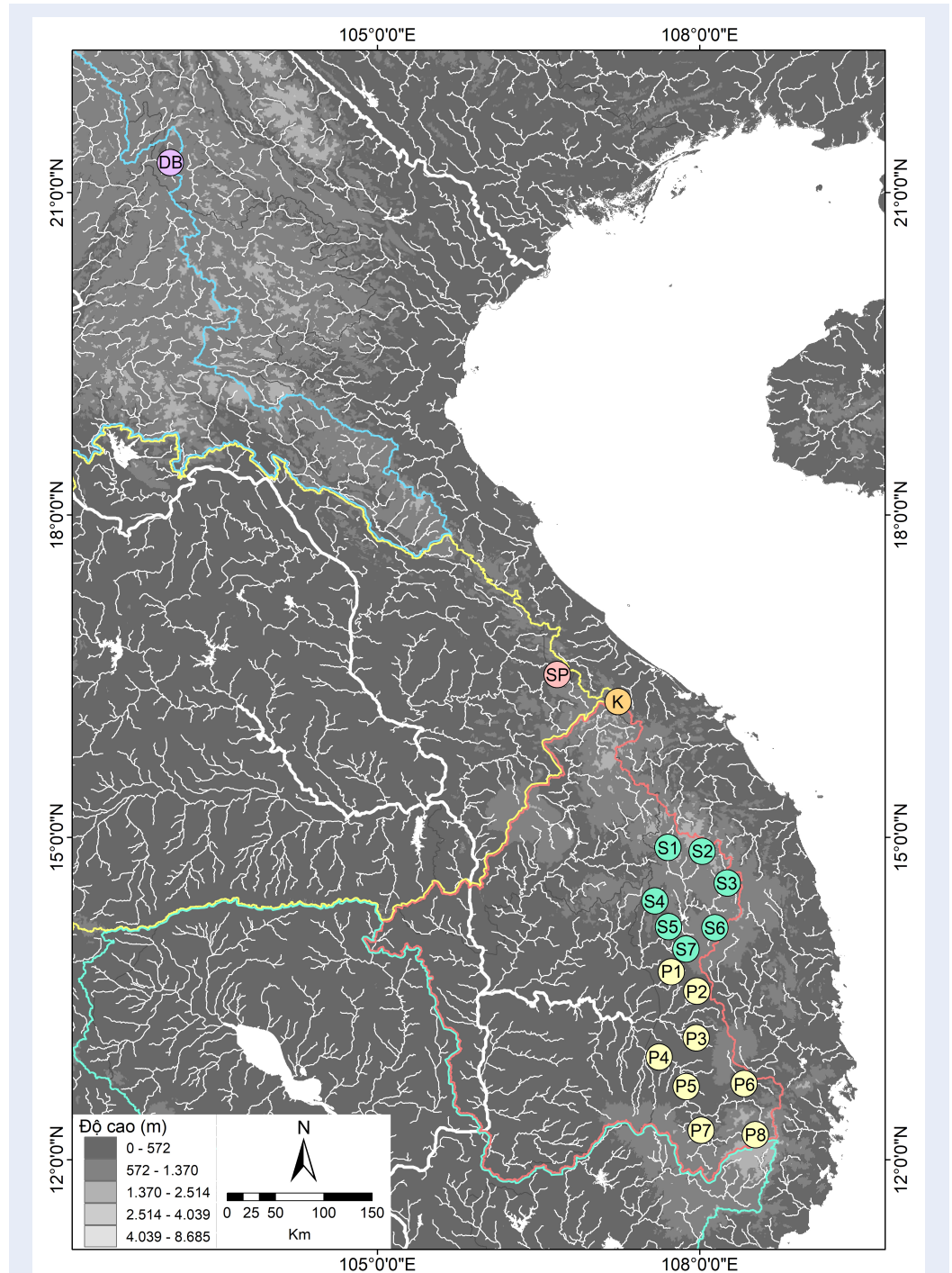
Thiết lập mối quan hệ phát sinh loài của các loài cá là một bước quan trọng để giải thích sự đa dạng của chúng. Mối quan hệ tiến hóa, phát sinh loài được phân tích đối với các loài cá bản địa và suy luận yếu tố giới hạn trong phân bố môi trường sống. Với những loài chưa xác định vị trí trong phả hệ thì các gene sử dụng để phân tích bao gồm một số gene tiêu biểu từ bộ gene ty thể và gene nhân như COI, Cyto *b*, 16S rRNA, ATPase 6-8, RAG1.

Diễn giải về nguồn gốc, thời gian phát sinh và xác định tính đặc hữu các loài cá được tích hợp từ kết quả phân tích nghiên cứu này và điều chỉnh dựa trên các kết quả về phát sinh về các bộ cá Vây tia toàn cầu của Betancur và cs. (2017), Hughes và cs. (2018)^{10,42}; phả hệ sinh các họ của bộ cá Chép Cypriniformes của Yang và cs. (2012, 2015), Stout và cs. (2016), Tang và cs. (2013), Zheng và cs. (2019)^{43–47}; phả hệ và thời gian phát sinh của các họ của bộ cá da trơn Siluriformes của Kappas và cs. (2016)⁴⁸; phả hệ sinh của bộ cá rô đồng Anabantiformes của Rüber và cs. (2006, 2020)^{40,49}; bộ cá bống Gobiiformes của Jeon và cs. (2021)⁵⁰.

Các mẫu cá sau khi phân tích được lưu giữ tại Phòng thí nghiệm Động vật thuộc Bộ môn Sinh thái và Sinh học Tiến hóa, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Nghiên cứu đã ghi nhận và xác định được 200 loài cá tự nhiên bản địa, thuộc 119 giống, 36 họ, 11 bộ từ 680



Hình 1: Vị trí 18 điểm thu mẫu trên các phụ lưu thuộc sông Mê Kông ở Việt Nam. Đường xanh lơ: vùng sinh thái nước ngọt Hạ Lan Thương, đường vàng: vùng sinh thái Cao nguyên Khorat, đường đỏ: vùng sinh thái Kratie–Stung Treng; đường xanh lục: vùng sinh thái Châu thổ Mê Kông theo Abell và cs. (2008) ¹.

Bảng 1: Vị trí khảo sát và số mẫu cá thu được tại các phụ lưu sông Mê Kông, Việt Nam

Vị trí khảo sát (số lượng mẫu cá)	Tọa độ
Sông Nậm Rốm (106)	DB: 103°2'24.1806"E, 21°14'30.4154"N;
Sông Se Pôn (72)	SP: 106°48'29.3926"E, 16°20'48.3175"N;
Sông Se Kông (130)	K: 107°12'11.3585"E, 16°13'5.7503"N;
Sông Se San (119)	S1: 107°43'1.6273"E, 14°54'17.2854"N; S2: 108°0'9.5545"E, 14°46'34.7182"N; S3: 108°13'0.4999"E, 14°30'52.4516"N; S4: 107°37'18.985"E, 14°28'52.5268"N; S5: 107°41'1.7025"E, 14°11'10.3354"N; S6: 108°7'17.8575"E, 14°12'1.7318"N; S7: 107°47'1.477"E, 13°58'19.39"N;
Sông Sre Pôk (253)	P1: 107°42'27.3631"E, 13°38'20.1417"N; P2: 107°53'1.2515"E, 13°28'3.3854"N; P3: 107°54'44.0442"E, 13°2'4.3626"N; P4: 107°39'36.0419"E, 12°56'38.8523"N; P5: 107°54'26.9121"E, 12°42'56.5106"N; P6: 108°25'0.0489"E, 12°38'5.2645"N; P7: 107°55'52.5727"E, 12°22'40.1301"N; P8: 108°25'51.4452"E, 12°14'40.4308"N;

mẫu cá thu được tại các sông suối thuộc bốn hệ thống sông Se Pon, Se Kông, Se San và Sre Pok. Trong đó, bộ cá Chép Cypriniformes 125 loài (62%), Siluriformes 40 loài (20%).

Xác định loài và danh pháp

Hiện nay, loài cá Mê vinh theo Eschmeyer's Catalog of Fishes sử dụng tên *Barbonymus gonionotus*, mặc dù đã được Yang và cs. (2015) chứng minh đây thuộc giống *Hypsibarbus* và không liên quan đến giống *Barbonymus* trong phả hệ sinh⁴³. Trong khảo sát này, chúng tôi đồng ý với nhận định của Yang và cs. (2015) vì kiểm tra hình thái của cá Mê vinh phù hợp với giống *Hypsibarbus* về màu sắc các bờ vây đen trông nhưng dạng lưới trên thân và hàng vây từ gốc vây lưng đến đường bên là năm vây. *Hypsibarbus gonionotus* có số tia vây phân nhánh ở vây hậu môn là 6, khác với các loài còn lại của *Hypsibarbus* là 5, dẫn đến tỷ lệ độ dài gốc vây hậu môn trên chiều dài đầu 90% ở *H. gonionotus* so với 60% ở các loài *Hypsibarbus* và đây là đặc điểm đã phân loại *H. gonionotus* trước đây chung giống với các loài của *Barbonymus* theo Rainboth (1996). Do vậy trong khảo sát này chúng tôi chính thức sử dụng tên giống loài cá Mê vinh là *Hypsibarbus gonionotus*.

Việc phân loại một phần các loài cá ở ba vùng sinh thái Mê Kông: Hạ Lan Thương, Cao nguyên Khorat và Kratie–Stung Treng ở Việt Nam vẫn còn chưa được giải quyết vì nhiều loài đã được thu thập trong khảo sát này vẫn chưa được mô tả chính thức trong các tài

liệu khoa học. Sự phân loại của một số nhóm vẫn chưa rõ ràng, với số lượng lớn các loài hình thái làm cho không thấy được sự đa dạng loài về kiểu gene. Các loài cá nhỏ ít có dấu hiệu đặc điểm khác biệt rõ ràng thường ít thu hút sự chú ý của khoa học hơn và có thể khó phân tích như chạch rắn *Pangio* aff. *ablonga*, vây bằng Trung bộ *Annamia* aff. *normani* a*, *Annamia* aff. *normani* b*, *Annamia* aff. *normani* f*, chạch đá *Schistura* sp., xâm *Opsarius* aff. *koratensis**, tép đầu *Toxabramis* aff. *houdemeri*, nhưng một số loài có kích thước lớn và phổ biến vẫn còn gặp vấn đề phân loại như cá hồng nhau *Poropuntius* sp. 3*, trê trắng *Clarias* aff. *batrachus*, lóc đen *Channa* aff. *striata*. Quan hệ phát sinh giữa các loài chạch đá *Schistura* spp. vẫn còn chưa rõ và có thể thay đổi trong tương lai. Một số lớn các loài đã được nghiên cứu này xác định dưới đây.

Phả hệ phát sinh loài

Cá sụn phát sinh từ biển cách nay 470 triệu năm (Ma), gần cuối kỷ Ordovia trong đó có bộ cá đuối bóng Myliobatiformes với đại diện cá đuối Lào *Hemitygon laosensis*. Loài này thường sinh sống ở vùng nước ngọt trên nền cát đáy sông Sre Pok, gần biên giới Campuchia (xem Hình 2).

Phân thứ lớp cá xương thật Teleostei có bộ xương calcium nên phát triển mạnh mẽ thành nhóm cá có số lượng đông đảo và phân bố rộng nhất thế giới. Từ cửa sông đến các dòng suối trên núi cao, chúng phát

triển mạnh ngay cả trong môi trường sống thiếu oxygen, tạm thời (temporal) và nước chảy xiết.

Cuối kỷ Permi (250 Ma), phân lớp cá xương thật Teleostei tiến hóa nhóm họ cá có đầu lưỡng xương Osteoglossocephalai. Nhóm họ Osteoglossocephalai có khả năng sống sót tốt và trở thành một nhóm đa dạng. Đầu kỷ Tam điệp (Trias, 240 Ma), nhóm họ Osteoglossocephalai tiến hóa ra hai nhóm họ gần là Osteoglossomorpha và Clupeocephala. Osteoglossomorpha là một nhóm còn nguyên thủy có bộ Lưỡi xương Osteoglossiformes (3). Vây và vây của nhóm này kém phát triển do đó khả năng di chuyển hạn chế đại diện hiện nay ở khu hệ nghiên cứu là cá thát lát. Những loài Clupeocephala có vây, vây phát triển hơn có thể thích nghi được trong nhiều kiểu môi trường khác nhau thì tiến hóa thành hai nhóm Otomorpha và Percomorphaceae, gồm hầu hết các bộ cá xương hiện nay.

Nhóm Otomorpha là các loài cá có bóng bơi kéo dài ra phía trước vào hộp sọ (otophytic) giúp truyền âm thanh tần số thấp đến tai, gồm hai bộ: cá chép Cypriniformes (103), cá da trơn Siluriformes (38), là các nhóm nước ngọt quen thuộc, tất cả tạo thành một dòng khổng lồ được gọi là Ostariophysa (có bốn đốt sống phía trước biến đổi và phát triển hỗ trợ một chuỗi xương nhỏ nối bóng bơi với tai).

Bộ cá chép Cypriniformes và bộ cá da trơn Siluriformes là hai trong ba bộ cá nước ngọt có số lượng loài nhiều nhất so với tất cả các bộ cá nước ngọt khác trên thế giới. Theo nghiên cứu từ các dữ liệu sinh học phân tử của Stout và cs. (2016), các bộ cá này đã khởi sinh ở Toàn lục địa Pangaea, sau đó đã tách ra và phát sinh loài mạnh mẽ từ Đại Trung sinh Mesozoic trở về sau, kéo dài từ 51–65,5 Ma⁴⁴. Theo Hughes và cs. (2018) nguồn gốc của tất cả các dòng cá chính đã hình thành trước khi kết thúc kỷ Phấn trắng và các dòng cá nước ngọt bao gồm các nhóm cá ở Việt Nam có nguồn gốc tương đối gần đây từ các dòng cá biển xa xưa¹⁰. Nhóm Dạng vược Percomorphaceae gồm các nhánh tiến hóa (clade) chiếm lĩnh môi trường sống gần đây biển nông như Syngnatharia [bộ cá hàm dính Syngnathiformes (1)], thích ứng những lưu vực có triều cường thay đổi độ mặn như Gobiaria [bộ cá bóng Gobiiformes (3)], nhánh tiến hóa có cơ quan hô hấp phụ sống ở vùng nước ngọt tĩnh và đảm lấy ít oxygen như Anabantaria [bộ cá mang dính Synbranchiformes (5), và cá rô đồng Anabantiformes (14)].

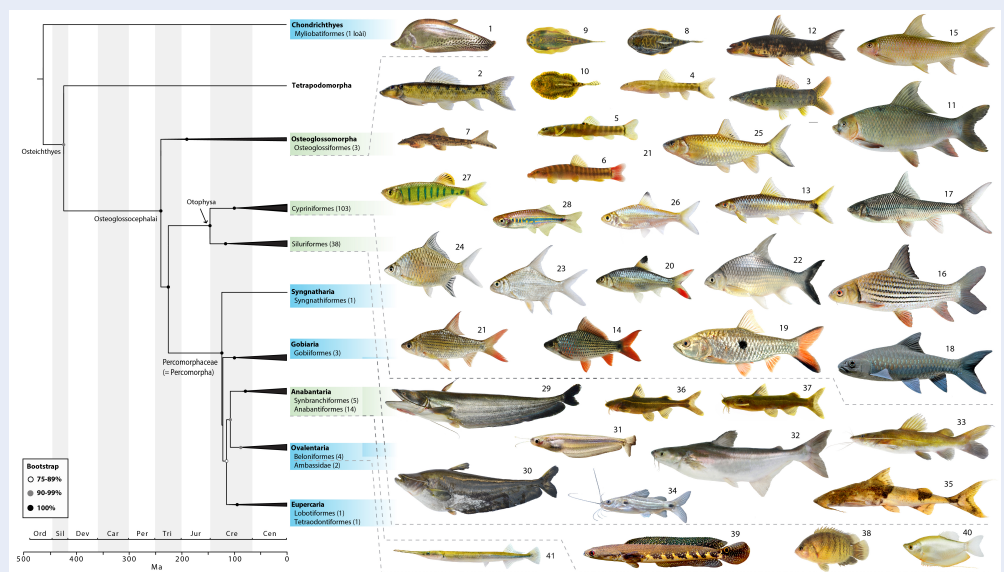
Cuối cùng, nhóm cá thực sự chiếm ưu thế liên quan tới vùng nước ngọt ven biển đa dạng hóa từ ~ 100 Ma. Đây là nhánh tiến hóa đẻ trứng dính nền đáy Ovalentaria gồm có: cá nhái Beloniformes (4), cá sơn Ambassidae (Order-level incertae sedis) (2).

Và nhánh tiến hóa đẻ trứng trôi thành sinh vật phù du Eupercaria [cá nóc Tetraodontiformes (1)]^{10,42}.

Phân bố trong môi trường nước ngọt

Theo Saitoh và cs. (2011) nguồn gốc tổ tiên các loài cá chép cypriniform ở phía đông nam lục địa Âu-Á, vị trí Nam Á ngày nay và phát tán trực tiếp đến các lưu vực phụ cận mà hệ thống sông Sài Gòn-Đồng Nai là một trong số đó⁵¹. Trong việc xác định niên đại phân tử, thời gian phân kỳ tương đối giữa các dòng bộ cá chép cypriniform là độc lập theo các sự kiện địa chất hoặc sinh thái. Tổ tiên các loài ăn tảo bám gyriinocheilid, botiid, chạch đá cobitid, chạch suối nemacheilid xuất hiện từ cách đây 102,8–105,9 Ma từ khu vực Nam Á cho thấy khả năng sự va chạm tiểu lục địa Ấn độ với Âu-Á dẫn đến sự mở rộng phạm vi các loài này về phía đông nam đến lưu vực sông Mê Kông. Phả hệ ở Hình 3A cho thấy trong khi nhiều nhánh cyprinid bên trong ngắn và sắp đặt đều dọc theo cây, nhánh cơ bản của cây A là họ cá may Gyriinocheilidae lại dài bất thường. Các loài trong nhóm này thường là loài có cơ thể lớn hơn và ăn mồi ở tầng đáy. Chúng gặm thức ăn từ đáy bằng miệng hướng dưới, sử dụng các cấu trúc của phế quản và hầu họng để giữ lại thức ăn và tổng các chất cận ra khỏi lỗ mang của chúng. Gyriinocheilid có thể không sống cùng nơi với các loài cá chép cyprinid trong một thời gian dài. Các loài chạch đá như cá heo botiid, chạch suối cobitid, bóm đá gastromyzonid, vây bằng balitorid và chạch đá nemacheilid có thân hình dần nhỏ hơn, nhưng cũng là động vật ăn đáy. Gyriinocheilid và các loài chạch đá đại diện cho các hậu duệ từ các nhóm cá dạng chép ở gốc phát sinh trong khảo sát của chúng tôi (Hình 3A). Do đó, cách giải thích ngắn gọn nhất về lối sống của tổ tiên chung cypriniform là một loài kiếm ăn dưới đáy⁵¹. Ngược lại, họ cá chép Cyprinidae có miệng hướng dưới, thân dày và lớn. Các loài họ này ăn tạp cả thực vật và động vật và thường sinh sống ở tầng đáy đến tầng giữa trong cột nước của dòng chảy sông suối hoặc ao hồ. Hai họ cá lòng tong Danionidae và cá mương Xenocyprididae chủ yếu là các loài cá nổi có thân dẹp màu bạc và miệng trước hoặc hướng lên. Do đó, sự ra đời của các họ Danionidae và Xenocyprididae có thể đi kèm với sự di chuyển lên cột nước và tạo thành một lối sống liên quan đến việc ăn trong tầng giữa và bề mặt. Sự cạnh tranh có thể được coi là động lực loại bỏ tất cả trừ một số lượng nhỏ các nhóm kiếm ăn dưới đáy của mỗi dòng trong họ cá chép Cyprinidae có cơ thể lớn. Những con chạch đá thân nhỏ có thể đã thoát khỏi cuộc cạnh tranh này. Các loài cyprinid thuộc họ Cyprinidae ngày nay có thể là những loài sống sót sau cuộc càn quét cạnh tranh già định này⁵¹.

Theo các ước tính phân tử và hồ sơ hóa thạch thì thời điểm cá da trơn Siluriforme bắt đầu xuất hiện vào



Hình 2: Phả hệ sinh về nguồn gốc và phát sinh các bộ cá của các phụ lưu sông Mê Kông ở Việt Nam với số loài ghi nhận sau mỗi bộ cá (kết hợp dữ liệu gene từ nghiên cứu này với Hughes và cs. 2018¹⁰). Màu xanh ngọc là các bộ cá nước ngọt, màu xanh lơ là các bộ cá nước lợ có nguồn gốc từ nước mặn. Các loài cá đại diện: 1. *Chitala blanci*, 2. *Gyrinocheilus aymonieri*, 3. *Syncrossus beauforti*, 4. '*Nemacheilus*' banar, 5. *Schistura kontumensis*, 6. *Schistura yersini*, 7. *Annamia normani*, 8. *Sewellia elongata*, 9. *Sewellia breviventralis*, 10. *Sewellia speciosa*, 11. *Incisilabeo behri*, 12. *Garra cyrano*, 13. *Crossocheilus reticulatus*, 14. *Osteochilus vittatus*, 15. *Mekongina erythrospila*, 16. *Probarbus jullieni*, 17. *Onychostoma krongnoensis*, 18. *Neolissochilus stracheyi*, 19. *Hampala dispar*, 20. *Discherodontus ashmeadi*, 21. *Cyclocheilichthys apogon*, 22. *Cosmochilus harmandi*, 23. *Puntioplites falcifer*, 24. *Scaphognathops stejneri*, 25. *Poropuntius kontumensis*, 26. *Mystacoleucus atridorsalis*, 27. *Opsarius pulchellus*, 28. *Devario gibber*, 29. *Wallago micropogon*, 30. *Wallago attu*, 31. *Kryptopterus geminus*, 32. *Pangasius conchophilus*, 33. *Hemibagrus spilopterus*, 34. *Mystus mysticetus*, 35. *Bagarius vegrandis*, 36. *Glyptothorax porrectus*, 37. *Glyptothorax longinema*, 38. *Pristolepis fasciata*, 39. *Channa auroflammae*, 40. *Trichopodus microlepis*, 41. *Xenentodon cancilloides*. (Stừ <http://ffish.asia/>; ✕ từ Cheilinus Photography).

kỷ Phấn trắng Sớm, trong khoảng 135 Ma, khi Châu Phi–Nam Mỹ chưa tách rời nhau. Theo Kappas và cs. (2016), tại gốc cây tiến hóa tồn tại hai phân bộ Loricarioidei và Diplomystoidei có phân bố ở Trung và Nam Mỹ, do đó Nam Mỹ là nguồn gốc phát tích của bộ cá da trơn⁴⁸. Sau hai phân bộ gốc, phân bộ cá nheo Siluroidei, một nhóm đơn phát sinh, bắt đầu xuất hiện vào khoảng 97 Ma, sau khi Châu Phi–Nam Mỹ đã tách rời nhau. Tổ tiên chung của Siluroidei phân tách nhau từ khoảng 81,72 Ma, có khả năng là nhờ việc phát tán từ Châu Phi sang Châu Á thông qua những hành lang nông trên vùng biển cổ nội lục Tethys. Nguyên thủy cá da trơn là các loài sống đáy phát triển bốn cặp râu để thăm dò trong môi trường tối, xương đầu và tia đầu tiên của vây ngực hóa cứng và sắc nhọn để chống đỡ va chạm và không vây để dễ luôn rúc thích nghi theo nền đáy. Do vậy, tổ tiên các họ cá da trơn đã phát sinh nội địa (intracontinental) khá sớm cho đến cuối kỷ Phấn trắng ~ 66 Ma nối tiếp theo sau các sự kiện tách rời của các châu lục Nam Mỹ–Phi Châu khoảng 86–101 Ma^{48,52}. Còn sự đa dạng hóa về các giống loài

của bộ cá da trơn Siluriformes khởi điểm xảy ra sau khi Ấn Độ va chạm Âu Á vào đầu đại Tân sinh khoảng 50 Ma. Sinh thái của các họ cá chính cũng hình thành theo đó, trong đầm lầy hàm lượng ion thấp và ít oxygen nên họ cá trẻ Clariidae đã phát triển cấu trúc mê lộ (labyrinth) bên trong để giữ ẩm cho hô hấp khi môi trường nước cạn và râu thăm dò phát triển khi sống rúc trong đáy bùn. Phả hệ ở Hình 3B cho thấy họ cá Trẻ Clariidae nằm ở gốc cây tiến hóa, là nhóm cá da trơn phát sinh đầu tiên trong tất cả các nhóm hiện nay ở các lưu vực phụ lưu sông Mê Kông. Sau đó, các loài lên sống nổi ở tầng nước giữa và gần mặt, các cặp râu thăm dò môi trường tiêu giảm kích cỡ, tia đơn vây ngực hóa mềm, hàm phát triển lớn, miệng hướng trên để săn mồi ở họ cá leo Siluridae. Các loài sống nổi tiêu giảm kích cỡ râu thăm dò (họ cá tra Pangasiidae), chiếm lĩnh trong cột nước các sông lớn ở Nam và Đông Nam Á. Các họ lươn sống tầng đáy các sông lớn phát triển các cặp râu thăm dò ở họ cá lươn Bagridae, di chuyển lên tầng mặt sông vùng trung lưu thì râu thăm dò giảm kích cỡ ở họ cá sát Aillidae. Sau

đó, các họ di chuyển thích nghi nền đá gneiss thạc của sông lớn theo độ cao vào suối nhờ phát triển giác bám ở ngực và bờ trước vây ngực và giảm chiều cao lưng bụng phía đầu, các cặp râu thăm dò biến đổi và tiêu giảm để hỗ trợ khả năng bám dính nền đáy ở họ cá chiên Sisoridae.

Theo Britz và cs. (2020), dựa vào các ước tính phân tử và hồ sơ hóa thạch thì thời điểm tổ tiên của hai bộ cá mang liên Synbranchiformes và cá rô Anabantiformes có thể đã xuất hiện ở siêu lục địa Gondwana vào kỷ Jura muộn, trong khoảng 162 Ma, khi Châu Phi - Nam Mỹ chưa tách rời nhau⁵³. Phả hệ ở Hình 3C cho thấy tại gốc cây tiến hóa những họ của bộ cá Mang liên sống đáy, vầy và vẩy tiêu giảm đã phát sinh trong nội lục Gondwana từ rất sớm trong khoảng 135–147 Ma. Từ các loài của họ Chạch sông Mastacembelidae sống trên nền đáy bùn ở các đầm lầy, sông suối nên tiêu giảm vây và vẩy. Đến các loài họ Lươn Synbranchidae thì chuyển sống chui rúc hẳn vào bùn nên tiêu giảm mắt, vây và tiêu biến vây, nhưng lại phát triển hệ thống khứu giác nhạy bén.

Bộ cá rô Anabantiformes phát sinh muộn hơn cũng ở siêu lục địa Gondwana, chính xác có thể ở vị trí Châu Phi ngày nay vào kỷ Phấn trắng sớm vào khoảng 131 Ma^{10,42}. Bộ Anabantiformes di chuyển vào các tầng nước sống nổi cùng khoảng thời gian đa dạng hóa các họ của bộ Synbranchiformes, khi tất cả các bộ cá này dường như cùng sống trong những đầm lầy nước đứng bên trong nội lục vị trí Châu Phi ngày nay^{10,42}. Các họ phát sinh đầu tiên di chuyển vào sông suối và qua lại với đầm lầy, chúng phân chia chiếm lĩnh môi trường nước chảy ở họ Rô sông Pristolepididae và nước đứng ở họ Sặt vện Nandidae vào khoảng 122 Ma⁵⁴. Trong môi trường đầm lầy hàm lượng ion thấp và ít oxygen, các họ cá rô đã phát triển cấu trúc mê lộ (labyrinth) ở góc trên của mang để giữ oxygen cho hô hấp và trong môi trường nước đứng phần lớn các họ của bộ cá rô đã hình thành tập tính chăm sóc con non (ấp miệng, làm tổ). Các họ cá lóc Channidae, họ cá rô tia Osphronemidae và cá rô đồng Anabantidae lần lượt phát sinh khi siêu lục địa Gondwana bắt đầu phân rã và Madagascar-Ấn Độ tách khỏi Châu Phi vào kỷ Jura muộn / kỷ Phấn trắng sớm vào khoảng 121–165 Ma⁵³. Khi Madagascar-Ấn Độ bắt đầu phân rã và Ấn Độ di chuyển theo hướng đông bắc va chạm với lục địa Âu Á sau đó vào khoảng 50 Ma thì các họ cá này đã bắt đầu đa dạng giống loài và phân tán ra khắp Nam, Đông và Đông Nam Á⁴⁹.

Đặc điểm khu hệ cá bản địa các phụ lưu sông Mê Kông và mối quan hệ với các vùng sinh thái Sông Hồng và duyên hải phía đông Trường Sơn

Phân loại sinh thái các loài cá

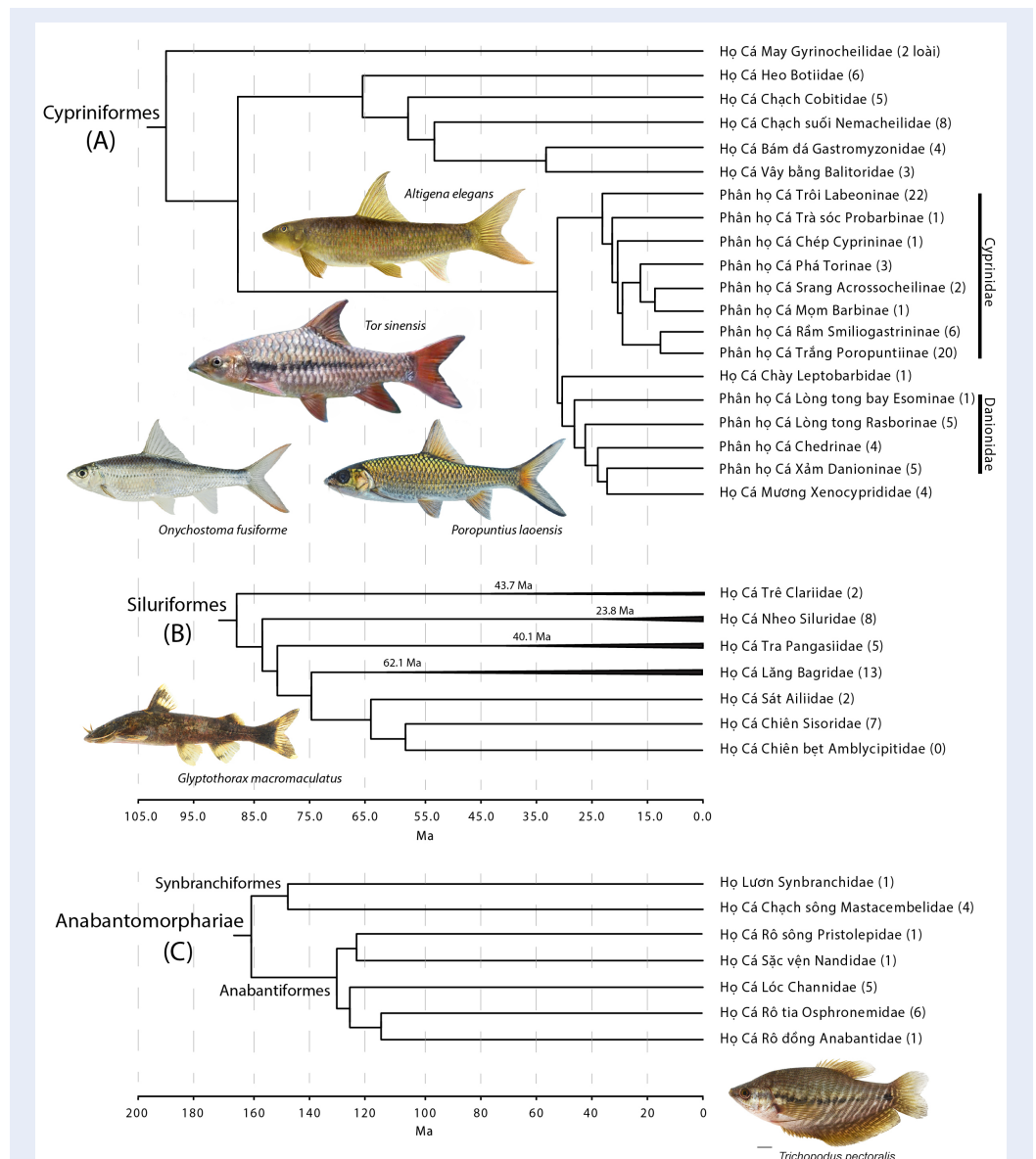
Cá ở vùng nước nội địa sông Mê Kông đã khảo sát được phân loại theo cấp họ dựa vào lịch sử sinh thái và tiến hoá của chúng theo Berra (2001)⁵⁷:

- Nguyên sinh (Primary) cá có lịch sử tiến hoá lâu đời trong nước ngọt. Gồm các họ cá thuộc các bộ Osteoglossiformes, Cypriniformes, Siluriformes, Synbranchiformes, và Anabantiformes.
- Thứ sinh (Secondary) một số loài có khả năng chịu mặn. Gồm các họ cá thuộc bộ Belontiiformes và Ambassidae.
- Ngoại sinh (Peripheral) loài từ các họ ở biển nhưng có một khoảng thời gian hoặc sống hoàn toàn ở trong nước ngọt. Gồm các họ cá thuộc bộ Myliobatiformes, Syngnathiformes, Gobiiformes, và Lobotiformes, Tetraodontiformes.

Sự phân bố của các loài nguyên sinh phản ánh các kết nối sông trong quá khứ và hiện tại, trong khi các loài thứ sinh và ngoại sinh thì phản ánh sự phân tán từ biển (Hình 2).

Vùng sinh thái Hạ Lan thường

Sông Nậm Rốm-Nậm Nứa (Neua) ở Điện Biên đã được khảo sát có 43 loài: cá chép Cypriniformes [32 loài gồm có cá chạch Cobitidae (một loài, *Acanthopsoisides gracilentus*), cá chạch đá Nemacheilidae (năm loài, *Schistura aramis**, *Sch. athos**, *Sch. melarancia**, *Sch. poculi**, *Sch. porthos**), cá bầm đá Gastromyzonidae (*Vanmanenia serrilineata*+), cá vẩy bằng Balitoridae (ba loài, *Balitora langcangjiangensis**, *Hemimyzon pengi**, *Pseudohomaloptera yunnanensis**), cá chép Cyprinidae (15 loài, *Ceratogarra cambodgiensis*, *Ageneiogarra imberba**, *Alti-gena elegans**, *Onychostoma fusifome**, *T. sinensis*, *Neolissochilus stracheyi*, *Scaphiodonichthys acanthopterus*, *Hampala macrolepidota*, *Systemus jacobus-boehlkei**, *Puntioplites falcifer**, *Poropuntius angustus**, *P. laoensis**, *Hypsibarbus pierrei*, *Sikukia gudgeri*, *Mystacoleucus obtusirostris*), cá lòng tong Danionidae (năm loài, *Rasbora atridorsalis**, *Opsarius aff. koratensis**, *Op. pulchellus*, *Raiamas guttatus*, *Devario laoensis**), cá mương Xenocyprididae (hai loài, *Opsariichthys dienbienensis**+, *Hemiculterella macrolepis**), cá da trơn Siluriformes [năm loài, cá nheo Siluridae (*Pterocryptis inusitata**), cá lăng Bagridae (*Hemibagrus wyckioides*), cá chiên Sisoridae (ba loài, *Bagarius vegrandis**, *Glyptothorax longinema*, *G. macromaculatus**), cá bóng Gobiiformes [hai loài, họ cá thòi lòi Oxudercidae (cá bóng Mê Kông *Rhinogobius mekongianus**+, *Papuligobius ocellatus*+)], cá Mang liên Synbranchiformes [hai



Hình 3: Phả hệ phát sinh họ của bốn bộ cá nội địa đa dạng nhất được khảo sát từ các phụ lưu sông Mê Kông ở Việt Nam với số loài cá được ghi chú sau mỗi họ. (A) bộ cá chép Cypriniformes, (B) bộ cá da trơn Siluriformes, (C) bộ cá mang liên Synbranchiformes và bộ cá rô đồng Anabantiformes (kết hợp dữ liệu gene từ nghiên cứu này với Wang và cs. 2016⁵⁵, Kappas và cs. 2016 và The Fish Tree of Life^{48,56}, Rüber và cs. 2006⁴⁹).

loài, cá Chạch sông Mastacembelidae (*Mastacembelus favus*), Lươn Synbranchidae (*Monopterus javanensis*), cá rô Anabantiformes [một loài, cá Lóc Channidae (*Channa limbata*)], cá nhái Beloniformes [một loài, cá nhái Belonidae (*Xenentodon canciloides*)]. Nhóm nguyên sinh đặc hữu vùng sinh thái nước ngọt Hạ Lan Thương có 24 loài (dấu *), trong đó phát sinh từ Mê Kông có 22 loài và từ Sông Hồng hai loài. Bốn loài có nguồn gốc từ sông Hồng (dấu +), trong đó có hai loài cá bóng ngoại sinh xa xưa từ biển.

1963

Vùng sinh thái Cao nguyên Khorat

Sông Se Pôn thuộc thượng nguồn Se Bang Hiên, tại Quảng Trị khảo sát được 32 loài bản địa Mê Kông, trong đó: cá chép Cypriniformes [20 loài, gồm có cá may Gyриноcheilidae (*Gyриноcheilus aymonieri*), cá heo Botiidae (*Yasuhikotakia modesta*), cá chạch đá Nemacheilidae (hai loài, *Schistura kongphengi**, *Schistura* sp.), cá vây bằng Balitoridae (*Balitora annamitica**), cá chép Cyprinidae (10 loài, *Crossocheilus reticulatus*, *Osteochilus vittatus*, *Scaphiodonichthys acan-*

thopterus, *Hampala macrolepidota*, *Systemus rubripinnis*, *Puntioplites falcifer**, *Poropuntius deauratus*, *Hypsibarbus gonionotus*, *Mystacoleucus atridorsalis**, *M. obtusirostris*, cá lòng tong Danionidae (năm loài, *Rasbora atridorsalis**, *Luciosoma bleekeri*, *Opsarius* aff. *koratensis**, *Op. pulchellus*, *Raiamas guttatus*)), cá da trơn Siluriformes [sáu loài, cá trê Clariidae (*Clarias* aff. *batrachus*), cá lăng Bagridae (hai loài, *Hemibagrus spilopterus*, *H. wyckioides*), cá sặt Ailiidae (*Laides longibarbis*), cá chiên Sisoridae (hai loài, *Bagarius vegrandis**, *Glyptothorax lampris*)], cá mang liến Synbranchiformes [một loài, cá chạch sông Mastacembelidae (*Mastacembelus favus*)], cá rô Anabantiformes [một loài, cá lóc Channidae (*Channa limbata*)], cá nhái Beloniformes [một loài, cá nhái Belonidae (*Xenentodon canciloides*)]. Nhóm đặc hữu từ Mê Kông có bảy loài (dấu *).

Nhóm nguồn gốc từ Sông Hồng có một loài: cá chép Cypriniformes [một loài, cá bầm đá *Gastromyzonidae* (*Annamia* aff. *normani* b⁺)]. Nhóm đặc hữu nguồn gốc từ Sông Hồng có một loài (dấu +).

Nhóm ngoại sinh từ biển bắt gặp hai loài di chuyển vào sinh sống ở nước ngọt thuộc các cá bống Gobiiformes [họ thòi lòi Oxudercidae (*Papuligobius ocellatus*)], cá nóc Tetraodontiformes [Tetraodontidae (*Pao leiurus*)].

Loài đặc trưng và phổ biến ở vùng sinh thái Cao nguyên Khorat xuất hiện ở Quảng Trị là cá hồng nhau đuôi vàng *Poropuntius deauratus*.

Vùng sinh thái Kratie - Stung Treng

Các lưu vực 3S khảo sát đa số có chung một số đặc điểm về thành phần loài. Khu hệ cá nổi bật với bốn nhóm:

Nhóm cá sông Mê Kông 158 loài: cá lưôi xương Osteoglossiformes [ba loài, cá thát lát Notopteridae (*Notopterus notopterus*, *Chitala ornata*, *Chitala blanci**)], cá chép Cypriniformes [96 loài, gồm có cá may Gyriinocheilidae (hai loài, *Gyriinocheilus ayonieri*, *Gyriinocheilus pennocki*), cá heo Botiidae (sáu loài, *Yasuhikotakia lecontei**, *Y. modesta*, *Y. morleti*, *Y. eos**, *Syncrossus beauforti*, *Ambastaiia nigrolineata*), cá chạch Cobitidae (bốn loài, *Acanthopsoides gracilentus*, *Acanthopsis rungthipae**, *Lepidocephalichthys hasselti*, *Pangio anguillaris*), cá chạch đá Nemacheilidae (chín loài, *Nemacheilus masyae*, 'Nemacheilus' *banar**, *Paracanthocobitis canicula*, *Schistura bolavenensis**, *Sch. kongphengi**, *Sch. kontumensis**, *Sch. namboensis**, *Sch. sokolovi**, *Sch. yersini**)], cá vây bằng Balitoridae (ba loài, *Balitora annamitica**, *Hemimyzon ecdyonuroides**, *Homalopteroides smithi*), cá chép Cyprinidae (53 loài, *Incisilabeo behri**, *Cirrhinus microlepis*, *Labeo pierrei**, *L. chrysophekadion*, *Ceratogarra cambodgiensis*, *Ceratogarra* sp.*,

Garra cyrano, *Cirrhinus prosemon*, *Lobocheilus rhabdoura*, *Henicorhynchus caudimaculatus*, *H. entmema*, *H. siamensis*, *Crossocheilus atrilimes*, *Cr. reticulatus*, *Epalzeorhynchus frenatum*, *Labiobarbus leptocheilus*, *Osteochilus vittatus*, *O. microcephalus*, *O. waandersii*, *O. brachynopteroideis*, *Mekongina erythrospila**, *Probarbus jullieni*, *Onychostoma meridionale**, *O. krongnoensis**, *Tor tambra*, *T. sinensis*, *Neolissochilus stracheyi*, *Scaphiodonichthys acanthopterus*, *Barbodes aurotaeniatus*, *Hampala dispar**, *H. macrolepidota*, *Puntigrus partipentazona*, *Puntius brevis*, *Systemus rubripinnis*, *Discherodontus ashmeadi**, *Cyclocheilichthys apogon*, *C. armatus*, *C. repasson*, *Cosmochilus harmandi*, *Amblyrhynchichthys truncatus*, *Puntioplites falcifer**, *Barbonymus schwanenfeldii*, *Scaphognathops bandanensis**, *Sc. stejnegeri**, *Poropuntius laoensis**, *P. kontumensis**, *P. sp.3**, *P. deauratus*, *Hypsibarbus gonionotus*, *H. malcolmi*, *H. lagleri**, *H. pierrei*, *Mystacoleucus obtusirostris*, cá chày Leptobarbidae (một loài, *Leptobarbus rubripinna*), cá lòng tong Danionidae (15 loài, *Esomus metallicus*, *Rasbora atridorsalis**, *R. daniconius*, *R. rubrodorsalis*, *R. borapetensis*, *R. paviana*, *Luciosoma bleekeri*, *Opsarius* aff. *koratensis**, *Op. pulchellus*, *Raiamas guttatus*, *Danio albolineatus*, *Devatio leptos*, *De. gibber*, *De. 'aluoi'*, *Laubuca siamensis*), cá mương Xenocypridae (ba loài, *Oxygaster pointoni*, *Paralaubuca riveroi*, *P. typus*), cá da trơn Siluriformes [38 loài, cá trê Clariidae (hai loài, *Clarias* aff. *batrachus*, *Clarias macrocephalus*), cá nheo Siluridae (tám loài, *Wallago micropogon*, *Ompok siluroides*, *Wallago attu*, *Belodontichthys truncatus*, *Phalacrodon apogon*, *Ph. bleekeri*, *Kryptopterus cheveyi*, *Kr. geminus*), cá tra Pangasiidae (năm loài, *Helicophagus waandersi**, *Pangasius bocourti*, *P. conchophilus*, *P. macronema*, *Pseudolais pleurotaenia*), cá lăng Bagridae (13 loài, *Bagrichthys majusculus*, *Hemibagrus spilopterus*, *H. wyckii*, *H. wyckioides*, *Mystus gulio*, *M. albolineatus*, *M. singlarigan*, *M. bocourti*, *M. mysticetus*, *M. rhegma*, *M. multiradiatus*, *M. atrifasciatus*, *Pseudomystus siamensis*), cá sặt Ailiidae (hai loài, *Laides longibarbis*, *Clupisoma sinensis**)], cá chiên Sisoridae (bảy loài, *Bagarius lica*, *B. vegrandis**, *Glyptothorax lampris*, *G. porrectus**, *G. longinema*, *G. macromaculatus**, *G. filicatus**)], cá chiên không bóng bơi Akysidae (*Akysis clavulus*), cá mang liến Synbranchiformes [bốn loài, cá chạch sông Mastacembelidae (ba loài, *Mastacembelus favus*, *Macroglyptothorax circumcinctus*, *Ma. siamensis*), lươn Synbranchidae (*Monopterus javanensis*)], cá rô Anabantiformes [13 loài, cá sặt vện Nandidae (*Nandus oxyrhynchus*), cá rô sông Pristolepidae (*Pristolepis fasciata*), cá lóc Channidae (năm

loài, *Channa micropeltes*, *Ch. lucius*, *Ch. auroflammae**, *Ch. aff. striata*, *Ch. limbata*), cá rô tia Osphronemidae (năm loài, *Osphronemus exodon**, *Trichopodus pectoralis*, *Tr. trichopterus*, *Tr. microlepis*, *Trichopsis vittatus*), cá rô đồng Anabantidae (*Anabas testudineus*), cá nhái Beloniformes [bốn loài, cá sóc Adrianichthyidae (*Oryzias haugiangensis**), cá nhái Belonidae (*Xenentodon cancilloides*), cá lim kim Hemiramphidae (hai loài, *Dermogenys siamensis*, *Hyporhamphus limbatus*)]. Nhóm đặc hữu từ Mê Kông có 41 loài (dấu *).

Nhóm nguồn gốc từ Sông Hồng có chín loài: cá chép Cypriniformes [tám loài, cá chạch Cobitidae (một loài, *Misgurnus anguillicaudatus*), cá bầm đá Gastromyzonidae (sáu loài, *Annamia normani*⁺, *Annamia aff. normani* a⁺, *Annamia aff. normani* f⁺, *Sewellia elongata*⁺, *Sewellia breviventralis*⁺, *Sewellia speciose*⁺), cá mương Xenocyprididae (một loài, *Toxabramis aff. houdemeri*)], cá rô Anabantiformes [cá rô tia Osphronemidae (*Macropodus opercularis*)]. Nhóm đặc hữu có nguồn gốc phát sinh từ Sông Hồng có sáu loài (dấu +).

Nhóm ngoại sinh từ biển sinh sống chủ yếu vùng cửa sông nước lợ, bắt gặp chín loài di chuyển vào sinh sống ở nước ngọt thuộc các bộ đuôi Myliobatiformes [cá đuối Dasyatidae (*Hemitrygon laosensis*[‡])], cá hàm dính Syngathiformes [cá hàm dính Syngnathidae (*Doryichthys boaja*)], cá bống Gobiiformes [họ bống cau Butidae (cá bống tượng *Oxyeleotris marmorata*), họ thoi lồi Oxudercidae (*Papuligobius ocellatus*), họ bống trắng Gobiidae (*Glossogobius giurus*)], cá sơn Ambassidae (hai loài, *Parambassis siamensis*, *Parambassis wolffii*), Lobotiformes [cá hương vện Datnioididae (*Datnioides undecimradiatus*[‡])], cá nóc Tetraodontiformes [Tetraodontidae (*Pao cambodgiensis*[‡])]. Nhóm đặc hữu ngoại sinh từ biển có ba loài (dấu ‡).

Khu hệ cá nước ngọt ở thượng nguồn của năm phụ lưu sông Mê Kông được khảo sát cho thấy chủ yếu là các loài cá otophysan gồm hai bộ cá chép Cypriniformes và cá da trơn Siluriformes với 165 loài (82%) trong số 201 loài (Hình 2). Sự thống trị này của nhóm cá otophysan cũng rõ ràng ở sông Mê Kông với khoảng 657 loài (60%) trong số khoảng 1100 loài¹⁴. Nhóm cá otophysan có những đặc điểm giúp thích nghi với môi trường sông suối, thường xuyên đục, nhiều sóng xoáy, có biến động hóa học và nhiệt độ⁵⁸. Trong đó có cấu trúc Weberia (một chuỗi xương kết nối bóng bơi với tai trong) giúp chúng có thính giác nhạy bén, đặc biệt hữu ích khi ở trong môi trường nước đục hoặc vào ban đêm. Những loài cá này là nhóm thống trị trên tất cả các lục địa ngoại trừ Úc và Nam Cực⁵⁹. Ngược lại, vùng ven biển có các nhóm

cá non-otophysan, cá dạng vược (Percomorpha), dựa vào thị giác và các dấu hiệu thị giác để kiếm ăn, tương tác trong loài và tránh động vật săn mồi.

Trong cùng một khu vực địa lý lưu vực sông Mê Kông, sự khác biệt địa phương đáng kể về hệ cá khảo sát được trong mỗi vùng sinh thái, cung cấp một số hiểu biết về sự cô lập và các rào cản địa lý có thể có trong khu vực. Ba vùng sinh thái Hạ Lan Thương, Cao nguyên Khorat và Kratie–Stung Treng trong lãnh thổ Việt Nam có nhiều dạng đặc trưng, chủ yếu là vùng cao và địa hình tương đối gồ ghề so với các khu vực khác. Con đường di chuyển phát tán các loài cá phải băng qua một loạt các thung lũng với nhiều vực sâu, thác nước lớn, ghềnh đá, bãi cát rải rác và vùng ngập lụt nhỏ, và dòng sông trải qua những thay đổi chu kỳ lớn về dòng chảy do các kiểu mưa gió mùa theo mùa^{5,14}. Những điều kiện địa hình và thủy văn này đã cản trở sự phát tán rộng rãi một số loài dẫn đến hình thành những loài đặc hữu được kể trong kết quả ở trên. Tất cả ba vùng sinh thái này đều sở hữu các dòng tiến hóa tương đối rời rạc và khác nhau, và ba đoạn lưu vực sông đều có khả năng đã trải qua các lịch sử địa mạo khác nhau trước khi hợp nhất thành sông Mê Kông ngày nay⁶⁰.

Đa dạng các loài cá và sự đặc hữu

Các phụ lưu Mê Kông ở Việt Nam, cá bản địa có sự đa dạng về phân loại bậc cao thì khá cao. Kottelat (1989), Taki (1978), Rainboth (1996), và Rainboth và cs. (2012) đã đưa ra kết luận rằng thượng nguồn sông Mê Kông hình thành một phần của lưu vực Chao Phraya trong quá khứ^{11,61}. Trong kết quả khảo sát này đó là khu hệ cá Hạ Lan Thương ở Điện Biên có sự tương đồng với các lưu vực sông Nan thuộc thượng nguồn Chao Phraya^{62,63}. Ngược lại, khu hệ cá của các sông Việt Nam trên sườn phía đông của dãy Trường Sơn lại giống với khu hệ cá của các sông Đông Á và chỉ có một số loài chia sẻ với sông Mê Kông. Hệ cá ở các lưu vực sông duyên hải này khá nghèo loài khi so sánh với các phụ lưu Mê Kông đã được khảo sát¹⁴.

Trong các loài đặc hữu thì 70 loài là nước ngọt nguyên sinh và 3 loài là nước ngọt ngoại sinh. Tỷ lệ các loài đặc hữu là 36% trên toàn bộ hệ cá khảo sát trên các phụ lưu sông Mê Kông ở Việt Nam. Tỷ lệ này cao hơn tỷ lệ đặc hữu 24% của hệ cá lưu vực sông Mê Kông, điều này có thể giải thích vì các loài đặc hữu thường hình thành ở những khu vực thượng nguồn cao nguyên mà phần đáng kể ở trên lãnh thổ Việt Nam. Trong các loài đặc hữu nước ngọt nguyên sinh thì ở khu vực sinh thái Hạ Lan Thương số loài otophysan đặc hữu cho sông Mê Kông cao nhất là 20 loài (46%) trên 43 loài ghi nhận, sau đó thấp hơn ở cao nguyên Khorat là 8 (25%) trên 32 loài, và ở

Kratie–Stung Treng là 43 loài (27%) trên 159 loài. Mặc dù, khảo sát này chỉ thực hiện một phần trên toàn bộ của mỗi phụ lưu, kết quả cũng cho thấy tỷ lệ đặc hữu phản ánh tương tự như các đánh giá trên toàn bộ lưu vực sông Mê Kông. Tỷ lệ các loài đặc hữu của sông Mê Kông về hệ cá cao nhất ở Lào (41%) và ở Vân Nam (40%) so với Thái Lan (24%), Campuchia (15%) hoặc Việt Nam (7%) chủ yếu ở châu thổ, nơi lưu vực sông Mê Kông là vùng đất thấp, nơi sinh sống của các loài cá ven biển hoặc đồng bằng rộng rãi¹⁴. Do đó, tính đặc hữu ở sông Mê Kông phần lớn là kết quả sự hình thành loài của các đại diện một số họ cá nguyên sinh chuyên biệt sống và có xu hướng bị cô lập trong các phụ lưu sông ở vùng cao được khảo sát trong nghiên cứu này. Ở lưu vực sông Mê Kông, các loài chuyên biệt có phân bố hạn chế trong các sinh cảnh vùng cao này có nguy cơ tuyệt chủng đặc biệt khi môi trường sống bị thay đổi nghiêm trọng.

Khảo sát này đã xác định 27 loài cá bản địa phụ lưu Mê Kông được IUCN (2021) đánh giá là nguy cấp và dễ tổn thương cần được bảo vệ. Đó là các loài CR (2 loài): *Sewellia breviventralis*, *Probarbus jullieni*; EN (3 loài): *Hemistrygon laosensis*, *Poropuntius deauratus*, *Pterocryptis inusitata*; VU (16 loài): *Ambastaia nigrolineata*, *Nemacheilus banar*, *Schistura kontumensis*, *Incislaboe behri*, *Labeo pierrei*, *Cirrhinus microlepis*, *Tor sinensis*, *Scaphognathops bandanensis*, *Hypsibarbus lagleri*, *Oxygaster pointoni*, *Walago attu*, *Mystus bocourti*, *Bagarius lica*, *Bagarius vegrandis*, *Osphronemus exodon*, *Datnioides undecemradiatus*; NT (6 loài): *Chitala blanci*, *Syncrossus beauforti*, *Sewellia elongata*, *Mekongina erythrospila*, *Alti-gena elegans*, *Clarias macrocephalus*.

KẾT LUẬN

Khu hệ cá phụ lưu Mê Kông được phân thành ba đơn vị có nguồn gốc riêng biệt: nhóm nước ngọt nguyên sinh từ sông Mê Kông, từ Sông Hồng và nhóm nước ngọt lợ ngoại sinh từ Ấn Độ–Thái Bình Dương. Qua khảo sát này cho thấy khu hệ cá các phụ lưu Mê Kông ở Việt Nam có 200 loài cá bản địa và đặc trưng của ba vùng sinh thái Hạ Lan Thương, Cao nguyên Khorat và Kratie–Stung Treng. Có 10 loài cá cần những nghiên cứu tu chỉnh để xác định loài. Những nghiên cứu về các kiểu phân bố và lịch sử đời sống kết hợp các bộ dữ liệu phân bố, di truyền và kiểu hình trong tương lai góp phần kiểm tra các giả thuyết về các quá trình đã định hình sự phân bố cụ thể của các loài cá trong lưu vực Mê Kông này.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong

khung khổ Đề tài mã số GEN2019-18-01 và Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia NAFOSTED, mã số 106.06-2017.40.

VẤN ĐỀ ĐẠO ĐỨC TRONG NGHIÊN CỨU TRÊN ĐỘNG VẬT

Các mẫu cá trong nghiên cứu sau khi được chụp hình và lấy mẫu vây để phân tích di truyền đều được thả lại môi trường tự nhiên của chúng.

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT

16S rRNA: 16S ribosomal RNA
 3S: sông Se Kông, Se San và Sre Pok
 ATPase 6-8: mitochondrial ATP synthase 6-8
 COI: mitochondrial cytochrome oxidase subunit 1
 CR: cực kỳ nguy cấp (Critically Endangered)
 cs.: cộng sự
 Cyto *b*: Cytochrome b
 DNA: Deoxyribonucleic acid
 EN: nguy cấp (Endangered)
 Ma: một triệu năm về trước (Million year ago)
 NT: sắp bị đe dọa (Near Threatened)
 RAG1: Recombination Activating 1
 VU: sắp nguy cấp (Vulnerable)

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả đồng ý không có bất kỳ xung đột lợi ích nào liên quan đến các kết quả đã công bố.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Tác giả Hoàng Đức Huy, Phạm Mạnh Hùng, Trần Trọng Ngân: tra cứu và tổng hợp tài liệu, thực nghiệm, phân tích và trình bày kết quả. Tác giả Phạm Mạnh Hùng: xử lý và trình bày hình ảnh. Tác giả Hoàng Đức Huy: viết bản thảo. Tác giả Trần Trọng Ngân: kiểm tra cấu trúc, sửa và hoàn chỉnh bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abell R, Thieme ML, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N, et al. Freshwater ecoregions of the world: A new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*. 2008;58(5):403-14; Available from: <https://doi.org/10.1641/B580507>.
2. Trần ĐĐ, Shibukawa K, et al. Mô tả định loại cá Đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam. Cần Thơ, Việt Nam: Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ; 2013;.
3. Nguyễn VH, Ngô SV. Cá nước ngọt Việt Nam. Tập 1. Nhà xuất bản Nông nghiệp; 2001. 622 p;.
4. Kottelat M. Supporting food security and aquatic biodiversity: Fishes of the upper Nam Ou drainage in Laos. WWF Laos; 2009;.
5. Rainboth WL. Fishes of the Cambodian Mekong. FAO Species Identification Field Guide for Fishery Purposes. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy: FAO; 1996. 265 p;.
6. Kottelat M. Fishes of Laos. Sri Lanka: WHT Publications (Pte) Ltd; 2001;.
7. Kottelat M. Fishes of the Xe Kong drainage in Laos, especially from the Xe Kaman. WWF; 2011;.

8. Nguyễn TTH. Điều tra khu hệ cá của sông suối Tây Nguyên. Đại học Quốc gia Hà Nội; 2000.
9. IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species [Internet]. 2021; Available from: <https://www.iucnredlist.org/>.
10. Hughes LC, Ortí G, Huang Y, Sun Y, Baldwin CC, Arcila A, et al. Comprehensive phylogeny of ray-finned fishes (Actinopterygii) based on transcriptomic and genomic data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2018;115(24):6249-54; PMID: 29760103. Available from: <https://doi.org/10.1073/pnas.1719358115>.
11. Kottelat M. Zoogeography of the fishes from Indochinese inland waters with an annotated checklist. *Bulletin Zoologisch Museum*. 1989;12(1):1-54.
12. Kottelat M. The fishes of the inland waters of Southeast Asia: A catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *The Raffles Bulletin of Zoology*. 2013;27(1-663).
13. Praxaysombath B, Utsugi K, Phongsa K, Nammanivong M, Vanachak V, Phommacan K. Fishes of the Mekong basin of Laos. Vientiane Capital, Lao PDR: National University of Laos; 2020. 138 p.
14. Rainboth WJ, Vidthayanon C, Mai YD. Fishes of the Greater Mekong Ecosystem with Species List and Photographic Atlas. Ann Arbor, MI, USA: Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan; 2012. 294 p.
15. So N, Utsugi K, Shibukawa K, Thach P, Chhuoy S, Kim S. Fishes of Cambodian Freshwater Bodies. Phnom Penh, Cambodia: Inland Fisheries Development Institute, Fisheries Administration; 2018. 197 p.
16. Mai ĐY. Định loại cá nước ngọt các tỉnh phía bắc Việt Nam. Khoa học và kỹ thuật; 1978. 339 p.
17. Yue PQ. Fauna Sinica, Osteichthyes, Cypriniformes III. Science Pr. Beijing; 2000. 661 p.
18. Kottelat M. Freshwater Fishes of Northern Vietnam. Washington: The World Bank; 2001.
19. Nguyễn VH. Cá nước ngọt Việt Nam. Tập 2. Nhà xuất bản Nông nghiệp; 2005. 760 p.
20. Nguyễn VH. Cá nước ngọt Việt Nam. Tập 3. Nhà xuất bản Nông nghiệp; 2005. 759 p.
21. Ciccotto PJ, Page LM. Revision of the genus *Henicorhynchus*, with a revised diagnosis of *Gymnostomus* (Cyprinidae: Labeoninae). *Copeia*. 2020;108(3):485-502; Available from: <https://doi.org/10.1643/CI-19-304>.
22. Kottelat M. *Ceratogarra*, a genus name for *Garra cambodgiensis* and *G. fasciicauda* and comments on the oral and gular soft anatomy in labeonine fishes (Teleostei: Cyprinidae). *The Raffles Bulletin of Zoology*. 2020;35:156-78.
23. Serov D, Nezdolij VK, Pavlov D. The freshwater fishes of Central Vietnam. Moscow: KMK Scientific Press; 2006. 363 p.
24. Šlechtová V, Bohlen J, Freyhof J, Ráb P. Molecular phylogeny of the Southeast Asian freshwater fish family Botiidae (Teleostei: Cobitoidea) and the origin of polyploidy in their evolution. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2006;39(2):529-41; PMID: 16337410. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.09.018>.
25. Sholihah A, Delrieu-Trottin E, Sukmono T, Dahrudin H, Risdawati R, Elvira R, et al. Disentangling the taxonomy of the subfamily Rasborinae (Cypriniformes, Danionidae) in Sundaland using DNA barcodes. *Scientific Reports*. 2020;10(1):2818; PMID: 32071342. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59544-9>.
26. Page LM, Pfeiffer JM, Suksri S, Randall ZS, Boyd DA. Variation in the arrow loach, *Nemacheilus masyae* (Cypriniformes: Nemacheilidae), in mainland Southeast Asia with description of a new species. *Copeia*. 2020;108(2):392-402; Available from: <https://doi.org/10.1643/CI-19-305>.
27. Jiang W, Ng HH, Yang J, Chen X. A taxonomic review of the catfish identified as *Glyptothorax zanaensis* (Teleostei: Siluriformes: Sisoridae), with the descriptions of two new species. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2012;165(2):363-89; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2011.00811.x>.
28. Ng HH. *Bagrichthys majusculus*, a new catfish from Indochina (Teleostei, Bagridae). *Folia Zoologica*. 2002;51(1):49-54.
29. Ng HH. *Kryptopterus geminus*, a new species of silurid catfish (Teleostei: Siluridae) from mainland Southeast Asia. *Zootaxa*. 2003;305(1):1-11; Available from: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.305.1.1>.
30. Ng HH. *Wallago micropogon*: A New Species of Silurid Catfish (Teleostei: Siluridae) from Mainland Southeast Asia. *Copeia*. 2004;2004(1):92-7; Available from: <https://doi.org/10.1643/CI-02-192R3>.
31. Ng HH, Freyhof J. *Akysis clavulus*, a new species of catfish (Teleostei: Akysidae) from central Vietnam. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*. 2003;14(4):311-6.
32. Ng HH, Freyhof J. Two new species of *Glyptothorax* (Teleostei: Sisoridae) from central Vietnam. *Zootaxa*. 2008;1873(1873):11-25; Available from: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1873.1.2>.
33. Ng HH, Kottelat M. Description of three new species of catfishes (Teleostei: Akysidae and Sisoridae) from Laos and Vietnam. *Journal of South Asian Natural History*. 2000;5(1):7-15.
34. Ng HH, Kottelat M. Revision of the Asian catfish genus *Hemibagrus* Bleeker, 1862 (Teleostei: Siluriformes: Bagridae). *The Raffles Bulletin of Zoology*. 2013;61(1):205-91.
35. Ng HH, Kottelat M. The *Glyptothorax* of the Bolaven Plateau, Laos (Teleostei: Sisoridae): New and endangered. *Zootaxa*. 2017;4238(3):406-16; PMID: 28603264. Available from: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4238.3.7>.
36. Ng HH, Kottelat M. Description of *Bagarius vegrandis*, a new species of sisorid catfish from Indochina (Actinopterygii: Siluriformes), with notes on the identity of *Bagarius bagarius*. *Zootaxa*. 2021;4926(1):134-46; PMID: 33756764. Available from: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4926.1.9>.
37. Ng HH, Tan HH. *Pseudecheneis maurus*, a new species of glyptosternine catfish (Teleostei: Sisoridae) from Central Vietnam. *Zootaxa*. 2007;1406(1):25-32; Available from: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1406.1.3>.
38. Matsumoto S, Kon T, Yamaguchi M, Takeshima H, Yamazaki Y, Mukai T. Cryptic diversification of the swamp eel *Monopterus albus* in East and Southeast Asia, with special reference to the Ryukyuan populations. *Ichthyological Research*. 2010;57(1):71-7; Available from: <https://doi.org/10.1007/s10228-009-0125-y>.
39. Adamson EAS, Britz R, Lieng S. *Channa auroflammea*, a new species of snakehead fish of the *Marulius* group from the Mekong river in Laos and Cambodia (Teleostei: Channidae). *Zootaxa*. 2019;4571(3):398-408; PMID: 31715807. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31715807/>.
40. Rüber L, Tan HH, Britz R. Snakehead (Teleostei: Channidae) diversity and the eastern Himalaya biodiversity hotspot. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2020;58(1):356-86; Available from: <https://doi.org/10.1111/jzs.12324>.
41. Duong TY, Tran VDL, Nguyen TNT, Jamaluddin J, Azizah M. Unravelling taxonomic ambiguity of the Mastacembelidae in the Mekong Delta (Vietnam) through DNA barcoding and morphological approaches. *Tropical Zoology*. 2020;33(2); Available from: <https://doi.org/10.4081/tz.2020.72>.
42. Betancur-R R, Wiley EO, Arratia G, Acero A, Bailly N, Miya M. Phylogenetic classification of bony fishes. *BMC Evolutionary Biology*. 2017;17(1):1-40; PMID: 28683774. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-0958-3>.
43. Yang L, Sado T, Vincent Hirt M, Pasco-Viel E, Arunachalam M, Li J. Phylogeny and polyploidy: Resolving the classification of cyprinine fishes (Teleostei: Cypriniformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2015;85:97-116; PMID: 25698355. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.01.014>.
44. Stout CC, Tan M, Lemmon AR, Lemmon EM, Armbruster JW. Resolving Cypriniformes relationships using an anchored enrichment approach. *BMC Evolutionary Biology*. 2016;16(1):1-13; PMID: 27829363. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0819-5>.

45. Tang KL, Agnew MK, Hirt MV, Lumbantobing DN, Raley ME, Sado T. Limits and phylogenetic relationships of East Asian fishes in the subfamily Oxygastrinae (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae). *Zootaxa*. 2013;3681(2):101-35;PMID: 25232592. Available from: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3681.2.1>.
46. Yang L, Arunachalam M, Sado T, Levin BA, Golubtsov AS, Freyhof J. Molecular phylogeny of the cyprinid tribe Labeonini (Teleostei: Cypriniformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2012;65(2):362-79;PMID: 22728909. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2012.06.007>.
47. Zheng LP, Chen XY, Yang JX. Molecular phylogeny and systematic revision of *Bangana*, sensu lato (Teleostei, Cyprinidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2019;57(4):884-91; Available from: <https://doi.org/10.1111/jzs.12294>.
48. Kappas I, Vittas S, Pantartzzi CN, Drosopoulou E, Scouras ZG. A time-calibrated mitogenome phylogeny of catfish (Teleostei: Siluriformes). *PLoS ONE*. 2016;11(12):e0166988;PMID: 27907107. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166988>.
49. Rüber L, Britz R, Zardoya R. Molecular phylogenetics and evolutionary diversification of labyrinth fishes (Perciformes: Anabantoidei). *Systematic Biology*. 2006;55(3):374-97;PMID: 16861206. Available from: <https://doi.org/10.1080/10635150500541664>.
50. Jeon HB, Jun J, Choi SH, Suk HY. Diversification and colonization processes in Gobioidae predicted based on mitochondrial 12S rRNA with focusing on Oxudercidae. *Mitochondrial DNA Part B: Resources*. 2021;6(3):1166-72;PMID: 33829082. Available from: <https://doi.org/10.1080/23802359.2021.1901620>.
51. Saitoh K, Sado T, Doosey MH, Bart Jr HL, Inoue JG, Nishida M, Hayden RL, Miya M. Evidence from mitochondrial genomics supports the lower Mesozoic of South Asia as the time and place of basal divergence of cypriniform fishes (Actinopterygii: Ostariophysi). *Zoological Journal of the Linnean Society*. 2011;161(3): 633-662; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2010.00651.x>.
52. Pitman W, Cande S, LaBrecque J, Pindell J. Fragmentation of Gondwana: The separation of Africa from South America. In: Goldblatt P, editor. *Biological relations between Africa and South America*. Yale University Press, New Haven, Connecticut; 1993. p. 15-34; Available from: <https://doi.org/10.2307/j.ctt22726mc.6>.
53. Britz R, Dahanukar N, Anoop VK, Philip S, Clark B, Raghavan R, et al. Aenigmachannidae, a new family of snakehead fishes (Teleostei: Channoidei) from subterranean waters of South India. *Scientific Reports*. 2020;10(1):16081; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32999397/>.
54. Collins R, Britz R, Rüber L. Phylogenetic systematics of leaf fishes (Teleostei: Polycentridae, Nandidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2015;53:259-272; Available from: <https://doi.org/10.1111/jzs.12103>.
55. Wang X, Gan X, Li J, Chen Y, He S. Cyprininae phylogeny revealed independent origins of the Tibetan Plateau endemic polyploid cyprinids and their diversifications related to the Neogene uplift of the plateau. *Science China Life Sciences*. 2016;59(11):1149-65; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27646682/>.
56. The Fish Tree of Life [Internet]; Available from: fishtreeoflife.org.
57. Berra TM. *Freshwater Fish Distribution*. San Diego, USA: Academic Press; 2001. 604 p;.
58. Moyle PB, Cech JJ. *Fishes: an introduction to ichthyology*. 2nd editio. Prentice-Hall, Englewood Cliffs; 1988. 101 p;.
59. Briggs JC. The biogeography of otophysan fishes (Ostariophysi: Otophysi): a new appraisal. *Journal of Biogeography*. 2005;32(2):287-94; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2004.01170.x>.
60. Adamson EAS, Hurwood DA, Mather PB. Insights into historical drainage evolution based on the phylogeography of the chevron snakehead fish (*Channa striata*) in the Mekong Basin. *Freshwater Biology*. 2012;57(11):2211-29; Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02864.x>.
61. Taki Y. An analytical study of the fish fauna of Mekong Basin as a biological production system in nature. *Research Institute of Evolutionary Biology*. 1978;1:1-77;.
62. Lothongkham A, Ratmuangkhwang S. First record of the cyprinid fish, *Garra theunensis* Kottelat, 1998 (Cypriniformes: Cyprinidae) from the upper Nan river basin of the Chao Phraya river system, Northern Thailand. *The Thailand Natural History Museum Journal*. 2018;12(1):19-27;.
63. Lothongkham A, Musikasinthorn P. First record of the cyprinid fish, *Onychostoma gerlachi* (Cypriniformes: Cyprinidae) from the Nan river basin of the Chao Phraya river system, Northern Thailand. *The Natural History Bulletin of the Siam Society*. 2005;53(2):237-43;.

The phylogenetic relationship and distribution of indigenous freshwater fishes in the Mekong tributaries, Vietnam

Hoang Duc Huy^{1,2,*}, Pham Manh Hung^{1,2}, Tran Trong Ngan^{1,2}



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

¹Faculty of Biology and Biotechnology, University of Science, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Hoang Duc Huy, Faculty of Biology and Biotechnology, University of Science, Ho Chi Minh City, Vietnam

Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

Email: hduy@hcmus.edu.vn

History

- Received: 01-9-2021
- Accepted: 10-3-2022
- Published: 18-5-2022

DOI : 10.32508/stdjns.v6i2.1121



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ABSTRACT

The investigation of the biodiversity conservation along river catchments is a cost-effective nature-based solution to ensure the availability and sustainable management of water and the richness of biodiversity for all, with many co-benefits for the other sustainable development goals. The need for further exploration and conservation assessments of inland freshwater fish fauna coincides with expanding threats to freshwater resources from flow alteration and water diversion, increased sediment load, introduced species, overfishing and habitat loss. Meanwhile, former studies on the taxonomy of freshwater fish fauna of the Mekong tributaries in Vietnam were ambiguous and did not afford the phylogenetic relationships and geographic distribution. Our surveys from 2011 to 2021 on revising the indigenous fish fauna provided these phylogenetic relationship and geographic distribution. The evolutionary and phylogenetic relationships were analyzed for fish species by using several mitochondrial and nuclear genomes as COI, Cyto *b*, 16S rRNA, ATPase 6-8, RAG1, and delineated factors of fish distribution were also inferred. A total of 200 indigenous species belonging to 119 genera, 36 families, 11 orders were identified from 680 specimens collected at 18 sampling sites. Cypriniformes with 125 species (62%) and Siluriformes with 40 species (20%) were the most diverse orders. This study updated the scientific names with the correction of one species and the determination of the phylogenetic relationship. The endemism integrated from this study and the modified global fish phylogenetic data. The Mekong tributaries of Vietnam possessed 73 endemic species, withholding 36% of the total studied primary species. In terms of each ecoregion fauna, the proportion of the Mekong endemics was much higher than those in Nam Neua river (46%), 3S rivers (27%), and Se Pon river (25%). Based on their zoogeography, the studied fishes were subgrouped into three units: 43 species of Lower Langcang, 32 species of Khorat Plateau and 177 species of Kratie–Stung Treng.

Key words: endemism, freshwater ecoregion, indigenous freshwater fish, Mekong tributaries, phylogeny

Cite this article : Hoang D H, Pham M H, Tran T N. **The phylogenetic relationship and distribution of indigenous freshwater fishes in the Mekong tributaries, Vietnam.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*, 2022; 6(2):1956-1969.