

KHÁI QUÁT VỀ NGHIÊN CỨU CÁ DI CƯ BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH THÀNH PHẦN HÓA HỌC TRONG ĐÁ TAI VÀ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG Ở VIỆT NAM

Vũ Vi An¹, Nguyễn Nguyễn Du¹, Nguyễn Văn Phụng¹

TÓM TẮT

Nghiên cứu các chất hóa học vi lượng trong đá tai ngày càng trở nên phổ biến trên thế giới vì có lợi thế hơn so với các phương pháp khác về kinh phí cũng như thời gian. Mặc dù đá tai đã được sử dụng để xác định tuổi, đặc điểm sinh học và hình thái đá tai ở Việt Nam, nhưng nghiên cứu cá di cư dựa vào đá tai còn khá hạn chế vì nhiều nguyên nhân khác nhau. Thực tế nghiên cứu các chất hóa học vi lượng trong đá tai là một công cụ hữu hiệu và đầy tiềm năng trong nghiên cứu cá di cư. Công cụ này có thể được sử dụng để xác định: (1) bãi đẻ của cá; (2) đường di cư; (3) ô nhiễm môi trường; (4) nguồn gốc của cá do thả bổ sung hay tự nhiên; và (5) phát tán của cá bột và cá con. Đây là lĩnh vực tương đối mới ở Việt Nam nhưng hoàn toàn có thể áp dụng ở Việt Nam. Mục tiêu của bài báo nhằm giới thiệu một số thông tin cơ bản về công cụ nghiên cứu này và khả năng ứng dụng ở Việt Nam; tạo ra những ý tưởng nghiên cứu độc đáo, góp phần vào việc bảo vệ nguồn lợi thủy sản bền vững ở Việt Nam cũng như trong khu vực.

Từ khóa: Cá di cư, đá tai (nhĩ thạch), đồng vị phóng xạ, nguyên tố vi lượng.

1. GIỚI THIỆU

Chức năng của đá tai (hay còn gọi là nhĩ thạch) là để nghe, định hướng và giữ thăng bằng [1, 2]. Mỗi cá thể có ba cặp đá tai (sagitta, lapilli, asterisci) ở trong hốc dưới não cá. Đá tai không dính với bất cứ phần cứng nào trong hộp sọ của cá, mà chúng trôi nổi tự do trong hệ thống ống dẫn nối giữa các đá tai với nhau. Hình dáng và kích thước đá tai rất đa dạng, nhưng chúng tương đối giống nhau giữa các họ cá. Cặp sagitta thường lớn nhất đối với một số họ cá như họ cá Lù đù (Sciaenidae) và họ cá Bống (Gobiidae), trong khi đó cặp đá tai lapilli là lớn nhất đối với họ cá Da trơn (Pangasiidae) và họ cá Chép (Cyprinidae).

Đá tai đã được sử dụng để xác định tuổi của cá từ rất lâu đời, đặc biệt ở những vùng ôn đới, trong khi đó cá ở vùng nhiệt đới chưa được áp dụng phổ biến vì tính mùa vụ thay đổi không rõ rệt, như biến động về nhiệt độ trong năm tương đối ít [1, 3, 4]. Hiện nay, đá tai không chỉ dùng để xác định tuổi, đặc điểm sinh học và sinh trưởng hay nghiên cứu về hình thái đá tai, mà còn được sử dụng để nghiên cứu về sự di cư của cá. Những thông tin này đóng vai trò rất quan trọng trong việc đánh giá và quản lý nghề cá. Ví dụ như việc xác định chính xác vòng đời một loài cá sẽ

giúp cho việc bảo vệ cũng như bảo tồn loài cá đó hiệu quả hơn.

Đá tai phát triển liên tục hàng ngày, đồng thời hấp thụ những nguyên tố vi lượng từ môi trường nước xung quanh, những nguyên tố vi lượng này tồn tại vĩnh viễn trong đá tai mà không bị thay đổi hay mất đi [1, 5, 6]. Đặc biệt, nồng độ các yếu tố vi lượng trong đá tai tỉ lệ thuận với nồng độ có trong môi trường nước [1]. Đây là đặc điểm quan trọng và là cơ sở khoa học để các nhà khoa học có thể truy ngược thời gian nhằm xác định đường di cư của cá. Mặc dù có những công cụ tương tự khác, nhưng việc sử dụng đá tai trong nghiên cứu cá di cư rất tiềm năng và lợi thế hơn về nhiều mặt (thời gian và kinh phí). Mục tiêu của bài báo này nhằm giới thiệu về công cụ tiềm năng này để có thể ứng dụng ở Việt Nam và cùng góp phần vào việc bảo vệ và bảo tồn nguồn lợi thủy sản.

2. KHÁI QUÁT NGHIÊN CỨU CÁ DI CƯ DỰA VÀO ĐÁ TAI TRÊN THẾ GIỚI

2.1. Xu hướng chung

Mặc dù nghiên cứu về đá tai đã bắt đầu vào năm 1935, nhưng hơn 30 năm sau đó nghiên cứu đầu tiên về các yếu tố hóa học trong đá tai mới được thực hiện [7]. Tuy nhiên, lĩnh vực này chỉ mới được phổ biến rộng rãi từ sau năm 1990 vì các thiết bị phân tích ngày càng hiện đại. Tổng cộng có 160 cơ quan trên thế giới nghiên cứu về lĩnh vực này. Trong đó, 3 cơ

¹ Phòng Sinh thái nghề cá và Tài nguyên thủy sinh vật,
Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản 2
Email: anria2@yahoo.com

quan đứng đầu là: Trường Đại học Tokyo (3,26% tổng số bài báo), kế đến là Trường Đại học Adelaide (2,58%) và Bộ Thủy sản và Hải dương Canada (2,46%). Ngoài ra, Mỹ là quốc gia có số nghiên cứu về đá tai nhiều nhất (chiếm 27,61% tổng số bài báo), kế đến là Úc (9,42%), Canada (7,57%) và 95 quốc gia khác trên thế giới.

Đã có nhiều công trình được công bố theo thứ tự: Giáo sư Bronwyn Gillanders, kế đến là Simon Thorrold, Takaomi Arai, David Secor, Wann-Nian Tzeng, Steven Campana, Karin Limburg, Jen-Chieh Shiao, Cynthia Jones và Stephen Swearer. Đây là những người đã và đang đóng góp rất nhiều vào lĩnh vực nghiên cứu cá di cư dựa vào đá tai.

2.2. Ứng dụng của đá tai trong nghiên cứu sinh học cá thể và quần thể

Xác định tuổi và các thông số về sinh trưởng dựa vào đá tai đã và đang được áp dụng phổ biến trong nghiên cứu và quản lý nghề cá. Một số loài cá đã được nghiên cứu ở Việt Nam như cá Bông lau (*Pangasius krempfi*) ở vùng đồng bằng sông Cửu Long, cá Ngừ vằn (*Katsuwonus pelamis*), cá Miến sạnh gai (*Enygnis cardinalis*), cá Phèn sọc đen (*Upeneus tragula*), cá Tráo mắt to (*Selar crumenophthalmus*) ở vùng biển Việt Nam [8-12]. Vòng tuổi trên đá tai thể hiện tương đối rõ ràng, cho nên tuổi của các loài cá này đều được xác định, tuy nhiên nghiên cứu kiểm chứng việc hình thành vòng tuổi trên đá tai chưa được thực hiện. Bên cạnh đó, phương trình sinh trưởng von Bertalanffy một số loài cá cũng đã được xác định. Đây là cơ sở quan trọng cho việc đánh giá và quản lý nguồn lợi thủy sản. Trên thế giới, xác định tuổi, đặc điểm sinh học dựa vào đá tai cũng được áp dụng rất phổ biến trong nghiên cứu và đánh giá nghề cá [13, 14].

Bên cạnh đó, hình thái đá tai còn được nghiên cứu nhằm phục vụ cho mục đích phân loại cá. Ví dụ, hình thái đá tai của tám loài cá ở khu vực hạ lưu sông Mê Kông đã được sử dụng để định loại cá và đạt độ chính xác 95-97% [15]. Bên cạnh đó, dựa vào hình thái đá tai của 26 loài cá vùng đồng bằng sông Cửu Long đã xây dựng được “khóa phân loại” để định loại cá đến mức giống [16]. Trong một số trường hợp đặc biệt, cơ thể cá đã bị phân hủy hoàn toàn chỉ còn lại đá tai, việc định loại cá dựa vào hình thái đá tai đóng một vai trò quan trọng vì phương pháp truyền thống không thể áp dụng được. Ví dụ, đá tai được thu thập trong bao tử của cá hay một số động vật khác để xác

định thành phần thức ăn [17, 18]. Đặc biệt, đá tai được tìm thấy ở khu di tích lịch sử của Kuwait, các nhà khoa học đã định loại được những loài cá này chỉ dựa vào hình thái đá tai [19].

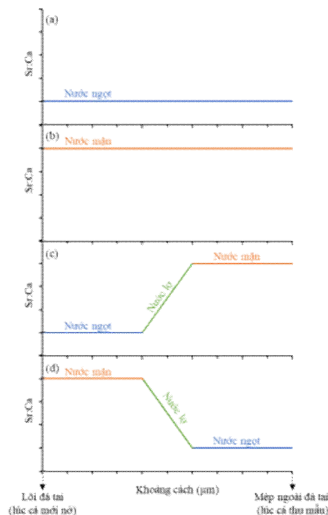
Ngoài ra, đá tai cũng đã được ứng dụng để xác định quần đàn và đánh giá tính đa dạng sinh học. Mặc dù đá tai cùng loài thường rất giống nhau về mặt hình thái, tuy nhiên trong một số trường hợp đá tai vẫn có thể sử dụng để phân biệt quần đàn, tuy nhiên mức độ chính xác không cao [20-22]. Ngoài ra, biến động về hình thái đá tai còn được nghiên cứu nhằm đánh giá sự thay đổi tính đa dạng sinh học theo không gian và thời gian [23, 24].

2.3. Ứng dụng của đá tai trong nghiên cứu cá di cư

Đá tai có thành phần chủ yếu là CaCO_3 và rất nhiều nguyên tố vi lượng khác, mà các nguyên tố vi lượng này được hấp thu từ môi trường nước xung quanh. Ít nhất có 49 nguyên tố vi lượng và 15 chất đồng vị phóng xạ được tìm thấy trong đá tai [1, 25]. Trong đó, Calcium (Ca) phong phú nhất, kế đến bao gồm: Sodium (Na), Strontium (Sr); Potassium (K); Sulfur (S); Chlorine (Cl); Phosphorus (P); Magnesium (Mg); Silicon (Si); Zinc (Zn); Boron (B); Iron (Fe); Mercury (Hg); Manganese (Mn); Ba (Barium); Nickel (Ni); Copper (Cu); Aluminum (Al); Bromine (Br); Lithium (Li); Lead (Pb); Arsenic (As); Selenium (Se); Silver (Ag); Cobalt (Co); Cadmium (Cd); Uranium (U); và Cesium (Cs). Đây là những nguyên tố hóa học thường tìm thấy trong đá tai.

Đáng lưu ý là thành phần và nồng độ các nguyên tố vi lượng thường khác nhau ở các thủy vực khác nhau (ví dụ như môi trường nước ngọt, lợ, mặn). Do đó, một số nguyên tố vi lượng ở trên sẽ được lựa chọn để làm “chất chỉ thị” để phân biệt môi trường sống hay thủy vực khác nhau. Việc lựa chọn một hay nhiều chất chỉ thị sẽ phụ thuộc vào mục tiêu cụ thể của từng nghiên cứu riêng biệt. Ví dụ, mục tiêu của một nghiên cứu nhằm xác định sự di cư một loài cá giữa môi trường nước ngọt, lợ và mặn. Chất chỉ thị cho nghiên cứu này cần phải khác nhau giữa ba môi trường nước này (ngọt, lợ, mặn). Trong trường hợp này, có hai chất hóa học thường sử dụng để làm chất chỉ thị gồm: Sr và Ba. Đối với chất Sr: nồng độ rất cao ở nước biển, nhưng lại rất thấp ở nước ngọt. Ngược lại, nồng độ Ba thấp ở nước biển và cao ở nước ngọt [1]. Ngoài ra, tỉ lệ các chất vi lượng so với Ca (ví dụ như Sr:Ca và Ba:Ca) cũng thường được sử

dụng để xác định sự di cư của cá. Khi phân tích chất Sr (hay tỉ lệ Sr:Ca) từ lõi (lúc cá mới nở) đến mép ngoài của đá tai (lúc thu mẫu) trong nghiên cứu cá di cư, có bốn khả năng có thể xảy ra như hình 1.



Hình 1. Tỉ lệ Sr:Ca từ cá lúc mới nở (lõi đá tai) đến lúc thu mẫu (mép ngoài đá tai)

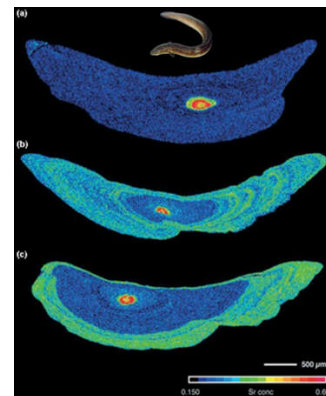
(a): cá chỉ sinh trưởng ở nước ngọt; (b): cá chỉ sinh trưởng ở nước mặn; (c): cá để ở nước ngọt nhưng sinh trưởng ở nước mặn; (d): cá để ở nước mặn nhưng sinh trưởng ở nước ngọt [26]

Dựa theo sự khác nhau về nồng độ chất Sr ở ba môi trường nước ngọt, lợ, mặn trong hình 1, có bốn trường hợp cá di cư được giải thích như sau: (a): nồng độ chất Sr (hay Sr:Ca) luôn luôn thấp. Điều này đồng nghĩa với việc cá chỉ sinh trưởng ở nước ngọt; (b): nồng độ chất Sr (hay Sr:Ca) luôn luôn cao. Điều này đồng nghĩa với việc cá chỉ sinh trưởng ở nước mặn; (c): nồng độ chất Sr (hay Sr:Ca) thấp ở vùng lõi, nhưng tăng cao ở mép ngoài đá tai. Nghĩa là cá sinh sản ở nước ngọt, sau đó di cư qua vùng nước lợ và sinh trưởng ở nước mặn; (d): nồng độ chất Sr (hay Sr:Ca) cao ở vùng lõi, nhưng thấp ở mép ngoài đá tai. Nghĩa là cá sinh sản ở nước mặn, sau đó di cư qua vùng nước lợ và sinh trưởng ở nước ngọt. Hình 1 chỉ đưa ra các khả năng có thể xảy ra, nồng độ chất chỉ thị cao hay thấp như thế nào phải được phân tích và xác định cụ thể các ngưỡng cho từng loài vì đá tai hấp thụ các nguyên tố hóa học có thể khác nhau tùy loài.

2.3.1. Cá sinh sản ở đâu?

Phân tích các chất hóa học trong lõi đá tai có thể xác định được nơi sinh sản của chúng. Đá tai một loài

cá nước ngọt (*Sander vitreus*) được thu mẫu ở một số thủy vực khu vực sông Missouri (dòng chính, dòng nhánh và eo ngách) để xác định nơi sinh sản. Tỷ lệ chất Sr:Ca và Ba:Ca được xác định ở vùng lõi của đá tai để xác định vùng sinh sản. Kết quả của nghiên cứu này kết luận rằng: loài cá này sinh sản ở cả 3 thủy vực. Ở một số khu vực nghiên cứu, cá tập trung sinh sản ở dòng chính và các khu vực eo ngách (67-78%), trong khi đó dòng nhánh ít được sử dụng để sinh sản [27]. Tương tự, một nghiên cứu khác phân tích chất chỉ thị strontium (Sr) trên toàn bộ bề mặt lát cắt đá tai của cá Chình bông (*Anguilla marmorata*) [28]. Nồng độ chất Sr rất cao ở vùng lõi (lúc cá mới nở) sau đó giảm dần, điều này cho thấy cá Chình sinh sản ngoài biển khơi, sau đó ấu trùng và cá con di cư vào trong nước ngọt hay vùng cửa sông để sinh trưởng và phát triển (Hình 2).



Hình 2. Tỉ lệ chất strontium (Sr) trên bề mặt lát cắt đá tai của cá Chình bông (*Anguilla marmorata*)

(Cá sinh sản ngoài biển, nhưng có ba xu hướng di cư: (a) ấu trùng cá di cư vào trong nước ngọt để sinh trưởng; (b) di cư vào vùng cửa sông để sinh trưởng; và (c) di cư vào trong nước ngọt trong một thời gian nhất định, sau đó di cư ra cửa sông để sinh trưởng)

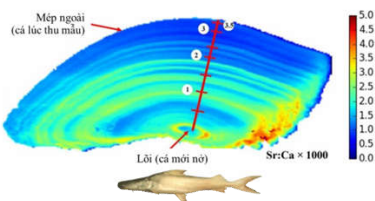
Nguồn: [28]

Đáng lưu ý, một nghiên cứu đang được tiến hành nhằm xác định bãi đẻ của cá Tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) ở lưu vực sông Mê Kông thông qua xác định ngày tuổi trên đá tai của cá Tra bột và cá con thu ở sông Mê Kông. Mặc dù kết quả chưa được công bố chính thức, nhưng nghiên cứu này cho thấy rất có triển vọng. Vòng tuổi (ngày) được xác định bằng cách đếm số vòng tuổi trên đá tai. Dựa vào một số thông tin như: vận tốc nước, sự di trôi dạt của trứng, cá bột và cá con, bãi đẻ của cá có thể được

phỏng đoán hay sử dụng mô hình hóa để việc xác định bãi đẻ được chính xác hơn.

2.3.2. Cá di cư đến những nơi nào?

Đá tai một loài cá da trơn ở sông Amazon (*Brachyplatystoma rousseauxii*) được nghiên cứu để xác định vòng đời của loài cá này. Theo đó, tỷ lệ chất Sr:Ca được xác định trên toàn bề mặt lát cắt của đá tai (Hình 3). Dựa vào sự biến động của chất chỉ thị trên, nghiên cứu này kết luận rằng: cá sinh trưởng hai năm đầu tiên ở khu vực cửa sông, sau đó di cư một quãng đường dài tới 3.200 km lên thượng nguồn để sinh trưởng và sinh sản. Khi sinh sản, trứng và cá con trôi với dòng nước ngược về lại khu vực cửa sông Amazon [29]. Tương tự, di cư của cá Chình bông ở Nhật Bản cũng đã được xác định dựa vào việc phân tích các chất hóa học trong đá tai. Đối với vùng hạ lưu sông Mê Kông, hai loài cá Linh (*Henicorhynchus siamensis* và *H. lobatus*), cá Bống lau (*Pangasius krempfi*) và cá Bống kèo (*Pseudapocryptes elongatus*) cũng đã được nghiên cứu sự di cư của những loài cá này dựa vào đá tai [30-32].



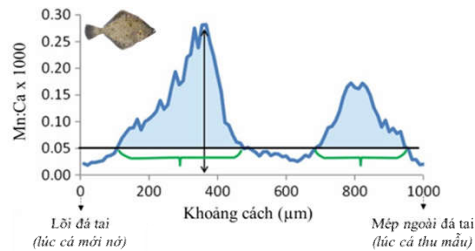
Hình 3. Tỷ lệ Sr:Ca trên bề mặt lát cắt đá tai của loài cá da trơn ở sông Amazon (*Brachyplatystoma rousseauxii*, chiều dài cá 85 cm). Số trên lát cắt của đá tai thể hiện tuổi cá

Nguồn: [29]

2.3.3. Cá có sinh trưởng ở môi trường bị ô nhiễm không?

Một nghiên cứu điển hình được thực hiện ở Úc nhằm kiểm chứng liệu đá tai có phản ánh được vấn đề ô nhiễm nước hay không. Trong nghiên cứu này, đá tai của cá Hồng (*Pagrus auratus*) được thu ở hai nơi rất xa nhau: vùng gần khu công nghiệp (ô nhiễm) và ngoài biển khơi (không ô nhiễm). Sau đó, phân tích 11 chất chỉ thị trong đá tai để trả lời câu hỏi trên (Al, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr, Cd, Ba, Hg, Pb) [33]. Nghiên cứu này kết luận rằng: các chất kim loại nặng trong đá tai thu ở gần khu công nghiệp rất cao hơn so với đá tai thu ở vùng nước sạch (khu vực ngoài biển khơi). Tương tự đối với một nghiên cứu khác về cá Tuyết (*Gadus morhua*), tác giả kết luận

rằng: chất chỉ thị ô nhiễm (Mn:Ca) có liên quan chặt chẽ giữa môi trường nước và trong đá tai của cá [34]. Ngoài ra, tỷ lệ Mn:Ca cũng được sử dụng để nghiên cứu sự ô nhiễm môi trường sống của cá Bon (*Platichthys flesus*). Kết quả nghiên cứu này xác định chất chỉ thị ô nhiễm (Mn:Ca) cao hơn ngưỡng cho phép rất nhiều ($Mn:Ca > 0,05 \times 10^{-3}$) vào hai thời gian khác nhau trong vòng đời của cá Bon (Hình 4), điều này phản ánh sự ô nhiễm môi trường sống của cá.

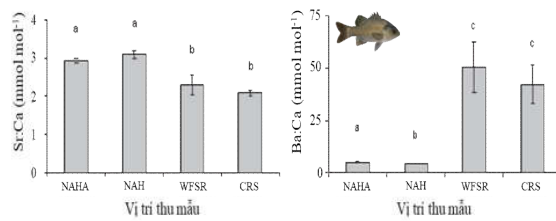


Hình 4. Tỷ lệ Mn:Ca từ lõi đến mép ngoài đá tai của cá Bon (*Platichthys flesus*)

Nguồn: [35]

2.3.4. Cá do thả bổ sung hay cá tự nhiên?

Thực tế Việt Nam và nhiều các quốc gia trong khu vực đều tiến hành thả cá bổ sung đều đặn ra sông hay hồ chứa, hoặc cá trong các trang trại nuôi vô tình thoát ra ngoài. Câu hỏi đặt ra là làm sao có thể xác định được đâu là cá do con người thả bổ sung hay là cá tự nhiên. Phân tích các chất hóa học trong đá tai có thể xác định được vấn đề này, từ đó đánh giá được tính hiệu quả của các chương trình thả cá bổ sung này. Ví dụ, một số trại cá giống ở Mỹ sử dụng nước giếng để ấp trứng và ương cá giống trước khi thả ra ngoài tự nhiên (*Perca flavescens*). Phân tích thành phần hóa học trong nước giếng cho thấy có sự khác biệt rõ ràng giữa nước giếng và nước sông. Tiếp theo đó, đá tai của loài cá này được thu ở ngoài tự nhiên và phân tích chất chỉ thị (Sr:Ca và Ba:Ca) trong lõi đá tai (lúc mới nở) và đã xác định được cá do thả bổ sung đóng góp 35% trong quần đàn cá ngoài tự nhiên [36]. Tương tự, chất chỉ thị Sr và Ba được sử dụng để xác định nguồn gốc của cá Vược (cá tự nhiên hay do thả bổ sung). Cá có nguồn gốc thả cá bổ sung và cá thu trong trại ương thì chất chỉ thị (Sr:Ca và Ba:Ca) không có sự khác biệt về mặt thống kê ($p < 0,05$), nhưng có sự khác biệt khi so sánh với cá có nguồn gốc từ tự nhiên (Hình 5). Kết quả của những nghiên cứu này sẽ là cơ sở quan trọng trong việc đánh giá hiệu quả của các chương trình thả cá bổ sung hàng năm.



Hình 5. Tỷ lệ Sr:Ca và Ba:Ca trong lõi của đá tai (*Perkalates novemaculeata*)

(Cá có nguồn gốc thả bổ sung (NAHA); cá thu ở trại ương cá giống (NAH); cá có nguồn gốc ngoài tự nhiên (WFSR và CRS). Ký tự (a, b, c) khác nhau giữa các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các vị trí thu mẫu)

Nguồn: [37]

Tuy nhiên, nếu thành phần hóa học trong nước ở trại ương cá giống (nước giếng) không có sự khác biệt với nước sông thì mục tiêu nghiên cứu đó không thể đạt được. Để có thể trả lời được câu hỏi này, chất chỉ thị (ví dụ như chất Sr, Ba, Mg) được tiêm vào cơ thể cá đang mang trứng, chất chỉ thị này sẽ được hấp thụ và lưu vĩnh viễn trong đá tai [38-40]. Do đó, phân tích các yếu tố vi lượng trong lõi của đá tai sẽ xác định được nguồn gốc của cá như ví dụ trên.

2.4. Khả năng ứng dụng đá tai trong nghiên cứu ở Việt Nam

Thực tế cho thấy nguồn lợi thủy sản của Việt Nam đóng một vai trò quan trọng trong việc cung cấp thực phẩm và sinh kế cho hàng triệu người dân trong nước cũng như trong khu vực [41, 42], nhưng rất nhiều yếu tố đã và đang tác động một cách tiêu cực đến nguồn lợi quan trọng này, như tác động của các đập thủy điện ở lưu vực sông Mê Kông [43-45] hay các hoạt động nông nghiệp [46, 47]. Nhìn chung, nghiên cứu dựa vào đá tai đã và đang được thực hiện ở Việt Nam. Một số nghiên cứu về hình thái đá tai và xác định tuổi và đặc điểm sinh học thông qua đá tai đã được thực hiện trên một số loài cá nước ngọt, lợ và mặn ở Việt Nam [8-12, 15, 16, 48-51].

Tuy nhiên, nghiên cứu cá di cư dựa vào việc phân tích thành phần hóa học trong đá tai còn hạn chế. Mặc dù có nhiều công cụ khác để nghiên cứu cá di cư (gắn thẻ từ, đánh dấu, di truyền), nhưng nghiên cứu các chất hóa học vi lượng trong đá tai có lợi thế hơn, cả về mặt kinh phí cũng như thời gian [25, 29]. Cho đến nay, đã có hai công trình nghiên cứu cá di cư dựa trên đá tai ở Việt Nam: cá Bông lau

(*Pangasius krempfi*) và cá Bống kèo (*Pseudapocryptes elongatus*) [9, 32]. Điểm chung của hai nghiên cứu này là việc phân tích các nguyên tố vi lượng trong đá tai đều được thực hiện ở nước ngoài (Pháp và Nhật Bản) vì chưa có cơ quan nào đầu tư thiết bị phân tích này ở Việt Nam. Đây là điểm bất lợi ở Việt Nam. Tuy nhiên, chúng ta hoàn toàn có thể chủ động được vấn đề này bằng cách gửi mẫu ra nước ngoài để phân tích. Một số trường đại học ở nước ngoài đều có dịch vụ phân tích này.

Bên cạnh đó, thả cá bổ sung ở các hồ chứa ở Việt Nam rất phổ biến. Đánh giá các chương trình thả cá bổ sung còn gặp nhiều khó khăn vì nhiều nguyên nhân khác nhau. Phân tích các chất hóa học trong đá tai như đã trình bày ở trên để đánh giá tính hiệu quả của các chương trình thả cá bổ sung này là rất cần thiết. Từ đó, điều chỉnh lại chương trình thả cá bổ sung đạt hiệu quả hơn. Tương tự, các chương trình thả cá bổ sung ra ngoài môi trường tự nhiên (sông) để tái tạo quần đàn cũng khá phổ biến ở Việt Nam và các nước lân cận như vùng hạ lưu sông Mê Kông cũng cần được đánh giá.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Campana, S. E. (1999). *Chemistry and composition of fish otoliths: Pathways, mechanisms and applications*. Marine Ecology Progress Series, 188: p. 263-297.
2. Wright, P. J., et al. (2002). *Otoliths*, in *Manual of fish sclerochronology*, J. Panfili, et al., Editors, IFREMER-IRD: Brest, France. p. 31-29.
3. Morales-Nin, B. và J. Panfili. (2002). *Age estimation*, in *Manual of fish sclerochronology*, J. Panfili, et al., Editors, IFREMER-IRD: Brest, France. p. 91-98.
4. Panfili, J., J. Tomás, và B. Morales-Nin. (2009). *Otolith microstructure in tropical fish*, in *Tropical fish otoliths: Information for assessment, management and ecology*, B.S. Green, et al., Editors, Springer: London. p. 212-248.
5. Campana, S. E. và J. D. Neilson (1985). *Microstructure of Fish Otoliths*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42(5): p. 1014-1032.
6. Campana, S. E. và S. R. Thorrold (2001). *Otoliths, increments, and elements: Keys to a comprehensive understanding of fish populations?* Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58(1): p. 30-38.

7. Devereux, I. (1967). *Temperature measurements from oxygen isotope ratios of fish otoliths*. Science (New York, N.Y.), 155(3770): p. 1684-1685.
8. Trần Văn Cường (2012). *Tuổi và sinh trưởng của cá Miến sần gai (Enynnis cardinalis Lacepède, 1802) ở vùng biển phía Tây vịnh Bắc bộ*. Tạp chí Khoa học Công nghệ biển, T12(2): p. 64-76.
9. Tran, N. T., et al. (2019). *Changes in environmental salinity during the life of Pangasius krempfi in the Mekong Delta (Vietnam) estimated from otolith Sr:Ca ratios*. Marine and Freshwater Research, 70: p. 1734-1746.
10. Pavlov, D. A., et al. (2015). *Otolith morphology, age, and growth of freckled goatfish Upeneus tragula (Mullidae) in the coastal zone of Vietnam*. Journal of Ichthyology, 55(3): p. 363.
11. Cao Văn Hùng (2012). *Tìm hiểu đặc điểm sinh học cá tráo mắt to (Salar crumenophthalmus Block, 1793) ở vùng biển Đông Nam bộ*. Luận văn Thạc sĩ: p. 53.
12. Phạm Quốc Huy (2005). *Xác định tuổi bằng nhĩ thạch và ước tính một số tham số chủng quần cá ngừ vây (Katsuwonus pelamis Linnaeus, 1758) ở vùng biển xa bờ Việt Nam*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu nghề cá biển, 3: p. 211-220.
13. Morales-Nin, B. (1992). *Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 322. Rome: FAO.
14. Carbonara, P. và M. C. Follesa (2019). *Handbook on fish age determination: a Mediterranean experience. Studies and Reviews. No. 98*. Rome: FAO.
15. Vũ Vi An, Nguyễn Nguyễn Du và Nguyễn Văn Phụng (2020). *Sử dụng hình thái đá tai định loại một số loài cá vùng hạ lưu sông Mê Kông*. Tạp chí Nghề cá sông Cửu Long, 16: p. 62-74.
16. Hà Phước Hùng và Hồ Kim Lợi (2013). *Nghiên cứu hình thái đá tai của họ cá chép (Cyprinidae) phân bố ở An Giang và Cần Thơ*. Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ, 26: p. 50-54.
17. Curcio, N., A. Tombari và F. Capitanio (2014). *Otolith morphology and feeding ecology of an Antarctic nototheniid, Lepidonotothen larseni*. 26(2): p. 124-132.
18. Pierce, G. J., P. R. Boyle và J. S. W. Diack (1991). *Identification of fish otoliths and bones in faeces and digestive tracts of seals*. Journal of Zoology, 224(2): p. 320-328.
19. Chen, W., et al. (2011). *Discriminant analysis as a tool to identify catfish (Ariidae) species of the excavated archaeological otoliths*. Environmental Biology of Fishes, 90(3): p. 287-299.
20. Mapp, J., et al. (2017). *Otolith shape and size: The importance of age when determining indices for fish-stock separation*. Fisheries Research, 190: p. 43-52.
21. Hamer, P. A., et al. (2012). *Multiple otolith techniques aid stock discrimination of a broadly distributed deepwater fishery species, blue grenadier, Macruronus novaezelandiae*. Fisheries Research, 113(1): p. 21-34.
22. Rashidabadi, F., et al. (2020). *Unravelling the stock structure of the Persian brown trout by otolith and scale shape*. Journal of Fish Biology, 96(2): p. 307-315.
23. Tuset, V.M., et al. (2016). *Testing otolith morphology for measuring marine fish biodiversity*. Marine and Freshwater Research, 67(7): p. 1037-1048.
24. Lin, C.-H., et al. (2019). *Reconstructing reef fish communities using fish otoliths in coral reef sediments*. PLoS ONE, 14(6): p. e0218413.
25. Carlson, A. K., Q. E. Phelps và B. D. S. Graeb (2017). *Chemistry to conservation: Using otoliths to advance recreational and commercial fisheries management*. Journal of Fish Biology, 90(2): p. 505-527.
26. Gillanders, B. M. (2005). *Otolith chemistry to determine movements of diadromous and freshwater fish*. p. 291-300.
27. Carlson, A. K., M. J. Fincel và B. D. S. Graeb (2016). *Otolith microchemistry reveals natal origins of walleyes in Missouri River reservoirs*. North American Journal of Fisheries Management, 36(2): p. 341-350.
28. Chino, N. và T. Arai (2010). *Migratory history of the giant mottled eel (Anguilla marmorata) in the Bonin Islands of Japan*. Ecology of Freshwater Fish, 19(1): p. 19-25.

29. Hermann, T. W., et al. (2016). *Unravelling the life history of Amazonian fishes through otolith microchemistry*. Royal Society Open Science, 3(6): p. 1-16.
30. Hogan, Z., et al. (2007). *Long distance migration and marine habitation in the tropical Asian catfish, Pangasius krempfi*. Journal of Fish Biology, 71: p. 818-832.
31. Fukushima, M., et al. (2014). *Potential effects of hydroelectric dam development in the Mekong River Basin on the migration of siamese mud carp (Henicorhynchus siamensis and H. lobatus) elucidated by otolith microchemistry*. PLoS One, 9(8).
32. Yokouchi, K., et al. (2018). *Early life history of oxudercine goby Pseudapocryptes elongatus in the Mekong Delta, Vietnam*. Marine Biological Association of the United Kingdom, 98(3): p. 597-604.
33. Ranaldi, M. M. và M. M. Gagnon (2010). *Trace metal incorporation in otoliths of pink snapper (Pagrus auratus) as an environmental monitor*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C, 152(3): p. 248-255.
34. Limburg, K. E., et al. (2011). *Tracking Baltic hypoxia and cod migration over millennia with natural tags*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108(22): p. E177.
35. Limburg, K. E., et al. (2015). *In search of the dead zone: Use of otoliths for tracking fish exposure to hypoxia*. Journal of Marine Systems, 141: p. 167-178.
36. Carlson, A., M. J. Ward và B. D. S. Graeb (2016). *Using otolith microchemistry to classify yellow perch as stocked or naturally produced*. The Prairie Naturalist, 47: p. 52-55.
37. Cameron, L., et al. (2016). *Using otolith microchemistry to differentiate between stocked and unstocked Australian bass (Percalates novemaculeata)*. Fisheries Research, 183: p. 86-91.
38. Thorrold, S. R., et al. (2006). *Transgenerational marking of embryonic otoliths in marine fishes using barium stable isotopes*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 63(6): p. 1193-1197.
39. Kuroki, M., et al. (2010). *Validation and efficacy of transgenerational mass marking of otoliths in viviparous fish larvae*. Journal of Fish Biology, 77(1): p. 292-298.
40. Warren-Myers, F., et al. (2015). *Mass marking farmed Atlantic salmon with transgenerational isotopic fingerprints to trace farm fish escapees*. Aquaculture Environment Interactions, 7(1): p. 75-87.
41. Hurtle, K. G. (2007). *Consumption and the yield of fish and other aquatic animals from the Lower Mekong Basin*. MRC Technical Paper No.16, Mekong river Commission: Vientiane. p. 87.
42. So, N., et al. (2015). *Lower Mekong fisheries estimated to be worth around \$17 billion a year*. Catch & Culture, 21: p. 4-7.
43. Dugan, P. J., et al. (2010). *Fish migration, dams, and loss of ecosystem services in the Mekong Basin*. Ambio, 39(4): p. 344-348.
44. Trung, L. D., et al. (2018). *Assessing cumulative impacts of the proposed Lower Mekong Basin hydropower cascade on the Mekong river floodplains and delta – Overview of integrated modeling methods and results*. Journal of Hydrology.
45. Hecht, J. S., et al. (2019). *Hydropower dams of the Mekong river basin: A review of their hydrological impacts*. Journal of Hydrology, 568: p. 285-300.
46. Lynch, A. J., et al. (2019). *Speaking the same language: can the sustainable development goals translate the needs of inland fisheries into irrigation decisions?* Marine and Freshwater Research, 70(9): p. 1211-1228.
47. Khoa, S. N., et al. (2005). *Impacts of irrigation on fisheries in rain-fed rice-farming landscapes*. Journal of Applied Ecology, 42(5): p. 892-900.
48. Pavlov, D. A. (2018). *Differentiation of Freckled Goatfish Upeneus tragula Richardson, 1846 (Mullidae) in the Coastal Zone of Vietnam Based on Otolith Shape Analysis*. Russian Journal of Marine Biology, 44(5): p. 404-414.
49. Võ Văn Khoan (2011). *Đặc điểm hình thái đá tai và tương quan chiều dài, trọng lượng của các loài thuộc họ cá chép (Cyprinidae) phân bố dọc tuyến sông Hậu*. Luận văn tốt nghiệp đại học: p. 59.

50. Do, H. H., P. Grønkvist và V. Simonsen (2006). *Otolith morphology, microstructure and ageing in the hedgehog seahorse, Hippocampus spinosissimus (Weber, 1913)*. Journal of Applied Ichthyology, 22(2): p. 153-159.

51. Pham, V. A. (2008). *Growth patterns and reproductive biology of anchovy (Encrasicholina heteroloba) in southwestern sea of Vietnam as determined by otolith microstructure analysis*. Master degree.

AN OVERVIEW OF FISH MIGRATION STUDIES BY OTOLITH MICROCHEMISTRY AND ITS APPLICATION IN VIETNAM

Vu Vi An, Nguyen Nguyen Du, Nguyen Van Phung

Summary

Otolith microchemistry is becoming more and more popular around the world because of its advantages over other methods in terms of budget and time frame. Although otoliths have been used for fish aging, biological characteristics, and morphology of otoliths in Vietnam, studies on fish migrations by otolith microchemistry relatively is limited for different reasons. In fact, otolith microchemistry is a cost-effective and powerful tool to elucidate fish life-history. Otolith microchemistry is able to determine: (1) fish spawning grounds; (2) fish migration routes; (3) habitat pollution; (4) fish origins from stocking or from the wild; (5) dispersal of fish larvae and fry. Otolith microchemistry is a relatively new research tool in Vietnam but it is full of potential and completely applicable in Vietnam. Objectives of this paper are to introduce to scientists most basic information about this research tool and its potential application in Vietnam. Hopefully, readers find this paper helpful and be able to apply this tool for their studies, contributing to sustainable fisheries resources in Vietnam.

Keywords: *Fish migration, otolith, isotopes, trace elements.*

Người phản biện: TS. Vũ Việt Hà

Ngày nhận bài: 7/5/2020

Ngày thông qua phản biện: 8/6/2020

Ngày duyệt đăng: 15/6/2020