ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ GEN DI TRUYỀN TRONG PHÁT TRIỂN GIỐNG CÁ HỒI VÂN Ở VIỆT NAM HIỆN NAY

PHẠM THỊ HÒA
Trường Đại học Hải Dương

Nhận bài ngày 12/9/2026. Sửa chữa xong 12/10/2026. Duyệt đăng 23/10/2026.

Abstract

Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) is a high-value cold-water fish species farmed in several regions of Vietnam with suitable climatic conditions. However, differences between Vietnam's environmental conditions and the species' natural habitat, particularly higher water temperatures, create an urgent need to develop reliable broodstock with improved growth, adaptability, and stress tolerance. Genetic methods and molecular biotechnology have therefore received increasing attention in rainbow trout breeding programs. Major approaches include assessing genetic diversity, determining genetic relationships using molecular markers, applying quantitative genetic selection, investigating genotype-by-environment interactions, and progressively adopting genomic selection technologies. This article discusses these approaches and proposes measures for applying genetic and genomic technologies to rainbow trout breeding in Vietnam.

Keywords: *Genetic technologies, genomic selection, rainbow trout, selective breeding, Vietnam.*

1. Đặt vấn đề

Cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) là một trong những loài cá nước lạnh có giá trị kinh tế cao, được nuôi phổ biến tại nhiều quốc gia nhờ tốc độ sinh trưởng tương đối nhanh, chất lượng thịt tốt và khả năng thích nghi với nhiều hình thức nuôi. Tại Việt Nam, nuôi cá hồi vân đã được phát triển ở một số khu vực có điều kiện khí hậu và nguồn nước phù hợp, đặc biệt tại các vùng núi cao. Sự phát triển của đối tượng này góp phần đa dạng hóa sản phẩm thủy sản, nâng cao giá trị kinh tế và tạo thêm sinh kế cho người dân tại các địa phương có tiềm năng nuôi thủy sản nước lạnh. Tuy nhiên, nghề nuôi cá hồi vân tại Việt Nam vẫn phải đối mặt với nhiều khó khăn, trong đó chất lượng và khả năng thích nghi của con giống là một trong những yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và hiệu quả sản xuất. Khác với các vùng nuôi cá hồi truyền thống ở khu vực ôn đới, điều kiện nhiệt độ của Việt Nam có sự biến động theo mùa và có thể xuất hiện những giai đoạn nhiệt độ nước cao hơn ngưỡng thích hợp đối với cá hồi vân. Bên cạnh đó, dịch bệnh, chi phí thức ăn, chất lượng nguồn nước và nguy cơ suy giảm chất lượng đàn bố mẹ cũng đặt ra yêu cầu phải nâng cao chất lượng di truyền của con giống. Các phương pháp chọn giống truyền thống dựa chủ yếu vào kiểu hình có thể chưa phản ánh đầy đủ tiềm năng di truyền của từng cá thể do kiểu hình chịu ảnh hưởng đồng thời của yếu tố di truyền và môi trường. Sự phát triển nhanh chóng của công nghệ sinh học phân tử và giải trình tự hệ gen đã tạo ra những phương pháp mới phục vụ công tác chọn giống thủy sản. Việc sử dụng các chỉ thị DNA, microsatellite, SNP, phân tích liên kết toàn hệ gen và chọn giống dựa trên hệ gen (genomic selection) cho phép đánh giá chính xác hơn sự đa dạng di truyền, quan hệ huyết thống và giá trị di truyền của cá thể.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Về ứng dụng công nghệ gen di truyền trong phát triển giống cá hồi vân ở Việt Nam hiện nay

Cá hồi vân được đưa vào nuôi thử nghiệm tại Việt Nam từ năm 2005 và đến nay đã trở thành một trong những đối tượng thủy sản nước lạnh có giá trị kinh tế tại một số vùng núi phía Bắc và Tây Nguyên.

Email: phamthihoadhdh@gmail.com

Quá trình phát triển nghề nuôi đã chuyển từ giai đoạn nhập trứng và hoàn thiện kỹ thuật ương nuôi sang chủ động sản xuất giống, quản lý đàn cá bố mẹ và từng bước triển khai chương trình chọn giống. Các tài liệu của Viện Nghiên cứu Nuôi trồng thủy sản I (RIA1) cho thấy chương trình chọn giống cá hồi vân quốc gia đã được hình thành tại Trung tâm Nghiên cứu thủy sản nước lạnh ở Sa Pa trên cơ sở nguồn cá hồi vân từ chương trình chọn giống của Phần Lan. Dòng JALO được sử dụng làm nguồn vật liệu ban đầu và đã được đánh giá trong điều kiện Việt Nam; theo RIA1, dòng này có kết quả tốt hơn một số nguồn cá hồi vân của Trung Quốc và Hoa Kỳ trong các thử nghiệm thực địa tại Việt Nam.

2.1.1. Nguồn gen và đàn cá bố mẹ

Thành tựu quan trọng nhất của Việt Nam là từng bước hình thành được đàn cá hồi vân bố mẹ thích nghi với điều kiện nuôi trong nước, thay vì phụ thuộc hoàn toàn vào nguồn trứng hoặc cá giống nhập khẩu. Theo RIA1, quần thể cá hồi vân quốc gia được xây dựng tại Sa Pa từ nguồn giống JALO của Phần Lan trong khuôn khổ hợp tác Việt Nam - Phần Lan. Đây là nền tảng để triển khai chương trình chọn giống trong nước và từng bước lựa chọn những cá thể có đặc điểm phù hợp với điều kiện khí hậu, nguồn nước và hệ thống nuôi của Việt Nam. RIA1 cũng từng ước tính nhu cầu của các cơ sở nuôi vào khoảng 2 triệu trứng/cá bột mỗi năm, trong khi năng lực cung cấp của Trung tâm tại thời điểm báo cáo chỉ khoảng 400.000 cá giống/năm, cho thấy nhu cầu nâng cao năng lực đàn bố mẹ và chương trình chọn giống là rất lớn (Ali, A.R., et al, 2026). Đáng chú ý, chương trình chọn giống không chỉ nhằm tăng số lượng giống mà còn hướng tới cải thiện giá trị di truyền của đàn cá. Theo thông tin của RIA1, dòng JALO đã được chọn giống tại Phần Lan trong hơn 20 năm và tại thời điểm công bố có tốc độ sinh trưởng cao hơn khoảng 50% và nhu cầu thức ăn thấp hơn khoảng 15% so với quần thể nền. Khoảng cách thế hệ của cá hồi vân trong điều kiện Việt Nam được ghi nhận khoảng 2 năm, ngắn hơn khoảng 3 năm trong chương trình tại Phần Lan, tạo điều kiện để tốc độ tích lũy tiến bộ di truyền có thể nhanh hơn nếu chương trình chọn lọc được duy trì ổn định.

Bên cạnh chọn giống, Việt Nam đã có những nghiên cứu và dự án nhằm chủ động sản xuất giống, trong đó có các nghiên cứu về sinh sản nhân tạo và sản xuất cá hồi vân toàn cái. Một số dự án ứng dụng tiến bộ khoa học và công nghệ tại Sa Pa cũng đặt mục tiêu duy trì đàn bố mẹ quy mô lớn, trong đó một dự án đặt mục tiêu duy trì 4.000 cá cái và 2.000 cá đực, đồng thời sản xuất 3 triệu cá giống tam bội. Những kết quả này cho thấy công nghệ sinh sản và điều khiển bộ nhiễm sắc thể đã được quan tâm trong phát triển giống cá hồi vân ở Việt Nam. Tuy nhiên, cần phân biệt rõ công nghệ tạo cá tam bội với chọn giống dựa trên dữ liệu hệ gen: Tam bội hóa là kỹ thuật thao tác bộ nhiễm sắc thể để tạo cá có ba bộ nhiễm sắc thể, trong khi genomic selection sử dụng thông tin hàng nghìn biến thể DNA để dự đoán giá trị di truyền của cá thể.

2.1.2. Ứng dụng công nghệ di truyền trong đánh giá và quản lý đàn giống

Hiện nay, ứng dụng công nghệ di truyền trong phát triển giống cá hồi vân ở Việt Nam có thể chia thành hai mức độ. Mức thứ nhất là chọn giống dựa trên kiểu hình, phả hệ và quản lý nguồn gen; mức thứ hai là ứng dụng các công cụ genomics hiện đại như SNP, GWAS và genomic selection. Trong thực tế Việt Nam, mức thứ nhất đã có nền tảng rõ ràng hơn, trong khi mức thứ hai vẫn chủ yếu là hướng nghiên cứu và cần tiếp tục xây dựng cơ sở dữ liệu để triển khai ở quy mô sản xuất. Việc quản lý nguồn gen có ý nghĩa đặc biệt quan trọng vì cá hồi vân nuôi thương phẩm tại Việt Nam có nguồn gốc từ các quần thể nhập nội và số lượng đàn bố mẹ có giới hạn. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 12271-2:2018 về giống cá nước lạnh - Phần 2: Cá hồi vân đã quy định yêu cầu đối với cá bố mẹ, trứng thụ tinh, cá bột, cá hương và cá giống; trong đó cá bố mẹ tuyển chọn phải có nguồn gốc rõ ràng và không cận huyết. Điều này cho thấy quản lý nguồn gốc và kiểm soát cận huyết đã được xác định là yêu cầu kỹ thuật chính thức trong sản xuất giống cá hồi vân ở Việt Nam. Về mặt công nghệ gen, việc kiểm soát cận huyết có thể được nâng cao đáng kể nếu kết hợp hồ sơ phả hệ với các chỉ thị DNA. Các chỉ thị microsatellite trước đây có thể giúp xác định quan hệ huyết thống và cấu trúc quần thể; trong giai đoạn hiện nay, SNP có ưu thế hơn do có thể khảo sát hàng nghìn vị trí trên hệ gen. Khi áp dụng vào đàn cá bố mẹ, dữ liệu SNP có thể giúp xác định mức độ tương đồng di truyền giữa cá thể, lựa chọn các cặp phối giống phù hợp và hạn chế việc sử dụng quá mức một số cá thể ưu tú.

2.1.3. Cơ sở khoa học cho chọn giống thích nghi nhiệt độ tại Việt Nam

Nghiên cứu thực hiện với nguồn cá có quan hệ với đàn giống của RIA1 đã sử dụng thiết kế gồm

40 nhóm anh chị em ruột và cùng cha khác mẹ, nuôi ở hai mức nhiệt độ 14 và 20°C. Kết quả cho thấy cá nuôi ở 14°C có lượng thức ăn tiêu thụ thấp hơn, tốc độ tăng trưởng nhanh hơn và hệ số chuyển đổi thức ăn tốt hơn so với nhóm ở nhiệt độ 20°C. Đặc biệt, hệ số di truyền của độ nhạy nhiệt đối với tăng trưởng được ước tính khoảng 0,24, cho thấy tồn tại biến dị di truyền có thể khai thác thông qua chọn lọc (Cachelou, F., et al, 2023). Kết quả trên có ý nghĩa đặc biệt đối với Việt Nam vì nó chứng minh rằng khả năng đáp ứng của cá hồi vân trước thay đổi nhiệt độ không hoàn toàn do môi trường quyết định mà có thành phần di truyền có thể chọn lọc. Nghiên cứu cũng chỉ ra tương quan di truyền giữa tốc độ tăng trưởng và độ nhạy nhiệt có thể thay đổi tùy mức nhiệt độ. Vì vậy, nếu chỉ lựa chọn cá có tăng trưởng nhanh ở nhiệt độ thấp mà không đánh giá phản ứng ở nhiệt độ cao, chương trình chọn giống có thể vô tình làm tăng độ nhạy của cá đối với nhiệt độ. Cách tiếp cận phù hợp hơn là đánh giá cá trong nhiều điều kiện nhiệt độ và đưa phản ứng của kiểu gen × môi trường vào tiêu chí lựa chọn. Điều này cho thấy hướng phát triển công nghệ gen ở Việt Nam không nên chỉ tập trung vào "cá lớn nhanh" mà cần hướng tới "cá lớn nhanh và ổn định trong điều kiện môi trường của Việt Nam". Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, việc xác định các kiểu gen có khả năng duy trì tăng trưởng, tỷ lệ sống và hiệu quả sử dụng thức ăn khi nhiệt độ tăng sẽ có ý nghĩa lớn đối với việc mở rộng vùng nuôi cá hồi vân.

2.1.4. Tiềm năng ứng dụng SNP, GWAS và genomic selection

Trên thế giới, công nghệ chọn giống cá hồi vân đã phát triển nhanh hơn đáng kể so với mức độ ứng dụng hiện nay ở Việt Nam. Nghiên cứu công bố năm 2023 sử dụng 14.165 cá thể trong phả hệ, trong đó 12.890 cá thể có dữ liệu khối lượng, 2.742 cá thể có dữ liệu tỷ lệ phi lê và 2.484 cá thể được xác định kiểu gen bằng chip 57K SNP. Kết quả cho thấy hệ số di truyền của tỷ lệ phi lê và khối lượng lần lượt là 0,41 và 0,33. Quan trọng hơn, mô hình genomic selection làm tăng độ chính xác dự đoán giá trị di truyền lên tới 50% đối với tỷ lệ phi lê và 44% đối với khối lượng so với PBLUP trong quần thể nghiên cứu (Frontiers in Genetics, 2025). Kết quả này có ý nghĩa tham khảo trực tiếp đối với Việt Nam. Nếu xây dựng được quần thể tham chiếu đủ lớn gồm cá hồi vân có dữ liệu về kiểu hình, phả hệ và kiểu gen, Việt Nam có thể chuyển từ mô hình chọn cá bố mẹ dựa chủ yếu vào biểu hiện bên ngoài sang mô hình dự đoán giá trị di truyền hệ gen.

2.1.5. Ứng dụng công nghệ gen trong chọn giống kháng bệnh

Bệnh và stress môi trường là những yếu tố cần được đưa vào mục tiêu chọn giống cá hồi vân tại Việt Nam. Trên thế giới, nghiên cứu về chọn giống kháng bệnh ở cá hồi vân đã chuyển từ đánh giá kiểu hình sang kết hợp kiểu hình với dữ liệu hệ gen. Đáng chú ý, một nghiên cứu công bố tháng 9/2025 về khả năng kháng bệnh do vi khuẩn ở một quần thể chọn giống cá hồi vân đã sử dụng phân tích liên kết toàn hệ gen để xác định các vùng di truyền liên quan đến tính trạng kháng bệnh. Ở góc độ ứng dụng, Việt Nam có thể xây dựng quần thể tham chiếu bằng cách ghi nhận tỷ lệ sống, thời gian sống sót hoặc phản ứng sinh lý của cá sau thử thách bệnh trong điều kiện kiểm soát. Sau đó, những dữ liệu này được kết hợp với SNP để xây dựng mô hình dự đoán giá trị di truyền. Phương pháp trên sẽ giúp lựa chọn cá bố mẹ có khả năng truyền tính trạng sức khỏe tốt cho thế hệ sau, đồng thời hạn chế việc phụ thuộc hoàn toàn vào xử lý bệnh trong quá trình nuôi.

2.2. Giải pháp ứng dụng công nghệ gen di truyền trong phát triển giống cá hồi vân ở Việt Nam hiện nay

2.2.1. Xây dựng và quản lý cơ sở dữ liệu di truyền của đàn cá hồi vân bố mẹ

Hiện Việt Nam đã có nền tảng về sản xuất giống cá hồi vân và chủ động hơn trong việc tạo nguồn giống trong nước. Các nghiên cứu, dự án tại Sa Pa đã góp phần hoàn thiện quy trình sản xuất giống và giảm sự phụ thuộc vào nguồn giống bên ngoài. Một nghiên cứu được công bố trên Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam cho thấy Hợp tác xã cá hồi Thác Vàng Sa Pa đã ứng dụng tiến bộ khoa học và công nghệ để sản xuất thành công giống cá hồi vân, qua đó chủ động một phần nguồn giống phục vụ sản xuất (Xuân Diện, 2018). Tuy nhiên, để chuyển từ "chủ động sản xuất giống" sang "chủ động cải thiện chất lượng di truyền của giống", cần xây dựng hồ sơ riêng cho từng cá thể bố mẹ, bao gồm nguồn gốc, thế hệ, quan hệ huyết thống, tuổi, khối lượng, tốc độ tăng trưởng, khả năng sinh sản, tỷ lệ sống và các đặc điểm sức khỏe. Việc xây dựng cơ sở dữ liệu này cần được thực hiện đồng thời ở ba cấp độ: Phả hệ - kiểu hình - kiểu gen. Ở cấp độ phả hệ, mỗi cá bố mẹ cần có mã nhận dạng duy nhất và được ghi

nhận nguồn gốc qua từng thế hệ. Ở cấp độ kiểu hình cần theo dõi định kỳ các tính trạng kinh tế như khối lượng cơ thể, chiều dài, tốc độ tăng trưởng, hệ số chuyển đổi thức ăn, tỷ lệ sống và thời gian đạt kích thước thương phẩm. Ở cấp độ kiểu gen, có thể bắt đầu bằng một bộ SNP có mật độ vừa phải, sau đó nâng cấp lên dữ liệu mật độ cao đối với những cá thể ưu tú hoặc quần thể tham chiếu.

2.2.2. Đánh giá và bảo tồn đa dạng di truyền đàn giống

Đây là vấn đề đặc biệt quan trọng khi số lượng cá bố mẹ hữu hiệu không lớn và một số cá thể có năng suất vượt trội được sử dụng lặp lại qua nhiều thế hệ. Nếu không quản lý tốt, quá trình chọn lọc có thể làm giảm kích thước quần thể hữu hiệu, tăng mức độ đồng hợp tử và làm mất một số allele có giá trị thích nghi. Các nghiên cứu hệ gen gần đây trên cá hồi vân cho thấy công nghệ SNP mật độ cao có khả năng phát hiện rất rõ các vùng hệ gen chịu tác động của chọn lọc. Nghiên cứu năm 2024 sử dụng 665.000 SNP trên 176 cá thể thuộc bốn quần thể cá hồi vân đã xác định 9 vùng hệ gen chứa 253 gen có dấu hiệu chọn lọc dương được chia sẻ giữa các quần thể; đồng thời phát hiện thêm 4 vùng dị hợp tử có dấu hiệu chọn lọc cân bằng, liên quan đến các chức năng quan trọng như phát triển phôi, miễn dịch và khả năng thích nghi (Paul, K., Restoux, G., & Phocas, F, 2024). Kết quả này cho thấy quản lý đàn giống hiện đại không thể chỉ quan tâm đến việc giữ lại những cá thể có kiểu hình tốt mà cần đồng thời duy trì những vùng đa dạng di truyền có ý nghĩa đối với khả năng sống sót và thích nghi. Đối với Việt Nam có thể áp dụng quy trình gồm lấy mẫu DNA của toàn bộ đàn bố mẹ, xác định kiểu gen SNP, tính hệ số cận huyết dựa trên runs of homozygosity (ROH), xác định khoảng cách di truyền và xây dựng ma trận quan hệ giữa các cá thể. Trên cơ sở đó, phần mềm quản lý giống có thể đề xuất các cặp phối giống vừa có giá trị di truyền cao vừa có quan hệ huyết thống thấp.

2.2.3. Ứng dụng chỉ thị SNP và GWAS để xác định tính trạng có giá trị kinh tế

Với cá hồi vân, các tính trạng như sinh trưởng, khả năng chịu nhiệt, kháng bệnh và hiệu quả sử dụng thức ăn đều là những tính trạng phức tạp, chịu ảnh hưởng của nhiều gene cùng với điều kiện môi trường. Vì vậy, việc chỉ tìm kiếm một "gene sinh trưởng" hoặc một marker đơn lẻ thường không đủ để dự báo chính xác giá trị di truyền. GWAS cho phép khảo sát hàng nghìn đến hàng trăm nghìn SNP trên toàn hệ gen và tìm kiếm những vùng DNA có mối liên hệ thống kê với tính trạng quan tâm. Nghiên cứu về khả năng chịu nhiệt cấp tính ở cá hồi vân cho thấy tính trạng này có hệ số di truyền 0,29 ± 0,05, chứng minh rằng có thành phần di truyền đủ lớn để khai thác bằng chọn lọc. Nghiên cứu sử dụng 1.382 cá thể để đánh giá khả năng chịu nhiệt và 1.506 cá thể để đánh giá các tính trạng sản xuất; cá được định kiểu gen bằng chip 57K SNP và dữ liệu được suy đoán lên mật độ 665K SNP. GWAS xác định 6 QTL liên quan đến khả năng chịu nhiệt, mặc dù tổng cộng các QTL này giải thích dưới 5% phương sai di truyền, cho thấy đây là tính trạng đa gen (Pouil, S., Aubin, J., & Phocas, F, 2025). Đối với Việt Nam, kết quả này gợi ý rằng cần xây dựng một quần thể tham chiếu riêng cho cá hồi vân nuôi trong nước, trong đó cá được đánh giá ở nhiều mức nhiệt độ đặc trưng cho vùng nuôi.

2.2.4. Ưu tiên chọn giống cá hồi vân có khả năng chịu nhiệt tốt

Trong điều kiện Việt Nam, chọn giống chịu nhiệt cần được xem là một trong những mục tiêu ưu tiên. Đây là điểm khác biệt quan trọng so với chương trình chọn giống chỉ tập trung vào năng suất trong điều kiện tối ưu. Nhiệt độ nước tăng có thể làm giảm lượng thức ăn tiêu thụ, tốc độ tăng trưởng và hiệu quả chuyển hóa thức ăn của cá hồi vân; do đó, đàn giống có khả năng duy trì tăng trưởng ở điều kiện nhiệt độ cao hơn sẽ có ý nghĩa lớn đối với tính ổn định của sản xuất. Các bằng chứng di truyền quốc tế cho thấy khả năng chịu nhiệt có thể được cải thiện thông qua chọn lọc. Ngoài hệ số di truyền 0,29 ± 0,05 nêu trên, nghiên cứu về tăng trưởng dưới stress nhiệt kéo dài cho thấy hệ số di truyền của khối lượng, chiều dài và tăng trưởng trung bình ngày trong điều kiện stress nhiệt nằm trong khoảng 0,33-0,55, tùy tính trạng và phương pháp ước tính (Santana, B., Palti, Y., Gao, G., et al, 2025). Đây là cơ sở quan trọng để xây dựng chương trình chọn giống cho Việt Nam. Giải pháp thực tế là xây dựng các gia đình cá hồi vân và đánh giá chúng trong ít nhất hai điều kiện nhiệt độ: điều kiện tối ưu và điều kiện stress nhiệt có kiểm soát. Các chỉ tiêu cần thu thập gồm tỷ lệ sống, tốc độ tăng trưởng, lượng thức ăn tiêu thụ, FCR và khả năng phục hồi sau stress. Sau đó, dữ liệu được kết hợp với kiểu gen SNP để xác định những cá thể có giá trị di truyền cao và phản ứng ổn định trước biến động nhiệt độ.

2.2.5. Ứng dụng genomic selection trong lựa chọn cá bố mẹ

Khác với chọn giống dựa trên một vài marker, GS sử dụng thông tin của hàng nghìn SNP trên toàn hệ gen để dự đoán giá trị di truyền của cá thể. Giá trị dự đoán này có thể được sử dụng cùng với dữ liệu kiểu hình và phả hệ để lựa chọn cá bố mẹ. Hiệu quả của GS đã được chứng minh khá rõ trên cá hồi vân. Một nghiên cứu trên quần thể chọn giống sử dụng 57K SNP và suy đoán lên 665K SNP, với dữ liệu nhiều thế hệ. Kết quả cho thấy mô hình genomic selection có thể nâng cao đáng kể độ chính xác dự đoán giá trị di truyền đối với các tính trạng sản xuất. Đây là bằng chứng quan trọng cho thấy dữ liệu hệ gen có thể giúp tăng hiệu quả chọn lọc so với mô hình chỉ dựa trên phả hệ. Các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy GS có thể được áp dụng đối với các tính trạng khó đo trực tiếp như khả năng kháng bệnh hoặc chịu nhiệt. Đối với Việt Nam, không nhất thiết phải triển khai GS với hàng chục nghìn cá thể ngay từ đầu. Một lộ trình khả thi là xây dựng quần thể tham chiếu khoảng vài nghìn cá thể, trong đó từng cá thể có dữ liệu kiểu hình và SNP. Sau khi mô hình dự đoán được kiểm chứng, có thể genotyping số lượng lớn cá thể giống bằng bộ SNP mật độ thấp hơn.

2.2.6. Ứng dụng công nghệ gen để nâng cao sức đề kháng bệnh

Bên cạnh nhiệt độ, kháng bệnh cần được đưa vào mục tiêu chọn giống dài hạn. Một số bệnh có thể gây tỷ lệ chết cao và làm tăng chi phí sản xuất, trong khi khả năng kháng bệnh của cá có thành phần di truyền nhất định. Do đó, lựa chọn cá bố mẹ dựa trên giá trị di truyền về sức khỏe có thể tạo ra tác động lâu dài hơn so với chỉ xử lý bệnh trong từng vụ nuôi. Các nghiên cứu quốc tế gần đây cung cấp những bằng chứng rất rõ. Nghiên cứu năm 2025 về bệnh IPN ở cá hồi vân đã thử thách 2.000 cá thể ở mỗi thế hệ bằng IPNV; tỷ lệ sống trung bình sau 37 ngày là 70%, trong đó thế hệ thứ hai đạt 78% so với 61% ở thế hệ thứ nhất. Hệ số di truyền của tính trạng kháng bệnh khoảng 0,20. Nghiên cứu xác định 25 QTL trên 10 nhiễm sắc thể, trong đó 7 QTL có bằng chứng rất mạnh; một số SNP có sự khác biệt tỷ lệ sống trên 20 điểm phần trăm giữa các kiểu gen đồng hợp tử thuận lợi và bất lợi. Một nghiên cứu khác công bố năm 2025 về bệnh do *Flavobacterium psychrophilum* cho thấy độ chính xác dự đoán tăng từ 0,27 với PBLUP lên 0,36 khi bổ sung thông tin hệ gen, tức tăng khoảng 33% về độ chính xác tương đối. Những kết quả này cho thấy Việt Nam có thể xây dựng chương trình chọn giống kháng bệnh dựa trên genomic selection. Tuy nhiên, việc thử thách bệnh cần được thực hiện tại các cơ sở có điều kiện an toàn sinh học, đồng thời phải lựa chọn tác nhân gây bệnh phù hợp với tình hình dịch tễ thực tế của đàn cá hồi vân tại Việt Nam.

2.2.7. Kết hợp chọn giống nhiều tính trạng thay vì chọn một tính trạng đơn lẻ

Nếu chọn đơn tính trạng trong thời gian dài, chương trình giống có thể đạt được tăng trưởng nhanh nhưng đồng thời làm phát sinh những thay đổi không mong muốn về sức khỏe, hiệu quả thức ăn hoặc khả năng thích nghi. Các nghiên cứu mới trên cá hồi vân cho thấy việc xây dựng mục tiêu chọn giống có thể đồng thời xem xét năng suất và tác động môi trường. Nghiên cứu năm 2025 cho thấy độ chính xác lựa chọn đối với các mục tiêu môi trường dao động 0,34-0,43, đồng thời thay đổi di truyền về lượng thức ăn và tăng trưởng có thể tạo ra mức cải thiện FCR khoảng 1,7-4,8% mỗi năm trong các kịch bản nghiên cứu (Xuân Diện, 2019). Tuy nhiên, nghiên cứu cũng cho thấy một số mục tiêu có thể có quan hệ đánh đổi, chẳng hạn việc cải thiện một số tính trạng không tự động cải thiện tất cả các tính trạng khác. Vì vậy, chỉ số chọn giống cá hồi vân tại Việt Nam nên bao gồm ít nhất bốn nhóm: sinh trưởng, hiệu quả thức ăn, khả năng thích nghi môi trường và sức khỏe. Các trọng số kinh tế có thể được điều chỉnh theo mục tiêu của từng vùng nuôi.

2.2.8. Xây dựng hệ gen tham chiếu và ngân hàng DNA cho đàn cá hồi vân Việt Nam

Công nghệ giải trình tự thế hệ mới hiện cho phép nghiên cứu hệ gen với độ phân giải ngày càng cao. Nghiên cứu công bố tháng 6/2026 đã xây dựng các genome de novo cho bốn dòng cá hồi vân và phát hiện sự đa dạng cấu trúc đáng kể, bao gồm hàng chục nghìn biến thể cấu trúc có kích thước từ 50 bp trở lên. Các genome có kích thước khoảng 2,3 Gb, độ hoàn chỉnh gene BUSCO đạt 95,8-99,7%. Kết quả này cho thấy một genome tham chiếu duy nhất có thể chưa đại diện đầy đủ cho toàn bộ biến dị của cá hồi vân. Vì vậy, nếu Việt Nam xây dựng được bộ genome hoặc cơ sở dữ liệu SNP đặc trưng cho

đàn cá đang được nuôi và chọn giống trong nước, các nghiên cứu về thích nghi nhiệt độ, tăng trưởng và bệnh sẽ có độ chính xác cao hơn. Ngân hàng DNA cũng cần lưu trữ mẫu của các thế hệ bố mẹ và thế hệ chọn giống để phục vụ nghiên cứu hồi cứu khi cần xác định nguồn gốc hoặc đánh giá sự thay đổi đa dạng di truyền qua thời gian.

2.2.9. Hoàn thiện cơ sở vật chất và nguồn nhân lực về genomics thủy sản

Để công nghệ gen thực sự trở thành công cụ của sản xuất giống, Việt Nam cần đầu tư đồng bộ vào phòng thí nghiệm sinh học phân tử, hệ thống lưu trữ mẫu, giải trình tự, phân tích tin sinh học và cơ sở dữ liệu chọn giống. Đây là giải pháp có tính quyết định bởi genomic selection không chỉ là vấn đề xét nghiệm DNA mà là một quy trình khép kín từ thiết kế quần thể, thu thập kiểu hình, genotyping, phân tích thống kê, dự đoán giá trị di truyền đến lựa chọn cá bố mẹ. Việt Nam đã có nền tảng nghiên cứu và sản xuất giống cá hồi vân, đồng thời đã triển khai các nhiệm vụ khoa học về ương giống và nuôi cá hồi vân trong hệ thống tuần hoàn. Bộ Khoa học và Công nghệ từng công bố nhiệm vụ quốc gia về hoàn thiện công nghệ ương giống và nuôi cá hồi vân trong hệ thống tuần hoàn tại vùng miền núi phía Bắc. Bước tiếp theo cần là kết nối các cơ sở nghiên cứu, trại giống và doanh nghiệp thành một chương trình chọn giống thống nhất, trong đó dữ liệu từ các trại giống được chuẩn hóa và đưa vào cơ sở dữ liệu chung.

3. Kết luận

Ứng dụng công nghệ gen trong phát triển giống cá hồi vân đang mở ra hướng tiếp cận mới nhằm nâng cao chất lượng đàn giống và hiệu quả sản xuất cá nước lạnh tại Việt Nam. So với phương pháp chọn giống truyền thống chủ yếu dựa trên các đặc điểm kiểu hình, các công cụ di truyền phân tử cho phép đánh giá trực tiếp hơn sự đa dạng di truyền, quan hệ huyết thống và tiềm năng di truyền của từng cá thể. Việc kết hợp các chỉ thị phân tử như microsatellite và SNP với dữ liệu kiểu hình có thể hỗ trợ hiệu quả công tác quản lý đàn bố mẹ, hạn chế giao phối cận huyết và duy trì nguồn biến dị di truyền cần thiết cho quá trình chọn lọc lâu dài. Đối với điều kiện nước ta, công nghệ gen đặc biệt có ý nghĩa trong lựa chọn các tính trạng thích nghi với môi trường nuôi và cần ưu tiên tốc độ sinh trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn, khả năng chịu nhiệt, tỷ lệ sống và sức đề kháng bệnh. Trong đó, khả năng chịu nhiệt là một tính trạng cần được quan tâm do nhiệt độ môi trường tại các vùng nuôi có thể biến động theo mùa và ảnh hưởng trực tiếp đến sinh trưởng cũng như sức khỏe của cá. Việc kết hợp phân tích SNP, GWAS và chọn giống dựa trên hệ gen có thể góp phần xác định những cá thể có giá trị di truyền cao, từ đó rút ngắn thời gian chọn lọc và nâng cao hiệu quả cải thiện giống qua các thế hệ. Tuy nhiên, để triển khai hiệu quả công nghệ gen trong thực tế, Việt Nam cần xây dựng quần thể chọn giống có quy mô phù hợp, cơ sở dữ liệu kiểu hình và kiểu gen được chuẩn hóa, đồng thời tăng cường năng lực về di truyền học, sinh học phân tử và tin sinh học. Bên cạnh mục tiêu nâng cao năng suất, chương trình chọn giống cần chú trọng duy trì đa dạng di truyền và kiểm soát mức độ cận huyết của đàn bố mẹ.

Tài liệu tham khảo

Ali, A.R., et al. (2026). De novo genome assemblies of four rainbow trout genetic lines reveal structural variants in pursuit of a pangenome reference. *Molecular Ecology Resources,* 26, 70167.

Cachelou, F., et al. (2023). *Genetic architecture of acute hyperthermia resistance in juvenile rainbow trout and genetic correlations with production traits*. Genetics Selection Evolution.

Frontiers in Genetics (2025). Genome-wide association analysis of resistance to bacterial cold-water disease in an important rainbow trout aquaculture breeding population. *Frontiers in Genetics*, 16.

Paul, K., Restoux, G., & Phocas, F. (2024). Genome-wide detection of positive and balancing signatures of selection shared by four domesticated rainbow trout populations. *Genetics Selection Evolution,* 56, 13.

Pouil, S., Aubin, J., & Phocas, F. (2025). Deriving breeding goals and expected selection responses to reduce environmental impacts in rainbow trout farming. *Genetics Selection Evolution,* 57, 71.

Xuân Diện (2018). Ứng dụng tiến bộ khoa học và công nghệ sản xuất giống cá hồi vân (Oncorhynchus mykiss). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, số 10,* tr. 36-38.

Santana, B., Palti, Y., Gao, G., et al. (2025). *Genome-wide association analysis of resistance to bacterial cold-water disease in an important rainbow trout aquaculture breeding population*. Frontiers in Genetics, 16.