

PGS. TS. TRẦN THỊ THANH HIỀN (Chủ biên)
TS. TRẦN LÊ CẨM TÚ - PGS. TS. TRẦN MINH PHÚ

DINH DƯỠNG ĐỘNG VẬT THỦY SẢN

Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn



**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC CẦN THƠ
2021**

LỜI GIỚI THIỆU

Nhiệt độ và độ mặn là hai yếu tố môi trường quan trọng ảnh hưởng lên đời sống thủy sinh vật. Đây cũng là hai yếu tố luôn được quan tâm khi nói về tác động của biến đổi khí hậu lên nuôi trồng thủy sản. Đồng bằng sông Cửu Long được xác định là vùng chịu ảnh hưởng nặng nề của biến đổi khí hậu, đặc biệt là hiện tượng nước biển dâng, xâm nhập mặn và nhiệt độ tăng. Nhiệt độ và độ mặn đã ảnh hưởng rất lớn lên đời sống thủy sinh vật từ trong tự nhiên cũng như trong nuôi trồng thủy sản.

Thức ăn đóng vai trò quan trọng trong nuôi trồng thủy sản, chiếm tỉ lệ cao nhất trong tổng chi phí sản xuất. Hiệu quả sản xuất thủy sản, phụ thuộc nhiều vào hiệu quả sử dụng thức ăn, trong khi nhiệt độ và độ mặn là hai yếu tố môi trường quan trọng ảnh hưởng lên hiệu quả này. Các nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ, độ mặn lên dinh dưỡng động vật thủy sản sẽ giúp cho nhà quản lý qui hoạch phát triển vùng nuôi phù hợp, giúp người nuôi có những giải pháp kỹ thuật hợp lý để nâng cao hiệu quả sử dụng thức ăn, từ đó góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất, đáp ứng biến đổi khí hậu.

Quyển sách chuyên khảo **“DINH DƯỠNG ĐỘNG VẬT THỦY SẢN: ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn”** được biên soạn dựa trên tổng hợp các tài liệu đã công bố: bài báo tổng quan, các nghiên cứu về ảnh hưởng nhiệt độ, độ mặn lên dinh dưỡng động vật thủy sản, trong đó chủ yếu là lên tôm cá của các tác giả trong và ngoài nước. Bên cạnh đó, quyển sách cũng trình bày một số kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả thực hiện chương trình nghiên cứu “Biến đổi khí hậu: tác động và thích ứng trong nuôi trồng và khai thác thủy sản, ODA-F1 (Climate change: Impacts and adaptation in aquaculture and fisheries) thuộc Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản. Các nội dung chính về tác động của nhiệt độ và độ mặn lên tôm cá được trình bày:

(i) Lượng thức ăn ăn vào và thời gian thức ăn qua ống tiêu hóa, (ii) tiêu hóa và hấp thu thức ăn, (iii) hiệu quả sử dụng thức ăn, (iv) phân bố năng lượng và (v) nhu cầu dinh dưỡng của động vật thủy sản.

Quyển sách bao gồm 4 chương: (i) Chương 1: Môi trường và dinh dưỡng động vật thủy sản; (ii) Chương 2: Ảnh hưởng của nhiệt độ lên dinh dưỡng động vật thủy sản; (iii) Chương 3: Ảnh hưởng của độ mặn lên dinh dưỡng động vật thủy sản và (iv) Chương 4: Ảnh hưởng kết hợp nhiệt độ và độ mặn lên dinh dưỡng động vật thủy sản.

Chúng tôi hy vọng quyển sách sẽ là tài liệu phục vụ học tập, nghiên cứu cho sinh viên, học viên và nghiên cứu sinh. Đồng thời, quyển sách là nguồn tham khảo hữu ích cho các bạn đọc quan tâm đến nghề nuôi thủy sản, các lĩnh vực nghiên cứu, quản lý và sản xuất thủy sản.

Xin chân thành cảm ơn quý thầy cô, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ nghiên cứu và cung cấp thông tin cho nhóm tác giả hoàn thành quyển sách. Trong quá trình biên soạn, chắc chắn quyển sách chưa thể tổng hợp hết được các nghiên cứu cũng như những sai sót nhất định, nhóm tác giả xin chân thành ghi nhận các góp ý của bạn đọc.

Quyển sách được tài trợ bởi Dự án Nâng cấp Trường Đại học Cần Thơ VN14-P6 bằng nguồn vốn vay ODA từ Chính phủ Nhật Bản.

NHÓM TÁC GIẢ

PREFACE

Water temperature and salinity are the most important factors impact on aquatic animal in ecosystem. These are concerned factors which are highly related to the impact of climate change in aquaculture. The Mekong Delta, Vietnam has been predicted as severe climate change impact e.g saline intrusion, sea level rising and increase water temperature. Water temperature and salinity have documented as impact to aquatic animal and aquaculture industry.

AquaFeed has been accounted for the highest proportion of total cost of the aquaculture production. Production efficiency is highly depended on the efficiency of feed utilization while this factor is influenced by water temperature and salinity. Recent studies on the impact of water temperature and salinity on aquatic animal nutrition will strongly contribute to appropriated regional management, provide scientific information and technical adaptation on the efficiency of feed utilization which can be enhance the capability and adaptation to the climate change.

The monograph entitled “**Fish nutrition: impact of water temperature and salinity**” is composed basing on the review of national and international references of effects of water temperature and/or salinity on fish nutrition. More importantly, the book is also presented research outcomes of the program ODA-F1 “Climate change: Impacts and adaptation in aquaculture and fisheries” which is funded in part by the Can Tho University Improvement Project VN14-P6, supported by a Japanese ODA loan. The main contents of this book include (i) feed intake and feed passing time through digestive tract, (ii) feed digestibility and, (iii) feed utilization efficiency, (iv) energy partitioning (v) nutritional requirement of aquatic animals.

This monograph consists of four chapters: Chapter 1: Fish nutrition and environment; Chapter 2: effects of water temperature on fish nutrition; Chapter 3: effects of salinity on fish nutrition; Chapter 4: combined effects of water temperature and salinity on fish nutrition.

With high expectation, this book would become a best document for graduate and graduated students, and researchers. Also, this would be a reliable reference for readers concerning on aquaculture management and production.

We thank all staffs, students and Can Tho University for supporting our studies which provided valuable data for writing this book. In the first version, there could be few mistypings or errors, we would like to receive your comments to optimize the coming version of this book.

This book is funded in part by the Can Tho University Improvement Project VN14-P6, supported by a Japanese ODA loan.

THE AUTHORS

MỤC LỤC

LỜI GIỚI THIỆU

PREFACE

Chương 1. MÔI TRƯỜNG VÀ DINH DƯỠNG ĐỘNG VẬT THỦY SẢN	1
1.1 Môi trường và tăng trưởng của động vật thủy sản	2
1.2 Môi trường và dinh dưỡng động vật thủy sản	4
Tài liệu tham khảo	6
Chương 2. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ LÊN DINH DƯỠNG CỦA ĐỘNG VẬT THỦY SẢN	11
2.1 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên lượng thức ăn ăn vào	12
2.2 Ảnh hưởng nhiệt độ lên thời gian thức ăn đi qua ống tiêu hóa và hấp thu	17
2.3 Ảnh hưởng nhiệt độ lên hoạt tính enzyme tiêu hóa	21
2.4 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên tiêu hóa thức ăn	23
2.5 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên hiệu quả sử dụng thức ăn	26
2.6 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên phân bố năng lượng	27
2.7 Ảnh hưởng nhiệt độ lên nhu cầu dinh dưỡng	30
2.8 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên thành phần hóa học của động vật thủy sản	33
Tài liệu tham khảo	34
Chương 3. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ MẶN LÊN DINH DƯỠNG CỦA ĐỘNG VẬT THỦY SẢN	45
3.1 Ảnh hưởng của độ mặn lên lượng thức ăn ăn vào	45
3.2 Ảnh hưởng độ mặn lên thời gian thức ăn đi qua ống tiêu hóa và hấp thu	47
3.3 Ảnh hưởng độ mặn lên hoạt động enzyme tiêu hóa	49
3.4 Ảnh hưởng của độ mặn lên tiêu hóa và hấp thu thức ăn	52
3.5 Ảnh hưởng của độ mặn lên hiệu quả sử dụng thức ăn	54
3.6 Ảnh hưởng của độ mặn lên phân bố năng lượng	57
3.7 Ảnh hưởng của độ mặn lên nhu cầu dinh dưỡng	58

3.8 Ảnh hưởng của độ mặn lên thành phần hóa học của động vật thủy sản	60
Tài liệu tham khảo	62

Chương 4. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ VÀ ĐỘ MẶN LÊN DINH DƯỠNG CỦA ĐỘNG VẬT THỦY SẢN	70
4.1 Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên lượng thức ăn ăn vào	70
4.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên thời gian thức ăn đi qua ống tiêu hóa và enzyme tiêu hóa	73
4.3 Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên tiêu hóa thức ăn	75
4.4 Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên hiệu quả sử dụng thức ăn	76
4.5 Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên phân bố năng lượng	79
4.6 Ảnh hưởng nhiệt độ và độ mặn lên nhu cầu dinh dưỡng	82
4.7 Ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn lên thành phần hóa học của động vật thủy sản	84
Tài liệu tham khảo	86

Chương 1

MÔI TRƯỜNG VÀ DINH DƯỠNG ĐỘNG VẬT THỦY SẢN

Biến đổi khí hậu hiện là vấn đề môi trường quan trọng nhất mà thế giới phải đối mặt, tác động của nhiệt độ tăng, nước biển dâng đối với đời sống thủy sinh nước ngọt và nước lợ mặn là vấn đề cần được quan tâm. Trong thời gian vừa qua, nhiệt độ nước biển trên khắp thế giới đã thay đổi với tốc độ chưa từng thấy (IPCC, 2007). Biến đổi khí hậu gây ra tác động tiêu cực đến đời sống của động vật thủy sản ở qui mô khu vực và toàn cầu, mặc dù phản ứng giữa các loài đối với vấn đề này là khác nhau. Tăng trưởng của cá có thể bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố môi trường, trong đó nhiệt độ (nhiệt độ nước và nhiệt độ bề mặt biển) được nghiên cứu nhiều nhất (Li *et al.*, 2011). Các yếu tố môi trường khác như pH, độ mặn, lượng mưa... cũng góp phần làm thay đổi sự phát triển của động vật thủy sản (Hernandez-Miranda và Ojeda, 2006; Munday *et al.*, 2009; Kumar *et al.*, 2014; Ding *et al.*, 2016).

Tất cả các sinh vật đều có khả năng thích ứng giới hạn với nhiệt độ (Hokanson, 1977), trong khoảng nhiệt độ tối ưu sinh vật sẽ phát triển và các chức năng hoạt động tốt nhất. Trong giới hạn nhiệt độ thích ứng, sự thay đổi nhiệt độ ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất, các quá trình sinh lý, tăng trưởng và phát triển của động vật thủy sản (Koumoundouros, 2001). Hàm lượng oxy dưới mức phát triển bình thường ảnh hưởng lên động vật thủy sản đã được nghiên cứu nhiều, tuy nhiên tác động trực tiếp của việc thiếu oxy đối với dinh dưỡng của động vật thủy sản còn rất ít. Thay đổi độ mặn ảnh hưởng nhiều nhất đến quá trình điều hòa áp suất thẩm thấu của động vật thủy sản, có sự khác biệt về ảnh hưởng của độ mặn loài hẹp muối và rộng muối về cơ chế sinh lý cũng như dinh dưỡng (Kaushik, 1986).

1.1 Môi trường và tăng trưởng của động vật thủy sản

Một số nghiên cứu tác động của các yếu tố phi sinh học đối với sự tăng trưởng (Brett, 1979) và các chức năng sinh lý (Ali, 1980) của động vật thủy sản đã được thực hiện. Fry (1971) đã phân loại các yếu tố phi sinh học này thành 4 loại chính: kiểm soát, hạn chế, cản trở hoặc chỉ thị vì các yếu tố này ảnh hưởng đến sự tăng trưởng và các chức năng trao đổi chất khác. Hầu hết các nghiên cứu chỉ nghiên cứu tương tác giữa thức ăn và sự thay đổi của một yếu tố môi trường, trong đó tập trung vào nhiệt độ, do nhiệt độ ảnh hưởng nhiều đến tăng trưởng (Elliott, 1982). Bên cạnh đó, độ mặn và oxy cũng được nghiên cứu vì tác động lên hiệu quả sử dụng thức ăn nên ảnh hưởng đến tăng trưởng. Nhiệt độ, độ mặn và oxy có vai trò quan trọng trong quá trình biến nhiệt, điều hòa áp suất thẩm thấu và chuyển hóa năng lượng của động vật thủy sản (Kaushik, 1986).

Các yếu tố môi trường ảnh hưởng đến sự tăng trưởng của động vật thủy sản là khác nhau và thường được đưa ra bằng các lý giải khác nhau (Huang *et al.*, 2021). Tuy nhiên, các tác động cơ bản được giải thích như, thứ nhất, sự thay đổi các yếu tố môi trường có khả năng gây ra sốc sinh lý cho cá (ví dụ như sốc do nhiệt), do đó dẫn đến tiêu thụ thêm năng lượng và giảm tốc độ tăng trưởng (Johnston và Hall, 2004). Theo kịch bản khí hậu trong tương lai, có tới 40% số loài cá được cho là sẽ bị ảnh hưởng đáng kể và 70% năng lượng ăn vào có khả năng được sử dụng cho việc thích nghi với môi trường pH thấp (Heuer và Grosell, 2014). Thứ hai, những yếu tố này có thể ảnh hưởng đến sự tăng trưởng của cá do thay đổi số lượng và chất lượng nguồn thức ăn cho cá (Frisch *et al.*, 2014; Mo *et al.*, 2014). Thứ ba, bản thân động vật thủy sản thay đổi tập tính lấy thức ăn hoặc tiêu hóa thức ăn hiệu quả hơn (Pimentel *et al.*, 2015; Rogacki *et al.*, 2019).

Nhiệt độ tối ưu cho tăng trưởng tùy thuộc chủ yếu vào loài và giai đoạn phát triển (McCauley và Huggins, 1979; Pedersen và Jobling, 1989). Cá ở giai đoạn nhỏ chịu ảnh hưởng bởi yếu tố nhiệt độ

nhiều hơn giai đoạn trưởng thành. Một số tác giả cho biết tăng trưởng tối đa của động vật thủy sản đạt được trong phạm vi nhiệt độ nước tối ưu, và hiệu quả tăng trưởng của cá giảm ở nhiệt độ thấp hơn và cao hơn khoảng nhiệt độ này (Björnsson và Tryggvadóttir, 1996). Nhiệt độ thay đổi ảnh hưởng đến nhiều chức năng sinh lý, dinh dưỡng, đặc biệt là quá trình trao đổi chất của động vật thủy sản nên ảnh hưởng đến tăng trưởng. Pimentel *et al.* (2015) nghiên cứu khi CO₂ giảm hoạt tính của enzyme tiêu hóa giảm loài *Solea senegalensis*. CO₂ ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất, tổng hợp protein, tổn năng lượng cho cân bằng acid-base và hô hấp nên ảnh hưởng lên tăng trưởng của động vật thủy sản (Portner *et al.*, 2005). Do các tác động tiêu cực của các yếu tố môi trường, động vật thủy sản cần phải tiêu tốn thêm năng lượng để thích ứng với hầu hết các biến đổi môi trường dưới tác động của biến đổi khí hậu, do đó làm giảm tốc độ tăng trưởng (Frisch *et al.*, 2014). Kaushik (1986) tổng hợp ảnh hưởng của các yếu tố môi trường lên hiệu quả sử dụng thức ăn cho thấy đời sống thủy sinh vật phụ thuộc vào khả năng hòa tan của Oxy và CO₂ trong nước. Nồng độ oxy trong nước bão hòa thấp hơn khoảng 30 lần so với không khí và khả năng hòa tan của oxy còn bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và độ mặn của nước. Nhu cầu oxy của cá khi bị ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường này (EIFAC, 1971). Vì vậy khi Oxy trong môi trường biến động sẽ ảnh hưởng lên quá trình trao đổi chất, protein, và các hoạt động sinh lý của cá, trong đó có sự tiêu hóa và hấp thu dinh dưỡng nên ảnh hưởng đến tăng trưởng của cá. Đối với cá hồi, khi nồng độ Oxy ở mức 5ppm cá sẽ giảm lượng thức ăn ăn vào, tăng FCR, giảm tăng trưởng so với nồng độ Oxy 8ppm, hiệu quả sử dụng protein cũng giảm theo mức oxy thấp hơn (Kaushik, 1986).

Yếu tố độ mặn là một trong những yếu tố quan trọng và có liên quan đến tăng trưởng của cá. Ở hầu hết các loài cá, quá trình thụ tinh và ấp trứng, hình thành phôi sớm, sự phát triển của ấu trùng... phụ thuộc vào độ mặn. Ở những loài cá lớn hơn, độ mặn cũng là một yếu tố quan trọng tác động đến tốc độ tăng trưởng. Nhiều nghiên cứu đã

chứng minh ảnh hưởng của độ mặn lên tăng trưởng của cá. Khả năng thích nghi của cá ở các độ mặn khác nhau phụ thuộc vào chức năng điều hòa tổng hợp của nhiều cơ quan, chủ yếu là mang, đường tiêu hóa và thận. Khi độ mặn nằm ngoài khoảng thích hợp, cá tốn năng lượng cho quá trình điều hòa áp suất thẩm thấu nên ảnh hưởng đến tăng trưởng. Đối với những loài rộng muối, sinh trưởng và hoạt động của động vật thủy sản thường đạt tốt nhất ở môi trường đẳng trương (Mazumder *et al.*, 2014).

Tác động tổng hợp của nhiệt độ và độ mặn ảnh hưởng lên tốc độ trao đổi chất của các sinh vật và mức độ phân bố của các loài cần được nghiên cứu. Nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ và độ mặn đến chỉ tiêu sinh lý, dinh dưỡng là cần thiết để giải thích các vấn đề gặp phải trong thực tế sản xuất cũng như trong tự nhiên. Một số nghiên cứu về ảnh hưởng của độ mặn cùng với nhiệt độ đến sự phát triển và tăng trưởng của cá đã được thực hiện. Nhiệt độ và độ mặn có những tương tác phức tạp lên dinh dưỡng và sinh lý cá (Gilles và Patrick, 2001). Tất cả những yếu tố này phải được xem xét khi phát triển quy hoạch vùng nuôi cá nhằm đảm bảo nghề nuôi thủy sản đạt hiệu quả cao nhất (Boeuf và Payan 2001).

1.2 Môi trường và dinh dưỡng động vật thủy sản

Các yếu tố môi trường bên ngoài và bên trong cơ thể đều ảnh hưởng đến phản ứng của động vật thủy sản đối với việc nhận biết, lấy thức ăn, thời gian thức ăn đi qua ống tiêu hóa.... Gần đây, đã có một số nghiên cứu về dinh dưỡng như: tiêu hóa, hấp thụ, bài tiết... liên quan đến phản ứng của động vật thủy sản đối với những thay đổi của môi trường. Trong số các yếu tố bên ngoài, các nghiên cứu tập trung vào các những yếu tố môi trường quan trọng nhất như nhiệt độ, oxy và độ mặn. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên nhu cầu dinh dưỡng đã được nghiên cứu nhiều nhất vì nhiệt độ ảnh hưởng đầu tiên lên hoạt động bắt mồi, lấy thức ăn của động vật thủy sản, vì vậy vấn đề này luôn được quan tâm nghiên cứu (Huang *et al.*, 2021)

Định lượng thức ăn để điều chỉnh lượng thức ăn sử dụng hàng ngày là rất quan trọng vì lượng thức ăn cung cấp cho ĐVTS tùy thuộc vào tình trạng sức khỏe của động vật thủy sản, yếu tố thời tiết và các yếu tố khác. Khả năng lấy thức ăn của cá chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường, chủ yếu là các yếu tố vật lý, hóa học hoặc sinh học. Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào loài, giai đoạn phát triển, sự thích nghi... Sự phân chia năng lượng sử dụng cho từng chức năng phụ thuộc vào năng lượng ăn vào, khả năng tiêu hóa và hiệu quả sử dụng năng lượng của động vật thủy sản. Năng lượng ăn vào được chia thành các phần: năng lượng thải qua phân FE, năng lượng bài tiết qua mang và nước tiểu UE + ZE, năng lượng tỏa nhiệt (HE), năng lượng tích lũy cho tăng trưởng RE (Brett và Groves, 1979). Năng lượng từ thức ăn ngoài mất đi qua phân, bài tiết qua mang và nước tiểu còn mất đi do sự tỏa nhiệt. Năng lượng tỏa nhiệt liên quan đến việc tiêu thụ và sử dụng thức ăn. Ngoài ra năng lượng tỏa nhiệt cũng bao gồm năng lượng mất đi cho quá trình trao đổi chất cơ sở và năng lượng sinh ra qua các hoạt động bơi lội, duy trì cân bằng trong môi trường nước. Năng lượng mất đi cho quá trình điều hòa bên trong cơ thể để đáp ứng được sự thay đổi của môi trường chiếm tỉ lệ nhiều hay ít phụ thuộc vào mức độ thay đổi của môi trường. Nhiệt độ và độ mặn là hai yếu tố môi trường quan trọng nhất ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng năng lượng của động vật thủy sản.

Nhiều chức năng sinh lý như trao đổi chất, vận động và sử dụng thức ăn, tiêu hóa phụ thuộc vào nhiệt độ. Nhiệt độ nước được coi là yếu tố môi trường chính kiểm soát việc sử dụng thức ăn ở tất cả giai đoạn phát triển của cá. Nhiệt độ ảnh hưởng đến sự trưởng thành, phát triển tuyến sinh dục, tăng trưởng, lượng thức ăn ăn vào, nhu cầu duy trì, tốc độ trao đổi chất, hoạt động tất cả enzyme, chức năng màng tế bào, v.v. Ảnh hưởng của độ mặn đối với các chức năng sinh lý và trao đổi chất khác cũng thay đổi tùy thuộc vào loài và khả năng điều hòa áp suất thẩm thấu. Độ mặn khác nhau có thể dẫn đến thay đổi hoạt động của các enzym tiêu hóa (Moutou *et al.*, 2004). Độ mặn là một

yếu tố quan trọng ảnh hưởng lên việc phân bố năng lượng của động vật thủy sản. Để lấy lại sự cân bằng áp suất thẩm thấu cá phải sử dụng ít hoặc nhiều năng lượng cho quá trình này tùy theo mức độ thay đổi (Farmer và Beamish 1969; Hettler 1976).

Yếu tố nhiệt độ và độ mặn có thể tác động một cách độc lập lên dinh dưỡng động vật thủy sản, hoặc kết hợp tác động tiêu cực đến dinh dưỡng động vật thủy sản, trong điều kiện nhiệt độ và độ mặn vượt quá điều kiện sinh trưởng và phát triển của động vật thủy sản, chúng sẽ tác động mạnh lên quá trình lấy thức ăn, hoạt động enzyme, quá trình tiêu hóa và hấp thu thức ăn nên ảnh hưởng đến tăng trưởng. Vì vậy nghiên cứu tác động của môi trường lên dinh dưỡng động vật thủy sản là rất cần thiết, giúp cho các nhà quản lý hoạch định vùng nuôi phù hợp, chuẩn bị các điều kiện để ứng phó. Các nhà nghiên cứu phát triển thuần dưỡng các loài thủy sản đáp ứng với thay đổi môi trường mới. Người nuôi cải tiến kỹ thuật nuôi, ứng dụng công nghệ để hạn chế đến mức thấp nhất tác động xấu của môi trường.

Tài liệu tham khảo

- Ali, M.A., 1980. Environmental Physiology of Fishes. Nato Advanced Study Institutes series. 35, Plenum Press, New York. Atherton, W.D. and Aitken, A. 1970. Growth, nitrogen metabolism and fat metabolism in *Salmo gairdneri* Rich. Comp. Biochem. Physiol. 36: 719-747.
- Björnsson, B. and Tryggvadóttir, S.V., 1996. Effects of size on optimal temperature for growth and growth efficiency of immature Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 142(1-2), pp.33-42.
- Boeuf, G. and Payan, P., 2001. How should salinity influence fish growth, a review. Comp. Biochem. Physiol. Part. C. 130: 411-423.
- Brett, J.R., 1976. Environmental factors and growth. In: Fish Physiology (W. S. Hoar, D.J. Randall & J. R. Brett, eds). Vol. 8, Academic Press, London, pp. 599-675.

- Brett, J.R. and Groves, T.D.D., 1979. Physiological energetics. *Fish. Physiol.* 8(6): 280-352.
- Cox, D.K. and Coutant, C.C., 1981. Growth dynamics of juvenile striped bass as functions of temperature and ration. *Trans. Am. Fish. Soc.* 110: 226-238.
- Ding, C.Z., Jiang, X.M., Chen, L.Q., Juan, T. and Chen, Z.M., 2016. Growth variation of *Schizothorax dulongensis* Huang, 1985 along altitudinal gradients: implications for the Tibetan Plateau fishes under climate change. *J. Appl. Ichthyol.* 32: 729–733
- EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission). 1971. Salmon and trout feeds and feeding EIFAC Tech. Pap. 12 Edited by FAO, Rome.
- Elliott, J.M., 1982. The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B: 81-91.
- Farmer, G.J. and Beamish, F.W.H., 1969. Oxygen consumption of *Tilapia nilotica* in relation to swimming speed and salinity. *J. Fish. Res. Board. Can.* 26: 2807–2821
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N., Van der Laan, R., 2020. Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References.
- Frisch, A.J., Ireland, M., Baker, R., 2014. Trophic ecology of large predatory reef fishes: energy pathways, trophic level, and implications for fisheries in a changing climate. *Mar. Biol.* 161: 61–73.
- Fry, F.E.J., 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. In *Fish Physiology*. Vol. 6, pp. 1-98. Edited by W.S. Hoar and D.J. Randall. Academic Press, New York
- Gilles, B. and Patrick, P., 2001. How should salinity influence fish growth. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* 130: 411–423
- Hernandez-Miranda, E. and Ojeda, F.P., 2006. Inter-annual variability in somatic growth rates and mortality of coastal fishes off central Chile: an ENSO driven process? *Mar. Biol.* 149: 925–936.
- Hettler, W.F., 1976. Influence of temperature and salinity on routine metabolic rate and growth of young *Atlantic menhaden*. *J. Fish. Biol.* 8(1): 55-65.