

SỰ ĐA DẠNG LOÀI THEO GRADIENT VĨ ĐỘ: CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ CÁC GIẢ THUYẾT GIẢI THÍCH

Lê Thị Hiền

Khoa Sư phạm Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Đồng Nai

Tóm tắt: Nghiên cứu nhằm hệ thống hóa cơ sở lý luận về gradient đa dạng loài theo vĩ độ, phân tích các yếu tố ảnh hưởng và các giả thuyết giải thích hiện tượng này. Phương pháp nghiên cứu chủ yếu là tổng hợp, phân tích và so sánh các tài liệu khoa học trong và ngoài nước. Kết quả cho thấy nhiệt độ, năng lượng sinh thái, độ ổn định khí hậu, lịch sử tiến hóa và tốc độ hình thành loài là những nhân tố quan trọng chi phối sự phân bố đa dạng sinh học theo vĩ độ. Đồng thời, chưa có giả thuyết đơn lẻ nào có thể giải thích toàn diện quy luật LDG; thay vào đó, sự tương tác giữa nhiều cơ chế sinh thái và tiến hóa được xem là nguyên nhân chủ yếu hình thành nên quy luật này. Nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho giảng dạy, nghiên cứu và bảo tồn đa dạng sinh học trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu.

Từ khóa: đa dạng sinh học; gradient vĩ độ; đa dạng loài; sinh thái học; vùng nhiệt đới.

LATITUDINAL SPECIES DIVERSITY GRADIENT: THEORETICAL FOUNDATIONS AND EXPLANATORY HYPOTHESES

Abstract: This study aims to systematize the theoretical foundations of the LDG and analyze the major factors and explanatory hypotheses associated with this pattern. The study primarily employs methods of synthesis, analysis, and comparison of domestic and international scientific literature. The findings indicate that temperature, ecological energy, climatic stability, evolutionary history, and speciation rates are key factors governing the latitudinal distribution of biodiversity. In addition, no single hypothesis can fully explain the LDG; rather, the interaction among multiple ecological and evolutionary mechanisms is considered the primary driver of this pattern. This study provides a scientific basis for teaching, research, and biodiversity conservation in the context of global climate change.

Keywords: biodiversity; latitudinal gradient; species diversity; ecology; tropical regions.

Nhận bài: 18/03/2026

Phản biện: 16/04/2026

Duyệt đăng: 20/04/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đa dạng sinh học là nền tảng duy trì cấu trúc và chức năng của các hệ sinh thái trên Trái Đất. Trong các cấp độ đa dạng sinh học, đa dạng loài phản ánh rõ nét nhất mức độ phong phú của sinh giới và thường được sử dụng để đánh giá tính ổn định của hệ sinh thái. Một trong những quy luật nổi bật nhất liên quan đến sự phân bố đa dạng loài là gradient đa dạng sinh học theo vĩ độ (Latitudinal Diversity Gradient - LDG), biểu hiện qua xu hướng số lượng loài tăng dần từ vùng cực về phía xích đạo. Gradient đa dạng loài được xem là một trong những mô hình sinh thái học có tính phổ quát cao nhất vì xuất hiện ở phần lớn các nhóm sinh vật, từ thực vật, động vật có xương sống, côn trùng cho đến sinh vật biển và vi sinh vật. Các hệ sinh thái nhiệt đới như rừng Amazon, rừng Congo hay khu vực Indo-Pacific thường có số lượng loài cao hơn nhiều lần so với các khu vực ôn đới hoặc hàn đới. Nghiên cứu của Hillebrand cho thấy xu hướng này xuất hiện ở hơn 80% các nhóm sinh vật được khảo sát.

Ngay từ thế kỉ XIX, Alexander von Humboldt và Alfred Russel Wallace đã nhận thấy rằng các vùng nhiệt đới sở hữu mức độ đa dạng sinh học vượt trội. Từ đó đến nay, LDG trở thành chủ đề

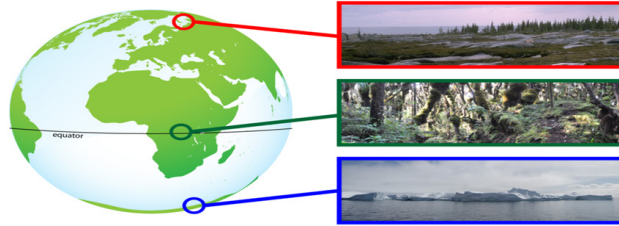
nghiên cứu trung tâm của sinh thái học, địa lí sinh vật học và tiến hóa học. Hơn 30 giả thuyết khác nhau đã được đề xuất nhằm giải thích hiện tượng này, bao gồm giả thuyết năng lượng sinh thái, giả thuyết ổn định khí hậu, giả thuyết tốc độ tiến hóa, giả thuyết lịch sử địa chất và giả thuyết bảo tồn ổ sinh thái nhiệt đới. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có giả thuyết đơn lẻ nào đủ khả năng giải thích hoàn toàn LDG ở mọi nhóm sinh vật và mọi thang không gian. Các nghiên cứu hiện đại cho rằng sự hình thành gradient đa dạng loài là kết quả của sự tương tác phức tạp giữa các quá trình sinh thái, tiến hóa và lịch sử địa chất. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu và suy giảm đa dạng sinh học ngày càng nghiêm trọng, việc nghiên cứu LDG không chỉ có ý nghĩa lý thuyết mà còn đóng vai trò quan trọng đối với công tác bảo tồn sinh học và dự báo biến động hệ sinh thái trong tương lai. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm: Hệ thống hóa cơ sở lý luận về gradient đa dạng loài theo vĩ độ; Phân tích các yếu tố ảnh hưởng và các giả thuyết giải thích LDG; Đánh giá ý nghĩa của LDG đối với nghiên cứu sinh thái học và bảo tồn đa dạng sinh học.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Khái niệm và đặc điểm của sự đa dạng loài theo gradient vĩ độ

Gradient đa dạng loài theo vĩ độ là hiện tượng

số lượng loài có xu hướng tăng dần từ vùng cực về phía xích đạo. Đây được xem là một trong những quy luật phổ quát nhất của sinh thái học và địa lý sinh vật học.



Hình 1. Xu hướng thay đổi đa dạng loài theo gradient vĩ độ

(Nguồn: Điều chỉnh từ Hillebrand (2004) và Gaston (2000)).

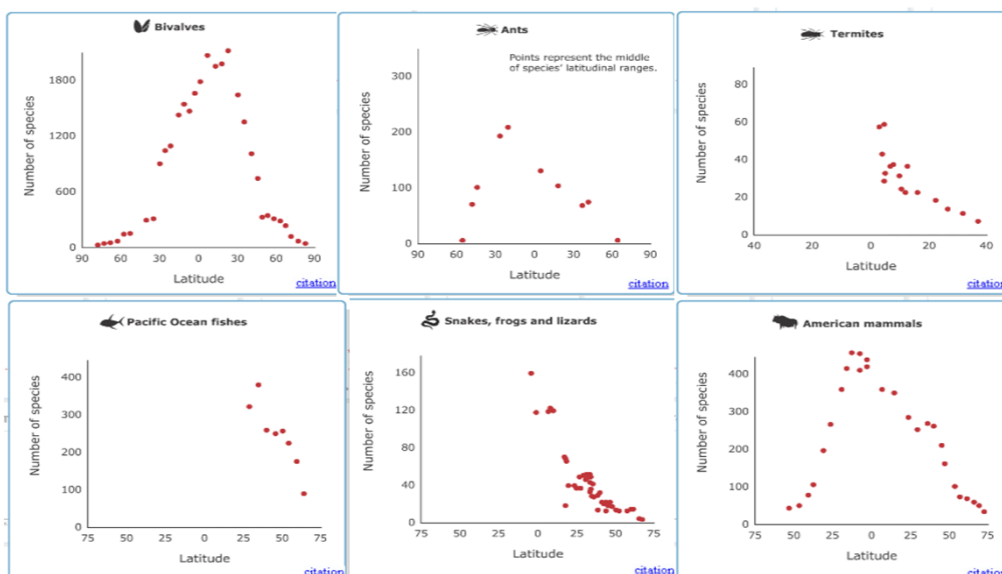
Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng vùng nhiệt đới có mức độ đa dạng sinh học cao hơn đáng kể so với vùng ôn đới. Quy luật này xuất hiện ở cả hệ sinh thái trên cạn và dưới nước, đồng thời được ghi nhận ở nhiều nhóm sinh vật khác nhau. Ví dụ, số lượng loài cây trong rừng mưa nhiệt đới Amazon cao gấp nhiều lần các khu rừng ôn đới Bắc Mỹ. Tương tự, các rạn san hô nhiệt đới cũng là nơi tập trung đa dạng sinh học biển cao nhất thế giới. LDG không chỉ xuất hiện ở đa dạng loài mà còn thể hiện ở: đa dạng di truyền, đa dạng chức năng, đa dạng phát sinh loài. Điều này cho thấy gradient vĩ độ là một hiện tượng sinh học mang tính nền tảng và có liên quan mật thiết đến lịch sử tiến hóa của sinh giới.

2.2. Biểu hiện của gradient đa dạng loài ở các nhóm sinh vật

Thực vật: Các hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới là nơi có đa dạng thực vật cao nhất thế giới. Một hecta rừng Amazon có thể chứa hơn 200 loài cây, trong khi cùng diện tích tại các khu rừng ôn đới chỉ có khoảng vài chục loài. Nguyên nhân chủ yếu là: khí

hậu nóng ẩm ổn định; lượng mưa lớn; thời gian sinh trưởng kéo dài quanh năm; năng suất sinh học cao. Những điều kiện này tạo ra nhiều ổ sinh thái khác nhau, cho phép nhiều loài cùng tồn tại mà không cạnh tranh hoàn toàn. Ngoài ra, vùng nhiệt đới ít chịu tác động của các thời kì băng hà trong quá khứ nên duy trì được tính liên tục tiến hóa lâu dài.

Động vật trên cạn: Gradient đa dạng loài được ghi nhận rõ rệt ở chim, thú, bò sát và côn trùng. Các khu vực nhiệt đới thường có: mật độ loài cao hơn, mạng lưới thức ăn phức tạp hơn, mức độ chuyên hóa sinh thái lớn hơn do điều kiện khí hậu thuận lợi và nguồn năng lượng sinh học dồi dào. Chẳng hạn, số lượng loài thú ở Kenya cao hơn nhiều so với các quốc gia ôn đới có diện tích tương đương. Đặc biệt, côn trùng nhiệt đới có mức độ đa dạng rất cao, các khu rừng nhiệt đới có thể chứa hàng nghìn loài trên diện tích nhỏ, phản ánh sự phức tạp của các hệ sinh thái rừng nhiệt đới. Một số nghiên cứu còn cho thấy tốc độ biệt hóa loài ở chim và thú nhiệt đới cao hơn vùng ôn đới, góp phần duy trì mức đa dạng lớn trong thời gian dài.



Hình 2. Biểu hiện của gradient đa dạng loài ở một số nhóm động vật

(Nguồn: Tác giả tổng hợp và điều chỉnh từ Hillebrand (2004), Rohde (1992) và Gaston (2000)).

Sinh vật biển: Trong môi trường biển, Gradient đa dạng loài theo vĩ độ (LDG) thể hiện rõ nét qua sự phân hóa giữa vùng nhiệt đới và các vùng cực: (i) Trung tâm đa dạng toàn cầu: Khu vực Ấn Độ Dương - Thái Bình Dương, điển hình là Tam giác San hô (Coral Triangle), sở hữu mật độ loài cao nhất thế giới. Các hệ sinh thái rạn san hô tại đây là nơi tập trung đa dạng các loài cá, động vật thân mềm và sinh vật phù du. (ii) Xu hướng suy giảm: Nghiên cứu của Daniel P. Tittensor chỉ ra rằng đa dạng sinh học biển giảm dần từ xích đạo về hai cực. Vùng biển lạnh có số lượng loài thấp do điều kiện khắc nghiệt và năng suất sinh học hạn chế. (iii) Nguyên nhân chi phối: Sự chênh lệch này được quyết định bởi bốn yếu tố cốt lõi: nhiệt độ nước biển, cường độ ánh sáng, năng suất sinh học và tính ổn định của môi trường đại dương. Nói cách khác, nhiệt độ và năng lượng dồi dào tại vùng nhiệt đới chính là "động cơ" thúc đẩy sự phong phú vượt trội của sự sống dưới đại dương.

2.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến sự đa dạng loài theo gradient vĩ độ

Thứ nhất, nhiệt độ. Nhiệt độ được xem là yếu tố trung tâm chi phối LDG. Theo giả thuyết động học trao đổi chất, nhiệt độ cao làm tăng tốc độ phản ứng sinh hóa, tốc độ trao đổi chất, tốc độ tiến hóa phân tử, tốc độ hình thành loài. Allen và cộng sự cho rằng nhiệt độ cao ở vùng nhiệt đới có thể thúc đẩy quá trình biệt hóa di truyền và hình thành loài mới.

Thứ hai, năng lượng sinh thái. Các khu vực nhiệt đới nhận lượng bức xạ Mặt Trời lớn hơn nên có năng suất sinh học sơ cấp cao hơn. Nguồn năng lượng dồi dào giúp hỗ trợ quần thể lớn hơn, giảm nguy cơ tuyệt chủng, cho phép nhiều loài cùng tồn tại. Giả thuyết năng lượng sinh thái là một trong những giả thuyết được ủng hộ mạnh mẽ nhất trong nghiên cứu LDG.

Thứ ba, độ ẩm và lượng mưa. Lượng mưa lớn và độ ẩm cao ở vùng nhiệt đới giúp duy trì thảm thực vật phong phú, tạo môi trường sống đa dạng cho nhiều nhóm sinh vật. Ngược lại, những khu vực khô hạn hoặc đóng băng kéo dài thường có mức độ đa dạng loài thấp.

Thứ tư, tính ổn định khí hậu. Khí hậu ổn định trong thời gian dài giúp giảm nguy cơ tuyệt chủng và tạo điều kiện cho quá trình hình thành loài mới. Các vùng nhiệt đới ít chịu ảnh hưởng của băng hà hơn vùng ôn đới. Sự ổn định này giúp giảm biến động môi trường, tạo điều kiện tích lũy đa dạng loài, thúc đẩy chuyên hóa sinh thái. Ngược lại, các vùng ôn đới thường chịu tác động mạnh của băng hà và biến động khí hậu trong lịch sử địa chất.

2.4. Các giả thuyết giải thích sự đa dạng loài theo gradient vĩ độ

Gradient đa dạng loài theo vĩ độ (Latitudinal Diversity Gradient – LDG) là hiện tượng đa dạng sinh học thường đạt mức cao nhất ở vùng nhiệt đới và giảm dần về phía hai cực. Để giải thích hiện tượng này, nhiều giả thuyết sinh thái và tiến hóa đã được đề xuất, trong đó mỗi giả thuyết nhấn mạnh một cơ chế khác nhau nhưng đều góp phần làm rõ nguyên nhân tích lũy đa dạng sinh học tại vùng xích đạo.

Thứ nhất, giả thuyết năng lượng sinh thái cho rằng lượng năng lượng sẵn có trong hệ sinh thái, chủ yếu thông qua bức xạ mặt trời và nhiệt độ, là yếu tố quan trọng quyết định sức chứa sinh học của môi trường. Ở vùng nhiệt đới, năng lượng mặt trời dồi dào thúc đẩy quang hợp, làm tăng năng suất sơ cấp thuần và tạo ra nguồn sinh khối lớn. Nguồn năng lượng này là nền tảng cho chuỗi thức ăn, cho phép duy trì quần thể lớn, giảm nguy cơ tuyệt chủng do biến động ngẫu nhiên và hỗ trợ nhiều bậc dinh dưỡng. Đồng thời, năng lượng cao tạo điều kiện cho sự chuyên hóa thức ăn và phân hóa ổ sinh thái. Tuy nhiên, giả thuyết này chưa giải thích đầy đủ các trường hợp như biển sâu có năng lượng thấp nhưng vẫn đa dạng hoặc sa mạc có năng lượng cao nhưng đa dạng thấp, cho thấy năng lượng cần được xem xét cùng các yếu tố khác như nước và độ ẩm.

Thứ hai, giả thuyết tốc độ tiến hóa tập trung vào vai trò của nhiệt độ đối với quá trình di truyền và hình thành loài. Theo thuyết động học trao đổi chất, nhiệt độ cao ở vùng nhiệt đới làm tăng tốc độ trao đổi chất của sinh vật biển nhiệt, từ đó có thể làm gia tăng tốc độ đột biến DNA. Điều kiện ấm áp cũng giúp sinh vật sinh trưởng nhanh, rút ngắn thời gian thế hệ và tạo thêm cơ hội tích lũy biến dị có lợi. Các nghiên cứu phân tử cho thấy "đồng hồ phân tử" ở vùng nhiệt đới thường chạy nhanh hơn, ủng hộ quan điểm rằng vùng xích đạo là nơi thúc đẩy mạnh quá trình hình thành loài mới.

Thứ ba, giả thuyết ổn định khí hậu nhấn mạnh vai trò của sự ít biến động môi trường. Ở vùng ôn đới, sinh vật phải thích nghi với biến động mùa rõ rệt nên thường là các loài đa năng. Ngược lại, khí hậu nhiệt đới ổn định cho phép sinh vật chuyên hóa sâu vào những ổ sinh thái hẹp. Sự chuyên hóa này làm giảm chồng lấn ổ sinh thái, từ đó giúp nhiều loài cùng tồn tại trên một diện tích mà không bị cạnh tranh loại trừ hoàn toàn.

Thứ tư, giả thuyết bảo tồn ổ sinh thái nhiệt đới cho rằng phần lớn các dòng dõi sinh vật có nguồn gốc từ thời kỳ Trái Đất có khí hậu ấm áp. Vì vậy, đặc điểm sinh lý của nhiều nhóm sinh vật thích

ngihtốt với môi trường nhiệt đới. Việc di cư lên vĩ độ cao đòi hỏi khả năng chịu lạnh, ngủ đông, rụng lá hoặc cơ chế chống đông phức tạp, tạo thành rào cản tiến hóa khiến nhiều dòng dõi tiếp tục tập trung ở vùng nhiệt đới.

Thứ năm, giả thuyết thời gian tiến hóa xem vùng nhiệt đới như một “viện bảo tàng” của sự sống. Trong các thời kỳ băng hà, vùng ôn đới và cực bị băng phủ, nhiều loài bị tuyệt diệt hoặc phải di cư. Trong khi đó, vùng nhiệt đới vẫn duy trì các nơi trú ẩn, giúp sự sống tiếp diễn lâu dài. Nhờ vậy, vùng nhiệt đới có nhiều thời gian hơn để tích lũy loài, bảo tồn các dòng dõi cổ và phát triển các tương tác sinh học phức tạp như cộng sinh, ký sinh và đồng tiến hóa.

Nhìn chung, mỗi giả thuyết đều có ưu điểm và hạn chế. Giả thuyết năng lượng sinh thái giải thích tốt mối quan hệ giữa năng suất và số loài nhưng không đủ trong mọi hệ sinh thái. Giả thuyết ổn định khí hậu làm rõ sự chuyên hóa ở sinh thái nhưng chưa giải thích hết vai trò của năng lượng và địa lý. Giả thuyết tốc độ tiến hóa được hỗ trợ bởi dữ liệu phân tử nhưng khó đo trực tiếp trên quy mô toàn cầu. Các giả thuyết lịch sử tiến hóa và bảo tồn ở sinh thái nhiệt đới có giá trị giải thích sâu, song khó kiểm chứng thực nghiệm vì liên quan đến quá trình hàng triệu năm. Vì vậy, LDG nhiều khả năng là kết quả của sự tương tác giữa năng lượng, khí hậu, lịch sử địa chất, tốc độ tiến hóa và quan hệ sinh học. Xu hướng nghiên cứu hiện nay là tích hợp các mô hình sinh thái và tiến hóa để giải thích toàn diện hơn sự hình thành và duy trì đa dạng sinh học theo vĩ độ.

2.5. Các bằng chứng thực nghiệm về gradient đa dạng loài

Nhiều nghiên cứu thực nghiệm đã xác nhận sự tồn tại của gradient đa dạng loài ở quy mô toàn cầu. Những bằng chứng này được ghi nhận ở cả hệ sinh thái trên cạn và dưới nước, từ các vùng nhiệt đới đến khu vực cực. Ở hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới Amazon, chỉ trong một hecta rừng có thể ghi nhận hàng trăm loài cây gỗ khác nhau. Trong khi đó, các khu rừng ôn đới ở Bắc Mỹ hoặc châu Âu thường chỉ chứa vài chục loài cây ưu thế. Điều này phản ánh sự chênh lệch rất lớn về mức độ đa dạng loài giữa các vùng khí hậu khác nhau.

Đối với động vật, gradient vĩ độ được thể hiện rõ ở chim và thú. Các khu vực nhiệt đới Nam Mỹ, Đông Nam Á và châu Phi là nơi tập trung số lượng loài chim cao nhất thế giới. Ngược lại, số lượng loài giảm mạnh ở các khu vực ôn đới và hàn đới. Các nghiên cứu phát sinh chủng loài cho thấy nhiều nhóm chim có nguồn gốc nhiệt đới và chỉ một phần nhỏ có khả năng mở rộng phân bố lên

vùng khí hậu lạnh hơn. Ở sinh vật biển, các rạn san hô nhiệt đới là minh chứng điển hình cho LDG. Khu vực Coral Triangle trải dài từ Indonesia đến Philippines được xem là “trung tâm đa dạng sinh học biển” của thế giới với hàng nghìn loài cá, san hô và động vật không xương sống. Trong khi đó, các vùng biển cực có điều kiện môi trường khắc nghiệt hơn và mức độ đa dạng thấp hơn đáng kể.

Nghiên cứu của Tittensor và cộng sự (2010) đã tổng hợp dữ liệu từ nhiều nhóm sinh vật biển khác nhau và chứng minh rằng đa dạng sinh học biển có xu hướng giảm dần theo khoảng cách từ xích đạo. Kết quả này cho thấy LDG không chỉ là hiện tượng của hệ sinh thái trên cạn mà còn có tính phổ quát trong đại dương. Ngoài ra, các nghiên cứu sử dụng dữ liệu phân tử hiện đại cũng cho thấy tốc độ tiến hóa ở vùng nhiệt đới thường cao hơn vùng ôn đới. Allen et al. (2006) chứng minh rằng nhiệt độ có thể thúc đẩy tốc độ biến đổi di truyền và hình thành loài mới. Những bằng chứng này góp phần củng cố giả thuyết tốc độ tiến hóa trong giải thích LDG. Tuy nhiên, cũng tồn tại một số ngoại lệ. Một vài nhóm sinh vật biển sâu hoặc vi sinh vật không thể hiện gradient vĩ độ rõ ràng. Điều này cho thấy LDG có thể phụ thuộc vào đặc điểm sinh học của từng nhóm loài cũng như điều kiện môi trường cụ thể.

2.6. Vai trò của biến đổi khí hậu đối với gradient đa dạng loài

Biến đổi khí hậu toàn cầu hiện nay đang tác động mạnh mẽ đến sự phân bố sinh vật và có khả năng làm thay đổi cấu trúc của gradient đa dạng loài trong tương lai. Sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu khiến nhiều loài có xu hướng dịch chuyển phạm vi phân bố về phía cực hoặc lên vùng núi cao nhằm thích nghi với điều kiện khí hậu mới. Một số nghiên cứu cho thấy tốc độ dịch chuyển phân bố của nhiều loài động thực vật trong vài thập niên gần đây đã tăng đáng kể. Điều này có thể dẫn đến sự thay đổi về thành phần loài giữa các khu vực vĩ độ khác nhau và làm biến đổi cấu trúc LDG truyền thống. Các hệ sinh thái nhiệt đới hiện được xem là khu vực dễ bị tổn thương nhất trước biến đổi khí hậu. Nhiều loài nhiệt đới có phạm vi chịu nhiệt hẹp nên khó thích nghi với sự gia tăng nhiệt độ môi trường. Bên cạnh đó, các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, cháy rừng và bão mạnh cũng làm gia tăng nguy cơ tuyệt chủng.

Trong môi trường biển, hiện tượng axit hóa đại dương và sự gia tăng nhiệt độ nước biển đang gây ra hiện tượng tẩy trắng san hô trên diện rộng. Điều này đe dọa nghiêm trọng đến các trung tâm đa dạng sinh học biển nhiệt đới như Great Barrier

Reef và Coral Triangle. Biến đổi khí hậu cũng có thể làm gia tăng nguy cơ xâm lấn sinh học khi nhiều loài mở rộng phạm vi phân bố sang các khu vực mới. Điều này làm thay đổi tương tác sinh thái giữa các loài và có thể dẫn đến suy giảm đa dạng sinh học bản địa. Do đó, nghiên cứu LDG trong bối cảnh biến đổi khí hậu không chỉ có ý nghĩa lý thuyết mà còn đóng vai trò quan trọng trong công tác dự báo và quản lý đa dạng sinh học toàn cầu.

2.7. Liên hệ nghiên cứu gradient đa dạng loài ở Việt Nam và Đông Nam Á

Việt Nam nằm trong khu vực nhiệt đới gió mùa Đông Nam Á - một trong những trung tâm đa dạng sinh học quan trọng của thế giới. Điều kiện khí hậu nóng ẩm, địa hình đa dạng và lịch sử địa chất phức tạp đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành và duy trì nhiều hệ sinh thái khác nhau. Hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam chứa số lượng lớn các loài động thực vật đặc hữu. Nhiều khu vực như dãy Trường Sơn, Tây Nguyên và vùng núi phía Bắc được xem là những hotspot đa dạng sinh học quan trọng của khu vực Đông Nam Á. Gradient đa dạng loài ở Việt Nam cũng thể hiện tương đối rõ theo hướng Bắc - Nam và theo độ cao địa hình. Các khu vực phía Nam với khí hậu nhiệt đới ổn định quanh năm thường có mức độ đa dạng sinh học cao hơn các vùng cận nhiệt phía Bắc. Đồng thời, đa dạng loài cũng thay đổi theo gradient độ cao từ vùng đồng bằng đến vùng núi cao. Trong môi trường biển, vùng biển Việt Nam thuộc khu vực Indo-Pacific - nơi có mức độ đa dạng sinh học biển cao nhất thế giới. Các hệ sinh thái rạn san hô, thảm cỏ biển và rừng ngập mặn đóng vai trò quan trọng trong duy trì đa dạng sinh học và nguồn lợi thủy sản.

Tuy nhiên, đa dạng sinh học ở Việt Nam hiện đang chịu nhiều sức ép từ: mất rừng, khai thác tài nguyên quá mức, ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu, đô thị hóa. Việc nghiên cứu gradient đa dạng loài tại Việt Nam có ý nghĩa quan trọng trong: xác định khu vực ưu tiên bảo tồn; dự báo biến động hệ sinh thái; xây dựng chiến lược quản lý tài nguyên sinh học; bảo tồn các loài đặc hữu và nguy cấp. Trong tương lai, cần tăng cường các nghiên cứu kết hợp: dữ liệu GIS, sinh học phân tử, mô hình hóa khí hậu, dữ liệu viễn thám để hiểu rõ hơn quy luật phân bố đa dạng sinh học tại Việt Nam và Đông Nam Á trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu.

III. KẾT LUẬN

Sự đa dạng loài theo gradient vĩ độ là quy luật phổ biến của sinh giới, phản ánh xu hướng gia tăng số lượng loài từ vùng cực về phía xích đạo. Quy luật này xuất hiện ở hầu hết các hệ sinh thái trên cạn và dưới nước. Kết quả nghiên cứu cho thấy nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm, tính ổn định khí hậu và lịch sử tiến hóa là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến LDG. Đồng thời, các giả thuyết giải thích hiện tượng này đều có giá trị nhất định nhưng chưa đủ khả năng giải thích toàn diện nếu xem xét riêng lẻ. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu và suy giảm đa dạng sinh học hiện nay, việc nghiên cứu LDG có ý nghĩa quan trọng đối với công tác bảo tồn sinh học, dự báo biến động hệ sinh thái và quản lý tài nguyên thiên nhiên. Đặc biệt, cần mở rộng các nghiên cứu thực nghiệm về gradient đa dạng loài tại khu vực Đông Nam Á và Việt Nam nhằm bổ sung dữ liệu cho sinh thái học nhiệt đới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Allen, A. P., Gillooly, J. F., Savage, V. M., & Brown, J. H. (2006). Kinetic effects of temperature on rates of genetic divergence and speciation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(24), 9130-9135. <https://doi.org/10.1073/pnas.0603587103>
- Belmaker, J., & Jetz, W. (2015). Relative roles of ecological and energetic constraints, diversification rates and region history on global species richness gradients. *Ecology Letters*, 18(6), 563-571. <https://doi.org/10.1111/ele.12438>
- Brown, J. H., & Lomolino, M. V. (1998). Biogeography (2nd ed.). *Sinauer Associates*.
- Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405, 220-227. <https://doi.org/10.1038/35012228>
- Hillebrand, H. (2004). On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist*, 163(2), 192-211. <https://doi.org/10.1086/381004>
- Krebs, C. J. (1985). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance* (3rd ed.). *Harper & Row*.
- Nguyễn Nghĩa Thìn. (2004). *Hệ thực vật và đa dạng loài*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Rohde, K. (1992). Latitudinal gradients in species diversity: The search for the primary cause. *Oikos*, 65(3), 514-527. <https://doi.org/10.2307/3545569>
- Rolland, J., Condamine, F. L., Jiguet, F., & Morlon, H. (2014). Faster speciation and reduced extinction in the tropics contribute to the mammalian latitudinal diversity gradient. *PLoS Biology*, 12(1), e1001775. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001775>
- Tittensor, D. P., Mora, C., Jetz, W., Lotze, H. K., Ricard, D., Berghe, E. V., & Worm, B. (2010). Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature*, 466, 1098-1101. <https://doi.org/10.1038/nature09329>