



VŨ TRUNG TẠNG



SINH THÁI HỌC HỆ SINH THÁI



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

GS.TS. VŨ TRUNG TẠNG

SINH THÁI HỌC HỆ SINH THÁI

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục

04 – 2008/CXB/432 – 1999/GD

Mã số : 7K705y8 – DAI

Lời nói đầu

Sinh thái học là khoa học nghiên cứu về các mối quan hệ thống nhất giữa sinh vật với môi trường. Như Viện sĩ Viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô, X.X. Chvartch (1975) đã viết “Sinh thái học là khoa học về đời sống của tự nhiên. Nếu Sinh thái học đã xuất hiện cách đây hơn 100 năm như một khoa học về mối tương tác giữa cơ thể và môi trường thì ngày nay nó trở thành một khoa học về cấu trúc của tự nhiên, khoa học về cái mà sự sống bao phủ trên hành tinh đang hoạt động trong sự toàn vẹn của mình”.

Từ khi ra đời, Sinh thái học đã có những đóng góp to lớn cho nền văn minh nhân loại. Ngày nay, khi áp lực dân số gia tăng, nhu cầu đời sống và trình độ khoa học – công nghệ ngày một cao, con người càng can thiệp sâu vào các quá trình tự nhiên thì Sinh thái học đang phải tập trung mọi cố gắng của mình vào việc nghiên cứu và giải quyết những hậu quả do con người gây ra, nhằm thiết lập lại mối quan hệ hài hoà giữa con người với thiên nhiên. Do đó, Sinh thái học không chỉ là nhu cầu của nhận thức mà trở thành những nguyên tắc, nền tảng khoa học cho chiến lược phát triển bền vững của xã hội loài người.

Như các quốc gia khác, ở nước ta, Sinh thái học đang dần được phổ cập trong các trường, từ bậc Trung học cơ sở đến bậc sau Đại học thuộc nhiều lĩnh vực trong khoa học tự nhiên và khoa học xã hội. Hơn nữa, kiến thức Sinh thái học ngày càng đi sâu vào đời sống của quảng đại quần chúng.

Các sách giáo khoa và tài liệu phổ cập về Sinh thái học đã được xuất bản ngày một đa dạng. *Sinh thái học hệ sinh thái (System Ecology)* là một trong những tài liệu chuyên sâu mà nội dung của nó tập trung vào những nguyên lý cơ bản trong cấu trúc, hoạt động chức năng của các thành phần cấu tạo nên hệ sinh thái cũng như toàn bộ hệ thống để hệ tồn tại và phát triển bền vững trong suốt quá trình tiến hoá. Trên cơ sở hiểu biết những thuộc tính vốn có của hệ sinh thái, chúng ta càng nhận rõ vị trí và vai trò của các thành viên tham gia vào hệ thống, bao gồm cả con người và hoạt động của con người.

Trong lịch sử tiến hoá, các hệ sinh thái nói riêng hay sinh quyển nói chung đã trải qua bao thăng trầm để đạt đến trạng thái tương đối ổn định như ngày nay. Tiếc thay, sau Kỷ Băng hà lần cuối, Trái Đất đang ở vào giai đoạn tương đối yên tĩnh thì hoạt động của con người lại trở thành nhân tố gây hỗn loạn, tạo ra những

hậu quả sinh thái nặng nề đối với đời sống của sinh quyển. Các nhà khoa học cho rằng, nếu không được ngăn chặn thì hậu quả đó chẳng kém gì những “tai biến” địa chất đã từng xảy ra trước đây.

Con người phải sớm thay đổi nhận thức và hành động để xây dựng chiến lược khai thác và quản lý hiệu quả đa dạng sinh học, chống suy thoái môi trường để phát triển bền vững và để cứu lấy Trái Đất hay cứu lấy chính mình.

Sinh thái học hệ sinh thái ra đời được xem như một tài liệu tham khảo đối với sinh viên, học viên sau đại học, các thầy, cô giáo và những nhà khoa học quan tâm đến lĩnh vực Sinh thái học. Trong thời gian biên soạn, không thể tránh khỏi những nhược điểm và sai sót, tác giả rất mong được bạn đọc đóng góp ý kiến và lượng thứ. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Ban Biên tập sách Đại học – Cao đẳng, Công ty CP sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục – 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

Hà Nội, 30 tháng 4 năm 2007

Tác giả

GS.TS.VŨ TRUNG TẠNG



ĐỊNH NGHĨA VÀ THÀNH PHẦN CẤU TRÚC CỦA HỆ SINH THÁI

1.1. ĐỊNH NGHĨA HỆ SINH THÁI VÀ CÁC KHÁI NIỆM CÓ LIÊN QUAN

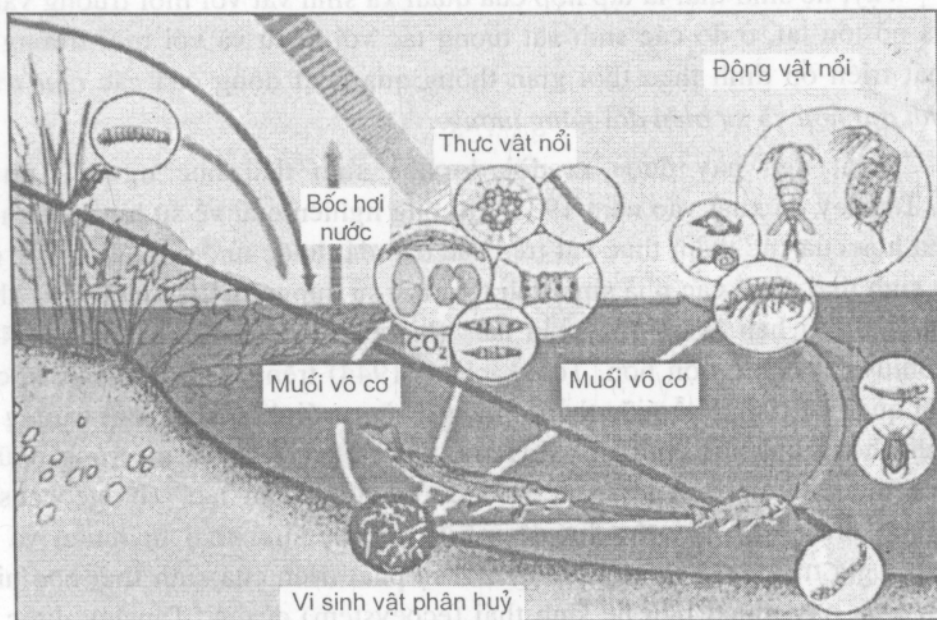
Trong đời sống thường nhật, mỗi chúng ta đang hoạt động trong một đơn vị của thiên nhiên và tiếp cận với nhiều đơn vị thiên nhiên khác, chẳng hạn, như một hồ nước, một khoảnh rừng, một khúc sông, một đầm tôm... Những đơn vị tự nhiên đó chính là những hệ sinh thái, nơi tồn tại và phát triển của các loài động, thực vật và vi sinh vật trong những mối quan hệ phức tạp để thực hiện hoàn chỉnh chức năng sinh học của mình, tương tự như một cơ thể sống. Rừng, biển... là những hệ sinh thái tự nhiên được hình thành bởi các quy luật của tự nhiên. Đầm tôm, ao cá, nương rẫy... là những hệ sinh thái nhân tạo được hình thành do bàn tay con người.

Vậy, hệ sinh thái là tập hợp của quần xã sinh vật với môi trường vật lý mà nó tồn tại, ở đó các sinh vật tương tác với nhau và với môi trường để phát triển ổn định theo thời gian thông qua hoạt động của các *chu trình sinh địa hoá* và *sự biến đổi năng lượng*.

Thuật ngữ này được ra đời do nhà sinh thái học người Anh là A. Tansley đề xuất vào năm 1935, khi ông nghiên cứu về sự hình thành và tiến hoá của các thảm thực vật trên các đảo đá thuộc nước mình. Trước đó, hệ sinh thái được các nhà sinh thái tiền bối sử dụng với các thuật ngữ khác nhau, chẳng hạn “sinh vật quần lạc” (biocenose) của Dakuchaev (1846), Mobius (1877); muộn hơn, Tchukachev (1944) trên cơ sở nghiên cứu mối quan hệ tương hỗ giữa thảm thực vật rừng với điều kiện môi trường vô sinh, thông qua các chu trình hoá học xảy ra trong đó đã mở rộng những khái niệm trên thành khái niệm “sinh vật địa quần lạc” (biogeocense). Những thuật ngữ này thường để mô tả các hệ sinh thái tự nhiên và có những giá trị khoa học mở đường cho sự phát triển của sinh thái học hiện đại. Đến nay, thuật ngữ hệ sinh thái (ecoeystem) của A. Tansley được sử dụng rộng rãi bởi vì nó có nội hàm rộng hơn, bao gồm cả các hệ thống tự

như rừng cây, đồng cỏ, vịnh biển và hệ thống nhân tạo như đồng ruộng, nương rẫy; thuật ngữ còn bao gồm những hệ cực bé (microecosystem) được tạo ra trong ống nghiệm của các phòng thí nghiệm đến những hệ lớn như hồ chứa, rừng, biển... Tàu vũ trụ cũng được xem như một hệ sinh thái nhân tạo đặc biệt, bởi vì nó tồn tại trong vũ trụ như một hệ thống kín, đang hướng đến trạng thái mở khi con người tạo ra cho nó quá trình tự sản xuất và tiêu thụ thông qua sự tiếp nhận năng lượng và vật chất từ bên ngoài. Hiện tại, tàu vũ trụ tồn tại và hoạt động được là do con người cung cấp và trang bị cho nó các điều kiện thiết yếu như nhiên liệu, nước, các nguồn vật chất khác để con người và các sinh vật mang theo có thể sống và hoạt động trong những khoảng thời gian giới hạn. Do vậy, tàu vũ trụ trở thành một hệ đặc biệt, không giống bất kỳ một hệ sinh thái nào trên Trái Đất.

Thành phần cấu trúc của hệ sinh thái rất đa dạng, được tổ chức theo thứ bậc chặt chẽ, cùng với các mối quan hệ và thông tin, trên cơ sở đó, hệ thực hiện trọn vẹn chu kỳ sinh học của mình. Bởi vậy, hệ sinh thái được xem là một đơn vị cấu trúc rất hoàn chỉnh của tự nhiên (hình 1.1). Không những thế, hệ sinh thái còn có những thuộc tính rất cơ bản khác quyết định đến thành phần cấu trúc và hoạt động, chức năng của nó như *không gian*, *thời gian* và các *mối quan hệ tương tác* với các hệ sinh thái khác.



Hình 1.1. Sơ đồ cấu trúc hệ sinh thái nước ngọt (Duvignaud et Tanghe, 1967).

Không gian của hệ sinh thái được xác định bởi chiều dài, chiều rộng, chiều cao và độ sâu, còn thời gian của hệ gồm cả quá khứ, hiện tại và tương lai trong lịch sử đời sống của nó.

Không gian của hệ sinh thái là một thuộc tính khách quan, nhưng giới hạn rõ ràng của nó trong nhiều trường hợp lại được vạch ra một cách nhân tạo, bởi vì trong tự nhiên, hệ sinh thái không tồn tại độc lập mà còn liên hệ mật thiết với các hệ khác bằng các hệ *chuyển tiếp*, và không một hệ sinh thái nào, tương tự như cơ thể, lại có thể phát triển và tự thoả mãn được các nhu cầu của mình. Sông liên hệ với biển, biển chịu tác động của sông; một vịnh biển mở ra biển lớn hơn; một cái hồ cũng phải tiếp nhận vật chất từ các vùng đất xung quanh thông qua xoang tiếp xúc đất – nước ven hồ, song về phía mình, hơi nước của hồ làm thay đổi nhiệt độ và độ ẩm của các hệ lân cận.

Lịch sử phát triển của hệ sinh thái không chỉ liên quan với những biến đổi của điều kiện môi trường mà còn chứa đựng trong đó yếu tố của thời gian mà hệ đã trải qua thông qua những “đấu ấn” hay những đặc điểm thích nghi của sinh vật với môi trường, hằn lên trong đời sống của các loài mà ta có thể tìm thấy trong các dạng hoá thạch. Khoa học nghiên cứu về mối quan hệ tương hỗ giữa sinh vật với điều kiện môi trường trong các giai đoạn quá khứ của lịch sử phát triển Trái Đất gọi là *Cổ sinh thái học* (*Paleoecology*) được ra đời. Thời gian trở thành nhân tố vật chất thiết yếu cho sự hình thành và tiến hoá của các loài và các hệ sinh thái. Nhờ có thời gian, muôn vật mới đủ điều kiện để đồng hoá năng lượng và vật chất, và mới gia tăng được sinh khối, mới sinh sôi, nảy nở cho sự phát triển hưng thịnh. Gieo trồng không đúng thời vụ, các cây lương thực không thể ra hoa, kết hạt so với điều kiện bình thường, do đó, mùa màng không cho năng suất mong muốn, thậm chí bị thất thu.

Trên cơ sở thừa nhận những quan niệm khách quan như thế, con người mới nhận thức một cách sâu sắc những thuộc tính và hoạt động, chức năng của hệ sinh thái và từ đó mới biết khai thác, sử dụng và quản lý các đơn vị thiên nhiên một cách có hiệu quả cho sự phát triển bền vững.

1.2. CÁC KIỂU HỆ SINH THÁI

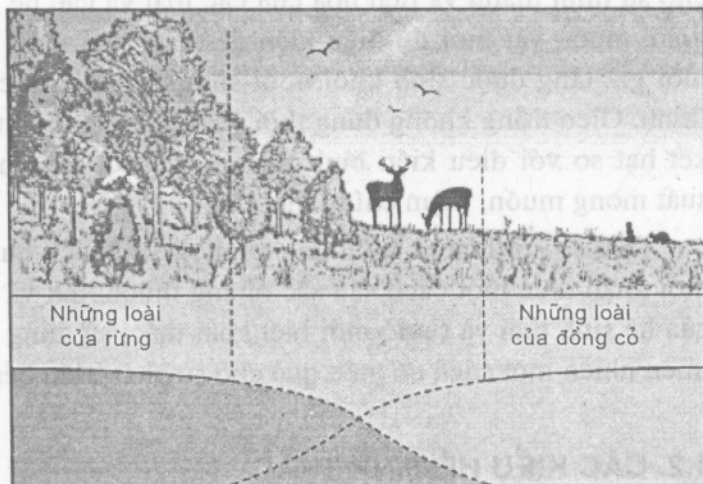
Các hệ sinh thái tồn tại và phát triển trên Trái Đất là cơ sở sinh tồn của mọi sự sống, bao gồm cả loài người. Hệ sinh thái đảm bảo cho sự chu

chuyển không ngừng của các nguyên tố hoá học giữa môi trường và quần xã sinh vật, duy trì sự ổn định và màu mỡ của đất đai, điều tiết nước ngầm, chống xói lở bờ bãi, điều hoà chế độ thuỷ văn, khí hậu, thời tiết, thanh lọc các chất ô nhiễm, đồng thời còn tạo nên những giá trị phi vật thể (giá trị thẩm mỹ, văn hoá bản địa. v.v.).

Các hệ sinh thái dù là tự nhiên hay nhân tạo, phân hoá rất đa dạng, hầu như chiếm mọi vùng trên bề mặt hành tinh, từ miền xích đạo, nơi khí hậu nóng ẩm đến các miền cận cực lạnh giá, từ đáy biển sâu đến các đỉnh núi cao hay dưới mặt đất đến vài ba dặm. Nói chung, mỗi kiểu hệ sinh thái có thể có ranh giới khá rõ ràng. Song giữa các hệ, người ta cũng quan sát thấy có sự biến đổi dần dần, từ một hệ này sang một hệ khác, tạo nên *vùng chuyển tiếp* giữa chúng (hình 1.2 và 1.8). Ở đó, ngoài những điều kiện riêng về môi trường và những cư dân đặc trưng còn gặp một số loài động vật, thực vật sinh sống ở các hệ lân cận, thích nghi với điều kiện chuyển tiếp xâm nhập vào để thực hiện một chức năng sống nhất định như kiếm ăn, sinh sản trong những khoảng thời gian xác định của lịch sử đời sống. Vùng “ranh giới” này được gọi là *hệ đệm* hay *hệ chuyển tiếp* (*ecoton*).

Có nhiều ví dụ về hệ chuyển tiếp. Chẳng hạn, bìa rừng là nơi chuyển tiếp giữa rừng và đồng cỏ (hình 1.2), vùng chuyển tiếp giữa thảo nguyên và hoang mạc v.v.

Như vậy, hệ ecoton là một hệ sinh thái mang tính chuyển tiếp giữa các hệ sinh thái lớn nằm kề nhau, có những đặc trưng hầu như tương phản với nhau. Sự tồn tại và phát triển của hệ đệm không chỉ phụ thuộc vào những nhân tố của môi trường vật lý mà nó tồn tại như địa hình,



Hình 1.2. Hệ sinh thái chuyển tiếp giữa rừng và đồng cỏ (hay bìa rừng) (Theo Purveslife).

thổ nhưỡng, khí hậu, thủy văn... mà còn chịu ảnh hưởng và bị chi phối bởi các hệ lân cận.

Về mặt không gian, hệ đệm bao giờ cũng nhỏ hơn so với các hệ chính cấu tạo nên nó. Ở đó các điều kiện môi trường, nói chung, thường khắc nghiệt hơn và kém ổn định do tính pha trộn của các hệ lân cận. Trong điều kiện như thế, không phải tất cả các loài đều có mặt mà chỉ một số không nhiều có nguồn gốc khác nhau thích nghi với điều kiện chuyển tiếp của vùng mới có thể tồn tại và phát triển. Do thành phần loài sinh vật kém đa dạng, lại sống trong một không gian rộng lớn, mức độ cạnh tranh giữa các loài thấp, ít kẻ thù nên những loài cư trú trong hệ đệm thường có nhiều cơ hội thuận lợi để phát triển phong phú số lượng cá thể của mình, tạo ra sản lượng cao cho khai thác (Vũ Trung Tạng, 1985, 1994).

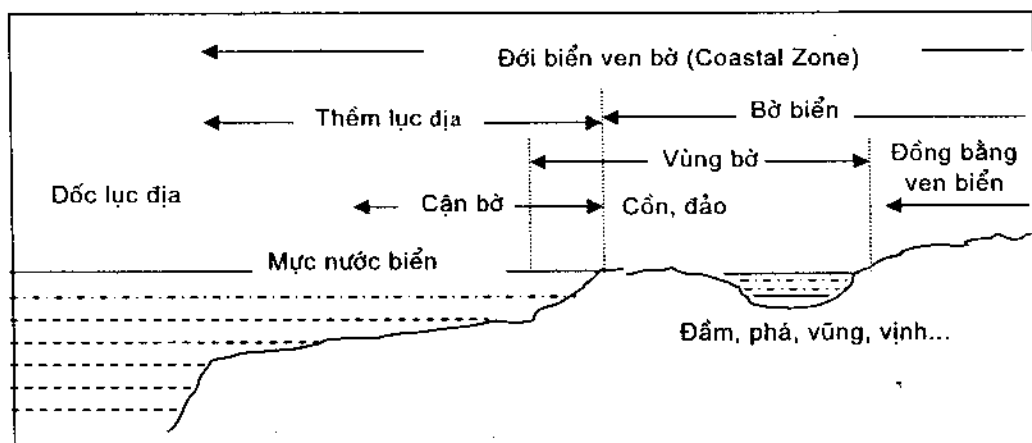
Tương tự như những vùng đã nêu, trên bề mặt hành tinh tồn tại những hệ chuyển tiếp rộng lớn, đang lôi cuốn sự quan tâm của nhiều nhà khoa học và nhiều lĩnh vực khoa học. Đó là vùng chuyển tiếp *Lục địa – Biển* (*Coastal Zone*), vùng chuyển tiếp *Khí quyển – Thủy quyển* (*Atmosphere – Hydrosphere*) – nơi sinh sống của các quần xã sinh vật màng nước (*Pleiston – Neiston*), vùng chuyển tiếp *Đáy – Nước* (*Pelagobenthos*) và vùng chuyển tiếp giữa nơi đất cao và nước sâu của các thủy vực (hình 1.8), được gọi là *Đất ngập nước* (*Wetland*). Những vùng đó đang trở thành đối tượng nghiên cứu sôi động trong mọi quốc gia và trên mọi vùng lãnh thổ.

1.2.1. Vùng chuyển tiếp lục địa – biển

Phạm vi của vùng trải dài thành một đai bao lấy lục địa, gồm nơi sâu nhất về phía lục địa là dải đồng bằng thấp ven biển với độ muối của nước trên 0,5‰, còn nơi rộng nhất về phía biển là rìa của thềm lục địa. Trong vùng có mặt các hệ cửa sông, dải đầm phá, vụng, vịnh nông, vùng nước cận bờ, các hải đảo thềm lục địa, các rạn san hô, các thảm cỏ biển (hình 1.3). Đây không chỉ là nơi tranh chấp mãnh liệt giữa biển và lục địa mà còn chịu ảnh hưởng trực tiếp của các động lực xảy ra trong khí quyển.

Những tác nhân trực tiếp chi phối đến vùng là các dòng sông và dòng biển. Các dòng sông chuyển một khối lượng nước, bùn cát, khoáng chất và ion khổng lồ từ lục địa ra biển làm cho độ muối biến đổi, kéo theo là sự biến đổi của các yếu tố hải dương khác. Theo Alekin (1966), các hệ thống sông trên toàn thế giới hàng năm chuyển ra đại dương 42.000 km³ nước

ngọt, 18,53 tỷ tấn chất rắn, 23.10^8 tấn ion, 36 triệu tấn các muối vi lượng, 720 triệu tấn các chất hữu cơ, 175 triệu tấn *coloit* khoáng chứa Si, Fe, Al. Cùng với điều đó, các dòng hải lưu, thủy triều, sóng từ phía đại dương và mưa, gió, giông, bão có nguồn gốc từ khí quyển gây ra những xáo trộn lớn trong vùng. Khi con người vượt khỏi đất liền ra biển thì hoạt động của họ cũng làm cho đới biển ven bờ chịu những hậu quả không kém nặng nề do đánh bắt hải sản, khai khoáng, khai thác dầu mỏ và khí đốt, mở mang giao thông hàng hải, và đã trực tiếp gây ô nhiễm môi trường biển.



Hình 1.3. Sự phân chia các phân bậc trong đới biển ven bờ (Iman & Nordstrom, 1974).

Tài nguyên thiên nhiên trong vùng là kết quả của mối tương tác lục địa – biển và rất đa dạng, nhưng gắn bó mật thiết với nhau. Trong khai thác và sử dụng tài nguyên, con người không tính đến những mối quan hệ hữu cơ đó, thường chia lẻ và cắt cứ theo từng lĩnh vực kinh tế, tạo nên những mâu thuẫn về lợi ích giữa các ngành, do đó, đã để lại cho vùng những hậu quả sinh thái nặng nề. Trước những tác động ngày một gia tăng và khó bề kiểm soát như thế, nhiều chương trình nghiên cứu liên ngành được đề xuất và triển khai, nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho các quy hoạch khai thác, sử dụng và quản lý tổng hợp đới biển ven bờ cho phát triển bền vững.

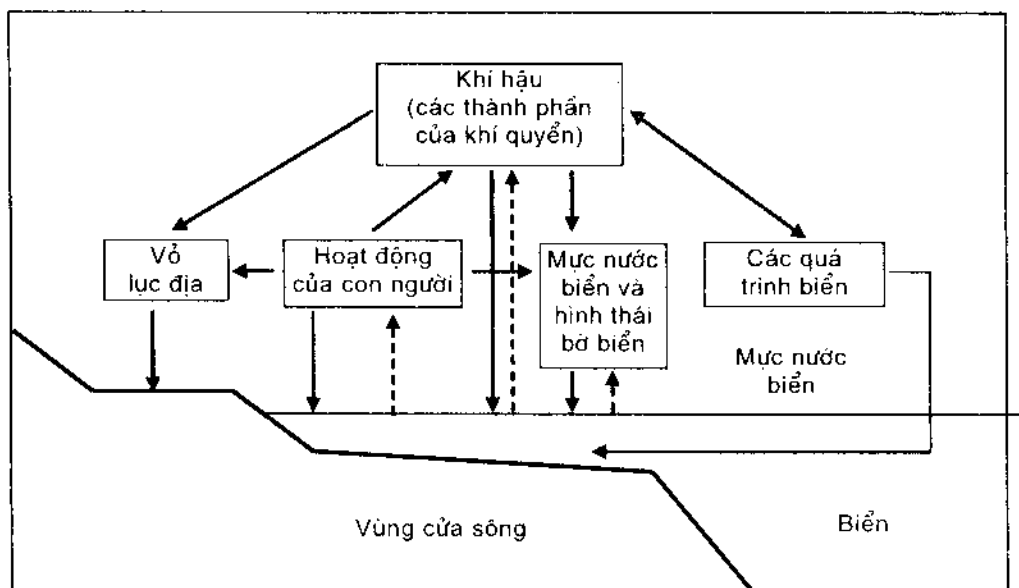
Nước ta với hơn 3.260 km bờ biển, kéo dài trên 13 vĩ độ địa lý với vùng đặc quyền kinh tế rộng gần 1 triệu cây số vuông và trên 3.000 đảo và quần đảo lớn nhỏ đã trở thành quốc gia có biển lớn nhất trong khu vực. Những giá trị tiềm tàng của đới biển ven bờ còn chưa được hiểu biết và đánh giá đầy đủ. Khai thác tài nguyên còn chứa đựng nhiều nhân tố không

bền vững như khai thác quá mức, tập trung ở hải sản nông sát bờ, do đó, gây lãng phí, suy kiệt nhanh chóng tài nguyên, trong khi chính sách quản lý của nhà nước lại mang tính đơn ngành, không đủ năng lực để giám sát và quản lý tài nguyên một cách hữu hiệu. Bởi vậy, những nghiên cứu cơ bản và ứng dụng trong đới biển này càng trở nên quan trọng và cấp bách để tạo cơ sở khoa học cho các quy hoạch khai thác tổng hợp và phát triển kinh tế biển bền vững, đồng thời quản lý và thực hiện đầy đủ chủ quyền quốc gia trên vùng biển rộng lớn này.

1.2.1.1. Vùng cửa sông (Estuary)

Vùng cửa sông là một bộ phận của đới biển ven bờ (hình 1.4), nơi chuyển tiếp giữa nước ngọt và nước mặn với độ muối biến thiên trong khoảng 0,5–30(32)‰. Theo Pritchard (1967), “cửa sông là một thủy vực ven bờ nửa khép kín, liên hệ trực tiếp với biển và ở đó nước biển hoà trộn có mức độ với nước ngọt đổ ra từ các dòng lục địa bởi hoạt động của thủy triều”. Thực chất, đây là vùng nước lợ, nhưng độ muối và các yếu tố môi trường thường xuyên biến động theo cả không gian và thời gian và mang tính chu kỳ xác định (chu kỳ mùa của khí hậu và chu kỳ triều của biển), hoàn toàn khác biệt với các hồ nước mặn ven biển hoặc các cửa sông, nơi không có thủy triều. Trong vùng cửa sông, hoạt động của dòng sông và dòng biển làm xáo trộn để biến đổi nước ngọt thành nước biển, đồng thời còn sắp xếp lại các trầm tích được mang ra từ lục địa, liên tiếp tạo nên các vùng đất mới cho châu thổ, các cồn đảo cửa sông và tiền châu thổ ở những nơi dòng lục địa ưu thế hoặc những cửa sông hình phễu, đáy và bờ ngày một xói lở, biển ngày một tiến sâu vào lục địa ở những nơi quá trình biển chiếm ưu thế.

Vùng cửa sông không chỉ là nơi hội tụ nguồn chất dinh dưỡng giàu có mà còn là địa bàn phân bố của phần lớn những loài biến thẩm thấu (poikilohaline) và rộng muối (euryhaline), nơi sống bắt buộc của một số loài giáp xác và cá ở những giai đoạn nhất định của lịch sử đời sống, nơi kiếm ăn và sinh sản của hàng loạt loài động vật có nguồn gốc từ biển và nước ngọt. Vùng cửa sông là cửa ngõ của con đường di cư *sông – biển* (katadromy) và *biển – sông* (anadromy) của một số loài động vật nước ngọt và biển, cũng như con đường di nhập trước đây hay đang diễn ra hiện nay của không ít loài động vật biển vào các thủy vực nội địa để mở rộng vùng phân bố của mình và tham gia vào sự hình thành động vật giới nước ngọt (Đặng Ngọc Thanh, 1974 ; Vũ Trung Tạng, 1994).



Hình 1.4. Môi tương tác của các quá trình động lực lên vùng cửa sông. Mũi tên đậm chỉ các tác động trực tiếp, mũi tên đứt đoạn chỉ các tác động phản hồi.

Do môi trường cửa sông rất biến động nên thành phần khu hệ sinh vật kém đa dạng so với các thủy vực nước ngọt và biển, nhưng những loài nào phân bố được ở đây nhờ thừa hưởng nguồn chất dinh dưỡng giàu có, trước hết là mùn bã hữu cơ (detrit) đều phát triển đông về số lượng, tạo ra sản phẩm khai thác cao cho vùng.

Dọc ven biển nước ta, phần lớn các hệ thống sông đều chảy theo hướng tây bắc – đông nam đổ ra biển, trong đó lớn nhất là các hệ thống sông Hồng – Thái Bình và Cửu Long – Đồng Nai. Do vậy, vào mùa lũ, gần như toàn bộ vùng nước cận bờ bị ngọt hoá, tạo ra diện tích vùng cửa sông rộng lớn ôm lấy bờ biển, trở thành địa bàn quan trọng cho sự phát triển của nhiều ngành kinh tế mang tầm cỡ quốc gia, trước hết là khai thác và nuôi trồng thủy sản; khai thác, trồng và tu bổ rừng ngập mặn; quai đê lấn biển để mở rộng đất đai cho phát triển nông nghiệp và định cư; sau là khai khoáng, bao gồm cả dầu mỏ và khí đốt; phát triển giao thông biển và mở mang du lịch sinh thái biển.

Trong phạm vi vùng cửa sông nước ta có mặt hàng loạt các hệ sinh thái đặc sắc: các cửa sông chính thức mà điển hình là *cửa sông delta* thuộc châu thổ sông Hồng, sông Cửu Long; *cửa sông hình phễu* với đại diện là

các cửa sông Hải Phòng – Quảng Yên, cửa Soi Ráp; chuỗi *dâm phá ven biển* miền Trung như Tam Giang, An Truyền, Cầu Hai, Lăng Cô...; các *vũng, vịnh nông* ven bờ (hình 1.5), nơi hàng năm đều tiếp nhận nước ngọt từ một vài con sông (Hạ Long, Đà Nẵng, Trà Ô, Thị Nại, Ô Loan, Văn Phong – Bến Gò...), các *sinh lầy rừng ngập mặn* Tây Nam Bộ. Chúng có thể khác nhau về nguồn gốc hình thành, các đặc điểm địa chất, địa mạo, địa lý – khí hậu, sự dao động mực nước, nhưng đều chịu sự chi phối trực tiếp của các quá trình động lực địa và đại dương (Vũ Trung Tạng, 1994).

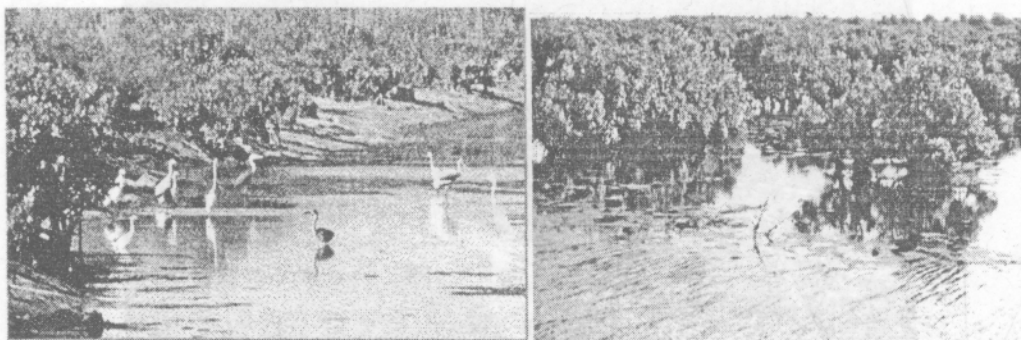


Hình 1.5. Các hệ sinh thái ven biển: Một phần vịnh Cam Ranh, hệ sinh thái trên cạn là dải bờ biển ngăn cách vịnh với vùng biển ven bờ
(Ảnh: Vũ Trung Tạng)

1.2.1.2. Rừng ngập mặn (Mangrove forest)

Rừng ngập mặn là đơn vị cấu thành của hệ sinh thái cửa sông, phát triển ổn định trong môi trường bất ổn định (Vũ Trung Tạng, 1994, 2001), đặc trưng cho các cửa sông nhiệt đới và cận nhiệt đới với nhiệt độ trung bình năm không thấp hơn 20°C , trừ một số loài phân bố rộng như Trạng (Kandelia candel), Đắng (Rhizophora stylosa), Mắm biển (Avicennia maria), Vẹt dù (Brugiera gymnorhiza), Cóc vàng (Lumnitzera racemoza). Cây rừng ngập mặn chính thức (true mangroves) với nhiều đại diện

diễn hình thuộc các họ Đước (*Rhizophoraceae*), Dừa (*Palmeae*), Bần (*Sonneratiaceae*), Mắm (*Avicenniaceae*), Xoan (*Meliaceae*), Ráng (*Pteridaceae*), Đon nem (*Myrsnaceae*), Bàng (*Combretaceae*), Cà phê (*Rubiaceae*), Thầu dầu (*Euphorbiaceae*), Ô rô (*Acanthaceae*)... cùng với nhiều loài cây ngập mặn *gia nhập* (*associated mangroves*) và những cây từ *nội đồng* chuyển ra thuộc các nhóm phân loại khác nhau thích nghi với điều kiện đất mặn ven biển như các đại diện của họ Na (*Annonaceae*), họ Trúc đào (*Apocynaceae*), họ Thiên lý (*Asclepiadaceae*), Cói (*Cyperaceae*), họ Đậu (*Leguminoseae*), họ hoà thảo (*Gramineae*)... phân bố trên những bãi triều hoặc nơi đất cao của vùng cửa sông, phát triển, khép tán thành rừng (hình 1.6).

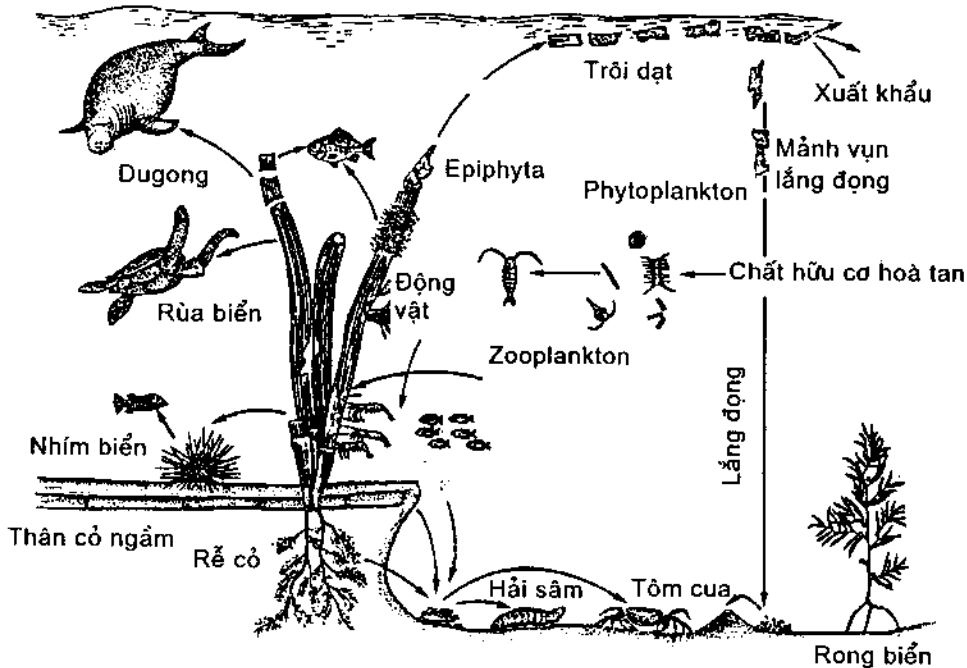


Hình 1.6. Một phần cảnh quan RNM thuộc vườn Quốc gia Xuân Thủy, Nam Định.

Ở nước ta, rừng ngập mặn khá phát triển, tập trung ở ven bờ Quảng Ninh – Hải Phòng, rìa châu thổ sông Hồng, nhưng nổi tiếng nhất là rừng sát Đông Nam Bộ, rừng đước Cà Mau, nơi có những điều kiện về đất đai, khí hậu và thủy văn rất thuận lợi cho sự phát triển của các loài thực vật ngập mặn. Theo đánh giá trước đây, diện tích rừng ngập mặn nước ta có 400.000ha (Maurand, 1945), song hiện tại chỉ còn 155.290ha, chiếm 38,82% so với trước chiến tranh (Viện Khoa học Lâm nghiệp, 2005), nhưng chủ yếu là rừng thứ sinh và rừng trồng, diện tích rừng nguyên sinh rất ít. Diện tích rừng ngập mặn bị suy giảm là do chất độc hoá học mà Mỹ đã rải xuống trong các cuộc chiến tranh trước đây, còn ngày nay chủ yếu lại do hoạt động của con người: triệt hạ rừng để mở rộng diện tích các ao đầm nuôi trồng thủy sản, lấy đất cho nông nghiệp hoặc do khai thác lâm sản quá mức như lấy gỗ, đốt than...

1.2.1.3. Thảm cỏ biển (Seagrass)

Dưới mực nước triều (sublittoral) là nơi tồn tại và phát triển của quần xã cỏ biển (seagrasses) với đại diện của các họ *Hydrocharitaceae*, *Zosteraceae*, *Pruppiaceae*, *Cymodoceaceae* thuộc thực vật Một lá mầm (*Monocotyledoneae*), thích nghi với đời sống nước mặn thứ sinh (hình 1.7). Thành phần loài cỏ biển trong các vùng dưới triều trên thế giới có 58 loài, trong đó 27 quốc gia thuộc vùng Ấn Độ – Thái Bình dương có 16 loài (Fortes, 1990, 1995). Những loài cỏ biển hình thành nên thảm thực vật xanh trên thềm đáy của các vùng cửa sông, trong các vịnh nông, bao quanh các hải đảo. Cỏ biển còn như những “vật trụ” lôi cuốn vào đây nhiều loài rong tảo sống phụ sinh hay sống xen kẽ cũng như nhiều loài động vật biển, tạo nên hệ sinh thái cỏ biển đa dạng và giàu có, chẳng kém gì các hệ sinh thái san hô hay rừng ẩm thường xanh nhiệt đới.



Hình 1.7. Hệ sinh thái cỏ biển ở vùng dưới triều (Fortes, 1990).

Ở ven biển và quanh các hải đảo nước ta đã ghi nhận được 15 loài thuộc 4 họ trên, trong đó số loài đông nhất thuộc về họ *Hydrocharitaceae* và *Cymodoceaceae*, mỗi họ có 6 loài, họ *Zosteraceae* – 2 loài, còn họ *Pruppiaceae* – 1 loài (Nguyễn Văn Tiến, 1999; Nguyễn Hữu Đại, 1999). Một số loài tạo nên mật độ cao như *Halodule uninervis* (11.625 cây/m²),

Halophila ovalis (12.700 cây/m²), *Syringodium rotunda* (1.328 – 5.569 cây/m²) và một vài loài có sinh khối lớn như *Zostera japonica* (2.290,3g/m²), *Ruppia maritima* (1.710,6g/m²), *Halodule uninervis* (2.022,8g/m²), *Thalassia hemprichii* (4.333,3g/m²).

Rừng ngập mặn và các thảm cỏ biển không chỉ là những cây tiên phong trong công cuộc lấn biển tự nhiên, là đê kè bảo vệ bờ, bãi và thanh lọc các chất ô nhiễm từ đất liền mà còn là những hệ sinh thái có sức sản xuất cao, nơi sinh cư, địa bàn kiếm ăn và sinh sản của nhiều loài động vật biển, do đó, trở thành khu vực lưu trữ và duy trì nguồn gen quý cho cả vùng biển xa bờ.

Khi nhận thức được vị trí và tầm quan trọng của vùng cửa sông nước ta trong khai thác và sử dụng tài nguyên cho sự phát triển kinh tế biển, những nghiên cứu về vùng chuyển tiếp thuộc hệ thống sông Hồng, đầm phá miền Trung và hệ thống sông Cửu Long theo quan điểm sinh thái học hệ thống đã được Vũ Trung Tạng triển khai và thực hiện ngay trong các giai đoạn 1974–1976, 1976–1977, 1978–1980, 1981–1985 của thế kỷ trước. Kết quả của các nghiên cứu trên không chỉ được công bố trên các tạp chí, hội nghị và hội thảo khoa học trong nước và nước ngoài mà còn làm cơ sở cho sự ra đời của chuyên khảo “*Các hệ sinh thái cửa sông Việt Nam*” (Vũ Trung Tạng, 1994), đồng thời mở ra một hướng mới cho các nghiên cứu tiếp theo – nghiên cứu sinh thái học các hệ ecoton thuộc vùng ven biển vĩ độ thấp như nước ta. Những nghiên cứu về vùng chuyển tiếp sông – biển nói chung hay nghiên cứu sinh thái học cửa sông nói riêng, giờ đây được nhiều nhà khoa học quan tâm và ngày càng giữ vị trí quan trọng trong các chương trình, đề tài của nhiều cơ quan khoa học, đồng thời nổi bật lên trong chiến lược nghiên cứu, khai thác và sử dụng tổng hợp tài nguyên biển cho phát triển bền vững.

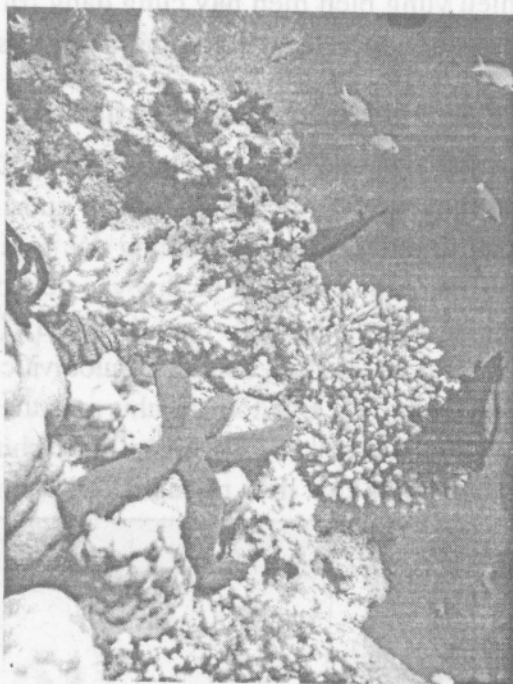
1.2.1.4. Rạn san hô (Coral reef)

San hô là sản phẩm đặc trưng của vùng biển nóng nhiệt đới và cận nhiệt đới, phân bố ở những nơi nhiệt độ nước trung bình không thấp hơn 20°C và độ muối từ 28 – 35‰, nước trong, giàu ánh sáng và tại độ sâu không quá 30m. Do vậy, các đảo san hô đã tạo nên một vành đai nổi tiếng ở Thái Bình Dương như Great Barrier, kéo dài 3200km dọc bờ Queensland và Bắc New Guinea; còn ở phía Tây Đại Tây Dương – từ Yucatan kéo xuống phía nam dài 200km và tập trung nhiều ở vịnh Caribê cũng như ở bờ tây Ấn Độ Dương. Diện tích các đảo san hô nhô lên khỏi mặt nước

được đánh giá khoảng 8 triệu km^2 . Nếu tính cả các đảo ngầm thì diện tích đạt đến 27 triệu km^2 , rộng gấp 3 lần Châu Đại Dương.

San hô là những động vật Ruột khoang (Cnidaria), dạng polyp, sống tập đoàn, các xương đá vôi gắn với nhau để tạo nên các cành, các tảng hay những “đóa hoa” rất đẹp. Do sống tập đoàn, san hô trở thành “vật trụ” như rừng cây, hình thành một hệ sinh thái rất ổn định, đa dạng về thành phần loài, năng suất sinh học cao vào bậc nhất của đại dương (hình 1.8).

Các loài tạo rạn trước hết phải kể đến là san hô Cứng (bộ Scleractinia). Giống ưu thế là Acropora. Ở Ấn Độ – Thái Bình Dương, giống này có tới 200 loài, trong khi ở Đại Tây Dương nó chỉ có 3 loài. Nhiều loài tạo rạn quan trọng khác thuộc các giống Pocilloporia, Pavona và Goniophora. Những giống này từng phát triển phong phú ở Thái Bình Dương thì lại vắng mặt ở Đại Tây Dương (Wells, 1957; Goreau et Wells, 1967). Tham gia hình thành các rạn san hô còn có đại diện của nhiều loài động vật Ruột khoang khác, cũng như các loài Thân mềm, Tay cuộn, Huệ biển, Sao biển...



Hình 1.8. Một phần của rạn san hô thuộc bờ đông Australia.

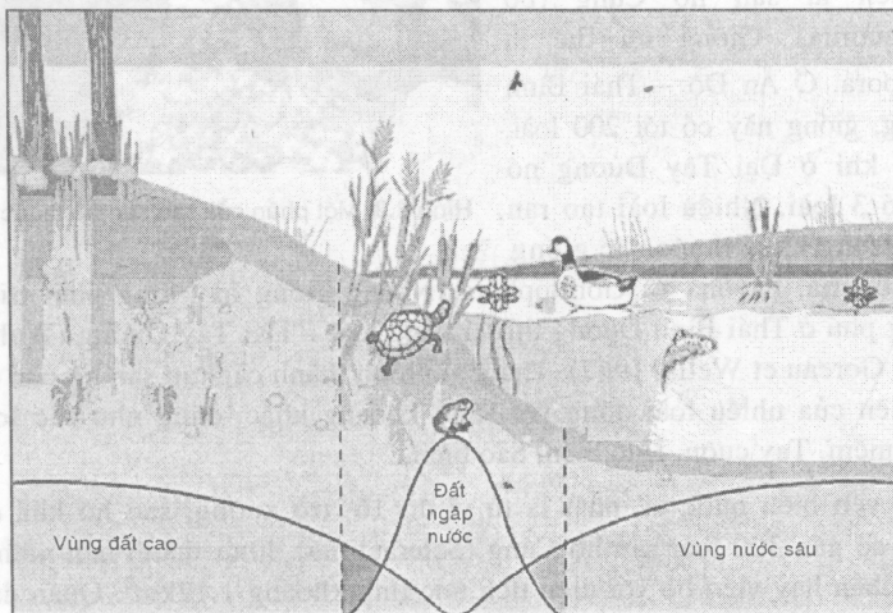
Ở ven biển nước ta, nhất là từ vĩ độ 16° trở xuống, san hô khá đa dạng, có gần 300 loài san hô Cứng (Scleractinia), hình thành nên những dạng chắn hay viền bờ với diện tích ước tính khoảng $1,12\text{km}^2$. Quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa là những quần đảo san hô nổi tiếng. Trong số diện tích trên chỉ có 4% được bảo vệ tốt, phần còn lại hoặc bị chết trắng do các chất lắng đọng, khai thác lấy đá hoặc đánh cá bằng kích điện, thuốc nổ hay cyanua.

San hô là hệ sinh thái rất giàu có, năng suất sơ cấp thô có thể đạt tới $1500 - 5000 \text{ gC/m}^2/\text{năm}$. San hô không chỉ tham gia bảo vệ vùng ven biển và hải đảo, duy trì cân bằng muối, nhất là cân cân CO_2/O_2 trong thủy quyển

mà còn tạo nên cảnh quan đặc sắc và sinh động dưới đáy nước, lôi cuốn khách du lịch thập phương. Do hoạt động của con người, các hệ san hô trên nhiều vùng biển hiện nay cũng đang rơi vào tình trạng bị suy thoái nghiêm trọng, kéo theo là sự thất thoát đa dạng sinh học biển ngày một gia tăng.

1.2.2. Đất ngập nước (Wetland)

Đất ngập nước là nơi chuyển tiếp giữa vùng đất cao và nơi nước sâu của các thủy vực (hình 1.9). Đất ngập nước được coi là một cấu phần của cảnh quan tự nhiên, phản ánh những đặc trưng về các điều kiện tự nhiên và sinh học mà ở đó con người đã dựa vào để tạo nên nền văn minh rực rỡ trong lịch sử phát triển của mình. Paul A. Keddy (2000), nhà khoa học người Anh đã viết “Tất cả sự sống đều chứa nước và cần nước. Loại trừ không gian ngoài hành tinh, Trái Đất tồn tại như một thể khảm giữa màu xanh của nước và màu lục của cây cỏ. Đất ngập nước chính là nơi gặp gỡ giữa màu xanh và màu lục, nơi xuất hiện những quần xã sinh vật ngập nước”.

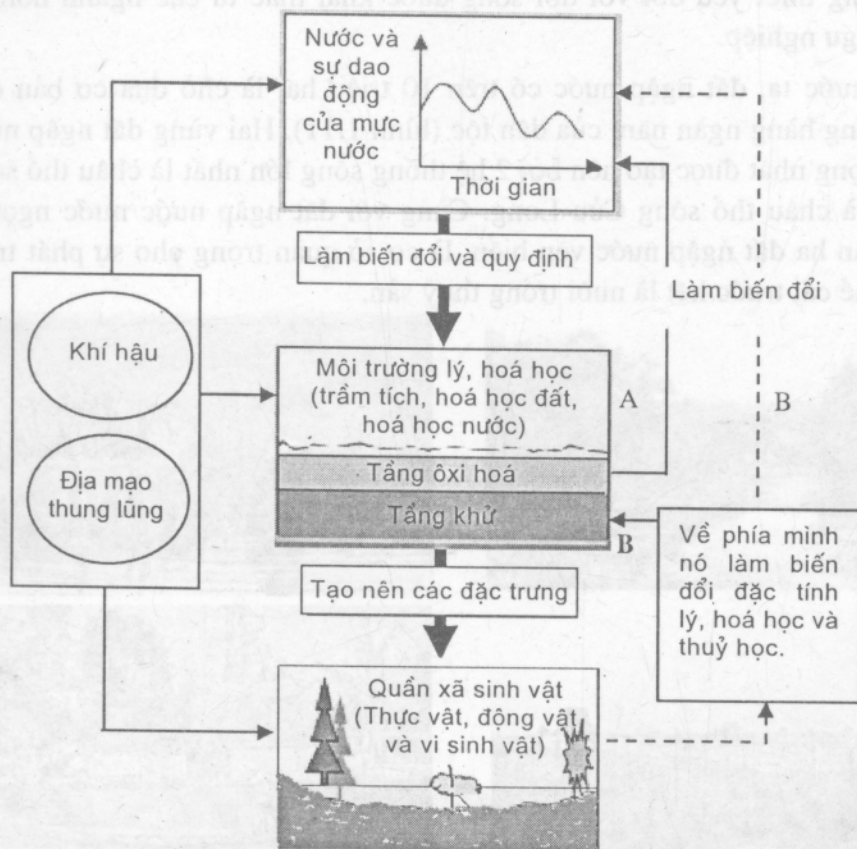


Hình 1.9. Đất ngập nước là nơi chuyển tiếp giữa vùng đất cao và nơi nước sâu của thủy vực (Theo Purveslife).

Đất ngập nước là một khái niệm rất rộng với trên 50 định nghĩa khác nhau. Theo Công ước RAMSAR (1971), đất ngập nước là những đầm lầy than bùn hoặc vùng nước bất kỳ có nước thường xuyên hay tạm thời, là tự nhiên hay nhân tạo, dù là nước chảy hay nước đứng, là nước

ngọt, nước lợ hay nước mặn, kể cả những vùng biển có độ sâu không quá 6m khi triều thấp.

Diện tích đất ngập nước trên thế giới được đánh giá vào khoảng 5,2 triệu cây số vuông, phân bố rất rộng, từ các bãi lầy rừng ngập mặn nhiệt đới đến đất than bùn cận cực, từ các vực nước nông đến những nơi đất cao bão hoà nước... Dù ở đâu, điều kiện xác định của môi trường đất, nước và chế độ ngập nước, quần xã sinh vật – một thành phần đặc biệt được sinh ra trong hoàn cảnh cụ thể của đất và chế độ ngập nước, là những yếu tố cơ bản hình thành nên đất ngập nước (Vũ Trung Tạng, 2004). Trong hoạt động sống, quần xã sinh vật lại làm biến đổi cấu trúc và các đặc tính vật lý, hoá học của đất cũng như của nước chứa trong đó. Mối quan hệ nhiều chiều này quyết định đến sự hình thành, tồn tại và phát triển của hệ sinh thái đất ngập nước (hình 1.10).

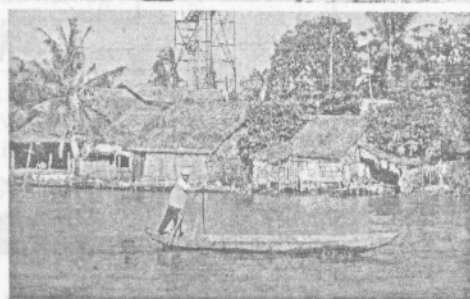
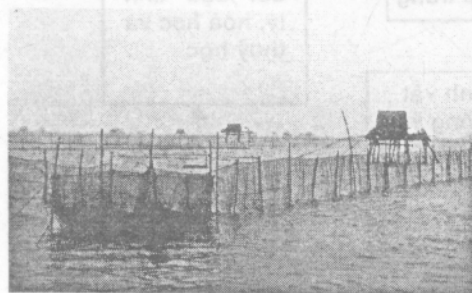


Hình 1.10. Các thành phần cấu trúc của đất ngập nước, sự phụ thuộc lẫn nhau giữa chúng cũng như ảnh hưởng của đặc điểm địa mạo thung lũng và các điều kiện khí hậu trong vùng.

Đất ngập nước có những chức năng sinh thái quan trọng, cũng như những giá trị kinh tế to lớn trong đời sống tự nhiên và của con người, nhất là ở những quốc gia thuộc vĩ độ thấp, “lắm mưa, thừa nắng”, 70 – 80% người dân sống ở nông thôn dựa vào canh tác lúa nước, khai thác và nuôi trồng thủy sản. Những giá trị sinh thái và kinh tế của đất ngập nước có thể tóm tắt chung như sau:

- Chức năng sinh thái (nơi tích tụ, xuất khẩu và biến đổi của các chất dinh dưỡng, duy trì nguồn nước, chuyển hoá năng lượng...).
- Nơi sống (habitat), nơi kiếm ăn, bãi đẻ của các loài động vật.
- Nơi thanh lọc các chất ô nhiễm, chống xói lở và bào mòn bờ bãi và mặt đất, duy trì độ phì nhiêu cho đất.
- Nơi cung cấp cho con người những sản vật đa dạng, trước hết là các đối tượng thiết yếu đối với đời sống được khai thác từ các ngành nông – lâm – ngư nghiệp.

Ở nước ta, đất ngập nước có trên 10 triệu ha, là chỗ dựa cơ bản cho cuộc sống hàng ngàn năm của dân tộc (hình 1.11). Hai vùng đất ngập nước quan trọng nhất được tạo nên bởi 2 hệ thống sông lớn nhất là châu thổ sông Hồng và châu thổ sông Cửu Long. Cùng với đất ngập nước ngọt là hàng vạn ha đất ngập nước ven biển, là cơ sở quan trọng cho sự phát triển của nghề cá, trước hết là nuôi trồng thủy sản.



Hình 1.11. Các hệ sinh thái đất ngập nước tiêu biểu ở nước ta.

Những nghiên cứu về đất ngập nước tuy được bắt đầu muộn, nhưng rất sôi động trong khoảng vài chục năm lại đây theo hướng kiểm kê, đánh giá, phân loại, quy hoạch và thiết lập cơ sở pháp lý nhằm chống tổn thất, khai thác và sử dụng khôn khéo đất ngập nước cho phát triển bền vững. Những kết quả bước đầu có thể tìm thấy trong công trình được công bố của nhiều tác giả (Lê Diên Dục, 1987; Cục Bảo vệ Môi trường, 1996, 2001; Phan Nguyên Hồng và nnk., 1996; Vũ Trung Tạng, 1996, 2004; Nguyễn Chu Hồi (Chủ biên), 1996; Ủy ban sông Mêkông, 1996, 1999; Viện Khảo sát và Quy hoạch Thủy Lợi Nam Bộ, 1999; Phân Viện Điều tra Quy hoạch rừng II, 2004 .v.v.).

1.3. BẢN CHẤT CỦA HỆ SINH THÁI

– Hệ sinh thái tồn tại một cách độc lập với các thành phần cấu tạo nên nó (nghĩa là cây có thể chết, nhưng rừng vẫn tồn tại).

– Các thành viên cấu trúc nên hệ tồn tại và phát triển hoàn toàn phụ thuộc vào nhau (nghĩa là khi rời khỏi tập đoàn, cá thể côn trùng sống trong xã hội sẽ bị chết, một quần thể không thể sống cô lập khỏi các quần thể của các loài khác...).

– Một hệ sinh thái bất kỳ hay mỗi thành viên cấu trúc của hệ có chức năng riêng, đều hoạt động nhịp nhàng để tạo nên hoạt động chức năng chung của cả hệ thống.

– Hệ sinh thái bao giờ cũng là hệ động lực học, tự điều chỉnh.

Hệ sinh thái là hệ hở, tự điều chỉnh, bởi vì trong quá trình tồn tại và phát triển, hệ phải tiếp nhận nguồn vật chất và năng lượng từ môi trường ngoài. Do là hệ động lực nên các hoạt động chức năng của hệ diễn ra theo các quy luật nhiệt động học, trước hết là định luật bảo toàn và phát tán năng lượng. Định luật cho rằng, *năng lượng không tự sinh ra, không tự mất đi mà chỉ biến đổi từ dạng này sang dạng khác; năng lượng tích tụ ở các khâu sau trong chuỗi biến đổi bao giờ cũng nhỏ hơn so với năng lượng chứa trong các khâu trước nó*. Hơn nữa, khi một lực, tức là giá trị đầu vào (input), tác động lên hệ, các mối liên hệ ngược trong hệ hoạt động như một “hộp đen” và sau đó cho kết quả tương ứng là các giá trị đầu ra (output) của hệ thống. Nếu những tác động vượt quá giới hạn chịu đựng, hệ sẽ suy giảm và dễ dàng rơi vào trạng thái hỗn loạn, mất cân bằng, dẫn đến suy

vong, tương tự như các bộ phận hay các hoạt động chức năng của cơ thể bị thương tổn và bị huỷ hoại. Điều này giúp ta khẳng định, hệ sinh thái như một cơ thể sống, được đặc trưng bởi hàng loạt tính chất tương đồng trong cấu trúc, trong các hoạt động chức năng cơ bản (đồng hoá và dị hoá) cũng như có quá trình phát sinh, phát triển và suy vong v.v. (bảng 1.1).

Bảng 1.1. So sánh mức độ tương đồng giữa cơ thể và hệ sinh thái

Những đặc tính của cơ thể sống	Những đặc tính của hệ sinh thái
Cấu trúc: – Tế bào – Mô – Cơ quan và hệ cơ quan.	Cấu trúc: – Cá thể sinh vật – Quần thể – Quần xã sinh vật.
Có quá trình trao đổi vật chất và năng lượng thông qua con đường đồng hoá – dị hoá vật chất.	Có quá trình trao đổi vật chất và năng lượng thông qua hoạt động tổng hợp – phân huỷ vật chất.
Điều hoà và thống nhất mọi hoạt động của các cơ quan và hệ cơ quan là sự thiết lập trạng thái "nội cân bằng", liên quan với hoạt động của hệ thần kinh và thể dịch.	Điều hoà và thống nhất mọi hoạt động của các thành viên cấu tạo là các "hội tiếp", liên quan với các chu trình sinh địa hoá, sự biến đổi của năng lượng và thông tin.
Có quá trình phát sinh, phát triển và chết.	Có quá trình phát sinh, phát triển và tiêu vong.
Có giới hạn sinh thái xác định.	Có giới hạn sinh thái xác định.

Trong thực tế khai thác và sử dụng tài nguyên, con người đã huỷ hoại nhiều hệ sinh thái. Chẳng hạn, việc chặt trắng rừng trên cạn, rừng phòng hộ ven biển, gây ô nhiễm môi trường cả trên cạn và dưới nước... đang dẫn đến nguy cơ thất thoát đa dạng sinh học, làm cho đất đai trở nên nghèo kiệt, đá ong hoá... mở đầu cho những nguy cơ lớn hơn như nạn hoang mạc hoá ngày một mở rộng, nhất là ở những vùng khô hạn hay bán khô hạn; các hệ sinh thái có sức sản xuất cao ở trên cạn và dưới nước, chỗ dựa cho đời sống ngày một xuống cấp và biến mất dần v.v...

1.4. CÁC THÀNH PHẦN SINH VẬT CỦA HỆ SINH THÁI VÀ VAI TRÒ CỦA CHÚNG

Qua bảng 1.1 cho thấy, phần sống của hệ sinh thái bao gồm các loài, tồn tại dưới dạng các cá thể, quần thể và cao hơn như quần xã sinh vật. Trong các tổ chức đó, chúng thiết lập nên hàng loạt mối quan hệ về phương diện *vật chất, năng lượng* và *thông tin* giữa chúng với nhau và với môi trường để có thể chung sống với nhau một cách ổn định, bền vững theo thời gian. Mỗi một thành viên dù ở mức độ tổ chức nào đều có vị trí và vai trò xác định trong đời sống của hệ sinh thái.

1.4.1. Loài và sự thích nghi của loài với các nhân tố môi trường

1.4.1.1. Loài sinh vật

Loài là đơn vị sinh học cơ bản nhất của sinh giới, tương tự như tế bào cấu trúc nên cơ thể sống và được thể hiện dưới dạng các cá thể.

Các cá thể của loài có nhiều đặc điểm hình thái, sinh hoá tương đối giống nhau và không cách ly nhau về mặt di truyền. Những cá thể khác loài không thể giao phối với nhau, nếu giao phối được thì con sinh ra sẽ bất thụ (mặc dù vậy, trên thế giới người ta cũng thống kê được 62 trường hợp La đẻ con). Các cá thể của loài thường có bộ gen khác nhau, sự khác nhau đó dù chỉ là rất ít. Sự khác biệt về gen ngày một tăng khi con cái thu nhận được đầy đủ tổ hợp gen và chromosom của cha mẹ thông qua tái tổ hợp gen trong quá trình sinh sản. Tổng các gen và allen trong một quần thể là *vốn hay quỹ gen* của quần thể, và những tổ hợp của các allen mà mỗi cá thể có được gọi là *kiểu di truyền* (genotype). *Kiểu hình* (phenotype) của cá thể được thể hiện bằng các tính chất về hình thái, sinh lý, sinh hoá và được đặc trưng bởi các kiểu di truyền trong môi trường cụ thể (Alcock, 1993):

– Những cá thể *khác kiểu gen* sống trong môi trường *như nhau*, có *kiểu hình khác nhau*.

– Những cá thể *cùng kiểu gen* sống trong môi trường *khác nhau*, có *kiểu hình khác nhau*.

Một phần kết quả trên còn đưa đến sự hình thành các loài dị hình và loài đồng hình.

– Những loài gần gũi nhau về mặt nguồn gốc, nhưng sống trong phần giao nhau của các vùng phân bố, chúng thường khác nhau về các đặc điểm

hình thái, sinh lý và các tập tính sinh thái được gọi là *những loài cùng vùng phân bố* hay *loài dị hình (sympatric)*.

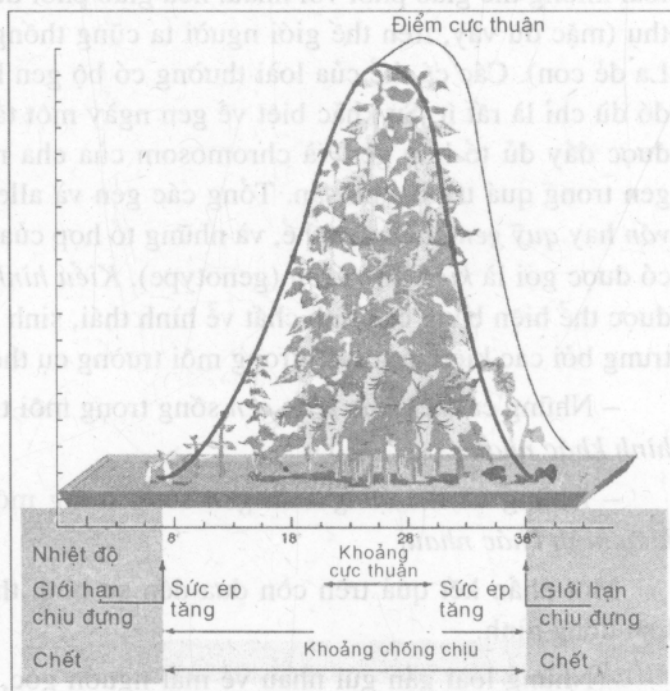
– Những loài khác nhau về nguồn gốc, nhưng sống trong những điều kiện môi trường tương tự nhau hay phần giao nhau của các vùng phân bố, về nguyên tắc, chúng phát triển đồng quy, giống nhau về hình thái, các đặc điểm sinh lý và sinh thái, được gọi là *những loài khác vùng phân bố* hay *loài đồng hình (allopatric)*. Nhiều khi sự giống nhau đó đạt đến mức che lấp cả sự khác nhau về nguồn gốc của chúng.

Những dạng sống như thế được các nhà khoa học rất quan tâm trong nghiên cứu về phân loại học.

Trong tự nhiên, mất một hoặc vài quần thể thường làm nghèo quỹ gen của loài, nhưng mất đi một loài là mất đi tất cả, không thể kiếm lại được. Hiện nay, rất nhiều loài đã bị diệt vong hoặc đang rơi vào tình trạng bị đe dọa diệt vong, trong đó nhiều loài khoa học còn chưa biết đến. Những loài như thế chỉ có thể tìm thấy được trong Sách Đỏ của các tổ chức quốc tế (IUCN) hoặc trong Sách Đỏ Việt Nam.)

1.4.1.2. Sự thích nghi của loài với các nhân tố môi trường

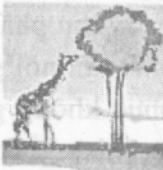
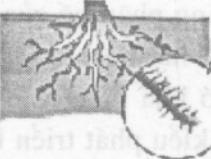
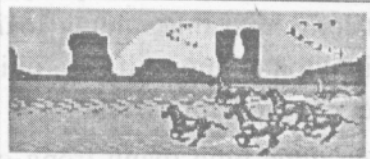
Các loài đều được sinh ra trong những điều kiện môi trường xác định, chúng phản ứng lại điều kiện đó bằng những thích nghi về các *đặc điểm hình thái, sinh lý và các tập tính sinh thái*. Điều kiện môi trường là tập hợp các nhân tố của môi trường vô sinh và hữu sinh, quy định sự tồn tại, phát triển của loài và khả năng chinh phục không gian sinh sống.



Hình 1.12. Mô tả giới hạn sinh thái với khoảng cực thuận và các khoảng chống chịu.

Các nhân tố môi trường thường biến thiên trong một phạm vi rộng, nhưng sinh vật chỉ tồn tại và phát triển trong một khoảng xác định của nhân tố đó, gọi là *giới hạn sinh thái* (hình 1.12).

Trong giới hạn sinh thái của mình và trong mối quan hệ phức tạp giữa các thành viên cấu trúc của các tổ chức sinh học (quần thể, quần xã...), loài ngày càng thích nghi để đạt đến các thành quả sau đây (hình 1.13):

	Động vật	Thực vật
Chống đỡ với điều kiện môi trường vô sinh	 Lông dày  Di cư tránh rét  Ngủ đông	 Rừng lá  Chống rét  Tạo củ
Phương thức kiếm ăn	 Mũi dài, thính để đào bới kiếm ăn  Cổ dài để kiếm lá trên ngọn  Lưỡi dài chớp nhanh	 Rễ nhiều lông hút để kiếm khoáng và nước  Lá rộng và mỏng để lấy ánh sáng 
Khả năng trốn tránh vật dữ	 Chạy nhanh  Gai nhím  Mùi hôi  Màu sắc nguy trang	 Chứa chất độc  Nhiều gai  Lá mọc thấp tránh bị gặm
Khả năng quyến rũ và thụ phấn	 Hương hấp dẫn bạn đời  Màu khoe mẽ  Sừng khoe	 Hoa hấp dẫn côn trùng để thụ phấn 
Di cư và phát tán nòi giống		 Quả "bay" để phát tán  Quả bám 

Hình 1.13. Sự thích nghi của động và thực vật với các nhân tố môi trường để nâng cao mức sống sót, mức sinh sản và khả năng phát tán nòi giống (Theo WRIGM, 2004).

– Nâng cao khả năng đồng hoá các điều kiện môi trường vô sinh và hữu sinh cho sự tồn tại và phát triển thịnh vượng của loài, chẳng hạn, cây có khả năng thoả mãn nhu cầu ánh sáng cho quang hợp, thoả mãn nhu cầu nước, chất khoáng; động vật có khả năng vận động tốt để săn mồi, ẩn nấp tránh kẻ thù, thoả mãn các nhu cầu sinh lý khác, v.v.

– Nâng cao khả năng sinh sản của loài và mức sống sót cao của con non. Chẳng hạn, chuyển từ kiểu thụ tinh ngoài sang thụ tinh trong, biết bảo vệ và chăm sóc con cái,...

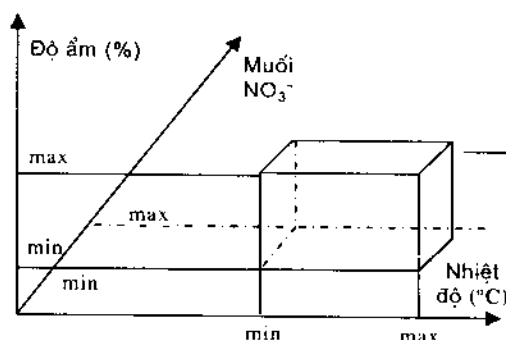
– Nâng cao mức sống sót, giảm thiểu mức tử vong của quần thể, chẳng hạn, nâng cao khả năng ngụy trang, khả năng bảo vệ khỏi kẻ thù, khả năng hợp đàn vừa để khai thác con mồi hữu hiệu, vừa để tự vệ tốt hơn, mở rộng các quan hệ hỗ trợ trong nội bộ loài hay với các loài khác trong quần xã,...

– Nâng cao khả năng phát tán nòi giống bằng nhiều hình thức nhằm mở rộng vùng phân bố của loài. Chẳng hạn, cây thụ phấn nhờ gió, nhờ côn trùng, “gửi” hạt trên lông, da động vật để phát tán nòi giống; ở nhiều loài động vật có khả năng vận động để chinh phục không gian rộng lớn hoặc hình thành kiểu phát triển biến thái (metamorphosis) để có cơ hội được dòng nước mang đi xa, đến những “vùng đất hứa” như hàng loạt loài động vật đáy ở thêm lục địa (thân mềm, san hô, sao biển, huệ biển, cá đáy...).

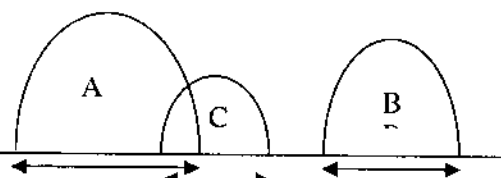
Sự thích nghi của cơ thể với các nhân tố môi trường rất đa dạng, phong phú và tinh tế đến bất ngờ nhờ những biến dị di truyền và các loài đã kiếm cho mình những phương thức sống rất “khôn khéo”. Không những thế, hoạt động của nhiều loài còn mang tính nhịp điệu liên quan chặt chẽ với sự biến đổi có chu kỳ của các hiện tượng thiên văn như sự luân phiên ngày đêm, mùa, nhịp điệu thủy triều (hộp 1.1). Chẳng hạn, các loài thân mềm Chân bụng sống trong các rạn san hô có nhiều hoa văn với sắc màu khác nhau trên vỏ để dễ bề ngụy trang. Những loài thuộc giống Còng Uca có cấu tạo cơ quan khai thác mồi rất khác nhau. Những loài ăn detrit trên đáy bùn có bộ máy hàm bình thường, nhưng ở những loài ăn periphyton bám trên các hạt cát, bộ máy hàm có mút lông hình thìa, những loài cá sống trên các suối nước chảy mạnh, ăn periphyton có môi thịt dày, nhiều trường hợp cấu tạo kiểu lông nhung để nạo vét các tảo bám trên đá...

Những thích nghi như trên được hình thành trong quá trình tiến hoá, dưới sự kiểm soát ngặt nghèo của quy luật chọn lọc tự nhiên và chúng quy tụ lại thành một phức hợp các phản ứng để trả lời lại mọi biến đổi của bất

kỳ nhân tố môi trường nào, đảm bảo cho loài tồn tại và phát triển ổn định trong một không gian nhiều chiều. Không gian đó chính là ổ sinh thái (*ecological niche*) và được mô tả đơn giản ở các hình 1.14 và 1.15.



Hình 1.14. Mô tả ổ sinh thái với không gian 3 chiều, ứng với 3 nhân tố môi trường quyết định đến đời sống của cá thể loài.



Hình 1.15. Ổ sinh thái được biểu diễn đơn giản bằng hình chuông. Mũi tên chỉ chiều rộng ổ sinh thái. Trên hình, loài A có ổ sinh thái rộng hơn loài C và B; giữa A và C, ổ sinh thái chồng lên nhau nên chúng cạnh tranh với nhau. Phần trùng nhau càng lớn, mức độ cạnh tranh giữa chúng càng mạnh. B không có ổ sinh thái trùng với ổ sinh thái của A và C, giữa chúng không xảy ra cạnh tranh.

Ổ sinh thái được xem là một trong những khái niệm chìa khoá của sinh thái học. Nhờ đó, chúng ta mới hiểu và giải thích được những nguyên nhân dẫn đến cạnh tranh và chung sống giữa các cá thể cùng loài hay khác loài. Lý giải được những điều kiện phân hoá và tiến hoá của các loài, mức đa dạng về thành phần loài của các khu vực trên Trái Đất, cũng từ đó, chúng ta có đủ tri thức để đề xuất những nguyên tắc và những giải pháp hữu hiệu trong thực tiễn sản xuất như canh tác đơn canh, đa canh, di giống thuần hoá động vật nuôi và cây trồng, các biện pháp khai thác bền vững và quản lý các loài nói riêng, hay bảo tồn thiên nhiên nói chung.

1.4.2. Dạng tồn tại của loài – Quần thể sinh vật (biotic population)

Để loài tồn tại và phát triển, các cá thể của loài không thể sống biệt lập mà buộc phải chung sống với nhau, tạo nên một tổ chức mới, gọi là *quần thể* (*population*). Quần thể có những đặc trưng mà cá thể không bao giờ có như cấu trúc tuổi và giới tính, có mức sinh sản và tử vong, có quy luật tăng trưởng, biến động số lượng cá thể của mình. Quần thể được coi là *trường thông tin* và *di truyền* của các cá thể loài, bởi vì sống trong quần thể, các cá thể mới có cơ hội để tham gia sinh sản, duy trì nòi giống, có đầy đủ khả năng để khai thác tối đa nguồn sống và chống lại một cách có hiệu quả

những rủi ro gây ra bởi các nhân tố môi trường vô sinh, cũng như sự tấn công của vật ăn thịt và dịch bệnh. Theo kiểu thích nghi đó, các loài thường có xu hướng hình thành nhiều quần thể và chiếm cứ những phần khác nhau trong vùng phân bố của loài, gọi là *loài đa hình (polymorphis)*. Những loài có vùng phân bố hẹp, điều kiện sống khá đồng nhất và ổn định thường hình thành một quần thể và trở thành những *dạng đặc hữu (endemic)*. Đó là *loài đơn hình (monomorphis)*. Loài này dễ rơi vào tình trạng suy vong khi điều kiện môi trường xảy ra những biến động bất thường. Cá Cóc Tam Đảo (*Paramesotriton tamdaoensis*) có thể được dẫn ra như một ví dụ cho loài đơn hình, vì quần thể loài này có vùng phân bố rất hẹp, chỉ gặp ở các suối ở Tam Đảo, tỉnh Vĩnh Phúc, trở thành loài đặc hữu của vùng.

Ở loài đa hình, mỗi nhóm cá thể cư trú trong những phần khác nhau của vùng phân bố, khi thích nghi với điều kiện riêng dẫn đến sự xuất hiện những quần thể địa phương, khác nhau về nhiều đặc điểm, trước hết là về sinh thái, sinh lý. Nếu các quần thể càng xa với quần thể gốc do chướng ngại địa lý và thời gian thì sự khác biệt giữa chúng càng lớn và điều đó dẫn đến sự cách ly về sinh sản để làm xuất hiện loài mới. Đây là một trong những con đường cơ bản hình thành loài được Charles Darwin quan tâm từ rất sớm.

1.4.2.1. Kích thước, các dạng tăng trưởng số lượng cá thể của quần thể

Một trong những vấn đề được các nhà khoa học quan tâm trong đời sống quần thể chính là số lượng và sự phát triển số lượng của quần thể.

Số lượng cá thể hay kích thước quần thể được mô tả khái quát theo biểu thức:

$$N_t = N_0 + B - D + I - E \quad (1.1)$$

Trong đó, N_t và N_0 là kích thước quần thể ở thời điểm t và t_0 , B – mức sinh sản, D – mức tử vong, I – mức nhập cư và E – mức xuất cư. Bốn yếu tố này chi phối kích thước quần thể, nhưng B và D là 2 yếu tố cơ bản nhất, mang đặc tính vốn có của quần thể.

Không gian và nguồn sống trực tiếp chi phối đến số lượng cá thể của quần thể. Bởi vậy, kích thước quần thể tự nhiên thường biến động phù hợp các điều kiện môi trường xấu hoặc tốt, khó khăn hay thuận lợi mà 2 cực trị về số lượng là 2 mức giới hạn.

HỢP 1.1

NHỮNG CHIẾC ĐỒNG HỒ SINH HỌC

Cơ thể không chỉ thích nghi với các điều kiện môi trường mà còn sử dụng tính chu kỳ của tự nhiên để định thời gian cho mọi hoạt động và "lập chương trình" cho cả lịch sử đời sống của mình để tồn tại và phát triển một cách thuận lợi. Bằng các quá trình sinh lý, chúng đã thực hiện việc đó một cách xuất sắc để "định giờ" như những chiếc đồng hồ sinh học. Cơ chế phổ biến nhất có lẽ là nhịp điệu ngày đêm (*circadian rhythm*) hay còn gọi là sự định giờ và lặp lại các hoạt động chức năng theo giờ trong khoảng thời gian 24 tiếng, thậm chí cả khi không có những dấu hiệu dễ thấy của môi trường như ánh sáng và bóng tối...

Đồng hồ sinh học được "chế tác" dựa theo tính nhịp điệu của môi trường vật lý, giúp cho sinh vật dự báo được chu kỳ ngày đêm, sự tuần hoàn của Đất, Trời theo mùa, nhịp điệu đều đặn của thủy triều và các chu kỳ khác.. Về sinh lý học, phương tiện định giờ có liên quan với trục ngày đêm của môi tương tác giữa mắt, một bộ phận thấp hơn ở trung tâm não bộ (*hypophis*) và tuyến tùng (ở động vật có xương sống), nơi tiết ra hormon melatonin, mà hiện nay bán trên thị trường như một loại thuốc ngủ.

Một dấu hiệu phụ thuộc được sinh vật sử dụng để "bấm giờ" cho các hoạt động theo mùa của chúng ở vùng ôn đới chính là độ dài ngày hay quang chu kỳ. Ngược với vùng ôn đới và phần lớn các nhân tố mùa khác, quang chu kỳ còn mang tính địa phương. Sự biến đổi theo mùa trong quang chu kỳ liên quan với sự thay đổi của vĩ độ, do đó, sự thay đổi vĩ độ cũng tạo nên nhịp điệu mùa trong đời sống cá thể. Chẳng hạn, ở Winnipeg, Canada, quang chu kỳ cực đại kéo dài 16,5 giờ (tháng 6) và tối thiểu dài 8,0 giờ (cuối tháng 12), còn ở Miami, Florida, quang chu kỳ biến đổi từ 13,5 giờ (tháng 6) đến 10,5 giờ (tháng 12) (Odum, 1997).

Quang chu kỳ như một thiết bị bấm giờ, tạo nên một tổ hợp sinh lý, quy định sự sinh trưởng và nở hoa của nhiều loài thực vật; sự thay lông, tích mỡ và di cư của nhiều loài chim, động vật có vú và mở đầu cho hiện tượng đình dục của các loài côn trùng. Độ dài ngày được cảm nhận qua thị giác như mắt đối với động vật hoặc sắc tố đặc biệt trong lá cây. Về phía mình, chúng được hoạt hoá nhờ một hoặc một vài hormon hoặc hệ enzym, từ đó dẫn đến việc trả lời bằng các phản ứng sinh lý hay tập tính phù hợp. Mặc dù các loài động vật và thực vật bậc cao có sự phân hoá rộng về hình thái, nhưng sự trả lời đối với độ dài ngày khá giống nhau. Nhiều, nhưng không phải là tất cả, tính chu kỳ của những sinh vật miễn cảm theo quang chu kỳ có thể thay đổi bởi tác động của con người như hãm thời gian nở hoa hoặc thúc cây trở hoa sớm... bằng nhiều kỹ xảo của người làm vườn.

Ngược với độ dài ngày, mưa trên các hoang mạc là một tác nhân rất ấn tượng, khó dự đoán. Thực vật hoang mạc thích nghi với tính bất ổn định đó bằng cách duy nhất là tồn tại dưới dạng hạt, một dạng sống có thể được duy trì nhiều năm dưới lớp đất của hoang mạc. Khi mùa mưa đến, dù chỉ mấy chục milimet, hạt đua nhau nhanh chóng nảy mầm, ra hoa, tạo nên những thảm nhung màu rực rỡ. Hết mưa, trái rụng và hạt lại được chôn vùi dưới đất chờ các "trận mưa" vào những năm sau. Hoang mạc lại tiêu điều, hoang vu như chẳng còn sự sống!

Nguồn: Eugene P. Odum (1993)

– Kích thước tối thiểu là số lượng ít nhất buộc quần thể phải có để duy trì sự tồn tại của loài. Trong điều kiện như thế, khoảng cách trung bình giữa các cá thể là điều kiện đảm bảo cho quần thể đủ khả năng giao tiếp với nhau, trước hết là trong sinh sản. Khai thác quá mức, tức là làm cho số lượng cá thể của quần thể thấp hơn ngưỡng tối thiểu và khoảng cách trung bình giữa các cá thể mở rộng, do đó, giao tiếp trong sinh sản không thể thực hiện được, quần thể sẽ rơi vào trạng thái suy vong.

– Kích thước tối đa của quần thể là số lượng nhiều nhất mà quần thể có thể đạt được, cân bằng với sức chứa của môi trường.

Những loài có kích thước cơ thể nhỏ thường sống trong quần thể có kích thước lớn; ngược lại, những loài có kích thước cơ thể lớn lại tồn tại trong quần thể có kích thước nhỏ, phù hợp với không gian và nguồn sống mà quần thể có thể thoả mãn được. Trong quá trình tiến hoá, chọn lọc tự nhiên đã tạo cho các loài có kích thước cơ thể lớn hoặc nhỏ một “chiến lược sống” rất đặc trưng để tồn tại và phát triển ổn định trong tự nhiên (hình 1.16).

Điều đó buộc chúng ta phải hiểu biết một cách cặn kẽ để quản lý các loài nói riêng hay quản lý đa dạng sinh học và thiên nhiên nói chung.

Sự tăng trưởng số lượng cá thể của quần thể hay kích thước quần thể có thể xảy ra theo 2 trường hợp: tăng trưởng theo *hàm số mũ* và tăng trưởng theo *hàm logistic*.



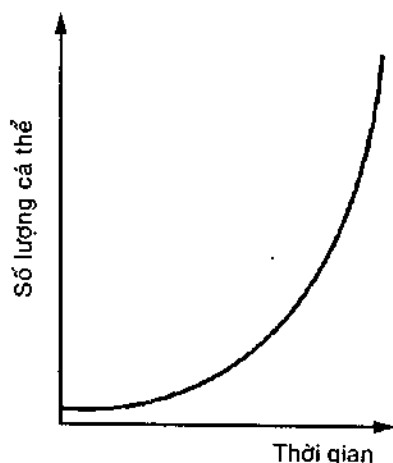
Hình 1.16. Sự biến động của các nhân tố môi trường có thể tạo cho các loài những khả năng thích ứng khác nhau để sống sót. Do đó, trong tiến hoá, các loài đã “lựa chọn” cho mình một kiểu sống phù hợp như một chiến lược để tồn tại (WRIGM, 2004).

Trong điều kiện môi trường không bị giới hạn, sự gia tăng số lượng cá thể của quần thể hoàn toàn phụ thuộc vào *tiềm năng sinh học* vốn có của loài, tức là số lượng cá thể tăng lên nhanh chóng theo thời gian, tuân theo quy luật hàm số mũ:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = (b-d)N \text{ hay } \frac{\Delta N}{\Delta t} = rN \quad (1.2)$$

Trong đó, N là số lượng cá thể của quần thể, ΔN – mức sinh sản, Δt – khoảng thời gian, b – tốc độ sinh sản riêng tức thời, d – tốc độ tử vong riêng tức thời, r – tốc độ tăng trưởng riêng tức thời của quần thể.

Đường cong tăng trưởng tương ứng có dạng hình chữ J hay một nửa đường parabol (hình 1.17).



Hình 1.17. Đường cong tăng trưởng số lượng cá thể của quần thể theo hàm số mũ.

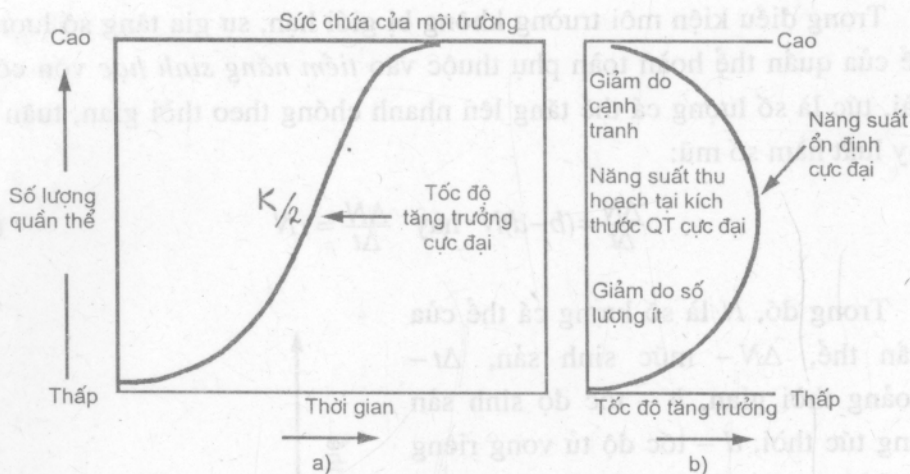
Môi trường không bị giới hạn không có trong tự nhiên, nhưng nhiều loài có kích thước nhỏ, tuổi thọ thấp, sức sinh sản cao (nấm, vi khuẩn, nhiều loài côn trùng, cây một năm...) có kiểu phát triển số lượng gần với kiểu tăng hàm mũ. Tuy nhiên, số lượng của chúng nhiều khi chưa đạt đến giá trị giới hạn thì đã bị suy giảm đột ngột do tác động của các yếu tố môi trường vô sinh mà chúng rất mẫn cảm.

Trong thực tế, hầu hết các loài chỉ có thể phát triển số lượng của mình trong điều kiện môi trường bị giới hạn, tuân theo hàm logistic:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = rN \left(\frac{K-N}{K} \right) \quad (1.3)$$

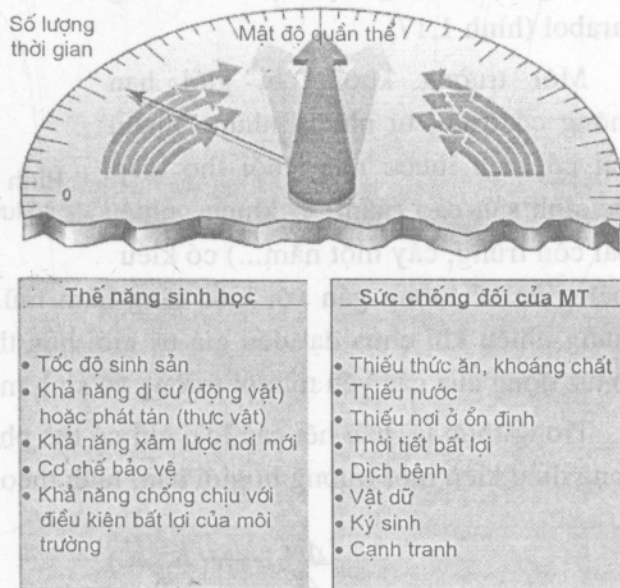
Trong đó, K là kích thước tối đa mà quần thể có thể đạt được, cân bằng với sức chứa của môi trường.

Đường cong tương ứng của phương trình có dạng chữ S hay *sigmoid* (hình 1.18) mà theo thời gian, số lượng cá thể chỉ có thể tiệm cận, cân bằng với sức chứa của môi trường.



Hình 1.18. Đường cong tăng trưởng số lượng cá thể của quần thể trong điều kiện môi trường bị giới hạn. Tại điểm uốn ở $K/2$ chỉ ra điểm tốc độ đạt cực đại và sản lượng khai thác ổn định tối đa.

Sức chứa hay sức đối kháng của môi trường được hiểu là không gian sống, nguồn sống thiết yếu có trong môi trường mà quần thể có thể kiếm được cho sự tồn tại của mình (thức ăn, nước uống, khí O_2 ...), rủi ro gây ra bởi các nhân tố vô sinh (biến động thất thường của thời tiết, khí hậu, hoả hoạn, động đất, núi lửa...) và các nhân tố môi trường hữu sinh (vật ăn thịt, dịch bệnh), trong đó vật ăn thịt được coi là



Hình 1.19. Mô tả mối quan hệ giữa số lượng quần thể và điều kiện giới hạn của môi trường (WRIGM, 2004).

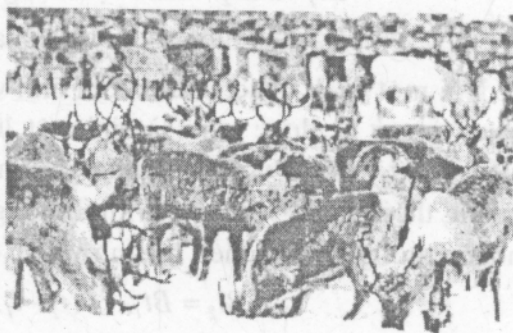
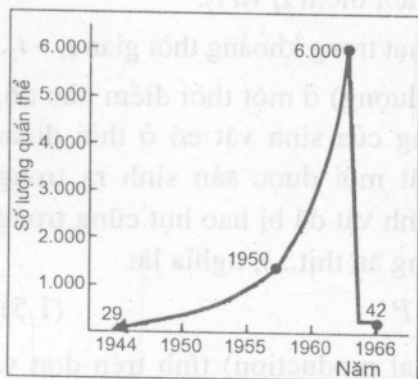
một trong những nhân tố cơ bản điều chỉnh số lượng của quần thể. Sức đối kháng bao giờ cũng kìm hãm sự phát triển tiềm năng của quần thể (hình 1.19) được thể hiện trên 2 phạm trù cơ bản nhất đối địch nhau: kìm hãm sức sinh sản nhưng làm tăng mức tử vong của quần thể.

Một ví dụ điển hình được chỉ ra trong việc di nhập đàn hươu Tuần lộc về đảo St. Mathew, được mô tả ở hình 1.20. Như vậy, qua hai dạng tăng trưởng số lượng cá thể của quần thể, có thể nhận thấy 2 mô hình rất khác nhau:

i) Tốc độ tăng trưởng = Tốc độ sinh sản (r) $\times$ Số lượng cá thể của quần thể (N).

ii) Tốc độ tăng trưởng = Tốc độ sinh sản (r) $\times$ Số lượng cá thể của quần thể (N) $\times$ Nhân tố tự giới hạn $(K-N)/K$.

Hai hệ số quan trọng trong các phương trình trên là “ K ” – số lượng tối đa mà quần thể có thể đạt được, cân bằng với sức chứa của môi trường, và “ r ” – thể hiện tốc độ tăng trưởng nội tại của quần thể khi điều kiện môi trường không bị giới hạn. Ở những nơi giàu nguồn sống, mật độ quần thể thấp, áp lực chọn lọc tự nhiên thấp tạo thuận lợi cho loài tăng khả năng sinh sản. Ngược lại, trong điều kiện mật độ đông, áp lực chọn lọc tự nhiên cao, do sự khai thác nguồn sống vốn ít ỏi và cạnh tranh giữa các cá thể ngày một mạnh làm giảm khả năng sinh sản của quần thể. Trên cơ sở hệ số tăng trưởng r và K các nhà sinh thái gọi 2 mô hình trên là kiểu “chọn lọc r ” và “chọn lọc K ”, còn các loài thể hiện cách sống của mình bằng “chiến lược chọn lọc r ” hay “chiến lược chọn lọc K ”.



Hình 1.20. Mối quan hệ giữa thực vật và động vật ăn cỏ. Năm 1944, một quần thể hươu Tuần lộc với 29 cá thể (5 đực và 24 cái) được đưa đến đảo St. Mathew. Ở đây, chúng tăng số lượng theo hàm mũ, lên trên 6.000 và sau đó, quần thể chết gần hết do cỏ bị gặm trụi (WRIGM, 2004).

Trong quần thể, tốc độ hay nhịp điệu sản xuất chất hữu cơ được xác định bởi các đặc tính sinh vật cũng như phức hợp các yếu tố môi trường, đồng thời được quyết định bởi tốc độ và cường độ của các quá trình sinh lý xảy ra trong quần thể.

Tốc độ sản xuất là lượng chất hữu cơ được quần thể sản sinh ra tính trên đơn vị thời gian, còn sản lượng của quần thể là tổng chất hữu cơ được thành tạo bởi quần thể trong khoảng thời gian quan sát.

Cường độ sản xuất là tốc độ sản xuất riêng, tức là lượng chất hữu cơ được hình thành bởi quần thể tính trên đơn vị thời gian và đơn vị sinh khối (biomass). Thường để tính sản lượng, tốc độ... người ta không tính cả quần thể mà chỉ tính một phần quần thể chiếm trên một không gian xác định (m^2 hay m^3).

Phần chất hữu cơ được tích tụ dưới dạng các cá thể gọi là *sản lượng sinh vật* (biological production), còn *sinh khối* hay *sinh vật lượng* (biomass) là sản lượng chất hữu cơ có được tại một thời điểm lấy mẫu, không phụ thuộc vào khoảng thời gian mà quần thể tồn tại. Giữa sinh khối và sản lượng sinh vật có mối quan hệ với nhau:

$$P(t_2 - t_1) = Bt_2 - P' \quad (1.4)$$

Trong đó: $P(t_2 - t_1)$ – Sản lượng sinh vật gia tăng trong khoảng thời gian

$t_1 - t_2$.

Bt_1 và Bt_2 – Sinh vật lượng ở thời điểm t_1 và t_2 .

P' – Sản lượng sinh vật bị hao hụt trong khoảng thời gian $t_1 - t_2$.

Nói một cách khác, sinh khối (sinh vật lượng) ở một thời điểm nào đó, chẳng hạn ở t_2 , được xem là sinh vật lượng của sinh vật có ở thời điểm trước đó (t_1) cộng với khối lượng sinh vật mới được sản sinh ra trong khoảng thời gian $t_1 - t_2$, trừ đi khối lượng sinh vật đã bị hao hụt cũng trong khoảng thời gian đó (chết, bị sinh vật sử dụng ăn thịt...), nghĩa là:

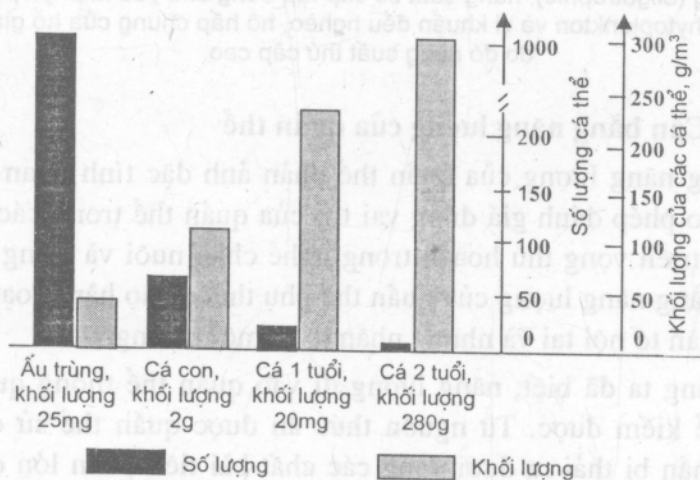
$$Bt_2 = Bt_1 - P(t_2 - t_1) - P' \quad (1.5)$$

Đại lượng sản lượng sinh vật (biological production) tính trên đơn vị thời gian phản ánh tốc độ sản xuất chất hữu cơ, còn sản lượng chất hữu cơ được hình thành do một đơn vị sinh khối (biomass) gọi là sản lượng riêng của sinh khối, ký hiệu là P/B . Nói cách khác, tỷ số P/B chính là cường độ sản xuất hay sự gia tăng sản lượng của một đơn vị sinh khối trung bình trong khoảng thời gian nghiên cứu.

Các chỉ số sản xuất chất hữu cơ của quần thể phụ thuộc trước hết vào cấu trúc của quần thể và các đặc tính của loài, bao gồm cả kích thước và tuổi cá thể. Các loài có kích thước lớn, tuổi thọ cao thì hệ số P/B thấp hơn so với các loài kích thước nhỏ, tuổi thọ thấp. Ngay trong một loài, các cá thể có kích thước và tuổi thọ khác nhau P/B cũng biến đổi tương tự.

1.4.2.2. Mối quan hệ giữa mật độ và tổng trao đổi chất chung của quần thể

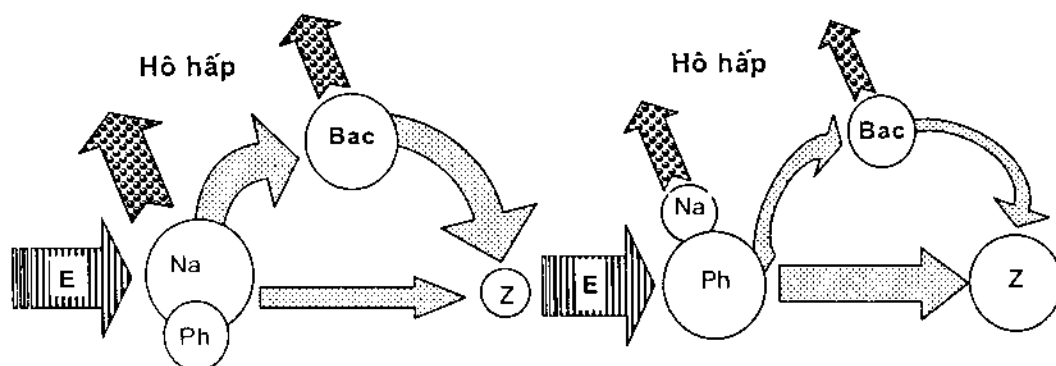
Mật độ quần thể là một chỉ số rất quan trọng tham gia điều chỉnh số lượng cá thể của quần thể, đồng thời quyết định đến tổng lượng trao đổi chất chung của quần thể trong giới hạn môi trường xác định. Trong điều kiện nguồn sống bị giới hạn, nếu kích thước cá thể nhỏ, môi trường có thể chứa được một quần thể với mật độ cao, song kích thước cá thể ngày một tăng thì môi trường chỉ có thể dung nạp được một lượng cá thể hay mật độ quần thể nhỏ hơn (hình 1.21). Bởi vậy, trong nuôi trồng thủy sản, ở giai đoạn đầu con non được thả với mật độ dày, nhưng theo thời gian buộc người nuôi phải tỉa bớt dần để đạt kích thước thương phẩm mong muốn. Ở ngoài tự nhiên, các loài động vật và thực vật cũng có hiện tượng “tự tỉa thưa” thông qua con đường cạnh tranh cùng loài, trước hết đào thải những cá thể có sức sống kém để duy trì một mật độ vừa phải, phù hợp với nguồn sống của môi trường.



Hình 1.21. Các mức nuôi ấu trùng, cá con, cá Chép (*Cyprinus carpio*) 1 và 2 tuổi trên 1 m³ đầm nuôi (Constantinov, 1984).

Theo quy luật, trong hệ sinh thái giàu loài có kích thước cơ thể nhỏ, kích thước quần thể lớn, năng lượng chi phí cho hô hấp tăng, do đó, năng

suất tinh hay sản lượng thu hoạch của hệ giảm. Ngược lại, trong hệ giàu loài có kích thước cơ thể lớn, kích thước quần thể nhỏ, năng lượng chi phí cho hô hấp thấp thì năng suất tinh cũng như sản lượng thu hoạch của hệ đều cao. Điều này có thể thấy và so sánh được sản lượng sinh vật thu hoạch giữa các hồ giàu dưỡng (*eutrophic*) và hồ nghèo dưỡng (*oligotrophic*) (hình 1.22).



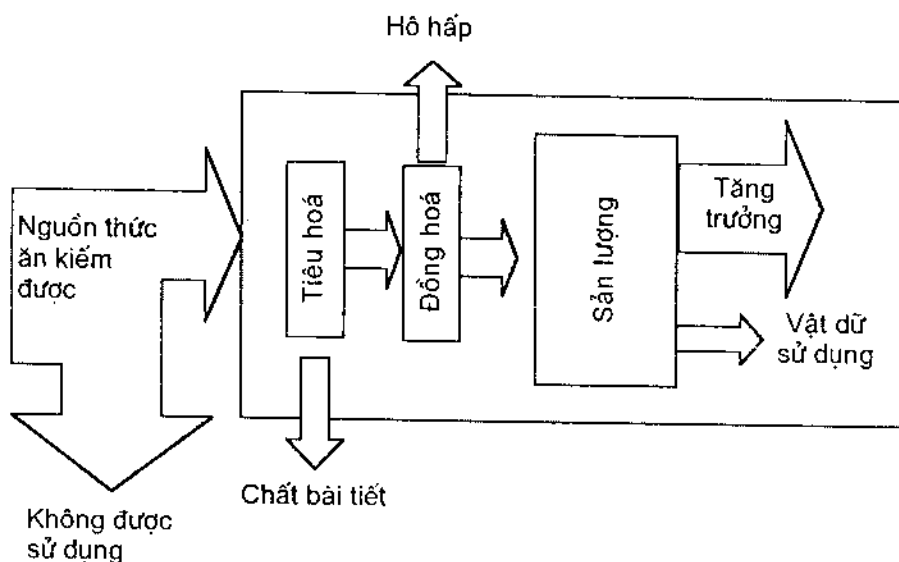
Hình 1.22. Mô tả năng suất sinh học của hồ giàu dưỡng (trái) và nghèo dưỡng (phải).

Ở hồ giàu dưỡng (*eutrophic*), năng suất sơ cấp được hình thành chủ yếu bởi nanophytoplankton (Na), sinh khối phytoplankton (Ph) thấp, giàu vi khuẩn phân huỷ (Bac), hô hấp chung của hồ cao nên năng suất thứ cấp (Z) thấp. Ngược lại, ở hồ nghèo dinh dưỡng (*oligotrophic*), năng suất sơ cấp tập trung chủ yếu là phytoplankton, nanophytoplankton và vi khuẩn đều nghèo, hô hấp chung của hồ giảm, do đó năng suất thứ cấp cao.

1.4.2.3. Cân bằng năng lượng của quần thể

Cân bằng năng lượng của quần thể phản ánh đặc tính quan trọng của quần thể, cho phép đánh giá đúng vai trò của quần thể trong các quá trình sinh thái và triển vọng thu hoạch trong nghề chăn nuôi và trồng trọt (hình 1.23). Cân bằng năng lượng của quần thể phụ thuộc vào hàng loạt các nhân tố, những nhân tố nội tại và những nhân tố từ môi trường.

Như chúng ta đã biết, năng lượng đi vào quần thể thông qua thức ăn mà quần thể kiếm được. Từ nguồn thức ăn được quần thể sử dụng (tiêu hoá), một phần bị thải ra dưới dạng các chất bài tiết, phần lớn được đồng hoá và tích tụ trong tế bào. Năng lượng đồng hoá được sử dụng cho tăng trưởng sinh khối, sinh sản, hình thành các vật liệu cấu trúc (xương, vỏ, lông...), nhất là để sản sinh năng lượng đảm bảo cho các hoạt động sống (săn đuổi mồi) thông qua sự thải nhiệt và các chất trao đổi, một phần năng lượng “nuôi sống” ký sinh trùng cũng như làm mồi cho vật dữ.



Hình 1.23. Quần thể được xem như một đơn vị cấu trúc, tương tự như cơ thể sống, có quá trình đồng hoá và dị hoá thông qua hoạt động kiểm ăn, đồng hoá thức ăn để phát triển số lượng (sinh khối), đồng thời phát tán năng lượng ra môi trường dưới dạng hô hấp, các chất bài tiết, sự ăn mòn của vật dư và vật ký sinh.

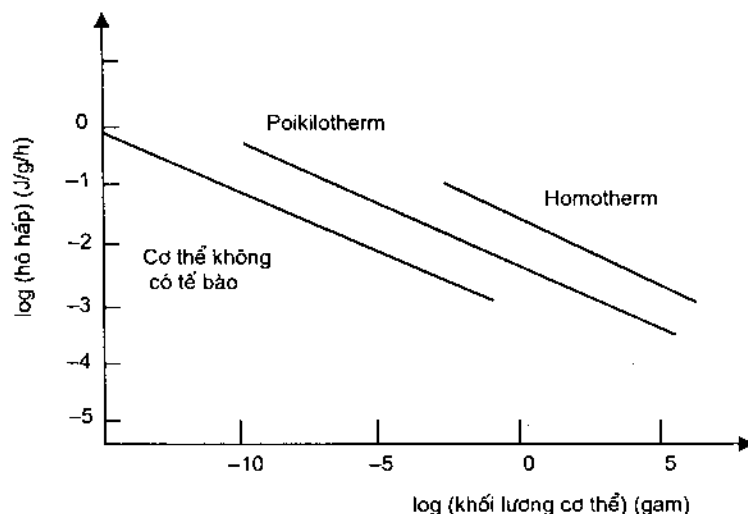
Dòng năng lượng đi vào quần thể được mô tả đơn giản như sau:

$$\begin{aligned}
 I &= P + R + F \\
 A &= P + R \\
 P &= G + (E + S) + N
 \end{aligned}
 \tag{1.6}$$

Ở đây: I là năng lượng thức ăn được tiêu hoá; P – Năng lượng hình thành sinh khối; R – Năng lượng hô hấp (mất nhiệt); F – Năng lượng thải qua phân; A – Năng lượng được đồng hoá; G – Năng lượng tăng trưởng; E – Năng lượng chất trao đổi và bài tiết khác; S – Năng lượng tích tụ trong cơ thể làm thức ăn cho vật ăn thịt (kể cả ký sinh); N – Năng lượng cần cho sinh sản.

Sự tích tụ và giải phóng năng lượng liên quan chủ yếu đến quá trình đồng hoá – dị hoá của cơ thể. Sự phát tán năng lượng của quần thể một mặt tỷ lệ thuận với khối lượng của nó, một mặt tỷ lệ thuận với cường độ trao đổi chất đặc trưng (tính theo diện tích tương đối của cơ thể) đối với các cá thể cấu trúc nên quần thể và thể hiện đặc tính của loài như các loài đồng nhiệt

và các loài biến nhiệt (hình 1.24). Chẳng hạn, cá Chép (*Cyprinus carpio*) có khối lượng 105 gam, trong một ngày đêm thải ra 10,2 kCal/kg cơ thể dưới dạng nhiệt, trong khi đó một con Sáo (*Acridotheres cristatellus*) cân nặng 75 gam cũng trong thời gian như thế thải ra 270 kCal/kg cơ thể.



Hình 1.24. Sự mất năng lượng do hô hấp như một hàm số của khối lượng cơ thể (S.E. Jorgensen, 1983).

Đối với một quần thể, nếu khối lượng trung bình của các cá thể là $\bar{W}$ thì tốc độ tích lũy năng lượng trong quần thể riêng biệt có thể được thể hiện dưới dạng biểu thức sau đây:

$$\frac{dW}{dt} P = W_p \frac{k}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(W_{max} - W_i)}{W_i} = W_p \cdot k \frac{(W_{max} - \bar{W})}{\bar{W}} \quad (1.7)$$

Ở đây: W_p là tổng khối lượng hay sinh khối của quần thể, n – số lượng cá thể, W_i là khối lượng của cá thể thứ i , W_{max} – khối lượng tối đa của cá thể trong quần thể, $\bar{W}$ – khối lượng trung bình của các cá thể và k – hằng số đặc trưng cho loài.

Sắp xếp lại một cách đơn giản hơn, cường độ sản xuất của một đơn vị sinh khối trung bình của quần thể như sau:

$$\frac{P}{B} = kp \cdot \frac{(W_{max} - \bar{W})}{\bar{W}} \quad (1.8)$$

Ở đây thừa nhận rằng, tổng sản lượng quần thể nằm trong điều kiện ổn định, P là sản lượng và B là sinh khối của quần thể.

Rõ ràng, quần thể là một hệ thống mở khi sự chuyển hoá năng lượng trong quần thể được xác định. Từ đây, định luật nhiệt động học thứ 2 được thể hiện như sau:

$$\Delta H = \Delta G + T \Delta S$$

hay
$$\frac{dH}{dT} = \frac{dG}{dT} + T \cdot \frac{dS}{dT} \quad (1.9)$$

Trong đó: H là enthalpy (năng lượng được đồng hoá), G – năng lượng tự do (có thể kiếm được) của hệ thống, S – entropy (mất nhiệt, hô hấp) và T – nhiệt độ tuyệt đối ($^{\circ}K$).

Entropy trong hệ thống sinh học cần được hiểu là sự mất nhiệt do tất cả các hoạt động sinh học, cũng như cả các quá trình cơ học, hoá học và thông tin. Mối quan hệ kinh nghiệm giữa sinh vật lượng của các cá thể và hô hấp được xác định theo:

$$R = k_i \cdot W^c \quad ; \quad 1/2 < c < 3/4 \quad (1.10)$$

trong đó: k_i là hằng số đặc trưng cho loài, W là khối lượng (sinh khối), c là hệ số.

1.4.3. Quần xã sinh vật (Biotic Community)

1.4.3.1. Các dạng quần xã sinh vật

Sự quần tụ của các loài thực vật, động vật, vi sinh vật mà chúng ta quan sát trong rừng, đồng cỏ, ao hồ... hoặc trong một vùng nào đó không bị xáo trộn thì được xem là *khu hệ sinh vật (biota)* của một khu vực hay *quần xã sinh vật (biotic community)*. Bộ phận thực vật trong quần xã bao gồm tất cả các cây, cỏ, từ cây to đến cây nhỏ, kể cả các loài tảo. Tương tự như vậy, bộ phận động vật gồm các loài từ động vật lớn như lưỡng cư, bò sát, chim, thú đến các loài nhỏ như côn trùng, giun, chân khớp. Vi sinh vật rất đa dạng với tất cả các đại diện của vi khuẩn, nấm, kể cả Protozoa. Như vậy, quần xã sinh vật gồm quần xã thực vật, quần xã động vật và quần xã vi sinh vật.

Quần xã sinh vật là tập hợp quần thể của các loài khác nhau, sống trong một *sinh cảnh (biotope)* xác định, chúng có quan hệ với nhau và với môi trường để tồn tại và phát triển một cách ổn định theo thời gian.

Dạng quần xã cụ thể có thể gặp trong một khu vực nhất định của một vùng rộng lớn được xác định bởi hàng loạt nhân tố môi trường vô sinh (bao gồm trong đó các nhân tố vật lý, hoá học và khí hậu) như nước, độ ẩm, nhiệt độ, độ muối hay các dạng đất trong vùng. Các nhân

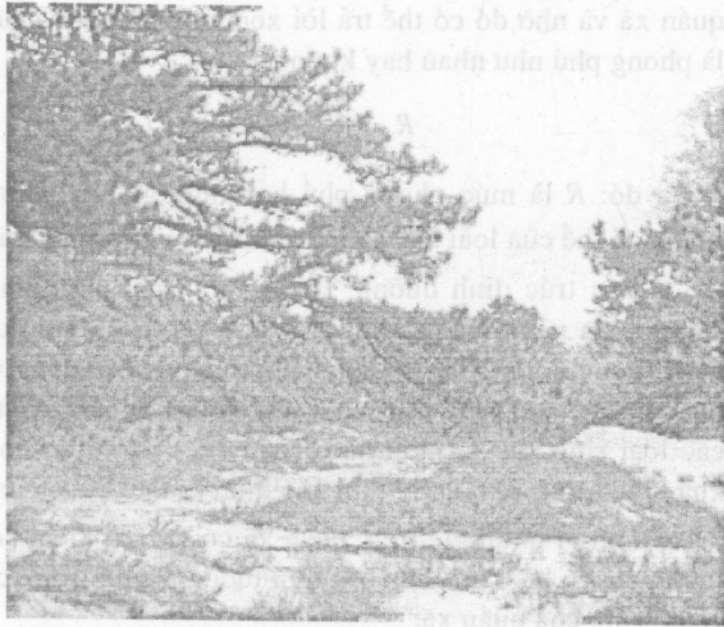
tổ của môi trường vô sinh vừa có tác dụng hỗ trợ vừa giới hạn đối với đời sống quần xã. Ví dụ, độ ẩm thấp cản trở đến sự sinh trưởng của phần lớn các loài thực vật ưa ẩm, nhưng lại là điều kiện thuận lợi cho đời sống của một số ít loài thích nghi với cảnh khô hạn như xương rồng. Độ ẩm cao và nhiệt độ ổn định ở vùng vĩ độ thấp tạo điều kiện thuận lợi cho cây rừng, muỗi, vắt phát triển v.v...

Các loài trong quần xã sinh vật sống phụ thuộc vào nhau. Một loài động vật bất kỳ không thể tồn tại ở nơi không có cây cối vì nó rất cần nơi ở và thức ăn. Do vậy, quần xã thực vật vừa hỗ trợ, vừa giới hạn sự phát triển của quần xã động vật. Chẳng hạn, rừng bị chặt phá và phân cắt buộc các loài thú lớn phải dời đi nơi khác, nếu không kích thước quần thể sẽ bị thu hẹp và sớm muộn chúng sẽ lâm vào cảnh bị diệt vong. Tuy nhiên, khi có mặt của quần xã động vật, các loài thực vật cũng bộc lộ những thích nghi rất tinh tế, vừa để phát triển tiến hoá, vừa để phòng ngừa sự “quấy rầy” của động vật như sinh gai góc, chứa chất độc... Tích cực hơn, cây đơm hoa, kết trái, sinh mật, toả hương, để quyến rũ chim, côn trùng tham gia thụ phấn, thậm chí có mùi hương rất đặc trưng chỉ để hấp dẫn đối với một loài côn trùng xác định. Thực vật còn gửi cả “lòng tin” vào động vật để phát tán nòi giống. Sống trong bất kỳ tổ chức nào, điều kiện nào, mỗi loài động vật, thực vật đều thích nghi để phản ứng lại những tác động của các nhân tố môi trường vô sinh và hữu sinh. Chẳng hạn, nhiều loài sống ở những nơi ấm nóng, nhiều loài sống cả ở những nơi băng giá, không ít loài sống trong những điều kiện khắc nghiệt như suối nước nóng, biển quá mặn...

Quần hợp (association). Một lý do để xác định quần xã sinh vật là cần phải hiểu xem nó phù hợp như thế nào với cảnh quan hoặc xem nó có khác biệt gì với các quần xã khác, nghĩa là đòi hỏi phải đánh giá chuẩn xác một quần xã thực vật tương ứng. Thảm thực vật có thể dễ dàng nhận biết được và nó được xem là một chỉ thị mạnh cho các điều kiện môi trường của vùng. Đó là *quần hợp* – đơn vị cơ bản nhất của quần xã thực vật.

Quần hợp được hiểu là một quần xã thực vật với thành phần xác định, mang tính đồng nhất về nơi sống (*habitat*) cũng như đồng nhất về dạng tăng trưởng. Ví dụ, thảm thực vật cây gỗ *Pinus rigida/Hudsonia tomentosa* thể hiện như một quần hợp, một bộ phận cấu trúc của thảm rừng nước mặn trên đảo Plum (hình 1.25).

Quần xã sinh vật tồn tại dưới mọi dạng, mọi kích thước và mọi mức độ của mỗi tương tác giữa các quần thể cấu tạo nên nó, đồng thời là một tổ chức chặt chẽ, cao hơn mức quần thể, gồm trong đó là sự sắp xếp các loài theo những thứ bậc xác định, cũng như sự thiết lập nên các mối



Hình 1.25. Quần hợp rừng *Pinus rigida/Hudsonia tomentosa* trên đảo Plum, bắc Massachusetts, Hoa Kỳ (WRIGM, 2004).

quan hệ khác giữa các quần thể để có được những "đặc tính nổi trội" (Begon et al, 1995). Hơn nữa, những mối quan hệ đa dạng và phức tạp của các loài không chỉ duy trì tính tổ chức chung của quần xã mà còn kiểm soát lẫn nhau, nhất là những mối quan hệ chủ yếu như cạnh tranh, con mồi – vật dữ, vật chủ – vật ký sinh...

Tổ chức của quần xã dù đơn giản hay phức tạp bao giờ cũng có những đặc tính cơ bản, quy định bản chất của quần xã. Đó là:

- Mức đa dạng về loài: Là số lượng loài tham gia cấu trúc quần xã, đồng thời là một trong những tiêu chuẩn đánh giá về đa dạng sinh học.

- Dạng tăng trưởng và tính cấu trúc. Ở đây, dạng tăng trưởng của quần xã thực vật có thể được mô tả bằng những tiêu chuẩn phổ biến đối với các loài cây gỗ, cây bụi, cây cỏ... từ đó người ta có thể sắp xếp thành các dạng tăng trưởng như cây lá rộng, cây lá kim. Các dạng tăng trưởng khác nhau xác định sự phân tầng hoặc phân lớp theo chiều thẳng đứng của quần xã. Ở động vật, đó là các dạng biến thái trong lịch sử phát triển của đời sống cá thể, nhất là động vật chân khớp (*Arthropoda*)...

- Mức phong phú hay mức giàu có tương đối (%). Đó là số lượng cá thể của một loài nào đó so với số lượng cá thể chung của các loài trong

quần xã và nhờ đó có thể trả lời xem có phải tất cả các loài trong quần xã là phong phú như nhau hay không.

$$R = \frac{n_i}{N} \cdot 100 \quad (1.11)$$

trong đó: R là mức phong phú hay mức giàu có tương đối (%), n_i là số lượng cá thể của loài i , N là tổng số cá thể của quần xã.

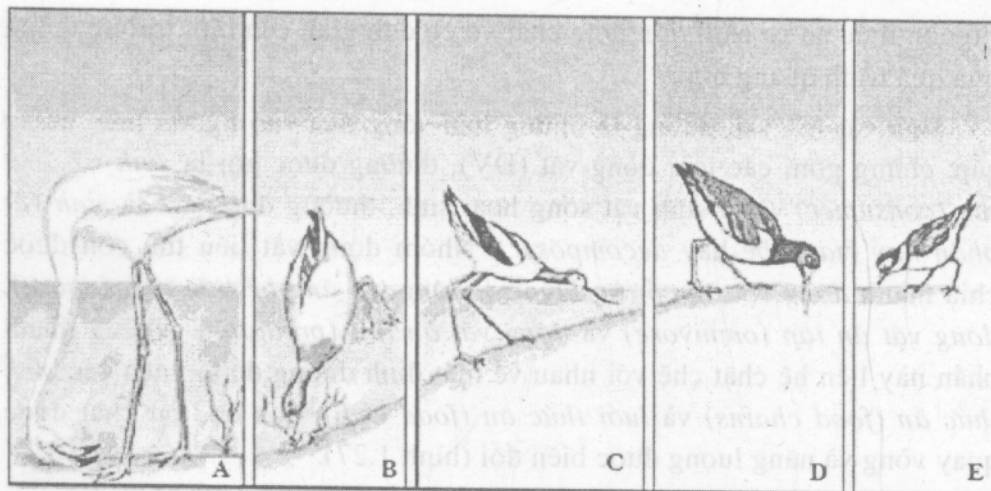
– Cấu trúc dinh dưỡng. Đó là mối quan hệ dinh dưỡng của các loài trong quần xã (chuỗi và lưới thức ăn, các bậc dinh dưỡng) quy định dòng năng lượng và vật chất di chuyển từ thực vật đến động vật ăn cỏ (herbivore), hoặc từ các sản phẩm thứ cấp (mùn bã hữu cơ, các chất hữu cơ hoà tan) đến các loài sinh vật ăn mùn bã (detritivore) và những loài sinh vật dị dưỡng khác (heterotroph), đồng thời xác định tính tổ chức của quần xã sinh vật.

Chính vì những lẽ trên, quần xã có vai trò kiểm soát bản chất các mối tương tác và hiệu quả của các mối tương tác đó trong cấu trúc và hoạt động chức năng của quần xã.

1.4.3.2. Quần xã là môi trường tồn tại, phân hoá và tiến hoá của các loài

Quần xã sinh vật không chỉ là nơi tồn tại mà còn là môi trường phân hoá và tiến hoá của các loài thông qua các mối quan hệ chủ yếu như cạnh tranh, con mồi – vật ăn thịt, vật chủ – ký sinh, cộng sinh... Đương nhiên, nhiều loài cùng sống trong một sinh cảnh bị giới hạn về không gian và nguồn sống, buộc chúng phải chia sẻ với nhau về nơi kiếm ăn và sinh sản, nguồn dinh dưỡng trên cơ sở giảm số lượng cá thể của mình, phân ly ổ sinh thái để tránh cạnh tranh với nhau, đi đôi với điều đó là sự phát triển những dấu hiệu mới về hình thái, các đặc điểm sinh lý, sinh hoá và các tập tính sinh thái để vừa có khả năng khai thác thức ăn tốt hơn, vừa tránh vật ăn thịt một cách có hiệu quả nhất (hình 1.26). Những kết quả được hình thành từ mối quan hệ giữa các loài trong quá trình lịch sử đã tạo cơ hội cho các loài liên tục phân hoá và tiến hoá theo những con đường khác nhau.

Điều khẳng định rằng, trên phạm vi toàn cầu, ở các vĩ độ nhiệt đới xích đạo, mức đa dạng sinh học bao giờ cũng cao hơn so với các vùng vĩ độ cao; ở vùng nước ven bờ, mức đa dạng bao giờ cũng cao hơn so với các vùng khơi đại dương; ở những quần xã đang phát triển, số lượng loài cũng tăng lên, số lượng cá thể của mỗi loài giảm đi, phù hợp với sức chứa của môi trường.



Hình 1.26. Sự phân hoá về ổ sinh thái dẫn đến sự khác biệt về hình thái, trước hết là cơ quan bắt mồi, và sự phân chia vùng kiếm ăn của các loài chim nước ở ven bờ một vùng đất ngập nước.

1.4.3.3. Các thành phần cấu trúc và vai trò của quần xã trong hệ sinh thái

Quần xã được cấu trúc bởi các nhóm loài mà chúng có những vai trò và chức năng khác nhau, đảm bảo cho quần xã phát triển ổn định trong không gian và theo thời gian.

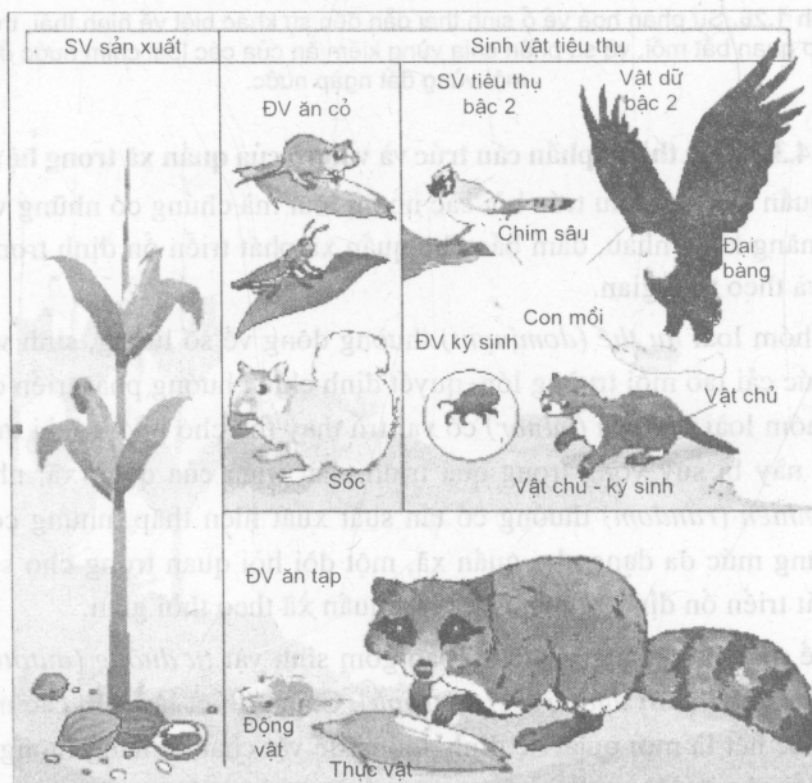
Nhóm loài *ưu thế* (*dominant*) thường đông về số lượng, sinh vật lượng cao, sức cải tạo môi trường lớn, quyết định chiều hướng phát triển của quần xã; nhóm loài *thứ yếu* (*minor*) có vai trò thay thế cho nhóm loài ưu thế khi nhóm này bị suy vong trong quá trình phát triển của quần xã; nhóm loài *ngẫu nhiên* (*random*) thường có tần suất xuất hiện thấp, nhưng có vai trò làm tăng mức đa dạng cho quần xã, một đòi hỏi quan trọng cho sự tồn tại và phát triển ổn định và bền vững của quần xã theo thời gian.

Về mặt chức năng, quần xã bao gồm sinh vật *tự dưỡng* (*autotroph*) và các loài sinh vật *dị dưỡng* (*heterotroph*). Chúng thiết lập nên các mối quan hệ, trước hết là mối quan hệ dinh dưỡng để vật chất và năng lượng theo đó biến đổi và vận động theo những con đường khác nhau, tạo nên sự gắn bó giữa sinh vật với sinh vật, giữa quần xã với môi trường vật lý mà quần xã tồn tại.

Sinh vật tự dưỡng là những loài thực vật, tảo và vi khuẩn mang màu, có khả năng tiếp nhận bức xạ Mặt Trời để tổng hợp các chất hữu cơ đầu tiên

(nguồn thức ăn sơ cấp) từ những chất vô cơ đơn giản của môi trường thông qua quá trình quang hợp.

Sinh vật (SV) dị dưỡng là những loài sống dựa vào nguồn thức ăn sơ cấp; chúng gồm các loài động vật (ĐV), thường được gọi là *sinh vật tiêu thụ* (consumer) và vi sinh vật sống hoại sinh, thường được gọi là *sinh vật phân huỷ* (saprobe hay decomposer). Nhóm động vật tiêu thụ còn được chia thành *động vật ăn cỏ* (herbivore), *động vật ăn phế liệu* (detritivore), *động vật ăn tạp* (omnivore) và *động vật ăn thịt* (predator). Những thành phần này liên hệ chặt chẽ với nhau về mặt dinh dưỡng để tạo nên các *xích thức ăn* (food chains) và *lưới thức ăn* (food web), qua đó, vật chất được quay vòng và năng lượng được biến đổi (hình 1.27).



Hình 1.27. Cấu trúc theo các hoạt động chức năng của các nhóm loài trong quần xã sinh vật.

1.4.3.4. Các mối quan hệ sinh học trong quần xã

Trong tự nhiên, các mối quan hệ sinh học giữa các loài trong quần xã rất đa dạng và phức tạp, song được gộp thành 2 nhóm chính: Các mối *tương tác dương*, trong đó tối thiểu có một loài hưởng lợi, và các mối *tương tác âm*, trong đó tối thiểu có một loài chịu bất lợi (bảng 1.2).

Bảng 1.2. Tóm tắt các mối sinh học của các loài trong quần xã

Quan hệ giữa 2 loài	Hệ quả của mối quan hệ
Hội sinh (0, +)	Loài được hội sinh không bị ảnh hưởng, còn loài hội sinh có lợi.
Hợp tác đơn giản (+, +)	Hai loài chung sống với nhau không bắt buộc, nhưng đều mang lại lợi ích cho nhau.
Cộng sinh (+, +)	Hai loài chung sống với nhau một cách bắt buộc, đều mang lại lợi ích cho nhau.
Ức chế cảm nhiễm (0, -)	Loài 1 sống bình thường, không có lợi cũng không bị hại, nhưng gây hại cho loài thứ 2.
Cạnh tranh (-, -)	Hai loài sống chung với nhau, nhưng cả 2 đều kìm hãm lên sự phát triển của nhau.
Con mồi – vật ăn thịt (-, +)	Con mồi thường nhỏ, nhưng số lượng đông, còn vật ăn thịt thường lớn, nhưng số lượng ít.
Vật chủ – vật ký sinh (-, +)	Vật chủ bị hại, vật ký sinh có lợi. Vật chủ thường lớn, nhưng số lượng ít, còn vật ký sinh thường nhỏ, nhưng số lượng đông.
Bàng quan (0, 0)	Cả 2 loài không có quan hệ gì với nhau.

Trong những mối quan hệ trên, mối quan hệ cạnh tranh giữa các loài và mối quan hệ giữa con mồi – vật ăn thịt là những mối quan hệ bao trùm, có giá trị kiểm soát mọi quá trình phát triển và tiến hoá của sinh giới. Mối quan hệ vật chủ – ký sinh là sự biến tướng của mối quan hệ con mồi – vật ăn thịt, chỉ khác là, vật ký sinh không ăn thịt trực tiếp con mồi, có kích thước nhỏ và số lượng đông hơn vật chủ, tương phản với mối quan hệ con mồi – vật ăn thịt, trong đó vật ăn thịt “ăn sống” con mồi, có kích thước cơ thể lớn, nhưng số lượng lại ít. Cùng với các mối quan hệ khác, mối quan hệ cạnh tranh, con mồi – vật ăn thịt, một lần nữa được khẳng định như những động lực chủ yếu cho sự phân hoá và tiến hoá của sinh giới.

Khi nghiên cứu mối quan hệ giữa các loài V. Volterra và A.J. Lotka

(1926) đã dựa trên phương trình tăng trưởng số lượng của quần thể để mô tả mối quan hệ cạnh tranh giữa các loài theo hệ phương trình sau đây:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 \left(\frac{K_1 - N_1 - \alpha N_2}{K_1} \right) \end{cases} \quad (1.12)$$

$$\begin{cases} \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 \left(\frac{K_2 - N_2 - \beta N_1}{K_2} \right) \end{cases} \quad (1.13)$$

Ở đây: α – Hệ số cạnh tranh đặc trưng cho sự kìm hãm của loài 2 đối với loài 1;

β – Hệ số cạnh tranh đặc trưng cho sự kìm hãm của loài 1 đối với loài 2;

N_1 và N_2 là số lượng tương ứng của quần thể loài 1 và loài 2;

K_1 và K_2 là số lượng tối đa tương ứng (hay sức chứa của môi trường) của quần thể loài 1 và loài 2.

Khi giải bài toán trên sẽ xuất hiện 4 hệ quả :

– Nếu $\alpha > \frac{K_1}{K_2}$ và $\beta > \frac{K_2}{K_1}$ thì N_1 hoặc N_2 tồn tại tùy thuộc vào số lượng trung bình của từng loài ở lúc khởi đầu.

– Nếu $\alpha < \frac{K_1}{K_2}$ và $\beta > \frac{K_2}{K_1}$ thì chỉ có N_1 tồn tại.

– Nếu $\alpha > \frac{K_1}{K_2}$ và $\beta < \frac{K_2}{K_1}$ thì chỉ có N_2 tồn tại.

– Nếu $\alpha < \frac{K_1}{K_2}$ và $\beta < \frac{K_2}{K_1}$ thì cả 2 đều tồn tại, chung sống hoà bình với nhau.

Trong trường hợp con mồi – vật dữ được Lotka – Volterra mô tả như sau:

$$\frac{dC}{dt} = fa'CN - qC \quad (1.14)$$

Trong đó: $a'CN$ là tốc độ con mồi được sử dụng, a' là hệ số, $fa'CN$ là tốc độ sinh sản của vật dữ hay hiệu quả sử dụng thức ăn của vật dữ sau khi sử dụng con mồi, C là số lượng của vật sử dụng (hay vật dữ), N số lượng hay sinh vật lượng của con mồi.

Các mô hình của Lotka-Volterra về cạnh tranh và con mồi – vật dữ giữa các loài trong quần xã được mô tả chi tiết trong cuốn “*Cơ sở sinh thái học*” (Vũ Trung Tạng, 2000, 2001, 2007).

1.4.3.5. Mối quan hệ giữa quần xã với môi trường vô sinh

Giống như các loài, quần xã sinh vật cũng trải qua các biến động về thành phần và diện mạo của nó do sự biến đổi của các điều kiện môi trường và những đặc tính về chu kỳ sống của bản thân các loài sinh vật.

Mỗi loài sống trong quần xã hay cả quần xã trong quá trình phát triển đều thích nghi với các điều kiện khí hậu, đất đai; nói cách khác, đời sống của loài được điều chỉnh bởi các nhân tố môi trường vô sinh. Điều này dễ dàng nhận biết được, khi mùa thu về, nhiệt độ và độ ẩm giảm thấp, lá cây rụng lá rộng ôn đới úa vàng và rụng tơi tả, báo hiệu một giấc ngủ đông, sự sống dường như bị ngưng đọng. Mùa xuân đánh thức các chồi non và mọi hoạt động sống của cây cối được hồi phục, nhất là khi lá đạt đến sự phát triển đỉnh điểm. Do các hiện tượng tự nhiên biến đổi theo những chu kỳ thời gian xác định và các loài khác nhau phản ứng không giống nhau với những kích thích như thế nên trong các quần xã, những nhịp điệu sinh học khác nhau đều xuất hiện như những phản ứng thích nghi.

Tính nhịp điệu về trao đổi chất trong lịch sử đời sống cá thể cũng như trong các hiện tượng xảy ra ở các tổ chức cao hơn (quần thể, quần xã sinh vật và hệ sinh thái) liên quan chặt chẽ với những đổi thay mang tính chu kỳ của các hiện tượng thiên văn, ngự trị trên hành tinh, như sự biến đổi theo ngày đêm, theo mùa, theo thủy triều (hộp 1.1). Hơn nữa, những khuôn mẫu như thế trong các vùng địa lý khác nhau hoàn toàn không giống nhau, biến đổi mang tính địa phương, bởi vì cứ dịch từ vĩ độ này đến vĩ độ khác 01° (khoảng 110 km) thì độ dài thời gian đã sai khác nhau khoảng 4 ngày khi mở đầu cho một sự kiện. Do đó, ở Bắc Bán cầu, mùa xuân của các vùng phương Nam bao giờ cũng đến sớm hơn so với các vùng phương Bắc. Hệ quả tương tự xuất hiện cả khi thay đổi theo độ cao với những khoảng cách cách nhau chừng 125m.

1.4.3.6. Tính ổn định hay tính bền vững của quần xã

Khái niệm về “tính bền vững” của quần xã sinh vật rất khó xác định do nó bao hàm nhiều nghĩa khác nhau. Trước tiên, một quần xã được coi là bền vững khi quần xã duy trì được trạng thái ổn định của nó theo thời gian;

hay tính bền vững chính là “sức ỳ” của nó trước những tác động huỷ hoại; tính “mềm dẻo” là khả năng quay trở lại trạng thái ban đầu sau khi bị tác động huỷ hoại của các nhân tố ngoại lực, hay cuối cùng là biên độ (độ lệch) biến động của hệ thống để phản ứng lại những biến đổi của các điều kiện môi trường mà trong giới hạn đó hệ thống vẫn có thể quay trở lại trạng thái ban đầu.

Dạng đặc trưng của tính bền vững là tính chu kỳ của sự thay đổi, là sự xuất hiện tuần hoàn một cách ổn định của các nhân tố giới hạn. Ta có thể xem xét những ví dụ về tính kém bền vững và bền vững của các quần xã thủy sinh vật dưới đây.

Năm 1970 ở Hồng Hải, do mực nước đột ngột xuống thấp 3 ngày, tại đỉnh các rạn san hô có tới 90% polip bị chết trắng. Sự khôi phục của hệ thống về trạng thái ban đầu, dự báo chỉ có thể đạt được vào cuối thế kỷ. Hệ san hô thuộc Rạn lớn (Great Barrier) ở bờ Đông Australia bị các loài sao biển huỷ hoại 11% vào trước năm 1973, nhưng đến nay vẫn chưa được khôi phục hoàn toàn. Ngược lại, vào năm 1973 ở bờ Thái Bình Dương thuộc Hoa Kỳ, loài nhím *Strongilo centrotus* sinh sản như vũ bão đã huỷ diệt gần như hoàn toàn một số loài rong thuộc chi *Nereocysta*, song chỉ sau 2 năm những loài này đã trở lại trạng thái bình thường (Constantinov, 1984).

Như vậy, tính bền vững của các quần xã do những nguyên nhân nào quyết định đang là vấn đề mở còn đang được tranh luận, nhiều ý kiến còn chưa nhất trí với nhau. Có người cho rằng, tính bền vững là do *mật độ của các loài* trong quần xã quyết định, song phản lại, có ý kiến nghi ngờ rằng, liệu những loài có mật độ đông nhất sẽ đóng vai trò quan trọng nhất? Chẳng hạn, ở rừng, những cây có mật độ đông lại là những cây bụi, nhỏ, sống dưới tán cây to, còn những cây to, mật độ ít lại là những loài then chốt, xác định bản chất của quần xã. Nếu như xem *năng suất sinh học* là tiêu chuẩn tốt hơn, xác định vai trò của dòng năng lượng và chu trình vật chất của quần xã thì khuynh hướng đó không cho phép nhìn nhận một cách đầy đủ về vai trò điều chỉnh của vật dữ như sao biển hoặc ong ký sinh ở những ví dụ đã nêu, mặc dù với số lượng hay tổng năng lượng tương đối ít, nhưng những loài đó lại là những thành viên cốt lõi của quần xã. Khi những loài này bị dời đi hoặc bị tiêu diệt thì quần xã sẽ biến đổi cơ bản về cấu trúc, tính đa dạng về loài và các mối quan hệ của các loài (hộp 1.2).

Nhiều nhà sinh thái cho rằng, trong những quần xã phức tạp, giàu loài, kéo theo nó là các mối tương tác mang tính loại trừ tăng lên thì quần xã sẽ ổn định hơn, nghĩa là khả năng chống chịu tốt hơn trước những tác động làm xáo trộn của môi trường. Chẳng hạn, trong một quần xã đa dạng, những vật ăn thịt có nhiều con mồi có thể kiếm được, nhưng tác động khai thác của chúng rất thấp và vật ăn thịt dường như bất lực trước sự biến đổi của đám đông con mồi, bởi vì trong săn bắt, vật ăn thịt thường hướng từ một con mồi này sang một con mồi khác, trở nên mất phương hướng. Tương tự, con mồi là đối tượng săn bắt của một số vật ăn thịt, do vậy, sự điều chỉnh mật độ của con mồi ít phụ thuộc vào bất kỳ một vật ăn thịt riêng lẻ nào.

Những nghiên cứu lý thuyết của Robert M. May, Trường Đại học Tổng hợp Princeton chỉ ra rằng, khi bổ sung thêm một loài lạ vào một quần xã giả định, nhất là ở vùng nhiệt đới xích đạo thì tính ổn định của quần xã trở nên kém hơn. Chẳng hạn, các quần xã ở vùng vĩ độ thấp có cấu trúc phức tạp và giàu loài nhất trên Trái Đất, vì vậy, ổ sinh thái của các loài phân hoá rất cao, khi một loài lạ thỉnh thoảng xuất hiện do một nguyên nhân nào đó thường gây nên sự xáo động, đưa đến những hậu quả sinh thái không kém nặng nề. Quan điểm này có ý nghĩa rất quan trọng trong việc di nhập các loài sinh vật lạ vào một vùng lãnh thổ nào đấy khi không được nghiên cứu đầy đủ về các đặc tính sinh học và sinh thái học của đối tượng di nhập, nhất là tiềm năng sinh học (khả năng sinh sản và năng lực cạnh tranh với các loài bản địa) và sự thích nghi về mặt sinh thái của nó trong điều kiện môi trường mới.

Phần nhiều các nhà sinh thái học hiện nay thường ngả theo khuynh hướng không thừa nhận luận điểm cho rằng, tính đa dạng về loài càng lớn và các mối quan hệ càng phức tạp thì quần xã càng ổn định. Bởi vì họ quan niệm rằng, sự phản ứng của một quần xã đơn giản đối với sự xáo động có thể mạnh và tức thời, nhưng những quần xã như thế lại có khả năng phục hồi nhanh và sớm chuyển vào phương thức hoạt động mới. Những quần xã phức tạp, ngược lại, trước những xáo động không quá mạnh của môi trường, những phản ứng không lớn, nhưng do các mối tương tác trong nội bộ phức tạp nên hiệu quả tác động có thể lan truyền và tiếp diễn trong toàn bộ hệ thống và kéo dài, gây ra những trục trặc và méo mó không kém quan trọng. Như vậy, quần xã nào ổn định và bền vững hơn: quần xã có cấu trúc phức tạp hay quần xã cấu trúc đơn giản?

Một quan điểm khác cho rằng, tính bền vững của quần xã còn phụ thuộc vào điều kiện phức tạp của môi trường vật lý. Bằng thực nghiệm người ta chứng minh rằng, nếu phương thức trồng trọt được thiết kế phức tạp dựa trên sự thích ứng về sinh thái của các loại cây trồng đối với đặc tính riêng của từng loại đất thì sự dao động đặc trưng đối với hệ thống thực nghiệm thường có thể giảm và các thành viên có thể được duy trì không thời hạn. Ở vùng nhiệt đới xích đạo, điều kiện môi trường vật lý rất phức tạp giúp cho quần xã tồn tại vững bền hơn. Như vậy, sự đa dạng trong cấu trúc của môi trường vật lý dường như có lợi đối với sự ổn định của các quần xã.

Sự can thiệp của con người vào các quần xã sinh vật luôn có tác động làm giảm tính đa dạng về loài và giảm tính phức tạp về cấu trúc. Những ví dụ kinh điển cho vấn đề này là các quần xã được tạo nên bởi nền nông nghiệp hiện đại. Nền nông nghiệp thường hướng đến phương thức đơn canh (monoculture), tức là trồng một loài đơn lẻ nào đó theo yêu cầu của con người, còn những loài khác dường như bị loại bỏ. Những quần xã như thế rất không ổn định. Chúng chỉ có thể được duy trì là nhờ vào sự chăm sóc thường xuyên và đầu tư nhiều năng lượng; có như vậy mới có thể kìm hãm được sâu bọ huỷ hoại mùa màng, tiêu diệt được cỏ dại và duy trì được độ màu mỡ của đất... Trồng đa canh (polyculture), tính ổn định của quần xã cao hơn và khả năng phòng chống bệnh tốt hơn, nhưng ngược lại, những chi phí về phân bón, thủy lợi, máy móc, trồng tỉa và thu hoạch lại trở nên khó khăn, làm cho phương thức canh tác này kém hiệu quả, nhất là đối với các trang trại lớn.

Sự ô nhiễm mặc dù không làm đơn giản hoá các quần xã quá mức như kiểu đơn canh, song cũng làm giảm tính đa dạng về loài và qua đó rút ngắn xích thức ăn và làm tăng tính bất ổn định của quần xã, những loài sinh vật đầu bảng thường là những loài mất đi đầu tiên. Khi vật dữ không còn thì một hoặc một số loài con mồi có thể phát triển mạnh, khó bề kiểm soát và sự ô nhiễm còn làm cho nơi sống xuống cấp, không phù hợp với nhiều loài khác và không ít trường hợp làm mất cả những điều kiện kiểm soát những loài có khả năng bùng nổ số lượng, dẫn đến trạng thái bất ổn định của cả hệ thống (hộp 1.2).

Dương nhiên, những vấn đề nêu trên vẫn là những vấn đề mờ, còn được bàn luận và tranh cãi, nhưng khi xét về bản chất và tính ổn định của quần xã ai cũng chấp nhận một luận điểm chung là:

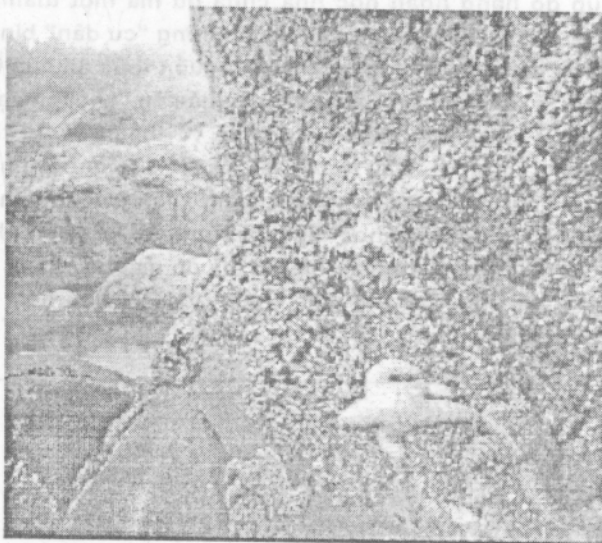
– Các quần xã dù đa dạng về thành phần loài và mối quan hệ giữa chúng thì thế nào cũng có một số loài đóng vai trò nền tảng (keystone), quyết định đến sự phát triển của quần xã, trong khi sự có mặt của các loài đi theo không kém quan trọng vì chúng có vai trò hỗ trợ cho nhóm loài nền tảng, duy trì sự tồn tại chung của quần xã và tham gia khai thác tối ưu nguồn sống của môi trường.

– Sự ổn định và tính bền vững của quần xã là kết quả của một phức hợp các nhân tố: mức độ đa dạng về loài và các mối quan hệ sinh học (vai trò riêng của loài này đối với loài khác), mật độ và năng suất sinh học, cũng như tính phức tạp và đa dạng của điều kiện môi trường vật lý mà quần xã tồn tại.

HỘP 1.2

VAI TRÒ CỦA VẬT ĂN THỊT ĐẦU BẢNG

Như chúng ta đã biết, các loài cấu trúc nên quần xã đều gây ảnh hưởng lên nhau bằng nhiều cách: hoặc mạnh, hoặc yếu, thông qua các mối quan hệ cạnh tranh, con mồi – vật ăn thịt, hỗ sinh... Những mối tương tác giữa các loài nhiều khi chưa thật hiểu một cách rõ ràng lại trở nên rất quan trọng trong đời sống quần xã. Một thí nghiệm được R.T. Paine thuộc Trường Đại học Tổng hợp Washington tiến hành trên một quần xã vùng triều ở vịnh



Mukkaw, bắc Thái Bình Dương, với 15 loài trong đó, vật dữ đầu bảng là sao biển (*Pisaster ochraceus*). Khi ông loại bỏ sao biển khỏi vùng, nhưng vẫn cho nó tồn tại ở một quần xã khác, kết quả dẫn đến là một biến cố mang tính phóng xạ đã xảy ra về mức đa dạng của quần xã ban đầu. Trong số 15 loài nói trên chỉ còn lại 8 loài. Một trong 2 loài *Balanus* cạnh tranh bị loại trừ, bởi vì nơi bám của nó không sạch, gây ra do các loài khác mà chúng không được khống chế bởi sao biển; loài *Balanus* còn lại là kẻ cạnh tranh tốt hơn về không gian, có khả năng sống ở nơi chật hẹp. Một loài bọt biển và vật ăn thịt nó cũng biến mất. Rõ ràng, sao biển đã gây ảnh hưởng trực tiếp lên chúng, có lẽ sao biển cũng là “vệ sinh viên”, loại trừ ô

nhuộm sinh học gây ra do các loài khác, nhờ vậy, môi trường của bọt biển trở nên sạch. Việc loại bỏ sao biển đã đưa đến hậu quả rất kịch tính, nhưng rất khó dự báo.

Sự loại bỏ một loài nào đó không cân nhắc thường làm bộc lộ những mối quan hệ ẩn chứa của những loài khác trong quần xã. Chính nhờ những mối quan hệ phức tạp đó, quần xã mới duy trì được trạng thái ổn định của mình. Nhiều trường hợp loại bỏ hay đưa thêm vào một loài bất kỳ, nhất là những vật ăn thịt ở cuối chuỗi thức ăn, thường gây ra những hậu quả khôn lường.

Tổ chức Sức khỏe thế giới (WHO) đã cung cấp cho chúng ta một ví dụ khá nổi tiếng. Trong một làng ở bang Borneo thuộc Malaysia, 90% dân số bị bệnh sốt rét. Để loại trừ bệnh này buộc người ta phải diệt muỗi bằng cách phun thuốc DDT và Dieldrine, 2 loại bột rất mẫn cảm với đời sống côn trùng – vào các nhà dân. Đương nhiên, muỗi chết hết, hiểm họa do muỗi gây ra được loại trừ. Chẳng bao lâu, một tai họa mới lại ập đến. Những mái nhà tranh được phun thuốc bị mục ruỗng và bắt đầu sụp đổ. Các khảo sát chỉ ra rằng, ấu trùng của một loại “nhậy” nằm sâu trong các mái rạ không bị nhiễm thuốc đã phát triển thành dạng trưởng thành với số lượng rất đông mà trước đây chưa hề nhiều như vậy, bởi vì kẻ thù tự nhiên của chúng là Ong Mất đỏ khổng lồ đã bị DDT và Dieldrine tiêu diệt. Nhậy gặm nát và làm mục ruỗng mọi mái nhà, dân làng phải gánh chịu cảnh dầm mưa, dãi nắng. Sự sụp đổ hàng ngàn nóc nhà chưa đủ mà một thảm kịch khác xuất hiện khốc liệt hơn. Gián, thạch sùng, tắc kè là những “cư dân” bình thường chung sống với cộng đồng dân cư trong làng. Gián – nguồn thức ăn của tắc kè và thạch sùng cũng tích tụ DDT nên không những bị chết mà còn “khuếch đại” hàm lượng DDT trong cơ thể vật dữ của mình. Mèo ăn tắc kè và thạch sùng, thậm chí ăn cả gián nên cùng chung số phận. Đây là cơ hội rất tốt cho chuột phát triển. Chúng không chỉ huỷ hoại hoa màu mà còn truyền bệnh xoắn trùng, dịch hạch... hiểm nghèo cho người dân. Tổ chức Sức khỏe thế giới cùng với lực lượng Không quân Hoàng gia đã thực hiện một nhiệm vụ mạo hiểm : thả dù mèo vào làng bản. Đội quân mèo thiện chiến đã xung trận, dẹp tan giặc chuột, loại trừ hậu họa, cứu dân làng khỏi mối đe dọa khủng khiếp.



Hoạt động chức năng của hệ sinh thái gồm các quá trình tổng hợp – phân huỷ vật chất, kéo theo đó là vật chất được vận động dưới dạng các chu trình, còn năng lượng được biến đổi không ngừng. Trong quá trình trao đổi chất, các nhóm loài sinh vật sống trong các mức tổ chức khác nhau đóng vai trò xác định, tương tự như hoạt động của các bộ phận khác nhau của cơ thể sống.

2.1. QUÁ TRÌNH TỔNG HỢP VÀ PHÂN HUỖ VẬT CHẤT TRONG CÁC HỆ SINH THÁI

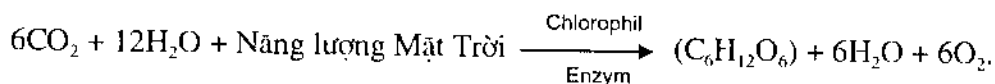
Hai quá trình *tổng hợp* và *phân huỷ vật chất* hoạt động đối lập nhau trong các hệ sinh thái, không khác gì quá trình *đồng hoá* và *dị hoá* của cơ thể sinh vật.

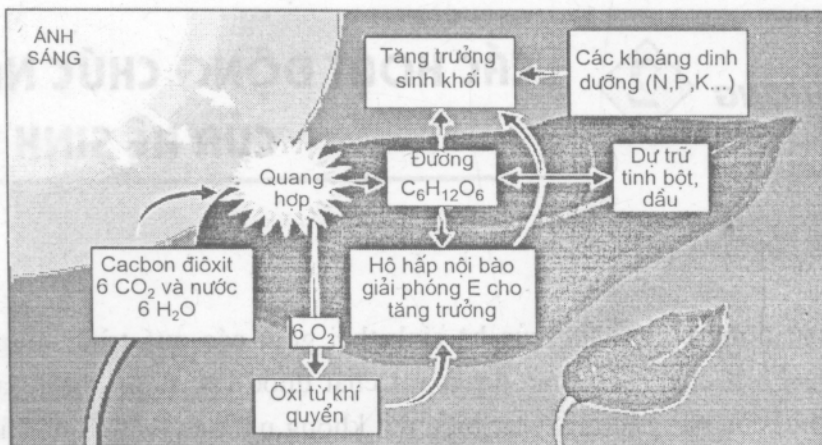
2.1.1. Quá trình tổng hợp vật chất

Tổng hợp vật chất được thực hiện bởi quá trình *quang hợp* và *hoá tổng hợp* nhờ hoạt động của các loài thực vật và vi sinh vật quang khử (khử CO_2 mà không thải ra O_2) và các vi khuẩn khử các hợp chất hữu cơ khác nhau nhờ năng lượng ánh sáng.

2.1.1.1. Quang hợp của cây xanh

Nhờ bộ sắc tố có thành phần và cấu trúc phức tạp mà thực vật và tảo là sinh vật duy nhất trên hành tinh cố định được năng lượng Mặt Trời để tổng hợp các chất hữu cơ đầu tiên thông qua hoạt động quang hợp (hình 2.1):



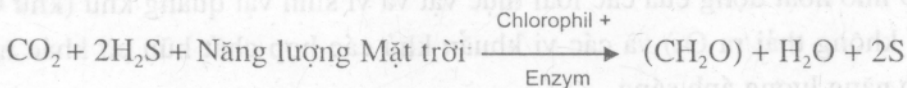


Hình 2.1. Nhờ năng lượng Mặt Trời, lá cây như một nhà máy hoá chất siêu hạng, tổng hợp được nguồn thức ăn sơ cấp từ cacbon đioxit, nước và muối khoáng (WRIGM, 2004).

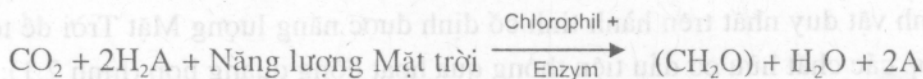
2.1.1.2. Quang hợp của vi khuẩn

Ngoài quang hợp của thực vật còn có sự đóng góp của các nhóm vi khuẩn mang màu cho quá trình sản xuất chất hữu cơ ban đầu như vi khuẩn lưu huỳnh màu xanh hay màu đỏ (Chlorobacteriaceae, Thiorhodaceae) hoặc vi khuẩn Không lưu huỳnh màu đỏ và màu nâu (Athiorhodaceae). Phần lớn chúng sống trong nước ngọt và nước mặn, nơi được chiếu sáng, nhưng hoàn toàn không thích hợp cho đời sống của các loài thực vật khác.

Trong quang hợp của vi khuẩn, chất bị ôxi hoá (cho điện tử) không phải là nước mà là những chất vô cơ hay hữu cơ chứa lưu huỳnh như hydro sunfua (H_2S) :



Tổng quát, công thức hoá học xảy ra trong quang hợp của các nhóm sinh vật mang màu có thể viết dưới dạng:



Ở đây, chất khử (chất bị ôxi hoá hay chất cho điện tử) là H_2A có thể là nước hoặc các chất vô cơ hay hữu cơ chứa lưu huỳnh, còn A có thể là O_2 hay lưu huỳnh nguyên tố.

2.1.1.3. Hoá tổng hợp của vi khuẩn

Một quá trình nữa được nhắc đến trong thành phần của nhóm sinh vật sản xuất là quá trình hoá tổng hợp do một số nhóm vi khuẩn xác định. Các vi khuẩn hoá tổng hợp lấy năng lượng từ phản ứng ôxi hoá các hợp chất vô cơ để đưa cacbon điôxit vào trong thành phần của tế bào chất. Những hợp chất vô cơ đơn giản trong hoá tổng hợp được biến đổi, chẳng hạn, từ amonia thành nitrit, nitrit thành nitrat, sunfit thành lưu huỳnh, sắt 2 thành sắt 3... với sự tham gia của các nhóm vi khuẩn *Beggiatoa* (nơi giàu sunfat) và *Azotobacter*, v.v.

Vi khuẩn hoá tổng hợp tham gia chủ yếu vào việc sử dụng lại các hợp chất cacbon hữu cơ chứ không phải tham gia vào việc tạo thành nguồn thức ăn sơ cấp, nói cách khác, chúng sống nhờ vào những sản phẩm phân huỷ từ các chất hữu cơ được tạo ra trong quang hợp của cây xanh hay của các vi khuẩn quang hợp khác.

Nói chung, sự phân loại các vi khuẩn hoá tổng hợp rất phức tạp vì ở chúng, sự trao đổi chất và năng lượng không thống nhất trong một cơ chế và trong mức độ nhất định không phụ thuộc vào nhau. Tuy nhiên, dựa vào đặc điểm dinh dưỡng theo các cơ chất khác nhau, vi khuẩn được phân chia thành các nhóm: *Chemolithoautotroph*, *Photolithoautotroph*, *Chemoorganoautotroph*. Để cấu tạo cơ thể, tất cả chúng đều sử dụng CO_2 là nguồn cacbon, nhưng khả năng khai thác năng lượng lại không giống nhau.

Chemolithoautotroph (vi khuẩn nitrat hoá, vi khuẩn hydro, vi khuẩn lưu huỳnh không màu, một số vi khuẩn *Thiorhodaceae* sinh khí metan và vi khuẩn ôxi hoá sắt) sử dụng năng lượng nhờ sự ôxi hoá NH_3 , NO_2^- , H_2 , H_2S hoặc các chất khử khác.

Photolithoautotroph (khuẩn lam, vi khuẩn đỏ và đỏ tía) lại sử dụng năng lượng Mặt Trời.

Chemoorganoautotroph khai thác năng lượng từ sự ôxi hoá metanol, oxalat và các hợp chất hữu cơ khác.

Cần hiểu rằng, trong phạm vi của sự tiến hoá, sinh vật được chia thành 2 nhóm chính: sinh vật tự dưỡng và sinh vật dị dưỡng. Hầu hết các loài thực vật bậc cao (thực vật có mạch) và nhiều loài tảo chỉ sử dụng các chất vô cơ đơn giản trong quá trình quang hợp. Chúng là những sinh vật hoàn toàn tự dưỡng. Một số ít loài tảo lại cần các chất hữu cơ tương đối phức tạp

để tăng trưởng; một số loài khác lại cần từ 2 đến 3 loại chất như thế, do đó, chúng là những sinh vật dị dưỡng một phần, hay được gọi là sinh vật “nửa tự dưỡng” (auxiotroph). W. Rodhe (1955) chỉ ra rằng, ở các nước “đêm đông” như phần bắc Thụy Điển, vào mùa hè, phytoplankton là sinh vật tự dưỡng điển hình, tạo nên nguồn thức ăn sơ cấp trong các sông, hồ, nhưng suốt mùa đông kéo dài hàng tháng, chúng lại sử dụng các chất hữu cơ hoà tan trong nước để sống, tương tự như các sinh vật dị dưỡng khác. Như vậy, sinh vật tự dưỡng và dị dưỡng là những nhóm thống trị, còn các nhóm trung gian khác đóng vai trò quan trọng chỉ trong điều kiện không thuận lợi cho các sinh vật tự dưỡng và dị dưỡng.

2.1.1.4. Hiệu quả của quá trình tổng hợp vật chất

Trong đời sống của thực vật, năng lượng kiếm được từ quang hợp sử dụng cho các quá trình tự duy trì, tăng trưởng và hô hấp rất thay đổi, từ 15 đến 24% trong những cánh đồng lúa ở các giai đoạn phát triển khác nhau. Ở rừng ôn đới, năng lượng có thể tiêu tốn đến 50 – 60%, còn ở rừng nhiệt đới, giá trị đó đạt đến 70 – 75%. Trên cơ sở nhiều khảo nghiệm, nói chung, năng lượng hô hấp của sinh vật tự dưỡng được đánh giá từ 30% đến 40% tổng sản lượng sinh vật sơ cấp hay sản lượng sơ cấp thô (P_G), do vậy, chỉ còn 60% đến 70% (thường ít hơn) được tích tụ trong sản lượng sơ cấp tinh (P_N), tức là sản lượng thực làm thức ăn cho các loài sinh vật dị dưỡng.

Năng suất hay sản lượng sơ cấp được tạo ra bởi sinh vật tự dưỡng phụ thuộc vào hàng loạt nhân tố của môi trường vô sinh như độ ẩm của đất, của không khí, lượng mưa; điều kiện đất đai..., gồm trong đó nguồn khoáng chất. Môi trường vô sinh lại rất khác nhau, phụ thuộc vào vĩ độ địa lý, độ cao địa hình, nền thổ nhưỡng của mỗi khu vực. Sản lượng sinh vật sơ cấp còn được quy định bởi các nhân tố môi trường hữu sinh, trước hết là đặc tính và mật độ quần thể của loài, cấu trúc của quần xã sinh vật... Đương nhiên, từ khi xuất hiện sinh vật tự dưỡng, hành tinh này tạo ra nguồn thức ăn sơ cấp lớn lao, nuôi sống các loài sinh vật dị dưỡng đến mức dư thừa (hộp 2.1, bảng 2.1).

2.1.1.5. Các phương pháp đánh giá sản lượng sơ cấp

Một trong những phương pháp phổ biến là đo đạc sản lượng của sinh vật tự dưỡng hay sản lượng sơ cấp, trong đó cổ điển nhất là sản lượng thu hoạch. Người nông dân thường sử dụng phương pháp này để thông báo về sản lượng gặt hái được trên cánh đồng gieo cấy của mình hay năng suất

tính trên đơn vị diện tích trong một vụ hay cả năm. Đương nhiên, cách tính này còn nhiều hạn chế vì họ đã bỏ qua nhiều thông số quan trọng khác như thân cây, rễ, lá..., những bộ phận tích tụ năng lượng nằm trên hay dưới mặt đất. Đối với sinh thái, người nghiên cứu cần phải bổ sung các tư liệu bổ sót đó và trên cơ sở tính toán và đo đạc tỷ mỷ để có những kết quả xác thực hơn. Chẳng hạn, sau khi sấy khô, sản lượng thu hoạch và cả sản lượng không thu hoạch (rơm, rạ...) cần được diễn đạt bằng đơn vị sinh khối (tổng khối lượng) trên đơn vị diện tích và đơn vị thời gian của từng đối tượng trồng trọt hay thu được trong điều kiện tự nhiên. Người ta cũng thường sử dụng các đơn vị khác như đơn vị cacbon hay năng lượng (Jun, Cal, kCal). Trong cách đánh giá thô, điều được thừa nhận rằng, mỗi một gam vật liệu thực vật trên cạn được sấy khô có chứa khoảng 4,5 kCal, một gam rong khô là 4,9 kCal.

Bảng 2.1. Năng suất sơ cấp tính của các hệ sinh thái trên một số vùng lãnh thổ

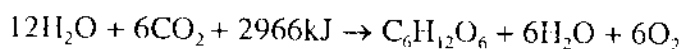
Các hệ sinh thái	Dãy biến đổi năng suất sinh học (đơn vị: Cal/m ² /năm)		
	Thấp	Trung bình	Cao
Rừng	10,0 – 1,3 x 10 ³ Rừng Boreal (Trung Quốc), rừng gỗ (Kenya), Chaparan (Mexico).	4,0 – 6,0 x 10 ³ Mangroves Burma), Rừng rụng lá ôn đới Mexico, rừng lá rộng (Trung Quốc).	7,9 – 9,0 x 10 ³ Rừng nhiệt đới rụng lá theo mùa (Brazil); rừng mưa nhiệt đới (Brazil, Zaire, Indonesia).
Đồng cỏ	0,5 – 1,5 x 10 ³ Các thành tạo núi và cận nhiệt đới cường bức (Trung Quốc, Sahel, Andes).	1,5 – 2,5 x 10 ³ Đồng cỏ ôn đới (Trung Quốc, Thổ Nhĩ Kỳ, Argentina)	2,5 – 3,5 x 10 ³ Đồng cỏ nhiệt đới (Brazil, Sudan, India)
Các cánh đồng ngũ cốc	0,15 – 0,30 x 10 ³ Thượng Volta (nay gọi là Burkina Faso), Nigeria, Zaire.	0,45 – 0,60 x 10 ³ Pakistan, Brazil, Mexico.	0,75 – 0,90 x 10 ³ Việt Nam, Trung Quốc.

Nguồn: V. Smil, 1979, *American Science* 64: 522–31.

Một giới hạn quan trọng là khó hoặc không thể xác định được năng lượng mà sinh vật ăn cỏ (herbivore) sử dụng hoặc năng lượng được chi phí

trong trao đổi chất, tăng trưởng và phát triển của sinh vật sản xuất (autotroph). Do đó, tính sản lượng sơ cấp tinh là điều hiển thực nhất. Phương pháp này dựa trên các thành phần khác nhau của phương trình quang hợp: do đặc lượng CO_2 được đồng hoá, lượng O_2 được giải phóng và sản lượng Chlorophil.

Phương pháp phổ biến mà các nhà sinh lý học thực vật sử dụng là phương pháp bình tối – bình sáng để đánh giá lượng cacbon điôxít được đồng hoá và lượng ôxi được giải phóng trong một khoảng thời gian xác định với kỹ thuật không đến nỗi cầu kỳ, song kết quả rất chính xác. Ví dụ, để đo sản lượng sơ cấp thô (P_G), trên cơ sở tính lượng CO_2 được sử dụng hoặc lượng O_2 được sản sinh ra trong hoạt động quang hợp theo phương pháp bình tối – bình sáng:



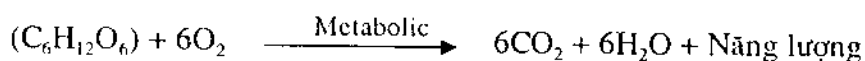
Từ phản ứng trên cho thấy, cứ 6 mol CO_2 (tương ứng với 134,4 lít ở điều kiện nhiệt độ và áp suất chuẩn) được sử dụng thì thực vật đã hấp thụ tới 2966kJ năng lượng từ bức xạ ánh sáng cho hoạt động quang hợp để tạo thành một phân tử glucôzơ.

Hiện tại, người ta cũng áp dụng các nguyên tử đánh dấu trong nghiên cứu quang hợp như cacbon-14 (^{14}C) dưới dạng cacbonat ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$) hoặc sử dụng phương pháp xác định hàm lượng chlorophil dựa trên mối quan hệ chặt giữa hàm lượng chlorophil và tốc độ quang hợp. Trên cơ sở giả định về tốc độ quang hợp đã biết của một đơn vị chlorophil, ta có thể đánh giá được sản lượng sơ cấp của vùng nghiên cứu. Phương pháp này chỉ thích hợp đối với các hệ sinh thái ở nước, song rất ít được áp dụng cho các hệ sinh thái trên cạn.

2.1.2. Quá trình phân huỷ vật chất

2.1.2.1. Hô hấp hiếu khí

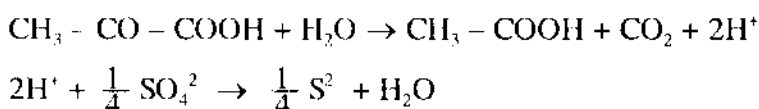
Hô hấp hiếu khí là hoạt động chức năng của tất cả các loài sinh vật. Chúng sử dụng ôxi phân tử để đốt cháy vật chất, tạo năng lượng cho các hoạt động sống của cơ thể, đồng thời thải ra môi trường các sản phẩm cuối cùng của quá trình là CO_2 và H_2O :



2.1.2.2. Hô hấp kỵ khí

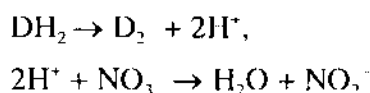
Hô hấp kỵ khí xảy ra không có sự tham gia của ôxi phân tử. Chất nhận điện tử (chất ôxi hoá) không phải là ôxi mà là chất vô cơ hay hữu cơ khác. Nhiều loài vi sinh vật và protozoa có kiểu hô hấp này. Chẳng hạn, vi khuẩn sinh khí mêtan phân giải các chất hữu cơ để hình thành khí mêtan (CH_4) bằng cách khử cacbon hữu cơ hoặc vô cơ (CO_3^{2-}) trong các đáy ao hồ hoặc phân gia súc, nhất là phân các loài động vật nhai lại. Hô hấp kỵ khí thường hay gặp dưới dạng hô hấp sunfat và nitrat.

Hô hấp sunfat xảy ra trong các trầm tích giàu SO_4^{2-} do các nhóm vi khuẩn như *Metanococcus*, *Desulfovibrio*, *Beggiatoa*, *Thiobacillus*... Sự phân huỷ các chất được thực hiện theo phản ứng sau đây:



Ở đây, chất cho điện tử là axit puruvic, còn chất nhận điện tử là SO_4^{2-} .

Hô hấp nitrat diễn ra trong quá trình phản nitrat (denitrification) để biến đổi nitơ từ dạng nitrat trở về dạng NO , NH_3 , N_2 , N_2O với sự tham gia của các vi khuẩn phản nitrat như *Pseudomonas*, *Escherichia*, nấm... theo phản ứng sau:



Chất cho điện tử là hợp chất hữu cơ có công thức DH_2 , còn chất nhận điện tử là nitrat.

Trong phân huỷ vật chất nói chung, tương tự như vi khuẩn tự dưỡng, vi khuẩn dị dưỡng (*Heterotroph*) cũng được chia thành: *Chemolithoheterotroph*, *Chemoorganoheterotroph* và *Photoorganoheterotroph*. Những nhóm vi khuẩn này đều sử dụng chủ yếu cacbon của các hợp chất hữu cơ để thực hiện quá trình trao đổi chất.

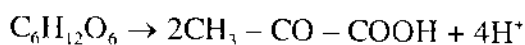
Ở *Chemolithoheterotroph* (vi khuẩn khử sunfat, một số vi khuẩn hình thành khí mêtan), năng lượng được khai thác từ phản ứng ôxi hoá hydro và thiosunfat với sự khử tương ứng của sunfat (SO_4^{2-}) và ôxi phân tử (O_2).

Chemoorganoheterotroph (đại đa số là vi khuẩn hiếu khí, vi khuẩn phản nitrat kỵ khí, một số vi khuẩn lưu huỳnh không màu...) khai thác năng lượng khi ôxi hoá các hợp chất hữu cơ khác nhau.

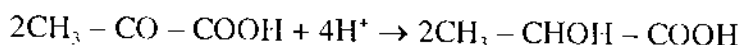
Photoorganoheterotroph (vi khuẩn không lưu huỳnh đỏ tía) sử dụng năng lượng ánh sáng.

2.1.2.3. Sự lên men

Lên men là quá trình sản sinh năng lượng, trong đó hợp chất hữu cơ vừa là chất cho điện tử vừa là chất nhận điện tử. Ở quá trình này khử hydro xảy ra kèm theo sự đứt gãy của các chất hữu cơ phức tạp thành các chất đơn giản hơn. Khai thác năng lượng bằng con đường lên men thì phản ứng đường phân (glucolyse) rất đặc trưng đối với thủy sinh vật, tức là quá trình cắt ngắn dần hexoza ($C_6H_{12}O_6$) cho đến 2 phân tử puruvic. Trong quá trình đó, 2 phân tử ADN được khử đến ADN-H, còn sự tái sinh của ADN được thực hiện nhờ sự khử axit puruvic thành lactic, tức là sản phẩm cuối cùng của sự lên men đường:



(Glucosơ) (Axit puruvic)



(Axit lactic)

Ở đây: chất cho điện tử là glucosơ, còn chất nhận điện tử cuối cùng là axit puruvic.

Lên men là quá trình kỵ khí, được thực hiện do các vi sinh vật kỵ khí nghiêm ngặt (kỵ khí bắt buộc) hoặc kỵ khí tùy ý (không bắt buộc). Trong trường hợp sau, sự có mặt của không khí sẽ chuyển quá trình lên men sang dạng hô hấp hiếu khí. Nói chung, lên men tạo ra nguồn năng lượng thấp, tuy nhiên, cùng với hô hấp kỵ khí nó có ý nghĩa quan trọng ở những nơi giàu chất hữu cơ, nhưng thiếu hoặc hoàn toàn không có O_2 tự do.

Ba dạng hô hấp trên ngự trị trong sinh quyển, tham gia vào quá trình phân huỷ vật chất đến dạng đơn giản nhất, trả lại cho môi trường, nhờ đó vật chất được quay vòng và năng lượng được biến đổi.

2.1.2.4. Vai trò của quá trình phân huỷ các chất hữu cơ trong hệ sinh thái

Các hợp chất hữu cơ chết là sản phẩm của các hoạt động sống (chất trao đổi, chất bài tiết) cũng như xác chết của sinh vật. Những chất này được vi sinh vật phân huỷ thành chất vô cơ đơn giản nhất hoặc những nguyên tố hoá học để hoàn lại cho môi trường thông qua các quá trình hô hấp. Sự phân huỷ vật chất có ý nghĩa quan trọng trong đời sống tự nhiên:

- Tạo nên dây thức ăn liên tục trong các hệ sinh thái.
- Biến các chất trở thành các chất có hoạt tính cao tham gia vào sự hình thành nguồn dinh dưỡng cho sinh giới.
- Hình thành nên các vitamin, ngoại hormon, chất kháng sinh có giá trị điều hoà các quá trình sinh học trong quần xã sinh vật.
- Làm trong sạch môi trường bằng các quá trình vật lý, hoá học và sinh học.

Thực chất, sự phân huỷ vật chất được tiến hành bởi nhiều quá trình, nhiều công đoạn với sự tham gia của nhiều nhóm sinh vật đặc hiệu.

Các tác nhân vật lý, chẳng hạn, cháy là con đường phân huỷ vật chất nhanh nhất. Cháy tự nhiên xảy ra thường xuyên, mang tính chu kỳ ở những vùng khí hậu khô nóng với sự xuất hiện của các cơn giông kèm với sấm chớp. Trong điều kiện như thế, rất nhiều loài thực vật có những đặc tính thích nghi với lửa cháy lướt qua: có lớp vỏ chịu lửa rất tốt như các cây rừng khộp, họ Dầu rái (*Diptinocarpaceae*), nhiều cây có củ hay thân ngầm dưới mặt đất hay dưới nước (cỏ, lau, sậy, nân, lác...). Những cây thân thảo sống một vài năm, nhờ sự cháy mà dễ dàng trả lại nguồn khoáng cho môi trường, đảm bảo cho sự phát triển kế tiếp của các thế hệ mới. Tập quán đốt đồng sau thu hoạch của nông dân cũng là một trong những biện pháp canh tác nông nghiệp hữu hiệu nhằm không vắt kiệt nguồn khoáng màu mỡ của đồng ruộng.

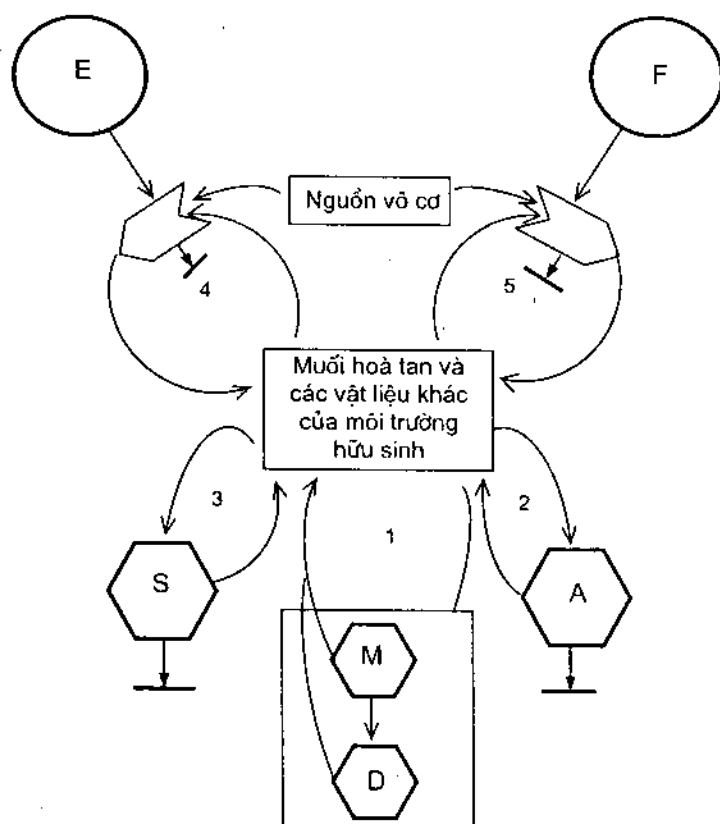
Đốt than, đốt củi và nhiên liệu hoá thạch trong các hoạt động dân sinh và công nghiệp, con người nhanh chóng làm cạn kiệt nguồn nhiên liệu có nguồn gốc hữu cơ, đồng thời phát thải quá nhiều lượng cacbon điôxit vào khí quyển, gây ô nhiễm môi trường.

Sinh vật phân huỷ gồm nhiều loài, từ thực vật đến động vật và vi sinh vật. Thực vật, động vật đốt cháy vật chất trong tế bào nhờ quá trình hô hấp, còn vi sinh vật phân huỷ các chất hữu cơ phức tạp (chất bài tiết, chất trao đổi và xác chết) trong điều kiện đủ hiệu khí hay kỵ khí đến giai đoạn cuối cùng (giai đoạn khoáng hoá) để giải phóng cacbon điôxit và nước cũng như các nguyên tố hoá học ra môi trường, làm cho môi trường trở nên trong sạch.

Trong các hoạt động sống của sinh vật, nhờ những chất “ngoại tiết” mà giá thể khoáng cũng bị biến đổi qua năm tháng để tạo ra đất, loại vật liệu duy trì sự tồn tại cho sinh giới và nhờ đó, con người mới có ruộng vườn trù mật.

Thật kỳ diệu, tạo hoá đã sinh ra cái gì đều gắn cho nó một số phận, tức là có sinh, phải có tử sau một khoảng thời gian tồn tại ngắn, dài khác nhau. Chỉ có con người bất chấp quy luật, tạo ra những cái “sống vĩnh hằng”, gây hiểm hoạ cho đời sống của sinh giới và của chính mình. Đó là các hợp chất polyme, những loại thuốc diệt côn trùng rất độc, có chu kỳ bán huỷ rất chậm. Nhiều hoá chất còn tham gia tiêu diệt những vi sinh vật có lợi, người “bạn đồng hành” của chính mình.

Những con đường phân huỷ để hoàn lại vật chất cho các chu trình sinh địa hoá được E. Odum (1983) tổng kết lại và mô tả ở hình (2.2).



Hình 2.2. Năm con đường hoàn lại vật chất cho chu trình

- 1 – Phân huỷ (M – Vi sinh vật, D – Động vật ăn detrit), 2– Động vật (A – chất bài tiết),
3 – Sinh vật cộng sinh (S), 4 – Năng lượng Mặt Trời (E) cũng như chu trình nước,
5 – Nhiên liệu hoá thạch (F) cũng như sự tái quay vòng trong công nghiệp (Odum, 1997).

Từ con tàu vũ trụ nhìn về, Trái Đất như một quả cầu biếc xanh. Đó là màu xanh của cây cỏ trên mặt đất và các loài tảo, những cơ thể ly ty mắt thường khó bề nhìn thấy đang lơ lững phiêu bạt trong các tầng nước đại dương. Chúng đã tạo nên tấm nhung xanh mềm mại để Nữ Thần Đất Gaia làm duyên với Thần Bầu Trời Uranox.

Khi cuộc “cách mạng xanh” bắt đầu, hay nói cách khác, từ khi có mặt thực vật quang hợp trên hành tinh này, quá trình tiến hoá của sinh quyển bước sang trang sử mới – tiến hoá tự dưỡng thay thế cho tiến hoá dị dưỡng, một phương thức đã từng thống trị trong những năm tháng khốc liệt nhất, kéo dài đằng đẵng hàng tỷ năm, mệnh danh là thời kỳ “Tiền Cambri”.

Thực vật bùng nổ không chỉ tạo nên nguồn lương thảo trù mật, ngôi nhà chung của các loài sinh vật dị dưỡng mà khi “cánh hoa nở đã chạm đến các vì sao”, thực vật còn tham gia vào quá trình điều chỉnh các thành phần vật lý và hoá học ở phạm vi toàn cầu. Theo đánh giá (Polis 1999), Trái Đất có 83.10^{10} tấn cacbon chứa trong sinh khối thực vật và hàng năm sản sinh ra 5.10^5 tấn, tập trung phần lớn trong các hệ sinh thái trên cạn, còn lại là của đại dương. Nguồn thức ăn này cung cấp đến mức dư thừa cho hàng tỷ tấn động vật ăn cỏ. Thực tế, tất cả các loài động vật này trên hành tinh thường chỉ tiêu thụ 7% đến 18% sản lượng thực vật tinh.

Tấm nhung xanh của Nữ Thần Đất Gaia qua năm tháng của lịch sử tiến hoá vẫn biếc xanh một cách kiêu diễm. Sự vĩnh hằng đó có được là nhờ những “bảo bối” mà quy luật tiến hoá bất tử đã dành cho.

1. Thực vật trên mặt đất là những sinh vật chỉ đứng mà không hề “biết đi” như những loài động vật. Để giữ mãi màu xanh và tránh sự tàn phá quá mức của động vật “ăn cỏ”, cơ thể thực vật thường chứa rất nhiều lignin, gỗ và những chất thứ cấp khác. Nhiều loài thực vật có thân tuy yếu ớt, nhưng trên mình trang bị đầy gai góc, thậm chí còn tàng trữ chất độc làm cho các loài động vật ăn cỏ phải kiêng dè; nhiều loài thân thảo ẩn mình dưới lớp đất hay dưới nước, có khả năng nhanh chóng đâm lộc, nảy chồi thay thế phần “nổi” bị động vật gặm mòn hay lửa cháy lướt qua.

2. Thực vật chứa rất ít nguồn khoáng dinh dưỡng cần thiết cho các loài động vật, chẳng hạn, muối nitơ, một trong những khoáng quan trọng cho đời sống của những loài động vật ăn cỏ (White, 1999). Bởi vậy, động vật chỉ khai thác một phần cây cỏ để tồn tại và nếu thức ăn chỉ thanh đạm là “rau cỏ”, động vật, nhất là những loài có kích thước lớn không thể kiếm đủ cho mình nguồn dinh dưỡng khoáng cần thiết để tăng trưởng và phát triển kích thước quần thể của mình.

3. Sức ép của động vật ăn cỏ lên sự phát triển của thực vật biến đổi theo mùa dưới sự kiểm soát không kém ngặt nghèo của các nhân tố môi trường vô sinh như chế độ chiếu sáng, nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa, kể cả sự màu mỡ của đất đai... Giảm sự "quấy phá" có chu kỳ của động vật ăn cỏ lại là cơ hội thuận lợi trong năm để thực vật nhanh chóng khôi phục lại số lượng và sinh khối của mình.

4. Giữa các loài động vật ăn cỏ cũng phân hoá về không gian sống và thời gian kiếm ăn, do đó, chúng không đồng loạt "thu hoạch" tất cả những sản phẩm của rừng cây, đồng cỏ... mà giữ lại cho Đất Mẹ Gaia tấm voan xanh hầu như nguyên vẹn làm cho thần Bầu Trời phải đắm say.

5. Trong quá trình tiến hoá, động vật cũng tự giới hạn khả năng phát triển số lượng của mình bằng nhiều cách, trước hết là sự xuất hiện cạnh tranh trong nội bộ loài hay khác loài để tự kìm chế khả năng tăng trưởng số lượng theo tiềm năng vốn có của chúng, phù hợp với sức chứa của môi trường.

6. Động vật ăn thịt là một trong những nhân tố quan trọng điều chỉnh kích thước quần thể của động vật ăn cỏ, không cho phép chúng phát triển số lượng vượt quá ngưỡng của nguồn thức ăn có giới hạn trên hành tinh.

Đây là 6 trong số hàng vạn câu hỏi "Vì sao" hành tinh chúng ta luôn có một màu xanh kiêu diễm mà các hành tinh khác, những anh em "song sinh" của hệ Mặt Trời chẳng bao giờ có được (C.J. Krebs, 2001).

2.2. CÁC CHU TRÌNH SINH ĐỊA HOÁ

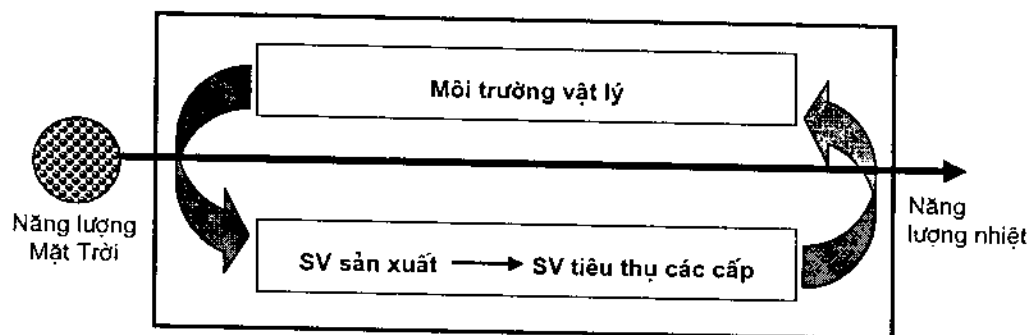
2.2.1. Các khái niệm

Sự trao đổi vật chất giữa quần xã sinh vật và môi trường được thực hiện thông qua các chu trình sinh địa hoá.

Chu trình sinh địa hoá được hiểu là quá trình trao đổi không ngừng của các nguyên tố hoá học giữa môi trường và quần xã sinh vật và sự đổi mới liên tục của các chất dinh dưỡng chứa trong mô sinh vật thông qua xích thức ăn (hình 2.3). Các nguyên tố hoá học và những hợp chất hữu cơ đơn giản (nước, cacbon đioxit, nitrat, photphat...) có trong môi trường được hấp thụ để tổng hợp nguồn thức ăn sơ cấp thông qua hoạt động quang hợp.

Sinh vật dị dưỡng, trước hết là động vật ăn thực vật sử dụng và đồng hoá thức ăn để tạo nên nguồn thức ăn động vật đầu tiên. Từ đó, thức ăn lại được động vật ăn thịt các cấp tiếp theo sử dụng và đồng hoá. Những chất bài tiết, chất trao đổi và xác chết của mọi sinh vật được sinh vật hoại sinh phân huỷ, trả lại cho môi trường những nguyên tố hay hợp chất vô cơ

đơn giản ban đầu. Trong chu trình này, vi sinh vật được xem là “vệ sinh viên” môi trường, đồng thời là nhóm trung gian gắn kết môi trường với quần xã sinh vật và tham gia khép kín các chu trình sinh địa hoá thông qua vai trò vừa phân huỷ các chất hữu cơ phức tạp được sản ra từ các nhóm sinh vật lại vừa cung cấp các chất khoáng đơn giản cho sinh vật tự dưỡng. Do đi theo chu trình nên vật chất được sinh vật sử dụng lặp đi lặp lại nhiều lần.



Hình 2.3. Sơ đồ chu trình sinh địa hoá trong hệ sinh thái.

Chu trình vật chất được chia thành 2 dạng: chu trình các chất khí và chu trình các chất lắng đọng. Trong mỗi chu trình đều có nguồn dự trữ và vốn lưu động, được phân biệt giữa chúng như sau (bảng 2.2):

Bảng 2.2. Những điểm giống và khác nhau giữa chu trình chất khí và chất lắng đọng

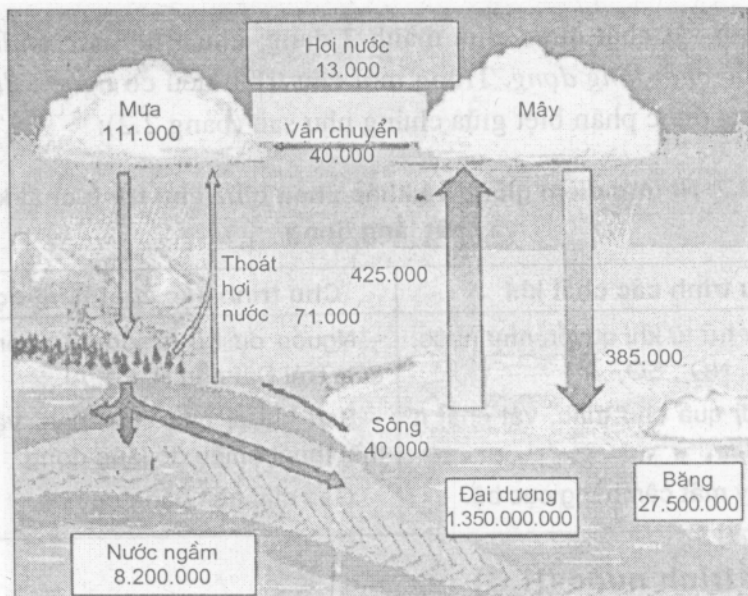
Chu trình các chất khí	Chu trình các chất lắng đọng
– Nguồn dự trữ từ khí quyển như nước, CO_2, O_2, N_2, NO_x, SO_x... – Sau khi đi qua chu trình, vật chất ít bị thất thoát. – Không gây mất cân bằng cục bộ.	– Nguồn dự trữ từ lớp vỏ phong hoá của Trái Đất như P, Fe, Al... – Sau khi đi qua chu trình, vật chất thất thoát nhiều do lắng đọng. – Gây mất cân bằng cục bộ.

2.2.2. Chu trình nước (H_2O)

Nước đóng vai trò rất quan trọng trong đời sống của sinh vật, kể cả đời sống con người. Nước là môi trường sống của các loài thủy sinh vật, còn các sinh vật sống trên cạn cần nước dưới dạng mưa, độ ẩm trong đất

và không khí. Trong cơ thể sinh vật nước chiếm từ 50 – 70%, thậm chí 99% khối lượng. Nước là môi trường diễn ra các phản ứng sinh hoá trong tế bào sống. Thiếu nước cơ thể không tồn tại được, do vậy, cơ thể thường xuyên trao đổi nước với môi trường, trực tiếp tham gia vào chu trình nước toàn cầu, trong đó vai trò của thảm thực vật nổi bật nhất trong sinh giới.

Thực vật lấy nước từ đất qua hệ thống rễ, nhưng hầu như nước (97 – 99%) bị thoát khỏi bề mặt lá. Nhờ đó, nước mới tạo nên dòng liên tục mang chất dinh dưỡng từ môi trường ngoài lên lá để cây tổng hợp các chất hữu cơ thông qua quá trình quang hợp. Nếu như nước và muối khoáng không bị hạn chế thì sự tăng trưởng của thực vật trên mặt đất tỷ lệ thuận với nguồn năng lượng Mặt Trời trải xuống bề mặt hành tinh. Song thực tế nguồn năng lượng đó phần lớn biến thành nhiệt, đảm bảo cho sự thoát hơi nước một cách ổn định. Do đó, sự tăng trưởng của thực vật lại tỷ lệ thuận với sự thoát hơi nước và sự thoát hơi nước được xem là chiến lược tồn tại của thực vật.



Hình 2.4. Chu trình nước toàn cầu (đơn vị: 10^3 km^3).

Năng suất thực vật phụ thuộc vào cường độ thoát hơi nước. Theo đánh giá, các cây nông nghiệp và thực vật hoang dã khi mất đi 1000g nước thông qua trình thoát hơi nước thường tích lũy được 2g chất khô, còn những cây chịu hạn, sự tích lũy vật chất đạt được những giá trị cao hơn. Đại lượng đó được gọi là “hiệu quả thoát hơi nước” của thực vật.

Mối quan hệ giữa sản lượng sinh vật sơ cấp tính và lượng thoát hơi nước được M.L. Rosenzweig (1968) mô tả bằng biểu thức sau:

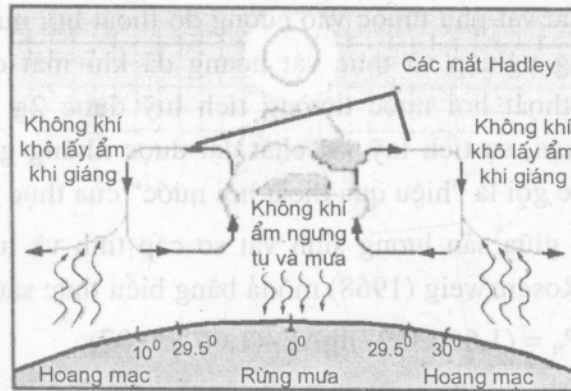
$$\lg P_N = (1,66 \pm 0,27) \lg AE - (1,66 \pm 0,07) \quad (2.1)$$

Ở đây: P_N – Năng suất sơ cấp tính của phần trên mặt đất (mg/m^2),

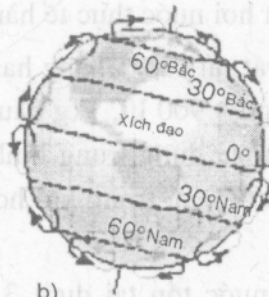
AE – Lượng thoát hơi nước thực tế hàng năm tính bằng ml.

Nhu cầu nước của sinh vật rất cao. Chẳng hạn, để sản xuất 1kg hạt lúa cần tới 3.000 lít nước, 1kg ngô – 900 lít, 1kg đậu – 1.350 lít... Lượng nước được con người trên toàn cầu sử dụng trung bình theo đầu người là 1.240 $\text{m}^3/\text{năm}$, ở Hoa Kỳ là 2.480 $\text{m}^3/\text{năm}$, trong khi hơn 1 tỷ người trên thế giới thiếu cả nước sinh hoạt.

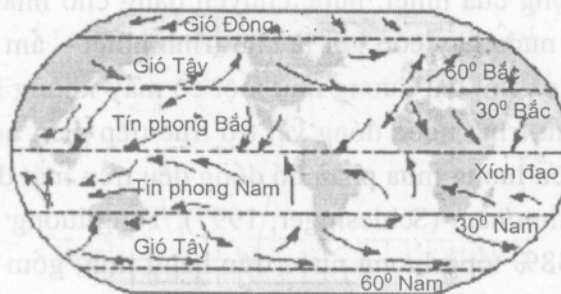
Trên bề mặt hành tinh, nước tồn tại dưới 3 dạng: băng, nước và hơi nước. Dưới tác động của nhiệt, nước chuyển dạng cho nhau và vận động, tạo nên chu trình nước hay còn gọi là chu trình nhiệt – ẩm toàn cầu (hình 2.4), trong chu trình đó, đại dương như một cỗ máy khổng lồ trực tiếp vận hành. Rõ ràng, chu trình nước đóng vai trò trực tiếp điều hoà khí hậu trên toàn hành tinh. Nếu lượng mưa phân bố đồng đều trên mặt đất thì các vùng nhận khoảng 700mm/năm (Schlesinger, 1997). Tổng lượng nước ngọt toàn cầu chỉ chiếm 2,38% tổng lượng nước trên hành tinh, gồm cả băng, trong đó 2/3 tập trung ở các chỏm băng Bắc Cực và Nam Cực cũng như trong các sông băng ở vùng núi cao, một lượng nhỏ chứa trong các túi nước ngầm, sông, hồ; 97,6% nước được chứa trong các đại dương. Con người chỉ sống dựa vào lượng nước rơi ít ỏi (35.10^3 km^3). Tuy nhiên, nước trên hành tinh phân bố không đều theo cả không gian và thời gian do các quá trình động lực của khí quyển (hình 2.5). Nhiều vùng, nhiều tháng không có nước; nhưng nhiều nơi, nhiều tháng lại quá thừa nước. Hơn thế, nơi có nước lại không sử dụng được do bị ô nhiễm. Nước hiện nay đang trở thành vấn đề quốc sách của mỗi quốc gia. Sử dụng tiết kiệm và bảo vệ sự trong sạch của nước là chiến lược sống còn cho sự phát triển của nền văn minh nhân loại.



a)



b)



c)

Hình 2.5. Các hoàn lưu của khí quyển.

- a) Hai mắt Hadley ở xích đạo; b) Sáu mắt Hadley ở các phía khác nhau của xích đạo với các mũi tên chỉ hướng vận động; c) Các dòng tín phong được hình thành do sự vận động của Trái Đất quanh trục của nó.

HỢP 2.2

MƯA RƠI TRÊN NHỮNG MIỀN ĐẤT KỲ LẠ

Thành phố không mưa

Thành phố Lima (thủ đô Peru) quanh năm suốt tháng không một giọt mưa và cũng chẳng có tuyết. Tuy nhiên, khí hậu không hanh khô hay nóng bức mà cả năm là một mùa xuân, bởi vì tháng lạnh nhất nhiệt độ chỉ xuống đến 16°C và nóng nhất cũng chỉ lên đến 22,5°C.

Một năm có 325 ngày mưa

Tại tỉnh Quý Châu (Trung Quốc) mỗi năm có tới 220 ngày mưa. Riêng thành phố Tôn Nghĩa thì mưa kéo dài suốt 240 ngày. Vì vậy, dân gian có câu "Thiên vô tam nhật tinh" (trời không có lấy 3 ngày tạnh) để chỉ khí hậu vùng này mưa nhiều. Phía bên kia đường xích đạo, ở Chilê mưa kéo dài kỷ lục, tới 325 ngày.

Hẹn giờ bằng những cơn mưa

"Ngày mai em sẽ gặp anh sau cơn mưa thứ 3". Đó là lời hẹn hò của các đôi tình nhân ở thị trấn Bar (Brazil). Nguyên do, ở đây khí hậu rất đặc biệt: ngày nào cũng có mưa với thời gian lặp lại giống hệt nhau và chính xác như một chiếc đồng hồ để định giờ cho các cuộc hò hẹn.

(Nguồn: Phụ nữ Thủ đô, số Xuân Đinh Hợi, 2007).

2.2.3. Chu trình cacbon đioxit (CO₂)

Cacbon là một trong những nguyên tố quan trọng tham gia vào cấu trúc cơ thể, chiếm đến 49% khối lượng khô. Cacbon tồn tại trong sinh quyển dưới dạng chất vô cơ, hữu cơ, kể cả chất chứa trong cơ thể sinh vật (bảng 2.3).

Bảng 2.3. Cacbon có trong sinh quyển (Bolin et al., 1979)

Trong khí quyển	692
Trong nước đại dương	35.000
Trong trầm tích	> 10.000.000
Trong cơ thể sinh vật:	3.432
– cơ thể sống	592
– cơ thể chết	2.840
Nhiên liệu hoá thạch	>5.000
Tổng lượng cacbon hữu cơ	8.432
Tổng lượng cacbon vô cơ	10.035.692

Ghi chú: Đơn vị tỷ tấn

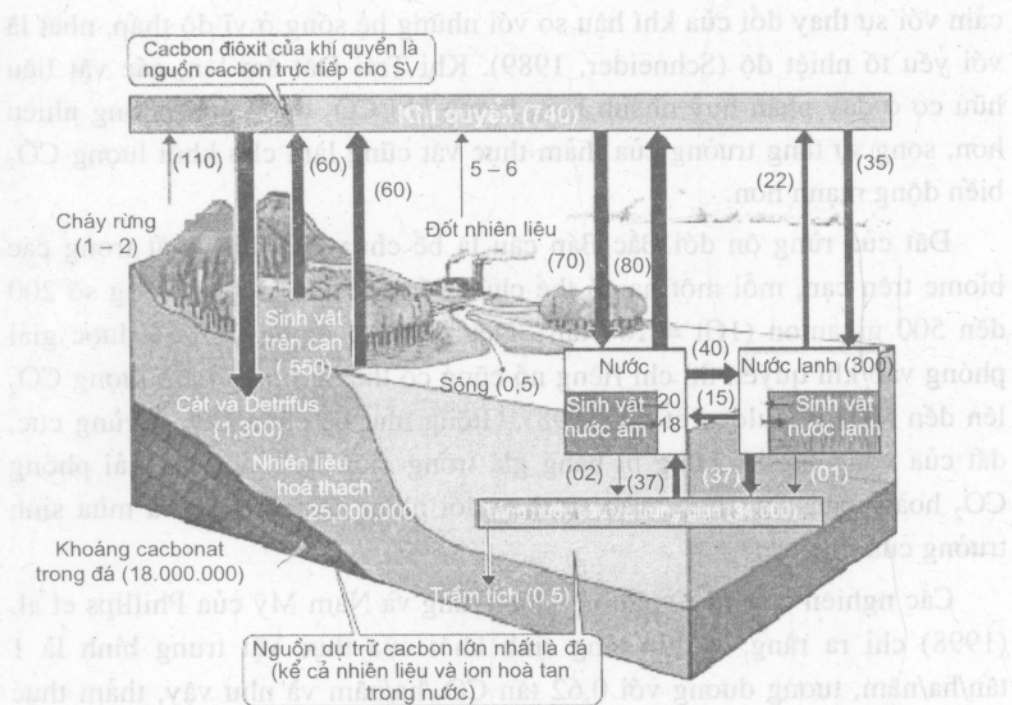
Nguồn cacbon đioxit trong khí quyển rất ít so với ôxi và nitơ, chỉ chiếm khoảng 0,03% thể tích. Cacbon đioxit là sản phẩm của các quá trình hô hấp, nhưng là nguồn sống của thực vật, được thực vật hấp thụ cùng với nước và muối khoáng để sản ra nguồn chất hữu cơ đầu tiên. Một lượng rất nhỏ CO₂ cần cho đời sống của động vật, nhưng quá nhiều CO₂ gây ngạt cho động vật và cho con người, đồng thời còn tạo ra những hậu quả sinh thái nghiêm trọng khác (như hiệu ứng nhà kính).

Hàm lượng cacbon đioxit trong khí quyển không ổn định, không chỉ dao động theo mùa, liên quan với mùa sinh dưỡng của thực vật toàn cầu, mùa sử dụng nguyên liệu hoá thạch của con người và sự trao đổi theo mùa giữa khí quyển và đại dương mà còn biến động trong suốt quá trình lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất. Từ các bóng khí bị bẫy trong băng ở Nam Cực cho thấy, 900 năm trước Công nguyên, hàm lượng CO₂ trong khí quyển dao động trong phạm vi 270 – 280ppm (phần triệu). Những nghiên cứu các mẫu băng với tuổi 160.000 năm ở Vostok của các học giả Liên Xô trước đây chứng minh rằng, ở tuổi Băng hà lần cuối, cách chúng ta khoảng 20.000 – 50.000 năm về trước, hàm lượng CO₂ rất thấp, chỉ đến 180 – 200ppm (Barnola et al. 1987). Sự biến đổi hàm lượng CO₂ trong khí quyển với thời gian dài có xu hướng chung là tăng lên với tốc độ trung bình 0,4% (1,5ppm/năm). Nếu tính lượng CO₂ được giải phóng từ đốt hết tất cả nhiên liệu hoá thạch tích tụ trong địa tầng thì hàm lượng đó có thể tăng lên đến 0,7%/năm, nhưng thực ra mới có 56% lượng cacbon đioxit được sản ra do đốt một phần hoá thạch mà thôi (Keeling et al., 1995). Những tài liệu gần đây (Schlesinger, 1977) cho rằng, các dòng CO₂ vận động trong phạm vi toàn sinh quyển (hình 2.6) và cân cân bằng CO₂ toàn cầu như sau (Đơn vị: 10¹⁵gC/năm):

$$\text{Lượng phát thải} = \text{Sự trao đổi trong chu trình CO}_2$$

Nhiên liệu hoá thạch	+	Phá rừng trên cạn	=	Gia tăng trong khí quyển	+	Đại dương tiếp nhận	+	Bể tiếp nhận chưa xác định
6,0		0,9		3,2		2,0		1,7

Hiện nay còn tồn tại một số vấn đề mà chúng ta chưa hiểu biết đầy đủ. Đó là khối lượng và những bể chứa CO₂, các quá trình kiểm soát dòng CO₂ toàn cầu.



Hình 2.6. Chu trình cacbon điôxit toàn cầu. Con số trong hình thể hiện lượng cacbon theo đơn vị 10^{15} gam chứa trong các thành phần và trao đổi hàng năm giữa các hệ sinh thái. Bề rộng mũi tên tương ứng với số lượng của các dòng (Theo Purveslife).

Các nhà hải dương học khẳng định rằng, mỗi năm đại dương hấp thụ 33% lượng CO_2 từ đốt nhiên liệu hoá thạch, nhưng sự trao đổi này chỉ diễn ra trên lớp nước bề mặt. Đại dương là một trong những bể chứa cacbon điôxit khổng lồ, sự trao đổi của nó với khí quyển diễn ra rất mạnh ở các lớp nước mặt, nhưng với toàn khối nước đại dương lại rất chậm do sự luân chuyển của các lớp nước sâu rất kém. Để đổi mới hoàn toàn lượng CO_2 trong đại dương phải mất khoảng 350 năm.

Hoang mạc là bể chứa CO_2 còn lớn hơn thảm thực vật sống trên mặt đất, nhưng không hề có sự trao đổi CO_2 nào giữa hoang mạc và khí quyển.

Các hệ sinh thái Bắc Cực (Tundra) là những hệ nghèo do thảm thực vật chủ yếu là rêu, sống trên lớp đất mỏng bị đóng băng hầu như quanh năm với thời kỳ sinh dưỡng quá ngắn, còn các vật liệu hữu cơ chứa ở mặt đất lại khá phong phú, nhưng ít được phân huỷ trong điều kiện nhiệt độ thấp, do đó, lượng CO_2 được sản ra cũng rất thấp. Hệ thực vật của vùng này rất mẫn

cảm với sự thay đổi của khí hậu so với những hệ sống ở vĩ độ thấp, nhất là với yếu tố nhiệt độ (Schneider, 1989). Khi Trái Đất ấm lên, các vật liệu hữu cơ ở đây phân huỷ nhanh hơn, lượng khí CO₂ được giải phóng nhiều hơn, song sự tăng trưởng của thảm thực vật cũng làm cho khối lượng CO₂ biến động mạnh hơn.

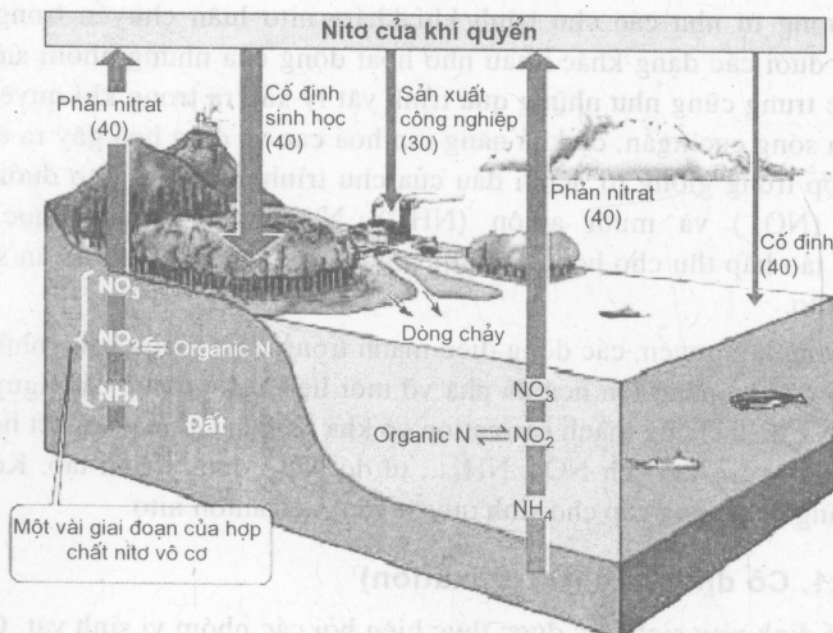
Đất của rừng ôn đới Bắc Bán cầu là bể chứa CO₂ lớn nhất trong các biome trên cạn, mỗi một ha có thể chứa đến 150 tấn hay với tổng số 200 đến 500 gigaton (1Gt = 10¹⁵ tấn). Nếu toàn bộ lượng CO₂ đó được giải phóng vào khí quyển thì chỉ riêng nó cũng có thể làm tăng hàm lượng CO₂ lên đến 50% (Goulden et al., 1998). Giống như bể chứa CO₂ ở vùng cực, đất của vùng ôn đới cũng bị băng giá trong mùa lạnh nên sự giải phóng CO₂ hoàn toàn phụ thuộc vào sự thay đổi nhiệt độ toàn cầu và mùa sinh trưởng của thực vật.

Các nghiên cứu về rừng nhiệt đới Trung và Nam Mỹ của Phillips et al. (1998) chỉ ra rằng, sự gia tăng sinh khối của thực vật trung bình là 1 tấn/ha/năm, tương đương với 0,62 tấn CO₂/ha/năm và như vậy, thảm thực vật toàn khu vực nghiên cứu đã thu hồi 40% lượng CO₂ của khí quyển. Đất canh tác và cây trồng trên đó cũng có vai trò xác định trong cân cân cacbon điôxít của khí quyển và từ đó cho thấy, ở đất khô hạn và nghèo muối khoáng quan trọng (nitơ, photpho) là những nhân tố giới hạn đối với sự phát triển của thảm thực vật, kéo theo là làm giảm vai trò đóng góp của thảm thực vật vào chu trình cacbon điôxít toàn cầu.

Từ những vấn đề nêu trên, có thể khẳng định rằng, sự gia tăng nhanh chóng hàm lượng cacbon điôxít trong khí quyển hiện nay do hoạt động của con người lớn đến chừng nào. Tác động của con người lên sự cân bằng của CO₂ trong sinh quyển thường tạo nên những hiệu ứng kép: gây ô nhiễm không khí có hại trực tiếp cho sức khoẻ con người và động vật, đồng thời tạo nên hiệu ứng nhà kính.

2.2.4. Chu trình nitơ (N₂)

Nitơ chiếm gần 80% thể tích khí quyển, được coi là một khí trơ, song đóng vai trò rất quan trọng cho đời sống của mọi sinh vật và trở thành yếu tố giới hạn đối với sự phát triển của chúng. Dòng nitơ vận động trong sinh quyển được sơ đồ hoá ở hình 2.7.



Hình 2.7. Chu trình nitơ toàn cầu

Các con số chỉ ra lượng nitơ tính bằng 10^9 kg trong cơ thể sinh vật thuộc các "bể chứa" khác nhau, cũng như dòng nitơ vận động hằng năm giữa các hệ sinh thái, trong đó chiều rộng mũi tên tương ứng với các dòng có số lượng khác nhau (Theo Purveslife).

Nitơ trong sinh quyển chứa trong các hợp chất vô cơ và hữu cơ, có mặt ở mọi môi trường với khối lượng rất khác nhau (bảng 2.4).

Bảng 2.4. Nitơ trong sinh quyển

Đơn vị: Triệu tấn

Trong khí quyển	3.800.00	Hoà tan trong nước đại dương	20.000
Nitơ của sinh vật:	772	Nitơ dưới dạng chất hữu cơ:	901
– trong cơ thể sống	12	– trong cơ thể sống	1
– trong cơ thể chết	760	– trong cơ thể chết	900
Nitơ vô cơ (của đất)	140	Nitơ vô cơ của đại dương	100
Nitơ của vỏ Trái Đất	14.000.000	Nitơ trong trầm tích	4.000.000
Tổng lượng chất hữu cơ		1.673	
Tổng lượng chất vô cơ		21.820.240	

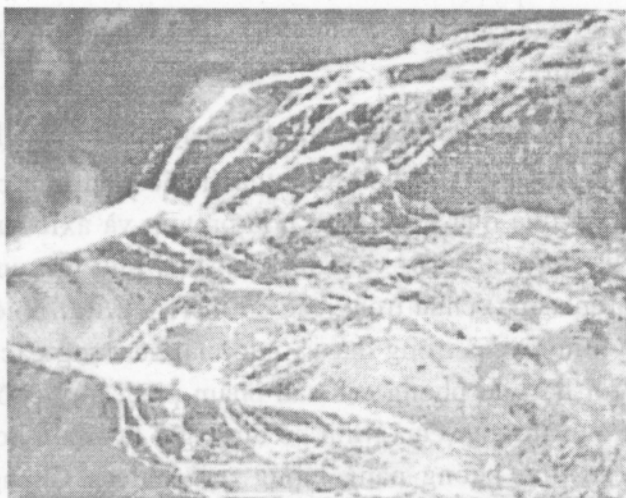
(Theo Delwiche, 1970)

Tương tự như các chu trình khí khác, nitơ luân chuyển trong sinh quyển dưới các dạng khác nhau nhờ hoạt động của những nhóm sinh vật rất đặc trưng cũng như những quá trình vật lý xảy ra trong khí quyển nhờ bức xạ sóng cực ngắn, có khả năng ion hoá cao và điện hoá gây ra do các tia chớp trong giông tố. Khởi đầu của chu trình chung là nitơ dưới dạng nitrat (NO_3^-) và muối amôn (NH_4^+). Những muối này được thực vật và tảo hấp thụ cho hoạt động quang hợp để tạo nguồn thức ăn sơ cấp chứa nitơ.

Trong khí quyển, các dòng điện mạnh trong mưa giông hoặc những tia bức xạ có khả năng ion hoá đã phá vỡ mối liên kết ion của các nguyên tử trong N_2 , biến chúng thành các cation có khả năng hoạt hoá cao kết hợp với ôxi hoặc hydro tạo nên NO_x , NH_3 từ đó NO_3^- được thành tạo. Kết quả này hàng năm cung cấp cho sinh quyển gần 3 gigaton nitơ.

2.2.4.1. Cố định nitơ (Nitrofixation)

Cố định nitơ sinh học được thực hiện bởi các nhóm vi sinh vật. Chúng lấy năng lượng từ ngoài, trong đó, hợp chất cacbon đóng vai trò quan trọng để thực hiện các phản ứng thu nhiệt (endothermic) với sự tham gia của 2 loại enzym quan trọng: nitrogenaza và hydrogenaza. Nhờ các enzym này mà phản ứng đòi hỏi một năng lượng rất thấp so với các quá trình lý hoá. Chẳng hạn, vi khuẩn nốt sần (*Rhizobium*) sống cộng sinh ở rễ cây họ Đậu đã sử dụng 10g glucôzơ (khoảng 40 Calo) do quang hợp để cố định 1g nitơ sinh học, như vậy, hiệu suất đạt đến 10% (hình 2.8). Những sinh vật có khả năng cố định nitơ gồm 2 nhóm chính: loại sống cộng sinh (phần lớn là vi khuẩn, một số ít là nấm) và loại sống tự do (chủ yếu là vi khuẩn). Vi khuẩn cố định nitơ sống cộng sinh gặp nhiều trong đất. Ngược lại, các loài sống tự do lại rất phong phú trong nước và trong đất, nhưng về số lượng cá thể, những loài sống cộng sinh nhiều hơn những dạng sống tự do. Trong nước, vi khuẩn cố định nitơ khá phong phú. Trong điều kiện kỵ khí thường gặp *Clostridium*, *Methano*, *Methanococcus*, *Bacterium*, *Desulfovibrio* và một số vi khuẩn quang hợp khác. Ở nơi hiếu khí hay gặp đại diện của *Azotobacteriaceae* (*Azotobacter*) và các loài thuộc khuẩn Lam như *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Nostoc*, *Oscillatoria*, *Microcystis*, *Nodularia*, *Gloeocapsa*... Để hoạt hoá nitơ, vi khuẩn tự dưỡng sử dụng năng lượng của quá trình quang hoá hoặc hoá tổng hợp, còn các vi khuẩn dị dưỡng sử dụng năng lượng chứa trong các hợp chất hữu cơ có sẵn trong môi trường.



Hình 2.8. Nốt sần của cây họ Đậu, nơi cộng sinh của vi khuẩn *Rhizobium*.

Ngoài vi khuẩn cố định nitơ lấy năng lượng từ nguồn cacbon bên ngoài, còn gặp loài khuẩn tía (*Rhodopseudomonas capsulata*) sống bằng nitơ phân tử (N_2) trong điều kiện kỵ khí với năng lượng được sử dụng là ánh sáng (Madigan et al. 1979). Vi khuẩn này cũng có thể sống trong bóng tối, kiếm năng lượng nhờ quá trình lên men đường kỵ khí, mặc dù loài này sinh trưởng tối ưu trong điều kiện được chiếu sáng, nhưng khử nitơ phân tử không nhất thiết phải đi kèm với quá trình quang hợp.

Một số khuẩn lam (Cyanobacteria) cố định nitơ có thể sống tự do hoặc cộng sinh với nấm (dịa y) hoặc với một số thực vật khác, chẳng hạn, bèo Hoa dâu (*Azolla*) có những khoang rất nhỏ chứa đầy *Anabaena* sống cộng sinh.

Gần đây, người ta còn phát hiện được các đại diện của nấm *Actinomyces*, nhất là các dạng nguyên thủy, cộng sinh trong rễ của các loài cây thuộc chi *Alnus* có khả năng cố định nitơ, mặc dù hiệu suất kém hơn so với *Rhizobium*. Ngoài chi *Alnus*, các đại diện của *Actinomyces* còn được tìm thấy trong nốt sần của 160 loài thực vật khác thuộc 8 chi, 5 họ của lớp thực vật Hai lá mầm như *Ceanothus*, *Comptonia*, *Elaeagnus*, *Myrica*, *Casuarina*, *Coriaria*, *Araucaria* và *Ginkgo*, phân bố chủ yếu ở các vùng ôn đới (Torrey, 1978). Phần lớn các loài thuộc các chi trên thường thích nghi với điều kiện đất cát hay đất đầm lầy nghèo đạm. Chúng có

công dụng trong việc cải tạo các vùng đất nghèo đạm giống như vi khuẩn nốt sần (*Rhizobium*).

2.2.4.2. Quá trình amôn hoá (Amonification) hay khoáng hoá (Mineralization)

Sau khi NO_3^- tham gia vào sự hình thành các chất hữu cơ (chứa nhóm amin- NH_2) thông qua quá trình tổng hợp protein và axit nucleic thì phần lớn các hợp chất này lại quay về dạng chất thải như urê, uric... hoặc các chất sống (protoplasma) chứa trong các cơ thể chết. Rất nhiều vi khuẩn dị dưỡng, nấm *Actinomyces* trong đất và nước lại sử dụng các hợp chất hữu cơ giàu đạm, rồi lại giải phóng các sản phẩm phân huỷ cuối cùng (NO_3^- , NO_2^- , NH_3) ra môi trường. Quá trình đó được gọi là amôn hoá hay khoáng hoá, kèm với sự giải phóng năng lượng (toả nhiệt). Chẳng hạn, nếu là glyxin base (thuộc protein) thì quá trình amôn hoá giải phóng ra 176 Cal/mol. Ở những nơi yếm khí, nhiều nấm và vi khuẩn đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong sự phân huỷ protein để giải phóng NH_3 và H_2S ... trong đó, một số vi sinh vật amôn hoá khá “hẹp thực”, chỉ sử dụng pepton mà không phân huỷ các axit amin, một số sử dụng urê mà không phân huỷ uric. Ngược lại, nhiều loài sử dụng rất rộng nguồn chất hữu cơ chứa nitơ, từ dạng đơn giản nhất đến dạng phức tạp nhất.

2.2.4.3. Quá trình nitrat hoá (Nitrification)

Quá trình biến đổi amonia (NH_3) và amôn (NH_4^+) thành NO_2^- và NO_3^- được gọi là quá trình nitrat hoá, trừ trường hợp một số vi khuẩn tự dưỡng hoặc dị dưỡng sống trong biển có thể sử dụng amonia và muối amôn để tổng hợp sinh chất riêng cho mình. Quá trình nitrat hoá diễn ra rất chậm, phụ thuộc vào pH của môi trường. Trong điều kiện pH thấp, tuy không phải tất cả, quá trình nitrat hoá trải qua 2 bước:

- Biến đổi amonia hay amôn thành nitrit ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$).
- Biến đổi nitrit thành nitrat ($\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$).

Những đại diện của *Nitrosomonas* có thể biến đổi amonia thành nitrit, một chất độc thậm chí với hàm lượng rất nhỏ. Những vi sinh vật khác như *Nitrobacter* lại dinh dưỡng bằng nitrit và tiếp tục biến đổi nó thành nitrat. Vi khuẩn nitrit hoá đều là những loài tự dưỡng hoá tổng hợp, lấy năng lượng từ quá trình oxi hoá. Chẳng hạn, *Nitrosomonas* khi chuyển amonia thành nitrit sản ra 65 Cal/mol, còn *Nitrobacter* – 17 Cal/mol. Chúng sử

dùng một phần năng lượng đó để kiếm nguồn cacbon từ việc khử CO_2 hay HCO_3^- . Như vậy, khi làm điều này để tự tăng trưởng, chúng đã sản sinh ra một lượng đáng kể nitrit hoặc nitrat cho môi trường. Bằng thực nghiệm, R.M. Jackson và F. Raw (1966) đã chỉ ra rằng, trong đất mỗi đơn vị cacbon điôxit được đồng hoá, *Nitrosomonas europaea* đã ôxi hoá 35 đơn vị amonia thành nitrit và *Nitrobacter agilis* đã ôxi hoá từ 76 đến 135 đơn vị nitrit thành nitrat (Kormondy, 1996).

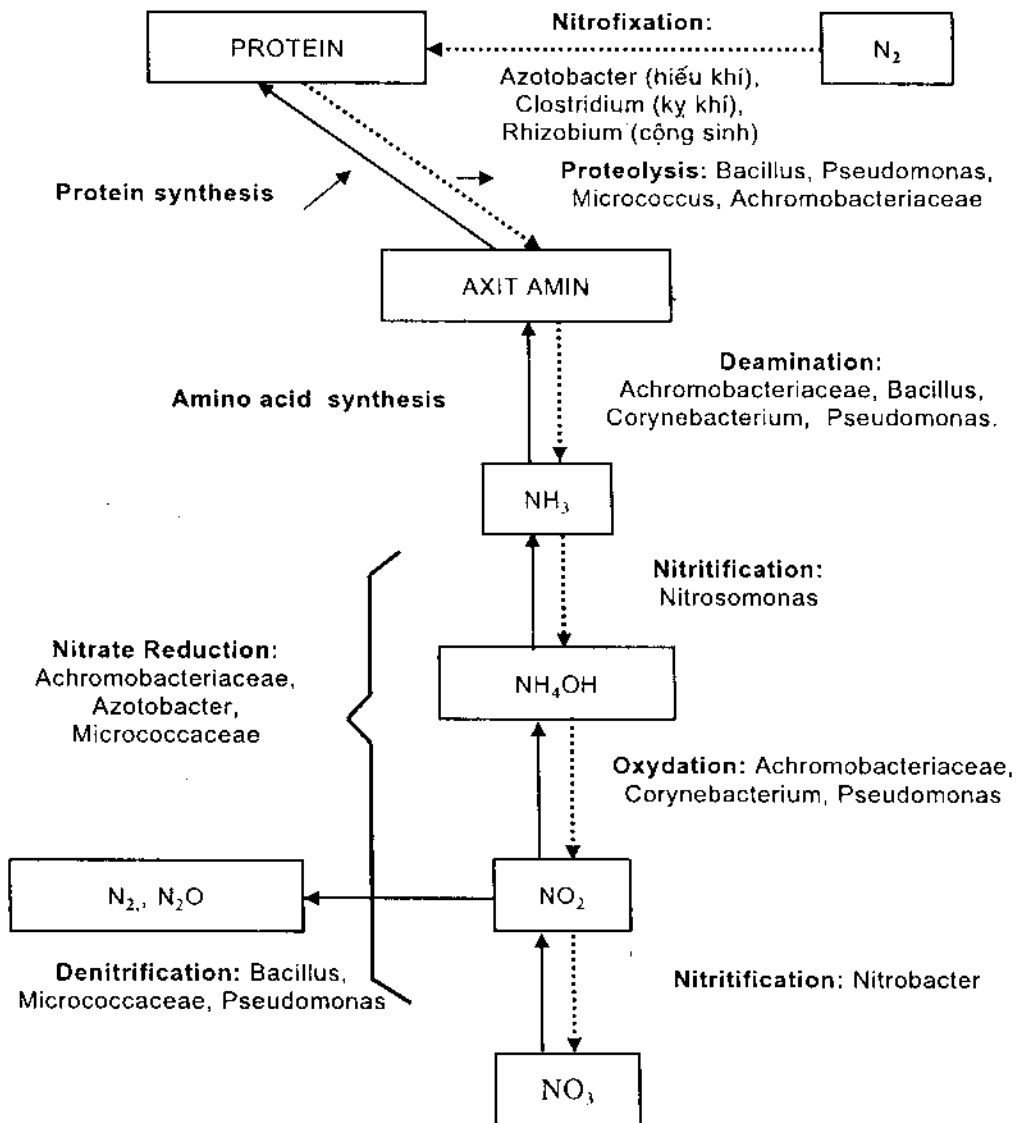
Nitrat cũng như nitrit rất dễ bị lọc khỏi đất, đặc biệt trong đất chua. Trừ khi thực vật đồng hoá, chúng có thể mất khỏi hệ sinh thái này để đến một hệ khác nhờ sự vận chuyển của các mạch nước ngầm. Vì thế, hoang mạc Chile do sự rửa trôi từ dãy Andes nên rất giàu muối nitrat, đến mức cung cấp nguồn vật liệu chất nổ dư thừa cho các cường quốc phương Tây trong chiến tranh Thế giới lần I.

2.2.4.4. Quá trình phản nitrat (Denitrification)

Ngược với quá trình nitrat hoá, quá trình này biến đổi nitrat về dạng N_2 , NO, N_2O . Tham gia vào quá trình này chủ yếu là *Pseudomonas*, *Escherichia* và nấm. Chúng sử dụng nitrat như nguồn khai thác ôxi với sự có mặt của glucosơ và photphat. Phần lớn các loài vi khuẩn phản nitrat chỉ khử nitrat đến nitrit, còn những loài khác lại khử nitrit đến amonia. Trong điều kiện kỵ khí, sự phản nitrat đến N_2O khi có mặt của glucosơ là phản ứng toả nhiệt, giải phóng tới 545 Cal/mol, còn phản nitrat đến nitơ (N_2) cho 570 Cal/mol. Ngược lại, các phản ứng ôxi hoá glucosơ trong điều kiện hiếu khí toả nhiệt tới 686 Cal/mol. Trừ khi bị “bắt” trở lại trong quá trình cố định nitơ, nitơ phân tử (N_2) có được giải phóng hay không nhờ quá trình phản nitrat để trở lại nguồn dự trữ trong khí quyển (dù ở dạng NO_x hay N_2) phụ thuộc vào pH môi trường. Sự tăng tiến của các dạng ôxit nitơ (NO_x) xuất hiện khi $\text{pH} < 7$. Nếu $\text{pH} > 7,3$ thì N_2O có xu hướng bị tái hấp thụ và tiếp theo lại bị khử trong quá trình phản nitrat để trở thành N_2 .

Quá trình phản nitrat đến N_2 chỉ xảy ra trong điều kiện kỵ khí hay kỵ khí một phần, nên thường gặp trong đất yếm khí, ở đáy sâu các hồ hay biển, nơi không có ôxi hoặc giàu các chất hữu cơ đang bị phân huỷ.

Sơ đồ ở hình 2.9 chỉ ra các công đoạn thành tạo và phân huỷ chất hữu cơ chứa nitơ với sự tham gia của các nhóm vi khuẩn đặc hiệu khác nhau:



Hình 2.9. Các công đoạn tổng hợp và phân huỷ các hợp chất chứa nitơ với sự tham gia của các nhóm vi khuẩn khác nhau (Theo Robert G. Wetzen, 1983).

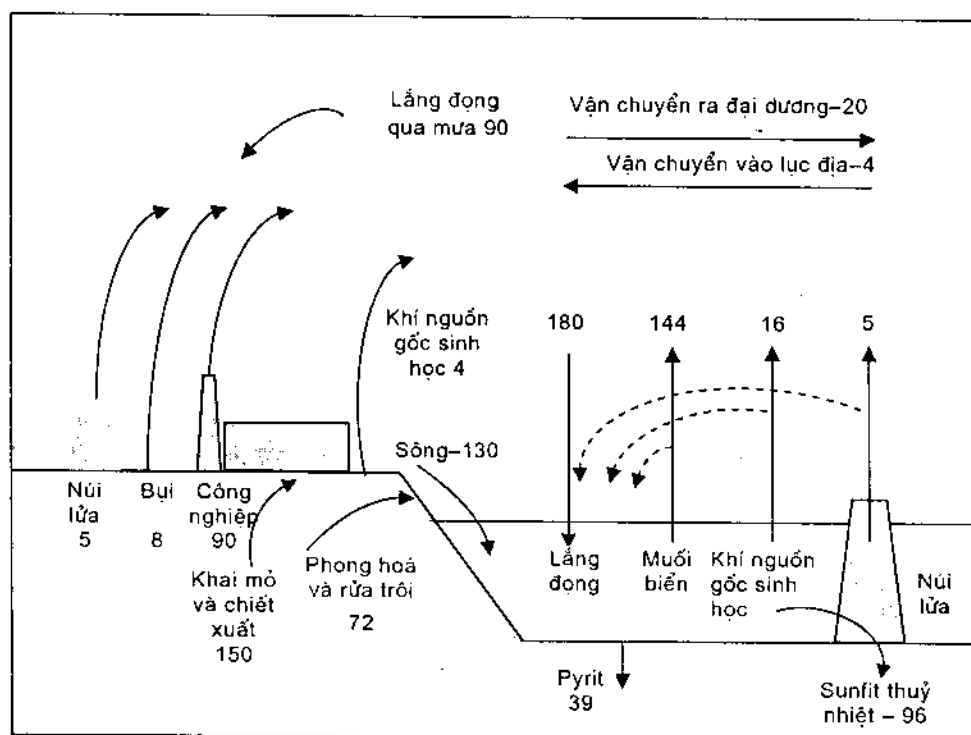
2.2.5. Chu trình lưu huỳnh (S)

Lưu huỳnh là một trong 14 nguyên tố giàu nhất trong vỏ Trái Đất, đóng vai trò quan trọng trong thành phần các chất sống như amin, xystein, methionin, đồng thời tham gia điều hoà các muối dinh dưỡng khác như nitơ, photpho (hình 2.7 và 2.11).

Trung tâm của chu trình lưu huỳnh có liên quan với sự thu hồi sunfat (SO_4^{2-}) của thực vật qua bộ rễ, sự giải phóng và biến đổi lưu huỳnh ở nhiều công đoạn khác nhau dưới các dạng sunfuahydril ($-\text{SH}$), sunfuahydro (H_2S), thiosunfat ($\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) và lưu huỳnh nguyên tố (S). Chu trình lưu huỳnh rất phức tạp, tương tự như chu trình nitơ, nhưng không “đóng gói” riêng biệt như sự cố định nitơ, amôn hoá (hình 2.10).

2.2.5.1. Sự đồng hoá và giải phóng lưu huỳnh

Lưu huỳnh đi vào “thức ăn” của thực vật trên cạn qua sự hấp thụ của rễ dưới dạng sunfat canxi hay natri, hoặc đồng hoá trực tiếp các axit amin được giải phóng do sự phân huỷ của xác chết hay chất bài tiết. Chẳng hạn, sự khoáng hoá của vi khuẩn (*Aspergillus*) và nấm (*Neurospora*) đối với sunfuahydril hữu cơ trong thành phần các axit amin. Quá trình ôxi hoá lại dẫn đến sự hình thành sunfat, làm giàu nguồn khoáng dinh dưỡng cho sự tăng trưởng của thực vật.



Hình 2.10. Các con đường vận động của lưu huỳnh.
Đơn vị 10^{12} gS/năm (Theo Brimblecombe et al., 1989).

Trong điều kiện yếm khí, axit sunfuaric có thể trực tiếp bị khử cho hydrosunfua do các vi khuẩn *Escherichia* và *Proteus* ($\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2$). Sunfat cũng bị khử trong điều kiện kỵ khí để cho lưu huỳnh nguyên tố (S) hay hydrosunfua do các vi khuẩn dị dưỡng như *Desulfovibrio*, *Escherichia* và *Aerobacter*. Những vi khuẩn khử sunfat kỵ khí là những loài dị dưỡng, sử dụng sunfat như chất nhận hydro trong ôxi hoá trao đổi chất, tương tự như vi khuẩn phản nitrat sử dụng nitrit hay nitrat.

Đến nay người ta thừa nhận rằng, khử sunfat xảy ra trong điều kiện kỵ khí, song cũng phát hiện thấy phản ứng này xuất hiện cả ở nơi có vết ôxi, nitrat hay các chất nhận điện tử khác, thậm chí D.E. Canfield và D.J. Des Marais (1991) còn thấy sự khử sunfat xảy ra cả ở nơi ôxi được hình thành trong tầng quang hợp của nhóm vi sinh vật quá mặn tại Baja, California, Mexico... Như vậy, sự khử sunfat là một quá trình kỵ khí không nghiêm ngặt, tuy nhiên, trên bình diện rộng, mức độ đóng góp của sự khử hiếu khí sunfat còn tiếp tục được xác định.

Trong các hệ sinh thái ở nước, hàm lượng của H_2S cao ở tầng đáy là điều bất lợi cho thủy sinh vật, chẳng hạn ở các ao hồ giàu nước thải, tại các hố sâu ở đáy biển Đen.

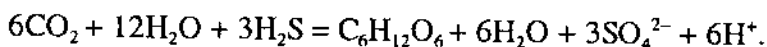
Sự tồn tại của các vi khuẩn khử sunfat như *Methanococcus thermolithotrophicus* và *Methanobacterium thermautotrophium* ở nhiệt độ rất cao ($70 - 100^\circ\text{C}$) có thể giải thích được quá trình hình thành hydrosunfua (H_2S) trong các đáy biển sâu (hydrothermal) hay trong các giếng dầu... (Stetter et al. 1987). Ở điều kiện cân bằng, hoạt động của các loài vi khuẩn lưu huỳnh hoặc chống lại nhau, hoặc hỗ trợ cho nhau. Vi khuẩn lưu huỳnh không màu như các loài của *Beggiatoa* ôxi hoá hydrosunfua đến lưu huỳnh nguyên tố, trong các đại diện của *Thiobacillus*, loài thì ôxi hoá lưu huỳnh nguyên tố đến sunfat, loài thì ôxi hoá sunfit đến lưu huỳnh nguyên tố. Ngay đối với các loài trong một giống, quá trình ôxi hoá chỉ có thể xuất hiện khi có mặt ôxi, còn với loài khác lại không cần ôxi vì chúng là những dạng tự dưỡng hoá tổng hợp, sử dụng năng lượng được giải phóng trong quá trình ôxi hoá để khai thác cacbon bằng một phản ứng khử cacbon điôxit:



Những vi khuẩn này có thể so sánh với các vi khuẩn nitrat hoá tự dưỡng khi ôxi hoá amonia đến nitrit rồi từ nitrit đến nitrat. Hơn nữa,

chúng cũng gồm các vi khuẩn màu xanh, màu đỏ quang tổng hợp, sử dụng hydro của hydrosunfua như chất nhận điện tử trong phản ứng khử cacbon điôxit.

Các vi khuẩn màu xanh có thể ôxi hoá sunfua chỉ đến lưu huỳnh nguyên tố, trong khi đó vi khuẩn lưu huỳnh màu đỏ có thể thực hiện ôxi hoá đến giai đoạn sunfat:



2.2.5.2. Lưu huỳnh trong sinh quyển

Nguồn lưu huỳnh trong sinh quyển được cấp bởi sự phân giải hay đốt cháy các chất hữu cơ, đốt nhiên liệu hoá thạch, sự khuếch tán từ đại dương hay hoạt động của núi lửa. Những dạng thường gặp trong sinh quyển là các dạng ôxit lưu huỳnh (SO_x), lưu huỳnh nguyên tố (S), hydrosunfua (H_2S). Chúng thường bị ôxi hoá để cho lưu huỳnh triôxit, chất này khi kết hợp với nước cho axit sunfuaric, rồi bị loại bỏ dưới dạng các trận mưa axit.

2.2.5.3. Lưu huỳnh trong trầm tích

Sự lắng đọng lưu huỳnh có liên quan đến các “trận mưa” lưu huỳnh khi xuất hiện các cation sắt và canxi cũng như sunfua sắt không hoà tan (FeS , Fe_2S_3 , FeS_2) hoặc kém hoà tan (CaSO_4). Pyrit (FeS_2) được hình thành trong điều kiện kỵ khí, không tan trong nước với pH trung tính hay kiềm có ý nghĩa sinh thái đáng kể. Khi bị chôn vùi, pyrit xuất hiện như một yếu tố ổn định về mặt địa chất và là nguồn dự trữ ban đầu của cả sắt và lưu huỳnh trong các đầm lầy cũng như trong các trầm tích khác.

Sự ôxi hoá các sunfit trong trầm tích biển là một quá trình quan trọng, song còn ít được hiểu biết. Có thể nói, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ đóng vai trò như chỗ rẽ trong quá trình hình thành lượng lớn các sản phẩm ôxi hoá của hydrosunfit; sau quá trình đó, $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ bị khử trở lại đến H_2S hoặc bị ôxi hoá đến SO_4^{2-} (Jorgensen, 1990).

Nhờ quá trình động học của hệ thống sunfit sắt (FeS), các muối có tầm quan trọng đối với hệ thống sinh học như đồng, kẽm, coban... có thể bị “bẫy” trong những thời gian khác nhau. Mặt khác, sự gắn kết của các hợp chất sắt làm biến đổi photpho từ dạng không tan sang dạng hoà tan, thuận lợi cho đời sống thực vật.

Nhìn tổng quát, chu trình lưu huỳnh trong sinh quyển diễn ra cả ở 3 môi trường: đất, nước và không khí, cả trong điều kiện hiếu khí và kỵ khí. Nguồn dự trữ lưu huỳnh tập trung trong đất, còn trong khí quyển rất ít. Chìa khoá của quá trình vận động là sự tham gia của các vi khuẩn đặc trưng cho từng công đoạn.

- Sự chuyển hoá của H_2S sang S nguyên tố rồi từ đó sang dạng SO_4^{2-} do hoạt động của vi khuẩn lưu huỳnh không màu, hoặc màu xanh hay màu đỏ.

- Sự ôxi hoá H_2S thành SO_4^{2-} với sự tham gia của vi khuẩn lưu huỳnh Thiobacillus.

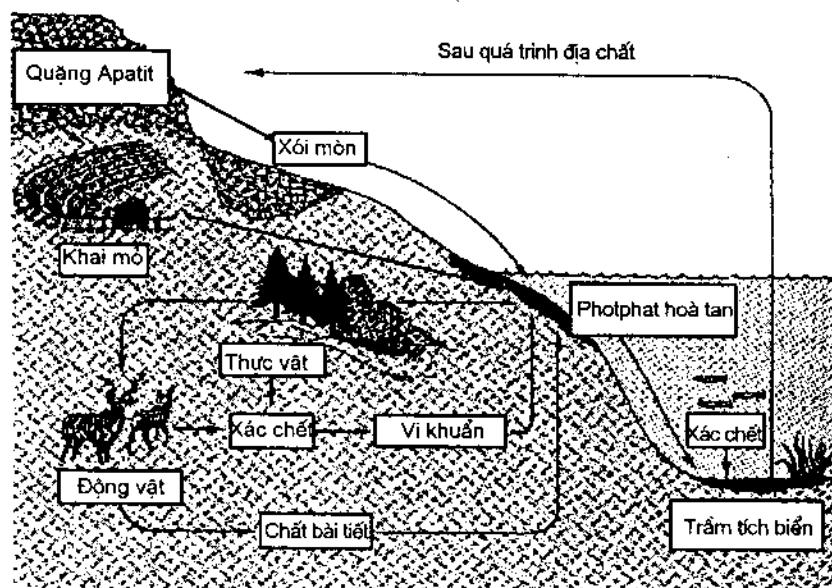
- SO_4^{2-} bị phân huỷ (khử) kỵ khí để tạo thành H_2S là nhờ hoạt động của vi khuẩn Desulfovibrio.

Lưu huỳnh ở các lớp trầm tích sâu dưới dạng các sunfit, đặc biệt là pyrit, khi xâm nhập lên tầng mặt, xuất hiện dưới dạng H_2S nhờ hoạt động của các vi khuẩn kỵ khí.

Chu trình lưu huỳnh trên phạm vi toàn cầu được điều chỉnh bởi các mối tương tác giữa môi trường trầm tích – nước – khí quyển và cả các quá trình địa chất – khí hậu – sinh vật.

2.2.6. Chu trình photpho (P)

Photpho là thành phần của các muối tạo sinh (biogene), được xem là muối vi lượng đối với đời sống của sinh vật. Photpho là chất lắng đọng, nằm trong vỏ Trái Đất dưới dạng quặng. Sau khi bị phong hoá và rửa trôi, photpho tồn tại dưới dạng photphat hoà tan, cung cấp trực tiếp nguồn dinh dưỡng cho thực vật và tảo, khởi đầu cho quá trình vận động của mình (hình 2.11). Điều khẳng định rằng, trong cơ thể tỷ lệ photpho so với các chất khác thường lớn hơn tỷ lệ photpho ở ngoài môi trường mà cơ thể có thể kiếm được cho sự phát triển. Do vậy, muối photpho trở thành yếu tố vừa có tính giới hạn, vừa có tác dụng điều chỉnh năng suất sinh học trong các hệ thống sống. Đương nhiên, cần thừa nhận rằng, tỷ lệ tương đối của các muối cho sự phát triển của một nhóm thực vật nào đó, chẳng hạn, thực vật nổi (phytoplankton) sống trong hồ, có liên quan chặt chẽ với một phức hợp các quá trình sinh học, địa chất và vật lý, bao gồm cả sự quang hợp, sự lựa chọn của các loài tảo có khả năng sử dụng nitơ của khí quyển, độ kiềm của nước, mức độ cung cấp các muối dinh dưỡng cho thủy vực.



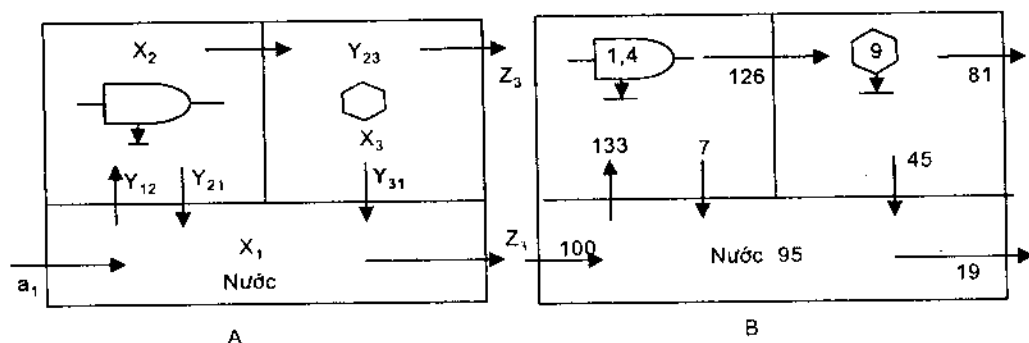
Hình 2.11. Sơ đồ đơn giản của chu trình photpho trong tự nhiên.

Thực vật sử dụng photpho dưới dạng orthophotphat (PO_4^{3-}). Dạng này có được trong tự nhiên là nhờ quá trình phong hoá đá chứa photpho (hay quặng apatit). Trong chu trình của mình, photpho thường thất thoát một lượng khá lớn do lắng đọng của các bộ phận cơ thể chứa nhiều photpho như xương, răng... của động vật, hoặc các muối photpho không hoà tan hay kém hoà tan. Ngay sự “bài tiết” photpho hữu cơ của phytoplankton trong thuỷ vực cũng dẫn đến sự hình thành các chất keo ngoài tế bào mà chúng được xem như những phân tử vô định hình chứa trong nước. Sự phân huỷ các hợp chất chứa photpho trong nước diễn ra rất chậm với sự tham gia chủ yếu của Protozoa và động vật đa bào kích thước nhỏ.

Thất thoát photpho khỏi chu trình được gây ra bởi 2 con đường chính: một dài, một ngắn. Sự hấp thụ vật lý của trầm tích và đất có vai trò quan trọng trong việc kiểm soát hàm lượng photpho hoà tan trong đất và trong nước. Ngược lại, sự gắn kết photpho với các cation khác như nhôm, sắt, canxi, mangan... hay với các hợp chất chứa lưu huỳnh như FeS , Fe_2S_3 trong chu trình lưu huỳnh và quá trình phản nitrat đưa đến tình trạng lắng và ứ đọng photpho, cản trở nó quay trở lại chu trình.

Photpho trong trầm tích đáy thuỷ vực dù có nhiều cũng rất khó chuyển lên tầng nước bởi vì ngay sát đáy có một lớp nước mỏng chứa ôxi (microlayer)

tham gia vào phản ứng ôxi hoá, ngăn cản. Trong hoàn cảnh này, nhiều nhóm thực vật đóng vai trò quan trọng như một máy bơm động lực có thể thu hồi lượng photpho ở sâu trông trầm tích. Ở ao hồ hay các vực nước nông khác gặp 9 loài thực vật lớn phổ biến tham gia vào việc tìm kiếm và khai thác photpho trong các “mỏ” như thế, thuộc các chi *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Callitriche*, *Elodea* và *Najas*. Hình 2.12 dưới đây mô tả đơn giản các con đường vận chuyển photpho trong hệ sinh thái hồ (ký hiệu trong hình 2.21).



Hình 2.12. Chu trình giả định của photpho trong hồ với 3 thành phần: Thực vật, động vật ăn cỏ và nước. A – Xác định các thành phần của dòng P; B – Sự phân bố (mg) và tốc độ (mg/ngày) của P sau khi cân bằng với tốc độ dòng vào ổn định (100 mg/ngày).

Các ký hiệu:

X_1 – lượng P trong nước; X_2 – lượng P trong thực vật; X_3 – lượng P trong động vật ăn cỏ; a_1 – tốc độ dòng P vào; Y_{12} – tốc độ lấy P của thực vật từ nước; Y_{21} – tốc độ mất P từ thực vật vào nước; Y_{23} – tốc độ lấy P của động vật ăn cỏ; Y_{31} – tốc độ mất P của động vật ăn cỏ vào nước; Z_1 – tốc độ dòng P ra; Z_3 – tốc độ dòng P ra từ động vật ăn cỏ.

2.3. NĂNG LƯỢNG VÀ DÒNG NĂNG LƯỢNG ĐI QUA HỆ SINH THÁI

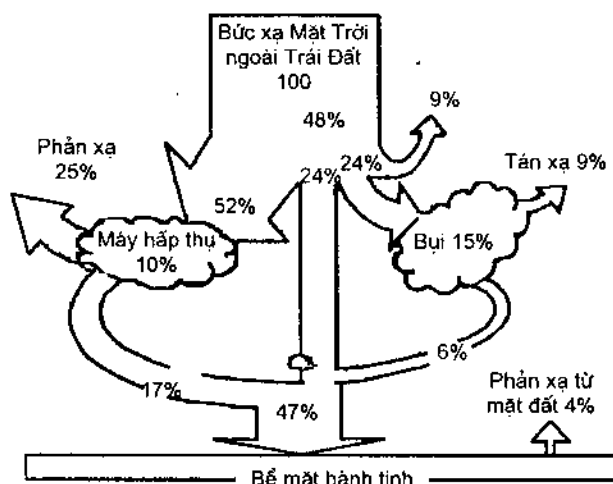
2.3.1. Sự phân bố năng lượng trong môi trường

Tất cả các hệ thống sống trên hành tinh này tồn tại được là nhờ nguồn năng lượng vô tận của Mặt Trời. Nguồn năng lượng này chuyển xuống Trái Đất dưới dạng sóng ánh sáng. Ánh sáng khi đi qua tầng khí quyển để đến được bề mặt Trái Đất bị suy giảm một phần do các khí, hơi nước, bụi... hấp thụ và phản xạ lại vũ trụ (hình 2.13). Những dải sóng khác nhau bị hấp thụ khác nhau. Nói chung, bức xạ Mặt Trời xuống đến ngưỡng trên của khí quyển có cường độ $2\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{phút}$. Khi qua lớp khí quyển, bề mặt hành tinh chỉ còn nhận 67% cường độ ban đầu, ứng với $1,34\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{phút}$.

Theo đánh giá chung, năng lượng trên bề mặt hành tinh gồm 45% bức xạ hồng ngoại, chủ yếu hình thành nhiệt; 45% là dải ánh sáng trắng, tham gia chính vào quá trình quang hợp, còn 10% thuộc dải tử ngoại, đủ đảm bảo cho các hoạt động sống của sinh vật. Lượng này tăng hơn sẽ gây ra nhiều hậu quả xấu: huỷ hoại các enzym, gây ung thư da, làm đục thủy tinh thể... Các nghiên cứu đã xác định rằng, khoảng 99% tổng năng lượng nằm trong vùng quang phổ có bước sóng từ 0,136 đến 4000 μ ; khoảng 50% nguồn năng lượng đó (gồm cả ánh sáng trắng với bước sóng 0,38 – 0,77 μ) có ý nghĩa sinh thái quan trọng, được thực vật sử dụng cho quang hợp gọi là *bức xạ quang hợp*. Thực vật hấp thụ rất mạnh các tia màu xanh và màu đỏ cũng như một lượng nhỏ các tia sóng dài hơn với các bước sóng 0,4 – 0,5 μ và 0,6 – 0,7 μ . Các tia xanh lá cây bị hấp thụ rất ít, chủ yếu phản xạ trở lại tạo nên màu xanh của cây cối và của nước biển. Bóng mát dưới tán cây là kết quả được tạo ra nhờ chất diệp lục của lá cây hấp thụ các bức xạ quang hợp, còn nước trong lá và hơi nước bao quanh lá lại chọn các tia có bước sóng dài.

Một thành phần khác của năng lượng trong môi trường là bức xạ nhiệt sóng dài. Dạng này xuất hiện từ tất cả bề mặt của các vật thể mà nhiệt độ của chúng luôn cao hơn nhiệt độ không tuyệt đối, bao gồm bức xạ nhiệt từ mặt đất, mặt nước và thậm chí thực vật, mây, bụi... Chính vì thế, những đêm đông trời quang mây tạnh, lạnh lẽo hơn so với những đêm trời u ám. Bức xạ nhiệt sóng dài truyền theo mọi hướng. Do đó, lượng nhiệt được động vật hay cây cối tiếp nhận ở ngoài trời trong những ngày hè có thể vượt một số lần năng lượng bức xạ trực tiếp từ Mặt Trời.

Điều kiện tồn tại của sinh vật được xác định chủ yếu bởi dòng bức xạ chung, nhưng đối với năng suất sinh học của các hệ sinh thái và chu trình



Hình 2.13. Sự phân bố năng lượng Mặt Trời trên bề mặt hành tinh (Kormondy, 1996).

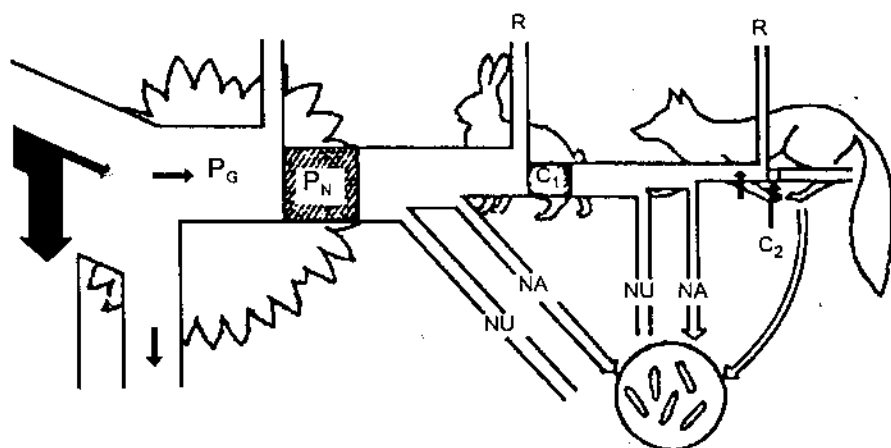
các muối dinh dưỡng thì tổng bức xạ Mặt Trời được sinh vật tự dưỡng hấp thụ có ý nghĩa quan trọng nhất. Dòng năng lượng chung được phân chia cho các quá trình động học trong sinh quyển như ở bảng 2.5.

Bảng 2.5. Năng lượng Mặt Trời của các quá trình xảy ra trên hành tinh

Các dạng biến đổi	%
Phản xạ trở lại	30,0
Biến đổi trực tiếp thành nhiệt	46,0
Làm bốc hơi nước và gây mưa	23,0
Tạo gió, sóng, dòng bề mặt	0,2
Quang hợp của thực vật	0,8

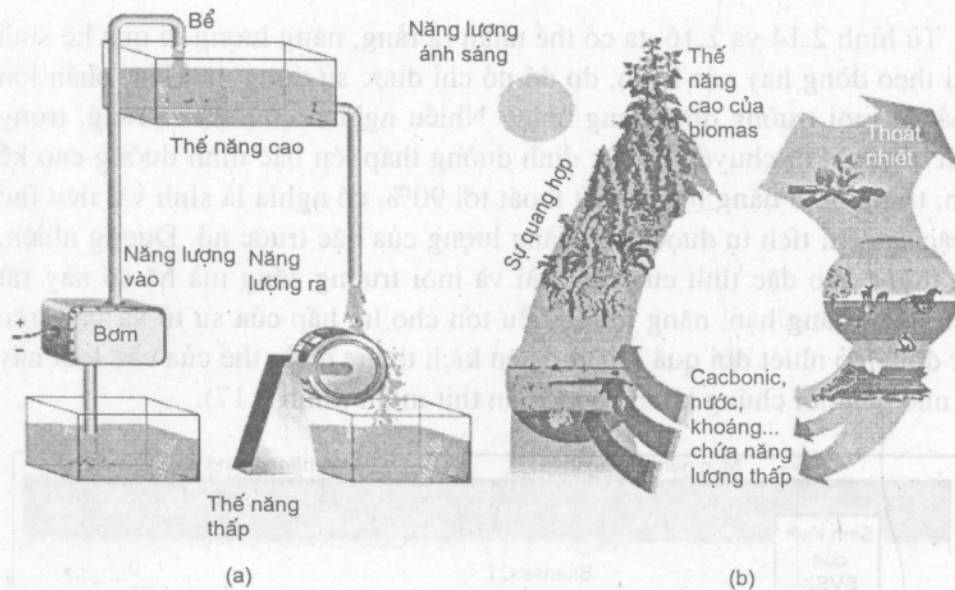
2.3.2. Dòng năng lượng đi qua hệ sinh thái

Năng lượng đi qua hệ sinh thái qua các bậc dinh dưỡng của xích thức ăn, một phần được sinh vật sử dụng cho hô hấp, còn phần lớn biến đổi thành nhiệt thoát ra môi trường (hình 2.14), tương tự như động lực của một cỗ máy bơm (hình 2.15).



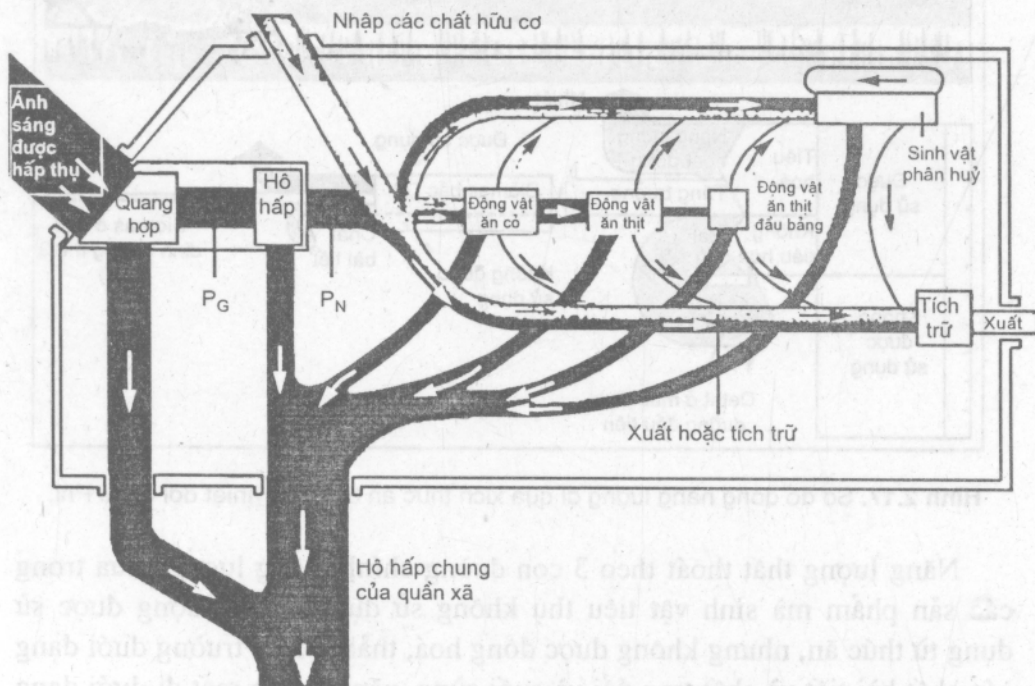
Hình 2.14. Dòng năng lượng đi qua hệ sinh thái.

P_G – Tổng sản lượng sơ cấp. P_N – Sản lượng sơ cấp tinh, NU – Năng lượng không được sử dụng; NA – Năng lượng không được đồng hoá, R – Năng lượng hô hấp, $C_1, C_2, \dots$ – Sinh vật tiêu thụ các cấp..., Vòng tròn – Vi sinh vật.



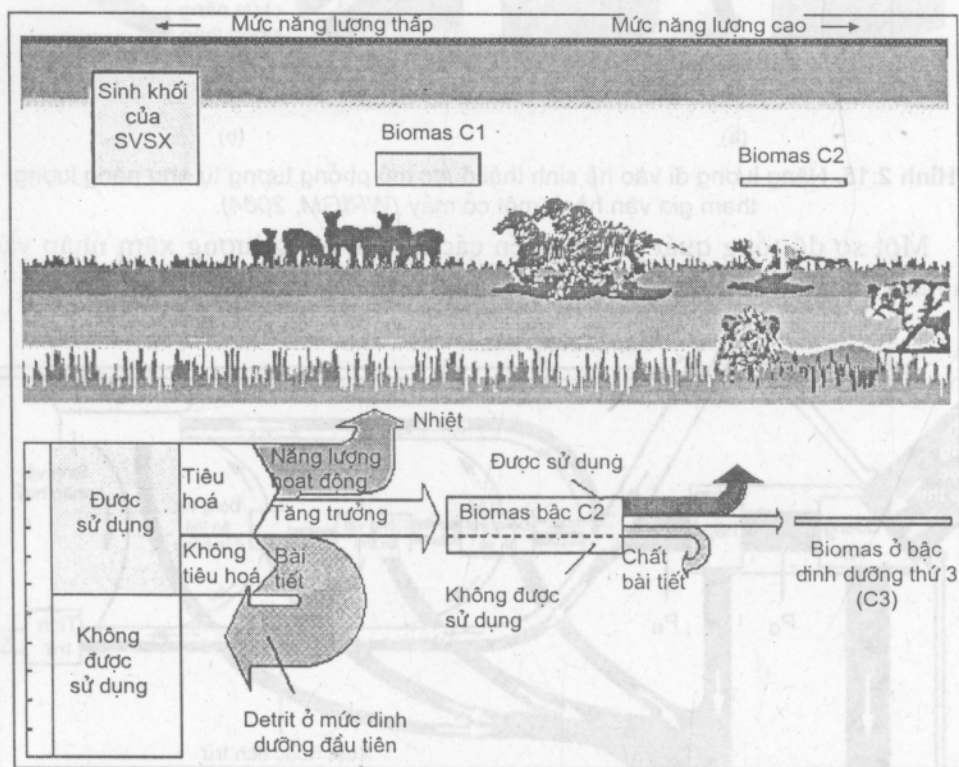
Hình 2.15. Năng lượng đi vào hệ sinh thái được mô phỏng tương tự như năng lượng tham gia vận hành một cỗ máy (WRIGM, 2004).

Một sơ đồ tổng quát có tính đến các nguồn năng lượng xâm nhập vào và năng lượng tái sử dụng được mô tả như ở sơ đồ dưới đây (hình 2.16).



Hình 2.16. Sơ đồ tổng quát của dòng năng lượng đi qua hệ sinh thái (Odum, 1983).

Từ hình 2.14 và 2.16, ta có thể nhận ra rằng, năng lượng đi qua hệ sinh thái theo dòng hay các kênh, do đó nó chỉ được sử dụng một lần, phần lớn thoát ra môi trường dưới dạng nhiệt. Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, trong sinh quyển, khi chuyển từ bậc dinh dưỡng thấp lên bậc dinh dưỡng cao kế liên, trung bình năng lượng thất thoát tới 90%, có nghĩa là sinh vật tiêu thụ ở bậc sau chỉ tích tụ được 10% năng lượng của bậc trước nó. Đương nhiên, tùy thuộc vào đặc tính của các loài và môi trường sống mà hệ số này rất biến đổi, chẳng hạn, năng lượng tiêu tốn cho hô hấp của sư tử và báo trên các đồng cỏ nhiệt đới quá lớn cho nên kích thước quần thể của các loài này rất nhỏ đến nỗi chúng không có vật ăn thịt mình (hình 2.17).



Hình 2.17. Sơ đồ dòng năng lượng đi qua xích thức ăn đồng cỏ nhiệt đới châu Phi.

Năng lượng thất thoát theo 3 con đường chính: năng lượng chứa trong các sản phẩm mà sinh vật tiêu thụ không sử dụng; năng lượng được sử dụng từ thức ăn, nhưng không được đồng hoá, thải ra môi trường dưới dạng các chất bài tiết và chất trao đổi và cuối cùng, năng lượng mất đi dưới dạng nhiệt hô hấp. Do sự thất thoát năng lượng quá lớn nên xích thức ăn không

thể kéo dài, thường 3 – 4 bậc đối với các hệ sinh thái trên cạn và 6 – 7 bậc đối với các hệ sinh thái ở nước.

Chi tiết hơn, ta có thể thấy, năng lượng Mặt Trời cho quang hợp chỉ chiếm 50% tổng lượng bức xạ chung. Thực vật tiếp nhận năng lượng nhờ các vật thể mang màu gọi là sắc tố. Chúng gồm 4 nhóm: sắc tố *a* đặc trưng cho tất cả các thực vật bậc cao và tảo, sắc tố *b* – cho tất cả các thực vật bậc cao và tảo Lam (Green algae), sắc tố *c* – cho Bacillariophyta và Phaeophyta, sắc tố *d* – cho Rhodophyta. Mỗi nhóm sắc tố khác nhau thích ứng với sự hấp thụ những sóng ánh sáng khác nhau. Chlorophyll hấp thụ các tia thuộc phổ nhìn thấy (400 – 700 μ) với 2 vùng xanh lam (430 μ) và đỏ (662 μ); sắc tố vàng (carotenoid) gồm caroten và xanthophyllin có phổ hấp thụ tương ứng là 446 – 476 μ và 451 – 481 μ . Nhóm sắc tố xanh phycobilin đặc trưng cho các loài thực vật bậc thấp ở nước. Nhóm này ưa nước nên có tên là biliprotein hay phycobiliprotein, gồm phycoerythrin đặc trưng cho Rhodophyta và một số Cyanophyta, và phycocyanin có mặt ở tất cả Cyanophyta và một số Rhodophyta.

Trong quang hợp, chlorophyll tiếp nhận năng lượng của lượng tử ánh sáng để chuyển cho các phản ứng quang hoá và biến đổi chúng thành dạng năng lượng hoá học. Hàng chục loại carotenoid tham gia với tư cách huy động những tia khác nhau của phổ bức xạ cho quang hợp, đồng thời còn bảo vệ chlorophyll khỏi bị phân huỷ bởi ánh sáng mạnh. Quá trình quang hợp, ngoài chế độ chiếu sáng còn được đảm bảo bởi nhiều yếu tố khác của môi trường như các muối dinh dưỡng, hàm lượng khí CO₂, độ pH... trong đất và trong nước. Nhìn chung trong quang hợp, thực vật chỉ sử dụng được một phần nhỏ bức xạ ánh sáng, phần lớn biến đổi thành nhiệt bằng nhiều con đường. Thảm thực vật ở các vùng ôn đới chỉ hấp thụ được 100 – 800 Cal/cm²/ngày, trung bình 300 – 400 Cal/cm²/ngày (Reifsnnyder Lull, 1965). Những nghiên cứu khác đánh giá rằng, các hệ sinh thái trên cạn và dưới nước chỉ có thể biến đổi từ 0,1 đến 1,6% tổng năng lượng bức xạ Mặt Trời. Ở những hệ tự nhiên, sản lượng thô ít khi tích tụ trên 3% tổng lượng bức xạ, mặc dù trên đồng ruộng thâm canh có thể đạt đến 6 – 8% (Kormondy, 1996). Hiệu suất quang hợp theo sản lượng thô trong sinh quyển chỉ vào khoảng 0,2 – 0,5% tổng lượng bức xạ hay 0,4 – 1,0% bức xạ quang hợp

Như phân trên đã đề cập, chất hữu cơ do sinh vật tự dưỡng sản xuất ra (P_G) được thực vật sử dụng một phần để duy trì, tăng trưởng... và thải ra dưới dạng nhiệt hô hấp (P_R). Phần còn lại là nguồn thức ăn cho các loài

sinh vật ăn cỏ (herbivore), nguồn thức ăn động vật đầu tiên cho các loài động vật ăn thịt (carnivore).

Để đánh giá sản lượng sơ cấp thô người ta có thể sử dụng qua sản lượng thu hoạch:

$$\Delta B = B_2 - B_1 \quad (2.2)$$

Trong đó: ΔB là sự gia tăng sinh khối, còn B_1 và B_2 là sinh khối thực vật ở thời điểm t_1 và t_2 . Sự thất thoát năng lượng xảy ra bởi 2 con đường:

- i) Sinh khối thực vật hay một phần thực vật bị chết (L),
- ii) Sinh khối mất do động vật ăn cỏ sử dụng (G).

Như vậy, sản lượng sinh vật sơ cấp dành cho các loài sinh vật dị dưỡng được đánh giá theo biểu thức:

$$P_N = \Delta B + L + G \quad (2.3)$$

Giá trị sản lượng sinh vật sơ cấp tính (P_N) của các hệ sinh thái trên Trái Đất theo Field et al. (1998) như sau :

Đại dương	48,5
Các hệ trên cạn	56,4
Trên toàn sinh quyển	104,9

(Đơn vị: petagram, trong đó $1 \text{ pet.} = 10^{15} \text{ g} = 10^9 \text{ tấn}$).

Hiệu quả quang hợp (%) hay hiệu suất đồng hoá năng lượng bức xạ của thực vật được đánh giá theo biểu thức sau:

$$Eff = \frac{E_{as}}{E_{sun}} \cdot 100 \quad (2.4)$$

Trong đó: Eff là hiệu suất sử dụng năng lượng ánh sáng của sinh vật tự dưỡng, E_{as} – Năng lượng được thực vật đồng hoá trong quang hợp, E_{sun} – Tổng năng lượng bức xạ Mặt Trời,

Chẳng hạn, Kozlovski (1968) đã tính hiệu suất quang hợp của phytoplankton trong hồ Mendota, Wisconsin như sau:

$$Eff = \frac{20,991 \text{ kJ/m}^2/\text{năm}}{4,973604 \text{ kJ/m}^2/\text{năm}} = 0,42\%$$

Quần xã phytoplankton có hiệu suất quang hợp rất thấp, thường dưới 0,5%, trong khi thực vật có rễ hay các loài tảo đa bào sống bám ở nơi nước nông có thể có hiệu suất cao hơn. Giá trị đó đối với rừng là 2,0 – 3,5%, cao hơn so với các đồng cỏ (1,0 – 2,0%) (Kira, 1975).

Trong các thủy vực, hơn 50% bức xạ Mặt Trời, trước hết là các tia thuộc dải hồng ngoại, bị hấp thụ ngay ở lớp nước mặt với bề dày 1m. Ở nơi nước trong cũng chỉ 5 – 10% tổng bức xạ có thể xâm nhập xuống độ sâu 20m. Sự suy giảm cường độ ánh sáng có thể được mô tả theo đường cong:

$$\frac{\partial I}{\partial t} = kI \quad (2.5)$$

Ở đây, I – lượng bức xạ ($J/m^2/\text{đơn vị thời gian}$), t – độ sâu, k – hệ số tắt dần (hằng số).

Nhìn tổng thể, sự phát triển của sản lượng sinh vật sơ cấp phụ thuộc vào nhiều nhân tố: chế độ chiếu sáng, muối dinh dưỡng, nhất là muối nitơ và photpho và các điều kiện môi trường vô sinh (nhiệt độ, độ đục, pH...) cũng như đặc tính sinh học của quần xã thực vật.

Nguồn thức ăn sơ cấp (P_N) được động vật ăn thực vật sử dụng, tiếp theo là động vật ăn thịt các cấp khác khai thác lẫn nhau làm thức ăn, tạo nên xích thức ăn và lưới thức ăn phức tạp trong hệ sinh thái. Tổng năng lượng theo xích thức ăn thực vật đi qua hệ sinh thái về mặt lý thuyết (xem hình 2.14), có thể viết một cách tổng quát như sau:

$$P_G - P_R = P_N = \sum_{i=1,2,\dots}^n (NU_i + NA_i + R_i + C_n) \quad (2.6)$$

Trong đó: NU_i là năng lượng bậc i không được sử dụng, NA_i – Năng lượng được động vật ở bậc i sử dụng, nhưng không được đồng hoá, R_i – năng lượng hô hấp ở bậc i , C_n – năng lượng chứa trong mô của động vật tiêu thụ bậc n , còn n – Số bậc dinh dưỡng trong xích thức ăn.

Hiệu suất (tính bằng %) đồng hoá thức ăn của động vật tiêu thụ (gọi chung là hiệu suất của xích thức ăn hay hiệu suất sinh thái) có thể viết dưới dạng:

$$Eff = C_i / P_G; C_i / P_N \dots \text{hay } Eff = C_{i+1} / C_i \quad (2.7)$$

Những dẫn liệu nghiên cứu nhiều năm trên nhiều đối tượng đủ để cung cấp cho chúng ta hiểu biết về hiệu suất sản xuất hay hiệu suất sinh thái thứ cấp. Hamphrey (1979, 1984) đã tổng hợp 235 quỹ năng lượng đo được đối với các quần thể tự nhiên và cho rằng, mỗi nhóm phân loại khác nhau có hiệu suất sinh thái khác nhau. Trên cơ sở đó, những sinh vật đồng nhiệt (homotherm) được phân thành 4 nhóm: động vật ăn côn trùng (insectivore), chim, thú nhỏ và các loài động vật khác; những sinh vật biến nhiệt (poikilotherm) được phân thành 3 nhóm: cá và côn trùng xã hội; côn trùng

không sống kiểu xã hội và các loài động vật không xương sống khác. Trong mỗi nhóm động vật khi hô hấp mất đi 1kJ thì sản lượng cũng đạt tương tự như thế, khoảng 1 kJ. Điều đó có nghĩa rằng, hiệu suất sản xuất hay tỷ số $P/(R + P)$ đối với tất cả các nhóm kích thước của 7 nhóm động vật là như nhau. Bảng 2.6 liệt kê hiệu suất sản xuất trung bình và từ đó có thể đánh giá tổng quát năng suất thứ cấp trong các hệ sinh thái. Đối với động vật và chim, nói chung, hô hấp tiêu thụ một nguồn năng lượng lớn, tới 97 – 99% năng lượng đồng hoá được, do đó, chỉ 1 – 3% năng lượng tạo nên sản lượng thứ cấp tinh; còn trùng chỉ phí năng lượng cho hô hấp ít hơn (59 – 90%). Đương nhiên, sự sai khác lớn trong chi dùng năng lượng của động vật đẳng nhiệt so với côn trùng phản ánh cái “giá đắt phải trả” của chúng, nhưng đổi lại, động vật đẳng nhiệt có tiềm năng sinh học cao hơn nhiều, đủ khả năng sống và chinh phục được mọi nơi, mọi điều kiện môi trường khác nhau trên hành tinh.

Bảng 2.6. Hiệu suất sản xuất trung bình của các nhóm động vật (xếp theo chiều tăng)

Nhóm động vật	Hiệu suất sản xuất (%)	Số lượng nghiên cứu
Động vật ăn côn trùng	0,86	6
Chim	1,29	9
Các loài thú nhỏ	1,51	8
Các loài động vật khác	3,14	56
Cá và côn trùng xã hội	9,77	22
Động vật không xương sống khác (trừ côn trùng)	25	73
– Ăn cỏ (herbivore)	20,8	15
– Ăn thịt (carnivore)	27,6	11
– Ăn mùn bã hữu cơ (detritivore)	36,2	23
Côn trùng không sống kiểu xã hội	40,7	61
– Ăn cỏ (herbivore)	38,8	49
– Ăn mùn bã hữu cơ (detritivore)	47,0	6
– Ăn thịt (carnivore)	55,6	5

Ghi chú: Hiệu suất sản xuất được tính theo công thức: $Eff = \text{Sản lượng tinh của loài (kJ)} / \text{Năng lượng được loài đồng hoá (kJ)}$ (Theo Humphrey, 1979).

Đối với các hệ sinh thái ở nước, hiệu suất sinh thái thay đổi từ 2 đến 24%, trung bình là 10,1%. Người ta đã áp dụng hệ số này trong nghề cá biển. Chẳng hạn, cá ngừ là vật dữ đầu bảng, ở bậc dinh dưỡng thứ 4. Tại thời điểm năm 1990, nghề cá đã khai thác 2.975.000 tấn cá ngừ, tỷ lệ các bậc dinh dưỡng được thiết lập như sau:

Cá ngừ → Cá nhỏ nhỏ → Zooplankton → Phytoplankton

0,1 1,0 10,0 100,0

Từ sản lượng cá ngừ có thể đánh giá được sản lượng các nhóm sinh vật trước nó. Trên cơ sở số liệu của nghề cá thế giới có được, Lauly & Christensen (1995) chỉ ra rằng, ở các đại dương, trung bình 8% sản lượng Phytoplankton đã được chuyển đổi qua các xích thức ăn để cho nhân loại sản lượng cá khai thác như hiện nay.

Trong nghiên cứu về mối quan hệ dinh dưỡng của các loài trong quần xã, khi biết được hiệu suất sinh thái trung bình của xích thức ăn (E), năng lượng sơ cấp tinh (P_N) tích tụ trong sinh vật tự dưỡng và lượng thức ăn được sinh vật tiêu thụ sử dụng (U_s) thì chiều dài hay số bậc dinh dưỡng của xích thức ăn có thể xác định được theo công thức dưới đây:

$$n = (\lg U_s - \lg P_N) / \lg E \quad (2.8)$$

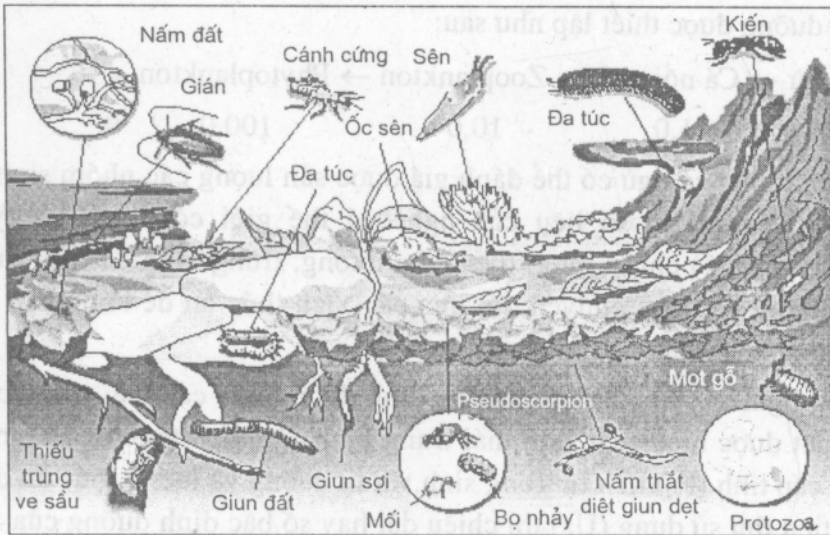
Ví dụ, ở khơi đại dương, sản lượng thức ăn sơ cấp tinh $P_N = 2.100 \text{ J/m}^2/\text{năm}$, vật tiêu thụ sử dụng (U_s) $= 0,4\text{J}$ và hiệu suất sinh thái trung bình (E) $= 0,25$, chiều dài xích thức ăn như sau:

$$n = (\lg 0,4 - \lg 2100) / \lg 0,25 \approx 6 \text{ bậc} \quad (2.9)$$

Khác với các hệ sinh thái ở nước, xích thức ăn phức tạp xảy ra ở môi trường đất đóng vai trò chủ yếu trong sự biến đổi vật chất và năng lượng đối với các hệ sinh thái trên cạn (hình 2.18). Đất được xem là tổ hợp của thể khoáng nghiền vụn cùng với các sinh vật thích nghi với môi trường đất và những sản phẩm trao đổi chất cũng như xác chết của chúng đang trong quá trình phân hủy. Do vậy, đất không chỉ là nơi sống của sinh vật trên cạn mà còn là môi trường đặc trưng cho các loài sinh vật đất.

Thế giới sinh vật trong đất rất đa dạng về thành phần loài. Ngoài các nhóm sinh vật lớn như nấm, mốc, vi khuẩn, nhiều loài vi tảo (micro-algae) còn bao gồm các đại diện của hơn 10 ngành động vật như động vật Nguyên sinh (Protozoa), Giun dẹt (Plathelminthes), Giun vòi (Nemertini), Giun tròn (Nematoda), Giun đốt (Annelida), Chân ngắn (Tardigrada), Có mốc

(Onychophora), Chân khớp (Arthropoda), Thân mềm (Mollusca) và các đại diện thuộc Trùng Bánh xe (Rotatoria), Giun trắng (Enchitraeidae), Mọt biển (Crustacea: Oniscoidea), một số loài lưỡng cư, bò sát và thú nhỏ (Chuột, Don, Dúi...).



Hình 2.18. Trong các hệ sinh thái trên cạn, dòng năng lượng đi qua xích thức ăn detrit đóng vai quan trọng hơn nhiều so với các xích thức ăn khác (WRIGM, 2004).

Trong số những loài động vật đất, nhiều loài sống suốt đời trong đất, nhiều loài coi đất như môi trường tạm thời, chỉ cần cho một số giai đoạn nào đó trong chu kỳ đời sống của mình. Trong số các loài còn trùng có tới 98% tổng số loài sống gắn bó với môi trường đất trong suốt cả cuộc đời.

Sinh vật đất tham gia vào mọi công đoạn phân huỷ sản phẩm rơi rụng của thảm thực vật ở lớp đất mặt (tầng O) để tạo mùn cho lớp đất dưới bề mặt (tầng A₁). Ở đây cũng như trong các lớp đất sâu hơn là nơi sinh sống của đa số các loài, trong đó đáng lưu ý nhất là động vật Chân khớp và Giun đất. Chân khớp với 2 nhóm chính là Ve bét (Arachnida: Acarina) và Bọ nhảy (Insecta: Collembola) thường có kích thước nhỏ từ 0,1 – 0,2 đến 2,0 – 3,0mm với mật độ lên đến hàng trăm ngàn cá thể trên 1m² mặt đất, tham gia tích cực vào sự hình thành đất và làm sạch môi trường. Giun đất cùng với nhiều loài côn trùng (kiến, mối), ấu trùng và thiếu trùng của chúng là sinh vật cỡ trung bình, chiếm sản lượng chủ yếu của các hệ sinh thái đất. Giun đất trong hoạt động sống của mình không chỉ làm cho đất tơi xốp mà còn làm tăng độ phì của đất bằng lượng mùn bã khổng lồ, do đó,

Darwin ví chúng như những “lưỡi cày vĩnh cửu” của đất. Người ta đánh giá rằng, nếu mật độ trung bình của giun là 150 con/m² thì mỗi năm giun đất cung cấp 120 tấn “phân giun” cho 1ha đất, trong đó 20 tấn được đùn lên bề mặt.

Như vậy, nhờ hoạt động của các loài sinh vật đất mà trong các hệ trên cạn, sự phân huỷ vật chất luôn chiếm ưu thế và dòng năng lượng đi qua xích thức ăn phế liệu (detrit) lại trở nên rất quan trọng trong các xích thức ăn, tương tự như trong các hệ sinh thái của sông.

2.3.3. Sản lượng sinh vật sơ cấp và thứ cấp của hệ sinh thái

2.3.3.1. Sản lượng sinh vật sơ cấp và sự phân bố của nó trong các hệ sinh thái

Sản lượng sinh vật sơ cấp được hình thành từ quá trình quang hợp của thực vật và tảo, gồm sản lượng sinh vật sơ cấp thô hay tổng sản lượng sơ cấp (P_G). Sinh vật tự dưỡng đồng hoá một phần nguồn chất hữu cơ đó cho sự tồn tại và phát triển của mình (P_R), phần còn lại gọi là sản lượng sơ cấp tinh (P_N) để nuôi các sinh vật dị dưỡng.

Trong sinh quyển, tổng sản lượng của các hệ sinh thái trên cạn chiếm 54%, còn trong thuỷ quyển là 46% (Field et al., 1998) với các chi tiết được trình bày trong bảng 2.7.

Bảng 2.7. Phân bố sản lượng sơ cấp của các hệ sinh thái trên hành tinh

Các hệ sinh thái	Sản lượng tinh (P_N) tính theo petagram C/năm (1 petagram = 10^{15} g = 10^9 tấn)
Đại dương	48,5
Trên cạn:	56,4
– Rừng mưa nhiệt đới	17,8
– Rừng lá rộng rụng theo mùa	1,5
– Rừng hỗn tạp lá rộng và lá kim	3,1
– Rừng lá kim thường xanh	3,1
– Rừng lá kim rụng lá	1,4
– Savan	16,8
– Đồng cỏ nhiều năm	2,4
– Cây bụi lá rộng	1,0
– Đồng rêu	0,8
– Hoang mạc	0,5
– Các vùng canh tác	8,0
Toàn cầu	104,9

Nên nhớ rằng, sản lượng sơ cấp của cả hệ thống hay sản lượng của các thành phần cấu tạo nên hệ thống hoàn toàn không thể xác định được chỉ bằng cách cân đo, đong đếm đơn giản những cái có mặt trên mặt đất, mặc dù, những dẫn liệu như thế là cơ sở không thể thiếu cho việc đánh giá. Bởi vậy, trong tính toán cần phải tính đến cả nguồn chất sống bị hao hụt do nhiều nguyên nhân, chủ yếu là các tác nhân sinh học (sâu keo), cũng như những điều kiện môi trường vật lý đảm bảo cho hệ thống phát triển một cách ổn định (Odum, 1983).

Đối với các hệ sinh thái trên cạn, sản lượng sơ cấp chủ yếu tập trung trên các lớp bề mặt, càng xuống sâu hơn, giá trị đó càng giảm. Hơn nữa, ở các vùng vĩ độ thấp, sinh khối thực vật tập trung chính ở phần trên mặt đất, trong khi đó, ở các vùng vĩ độ cao, sinh khối lại nằm chủ yếu ở phần dưới mặt đất. Vì vậy, trong các vùng vĩ độ cao, quá trình phân huỷ xác thực vật đã tạo nên lớp đất màu mỡ khá dày, dày hơn nhiều so với lớp đất mặt của các vùng vĩ độ thấp, do đó, ở nhiệt đới xích đạo mặt đất có tầng dinh dưỡng rất mỏng. Khi rừng nhiệt đới bị chặt trắng, những trận mưa hè xối xả nhanh chóng rửa trôi lớp màu mỡ này của đất. Không những thế, lượng bốc hơi lớn còn kéo lên tầng đất mặt nào nhôm, nào sắt... và tạo ra các lớp đất đá ong, còn được gọi là hiện tượng “đá ong hoá” hay “feralit hoá”.

Ở biển và đại dương, sự sống phân bố theo chiều thẳng đứng sâu hơn, tuy nhiên, tầng quang hợp chỉ nằm trong lớp nước được chiếu sáng, tập trung tại độ sâu nhỏ hơn 100m, thường từ bề mặt đến sâu nước 50 – 60m. Nước ven bờ có độ trong thấp, nhưng giàu muối dinh dưỡng nên sản lượng sơ cấp cao, còn ở khơi đại dương, mặc dù độ trong lớn, nhưng muối dinh dưỡng nghèo trở thành yếu tố giới hạn đối với sự phát triển của phytoplankton, kéo theo là sự nghèo nàn của năng suất sinh học thứ cấp.

Trong các thủy vực ở vùng ôn đới nói chung sản lượng sinh vật sơ cấp thường cao hơn so với các thủy vực thuộc vĩ độ thấp bởi vì toàn bộ khối nước của chúng được xáo trộn 2 lần trong năm, trong khi ở các thủy vực sâu (hồ sâu, biển) ở vùng nhiệt đới xích đạo quanh năm nước bị phân tầng, trừ các khu vực nước trôi (upwelling) hay nơi giáp ranh giữa các hoàn lưu với sự xuất hiện của dòng thăng–giáng (divergent và convergent) mang nguồn muối dinh dưỡng giàu có từ khối nước sâu bổ sung cho tầng nước bề mặt.

2.3.3.2. Sản lượng sinh vật thứ cấp của hệ sinh thái

Sản lượng sinh vật thứ cấp được nhóm sinh vật dị dưỡng sản sinh ra trong quá trình đồng hoá thức ăn.

Để đánh giá sản lượng sinh học thứ cấp đối với các nhóm sinh vật biển, người ta thừa nhận tỷ lệ (%) của thành phần các chất khác nhau theo sinh khối ẩm và dung tích năng lượng của chúng như sau (Bogorov, 1974):

Nhóm động vật	Nước	Protein	Lipit	Gluxit	Chất tro	E (kJ)
Zooplankton	70	12	3	3	12	2,1
Zoobenthos	63	10	1	3	23	1,9
Nekton	73	19	4	1	3	4,5

Trong nước ngọt, các nhóm động vật cũng có những giá trị tương tự.

Hiện nay, có nhiều phương pháp đánh giá sản lượng sinh vật thứ cấp, chẳng hạn, số lượng và khối lượng được tính theo 2 biểu thức tương ứng sau:

$$N = N_r + N_m + N_i + N_f$$

$$P = B_m + B_i + B_f + B_d + (B_2 - B_1) \quad (2.10)$$

Trong đó: N – Số lượng sinh vật thứ cấp cần tính.

N_r – Số lượng sinh vật còn lại ở cuối thời gian nghiên cứu.

N_m – Số lượng sinh vật bị chết.

N_i – Số lượng sinh vật đã biến thái thành dạng trưởng thành hoặc di khỏi vùng.

N_f – Số lượng sinh vật bị sinh vật khác sử dụng làm thức ăn.

P – Khối lượng sinh vật cần tính.

B_m – Khối lượng sinh vật bị chết.

B_i – Khối lượng sinh vật đã biến thái hoặc di cư khỏi vùng.

B_f – Khối lượng sinh vật bị vật khác sử dụng làm thức ăn.

B_d – Khối lượng sinh vật bị tiêu hao trong quá trình trao đổi chất.

$(B_2 - B_1)$ – Sự gia tăng sinh khối ở 2 thời điểm nghiên cứu t_2 và t_1 .

Công thức cơ bản chung được mô tả dưới đây:

$$P_{(t_2-t_1)} = B_{t_2} - B_{t_1} + P' \quad (2.11)$$

Trong đó: $P_{(t_2-t_1)}$ – Sản lượng sinh vật gia tăng trong khoảng thời gian

$$t_1 - t_2.$$

B_{t_1} và B_{t_2} – Sinh vật lượng ở thời điểm t_1 và t_2 .

P' – Khối lượng sinh vật bị hao hụt trong khoảng thời gian $t_1 - t_2$.

Sản lượng sinh vật thứ cấp biến động do nhiều nguyên nhân: trước hết là nguồn thức ăn, sau là hiệu quả sử dụng và đồng hoá thức ăn cũng như các điều kiện môi trường vô sinh và hữu sinh khác đảm bảo cho quá trình dinh dưỡng của các nhóm động vật.

Trên cơ sở nguồn dữ liệu khá đầy đủ được tổng hợp lại, năng suất sinh học của các nhóm sinh vật chính của đại dương được đánh giá như sau (Bogorov và nnk., 1984):

- Sinh vật lượng vi khuẩn dao động từ $2 - 10 \text{ mgC/m}^3$, hệ số P/B ngày đêm là $0,5 - 1,0$ với sản lượng ngày đêm là $0,5 - 1,5 \text{ g/m}^2$, lượng chất hữu cơ được vi khuẩn phân huỷ trong một ngày đêm là $1,5 - 4,5 \text{ g/m}^2$ (Sorokin và nnk., 1975).

- Sinh vật lượng trung bình của microplankton (Infusoria. Rotatoria, các giai đoạn sau nauplius của Copepoda) chiếm khoảng $30 - 40\%$ sinh vật lượng Zooplankton

- Sinh vật lượng trung bình của Mesoplankton và Macroplankton ở các lớp nước tầng mặt (dày 100 m) trong đại dương dao động từ một vài mg đến 500 mg/lm^3 nước hoặc cao hơn. Tổng sinh khối là $21,5$ tỷ tấn với P/B là $2,5$ thì sản lượng chung là 53 tỷ tấn.

- Sinh vật lượng Zoobenthos của đại dương cũng dao động từ một vài mg đến một vài kg/m^2 , trong đó 80% tập trung ở vùng nước nông thềm lục địa. Theo độ sâu, sinh vật lượng Zoobenthos giảm:

Dải độ sâu (m)	Sinh khối trung bình (g/m^2)	Tổng sinh khối (10^6 tấn)
0 – 200	200	5.500
200 – 3000	20	1.104
> 3000	0,2	6

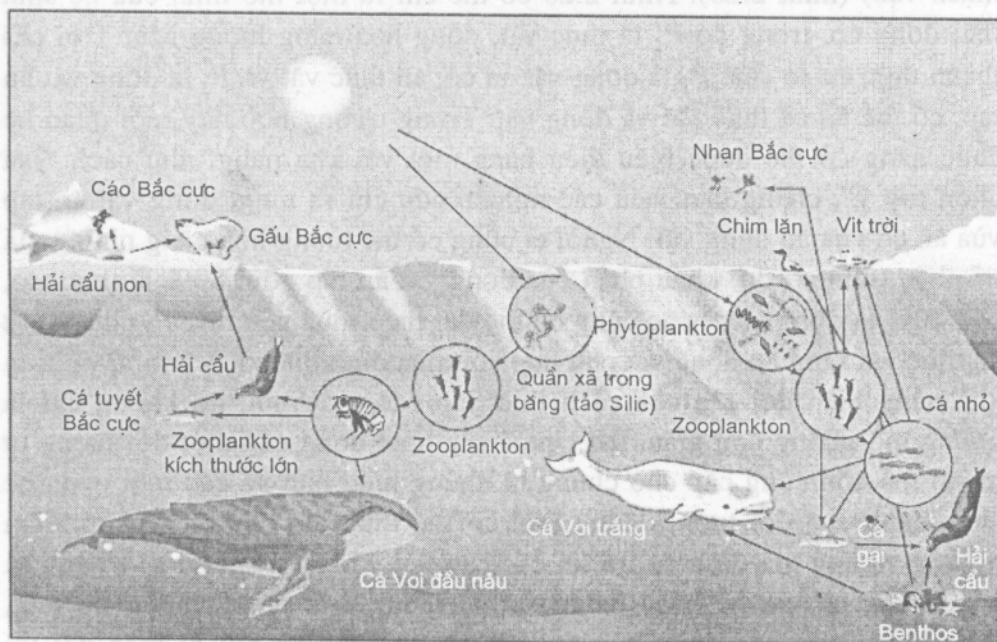
Tổng sinh vật lượng của Zoobenthos toàn đại dương khoảng 10 tỷ tấn với P/B là $1/3$ và tổng sản lượng được đánh giá là 3 tỷ tấn.

- Động vật Nekton có sinh vật lượng là 1 tỷ tấn, P/B là $0,2$ và sản lượng chỉ đạt 200 triệu tấn. Do đó, mức khai thác cho phép của đại dương là 100 triệu tấn mỗi năm.

Từ số liệu trên, một lần nữa lại khẳng định rằng, trong xích thức ăn của các hệ sinh thái nói chung, tổng sản lượng thứ cấp của các bậc dinh dưỡng

sau thường thấp hơn so với các bậc dinh dưỡng trước nó, tổng sản lượng của vật dữ đầu bảng bao giờ cũng nhỏ nhất.

Đối với các hệ sinh thái trên cạn, hiệu suất sử dụng năng lượng của các bậc dinh dưỡng thường thấp hơn so với các hệ dưới nước, bởi lẽ phần năng lượng không được sử dụng quá lớn, nhất là từ thực vật đến động vật ăn cỏ; năng lượng chi phí cho hô hấp của các loài động vật, nhất là cho vận động săn bắt mỗi quá nhiều. Chẳng hạn, Sư tử hay báo trên các đồng cỏ nhiệt đới châu Phi phải sử dụng khoảng 99% tổng năng lượng đồng hoá được cho công việc này (hình 2.17). Ngược lại, sự thất thoát năng lượng cho hoạt động của các loài thủy sinh vật lại thấp hơn nhiều do môi trường nước rất thuận lợi cho kiểu sống trôi nổi và vận động của sinh vật trong không gian, không những thế, phần năng lượng chứa trong thức ăn không được sử dụng ít hơn nhiều; trong nước các chất hữu cơ hoà tan có tổng sản lượng lớn với tỷ lệ được đánh giá: *chất hữu cơ hoà tan: detrit: cơ thể sống là 100: 10: 01*. Chúng tham gia vào xích thức ăn thẩm thấu, đặc trưng cho các hệ sinh thái ở nước mà các hệ sinh thái trên cạn lại thiếu vắng, trừ dung dịch chứa trong các khe hở của đất (hình 2.19).



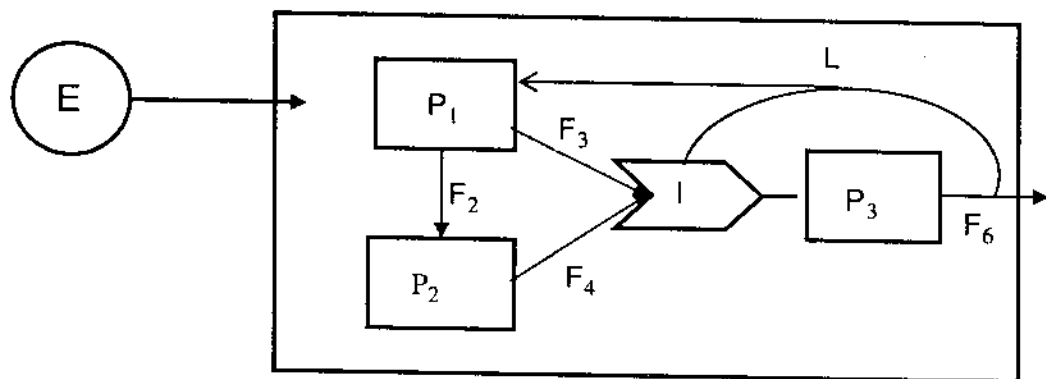
Hình 2.19. Lưới thức ăn ở vùng biển khơi Beauford vào thời gian mùa xuân (Wrigm, 2004).

2.3.4. Các mô hình dòng vật chất và năng lượng trong hệ sinh thái

Mô hình là một công thức được đơn giản hoá, bắt chước một phức hợp các sự kiện hoạt động có thực trong tự nhiên, nhờ đó có thể hiểu được và dự báo được xu hướng phát triển cũng như kết quả của hiện tượng đó. Dưới dạng đơn giản nhất, mô hình có thể được mô tả bằng lời hoặc bản vẽ, đồ hoạ, bao gồm trong đó cả hình ảnh và lời thuyết minh. Mô hình có giá trị áp dụng rộng rãi là những mô hình chuẩn tắc, được cân nhắc một cách hợp lý và chính xác những thành phần cấu trúc của một hệ thống xác định và do đó, đóng vai trò rất quan trọng trong sinh thái học nói riêng hay trong khoa học nói chung. Mô hình cần có đầy đủ 5 thành phần cơ bản sau đây:

- i. Các thuộc tính (P – trạng thái biến đổi).
- ii. Lực tác động (E – thúc đẩy các hoạt động chức năng).
- iii. Các dòng (F – sự biến đổi của năng lượng và vật chất đi theo hướng nào).
- iv. Các mối quan hệ (I – chức năng của mối quan hệ nội tại).

v. Các hồi tiếp (L – dòng ra quay lại gây tác động đến thành phần hay mạch vào) (hình 2.20). Hình 2.20 có thể chỉ ra một mô hình của hệ sinh thái đồng cỏ, trong đó P_1 là thực vật, đồng hoá năng lượng Mặt Trời (E) thành thức ăn sơ cấp. P_2 là động vật ăn cỏ, ăn thực vật và P_3 là động vật ăn tạp, có thể ăn cả thực vật và động vật. Trong trường hợp này mối quan hệ chức năng có thể được biểu diễn bằng một vài khả năng, như cách “lựa chọn tùy ý”, chẳng hạn, nếu các nghiên cứu chỉ ra rằng, động vật ăn tạp vừa ăn cỏ vừa ăn động vật. Người ta cũng có thể lượng hoá bằng những giá trị phần trăm, ví dụ, khẩu phần của động vật ăn tạp gồm 80% là thực vật, còn 20% là động vật, hoặc cũng có thể đặt theo mùa nếu như P_3 chuyển từ ăn thực vật sang ăn động vật phù hợp với mùa dinh dưỡng. Ví dụ này chỉ ra khả năng biến đổi lớn của cách thiết lập các mô hình, nó không chỉ là những mô phỏng đơn giản, bắt chước các hoạt động của một đối tượng tự nhiên mà còn cung cấp cho chúng ta những hiểu biết về các mối quan hệ chức năng của đối tượng, đồng thời có thể thiết lập các biện pháp kiểm nghiệm những giả định để trả lời các câu hỏi, chẳng hạn, cái gì sẽ xảy ra nếu chúng ta loại bỏ hoặc thêm vào hệ thống một lượng thông tin mới, hoặc là mối quan hệ này bị biến đổi như thế nào và khi bị biến đổi thì nguồn năng lượng tăng lên hay suy giảm... Chúng ta có thể áp dụng mô hình cho bất kỳ mục đích nào dù là lý thuyết hay thực tiễn.



Hình 2.20. Sơ đồ hệ thống với 5 thành phần trong mô hình hệ sinh thái: E – Năng lượng (lực), P – các thuộc tính, F – dòng, I – các mối tương tác, L – các hồi tiếp (Odum, 1993).

Mô hình khối là cơ sở để lượng hoá các thông tin nhằm biến nó thành mô hình định lượng trên cơ sở các dạng phương trình toán học. Phần mềm máy tính ngày nay cho phép chúng ta giải được các dạng phương trình phức tạp, do đó, mô hình các hệ sinh thái đóng vai trò thực tiễn hết sức quan trọng và có tính ứng dụng cao. Song nên nhớ rằng, hệ sinh thái là tổ chức của các hệ thống sống, cấu trúc của nó rất đa dạng và phức tạp, không chỉ trong hệ thống mà cả trong các thành phần riêng biệt cấu tạo nên hệ thống và chúng có quan hệ mật thiết với nhau và với các nhân tố môi trường, trong khi những nhân tố này lại hoàn toàn không tĩnh. Một mô hình rập khuôn giống hệt như một hệ tự nhiên là điều không thể, song một mô hình đơn giản sẽ là mô hình “chết”, không đem lại những hiệu quả mong đợi. Chính vì lẽ đó, khi xây dựng mô hình buộc chúng ta phải giải quyết mấy vấn đề sau:

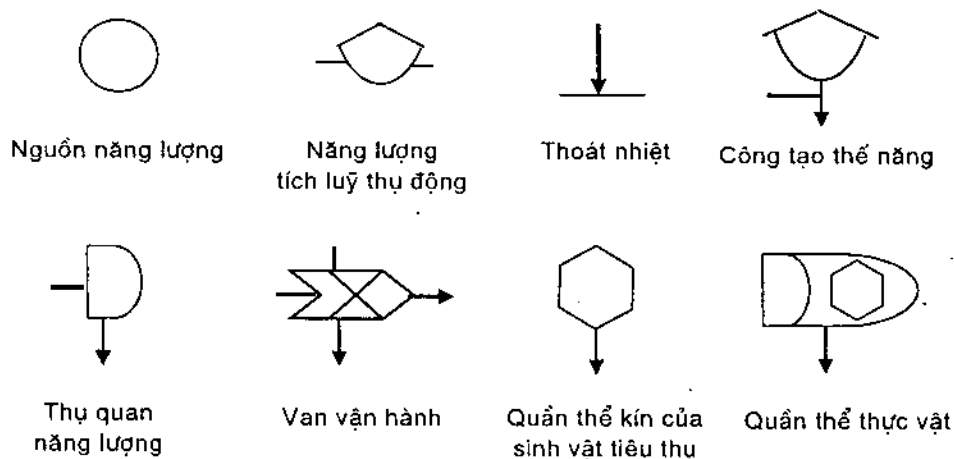
- Chọn những mối quan hệ chính, mang tính chìa khoá, đặc trưng nhất (như trên đã đề cập) vừa hướng đến việc lược bỏ những yếu tố kém quan trọng để “đơn giản hoá” mô hình, nhưng vẫn phản ánh được bản chất vốn có của hệ thống và mang tính hữu dụng cao.

- Lược bỏ được ảnh hưởng của các nhân tố bên ngoài, nhất là các nhân tố ngẫu nhiên gây tác động đến kết quả bằng cách phải đưa hệ vào môi trường toán học xác định với những giả thiết, giả định để khống chế. Thông thường, để nghiên cứu một nhân tố hay một nhóm nhân nào đó, trong toán học người ta thường chuyển về dạng thời gian tối thiểu (ξ), song trong sinh học chỉ bằng cách “duy trì” các nhân tố khác của môi trường trong trạng thái ổn định hoặc giả thiết chúng ổn định.

Hoạt động của hệ sinh thái tuân theo nguyên lý hoạt động của một “hộp đen”. Chẳng hạn, khi tác động lên hệ sinh thái bằng một “lực” hay đưa vào hệ thống một lượng “thông tin” nào đó (*input*) nằm trong giới hạn chịu đựng của hệ, các thành phần cấu trúc của toàn hệ thống sẽ biến đổi một cách tương quan nhờ những “mối liên hệ ngược” để thiết lập lại trạng thái cân bằng. Những biến đổi như thế có thể nhận biết được kết quả ở đầu ra (*output*) của hệ thống.

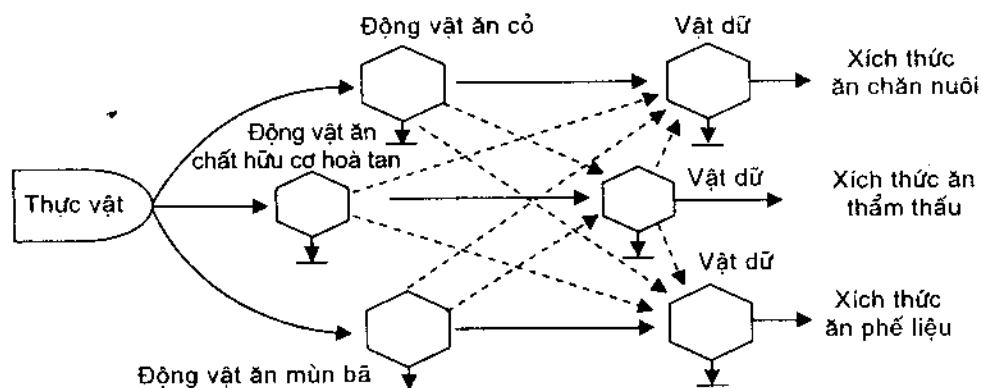
Đương nhiên, như trên đã nói, hệ sinh thái là một tổ chức có cấu trúc thứ bậc chặt chẽ và hoạt động tuân theo những quy luật nhiệt động học nghiêm ngặt. Để mô hình phản ánh được hoạt động của hệ tự nhiên một cách chính xác và khách quan, đòi hỏi các *phương pháp nghiên cứu phải hiện đại*, đủ đảm bảo các số liệu *dầu vào chính xác*. Với những thông tin được kiểm nghiệm, mô hình có thể cho phép chúng ta dự báo được chiều hướng biến đổi và những kết quả của những biến đổi đó qua từng thành phần, từng công đoạn với những hệ số đặc trưng để đánh giá được kết quả của toàn hệ thống.

Ngôn ngữ để xây dựng các mô hình định tính hay mô hình khối trong sinh thái học hệ thống thường được biểu diễn bằng các hình đặc trưng dưới đây (hình 2.21):



Hình 2.21. Các ký hiệu ngôn ngữ dùng trong mô hình sinh thái (Odum, 1983).

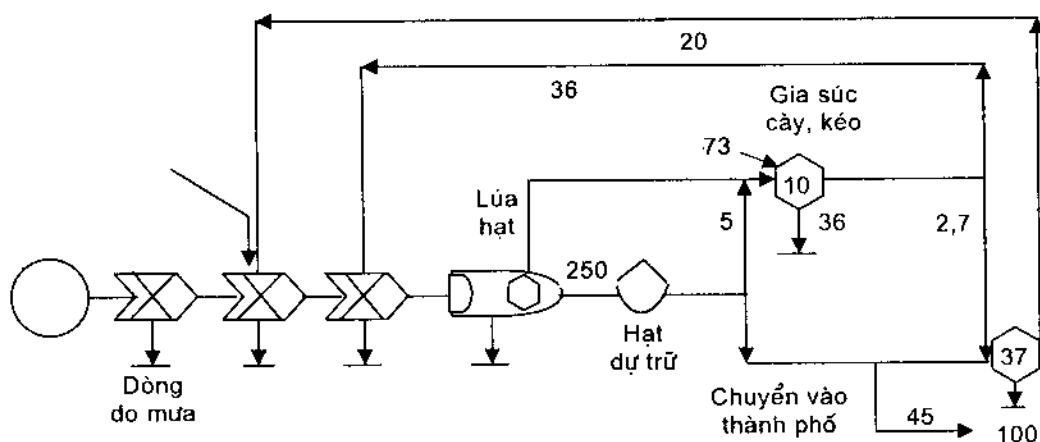
Trên cơ sở phân tích các thành tố cấu tạo và bằng ngôn ngữ trên, sơ đồ định tính của dòng năng lượng đi qua hệ sinh thái có thể được mô tả như hình 2.22:



Hình 2.22. Mô hình tổng quát của lưới thức ăn dựa trên cơ sở của 3 nguồn thức ăn thực vật: mô sống, các chất hữu cơ hoà tan và mùn bã hữu cơ.

Năng lượng được vận chuyển theo 3 con đường khác nhau trong hệ sinh thái: Xích thức ăn chăn nuôi (ăn cỏ), xích thẩm thấu và xích thức ăn phế liệu (Odum, 1997).

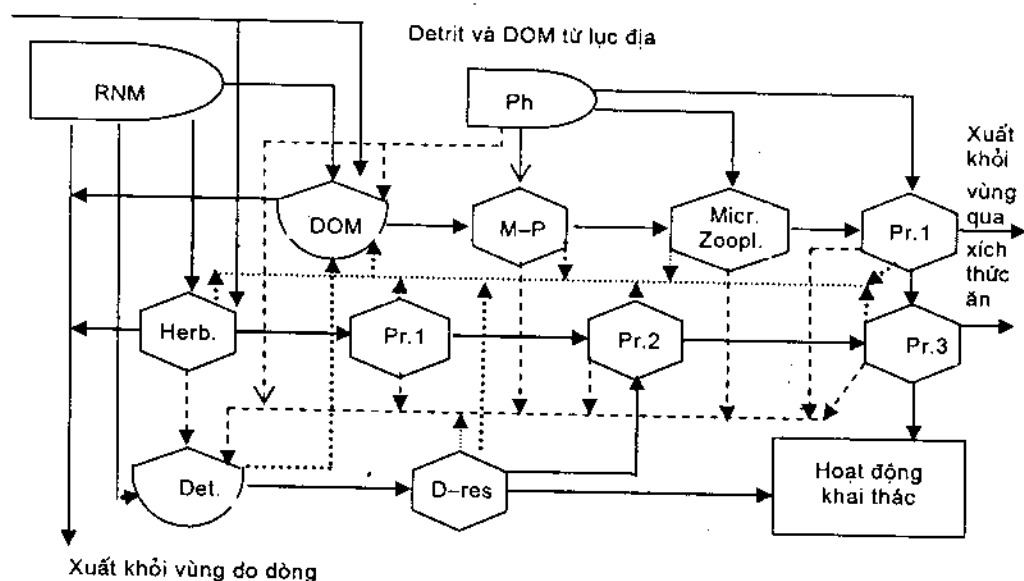
Và cũng từ sơ đồ biến đổi của dòng năng lượng và vật chất được lượng hoá, E. Odum đã mô phỏng nền nông nghiệp Ấn Độ dưới dạng mô hình kinh nghiệm (hình 2.23).



Hình 2.23. Sơ đồ năng lượng của hệ sinh thái nông nghiệp ở Ấn Độ, nơi mà nguồn năng lượng chính là ánh sáng Mặt Trời, nhưng còn gồm dòng năng lượng được con người điều chỉnh qua gia súc và hạt ngũ cốc (Odum, 1983).

Rừng ngập mặn (RNM) là thảm thực vật đặc trưng của vùng ven biển nhiệt đới. Ở nước ta, những nghiên cứu về RNM khá nhiều, song tập trung chủ yếu vào thành phần loài và giá trị kinh tế – sinh thái của chúng, ít có

những công trình nghiên cứu theo kiểu hệ thống, nhất là tích lũy các dữ liệu và thông tin để có thể thiết lập nên các mô hình dự báo. Dựa trên các mối quan hệ, chúng ta chỉ mới đưa ra được một số mô hình định tính (Vũ Trung Tạng, 1999), coi như những gợi ý để các nghiên cứu tiếp theo đi sâu vào việc lượng hoá các dòng vật chất và năng lượng của hệ. Từ mô hình định lượng có được, có thể dự báo sản lượng cũng như năng suất chung của cả hệ thống và của các thành phần riêng biệt cấu trúc nên nó qua những khoảng thời gian xác định (hình 2.24), và có thể dự báo được xu hướng biến đổi của chúng dưới các tác động của môi trường, trên cơ sở đó đề xuất các giải pháp khai thác và quản lý hệ một cách có hiệu quả. Ở mô hình kinh nghiệm đơn giản về dòng năng lượng và vật chất thì thực vật ngập mặn được xác định như hệ quả của mối tương tác sông – biển, nằm trong một tổng thể lớn hơn, đó là đới biển ven bờ (Coastal zone).



Hình 2.24. Sơ đồ về mối quan hệ dinh dưỡng của các loài thủy sinh vật trong vùng cửa sông có rừng ngập mặn.

Ph. – Phytoplankton, DOM – Chất hữu cơ hoà tan, M – P: Vi sinh vật và Protozoa, Micr-zoopl – Microzooplankton, Pr.1, 2... Động vật ăn thịt bậc 1, 2... Herb – Động vật ăn thực vật, Det. – Mùn bã hữu cơ (phế liệu), D-res – Động vật ăn phế liệu (Vũ Trung Tạng, 1997, 1999).

Theo các đánh giá, trong vùng nhiệt đới như nước ta nguồn năng lượng từ Mặt Trời trải xuống rất phong phú. Năng lượng tổng cộng đạt 100 – 130 kCal/cm²/năm. Trong mùa đông (tháng 11 – 3) đối với vùng đồng bằng

Bắc Bộ giảm đến $6 - 8\text{kCal/cm}^2/\text{tháng}$, còn ở vùng cửa sông Cửu Long (từ tháng 4 - 9) - xấp xỉ $- 9\text{kCal/cm}^2/\text{tháng}$. Thời kỳ có bức xạ tổng cộng lớn trùng vào mùa hè đối với vùng ven biển đồng bằng Bắc Bộ ($9 - 14\text{kCal/cm}^2/\text{tháng}$) và từ tháng 1 đến tháng 4 đối vùng cửa sông Cửu Long ($12 - 16\text{kCal/cm}^2/\text{tháng}$). Đó là điều thuận lợi cho sự phát triển của thực vật. Cùng với nguồn bức xạ dồi dào, mỗi năm vùng cửa sông còn là nơi tiếp nhận trung bình 200 triệu tấn bùn cát và từ 21,4 triệu tấn (hệ sông Hồng) đến 75,0 triệu tấn (hệ sông Cửu Long) các chất hoà tan, nhất là muối N, P, K... Theo Lagler (1976), khi tìm hiểu về khả năng nghề cá của lưu vực sông Mê Kông, hàng năm nhịp điệu lắng đọng mùn bã hữu cơ ở vùng đồng bằng do nước sông mang đến là 40.000kg/ha , song nếu như các chất kịp phân huỷ và bị giữ lại ở phía trên đã làm giảm đi một nửa thì một nửa còn lại cũng sẽ được chuyển tới hạ lưu và vùng cửa sông, trước hết tràn vào các RNM. Ngoài nguồn chất dinh dưỡng từ lục địa, vùng cửa sông còn có nguồn thức ăn tại chỗ, đó là thực vật nổi, các chất rơi rụng hoặc phân huỷ từ RNM và các thảm rong, tảo, cỏ ngầm. Theo Nguyễn Hoàng Trí (1986), sản lượng các chất rơi rụng từ RNM Cà Mau được đánh giá là 10 tấn/ha, khi phân huỷ hết, RNM giữ lại 60%, còn 40% bị mất đi ra vùng cửa sông và ven biển kế cận.

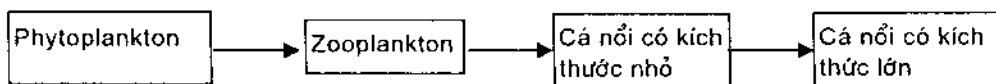
Đối với vùng cửa sông nói chung hay RNM nói riêng, thức ăn thực vật nổi (Phytoplankton) không có ý nghĩa lớn như mùn bã hữu cơ. Mặc dù thực vật nổi trong vùng phát triển rất phong phú, tới mức dư thừa so với yêu cầu thức ăn của động vật nổi (Zooplankton). Phần lớn thực vật nổi, nhất là sau những lần nở hoa chết đi cũng biến thành mùn bã và bị khoáng hoá. Theo Quasim (1973), trong các vùng ven biển nhiệt đới vào thời kỳ mùa hè, động vật nổi chỉ sử dụng 10% sản lượng thực vật nổi, vào thời gian chuyển tiếp là 20%, còn trong mùa đông là 40%. Như vậy, trung bình cả năm, động vật nổi chỉ tiêu thụ 25% sản lượng thực vật nổi. Thực vật lớn chỉ được sử dụng 10%, số còn lại chuyển thành mùn bã (Odum, 1975).

Năng lượng chứa trong thức ăn mùn bã thấp ($200 - 250\text{ Cal/kg}$ khối lượng mùn bã khô, nhưng với tổng sản lượng lớn nên trong vùng cửa sông và RNM, thức ăn mùn bã cung cấp nguồn năng lượng lớn cho các động vật tiêu thụ sơ cấp như Amphipoda, Mysidaceae, Cumacea, Ostracoda, Copepoda, Decapoda, Polychaeta, Bivalvia, Chironomidae... và một số loài cá ăn mùn bã (Mugil). Như vậy, trong vùng cửa sông, bao gồm cả

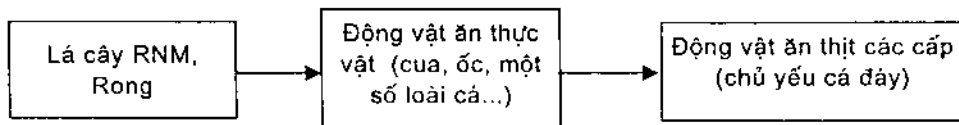
RNM thuộc các vùng vĩ độ thấp, sự xuất hiện đông đúc các nhóm động vật đáy ăn mùn bã chính là cách thay thế và bù đắp cho sự thiếu hụt các loài “động vật ăn cỏ” (Zooplankton) và khả năng đó đã làm cho cả hệ thống có hiệu lực để tạo ra năng suất sinh học thứ cấp cao (Vũ Trung Tạng và nnk., 1985; Vũ Trung Tạng, 1994, Vũ Trung Tạng và Phan Nguyên Hồng, 1999).

Sinh vật tiêu thụ trong vùng thuộc nhiều nhóm khác nhau, từ vi sinh vật và động vật nguyên sinh đến các loài giáp xác, thân mềm, các loại cá, bò sát, chim, thú. Chúng có quan hệ với nhau, trước hết bằng mối quan hệ dinh dưỡng đưa đến sự quay vòng của vật chất và sự biến đổi của năng lượng theo các xích thức ăn chính như mô tả ở hình 2.24.

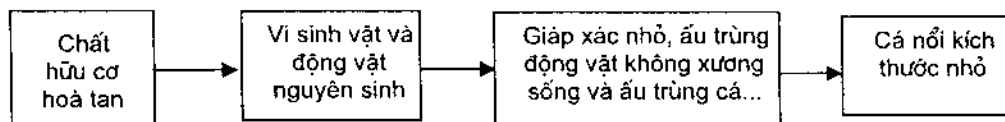
Như các hệ ở nước khác, trước hết, phytoplankton khởi đầu cho xích thức ăn “chăn nuôi” của tầng nước. Tham gia vào đây là giáp xác thấp (Crustacea), sau là cá nổi kích thước nhỏ xâm nhập từ vùng nước xa bờ vào kiếm ăn và sinh sản, kéo theo là các loài cá dữ :



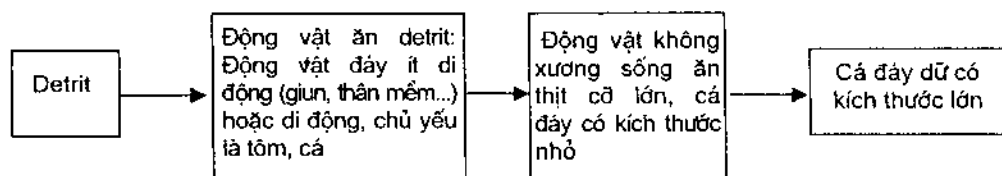
Xích thứ 2 được hình thành từ lá cây RNM và các loài tảo đa bào sống bám. Những loài ăn thực vật (herbivore), bao gồm các loài ốc, cua... trực tiếp sử dụng lá cây ngập mặn, một số loài cá như Plectorhynchus, Scatophagus... ăn các loài rong tảo như Chaetomorpha, Enteromorpha (Vũ Trung Tạng và nnk., 1985) tạo nên xích thức ăn thực vật tương tự như trên, song vai trò không lớn:



Các chất hữu cơ hoà tan (đường đơn, các axit amin...) được sản ra trong hoạt động sống của rong, tảo hoặc được hình thành trong quá trình phân huỷ đầu tiên của các sản phẩm rơi rụng từ RNM hay xác chết của động vật và thực vật. Chúng trở thành nguồn thức ăn chủ yếu của vi sinh vật và động vật nguyên sinh (protozoa) thông qua con đường thẩm thấu. Kế sử dụng tiếp theo là giáp xác nhỏ, ấu trùng giáp xác, ấu trùng động vật đáy và kéo theo là các loài giáp xác lớn và cá nổi:

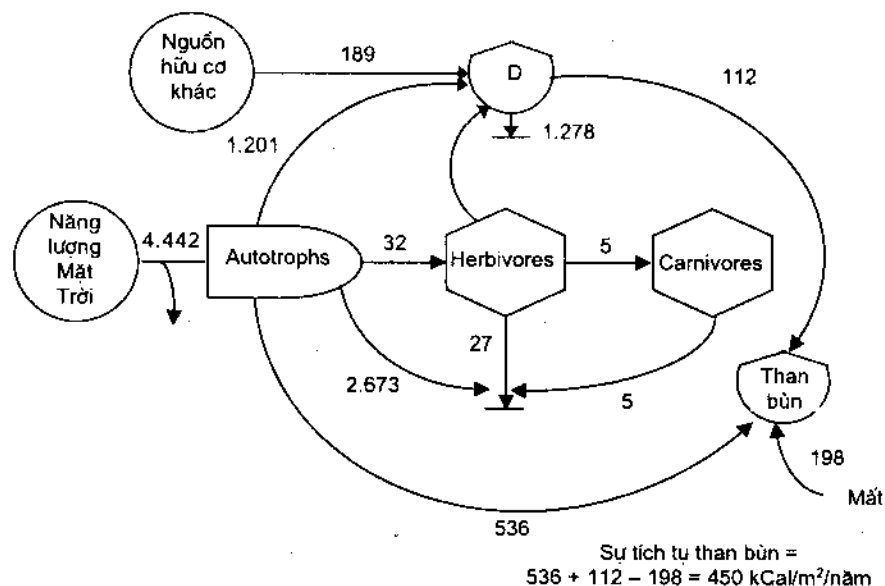


Con đường vận động quan trọng của vật chất và năng lượng đồng thời đóng vai trò chủ chốt trong RNM là xích mùn bã hữu cơ (detrit). Những sản phẩm này bị chôn vùi và tiếp tục được phân huỷ, cung cấp thức ăn chính cho các loài động vật ăn mùn bã (detritivore). Những loài này không chỉ là kẻ tiêu thụ mùn bã mà còn là nguồn thức ăn chính cho các loài động vật không xương sống sống đáy kích thước lớn và cá đáy các cỡ tiếp theo:



Như vậy, nhờ hoạt động đồng bộ của cả 4 xích thức ăn mà khởi đầu là nguồn thức ăn sơ cấp vốn giàu có, trong đó xích thức ăn detrit đóng vai trò chủ yếu trong sự chuyển hoá vật chất và năng lượng mà tổng năng suất chung của hệ sinh thái RNM nói riêng hay hệ sinh thái cửa sông nói chung rất cao, tương tự như các hệ san hô (coral reefs), vùng nước trôi (upwelling) và rừng ẩm thường xanh nhiệt đới (Rodney, 1984). Hơn nữa, do xích thức ăn ngắn, vật chất quay vòng nhanh, sớm tạo nên sản phẩm khai thác cao cho con người. Theo đánh giá của P. Ronback (1999), 1 ha RNM hàng năm có thể cung cấp cho nghề cá 13 – 756kg tôm, 13 – 64kg cua bể, 257 – 900kg cá, còn theo Viện Khoa học Lâm nghiệp (2005), hàng năm RNM cửa sông Hồng có thể tạo ra một lượng sản phẩm tương đương với giá trị 15.953.310 – 26.559.270 đồng trên một ha.

Bazilevich và Tishkov (1982) và Alexandrov et al., (1994) đã đưa ra sơ đồ dòng năng lượng qua đầm lầy than bùn mesotrophic ở phần châu Âu thuộc Liên bang Nga (hình 2.25). Đầm than bùn được chôn lấp chủ yếu bởi quần xã các loài rêu – thông (*Sphagnum girgensohnii* – *Pinus sylvestric*) với một số cây bụi (*Vaccinium myrtillus*). Tổng năng lượng tích tụ trong đầm được đánh giá vượt 137kg chất hữu cơ khô/m², với các vật liệu hữu cơ chết (tại độ sâu 0,6m của lớp than bùn), chiếm đến 94% tổng lượng (bảng 2.8).



Hình 2.25. Sơ đồ dòng năng lượng trong đất than bùn của hồ dinh dưỡng trung bình (mesotrophic) ở nước Nga. Số liệu được biến đổi từ khối lượng khô ban đầu của than bùn sang đơn vị năng lượng với hệ số 4,5 kCal/g; D – SV phân huỷ (Bazilevich và Tishkov, 1982; Alexandrov et al., 1994).

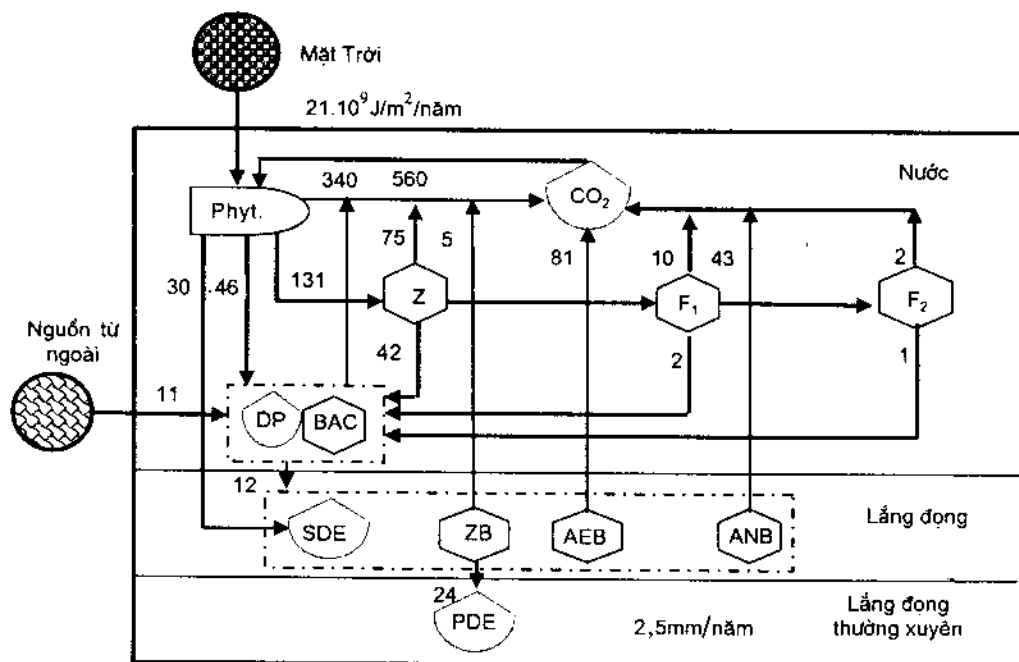
Bảng 2.8. Dòng năng lượng vào và ra ở đầm lầy mesotrophic thuộc Liên bang Nga

Mô tả các dòng năng lượng	Dòng năng lượng (g/m ² /năm)	Phần trăm (%) của tổng đầu vào
Đầu vào:		
Sản lượng sơ cấp thô	987	95,9
Giáng thủy và dòng bề mặt	34	3,3
Dòng dưới bề mặt	6	0,6
Chất vô cơ đi vào từ các hệ sinh thái khác	2	0,2
Tổng đầu vào	1.029	100,0
Đầu ra:		
Hô hấp của thực vật	594,0	57,7
Hô hấp của động vật ăn thực vật	6,0	0,6
Hô hấp của động vật ăn động vật	1,0	0,1
Hô hấp của vi sinh vật	284,0	27,6
Sử dụng từ các hệ sinh thái khác	4,0	0,4
Ôxi hoá các chất vô cơ	15,0	1,5
Dòng đi ra dưới bề mặt	5,5	0,5
Dòng bề mặt	19,5	1,9
Tổng đầu ra	929,0	90,3
Sự tích tụ:		
Hình thành than bùn	86	8,3
Sự duy trì sinh trưởng	14	1,4
Tổng tích tụ	100	9,7

Nguồn: Bazilevich và Tishkov (1982), Alexandrov et al., (1994).

Sinh khối tươi sống là $8,5\text{kg/m}^2$, hoặc khoảng 6% tổng lượng chất hữu cơ tích tụ. Sản lượng sơ cấp thô là $987\text{g/m}^2/\text{năm}$ hoặc khoảng $4.400\text{ kCal/m}^2/\text{năm}$ (1g chất hữu cơ = $4,5\text{kCal}$) với khoảng 60% được thực vật sử dụng cho hô hấp. Sự phân bố của sản lượng sơ cấp tinh được hình thành từ cây (39%), rong (28%), cây bụi (21%), rêu và địa y (9%) và cỏ (3%). Sản lượng sinh vật sơ cấp tinh hằng năm, cùng với dòng năng lượng đi vào từ các chất vô cơ và hữu cơ được sử dụng đầu tiên bởi sinh vật phân huỷ. Xích thức ăn đi theo động vật ăn cỏ (herbivores) rất không đáng kể. Sự tích tụ than bùn nguyên khai được đánh giá là $100\text{g/m}^2/\text{năm}$ (hay khoảng $450\text{ kCal/m}^2/\text{năm}$). Chỉ riêng rêu, sự thất thoát chất hữu cơ xảy ra là do quá trình ôxi hoá các sản phẩm phân huỷ sinh học, do dòng bề mặt và dòng dưới bề mặt mang đi.

Mô hình dưới đây (hình 2.26) mô phỏng hệ sinh thái của một hồ giàu dinh dưỡng (eutrophic) ở vùng ôn đới, trong đó chỉ ra tổng năng lượng bức xạ Mặt Trời và nguồn vật chất bổ sung từ các hệ bên ngoài. Ngoài năng



Hình 2.26. Dòng cacbon trong hồ giàu dinh dưỡng vùng ôn đới (các số liệu được sử dụng là gC/m²/năm). Phyt. – thực vật nổi; Z – động vật nổi; F₁ – con mồi (cá); F₂ – cá ăn cá; DP – detrit, BAC – bacteria, SDE – detrit lắng chìm, ZB – động vật đáy, AEB – vi khuẩn hiếu khí, ANB – vi khuẩn kỵ khí, PDE – chất lắng đọng thường xuyên (Andersen and Jacobsen, 1979).

lượng và vật chất từ Mặt Trời và từ bên ngoài, sự vận hành của hệ thống được đảm bảo bởi các dòng năng lượng và vật chất biến đổi thứ cấp khác ngay trong nội bộ của hệ như Phytoplankton, Zooplankton, Zoobenthos, vi sinh vật, cá thuộc các bậc dinh dưỡng khác nhau, và hoạt động của hệ xảy ra ở cả 2 khu vực: tầng nước và nền đáy, song tầng nước là môi trường chủ yếu.

Nhờ các phương pháp và công cụ nghiên cứu hiện đại, chính xác, các dòng vật chất ban đầu đều được định lượng cũng như các hệ số chuyển đổi được xác lập mà mô hình đã cho những kết quả đáng tin cậy, giúp cho việc đánh giá và dự báo những biến đổi của toàn hệ thống hoặc các thành phần cấu trúc của nó khi điều kiện môi trường cũng như những yếu tố thời gian biến đổi.



SỰ PHÁT TRIỂN TIẾN HOÁ CỦA HỆ SINH THÁI

3.1. CÁC KHÁI NIỆM VỀ DIỄN THẾ SINH THÁI

Diễn thế sinh thái (*Ecological succession*) là quá trình phát triển tiến hoá của quần xã sinh vật hay hệ sinh thái từ quần xã khởi đầu qua các giai đoạn trung gian để đạt đến quần xã cuối cùng tương đối ổn định, gọi là quần xã cao đỉnh (climax), tương tự như sự phát triển của cá thể, nhưng quá trình diễn biến và sự kiểm soát quá trình đó hoàn toàn khác nhau. Diễn thế được xem là một quá trình định hướng, có thể dự đoán được. Những thay đổi qua các thời kỳ địa chất (hàng triệu năm) được xem là mở đầu cho sự tiến hoá hữu cơ, song đối với một quần xã sinh vật, quá trình diễn thế thường ngắn, khoảng 1000 năm hay ngắn hơn.

Thực chất, diễn thế hay sự phát triển của quần xã sinh vật là quá trình giải quyết những mâu thuẫn xuất hiện trong nội bộ các loài cấu trúc nên quần xã và giữa quần xã với môi trường. Không những thế, sự biến đổi đó xảy ra không chỉ đối với quần xã sinh vật mà cả với môi trường vật lý, đảm bảo sự thống nhất toàn vẹn giữa quần xã và môi trường một cách biện chứng thông qua các mối liên hệ thuận nghịch. Kết quả của quá trình trên dẫn đến sự thiết lập mới về cấu trúc (thành phần loài và số lượng cá thể của mỗi loài) cũng như về các mối quan hệ cạnh tranh và chung sống giữa các loài nhằm duy trì trạng thái của hệ cân bằng với các điều kiện đất đai, khí hậu của một vùng. Tùy theo kích cỡ của quần xã hay của hệ mà thời gian cần cho sự phát triển để đạt đến trạng thái cao đỉnh của chúng rất khác nhau, có khi rất ngắn, có khi kéo dài hàng triệu năm kể từ sự khởi đầu của quá trình tiến hoá hữu cơ.

Diễn thế sinh thái xảy ra do những động lực có thể từ bên ngoài (ngoại lực), hoặc trong nội bộ quần xã (nội lực). Những lực từ bên ngoài thường làm biến đổi mạnh môi trường vật lý, buộc quần xã phải tổ chức lại để thích nghi với hoàn cảnh mới, chẳng hạn, cháy, bão, lụt, ô nhiễm và sự khai thác

quá mức của con người... Nói cách khác, ngoại lực thường kìm hãm tiến trình của nội diễn thế, nhiều trường hợp buộc diễn thế phải làm lại từ đầu.

Ngoại lực tạo ra dạng (kiểu) *ngoại diễn thế*, còn nội lực tạo ra dạng *nội diễn thế*. Ngay cả khi môi trường vật lý tương đối ổn định, nội lực vẫn thúc đẩy quá trình diễn thế của hệ sinh thái. Trong nội diễn thế, nhóm loài ưu thế của quần xã đóng vai trò chìa khoá và thường làm cho điều kiện môi trường vật lý biến đổi đến mức trở nên bất lợi cho mình, nhưng lại thuận lợi cho sự phát triển của nhóm loài ưu thế khác có sức cạnh tranh cao hơn thay thế. Chẳng hạn, các loài cỏ là những loài ưu thế của quần xã đồng cỏ, trong hoạt động sống, chúng sinh ra nhiều “phế thải”, làm cho đất trở nên xói mòn, nguồn muối hữu cơ và vô cơ đều tăng do sự phân huỷ của nấm, vi khuẩn, chân khớp; độ ẩm cũng tăng lên, vi khí hậu biến đổi, thuận lợi cho sự nảy mầm và phát triển của các cây bụi thân thảo. Dạng thực vật này khi phát triển, trước hết giành lợi thế cạnh tranh về nguồn khoáng dinh dưỡng và dần tạo tán che bóng, do đó, nhiều loài cỏ ưa sáng phải suy tàn. Quá trình thay thế nhau cứ tiếp diễn theo thời gian để hình thành các thảm cây bụi thân gỗ, rừng cây gỗ lớn... Rõ ràng, nhóm loài ưu thế chính là kẻ “tự đào huyệt chôn mình”. Sự thay thế liên tiếp của các nhóm loài ưu thế trong quần xã đưa đến sự thay thế liên tiếp quần xã này bằng một quần xã khác để đạt đến quần xã cuối cùng cân bằng với điều kiện vật lý – khí hậu toàn vùng. Đó là quần xã cao đỉnh (climax).

Thực chất, để đi đến một lý thuyết tương đối hoàn chỉnh, phản ánh một cách khách quan bản chất của tự nhiên, các ý tưởng, quan điểm về diễn thế sinh thái đã phải trải qua một quá trình bàn cãi không đơn giản để tự hoàn thiện. Lịch sử của vấn đề được C.J. Krebs (2001) mô tả ngắn gọn trong ấn phẩm của mình.

Theo ông, khái niệm về diễn thế sinh thái được J.E.B. Warming (1896), nhà thực vật học người Đan Mạch và Henry Cowler (1901), người Mỹ đề xuất và phát triển mở rộng. Cuốn sách của Warming có ảnh hưởng rất lớn đến Cowler, người đã từng nghiên cứu các giai đoạn phát triển của dải cồn cát ở rìa nam của hồ Michigan. Ông là một trong những nhà sinh thái học thực vật có ảnh hưởng nhất ở Hoa Kỳ vào những năm đầu của thế kỷ XX. Những nghiên cứu khởi đầu của Warming và Cowler đã đưa đến 4 giả thuyết lớn về diễn thế sinh thái.

Giả thuyết đầu tiên là *diễn thế kinh điển* được Egler (1954) gọi là *hệ thực vật kế tiếp*, bởi vì nó mặc nhiên công nhận một hệ thống biến đổi kế

thừa theo một trật tự trong quần xã (hình 3.1-a). Những quan điểm kinh điển về diễn thế được chi tiết hoá bởi F.E. Clements (1916, 1936), người đã phát triển quan điểm này thành một học thuyết hoàn hảo về diễn thế của quần xã thực vật, với kết quả phát triển của quần xã đến trạng thái cuối cùng duy nhất được gọi là giả thuyết *đơn cao đỉnh* (*monoclimax*). Quần xã sinh vật, theo Clements, là một *siêu cơ thể* có mức tổng hợp cao, phát triển thông qua quá trình diễn thế để đạt đến đỉnh điểm đơn lẻ cuối cùng trong một vùng xác định – *cao đỉnh khí hậu* (hình 3.1-a₁). Sự phát triển của quần xã diễn ra từ từ theo hướng tăng tiến, từ những quần xã khởi đầu (tiên phong) qua các giai đoạn trung gian để đạt đến trạng thái ổn định cuối cùng. Sự diễn thế này xuất hiện chỉ do những tác nhân sinh học; thực vật và động vật của quần xã ở những giai đoạn đầu làm biến đổi môi trường vật lý đến mức thuận lợi cho sự gieo mầm của những loài khác đến sau thay thế. Chu kỳ đó cứ lặp đi, lặp lại cho đến khi quần xã đạt đến trạng thái cuối cùng của quá trình diễn thế. Do đó, quá trình diễn thế thoái bộ không thể xảy ra, trừ khi môi trường bị xáo động mạnh một cách bất thường như tác động của hoả hoạn, sự phá huỷ của động vật, ô nhiễm môi trường hay sự xói mòn...

Diễn thế thứ sinh, như trên đã đề cập, hoàn toàn khác với diễn thế nguyên sinh. Dạng diễn thế này xảy ra trên môi trường từng tồn tại một quần xã sinh vật, nhưng đã bị diệt vong (hình 3.1-a₂).

Chìa khoá của học thuyết diễn thế kinh điển chính là sự thay thế của nhóm loài ưu thế này bằng nhóm loài ưu thế khác có sức cạnh tranh cao hơn. Do đó, chiều hướng diễn thế của quần xã sinh vật có thể tiên đoán và dự báo được theo kiểu “*bãi bể – nương dâu*” hay “*sông kia rày đã nên đồng, chỗ làm nhà cửa, chỗ trồng ngô khoai*”. Connell và Slatyer (1977) gọi dạng diễn thế này là mô hình *diễn thế thuận lợi*, nghĩa là những nhóm loài ở giai đoạn sớm tạo điều kiện thuận lợi cho những loài đến sau thay thế.

Quần xã cao đỉnh của một vùng nào đó được quyết định bởi các điều kiện khí hậu của vùng. Những quần xã cao đỉnh khác hay còn gọi là *tiểu cao đỉnh* (*subclimax*) có thể được hình thành do nhiều nguyên nhân như dạng đất đặc trưng, hoả hoạn, bị chặn thả..., nhưng những tiểu cao đỉnh như thế, theo Clements, có thể chỉ được xem là những dạng trung gian để trước sau cũng tiến đến trạng thái cuối cùng của dãy diễn thế. Do vậy, sự phân loại các quần xã tự nhiên cần phải dựa trên quan điểm *cao đỉnh khí hậu* (*climatic climax*) mà ở đó trạng thái cân bằng giữa quần xã sinh vật với điều kiện khí hậu được thiết lập cho cả một vùng.

	Clements (1916)	Egler (1954)	Connell – Slatyer (1916)	Lawton (1987)
a₁ → A → B → D ← C a₂ → A → B → D ← C	Diễn thế nguyên sinh Diễn thế thứ sinh	Thực vật giới tri hoãn	Mô hình thuận lợi	
b) → A → B → D ← C c) → A → B → D ← C	Tiểu đỉnh cực	Thành phần hệ thực vật tiền phong	Clements (1916) Mô hình chống chịu	
d) → A → B → D ← C				Mô hình xâm thực ngẫu nhiên

Hình 3.1. Bốn mô hình về diễn thế (a–d) của các tác giả khác nhau.

Các chữ hoa chỉ các dạng hoặc các loài thực vật ưu thế giả thiết; các chữ hoa viết dưới góc phải chữ hoa lớn chỉ ra những loài mà chúng có mặt như một thành phần thứ yếu. Các mũi tên đứt thể hiện những loài hay thảm thực vật trong dãy diễn thế mũi tên liền chỉ ra điểm khởi đầu được lựa chọn cho diễn thế sau khi bị xáo động. Các mũi tên cong chỉ ra các loài thay thế. Dấu: + sự thuận lợi, dấu – sự cản trở, 0 – không có hiệu lực. Mô hình thảm thực vật kế thừa có 2 chiều hướng a₁ và a₂ tùy thuộc vào diễn thế ban đầu là nguyên sinh hay thứ sinh đang xảy ra (Noble, 1981).

Giả thuyết thứ 2 về diễn thế sinh thái được Egler đề xuất vào năm 1954 gọi là *thành phần hệ thực vật khởi đầu (initial floristic composition)*. Theo ông, diễn thế xảy ra rất khác nhau về mặt nguồn gốc, bởi vì sự phát triển ở một nơi bất kỳ phụ thuộc vào kẻ đến trước, những loài thay thế không tuân theo trật tự vì mỗi loài đều có khả năng loại trừ hoặc gây áp lực lên những loài mới đến (hình 3.1– b, c). Do đó, diễn thế mang tính cá biệt hơn và khó có khả năng dự báo được chiều hướng phát triển bởi vì quần xã không phải lúc nào cũng biến đổi đến trạng thái cao đỉnh khí hậu. Giả thuyết này ẩn chứa 2 vấn đề: một bộ phận được gọi là *mô hình kim hãm* của Connell và Slatyer, nghĩa là loài có mặt ở giai đoạn sớm kìm hãm những loài đến muộn (hình 3.1– b), không loài nào trong mô hình có ưu thế cạnh tranh đối với một loài khác; một loài định cư đầu tiên cho đến khi bị chết luôn chống lại tất cả những loài đến sau. Trong mô hình này, diễn thế bắt đầu xảy ra từ những loài có chu kỳ sống ngắn đến những loài có chu kỳ sống dài và sự thay thế không theo trật tự vì loài đến trước nắm được cơ hội chìa khoá. Wilson et al., (1992) gọi mô hình này là *mô hình hệ thực vật khởi đầu cơ hội* và nhấn mạnh, những loài đến đầu tiên thường chiếm được sự may mắn trong tiến trình diễn thế.

Mô hình hệ thực vật khởi đầu của Egler cũng được Connell và Slatyer (1977) mô tả như một giả thuyết thứ 3 về diễn thế và được gọi là *mô hình chống chịu*. Trong mô hình chống chịu, sự có mặt của những loài đến sớm là không nhất thiết bởi vì, bất kỳ một loài nào cũng đều có thể khởi đầu cho quá trình (hình 3.1– c). Một số loài có ưu thế cạnh tranh và trở thành những loài ưu thế trong quần xã cao đỉnh. Loài thay thế cho loài khởi đầu thường có sức chống chịu cao hơn trong điều kiện môi trường bị giới hạn. Diễn thế xảy ra là do sự xâm lược của những loài đến sau hoặc do sự suy thoái của những loài đến trước, phụ thuộc vào điều kiện khởi đầu. Mô hình chống chịu chứa đựng cả những ý tưởng quan trọng của Egler, có ảnh hưởng lớn đến những quan điểm về diễn thế.

Mô hình thứ 4 về diễn thế được Lawton (1987) nêu ra không có cơ sở khoa học vì không thể hiện được các mối tương tác sinh thái học. Mô hình *xâm nhập ngẫu nhiên* cho rằng, sự diễn thế chỉ liên quan với sự sống sót một cách cơ hội của các loài khác nhau và sự xâm nhập ngẫu nhiên của một số loài mới, trong đó không xuất hiện điều kiện thuận lợi và cũng không có cả sự cạnh tranh đặc trưng giữa các loài (hình 3.1–d), và sự diễn thế có thể dịch chuyển theo hướng bất kỳ.

Ba giả thuyết đầu tiên về sự diễn thế đều thống nhất rằng, những loài

tiên phong trong quá trình diễn thế xuất hiện liên quan đến tính ưu thế vốn có của chúng trong cạnh tranh như tăng trưởng nhanh, sản sinh nhiều và có khả năng phát tán nòi giống cao (bảng 3.1).

Sự khác nhau cơ bản của 4 giả thuyết về diễn thế chính là *cơ chế thiết lập các bước xảy ra về sau*. Trong mô hình *thuận lợi kinh điển*, sự thay thế các loài là nhờ điều kiện thuận lợi được tạo ra ở giai đoạn trước. Trong mô hình *kìm hãm*, sự thay thế của loài bị kìm chế bởi loài có trước cho đến khi loài này lâm vào cảnh khốn cùng hay bị chết. Trong mô hình *chống chịu* hay *xâm nhập ngẫu nhiên*, sự thay thế loài không chịu một áp lực nào của loài thường trú, có trước.

Từ 4 mô hình trên gợi ý cho chúng ta những ứng dụng bổ ích. Chẳng hạn, việc chuyển dịch hay loại bỏ những loài cư trú ban đầu, lựa chọn sự di thực hay gieo trồng các loài... phải phù hợp với những giai đoạn khác nhau của quá trình diễn thế và những thực nghiệm khác cần dựa vào cơ chế liên quan đến các học thuyết về diễn thế.

Bảng 3.1. Những đặc điểm về sinh lý và lịch sử đời sống của các loài thực vật ở giai đoạn sớm và cuối cùng của dãy diễn thế sinh thái

Đặc tính	Giai đoạn sớm	Giai đoạn cuối cùng
Quang hợp		
– Cường độ ánh sáng bão hoà	Cao	Thấp
– Điểm ánh sáng bù	Cao	Thấp
– Hiệu quả ở nơi ánh sáng yếu	Thấp	Cao
– Tốc độ quang hợp	Cao	Thấp
Tốc độ hô hấp	Cao	Thấp
Hiệu quả sử dụng nước		
– Tốc độ vận chuyển	Cao	Thấp
– Sức chịu hạn	Thấp	Cao
Hạt		
– Số lượng hạt	Nhiều	Ít
– Kích thước hạt	Nhỏ	Lớn
– Khoảng cách phát tán	Xa	Gần
– Cơ chế phát tán	Gió, chim, dơi	Trọng lực, động vật
– Khả năng sống sót	Dài	Ngắn
– Gây ngủ (ngủ)	Phổ biến	Không phổ biến?
Tốc độ kiếm nguồn sống	Cao	Thấp?
Phục hồi sau áp lực dinh dưỡng	Nhanh	Chậm
Tỷ lệ rễ/chối non	Thấp	Cao
Kích thước thành thực	Nhỏ	Lớn
Sức mạnh về cấu trúc	Thấp	Cao
Tốc độ tăng trưởng	Nhanh	Chậm
Tuổi thọ tối đa	Ngắn	Dài

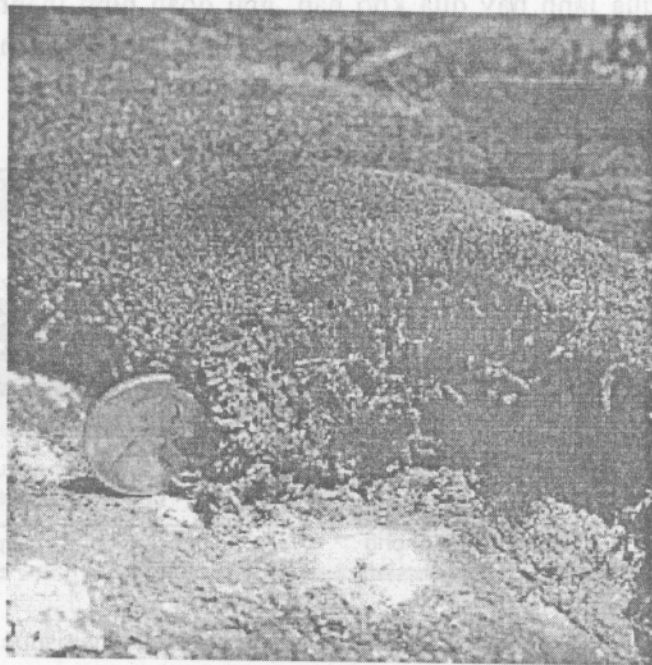
Nguồn : Huston và Smith, (1987)

3.2. CÁC DẠNG DIỄN THỂ

Dựa vào các tiêu chí khác nhau, diễn thể sinh thái được chia thành các dạng: *nội diễn thể* và *ngoại diễn thể*, khi dựa vào động lực gây ra diễn thể; diễn thể *nguyên sinh* (*sơ cấp*) và *thứ sinh* (*thứ cấp*), khi dựa vào môi trường sống (hay substract) của quần xã; *diễn thể tự dưỡng* và *dị dưỡng*, khi dựa vào mối quan hệ giữa sản xuất (P) và phân huỷ vật chất (R) của quần xã.

3.2.1. Diễn thể nguyên sinh

Diễn thể nguyên sinh diễn ra trong điều kiện môi trường mà trước đó chưa hề tồn tại một quần xã sinh vật nào (hình 3.2 và 3.3). Chẳng hạn, trên đồng tro tàn của núi lửa, giàu khoáng, với độ ẩm thích hợp, các dạng nấm, địa y đến cư ngụ và phát triển, khởi đầu cho các giai đoạn diễn thể tiếp theo. Trên vùng “đất mới”, các loài sinh vật này đã tiêu thụ bớt nguồn khoáng, đồng thời bổ sung vào đất



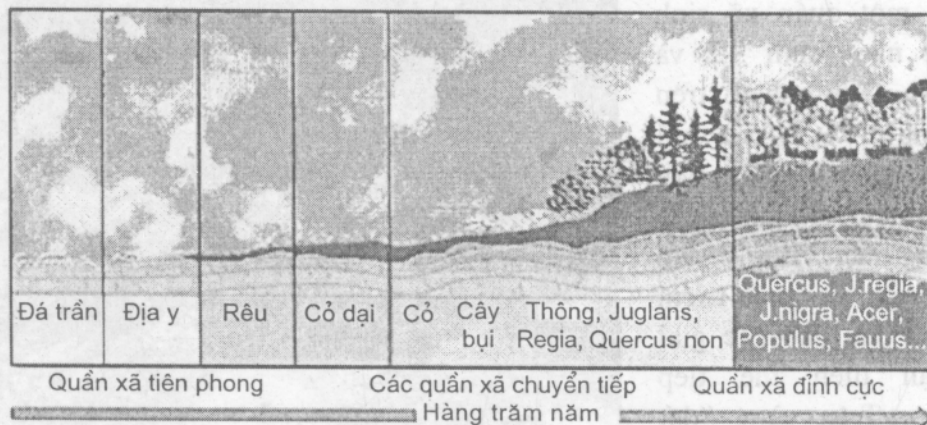
Hình 3.2. Diễn thể nguyên sinh xảy ra trên nham thạch núi lửa đã bị phong hoá (WRIGM, 2004).

các chất hữu cơ do hoạt động trao đổi chất và xác chết của chúng, tạo thuận lợi cho sự nảy mầm của bào tử rêu. Rêu, một loài có sức cạnh tranh cao hơn tìm được điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của mình, lấn át các quần xã khởi đầu. Sau rêu, theo quy luật, sự phát triển của quần xã cỏ, cây bụi thân thảo, cây bụi thân gỗ kế tiếp nhau xuất hiện và cuối cùng rừng cây gỗ nguyên sinh tồn tại tương đối ổn định lâu dài. Quá trình diễn thể nguyên sinh từ môi trường trống trơn đến rừng cây gỗ cao đỉnh xảy ra rất chậm chạp, có khi kéo dài tới 1000 năm, thậm chí còn lâu hơn.

Diễn thể nguyên sinh có thể được chỉ ra bằng nhiều ví dụ như sự xuất

hiện và phát triển của thảm thực vật trên một đảo đá hoặc trên các bãi bồi cửa sông (nơi cư trú của cây ngập mặn), các cồn đảo mới thoát khỏi chế độ ngập nước (từ các avandelta), nhất là ở ven biển thuộc các cửa sông châu thổ (xem thêm “Cơ sở sinh thái học” – Vũ Trung Tạng, 2000, 2001, 2003, 2007).

Đương nhiên, khuynh hướng diễn thế dù là nguyên sinh hay thứ sinh đề cập dưới đây đều được xác định bởi phức hợp quần thể của các loài trong phạm vi môi trường cho phép. Chính vì vậy, trong điều kiện khí hậu quá lạnh hay quá khô hạn, giai đoạn hình thành rừng chẳng bao giờ đạt được, ở đó các quần xã thực vật bậc cao có chăng chỉ gồm những cây bụi hoặc những loài của hệ thực vật nguyên thủy.

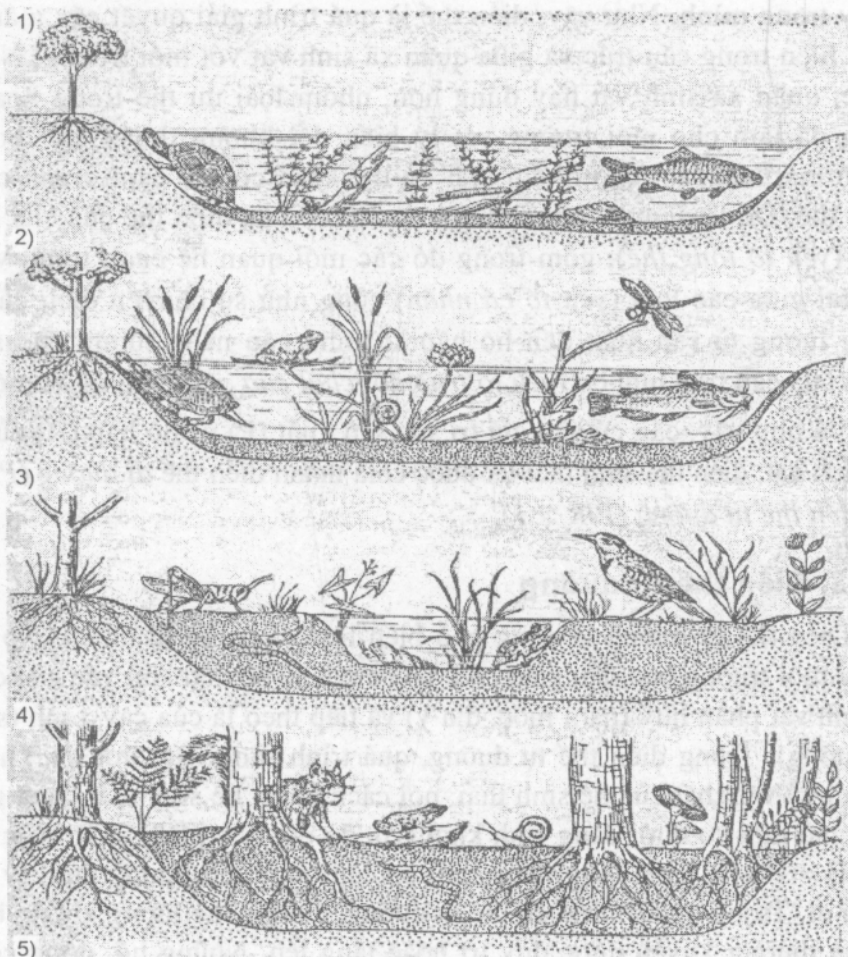


Hình 3.3. Diễn thế nguyên sinh của thảm thực vật ở vùng ôn đới.

3.2.2. Diễn thế thứ sinh

Diễn thế thứ sinh xuất hiện trong môi trường mà trước đó từng tồn tại một quần xã sinh vật, nhưng đã bị huỷ diệt. Đây là cơ hội để các loài thực vật và động vật đến xâm chiếm và định cư, tạo nên quần xã tạm thời hay tiên phong để từ đó các quần xã cứ liên tiếp thay thế nhau cho đến giai đoạn cuối cùng (hình 3.4). Ngược với diễn thế nguyên sinh, quá trình diễn thế thứ sinh xảy ra nhanh chóng hơn nhiều. Chẳng hạn, nương rẫy hay cánh đồng bị bỏ hoang, theo thời gian, chẳng bao lâu rừng thứ sinh ở giai đoạn cao đỉnh phát triển thay thế. Rừng Tràm nguyên thủy ở U Minh sau 4 – 5 năm bị cháy trụi nay lại tự phục hồi gần như hoàn toàn.

Một hồ nước nhân tạo do quá trình lắng đọng các vật liệu trầm tích từ khu vực xung quanh nên ngày một nông dần. Các loài thủy sinh vật sống trong hồ cũng mất dần, trước hết là những loài có kích thước lớn (cá lớn, cá nhỏ...), cuối cùng là những loài có kích thước nhỏ (Decapoda, ấu trùng côn trùng sống trong nước). Khu vực hồ biến đổi thành vùng đất thấp và một hệ sinh thái trên cạn dần dần phát triển thay thế nếu như không có những nhân tố ngẫu nhiên tác động đến (hình 3.4).



Hình 3.4. Đầm nước với những quần xã thủy sinh vật đặc trưng, theo thời gian đầm nông dần và biến đổi thành vùng đất trũng, trên đó quần xã sinh vật trên cạn đến ngự trị và phát triển thay thế.

Cùng với diễn thế nguyên sinh và thứ sinh, nhà sinh thái học người Tây Ban Nha Bamon Margalef (1968) là một trong những người đầu tiên chứng

minh rằng, sự phát triển của hệ sinh thái là sự thay thế luân phiên về mức năng lượng giữa sản xuất (P) và hô hấp (R); P lớn hơn (đôi khi nhỏ hơn) R ở các giai đoạn đầu và $P = R$ ở trạng thái đỉnh cực. Sự chuyển đổi như vậy rõ ràng là một bước tiến của hệ sinh thái.

Theo ông, sự phát triển của quần xã bao hàm cả quá trình mang tính lịch sử và cá nhân. Các quần xã và các hệ sinh thái không phải là những siêu cơ thể, nhưng chúng là những hệ thống có chứa các yếu tố bất ổn định ngay trong mình. Như vậy, diễn thế là quá trình giải quyết các mâu thuẫn xuất hiện trong cấu trúc và giữa quần xã sinh vật với môi trường. Nói cách khác, quần xã sinh vật hay đúng hơn, nhóm loài ưu thế trong hoạt động sống đã làm cho môi trường vật lý biến đổi không thuận lợi cho chính mình mà thuận lợi cho nhóm loài ưu thế khác có sức cạnh tranh cao hơn thay thế. Đó là nguyên nhân tổng hợp đưa đến sự diễn thế của của hệ sinh thái (*yếu tố tổng thể*), gồm trong đó các mối quan hệ cạnh tranh và cùng tồn tại giữa các loài (*yếu tố cá nhân*) cũng như sự chuyển dịch của dòng năng lượng từ sản xuất đến hô hấp khi nhu cầu năng lượng cho sự phát triển của cấu trúc hữu cơ (*yếu tố trao đổi chất của quần xã*) ngày một tăng.

Và như vậy, căn cứ vào giá trị sức sản xuất (P) và hô hấp (R) của quần xã sinh vật, diễn thế sinh thái lại được chia thành diễn thế *dị dưỡng* ($P/R < 1$) và *diễn thế tự dưỡng* ($P/R > 1$).

3.2.3. Diễn thế tự dưỡng

Diễn thế tự dưỡng là dạng phổ biến hơn cả trong tự nhiên. Nó xảy ra trong môi trường ban đầu giàu *chất vô cơ* với sự có mặt chủ yếu của các loài vi sinh vật phân huỷ (nấm mốc, địa y) và tiếp theo là của cây xanh (sinh vật tự dưỡng). Trong diễn thế tự dưỡng, quá trình sản xuất vượt lên khỏi mức phân huỷ vật chất của hệ sinh thái, nói cách khác, hệ sinh thái đang tích lũy các chất hữu cơ dưới dạng sinh khối (B), do đó, tỷ số B/P , B/R hoặc B/E (ở đây $E = P + R$, E là tổng năng suất sơ cấp) tăng lên, tương ứng, tỷ số P/B giảm đi. Trong quá trình diễn thế tự dưỡng, dòng năng lượng không bị giảm đi mà thường xuyên được duy trì hoặc tăng lên. Những hồ, đồng cỏ, rừng cây tự nhiên hay vùng biển sạch là ví dụ điển hình về diễn thế tự dưỡng.

3.2.4. Diễn thế dị dưỡng

Trái với diễn thế tự dưỡng, diễn thế dị dưỡng xảy ra trong môi trường ban đầu giàu *chất hữu cơ* với ưu thế lúc này là nhóm sinh vật hoại sinh, trong đó sức sản xuất nhỏ hơn so với sự phân huỷ vật chất ($P/R < 1$), còn

dòng năng lượng đạt tối đa ở giai đoạn bắt đầu và giảm dần trong quá trình diễn thế, trừ trường hợp vật chất hữu cơ được bổ sung vào hoặc đến khi một hệ thống tự dưỡng nào đó tiếp quản quá trình này. Ví dụ, trong một hồ chứa nước thải giàu chất hữu cơ, sự sống ưu thế là vi sinh vật, sinh vật bán tự dưỡng (Euglena, Phacus, Protozoa...) và sau nữa, khi nguồn chất hữu cơ giảm, Cyanobacteria và những sinh vật tự dưỡng khác mới dần thay thế để chuyển hệ thống sang kiểu diễn thế mới hoặc một ví dụ khác, trên một giá thể nhỏ hơn như một thân gỗ mục, các loài nấm, chân khớp rất phong phú ở giai đoạn đầu, tiếp theo là Cyanobacteria...

Đương nhiên, dù diễn thế tự dưỡng hay diễn thế dị dưỡng, trong quá trình phát triển để đạt đến trạng thái cao đỉnh (climax), các giá trị $P/R > 1$ hay $P/R < 1$ đều tiến dần đến 1.

Trong lịch sử tiến hoá của mình, Trái Đất cũng trải qua các quá trình tương tự, khởi đầu là *tiến hoá hoá học* với sự xuất hiện của các chất vô cơ và hữu cơ dưới tác động của bức xạ Mặt Trời. Cũng từ đó sự sống nguyên thủy xuất hiện, Trái Đất chuyển sang dạng *tiến hoá sinh học* với 2 giai đoạn: *tiến hoá dị dưỡng* ($P/R < 1$) trong môi trường khử ở những giai đoạn đầu và sau đó là *tiến hoá tự dưỡng* ($P/R > 1$) trong môi trường ôxi hoá với sự xuất hiện và phát triển của sinh vật mang màu (khuẩn lam, tảo và thực vật). Tiến hoá tự dưỡng ngày càng ưu thế, tiến triển cho đến ngày nay, đưa hành tinh của chúng ta khác xa với các hành tinh khác trong hệ Mặt Trời.

Nói chung, khái niệm được chấp nhận hiện nay, diễn thế sinh thái là một quá trình gồm 2 pha. Pha đầu hay pha tiên phong với khuynh hướng mang *tính ngẫu nhiên* (ví dụ như tính hỗn loạn) bằng sự xâm chiếm của các *loài cơ hội*, nhưng các pha về sau mang *tính tự tổ chức* chặt chẽ hơn và *xác định* hơn.

Trong hệ sinh thái, quần xã thực vật không chỉ là “ngôi nhà chung” mà còn là nơi kiếm ăn và sinh sản của thế giới động vật. Quá trình diễn thế của quần xã thực vật kéo theo sự diễn thế của khu hệ động vật, từ những quần xã động vật bậc thấp, kích thước nhỏ, tuổi thọ thấp đến những quần xã động vật bậc cao hơn, kích thước lớn và tuổi thọ cao, phù hợp với sự phát triển của hệ thực vật qua từng giai đoạn (bảng 3.2). Ở đây, chúng chia sẻ không gian, nguồn sống, nơi kiếm ăn và thiết lập nên những mối quan hệ phức tạp để tồn tại và phát triển trong điều kiện cân bằng, ổn định có thể có được. Dưới đây là một ví dụ về sự diễn thế của quần xã chim liên quan đến sự diễn thế của quần xã thực vật.

Bảng 3.2. Sự diễn thế của các loài chim liên quan với diễn thế của thảm thực vật trên đất canh tác bị bỏ hoang ở vùng Georgia
(Theo Keeton & Gould, 1993)

Thời gian (năm)	1	3	15	20	25	35	60	100	150-200
Cây ưu thế	Cỏ	Đồng cỏ	Trảng cây bụi			Rừng thông			Rừng sồi
Chim ăn châu chấu									
Chim chiến chiến									
Sẻ ngực vàng									
Sẻ đồng									
Liều điều ngực vàng									
Chim hồng đỏ									
Chích thông									
Chim giáo chủ									
Chim sẻ nâu									
Gỗ kiến gáy xanh									
Chim đớp ruồi									
Chim ăn muỗi									
Chim hồng tước									
Chim ruồi ngực ngọc									
Sẻ ngô									
Chim chích									
Chim mắt đỏ									
Sẻ rừng									

3.3. NHỮNG KHUYNH HƯỚNG BIẾN ĐỔI TRONG QUÁ TRÌNH DIỄN THẾ SINH THÁI

Diễn thế là quá trình tự cải tổ về mặt cấu trúc, các hoạt động chức năng và những mối quan hệ giữa các loài và giữa quần xã sinh vật với môi trường vật lý, trong đó có sự đóng góp của các quá trình xảy ra, từ mức thấp nhất là quần thể đến mức cả hệ thống để phát triển và hướng đến sự ổn định. Do đó, trong quá trình diễn thế, các thành viên cấu trúc và các mối quan hệ

cũng như lượng thông tin trong hệ sinh thái đều thay đổi một cách có quy luật để toàn hệ thống đạt đến trạng thái cân bằng với môi trường mà nó tồn tại. E.P. Odum (1969) đã chỉ ra 23 chỉ số biến đổi thuộc 6 phạm trù cơ bản sau đây (bảng 3.3).

Bảng 3.3. Các khuynh hướng biến đổi trong quá trình diễn thế của hệ sinh thái

Những thuộc tính của hệ sinh thái	Giai đoạn chưa thành thực	Giai đoạn thành thực
A. Chiến lược năng lượng của quần xã sinh vật		
Sản xuất vật chất và hô hấp của quần xã (P/R)	$> \text{hay} < 1$	≈ 1
Sản xuất vật chất và sinh khối (P/B)	Cao	Thấp
Sinh khối và năng lượng đồng hoá (B/E ; $E = P + R$)	Thấp	Cao
Sản lượng tinh (P_N) hay hoa lợi thu hoạch	Cao	Thấp
Các xích thức ăn	Đường thẳng (chủ yếu ăn thực vật)	Kiểu mạng (chủ yếu ăn phế liệu)
B. Cấu trúc của quần xã sinh vật		
Tổng vật chất hữu cơ	Nhỏ	Lớn
Chất dinh dưỡng vô cơ	Ngoại sinh	Nội sinh
Đa dạng về thành phần loài	Thấp	Cao
Đa dạng theo mức san bằng	Thấp	Cao
Đa dạng về sinh hoá	Thấp	Cao
Tính hỗn tạp về phân tầng, lớp... (đa dạng về cấu trúc)	Tổ chức kém	Tổ chức tốt
C. Lịch sử đời sống		
Đặc trưng hoá về ổ sinh thái	Rộng	Hẹp
Kích thước cơ thể	Nhỏ	Lớn
Chu kỳ sống	Ngắn, đơn giản	Dài, phức tạp
D. Chu trình các chất dinh dưỡng		
Tốc độ trao đổi chất dinh dưỡng (cơ thể và môi trường)	Nhanh	Chậm
Vai trò của detrit	Không quan trọng	Quan trọng
E. Áp lực chọn lọc		
Dạng tăng trưởng	Nhanh, kiểu chọn lọc r	Kiểm tra ngược, kiểu chọn lọc K
Sản phẩm của quá trình sản xuất	Số lượng	Chất lượng
F. Nội cân bằng (homeostatic)		
Cộng sinh trong	Kém phát triển	Phát triển
Bảo tồn chất dinh dưỡng	Kém, nghèo	Tốt, giàu
Tính ổn định (chống lại sự xáo động từ bên ngoài)	Kém	Tốt
Entropy	Cao	Thấp
Thông tin	Thấp	Cao

3.4. KHÁI NIỆM VỀ TRẠNG THÁI CAO ĐỈNH (CLIMAX)

Quá trình phát triển của thảm thực vật đạt đến giai đoạn cân bằng được gọi là trạng thái cao đỉnh (climax) và trạng thái cao đỉnh được xác định như một quần xã cuối cùng tương đối ổn định của dãy diễn thế. Quần xã này tồn tại mãi mãi trong sự cân bằng với các điều kiện môi trường vật lý và sinh học nếu không bị tác động của các yếu tố huỷ hoại từ bên ngoài. Ở trạng thái cân bằng, các quần thể quan trọng, mức sinh sản – tử vong, các mối tương tác dương – tương tác âm, dòng năng lượng và sinh khối cũng như tỷ số của chúng cũng nằm trong trạng thái ổn định, còn tổng lượng “nhập khẩu” cân bằng với tổng lượng “xuất khẩu” của hệ thống.

Hiện nay có 3 trường phái quan niệm khác nhau về trạng thái cao đỉnh: đơn cao đỉnh (*monoclimax*), đa cao đỉnh (*polyclimax*) và cao đỉnh mẫu (*climax-pattern*).

Đơn cao đỉnh được F.E. Clements (1916, 1936) nêu ra. Theo lý thuyết này, mỗi một vùng chỉ có một quần xã cao đỉnh mà các quần xã khác phát triển đều phải quy tụ đến. Clements khẳng định rằng, trong một khoảng thời gian đã biết và không bị can thiệp bởi các nhân tố huỷ hoại từ bên ngoài, thảm thực vật cao đỉnh chỉ có một dạng chung được thiết lập và ổn định, bất chấp các điều kiện ban đầu như thế nào. Hơn nữa, Clements còn nhấn mạnh, khí hậu là nhân tố quyết định đối với thảm thực vật và trạng thái cao đỉnh của một vùng là hệ quả đơn lẻ của điều kiện khí hậu mà nó tồn tại.

Thực tế không hoàn toàn như vậy. Trên một vùng nhất định, nhiều quần xã không phải là những quần xã cao đỉnh, nhưng lại tồn tại rất ổn định. Chúng được quy định không phải bởi điều kiện khí hậu chung của vùng mà còn do các dạng địa mạo, đặc điểm thổ nhưỡng hay những nhân tố vô sinh và hữu sinh khác.

Quan điểm đa cao đỉnh hoàn toàn trái ngược với ý kiến của Clements. A. Tansley (1939) là một trong những người đề xướng lý thuyết đa cao đỉnh, tức là thừa nhận trong một vùng đã biết có nhiều quần xã cao đỉnh khác nhau, gồm cả những cao đỉnh được kiểm soát bởi độ ẩm trong đất, khoáng dinh dưỡng của đất, hoạt động của động vật và những nhân tố khác của môi trường.

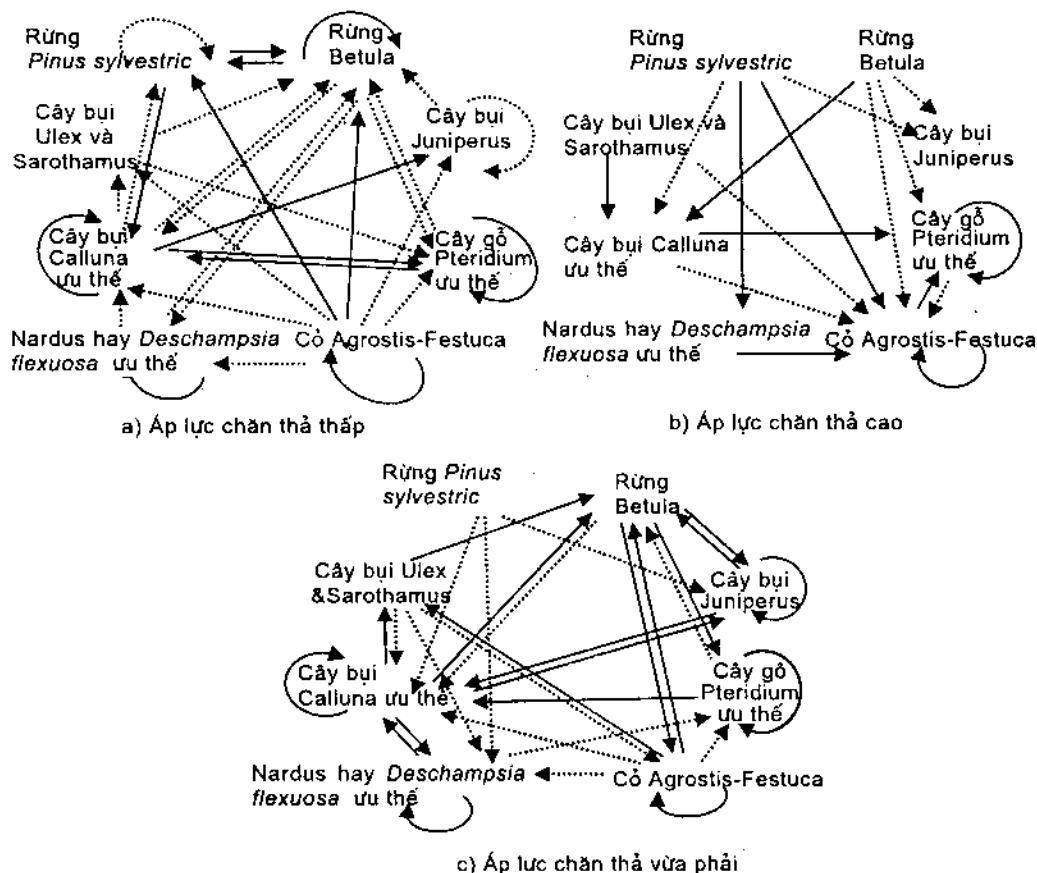
Sự khác biệt của 2 trường phái còn nằm trong phạm trù thời gian kiểm định trên cơ sở tính ổn định tương đối của các quần xã sinh vật. Với thời gian đã biết, một quần xã đơn cao đỉnh có thể phát triển, thậm chí vượt qua các cao đỉnh thấp hơn. Vấn đề đặt ra là, chúng ta xem xét thời gian phát triển theo thang bậc địa chất hay thang bậc sinh thái? Nếu theo thời gian địa chất, thì chúng ta có thể xếp loại các quần xã, chẳng hạn, rừng lá kim như một giai đoạn trước để hình thành rừng lá rộng rụng theo mùa trong quá trình diễn thế.

Điều quan trọng là, cao đỉnh cũng dao động mà không bao giờ ổn định. Những ví dụ rất sống động minh chứng cho điều đó đã từng xảy ra trong kỷ Băng hà ở Pleistocene và ngay cả sự tiến thoái của các sông băng trên núi cao trong 1000 năm qua. Như vậy, theo quy luật, trạng thái cân bằng có thể không bao giờ đạt được bởi vì thảm thực vật là sản phẩm của khí hậu, luôn chịu sự kiểm soát của khí hậu bất ổn định. Khí hậu còn thay đổi theo thang bậc thời gian sinh thái. Với chiều hướng đó, diễn thế của thảm thực vật vẫn tiếp tục xảy ra trước mắt chúng ta trong mối tương tác với điều kiện khí hậu cũng đang biến đổi.

Whittaker (1953) đã nêu ra một biến thể khác về đa cao đỉnh – giả thuyết cao đỉnh mẫu. Ông nhấn mạnh, một quần xã tự nhiên thích nghi với toàn bộ mẫu hình của các nhân tố môi trường mà ở đó nó tồn tại: khí hậu, đất, nạn cháy và các nhân tố sinh học. Khác với học thuyết đơn cao đỉnh và đa cao đỉnh, cao đỉnh mẫu tồn tại các dạng cao đỉnh liên tục mà chúng biến đổi từ từ theo gradient môi trường, hầu như không thể phân chia thành các dạng cao đỉnh rời rạc. Do vậy, học thuyết cao đỉnh mẫu là sự mở rộng ý tưởng về thảm thực vật liên tục với xu hướng phân tích sự biến đổi của nó theo gradient.

Trạng thái cao đỉnh được thừa nhận như một quần xã ổn định bền vững mà trong đó các quần thể cấu trúc nên nó dao động với các nhân tố môi trường. Tuy không nói về cao đỉnh khí hậu, nhưng ông nhấn mạnh về các cao đỉnh ưu thế mà chúng được xem là kết quả cuối cùng của khí hậu, đất, địa hình, nạn cháy, gió, cát bay cũng như những nhân tố hữu sinh.

Giá trị thực tiễn của học thuyết cao đỉnh là giúp chúng ta có thể dự báo nơi xuất hiện của cao đỉnh đối với một môi trường đã biết, chẳng hạn, trong 100 năm tới, một vùng đặc biệt nào đó có thể sẽ trở thành nơi tồn tại của rừng thích và sồi, bởi vì theo lý thuyết, điều kiện sống của vùng như thế nào sẽ sản sinh ra một thảm thực vật với cao đỉnh như thế.



Hình 3.5. Các giai đoạn diễn thế chuyển tiếp ở vùng đất cao Scotland trong số 8 dạng thảm thực vật đã biết:

a) Áp lực chăn thả thấp, không bị cháy; b) Áp lực chọn lọc cao và cháy xảy ra thường xuyên; c) Mức độ chăn thả và cháy không thường xuyên. Mũi tên chấm chấm chỉ ra tính phổ biến, còn mũi tên đen chỉ ra tính không thường xuyên và đường cong là dạng tự thay thế. Các dạng thảm thực vật sắp xếp theo loại đất: những dạng đất axit hoá ở bên trái và những dạng đất tương phản ở bên phải
(Theo Krebs, 2001, được sửa đổi từ Miles, 1985).

Một ví dụ khá hay về các nhân tố hữu sinh gây ảnh hưởng đến sự diễn thế của thảm thực vật ở vùng đất cao Tây Bắc Scotland (Miles, 1987). Cừu khi kiếm ăn thường tránh tránh cây gỗ, nhưng rất thích đồng cỏ. Dưới áp lực thấp của hoạt động chăn cừu và cháy (hình 3.5-a), rừng thông Scotland và gỗ bulô có xu hướng phát triển thuận lợi; dưới áp lực cao và cháy thường xuyên (hình 3.5-b) thì chỉ có đồng cỏ phát triển bền vững, còn khi chăn thả vừa mức và cháy xảy ra thất thường (hình 3.5-c), cả 2 quần xã *Calluna vulgaris* và *Pteridium aquilinum* đều phát triển thuận lợi. Trong vùng đất

cao đó không hề có một cao đỉnh khí hậu, còn các quần xã thực vật đều là dạng khảm, thay đổi khi thay đổi chế độ chăn thả và tần suất cháy rừng. Ví dụ như thế là sự minh họa rất tốt cho giả thuyết cao đỉnh mẫu của Whittaker.

Vậy, chúng ta nhìn nhận quần xã cao đỉnh như thế nào? Tiêu chuẩn chính là thừa nhận trạng thái ổn định bền vững theo thời gian. Thời gian liên quan đến quá trình diễn thế rất dài, nhưng những khảo sát lại thiếu chuỗi số liệu về diễn thế với thời gian dài tương ứng, nhất là những tư liệu về các giai đoạn và trạng thái chuyển tiếp của dãy diễn thế, cũng như những điều kiện môi trường vô sinh, hữu sinh và những biến động của chúng, quy định thời gian tồn tại và sự phát triển của các dạng chuyển tiếp. Thực tế, một số quần xã xuất hiện và hướng đến ổn định, nhưng kỳ thực lại chưa đạt được trạng thái cân bằng với các nhân tố đất đai và khí hậu của vùng. Một ví dụ rất ấn tượng có thể nêu ở đây: trước năm 1954, cỏ châu Âu là đối tượng phổ biến ở các đồng cỏ nước Anh, song vào năm 1954, quần thể này bị nhiễm khuẩn và chết gần hết mà không có một biện pháp nào có thể cứu vãn được. Do đó, áp lực "chăn thả" tự nhiên gây ra do đàn cỏ giảm mạnh, đồng cỏ xảy ra một biến đổi rất kịch tính (Thomas, 1960). Rõ nhất là ở đây các loài hoa rộ nở. Nhiều loài cây trong nhiều năm trước không thấy thì bỗng xuất hiện với số lượng khá đông, kể cả những cây thân gỗ mà trước đây chỉ có chồi và cây non của chúng – nguồn thức ăn phổ biến cho cỏ.

Tóm lại, quần xã cao đỉnh là một ý tưởng khá trừu tượng, thực tế hãn hữu mới đạt được bởi vì các điều kiện khí hậu luôn luôn dao động. Khí hậu của một vùng có vai trò kiểm soát chặt chẽ sự phát triển của thảm thực vật, nhưng trong mỗi một vùng rộng lớn còn có rất nhiều biến tướng gây ra bởi các điều kiện địa hình, đất đai, động vật và các nhân tố khác... đưa đến những trạng thái cao đỉnh khác nhau.

Tốc độ diễn thế của quần xã xảy ra nhanh ở những giai đoạn sớm, nhưng rất chậm khi quần xã tiến gần đến cao đỉnh. Ngay cả ở trạng thái cao đỉnh, quần xã thực vật vẫn biến đổi, mặc dù những biến đổi đó rất nhỏ và xảy ra chậm chạp, khó phát hiện, nhất là khi điều kiện môi trường vật lý không có những biến cố lớn. Hơn nữa, ở trạng thái này, cấu trúc hữu cơ đa dạng và sự trao đổi chất của quần xã khá ổn định đã tạo cho cả hệ thống khả năng chống đỡ tốt hơn với những biến đổi của môi trường, đủ năng lực duy trì quần xã tồn tại lâu dài. Rõ ràng, như các nhà sinh thái đương đại quan niệm, trạng thái cao đỉnh giống như Thiên đàng hay miền Cực lạc, trong thực tế chẳng bao giờ có thể đạt đến.

4.1. KHÁI NIỆM VỀ SINH QUYỂN

Tập hợp các quần xã sinh vật trên cạn, dưới nước và các nhân tố môi trường vô sinh trên Trái Đất hoạt động như một hệ sinh thái duy nhất được gọi là sinh quyển. Nói cách khác, sinh quyển là một hệ thống các quần xã sinh vật trên cạn và dưới nước, có quan hệ chặt chẽ với nhau và với môi trường vật lý, thông qua hoạt động của chu trình sinh địa hoá và sự biến đổi của dòng năng lượng trên phạm vi toàn cầu.

Mặc dầu vậy, sinh quyển chỉ là một màng sống rất mỏng bao quanh hành tinh với cấu trúc phức tạp, là kết quả của quá trình tiến hoá lâu dài để đạt đến trạng thái tương đối ổn định như hiện nay. Theo chiều thẳng đứng, sinh quyển đạt đến độ cao 6000 – 7000m, trên 11.000m dưới đáy đại dương và 1 – 2 dặm dưới mặt đất, nhưng càng lên cao hay càng xuống sâu, mật độ sống càng nghèo dần. Sinh quyển không kém mẫn cảm trước tác động của các yếu tố tự nhiên và hoạt động của con người. Do đó, trước sức ép dân số ngày một gia tăng, nhiều dạng tài nguyên sinh học bị khai thác quá mức và bị huỷ hoại, nhất là diện tích rừng và môi trường ngày một ô nhiễm, sinh quyển đang phải đối mặt với những hiểm hoạ cực lớn.

4.2. LỊCH SỬ HÌNH THÀNH VÀ TIẾN HOÁ CỦA SINH QUYỂN

Trái Đất ra đời cách chúng ta 4,6 tỷ năm về trước. Suốt quá trình đó Trái Đất hoàn thiện dần về cấu trúc, nhất là lớp vỏ ngoài cùng thông qua những biến đổi cực lớn (hình 4.1). Sự ra đời của sự sống gắn liền với quá trình tiến hoá hoá học nhờ bức xạ của các tia vũ trụ. Những tia này như những tác nhân tạo ra các hợp chất vô cơ và hữu cơ, trước hết chứa trong các đại dương cổ của hành tinh. Nước đại dương và lớp ôzôn mỏng ban đầu của khí quyển như một bức màn chắn lọc các bức xạ tử ngoại, tạo điều kiện thuận lợi để mầm sống ra đời. Cơ thể sống ban đầu quá đơn giản, chỉ như

một “con men” sống kỵ khí, tồn tại trong một giai đoạn dài của lịch sử Trái Đất được mệnh danh là thời “Tiền Cambri”. Dù sao, sự tiến hoá của Trái Đất cũng đã lật sang trang sử mới – giai đoạn khởi đầu của tiến hoá sinh học mà đặc trưng bằng kiểu *tiến hoá dị dưỡng*. Sau đó, có lẽ do áp lực của chọn lọc tự nhiên, nguồn thức ăn hữu cơ cạn kiệt đã thúc đẩy sự xuất hiện quá trình



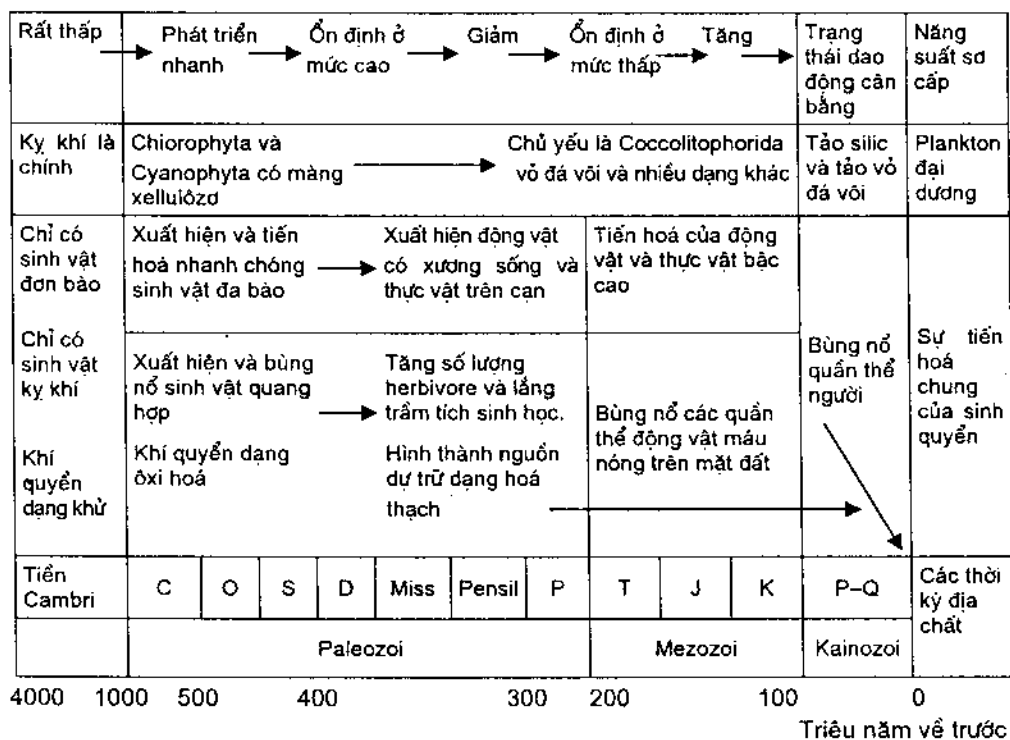
Hình 4.1. Nhìn toàn cảnh Trái Đất của chúng ta từ khoảng không vũ trụ.

quang hợp. Nhờ đó, hàm lượng ôxi trong nước, trong khí quyển ngày một tăng lên, đưa khí quyển từ *dạng khử* sang *dạng ôxi hoá*, còn sự tiến hoá của sinh quyển trên hành tinh được chuyển từ tiến hoá *dị dưỡng* sang tiến hoá *tự dưỡng*. Nguồn thức ăn sơ cấp ngày một giàu có, điều kiện hô hấp được cải thiện cơ bản nên ngay từ kỷ Cambri, sự sống bùng nổ với sự xuất hiện của nhiều dạng sống mới như Thân lỗ (Porifera), San hô (Anthozoa), Thân mềm (Mollusca), rong biển, tổ tiên của thực vật có hạt và động vật có dây sống... Trong các giai đoạn khác nhau của nguyên đại Cổ sinh (Paleozoi), các nhóm loài sinh vật cả ở dưới nước và trên cạn trở nên đông đúc, song sự phát triển ồ ạt của giới thực vật, nhất là sau khi “vượt cạn” đã tạo tiền đề quan trọng, đảm bảo vững chắc cho sự xuất hiện những nhóm động vật cỡ lớn như bò sát cổ đại, chim, thú và cuối cùng, cách đây khoảng 5 triệu năm người Vượn sớm nhất (Australopithecus) xuất hiện ở châu Phi. Chỉ 2 triệu năm trước đây, giống người Homo khởi nguồn từ Australopithecus đã ra đời và tiến hoá để đến khoảng 200.000 năm trước đây người thông minh (*H. sapiens*) thực sự đứng ra cai quản thế giới này (bảng 4.1).

Như vậy, rõ ràng rằng, sự tiến hoá hoá học làm xuất hiện sự sống, còn sự sống ra đời đã dẫn đến những biến đổi lớn lao trên bề mặt hành tinh, thúc đẩy sự tiến hoá của môi trường vật lý và hoá học, nơi mà sự sống ngự trị. Nhờ đó, sinh quyển tiến hoá và ngày càng đạt đến trạng thái ổn định bền vững của mình.

Tiến hoá của sinh giới xảy ra bằng nhiều con đường, gồm chọn lọc tự nhiên của Darwin và đột biến gen ở mức loài được rộng rãi các nhà khoa học thừa nhận. Tuy nhiên, cho đến nay cũng chưa có sự thống nhất về cơ chế của nó, đặc biệt vai trò tương đối nào của 3 cơ chế chủ yếu: chọn lọc, đột biến và tính ngẫu nhiên, vai trò nào của sự chọn lọc ở các mức tổ chức cao như đồng tiến hoá và sự chọn lọc nhóm.

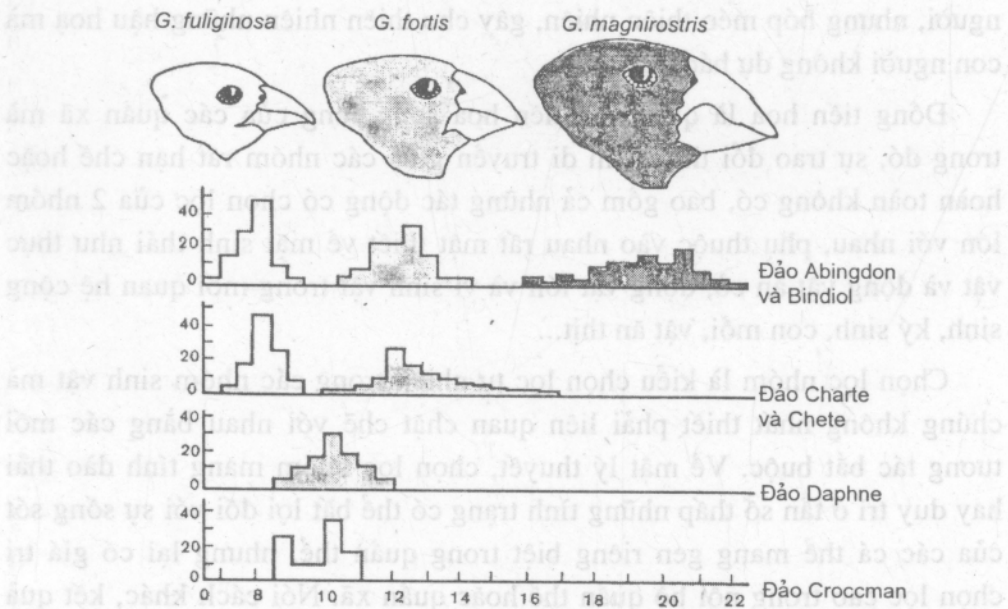
Bảng 4.1. Các niên đại địa chất và sự xuất hiện của các thành phần sống theo biên niên sử cổ phát sinh chủng loại (Odum, 1983)



Từ thời Darwin, nói chung, các nhà sinh học đã cho rằng, sự tiến hoá là một quá trình chậm chạp, diễn ra từ từ, kể cả các biến đổi nhỏ nhất và chọn lọc tự nhiên xảy ra liên tục đảm bảo tính ưu thế trong cạnh tranh ở mức loài. Tuy nhiên, trong biên niên sử của phát sinh chủng loại (phylogenese), các dạng trung gian không phát hiện được, buộc người ta phải đưa ra thuyết “cân bằng gián đoạn”. Theo thuyết này, trong thời gian dài, các loài không có những biến đổi về trạng thái, nguồn gốc, nhưng cân

bằng bị đứt đoạn, các quần thể nhỏ được tách khỏi loài gốc và nhanh chóng phát triển thành những loài mới.

Chúng cũng có thể chung sống với nhau hoặc có thể không chung sống được với nhau và đều bị diệt vong. Học thuyết tiến hoá gián đoạn không chỉ ra được vai trò cạnh tranh loại trừ ở mức cá thể cũng như động lực của quá trình. Sự hình thành các loài khác vùng phân bố (allopatric) được xem là một trong những động lực quan trọng trong quá trình phân hoá và tiến hoá của các loài. Ở những loài có vùng phân bố rộng, một quần thể địa phương nào đó nếu bị cách ly với quần thể gốc bởi các chướng ngại địa lý với một khoảng thời gian đủ lớn, chúng có thể cách ly nhau về mặt di truyền. Điều đó cho phép chúng tồn tại như những loài riêng biệt trong các ổ sinh thái khác nhau. Đôi khi, sự khác nhau như thế có thể tăng do sự chuyển dịch các dấu hiệu. Nếu vùng phân bố của 2 loài gần nhau về mặt nguồn gốc lại chồng lấn lên nhau thì ở nơi chồng lấn xuất hiện sự phân ly (divergent) của các loài theo một hay một số dấu hiệu về hình thái, sinh lý hay tập tính sinh thái, còn sự đồng quy (convergent) của 2 loài đó lại được thiết lập trên các phần không chồng lấn mà ở đấy mỗi loài sống riêng biệt.



Hình 4.2. Sự chuyển dịch các dấu hiệu hình thái (tỷ lệ kích thước mỏ) của 3 loài sẻ *Geospiza fuliginosa* (màu trắng), *G. fortis* (xám), *G. magnirostris* (đen) sống trên các đảo, quần đảo Galapagos.

Nhiều dẫn liệu đã có còn khẳng định, để hình thành một loài mới cũng không nhất thiết phải có sự cách ly về mặt địa lý khắc nghiệt mà sự hình thành loài cùng vùng phân bố (sympatric) cũng là hiện tượng phổ biến và đóng vai trò không kém quan trọng so với những quan niệm kinh điển nêu trên (hình 4.2). Ta có thể thấy, ngay trong một vùng địa lý, các quần thể cũng bị cách ly về di truyền do những đặc trưng riêng về tập tính sinh thái và sinh sản (sinh sản đơn độc hay tập đoàn, sinh sản dinh dưỡng...), cũng như do các nguyên nhân khác (khai thác của vật sử dụng). Và như vậy, những bộ phận khác nhau của quần thể theo thời gian sẽ tích lũy những khác biệt đến mức đủ làm cho chúng cách ly nhau trong sinh sản.

Một ví dụ về chọn lọc tự nhiên nhanh gây ra do con người đối với trường hợp “màu công nghiệp”. Trong những vùng công nghiệp phát triển ở nước Anh, khói bụi đã “quét” cho bướm một màu đen. Nhờ vậy, trên những thân cây trong vùng, bướm “bị bôi đen” sống sót tốt hơn so với những bướm trắng vốn có trước đây (Kettlewell, 1956).

Chọn lọc nhân tạo gây ra do con người với mục đích làm cho các loài thích nghi với nhu cầu của mình. Chọn lọc nhân tạo đem lại lợi ích cho con người, nhưng bóp méo thiên nhiên, gây cho thiên nhiên những hậu họa mà con người không dự báo nổi.

Đồng tiến hoá là quá trình tiến hoá song song của các quần xã mà trong đó, sự trao đổi thông tin di truyền giữa các nhóm rất hạn chế hoặc hoàn toàn không có, bao gồm cả những tác động có chọn lọc của 2 nhóm lớn với nhau, phụ thuộc vào nhau rất mật thiết về mặt sinh thái như thực vật và động vật ăn cỏ, động vật lớn và vi sinh vật trong mối quan hệ cộng sinh, ký sinh, con mồi, vật ăn thịt...

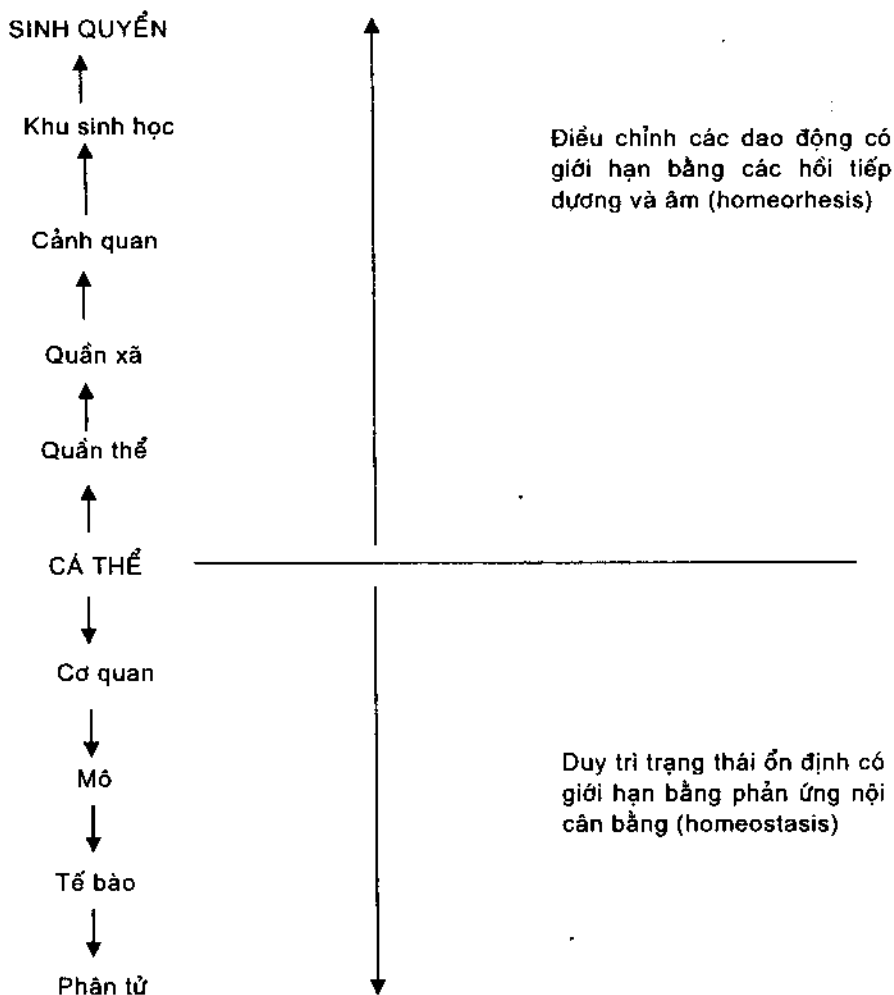
Chọn lọc nhóm là kiểu chọn lọc tự nhiên trong các nhóm sinh vật mà chúng không nhất thiết phải liên quan chặt chẽ với nhau bằng các mối tương tác bắt buộc. Về mặt lý thuyết, chọn lọc nhóm mang tính đào thải hay duy trì ở tần số thấp những tình trạng có thể bất lợi đối với sự sống sót của các cá thể mang gen riêng biệt trong quần thể, nhưng lại có giá trị chọn lọc cao trong nội bộ quần thể hoặc quần xã. Nói cách khác, kết quả của chọn lọc nhóm bao gồm những lợi ích mà cá thể nhận được khi nó tham gia hoàn thiện tổ chức của quần thể hay quần xã, nơi cần cho sự tồn tại lâu dài của chính cá thể đó.

Trong mối quan hệ giữa cơ thể và môi trường thường gặp các nhóm sinh vật có nguồn gốc phát sinh (phyletic) rất khác nhau, sau một quá trình tiến hoá song song (parallel evolution), khi sống trong những môi trường như nhau chúng lại rất giống nhau về hình thái và tập tính. Như vậy, sự phân ly ngày một xa của các dòng tiến hoá, một số loài đã mất đi sự tương đồng (*homologous*) về cấu trúc bên trong cơ thể đã từng có từ một tổ tiên chung để đổi lấy sự giống nhau một cách tương tự (*analogous*) về dáng vẻ bên ngoài hoặc tập tính của chúng. Đó là tiến hoá đồng quy. Nhiều ví dụ cho vấn đề này như: hình dạng của các loài cá mập (Elasmobranchia), bò sát (Ichthyosaurus), thú (Delphinus) và chim (Penguin); tua cuốn giống nhau (phát triển đồng quy) của các loài thực vật, trong đó có những tua được phát triển từ các bộ phận cấu trúc khác nhau của các họ (hiện tượng tương tự) hoặc chỉ từ các phần khác nhau của lá, tức là từ một bộ phận cấu trúc (hiện tượng tương đồng).

Như vậy, sau khi sự sống xuất hiện, sinh quyển trải qua quá trình phân hoá và tiến hoá lâu dài bằng nhiều con đường với sự kiểm soát chặt chẽ của quy luật chọn lọc tự nhiên để đạt được trạng thái phong phú và ổn định như ngày nay. Đương nhiên, trong cuốn biên niên sử tiến hoá của Trái Đất, bao biến cố lớn lao đã từng xảy ra, đưa đến sự huỷ diệt của nhiều loài, song lại tạo ra cơ hội thuận lợi cho nhiều loài mới có sức cạnh tranh cao hơn xuất hiện thay thế để chiếm lĩnh mọi “hang cùng, ngõ hẻm” của bề mặt hành tinh, đưa hành tinh của chúng ta phát triển vượt lên tất cả các hành tinh của hệ Mặt Trời.

4.3. GIẢ THUYẾT GAIA

Viễn cảnh của sinh quyển làm nảy sinh một vấn đề rất lý thú vẫn đang được dư luận quan tâm. Đó là giả thuyết Gaia (nữ Thần Đất trong thần thoại Hy Lạp) được đề xuất bởi J. Lovelock và L. Margulis (1974). Theo giả thuyết này, hành tinh chúng ta, bao gồm sinh quyển, thạch quyển, thủy quyển và khí quyển trong quá trình tiến hoá gắn bó chặt chẽ với nhau thành một thể thống nhất, tạo nên một hệ sinh thái khổng lồ (*superorganism*), duy nhất (hình 4.3), có khả năng tự vận hành, tự điều chỉnh và tự sửa chữa những lệch lạc để tồn tại và phát triển ổn định bằng các hồi tiếp (feedback loops).



Hình 4.3. Điều khiển học trong hệ thống tổ chức của cơ thể – hệ sinh thái. So với cơ thể, một tập hợp mạnh (phía dưới), sự tổ chức và hoạt động chức năng của hệ sinh thái (trên) thiếu chặt chẽ hơn khi hệ xung động hay bị hỗn loạn, nhưng lại được kiểm tra bằng sự luân phiên của các hồi tiếp âm và dương (homeorhesis), khác với các phản ứng nội cân bằng (homeostasis) ở mức cơ thể (Odum, 1993).

Giả thuyết này ra đời còn trả lời câu hỏi đang tồn tại và gây tranh cãi: môi trường vật lý có trước, sinh giới xuất hiện muộn hơn hay môi trường vật lý và sinh giới xuất hiện song song, cùng một lúc. Ngay từ đầu, Lovelock và Margulis thiên về quan niệm cho rằng, sự sáng tạo quan trọng nhất tạo nên sự sống trên hành tinh chính là làm ổn định khí quyển và

khí hậu của nó. Theo Lovelock và Margulis, “sinh quyển là một thực thể tự điều chỉnh, có khả năng giữ cho hành tinh chúng ta khoẻ mạnh trên cơ sở môi trường vật lý và hoá học của nó được kiểm soát”. Nói một cách khác, Trái Đất là hệ sinh thái khổng lồ với hàng loạt các mối quan hệ chức năng và những hồi tiếp để làm dịu đi những cực trị của nhiệt độ, duy trì thành phần hoá học của khí quyển và đại dương tương đối ổn định. Từ ý tưởng đó, một ví dụ được dẫn ra, sự hiện diện của thảm hoa Cúc Trắng và Đen trên bề mặt Trái Đất có thể kiểm soát được nhiệt Mặt Trời hay bóng bẩy như Gót có lần đã nói “cánh hoa nở chặn tới các vì sao”. Hoa Cúc Đen hấp thụ ánh sáng và làm cho hành tinh ấm lên đến mức quá nóng đối với chúng, ngược lại, sự hiện diện của hoa Cúc Trắng lại phản xạ lại ánh sáng, tạo ra hiệu ứng ngược, làm hành tinh lạnh đi.

Điều này đã gây tranh luận nhiều nhất. Những người theo giả thuyết Gaia thừa nhận, các quần xã sinh vật đóng vai trò chính trong *nội cân bằng* của sinh quyển và sinh vật bắt đầu kiểm soát sinh quyển ngay sau khi xuất hiện vào khoảng trên 3 tỷ năm về trước. Giả thuyết đối nghịch lại cho rằng, các quá trình địa chất (abiotic) tạo điều kiện thuận lợi cho mọi sự sống và sự sống ra đời muộn muộn chỉ có thể thích nghi với điều kiện môi trường có sẵn.

Đương nhiên, phần lớn các nhà khoa học đều nhất trí rằng, khí quyển nguyên thủy được hình thành từ các khí thoát ra từ lõi nóng bỏng của Trái Đất do hoạt động của núi lửa. Núi lửa vẫn tiếp tục gây tác động cả khi sinh giới ra đời, nhưng khí quyển thứ sinh tồn tại đến ngày nay chính là sản phẩm hoạt động của các quá trình sinh học, phù hợp với giả thuyết Gaia. Sự hình thành khí quyển thứ sinh được khởi đầu bằng sự sống đầu tiên, những vi sinh vật nguyên thủy sống kỵ khí (*dạng anaerobe*). Khuẩn lam xuất hiện đã thải O_2 vào khí quyển nhờ hoạt động quang hợp và từ đó, động vật, thực vật, những kẻ đòi hỏi O_2 cho hoạt động hô hấp (*dạng aerobe*) mới tiến hoá, còn sinh vật kỵ khí buộc phải rút lui vào những lớp đất và trầm tích sâu yếm khí, nơi mà chúng có cơ hội phát triển và giữ vai trò chính trong các hệ sinh thái không có O_2 . Có lẽ sự lạnh đi của Trái Đất do hàm lượng cacbon đioxit (CO_2) trong khí quyển suy giảm, liên quan chặt chẽ với sự xuất hiện và phát triển phong phú của các loài sinh vật vỏ đá vôi trong các đại dương. Như vậy, sự suy giảm hàm lượng CO_2 trong tiến trình lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất chịu sự chi phối của các quá trình sinh học. Nếu không có sinh vật, khí hậu Trái Đất sẽ đi theo con đường lạnh

cóng như sao Hoả (-60°C) hoặc nóng bỏng như sao Kim (460°C). Trong khí quyển của Trái Đất, hàm lượng CO_2 thấp, hàm lượng O_2 và N_2 cao, đối lập với các hành tinh khác trong hệ Mặt Trời, đã tạo thuận lợi cho đời sống của sinh vật hiếu khí.

Từ khi xuất hiện quang hợp, hoạt động tự dưỡng (autotrophic) thường vượt lên so với hoạt động dị dưỡng (heterotrophic) do hàm lượng CO_2 luôn ở mức thấp (hình thành hoá thạch, tạo xương đá vôi cho san hô và nhiều nhóm động vật khác...). Sinh vật do đó giữ vai trò trọng trách trong việc duy trì tỷ số CO_2/O_2 ở trạng thái ổn định trong suốt tiến trình lịch sử phát triển và tiến hoá của sinh quyển.

Số phận của khí N_2 , một loại khí chiếm thể tích lớn trong khí quyển sẽ như thế nào? Nguyên tố này rất ít biến đổi về mặt hoá học nếu như không có sự tham gia của sinh vật. Những vi khuẩn cố định nitơ đã biến N_2 thành NO_3^- và những dẫn xuất sau này của chúng (NH_4^+) để cây có thể hấp thụ được, đồng thời nhóm vi khuẩn phản nitrat lại có thể chuyển các hợp chất nitơ về dạng ban đầu. Không những thế, nếu không có những vi khuẩn phân huỷ amonia (NH_3) thì pH của môi trường đất, nước giảm xuống rất thấp, chỉ thích hợp cho một số rất ít sinh vật có khả năng tồn tại trên Trái Đất này.

Một điều quan trọng cần phải nhấn mạnh là, sinh giới có vai trò điều chỉnh và sửa chữa những lệch lạc của môi trường vật lý, đưa hệ thống về trạng thái cân bằng, nhưng sinh giới và sự phát triển của nó lại chịu sự chi phối trực tiếp hay gián tiếp của các điều kiện môi trường và trả lời lại bằng những phản ứng thích nghi. Chẳng hạn, chúng sống trong điều kiện môi trường bị giới hạn, mỗi loài sinh vật phải tự kìm hãm khả năng sinh sản của mình để giúp cho sự tồn tại chung của các loài trong quần xã. Sự thích nghi này phù hợp với quan điểm tiến hoá, trong đó chọn lọc nhóm đóng vai trò rất quan trọng thông qua quá trình đào thải những gen bất lợi và bảo tồn những gen có lợi cho sự tồn tại và phát triển hưng thịnh của quần xã sinh vật.

Rõ ràng, hàm ý của giả thuyết Gaia coi hệ sinh thái cũng như cá thể sinh vật là một thực thể tự vận hành và tự điều chỉnh thông qua các mối liên hệ ngược hay những hồi tiếp âm và hồi tiếp dương (Odum, 1989).

Để duy trì trạng thái *nội cân bằng*, hồi tiếp phải là những hồi tiếp âm. Hồi tiếp âm có tác dụng điều chỉnh các quá trình hoặc tập hợp các sự kiện

bằng cách khoá lại hoặc kìm hãm chúng. Những hồi tiếp âm như thế trở thành nguyên tắc cơ bản của nội cân bằng, giống như “rơ le” của một thiết bị vật lý tự ngắt khi nhiệt độ của nó cao vượt ngưỡng, nhưng lại tự đóng khi nhiệt độ của nó thấp hơn ngưỡng. Tương tự, khi số lượng cá thể của quần thể tăng vượt khỏi nguồn thức ăn mà môi trường có thể cung cấp, hồi tiếp âm xuất hiện (giảm mức sinh sản, nhưng tăng mức tử vong) như một tác nhân đưa kích thước quần thể trở lại “vị trí” cân bằng với sức chứa của môi trường. Những hồi tiếp kiểu như thế giúp chúng ta hiểu được khái niệm đơn giản nhất về điều khiển học (*cybernetics*) của hệ sinh thái. Song O'Neill và nnk. (1986), cũng lưu ý rằng, không có bất kỳ hoạt động nào của hệ sinh thái lại điều chỉnh rầm rập như một cỗ máy mà nhiều hiện tượng nhận biết được lại không thật ổn định, gây ra bởi các *hồi tiếp dương*, những tác động đưa đến sự hỗn loạn mang tính huỷ hoại. Chẳng hạn, các quần thể đều có khuynh hướng tăng số cá thể của mình theo kiểu hàm số mũ để chiếm ưu thế trong cạnh tranh sinh tồn, tuy nhiên, sự tăng trưởng như thế không mang lại lợi ích chung nào mà chỉ là nguyên nhân gây ra đổ vỡ, huỷ hoại quần xã. Thế giới của chúng ta được toàn vẹn và tương đối ổn định là nhờ các hồi tiếp âm giữ vai trò phổ biến và chủ đạo trong mọi quá trình.

Ngược với giả thuyết Gaia, Kasting và ct. (1988) lại cho rằng, sự kiểm soát cơ bản đối với hàm lượng CO_2 trong khí quyển chính là các quá trình vật lý hơn là các quá trình sinh học. Các ông biện minh rằng, thậm chí không có sinh vật thì điều kiện khí quyển của Trái Đất, sao Hoả, sao Kim vẫn được điều chỉnh nhờ mỗi một hành tinh đều có khả năng khác nhau để chu chuyển cacbon giữa lớp vỏ và khí quyển của nó.

Một số học giả khác còn hoài nghi về hoạt động chức năng của hệ sinh thái và sinh quyển như một hệ điều khiển (*cybernetic*), mặc dầu vẫn thừa nhận sinh vật đóng vai trò chính trong việc kiểm soát thành phần hoá học của khí quyển và đại dương (Kerr, 1988).

Trong thực tế, các tai hoạ gây ra do sao chổi va đập vào Trái Đất, núi lửa bùng phát và băng giá xuất hiện theo thời gian lại làm nổi lên những mối nghi ngờ về trạng thái nội cân bằng toàn cầu. Trong những hoàn cảnh như thế, câu trả lời vẫn là, sự sống dù có bị chao đảo, nhưng không chỉ tiếp tục tồn tại mà ngày càng phát triển đa dạng, đồng thời phục hồi lại những điều kiện môi trường thuận lợi cho chính nó. Chẳng hạn, khoảng 65 triệu năm trước đây, đêm giao thừa giữa nguyên đại Trung sinh và Tân sinh,

“biến cố Creta” đã xảy ra, dẫn đến sự diệt vong của 95% số giống loài sinh vật trên cạn và dưới nước, trong đó các loài bò sát khổng lồ bị xoá sổ hoàn toàn. Trái lại, nhiều loài thực vật Hạt kín, côn trùng, một số loài động vật còn kém tiến hoá hơn, bao gồm cả đại diện của thú nguyên thủy có cơ may thoát nạn đã trở thành những kẻ chiến thắng, tồn tại, tiến hoá và phát triển hưng thịnh vào các kỷ tiếp theo.

Giả thiết Gaia ra đời trong hoàn cảnh môi trường của hành tinh đang rơi vào tình trạng khủng hoảng do những hoạt động bất cập của con người, như khai thác quá mức đến khánh kiệt tài nguyên, làm thất thoát nhanh chóng đa dạng sinh học, huỷ hoại các hệ sinh thái có sức sản xuất cao và rất nhạy cảm đang hỗ trợ cho cuộc sống của con người, hiệu ứng nhà kính ngày một tăng, tầng ôzôn bị bào mòn và thủng những lỗ lớn trên bầu trời Nam Cực,... Trong bối cảnh đó, thuyết Gaia giúp chúng ta nhìn nhận lại và đánh giá lại một cách khách quan vai trò của sinh giới, kể cả con người trong tiến trình phát triển. Cần nhớ rằng, con người sinh ra quá muộn màng so với những gì đã có trên Trái Đất, không đóng góp được gì cho sự phát triển của sinh giới và sống “ký sinh” vào sinh quyển, nhưng lại không hiểu đầy đủ về nó, những quá trình đang diễn ra xuyên suốt bức màn bí ẩn của đại dương và vành đai xanh đang ngự trị trên hành tinh. Con người và các loài đều là những thành viên của sinh quyển và đều nằm trong sự vận hành của một tổng thể sống, trong đó sinh vật và môi trường vật lý tác động qua lại với nhau một cách hài hoà theo cơ chế tự điều chỉnh. Nếu như khác đi, con người tự tách mình khỏi sinh giới và môi trường sống của chính mình, điều tất yếu sẽ xảy đến – sinh quyển sẽ lâm nguy, số phận của loài người cũng sẽ rơi vào con đường tuyệt vọng.

4.4. ĐA DẠNG SINH HỌC

Thuật ngữ *đa dạng sinh học (Biodiversity)* ra đời từ những năm 80 của thế kỷ trước và được hiểu “là sự phồn thịnh của sự sống trên Trái Đất, là hàng triệu loài thực vật, động vật và vi sinh vật, là những gen chứa trong các loài, là những hệ sinh thái vô vùng phức tạp cùng tồn tại trong môi trường” (WWF, 1989).

McNeely et al. (1991) cho rằng, “Đa dạng sinh học (ĐDSH) là một khái niệm chỉ tất cả động vật, thực vật và vi sinh vật, những đơn vị phân loại dưới chúng và các hệ sinh thái mà sinh vật là những đơn vị cấu thành”.

Đó là một thuật ngữ bao trùm đối với mọi mức độ biến đổi của thiên nhiên, gồm cả số lượng và tần suất xuất hiện của các hệ sinh thái, của loài hay gen trong một tập hợp đã biết”.

Như vậy, ĐDSH được xét trong 3 cấp:

- Đa dạng về loài sinh vật.
- Đa dạng về gen chứa trong các loài hay đa dạng về di truyền.
- Đa dạng về hệ sinh thái.

Các quần xã sinh vật có số lượng loài rất khác nhau, do đó, trong sinh thái học, việc nghiên cứu *mức giàu loài* hay *đa dạng sinh học* như A. W. Wallas (1878) đề cập đến, là việc làm rất quan trọng. Ông thừa nhận rằng, các loài động vật ở vùng nhiệt đới phong phú và ít biến động hơn so với các loài ở vùng khác trên hành tinh. Hiện tượng này cũng tương tự đối với các loài thực vật. Từ lâu người ta đã biết, những đảo nhỏ và xa lục địa có số lượng loài ít hơn so với những đảo lớn và gần lục địa (McArthur và Wilson, 1967). Sự điều chỉnh đó đối với nhiều nhóm phân loại chỉ ra rằng, chúng được phát sinh ra trong những điều kiện phù hợp với các nguyên lý cơ bản hơn là tính ngẫu nhiên của lịch sử. Vậy giải thích khuynh hướng đó như thế nào trong đa dạng sinh học?

Đo đạc và lượng hoá đa dạng sinh học là một phần quan trọng trong sinh học bảo tồn bởi vì chúng ta cần phát hiện cái gì cần được bảo vệ. Các nhà sinh học bảo tồn thường chỉ gắn công việc của họ với các loài đặc trưng, các nhà sinh thái học quần xã lại quan tâm đến toàn bộ các loài và các thông tin cô đọng thành một tập hợp trong quần xã. Khuynh hướng dựa trên cơ sở quần xã có thể đánh giá số lượng lớn loài và những nguyên nhân quy định số lượng đó. Để làm việc này, trước hết chúng ta phải thống kê được các loài động vật và thực vật, sau đó đánh giá mức đa dạng sinh học.

Mức đa dạng về loài được tính theo số lượng loài. Cách tính như thế chỉ bao hàm những loài định cư mà không phải những loài ngẫu nhiên hoặc nhập cư tạm thời, bởi vì thực tế không phải dễ dàng phân biệt được những loài ngẫu nhiên. Số lượng loài là quan điểm đầu tiên và cổ nhất về đa dạng sinh học, được gọi là *sự giàu có về loài*.

Quan điểm thứ hai về đa dạng sinh học là tính hỗn hợp (heterogeneity). Tính số lượng loài để đánh giá đa dạng sinh học cũng chính là đề cập đến sự san bằng (hay tính bình quân) của các loài hiếm và phổ biến. Chẳng hạn, một quần xã với 2 loài có thể được chia thành 2 nhóm cực đoan:

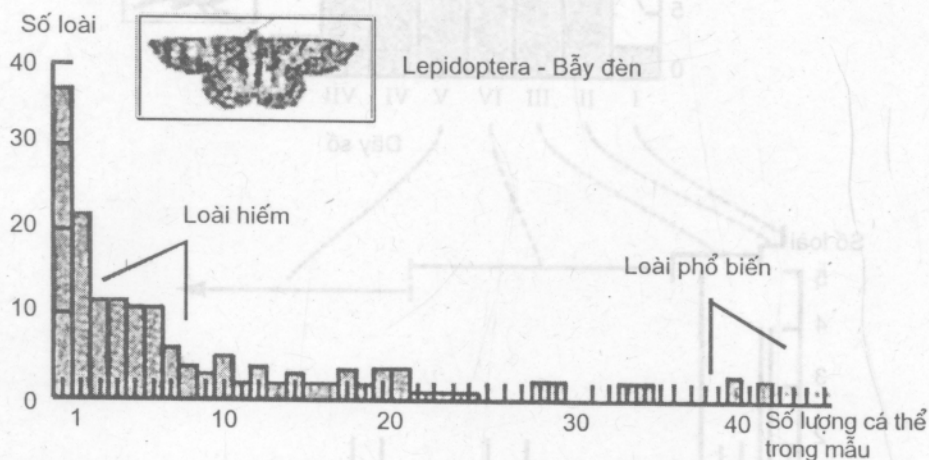
Loài	Quần xã 1	Quần xã 2
Loài A	99	50
Loài B	1	50

Quần xã đầu tiên có một loài rất ưu thế, gần với kiểu độc canh (monoculture), còn quần xã thứ 2 về mặt trực giác dường như đa dạng hơn quần xã đầu, do tính san bằng cao, không có loài ưu thế. Chúng ta có thể kết hợp cả 2 quan điểm về số lượng loài và mức phong phú tương đối thành một quan điểm hỗn hợp đơn lẻ. Tính hỗn hợp trong quần xã sẽ cao hơn khi nhiều loài hơn và khi các loài có mức phong phú gần nhau hơn hay mức bình quân (san bằng) cao hơn.

Một khó khăn nổi lên trong cách xác định số lượng loài của quần xã sinh vật khi số lượng loài phụ thuộc vào diện tích lấy mẫu. Thu mẫu một cách đầy đủ thường không đơn giản, nhất là đối với các loài động vật có xương sống, nhưng dễ dàng hơn đối với côn trùng và các nhóm Chân khớp khác. Các nhà sinh thái học thường áp dụng 2 cách khác nhau. Trước hết, việc áp dụng phương pháp thống kê có lẽ rất thích hợp đối với các dữ liệu về sự phong phú tương đối của loài. Một nét rất nổi bật của các quần xã là chúng có thể chứa các loài với số lượng tương đối ít, nhưng lại phổ biến và những loài với số lượng tương đối đông, nhưng lại hiếm. Do đó, vấn đề này không phức tạp khi lấy mẫu trong một vùng xác định và khi tính cả *số lượng loài* và *số lượng cá thể của từng loài*, cũng như nhiều thông tin khác được tích lũy.

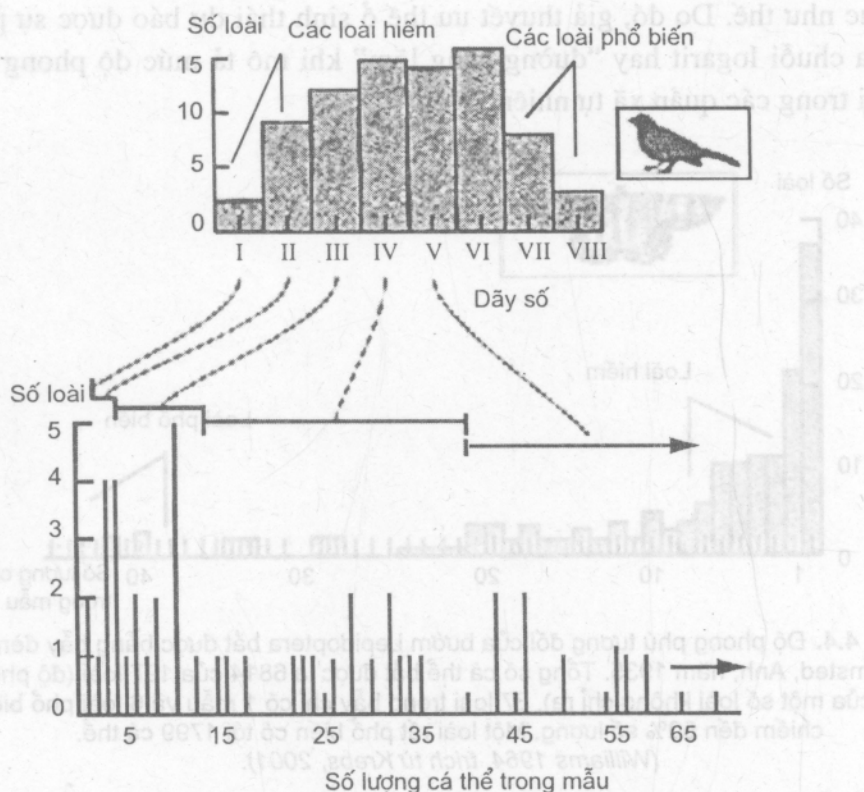
Trong nhiều mẫu thu được về khu hệ, số lượng loài có mặt trong mẫu đơn lẻ rất đông, còn số lượng loài có mặt trong 2 mẫu lại ít hơn, trong 3 mẫu còn ít hơn nữa... như vậy, chỉ có một số ít loài có mặt trong nhiều mẫu. Khi Fisher, Corbet và Williams (1943) thể hiện trên đồ thị theo thang logarit thì kết quả là một “đường cong lõm” (hình 4.4). Ở đây, số lượng loài lớn nhất trong quần xã khi rơi vào phạm trù “rất hiếm”, có ý nghĩa quan trọng nhất trong nghiên cứu sinh thái học. Trong các quần xã với số loài tương đối ít do một nhân tố môi trường đơn lẻ ưu thế thì chuỗi logarit xuất hiện (May, 1975). Điều đó được mô tả như một dạng cực đoan về “ưu thế ổ sinh thái”, trong đó, loài thành công nhất chiếm trước một phần k của tổng nguồn sống, loài tiếp theo lại chiếm phần k nguồn sống còn lại và cứ

tiếp tục như thế. Do đó, giả thuyết ưu thế ổ sinh thái dự báo được sự phân bố của chuỗi logarit hay “đường cong lõm” khi mô tả mức độ phong phú về loài trong các quần xã tự nhiên.



Hình 4.4. Độ phong phú tương đối của bướm Lepidoptera bắt được bằng bẫy đèn ở Rothamsted, Anh, năm 1935. Tổng số cá thể bắt được là 6814 của 197 loài (độ phong phú của một số loài không chỉ ra). 37 loài trong bẫy chỉ có 1 mẫu và 6 loài phổ biến chiếm đến 50% số lượng. Một loài rất phổ biến có tới 1799 cá thể. (Williams 1964, trích từ Krebs, 2001).

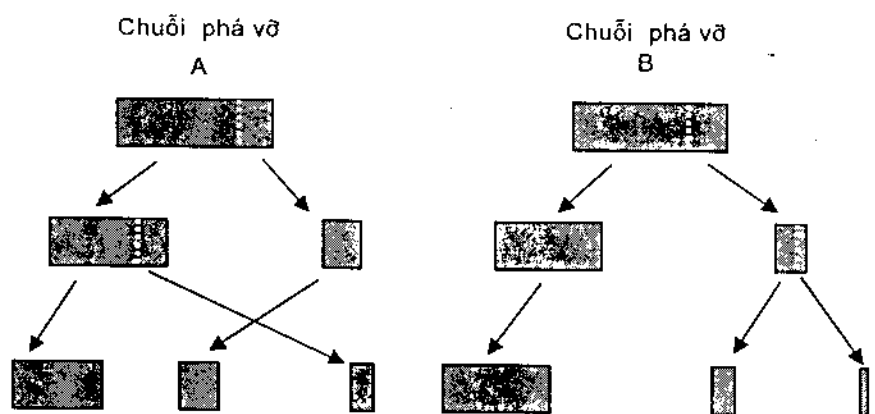
Thông qua chuỗi logarit có thể ngầm hiểu rằng, số lượng loài lớn nhất với mức phong phú tối thiểu – số lượng loài có mặt trong mẫu đơn lẻ luôn luôn ở mức tối đa, tuy nhiên, đó không phải là trường hợp của tất cả các quần xã. Hình 4.5 chỉ ra mức phong phú tương đối của tổ chim ở thung lũng đường chạy Quaker (New York). Số lượng loài nhiều nhất có mặt trong 10 cặp sinh sản và mức phong phú tương đối lại không phù hợp với đường cong lõm. Preston (1948) cho rằng, số cá thể trong mẫu được biểu diễn trên trục hoành (x) theo thang logarit sẽ khác biệt nhiều so với thang số học. Khi biến đổi thang tính toán và kết hợp các loài với nhau thành các lớp với dãy biến đổi của độ phong phú về loài tăng theo cấp số nhân thì các giá trị của độ phong phú tương đối có dạng hình chuông (phân bố chuẩn) và do trục x được dùng theo thang logarit nên sự phân bố đó được gọi là *phân bố log-chuẩn*. Điểm chìa khoá ở đây là, quần thể có xu hướng tăng theo cấp số nhân, do đó, phương pháp để phân tích độ phong phú chính là phân tích đường cong logarit của mật độ quần thể.



Hình 4.5. Độ phong phú tương đối của các loài chim làm tổ ở đường chạy Quaker, New York. Phần dưới của hình chỉ ra sự phân bố theo thang số học, phần trên theo thang cấp số nhân (dãy I=1, II: 2–4, III: 5–13, IV: 14–40, V: 41–121,...). Phần lớn các loài đều có độ phong phú ở mức trung gian, một số ít là rất phổ biến hoặc rất hiếm. (Williams, trích từ Krebs, 2001).

Phân bố log–chuẩn thích hợp cho sự biến đổi của các dữ liệu của quần xã đa dạng đến mức ngạc nhiên. Hình 4.6 cho 2 ví dụ về mức phong phú tương đối của những quần xã khác nhau. Phân bố log – chuẩn xuất hiện trong tất cả các quần xã mà ở đó, tổng các loài rất lớn và mức phong phú của các loài được xác định bởi nhiều yếu tố hoạt động độc lập, phân bố log – chuẩn là phân bố thống kê kỳ vọng đối với nhiều quần xã sinh vật (May, 1975). Nhân tố có tác dụng điều chỉnh trong cấu trúc của quần xã đã dẫn đến những đường cong giống nhau về độ phong phú, chẳng hạn, của loài nhậy ở Anh, tảo nước ngọt ở Tây Ban Nha, rắn ở Panama và chim ở New York. Phân bố log–chuẩn có thể mô tả được tất cả các dữ liệu phù hợp với chuỗi logarit và trở thành mô hình tổng quát về mức độ phong phú của loài

trong các quần xã tự nhiên. Sugihara (1980) đã cung cấp một cơ chế sinh học đưa đến kiểu phân bố log-chuẩn, khi thừa nhận rằng, mỗi quần xã đều có một phức hợp ổ sinh thái thành phần mà tổng của chúng chính là ổ sinh thái chung của các loài. Không gian này có thể được ví như một khối chung có thể được tách thành các đơn vị nhỏ hơn với độ phong phú tương đối được thừa nhận rõ ràng. Ta có thể xem xét mô hình của Sugihara với một quần xã đơn giản gồm 3 loài. Trước hết, tổng không gian ổ sinh thái ngẫu nhiên được chia nhỏ để tạo nên 2 phần. Phần lớn hơn được xếp theo kích thước từ 0,5 đến 1,0 (của khối ban đầu) sẽ có giá trị trung bình là 0,75 đơn vị. Tiếp sau, 1 trong 2 phần được lựa chọn một cách ngẫu nhiên để có phần thứ 3 nếu phần lớn hơn lại bị chia nhỏ ở lần thứ 2 này (chuỗi A, hình 4.6). Kết cục chúng ta có 3 “loài” với mức phong phú tương đối trung bình là 0,57; 0,28 và 0,15 (Sugihara, 1981). Nếu phần nhỏ hơn của 2 phần ban đầu được chia nhỏ (chuỗi B, hình 4.6), ta sẽ có 3 “loài” với mức phong phú tương đối trung bình là 0,75; 0,19 và 0,06 (xác định mức phong phú theo phép lấy trung bình được áp dụng đối với mẫu lớn của quần xã với 3 loài; một quần xã bất kỳ sẽ thay đổi bởi vì sự chia nhỏ xuất hiện ngẫu nhiên). Đối với các quần xã nhiều loài việc tính toán khó khăn hơn, nhưng nguyên tắc thì không có gì thay đổi. Điều quan trọng là, việc phân chia nhỏ được làm liên tiếp và không ngay lập tức, sự phân chia đó phù hợp với giả định sinh học mà cấu trúc ổ sinh thái của các quần xã được sắp xếp theo thứ bậc.



Hình 4.6. Mô tả về giả thiết đập vỡ liên tiếp của Sugihara. Hai khả năng đập vỡ liên tiếp được trình diễn cho một quần xã gồm 3 loài. Nếu ổ sinh thái trong các quần xã tự nhiên được chia nhỏ theo cách đó thì hình mẫu về độ phong phú có được cho các loài trong quần xã sẽ là phân bố log-chuẩn (Sugihara, 1980).

Giả thiết chia nhỏ liên tiếp có thể dự báo được mức độ phong phú tương đối theo sự phân bố log-chuẩn. Các số liệu từ nhiều quần xã khác nhau rất tương thích cho giả thuyết này và sự phát hiện theo kinh nghiệm của Preston (1962) có thể giải thích rõ ràng về mặt sinh học như hậu quả của sự chia nhỏ ổ sinh thái liên tiếp.

Khuynh hướng thứ 2 đối với đa dạng loài là đo đạc (đánh giá) tính hỗn tạp của quần xã sinh vật. Có một vài phép đo đang được áp dụng (Magurran, 1988; Krebs, 1999), nhưng phổ biến nhất vẫn là lý thuyết thông tin. Đối tượng chính của lý thuyết thông tin là đo tổng các giá trị theo bậc (hay không có thứ bậc) trong hệ thống. Theo công thức Shannon – Wiener (1949), Margalef (1986), lượng thông tin trung bình được đánh giá theo biểu thức:

$$\bar{H} = - \sum_{i=1,2,\dots}^n \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad (4.1)$$

Trong đó, $\bar{H}$ là tổng lượng thông tin trung bình, có thể được tính bằng log cơ số 2 để nhân ngay được giá trị bằng bit trên mỗi cá thể; n_i là vai trò của một loài i nào đó; N là tổng giá trị các vai trò trong quần xã.

Người ta cũng đánh giá mức đa dạng sinh học theo công thức của Magurran (1991).

$$\alpha = \frac{N(I-x)}{x} \quad (4.2)$$

với x được tính bằng biểu thức:

$$x = -\ln(I-x) \left(\frac{I-x}{x} \right) = \frac{S}{N} \quad (4.3)$$

Trong đó: α là chỉ số đa dạng, S là số loài được xác định của vùng nghiên cứu, N là tổng số cá thể của các loài trong vùng nghiên cứu, còn x là giá trị trong dãy logarit tự nhiên.

Hoặc tính mức đa dạng sinh học Dv theo công thức của Chen Qingchao (1994):

$$Dv = \bar{H} \times e = \bar{H} \times \frac{\bar{H}}{\log S} \quad (4.4)$$

Các quần xã khác nhau thường có số lượng loài nhiều, ít khác nhau, song trong số các loài của một quần xã bất kỳ thường có một hoặc một số loài chiếm ưu thế (đồng về số lượng cá thể, sinh vật lượng cao hay “chỉ số vai trò” cao), phần lớn các loài còn lại có số lượng cá thể ít hơn (hay “chỉ số vai trò” thấp). Trong tự nhiên, đôi khi loài ưu thế không xuất hiện mà thế vào đó là sự có mặt của nhiều loài có độ phong phú ở mức trung gian.

Ngoài các công thức tính toán trên, mức đa dạng còn được biểu diễn bằng chỉ số bình quân hay chỉ số san bằng (e) dưới dạng biểu thức:

$$e = \frac{\bar{H}}{\log S} \quad \text{hay} \quad e = \frac{1}{\sum_{i=1}^s p_i^2} \cdot \frac{1}{S}$$

Ở đây, giá trị của e biến thiên từ 0 đến 1. Nếu $e = 0$, trong quần xã mức bình quân là tối đa, không có loài ưu thế, còn $e = 1$, trong quần xã mức ưu thế là tối đa.

Còn 3 chỉ số khác mà các nhà sinh thái học thường sử dụng là:

– *Mức đa dạng alpha* (α) để chỉ mức đa dạng (tất cả số loài) ở trong một vùng đặc biệt, một quần xã hay một hệ sinh thái và được đo bằng số lượng của các taxon trong hệ sinh thái (thường là loài).

– *Mức đa dạng beta* (β) là mức đa dạng (số loài) riêng về loài (hay số loài không chung) của các hệ sinh thái; điều này liên quan đến sự so sánh số lượng các taxon mà chúng là chỉ số đặc trưng duy nhất đối với mỗi hệ.

– *Mức đa dạng gamma* (γ) là mức độ đa dạng (hay số lượng loài) chung đối với tất cả các hệ sinh thái trong một vùng.

Tóm lại, để đánh giá đa dạng sinh học, chúng ta cần phối hợp 2 dạng số lượng: số lượng loài trong quần xã và mức phong phú tương đối của loài tạo nên quần xã.

Hiện nay, số lượng loài trong sinh quyển chưa có một con số chính xác và cũng chỉ mới xác định được tên của một bộ phận nhỏ trong chúng (bảng 4.2).

Bảng 4.2. Số lượng loài đã biết và được đánh giá trên Trái Đất

Nhóm phân loại	Số lượng loài đã biết	Số lượng loài được đánh giá			Tính chính xác
		Cao	Thấp	Có thể chấp nhận	
Virus	4.000	1.000.000	50.000	400.000	Rất kém
Vi khuẩn	4.000	3.000.000	50.000	1.000.000	Rất kém
Nấm	72.000	2.700.000	200.000	1.500.000	Trung bình
Protozoa	40.000	200.000	60.000	200.000	Rất kém
Tảo	40.000	1.000.000	15.000	400.000	Rất kém
Thực vật	270.000	500.000	300.000	320.000	Tốt
Nematoda	25.000	1.000.000	100.00	400.000	Kém
Arthropoda:					
– Crustacea	40.000	200.000	75.000	150.000	Trung bình
– Arachnida	75.000	1.000.000	300.000	750.000	Trung bình
– Insecta	950.000	100.000.000	2.000.000	8.000.000	Trung bình
Mollusca	70.000	200.000	100.000	200.000	Trung bình
Chordata	45.000	55.000	50.000	50.000	Tốt
Các nhóm khác	115.000	800.000	200.000	250.000	Trung bình
Tổng số	1.750.000	111.655.000	3.635.000	13.620.000	Rất kém

Nguồn: UNEP, 1995, “Đánh giá đa dạng sinh học toàn cầu” (Cambridge University Press)

Theo dự đoán, tổng số loài được đánh giá dao động trong khoảng 3,6 – 111,6 triệu, nhưng mới biết và đặt tên cho 1,75 triệu loài, chiếm 12,8% tổng số loài có thể chấp nhận (13.620.000). Nhiều nhóm phân loại lớn còn biết rất ít như vi sinh vật, côn trùng... Trong thời gian từ năm 1979 đến năm

**Hình 4.7. Sao La**

1988, các nhà khoa học đã mô tả bổ sung 11.603 loài mới (bảng 4.3). Ngay ở những nhóm động vật bậc cao như thú, trong thế kỷ vừa qua khoa học cũng đã phát hiện thêm một số loài mới. Chỉ riêng năm 1992 và 1994 ở Việt Nam đã công bố 3 loài thú mới cho khoa học như Sao la (*Pseudoryx vuquangensis*) (hình 4.7), Mang lớn (*Megamuntiacus vuquangensis*) (hình 4.8) từ rừng núi Hà Tĩnh và bò Xùng xoắn (*Pseudonovibos*

spiralis) từ rừng núi Tây Nguyên. Về chim, chúng ta đã phát hiện được phân loài Trĩ (*Rheinartia ocellatus ocellatus*) cuối cùng của thế giới; gà Lôi lam đuôi trắng (*Lophura hatinnhensis*) và gà Lôi lam mào trắng (*Lophura edwardsi*) đã bị diệt chủng ở hầu hết các vùng, nhưng chỉ còn có mặt ở nước ta.

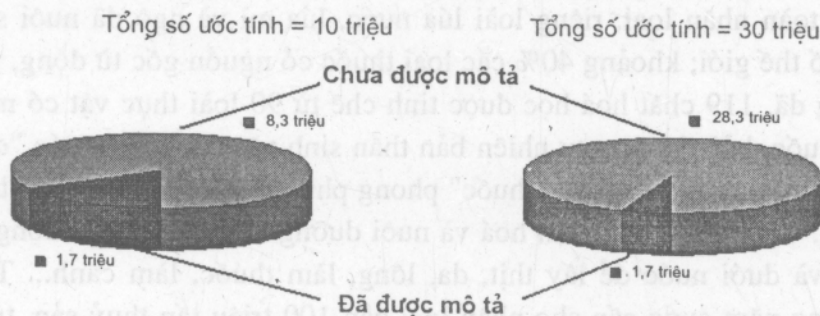


Hình 4.8. Mang lớn

Bảng 4.3. Số loài động vật mới khoa học phát hiện được trong khoảng thời gian từ 1979 đến 1988

Các nhóm và số lượng của chúng	Các nhóm và số lượng của chúng
1. Protozoa 356	10. Hemiptera 1.103
2. Plathelminthes 316	11. Lepidoptera 642
3. Nematoda 364	12. Diptera 1.048
4. Annelida 173	13. Himenoptera 1.196
5. Mollusca 363	14. Coleoptera 2.308
6. Invertebrata khác 254	15. Insecta khác 925
7. Crustacea 699	16. Cá 231
8. Arachnida 1.350	17. Vertebrata khác 166
9. Arthropoda khác 109	Tổng số 11.603

Nếu như tổng số loài có mặt trên Trái Đất được đánh giá là 10 triệu thì theo tính toán, để mô tả nốt 8,3 triệu loài còn lại cần thời gian khoảng 750 năm; nếu tổng số loài 30 triệu thì việc mô tả 28,3 triệu còn lại phải cần tới 1.570 năm (hình 4.9).



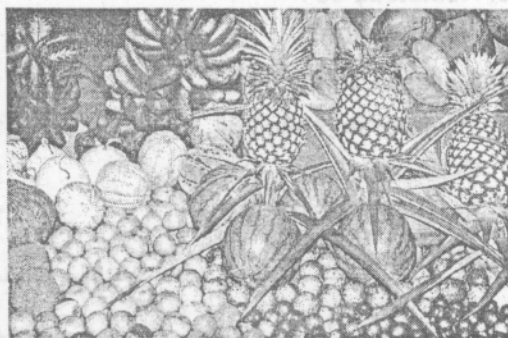
Hình 4.9. Biểu đồ chỉ ra số lượng loài được mô tả so với tập hợp loài có thể có trên Trái Đất.

Các nhà khoa học khẳng định rằng, những loài có giới hạn sinh thái rộng đối với nhiều yếu tố thường phân bố rộng trong nhiều vùng trên Trái Đất, còn những loài có giới hạn sinh thái hẹp với nhiều yếu tố thường tập trung ở những vùng mà điều kiện môi trường tương đối ổn định. Do đó, ở rừng ẩm nhiệt và đới xích đạo tuy chỉ chiếm 7% diện tích mặt đất nhưng đã chứa nửa số lượng loài động, thực vật của toàn sinh quyển.

Đa dạng sinh học đóng vai trò rất quan trọng đối với sinh giới và con người.

– Trước hết, các hệ sinh thái là cơ sở sinh tồn của mọi sự sống, bao gồm trong đó cả đời sống con người. Hệ sinh thái đảm bảo cho sự vận động không ngừng của các nguyên tố hoá học giữa môi trường và quần xã sinh vật, duy trì sự ổn định và màu mỡ của đất đai, điều tiết nước ngầm, chống xói lở bờ bãi, điều hoà chế độ thủy văn, khí hậu, thời tiết, thanh lọc các chất ô nhiễm...

– Cung cấp trực tiếp cho con người lương thực, thực phẩm, dược liệu, nguyên liệu cho các ngành công nghiệp, cung cấp năng lượng nguyên khai (than, củi). ĐDSH đặc biệt quan trọng đối với sự phát triển của nông – lâm – ngư nghiệp. Từ khi nền Văn minh Nông nghiệp xuất hiện cho đến nay (trên 10.000 năm), loài người đã biết tới 50.000 loài cây có thể ăn được, trong đó



Hình 4.10. Các cây ăn quả được con người thuần hoá từ nguồn cây hoang dã.

19 loài được trồng trọt để sản xuất ra khoảng 90% tổng sản lượng lương thực cho toàn nhân loại, riêng loài lúa nước, lúa mì và ngô đã nuôi sống 2/3 dân số thế giới; khoảng 40% các loại thuốc có nguồn gốc từ động, thực vật hoang dã, 119 chất hoá học được tinh chế từ 90 loài thực vật có mạch để làm thuốc, bởi vì trong tự nhiên bản thân sinh vật cũng chứa các "dược liệu" hoặc tự tìm được nguồn "thuốc" phong phú xung quanh để chữa bệnh cho mình. Con người đã thuần hoá và nuôi dưỡng hàng trăm loài động vật trên cạn và dưới nước để lấy thịt, da, lông, làm thuốc, làm cảnh... Thủy quyển hàng năm cung cấp cho nhân loại gần 100 triệu tấn thủy sản, trong đó trên 11% từ các vực nước nội địa, còn lại là từ biển.

– Đa dạng sinh học còn là kho gen dự trữ quan trọng để bổ sung cho vật nuôi và cây trồng. Chúng ta cần hiểu rằng, chỉ trong điều kiện tự nhiên các loài sinh vật hoang dã mới có cơ hội tiến hoá, để thích nghi với điều kiện biến đổi của môi trường, có sức sống cao và khả năng chống chịu dịch bệnh tốt. Cây trồng và vật nuôi ngày càng bị con người “tha hoá và bóp méo” nhằm phục vụ cho lợi ích của mình, đương nhiên, chúng sẽ bị suy thoái, cần có nguồn gen mới từ tự nhiên để cải tạo lại.

– Đa dạng sinh học còn phục vụ cho đời sống tinh thần và thoả mãn các nhu cầu về thẩm mỹ, nâng cao tri thức khoa học và khát vọng khám phá thế giới tự nhiên (hình 4.11).

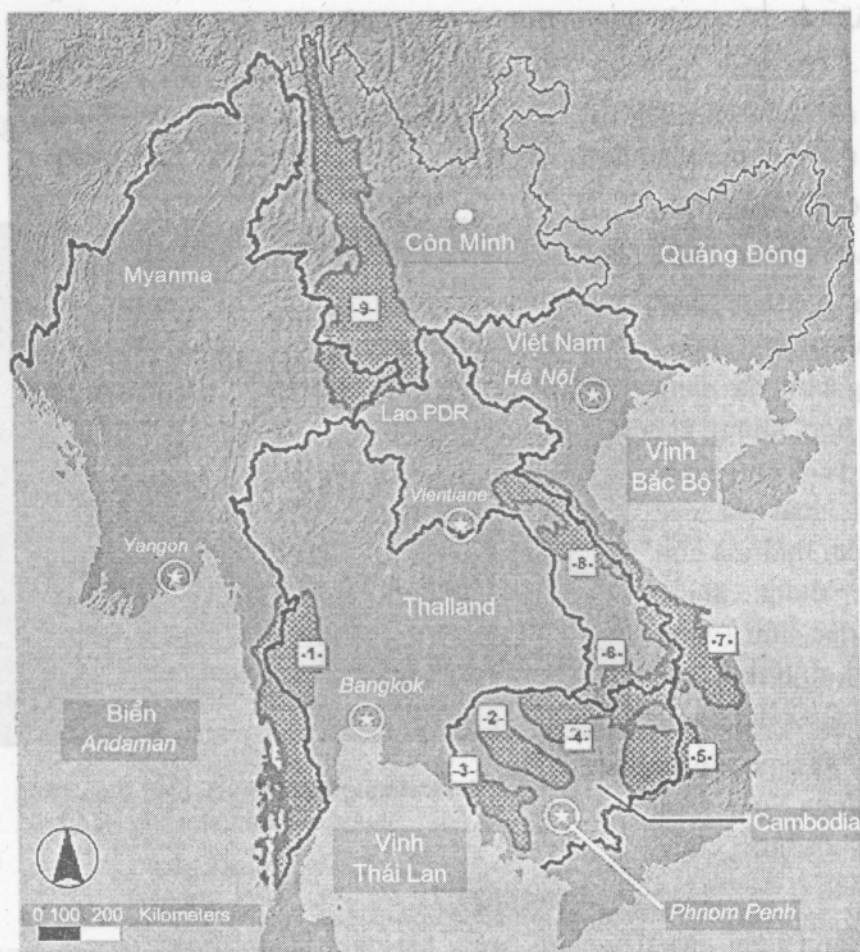
Các nước Nam Á và Đông Nam châu Á được xem là một trong những trung tâm đa dạng sinh học, không chỉ giàu về thành phần giống loài và các hệ sinh thái mà còn chứa đựng nhiều loài đặc hữu (vượn người, tinh tinh, voi châu Á, tê giác một sừng, Komondo...) và nhiều loài mới mà khoa học chưa biết hết.



Hình 4.11. Hoàng hôn trên bãi biển Giao Thủy thuộc cửa Ba Lạt, sông Hồng.

Hành lang của tiểu vùng sông Mêkông là nơi đang trong trạng thái phát triển mạnh, được xem là một trong những điểm nóng về đa dạng sinh học. Tốc độ phát triển ngày một gia tăng có thể gây hiệu quả trái ngược đối với các hệ sinh thái quan trọng và các vùng có giá trị lớn về đa dạng sinh học, trước hết do phá vỡ và chia cắt cảnh quan tự nhiên. Điều đó có thể gây huỷ hoại đến các chức năng và hoạt động của các hệ sinh thái giàu có trong vùng, do đó đe dọa đến sự phát triển kinh tế – xã hội lâu dài và sự an toàn

về môi trường của các nước liên đới. Các quốc gia trong GMS đã có sáng kiến đề xuất và thực thi một chương trình bảo tồn hành lang đa dạng sinh học nhằm hỗ trợ cho sự phát triển kinh tế – xã hội bền vững. Đây là một kỳ vọng, đóng vai trò then chốt trong hành động bảo tồn đa dạng sinh học của một vùng rộng lớn ở khu vực Đông Nam châu Á (hình 4.12).



Hình 4.12. Bản đồ hành lang đa dạng sinh học của tiểu vùng GMS (ADB, 2007).

~~~~~ Biên giới quốc gia      ~~~~~ Biên giới tỉnh

1. Rừng hỗn tạp phía tây; 2. Vùng ngập lủ Tônglêxáp;
3. Vùng núi Đâu Khẩu và Con Voi; 4. Rừng đồng bằng khô hạn phía bắc;
5. Rừng đồng bằng khô hạn phía đông; 6. Ngã ba Đông Dương;
7. Trung Trung Bộ; 8. Bắc Trung Bộ; 9. Thượng nguồn sông Mêkông.

Việt Nam được coi là “điểm nóng” về đa dạng sinh học trên thế giới với 3 lý do:

– Thành phần các giống loài động vật và thực vật khá phong phú. Ở khu vực dưới nước đã xác định được trên 2.740 loài và dưới loài thủy sinh vật nước ngọt, trên 11.000 loài thủy sinh vật nước mặn. Ở trên cạn đã biết 11.373 loài thực vật bậc cao có mạch và 2.393 loài thực vật bậc thấp, trong đó 793 loài Rêu, 2 loài Quyết trần, 57 loài Thông đất, 2 loài cỏ Tháp bút, 664 loài Dương xỉ, 63 loài thực vật Hạt trần, 9.812 loài thực vật Hạt kín. Khu hệ động vật gồm 275 loài thú, 830 loài chim, 258 loài bò sát, 82 loài lưỡng cư và hàng ngàn loài động vật đất và côn trùng. Số lượng các loài nêu trên có thể còn thấp hơn rất nhiều so với những loài đang tồn tại trên lãnh thổ nước ta, bởi vì nhiều nhóm phân loại lớn còn chưa xác định hết được như vi sinh vật, protozoa, arthropoda (nhất là insecta), động vật sống trong đất, nhiều khu vực trên núi cao hay biển sâu, trong các ngọn nguồn sông suối còn chưa được khảo sát một cách đầy đủ...

– Trên lãnh thổ nước ta không chỉ khá giàu về thành phần loài mà còn có mức độ đặc hữu cao so với các nước trong phân vùng Đông Dương (MacKinnon, 1986). Riêng thực vật, tuy không có các họ, nhưng có khoảng 3% số chi và khoảng 33% số loài là đặc hữu đối với hệ thực vật miền Bắc hay hơn 40% tổng số loài của hệ thực vật toàn quốc. Trong số 21 loài linh trưởng sống trong phân vùng này thì nước ta có 15 loài, trong đó 7 loài được xem là những dạng đặc hữu của phân vùng; trong 49 loài chim đặc hữu của phân vùng thì nước ta có 33 loài, trong đó 13 loài là dạng đặc hữu đối với Việt Nam (Eudey, 1987).

– Đa dạng sinh học ở nước ta bị thất thoát nghiêm trọng vào bậc nhất (bảng 4.4). Theo số lượng chung của các loài bị đe dọa ở mức toàn cầu thì nước ta xếp hàng thứ 19 trong các quốc gia, còn theo số lượng các loài thú thì đứng thứ 15 (Bird life, 2006). Nhiều diện tích rừng ở nhiều vùng trên cạn và ven biển bị chặt trắng, bị thu hẹp và chia cắt; có thời điểm độ che phủ của rừng toàn quốc xuống 28%, dưới mức báo động toàn cầu. Rừng ngập mặn hiện nay chỉ còn 152.290ha so với khoảng 400.000ha trước chiến tranh (Maurand, 1945). Rừng còn lại chủ yếu là loại rừng thứ sinh và rừng



Hình 4.13. Voọc mông trắng (*Trachyterus delacour*).



trồng, nhưng cũng không ổn định. Các rạn san hô trên thềm lục địa với diện tích 1,122km<sup>2</sup> cũng đang bị khai thác, chết trắng do đánh cá rạn bằng hoá chất, xung điện, chất lắng đọng và ô nhiễm gia tăng. Diện tích rạn san hô bị đe dọa ở mức thấp nhất (chiếm tỷ lệ nhỏ khoảng 4%), còn lại là đang trong tình trạng bị đe dọa ở mức trung bình, cao và rất cao (Lauretta, Elizabeth, M.Spalding, 2002). Đất ngập nước đang bị thu hẹp nhanh chóng do quá trình công nghiệp hoá và đô thị hoá hoặc do chuyển đổi phương thức sử dụng.

**Bảng 4.4. Các loài thực vật và động vật bị đe dọa được ghi nhận ở nước ta**

| Các nhóm sinh vật | Loài bị đe dọa ở mức toàn cầu |           |            |            | Loài bị đe dọa ở mức quốc gia |            |            |            |
|-------------------|-------------------------------|-----------|------------|------------|-------------------------------|------------|------------|------------|
|                   | CR                            | EN        | VU         | Tổng       | E                             | V          | R          | Tổng       |
| Thực vật          | 25                            | 38        | 85         | 148        | 25                            | 61         | 156        | 242        |
| Thú               | 11                            | 11        | 23         | 45         | 31                            | 25         | 31         | 77         |
| Chim              | 4                             | 13        | 21         | 38         | 15                            | 6          | 28         | 49         |
| Bò sát            | 7                             | 14        | 8          | 29         | 9                             | 16         | 7          | 32         |
| Lưỡng cư          | 0                             | 3         | 12         | 15         | 1                             | 2          | 3          | 6          |
| Cá                | 4                             | 6         | 20         | 30         | 6                             | 21         | 28         | 55         |
| Các loài khác     | 0                             | 0         | 0          | 0          | 11                            | 22         | 28         | 61         |
| <b>Tổng số</b>    | <b>51</b>                     | <b>85</b> | <b>169</b> | <b>305</b> | <b>98</b>                     | <b>153</b> | <b>271</b> | <b>522</b> |

Ngoài việc huỷ hoại nơi sống và các hệ sinh thái, nguồn lợi sinh vật bị khai thác quá mức, bao gồm lâm sản, thủy sản và các loài hoang dã khác; mức độ ô nhiễm môi trường nước, đất ngày một tăng. Đó là do sức ép dân số ngày một lớn, trong khi nhận thức của các nhà quản lý và cộng đồng dân cư chưa được nâng cao, các thể chế chính sách chưa hoàn thiện, còn nhiều bất cập, chưa đủ hiệu lực, công tác quản lý còn quá non kém, mặc dầu trong những năm gần đây chúng ta đã có nhiều cố gắng.

#### 4.5. CÁC KHU SINH HỌC TRÊN TRÁI ĐẤT

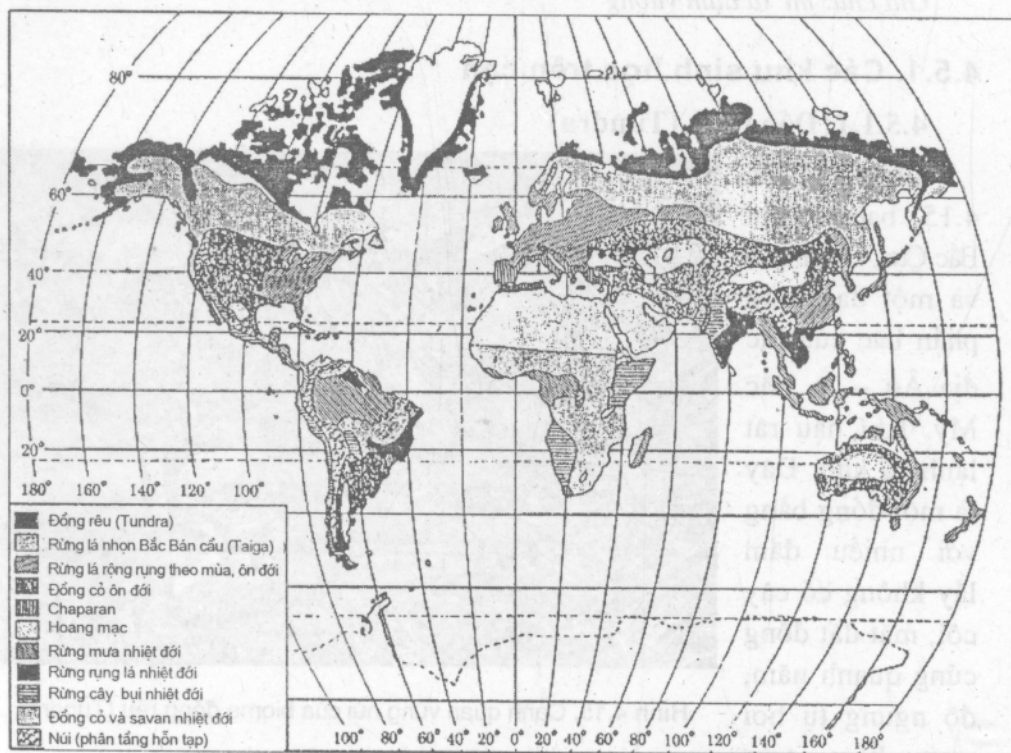
Bề mặt hành tinh không đồng nhất về nhiều phương diện, đã làm xuất hiện những hệ sinh thái lớn, đặc trưng cho điều kiện môi trường của một vùng địa lý xác định. Đó là các khu sinh học (biome).

Để định dạng các khu sinh học, người ta dựa vào hệ thực vật ở trạng thái cao đỉnh, phù hợp với điều kiện đất đai và các yếu tố khí hậu chính của một vùng địa lý (chế độ chiếu sáng, nhiệt độ, độ ẩm và lượng mưa), những yếu tố quyết định đến thời kỳ sinh dưỡng và sự phát triển của thảm thực vật nói riêng hay quần xã sinh vật nói chung.

Từ các tiêu chí trên, trừ 2 khối băng khổng lồ với dung tích chung là 24.400.000km<sup>3</sup>, tập trung chính ở Nam Cực (22.000.000km<sup>3</sup>) và các sông băng trên núi cao, bề mặt hành tinh được chia thành các khu sinh học đặc trưng, nằm trong 2 hệ thống lớn:

– Các khu sinh học trên cạn: đồng rêu, rừng cây lá nhọn, rừng lá rộng rụng theo mùa và rừng hỗn tạp ôn đới Bắc Bán cầu, đồng cỏ và thảo nguyên cây bụi, hoang mạc và rừng ẩm thường xanh nhiệt đới.

– Các khu sinh học dưới nước: các thủy vực nước ngọt (sông, suối, đầm, hồ...), biển và đại dương (hình 4.14 và bảng 4.5).



Hình 4.14. Sự phân bố của các khu sinh học trên cạn.

**Bảng 4.5. Các hệ sinh thái lớn và tiêu biểu trên bề mặt Trái Đất**

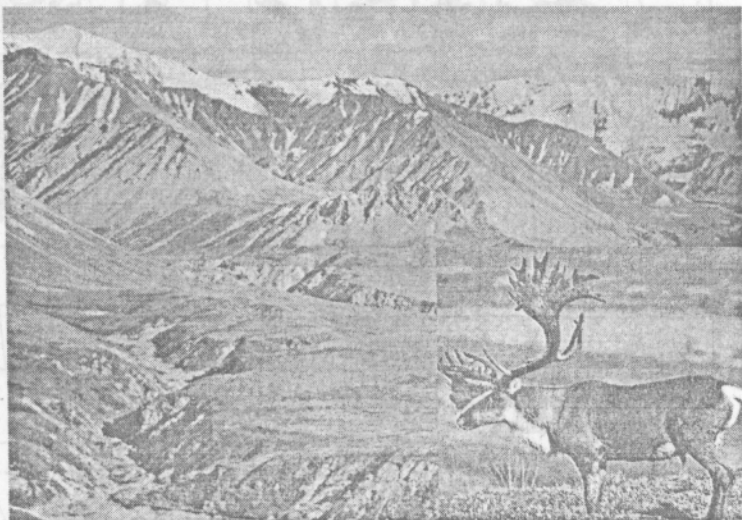
| Các hệ sinh thái                         | Diện tích                       |                                 | % tổng diện tích đất |
|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
|                                          | 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> | 10 <sup>6</sup> mi <sup>2</sup> |                      |
| Rừng và đất rừng                         | 47,3                            | 18,2                            | 31,7                 |
| Đồng cỏ và savan                         | 30,2                            | 11,6                            | 20,2                 |
| Đất canh tác                             | 16,1                            | 6,2                             | 10,7                 |
| Đất ngập nước                            | 5,2                             | 2,0                             | 3,5                  |
| Hoang mạc và đồng rêu                    | 51,0                            | 9,6                             | 34,0                 |
| <b>Tổng diện tích đất</b>                | <b>149,8</b>                    | <b>57,6</b>                     | <b>100,0</b>         |
| Ven bờ đại dương và vịnh                 | 21,8                            | 8,4                             |                      |
| Rạn san hô                               | 0,52                            | 0,2                             |                      |
| Khởi đại dương                           | 426,4                           | 164,0                           |                      |
| <b>Tổng diện tích trên mặt đại dương</b> | <b>448,7</b>                    | <b>172,6</b>                    |                      |

Ghi chú: mi<sup>2</sup> là dặm vuông

#### 4.5.1. Các khu sinh học trên cạn

##### 4.5.1.1. Đồng rêu (Tundra)

Đồng rêu (hình 4.15) bao lấy rìa Bắc Cực, Greenland và một đai vòng phần bắc của lục địa Âu – Á, Bắc Mỹ. Khí hậu rất lạnh và khô. Đây là một đồng bằng với nhiều đầm lầy không có cây cối, mặt đất đông cứng quanh năm, độ ngưng tụ hơi nước kém, trên



Hình 4.15. Cảnh quan vùng núi của biome đồng rêu (Tundra).

toàn vùng hàng năm lượng giáng thủy (băng và tuyết) tương ứng với lượng mưa khoảng 350mm. Thời gian chiếu sáng ngắn, mùa sinh dưỡng của thực

vật tùy nơi có thể kéo dài 1 – 3 tháng. Thảm thực vật ưu thế là cây Bulô và liễu lùn, cỏ bông, rêu và địa y. Động vật đặc trưng là chọi chọi Bắc Cực, hươu Tuần lộc (*Rangifer tarandus*), hươu Kéo xe (*R. caribu*), thỏ, chó sói Bắc Cực, Lemmus, Ptarmigan, gấu Trắng Bắc Cực, sơn dương. Chúng có thời gian ngủ đông dài, nhiều loài chim di cư xa về phương Nam tránh rét.

#### 4.5.1.2. Rừng lá kim phương Bắc (Taiga)

Khu này nằm ở phía Nam đông rêu, có rất nhiều đầm lầy nguồn gốc băng hà. Diện tích rừng thông Siberi rất lớn, lên đến 85 triệu km<sup>2</sup> (14.000km x 6000km). Ở đây, mùa đông dài, đất bị phủ băng



Hình 4.16. Rừng lá kim Bắc Bán cầu.

rất dày, mùa hè tuy ngắn, nhưng ngày dài và ấm, thời kỳ sinh dưỡng kéo dài 3 – 4 tháng. Đất nghèo do lạnh nên các sản phẩm hữu cơ chưa được phân huỷ, chiếm khối lượng lớn. Thảm thực vật ưu thế là thông xanh quanh năm, ken dày, độ che phủ rất cao. Cây bụi thân thảo, do đó rất kém phát triển (hình 4.16). Quanh những nơi có nước gặp các loài dương liễu, bạch dương, phong... Cây là giá thể cho các loài nấm, địa y phát triển phong phú. Trong vùng có mặt những cây cổ thụ lớn như Sequoi khổng lồ, cao trên 80m với đường kính thân 12m và sống đến nay trên 3000 năm. Sequoi phân bố ở các vùng ven biển cao đến 110m và tuổi thọ đạt 2000 năm. Động vật, ngoài côn trùng còn gặp các loài thỏ, linh miêu, cáo, chó sói, gấu... Hổ châu Á là loài có kích thước lớn nhất của họ Mèo, số lượng đang bị suy giảm mạnh.

#### 4.5.1.3. Rừng lá rộng rụng theo mùa và rừng hỗn tạp ôn đới Bắc Bán cầu

Đặc trưng của vùng là nhiệt độ, độ dài ngày và mùa sinh trưởng thay đổi theo mùa và vĩ độ địa lý; lượng mưa trung bình, phân bố khá đều trong năm; lớp đất tầng mặt giàu chất dinh dưỡng.

Trước đây, loại rừng này bao phủ phía đông của Bắc Mỹ, toàn bộ châu Âu, một phần lãnh thổ Trung Quốc, Nhật Bản, châu Đại Dương và phần nam Mỹ La tinh (hình 4.17). Nền văn minh châu Âu, Bắc Mỹ, Viễn Đông phát triển đã huỷ hoại thảm thực vật này.

Thành phần loài thực vật khá đa dạng, có thể phân thành các phân vùng khác nhau:

– Ở Bắc Mỹ, những đại diện đặc trưng là Thông trắng, Thông đỏ, Sến đỏ... song bị đốn hạ bừa bãi vào những năm 80 – 90 của thế kỷ XIX.

– Các phân vùng quan trọng khác là Visconsin, miền Tây và Nam Mỹ, trên các cao nguyên... Rừng này cũng chưa phải là giai đoạn cuối cùng của dãy diễn thế.

Khu hệ động vật giàu về giống loài, phong phú về số lượng, từ côn trùng đến thú lớn, nhưng không có loài nào trở thành loài ưu thế.



Hình 4.17. Rừng cây lá rộng rụng theo mùa và rừng hỗn tạp vùng ôn đới Bắc Bán cầu.

#### 4.5.1.4. Đồng cỏ ôn đới

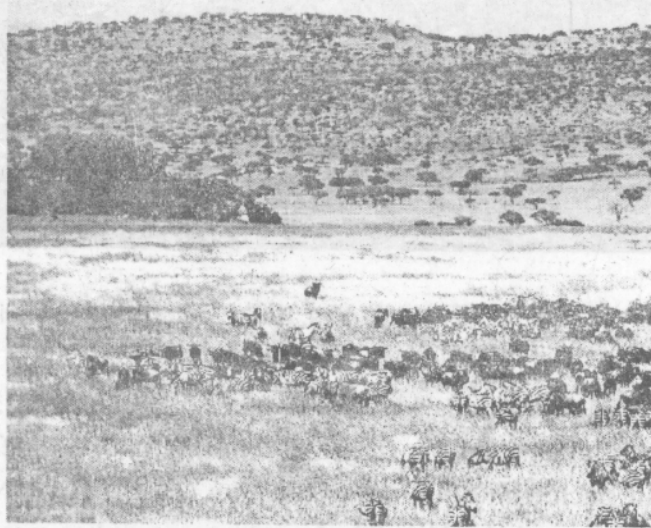
Trong vùng lượng mưa thất thường, nằm giữa giá trị của hoang mạc và rừng (250 – 750mm). Cháy là một trong những nhân tố quan trọng, có tác dụng điều chỉnh, nhưng độ ẩm của đất là giới hạn hàng đầu đối với quá trình phân huỷ các chất hữu cơ và sự phát triển của thực vật. Những thảo



nguyên rộng lớn tập trung ở nội địa Âu – Á, Bắc và Nam Mỹ, và châu Đại Dương. Những đại diện chính của thảm thực vật là cỏ cao (120 – 240cm) như *Andropogon gerardi*, *Panicum virgatum*, *Sorghastrum nutans*..., cỏ thấp trung bình (60 – 120cm) như *Andropogon scoparius*, *Stipa spartea*... và các loài cỏ thấp như *Buchloe dactyloides*, *Bouteloua gracilis*... Động vật trong vùng là những loài ăn cỏ, ưu thế là tập đoàn Móng guốc và những loài ăn thịt đi kèm. Đồng cỏ tự nhiên hầu như không còn mà được thay thế bằng đồng cỏ chăn nuôi.

#### 4.5.1.5. Đồng cỏ và savan nhiệt đới

Savan nhiệt đới là thảm thực vật thân thảo, có một số ít cây gỗ hay nhóm cây gỗ, phân bố trong vùng nóng, lượng mưa không quá thấp (1000–1500mm), nhưng có một hay 2 mùa khô kéo dài, thường xuất hiện hiện tượng cháy. Diện tích rộng lớn của biome này nằm ở Trung và Đông Phi, sau là Nam Mỹ và châu Đại Dương (hình 4.18).



Hình 4.18. Cảnh quan đồng cỏ nhiệt đới châu Phi.

Thành phần thực vật giới nghèo, ưu thế là những loài thuộc chi *Panicum*, *Pennisetum*, *Imperata*, *Andropogon*,... Ở savan châu Phi còn có mặt rải rác các cây keo *Acacia*, tán phẳng, có gai, những cây thuộc họ Đậu, Bao báp (*Adansonia*) và các cây thuộc họ Cau dừa (*Palmae*). Đây cũng là nơi tập trung các đàn sơn dương, gnu, trâu, ngựa vằn... thuộc tập đoàn Móng guốc và những động vật ăn thịt cỡ lớn (sư tử, báo, linh cẩu), một số loài chim ăn thịt và ăn xác thối (đại bàng, kền kền...).

#### 4.5.1.6. Rừng ẩm thường xanh nhiệt đới

Rừng ẩm thường xanh nhiệt đới là thảm thực vật phát triển phong phú nhất trong các thảm thực vật trên Trái Đất, quê hương của các loài lim, gụ, lát, sa mu, téch, bồ ni... (hình 4.19). Rừng ẩm thường xanh nhiệt đới kéo thành một vành đai quanh xích đạo.



Hình 4.19. Rừng ẩm thường xanh nhiệt đới.

Đặc trưng của khí hậu là nền nhiệt cao (trên  $25^{\circ}\text{C}$ ) và ổn định quanh năm, lượng mưa lớn (trên 2250mm), có nơi lên đến 4500mm hay hơn nữa như Bạch Mã (8000mm), Camơrun (10.170mm). Những dải rừng rộng lớn của vùng nhiệt đới xích đạo tập trung ở lưu vực sông Amazon (Brazil), Công Gô (châu Phi) và Ấn Độ – Mã Lai. Rừng Ấn Độ – Mã Lai giàu loài nhất thế giới, còn rừng châu Phi nghèo nhất so với 2 khu vực trên.

Đặc trưng của thảm thực vật rừng là phân tầng, tán hẹp, ken vào nhau, thường có 5 tầng, trên cùng là tầng cây ưa sáng với các tầng vượt tán, nhiều cây thân cao, có bệnh rễ, trung bình 46 – 55m, có khi đến 60m. Nhiều cây dây leo thân gỗ dài đến 240m, nhiều cây sống bì sinh, khí sinh, ký sinh vào những cây khác. Phổ biến trong rừng là cây “bóp cổ”, cây bì sinh rõ như tổ ong làm nhà cho kiến, nhiều cây mọc nước, nhiều hốc trên thân cây là nơi đẻ trứng của muỗi, ếch nhái. Ở nhiều loài cây, quả thường mọc quanh thân. Cây thân thảo trong rừng là tre nứa, mương, vầu... cao hàng chục mét. Độ che phủ của cây rừng rất cao, ánh sáng ít khi lọt tới đáy rừng, nơi rất ẩm thấp, nhiệt độ cao với sự phát triển hưng thịnh của ruồi, muỗi, vắt... cũng

như nhiều loài bộ cạp, rắn, rết... lang thang trên mặt đất. Tán rừng liên tục còn là sinh cảnh, nơi sống của những nhóm động vật leo trèo giỏi như các loài khỉ hầu hay động vật “bay chuyền” như sóc bay, cây bay... Dưới mặt đất là nơi sinh sống của các loài voi, trâu, bò rừng, hươu, nai, hoẵng, gấu, lợn lòi, hổ, báo, trăn, rắn...



Hình 4.20. Voi châu Á (*Elephas maximus*).

Ngoài kiểu rừng thường xanh trong vùng nhiệt đới xích đạo còn có kiểu rừng biến đổi: rừng lá rộng rụng lá vào mùa khô ở nơi gió mùa thống trị và rừng mưa trên núi cao.

Rừng ẩm thường xanh nhiệt đới được xem là nơi lưu giữ tới 50% tổng số loài của sinh quyển và được mệnh danh là “lá phổi xanh” của hành tinh, nhưng hiện tại rừng đang bị đốn hạ và thu hẹp một cách nhanh chóng.

#### 4.5.1.7. Hoang mạc

Hoang mạc hình thành một vành đai quanh Trái Đất ở khoảng giữa chí tuyến Bắc và Nam về 2 phía của vùng nhiệt đới xích đạo. Đặc trưng của vùng là lượng mưa hàng năm rất thấp, dưới 250mm, nhiều nơi không hề có mưa như hoang mạc Chilê và trung tâm Sahara; nhiệt độ trung bình cao, ban ngày thường trên 37°C, dao động ngày đêm rất lớn, vào lúc giữa trưa nhiều nơi nhiệt độ lên đến 65 – 70°C. Hoang mạc lớn nhất trên thế giới là Sahara với diện tích khoảng 9 triệu km<sup>2</sup>.

Thực vật hoang mạc rất nghèo, trừ các “ốc đảo”, gồm những cây ngắn ngày, chịu hạn và trốn hạn, lá biến thành gai hoặc những cây mập mập chứa nước như xương rồng (Saguaro), khi trưởng thành nặng đến 10 tấn, trong đó 80% là nước... Những loài tiêu biểu cho hoang mạc là Acacia, Uca, Aga, xương rồng, ngải, đại kích v.v. (hình 4.21, hộp 4.1).

Động vật gồm những loài thường có kích thước nhỏ, thích nghi với điều kiện khô, nóng, hoạt động chủ yếu vào ban đêm hay ẩn dật trong hang hốc dưới nền cát. Những đại diện tiêu biểu là rắn, thằn lằn, chuột nhảy, chuột Gecgin, chó Dingô (Australia), chó hoang (châu Phi), lạc đà, nhiều loài côn trùng, nhện... ăn thịt.



Tuy điều kiện sống khắc nghiệt, hoang mạc đã nuôi sống một khối lượng động vật không nhỏ và trên 6 triệu người sống quanh đó. Nạn hoang mạc hoá gây ra bởi hoạt động đa dạng của con người đang là mối hiểm hoạ to lớn cho nhân loại hiện nay.

#### 4.5.1.8. Các dạng sống khác

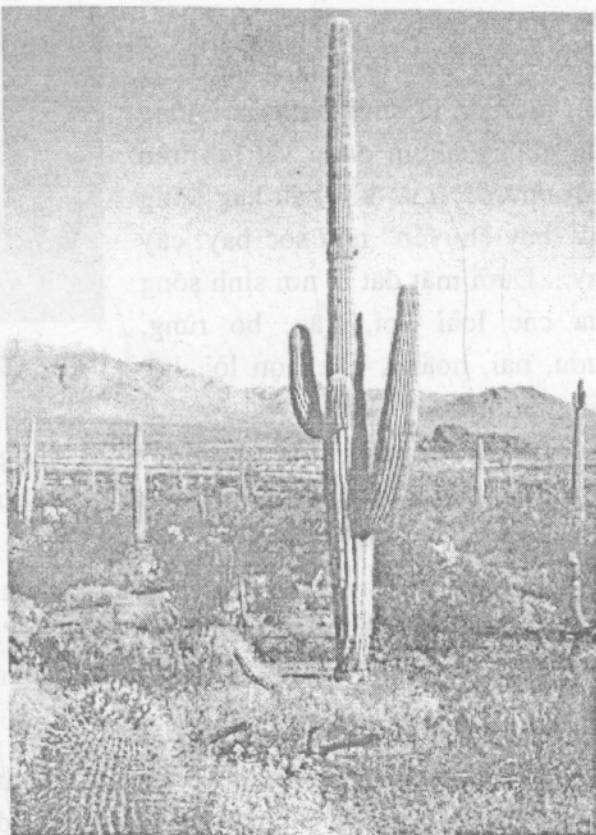
Saparan và rừng lá cứng xuất hiện trong những vùng khí hậu ôn hoà ở miền ôn đới như California, Mexico, Chilê, hai bên bờ Địa Trung hải, dọc bờ Nam châu Đại Dương. Đặc trưng của vùng là mưa tập trung trong mùa đông, khô hạn trong mùa hè. Thành phần loài của hệ thực

vật nhiều ít phụ thuộc vào điều kiện mỗi vùng, nhưng ưu thế là cây gỗ và cây bụi, lá dày, cứng, xanh quanh năm, ở nhiều loài rễ có nốt sần do cộng sinh với vi khuẩn cố định nitơ.

Dạng rừng hiếm, có gai có mặt ở nơi chuyển tiếp giữa khí hậu hoang mạc và thảo nguyên. Lượng mưa ở đây phân bố không đều trong năm là nhân tố chính quyết định đến đời sống của thảm thực vật. Thảm thực vật gồm những cây gỗ không lớn, thường có gai mềm dễ uốn, lá nhỏ, rụng vào mùa khô, chiếm diện tích lớn ở phần giữa Nam Phi, Tây Nam Phi và một phần ở Tây Nam Á.

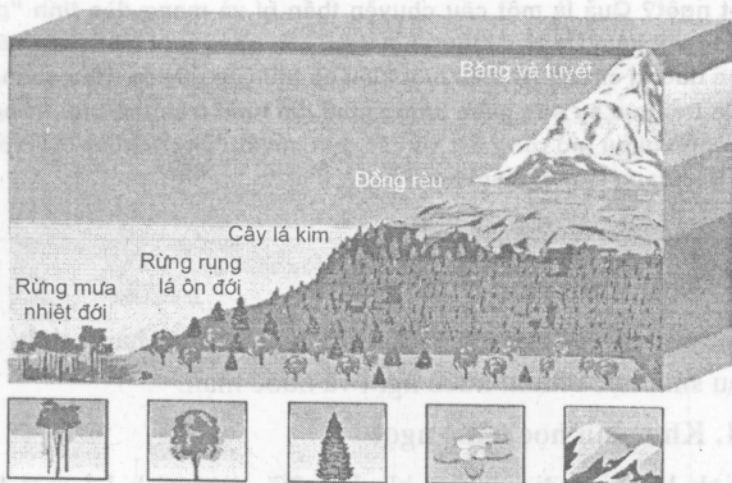
#### 4.5.1.9. Các khu sinh học theo độ cao

Theo độ cao, điều kiện sống trở nên khắc nghiệt, khí hậu lạnh dần, trung bình lên cao 100m, nhiệt độ giảm 1°C đối với vùng khí hậu khô hoặc



Hình 4.21. Một phần cảnh quan của hoang mạc châu Phi.

0,6°C đối với vùng khí hậu ẩm. Do đó, sự phân bố của các khu sinh học tương tự như sự phân bố từ xích đạo lên Bắc Cực, lần lượt từ kiểu rừng mưa nhiệt đới đến đồng rêu Bắc Cực (hình 4.22).



Hình 4.22. Các thảm thực vật phân bố tuần tự từ rừng mưa nhiệt đới đến đồng rêu Bắc cực (Redrawn, 2003, Geosystem, ed. by Robert W. Christopherson).

#### HỘP 4.1

#### HOANG MẠC SAHARA

Sahara là vùng đất nóng nhất trên thế giới do sự phối hợp một bãi cát phẳng rộng lớn hoặc một vùng rải rác những rặng núi với đá gốc nhô lên hoặc núi lửa đã tắt. Ví dụ như vùng Emi Koussi vượt lên độ cao 3415m, Toussssides -3265m ở dãy núi Tibesti, Tahat -2918m, Ilaman -2760m trong vùng Hoggar và Greboun -2000m tại Air. Trong khi có nơi lại thấp hơn mực nước biển như Quattara ở Ai Cập (-133m) và Chott Melhrir ở phần Nam rặng Aures đông bắc Algeria (-31m). Sahara với 9,5 triệu cây số vuông, hằng năm chỉ nhận dưới 100mm nước mưa, trong đó 1/2 diện tích còn ít hơn 20mm. Quả vậy, những trận mưa mùa đông Địa Trung Hải rất hiếm khi đi qua dãy Atlas và những trận mưa theo gió mùa không thể vượt xa hơn lên phía bắc (đới 17°N), vĩ độ Timbuktu ở Mali và Khartoum ở Sudan, nơi ranh giới của Sahara hiện nay. Sự khô hạn trong vùng là kết quả của hoàn lưu khí quyển. Lân cận vĩ độ 30°, trục quay của Trái Đất làm cho phần cao của hoàn lưu khí quyển (Hadley cell) hạ xuống thấp, mang không khí khô trải lên mặt đất. Do đó, một cơ chế đối nghịch dường như rất ổn định: đó là gió mùa, yếu tố mang nước từ sự bốc hơi của đại dương vào lục địa. Chế độ gió mùa được kiểm soát bởi sự dao động của vùng hội tụ gian nhiệt đới (Intertropical convergence zone-ITCZ) từ Bán cầu này đến Bán cầu khác, còn lượng mưa lớn theo quỹ đạo quanh Mặt Trời có thể xuất hiện trong mùa hè của Bắc Bán cầu và sự tương phản của nhiệt độ giữa đại dương và lục địa làm cho không khí ẩm tăng bình lưu vượt qua lục địa, nơi ẩm hơn trong mùa hè.

Sa mạc Sahara bị khô hạn đột ngột khoảng 5.500 năm trước Công nguyên (TCN), nhưng chỉ 4 thế kỷ cũng đủ thời gian để hoàn thành sa mạc với sự đảo ngược của khí hậu diễn ra từ từ trong 4.000 năm trước đây. Tại sao sự thay đổi diễn ra đột ngột? Quả là một câu chuyện thần bí và mang đặc tính “phi tuyến” của hệ thống khí hậu. Đó là sự vượt ngưỡng, cho phép một hệ thống tiến hoá đôi khi trên con đường chung lại chịu một biến cố thứ yếu gây ra. Tiểu sa mạc Sahara châu Phi đã trải qua sự suy giảm lượng mưa lớn nhất trên thế giới trong vòng 50 năm qua cùng với sự mở rộng cát và các đụn cát khoảng 1 triệu cây số vuông từ năm 1900. Đây đang là một hiểm hoạ.

## 4.5.2. Các khu sinh học dưới nước

Thủy quyển chiếm khoảng 73% diện tích bề mặt hành tinh, được chia thành 2 khu sinh học chính: nước ngọt và nước mặn.

### 4.5.2.1. Khu sinh học nước ngọt

Khu sinh học nội địa chiếm khoảng 2% diện tích bề mặt hành tinh, gồm các hồ tự nhiên, sông suối. Trên thế giới có 20 hồ được liệt vào loại lớn nhất với độ sâu trung bình trên 400m như hệ thống hồ Laurentia ở Bắc Mỹ, hồ Victoria, Tanganyika (châu Phi), hồ Baical thuộc Liên bang Nga (hình 4.23 và 4.24).... Hồ Baical ra đời từ kỷ Đệ Tam, cách đây khoảng 1 triệu năm, độ sâu lớn nhất lên đến 1642 (1637)m, trung bình là 740m, chứa tới 20% tổng lượng nước ngọt toàn thế giới, có nhiều họ, chi (giống) và loài thực, động vật di lưu trở thành những dạng đặc hữu. Hồ được mệnh danh là một bảo tàng sống của thủy sinh vật toàn cầu.



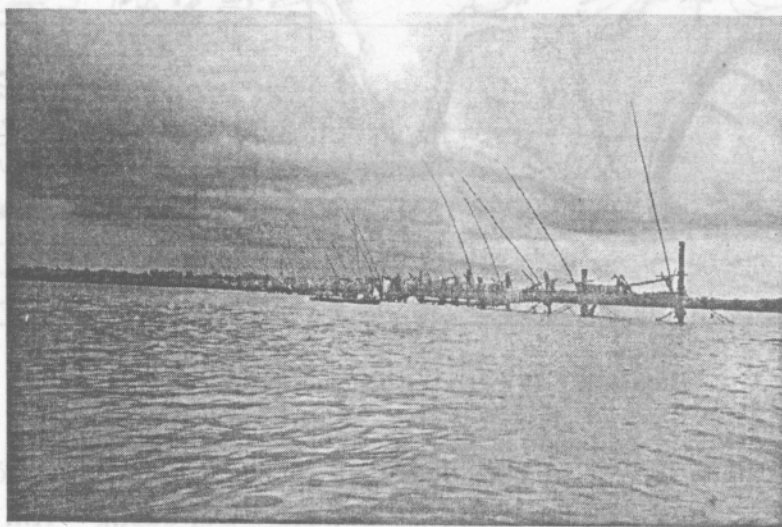
Hình 4.23. Đánh cá trên hồ Taganyika.



Hình 4.24. Hồ Baikal, Liên bang Nga.

Hồ tự nhiên ở nước ta không nhiều, những hồ lớn với độ sâu khoảng 30m thường có mặt ở khu vực miền núi như hồ Ba Bể, Biển Hồ..., còn lại là các hồ nhỏ và nông, tập trung ở vùng trung du và đồng bằng.

Khác với các hồ, sông, suối là những dạng dòng chảy (hình 4.25) với khối lượng nước rất nhỏ, chỉ chiếm 0,00009% tổng lượng nước toàn cầu. Về mặt thủy văn, lợi ích lớn nhất của các hệ thống dòng là lượng nước chảy qua hàng năm, khoảng  $35.000\text{km}^3$ , đồng thời cung cấp khối lượng lớn phù sa, muối dinh dưỡng cho các hồ, đồng ruộng và biển. Trên thế giới có nhiều hệ thống sông lớn với lưu vực rộng, dòng chính dài và lưu lượng nước cao như sông Mississippi (Bắc Mỹ), Amazon (Nam Mỹ), sông Cônggô, sông Nil (châu Phi), sông Volga (châu Âu), sông Hằng, Trường Giang, Hoàng Hà, Cửu Long (châu Á). Sông suối, nhất là ở các vùng vĩ độ thấp có mức đa dạng sinh học cao, nơi lưu giữ nguồn gen thủy sinh vật cho các thủy vực nội địa khác (Vũ Trung Tạng, 1991). Riêng cá, ở sông Amazon có tới 1000 loài, sông Mekông khoảng 800 loài, nhiều loài trong chúng có giá trị kinh tế cao được con người ưa chuộng và khai thác.



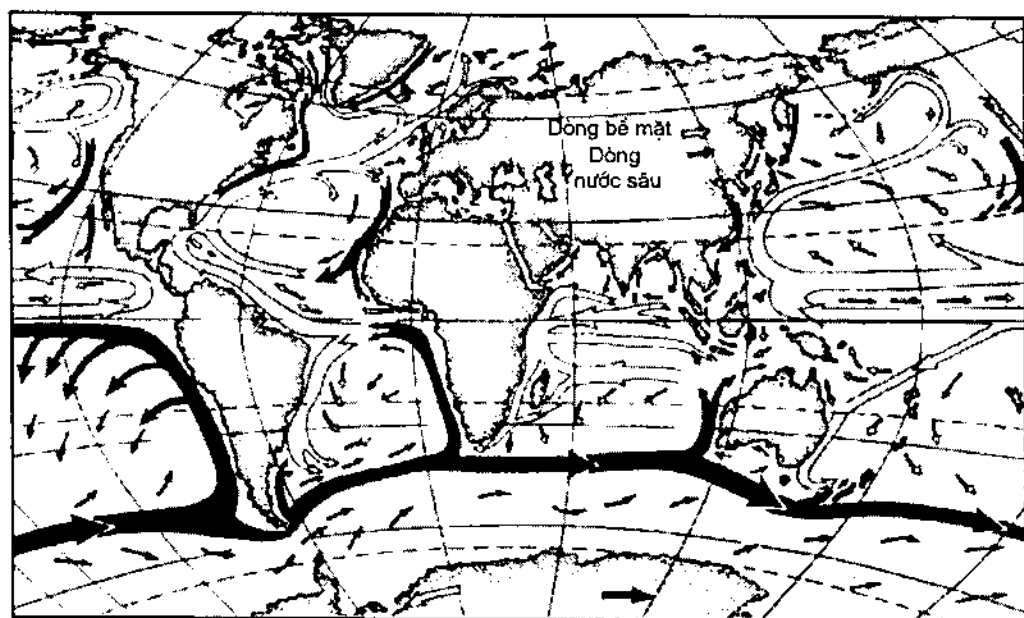
Hình 4.25. Sông Cửa Lớn (Cà Mau) với hệ thống lưới đáy.

Ảnh của Vũ Trung Tạng.

#### 4.5.2.2. Biển và đại dương

Biển và đại dương có diện tích  $361.10^6 \text{ km}^2$ , độ sâu trung bình khoảng 3.800m, nơi sâu nhất 11.023m, chứa 1,375 tỷ  $\text{km}^3$  nước, được xem là cỗ máy khổng lồ điều hoà khí hậu toàn hành tinh.

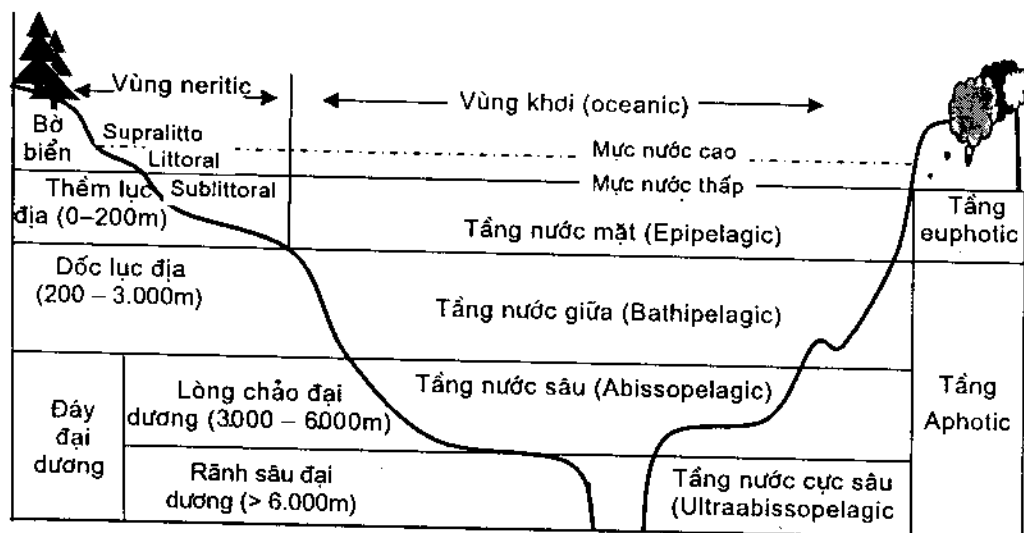
Đặc trưng chính của biển và đại dương là chứa nước mặn với độ muối trung bình là 35‰, có hệ thống dòng chảy phức tạp trên bề mặt và dưới sâu (hình 4.26), hệ thống dòng phân kỳ và hội tụ (divergent, convergent), các khu vực nước trôi, nước lặn (upwelling, downwelling) được gây ra bởi gió thịnh hành thổi trên mặt đại dương, do sự “va chạm” của các hoàn lưu lớn, hoạt động của thủy triều, tính dị thường của chế độ nhiệt – muối trong các khối nước có nguồn gốc khác nhau.



Hình 4.26. Hệ thống các dòng hải lưu trên đại dương.

Tính phức tạp và sự biến động của các điều kiện môi trường thủy quyển là hậu quả của mối tương tác Lục địa – Đại dương – Khí quyển ở trạng thái cân bằng động. Bởi vậy, biển và đại dương được chia thành các vùng sinh thái khác nhau, được đặc trưng bởi các yếu tố địa hình, điều kiện vật lý – hải dương và sự phân bố của các quần xã sinh vật (hình 4.27).





Hình 4.27. Phân chia các vùng trong biển và đại dương.

Vùng thềm lục địa xuống đến độ sâu 200m, độ dốc thấp, khá bằng phẳng, là nơi tiếp nhận khối nước ngọt và dòng chất rắn khổng lồ từ lục địa qua các dòng sông. Ở đây thường có mặt các lòng sông cổ bị ngập chìm, các đảo và quần đảo cũng như các hệ sinh thái giàu có bậc nhất đại dương: Rừng ngập mặn, các thảm cỏ biển, rạn san hô. Do đó, thềm lục địa đã cung cấp cho loài người tới 27% tổng lượng hải sản hàng năm.

Vùng dốc lục địa gồm nhiều bậc thềm, dốc, chạy xuống đến độ sâu 3000m. Địa hình rất lồi lõm chồm do có mặt các rãnh sâu (canon), theo đó một phần trầm tích lục địa chuyển xuống đáy đại dương, những đảo ngầm, các ám tiêu san hô...

Vùng lòng chảo đại dương chiếm khoảng 80% đáy đại dương, tương đối bằng phẳng, được phủ chủ yếu bởi trầm tích hạt mịn có nguồn gốc sinh học (vỏ trùng lỗ, trùng phóng xạ, tảo Silic, nhất là nhóm Globigerina). Tuy nhiên, địa hình mỗi nơi mỗi khác. Đáy Đại Tây Dương được đặc trưng bởi một sống núi cao như một Trường Sơn ngầm chạy theo hướng Bắc Nam. Ngược lại, ở Thái Bình Dương có mặt những rãnh sâu đồ sộ: rãnh Peru – Chile chạy dọc ven bờ châu Mỹ sâu 8055m, dài 5.900km, rãnh Tonga (sâu 10.800m và dài 1.400km), rãnh Kuril – Camchatka (sâu 10.542m và dài 2.200km), rãnh Marianas sâu nhất, tới 11.023m, rộng 70km và kéo dài tới 2.550km.

Quần xã sinh vật đại dương khá đa dạng về thành phần loài, gồm vi khuẩn, tảo đơn bào, các loài giáp xác, thân mềm, ruột khoang, cá, bò sát, thú biển sống trong các tầng nước và đáy thềm lục địa.

Phytoplankton, trước hết là tảo silic (Bacillariophyta với 3.000 loài), tảo giáp (Pyrophyta với 1.500 loài) là những thành phần quan trọng nhất tạo nên năng suất sơ cấp cho biển và đại dương. Thực vật lớn (rừng ngập mặn, cỏ biển) chỉ có giá trị ở vùng ven bờ, cửa sông.

Thành phần zooplankton chủ yếu là các đại diện của Crustacea (1200 loài), trước hết là giáp xác Chân chèo (Copepoda với 750 loài), tôm Lân (Euphausidae-80), Mysidae, giáp xác Bơi nghiêng (Amphipoda-300 loài), Thân mềm với những đại diện chủ yếu là Chân Cánh (Pteropoda) với 180 loài, ấu trùng các loài giáp xác, thân mềm, da gai, cá...,

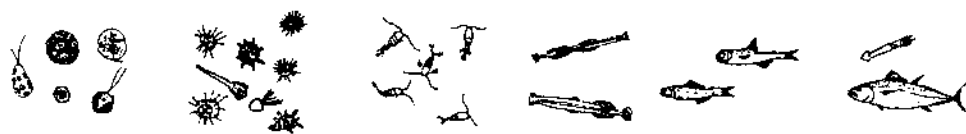
Động vật đáy (zoobenthos) tập trung ở thềm lục địa và khá đa dạng về thành phần loài, bao gồm thân lỗ (Porifera), ruột khoang (Cnidaria), giun đốt (Polychaeta), da gai (Echinodermata), thân mềm (Gastropoda, Bivalvia)... trong đó san hô (Cnidaria: Anthozoa) đóng vai trò rất quan trọng, tạo nên hệ sinh thái giàu có nhất trong đại dương.

Động vật nekton chủ yếu là cá với khoảng 8.000 loài sống ở vùng nước ấm thềm lục địa và khoảng 1130 loài sống ở các vùng biển lạnh, chiếm gần 60% tổng các loài cá thế giới, cùng với các loài chân đầu (Cephalopoda), rùa biển, rắn biển (Reptilia) và các loài thú biển thuộc 3 bộ chân màng (Pennipedia), bò biển (Sirenia) và cá voi (Cetacea).

Trong quần xã sinh vật hải dương, các nhóm loài quan hệ mật thiết với nhau thông qua nhiều mối quan hệ, trước hết là quan hệ dinh dưỡng (hình 4.28) để tạo nên nguồn lợi hải sản quan trọng, cho phép nghề cá thế giới có thể khai thác 100 triệu tấn cá mỗi năm.

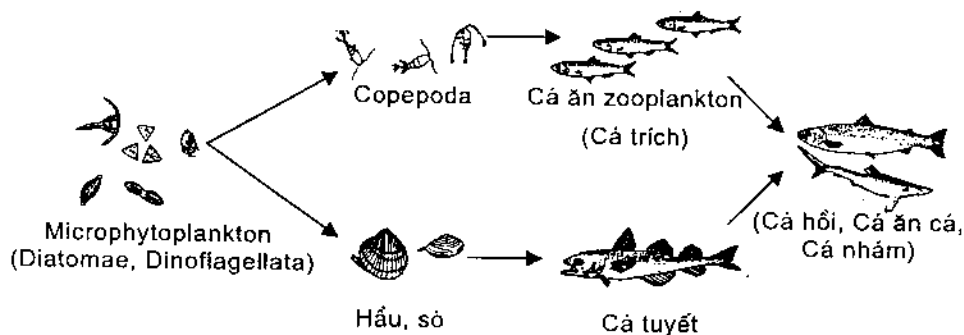
Theo đánh giá, hàng năm sinh vật sản xuất tạo ra 48,5 petagram nguồn thức ăn thực vật (1pet =  $10^{15}$ g hay  $10^9$  tấn), đóng góp 46% tổng sản lượng sơ cấp tính cho toàn sinh quyển.

## 1. KHƠI ĐẠI DƯƠNG (6 BẬC DINH DƯỠNG)

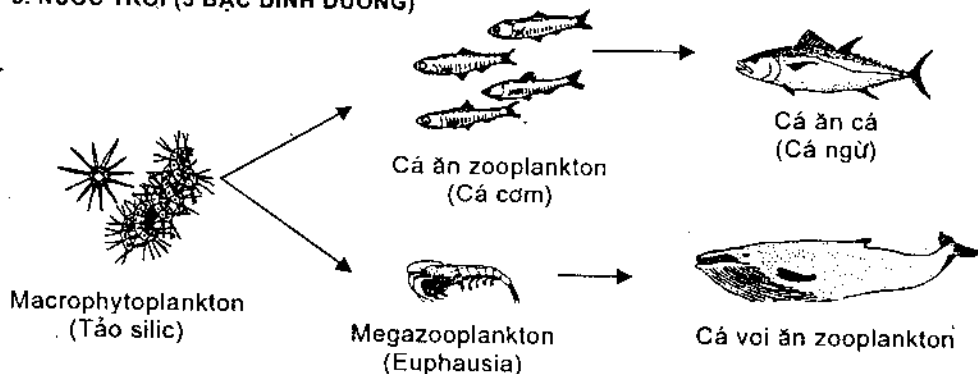


Nanoplankton → Microzooplankton → Macrozooplankton → Megazooplankton → Cá ăn zooplankton → Cá ăn cá

## 2. THỀM LỤC ĐỊA (4 BẬC DINH DƯỠNG)



## 3. NƯỚC TRỜI (3 BẬC DINH DƯỠNG)



Hình 4.28. Các xích thức ăn trong các vùng khác nhau của biển.

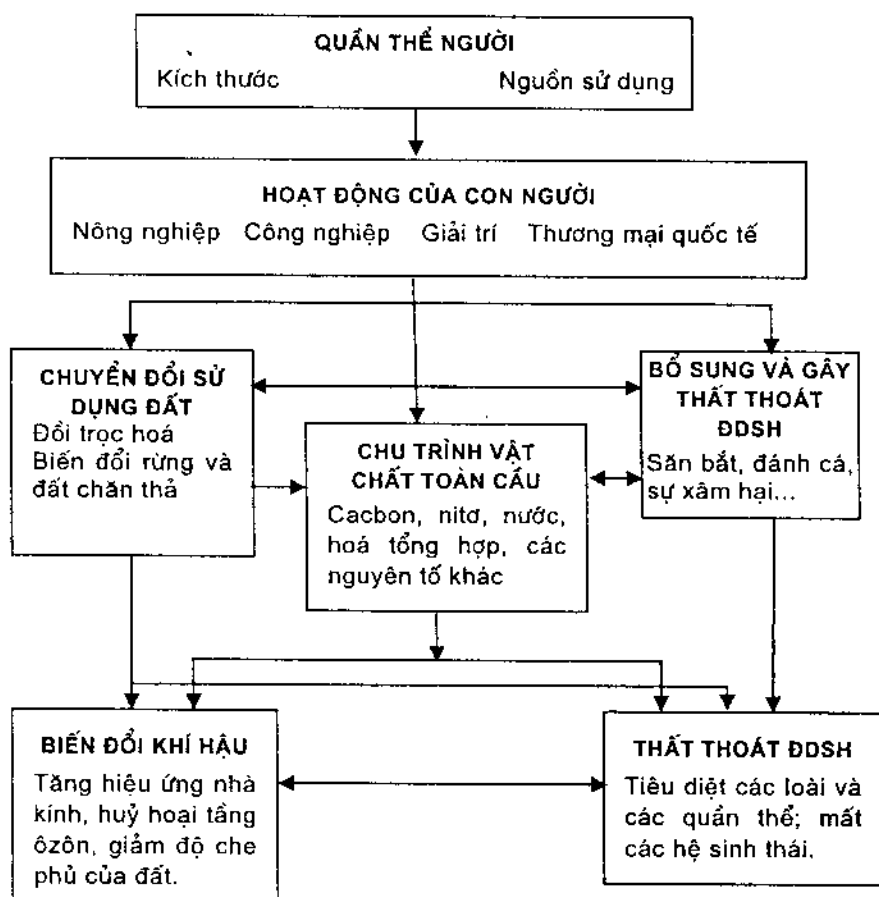
## 4.6. NHỮNG BIẾN ĐỔI CỦA SINH QUYỂN GÂY RA DO HOẠT ĐỘNG CỦA CON NGƯỜI

Sinh quyển đã ra đời, tiến hoá trong suốt quá trình lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất để đạt đến mức hoàn thiện như ngày nay. Giống như một cơ thể khổng lồ, sinh quyển cũng chịu nhiều biến cố, song tự điều chỉnh, tự sửa chữa những sai lệch để tồn tại và phát triển một cách ổn định. Tuy



nhiên, sức chống chịu của bất kỳ cơ thể nào, kể cả sinh quyển, cũng đều có giới hạn.

Hoạt động của con người đương đại rất đa dạng, nhưng tập trung chính vào việc sử dụng đất, mặt nước cho phát triển nông – lâm – ngư nghiệp, định cư, mở mang công nghiệp, hệ thống giao thông; khai thác các dạng tài nguyên thiên nhiên để mưu cầu hạnh phúc (hình 4.29).



**Hình 4.29.** Tác động đa dạng của con người lên các hệ sinh thái trên Trái Đất. Sự biến đổi khí hậu không chỉ là một trong năm tác động lớn mà chúng gây ảnh hưởng đến sức khoẻ và hệ sinh thái (Vitousek et al., 1996).

Những hoạt động trên ngày càng tăng, tỷ lệ thuận với sự gia tăng dân số và nhu cầu ngày càng cao của đời sống con người, trong khi diện tích bề mặt Trái Đất và tài nguyên của nó có thể sử dụng được lại rất có hạn, do

đó, sinh quyển đang phải gánh chịu những đe dọa ngày một lớn. Mất rừng, nhất là những dải rừng giàu ở các vùng vĩ độ thấp; đất đai không giữ nổi nước, đang bị khô kiệt và lâm vào tình trạng hoang mạc hoá; đa dạng sinh học bị suy thoái nhanh chóng do khai thác quá mức, nơi sống của chúng bị huỷ hoại và phân cắt; môi trường ngày một xuống cấp do ô nhiễm mà biểu hiện gay gắt nhất là hiệu ứng nhà kính gia tăng, tầng ôzôn bị xói mòn, thủng từng mảng lớn... Như vậy, số phận của sinh giới nói chung hay của nhân loại nói riêng sẽ đi về đâu khi con người chưa thay đổi nhận thức và cách cư xử của mình!

#### **4.6.1. Con người và sự tăng trưởng dân số**

Con người ra đời muộn hẳn nhất trong sinh giới, song cũng là nhóm động vật cao cấp nhất do được kế thừa những tinh hoa của giới sinh vật, đồng thời kiếm được những cái mà giới sinh vật không hề có: sự phát triển hoàn thiện của bộ não, tạo nên khả năng tư duy trừu tượng và thông tin bằng ngôn ngữ, đáng đứng thẳng với đôi bàn tay hoạt động tự do đầy sáng tạo. Nhờ đó, con người ngày càng làm chủ được thiên nhiên và làm chủ được chính mình. Tuy nhiên, con người lại quên phất đi một điều, họ chỉ là một thành viên trong hệ sinh thái, bình đẳng với muôn loài; xã hội con người vẫn phải sống “ký sinh” vào sinh quyển như bao loài khác để tồn tại và phát triển lâu dài. Con người đã và đang gây ra bao tai hoạ cho sinh quyển và cho cuộc sống của chính mình.

Trong tiến trình lịch sử tiến hoá, Người Vượn (*Australopithecus*) xuất hiện sớm nhất, cách chúng ta khoảng 5 triệu năm, Từ đó, giống Người *Homo* ra đời vào khoảng 1,7 triệu năm về trước, còn Người Thông minh (*Homo sapiens*) được sinh ra muộn hẳn nhất, trẻ nhất, vào khoảng 200.000 năm. Những con người này đã vượt khỏi Trung Phi đến mọi miền của Trái Đất để mở mang lãnh thổ và phát triển số lượng của mình.

Kích thước dân số thế giới tăng dần theo lịch sử phát triển của loài người. Các tài liệu chỉ ra rằng, dân số ở thời điểm Chúa Giáng sinh có khoảng 200 – 300 triệu và tăng lên khoảng 500 triệu vào năm 1650. Sau đó, thời gian để dân số tăng gấp 2 lần xảy ra vào năm 1850 và gấp đôi nữa vào năm 1930. Đến năm 1970 dân số thế giới đạt 4 tỉ. Như vậy, thời gian để dân số tăng gấp đôi ngày càng rút ngắn lại, đặc biệt thời kỳ hậu Công nghiệp – thời kỳ được mệnh danh là thời đại “bùng nổ dân số”. Đến năm 2004 nhân loại có 6,4 tỷ người. Trong vòng 25 năm lại đây dân số tăng

thêm 2 tỉ. Nếu dân số cứ tiếp tục tăng theo đà này thì nhân loại mỗi năm được bổ sung gần 77 triệu người, chỉ kém dân số nước ta hiện nay 5 triệu. Theo dự báo của Ủy ban Dân số Liên hiệp quốc, đến năm 2050 dân số toàn cầu sẽ đạt con số 8,9 tỉ.

Kích thước quần thể con người tồn tại 1 trong 2 dạng để dẫn đến sự ổn định, hoặc:

Sự tăng trưởng zero (0) = Tỷ lệ sinh sản cao – Tỷ lệ tử vong cao,  
hoặc

Sự tăng trưởng zero (0) = Tỷ lệ sinh sản thấp – Tỷ lệ tử vong thấp.

Dạng trung gian của 2 trạng thái trên được gọi là sự “chuyển tiếp dân số”. Trạng thái chuyển tiếp dân số từ mức sinh sản cao và mức tử vong cao đến trạng thái mức sinh sản thấp và mức tử vong thấp đã xảy ra 150 năm đối với dân số Thụy Điển, trong khi đó ở México chỉ mất nửa thời gian trên. Từ năm 1950, ở hầu hết các nước tỷ lệ tử vong giảm đi nhanh chóng. Độ mắn đẻ của người dân Trung Quốc giảm một cách kịch tính. Năm 1970 ở nước này mỗi phụ nữ sinh 5,9 trẻ, nhưng khoảng năm 1999 đến nay chỉ còn 1,85 trẻ. Ở Ấn Độ, tốc độ mắn đẻ giảm chậm và không được kiểm soát. Do vậy, vào giữa thế kỷ này dân số Ấn Độ sẽ vượt Trung Quốc, đạt 1,6 tỷ người, còn dân số Trung Quốc đứng thứ 2 với số lượng 1,4 tỷ. Ở phần lớn các nước châu Phi sự giảm độ mắn đẻ mới chỉ là bắt đầu.

Kích thước quần thể tăng theo 2 xu thế hoàn toàn khác nhau. Ở các quốc gia phát triển, dân số đạt gần trạng thái cân bằng, nghĩa là tốc độ sinh sản riêng gần với mức thay thế ( $r = 2,1$  hay  $R_0 = 1,0$ ). Khoảng 80% dân số thế giới sống trong các nước đang phát triển hay chậm phát triển có tốc độ gia tăng dân số cao. Theo Gelbard et al., (1999), đến năm 2050, nhân loại sẽ có từ 7,3 đến 10,7 tỷ người. Con số này chưa thể gây ra thảm họa nào trong vòng 25 năm tới, kể cả xung lượng dân số. Song nếu con số đó vượt trên mức dự báo của năm 2050 thì đó là một thách thức lớn.

Đi đôi với sự gia tăng dân số, nhu cầu vật chất và tinh thần của con người ngày một nâng cao qua từng chặng đường phát triển, nhận thức của con người về vai trò của mình đối với thiên nhiên ngày một rõ ràng và có trách nhiệm hơn.

Theo Nguu Văn Nguyên (1994), nhân loại đã trải qua 4 giai đoạn phát triển, tương ứng với nhận thức và hành vi của họ đối với thiên nhiên: giai

đoạn *tiền phát triển*, giai đoạn *phát triển thấp*, giai đoạn *phát triển cao* và giai đoạn *phát triển bền vững* (bảng 4.6), tương ứng với các thời kỳ khi con người còn sống hài hoà với thiên nhiên đến thời kỳ con người ngày càng can thiệp sâu vào các quá trình tự nhiên, huỷ hoại thiên nhiên và cuối cùng, nhân loại bước vào thời đại của nền văn minh trí tuệ, khi con người biết nhìn lại những lỗi lầm và nhận rõ trách nhiệm của mình để thay đổi hành vi đối xử với thiên nhiên một cách công bằng.

**Bảng 4.6. Đặc điểm của các giai đoạn phát triển trong xã hội loài người**

| Hạng mục so sánh         | Giai đoạn tiền phát triển                      | Giai đoạn phát triển thấp                                | Giai đoạn phát triển cao                          | Giai đoạn phát triển bền vững                             |
|--------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Thời gian                | Cách đây khoảng 10.000 năm.                    | Sau CM Nông nghiệp (khoảng từ sau 1700)                  | Sau CM công nghiệp (khoảng 1900 đến nay)          | Sau CM tin học (40 năm lại đây)                           |
| Không gian               | Phạm vi cá thể hoặc bộ lạc                     | Phạm vi khu vực hoặc quốc gia                            | Phạm vi quốc gia hoặc châu lục                    | Phạm vi châu lục hoặc toàn cầu                            |
| Tư duy triết học         | Không có trung tâm, trạng thái hiểu biết thấp. | Tìm hiểu "là cái gì".                                    | Tìm hiểu "vì sao".                                | Tìm hiểu "cái gì sẽ xảy ra"                               |
| Thái độ đối với tự nhiên | Chủ nghĩa sùng bái tự nhiên                    | Chủ nghĩa tự nhiên ưu thế (thiên định, trời thắng người) | Chủ nghĩa nhân văn ưu thế (nhân định thắng thiên) | Thiên -- nhân bổ sung cho nhau (nhân-địa hài hoà)         |
| Trình độ kinh tế         | Săn bắn hái lượm, cá thể sinh tồn              | Kinh tế tự cấp tự túc (tái sản xuất giản đơn)            | Kinh tế hàng hoá (tái sản xuất phức tạp)          | Kinh tế cân đối hài hoà (hiệu quả cao, cân đối, tái sinh) |
| Phân biệt hệ thống       | Hệ thống không có kết cấu                      | Kết cấu mạng giản đơn                                    | Kết cấu chức năng phức tạp                        | Kết cấu điều hành, điều tiết.                             |
| Tiêu chí tiêu thụ        | Thoả mãn nhu cầu tồn tại cá nhân               | Đảm bảo nhu cầu sinh tồn mức độ thấp                     | Đảm bảo duy trì phát triển mức độ cao             | Nhu cầu phát triển toàn diện tự nhiên-xã hội-kinh tế.     |
| Mô hình sản xuất         | Từ tay đến miệng                               | Kỹ thuật và công cụ giản đơn                             | Kỹ thuật và hệ thống phức tạp                     | Hệ thống chuyên hoá trí lực và tái tuần hoàn.             |
| Sử dụng năng lượng       | Con người đến cơ bắp                           | Người, súc vật và động lực thiên nhiên giản đơn          | Nguồn năng lượng phi sinh vật                     | Nguồn năng lượng sạch và có thể thay thế.                 |

| Hạng mục so sánh | Giai đoạn tiền phát triển                                 | Giai đoạn phát triển thấp                  | Giai đoạn phát triển cao                         | Giai đoạn phát triển bền vững                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Ảnh hưởng đến MT | Con người phụ thuộc vào MT, không ô nhiễm, không tác động | MT bị thoái hoá ở mức thấp, diễn ra từ từ. | Ô nhiễm bùng phát và hiệu ứng sinh thái lâu dài. | Thân thiện với MT và tái sinh nguồn tài nguyên. |

*Nguồn: Ngưu Văn Nguyên, 1994. Trong Hội nghị bàn về Chương trình nghị sự 21 của Trung Quốc. Bộ KH&ĐT, Hà Nội, 10/2003.*

#### 4.6.2. Sức mang của Trái Đất

Sức mang hay sức gánh chịu (*carrying capacity*) của Trái Đất đối với nhân loại là một câu hỏi đã được đặt ra khoảng 300 năm trước (Coben, 1955). Từ rất sớm, Lewenhoeck (1679) đã đưa ra một con số rất rộng, dân số thế giới biến đổi trong phạm vi 1 tỷ đến 1000 tỷ người. Khuynh hướng thứ 2, chặt chẽ hơn, cho rằng, nhân loại sẽ có số dân vào khoảng 10 – 15 tỷ. Do đó, việc xác định sức mang của Trái Đất không đơn giản. Bằng nhiều cách tiếp cận, các nhà khoa học đã dựa vào một loạt các tiêu chí: *diện tích đất có thể có, sản lượng trung bình của mùa màng được thu hoạch, khẩu phần ăn (rau, thịt)* được xem là số năng lượng (Jun hay Calorry) cần cung cấp cho mỗi người mỗi ngày. Công thức đánh giá sức gánh chịu của Trái Đất được sử dụng là:

$$\text{Sức mang} = \frac{(S)(H)(E_{ha})}{E_d} \quad (4.5)$$

Trong đó:  $S$  là diện tích đất (ha),  $H$  là sản lượng thu hoạch trên 1 ha,  $E_{ha}$  là kJ năng lượng trên đơn vị thu hoạch,  $E_d$  là nhu cầu năng lượng (kJ) của 1 người trong 1 năm.

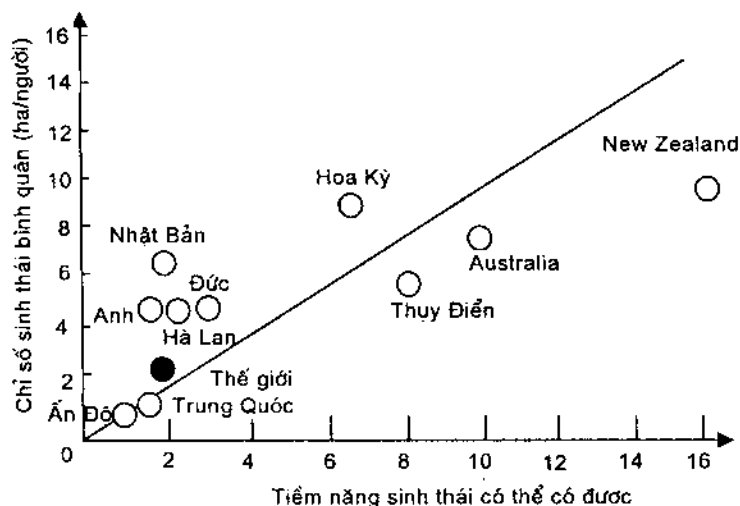
Biểu thức (4.5) xác định, nếu được lượng hoá thì chúng ta có thể đánh giá được sức gánh chịu của Trái Đất. Đây là một vấn đề không đơn giản vì mùa màng trên các loại đất canh tác khác nhau rất khác nhau. Không những thế, sự thất bát do dịch bệnh, sâu bọ hay bị thất thoát sau thu hoạch cũng rất đáng kể, liên quan với những tiến bộ về khoa học và công nghệ ở mỗi nước, đồng thời còn bị chi phối bởi mức sống của mỗi dân tộc, mỗi quốc gia. Nói cách khác, sức chịu đựng được tính toán dựa trên cơ sở *diện*

tích đất đai cần cho các hoạt động kinh tế (sản xuất gỗ, chăn nuôi, trồng trọt, làm nhà cửa, xây dựng đường sá...), sau đó được tổng hợp lại. Việc làm này gặp nhiều trở ngại bởi vì rất khó lượng giá nhu cầu năng lượng trực tiếp.

Hiện nay, một xu thế chung đang được áp dụng để tính sức gánh chịu của Trái Đất là *chỉ số phân tích sinh thái bình quân theo đầu người (ecological footprint analysis)*, gọi tắt là *chỉ số sinh thái bình quân*. Đối với mỗi quốc gia, người ta tính *tổng diện tích đất đai và mặt nước* của các hệ sinh thái mà họ có để *sản xuất tất cả các nguồn lợi, diện tích đất đai và mặt nước đủ để hấp thụ mọi chất thải* phát sinh trong đời sống. Các vùng có sức sản xuất sinh học được sử dụng để tính chỉ số sinh thái bình quân là *đất trồng trọt, đồng cỏ, rừng, đại dương, đất xây dựng và đất chôn lấp có giá trị môi trường*. Loại cuối cùng được tính trên cơ sở đất cần cho sự hấp thụ và đồng hoá cacbon điôxit, các chất thải phát sinh do đốt nhiên liệu hoá thạch và do con người thải bỏ ra môi trường. Tất cả những giá trị đó được tổng hợp lại và chia cho đầu người.

Như vậy, áp lực dân số hay khả năng chống chịu về mặt sinh thái đối với một vùng không chỉ là nguồn tài nguyên đủ để cung cấp cho số lượng người cụ thể sử dụng mà còn là khả năng đồng hoá chất thải do con người thải ra. Theo thời gian, nhu cầu sống của con người ngày một tăng, do đó, *"sức nặng sinh thái"* của con người cũng ngày một lớn, còn sức chống chịu sinh thái của một vùng ngày một thu hẹp.

Theo Charles J. Krebs (2001), toàn bộ đất có năng suất sinh học trên toàn hành tinh bình quân theo đầu người tại thời điểm năm 1997 vào khoảng 2ha, và nếu dành một phần đất để xây dựng công viên, nơi vui chơi giải trí và các khu bảo tồn thì diện tích đó vẫn còn 1,7ha để con người sử dụng. Hình 4.30 mô tả về chỉ số sinh thái theo đầu người của một số nước so với chuẩn thế giới (vòng tròn đặc). Biểu đồ trên cho thấy, thế giới nói chung đã lâm vào tình trạng khủng hoảng sinh thái từ năm 1997, tuy nhiên, ở các nước khác nhau mức độ không giống nhau. Dựa vào đây mỗi nước, mỗi vùng có thể hoạch định cho mình một chương trình sử dụng và quản lý tài nguyên bền vững.



**Hình 4.30.** Chỉ số sinh thái liên quan với tiềm năng sinh thái có thể có được của một số quốc gia (vòng tròn rỗng) so với chuẩn chung của thế giới (vòng tròn đặc) theo Wackenagel et al., 1999 (trích từ C.J. Krebs, 2001).

### 4.6.3. Khủng hoảng sinh thái

Khủng hoảng sinh thái mà biểu hiện trước tiên là sự thiếu hụt *nguồn nước* và suy giảm *sức sản xuất sơ cấp* đã xuất hiện. Nói một cách khác, khai thác các dạng tài nguyên để thỏa mãn nhu cầu của con người đương đại đã bắt đầu đạt đến hoặc hơi vượt quá sức chịu đựng của Trái Đất.

#### 4.6.3.1. Nguồn nước

Nước ngọt đóng vai trò rất quan trọng cho đời sống của sinh vật và con người, song là nguồn lợi không thể thay thế và khó vận chuyển đi xa vài trăm cây số, trong khi nước phân bố không đều trong không gian và theo thời gian. Thực tế chỉ có trên  $100\text{km}^3$  nước rơi trên lục địa, trong đó 2/3 bốc hơi đi vào khí quyển, con người chỉ có thể khai thác  $35.000\text{km}^3$  cho các hoạt động của mình. Theo Postel et al. (1996), nhân loại đang sử dụng 26% lượng hơi nước trên mặt đất và 54% lượng nước của dòng chảy. Trong đời sống, nhu cầu nước thực sự cho một khẩu phần ăn tối thiểu của con người quy theo nhu cầu nước của thực vật, biến động từ  $1\text{m}^3/\text{ngày}$  đến  $2,6\text{m}^3/\text{ngày}$  và cho kiểu sống Mỹ mà ở đây người dân ăn thịt là chính có thể lên đến trên  $5\text{m}^3/\text{ngày}$ . Hiện nay, lượng nước ngọt bình quân đầu người trên thế giới vào khoảng  $1.240\text{m}^3/\text{năm}$ , trong khi đó, lượng nước sử dụng ở Hoa Kỳ lên đến  $2.480\text{m}^3/\text{năm}$ . Những nước canh tác nông nghiệp, nhu cầu

nước thường khá lớn, vượt lượng nước bình quân của thế giới hàng chục lần, thậm chí hàng trăm lần. Bởi vì để sản xuất 1kg lúa cần đến 3.000 lít nước, ngô – 900 lít, đậu – 1.350 lít, để tạo ra 1kg thịt bò cần 16.000 lít nước. Hàng ngày, khi uống một tách cà phê ta đã sử dụng 140 lít nước, 1 lít sữa tương đương với 1000 lít nước.

Khả năng đối phó với tình trạng khan hiếm hoặc quá dư thừa nước ngọt ở mỗi vùng lãnh thổ đang trở thành nguy cơ thực sự, đe dọa đến an ninh lương thực, đời sống của hàng triệu người trong điều kiện khí hậu biến động ngay từ cuối thế kỷ XX (Kundzewicz, 1997; Vorosmarty et al., 2000). Theo đánh giá, việc cấp nước cho sản xuất lương thực chiếm khoảng 40% tổng lượng nước ngọt toàn cầu qua hệ thống thủy lợi, 12% cho nuôi trồng thủy sản và 20% cho sản xuất điện năng, trong khi đó chất lượng nước mà con người có thể sử dụng được ngày một giảm do ô nhiễm. Do đó, hơn 3 tỷ người trên thế giới không được cung cấp nước sạch, nhất là ở các quốc gia đang phát triển, nơi mà 90% nước thải không được xử lý, đổ vào sông hồ, kênh rạch (Johnson, Revenga and Echeverria, 2001). Hậu quả là trong 3 triệu người chết hàng năm do sử dụng nước bị ô nhiễm hoặc kém vệ sinh, trong đó trên 2 triệu là trẻ em, tập trung ở các nước đang phát triển (Van Damme, 2001).

Như vậy, nước ngọt thực sự trở thành nhân tố giới hạn đối với sự phát triển của xã hội loài người. Sự tăng trưởng dân số ước tính là 33% trong 25 năm tới thì điều gì sẽ xảy ra, nếu như chúng ta không mong muốn toàn bộ các thủy vực bị huỷ hoại hoàn toàn. Do đó, nước và quản lý nguồn nước có tầm quan trọng chiến lược đối với nền kinh tế và phúc lợi của con người, trở thành một thách thức lớn của thế kỷ chúng ta. Ngay từ bây giờ không còn con đường nào khác, con người phải biết sử dụng và quản lý hiệu quả nguồn nước, giảm lượng nước tưới cho nông nghiệp bằng các biện pháp thủy lợi hữu hiệu, chuyển dịch cơ cấu cây trồng, tức là tìm những cây lương thực, rau màu cho sản lượng cao, nhưng có nhu cầu nước thấp. Lượng nước biển rất lớn, song sinh giới trên lục địa và con người không sử dụng được vì mặn, còn chi phí để làm ngọt nước biển cho canh tác và phục vụ đời sống quá tốn kém, các nước đang phát triển khó có thể chịu đựng nổi.

Ở nước ta hiện nay nước không còn là dạng tài nguyên giàu có nữa. Đó là điều khẳng định. Trong mùa mưa với lượng mưa lớn, nhưng đất mất rừng không còn đủ sức lưu lại nguồn nước, nước ồ ạt chảy ra biển theo các dòng



bể mặt, gây lũ, lụt, cướp đi nhiều tài sản và mạng sống của con người. Vào mùa khô, nhiều sông suối cạn kiệt, mực nước rất thấp so với nhiều năm về trước, nạn hạn hán mở rộng trên nhiều vùng lãnh thổ, thậm chí người dân ở đó không có cả nước cho ăn uống và sinh hoạt trong những tháng này.

Nhiều hệ thống sông lớn bị ô nhiễm trầm trọng, thậm chí mất cả khả năng tự làm sạch, trở thành những dòng sông “hấp hối”, đang kêu cứu: Sông Nhuệ – sông Đáy, Sài Gòn – Đồng Nai, hệ thống sông Cầu. Mối đe dọa đối với các hệ thống sông chủ yếu là do các nguồn thải rắn, thải lỏng không được xử lý và không được kiểm soát từ các trung tâm công nghiệp và khu tập trung dân cư thải ra. Ví dụ, hệ thống sông Nhuệ – Đáy phải tiếp nhận 57% lượng nước thải từ thành phố Hà Nội; sông Cầu nhận nguồn nước thải công nghiệp của khu công nghiệp Thái Nguyên, nước thải từ các làng nghề tiểu thủ công Bắc Ninh; sông Sài Gòn – Đồng Nai nhận nước thải công nghiệp và nước thải giàu chất hữu cơ từ thành phố Biên Hoà và thành phố Hồ Chí Minh – những địa bàn tập trung công nghiệp và dân cư lớn nhất ở miền Nam.

#### **4.6.3.2. Vấn đề năng lượng**

Năng lượng toàn cầu đang trở thành bức xúc. Con người đã từng sử dụng các nguồn năng lượng khai thác từ gỗ, củi, than đá, dầu mỏ và khí đốt đến nguồn năng lượng nhiệt hạch, năng lượng sạch (gió, nước, thủy triều, địa nhiệt, năng lượng Mặt Trời). Nguồn năng lượng khai thác từ dầu mỏ và khí đốt đang chiếm tỷ lệ cao nhất, gấp trên 3 lần năng lượng khai thác từ than đá (trừ Trung Quốc, than đá được sử dụng lên đến trên 80% nguồn năng lượng cả nước). Tuy vậy, hiện nay lượng than tiêu chuẩn tiêu thụ theo đầu người hàng năm ở Mỹ là 10 tấn, Đức 5,6 tấn, Nhật Bản 4,0 tấn, các quốc gia phát triển trung bình từ 3 đến 5 tấn. Năng lượng điện được sử dụng ở Mỹ 10.000kW/giờ/người, ở các nước phát triển trung bình là 3kW/giờ/người trở lên, còn ở Trung Quốc mới đạt 0,15kW/giờ/người. Nhu cầu năng lượng sử dụng cho sản xuất và tiêu dùng ngày càng tăng, trong khi các nhiên liệu hoá thạch đang rơi vào tình trạng cạn kiệt nhanh chóng. Hơn nữa, việc đốt những nhiên liệu này lại trở thành nguyên nhân ngày một lớn, làm tăng hiệu ứng nhà kính. Năng lượng sạch thay thế còn quá đắt, đòi hỏi nguồn vốn lớn không dễ gì các nước nghèo chấp nhận được.

#### **4.6.3.3. Sức sản xuất sơ cấp**

Bức thông điệp về sự suy giảm của sức sản xuất sơ cấp cũng tương tự

như đối với tài nguyên nước. Những nghiên cứu đã đánh giá rằng, sức sản xuất chung của tất cả các hệ sinh thái tính theo năng suất tính ( $P_N$ ) là 104,9 tỷ tấn, trong đó ở đại dương chiếm trên 46%, các hệ sinh thái trên cạn gần 54%. Năng suất sơ cấp tập trung chủ yếu ở rừng ẩm thường xanh nhiệt đới (17,8 tỷ tấn), sau là các savan (16,8 tỷ tấn). Các vùng canh tác chỉ đứng thứ ba – 8 tỷ tấn.

Trên 8.000 năm lại đây, diện tích rừng thuộc tất cả các khu sinh học đều bị mất nghiêm trọng. Rừng ôn đới giảm nhiều nhất (65%), sau là rừng ẩm thường xanh nhiệt đới (45%) và tiếp nữa là rừng boreal Bắc Bán cầu (13%). Phần lớn rừng ôn đới là dạng rừng hiếm. Trong khoảng thời gian dài như vậy, những diện tích rừng rộng lớn ít bị xáo động hơn phải kể đến là rừng nhiệt đới, chiếm khoảng 51%, rừng thuộc boreal – 45% và rừng ôn đới – 4%.

Vào thời điểm năm 1980, theo đánh giá, cả thế giới có gần 3.600 triệu ha rừng, chiếm 28% diện tích đất đai (trừ Greenland và châu Nam Cực), nhưng đến năm 1990 chỉ còn 3.400 triệu ha, tức là sau 10 năm mất đi 6%, trong đó, ở các nước nhiệt đới tốc độ mất rừng ngày một cao, diện tích rừng bị thu hẹp ngày một lớn (154 triệu ha), còn ở các nước phát triển diện tích rừng bị mất ít hơn, 36 triệu ha (bảng 4.7 và 4.8).

**Bảng 4.7. Diện tích rừng bị mất trong thời gian 10 năm ở các khu vực trên thế giới**

| Khu vực              | Diện tích rừng trước 1994 ( $km^2$ ) | Diện tích rừng hiện nay ( $km^2$ ) | Tỷ lệ (%) rừng còn so với năm 1994 |
|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Châu Phi             | 6.799.000                            | 2.302.000                          | 34                                 |
| Châu Á               | 15.132.000                           | 4.275.000                          | 28                                 |
| Trung Mỹ             | 1.770.000                            | 970.000                            | 55                                 |
| Bắc Mỹ               | 10.877.000                           | 8.483.000                          | 78                                 |
| Nam Mỹ               | 9.736.000                            | 6.800.000                          | 70                                 |
| Châu Âu              | 4.690.000                            | 1.521.000                          | 32                                 |
| Châu Đại Dương       | 1.431.000                            | 929.000                            | 65                                 |
| <b>Toàn thế giới</b> | <b>62.203.000</b>                    | <b>33.363.000</b>                  | <b>54</b>                          |

Nguồn: IRM (1997)

**Bảng 4.8. Mười nước đứng đầu thế giới về tốc độ mất rừng**

| STT | Tên các nước | Tốc độ mất rừng (ha/năm) |
|-----|--------------|--------------------------|
| 1   | Brazil       | - 2.550.000              |
| 2   | Indonesia    | - 1.080.000              |
| 3   | RDG          | - 740.000                |
| 4   | Bolivia      | - 580.000                |
| 5   | Mexico       | - 510.000                |
| 6   | Venezuela    | - 500.000                |
| 7   | Malaysia     | - 400.000                |
| 8   | Myanma       | - 390.000                |
| 9   | Sudan        | - 350.000                |
| 10  | Thailand     | - 330.000                |

*Nguồn: Romer et Robert (1999), Université du Québec, Montréal.*

Theo (FAO, 2001), trong những năm 1990 của thế kỷ trước, mỗi năm trên thế giới có 0,38% diện tích rừng bị chặt phá để biến thành đất sử dụng khác, trước hết là cho nông nghiệp. Rừng mới được trồng chỉ bù lại 0,16%. Sự thu hẹp rừng còn tiếp tục xảy ra trong 50 năm tới do nửa số dân thế giới (dự báo là gần 9 tỷ), nhất là ở các nước đang phát triển, cư dân chủ yếu là những người nghèo, thiếu dinh dưỡng đang sống dựa vào nền nông nghiệp (IIASA & FAO, 2002). Dân số tăng lên ở các nước đang phát triển và nhu cầu đất cho nông nghiệp tăng, buộc họ phải tiếp tục chặt trắng rừng. Theo dự báo (FAO, 1995) diện tích đất nông nghiệp ở các nước đang phát triển (trừ Trung Quốc) tăng từ 760 triệu lên đến 850 triệu ha vào năm 2010 mới đủ thoả mãn nhu cầu lương thực. Tuy nhiên, đất có tiềm năng canh tác về mặt lý thuyết có vẻ còn lớn, nhưng thực tế, khả năng để đáp ứng cho nhu cầu trồng trọt lại rất giới hạn (Dyson, 1996; Evans, 1998).

Diện tích đất canh tác có thể được mở rộng, song sự suy thoái của đất thường xuyên diễn ra cũng là một thách thức lớn. Nguyên nhân gây ra hiện tượng trên rất đa dạng, chủ yếu do hoạt động của con người như đốn hạ và thu hẹp rừng, làm suy kiệt nguồn nước mặt, hoạt động tưới tiêu bất hợp lý, gây xói mòn và suy thoái đất (hình 4.31), chôn thả quá mức làm chai cứng đất và gây ô nhiễm môi trường đất do lạm dụng nhiều hoá chất và thuốc trừ sâu diệt cỏ (bảng 4.9). Kết quả của các hoạt động trên lại là những nguyên nhân tổng hợp đưa đến nạn hoang mạc hoá trên nhiều vùng, nhất là những vùng có khí hậu khô hạn.



Hình 4.31. Đất bị xói mòn nghiêm trọng do sử dụng quá bất hợp lý.

**Bảng 4.9. Sự suy thoái đất lâm nghiệp, rừng, đồng cỏ và đất canh tác toàn cầu**

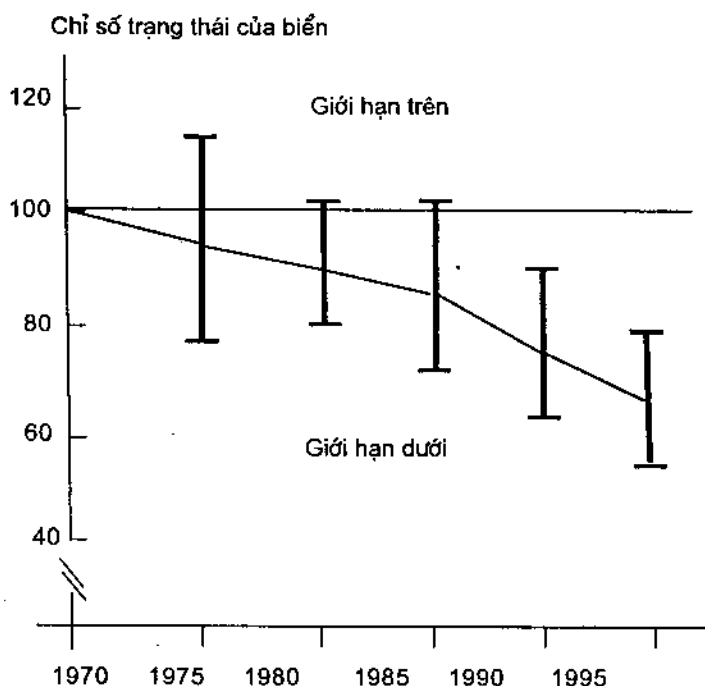
| Các trạng thái suy thoái | Diện tích đất chịu tác động (triệu ha) | Mất sản lượng (%) |
|--------------------------|----------------------------------------|-------------------|
| 1. Tổng số đất           | 8.735                                  |                   |
| 2. Không bị suy thoái    | 6.770                                  | 0                 |
| 3. Bị suy thoái          | 1.965                                  |                   |
| – Suy thoái nhẹ          | 650                                    | 5                 |
| – Suy thoái trung bình   | 904                                    | 18                |
| – Suy thoái nặng         | 411                                    | 50                |

*Nguồn: Đánh giá sự suy thoái đất toàn cầu (GLASOD, 1987–1990)*

Cùng với tài nguyên sinh vật trên đất liền, tài nguyên thủy quyển cũng đang suy giảm.

Theo WWF (1998), sản lượng hải sản trên thế giới trong giai đoạn 1990–1995 bình quân chỉ đạt 84 triệu tấn năm, ấy là không kể 27 triệu tấn bị loại bỏ do nghề cá không mong muốn. Cộng cả lại thì hàng năm nghề cá đã thu hồi 117 triệu tấn, vượt khả năng chịu đựng của nguồn lợi đại dương, được đánh giá là 100 triệu tấn. Theo FAO, trong năm 1994 khoảng 60%

nguồn lợi hải sản đại dương đã được khai thác đến giới hạn cho phép hoặc đã rơi vào tình trạng suy giảm. Trên cơ sở phân tích tình trạng của 116 loài cá chính, từ năm 1970 đến nay có 40% quần thể cá khai thác đã bị suy giảm, 25% duy trì sản lượng, số còn lại, chủ yếu là cá kém giá trị hơn (35%) có chiều hướng gia tăng. Theo chỉ số tổng hợp (sức khỏe của hành tinh-LPI) thì biển và đại dương đang lâm vào tình trạng suy thoái (hình 4.32).



Hình 4.32. Chỉ số về trạng thái của hệ sinh thái biển (WWF, 1998).

#### 4.6.3.4. Nạn hoang mạc hoá

Hoang mạc thay thế cho đất nông nghiệp trước đây đã từng xảy ra ở thung lũng Tigris-Euphrates, nơi ra đời của nền văn minh Nông nghiệp. Tại đây, sau khi được con người khai khẩn, đất đã trở thành những hoang mạc muối. Hiện nay, một trong những vấn đề báo động ở mức toàn cầu là nạn hoang mạc hoá hay sự suy thoái của đất. Một báo cáo “Đánh giá các hệ sinh thái thiên nhiên kỷ” (Millennium Ecosystem Assessment) và phúc lợi của con người (Human Well-being) đã nhấn mạnh rằng, nạn hoang mạc hoá ngày càng mở rộng là một trong những thử thách môi trường nghiêm

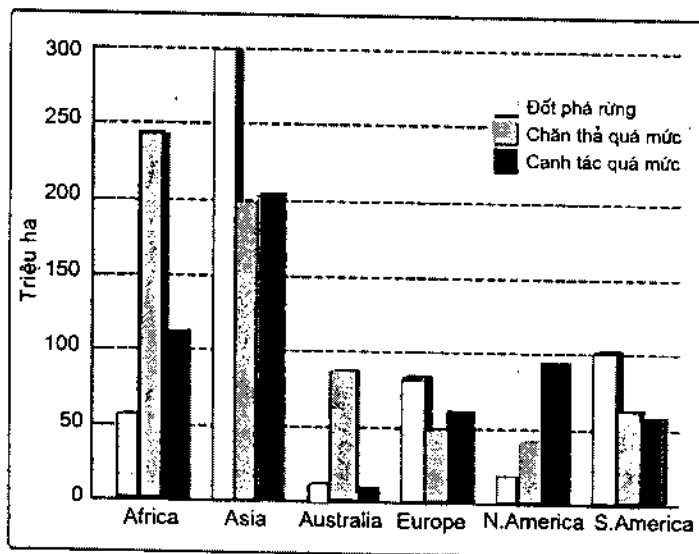
trọng và là trở ngại lớn nhất trong việc giải quyết đời sống của con người sống trên những vùng đất khô hạn hay bán khô hạn.

Khoảng 150 năm qua, con người từng chứng kiến sự bành trướng của các hoang mạc. Đến nay, diện tích hoang mạc được đánh giá là 26,2 triệu cây số vuông, chiếm gần 20% diện tích lục địa (130,5 triệu  $\text{km}^2$ ), trong đó vùng quá khô hạn ( $P/PET < 0,05$ ) là 10,0 triệu  $\text{km}^2$  (7,5% tổng diện tích trên), còn vùng khô hạn ( $P/PET: 0,05 - 0,20$ ) tương ứng là 16,2 triệu  $\text{km}^2$  (tương đương 12,1%) (*PET là khả năng bốc hơi tiềm tàng, P là lượng mưa đo trực tiếp tại trạm của vùng*).

Theo kết quả thống kê của Liên hiệp quốc, tốc độ hoang mạc hoá trung bình là 80.000 $\text{km}^2$  mỗi năm và vào những thập kỷ tới tổng diện tích hoang mạc có thể lên đến 39 triệu  $\text{km}^2$ .

Trên địa bàn nước ta, diện tích hoang mạc được đánh giá vào khoảng 9 triệu ha, tập trung chủ yếu ở các tỉnh cực Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Tây Bắc, nơi rừng bị chặt trắng từ nhiều năm trước, khí hậu khô hạn với lượng mưa thấp hoặc đất "trần" không còn khả năng giữ nước sau mùa mưa. Hoang mạc hoá đang là mối đe dọa thực tế đối với đời sống của hơn 20 triệu người sống trong vùng ở một nước đất chật người đông.

Hoang mạc hoá trên các vùng lãnh thổ chủ yếu do hoạt động của con người gây ra (hình 4.33):



Hình 4.33. Những nguyên nhân chính gây suy giảm đất ở những vùng khô hạn trên thế giới, FAO (2005).

– Chặt phá và khai thác trắng rừng làm giảm độ che phủ của mặt đất, đất nhanh chóng bị rửa trôi và bào mòn, nhất là ở các vùng thuộc vĩ độ thấp có lượng mưa lớn và tập trung trong mùa mưa.

– Gây suy kiệt nguồn nước mặt do mất rừng, khai thác quá mức mọi nguồn nước có thể khai thác được cho các hoạt động kinh tế.

– Đất nông nghiệp tưới tiêu bất hợp lý, không chỉ gây lãng phí nước mà còn làm cho đất nghèo kiệt và bị nhiễm mặn bởi sự xâm nhập của nước biển khi mực nước đại dương đang trong chiều hướng dâng cao.

– Chăn thả quá mức các đàn gia súc, nhất là trên những đồng cỏ thuộc vùng khô hạn và bán khô hạn.

– Nạn hoang mạc hoá còn liên quan với sự biến đổi khí hậu toàn cầu mà biểu hiện trước tiên là sự ấm lên của Trái Đất, làm tăng hiệu ứng nhà kính.

Do đó, chống hoang mạc hoá là một trong những nhiệm vụ quan trọng được đặt ra trước mắt chúng ta. Công ước chống sa mạc hoá (UNCCD) của LHQ với 191 nước thành viên tham gia đã được thừa nhận như một công cụ liên kết pháp lý quốc tế nhằm giảm nhẹ nguy cơ đe dọa trực tiếp đến đời sống của 6,082 triệu người sống ở hoang mạc và khoảng 2 tỷ người khác sống trong những vùng khô hạn hoặc bán khô hạn, trong đó 90% thuộc các nước đang phát triển, đồng thời ngăn chặn nguy cơ dẫn đến sự phát triển không bền vững của xã hội loài người.

#### **4.6.3.5. Ô nhiễm môi trường**

Ô nhiễm môi trường là hệ quả của quá trình phát triển kinh tế – xã hội loài người. Ô nhiễm môi trường được gây ra bởi nhiều nguồn:

– Từ hoạt động công nghiệp: Chủ yếu các nhà máy, xí nghiệp đốt nhiên liệu hoá thạch, phát thải vào khí quyển lượng lớn cacbon điôxít, ôxít nitơ, lưu huỳnh, khói bụi, sau là thải ra môi trường đất, nước các chất thải rắn, lỏng chứa các kim loại nặng (Fe, Cu, Pb, Hg, Zn, Cd...), các chất hữu cơ, phenol, dầu mỡ và các hoá chất có độc tính cao.

– Từ sản xuất nông nghiệp: Khi người dân lạm dụng nhiều phân hoá học bón cho đồng ruộng, sử dụng các chất diệt cỏ, trừ sâu... chứa nhiều chất độc hại như các gốc clo, photpho hữu cơ có chu kỳ phân huỷ chậm.

– Từ nguồn nước thải của các đô thị và những nơi tập trung dân cư. Nước thải rất giàu chất hữu cơ, nhất là các hợp chất nitơ và photpho, những tác nhân gây ra sự nở hoa của nước trong các thủy vực nội địa, gây nạn

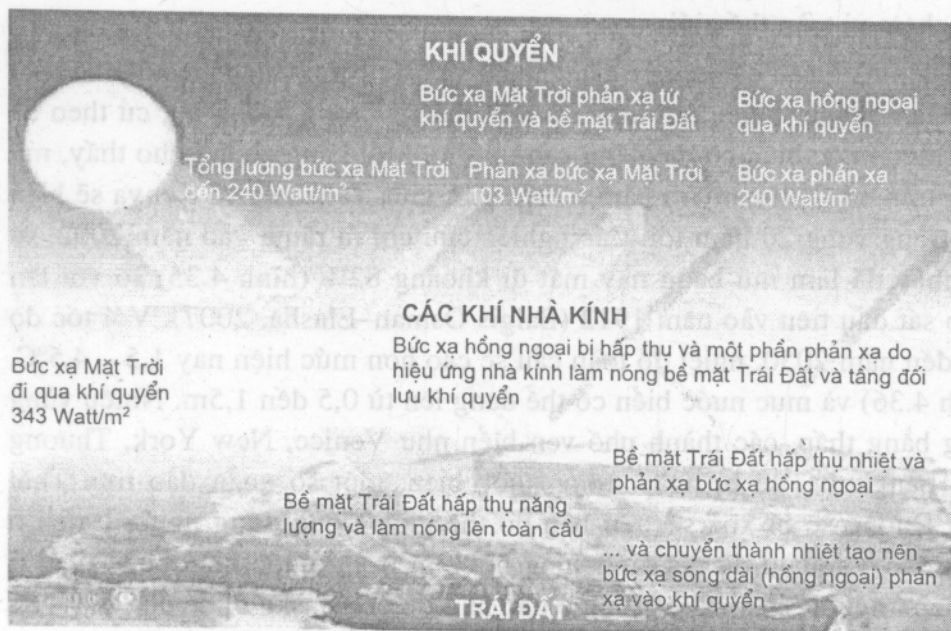
thủy triều đỏ ở các vịnh và biển cận bờ. Nước thải sinh hoạt còn chứa nhiều mầm bệnh, ảnh hưởng tới sức khỏe của con người, nhất là ở những nước đang phát triển, thiếu các điều kiện đảm bảo vệ sinh nguồn nước.

– Các chất phóng xạ của các nước có công nghiệp nguyên tử thất thoát ra từ các sự cố hay từ nơi chôn cất bã thải phóng xạ và các vụ thử vũ khí hạt nhân trên đất liền và biển, bom đạn sử dụng trong chiến tranh... đều là những nguyên nhân tiềm ẩn gây ô nhiễm cho môi trường đất, nước và không khí.

Ô nhiễm khí quyển đang trở nên bức xúc đối với đời sống sinh giới và của con người. Hai hiện tượng lớn mang tính toàn cầu mà nhân loại đang quan tâm là sự gia tăng hiệu ứng nhà kính và huỷ hoại tầng ôzôn.

### Hiệu ứng nhà kính và sự ấm lên của Trái Đất

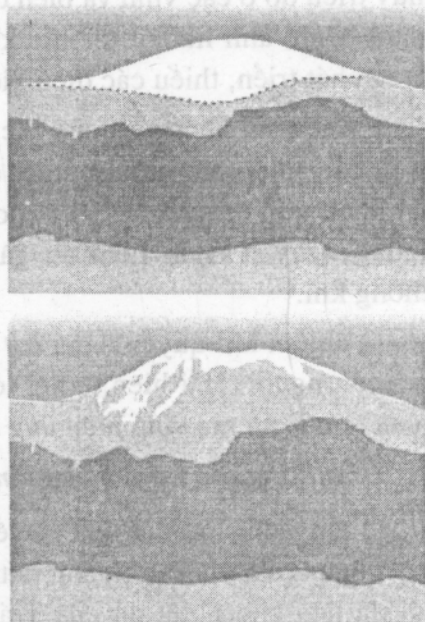
Ở tầng đối lưu của khí quyển, lớp không khí, hơi nước, bụi... với bề dày khoảng 25km tính từ mặt đất như một lá chắn giữ lại bức xạ nhiệt sóng dài đã làm cho nhiệt độ của Trái Đất ấm lên, tương tự như sự tăng nhiệt trong nhà kính (hình 4.34). Hiệu ứng nhà kính trong điều kiện tự nhiên trước đây đã nâng nhiệt độ trung bình của Trái Đất từ âm 18,7°C lên trên 15°C, đủ cho sự sống tồn tại và phát triển hưng thịnh.



Hình 4.34. Mô tả các dòng bức xạ nhiệt trong khí quyển và trên bề mặt hành tinh, nguyên nhân tạo nên hiệu ứng nhà kính.



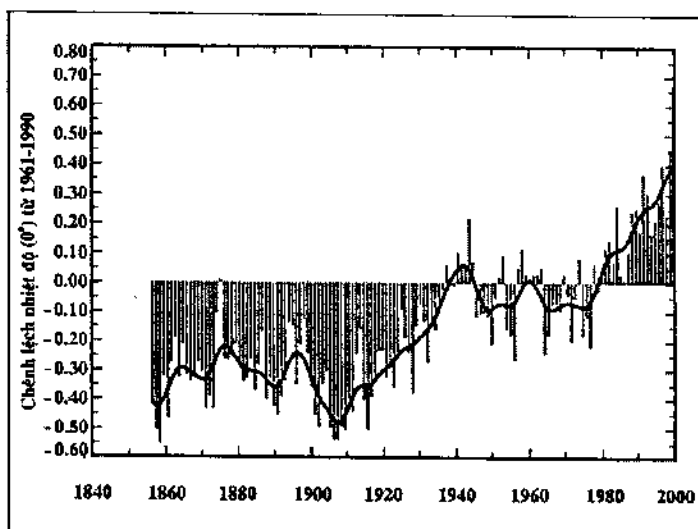
Hơn 200 năm qua, kể từ sau cách mạng Công nghiệp, hoạt động của con người đã làm cho nhiệt độ trung bình toàn cầu tăng từ 0,2 đến 0,6°C, nhanh gấp 10 – 50 lần so với sự gia tăng nhiệt độ sau kỷ Băng hà lần cuối, cách đây khoảng 10.000 năm về trước (Pernetta, 1993). Trong thế kỷ XX, nhiệt độ Bắc cực đã tăng xấp xỉ 5°C, cao gấp 10 lần so với mức tăng nhiệt độ bề mặt toàn cầu, và trong vòng 100 năm tới, dự tính nhiệt độ của Bắc Cực sẽ tiếp tục tăng khoảng 4 – 7°C. Các mô hình trên máy tính dự báo, đến năm 2100 nhiệt độ trung bình toàn cầu sẽ tăng khoảng 1,4 đến 5,8°C (Ahmet Djoghlaif, 2007). Do nhiệt độ tăng, Trái Đất ấm lên, mực nước đại dương sẽ tiếp tục dâng cao, nạn “đại hồng thủy” sẽ diễn ra trên phạm vi toàn thế giới.



Hình 4.35. Sự tan chảy của băng trên núi Kilimanjaro (từ GRID – Arendal, 2007).

Hiện nay, các dải băng ở Greenland và Tây Nam Cực (West Antarctic) đang tan nhanh, nhiều nơi hơn 1m mỗi tháng. Trong tương lai, cứ theo đà này, mực nước biển có thể dâng cao tới 5m. Một bằng chứng cho thấy, mũ băng trên núi Kilimanjaro nằm ở biên giới giữa Tanzania và Kenya sẽ biến mất trong vòng 20 năm tới. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, vào năm 2002, sự tan chảy đã làm mũ băng này mất đi khoảng 82% (hình 4.35) so với lần khảo sát đầu tiên vào năm 1912 (Balgis Osman-Elasha, 2007). Với tốc độ này đến năm 2050, nhiệt độ toàn cầu sẽ cao hơn mức hiện nay 1,5 – 4,5°C, (hình 4.36) và mực nước biển có thể dâng lên từ 0,5 đến 1,5m. Nhiều vùng đồng bằng thấp, các thành phố ven biển như Venice, New York, Thượng Hải, Bangkok... sẽ bị ngập trong nước biển; một số quần đảo trên Thái Bình Dương sẽ bị xóa sổ trên bản đồ thế giới. Cộng đồng người Lateu ở quần đảo Vanuatu do nơi sinh sống bị chìm trong nước mặn buộc phải tị nạn, còn người Shishmaref sống ở đảo nhỏ thuộc Alaska bị đe dọa bởi hiện tượng băng tan. Nhiệt độ tăng lên, thời gian nắng ấm của Bắc Cực sẽ kéo dài từ 2 đến 5 tháng. Khi nhiệt độ trung bình của Trái Đất tăng lên 1°C thì

giới hạn phía Nam của rừng lá kim, đồng rêu... ngày một dịch lên phương Bắc khoảng 100km. Hậu quả trước hết là 20.000 – 25.000 Gấu trắng Bắc Cực còn lại, tập trung đông ở Bắc Cực, Greenland và Alaska sẽ có nguy cơ diệt vong do nơi sống và nơi kiếm ăn của chúng bị thu hẹp. Liên quan đến diện tích “cánh đồng băng” bị co hẹp, khối lượng trung bình của Gấu Bắc Cực ở vịnh Hudson (Canada) đã giảm từ 650 (năm 1980) xuống 507 pound (năm 2004) (1pd = 0,4536kg). Hạn hán, lũ lụt, bão tố diễn ra thất thường: mưa nhiều hơn ở các vùng ôn đới và Đông Nam Á, ngược lại, khu vực Địa Trung Hải, Trung Á, châu Á, một số vùng ở Australia, New Zealand trở nên khô hạn hơn; nhiều bệnh dịch có cơ hội hoành hành, khó bề kiểm soát...



**Hình 4.36.** Nhiệt độ quan trắc toàn cầu. Tổ hợp nhiệt độ trên đất liền, không khí và bề mặt đại dương từ năm 1960 đến 8/1998 (so với trung bình thời kỳ 1961–1990).

Nếu nhiệt độ Trái Đất tăng thêm  $2^{\circ}\text{C}$  so với năm 1990 thì 30% số hệ thực vật toàn cầu sẽ mất đi, 3 tỷ người sống thiếu nước, thêm 50 triệu người phải đối mặt với nạn đói và khoảng 1 triệu loài sinh vật không có khả năng thích nghi với những biến đổi nhanh của khí hậu và lâm vào nguy cơ tuyệt chủng.

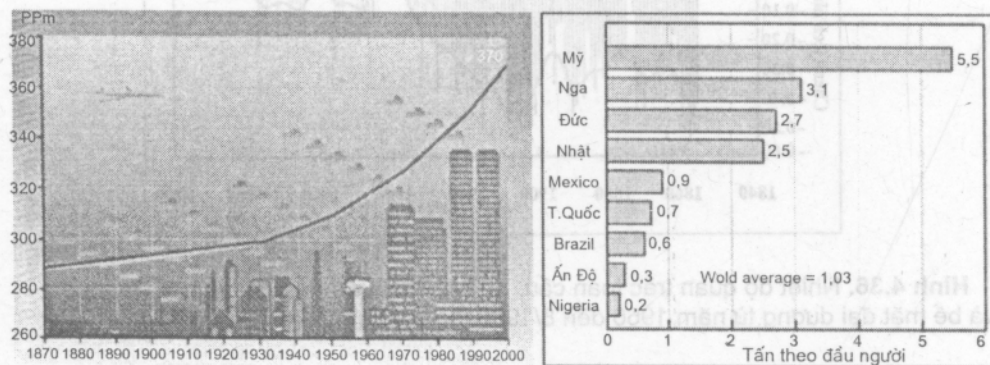
Trên lãnh thổ nước ta, theo kịch bản lạc quan nhất, nếu nước biển dâng lên 1m thì nơi chịu hậu quả trước nhất là đồng bằng sông Hồng, sông Cửu Long và Bắc Trung Bộ, bao gồm 1/4 sinh cảnh tự nhiên then chốt nhất sẽ chìm trong nước mặn, trong đó các khu bảo tồn, những di sản thiên nhiên

nổi tiếng như Hạ Long, Bái Tử long, Vân Long... sẽ không còn; trường hợp xấu nhất, mực nước biển dâng 5m, thì có tới 1/3 số sinh cảnh then chốt của nước ta sẽ bị nguy hại (WB, 2007).

Rõ ràng, như John Pilgrim (Birdlife, 2007) đã khẳng định, các sinh cảnh tự nhiên và đa dạng sinh học của Việt Nam đang phải đối mặt với cuộc khủng hoảng khí hậu toàn cầu khi mực nước biển dâng cao, dù chỉ là ở mức nhỏ nhất.

Nguyên nhân chính làm cho Trái Đất ấm lên là do khối lượng khí cacbon điôxit được con người tung vào khí quyển ngày một nhiều, khoảng 5,5 tỷ tấn mỗi năm, trong đó Mỹ thải tới 1,3 tỷ tấn, Trung Quốc đứng thứ 2 sau Mỹ – 600 triệu tấn và theo dự báo, lượng khí này trong ít năm tới sẽ vượt Mỹ để chiếm vị trí đầu bảng. Ngoài ra, do phá rừng và các hoạt động khai hoang, mỗi năm con người còn tung vào khí quyển tới 1,7 tỷ tấn cacbon điôxit.

Các khảo sát chỉ ra rằng, từ sau Cách mạng Công nghiệp đến nay hàm lượng CO<sub>2</sub> trong khí quyển ngày một gia tăng, từ 290ppm (phần triệu) lên đến 370 ppm (hình 4.37).



Nguồn: Cơ quan Thông tin Năng lượng, (2002).

**Hình 4.37.** Hàm lượng cacbon điôxit tăng nhanh trong khí quyển (hình trái) và hàm lượng CO<sub>2</sub> thải ra hằng năm theo đầu người của một số nước lựa chọn (hình phải).

Lượng cacbon điôxit tung vào khí quyển do sử dụng năng lượng chiếm 49%, sản xuất công nghiệp – 24%, sản xuất nông nghiệp – 13%, do phá rừng – 14%. Khí CO<sub>2</sub> đóng góp cho “hiệu ứng nhà kính” tới 50%, sau đó là CFC – 20%, CH<sub>4</sub> – 16%, ôzôn – 8%, NO<sub>x</sub> – 6% cùng nhiều bụi và vi khuẩn

(WRI, UNEP, 1998). Khí quyển còn chứa một lượng nhỏ cacbon monoxit (CO), khoảng 0,1ppm, khí metan ( $\text{CH}_4$ ) – 1,6 ppm. Những dòng khí này tồn tại với thời gian ngắn, khoảng 0,1 năm đối với CO và 3,6 năm đối với  $\text{CH}_4$ , ngắn hơn so với 4 năm đối với  $\text{CO}_2$ . Cacbon monoxit tuy không đe dọa tới bầu khí quyển, nhưng rất độc đối với đời sống con người, nhất là trong các đô thị lớn, nơi nhiều xe cộ thải ra.

Xen kẽ với sự ấm lên, chúng ta cũng không khỏi lo lắng Trái Đất lại xuất hiện một khuynh hướng trái ngược, quay lại kỷ Băng hà theo các chu kỳ lặp lại 10 – 20 nghìn năm.

Hoạt động của núi lửa và sự phát thải khối bụi vào khí quyển quá nhiều, nhất là ở các vùng công nghiệp lớn như Bắc Mỹ, Trung Âu và Đông Á còn tạo nên những đám mây “công nghiệp” dày đặc, bao phủ bầu trời, tương tự như những đám mây đã từng xuất hiện khi các thiên thạch va vào Trái Đất, ngăn cản bức xạ Mặt Trời xuống mặt đất và nhiệt độ ở những vùng như thế sẽ giảm thấp, tương phản sâu sắc với các phần còn lại của hành tinh. Chúng ta không mong muốn cả 2 hiện tượng: *nóng lên và lạnh đi* của Trái Đất.

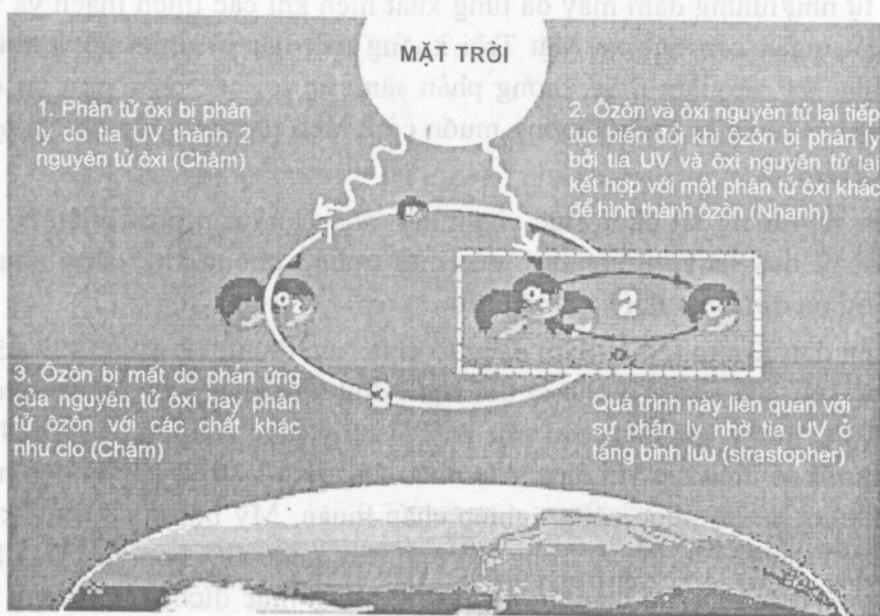
Bởi vậy, bằng tất cả nỗ lực của mình, nhân loại cần phải quản lý các khí thải và duy trì sự trong sạch của môi trường không khí, cũng như sự cân bằng ổn định của khí hậu toàn cầu.

Diễn đàn Kyoto (Nhật Bản) được tổ chức vào tháng 12 năm 1997 có sự tham dự của 166 nước đã cho ra đời Nghị định thư Kyoto với kỳ vọng đến năm 2010, lượng khí thải toàn cầu giảm xuống mức của năm 1990. Nghị định thư sẽ có hiệu lực khi được các nước tham gia ký kết, nhưng đến năm 2003 không đủ số nước công nghiệp chấp thuận. Mỹ bội ước và rút khỏi Nghị định thư Kyoto. Ngay trong hội nghị các nước G8, họp tại Cộng hoà Liên bang Đức vào đầu tháng 6 năm 2007 nhằm mục đích giảm lượng khí thải  $\text{CO}_2$  xuống 50% vào giữa thế kỷ cũng không được Mỹ nhất trí. Rõ ràng, Nghị định thư Kyoto vẫn chỉ là bước khởi đầu, còn rất nhiều trở ngại trên con đường dẫn đến hành động chung là giảm bớt và quản lý có hiệu quả khí nhà kính phát thải vào khí quyển.

### ***Sự phá huỷ tầng ôzôn***

Ôzôn ( $\text{O}_3$ ) như một màn chắn, có khả năng ngăn chặn 90% lượng bức xạ tử ngoại (UV) từ Mặt Trời xuống bề mặt hành tinh, giúp cho sự sống phát triển an toàn.

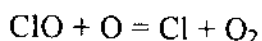
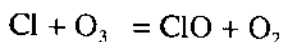
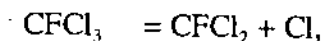
Ôzôn được hình thành một cách tự nhiên nhờ các quá trình lý, hoá học được phát hiện bởi Sydney Chapman vào năm 1930 ở tầng bình lưu của khí quyển. Tại đây, ôxi trong chu kỳ ôxi – ôzôn tồn tại dưới dạng: ôxi nguyên tử ( $O$ ), ôxi phân tử ( $O_2$ ) và ôzôn ( $O_3$ ). Ở tầng bình lưu, sau khi hấp thụ photon của bức xạ tử ngoại (UV) với bước sóng 240nm, phân tử ôxi bị quang phân thành 2 nguyên tử ôxi, sau đó nguyên tử này kết hợp với ôxi phân tử để cho phân tử ôzôn. Ôzôn khi hấp thụ bức xạ tử ngoại ở bước sóng 310 – 200nm lại phân ly thành ôxi phân tử và nguyên tử ôxi. Khi nguyên tử ôxi này kết hợp với ôxi phân tử lại tái tạo ôzôn. Như vậy, số lượng ôzôn ở tầng bình lưu được xác định bởi cân cân giữa các sản phẩm quang hoá và tái tổ hợp của phân tử và nguyên tử ôxi (hình 4.33).



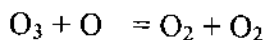
**Hình 4.38.** Chu trình ôxi – ôzôn ở tầng bình lưu khí quyển (từ Wikipedia, Encyclopedia).

Trong những năm 1959, David Bates và Marcel Nicolet còn chỉ ra, các gốc tự do khác nhau, quan trọng nhất trong chúng là hydroxin ( $OH^-$ ), nitrit ( $NO^-$ ), ion Clo ( $Cl^-$ ) và brom ( $Br^-$ ). Trừ  $OH^-$  và  $NO^-$  chủ yếu có nguồn gốc tự nhiên, còn các chất khác như CFC<sub>s</sub>, halon, HCFC<sub>s</sub>, HBFC<sub>s</sub>, cacbon tetracloarit, metyl cloroform, metyl bromit... có nguồn gốc nhân tạo, gây

phản ứng mạnh với ôzôn. Chẳng hạn, Cl và Br khi được giải phóng khỏi hợp chất hữu cơ do bức xạ tử ngoại trực tiếp huỷ hoại ôzôn theo các phản ứng xúc tác sau:



cuối cùng



Hậu quả của các phản ứng trên làm tăng tốc độ kết hợp, nhưng lại làm giảm lượng ôzôn. Cơ chế đặc trưng này hoạt động được là nhờ có nguồn ôxi nguyên tử (O) mà bước đầu nó được tạo ra bởi phản ứng quang phân của ôzôn. Cơ chế này giữ vai trò quan trọng chỉ ở phần trên của tầng bình lưu vì ở đây rất giàu các nguyên tử ôxi.

Một cơ chế huỷ hoại ôzôn quan trọng hơn cũng được khám phá cả ở phần thấp của tầng bình lưu, nơi mà con người tung vào đây nhiều hợp chất hữu cơ chứa Cl và Br. Năm 1970, Paul Cutzen chỉ ra rằng, hoạt động bình thường của vi khuẩn trên mặt đất đã phát thải một lượng ôxitdinitơ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) khá ổn định vào khí quyển, có tác động mạnh đến hàm lượng  $\text{NO}^-$ . Do có đời sống dài,  $\text{N}_2\text{O}$  đủ để đạt đến tầng bình lưu và ở đây nó biến đổi thành  $\text{NO}^-$ . Như vậy, theo cách này, từ việc bón phân cho đồng ruộng, hoạt động của máy bay siêu âm, con người còn tung thêm vào khí quyển một lượng không nhỏ  $\text{NO}^-$ , một trong những tác nhân quan trọng làm suy giảm lượng ôzôn của khí quyển, tạo ra lỗ thủng ôzôn trên bầu trời Nam Cực. Lớp ôzôn của ở tầng bình lưu, cách mặt đất khoảng 15 – 35km rất mỏng, chỉ chừng vài phần triệu thể tích khí quyển, thay đổi theo mùa và theo địa hình mặt đất. Lớp ôzôn được nhà vật lý học người Pháp, Charles Fabry và Henry Buisson, phát hiện vào năm 1913. Sau đó, nhà khí tượng học người Anh G.M.B. Dobson đã mô tả chi tiết những thuộc tính của nó. Giữa những năm 1928 và 1958, Dobson xây dựng mạng lưới các trạm quan trắc mà chúng hoạt động cho đến hiện nay. Đơn vị đo số lượng ôzôn trong một cột khí trên đầu chúng ta là Dobson, mang tên ông.

Lượng ôzôn hay “độ dày lớp ôzôn” thay đổi với biên độ lớn, nói chung, ít hơn ở gần xích đạo và nhiều hơn khi đi về các cực, dày lên trong thời gian mùa xuân và mỏng dần vào thời kỳ mùa thu hằng năm. Sự biến động đó phụ thuộc vào các hoàn lưu phức tạp của khí quyển và cường độ bức xạ



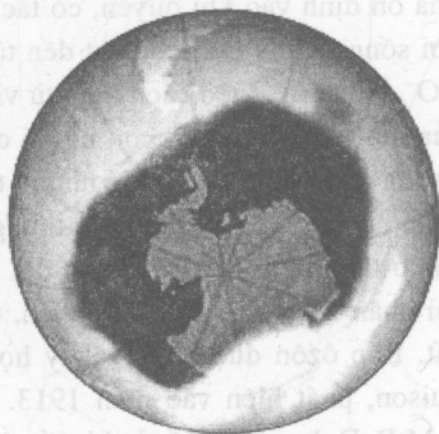
Mặt Trời. Phần lớn ôzôn phát hiện thấy ở vĩ độ trung bình đến vĩ độ cao của Bắc và Nam Bán cầu. Ôzôn được hình thành ở phía trên bầu trời vùng nhiệt đới rồi được hoàn lưu của tầng bình lưu chuyển về phía các cực và hạ xuống thấp hơn ở tầng bình lưu thuộc các vĩ độ cao.

Ôzôn là chất khí gây ô nhiễm ở hàm lượng thấp, thường làm cho con người bị phù nề, xuất huyết. Mặc dầu vậy, lớp ôzôn của tầng bình lưu lại giữ vai trò sống còn đối với sinh giới vì nó hấp thụ các tia cực tím (ultraviolet-UV) từ bức xạ Mặt Trời, bất lợi cho các quá trình sinh học.

Theo độ dài bước sóng, bức xạ tử ngoại chia thành 3 loại: UV-A, UV-B và UV-C. Các tia UV-C rất nguy hại cho con người, nhưng bị lớp ôzôn ngăn chặn hoàn toàn tại độ cao khoảng 35km. Bức xạ UV-B gây hại cho da, chủ yếu làm cháy nắng và có thể đưa đến bệnh ung thư da. Lớp ôzôn ngăn ngừa một cách có hiệu quả bức xạ UV-B, bởi vì, cường độ bức xạ với bước sóng 290nm tại đỉnh khí quyển cao hơn tới 350 triệu lần so với cường độ của nó ở dưới mặt đất, như vậy, phần lớn UV-B đã bị hấp thụ, chỉ một lượng rất ít có thể đến mặt đất. Ngược lại, phần lớn bức xạ UV-A xuống đến mặt đất, nhưng ít hại nhất, tuy vẫn có tiềm năng gây ung thư.

Hàm lượng các chất phá huỷ lớp ôzôn ngày một gia tăng, ôzôn ngày một suy giảm. Các quan trắc chỉ ra rằng, vào tháng 10/1987, lớp ôzôn ở bầu trời Nam Cực giảm đi 50% so với mức trung bình của giai đoạn 1957-1978 và do đó, ở đây một lỗ thủng ôzôn lớn được hình thành. Lỗ thủng này lớn nhất (24 triệu  $\text{km}^2$ ) xuất hiện vào ngày 17/10/1994 (hình 4.39). Sự thiếu hụt ôzôn trong mùa thu thường cao hơn 40% so với mức trung bình năm.

Khi lượng ôzôn của tầng bình lưu giảm đi 1% thì lượng bức xạ cực tím UV-B trên mặt đất sẽ tăng 1,3% và bệnh ung thư da cũng tăng khoảng 2%, bệnh đục thủy tinh thể, sự huỷ hoại hệ men và hệ miễn dịch của cơ thể cũng tăng lên, các hệ sinh thái trở nên mất cân bằng và năng suất vật nuôi, cây trồng giảm đi.



**Hình 4.39.** Lỗ thủng lớp ôzôn quan sát được vào tháng 9 – 2006 (từ Wikipedia, the free encyclopedia).

Để bảo vệ lớp ôzôn, cộng đồng quốc tế đã ký Nghị định thư Montreal vào năm 1987. Nghị định thư được sửa đổi lần đầu tại Luân Đôn, theo đó, việc sản xuất chất CFC<sub>s</sub> ở các nước phát triển sẽ loại trừ dần và chấm dứt hoàn toàn vào năm 2000. Nghị định được sửa đổi lần 2 được tiến hành ở Copenhagen, Đan Mạch năm 1992. Thời gian loại bỏ đối với halon là trước năm 1994 và đối với CFC<sub>s</sub> sẽ vào trước năm 1996. Nếu đúng như thế, khi CFC<sub>s</sub> được thay bằng các chất không huỷ hoại lớp ôzôn thì đến năm 2015, lỗ thủng ôzôn với diện tích 24 triệu km<sup>2</sup> trên bầu trời Nam Cực sẽ chỉ mới co hẹp 1 triệu km<sup>2</sup> (Newman et al., 2004), còn độ bao phủ toàn phần của lớp ôzôn sẽ có được từ năm 2050 hoặc muộn hơn. Các tính toán cũng chỉ ra rằng, độ che phủ có ý nghĩa (kể cả về mặt thống kê) chỉ có thể xuất hiện từ năm 2024, còn với mức ôzôn bằng mức năm 1980 phải vào khoảng năm 2068 trở đi mới có thể đạt được.

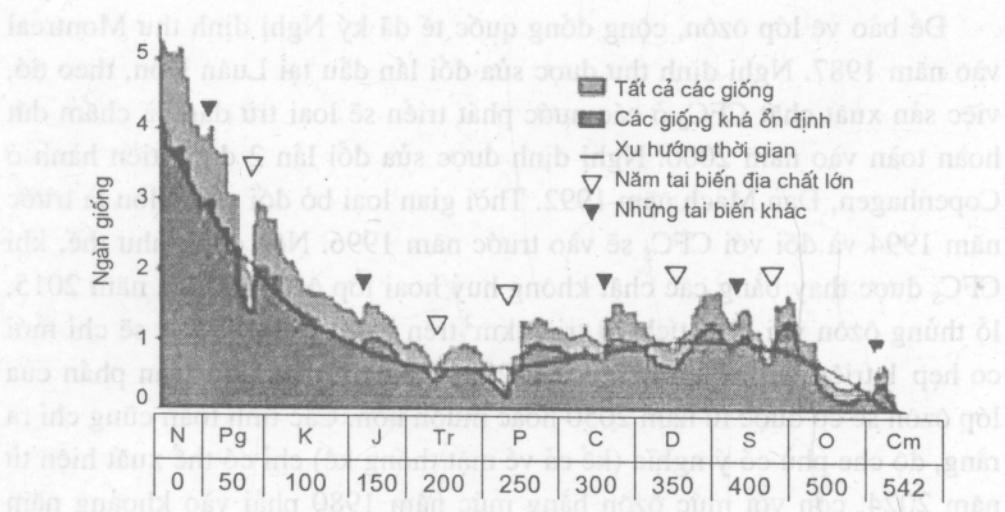
Năm 1994, Liên hợp quốc đã chọn ngày 16 tháng 9 hằng năm là “Ngày Ôzon Quốc tế”.

#### **4.6.3.6. Sự thất thoát đa dạng sinh học**

Đa dạng sinh học là tài nguyên sống còn của loài người, song bị thất thoát ngày càng lớn, thiên nhiên trở nên khánh kiệt dần. Trong lịch sử phát triển, tiến hoá của sinh quyển, biết bao loài thực vật, động vật và những hệ sinh thái giàu đẹp bị huỷ diệt do những biến cố của tự nhiên, và khi con người xuất hiện thì đóng góp của họ cho sự diệt vong của các loài ngày một lớn, chẳng kém gì hậu quả của các biến cố địa chất đã từng xảy ra.

Trong tiến trình lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất đã từng xảy ra những biến động lớn lao ở mức toàn cầu vào những thời gian chuyển tiếp giữa các kỷ, các nguyên đại địa chất xác định như các tai biến Ordovic, Devon, Permi, Triat, Creta, trong đó, tai biến Permi – Triat, “đêm giao thừa” giữa Paleozoi và Mesozoi, cách chúng ta 250 – 270 triệu năm là lớn nhất, bi hiểm nhất và để lại tai hoạ khủng khiếp nhất trong lịch sử phát triển của vỏ Trái Đất, kết thúc nguyên đại Cổ sinh kéo dài 350 triệu năm kể từ kỷ Cambri đến Permi, bởi vì tai biến này đã tiêu diệt tới 95% tổng số các loài động vật, trong đó 73% số loài của Amphibia và Reptilia trên mặt đất và 50% số loài động vật biển (hình 4.40).





**Hình 4.40.** Sự diệt vong của hàng loạt loài sinh vật liên quan đến các tai biến địa chất xảy ra ở những “đêm giao thừa” của các kỷ trong lịch sử tiến hoá của vỏ Trái Đất. Năm biến cố lớn: (tam giác trắng) 1–Ordovic cuối; 2–Devon muộn; 3– Triat cuối; 4–Kreta cuối và 5–Permi–Triat, lớn nhất và bí hiểm nhất (Sepkoski, 1992, trích từ UNEP, 1995) và những tai biến khác (tam giác đen). Các ghi chú khác: Cm–Cambri, O–Ordovic, S–Silua, D–Devon, C–Carbon, P–Permi, Tr–Triat, J–Jura, K–Kreta, Pg–Paleogen, N–Neogen.

Phần lớn sự tuyệt chủng của các loài từ 1000 đến 2000 năm trước Công nguyên đến nay, không một lý do nào khác, con người phải hoàn toàn chịu trách nhiệm. Theo M. Bode (2005), trong hơn 200 triệu năm qua, tốc độ diệt vong trung bình 1 – 2 loài mỗi năm và 3 – 4 họ trong vòng một triệu năm, khi “tuổi thọ” trung bình của một loài là 2 – 10 triệu năm (tính trong 200 triệu năm gần đây). Với khoảng thời gian ngắn hơn, chừng 15.000 năm qua, con người đã cướp đi mạng sống của 7 loài thực vật, 20 loài cá, 34 loài bò sát, 2 loài lưỡng cư, 259 loài chim và 116 loài thú (Aurni, 1992).

Hiện nay, chúng ta chứng kiến một làn sóng tuyệt chủng lớn nhất kể từ khi các loài Khủng long biến mất trên Trái Đất. Mức độ tuyệt chủng đang tăng lên theo một con số gấp 1000 lần tuyệt chủng cơ sở. Cứ mỗi giờ có 3 loài biến mất. Cứ mỗi ngày, có đến 150 loài biến mất. Cứ mỗi năm, khoảng 18.000 – 55.000 loài bị tuyệt chủng (Ahmed Djoghlaif, 2007).

Nguyên nhân gây thất thoát đa dạng sinh học có nhiều, nhưng tựu chung lại vẫn là khai thác của con người (hình 4.41).



**Hình 4.41.** Những nguyên nhân chính gây tuyệt chủng các loài động vật từ năm 1600 (World Conservation Monitoring Centre).

– *Khai thác quá mức các loài động, thực vật:* Các nghiên cứu đánh giá rằng, trên 40% sinh khối của Trái Đất gắn chặt với đời sống của một số ít loài, trong đó con người chiếm dụng phần lớn. Hoạt động của con người đã huỷ hoại rất nhiều hệ sinh thái trên toàn cầu, trong đó, làm suy thoái hay huỷ diệt gần 50% các thảm rừng và chiếm dụng gần 50% sản lượng sơ cấp của các hệ sinh thái trên cạn và dưới nước. Riêng buôn bán các loài sinh vật hoang dã mỗi năm đã thu về một khoản lợi nhuận tối thiểu là 5 tỷ Mỹ kim, trong đó 25 – 33% là bất hợp pháp (hình 4.42).

Khai thác quá mức là hiện tượng rất phổ biến, trước hết là khai thác các đối tượng làm thức ăn, làm nguyên liệu cho công nghiệp, dược liệu, trang trí..., nhất là các đối tượng khai thác lại rơi vào những loài có kích thước lớn, khả năng sinh sản rất thấp như cá voi Xanh, cá voi Khoang, rùa biển, hổ, báo... và nhiều loài gỗ quý. Theo thông báo mới đây (2007), Đười ươi sống trên quần đảo Indonesia chỉ còn khoảng trên 120.000 cá thể cũng đang bị đe dọa tuyệt chủng do nạn săn bắt, buôn bán động vật hoang dã và nơi sống của chúng bị thu hẹp đáng kể. Tê giác một sừng trước đây rất phổ biến ở Đông Nam Á, nay chỉ còn một quần thể rất nhỏ với 6 – 7 cá thể sống ở Vườn quốc gia Cát Tiên nước ta. Số phận của loài này cũng rất mong manh!

– *Mất nơi ở, sinh cảnh bị xuống cấp và bị chia cắt:* Mỗi loài đều có nhu cầu về thức ăn và nơi ở riêng biệt. Loài có ổ sinh thái càng đặc trưng,

càng dễ lâm vào cảnh suy thoái do mất nơi sống (habitat) hoặc môi trường bị ô nhiễm.

Nơi sống của các loài hoang dã bị triệt hạ, thu hẹp và bị chia cắt, nhất là sự chuyển đổi đất lâm nghiệp sang sản xuất nông nghiệp, chăn thả, xây dựng đường sá, các khu đô thị... xuất hiện rất sớm trong sự phát triển của nền văn minh nhân loại, chẳng hạn, ở Trung Quốc, sự chuyển đổi cách sử dụng đất rừng được bắt đầu cách đây 4000 năm, nhanh và rộng hơn xảy ra ở châu Âu vào khoảng 400 năm trước. Trong bối cảnh chung đó, những thảm rừng cuối cùng ở Tây bắc Thái Bình Dương còn sót lại giờ đây đã bị “thu dọn” rất nhanh.



Hình 4.42. Khai thác và buôn bán ngà voi châu Phi.

Trong vùng nhiệt đới, đất thấp, rừng rụng lá theo mùa ở “Tân lục địa” bắt đầu biến mất sau 1.500 năm khi chủ nghĩa thực dân Tây Ban Nha và Bồ Đào Nha đặt chân tới. Theo các đánh giá, diện tích rừng mưa nhiệt đới nguyên thủy có 15 triệu cây số vuông, ngày nay chỉ còn khoảng 7,5 – 8,0 triệu, nghĩa là mất đi một nửa với tốc độ gần 2% diện tích mỗi năm. Chặt phá rừng nhiệt đới là nguyên nhân chính đưa đến sự tuyệt chủng hàng năm của 59.500 loài động vật và thực vật, cao hơn 1.000 đến 10.000 lần tốc độ tuyệt chủng trước khi xuất hiện loài người. Với tốc độ này, chắc chắn vào cuối thế kỷ XXI, rừng ẩm thường xanh nhiệt đới sẽ suy giảm 10 – 25% so với diện tích ban đầu và khoảng 25% số loài thực vật và động vật sẽ biến mất trong vòng 30 – 50 năm tới (Pilorgue, 1993).

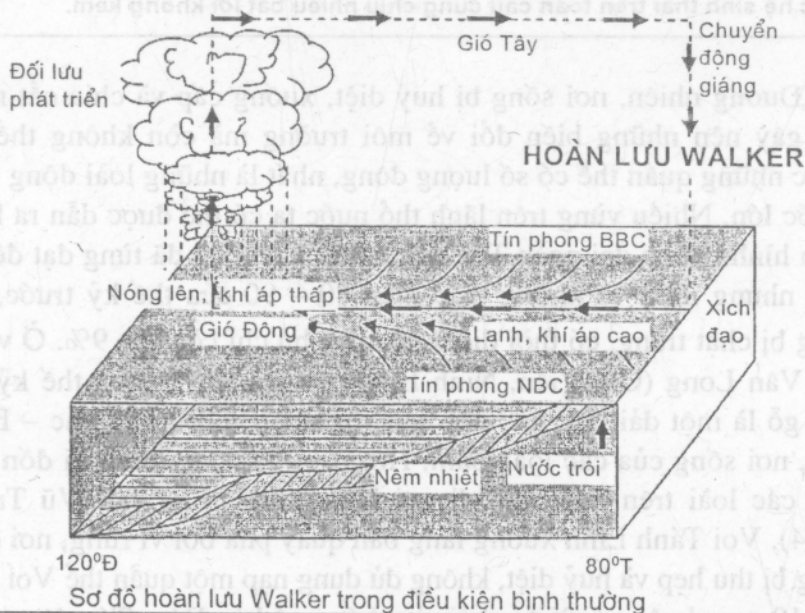
## HỘP 4.2.

## EL-NINO VÀ SỰ DAO ĐỘNG NAM (SO)

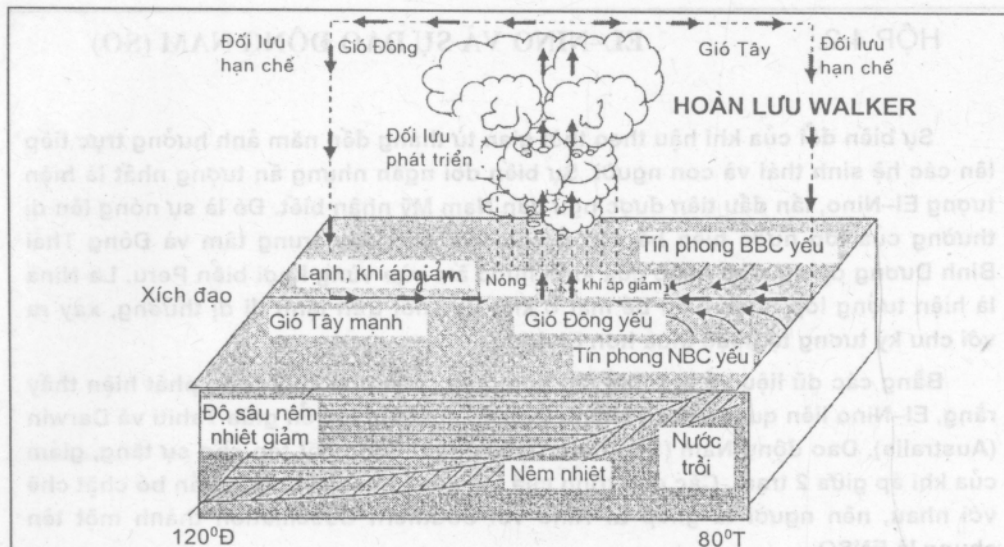
Sự biến đổi của khí hậu theo thời gian từ tháng đến năm ảnh hưởng trực tiếp lên các hệ sinh thái và con người. Sự biến đổi ngắn nhưng ấn tượng nhất là hiện tượng El-Nino, lần đầu tiên được ngư dân Nam Mỹ nhận biết. Đó là sự nóng lên dị thường của lớp nước biển bề mặt ở khu vực xích đạo trung tâm và Đông Thái Bình Dương do sự xâm nhập của khối nước ấm vào vùng khơi biển Peru. La Nina là hiện tượng lớp nước biển bề mặt ở khu vực nói trên lạnh đi dị thường, xảy ra với chu kỳ tương tự hoặc thưa hơn El-Nino.

Bằng các dữ liệu về thời tiết tập hợp được, các nhà khí tượng phát hiện thấy rằng, El-Nino liên quan với sự chênh lệch áp suất khí quyển giữa Tahiti và Darwin (Australia). Dao động Nam (Southern Oscillation) được đặt tên cho sự tăng, giảm của khí áp giữa 2 trạm. Các quá trình của khí quyển và đại dương gắn bó chặt chẽ với nhau, nên người ta ghép El-Nino với Southern Oscillation thành một tên chung là ENSO.

SOI là chỉ số tương đối, được tính bằng sự chênh lệch áp suất khí quyển giữa Tahiti và Darwin theo thang độ với gốc là 0. Chỉ số SOI rất ít quan hệ với nhiệt độ mặt nước biển ở nam Thái Bình Dương. Khi SOI có giá trị âm thì nhiệt độ đại dương ở Đông Thái Bình Dương sẽ ấm hơn so với mức bình thường, còn ở Tây Thái Bình Dương và Ấn Độ Dương lạnh hơn mức bình thường. Tác động của ENSO xảy ra rất kịch tính. Khi El-Nino xuất hiện, sự biến đổi của khí hậu bùng phát trong phạm vi toàn cầu. Lúc này, mùa đông ở Đông bắc Hoa Kỳ và Tây Canada trở nên dịu, còn Australia, Ấn Độ, Indonesia, Brazil và Trung Mỹ trở nên rất khô hạn.







Sơ đồ hoàn lưu Walker trong điều kiện El-Niño

ENSO xuất hiện với chu kỳ 4 năm, nhưng thay đổi từ 2 đến 7 năm. Nguyên nhân biến đổi đó còn chưa rõ ràng. Tác động của El-Niño trên phạm vi toàn cầu cũng thay đổi và có ý nghĩa quan trọng. Nhiệt độ tầng nước mặt đại dương tăng lên làm cho các rạn san hô bị đập vỡ và huỷ hoại, các hệ sinh thái nước trời (upwelling) ngoài khơi Peru mất đi, tức là mất nguồn dinh dưỡng từ tầng nước sâu bổ sung cho các tầng nước mặt. Nghề cá Peru suy giảm lập tức, chim biển chết đói, còn sản lượng cá hồi di cư ở Bắc Thái Bình dương cũng sụt giảm (Mantua et al., 1997). Đây chỉ là tiêu biểu cho sự thiệt hại gây ra bởi hiện tượng El-Niño, song các hệ sinh thái trên toàn cầu cũng chịu nhiều bất lợi không kém.

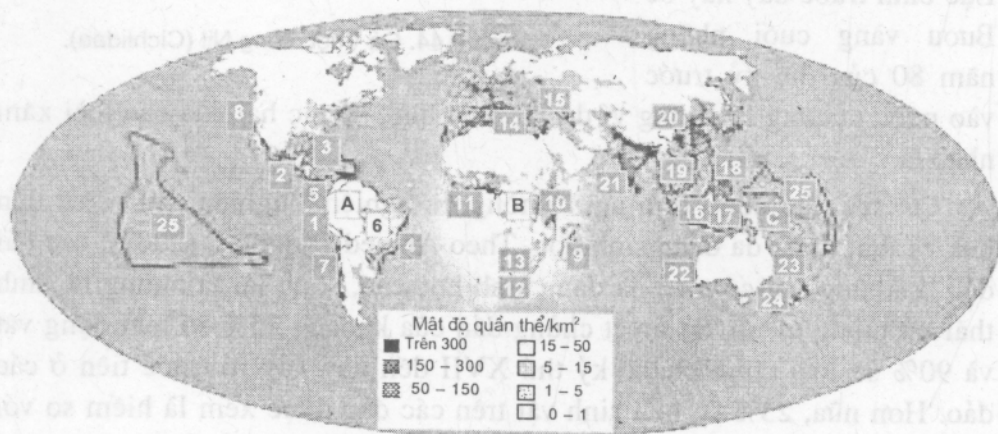
Đương nhiên, nơi sống bị huỷ diệt, xuống cấp và chia cắt nhỏ, không chỉ gây nên những biến đổi về môi trường mà còn không thể dung nạp được những quần thể có số lượng đông, nhất là những loài động vật có kích thước lớn. Nhiều vùng trên lãnh thổ nước ta có thể được dẫn ra không kém điển hình. Rừng đại ngàn Tây Bắc với độ che phủ đã từng đạt đến 90% đất đai, nhưng ngay từ những thập niên 80 – 90 của thế kỷ trước, nhiều nơi rừng bị chặt trắng, có thời điểm độ che phủ chỉ còn 7 – 9%. Ở vùng núi đá vôi Vân Long (Gia Viễn, Ninh Bình) trước năm 50 của thế kỷ XX, rừng cây gỗ là một dải liên tục, nối liền với Hoà Bình – Tây Bắc – Bắc Trường Sơn, nơi sống của các loài Gấm, Hổ, Báo lửa... nay rừng bị đốn hạ và chia cắt, các loài trên hoặc dời đi nơi khác hoặc bị hạ sát (Vũ Trung Tạng, 2004). Voi Tánh Linh xuống làng bản quấy phá bởi vì rừng, nơi chúng sinh sống bị thu hẹp và huỷ diệt, không đủ dung nạp một quần thể Voi chỉ khoảng 9 – 10 con, buộc người ta phải rời chúng về bản Đôn. Tác động tổ hợp của

những nguyên nhân trên dẫn đến sự thất thoát đa dạng sinh học ngày một lớn (bảng 4.10), tạo nên những “điểm nóng” về đa dạng sinh học trên bề mặt hành tinh (hình 4.43).

**Bảng 4.10. Số lượng loài được xem là bị đe dọa diệt vong thuộc các mức độ khác nhau (UNEP, 1995)**

| Mức đe dọa (T)            | E    | V    | R      | I    | Tổng số |
|---------------------------|------|------|--------|------|---------|
| Các loài thú              | 177  | 199  | 89     | 68   | 533     |
| Các loài chim             | 188  | 241  | 257    | 176  | 862     |
| Các loài bò sát           | 47   | 88   | 79     | 43   | 257     |
| Các loài lưỡng cư         | 32   | 32   | 55     | 14   | 133     |
| Các loài cá               | 158  | 226  | 246    | 304  | 934     |
| Động vật không xương sống | 582  | 702  | 422    | 941  | 2677    |
| Các loài thực vật         | 3632 | 5687 | 11.485 | 5302 | 26.106  |

**Ghi chú:** T– bị đe dọa, E– đang nguy cấp, V– sẽ nguy cấp, R– hiếm, I– chưa xác định

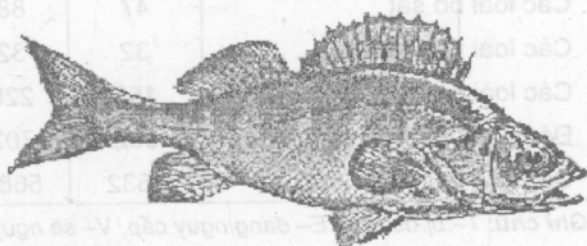


**Hình 4.43. Các “điểm nóng về đa dạng sinh học” tại 25 điểm được chỉ ra, trong đó 60% mức đa dạng sinh học tập trung ở 1,4% diện tích mặt đất (nguồn: Conservation International Web site, October, 2003)**

1. Nhiệt đới Andes, 2. Trung Mỹ, 3. Vùng Caribe, 4. Rừng của Brazil ở phía Đại Tây Dương, 5. Choco/Darien/Tây Ecuador, 6. Cerrado thuộc Brazil, 7. Trung Chilê, 8. Thảo thực vật California, 9. Madagasca, 10. Cảnh cung phía Đông và Trung tâm Tazania/Kenya, 11. Rừng Tây Phi, 12. Thảo thực vật Mũi Hảo Vọng, 13. Cao nguyên đất sét Nam Phi, 14. Lưu vực Địa Trung Hải, 15. Vùng Cauca (Caucasus), 16. Sundaland, 17. Wallacea, 18. Philippines, 19. Indo-Burma, 20. Nam-Trung tâm Trung Quốc, 21. Tây Ghats/Sri Lanka, 22. Tây Nam Australia, 23. New Caledonia, 24. New Zealand, 25. Polynesia/Micronesia.
- A, B và C– các vùng nhiệt đới rộng lớn của hành tinh.

– *Sự xâm nhập của những loài ngoại lai*: Xâm nhập tự nhiên và di nhập của các loài ngoại lai do con người là một trong những nguyên nhân dễ thấy và rất nguy hiểm gây ra sự tuyệt chủng nhiều loài bản địa. Các hồ lớn châu Phi như Victoria, Tanganyika, Malawi... rất giàu loài đặc hữu trong họ cá Cichlidae. Song, loài cá Vược sông Nil – một loài ngoại lai, được nhập vào hồ Victoria để tạo sinh kế cho người dân trong vùng lại trở thành hiểm hoạ (hình 4.44). Do tính phàm ăn, loài di nhập này đã thắng thế các loài bản địa trong cuộc cạnh tranh về nguồn dinh dưỡng, đương nhiên, nhiều loài bản địa đã biến mất.

Nếu tính từ năm 1600, những sự kiện diệt vong của các loài gây ra do sự xâm hại của những loài ngoại lai có thể chiếm đến một nửa. Sự di nhập bèo Lục bình trước đây hay ốc Bươu vàng cuối những năm 80 của thế kỷ trước vào nước ta cũng là những ví dụ rất điển hình về tác hại của các loài xâm nhập lạ.



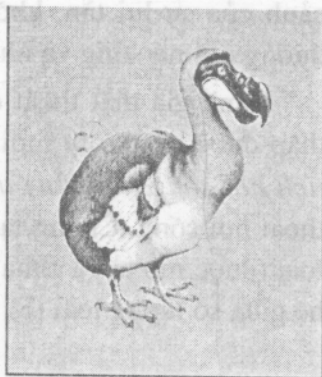
Hình 4.44. Cá Vược sông Nil (Cichlidae).

Các hải đảo được xem như “phòng thí nghiệm” nghiên cứu về sự tiến hoá và thất thoát đa dạng sinh học. Theo Ahmed Djoghlaif, (2007), các hải đảo là những nơi có mức đa dạng sinh học cao, song lại là những hệ sinh thái rất mong manh. Sự tuyệt chủng dần của khoảng 75% số loài động vật và 90% số loài chim từ thế kỷ thứ XVII đến nay xảy ra trước tiên ở các đảo. Hơn nữa, 23% số loài sinh vật trên các đảo được xem là hiếm so với 11% số loài sinh vật sống trên toàn hành tinh. Điều có thể dễ xác nhận, khi chuyển đi khỏi đảo một loài (như sự diệt vong) hoặc di nhập vào đó một loài (như sự xâm nhập), con người đã làm biến đổi toàn bộ hệ thống sinh học trên đảo. Những hệ quả dây chuyền rất có thể xảy ra khi 2 hoặc hơn 2 loài phụ thuộc chặt chẽ vào nhau hoặc loài bị tác động lại là loài có vai trò “chìa khoá”, tức là có quan hệ mạnh đối với các loài khác (hộp 1.2 – Chương 1).

Số lượng loài thuộc các nhóm động vật khác nhau sống trên các hải đảo bị diệt vong do những loài ngoại lai xâm nhập đến được thống kê hoàn toàn không giống nhau: có đến 93% trong số 30 sự kiện diệt chủng của các

loài và dưới loài Amphibia, 93% trong số 176 loài và dưới loài chim trên cạn và chim nước, nhưng chỉ có 27% của 114 loài và dưới loài thuộc lớp thú (Bode, 2005).

Một bằng chứng lý thú khác về sự diệt vong của các loài theo kiểu domino: hạt cây Calvaria hiện nay chỉ phát hiện thấy trên đảo Maritius và chỉ mọc mầm sau khi lớp vỏ dày bị bào mòn qua ống tiêu hoá của chim “Dodo” (*Raphus cucullatus*), một loài chim lớn, nặng đến 25kg trên đảo (hình 4.45). Loài này, kẻ tạo cơ hội cho hạt nảy mầm, đã bị săn bắt đến con cuối cùng vào cuối thế kỷ thứ XVII. Do đó, trên đảo Maritius cây Calvaria không có cây non thay thế mà nay chỉ còn lại một số ít cây già. Chồn sương Furô trước đây phát



Hình 4.45. Chim *Raphus cucullatus*.

triển phong phú ở các đồng cỏ Bắc Mỹ, song cách đây không lâu một vật dữ, loài chó thảo nguyên ăn chồn, đã xâm nhập tới và có điều kiện để phát triển nhanh chóng số lượng, do đó, kích thước quần thể Chồn Furô suy giảm nhanh chóng và hiện nay, loài này trở thành loài rất hiếm.

– Ô nhiễm môi trường, nhất là các trận mưa axit, do các chất thải độc, đã tàn phá nhiều khu rừng, đất đai, mặt nước rộng lớn của hành tinh, gây thất thoát đa dạng sinh học, trước hết huỷ diệt những loài có vùng phân bố hẹp, mất cảm với các chất gây nhiễm và sự biến động của các nhân tố môi trường.

– Sự biến đổi của khí hậu toàn cầu làm cho hàng loạt loài và các hệ sinh thái không có khả năng thích ứng với tốc độ biến đổi nhanh như thế sẽ lâm vào cảnh suy thoái và tuyệt chủng. Sự huỷ hoại trước hết xảy ra đối với những dải rừng, kể cả rừng ngập mặn, các rạn san hô, thảm cỏ biển sâu uất ở vùng nhiệt đới xích đạo. Nếu nhiệt độ Trái Đất tăng 1°C có thể làm thay đổi cơ bản chức năng và thành phần của rừng, kéo theo nhiều động vật trú ngụ trong đó, bao gồm một nửa số loài linh trưởng lớn và gần 9% các loài cây đã biết có nguy cơ tuyệt chủng. Trong vài ba thập kỷ lại đây do sự thay đổi khí hậu, hơn 20% số loài cá nước ngọt trên thế giới đang dần bị tuyệt chủng, bị đe dọa hay trở nên quý hiếm. Đến năm 2050, dải đá ngầm Great Barrier (Australia) có thể bị mất đi 95% số rạn san hô. Sự thu hẹp diện tích băng còn làm giảm 50% số lượng loài chim cánh cụt ở vùng Terre Adelie (Ahmed Djoghla, 2007).

Suy cho cùng, con người và hoạt động của con người là nguyên nhân

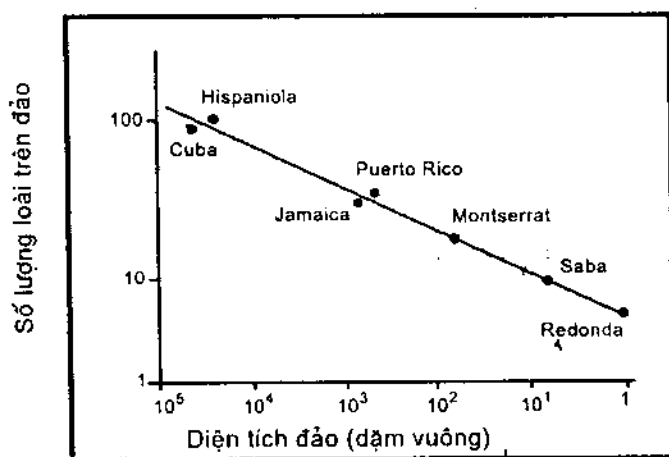


tổng hợp nhất, cơ bản nhất gây ra thất thoát đa dạng ở mức toàn cầu. Nếu như con người không thay đổi về nhận thức và hành động thì không những đa dạng sinh học bị mất đi mà cả số phận của nhân loại cũng sẽ đi tới viễn cảnh của sự lụi tàn, không khác gì cây gỗ bị lấy hết nguồn khoáng dinh dưỡng nơi nó sống và như những con thú dữ khi ăn hết các con mồi.

Đánh giá thất thoát đa dạng sinh học dựa trên cơ sở nguồn tài liệu thu thập được để mô tả mối quan hệ giữa *số lượng loài* của một vùng và *diện tích nơi sống (habitat)* trong đó hoặc dựa trên số liệu thống kê tốc độ thất thoát nơi sống. Chúng ta cũng có thể áp dụng một số tỷ số để tính tổng các loài (được mô tả và chưa được mô tả) từ số lượng loài được mô tả. Mối quan hệ giữa số lượng loài ( $S$ ) và diện tích nơi sống ( $A$ ) được viết dưới dạng:

$$S = cA^z$$

trong đó:  $z$  là độ dốc của mối quan hệ tuyến tính (thang log), còn  $c$  là hệ số. Trên cơ sở số liệu về các loài của các đảo có thể nhận thấy, số loài phát hiện được trên một hòn đảo tăng tuyến tính với diện tích của nó. Ngược lại, khi đảo hay diện tích nơi sống giảm, thì số loài ở đó giảm theo. Độ dốc ( $z$ ) thường biến đổi giữa 0,15 và 0,35 (hình 4.46). Khi kết hợp tốc độ thất thoát hiện nay của rừng nhiệt đới (được tính là 1,8% mỗi năm) thì những giá trị về độ dốc đó được hiểu là tốc độ diệt chủng của các loài, khoảng 0,5% mỗi năm. Bằng phương pháp ngoại suy, đến năm 2020 có khoảng 20% số loài còn lại hiện tại sẽ biến mất. Khi đơn giản những giá trị độ dốc có ý nghĩa bảo tồn có thể tin rằng, số lượng loài (đa dạng sinh học) của rừng nhiệt đới lên đến 10 triệu và tốc độ thất thoát vào khoảng 27.000 loài mỗi năm, hay 3 loài trong một giờ.

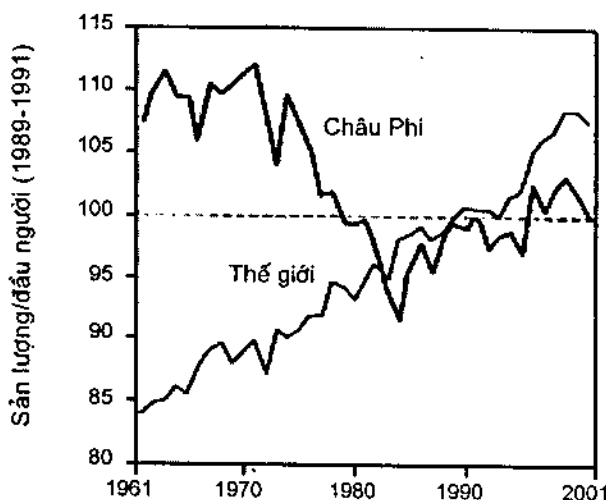


Hình 4.46. Mối quan hệ giữa mức đa dạng về loài và diện tích phân bố trên các đảo.

#### 4.6.4. Chất lượng cuộc sống của con người đang bị suy giảm

Tài nguyên đa dạng sinh học bị thất thoát, môi trường ngày một ô nhiễm trong khi dân số nhân loại ngày một tăng thì đương nhiên, chất lượng của cuộc sống ngày một giảm, nhất là ở các nước đang phát triển, sự phân hoá giàu – nghèo, phân hoá Tây – Đông và Bắc – Nam ngày thêm sâu sắc. Do sự gia tăng dân số mà khoảng cách về thu nhập bình quân vào thời điểm năm 1980 của 20% số người giàu nhất và 20% số người nghèo nhất trên thế giới đang được mở rộng. Đến năm 1990, khoảng cách đó là 60 so với 1, và năm 1999 là 74 so với 1, trong 30 – 40 năm trước, vào thời điểm năm 1960, khoảng cách đó là 30 so với 1.

Theo tài liệu thống kê của Liên hiệp quốc, hiện nay 25% dân số nhân loại sống ở các nước phát triển đã chiếm dụng tới 75% nguồn năng lượng toàn cầu, trong khi 75% dân số ở các nước đang phát triển chỉ nhận được 25% số còn lại.



Hình 4.47. Chỉ số sản lượng lương thực (đơn vị tùy ý) đối với châu Phi (Balgis Osman–Elasha (2007)).

Hàng năm, trên thế giới có 3 tỷ người không đủ ăn, không được dùng nước sạch và được chăm sóc sức khỏe, tập trung chủ yếu ở các nước châu Phi, nơi mà chỉ số sản lượng lương thực ngày một giảm (hình 4.47). Nhiều dịch bệnh thế kỷ (HIV–AIDS, SARS, H<sub>5</sub>N<sub>1</sub>...) xuất hiện và đang lan tràn, tỷ lệ suy dinh dưỡng ở trẻ em ngày một cao, nhất là ở các nước mà 90% dân số là những người nghèo, không đủ ăn và không có khả năng chữa bệnh.

Trong khi đó, những cuộc chạy đua vũ trang ngầm ngầm của các siêu cường, những cuộc chiến tranh vì quyền lực của các nước mạnh đối với các nước yếu, vì sắc tộc và tôn giáo đã và đang gây ra sự bất ổn cho cộng đồng quốc tế, đẩy nhiều dân tộc và quốc gia vào cảnh chết chóc, nghèo đói đến khốn cùng.

#### 4.7. CHIẾN LƯỢC CHO SỰ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Trái Đất cũng như sinh quyển phát triển trên đó đã bước vào giai đoạn tương đối ổn định từ sau kỷ Băng hà lần cuối. Con người dù tài giỏi cũng chỉ là “vật ký sinh” của sinh quyển, sống dựa vào muôn vật, những cái đã có lịch sử tiến hoá hàng triệu năm. Từ khi ra đời, dân số ít, con người sống hài hoà với thiên nhiên, phương thức khai thác và sử dụng tài nguyên tương tự như bao loài vật ăn thịt khác, nằm trong mối quan hệ “đầy thức ăn 3 bậc” (triotrophage):

$$\text{CON MÔI} \rightleftharpoons \text{VẬT DỮ 1} \rightleftharpoons \text{VẬT DỮ 2}$$

Khi dân số ngày một tăng, nhu cầu của con người ngày một cao, nhất là ở giai đoạn bùng nổ dân số, sức ép của con người lên tài nguyên và môi trường ngày một lớn, phương thức khai thác và sử dụng tài nguyên đã tách họ ra khỏi mối quan hệ con môi – vật ăn thịt, hậu quả đó đã và đang dẫn đến thất thoát đa dạng sinh học ngày một lớn, tài nguyên tái tạo và không tái tạo trên cạn và dưới nước ngày một khánh kiệt dần, cảnh quan môi trường ngày càng bị xáo trộn, chia cắt và ô nhiễm nặng nề.

Tiếng chuông báo động để loài Người thức tỉnh trước nạn ô nhiễm môi trường đã được rung lên từ Hội nghị Môi trường ở Stockholm (Thụy Điển) năm 1972. Sau 20 năm, Hội nghị các Nguyên thủ quốc gia ở Rio de Janeiro (Brazil) được tổ chức là bước đột phá thứ 2 nhằm giúp loài Người nâng cao nhận thức và trách nhiệm của mình trước ngôi nhà chung đang có nguy cơ bị huỷ hoại, đồng thời đề ra các phương sách “Cứu lấy Trái Đất” hay đúng hơn là cứu lấy chính mình. Cũng trong tiến trình đó, Hội nghị đã đề xuất nhiều vấn đề, trong đó có “Chiến lược phát triển bền vững”, công ước “Bảo tồn đa dạng sinh học” và nhiều vấn đề có liên quan như Chương trình nghị sự 21 tập trung vào các giải pháp phát triển bền vững cho toàn thế giới trong thế kỷ XXI. Những nguyên tắc cũng như sự cam kết thực hiện của các nước tham gia đã được khẳng định lại một

lần nữa trong Bản tuyên bố Johannesburg (thủ đô Cộng hoà Nam Phi) và Bản kế hoạch hành động về phát triển bền vững được 166 quốc gia tham gia ký kết vào năm 2002.

Phát triển là nhu cầu của nhân loại, song *phát triển bền vững* hoàn toàn khác với *phát triển kinh điển* – một phương thức chỉ biết khai thác tài nguyên cho sự tăng trưởng kinh tế – xã hội, phục vụ lợi ích trước mắt, không tính đến những lợi ích cho sự tồn tại lâu dài của toàn cộng đồng. Bởi vậy, hiện nay, phát triển bền vững không chỉ là xu thế thời đại mà trở thành nhu cầu bức xúc của loài Người trong khai thác và sử dụng tài nguyên thiên nhiên. Tài nguyên thiên nhiên là dạng có khả năng tái sinh và chỉ vô tận khi con người biết khai thác và sử dụng một cách hợp lý. Bài học này khi được rút ra từ thực tế cuộc sống thì con Người đã phải trả giá quá đắt bằng sự mất đi biết bao loài và huỷ diệt biết bao hệ sinh thái giàu có do những hoạt động của chính mình.

Phát triển bền vững là sự phát triển nhằm “*thoả mãn nhu cầu của thế hệ hiện tại, không ảnh hưởng đến khả năng thoả mãn nhu cầu của các thế hệ tương lai*” (WCED, 1987, UNEP, 1991). Phát triển bền vững xem như một tiến trình, trong đó mối quan hệ không gian giữa 3 lĩnh vực phúc lợi: phát triển kinh tế (*nhất là tăng trưởng kinh tế*), phát triển xã hội (*nhất là thực hiện tiến bộ, công bằng xã hội; xoá đói, giảm nghèo và giải quyết việc làm*) và bảo vệ môi trường (*nhất là xử lý, khắc phục ô nhiễm, phục hồi và cải thiện chất lượng môi trường; phòng chống thiên tai và ngăn chặn chặt phá rừng; khai thác hợp lý và sử dụng tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên*) luôn được điều chỉnh tối ưu (Chương trình nghị sự 21 của Việt Nam, 2004), còn mối quan hệ thời gian về nhu cầu và lợi ích giữa các thế hệ phải được giải quyết hài hoà. Có thể nói, phát triển bền vững (PTBV) không dễ dàng đạt được trong thực tế, vì yếu tố phát triển luôn thay đổi, thậm chí thay đổi rất nhanh so với khả năng điều chỉnh. Tuy nhiên, phát triển bền vững đóng vai trò then chốt trong mọi chiến lược hoạt động, không chỉ là mục tiêu mong đợi về mặt xã hội mà còn là nhu cầu và xu hướng tất yếu trong tiến trình phát triển của xã hội loài Người.

Tiêu chí để đánh giá sự PTBV là sự tăng trưởng kinh tế ổn định; thực hiện tốt tiến bộ và công bằng xã hội; khai thác hợp lý, sử dụng tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên, bảo vệ và nâng cao chất lượng môi trường được thể hiện trong mô hình ở bảng 4.11.

**Bảng 4.11. Mô hình cho sự phát triển kinh tế bền vững**

| <b>Tiêu chuẩn cho PTBV</b>  | <b>Về kinh tế</b>                                                                                                                                                                         | <b>Phương pháp xác định</b>                                                                                                                                |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tính hiệu quả               | <i>Phúc lợi kinh tế hiện tại được duy trì và tối đa hoá.</i>                                                                                                                              | $Max \{lợi ích (B) - chi phí (C)\}.$                                                                                                                       |
| Tính công bằng              | <i>Phúc lợi không giảm theo thời gian (hay tính công bằng giữa các thế hệ):</i><br>– Chính sách quản lý tài nguyên là làm tăng phúc lợi tổng số.<br>– Tạo cho người nghèo được hưởng lợi. | $Max \{a_j (B_j - C_j)\}$<br>trong đó, $a_j$ là phúc lợi đối với các nhóm hưởng lợi.                                                                       |
| Sinh thái và sức bền xã hội | <i>Khả năng chống chịu và thích ứng cao nhất đối với những thay đổi.</i>                                                                                                                  | – <i>Sức bền sinh thái: đa dạng về cấu trúc và chức năng.</i><br>– <i>Sức bền xã hội: thể chế chính sách, quyền sở hữu hợp lý và giảm mức tăng dân số.</i> |

Mục tiêu chủ yếu của PTBV phải hướng đến là:

– Giảm đến mức tối thiểu sự khánh kiệt tài nguyên, bao gồm cả những dạng tái sinh và không tái sinh, đảm bảo cho khai thác lâu dài.

– Bảo tồn đa dạng sinh học trong mọi khía cạnh, mọi mức độ trên cơ sở quản lý và sử dụng hợp lý; duy trì các hệ sinh thái thiết yếu, có sức sản xuất cao (rừng ẩm thường xanh nhiệt đới, rừng ngập mặn, các rạn san hô, thảm cỏ biển...) và các hệ hỗ trợ khác nhằm đảm bảo cho cuộc sống lâu dài của các cộng đồng dân cư.

– Bảo vệ sự trong sạch và ổn định của môi trường: môi trường đất, môi trường nước và môi trường không khí, trong đó quan trọng và bức xúc nhất hiện nay là giảm lượng khí nhà kính (cacbon điôxít, ôxít nitơ, lưu huỳnh...) vào khí quyển để giảm hiệu ứng nhà kính, ngăn chặn sự ấm lên của Trái Đất và nạn “đại hồng thủy” toàn cầu, thay thế các hợp chất CFCs, halogen... để tránh sự suy giảm lượng ôzôn và “hàn” lại lỗ thủng ôzôn ở

bầu trời Nam Cực, tránh cho nhân loại và sinh giới khỏi hiểm hoạ gây ra bởi bức xạ cực tím UV-B.

– Chất lượng cuộc sống hay chỉ tiêu phát triển của con người phải đạt được như sau:

+ Thu nhập bình quân theo đầu người (GDP) của các quốc gia được nâng cao,

+ Tuổi thọ trung bình của các dân tộc, các quốc gia tăng lên,

+ Trình độ học vấn của con người thuộc các dân tộc, các quốc gia, nhất là 90% người dân nghèo ở các nước đang phát triển được cải thiện cơ bản, trước hết là xoá mù và chống tái mù, các cấp học phổ cập cho quảng đại quần chúng được nâng lên...

+ Quyền tự do của con người trong các hoạt động kinh tế – xã hội, văn hoá – chính trị ngày được nâng lên và pháp luật của Nhà nước phải đảm bảo cho họ thực hiện các quyền đó một cách có hiệu lực.

+ Chất lượng môi trường ngày càng được cải thiện để con người sống khoẻ và sống có ích.

PTBV phải tiếp cận được với các khía cạnh: đạo đức, kinh tế và sinh thái:

– *Về đạo đức*, trong PTBV là sự bình đẳng trong mối quan hệ giữa con người với con người, giữa con người và sinh giới. Điều này gợi cho chúng ta hiểu, cuộc sống của cộng đồng không làm tổn hại đến cuộc sống của cá nhân, lợi ích của dân tộc này, quốc gia này không làm tổn hại đến lợi ích của dân tộc hay quốc gia khác, lợi ích trước mắt phải gắn với lợi ích lâu dài, bao hàm cả lợi ích của các thế hệ tương lai, thiên nhiên và nền văn minh nhân loại là tài sản chung mà mọi người đều có quyền thụ hưởng, song đều có nghĩa vụ bảo tồn và tôn tạo.

– *Về khía cạnh kinh tế* gồm 4 lĩnh vực:

+ Tăng trưởng kinh tế bền vững được xác định bằng lượng hàng hoá cực đại có thể thu được mà không làm giảm giá trị của nguồn vốn (capital):

Tổng giá trị = Tổng sản phẩm tạo ra + Tổng nguồn vốn tự nhiên + Chất lượng môi trường.

+ Sử dụng tài nguyên tái sinh theo phương thức sao cho chất lượng cuộc sống là hàm số đồng biến với chất lượng môi trường, môi trường không bị suy giảm mà còn được cải thiện ngày một tốt hơn.

+ Sử dụng tài nguyên không tái tạo sao cho tổng giá trị thực của nó không bị suy giảm theo thời gian (tái sử dụng, tái chế, tiết kiệm).

+ Đảm bảo trạng thái bền vững kinh tế, nghĩa là sự phát triển của nó luôn ở trạng thái cân bằng.

– Về sinh thái học, phát triển bền vững đòi hỏi khi tác động vào các hệ sinh thái phải:

+ Duy trì khả năng tự phục hồi của chúng.

+ Duy trì sức sản xuất sinh học và năng suất sinh học của chúng ổn định theo thời gian

+ Duy trì tính ổn định bền vững của toàn bộ hệ thống theo thời gian.

Ở nước ta, quan điểm PTBV được ghi nhận lần đầu tiên trong “Kế hoạch quốc gia về môi trường và PTBV giai đoạn 1991 – 2000” do Hội đồng Bộ trưởng ban hành ngày 12 tháng 6 năm 1991. Đó là cơ sở khoa học và pháp lý khởi đầu cho các định hướng phát triển ở những năm tiếp theo. Đại hội đại biểu Đảng Cộng sản Việt Nam lần thứ IX trong đường lối chiến lược phát triển kinh tế – xã hội giai đoạn 2001 – 2010 chỉ rõ: “*Phát triển nhanh, hiệu quả và bền vững, tăng trưởng kinh tế đi đôi với thực hiện tiến bộ, công bằng xã hội và bảo vệ môi trường, giữ gìn đa dạng sinh học*”, Nhà nước đã xây dựng “*Định hướng chiến lược phát triển bền vững ở Việt Nam*” hay còn gọi là “*Chương trình nghị sự 21 của Việt Nam*” được Thủ tướng Chính phủ ký và ban hành ngày 17 tháng 8 năm 2004. Để thực hiện mục tiêu PTBV, nhiều đạo luật của Quốc hội; nhiều chỉ thị, nghị quyết của Đảng; nhiều chính sách, nghị định của Chính phủ và các Bộ đã được ban hành và triển khai thực hiện; nhiều chương trình và đề tài trong lĩnh vực này đã được tiến hành và thu được những kết quả đáng tin cậy, nhiều nội dung cơ bản về PTBV đã đi vào cuộc sống và dần dần trở thành xu thế tất yếu trong sự phát triển của đất nước.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. National Environment Agency, 2001. *Wetland sites with biodiversity and environment values in Vietnam*, IUCN BMZ FIPI, Hanoi, 188 pp.
2. Ahmed Djoghlaif, 2007. *Sự đa dạng sinh học và biến đổi khí hậu*. UNEP. 44 tr.
3. Alexandrov, G.A., N.I. Bazilevich, D.A. Logofet, A.A. Tishkov, and T.E. Shytikova, 1994. *Conceptual and mathematical modeling of matter cycling in Tajozhny Log Bog ecosystem (Russia)*. In B.C. Pattern, ed. *Wetland and shallow continental water body*, Vol.2. SPB Academic Publishing, The Hague, p. 45–93.
4. Andersen and Jacobsen, 1979. *Production and decomposition of organic matter in eutrophic frederiksborg slotsse, Denmark*, Arch. Hydrobiol. 84 (4):511–542.
5. Balgris Osman–Elasha, 2007. *Africa's vulnerability*. Tiempo 63:3–9.
6. Bazilevich, N.I. and A.A. Tishkov, 1982. *Conceptual balance model of chemical element cycles in a mesotrophic bog ecosystem*. In D.O. Logofet and N.K. Luckyanov, eds. *Ecosystem dynamics in fresh water wetlands and shallow water bodies*, Vol. 2. SCOPE and UNEP Workshop, Center of International Projects, Moscow, p. 236–272.
7. Beardsley T., 1989. *Gaia*. Scientific American 261 (6) 35–36.
8. Canfield D.E. and D.J. Des Marais, 1991. *Aerobic sulfate reduction in microbial mats*. Science 251: 1471–1473.
9. Clements F.E. 1916. *Plant succession: An analysis of the development of vegetation*. Publication N 242. Carnegie Inst. of Washington. (Reprinted in book form in 1928 by Wilson, New York)
10. Clements F.E. 1936. *Nature and structure of the climax*. Journal of Ecology 24. 252–284.
11. Connell và Slatter (1977). *Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization*. American naturalist 111: 1119–44.



12. Cowler, H.C., 1901. *The physiographic ecology of Chicago and vicinity*. Botanical Gazette 31: 73–108, 145–181.
13. Cộng hoà Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam, 2004. *Định hướng chiến lược phát triển bền vững ở Việt Nam (Chương trình nghị sự 21 của Việt Nam)*, Hà Nội, 139 tr.
14. Cục Bảo vệ Môi trường, 2005. *Tổng quan hiện trạng đất ngập nước Việt Nam sau 15 năm thực hiện công ước RAMSAR*. Cục BVMT, IUCN, Hà Nội, 78 tr.
15. Duvigneaud, P. et M. Tanghe, 1967. *Ecosystèmes et Biosphère*. Ministère de l'éducation nationale et de la culture, Bruxells.
16. Lê Diên Dục, 1987. *Kiểm kê đất ngập nước Việt Nam*. Trung tâm TNMT, ĐHTH – HN, 128tr.
17. Nguyễn Hữu Đại, 1999. *Nghiên cứu hệ sinh thái cỏ biển Khánh Hoà*. Báo cáo tóm tắt đề tài nghiên cứu năm 1998–1999. Viện Hải dương học Nha Trang.
18. Egler F.E., 1954. *Vegetation science concepts: I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development*. Vegetatio, 14:412–417.
19. Field et al., 1998. *Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components*. Science 281: 237–240.
20. Fisher, R.A., A.S. Corbet and C.B. Williams 1943. *The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population*. Journal of Animal Ecology 12:42–58.
21. Fortes, 1990. *Seagrasses: A resources unknown in the Asean region*. ICLAM Education Series 5, Manila, Philippines
22. Goulden, M.L., S.C. Wofsy, J.W. Harden et al., 1998. *Sensitivity of boreal forest carbon balance to soil thaw*. Science 279: 214–217.
23. Phan Nguyên Hồng và nnk., 1996. *Chiến lược quản lý đất ngập nước Việt Nam giai đoạn 1996 – 2010*. Cục Bảo vệ Môi trường.
24. Phan Nguyên Hồng và nnk., 1999. *Rừng ngập mặn Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
25. Nguyễn Chu Hồi (Chủ biên), 1996. *Tổng quan về đất ngập nước ven biển Việt Nam: Chiến lược quốc gia về bảo vệ và quản lý đất ngập nước*. Kỷ yếu hội thảo, Cục Bảo vệ Môi trường, Hà Nội, 17–32.

26. Humphrey W.E., 1979. *Production and respiration in animal productions*. Journal of Animal Ecology 48:427–45.
27. Humphrey W.E., 1984. *Production efficiency in small mammal populations*. Oecologia 62: 85–90.
28. Inman D.I. 1974. *Shore Processes*. In: Oceanography–The last Frontier. Richard C. Vetter, 351–372.
29. Jorgensen, S.E., 1983. *Application of ecological modelling in environmental management*, Part A. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam–Oxford–New York, 735 pp.
30. Kasting J.E., O.B. Toon and J.B. Pollack, 1988. *How climate evolved on the terrestrial planets*. Scientific American 258 (2):90–97.
31. Keddy, Paul A., 2000. *Wetland ecology: Principles and conservation*. Cambridge University, 611p.
32. Keeton, W. T. & J.L. Gould, 1993. *Biological science* (5<sup>th</sup> edit.). W.W. Norton & Company. New York – London, 1194pp.
33. Konstantinov A.X., 1984. *Obshaja hydrobiologija*. Vushaja skola, M.
34. Kormondy, E.J., 1996. *Concept of Ecology* (4<sup>th</sup> edit.). Prentice Hall. Upper Sadle River, New Jersey 07458, 599pp.
35. Kozlovski, D.G., 1968. *A critical evaluation of the trophic level concept. I. Ecological efficiencies*. Ecology 49: 48–60.
36. Krebs, C.J., 1999. *Ecological Methodology*. Addison Wesley Longman, Menlo Park, Calif.
37. Krebs, C.J., 2001. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance* (5<sup>th</sup> ed.). An imprint of Addison Wesley Longman, Inc.
38. Lauretta Burke, Elizabeth Selig and Mark Spalding, 2002. *Reefs at risk in Southeast Asia*. World Resources Institute. 72pp.
39. Lawton, J.H., 1987. *Are there assembly rules for successional communities?* Pages 225–244 in A.J. Gray, M.J. Crawley, and P.J. Edwards, eds., *Colonization, Succession and Stability*. Blackwell, Oxford, England
40. Lovelock J.E., 1979. *Gaia*. Cambridge; Cambridge University Press.
41. Lovelock J.E., 1988. *The ages of Gaia*, Cambridge; Cambridge University Press.

42. Lovelock J. và L. Margulis, 1974. *Atmospheric homeostasis, by and for the biosphere: The Gaia hypothesis*. Tellus 26: 1–10.
43. Mann C., 1991. *Lynn Margulis: Science's unruly Earth mother*. Science 252: 378–81.
44. Margalef, B., 1968. *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago.
45. MacKinnon J., K. maxKinnon, G. Child and J. Thorsell, 1986. *Managing Protected Areas in the Tropics*, IUCN, Gland, 295pp.
46. McNeely, J.A. et al., 1991. *Conserving the World's biological Diversity*. WRI, WCU, WB, WWF, Conservation International, WASHINGTON, D.C. and Gland Switzerland.
47. Maurand P., 1943. *L'Indochine Forestière*. Inst. Rech. Agro. Indochine, 2–3, 185–194.
48. May, R.M., 1975. *Patterns of species abundance and diversity*. Pages 81–120 in M.L. Diamond, eds., *Ecology and Evolution of Communities*. Belknap Press, Harvard University, Cambridge, Mass.
49. Magurran, A.E., 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
50. Miles, J., 1987. *Vegetation succession: Past and Present perception*. Pp. 1–29 in A.J. Gray, M.J. Crawley, and P.J. Edwards, eds., *Colonization, Succession and Stability*. Blackwell, Oxford, England.
51. Mitsch, W.J. and J.G. Gosselink, 2000. *Wetlands* (3th ed.). John Wiley & Sons, Inc. 916.
52. Ngưu Văn Nguyên, 1994. *Suy nghĩ bước đầu về chiến lược phát triển bền vững của Trung Quốc*. Trong “Kinh nghiệm xây dựng và thực hiện chương trình nghị sự 21 về phát triển bền vững của Trung Quốc”. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, Hà Nội 2003. 169–187.
53. Odum, H.T., 1983. *Systems Ecology: An introduction*. Wiley, New York.
54. Odum, E., 1997. *Ecology: A bridge between Science and Society*. Sinauer Associates Publishers Sunderland Massachusetts USA.
55. O'Neil, R.V., 1976. *Ecosystem persistence and heterotrophic regulation*. Ecology 57:1244–1253.

56. Phan Viện Điều tra Quy hoạch rừng II, 2004. *Đất ngập nước Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, TP Hồ Chí Minh.
57. Pernetta J. C.. 1993. *Mangrove Forests, Climate Change and Sea Level Rise: Hydrological Influences on Community Structure and Survival, with examples from the Indo-West Pacific*. IUCN, 45 pp.
58. Phillips, O.L., Y. Malhi et al.1998. *Changes in the carbon balance of tropical forests: Evidence from longterm plots*. Science 282: 439–441.
59. Preston, F.W., 1948. *The commonness and rarity of species*. Ecology 29: 254–283.
60. Pritchard, D.W.1967. What is an Estuary: Physical viewpoint. In G.H. Lauf (ed.) *Estuaries*, 43–8, AAAS, Publ. N.83, Wash. D.C.
61. Ronback P. (1999). The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economic* 29: 235–252
62. Rosenzweig M.L.,1968. *Net primary productivity of terrestrial communities: Prediction from climatological data*. American Naturalists 102: 67–74.
63. Schlesinger, W.H., 1977. *Biogeochemistry: An analysis of Global Change*. Academic Press, San Diego.
64. Stetter K.O., G. Lauere, M. Thomm, and A. Neuner, 1987. *Isolation of extremely thermophilic sulfate reducers: Evidence for a novel branch of Archeobacteria*. Science 236: 822–824.
65. Sugihara, 1980. *Minimal community structure: An explanation of species abundance patterns*. American Naturalist 116: 770–787.
66. Vũ Trung Tạng và nnk., 1985. *Báo cáo tổng kết đề tài 52.02.01. Tài liệu lưu trữ, ĐHTH HN*.
67. Vũ Trung Tạng, 1994. *Các hệ sinh thái cửa sông Việt Nam*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội, 272.
68. Vu Trung Tang, 1996. *Management of the biodiversity and biological resources of estuarine area of the Red river system*. In “The relationship between mangrove reforestation and coastal aquaculture in Vietnam”. Proceeding of the National Workshop, CRES, VNU–ACTMANG–JAPAN, Hue, p. 155–161.

69. Vu Trung Tang, 1997. *Coastal and Marine Environmental Management in Vietnam*. Country Report in the Seminar on "Coastal and Marine Environmental Management in Asia and the Pacific", EDI – WB – TCD – MFA, Singapore (et al.).
70. Vũ Trung Tạng, 2000. *Dynamic of the landscape and Pollution of Environment of Coastal Wetland of Hai Phong – Quang Ninh caused by human activities*. In Proceeding of CAPEO 2000, 18th Conference of Asean Federation of Engineering Organization. Asean Engineering Cooperation for the Development of the New Millenium, Ha Noi, November 22–24, VUSTA & AFEO, T.2, p. 848–856.
71. Vũ Trung Tạng, 2000. *Cơ sở sinh thái học* (in lần 3: 2007). Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 263 tr.
72. Vũ Trung Tạng, 2004. *Những quan điểm và sự phân loại đất ngập nước ở Việt Nam*. Tạp chí Khoa học ĐHQG HN, KHTN&CN, T.XX, số 2PT, 58–65.
73. Vũ Trung Tạng, 2004. *Đất ngập nước Vân Long: Đa dạng sinh học, vấn đề khai thác và quản lý tài nguyên đa dạng sinh học cho phát triển bền vững* (chủ biên). Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 15– 82.
74. Vũ Trung Tạng, 2006. *Đa dạng sinh học của khu hệ cá và nghề cá cửa sông, những giải pháp quản lý cho phát triển bền vững*. Trong kỷ yếu Hội thảo toàn quốc “Bảo vệ môi trường và nguồn lợi thủy sản”. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 268–277.
75. Vu Trung Tang and Phan Nguyen Hong, 1999. *The role of Mangroves to Biodiversity and Marine Resources*. Proceeding of the National workshop “Sustainable and economically efficient utilization of natural resources in mangrove ecosystem”. CRES, VNU–ACTMANG, JAPAN, Nha Trang City, 1–3 November 1998. Hanoi, p. 9–15.
76. Tansley A. G., 1939. *The Brittish Isles and their vegetation*. Cambridge; Cambridge University Press.
77. Nguyễn Văn Tiến và nnk., 1999. *Nghiên cứu thành phần loài, phân bố và dẫn liệu bước đầu về sinh học, sinh thái tự nhiên của cỏ biển phía Bắc Việt Nam*. Tóm tắt báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu 1986 – 1999. Phân Viện Hải dương học Hải Phòng.

78. Nguyễn Hoàng Trí. 1986. *Góp phần nghiên cứu sinh khối và năng suất quần xã rừng Đước đôi (Rhizophora apiculata) ở Cà Mau, tỉnh Minh Hải*. Luận án PTS, ĐHSP HN.
79. Viện Khoa học Lâm nghiệp, 2005. *Tổng quan rừng ngập mặn Việt Nam*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 136 tr.
80. Warming J.E.B. 1896. *Lehrbuch der ökologischen Pflanzen-geographie*, Gebruder Borntrager, Berlin.
81. Whittaker, R.H., 1953. *A considerations of climax theory: The climax as a population and pattern*. Ecological Monographs 23:41–78.
82. Wilson, J. B. and A.D.Q. Agnew, 1992. *Posive-feedback switches in plant communities*. Advances in Ecological Research 23: 263–336.
83. WWF, 1998. *Living Planet Report: Overcomsumption is driving the rapid decline of the World's natural Environment*, 36 pp.

## MỤC LỤC

|                  |   |
|------------------|---|
| Lời nói đầu..... | 3 |
|------------------|---|

### Chương 1

#### ĐỊNH NGHĨA VÀ THÀNH PHẦN CẤU TRÚC CỦA HỆ SINH THÁI

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1. Định nghĩa hệ sinh thái và các khái niệm có liên quan.....          | 5  |
| 1.2. Các kiểu hệ sinh thái .....                                         | 7  |
| 1.2.1. Vùng chuyển tiếp lục địa – biển .....                             | 9  |
| 1.2.2. Đất ngập nước (Wetland) .....                                     | 18 |
| 1.3. Bản chất của hệ sinh thái.....                                      | 21 |
| 1.4. Các thành phần sinh vật của hệ sinh thái và vai trò của chúng ..... | 23 |
| 1.4.1. Loài và sự thích nghi của loài với các nhân tố môi trường .....   | 23 |
| 1.4.2. Dạng tồn tại của loài – Quần thể sinh vật .....                   | 27 |
| 1.4.3. Quần xã sinh vật (Biotic Community).....                          | 39 |

### Chương 2

#### CÁC HOẠT ĐỘNG CHỨC NĂNG CỦA HỆ SINH THÁI

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Quá trình tổng hợp và phân huỷ vật chất trong các hệ sinh thái ..... | 53 |
| 2.1.1. Quá trình tổng hợp vật chất.....                                   | 53 |
| 2.1.2. Quá trình phân huỷ vật chất.....                                   | 58 |
| 2.2. Các chu trình sinh địa hoá.....                                      | 64 |
| 2.2.1. Các khái niệm.....                                                 | 64 |
| 2.2.2. Chu trình nước ( $H_2O$ ).....                                     | 65 |
| 2.2.3. Chu trình cacbon đioxit ( $CO_2$ ) .....                           | 69 |
| 2.2.4. Chu trình nitơ ( $N_2$ ).....                                      | 72 |
| 2.2.5. Chu trình lưu huỳnh (S).....                                       | 78 |
| 2.2.6. Chu trình photpho (P).....                                         | 82 |
| 2.3. Năng lượng và dòng năng lượng đi qua hệ sinh thái .....              | 84 |
| 2.3.1. Sự phân bố năng lượng trong môi trường .....                       | 84 |
| 2.3.2. Dòng năng lượng đi qua hệ sinh thái.....                           | 86 |

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.3. Sản lượng sinh vật sơ cấp và thứ cấp của hệ sinh thái .....      | 95  |
| 2.3.4. Các mô hình dòng vật chất và năng lượng trong hệ sinh thái ..... | 100 |

### Chương 3

#### SỰ PHÁT TRIỂN TIẾN HOÁ CỦA HỆ SINH THÁI

|                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1. Các khái niệm về diễn thế sinh thái .....                            | 111 |
| 3.2. Các dạng diễn thế .....                                              | 117 |
| 3.2.1. Diễn thế nguyên sinh .....                                         | 117 |
| 3.2.2. Diễn thế thứ sinh .....                                            | 118 |
| 3.2.3. Diễn thế tự dưỡng .....                                            | 120 |
| 3.2.4. Diễn thế dị dưỡng .....                                            | 120 |
| 3.3. Những khuynh hướng biến đổi trong quá trình diễn thế sinh thái ..... | 122 |
| 3.4. Khái niệm về trạng thái cao đỉnh (Climax) .....                      | 124 |

### Chương 4

#### SINH QUYỀN VÀ SỨC KHOẺ CỦA SINH QUYỀN

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Khái niệm về sinh quyền .....                                         | 128 |
| 4.2. Lịch sử hình thành và tiến hoá của sinh quyền .....                   | 128 |
| 4.3. Giả thuyết Gaia .....                                                 | 133 |
| 4.4. Đa dạng sinh học .....                                                | 138 |
| 4.5. Các khu sinh học trên Trái Đất .....                                  | 152 |
| 4.5.1. Các khu sinh học trên cạn .....                                     | 154 |
| 4.5.2. Các khu sinh học dưới nước .....                                    | 162 |
| 4.6. Những biến đổi của sinh quyển gây ra do hoạt động của con người ..... | 167 |
| 4.6.1. Con người và sự tăng trưởng dân số .....                            | 169 |
| 4.6.2. Sức mang của Trái Đất .....                                         | 172 |
| 4.6.3. Khủng hoảng sinh thái .....                                         | 174 |
| 4.6.4. Chất lượng cuộc sống của con người đang bị suy giảm .....           | 201 |
| 4.7. Chiến lược cho sự phát triển bền vững .....                           | 202 |
| Tài liệu tham khảo .....                                                   | 207 |



*Chịu trách nhiệm xuất bản:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI

Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm nội dung:*

Chủ tịch HĐQT kiêm Giám đốc Công ty CP Sách ĐH – DN  
TRẦN NHẬT TÂN

*Biên tập và sửa bản in:*

HOÀNG THỊ QUY

*Trình bày bìa:*

LƯU CHÍ ĐỒNG

*Chế bản:*

ĐINH XUÂN DŨNG

---

## **SINH THÁI HỌC HỆ SINH THÁI**

**Mã số: 7K705y8 – DAI**

In 1.500 bản (QĐ : 65), khổ 16 x 24cm. In tại Nhà in Hà Nam.

Địa chỉ: Số 29, Quốc lộ 1A, P. Quang Trung, TP. Phủ Lý, Hà Nam.

Số ĐKKH xuất bản : 04 – 2008/CXB/432 – 1999/GD.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 10 năm 2008.



CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ

**HEVOBCO**

25 HÀN THUYỀN – HÀ NỘI

Website : [www.hevobco.com.vn](http://www.hevobco.com.vn)



VƯƠNG MIỀN KIM CƯƠNG  
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ

### CÙNG MỘT TÁC GIẢ

1. **Ngư loại học** (đồng tác giả), Nxb Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 1979.
2. **Nguồn lợi sinh vật biển Đông**, Nxb Khoa học kĩ thuật, Hà Nội, 1979.
3. **Đời sống sinh vật biển**, Nxb Khoa học kĩ thuật, 1986.
4. **Việt Nam: Những vấn đề tài nguyên và môi trường** (đồng tác giả), Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội, 1986.
5. **Các hệ sinh thái cửa sông Việt Nam**, Nxb Khoa học kĩ thuật, Hà Nội, 1994.
6. **Quản lý các hệ sinh thái ở nước**, CRES ấn hành, Hà Nội, 1995.
7. **Biển Đông: Tài nguyên thiên nhiên và môi trường**, Nxb Khoa học kĩ thuật, Hà Nội, 1997.  
The Eastern Sea: Resources and Environment. Publishers "Thế Giới", Hanoi 2001.  
La mer de l'Est: Ressources et Environnement. Publishers "Thế Giới", Hanoi, 2002.
8. **Môi trường và con người** (đồng tác giả), Nxb Giáo dục, Hà Nội, 1997.
9. **Hệ sinh thái các thủy vực**, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 1998.
10. **Rừng ngập mặn Việt Nam** (đồng tác giả), Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội, 1999.
11. **Sinh học đại cương** (Động vật học và Sinh thái học), Vụ Đại học, Bộ Giáo dục và Đào tạo, 1999.
12. **Cơ sở sinh thái học** (tái bản lần thứ ba, 2007), Nxb Giáo dục, Hà Nội, 2000.
13. **Nghiên cứu vùng đất ngập nước đầm Trà Ổ nhằm khôi phục nguồn lợi thủy sản và phát triển bền vững vùng ven đầm** (đồng tác giả), Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội, 2000.
14. **Từ điển Đa dạng sinh học và phát triển bền vững Anh - Việt** (đồng tác giả), Nxb Khoa học kĩ thuật, Hà Nội, 2001.
15. **Đại dương và những cuộc sống kì diệu** (tái bản lần 1), Nxb Giáo dục, Hà Nội, 2002.
16. **Bài tập sinh thái học** (tái bản lần 3), Nxb Giáo dục, Hà Nội, 2003.
17. **Đất ngập nước Vân Long: Khai thác và quản lý đa dạng sinh học cho phát triển bền vững** (Chủ biên), Nxb Nông Nghiệp, Hà Nội, 2004.
18. **Sinh học và sinh thái học biển**, Nxb Đại học Quốc gia, Hà Nội, 2004.
19. **Ngư loại học** (đồng tác giả), Nxb Nông Nghiệp, Tp. Hồ Chí Minh, 2005.
20. **Khai thác và sử dụng bền vững đa dạng sinh học thủy sinh vật và nguồn lợi thủy sản Việt Nam** (đồng tác giả), Nxb Nông nghiệp, Tp. Hồ Chí Minh, 2006.

*Bạn đọc có thể mua tại các Công ty Sách - Thiết bị trường học ở các địa phương hoặc các Cửa hàng sách của Nhà xuất bản Giáo dục :*

Tại Hà Nội : 25 Hàn Thuyên; 187B Giảng Võ; 232 Tây Sơn; 23 Tràng Tiền.

Tại Đà Nẵng : Số 15 Nguyễn Chí Thanh; Số 62 Nguyễn Chí Thanh.

Tại Thành phố Hồ Chí Minh : Cửa hàng 451B – 453, Hai Bà Trưng, Quận 3;  
240 Trần Bình Trọng – Quận 5.

Tại Thành phố Cần Thơ : Số 5/5, đường 30/4.

Website : [www.nxbgd.com.vn](http://www.nxbgd.com.vn)



**Giá : 26.000 đ**