

LƯƠNG ĐỨC PHẨM (Tổng Chủ biên)
LÊ XUÂN CẢNH (Chủ biên)
HỒ THANH HẢI - ĐỖ HỮU THƯ

Cơ sở khoa học trong công nghệ bảo vệ môi trường

TẬP MỘT

SINH THÁI HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

LƯƠNG ĐỨC PHẨM (Tổng Chủ biên)

LÊ XUÂN CẢNH (Chủ biên)

HỒ THANH HẢI - ĐỖ HỮU THƯ

CƠ SỞ KHOA HỌC TRONG CÔNG NGHỆ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

TẬP MỘT

SINH THÁI HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Công ty cổ phần Dịch vụ xuất bản Giáo dục Hà Nội - Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam
giữ quyền công bố tác phẩm

268-2009/CXB/3-472/GD

Mã số : 7K633H9 - NĐN

LỜI NÓI ĐẦU

Sự phát triển như vũ bão của khoa học kỹ thuật trong vòng nửa thế kỷ gần đây đã làm cho môi trường sống của chúng ta ngày càng xấu đi và dẫn tới thảm hoạ về sinh thái. Trái Đất – ngôi nhà chung của chúng ta, cái nôi của sự sống muôn loài không còn là ốc đảo bình yên và xanh tươi nữa. Hằng ngày, hàng ngàn cánh rừng bị tàn phá, lũ lụt bão tố hoành hành cuốn trôi màu mỡ của đất, bầu khí quyển ngột ngạt với các khí thải độc hại, các chất thải của con người cũng như sản xuất công nghiệp, nông nghiệp ngày càng gây ô nhiễm nhiều hơn cho môi trường đất, môi trường nước (kể cả nước ngầm).

Nước ta trong thời kỳ công nghiệp hoá và hiện đại hoá cũng đang gặp những vấn đề bức xúc về môi trường như sự bùng nổ dân số, nạn phá rừng, đô thị hoá và công nghiệp hoá, sử dụng phân hoá học và hoá chất bảo vệ thực vật...

Để công tác bảo vệ môi trường có kết quả, một trong những nhiệm vụ chủ yếu là triển khai công nghệ xử lý ô nhiễm môi trường. Trong những năm gần đây có một số ấn phẩm về công nghệ môi trường, song vấn đề khoa học của lĩnh vực này chưa được đề cập đầy đủ và có hệ thống.

Bộ sách "Cơ sở khoa học trong công nghệ Bảo vệ môi trường" do tập thể các nhà khoa học, công tác ở các Viện nghiên cứu và ở các trường Đại học biên soạn.

BỘ SÁCH GỒM 4 TẬP

Tập Một : Sinh thái học và môi trường.

Tập Hai : Cơ sở vi sinh học trong công nghệ môi trường.

Tập Ba : Các quá trình hoá học trong công nghệ môi trường.

Tập Bốn : Mô hình hoá quá trình thiết bị công nghệ môi trường.

Mối quan tâm của con người tới sinh thái học có từ lâu đời. Mỗi cá thể để tồn tại cần phải hiểu rõ môi trường xung quanh, về quyền lực của thiên nhiên, về động vật và thực vật ở xung quanh. Nền văn minh được sinh ra từ khi con người biết dùng lửa và những vật dụng khác để thay đổi môi trường sống. Còn bây giờ con người muốn giữ được nền văn minh nhân loại thì hơn bao giờ hết cần có những kiến thức đầy đủ về sinh thái và môi trường.

Sinh thái học là khoa học tổng hợp nghiên cứu các điều kiện sinh tồn và phát triển của sinh vật, các điều kiện giới hạn vật lý, hoá học, sinh học, các mối quan hệ tác động lẫn nhau giữa sinh vật với môi trường và giữa sinh vật với nhau, có ảnh hưởng đến sự tồn tại, thích nghi, sinh trưởng và phát triển của sinh vật.

Môi trường là một phần của ngoại cảnh, bao gồm những thực thể và hiện tượng của tự nhiên mà cơ thể, quần thể, loài có liên quan một cách trực

tiếp bằng các mối quan hệ thích nghi. Môi trường là tập hợp tất cả các điều kiện và hiện tượng bên ngoài như khí quyển, thạch quyển, thủy quyển tồn tại từ trước khi sự sống xuất hiện trên hành tinh chúng ta tác động lên cá thể. Môi trường không chỉ bao gồm các điều kiện vật lý mà còn gồm cả các sinh vật sống, môi trường chứa các cơ thể sống trên Trái Đất, các nhân tố môi trường tác động lên cơ thể sống không như nhau, một nhân tố không thể hiện ảnh hưởng rõ rệt lên đời sống của các sinh vật.

Đối với con người, môi trường được hiểu một cách rộng hơn có nghĩa là bao gồm toàn bộ hệ thống tự nhiên và hệ thống xã hội trong đó có con người. Con người sống bằng lao động của mình, khai thác tài nguyên thiên nhiên và tạo ra những môi trường mới nhằm thỏa mãn nhu cầu sống. Như vậy, chúng ta hiểu rằng môi trường không chỉ là nơi tồn tại, sinh trưởng và phát triển của con người mà là do con người tạo nên bằng những hoạt động lao động và nghỉ ngơi.

Công tác bảo vệ môi trường, sử dụng hợp lý tài nguyên sinh vật và đào tạo thế hệ trẻ cho tương lai là nhiệm vụ quan trọng của các nhà khoa học thuộc hướng sinh thái và tài nguyên sinh vật trong một số viện nghiên cứu và trường đại học thuộc Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam và Bộ Giáo dục và Đào tạo. Đây là những cơ quan đầu ngành về lĩnh vực nghiên cứu và đào tạo ở trong nước, có vai trò rất lớn trong khu vực và quốc tế.

Để phục vụ cho công tác đào tạo, phổ biến kiến thức và động viên các ngành các cấp bảo vệ các hệ sinh thái, tài nguyên sinh vật và môi trường, các tác giả của Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật đã cho xuất bản cuốn sách **"Sinh thái học và môi trường"**. Đây là cuốn sách được tập hợp và biên soạn trên cơ sở những nghiên cứu của các tác giả, những tài liệu có liên quan ở trong nước, khu vực và quốc tế.

Cuốn sách được biên soạn gồm 14 chương với các phần : Phần một Cơ sở sinh thái học và môi trường ; Phần hai Sinh thái hệ thống và những công cụ hiện đại trong nghiên cứu sinh thái ; Phần ba Sinh thái học môi trường.

Mặc dù còn có những hạn chế do thời gian biên soạn ngắn, hy vọng cuốn sách **"Sinh thái học và môi trường"** do tập thể tác giả của Viện Sinh thái và Tài nguyên sinh vật biên soạn sẽ là tư liệu tốt cho những người yêu quý thiên nhiên, những nhà nghiên cứu, những nghiên cứu sinh, các học viên cao học, các sinh viên và những người quan tâm đến sinh thái , tài nguyên sinh vật và môi trường.

Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Xin trân trọng cảm ơn .

PGS.TS. Lê Xuân Cảnh

Viện trưởng Viện Sinh thái – Tài nguyên sinh vật – *Chủ biên*

PHẦN MỘT

CƠ SỞ SINH THÁI HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG

CHƯƠNG I – NHỮNG NGUYÊN LÝ CƠ BẢN VỀ SINH THÁI

1.1. CÁC KHÁI NIỆM

1.1.1. Khái niệm về Sinh thái học

Mối quan tâm của con người tới sinh thái học có từ lâu đời. Mỗi cá thể để tồn tại cần phải hiểu rõ môi trường xung quanh, về quyền lực của thiên nhiên, về động vật và thực vật ở xung quanh. Nền văn minh được sinh ra từ khi con người biết dùng lửa và những vật dụng khác để thay đổi môi trường sống. Còn bây giờ con người muốn giữ được nền văn minh nhân loại thì hơn bao giờ hết cần có những kiến thức đầy đủ về môi trường, bởi vì những quy luật cơ bản của thiên nhiên tác động vẫn như cũ ; sự tăng trưởng dân số và tăng cường khả năng tác động tới môi trường chỉ thay đổi giá trị tương đối của chúng và làm phức tạp hoá sự phụ thuộc của con người tới thiên nhiên.

Sinh thái học là khoa học tổng hợp nghiên cứu các điều kiện sinh tồn và phát triển của sinh vật, các điều kiện giới hạn vật lý, hoá học, sinh học, các mối quan hệ tác động lẫn nhau giữa sinh vật với môi trường và giữa sinh vật với nhau, có ảnh hưởng đến sự tồn tại, thích nghi, sinh trưởng và phát triển của sinh vật.

Sinh thái học chỉ ra phương hướng, biện pháp sử dụng hợp lý các nguồn dự trữ thiên nhiên của sinh vật để không ngừng bảo vệ, cải thiện sự phát triển tài nguyên thiên nhiên cũng như nhân tạo của sinh quyển nhằm đưa lại năng suất cao, chất lượng, hiệu quả tốt của cá thể, quần thể, quần xã, hệ sinh thái và sinh quyển.

Sinh thái học là môn khoa học tổng hợp về mối quan hệ tương hỗ giữa các sinh vật và môi trường và giữa các sinh vật với nhau. Tương tự như những chuyên ngành khác, Sinh thái học phát triển không ngừng. Những công trình của Hipocrat, Aristote và nhiều người khác đã chứa đựng tính chất sinh thái trong đó. Bản thân các nhà khoa học Hy Lạp không hiểu nghĩa của từ "Sinh thái học". Mãi tới năm 1869 nhà khoa học người Đức Hekel mới giải thích được từ Sinh thái học.

Tới năm 1900, môn sinh thái học mới trở thành môn riêng biệt. Hiện nay, mỗi người đều nhận thức sâu sắc rằng môn sinh thái học chính là khoa học về môi trường có tầm quan trọng rất lớn để duy trì và nâng cao mức sống hiện đại. Sinh thái học đã nhanh chóng trở thành môn khoa học có liên quan chặt chẽ với cuộc sống của mỗi người. Hiện nay, sinh thái học đã được coi là môn khoa học toàn cầu.

Thuật ngữ sinh thái học là gồm có hai phần: OIKOS – nhà và LOGIA là khoa học. Như vậy, sinh thái học là môn khoa học về cơ thể sống ở nhà của mình. Sinh thái học được định nghĩa như sau : Sinh thái học là *môn khoa học về mối quan hệ giữa các cơ thể hay nhóm cá thể với môi trường xung quanh của mình ; hay nói cách khác là môn khoa học về sự tương tác giữa những cơ thể sống và môi trường sống xung quanh và giữa các cơ thể sống với nhau.*

Vì sinh thái học nghiên cứu chủ yếu sinh học của những nhóm cơ thể sống và những quá trình chức năng trên đất liền, ở dưới biển và nước ngọt, nên định nghĩa về những nghiên cứu trong lĩnh vực đó được coi như một khoa học về cấu trúc và chức năng của thiên nhiên và sẽ tương ứng với hướng phát triển hiện đại, hơn nữa loài người cũng được coi là một phần của thiên nhiên.

Vậy có thể coi đối tượng nghiên cứu của sinh thái học là *Toàn bộ hay cấu trúc những mối quan hệ giữa những cơ thể và môi trường xung quanh hay coi là sinh học môi trường.*

1.1.2. Hệ sinh thái

Định nghĩa hệ sinh thái : Những cơ thể sống và những yếu tố vô sinh xung quanh chúng có mối liên hệ chặt chẽ với nhau và nằm trong mối tác động không ngừng. Bất kỳ một thể thống nhất nào đó bao gồm các cơ thể sống (quần xã sinh vật) trong một khu vực nhất định tác động tương hỗ với môi trường vật lý và bằng cách đó để dòng năng lượng tạo thành cấu trúc dinh dưỡng ổn định rõ ràng, sự đa dạng loài và vòng tuần hoàn vật chất (trao đổi chất giữa phần vô sinh và hữu sinh) bên trong hệ thống, tạo thành một hệ sinh thái.

Theo quan điểm quan hệ dinh dưỡng, hệ sinh thái có hai thành phần cơ bản là :

1. Vật tự dưỡng, có nghĩa là tổng hợp các chất nhờ năng lượng ánh sáng, sử dụng những chất vô cơ đơn giản và tổng hợp ra những chất phức tạp.

2. Vật dị dưỡng với những đặc trưng là cấu trúc lại và phân huỷ những chất phức tạp.

Để cụ thể hơn, hệ sinh thái bao gồm những thành phần sau :

1. Những chất vô cơ (C, N, CO_2 , H_2O ...) có tham gia vào vòng tuần hoàn vật chất.
2. Những hợp chất hữu cơ (đạm, mỡ, đường ...) liên kết phần vô sinh và hữu sinh.
3. Chế độ khí hậu, (nhiệt độ và những yếu tố vật lý khác).
4. Cơ thể tự dưỡng – chủ yếu là các loài thực vật, mà có khả năng tổng hợp thức ăn từ những chất vô cơ đơn giản.
5. Cơ thể dị dưỡng – chủ yếu các loài động vật ăn các loài khác hay các hợp chất hữu cơ.

Theo quan điểm chức năng thì hệ sinh thái có thể được phân tích theo những hướng cụ thể sau :

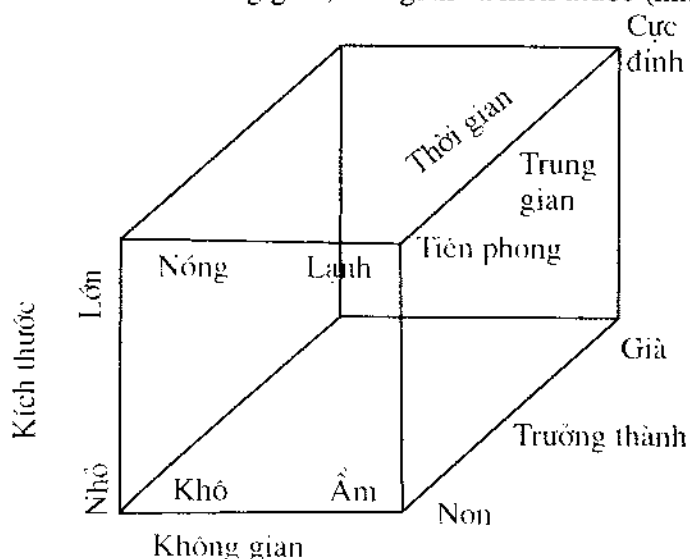
1. Dòng năng lượng.
2. Chuỗi thức ăn.
3. Cấu trúc sự đa dạng theo không gian và thời gian.
4. Vòng tuần hoàn chất dinh dưỡng (vòng tuần hoàn địa sinh hoá)
5. Phát triển và tiến hoá.
6. Điều khiển (động lực học).

Nói tóm lại, hệ sinh thái là một hệ thống bao gồm các quần xã sinh vật (thành phần hữu sinh) và môi trường sống của chúng (thành phần vô sinh). Trong hệ sinh thái các thành phần vô sinh và hữu sinh luôn có sự tác động lẫn nhau và hợp thành một thể thống nhất.

Hệ sinh thái là một khái niệm tương đối rộng. Ý nghĩa của nó là coi các đơn vị sinh thái là tổ hợp các yếu tố có quan hệ với nhau theo một chức năng thống nhất. Do đó, quy mô của hệ sinh thái có thể rất khác nhau, từ một cái ao, một thửa ruộng, một khu rừng đến một vùng rộng lớn hay cả sinh quyển.

Khái niệm “Hệ sinh thái” đã đưa thế giới sinh học và vật lý vào một thể thống nhất và con người có thể mô tả, đánh giá cũng như quản lý hệ này. Hệ sinh thái là nơi mà các dạng sống và môi trường xung quanh có tác động qua

lại với nhau ; nó đóng vai trò như một đơn vị thể tích của Trái Đất với sự biến động theo cả 3 chiều : không gian, thời gian và kích thước (hình 1.1).



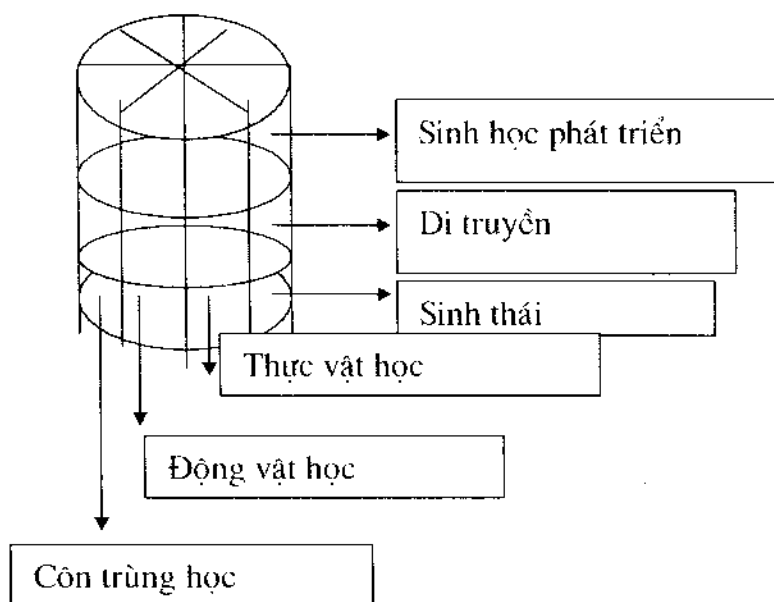
Hình 1.1. Sự biến thiên theo ba chiều của hệ sinh thái

1.1.3. Lịch sử phát triển của sinh thái học

Những hiện tượng sinh thái trên thực tế tồn tại từ rất lâu đời và những nhu cầu sinh thái các cơ thể sống được quan sát thấy từ những người tiền sử mà họ nhận được qua sự tìm kiếm thức ăn và chỗ ở với những điều kiện khí hậu thuận lợi. Như vậy, chúng ta cũng không thể nhớ chính xác được lịch sử thực tế của sinh thái học từ bao giờ nhưng có thể kể đến một số các nhà khoa học đặt nền móng cho lĩnh vực này bằng những công trình có giá trị sinh thái cao. Một trong những nhà khoa học đó là Darwin. Công trình nổi tiếng của ông là nghiên cứu về giun đất – "The formation of vegetable mould" (Darwin, 1881) và công trình lý thuyết là "Phát sinh loài" (Darwin, 1859), công trình đó đã dẫn tới sự thắng lợi của thuyết tiến hoá. Tới những năm giữa thế kỷ XIX những công trình về sinh thái học tăng lên rất nhanh, đặc biệt trong lĩnh vực thực vật học.

1.1.4. Sinh thái học – Mối quan hệ với những khoa học khác và ý nghĩa đối với môi trường và con người

Để hiểu rõ hơn về môn khoa học về sự sống là sinh học chúng ta hãy phân tích kỹ cấu trúc như sau (hình 1.2) :



Hình 1.2. Sơ đồ biểu diễn sự liên quan giữa các chuyên ngành

Phân tích theo chiều ngang là chiều cơ bản. Đây là những môn khoa học cơ bản nghiên cứu tính chất cơ bản của cuộc sống, không giới hạn những nhóm nghiên cứu riêng biệt của cơ thể sống như : Sinh thái học, Sinh lý học, Di truyền học, Sinh học phát triển ...

Đồng thời, nếu chia dọc hình trụ đó, chúng ta sẽ được các môn khoa học về phân loại học. Đây là những môn khoa học nghiên cứu về hình thái, sinh lý, sinh thái một nhóm cơ thể sống nhất định.

Sinh thái học liên quan tới lĩnh vực cơ bản của sinh học. Tuy mỗi nhóm cơ thể sống có giá trị khác nhau, phương pháp nghiên cứu cũng khác nhau nhưng sinh thái học là khoa học cơ bản nên cũng phải có những nguyên tắc chung với những môn khoa học khác.

Theo mức độ cấu trúc sự sống ta có : gen, tế bào, cơ quan, cơ thể, quần thể, quần xã. Dưới tác động tương hỗ với môi trường vật lý tồn tại hệ chức năng cố định. Hệ là chứa đựng những thành phần của sự sống.

Tuỳ theo từng mục tiêu, sinh thái học nghiên cứu theo các mức độ từ cá thể – quần thể – quần xã.

Quần thể là tập hợp một nhóm cá thể của một loài trong một khu vực xác định, ở một thời điểm xác định.

Quần xã là tất cả các quần thể trong một khu vực nhất định. Quần xã ở đây là quần xã sinh học. Khi quần xã tác động với môi trường vô sinh xung quanh tạo ra hệ sinh thái (Ecosystem) lớn hơn nữa là sinh quyển (Biosphere) hay Ecosphere.

Ý nghĩa của sinh thái học

Sự xuất hiện của sinh thái học hiện đại là vào khoảng những năm 30 của thế kỷ XX. Ngày nay, môn học này đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều quốc gia. Tuy nhiên, chúng ta cũng không thể không thấy rằng sự phát triển của sinh thái học chậm hơn khoảng 50 năm so với những môn học thực nghiệm như tế bào học hay di truyền học mà những môn đó phát triển rất nhanh nhờ vào sự quan tâm đặc biệt của các Nhà Sinh học. Chúng ta sẽ xem xét những nguyên nhân chậm trễ của môn Sinh thái học.

Nguyên nhân thứ nhất là không thấy hết được nhu cầu của những phát minh ra quy luật ứng dụng cho toàn bộ sự sống. Quan điểm đó được nhà sinh lý học người Pháp Klod Bernar thể hiện, theo đó thì "sinh lý học đại cương không biết được sự khác nhau giữa giống và họ". Khả năng phân tách những phát minh trên, được thực hiện trên một hay nhiều loài, đã chứng tỏ những thành tích của di truyền học, tế bào học và sinh học phân tử. Ngược lại, sinh thái học trong nhiều trường hợp còn ở giai đoạn phân tích. Nghiên cứu sự tác động tương hỗ của các cơ thể và của cơ thể với môi trường không thể thực hiện được nếu không tính đến sự đa dạng lớn của thế giới động, thực vật và nếu như định luật chung tồn tại – mà không còn nghi ngờ gì nữa – thì trong nhiều trường hợp còn có những phát minh mới.

Nguyên nhân thứ hai giải thích sự tụt hậu của sinh thái học là mức độ phát triển những kiến thức khoa học cần thiết để các nhà khoa học nghiên cứu những hiện tượng tự nhiên tách rời, giả sử như chúng không phụ thuộc lẫn nhau và không có liên hệ với nhau. Thời gian gần đây cách tiếp cận đó đã giúp cho khoa học nghiên cứu thế giới xung quanh, hệ thống hoá những thành tựu của mình và đó là những tiến bộ đáng kể đạt được trong thời gian gần đây. Trong một số lĩnh vực khoa học hoặc ít được nghiên cứu hoặc hoàn toàn phổ biến, để chúng được nghiên cứu đầy đủ, cách tiếp cận đó vẫn còn có hiệu quả. Đối với một số nhà khoa học cách tiếp cận đó đã trở thành thói quen : nó bắt các nhà khoa học nhìn nhận hiện tượng hay vật thể ngoài mối liên hệ tương tác giữa chúng, trong khi đó mối liên hệ là cái đầu tiên khi chúng ta quan sát hiện tượng khoa học trong tổng thể.

Nguyên nhân thứ ba là thiếu tính hiện thực trong phát triển chuyên ngành này cho tới những năm 30 của thế kỷ XX. Đường như lĩnh vực này khác với các ngành khoa học cụ thể khác, ví dụ như y học, kết quả của nó thích hợp với những nghiên cứu trong phòng thí nghiệm và giới hạn bởi những tìm tòi lý thuyết. Vào thế kỷ XIX và đầu thế kỷ XX, đôi khi ứng dụng những phương pháp gián tiếp vào thiên nhiên, được tiến hành trong điều kiện phòng thí nghiệm, thường xuyên dẫn tới hậu quả không lường hết được, đôi khi còn là tai hoạ. Những thực tế sai lầm đó dần dần được Sinh thái học chú ý.

Có thể kể hàng loạt những ví dụ về những hậu quả khôn lường từ sự không hiểu biết những quy luật sinh thái đơn giản nhất như việc sử dụng thuốc trừ sâu DDT trong những vườn táo thường xảy ra kết quả ngược lại là các loài côn trùng có hại sinh sản nhanh hơn vì côn trùng có ích thường nhạy cảm với hoá chất hơn là côn trùng có hại.

Ngày nay, sinh thái học càng được ứng dụng rộng rãi : phát triển đấu tranh sinh học đối với những loài côn trùng có hại cho nông nghiệp và con người, sử dụng hợp lý tài nguyên đất bằng cách thành lập các Khu Bảo tồn thiên nhiên và Vườn Quốc gia. Đó là những ví dụ cụ thể. Sinh thái học thực nghiệm hiện nay đã trở thành môn khoa học cần thiết đối với các nhà nông học, bác sĩ, địa chất và cả những người công tác trong các cơ quan luật pháp. Trong thời kỳ dân số trên Trái Đất tăng rất nhanh, môi trường tự nhiên thường xuyên thay đổi, tương lai của loài người chỉ được duy trì lâu dài khi sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên trên Trái Đất hay nói cách khác là luôn duy trì sự cân bằng sinh thái.

1.1.5. Phân ngành sinh thái học

Sinh thái học có thể chia ra làm 3 phần cơ bản là : Sinh thái học cá thể, Sinh thái học quần thể, Sinh thái học quần xã. Sự phân chia này mang tính chất tương đối nhưng rất thuận tiện trong nghiên cứu.

Sinh thái học cá thể – AUTECOLOGY (Schroter, 1896) nghiên cứu mối tương tác của đại diện loài với môi trường xung quanh. Cơ bản là xác định tính bền vững của loài đối với những yếu tố sinh thái khác nhau và nghiên cứu những tác động của môi trường tới hình thái, sinh lý và tập tính của cơ thể.

Trong trường hợp như vậy sinh thái học cá thể thực tế liên quan chặt chẽ với sinh lý và hình thái, nhưng cũng có những vấn đề đặc trưng. Ví dụ,

xác định mức độ chịu nhiệt của loài này hay loài khác ở những khu vực khác nhau, phân bố địa lý của loài, số lượng loài và mức độ hoạt động của loài.

Biến động số lượng quần thể – POPULATION DYNAMIC (Schwertfeger, 1963) nghiên cứu sự dao động số lượng của quần thể những loài khác nhau và tìm ra những nguyên nhân của sự dao động đó.

Sinh thái học quần thể – SYNECOLOGY (Schroter, 1902) phân tích mối quan hệ giữa các cá thể của các loài trong một nhóm các cá thể, cũng như giữa chúng với môi trường xung quanh. Như vậy, môn khoa học nghiên cứu về quần xã tương đương với môn Sinh thái học quần thể. Trong sinh thái học quần thể, những nghiên cứu được tiến hành theo hai quan điểm sau đây :

– Trên quan điểm bền vững (Stationary) – Sinh thái học quần thể mô tả. Quan điểm này cho rằng những nhóm cơ thể sống trong một môi trường cố định. Bằng cách đó đã xác định thành phần loài của nhóm, số lượng cá thể, tần suất bắt gặp, tính bền vững của loài và phân bố không gian của chúng.

– Theo quan điểm biến động (Dynamic) – Sinh thái học quần thể chức năng có hai mảng. Có thể mô tả sự phát triển của nhóm loài và nghiên cứu chúng, dưới sự ảnh hưởng của nguyên nhân nào đó xảy ra sự thay thế trong một khu vực nhất định. Cũng có thể nghiên cứu sự trao đổi chất và năng lượng giữa những thành phần khác nhau của hệ sinh thái bằng những hiểu biết như : chuỗi dinh dưỡng, tháp số lượng, sinh khối và năng lượng, sinh khối và sức sản xuất. Môn khoa học nghiên cứu hai vấn đề sau có thể coi là sinh thái học quần thể số lượng.

Những phân ngành khác của sinh thái học nghiên cứu những tính chất của môi trường và tương ứng với 3 lĩnh vực lớn nhất của sinh quyển là : biển, đất liền và nước ngọt. Bản chất của các cơ thể và những phương pháp nghiên cứu trên 3 môi trường trên thường rất khác nhau, ngay cả trong nhiều trường hợp những nhiệm vụ cơ bản rất giống nhau. Sự phân chia trước đây về sinh thái học động vật và sinh thái học thực vật rất tự do trên cơ sở các cá thể có mối quan hệ tương hỗ chặt chẽ, hiện nay không còn thích hợp và không còn sử dụng nữa. Nếu như một nhà nghiên cứu nào đó giới hạn sự nghiên cứu về một nhóm động vật hay thực vật thì điều đó xảy ra trong trường hợp về khả năng cơ học là một nhà nghiên cứu không thể cùng một lúc bao quát được cả hai lĩnh vực đó.

1.1.6. Khái niệm về môi trường và mối quan hệ giữa sinh thái học và môi trường

Trong sinh thái học người ta đưa ra khái niệm về ngoại cảnh và đó là những thực thể của tự nhiên, con người và những kết quả của con người. Ngoại cảnh tồn tại một cách khách quan.

Môi trường là một phần của ngoại cảnh, bao gồm những thực thể và hiện tượng của tự nhiên mà cơ thể, quần thể, loài có liên quan một cách trực tiếp bằng các mối quan hệ thích nghi. *Môi trường là tập hợp tất cả các điều kiện và hiện tượng bên ngoài tác động lên cá thể như khí quyển, thạch quyển, thủy quyển tồn tại từ trước khi sự sống xuất hiện trên hành tinh chúng ta. Nhưng chỉ khi các cơ thể sống xuất hiện mới gọi chung là môi trường, có nghĩa là chỉ có cơ thể sống mới có môi trường.*

Môi trường không chỉ bao gồm các điều kiện vật lý mà còn gồm cả các sinh vật sống, môi trường chứa các cơ thể sống trên Trái Đất, các nhân tố môi trường tác động lên cơ thể sống không như nhau, một nhân tố không thể hiện ảnh hưởng rõ rệt lên đời sống của các sinh vật, ví dụ : một khí trơ chứa trong vũ trụ, ngược lại nhiều nhân tố ảnh hưởng quyết định lên sinh vật, những nhân tố đó gọi là sinh thái, ví dụ : ánh sáng, nhiệt độ, nước, các chất khoáng, chuyển động của không khí phóng xạ.

Trong các nhân tố sinh thái có những nhân tố cần thiết cho đời sống của sinh vật nhưng cũng có nhân tố tác động có hại, tập hợp các nhân tố tác động cần thiết cho sinh vật mà thiếu nó sinh vật không tồn tại gọi là các điều kiện sinh tồn của sinh vật, ví dụ: ánh sáng, nhiệt độ, nước, không khí, đất.

Đối với sinh vật trên mặt đất, tồn tại các kiểu môi trường sau : môi trường đất, nước, không khí và các sinh vật khác (đối với các sinh vật ký sinh).

Theo định nghĩa của UNESCO (1981) thì môi trường của con người bao gồm toàn bộ các hệ thống tự nhiên và các hệ thống do con người tạo ra, những cái hữu hình (đô thị, hồ chứa...), những cái vô hình (tập quán, nghệ thuật...) trong đó con người bằng lao động của mình khai thác các tài nguyên thiên nhiên và nhân tạo nhằm thoả mãn những nhu cầu của mình.

Như vậy, môi trường sống đối với con người không chỉ là nơi tồn tại sinh trưởng và phát triển cho một thực thể sinh vật là con người mà còn là khung cảnh của cuộc sống, của lao động, sự nghỉ ngơi của con người.

Môi trường được chia thành : môi trường vô sinh gồm những yếu tố không sống, đơn thuần mang tính chất vật lý, hoá học, khí hậu và môi trường hữu sinh gồm các thực thể sống (động vật, thực vật, vi sinh vật...).

Như vậy, sinh thái học và môi trường có mối liên hệ biện chứng với nhau. Sinh thái học là một khoa học về mối quan hệ giữa cơ thể sống với môi trường, chính vì vậy sinh thái học quan tâm đặc biệt đến sinh học của các nhóm sinh vật với các chức năng hoạt động của nó ở trên cạn, ở biển hay ở nước ngọt tức là nghiên cứu cấu trúc và chức năng của tự nhiên và con người là một phần của tự nhiên. Từ đó thấy rằng sinh thái học liên quan chặt chẽ tới khoa học môi trường. Khi con người sống trong một hệ sinh thái thì không thể tránh được việc làm ảnh hưởng tới sự cân bằng tinh tế của các sinh vật và vật chất với các hoạt động của chúng đang diễn ra một cách tự nhiên.

Sinh vật có thể được nghiên cứu ở nhiều mức khác nhau là cá thể, quần thể, quần xã, hệ sinh thái và sinh quyển. Như vậy chúng ta có thể hiểu rằng tập hợp các cá thể thuộc cùng một loài tạo thành quần thể. Các quần thể loài khác nhau cùng tồn tại trong một quần xã. Các quần xã sinh vật và môi trường sống xung quanh của chúng tạo thành một hệ thống gọi là hệ sinh thái. Trong hệ sinh thái các thành phần hữu sinh và vô sinh luôn có sự tác động tương hỗ lẫn nhau để hợp thành một thể thống nhất.

Hệ sinh thái có thể thích nghi với những hoạt động phá hoại của con người, tuy nhiên chỉ trong một chừng mực nhất định nào đó. Vượt ra ngoài giới hạn đó sẽ gây ra khủng hoảng sinh thái. Vì vậy, vô cùng quan trọng nếu chúng ta hiểu được bản chất của hệ sinh thái để làm cơ sở hiểu được những tác động và hậu quả của những tác động từ con người tới môi trường. Ngày nay, tất cả mọi người đều coi khoa học môi trường là công cụ không thể thiếu được để sáng tạo và duy trì chất lượng của nền văn minh nhân loại. Sinh thái học đã nhanh chóng trở thành ngành khoa học liên quan tới việc giải quyết các vấn đề về môi trường ngay cả cho đời sống hằng ngày của mỗi chúng ta.

Đối với con người, môi trường được hiểu một cách rộng hơn có nghĩa là bao gồm toàn bộ hệ thống tự nhiên và hệ thống xã hội trong đó có con người. Con người sống bằng lao động của mình, khai thác tài nguyên thiên nhiên và tạo ra những môi trường mới nhằm thoả mãn nhu cầu sống của mình. Như vậy, môi trường không chỉ là nơi tồn tại, sinh trưởng và phát triển của con người mà là do con người tạo nên bằng những hoạt động lao động và nghỉ ngơi của mình.

1.2. MÔI TRƯỜNG SINH THÁI VÀ CÁC NGUYÊN TẮC, NGUYÊN LÝ CƠ BẢN

1.2.1. Môi trường sinh thái

Những cơ thể sống và những yếu tố vô sinh xung quanh chúng có mối liên hệ chặt chẽ với nhau và nằm trong mối tác động không ngừng. Bất kỳ một thể thống nhất nào đó bao gồm các cơ thể sống (quần xã sinh vật) trong một khu vực nhất định và tác động tương hỗ với môi trường vật lý và bằng cách đó để dòng năng lượng tạo thành cấu trúc dinh dưỡng ổn định, rõ ràng, sự đa dạng loài và vòng tuần hoàn vật chất (trao đổi chất giữa phần vô sinh và hữu sinh) bên trong hệ thống tạo thành một hệ sinh thái.

Hệ sinh thái là đơn vị chức năng cơ bản của sinh thái học bởi vì nó bao gồm những cơ thể sống, (quần xã sinh vật) và môi trường vô sinh, hơn nữa một phần ảnh hưởng tới phần khác và cả hai đều cần thiết để duy trì cuộc sống ở dạng mà chúng tồn tại trên Trái Đất.

1.2.2. Định luật và những quy luật cơ bản của sinh thái học

1.2.2.1. Định luật tối thiểu của Libig

Định nghĩa : Để sống và phát triển trong những điều kiện này hay khác, cơ thể cần phải có vật chất cần thiết cho phát triển và sinh trưởng. Nhu cầu cơ bản của những loài khác nhau trong những điều kiện khác nhau rất khác nhau. Ở trạng thái tĩnh "Stationary" chất giới hạn là chất có số lượng cần thiết tối thiểu cho sự phát triển.

Giải thích : Libig (1840) là người đầu tiên nghiên cứu sự ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau tới sự phát triển của thực vật. Ông đã phát biểu quan điểm rằng: sức chịu của cơ thể được xác định bởi mắt xích yếu nhất của chuỗi nhu cầu sinh thái. Ông cho rằng vụ thu hoạch hạt thường bị giới hạn không phải những chất dinh dưỡng có số lượng nhiều ví dụ như CO_2 hoặc H_2O (thường những chất đó lúc nào cũng có số lượng nhiều), mà là những chất có nhu cầu ít như Bo, nhưng trong đất cũng có số lượng ít. Quan điểm của Libig là: Giá trị mùa vụ được xác định bởi những chất có số lượng tối thiểu và sản lượng, tính bền vững của mùa vụ cũng được điều khiển bởi các chất đó. Chính vì quan điểm đó mà Ông trở nên nổi tiếng với tên gọi mang tên ông "Định luật tối thiểu của Libig".

Sau đó nhiều tác giả đã mở rộng và phát triển ý tưởng đó như Taylor, 1934 đối với các chất dinh dưỡng và nhiều yếu tố khác như nhiệt độ và thời gian. Để tránh sự nhầm lẫn, chúng ta sẽ giới hạn quan điểm tối thiểu như Libig đã sử dụng chỉ đối với các chất hoá học (ôxy, phot pho ...) cần thiết cho sự phát triển và sinh sản của cơ thể. Những yếu tố khác và ảnh hưởng giới hạn cực đại sẽ nằm trong định luật sức chịu. Hai quan điểm đó có thể liên kết thành một quan điểm chung là các yếu tố giới hạn. Như vậy định luật tối thiểu chỉ là một vấn đề của sự phụ thuộc giữa cơ thể và môi trường.

Qua khối lượng công việc khổng lồ, Libig đã chứng minh rằng để có được sự ứng dụng có hiệu quả của quan điểm trên vào thực tế cần thiết bổ sung thêm hai nguyên tắc hỗ trợ là :

1. Giới hạn : Định luật giới hạn Libig chỉ sử dụng trong trạng thái tĩnh, tức là dòng năng lượng và vật chất được cân bằng.

"Giả sử trong một cái hồ nào đó yếu tố giới hạn chính là CO_2 và năng suất được cân bằng với tốc độ bổ sung CO_2 từ chất hữu cơ bị phân huỷ. Cho rằng các yếu tố ánh sáng, N, P... trong sự dao động cân bằng này là thừa (tức là không còn là yếu tố giới hạn nữa). Nếu có sự hoà tan chất CO_2 bổ sung nhiều thì tốc độ tạo thành sinh khối sẽ thay đổi và cũng bắt đầu phụ thuộc vào những yếu tố khác. Khi tốc độ thay đổi, trạng thái tĩnh không còn thì ảnh hưởng của giá trị tối thiểu sẽ không có. Kết quả là phụ thuộc vào nồng độ của tất cả các thành phần. Như vậy sinh khối sẽ thay đổi rất nhanh cho tới khi một yếu tố, trong trường hợp này là CO_2 chưa trở thành yếu tố giới hạn và chức năng của hồ chưa được điều khiển bởi "định luật tối thiểu".

Ví dụ, chất CO_2 được đặc biệt được quan tâm trong những tài liệu trước đây vì sự nhiễm bẩn môi trường nước. Những cuộc tranh luận xung quanh vấn đề CO_2 là chất giới hạn chính và như vậy cũng là chất cơ bản gây ra quá trình phú dưỡng "culture eutrofication" (CE) trong nước ngọt. Bởi vì hiện tượng CE thường tạo thành hiện trạng không bền vững với sự dao động lớn (hiện tượng tảo nở hoa, sau đó chất đó tạo thành những chất dinh dưỡng và gây ra hiện tượng nở hoa tiếp theo), như vậy, không nên cho rằng vị trí đầu tiên của yếu tố giới hạn là bất kể một chất nào. Trong khi dao động, những chất như : phot pho, nitơ, CO_2 và nhiều chất khác có thể thay nhau là những yếu tố giới hạn. Như vậy, trong những điều kiện chuyển tiếp, hầu như không có cơ sở cho giả thuyết "một yếu tố". Để ngăn ngừa hiện tượng phú dưỡng, việc hạn chế ô nhiễm cần thiết tập

trung vào không những việc hạn chế những chất hữu cơ (cung cấp CO_2 và kích thích sự tăng trưởng những chất hữu cơ khác), mà còn hạn chế muối khoáng, cũng như những chất cần thiết để tăng cường sinh khối không cần thiết.

2. Nguyên tắc hỗ trợ thứ hai là tác động tương hỗ giữa các yếu tố. Như vậy nồng độ cao hay số lượng nhiều của một chất nào đó hay sự tác động của chất khác (không phải là tối thiểu) có thể thay đổi nhu cầu chất dinh dưỡng tối thiểu. Thỉnh thoảng, cơ thể có khả năng thay thế mặc dù chỉ một phần chất dư thừa bằng những chất hoá học khác gần giống. Đã chứng minh rằng : một số loài thực vật cần ít kẽm hơn, nếu chúng mọc ở những nơi có ít ánh sáng ; trong trường hợp đó kẽm trong đất không còn là chất giới hạn nữa.

1.2.2.2 Định luật sức chịu (Tolerance) của Selford

Định nghĩa : Sự tồn tại và phát triển của cơ thể ở nơi sống cụ thể phụ thuộc vào tổng thể các điều kiện. Thiếu hay không có khả năng phát triển được xác định do sự thiếu (cả về số lượng và chất lượng) hoặc ngược lại, do sự thừa một trong hàng loạt các yếu tố, mức độ của chúng có thể gần với giới hạn chịu đựng của cơ thể này.

Giải thích : Như Libig đã chứng minh rằng yếu tố giới hạn có thể là thiếu, nhưng cũng có thể là thừa những yếu tố ví dụ như : nhiệt, ánh sáng, nước. Như vậy, cơ thể được đặc trưng bởi tối thiểu sinh thái và tối đa sinh thái. Khoảng cách giữa các đại lượng đó gọi là giới hạn chịu đựng. Vào năm 1913, Selford đưa ra định luật về sức chịu sinh thái. Sau năm 1910, về sinh thái sức chịu đã có nhiều nghiên cứu và cũng nhờ đó mà chúng ta xác định được giới hạn tồn tại của nhiều loài động và thực vật. Đặc biệt có hiệu quả là những thí nghiệm về sức ép (stress) trong phòng thí nghiệm hay ngoài thiên nhiên, mà ở đó cơ thể chịu sự tác động rất lớn của những điều kiện khác nhau. Cách tiếp cận sinh lý như vậy giúp chúng ta hiểu được sự phân bố của các loài động, thực vật trong thiên nhiên, tuy nhiên không phải tất cả các loài phụ thuộc vào yếu tố vật lý.

Sau đây là một số trạng thái bổ sung cho định luật sức chịu :

1. Cơ thể có thể có phạm vi chịu rộng đối với một yếu tố này nhưng hẹp đối với yếu tố khác.

2. Cơ thể có phạm vi chịu rộng đối với tất cả các yếu tố thường phân bố rộng.

3. Nếu điều kiện về một yếu tố sinh thái không tối ưu đối với loài thì phạm vi sức chịu đựng đối với các yếu tố sinh thái khác có thể bị hẹp lại. Ví dụ như lượng giới hạn nitơ giảm đi thì giảm khả năng chịu hạn của cây lúa.

4. Trong thiên nhiên, cơ thể thường ở trong những điều kiện không tương ứng với những giá trị tối ưu của yếu tố vật lý này hay khác mà điều kiện đó chỉ thấy trong phòng thí nghiệm. Quan trọng hơn trong trường hợp đó là một yếu tố khác nào đó. Ví dụ, một số loài lan nhiệt đới trong điều kiện thời tiết lạnh phát triển tốt hơn trong điều kiện ánh nắng mặt trời. Trong thiên nhiên chúng mọc trong bóng râm, vì chúng không thể chịu được tác động nhiệt của ánh nắng mặt trời. Trong nhiều trường hợp, mỗi tác động tương hỗ trong quần thể sẽ ngăn cản việc sử dụng những điều kiện vật lý tối ưu của môi trường như : cạnh tranh, ký sinh, thú dữ – con mồi.

5. Thời kỳ sinh sản thường được coi là cực điểm. Trong thời kỳ đó nhiều yếu tố môi trường thường trở thành giới hạn. Giới hạn sức chịu đựng đối với các cơ thể sinh sản, hạt, trứng, phôi thường hẹp hơn các loài động thực vật trưởng thành không sinh sản. Loài cua trưởng thành (*Portunus*) và nhiều loài động vật biển khác có thể chịu được nước mặn hay nước ngọt có nồng độ clo cao; vì vậy các loài động vật đó thường ngược xa vào các con sông. Nhưng những con non không sống được ở những môi trường nước như vậy và những loài đó không thể sinh sản ở sông. Phân bố địa lý các loài chim kinh tế thường được xác định bởi sự ảnh hưởng của khí hậu tới trứng và chim non, mà không phải những tác động tới các cá thể trưởng thành.

Để biểu thị sức chịu đựng trong sinh thái người ta thường dùng khái niệm hẹp (steno) và rộng (eury). Ví dụ : stenothermal – hẹp nhiệt và eurythermal – rộng nhiệt, stenohalin – hẹp muối, stenophagos – hẹp thức ăn, stenoekos – hẹp nơi ở, stenohidric – hẹp nước.

Ví dụ, so sánh các điều kiện phát triển của tế bào trứng hai loài là cá chép sông *Savelinus* và ếch *Rana pipiens*. Trứng cá phát triển trong điều kiện $T: 0 - 12^{\circ}\text{C}$ và tối ưu là 4°C . Trứng ếch phát triển với $T: 0^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ và tối ưu là 22°C , như vậy, đối với cá là stenothermal còn ếch là eurythermal.

1.2.3. Sự điều chỉnh của các yếu tố và vùng (kiểu) sinh thái

Cơ thể sống không phải là nô lệ của những yếu tố môi trường vật lý; chúng có khả năng tự điều chỉnh và thay đổi điều kiện môi trường để làm suy yếu những ảnh hưởng giới hạn của nhiệt độ, ánh sáng, nước và những

yếu tố vật lý khác. Sự điều chỉnh như vậy đặc biệt có ảnh hưởng lớn ở mức độ quần xã, nhưng cũng có thể ảnh hưởng ở mức độ loài. Những loài có sự phân bố địa lý rộng luôn luôn tạo thành những quần thể thích nghi với những điều kiện tại chỗ mà được gọi là vùng (kiểu) sinh thái. Mức tối ưu và giới hạn chịu đựng của chúng thích hợp với những điều kiện địa phương. Sự điều chỉnh sự khác nhau về nhiệt độ, ánh sáng và những yếu tố khác có thể dẫn tới sự xuất hiện những chủng khác nhau về di truyền hay đơn giản chỉ là thích nghi về sinh lý.

Ở mức quần xã, sự điều chỉnh các yếu tố thường được thực hiện bởi sự thay đổi loài theo gradien điều kiện. Chúng ta có thể kể ra vô số những ví dụ về sự điều chỉnh này, tuy nhiên ở đây có thể đưa ra một ví dụ là giống tôm *Acartia* giữ vai trò nổi trội trong khu hệ động vật nổi khu vực nước gần bờ. Như vậy ở đây những loài sống vào mùa đông thường được thay thế bởi những loài khác vào mùa hè có khả năng thích nghi với nước có nhiệt độ cao hơn.

1.2.4. Điều kiện tồn tại như những yếu tố điều chỉnh

Định nghĩa : Trên đất liền, những yếu tố môi trường quan trọng về mặt sinh thái học là ánh sáng, nhiệt độ và nước; ở biển những yếu tố quan trọng là ánh sáng, nhiệt độ và độ mặn. Vậy bất cứ môi trường nào thì bản chất hoá học và tốc độ quay vòng các chất khoáng dinh dưỡng cơ bản đều có vai trò quan trọng. Tất cả những điều kiện tồn tại vật lý đó không chỉ là những yếu tố giới hạn mà còn là những yếu tố điều chỉnh và có ảnh hưởng trực tiếp tới môi trường và sinh vật.

Giải thích và ví dụ : Cơ thể không chỉ thích nghi với yếu tố vật lý môi trường mà còn sử dụng sự thay đổi theo chu kỳ tự nhiên của môi trường để sắp xếp những chức năng của mình theo thời gian và lập chương trình cho chu kỳ sống bằng cách sử dụng những điều kiện thuận lợi nhất.

Một trong những dấu hiệu quan trọng của các cơ thể vùng ôn đới sắp xếp hoạt động của mình theo thời gian là chu kỳ ngày, đêm (Fotoperiod). Khác với phần lớn những yếu tố mùa vụ khác, chu kỳ ngày đêm tại nơi sống thường giống nhau theo các mùa. Tại Winnipeg (Canada) chu kỳ ngày, đêm dao động là 16,5 giờ và 8 giờ trong khi đó ở Miami (Mỹ) chu kỳ đó là 13,5 – 10,5 giờ. Như vậy chu kỳ này như một role và là dấu hiệu của quá trình hoạt động của cơ thể dẫn tới sự phát triển và sinh trưởng của các loài động thực vật. Chu kỳ ngày, đêm tạo ra đồng hồ sinh học tác động tới quá trình quang hợp của cây và thời kỳ sinh sản của các loài động vật.

Có những loài thực vật nở hoa vào chu kỳ mà ngày dài hơn và ngược lại có những loài nở hoa vào thời kỳ ngày ngắn. Đối với một số loài động vật như cá chép có thể tạo ra chu kỳ sinh sản nhân tạo bằng cách thay đổi chu kỳ thời gian.

1.2.5. Quy luật tác động không đồng đều của các nhân tố sinh thái lên chức phận và các giai đoạn sinh trưởng, phát triển của sinh vật

Cây Chò chỉ chịu qua hai giai đoạn ánh sáng khác nhau. Lúc cây còn non tới 3 – 4 năm tuổi cây cần ánh sáng rất yếu dưới tán rừng có độ che phủ 60 – 70% thì cây con mới phát triển được. Sau đó khi cây cao 3 – 4m nhu cầu ánh sáng tăng rõ rệt. Có như vậy cây mới phát triển được.

Nếu nhiệt độ không khí tăng lên 40 hay 45°C sẽ làm tăng quá trình trao đổi chất ở động vật máu lạnh nhưng lại kìm hãm sinh trưởng của nó. Con vật rơi vào tình trạng đờ đẫn vì quá nóng.

1.2.6. Quy luật chủ đạo của một hay một số nhân tố trong tổng hợp các nhân tố sinh thái

Trong tổng hợp các nhân tố sinh thái, không phải tất cả các yếu tố đều có vai trò ngang nhau. Tùy theo từng đối tượng mà nhân tố này là chủ đạo, nhân tố khác là phụ trợ hay ngược lại. Nhân tố chủ đạo là nhân tố nổi bật nhất, chi phối chủ yếu trong một giai đoạn, hay toàn bộ quá trình sinh trưởng, phát triển của sinh vật. Nhân tố chủ đạo thay đổi sẽ dẫn đến thay đổi căn bản về tính chất của toàn bộ tổ hợp các nhân tố sinh thái, tạo ra tổ hợp sinh thái mới, khi đó có thể xuất hiện một nhân tố chủ đạo mới.

Nếu rừng bị chặt trụi, lớp tán che bị mất, ánh sáng lọt xuống nhiều, nhiệt độ đất tăng lên, đất trở lên khô. Khi mưa xuống gây xói mòn lớn. Nếu tiếp tục chặt phá, khả năng phục hồi kiểu rừng cũ bị mất, các loài ưa sáng và dây leo xâm nhập và chiếm ưu thế, thành phần thực vật trong rừng thay đổi, xảy ra quá trình diễn thế suy thoái dẫn đến đổi trọc.

Tại các hồ, đầm nước là nhân tố chủ đạo cho sự tồn tại các cây thủy sinh và ưa ẩm, nếu hồ hay đầm lầy bị lấp thì cây thủy sinh chết, cây ưa ẩm giảm dần, các cây ưa khô, ưa sáng phát triển, lúc này nước không còn là nhân tố chủ đạo nữa, mà có thể là ánh sáng, nhiệt độ hay đất trở thành nhân tố chủ đạo.

1.2.7. Quy luật tác động qua lại giữa sinh vật và môi trường

Trong mối quan hệ giữa sinh vật với môi trường không phải chỉ có sinh vật chịu tác động và ảnh hưởng của môi trường mà ngược lại sinh vật cũng tác động lại môi trường làm thay đổi các tính chất của các nhân tố môi trường.

Quá trình diễn thế đi lên của thảm thực vật đã làm thay đổi nhiều yếu tố của môi trường : một số vùng đồi trọc do quá trình chặt phá rừng tạo nên, đất bị xói mòn, quá trình feralit xảy ra mạnh, các cây gỗ chết dần, các cây ưa sáng chịu hạn chiếm ưu thế, nhưng nếu gần đó có nguồn gieo giống cây gỗ và người ta không tiếp tục chặt phá rừng nữa mà khoanh lại bảo vệ nghiêm ngặt, ngăn chặn các tác động phá hoại của động vật và con người thì quy luật diễn thế đi lên của thảm thực vật ở đây phát huy tác dụng. Lúc đầu xuất hiện các cây tiên phong ưa sáng mọc nhanh, sau đó tới các cây trung sinh, trải qua các pha khác nhau rừng đã được phục hồi, môi trường biến đổi theo chiều hướng tốt :

- Khả năng giữ nước trong đất tăng, do đó độ ẩm trong đất cao lên.
- Có tán rừng đã làm giảm bớt độ chiếu sáng của Mặt Trời xuống đất, làm cho nước trong đất bốc hơi ít hơn, mức độ khô hạn giảm dần.
- Có tầng cây che phủ nên xói mòn ít xảy ra.
- Các lá cây rụng xuống tạo thành lớp thảm mục làm tăng độ màu mỡ của đất. Kèm theo sự thay đổi về nhiệt độ, lớp thảm mục, ánh sáng, các loài sinh vật trở về sinh sống. Quá trình đó sẽ tiến đến một kiểu rừng cao đỉnh khí hậu, một hệ sinh thái ở thế cân bằng.
- Rừng chắn gió ven biển không những hạn chế cát bay, cát tràn lấp đồng ruộng, nhà cửa, các công trình xây dựng mà còn góp phần làm dịu bớt khí nóng nhờ tán rừng che phủ mặt đất. Đâu có rừng là ở đó khí hậu mát mẻ. Đó là tác dụng cụ thể của sinh vật lên môi trường. Ngược lại quá trình sinh sống của sinh vật cũng mang lại cho môi trường những tác động tiêu cực và tích cực.

1.2.8. Quy luật tác động tổng hợp của các nhân tố sinh thái lên sinh vật

Môi trường bao quanh gồm nhiều yếu tố sinh thái, nhưng không có một nhân tố sinh thái nào có thể tồn tại độc lập mà không chịu ảnh hưởng của nhân tố sinh thái khác và cũng không có một cơ thể sinh vật nào, một quần thể hay quần thể sinh vật nào lại chỉ cần một nhân tố sinh thái mà có thể tồn tại được. Nhân tố sinh thái nào cũng có những tác động ở mức độ khác nhau đến sinh vật và đến những yếu tố sinh thái khác. Tất cả các yếu tố sinh thái đều có mối liên hệ với nhau, tác động lẫn nhau đồng thời cũng tác động lên cơ thể sinh vật hay quần thể sinh vật. Đó là một tổ hợp sinh thái, một hệ thống các nhân tố sinh thái.

Ví dụ : Lượng mưa tăng lên thì độ ẩm, nhiệt độ, ngay cả lượng vi sinh vật trong đất cũng thay đổi.

Ánh sáng Mặt Trời chiếu xuống tầng thảm mục trong rừng không những làm thay đổi nhiệt độ, độ ẩm dưới tán rừng mà còn dẫn đến làm thay đổi hoạt động của sinh vật đất, làm thay đổi tính chất đất.

Ngược lại, nhân tố độ ẩm cũng bị khống chế tác động bởi lượng mưa, lượng bốc hơi, gió, hướng địa hình.

Độ mặn trong nước biển của một vùng nào đó tăng lên thì một số loài tảo sẽ chết nhưng một số loài khác lại xuất hiện.

Mỗi nhân tố sinh thái chỉ thể hiện đúng và đầy đủ vai trò của nó trong một hệ thống khi các nhân tố sinh thái khác trong hệ thống cùng hoạt động. Ví dụ : Khi trong đất có đầy đủ muối khoáng nhưng cây vẫn không thể sử dụng được nếu không có độ ẩm thích hợp. Ngược lại nước và ánh sáng sẽ không ảnh hưởng tốt đến thực vật nếu thiếu muối khoáng trong đất, dù có đầy đủ các nhân tố khác nhưng thiếu ánh sáng thì cây cũng khó tồn tại và phát triển được.

CHƯƠNG II

QUẦN THỂ VÀ HỆ SINH THÁI

2.1. QUẦN THỂ SINH VẬT

2.1.1. Khái niệm về quần thể sinh vật

Quần thể sinh vật (population) là một nhóm cá thể sinh vật cùng một loài (hoặc các nhóm khác nhau mà trong đó các cá thể sinh vật có thể trao đổi thông tin di truyền) sống trong một khoảng không gian xác định ở một thời điểm nhất định.

Khái niệm *có thể trao đổi thông tin di truyền* có nghĩa là những cá thể sinh vật thuộc một quần thể nhất định có thể giao phối với nhau và tạo ra các thế hệ tiếp theo cũng có khả năng trao đổi thông tin di truyền như bố mẹ chúng. Điều đó cũng có nghĩa là mỗi một quần thể sinh vật có một tập hợp gen tạo thành một cơ sở di truyền chung.

Có thể coi quần thể sinh vật là đơn vị cơ sở của sinh thái học. Mỗi một quần thể sinh vật nhất định có những đặc điểm chung đặc trưng cho cả nhóm thống nhất, chứ không phải cho từng cá thể riêng biệt. Những đặc điểm đó là: mật độ quần thể, sức sinh sản, tỷ lệ tử vong, cấu trúc tuổi, thế năng sinh học, khả năng thích ứng và chống chịu, sự phân bố của các cá thể trên lãnh thổ, kiểu tăng trưởng. Đặc tính di truyền và những đặc điểm chung của quần thể sinh vật có liên quan trực tiếp đến những đặc tính sinh thái của quần thể như khả năng thích ứng, tính thích nghi về sinh sản và tính chống chịu, nghĩa là khả năng sinh sản tạo ra những thế hệ tiếp theo để duy trì sự tồn tại của bản thân quần thể.

Một trong những đặc tính đáng chú ý nữa của quần thể sinh vật, đó là tính ổn định tương đối của chúng trong tự nhiên. Nếu nghiên cứu các quần thể trong một thời gian dài, người ta thấy các quần thể thường không thay đổi lớn, tuy nhiên, các biến động về các đặc điểm chung của quần thể có thể dao động xung quanh một trị số trung bình nào đó được chi phối bởi những tác động của môi trường xung quanh.

Khi các thể sinh vật trong quần thể không thể thích ứng với những thay đổi lớn ở môi trường, chúng sẽ bị tiêu diệt hoặc bỏ đi, quần thể cũ sẽ bị tiêu diệt. Những cá thể khác thích nghi với những điều kiện sống mới sẽ thế chỗ, phát triển và hình thành nên quần thể sinh vật mới. Như vậy, quá trình phát

sinh, tồn tại, phát triển và sự diệt vong của một quần thể là kết quả biến chứng của mối quan hệ qua lại giữa các cá thể của một nhóm sinh vật nhất định với môi trường xung quanh.

2.1.2. Sự phân cấp của quần thể

Quần thể là hình thức tồn tại tập thể của các cá thể cùng loài trong một điều kiện cụ thể của cảnh quan địa lý và khí hậu. Các cá thể của một loài có thể tồn tại trong nhiều quần thể khác nhau. Các quần thể khác nhau có những đặc điểm khác nhau về đặc điểm nơi sống, về hình thái, sinh lý, cơ chế di truyền, đặc tính sinh thái, đặc điểm cấu trúc... Căn cứ vào những sự khác nhau đó, người ta chia quần thể thành bốn nhóm hay bốn cấp sau : quần thể dưới loài, quần thể địa lý, quần thể sinh thái và quần thể yếu tố.

2.1.2.1. Quần thể dưới loài

Là tập hợp nhóm sinh vật của loài mang tính chất lãnh thổ lớn nhất là dưới loài. Kích thước lãnh thổ của quần thể dưới loài phụ thuộc vào sự đa dạng của cảnh quan, hay sự phân hoá địa lý ; khả năng khắc phục những chướng ngại địa lý và mối quan hệ nội bộ giữa các cá thể dưới loài với nhau. Ví dụ, loài rắn hổ mang châu Á *Naja naja linnaeus* có 10 quần thể dưới loài chiếm cứ một khu vực phân bố nhất định trong lãnh thổ phân bố của loài. Đó là quần thể dưới loài rắn hổ mang Ấn Độ *Naja naja naja*, rắn hổ mang Trung Á *Naja naj oxiana*, rắn hổ mang một mắt kính *Naja naja kaouthia*, rắn hổ mang Andaman *Naja naja sagittefera*, rắn hổ mang Malaixia *Naja naja sputatrix*, rắn hổ mang Sumatrana *Naja naja sumatrana*, rắn hổ mang Borneo *Naja naja miolepis*, rắn hổ mang Philippin *Naja naja philippinensis*, rắn hổ mang Sacma *Naja naja sarmarensis*, rắn hổ mang Việt Trung *Naja naja atra*.

Các cá thể dưới loài có sự khác biệt rõ rệt về hình thái và những đặc điểm sinh lý, sinh thái khác. Sự khác biệt này hoặc là rất rõ ràng hoặc là mờ nhạt khi tồn tại những vùng đệm. Các cá thể dưới loài của hổ mang một mắt kính có hoa văn ở cổ tựa như một mắt kính thiếu gọng, khác biệt rõ ràng với các cá thể dưới loài của rắn hổ mang Ấn Độ có hai mắt gọng kính ở dưới và các cá thể dưới loài của rắn hổ mang Việt Trung có hai gọng kính ở bên với những dạng trung gian rất đặc trưng. Ngoài sự khác nhau về đặc điểm hình thái, các cá thể dưới loài còn có sự khác nhau về những đặc điểm sinh lý, sinh thái. Các cá thể dưới loài rắn hổ mang Ấn Độ giao phối vào tháng giêng, còn rắn hổ mang một mắt kính thì vào tháng hai, rắn hổ mang Việt Trung từ tháng tư đến thượng tuần tháng năm, rắn hổ mang Trung Á thì vào

hạ tuần tháng năm. Ranh giới giữa khu phân bố của dưới loài rắn hổ mang Ấn Độ và rắn hổ mang châu Á, cũng như khu phân bố dưới loài rắn hổ mang Ấn Độ và rắn hổ mang một mắt kính có những vùng đệm, song ranh giới giữa dưới loài rắn hổ mang một mắt kính và rắn hổ mang Việt Trung thì rất rõ : phía bắc đèo Hải Vân là khu phân bố của rắn hổ mang Việt Trung, còn phía nam đèo Hải Vân là khu phân bố của rắn hổ mang một mắt kính.

2.1.2.2. Quần thể địa lý

Trong một số trường hợp, nhiều quần thể dưới loài lại có thể bao gồm nhiều quần thể địa lý khác nhau, chiếm cứ những vùng địa lý khác nhau của khu phân bố dưới loài mang những đặc điểm khác nhau về khí hậu và cảnh quan. Giữa các cá thể của các quần thể địa lý khác nhau trong tự nhiên vẫn có sự giao phối và những quần thể địa lý dưới loài vẫn mang một nền hình thái và sinh lý chung. Nếu có sự sai khác về hình thái giữa các cá thể dưới loài của các quần thể địa lý khác nhau thì đó là kết quả của sự thích nghi trực tiếp của cơ thể với những điều kiện sống nhất định. Hai quần thể địa lý chuột nước *Avicola terrestris* sống ở vùng Kádăcstan là một ví dụ kinh điển thường được nhắc đến.

– Quần thể chuột nước sống ở miền núi Kádăcstan ở ven các con sông, suối thường đào hang trong đất nên có răng cửa to hơn, đuôi ngắn hơn. Hang của chúng cũng là nơi dự trữ thức ăn về mùa đông. Chuột nước miền núi thường đẻ trong vòng 6 – 7 tháng, tuy có số lứa ít hơn song số lượng con trong một lứa nhiều hơn so với chuột nước đồng bằng.

– Quần thể chuột nước sống ở đồng bằng Kádăcstan thường sống trong các lùm cây, bụi rậm và đào hang ở đó. Chúng có răng cửa nhỏ hơn và đuôi dài hơn chuột nước miền núi. Khác với chuột nước miền núi, chuột nước đồng bằng không có tập tính dự trữ thức ăn cho mùa đông. Chúng sinh sản quanh năm nhiều hơn 1 – 2 lứa, song số con trong một lứa lại ít hơn 1 – 2 lần so với chuột nước miền núi.

Sự khác biệt rõ ràng nhất giữa các quần thể địa lý là chế độ ăn uống vì thành phần thức ăn của chúng phụ thuộc vào những loại thức ăn có sẵn ở địa phương cùng với mức độ phong phú và đặc tính dinh dưỡng của các loại thức ăn đó. Quá trình trao đổi nước, các hằng số nhiệt, khả năng chống chịu với những điều kiện bất lợi của môi trường... cũng có những sự khác biệt nhất định giữa các quần thể địa lý khác nhau gắn với đặc điểm của các điều kiện sống mang tính địa phương. Các quần thể địa lý còn có sự sai khác về

khả năng sinh sản, tỷ lệ tử vong. Những sự khác biệt này phụ thuộc vào các nguồn sống và điều kiện sống đặc trưng của lãnh thổ, khả năng chống chịu với những điều kiện bất lợi của môi trường... từ đó ảnh hưởng đến sự biến động số lượng cá thể trong quần thể. Nói chung, sự khác biệt giữa các quần thể địa lý là do sự khác biệt về đặc trưng địa lý và khí hậu của địa phương quyết định. Sự khác biệt về nơi sống của các quần thể địa lý càng nhiều thì sự sai khác về những đặc trưng của bản thân các quần thể địa lý càng lớn và sự trao đổi giữa các cá thể sinh vật dưới loài của các quần thể đó càng ít.

2.12.3. Quần thể thích ứng sinh thái

Quần thể địa lý lại được phân chia thành những quần thể thích ứng sinh thái. Quần thể thích ứng sinh thái là một tập hợp của các cá thể cùng một loài sống trong một sinh cảnh nhất định và có những đặc điểm sinh thái khác biệt nhất định so với các quần thể sinh thái cùng một loài lân cận. Sinh cảnh là một khu vực sống cụ thể, có ranh giới rõ rệt, ở đó các yếu tố vô sinh của môi trường tương đối đồng nhất. Ví dụ, một ruộng lúa, một vườn rau, một khu rừng trồng bạch đàn, một vườn quả trồng cây vải thiều, một bãi cỏ tranh... đều là những sinh cảnh nhất định. So với các quần thể địa lý thì cấu trúc của quần thể thích ứng sinh thái thường không ổn định và sự khác biệt giữa các quần thể sinh thái với nhau cũng chỉ là tương đối.

Quần thể thích ứng sinh thái khác quần thể địa lý ở chỗ chúng không chiếm trọn vẹn một vùng địa lý nhất định mà giới hạn trong một sinh cảnh đặc trưng và có sự thích ứng cao với tính đặc trưng riêng biệt của sinh cảnh đó. Giữa những quần thể thích ứng sinh thái thường có sự trao đổi cá thể đảm bảo cho quần thể có thể phục hồi số lượng bù đắp vào sự mất mát cá thể do tử vong hay di chuyển đi nơi khác. Nhiều quần thể thích ứng sinh thái tồn tại được là do sự bổ sung bằng cách xâm nhập thường xuyên của các cá thể từ những quần thể thích ứng sinh thái lân cận. Những quần thể mà số lượng cá thể của chúng được bổ sung một phần bằng cách đó gọi là những *quần thể thích ứng sinh thái bán độc lập*, còn những quần thể mà các cá thể của chúng được bổ sung toàn bộ từ các quần thể lân cận khi quần thể đó bị diệt vong gọi là *quần thể thích ứng sinh thái phụ thuộc*. Cũng có những quần thể thích ứng sinh thái có khả năng sống độc lập với các quần thể thích ứng sinh thái cùng loài khác do các cá thể sinh vật có khả năng di chuyển kém hoặc có nơi sống biệt lập với các quần thể sinh thái khác. Những quần thể như vậy được gọi là *quần thể thích ứng sinh thái độc lập*.

Cũng cần phải nói thêm là có những loài chỉ sống được trong một sinh cảnh nhất định. Chúng được gọi là những loài *sinh cảnh hẹp* (*Stenoece*). Ví dụ, sâu đục thân lúa *Schoenobius intertellus* chỉ sống trên cánh đồng lúa. Trong khi đó, có những loài có thể sống được trong nhiều sinh cảnh, đó là những loài *sinh cảnh rộng* (*Euryece*) hay *đeo sinh thái*. Tuy nhiên, có những loài rộng sinh cảnh nhưng chỉ ưa thích một số loại sinh cảnh nhất định hoặc có những loài hẹp sinh cảnh nhưng lại phân bố rộng. Ví dụ, loài giáp xác chân lá *Artemia salina* chỉ sống được trong những vùng nước mặn có độ mặn cao, song lại gặp chúng hầu như khắp nơi trên thế giới vì loại sinh cảnh đó phổ biến trên khắp thế giới.

2.12.4. Quần thể yếu tố

Các quần thể thích ứng sinh thái lại có thể bao gồm nhiều quần thể nhỏ hơn, đó là những quần thể yếu tố. Quần thể yếu tố là một tập hợp gần những cá thể cùng loài sống trong một khu vực nhỏ riêng biệt trong một sinh cảnh nhất định trong trường hợp sinh cảnh đó ít đồng nhất và có thể phân chia thành những khu vực có những đặc điểm khác nhau về vi thổ nhưỡng, vi khí hậu, vi địa hình, hướng phơi, độ thoáng khí, độ chiếu sáng... Các quần thể yếu tố chỉ khác biệt với nhau về tập tính của các cá thể sinh vật cùng loài ở đó. Những quần thể yếu tố thường chiếm cứ những khu vực có điều kiện thuận lợi trong sinh cảnh. Sự tồn tại và duy trì số lượng cá thể ổn định của các quần thể thích ứng sinh thái phụ thuộc vào số lượng và chất lượng của các khu vực sinh sống của quần thể yếu tố tạo nên quần thể thích ứng sinh thái đó.

2.1.3. Những đặc trưng cơ bản của quần thể

Quần thể là tổ chức cơ bản của sinh giới. Những đặc trưng của quần thể như cấu trúc giới tính, cấu trúc tuổi, sự phân bố cá thể trong quần thể, mật độ quần thể, sự sinh sản và tử vong của quần thể là những thuộc tính cơ bản của một quần thể sinh vật.

2.1.3.1. Cấu trúc giới tính của quần thể

Cấu trúc giới của quần thể được biểu thị bằng tỷ lệ đực/cái. Đây là một đặc trưng rất quan trọng của một quần thể vì nó thể hiện đặc tính thích ứng đảm bảo hiệu quả sinh sản của quần thể trong những điều kiện thay đổi của ngoại cảnh. Cấu trúc giới tính của quần thể được phân chia thành cấu trúc giới tính bậc 1, cấu trúc giới tính bậc 2 và cấu trúc giới tính bậc 3.

* *Cấu trúc giới tính bậc 1 hay thành phần giới tính sơ khai là tỷ lệ đực/cái của trứng đã thụ tinh. Ở đa số động vật tỷ lệ này xấp xỉ 1/1.*

* *Cấu trúc giới tính bậc 2 hay thành phần giới tính sơ sinh là tỷ lệ đực/cái sau khi trứng nở hoặc con sơ sinh.*

* *Cấu trúc giới tính bậc 3 hay thành phần giới tính trưởng thành là tỷ lệ đực/cái ở các cá thể trưởng thành. Thành phần giới tính trưởng thành có ý nghĩa quan trọng nhất vì nó biểu thị tập tính sinh dục, tiềm năng sinh sản và tốc độ phát triển của quần thể.*

Ở ngỗng, vịt, thành phần giới tính trưởng thành thường là 60/40, ở một số loài khác như gà gô Mỹ *Tinamidae*, chim cú *Turnicidae*, thỏ *Silvilagus...* số lượng những con đực trưởng thành thường cao hơn con cái. Còn ở những loài đa thê (như gà, hươu, nai, hải cẩu...) số lượng cá thể cái trưởng thành lại nhiều hơn con đực 2, 3 hoặc thậm chí đến 10 lần.

Thành phần giới tính trưởng thành của một quần thể thường không ổn định mà có sự thay đổi theo mùa sinh sản trong năm. Ở nhiều loài thằn lằn, rắn... trong mùa sinh sản số lượng cá thể cái thường nhiều hơn cá thể đực, nhưng sau mùa sinh sản tỷ lệ đực/cái lại xấp xỉ bằng nhau. Điều này phụ thuộc vào tỷ lệ tử vong không đồng đều giữa giống đực và giống cái trong các giai đoạn phát triển của quần thể trong năm. Sự tử vong không đồng đều giữa giống đực và giống cái trong từng giai đoạn phát triển của quần thể phụ thuộc vào sự thay đổi đặc thù của từng giống trong các hoạt động sống của chúng trước, trong và sau thời kỳ sinh sản và phụ thuộc vào sự khác biệt về các đặc điểm sinh lý, sinh thái và tập tính của từng giống đối với sự tác động của điều kiện ngoại cảnh. Kiến nâu rừng *Formica rufa* nếu đẻ trứng ở nhiệt độ thấp hơn +20°C, trứng sẽ nở ra toàn cá thể cái; nếu chúng đẻ trứng ở nhiệt độ cao hơn +20°C, trứng sẽ nở ra hầu hết là cá thể đực. Ở cây ráy nhật *Arisaema japonica* giống của hoa phụ thuộc vào lượng chất dinh dưỡng tích lũy trong rễ củ: Những rễ củ lớn sẽ phát triển thành rễ củ mang hoa cái, còn rễ củ nhỏ sẽ mang hoa đực.

2.1.3.2. Cấu trúc tuổi của quần thể

Cấu trúc tuổi của một quần thể là tỷ lệ tương quan của các nhóm tuổi khác nhau. Cấu trúc tuổi là một đặc trưng rất quan trọng của quần thể vì nó biểu thị tiềm năng sinh sản của quần thể trong từng thời điểm, từ đó cho thấy khả năng phát triển trong tương lai của quần thể đó. Đối với những quần thể

phát triển nhanh thì số lượng các cá thể non trong quần thể thường nhiều hơn ; trong các quần thể phát triển ổn định, sự phân bố của các nhóm tuổi thường đồng đều hơn, còn đối với những quần thể có số lượng đang suy giảm thì số lượng các cá thể già thường nhiều hơn. Mỗi một quần thể thường có một cấu trúc tuổi đặc trưng, tương đối ổn định và sự biến đổi của cấu trúc tuổi thực tế của quần thể thường hướng đến đó. Nếu cấu trúc tuổi ổn định vừa mới đạt được thì sự gia tăng không bình thường của tỷ lệ sinh đẻ hoặc tỷ lệ tử vong sẽ gây ra sự biến đổi tạm thời trong cấu trúc tuổi và sau đó lại xuất hiện sự quay trở lại tự phát về trạng thái ổn định.

* *Khái niệm về tuổi và nhu cầu sinh học đối với mỗi nhóm tuổi.* Mỗi cá thể sinh vật trong quần thể có hai loại tuổi: tuổi niên lịch và tuổi sinh thái.

Tuổi niên lịch là tuổi chỉ thời gian đã sống của mỗi cá thể với đơn vị được tính theo năm, tháng, tuần, ngày, giờ, phút phụ thuộc vào thời gian đã tồn tại của mỗi cá thể.

Tuổi sinh thái là tuổi chỉ các giai đoạn phát triển trong đời sống của mỗi loài mà cá thể sinh vật đang ở trong giai đoạn đó, nhưng độ dài của mỗi giai đoạn đó vẫn được tính theo niên lịch (năm, tháng, tuần, ngày, giờ). Người ta thường phân biệt tuổi 1 là giai đoạn trước sinh sản, tuổi 2 là giai đoạn sinh sản, tuổi 3 là giai đoạn sau sinh sản. Ở một số loài sinh vật như một số loài côn trùng hay thực vật một năm, có thể chỉ có tuổi 1, giai đoạn trước sinh sản (thường dài) và tuổi 2, giai đoạn sinh sản (thường ngắn) mà không có tuổi 3, là giai đoạn sau sinh sản, vì chúng thường bị chết sau khi đã đẻ trứng hoặc quả đã chín. Loài ve sầu châu Mỹ *Cicada septemdecim* có giai đoạn trước sinh sản (giai đoạn sâu non) dài đến 17 năm, giai đoạn sinh sản rất ngắn và không có giai đoạn sau sinh sản. Cây một lá non sống một năm cũng sẽ bị chết đi sau khi quả đã chín, vì vậy ở chúng cũng không có giai đoạn sau sinh sản.

Do nhu cầu sinh lý ở các giai đoạn tuổi sinh thái khác nhau nên nhu cầu của cơ thể đối với chế độ dinh dưỡng và các yếu tố môi trường (chế độ nhiệt độ, hàm lượng oxy...) cũng khác nhau. Chính vì thế mà ở một số loài động vật, các cá thể cùng nhóm tuổi thường sống tập trung thành nhóm và tách rời khỏi các nhóm tuổi khác. Cá bơn *Platessa platessa*, cá trích Viên Đông *Clupea harengus pallasi*... là những loài có tập tính sống cách ly như thế. Ở đa số các loài sinh vật các cá thể thuộc các nhóm tuổi khác nhau không sống cách ly mà vẫn chung sống với nhau trong một khu vực nhưng chúng vẫn có

sự cách ly về mặt sinh vật học thể hiện yêu cầu riêng của từng lứa tuổi đối với chế độ dinh dưỡng và điều kiện sống. Ví dụ, chim chào mào non mới nở chỉ ăn côn trùng, sau bốn, năm ngày tuổi, chúng bắt đầu ăn thêm các loại quả mềm, khi sắp rời tổ, tỷ lệ quả mềm trong khẩu phần thức ăn của chúng đã lên đến 50% và ở giai đoạn trưởng thành, chim chào mào ăn chủ yếu là các loại quả.

* *Hình tháp tuổi.* Các dẫn liệu về sự phân bố số lượng cá thể trong quần thể theo các lứa tuổi được biểu thị bằng dạng hình tháp nhiều góc, gọi là hình tháp tuổi. Trong hình tháp tuổi, số lượng cá thể hay số phần trăm các cá thể thuộc những nhóm tuổi khác nhau được biểu thị bằng chiều rộng của các hình chữ nhật có cùng một chiều cao đặt chồng lên nhau. Dạng hình tháp tuổi của một quần thể phụ thuộc vào tuổi thọ trung bình, tỷ lệ sinh sản và tỷ lệ tử vong của các nhóm tuổi. Có thể phân chia hình tháp tuổi của quần thể thành ba dạng biểu thị ba trạng thái của quần thể như sau :

– *Dạng phát triển.* Trong dạng phát triển, hình tháp tuổi có đáy rất rộng, đỉnh hẹp và nhọn. Đáy của hình tháp tuổi rất rộng chứng tỏ quần thể có tỷ lệ sinh cao, do đó, số lượng của các cá thể mới sinh ra lớn. Các cạnh bên thoải thoải và đỉnh tháp nhọn thể hiện tỷ lệ tử vong cao, nhưng với tỷ lệ sinh cao nên yếu tố bổ sung lớn, đảm bảo cho quần thể phát triển mạnh.

– *Dạng ổn định.* Ở dạng này, hình tháp tuổi có đáy rộng vừa phải và cạnh đứng hơn. Đáy tháp tuổi rộng vừa phải, chứng tỏ quần thể có tỷ lệ sinh không thật cao; cạnh tháp đứng hơn ở dạng trên biểu thị tỷ lệ tử vong vừa phải và yếu tố bổ sung chỉ đủ để bù đắp cho tỷ lệ tử vong.

– *Dạng thoái hoá.* Trong dạng thoái hoá, hình tháp tuổi có đáy hẹp hơn đỉnh. Đáy hình tháp tuổi hẹp hơn đỉnh chứng tỏ quần thể có tỷ lệ sinh thấp hơn tỷ lệ tử vong, vì vậy yếu tố bổ sung không đủ để bù vào yếu tố mất đi nên quần thể ở trong trạng thái suy thoái.

Trong tự nhiên, quần thể sinh vật có xu hướng duy trì trạng thái ổn định. Tuy nhiên, dạng ổn định tạm thời của quần thể có thể bị phá vỡ do tỷ lệ tử vong đột nhiên tăng cao (do có những thay đổi bất thường bất lợi của các yếu tố môi trường, do dịch bệnh, nguồn thức ăn không đủ, bị săn bắt quá mức...) hoặc do sự phát tán của một số lớn cá thể của quần thể đi nơi khác hoặc do sự xâm nhập của các cá thể từ những quần thể khác vào hoặc do tỷ lệ sinh đột nhiên tăng cao (có thể do nguồn thức ăn xuất hiện dồi dào trên mức bình thường). Trong trường hợp đó, các quần thể sinh vật có khả năng tự điều chỉnh để trở về trạng thái ổn

định. Ví dụ, quần thể chuột cộc *Ondatra zibethica* trong tự nhiên không bị tác động thường có tỷ lệ các cá thể non và trưởng thành tương đương nhau. Khi bị săn bắt quá mức qua nhiều năm, thành phần tuổi của quần thể bao gồm 85% cá thể non và 15% cá thể trưởng thành. Nếu quần thể này không bị săn bắt nữa, thì trong một thời gian tỷ lệ các cá thể non sẽ giảm xuống còn khoảng 52% và tỷ lệ các cá thể trưởng thành tăng lên khoảng 48%, có nghĩa là có xu hướng phục hồi lại cấu trúc tuổi đặc trưng ban đầu.

Sự phục hồi của quần thể sinh vật phụ thuộc vào chu kỳ sống ngắn hay dài và đặc điểm sinh sản của loài trong quần thể.

– Sinh vật có chu kỳ sống ngắn như những loài gặm nhấm nhỏ, cá cơm *Engraulis encrasicolus*, cá ăn muỗi *Gambusia affinis*, cá đực *Gobio*, các loài thực vật thân thảo sống một năm... thường có ít nhóm tuổi trong quần thể, quá trình phát dục sớm, tỷ lệ sinh và tỷ lệ tử vong cao nên hàng năm số lượng cá thể của quần thể dao động rất lớn song khả năng phục hồi quần thể lại nhanh. Ví dụ, nếu dùng bẫy hay bả độc để diệt chuột mà số lượng chuột bị tiêu diệt không vượt quá 85% số lượng chuột hiện có trong quần thể, thì với 15% số còn lại, quần thể chuột sẽ được phục hồi như trạng thái cũ chỉ trong vòng 3 đến 6 tháng.

– Sinh vật có chu kỳ sống dài như các loài bò sát lớn, chim, thú, các loài cây gỗ lâu năm... thường có nhiều nhóm tuổi trong quần thể, quá trình phát dục chậm, tỷ lệ sinh và tỷ lệ tử vong thấp nên số lượng cá thể của quần thể dao động nhỏ, song khả năng phục hồi quần thể thường rất chậm. Ví dụ, loài voi châu Á có tuổi trưởng thành sinh dục từ 8 đến 12 năm tuổi, thường bốn năm mới đẻ một lần và mỗi lần thường chỉ có 1 con, do đó, nếu do một lý do nào đó mà đàn voi bị suy giảm số lượng, thì sự phục hồi diễn ra sẽ rất chậm.

2.1.3.3. Sự phân bố trong không gian của các cá thể trong quần thể

Mỗi một quần thể sinh vật đều có một khu vực sinh sống hay một khoảng không gian nhất định mà trong đó các cá thể của quần thể phân bố theo những dạng nhất định. Sự phân bố của các cá thể của quần thể trong khoảng không gian sống đó phụ thuộc vào đặc điểm của các điều kiện sống trong môi trường, vào quan hệ giữa các cá thể trong quần thể và phụ thuộc vào sự chiếm cứ không gian sống của các cá thể.

* Các kiểu phân bố của các cá thể của quần thể trong không gian sống.
Có ba kiểu phân bố của các cá thể sinh vật trong quần thể :

– Kiểu phân bố đồng đều thường gặp trong trường hợp các điều kiện sống của môi trường phân bố đồng đều trên cả không gian sống của quần thể hoặc trong quần thể có sự cạnh tranh gay gắt giữa các cá thể với nhau. Kiểu phân bố này rất ít gặp trong tự nhiên.

– Kiểu phân bố ngẫu nhiên xảy ra khi các điều kiện sống của môi trường phân bố tương đối đồng đều trong không gian sống của quần thể hoặc các cá thể không có đặc tính kết hợp thành nhóm và ít phụ thuộc vào nhau. Kiểu phân bố này gặp ở các loài côn trùng như : sâu xám *Agrotis sagetum*, sâu cải *Pieris rapae*, ở loài thân mềm *Mintinea lateralis* sống trong lớp bùn phù sa vùng triều... do môi trường sống của những loài này tương đối đồng đều trong cả không gian sinh sống của quần thể. Một số loài thú bậc cao, vốn có tập tính sống thành đàn, song do một lý do nào đó, như quá già yếu hoặc sắp đến giai đoạn phát dục hoặc bị thương tật... nên con đực bị đuổi ra khỏi đàn, phải sống cô độc, như chó sói cô độc, voi cô độc, sư tử cô độc... cũng có phân bố ngẫu nhiên. Loại phân bố này trong tự nhiên cũng ít gặp.

Kiểu phân bố đồng đều và phân bố ngẫu nhiên có ý nghĩa sinh học cho quần thể là giảm bớt sự cạnh tranh về thức ăn, đặc biệt là đối với thú ăn thịt; giảm bớt tỷ lệ tử vong, tăng cường khả năng sống sót của các cá thể trong quần thể do tập tính ăn thịt lẫn nhau ở một số loài côn trùng, như ở ấu trùng sâu xám *Agrotis sagetum* ; hạn chế sự lây lan bệnh tật giữa các cá thể trong quần thể ; tạo điều kiện cho sự chiếm lĩnh toàn bộ khu vực sống và tận dụng triệt để nguồn thức ăn trong môi trường.

– Kiểu phân bố theo nhóm là kiểu phân bố mà trong đó các cá thể của quần thể có tập tính sống theo nhóm ở những nơi có điều kiện sống thuận lợi nhất. Kiểu phân bố này thích ứng với sự phân bố không đồng đều của các điều kiện sinh thái trong môi trường sống của quần thể (như nguồn thức ăn, chế độ nhiệt, chế độ ẩm, chế độ ánh sáng...). Hiện tượng sinh sản vô tính bằng chồi mọc ra từ các gốc cây hay từ rễ cây cũng tạo nên kiểu phân bố theo nhóm hay còn được gọi là phân bố theo cụm ở thực vật.

Kiểu phân bố theo nhóm gặp rất phổ biến trong tự nhiên vì trong đa số trường hợp, các điều kiện sinh thái của môi trường sống thường phân bố không đồng đều. Phân bố theo nhóm có nhiều ý nghĩa sinh học liên quan đến hiệu quả của tác động theo nhóm hoặc bầy đàn.

* Phương pháp xác định kiểu phân bố của các cá thể trong quần thể. Để xác định kiểu phân bố không gian của các cá thể sinh vật trong tự nhiên,

người ta dựa vào phương pháp phân bố phương sai. Phương pháp đó được tính như sau : Gọi n là số lần thu mẫu, m là số lượng cá thể trung bình của n lần thu mẫu, x là số lượng cá thể của mỗi lần thu mẫu, S^2 là phương sai, ta có :

$$S^2 = \frac{(x - m)^2}{n - 1}; \quad \text{nếu } n < 30$$

Dựa vào giá trị của S^2 ta có thể xác định được kiểu phân bố của các cá thể trong quần thể :

- Trong trường hợp $S^2 = 0$ thì kiểu phân bố là phân bố đồng đều.
- Trong trường hợp $S^2 < m$ thì kiểu phân bố là phân bố ngẫu nhiên.
- Trong trường hợp $S^2 > m$ thì kiểu phân bố là phân bố theo nhóm. Nếu S^2 càng lớn thì mức độ tập trung theo nhóm càng lớn.

* *Sự chiếm cứ không gian sinh sống của các cá thể trong quần thể.* Ở nhiều loài động vật, vào mùa sinh sản, các cá thể đực và cá thể cái thường chiếm lĩnh một khu vực cư trú nhất định để sống, sinh đẻ và nuôi con đôi khi cho đến lúc trưởng thành. Nơi sống này thường được bảo vệ để chống lại sự xâm nhập của các cá thể khác, có trường hợp sự bảo vệ chỉ được hạn chế trong một phần của nơi cư trú đó, ví dụ như chỉ bảo vệ tổ hay hang. Cũng có khi các cá thể riêng lẻ sống đơn độc không có khu vực ngăn cách với những cá thể khác trong quần thể.

Đối với nhiều loài thủy sinh vật sống cố định thì giữa những cá thể riêng lẻ thường có một khoảng cách nhất định đảm bảo thỏa mãn nhu cầu cho mỗi cá thể về thức ăn, oxy và khoảng không cần thiết để thải các sản phẩm bài tiết. Một số loài động vật di chuyển như các loài thân mềm *Ochidium*, *Acmea*... thường có không gian sinh sống rộng khoảng 10m².

Ở động vật có xương sống, hiện tượng chiếm cứ một khu cư trú nhất định có ở hầu hết các lớp, nhưng rõ rệt nhất là ở các loài chim. Ở nhiều loài chim, mỗi một đôi chim thường cư trú và làm tổ trong một khu vực nhất định, có thể được duy trì trong nhiều năm, có khi là cả đời. Chim đực bảo vệ khu vực làm tổ bằng nhiều cách : bằng tiếng kêu, hót cảnh báo hàng ngày hoặc bằng cả vũ lực khi sự cảnh báo không có tác dụng. Khu vực làm tổ của chim thường thay đổi, ví dụ : đối với bồ câu, khu vực làm tổ rộng khoảng 25 – 30m², đối với gà rừng – khoảng 200 – 1000m². Hiện tượng chiếm cứ và bảo vệ khu cư trú ở thú thể hiện rõ nhất là ở nhóm gặm nhấm. Chuột nhắt đồng *Apodemus aquarinus* sống ở châu thổ sông Volga có diện tích khu cư trú của cá thể đực trưởng thành tham gia vào các hoạt động sinh

sản thay đổi trung bình từ 3200m² vào tháng 6, tháng cao điểm của các hoạt động sinh sản, đến 1500m² vào tháng 9. Các cá thể đực không tham gia vào hoạt động sinh sản có khu cư trú nhỏ hơn 3 lần, khoảng 500m². Các cá thể cái trưởng thành có diện tích khu cư trú rộng khoảng 1300m² vào tháng 6 và 600m² vào tháng 9. Ở các cá thể còn non diện tích khu cư trú thay đổi từ 100m² đến 900m² phụ thuộc vào tuổi của chúng. Cũng cần phải nói thêm rằng, trong nhiều trường hợp, khu vực cư trú của cá thể trong quần thể không hoàn toàn cách ly với nhau, mà vẫn có quan hệ qua lại thông qua quá trình phát tán, di cư hoặc di chuyển trong khi đi tìm thức ăn hay chạy trốn kẻ thù.

Sự chiếm cứ khu vực cư trú nhất định và sự cạnh tranh lẫn nhau của các cá thể trong lãnh thổ cư trú của quần thể có ý nghĩa quan trọng trong sự phân bố và điều hoà số lượng cá thể trong quần thể sinh vật. Điều này thấy rất rõ ở lớp Chim. Nhiều quan sát trong thiên nhiên đã cho thấy những con chim nào không có khu vực cư trú thì không thể sinh sản được. Ngoài ra, tập tính bảo vệ khu cư trú và cạnh tranh của các loài chim còn có ý nghĩa trong việc ổn định số loài trong một quần xã nhất định.

2.1.3.4. Mật độ quần thể

Mật độ quần thể là số lượng sinh vật tính bằng đơn vị cá thể (cây, con) hay khối lượng sinh vật (sinh khối) trên một đơn vị diện tích hay thể tích. Đối với những loài sinh vật có cùng một kích cỡ, số lượng sinh vật được tính bằng đơn vị cá thể. Số lượng cá thể còn nói lên khoảng cách trong không gian giữa các cá thể trong quần thể, từ đó biểu thị độ gập của chúng trên lãnh thổ sinh sống. Đối với những loài sinh vật có kích thước khác nhau nhiều thì số lượng sinh vật để tính mật độ thường sử dụng khối lượng sinh vật (tươi hay khô). Khối lượng sinh vật còn nói lên số lượng chất sống, hàm lượng chất sống, tỷ lệ giữa chất có nước và không có nước của một loài trong quần thể. Số lượng sinh vật sử dụng để tính mật độ có thể còn là số calo mà khối lượng sinh vật có thể sản sinh ra. Như vậy, mỗi một đơn vị mật độ có ý nghĩa bổ sung cho nhau và làm sáng tỏ thêm đặc tính của mật độ quần thể sinh vật.

Mật độ quần thể là một trong những đặc tính cơ bản nhất của quần thể, bởi vì thông qua mật độ người ta có thể đánh giá khả năng sử dụng nguồn sống trong môi trường của sinh vật, mức độ lan truyền và mức độ gập nhau của các cá thể đực, cái trong mùa sinh sản. Mặt khác, mật độ của một loài nào đó còn nói lên vai trò và tính thích nghi của loài đó đối với môi trường

sống. Tuy nhiên, cũng cần phải nói thêm là môi trường cùng với các nguồn sống của nó cũng có ý nghĩa quyết định đến mật độ của quần thể. Đôi khi cần phải phân biệt mật độ trung bình và mật độ đặc trưng của một quần thể :

– *Mật độ trung bình của một quần thể* là số lượng cá thể hay sinh khối trên một đơn vị của toàn bộ không gian. Ví dụ, mật độ trung bình của rừng trồng bạch đàn là 3700 cây/1 ha hay mật độ trung bình của dân cư ở Việt Nam năm 1992 là 212 người/km².

– *Mật độ đặc trưng hay mật độ sinh thái* (có khi còn được gọi là *mật độ kinh tế*) là số lượng cá thể (hay sinh khối) trên một đơn vị không gian sinh sống của sinh vật (tức là diện tích hay thể tích mà sinh vật có thể sử dụng được). Ví dụ, mật độ sinh thái của dân cư ở Việt Nam năm 1992 là 1000 người/km².

Cũng giống như các đặc tính khác của quần thể, mật độ quần thể cũng rất biến đổi. Song sự biến đổi đó là có giới hạn. Mật độ của một quần thể đều có một giới hạn tối đa và tối thiểu nhất định tồn tại trong một thời gian xác định. Giới hạn trên của mật độ được xác định bằng dòng năng lượng (hay bằng sức sản xuất) và bậc dinh dưỡng của sinh vật đó trong hệ sinh thái. Nó cũng còn phụ thuộc vào trị số và cường độ trao đổi chất của cơ thể sinh vật. Giới hạn dưới của mật độ quần thể thường khó xác định được một cách rõ ràng nhưng trong các hệ sinh thái ổn định, các cơ chế cân bằng của nó có tác dụng duy trì mật độ của sinh vật ở trong một giới hạn tương đối xác định.

** Các phương pháp tính mật độ quần thể sinh vật*

– *Phương pháp kiểm kê tổng số.* Nguyên tắc của phương pháp này là kiểm kê trực tiếp số lượng cá thể sinh vật hay sinh khối trên toàn bộ diện tích nghiên cứu. Phương pháp này thường được ứng dụng đối với các sinh vật lớn hoặc những sinh vật dễ nhận biết hoặc những sinh vật sống thành tập đoàn.

– *Phương pháp lấy mẫu theo diện tích.* Trong phương pháp này, việc thống kê và tính toán khối lượng sinh vật sẽ được tiến hành trong một số khu vực tương ứng hoặc trong các mặt cắt có kích thước thích hợp để xác định mật độ trên toàn diện tích nghiên cứu.

– *Các phương pháp đánh dấu, thả ra và bắt lại tiếp theo.* Phương pháp này thường được áp dụng đối với các loài động vật thường xuyên di chuyển trong môi trường sống. Trong phương pháp này, người ta bắt, đánh dấu rồi thả ra một số lượng nhất định các cá thể của quần thể và sau đó xác định tỷ

lệ các cá thể đã đánh dấu bị bắt lại trong tổng số các cá thể bị bắt, trên cơ sở đó sẽ đánh giá được số lượng cá thể của cả quần thể. Ví dụ, nếu đã đánh dấu và thả ra 100 cá thể và khi bắt lại 100 cá thể mà thấy trong đó có 10 cá thể bị đánh dấu thì số lượng cá thể của quần thể sinh vật đó (X) sẽ được tính như sau : $100/X = 10/100$, từ đó suy ra : $X = 10 \times 100 = 1000$. Một trong những dạng biến đổi của phương pháp này là phương pháp lịch. Trong phương pháp lịch, người ta thống kê tất cả những cá thể đã đánh dấu bị bắt lại vào một thời gian nhất định trong thời kỳ giữa lần bắt đầu tiên và lần bắt cuối cùng. Các phương pháp đánh dấu, thả ra và bắt lại có độ tin cậy cao nhất trong các trường hợp khi mật độ của quần thể sinh vật không biến đổi nhanh. Đối với các quần thể có sự biến động mật độ quần thể nhanh, biểu thị ở sự tăng hay giảm số lượng cá thể sinh vật trong quần thể xảy ra nhanh chóng và thường xuyên thì không áp dụng các phương pháp này.

– *Phương pháp thu mẫu.* Trong phương pháp này, người ta sẽ sử dụng đồ thị hàm số. Số lượng các cá thể đã thu được trong các lần thu mẫu liên tiếp được ghi lên trục hoành của đồ thị. Nếu xác suất bắt gặp của cá thể tương đối ổn định thì các điểm ghi trên trục hoành đó sẽ nằm trên một đường thẳng kéo dài từ điểm 0 trên trục hoành về lý thuyết tương ứng với 100% các cá thể thu hồi được trên một diện tích nào đó.

– *Phương pháp chia ô.* Phương pháp chia ô, ví dụ chia ô vuông, thường được áp dụng cho các loài sinh vật sống cố định, như cây ở trong rừng hay các loài động vật đáy sống cố định. Trong phương pháp này, người ta đo khoảng cách từ hàng các điểm lựa chọn tùy ý đến cá thể gần nhất trong một của hai ô vuông. Mật độ của quần thể được đánh giá từ khoảng cách trung bình trên một đơn vị diện tích.

– *Phương pháp gián tiếp để xác định mật độ quần thể* thông qua việc đếm dấu chân, hang, tổ, bãi phân... trên một diện tích nhất định sau đó tính tần số gặp một cách tương đối.

2.1.3.5. Sự sinh sản của quần thể

Sức sinh sản của quần thể là khả năng gia tăng về mặt số lượng cá thể của quần thể. Sức sinh sản của quần thể sinh vật được biểu thị bằng hệ số sinh sản hay tỷ lệ gia tăng dân số. Tỷ lệ gia tăng dân số được biểu thị bằng tỷ số giữa số lượng cá thể mới được sinh ra trong một đơn vị thời gian nhất định. Người ta còn sử dụng khái niệm tỷ lệ sinh đẻ trên một đơn vị quần thể,

tức là tỷ số giữa số lượng cá thể mới được sinh ra trên tích của toàn bộ quần thể hoặc chỉ một phần của quần thể có khả năng sinh sản với thời gian tính toán. Đối với một quần thể xác định, người ta còn phân biệt tỷ lệ sinh sản tối đa và tỷ lệ sinh sản sinh thái. Tỷ lệ sinh sản tối đa của quần thể hay còn gọi là tỷ lệ sinh đẻ tuyệt đối hoặc tỷ lệ sinh đẻ sinh lý là khả năng tối đa theo lý thuyết sản sinh ra các thế hệ con cháu trong điều kiện lý tưởng. Còn tỷ lệ sinh sản sinh thái hay tỷ lệ sinh sản thật và thường được gọi một cách đơn giản là tỷ lệ sinh sản, là khả năng gia tăng số lượng cá thể con cháu trong các điều kiện thực tế hay đặc trưng của môi trường. Hệ số sinh sản của quần thể phụ thuộc vào đặc điểm sinh sản của loài sinh vật trong quần thể.

* *Những yếu tố ảnh hưởng đến sức sinh sản của quần thể.* Sức sinh sản của quần thể phụ thuộc vào số lượng trứng hay con trong một lứa đẻ và khả năng chăm sóc trứng hay con của các cá thể cha mẹ trong quần thể. Ví dụ, các loài cá thụ tinh ngoài có số lượng trứng lớn trong một lứa đẻ, như cá chấy *Hilsa* đẻ hơn 1 triệu trứng, cá hồng *Lutanas* đẻ đến 230000 trứng. Trong khi đó, cá nganh đẻ trứng trong hang và có tập tính bảo vệ trứng nên chỉ đẻ khoảng 6000 – 8000 trứng mỗi lứa, cá bò có tập tính làm tổ ở đáy gần bờ để đẻ trứng, cá con nở ra còn sống một thời gian trong hang nên được bảo vệ tốt, chỉ đẻ 2000 trứng mỗi lứa. Cá the be *Acanthorhodeus* có tập tính đẻ trứng trong mang của trai, do đó, trứng được bảo vệ tốt, vì thế chỉ đẻ 30 trứng mỗi lứa.

Sức sinh sản không chỉ phụ thuộc vào số lượng trứng hay con mỗi lứa, mà còn phụ thuộc vào số lứa đẻ trong năm hay trong một mùa, số lần sinh đẻ trong cả cuộc đời, tuổi thành thực sinh sản, tỷ lệ đực/cái, thành phần lứa tuổi tham gia vào quá trình sinh sản... Sức sinh sản của các cá thể sinh vật trong quần thể còn phụ thuộc vào mức độ thuận lợi của môi trường sống. Khi điều kiện sống càng khó khăn thì khả năng sinh sản của loài sẽ cao hơn.

Mật độ cá thể của quần thể ảnh hưởng lớn tới sức sinh sản của quần thể. Trong nhiều trường hợp, sức sinh sản của quần thể giảm khi mật độ của quần thể tăng. Điều này đã được chứng minh qua nhiều công trình thực nghiệm trong phòng thí nghiệm và quan sát ngoài thiên nhiên. Ví dụ, loài voi châu Phi thành thực sinh dục ở tuổi 11,12 và cứ 4 năm lại đẻ một lần. Khi mật độ của quần thể voi tăng cao thì đến tuổi 17, voi mới trưởng thành sinh dục và 7 năm mới đẻ một lần. Người ta đã tính được rằng, khi mật độ của voi là 2,2 cá thể/1 dặm vuông thì tỷ lệ sinh sản là 8–9%, còn khi mật độ

tăng lên 4,5 cá thể/1 dặm vuông thì tỷ lệ sinh sản chỉ còn 6–6,5%. Ở một số loài có sự biến động số lượng cá thể lớn, như chuột lemming *Lemmus* hay chuột khuy *Ratus ratus*, sức sinh sản của quần thể sẽ tương đối ổn định trong một giới hạn mật độ quần thể nhất định, sau đó sẽ giảm nhanh nếu mật độ quần thể biến động vượt ra ngoài giới hạn đó. Trong đa số trường hợp, sức sinh sản của quần thể đạt đến một giá trị cực đại khi mật độ quần thể ở giá trị trung bình. Điều này có thể thấy rõ ở một số loài chim trong họ Mòng biển Laridae hay ở loài bọ cánh cứng *Callosobrachus sinensis*. Khi mật độ quần thể tăng, số lượng cá thể trong một lứa đẻ sẽ tăng, do đó sức sinh sản sẽ tăng theo. Khi sức sinh sản đã đạt đến một giá trị cực đại ứng với giá trị trung bình của mật độ thì sức sinh sản của quần thể sẽ giảm xuống nếu mật độ quần thể vượt ra ngoài giá trị trung bình.

Sự tử vong của quần thể : Trong một chừng mực nhất định, khái niệm sự tử vong có nghĩa ngược lại với sự sinh sản. Sự tử vong của quần thể được biểu thị bằng số lượng cá thể bị chết trong một thời gian xác định hoặc dưới dạng tỷ lệ chết đặc trưng theo tỷ lệ đối với số lượng cá thể cấu thành toàn bộ hay một phần của quần thể. Tỷ lệ chết sinh thái hay tỷ lệ chết thực tế là số lượng cá thể bị chết trong điều kiện cụ thể của môi trường. Đại lượng này nói chung không ổn định và phụ thuộc vào điều kiện môi trường và hiện trạng của quần thể sinh vật. Người ta còn phân biệt tỷ lệ chết tối thiểu lý thuyết, một đại lượng tương đối ổn định biểu thị số cá thể bị chết trong điều kiện lý tưởng khi quần thể không bị tác động của các nhân tố giới hạn.

Sự tử vong của quần thể phụ thuộc vào mức độ tử vong của các cá thể sinh vật trong quần thể. Sự tử vong của cá thể sinh vật lại được quyết định bởi tuổi thọ sinh lý trung bình hay tuổi thọ sinh lý lý thuyết của cá thể. Trong tự nhiên, tuổi thọ trung bình thực của các cá thể thường ngắn hơn tuổi thọ sinh lý lý thuyết do tác động của các yếu tố bất lợi ngoại cảnh như bị dịch bệnh, bị ăn thịt, thiếu thức ăn... Trong một quần thể sinh vật xác định, sự tử vong của các cá thể sinh vật phụ thuộc vào giống, vào lứa tuổi và chịu sự chi phối mạnh mẽ của điều kiện môi trường.

* *Sự tử vong của cá thể sinh vật thay đổi theo giống.* Ở nhiều loài động vật, các cá thể đực vào mùa sinh sản thường hoạt động nhiều hơn các cá thể cái, nên sau khi giao phối, chúng sẽ bị chết nhiều hơn. Hiện tượng đa thê phổ biến trong động vật được hình thành trong quá trình tiến hoá, một phần có lẽ cũng do các cá thể đực bị chết nhiều hơn cá thể cái.

* *Sự tử vong của cá thể sinh vật thay đổi theo nhóm tuổi.* Sự tử vong thay đổi theo nhóm tuổi được biểu thị trên các đường cong gọi là đường cong sống sót. Đường cong sống sót được xây dựng trên cơ sở thống kê số lượng cá thể sống sót theo từng nhóm tuổi trên đồ thị : trục tung biểu thị số lượng cá thể sống sót tính theo phần trăm, trục hoành biểu thị thời gian sống của từng nhóm tuổi. Ở đây xảy ra ba trường hợp sau :

– *Trường hợp 1: Sự tử vong ở những nhóm tuổi thấp cao hơn ở những nhóm tuổi cao.* Đây là trường hợp gặp phổ biến ở các loài động vật như bò sát, lưỡng cư, thú, đặc biệt là ở các loài cá và cả ở thực vật. Ở các loài cá, sự tổn thất ở giai đoạn trứng, tỷ lệ tử vong ở giai đoạn ấu trùng, cá bột rất lớn, chỉ còn lại một số rất nhỏ có thể sống sót đến giai đoạn trưởng thành. Sự tái sinh của các loài thực vật dưới tán rừng cũng cho thấy điều đó. Tỷ lệ chết của thực vật tái sinh dưới tán rừng trong giai đoạn cây mầm có khi tới 95%–99%, chỉ rất ít các cá thể may mắn sống sót để vượt lên trên các tầng cao của tán rừng.

– *Trường hợp 2: Sự tử vong xảy ra đồng đều ở các nhóm tuổi.* Trường hợp này rất hiếm gặp trong tự nhiên. Nó chỉ xảy ra đối với những loài sinh vật có nhu cầu sống như nhau ở mọi lứa tuổi và được sống trong một môi trường sống ổn định. Trường hợp này được ghi nhận ở loài thủy tức nuôi trong phòng thí nghiệm.

– *Trường hợp 3: Sự tử vong thấp ở những nhóm tuổi thấp.* Trường hợp này cũng hiếm gặp trong tự nhiên và có thể thấy ở một số loài động vật có tập tính bảo vệ và chăm sóc con cái tốt như ở một số loài thú và một số loài côn trùng.

* *Sự tử vong thay đổi phụ thuộc vào điều kiện sống.* Hai nhà nghiên cứu Taber và Dasmann (1957) đã nghiên cứu ảnh hưởng của môi trường sống đến hai quần thể ổn định hươu đen *Odocoileus hemionus columbianus* ở Caliphocnia. Một quần thể sống trong môi trường đã khai phá, nơi thảm cây bụi và thảm cỏ phát triển mạnh do có lửa cháy định kỳ. Quần thể này có mật độ 25 cá thể/1 km². Còn quần thể kia sống trong môi trường chưa bị khai phá, nơi thảm cây bụi gai và rừng không bị đốt. Quần thể này có mật độ 10 cá thể/1 km². Hai nhà nghiên cứu trên đã nhận thấy, đường cong sống sót của quần thể có mật độ cá thể cao hơn có dạng lõm nhiều hơn, chứng tỏ ở quần thể này, sự tử vong ở những cá thể non cao hơn. Nguyên nhân của hiện tượng này có thể do quần thể bị săn bắt quá nhiều và sự cạnh tranh giữa các cá thể do mật độ dân số cao. Trong khi đó, đường cong sống sót ở quần thể

có mật độ cá thể thấp hơn không có dạng lõm, điều này chứng tỏ sống trên một lãnh thổ ít dân, các cá thể hươu tìm thấy cho mình nhiều nơi trú ẩn, nhiều thức ăn nên sự cạnh tranh giảm, tỷ lệ sống sót cao hơn.

* Để biểu thị sự tử vong của các nhóm tuổi trong quần thể, người ta sử dụng bảng sống. Có thể lấy bảng sống của cừu núi *Ovis dalli* ở Vườn Quốc gia Mont Mac Kinley, Alatsca (Deevey, 1947) làm ví dụ.

Loài cừu này được bảo vệ nên sự tử vong của chúng hoàn toàn là do các điều kiện tự nhiên. Người ta đã nghiên cứu 608 sọ cừu và xác định tuổi của từng cá thể. Những số liệu này được trình bày trong bảng 2.1.

Bảng 2.1. Bảng sống của quần thể cừu núi *Ovis dalli* ở Vườn Quốc gia Mont Mac Kinley ở Alatsca (Deevey, 1947)

Tuổi (năm)	d_x	l_x	q_x	e_x
0 – 0,5	54	1000	54	7,1
0,5 – 1	145	946	135	...
1 – 2	12	801	15	7,7
2 – 3	13	780	17	6,8
3 – 4	12	776	16	5,9
4 – 5	30	764	39	5,0
5 – 6	46	734	63	4,2
6 – 7	48	688	70	3,4
7 – 8	69	640	108	2,6
8 – 9	132	571	231	1,9
9 – 10	187	439	426	1,3
10 – 11	156	252	619	0,9
11 – 12	90	96	937	0,6
12 – 13	3	6	500	1,2
13 – 14	3	3	1000	0,7

Trong đó :

- d_x là số cá thể chết theo từng nhóm tuổi (x) trên 1000 cá thể ban đầu.
- l_x là số cá thể sống theo từng nhóm tuổi (x) trên 1000 cá thể ban đầu.
- q_x (1000) là chỉ số tử vong theo từng nhóm tuổi trên 1000 cá thể.
- e_x là tuổi thọ dự kiến/khoảng thời gian sống còn lại đối với mỗi cá thể sống ở mỗi nhóm tuổi.

Bảng sống được sử dụng để tính tuổi thọ trung bình của quần thể (trong trường hợp cừu núi *O. dalli* ở bảng trên, tuổi sống trung bình của chúng là 7,09 năm), tuổi thọ dự kiến, phân tích thành phần tuổi của quần thể để tính toàn bộ chu kỳ sống, tìm ra giai đoạn có sự tử vong cao để tìm cách khắc phục.

Có hai cách biểu diễn bảng sống trên đồ thị :

- Cách thứ nhất là biểu diễn trên trục hoành tuổi tính bằng năm và trên trục tung là số lượng cá thể còn sống.

- Cách thứ hai là biểu diễn trên trục hoành các trị số là hiệu giữa mỗi nhóm tuổi và tuổi trung bình, rồi dựa vào % của các nhóm tuổi với nhóm tuổi trung bình. Cách thứ hai này giúp chúng ta có thể so sánh được các đồ thị của bảng sống của những loài động vật có tuổi thọ khác nhau.

2.1.3.6. Sự phát tán của các cá thể của quần thể

Sự phát tán là sự chuyển đổi chỗ ở của các cá thể trưởng thành, của hạt cây, ấu trùng, bào tử... của một quần thể này sang một quần thể khác hoặc một nơi ở mới. Sự chuyển đổi này có thể thực hiện theo ba cách : sự di cư – là sự rời bỏ lãnh thổ đang ở sang lãnh thổ mới ; sự nhập cư – là sự xâm nhập của các cá thể mới vào lãnh thổ có một quần thể đang chiếm cứ ; sự di trú – là sự rời bỏ và lại quay về lãnh thổ cũ của mình theo một quy luật nhất định.

Sự phát tán cùng với tỷ lệ sinh sản và tỷ lệ tử vong quyết định tính chất tăng trưởng của quần thể. Trong trường hợp nếu có một số cá thể thường xuyên nhập cư và một số khác di cư ra khỏi quần thể, mà quần thể đó có kích thước tương đối lớn, thì sự phát tán đó ít ảnh hưởng đến số lượng cá thể của quần thể. Nhưng nếu sự phát tán mang tính đồng loạt và diễn ra nhanh chóng, thì điều đó sẽ ảnh hưởng mạnh đến quần thể. Sự phát tán của những cá thể sinh vật nhất định phụ thuộc vào khả năng bẩm sinh của các dạng phôi thai và của các cá thể trưởng thành đối với sự chuyển đổi chỗ ở, mà thường được gọi bằng thuật ngữ *sự hiếu động*. Khả năng phát tán còn phụ thuộc vào các chương ngại vật trong không gian sống của sinh vật. Sự phát tán có một ý nghĩa sinh thái và sinh học lớn đối với sinh vật. Nhờ có các hoạt động phát tán, các loài sinh vật thực hiện được quá trình xâm chiếm lãnh thổ mới, mở rộng khu phân bố của mình hoặc rời bỏ chỗ ở cũ để lập nên trạng thái cân bằng động. Sự phát tán có ý nghĩa quan trọng trong quá trình chọn lọc dòng gen và yếu tố hình thành loài mới. Quá trình phát tán của các loài sinh vật nhỏ và các dạng phôi thai như quả, hạt, bào tử... thường mang tính thụ động, có quy luật, tuân theo biểu thức dạng mũ, ở những khu vực cách nơi

phát tán một khoảng cách ngắn và mật độ giảm theo một đại lượng ổn định. Quá trình phát tán của các loài động vật lớn, hiệu động lại mang một tính chất khác và thường được thực hiện theo một đường, một hướng nhất định hay đến một địa điểm nhất định nào đó đã định trước đối với mỗi một loài nhất định.

2.1.4. Biến động số lượng cá thể của quần thể

Số lượng cá thể của một quần thể bất kỳ nào đó thường không ổn định mà thường xuyên thay đổi theo chu kỳ mùa hay theo thời gian và phụ thuộc vào những yếu tố nội tại của quần thể và các điều kiện của môi trường. Sự biến động này tuân theo những quy luật nhất định, với những cơ chế nhất định nhằm duy trì sự ổn định số lượng của quần thể.

2.1.4.1. Những nguyên nhân gây biến động số lượng cá thể của quần thể

Sự biến động số lượng của quần thể xảy ra do những nguyên nhân tác động lên tỷ lệ sinh sản, tỷ lệ tử vong và quá trình phát tán của các cá thể sinh vật trong quần thể. Những nguyên nhân này có thể là tác động của các nhân tố sinh thái vô sinh hoặc hữu sinh.

* *Các nhân tố vô sinh* là các nhân tố mà sự tác động của chúng vào số lượng cá thể trong quần thể không bị chi phối bởi mật độ cá thể của quần thể. Những nhân tố này ảnh hưởng đến trạng thái sinh lý, sức sống của sinh vật, ảnh hưởng đến nguồn thức ăn, đến kẻ thù, thiên địch của sinh vật... Tác động của các nhân tố vô sinh ảnh hưởng mạnh mẽ hơn cả vào mùa sinh sản của sinh vật hay ở vào giai đoạn phát triển còn non của sinh vật. Trong nhóm các nhân tố vô sinh, thì nhân tố khí hậu tác động mạnh mẽ nhất. Ở nước ta, vào mùa đông và đầu mùa xuân, nhiệt độ thấp thường ảnh hưởng mạnh đến số lượng cá thể của nhiều quần thể sinh vật. Trong những năm có mùa đông và mùa xuân rét đậm và kéo dài, tỷ lệ tử vong của các loài chim ăn sâu bọ, các loài thú gặm nhấm nhỏ, các loài bò sát, lưỡng cư... rất cao. Điều này xảy ra một phần do chúng là những loài động vật biến nhiệt hay hằng nhiệt nhưng không hoàn thiện nên rất nhạy cảm với nhiệt độ thấp, một phần do chúng bị thiếu thức ăn. Nạn lụt lội hàng năm cũng làm cho số lượng của các loài thú nhỏ bị biến động mạnh.

Ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến số lượng cá thể sinh vật trong quần thể cũng có thể diễn ra rất chậm và theo một sự tác động có tính chất dây chuyền. Ví dụ, mùa hè ẩm áp ở Phần Lan có tác động thuận lợi đến những cây vân sam *Abies* làm cho chúng có một mùa sai quả trong năm sau.

Do lượng thức ăn là hạt của những cây vân sam phong phú, nên loài chim mỏ chéo *Loxia curvirostrata* đẻ chỉ 3 trứng trong một lứa, đã đẻ 4 trứng. Trong trường hợp này, số lượng của quần thể sẽ tăng lên. Như vậy, sự thay đổi của khí hậu đã có ảnh hưởng đến số lượng cá thể của quần thể chim mỏ chéo, song sự ảnh hưởng này diễn ra chậm, sau hai năm và có tính chất dây chuyền, thông qua nguồn thức ăn của chúng là hạt cây vân sam. Một ví dụ nữa là sự biến động số lượng cá thể hằng năm theo chu kỳ mùa trong quần thể chuột đồng sẫm *Microtus arvalis* ở vùng Vendơ của nước Pháp. Số lượng của chúng bắt đầu tăng lên từ tháng 3, đạt giá trị cực đại vào khoảng giữa tháng 9 và tháng 11, sau đó giảm dần và đến cực tiểu vào khoảng giữa tháng 1 đến tháng 4. Ở đây, chu kỳ quang là thời gian chiếu sáng tối ưu khoảng từ 15 đến 20 giờ một ngày vào mùa hè đã đảm bảo chế độ nhiệt độ thích hợp cho cơ thể chuột và nguồn thức ăn của chúng và là điều kiện thuận lợi cho sự sinh tinh ở các cá thể chuột đực. Vì vậy, khả năng sinh sản của chúng tăng lên, thế hệ con cháu sinh ra nhiều, vì nguồn thức ăn dồi dào, nên tỷ lệ sống sót của các con non cũng tăng lên dẫn đến số lượng quần thể tăng lên trong thời gian này.

* *Các nhân tố hữu sinh* là các nhân tố mà sự tác động của chúng vào số lượng cá thể trong quần thể bị chi phối bởi mật độ cá thể của quần thể. Các nhân tố này có tác động điều chỉnh số lượng cá thể của quần thể trong một khoảng biến động nhất định dao động xung quanh số lượng cá thể cực thuận đối với quần thể. Các nhân tố này có tác dụng ổn định số lượng của quần thể trong một trạng thái cân bằng giữa mật độ của quần thể với các điều kiện sống và nguồn sống của môi trường. Ảnh hưởng của các nhân tố phụ thuộc vào mật độ thường gia tăng theo mức độ tiệm cận với giới hạn trên của mật độ, nhưng cũng có thể bị chi phối bởi mối liên hệ ngược, có nghĩa là khi mật độ càng tăng thì ảnh hưởng càng giảm.

Tác động của các nhân tố phụ thuộc vào mật độ đến số lượng cá thể của quần thể được thể hiện trên hai mặt có quan hệ mật thiết với nhau như sau :

- Tác động lên sức sinh sản của quần thể.
- Tác động đến mật độ của kẻ thù, của con mồi, của vật ký sinh, sự cạnh tranh...

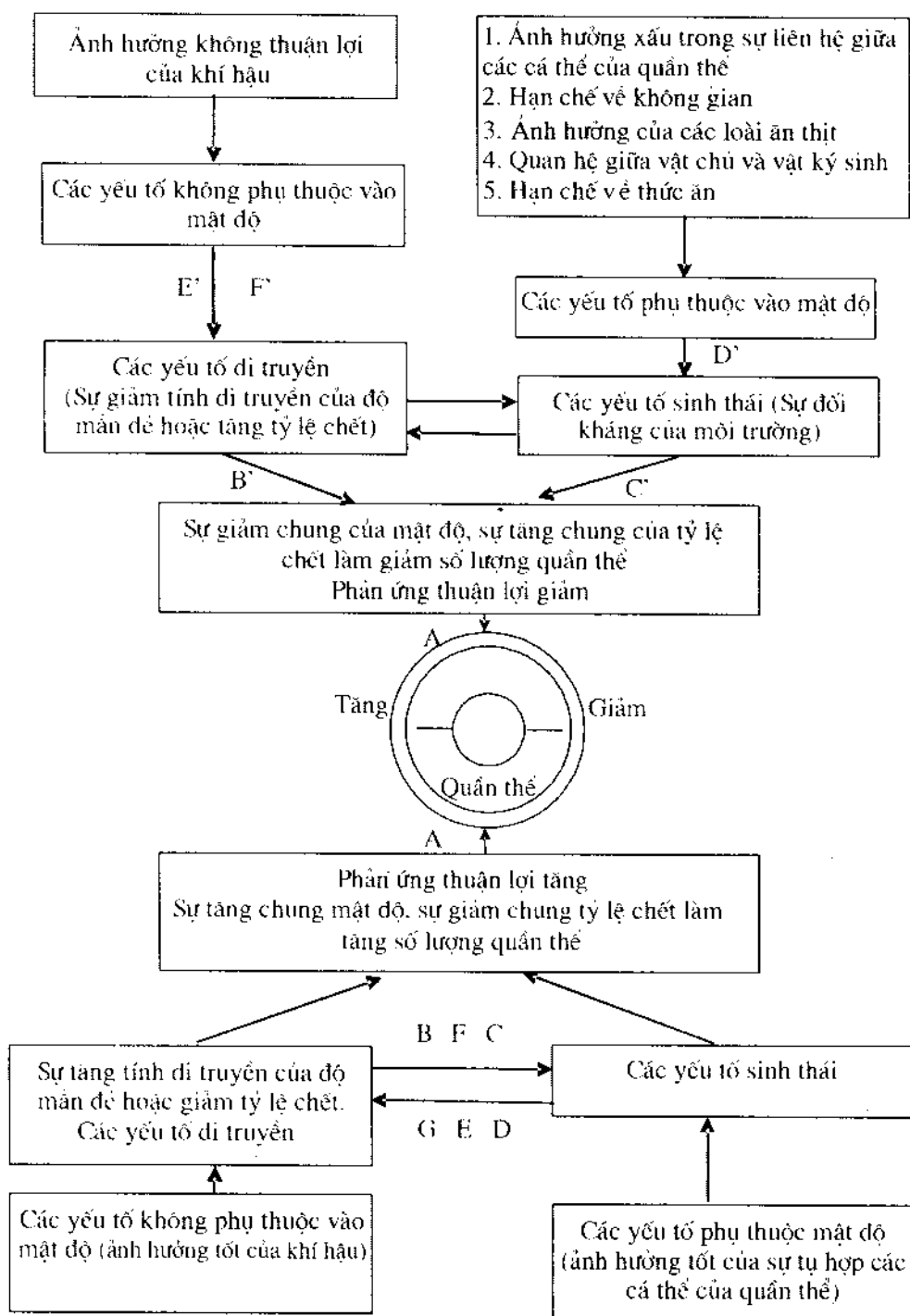
Tác động của các nhân tố phụ thuộc vào mật độ thể hiện rất rõ ở các loài có biến động số lượng rõ rệt như các loài côn trùng, cá, thú gặm nhấm nhỏ...

Như vậy, sự biến động số lượng cá thể trong quần thể là kết quả tác động tổng hợp của các nhân tố môi trường bên ngoài và các nhân tố nội tại bên trong của quần thể. Tuy nhiên, sự biến động số lượng không phải lúc nào cũng chỉ phụ thuộc vào một nhân tố giới hạn quyết định. Ví dụ, đối với các loài côn trùng ăn thực vật thì khí hậu là nhân tố quyết định số lượng, còn đối với các loài chim thì nhân tố quyết định số lượng trong mùa đông là nguồn thức ăn, còn về mùa hè, nhân tố quyết định số lượng lại là sự cạnh tranh nơi làm tổ. Ở các loài động vật có xương sống không có hiện tượng bảo vệ lãnh thổ, như các loài cá, hay hươu, nai... thì mật độ của kẻ thù (những loài thú ăn thịt) là nguyên nhân điều chỉnh số lượng của quần thể. Đối với các loài động vật có xương sống có tập tính bảo vệ lãnh thổ như nhiều loài bò sát, chim, thú... thì sự cạnh tranh để bảo vệ nơi sống là nhân tố cơ bản quyết định sự biến động số lượng. Ở những vùng có chế độ khí hậu khắc nghiệt, như trên núi cao, đai hàn đới... thì nhân tố khí hậu có vai trò quyết định trong sự biến động số lượng cá thể của quần thể, còn ở những vùng có khí hậu ổn định và thuận lợi, như vùng ôn đới, nhiệt đới... thì các nhân tố sinh học lại đóng vai trò quan trọng. Trong những môi trường sống đồng nhất, quần xã sinh vật nghèo về số lượng loài như miền đồng rêu, thì sự biến động số lượng cá thể thường lớn và rõ rệt còn ở những môi trường sống đa dạng, quần xã sinh vật giàu về số lượng loài như trong các khu rừng nhiệt đới thì sự biến động số lượng cá thể thường nhỏ và không rõ rệt.

Ngoài ra, sự di cư, sự nhập cư, sự di trú (hồi cư) cũng có một vai trò nhất định gây nên biến động số lượng cá thể trong quần thể. Trong thực tế, sự di cư và nhập cư thường cân bằng với nhau, nhưng trong trường hợp nếu quần thể đang có nguy cơ bị tiêu diệt thì sự nhập cư hàng loạt có thể cứu quần thể khỏi nguy cơ diệt vong hoặc khi mật độ quần thể quá cao thì sự di cư hàng loạt sẽ làm giảm số lượng quần thể. Ví dụ, chuột *Lemmus* thường di cư hàng loạt khi mật độ của chúng trên lãnh thổ chiếm cứ đạt quá cao.

Như vậy, sự biến động cá thể trong quần thể là một hiện tượng tất yếu, là phản ứng thích nghi của quần thể sinh vật đối với sự biến động của tổng thể các điều kiện bên ngoài của môi trường. Trong quá trình đó, những đặc tính của quần thể cũng biến động theo.

Tác động tổng hợp của các nhân tố bên ngoài và bên trong quyết định số lượng cá thể của quần thể sinh vật được trình bày trong sơ đồ sau (hình 2.1 theo Allen, Emerson, O. Park và Smith, 1949).



Hình 2.1. Sơ đồ ảnh hưởng của các nhân tố sinh thái đến số lượng cá thể trong quần thể sinh vật (theo Allen, Emerson, O.Park và Smith, 1949)

2.1.4.2. Các dạng biến động số lượng cá thể của quần thể

Sự biến động số lượng cá thể trong quần thể có thể là biến động có chu kỳ hoặc không có chu kỳ.

* *Sự biến động số lượng cá thể trong quần thể theo chu kỳ.* Khi xem xét sự biến động số lượng theo chu kỳ, cần nhấn mạnh đến hai yếu tố quyết định tính chất của chu kỳ biến động, đó là tần số của chu kỳ, tức là thời gian kéo dài của mỗi chu kỳ và cường độ biến động. Căn cứ vào hai yếu tố này, người ta chia các biến động số lượng theo chu kỳ thành hai nhóm : biến động số lượng theo chu kỳ mùa trong một năm và biến động số lượng theo chu kỳ nhiều năm.

– *Biến động số lượng theo chu kỳ mùa trong một năm.* Như chúng ta đã biết, những nhân tố biến đổi theo mùa là những nhân tố điều chỉnh cơ bản của sự thích nghi của các cá thể sinh vật. Nếu sự dao động theo mùa trong năm của những nhân tố này liên quan đến những yếu tố bên trong của quần thể, như tỷ lệ sinh sản, tỷ lệ tử vong, sự phát tán... thì những nhân tố này mang tính chất điều chỉnh rõ rệt đối với số lượng của quần thể theo chu kỳ mùa trong một năm.

Sự biến động số lượng sinh vật theo chu kỳ mùa trong một năm là hiện tượng thường gặp ngoài tự nhiên. Ở nước ta, về mùa mưa, các loài muỗi, dế, lưỡng cư... thường có số lượng lớn, các loài thực vật thân thảo cũng tăng trưởng mạnh số lượng vì đây là thời kỳ thuận lợi cho sự sinh trưởng và phát triển của sinh vật. Sự dao động số lượng theo mùa thể hiện rõ rệt nhất ở các loài sinh vật có thời kỳ sinh sản ngắn, đặc biệt là ở các sinh vật có chu kỳ sống ngắn hoặc có quy luật phân bố theo mùa khác nhau. Sự biến động số lượng cá thể theo mùa đặc trưng cho đa số các loài côn trùng, thực vật một – hai năm và những loài động vật có đời sống ngắn khác.

– *Biến động số lượng theo chu kỳ nhiều năm.* Sự biến động số lượng theo chu kỳ nhiều năm là hiện tượng thường gặp ở các loài động vật có vú, chim, cá và các loài thực vật có hạt. Nguyên nhân của hiện tượng này trong nhiều trường hợp còn chưa được làm rõ. Ở các loài thú, sự biến động số lượng thường theo chu kỳ 3 – 4 năm hoặc 9 – 10 năm. Sự biến động số lượng của thỏ *Lepus americanus* và mèo rừng châu Mỹ *Felix canadensis* là một ví dụ điển hình về chu kỳ 9 – 10 năm. Người ta đã nhận thấy số lượng mèo rừng ở Canada trong suốt khoảng thời gian dài, cứ 9 – 10 năm (trung bình là 9,6 năm) lại đạt cực đại một lần, sau đó lại giảm đi rất nhanh. Thỏ (con mồi chính của mèo rừng) cũng

có chu kỳ dao động tương tự, nhưng các đỉnh số lượng của thỏ thường xảy ra sớm hơn đỉnh số lượng của mèo từ 1 đến 2 năm. Như vậy, chu kỳ của vật ăn thịt liên quan đến chu kỳ của con mồi. Song một hệ thống thống nhất vật ăn thịt – con mồi lại không phản ánh đầy đủ mối liên hệ nguyên nhân – kết quả của hai chu kỳ vì người ta nhận thấy : Trong các vùng không có mèo rừng sinh sống, chu kỳ biến đổi số lượng của thỏ vẫn tương tự như vậy.

Biến động số lượng theo chu kỳ 3 – 4 năm thường đặc trưng cho các loài chuột, như chuột *Lemmus*, chuột nhắt, chuột cọc... và những loài động vật ăn thịt chúng như chim cú trắng và cáo. Một ví dụ điển hình là các chu kỳ biến động số lượng của chuột *Lemmus*, cáo trắng *Alopex lagopus* và cú trắng *Nyctea scandiaca* ở vùng lãnh nguyên châu Mỹ và châu Á. Người ta đã nhận thấy, cứ 3 hay 4 năm, số lượng chuột *Lemmus* lại tăng lên hàng loạt, sau đó thường là một mùa giảm số lượng một cách rõ rệt. Cũng theo đó, số lượng của cáo và cú trắng cũng tăng – giảm theo.

Một ví dụ nữa về sự biến động số lượng theo chu kỳ nhiều năm là ở loài cào cào di cư *Locuste migratoria* ở vùng phụ châu Á di cư định kỳ sang vùng cổ Hi Lạp – La Mã. Chu kỳ biến động số lượng của loài cào cào này là cứ 40 năm lại đạt cực đại về số lượng.

Nguyên nhân của các cơ chế biến động số lượng quần thể theo chu kỳ nhiều năm trong nhiều trường hợp vẫn chưa được giải thích rõ. Sự biến động số lượng theo chu kỳ nhiều năm không thể lúc nào cũng gắn với sự thay đổi của môi trường bên ngoài vì sự biến động trong thiên nhiên thường không tuần hoàn, mà thậm chí còn ngược lại. Các lý luận giải thích sự biến động số lượng cá thể của quần thể theo chu kỳ nhiều năm chủ yếu dựa trên những lý thuyết sau : lý thuyết khí tượng, lý thuyết biến động ngẫu nhiên, lý thuyết quan hệ tương hỗ của các quần thể và lý thuyết quan hệ tương hỗ của các bậc dinh dưỡng. Hiện nay, ngày càng có nhiều bằng chứng để chứng minh lý thuyết khí tượng và ngẫu nhiên không phải là nguyên nhân của các biến động lớn về số lượng. Nguyên nhân ở đây nằm ở các mối quan hệ tương hỗ của các quần thể và đặc biệt là các mối quan hệ tương hỗ của các bậc dinh dưỡng trong cả hệ sinh thái.

* Sự biến động số lượng cá thể trong quần thể không theo chu kỳ. Sự biến động số lượng cá thể của quần thể không theo chu kỳ được phân chia thành hai dạng : biến động số lượng không đều xung quanh một giá trị trung bình sau một thời gian ngắn và sự đột biến về số lượng cá thể của quần thể.

Đó là hai kiểu tăng trưởng độc lập tương ứng với tính chất khác nhau của sinh vật và các điều kiện môi trường, có thể khác nhau trong tổ hợp và mô hình hoá.

– *Sự biến động số lượng không đều xung quanh một giá trị trung bình trong một thời gian ngắn.* Sự biến động này được mô tả như là một đường cong dạng chữ S. Trong trường hợp này, ở thời gian đầu, sự gia tăng số lượng của quần thể diễn ra tương đối chậm. Giai đoạn phát triển này của quần thể thường được gọi là pha khởi động hay pha gia tốc dương. Sau đó, số lượng cá thể trong quần thể sẽ tăng nhanh và tiệm cận với số lượng tăng trưởng theo lý thuyết. Khi đạt đến giá trị này, do ảnh hưởng đối kháng của môi trường, sự tăng trưởng số lượng bắt đầu chậm lại (pha gia tốc âm). Sự giảm sút đó tiếp diễn theo mức độ gia tăng đối kháng và cuối cùng khi số lượng cá thể đạt đến mức tương xứng với sự đối kháng, sự tăng trưởng số lượng sẽ ở mức cân bằng tương đối bền vững. Điều này có thể được thấy rõ trong quá trình diễn thế phục hồi lại các quần thể thực vật trong hệ sinh thái nguyên sinh. Trong những pha đầu của quá trình diễn thế, mật độ của các loài cây gỗ rất lớn, có thể đạt tới hàng chục nghìn cá thể/1 ha. Sau đó, khi bước vào giai đoạn rừng thứ sinh trưởng thành, số lượng các cá thể cây gỗ bắt đầu ổn định dần và dao động trong khoảng 600 – 800 cây gỗ lớn/1ha. Mật độ này hầu như sẽ được giữ nguyên trong suốt thời gian dài, có khi tới hàng trăm năm khi thảm thực vật rừng bước vào giai đoạn phục hồi lại cấu trúc và đặc tính của hệ sinh thái rừng nguyên sinh đặc trưng cho vùng sinh thái mà nó chiếm lĩnh.

– *Sự đột biến về số lượng cá thể trong quần thể.* Hiện tượng này xảy ra khi trong môi trường sống quen thuộc của sinh vật xuất hiện những biến đổi bất thường của các điều kiện sống trên quy mô lớn như : lũ lụt, hoả hoạn bất thường, thời tiết thay đổi đột ngột, xảy ra hiện tượng thời tiết hoặc quá nóng hoặc quá lạnh, dịch bệnh bùng phát, sự ô nhiễm đột ngột của môi trường do các hoạt động của con người. Trong trường hợp này, số lượng cá thể sinh vật sẽ giảm đột ngột. Một ví dụ đang là hiện tượng thời sự hiện nay : Do xuất hiện của dịch cúm gia cầm (do vi rút H5N1 gây nên), quần thể gia cầm tại nhiều vùng trong nước ta và trên thế giới bị chết hàng loạt, thậm chí có nơi không còn một con nào. Hoặc trong mùa đông năm 2004 – 2005, ở nước ta có xảy ra rét đậm kéo dài, nhiều loại cây trồng nông nghiệp một năm như lúa và rau màu các loại đã bị chết hàng loạt trên diện tích lớn. Đây là những ví dụ về sự biến động số lượng đột ngột do thời tiết bất thường và dịch bệnh gây nên.

Một trường hợp nữa xảy ra, khi sinh vật được đưa đến môi trường mới cực thuận đối với sự sinh trưởng và phát triển của chúng mà lại chưa có thiên địch để kiểm chế sự phát triển này. Lúc đó số lượng của chúng sẽ tăng lên đột ngột, phá vỡ thế cân bằng sinh thái vốn có của vùng sinh thái đó và gây ra những thiệt hại to lớn cho khu hệ sinh vật bản địa. Hiện tượng này còn được gọi là sự bùng nổ số lượng. Bùng nổ số lượng thường gắn liền với sự di thực, nhập nội một cách có ý thức hoặc sự xâm nhập vô ý thức những loài sinh vật lạ, hay giống cây trồng, vật nuôi ngoại lai. Sự nhập nội có ý thức loài của ốc bươu vàng và sự xâm nhập vô ý thức của cây mai dương *Mimosa pigra* vào nước ta cùng với những hậu quả tai hại khôn lường mà hai loài sinh vật này đang gây ra ở nước ta đối với các loài sinh vật bản địa nói riêng và đối với nền kinh tế nói chung là những ví dụ điển hình về sự bùng nổ số lượng của các loài sinh vật ngoại lai trong môi trường mới cực thuận. Trên thế giới cũng thường nêu nên ví dụ kinh điển về sự bùng phát của giống thỏ và chó hoang khi được đưa vào châu Đại Dương ở những thế kỷ trước.

2.1.4.3. Sự cân bằng trong quần thể

Sự cân bằng của quần thể sinh vật là trạng thái mà trong đó số lượng cá thể sinh vật của quần thể được duy trì ở một mức độ ổn định tương đối nào đó. Cơ chế đảm bảo sự cân bằng của quần thể là cơ chế điều hoà mật độ cá thể trong trường hợp thừa hoặc thiếu số lượng cá thể. Cơ chế này làm thay đổi tốc độ tăng trưởng của quần thể bằng cách tác động lên sự sinh sản và tử vong trong quần thể thông qua các nhân tố sinh học nội tại của quần thể, mà chủ yếu là mật độ quần thể. Sự cân bằng của quần thể được thực hiện thông qua hai cơ chế sau : cơ chế điều hoà khắc nghiệt và cơ chế điều hoà mềm dẻo.

* *Cơ chế điều hoà khắc nghiệt.* Cơ chế này được thực hiện bằng sự tiêu diệt lẫn nhau thông qua quá trình cạnh tranh (thường xảy ra đối với thực vật) và ăn thịt lẫn nhau (thường xảy ra đối với động vật). Hiện tượng cạnh tranh trong thực vật, hay thường được gọi là quá trình tự tỉa thưa, biểu hiện rất rõ ở những quần thể rừng trồng với mật độ lớn hoặc trong giai đoạn diễn thế tự nhiên từ trạng thái rừng non mới khép tán chuyển sang trạng thái rừng thứ sinh trưởng thành. Do cạnh tranh nhau về không gian sống, về ánh sáng... hàng loạt các cá thể thực vật sẽ bị đào thải, chỉ còn lại những cá thể khoẻ mạnh tồn tại và tiếp tục phát triển để đạt đến giai đoạn rừng nguyên sinh đặc trưng cho khu vực. Ở một số loài động vật như ấu trùng của một số loài côn trùng, cá, hay thú ăn thịt nhỏ, khi số lượng cá thể tăng lên cao, nguồn thức

ăn không đủ, các cá thể trưởng thành khoẻ mạnh thường ăn thịt các con non hay những cá thể ốm yếu, bệnh tật.

* *Cơ chế điều hoà mềm dẻo.* Cơ chế điều hoà mềm dẻo tác động lên sự sinh sản, sự tử vong và tăng trưởng của quần thể thông qua các hình thức sau :

– *Tiết ra các chất hoá học để kiểm chế sự phát triển của các cá thể khác.* Hiện tượng này thường xảy ra ở các động vật đơn bào và nhiều loài động thực vật thuỷ sinh. Ý nghĩa sinh học của hiện tượng này là tạo điều kiện cho những cá thể có cỡ lớn có cơ hội phát triển nhanh hơn có sức sống cao hơn, khoẻ mạnh hơn để tăng cường khả năng sinh tồn của quần thể.

– *Làm rối loạn tình trạng sinh lý,* ức chế khả năng sinh sản và gây ra sự tử vong cho đồng loại.

– *Làm giảm khả năng sinh sản của cá thể do cạnh tranh.* Sự cạnh tranh nơi làm tổ và bảo vệ tích cực lãnh thổ sinh sống có vai trò quan trọng trong việc điều hoà số lượng ở các loài chim. Người ta đã nhận thấy rằng, ở chim sẻ ngô *Parus major*, khi mật độ quần thể là 1 đôi/1ha thì số lượng con non nở ra trong một tổ là 14, nhưng khi mật độ tăng lên 18 đôi/1ha, thì số lượng con non trong một tổ giảm xuống còn có 8. Những thí nghiệm về loài ruồi *Lucinia cuprina* của Nicholsson (1954) cũng chứng minh ảnh hưởng của cạnh tranh nguồn thức ăn đến tỷ lệ sinh sản và tử vong của các cá thể trong quần thể.

– *Gây ra hiện tượng phát tán.* Đối với nhiều loài chim, thú, khi mật độ quần thể tăng lên quá cao, nguồn sống và thức ăn không đủ, sẽ xuất hiện hiện tượng phát tán cá thể sang các vùng, các quần thể lân cận hoặc xảy ra hiện tượng di cư hàng loạt. Hiện tượng di cư với số lượng lớn thường xảy ra ở loài chuột *Lemmus* hay chuột khuy.

Như vậy, để đạt được sự cân bằng trong quần thể, cơ chế điều hoà số lượng cá thể sinh vật được thực hiện dưới sự tác động của các nhân tố sinh học nội tại của quần thể kết hợp với các nhân tố vô sinh bên ngoài. Điều đó chứng minh rằng, sự cân bằng số lượng cá thể của một quần thể sinh vật là kết quả của sự điều hoà sinh thái phức tạp giữa những quan hệ trong nội bộ quần thể, giữa các cá thể trong quần thể với những loài sinh vật khác trong quần xã và giữa quần thể với các điều kiện của ngoại cảnh.

* *Chiến lược dân số của quần thể.* Trong tự nhiên, các cá thể sinh vật thích nghi với môi trường sống thông qua sự biến đổi về đặc điểm hình thái,

giải phẫu, sinh lý, sinh học, sinh thái và tập tính... Nhờ sự thích nghi này, các cá thể sinh vật tồn tại, sinh trưởng và phát triển trong một môi trường sống cụ thể. Nếu đứng trên phương diện dân số học của cả quần thể mà xem xét, thì sự thích nghi của cả quần thể được biểu hiện thông qua các chỉ số về sự sinh sản, tử vong, tuổi thành thực sinh sản, tuổi thọ, tuổi sinh thái, mật độ...

Áp lực của chọn lọc tự nhiên lên các cá thể của quần thể là khác nhau và kết quả là trong quần thể phát sinh và phát triển các kiểu gen để đảm bảo tính thích nghi cao nhất. Các Nhà Sinh thái học đã nhận thấy rằng trong tự nhiên, các quần thể sinh vật phát triển hai kiểu chọn lọc để thích nghi với điều kiện sống, đảm bảo sự tồn tại và duy trì trạng thái cân bằng của quần thể, đó là tăng các chỉ số sinh trưởng và cường độ của các hoạt động sống lên mức cực đại có thể được hoặc là tăng số lượng cá thể lên mức cực đại có thể có.

2.2. QUẦN XÃ SINH VẬT

2.2.1. Khái niệm về quần xã sinh vật

Quần xã sinh vật là một tổ hợp bất kỳ các quần thể sinh vật được hình thành trong quá trình lịch sử, cùng chung sống trong một không gian xác định (lãnh thổ hay sinh cảnh) và gắn bó với nhau như một thể thống nhất nhờ các mối quan hệ tương hỗ.

Quần xã sinh vật có thể có kích thước khác nhau, từ rất nhỏ như là tập hợp của tất cả các loài sinh vật nhỏ sống trên một thân cây mục đến rất lớn như là tất cả các loài sinh vật sống trong hồ Tây, từ các loại tảo, động thực vật đơn bào, đa bào đến các loài ốc, trai, hến, tôm, cua, cá, cây sen, khóm bèo tây mọc dưới hồ, cây cối xung quanh bờ hồ... hoặc lớn hơn nữa – tập hợp của tất cả các loài sinh vật sống ở đại dương hay vùng đài nguyên Bắc Cực...

Quần xã sinh vật cùng với không gian sống của quần xã hay gọi là sinh cảnh, là hai thành phần của một khối thống nhất, không thể tồn tại tách rời nhau, quan hệ mật thiết, qua lại với nhau, tạo thành một hệ thống thống nhất, bền vững và ổn định lâu dài. Hệ thống đó được gọi là hệ sinh thái (ecosystem). Sinh quyển (biosphere) mà chúng ta đang sinh sống là một tập hợp của tất cả các hệ sinh thái. Sinh quyển được đặc trưng bởi một thế giới sinh vật vô cùng phong phú và đa dạng, sinh quyển cũng được cấu thành bởi một môi trường vô sinh cũng vô cùng phong phú và đa dạng được cụ thể hoá bởi ba lớp : khí quyển, thủy quyển và địa quyển.

Từ định nghĩa ở trên về quần xã sinh vật, có thể rút ra một số nhận xét sau :

* Quần xã sinh vật không phải là một tập hợp cơ học, ngẫu nhiên các cá thể của các loài sinh vật khác nhau mà nó là một tập hợp thống nhất, được hình thành trong một quá trình tiến hoá lâu dài, của các loài sinh vật có quan hệ ràng buộc lẫn nhau về thức ăn, nguồn sống, nơi ở, phương thức sống... Mặt khác, sự hình thành các quần xã sinh vật còn là kết quả biện chứng của quá trình tiến hoá thích nghi, của quá trình trao đổi vật chất, năng lượng và thông tin giữa cơ thể sống và môi trường. Vì vậy, nếu không có những thay đổi lớn trong nội bộ quần xã, trong sinh cảnh bên ngoài thì quần xã sẽ tồn tại một cách thống nhất, bền vững và ổn định lâu dài.

* Khi những quan hệ truyền thống của các loài sinh vật trong quần xã bị biến đổi hoặc khi trong sinh cảnh tồn tại của quần xã có sự biến động mạnh mẽ của các điều kiện môi trường, quần xã sẽ bị biến đổi, thậm chí bị tiêu diệt và sẽ được thay thế bằng một quần xã khác. Mặt khác, quan hệ của các sinh vật thuộc các loài khác nhau trong quần xã cũng bị ảnh hưởng bởi chính những biến đổi môi trường do bản thân các loài trong quần xã gây ra. Khi những ảnh hưởng này đã phát triển đến một mức độ giới hạn nào đó, nó cũng có thể phá vỡ sự cân bằng và thống nhất vốn tồn tại trong quần xã làm cho quần xã có thể bị diệt vong và được thay thế bằng một quần xã khác. Sự biến đổi này trong nhiều trường hợp là có quy luật và được thể hiện trong quá trình diễn thế của quần xã sinh vật.

* Vai trò của các loài sinh vật trong quần xã không phải lúc nào cũng như nhau. Có những loài hay một nhóm loài có vai trò như là những sinh vật lãnh đạo trong quần xã, chúng ảnh hưởng quyết định lên số lượng, kích thước, năng suất và những đặc trưng khác của toàn bộ quần xã.

2.2.2. Những đặc trưng cơ bản của quần xã sinh vật

2.2.2.1. Những đặc trưng cơ bản về số lượng cá thể của loài trong quần xã sinh vật

* *Độ nhiều của loài* là số lượng cá thể của loài sống trên một đơn vị diện tích hay thể tích của quần xã. Độ nhiều của quần xã là một đại lượng thay đổi thường xuyên theo thời gian (biến động theo chu kỳ mùa, năm hay đột xuất), do đó việc xác định độ nhiều của một quần xã sinh vật thường không đơn giản. Vì vậy, người ta thường hay dùng các quy ước định tính để chỉ độ nhiều của một quần xã: không có sinh vật sinh sống, hiếm gặp hoặc gặp phân tán, gặp không nhiều, gặp nhiều, gặp rất nhiều.

* *Độ thường gặp hay chỉ số có mặt* là tỷ số % giữa số địa điểm lấy mẫu có loài được xem xét so với tổng số địa điểm lấy mẫu trong quần xã nghiên cứu. Độ thường gặp được tính toán theo công thức sau :

$$C = \frac{p \times 100}{P}$$

Trong đó :

- C là độ thường gặp của loài xem xét.
- p là số địa điểm lấy mẫu có loài được xem xét xuất hiện.
- P là tổng số địa điểm lấy mẫu.

Căn cứ vào giá trị của C, người ta thường chia ra :

- Loài thường gặp : Khi C có giá trị lớn hơn 50%.
- Loài ít gặp : Khi C nằm trong khoảng từ 25% đến 50%.
- Loài ngẫu nhiên : Khi C có giá trị nhỏ hơn 25%.

Tần số xuất hiện : Là tỷ lệ % số cá thể của một loài so với tổng số cá thể của cả quần xã trong một lần thu mẫu hay trong tổng số các lần thu mẫu. Tần số xuất hiện của một loài có tính chất khác hẳn với độ thường gặp của loài đó trong quần xã. Một loài sinh vật có độ thường gặp cao là loài thường gặp ở nhiều địa điểm trong quần xã, nhưng loài đó có thể có tần số xuất hiện thấp, nếu trong các địa điểm bắt gặp đó chỉ có ít cá thể của loài đó sinh sống.

2.2.2.2. Những đặc trưng cơ bản về thành phần loài trong quần xã sinh vật

* *Loài ưu thế.* Mỗi quần xã sinh vật thường có ít nhất một loài ưu thế. Loài ưu thế trong quần xã là loài có vai trò quan trọng do có số lượng cá thể lớn hoặc có sinh khối lớn hoặc có hoạt động sống thống trị trong quần xã. Ví dụ, trong các quần xã sinh vật trên cạn, các loài thực vật bậc cao có hoa thường là nhóm loài chiếm ưu thế vì chúng có số lượng cá thể và sinh khối lớn, chúng là những sinh vật tự dưỡng cung cấp nguồn thức ăn và nơi ở cho các loài động vật, chúng có ảnh hưởng quyết định đến chế độ vi khí hậu trong vùng...

* *Độ ưa thích.* Độ ưa thích là cường độ gắn bó của một loài nào đối với một quần xã sinh vật nhất định. Mỗi một loài trong quần xã có một độ ưa thích riêng. Người ta thường phân chia mức độ ưa thích của các loài trong quần xã theo các cấp độ như sau :

– *Loài đặc trưng (eucene) :* là loài chỉ gặp trong một quần xã nhất định nào đó, là loài thường gặp và có độ nhiều cao hơn các loài khác trong quần

xã. Loài đặc trưng thường có giới hạn sinh thái hẹp. Ví dụ, cây nghiến *Exentrodendron tonkinensis* là loài đặc trưng trong các quần xã sinh vật trên vùng núi đá vôi miền Bắc Việt Nam vì trong tự nhiên chúng chỉ tồn tại trong các quần xã sinh vật này.

– *Loài ưa thích (preferante hay tyhocene)* : là loài có thể có mặt trong nhiều quần xã nhưng ưa thích nhất một quần xã nhất định nào đó trong các quần xã mà nó có mặt.

– *Loài phổ biến (ubiquistes)* : là loài có mặt ở nhiều quần xã một cách ngẫu nhiên. Loài phổ biến là loài có giới hạn sinh thái rộng.

* *Độ đa dạng*: Là độ phong phú về thành phần loài của quần xã và được biểu thị bằng công thức sau:

$$S = \log \left[1 + \left(\frac{N}{a} \right) \right]$$

Trong đó :

- S là số lượng loài của quần xã.
- N là số lượng cá thể của quần xã.
- a là hệ số đa dạng của quần xã.

Hệ số đa dạng biểu thị một số tính chất của quần xã như sau :

– Khi điều kiện sống trong môi trường phù hợp thì số lượng loài trong quần xã sinh vật lớn và số lượng cá thể của mỗi loài nhỏ, khi đó hệ số đa dạng của quần xã cao.

– Khi điều kiện môi trường ít thuận lợi thì số lượng loài trong quần xã thấp, song số lượng cá thể trong các loài có mặt lại cao, khi đó hệ số đa dạng của quần xã thấp.

2.2.2.3. Sự phân bố cá thể sinh vật trong quần xã

Sự phân bố các cá thể sinh vật trong không gian của quần xã là một yếu tố quan trọng quyết định cấu trúc của quần xã. Các sinh vật trong quần xã phân bố theo chiều thẳng đứng và theo chiều ngang.

* *Sự phân bố theo chiều thẳng đứng hay còn gọi là sự phân tầng của quần xã*. Do đặc tính sinh thái của mỗi loài sinh vật khác nhau trong quần xã không giống nhau, nên tập hợp các cá thể của mỗi loài thường chiếm một tầng không gian nhất định trong quần xã. Điều này thấy rất rõ trong các

quần xã sinh vật ở dưới nước và trên cạn. Các quần xã sinh vật thuộc hệ sinh thái rừng nhiệt đới có sự phân tầng rõ rệt nhất. Thảm thực vật ở đây thường có 5 tầng phân biệt. Tầng thứ nhất là tầng vượt tán, gồm những cây cao nhất có tán không giao nhau và vượt hẳn lên khỏi tán rừng. Tầng thứ hai gọi là tầng ưu thế sinh thái là tập hợp các loài cây có tán giao nhau tạo thành một tầng liên tục chi phối chế độ ánh sáng và quan hệ dinh dưỡng trong thảm thực vật. Tầng này thường có số lượng cá thể và sinh khối lớn nhất trong tất cả các tầng rừng. Tầng thứ ba gọi là tầng cây gỗ dưới tán, gồm tập hợp những loài cây gỗ có tán không liên tục mọc rải rác trong rừng. Tầng thứ tư gọi là tầng cây bụi, gồm những loài cây bụi chịu bóng có chiều cao không quá 3m mọc hoặc rải rác hoặc có tán giao nhau. Tầng thứ năm là tầng thảm tươi, gồm các loài cây thân thảo mọc sát mặt đất. Ngoài 5 tầng trên, trong các hệ sinh thái rừng nhiệt đới còn phân biệt các nhóm cây có đặc tính sinh thái và dạng sống giống nhau, có thể có mặt trong nhiều tầng rừng. Tập hợp các cá thể thực vật đó gọi là tầng phiến. Trong rừng thường gặp tầng phiến dây leo và tầng phiến cây ký sinh, cây phụ sinh. Trong các quần xã sinh vật dưới nước thường chia thành tầng tạo sinh, là tầng phân bố gần bên trên mặt nước, nơi có ánh sáng mặt trời và là nơi sinh sống của các loài sinh vật tự dưỡng và tầng phân huỷ, là những tầng nước sâu, thiếu ánh sáng mặt trời, nơi sinh sống của các sinh vật dị dưỡng.

Sự phân tầng trong quần xã có ý nghĩa làm tăng khả năng sử dụng các nguồn sống trong môi trường một cách tối đa, có hiệu quả cao và giảm mức độ cạnh tranh giữa các cá thể và các quần thể sinh vật với nhau.

** Sự phân bố theo chiều ngang hay còn gọi là sự phân đới trong quần xã là sự phân bố của các loài sinh vật theo những vành đai đồng tâm trong quần xã khi mà những đặc tính lý hoá của môi trường thay đổi theo một thang bậc nhất định nào đó. Sự phân bố theo chiều ngang trên mặt đất của sinh vật có thể được thể hiện trong một phạm vi rất lớn trên toàn thế giới, ví dụ, sự phân bố sinh vật theo các vành đai khí hậu hàn đới, ôn đới, cận nhiệt đới, nhiệt đới, xích đạo hoặc có thể được thể hiện trong một phạm vi hẹp của một quần xã nhất định, ví dụ, trong một hệ sinh thái ao hồ nào đó. Trong một cái ao, ven bờ là tập hợp những loài cây ưa ẩm, một số loài động vật lưỡng cư, một số loài côn trùng sinh sống trong các bụi cây, giữa ao dưới nước là những loài thực vật thuỷ sinh sống chìm hẳn trong nước, các loài thực vật, động vật nổi sống trong nước, các loài tôm, cá... chiếm ưu thế. Dưới đáy ao là các loài sinh vật đáy, một số loài cá sống trong bùn và các loài sinh vật dị dưỡng*

khác. Trong các quần xã ở biển cũng có sự phân bố theo chiều ngang rõ rệt của các sinh vật sống ven bờ, gần bờ và ngoài đại dương. Thành phần loài, số lượng cá thể sinh vật và sinh khối vùng ven bờ đa dạng và phong phú hơn ngoài biển khơi. Nguyên nhân của sự phân bố của các cá thể sinh vật theo chiều ngang là sự phân bố không đồng đều theo một thang bậc nhất định của các nhân tố sinh thái chủ đạo trong môi trường như : ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, nguồn thức ăn...

* *Sự biến động của phân bố theo chu kỳ.* Như đã phân tích ở trên, sự phân bố trong không gian của các cá thể sinh vật trong quần xã phụ thuộc vào sự phân bố của các nhân tố sinh thái trong môi trường sống như : ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, nguồn thức ăn... Vì phần lớn các nhân tố này có sự biến động theo chu kỳ ngày – đêm và chu kỳ mùa nên sự phân bố của các cá thể sinh vật trong quần xã đều có sự biến động theo chu kỳ ngày, đêm và chu kỳ mùa.

Sự di cư thẳng đứng của các loài động vật phù du ở biển và hồ là một ví dụ điển hình về biến động của phân bố sinh vật trong quần xã theo chu kỳ ngày, đêm. Các loài giáp xác chân chèo, giáp xác râu ngành và các dạng ấu trùng khác như giáp xác chân chèo *Calanus finmarchicus*, sứa *Cosmetira pilosella* và ấu trùng mysis của *Leptomysis gracilis*... tạo thành quần tụ phù du lớn về ban đêm thường di chuyển lên bên trên gần mặt nước, còn ban ngày thì di chuyển xuống sâu dưới nước. Có thể nói, ở đây ánh sáng là nguyên nhân gây ra sự di cư theo chu kỳ ngày, đêm này, song trong nhiều trường hợp, sự di cư ngày, đêm là hiện tượng sinh học phức tạp và cơ chế của chúng chưa được làm rõ. Các loài sinh vật khác nhau và đôi khi là cả các giai đoạn phát triển khác nhau của cùng một loài lại có phản ứng không giống nhau với sự thay đổi của các điều kiện bên ngoài, bởi vậy, các sinh vật không có xu hướng tụ tập tất cả vào một chỗ, song nói chung, về ban ngày sự phân tầng thường được thể hiện rõ hơn về ban đêm. Chu kỳ mùa cũng là một thuộc tính cơ bản của các quần xã sinh vật. Sự thay đổi luân lượt mùa khô và mùa ẩm, mùa đông và mùa hè làm cho cấu trúc của quần xã sinh vật thay đổi theo. Khi nghiên cứu cấu trúc của các quần xã sinh vật ở cạn và ở nước thuộc vùng ôn đới, các nhà sinh thái học đã nhận thấy có sự khác biệt giữa đầu mùa xuân với cuối mùa xuân, giữa đầu mùa thu với cuối mùa thu và mùa đông. Vì vậy, theo họ, tính chất chu kỳ của các quần xã sinh vật vùng ôn đới phù hợp nhiều hơn với sự phân chia năm thành sáu thời kỳ: thời kỳ ngủ đông (mùa đông), thời kỳ bắt

đầu thúc dậy (đầu mùa xuân), thời kỳ thúc dậy (giữa mùa xuân), bắt đầu mùa hoạt động (đầu mùa hè), kết thúc mùa hoạt động (cuối mùa hè) và mùa thu.

2.2.3. Phân loại các quần xã sinh vật

Để phân loại và đặt tên các quần xã sinh vật cần phải căn cứ vào các đặc trưng cơ bản của từng quần xã. Các đặc trưng cơ bản đó là :

- Các chỉ số cấu trúc cơ sở : loài ưu thế, loài đặc trưng, dạng sống chủ yếu...
- Các điều kiện cơ bản của nơi ở của quần xã.
- Các đặc điểm chức năng như kiểu trao đổi chất của quần xã.

Hiện nay, các nguyên tắc chặt chẽ cho việc phân loại và đặt tên các quần xã chưa được xây dựng hoàn chỉnh. Phân loại các quần xã thường dựa theo các đặc điểm cấu trúc đặc trưng đối với các điều kiện xác định nào đó của môi trường. Để phân biệt các quần xã sinh vật trong phạm vi một vùng địa lý hay một khu vực cảnh quan nào đó người ta sử dụng hai phương pháp khác nhau, phương pháp phân khu và phương pháp gradien. Trong phương pháp phân khu, các quần xã không đồng nhất được nhận dạng, được phân loại là ghi chép theo danh sách kiểm tra của các kiểu quần xã. Phương pháp gradien dựa trên cơ sở phân chia các quần thể theo gradien một hoặc nhiều bước của các điều kiện xung quanh hay theo trục, mà trong đó nơi ở của quần xã được xác định theo tần số phân bố, theo các chỉ số giống nhau hoặc các chỉ số thống kê khác.

2.2.3.1 Phân loại quần xã sinh vật theo lãnh thổ phân bố

Các quần xã sinh vật có thể có kích thước rất lớn và hoàn thiện về tổ chức hoặc có kích thước nhỏ và phụ thuộc vào các quần xã láng giềng. Vì phần lớn các loài sinh vật trong quần xã có thể thay thế nhau trong không gian và theo thời gian nên các quần xã có thành phần loài khác nhau nhưng có thể chức năng giống nhau. Dựa vào lãnh thổ phân bố có thể phân chia quần xã thành các thứ bậc như sau :

* *Sinh địa quần xã* : Là quần xã lớn nhất, mang tính chất quy mô toàn cầu, bao gồm toàn bộ các loài sinh vật cư trú trong sinh quyển.

* *Quần xã lục địa, quần xã đại dương, quần xã nước ngọt...* là những quần xã bao gồm tất cả các loài sinh vật sinh sống trên một vùng lãnh thổ lớn như trên lục địa, ngoài đại dương, trong toàn bộ các vùng nước ngọt... và tên gọi của nó cũng gắn với vùng lãnh thổ lớn này.

* *Quần xã cảnh quan vùng địa lý (biome)* là quần xã sinh vật có quy mô nhỏ hơn và gắn với một quần hệ thực vật (formation) nhất định, như rừng, đồng cỏ, xa van, đài nguyên, đồng ruộng... Tên gọi của các quần xã sinh vật này thường gắn liền với tên gọi của quần hệ thực vật chủ đạo trong vùng.

* *Quần xã sinh cảnh (biocenose hay association)* là tập hợp của tất cả các loài sinh vật sinh sống trong một sinh cảnh nhất định, ví dụ sinh cảnh rừng trồng keo lá tràm *Acacia auriculiformis*, sinh cảnh thảm cỏ tranh *Imperata cylindrica*, sinh cảnh rừng tự nhiên mới phục hồi... Tên của các quần xã sinh cảnh gắn liền với tên của một quần thể thực vật nhất định. Trong một quần xã sinh cảnh có thể có nhiều quần xã nhỏ hơn song được xác định rất rõ ràng trong không gian, gọi là quần xã vi sinh vật cảnh. Ví dụ, trong quần xã sinh cảnh rừng tự nhiên trên núi có các quần xã vi sinh vật cảnh như quần xã tầng, quần xã hốc cây, quần xã hang, quần xã ký sinh...

2.2.3.2. Vùng chuyển tiếp

Vùng chuyển tiếp là vùng giáp ranh giữa hai quần xã liền kề. Đối với các quần xã cảnh quan vùng địa lý, vùng chuyển tiếp thường rất rộng và khó nhận biết rõ ràng. Đối với các quần xã sinh cảnh, vùng chuyển tiếp thường nhỏ và tương đối rõ ràng, như bìa rừng, bờ ao... Trong vùng chuyển tiếp thường có mặt của một số loài sinh vật có trong cả hai quần xã liền kề nhưng cũng có thể có những loài đặc trưng riêng chỉ sống ở vùng chuyển tiếp, như ven bờ ao, hồ, sông... thường có các loài thực vật ngập nước định kỳ hoặc các loài động vật lưỡng cư sinh sống. Nhiều khi, số loài sinh vật sống trong vùng chuyển tiếp có thể còn phong phú hơn so với chính trong các quần xã. Điều này có thể thấy rõ trong vùng chuyển tiếp giữa đất liền và biển. Đặc điểm này được gọi là hiệu ứng biên.

2.2.3.3. Giới hạn của quần xã

Để xác định được ranh giới của quần xã người ta thường dựa vào sự phân bố của các loài hay nhóm loài đặc trưng trong quần xã. Vì loài đặc trưng là loài mà chỉ sinh sống trong một quần xã nhất định, nên trong tự nhiên, trường hợp này thường hiếm gặp. Do đó, để xác định ranh giới của quần xã, người ta thường dựa vào nhóm loài đặc trưng. Để xác định được nhóm loài đặc trưng cho một quần xã thường sử dụng phương pháp thống kê để xác định quan hệ thân thuộc theo từng cặp hai loài một ở khu vực muốn xác định ranh giới của quần xã. Hệ số thân thuộc có thể được xác định theo hai phương pháp sau :

– Hệ số thân thuộc theo Sorensen :

$$q = \frac{2c}{a + b} \times 100$$

Trong đó : q là hệ số thân thuộc của hai loài A và B, a là số lần lấy mẫu có loài A xuất hiện, b là số lần lấy mẫu có loài B xuất hiện và c là số lần lấy mẫu mà có cả hai loài A và B xuất hiện.

– Hệ số thân thuộc theo Jaccard :

$$q = \frac{c}{a + b - c} \times 100$$

Cũng có thể sử dụng phương pháp X^2 để xác định xác suất của sự sống chung thực chất của hai loài cần xác định. Nếu gọi N là tổng số các lần lấy mẫu và q là xác suất của sự cùng cư trú của hai loài phân bố ngẫu nhiên thì nếu $q > c$ thì hai loài đang xem xét không có quan hệ thân thuộc, nếu $q = c$ thì hai loài do ngẫu nhiên mà cùng chung sống ở một nơi, nếu $q < c$ thì hai loài đang xem xét có khuynh hướng quan hệ thân thuộc với nhau và sự cùng chung sống của chúng thực chất không phải là sự ngẫu nhiên. Muốn tính được xác suất của hệ số thân thuộc để tránh trường hợp sống chung do ngẫu nhiên, cần tính hệ số X^2 .

$$X^2 = \frac{N^2}{a \cdot b \cdot (N - a) \cdot (N - b)} \times (c - q)$$

Nếu giá trị của $X^2 = 3,74$ thì sự sống chung thực chất đạt tới xác suất 95% và chỉ có 5% trường hợp là do ngẫu nhiên, nếu $X^2 = 6,6$ thì sự sống chung thực chất đạt tới xác suất 99%. Sau đó lập bảng so sánh cho từng cặp, có thể phát hiện ra những nhóm loài đặc trưng có hệ số thân thuộc cao. Những loài này thường sống tập trung ở một nơi tương đối xác định và ở những vùng chuyển tiếp lại có những loài có khuynh hướng cùng tồn tại ở các quần xã khác nhau.

Khi đã xác định được ranh giới của quần xã, việc đặt tên cho quần xã có thể dựa vào hoặc là đặc điểm môi trường (quần xã trên cạn, dưới nước, trong rừng, ngoài cánh đồng, trên cát, bãi bồi...) hoặc sử dụng tên của loài đặc trưng (quần xã rừng trồng *Acacia mangium*, quần xã cát lؤلؤل *Amphioxus*...) hoặc dùng tên của một loài rất đặc sắc trong quần xã, khi đó tên chi (genus) cần thêm tiếp vĩ ngữ – etum (ví dụ quần xã *Schoenus nigricans* có thể được gọi là quần xã *Schoenetum* của đầm lầy than bùn kiếm).

2.2.4. Quan hệ sinh thái giữa các loài trong quần xã

Quan hệ sinh thái giữa các loài trong quần xã bao gồm những mối quan hệ sinh thái giữa các cá thể cùng loài và giữa những cá thể khác loài nhưng ở mức độ phức tạp hơn. Những mối quan hệ này đã được hình thành trong một quá trình tiến hoá thích nghi lâu dài trong lịch sử hình thành và phát triển của quần xã và được thể hiện chủ yếu trong các quan hệ dinh dưỡng và quan hệ về nơi ở.

2.2.4.1. Quan hệ dinh dưỡng giữa các loài trong quần xã

Trong một quần xã bất kỳ, bao giờ cũng tồn tại hai nhóm sinh vật có kiểu dinh dưỡng khác nhau, đó là các sinh vật tự dưỡng và các sinh vật dị dưỡng. Nhóm sinh vật tự dưỡng, gồm chủ yếu là cây xanh và các loài tảo, có khả năng tổng hợp các chất hữu cơ từ các chất vô cơ của môi trường, nên được gọi là các sinh vật sản xuất. Nhóm sinh vật dị dưỡng chia ra thành hai loại : loại thứ nhất là các loài sinh vật tiêu thụ, gồm đa số các loài động vật và loại thứ hai là các loài sinh vật phân huỷ, chúng có khả năng phân huỷ chất hữu cơ từ các loại sản phẩm, chất thải và xác của các loài thực vật, động vật thành các chất vô cơ. Ba nhóm sinh vật trên tạo thành chuỗi thức ăn hay chuỗi dinh dưỡng trong quần xã sinh vật.

* *Quan hệ tương hỗ giữa động vật và thực vật trong quần xã.* Trong thiên nhiên, thực vật có vai trò vô cùng quan trọng đối với động vật và các loài sinh vật khác. Trong quá trình quang hợp, dưới tác dụng của ánh sáng mặt trời, thực vật tạo ra chất hữu cơ, là nguồn thức ăn đầu tiên của các loài động vật ăn thực vật. Các loài động vật ăn thực vật lại là thức ăn cho các loài động vật ăn thịt khác. Như vậy, thực vật là khởi nguồn, là khâu đầu tiên trong chuỗi thức ăn trong quần xã. Thực vật còn là nơi ở cho các loài động vật. Nhờ có thực vật mà nhiều loài động vật có hang, hốc để ở, có nơi làm tổ, có nơi để trốn tránh kẻ thù và các điều kiện bất lợi của môi trường sống. Các xã hợp thực vật cũng là môi trường sống của đa số các loài động vật... Tuy nhiên, trong một chừng mực nào đó, thực vật cũng có thể gây ra cho động vật một số tổn thất. Một số loài thực vật bậc thấp, như một số loài nấm hay vi sinh vật, có thể gây một số loại bệnh cho động vật. Trong thiên nhiên cũng có một số loài thực vật có khả năng bắt và tiêu thụ các loài động vật nhỏ, như côn trùng, để làm thức ăn bổ sung cho mình. Ở Việt Nam có một số loài thực vật như cỏ bắt ruồi *Drosera burmanii*, *D. Indica*, *D. Peltata* ; cây nắp ấm *Nepenthes annamensis*, *N. Mirabilis* cũng có khả năng này. Về phần mình, động vật cũng có những

tác động lớn đến thực vật. Ngoài việc sử dụng thực vật làm thức ăn, động vật còn giúp thực vật thụ phấn và phát tán các sản phẩm sinh sản, như quả, hạt, bào tử, thậm chí cả cây non. Các chất thải và xác động vật là nguồn cung cấp chất dinh dưỡng cho thực vật. Một số loài động vật, như các loài động vật đất, còn có tác dụng hỗ trợ gián tiếp cho thực vật như tạo ra môi trường sống thuận lợi hơn cho thực vật...

Mối quan hệ tương hỗ giữa động vật và thực vật được hình thành trong quá trình lịch sử phát triển lâu dài của quá trình tiến hoá thích nghi về thức ăn và nơi ở. Mối quan hệ tương hỗ này quyết định thành phần và số lượng các loài động vật trong quần xã. Sự biến động về thành phần và số lượng các loài thực vật sẽ làm biến đổi khu vực phân bố địa lý, thành phần và số lượng của các loài động vật. Khi một cánh rừng bị phá đi và thay thế vào đó là đồng cỏ, toàn bộ khu hệ động vật rừng sẽ bị tiêu diệt hoặc di cư đi nơi khác nhường chỗ cho khu hệ động vật đồng cỏ xuất hiện.

Trong quá trình tiến hoá thích nghi trong mối quan hệ tương hỗ với sự tác động của động vật, các loài thực vật cùng hình thành những đặc điểm thích nghi tương ứng (mối quan hệ tương hỗ này sẽ được trình bày kỹ ở Chương IV).

* *Quan hệ giữa vật ký sinh và vật chủ (parasitism).* Mối quan hệ dinh dưỡng vật ký sinh và vật chủ là hình thức sống mà trong đó loài sinh vật này (vật ký sinh) sống nhờ vào cơ thể của vật khác (vật chủ) và lấy chất dinh dưỡng từ vật chủ. Vật ký sinh thường là các loài nấm, vi khuẩn, động vật nguyên sinh, côn trùng, giun tròn, nhiều loài thực vật... Vật chủ có thể là các loài động vật, thực vật... Vật ký sinh thường có kích thước nhỏ hơn vật chủ. Trong hình thức sống ký sinh, vật ký sinh không giết chết ngay vật chủ, chúng làm vật chủ yếu dần đi và cuối cùng, vật chủ có thể bị chết. Vật ký sinh thường phát triển tính chuyên hoá đối với một số loài vật chủ nhất định. Trong quá trình cùng chung sống, vật ký sinh và vật chủ có những tiến hoá để thích nghi với hình thức sống này và thích nghi với nhau. Vật ký sinh có những biến đổi về kích thước cơ thể, màu sắc, cấu tạo các cơ quan bám, cơ quan tiêu hoá, cơ quan vận chuyển, hình thức sinh sản... để ký sinh tốt hơn. Vật ký sinh thường có tiềm năng sinh học cao hơn vật chủ. Đồng thời vật chủ cũng có những thích nghi để tự vệ.

* *Mối quan hệ giữa vật ăn thịt và con mồi (predation).* Quan hệ giữa vật ăn thịt và con mồi luôn luôn giữ ở mức cân bằng động, số lượng cá thể của

chúng dao động đồng bộ với nhau. Tuy vật ăn thịt có ảnh hưởng đến số lượng cá thể của con mồi, nhưng vật ăn thịt thường săn bắt những con mồi ốm yếu, bệnh tật, già cỗi. Như vậy, vật ăn thịt có tác dụng như là tác nhân chọn lọc giúp quần thể con mồi khoẻ mạnh. Cũng trong quá trình lẫn trốn vật ăn thịt, con mồi sẽ phát triển những đặc tính thích nghi, như chạy nhanh hơn, khoẻ mạnh hơn, có đặc điểm nguy trang tốt hơn... giúp chúng có nhiều cơ hội sống sót hơn. Như vậy, ở trong tự nhiên, vật ăn thịt không phải là con vật có hại.

Đối với những loài động vật thuộc nhóm đa thực, khi số lượng cá thể của một loại mồi nào đó trở nên ít đi, chúng có thể chuyển sang ăn những con mồi khác và như thế, chúng vẫn có thể duy trì số lượng cá thể trong quần thể của mình. Đối với những loài đơn thực, khi số lượng con mồi ít đi sẽ ảnh hưởng đến số lượng của vật ăn thịt, thậm chí nếu nguồn thức ăn vẫn tiếp tục không đủ cung cấp, chúng sẽ bị tiêu diệt.

Mật độ vật ăn thịt phụ thuộc chặt chẽ vào mật độ của con mồi. Khi mật độ của con mồi quá thấp, việc tìm mồi của vật ăn thịt sẽ trở nên khó khăn và khi đó, sự sinh sản và tăng số lượng con mồi không bị lệ thuộc vào vật ăn thịt. Trong trường hợp vật ăn thịt và con mồi có cùng một tiềm năng sinh học, thì tác động của vật ăn thịt lên con mồi sẽ rất rõ rệt và ảnh hưởng lớn đến số lượng con mồi. Trong trường hợp ngược lại, nếu khả năng sinh sản của vật ăn thịt thấp hơn ở con mồi, thì vật ăn thịt không đủ sức hạn chế một cách hiệu nghiệm sự tăng số lượng ở quần thể con mồi. Khi hiệu lực bắt mồi của vật ăn thịt ổn định thì lúc đó số lượng của con mồi đã bão hoà đối với vật ăn thịt.

Mối quan hệ kìm hãm và tương hỗ giữa vật ăn thịt và con mồi trong quần xã dưới sự tác động của các điều kiện ngoại cảnh đã hình thành nên sự cân bằng sinh học trong tự nhiên. Sự cân bằng về số lượng vật ăn thịt và con mồi là trường hợp quan trọng nhất trong cân bằng sinh học. Dưới tác động của mối quan hệ sinh thái giữa các loài khác nhau và của các điều kiện ngoại cảnh, số lượng cá thể của mỗi loài trong quần xã có thể bị biến động thường xuyên, song số lượng loài trong một quần xã thường không thay đổi và thế cân bằng sinh học trong quần xã vẫn được duy trì. Nếu số lượng loài trong quần xã bị biến động, thế cân bằng cũng sẽ bị biến đổi theo hoặc thế cân bằng cũ có thể bị phá vỡ và tạo lập nên thế cân bằng mới. Trong thực tế sản xuất, con người đã sử dụng các biện pháp khống chế sinh học để tiêu diệt

những loài sinh vật có hại (trên quan điểm kinh tế của con người) bằng cách sử dụng những loài ăn thịt hoặc ký sinh. Tuy nhiên, khi thực hiện các biện pháp này, chúng ta đã vô tình làm mất thế cân bằng sinh học vốn có trong tự nhiên và thay thế nó bằng một thế cân bằng mới. Sự thay thế này đôi khi sẽ gây ra những thiệt hại không nhỏ vì có thể sẽ tạo điều kiện cho những loài sinh vật có hại khác mà con người không lường trước được, phát triển bột phát. Ví dụ, người ta đã nhập vào quần đảo Haoai một số loài côn trùng để tiêu diệt loài cỏ dại ngũ sắc *Lantana camara* mà hạt của nó là thức ăn cho loài chim sáo ở đây. Cây *Lantana* đã bị tiêu diệt, nhưng loài chim sáo cũng bị suy giảm về số lượng vì nguồn thức ăn bị giảm và số lượng loài sâu *Cirphis unipuncta* có hại đối với đồng cỏ và ruộng mía lại tăng lên vì loài sâu này vốn là thức ăn của loài chim sáo.

Quan hệ giữa vật ăn thịt và con mồi trong nhiều trường hợp còn ảnh hưởng đến sự di chuyển cá thể sinh vật trong các sinh cảnh khác nhau vì con mồi phải trốn chạy vật ăn thịt và vật ăn thịt phải truy đuổi con mồi qua các sinh cảnh khác nhau. Quá trình này có thể dẫn đến sự di chuyển vật ăn thịt và con mồi đến những quần xã mới và sẽ tăng thêm sức sống cho các thể hệ con cháu nhờ ưu thế lai.

2.2.4.2. Quan hệ cạnh tranh

Quan hệ cạnh tranh khác loài trong quần xã sinh vật xảy ra khi hai hay nhiều quần thể sinh vật cùng phụ thuộc vào một nguồn sống có hạn, nguồn sống đó có thể là nguồn thức ăn hay nơi làm tổ, không gian sinh sống hay một yếu tố của môi trường sống như độ ẩm, ánh sáng... (thường đối với các loài thực vật). Những loài sinh vật càng có quan hệ sinh thái gần nhau thì quan hệ cạnh tranh giữa chúng càng mạnh. Trên các vùng xavan ở châu Phi, các loài sư tử, linh cẩu, báo cùng săn bắt linh dương làm thức ăn, nên giữa chúng có sự cạnh tranh quyết liệt về săn bắt con mồi. Hiện tượng tự tỉa thưa của các cây gỗ trong quá trình phục hồi thảm thực vật rừng cũng là một biểu hiện của sự cạnh tranh giữa các cá thể thực vật về ánh sáng và chất dinh dưỡng.

Quan hệ cạnh tranh khác loài ảnh hưởng đến sự biến động số lượng, đến sự phân bố địa lý và sự phân hoá các ổ sinh thái. Trong nhiều trường hợp, sự cạnh tranh về thức ăn có thể dẫn đến sự tiêu diệt các cá thể yếu hơn hoặc thậm chí các loài có sự thích nghi thấp hơn, như sự tự tỉa thưa các loài cây rừng đã nói ở trên. Song đào thải cạnh tranh không nhất thiết phải dẫn đến sự tiêu diệt một loài nào đó. Loài yếu thế hơn trong quá trình cạnh tranh có thể

chuyển đổi nhu cầu của chúng sang các nguồn sống khác ở các thế hệ kế tiếp. Ví dụ, hai loài chim cốc đế *Phalacrocorax carbo* và cốc mào *Phalacrocorax aristotelis* sống ở vùng biển vốn cùng chia sẻ một không gian sinh sống và cùng ăn cá. Song quá trình cạnh tranh đã dẫn đến sự phân chia nguồn thức ăn giữa chúng : loài chim cốc đế thì ăn các loại cá nước sâu còn loài cốc mào thì ăn các loại cá nước cạn. Ở Việt Nam, loài rắn cạp nong *Bungarus fuscatus*, rắn cạp nia *Bungarus candidus* và rắn hổ mang *Naja naja atra* cùng sinh sống và kiếm ăn trên đồng ruộng, song giữa chúng ngày nay đã không có sự cạnh tranh về thức ăn, vì loài cạp nong chuyên săn bắt những loài bò sát nhỏ, cạp nia chuyên ăn các loài cá trong môi trường nước còn hổ mang thì chủ yếu ăn thịt các loài gặm nhấm nhỏ. Sự cạnh tranh trong tự nhiên còn có thể là nguyên nhân hình thành những đặc điểm hình thái và tập tính khác nhau ở những loài sinh vật có vị trí phân loại gần nhau để chúng có thể cùng chung sống với nhau trong các ổ sinh thái khác nhau. Ví dụ, trên quần đảo Galapagos có hai loài chim sẻ đất sinh sống, loài *Geospiza fortis* và loài *Geospiza fuliginosa*. Khi hai loài này sống riêng rẽ trên hai hòn đảo Daphne và Crossman thì chúng có mỏ dài khoảng 10cm và cùng thích nghi với chế độ ăn hạt các loài cây lớn. Nhưng khi chúng cùng chung sống với nhau trên hòn đảo Charles và Chatham thì chỉ có loài *G. fortis* có mỏ dài 10cm để chuyên ăn các loại hạt lớn, còn loài *G. fuliginosa* có mỏ ngắn hơn, chỉ dài khoảng 8cm để thích nghi với chế độ ăn các loại hạt nhỏ. Như vậy, sự phân hoá trong quan hệ cạnh tranh là một trong những nguyên nhân của quá trình tiến hoá và dẫn đến sự đa dạng sinh học trong quần xã sinh vật.

2.2.4.3. Các quan hệ khác

* *Quan hệ hợp tác*. Là mối quan hệ cùng có lợi nhưng không bắt buộc đối với hai loài sinh vật với nhau. Khi tách rời chúng khỏi nhau, mỗi loài riêng biệt vẫn sống bình thường. Trong tự nhiên, chúng tìm đến với nhau và sự hợp tác này mang lại lợi ích cho cả hai bên. Sự cùng chung sống với nhau giữa hải quỳ và tôm ký sinh là một ví dụ về quan hệ hợp tác hai bên cùng có lợi.

* *Quan hệ cộng sinh*. Quan hệ cộng sinh là mối quan hệ bắt buộc cùng có lợi giữa hai loài sinh vật với nhau. Khác với quan hệ hợp tác, các loài sống cộng sinh không thể tồn tại được nếu không sống dựa vào nhau. Cộng sinh là một hiện tượng khá phổ biến trong sinh giới. Sự cộng sinh giữa tảo xanh và nấm tạo thành địa y *Sticta* là một ví dụ điển hình về quan hệ cộng sinh. Trong sự cộng sinh này, nấm sử dụng các chất cacbohidrat và vitamin do tảo tổng hợp được, còn tảo sống và được bảo vệ trong tán của nấm, sử dụng nước và

axit cacbonic có trong đó để tổng hợp các chất hữu cơ trong quá trình quang hợp dưới tác động của ánh sáng mặt trời. Ngoài ra, còn gặp sự cộng sinh giữa vi khuẩn *Rhizobium* và một số loài xạ khuẩn *Actinomycetes* trong rễ của các loài cây họ Đậu, giữa tảo lam *Anabaena azollae* trong bèo dâu... là những ví dụ về sự cộng sinh giữa thực vật, vi khuẩn và tảo.

Trong tự nhiên còn gặp sự cộng sinh giữa thực vật và động vật, như giữa san hô với tảo đơn bào *Zooxanthella* và tảo sợi, giữa động vật với động vật, như hải quỳ *Adamsia* với cua *Eupagurus* hoặc giữa trùng roi với mối trong ống tiêu hoá của mối giúp mối tiêu hoá được chất xenlulôza...

* *Quan hệ hội sinh.* Quan hệ hội sinh là quan hệ hợp tác giữa hai loài sinh vật, trong đó một loài được hưởng lợi, còn loài kia có thể không có lợi hoặc bị hại gì. Có hai hình thức hội sinh phổ biến, đó là hiện tượng ở gửi, khi một số loài động vật nhỏ hay côn trùng sống trong các tổ mối, kiến, nhờ đó mà chúng được bảo vệ tốt hơn và hiện tượng phát tán nhờ khi một số loài động vật cỡ nhỏ di cư đến nơi ở mới hoặc di chuyển nhanh hơn nhờ các loài động vật cỡ lớn hơn.

2.2.5. Sự biến động của quần xã sinh vật

Khi nói đến sự biến động của quần xã sinh vật, chúng ta hàm ý nói đến những sự biến động có tính quy luật hay nói một cách khác, đó là quá trình diễn thế sinh thái của quần xã sinh vật.

** Khái niệm về diễn thế*

Như trên đã phân tích, quần xã sinh vật là một tổng thể thống nhất nhưng có cấu trúc động. Trong quá trình tồn tại và phát triển, quần xã sinh vật luôn luôn tạo một thể cân bằng động với môi trường bên ngoài và giữa các thành phần bên trong của quần xã với nhau. Nói một cách khác, khi môi trường bên ngoài có sự thay đổi hay các yếu tố nội tại bên trong quần xã phát triển vượt qua khuôn khổ giới hạn, tính chất của quần xã sẽ bị thay đổi, thậm chí quần xã cũ có thể bị tiêu diệt và được thay thế bằng một quần xã mới. Sự thay đổi tuần tự có quy luật của quần xã qua các giai đoạn khác nhau, từ dạng khởi đầu ít ổn định đến giai đoạn cuối tương đối ổn định gọi là quá trình diễn thế sinh thái. Bản chất của diễn thế là quá trình phát triển theo thứ bậc của quần xã liên quan đến biến đổi cấu trúc loài và các đặc tính khác của quần xã liên quan đến các điều kiện ngoại cảnh và các yếu tố nội tại bên trong của quần xã.

Quá trình diễn thế sinh thái của quần xã được bắt đầu bằng việc hình thành quần xã tiên phong và trải qua một loạt các quần xã trung gian lần lượt

thay thế nhau và kết thúc bằng sự hình thành một quần xã cực đỉnh (climax). Quần xã cực đỉnh khác các quần xã trung gian ở đặc điểm bền vững và ổn định trong một thời gian dài và đặc trưng cho một vùng sinh thái nhất định.

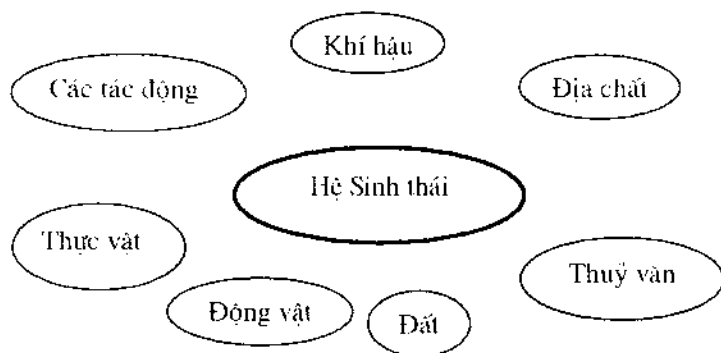
Trong quá trình diễn thế, cùng với sự thay đổi về các đặc trưng cấu trúc và các đặc tính khác của bản thân quần xã sinh vật, các đặc trưng của môi trường (khí hậu, thổ nhưỡng...) cũng biến đổi theo. Mỗi một quần xã mới được hình thành vừa là kết quả của sự thay đổi của các điều kiện ngoại cảnh và các yếu tố nội tại và cũng là nguyên nhân gây ra sự thay thế chính nó bởi các quần xã tiếp theo.

2.3. HỆ SINH THÁI

2.3.1. Thuật ngữ về hệ sinh thái

Thuật ngữ hệ sinh thái (Ecoystem) được A.G. Tansley đưa ra và định nghĩa năm 1935 trong bài báo với tiêu đề : “The use and abuse of Vegetational concepts and terms”, đăng ở tạp chí Ecology số 16, trang 284–307. Từ đó đến nay thuật ngữ này được diễn giải và trình bày tuy có khác nhau, nhưng nội dung căn bản vẫn giống nhau. Hệ sinh thái là một hệ thống chức năng và cấu trúc cơ sở bao gồm sinh vật và môi trường tác động lẫn nhau và ở đó thực hiện vòng tuần hoàn vật chất, dòng năng lượng và dòng thông tin.

Hiện nay có rất nhiều khái niệm về “Hệ sinh thái” của nhiều tác giả khác nhau. Trong khuôn khổ quyển sách này, chúng tôi sử dụng khái niệm do nhà sinh thái học người Anh Tansley đưa ra và được biểu diễn bằng mô hình trong hình 2.2.



Hình 2.2. Các yếu tố trong hệ sinh thái (Tansley 1935)

Một thuật ngữ khác do V.N. Xukatsev đề xướng năm 1944 là sinh địa quần thể (biogeocenose) có nội dung tương tự với khái niệm ecosystem và đối với các kiểu thảm thực vật trên cạn thì nó rõ ràng hơn. Nhưng theo quy ước về thời gian thì thuật ngữ ecosystem có trước và nó bao trùm rộng hơn.

Do vậy, hiện nay trong các tài liệu về sinh thái học người ta dùng thuật ngữ này nhiều hơn là thuật ngữ biogeocenose.

Ecosystem là một hệ thống cấu trúc, chức năng cơ sở của hệ thống sống từ bậc quần chủng trở lên nhưng nó vẫn là khái niệm chung chưa chỉ ra phạm vi và đối tượng cụ thể. Cả sinh quyển, một đại dương, một khu rừng, một cái hồ cho đến một ao nhỏ, một con tàu vũ trụ, một chậu cá cảnh trong nhà cũng là các hệ sinh thái. Đối tượng và phạm vi của hệ sinh thái chỉ được xác định khi có định ngữ kèm theo, ví dụ hệ sinh thái rừng khộp, hệ sinh thái rừng ngập mặn, hệ sinh thái đồng cỏ, hệ sinh thái hồ Tây...

Các hệ sinh thái tự nhiên có phát triển và tiến hoá. Nếu thảm thực vật vì một lý do nào đó bị phá hoại sẽ có một thảm khác thay thế. Lúc thảm thực vật cân bằng với ngoại cảnh thì thảm ấy ở vào điều kiện “cực đỉnh”. Các hệ sinh thái trẻ thường đơn giản vì ít loài, có năng suất cao, trái lại các hệ sinh thái già thường phức tạp, có năng suất thấp và ổn định hơn.

Hệ sinh thái có đặc điểm là nhiều thành phần và cấu trúc có thứ tự. Mặc dù trong mỗi hệ sinh thái có rất nhiều thành phần nhưng mỗi thành phần này lại đóng một vai trò khác nhau ở các mức độ khác nhau. Ví dụ như các yếu tố có ảnh hưởng lớn đối với một hệ sinh thái ở mức độ tổ chức đơn giản là những thay đổi vật lý và yếu tố vô sinh (thay đổi khí hậu, các hiện tượng tự nhiên khác...) trong khi các yếu tố gây ảnh hưởng lớn lên một hệ sinh thái ở mức độ tổ chức cao bao gồm cả yếu tố vô sinh và hữu sinh (tiểu khí hậu, đất, thảm thực vật...).

Ở quy mô lớn, đặc trưng của một hệ sinh thái phụ thuộc vào khí hậu của vùng đó, mà khí hậu thì lại thay đổi theo độ cao, địa hình, ảnh hưởng của biển...

Ở quy mô nhỏ hơn thì độ cao, độ dốc, hướng sườn, đá mẹ... lại là những yếu tố chính chi phối chế độ nhiệt độ và độ ẩm của hệ sinh thái.

Trong một vùng địa vật lý, địa hình quy định tiểu khí hậu và chế độ dòng chảy tại khu vực đó và điều này ảnh hưởng trực tiếp tới thảm thực vật.

Đất hình thành từ đá bố mẹ trên mặt phủ của địa mạo. Vì vậy, địa mạo thường thể hiện đặc trưng của nó qua bản chất của đất cũng như qua thảm thực vật. Tính chất vật lý, hoá học và hoạt động của vi sinh vật trong đất quy định độ ẩm và chất dinh dưỡng trong rễ thực vật. Vì vậy đất có ảnh hưởng lớn đến thảm thực vật và từ đó ảnh hưởng gián tiếp đến quần thể động vật.

Khu hệ động vật và khu hệ thực vật là những thành phần có tác động qua lại lẫn nhau của hệ sinh thái. Chu kỳ ánh sáng, nhiệt độ và lượng mưa là những

yếu tố chính tác động đến cấu trúc, thành phần và sự khác nhau giữa các thể hệ của khu hệ thực vật. Đến lượt mình, chính thực vật lại có ảnh hưởng đến ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm và quá trình hình thành đất, chu trình dinh dưỡng, sự tích lũy cacbon. Khu hệ động vật dựa vào khu hệ thực vật để có thức ăn, chỗ ở và khu hệ động vật có ảnh hưởng đến hệ sinh thái thông qua việc ăn hạt hoặc phát tán hạt, ăn thịt có chọn lọc và là vật chủ của các tổ chức sống khác.

Một đặc điểm nữa của hệ sinh thái là cả cấu trúc và chức năng của hệ đều thay đổi theo không gian và thời gian, vì vậy chúng ta cần xem xét những thay đổi theo cả hai chiều này khi đánh giá, lập bản đồ và quản lý một hệ sinh thái.

Trong một khu vực nghiên cứu có thể ướt hoặc khô hơn hay nhiều hoặc ít độ màu mỡ hơn khu vực khác do sự khác nhau về thành phần đất và chế độ thủy văn. Mỗi điều kiện này lại quy định sự hình thành những loài thực vật hay động vật nhất định. Ở không gian rộng hơn, nhiệt độ và gradien độ ẩm thay đổi theo vĩ độ, độ cao... Sự thay đổi theo không gian rộng lớn thể hiện sự phong phú của môi trường mà sự thay đổi này lại ảnh hưởng đến cảnh quan của vùng, cấu trúc chức năng của hệ sinh thái.

Sự thay đổi của một yếu tố trong hệ sinh thái dẫn tới sự khác nhau trong phân bố loài, cấu trúc quần xã và đặc trưng của cảnh quan. Những thảm họa thiên nhiên như cháy rừng, bão, nạn côn trùng, bệnh dịch... có thể làm thay đổi quy mô trước mắt cũng như lâu dài của hệ sinh thái.

Các hoạt động của con người trong thời gian qua đã làm biến đổi hệ sinh thái trên khắp thế giới và sức ép của việc tăng dân số cùng những tiến bộ trong công nghệ đang đẩy nhanh những biến đổi này với tốc độ chưa từng có. Con người vừa có ảnh hưởng lớn đến hệ sinh thái, vừa phải dựa vào hệ sinh thái để tồn tại và vì vậy, ngày nay con người là một phần không thể thiếu của hệ sinh thái.

2.3.2. Thành phần của hệ sinh thái

Trong phân định nghĩa đã chỉ rõ, hệ sinh thái gồm hai hợp phần căn bản là quần xã sinh vật và môi trường mà sinh vật tồn tại trong đó. Một hệ sinh thái hoàn chỉnh có các thành phần chính sau đây.

1. Những chất vô cơ ($C, N, CO_2, H_2O, \dots$) tham gia vào chu trình tuần hoàn vật chất trong hệ sinh thái.
2. Những chất hữu cơ (prôtêin, cacbohidrat, lipit, các chất mùn...) liên kết các phần tử hữu sinh và vô sinh.

3. Khí hậu bao gồm : nhiệt độ, ánh sáng, độ ẩm và các yếu tố vật lý khác.
4. Đất : thành phần đất, các đặc tính lý hoá học của đất.
5. Các sinh vật. Đây là thành phần sống của hệ sinh thái, xét về quan hệ dinh dưỡng chúng có ba nhóm.

* *Nhóm sinh vật sản xuất*: Gồm các sinh vật tự dưỡng, chủ yếu là cây xanh và các vi khuẩn hoá tổng hợp. Chúng có khả năng tổng hợp chất hữu cơ từ các chất vô cơ nhờ quang hợp hoặc hoá tổng hợp.

* *Sinh vật tiêu thụ*: gồm các sinh vật dị dưỡng, chủ yếu là các động vật. Chúng sử dụng chất hữu cơ được tạo thành nhờ sinh vật sản xuất. Động vật ăn trực tiếp thực vật là sinh vật tiêu thụ bậc I. Động vật ăn thịt các động vật tiêu thụ bậc I là sinh vật tiêu thụ bậc II. Quá trình tương tự sẽ có các sinh vật tiêu thụ bậc III.

* *Sinh vật phân huỷ* : Gồm các sinh vật dị dưỡng như vi khuẩn, nấm. Chúng phân huỷ chất thải và xác chết của các sinh vật sản xuất và sinh vật tiêu thụ, biến đổi các chất hữu cơ thành chất vô cơ và đó là một khâu quan trọng trong chu trình vật chất của hệ sinh thái.

Phần lớn các hệ sinh thái đều gồm các yếu tố trên. Tuy nhiên có những hệ sinh thái thiếu một số thành phần như hệ sinh thái đáy đại dương, hệ sinh thái trong một số hang động thiếu sinh vật sản xuất vì không có cây xanh và vi khuẩn hoá tổng hợp.

2.3.3. Phân loại hệ sinh thái

Trong một số tài liệu khoa học ở Việt Nam đã đề cập đến hệ thống phân loại sinh giới, hệ thống phân loại thảm thực vật, hệ thống phân loại thực vật, động vật và nhiều hệ thống phân loại khác, nhưng chưa có tài liệu nào trình bày đầy đủ về hệ thống phân loại hệ sinh thái. Cũng như các khoa học khác về sự sống, muốn hiểu thấu đáo đối tượng nghiên cứu thì điều trước tiên phải hiểu được bản chất, nội dung và đặc biệt là vị trí của nó trong hệ sống. Hệ sinh quyển được phân loại theo các quan điểm chính sau đây :

1. Quan điểm hình thái ngoại mao của Ellenberg và Mueller – Dombois 1967.
2. Quan điểm theo chức năng của Ellenberg 1973.
3. Quan điểm địa lý khí hậu của Walter 1976.

Có thể nói, cho đến nay vẫn chưa có quan điểm phân loại nào của các nhà khoa học được sự chấp thuận chung. Vấn đề này cho đến nay vẫn

đang được bàn cãi. Ở đây chúng tôi muốn nhắc đến hệ thống phân loại của Schubert (1986), một nhà sinh thái học nổi tiếng người Đức. Theo tác giả này thì một hệ sinh thái cơ bản là một hệ thống bao gồm một quần xã sinh vật cụ thể (Biocoenose) và một môi trường sống của nó (Biotope). Một hệ sinh thái cơ bản trên đất là một sinh địa quần xã cụ thể (Biogeocoenose) theo quan niệm của Xukatsev (1944). Để xác định ranh giới của một hệ sinh thái cụ thể trong một vùng người ta phải căn cứ vào các hợp phân tổng thể của nó, mà trước hết là các loài sinh vật ưu thế, bởi vì chính các loài ưu thế có ảnh hưởng mang tính quyết định đến chu trình vật chất và dòng năng lượng trong hệ sinh thái. Trong một hệ sinh thái (Ecosystem) hay một sinh địa quần xã (Biogeocoenose), chúng ta có thể phân loại thành các quần phiên (Synusium) khác nhau, có tác giả gọi là tầng phiên. Quần phiên là những hợp phần của hệ sinh thái gồm các loài giống nhau trong quá trình phát triển và đặc tính sinh thái của nó.

1. HỆ SINH QUYỀN Biosphere

2. Phân hệ sinh quyền Biosphere

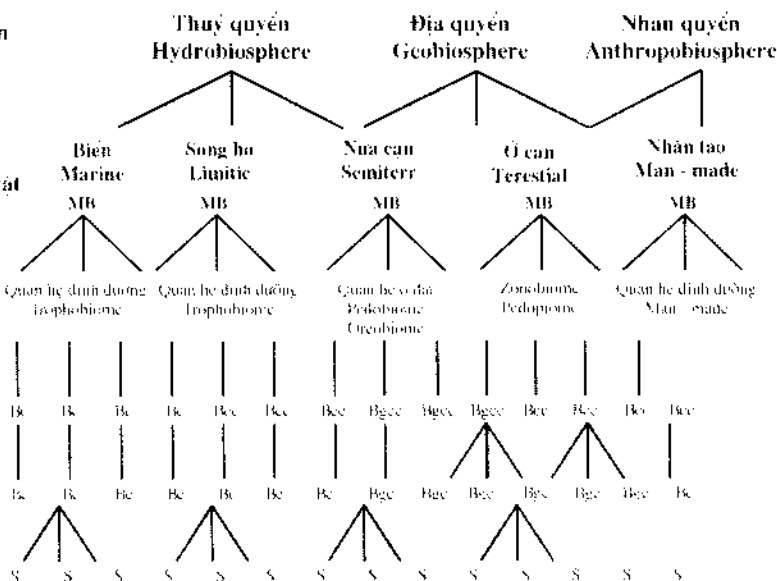
3. Đại quần hệ sinh vật Megabiome

4. Quần hệ sinh vật (Biome)

5. Lớp hệ sinh thái (Biome)

6. Hệ sinh thái (Biogeocoenose)

7. Quần phiên (Synusium)



Hình 2.3. Sơ đồ các bậc của hệ sinh thái

Ví dụ, ở rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới điển hình thường có ba tầng cây gỗ là A_1 , A_2 , A_3 , tầng cây bụi thấp (tầng B) và tầng cỏ quyết ở sát mặt đất rừng (tầng C), đó là các bộ phận cấu trúc theo chiều thẳng đứng. Ngoài 5 tầng ấy ra người ta còn phân biệt các quần phiên, như quần phiên

dây leo bao gồm đại diện các họ Nho (*Vitaceae*), họ Đậu (*Fabaceae*), họ Na (*Annonaceae*), họ Gấm (*Gnetaceae*), họ Trúc đào (*Apocynaceae*), họ Cau dừa (*Arecaceae*)...; quần phiên cây phụ sinh (*Epiphytes*) gồm đại diện các họ Lan (*Ochidaceae*), Ráy (*Araceae*), Dâu tằm (*Moraceae*) mà chủ yếu là các loài thuộc chi *Ficus*, một số loài thuộc chi chân chim (*Schefflera*) và chi *Fagraea*...; quần phiên cây ký sinh (*Parasite*) gồm các loài thuộc họ Tầm gửi (*Loranthaceae*), họ Cu chó (*Balanophoraceae*)...

Nhiều hệ sinh thái giống nhau tập hợp thành đơn vị lớn hơn là lớp hệ sinh thái (Biogeocoenose Class/Ecosystem Class) và nhiều lớp hệ sinh thái giống nhau tập hợp thành quần hệ sinh vật (Biome) hay còn gọi là các hệ sinh thái lớn. Tương tự như vậy đơn vị trên Biome là Đại quần hệ sinh vật (Megabiome) và đơn vị trên Megabiome là Subbiosphere. Đơn vị phân loại hệ sinh thái lớn nhất là hệ sinh quyển (Biosphere). Các bậc của hệ sinh thái được thể hiện ở hình 2.3.

2.3.4. Cấu trúc các hệ sinh thái

Hai hợp phần căn bản của một hệ sinh thái là quần thể sinh vật và môi trường sống của nó cùng các mối quan hệ tác động qua lại lẫn nhau giữa sinh vật với sinh vật, giữa sinh vật với môi trường và tác động của môi trường lên sinh vật. Các yếu tố cấu thành hệ sinh thái rất khác nhau, mối quan hệ tác động qua lại giữa các yếu tố cũng vô cùng phức tạp, do đó cấu trúc hệ sinh thái cũng khác nhau. Chúng ta có thể nghiên cứu các hệ sinh thái theo các kiểu cấu trúc như : cấu trúc không gian (theo chiều ngang và chiều thẳng đứng, theo tầng và tầng phiên), cấu trúc chu kỳ, cấu trúc mạng lưới dinh dưỡng, cấu trúc đặc tính sinh sản, cấu trúc quần tụ (sống theo đàn, theo đám), cấu trúc do hoạt động cạnh tranh... Ta lấy cấu trúc không gian theo chiều thẳng đứng của kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới ở phía nam xóm Bống (Cúc Phương) làm ví dụ. Ở hệ sinh thái này, các loài cây gỗ ở tầng ưu thế sinh thái (tầng A_2) là nhân tố chủ đạo, bởi lẽ nhân tố này quyết định tính chất của hệ sinh thái rừng. Sự tồn tại phát triển của các tầng cây phía dưới, của động vật, vi sinh vật và tính chất đất đều chịu tác động, chi phối chủ yếu bởi tầng ưu thế sinh thái.

Xét theo chiều thẳng đứng, hệ sinh thái này có 6 tầng sau đây :

– Tầng vượt tán hay còn gọi là tầng nhô (A_1) có chiều cao trên 30m gồm các loài chủ yếu là chò chỉ *Parashorea sinensis*, đỉnh hương *Dysoxylum cauliflorum*.

– Tầng tán rừng hay tầng ưu thế sinh thái (A_2) có chiều cao từ 20 – 30m gồm chủ yếu các loài như sấu *Dracontomelum duperreanum*, nhội *Bischofia javanica*, đa tía *Ficus altissima*.

– Tầng gỗ nhỏ hay tầng dưới tán (A_3) có chiều cao 8 – 20m như vàng anh *Saraca dives*, máu chó *Knema corticosa*, quếch *Chisocheton paniculatum*, nang trứng *Hydnocarpus kurzi*, phay *Duabanga grandiflora*, đen *Vitex sumatrana*, kháo *Machilus thunbergii*, sồi lá mác *Lithocarpus balansae*.

– Tầng cây bụi (B) có chiều cao 1,5 – 8m gồm nhiều loài chịu bóng khác nhau và một số cây con của các tầng trên. Các loài thường gặp là lấu *Psychotria tonkinensis*, đơn nem Nhật *Maesa japonica*, cơm nguội đốm *Ardisia virens*, thường sơn *Dichroa febrifuga*, thừng mức nam *Wrightia annamensis*, ràng ràng *Ormosia pinnata*, chân chim *Schefflera octophylla*, đùng đình *Caryota mostachia*, xú hương *Lasianthus wallichii*, sừng dê *Tabernaemontana bovina*, bọt ếch lông *Glochidion hirsutum*, quyết thân gỗ *Cyathea contaminans*, săng *Sterculia lanceolata*, hoa giẻ nam *Desmos cambodianus*, mua rừng *Blastus multiflora*, lụi *Licuala fatua*, xương cá *Canthium dicoccum*.

– Tầng cỏ quyết (C) có chiều cao dưới 2m gồm các loài như ráng *Colysis dissimilata*, ráng chu quần *Cyclosorus philipinarus*, gai đại *Boehmeria tonkinensis*, *B. malabarica*, chàm mề *Strobilanthes multangulus*, cơm nếp *Strobilanthesacrocephalus*, quyển bá *Selaginella decipiens*, mè tré *Alpinia tonkinensis*, râu hùm *Tacca intergrifolia*, bóng nước *Impatiens chinensis*, *I. bonii*, củ nưa *Amorphophalus companulatus*, ráy *Colocasia macrorrhiza*, lá khô *Ardisia silvestris*, các loài thuộc chi *Carex*. Sát mặt đất có lớp thảm mục, ở đó có nấm và các động vật, vi sinh vật cùng tồn tại. Ở nơi thuận lợi gặp cây con của các tầng trên.

– Tầng dưới mặt đất (D) : gồm rễ các loài cây ở trên, các vi sinh vật, các động vật đất và hang của các động vật khác như chuột, rắn. Ngoài 6 tầng nêu trên còn có các quần phiến (tầng phiến) như :

+ Quần phiến dây leo gồm các loài thuộc họ Nho *Vitaceae*, dây gắm *Gnetum montanum*, bàm bàm *Entada phaseoloides*, mây *Calamus spp.*

+ Quần phiến cây phụ sinh gồm các loài mọc bám ở vỏ cây như : phong lan, ráy leo, quyết bám vỏ *Asplenium*, *Drynaria*, rêu, địa y. Đáng chú ý là các cây phụ sinh bóp cổ như các loài thuộc chi *Ficus*, *Schefflera*.

+ Quần phiên cây ký sinh gồm các loài thuộc họ Tầm gửi *Loranthaceae* bám hút trên thân.

Các động vật ở trong rừng tùy theo đặc tính sinh thái và cách thức tìm mồi mà nó có mặt ở tầng A₁, A₂, A₃, hay tầng C. Chim lớn và sóc phần lớn có mặt ở tầng A₃ trở lên, chim nhỏ thường ở tầng B, thú lớn và côn trùng, rắn thường ở tầng C.

Xét theo chiều nằm ngang thì sự phân bố của các loài ở các tầng không đồng đều, độ tán che của các tầng cũng khác nhau. Các loài ở tầng A₁ phân bố rất thưa và rải rác, độ tán che thấp. Các loài ở tầng A₂ phân bố tương đối dày hơn và độ tán che của nó cũng lớn nhất ($\geq 50\%$) tạo nên sinh cảnh chính của rừng nên gọi là tầng ưu thế sinh thái. Tầng A₃ và tầng B tuy có mật độ cá thể dày nhưng cây nhỏ, thấp, chịu sự khống chế về ánh sáng của các tầng trên. Các loài ở tầng C cũng phân bố rải rác và đều là chịu bóng, ưa ẩm.

Để thấy được cấu trúc không gian theo chiều nằm ngang của hệ sinh thái, chúng ta xét hệ sinh thái vườn rừng (RVAC) tại Bản Ổi, xã Chi Khê, huyện Con Cuông, tỉnh Nghệ An, mà chúng tôi đã xây dựng. Vườn này do ông Trần Cường chủ sở hữu. Đây là vùng núi thấp. Xét chiều nằm ngang nghiêng từ đỉnh núi xuống vùng chân núi có cấu trúc như sau :

– Đỉnh núi là rừng phòng hộ (R). Đây là rừng non tự nhiên mới phục hồi bằng khoanh nuôi. Loại rừng này có cấu trúc chỉ ba tầng.

+ Tầng cây gỗ cao từ 5 – 18m gồm : dền đỏ *Xylopia vielana*, ràng ràng *Ormosia semicatrata*, sồi gai *Castanopsis tessellata*, dẻ đá *Lithocarpus amygdalifolius*, sồi bán cầu *Lithocarpus hemisphaericus*, thành ngạnh *Cratogeomys formosum*, hoàng linh *Pithecellobium*, giổi lá *Michelia balansae*, bởi lời *Litsea verticillata*, ba soi *Macaranga denticulata*, ba bét cánh kiến *Mallotus philippinensis*, sồi tía *Sapium discolor*, muồng trướng *Zanthoxylum avicennae* các loại cây ở tầng này đang trong giai đoạn phát triển, chưa đạt chiều cao tối đa.

+ Tầng cây bụi có chiều cao tối đa 1 – 2m, gồm các loài sim *Rhodomyrtus tomentosa*, mua *Melastoma malabathrica*, sâm *Memecylon edule*, bọ ếch *Glochidion zeylanicum*, bồ cu vẽ *Breynia fruticosa*, lấu *Psychotria sarmentosa*, cò ke *Grewia paniculata*, cỏ lào *Chromolaena odorata*, ngọc nữ *Clerodendron cochinchinense*, đơn đỏ *Ixora coccinea*, sắn *Xanthoxylum nitidum*, me rừng *Phyllanthus emblica*, ngấy *Rubus cochinchinensis*, mâm xôi *Rubus alceaefolius*, găng *Randia dasycarpa*, táo đại *Ziziphus cambodianus*, chồi mồi *Antidesma*

annamense, ba chạc *Euodia lepta*, bưởi bung *Glycomis pentaphylla*, thảo kén *Helicteres hirsuta*, *H. angustifolia*, sùng dê nam *Tabernaemontana buffalina*.

+ Tầng cỏ quyết gồm các loài dương xỉ, cỏ lá tre *Panicum brevifolium*, cỏ chỉ *Digitaria fibrosa*, rau tàu bay *Gynura lycopersicifolia*, chuỳ hoa sáng *Strobilanthes apricus*, trái nổ bò *Ruellia repens*, cỏ lào *Chromolaena odorata*, cỏ tranh *Imperata cylindrica*. Ở sát mặt đất có tầng thảm mục mỏng cùng vi sinh vật và các loài giun đất, bọ nhậy.

– Ở lưng chừng núi là vườn cây ăn quả gồm :

+ Tầng trên có nhãn, vải, bưởi, mít.

+ Tầng dưới có chanh, cam, xoài lai, hồng xiêm.

+ Tầng sát đất là tầng tạm thời. Trong khi các cây ở tầng trên chưa che phủ mặt đất người ta trồng dưa quả, rong giềng, lạc, đậu ở các khoảng trống hay ở đường rãnh giữa các hàng.

– Ở chân núi :

+ Nơi đất tương đối bằng trồng khoai, đậu, ngô, lạc.

+ Ở nơi trũng trồng lúa và đào hồ nuôi cá. Trong một hồ có thể có cấu trúc ba tầng : tầng trên mặt nước gồm bèo Nhật Bản, bèo hoa dâu và các loại cá sống ở mặt nước, tầng giữa gồm các loại cá sống dưới mặt nước, tầng dưới gồm ốc, ba ba, lươn, cá trê.

2.3.5. Chức năng của hệ sinh thái

Chức năng cơ bản của hệ sinh thái là thực hiện vòng tuần hoàn vật chất, trao đổi năng lượng và trao đổi thông tin để tái tổ hợp các quần xã sinh vật thích nghi với điều kiện môi trường, tạo lập thế cân bằng động trong quá trình phát triển. Quan điểm chúng tôi không có gì khác so với các tài liệu tiếng Việt đã có, nên không trình bày lại. Ở đây xin nhấn mạnh một số điểm.

– *Tuần hoàn vật chất là vòng cơ sở* : Trong hệ sinh thái thường xuyên có sự trao đổi vật chất đi từ môi trường vô sinh đi vào cơ thể sinh vật, rồi từ cơ thể sinh vật này qua sinh vật khác theo chuỗi thức ăn, rồi từ cơ thể sinh vật đi trở lại môi trường vô sinh. Người ta gọi đó là vòng sinh địa hoá. Có rất nhiều loại vòng tuần hoàn vật chất khác nhau, nhưng nhìn chung đều gồm các khâu quan trọng là : tổng hợp chất hữu cơ, sử dụng chất hữu cơ và phân giải chất hữu cơ.

– *Thực vật xanh sử dụng năng lượng từ ánh sáng mặt trời để tổng hợp chất vô cơ thành chất hữu cơ* – nguồn chất sống cơ bản. Ta gọi đó là quá

trình quang hợp. Nguồn năng lượng để thực hiện quá trình biến đổi chất vô cơ thành chất hữu cơ nhận được từ các phản ứng oxy hoá các chất vô cơ do vi khuẩn thực hiện gọi là quá trình hoá tổng hợp.

– *Vòng tuần hoàn vật chất khác với dòng tuần hoàn năng lượng* là vật chất được hệ sinh thái sử dụng lại, còn năng lượng thì không được sử dụng lại mà nó sẽ phát tán và mất đi dưới dạng nhiệt vào vũ trụ. Do đó vòng tuần hoàn vật chất là vòng kín còn dòng tuần hoàn năng lượng là vòng hở.

2.3.6. Tính chất của hệ sinh thái

Hệ sinh thái có nhiều tính chất. Ở đây, chúng tôi muốn đề cập đến ba tính chất quan trọng nhất là :

2.3.6.1. Hệ sinh thái là một hệ thống

Luôn luôn vận động và biến đổi không ngừng, trạng thái tĩnh chỉ là tương đối và tạm thời.

Hệ sinh thái gồm hai phần cơ bản là quần xã sinh vật, môi trường và các mối quan hệ tác động qua lại giữa các yếu tố cấu thành hệ sinh thái. Một hệ sinh thái có hai mặt : mặt tĩnh và mặt động. Mặt tĩnh là tương đối và tạm thời. Mặt động là liên tục và không ngừng. Mặt tĩnh tương đối của hệ sinh thái là các yếu tố vật chất cấu thành hệ thống như động vật, thực vật, vi sinh vật, các chất hữu cơ và vô cơ ở môi trường. Mối tác động qua lại giữa các thành phần của hệ là thường xuyên, liên tục là mặt động. Các mối tác động qua lại đó thể hiện trong vòng tuần hoàn vật chất, dòng năng lượng, dòng thông tin. Kết quả quá trình vận động của ba dòng trên dẫn đến tái tổ hợp lại các quần xã sinh vật mới, làm thay đổi cấu trúc và chức năng của hệ cũ, tạo lập hệ thống mới.

2.3.6.2. Hệ sinh thái là một hệ thống cân bằng động có khả năng tự điều chỉnh

Mặc dù hệ sinh thái luôn luôn vận động và biến đổi không ngừng nhưng nó cũng có khả năng tự điều chỉnh để tái lập thế cân bằng khi bị tác động của một hay nhiều nhân tố nào đó.

Chúng ta biết trong hệ sinh thái có nhiều thành phần đi vào như ánh sáng mặt trời, nước, không khí, các chất khoáng, các sinh vật du nhập và các thành phần đi ra như nhiệt, các khí như : CO_2 , O_2 , H_2O , các khí thải, chất mùn, chất hữu cơ vụn nát, thối rữa, các loài cây gỗ bị khai thác, các động vật bị săn bắt hay di cư đi nơi khác. Ở một thời điểm nhất định, các mối tác động qua lại giữa các yếu tố đi ra và các yếu tố đi vào hệ sinh thái đạt được

sự cân bằng. Nếu có tác động của một hay nhiều nhân tố nào đó vào hệ sinh thái dẫn đến mất cân bằng thì hệ sinh thái tự điều chỉnh, duy trì trạng thái ổn định của hệ để hệ có thể tồn tại và phát triển đi lên, người ta gọi đó là trạng thái nội cân bằng động của hệ sinh thái. Ở trạng thái này thì sản xuất entropi là cực tiểu. Nếu hệ sinh thái ở thế càng mất cân bằng thì entropi càng lớn. Đặc tính tự điều chỉnh cân bằng của hệ sinh thái được thể hiện ở khả năng thích nghi của hệ sinh thái. Có hai cơ chế chính để thực hiện tự điều chỉnh cân bằng của hệ sinh thái là cơ chế dân số học và cơ chế sinh địa hoá.

– Cơ chế dân số học là quá trình điều chỉnh số lượng cá thể của các quần thể của hệ sinh thái. Các quần thể thuộc các bậc dinh dưỡng thực hiện cơ chế này thông qua các nhân tố sinh thái phụ thuộc mật độ.

– Cơ chế sinh địa hoá là quá trình các yếu tố thuộc chất lượng môi trường theo hướng trở về trạng thái ban đầu nếu nó bị ảnh hưởng.

Hai cơ chế này cùng đồng thời diễn ra ở các hệ sinh thái, nó chỉ khác nhau ở thời gian và cường độ phản ứng của hệ sinh thái sau mỗi lần tác động. Các hệ sinh thái tự nhiên đều có khả năng tự điều chỉnh để tái lập cân bằng, nhưng khả năng này cũng chỉ có thể thực hiện ở giới hạn nhất định, nếu vượt qua giới hạn thích nghi của hệ sinh thái, hệ sinh thái không thể tự tái lập được cân bằng và sẽ dẫn đến sự huỷ diệt.

2.3.6.3. Một hệ sinh thái có tính đa dạng càng cao thì tính bền vững càng lớn

Tính đa dạng của một hệ sinh thái thể hiện ở nhiều mặt như hình thái, cấu trúc, chức năng vận chuyển vật chất và năng lượng... nhưng rõ nhất mà ta có thể tính toán được là tính đa dạng loài trong quần xã sinh vật. Như chúng ta đã biết trong một quần xã sinh vật tự nhiên, nếu điều kiện môi trường thuận lợi và đa dạng thì số lượng loài lớn, số cá thể trong mỗi loài nhỏ, hệ số đa dạng cao. Khi điều kiện không thuận lợi hay ở môi trường có tính chất cực đoan thì số lượng loài trong quần xã ít, nhưng số lượng cá thể của từng loài có thể cao và hệ số đa dạng thấp, sản xuất entropi tăng. Tính đa dạng không thể hiện mối quan hệ chức năng giữa các quần thể trong hệ sinh thái. Tuy nhiên, một quần xã sinh vật có nhiều loài thì mạng lưới thức ăn càng phức tạp và tạo ra mối quan hệ tương hỗ có tính bền vững trong hệ sinh thái. Vì vậy, sự đa dạng về loài trong quần xã có quan hệ trực tiếp dẫn đến tính ổn định và bền vững động của hệ sinh thái. Để tính mức độ đa dạng về loài trong các quần xã sinh vật ta sử dụng các công thức sau :

* Công thức tính chỉ số đa dạng (ký hiệu d) của nhiều tác giả đề xướng :

$$d = \frac{S-1}{\log N} \text{ hoặc } d = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Ở đây :

S là số lượng loài trong quần xã.

N là số cá thể các loài có trong quần xã.

Hoặc tính đơn giản hơn là $d = \frac{S}{1000}$ cá thể.

* Công thức tính tổng chỉ số đa dạng của Shannon (1949) :

$$H = \sum (n_i/N) \log(n_i/N)$$

Ở đây :

H là chỉ số tổng đa dạng.

n_i là giá trị vai trò (số lượng sinh khối) của mỗi loài.

N là tổng giá trị vai trò của các loài.

Công thức này có ưu điểm là vừa chỉ ra tính đa dạng về số lượng loài, vừa chỉ ra mức độ vai trò của các loài trong quần xã.

* Dùng chỉ số bình quân E để biểu thị tính đa dạng của quần xã sinh vật trong hệ sinh thái, E được tính theo công thức :

$$E = \frac{H}{\log \frac{S}{2}}$$

H : Chỉ số đa dạng Shannon.

E : Chỉ số bình quân có giá trị từ 0 – 1.

S : Tổng số các loài của quần xã.

Nếu $E = 0$ thì quần xã chỉ có một loài.

Nếu $E = 1$ thì quần xã nhiều loài nhưng tất cả các loài có số lượng bằng nhau.

CHƯƠNG III

TRAO ĐỔI VẬT CHẤT VÀ NĂNG LƯỢNG

TRONG HỆ SINH THÁI

3.1. TRAΟ ĐỎI VẬT CHẤT

3.1.1. Khái niệm về trao đổi vật chất trong hệ sinh thái

Như trên đã phân tích, hệ sinh thái là một khối thống nhất và được hợp thành bởi quần xã sinh vật và sinh cảnh (môi trường mà trong đó quần xã tồn tại). Giữa quần xã sinh vật và môi trường luôn luôn có sự trao đổi vật chất và năng lượng. Trao đổi vật chất và năng lượng giữa quần xã sinh vật và môi trường sống là điều kiện cần và đủ cho một hệ sinh thái tồn tại và phát triển. Sự trao đổi chất còn xảy ra giữa các thành phần của nội bộ quần xã sinh vật. Khi quá trình trao đổi vật chất và năng lượng bị ngừng lại, hệ sinh thái bị diệt vong. Trong quá trình trao đổi vật chất, một phần vật chất từ môi trường (các chất dinh dưỡng, các muối hoà tan, nước, khí cacbonic, khí oxy...) sẽ được chuyển vào cơ thể sinh vật (tức là vào quần xã sinh vật) qua con đường dinh dưỡng và đồng thời sẽ có một bộ phận của quần xã sinh vật (các vật chất rơi rụng, các chất thải sinh vật, các xác sinh vật...) sẽ đi ra môi trường qua quá trình phân huỷ. Quá trình trao đổi chất trong hệ sinh thái được thể hiện ở chuỗi và lưới thức ăn, bậc dinh dưỡng, các hình tháp sinh thái học và chu trình sinh địa hoá của các vật chất chính trong hệ sinh thái.

3.1.2. Cấu trúc dinh dưỡng trong hệ sinh thái

Cấu trúc dinh dưỡng trong hệ sinh thái là quan hệ dinh dưỡng giữa các thành phần của quần xã sinh vật trong hệ sinh thái với nhau. Quan hệ dinh dưỡng này được thực hiện bằng chuỗi thức ăn và lưới thức ăn.

3.1.2.1. Chuỗi thức ăn

Sự vận chuyển thức ăn từ nguồn (thực vật) đến các sinh vật khác, trong đó, sinh vật này lại là thức ăn cho sinh vật kia gọi là chuỗi thức ăn. Trong một chuỗi thức ăn, mỗi sinh vật là một mắt xích thức ăn, vừa là sinh vật tiêu thụ mắt xích thức ăn trước nó, vừa là thức ăn cho mắt xích sau tiêu thụ. Trong quá trình vận chuyển từ mắt xích này đến mắt xích kia, một phần lớn thức ăn (có thể đến 90%) bị mất đi do chuyển hoá thành năng lượng dưới dạng nhiệt. Điều đó đã làm hạn chế số lượng của

các mắt xích và trong thực tế số lượng của các mắt xích thức ăn thường không quá 4 hay 5. Chuỗi thức ăn càng ngắn, năng lượng sử dụng được (năng lượng có ích) càng cao. Căn cứ vào nguồn thức ăn, người ta chia chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái thành hai loại chính : chuỗi thức ăn mở đầu nguồn thức ăn là thực vật, tiếp theo là các loài sinh vật ăn thực vật và đến các sinh vật ăn thịt (chuỗi thức ăn này còn được gọi là chuỗi chăn nuôi) và chuỗi thức ăn mở đầu nguồn thức ăn là chất hữu cơ từ xác chết của các sinh vật, tiếp theo là các sinh vật sử dụng chất hữu cơ từ xác chết và đến các sinh vật ăn thịt chúng (chuỗi thức ăn này còn được gọi là chuỗi phân huỷ).

** Chuỗi thức ăn bắt đầu bằng thực vật (chuỗi chăn nuôi)*

Chuỗi thức ăn này bao gồm các thành phần sau :

– *Sinh vật sản xuất* : là các loài sinh vật tự dưỡng, chủ yếu là các loài thực vật có khả năng tổng hợp và tích lũy năng lượng tiềm tàng dưới dạng hoá năng trong các chất hữu cơ tổng hợp được (cacbohidrat, lipit, prôtêin). Trong các loài sinh vật cung cấp, người ta vẫn nghĩ đến và thường đánh giá cao vai trò tổng hợp chất hữu cơ của cây xanh, mà chủ yếu là các loài thực vật có hạt. Tuy nhiên, trong phạm vi cả sinh quyển thì các loài tảo đơn bào *Phytoplankton* mới là nhóm sinh vật tổng hợp được nhiều chất hữu cơ nhất, mỗi năm các loài tảo đơn bào này sản xuất ra gần một nửa lượng sinh khối trên Trái Đất.

– *Sinh vật tiêu thụ cấp 1* : là các loài sinh vật trực tiếp sử dụng các sinh vật sản xuất làm thức ăn cho mình. Sinh vật tiêu thụ cấp 1 có thể là các loài ký sinh trùng sống ký sinh trên cây xanh, các loài động vật ăn thực vật (nhiều loài côn trùng, một số loài bò sát, lưỡng cư, nhiều loài chim, các loài thú móng guốc, nhiều loài thú gặm nhấm...). Trong môi trường nước, sinh vật tiêu thụ cấp 1 có thể là một số loài giáp xác cỡ nhỏ, một số loài thân mềm, một số loài cá...

– *Sinh vật tiêu thụ cấp 2* : là các loài sinh vật, chủ yếu là động vật, sử dụng sinh vật tiêu thụ cấp 1 làm thức ăn cho mình. Trên các xavan châu Phi, sinh vật tiêu thụ cấp 2 là các loài sư tử, báo gấm, chó đốm rừng... chuyên săn bắt linh dương, ngựa vằn, linh dương đầu bò... làm thức ăn.

– *Sinh vật tiêu thụ cấp 3, 4, 5* : thường là các loài động vật ăn thịt sử dụng sinh vật tiêu thụ từ cấp 2 trở lên làm thức ăn, ví dụ, một số loài chim săn mồi, một số loài rắn chuyên ăn các loài rắn khác, một số loài

thú ăn thịt như : mèo rừng, cây, cáo... chuyên săn bắt các loài thú ăn thịt cỡ nhỏ khác. Sinh vật tiêu thụ cấp 3 trở lên có thể còn là các loài ký sinh trùng sống ký sinh trên các sinh vật tiêu thụ khác.

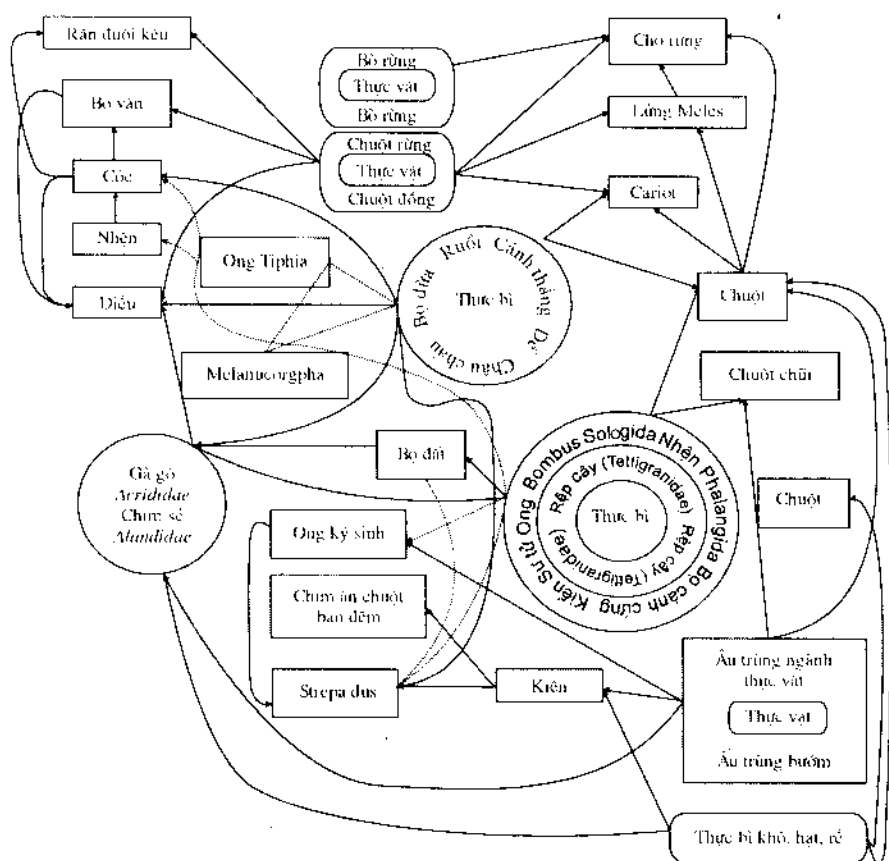
Trong một chuỗi thức ăn này có thể còn có sinh vật tiêu thụ cấp 6, song trường hợp này ít khi gặp trong tự nhiên do lượng thức ăn chuyển hoá thành năng lượng hữu ích giảm dần khi đi qua các mắt xích thức ăn.

– *Sinh vật phân huỷ* là mắt xích cuối cùng của chuỗi thức ăn bao gồm chủ yếu là những loài vi sinh vật, như vi khuẩn, một số loài nấm hoại sinh, một số loài động vật đất cỡ nhỏ, một số loài côn trùng... chuyên ăn xác chết, ăn chất thải của các loài sinh vật khác và phân huỷ những sản phẩm này thành các chất vô cơ. Các loại nấm hoại sinh và một số loài vi sinh vật đất tham gia vào quá trình phân huỷ các hợp chất lignin, xenlulôza và hemixenlulôza của thực vật, còn các loài vi khuẩn thì chủ yếu phân huỷ phân và xác động vật.

Trong chuỗi thức ăn mở đầu bằng các sinh vật tự dưỡng người ta còn phân biệt chuỗi thức ăn có sinh vật ký sinh. Trong chuỗi thức ăn này những sinh vật tiêu thụ từ cấp 2 trở lên sống ký sinh trên các sinh vật tiêu thụ cấp trước đó với số lượng cá thể lớn và kích thước cơ thể nhỏ. Ví dụ, một chuỗi thức ăn có sinh vật ký sinh như sau: Sinh vật tự dưỡng (các loài cỏ) → Sinh vật tiêu thụ cấp 1 (thú móng guốc ăn cỏ : trâu, bò...) → Sinh vật tiêu thụ cấp 2 (sinh vật ký sinh trên sinh vật tiêu thụ cấp 1: rận) → Sinh vật tiêu thụ cấp 3 (sinh vật ký sinh trên rận : trùng roi *Leptomonas*). Trong chuỗi thức ăn này, sống ký sinh trên các loài thú móng guốc ăn cỏ là một số lượng lớn các con rận và sống ký sinh trong các con rận là hàng triệu cá thể trùng roi *Leptomonas*.

* *Chuỗi thức ăn bắt đầu bằng chất hữu cơ từ xác chết của các sinh vật và sinh vật tiêu thụ cấp 1 là sinh vật phân huỷ (chuỗi phân huỷ)*

Trong chuỗi thức ăn này, nguồn thức ăn khởi đầu là các chất hữu cơ vốn là các sản phẩm chết của sinh vật như : cành, lá, hoa, quả... rơi rụng của thực vật, các chất thải của động vật, như : phân, các xác chết của động vật, thực vật... Các loài sinh vật tiêu thụ cấp 1 thường là các loài vi sinh vật, một số loài nấm, một số loài động vật đất cỡ nhỏ, một số loài côn trùng sử dụng các chất hữu cơ chết đó làm thức ăn và phân huỷ dần dần chúng. Các loài sinh vật tiêu thụ tiếp theo là các thực khuẩn phế vật và các loài sinh vật ăn thịt chúng. Một ví dụ về chuỗi thức ăn phân huỷ như sau : Chất hữu cơ chết (các sản phẩm rơi rụng của thực vật : lá, cành



Hình 3.2. Sơ đồ lưới thức ăn trong hệ sinh thái đồng cỏ vùng Bắc Mỹ (Shelfford, dẫn theo Odum, 1978)

3.1.2.3. Bậc dinh dưỡng

Trong một quần xã sinh vật, các loài sinh vật khác nhau nhận nguồn thức ăn từ các loài sinh vật tự dưỡng thông qua các giai đoạn giống nhau được xếp vào loại cùng có một bậc dinh dưỡng. Bậc dinh dưỡng là những mắt xích thức ăn thuộc cùng một nhóm sắp xếp theo các thành phần của chuỗi thức ăn như : sinh vật cung cấp, sinh vật tiêu thụ cấp 1, sinh vật tiêu thụ cấp 2... Ví dụ, trong chuỗi thức ăn chăn nuôi, các loài cây xanh được xếp vào bậc dinh dưỡng đầu tiên, bậc của các sinh vật sản xuất; các loài động vật ăn cỏ (thú móng guốc, một số loài côn trùng...) được xếp vào bậc dinh dưỡng thứ hai (bậc của nhóm sinh vật tiêu thụ sơ cấp); các loài sinh vật sử dụng các loài động vật ăn cỏ làm thức ăn được xếp vào bậc dinh dưỡng thứ ba (nhóm các loài sinh vật tiêu thụ thứ cấp)... Như vậy, sự phân loại các loài sinh vật theo bậc dinh dưỡng trong quần xã không phải dựa theo hệ thống

phân loại theo các bậc taxon mà dựa vào kiểu hoạt động dinh dưỡng của chúng. Cũng từ đó cho thấy, một loài sinh vật nhất định nào đó, tùy thuộc vào chúng sử dụng nguồn thức ăn nào trong quần xã, mà quần thể của loài đó có thể tham gia trong một hay nhiều bậc dinh dưỡng trong quần xã.

3.1.2.4. Cấu trúc dinh dưỡng của quần xã sinh vật trong hệ sinh thái

*** Mô hình tổng hợp của chuỗi và lưới thức ăn**

Trong quần xã sinh vật, chuỗi và lưới thức ăn có thể được biểu thị theo hai cách :

– *Cách thứ nhất* là các mắt xích trong các quan hệ dinh dưỡng được biểu thị bằng quần thể của một loài. Trong trường hợp này, các kênh của dòng năng lượng đi vào quần xã và các mối quan hệ dinh dưỡng giữa các loài khác nhau tạo thành biểu đồ bình thường của mạng lưới dinh dưỡng với các tên gọi theo từng loài sinh vật riêng biệt trong chuỗi của nó. Cách này thường được sử dụng trong các quần xã có mối quan hệ dinh dưỡng ít phức tạp, có ít loài sinh vật tham gia vào mạng lưới thức ăn và trong trường hợp muốn nhấn mạnh đến tình trạng sử dụng năng lượng bên trong một quần thể sinh vật.

– *Cách thứ hai* là các mắt xích trong quan hệ dinh dưỡng được biểu thị bằng mức năng lượng của sinh khối và các kênh của dòng năng lượng là tất cả các quần thể (hoặc một phần của các quần thể này) được duy trì bởi cùng một nguồn năng lượng hay cùng một bậc dinh dưỡng. Cách này thường được sử dụng khi mối quan hệ dinh dưỡng của một quần xã tương đối phức tạp, số lượng các loài sinh vật tham gia vào một chuỗi thức ăn quá lớn hoặc khi người ta muốn phân chia sự trao đổi chất của từng quần thể sinh vật tương ứng với các bậc dinh dưỡng mà quần thể đó tham gia vào.

* *Nếu quần xã sinh vật càng đa dạng về thành phần loài và càng có nhiều loài thuộc nhóm rộng thực thì tính ổn định về quan hệ dinh dưỡng càng ổn định, số lượng chuỗi thức ăn càng nhiều và lưới thức ăn càng phức tạp và ngược lại.*

* *Trong một chuỗi thức ăn, mỗi một mắt xích đều có thể thay thế bằng những loài có quan hệ họ hàng gần gũi mà không làm thay đổi đặc điểm dinh dưỡng của quần xã. Tuy nhiên, lúc đó tương quan số lượng giữa các loài trong chuỗi sẽ bị biến động mà bất kỳ biến động nào trong một chuỗi thức ăn nào đó cũng sẽ ảnh hưởng đến tương quan số lượng*

của các chuỗi thức ăn có liên quan khác và như thế sẽ ảnh hưởng đến lưới thức ăn của quần xã và ảnh hưởng đến cấu trúc dinh dưỡng của quần xã.

** Nói chung, tất cả các chuỗi thức ăn trong quần xã đều có tính chất tạm thời và dễ bị thay đổi. Sự biến động trong chuỗi thức ăn có thể do chế độ ăn khác nhau trong các giai đoạn phát triển khác nhau của sinh vật (chủ yếu là động vật) hoặc do khi nguồn thức ăn truyền thống bị thiếu, các loài rộng thực có thể chuyển sang loại thức ăn khác hoặc do sự di cư ra khỏi quần xã của các loài cũ hay sự nhập cư của các loài mới vào những mùa nhất định hoặc sự du nhập các loài mới vào quần xã do con người. Từ đó sẽ gây ra sự biến động trong lưới thức ăn và cấu trúc dinh dưỡng của quần xã.*

3.1.3. Những hình tháp sinh thái học

3.1.3.1. Quy luật hình tháp sinh thái

Do sự mất mát vật chất trong quá trình luân chuyển thức ăn qua mỗi mắt xích trong chuỗi thức ăn và do ảnh hưởng của quá trình trao đổi chất vào kích thước của cá thể sinh vật nên mỗi quần xã có một cấu trúc dinh dưỡng xác định đặc trưng cho từng kiểu hình sinh thái. Có thể biểu thị cấu trúc dinh dưỡng của quần xã bằng sản lượng toàn phần trên một đơn vị diện tích hoặc bằng số năng lượng được tích lũy trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian trong các bậc dinh dưỡng của lưới thức ăn. Hệ số sử dụng hữu ích thức ăn trong cơ thể sinh vật bao giờ cũng nhỏ hơn 100% rất nhiều. Do đó sinh khối của sinh vật sản xuất trong chuỗi thức ăn bao giờ cũng lớn hơn sinh khối của sinh vật tiêu thụ cấp 1, sinh khối của sinh vật tiêu thụ cấp 1 bao giờ cũng lớn hơn sinh khối của sinh vật tiêu thụ cấp 2 và cứ như thế ở các bậc dinh dưỡng tiếp theo. Đây là quy luật hình tháp sinh thái học. Về mặt hình học, các hình tháp sinh thái học biểu thị cấu trúc dinh dưỡng của quần xã có thể được thể hiện bằng các hình chữ nhật xếp chồng lên nhau theo dạng hình tháp với đáy là bậc dinh dưỡng thứ nhất của sinh vật sản xuất, còn các tầng kế tiếp và đỉnh của hình tháp là các bậc dinh dưỡng tiếp theo của các sinh vật tiêu thụ cấp 1, cấp 2... Các hình chữ nhật này biểu thị cho một bậc dinh dưỡng và có cùng một chiều cao, còn chiều dài thì phụ thuộc vào số lượng hay năng lượng của một bậc dinh dưỡng đó. Có ba kiểu hình tháp sinh thái chính, đó là hình tháp số lượng biểu thị số lượng cá thể của sinh vật trong từng bậc dinh dưỡng; hình tháp sinh khối cho biết tổng số trọng lượng khô,

hiệu suất hay các chỉ số đo khác của tổng số chất sống của sinh vật trong từng bậc dinh dưỡng và hình tháp năng lượng cho biết đại lượng của dòng năng lượng hay năng suất trong các bậc dinh dưỡng. Các hình tháp số lượng và sinh khối có thể có đáy nhỏ hơn một hay một vài tầng trên của hình tháp, phụ thuộc vào kích thước nhỏ bé của các sinh vật tiêu thụ bậc trên, trong khi đó hình tháp năng lượng luôn luôn thu hẹp lại về phía đỉnh vì phải tính đến tất cả các nguồn thức ăn và năng lượng trong quần xã.

3.1.3.2. Các kiểu hình tháp sinh thái

**** Hình tháp số lượng***

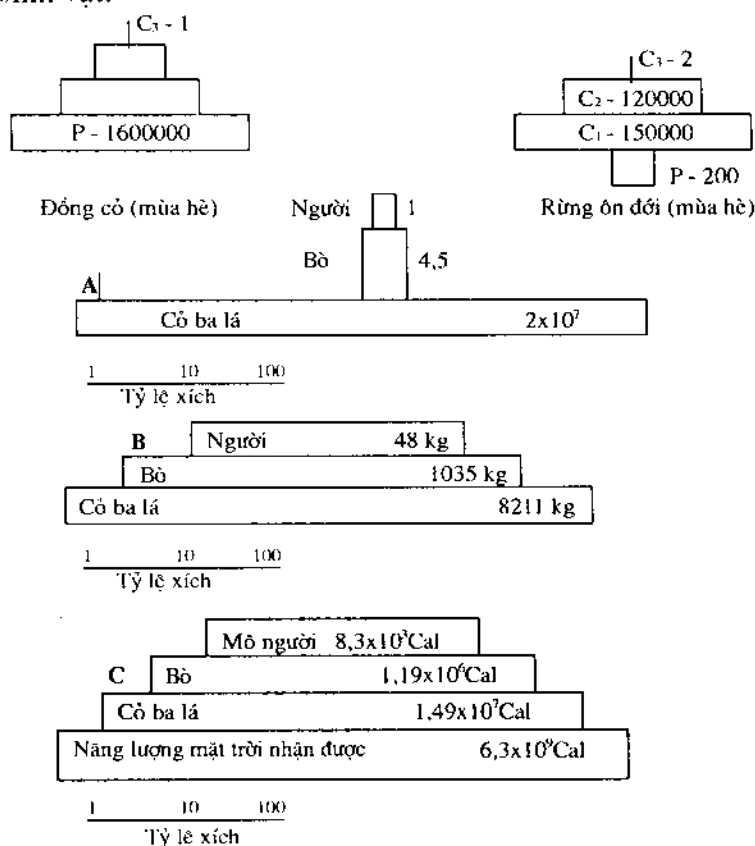
Hình tháp số lượng biểu thị mối tương quan về số lượng cá thể trong các bậc dinh dưỡng. Mối tương quan về số lượng cá thể sinh vật trong các bậc dinh dưỡng là kết quả tác động của nhiều yếu tố. Trước hết, để cân bằng khối lượng của một sinh vật lớn hơn đòi hỏi phải có nhiều sinh vật nhỏ hơn. Nếu trọng lượng của các sinh vật lớn bằng trọng lượng của các sinh vật nhỏ thì số lượng của các sinh vật nhỏ sẽ lớn hơn nhiều so với số lượng của các sinh vật lớn. Mặt khác, trong mỗi lần vận chuyển năng lượng dưới dạng thức ăn liên tục từ mắt xích này sang mắt xích khác của chuỗi thức ăn, một phần năng lượng hữu ích luôn luôn bị mất đi do chuyển thành nhiệt năng. Vì vậy, ở các bậc dinh dưỡng cao, năng lượng có ích sẽ thấp hơn ở các bậc dinh dưỡng thấp. Yếu tố cuối cùng tạo nên hình tháp số lượng là tính chất tỷ lệ nghịch của cường độ trao đổi chất với kích thước của cá thể sinh vật. Chính vì những yếu tố trên mà hình tháp số lượng có những đặc điểm sau :

– *Hình tháp số lượng thường có đỉnh tháp nhọn và đáy tháp rộng* biểu thị số lượng cá thể sinh vật ở bậc dinh dưỡng cao ít hơn số lượng cá thể ở các bậc dinh dưỡng thấp.

– *Các cá thể sinh vật tham gia vào những mắt xích thức ăn ở các bậc dinh dưỡng cao thường có kích thước cơ thể lớn hơn các sinh vật tham gia vào các mắt xích thức ăn ở các bậc dinh dưỡng thấp, song số lượng cá thể lại có tính chất ngược lại.* Điều này có thể là do trong tự nhiên, các loài sinh vật có kích thước nhỏ thường có khả năng sinh sản cao hơn những loài sinh vật có kích thước lớn (điều này thấy rất rõ ở các loài động vật). Mặt khác, các loài động vật ăn thịt thường chỉ săn bắt được những con mồi có kích thước giới hạn : không thể quá to, vì chúng không đủ sức để bắt và cũng không thể quá nhỏ, vì không đủ thời gian để bắt cho đủ.

Do đó, mỗi loài động vật ăn thịt thường có một con mỗi có kích thước phù hợp nhất định. Tuy nhiên, điều này còn phụ thuộc vào tập tính săn mồi và cách bắt mồi. Nếu các loài động vật ăn thịt có tập tính săn mồi theo đàn, chúng có thể bắt được những con mồi có kích thước lớn hơn cơ thể chúng rất nhiều, như loài sư tử châu Phi đôi khi săn bắt cả được những con voi lớn; những con rắn độc do có nọc độc nên chúng có thể đả thương những con mồi có kích thước lớn hơn chúng.

Hình tháp số lượng tuy dễ thực hiện nhưng lại có nhược điểm là không thể biểu thị một cách đầy đủ mức độ quan hệ chức năng giữa các loài sinh vật vì trong nhiều trường hợp, kích thước cá thể và khối lượng chất sống của các loài tham gia vào các bậc dinh dưỡng khác nhau không đồng nhất nên không thể so sánh các bậc dinh dưỡng này với nhau được. Trong hình 3.3 cho thấy một số ví dụ về hình tháp số lượng của một số quần xã sinh vật.

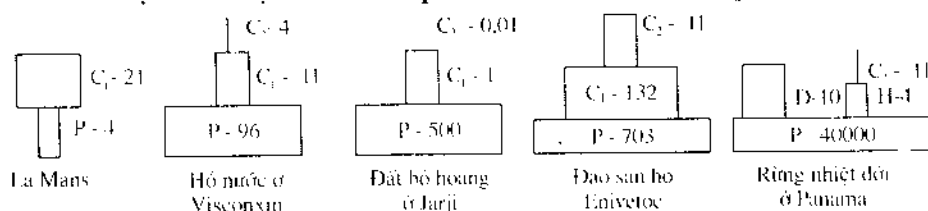


Hình 3.3. Hình tháp số lượng
(số lượng cá thể không kể vi sinh vật và động vật đất trên 0,1 ha)

* Hình tháp sinh khối

Hình tháp sinh khối biểu thị một cách trung thực hơn dòng năng lượng dưới dạng thức ăn lưu chuyển trong quần xã vì nó tính đến cả phần năng lượng bị mất đi và thể hiện rõ tỷ lệ số lượng sản lượng toàn phần của các bậc dinh dưỡng trong quần xã. Hình tháp sinh khối cho chúng ta một bức tranh toàn cảnh về ảnh hưởng của các mối tương quan trong quan hệ dinh dưỡng ở các nhóm sinh thái trong quần xã như một thể thống nhất. Hình tháp sinh khối thường có dạng thu hẹp về phía đỉnh nếu các cá thể tham gia vào các bậc dinh dưỡng khác nhau có kích thước không chênh lệch nhau lắm, tức là có khối lượng tương đương nhau. Nhưng nếu các cá thể sinh vật tham gia vào các bậc dinh dưỡng thấp có khối lượng trung bình tương đối nhỏ hơn các sinh vật tham gia vào các bậc dinh dưỡng cao thì lúc đó hình tháp sinh khối sẽ có dạng hình tháp ngược, đáy nhỏ hơn đỉnh. Ví dụ, trong các hệ sinh thái có các sinh vật sản xuất có kích thước rất nhỏ và các sinh vật tiêu thụ lại có kích thước lớn (một số hệ sinh thái ở nước), thì trong bất kỳ thời điểm nào, sinh khối tổng số của sinh vật tiêu thụ cũng lớn hơn sinh khối của sinh vật sản xuất. Trong các trường hợp đó, mặc dù năng lượng vận chuyển qua bậc dinh dưỡng của sinh vật sản xuất nhiều hơn qua các bậc của sinh vật tiêu thụ (đó luôn luôn là quy luật), nhưng do quá trình trao đổi chất mạnh mẽ và sự quay vòng thế hệ nhanh chóng ở các sinh vật sản xuất nhỏ làm cho chúng tuy có năng suất cao nhưng sản lượng toàn phần lại thấp.

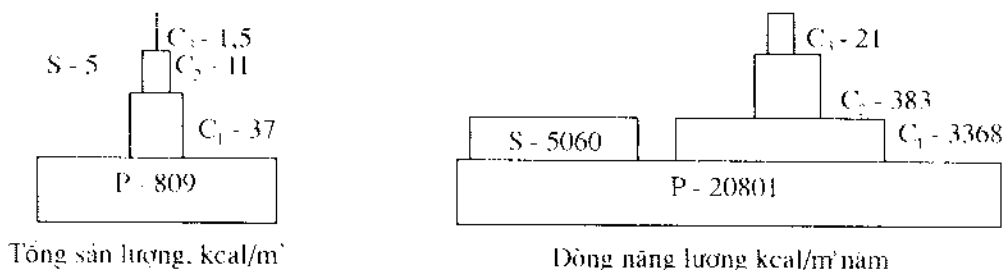
Hình tháp sinh khối có giá trị khoa học cao hơn hình tháp số lượng vì mỗi một bậc dinh dưỡng được biểu thị bằng khối lượng chất sống, do đó có thể so sánh các bậc dinh dưỡng với nhau. Tuy nhiên, hình tháp sinh khối cũng có một số mặt chưa được hoàn thiện, vì chưa tính đến yếu tố thời gian trong quá trình tích lũy sinh khối ở mỗi bậc dinh dưỡng và sự khác nhau trong thành phần hoá học và giá trị năng lượng của chất sống của sinh vật trong các bậc dinh dưỡng. Đặc biệt, thời gian tích lũy sinh khối là một yếu tố rất quan trọng quyết định cấu trúc của sinh khối trong các bậc dinh dưỡng mà khi xây dựng hình tháp sinh khối chúng ta không thể bỏ qua. Trên hình 3.4 dẫn ra một số ví dụ về hình tháp sinh khối của một số quần xã sinh vật.



Hình 3.4. Hình tháp sinh khối (Khối lượng khô g/m^2)

** Hình tháp năng lượng*

Trong hình tháp năng lượng, các bậc dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn được trình bày dưới dạng tổng số năng lượng được tích lũy trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị diện tích hay thể tích. Trong ba loại hình tháp sinh thái thì hình tháp năng lượng là hoàn thiện nhất vì nó cho chúng ta khái niệm đầy đủ nhất về tổ chức chức năng của quần xã, vì số lượng cá thể và sinh khối của các sinh vật tham gia và một bậc dinh dưỡng nào đó phụ thuộc vào tổng số năng lượng tích lũy được trong một đơn vị thời gian của bậc dinh dưỡng trước đó. Hình tháp năng lượng thể hiện quá trình di chuyển của năng lượng dưới dạng thức ăn trong chuỗi thức ăn, trong khi đó, các hình tháp số lượng và sinh khối chỉ thể hiện đặc điểm của quần xã trong trạng thái tĩnh. Hình tháp năng lượng bao giờ cũng có đỉnh nằm ở phía trên vì trong quá trình năng lượng vận chuyển từ bậc dinh dưỡng thấp lên bậc dinh dưỡng cao hơn luôn có sự mất mát do hô hấp và bài tiết, trong nhiều trường hợp sự mất mát này là rất lớn, có thể đến 90%. Do đó, chỉ có một phần nhỏ năng lượng trở thành hữu ích cho sự tăng trưởng cá thể ở các bậc dinh dưỡng tiếp theo. Trên hình 3.5, dẫn ra một số ví dụ về hình tháp năng lượng của một số quần xã sinh vật.



Hình 3.5. Một số ví dụ về hình tháp năng lượng trong các quần xã sinh vật
(hệ thống Silver – Springs, Florida)

3.1.3.3. Một số kết luận về các hình tháp sinh thái

* Đối với các quần xã sinh vật sống trên cạn hay ở các thủy vực nông nơi mà các sinh vật sản xuất (bậc dinh dưỡng cấp 1) phong phú và có quá trình phát triển lâu đời thì các hình tháp sinh thái thường có đáy rộng.

* Trong các quần xã sinh vật sống ở những thủy vực rộng và sâu (như ở các đại dương), các sinh vật sản xuất có sinh khối nhỏ và chu kỳ đời sống ngắn thì hình tháp sinh khối lại có đáy hẹp.

* Ở các quần xã sinh vật sống trong các ao, hồ, nơi có các loài thực vật bậc cao có kích thước tương đối lớn phát triển và có các loài vi tảo có mặt với số lượng lớn thì hình tháp có dạng trung gian giữa hai dạng trên.

* Trong những quần xã sinh vật mới hình thành, sinh khối của sinh vật tiêu thụ thường nhỏ hơn sinh khối của sinh vật sản xuất nhiều. Sinh khối của các loài sinh vật tiêu thụ sẽ dần dần tăng lên đồng thời với thời gian tồn tại của quần xã và sẽ đạt đến một giới hạn ổn định nhất định khi quần xã sinh vật phát triển đến trạng thái cực đỉnh của nó.

* Hình tháp năng lượng có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu so sánh không những giữa các quần thể sinh vật và các bậc dinh dưỡng trong nội bộ một quần xã với nhau mà còn giữa các quần xã sinh vật với nhau.

3.1.4. Chu trình sinh địa hoá

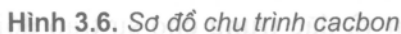
3.1.4.1. Khái niệm chung

Các nguyên tố hoá học tuần hoàn trong sinh quyển nói chung và trong các hệ sinh thái cụ thể nói riêng theo một chu trình nhất định, từ môi trường bên ngoài vào cơ thể sinh vật và sau đó, lại từ cơ thể sinh vật ra môi trường bên ngoài. Quá trình tuần hoàn này của các nguyên tố hoá học được gọi là chu trình sinh địa hoá. Chu trình vận động của các nguyên tố hoá học khác hẳn với quá trình chuyển hoá năng lượng qua các bậc dinh dưỡng vì trong chu trình vận động của mình, các nguyên tố hoá học được bảo tồn và sẽ được sử dụng lại chứ không bị mất đi một phần và không được sử dụng lại như trong quá trình chuyển hoá năng lượng. Trong tổng số hơn 90 các nguyên tố hoá học đã biết trong tự nhiên, có khoảng 40 nguyên tố cần thiết cho sự sống và được gọi là các nguyên tố sinh học. Dựa vào nhu cầu cần nhiều hay ít của cơ thể sinh vật đối với các nguyên tố hoá học mà người ta chia chúng thành hai loại : nguyên tố vi lượng và nguyên tố đại lượng. Các nguyên tố vi lượng tuy cơ thể sinh vật cần với một khối lượng rất nhỏ nhưng thường là những nguyên tố tối cần thiết. Ví dụ, đồng (Cu) và mangan (Mn) cần cho các phản ứng oxy hoá khử, còn coban (Co) là thành phần không thể thiếu được của vitamin B₁₂.

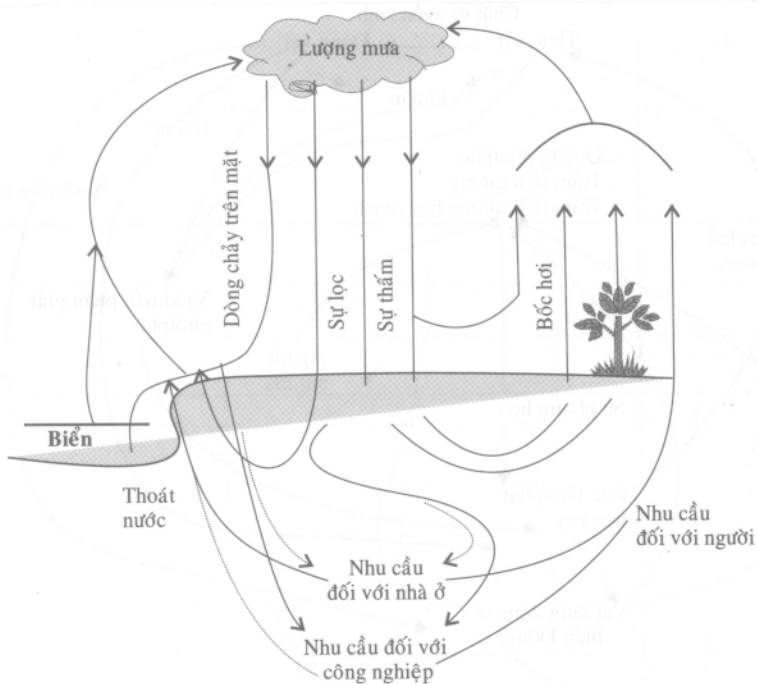
Trong tự nhiên, vật chất luôn luôn vận động. Sự vận động của vật chất phần lớn không có mối liên hệ với sinh vật. Nguồn vật chất trong sự vận động này được gọi là nguồn vốn dự trữ. Một phần vật chất trong tự nhiên hoạt động hơn và đặc trưng cho sự trao đổi chất nhanh chóng giữa

Chu trình sinh địa hoá là một trong những cơ chế cơ bản duy trì sự cân bằng nguyên tố trong sinh quyển nói chung và trong từng hệ sinh thái cụ thể nói riêng, đảm bảo cho sự cân bằng này luôn luôn tồn tại.

* *Chu trình cacbon*

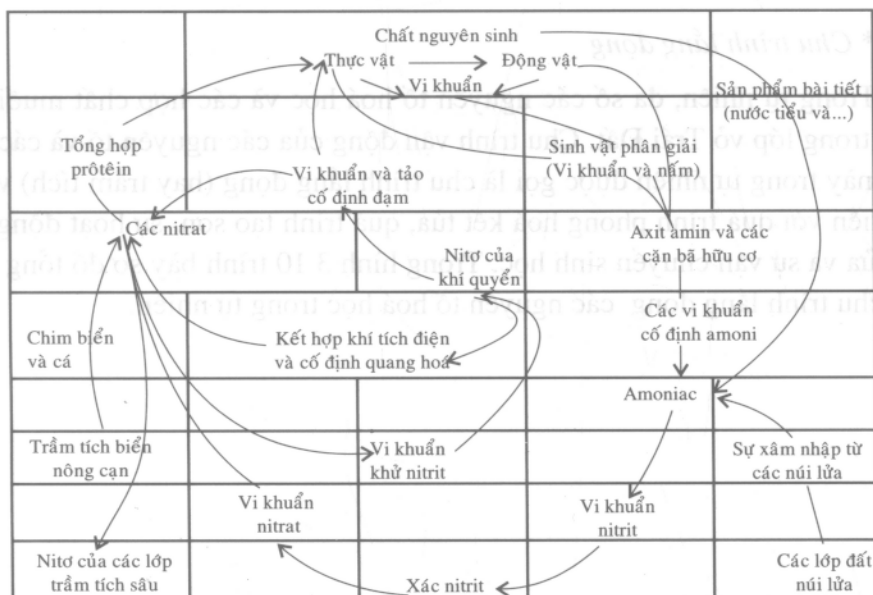


* Chu trình nước



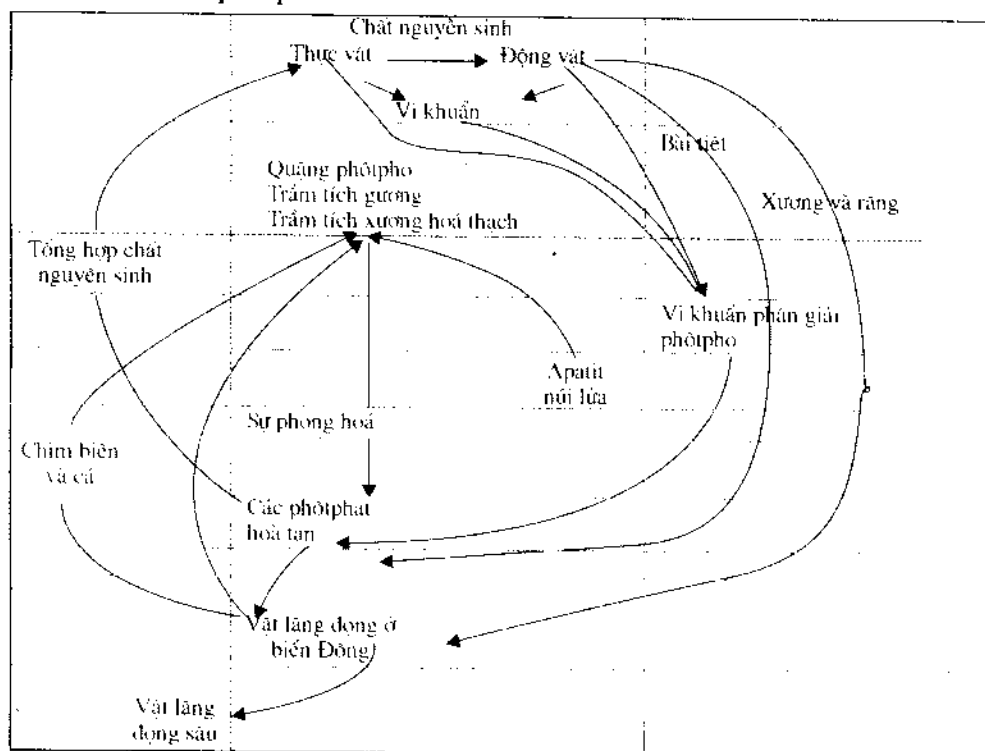
Hình 3.7. Sơ đồ chu trình nước

* Chu trình nitơ



Hình 3.8. Sơ đồ chu trình nitơ (Theo Odum, 1978)

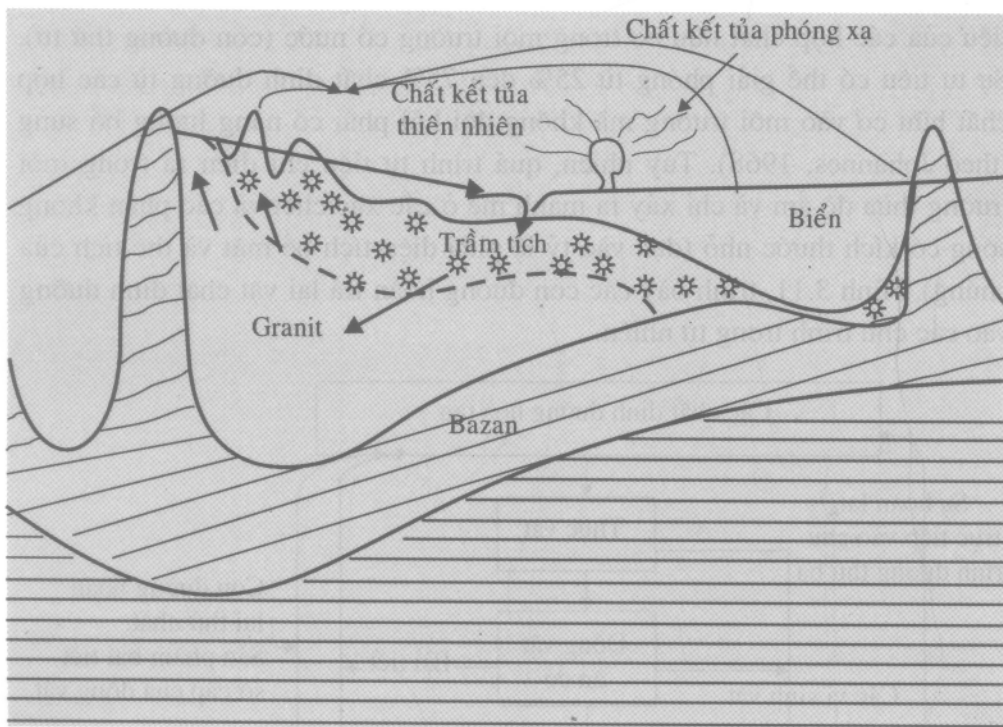
* Chu trình photpho



Hình 3.9. Sơ đồ chu trình photpho (Theo Odum, 1978)

* Chu trình lắng đọng

Trong tự nhiên, đa số các nguyên tố hoá học và các hợp chất muối đều nằm trong lớp vỏ Trái Đất. Chu trình vận động của các nguyên tố và các hợp chất này trong tự nhiên được gọi là chu trình lắng đọng (hay trầm tích) và nó gắn liền với quá trình phong hoá kết tủa, quá trình tạo sơn, sự hoạt động của núi lửa và sự vận chuyển sinh học. Trong hình 3.10 trình bày sơ đồ tổng quát của chu trình lắng đọng các nguyên tố hoá học trong tự nhiên.



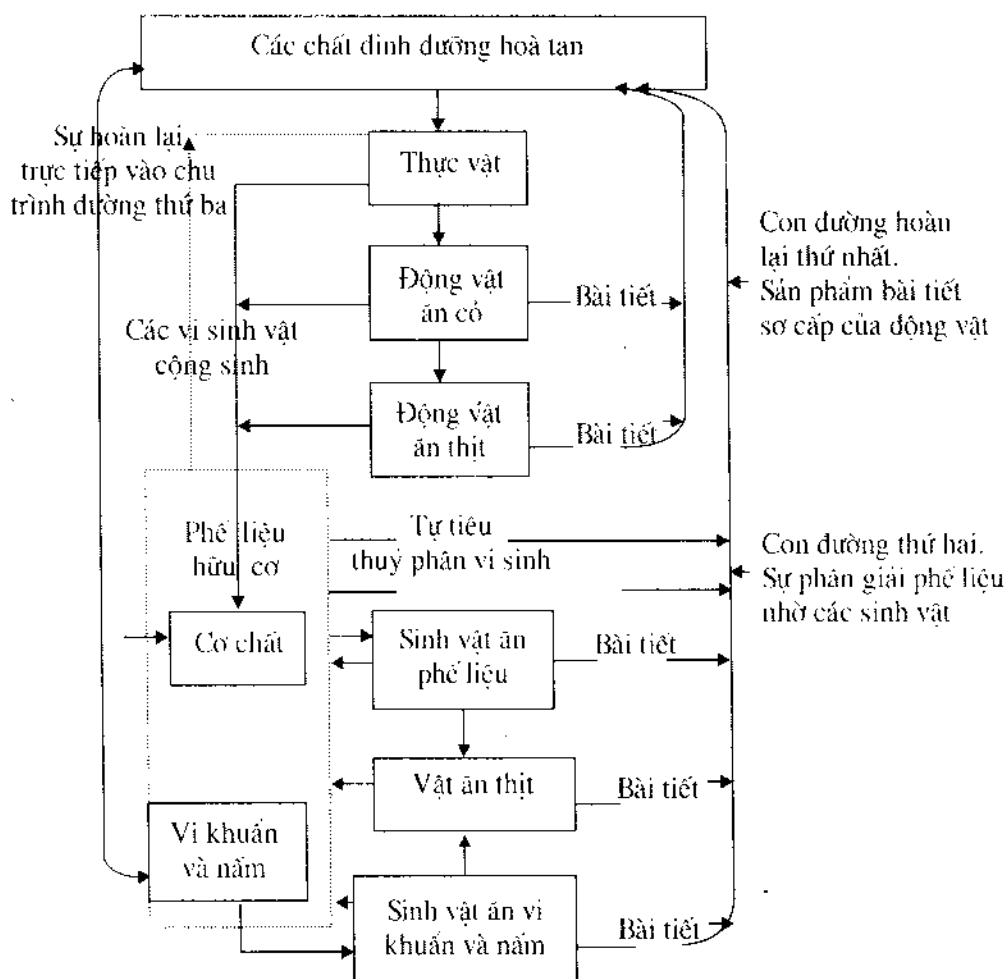
Hình 3.10. Sơ đồ chu trình lắng đọng của các nguyên tố hoá học trong tự nhiên
(Theo Odum, 1978)

3.1.5. Các con đường hoàn lại vật chất vào chu trình

Trong chuỗi thức ăn, có thể phân biệt hai con đường chính hoàn trả lại chất dinh dưỡng vào các chu trình sinh địa hoá trong tự nhiên, đó là sự bài tiết của động vật (con đường thứ nhất) và sự phân giải các hợp chất hữu cơ phế liệu nhờ các loài vi sinh vật (con đường thứ hai). Nếu cả hai con đường hoàn trả lại vật chất này cùng tập trung vào trong một hệ thống, thì con đường thứ nhất thường chiếm ưu thế trong các quần xã sinh vật phù du và các quần xã mà trong đó dòng năng lượng cơ sở đi qua chuỗi thức ăn chăn nuôi mở đầu bằng các loài sinh vật tự dưỡng (như cây xanh). Con đường thứ hai hoàn trả lại vật chất thường chiếm ưu thế trên các đồng cỏ, các hệ sinh thái rừng vùng ôn đới và trong các quần xã mà trong đó dòng năng lượng cơ sở đi qua chuỗi thức ăn phế liệu.

Còn tồn tại hai phương thức hoàn trả lại chất dinh dưỡng vào chu trình nữa, đó là sự vận chuyển trực tiếp các chất dinh dưỡng từ thực vật sang thực vật nhờ các loài vi sinh vật và nấm cộng sinh (con đường thứ ba) và sự tự

tiêu của các hợp chất hữu cơ trong môi trường có nước (con đường thứ tư). Sự tự tiêu có thể giải phóng từ 25% đến 75% chất dinh dưỡng từ các hợp chất hữu cơ vào môi trường mà không đòi hỏi phải có năng lượng bổ sung (theo Johannes, 1968). Tuy nhiên, quá trình tự tiêu chỉ diễn ra trong môi trường thừa độ ẩm và chỉ xảy ra mạnh mẽ ở các xác chết và các phần không sống có kích thước nhỏ (dựa vào tỷ lệ giữa diện tích bề mặt và thể tích của chúng). Hình 3.11, trình bày các con đường hoàn trả lại vật chất dinh dưỡng vào các chu trình trong tự nhiên.



Hình 3.11. Các con đường hoàn trả lại các chất dinh dưỡng vào chu trình
(Theo Odum, 1978)

3.2. DÒNG NĂNG LƯỢNG VÀ NĂNG SUẤT SINH HỌC TRONG HỆ SINH THÁI

3.2.1. Khái niệm cơ bản về dòng năng lượng trong hệ sinh thái

Sự vận động của vật chất trong hệ sinh thái thường phải trải qua một chu trình gồm ba giai đoạn cơ bản như sau : giai đoạn hình thành, giai đoạn tích tụ trong cơ thể sinh vật và giai đoạn phân huỷ. Ba quá trình này liên quan chặt chẽ với nhau và quyết định đến khả năng sản xuất ra chất sống của quần xã sinh vật trong hệ sinh thái. Khả năng sản xuất ra chất sống để làm tăng khối lượng sinh vật trong hệ sinh thái là một tính chất và chức năng cơ bản của hệ sinh thái và được gọi là năng suất sinh học.

3.2.1.1. Một số khái niệm cơ bản

Để có những hiểu biết về dòng năng lượng trong hệ sinh thái, chúng ta cần phải làm rõ những khái niệm cơ bản sau :

* *Sản lượng sinh vật toàn phần (PB hay A)* là lượng chất sống (hay số năng lượng) do một cơ thể hoặc tất cả các cơ thể sinh vật trong một bậc dinh dưỡng sản sinh ra trong một khoảng thời gian nhất định (một ngày, một năm...) trên một đơn vị diện tích (1 m^2 , 1 ha ...). Sản lượng sinh vật của cả quần xã là tổng sản lượng sinh vật của các bậc dinh dưỡng trong quần xã. Để quy lượng chất sống (g, kg chất sống) ra số năng lượng (cal, kcal), có thể sử dụng mức quy đổi sau : 1 gam đường tương đương với 4 kcal, 1 gam prôtêin tương đương với 4 kcal, 1 gam lipit tương đương với 9 kcal, hoặc 1 gam thân cây gỗ tương đương với 4,5 kcal, 1 gam lá tươi tương đương với 4,7 kcal, 1 gam thảm mục dưới tán rừng tương đương với 4,5 kcal.

* *Sản lượng sinh vật thực tế (PN hay PS)* là sản lượng sinh vật toàn phần trừ đi phần chất sống (hay số năng lượng) đã bị tiêu hao trong quá trình hô hấp. Đây là lượng chất hữu cơ được tích lũy để làm tăng khối lượng sinh vật trong quần xã.

* *Sản lượng sinh vật ban đầu (hay sản lượng sinh vật sơ cấp)* có thể là sản lượng ban đầu toàn phần (PB) hay sản lượng thực tế (PN).

* *Sản lượng sinh vật thứ sinh* là có thể là sản lượng ban đầu toàn phần (PB) hay sản lượng thực tế (PN) đối với sinh vật tiêu dùng.

* *Sản lượng sinh vật riêng hay tốc độ đổi mới của sinh vật lượng P/B* (trong đó P là sản lượng sinh vật toàn phần hoặc thực tế, B là sinh vật lượng)

biểu thị sản lượng sinh vật của một đơn vị sinh vật lượng trong một khoảng thời gian nhất định. Sản lượng sinh vật riêng có thể dùng để so sánh khả năng sản sinh ra chất sống giữa các quần thể hay quần xã sinh vật với nhau.

Không nên nhầm lẫn giữa hai khái niệm sản lượng sinh vật (P) và sinh vật lượng hay sinh khối (B). Sinh vật lượng là khối lượng sinh vật (lượng chất sống hay số lượng năng lượng tương đương) có mặt trong hệ sinh thái và được định lượng ở một thời điểm nhất định. Các số liệu về sinh vật lượng của một bậc dinh dưỡng hoặc của một hệ sinh thái cho chúng ta biết ở từng thời điểm nhất định nào đó khối lượng sinh vật hiện có (hoặc số năng lượng tương đương) là bao nhiêu chứ không cho biết khối lượng sinh vật đó được sản xuất ra trong khoảng thời gian xác định cụ thể nào.

3.2.1.2. Dòng năng lượng trong hệ sinh thái

Để tồn tại và phát triển, cơ thể sinh vật cần phải có năng lượng để duy trì bốn loại hoạt động sau : duy trì hoạt động trong điều kiện cơ sở (năng lượng tiêu hao trong điều kiện cơ sở) ; duy trì hoạt động sống với những cơ thể có khả năng vận chuyển (năng lượng tiêu hao trong điều kiện hoạt động) ; duy trì quá trình sản sinh ra chất sống mới ; duy trì quá trình tạo ra các sản phẩm sinh sản (trứng, phôi, hạt...) và tạo chất dự trữ. Trong một hệ sinh thái cụ thể, nguồn năng lượng này có thể là ánh sáng mặt trời (quang năng) cho các loài sinh vật tự dưỡng hoặc là chất sinh hoá (hoá năng) cho các loài sinh vật dị dưỡng. Nhưng ở mức độ sinh quyển thì năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng cơ sở duy nhất cho mọi loài sinh vật trên Trái Đất. Trong hệ sinh thái, năng lượng được vận chuyển, tích tụ qua các mắt xích trong các chuỗi và lưới thức ăn, đi ra khỏi hệ dưới dạng nhiệt hay các sản phẩm sinh học. Sự chuyển hoá năng lượng trong hệ sinh thái cũng tuân theo các định luật cơ bản của nhiệt động học. Định luật thứ nhất của nhiệt động học khẳng định rằng năng lượng không tự nhiên sinh ra và cũng không tự nhiên mất đi mà chuyển từ dạng này sang dạng khác. Quá trình chuyển hoá năng lượng này tuân theo định luật thứ hai của nhiệt động học và được phát biểu như sau : “Trong quá trình sử dụng nhiệt năng, một phần năng lượng luôn luôn bị mất đi nên hiệu suất tự chuyển hoá động năng (như dạng ánh sáng) sang thế năng (như dạng hoá năng của hợp chất nguyên sinh) luôn luôn thấp hơn 100%”.

Tính chất nhiệt động học quan trọng của cơ thể sống nói riêng và của quần xã sinh vật, của hệ sinh thái và cả sinh quyển nói chung là khả năng

tạo ra và duy trì tính trật tự bên trong ở mức độ cao (cấu trúc phức tạp của sinh khối được duy trì phụ thuộc vào quá trình hô hấp), hoặc là trạng thái có entropi thấp. Entropi là mức độ hỗn loạn hoặc số năng lượng bị mất đi không sử dụng được trong quá trình chuyển hoá năng lượng. Hệ thống có entropi thấp là hệ thống mà trong đó thường xuyên xảy ra sự khuếch tán năng lượng dễ sử dụng (như năng lượng dưới dạng ánh sáng hoặc năng lượng dinh dưỡng) hoặc năng lượng được chuyển thành dạng khó sử dụng (như dưới dạng nhiệt năng).

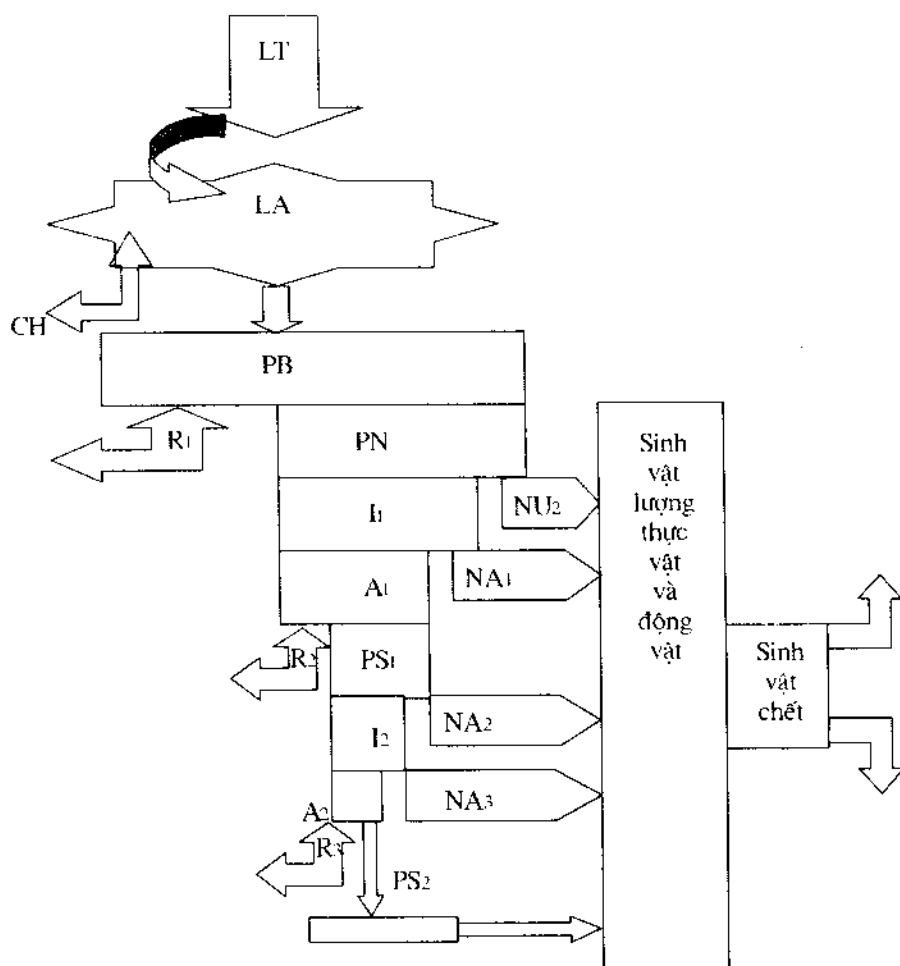
Như vậy, ánh sáng mặt trời là nguồn năng lượng cơ sở xâm nhập vào hệ sinh thái thông qua quá trình quang hợp nhờ các loài thực vật có chất diệp lục. Năng lượng được truyền từ cơ thể sống này sang cơ thể sống khác dưới dạng thức ăn. Vì vậy, về thực chất, dòng năng lượng trong hệ sinh thái là sự vận chuyển thức ăn qua các mắt xích thức ăn, qua các bậc dinh dưỡng và các chuỗi trong lưới thức ăn. Quá trình vận chuyển này mạnh hay yếu, phụ thuộc vào từng quần xã sinh vật, cụ thể là khả năng sử dụng nguồn năng lượng mặt trời của các loài sinh vật tự dưỡng và khả năng chuyển hoá năng lượng ở mỗi bậc dinh dưỡng trong quá trình sử dụng nguồn sống của môi trường. Có thể mô tả các dòng năng lượng chính trong hệ sinh thái như sau :

Trong toàn bộ năng lượng mặt trời dưới dạng ánh sáng chiếu xuống Trái Đất (tạm gọi là LT), một phần lớn chuyển hoá thành nhiệt năng phát tán vào khí quyển và một phần không nhỏ nữa được phản chiếu trở lại khí quyển dưới dạng ánh sáng (cả hai phần năng lượng không được sử dụng này tạm gọi là NU₁). Chỉ một tỷ lệ rất nhỏ năng lượng ánh sáng mặt trời, khoảng 1% – 5%, được cây xanh hấp thụ (tạm gọi là LA). Song thực vật có diệp lục chỉ sử dụng một phần lượng năng lượng này trong quá trình quang hợp và chuyển hoá thành năng lượng hoá học trong các hợp chất hữu cơ sinh học hay sản lượng sinh học toàn phần ban đầu (PB), còn một phần năng lượng đó bị mất đi dưới dạng nhiệt (tạm gọi phần này là CH). Sản lượng sinh vật toàn phần ban đầu được cây xanh tiêu hao một phần trong quá trình hô hấp (tạm gọi là R), số còn lại được sử dụng để xây dựng khối lượng ở thực vật, hình thành nên sản lượng sinh vật thực tế ban đầu (PN). Như vậy, tổng số năng lượng được thực vật có diệp lục sử dụng là : $PB = PN + R$.

Năng lượng được tích lũy trong thực vật PN, một phần được sử dụng làm thức ăn cho động vật và các loài sinh vật hoại sinh, còn một phần không được dùng đến còn lại dưới dạng sinh khối thực vật góp phần tạo

thành sinh vật lượng của quần xã. Phần năng lượng được sử dụng làm thức ăn cho các loài sinh vật dị dưỡng được vận chuyển trong hệ sinh thái qua các mắt xích thức ăn, chuỗi thức ăn và lưới thức ăn. Các loài động vật ăn thực vật cũng chỉ sử dụng được một phần năng lượng I_1 có trong thức ăn thực vật để xây dựng sản lượng toàn phần ở sinh vật tiêu thụ cấp 1 (A_1), phần còn lại bị mất đi do quá trình bài tiết (NA_1). Một phần năng lượng của sản lượng toàn phần A_1 được sử dụng để xây dựng cơ thể sinh vật tiêu thụ cấp 1, hình thành nên sản lượng thực tế thứ sinh (PS_1), còn một phần bị mất đi trong quá trình hô hấp (R_2). Nói chung, sinh vật tiêu thụ cấp 1 mà chủ yếu là các loài động vật ăn thực vật, chỉ tích lũy được khoảng 10% tổng số năng lượng do thức ăn thực vật cung cấp. Như vậy, tổng số năng lượng được sử dụng ở bậc dinh dưỡng sinh vật tiêu thụ cấp 1 là : $A_1 = PS_1 + R_2$. Tương tự như vậy, tổng số năng lượng được sử dụng ở sinh vật tiêu thụ cấp 2 là : $A_2 = PS_2 + R_3$, ở sinh vật tiêu thụ cấp 3 là : $A_3 = PS_3 + R_4 \dots$ Các loài sinh vật ở các bậc sinh vật tiêu thụ cấp 2, 3... cũng chỉ sử dụng được khoảng 10% tổng số năng lượng do con mồi cung cấp. Khối lượng sinh vật không được sử dụng làm thức ăn được tích lại trong hệ sinh thái hoặc chuyển sang các sinh vật hoại sinh hoặc bị rửa trôi ra khỏi hệ do nhiều nguyên nhân khác nhau. Ở mỗi bậc dinh dưỡng các loài sinh vật sử dụng một phần năng lượng cho quá trình hô hấp và giải phóng nhiệt ra khỏi hệ sinh thái. Vì trong thực tế, hệ sinh thái là một hệ thống hở, nên có thể có nhiều nguồn năng lượng xâm nhập vào như sự rửa trôi hoặc nhập cư các nguồn nguyên liệu hữu cơ và các loài sinh vật từ các hệ sinh thái lân cận, các dòng chảy đổ vào các hệ sinh thái thủy vực... và vì thế có thể gây nên một số xáo trộn trong sự vận động của dòng năng lượng trong hệ.

Trên hình 3.12, trình bày sơ đồ chuyển hoá năng lượng trong một chuỗi thức ăn gồm ba bậc dinh dưỡng : sinh vật sản xuất (thực vật có diệp lục), sinh vật tiêu thụ cấp 1 (động vật ăn thực vật), sinh vật tiêu thụ cấp 2 (động vật ăn thịt).



Hình 3.12. Sơ đồ chuyển hoá năng lượng trong chuỗi thức ăn có ba bậc dinh dưỡng (Theo Phan Nguyên Hồng, trang 172)

3.2.2. Khái niệm cơ bản về hiệu suất sinh thái

Hiệu suất sinh thái là tỷ lệ chuyển hoá năng lượng (%) giữa các bậc dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn.

3.2.2.1. Hiệu suất quang hợp (PB/LT hay PN/LT)

Là tỷ lệ giữa số năng lượng mà thực vật có diệp lục sử dụng để tạo thành chất hữu cơ trong quá trình quang hợp (PB) hay sản lượng sinh vật thực tế ban đầu (PN) so với tổng số năng lượng do Mặt Trời cung cấp dưới dạng ánh sáng (LT). Trong thực tế, hiệu suất này thường rất thấp, chỉ đạt khoảng 0,1 – 0,5%. Trong quy mô cả sinh quyển, hiệu suất này vào khoảng 0,1%.

3.2.2.2. Hiệu suất sinh thái ở bậc tiêu thụ cấp 1 (A_1/PB hay PS_1/PN)

Là tỷ lệ giữa sản lượng toàn phần của sinh vật tiêu thụ cấp 1 A_1 với sản lượng sinh vật toàn phần ban đầu của sinh vật sản xuất PB hay tỷ lệ giữa sản lượng thực thể thứ sinh PS_1 với sản lượng thực thể ban đầu PN.

3.2.2.3. Hiệu suất sinh thái ở bậc tiêu thụ cấp 2 (A_2/A_1 hay PS_2/PS_1)

Là tỷ lệ giữa sản lượng toàn phần của sinh vật ở bậc tiêu thụ cấp 2 A_2 với sản lượng toàn phần của sinh vật ở bậc tiêu thụ cấp 1 A_1 hay là tỷ lệ giữa sản lượng thực thể thứ sinh của sinh vật ở bậc tiêu thụ cấp 2 PS_2 với sản lượng thực thể thứ sinh của sinh vật ở bậc tiêu thụ cấp 1 PS_1 .

Trong tự nhiên, sự mất mát năng lượng qua mỗi bậc dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn là rất lớn (lên đến trên 90%) và số năng lượng được sử dụng hữu ích ở mỗi bậc dinh dưỡng là rất nhỏ, vì vậy, trong mỗi chuỗi thức ăn thường có ít bậc dinh dưỡng.

3.2.2.4. Hiệu suất khai thác (A_1/PN đối với sinh vật tiêu thụ cấp 1 và A_j/PS đối với sinh vật tiêu thụ cấp 2 trở lên)

Chỉ số này biểu thị khả năng sử dụng nguồn thức ăn của sinh vật tiêu thụ, qua đó cho thấy tỷ lệ năng lượng do không sử dụng hết nguồn thức ăn có sẵn trong môi trường.

3.2.2.5. Hiệu suất đồng hoá (A/I)

Chỉ số này cho thấy khả năng đồng hoá năng lượng tiềm tàng trong thức ăn, qua đó cho thấy tỷ lệ năng lượng bị mất đi trong quá trình bài tiết. Hiệu suất đồng hoá ở các loài động vật có xương sống thường cao hơn so với ở động vật không xương sống. Ví dụ, hiệu suất đồng hoá thức ăn ở lợn là 76%, trong khi đó ở loài sâu đá *Glomeris* (một loài động vật phân huỷ) hiệu suất này là 10%. *Glomeris* tăng trưởng chậm, chúng chỉ sử dụng một phần năng lượng có trong thức ăn, còn phần lớn năng lượng bị thải ra môi trường bên ngoài. Hiệu suất đồng hoá thức ăn ở các loài động vật ăn thịt thường cao hơn ở các loài động vật ăn thực vật và ở sinh vật phân huỷ. Điều này một phần phụ thuộc vào khả năng đồng hoá của sinh vật, một phần nữa phụ thuộc vào tính chất của thức ăn. Ví dụ, hiệu suất đồng hoá thức ăn ở các loài động vật biến nhiệt ăn thực vật là 39%, ở động vật biến nhiệt ăn thịt là 77% và ở sinh vật biến nhiệt phân huỷ là 38% ; ở động vật hằng nhiệt ăn thực vật, hiệu suất này là 65%, ở động vật hằng nhiệt ăn thịt là 88%.

3.2.2.6. Hiệu suất tăng trưởng mô (PS/A)

Là chỉ số biểu thị khả năng sử dụng năng lượng để xây dựng các mô từ tổng số năng lượng mà sinh vật đã đồng hoá được. Chỉ số này gián tiếp cho thấy phần năng lượng đã bị mất đi trong quá trình hô hấp. Hiệu suất tăng trưởng mô ở các loài động vật biến nhiệt thường cao hơn nhiều so với ở các loài động vật hằng nhiệt. Ví dụ, ở loài sêu đá *Glomeris* hiệu suất này là 13%, ở *Mitopus*, một loài động vật không xương sống ăn thịt, hiệu suất này là 55%, ở loài côn trùng ăn thực vật *Hyphantria* là 57%, còn ở các loài thú ăn côn trùng hiệu suất này trung bình là 0,9%, ở chim là khoảng 1,3%.

3.2.2.7. Hiệu suất tăng trưởng chung (PS/I)

Biểu thị khả năng của sinh vật sử dụng năng lượng có trong thức ăn để tăng trưởng cơ thể, qua chỉ số này cũng cho thấy phần năng lượng bị mất đi do hô hấp và bài tiết. Hiệu suất tăng trưởng chung ở các loài động vật biến nhiệt thường cao hơn ở các loài động vật hằng nhiệt. Ví dụ, hiệu suất tăng trưởng chung ở lợn là 9%, ở *Mitopus* là 20%, ở *Hyphantria* là 17%.

3.2.2.8. Một số nhận xét về hiệu suất sinh thái

* Sự chuyển hoá năng lượng qua các bậc dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn luôn luôn có sự mất mát đáng kể.

* Sự chuyển hoá năng lượng có trong thức ăn trong một khoảng thời gian nhất định với một khối lượng nhất định để xây dựng chất sống ở các loài sinh vật khác nhau là không giống nhau. Động vật hằng nhiệt có sản lượng sinh học thấp hơn so với các loài động vật biến nhiệt vì một phần lớn năng lượng của chúng đã phải tiêu hao cho sự duy trì nhiệt độ cơ thể ổn định, do đó, sự tăng trưởng sẽ kém đi. Ví dụ, cá ăn thực vật nuôi trong các ao hồ đủ thức ăn tăng trọng cao hơn trâu, bò chăn thả trên đồng cỏ đến 2,5 lần.

* Các loài động vật ăn thực vật nổi ở biển có hiệu suất tăng trưởng chung cao là do chúng có khả năng đồng hoá thức ăn cao, thức ăn là thực vật nổi giàu chất dinh dưỡng và có lượng xenlulôza nhỏ. Mặt khác, ở biển, lượng thực vật nổi là các loài tảo đơn bào rất lớn nên các loài động vật này không bị tiêu hao năng lượng để tìm bắt mồi và chúng cũng là những loài sinh vật biến nhiệt nên không phải chi phí năng lượng để duy trì nhiệt độ cơ thể ổn định. Ví dụ, loài sò Nhật Bản *Crossostrea gigas* nuôi ở biển có sản lượng tăng trưởng đến hơn 15 tấn/ha/năm, trong đó riêng lượng thịt là 8,3 tấn, cao hơn ở bò nuôi đến 15 lần.

3.3. SẢN LƯỢNG BAN ĐẦU

3.3.1. Các phương pháp xác định sản lượng ban đầu

Sản lượng ban đầu của hệ sinh thái được các loài sinh vật sản xuất, chủ yếu là thực vật có diệp lục, tạo nên trong quá trình quang hợp hoặc hoá tổng hợp. Vì vậy, để xác định sản lượng ban đầu của hệ sinh thái phải dựa trên cơ sở tính toán cường độ quang hợp của thực vật trên một đơn vị diện tích hay đơn vị thể tích khối nước trong trường hợp ở trong hệ sinh thái thủy vực.

3.3.1.1. Phương pháp thu mẫu định kỳ

Phương pháp này thường được sử dụng đối với các hệ sinh thái mà trong đó sinh vật sản xuất là các loài thực vật một hoặc hai năm và các loài sinh vật ăn thực vật không có vai trò rõ rệt. Trong phương pháp này, toàn bộ khối lượng thực vật trên các diện tích thí nghiệm được thu thập theo định kỳ nhất định, sau đó được sấy khô và đo số calo sản sinh ra trong bơm nhiệt lượng kế.

3.3.1.2. Phương pháp tính số lượng khí oxy (O_2)

Vì sự sản xuất ra thức ăn tỷ lệ thuận với sản lượng khí oxy nên có thể dùng sản lượng oxy để tính sản lượng ban đầu của hệ sinh thái. Phương pháp này được sử dụng chủ yếu cho các loài thực vật ở nước và dựa trên cơ sở “bình tối, bình sáng”. Trong phương pháp này, tổng số oxy được thải ra trong bình sáng (có mặt của cả hai quá trình quang hợp và hô hấp) và lượng oxy tiêu thụ trong bình tối (chỉ có quá trình hô hấp) sẽ cho ta biết sản lượng ban đầu của một hệ sinh thái thủy vực. Đối với nhiều loài thực vật và vi khuẩn, sự hô hấp của chúng trong bình tối và bình sáng là như nhau và phương pháp này sẽ cho kết quả tương đối chính xác. Tuy nhiên, gần đây nhiều nhà nghiên cứu đã nhận thấy rằng một số loài thực vật có sự hô hấp khác nhau trong bình tối và bình sáng. Đối với những loài này, phương pháp xác định sản lượng oxy bằng bình tối, bình sáng sẽ cho kết quả không chính xác.

3.3.1.3. Phương pháp tính số lượng khí cacbonic (CO_2)

Cơ sở khoa học của phương pháp này cũng giống như phương pháp xác định sản lượng khí oxy nhưng phương pháp này được áp dụng cho các hệ sinh thái trên cạn. Trong phương pháp này, người ta xác định lượng khí cacbonic mất đi trong bình sáng (có mặt của cả hai quá trình quang hợp và hô hấp) sau đó cộng với lượng khí cacbonic gia tăng trong bình tối (chỉ có quá trình hô hấp). Lượng khí cacbonic này sẽ cho biết sản lượng toàn phần ban đầu của một hệ sinh thái trên cạn.

3.3.1.4. Phương pháp xác định độ pH của môi trường nước

Phương pháp này thường được sử dụng đối với các hệ sinh thái thủy vực. Trong các hệ sinh thái ở nước, độ pH của nước phụ thuộc vào nồng độ CO_2 hoà tan trong nước còn nồng độ CO_2 lại phụ thuộc vào quá trình quang hợp và hô hấp : giảm đi do quang hợp và tăng lên trong hô hấp. Muốn sử dụng độ pH của môi trường nước để xác định sản lượng toàn phần ban đầu của một hệ sinh thái ở nước, trước tiên cần phải thiết lập được đường cong tiêu chuẩn của độ pH của thủy vực cần nghiên cứu (Beyers, 1964). Phương pháp sử dụng độ pH để xác định sản lượng ban đầu toàn phần đặc biệt thích hợp với các vi hệ sinh thái trong phòng thí nghiệm.

3.3.1.5. Phương pháp xác định sự tiêu hao nguyên liệu

Sản lượng ban đầu có thể được xác định không những dựa vào tốc độ hình thành các chất hữu cơ mà còn có thể dựa vào tốc độ tiêu hao nguyên liệu khoáng. Trong một số hệ sinh thái, nơi mà có các yếu tố xâm nhập không ổn định như photpho và nitơ, cho dù chỉ có một lần trong một năm thì tốc độ giảm nồng độ của các chất đó có thể là một tiêu chuẩn thích hợp để tính ra sản lượng ban đầu. Đối với một số hệ sinh thái thủy vực, như các hệ sinh thái ở biển, người ta có thể dựa vào sự tích tụ photpho và nitơ vào mùa đông và tiêu thụ chúng vào mùa xuân để tính sản lượng ban đầu của cả hệ sinh thái. Phương pháp này cần phải được áp dụng một cách thận trọng bởi vì sự mất mát của nguyên liệu có khi không phải do các loài sinh vật gây nên.

3.3.1.6. Phương pháp đồng vị phóng xạ

Một trong những phương pháp tính sản lượng ban đầu phổ biến nhất hiện nay bổ sung thêm một lượng cacbon phóng xạ ^{14}C ở dạng cacbonat vào nước, sau đó thu lấy các sinh vật nổi, sấy khô và định lượng bằng máy đếm.

3.3.1.7. Phương pháp xác định điệp lục

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng số lượng điệp lục là thước đo sản lượng tổng số ban đầu, vì vậy phương pháp định lượng điệp lục trong quần xã có thể dùng để tính sản lượng ban đầu của quần xã đó. Sự liên quan giữa hàm lượng tổng số điệp lục với cường độ hô hấp được đặc trưng bởi số lượng 'đồng hoá hoặc năng suất trong 1 gam điệp lục được tính bằng số gam oxy O_2 trong 1 giờ trên 1 gam điệp lục. Nhiều thí nghiệm đã chứng minh được rằng, số liệu về sản lượng ban đầu thu được bằng phương pháp xác định điệp lục

rất gần với số liệu thu được bằng phương pháp bình tối, bình sáng (Odum, Mc Connel và Abbott, 1958).

3.3.2. Một số dẫn liệu về sản lượng ban đầu của sinh quyển

3.3.2.1. Sản lượng ban đầu toàn phần của toàn sinh quyển

Tổng năng lượng của Mặt Trời dưới dạng ánh sáng mà Trái Đất nhận được là $610 \cdot 10^{18}$ kcal/năm. Sản lượng ban đầu của phân lục địa là $117,5 \cdot 10^9$ T/năm chất khô, ứng với $156 \cdot 10^{15}$ kcal/năm ; sản lượng ban đầu của hệ sinh thái biển là $55 \cdot 10^9$ T/năm. Sản lượng trên ứng với hiệu suất quang hợp trên phạm vi toàn Trái Đất là 0,12%, trong đó, ở lục địa là 0,25% và ngoài biển là 0,06%. Số lượng khí cacbonic được cố định hằng năm là $85 \cdot 10^9$ tấn, chiếm 13% tổng lượng cacbonic có trong khí quyển.

3.3.2.2. Phân bố sản lượng ban đầu theo các khu vực trên Trái Đất

Căn cứ vào tỷ lệ phân chia tổng sản lượng ban đầu ở các vùng trên Trái Đất, người ta chia Trái Đất thành bốn vùng (Odum, 1959) như sau :

* Ngoài biển khơi và những vùng đất hoang mạc trong lục địa có tổng sản lượng ban đầu rất thấp : không vượt quá $100 \text{ gam/m}^2/\text{năm}$ ở ngoài biển khơi và hầu như bằng 0 trong một số hoang mạc.

* Các đồng cỏ vùng bán khô hạn, các diện tích đất nông nghiệp canh tác tạm thời, các thủy vực nước sâu, các hệ sinh thái rừng vùng ôn đới, vùng ven biển... sản lượng ban đầu thấp, thay đổi từ $150 \text{ g/m}^2/\text{năm}$ đến $1000 \text{ g/m}^2/\text{năm}$, trung bình khoảng $300 \text{ g/m}^2/\text{năm}$.

* Các hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới, các thủy vực nước nông, các diện tích đất nông nghiệp được thâm canh cho sản lượng ban đầu khá cao, trung bình từ $600 \text{ g/m}^2/\text{năm}$ đến trên $1000 \text{ g/m}^2/\text{năm}$.

* Một số hệ sinh thái đặc biệt có sản lượng ban đầu rất cao, vượt quá $2000 \text{ g/m}^2/\text{năm}$, như vùng cửa sông, các bãi san hô, các vùng đất phù sa mới được bồi, các diện tích đất nông nghiệp được thâm canh cao.

3.3.2.3. Những yếu tố ảnh hưởng đến sản lượng ban đầu toàn phần của hệ sinh thái

Sản lượng ban đầu toàn phần phụ thuộc vào nhiều yếu tố : năng lượng mặt trời nhận được, thành phần của môi trường nước, các yếu tố khoáng, điều kiện thuận lợi của môi trường, khả năng của quần xã sinh vật sử dụng các yếu tố trên. Các vùng biển khơi thiếu các muối dinh dưỡng và vùng

hoang mạc thiếu nước nên có sản lượng ban đầu toàn phần rất thấp. Sản lượng ban đầu của các hệ sinh thái rừng cao hơn các hệ sinh thái đồng cỏ vì trong hệ sinh thái rừng tính đa dạng của sinh vật, đặc biệt là của thực vật cao hơn, hiện tượng phân tầng trong rừng cũng tăng hiệu quả sử dụng năng lượng ánh sáng mặt trời. Trong các thủy vực, sản lượng phụ thuộc vào độ sâu vì độ sâu của tầng nước là cản trở đối với sự xâm nhập của ánh sáng mặt trời trong hệ sinh thái thủy vực. Ở các vùng nhiệt đới và xích đạo có nhiều hệ sinh thái có sản lượng ban đầu toàn phần cao vì ở đây có đầy đủ độ ẩm, có nhiệt độ thích hợp cho các loài sinh vật sinh trưởng và phát triển và được chiếu sáng quanh năm.

3.3.3. Một số dẫn liệu về sản lượng thứ sinh

3.3.3.1. Những khó khăn trong việc xác định sản lượng thứ sinh

Việc xác định sản lượng thứ sinh ở mức độ quần thể, ở các bậc dinh dưỡng và trong hệ sinh thái trong tự nhiên là đặc biệt khó khăn vì thành phần thức ăn, chế độ tiêu thụ thức ăn, tập tính tiêu thụ thức ăn của các loài sinh vật tiêu thụ rất đa dạng và thay đổi theo lứa tuổi, theo mùa trong năm. Ngoài ra, các loài sinh vật tiêu thụ thường chỉ sử dụng một phần lượng thức ăn có trong tự nhiên, trong đó, một phần thức ăn đã sử dụng được đồng hoá, còn một phần lại được thải ra ngoài... Tất cả những khó khăn đó làm cho việc xác định sản lượng thứ sinh ngoài tự nhiên rất phức tạp và thường không chính xác.

Việc xác định sản lượng thứ sinh trong các điều kiện nuôi trồng thường đơn giản hơn nhiều. Đối với các động vật nuôi, quá trình xác định sản lượng thứ sinh được thực hiện như sau : xác định khối lượng thức ăn đã sử dụng (tạm gọi là I), xác định lượng chất thải đã thải ra (NA) từ đó suy ra khối lượng thức ăn đã được đồng hoá (A). Sau đó, xác định lượng năng lượng đã bị mất đi trong quá trình hô hấp (R) bằng cách xác định giá trị trung bình của lượng khí oxy đã hấp thụ. Sự tăng trọng lượng cơ thể chính là sản lượng thứ sinh (PS). Từ những số liệu trên có thể tính được sản lượng thứ sinh toàn phần A là :

$$A = I - NA = PS + R.$$

3.3.3.2. Một số kết quả về nghiên cứu sản lượng thứ sinh

* Ở mức độ quần thể

Có thể lấy ví dụ về xác định sản lượng thứ sinh của quần thể linh dương *Adenata kob thomasini* trong khu bảo vệ Tôrô ở Ruanda (dẫn theo Phan Nguyên Hồng, 1971). Diện tích khu vực thí nghiệm rộng khoảng 4000 km², quần thể linh dương có 1500 cá thể với sinh khối lúc bắt đầu nghiên cứu (B) là 2174 kg/m². Kết quả thu được như sau : lượng thức ăn tiêu thụ $I = 74,1 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, lượng thức ăn đã đồng hoá $A = 62,4 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, lượng năng lượng mất đi do hô hấp $R = 61,6 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, sản lượng thứ sinh thực tế của quần thể linh dương này là $PS = A - R = 62,4 \text{ kcal/m}^2/\text{năm} - 61,6 \text{ kcal/m}^2/\text{năm} = 0,8 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$ ứng với một khối lượng chất sống là 577 kg/m²/năm và hiệu suất tăng trưởng chung của cả quần thể linh dương này là $PS/I = 0,8/74,1 \approx 1\%$ (nói chung là thấp).

Trong bảng 3.1 trình bày các khoản chi phí về năng lượng và sản lượng sinh vật thứ sinh của một số loài thú : hươu *Odocoileus virginianus*, voi *Loxodonta africa*, chuột *Microtus pennsylvanicus* và bò nhà *Bos taurus* (Dajoz, 1985).

Bảng 3.1. Chi phí năng lượng và sản lượng sinh vật thứ sinh của bốn loài thú theo Dajoz, 1985 (đơn vị tính kcal/m²/năm)

Sản lượng và hiệu suất sinh thái	Hươu	Voi	Chuột	Bò nhà
Sinh vật lượng	1,3	7,1	0,2	7,5
Lượng thức ăn tiêu thụ	52,6	71,6	25,0	14,3
Sản lượng thứ sinh toàn phần	39,5	23,0	17,5	—
Sản lượng thứ sinh thực tế	0,64	0,34	0,5	0,85
Hiệu suất tăng trưởng chung	0,012	0,005	0,020	0,060
Hiệu suất đồng hoá	0,80	0,30	0,70	—
Sản lượng sinh vật riêng	0,490	0,047	2,500	0,110

Qua bảng trên có thể thấy, sản lượng thứ sinh toàn phần của sinh vật thay đổi theo từng loài cụ thể. Sản lượng thứ sinh thực tế phụ thuộc vào khả năng đồng hoá thức ăn của từng loài và khả năng này phụ thuộc trực tiếp vào kích thước của cơ thể sinh vật. Mặc dù hiệu suất đồng hoá thức ăn của các loài nêu trên không khác nhau nhiều lắm, song sự tăng trưởng về sinh khối lại thay đổi rất lớn và phụ thuộc vào sức sinh sản của loài : ở loài chuột *M. pennsylvanicus* mỗi năm sinh khối của quần thể tăng lên đến 2,5 lần ; ở loài hươu *O. virginianus* là 0,49 ; ở bò nhà là 0,11 ; còn ở loài voi *L. africa*

thì rất thấp, chỉ vào khoảng 0,047. Từ đó có thể rút ra một nhận xét mang tính kinh tế như sau : nếu chăn nuôi thú cỡ nhỏ nhưng có sức sinh sản cao thì sản lượng thu được sẽ lớn. Ví dụ, nếu so sánh mức chi phí về sản lượng đạt được giữa việc nuôi một con bò nặng 600 kg với việc nuôi 300 con thỏ mỗi con nặng 2 kg (tổng khối lượng như nhau) thì sản lượng đạt được của thỏ sẽ cao hơn của bò đến 4 lần. Trong bảng 3.2 dẫn ra mức chi phí và năng lượng thu được trong việc nuôi 1 con bò nặng 600 kg với việc nuôi 300 con thỏ với tổng khối lượng tương đương (Dajoz, 1985).

Bảng 3.2. Các khoản chi phí và năng lượng thu được trong việc nuôi bò và thỏ với khối lượng tương đương

Các chỉ tiêu	1 con bò	300 con thỏ
Sinh vật lượng (kg)	600	600
Lượng thức ăn tiêu thụ (kg/ngày)	7,5	300
Năng lượng mất đi do hô hấp (kcal)	20000	80000
Lượng tăng trọng theo ngày (kg/ngày)	0,9	3,6
Lượng tăng trọng theo thức ăn (kg/T)	108	108
Sử dụng 3 tấn cỏ đủ dùng cho (ngày)	365	90

Nói chung, hiệu suất sử dụng thức ăn thực vật ở các loài động vật tiêu thụ là thấp, chỉ vào khoảng 1% đến 10%, tuy nhiên, nếu vật tiêu thụ cấp 1 sử dụng thức ăn là các loài thực vật nổi *Phytoplanton* thì hiệu suất sử dụng thức ăn có thể lên đến 99%. Tính chất của thức ăn còn có vai trò quan trọng đối với hiệu suất tăng trưởng chung. Người ta đã theo dõi ở loài bọ cánh đều *Philaenus spumarius* và thấy rằng hiệu suất tăng trưởng chung của loài này khi sinh sống ở đồng cỏ bỏ hoang là 4,8%, nhưng khi sống trên cánh đồng trồng cỏ ba lá *Trifolium* thì hiệu suất tăng trưởng chung sẽ tăng lên đến 16%.

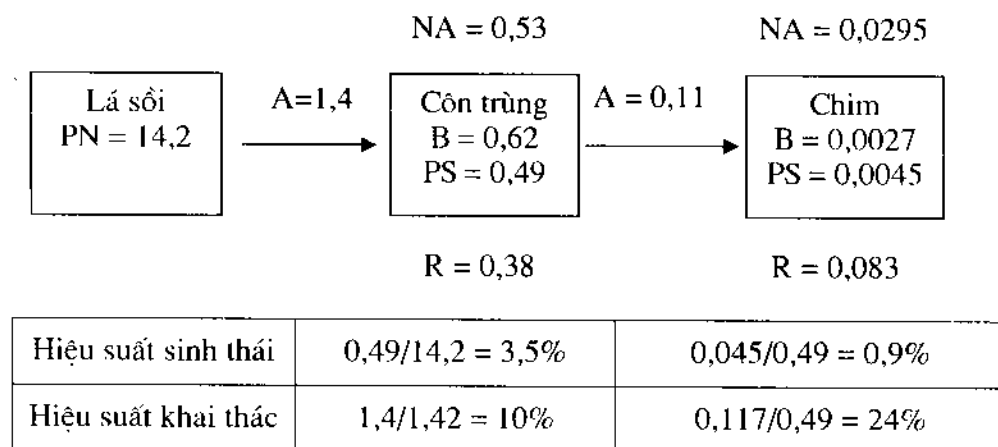
Trong các hệ sinh thái trên cạn, sinh khối động vật chỉ chiếm khoảng 1% so với sinh khối thực vật. Trên quy mô toàn cầu thì tỷ lệ giữa sinh khối thực vật và sinh khối động vật giảm dần từ thảo nguyên lạnh đến thảo nguyên có cây gỗ, đài nguyên, rừng taiga rồi đến các hệ sinh thái phía nam. Nếu chấp nhận giả thuyết sinh khối tỷ lệ thuận với sản lượng sinh vật thứ sinh ở một vùng thì các quần hệ cỏ ở vùng nhiệt đới có sản lượng sinh vật thứ sinh toàn phần cao hơn so với các quần hệ cỏ ở vùng cực, vùng ôn đới và các hệ sinh thái rừng. Ví dụ, sinh khối các loài thú hoang dã lớn trên các đồng cỏ ở

Ruanda, Ruchuru ở châu Phi vào khoảng 24,4 tấn/km², còn ở trong các hệ sinh thái rừng vùng Ecốt với một vài loài hươu là 1 tấn/km², trên đài nguyên với loài hươu *Cervus* là 0,8 tấn/km², trong vùng bán hoang mạc Tây Bắc Pricaspia với loài sơn dương *Saiga* là 0,35 tấn/km².

* Ở mức độ chuỗi thức ăn

Ví dụ về xác định sản lượng thứ sinh ở mức độ chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái rừng sồi *Quercus* ở Ispina (Ba Lan). Chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái này mở đầu bằng sinh vật sản xuất là cây sồi *Quercus*, sinh vật tiêu thụ cấp 1 là loài côn trùng cánh phấn ăn lá *Tortrix viridana* và một số loài khác, sinh vật tiêu thụ cấp 2 là các loài chim ăn côn trùng. Sản lượng sinh vật thứ sinh ở các bậc dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn này được giới thiệu trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Sự chuyển hoá năng lượng, sản lượng thứ sinh và hiệu suất sinh thái trong chuỗi thức ăn “Cây sồi → Côn trùng cánh phấn → Chim ăn thịt”. Đơn vị tính 106 kcal/ha/năm (Medweeka và cộng sự, 1974).



* Ở mức độ hệ sinh thái

Đặng Ngọc Thanh (1983), khi nghiên cứu về năng suất sinh học của hồ Tây (Hà Nội) đã chỉ ra rằng sản lượng sinh vật sơ cấp toàn phần của hồ Tây là 3319 kcal/m²/năm đến 4369 kcal/m²/năm, hiệu suất sản lượng thực tế ở tầng nước mặt thay đổi từ 47% đến 75%. So với các hồ ở vùng ôn đới thì hồ Tây thuộc loại hồ giàu dinh dưỡng, năng suất khai thác cá nuôi đạt 1 tấn/ha/năm. Sự tiêu hao năng lượng do hô hấp ở quần xã sinh vật hồ Tây cao do hồ nông và có nguồn nước thải bổ sung thường xuyên.

Có thể dẫn ra thêm một ví dụ về sản lượng thứ sinh của hệ sinh thái thuộc hệ thống suối Silver Springs ở Florida và hệ sinh thái hồ Cedar Bog ở Minnesota, Mỹ (Linderman, 1942). Ở hệ thống suối Silver Springs : Sản lượng toàn phần là $20810 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, sản lượng thực tế thứ sinh cấp 1 là $1478 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, sản lượng thực tế thứ sinh cấp 2 là $67 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$. Ở hồ Cedar Bog : Sản lượng toàn phần là $1113 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, sản lượng thực tế thứ sinh cấp 1 là $104 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$, sản lượng thực tế thứ sinh cấp 2 là $13 \text{ kcal/m}^2/\text{năm}$. Bảng 3.4 so sánh sản lượng và hiệu suất sinh thái giữa hai hệ sinh thái trên (ở đây hiệu suất khai thác được tính từ số năng lượng được đồng hoá chứ không phải được tính từ số năng lượng thu nhận).

Bảng 3.4. So sánh sản lượng và hiệu suất sinh thái giữa hệ thống suối Silver Springs và hồ Cedar Bog.

Sản lượng và hiệu suất sinh thái	Cedar Bog	Silver Springs
Năng lượng mặt trời nhận được ($\text{kcal/m}^2/\text{năm}$)	1188730	1700000
Sản lượng toàn phần sơ cấp ($\text{kcal/m}^2/\text{năm}$)	1113	20810
Hiệu suất quang hợp (%) :	0,1	1,2
Đối với sinh vật cung cấp	79,0	42,4
Đối với sinh vật tiêu thụ cấp 1	70,3	43,9
Đối với sinh vật tiêu thụ cấp 2	41,9	18,6
Hiệu suất khai thác (%)		
Đối với sinh vật tiêu thụ cấp 1	16,8	38,1
Đối với sinh vật tiêu thụ cấp 2	29,8	27,3
Hiệu suất sinh thái (%)		
Đối với sinh vật tiêu thụ cấp 1	11,6	16,7
Đối với sinh vật tiêu thụ cấp 2	12,5	4,9

Các số liệu ở bảng trên cho thấy, sản lượng toàn phần sơ cấp ở hệ thống suối Silver Springs cao gấp 20 lần so với ở hồ Cedar Bog, song hiệu suất của sản lượng thực tế lại thấp hơn do nhiệt độ nước trong hệ thống suối Silver Springs quá cao. Phần lớn sản lượng sơ cấp ở hồ Cedar Bog không được động vật ăn thực vật sử dụng, ngược lại với ở suối Silver Springs, do đó sản lượng này

lắng đọng xuống đáy hồ dưới dạng chất hữu cơ chết, vì thế hiệu suất khai thác ở sinh vật tiêu thụ cấp 1 là thấp hơn so với ở suối Silver Springs. Tuy nhiên, hiệu suất khai thác của cả hai hệ sinh thái này đều cao, dao động trong khoảng 15% – 40% và hiệu suất sinh thái dao động trong khoảng từ 5% – 17%.

3.3.3.3. Một số nhận xét về sản lượng và hiệu suất sinh thái

Trong những hồ nước sâu, lượng chất dinh dưỡng ở mức nghèo hay trung bình, sản lượng của sinh vật nổi thường chiếm ưu thế. Nếu sản lượng sơ cấp của hồ thấp so với các hệ sinh thái trên môi trường cạn gần kề thì hệ sinh thái hồ này sẽ có các loài thực vật nổi giàu prôtêin nên hiệu suất đồng hoá A/I vẫn cao. Sản lượng của sinh vật riêng P/B cao là do chu kỳ đổi mới sinh vật lượng cao vì các loài sinh vật có kích cỡ nhỏ và đời sống ngắn. Trong những hồ nghèo chất dinh dưỡng, 90% thực vật được sử dụng dưới dạng thức ăn, còn ở những hồ có lượng chất dinh dưỡng trung bình, thì con số đó vào khoảng 44%, hiệu suất tăng trưởng chung ở đây nói chung là cao hơn so với các hệ sinh thái trên cạn.

Đối với các hệ sinh thái trong môi trường nước, hệ số P/I thay đổi từ 11,1% đến 17,4%, trung bình là 17,13% ; đối với các hệ sinh thái trên cạn, hệ số này dao động trong khoảng 0,5% đến 15%, trung bình là 6,53%.

Đối với các hệ sinh thái có các quần xã sinh vật đang tiến dần đến trạng thái cực đỉnh thì hệ số P/R sẽ tiệm cận dần đến giá trị bằng 1 và sẽ có giá trị bằng 1 khi quần xã sinh vật ở trạng thái cực đỉnh, lúc đó P (sản lượng sinh vật) sẽ bằng R (phần chất sống bị tiêu hao trong quá trình hô hấp).

CHƯƠNG IV

DIỄN THẾ SINH THÁI, TIẾN HOÁ VÀ THÍCH NGHI

4.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ DIỄN THẾ SINH THÁI

Sự phát triển của các hệ sinh thái trong tự nhiên theo một quy luật nhất định dưới sự tác động qua lại giữa quần xã sinh vật với môi trường và giữa các thành phần của quần xã với nhau thường được gọi là diễn thế sinh thái và có thể hiểu được trên các mặt sau đây :

** Đây là một quá trình phát triển theo thứ bậc của quần xã sinh vật liên quan đến những biến đổi trong cấu trúc thành phần loài và các quá trình tiến triển trong nội bộ quần xã theo thời gian. Quá trình này diễn ra theo một chiều hướng nhất định nên có thể dự đoán được.*

** Quá trình này xảy ra do môi trường vật lý bị thay đổi dưới sự tác động của quần xã sinh vật, về phần mình, môi trường vật lý lại có ảnh hưởng quyết định đến đặc điểm biến đổi, tốc độ phát triển và giới hạn mà sự phát triển đó có thể đạt tới.*

** Một hệ sinh thái phát triển đạt đến trạng thái ổn định tương đối được gọi là cao đỉnh của sự phát triển. Khi đó, trên một đơn vị năng lượng sẵn có, quần xã sinh vật sẽ đạt được một lượng sinh khối lớn nhất (hoặc một lượng thông tin cao nhất) và các mối quan hệ giữa các cá thể sinh vật đạt đến số lượng cực đại. Quá trình thay thế kế tiếp nhau theo thứ bậc của các quần xã sinh vật trong một môi trường sống cụ thể được gọi là diễn thế. Các quần xã sinh vật quá độ trong quá trình này được gọi là các giai đoạn kế tiếp, các giai đoạn phát triển hay các pha của quá trình diễn thế. Quần xã sinh vật đầu tiên trong quá trình này được gọi là giai đoạn phân bố khởi đầu (hay quần xã sinh vật tiên phong), còn hệ thống ổn định cuối cùng được gọi là quần xã cao đỉnh (climax). Trong quá trình diễn thế, sự thay đổi của các loài sinh vật xảy ra do sự phát triển của các quần thể sinh vật trong nội bộ quần xã đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự xuất hiện và phát triển của các loài sinh vật mới khác. Hiện tượng này sẽ tiếp diễn cho đến khi đạt đến sự cân bằng giữa các yếu tố vô sinh và hữu sinh trong hệ thống.*

Như vậy, diễn thế là quá trình phát triển theo thứ bậc của quần xã sinh vật ở một vùng cụ thể liên quan đến những biến đổi cấu trúc loài sinh vật và các quá trình khác nhau của điều kiện môi trường, do ngoại cảnh hoặc do

chính quần xã đó tạo nên. Cùng với sự thay đổi về thành phần loài và các quan hệ khác trong quần xã sinh vật trong quá trình diễn thế là quá trình biến đổi về môi trường (vì khí hậu, thổ nhưỡng, địa chất, thủy văn...). Mỗi quần xã sinh vật mới hình thành vừa là hậu quả của sự tác động làm thay đổi điều kiện môi trường của quần xã trước, vừa là nguyên nhân gây ra sự thay thế chính nó bởi các quần xã tiếp theo.

4.2. DIỄN THẾ QUẦN XÃ SINH VẬT

4.2.1. Diễn thế quần xã sinh vật

Khi nói đến sự biến động của quần xã sinh vật, chúng ta hàm ý nói đến những sự biến động có tính quy luật hay nói một cách khác, đó là quá trình diễn thế sinh thái của quần xã sinh vật.

4.2.1.1. *Phân loại diễn thế*

Căn cứ vào nguyên nhân và các yếu tố tác động đến quá trình diễn thế, người ta chia ra hai loại diễn thế : diễn thế nguyên sinh và diễn thế thứ sinh.

* *Diễn thế nguyên sinh* là loạt diễn thế xảy ra ở những nơi mà trước đó chưa từng có quần xã sinh vật nào tồn tại. Những nơi mà trước đó chưa từng có quần xã sinh vật tồn tại có thể là vùng đất mới được bồi ở lòng sông, bãi phù sa mới được hình thành ở cửa sông, các ao, hồ nước mới được xây dựng, các hòn đảo mới hình thành do động đất hoặc núi lửa phun trào ở biển... Nhóm sinh vật đầu tiên phát tán đến đó sẽ hình thành nên quần xã sinh vật tiên phong, tiếp theo đó là một dãy quần xã lần lượt thay thế nhau, sau cùng, khi giữa quần xã sinh vật và môi trường đã ở trong một thế cân bằng tương đối ổn định, sẽ hình thành nên quần xã cực đỉnh.

Một ví dụ điển hình về diễn thế nguyên sinh trên cạn là trường hợp các quần xã sinh vật chiếm lĩnh hòn đảo Krakatan ở Indônêxia. Ngày 7 tháng 8 năm 1883, núi lửa bùng nổ trên hòn đảo này, một phần lớn diện tích của đảo bị biến mất, phần còn lại bị phủ kín dưới lớp dung nham nóng bỏng dày đến 60cm. Từ một vùng đất chết chỉ có tro bụi và đá bọt vô sinh, sau vài năm, địa y và rêu là những loài sinh vật đầu tiên xuất hiện và chiếm lĩnh nơi ở mới này, sau đó, các loài quyết thực vật xuất hiện, kế theo đó là các loài thực vật có hoa thân cỏ rồi các loài thực vật có hoa thân gỗ và các loài động vật phổ biến trong vùng lần lượt kế tiếp nhau xuất hiện. Đến năm 1932, đã hình thành nên quần xã sinh vật ổn định. Ví dụ này được trình bày trong bảng 4.1.

Bảng 4.1. Quá trình diễn thế nguyên sinh trên đảo Krakatan ở Indônêxia
(Theo Richard, 1952)

Năm 1883	Năm 1886	Năm 1897	Năm 1906	Năm 1919	Năm 1932
Môi trường vô sinh (tro, đá bột)	Quần xã địa y, rêu, quyết thực vật	Quần xã thực vật có hoa thân thảo <i>Saccharum</i> + <i>Neyraudia</i>	Quần xã <i>Saccharum</i> ưu thế (tổng số 202 loài sinh vật)	Quần xã thực vật thân gỗ <i>Macaranga</i> + <i>Ficus</i> (612 loài)	Quần xã sinh vật vùng thấp ổn định (880 loài)

Ở nước ta, diễn thế của các quần xã rừng ngập mặn trên các bãi mới bồi ven biển cũng là một ví dụ điển hình về diễn thế nguyên sinh. Theo Phan Nguyên Hồng (1968), quá trình này có thể tóm tắt bằng sơ đồ như sau (lấy ví dụ ở khu vực Tiên Yên, Quảng Ninh) : Quần xã tiên phong trên bãi mới bồi với ưu thế là mắm đen *Avicennia marina* → Quần xã cây chịu mặn với các loài chủ yếu là sú *Aegiceras corniculatum*, đước vôi *Rhizophora stylosa*, trang *Kandelia candel* → Quần xã hỗn hợp với ưu thế vẹt dù *Bruguiera gymnorrhiza* → Quần xã cây chịu mặn trên đất không ngập triều với các loài xu ôi *Xylocarpus granatum*, củi biển *Heritiera littoralis*, tra làm chiếu *Hibiscus tiliaceus*, tra biển *Thespesia populnea*, ngọc nữ biển *Clerodendron inerme*, hếp *Scaevola hainanense*...

* *Diễn thế thứ sinh.* Diễn thế thứ sinh là loạt diễn thế diễn ra ở môi trường mà trước đó đã có một quần xã sinh vật nhất định nào đó tồn tại. Quần xã sinh vật trước đó do một lý do nào đó, đã bị tiêu diệt và tạo ra một nơi cư trú trống để cho các loài sinh vật khác chiếm lĩnh và phát triển. Nguyên nhân làm cho một quần xã bị tiêu diệt có thể là do môi trường sống bị thay đổi hay có biến động lớn, như sự thay đổi khí hậu, bị bão, lụt, lửa rừng... phá huỷ hay do con người huỷ diệt. Một ví dụ về diễn thế thứ sinh là quá trình phục hồi lại rừng lim *Erythrophloeum fordii* tại vùng Hữu Lũng, Lạng Sơn. Rừng lim nguyên sinh ở đó đã bị chặt trắng để làm nương rẫy, sau đó bị bỏ hoang. Trên diện tích đất sau nương rẫy bỏ hoang đầu tiên xuất hiện thảm cỏ ; sau 2 – 3 năm, các loài cây bụi bắt đầu xuất hiện trên thảm cỏ và dần dần hình thành nên thảm cây bụi thay thế thảm cỏ ; sau 3 – 5 năm nữa, dưới tán cây bụi bắt đầu xuất hiện các loài cây gỗ tạm cư và một số loài cây gỗ định cư như sau sau *Liquidamba formosana* và hình thành nên quần xã rừng thứ sinh ưu thế sau sau. Đây là môi trường

phù hợp và thuận lợi cho cây lim tái sinh và phát triển. Do đó, dưới tán rừng sau sau, lim bắt đầu xuất hiện và phát triển, dần dần vươn lên chiếm lĩnh tán rừng và tạo lập lại quần xã rừng lim đặc trưng cho vùng này.

Trong loạt diễn thế thứ sinh, nếu điều kiện thuận lợi và không bị can thiệp bởi các tác động khách quan khác như sự hoạt động phá hoại của con người, quần xã cực đỉnh cuối cùng có thể xuất hiện. Trong trường hợp này, quá trình diễn thế thứ sinh sẽ lặp lại các pha của loạt diễn thế nguyên sinh. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, do môi trường sống đã bị thay đổi quá mạnh và luôn chịu sự can thiệp từ các tác động bên ngoài, ví dụ tác động của con người, của các hoạt động chăn nuôi... quá trình diễn thế thứ sinh không dẫn đến sự hình thành quần xã cực đỉnh mà tạo thành một trạng thái mất cực đỉnh (disclimax). Hiện tượng này đã được gọi là sự đứt đoạn sinh thái, ví dụ : quá trình diễn thế thứ sinh thảm thực vật rừng diễn ra trên những vùng đất bị huỷ hoại do chất độc màu da cam mà quân đội Mỹ đã sử dụng tại vùng A Lưới, Thừa Thiên-Huế (Đỗ Hữu Thư, 2000).

** Diễn thế phân huỷ.* Diễn thế phân huỷ là một dạng đặc biệt của loạt diễn thế nguyên sinh, nhưng không dẫn đến sự hình thành một quần xã ổn định. Dưới tác động của các nhân tố sinh học, môi trường sống (trong đó diễn ra quá trình diễn thế) bị biến đổi dần dần theo hướng phân huỷ. Đây là trường hợp diễn thế của các quần xã sinh vật trên xác của động vật, thực vật hay trên chất thải của chúng. Loạt diễn thế phân huỷ thường diễn ra dưới tác động của các loài sinh vật dị dưỡng và thường xảy ra trong thời gian ngắn.

4.2.1.2. Nguyên nhân của sự diễn thế

Nguyên nhân của quá trình diễn thế, một mặt là do tác động tương tác giữa quần xã sinh vật và ngoại cảnh, mặt khác là do ảnh hưởng tương tác giữa các thành phần trong quần xã với nhau.

** Tác động của ngoại cảnh lên quần xã :* Tác động này có thể là sự thay đổi của chế độ khí hậu, đặc điểm thổ nhưỡng, chế độ ánh sáng... Kết quả của sự tác động này là sự đào thải những loài không thích nghi, không phù hợp và sự xuất hiện của các loài thích nghi với điều kiện sống mới bằng con đường cạnh tranh.

** Tác động của quần xã lên ngoại cảnh :* Sự xuất hiện và phát triển của quần xã sinh vật nhất định sẽ có những tác động đến môi trường xung quanh

và làm nó dần dần thay đổi hoặc thậm chí hình thành nên một hoàn cảnh sống hoàn toàn mới. Đây là tiền đề cho sự đào thải quần xã cũ và tạo điều kiện thuận lợi cho sự xuất hiện và phát triển của các loài sinh vật mới.

** Tác động qua lại của các thành phần hữu sinh trong quần xã :* Trong quá trình tồn tại và phát triển, các thành phần hữu sinh cấu thành nên quần xã phát triển không đồng đều làm cho mối quan hệ qua lại giữa chúng dần dần bị thay đổi, cân bằng sinh thái cũ bị biến đổi và có thể bị phá vỡ làm cho bản thân quần xã bị diệt vong.

** Tác động của con người :* Tác động vô ý thức (săn bắt, chặt phá rừng, đốt rừng làm nương rẫy...) và có ý thức (cải tạo thiên nhiên, đắp đập, khai thác rừng, làm thủy lợi...) của con người hiện nay là nguyên nhân chủ yếu gây ra loạt diễn thế thứ sinh và được gọi là diễn thế thứ sinh nhân tác. Những tác động này còn liên tục can thiệp vào quá trình diễn thế xảy ra trong tự nhiên và có thể làm thay đổi tính quy luật và bản chất của quá trình này.

4.2.1.3. Ý nghĩa của việc nghiên cứu diễn thế

Diễn thế là sự thay đổi có tính quy luật các quần xã sinh vật trong một hoàn cảnh sống cụ thể. Vì vậy, nghiên cứu diễn thế sẽ cho phép chúng ta nắm được quy luật phát triển của quần xã sinh vật, hình dung ra những quần xã sinh vật tồn tại trước đó và dự báo được những quần xã sinh vật sẽ xuất hiện trong tương lai. Nắm được quy luật này và những nguyên nhân của sự diễn thế sẽ giúp chúng ta điều khiển quá trình diễn thế theo ý muốn. Đồng thời, từ sự hiểu biết về diễn thế sẽ giúp chúng ta có thể xây dựng những quy hoạch dài hạn về phát triển nông - lâm - ngư nghiệp và tổ chức kinh doanh trên cơ sở khoa học. Thực tế cho thấy, nếu không nắm vững được các cơ sở khoa học này, kinh doanh sẽ thất bại. Bài học về phá bỏ rừng tự nhiên hỗn loài và trồng rừng mồi *Manglietia glauca* thuần loại ở nước ta trong những thập kỷ 60, 70 của thế kỷ trước đã cho thấy điều đó.

4.2.2. Khái niệm về quần xã sinh vật cực đỉnh

Quần xã sinh vật cực đỉnh là quần xã sinh vật cuối cùng trong loạt diễn thế đi lên. Quần xã cực đỉnh là giai đoạn phát triển thành thực và hoàn chỉnh nhất của quần xã sinh vật, nó ở trong một trạng thái tương đối ổn định và nằm trong thế “cân bằng sinh thái” với hoàn cảnh hay môi trường bên ngoài. Theo Odum (1971) thì một đặc điểm nổi bật nhất của quần xã sinh vật cực đỉnh là chúng không có năng suất nguyên thực thu hằng năm của các chất

hữu cơ, hay nói một cách khác, năng suất năm của quần xã nhập bằng tổng tiêu thụ năng suất năm của quần xã xuất. Trong bảng 4.2 trình bày những đặc trưng cơ bản của các giai đoạn phát triển trung gian và quần xã cực đỉnh trong quá trình diễn thế sinh thái của quần xã sinh vật.

Bảng 4.2. Các đặc điểm của quần xã sinh vật trong quá trình diễn thế sinh thái (Theo Odum, 1971)

Các đặc trưng của quần xã	Các giai đoạn đang phát triển	Giai đoạn thành thực
I. Năng lượng của quần xã		
1. Tỷ lệ tổng năng suất trên hô hấp	Trên hoặc dưới 1	Tiem cận với 1
2. Tỷ lệ tổng năng suất trên sản lượng toàn phần	Cao	Thấp
3. Tỷ lệ sinh khối có trong một đơn vị dòng năng lượng	Thấp	Cao
4. Sản lượng của quần xã	Cao	Thấp
5. Chuỗi thức ăn	Đơn giản, chủ yếu là tự dưỡng	Phức tạp, chủ yếu là phân huỷ
II. Cấu trúc của quần xã		
6. Chất hữu cơ tổng số	Không nhiều	Nhiều
7. Các chất vô cơ tạo sự sống	Ngoại sinh vật	Nội sinh vật
8. Sự đa dạng về thành phần loài	Không đa dạng	Rất đa dạng
9. Ý nghĩa quần xã của thành phần loài	Biểu hiện thấp	Biểu hiện cao
10. Sự đa dạng về sinh hoá	Không đa dạng	Rất đa dạng
11. Tính chất phân tầng và thể khảm	Đơn giản	Phức tạp
III. Chu trình sống		
12. Chuyên hoá theo ổ sinh thái	Rộng	Hẹp
13. Kích thước cơ thể	Tương đối nhỏ	Tương đối lớn
14. Chu kỳ sống	Ngắn, đơn giản	Dài, phức tạp
IV. Các chu trình vật chất tạo sự sống		
15. Các chu trình chất khoáng	Hở	Kín
16. Tốc độ trao đổi vật chất tạo sự sống giữa sinh vật và môi trường	Cao	Thấp

17. Vai trò của sinh vật ăn phế liệu trong tái sinh chất tạo sự sống	Không đáng kể	Rất đáng kể
V. Áp lực của sự chọn lọc		
18. Đặc điểm tăng trưởng	Trên tăng trưởng nhanh	Trên sự điều chỉnh bằng mối quan hệ ngược
19. Năng suất	Số lượng lớn	Chất lượng cao
VI. Nội cân bằng chung		
20. Nội cộng sinh	Không phát triển	Phát triển
21. Giữ gìn chất tạo sự sống	Có mất mát	Đầy đủ
22. Tính ổn định	Thấp	Cao
23. Entropi	Cao	Thấp
24. Thông tin	Ít	Nhiều

Để thuận lợi cho việc nghiên cứu, các nhà khoa học thường phân chia thành hai loại cực đỉnh : cực đỉnh khí hậu và cực đỉnh thổ nhưỡng. Cực đỉnh khí hậu thường chỉ có một và xuất hiện khi quần xã sinh vật ở trong trạng thái cân bằng với các điều kiện khí hậu tổng thể, còn cực đỉnh thổ nhưỡng có thể có số lượng khác nhau và biến đổi phụ thuộc vào các điều kiện cụ thể của thổ nhưỡng. Cực đỉnh khí hậu duy nhất là quần xã lý thuyết mà sự phát triển của quá trình diễn thế trong từng vùng hướng tới. Nó được hình thành ở những nơi mà điều kiện vật lý của giá thể không quá khắc nghiệt để có thể làm thay đổi sự tác động của khí hậu. Còn ở những nơi mà cảnh quan tự nhiên địa phương, điều kiện thổ nhưỡng và các nhân tố khác cản trở sự hình thành của quần xã cực đỉnh khí hậu (như hiện tượng cháy rừng chẳng hạn) thì quá trình diễn thế sẽ được kết thúc bằng quần xã cực đỉnh thổ nhưỡng. Sự công nhận có một cực đỉnh khí hậu duy nhất và có thể có một hay nhiều cực đỉnh thổ nhưỡng chính là sự thoả hiệp hợp lý của hai trường phái “đơn đỉnh cực” và “đa đỉnh cực” vốn đã tồn tại từ lâu trong sinh thái học.

Một số tác giả (Odum, 1971), căn cứ vào tác động của các nhân tố sinh thái đến quá trình phát triển của các hệ sinh thái trong tự nhiên (như lửa rừng, động vật chăn thả, con người...), còn đưa ra một số khái niệm khác về cực đỉnh, như “cực đỉnh tai biến”, “cực đỉnh thứ cấp”, “cực đỉnh nhân chủng”... Khi một hệ sinh thái phát triển và hình thành trạng thái cực đỉnh có tính chất chu kỳ được kiểm soát bằng một nhân tố sinh thái nào đó (như lửa

rừng, sâu bệnh...), thì trạng thái cực đỉnh này được gọi là cực đỉnh tai biến. Khi một hệ sinh thái phát triển đạt đến một trạng thái ổn định không phải do chế độ khí hậu hay điều kiện thổ nhưỡng quyết định mà được duy trì bởi con người hay động vật chăn thả, thì được gọi là cực đỉnh thứ cấp (cực đỉnh đã bị tổn thương do động vật chăn thả gây nên) hoặc cực đỉnh nhân chủng (cực đỉnh do con người tạo ra). Một ví dụ điển hình về các loại cực đỉnh này là sự tồn tại của thảm cỏ có cây bụi mọc rải rác ở các vùng đồi núi nước ta, nơi có hệ sinh thái rừng kín thường xanh nhiệt đới ẩm được duy trì hoặc do lửa rừng hàng năm hoặc do chăn thả quá mức các loài động vật ăn cỏ. Trong trường hợp này, “thảm cỏ có cây bụi mọc rải rác” là cực đỉnh thứ cấp, còn “hệ sinh thái rừng kín thường xanh nhiệt đới ẩm” là cực đỉnh khí hậu.

Thành phần loài thường là một tiêu chuẩn quan trọng để xác định một quần xã đã đạt được trạng thái cực đỉnh hay chưa. Tuy nhiên, nếu chỉ dựa vào một tiêu chuẩn đó thì chưa đủ, bởi thành phần loài trong quần xã là yếu tố dễ bị thay đổi kể cả trong những hệ sinh thái được coi là ổn định (dao động theo mùa hoặc dưới tác động của các nhân tố sinh thái khác).

4.3. DIỄN THỂ THẨM THỰC VẬT

4.3.1. Khái niệm chung

Sự phát triển kế tiếp theo từng giai đoạn hay quá trình thay thế thảm thực vật này bằng thảm thực vật khác trên cùng một địa điểm được gọi là quá trình diễn thế thảm thực vật. Thuật ngữ diễn thế chỉ dùng cho quá trình thay đổi thảm thực vật trên cùng một vùng mà trong đó thảm thực vật mới khác biệt về căn bản với thảm thực vật cũ về tổ thành loài, về cấu trúc quần thể và về các mối quan hệ tương tác giữa chúng với nhau và với môi trường. Nếu một quá trình thay đổi có tính chu kỳ hoặc thay đổi trong nội bộ quần thể thực vật như hiện tượng rụng lá về mùa khô, xanh tươi về mùa mưa, hoặc cây già chết, cây con lớn lên thay thế, không được gọi là quá trình diễn thế.

Một thảm thực vật ở vùng đầm lầy hay sông, hồ, do sự thay đổi của điều kiện môi trường, mực nước hạ thấp xuống tạo thành vùng đất khô, các loài thực vật trước kia vốn thích ứng với đầm lầy hay ngập nước bị đào thải dần chuyển sang thảm cỏ, thảm cây bụi, rồi từ thảm cây bụi chuyển sang rừng thưa và cuối cùng hình thành rừng kín, đó là quá trình diễn thế tự nhiên của thảm thực vật.

Diễn thế tự nhiên xảy ra do nhiều nguyên nhân khác nhau. Do sự biến đổi của môi trường, trước hết là khí hậu, thủy văn, địa chất, thổ nhưỡng hoặc

do sự biến đổi về chất của bản thân quần thể thực vật, tức là do nguyên nhân nội tại (autogene) và do nguyên nhân ngoại lai (allogene).

Nếu quá trình diễn thế của thảm thực vật theo chiều hướng đi lên và kết quả cuối cùng của nó là tái tạo lại rừng, thì đó là quá trình diễn thế tiến bộ (progressive succession). Phục hồi rừng bằng khoanh nuôi thực chất là lợi dụng quy luật diễn thế này. Dĩ nhiên là quá trình diễn thế đi lên này trải qua nhiều giai đoạn, nhiều pha trung gian. Kết thúc quá trình này là sự hình thành một kiểu rừng ổn định mà các nhà sinh thái gọi là kiểu rừng cực đỉnh. Đó là một hệ sinh thái tương đối bền vững, đạt tới trạng thái sử dụng năng lượng hiệu quả nhất, nó tạo ra sinh khối cao nhất với sự chi phí năng lượng ít nhất.

Nếu quá trình diễn thế dẫn đến làm suy thoái thảm thực vật như từ rừng biến thành thảm cây bụi, thảm cỏ, ta gọi đó là quá trình diễn thế thụt lùi hay diễn thế thoái hoá (Regressive succession). Quá trình suy thoái này xảy ra do nhiều nguyên nhân như động đất, núi lửa, gió bão tàn phá, thảm họa thiên nhiên, do những biến đổi sinh học, đặc biệt, do sự tàn phá của con người.

Căn cứ vào nguyên nhân và các yếu tố tác động đến quá trình diễn thế thảm thực vật, người ta chia ra hai loại diễn thế : diễn thế nguyên sinh và diễn thế thứ sinh.

4.3.2. Diễn thế nguyên sinh thảm thực vật

Diễn thế nguyên sinh của thảm thực vật là kết quả của sự sinh sản, phát tán của thực vật tạo nên một quần thể thực vật trên vùng đất mới (vùng đất mới này hình thành có thể do tác động của núi lửa, sụt đất, băng tan, các vùng đất mới bồi ven biển, trên các dòng sông...).

Quy luật chung về sự xuất hiện của những quần thể thực vật mới diễn ra theo một tuần tự nhất định. Bắt đầu là những loài thực vật tiên phong di cư đến. Những sinh vật tiên phong này thường là thực vật bậc thấp (vi khuẩn, nấm bậc thấp, tảo lam, ...). Các thực vật bậc cao chỉ có thể phát triển khi ở đây đã tái tạo, tích lũy được một số chất hữu cơ do thực vật bậc thấp tạo nên.

Các đại diện của thực vật tiên phong trên vùng đất mới thường phụ thuộc chủ yếu vào hệ thực vật lân cận. Bởi vì các mầm mống của thực vật lân cận truyền bá nhanh đến vùng đất mới gần đó nhất. Ví dụ : những khoảng đất trống ở giữa rừng thì các loài cây gỗ thường chiếm lĩnh trước, vùng đất trống giữa đồng cỏ thì các loài cỏ chiếm chỗ trước... Tuy nhiên, do điều kiện ngoại cảnh đặc biệt và do khả năng, phương thức truyền giống của

thực vật cũng có những loài thực vật tiên phong trên vùng đất trống không phải là mầm mống của hệ thực vật lân cận, mà chúng từ xa di cư đến (do con người, động vật hoặc gió mang đến). Ví dụ : hồ nước mặn xuất hiện ở giữa đồng cỏ thì thực vật đến trước hết trong hồ không phải là những loài thân thuộc trên bờ mà là những loài thực vật ưa mặn từ các nơi khác di cư đến bằng nhiều con đường khác nhau.

Hệ thực vật tiên phong gồm những loài có đặc tính sinh học khác với những loài sống lân cận. Chúng thường có đời sống ngắn, ưa sáng, thích nghi với điều kiện nơi đất trống, chúng thiếu khả năng cạnh tranh với các loài chịu bóng, sống nhiều năm.

Sự chọn lọc sinh thái cảnh (Ecotope) đối với thực vật ở pha đầu tiên của diễn thế thường diễn ra rất gay gắt và mãnh liệt. Ở giai đoạn này số lượng loài chưa nhiều, mật độ cá thể thấp, khoảng cách không gian giữa các thực vật lớn. Do đó, quá trình cạnh tranh về thức ăn và nơi sống giữa các cá thể thực vật trong một loài và giữa các loài khác nhau diễn ra chưa gay gắt. Có nghĩa là tác động qua lại giữa các loài thực vật với nhau ở vùng đất mới trong pha này chưa thật rõ nét. Mỗi loài thực vật và mỗi cá thể của chúng có tồn tại và phát triển được hay không, tốt hay xấu, là do chúng có thích nghi hay không thích nghi với điều kiện môi trường ở vùng đất mới.

Trong số các loài thực vật xuất hiện trên vùng đất mới, có một số thích nghi với điều kiện sinh thái tại chỗ thì phát triển tốt và dần chiếm ưu thế. Các loài khác không thích nghi với điều kiện mới như ánh sáng quá mạnh hoặc quá khô hạn thì bị chết dần. Một số loài trên vùng đất mới tuy lúc đầu có hạt nảy mầm, nhưng cây con không thích nghi với điều kiện môi trường nên không tồn tại và phát triển được hoặc có tồn tại nhưng cũng rất yếu đuối không ra hoa kết quả và không thể tạo thành thế hệ tiếp theo. Trong khi đó, các loài thích nghi thì sinh sản, phát triển nhanh, mạnh, lấn át dần các loài khác. Ở đây đã thể hiện rõ rệt một quá trình chọn lọc tự nhiên, phân hoá loài theo sức sống, theo số lượng tồn tại và phát triển. Trong quá trình chọn lọc này, ngoài ảnh hưởng của các yếu tố môi trường, sự khác nhau về đặc điểm sinh học giữa các loài, đặc biệt là khả năng sinh sản, phát tán và duy trì thế hệ con cái trong môi trường sinh tồn mới có ý nghĩa vô cùng to lớn.

Khi số lượng cá thể của các loài thực vật tăng lên, chúng chiếm lĩnh hết không gian sinh tồn, làm giảm điều kiện sống của từng thành viên trong đó. Mặt khác bản thân sinh vật cũng làm thay đổi các yếu tố môi trường.

Lúc này, tại đây xuất hiện một mối quan hệ khác, đó là mối quan hệ tương hỗ, tác động ảnh hưởng qua lại lẫn nhau giữa các loài và các cá thể sinh vật trong cuộc đấu tranh vì sự sinh tồn và phát triển.

Sự chọn lọc sinh vật cảnh (Biotope) thường diễn ra khắc nghiệt hơn sự chọn lọc sinh thái cảnh. Hệ thực vật tiên phong có thể thích nghi với cảnh sinh thái ban đầu nhưng lại không thích nghi với cảnh sinh vật vừa mới được tạo ra. Quá trình tác động qua lại giữa thực vật với nhau và với môi trường dẫn đến sự hình thành quần xã thực vật mới. Khi các mối quan hệ tác động qua lại đó dần dần ổn định và hình thành nên trạng thái cân bằng thì quần xã thực vật ở vào trạng thái ổn định.

Người ta phân biệt các pha của quá trình diễn thế nguyên sinh như sau :

- Sự di cư của các mầm mống thực vật tiên phong đến môi trường sống mới.
- Sự định cư của các mầm mống thực vật tiên phong, nảy mầm, đâm rễ và bắt đầu cuộc sống mới.
- Sự hình thành các quần thể thực vật xung quanh các cá thể bố mẹ.
- Sự xâm nhập lẫn nhau giữa các quần thể thực vật và hình thành quần xã thực vật trong môi trường sống mới.

Tất cả các quá trình đó diễn ra dưới ảnh hưởng qua lại giữa thực vật với môi trường và giữa các cá thể thực vật trong cùng một loài và giữa các quần thể thực vật với nhau. Quá trình đó diễn ra gắn liền với ảnh hưởng của các vi sinh vật, nấm và các loài động vật khác và ngược lại. Như vậy, sự hình thành của quần thể thực vật diễn ra đồng thời với quá trình hình thành các quần thể vi sinh vật và sinh địa quần thể (Biogeo cenose) hay một hệ sinh thái (Ecosysteme).

Cũng có trường hợp kết thúc quá trình diễn thế không tạo ra được một thảm thực vật (như thảm thực vật rừng chẳng hạn). Bởi vì sinh thái cảnh vô cùng khắc nghiệt, không thích ứng cho sự tập trung và sinh sản của thực vật như ở các vùng hoang mạc lạnh như ở Bắc Cực, hay các vùng cực kỳ khô hạn như ở sa mạc...

Diễn thế nguyên sinh có thể xảy ra trong những điều kiện môi trường khác nhau, cả trên cạn, trong đất liền, ngoài hải đảo, dưới nước, ở các vùng đầm lầy... Ở đây chỉ giới thiệu quá trình diễn thế trên cạn và trong đất liền gắn với quá trình phục hồi tự nhiên thảm thực vật rừng mà không trình bày quá trình diễn thế xảy ra trong những điều kiện khác.

Ở vùng nhiệt đới gió mùa như trong điều kiện Việt Nam, một quần xã thực vật được hình thành, phát triển, trở nên thành thực rồi già cỗi và sẽ bị tàn lụi từng bộ phận hay toàn bộ. Cũng có trường hợp một quần xã thực vật chưa phát triển đến giai đoạn thành thực nhưng đã bị huỷ diệt bởi các tác động thiên tai như gió lớn, bão, lũ lụt, lửa rừng... Nếu quần xã thực vật cũ (như thảm thực vật rừng chẳng hạn) bị tàn phá nhưng môi trường (chế độ vi khí hậu, thổ nhưỡng, chế độ thủy văn) chưa bị biến đổi nhiều, Thái Văn Trùng (1970) gọi là trạng thái đất rừng còn nguyên trạng và còn nguồn gieo giống, thì ở đây chắc chắn thảm thực vật rừng sẽ được phục hồi lại gần với trạng thái nguyên sinh cũ. Các Nhà Sinh thái học gọi đó là quá trình tái sinh tự nhiên của quần thể. Quá trình này diễn ra bằng hai cách: tái sinh liên tục dưới tán rừng và tái sinh vết sẹo hay tái sinh khảm.

Những kết quả nghiên cứu tái sinh dưới tán rừng ở Sa Pa và vùng phụ cận của Đỗ Hữu Thư (1995) rất trùng hợp với các kết luận của nhiều nhà khoa học cho rằng : tái sinh dưới tán rừng của các loài cây ưu thế đang chiếm lĩnh ở tầng trên thường rất thưa thớt và yếu ớt. Vì vậy, các loài cây ưu thế đang ngự trị ở tầng trên trong thảm thực vật rừng thường có rất ít đại diện trong các tầng dưới tán rừng, thậm chí có nơi vắng mặt hoàn toàn. Ngược lại, có những loài không có đại diện ở tầng ưu thế sinh thái, nhưng lại có nhiều cây mạ, cây con dưới tán rừng. Để giải thích hiện tượng đó chúng ta phải nghiên cứu kỹ đặc tính sinh lý, sinh thái (đặc biệt là phản ứng với chế độ ánh sáng, độ ẩm, nhiệt độ trong thảm thực vật rừng) của từng loài cây trong các pha phát triển khác nhau từ giai đoạn hạt cây nảy mầm thành cây mạ, lớn lên thành cây con, cây nhỏ và phát triển đến giai đoạn trưởng thành và đạt đến tầng tán phù hợp theo yêu cầu sinh thái của chúng. Ở đây, ánh sáng là nhân tố nổi bật trong nhóm nhân tố sinh thái. Có thể nói, ánh sáng là nhân tố sinh thái chủ yếu khống chế và điều khiển quá trình tái sinh tự nhiên dưới tán rừng. Vì vậy, sự hiểu biết về đặc tính sinh thái học và sinh học của các loài trong quần thể giúp chúng ta chủ động trong việc đề xuất các biện pháp lâm sinh để ổn định các quần xã thực vật rừng trong tự nhiên để có lợi nhất cho con người, có thể loại trừ những loài, những cá thể thực vật ít tác dụng, đơn giản hoá những quần xã quá phức tạp để tạo thành các quần xã đáp ứng các mục đích khác nhau của con người.

4.3.3. Diễn thế thứ sinh thảm thực vật

Như đã trình bày ở trên, diễn thế nguyên sinh thảm thực vật là quá trình di cư, chiếm lĩnh vùng đất mới của các loài thực vật, trải qua các pha khác

nhau và kết quả cuối cùng theo hướng thuận lợi là tạo ra được một thảm thực vật trên vùng đất mới. Diễn thế thứ sinh là loạt diễn thế xảy ra ở những nơi đã có thảm thực vật đặc biệt là rừng đã tồn tại, nhưng do những biến cố tự nhiên, do phá hoại của động vật hay của con người làm cho thảm thực vật suy thoái, biến đổi từ thảm thực vật rừng đến thảm cây bụi, thảm cỏ khô hạn. Đó là quá trình diễn thế thứ sinh đi xuống (Regressive succession), còn được gọi là diễn thế suy thoái hay hoặc diễn thế phá huỷ. Hoặc ngược lại, từ thảm cỏ khô hạn, thảm cây bụi trong những điều kiện thuận lợi, phát triển qua nhiều giai đoạn, nhiều pha khác nhau, dần dần phục hồi trở lại thành thảm thực vật rừng. Đó là diễn thế thứ sinh đi lên (Progressive succession). Khoanh nuôi phục hồi rừng chính là vận dụng quy luật diễn thế tự nhiên đi lên này với sự can thiệp hợp lý của con người để nhanh chóng tái tạo lại thảm thực vật rừng.

Nếu thảm thực vật rừng nguyên sinh bị chặt phá trắng, bị đốt để làm nương rẫy... trong một thời gian ngắn, khi đó tình trạng thổ nhưỡng chưa bị biến đổi đáng kể, nếu ngừng hẳn các tác động phá hoại đó thì sau một thời gian ngắn, thảm thực vật rừng sẽ được phục hồi. Thái Văn Trùng (1970) gọi đây là quá trình diễn thế thứ sinh diễn ra trên đất còn “nguyên trạng”. Ông cho rằng, quá trình diễn thế thứ sinh để hồi nguyên trong trường hợp này có thể được đảm bảo chắc chắn và thành phần của loài cây trong quần xã thực vật được hình thành có thể cũng không có sự khác biệt đáng kể so với trước, nếu không có tác động phá hoại tiếp theo cho đến khi quần xã thực vật mới được hình thành đạt thế cân bằng sinh thái với hoàn cảnh bên ngoài. Nhìn bề ngoài thì khó mà phân biệt được đó là rừng nguyên sinh hay thứ sinh nếu không tìm hiểu lịch sử hình thành và quá trình phát triển của quần xã thực vật cụ thể đó. Tuy nhiên, ở đây có thể đồng ý với ý kiến của Thái Văn Trùng cho rằng quá trình phục hồi thảm thực vật rừng trên đất rừng còn nguyên trạng có thể dẫn đến “hồi nguyên” sinh thái cảnh chứ không thể hồi nguyên toàn bộ sinh vật cảnh. Bởi vì thảm thực vật rừng mới được phục hồi chắc chắn sẽ có những khác biệt với thảm thực vật rừng cũ về tổ thành loài cây, về kết cấu tầng phiến, về chất lượng rừng nói chung. Cũng từ đó mối quan hệ tương tác giữa thực vật với nhau và với môi trường cũng không hoàn toàn giống rừng nguyên sinh cũ.

Trong nhiều trường hợp, quá trình diễn thế thứ sinh xảy ra không phụ thuộc vào tác động của con người mà theo quy luật của tự nhiên. Hiện nay, khi con người đã và đang tác động mạnh mẽ vào thiên nhiên, chặt phá

rừng, đốt rừng cho những mục đích khác nhau làm cho rừng nguyên sinh bị phá hoại thì quá trình diễn thế thứ sinh, đặc biệt là diễn thế suy thoái diễn ra càng mạnh mẽ và chủ yếu do lỗi của con người. Có thể dẫn ra sau đây những nguyên nhân chính dẫn đến tàn phá rừng làm cho thảm thực vật rừng ở Việt Nam bị suy thoái :

- Do phương thức sản xuất du canh, du cư, đốt rừng làm nương rẫy.
- Do khai thác lâm sản rừng quá mức, cần đi quét lại nhiều lần làm cho tài nguyên rừng bị cạn kiệt và thoái hoá dần.
- Do dùng các phương tiện khai thác có tính chất triệt hạ rừng hàng loạt trên diện tích lớn làm cho thảm thực vật bị huỷ hoại.
- Do việc di dân lên vùng rừng núi để xây dựng vùng kinh tế mới, khai hoang mà thiếu những biện pháp đồng bộ, thiếu những giải pháp khoa học dẫn đến tàn phá thảm thực vật rừng.
- Do xây dựng một số hồ chứa và đập nước không hợp lý.
- Do chiến tranh tàn phá.
- Do sự phá hoại của động vật, chủ yếu là chồn thả gia súc có sừng.
- Do cháy rừng bởi các tác nhân tự nhiên và do đốt rừng do con người.
- Do các thiên tai khác (gió, bão...).
- Do sâu bệnh.

Dưới sự tác động riêng lẻ hay tổng hợp của các nguyên nhân trên, diện tích rừng nguyên sinh bị thu hẹp dần, nhiều vùng không còn rừng nguyên sinh. Ngược lại, diện tích rừng thứ sinh ngày càng mở rộng và chiếm ưu thế. Ở một số vùng, thảm thực vật rừng bị khai thác kiệt quệ hoặc bị đốt cháy nhiều lần và thay thế vào đó là thảm cỏ hay thảm cây bụi. Hơn 10 triệu hecta đất trống đồi núi trọc của Việt Nam là kết quả chủ yếu của các tác động vừa nêu.

Trong điều kiện nhiệt đới như ở Việt Nam, xu hướng chung của các quá trình diễn thế thứ sinh tự nhiên có điều kiện là dẫn đến việc tái tạo lại thảm thực vật rừng gần giống với trạng thái nguyên sinh.

4.3.4. Các pha của quá trình diễn thế tự nhiên theo hướng đi lên

Quá trình diễn thế tự nhiên trên vùng đất rừng đã bị chặt phá nhưng còn nguồn gieo giống sẽ diễn ra theo các giai đoạn hay các pha sau đây.

* *Pha đầu tiên* là sự chiếm lĩnh và cư trú của các thực vật tiên phong thân cỏ. Chúng tạo thành quần thể thực vật thường rất phong phú về số lượng cá thể và số lượng loài. Đó là những loài thực vật thân thảo ưa sáng, có đời sống ngắn, vòng đời của chúng thường chỉ là một, hai năm, thậm chí là một mùa hay vài ba tháng. Tuỳ theo điều kiện thổ nhưỡng, vi khí hậu và nguồn gieo giống, trong thảm cỏ này sẽ dần dần xuất hiện một số loài cây bụi, cây gỗ con. Lớp cây thân thảo chiếm ưu thế này sẽ làm nền cho các loài cây bụi, cây gỗ tái sinh và phát triển dần.

* *Pha tiếp theo* có thể sẽ diễn ra theo hai hướng. Nếu các điều kiện thổ nhưỡng đã bị thoái hoá nhiều thì trên đó các loài cây thân bụi sẽ dần dần chiếm ưu thế và trong đó các cây con của các cây gỗ tiên phong sẽ rải rác. Cây bụi và cây gỗ càng phát triển mạnh thì các loài cây thân thảo sẽ bị loại dần do thiếu ánh sáng, sau đó, các loài cây bụi cũng bị đào thải và lớp cây gỗ tiên phong sẽ chiếm lĩnh ưu thế. Nhưng trong trường hợp nền đất chưa bị phá hoại nhiều, các điều kiện thổ nhưỡng còn tốt và nguồn gieo giống của các loài cây gỗ còn nhiều, khả năng thích ứng của cây mạ và cây gỗ con lớn thì từ thảm thực vật thân cỏ có thể chuyển thẳng sang thảm thực vật cây gỗ lớn mà không qua giai đoạn thảm cây bụi.

* *Pha thứ ba* là giai đoạn mà các loài cây gỗ sinh trưởng, phát triển mạnh và dần dần chiếm ưu thế, tạo thành thảm thực vật rừng non thứ sinh khép tán. Ở giai đoạn này, quá trình biến đổi và tác động lẫn nhau giữa các cá thể và các loài thực vật với nhau và với môi trường chủ yếu do tầng cây gỗ chi phối. Từ đây, thảm thực vật sẽ bước vào một giai đoạn thay đổi chậm chạp và phát triển dần dần để trở thành quần xã thực vật rừng gần giống với trạng thái thảm thực vật rừng nguyên sinh ban đầu. Đó là quá trình mà nhiều tác giả gọi là quá trình “hồi nguyên” của thảm thực vật rừng thứ sinh.

Rừng thứ sinh ở giai đoạn mới hình thành thường bao gồm chủ yếu các cá thể cây cùng tuổi và ít loài, thường chỉ có một vài loài chiếm ưu thế. Những loài cây chiếm ưu thế sẽ hình thành nên những quần thể tồn tại trong một thời gian nhất định rồi có thể sẽ bị tàn lụi đi mà không có tái sinh lại các thế hệ kế tiếp. Thế hệ rừng kế tiếp sẽ là những quần thể có kết cấu loài ưu thế khác với quần xã rừng trước đó. Vì vậy, thuật ngữ “hồi nguyên”, trong một số trường hợp có thể chưa thật chính xác, làm cho người ta tưởng lầm đó là quá trình dẫn đến việc tái lập lại trạng thái rừng giống hệt trạng thái ban đầu. Tuy nhiên ở đây cần phân biệt tính quy luật của hai quá trình khác nhau : quá trình diễn thế thứ sinh để tái tạo lại thảm thực vật lặp lại trên

quy mô lớn hơn và những thay đổi xảy ra trong quá trình diễn thế nguyên sinh để đạt đến kiểu thảm thực vật khí hậu hay kiểu thổ nhưỡng – khí hậu ở một khu vực nhất định và sẽ dừng lại ở cấp bậc tương ứng với mức độ thoái hoá của đất. Sau khi tầng đất mặt được cải thiện, thảm thực vật tiếp tục phát triển lên thứ bậc cao hơn trong loạt diễn thế nguyên sinh. Như vậy, một quần thể thực vật không thể quan niệm đơn giản chỉ là sự tập hợp các cá thể của các loài thực vật, mà là tổng thể bao gồm những quần thể sinh vật như thực vật, động vật, vi sinh vật và những nhân tố vô sinh khác, như địa hình – địa chất, chế độ khí hậu, lớp phủ thổ nhưỡng, chế độ ẩm... Tất cả những thành phần đó có mối quan hệ qua lại và tương tác lẫn nhau, nhưng quần xã thực vật là nhân tố chủ đạo để phân biệt đó là kiểu quần thể gì. Từ đó mới có thể đề xuất những giải pháp hợp lý cho vấn đề phục hồi lại thảm thực vật rừng, can tác động vào nhân tố nào, vào giai đoạn này để thúc đẩy quá trình phát triển đi lên của thảm thực vật và tái tạo lại hệ sinh thái rừng.

Một số tác giả khác, như Schmithuesen (1952), lại không gọi các quá trình thay đổi có quy luật trên của thảm thực vật là diễn thế nguyên sinh và diễn thế thứ sinh, mà phân chia thành hai loại : cư trú đầu tiên và cư trú trở lại. Theo tác giả, cư trú đầu tiên là quá trình chiếm cứ không gian sinh tồn của các loài thực vật trên nền đá mẹ. Quá trình này phức tạp và diễn tiến chậm chạp, trải qua nhiều giai đoạn, nhiều pha kế tiếp nhau. Đây có thể coi là loạt diễn thế nguyên sinh. Còn cư trú trở lại diễn ra trên nền đất đã xuất hiện từ trước, quá trình này diễn ra nhanh hơn và có thể coi nó tương đương với loạt diễn thế thứ sinh.

Không gian dành cho cư trú đầu tiên có thể xuất hiện trong cảnh quan tự nhiên bằng nhiều cách khác nhau, do núi lửa phun trào, động đất, quá trình hình thành các cồn cát, sự bồi tụ vùng đất mới do dòng sông đổi hướng... Trong quá trình cư trú đầu tiên, sự hình thành các quần thể thực vật phụ thuộc vào điều kiện không gian sinh tồn mới được hình thành đó có nằm trên vùng đất đã có các loài hay quần thể thực vật chiếm cứ hay trên một vùng đất vẫn hoàn toàn trống trụi và hệ thực vật chỉ có thể được hình thành nếu có cư trú mới. Ví dụ, sau thời kỳ băng hà, các khoảng không gian sinh tồn mới được hình thành có thể cư trú được thực vật phân châu Âu được giải phóng khỏi băng thì sự định cư và phát triển tiếp theo của các nhóm thực vật tại đây phụ thuộc phần lớn vào nhân tố di cư từ những vùng khác đến. Nhưng nếu sự cư trú đầu tiên diễn ra trong không gian sinh tồn mới, mà xung quanh đó đã có một tổ hợp thực vật tồn tại từ trước thì phụ thuộc vào đặc điểm của môi

trường sống mới sẽ có riêng một trình tự chuyển tiếp nhất định về các giai đoạn phát triển của các nhóm thực vật. Trong trường hợp này, có thể dự đoán được tiến trình phát triển của thảm thực vật.

Việc cư trú trở lại trên các diện tích mà trước đó đã có quần thể thực vật tồn tại nhưng bị huỷ diệt do những nguyên nhân khác nhau (như cháy rừng chẳng hạn) thì quá trình phục hồi trở lại của thảm thực vật sau đó sẽ xảy ra nhanh hơn, tương tự như trong loạt diễn thế thứ sinh đã trình bày ở trên.

4.3.5. Những thay đổi của môi trường khi thảm thực vật rừng bị phá huỷ

Như đã trình bày ở trên, thảm thực vật rừng thành thực là một hệ sinh thái ở trong trạng thái tương đối ổn định, trong đó chế độ khí hậu, thổ nhưỡng, động vật, thực vật, vi sinh vật là những nhân tố cấu thành cùng tồn tại, cùng phát triển và nằm trong mối quan hệ cân bằng động phức tạp. Vì vậy, khi một trong những nhân tố đó bị thay đổi sẽ dẫn đến sự thay đổi của cả hệ thống.

Ví dụ, trong trường hợp khi khai thác chọn gần hết các cây gỗ lớn trong một hệ sinh thái rừng, tức là triệt phá mất tầng ưu thế sinh thái, sẽ làm mất tầng che bóng, ánh sáng trực xạ sẽ chiếu thẳng xuống mặt đất, nhiệt độ dưới tán rừng tăng lên, độ ẩm trong không khí và dưới đất sẽ giảm xuống. Từ đó dẫn đến sự thay đổi của chế độ tiểu khí hậu đặc trưng cho hệ sinh thái rừng, làm cho chế độ khí hậu trong rừng trở nên giống với khí hậu ngoài chỗ trống. Cùng với sự thay đổi của chế độ khí hậu, nền đất bị phơi ra dưới ánh nắng mặt trời, bị tác động trực tiếp của nước mưa sẽ làm cho các điều kiện thổ nhưỡng và tính chất của đất thay đổi theo chiều hướng xấu đi. Ở những vùng đất trống, khi ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp xuống mặt đất càng nhiều thì đất sẽ trở nên khô, quá trình mùn hoá và khoáng hoá diễn ra nhanh, các sản phẩm hoà tan dễ bị rửa trôi, độ dinh dưỡng và độ phì nhiêu của đất sẽ bị giảm đi nhanh chóng. Cùng với sự thay đổi đó, khu hệ vi sinh vật và động vật đất cũng nghèo đi. Đặc biệt, ở những nơi đất dốc, khi không có lớp cây che phủ, nền đất bị xói mòn, rửa trôi nhanh chóng. Tình trạng suy thoái của thổ nhưỡng và chế độ vi khí hậu đó đã làm cho các loài cây vốn thích nghi với môi trường rừng không thể tiếp tục tồn tại và phát triển, bị tiêu diệt và thay thế vào đó là những loài thực vật chịu khô hạn và chế độ nghèo dinh dưỡng. Thái Văn Trùng (1970) gọi những thảm thực vật đó là những kiểu phụ sinh vật nhân tác thoái hoá.

Nếu không có những tác động phá hoại tiếp theo của con người và các sinh vật khác, đặc biệt là các loài động vật lớn ăn thực vật và ở đây còn

nguồn gieo giống của các loài cây gỗ thì sau một thời gian không dài, dưới tác động của các điều kiện mưa ẩm nhiệt đới, nền đất sẽ được cải thiện dần, các loài thực vật tiên phong sẽ dần dần xuất hiện và chiếm lĩnh không gian sống. Tiếp theo đó, các quần thể thực vật thứ sinh cũng sẽ được hình thành và sẽ cùng với mức độ cải thiện của nền đất mà phát triển dần để đạt tới những bậc cao hơn trong loạt diễn thế thứ sinh đi lên : từ thảm cỏ tiến lên thảm cây bụi, từ thảm cây bụi tiến lên thảm cây bụi xen gỗ và từ đó tiến lên rừng non và cuối cùng là hệ sinh thái rừng thành thực.

4.4. TIẾN HOÁ SINH THÁI

4.4.1. Sự tiến hoá của hệ sinh thái trong tự nhiên

Sự tiến hoá lâu dài của hệ sinh thái trong tự nhiên diễn ra dưới tác động của các yếu tố dị phát (yếu tố bên ngoài), như sự biến đổi của khí hậu, địa lý... và các yếu tố tự phát (yếu tố bên trong) hình thành do sự hoạt động và mối quan hệ của các bộ phận sinh vật cấu thành hệ sinh thái. Những hệ sinh thái đơn giản đầu tiên trên Trái Đất đã hình thành khoảng 3 tỷ năm trước, bao gồm những sinh vật dị dưỡng kỵ khí nhỏ bé sinh sống bằng các chất hữu cơ được tổng hợp trong các quá trình vô sinh. Tiếp theo đó là sự xuất hiện và phát triển mạnh mẽ của các quần thể tảo tự dưỡng đã làm thay đổi thành phần khí quyển, đặc biệt là làm tăng hàm lượng oxy trong không khí, tạo tiền đề cho các loài sinh vật khác hình thành và phát triển. Trải qua các thời kỳ địa chất lâu dài, các loài sinh vật mới đã hình thành, tiến hoá và hình thành nên các hệ sinh thái mới càng ngày càng phức tạp và đa dạng hơn theo hướng ngày càng chứa đựng trong đó các loài sinh vật đa bào lớn, có tổ chức cao hơn và ngày càng có ảnh hưởng mạnh mẽ hơn, thậm chí có thể kiểm soát được môi trường xung quanh. Sự phát triển và tiến hoá của các quần xã sinh vật nói riêng và của cả hệ sinh thái nói chung được thực hiện chủ yếu thông qua con đường chọn lọc tự nhiên tác động lên loài hoặc lên bậc thấp hơn. Tuy nhiên, sự chọn lọc tự nhiên ở các bậc cao hơn cũng có những vai trò quan trọng, đặc biệt là sự tiến hoá đồng thời hay là sự chọn lọc tương hỗ tùy thuộc lẫn nhau giữa các nhóm sinh vật tự dưỡng và dị dưỡng và chọn lọc nhóm hay chọn lọc ở bậc quần xã mà kết quả sẽ dẫn đến việc hình thành và duy trì các đặc điểm có lợi nhất cho cả nhóm nói chung, thậm chí cả trong trường hợp nếu đặc điểm đó có thể bất lợi cho một loài sinh vật cụ thể nào đó trong quần xã.

4.4.2. Sự tiến hoá của hệ sinh thái thông qua chọn lọc tự nhiên

Cách đây khoảng 3 tỷ năm về trước, thành phần khí quyển chỉ có nitơ, amoniac, hydrô, cacbonôxyt, metan, hơi nước... mà hoàn toàn chưa có oxy. Do không có oxy, nên không có lớp khí ôzôn tạo nên lá chắn các tia tử ngoại chiếu trực tiếp lên bề mặt Trái Đất. Tuy nhiên, chính các tia phóng xạ này đã góp phần làm xuất hiện các phân tử hữu cơ phức tạp, như các axit amin, tạo cơ sở hình thành các sinh vật nguyên thủy. Những sinh vật kỵ khí tương tự như nấm men có thể là những cơ thể sống đầu tiên đã nhận được năng lượng cần thiết cho sự hô hấp bằng con đường lên men. Sự tìm kiếm thức ăn của các sinh vật nguyên thủy cũng bị hạn chế đến mức tối thiểu. Thức ăn của chúng tùy thuộc vào sự lắng đọng chậm chạp của các chất hữu cơ được tổng hợp dưới tác động của bức xạ Mặt Trời trong các tầng nước bên trên xuống đáy các thủy vực. Như vậy, môi trường sống của các sinh vật nguyên thủy phải là các thủy vực có độ sâu cần thiết đủ để hấp thụ các tia bức xạ gây chết, nhưng cũng không thể sâu đến mức để các tia sáng nhìn thấy có thể xuyên qua được. Sự sống có thể được nảy sinh trên mặt đáy của các thủy vực mà nguồn năng lượng được đảm bảo nhờ có các chất hữu cơ giàu dinh dưỡng (Berkner và Marchall, 1966). Lúc này, thế giới sống chỉ gồm các loài sinh vật đơn bào nguyên thủy. Sự gia tăng dần số lượng oxy trong nước do hoạt động của các loài sinh vật và khuếch tán của oxy vào khí quyển đã gây nên sự biến đổi về hoá học của Trái Đất, tạo điều kiện cho sự sống phát tán nhanh chóng và thuận lợi cho sự hình thành và phát triển của các loài sinh vật lớn hơn và phức tạp hơn. Theo mức độ gia tăng của hàm lượng oxy trong khí quyển, lớp ôzôn dần dần được hình thành và trở thành màng che bảo vệ cho Trái Đất khỏi sự tác động của các tia tử ngoại độc hại. Sự sống đã có thể tiến sát lên bề mặt của các thủy vực và tiến lên trên cạn, đồng thời sự phát triển của hô hấp hiếu khí đã tạo khả năng tiến hoá cho các loài sinh vật đa bào phức tạp. Nhiều nhà khoa học đã cho rằng các loài sinh vật đa bào đầu tiên đã xuất hiện ngay sau khi hàm lượng oxy trong khí quyển đạt đến mức 3% (hoặc gần 0,6% atmophe) so với mức 20% hiện nay. Điều đó xảy ra vào khoảng 600 triệu năm về trước, vào đầu kỷ Cambri. Trong kỷ Cambri, đã xuất hiện và bùng nổ sự tiến hoá của các dạng sinh vật mới như thủy tức, san hô, giun đốt, thân mềm, tổ tiên của thực vật có hạt và động vật có xương sống. Trong kỷ Paleozoi tiếp theo, sự sống phát triển mạnh trên khắp các đại dương và vươn lên trên lục địa. Sự phát triển vượt bậc của giới thực vật đã sản sinh ra một lượng oxy nhiều hơn và tạo ra nhiều chất hữu cơ cần thiết

cho sự tiến hoá tiếp theo của giới Động vật ăn thực vật lớn hơn, như các loài khủng long *Dinosaurius*, các loài động vật có vú và cuối cùng là con người. Cùng lúc đó, các loài phù du ở biển, trước đây chỉ gồm các loài có vỏ bằng các hợp chất hữu cơ, nay đã được bổ sung thêm các dạng mới có vỏ bằng đá vôi và sau đó là có vỏ bằng hợp chất silic.

4.4.3. Sự tiến hoá đồng thời

Sự tiến hoá đồng thời là một trong những con đường chọn lọc tự nhiên ở bậc tổ chức quần xã. Theo Odum (1971), sự tiến hoá đồng thời là kiểu tiến hoá của quần xã trong mối quan hệ chọn lọc tương tác giữa các nhóm sinh vật tự dưỡng và sinh vật dị dưỡng, như giữa thực vật và các loài động vật lớn ăn thực vật với các loài vi sinh vật cộng sinh của chúng hoặc giữa vật ký sinh và vật chủ. Trong quá trình tiến hoá đồng thời, sự trao đổi thông tin di truyền giữa các thành viên tham gia được tiến hành ở mức tổ chức thấp nhất hoặc không có. Sự tiến hoá đồng thời được Ehrlich và Raven (1965) đề xướng, khi nghiên cứu mối quan hệ giữa các loài bướm và thực vật (dẫn theo Odum, 1971). Theo giả thuyết này thì các loài thực vật có thể ngẫu nhiên sản sinh ra các hợp chất hoá học làm giảm tính hấp dẫn của thực vật đối với các loài động vật ăn thực vật. Các loài thực vật này có khả năng chống chịu đối với các loài động vật ăn thực vật và có thể phân ly tiến hoá để hình thành nên một nhóm mới có đặc tính này như là sự đột biến ngẫu nhiên hoặc tổ hợp ngẫu nhiên. Song song với quá trình này, ở các loài động vật ăn thực vật cũng có thể sẽ hình thành nên các phản ứng để đối phó với những thay đổi sinh lý diễn ra trong cơ thể thực vật. Quá trình chọn lọc tự nhiên cũng có thể làm xuất hiện nhóm động vật mới thích nghi với dinh dưỡng đối với nhóm thực vật mới hình thành. Như vậy, sự tiến hoá và đa dạng ở thực vật là động lực để tạo ra sự tiến hoá và đa dạng ở động vật ăn thực vật và ngược lại. Nói một cách khác, thực vật và các loài ăn thực vật cùng tiến hoá theo, nghĩa là sự tiến hoá của nhóm này bị chi phối bởi sự tiến hoá của nhóm kia. Pimentel (1968) đã dùng khái niệm “mối liên hệ di truyền ngược” để biểu thị sự tiến hoá dẫn đến trạng thái nội cân bằng của quần thể và quần xã sinh vật trong hệ sinh thái (dẫn theo Odum, 1971).

Trong sự tiến hoá đồng thời có thể có sự tham gia của nhiều mắt xích trong chuỗi thức ăn và sự tiến hoá đồng thời cũng không bị hạn chế bởi quan hệ tương hỗ về dinh dưỡng. Theo Baker (1963), một số quần thể thực vật mà thành phần chỉ gồm một vài loài khác nhau có thể hợp thành một quần xã do

bị phụ thuộc vào một loài thụ phấn nào đó (côn trùng hay chim), nên có sự liên hệ với loài thụ phấn đó bằng sự tiến hoá chung (dẫn theo Odum, 1971).

4.4.4. Sự chọn lọc nhóm

Sự chọn lọc nhóm hay sự chọn lọc ở bậc quần xã là quá trình chọn lọc tự nhiên trong các nhóm sinh vật mà không nhất thiết phải có mối liên hệ chặt chẽ với nhau thông qua quan hệ tương tác hỗ sinh (Odum, 1971). Về lý thuyết, sự chọn lọc nhóm sẽ dẫn đến sự duy trì và bảo vệ các đặc điểm có lợi đối với cả quần thể hay quần xã sinh vật, mà có thể sẽ không có lợi đối với từng cá thể sinh vật riêng biệt mang đặc tính di truyền trong quần thể hoặc quần xã. Quá trình chọn lọc nhóm sẽ đào thải hoặc duy trì những đặc điểm không có lợi cho sự sống sót của từng loài, nhưng lại có ưu thế chọn lọc trong quần thể. Trong chọn lọc nhóm, có thể sẽ xảy ra sự đào thải của cả quần thể sinh vật do sự chọn lọc tương đồng của các kiểu di truyền trong quần thể, khi xảy ra sự tử vong hoặc giảm khả năng sinh sản ở các nhóm cá thể tương ứng.

Quan điểm của các nhà sinh thái học về ý nghĩa của chọn lọc nhóm trong quá trình tiến hoá của quần xã sinh vật vẫn còn trái ngược nhau. Williams (1966) cho rằng, mọi sự thích nghi theo nhóm mà các Nhà Sinh thái học quần thể cho rằng do tác động của chọn lọc nhóm, thực chất là do tác động của sự chọn lọc ở bậc cá thể (dẫn theo Odum, 1971). Tuy nhiên, tác giả này lại cho rằng chọn lọc nhóm là cơ chế có thực khi không còn giải pháp nào khác. Còn đa số các Nhà Sinh thái học (Darlington, 1958 ; Waddington, 1962 ; Lewontin, 1962...) đều cho rằng chọn lọc nhóm là một quá trình có thực và có ý nghĩa quan trọng đối với sự tiến hoá của quần xã sinh vật. Ví dụ rõ rệt nhất về sự chọn lọc nhóm do Lewontin (1962) mô tả là thực nghiệm được mô hình hoá bằng máy tính đối với số phận của 3 alen-t bị bắt thụ hoá trong các quần thể chuột nhà (dẫn theo Odum, 1971). Mỗi một alen đó ở trong trạng thái đồng hợp tử được sinh ra do các cá thể đực bị bắt thụ, tuy nhiên, trong số các cá thể chuột đực thuộc alen này hay alen khác của dị hợp tử tương ứng có trong tinh trùng của 85% đến 99% số cá thể đực chứ không phải là 50% như dự đoán. Tần số chính xác của sự di truyền phụ thuộc vào từng alen cụ thể. Tác giả này cho rằng, tần số hiện thực của bất kỳ alen nào trong quần thể cũng phụ thuộc vào xác suất tử vong của các nhóm có mang nó và phụ thuộc vào tần số phát tán của alen đó khi di truyền trong các nhóm tự do không có alen đó.

CHƯƠNG V

CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG CƠ BẢN VÀ MỐI TƯƠNG TÁC GIỮA CHÚNG VỚI SINH VẬT

5.1. ÁNH SÁNG

5.1.1. Đặc tính chung của ánh sáng

Đối với tất cả các sinh vật trên Trái Đất, ánh sáng mà chủ yếu là ánh sáng mặt trời, là một trong những nhân tố sinh thái quan trọng bậc nhất vì đây là nguồn cung cấp năng lượng chính cho cơ thể sống. Ánh sáng mặt trời là nguồn cung cấp năng lượng cho cây xanh quang hợp tạo ra sản lượng sơ cấp của sinh quyển. Một số sinh vật dị dưỡng như nấm và các vi sinh vật cũng phải sử dụng ánh sáng trong quá trình sinh trưởng và phát triển của mình. Ánh sáng là nhân tố chủ đạo điều khiển chu kỳ sống của sinh vật. Cường độ và chất lượng của ánh sáng còn ảnh hưởng mạnh mẽ đến nhiều quá trình sống của sinh vật, đặc biệt là quá trình trao đổi chất và năng lượng. Ngoài ra, ánh sáng mặt trời còn trực tiếp hay gián tiếp ảnh hưởng đến các nhân tố sinh thái khác của môi trường sống như nhiệt độ, độ ẩm, chất lượng không khí, quá trình hình thành đất...

Trái Đất của chúng ta nhận được bức xạ ánh sáng mặt trời với các bước sóng khoảng từ 0,29 nm đến 3 nm. Bức xạ mặt trời khi đi qua khí quyển xuống bề mặt Trái Đất bị hấp thụ một phần (khoảng 19% toàn bộ bức xạ) bởi các chất chứa trong khí quyển ; một phần khác (khoảng 34%) bị phản xạ vào khoảng không vũ trụ và có đến 49% tổng lượng bức xạ mặt trời đến được bề mặt Trái Đất. Phần ánh sáng mặt trời chiếu thẳng xuống bề mặt Trái Đất được gọi là ánh sáng trực xạ, còn phần ánh sáng bị khúc xạ bởi hơi nước, bụi... trong không khí gọi là ánh sáng tán xạ. Tổng số bức xạ trực tiếp và tán xạ được gọi là bức xạ tổng số. Trên mặt biển phẳng lặng ở các vĩ độ trung bình vào giữa trưa, bức xạ tổng số vào khoảng 900w/m^2 ($1,3\text{cal/cm}^2/\text{phút}$). Bức xạ mặt trời phân bố không đồng đều trên mặt đất. Càng lên cao trên bầu khí quyển, cường độ ánh sáng càng mạnh hơn ; càng gần xích đạo, cường độ ánh sáng cũng mạnh hơn. Cường độ ánh sáng thay đổi rõ rệt theo thời gian (mùa) trong năm, theo chu kỳ ngày, đêm. Ánh sáng có ba thành phần chính phụ thuộc vào độ dài bước sóng như sau :

– *Tia tử ngoại* (phần ánh sáng không nhìn thấy) : Gồm những tia có độ dài bước sóng từ 10 – 380 nm. Phần lớn các tia tử ngoại đều có hại đối với cơ thể sống, nhưng may mắn là nó lại bị tầng ôzôn của khí quyển ở độ cao khoảng 30km hấp thụ gần hết. Các tia tử ngoại có tác động lớn tới sinh vật trên Trái Đất. Các tia tử ngoại thường có tác động diệt vi khuẩn. Với một lượng nhỏ vừa phải, các tia tử ngoại có tác dụng kích thích hình thành hệ xương ở người và động vật, hình thành antôxyan ở thực vật. Nhưng với lượng lớn, các tia tử ngoại lại có hại đối với cơ thể sống vì chúng ức chế sự sinh trưởng, phá huỷ tế bào... May mắn là cấu trúc đặc biệt của biểu bì thực vật và da động vật đã phần nào chống lại sự xâm nhập của các tia tử ngoại vào cơ thể.

– *Ánh sáng nhìn thấy* : Gồm những tia có độ dài bước sóng từ 380 đến 780 nm. Quang phổ của phần ánh sáng nhìn thấy gồm những tia có màu sắc khác nhau tùy theo độ dài bước sóng : tia màu tím có độ dài bước sóng 380 – 430 nm, tia màu xanh có độ dài bước sóng 430 – 490 nm, tia màu lục có độ dài bước sóng 490 – 570 nm... Phần ánh sáng nhìn thấy có vai trò đặc biệt quan trọng đối với sinh vật. Đây là phần ánh sáng cung cấp năng lượng cho cây xanh quang hợp tạo ra sinh khối sơ cấp. Đối với động vật, ánh sáng nhìn thấy có vai trò quan trọng trong quá trình hình thành sắc tố, duy trì các hoạt động của thị giác, của hệ thần kinh và các hoạt động sinh sản.

– *Tia hồng ngoại* (phần ánh sáng không nhìn thấy) : Gồm các tia ánh sáng có độ dài bước sóng lớn nhất, từ 780 đến 340000 nm. Loại tia này nói chung không ảnh hưởng trực tiếp đến các quá trình sống của sinh vật nhưng lại sản sinh ra nhiệt, vì thế, chúng ảnh hưởng gián tiếp đến các hoạt động sinh lý của thực vật, đến các cơ quan cảm giác và trung tâm điều hoà nhiệt của hệ thần kinh động vật.

5.1.2. Ánh sáng và ảnh hưởng của nó đến thực vật

5.1.2.1. Ảnh hưởng của ánh sáng đến đời sống thực vật

Ánh sáng tác động lên thực vật như một nguồn năng lượng đối với các phản ứng quang hoá, ánh sáng cũng là nhân tố kích thích, điều khiển quá trình sinh trưởng, phát triển của thực vật nhưng ánh sáng cũng có thể gây thương tổn cho thực vật. Các hiệu ứng bức xạ khác nhau gây nên bởi sự hấp thụ các lượng tử mà năng lượng của chúng phụ thuộc vào độ dài của bước sóng. Clorophin và các sắc tố phụ khác của lục thể ở thực vật và phycobilin ở tảo hấp thụ ánh sáng mặt trời cho quá trình quang hợp tạo ra sinh khối sơ cấp trên Trái Đất, nguồn thức ăn ban đầu cho các sinh vật tiêu thụ. Các quá

trình cảm ứng ánh sáng như : quá trình nảy mầm của hạt, hình thành lá, hoa, quả, hạt, hiện tượng rụng lá còn ở phần lớn thực vật, sự thay đổi của mùa hoạt động được điều chỉnh bằng hệ thống photôcrôm ; điều đó chủ yếu phụ thuộc vào hình thái quang, có nghĩa là phụ thuộc vào sự phân ly của các mô vào ánh sáng và vào các quá trình hình thành cơ quan hình thái. Quá trình tự dưỡng quang hợp được điều chỉnh bởi các cơ quan thụ cảm ánh sáng. Các tia tử ngoại với các bước sóng ngắn hơn 280 nm thường gây tổn thương cho vật liệu di truyền, tuy nhiên, các bức xạ sóng ngắn như thế thường không đi qua được khí quyển.

* *Ảnh hưởng của ánh sáng đến hình thái cây.* Phần lớn các loài thực vật đều có tính hướng sáng, tức là xu hướng mọc vươn ra về phía có ánh sáng. Người ta cũng nhận thấy, cây mọc ở chỗ trống được chiếu sáng toàn phần thường thấp cây, có tán tròn, rộng, lá dày, có màu xanh nhạt, phân cành sớm, thường có vỏ dày. Trong khi đó, cũng loài cây đó, nếu mọc trong rừng, nơi có ít ánh sáng, thường vươn lên về chiều cao, có thân thẳng, quá trình tỉa cành diễn ra sớm và mạnh, tán cây chỉ tập trung ở phần ngọn, lá mỏng, có màu xanh đậm, vỏ cây mỏng.

* *Ảnh hưởng của ánh sáng đến quá trình quang hợp và sinh lý của cây xanh.* Trong quá trình quang hợp, năng lượng ánh sáng được hấp thụ và được chuyển hoá thành năng lượng của các hợp chất hoá học. Các phản ứng quang hoá tham gia trong quá trình quang hợp nhờ ánh sáng, đồng thời cả các phản ứng lên men trong tối và các quá trình khuếch tán, nhờ đó mà xảy ra sự trao đổi CO_2 và O_2 giữa lục lạp và không khí bên ngoài. Cường độ và chất lượng của ánh sáng ảnh hưởng mạnh mẽ đến quá trình quang hợp của thực vật. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, cường độ quang hợp của cây xanh diễn ra mạnh nhất khi được chiếu tia sáng đỏ. M.I. Osretcov, khi nghiên cứu cường độ quang hợp của lá cây thông trong bóng và ngoài ánh sáng ở độ chiếu sáng thấp (1000 – 2000 lux), đã nhận thấy cường độ quang hợp của lá cây trong bóng cao hơn 2 – 4 lần so với ở lá cây ngoài sáng. Nhưng dưới ánh sáng mạnh (20000 – 40000 lux) cường độ quang hợp của lá cây trong bóng thấp hơn ở lá cây ngoài sáng nhiều lần. Có hiện tượng đó là do lá cây trong bóng không chịu được nhiệt độ cao khi có ánh sáng mạnh vì lúc đó lượng nước trong lá giảm xuống do bị bốc hơi mạnh ; ngoài ra, nhiệt độ cao cũng ảnh hưởng đến hoạt động của các hạt diệp lục.

Sự thoát hơi nước của lá cây trong bóng ít hơn ở lá cây ngoài sáng từ 3 – 10 lần. Cường độ hô hấp của lá cây ngoài sáng cũng cao hơn lá cây trong

bóng. Ánh sáng còn ảnh hưởng rõ rệt đến quá trình sinh sản của thực vật. Người ta đã nhận thấy, thời gian chiếu sáng càng dài thì các cây ở vùng ôn đới (cây ngày dài) phát triển nhanh, quá trình sinh sản xảy ra sớm, ngược lại, đối với phần lớn cây vùng nhiệt đới (cây ngày ngắn), nếu thời gian chiếu sáng kéo dài thì quá trình sinh sản ở cây sẽ diễn ra muộn hơn.

5.1.2.2. Sự thích nghi của thực vật đối với ánh sáng

Mỗi một loài thực vật có nhu cầu ánh sáng khác nhau. Căn cứ vào nhu cầu ánh sáng, người ta có thể chia các loài thực vật thành nhiều nhóm. Lundegard trong cách phân loại thực vật của mình theo nhu cầu ánh sáng đã chia các loài thực vật thành năm nhóm như sau :

– *Nhóm thực vật không cần ánh sáng* : Đó là các loài thực vật sống hoại sinh trong đất, thực vật sống ở các độ sâu khác nhau dưới biển và một số loài thực vật nội ký sinh.

– *Nhóm thực vật chiếu sáng hoàng hôn* : Thường là các loài thực vật sống ở biển, dưới tán rừng (các loài tảo, rêu), thực vật (thường là tảo) trong đá sống trong các hang hốc, khe hẻm...

– *Thực vật ưa bóng bắt buộc* : Nhiều loài thực vật sống dưới tán rừng.

-- *Thực vật ưa bóng tùy ý* có biên độ rộng về yêu cầu đối với ánh sáng, trong đó có các loài ở giai đoạn phát triển đầu tiên của cuộc đời thì sống nơi có ánh sáng ít, nhưng ở các giai đoạn tiếp theo lại yêu cầu nhiều ánh sáng đầy đủ.

– *Thực vật ưa sáng*. Hầu như tất cả các loài cây thân gỗ đều là những loài thực vật ưa sáng.

Cách phân chia như trên nói chung là không rõ ràng và vì thế người ta thường chia các loài thực vật thành ba nhóm chính phụ thuộc vào nhu cầu ánh sáng như sau :

- Các loài cây ưa sáng.
- Các loài cây ưa bóng.
- Các loài cây chịu bóng.

Đa số các loài thực vật, đặc biệt là những cây thân gỗ đều là những loài thực vật ưa sáng. Chúng thường sống ở những nơi được chiếu sáng hoàn toàn: trên đồng cỏ, thảo nguyên, các xavan, chiếm lĩnh tầng cao của tán rừng... Các cây nông nghiệp cũng thường là những cây ưa sáng. Cây ưa sáng

thường có tán rộng, nhiều cành lá, lá thường dày, có nhiều lỗ khí, lá bóng hoặc thường có lông hay lớp cutin che phủ... Lá cây ưa sáng thường có mô giậu phát triển, mô giậu thường có cấu tạo nhiều lớp hoặc đối với một số cây, như cây bạch đàn *Eucalyptus*, thịt lá lại gồm toàn mô giậu. Hệ thống gân lá phát triển, kích thước hạt diệp lục bé. Đối với các loài cây ưa sáng, khi cường độ ánh sáng tăng thì cường độ quang hợp của cây cũng tăng, ngược lại, nếu thiếu ánh sáng thì cường độ quang hợp của cây giảm vì lượng ATP (axit adenôzin triphôtphoric) cung cấp năng lượng cho các phản ứng tổng hợp cũng bị giảm. Cây ưa sáng thường có quá trình trao đổi mạnh, thể hiện ở cường độ cao trong các hoạt động sống chủ yếu như quang hợp, hô hấp, thoát hơi nước... do đó mà các loài thực vật ưa sáng thường là những cây có tốc độ sinh trưởng nhanh. Một số loài bạch đàn *Eucalyptus* nguyên sản ở châu Úc một năm có thể mọc cao lên đến 8m. Một số loài cây gỗ ưa sáng điển hình trong thảm thực vật rừng ở nước ta, như cây bồ đề *Styrax tonkinensis*, cây trám trắng *Canarium album*, cây hu đay *Trema orientalis*, cây tông dù *Toona chinensis*... đều là những cây gỗ mọc nhanh.

Các loài thực vật ưa bóng là các loài cây cả đời lại thích hợp với những nơi có ánh sáng ít, như ở dưới tán rừng, trong các hang động... Đó là những cây ưa bóng điển hình. Cây ưa bóng thường có lá mỏng xếp xen kẽ với nhau trong không gian để có thể tận dụng được ánh sáng tán xạ. Số lượng gân lá và lỗ khí ở lá cây thường ít. Mô giậu ở lá cây ưa bóng thường chỉ có một lớp hoặc có khi không có. Mô xốp và các khoảng trống trong lá cây rất phát triển, tầng cutin thường rất mỏng hoặc không có. Số lượng hạt diệp lục thường nhiều, hạt diệp lục thường có kích thước lớn. Ở các loài cây ưa bóng quá trình trao đổi chất thường diễn ra chậm nên cây ưa bóng thường là cây mọc chậm, nhưng thường lại có tuổi thọ dài. Cây ưa bóng chỉ thích hợp với ánh sáng tán xạ. Khi cường độ ánh sáng tăng, nhiệt độ tăng lên, các cây ưa bóng không có khả năng giữ nước và chống lại nhiệt độ cao, vì vậy nên khi bị chiếu sáng mạnh kéo dài các cây chịu bóng sẽ bị chết. Đối với các cây ưa bóng, khi cường độ ánh sáng tăng thì cường độ quang hợp cũng tăng theo song chỉ đến một giới hạn nhất định. Dưới ánh sáng mạnh, cường độ quang hợp ở cây ưa bóng giảm một phần vì ánh sáng mạnh làm giảm khả năng hoạt động của thể hạt, một phần do tính nhạy cảm cao của bộ máy quang hợp trong cây ưa bóng đối với sự giảm sút độ ẩm và lượng nước trong lá khi nhiệt độ tăng lên.

Giữa hai loại trên còn có một loại nữa, đó là những cây chịu bóng. Đây là những loài thực vật thích nghi với những nơi có ánh sáng vừa phải, chúng có thể bị che bóng song vẫn không bị ảnh hưởng lớn đến quá trình sinh trưởng và phát triển bình thường. Về các đặc điểm giải phẫu và sinh lý, cây chịu bóng thường gần với cây ưa sáng hơn là cây ưa bóng.

Có một số loài thực vật lại có nhu cầu ánh sáng không giống nhau trong các giai đoạn phát triển của mình. Như cây lim xanh *Erythrophloeum fordii*, ở giai đoạn còn non, dưới 3 – 5 năm tuổi thì chịu bóng, nên có thể tái sinh tự nhiên dưới tán rừng ; nhưng đến giai đoạn trưởng thành, trên 5 tuổi nó lại là cây ưa sáng, sẽ vươn lên trên tầng cao của tán rừng. Từ giai đoạn này, nếu thiếu ánh sáng, cây lim sẽ sinh trưởng kém, sẽ tàn lụi và nếu tiếp tục bị che bóng, nó có thể sẽ bị chết.

Một điểm cần nhấn mạnh là ranh giới giữa các nhóm cây phụ thuộc vào ánh sáng trong thực tế không thực sự rõ ràng vì tính ưa sáng hay ưa bóng, chịu bóng còn phụ thuộc vào các nhân tố khác của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, độ cao và loại đất.

5.1.3. Ánh sáng và ảnh hưởng của nó đến động vật

Ánh sáng cũng là một nhân tố sinh thái quan trọng trong đời sống của động vật. Cũng như các nhóm sinh vật khác, các loài động vật khác nhau cũng có nhu cầu về ánh sáng khác nhau. Dựa vào nhu cầu ánh sáng, người ta chia động vật thành hai nhóm chính : nhóm động vật ưa sáng và nhóm động vật ưa tối.

Nhóm động vật ưa sáng là tập hợp những loài chịu được giới hạn rộng về độ dài bước sóng, cường độ và thời gian chiếu sáng. Nhóm này gồm những loài động vật hoạt động vào ban ngày.

Nhóm động vật ưa tối là những loài chỉ có thể chịu đựng được giới hạn hẹp về ánh sáng. Nhóm này bao gồm những động vật hoạt động về ban đêm hoặc cả đời sống trong hang hốc, sống trong lòng đất hoặc ở đáy biển sâu.

Đối với động vật, ánh sáng là nhân tố quan trọng trong các hoạt động nhận biết thế giới xung quanh, định hướng trong không gian và trong quá trình sinh sản.

5.1.3.1. Vai trò của ánh sáng trong sự định hướng của động vật

Các tia sáng phản xạ từ những vật trong môi trường xung quanh được cơ quan thị giác của động vật thu nhận và từ đó đã giúp cho chúng định

hướng trong không gian và cho chúng biết một phần đáng kể những thông tin về thế giới xung quanh. Những loài động vật khác nhau có khả năng tiếp nhận những phần khác nhau của quang phổ mặt trời. Một số động vật thân mềm có thể thu nhận được các tia hồng ngoại, một số loài ong có thể nhìn thấy vùng quang phổ có bước sóng ngắn nhưng lại không thu nhận được một số tia có bước sóng dài như tia màu đỏ...

Hầu như tất cả các loài động vật ưa tối và nhiều loài động vật hoạt động vào lúc hoàng hôn và ban đêm đều không phân biệt được màu sắc của thế giới xung quanh mà chỉ cảm nhận được màu đen và trắng từ ánh sáng phản chiếu. Một số động vật hoạt động vào ban đêm hay thường xuyên sống ở những nơi có ít ánh sáng lại có mắt to, mắt có cấu tạo đặc biệt để giúp nhận biết rõ hơn thế giới xung quanh. Loài cá *Myctophum risos* vì sống ở những chỗ nước sâu nên có đường kính của mắt bằng nửa chiều dài của đầu.

Một số loài động vật sống gần mặt nước mắt lại có cấu tạo đặc biệt để vừa có thể nhìn thấy được trong môi trường nước và vừa có thể nhìn thấy được trong môi trường không khí. Loài cá nhỏ bốn mắt ở châu Mỹ *Anablep tetrapithalamus* là một loài như thế. Mắt của một số loài bọ cánh cứng thuộc chi *Gyrinus* cũng có cấu tạo tương tự.

Một ý nghĩa quan trọng khác của ánh sáng đối với động vật, đó là ánh sáng giúp nhiều loài động vật, đặc biệt là chim di trú, định hướng trong không gian trong thời gian di cư. Những loài chim di trú trong quá trình di cư phải vượt qua quãng đường tới hàng ngàn kilômét. Chim thường chọn hướng chính xác nhờ ánh sáng mặt trời. Nếu do nguyên nhân nào đó, như có sương mù dày đặc, chim không nhìn thấy rõ ánh sáng mặt trời, chúng rất dễ bị lạc hướng. Khả năng định hướng trong không gian nhờ mặt trời đặc biệt phát triển ở các loài ong mật. Khi các con ong trinh sát phát hiện ra nguồn thức ăn chúng sẽ quay về tổ để báo cho đồng loại biết nơi có thức ăn. Khi về đến tổ, các con ong trinh sát này bắt đầu múa thành hình số 8 tạo ra nhiều góc độ và nhịp điệu khác nhau để chỉ đường cho ong thợ đến nơi có thức ăn. Nhịp điệu múa tương ứng với khoảng cách đến nguồn thức ăn: nguồn thức ăn ở càng gần thì nhịp điệu múa càng nhanh. Góc giữa bụng ong và mặt phẳng thẳng đứng tương ứng với góc tạo ra bởi hai đường thẳng: một đường nối từ tổ ong đến nơi có thức ăn, một đường hướng về phía Mặt Trời. Khi nguồn thức ăn có nhiều, những con ong trinh sát có thể múa rất lâu. Trong thời gian múa, góc nghiêng của hình số 8 dần dần thay đổi cho phù hợp với

vị trí của Mặt Trời khi Trái Đất quay. Trong trường hợp Mặt Trời bị các đám mây che khuất, ong sẽ định hướng theo ánh sáng phân cực của bầu trời. Người ta đã chứng minh được rằng khả năng định hướng theo Mặt Trời của các loài ong mật là bẩm sinh, còn khả năng nhận biết vị trí của Mặt Trời khi Trái Đất quay là tập nhiễm.

5.1.3.2. Vai trò của ánh sáng đối với sự sinh sản của động vật

Nhiều thực nghiệm đã chứng minh rằng, ánh sáng sau khi được cơ quan thị giác thu nhận đã kích thích sự hoạt động của các trung khu thần kinh, kích hoạt quá trình hoạt động nội tiết ở tuyến não thụ, từ đó ảnh hưởng đến sự sinh trưởng và phát dục ở động vật. Người ta đã nhận thấy, nếu tăng cường độ chiếu sáng thì cá sẽ phát triển nhanh hơn và quá trình phát dục của cá hồi sẽ đến sớm hơn.

Độ dài của thời gian chiếu sáng trong ngày cũng ảnh hưởng nhất định đến quá trình sinh sản của nhiều loài động vật. Loài cá hồi *Salvelinus fontinalis* thường đẻ trứng vào mùa thu, nhưng nếu thời gian chiếu sáng về mùa xuân tăng lên hoặc giảm thời gian chiếu sáng về mùa hè cho giống với thời gian chiếu sáng trong mùa thu thì cá hồi vẫn có thể đẻ trứng. Thời gian chiếu sáng không thích hợp là một trong những nguyên nhân quan trọng gây nên hiện tượng đình dục, tức là có thể ngừng các hoạt động sinh trưởng và phát triển, ở một số loài côn trùng.

Cũng cần phải nói thêm là một số loài động vật có khả năng tự phát sáng (do sự oxy hoá các hợp chất hữu cơ trong cơ thể) khi sống trong điều kiện thiếu ánh sáng. Những tín hiệu ánh sáng đó có những ý nghĩa sinh thái khác nhau trong đời sống của động vật. Khả năng tự phát sáng có thể để bảo vệ con vật khỏi kẻ thù, có thể để ngụy trang hoặc thu hút các cá thể khác giới trong thời kỳ sinh sản.

5.2. NHIỆT ĐỘ

5.2.1. Vai trò của nhiệt đối với cơ thể sống như là một nhân tố sinh thái

Nhiệt độ trên Trái Đất phụ thuộc vào nguồn năng lượng hay bức xạ từ Mặt Trời, vì thế nó thay đổi theo các vùng địa lý và thay đổi theo các mùa trong năm. Khoảng nhiệt độ tồn tại trên Trái Đất bằng hàng nghìn độ, nhưng sự sống chỉ có thể tồn tại trong một khoảng giới hạn hẹp hơn nhiều, khoảng 300°C , nghĩa là từ -200°C đến $+100^{\circ}\text{C}$. Nếu xem xét từng loài sinh vật cụ thể thì chúng lại thích ứng với phạm vi nhiệt độ thấp hơn nhiều và phạm vi nhiệt độ tối thích cho các hoạt động sống của từng loài lại còn thấp hơn nữa.

Như chúng ta đã biết, một vài loài sinh vật trong thời kỳ diapaude có thể sống, ít nhất là trong một thời gian ngắn ở nhiệt độ thấp, một vài loài vi sinh vật khác, như vi khuẩn hay tảo lại có khả năng sinh sống trong môi trường nước nóng có nhiệt độ gần với điểm sôi. Thường thì giá trị giới hạn của ngưỡng trên của yếu tố có tác động nguy kịch hơn so với ngưỡng dưới, mặc dù nhiều sinh vật khi sống gần với ngưỡng trên của phạm vi chống chịu lại hoạt động có hiệu quả hơn. Phạm vi dao động của nhiệt độ trong môi trường nước thường nhỏ hơn so với môi trường cạn và phạm vi chống chịu với nhiệt độ của các sinh vật sống trong môi trường nước cũng thường hẹp hơn so với các sinh vật sống trên cạn. Trong sinh thái học, mức độ biến đổi nhiệt độ là vô cùng quan trọng. Nhiệt độ dao động trong khoảng từ 10°C đến 20°C với trung bình là 15°C tác động lên sinh vật không giống như nhiệt độ cố định 15°C tác động lên sinh vật. Các nhà khoa học đã phát hiện được rằng, các sinh vật sống trong môi trường thường xuyên chịu tác động của nhiệt độ dao động thường có khả năng chịu đựng kém hơn đối với nhiệt độ cố định. Do đa số các sinh vật mẫn cảm với sự dao động của nhiệt độ và cũng do nhiệt độ là nhân tố dễ đo đạc, nên vai trò của nó thường được xem như là một nhân tố giới hạn.

Nhiệt độ là nhân tố sinh thái ảnh hưởng rất lớn đến sự sinh trưởng, phát triển và phân bố của các cá thể, các quần thể và các quần xã sinh vật trong không gian và thời gian. Khi nhiệt độ quá thấp hoặc quá cao đối với một loài sinh vật cụ thể thì chúng sẽ bị chết. Sự khác nhau của nhiệt độ trong môi trường đã tạo ra các nhóm sinh thái khác nhau thích nghi với sự thay đổi của nhiệt độ. Ngoài ra, nhân tố nhiệt độ của môi trường còn trực tiếp hay gián tiếp ảnh hưởng đến các nhân tố sinh thái khác của môi trường như độ ẩm, quá trình hình thành đất...

5.2.2. Các hình thức trao đổi nhiệt của cơ thể sống

Dựa vào các hình thức trao đổi nhiệt giữa cơ thể sống và môi trường, các loài sinh vật được chia thành hai nhóm chính là : nhóm các loài sinh vật biến nhiệt và nhóm các loài sinh vật hằng nhiệt.

5.2.2.1. Nhóm sinh vật biến nhiệt

Là các sinh vật không có khả năng điều hoà nhiệt độ của cơ thể, do đó nhiệt độ của cơ thể chúng phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường và vì thế luôn luôn biến đổi. Các loài vi khuẩn, tảo lam, nấm, thực vật, động vật không xương sống, cá, lưỡng cư, bò sát thuộc nhóm này.

5.2.2.2. Nhóm sinh vật hằng nhiệt hay nhóm động vật máu nóng

Đó là các loài động vật có tổ chức cao như chim, thú do có sự phát triển, hoàn chỉnh cơ chế điều hoà nhiệt độ cơ thể và hình thành trung tâm điều khiển nhiệt ở não bộ giúp cho chúng duy trì nhiệt độ cực thuận thường xuyên của cơ thể (ở chim là $40^{\circ}\text{C} - 42^{\circ}\text{C}$, ở thú là $36,6^{\circ}\text{C} - 39,5^{\circ}\text{C}$) không phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường bên ngoài.

Giữa hai nhóm trên, trong thực tế, còn tồn tại một nhóm thứ ba là nhóm trung gian giữa hai nhóm trên. Đây là nhóm các sinh vật mà vào thời kỳ không thuận lợi trong năm, chúng ngủ hoặc ngừng hoạt động, nhiệt độ cơ thể hạ thấp nhưng thường không bao giờ xuống dưới $10^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}$. Khi thời gian không thuận lợi qua đi, chúng lại trở lại trạng thái hoạt động và nhiệt độ cao của cơ thể lại được phục hồi và duy trì không phụ thuộc vào sự thay đổi của nhiệt độ môi trường bên ngoài. Nhóm này bao gồm một số loài gặm nhấm nhỏ như sóc đất, Marmota, nhím, chuột sóc, một số loài chim hút mật...

5.2.3. Khả năng thích nghi của cơ thể sống với nhiệt độ môi trường

Nhiệt độ của môi trường là nhân tố không ổn định và thường xuyên thay đổi. Trong nhiều trường hợp, sinh vật phải sống trong điều kiện nhiệt độ khác nghiệt như quá nóng, quá lạnh hay biên độ nhiệt độ theo chu kỳ ngày, đêm, chu kỳ theo mùa thay đổi mạnh. Để tồn tại và phát triển, sinh vật đã hình thành và hoàn thiện ba phương thức cơ bản để thích nghi với điều kiện nhiệt độ không thuận lợi của môi trường sống.

5.2.3.1. Phương thức thích nghi tích cực

Đó là khả năng tăng cường sức đề kháng của cơ thể thông qua quá trình trao đổi chất và năng lượng và hoàn thiện cơ chế điều hoà nhiệt độ cơ thể.

Phương thức này phát triển ở một số loài thực vật bậc cao, thể hiện ở khả năng tích lũy thêm đường trong cơ thể để chống lại sự đóng băng của nước trong tế bào hoặc tăng lượng nước liên kết và muối khoáng có tác dụng chống mất nước để chống nóng cho cơ thể. Ở động vật, phương thức này thể hiện ở khả năng xây tổ và điều hoà nhiệt độ trong tổ ổn định ở động vật biến nhiệt và khả năng kết hợp các giải pháp điều hoà nhiệt bằng con đường hoá học, vật lý học và tập tính học ở động vật hằng nhiệt.

5.2.3.2. Phương thức thích nghi thụ động

Trong phương thức này, sinh vật sẽ phát triển và hoàn thiện cơ chế điều chỉnh các hoạt động sống trong cơ thể để thích nghi với sự thay đổi của nhiệt độ môi trường. Tuân theo cơ chế này, khi thiếu nhiệt, sinh vật sẽ phải sử

dụng tiết kiệm vật chất và năng lượng để bù vào lượng thiếu hụt nhiệt và tăng cường khả năng chống chịu với nhiệt độ thấp. Phần lớn các loài thực vật và động vật biến nhiệt thích nghi với nhiệt độ bằng phương thức này. Ở động vật hằng nhiệt, phương thức này chỉ xảy ra khi nhiệt độ môi trường xuống thấp gần đến mức giới hạn dưới. Khi đó, trong cơ thể động vật hằng nhiệt, cường độ trao đổi chất sẽ giảm đi rõ rệt và qua đó, chúng sẽ tiết kiệm được năng lượng dự trữ.

5.2.3.3. Phương thức lẩn tránh tác động của nhiệt độ không thuận lợi

Phương thức này được hình thành và hoàn thiện trong quá trình tiến hoá thích nghi của các loài sinh vật đối với môi trường sống, mà cụ thể ở đây là đối với nhân tố nhiệt độ, khi nhân tố này trở thành bất lợi với cơ thể sinh vật. Bằng cách này, các loài sinh vật đã hoàn thiện chu kỳ sống của mình để những giai đoạn phát triển dễ bị tổn thương nhất do nhiệt độ bất lợi được diễn ra vào thời gian có nhiệt độ thích hợp nhất trong năm. Nhiều loài động vật (côn trùng, cá, bò sát, lưỡng cư, một số loài chim, thú...) có tập tính di trú để tránh đông hoặc ngủ đông để tránh rét ; một số loài sinh vật bậc thấp (vi khuẩn, tảo lam...) và một số loài động vật biến nhiệt thì hình thành bào tử hay rơi vào trạng thái tiềm sinh để vượt qua thời kỳ có nhiệt độ bất lợi.

5.2.4. Vai trò của nhiệt độ đối với thực vật

5.2.4.1. Đòi hỏi về nhiệt độ của thực vật

Từ lâu, người ta đã nhận thấy mức độ phát triển của thực vật nhiệt đới, ôn đới và hàn đới có khác nhau trong điều kiện đủ độ ẩm. Từ đó đã thúc đẩy các nhà khoa học nghiên cứu so sánh đối chiếu các đường giới hạn phân bố của các loài và trị số trung bình về nhiệt độ. Chính những ý tưởng này đã giúp cho nhà bác học người Đức Humboldt xây dựng nên phương pháp hằng nhiệt. Về sau, De Candolle (1874) đã gộp thành nhóm các loài thực vật dựa theo đại lượng nhiệt độ trung bình hằng năm :

- Thực vật đại nhiệt : Đòi hỏi nhiệt độ trung bình hằng năm trên 20°C .
- Thực vật trung nhiệt : Đòi hỏi nhiệt độ trung bình hằng năm từ 15°C đến 20°C .
- Thực vật vi nhiệt : Đòi hỏi nhiệt độ trung bình hằng năm từ 0°C đến 14°C .

Nhà bác học Lundegardh (1925) thì cho rằng : đối với thực vật, sự giao động của nhiệt độ quan trọng hơn trị số của nhiệt độ. Vì thế ông đã xếp các nhóm thực vật trước hết theo đòi hỏi của chúng đối với nhiệt độ đồng đều hay thay đổi theo chu kỳ và sau đó mới đến trị số của nhiệt độ. Hơn nữa,

cần phân biệt những loài thực vật đòi hỏi phải có nhiệt độ rất nóng hoặc rất lạnh hay nhiệt độ chênh lệch nhiều và những loài thực vật có thể chịu được nóng hay lạnh và nhiệt độ thay đổi.

Sự đòi hỏi về nhiệt của các loài thực vật rất khác nhau. Có một số loài thoả mãn với thời kỳ đông hoá ngắn, nhưng một số loài lại đòi hỏi thời kỳ đông hoá dài để trong thời gian đó tổng nhiệt độ phải vượt qua được một mốc giá trị nào đó và cơ thể thực vật phải nhận được một lượng nhiệt tối thiểu tương ứng. Mối liên hệ phụ thuộc của các quá trình sống trong cơ thể thực vật với những đại lượng nhiệt nhất định đã được biết đến từ lâu. Nhà nghiên cứu Rosenthal (1784) đã nói đến khái niệm “tổng nhiệt lượng” mà cơ thể thực vật cần phải nhận được để hoàn thành chu trình sống của nó kể từ giai đoạn nảy mầm đến khi quả chín. Về sau vấn đề này được nghiên cứu chi tiết hơn, đầu tiên là theo quan điểm thực vật học nông nghiệp và chính điều đó đã dẫn đến việc phân loại thực vật dựa vào nhu cầu của chúng về nhiệt.

Nhiều loài thực vật, ở những giai đoạn phát triển nhất định, đòi hỏi phải có nhiệt độ thấp hơn. Ngược lại, có những loài lại đòi hỏi chế độ nhiệt phải được phân bố đồng đều trong cả chu kỳ sống của mình. Đối với những loài này, sự dao động của chế độ nhiệt, dù chỉ chênh lệch không đáng kể so với tiêu chuẩn, cũng có thể phá vỡ các hoạt động sống của chúng. Sự nhạy cảm đối với sự thay đổi của chế độ nhiệt của một loài trong những giai đoạn phát triển khác nhau của chu trình sống cũng có thể rất khác nhau. Ở giai đoạn cây mầm hay trong thời kỳ sinh sản, cơ thể thực vật mẫn cảm hơn đối với sự thay đổi của chế độ nhiệt. Ví dụ, đường ranh giới phân bố sinh thái của cây xương rồng khổng lồ *Carnegie gigantea* ở vùng Tây Bắc Arizona được giới hạn bằng đường đẳng nhiệt là 10°C , ở nhiệt độ này cây xương rồng non sẽ chết vì lạnh. Đường giới hạn khu phân bố của cây đề châu Âu ở vùng Bắc Âu, do tính định kỳ ra hoa của nó là độc lập, nên phụ thuộc vào cả những đợt rét muộn cũng như các đợt nóng của mùa hè. Một số loài thực vật lại có những đòi hỏi nhất định ngay cả đối với chế độ nhiệt trong một ngày đêm.

5.2.4.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến các hoạt động sống của thực vật

*** Biên độ nhiệt đối với các quá trình sống của thực vật**

Một nhiệt lượng đủ và cân đối là điều kiện cơ bản của cuộc sống nói chung cho giới sinh vật. Còn đối với mỗi quá trình sống riêng biệt đòi hỏi những ranh giới nhiệt độ xác định và một giá trị nhiệt độ tối thích mà vượt ra ngoài giá trị đó, hiệu quả của các hoạt động sống bị giảm xuống. Cùng với sự tương tác của các quá trình đó và với sự kết hợp giữa chúng nảy sinh

khi xảy ra nhiệt độ môi trường quá cao hoặc quá thấp liên quan đặc trưng đến mỗi loài và mỗi giai đoạn phát triển, các ranh giới của nhiệt độ cơ bản tuy không phải là hằng số nhưng có thể bị biến động trong phạm vi mức phản ứng đã được ổn định bằng con đường di truyền, do thích nghi với các điều kiện của môi trường, trong đó có nhiệt độ. Thông thường các cây thân gỗ lá rộng mọc trên cạn có thể tồn tại trong một biên độ nhiệt độ tương đối rộng, đây là những cây “rộng nhiệt”. Đa số trong nhóm này sống tốt trong khoảng nhiệt độ từ -5°C đến $+55^{\circ}\text{C}$, tức là với biên độ nhiệt độ là 60°C và trong khoảng biên độ nhiệt độ từ 5°C đến 40°C thì chúng cho năng suất cao. Trong nhóm các loài thực vật sống trong nước, đặc biệt là nhóm Tảo lại có nhiều loài “hẹp nhiệt”, nghĩa là chúng chỉ thích nghi với một biên độ nhiệt độ rất hẹp, hoặc rất cao hoặc rất thấp. Loài tảo *Chlamydomonas nivalis* sống trên núi cao hay các loài tảo lục và tảo silic sống trên băng chỉ tồn tại được khi nhiệt độ môi trường gần với điểm đóng băng. Trong khi đó, các loài vi khuẩn thích nóng, các loài tảo xanh lục như một số loài trong các chi *Mastigocladus* và *Synechococcus* chỉ có thể phát triển được trong các suối nước nóng, có khi tới 80°C hoặc cao hơn nữa. Nhiều loài vi khuẩn ký sinh hay nấm cũng là những loài hẹp nhiệt, chúng thích nghi với khoảng nhiệt độ mà trong đó xảy ra sự nhiễm trùng và lan truyền bệnh trong cơ thể vật chủ. Các ranh giới nhiệt độ của sự sống là những nhiệt độ rất thấp hoặc rất cao mà khi vượt ra ngoài ranh giới đó, thực vật sẽ ngừng sinh trưởng, phát triển và bị chết. Ở đây, cần phân biệt các ranh giới “tiềm sinh” và “gây chết”. Tiềm sinh là ranh giới mà sau khi chuyển qua ngưỡng này các quá trình sống tích cực bị giảm đi tới mức tối thiểu và chất nguyên sinh rơi vào trạng thái không hoạt động do nóng quá hay lạnh quá. Khi điều kiện bình thường được phục hồi lại, các quá trình sống lại diễn ra bình thường. Còn ranh giới gây chết là ngưỡng mà khi đạt tới điều kiện này thì sự tổn hại sẽ không thể phục hồi lại được và cuộc sống của cá thể sẽ chấm dứt. Tính chịu nóng hay lạnh cao là khả năng của riêng từng loài thực vật nhưng đây là đặc tính riêng của mỗi loài để tránh sự cạnh tranh. Các loài mà ở điều kiện nhiệt độ thuận lợi không có khả năng bảo vệ được sự tồn tại của mình, do đó phải tìm đến và thích nghi với điều kiện nhiệt độ có vẻ như không thuận lợi với sự sống nhưng còn chỗ trống để tồn tại.

Trong tự nhiên, nếu nhiệt độ chuyển sang mức giới hạn hoặc quá cao hoặc quá thấp, cấu trúc và chức năng của tế bào có thể bị tổn hại bất ngờ và dẫn đến chất nguyên sinh sẽ ngừng hoạt động, quá trình quang hợp và hô hấp sẽ giảm xuống. Nóng quá đặc biệt nguy hại cho quang hợp, còn lạnh

quá thì tác động mạnh đến quá trình hô hấp. Đối với những cây đã bị thương tổn do lạnh quá hoặc nóng quá, sau khi các điều kiện bình thường đã được lập lại quá trình hô hấp có thể vẫn dao động mạnh và thường cao hơn mức bình thường. Sự tổn hại của lục lạp sẽ dẫn đến sự ức chế quá trình quang hợp lâu dài hoặc thậm chí không thể trở lại bình thường.

Nhiệt độ thuận lợi vốn là điều kiện cơ bản cho sự sinh trưởng, phát triển và cạnh tranh của thực vật trong quần thể. Các ranh giới nhiệt độ đối với sự đồng hoá cacbon trong quá trình quang hợp của thực vật ở giai đoạn sinh trưởng tích cực chỉ vào khoảng 5°C , hẹp hơn rất nhiều so với khoảng cách giữa sự thương tổn của lá do bị lạnh quá và sự chết của lá do bị đốt nóng. Một số loài cây có thể vẫn sử dụng được khí CO_2 ngay ở những vùng ngoại vi của biên độ sống của mình. Tuy nhiên, biên độ nhiệt độ tối thích đối với quá trình quang hợp thuận và sự tích lũy chất khô ở đa số các loài thực vật lại thường không rộng hơn $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$. Thực vật cũng chỉ sinh trưởng tốt ở trong phạm vi biên độ nhiệt độ vào khoảng $10\text{--}20^{\circ}\text{C}$, tuy nhiên biên độ nhiệt độ tối thích đối với quá trình sinh trưởng và tích lũy chất khô ở thực vật thường cao hơn tối thích đối với quá trình quang hợp thuận. Sự tăng trưởng về chiều cao của thân cây vùng ôn đới thuận lợi hơn cả trong khoảng nhiệt độ từ 15°C đến 25°C và bắt đầu ngay từ nhiệt độ trên điểm đóng băng vài độ, còn đối với thực vật vùng nhiệt đới là từ 30°C đến 40°C và chỉ bắt đầu ở khoảng 12°C đến 15°C . Thực vật vùng ôn đới và hàn đới thường nở hoa sớm và chúng có thể sinh trưởng ngay ở nhiệt độ gần 0°C . Các ranh giới nhiệt độ đối với sự sinh trưởng của bộ rễ trong đa số trường hợp ở các cây vùng ôn đới là rất rộng. Bộ rễ của chúng có thể bắt đầu tăng trưởng từ khi nhiệt độ môi trường đạt 2°C và tiếp tục quá trình này đến cuối mùa thu. Thực vật vùng nhiệt đới đòi hỏi các nhu cầu cao hơn. Rễ của đa số các loài cây vùng này chỉ bắt đầu tăng trưởng khi nhiệt độ đạt tới 10°C .

Các quá trình phân chia và phân hoá tế bào có thể xảy ra ngay cả ở nhiệt độ thấp, tuy rất chậm chạp. Tuy nhiên, hoạt động tích cực của mitozơ lại cần có nhiệt độ cao hơn, cao hơn khoảng 5°C so với quá trình dẫn bào. Nhưng nhiệt độ thích hợp đối với quá trình sinh trưởng có thể biến đổi nhiều phụ thuộc vào sự thích ứng nhiệt độ của pha phát triển theo mùa và thời gian trong ngày. Chu kỳ kế tiếp nhiệt độ ngày, đêm nói chung là cần thiết đối với thực vật. Các loài thực vật vùng ôn đới, đặc trưng bằng nhịp điệu ngày, đêm rõ ràng, sẽ phát triển tốt hơn nếu nhiệt độ ban đêm thấp hơn ban ngày khoảng $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$, còn đối với các loài thực vật vùng nhiệt đới biên độ này ít

hơn, vào khoảng 3°C . Trong nhiều trường hợp, nhiệt độ ban đêm có ảnh hưởng lớn hơn đến quá trình dẫn bào hơn là nhiệt độ ban ngày.

Biên độ nhiệt độ đối với quá trình hình thành các cơ quan sinh sản của thực vật thường khác và hẹp hơn đối với quá trình sinh trưởng và hình thành các cơ quan sinh dưỡng. Các ranh giới nhiệt độ chính đối với sự nảy mầm của bào tử và hạt cây phải tương ứng với các điều kiện phù hợp với sự phát triển tiếp theo của cây con. Biên độ nhiệt độ đối với sự nảy mầm của hạt cây ở các loài cư trú rộng là khá lớn nếu trong vùng phân bố của chúng tồn tại những sai khác lớn về điều kiện nhiệt độ. Hạt của các loài cây vùng nhiệt đới nảy mầm tốt hơn cả ở khoảng nhiệt độ từ 15°C đến 30°C , hạt của các cây vùng ôn đới là từ 8°C đến 25°C . Hạt cây nảy mầm vào mùa hè đối với các cây có nguồn gốc từ phương bắc, khác với hạt cây nảy mầm vào mùa đông đối với các cây có nguồn gốc từ các vùng có mùa đông không lạnh lắm, là nảy mầm rất chậm ở nhiệt độ thấp. Nhờ đó mà có sự thích nghi nhất định đối với mùa thuận lợi cần cho sự sinh trưởng và phát triển của cây con. Một số loài thực vật phát triển những cơ chế phức tạp cản trở sự nảy mầm của hạt cây vào thời gian không thuận lợi. Hạt của nhiều loài cây vùng ôn đới sẽ nảy mầm dễ dàng hơn nếu ở trạng thái nở phồng gặp được nhiệt độ thấp. Sự nở hoa ở thực vật chỉ xảy ra trong khoảng biên độ nhiệt độ hẹp, còn sự phát triển của cả cụm hoa lại có thể sẽ thích hợp với những nhiệt độ khác. Các cây một năm sống vào mùa đông và các cây hai năm sống ở vùng ôn đới cần có thời kỳ lạnh trong năm để ra hoa bình thường. Chúng chỉ sẵn sàng ra hoa nếu được sự tác động của nhiệt độ -3°C đến $+13^{\circ}\text{C}$, mà tốt nhất là trong khoảng 3°C đến 5°C (được xuân hoá) trong 15 đến 20 ngày. Trong trường hợp thời gian lạnh quá ngắn hay bị gián đoạn bởi nhiệt độ tăng cao hơn 15°C các loài thực vật này có thể sẽ không ra hoa. Để cho quả và hạt cây phát triển, đến giai đoạn thành thực đòi hỏi phải có nhiều nhiệt hơn so với thời kỳ kết thúc của quá trình sinh trưởng của thân và rễ cây.

** Tính chịu nhiệt và sự thích nghi của thực vật với nhiệt độ tới hạn*

Tính chịu nhiệt hay khả năng chịu nhiệt của thực vật là khả năng của cơ thể thực vật có thể chịu được nhiệt độ nóng quá hay lạnh quá mà bị tổn hại không thuận nghịch. Thực chất, tính chịu nhiệt của thực vật là dựa vào khả năng của chất nguyên sinh chịu được nhiệt độ giới hạn nguy hiểm (tính chịu đựng theo J. Levitt, 1958) và hiệu quả của các biện pháp làm chậm đi hay ngăn chặn được sự tăng tổn hại (tính trốn). Nói chung các biện pháp có thể bảo vệ tế bào khỏi bị thương tổn do nhiệt độ quá cao hay quá thấp ở thực vật

là không nhiều và thực chất, cũng không hiệu quả. Ví dụ, nếu thực vật sinh sống trong tán rậm rạp của cây gỗ hay ở thực vật có bẹ bao chồi, lá và hoa ở sâu trong tán cây và gần mặt đất hơn sẽ ít bị đóng băng hơn do bức xạ nhiệt so với các phần bên ngoài tán cây. Nhiều loài cây lá kim hay các cây lá rộng thuộc các chi Thầu tấu *Aporosa*, Me rừng *Phyllanthus* hay Hoắc quang *Wendlandia*... thường có vỏ dày để có thể chịu đựng tốt hơn các đám cháy rừng. Chủ yếu có hai nhóm biện pháp bảo vệ có ý nghĩa tổng quát: làm chậm sự đóng băng trong cơ thể khi bị lạnh và làm nguội bằng cách phản xạ các tia sáng chiếu tới và nhờ sự thoát hơi nước khi bị nóng.

Khả năng chịu đựng nóng hay lạnh của thực vật chủ yếu dựa vào tính chất của chất nguyên sinh. Đặc tính đó được quy định bằng con đường di truyền và vì thế ở các loài khác nhau nó cũng biểu hiện khác nhau. Tuy nhiên, đây không phải là một đặc tính được duy trì thường xuyên ở cơ thể thực vật ở một mức độ không đổi.

Tính chất thích nghi của thực vật với nhiệt độ có thể chia thành hai nhóm lớn : tính chịu lạnh và tính chịu nóng.

Tính chịu lạnh. Tuỳ theo mức độ và tính chất chuyên hoá của tính chịu lạnh chúng ta có thể chia thực vật thành các nhóm như sau:

– *Nhóm thực vật không chịu được lạnh.* Nhóm này bao gồm tất cả những loài thực vật bị thương tổn nghiêm trọng ngay cả khi nhiệt độ môi trường cao hơn nhiệt độ đóng băng. Nhóm này bao gồm đa số các loài cây lá rộng thuộc các vùng rừng mưa nhiệt đới, các loài nấm và các loài tảo vùng biển nhiệt đới.

– *Nhóm thực vật không chịu được băng giá.* Nhóm này bao gồm các loài cây tuy chịu được nhiệt độ thấp, nhưng vẫn có thể bị đóng băng. Các cây không chịu được băng giá được bảo vệ để không bị thương tổn bằng các biện pháp làm chậm sự đóng băng nhờ tăng nồng độ các chất có hoạt tính thẩm thấu trong dịch tế bào và trong nguyên sinh chất. Nhóm này bao gồm một số loài tảo dưới biển sâu, một số thực vật vùng á nhiệt đới và ôn đới ẩm áp...

– *Nhóm thực vật chịu nước đá.* Đây là nhóm những loài cây mà vào thời gian lạnh trong năm có thể chịu được sự đóng băng nước ngoài bào và sự thiếu nước nhất định. Nhóm này gồm một số loài tảo nước ngọt, tảo vùng duyên hải, tảo trên cạn, các loài rêu thuộc mọi vùng khí hậu và các loài thực vật ở vùng có mùa đông lạnh.

Tính chịu nóng. Tính chịu nóng phụ thuộc vào độ dài thời gian tác động của nóng, nghĩa là tuân theo quy luật liều lượng: tức là nóng vừa phải mà

kéo dài cũng có tác động tương tự như nóng nhiều ngắn hạn. Có thể phân chia thực vật thành các nhóm chịu nóng như sau :

– *Các loài không chịu được nóng*. Các loài thực vật thuộc nhóm này có thể bị thương tổn ngay ở khi nhiệt độ môi trường mới đạt tới 30°C đến 40°C. Trong nhóm này có các loài tảo có nhân thực, các loài thực vật có lá sống trong môi trường nước, nhiều loài cây trên cạn có lá mềm... Tất cả các loài thực vật trên chỉ có thể tồn tại được ở những nơi không quá nóng. Chúng chỉ có thể chịu được nóng nhiều trong trường hợp phát triển khả năng làm giảm tác động của nhiệt độ cao nhờ quá trình thoát hơi nước.

– *Các loài có nhân thực chịu được nóng*. Các loài thực vật thuộc nhóm này thường sống ở những nơi có nhiều ánh sáng và khô, vì vậy chúng như đã được làm quen dần với nhiệt độ cao. Những loài này có thể chịu đựng được nhiệt độ môi trường lên đến 50°C đến 60°C trong thời gian 30 phút.

– *Các loài thực vật tiền nhân chịu được nóng*. Một số loài tiền nhân ưa nhiệt có thể chịu đựng được nhiệt độ rất cao, như một số loài tảo lục. Những loài chịu được nhiệt độ cao thường có các axit nucleic và prôtêin rất bền vững.

Tính chịu nóng ở thực vật là một đặc tính rất chuyên hoá, ngay cả những loài rất gần nhau trong cùng một chi thực vật cũng có thể có tính chịu nóng rất khác nhau. Những sai khác này được hình thành từ sự tồn tại của các điều kiện môi trường đặc thù trong các vùng phân bố tự nhiên và dần dần được duy trì và củng cố trong quá trình tiến hoá và chọn lọc của thực vật.

5.2.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến đời sống của động vật

Nhiệt độ là nhân tố sinh thái quan trọng trong đời sống của động vật. Trong quá trình tiến hoá của động vật, sự tác động của nhân tố nhiệt độ, một nhân tố luôn luôn biến động, đã ghi dấu ấn trong đặc điểm hình thái, trong các hoạt động sống và phát triển của cả động vật hằng nhiệt và biến nhiệt. Các loài động vật cũng đã hình thành nên những cơ chế hữu hiệu để thích nghi đối với sự thay đổi của nhân tố nhiệt độ, đặc biệt là với điều kiện nhiệt độ không thích hợp của môi trường.

5.2.5.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hình thái của động vật

Khi nghiên cứu hình thái của động vật ở các vùng khác nhau trên Trái Đất, K. Bergmann đã rút ra nhận xét như sau : Các cá thể động vật hằng nhiệt (chim, thú) thuộc cùng một loài hay các loài gần nhau thuộc cùng một chi thì thường có kích thước lớn hơn ở miền Bắc (vùng lạnh) so với ở miền Nam (vùng nóng). Ngược lại, đối với động vật biến nhiệt (cá, lưỡng cư, bò sát...)

thì những cá thể ở miền Nam lại thường có kích thước lớn hơn các cá thể ở miền Bắc. Động vật ở vùng lạnh luôn luôn có bộ lông rậm và dài hơn động vật ở vùng nóng. Điều này cần được đặc biệt chú ý trong thực tế du nhập các loài vật nuôi từ vùng lạnh sang vùng nóng và ngược lại. Nhà nghiên cứu D. Allen (1977) thì có nhận xét rằng, càng vượt lên phía Bắc (vùng lạnh) thì kích thước các phần thò ra bên ngoài của cơ thể (như tai, đuôi, mỏ, các chi...) càng bị thu nhỏ lại. Ví dụ như kích thước của tai ngoài. Đối với nhiều loài động vật, tai ngoài không chỉ có vai trò trong việc thu nhận tiếng động của môi trường bên ngoài mà đây còn là cơ quan giúp cho quá trình toả nhiệt của cơ thể. Vì vậy mà tai của nhiều loài thỏ ở châu Phi, châu Mỹ; các loài voi châu Á, châu Phi, các loài cáo sa mạc... đã chuyển hoá thành những cơ quan chuyển hoá điều hoà nhiệt độ.

5.2.5.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến các hoạt động sinh lý của động vật

Đối với một số loài động vật, nhiệt độ có ảnh hưởng đến khối lượng thức ăn mà chúng cần tiêu thụ và tốc độ của quá trình tiêu hoá thức ăn. Một ví dụ thường được nhắc tới là ấu trùng của loài mọt bột *Tenebrio molitor*, ở giai đoạn 4, khi ở nhiệt độ 36°C ăn hết 638mm² lá khoai tây, còn trong trường hợp nhiệt độ hạ xuống chỉ còn 16°C thì chúng chỉ ăn hết 215mm². Người ta cũng đã nhận thấy, ở nhiệt độ 15°C đến 20°C loài cá *Rutilus rutilus caspicus* có tốc độ tiêu hoá thức ăn nhanh gấp 3 lần so với ở nhiệt độ 1°C đến 5°C.

Sự trao đổi khí ở động vật cũng thay đổi phụ thuộc vào sự thay đổi của nhiệt độ môi trường. Trong đa số trường hợp, cường độ hô hấp sẽ tăng lên nếu nhiệt độ môi trường tăng lên. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, đối với cá chép, khi nhiệt độ môi trường ở 1°C thì lượng oxy tối thiểu cần thiết trong môi trường nước là 0,8mg/lít, nhưng khi nhiệt độ tăng lên 3°C thì lượng oxy tối thiểu cần sẽ tăng lên là 1,3mg/lít (Ivleva, 1938).

5.2.5.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình phát triển và sinh sản của động vật

Tồn tại một giới hạn nhiệt độ, mà nếu xuống thấp hơn mức đó, quá trình trao đổi chất trong cơ thể động vật sẽ ngừng lại và chúng sẽ không thể phát triển được. Quá trình trao đổi chất và các hoạt động phát triển sẽ được phục hồi nếu nhiệt độ môi trường vượt qua mức giới hạn đó. Giới hạn nhiệt độ đó gọi là “ngưỡng nhiệt phát triển”. Mỗi một loài động vật có một ngưỡng nhiệt phát triển nhất định riêng. Khi nhiệt độ môi trường càng vượt qua ngưỡng phát triển này bao nhiêu thì quá trình phát triển càng diễn ra mạnh mẽ bấy nhiêu, song cũng không vượt qua được một giới hạn trên nhất định.

Như vậy, diễn biến của từng giai đoạn phát triển và của cả quá trình sống của cơ thể sẽ được kết thúc nhanh. Trong tất cả mọi trường hợp, sự tăng của nhiệt độ sẽ thúc đẩy sự phát triển, nhưng sẽ dừng lại ở một ngưỡng nhiệt độ nhất định. Quá trình này được biểu thị bằng một đại lượng được gọi là “hằng số nhiệt” hay “tổng nhiệt hữu hiệu”. Đại lượng này được tính như sau :

$$S = (T - C) \times D$$

Trong đó, S là hằng số nhiệt hay tổng nhiệt hữu hiệu; T là nhiệt độ môi trường xung quanh; C là ngưỡng nhiệt phát triển; D là thời gian phát triển.

Có thể tính tổng nhiệt hữu hiệu cho từng giai đoạn phát triển hoặc cho cả một thể hệ của từng loài động vật, mà cụ thể nhất là đối với các loài côn trùng. Khi biết được tổng nhiệt hữu hiệu của một thể hệ và nhiệt độ nơi sống của loài đó, người ta có thể tính được số thế hệ trung bình của nó trong một năm. Nói chung, các loài động vật vùng nhiệt đới thường có tốc độ tăng trưởng nhanh hơn và có số thế hệ hằng năm nhiều hơn so với những loài có quan hệ họ hàng gần gũi với chúng ở vùng ôn đới.

Khi điều kiện môi trường, trong đó có nhiệt độ, trở nên không thuận lợi thì sự phát triển của các loài động vật biến nhiệt, mà đặc biệt là các loài côn trùng, sẽ bị ngừng lại. Đây là hiện tượng “đình dục”, một hiện tượng xảy ra khá phổ biến trong đời sống của nhóm côn trùng. Sự đình dục được chi phối cả bởi các yếu tố bên trong cơ thể và các nhân tố của môi trường bên ngoài.

Khi nhiệt độ của môi trường bên ngoài trở nên quá cao hoặc quá thấp đối với một loài động vật biến nhiệt nào đó, sẽ gây ra hiện tượng ngủ hè hay ngủ đông ở chúng. Ngủ hè là khả năng thích nghi của các động vật biến nhiệt khi nhiệt độ môi trường lên quá cao và độ ẩm xuống quá thấp. Trạng thái ngủ đông xuất hiện rộng rãi hơn trong nhóm động vật biến nhiệt. Hiện tượng này xuất hiện khi nhiệt độ môi trường hạ xuống thấp tương đối đối với một loài động vật nào đó làm ngừng sự phát triển của chúng. Nhiệt độ gây ra hiện tượng ngủ đông ở các loài động vật khác nhau rất khác nhau. Các loài động vật vùng nhiệt đới có thể rơi vào trạng thái ngủ đông ở nhiệt độ tương đối cao. Ví dụ, loài một bông rơi vào trạng thái ngủ đông ở nhiệt độ môi trường vào khoảng 13°C. Ở một số loài động vật hằng nhiệt cũng có hiện tượng ngủ đông. Trong thời gian ngủ đông, các loài động vật hằng nhiệt tạm thời trở thành các loài biến nhiệt. Trong thời gian ngủ đông, cường độ chuyển hoá năng lượng trong cơ thể các loài động vật này hạ xuống rất thấp, chỉ bằng 1/30, thậm chí có khi chỉ còn bằng 1/100 so với lúc bình thường,

nhưng khi nhiệt độ môi trường ở mức gần 0°C thì cường độ chuyển hoá năng lượng trong cơ thể chúng có tăng lên đôi chút. Nhiệt độ cơ thể của chúng lúc này phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường.

Đối với quá trình sinh sản của động vật, nhiệt độ đóng một vai trò rất quan trọng, vì nhiệt độ môi trường có ảnh hưởng lớn tới chức năng của các cơ quan sinh sản. Nhiều loài động vật chỉ sinh sản được trong một phạm vi nhiệt độ thích hợp nhất định. Nhiệt độ môi trường quá cao hoặc quá thấp có thể làm ngừng quá trình sinh tinh hoặc sinh trứng ở động vật. Cá chép chỉ đẻ trứng khi nhiệt độ của nước cao hơn 15°C , còn ở loài chuột nhắt trắng *Mus musculus* hoạt động sinh sản diễn ra mạnh nhất ở nhiệt độ vào khoảng 18°C và khi nhiệt độ tăng lên đến 30°C quá trình sinh sản của loài chuột này sẽ bị ngừng.

Cũng như đối với thực vật, nhiệt độ là nhân tố quan trọng giới hạn sự phân bố của động vật trong tự nhiên. Trong sinh thái học, dựa vào nhu cầu nhiệt độ, người ta chia động vật thành những loài chịu nhiệt hẹp và những loài chịu nhiệt rộng. Các loài chịu nhiệt hẹp là các loài phân bố trong tự nhiên đòi hỏi một giới hạn nhiệt độ nhất định và có biên độ chênh lệch nhiệt độ không lớn. Các loài chim cánh cụt trong tự nhiên chỉ gặp ở vùng Nam Cực, nơi mà nhiệt độ trong năm thường xuyên thấp hơn 0°C ; các loài gấu trắng chỉ gặp ở vùng Bắc Cực; một số loài động vật chỉ phân bố ở vùng nhiệt đới nóng ẩm quang năm hoặc chỉ có thể sống trong môi trường nước, nơi mà sự chênh lệch nhiệt độ giữa các mùa trong năm và giữa ngày và đêm không lớn. Đây là những loài chịu nhiệt hẹp. Nhiều loài động vật không xương sống ở biển cũng là những loài chịu nhiệt hẹp. Đối với nhiều loài động vật biến nhiệt, tổng nhiệt hữu hiệu cần thiết cho sự phát triển phải lớn hơn tổng nhiệt của nơi sống. Ví dụ loài ruồi quả *Ceratitis capitata* ở vùng Địa Trung Hải chỉ phát triển được ở những nơi có nhiệt độ trung bình ngày, đêm cao hơn $13,5^{\circ}\text{C}$ để tổng nhiệt hữu hiệu trung bình ngày đạt 350°C . Trong khi đó những loài chịu nhiệt rộng là những loài có khả năng chịu đựng được sự thay đổi lớn về nhiệt độ theo chu kỳ mùa, ngày, đêm và chúng là những loài phân bố rộng, có khi là loài toàn thế giới. Ruồi nhà *Musca domestica* là một loài như thế. Loài này phân bố hầu như trên toàn thế giới.

5.2.5.4. Sự điều hoà nhiệt độ ở động vật

Động vật là các loài sinh vật có thể sản sinh ra nhiệt nhờ có hệ cơ. Khi hệ cơ hoạt động, năng lượng dưới dạng nhiệt được sinh ra và giải phóng nhiều hơn trong quá trình hoạt động của các cơ quan khác. Hệ cơ càng phát triển và càng tích cực hoạt động thì nhiệt lượng sản sinh ra càng nhiều.

Những hình thức điều hoà nhiệt độ cơ thể chủ yếu ở động vật là:

* *Điều hoà nhiệt bằng con đường hoá học.* Đó là hiện tượng tăng mức sản sinh ra nhiệt để điều chỉnh nhiệt độ cơ thể do tăng quá trình chuyển hoá hoá học để phản ứng lại sự thay đổi nhiệt độ của môi trường bên ngoài.

* *Điều hoà nhiệt bằng con đường vật lý.* Là khả năng thay đổi mức độ toả nhiệt bằng cách giữ nhiệt hoặc phát tán lượng nhiệt dư thừa ra môi trường. Sự điều hoà nhiệt bằng con đường vật lý được thực hiện nhờ phát triển và hoàn thiện các đặc điểm thích nghi về hình thái, giải phẫu của cơ thể động vật như có lông mao, lông vũ, cấu tạo của hệ mạch máu, lớp mô dự trữ dưới da...

* *Điều hoà nhiệt bằng con đường hình thành các tập tính thích nghi.* Trong quá trình phát triển để thích nghi với môi trường xung quanh, nhiều loài động vật đã hình thành và hoàn thiện nhiều tập tính thích nghi với môi trường, trong đó có sự thay đổi của nhiệt độ.

Các loài động vật biến nhiệt chủ động tạo ra môi trường thuận lợi bằng cách đào hang, xây tổ... Tập tính có tính di truyền này giúp động vật tạo ra nơi ở có chế độ vi khí hậu thuận lợi và ổn định để phần nào tránh được những điều kiện khắc nghiệt về nhiệt độ, độ ẩm... của môi trường bên ngoài. Một số loài động vật có thể làm tăng hay giảm sự đốt nóng cơ thể do ánh sáng mặt trời bằng cách thay đổi tư thế của cơ thể. Ở các loài bò sát cơ chế điều nhiệt này rất phát triển và thường gặp. Về buổi sáng, khi nhiệt độ không khí còn thấp, để tăng nhiệt độ cơ thể, chúng thường xoay mình hướng phần lớn diện tích cơ thể về phía Mặt Trời. Vào buổi trưa, khi nhiệt độ bên ngoài đã tăng cao và bức xạ mặt trời đã đạt đỉnh, chúng lại chuyển hướng cơ thể để hướng phần diện tích cơ thể nhỏ nhất về phía Mặt Trời. Một số loài khác, lúc nắng nóng thì tìm chỗ trú dưới bóng tán cây, trong các lùm bụi. Về mùa đông, nhiều loài động vật nhỏ ẩn mình tránh rét dưới lớp vỏ cây hay trong tầng thảm mục hoặc chui sâu xuống dưới đất... Cơ chế điều hoà nhiệt độ của một số loài côn trùng sống thành xã hội như ong, mối, kiến rất phát triển và rất phức tạp. Chúng xây tổ có cấu trúc độc đáo và phức tạp và phát triển nhiều hoạt động điều hoà nhiệt độ trong tổ rất hoàn hảo và hữu hiệu.

Cơ chế điều hoà nhiệt ở động vật phát triển rất phong phú và đa dạng. Ở những loài biến nhiệt, điều hoà nhiệt độ chủ yếu bằng con đường vật lý và thay đổi tập tính, còn ở các loài động vật hằng nhiệt, sự phát triển và hoàn thiện cơ chế điều hoà nhiệt độ cùng với sự hình thành trung tâm điều khiển

nhật ở não bộ đã giúp cho cơ thể giữ được nhiệt độ ổn định, ít phụ thuộc vào môi trường bên ngoài. Đây là một đặc điểm tiến hoá của sinh giới. Sự hình thành và hoàn thiện cơ chế điều hoà nhiệt ở động vật hằng nhiệt được phát triển dựa vào cường độ chuyển hoá năng lượng và vật chất cao và ổn định trên cơ sở hoàn chỉnh các cơ quan vận chuyển, hệ tuần hoàn, hệ thần kinh trung ương và sự hình thành các bộ phận cách nhiệt như : có lớp mỡ dày dưới da, sự xuất hiện của lớp lông mao, lông vũ... Bộ lông dày và có đặc tính không thấm nước của các động vật vùng cực cho phép chúng giữ được nhiệt độ cơ thể có thể chống chọi với nhiệt độ rất thấp mà không cần phải tăng cường độ trao đổi chất và thậm chí có thể còn hạ thấp nhu cầu về thức ăn trong mùa đông giá rét so với mùa hè ấm áp hơn. Ở những vùng nóng, động vật điều hoà nhiệt độ cơ thể phần nhiều nhờ vào cơ chế bốc hơi nước bằng con đường ra mồ hôi hoặc qua màng nhầy ở khoang miệng.

Một tập tính thích nghi độc đáo để điều hoà nhiệt độ ở động vật hằng nhiệt là thói quen tụ tập thành đám. Chim cánh cụt vùng Nam Cực thường tập hợp thành những nhóm dày đặc lớn để tránh rét và bão tuyết là điều ai cũng có thể biết song những con lạc đà sống ở các vùng sa mạc nóng nắng cũng biết tập hợp thành nhóm để hạn chế sự đốt nóng bề mặt cơ thể chúng là điều ít người biết đến. Người ta đã tính được rằng, khi tập hợp thành những đám lớn thì nhiệt độ ở giữa đám chỉ vào khoảng 39°C , tức là bằng nhiệt độ cơ thể của con vật, trong khi đó nhiệt độ ở trên lưng và ở sườn những con vật có thể bị đốt nóng đến 70°C .

Như vậy, nhờ kết hợp các phương thức điều hoà nhiệt bằng các con đường hoá học, lý học và tập tính học mà động vật có khả năng thích nghi với sự thay đổi nhiệt độ khắc nghiệt của môi trường sống. Ngoài ra, sự hình thành trung tâm điều nhiệt ở não bộ của các loài động vật hằng nhiệt cao cấp, như ở các loài chim, thú đã giúp chúng có khả năng điều chỉnh nhiệt tốt hơn ở các loài biến nhiệt và duy trì nhiệt độ cơ thể tối thích, không phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường. Nhờ cơ chế này mà các loài động vật hằng nhiệt dễ dàng thích nghi với điều kiện sống của môi trường hơn các loài động vật biến nhiệt và vì vậy chúng có khu phân bố rộng lớn hơn.

Cũng cần phải nhấn mạnh rằng trong tự nhiên còn có nhóm động vật tiến hoá trung gian giữa biến nhiệt và hằng nhiệt. Các loài thú bậc thấp như nhóm thú đơn huyệt, thú có túi, thú thiếu răng tuy thuộc về nhóm hằng nhiệt, song khả năng giữ nhiệt độ cơ thể ổn định vẫn còn kém, nhất là ở giai

đoạn sơ sinh. Các loài thú ăn côn trùng nhỏ như dơi, khả năng điều chỉnh nhiệt độ cơ thể tuy vẫn còn thấp song đã khá hơn nhóm trên. Khả năng điều hoà nhiệt độ cơ thể hoàn thiện nhất là ở nhóm thú ăn thịt, thú móng guốc và linh trưởng.

5.3. NƯỚC VÀ ĐỘ ẨM

5.3.1. Vai trò của nước đối với sinh vật

Nước là môi trường quan trọng của sự sống. Sự sống được phát sinh lần đầu tiên trong nước và những bước tiến hoá đầu tiên của sự sống cũng diễn ra trong môi trường nước. Ngày nay, đứng trên quan điểm sinh thái học mà xem xét thì nước là nhân tố giới hạn của môi trường sống ở cả trên cạn và dưới nước, nơi mà lượng nước có sự dao động mạnh hoặc ở những nơi có hàm lượng muối cao có thể làm cho cơ thể mất nước bằng con đường thẩm thấu. Lượng mưa, độ ẩm, các nguồn nước mặt và nước ngầm là các nguồn nước chính của nhân tố này. Lượng mưa của từng vùng trên Trái Đất phụ thuộc vào hướng di chuyển của gió và tính chất đặc trưng của hệ thống thời tiết khu vực. Sự phân bố lượng mưa theo thời gian trong năm là yếu tố giới hạn quan trọng đối với sinh vật vì các điều kiện được tạo ra do sự phân phối đều đặn lượng mưa trong năm hoàn toàn khác hẳn với các điều kiện được tạo ra khi lượng mưa ấy tập trung chỉ vào một mùa nhất định trong năm. Bởi vì trong trường hợp sau, sinh vật phải chịu đựng một thời kỳ khô hạn trong năm. Trong thực tế, thì lượng mưa thường phân phối không đều đặn trong một năm, nhất là ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, nơi mà trong một năm mùa khô và mùa mưa thể hiện rất rõ. Nhịp điệu mùa của độ ẩm trong năm ở các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới là yếu tố quan trọng nhất điều khiển mọi hoạt động theo mùa của sinh vật, đặc biệt là quá trình sinh sản. Trên thực tế, độ ẩm hữu hiệu đối với sinh vật ở một vùng còn phụ thuộc vào sự cân bằng giữa tổng lượng mưa và tổng lượng bốc hơi thế năng.

Độ ẩm là thông số đặc trưng cho hàm lượng nước trong môi trường không khí hoặc môi trường đất. Độ ẩm trong môi trường được phân chia thành độ ẩm tuyệt đối và độ ẩm tương đối. *Độ ẩm tuyệt đối* là lượng nước chứa trong không khí hoặc đất, trên một đơn vị khối lượng không khí hoặc đất (ví dụ gam nước/kilogam không khí), còn *độ ẩm tương đối* là phần trăm lượng nước có trong môi trường so với lượng nước bão hoà trong môi trường đó ở các điều kiện áp suất và nhiệt độ cho trước. Nói chung trong nghiên cứu sinh thái, độ ẩm tương đối có ý nghĩa quan trọng hơn. Trong nhiều trường

hợp, người ta còn thay thế các số liệu về độ ẩm bằng đại lượng nghịch đảo của sự thiếu hụt áp suất hơi nước (sự sai khác giữa áp suất cực bộ của hơi nước khi bão hoà và áp suất thực của hơi nước đo được) vì sự bốc hơi nước thường tỷ lệ thuận với sự thiếu hụt áp suất hơi nước chứ không phải với độ ẩm tương đối.

Tính chất khô hạn của môi trường cũng là một yếu tố sinh thái quan trọng trong đời sống của các sinh vật trên cạn. Để tránh mất nước do khô hạn, động vật thường điều chỉnh tập tính của mình như di chuyển tìm chỗ tránh hoặc chuyển sang hoạt động về ban đêm, còn thực vật thì điều chỉnh quá trình bốc hơi nước. Có một mối liên hệ thuận giữa sự bốc hơi nước và năng suất sơ cấp ở thực vật. Tỷ lệ tăng trưởng (năng suất nguyên) đối với lượng nước bốc hơi được gọi là *hiệu ứng nước bốc hơi* và thường được tính bằng gam chất khô cho 1000gam nước bốc hơi. Đối với đa số các loài thực vật, hiệu ứng bốc hơi này thường bằng hoặc nhỏ hơn 2, ở thực vật chịu hạn, hiệu ứng này có thể lên đến 4. Đối với các loài thực vật chịu khô hạn sống ở sa mạc, hiệu ứng này cũng chỉ bằng 4 hoặc cao hơn một chút và sự thích nghi của chúng trong trường hợp này không phải ở sự điều chỉnh quá trình bốc hơi nước mà bằng khả năng trút bỏ bộ lá và ngừng các hoạt động sống khi thiếu nước.

Đối với sinh vật nói chung, lượng nước trên bề mặt (phụ thuộc vào lượng mưa từ khí quyển) và nước ngầm đều quan trọng, song riêng đối với thực vật, lượng nước ngầm trong nhiều trường hợp lại có ý nghĩa hơn. Ở những vùng khô hạn hoặc trên núi cao thì sương và mây mù là nguồn bổ sung quan trọng cho tổng lượng nước trong vùng và là nguồn cung cấp nước chủ yếu cho các loài sinh vật, nhất là thực vật. Ở những vùng ôn đới và hàn đới thì tuyết lại có vai trò quan trọng đối với đời sống sinh vật. Lớp tuyết phủ trên bề mặt đất không những là nguồn cung cấp nước cho sinh vật mà còn là nơi trú ẩn và bảo vệ sinh vật khỏi giá lạnh.

Không những là một trong những nhân tố sinh thái quan trọng nhất của môi trường, nước còn có một vai trò quan trọng trong đời sống của các loài sinh vật. Tất cả các quá trình sinh hoá trong cơ thể sống đều diễn ra trong môi trường nước. Đứng trên quan điểm sinh lý mà xem xét, thì nước là thành phần không thể thiếu được của cơ thể sống. Trung bình, chất nguyên sinh chứa từ 85% đến 90% nước và chỉ ở trong trạng thái bão hoà nước, chất nguyên sinh mới biểu hiện hoạt động sống, trong trường hợp thiếu nước, chất nguyên sinh sẽ chết hoặc rơi vào trạng thái tiềm sinh. Nước chiếm từ

50% đến 90% khối lượng cơ thể sinh vật và trong nhiều trường hợp, như đối với các loài thực vật mọc nước, các loài ruột khoang, lượng nước trong cơ thể có thể chiếm tới 98%.

Nước tham gia vào tất cả các quá trình trao đổi chất và năng lượng trong cơ thể sinh vật. Thực vật chỉ có thể hút được chất dinh dưỡng trong dung dịch nước. Nước là nguyên vật liệu cần thiết để cây xanh tạo ra chất hữu cơ. Nước là phương tiện vận chuyển các chất dinh dưỡng trong cơ thể sống. Nước giúp điều hoà nhiệt độ của cơ thể sinh vật. Nước còn có vai trò tích cực trong quá trình phát tán nòi giống của sinh vật trong tự nhiên.

5.3.2. Đặc điểm của môi trường nước và sự thích nghi của sinh vật

5.3.2.1. Mật độ của nước

Nước có mật độ lớn hơn không khí nhiều lần và có tác dụng nâng đỡ cơ thể của các loài sinh vật sống trong nước. Để thích ứng với môi trường nước, các loài thủy sinh vật đã phát triển nhiều đặc tính giúp cơ thể không bị chìm trong nước (đối với thực vật) hoặc có khả năng di chuyển nhanh trong nước (đối với động vật). Các đặc điểm đó có thể tiến hoá theo những chiều hướng sau :

- Tăng diện tích bề mặt chung của cơ thể như cơ thể có dạng hẹp, phát triển chiều dài cơ thể, trên bề mặt cơ thể hình thành nhiều mấu hoặc tơ gai để tăng diện tích tiếp xúc với nước.

- Giảm tỷ trọng cơ thể bằng cách tích lũy lipid hay hình thành các túi hơi... Ở tảo silic, chất dự trữ là các giọt dầu giúp chúng có thể nổi trên mặt nước, đối với các loài sứa thì trong cơ thể của chúng có xiphông, nhiều loài thân mềm, chân bụng đều có các túi khí trong cơ thể, các loài cá có bong bóng trong bụng... giúp chúng dễ dàng thay đổi vị trí nổi, chìm trong nước.

- Phát triển hệ cơ và có hình dáng cơ thể thích hợp để có thể hạn chế sức cản của nước và di chuyển nhanh trong nước. Nhiều loài động vật sống trong nước như cá mập, cá kiếm, hải cẩu... có hệ cơ rất phát triển, rất khoẻ và cơ thể có hình dáng khí động học giúp chúng có thể di chuyển nhanh trong nước.

- Các loài thực vật thủy sinh thì thích nghi theo hướng phát triển nhiều tế bào đá phân nhánh ở phần trung tâm để giúp cho cây có khoảng không bào phát triển có tác dụng chứa khí và làm cho cây không bị chìm trong nước.

Nhờ tính chất nâng đỡ cơ thể sinh vật của nước mà nhiều loài sinh vật thủy sinh có kích thước và khối lượng cơ thể khổng lồ. Cá voi xanh sống

trong các đại dương là loài sinh vật có kích thước và khối lượng cơ thể lớn nhất trên Trái Đất hiện nay. Nhiều loài thực vật thủy sinh cũng có kích thước rất lớn. Ví dụ như loài tảo *Macrocystis pyrifera* ở vùng biển Thái Bình Dương có thể dài đến hàng trăm mét, hoặc cây súng nia *Victoria amazonica* ở vùng Amazon có lá hình tròn nổi trên mặt nước rất to, đường kính có thể dài đến trên 1m với thành cao gần 0,5m có thể mang được những vật nặng đến 50kg.

5.3.2.2. Lượng oxy hoà tan trong môi trường nước

Lượng oxy hoà tan trong nước là một trong những yếu tố quan trọng nhất của môi trường nước. Oxy xâm nhập vào trong môi trường nước chủ yếu do khuếch tán từ không khí và một phần không nhỏ là kết quả hoạt động của quá trình quang hợp của thực vật, chủ yếu là của các loài tảo trong nước. Nồng độ của oxy trong nước giảm khi nhiệt độ và hàm lượng muối trong nước tăng. Lượng oxy hoà tan trong nước cũng giảm khi càng xuống sâu dưới mặt nước. Ngoài đại dương, ở độ sâu cách mặt nước 100m, nồng độ oxy trong nước chỉ bằng 1/10 trên tầng nước mặt. Ở dưới đáy những vực nước sâu, nước biển gần như là môi trường kị khí.

Để thích nghi với đặc tính hoà tan của oxy trong môi trường nước, các loài sinh vật thủy sinh đã phát triển nhiều cơ chế và cấu tạo cơ thể thích nghi. Thực vật thủy sinh hấp thụ oxy qua toàn bộ bề mặt của cơ thể nên ở lá không có các lỗ khí và trong cơ thể hình thành nhiều khoảng trống chứa khí. Nhiều loài động vật, như loài giun ít tơ nước ngọt *Tubifex tubifex*, loài thân mềm chân bụng *Viviparus viviparus*, chịu đựng được sự dao động mạnh của lượng oxy hoà tan trong nước. Nhiều loài động vật khi bị thiếu oxy sẽ chuyển sang trạng thái tiềm sinh. Quá trình hô hấp của các loài động vật thủy sinh được thực hiện hoặc qua lớp da ở bề ngoài của cơ thể hoặc bằng các cơ quan chuyên hoá khác như mang, phổi, khí quản. Đối với những sinh vật hô hấp qua da thì lớp da thường có cấu tạo rất mỏng. Một số loài động vật, do thường xuyên phải sống trong môi trường thiếu oxy nên đã tiến hoá theo cách tăng diện tích bề mặt tiếp xúc của cơ quan hô hấp với môi trường nước. Ví dụ, loài giun nhiều tơ nói ở trên thì kéo dài cơ thể ra, còn các loài thủy tức và hải quỳ thì vươn dài các xúc tu. Đối với các loài động vật sống định cư hoặc ít di chuyển thì phát triển các phương cách thay đổi môi trường nước xung quanh cơ thể hoặc bằng cách tạo ra một dòng nước chảy về phía chúng hoặc tạo ra các chuyển động lắc lư để thay đổi nước, các loài giáp xác thì sử dụng chân

bụng và chân ngực để khuấy đảo nước. Một hiện tượng thường gặp khi môi trường nước thiếu oxy tạm thời là sự nổi đầu của các loài động vật để khỏi chết ngạt. Về mùa hè, nhất là ở các vùng nhiệt đới, khi nhiệt độ tăng quá cao, lượng oxy hoà tan trong nước ở các thủy vực nhỏ, như ao, hồ thường thấp, các loài cá thường phải nổi đầu trên mặt nước để hút thêm oxy trong không khí. Còn ở các vùng ôn đới về mùa đông, cá cũng thường phải nổi đầu do trên mặt nước có một lớp băng ngăn cách bề mặt nước với môi trường không khí, hạn chế oxy khuếch tán từ không khí vào nước.

5.3.2.3. Lượng muối hoà tan trong môi trường nước

Đối với các sinh vật ở cạn, việc duy trì cố định một lượng nước thích hợp trong cơ thể trong điều kiện thiếu nước là rất quan trọng, còn đối với các sinh vật thủy sinh, việc giữ một lượng nước nhất định trong điều kiện cơ thể sống trong môi trường nước cũng rất quan trọng. Đối với các sinh vật thủy sinh, áp suất thẩm thấu của tế bào có vai trò đặc biệt quan trọng trong việc duy trì cân bằng nước của cơ thể. Đa số các loài sinh vật thủy sinh có áp suất thẩm thấu của tế bào phụ thuộc vào nồng độ muối của môi trường xung quanh (biến thẩm thấu). Vì vậy, để duy trì trạng thái cân bằng muối trong cơ thể, cho áp suất thẩm thấu hoạt động bình thường, các loài sinh vật thủy sinh phải lẩn tránh những nơi có nồng độ muối không thích hợp. Các loài động vật thủy sinh đã phát triển nhiều phương thức thải lượng nước dư thừa trong cơ thể ra bên ngoài. Động vật đa bào thải nước thừa qua cơ quan bài tiết, động vật nguyên sinh thải lượng nước thừa thông qua quá trình co bóp của không bào...

Nước mặn ở môi trường bên ngoài thường ưu trương hơn dịch tế bào, do đó, nếu không có cơ chế thích nghi phù hợp cơ thể sinh vật thủy sinh sẽ bị mất nước do giảm áp suất thẩm thấu. Để chống mất nước của cơ thể, nhiều loài sinh vật tiến hoá bằng cách duy trì một nồng độ muối cao trong cơ thể. Đối với những loài động vật thủy sinh có áp suất thẩm thấu của cơ thể không phụ thuộc vào nồng độ muối của môi trường xung quanh (đẳng thẩm thấu) như các loài thú, các loài cá, giáp xác bậc cao, côn trùng nước... thì thường có lớp da có cấu tạo không thấm nước để tránh cho cơ thể bị mất nước, còn những loài động vật biến thẩm thấu, trong điều kiện bất lợi, thì chuyển sang trạng thái bất động. Khi điều kiện bất lợi qua đi, quá trình hoạt động bình thường lại được khôi phục.

Tuỳ theo khả năng chịu đựng sự biến đổi của nồng độ muối của môi trường mà người ta chia các loài sinh vật thành hai nhóm : Nhóm chịu muối

rộng (*Euryhaline*) và nhóm chịu muối hẹp (*Stenohaline*). Những loài chịu muối rộng là những loài có thể tồn tại được trong môi trường có sự dao động mạnh về nồng độ muối, còn những loài chịu muối hẹp là những loài chỉ thích nghi với một nồng độ muối nhất định ít biến động của môi trường. Những loài sinh vật sống ở vùng cửa sông, nơi giao tiếp giữa hai nguồn nước mặn và nước ngọt tạo ra nước lợ, là những loài chịu muối rộng. Sự dao động của nồng độ muối trong nước lợ vùng cửa sông thay đổi rất mạnh theo mùa. Về mùa mưa, khi lượng nước ngọt từ thượng lưu đổ về nhiều, nồng độ muối ở đây xuống rất thấp, chỉ vào khoảng 0,5‰ đến dưới 10‰ NaCl; nhưng về mùa khô, nước biển lại chiếm ưu thế, nồng độ muối có thể lên đến 25‰ đến trên 30‰ NaCl. Những loài chịu muối hẹp sẽ không phát triển bình thường hoặc thậm chí bị chết khi nồng độ muối trong môi trường thay đổi ít hoặc nhiều.

5.3.2.4. Chế độ nhiệt trong môi trường nước

Do tính chất vật lý của nước nên chế độ nhiệt trong môi trường nước ít thay đổi hơn so với trong môi trường không khí. Biên độ dao động nhiệt trong các lớp nước bề mặt của các đại dương thường không vượt quá 10°C đến 15°C, ở các lớp nước sâu, nhiệt độ nước hầu như ổn định. Trong các thủy vực nước ngọt nội địa nhỏ và nông, biên độ dao động nhiệt của môi trường nước cũng thường không vượt quá 30°C.

Sống trong môi trường có chế độ nhiệt độ tương đối ổn định như vậy nên các loài sinh vật thủy sinh thường là những loài chịu nhiệt hẹp. Trong các thủy vực nhỏ và nông nội địa hoặc ở các vùng triều vĩ độ cao, nơi có sự dao động nhiệt mạnh hơn theo chu kỳ mùa và chu kỳ ngày – đêm thì các loài sinh vật thủy sinh chịu nhiệt rộng thường chiếm ưu thế.

5.3.2.5. Ánh sáng trong nước

Bức xạ ánh sáng khi đi vào trong môi trường nước sẽ yếu đi nhiều vì một phần bị phản xạ trở lại từ bề mặt nước vào không khí và một phần bị các lớp nước hấp thụ dần. Mức độ phản xạ sẽ càng mạnh khi Mặt Trời càng xuống thấp. Do đó mà ở trong môi trường nước, độ dài của ngày ngắn hơn ở trên cạn và càng xuống sâu độ dài ngày càng ngắn đi.

Tia sáng Mặt Trời có độ dài bước sóng khác nhau được nước hấp thụ không như nhau. Ánh sáng đỏ bị hấp thụ ngay ở những lớp nước trên cùng, sau đó đến các tia màu da cam, vàng, lục, lam. Các tia màu xanh có thể xuống sâu hơn cả, đầu tiên là các tia xanh lục, xanh da trời rồi đến xanh tím là đến được những độ sâu lớn nhất. Sự phân bố không đều nhau theo các tầng nước

của các tia bức xạ mặt trời là một trong những nguyên nhân quan trọng dẫn đến sự phân bố không như nhau của sinh vật thủy sinh, mà chủ yếu là thực vật, theo chiều sâu của môi trường nước. Các loài Thực vật hạt kín, các loài tảo lục thường phân bố rất nông vì chúng hấp thu các tia màu đỏ cho quang hợp. Tảo nâu có thể gặp ở độ sâu hơn (từ 10 m đến 40 m cách bề mặt nước) vì chúng có sắc tố phụ màu nâu (*phytoxanthine*), tảo đỏ nhờ có sắc tố màu đỏ (*phycoerythrine*) và màu lam (*phycocyanine*) hấp thu được những tia sáng yếu xuống sâu dưới nước (tia vàng lục, tia tím, tia hồng ngoại) nên có thể sống ở những độ sâu lớn hơn, có thể tới 100m cách mặt nước.

Cường độ bức xạ trong nước yếu cũng là một nguyên nhân làm cho các đặc điểm giải phẫu của lá cây chìm trong nước phân hoá yếu. Lá của các loài thực vật thủy sinh chìm sâu trong nước thường không có mô giậu hoặc mô giậu chỉ có một lớp tế bào rất mỏng. Chất diệp lục có mặt cả trong các tế bào biểu bì giúp cho cơ thể thực vật sử dụng hiệu quả hơn nguồn ánh sáng yếu trong quá trình quang hợp. Màu sắc của các loài động vật sống trong nước cũng thay đổi rõ rệt phụ thuộc vào sự phân bố của các tia sáng theo độ sâu của nơi sống. Động vật sống ở vùng nước nông, vùng triều thường có màu sắc sặc sỡ hơn cả. Động vật sống ở các thủy vực sâu, trong các hang động thường chỉ có một màu tối. Trong vùng ánh sáng yếu, các loài động vật có màu đỏ đã bổ sung ánh sáng xanh tím cho môi trường xung quanh. Các tia màu xanh tím bổ sung này được cơ thể sinh vật hấp thụ hết và điều đó đã giúp cho chúng lẫn tránh được kẻ thù vì màu đỏ của chúng trong ánh sáng xanh tím làm cho thị giác của kẻ thù sản mỗi thu nhận được như một màu đen.

So với động vật ở trên cạn thì khả năng định hướng nhờ ánh sáng của động vật sống dưới nước kém hơn. Những loài động vật sống dưới nước có thị giác phát triển cũng chỉ có thể định hướng tốt trong một khoảng không gian hẹp và vì thế các loài động vật sống trong môi trường thường xuyên thiếu ánh sáng đã phát triển khả năng sử dụng âm thanh làm phương tiện định hướng và thu nhận thông tin từ môi trường bên ngoài. Do có tính đậm đặc cao nên âm thanh truyền trong môi trường nước có tốc độ lớn hơn tốc độ lan truyền trong không khí, nhờ đó mà nhiều loài động vật có thể thu nhận được những dao động âm thanh có tần số rất thấp. Nhiều loài động vật có khả năng phát ra âm thanh bằng những cơ quan chuyên hoá trong cơ thể. Trong môi trường nước, nơi ánh sáng luôn yếu và thiếu, tín hiệu âm thanh này rất phát triển để các loài động vật trong quần thể có thể liên hệ với nhau như để định hướng trong đàn hoặc thu hút các cá thể khác giới trong thời kỳ sinh sản.

Nhiều loài động vật còn có khả năng phát và thu sóng điện từ với các tần số khác nhau để định hướng và làm tín hiệu trong môi trường nước. Người ta đã biết có khoảng trên 300 loài cá đã phát triển khả năng này.

Một khả năng định hướng khác của một số loài động vật sống trong môi trường nước là cảm ứng nhờ mùi vị. Nhiều loài động vật có thể tìm thấy nơi đẻ trứng hoặc môi trường sinh trưởng thích hợp một cách chính xác nhờ khả năng này. Những loài cá di cư xa thường có khứu giác phát triển. Người ta đã làm thí nghiệm và nhận thấy rằng, cá hồi sau khi bị làm mất khả năng khứu giác sẽ không thể tìm thấy cửa sông để quay về nơi đẻ trứng, nhưng chúng không bao giờ nhầm lẫn nếu vẫn còn cảm nhận được mùi vị.

5.3.3. Vai trò của nước đối với thực vật

5.3.3.1. Sự trao đổi nước của thực vật

Các loài thực vật sống trên cạn trong môi trường không khí luôn luôn bị mất nước do bay hơi, vì vậy, để bù lại lượng nước đã mất đi, chúng phải lấy nước từ đất hoặc từ không khí. Sự thoát hơi nước, sự hút nước và dẫn truyền nước từ rễ lên các bề mặt thoát hơi nước là một quá trình cơ bản liên hệ chặt chẽ với nhau của sự cân bằng nước trong cơ thể thực vật.

Các loài thực vật bậc thấp không có rễ thì hút nước trực tiếp qua các cơ quan trên mặt đất. Các loài vi khuẩn, nấm bậc thấp, một số loài tảo và địa y có khả năng lấy nước từ không khí ẩm nhờ sự nở phồng của các mao dẫn. Còn ở thực vật bậc cao, nước được hút từ đất nhờ cơ quan chuyên hoá là rễ cây. Thực vật lấy nước từ đất nhờ lực hút của các rễ nhỏ hơn sức hút của đất. Trạng thái mà khi tất cả lượng nước dùng được trong đất bị hết, thực vật bị héo đi và không phục hồi, được L. Briggs và G. Schanz gọi là “*sự héo bền vững*” (permanentes Welken). Đối với các loài hoà thảo ưa ẩm, sự héo bền vững xảy ra khi sức hút của đất là 7–8 bar, đối với đa số các cây nông nghiệp, đại lượng đó bằng 10–20 bar ; còn đối với các loài thực vật khô hạn và phần lớn các loài cây thân gỗ, đại lượng đó là 20–30 bar. Hiệu số giữa độ ẩm đồng ruộng W_{AR} và hàm lượng nước của đất ở độ ẩm cây héo W_{AH} cho chúng ta biết có bao nhiêu lượng nước thích hợp với cây W_T có thể được tích tụ trong đất :

$$W_T = W_{AR} - W_{AH}$$

Liên quan đến các vấn đề sinh thái học có thể xác định được độ héo thực tế đối với các loài cây. Trong nông nghiệp, người ta cho rằng độ ẩm cây héo ứng với sức hút của đất là 15 bar.

Nước trong cơ thể thực vật được vận chuyển theo các mạch xylem (vận chuyển xa) và từ tế bào này sang tế bào khác (vận chuyển gần). Trong các mô, nước được vận chuyển từ các tế bào có thế hiệu nước cao theo gradien sức hút bằng con đường thẩm thấu, trước tiên vào các thành tế bào theo nguyên tắc ngồi dần ứng với gradien của thế hiệu cơ chất. Bằng cách như thế, nước đi ở trong rễ cây qua nhu mô vỏ đến nội bì, sau đó đi vào hệ thống xylem vận chuyển xa và được truyền dẫn đến khắp các bộ phận của cây. Trong lá cây, các mạch xylem phân ra thành các nhánh nhỏ và từ các quản bào tận cùng của nó nước sẽ đi vào các nhu mô của các bó dẫn, từ đó nó được phân tán ra và vận chuyển theo các tế bào thịt lá.

Cây thải nước bằng cách bay hơi là chủ yếu, nhưng đôi khi một vài loài thực vật có thể thải nước dưới dạng giọt (sự ứ giọt). Nước được bốc hơi từ toàn bộ bề mặt bên ngoài hay bên trong của cơ thể thực vật tiếp xúc với không khí. Ở các loài tản thực vật, đó là các bề mặt ngoài của cơ thể sinh dưỡng, còn ở thực vật có lá, đó là thành bên ngoài bị cutin hoá của tế bào biểu bì (sự thoát hơi nước qua cutin) và bề mặt hoá bậc (sự thoát hơi nước qua chu bì). Ở bên trong cơ thể, sự bốc hơi nước được thực hiện qua bề mặt các tế bào tiếp giáp với gian bào. Ở đó, đầu tiên nước chuyển từ pha lỏng sang pha hơi sau đó hơi nước đi qua khí khổng vào khí quyển (sự thoát hơi nước qua khí khổng). Sự bốc hơi nước từ các bề mặt bay hơi vào khoảng không khí tự do xảy ra theo cách khuếch tán của định luật Fick. Sự thoát hơi nước của thực vật là một quá trình sống phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố bên ngoài. Nếu cường độ chiếu sáng và dòng nhiệt kèm theo nó tăng thì cường độ bốc hơi nước sẽ tăng lên theo, cường độ bốc hơi nước cũng tăng lên khi không khí của môi trường trở nên khô và có gió.

5.3.3.2. Sự cân bằng nước của thực vật

Sự cân bằng nước của cơ thể thực vật được xác định bằng hiệu số giữa sự hút nước và sự mất nước :

$$Q_{CB} = W_{HN} - W_{TN}$$

Trong đó : Q_{CB} là sự cân bằng nước trong cơ thể thực vật;

W_{HN} là lượng nước hút vào cơ thể thực vật;

W_{TN} là lượng nước thoát ra môi trường bên ngoài.

Như vậy, sự cân bằng nước trong cơ thể thực vật có thể tính được bằng cách xác định khối lượng nước hút vào và lượng nước thoát ra. Điều này có thể tiến hành trong phòng thí nghiệm bằng những phép đo thông thường, nhưng ngoài thực địa thì khó thu được kết quả chính xác. Khi đó thường chỉ có thể xác định gián tiếp sự cân bằng nước theo ảnh hưởng của nó đến hàm lượng nước hay đến trạng thái nước trong cơ thể thực vật. Sự cân bằng nước âm thường biểu hiện sự giảm độ tích nước của mô và thể hiệu của nước trong mô. Sự biến đổi đó đầu tiên xảy ra ở trong lá và lá là nơi nước bốc hơi nhiều nhất và cũng là cơ quan nằm xa rễ nhất. Đối với cơ thể thực vật, sự bốc hơi nước được coi như là lối thoát của quá trình cân bằng nước trong cơ thể chứ không phải là một pha của một quá trình vật lý. Do đó, lượng nước thoát ra không tính trên đơn vị diện tích mà được tính trên đơn vị khối lượng. Người ta thường sử dụng đại lượng “trọng lượng tươi” và sự cân bằng nước thường được tính bằng tốc độ hút và thoát hơi nước trên lượng nước chứa trong cơ thể thực vật và sự lưu thông nước theo mg H_2O bay hơi trên 1g H_2O chứa trong cơ thể thực vật. Ý nghĩa của phương trình này cho thấy có bao nhiêu phần nghìn nước trong cơ thể thực vật bị mất đi trong một đơn vị thời gian và cần phải được bù đắp lại để duy trì cân cân bằng nước trong cơ thể. Sự cân bằng nước chỉ được giữ nguyên nếu như quá trình hút nước, dẫn truyền nước trong cơ thể và bốc hơi nước phù hợp với nhau. Đại lượng này sẽ có giá trị âm trong trường hợp lượng nước hút vào không bù đắp được lượng nước mất đi. Nếu cơ thể thực vật thiếu nước, các lỗ khí sẽ hẹp lại và sự bốc hơi nước sẽ giảm đi, sự cân bằng nước sẽ được duy trì, sau một thời gian nhất định nó sẽ trở lại giá trị dương. Như vậy, trong thực tế, sự cân bằng nước trong cơ thể thực vật dao động thường xuyên, lúc thì có giá trị dương, lúc thì có giá trị âm. Do đó cần phân biệt những dao động ngắn kỳ và xác định rõ những tác nhân ảnh hưởng kéo dài đến cân bằng nước. Trong những dao động ngắn kỳ, điều hoà cân cân bằng nước trong cơ thể là sự hoạt động của lỗ khí. Sự cân bằng nước chịu những sự biến động mạnh theo chu kỳ ngày, đêm và theo chu kỳ mùa. Chu kỳ ngày, đêm của sự cân bằng nước thể hiện ở chỗ, ban ngày cân cân bằng nước hầu như luôn luôn âm, nó chỉ được phục hồi vào buổi chiều hay ban đêm, nếu như dự trữ ẩm của đất và không khí đủ để cung cấp cho cây. Trong thời kỳ khô hạn, sự cân bằng nước sau một đêm thường không được phục hồi hoàn toàn vì lượng nước dự trữ

trong môi trường xung quanh không đủ để bù đắp lại lượng nước đã bị mất, sự thiếu nước sẽ kéo dài từ ngày này sang ngày khác, thể hiện rõ tính dao động theo mùa của cân cân bằng nước trong cơ thể thực vật.

Trong từng vùng khí hậu và ở trong từng nơi sống cụ thể của thực vật, các loài cây mọc cùng nhau có thể có quá trình trao đổi nước và sự cân bằng nước hoàn toàn khác nhau. Người ta xếp tất cả các loài thực vật vào hai nhóm lớn phụ thuộc vào cân cân bằng nước trong cơ thể: nhóm có sự bền vững về cân bằng nước (nhóm thực vật đẳng thủy) và nhóm có sự linh động về cân bằng nước (nhóm thực vật bất đẳng thủy). Các loài thực vật bền vững về cân cân bằng nước có khả năng duy trì sự cân bằng nước trong suốt cả ngày khá ổn định nhờ lỗ khí của chúng phản ứng rất nhạy đối với sự thiếu nước và vì chúng có hệ rễ có khả năng hút nước và dẫn nước tốt. Ngoài ra, chúng còn có các cơ quan dự trữ nước trong cơ thể như ở rễ, trong gỗ, trong vỏ thân, trong lá... giúp duy trì sự ổn định của cân cân bằng nước. Nhiều loài cây thân gỗ, cây thảo, nhiều loài cây sống chịu bóng, cây mọc nước thường là những loài cây bền vững về cân bằng nước. Các loài cây bền vững về cân bằng nước thường là những loài thích nước hẹp, nhưng điều đó cũng không bắt buộc. Đối với các loài linh động về cân bằng nước thì sự cân bằng nước trong cơ thể phụ thuộc vào mức độ ẩm ướt của môi trường sống bên ngoài cơ thể. Các loài này thường có khả năng dễ dàng hút nước từ môi trường xung quanh và chúng cũng sử dụng lượng nước hút được một cách khá phóng khoáng. Vì vậy, cơ thể của chúng cũng dễ dàng bị mất nước và nồng độ dịch tế bào sẽ tăng lên. Vì vậy, chất nguyên sinh của các loài linh động về nước có khả năng chịu đựng được những dao động thường xuyên và mạnh về trạng thái thủy hoá mà không bị thương tổn. Trong thời kỳ khô hạn, cơ thể của chúng bị mất nước và chúng thường chuyển sang trạng thái sống tiềm sinh. Các loài thực vật linh động về sự cân bằng nước thường là những loài cây lá to thích nước rộng, nhiều loài cây thân thảo sống ở nơi nắng nhiều và các loài cây ưa biến ẩm.

5.3.3.3. Tính chịu hạn của thực vật

Tính chịu hạn của thực vật là khả năng có thể chịu đựng được các thời kỳ khô hạn. Tính chịu hạn của thực vật có tính chất phức hợp, nó bao gồm khả năng chịu được điều kiện cực kỳ khô hạn bằng cách giảm một cách nguy hiểm tình trạng thủy hoá của sinh chất không bị kéo dài (khả năng trốn hạn) và phát triển khả năng của chất nguyên sinh chịu đựng được sự thiếu nước nhiều hơn mà không bị tổn hại (khả năng chịu đựng khô hạn).

* *Khả năng trốn hạn của thực vật* là tất cả các cơ chế giúp thực vật chống chịu và sống được trong điều kiện môi trường không khí và đất xung quanh bị khô hạn bằng cách duy trì được trạng thái nước tốt hơn trong các mô. Điều đó có thể đạt được bằng các cơ chế sau :

– Phát triển và hoàn thiện quá trình hút nước từ bộ rễ có hiệu quả hơn bằng cách tăng sức hút nước của rễ và phát triển hệ rễ cây.

– Giảm sự mất nước bằng cách khép kín nhất thời các lỗ khí, giảm thoát nước qua cutin một cách có hiệu quả và giảm diện tích bề mặt thoát hơi nước.

– Phát triển khả năng dự trữ nước trong cơ thể và tăng cường khả năng hút nước nhờ phát triển nhanh chóng vào lòng đất, hệ rễ phát triển mạnh theo chiều rộng và chiều sâu trong đất để tìm đến nguồn nước. Các cây gỗ mọc từ hạt khi còn nhỏ sẽ phát triển rễ cái dài đến gấp 10 lần chiều dài của thân, các loài cây thân thảo phát triển bộ rễ chùm có các sợi rễ ăn sâu xuống mặt đất hàng mét. Các loài thực vật càng có khả năng chịu hạn ở một nơi sống nhất định khi tỷ lệ giữa khối lượng của bộ rễ với khối lượng của cây càng tăng. Vì vậy, ở những nơi đất không đủ và không thuận lợi cho bộ rễ phát triển thì khả năng chịu hạn của thực vật sẽ giảm xuống. Trong môi trường sống thiếu nước thường xuyên, thực vật sẽ có lá cây nhỏ và cứng hơn, gân lá phân nhánh nhiều hơn, lỗ khí phân bố gần nhau hơn, các thành ngoài tế bào biểu bì được củng cố bằng cutin (hình thái chịu hạn). Vì sự bay hơi nước ở thực vật tỷ lệ với bề mặt thoát hơi nước, mà chủ yếu là lá cây, nên sự giảm bề mặt thoát hơi nước sẽ giúp cho cây có thể duy trì lượng nước dự trữ trong cơ thể. Người ta đánh giá tỷ lệ giữa bề mặt thoát hơi nước và dự trữ nước trong mô theo sự phát triển diện tích lá hay mức độ mong nước của lá hay thân cây theo các công thức sau :

$$\text{Sự phát triển diện tích lá} = \frac{\text{Diện tích lá (dm}^2\text{)}}{\text{Khối lượng lá tươi (g)}}$$

$$\text{Mức độ mong nước của lá hay thân} = \frac{\text{Hàm lượng nước khi bão hoà (g)}}{\text{Diện tích của lá hay thân (dm}^2\text{)}}$$

Sự giảm diện tích thoát hơi nước có thể đạt được một cách đặc biệt có hiệu quả bằng cách loại bỏ một phần hay toàn bộ bộ lá. Trong các miền khô hạn, cây cối thường rụng lá đều đặn về mùa khô hạn. Trong các trường hợp khô hạn bất thường của thời tiết, lá cây cũng sẽ bị rụng đi và do đó diện tích

bề mặt thoát hơi nước sẽ giảm đi từ 3 đến 5 lần. Cơ chế làm quần lá và cuộn chúng lại thành dạng ống phát triển chủ yếu ở nhóm hoà thảo cũng góp phần làm giảm sự bốc hơi nước đến 60%.

* *Khả năng chịu khô hạn của thực vật* : Là tính chất đặc hiệu của loài thể hiện ở sự chịu đựng được sự biến đổi và thích ứng của chất nguyên sinh chống lại sự thiếu nước mạnh. Trong thế giới thực vật, tính chịu đựng của chất nguyên sinh đối với khô hạn biến đổi trong một phạm vi rộng lớn, hình thành nên những loài cây chịu khô hạn và những loài cây nhạy cảm với khô hạn.

– *Những loài cây chịu khô hạn* là những loài cây có khả năng tồn tại được trong trạng thái khô không khí trong thời gian dài, có khi tới hàng năm. Khi được làm ẩm, chúng sẽ “sống lại”, các hoạt động sống trong cơ thể sẽ được khôi phục. Nhiều loài vi khuẩn, thanh tảo, lục tảo và địa y có khả năng này. Một số trong bọn chúng có thể chịu được hàng tuần lễ khi bị giữ trong không khí khô tuyệt đối trên axit sulfuric đặc hay pentoxy photphoric. Khuẩn ty của một số loài nấm, một số loài thuộc ngành rêu *Bryophyta*, một số loài quỳn bá *Selaginella* và một số loài thuộc ngành dương xỉ *Polypodiophyta* có thể chịu được sự khô hạn hoàn toàn. Trong số các loài thực vật có hoa, chỉ có một số ít loài có khả năng chịu được sự khô hạn.

– *Những loài nhạy cảm với khô hạn*. Nói chung, chất nguyên sinh của đa số các loài thực vật rất nhạy cảm với sự thiếu nước. Sự thiếu nước sẽ làm xẹp dần chất nguyên sinh và làm tăng nồng độ các chất hòa tan làm cho chức năng của chất nguyên sinh bị suy giảm và cấu trúc bị thương tổn. Ở nhiều loài, chất nguyên sinh có thể bị chết ngay khi tình trạng thủy hóa mới bị giảm đi một ít. Trong thời kỳ sinh trưởng, tế bào thực vật đặc biệt nhạy cảm với sự thiếu nước, còn ở thời kỳ nghỉ đông, chúng có phần chịu đựng được hơn. Trong các loài tản thực vật thì tảo phù du và tảo nâu là những loài đặc biệt nhạy cảm với sự khô hạn. Một điều đáng lưu ý là tính chịu đựng khô hạn của thực vật có thể tăng lên, có thể rất cao ở các loài rêu, nếu được huấn luyện.

* *Đo lường tính chịu đựng khô hạn ở thực vật*. Về mặt định lượng, tính chịu đựng khô hạn của thực vật là khả năng chịu khô hạn khi ngừng cung cấp nước hoàn toàn. Người ta có thể định lượng được tính chất chịu đựng khô hạn ở thực vật theo sự thoát hơi nước qua cutin (T_c) và lượng nước có thể dùng được (W_s) sau khi lỗ khí khép lại và trước khi xuất hiện những tổn hại đầu tiên do thiếu nước gây nên :

$$\text{Khi đó : Tính chịu đựng} = \frac{W_s}{T_c}$$

Đại lượng này cho thấy, lá của một loài cây nào đó ở điều kiện khả năng bay hơi thể hiện nhất định, có thể giữ được mà không bị tổn thương trong bao lâu (ngày, giờ...) sau khi lỗ khí khép lại và không thể lấy thêm được nước từ môi trường xung quanh nữa. Lượng nước có thể dùng được sẽ càng nhiều hơn nếu lỗ khí khép lại ngay khi mới bắt đầu tình trạng bị thiếu nước, mô có dự trữ nước nhiều và chỉ bị tổn thương khi thiếu nước bão hoà nhiều. Như vậy, tính chịu đựng khô hạn của lá phụ thuộc vào khả năng trốn hạn và mức độ chịu hạn của cây.

* *Độ căng của khô hạn.* Tính chịu đựng đối với khô hạn là dấu hiệu chuyên hoá cố định của riêng từng loài cây, song sự sống còn của cá thể thực vật không chỉ phụ thuộc vào tính chịu đựng của riêng chúng mà còn phụ thuộc vào đặc điểm của nơi sống. Điều đó, đã dẫn đến khái niệm “Độ căng của khô hạn”. Theo K. Hofler, Hoeffler, H. Migoch và V. Rottenburg, độ căng của khô hạn được tính bằng cách so sánh sự thiếu bão hoà nước thực tế (TBN_T) xảy ra ở một nơi sống nhất định với sự thiếu hụt nước khủng hoảng (TBN_K). Như vậy :

$$\text{Độ căng của khô hạn} = \frac{TBN_T}{TBN_K} 100\%$$

Như vậy, các cá thể của cùng một loài thực vật có tính chịu đựng khô hạn giống nhau ; sống ở những nơi sống khác nhau và các cá thể của những loài thực vật khác nhau có tính chịu đựng khô hạn không giống nhau ; sống trong môi trường sống như nhau sẽ chịu tác động không giống nhau của điều kiện khô hạn của môi trường sống.

Tính chịu đựng khô hạn của thực vật và độ căng của khô hạn là những đại lượng rất cơ bản liên quan đến việc đánh giá những khả năng sống sót của các loài thực vật khi bị thiếu nước. Tính chịu đựng được đặc trưng bằng thời gian sống sót do đó thích hợp để đo tính chịu đựng của cây trong suốt thời kỳ khô hạn vì tác động của khô hạn tăng lên cùng với độ dài của thời kỳ khô hạn. Độ căng của khô hạn cũng cho phép tính được những sai khác có tính chất cục bộ của điều kiện sống nếu so sánh các cá thể khác nhau của cùng một loài với nhau. Độ căng của khô hạn cho biết là dự trữ nước trong môi trường và các điều kiện bay hơi ở một vùng nhất định sẽ thay đổi đến bao nhiêu thì độ khô hạn sẽ trở thành yếu tố của nơi sống quyết định đến sự phân bố và phổ biến của các loài thực vật.

5.3.3.4. Các nhóm thực vật trên cạn liên quan đến chế độ nước

Sự thích nghi của thực vật đối với chế độ nước không giống nhau của môi trường sống đã hình thành nên những nhóm thực vật có tính thích nghi đặc trưng khác nhau : nhóm các loài cây ngập nước thường xuyên, nhóm các loài cây ngập nước định kỳ, nhóm các loài cây ưa ẩm, nhóm các loài cây chịu hạn, nhóm các loài cây trung sinh.

* Nhóm cây ngập nước thường xuyên

Các loài thực vật sống chìm trong nước (*hydrocryptophyte*), như các loài tảo biển, các loài thực vật bậc cao thuộc các họ Súng *Nymphaeaceae*, họ Biệ liên *Barclayaceae*, họ Rong đuôi chó *Ceratophyllaceae*, họ Tiềm liên *Cabombaceae*, họ Sen *Nelumbonaceae*, họ Thuỷ thảo *Hydrocharitaceae*... khác với thực vật sống trên cạn ở chỗ chúng không có mô đỡ và không có sự tăng trưởng thứ cấp về bề dày. Cơ thể thực vật sống trong nước mềm và yếu, các mô thông khí thường rất phát triển. Các mô này chuyên để tích tụ nước và đỡ lá trên mặt nước. Các bó mạch thường không phát triển ở thực vật sống trong nước hoặc chỉ có ở phần trung tâm của thân ở những loài thực vật sống ở vùng nước chảy có tác dụng làm cho chồi thêm bền vững và dẻo dai. Hệ rễ ở thực vật sống trong nước hoặc vắng mặt hoàn toàn hoặc kém phát triển. Lá thường phân chia nhỏ và có tổng bề mặt lớn, mô của lá phân ly kém, có những tế bào lớn và nhiều gian bào, thành ngoài của mô bì rất dày, ít cutin và không có khí khổng. Ở những loài thực vật sống trong nước nhưng có lá nổi trên mặt nước như ở các loài sen *Nelumbo nucifera*, các loài súng *Nymphaea*, các loài súng nia *Victoria*, các loài nê thảo *Limnocharis*, các loài trạch tả *Alisma*... lá có cấu tạo giống như lá của các loài thực vật sống trên cạn nhưng mặt dưới thường không có khí khổng. Có thể coi những loài thực vật sống trong nước nhưng có chồi vượt lên khỏi mặt nước là dạng chuyển tiếp sang thực vật sống trên cạn.

* Nhóm các loài cây ngập nước định kỳ

Đây là những loài cây thích nghi với nơi sống ở dọc hai bên bờ các con sông, ven bờ biển, ở các cửa sông chịu tác động của thủy triều, hằng ngày bị ngập nước định kỳ một đến hai lần. Môi trường này nói chung không thuận lợi cho thực vật trên cạn sinh sống vì bị thiếu oxy thường xuyên, bị nhiễm mặn, sức nâng đỡ kém...

Trong nhóm những loài cây bị ngập nước ngọt định kỳ thường phát triển mạnh hệ thống rễ thở, như ở cây bụt mọc hoặc bộ rễ phụ mọc từ thân cây,

cành cây như những cây si, đa thuộc chi *Ficus*... Những quần xã thực vật mọc trên vùng đất bị ngập nước mặn, nước lợ định kỳ gọi là rừng ngập mặn. Các loài thực vật của rừng ngập mặn đã phát triển những đặc tính về cấu trúc và chức năng để thích nghi với môi trường ngập nước mặn, nước lợ định kỳ. Các loài cây bản *Sonneratia*, vẹt *Bruguiera*, mắm *Avicennia*... thường phát triển hệ rễ hô hấp mọc từ các rễ bên từ dưới lên. Rễ hô hấp có các mô xốp, tầng bản phát triển và có rất nhiều lỗ vỏ để nhận không khí khi nước triều xuống. Hệ thống rễ dưới đất rất xốp và có nhiều khoang trống để chứa không khí. Còn ở những cây không có hệ rễ hô hấp thì phần thân gần mặt đất thường có nhiều lỗ vỏ có kích thước lớn. Sống trên nền bùn lũng, các cây rừng ngập mặn thường phát triển hệ thống rễ chống như ở các loài được *Rhizophora* hoặc gốc có bạnh phát triển như ở cây trang *Kandelia candel*. Số lượng mạch gỗ ở rễ và thân cây nhiều, có kích thước nhỏ, nhờ đó mà vận chuyển được nước lên lá nhanh hơn. Lá cây rừng ngập mặn thường cứng, dày, tầng hạ bì phát triển có tác dụng làm giảm nồng độ muối. Một số loài cây như mắm *Avicennia*, sú *Aegiceras* có các tuyến tiết muối để loại bỏ lượng muối thừa ra khỏi cơ thể. Nhiều loài khác lại thải muối bằng cách tập trung lượng muối thừa vào các lá già làm cho các lá này thường dày lên gấp bội so với lá thường, sau đó lá già rụng đi và mang lượng muối thừa ra ngoài cơ thể thực vật. Một đặc điểm thích nghi rất đặc biệt ở nhiều loài thực vật ngập mặn là hiện tượng “sinh con” (viviparous) trên các loài thực vật thuộc họ được *Rhizophoraceae*. Đây là hiện tượng hạt của các loài cây này nảy mầm và được nuôi dưỡng trong một thời gian trên các cây mẹ. Sau khi đã phát triển thành những cây con đủ cứng cáp thì các cây con này sẽ rụng xuống cắm vào bùn, đất nhão hoặc được nước đưa đến những nơi sống mới để định cư và tiếp tục phát triển thành thế hệ cây mới.

* Nhóm các loài cây ưa ẩm

Đây là những loài cây thích nghi với môi trường sống đủ ẩm, bão hoà hơi nước trong không khí và đất. Chúng không có khả năng chống chịu với sự thiếu nước vì không có các cơ chế và các cơ quan có chức năng để bảo vệ nước, chống lại sự bay hơi.

Các loài cây ưa ẩm thường lại được chia thành hai loại : cây ưa ẩm chịu bóng và cây ưa ẩm ưa sáng.

– Ở các loài cây ưa ẩm chịu bóng, số lượng các lỗ khí thường ít nhưng có cả ở trên hai bề mặt lá. Các lỗ khí luôn luôn mở, đôi khi lại có thêm các

lỗ nước ở mép lá. Lá cây thường mỏng, rộng, tầng cutin rất mỏng, mô giậu không phát triển. Lượng nước trong cơ thể các loài cây ưa ẩm chịu bóng có thể lên đến 80% khối lượng, áp suất thẩm lọc thấp. Khi bị mất nước, các loài thực vật này thường bị héo đi rất nhanh. Cây ưa ẩm chịu bóng thường sống dưới tán rừng, trong các hang hốc, ven các bờ suối... Các loài cây thuộc họ Gừng *Gingiberaceae*, họ Thài lài *Commelinaceae*, họ Ráy *Araceae*, họ Bóng nước *Impatiens*... thường là những loài cây ưa ẩm chịu bóng.

– Các loài cây ưa ẩm ưa sáng thường mang các tính chất của các loài cây ưa sáng, như có mô giậu phát triển, lá thường hẹp, có ít chất diệp lục... nhưng có tính chịu đựng khô hạn thấp. Nhiều loài thực vật thuộc họ Cỏ *Poaceae*, Cói *Cyperaceae*, cây rau bợ *Marsilea*... là những loài cây ưa ẩm ưa sáng. Các loài cây này thường sống ở ven các ao hồ, bờ ruộng...

** Nhóm các loài cây chịu hạn*

Đây là những loài thực vật có tính chịu đựng khô hạn cao, trong điều kiện khô hạn nghiêm trọng và kéo dài chúng vẫn có khả năng chịu được và tồn tại. Các loài cây chịu hạn thường sống ở các vùng bán sa mạc, sa mạc, thảo nguyên, ở các xa van, trên các đụn cát... Ở vùng nhiệt đới, những nơi thường bị khô hạn thường là những nơi có cường độ ánh sáng mạnh, nền nhiệt độ cao nên các loài cây chịu hạn lại thường là những loài cây ưa sáng chịu nóng.

Dựa vào đặc điểm cấu tạo thích nghi với điều kiện khô hạn, các loài cây chịu hạn được chia thành hai nhóm : các loài cây mọng nước và các loài cây có lá cứng.

– Các loài cây mọng nước. Các loài thực vật này thường sống ở những vùng có một thời kỳ khô hạn kéo dài trong năm và thường có nhiều ở các vùng khô hạn, các sa mạc Trung Mỹ, Nam Phi... Sống trong môi trường có một thời kỳ khô hạn kéo dài trong năm, các loài cây này đã phát triển tính thích nghi theo cách hoặc là có lá và thân cây mọng nước hoặc là có lá bị tiêu giảm hoặc bị biến thái và có thân cây mọng nước. Lá cây mọng nước thường có tầng cutin dày, trên mặt lá thường có lớp sáp hoặc lông dày hạn chế quá trình thoát hơi nước. Lỗ khí không bị chìm sâu trong lớp biểu bì, trong thịt lá có nhiều tế bào lớn tích nước, hệ gân lá không phát triển. Nhiều loài cây có bộ lá tiêu giảm, có khi chỉ còn những vảy bé và sớm rụng như ở cây xương khô *Euphorbia tirucalli* hoặc lá biến thái thành gai như ở cây xương rồng bà *Opuntia monacantha*. Do lá bị tiêu giảm nên chức năng quang hợp chuyển cho cành và thân cây, vì thế cành cây và thân cây của các loài này chứa chất

diệp lục làm nhiệm vụ quang hợp. Các loài cây này có hệ rễ ăn nông và rộng, áp suất thẩm lọc của rễ thấp, khoảng 3 – 8 atm. Khi bị khô hạn lâu, bộ rễ sẽ bị héo đi, nhưng khi có ẩm, như có sương hoặc mưa, rễ cây phục hồi rất nhanh, phát triển nhiều rễ bên và lông hút, tăng cường khả năng hút nước.

Hoạt động sinh lý của các loài cây mọng nước thường yếu. Ban ngày, các lỗ khí thường bị đóng kín, ban đêm mới được mở để hấp thụ khí CO₂ dùng cho quá trình quang hợp của ngày hôm sau. Ngoài ra, khi thực hiện hô hấp về ban đêm, các chất cacbohidrat không phân giải thành khí CO₂ mà thành các axit hữu cơ và được đưa đến dịch tế bào. Về ban ngày, ở ngoài sáng, các axit hữu cơ được phân giải và giải phóng ra CO₂ để sử dụng trong quá trình quang hợp. Năm 1963, Vactapechian đã dùng H₂O¹⁸ và O₂¹⁸ để nghiên cứu các hoạt động sinh lý của các cây mọng nước. Ông đã nhận thấy rằng nhờ có tầng cutin dày, lỗ khí ít và luôn đóng nên cây có khả năng sử dụng lại nước và khí CO₂ thoát ra trong quá trình hô hấp và O₂ thải ra trong quá trình quang hợp. Các loài cây mọng nước thường có khả năng chịu nhiệt rất cao, có thể chịu đựng được nhiệt độ đến 60°C – 65°C mà vẫn không bị tổn thương. Có được khả năng đó là do trong các cây mọng nước có lượng nước liên kết lớn. Trong cơ thể của chúng, có tới 95%–98% là nước và chủ yếu là nước liên kết, lượng nước tự do chỉ chiếm khoảng 30% lượng nước có trong cơ thể chúng. Cũng do các hoạt động sống diễn ra chậm và quá trình trao đổi chất với môi trường ít nên những loài cây mọng nước thường là những loài cây sinh trưởng rất chậm.

– *Cây có lá cứng*. Các loài cây này thường sống ở những vùng có chế độ khí hậu khô theo mùa, ở các vùng thảo nguyên, xavan... Nhiều loài cây trong các họ cỏ *Poaceae*, họ Cói *Cyperaceae*, một số cây trong họ đậu *Fabaceae*, họ phi lao *Casuarinaceae*, họ sủ *Dilleniaceae*, một số loài cây gỗ thuộc nhóm khoảng từ *Pinophyta*... là những loài cây có lá cứng chịu hạn. Lá ở những loài cây này thường hẹp, có phủ một lớp lông trắng bạc có tác dụng cách nhiệt, tế bào biểu bì có thành dày, tầng cutin dày, hệ gân lá phát triển. Ở nhiều loài cây thuộc họ Cỏ *Poaceae* trên bề mặt lá còn có những tế bào cơ làm cho lá có thể cuộn lại được để hạn chế sự tiếp xúc của các lỗ khí với môi trường khô nóng bên ngoài. Một số loài trong nhóm này lại có lá biến thái thành gai hay các thùy của lá biến thành gai (như ở một số loài thuộc họ Cúc *Asteraceae*).

Chất nguyên sinh ở cây lá cứng có khả năng chịu hạn cao, khi bị mất đến 25% lượng nước vẫn hoạt động bình thường. Lực hút của rễ cây mạnh

tới 20 – 40 atm, nhờ vậy mà khi bị khô hạn chúng vẫn có khả năng hút được nước trong đất dù lượng nước ở đó rất ít. Các cây lá cứng có cường độ thoát hơi nước cao, có tác dụng chống nóng cho lá cây. Khi có đủ nước, các loài cây này trao đổi nước với môi trường rất mạnh và nhanh, ở một số loài, sau 1 đến 2 giờ, chúng đã có thể thay thế hoàn toàn lượng nước trong cơ thể. Còn khi thiếu nước, chúng đóng các lỗ khí lại và giữ nước trong cơ thể.

** Nhóm các loài cây trung sinh*

Cây trung sinh là những loài cây có khả năng chịu hạn mang tính trung gian giữa các cây chịu hạn và cây ưa ẩm. Các loài cây trung sinh phân bố rất rộng từ vùng ôn đới đến vùng nhiệt đới như : những loài cây gỗ thường xanh ở vùng nhiệt đới và á nhiệt đới, cây lá rộng rụng lá về mùa đông ở vùng ôn đới, các loài cây bụi dưới tán rừng, các loài cây thân thảo trên các đồng cỏ ẩm. Hầu hết các loài cây nông nghiệp đều là cây trung sinh.

Cây trung sinh thường có lá có kích thước trung bình, lá thường mỏng, lớp biểu bì và cutin cũng thường mỏng, hệ mô dẫn và mô cơ phát triển trung bình, các lỗ khí thường chỉ có ở mặt dưới của lá, bộ rễ không phát triển mạnh, áp suất thẩm lọc của tế bào tương đối thấp, vào khoảng 15 – 20 atm... Cường độ thoát hơi nước ở các loài cây trung sinh thường không cao, lỗ khí có khả năng điều tiết nước nhưng vì tầng cutin mỏng nên lượng nước thoát ra ngoài lớn. Khi gặp khô hạn, các cây trung sinh mất nước nhanh và nhiều, cây nhanh bị héo.

5.3.4. Vai trò của nước đối với động vật

5.3.4.1. Sự cân bằng nước của động vật trên cạn

** Sự lấy nước từ môi trường bên ngoài vào cơ thể*

Động vật có thể cung cấp lượng nước cần thiết cho cơ thể bằng nhiều phương thức : uống trực tiếp, sử dụng nước chứa trong thức ăn, hấp thu nước trực tiếp qua da, sử dụng nước trao đổi tạo ra trong cơ thể bằng con đường oxy hoá các chất lipid, cacbohidrat và prôtêin.

– *Uống nước.* Phần lớn động vật, và trong đó là tất cả các loài chim, thú lấy lượng nước mà cơ thể cần dùng từ bên ngoài môi trường bằng cách uống nước trực tiếp. Để làm được điều đó, hằng ngày chúng phải tìm đến nơi có nguồn nước trong khu vực sinh sống của mình. Để đạt được điều đó, các loài động vật có khi phải vượt qua một quãng đường dài trong ngày hoặc phải thực hiện những chuyến di cư dài theo mùa. Ở các vùng xavan ở châu Phi,

về mùa khô, các loài động vật móng guốc phải di chuyển trên những quãng đường rất xa để đến nơi có nguồn nước.

– *Lấy nước từ nguồn nước trong thức ăn.* Nhiều loài động vật không lấy nước trực tiếp bằng cách uống mà phát triển khả năng sử dụng lượng nước có chứa trong thức ăn. Các loài côn trùng, nhiều loài gặm nhấm nhỏ, một số loài chim... sử dụng phương thức này để cung cấp nước cho cơ thể.

– *Hấp thu nước qua da.* Đây là phương thức cung cấp lượng nước cần thiết cho cơ thể được phát triển chủ yếu ở nhiều loài lưỡng cư. Loài ếch *Rana pipiens* cung cấp đến trên 30% toàn bộ lượng nước cần thiết cho cơ thể bằng con đường hấp thu qua da và sau đó bài tiết qua đường tiết niệu. Ở một số loài côn trùng, nước có thể thấm qua tầng cuticun, một số khác, ví dụ như loài mọt bột lớn *Tenebrio molitor* có thể hấp thu hơi nước trong không khí đã bão hoà hơi nước.

– *Sử dụng nước được tạo ra trong quá trình ôxy hoá và phân giải các chất lipid, cacbohydrat và prôtêin trong cơ thể (nước trao đổi).* Phương thức sử dụng nước đặc biệt này thường phát triển ở các loài động vật sử dụng thức ăn rất khô như các loài nhện len da, mọt gạo, mọt lúa mì và ở một số loài gặm nhấm nhỏ. Đối với các loài động vật cao cấp có kích thước lớn, phương thức này chỉ có ở loài lạc đà sống ở các sa mạc. Người ta đã tính được rằng, ôxy hoá 100 gam mỡ sẽ cho ra 107 gam nước ; 100 gam tinh bột cho ra 55 gam nước và 100 gam prôtêin cho ra 41 gam nước. Nhờ phát triển được cơ chế sử dụng được lượng nước trao đổi này nên cơ thể của các loài động vật trên vẫn được cung cấp nước đầy đủ, mặc dù lượng nước trong thức ăn mà chúng sử dụng rất thấp. Ví dụ, ở loài mọt gạo *Sitophilus oryzae* nước trong cơ thể chiếm đến 50% khối lượng, trong khi đó lượng nước có trong thức ăn mà chúng sử dụng chỉ vào khoảng 15%.

Do phải sống trong môi trường thiếu nước thường xuyên nên loài lạc đà đã phát triển khả năng ôxy hoá lượng mỡ tích lũy trong bướu để cung cấp nước cho cơ thể trong những cuộc hành trình dài trên sa mạc. Tuy nhiên, khi phải hoạt động liên tục ngoài trời nắng thì lạc đà phải được uống nước ít nhất là 3 ngày một lần. Chuột nhảy *Dipodomys* là loài thú duy nhất có khả năng tạo ra lượng nước trao đổi đủ cho nhu cầu cuộc sống.

* *Quá trình thải nước và cơ chế chống mất nước ở động vật*

Nước trong cơ thể động vật được thải ra bên ngoài bằng nhiều con đường : qua nước tiểu và phân, bốc hơi qua da và thải qua cơ quan hô hấp.

Trong điều kiện môi trường sống không cung cấp đủ lượng nước cần thiết cho cơ thể, các loài động vật đã phát triển nhiều cơ chế để hạn chế sự mất nước và điều hoà lượng nước trong cơ thể.

Khả năng bài tiết phân và nước tiểu ít và đặc là một trong những phương thức tiết kiệm nước, chống mất nước hữu hiệu ở động vật. Nhiều loài động vật có xương sống bài tiết urat đặc thay thế cho hợp chất amôniac, vì để cho dung dịch amôniac khỏi độc, phải cần có một lượng nước lớn. Phương thức này phát triển ở các loài bò sát, nhiều loài côn trùng và các loài thân mềm ở cạn. Một số loài nhện thì bài tiết guanin. Sự hình thành guanin và axit uric tiêu tốn rất ít nước. Sự thải phân đặc cũng góp phần chống mất nước cho cơ thể. Các loài gặm nhấm và sơn dương sống ở các vùng sa mạc bài tiết ra phân chứa ít nước hơn phân của các loài động vật ăn cỏ khác. Nhiều loài côn trùng, bò sát, chim sống trong các điều kiện khô hạn cũng thải ra phân đặc.

Để hạn chế chống mất nước qua sự bay hơi qua da, nhiều loài bò sát, chim và thú đã tiến hoá theo cách phát triển tính không thấm nước của da (hình thành lớp vảy, lớp sừng ở da...) để hạn chế lượng nước thoát ra ngoài, góp phần tiết kiệm nước trong cơ thể.

Để hạn chế sự mất nước do nhiệt độ cao, các loài động vật biến nhiệt đã tiến hoá theo con đường nâng cao nhiệt độ cơ thể để cân đối với nhiệt độ của môi trường bên ngoài. Các loài động vật hằng nhiệt tuy không có khả năng này, nhưng do phải sống ở những vùng khô hạn và thường xuyên thiếu nước, một số loài động vật hằng nhiệt đã phát triển khả năng có thể điều chỉnh nhiệt độ cơ thể ở mức thấp để hạn chế sự bốc hơi nước ra môi trường bên ngoài. Ví dụ, loài lạc đà, khi sự cung cấp nước từ môi trường bên ngoài bị hạn chế, lượng nước trong cơ thể bị giảm đi, chúng có khả năng tăng nhiệt độ cơ thể lên $5^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$ và sự thoát hơi nước từ cơ thể có thể được tạm ngừng lại. Vào lúc hoàng hôn và về ban đêm, khi nhiệt độ không khí giảm xuống, sự dẫn mạch ngoại biên giúp cho lạc đà phát tán được một lượng nhiệt đã bị cơ thể hấp thụ do bức xạ mặt trời.

Một phương thức khác phát triển ở động vật giúp cho chúng có thể tồn tại được trong điều kiện khô hạn và hạn chế sự mất nước của cơ thể là hình thành và hoàn thiện tập tính tìm chỗ trú ẩn nơi có độ ẩm cao, ổn định và chỉ hoạt động tích cực trong thời gian môi trường có độ thích hợp. Ví dụ, khi tầng đất mặt bị khô, nhiều loài côn trùng sống trong đất như ấu trùng của loài bọ thép *Elatereidae*, ấu trùng loài bọ dừa *Melolonthidae* di chuyển

xuống các tầng đất ở sâu hơn, nơi có độ ẩm lớn hơn và khi ở đó quá ẩm, chúng lại ngoi lên các tầng đất có độ ẩm thích hợp. Nhiều loài thú gặm nhấm nhỏ, nhiều loài bò sát, côn trùng sống ở các vùng khô hạn thường hoạt động tích cực về đêm khi độ ẩm không khí cao hơn và nhiệt độ môi trường hạ xuống thấp hơn. Một số loài côn trùng thuộc chi *Hemilepistus* sống ở vùng sa mạc đất sét là nơi khô nóng nhất trên Trái Đất đã phát triển tập tính đào hang và xây dựng hang có cấu tạo hợp lý để duy trì độ ẩm trong hang thích hợp, chống mất nước. Chúng thường đào những hang sâu thẳng đứng, có độ ẩm thích hợp và tương đối ổn định. Khi môi trường quá khô hạn, có thể làm giảm độ ẩm trong hang thì những con cái trưởng thành sẽ bịt kín cửa hang bằng những đốt cứng phía trước cơ thể, tạo ra khoảng không gian kín bảo hoà hơi nước, tránh cho các con non khỏi bị khô.

5.3.4.2. Các nhóm động vật liên quan đến chế độ nước trên cạn

Căn cứ vào nhu cầu, tính thích nghi đối với chế độ nước, các loài động vật có thể chia thành ba nhóm lớn : nhóm động vật ưa ẩm, nhóm động vật chịu khô hạn và nhóm động vật trung sinh.

*** Nhóm động vật ưa ẩm**

Là tập hợp những loài động vật có yêu cầu về độ ẩm của môi trường sống hay độ ẩm trong thức ăn cao. Trong tự nhiên, các loài động vật này chỉ sống được ở trên cạn trong môi trường không khí bão hoà hay gần bão hoà hơi nước. Khi độ ẩm trong môi trường sống xuống quá thấp, các loài động vật này có thể bị chết vì chúng không có khả năng giữ nước và dự trữ nước trong cơ thể. Hầu hết các loài lưỡng cư trưởng thành, phần lớn các loài ốc ở cạn, giun ít tơ, các loài động vật nhỏ sống trong các hang hốc... là những loài động vật ưa ẩm.

*** Nhóm động vật chịu khô hạn**

Là những loài động vật sống được trong những môi trường khô hạn, thường xuyên bị thiếu nước như ở các vùng sa mạc, vùng núi đá, trên các dụn cát ven biển... Các loài động vật này có khả năng chịu đựng được môi trường có độ ẩm thấp, thiếu nước lâu dài vì đã phát triển các cơ chế thích nghi như khả năng tích nước dự trữ trong cơ thể, có các cơ chế chống mất nước, sử dụng thức ăn khô, phát triển các tập tính tránh khô nóng bằng cách ngủ hè hoặc hoạt động tích cực vào ban đêm, đào hang sâu trong đất... Loài sên *Helix desestorum*, khi gặp thời tiết quá khô hạn, có thể tồn tại bằng cách ngủ liên tục trong 4 năm.

** Nhóm động vật trung sinh*

Là tập hợp các loài động vật có yêu cầu vừa phải về nước hoặc độ ẩm trung gian giữa nhóm động vật ưa ẩm và nhóm động vật chịu khô hạn. Động vật trung sinh có thể chịu đựng được sự thay đổi luân phiên giữa mùa mưa và mùa khô trong năm. Nhóm này gồm phần lớn các loài động vật vùng ôn đới và nhiệt đới gió mùa.

5.3.5. Tác dụng tổ hợp của nhiệt độ và độ ẩm đối với sinh vật

Trong nghiên cứu sinh thái học, nhiệt độ và độ ẩm có ý nghĩa tổ hợp đối với môi trường sống trên cạn và có liên quan chặt chẽ với nhau đến mức thường được cho là yếu tố khí hậu quan trọng nhất của môi trường sống.

Quan hệ tương tác của nhiệt độ và độ ẩm không chỉ phụ thuộc vào đại lượng tương đối mà còn phụ thuộc vào đại lượng tuyệt đối của hai yếu tố này. Nhiệt độ có ảnh hưởng giới hạn tương đối rõ rệt đối với sinh vật trong điều kiện độ ẩm ở mức gần giới hạn nguy hiểm, nghĩa là khi độ ẩm đạt mức hoặc rất cao hoặc rất thấp. Độ ẩm giữ vai trò nguy kịch nếu như nhiệt độ đạt đến gần các giá trị giới hạn. Người ta đã nhận thấy, nhiều loài côn trùng chịu đựng được nhiệt độ tương đối cao trong điều kiện có nhiệt độ thấp và ôn hoà hơn là trong điều kiện có độ ẩm cao.

Phương pháp phân loại hiện đại về khí hậu cũng chủ yếu dựa theo các số liệu đo đạc về nhiệt độ và độ ẩm mà tính toán hiệu ứng của lượng mưa khí quyển và của nhiệt độ xuất hiện trong suốt thời kỳ sinh trưởng cũng như sự phân bố của chúng trong năm và giá trị trung bình. So sánh giữa lượng mưa và sự bốc hơi thế năng (phụ thuộc vào nhiệt độ) cho thấy đặc trưng của khí hậu từng vùng sinh học khác nhau. Trên thực tế, sự phân loại các kiểu sinh khí hậu căn cứ vào tổ hợp nhiệt độ và độ ẩm là cơ sở quan trọng nhất cho các phương pháp phân loại kiểu thảm thực vật và phân vùng sinh thái nông nghiệp.

Phương pháp thuận tiện nhất để hoá đồ địa lý tương tác giữa nhiệt độ và độ ẩm là thiết lập khí hậu đồ. Trong khi lập khí hậu đồ “nhiệt độ – lượng mưa” hay “nhiệt độ – độ ẩm”, người ta ghi lên trục tung đại lượng trung bình tháng của nhiệt độ, còn trên trục hoành là đại lượng trung bình tháng của lượng mưa hay độ ẩm. Các tháng được ký hiệu bằng các con số. Nối các điểm của các tháng với nhau, chúng ta có được một hình 12 cạnh biểu thị tổ hợp hiện trạng các điều kiện độ ẩm, nhiệt độ và cho phép so sánh tổ hợp các điều kiện này với tổ hợp các điều kiện khác trên đồ thị. Khí hậu đồ cũng cho phép so sánh tổ hợp độ ẩm – nhiệt độ của các vùng khác nhau và chúng cho

phép xác định vai trò của tổ hợp nhiệt độ—độ ẩm như là các yếu tố giới hạn của môi trường sống.

Một phương pháp khác cũng được sử dụng rộng rãi để nghiên cứu đánh giá tổ hợp của các yếu tố vật lý của môi trường, trong đó có nhiệt độ và độ ẩm là sử dụng các phòng khí hậu. Các phòng thí nghiệm này thường được sử dụng để tạo ra các điều kiện khống chế trong những nghiên cứu về di truyền, sinh lý và sinh thái học thực nghiệm của các sinh vật nuôi trồng và thí nghiệm. Tuy nhiên, cũng phải nói thêm là các thí nghiệm tương tự trong phòng có thể cho phép xác định các yếu tố chức năng quan trọng nhưng có nhiều tổ hợp các điều kiện sinh thái không thể tạo nên trong các phòng thí nghiệm được mà chỉ có thể tiến hành nghiên cứu ngoài thực địa.

Đối với sinh vật, độ ẩm và nhiệt độ cực thuận là điều kiện lý tưởng cho cuộc sống của chúng. Vì vậy, khi xác định được các giá trị của độ ẩm và nhiệt độ cực thuận là đã xác định được hoàn cảnh mà trong đó sinh vật có khả năng sinh trưởng, phát triển và sức sinh sản mạnh mẽ nhất, tỷ lệ tử vong thấp nhất. Và khi xác định được các điều kiện cực thuận cho sâu bệnh phát triển, người ta có thể chủ động phòng trừ chúng. Để xác định nhiệt độ và độ ẩm cực thuận trong tổ hợp hai yếu tố đó, có thể sử dụng phương pháp khí hậu đồ như đã mô tả ở trên.

Tác động tổ hợp của hai nhân tố nhiệt độ và độ ẩm quyết định sự phân bố của các loài động vật và thực vật. Một ví dụ thường được dẫn ra, đó là hai vùng Katang và Atkhabat. Lượng mưa trung bình hằng năm ở hai nơi này là xấp xỉ nhau : ở Katang là 230 mm/năm và ở Atkhabat là 231 mm/năm, nhưng nhiệt độ trung bình hằng năm ở hai địa điểm này hoàn toàn khác nhau : ở Katang là $-13,5^{\circ}\text{C}$ và ở Atkhabat là $15,7^{\circ}\text{C}$. Phân bố lượng mưa và sự phối hợp giữa lượng mưa và nhiệt độ theo từng tháng ở hai vùng này cũng hoàn toàn khác nhau. Do đó mà ở hai nơi này có các kiểu thảm thực vật hoàn toàn khác nhau : ở Katang là đài nguyên cực bắc, còn Atkhabat nằm trong vùng sa mạc Trung Á khô nóng rất nghèo nàn về tính đa dạng thực vật.

Trong nghiên cứu sinh thái học hiện đại, đặc điểm khí hậu của môi trường sống có một ý nghĩa quan trọng đặc biệt. Để nắm được các đặc điểm khí hậu của môi trường người ta thường sử dụng phương pháp vẽ biểu đồ khí hậu (climadiagramme) do F. Bagnouals và H. Gaussen đề xuất năm 1953 và sau đó được H. Walter và H. Lieth (1960–1967) tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện. Phương pháp vẽ biểu đồ khí hậu áp dụng cho nhiều vùng khác nhau

trên thế giới. Đây là phương pháp tốt nhất để biểu thị đặc điểm khí hậu của một vùng cụ thể. Trên biểu đồ này, tháng khô được biểu thị bằng tháng có lượng mưa P tính bằng mm ít hơn hai lần nhiệt độ trung bình $T^{\circ}\text{C}$ của tháng đó. Trên cùng một đồ thị, trục hoành chỉ các tháng, trục tung bên trái chỉ nhiệt độ bách phân trung bình tháng, trục tung bên phải chỉ lượng mưa tính bằng mm với tỷ lệ 10°C tương đương với 20 mm lượng mưa (lượng mưa gấp hai lần nhiệt độ). Khi đường cong của lượng mưa thấp hơn đường cong của nhiệt độ, thời kỳ đó được xác định là thời kỳ khô. Khi đường cong của lượng mưa lớn hơn đường cong của nhiệt độ, đó là thời kỳ ẩm. Nếu trong một tháng nào đó mà lượng mưa lớn hơn 100 mm thì dùng tỷ lệ 1/10 và bôi đen khoảng đó để chỉ đó là thời gian thừa độ ẩm.

Để có một hình ảnh đầy đủ về các đặc điểm khí hậu—địa lý của một vùng cụ thể nào đó, ở phần trên cùng của biểu đồ người ta còn chú thích vị trí, vĩ độ, kinh độ, độ cao của địa điểm nghiên cứu và ghi số năm quan sát. Ngay dưới biểu đồ người ta còn trình bày bảng thống kê lượng mưa của các tháng trong năm, số ngày mưa trong năm, nhiệt độ trung bình, nhiệt độ cao và thấp tuyệt đối, độ ẩm tương đối, hướng gió, tốc độ gió, số ngày nắng trong năm... Nói chung, nếu càng cung cấp được nhiều chỉ tiêu về khí tượng quan sát được trong năm thì càng tốt.

5.4. MÔI TRƯỜNG ĐẤT

Vỏ Trái Đất và đặc biệt là lớp đất trên bề mặt là một kho vô tận các nguyên tố hoá học và chất dinh dưỡng cung cấp cho các loài sinh vật nói chung và thực vật nói riêng. Đất không đơn giản chỉ là lớp vỏ bề mặt của thạch quyển mà nó là sản phẩm của quá trình phong hoá lý hoá học tầng đá mẹ và sự chuyển hoá, nhào trộn của các chất khoáng và chất hữu cơ. Đất được hình thành với sự tham gia của các loài sinh vật. Sự phong hoá vật lý và hoá học giải phóng các chất khoáng từ đá mẹ, đồng thời xảy ra trong quá trình phân huỷ các sản phẩm của thực vật và sinh vật đất. Kết quả của quá trình phân hoá đó cùng với các chất thải của động vật dần dần chuyển thành các hợp chất gumic tạo thành phức hợp cùng với các sản phẩm khoáng phong hoá. Có thể nói, không có sinh vật, đặc biệt là thực vật và vi sinh vật, thì không có cái gọi là “đất”. Như vậy, đất không chỉ là nhân tố môi trường của sinh vật mà đồng thời còn là sản phẩm của các hoạt động sống của chúng. Đất được tạo thành từ các vật liệu khởi sinh là cơ chất khoáng của lớp đệm và phần hữu cơ bổ sung, trong đó các sinh vật và các sản phẩm

hoạt động sống của chúng trộn lẫn với các phần nhỏ của vật liệu khởi sinh. Trong không gian giữa các phần tử đó có chứa nước và không khí. Như vậy, đất là một hệ thống ba pha: thạch quyển (pha cứng), thủy quyển (pha lỏng) và khí quyển (pha khí) trộn lẫn và xâm nhập lẫn nhau. Đất có dung lượng hấp thu rất lớn và có tính đệm cao xét về mặt quan hệ tác động vật lý và hoá học. Ở trong lòng đất, các điều kiện khí hậu cân bằng và ổn định hơn so với ở trong khí quyển. Các hoạt động trao đổi ở trong đất được thực hiện bằng con đường khuếch tán nên nó diễn ra từ từ. Vì thế, đất là môi trường sống thuận lợi đối với đa số các loài sinh vật. Cảnh quan không có đất là cảnh quan không có sự sống.

5.4.1. Đất là môi trường sống của sinh vật

Đất là môi trường sống của nhiều loài động vật và vi sinh vật. Nhiều loài động vật sống suốt đời hay từng giai đoạn trong lòng đất. Trong đất có các chất hữu cơ là xác chết của thực vật, động vật, chất thải của động vật là nguồn thức ăn phong phú cho vi sinh vật. Đối với thực vật, đất vừa là giá thể giữ cho cây đứng vững vừa là nguồn cung cấp nước và các chất dinh dưỡng cần thiết cho cây. Đất còn là nơi che chở, bảo vệ cho nhiều loài động vật tránh các điều kiện khí hậu khắc nghiệt của môi trường như quá nóng, quá lạnh hoặc khô hạn...

Đất có vai trò quan trọng trong phân bố sinh thái của sinh vật. Đất ở các vùng, các đới khác nhau có những đặc điểm và tính chất khác nhau về độ dày tầng đất, độ thoáng khí, độ chua, lượng nước, hàm lượng các chất khoáng... dẫn đến sự phân bố khác nhau của sinh vật, đặc biệt là thực vật. Ở Việt Nam, dựa trên quan điểm thực vật quần thể học, thì có thể phân chia thành hai nhóm đất chính có ảnh hưởng quyết định đến sự hình thành các kiểu thảm thực vật, đó là nhóm đất phong hoá từ đá vôi và nhóm đất phong hoá từ các loại đá mẹ khác. Mặt khác, căn cứ trên thành phần cơ giới của những loại hình đất phát sinh trên những loại đá mẹ đó, do tính chất lý học của đất có tác dụng chi phối động thái của dung dịch đất, có thể chia các loại đá mẹ thành ba nhóm lớn sau :

- Những loại đá mẹ phát sinh ra đất sét có thành phần cơ giới nặng.
- Những loại đá mẹ phát sinh ra đất cát pha sét và limông có thành phần cơ giới trung bình.
- Những loại đá mẹ phát sinh ra đất cát thô và sạn sỏi có thành phần cơ giới nhẹ.

Quá trình hình thành đất từ các loại đá mẹ khác nhau đó kết hợp với quy luật phát sinh địa đới và phi địa đới đã hình thành nên các loại đất địa đới, phi địa đới, nội địa đới mà trên đó sẽ phát sinh các kiểu thảm thực vật, kiểu phụ thổ nhưỡng của thảm thực vật và các quần xã thực vật khác nhau.

5.4.2. Những đặc điểm và tính chất chính của đất có ảnh hưởng đến đời sống sinh vật

5.4.2.1. Cấu trúc của đất

Đất được cấu thành từ các lớp có màu sắc khác nhau rõ rệt. Các lớp đó được gọi là các tầng đất, còn các tầng kế tiếp nhau kể từ trên bề mặt đất trở xuống được gọi là mặt cắt hay phẫu diện đất. Một mặt cắt đất chuẩn bao giờ cũng có ba tầng : tầng tích lũy mùn bề mặt, tầng các chất rửa trôi và tầng đá mẹ.

* *Tầng tích lũy mùn* là tầng trên cùng của mặt cắt đất. Tầng này thường được gọi là tầng A và được tạo thành từ xác động vật, thực vật và các sản phẩm hữu cơ khác và được chuyển hoá dần dần thành nguyên liệu hữu cơ vụn nát trong quá trình mùn hoá, sau đó được tích tụ xuống các tầng đất dưới nhờ quá trình rửa trôi. Tầng mùn thường được chia thành các lớp nhỏ hơn, như lớp thảm mục thực vật A_0 , lớp mùn A_1 , lớp kiềm hoá A_2 .

* *Tầng các chất rửa trôi* là tầng tiếp theo và thường được gọi là tầng B. Tầng này gồm đất khoáng, các hợp chất hữu cơ đã được sinh vật tiêu thụ, mà chủ yếu là các vi sinh vật phân huỷ và động vật đất, chuyển hoá trong quá trình vô cơ hoá và được trộn đều với lớp đá mẹ hạt nhỏ. Các chất hoà tan ở tầng rửa trôi thường được tạo nên trong tầng mùn và được nước rửa trôi xuống.

Tầng đá mẹ, thường được gọi là tầng C là lớp đá mẹ chứa các vật liệu khởi nguyên phong hoá thành đất.

Mặt cắt của đất và độ dày của tầng đất thường đặc trưng cho từng vùng khí hậu và từng cảnh quan của một vùng. Đất phát sinh ở các vùng khô hạn thường có độ dày tầng đất mỏng. Trên các loại đất này, thực vật sinh trưởng kém vì trong đất thường thiếu nước và nghèo các chất dinh dưỡng.

Cấu trúc và độ xốp của đất là những tính chất đặc biệt quan trọng vì chúng quyết định đến khả năng sử dụng được các chất dinh dưỡng có trong đất đối với thực vật và động vật đất. Khả năng giữ nước, độ thoáng khí, tính thấm nước của đất có mối liên quan mật thiết với nhau và phụ thuộc vào thành phần cấp hạt, cấu tượng đất. Đất có cấu tượng viên thích hợp cho cây xanh sinh trưởng và phát triển. Trên đất thoáng khí và có đủ nước mao quản,

cây sinh trưởng tốt. Đất có thành phần cơ giới nhẹ, có nhiều cát, nước thấm qua dễ dàng, tuy thoáng khí nhưng khả năng giữ nước kém nên chỉ thích hợp với những loài cây chịu hạn và có yêu cầu không cao về dinh dưỡng đất.

5.4.2.2. Nước trong đất

Nước chứa trong đất tồn tại ở hai dạng khác nhau : nước liên kết và nước tự do.

* *Nước liên kết* là lượng nước được giữ chặt bởi bề mặt của các phân tử đất nhỏ và tạo thành màng nước. Cây xanh không sử dụng được nguồn nước này vì rễ của chúng không hút được loại nước này.

* *Nước tự do hay nước mao dẫn* là lượng nước chứa trong các khe hở và trong các mao quản đất. Tùy theo tình hình thời tiết mà lượng nước này sẽ di chuyển lên các tầng đất phía trên hay xuống dưới nhờ các mao quản. Mao quản càng nhỏ, nước dâng lên càng cao. Cây xanh chủ yếu sử dụng nguồn nước này cho các hoạt động sống của mình.

Người ta còn phân chia nước tự do trong đất thành nước hấp dẫn và nước ngấm. Nước hấp dẫn là lượng nước chứa trong các khoảng trống lớn có trong đất và luôn di chuyển do ảnh hưởng của trọng lực. Lượng nước này dần dần ngấm xuống tầng nước ngấm. Rễ cây có thể hút được nguồn nước này để phục vụ cho các nhu cầu của cây xanh. Nước ngấm là lượng nước được tạo thành do nước hấp dẫn thấm xuống và được giữ lại ở các tầng đất không thấm nước như tầng đất sét.

Hàm lượng nước chứa trong đất rất khác nhau và phụ thuộc vào loại đất, mùa trong năm và tình hình thời tiết. Nếu trong đất có quá nhiều nước hấp dẫn thì đất bị ngập úng nước. Nếu trong đất chỉ có nước liên kết thì đất bị khô hạn.

5.4.2.3. Không khí trong đất

Không khí ở trong đất được giữ trong các khoảng trống giữa các phân tử đất. Thành phần không khí trong đất không giống như trong khí quyển. Do có sự phân huỷ các chất hữu cơ nên không khí ở trong đất thường có lượng oxy thấp hơn và lượng cacbonic cao hơn so với ở trong khí quyển và xu hướng này tỷ lệ thuận với chiều sâu của đất. Ngoài ra, quá trình phân huỷ các chất hữu cơ còn tạo ra một số loại khí độc khác như khí amôniac NH_3 , sunfua hydrô H_2S , mêtan CH_4 ... Còn ở trong điều kiện đất bị úng ngập thường xuyên, nhiều mùn bã thực vật thối rữa thì trong đất có thể hình thành môi trường yếm khí.

5.4.2.4. Chế độ nhiệt trong đất

Sự dao động của nhiệt độ với biên độ lớn thường chỉ xảy ra ở những lớp đất mặt. Càng xuống sâu trong lòng đất, chế độ nhiệt càng có xu hướng ổn định hơn so với ở trong khí quyển. Ở độ sâu hơn 1m dưới lòng đất, nhiệt độ đất hầu như không thay đổi. Vì vậy, xét về chế độ nhiệt thì đất là môi trường sống tốt cho các loài sinh vật đất. Chính vì vậy mà nhiều loài sinh vật tìm thấy trong lòng đất chỗ trú ẩn để tránh sự khắc nghiệt của thời tiết, hoặc quá nóng hoặc quá lạnh.

5.4.2.5. Các muối tạo sinh và các chất khoáng trong đất

Các chất khoáng trong đất là nguồn dinh dưỡng cho cây xanh sinh trưởng, phát triển và tạo ra chất hữu cơ. Các chất khoáng chứa trong đất tồn tại ở dạng hoà tan trong môi trường nước hay ở dạng liên kết trong các hợp chất muối. Các hợp chất muối hoà tan trong đất cần thiết cho sự sống của sinh vật được gọi là các muối tạo sự sống. Người ta ước tính có khoảng trên 70 nguyên tố có trong đất, trong đó có nhiều nguyên tố cần thiết cho thực vật. Dựa vào nhu cầu cần nhiều hay ít của thực vật đối với các nguyên tố hoá học và các hợp chất muối mà người ta chia chúng thành hai loại : nguyên tố vi lượng và nguyên tố đại lượng.

* *Nguyên tố đại lượng* là những nguyên tố mà thực vật cần với số lượng nhiều cho các hoạt động sống của mình. Các nguyên tố cacbon (C), hydro (H_2), oxy (O_2), nitơ (N), lưu huỳnh (S), photpho (P), kali (K), magiê (Mg), canxi (Ca)... là những nguyên tố đại lượng đối với thực vật.

* *Nguyên tố vi lượng* là những nguyên tố mà thực vật cần với số lượng rất ít nhưng không thể thiếu được. Tuy có nhu cầu không lớn và tồn tại trong đất với một số lượng rất ít, nhưng các nguyên tố vi lượng thường là yếu tố giới hạn. Eyster (1964) đã liệt kê mười nguyên tố vi lượng tối cần thiết đối với thực vật, đó là sắt (Fe), mangan (Mn), đồng (Cu), kẽm (Zn), bo (B), silic (Si), môlipden (Mo), clo (Cl), vanadi (V) và coban (Co). Đứng trên quan điểm sinh lý học, có thể phân chia các nguyên tố vi lượng thành ba nhóm:

– Nhóm các nguyên tố cần thiết cho quá trình quang hợp bao gồm Mn, Fe, Cl, Zn và V.

– Nhóm các nguyên tố cần thiết cho quá trình trao đổi nitơ bao gồm Mo, B, Co, Cu và Si.

– Nhóm các nguyên tố cần thiết cho các quá trình trao đổi khác bao gồm Mn, B, Co, Cu và Si.

Không chỉ thực vật mà các loài động vật cũng có nhu cầu đối với phần lớn các nguyên tố này nhưng nhu cầu của từng loài động vật đối với từng nguyên tố cụ thể là khác nhau, ví dụ, iốt rất cần thiết cho các loài động vật có xương sống.

Cũng cần phải nói thêm rằng, giữa các nguyên tố vi lượng và đại lượng, không phải lúc nào cũng có ranh giới rõ rệt, hơn nữa, trong nhu cầu của các nhóm sinh vật khác nhau đối với các nguyên tố này cũng có những khác biệt nhất định. Ví dụ, động vật thường có nhu cầu lớn đối với natri (Na) và clo (Cl), nhưng đối với thực vật thì đây lại là những nguyên tố vi lượng. Đối với các hoạt động sống trong cơ thể sinh vật, tác dụng của nhiều nguyên tố vi lượng giống như các loại vitamin, chúng có vai trò như là các chất xúc tác.

5.4.2.6. Độ pH của đất

Độ pH của đất hay độ chua của đất hoặc phản ứng đất là nồng độ ion hydro có trong đất. Độ pH là một tính chất quan trọng của môi trường sống trong đất và trong nước. Ngay từ đầu thế kỷ XX các Nhà Sinh thái học đã chứng minh rằng độ pH của môi trường là yếu tố giới hạn và nó cũng được xem như là chỉ số hợp lý điều chỉnh hiện trạng sinh thái của các sinh vật cảnh ở nước và ở môi trường đất. Trong tự nhiên, khi đại lượng pH của môi trường không gần tới giá trị tới hạn, các quần xã thực vật có khả năng bù đắp những thay đổi của yếu tố này bằng cơ chế tự điều chỉnh và thích nghi của các loài thực vật. Sự chống chịu của các quần xã thực vật đối với phạm vi pH thường gặp trong tự nhiên là rất tương đối. Tuy nhiên sự thay đổi của độ pH tỷ lệ với sự thay đổi của hàm lượng CO_2 nên pH có thể là chỉ thị tin cậy về tốc độ trao đổi tổng số của quần xã, cả quá trình quang hợp và hô hấp.

Phần lớn đất ở các vùng ẩm thường có độ pH dao động từ axit yếu đến trung hoà (pH = 6 – 7,5), đất đầm lầy, than bùn, đất phèn thường có tính axit mạnh (pH = 3 – 4), đất trên đá vôi, đất mặn thường có phản ứng kiềm (pH = 8 – 9). Tuy nhiên, phản ứng đất thay đổi có tính chu kỳ trong năm liên quan đến sự phân bố có tính chu kỳ của lượng mưa, ngoài ra, còn có những sai khác mang tính chất cục bộ, đặc biệt là giữa các lớp đất khác nhau trong mặt cắt của đất. Vì vậy, để có được số liệu chính xác đặc trưng của độ pH ở một địa điểm cụ thể cần phải xác định phản ứng đất trong suốt thời gian trong năm và trong cả phẫu diện đất hoặc ít nhất là trong vùng phân bố của bộ rễ cây.

Phản ứng đất ảnh hưởng đến cấu trúc đất, đến quá trình phong hoá và mùn hoá, đến tính dễ tiêu của các chất dinh dưỡng và quá trình trao đổi ion trong đất.

Trong đất quá chua, số lượng các ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , PO_4^{3-} trong dung dịch đất giảm còn số lượng ion Al^{3+} tăng lên, gây độc cho thực vật, làm cho chúng sinh trưởng chậm đi, ít ra hoa kết quả. Độ pH thấp cũng ảnh hưởng không tốt đến số lượng và sự hoạt động của hệ vi sinh vật đất. Người ta đã nhận thấy rằng, khi độ pH_{KCl} trong đất giảm từ 6,8 xuống đến 4 thì số lượng vi khuẩn trong 1 gam đất sẽ giảm từ 13,5 triệu cá thể xuống còn 4 triệu. Khi độ pH nhỏ hơn 3, quá trình phân huỷ các chất hữu cơ sẽ bị chậm lại hoặc thậm chí ngừng hẳn, trong đất sẽ tích lũy ion NH_4^+ thay cho NO_3^- . Nếu đất có phản ứng kiềm cao, nồng độ các ion photpho, sắt, mangan và các nguyên tố vi lượng khác đều giảm, làm cho tốc độ sinh trưởng của thực vật cũng bị giảm đi. Nói chung, khi đất có độ pH nhỏ hơn 4 hoặc cao hơn 9, các hoạt động sinh lý của cây đều bị giảm sút nghiêm trọng, chất nguyên sinh của tế bào sẽ bị tổn thương.

Đối với từng loài sinh vật riêng biệt, dựa vào phản ứng sinh lý của chúng lên độ pH của đất, có thể xác định được yêu cầu và giới hạn đặc trưng của độ bền vững. Một số loài thuộc chi Rêu nước *Sphagnum* ưa môi trường axit mạnh và rất mẫn cảm với ion OH^- . Chúng sẽ bị chết khi đất có phản ứng trung hoà, vì vậy chúng được xếp vào nhóm sinh vật ưa axit mạnh với giới hạn độ pH hẹp. Loài *Deschampsia flexuosa* – một loài thực vật chỉ thị cho đất mặn, phát triển tốt nhất khi độ pH của đất bằng 5, nhưng nó vẫn sinh trưởng bình thường trong đất có phản ứng trung hoà và chịu được môi trường kiềm yếu : đó là loài ưa axit chịu kiềm. Các loài *Calluna vulgaris* và *Sarothamnus scoparius* cũng có phản ứng tương tự. Loài *Tussilago farfara* thích ứng nhất với môi trường kiềm và trung hoà, nhưng vẫn tồn tại bình thường khi độ pH xuống đến 4, loài này có thể được coi là loài thực vật ưa kiềm chịu axit. Còn có những loài sinh vật ưa kiềm với giới hạn pH hẹp, đó chủ yếu là các loài vi khuẩn. Đối với chúng, độ pH tối ưu nằm xa trong vùng kiềm và một số loài bị tổn thương ngay khi độ pH xuống thấp hơn 6. Phần lớn các loài thực vật bậc cao thích nghi với phổ pH rộng, từ axit yếu (pH = 3,5) đến kiềm yếu (pH = 8,5) khi được trồng trọt theo phương thức độc canh. Ở trong tự nhiên, sự phân bố của một số được giới hạn bởi một biên độ pH hẹp. Trong trường hợp đó, phổ tối ưu sinh thái của phân bố không trùng hợp với phổ tối ưu sinh lý.

5.4.3. Ảnh hưởng của môi trường đất đến sự phân bố của sinh vật và tính thích nghi của chúng

Như trên đã phân tích, mặc dù các điều kiện sinh thái trong đất không đồng nhất, nhưng đất là môi trường sống tương đối ổn định và phù hợp với thế giới sinh vật. Vì vậy, trong đất luôn tồn tại một hệ sinh vật rất đa dạng và

phong phú. Trung bình trên 1 m² lớp đất mặt có hơn 100 tỷ động vật nguyên sinh, hàng triệu trùng bánh xe, giun tròn, rất nhiều ấu trùng côn trùng, giun đất, thân mềm và các động vật không xương sống khác. Trong 1gam đất, trung bình có hàng chục triệu vi khuẩn, vi nấm, xạ khuẩn... Một số loài tảo lục, tảo lam, tảo silic sống trong đất ẩm, nơi ánh sáng có thể xuyên tới. Trong đất còn có một hệ thống rễ cây chằng chịt. Bộ rễ là hệ thống nhạy cảm nhất trong các cơ quan của các loài thực vật bậc cao hoàn toàn thích nghi với điều kiện sống trong môi trường đất.

5.4.3.1. Ảnh hưởng của môi trường đất đến thực vật

Chế độ ẩm, chế độ nhiệt, độ thoáng khí, cấu trúc, hàm lượng các chất dinh dưỡng và đặc biệt là độ pH của đất có ảnh hưởng lớn đến sự phân bố của thực vật và sự phát triển của bộ rễ của chúng.

Bộ rễ của các loài thực vật ở những vùng đất bị đóng băng thường phân bố nông nhưng rộng, còn ở những vùng đất không bị đóng băng, rễ cây thường ăn sâu để hút nước đồng thời cũng có nhiều rễ ở lớp đất mặt để hút các chất dinh dưỡng. Ở các vùng núi đá vôi, do lượng đất ít và thể nền cứng, nên rễ của các loài cây sống ở đây thường rất phát triển, len lỏi vào các khe hở, trên các vách đá... Các loài cây này đã thích nghi với môi trường đá vôi vì rễ của chúng có thể tiết ra các axit hoà tan đá vôi để lấy một phần chất khoáng phục vụ cho các nhu cầu sống của chúng. Các loài thực vật thân thảo sống trên núi đá vôi chỉ thu hẹp phạm vi phân bố rễ của chúng trong các hốc đá do mưa bào mòn tạo nên. Rễ của các loài thực vật sống ở vùng sa mạc hoặc phát triển lan rộng trên bề mặt đất để thu sương đêm hoặc ăn sâu xuống dưới mặt đất hàng hai chục mét để hút nước ngầm. Nhiều loài cây sống ở các vùng đất lầy thụt ven biển có rễ cọc chết sớm hoặc không phát triển nhưng lại phát triển bộ rễ bên xuất phát từ gốc thân.

Dựa vào nhu cầu dinh dưỡng khoáng của thực vật mà người ta chia chúng thành ba dạng : thực vật nghèo dinh dưỡng, thực vật giàu dinh dưỡng và thực vật trung dinh dưỡng.

– *Thực vật nghèo dinh dưỡng (Clisotrophic)* là nhóm các loài thực vật có nhu cầu thấp về dinh dưỡng khoáng, sinh trưởng bình thường trên nền đất mỏng, nghèo dinh dưỡng. Nhiều loài cây gỗ thuộc các chi Thầu dầu *Aporusa*, Hoắc quang *Wendlandia*, Bọp *Actinodaphne*, Bọt ếch *Glochidion*... tái sinh tự nhiên trên các vùng đất trống đồi núi trọc thoái hoá thuộc nhóm này.

– *Thực vật giàu dinh dưỡng (Megatrophic)* là nhóm các loài thực vật trong tự nhiên chỉ gặp và sinh trưởng tốt trên loại đất tốt, sâu, dày, giàu dinh dưỡng khoáng. Đa số các loài cây gỗ sống trong các khu rừng ẩm nhiệt đới thuộc nhóm này.

– *Thực vật trung dinh dưỡng (Mesotrophic)* là nhóm các loài thực vật có nhu cầu về dinh dưỡng khoáng trung gian giữa hai nhóm trên.

Yêu cầu của từng loài thực vật đối với từng loại chất dinh dưỡng cũng khác nhau. Nitơ là một trong những chất cần thiết nhất cho thực vật. Tuy nhiên, có những loài cây chỉ thích hợp với nitơ dưới dạng nitrat như đa số các loài cây gỗ trong rừng nhiệt đới, các loài thuộc chi Rau dền *Amaranthus*, Cỏ mần trâu *Eleusine*... trong khi đó nhiều loài cây lá kim ở rừng ôn đới lại phù hợp với đạm amôn. Các loài thực vật nhờ sống cộng sinh với các loài vi sinh vật có khả năng cố định đạm như bèo hoa dâu *Azolla pinata* (cộng sinh với tảo lam *Anabaena azollae*), các loài cây họ Đậu *Fabaceae*, cây Phi lao *Casuarina equisetifolia*, cây tổng quạ sủ *Alnus nepanensis* (cộng sinh với vi khuẩn *Rhizobium* tạo nốt sần trên rễ)... lại sợ đất có nhiều đạm. Đó là những loài thực vật kị nitơ. Ở nước ta có nhiều loài thực vật ưa vôi, như cây nghiến *Excentrodendron tonkinense*, trai *Garcinia fagraeoides*, ô rô *Taxotrophis ilicifolius*... trong tự nhiên chỉ gặp trong các hệ sinh thái rừng trên núi đá vôi.

5.4.3.2. Ảnh hưởng của môi trường đất đến vi khuẩn

Vi khuẩn là nhóm vi sinh vật có số lượng lớn nhất sống trong môi trường đất. Trong 1 gam đất có thể có đến vài tỷ cá thể vi khuẩn sinh sống. Ở trong đất giàu dinh dưỡng, sinh khối của vi khuẩn có thể đạt tới 500 kg/ha. Phần lớn các loài vi khuẩn sống dị dưỡng, chúng lấy năng lượng từ các hợp chất hữu cơ. Có một số loài vi khuẩn thuộc nhóm sinh vật tự dưỡng, chúng sử dụng năng lượng giải phóng ra trong quá trình ôxy hoá amôniac để tổng hợp nitrit và nitrat. Vi khuẩn được chia thành nhiều nhóm chức năng : vi khuẩn cố định đạm, vi khuẩn phân huỷ xenlulôza, vi khuẩn phân huỷ lignin, vi khuẩn amôn hoá... Trong từng loại đất nhất định, tỷ lệ các nhóm vi khuẩn hầu như ít thay đổi. Phần lớn các loài vi khuẩn đều thuộc nhóm các sinh vật ưa khí, chỉ có một phần nhỏ (khoảng 5 – 10%) là các loài vi khuẩn kỵ khí.

5.4.3.3. Ảnh hưởng của môi trường đất đến xạ khuẩn

Xạ khuẩn là những vi sinh vật dị dưỡng, cơ thể chúng gồm những sợi mỏng. Số lượng của xạ khuẩn trong 1 gam đất có thể lên đến hàng triệu cá thể.

Xạ khuẩn thích nghi được với môi trường sống khô hạn, ở các vùng đất khô, chúng thường chiếm đến 25% tổng số các loài trong khu hệ vi sinh vật đất. Trong các loài xạ khuẩn thì *Streptomyces* chiếm tỷ lệ lớn nhất. Chúng là loài vi sinh vật phân huỷ mạnh xenlulôza và thuộc nhóm vi sinh vật amôn hoá. Chúng tiết ra chất kháng sinh vào môi trường. Khả năng này đã được con người tận dụng để sản xuất thuốc kháng sinh.

5.4.3.4. Ảnh hưởng của môi trường đất đến nấm

So với vi khuẩn và xạ khuẩn thì số lượng cá thể của các loài nấm trong môi trường đất có ít hơn. Trong những điều kiện thuận lợi, trong 1 gam đất có thể có đến hàng trăm nghìn cá thể nấm các loại sinh sống. Trên các loại đất chua, độ pH dao động từ 4,5 đến 5,5, nhóm nấm thường chiếm ưu thế vì môi trường này không thích hợp với các loài vi khuẩn và xạ khuẩn.

Vai trò của nấm trong đất rất đa dạng. Ngoài tác dụng phân huỷ xenlulôza, nấm còn có khả năng phân huỷ các hợp chất hữu cơ bền vững khác như hemixenlulôza và lignin. Một số loài vi nấm là nguồn thức ăn cho hệ động vật đất. Nhiều loài nấm đảm *Basidiomycetes* cộng sinh trong rễ cây dưới dạng rễ nấm giúp cây xanh có khả năng sinh sống tốt trên nền đất thiếu nước, nghèo dinh dưỡng. Các sợi nấm có thể chui vào bên trong rễ cây tạo thành rễ nấm trong, đặc trưng chủ yếu ở họ Lan *Orchidaceae*, phần lớn trường hợp còn lại là dạng cộng sinh mà các sợi nấm làm thành một màng bao lấy rễ cây tạo thành rễ nấm ngoài. Các sợi nấm này làm nhiệm vụ thay thế lông hút của rễ và hoạt động mạnh hơn vì chúng tiết ra các loại axit và men hấp thu các chất dinh dưỡng cần thiết từ những hợp chất hữu cơ ít hoà tan như lấy nitơ từ mùn thô hoặc từ than bùn, lấy photpho từ apatit, canxi từ đá vôi, kali từ phenspat...

5.4.3.5. Ảnh hưởng của môi trường đất đến khu hệ động vật đất

Khu hệ động vật đất rất phong phú và đa dạng. Dựa vào kích thước của chúng, người ta thường chia ra thành ba nhóm: các loài động vật hiển vi, các loài động vật có kích thước đến 3 mm và các loài động vật có kích thước từ 3 mm đến 20 mm.

* *Nhóm động vật hiển vi.* Đây là nhóm các loài động vật có kích thước rất nhỏ, từ vài micromet đến vài phần mười milimet. Chúng bao gồm các loài động vật nguyên sinh, trùng bánh xe, trùng roi, giun tròn... và có số lượng cá thể rất lớn. Đây thực chất là những động vật ở nước, và vì thế, ở trong môi trường đất, chúng sống trong nước mao dẫn, nước hấp dẫn hoặc ở

các màng nước liên kết bao quanh các phần tử đất. Các loài động vật nguyên sinh sống trong đất có khả năng sống tiềm sinh trong thời gian dài bằng cách tạo ra vỏ bọc rất bền vững để tránh các điều kiện bất lợi của môi trường.

* *Nhóm động vật có kích thước đến 3 mm.* Đây là những loài động vật có kích thước từ khoảng vài phần mười milimet đến 3 mm, mắt thường có thể nhìn thấy được. Thuộc nhóm này có các loài chân đốt, một số loài côn trùng nhỏ, động vật nhiều chân nhỏ. Sống trong môi trường đất chúng di chuyển theo các khe đất nhờ phần phụ hoặc khả năng uốn mình như con giun. Các loài động vật này hô hấp qua lớp vỏ của cơ thể vì không có hệ thống ống khí. Nói chung, các loài động vật thuộc nhóm này không có khả năng chịu khô hạn. Phương thức chủ yếu giúp chúng tránh được sự thay đổi của nhiệt độ và độ ẩm là di chuyển lên – xuống trong đất theo các khe hở có sẵn. Một vài loài có khả năng chống chịu với khô hạn nhờ lớp vỏ không thấm nước và hệ thống ống khí thô sơ đảm bảo cho sự hô hấp. Nếu đất bị ngập nước, nhiều loài động vật thuộc nhóm này sống nhờ vào những bọt khí bao quanh cơ thể chúng. Những bọt khí này được các lông hoặc lớp vảy sừng ở vỏ cơ thể giữ lại và có tác dụng như những cái mang vật lý. Sự hô hấp của động vật được thực hiện nhờ oxy khuếch tán từ nước trong đất vào lớp không khí chèn giữa nước và cơ thể động vật.

* *Nhóm động vật có kích thước đến 20 mm.* Nhóm này bao gồm nhiều loài côn trùng, động vật nhiều chân, giun đốt... Đối với những loài động vật này, đất là môi trường sống chật, cản trở việc di chuyển, vì vậy, để di chuyển trong đất, chúng phải mở rộng các khe hở sẵn có hoặc tự tạo lấy lối đi. Những loài có tiết diện ngang cơ thể nhỏ, có khả năng uốn gập mình như động vật nhiều chân, giun đất... thì di chuyển trong các khe đất có sẵn. Áp lực của cơ thể chúng ép lên thành các khe hở, làm các khe hở rộng ra. Chúng di chuyển theo cách giữ cho phần đuôi cố định, thu nhỏ mình lại và duỗi dài phần đầu vào khe đất, sau đó lại giữ chặt phần đầu và phình to ra để mở rộng lối đi cho cả cơ thể. Hình thức di chuyển này có những điểm bất lợi đối với động vật là do làm khe đất rộng ra nên cường độ bốc hơi nước tăng lên và kẻ thù có thể chui theo khe để ăn thịt chúng. Để hạn chế những tác động bất lợi trên, một số loài ấu trùng đã phát triển tập tính bịt kín phần sau của lối đi lại. Thói quen bịt kín lối đi ở đằng sau giữ cho cơ thể chúng luôn luôn ở trong môi trường kín, bão hoà hơi nước. Sự trao đổi khí của các loài động vật này được thực hiện nhờ cơ quan hô hấp chuyên hoá và được bổ sung một phần bằng cách qua lớp vỏ của cơ thể. Có những loài hoàn toàn hô hấp qua da như các loài giun đất.

5.4.3.6. Ảnh hưởng của môi trường đất đến các loài động vật lớn sống ở hang

Nhóm này chủ yếu là các loài thú, trong đó có những loài như chuột bọ *Spalax*, chuột thảo nguyên *Ellobius*, chuột chũi Á – Âu, chuột chũi ăn hạt châu Phi, chuột chũi có túi châu Úc... sống suốt đời trong hang ở trong lòng đất. Những loài này đã tiến hoá theo con đường hoàn toàn thích nghi với cuộc sống trong bóng tối ở trong lòng đất: có cơ thể tròn, cổ ngắn, có lông ngắn và dày, chi trước rất khoẻ để đào đất, tuy nhiên cũng có những loài đào đất bằng răng của như chuột hốc, chuột bọ xạ, có thị giác kém phát triển... và có tập tính đào đất và xây dựng hệ thống hang trong lòng đất rất hoàn thiện.

Ngoài những loài động vật sống suốt đời trong lòng đất, trong nhóm động vật ở hang còn có những loài chỉ trong thời kỳ sinh sản, ngủ đông hay tránh những điều kiện bất lợi của môi trường mới chuyển xuống sống trong hang còn thường xuyên kiếm ăn trên mặt đất. Chuột vàng *Citellus*, chuột nhảy *Allactaga saltator*, thỏ, chồn *Meles...* là những loài động vật thuộc nhóm này. Ngoài những đặc điểm thích nghi với cuộc sống trên mặt đất, như có màu lông hoà hợp với môi trường, hai chi sau rất khoẻ để nhảy, thính giác và thị giác rất phát triển... những loài động vật này cũng có hàng loạt các đặc điểm thích nghi với lối sống đào hang như : có vuốt dài, hệ cơ chi trước khoẻ, đầu hẹp...

5.5. KHÔNG KHÍ

5.5.1. Vai trò của không khí đối với sinh vật

Thành phần của không khí trong khí quyển bao quanh Trái Đất, nếu như không tính đến hàm lượng hơi nước, thì rất ổn định và hầu như không thay đổi trên mọi vùng của Trái Đất nhờ sự chuyển động không ngừng của nó. Trong không khí nói chung, nồng độ của ba loại khí quan trọng bậc nhất đối với sinh vật là khí nitơ (N_2) là 78%, của khí cacbonic (CO_2) là 0,03% và của khí oxy (O_2) là 21% theo thể tích. Cho đến ngày nay, thì ở một mức độ nào đó, đây là giới hạn của nhiều loài thực vật bậc cao. Trong không khí còn chứa một số hợp chất bản ở thể rắn với kích thước nhỏ hay thể khí như SO_2 , các hợp chất chứa nitơ dễ bay hơi, các hợp chất halôgen, các loại bụi, muối than. Sinh vật sống ở lớp dưới cùng của khí quyển, ở tầng đối lưu hay vùng thời tiết của không khí. Áp suất của không khí ở gần mặt đất cũng tương đối ổn định, vào khoảng 760 mmHg, đảm bảo cho sự sống diễn ra bình thường.

Không khí có ý nghĩa vô cùng quan trọng đối với sự tồn tại của cơ thể sinh vật. Không khí cung cấp oxy cho cơ thể sống, hô hấp sản sinh ra năng lượng dùng cho cơ thể. Thực vật lấy khí cacbonic (CO_2) từ không khí để sản xuất ra chất hữu cơ trong quá trình quang hợp dưới tác động của ánh sáng mặt trời. Nói chung, khi hàm lượng khí cacbonic tăng lên thì ở nhiều loài thực vật, cường độ quang hợp cũng tăng lên. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, khi hàm lượng khí oxy giảm đi thì cũng có thể làm tăng cường độ quang hợp. Bằng các thí nghiệm với các cây họ Đậu *Fabaceae* và các cây khác, Bjorkman và cộng sự (1966) đã chứng minh được rằng khi hàm lượng khí oxy trong không khí giảm đến 5% đã làm gia tăng cường độ quang hợp lên đến 50%. Điều đó có thể giải thích rằng khi nồng độ khí oxy tăng lên, phản ứng giữa các sản phẩm trung gian của quá trình quang hợp có mức độ hồi phục cao và các oxy phân tử chuyển dịch theo chiều ngược lại. Điều đó có thể là một bằng chứng cho thấy các loài cây lá rộng đã xuất hiện và phát triển vào thời kỳ khi mà hàm lượng khí cacbonic trong khí quyển còn ở mức cao hơn và hàm lượng khí oxy còn ở mức thấp hơn so với hiện nay.

Trong các lớp đất sâu và các lớp trầm tích, cũng như trong các mô và các cơ quan của các loài động vật lớn như trong dạ dày của các loài động vật nhai lại, nơi có các điều kiện kỵ khí, hàm lượng khí cacbonic tăng lên, còn khí oxy lại trở thành yếu tố giới hạn đối với các sinh vật hiếu khí.

Trong môi trường nước, các chất khí oxy, cacbonic và các chất khí khác tồn tại dưới dạng hoà tan trong nước, vì vậy mà khả năng sử dụng chúng của sinh vật có sự dao động mạnh theo không gian và thời gian. Trong các thủy vực có hàm lượng chất hữu cơ cao thì oxy là yếu tố giới hạn, có tầm quan trọng hàng đầu. Lượng oxy hoà tan trong nước phụ thuộc vào nhiều yếu tố, nhưng trong trường hợp thuận lợi nhất thì cũng không vượt quá 1% theo thể tích, có nghĩa là tối đa chỉ có 10cm^3 oxy trong 1 lít nước. Lượng oxy dự trữ trong nước được cung cấp bằng hai con đường: khuếch tán từ không khí và sự quang hợp của thực vật thủy sinh.

Hàm lượng của khí CO_2 trong nước cũng rất dao động, tuy nhiên vai trò của nó là như một yếu tố sinh thái giới hạn trong môi trường nước thì chưa được làm rõ. Khí CO_2 hoà tan rất tốt trong nước, ngoài ra, khí CO_2 thoát ra khi sinh vật hô hấp và phân huỷ cũng như từ đất hoặc từ các nguồn khác dưới đất cũng xâm nhập vào môi trường nước. Vì thế mà giới hạn tối thiểu của hàm lượng CO_2 không quan trọng đối với sinh vật như trong trường hợp của khí O_2 .

Ngoài ra, khí CO_2 còn tác dụng với nước tạo thành H_2CO_3 , sau đó chất này lại tác dụng với vôi tạo thành các cacbonat (CO_3) và bicacbonat (HCO_3). Các hợp chất này không những là nguồn chất dinh dưỡng mà còn là chất đệm để giữ cho nồng độ ion hydro trong môi trường nước ở gần giá trị trung tính. Hàm lượng khí CO_2 trong nước tăng lên một ít cũng đã làm tăng cường độ quang hợp và kích thích quá trình phát triển của nhiều loài sinh vật thủy sinh. Như đã biết, sự làm giàu CO_2 có thể là nguyên nhân chính của hiện tượng giàu dinh dưỡng hoá cây trồng. Đối với động vật, hàm lượng CO_2 cao có thể coi là yếu tố giới hạn, đặc biệt vì hàm lượng CO_2 cao thường liên quan đến hàm lượng O_2 thấp. Các loài cá đặc biệt mẫn cảm với sự tăng nồng độ khí CO_2 , khi hàm lượng khí CO_2 tự do trong nước quá cao, nhiều loài cá sẽ bị chết ngạt.

Dòng không khí chuyển động tạo ra gió ảnh hưởng rõ rệt đến phân bố nhiệt độ, độ ẩm trong môi trường sống của sinh vật và có tác dụng quan trọng trong quá trình phát tán các vi sinh vật, bào tử, phấn hoa, quả, hạt thực vật và nhiều loài động vật khác.

5.5.2. Những đặc điểm chính của không khí và ảnh hưởng của chúng đến sinh vật và tính thích nghi của sinh vật

Cuộc sống được hình thành ở dưới nước và sinh giới đã trải qua một thời gian tiến hoá lâu dài trong môi trường nước. Cuộc sống trên cạn xuất hiện muộn hơn và do môi trường trên cạn phức tạp hơn, luôn thay đổi nên đòi hỏi sinh vật phải có tính thích nghi cao hơn và mềm dẻo hơn.

5.5.2.1. Mật độ của không khí

Mật độ của không khí thấp hơn của nước rất nhiều lần nên không khí ít có tác dụng nâng đỡ cơ thể sinh vật. Vì vậy, sống trong môi trường không khí sinh vật cần phải có hệ thống nâng đỡ riêng để giữ vững cơ thể: đó là các mô cơ ở thực vật và bộ xương ở động vật. Cũng do lực nâng đỡ của không khí rất nhỏ, nên các sinh vật sống trên cạn có khối lượng và kích thước hạn chế, không thể so sánh với các loài sinh vật sống dưới nước. Những loài động vật lớn nhất trên cạn cũng không thể so sánh với khối lượng và kích thước của cá voi xanh. Những loài thực vật cao nhất như loài cù tùng vua *Sequoia sempervirens* hay dài nhất như một số loài thuộc chi *Calamus* sống trên cạn mặc dù có cơ quan nâng đỡ rất phát triển cũng không thể có cơ thể dài trên 100 m như ở loài tảo *Macrocystis pyrifera* sống ở dưới nước có yếu tố nâng đỡ rất kém nằm trong phần trung tâm của tán.

Tuy nhiên, độ đậm đặc thấp của không khí lại làm cho lực cản di động thấp. Vì thế, sự chuyển động của sinh vật trong môi trường không khí thuận lợi và nhanh hơn ở trong môi trường nước. Trong quá trình tiến hoá, nhiều loài động vật đã lợi dụng đặc tính sinh thái này của không khí để phát triển và hoàn thiện một khả năng di chuyển mới, đó là khả năng bay lượn. Có đến 75% số loài động vật sống trên mặt đất, chủ yếu là các loài côn trùng và nhóm chim, một số ít các loài thú và bò sát, có thể bay được một cách chủ động. Một số loài thú và bò sát khác thì có khả năng lượn trong không khí nhờ gió.

5.5.2.2. Vai trò của gió đối với đời sống sinh vật

Nhờ sự di chuyển của các khối không khí gần mặt đất theo chiều ngang hoặc thẳng đứng tạo thành gió mà nhiều loài sinh vật và các sản phẩm của chúng có thể di chuyển theo một cách thụ động để phát tán trong môi trường. Để triệt để lợi dụng phương thức di chuyển thụ động này, các loài sinh vật đã tiến hoá theo hướng giảm kích thước của cơ thể hay các sản phẩm cần phát tán (cơ thể các loài vi sinh vật, bào tử nấm, hạt của một số loài thực vật bậc cao... có kích thước rất nhỏ) hoặc tăng diện tích phát tán nhờ có cấu tạo đặc biệt (hạt hay quả có lông, có cánh...). Loài cỏ lông chông *Spinifex littoreus* sống trên đất cát ven biển các tỉnh miền Trung Việt Nam có quả xếp toả hình tròn quanh một trục, khi có gió thổi mạnh, cuống của cụm quả bị gãy và cụm quả sẽ lăn theo gió trên bãi cát, lăn đến đâu quả sẽ rụng đến đấy. Nhờ khả năng này, mà loài cỏ lông chông phân bố rất rộng trên các bãi cát ven biển ở các vùng nhiệt đới châu Á, châu Phi, châu Đại dương.

Nhiều loài thực vật thụ phấn nhờ gió, vì vậy chúng đã phát triển hàng loạt những đặc điểm để thích nghi với phương thức thụ phấn này : các hạt phấn thường nhỏ, nhẹ, có hình tròn, dễ phát tán trong không khí, vòi nhụy có nhiều lông dài để dễ dàng thu nhận hạt phấn, hoa tập trung thành cụm ở đầu cành, đối với những loài cây rụng lá thì hoa thường ra trước lá...

Gió mạnh làm hạn chế hoạt động bay lượn ở động vật. Trải qua một quá trình tiến hoá thích nghi lâu dài, trên các hòn đảo nhỏ ngoài đại dương, các loài côn trùng có cánh dần dần cánh bị tiêu biến vì những cá thể có khả năng bay lên thường bị gió mạnh cuốn ra ngoài biển cả. Trên những đồng cỏ ở vùng Satagoni có nhiều loài chim không còn khả năng bay vì ở đây thường có gió mạnh, chính gió mạnh dần dần làm mất khả năng bay của một số loài chim. Gió mạnh về một phía làm tán cây cũng phát triển lệch theo hướng gió. Điều này thấy rất rõ ở các loài cây gỗ mọc trên đỉnh đèo Ô Quý Hồ ở

Sapa, Lào Cai. Gió mạnh cũng làm tăng sự mất nước ở cơ thể sinh vật, làm gãy cây cối... Còn gió nhẹ có tác dụng tốt góp phần làm thay đổi thời tiết ở địa phương. Ở nước ta, vào cuối mùa xuân, những cơn gió đông thường mang lại thời tiết ấm áp, còn nếu gió đông bắc đến sớm, thì làm giảm bớt khí hậu nóng bức, mang mưa lại, giảm bớt sự khô hạn.

Loại gió khô nóng, như hiện tượng gió Phơn, hay gió Lào ở các tỉnh biên giới miền Trung nước ta, đặc biệt có hại đối với các loài sinh vật vì nó gây ra tình trạng khô nóng cục bộ. Trong vùng chịu tác động của gió khô nóng, các loài sinh vật, đặc biệt là thực vật bị mất nước nghiêm trọng, cây cối bị héo lá, những cây còn non, cây có bộ rễ chùm ăn nông thường bị chết hàng loạt, hạt cây không thể nảy mầm được. Gió lạnh cũng có thể có hại đối với sinh vật. Về mùa đông, ở nước ta, đôi khi có gió mùa đông bắc mạnh mang giá lạnh về, làm cho cây trồng có thể bị chết vì lạnh. Đặc biệt những cá thể còn ở giai đoạn cây mầm như mạ lúa thường bị chết hàng loạt khi trời quá lạnh.

Càng lên cao, lượng gió càng nhiều và sức gió càng mạnh. Vì vậy, các loài cây mọc trên các vùng núi cao lộng gió thường có thân thấp, phân cành nhiều, tán có hình dạng nấm, bộ rễ phát triển để giữ cho cây khỏi bị đổ, nhiều loài cây thân gỗ biến thành dạng cây bụi do chịu tác động liên tục và lâu dài của gió mạnh.

5.5.2.3. Áp suất không khí

Áp suất của lớp không khí gần mặt đất có giá trị vào khoảng 760 mmHg. Giá trị này thay đổi theo độ cao tuyệt đối. Càng lên cao, áp suất không khí càng giảm, ở độ cao 5800 m, áp suất không khí chỉ còn 1/2 (760/2 mmHg). Áp suất không khí có những ảnh hưởng nhất định đến cơ thể sống và vì thế nó có tác động đến sự phân bố của sinh vật theo các đai độ cao.

Nhiều nghiên cứu đã cho thấy, càng lên cao tính đa dạng sinh vật càng giảm, mà nguyên nhân ở đây, một phần do áp suất thấp gây nên. Sự phân bố tính đa dạng thực vật theo các đai độ cao ở đỉnh núi Phanxipan trên dãy Hoàng Liên Sơn của Việt Nam cho thấy rõ điều đó. Dưới chân núi, ở độ cao dưới 700m, tính đa dạng sinh vật rất phong phú, đặc trưng cho sự giàu có của khu hệ sinh vật nhiệt đới. Các loài thực vật nhiệt đới điển hình như các loài cây thuộc họ Dầu *Dipterocarpaceae*, họ Săng lẻ *Lythraceae*, họ Bàng *Combretaceae*, họ Dâu tằm *Moraceae*... chiếm ưu thế trong tổ thành thực vật. Lên đến đai độ cao từ 700 m đến 1600 m là vành đai á nhiệt đới núi thấp tầng dưới. Trong đai độ cao này, tỷ lệ các loài cây nhiệt đới đã giảm đi và đại diện

của những họ thực vật á nhiệt đới, như họ Dẻ *Fagaceae*, họ Dẻ *Lauraceae*, họ Chè *Theaceae*, họ Du *Ulmaceae*, họ Mộc lan *Magnoliaceae*, họ Chẹo *Juglandaceae*, họ Hoa hồng *Rosaceae*... và một số cây hạt trần như du sam *Keteleeria davidiana* đã bắt đầu xuất hiện và chiếm ưu thế. Ở đai độ cao này hầu như ít thấy đại diện của họ Dầu *Dipterocarpaceae*, không còn gặp cây lim *Erythrophloeum fordii* hay các cây thuộc chi Săng lẻ *Lagerstroemia*... nữa. Đai độ cao từ 1600 m đến 2400 m là vành đai ôn đới ẩm núi thấp tầng trên. Trên độ cao này hầu như không còn gặp đại diện của các loài thực vật nhiệt đới và đã xuất hiện các loài thực vật ôn đới ẩm như đại diện của các loài cây lá rộng thuộc các chi *Alnus*, *Betula*, *Acer*, *Carpinus*, *Rhododendron*, *Gautheria*... mọc lẫn với đại diện của các cây lá kim thuộc các chi *Dacrydium*, *Libocedrus*, *Cephalotaxus*, *Cryptomeria*, *Fokienia*... Từ độ cao 2400 m trở lên bắt đầu là vành đai ôn đới lạnh núi vừa tầng dưới. Trên độ cao này tính đa dạng của thực vật rất thấp, chỉ còn gặp một loài trúc nhỏ *Arundinaria sp.*, một vài loài thuộc họ *Ericaceae*, *Theaceae*, *Cyperaceae*... Tất nhiên, sự nghèo nàn của thực vật trên các đai độ cao ở đây không phải chỉ do một mình yếu tố áp suất thấp của môi trường quyết định mà có cả yếu tố nhiệt độ thấp do độ cao tuyết đới tăng, nhưng áp suất thấp cũng là một yếu tố quan trọng quyết định quy luật này. Đối với các loài động vật thì áp suất thấp là một tác nhân quan trọng hạn chế sự phân bố của chúng trên núi cao. Đối với các loài động vật có xương sống thì độ cao tuyết đới ở khoảng 6000 m là giới hạn trên của sự sống. Sự giảm áp suất khi lên cao kèm theo sự giảm hàm lượng oxy trong không khí, cơ thể động vật sẽ không được cung cấp đủ oxy và làm tăng cường độ hô hấp, cơ thể động vật sẽ bị mất nước. Tuy nhiên, nhiều loài chân đốt có khả năng tồn tại ở những vùng núi cao vì chúng chịu được áp suất thấp và giá lạnh. Sự thay đổi áp suất không khí cũng có thể làm thay đổi tập tính của một số loài động vật, ví dụ như các hoạt động sống của các loài bò sát, lưỡng cư, côn trùng và cường độ hót của các loài chim...

5.5.2.4. Thành phần chính của không khí và vai trò của chúng đối với sinh vật

Thành phần của lớp không khí sát mặt đất tương đối đồng đều và khá ổn định ở tất cả các vùng, bao gồm 98,19% N₂, 21,45% O₂, 0,9% argon, 0,03% CO₂ (tính theo thể tích) và một số chất khí khác có nồng độ rất thấp như H₂, NH₃, hơi nước, heli, kripton, ôzôn... Ngoài ra, còn có một số loại khí độc là sản phẩm của các ngành sản xuất công nghiệp như CO, SO₂, H₂S... một số vật thể rắn như các loại bụi, nhiều loại mùi do sinh vật tiết ra. Các loài vi

sinh vật, bào tử, phấn hoa... tuy không phải là thành phần của không khí, nhưng có mặt trong không khí và có ý nghĩa sinh thái nhất định.

** Vai trò của khí oxy đối với sinh vật*

Ôxy là nguồn nguyên liệu tối quan trọng để cơ thể sống sử dụng trong quá trình hô hấp, sản sinh ra năng lượng cho cơ thể. Vì trong không khí, nồng độ của oxy luôn ở mức cao và ổn định nên đối với các sinh vật trên cạn, nó không phải là nhân tố giới hạn. Nhưng ở trong một số môi trường đặc biệt như trong các xác thối rữa của sinh vật, trong tầng thâm mục của thực vật... có sự thiếu hụt oxy cục bộ thì oxy lại là nhân tố giới hạn.

Các loài động vật có khả năng cảm ứng khác nhau đối với nồng độ oxy trong không khí. Nói chung, càng lên cao, không khí càng loãng, hàm lượng oxy càng thấp và khả năng chịu đựng nồng độ oxy thấp trong không khí ở các loài động vật có xương sống rất khác nhau. Nhiều thí nghiệm đã cho thấy, nếu vịt nhà được đưa lên độ cao 6000 m, quạ *Corvus frugilegus* và bồ câu được đưa lên độ cao 8500 m, quạ xám *Corvus cornix* và cú đêm lầy *Asio flammeus* được đưa lên độ cao 11000 m thì chúng sẽ bị chết do thiếu oxy cung cấp cho cơ thể. Thiếu oxy trong khi nhiệt độ môi trường thấp so với nhiệt độ thích hợp với cơ thể động vật làm cho các loài động vật nhanh chóng tử vong vì quá trình trao đổi chất bị rối loạn. Những loài động vật thích nghi với đời sống trên núi cao trong điều kiện luôn luôn thiếu oxy có thể chịu đựng được trong một thời gian dài khi máu của chúng chưa bão hoà oxy và chứa một lượng lớn khí CO₂ do khả năng hưng phấn của trung khu hô hấp yếu. Ngoài ra, những loài động vật có nhu cầu oxy thấp đã tiến hoá theo hướng tăng cường khả năng tích trữ oxy trong máu. Người ta đã làm thí nghiệm với loài chuột nhắt *Apodemus sylvaticus* và nhận thấy hàm lượng huyết sắc tố của chúng sẽ tăng lên 9% đến 20% nếu được đưa từ chân núi lên độ cao 1500 m.

** Vai trò của khí cacbonic đối với sinh vật*

Khí CO₂ tuy có nồng độ thấp trong không khí nhưng lại có vai trò đặc biệt quan trọng đối với thực vật vì đây là nguyên liệu chính mà cây xanh sử dụng để tạo ra chất hữu cơ trong quá trình quang hợp.

So với các loại khí khác, thì nồng độ khí CO₂ trong không khí bị biến đổi nhiều nhất, phụ thuộc vào các hoạt động của con người và hướng gió. Trong các trung tâm của các khu dân cư, các khu công nghiệp... nồng độ khí CO₂ có thể tăng lên hàng chục lần so với mức chuẩn. Quá trình đốt cháy

nhiên liệu có nguồn gốc hữu cơ, các đám cháy rừng... cũng làm tăng lượng CO_2 trong không khí. Không khí ở những vùng đang có núi lửa hoạt động, dọc theo các nguồn nước nóng... đều có nồng độ khí CO_2 cao. Nồng độ khí CO_2 trong không khí còn thay đổi theo chu kỳ ngày, đêm và theo mùa và qua đó nó cũng làm cho cường độ quang hợp của cây xanh và quá trình hô hấp của các loài vi sinh vật thay đổi theo.

Người ta đã nhận thấy có một mối liên quan phức tạp giữa nồng độ khí CO_2 trong không khí và cường độ bức xạ của Mặt Trời với quá trình quang hợp của cây xanh. Ở dưới tán rừng, trong điều kiện ánh sáng không đầy đủ, nếu tăng nồng độ khí CO_2 lên thì cường độ quang hợp của cây xanh cũng tăng lên. Những thí nghiệm với các loài cây ưa sáng đã chỉ ra rằng, trong điều kiện cường độ chiếu sáng chỉ bằng 1/5 độ toàn sáng mà tăng nồng độ khí CO_2 lên 3 lần thì cường độ quang hợp cũng tăng lên 3 lần, nhưng nếu tăng cường độ ánh sáng lên 3 lần trong điều kiện nồng độ khí CO_2 không thay đổi thì cường độ quang hợp chỉ tăng lên 2 lần. Tuy nhiên, nếu nồng độ khí CO_2 tăng lên quá cao sẽ gây ức chế quá trình quang hợp và làm đình trệ quá trình hô hấp của cây. Trong trường hợp này, thực vật sẽ phản ứng lại bằng cách đóng các lỗ khí lại và giảm sự thoát hơi nước. Trong trường hợp nồng độ khí CO_2 tăng lên đến 0,2% trong môi trường thì sẽ làm thực vật bị chết.

Người ta cũng đã nhận thấy, nếu nồng độ khí CO_2 tăng lên trên 0,03% sẽ làm rối loạn quá trình trao đổi khí ở động vật. Nồng độ khí CO_2 cao trên mức chuẩn sẽ kìm hãm quá trình sinh trưởng và phát triển ở động vật, giảm khả năng sinh sản ở chúng.

* Vai trò của khí nitơ (N_2) đối với sinh vật

Nói chung khí nitơ tự do trong không khí không có vai trò gì đối với đa số các loài sinh vật bậc cao, nhất là thực vật vì chúng không có khả năng chuyển hoá nitơ tự do thành các chất đạm. Nhưng nitơ tự do lại có ý nghĩa quan trọng đối với một số loài vi sinh vật tiền nhân như *Anabaena*, *Nostoc*, *Tolypothric*... thuộc ngành Tảo lam, một số vi khuẩn sống tự do như *Azotobacter* và vi khuẩn *Rhizobium* sống cộng sinh trong các nốt sần ở rễ một số loài thực vật bậc cao thuộc họ Đậu *Fabaceae*, họ Cánh lò *Betulaceae*, họ Phi lao *Casuarinaceae*, tảo *Anabaena azollae* sống cộng sinh trong bèo hoa dâu vì các loài vi sinh vật này có khả năng chuyển hoá nitơ tự do sang hợp chất nitrit hoặc nitrat để cho các loài thực vật có thể sử dụng được.

** Các thành phần khác của không khí*

Do các hoạt động của các ngành sản xuất công nghiệp và giao thông vận tải, trong không khí còn có một số loại khí khác như CH_4 , SO_2 , CO , NO , các hợp chất của Clo... Các hợp chất này đều có hại cho sinh vật, đặc biệt là thực vật. Những cơn mưa axit trong khí quyển ở những khu công nghiệp lớn ở các nước phát triển và cả những nước đang phát triển đã gây những tổn thất to lớn đối với sinh vật nói chung và thực vật nói riêng trong vùng.

5.6. YẾU TỐ SINH VẬT TRONG MÔI TRƯỜNG

Có lẽ chỉ ở trong miệng núi lửa đang hoạt động là không có sinh vật sinh sống, còn ở bất cứ một môi trường nào trên Trái Đất cũng tồn tại những cá thể sinh vật, chúng sống hoặc độc lập hoặc theo tập đoàn. Những cá thể và tập đoàn sinh vật này hình thành nên nhóm nhân tố hữu sinh của môi trường. Nhóm nhân tố hữu sinh của môi trường bao gồm các mối quan hệ giữa các cá thể sinh vật với nhau trong một loài, trong một quần thể, trong một quần xã và trong cả hệ sinh thái và mối quan hệ giữa các cá thể sinh vật và các nhân tố vô sinh của môi trường. Thành phần của nhóm nhân tố hữu sinh có thể phân chia thành thực vật, động vật và vi sinh vật. Ảnh hưởng của các thành phần này đối với nhau có thể là trực tiếp, ví dụ như các loài động vật sử dụng thức ăn là thực vật hoặc ăn thịt lẫn nhau, một số loài côn trùng và động vật nhỏ giúp thực vật thụ phấn, một số loài vi nấm gây bệnh cho động vật, hiện tượng ký sinh, cộng sinh... có thể là gián tiếp thông qua quá trình làm thay đổi các thành phần vô sinh của môi trường. Ảnh hưởng của các nhân tố hữu sinh với nhau nói chung không nhỏ hơn, thậm chí trong nhiều trường hợp lại còn lớn hơn ảnh hưởng của nhóm nhân tố vô sinh đến các cá thể sinh vật, đặc biệt trên mức độ hệ sinh thái. Những ảnh hưởng này quyết định chiều hướng, đặc điểm và cường độ của quá trình tuần hoàn vật chất và năng lượng trong hệ sinh thái. Các thành phần của nhóm nhân tố hữu sinh, đặc biệt là thực vật và vi sinh vật, cũng có những ảnh hưởng nhất định đến nhóm nhân tố vô sinh. Các nhân tố hữu sinh, hoặc trực tiếp, hoặc gián tiếp góp phần làm thay đổi môi trường sống. Thực vật và vi sinh vật là một trong những nhân tố quyết định đến quá trình hình thành và biến đổi của đất, chúng còn ảnh hưởng mang tính quyết định đến thành phần các chất khí trong môi trường không khí và môi trường nước...

5.6.1. Động vật

Vai trò của động vật như là một nhân tố sinh thái trong môi trường sống thể hiện qua những ảnh hưởng trực tiếp và gián tiếp đến các cơ thể sống khác và đến môi trường vô sinh.

5.6.1.1. Những ảnh hưởng trực tiếp của động vật tới môi trường

* Một trong những hình thức ảnh hưởng trực tiếp của động vật trong môi trường là sử dụng thực vật hay các loài động vật khác làm thức ăn cho mình. Thực vật hay chất hữu cơ do các loài thực vật sản xuất ra trong quá trình quang hợp là thức ăn chủ yếu của động vật. Các loài động vật ăn thực vật Phytophagan thường sử dụng một số loài thực vật nhất định làm thức ăn cho mình. Có những loài động vật chỉ sử dụng một loài thực vật duy nhất làm thức ăn cho mình. Đây là những loài động vật đơn thực Monophage. Nhiều loài côn trùng là những loài động vật đơn thực. Có những loài động vật sử dụng một số ít loài thực vật có quan hệ gần gũi với nhau làm thức ăn. Những loài động vật này được gọi là những loài Oligophage. Một số loài côn trùng, gặm nhấm và linh trưởng là những loài Oligophage. Đa số các loài động vật ăn thực vật như các loài thú móng guốc sử dụng nhiều loài thực vật khác nhau làm thức ăn. Đây là những loài đa thực Polyphage. Người ta đã tính được rằng, loài dê có thể sử dụng trên 300 loài thực vật khác nhau trong “thực đơn” của mình. Tính lựa chọn thức ăn của các loài động vật có thể gây ra những biến động không nhỏ trong môi trường sinh thái, đặc biệt là nó có thể làm thay đổi mối quan hệ giữa các loài thực vật với nhau. Khi động vật ăn loài thực vật này mà không ăn loài kia, dẫm đạp, làm tổn thương cây cỏ, nó không những làm thay đổi hệ thực vật địa phương về mặt số lượng mà nó có thể ảnh hưởng đến mối quan hệ cạnh tranh giữa các loài thực vật với nhau. Đặc biệt, trong thời gian bùng nổ số lượng ở các loài động vật ăn thực vật, do số lượng vật tiêu thụ tăng lên đột ngột, sự tiêu thụ thức ăn là những loài thực vật cũng tăng lên đột ngột, có thể dẫn đến sự tiêu diệt của những quần thể thực vật nhất định nào đó, làm mất cân bằng sinh thái trong tự nhiên, làm thay thế quần xã thực vật này bằng quần xã thực vật khác. Ví dụ, trong những năm 1965 – 1966, số lượng ấu trùng của loài sâu *Oporinia autumnata* tăng lên đột ngột ở miền bắc Phần Lan và chúng đã ăn trụi các khu rừng bạch dương *Betula tortuosa* ở đó dẫn đến hình thành nên những đài nguyên thứ sinh thay thế cho những khu rừng bạch dương trước đó.

Những loài thú ăn thực vật lớn có thể tiêu thụ một khối lượng lớn các sản phẩm thực vật làm thức ăn hằng ngày. Thỏ và một số loài thú gặm nhấm lớn khác hằng ngày ăn một vài kilogam cỏ, trong khi đó trâu, bò, nai có thể ăn đến vài chục kilogam thực vật mỗi ngày. Trong khi ăn, một phần khối lượng sinh khối thực vật được con vật tiêu hoá, một phần khác, nhiều khi còn lớn hơn, bị con vật giẫm đạp, làm gãy nát, gây tổn hại cho thực vật. Những tổn thất này làm giảm lượng tăng trưởng của các loài thực vật, làm lệch lạc quá trình hình thành cành cây và tán cây. Như thế, trong trường hợp này, các loài động vật ăn thực vật có ảnh hưởng như là một tác nhân tạo nên hình dáng cây.

Chim cũng là nhóm động vật sử dụng nhiều sản phẩm của thực vật, chủ yếu là các loại quả, hạt và chồi non làm thức ăn. Trong các loài động vật thì côn trùng là nhóm sinh vật ăn thực vật đông đảo nhất, đa dạng nhất là phân bố rộng rãi nhất. Những loài thực vật bậc thấp sống dưới nước, đặc biệt là nhóm thực vật nổi, cũng được các loài động vật khác nhau tiêu thụ. Loài cá voi tiêu thụ hàng tấn thực vật nổi làm thức ăn hằng ngày.

Trong quá trình tiến hoá của mình, nhiều loài thực vật đã hình thành những bộ phận và cơ chế để chống lại các loài động vật ăn thực vật. Trên vùng xavan ở châu Phi, nhiều loài cây gỗ và cây bụi đã biến đổi cành và lá cây thành những cái gai sắc, nhọn để chống lại các loài động vật móng guốc. Có những loài thì lại tiến hoá bằng con đường hình thành nên những “thể chai”, một loại mô bảo vệ đặc biệt hoặc tiết ra chất nhựa, chất gôm vừa có tác dụng băng bó cho vết thương, vừa có tác dụng bảo vệ cơ thể khỏi sự gây hại tiếp theo. Một số loài lại tiến hoá theo hướng tăng khả năng sinh trưởng để bù lại phần sinh khối đã bị tổn hại. Nhiều loài thực vật trong họ *Poaceae* có khả năng tái sinh rất nhanh từ những phần của cơ quan sinh dưỡng đã bị cắt rời. Nhiều loài thực vật lại có khả năng tăng cường độ quang hợp ở những chiếc lá còn sót lại để bù vào sản lượng quang hợp đã bị mất. Một số loài thực vật trong quá trình đấu tranh sinh tồn lâu dài với các loài động vật ăn thực vật đã sản sinh ra trong các mô một số loại hoá chất đặc biệt làm cho chúng hoặc có mùi, vị khó chịu hoặc độc đối với động vật... Tất cả những tính chất và khả năng chống chịu của thực vật đối với các loài động vật ăn thực vật vừa nêu ra ở trên không những cho thấy động vật là một nhân tố thúc đẩy quá trình tiến hoá thích nghi ở thực vật mà còn chỉ ra sự tác động qua lại giữa thực vật và động vật với nhau như là hai yếu tố của môi trường trong hệ sinh thái. Chính vì vậy mà trong mối quan hệ giữa các sinh

vật với nhau trong tự nhiên không thể có khái niệm “gây hại” hay “có ảnh hưởng xấu”. Ảnh hưởng hay mối quan hệ qua lại giữa các cá thể sinh vật với nhau và với môi trường vô sinh là một trong những nguyên nhân quan trọng của quá trình tiến hoá trong sinh giới.

Điều này cũng thấy rõ trong mối quan hệ con mồi–vật ăn thịt giữa các loài động vật với nhau. Chính các loài linh cẩu, sư tử, báo gấm, chó hoang – những loài thú ăn thịt chủ yếu ở các vùng xavan ở châu Phi là tác nhân làm các đàn linh dương đầu bò, ngựa vằn, trâu rừng... ở đây phát triển mạnh mẽ và cân bằng hơn vì chúng đã loại bỏ bằng cách bắt và ăn thịt những cá thể già, yếu, bệnh tật.

** Một trong những ảnh hưởng trực tiếp quan trọng nhất của động vật đến thực vật là vai trò của động vật trong quá trình thụ phấn ở thực vật.* Hiện tượng này được gọi là “zoidogamous”. Đặc biệt là vai trò của côn trùng trong quá trình này. Rất nhiều loài thực vật chỉ có thể thụ phấn được nhờ sự giúp đỡ của côn trùng. Tính thụ phấn nhờ côn trùng – entomophily – là một đặc tính tiến hoá thích nghi cao độ của một số loài thực vật thuộc nhóm cây thụ phấn nhờ côn trùng – entomophilous plants. Để thu hút các loài côn trùng đến thụ phấn, thực vật đã hình thành những bộ phận chuyên hoá và đặc tính thích nghi rất độc đáo, đặc biệt là ở hoa của cây. Ở thực vật thụ phấn nhờ côn trùng, hoa thường có mùi, có thể dễ chịu hoặc khó chịu đối với con người, có tuyến mật để thu hút côn trùng. Cánh hoa thường đổi màu sau khi đã được thụ phấn. Về cấu tạo, trong hoa thường có những đường dẫn rất nhỏ đến tuyến mật và bộ nhị. Những đường dẫn này đôi khi chỉ có thể nhìn thấy dưới ánh sáng cực tím, tức là phù hợp với đặc tính của mắt côn trùng... Ở một số loài cây, quá trình thụ phấn nhờ côn trùng đã có sự tiến hoá thích nghi cao độ đến mức chúng chỉ có thể thụ phấn được nhờ một loài côn trùng nhất định, ví dụ loài tằm châu Âu *Asarum europaeum* chỉ có thể thụ phấn được nhờ loài kiến.

Không những chỉ có côn trùng mà một số loài chim và một vài loài thú nhỏ cũng giúp cây thụ phấn. Thụ phấn nhờ chim – ornithophilous – là một hiện tượng thường gặp ở các vùng nhiệt đới và á nhiệt đới, đặc biệt là ở Nam Bán Cầu. Có khoảng gần 2000 loài chim trong quá trình hút mật hoa hay tìm kiếm sâu bọ ở tràng hoa đã giúp cho cây thụ phấn. Các loài chim hút mật và chim ruồi là những chuyên gia trong lĩnh vực này. Để thích nghi với quá trình thụ phấn nhờ chim, các loài thực vật đã phát triển một số bộ phận

chuyên hoá và đặc tính thích nghi như hoa thường có kích thước lớn, có màu sắc rực rỡ, có nhiều mật hoa để hấp dẫn chim hút mật... Ví dụ, trong một bông hoa của các loài thực vật thuộc chi *Dorianthe* ở châu Úc có thể có đến vài mililit mật hoa. Hiện tượng thụ phấn nhờ thú ở thực vật – zoophilous, xảy ra ít hơn so với thụ phấn nhờ côn trùng và chim. Hoa của một số loài thực vật được thụ phấn nhờ một số loài thú gặm nhấm nhỏ như : chuột, dơi, sóc... trong quá trình chúng hút mật hoa hay tìm kiếm thức ăn là các loài côn trùng ẩn náu trong các bông hoa. Hoa của một số loài cây bụi trong chi *Driandra* ở châu Úc được thụ phấn nhờ một loài chuột túi nhỏ chuyên hút mật hoa trong các bông hoa này. Ở nước ta, hoa của các loài cây trong chi *Bombax*, *Ceiba* thuộc họ Gạo *Bombacaceae*, như cây gòn rừng *B. ceiba*, gạo hoa đỏ *B. malabaricum*, gòn ta *C. pentandra*... được thụ phấn nhờ các loài chuột cây và dơi hút mật. Để thích nghi với hiện tượng thụ phấn nhờ thú, các loài thực vật đã tiến hoá theo các hướng sau : thường ra hoa trước khi mọc bộ lá mới, hoa thường có tràng hình chuông, có mùi đặc biệt và mật hoa thường đặc và dính.

* Động vật cũng có một vai trò quan trọng trong quá trình phát tán của thực vật. Trong quá trình này động vật giúp các sản phẩm sinh sản của thực vật như quả, hạt, bào tử di chuyển và chiếm lĩnh nơi sống mới. Hiện tượng phát tán thực vật nhờ động vật – zoochoric – tuân theo những quy định sinh thái nhất định và được biểu hiện khác nhau phụ thuộc vào mối quan hệ giữa thực vật với nơi sống và thực vật với động vật phát tán. Những loài thực vật mọc ở chỗ trống phát tán nhờ động vật thường có quả hay hạt thích nghi với hiện tượng “phát tán ngoài nhờ động vật”. Quả hay hạt của những loài thực vật này thường có thêm những bộ phận thích nghi đặc biệt như có gai, có móc... giúp chúng bám chắc vào bên ngoài cơ thể động vật. Ở nước ta, các loài thực vật thuộc các chi Đơn buốt *Bidens*, chi Ké hoa vàng *Sida*, chi Ké hoa đào *Urena*... là những loài thực vật như thế. Những loài thực vật thích nghi với cơ chế “phát tán trong nhờ động vật” thường có quả hay hạt là thức ăn của các loài động vật. Trong trường hợp này, quả hay hạt thường có màu rực rỡ, có vỏ quả hay vỏ hạt mỏng nước, ngon, ngọt, hấp dẫn các loài động vật, hạt có lớp mô bảo vệ vững chắc giúp cho hạt không bị tổn hại khi bị các loài động vật ăn vào. Khi nằm trong hệ tiêu hoá của động vật, chỉ có lớp vỏ ngoài mỏng nước của quả hay hạt được cơ thể động vật hấp thụ, còn hạt, nhờ có lớp mô bảo vệ, không bị tổn hại và được thải ra ngoài theo phân, nhờ đó hạt cây sẽ chiếm lĩnh nơi ở mới. Trong các khu rừng nhiệt đới có rất nhiều

loài thực vật thích nghi với cơ chế phát tán này, ví dụ, các loài thực vật thuộc chi Gấm *Gnetum*, chi Dầu gia xoan *Allospondias*, chi Trám *Canarium*, chi Giâu da đất *Baccaurea*...

Còn có một hình thức phát tán nữa của thực vật dựa vào động vật đó là phát tán nhờ kiến – myrmecochorous. Trong quá trình tìm kiếm và tích trữ thức ăn là quả, hạt của nhiều loại thực vật, mà chủ yếu là hạt của các loài cây thân thảo, cây bụi... các loài kiến đã di chuyển hạt cây từ các cây mẹ ra các nơi khác, giúp cho hạt của các loài cây đó chiếm lĩnh được nơi sinh sống mới. Một số loài kiến còn có tập tính “trồng” nấm trong tổ để làm thức ăn, cũng góp phần phát tán bào tử của nấm.

* Một ảnh hưởng trực tiếp nữa của động vật đến các cơ thể sinh vật sống cùng là chúng có thể là tác nhân truyền nhiều loại bệnh cho thực vật hoặc các loài động vật khác. Côn trùng là một trong những tác nhân truyền các bệnh lây nhiễm nguy hiểm nhất.

5.6.1.2. Những ảnh hưởng gián tiếp của động vật tới môi trường

Những ảnh hưởng gián tiếp của động vật đến các cá thể sống khác là làm thay đổi môi trường sống hoặc góp phần đẩy mạnh quá trình trao đổi chất và năng lượng trong môi trường.

* Nhiều loài động vật có vai trò rất lớn trong quá trình phân huỷ chất hữu cơ trong môi trường sống, góp phần quan trọng trong quá trình mùn hoá, khoáng hoá và tuần hoàn vật chất trong hệ sinh thái.

* Các loài động vật đất như các loài giun đất, bọ nhảy, chân khớp... có vai trò to lớn trong quá trình hình thành đất, tăng cường độ phì nhiêu và dinh dưỡng đất, tạo môi trường sống thuận lợi cho khu hệ thực vật.

Như vậy, có thể thấy, trong môi trường sống, động vật là một nhân tố hữu sinh rất quan trọng, đặc biệt là đối với thực vật. Trong nhiều trường hợp, khu hệ động vật không những là điều kiện cần thiết để các cá thể thực vật tồn tại, sinh trưởng và phát triển mà nó còn là nguyên nhân, động lực dẫn dắt một số hướng trong quá trình tiến hoá thích nghi của các loài thực vật trong môi trường sống.

5.6.2. Thực vật

Trong sinh quyển, vai trò của thế giới thực vật như là một nhân tố sinh thái là vô cùng quan trọng. Đặc biệt, nhờ quá trình quang hợp, dưới tác động của ánh sáng mặt trời, các loài thực vật tổng hợp các hợp chất hữu cơ từ các

chất vô cơ và thải ra ôxy, cung cấp nguồn thức ăn và nguồn sống cho tất cả các hình thái sự sống khác nhau trên Trái Đất. Thực vật có vai trò to lớn trong quá trình hình thành và biến đổi khí hậu của mọi vùng trên Trái Đất. Thực vật có vai trò đặc biệt quan trọng trong quá trình hình thành đất... Song song với vai trò sáng tạo của mình, thực vật còn có một ý nghĩa cực kỳ quan trọng trong quá trình phân huỷ các hợp chất hữu cơ, góp phần khép kín chu trình tuần hoàn vật chất và năng lượng trong tự nhiên. Có thể nói rằng, không có thực vật thì sự sống trên Trái Đất không thể tồn tại và phát triển được.

5.6.2.1. Những ảnh hưởng trực tiếp của thực vật tới môi trường

*** Những tác động cơ học trực tiếp giữa thực vật với thực vật**

Một trong những dạng tác động cơ học trực tiếp giữa các cá thể thực vật với nhau xảy ra khi chúng cùng sinh sống với nhau với một mật độ tương đối lớn. Khi đó tán cây đan xen vào nhau và có thể bị gãy khi có gió to.

Một dạng tác động cơ học trực tiếp khác thường gặp trong các khu rừng nhiệt đới là hiện tượng thất nhệt. Nhiều loài thực vật thuộc chi *Ficus* khi còn nhỏ sống bám vào các loài cây gỗ lớn khác, đến giai đoạn trưởng thành, chúng lần át và thường tiêu diệt cây chủ và sống độc lập.

Hiện tượng bì sinh hay phụ sinh – sử dụng cơ thể thực vật khác làm nơi sống cho mình là một biểu hiện của tác động cơ học trực tiếp giữa các cá thể thực vật với nhau. Hầu như tất cả các loài phong lan thuộc các chi *Dendrobium*, *Rhynchostylis*... một số loài trong họ Tai voi *Gesneriaceae*, họ Thiên lý *Asclepiadaceae*, họ Đỗ quyên *Ericaceae*, họ Dứa *Bromeliaceae*, nhiều loài táo, rêu và địa y... đều là những loài thực vật có dạng sống bì sinh. Trong kiểu sống phụ sinh, các cá thể thực vật không có mối liên hệ sinh lý trực tiếp với nhau. Đây là điểm khác biệt giữa kiểu sống phụ sinh và kiểu sống ký sinh. Phụ sinh là một kiểu sống gặp rất rộng rãi trong tự nhiên. Người ta đã tính được rằng, có khoảng 10% các loài thực vật có kiểu sống phụ sinh. Một trong những đặc điểm khác biệt của các loài thực vật có kiểu sống phụ sinh, đó là có số lượng hạt hay bào tử rất nhiều, hạt hay bào tử có kích thước và khối lượng rất nhỏ dễ dàng được phát tán nhờ gió. Ý nghĩa sinh thái của kiểu sống phụ sinh là sự thích nghi đối với chế độ ánh sáng trong các khu rừng rậm rạp vùng nhiệt đới. Bản thân sự hình thành kiểu sống này gắn liền với sự cạnh tranh ánh sáng của các loài thực vật trong môi trường sống của chúng. Nhiều loài thực vật sống phụ sinh đã tiến hoá đến

mức trở thành những loài phụ sinh bắt buộc, chúng chỉ có thể sinh trưởng và phát triển được trên cơ chất là cơ thể của các loài thực vật khác.

** Những tác động sinh lý học trực tiếp giữa thực vật với thực vật*

Quan hệ sinh lý trực tiếp giữa thực vật với thực vật được thể hiện qua các kiểu sống cộng sinh, ký sinh và hoại sinh.

** Hình thức sống cộng sinh, hội sinh và hợp tác.* Một ví dụ cổ điển về hình thức sống cộng sinh giữa thực vật và thực vật, đó là trường hợp tảo và nấm cùng sống chung với nhau và tạo thành một cơ thể mới, đó là địa y. Vai trò của các loài thành viên trong hình thức sống cộng sinh tương đối phức tạp, thậm chí có nhiều tác giả còn gọi hình thức sống cộng sinh là hình thức sống “cùng ký sinh có điều khiển”. Trong cơ thể địa y, tảo nhờ có khả năng quang hợp, cung cấp các chất hữu cơ cần thiết cho mình và cho cơ thể nấm cùng chung sống, còn nấm thì cung cấp nước và các chất khoáng. Trong trường hợp vì một lý do nào đó mà quá trình quang hợp không thực hiện được, thì tảo lại được nấm cung cấp các chất hữu cơ do nó hút được từ môi trường bên ngoài.

Một hình thức sống cộng sinh khác là hiện tượng cùng chung sống giữa thực vật bậc cao với vi khuẩn. Hình thức cộng sinh này được gọi là “dinh dưỡng vi khuẩn” – bacteriotrophic. Trong hình thức sống chung này, các loài vi khuẩn *Rhizobium* và một số loài xạ khuẩn *Actinomycetes* sống trong rễ của các loài cây họ Đậu *Fabaceae* (có tới trên 90% các loài cây họ Đậu có khả năng này) và một số loài khác thuộc các họ Phi lao *Casuarinaceae*, Cánh lòn *Betulaceae*... (có khoảng 138 loài thực vật khác có khả năng này). Các loài vi khuẩn *Rhizobium* và xạ khuẩn *Actinomycetes* có khả năng cố định đạm từ nitơ tự do trong không khí và cung cấp cho cơ thể thực vật, còn thực vật thì cung cấp cho vi khuẩn và xạ khuẩn các hợp chất đường.

Trong tự nhiên còn có hiện tượng cộng sinh giữa sợi nấm và rễ thực vật và được gọi là kiểu “dinh dưỡng nấm” – mycotrophic. Có rất nhiều loài thực vật có khả năng cộng sinh với các sợi nấm, đặc biệt ở trong điều kiện đất nghèo chất dinh dưỡng. Người ta đã tính được rằng ở các vùng ôn đới có đến trên 70% các loài thực vật bậc cao có khả năng sống cộng sinh với sợi nấm. Khi cộng sinh với rễ cây, sợi nấm có thể tạo ra kiểu dinh dưỡng ngoài, khi các sợi nấm phủ kín đầu những rễ mới được hình thành và chỉ xuyên vào khoảng gian bào của lớp mô bảo vệ bên ngoài rễ hoặc tạo ra kiểu dinh dưỡng trong khi các sợi nấm xâm nhập vào bên trong lớp nhu mô của rễ. Kiểu dinh dưỡng nấm

ngoài thường gặp ở các loài cây thuộc các chi *Quercus*, *Betula*, *Caprinus*, *Pinus*, *Abies*, *Dryas*... kiểu dinh dưỡng nấm trong thường gặp ở các loài cây thuộc các họ *Ericaceae*, *Tiliaceae*, *Ulmaceae*... Lợi ích của sự cộng sinh của rễ cây với sợi nấm là làm tăng bề mặt hoạt động của bộ rễ cây, có thể lên đến 10 – 14 lần và vì thế khả năng hút các chất dinh dưỡng từ đất vào trong cơ thể thực vật sẽ tăng lên. Trong thí nghiệm với photpho đánh dấu ^{32}P , người ta đã tính được rằng, rễ cây thông *Pinus sylvestris* có sợi nấm cộng sinh có khả năng hút photpho nhiều hơn rễ cây không có sợi nấm vài ba lần. Còn đối với nấm, nó cũng được hưởng lợi trong sự cộng sinh này bằng khả năng hút một số chất dinh dưỡng từ rễ cây. Trong tự nhiên có những loài thực vật, ví dụ như nhiều loài trong họ Lan *Orchidaceae*, hoàn toàn không thể sinh tồn được nếu không có sự cộng sinh với sợi nấm.

* *Hình thức sống ký sinh*. Ký sinh là hình thức dinh dưỡng dị dưỡng và sống nhờ vào cơ thể vật chủ. Hình thức dinh dưỡng này gặp phổ biến ở các loài vi khuẩn và nấm, ở các loài thực vật có hoa ít phổ biến hơn, chỉ có khoảng trên 500 loài có kiểu sống ký sinh. Hình thức sống ký sinh hoàn toàn không gặp ở nhóm rêu, dương xỉ và thực vật khoả tử. Thực vật có thể sống ký sinh trên các loài thực vật khác, song cũng có những loài, chủ yếu là vi khuẩn và một số loài nấm, sống ký sinh trên cơ thể động vật hoặc cơ thể người. Dựa vào vị trí của vật ký sinh trên vật chủ, người ta phân chia hình thức ký sinh thành ngoại ký sinh và nội ký sinh. Ngoại ký sinh là trường hợp khi cơ thể vật ký sinh nằm ngoài cơ thể vật chủ, chỉ có các tế bào giác mụt là nằm bên trong cơ thể vật chủ. Ngoại ký sinh là hình thức sống khá phổ biến ở vùng nhiệt đới và ít gặp hơn ở vùng ôn đới. Hầu như tất cả các loài thực vật trong họ Tơ hồng *Custaceae*, họ Dó đất *Balanophoraceae*, một số loài trong họ Đàn hương *Santalaceae*... rất phổ biến ở Việt Nam, đều là những loài ngoại ký sinh. Các loài *Custata* thường gặp, như dây tơ hồng nam *C. australis*, dây tơ hồng Trung Quốc *C. chinensis*, dây tơ hồng Nhật *C. japonica*, dây tơ hồng nâu *C. reflexa* đều là những loài thực vật không có diệp lục, không có lá và rễ, cơ thể là những sợi nhỏ màu vàng sống ngoại ký sinh trên các loài thực vật khác. Nội ký sinh là trường hợp khi cơ thể vật ký sinh nằm hoàn toàn bên trong cơ thể vật chủ và chỉ có cơ quan sinh sản, như hoa, quả mới xuất hiện bên ngoài cơ thể vật chủ trong thời kỳ sinh sản. Ở các vùng nhiệt đới, các loài thực vật trong chi *Rafflesia* thuộc Địa nhĩ *Rafflesiaceae* là những loài thực vật điển hình có hình thức sống nội ký sinh hoàn toàn. Các cơ quan sinh dưỡng của các loài thực vật này trông gần giống như hệ sợi của các loài

nấm, hoàn toàn phát triển bên trong cơ thể vật chủ, chỉ về mùa sinh sản những bông hoa rất to của chúng mới xuất hiện ở bên ngoài và thực hiện quá trình sinh sản. Nhiều loài nấm bậc thấp và vi khuẩn cũng là những loài nội ký sinh trong tế bào vật chủ. Một số loài nấm bậc cao cũng sống ký sinh trong gian bào của cơ thể thực vật.

Trong thế giới thực vật còn gặp hình thức sống nửa ký sinh hay ký sinh không hoàn toàn. Đây là dạng trung gian giữa kiểu dinh dưỡng tự dưỡng và dinh dưỡng dị dưỡng. Những loài thực vật có hình thức sống nửa ký sinh hoàn toàn đánh mất khả năng hấp thụ nước và các chất dinh dưỡng từ đất nhưng chúng vẫn giữ được khả năng quang hợp vì vẫn giữ lại được bộ lá xanh. Trong thế giới thực vật có khoảng gần 2000 loài có hình thức sống nửa ký sinh. Ở Việt Nam, các loài thực vật trong các họ Tầm gửi *Loranthaceae*, họ Ghi *Viscaceae* và một số loài trong họ Đàn hương *Santalaceae*... đều là những loài nửa ký sinh.

Trong thiên nhiên còn gặp một hình thức ký sinh đặc biệt khác, đó là hiện tượng siêu ký sinh hay là ký sinh trên ký sinh. Đây là trường hợp khi có một loài thực vật sống ký sinh trên cơ thể một loài thực vật ký sinh khác. Ở Việt Nam có loài lục đoá bắc bộ *Phacellaria tonkinensis* là loài siêu ký sinh điển hình, chúng thường sống trên các loài ký sinh khác thuộc họ *Loranthaceae*.

* *Hình thức sống hoại sinh.* Đây là hình thức dinh dưỡng dị dưỡng khi thực vật sử dụng nguồn thức ăn là các chất hữu cơ từ các bộ phận hay từ cơ thể thực vật đã bị chết. Hoại sinh là một mắt xích rất quan trọng trong quá trình phân giải chất hữu cơ trong tự nhiên, góp phần khép kín chu trình vật chất và năng lượng trong hệ sinh thái. Phần lớn các loài vi khuẩn, xạ khuẩn và nấm là những loài sinh vật hoại sinh. Trong ngành Rêu và Dương xỉ hầu như không tồn tại hình thức dinh dưỡng hoại sinh. Trong các loài thực vật có hoa, hình thức sống hoại sinh có gặp ở một số họ như họ Lan *Orchidaceae*, họ Đỗ quyên *Ericaceae*... Ở Việt Nam, hai loài nhất hướng khiếm *Monotropastrum humile* và *M. pumilum* thuộc họ Đỗ quyên *Ericaceae* và loài lan leo không lá *Galeola nudiflora* thuộc họ Lan *Orchidaceae* là những loài thực vật hoại sinh điển hình.

5.6.2.2. Những ảnh hưởng gián tiếp của thực vật tới môi trường

Những ảnh hưởng gián tiếp của thực vật đến các sinh vật khác diễn ra trong tự nhiên được thực hiện bằng cách làm thay đổi môi trường sống. Ở

đây muốn nói đến vai trò và khả năng làm thay đổi môi trường sống của thực vật thông qua các hoạt động sống của chúng.

Một trong những khả năng làm thay đổi môi trường là thực vật có thể làm thay đổi các yếu tố vi khí hậu. Trong các hệ sinh thái rừng, chế độ vi khí hậu khác hẳn với chế độ vi khí hậu ở ngoài chỗ trống. Dưới tán rừng, cường độ ánh sáng yếu đi hẳn, chất lượng ánh sáng cũng khác do tán rừng trên cao đã hấp thụ các tia sáng có hoạt tính cho quá trình quang hợp của mình... Vì vậy, các loài thực vật sống dưới tán rừng phải có cơ chế thích nghi với chế độ ánh sáng bị thay đổi đi như vậy. Không chỉ chế độ và chất lượng ánh sáng bị thay đổi dưới tán rừng, chế độ nhiệt và thành phần không khí cũng khác hẳn so với ở ngoài chỗ trống. Nói chung, thảm thực vật rừng tạo ra một hoàn cảnh rừng hay còn gọi là một kiểu phytoclimate, mềm mại hơn và thuận lợi hơn đối với các loài sinh vật so với ở trên chỗ trống. Một vai trò sinh thái nữa của thực vật là làm thay đổi chế độ khí hậu trong đất. Khi có thảm thực vật che phủ, sự dao động của nhiệt độ, độ ẩm trong môi trường đất không lớn.

Một trong những nguyên nhân gây ra ảnh hưởng không nhỏ của thực vật trong hệ sinh thái là sự có mặt của lớp thảm mục tạo thành trên mặt đất. Lớp thảm mục này có thể có những lợi ích đối với chế độ dinh dưỡng trong đất vì khi nó được phân huỷ và khoáng hoá, một lượng chất dinh dưỡng không nhỏ sẽ được bổ sung vào trong đất, độ phì nhiêu hoá học và lý học trong đất sẽ được cải thiện. Lớp thảm mục này cũng góp phần làm cho đất không bị xói mòn, rửa trôi. Tuy nhiên, đối với quá trình tái sinh tự nhiên phục hồi thảm thực vật rừng, lớp thảm mục này đôi khi lại có hại vì chúng ngăn cách sự tiếp xúc với đất của hạt cây, làm cho hạt không thể bén rễ xuống lớp đất mặt và sẽ bị chết khô. Bên cạnh đó, trong quá trình phân huỷ lớp thảm mục, một số loại chất độc phytotoxin chứa trong các sản phẩm thực vật rơi rụng sẽ đi vào trong môi trường và gây độc đối với các loài sinh vật khác. Ở nước ta, dưới tán rừng bạch đàn *Eucalyptus* nhập nội, các loài cây gỗ bản địa rất khó tái sinh một phần cũng vì lý do này. Lớp thảm mục cũng là nguyên nhân tiềm tàng làm tăng khả năng cháy rừng, một trong những tác nhân quan trọng nhất gây ra sự biến động đột ngột trong tự nhiên và điều khiển quá trình diễn thế của các quần xã sinh vật.

Các loài thực vật cũng có thể làm thay đổi môi trường đất thông qua những hoạt động sống của mình. Trong lâm học, thậm chí người ta còn đưa ra khái niệm về “khả năng cải thiện đất” và “khả năng làm xấu đất” của thực

vật. Nhóm thực vật có khả năng cải thiện đất có thể hút các chất khoáng từ các lớp đất dưới sâu và đưa chúng lên lớp đất mặt, mặt khác, lớp thảm mục do chúng tạo ra dễ bị phân huỷ và khoáng hoá. Nhóm thực vật này chủ yếu là các loài cây lá rộng. Phần lớn các loài cây lá kim lại thuộc nhóm có khả năng làm xấu đất, bởi vì lớp thảm mục do chúng tạo ra khó phân huỷ và thường có phản ứng axit làm chua đất. Mặt khác, nhiều loài thực vật sống cộng sinh với các loài vi khuẩn cố định đạm và sợi nấm cũng có khả năng làm cho đất tốt lên.

Một ảnh hưởng quan trọng khác của thực vật đối với các loài sinh vật khác, đó là nhiều loài thực vật có khả năng tiết ra các hợp chất hoá học khác nhau vào không khí, vào nước, vào đất. Các hợp chất hoá học này có thể là một phương tiện mà thông qua đó các loài thực vật tác động qua lại với nhau. Hiện tượng đó được gọi là “sự cảm nhiễm qua lại” – allelopathy. Chính nhờ sự cảm nhiễm qua lại này mà trong tự nhiên đã tạo ra các nhóm sinh thái, tức là những loài thực vật thường mọc chung với nhau. Trong trồng rừng, người ta cũng ứng dụng sự cảm nhiễm qua lại giữa các loài thực vật để trồng rừng hỗn loài. Nhiều hợp chất hoá học do thực vật tiết ra có khả năng diệt trùng, các phytotoxin có khả năng làm trong sạch môi trường, ức chế sự hoạt động của các loài vi sinh vật.

Sự cạnh tranh các nguồn thức ăn và năng lượng giữa các cá thể thực vật với nhau trong môi trường sống cũng là một biểu hiện sự ảnh hưởng qua lại của thực vật. Trong cuộc đấu tranh giành ánh sáng, độ ẩm và các chất dinh dưỡng trong môi trường, các cá thể thực vật trưởng thành, khoẻ mạnh thường giành thắng lợi trước các cá thể còn non, hạn chế quá trình sinh trưởng và phát triển của chúng và có thể làm cho chúng bị tiêu diệt. Tính khốc liệt của quá trình cạnh tranh này càng được thể hiện mạnh trong những môi trường sống khắc nghiệt như trong điều kiện khô hạn hoặc trên các loại đất có độ phì nhiêu thấp.

PHẦN HAI

SINH THÁI HỆ THỐNG VÀ NHỮNG CÔNG CỤ HIỆN ĐẠI TRONG NGHIÊN CỨU SINH THÁI

CHƯƠNG VI

CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ HỆ THÔNG TIN ĐỊA LÝ TRONG NGHIÊN CỨU SINH THÁI

Trong giai đoạn hiện nay, môi trường là vấn đề nóng bỏng trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Đi đôi với việc phát triển kinh tế là sự suy thoái môi trường. Một trong những nguyên nhân đó là sự mất cân bằng sinh thái nghiêm trọng. Nhiều hệ sinh thái bị phá huỷ; nhiều loài động vật cũng như thực vật quý hiếm biến mất; những loài còn lại ở trong tình trạng bị đe dọa nghiêm trọng.

Việc các “Báo cáo đánh giá tác động môi trường” (EIA) được thực hiện rộng rãi trong nhiều lĩnh vực là ví dụ về một trong những công cụ được dùng để tính toán và dự báo các biến đổi môi trường có thể xảy ra do tác động của con người. Chưa bao giờ sự hợp tác quốc tế để giải quyết các vấn đề môi trường lại được quan tâm như hiện nay, thể hiện ở Hội nghị thượng đỉnh Rio 1992, ở nhiều công ước quốc tế khác như công ước RAMSAR bảo vệ các vùng đất ngập nước, công ước CITES về buôn bán động thực vật quý hiếm, nghị định thư Kyoto và nhiều công ước quan trọng khác mà Việt Nam chúng ta cũng là một thành viên.

Trả lại cho thiên nhiên sự cân bằng sinh thái vốn có của nó; bảo tồn sự đa dạng sinh học; sử dụng và bảo vệ tài nguyên thiên nhiên một cách hợp lý phục vụ cho sự phát triển bền vững. Đó là yêu cầu cho các Nhà Sinh thái học cũng như các Nhà Quản lý phải đưa ra những giải pháp kịp thời, khả thi; Điều quan trọng nhất để có được những hiểu biết sâu sắc và những quyết định đúng đắn, kịp thời như vậy trong lĩnh vực sinh thái là phải dựa trên những thông tin đúng và khả năng giải mã những thông tin đó. Hệ sinh thái chúng ta đang sống vô cùng phức tạp, tuy nhiên do nhiều điều kiện khách quan, khi nghiên cứu nó, chúng ta thường có xu hướng đơn giản hoá, tập trung vào những khía cạnh nhỏ, rời rạc và ít phức tạp hơn nó vốn có. Nhưng trên thực tế thì phần lớn các vấn đề môi trường mà chúng ta đang phải đối mặt là những vấn đề nhiều mặt mà khi

xem xét cân tính đến nhiều loại thông tin, nhiều chiều cả về không gian và thời gian.

Khoa học công nghệ phát triển cung cấp nhiều công cụ để nghiên cứu sinh thái. Trong đó Công nghệ Viễn thám (tiếng Anh là *Remote Sensing*) và Hệ thống tin địa lý (tiếng Anh là *Geographical Information Systems – GIS*) viết tắt là HTĐL là một công cụ quan trọng trong nghiên cứu sinh thái.

6.1. VIỄN THÁM

6.1.1. Khái niệm và nguyên lý

Viễn thám là ngành khoa học và công nghệ mà nhờ nó các thông tin về một vật thể (đối tượng, vùng hay hiện tượng) được xác định, đo đạc hay phân tích mà không cần tiếp xúc trực tiếp với vật thể.

Trong nhiều khía cạnh, viễn thám có thể coi như nguyên lý của quá trình đọc, sử dụng đầu ghi để thu thập thông tin về các đối tượng, vùng hoặc hiện tượng cần nghiên cứu. Viễn thám có thể thu nhận thông tin từ sóng ánh sáng, sóng âm thanh hay sóng điện từ.

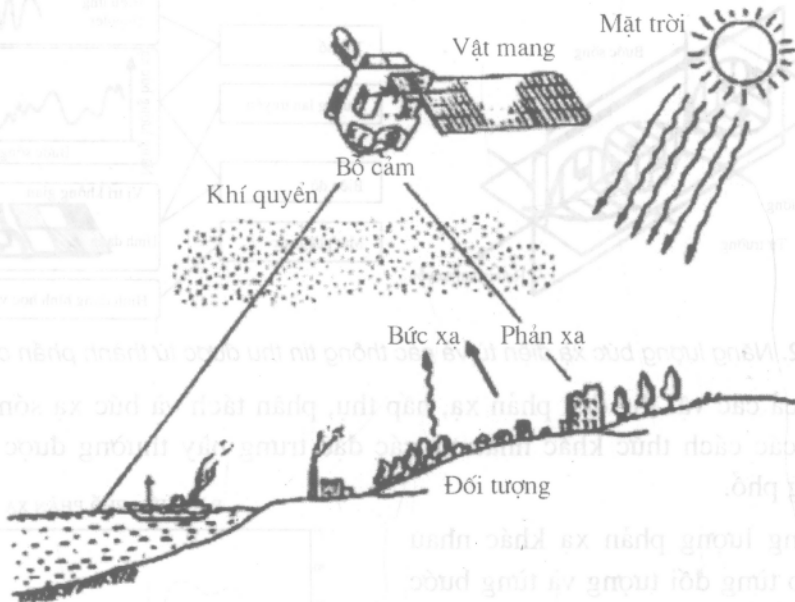
Sóng điện từ được phản xạ hoặc bức xạ từ vật thể là nguồn tư liệu chủ yếu trong viễn thám. Tuy nhiên những dạng năng lượng khác như từ trường, trọng trường cũng có thể được sử dụng để khai thác thông tin.

Thiết bị dùng để thu nhận sóng điện từ phản xạ hay bức xạ từ vật thể được gọi là bộ cảm (*remote sensor*). Các buồng chụp ảnh hoặc máy quét là những ví dụ về bộ cảm.

Phương tiện dùng để mang các bộ cảm được gọi là vật mang (*platform*). Máy bay hoặc vệ tinh là những ví dụ về vật mang.

Các tính chất của vật thể có thể được xác định thông qua các năng lượng bức xạ hoặc phản xạ từ vật thể. Viễn thám là một công nghệ nhằm xác định và nhận biết đối tượng hoặc các điều kiện môi trường thông qua những đặc trưng riêng về phản xạ và bức xạ. Hình 6.1 là sơ đồ nguyên lý thu nhận tư liệu viễn thám.

Bức xạ điện từ truyền năng lượng điện từ trên cơ sở các dao động của trường điện từ trong không gian hoặc trong lòng các vật chất. Quá trình lan truyền của sóng điện từ tuân theo định luật Maxwell. Bức xạ điện từ có các tính chất sóng và hạt.



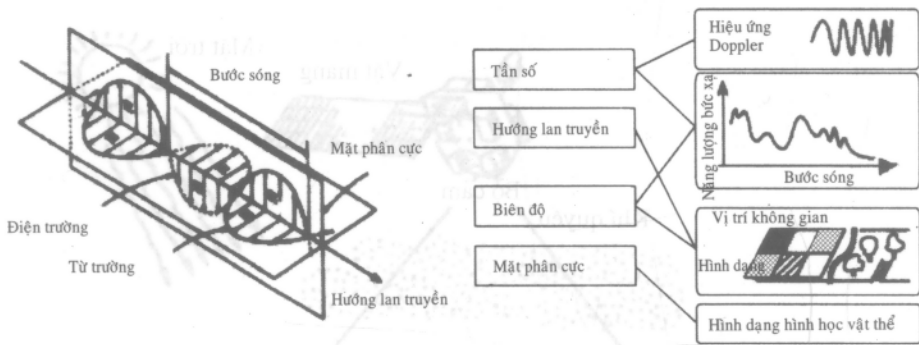
Hình 6.1. Sơ đồ nguyên lý thu nhận tư liệu viễn thám

Tính chất sóng được xác định bởi bước sóng, tần số và tốc độ lan truyền. Tính chất hạt được mô tả theo các tính chất của quang lượng tử hay phôtôn.

Các hiện tượng quang điện từ đều có thể được giải thích dựa trên các tính chất sóng và hạt của sóng điện từ.

Bức xạ điện từ có bốn tính chất cơ bản : (1) tần số hay bước sóng, (2) hướng lan truyền, (3) biên độ (4) mặt phân cực. Thuộc tính cơ bản của bức xạ điện từ liên quan tới các nội dung thông tin khác nhau được sử dụng trong việc khai thác thông tin ảnh. Ví dụ, tần số có thể được dùng để xác định vận tốc chuyển động của vật thể dựa trên hiệu ứng Doppler, hướng lan truyền được sử dụng để phát hiện các cấu trúc của đối tượng. Biên độ thể hiện mức độ sáng tối của vật thể và được sử dụng như những phân tử giải đoán ảnh cơ bản, mặt phân cực được sử dụng để xác định hình dạng của vật thể bởi lẽ ánh sáng phản xạ trên các bề mặt tương tự nhau sẽ cho các chùm tia có mặt phẳng phân cực giống nhau.

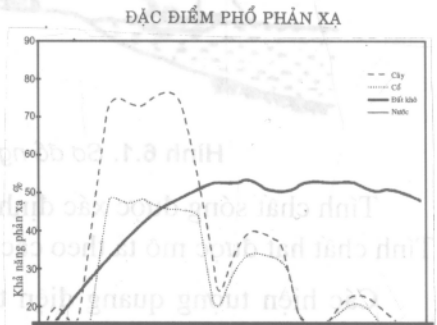
Khi bức xạ điện từ tương tác với vật chất thì các nguyên tử trên bề mặt của vật chất sẽ có sự thay đổi trạng thái. Sự thay đổi trạng thái này phụ thuộc vào từng chất và trạng thái vật lý của nó dẫn đến các bề mặt vật chất đó hoặc hấp thụ, phản xạ hoặc cho sóng điện từ truyền qua. Khoa học Viễn Thám đo đạc phân tích những thay đổi đó.



Hình 6.2. Năng lượng bức xạ điện từ và các thông tin thu được từ thành phần của nó

Tất cả các vật thể đều phản xạ, hấp thụ, phân tách và bức xạ sóng điện từ bằng các cách thức khác nhau và các đặc trưng này thường được gọi là đặc trưng phổ.

Năng lượng phản xạ khác nhau tùy theo từng đối tượng và từng bước sóng. Ví dụ thực vật phản xạ tốt ở cuối dải ánh sáng nhìn thấy và trong khoảng bước sóng hồng ngoại, đất khô khả năng phản xạ tăng dần theo bước sóng điện từ.

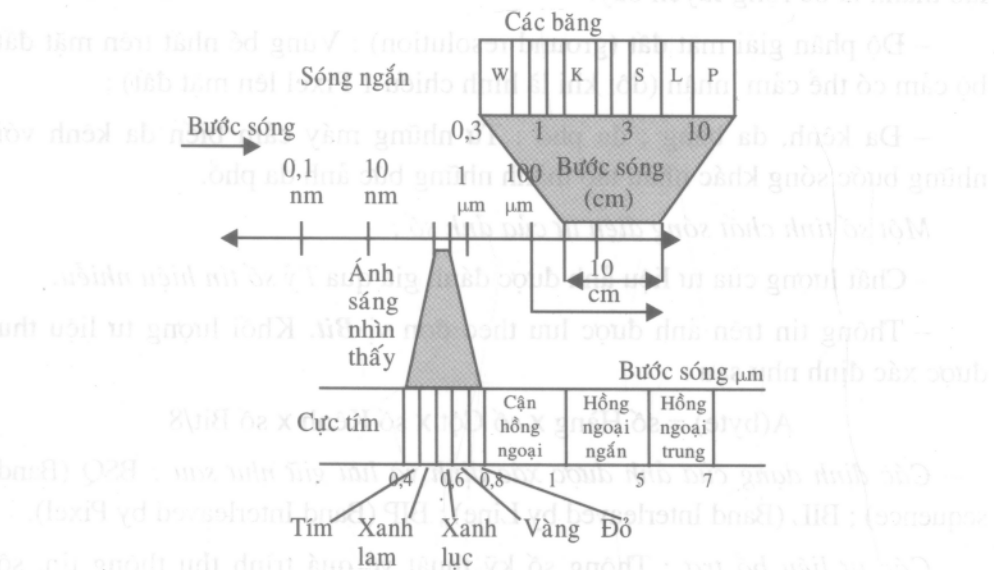


Viễn thám có thể được phân thành ba loại cơ bản theo bước sóng sử dụng: (a) Viễn thám trong dải sóng nhìn thấy và hồng ngoại; (b) Viễn thám hồng ngoại nhiệt và (c) Viễn thám siêu cao tần.

Nguồn năng lượng chính sử dụng trong nhóm (a) là bức xạ mặt trời (viễn thám bị động). Mặt Trời cung cấp một bức xạ có bước sóng ưu thế ở 0,5 micromet. Tư liệu viễn thám thu được trong dải sóng nhìn thấy phụ thuộc chủ yếu vào sự phản xạ từ bề mặt vật thể và bề mặt Trái Đất. Vì vậy, các thông tin về vật thể có thể được xác định từ các phổ phản xạ. Đây là nhóm kỹ thuật được sử dụng nhiều nhất, cho hình ảnh chất lượng rất cao và hợp với tư duy giải đoán của con người. Yếu điểm của nó là phụ thuộc rất nhiều vào thời tiết. Chỉ khi trời trong, không mây, mưa thì tư liệu mới có thể sử dụng được.

Nguồn năng lượng sử dụng trong nhóm (b) là bức xạ nhiệt do chính vật thể sản sinh ra (viễn thám chủ động). Mỗi vật thể ở nhiệt độ bình thường đều tự phát ra một bức xạ có đỉnh tại bước sóng 10 micromet. Các bộ cảm dựa theo nguyên lý này thường thu nhận thông tin về đêm. Tư liệu thu được cho phép xác định các nguồn nhiệt trên bề mặt Trái Đất.

Trong viễn thám siêu cao tần, hai loại kỹ thuật chủ động và bị động đều được áp dụng.



Hình 6.3. Sóng điện từ và các kênh sử dụng

6.1.2.Tư liệu sử dụng trong viễn thám

Tư liệu số :

Ảnh tương tự : ảnh chụp lưu trên giấy ảnh hoặc phim có cấp độ xám hoặc màu thay đổi liên tục.

Ảnh số – Digital Image : dạng tư liệu khác không lưu trên giấy hoặc phim ; chia thành nhiều phần tử nhỏ tương ứng với một đơn vị không gian thường gọi là Pixel (Picture cell) ; Pixel thường có dạng hình vuông nhưng vẫn có thể là hình tam giác hay lục lăng ; được xác định bằng toạ độ hàng cột (hệ toạ độ gốc 0 góc trên bên trái ; Cột tăng từ trái sang phải, hàng từ trên xuống dưới).

Chia ảnh tương tự thành ảnh số gọi là chia mẫu (sampling).

Chuyển cấp độ xám liên tục thành một số nguyên hữu hạn gọi là lượng tử hoá (quantization).

Một số tính chất hình học của ảnh số :

– Trường nhìn không đổi (instantaneous field of view – IFOV) : Lượng thông tin ghi được tương ứng với giá trị Pixel ; là góc không gian tương ứng với 1 đơn vị chia mẫu trên mặt đất.

– Trường nhìn (field of view) : Khoảng không gian trên mặt đất do nó tạo thành là bề rộng tuyến bay.

– Độ phân giải mặt đất (ground resolution) : Vùng bé nhất trên mặt đất bộ cảm có thể cảm nhận (đôi khi là hình chiếu 1 Pixel lên mặt đất) ;

– Đa kênh, đa băng ; đa phổ : Từ những máy cảm biến đa kênh với những bước sóng khác nhau tạo thành những bức ảnh đa phổ.

Một số tính chất sóng điện từ của ảnh số :

– Chất lượng của tư liệu ảnh được đánh giá qua *Tỷ số tín hiệu nhiễu*.

– Thông tin trên ảnh được lưu theo đơn vị **Bit**. Khối lượng tư liệu thu được xác định như sau :

$$A(\text{byte}) = \text{số Hàng} \times \text{số Cột} \times \text{số Kênh} \times \text{số Bit}/8$$

Các định dạng của ảnh được xác định và lưu giữ như sau : BSQ (Band sequence) ; BIL (Band Interleaved by Line) ; BIP (Band Interleaved by Pixel).

Các tư liệu bổ trợ : Thông số kỹ thuật về quá trình thu thông tin, số hiệu, thời gian...

Số liệu mặt đất : Thông tin mặt đất có vật thể nghiên cứu để xác định tương quan.

Số liệu định vị mặt đất : Điểm định vị có tọa độ địa lý ; hiện nay hay dùng GPS để xác định tọa độ địa lý trên mặt đất.

Bản đồ : Thường sử dụng các loại bản đồ địa hình và chuyên đề để xử lý và phân tích.

Số liệu địa hình : Mô hình số địa hình DEM (Digital Elevation Model).

Thiết bị thu, lưu trữ số liệu : Ngoài những dụng cụ, máy móc chuyên dùng có thể sử dụng một số thiết bị khác để lưu trữ số liệu như máy tính...

Truyền và thu số liệu vệ tinh : Thông tin, tư liệu từ những vệ tinh được chuyển tải về các trạm mặt đất qua những thiết bị chuyên dùng.

Một số vệ tinh viễn thám thường được sử dụng hiện nay là :

– Vệ tinh môi trường ; Vệ tinh quan sát biển MOS-1 ; Vệ tinh khí tượng : NOAA ; Vệ tinh tài nguyên : LANDSAT, SPOT ; và các vệ tinh khác.

– Việt Nam thường sử dụng tư liệu của vệ tinh tài nguyên : LANDSAT và SPOT.

LANDSAT : TM và MSS ; một cảnh có khả năng phủ diện tích mặt đất khoảng 185x170 km ; đánh số theo hệ quy chiếu toàn cầu gồm số hiệu hàng và tuyến (*path,row*).

SPOT : một cảnh phủ diện tích mặt đất 185x170 km ; số hiệu theo hệ quy chiếu lưới toàn cầu SPOT GRS .

6.1.3. Giải đoán ảnh

Chiết tách thông tin :

<i>Kiểu</i>	<i>Ứng dụng</i>
Phân loại	Lớp phủ bề mặt, thảm thực vật
Phát hiện biến động	Biến động lớp phủ bề mặt
Tách các thông tin vật lý	Nhiệt độ, thành phần khí quyển, độ cao
Tách các chỉ số	Chỉ số thực vật, chỉ số đục của nước
Xác định các đối tượng đặc biệt	Tách các yếu tố tuyến tính

Có hai phương pháp chiết tách thông tin là (1) thực hiện bằng máy (*xử lý ảnh số*) ; (2) giải đoán bằng mắt. Mỗi phương pháp đều có những ưu và khuyết điểm riêng.

Hệ thống máy và người cùng xử lý gọi là *hệ thống tương tác người máy*.

Hệ chuyên gia (*expert system*) là hệ phần mềm máy tính có khả năng mô phỏng kiến thức người cho việc chiết tách thông tin.

Giải đoán ảnh là quá trình tách chiết các thông tin gồm định tính và định lượng ra bản đồ bằng kiến thức và kinh nghiệm của người.

Các dấu hiệu giải đoán dựa vào các yếu tố (các yếu tố ảnh) như : (1) Kích thước (*Size*) ; (2) Hình dạng (*Shape*) ; (3) Bóng (*Shadow*) ; (4) Độ đậm nhạt (*Tone*) ; (5) Màu sắc (*Colour*) ; (6) Cấu trúc (*Texture*) ; (7) Hình mẫu (*Pattern*) và mối tương quan (tổ hợp các yếu tố, các yếu tố kỹ thuật, môi trường hoặc mối liên quan của chúng...).

<i>Chuẩn bị tư liệu</i>	<i>Chuẩn bị ảnh</i>
Công việc chuẩn bị	Đọc thông tin kèm theo định vị ảnh với bản đồ
Đọc ảnh	Xác định hình dạng, mẫu xây dựng khoá giải đoán
Đo đạc ảnh	Đo đạc các thành phần ảnh
Phân tích ảnh	Phân tích ước lượng các đối tượng (phân loại, ước lượng)
Bản đồ chuyên đề	Chuyển kết quả giải đoán lên bản đồ gốc

Xử lý ảnh số

Một hệ xử lý ảnh số gồm 3 phần cơ bản : (1) phần cứng ; (2) thiết bị ngoại vi ; (3) phần mềm.

Trình tự cơ bản trong xử lý ảnh số :

- Nhập liệu
- Khôi phục, hiệu chỉnh ảnh
- Biến đổi ảnh
- Phân loại
- Kết quả

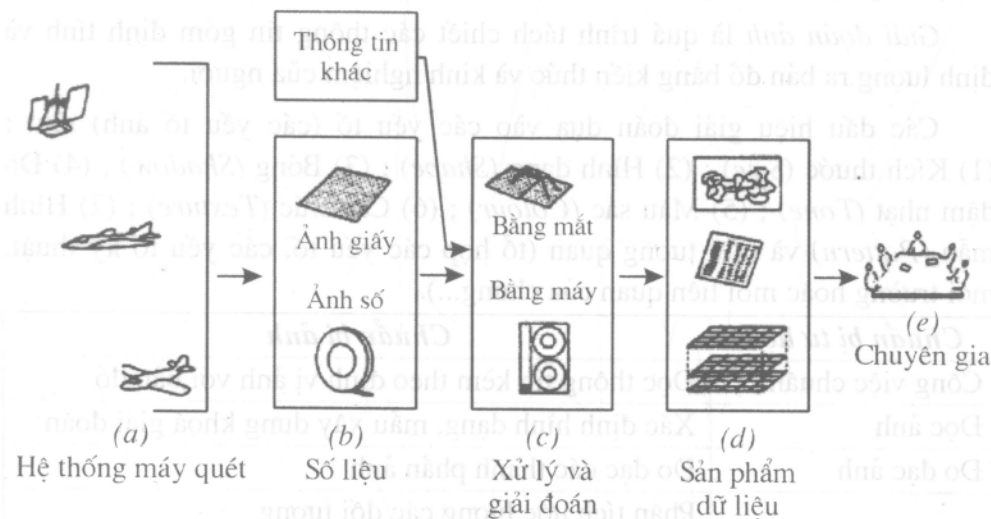
Những ứng dụng của viễn thám :

Viễn thám cho phép quan sát Trái Đất và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như :

Trong lĩnh vực địa chất : qua ảnh viễn thám có thể xác định được thành phần thạch học ; hệ thống cấu trúc ; yếu tố địa hình địa mạo ; hệ thống thủy văn...

Trong lĩnh vực điều tra và quản lý tài nguyên thiên nhiên : Qua ảnh viễn thám có thể xác định được lớp phủ bề mặt và biến động của lớp phủ ; chất lượng nước...

Trong lĩnh vực địa lý : đất, khí tượng, hải dương học, môi trường...

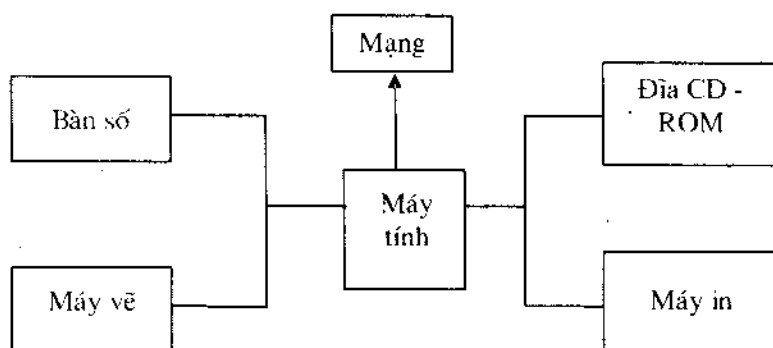


Hình 6.4. Quy trình xử lý dữ liệu trong viễn thám

6.2. HỆ THỐNG TIN ĐỊA LÝ

6.2.1. Khái niệm

HTTĐL là một hệ thống bao gồm các phần mềm, phần cứng máy tính và một cơ sở dữ liệu đủ lớn, có chức năng thu thập, cập nhật, quản trị, phân tích và biểu diễn dữ liệu địa lý phục vụ việc giải quyết lớp rộng lớn các bài toán ứng dụng có liên quan tới vị trí địa lý trên bề mặt Trái Đất.

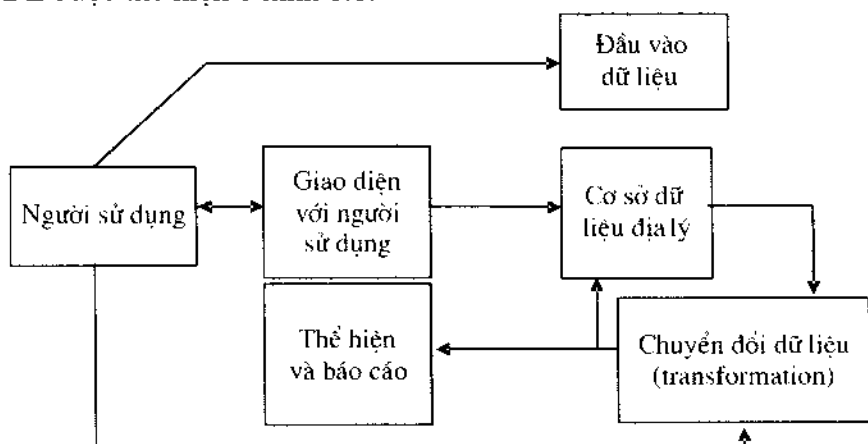


Hình 6.5. Các thành phần chính của phần cứng trong HTTĐL

Sự phát triển của HTTĐL liên quan đến sự phát triển của rất nhiều ngành khoa học khác như : ngành Địa lý, ngành truyền thống trong nghiên cứu không gian ; ngành Bản đồ học biểu diễn thông tin không gian, là nguồn tư liệu thô cho HTTĐL và cũng là kết quả của HTTĐL ; ngành Viễn thám với khả năng thu thập dữ liệu không gian trên diện rộng và đa thời kỳ là một trong những dữ liệu đầu vào của HTTĐL ; ngành Trắc địa ảnh cung cấp các dữ liệu về địa hình thu thập được từ ảnh máy bay ; ngành Trắc địa xác định vị trí chính xác trong không gian; ngành Thống kê được dùng trong các bước phân tích của HTTĐL và đặc biệt là ngành Khoa học máy tính. Chính sự phát triển của ngành công nghệ thông tin vào thập kỷ 60, 70 đã thúc đẩy sự phát triển của Hệ thống tin địa lý. Các phần cứng của một HTTĐL được thể hiện trong hình 6.5.

Mỗi máy tính đều có ổ cứng để lưu trữ dữ liệu và chương trình, ngoài ra dữ liệu cũng có thể được lưu dưới dạng các băng từ, đĩa CD-ROM và nhiều thiết bị khác. Bản số, máy quét được dùng để chuyển các bản đồ hay các văn bản sang dạng số nhờ vậy các chương trình máy tính mới có thể sử dụng được các dữ liệu này. Máy vẽ, máy in hay bất cứ loại thiết bị hiển thị nào đều có thể dùng để hiển thị kết quả của quá trình phân tích dữ liệu. Các dữ liệu được truyền trong mạng nội bộ hay mạng internet. Người sử dụng kiểm

soát máy tính và các thiết bị ngoại vi (thuật ngữ chung để chỉ máy vẽ, máy in, bàn số và các máy móc khác nối với máy tính) thông qua màn hình và bàn phím hay chuột máy tính. Các thành phần chính của một phần mềm HTTĐL được thể hiện ở hình 6.6.



Hình 6.6. Các thành phần chính của một phần mềm HTTĐL

Một phần mềm HTTĐL có thể được chia ra theo 5 nhóm chức năng :
(a) Đầu vào dữ liệu, (b) Lưu trữ dữ liệu và quản lý cơ sở dữ liệu, (c) Đầu ra dữ liệu và hiển thị, (d) Chuyển đổi dữ liệu, (e) Giao diện với người sử dụng.

– Đầu vào dữ liệu gồm tất cả các nguồn thu thập dữ liệu không gian như bản đồ, quan sát thực địa, thu nhận từ bộ cảm (bao gồm ảnh máy bay, ảnh vệ tinh, các phương tiện ghi nhận khác) và chuyển chúng sang một dạng số chuẩn. Đầu vào dữ liệu tạo nên cơ sở dữ liệu.

– Việc lưu trữ dữ liệu và quản lý cơ sở dữ liệu liên quan đến cách cấu trúc và tổ chức các dữ liệu về địa điểm, mối liên hệ và thuộc tính của một thành phần địa lý (điểm, đường, vùng hay những vật thể phức tạp hơn trên bề mặt Trái Đất). Chương trình máy tính dùng để quản lý cơ sở dữ liệu được gọi là Hệ quản trị dữ liệu (DBMS).

– Đầu ra dữ liệu và sự hiển thị đề cập đến cách mà dữ liệu được thể hiện và các kết quả đánh giá được báo cáo với người sử dụng như thế nào. Dữ liệu có thể được thể hiện dưới dạng bản đồ, bảng biểu hay đồ thị (dạng cột hay hình tròn), được thể hiện trên màn hình máy tính hay trên các bản in từ máy in, máy vẽ hoặc trên các dạng thông tin số khác.

– Chuyển đổi dữ liệu gồm (a) duy trì, cập nhật dữ liệu và (b) phân tích các dữ liệu. Chuyển đổi dữ liệu được thực hiện với các dữ liệu không gian,

phi không gian như thay đổi tỷ lệ, chuyển dữ liệu cho phù hợp với hệ tham chiếu mới, tính toán số liệu...

– Cách đơn giản nhất để người sử dụng giao tiếp với HTTĐL là chọn các lệnh trên thanh công cụ bằng cách gõ phím hoặc bấm chuột hay sử dụng ngôn ngữ lập trình để ra lệnh cho máy tính...

Một số phần mềm HTTĐL được dùng phổ biến là ARCInfo ; ARCVIEW ; MapInfo...

6.2.2. Dữ liệu trong HTTĐL

Một thành phần quan trọng làm lên HTTĐL là dữ liệu. Kinh nghiệm cho biết là 60% tới 80% tổng chi phí (thời gian và tiền bạc) của sự vận hành một HTTĐL được chi cho thu thập dữ liệu. Dữ liệu HTTĐL có thể là thông tin về vật lý, sinh học hay kinh tế xã hội ... Ví dụ như các thông tin vật lý có thể là thông tin về độ cao, độ dốc, địa điểm ; loại thảm thực vật ; loại đất ; thông tin về khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ) của một khu vực nghiên cứu. Các thông tin khác như dân cư, vị trí làng mạc, đường sá, diện tích đất nông nghiệp, tình hình sử dụng tài nguyên (khai thác gỗ hay khai thác mỏ) đều được đánh giá trong HTTĐL. Trong nghiên cứu sinh thái, các dữ liệu còn là các thông tin về loài đặc hữu, sự phong phú của loài, phân bố loài, mật độ loài, nơi sống ưa thích...

Các dữ liệu đó có thể ở các tỷ lệ khác nhau (*đa tỷ lệ*) ; thời gian khác nhau (*đa thời gian*) ; độ cao khác nhau (*đa độ cao*) và từ nhiều nguồn thông tin (*đa nguồn*) như : bản đồ (địa hình, chuyên đề), ảnh hàng không, tư liệu viễn thám, hệ thống định vị toàn cầu (GPS), thống kê, dữ liệu thực địa, phân tích trong phòng thí nghiệm, báo cáo...

Các dữ liệu được cài đặt và lưu trữ trong máy tính điện tử, chúng được chuyển thành dữ liệu số bằng cách mô hình hoá dữ liệu.

Mọi dữ liệu địa lý đều có thể được mô hình hoá thành ba thành phần cơ bản của quan niệm topo – **điểm, đường, vùng**. Bất kỳ một đối tượng tự nhiên nào về nguyên tắc đều được biểu diễn dưới dạng điểm, đường, vùng và các thông tin đi kèm. Các thông tin đi kèm có thể là tên của đối tượng. Các thông tin khác đặt ở các bảng số liệu khác khi có nhu cầu tra cứu, thông qua tên của đối tượng có thể nối trực tiếp với đối tượng đó để đem lại toàn bộ thông tin cho người sử dụng.

Mô hình dữ liệu địa lý bao gồm 4 thành phần sau : (1) Mã khóa ; (2) Định vị ; (3) Thành phần phi không gian ; (4) Thành phần không gian.

Mã khoá là mã số duy nhất cho thực thể, đặc trưng duy nhất cho thực thể, để phân biệt thực thể này với thực thể khác.

Định vị xác định vị trí thực thể của thực thể trên thực tế. Thông thường người ta dùng các hệ tọa độ để xác định tọa độ cho thực thể. Có nhiều hệ tọa độ khác nhau.

Thành phần phi không gian : là thành phần chứa đựng các số liệu về thuộc tính của thực thể. Các thuộc tính này có thể là định lượng hoặc định tính.

Thành phần không gian : Con người nhận thức hiện tượng thực tế qua hình dáng bên ngoài, để chuyển chúng vào máy tính người ta cấu trúc hình dạng đó theo một trong 2 cách : (1) Raster ; (2) Vector.

Mỗi cấu trúc đều có những ưu nhược điểm của mình.

– **Cấu trúc Raster**:

Trong cấu trúc này, thực thể không gian được biểu diễn thông qua các ô (cell) hoặc ô ảnh (pixel) của một lưới các ô. Trong máy tính, lưới ô này được lưu trữ dưới dạng ma trận trong đó mỗi cell là giao điểm của một hàng, một cột trong ma trận. Mỗi một cell sẽ tương ứng với một diện tích vuông trên thực tế ; Trong đó :

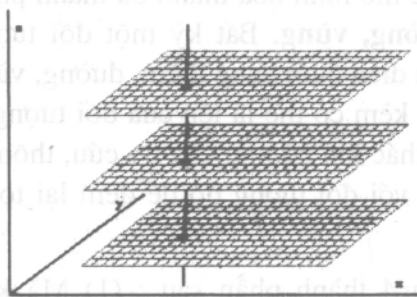
• **Điểm** được xác định bởi cell.

• **Đường** được xác định bởi một số các cell kề nhau theo một hướng.

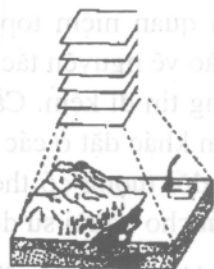
• **Vùng** được xác định bởi số các cell mà trên đó thực thể phủ lên.

Độ phân giải của dữ liệu : Độ lớn của cạnh của ô vuông còn được gọi là độ phân giải của dữ liệu.

Trong cấu trúc raster, phương pháp chồng xếp bản đồ nhờ vào phương pháp đại số bản đồ. Hình vẽ 6.7a mô tả cách thức biến đổi thông tin tại một cell. Kết quả cuối cùng sẽ là một phép toán trên các lưới cell.



Hình 6.7a



Hình 6.7b

Dữ liệu raster sẽ có dung lượng rất lớn nếu không có cách lưu trữ thích hợp. Thông thường người ta hay dùng các phương pháp nén TIFF, RLE, JPEG, GIF...

– *Cấu trúc Vector :*

Trong cấu trúc vector, thực thể không gian được biểu diễn thông qua các phần tử cơ bản là điểm, đường, vùng và các quan hệ topo (khoảng cách, tính liên thông, tính kề nhau...) giữa các đối tượng với nhau.

Vị trí không gian của thực thể không gian được xác định bởi tọa độ trong một hệ thống tọa độ thống nhất toàn cầu.

Trong cấu trúc vector :

Điểm: cặp tọa độ (X,Y) và dữ liệu thuộc tính (kiểu điểm, màu, hình dạng).

Đường: dùng để biểu diễn tất cả các thực thể có dạng tuyến, được tạo nên từ hai hoặc nhiều cặp tọa độ (X,Y).

Vùng: là một đối tượng hình học 2 chiều. Vùng có thể là một đa giác đơn giản hay hợp của nhiều đa giác đơn.

Trong cấu trúc vector này, phương pháp chồng xếp bản đồ cũng nhờ vào phương pháp đại số bản đồ.

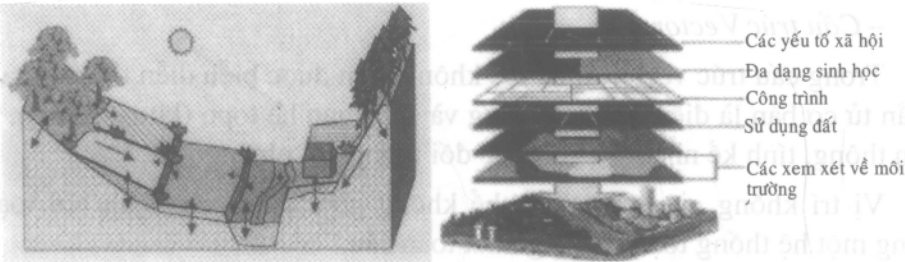
Vì sao lại sử dụng HTTĐL ?

HTTĐL là kỹ thuật hiện đại, cho phép nhà địa lý tổ hợp dữ liệu và những phương pháp mà theo cách đó hỗ trợ phân tích địa lý truyền thống như phân tích chồng ghép bản đồ cũng như dạng mới của phân tích và mô hình hoá vượt quá khả năng của những phương pháp truyền thống.

HTTĐL có thể thực hiện được : vẽ bản đồ, xây dựng mô hình, hỏi đáp và phân tích một lượng lớn dữ liệu mà tất cả đều được lưu giữ trong một cơ sở dữ liệu, vì thế là một kỹ thuật tổ hợp ; Sự phát triển của nó đã dựa vào những phát minh được thực hiện trong nhiều lĩnh vực khác nhau : Địa lý, Bản đồ học, Đo vẽ ảnh, Viễn thám, Khảo sát, Trắc địa, Công trình, Thống kê, Khoa học máy tính, Hoạt động nghiên cứu, Trí tuệ nhân tạo, Dân tộc học và nhiều nhánh khác của khoa học Trái Đất , Khoa học tự nhiên và công trình.

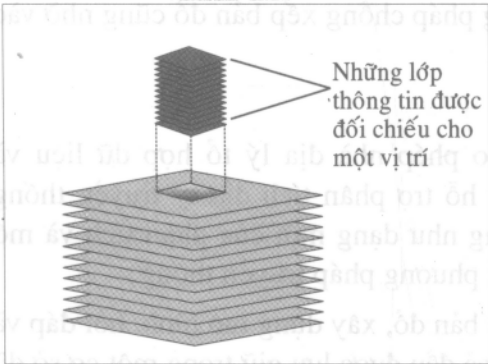
HTTĐL có khả năng chuyển đổi và đồng nhất các dữ liệu về một hệ quy chiếu không gian phổ biến nhất định, nhờ vậy có thể chồng ghép những lớp thông tin khác nhau thông qua việc sử dụng nhiều nguồn dữ liệu đa dạng được xây dựng trên một bản đồ cơ sở địa hình. Vì vậy HTTĐL là công cụ mạnh để vượt qua những vấn đề địa lý và môi trường.

HTTĐL cho phép tìm kiếm những loại hình không gian, xử lý và cho những mối quan hệ giữa những lớp chuyên đề khác. HTTĐL cũng cho phép tách biệt những vùng đơn từ những vùng xung quanh (hình 6.8).

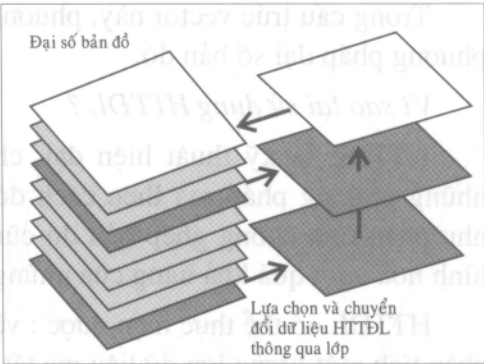


Hình 6.8. Các lớp dữ liệu

HTTĐL cũng cho phép chiết xuất những lớp thông tin khác nhau để làm việc. Thông tin của những lớp cụ thể có thể được tập hợp và chuyển sang lớp mới để cho thông tin phân tích về sau. Đây là quá trình đại số bản đồ (hình 6.9 ; 6.10). So sánh với khoa học bản đồ, kỹ thuật HTTĐL đã tăng cường hiệu quả và sức mạnh phân tích của thành lập bản đồ truyền thống.



Hình 6.9



Hình 6.10

HTTĐL thông qua một chức năng được biết đến như sự quan sát trực quan có thể được sử dụng để sản xuất những hình ảnh, không phải chỉ là những bản đồ mà còn là những bản vẽ kỹ thuật, phim hoạt hình và sản phẩm bản đồ khác. Những hình ảnh này cho phép quan sát đối tượng theo cách mà chưa bao giờ nhìn thấy trước đây trong tư liệu. Những hình ảnh thường có ích hoàn toàn trong việc dẫn dắt tới các khái niệm kỹ thuật của HTTĐL nghiên cứu các đối tượng cho những người không phải nhà khoa học.

HTTĐL còn là công cụ rất tốt cho việc xây dựng các mô hình (MH) ; Ta đã biết MH là phương pháp nghiên cứu các đối tượng không thể quan sát trực

tiếp (chương VIII). Tất cả hiện tượng ở trong môi trường của chúng ta không thể quan sát trực tiếp tại cùng một thời gian, dùng MH để làm đơn giản hoá việc biểu diễn tính chất thực của chúng. Trong HTTĐL thực hiện bằng cách biểu diễn tính chất thực bằng các lớp bản đồ và mối liên hệ của chúng. MH không gian là việc xử lý các thuộc tính của các vị trí trên bản đồ ; Với cơ sở dữ liệu HTTĐL ta thực hiện : (1) mô tả các điều kiện cơ bản ; (2) chồng ghép bản đồ để nhận dạng (xác định) tác động tích dồn, xây dựng vùng đệm (bài toán buffer) để xác định diện tích chịu ảnh hưởng của các yếu tố ; (3) đại số bản đồ (map algebra) để phân tích và đánh giá các tác động; các MH không gian để dự báo các tác động hoặc các MH dự báo chuyên ngành.

6.2.3. Liên kết dữ liệu trong viễn thám và HTTĐL

Kết quả đầu ra công nghệ viễn thám là hiển thị trên màn hình hoặc các dữ liệu in ra trên giấy dưới dạng bản thành phẩm chưa hoàn toàn thoả mãn người sử dụng. Ví dụ như bản đồ biến động lớp phủ được thành lập từ tư liệu viễn thám đa thời gian sẽ không có đủ thông tin để trả lời câu hỏi vì sao lại có những biến động như vậy. Để trả lời được câu hỏi đó chúng ta cần thêm các thông tin về giao thông, dân cư, hiện trạng sử dụng đất. HTTĐL đã giúp ta giải quyết bằng cách chồng bản đồ biến động lên bản đồ giao thông, dân cư hay hiện trạng sử dụng đất.

Hơn nữa, trong một số bài toán phân loại tư liệu viễn thám, chúng ta sẽ đạt được kết quả chính xác hơn nếu có được các thông tin địa lý bổ trợ như các số liệu đai cao (vùng độ cao giữa các khoảng cao đều 100 m), độ dốc. Để liên kết dữ liệu các dữ liệu thông tin địa lý cần được lưu trữ dưới dạng số và được đưa về cùng một hệ tọa độ đồng nhất nghĩa là đồng nhất dạng số liệu ; các số liệu viễn thám thường được chuyển về các dạng dữ liệu đồng nhất với các dữ liệu trong cơ sở dữ liệu. Các dữ liệu số phải ở các dạng có khả năng cho phép chồng phủ lên nhau, nghĩa là tương đối đồng nhất về mặt hình học như raster với raster chứ không thể xử lý trực tiếp dữ liệu vector với rasters; điều đó có thể thực hiện bằng phương pháp vector hoá hoặc raster hoá. Như vậy, về cơ bản việc liên kết dữ liệu được thực hiện thông qua hai dạng đó là phân tích tổng hợp và chồng phủ dữ liệu.

6.3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ HỆ THỐNG TIN ĐỊA LÝ TRONG NGHIÊN CỨU SINH THÁI HỌC

6.3.1. Khả năng ứng dụng

Qua phần 6.1 chúng ta đã có những kiến thức cơ bản về sinh thái và các hệ sinh thái cũng như của Công nghệ viễn thám và HTTĐL. Khả năng ứng dụng của Công nghệ viễn thám và HTTĐL trong nghiên cứu sinh thái như thế nào ? Chúng giúp các nhà sinh thái giải quyết những vấn đề gì ?

Đối tượng nghiên cứu của viễn thám bao gồm cả những yếu tố cấu thành lên một hệ sinh thái. Kỹ thuật viễn thám nghiên cứu các yếu tố đó như xác định, đo đạc và phân tích chúng với nhiều ưu thế nổi trội so với các phương pháp truyền thống. Kết quả của nó là dữ liệu đầu vào rất tốt cho HTTĐL, đó là các bản đồ như địa chất, khí tượng, thủy văn... và đặc biệt trong nghiên cứu lớp phủ thực vật. Qua hiện trạng và biến động của lớp phủ thực vật chúng ta có thể đưa ra nhiều kết quả được kết xuất như dự báo lượng nước chảy trên khu vực ; dự báo xói mòn đất ; sự thay đổi về lượng cacbon...

Mối quan hệ HTTĐL và Sinh thái học chính là cả hai đều tập trung nghiên cứu bề mặt Trái Đất, các đối tượng quần thể, quần xã sinh vật sống và tồn tại trên bề mặt Trái Đất. Ví dụ như các câu hỏi sinh thái học có thể đặt ra cho công nghệ HTTĐL.

- Nhóm thực vật A phân bố ở đâu ?
- Chỗ nào là nơi mà nhóm thực vật A có quan hệ với nhóm thực vật B ?
- Sự phân bố của nhóm thực vật A có quan hệ gì với các yếu tố môi trường X, Y và Z ?
- Sự phân bố của nhóm thực vật A thay đổi như thế nào trong quá khứ ?
- Sự phân bố của nhóm thực vật A sẽ thay đổi như thế nào trong tương lai nếu điều kiện môi trường hiện tại không thay đổi ?

** Vai trò của HTTĐL cho nghiên cứu cảnh quan sinh thái là:*

- Cung cấp một cấu trúc dữ liệu cho lưu trữ và quản lý hiệu quả hệ thống sinh thái trên những vùng lớn.
- Cho phép tập hợp và phân chia dữ liệu ở các tỉ lệ.
- Xác định vùng nghiên cứu và/hoặc vùng nhạy cảm môi trường.
- Hỗ trợ phân tích thống kê không gian của sự phân bố sinh thái.
- Nâng cao khả năng chiết xuất thông tin viễn thám.

• Cung cấp dữ liệu đầu vào/tham số cho mô hình hoá hệ thống sinh thái HTTĐL năng động cung cấp cơ sở cho mô hình hoá mô phỏng của những quá trình cảnh quan động (ví dụ phụ thuộc thời gian).

HTTĐL với khả năng của nó như tích hợp thông tin, phân tích và đánh giá các thông tin cùng nguồn dữ liệu đầu vào là tư liệu viễn thám càng trở thành công cụ hữu ích cho các nhà khoa học và quản lý trong nghiên cứu sinh thái cũng như quản lý và bảo tồn đa dạng sinh học.

** Ưu điểm và những hạn chế của viễn thám và HTTĐL*

Mặc dù viễn thám và HTTĐL được coi là công cụ nghiên cứu hiện đại nhưng không phải chúng không có những hạn chế về một số khía cạnh nào đó kể cả chủ quan lẫn khách quan.

+ Ưu điểm:

Viễn thám là một công cụ hiệu quả trong quan trắc những thay đổi trên lớp phủ Trái Đất. Nó còn là công cụ duy nhất để quan trắc các quá trình xảy ra trên hành tinh trên diện rộng. Những ưu thế của phương pháp viễn thám mà những nguồn tư liệu và phương pháp nghiên cứu thông dụng không thể có được là :

– Tính chất cập nhật thông tin của một vùng hay toàn lãnh thổ trong cùng một thời gian.

– Tính chất đa thời kỳ của tư liệu.

– Tính chất phong phú của thông tin đa phổ với các dải phổ ngày càng được mở rộng.

– Tính chất đa dạng của nhiều tầng, nhiều dạng thông tin ảnh hàng không, tín hiệu phổ, hình ảnh toàn cảnh chụp từ vũ trụ...

– Tính chất đa dạng của tư liệu: băng từ, phim, ảnh, đĩa từ...

– Sự phát triển của các kỹ thuật và phương tiện cải tiến, nâng cao chất lượng, tính năng và tạo sản phẩm của từng công đoạn xử lý thông tin.

– Sự kết hợp của xử lý thông tin viễn thám với xử lý HTTĐL, thông tin liên lạc từ vũ trụ (telecommunication), hệ thống định vị toàn cầu (GPS)...

– Ảnh viễn thám có thể giải quyết các công việc mà thông thường quan sát trên mặt đất rất khó khăn, những vùng xa xôi không đến được.

– Ảnh viễn thám cung cấp các thông tin có thể bị bỏ sót trong quan sát thực địa.

Với HTTDL, việc liên kết những thông tin khác nhau trong một hệ thống cho phép quản lý thông tin tốt hơn và tạo điều kiện thuận lợi cho việc so sánh dữ liệu đa thời gian bằng cách chuẩn hoá và xây dựng cơ sở dữ liệu.

Sử dụng HTTDL để đánh giá một vấn đề cụ thể như nhu cầu của công tác bảo tồn hay tình hình sử dụng đất với kết quả đưa ra rất dễ hiểu đối với những nhà hoạch định chính sách và ngay cả với công chúng nói chung. Vì vậy, nó tạo điều kiện dễ dàng hơn cho việc đưa ra các chính sách phát triển. Hơn thế nữa, HTTDL còn có thể được sử dụng để xem xét các lựa chọn khác nhau, các mô hình sử dụng đất khác nhau. Điều này đảm bảo cho việc lập kế hoạch sử dụng đất tốt hơn trong tương lai cũng như cho phép quản lý và quan trắc các rủi ro tốt hơn.

+ Hạn chế:

Một vấn đề lớn nhất là chi phí của dữ liệu, thiết bị và các phần mềm.

Ảnh hưởng của thời tiết như mây che phủ; Dữ liệu radar có thể hạn chế vấn đề này vì nó có thể xuyên qua được vùng bị mây che phủ, tuy nhiên loại dữ liệu này lại khó giải đoán và đó chính là một hạn chế khi cần những dữ liệu đa thời gian.

Giải đoán sai cũng là một lỗi thường thấy, đặc biệt khi thăm thực vật không phải là một phổ duy nhất. Ví dụ như, trên ảnh vệ tinh chụp một vùng vào mùa khô thì vùng đất ướt cũng có phổ sóng như của một tảng cỏ. Đôi khi thiết bị cảm ứng là nguyên nhân giải đoán sai do các ảnh hưởng của bầu khí quyển (sự phát tán hơi nước, sự hấp thụ của tầng ôzôn...) tác động đến sự đo sóng.

Quá trình xử lý số liệu cũng là một vấn đề cần lưu tâm. Những ảnh được số hoá bằng tay không nên sử dụng cho những đánh giá phức tạp vì dễ có nhiều sai sót. Hơn thế nữa, các sản phẩm bằng giấy có thể có sự biến đổi do độ ẩm, nhiệt độ, do thời gian và đó cũng là một trong những nguyên nhân dẫn đến sai lệch.

Việc so sánh dữ liệu đa thời gian đôi khi không thực hiện được vì thiếu tư liệu (từ năm 1972 trở đi mới có dữ liệu vệ tinh). Công việc này phức tạp do độ phân giải khác nhau giữa các tấm ảnh cũ và mới.

Tại một vài vùng trên Trái Đất lại có số vệ tinh bay qua rất ít. Nếu vệ tinh bay qua một vùng nghiên cứu vào ban đêm thì dữ liệu thu được rất hạn chế. Ở vùng cực, việc thiếu ánh sáng nhìn thấy là trở ngại chính cho việc áp dụng phương pháp viễn thám.

Cuối cùng, việc thiếu nhân lực được đào tạo chính thống là một hạn chế lớn. Riêng trong lĩnh vực áp dụng HTTĐL vào bảo tồn sinh học thì việc thiếu nhiều dữ liệu cần thiết khác về các loài lại càng tăng thêm sự khó khăn.

6.3.2. Ứng dụng viễn thám và HTTĐL trong sinh thái

6.3.2.1. Xây dựng bản đồ lớp phủ bề mặt (land cover)

Với những ưu điểm như : cho phép nghiên cứu trên diện rộng, đa thời gian... phương pháp viễn thám được ứng dụng rất hiệu quả trong việc nghiên cứu lớp phủ bề mặt Trái Đất, trong đó có lớp phủ thực vật.

Quy trình thực hiện như sau :

1. Thành lập hệ thống phân loại : thể hiện qua bản chú giải, mô tả chi tiết và mục đích sử dụng. Hệ thống này phải phù hợp với khả năng cung cấp thông tin của tư liệu viễn thám.

2. Giải đoán ảnh

Có thể thực hiện bằng một trong hai phương pháp :

Xử lý ảnh số:

Hiệu chỉnh hình học.

Xác định các số liệu vùng mẫu (vùng thử nghiệm).

Phân loại.

Giải đoán bằng mắt:

Xác định các dấu hiệu giải đoán (chìa khoá giải đoán).

Phân loại.

3. Tổng hợp kết quả giải đoán

Hiệu đính bản chú giải.

Kiểm tra thực địa.

Hiệu chỉnh bổ sung kết quả xử lý số, hay kết quả giải đoán bằng mắt.

Hoàn thiện bản đồ kết quả.

Xử lý ảnh số:

Chồng lên bản đồ địa hình, hoàn chỉnh hệ thống chú giải và bản đồ.

Giải đoán bằng mắt: Chuyển kết quả phân tích lên bản đồ cơ sở, hoàn chỉnh hệ thống chú giải và bản đồ.

6.3.2.2. Thành lập bản đồ biến động lớp phủ bề mặt

Phát hiện ra sự biến động từ đó tìm ra nguyên nhân, đề ra các giải pháp là rất cần thiết trong vấn đề theo dõi và quản lý tài nguyên thiên nhiên, bảo tồn đa dạng sinh học. Nếu sử dụng các phương pháp truyền thống thì việc theo dõi các biến động là rất phức tạp và đôi khi không thể thực hiện được vì thiếu tư liệu. Nhưng nhờ nguồn tư liệu đa thời gian của viễn thám và khả năng chồng ghép dữ liệu của HTTĐL, chúng ta có thể xây dựng được bản đồ biến động qua từng thời kỳ với tính khách quan và độ tin cậy cao.

Các bước chính trong việc thành lập bản đồ biến động là :

1. Xây dựng bản đồ của từng thời kỳ bằng tư liệu viễn thám. Để thu được kết quả chính xác và khách quan nhất, các ảnh viễn thám phải được chụp cùng thời gian, mùa. Tuy HTTĐL có khả năng đồng nhất thông tin nhưng ta nên chọn các tư liệu viễn thám giống nhau (loại, độ phân giải...).

2. Chuyển kết quả vào HTTĐL, sử dụng chồng xếp bản đồ (đại số bản đồ) để phát hiện các thay đổi.

3. Dùng kiến thức chuyên môn phân tích, đánh giá.

4. Hiệu đính, xây dựng chú giải.

6.3.2.3. Thành lập bản đồ sinh thái

HTTĐL với khả năng đồng nhất các thông tin, tích hợp chúng bằng việc chồng xếp xử lý nhiều lớp thông tin. Ta có thể sử dụng nhiều loại tư liệu viễn thám (tỷ lệ, tính chất...), các bản đồ chuyên đề, các dạng thông tin để xây dựng ra bản đồ sinh thái tùy thuộc theo mục đích cụ thể.

Quy trình thực hiện

1. Tư liệu viễn thám : Xây dựng bản đồ lớp phủ.
2. Bản đồ chuyên đề như đất, thủy văn...
3. Số hoá bản đồ địa hình, bản đồ chuyên đề đã có.
4. Xây dựng mô hình số địa hình.
5. Nhập dữ liệu vào HTTĐL (đồng nhất dữ liệu về 1 hệ quy chiếu).
6. Thành lập bản đồ tổng hợp bằng phương pháp chồng xếp bản đồ.
7. Xây dựng bản đồ sinh thái theo mục đích cụ thể : sử dụng đại số bản đồ ; hay thực hiện MH và kết hợp kiến thức chuyên gia.

Phân vùng sinh thái là một vấn đề còn rất nhiều sự chưa đồng nhất. Tuy nhiên, dựa vào bản đồ tổng hợp đã có, chúng ta dễ dàng thay đổi và xây dựng nên các kết quả chính xác hơn phù hợp với từng mục đích cụ thể, đây chính là một trong những mặt mạnh của việc ứng dụng phương pháp này.

6.3.2.4. Xây dựng các MH sinh thái

Như trên ta đã biết viễn thám và HTTĐL là công cụ hữu ích cho việc xây dựng MH sinh thái. Có thể xây dựng rất nhiều loại MH sinh thái như : MH cho các cá thể ; MH thu hoạch ; MH xói mòn...

Các bước cần thiết để xây dựng một mô hình :

1. Xác định mục tiêu : khu vực, đặc điểm, mục tiêu của mô hình.
2. Lựa chọn MH hoặc xây dựng MH mới.
3. Thu thập đủ số liệu.
4. Cần thiết phải xác định các thông số chuẩn bằng các mẫu chuẩn hay bằng thực nghiệm để hiệu chỉnh MH.
5. Kiểm tra tính đúng đắn bằng cách so sánh kết quả MH với kết quả thực tế.
6. Áp dụng MH vào điều kiện thực tế.
7. Thảo luận đánh giá kết quả. Xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) đa dạng sinh học .

Các vấn đề sinh thái vốn rất phức tạp và nhạy cảm. Để nghiên cứu hay đưa ra những biện pháp bảo vệ đối với một hệ sinh thái thì điều đầu tiên là phải có một lượng thông tin đầy đủ, chính xác và cập nhật. Các thông tin này bao gồm thông tin về số loài, tình trạng, phân bố, những mối đe dọa với sự tồn tại và phát triển của một loài động, thực vật...

HTTĐL với các khả năng của nó, cụ thể là các phần mềm HTTĐL cung cấp cho chúng ta công cụ để xây dựng một hệ CSDL với đầy đủ các chức năng cần thiết và một khối lượng thông tin bao gồm nhiều dạng khác nhau (bản đồ, văn bản, bảng biểu... các dữ liệu không gian và phi không gian).

Trong điều kiện Việt Nam, để xây dựng một hệ CSDL, quy trình được thực hiện như sau :

1. Thiết kế mô hình dữ liệu thích hợp.
2. Nhập, hiệu chỉnh thông tin cho CSDL, đây là công đoạn đòi hỏi sự cẩn thận, chính xác.

3. Thiết kế mô hình quản lý, lựa chọn công cụ quản lý tra cứu thông tin, có hai phương án đặt ra.

6.3.2.5. Quan trắc và bảo tồn loài

Phép đo từ xa bằng vệ tinh được sử dụng để nghiên cứu kiểu chuyển động và tập tính của loài. Cùng với viễn thám và HTTĐL, người ta dùng kết quả của những nghiên cứu này để đánh giá việc sử dụng nơi sống của loài và từ đó dự đoán về sự phân bố và kích thước quần thể. Hơn thế nữa, kỹ thuật này tỏ ra rất hữu ích trong việc theo dõi sự di trú của loài. Điều này rất quan trọng cho việc bảo tồn loài vì như vậy kế hoạch bảo tồn loài sẽ được xây dựng trên suốt cả hành trình di trú của loài đó chứ không chỉ tại nơi sống duy nhất của chúng. Viễn thám và HTTĐL cũng có thể được sử dụng để theo dõi chuyển động của những loài có hại với một loài và dựa trên các nhu cầu của loài cũng có thể đưa ra những vùng có nguy cơ gây hại với chúng.

6.3.2.6. Thiết kế và giám sát các khu bảo vệ

Viễn thám, HTTĐL và đánh giá khoảng cách (gap analysis) cung cấp một công cụ rất hữu ích cho các nhà quản lý bảo tồn trong việc lựa chọn các vùng ưu tiên cho bảo tồn để từ đó thiết kế và quản lý các khu bảo vệ một cách hiệu quả.

**** Đánh giá khoảng cách***

Là phương pháp tìm ra các khoảng cách trong bảo vệ đa dạng sinh học bằng cách so sánh sự phân bố của các khu bảo vệ với sự phân bố của loài hoặc nơi sống của loài nhằm đáp ứng các lợi ích bảo tồn. Dựa trên mục đích của việc đánh giá, người ta có thể sử dụng phân bố của những loài bị nguy cấp, loài đặc hữu, hay sự phong phú của loài để kiểm tra các khoảng cách bảo tồn.

Phương pháp này có thể được sử dụng để thiết kế và quản lý từng khu bảo vệ riêng lẻ cũng như mạng lưới các khu bảo vệ ở cấp địa phương, cấp quốc gia hay cấp vùng ; đánh giá hiệu quả của các khu bảo vệ hiện có ; định hướng cho các nghiên cứu trong tương lai hay đưa ra những ưu tiên bảo tồn.

Các bước chính trong tiến hành đánh giá khoảng cách là : Xác định kiểu thảm thực vật ; xác định các loài tồn tại trong khu vực ; xác định ranh giới ưu tiên để bảo vệ đa dạng sinh học (ví dụ như ranh giới Vườn Quốc gia, Khu

bảo vệ cảnh quan..) ; xác định những vùng mà đa dạng sinh học chưa được bảo vệ thích hợp ; bước cuối cùng là đưa ra những ưu tiên bảo tồn.

** Thiết kế các khu bảo vệ*

Bước quan trọng đầu tiên trong bất kỳ một kế hoạch quản lý nào là đề ra được mục đích – khu bảo vệ để làm gì ? Để trả lời câu hỏi đó cần có những hiểu biết cơ bản nhất về đặc điểm sinh học của vùng nghiên cứu : Khu vực này có loài đặc hữu không ? Có loài hiếm hay loài nguy cấp nào không ? Yếu tố nào tạo nên sự đặc trưng của vùng ? Khu vực này có phải là một phần lưu vực sông không ? Những ai hiện sở hữu đất trong vùng ? Có dân cư sinh sống trong khu vực này không ? Nếu có thì dân số và tỷ lệ tăng dân số là bao nhiêu ?

Tất cả những thông tin trên đều được đưa vào cơ sở dữ liệu HTTĐL để cho ra các bản đồ và trả lời các câu hỏi liên quan đến không gian, từ đó giúp cho việc lên kế hoạch cho các khu bảo vệ. Ngoài ra, cơ sở dữ liệu HTTĐL còn được sử dụng trong đánh giá khoảng cách và kiểm tra những lựa chọn về việc sử dụng đất và thiết kế các khu bảo vệ.

Ví dụ như tình trạng chặt phá rừng tại một khu bảo vệ liên quan rất chặt chẽ đến cư dân tại nơi đó. Đánh giá HTTĐL cho thấy rằng, tại những vùng mà người dân có thể dễ dàng đến được như vùng đất thấp (độ dốc dưới 5), những vùng dọc theo các con sông thì rừng hầu như bị chặt phá hoàn toàn và cứ những vùng có địa hình như vậy chắc chắn xảy ra chặt phá rừng. Vì vậy trong tương lai gần, vùng lõi của khu bảo tồn sẽ không bao gồm những vùng có địa hình như đã nêu trên.

6.3.2.7. Ứng dụng viễn thám và HTTĐL để giải bài toán khai thác gỗ

Khai thác gỗ như thế nào là hợp lý ? Ảnh hưởng ? Giải pháp ?

Bài toán này sẽ được giải quyết ở những mức độ khác nhau:

Mức 1: Chỉ tính đến ảnh hưởng về môi trường, lợi nhuận kinh tế để lựa chọn việc khai thác, ở đây ta chưa đưa yếu tố thời gian vào cây gỗ đã khai thác được ; tức là không tính đến sự phát triển của cây gỗ.

Ở mức này, các yếu tố đưa vào xem xét giải quyết là hệ thống giao thông ; chi phí giá cả (khai thác ; vận chuyển ; bán thành phẩm) ; địa hình (độ dốc) ; thủy văn ; khu hệ thực động vật tại khu khai thác. Các phương pháp sử dụng ở đây là chồng xếp (Overlay) ; vùng đệm (buffer zone) ; đại số bản đồ (map algebra) ; kiến thức chuyên gia.

Giải quyết bài toán tìm ra các khu vực khai thác gỗ tốt nhất vừa đáp ứng nhu cầu kinh tế nhưng vẫn đảm bảo không ảnh hưởng đến sự phát triển bền vững (bảo vệ môi trường, bảo tồn đa dạng sinh học).

Mức 2: Ở đây yếu tố thời gian được đưa vào nghĩa là tính đến quá trình sinh trưởng phát triển của cây. Việc giải quyết bài toán sẽ phải có thêm nhiều yếu tố như đất (loại đất, độ dinh dưỡng, xói mòn...); mối tương quan giữa cây gỗ và các loài trong khu hệ động, thực vật quanh đó. Muốn giải quyết tốt bài toán ngoài các phương thức trên chúng ta cần phải đưa vào một MH theo thời gian. Với việc thực hiện MH và kiến thức chuyên gia thì chúng ta mới giải quyết bài toán một cách trọn vẹn được.

Ví dụ 1: Ứng dụng công nghệ viễn thám và HTTĐL trong thành lập bản đồ sinh thái Khu bảo tồn Na Hang

a) Đặc điểm vùng nghiên cứu

– Vị trí địa lý : Thuộc tỉnh Tuyên Quang, vùng Đông Bắc Việt Nam.

– Tọa độ địa lý :

220 14' – 220 35' Vĩ độ Bắc.

1050 17' – 1050 35' Kinh độ Đông.

b) Tư liệu

– Ảnh vệ tinh SPOT chụp tháng 6 năm 1997.

– Bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 50000.

– Các bản đồ chuyên đề : thực vật, địa chất, khí hậu.

– Các số liệu thống kê.

c) Phần mềm ứng dụng

– OverCAD : Vector hoá bản đồ.

– ENVI : Xử lý ảnh và HTTĐL.

– ARC/Info PC 3.5 và ARCVIEW 3.1 là phần mềm HTTĐL.

d) Trình tự và phương pháp

1. Số hoá bản đồ địa hình, các bản đồ chuyên đề.

2. Phương pháp số hoá là số hoá trực tiếp trên màn hình Digitizez On Screen :

– Các bản đồ được quét bằng máy Scanner và lưu ở format raster (*.tif) sau đó được chuyển vào phần mềm OverCAD để vector hoá.

– Sử dụng phần mềm ARC/Info để thành lập các bản đồ số.

Kết quả ta có các bản đồ số : Địa hình và các bản đồ chuyên đề lưu trữ ở format của ARC/Info.

* *Xây dựng bản đồ lớp phủ thực vật từ tư liệu viễn thám.*

* *Thành lập hệ thống phân loại (Bảng chú giải):* Dựa theo các đặc điểm, số liệu thống kê của khu vực nghiên cứu sơ bộ có thể xây dựng bảng chú giải (Hệ thống phân loại) như sau : 1. Rừng tự nhiên thường xanh tán rộng ; 2. Rừng tre nửa tự nhiên ; 3. Rừng hỗn giao ; 4. Đất trống có cây rải rác ; 5. Hoa màu ; 6. Lúa ; 7. Thổ cư ; 8. Thuỷ văn.

Phân loại trên máy. Các bước tiến hành :

- Nhập số liệu.
- Hiệu chỉnh hình học.
- Tăng cường chất lượng ảnh.
- Chọn vùng mẫu.

Dựa vào bảng chú giải sơ bộ, các thông tin và hiểu biết về khu bảo tồn mà chúng ta có lựa chọn các vùng mẫu.

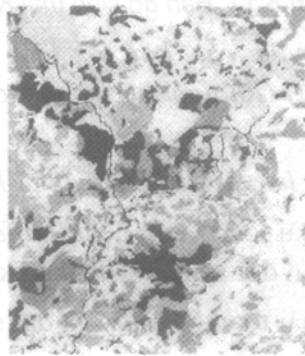
– *Phân loại trên máy (nội nghiệp) :* Thực hiện chạy chức năng phân loại của ENVI (sử dụng phân loại theo xác suất cực đại – *Maximum likelihood*) được ảnh phân loại với bảng chú giải ban đầu.

– *Kiểm tra thực địa :* Khảo sát kiểm chứng trên thực địa ảnh phân loại.

– *Hiệu đính kết quả :* Dựa trên kết quả khảo sát hoàn chỉnh bảng chú giải, xây dựng lại các vùng mẫu, tiến hành phân loại lại kết quả chúng ta có ảnh phân loại khu vực Na Hang.



a) Ảnh gốc



b) Ảnh phân loại

Hình 6.11.(a) ảnh gốc và (b) kết quả phân loại

- Vector hoá ảnh phân loại.
- Biên tập bản đồ kết quả ở ARCVIEW.

* *Xây dựng bản đồ tổng hợp :*

- Kiểm tra hệ quy chiếu của các bản đồ chuyên đề, nếu có sự khác nhau thì tiến hành đưa chúng về cùng một hệ quy chiếu (sử dụng các lệnh PROJECT, TRANSFORM của ARC/Info).
- Sử dụng phần mềm ARCVIEW để xây dựng bản đồ tổng hợp bằng chồng xếp bản đồ.

3. Thành lập bản đồ sinh thái rừng :

Nguyên lý được dùng cho quá trình phân tích là Booleane logic tức là dùng các toán tử logic để tổng hợp các thành phần của hệ sinh thái dựa trên bản đồ tổng hợp cùng với các kiến thức chuyên gia để đưa ra các kết quả thích hợp.



Trong đó hệ sinh thái rừng bao gồm :

- Vùng sinh thái rừng nguyên sinh.
- Vùng sinh thái rừng thứ sinh.
- Vùng sinh thái rừng hỗn giao.
- Vùng sinh thái trảng cỏ.

Kết quả đưa ra là dựa trên các kết quả khách quan do phần mềm đưa ra theo các tiêu chuẩn chúng tôi định ra và kết hợp với kiến thức của các Nhà Sinh thái để xây dựng nên.

Hình 6.12. Bản đồ sinh thái Khu bảo tồn thiên nhiên Na Hang

Ví dụ 2: Quan trắc, bảo tồn loài và thiết kế khu bảo vệ lấy loài voọc mũi hếch (VMH) (Rhinopithecus avunculus) ở khu bảo tồn Na Hang ta thu được kết quả :

Bản đồ quy hoạch khu sinh sống VMH

- Sử dụng bài toán vùng đệm (*buffer zone*) để tính tác động của các yếu tố ảnh hưởng đến đời sống VMH theo khoảng cách.
- Sử dụng bài toán *Overlay* và đại số bản đồ xác định khu vực thuận lợi cho VMH.
- Thực hiện mô hình phát triển cá thể (MH logic).
- Kết hợp kiến thức chuyên gia quy hoạch khu bảo vệ nghiêm ngặt.

Mô hình di dân và tái định cư của Khu bảo tồn Na Hang



- Khu Vực mũi hếch ở hiện tại
- Khu Vực mũi hếch ở cần mở rộng và bảo vệ nghiêm ngặt
- Khu dân cư đang ở cần di chuyển

Quá trình thực hiện dùng phần mềm ARCVIEW.

Các yếu tố dùng tính ảnh hưởng : địa hình (độ dốc, hướng sườn) ; thủy văn ; thực động vật là thức ăn; giao thông ; dân cư (số hộ, dân tộc) ; ruộng, màu.

Hình 6.13. Mô hình di dân ở Na Hang

6.4. KẾT LUẬN

Sự phát triển của viễn thám trong tương lai phụ thuộc vào sự phát triển và phối hợp kỹ thuật giữa các nước. Trong những thập kỷ vừa qua, rất nhiều tiến bộ khoa học kỹ thuật đã ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển của viễn thám như : ảnh radar, ảnh hồng ngoại chất lượng cao nhận được từ vệ tinh... độ phân giải hình ảnh thông qua các dải quang phổ đã được nâng cao lên rất nhiều, kỹ thuật xử lý ảnh số đã được nâng cao và được sử dụng rộng rãi.

Sự phát triển của công nghệ thông tin với quá trình xử lý số liệu ngày càng nhanh, khả năng lưu trữ số liệu lớn và giá máy tính rẻ hơn đã khiến việc áp dụng công nghệ HTTDL trở nên phổ biến hơn. Ngoài ra, internet và mạng (World Wide Web) với tính chất toàn cầu của nó cũng ảnh hưởng rất lớn đến việc sử dụng và phát triển GIS. Mạng không những cung cấp nguồn thông tin và các phần mềm sẵn có, phong phú của nó mà còn là môi trường để GIS phát triển.

Hệ thống vệ tinh LANDSAT của Mỹ trở thành vệ tinh thương mại từ năm 1985, nhiều vệ tinh khác của các nước cũng cung cấp thông tin có tính chất thương mại tự do và không ngừng được cải tiến về công nghệ đã góp phần tích cực cho sự phát triển của công nghệ này. Trên phạm vi toàn cầu, từ các trạm thu mặt đất, người ta có thể thường xuyên nhận được rất nhiều loại thông tin và tư liệu viễn thám khác nhau, từ đó sẽ góp phần hữu hiệu cho việc nghiên cứu tổng hợp các nguồn tài nguyên thiên nhiên, quản lý và bảo vệ môi trường. Trên cơ sở đó, viễn thám góp phần to lớn vào việc hoạch định

sách lược, chiến lược hợp lý cho sự phát triển không chỉ của từng vùng lãnh thổ, từng Quốc gia mà còn mang tính chất toàn cầu.

Việt Nam, trong những năm qua, sự phát triển của viễn thám đã có nhiều thành tựu song còn ở mức độ rất khiêm tốn, chưa theo kịp với sự phát triển chung của khu vực cũng như thế giới. Sự hạn chế đó có nhiều nguyên nhân khác nhau song trước hết là sự thiếu hụt đội ngũ nhân lực được đào tạo cơ bản về viễn thám, GIS nói riêng và công nghệ thông tin nói chung, thiếu cơ sở vật chất cũng như nguồn tư liệu phục vụ cho công nghệ này.

Kiến nghị:

- Tăng cường nâng cao trình độ của cán bộ.
- Tìm ra hướng phát triển trong giai đoạn hiện tại là phát triển dựa trên nền sẵn có tạo ra các phần của riêng mình sao cho phù hợp với điều kiện.
- Phải đề ra một chiến lược phát triển về chất xám cũng như kỹ thuật để có thể tiến kịp với sự phát triển của thế giới.

CHƯƠNG VII

TOÁN HỌC TRONG SINH THÁI HỌC

7.1. MỞ ĐẦU

Vài chục năm gần đây sự bùng nổ của các công trình nghiên cứu toán học trong Sinh thái học. Hàng chục tạp chí đã đăng các công trình nghiên cứu nghiên cứu về toán sinh thái. Hơn nữa các công trình về chuyên ngành đó được đăng trong các tạp chí chuyên ngành khác (động vật học, thực vật học) cũng ngày càng tăng. Qua đó chúng ta có thể thấy rằng sự quan tâm của quần chúng tới các vấn đề sinh thái ngày càng tăng. Song đó cũng chỉ là một mặt của vấn đề. Mặt khác, Sinh thái học là lĩnh vực khoa học mà các phương pháp toán học đã xâm nhập sâu sắc vào đến mức hiện nay có thể nói tới sự xuất hiện một bộ môn khoa học : Toán Sinh thái (TST).

TST là những nghiên cứu sinh thái bằng các phương pháp toán học. Nó rất đa dạng và muôn hình muôn vẻ. Từ việc sử dụng những phương pháp thống kê đơn giản tới những mô hình có sử dụng những máy tính điện tử hiện đại như hiện nay.

Những người nghiên cứu TST hiện nay cũng tương đối đa dạng nhưng với số lượng vô cùng ít như : (1) Những Nhà Toán học sang nghiên cứu sinh thái, (2) Những Nhà Sinh thái áp dụng các phương pháp toán học và (3) Những nhà nghiên cứu song song đồng thời cả hai chuyên ngành. Cả 3 dạng trên đều được đánh giá cao nhưng dạng thứ 3 là mô hình thích hợp nhất cho công tác đào tạo cho chuyên ngành này ở tương lai.

Theo cấu trúc, TST là bộ môn khoa học như những bộ môn khác (toán – lý). Đối tượng nghiên cứu chủ yếu là các hệ sinh thái còn phương pháp nghiên cứu là toán học. Chúng ta biết rằng “Khoa học là một phương pháp” (theo Paplop). Đối với TST ta cũng khẳng định rằng đó cũng là một phương pháp.

7.2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

TST nghiên cứu tính chất của hàng loạt những hiện tượng trong sinh học, sinh thái, y học... Những vấn đề đó thường rất phức tạp về sự phong phú và đa dạng của những cá thể hoặc những đơn vị. Để có được sự hiểu biết đúng đắn những đặc điểm của hàng loạt những hiện tượng và có thể đưa ra những đánh giá chắc chắn phải có sự nhận xét hoặc phân tích tổng hợp. Những đơn vị hoặc những cá thể cũng có một vài tính chất chung thường

liên kết vào 1 tập hợp. Những đơn vị quan sát được gọi là những biến số và được tạo thành 1 tập hợp.

Những thành viên của tập hợp đó có thể là: những cây cùng loại, cùng tuổi, cùng trạng thái, những hạt của các cây cùng loại. Tính chất chung trong ví dụ đó là: loại, tuổi, trạng thái... được gọi là những đặc điểm.

Tập hợp thống kê được tạo thành bởi một hoặc nhiều đặc điểm, chúng có thể được tạo thành từ một hay nhiều nhóm. Có thể nghiên cứu những cây của một loài trong các quan hệ giữa thân cây, đường kính... Có thể còn chia ra nhiều nhóm nhỏ hơn cho tăng thêm sự đồng nhất.

7.3. PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp nghiên cứu những hiện tượng, sử dụng thống kê dựa trên cơ sở lý thuyết xác suất. Lý thuyết xác suất nói lên những quy luật của những hiện tượng sinh ra một cách ngẫu nhiên.

Toán sinh học có liên quan tới hệ thống mở. Vấn đề trọng tâm cũng như những phương pháp nghiên cứu là có những kết luận rút ra từ những số liệu nghiên cứu, tức là: kết luận về tính chất của tập hợp thống kê khi chú ý tới phần chưa được nghiên cứu.

Toàn bộ tập hợp trong đó có phân tích và kết luận gọi là tập hợp tổng, còn lại là phần quan sát trực tiếp.

7.4. VẤN ĐỀ ỔN ĐỊNH TRONG TOÁN SINH THÁI

Một trong những vấn đề trung tâm của sinh thái học nói chung (và của TST nói riêng) là vấn đề ổn định, cân bằng của hệ sinh thái. Rõ ràng, đã từ lâu chỉ có thể tồn tại các hệ sinh thái ổn định. Mặt khác, các giới hạn ổn định xác định tải trọng tối đa lên hệ sinh thái, vượt quá giới hạn đó sẽ dẫn đến tai biến sinh thái, có nghĩa là dẫn đến sự diệt vong của hệ sinh thái. Chúng ta luôn luôn gặp vấn đề ổn định khi xem xét các vấn đề đánh giá giới hạn ô nhiễm môi trường, vấn đề xét các hậu quả hay thậm chí giải quyết vấn đề về khả năng thực hiện các phương sách hoạt động kinh tế – tự nhiên. Tất cả những đánh giá đó chỉ trực quan và xác thực khi chúng là những đại lượng số. Vì lẽ đó những mô hình toán học cho hệ sinh thái và các phương pháp toán học để phân tích tính ổn định (cân bằng) của chúng là rất cần thiết. Ở đây, vấn đề hình thức hoá thuật ngữ “ổn định” đã nảy sinh một cách tự nhiên, nhưng vấn đề này còn rất khó và còn rất lâu mới hoàn thiện. Nói

chung, TST là một khoa học đang còn ở giai đoạn hình thành, trên mỗi bước đường đều nảy sinh những tình huống tương tự.

Một cách trực quan, hoàn toàn rõ ràng là quần thể sinh học, hệ sinh thái, quần xã sinh học, những quần xã tồn tại dưới hình thức không đổi nào đó trong một thời gian tương đối dài, có một số khả năng nội tại chống lại những nhân tố nhiễu loạn do môi trường bên ngoài (trong đó có con người) gây nên. Khả năng đó của hệ sinh thái thường được gọi là tính ổn định hay cân bằng. Dù khái niệm trên có vẻ rất rõ ràng, nhưng xác định nó một cách minh bạch và duy nhất là vấn đề vô cùng khó khăn. Cho đến nay, thuật ngữ được dùng rất thường xuyên đó vẫn chưa có được một định nghĩa ấn định (ổn định).

Khi phân tích những ý diễn đạt rất khác nhau về vấn đề này, ta có thể tách ra một vài nhóm yêu cầu đối với những hệ sinh thái khác nhau. Đó là những yêu cầu được kết hợp lại trong một từ duy nhất : “ổn định”.

Nhóm thứ nhất là những yêu cầu về tính không đổi quen thuộc theo thời gian, trên toàn bộ lãnh thổ địa lí hay địa lí cảnh quan. Lãnh thổ có thể bao gồm một số lớn các quần thể sinh học khác nhau. Còn hệ sinh thái chung của lãnh thổ gồm nhiều hệ sinh thái khác nhau và liên kết với nhau một cách tương đối yếu ớt. Các quá trình cơ bản xác định nên động học của lãnh thổ là các chu trình sinh địa hoá tổng thể chứ không phải sự thay đổi số lượng yêu cầu, thay đổi số lượng các loài riêng rẽ.

Nhóm thứ hai là những yêu cầu về bảo toàn số lượng các loài trong quần xã sinh học đó. Có thể xem quần xã sinh học có mức tổ chức chất sống cao hơn quần thể. Ta có thể định nghĩa quần xã là một tập hợp các quần thể nào đó cư trú trên một lãnh thổ nhất định và tạo thành một cấu trúc có các mối liên hệ sinh dưỡng và trao đổi nhất định. Khái niệm quần xã sinh học phản ánh một sự kiện là : các quần xã của những cơ thể sống không phân bố trên mặt đất một cách ngẫu nhiên như là các nhóm tự do mà tạo nên các hệ thống có tổ chức. Quần xã được xem là ổn định nếu số lượng các loài tạo thành quần xã không thay đổi trong một khoảng thời gian tương đối dài. Thực vậy, chính định nghĩa sinh thái học đó gần với các định nghĩa toán học khác nhau về khái niệm ổn định và chính vì lý do đó trong quyển sách này ta chỉ chủ yếu xét các vấn đề ổn định của các quần xã sinh học.

Cuối cùng, nhóm yêu cầu thứ ba là những yêu cầu liên quan nhiều hơn đến các quần thể riêng rẽ so với các quần xã. Giả thiết rằng quần xã ổn định

hoặc cân bằng nếu số lượng quần thể trong quần xã không chịu những dao động dữ dội. Định nghĩa này gần với khái niệm vật lý (chính xác hơn, nhiệt động học) về sự cân bằng của hệ. Trong nhiệt động học, một hệ thống được coi là ổn định nếu những thăng giáng lớn có thể đưa hệ thống đi xa khỏi trạng thái cân bằng, thậm chí phá huỷ nó, xảy ra với xác suất nhỏ. Hiển nhiên, cần phải áp dụng các nguyên lý nhiệt động học tổng quát (ví dụ, liên quan tới định luật thứ hai của nhiệt động học, nguyên lý ổn định) vào các hệ sinh học (cụ thể vào các hệ sinh thái). Phù hợp với những nguyên lý này, mỗi hệ kín bất kỳ có dòng năng lượng đi qua (chẳng hạn, sinh quyển hay một số nhỏ) sẽ phát triển về phía trạng thái ổn định nào đó với một xác suất lớn và trong hệ thống này cần phải có những cơ chế tự điều chỉnh. Khi đạt được trạng thái đó thì việc chuyển năng lượng thường xảy ra theo một hướng và với tốc độ không đổi. Điều này phù hợp với nguyên lý ổn định của nhiệt động học. Một ví dụ cổ điển về hệ thống “chảy” như vậy là hệ thống “thú dữ – con mồi”. Rất đáng tiếc, các nguyên lý ổn định của nhiệt động học không đưa ra một phương pháp cho phép đánh giá hiệu quả mức độ ổn định của các quần xã sinh học cụ thể hoặc của hệ sinh thái (đồng thời đó cũng là tính chất của mọi nguyên lý quá tổng quát).

Mặt khác, chúng ta đã có một lý thuyết ổn định toán học phát triển (cùng với rất nhiều ứng dụng trong khoa học và kỹ thuật). Trong lý thuyết đó, định nghĩa ổn định đã được phát biểu một cách hoàn toàn chặt chẽ. Song mọi vấn đề là ở chỗ lý thuyết đó không nghiên cứu bản thân các đối tượng cụ thể mà nghiên cứu các mô hình toán học của chúng. Vì vậy nếu ta có một mô hình toán học tương đối “tốt” của một quần xã sinh học hay của hệ sinh thái (chẳng hạn, bằng các thuật ngữ của phương trình vi phân hay phương trình tích phân), thì ta có thể trả lời câu hỏi về tính ổn định của một quần xã thực bằng cách nghiên cứu mô hình của chúng ta bằng các phương pháp thông thường của lý thuyết ổn định. Tuy nhiên, trong lý thuyết ổn định toán học cũng có nhiều định nghĩa khác nhau về khái niệm này. Đó lại là một vấn đề khác. Thông thường, người ta nói về tính ổn định của một trạng thái nào đó của hệ thống hoặc tính ổn định cân bằng của một chế độ hoạt động nào đó của nó. Ví dụ, có thể cho rằng một quần xã hay hệ sinh thái là ổn định nếu quỹ đạo mô hình của nó trong không gian không vượt quá giới hạn của một miền hữu hạn cho trước khi có nhiễu dải phổ tương đối rộng. Định nghĩa trên tương ứng với nhiều quan niệm trực quan của các nhà Sinh thái học và đôi khi đối với họ thì điều đó đã đủ. Thực ra ở đây chúng ta đã tiến hành một số thay đổi, thay bản thân

đối tượng bằng mô hình toán học của nó và không xét tới vấn đề mức độ phù hợp của mô hình và đối tượng được mô hình hoá. Về mặt nhận thức luận, cách làm đó hoàn toàn xác đáng vì việc phân tích tính ổn định của một mô hình cho phép ta đặt ra những giả thiết khác nhau về các quy luật hoạt động của đối tượng được mô hình hoá. Sự tồn tại hoặc không tồn tại những quy luật đó trong thực tế cho ta cơ sở để xét tính phù hợp của mô hình.

Một phương pháp lựa chọn khác về mặt nguyên lý là phương pháp đặt cơ sở trên những cố gắng liên hệ tính ổn định của quần xã với một đặc trưng khác nào đó đo được (và tương đối đơn giản) trong thực tế. Các nhà Sinh học đã coi điều sau đây gần như là một tiên đề : những quần xã có cấu trúc phức tạp hơn và có số lượng các loài nhiều hơn thì ổn định hơn. Điều đó được giải thích bằng lí do sau đây : Các loài khác nhau thích ứng với sự thay đổi của môi trường một cách khác nhau. Vì vậy, một tập hợp lớn các loài có thể phản ứng đối với sự thay đổi đa dạng của môi trường bên ngoài tốt hơn so với một quần xã chỉ gồm rất ít loài và do đó quần xã thứ nhất ổn định hơn, cân bằng hơn quần xã thứ hai. Chắc chắn rằng điều này đã thúc đẩy việc sử dụng các độ đo khác nhau về tính đa dạng của loài (trong đó có độ đo thông tin entropi và các độ đo tương tự) làm một đặc trưng cho tính ổn định của quần xã. Độ đo thông tin (theo Shannon) về tính đa dạng là độ đo phổ biến nhất :

$$D = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln p_i, p_i = \frac{N_i}{N}, N = \sum_{i=1}^n N_i$$

Ở đây n là số loài trong quần xã ; N_i số lượng của loài thứ i .

Ta giả thiết một cách logic rằng trong trạng thái cân bằng, quần xã ổn định nhất và do đó cân phải có sự đa dạng tối đa. Song có thể dễ dàng chỉ ra rằng ứng với trạng thái đó, quần xã có cấu trúc như sau : trong cấu trúc này mỗi cá thể của bất kỳ loài nào cũng xuất hiện với tần số như nhau ($\max D$ đạt được khi $p_i = 1/n$) ; các loài đều có vai trò như nhau, không có loài nào đóng vai trò chủ yếu trong quần xã không có sự phân cấp về mặt số lượng. Song kết quả quan sát các quần xã trong thực tế (cụ thể là trên các thành phần cơ bản được phân chia một cách tự nhiên nhất của sinh quyển – các sinh địa quần học) lại nói lên một điều hoàn toàn khác. Đa số các quần xã tồn tại tương đối lâu dài đều có các loài đóng vai trò chủ yếu, các loài đó thực hiện công việc chính là biến đổi vật chất và năng lượng vào quần xã, nghĩa là quần xã có cấu trúc phân cấp. Điều này cho phép ta nghĩ rằng việc sử dụng tính đa dạng của quần xã như một độ đo tính ổn định của nó chưa phải là điều hoàn toàn xác đáng.

Tuy nhiên, ta cũng nhận xét rằng, trong các quần xã ở phòng thí nghiệm (và cũng không chỉ ở phòng thí nghiệm) vào những giai đoạn đầu của quá trình tiến hoá, tính đa dạng tăng lên (D tăng) khi quần xã tiến tới trạng thái cân bằng. Đường như trong chừng mực nào đó, độ đo nói trên cũng đặc trưng cho quần xã. Thậm chí nó có thể đặc trưng cho tính ổn định của hệ thống, nhưng không phải ở mọi lúc mà chỉ ở trong những giai đoạn đầu của quá trình tiến hoá.

Vậy nguyên nhân của những nghịch lí nói trên là ở đâu ? Trước hết là ở chỗ ta đã sử dụng một cách hình thức các mô hình vật lý và lí thuyết thông tin vào những hệ thống không thể áp dụng được. Cả entropi Boltzman trong vật lý thống kê, cả entropi trong lí thuyết thông tin chỉ có nghĩa đối với những hệ gồm các hạt tương tác yếu hay là gồm những đối tượng khác nào đó. Việc áp dụng các độ cao entropi cho những hệ như thế là điều hoàn toàn có cơ sở. Song nếu ta xét các hệ thống mà các phần tử của nó tác động mạnh mẽ tới nhau thì độ đo entropi không còn thích hợp nữa. Còn các quần xã sinh học, nơi mà tương quan cạnh tranh biểu hiện mạnh mẽ nhất ở những trạng thái gần trạng thái cân bằng và toàn bộ cấu trúc của nó về cơ bản không được xác định bởi các đặt trưng vốn có của các loài riêng biệt mà bằng các đặc trưng tác động tương hỗ giữa các loài, thì các quần xã đó là những hệ thống tương tác mạnh.

Theo quan điểm đó, việc sử dụng thành công độ đo entropi trong những giai đoạn tiến hoá đầu tiên của quần xã là điều dễ hiểu. Vấn đề là ở chỗ, những giai đoạn là những giai đoạn còn xa trạng thái cân bằng, khi sự cạnh tranh còn yếu ớt, sức ép cạnh tranh nhỏ và hoàn toàn có thể xem quần xã như một hệ thống tương tác yếu.

Từ những điều đã trình bày ở trên ta thấy rằng không nên trả lời một cách đơn giản nhất cho câu hỏi về quan hệ “nhân – quả” giữa tính đa dạng và tính ổn định của quần xã. Iu. Odum đã nói về điều này rất rõ : “Cần phải quyết định xem tính đa dạng là “gia vị” của cuộc sống hay nó là nhân tố cần thiết cho cuộc sống lâu dài của mọi hệ sinh thái, trong đó có con người và tự nhiên”.

7.5. TÍNH ỔN ĐỊNH VÀ ĐỘ PHỨC TẠP TRONG CÁC MÔ HÌNH SINH THÁI

Quan niệm “đa dạng theo loài” có liên quan mật thiết với khái niệm tính phức tạp của quần xã sinh học. Người ta coi những quần xã có cấu trúc phức tạp hơn sẽ ổn định hơn. Có một loại lí lẽ ủng hộ luận điểm này, những lí lẽ đó được củng cố bằng các quan sát trên các hệ sinh thái thực tế. Ví dụ, các

hệ thống trong phòng thí nghiệm chỉ gồm hai loài “thú dữ – mồi” dường như không ổn định ; sự bùng nổ số lượng sâu bọ có hại mang đặc tính hệ sinh thái nông nghiệp hơn đặc tính hệ sinh thái, hơn nữa tác hại của chúng mạnh mẽ hơn trong điều kiện gieo trồng độc canh. Trái lại, các quần xã rừng nhiệt đới có nhiều loài và nhiều mối liên hệ giữa các loài đã tỏ rõ sự hoạt động hoàn toàn ổn định: sự bùng nổ về số lượng không xảy ra, sự dao động về số lượng yếu hơn nhiều so với những vùng rừng cận Bắc Cực là những rừng kém đa dạng hơn và số lượng tương đối lớn. Người ta cho rằng hệ sinh thái có cấu trúc phức tạp có thể chống lại các nhân tố nhiễu loạn của môi trường cũng như những dao động ngẫu nhiên về số lượng của một số loài. Còn các hệ số cấu trúc đơn giản hơn, chẳng hạn các quần xã động vật cận Bắc Cực thường có dao động mạnh về số lượng và không có khả năng làm tắt tác động nhiễu.

Tuy nhiên, trong thực tế mỗi luận chứng và quan sát như vậy có thể giải thích dưới khía cạnh khác, không mâu thuẫn với khái niệm tính phức tạp của hệ thống sinh thái. Tính cân bằng mạnh của các hệ sinh thái tự nhiên so với các hệ sinh thái nông nghiệp có thể giải thích được bằng lí lẽ sau. Các loài tạo thành hệ sinh thái tự nhiên đã trải qua giai đoạn đồng tiến hoá dài, còn tính cân bằng mạnh của các quần xã rừng nhiệt đới so với các quần xã vùng cận Bắc Cực là do ảnh hưởng của cân bằng các dao động dữ dội về các điều kiện khí hậu gây nên.

Chúng ta nhận thấy rằng tất cả những lập luận đó đều hoàn toàn không dựa trên một định nghĩa chặt chẽ về khái niệm tính phức tạp của hệ sinh thái và định nghĩa độ phức tạp mà chỉ dựa trên những ý niệm trực quan cho rằng sự gia tăng các tham số của hệ sinh thái cũng như số loài trong vùng nhiệt đới, số các quan hệ liên loài, sức mạnh (hay cường độ) của các mối quan hệ đó là tương ứng với mức độ phức tạp lớn của cấu trúc. Tuy không có một định nghĩa hình thức về độ phức tạp của các hệ sinh thái, ví dụ tương tự như định nghĩa tính ổn định thông qua sự ổn định của trạng thái cân bằng trong các mô hình tương ứng, nhưng các tham số trên của hệ sinh thái đã tham gia vào hệ thống các phương trình mô hình dưới hình thức rõ ràng đã cho ta khả năng xét tác động của các tham số đó tới sự ổn định của mô hình. Như vậy, việc giải quyết vấn đề nói trên được chuyển sang lĩnh vực các mô hình toán học của động học hệ sinh thái, trong lĩnh vực này, vấn đề quan hệ giữa tính ổn định và tính phức tạp có tên gọi “tính phức tạp đối lập tính ổn định”.

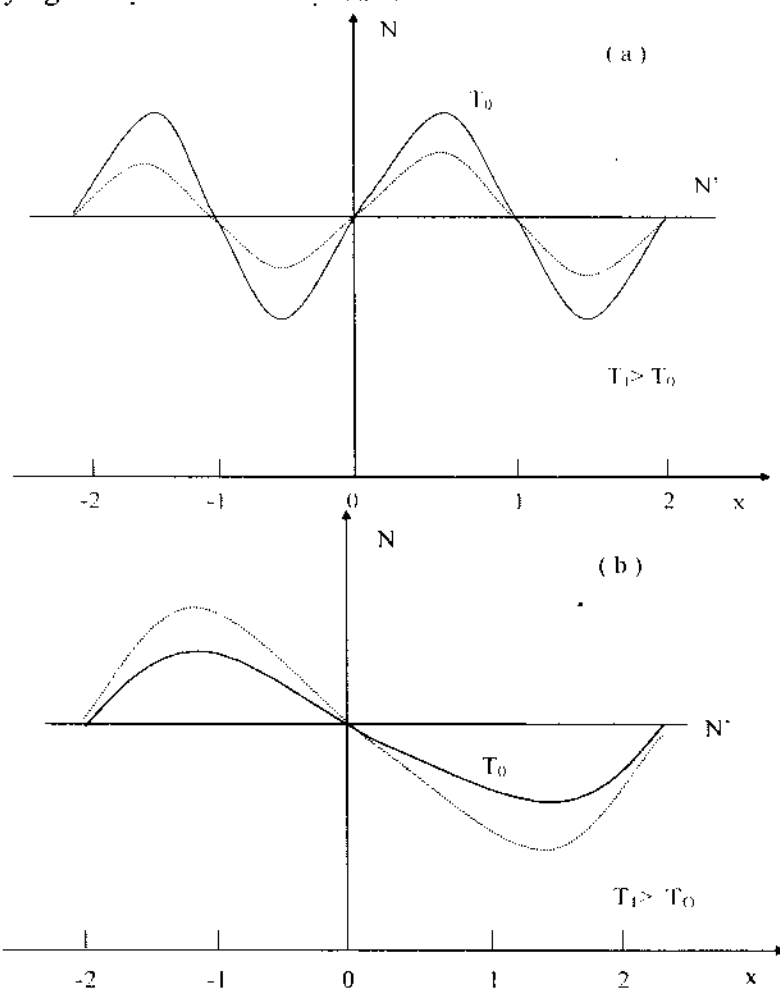
Một khối lượng lớn các công trình nghiên cứu đã xét tới vấn đề đó nhưng rất mâu thuẫn với nhau. Hiện nay, chỉ có một điều rõ ràng: trong khuôn khổ các mô hình toán học, việc tìm kiếm một mối liên hệ đơn nhất giữa tính phức tạp và tính ổn định là điều vô ích. Mối quan hệ đó được xác định bởi các đặc điểm cụ thể của hệ thống sinh thái được xét và bởi đặc trưng của cách đặt vấn đề nghiên cứu theo phương diện toán học.

7.6. SỰ PHÂN BỐ CỦA CÁC HỆ SINH THÁI TRONG KHÔNG GIAN

Cho đến nay chúng ta đã xét các quần xã (các hệ sinh thái) trong đó không có cơ chế nào có tác động đến sự dịch chuyển trong không gian của các cá thể trong quần thể và quần xã, ví dụ như sự di cư. Mặc dù vậy, ta biết rằng bất kỳ quần thể nào cũng được đặc trưng bởi miền phân bố không gian của mình, nghĩa là khoảng diện tích mà quần thể chiếm chỗ. Các cá thể trong quần thể di chuyển trên diện tích đó; đó là sự di chuyển của thú dữ trong việc kiếm mồi, sự di chuyển ngẫu nhiên tìm nguồn dự trữ và sự cố gắng chiếm khu “nghèo sinh thái” riêng. Phương thức di chuyển phổ biến nhất của cá thể là đi lang thang; điều đó rất giống hiện tượng khuếch tán trong hệ vật lý. Vì vậy, khi mô tả các hệ thống sinh thái phân bố trong không gian, người ta thường sử dụng các phương trình tương tự với các phương trình khuếch tán trong vật lý. Tuy nhiên, các hệ số khuếch tán không còn đóng vai trò quyết định mà đại lượng được gọi là bán kính hoạt động tích cực của từng cá thể có vai trò quan trọng. Ưu điểm chủ yếu nhất của đại lượng đó là ở chỗ có thể đo được đại lượng đó về mặt thực nghiệm. Thông thường bán kính hoạt động tích cực của từng cá thể thuộc loài thứ i nào đó (p_i) là ước lượng trung bình bình phương của khoảng cách mà mỗi cá thể thuộc loài đó có thể dịch chuyển trong một đơn vị thời gian (người ta thường hay tính đối với một thế hệ. Tuy nhiên, trong các quần xã gồm các loài khác nhau và tất nhiên các loài đó lại có tuổi thọ khác nhau, người ta chọn một đơn vị nào đó làm đơn vị thời gian).

Trạng thái cân bằng cơ bản nhất là hy vọng nhất (theo quan điểm lành mạnh) là trạng thái cân bằng thuần nhất trong toàn bộ không gian, nghĩa là số lượng cân bằng của các loài trong quần xã là như nhau tại mọi điểm của không gian. Ta hãy đặt vấn đề khi nào thì sự cân bằng thuần nhất theo không gian nhỏ sẽ là sự cân bằng ổn định? Trong bất kỳ trường hợp nào, khi nói về sự ổn định, ta cần phải xác định rõ ràng rằng trạng thái đó ổn định theo loại nhiễu nào? Ở đây chúng ta chỉ xét một loại nhiễu: nhiễu tuần hoàn theo

không gian với bước sóng k và ứng với chu kỳ không gian bằng : $L = 2\pi/k$.
 Đường như khi tồn tại giá trị k_{th} với $k < k_{th}$ ($L > L_{th}$), biên độ của nhiễu đó sẽ
 tắt dần theo thời gian là hoàn toàn có thể ; lúc bấy giờ xuất hiện một hiện
 tượng đặc sắc được gọi là hiện tượng không ổn định khuếch tán. Song thậm
 chí trong trường hợp xuất hiện hiện tượng không ổn định khuếch tán, các
 nhiễu loạn với bước sóng $k > k_{th}$ ($L < L_{th}$) sẽ bị dập tắt do quá trình khuếch
 tán. Rõ ràng rằng quá trình khuếch tán “dập tắt” các nhiễu loạn không gian
 có chu kỳ ngắn một cách hữu hiệu nhất.



Hình 7.1. Khái niệm về khuếch tán không ổn định : N^* : Số lượng cân bằng thuần nhất theo không gian, để làm ví dụ, ở đây lấy $N^* > L_{th} = 2\pi/k_{th} = 3$.

a) Chu kỳ nhiễu không gian $L = 2$ vì $L < L_{th}$ nhiễu sẽ bị dập tắt.

b) Chu kỳ nhiễu không gian $L = 4$ vì $L > L_{th}$, biên độ nhiễu tiến triển.

Như đã biết, có thể biểu diễn một nhiễu loạn ngẫu nhiên bất kì dưới dạng kết quả chập của nhiễu tuần hoàn có phổ chu kỳ rộng. Tất nhiên, trong tự nhiên ta thường gặp các nhiễu loạn ngẫu nhiên. Khi đó hệ sinh thái phân bố trong không gian với tính cân bằng không ổn định cục bộ sẽ trở thành bộ lọc đặc sắc ; nó chỉ chọn và làm mạnh các nhiễu loạn không gian có quy mô lớn trong số các nhiễu loạn không gian ngẫu nhiên có phổ rộng. Hiển nhiên rằng quá trình này (sự chọn lọc nhiễu có quy mô lớn) có thể xem như giai đoạn khởi đầu (hoặc cơ chế khởi động đặc sắc) của việc hình thành các phân bố không đồng nhất trong không gian. Liệu điều đó có dẫn đến việc xuất hiện trạng thái ổn định không đồng nhất trong không gian của cấu trúc hay không ? Không nên nói quá sớm điều này. Song để xuất hiện các cấu trúc đó (được gọi là các cấu trúc tản mát), dường như cần có một cơ chế khuếch tán không ổn định, đó là điều không còn phải bàn cãi.

Trong tự nhiên tồn tại những cấu trúc sinh thái tản mát như thế, các nhà Sinh thái học đã quan tâm tới những cấu trúc đó từ lâu. Chúng ta đã biết một sự kiện thú vị : dường như trong khu phân bố thuần nhất, nơi không có gì gây trở ngại cho việc di chuyển của các cá thể và không có điểm “hấp dẫn” (nguồn dự trữ dồi dào hay điều kiện môi trường tốt hơn), các cá thể phân bố vẫn không đều ; bên cạnh những miền có mật độ dân cư dày là những miền hầu như hoang vắng. Bề mặt “lốm đốm” đặc thù của khu phân bố tương ứng với cấu trúc sinh thái tản mát. Tại sao lại xuất hiện phân bố đó và do cơ chế nào ? Những câu hỏi đó làm nảy sinh một vấn đề gọi là vấn đề “lốm đốm”. Người ta thường lấy các vết thực vật phù sinh trên bề mặt đại dương làm ví dụ cho cấu trúc này.

Khi mô hình hoá toán học các hệ thống đó, người ta xét một khu phân bố hữu hạn. Trên biên của khu phân bố này người ta đặt các điều kiện gọi là “điều kiện không xâm nhập”, nghĩa là xem như các cá thể không thể di cư qua ranh giới của khu phân bố. Nếu bán kính hoạt động tích cực của từng cá thể không phụ thuộc vào số lượng cá thể và nền khu phân bố có hình dạng tương đối đơn giản (ví dụ một hình lồi bất kỳ như hình tròn, elip, hình chữ nhật), thì trong những quần thể cô lập không thể xuất hiện phân bố tập trung và không thuần nhất theo không gian. Vì vậy, mọi thử nghiệm tiếp theo nhằm thu được các cấu trúc tản mát trong các mô hình sinh thái đều phát triển theo hai hướng. Hướng thứ nhất : mô hình quần xã phân bố theo không gian gồm hai quần thể tác động tương hỗ lẫn nhau kiểu “thú dữ – mồi” hoặc

“dự trữ – tiêu thụ” ; hướng nghiên cứu thứ hai : áp dụng mối liên hệ phụ thuộc của các đặc trưng di cư vào mật độ của quần thể.

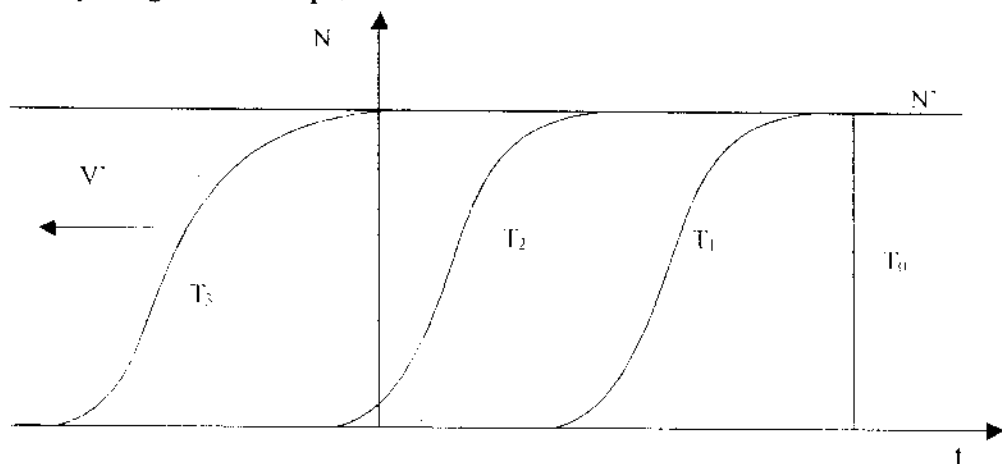
Hãy xét hướng thứ nhất một cách chi tiết hơn. Nếu lấy một mô hình Volterra cổ điển kiểu “thú dữ – mồi” làm một mô hình cục bộ thì ta không thể nhận được một cấu trúc tản mát nào. Nhưng tình hình sẽ thay đổi cơ bản nếu ta giả thiết rằng trong quần thể mồi, quy luật gia tăng số lượng trong điều kiện không có thú dữ sẽ khác với quy luật Maltus (quy luật hàm mũ). Hơn thế nữa, số lượng mồi (khi hệ số tử vong thấp) sẽ tăng nhanh hơn quy luật hàm mũ. Và thêm một điều kiện nữa: bán kính hoạt động tích cực của từng cá thể săn mồi lớn hơn rất nhiều so với bán kính hoạt động tích cực của mồi, nghĩa là vật săn mồi di chuyển nhiều hơn so với mồi. Trường hợp này, hệ thống ở trong trạng thái không ổn định cục bộ, nghĩa là tại mỗi thời điểm của không gian, trạng thái cân bằng là không ổn định, song việc di chuyển trong không gian của các cá thể lại dẫn tới kết quả: từ rất nhiều trạng thái cân bằng không ổn định cục bộ xuất hiện cấu trúc ổn định và không thuần nhất trong không gian (trên khu vực phân bố thuần nhất).

Hãy xét một mô hình đơn giản nhất của hệ thống phân bố trong không gian. Quần xã cô lập có số lượng $N(x, t)$ sống trong khu vực phân bố một chiều và vô hạn, nghĩa là khu vực phân bố là một đường thẳng. Tất nhiên đây là một sự trừu tượng hoá, song nó không làm thay đổi bản chất của vấn đề. Ta thấy rằng (đã nhắc tới vấn đề này ở trên), với hầu hết mọi định luật phát triển có ý nghĩa thực tế (trừ tính ngoại lai kém tin tưởng), có thể chứng minh được nhận định sau : trong hệ thống đó không tồn tại cấu trúc tản mát, nghĩa là sự cân bằng ổn định duy nhất sẽ là sự cân bằng thuần nhất theo khu vực phân bố $N^* = \text{const}$.

Tuy nhiên, ở đây có thể tồn tại nhiều cấu trúc ổn định khác có dạng sóng chạy. Hãy xét tình huống sau :

Giả sử rằng tại thời điểm ban đầu t_0 tại một điểm nào đó ở bên phải xuất hiện sự đột biến số lượng bằng $N^* > 0$ (hình 7.2). Đột biến này sẽ dẫn rộng theo thời gian và trong khu phân bố từ phải sang trái sẽ xuất hiện sóng số lượng. Trước hay sau sẽ hình thành mặt đầu sóng ổn định di chuyển về phía trái với tốc độ v^* ; tốc độ đó phụ thuộc cả vào bán kính hoạt động tích cực của từng cá thể và vào tham số Maltus của quần thể, nghĩa là vào chỉ số mũ trong sự tăng theo hàm mũ của quần thể khi không có sự cạnh tranh trong

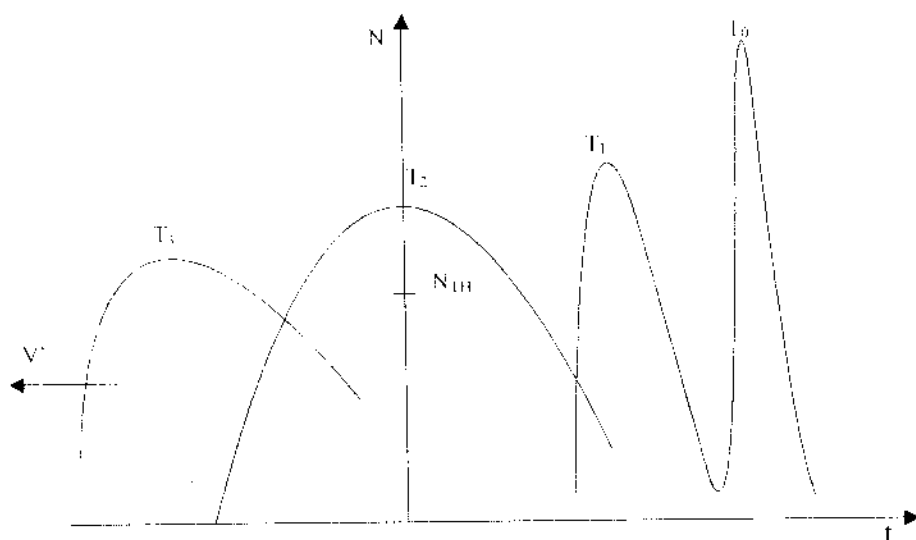
loài và không có các nhân tố khác hạn chế sự tăng của quần thể. Nếu tham số này bằng α thì $v^* = p\sqrt{\alpha}$.



Hình 7.2. Sự lan rộng của sóng quần thể chạy $t_3 > t_2 > t_1 > t_0$.

Dĩ nhiên mô hình này mô tả một cách định tính nhiều tình huống có thể của sự xuất hiện các sóng quần thể. Tuy nhiên, trong đó có một giả thiết không rõ ràng về tính không đổi của dòng dự trữ vào hệ thống. Vì vậy, để mô tả một cách hiện thực hơn (ví dụ, sự lan rộng của các sâu bọ có hại cho rừng hoặc nông nghiệp) cần phải tính đến các tác động tương hỗ kiểu “dự trữ -- tiêu dùng”.

Trong ví dụ về sinh vật làm hại rừng thì rừng được coi là nguồn “dự trữ” không chuyển động, còn nguồn tiêu thụ chuyển động được là các sâu bọ, côn trùng có hại. Ta hãy xét ví dụ này một cách chi tiết hơn. Giả sử rằng mật độ dự trữ ban đầu R_0 không đổi trong toàn khu vực phân bố và tại một điểm cục bộ nào đó của không gian xảy ra sự đột biến số lượng sâu bọ có hại (hình 7.3), trong khi ở phần lãnh thổ còn lại $N_0 \ll R_0$. Lúc bấy giờ nếu $V(R_0) > m/k$, trong đó $V(R_0)$ là hàm sinh dương của loại côn trùng có hại, m là hệ số tử vong của chúng, k là hiệu quả biến đổi dự trữ thành sinh khối của sâu bọ, thì trên toàn bộ khu vực phân bố sẽ xuất hiện sóng số lượng. Trường hợp này, đương nhiên, ta xem rừng là nguồn dự trữ không phục hồi được, lúc bấy giờ sóng sẽ là sóng đơn với giá trị cực đại được biểu lộ rõ rệt (xem hình 7.1). Tốc độ giới hạn của sóng bằng $v^* = \sqrt{p(kV(R_0) - m)}$, tức là môi trường càng giàu thì sóng xuất hiện càng nhanh.



Hình 7.3 . Sóng trong hệ thống “dự trữ – tiêu dùng” : $T_3 > T_2 > T_1 > T_0$

Nếu $V(R_0) < m/k$ thì sóng không xuất hiện và đột biến xuất hiện cục bộ sẽ bị dập tắt.

Bức tranh sẽ phức tạp hơn rất nhiều trong trường hợp không thể bỏ qua tốc độ đổi mới của nguồn dự trữ. Lúc này sẽ không chỉ xuất hiện sóng đơn mà cả một chùm sóng, nghĩa là cấu trúc chu kì theo không gian sẽ lan truyền từ trung tâm đột biến với một tốc độ nhất định.

Và cuối cùng, những bức tranh sinh động nhất về sự lan truyền của các sóng quần thể xuất hiện khi ta xét một phân bố dự trữ hai chiều không thuần nhất trong không gian. Các mặt đầu sóng sẽ xuất hiện với các tốc độ khác nhau theo nhiều hướng khác nhau vì có tính đến sự dị hướng không gian của nguồn dự trữ. Các mặt đầu sóng bị biến dạng và phá vỡ, lúc đó sẽ xuất hiện những nguồn sóng mới. Đây là vấn đề lớn và hấp dẫn phải trao đổi và thảo luận riêng.

Trong phần này chúng tôi đã cố gắng nêu lên bức tranh cho biết các mô hình toán học giúp đỡ chúng ta giải quyết các vấn đề sinh thái học lí thuyết như thế nào. Tất nhiên, chúng tôi không thể thu tóm toàn bộ các phương pháp hiện có và đề cập tới mọi dạng mô hình. Như vậy chỉ có thể đề cập thoáng qua các mô hình mô phỏng hệ sinh thái, các mô hình đó ngày càng được ứng dụng rộng rãi để giải quyết các vấn đề điều khiển các đối tượng sinh thái cụ thể. Chúng tôi đã cố gắng minh họa rằng, một mặt, các vấn đề sinh thái là nguồn cung cấp phong phú các vấn đề toán học mới ; mặt khác,

việc nghiên cứu mô hình bằng các công cụ toán học như phân tích tính ổn định của hệ thống các phương trình vi phân hoặc mô phỏng thực hiện với mô hình máy phức tạp cho phép ta xây dựng những giả thiết cơ bản về đặc thù của quần thể, của quần xã sinh học, của hệ sinh thái được mô hình hoá.

Như chúng ta đã nhấn mạnh nhiều lần, vấn đề kiểm tra các giả thiết này thuộc lĩnh vực thực tiễn sinh thái học.

7.7. MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ ÁP DỤNG TIẾN BỘ KHOA HỌC KỸ THUẬT

Có thể nghiên cứu lịch sử xã hội loài người trong các hình ảnh thu nhỏ khác nhau. Một trong số đó là tiến bộ về kỹ thuật. Con người không chỉ luôn luôn cố gắng đạt được những mục đích của mình ; hơn thế nữa, con người cố gắng đạt được mục đích với sức lực tối thiểu. Tất cả bắt đầu từ những máy móc đơn giản nhất : dòng dọc, đòn bẩy, sau đó năng lượng của gió và thủy năng được dùng để phục vụ con người và sau nữa là than, dầu và hạt nhân nguyên tử. Mơ ước giảm nhẹ lao động của con người đã làm nảy sinh niềm khát khao kiến thức, sự cần thiết phải có những kiến thức mới, vì chỉ những kiến thức mới mới tạo được khả năng giảm nhẹ lao động để đạt được mục đích. Đến lượt mình, những kiến thức mới lại làm nảy sinh những mục tiêu mới.

Như vậy, ta thấy rằng tồn tại một dây chuyền biện chứng vô hạn : Sự xuất hiện kiến thức mới, sự nảy sinh những khả năng mới, sự thay đổi mục đích, sự xuất hiện những khó khăn mới và việc giải quyết hoàn toàn bất ngờ những “mâu thuẫn không thể giải quyết được” bằng thiên tài của con người, phát minh ra kỹ thuật mới hoặc nguồn tài nguyên mới. Dây chuyền này sẽ dẫn tới đâu ai biết ? Tôi không muốn kêu gọi sự giúp đỡ của những nhà tiên tri. Song không thể coi thường vai trò của khoa học trong việc phân tích những quỹ đạo phát triển có thể xảy ra.

Không nên sử dụng những mô hình không có yếu tố dự báo những tiến bộ khoa học kỹ thuật trong việc đánh giá sự tiến hoá của xã hội trong khoảng thời gian dài. Thực vậy, đã nhiều lần chúng ta nói đến sự tiêu hao dần các tài nguyên trên Trái Đất và điều đó không phải là không có cơ sở. Chẳng hạn, nếu giữ nguyên nhịp độ khai thác trữ lượng dầu lửa ở những nơi dễ khai thác như nhịp độ hiện nay thì chỉ vào khoảng giữa thế kỷ sau mọi trữ lượng dầu lửa trên thế giới sẽ thực sự bị cạn kiệt. Tuy vậy, vẫn còn rất nhiều mỏ đá dầu, những loại đá đó hút dầu tương tự như bọt biển. Và trữ lượng dầu của những mỏ đá dầu đó lớn hơn rất nhiều lần so với số lượng dầu mà nền công nghệ dầu ngày nay của Trái Đất có thể khai thác được. Nếu trong

tương lai chúng ta có thể chế biến để dùng được loại dầu này thì sao ? Và nếu chúng ta tìm được phương pháp tách urani từ nước và đưa vào sử dụng trong các lò phản ứng hạt nhân... Cảnh tượng lúc đó sẽ thay đổi. Lúc đó, chiến lược hành động của loài người sẽ hoàn toàn đổi khác.

Vì vậy, tuy không phải là nhà tiên tri song chúng ta phải làm thế nào để đưa vào mô hình một nhân tố có ý nghĩa mới mà chúng ta còn hiểu biết rất ít về nó ? Trả lời câu hỏi này tất nhiên không đơn giản. Để trả lời được câu hỏi đó đòi hỏi sự nỗ lực đáng kể của các nhà nghiên cứu.

Song vấn đề đó không hẳn bị quan đến mức như thoát đầu tưởng. Có hai điểm đáng lưu ý, xuất phát từ hai điểm đó ta có thể xây dựng được một hệ thống mô hình hợp lý.

Điểm thứ nhất là điều mà chúng ta đã đề cập tới ở phần trên. Nhờ tiến bộ khoa học kỹ thuật, con người ngày càng đạt được mục đích của mình một cách dễ dàng hơn. Nếu nói tới hoạt động sản xuất của con người, một hoạt động cải tạo chính của con người thì tiến bộ khoa học kỹ thuật có tác dụng nâng cao hiệu quả sản xuất và trước hết là nâng cao hiệu quả của vốn đầu tư. Việc phân tích hiệu quả của vốn đầu tư về thực chất là hoạt động truyền thống của nhà kinh tế và việc phân tích đó có thể cho ta những số liệu quan trọng.

Hiện nay đã có những phương pháp mô tả các quá trình kinh tế trong đó có tính đến tiến bộ khoa học kỹ thuật. Ta hãy xét những điều đơn giản nhất.

Trong một nền kinh tế phát triển, lực lượng sản xuất về thực tế chỉ phụ thuộc vào khối lượng vốn đầu tư. Trong điều kiện đó có thể đặc trưng hàm sản xuất với độ chính xác khá cao, bằng biểu thức dạng :

$$P = \gamma F^2$$

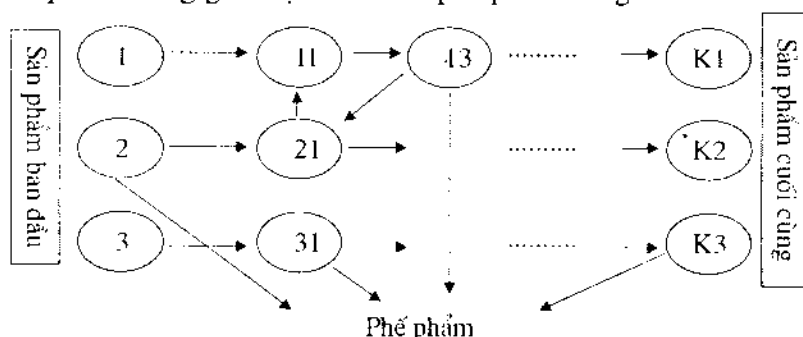
Trong đó : P là lượng sản phẩm, F là vốn đầu tư. Ta hãy tạm gọi γ là cường độ vốn đầu tư. Tất nhiên, chưa hẳn đã có thể hoạch định những phát minh làm thay đổi hẳn bản chất của công nghệ sản xuất, đồng thời làm tăng thực sự hệ số γ trong vốn đầu tư. Song những phát minh như thế thường rất hiếm. Còn tiêu biểu hơn là việc hoàn thiện nền công nghệ hiện có nhưng điều này lại không gây nên sự thay đổi hàm sản xuất.

Điểm thứ hai là điều mà ta đã đề cập trên, thì lại có bản chất phức tạp hơn. Trong phạm vi hiện nay, việc hoạch định công tác nghiên cứu khoa học thực sự rất khó khăn. Hôm nay, ngày mai và rất có thể mãi mãi về sau chúng ta cũng không thể dự đoán trước được sự xuất hiện những nguyên lý mới.

Chúng ta không thể hoạch định được sự xuất hiện của thuyết tương đối. Ngày nay, chúng ta không thể hoạch định được thời gian xây dựng các nguyên lý và thực hiện các quá trình ổn định của plasma nhiệt độ cao, hay thời hạn xây dựng một lý thuyết trường một cách thống nhất. Song những đặc trưng toàn thể của tiến bộ khoa học kỹ thuật dễ chấp nhận hơn trong việc phân tích. Hiện nay chúng ta đã biết rằng hiệu suất của công tác tìm kiếm khoa học phụ thuộc trực tiếp vào vốn đầu tư cho khoa học. Sự kiện này phù hợp với các phân tích thống kê và có thể đánh giá được rằng tỷ lệ sản phẩm cuối cùng dành cho công tác nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ gắn liền với nhịp tăng của hiệu quả vốn đầu tư.

Như vậy, hiệu quả vốn đầu tư nhất thiết phải là một trong những pha quan trọng nhất. Hơn thế nữa, cần phải đưa vào mô hình phần sản phẩm cuối cùng dành cho công tác nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ dưới dạng một phần đương nhiên của biểu thức. Để đạt được điều đó trước hết cần phải xác định được sự phụ thuộc của lượng sản phẩm cuối cùng vào lượng vốn đầu tư, độ hiệu quả của chúng và của các nhân tố sản xuất khác, nghĩa là phải đưa được một dạng hàm sản xuất đặc biệt.

Vấn đề tính toán tiến bộ khoa học kỹ thuật có liên quan mật thiết với vấn đề đánh giá sự ô nhiễm và lượng phế thải. Ta hãy giải thích một số điểm minh họa trên lượng đồ (hình 7.4). Hình 7.4 biểu diễn lượng đồ giả định của mối liên hệ công nghệ giữa tài nguyên ban đầu và sản phẩm cuối cùng. Các mũi tên biểu diễn hướng đi của các dòng trong gia công tài nguyên ban đầu và các sản phẩm trung gian. Ta thấy rằng phần sản phẩm trung gian ở các giai đoạn sau của sự cải biến tài nguyên xuất phát có thể lại được sử dụng trong các giai đoạn gia công đó. Như vậy, đồ thị nhận được đứt khoát phải có chu trình. Hơn nữa, chu trình càng lớn thì công nghệ càng hoàn thiện và lượng sản phẩm trung gian bị thải thành phế phẩm càng ít.



Hình 7.4. Lượng đồ giả định các mối liên hệ công nghệ

Đồ thị nhận được rất phù hợp với kết quả phân tích toán học. Nó cho ta những kết quả rất đáng chú ý.

Trong chuyên ngành tối ưu hoá có khái niệm “lược đồ lý tưởng”. Không phải lúc nào chúng ta cũng biết được mọi hạn chế đối với quá trình nào đó. Vì vậy đôi khi rất khó ước lược kết quả cuối cùng của quá trình này. Song nếu giả thiết rằng không tồn tại những hạn chế đó ta có thể xác định được “kết thúc tối ưu” và các khả năng giới hạn của quá trình. Đó là tư tưởng được áp dụng khi xét lược đồ mô tả trên hình 7.4.

Ta sẽ giả thiết không có bất kỳ hạn chế nào, kể cả những hạn chế kinh tế, hạn chế vận tải, ảnh hưởng tới sự thực hiện tuyệt đối và đầy đủ của lược đồ. Khi đó, nếu biết được kết quả dự báo nhu cầu tiêu thụ, khối lượng và danh mục sản phẩm cuối cùng, ta có thể dự tính được khối lượng nguyên liệu cần khai thác để gia công và khối lượng phế phẩm. Những đại lượng này sẽ không chỉ phụ thuộc vào khối lượng và danh mục sản phẩm cuối cùng mà còn phụ thuộc vào trình độ của công nghệ. Trình độ của công nghệ càng cao thì tài nguyên và các sản phẩm trung gian càng được sử dụng tốt hơn, khối lượng phế phẩm và nguyên liệu cần thiết để sản xuất càng ít. Ngày nay, người ta đã nói và viết rất nhiều về những nền công nghệ khép kín, xem đây như một phương sách chống lại tốc độ ô nhiễm môi trường ngày càng tăng. Tất nhiên, nền công nghệ khép kín (hay như người ta thường gọi một cách không đúng lắm là nền công nghệ không có phế thải) là cần thiết. Không có chúng, chúng ta không thể tránh khỏi tình trạng khủng hoảng sinh thái. Song kết quả phân tích cho thấy thậm chí ngay cả nền công nghệ khép kín cũng không giải quyết được vấn đề. Không cần đến toán học kết quả cũng rất rõ ràng: Những khả năng của nguồn tài nguyên trên Trái Đất chỉ ở mức nếu muốn sản xuất được một khối lượng sản phẩm cuối cùng cho trước với những mặt hàng cho trước, chúng ta không thể tránh khỏi lượng phế thải, phế phẩm nhất định và lượng phế phẩm đó rất đáng kể. Chẳng hạn, khi khai thác muối kali một loại muối rất cần cho trồng trọt, chúng ta phải tách ra một lượng muối ăn lớn gấp nhiều lần nhu cầu sử dụng của con người, kể cả việc dùng muối ăn để dọn tuyết và băng khỏi các đường giao thông.

Nếu khối lượng và danh mục các sản phẩm được sản xuất không thật sự thay đổi thì hiển nhiên rất khó xác định được sự cân bằng cần thiết giữa tài nguyên được sử dụng và khối lượng sản phẩm được sản xuất và mối quan hệ có thể chấp nhận được giữa các đại lượng đó và khối lượng phế phẩm.

Như vậy, cần phải thay đổi một cách căn bản nhu cầu tiêu thụ của con người. Đó là một trong những kết quả đầu tiên của phân tích quá trình tổng thể.

Để minh hoạ điều đã nói trên ta có thể dẫn ra đánh giá như sau. Theo các số liệu khác nhau, lượng phế thải sẽ tăng gấp đôi sau 15 năm (theo một số tài liệu khác là sau 12 năm) việc áp dụng nền công nghệ không có phế thải hay chính xác hơn, nền công nghệ lý tưởng có thể kéo dài thời hạn này tới 20 – 25 năm, trong trường hợp tốt cùng có thể đến 30 năm. Song quá trình không thay đổi về mặt bản chất ; Sinh quyển dần dần trở thành môi trường nhân tạo gồm những căn bã, phế thải của mọi hoạt động của con người. Tới đây nên dẫn ra câu nói nổi tiếng của V.I.Vernadski: “Không một sinh vật nào có thể tồn tại trong môi trường gồm những căn bã của riêng mình”.

Xem xét một số mô hình thế giới về động học hệ thống của Forrester và những người kế tục ông, ta thấy được một loạt tình trạng còn đang phải bàn cãi. Việc xác định khuynh hướng và chính xác hoá chúng đòi hỏi phải soạn thảo một hệ thống mô hình hoàn toàn mới về bản chất và dựa trên những nguyên lý phương pháp luận khác hẳn.

7.8. MÔ HÌNH TOÁN HỌC VỚI MỘT SỐ ĐẶC TRƯNG CỦA SINH QUYỂN

Các quá trình có đặc trưng tổng thể diễn biến trong sinh quyển được V.I Vernadski nghiên cứu đầu tiên (cũng như ông là người đầu tiên sử dụng danh từ “sinh quyển”), hơn thế nữa ông không chỉ quan tâm tới khuôn khổ vũ trụ của thời gian. Nói một cách khác, ông quan tâm đến những khuôn khổ thời gian đặc trưng cho sự thay đổi các tham số của toàn bộ sinh quyển. Các công trình nghiên cứu trong lĩnh vực mô hình hoá tổng thể và được thực hiện trong những năm 70 chủ yếu hướng vào việc nghiên cứu các quá trình có khuôn khổ thời gian đặc trưng hoàn toàn khác.

Một trong những đặc điểm cơ bản của giai đoạn phát triển của nền văn minh nhân loại ngày nay là sự tiếp cận đến các khuôn khổ thời gian đó. Đó cũng là lý do buộc chúng ta phải xem xét và đánh giá nội dung của nhiều khẳng định dưới một khía cạnh khác.

Hàng loạt các tác giả đã báo động loài người về khả năng của những kết cục tai biến trong quá trình phát triển hiện nay của xã hội loài người. Và các tác giả của những công trình đó thấy mối nguy hiểm chính là nhịp độ phát triển vô hạn của dân số và của vốn. Thực vậy, tốc độ phát triển không giới hạn của dân số và tốc độ tăng tới mức không điều khiển nổi của vốn đầu tư

chứa đựng sự nguy hại lớn lao cho nhân loại tương lai. Hơn thế nữa, chỉ cần nhịp độ tăng và đặc trưng phát triển của xã hội loài người giữ nguyên thời, thì chúng ta đã đặt loài người đứng trước khó khăn đi liền chúng trong một tương lai không xa.

Nhưng tôi cũng đã từng hướng sự chú ý của bạn đọc tới tốc độ tăng theo hàm mũ của dân số ; cũng rất có thể nhịp tăng này không phải là điều tất yếu không tránh khỏi. Chắc chắn rằng nhịp phát triển của văn hoá chung và sự bảo đảm của cuộc sống sẽ làm giảm thực sự nhịp độ sinh sản và một cơ cấu xã hội hoàn thiện hơn cũng có thể kiểm soát được quá trình nhân khẩu.

Những kết quả này rất quan trọng vì chúng chỉ ra những mấu chốt cần thiết trong việc diễn đạt hàng loạt vấn đề xã hội. Còn về vấn đề vốn đầu tư thì sao ? Rất có thể nhịp tăng của chúng, khi được đảm bảo theo những nghiên cứu khoa học thích hợp để thay đổi cấu trúc của vốn và công nghệ theo hướng cần thiết, không những không phải là điều tai biến mà còn là lối thoát hợp lý duy nhất ra khỏi những tình huống khó khăn đang đợi sẵn ở thế kỷ này.

Nói một cách khác, mặc dầu chính tiến bộ khoa học kỹ thuật là nguồn gốc của mọi khó khăn cơ bản của sinh thái nảy sinh trên chặng đường phát triển của nền văn minh, song không thể tìm được cách giải quyết nếu không dựa vào sự phát triển tiếp theo của tiến bộ khoa học kỹ thuật. Phép biện chứng là như vậy.

Mặc dầu những kết quả nghiên cứu trong những năm 70 về các quá trình tổng thể là rất quan trọng, song chúng không thể là xuất phát điểm trong việc kế hoạch hoá những cố gắng tập thể trong công tác nghiên cứu. Theo tôi, những nỗ lực đồng thời đó cần phải có ngay từ hôm nay.

Thực vậy, sức mạnh của văn minh có thể đẩy nhanh diễn biến của mọi quá trình vũ trụ tới mức chính sự thay đổi của các tham số của sinh quyển sẽ tác động quyết định tới số phận của toàn thể loài người.

Tôi cho rằng hiện nay sự nỗ lực của các nhà nghiên cứu trước hết cần phải tập trung vào việc phân tích những tình thế tới hạn và phát hiện những tình thế đó. Khi nói đến những tình thế tới hạn, tôi ngụ ý nói về những quá trình không ổn định, những quá trình mà mỗi sự thay đổi nhỏ những đặc trưng của chúng có thể có những hậu quả không thể đảo ngược được. Những ví dụ như thế rất nhiều. Chẳng hạn, việc tạo thành những lớp mỏng với độ dày đo bằng micrômet trên bề mặt đại dương sẽ làm thay đổi sự trao đổi nhiệt giữa đại dương và khí quyển và ngay lập tức, chỉ trong vài năm sẽ huỷ

hoại điều kiện khí hậu trên hành tinh chúng ta. Hoặc hiện tượng xuất hiện trong tầng bình lưu vài chục nghìn tấn khí có chứa SO và SO₂... cũng sẽ dẫn đến những hậu quả tương tự. Vì vậy cần phải hướng sự nỗ lực quốc tế của các nhà nghiên cứu vào việc nghiên cứu những tình thế tới hạn tương tự.

Khuyênh hướng đó đòi hỏi sự phát triển những hướng mới trong nghiên cứu thực nghiệm và đặt ra những bài toán không tiêu chuẩn mới cho các nhà lý thuyết.

Ta sẽ xét nội dung vấn đề này qua ví dụ sau đây : Giả sử ta muốn nghiên cứu đời sống của một quần thể nào đó, chẳng hạn quần thể sâu bọ hay một hệ thống rừng thuần chủng. Ta ký hiệu số cá thể (hay sinh khối) có tuổi t trong thời điểm t là $x(t, \tau)$. Tốc độ biến đổi của đại lượng này là :

$$\frac{dx}{dt} + \frac{dx}{d\tau} \quad (1)$$

Tốc độ đó sẽ được xác định bằng số lượng các cá thể bị tiêu diệt:

$$\frac{dx}{dt} + \frac{dx}{d\tau} = -k(x, t, \tau)x \quad (2)$$

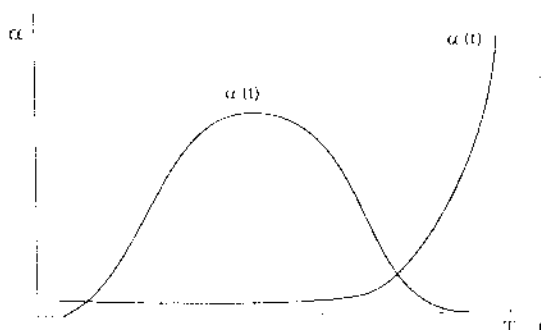
Hệ số k gọi là hệ số tử. Hệ số đó phụ thuộc vào hệ số tử vong tự nhiên d và những cá thể cạnh tranh trong quần thể :

$$k(x, t, \tau) = a(t, \tau) + \int_0^T b(t, \tau, S) x(t, S) dS. \quad (3)$$

Cần phải thêm vào phương trình (2) phương trình sinh sản:

$$x(t, 0) = \int_0^T \alpha(t, S) x(S) dS. \quad (4)$$

Ở đây T ký hiệu độ tuổi giới hạn, α là hệ số sinh. Các hệ số a và α có dạng như biểu diễn trên hình 7.5.



Hình 7.5. Hệ số sinh và hệ số tử vong

Để nghiên cứu đời sống của quần thể ta cần cho thêm điều kiện ban đầu.

$$x(0, \tau) = \varphi(\tau) \quad (5)$$

Trong đó $\varphi(\tau)$ là phân bố ban đầu của quần thể theo độ tuổi. Hệ phương trình và điều kiện (2) – (5) chính là mô hình của một lớp rộng rãi các bài toán về quần thể khác nhau.

Như sau này sẽ thấy, đối với chúng ta việc nghiên cứu trạng thái tĩnh có ý nghĩa đặc biệt. Ta sẽ nhận được phương trình của trạng thái tĩnh từ hệ thống trên nếu giả thiết mọi hệ số và biến số x không phụ thuộc t :

$$\frac{dx}{d\tau} = -(a(\tau) + \int_0^T b(\tau, S) \times (S) dS) \times (\tau) \quad (6)$$

$$x(0) = \int_0^T \alpha(S) \times (S) dS.$$

Trước hết, ta nhận thấy hệ (6) luôn luôn có một nghiệm đương nhiên $x = 0$. Nếu được điều kiện bên ngoài không làm thay đổi các đặc trưng sinh đẻ và tử vong và nếu tại thời điểm ban đầu $x = 0$, thì tại mọi thời điểm tiếp theo $x = 0$. Điều kiện này chính là tính chất cơ bản của các quá trình sinh học : sinh vật sống chỉ có thể sinh ra từ sinh vật sống. Tuy nhiên, hệ (6) không phải chỉ có một nghiệm đương nhiên. Với những điều kiện đã biết, hệ (6) có thể có nghiệm khác.

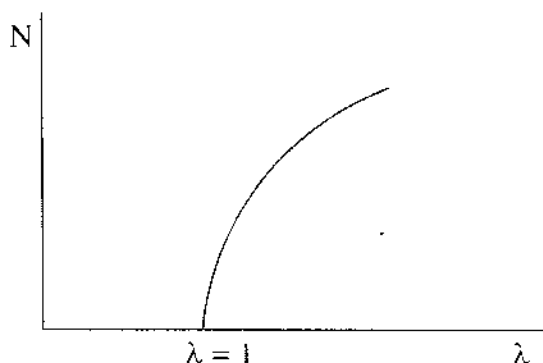
Hệ (6) có tính chất đáng lưu ý. Để giải thích rõ ràng tính chất đó, ta hãy đưa vào đại lượng sau đây được gọi là tiềm năng sinh học của quần thể :

Tiềm năng sinh học càng lớn thì hệ số sinh $\alpha(S)$ càng lớn và hệ số tử vong tự nhiên $\alpha(\tau)$ càng bé.

Như vậy, nếu $\lambda < 1$ thì hệ (6) chỉ có nghiệm đương nhiên và nghiệm đó là ổn định. Nếu $\lambda > 1$ thì hệ nói trên có hai nghiệm : nghiệm đương nhiên và nghiệm khác $x^*(\tau)$. Nghiệm khác đó chính là phân bố tập trung của quần thể theo độ tuổi và đó là nghiệm ổn định. Còn khi $\lambda > 1$ thì nghiệm đương nhiên là nghiệm không ổn định. Ta hãy ký hiệu số lượng tổng cộng của quần thể là $N(\lambda)$:

$$N(\lambda) = \int_0^T x(\tau) d\tau$$

Sự phụ thuộc của số lượng vào tiềm năng sinh học λ trong những điều kiện dùng được mô tả trên hình 7.6

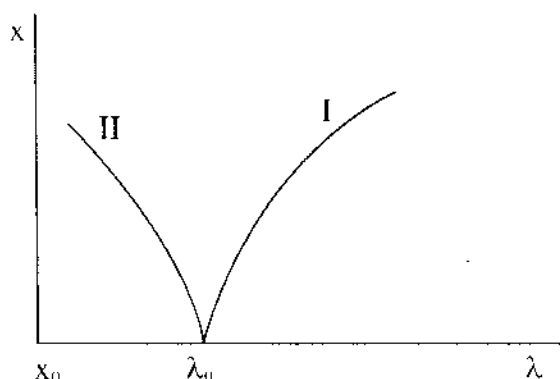


Hình 7.6. Sự phụ thuộc của số lượng quần thể vào tiềm năng sinh học

Bây giờ ta sẽ giải thích nội dung của kết quả này. Giả sử $\lambda < 1$, tức tiềm năng sinh học tương đối bé. Khi đó việc không tồn tại nghiệm tĩnh ổn định có nghĩa rằng với mọi phân bố ban đầu theo độ tuổi, tức là với mọi hàm $\varphi(\tau)$, số phận của quần thể đã được quyết định : quần thể sẽ bị diệt vong.

Số $\lambda = 1$ cũng là một giá trị tới hạn của tham số mà ta quan tâm tới. Ta hãy giả thiết rằng do tác động của những nguyên nhân bên ngoài nào đó mà tiềm năng sinh học nhỏ hơn 1. Lúc bấy giờ tai hoạ sẽ không tránh khỏi mặc dầu hiện nay trạng thái của quần thể hoàn toàn yên ổn. Tất nhiên, tình huống thực tế phức tạp hơn nhiều so với những điều ta mô tả. Song ý nghĩa vẫn không thay đổi. Sự thay đổi không đáng kể của một đặc trưng nào đó có thể xảy ra ngay từ đầu quá trình không thuận nghịch. Đó là lý do tại sao việc hiểu biết những giá trị tới hạn của các tham số của môi trường lại rất quan trọng đối với thực tiễn.

Đối với những trường hợp phức tạp hơn thì đặc trưng của những biến động có thể phức tạp hơn rất nhiều. Ví dụ, hình 7.7 mô tả một trong những khả năng đó. Điểm $\lambda = \lambda_0$ là điểm khủng hoảng (gọi là tai biến theo thuật ngữ của Thomas, gọi là biến dị theo Poinca-ré hoặc đơn giản hơn gọi là điểm phân nhánh). Giả sử rằng chế độ tĩnh, ổn định trong trường hợp $\lambda > \lambda_0$ là chế độ I, khi $\lambda < \lambda_0$ là chế độ II. Hiện nay nhân loại chưa đủ khả năng làm thay đổi sinh quyển về mặt định tính. Song điều nguy hiểm chưa phải ở đấy. Nếu ta làm thay đổi một tham số nào đó của sinh quyển đi chút ít, ta đã có thể đưa sinh quyển vào một trạng thái tĩnh mới mà những điều kiện của trạng thái đó không đảm bảo sự tồn tại của con người. Trong trạng thái cân bằng mới có thể con người không còn chỗ đứng nữa.



Hình 7.7. Các dạng phân nhánh của chế độ tĩnh

Đó chính là lý do giải thích tại sao vấn đề phát triển tổng thể cần phải được xem xét một cách rộng rãi hơn rất nhiều so với những gì mà các công trình đã xét tới. Cần phải xét sinh quyển một cách tổng thể và nhân loại cần phải được xem như một bộ phận cấu thành tích cực của nó, bộ phận đó chỉ có thể tồn tại như một phần tử của sinh quyển.

Sinh quyển là một khái niệm rất rộng rãi, đó là môi trường của cuộc sống. Sinh quyển bao gồm cả khí quyển, các đại dương, thế giới sinh vật như là thành phần sống của sinh quyển, nhân loại như là một bộ phận của thế giới sinh vật và khí hậu như là tập hợp các đặc trưng thống kê của sinh quyển... tất cả mọi thành phần đó có quan hệ chặt chẽ với nhau và ở mọi nơi đều có thể có các tình huống tới hạn. Sinh quyển là một đối tượng động học. Nó nảy sinh đồng thời với sự xuất hiện của cuộc sống. Sức mạnh năng lượng của nó tăng lên cùng với sự phát triển của cuộc sống và cũng rất có thể hiện nay chúng ta đang ở trong giai đoạn đầu của buổi hoàng hôn của sinh quyển.

Chúng ta có thể thấy rằng trong số các loại “khủng hoảng” như khủng hoảng năng lượng, nước, ôxy... có hai loại khủng hoảng thực sự, hai loại khủng hoảng này có ý nghĩa hết sức đặc biệt đối với chúng ta. Trước mắt, con người phải nghiên cứu những khả năng của chúng. Đó là những tình huống tới hạn xuất hiện trong vấn đề ổn định của thế giới sinh vật và trong những vấn đề nghiên cứu tác động của con người tới khí hậu.

CHƯƠNG VIII

MÔ HÌNH SINH THÁI

8.1. HỆ THỐNG “THÚ DỮ – MÔI” TRONG MÔI TRƯỜNG NGẪU NHIÊN

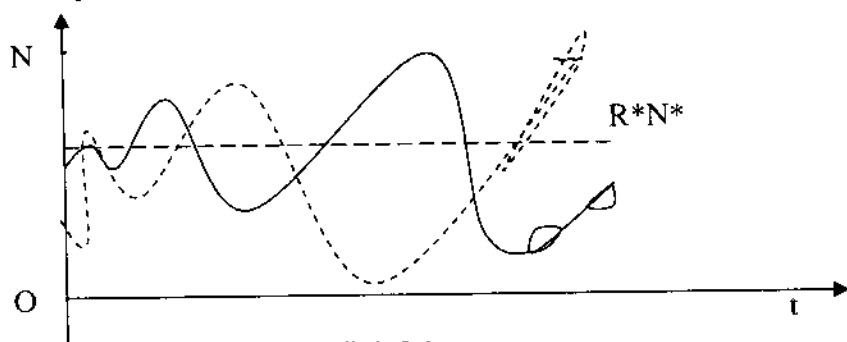
Cho đến nay chúng ta mới chỉ xét trường hợp môi trường ngoài của hệ thống không đổi hoặc thay đổi rất chậm. Vì vậy, hệ thống kịp thiết lập trạng thái cân bằng. Điều gì sẽ xảy ra với hệ thống nếu môi trường có tính chất ngẫu nhiên và thay đổi tương đối nhanh ? Thêm vào đó, sự thay đổi này nhanh hơn so với thời gian sống đặc trưng của các cá thể trong quần thể. Chẳng hạn, sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa đối với các loài có thời gian sống đặc trưng là một mùa, một năm và lâu hơn sẽ đóng vai trò như là các tác động ngẫu nhiên thay đổi nhanh.

Có thể lấy nhiều ví dụ khác về điều kiện biến động của môi trường, nhưng cuối cùng các biến động đó đều ảnh hưởng đến động học về số lượng, vì thế số lượng sẽ dao động một cách ngẫu nhiên. Mô tả toán học tình huống này sẽ được biểu diễn thông qua các tham số của mô hình (hệ số sinh, hệ số tử vong...) dưới dạng tổng của hai thành phần, một thành phần sẽ biến một đặc trưng trung bình, còn thành phần thứ hai biểu diễn các thay đổi ngẫu nhiên xung quanh giá trị trung bình đó. Để mô tả bản thân các thay đổi (các thay đổi này có thể phụ thuộc vào thời gian và số lượng) chúng ta sẽ sử dụng mô hình toán học khá quen thuộc, đó là mô hình biến động.

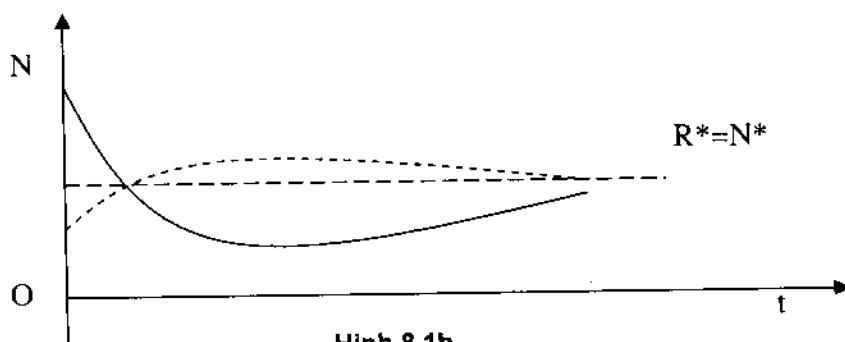
Điều gì sẽ xảy ra với hệ thống “thú dữ – môi” trong môi trường ngẫu nhiên đó ? Có khả năng là ngoài các thay đổi thông thường về số lượng xung quanh giá trị trung bình, các tác động ngẫu nhiên còn có thể dẫn đến sự thoái hoá (huỷ diệt) của quần thể và dẫn đến giai đoạn chuyển tiếp giữa các trạng thái ổn định khác nhau.

Thường hay gặp hệ thống “thú dữ – môi” có hàm sinh dương loại 2, tức là hệ thống có những vật săn mồi “thông minh”. Như chúng ta đã thấy ở môi trường không đổi, trong hệ thống có thể xuất hiện cả trạng thái cân bằng, cả dao động dừng (dao động dừng được gọi là chu trình giới hạn). Hơn nữa có thể có một hay nhiều chu trình đó. Trong trường hợp có nhiều chu trình giới hạn, các trạng thái ổn định xuất hiện xen kẽ với các trạng thái không ổn định, phụ thuộc vào mức độ tự thích nghi của vật săn mồi và khi chuyển sang mỗi trạng thái hệ thống sẽ dừng lại ở đó rất lâu. Còn trong môi trường

ngẫu nhiên, về nguyên tắc, thời gian dừng ở một trạng thái là hữu hạn và hệ thống sẽ chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác.



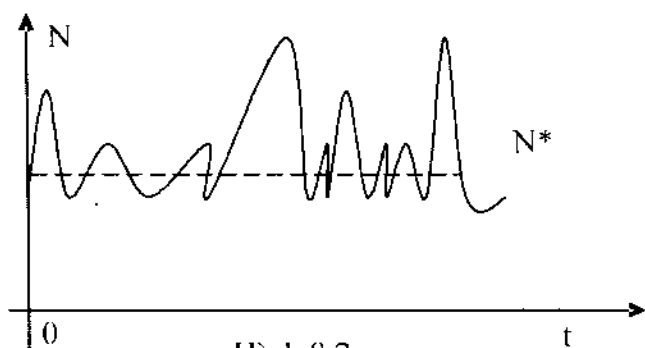
Hình 8.1a



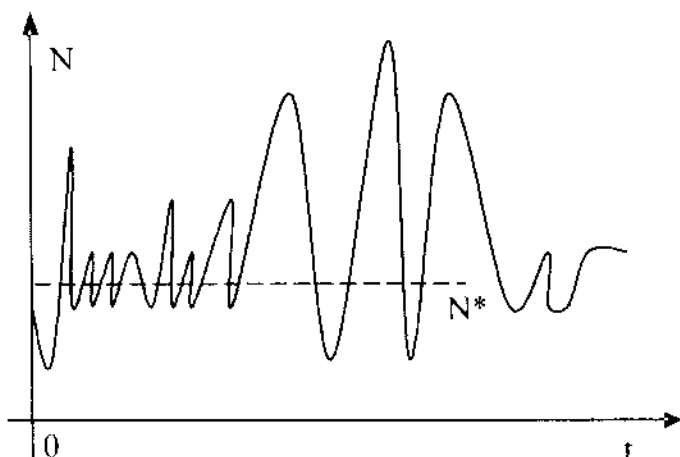
Hình 8.1b

Hình 8.1 Động học về số lượng của thú dữ và con mồi

Nếu như bây giờ ta xét động học về số lượng vật săn mồi trong môi trường ngẫu nhiên với các mức độ tự thích nghi khác nhau, ta sẽ thấy rằng khi β lớn (trong môi trường đơn định, trường hợp này được mô tả trên hình 8.1b), số vật săn mồi sẽ dao động xung quanh giá trị N^* nào đó ứng với trạng thái cân bằng của hệ thống trong môi trường đơn định, (hình 8.2a). Động học về dao động của quần thể mồi cũng có tính chất tương tự, vì thế ta không mô tả trên hình vẽ. Khi β giảm, trong môi trường đơn định xuất hiện các dao động dừng ổn định (hình 8.1a) ; những nhiễu loạn ngẫu nhiên sẽ phá vỡ chế độ này. Nhưng thay vào đó sẽ xuất hiện hai chế độ ổn định mới (dao động với biên độ lớn và nhỏ), hơn nữa hệ thống sẽ “nhảy” một cách ngẫu nhiên từ chế độ này sang chế độ khác và ngược lại (hình 8.2b).



Hình 8.2a



Hình 8.2b

Hình 8.2. Động học về số lượng vật sản mỗi trong môi trường ngẫu nhiên

a) Mức độ thích nghi cao ; b) Mức độ thích nghi vừa

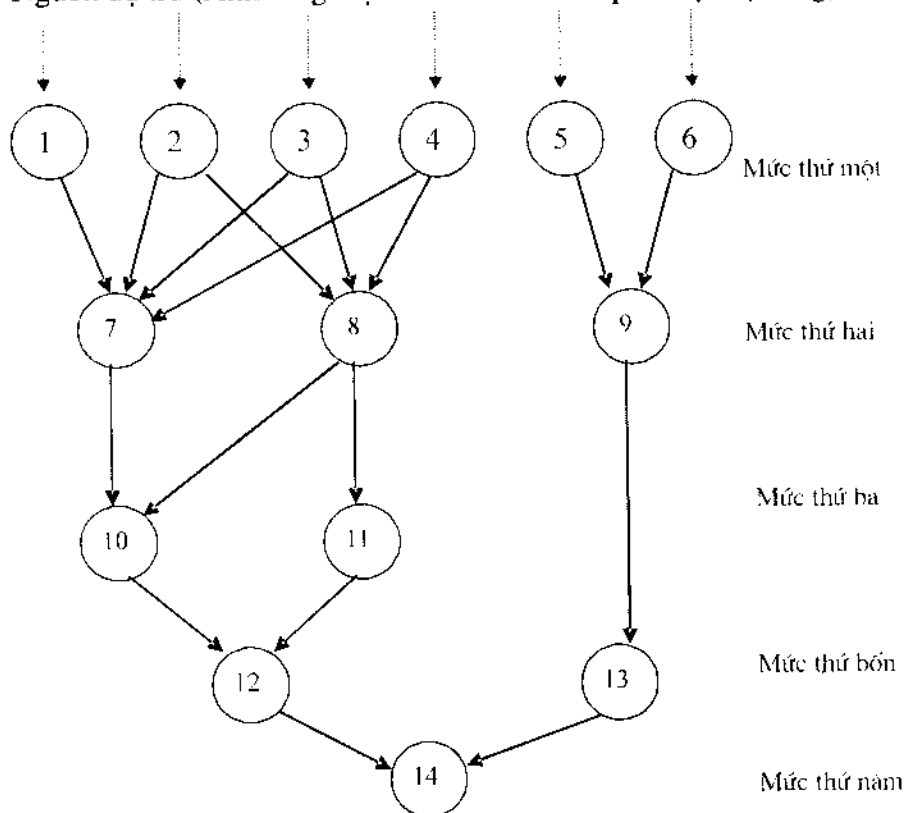
Qua những ví dụ trên cho thấy, ngay cả hệ thống cực kì đơn giản như hệ thống “thú dữ – mồi”, trong môi trường ngẫu nhiên có thể xuất hiện những hành vi rất phức tạp và không tài nào đoán biết trước một cách trực quan.

8.2. ĐỒ HÌNH, MẠNG VÀ MẠCH SINH DƯỠNG

Cho đến nay chúng ta chỉ xét các hệ thống gồm hai loại quần thể. Trong thực tế, các hệ sinh thái thường bao gồm hàng chục, nếu không là hàng trăm, quần thể tương tác lẫn nhau. Bước tự nhiên đầu tiên trong việc mô tả các hệ thống đó là xây dựng đồ hình sinh dưỡng (hoặc các mạng sinh dưỡng) của hệ. Đồ hình sinh dưỡng là một đồ hình có hướng mỗi đỉnh của đồ hình ứng với một loài trong hệ thống sinh thái, còn các cung định hướng nối các loài với nhau nếu loài này là thức ăn của loài kia, nghĩa là cung định hướng cho ta biết đường chuyển động vật chất (hay năng lượng) trong hệ thống sinh

thái. Hình 8.3 minh họa sơ đồ sinh dưỡng cho một phần hệ thống sinh thái của hồ. Rõ ràng là trong cấu trúc này các mức sinh dưỡng được phân chia một cách tự nhiên thành nhóm các loài, giữa các nhóm đó không thể có mối liên hệ sinh dưỡng trực tiếp.

Nguồn dự trữ (Ánh sáng mặt trời và các thành phần tạo sự sống)

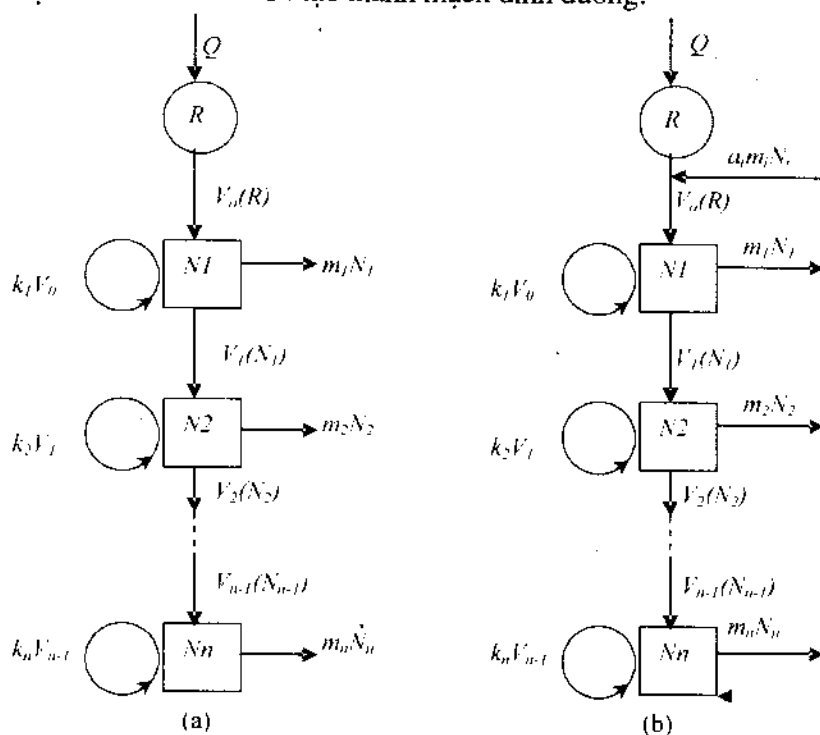


Hình 8.3. Sơ đồ sinh dưỡng của hệ thống sinh thái ao hồ

1 – 4. Tảo lục ; Tảo lam và tảo silic ; 5 – 6. Tảo lục ; 7 – 9. Động vật phù du ; 10 – 11. Động vật phù sinh sản mỗi ; 12. Cá ăn động vật phù sinh sản mỗi ; 13. Cá ăn động vật phù sinh ăn thực vật ; 14. Chim săn mỗi.

Trên hình vẽ, các loài 1 – 6 tạo thành mức sinh dưỡng thứ nhất, các loài 7–9 thiết lập mức thứ hai, các loài 10–11 tạo thành mức thứ ba... Các loài trong một mức sinh dưỡng hoặc ở trong trạng thái cạnh tranh nguồn môi hoặc tạo thành khối liên minh trong việc sử dụng nguồn dự trữ. Hiển nhiên, mạng sinh dưỡng chỉ có thể phản ánh tác động qua lại giữa các loài có mức sinh dưỡng khác nhau, tức là tương quan dạng “thú dữ – mồi” (hoặc “kí sinh – chủ”. Nhưng

các mạng này không cho biết tác động qua lại các loài ở cùng một mức. Giờ đây, hãy khoan xét tương tác giữa các loài ở một mức sinh dưỡng mà chỉ xét cấu trúc, trong đó các loài kế nhau tạo thành cặp “thú dữ – mồi”. Chúng được gọi là mạch sinh dưỡng. Ví dụ, trên hình 8.4, các loài kế tiếp $1 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow 12 \rightarrow 14$ hoặc $6 \rightarrow 9 \rightarrow 13 \rightarrow 14$ tạo thành mạch dinh dưỡng.



Hình 8.4. Sơ đồ các mạch sinh dưỡng
a) Mạch kín ; b) Mạch hở

Nếu bây giờ ta gộp tất cả các loài thuộc cùng một mức vào một “giả loài” hoặc tách ra một mạch có ưu thế từ nhiều mạch có thể, theo mạch này dòng vật chất lớn hơn các dòng ở các mạch khác, thì cấu trúc sinh dưỡng của tổ hợp quần xã này sẽ được mô tả bởi một mạch dinh dưỡng, trong đó tại mỗi mức chỉ có một loài hay một “giả loài”. Mạch có thể hở hoặc kín (hình 8.4). Vấn đề là ở chỗ nếu chúng ta cụ thể hoá khái niệm nguồn dự trữ thì chẳng hạn đối với ánh sáng mặt trời, hệ sinh thái là hệ hở, còn đối với các thành phần tạo sự sống (cacbon, đạm, photpho) thì hệ sinh thái là hệ kín từng phần theo các hoạt động được gọi là hoạt động phân rã (vi sinh vật, nấm, giun) ; những hoạt động đó phân rã các cơ thể chết thành các thành phần khác làm thức ăn cho mức sinh dưỡng thứ nhất.

Ở đây Q là dòng dự trữ đưa vào hệ, R là nguồn dự trữ, N_i ($i = 1, 2, \dots, n$) là số lượng loài thứ i ; m_i – hệ số tử vong tự nhiên; k_i – hiệu suất biến đổi sinh khối loài thứ $(i - 1)$ thành sinh khối loài thứ i ; $V_i(N_i)$ – hàm sinh dưỡng của loài thứ $(i - 1)$ đối với loài thứ i . Các hệ số $a_i = (a_i \leq 1)$ là tỉ lệ dự trữ được khôi phục bằng loài phân rã chứa trong sinh khối đã chết của loài thứ i . Hiển nhiên các hệ số này đặc trưng cho mức độ khép kín của mạch sinh dưỡng.

Như vậy, sơ đồ biểu diễn đường chuyển động vật chất qua hệ sinh thái. Đầu tiên nguồn dự trữ bên ngoài xâm nhập vào hệ sinh thái. Nguồn dự trữ này có thể được hoặc không được tích lũy lại ở đó nhưng các loài ở mức sinh dưỡng thứ nhất nhất thiết phải sử dụng nó. Mức thứ nhất này tiêu thụ môi với tốc độ riêng $V_0(R)$. Phần thứ k_1 của nguồn dự trữ thức ăn đã tiêu thụ được dùng để tạo nên sinh khối của những loài ở mức thứ nhất, một phần chuyển thành cơ thể chết (với tốc độ $m_1 N_1$). Các cơ thể chết này (không nhất thiết toàn bộ) có thể lại chuyển thành nguồn dự trữ và phần còn lại tự phân huỷ, không thu hồi được. Nhưng sinh khối mức thứ nhất lại trở thành nguồn dự trữ cho các loài ở mức thứ hai. Ở mức này quá trình lại xảy ra hoàn toàn giống như ở mức trước đó: sinh khối N_1 bị mức thứ hai tiêu thụ với tốc độ riêng $V_1(N_1)$, phần thứ k_2 được phân rã tạo nên sinh khối của loài tiêu thụ nó...

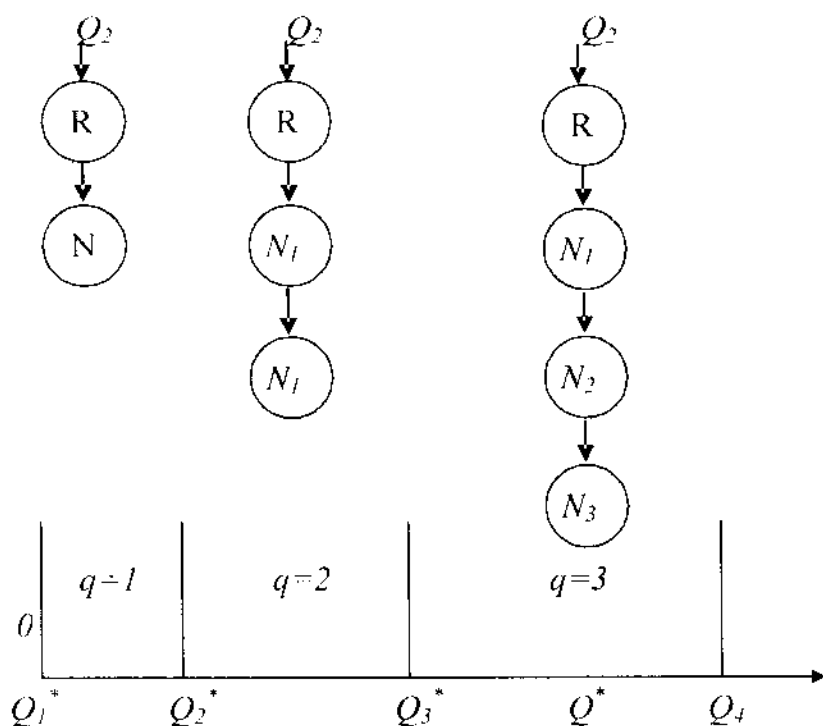
Theo sơ đồ trên ta có thể dễ dàng thiết lập phương trình cân bằng chất mô tả định luật bảo toàn. Nếu cho trước dạng cụ thể của hàm sinh dưỡng ta sẽ nhận được mô hình toán học của hệ sinh thái kiểu mạch sinh dưỡng.

8.3. CÁC TÍNH CHẤT CỦA MẠCH SINH DƯỠNG

Mạch sinh dưỡng có nhiều tính chất lý thú và bất ngờ. Chúng ta hãy bắt đầu từ chỗ bất kỳ hệ sinh thái nào cũng là hệ mở theo nghĩa nó có khả năng, một cách thực tế, đưa vào trong nó chất liệu giống bất kỳ, phối thai và các cơ thể nhập cư ngẫu nhiên. Vì vậy, về nguyên tắc, số mức sinh dưỡng (loài) trong hệ sinh thái có thể ở mức lớn nhất có thể có (n). Nhưng số này có thể nhỏ hơn n . Vì vậy, trạng thái cân bằng ổn định có số lượng của q loài đầu tiên ($1 \leq q \leq n$) khác 0, còn số lượng của các loài tiếp theo bằng 0 được gọi là mạch sinh dưỡng có độ dài q . Rõ ràng là không thể xảy ra tình huống số lượng cân bằng của một loài đứng trước nào đó bằng 0, còn của loài tiếp theo lại khác 0.

Nếu bây giờ xét trục Q , tức là một đường thẳng trên đó ta đặt các giá trị tốc độ xuất hiện nguồn dự trữ (hình 8.5) thì toàn bộ trục được phân chia (bởi

các số $Q^*_1, Q^*_2, \dots$) thành dãy các đoạn không giao nhau. Ví dụ, nếu giá trị Q nằm giữa các số Q^*_1 và Q^*_2 thì với tốc độ xuất hiện nguồn dự trữ bên ngoài có thể tồn tại mạch sinh dưỡng có chiều dài 1, còn nếu Q nằm ở giữa Q^*_2 và Q^*_3 thì có mạch sinh dưỡng có chiều dài 2... Xuất hiện hiện tượng độc đáo : “lượng tử hoá” nguồn dự trữ bên ngoài. Điều này dẫn đến cái gì ? Ta có thể thấy trong ví dụ sau đây.



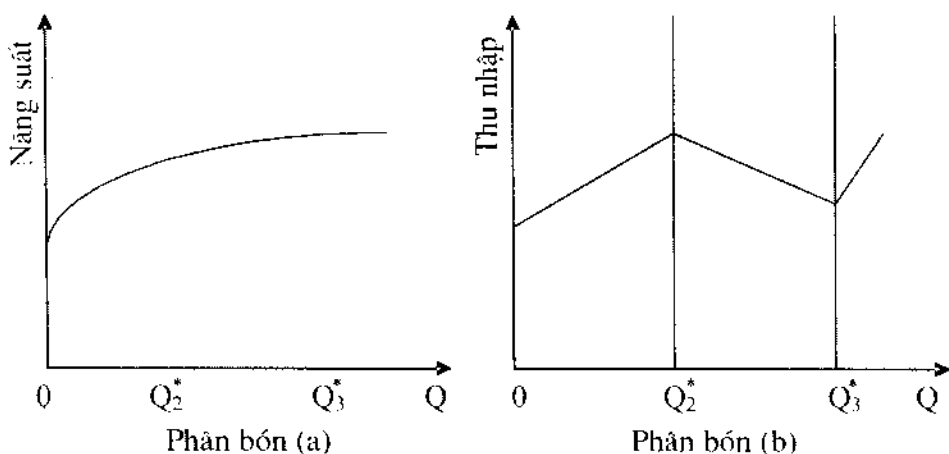
Hình 8.5. Mối liên hệ giữa tốc độ nhập nguồn dự trữ bên ngoài và chiều dài mạch dinh dưỡng

Giả thiết rằng giá trị dòng Q sao cho chỉ có thể tồn tại một mạch sinh dưỡng độ dài 3 (để cụ thể hơn, hãy xét hệ thống sinh thái của đầm hồ, khi đó mạch này có thể là thực vật phù sinh – động vật phù sinh – cá ăn động vật phù sinh). Và bây giờ ta muốn nuôi trong hồ này các loài cá dữ chuyên ăn cá, ăn động vật phù sinh, nghĩa là làm tăng chiều dài mạch dinh dưỡng. Suy ra từ trên, dự án này chắc chắn thất bại – loại đưa vào sẽ không định hình được trong hệ sinh thái đó. Cần phải làm gì để đảm bảo sự thành công của dự án ? Câu trả lời thật đơn giản ; cần tăng Q (ví dụ, nếu ta xem thức ăn khoáng là nguồn dự trữ thì chỉ cần đưa thêm phân khoáng vào hồ hay đầm).

Nhưng không phải khi nào tăng Q ta cũng đạt được kết quả mong muốn. Để đạt được điều đó, giá trị mới của Q phải lớn hơn Q^*_4 .

Một ví dụ khác : Giả sử chúng ta có một hệ sinh thái gồm 5 mức sinh dưỡng (đó có thể là hệ sinh thái biển : thực vật phù sinh – động vật phù sinh – cá ăn động vật phù sinh – cá dữ – các động vật và chim biển ăn các loài cá đó). Cần phải khai thác hệ sinh thái này sao cho từ đó ta có thể thu hồi lại phần sinh khối của động vật phù sinh (ví dụ như dạng huệ biển). Tuy nhiên, lúc ấy phải có điều kiện cần thiết : hệ sinh thái cần phải được bảo vệ. Phần sinh khối của mức thứ hai có thể thu hồi lại mà không phá vỡ hệ sinh thái, nghĩa là không làm giảm chiều dài mạch sinh dưỡng được không ? Câu trả lời khá đơn giản. Vấn đề là ở chỗ các số $Q^*_2, Q^*_3, \dots$ phụ thuộc vào các tham số k_i, m_i và các tham số của hàm sinh dưỡng V_i . Mặt khác, một cách đơn giản có thể xem phần sinh khối của mức thứ hai có thể thu hồi lại như là sự gia tăng tử vong, nghĩa là gia tăng tham số m_2 . Còn khi m_2 tăng, các số Q^*_5 chưa bằng giá trị đã có của dòng dự trữ Q . Kết cục là hệ sinh thái chỉ được bảo toàn trong trường hợp tổng hệ số tử vong tự nhiên và hệ số tử vong do săn mồi nhỏ hơn giá trị tới hạn m^{th}_2 . Những tính toán đối với các hệ sinh thái cụ thể cho thấy rằng các giá trị thu hồi lại không lớn lắm, thường xấp xỉ 20% sinh khối cân bằng của mức.

Cuối cùng, ví dụ thứ 3 : Hãy xét một hệ nông sinh thái gồm các sản phẩm nông nghiệp (lúa mì, bông...) quan trọng đối với cuộc sống của chúng ta, các loài có hại cho nông nghiệp, ăn và phá các sản phẩm trên (sâu, bướm hại bông...) và gồm các loại kí sinh hoặc thú dữ của các loài có hại (ví dụ các loài bay cao khác nhau). Ta hãy xem phân khoáng là nguồn dự trữ được đưa vào hệ nông – sinh thái với tốc độ Q . Sự phụ thuộc thông thường của năng suất vào số lượng phân bón (hoặc tốc độ bón phân Q) đối với những giá trị hợp lý của Q sẽ có dạng như trên hình 8.6 a. Nhưng sự phụ thuộc đó có tính chất thí nghiệm, còn trong điều kiện trên đồng ruộng thực tế nó sẽ có dạng khác. Vấn đề là ở chỗ khi $Q < Q^*$, chỉ có mạch sinh dưỡng có chiều dài 1 là mạch ổn định, nghĩa là trong hệ nông – sinh thái này chỉ có thực vật.



Hình 8.6. a) Sự phụ thuộc của năng suất vào lượng phân bón được sử dụng ;
b) Sự phụ thuộc của thu nhập và lượng phân bón

Tất nhiên cũng có cả sâu bọ và côn trùng nhưng chỉ với số lượng không có ảnh hưởng đến sinh khối của loài có ích. Tăng số lượng phân bón trong khoảng này tất nhiên sẽ dẫn đến sự gia tăng sinh khối của các sản phẩm nông nghiệp và qua đó dẫn đến sự gia tăng thu nhập (hình 8.6b). Nhưng quá trình này không thể kéo dài được. Ngay sau khi $Q > Q^*_2$, trong hệ nông sinh thái lập tức xuất hiện mạch sinh dưỡng chiều dài 2 ; thực vật – sâu bọ côn trùng có hại. Nếu Q tiếp tục tăng (tăng lượng phân bón), sinh khối có lợi sẽ không tiếp tục tăng mà dẫn đến sự tăng nhanh số lượng các loài có hại. Lúc bấy giờ thu hoạch lập tức giảm xuống. Dường như lượng phân bón tăng thêm không chỉ được phân chia để tăng phần sinh khối của thực vật nông nghiệp ta sẽ thu hoạch (tăng sản lượng) mà còn tăng cả thức ăn cho các loài có hại. Tình hình ấy còn tồn tại cho đến khi nào Q chưa lớn hơn hẳn Q^*_3 . Khi đó, nếu tiếp tục tăng Q , trong hệ nông – sinh thái sẽ xuất hiện số lượng đáng kể các loài sâu bọ có hại và chúng sẽ làm giảm nhịp tăng của quần thể sâu bọ có hại, nghĩa là xuất hiện mạch sinh dưỡng có độ dài 3.

Ví dụ này chứng tỏ một cách rõ ràng rằng quan hệ giữa lượng phân bón và sản lượng thu nhập thực tế không đến mức đơn giản như thoạt tiên có thể thấy. Rõ ràng là hệ nông sinh thái nào cũng là một hệ thống phức tạp và khi phân tích hệ thống cần phải có một số tương đối lớn các mối liên hệ nhân quả.

Điều này có nghĩa rằng tư tưởng tiệm cận hệ thống là cần thiết, còn công cụ chủ yếu của nó là mô hình hoá toán học.

Song ở đây lại nảy sinh vấn đề khác. Cần phải làm gì khi ta cần thu hoạch một sản lượng nhất định và chỉ có thể thu được với lượng phân bón lớn hay sao ? Một câu trả lời : cần phải chuyển ranh giới Q^*_2 về phía có giá trị Q lớn. Như trên đã thấy có thể nhận được hiệu quả đó bằng cách tăng hệ số tử vong ở mức thứ 2, nghĩa là tăng mức tử vong của các loài côn trùng sâu bọ có hại, chẳng hạn bằng cách sử dụng các chất diệt sâu bọ. Câu trả lời thứ hai : cần phải chuyển ranh giới Q^*_3 về phía có giá trị Q nhỏ, nghĩa là làm giảm khoảng $[Q^*_2, Q^*_3]$ như thế nào đó để giá trị Q không rơi vào khoảng đó. Để đạt được điều này cần giảm bớt hệ số tử vong ở mức 3, tức là giảm tỷ lệ tử vong của các loài ăn sâu bọ. Hiển nhiên, chúng ta không thể làm được điều vừa nói. Nhưng từ mô hình suy ra ta có thể nhận được hiệu quả tương ứng với việc giảm hệ số tử vong đó bằng cách tăng số lượng của quần thể loài ăn sâu bọ một cách nhân tạo : nuôi dưỡng chúng trong phòng thí nghiệm hoặc trong các phân xưởng đặc biệt và sau đó thả chúng trở lại đồng ruộng. Đó là phương pháp đấu tranh sinh học với các loài có hại.

Tất nhiên, những điều này đã được biết đến từ trước, nhưng chỉ với sự giúp đỡ của các mô hình toán học, chúng ta mới có thể tính được một cách định lượng các phương án khác nhau trong việc sử dụng các phương pháp đấu tranh bằng hoá học và sinh học để chống các loài có hại cho nông nghiệp và chọn phương án tối ưu nhất theo một tiêu chuẩn nào đó trong số các phương án trên. Một điều khá lí thú là trong đa số các trường hợp, phương án tối ưu là chiến lược hỗn hợp sử dụng đồng thời cả hai phương án hoá học và sinh học.

Các chuyên gia nghiên cứu những vấn đề cụ thể trong việc đấu tranh chống lại loài có hại thường gọi chiến lược hỗn hợp là phương pháp đấu tranh kết hợp. Họ thường kết luận về tính tối ưu của phương án đó thuần túy theo kinh nghiệm.

Tất nhiên, ta có thể tiếp tục xem xét các ví dụ về mạch sinh dưỡng. Nhưng tôi nghĩ rằng các ví dụ trên đã đủ để minh hoạ tầm quan trọng của mô hình toán học và hiểu rõ cơ chế hoạt động của các hệ sinh thái kiểu như trên cũng như minh hoạ cách giải quyết các bài toán thực tế.

8.4. CẠNH TRANH NGUỒN DỰ TRỮ VÀ SỰ NGHÈO SINH THÁI

Ở trên chúng ta đã nói rằng mạng sinh dưỡng (và trong trường riêng là mạch sinh dưỡng) chỉ có thể phản ánh mối tương tác giữa các loài khác nhau có các mức sinh dưỡng khác nhau. Nếu muốn mô tả động học của quần thể

các loài ở cùng một mức sinh dưỡng bằng ngôn ngữ toán học hình thức, ta cần phải làm gì ? Hiển nhiên giữa các loài này không có mối tương tác kiểu “thú dữ – mồi” và như vậy không có dòng năng lượng chuyển thức ăn từ loài này đến loài khác. Nhưng nếu các loài này cạnh tranh cùng một nguồn dự trữ thức ăn thì mức chi phí năng lượng để nhận thức ăn của một loài sẽ phụ thuộc vào số lượng của loài thứ hai và ngược lại. Tức là giữa các loài có mối tác động tương hỗ (gián tiếp) về năng lượng (sự cộng sinh ngược với cạnh tranh, song ở đây ta không xét tới). Để có thể hình thức hoá khái niệm cạnh tranh, ta đưa vào một khái niệm trực quan mới là khái niệm nghèo sinh thái. Về khái niệm này, trong các tài liệu sinh học có nhiều định nghĩa không trùng nhau. Mặc dầu vậy, cơ sở của tất cả các định nghĩa đó là quan niệm về sự nghèo sinh thái như là miền không gian nào đó của các nhân tố môi trường có ý nghĩa quan trọng đối với sự sống (ví dụ như thành phần nước, thức ăn, điều kiện chỗ ở – nhiệt độ, độ ẩm...). Trong miền đó quần thể loài đang xét có thể tồn tại, còn ngoài miền đó thực tế chúng không thể tồn tại. Hiển nhiên, đối với các loài khác nhau, các miền đó có thể giao nhau. Mặt khác, sự hạn chế của nguồn thức ăn dự trữ xác định các giới hạn tự nhiên về số lượng chung của các quần thể sử dụng các điều kiện đó. Nếu nguồn dự trữ được quần thể gồm nhiều loài sử dụng thì mức tăng số lượng mỗi loài càng bị hạn chế hơn. Như vậy, rất tự nhiên là sự giao nhau của nghèo sinh thái sẽ sinh ra cạnh tranh, còn bản thân nghèo sinh thái sẽ xác định vị trí và vai trò của quần thể các loài tương ứng trong quần xã. Ta thử giải thích điều trên qua một ví dụ.

Giả sử rằng trên một miền có hai loài thằn lằn cư trú. Điểm khác biệt của chúng là cấu trúc của hàm miệng : loài thứ nhất có thể ăn sâu bọ có kích thước trung bình x_1^0 , còn loài thứ hai ăn sâu bọ có kích thước trung bình x_2^0 . Tất nhiên bên trong mỗi loài đều có sự khác biệt về kích thước hàm, dẫn đến việc khác biệt về kích thước sâu bọ bị tiêu thụ. Chúng ta mô tả hiện tượng đó bằng các hàm phân bố $f_1(x)$ và $f_2(x)$. Các giá trị cực đại của các hàm đó đạt được tại các điểm x_1^0 và x_2^0 . Ta sẽ đặc trưng các độ phân tán bằng các tham số σ_2 – đó là độ rộng của phân bố.

Một bước tự nhiên trên con đường hình thức hoá là : ta giả thiết kích thước (cỡ) x của thức ăn thay đổi liên tục. Lượng thức ăn đủ để tiêu thụ cỡ x là $K(x)$

Bây giờ ta có thể đưa ra một định nghĩa hình thức cho khái niệm “nghèo sinh thái” : nghèo sinh thái của loài i được cho bởi điểm x_i^0 và hàm $f_i(x)$.

Định nghĩa này có nghĩa là cá thể loài i thích tiêu thụ thức ăn cỡ x^o_i hơn và tiêu thụ thức ăn cỡ nhỏ hơn hay lớn hơn với một xác suất bé hơn. Rõ ràng giá trị σ_i đặc trưng cho chiều rộng của nghèo sinh thái : nghèo sinh thái dạng mũ hẹp có giá trị σ nhỏ, còn dạng mũ rộng ứng với giá trị σ lớn. Bây giờ nếu chúng ta xét hai loài với các nghèo sinh thái $\{f_1, x^o_1\}$ và $\{f_2, x^o_2\}$ thì nghèo sinh thái của chúng có thể giao nhau. Phần giao nghèo sinh thái càng lớn thì sự cạnh tranh càng gay gắt vì cả hai loài cùng sử dụng một nguồn dự trữ là thức ăn cùng cỡ. Vì thế, mức độ giao nhau của nghèo sinh thái sẽ đặc trưng cho cường độ cạnh tranh giữa các quần thể của hai loài đó.

8.5 VẤN ĐỀ NHẬP CỤ LOÀI MỚI VÀO QUẦN XÃ CÁC LOÀI CÙNG MỨC SINH DƯỠNG

Nếu bây giờ xét nguồn dự trữ là không gian sống nào đó (khái niệm này bao gồm tất cả các nhân tố của môi trường có ý nghĩa quan trọng đối với cuộc sống của các cá thể trong quần xã) thì có thể xét $K(x)$ như là thể tích tồn tại thực tế (với trạng thái môi trường x cho trước) của không gian sống, còn $f_i(x)$ là thể tích cơ bản của không gian cần thiết đối với cuộc sống của một cá thể loài i cũng trong trạng thái môi trường x . Giả sử quần xã gồm n loài với số lượng $N_1, N_2, \dots, N_n$. Khi đó, thể tích không gian sống cần thiết cho N_i cá thể của loài i sẽ bằng $f_i(x)N_i$, còn thể tích cần thiết cho toàn bộ quần xã là :

$$\sum_{i=1}^n f_i(x)N_i$$

Mặt khác, cũng trong trạng thái x của môi trường, quần xã phân chia không gian sống cho phép $K(x)$. Nếu bây giờ ta lấy hiệu trong đó tích phân lấy theo mọi nhân tố của môi trường, thì có thể giải thích biểu thức đó như là hiệu trung bình giữa không gian sống thực tế và cần thiết. Nếu giả thiết rằng mỗi loài chiếm một thể tích nào đó trong không gian thì có thể xem D_n như là mức độ bao chặt các loài của quần xã trong môi trường đó. Hơn nữa D_n càng nhỏ bao nhiêu, các loài càng bao chặt bấy nhiêu.

Trong các quần xã có sự cạnh tranh, nghĩa là các loài cạnh tranh lẫn nhau về nguồn dự trữ chung, độ bao chặt luôn luôn tăng và sẽ đạt tới giá trị cực đại ở trạng thái cân bằng ổn định và ta gọi đó là nguyên lí bao chặt.

Có thể minh họa nguyên lí này bằng trực quan hình học. Giả sử rằng ta có một thùng vuông thể tích K và những quả cầu nhỏ có ba loại đường kính khác nhau f_1, f_2, f_3 . Bây giờ hãy bỏ những quả cầu này vào trong thùng và xóc thùng hoặc xáo trộn các quả cầu đó. Tại mỗi thời điểm nếu ở thời điểm đó số quả cầu

bằng N_1, N_2, N_3 thì thể tích tự do bằng $\Delta V(N_1, N_2, N_3) = K - (f_1 N_1 + f_2 N_2 + f_3 N_3)$. Nhưng nếu thừa các quả cầu thì thể tích không đủ và những quả cầu này sẽ rơi ra, nghĩa là ta có hiện tượng “thể tích âm”. Để không có kết quả vô nghĩa, ta xét độ lệch trung bình bình phương. Với các quả cầu trên, độ lệch đó là $D_3(N_1, N_2, N_3) = \text{SQRT}(\Delta V)^2$.

Theo cảm tính, rõ ràng là cuối cùng, sau quá trình thay đổi đó của hệ thùng và các quả cầu chúng ta sẽ có trạng thái bao chặt cực đại : trong thùng có N^*_1, N^*_2, N^*_3 quả cầu từng loại và không thể ấn thêm một quả cầu nào vào nữa. Nếu bây giờ thùng là môi trường, thể tích của nó là “dung tích” của môi trường, thể tích hình cầu là thể tích cơ bản của từng cá thể của mỗi loài thì ta sẽ có một minh hoạ cơ học của nguyên lí sinh học : nguyên lí bao chặt.

Nhưng rõ ràng có thể cho thêm vào thùng nói trên các loại quả cầu có đường kính khác và có thể bao chặt hơn, có nghĩa là giá trị D sẽ nhỏ hơn. Bằng cách đó ta đi tới vấn đề nhập cư các loài mới.

Giả sử rằng ta cố gắng nhập cư một loài mới, loài thứ $(n+1)$, vào một quần xã đã có n loài. Loài mới đó có đặc trưng được mô tả thông qua hàm $f_{n+1}(x)$. Tính mức độ bao chặt của quần xã gồm loài thứ $(n+1)$: $D_{n+1}(N_1, \dots, N_n, N_{n+1})$ và tìm cực tiểu $D_{n+1} = D^*_{n+1}$ (trong đó cực tiểu được tính đối với các giá trị số lượng không âm có ý nghĩa sinh học), chúng ta có thể nhận được các kết quả sau :

1. Cực tiểu đạt được tại điểm mà ở đấy tất cả các giá trị số lượng $N_1, \dots, N_n, N_{n+1}$ đều dương thực sự. Điều đó có ý nghĩa là loài mới có thể nhập cư được vào quần xã và quần xã mới gồm loài thứ $(n+1)$ sẽ ổn định. Điều này thường xảy ra khi hàm số $f_{n+1}(x)$ khác hẳn các hàm khác $f_i(x)$, $i = 1, 2, \dots, n$; nghĩa là loài mới có sử dụng nguồn dự trữ (hoặc chiếm miền không gian sống) mà các loài cũ không sử dụng.

2. Cực tiểu đạt được tại điểm mà ở đấy tất cả các giá trị số lượng $N_1, \dots, N_n$ của n loài đầu tiên đều dương, còn số lượng N_{n+1} của loài thứ $(n+1)$ bằng 0. Điều đó có nghĩa là việc nhập cư thêm loài mới sẽ không thành công và quần xã mới trong quá trình tiến hoá của mình sẽ loại loài này ra ở điểm tiến hoá sau cùng, quần xã trở về quần xã cũ gồm n loài. Hàm $f_{n+1}(x)$ của loài mới trong trường hợp này gần giống với hàm của các loài cũ, hơn nữa loài mới chưa chịu thua các loài cũ trong quá trình cạnh tranh. Điều đó cho thêm một minh hoạ về nguyên lí đã biết trong sinh thái, nguyên lí cạnh tranh loại trừ Gauze. Theo nguyên lí này, hai loài có nhu cầu sinh thái gần giống nhau không thể cùng tồn tại. Một trong hai loài đó nhất định sẽ bị loại trừ.

3. Cực tiểu đạt được tại điểm mà hầu hết mọi số lượng đều dương với ngoại lệ, chẳng hạn, số lượng của các loài thứ $(k+1)$ và $(k+2)$ bằng 0. Loài mới thành công trong việc du nhập vào quần xã, song khi đó nó đã tiêu diệt hai loài cũ : loài thứ $(k+1)$ và $(k+2)$. Quần xã tiến hoá đến trạng thái cùng tồn tại loài thứ $(n-1)$, và một trong số các loài đó là loài mới nhập cư vào. Điều này thường xảy ra khi đặc trưng của loài mới gần giống đặc trưng của các loài cũ bị tiêu diệt, nhưng loài mới là loài chiến thắng trong cuộc cạnh tranh do yêu cầu không gian sống ít hơn hoặc do tận dụng nguồn dự trữ tốt hơn.

Chúng ta định nghĩa đại lượng V như là tốc độ tăng sinh khối của quần xã gồm các loài cạnh tranh khi không tồn tại sự cạnh tranh và nguồn dự trữ không có giới hạn. Sự gia tăng này chỉ phụ thuộc vào khả năng tái sinh về mặt sinh lí của các cơ thể sống và vào hệ số tử vong tự nhiên của chúng. Vì vậy, một cách tự nhiên ta gọi V là tiềm năng tái sinh của quần xã. Thuật ngữ trong các tài liệu sinh thái “sản phẩm chung của hệ sinh thái” là tương tự thuật ngữ trên.

Tuy vậy trong đời sống thực tế, sự cạnh tranh giữa các loài luôn luôn tồn tại, còn các cá thể của các loài cạnh tranh ganh đua lẫn nhau để kiếm thức ăn, khu vực sinh sống. Tất nhiên, khi đó năng lượng tiêu hao bao giờ cũng có thể đo theo đơn vị sinh khối của các loài trong quần xã. Vì thế, ngoài đại lượng V ta cũng xét thêm đại lượng G ; ta sẽ xét đại lượng đó như là mức độ phân tán năng lượng vào mục đích cạnh tranh giữa các loài và trong nội bộ loài, nghĩa là tổng chi phí sinh khối của quần xã dành cho việc cạnh tranh. Vì vậy, chúng ta sẽ gọi đại lượng đó là chi phí cạnh tranh của quần xã hoặc chi phí hấp thụ của quần xã nếu ta trở lại xét vấn đề dưới khía cạnh sinh thái thuần tuý. Trong quá trình tiến hoá của quần xã, hiệu $(V - G)$ luôn luôn tăng và sẽ đạt cực đại tại trạng thái cân bằng ổn định. Nói cách khác, trong quá trình tiến hoá của mình, quần xã luôn luôn cố gắng đạt cực đại của hiệu giữa tiềm năng tái sinh và chi phí chung cho cạnh tranh hoặc giữa sản phẩm chung và hấp thụ.

Việc cực đại hoá $(V - G)$ có thể thực hiện theo nhiều cách : hoặc cực đại hoá tiềm năng tái sinh khi chi phí cạnh tranh cho trước hoặc cực tiểu chi phí cạnh tranh khi giới hạn tiềm năng tái sinh. Hiển nhiên có thể thực hiện một vài chiến lược trung gian.

Dưới quan điểm này, các khái niệm “ r – chọn lọc” và “ K – chọn lọc” trở nên rõ ràng. Đó là những khái niệm sử dụng rộng rãi trong sinh thái học để

mô tả hai cơ thể trái ngược nhau trong việc điều chỉnh số lượng quần thể. Về các loại chiến thắng trong cuộc cạnh tranh nhờ gia tăng khả năng sinh sản của mình, người ta nói rằng chúng sử dụng chiến lược r. Còn về các loài chiến thắng trong việc cạnh tranh nhờ sử dụng tối ưu nguồn dự trữ (sử dụng dải phổ rộng của nguồn dự trữ, làm giảm chi phí cạnh tranh nhờ phân bố “thông minh”...), người ta nói rằng chúng áp dụng chiến lược K. Như vậy có thể nói chiến lược r của quần xã là làm cực đại tiềm năng tái sinh, còn chiến lược K là làm cực tiểu chi phí chung cho cạnh tranh.

Cuối cùng, đối với các quần xã cạnh tranh ta có thể phát biểu nguyên lý đa dạng Le Chatelier (tên tuổi ông rất quen thuộc trong các lĩnh vực vật lý và hoá học) : Trong một quần xã cạnh tranh, khi có độ lệch khỏi trạng thái cân bằng ổn định thì chi phí cho cạnh tranh luôn luôn tăng.

8.6. CÁC QUÁ TRÌNH NHẬP KHẨU

Bên cạnh việc mô tả các quá trình kinh tế và các quá trình khác, các mô hình của các quá trình nhập khẩu chiếm một vị trí quan trọng. Đối với các nhà nghiên cứu, việc mô tả các quá trình đó ngày nay gặp phải sự phức tạp đặc biệt. Khác với các quá trình kinh tế, trong lĩnh vực này rất khó thiết lập nên “những định luật bảo toàn” ngoài một định luật hiển nhiên đã được sử dụng để đánh giá xấp xỉ :

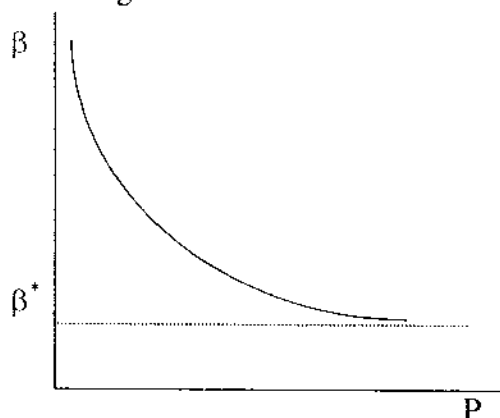
$$\frac{dL}{dt} = (\alpha - \beta) L. \quad (*)$$

trong đó $\frac{dL}{dt}$ là tốc độ tăng dân số hàng năm ; α là hệ số sinh ; β là hệ số tử vong ; L là tổng số nhân khẩu.

Các tác giả của các công trình nghiên cứu về nhân khẩu học để sử dụng công thức này trong các dạng khác nhau. Thông thường, người ta thường sử dụng sai phân hữu hạn của nó. Cũng có các công thức khác chính xác hơn, chẳng hạn có tính đến cấu trúc theo tuổi của dân số... Song mọi sự chính xác hoá đó vẫn không làm thay đổi ý nghĩa nội dung của nó.

Đối với việc nghiên cứu quá trình nhân khẩu học, tính phức tạp cơ bản là sự phụ thuộc của các hệ số sinh và hệ số tử vong vào các nhân tố bên ngoài và các nhân tố xã hội. Cũng cần biết rằng quan hệ (*) đã được sử dụng trong mọi công trình khoa học của nhiều tác giả. Song các hệ số này phụ thuộc vào các nhân tố xã hội và vật lý nào thì còn là vấn đề đang tranh luận.

Ít nhiều chúng ta hình dung rằng, chẳng hạn, hệ số tử vong phụ thuộc vào mức sống hoặc vào vốn đầu tư trong lĩnh vực bảo vệ sức khỏe. Về mặt định tính có thể biểu diễn sự phụ thuộc đó bằng một hàm đơn điệu giảm của một biến P nào đó ; biến P này kết hợp được mọi chỉ số đã nêu ở trên (hình 8.7). Trên hình 8.7, β^* biểu diễn mức tử vong thấp nhất có thể ứng với những điều kiện sống lí tưởng của con người.

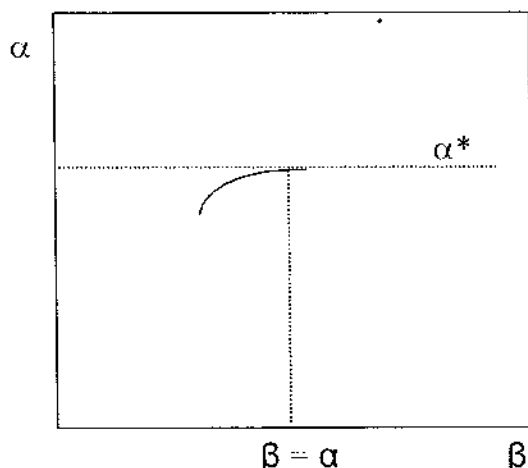


Hình 8.7. Sự phụ thuộc hệ số tử vong vào điều kiện sống

Tuy nhiên, mối liên hệ đó mang tính cá thể hoá. Ở các nước khác nhau, hệ số đó phụ thuộc vào các nhân tố khác nhau. Những cố gắng để áp dụng các mối phụ thuộc phổ dụng đều không đáng tin tưởng. Còn đối với hệ số sinh, ta không hy vọng có mối liên hệ phụ thuộc nào, bởi vậy vấn đề này còn đòi hỏi những phân tích rất kỹ lưỡng. Những cơ chế tồn tại hiện nay không chỉ rất phức tạp, mà ta còn biết rất ít về những cơ chế đó. Tất nhiên, đối với hệ số sinh thì những nhân tố sau đây đóng vai trò quyết định : điều kiện xã hội, mức độ và đường lối của những quy định về sinh đẻ, phong tục và cụ thể là tôn giáo và dân tộc...

Mặt khác, có những sự kiện xảy ra rất khó giải thích về mặt nhân khẩu học. Chẳng hạn tốc độ sinh đẻ ở các nước đang phát triển (như Ấn Độ chẳng hạn) giảm xuống trong những năm đất nước rơi vào tình trạng thiên tai, nạn đói, bệnh dịch. Hoặc sự kiện hiển nhiên sau đây : việc tăng tuổi thọ trung bình ở các nước phát triển (trong 1 năm) kéo theo việc giảm các hệ số sinh trên một đơn vị (nghìn người). Hàng loạt sự kiện khác cũng nói lên sự tồn tại của mối tương quan nhất định giữa hệ số sinh và hệ số tử vong. Nói chung, dân số phản ứng lại các điều kiện sống bên ngoài. Tai hoạ đe dọa dân số, tức là làm tăng hệ số tử vong, còn con người trả lời mối đe dọa đó bằng cách

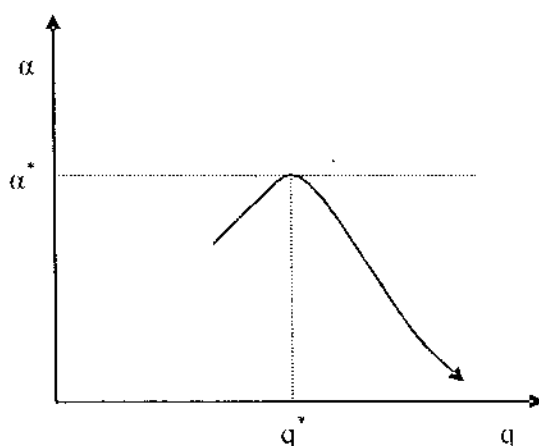
tăng hệ số sinh đẻ. Mọi việc đều tốt đẹp, hệ số tử vong giảm xuống và sau đó hệ số sinh cũng giảm xuống. Song rất đáng tiếc là mọi thông tin hiện có vẫn chưa cho ta mối liên hệ đơn nhất. Chẳng hạn có thể cho rằng đối với những giá trị đủ lớn, hệ số tử vong có dạng biểu diễn như hình 8.8.



Hình 8.8. Sự phụ thuộc của hệ số sinh vào hệ số tử vong

Ở đây α^* là hệ số sinh đẻ sinh học tối hạn. Sự phụ thuộc đó giải thích được nhiều vấn đề. Khi hệ số tử vong lớn, hiệu $(\alpha - \beta)$ có thể rất gần 0 và sự tăng thêm dân số coi như không đáng kể. Song nếu có sự cải thiện chút ít về mặt y tế hoặc cải thiện một chút điều kiện sống thì hệ số tử vong giảm hẳn, còn hệ số sinh đẻ vẫn giữ nguyên như trước trong một khoảng thời gian nhất định nào đó. Điều này có nghĩa rằng hiệu số giữa tỷ lệ sinh và tỷ lệ tử vong lớn và xuất hiện sự bùng nổ dân số, đó là hiện tượng thường thấy ở các nước đang phát triển.

Lưu ý rằng biểu diễn tương tự như đồ thị trên hình 8.8 nhận được bằng phương pháp phân tích hồi quy trong thống kê nhân khẩu học và cho tới nay chúng ta vẫn chưa hiểu được cơ chế sinh ra mối liên hệ phụ thuộc đó. Mối phụ thuộc như hình 8.8 chỉ có nghĩa đối với những vùng có mức sống rất thấp. Ở các nước có hệ số tử vong thấp thì vấn đề hoàn toàn khác. Ví dụ như trong các nước phát triển, mối liên hệ giữa hệ số sinh và mức sống được biểu thị một cách trực tiếp hơn. Hình 8.9 mô tả sự phụ thuộc của hệ số sinh vào thu nhập bình quân trên đầu người q ở các nước đang phát triển. Trong đó q^* là thu nhập bình quân trên đầu người ứng với mức sinh đẻ cao nhất.

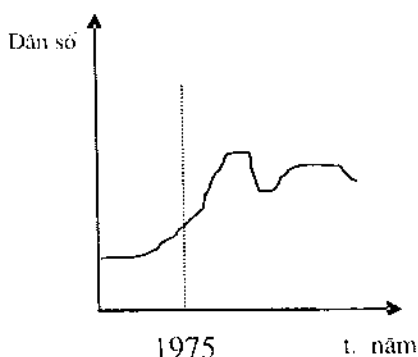


Hình 8.9. Đặc trưng của sự phụ thuộc về mức sinh đẻ trung bình vào thu nhập bình quân trên đầu người

Hiện nay, chúng ta đã hiểu được những nét chung của các cơ chế xác định mối phụ thuộc tương tự không chỉ vào mức sống mà vào mức độ đô thị hoá, trình độ văn hoá và chủ yếu vào việc đảm bảo mức trợ cấp hưu trí. Trong các nước phát triển có mức trợ cấp hưu trí cao và người dân có khả năng trong đời mình gây dựng được “vốn để sống hết đời” thì con cái không đóng vai trò “đảm bảo cho tuổi già” nữa. Các hiện tượng riêng lẻ giống như “baby-buma” sau chiến tranh không làm thay đổi hình ảnh định tính chung.

Rất đáng tiếc là trong một số các mô hình thiếu các chi tiết nói trên của quá trình nhân khẩu, tuy nhiên có một số mối liên hệ được giả thiết. Chẳng hạn, một trong những mối liên hệ ngược quan trọng nhất mà Medouz đưa ra là sự phụ thuộc của số lượng cư dân vào mức độ ô nhiễm của môi trường sống. Mức độ ô nhiễm của môi trường sống là một chỉ số rất quan trọng. Các kết quả tính toán theo mô hình của Medouz có đặc trưng như ở hình 8.10. Theo Medouz, khi mức độ ô nhiễm môi trường tăng thì dân số ngừng tăng theo hàm mũ. Thay vào đó là một quá trình dạng hình sóng và sau đó số lượng dân số trên Trái Đất đơn điệu giảm.

Chưa hẳn các đường cong Medouz sẽ có quan hệ nào đó với thực tế. Và nói chung có thể ngoại suy đồ thị hiện tại cho giai đoạn mà mức độ ô nhiễm môi trường bắt đầu đưa đến sự diệt vong của hàng tỷ con người được không? Rất có thể điều đó xảy ra sớm hơn nhiều nếu không có những phương án đề phòng và thế giới sẽ bước vào giai đoạn trấn động về mặt xã hội như thế, những trấn động làm thay đổi đặc tính toàn bộ cấu trúc của cuộc sống nhân loại trên Trái Đất.



Hình 8.10. Sự biến đổi của dân số xét theo Mendouz

8.7. MÔ HÌNH SINH QUYỂN

Mô hình sinh quyển phải gồm ba khối có quan hệ chặt chẽ với nhau mà ta tạm gọi là các khối tài nguyên sinh vật (I), khí hậu (II) và các hoạt động tích cực của con người (III).

Mỗi một khối là một hệ thống lớn và độc lập bao gồm nhiều mô hình và là đối tượng của các nghiên cứu sâu sắc, độc lập. Còn nhiều vấn đề đang phải thảo luận về cấu trúc của các hệ thống này và nhất là về các chi tiết cụ thể. Tuy nhiên, những nguyên lý tổng quát đã được hình thành.

Cơ sở của toàn hệ thống là quan điểm xem sinh quyển như là một máy nhiệt biến đổi năng lượng mặt trời E và năng lượng nhân tạo ε . Sự cân bằng năng lượng mặt trời có dạng $\varepsilon + E = E_1 + E_2 + E_3$ trong đó :

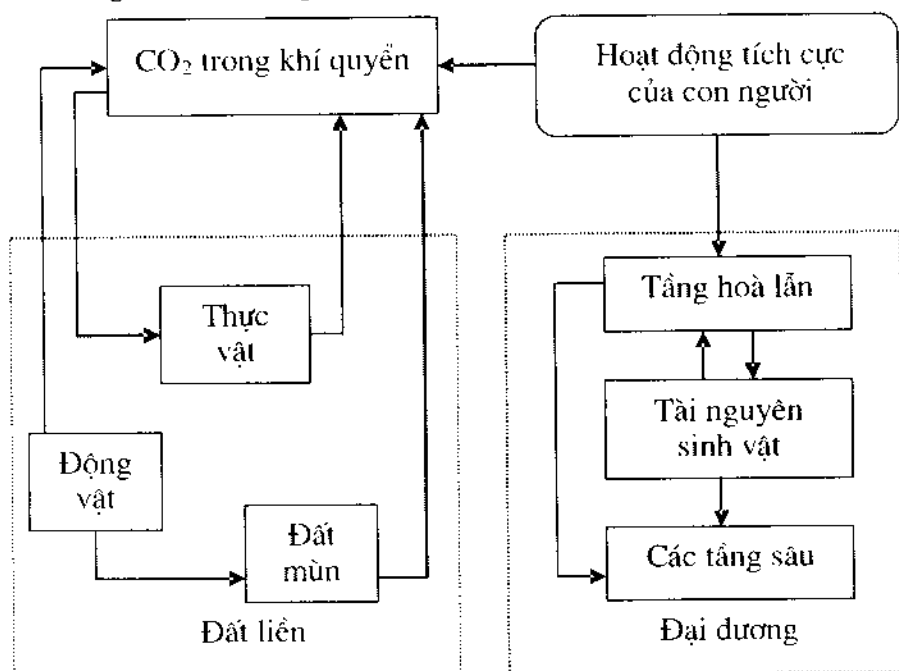
E_1 là năng lượng phát vào vũ trụ phụ thuộc vào sự phản chiếu được xác định qua diện tích băng hà, độ bụi của khí quyển và vỏ thực vật .

E_2 là năng lượng đốt nóng khí quyển.

E_3 là năng lượng hấp thụ qua các phần tử quang hợp của sinh quyển. Quá trình biến đổi năng lượng này tạo nên bản chất của các quá trình cơ bản được biểu diễn ở khối (I) – khối quần hệ sinh vật. Có thể gọi khối đó là khối chu trình biến đổi chất và năng lượng. Vai trò của các chu trình này rất khác nhau. Chẳng hạn, các kết quả tính toán và đo đạc chứng tỏ rằng lượng ôxy trong khí quyển về thực tế là ổn định. Tất nhiên sự cân bằng này chỉ được duy trì cho tới khi con người không làm thay đổi một cách cơ bản cấu trúc của các thảm rừng (trước hết là rừng taiga và rừng nhiệt đới) và các quần hệ thực vật phù sinh của đại dương. Tuy nhiên với điều kiện hiện nay ta có thể bỏ qua điều đó.

Đối với các chu trình của cacbon (có sơ đồ mô tả trên hình 8.11) thì vấn đề hoàn toàn khác. Các quá trình của chu trình này không cân bằng và hiện nay lượng cacbon trong khí quyển không ngừng tăng lên do sự đốt cháy các cacbohidrat trong lòng đất. Như ta đã đề cập tới, trong quá khứ tình hình hoàn toàn khác.

Chu trình của nitơ mang ý nghĩa quan trọng nhất. Chung quy lại thì sức sinh sản của các quần thể tự nhiên và nhân tạo đều gắn liền với chu trình của nitơ. Mô hình chu trình của nitơ là một trong những mô hình phức tạp nhất của hệ thống mô tả. Trước hết, chu trình nitơ luôn luôn gắn liền với các quá trình diễn ra trong đất trồng và gắn chặt với chuỗi biến đổi hoá học, biến các cơ thể sinh vật chết thành đất mùn và thành chất dinh dưỡng nuôi cây cối. Vì các quá trình diễn ra trong đất đai đều khác biệt hẳn nhau tùy theo mức độ thổ nhưỡng (kiểu đất), các điều kiện khí hậu, cấu trúc của chu trình ẩm và các nhân tố khác nên một quan hệ mô tả chu trình của nitơ chỉ có thể gắn liền với vùng lãnh thổ riêng biệt nhất định.



Hình 8.11. Tuần hoàn của cacbon trong sinh quyển

Theo quan điểm thực tiễn, hiện nay mô hình chu trình của CO₂ đã tương đối hoàn thiện. Mặc dầu trong mô hình đó còn nhiều vấn đề chưa giải quyết được (ví dụ mô tả chưa chính xác cơ chế hấp thụ CO₂ của các đại dương,

một số đặc trưng khác cũng chưa biết tường tận), song đã có thể áp dụng mô hình đó để tính toán những ước lượng khác nhau. Còn đối với các chu trình khác thì hiện nay việc mô tả chúng còn rất kém và chưa thể áp dụng chúng trong thực tiễn để đưa ra được những tính toán hữu ích. Song đó không phải lỗi của các nhà toán học. Nhiều cơ chế chuyển hồi năng lượng và biến đổi chất hiện còn chưa được nghiên cứu một cách hoàn thiện.

Trong mô hình tổng thể của sinh quyển hay mô hình của quần hệ sinh vật (hay mô hình quần hệ sinh vật của sinh quyển gọi theo thuật ngữ của N. V. Ti – mofeev – Rexovski), khối khí hậu (Ii) chiếm một vị trí quan trọng.

Chính khả năng cuộc sống trên Trái Đất, thậm chí sự tồn tại của nền văn minh nhân loại phụ thuộc vào khí hậu. Hơn nữa dải tham số khí hậu bảo đảm sự tồn tại của nền văn minh cực kì hẹp. Nếu nhiệt độ trung bình của khí quyển bao quanh Trái Đất giảm xuống $2 - 3^{\circ}\text{C}$, khi đó sẽ bắt đầu xảy ra quá trình tạo thành băng hà không thể đảo ngược được. Nếu nhiệt độ đó tăng thì sự phản chiếu tăng và phần năng lượng mặt trời chiếu xuống hành tinh chúng ta giảm đi. Điều này kéo theo sự nguội lạnh của khí quyển...

Việc gia tăng nhiệt độ trung bình lên $2 - 4^{\circ}\text{C}$ cũng có thể đưa đến tai biến. Nó có khả năng dẫn đến quá trình tan các khối băng hà và trước tiên là tan băng ở châu Nam Cực. Điều đó sẽ nâng mức nước các đại dương trên thế giới. Nếu mức nước của các đại dương tăng lên $80 - 100\text{m}$ (các ước lượng ở đây khác nhau) thì phần lớn các vùng đất đai phì nhiêu và cư dân đông đúc của Trái Đất sẽ ngập dưới mặt nước. Song đó chưa phải là điều “khó chịu” duy nhất sẽ phải hứng chịu. Sự biến đổi nhiệt độ trung bình sẽ dẫn tới việc thay đổi lại toàn bộ cấu trúc của các chu trình chuyển hồi trong khí quyển. Các nhà khí hậu học cho rằng việc tăng nhiệt độ trung bình trước hết sẽ đưa đến việc sưởi ấm Nam Cực và Bắc Cực. Có thể xem sự kiện này như là hiện tượng “xác định theo thực nghiệm”. Sự sưởi ấm lên một chút không đáng kể, như chúng ta đã chứng kiến ở nửa đầu thế kỉ XX, cũng đã khiến những tảng băng Bắc Cực lùi xa và những điều kiện vận tải trên Bắc Băng Dương được cải thiện rất nhiều.

Song việc sưởi ấm những vùng vĩ độ cao và giữ nguyên tình trạng trên vùng xích đạo sẽ làm giảm gradient của nhiệt độ, động lực chính của hệ thống năng lượng của Trái Đất. Nói một cách khác, với sự gia tăng của nhiệt độ trung bình, có thể xảy ra sự suy giảm đáng kể cường độ của các chu trình trong khí quyển. Do đó, sự thay đổi độ ẩm từng khu vực có thể giảm. Những

vùng ẩm ướt trên hành tinh lại càng ẩm ướt, còn những vùng khô hạn lại càng khô thêm. Những vùng sa mạc phát triển rộng ra và sẽ bao phủ những vùng đất đai phì nhiêu, giàu có và rộng lớn là nơi sinh sống của con người. Đó là một tác động nghịch lí với sự gia tăng diện tích đại dương.

Tất nhiên, những biến đổi đó còn lâu mới xảy ra. Chúng đòi hỏi cả thời gian hàng trăm năm. Nhưng trong vòng chục năm tới đã có thể nhận biết được điều gì rồi.

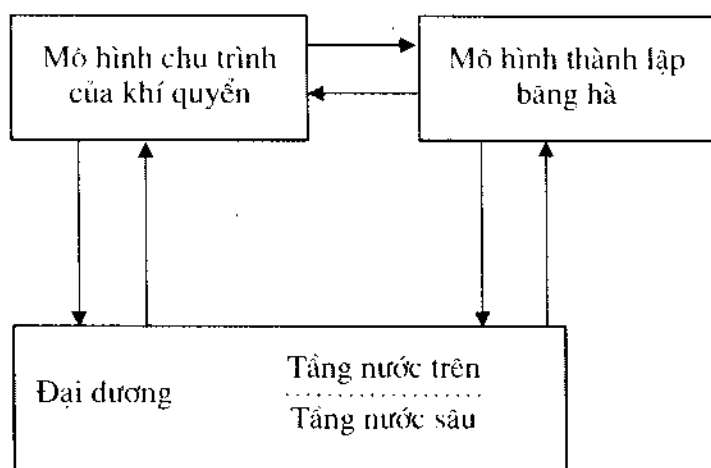
Như vậy hiển nhiên mô hình khí hậu phải thuộc các mô hình cơ sở của sinh quyển. Không có mô hình đó không thể mô tả được động học và cũng không thể nắm bắt được xu thế thay đổi của các đặc trưng của mô hình. Song khí hậu học ngày nay còn đang ở trong tình trạng thiếu những công cụ hiệu lực để dự báo và ước lượng xu thế biến đổi các đặc trưng cơ bản của khí hậu.

Tạm thời, ta có thể chia các nghiên cứu trong lĩnh vực này thành hai hướng, gọi là hướng “địa lí” và hướng “toán học”. Hướng thứ nhất tích lũy số lượng lớn các tài liệu thực nghiệm và nghiên cứu các đặc điểm lịch sử của quá trình hình thành khí hậu và hiểu được hàng loạt quy luật biến đổi các điều kiện khí hậu. Song rất đáng tiếc hiện nay trong khuôn khổ của hướng đó còn chưa tìm được mối phụ thuộc định lượng đáng tin cậy.

Hướng “toán học” tập trung mô tả toán học một cách đầy đủ và tương đối chi tiết thủy nhiệt động học của khí quyển và đại dương. Dù hướng này có quan trọng và đầy triển vọng đến bao nhiêu chăng nữa, hiện nay khả năng của nó còn quá hạn chế. Hơn thế những khó khăn to lớn về mặt toán học có liên quan đến tính không ổn định về nguyên lí của các quá trình thủy động học khí quyển và đại dương chưa chắc đã cho phép ta tính đến việc xây dựng một khối khí hậu trong mô hình sinh quyển với các phương trình thủy động học chính xác và những mô tả chi tiết tác động tương hỗ giữa khí quyển và đại dương. Ngoài ra mục tiêu nghiên cứu của ta cũng khác. Ta không quan tâm đến thời tiết cụ thể tại một điểm cụ thể. Chúng ta cần một mô hình thống kê mô tả giá trị của các đặc trưng trung bình, hơn nữa đó là những đặc trưng có ảnh hưởng trực tiếp tới hoạt động sản xuất của con người như nhiệt độ trung bình hàng quý (hàng tháng thì tốt hơn), lượng mưa trung bình, cấp trung bình của độ mây xác định lượng bức xạ quang hợp... Và không chỉ giá trị của chúng mà là sự phụ thuộc các tham số đó vào kết quả hoạt động của con người (lượng CO_2 do người phát sinh tiêu huỷ trong khí quyển), vào sự biến đổi của suất phản quang (không chỉ do sự thay đổi diện tích lớn phủ

băng – đây là biến nội sinh, nó sẽ được tạo ra trong mô hình), vào kết quả hoạt động của con người, vào năng lượng nhân tạo...

Những đòi hỏi trên đối với mô hình khí hậu thực tế đã xác định duy nhất chiến lược nghiên cứu khoa học. Cần phải lấy các mô hình tương đối đơn giản của các chu trình chuyển hồi khí quyển và mô hình về tác động tương hỗ giữa khí quyển và đại lượng làm cơ sở cho mô hình khí hậu. Các mô hình này phải phức tạp hơn các mô hình do các nhà Khí hậu – Địa lí học nghiên cứu, song phải đơn giản hơn rất nhiều so với những mô hình được xây dựng với mục đích dự báo khí tượng. Tuy nhiên, chúng phải là những mô hình mô tả thủy động học và nhiệt động học của khí quyển và đại lượng. Và chúng ta đã có những mô hình như thế.



Hình 8.12. Sơ đồ mô hình khí hậu

Ví dụ, tại Mỹ người ta đã xây dựng được mô hình hai lớp của chu trình của khí quyển (mô hình Gates – Mintz – Araceva). Mô hình đó đã cho phép tính toán được cấu trúc chuyển đổi của khối lượng không khí, độ ẩm của nó, các đặc trưng của độ mây, sự thay đổi của nhiệt độ... trong điều kiện trạng thái nhiệt học của đại dương, của lớp phủ băng và tuyết đã cho trước. Hiển nhiên mô hình này không đủ chính xác để dự báo thời tiết trước đó 2 – 3 ngày song nó chứa đủ thông tin để xây dựng một mô hình thống kê trên cơ sở các thông tin đó. Song chỉ một mô hình khí quyển thì quá ít. Việc nghiên cứu quá trình khí hậu đòi hỏi phải nghiên cứu hàng loạt hệ thống mô hình. Ta tạm biểu diễn chúng như trên hình 8.12. Chỉ có sự nghiên cứu cặn kẽ tác động tương hỗ của động học đại dương, khí quyển và lớp băng hà mới có thể mô tả một cách tương đối chính xác các đặc

điểm động học của tập hợp các tham số mà ta tạm gọi là khí hậu. Như vậy, mô hình khí hậu là một hệ thống phức tạp gồm ba mô hình lớn riêng biệt song có liên hệ chặt chẽ với nhau. Khí quyển là thành phần động nhất, đại dương có sức ì rất lớn, đặc biệt là các lớp nước sâu. Chu kì đặc trưng của các quá trình diễn ra trên đại dương có thể hàng chục năm, đôi khi hàng trăm năm. Vì vậy, mối quan tâm lớn nhất đối với các mô hình khí hậu dùng để nghiên cứu xu thế có thể có trong vòng chục năm tới là động học của các lớp nước trên của đại dương. Đó là những lí do dẫn đến việc đơn giản hoá mô hình theo nhiều phương diện khác nhau.

8.8. MÔ HÌNH TÍNH CHỦ ĐỘNG CỦA CON NGƯỜI

Vấn đề hình thức biểu diễn hợp lí tính chủ động của con người trong mô hình sinh địa – quần học không chỉ phức tạp mà còn phải bàn luận nhiều. Chỉ có sự cần thiết phải sử dụng các mô hình kinh tế macrô (mô hình tổng thể) vào mục đích đó là ít nhiều hiển nhiên. Hình 8.13 biểu diễn một mô hình có thể gọi là mô hình tối thiểu, hay là những mô hình không thể rút bớt yếu tố nào đi được nữa. Chúng ta sẽ chỉ lưu ý tới hai bộ phận được đặc biệt tách ra từ khối hoạt động sản xuất : năng lượng và khai thác khoáng sản. Vấn đề là ở chỗ chính các khối này, hay nói chính xác hơn là các hoạt động của con người được mô tả trong các khối đó, có tác động nhiều nhất đối với sinh quyển. Năng lượng (trong số đó kể cả các thiết bị vận tải năng lượng) là nguồn gốc cơ bản của CO_2 do người sinh ra. Ngoài ra, các nguồn năng lượng nhân tạo trực tiếp nung nóng khí quyển. Và cuối cùng, sự phát triển của ngành năng lượng trong điều kiện tập trung hiện nay và sự phụ thuộc vào các kết quả của tiến bộ khoa học bị điều khiển bởi các cơ thể hoàn toàn khác với những cơ chế điều khiển sản xuất các sản phẩm hàng hoá “thông thường”.

Việc khai thác các khoáng sản có ích cũng liên hệ với sinh quyển theo mối quan hệ như trên, mối quan hệ đó cần được xét tới dưới một hình thức đặc biệt.

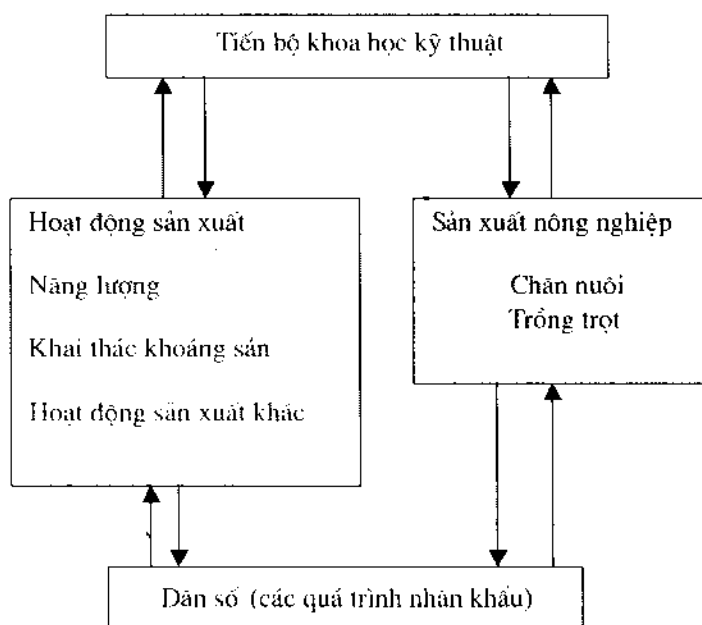
Khi xét các mô hình kinh tế như là một thành phần của mô hình sinh quyển tổng quát ta phải đưa thêm hàng loạt yêu cầu đặc trưng không phải là những đòi hỏi có tính chất cổ điển. Ví dụ, trong kinh tế khái niệm hàm sản xuất là một khái niệm quen thuộc liên hệ chặt chẽ với kết quả của các hoạt động sản xuất. Đó là khối lượng sản phẩm hữu ích P với các nhân tố sản xuất, trước hết là khối lượng vốn đầu tư x_1 và lượng sản xuất x_2 : $P = f(x_1, x_2)$. Song hiện nay ta không chỉ quan tâm tới khối lượng sản phẩm

có ích mà còn quan tâm tới tải trọng của nó đối với sinh quyển, tải trọng đó xuất hiện như một hệ quả của hoạt động sản xuất và có thể có những tính chất rất khác nhau. Trước hết đó là số lượng các phần tử chất tạo sống xuất hiện trong quá trình sản xuất và bắt đầu tham gia vào các chu trình địa – hoá học. Hiện thời, ta chưa có kinh nghiệm và kỹ thuật trong việc xây dựng các hàm “sản xuất” kiểu đó. Trong những tính toán cụ thể chỉ có được những ước lượng xấp xỉ.

Việc nghiên cứu các mô hình kinh tế như một khối lượng trong mô hình sinh – địa – quần học có một loạt đặc điểm khác hẳn với những mô hình cổ điển. Thực ra, chưa hẳn chúng ta có thể có những thông tin chi tiết gì về sách lược đầu tư vốn cơ bản, về mức giá... Trong trường hợp tốt nhất chúng ta cũng chỉ có thể nói tới khả năng phát triển nào đó. Về phương diện toán học điều này có nghĩa là tác động điều khiển (vector hàm $u(t)$) mà con người có thể có thuộc vào một tập hợp V nào đó : $u(t) \in V(t)$. Vì tác động điều khiển đó thuộc quyền điều khiển của các chủ thể khác nhau nên xuất hiện bài toán tối ưu hoá, hơn nữa việc cố định các giá trị của chúng lại không có ý nghĩa đặc biệt. Vì vậy, các phương pháp nghiên cứu tập hợp chấp nhận được sẽ đóng vai trò quan trọng. Để giải thích ý nghĩa của khái niệm này, ta hãy kí hiệu vector các biến pha bằng $x(t)$. Khi đó mô hình xác định một ánh xạ tập hợp V trong không gian các tham số $x = F(V)$ gọi là tập hợp đạt được hay là tập hợp các khả năng giới hạn. Việc nghiên cứu tập hợp x hay hình chiếu của nó trong bất đẳng thức của các tham số nào đó cũng là mục đích cơ bản của việc nghiên cứu khối kinh tế. Cách tiếp cận như vậy giảm bớt đáng kể những yêu cầu về thông tin ban đầu, song vì thế lại đòi hỏi khối lượng tính toán nhiều hơn rất nhiều. Đồng thời, nhà nghiên cứu nhận được một hình ảnh trực quan về các khả năng giới hạn của quần thể con người. Người nghiên cứu sẽ có một hình ảnh rõ ràng rằng việc gấn biên nội cân bằng là nguy hiểm đến mức độ nào và về những khả năng thực sự của con người trong việc ngăn ngừa khủng hoảng.

Như vậy, với công trình khởi đầu trong những năm qua, chúng tôi đề xuất một chương trình nghiên cứu mới xem như là một khả năng lựa chọn. Cơ sở của phương trình đó là một “mô hình tối thiểu của sinh quyển”. Mô hình tối thiểu khác với những mô hình thế giới của những người khác, hoàn toàn không có tham vọng và khả năng nghiên cứu nhằm mục đích đạt được những dự báo về bức tranh tương lai của thế giới. Nó không thích hợp với mục đích này. Tất nhiên sẽ có những mô hình kiểu dự báo trong khuôn khổ

mô hình đó. Song mục đích cơ bản của nó là mô hình nghiên cứu. Và nếu thích hợp, về phương diện tổ chức mô hình tối thiểu phải kết hợp được các nghiên cứu của các Nhà Kinh tế, Xã hội học, Sinh thái học, các nhà Hoá học, Vật lý học... vào một hệ thống. Và một mô hình khởi đầu như vậy, trong đó không thể loại bỏ bất kì yếu tố nào, phải là một mô hình tối thiểu. Một phần, nó cho ta khả năng xác định những phương hướng cần thiết trong việc xử lí số liệu thống kê và hình thành những yêu cầu đầu tiên đối với công tác nghiên cứu trong lĩnh vực lí thuyết khí hậu, lí thuyết ổn định quần hệ sinh vật...



Hình 8.13. Các khối cơ bản của hệ thống mô hình hoạt động của xã hội loài người

8.9. MÔ HÌNH HOÁ CÁC QUÁ TRÌNH SINH THÁI

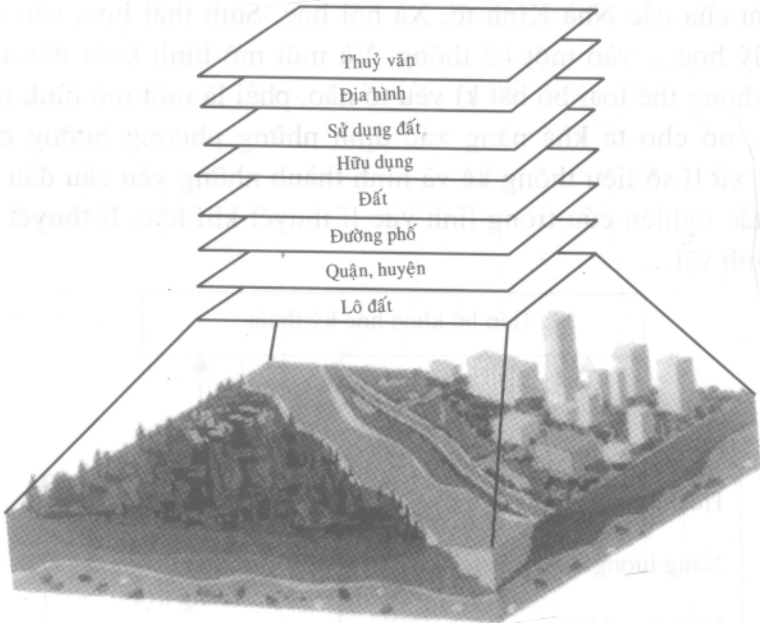
8.9.1. Mở đầu

Sử dụng phần mềm ARCVIEW cùng các môđul kèm theo như Spatial Analyst, 3D Analyst và công cụ lập trình là AVENUS, Visual Studio 6.0 để thử nghiệm xây dựng mô hình.

8.9.2. Cơ sở

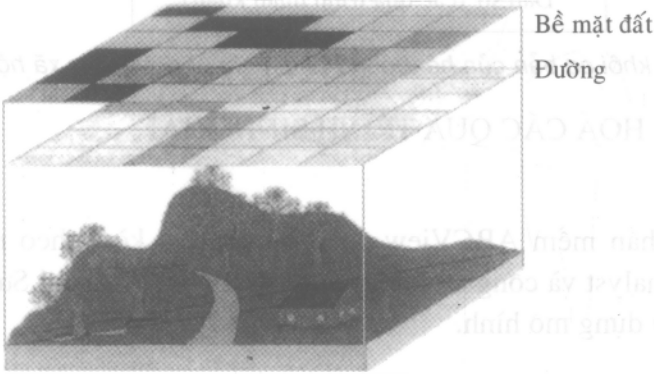
Mô hình là phương pháp nghiên cứu các đối tượng, hiện tượng tự nhiên mà không thể quan sát trực tiếp tại cùng một thời điểm. Sử dụng mô hình làm đơn giản hoá việc biểu diễn tính chất thực của chúng. Trong HTTDL

thực hiện việc khái quát bằng cách biểu diễn tính chất thực bằng các lớp bản đồ và mối liên hệ giữa các lớp với nhau.



Hình 8.14. Mối quan hệ giữa các lớp bản đồ trong mô hình

Mô hình không gian là việc xử lý các thuộc tính của các vị trí trên bản đồ. Xử lý không gian mạng lưới các ô hình vuông trên các lớp ; Trên mỗi ô vuông biểu diễn vị trí và tính chất của từng lớp bản đồ. Ô chồng trên nhiều lớp bản đồ mang các thuộc tính của từng vị trí.



Hình 8.15. Mạng lưới ô vuông trong 1 lớp và trong mô hình

Viễn thám và HTTĐL là một công cụ tiện ích trong việc nghiên cứu sinh thái.

Viên thám cung cấp nhiều dữ liệu đầu vào cho các mô hình với tính chính xác cao, đa thời gian...

Cơ sở dữ liệu HTTDL :

- Mô tả các điều kiện cơ bản.
- Chồng ghép bản đồ để nhận dạng (xác định) tác động tích dồn, xây dựng vùng đệm (bài toán buffer) để xác định diện tích chịu ảnh hưởng của các yếu tố sinh thái.
- Đại số bản đồ (map algebra) phân tích và đánh giá các tác động : các mô hình không gian để dự báo các tác động hoặc các mô hình dự báo chuyên ngành.

Một trong những mục tiêu của mô hình không gian là tìm vị trí theo điều kiện cho trước, trong nghiên cứu sinh thái áp dụng phương pháp này để nghiên cứu bài toán thuận lợi phục vụ việc phát triển, quản lý các loài động thực vật hoặc tìm các ổ sinh thái, các khu vực ưu tiên bảo tồn.

8.9.3. Quá trình xây dựng

Khu vực được lựa chọn để thử nghiệm mô hình là Khu Bảo tồn thiên nhiên Xuân Liên, Thanh Hoá.

8.9.4. Dữ liệu

- Bản đồ địa hình gồm các yếu tố : thủy văn, bình độ, giao thông.
- Các bản đồ chuyên đề.
- Các bản đồ đã ở dạng số.
- Các dữ liệu thống kê.

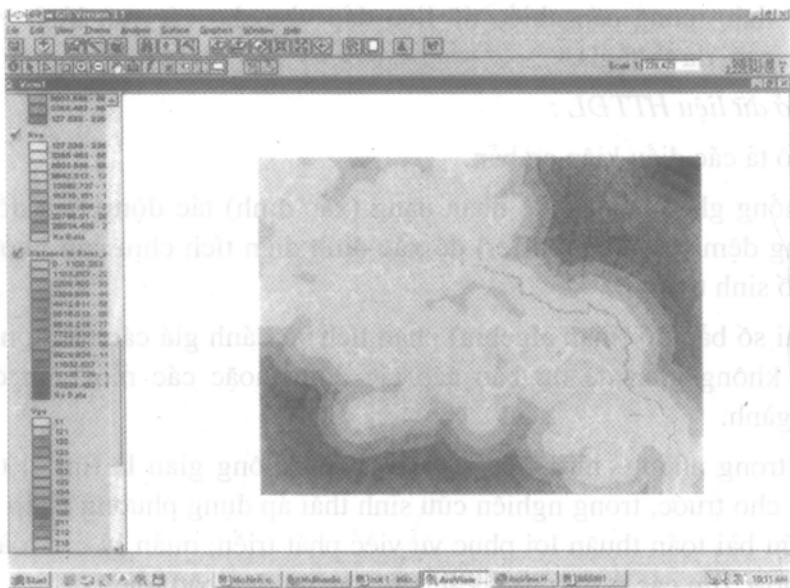
8.9.5. Các bước tiến hành

Các bước thực hiện của mô hình đều được lập trình và chạy tự động trên phần mềm Microsoft ARCVIEW GIS Version 3.1.

Các đường bình độ được chuyển vào trong ArcView để xây dựng mô hình số địa hình ; mô hình số địa hình có nhiều chức năng : góc dốc, địa hình, lát cắt địa hình...

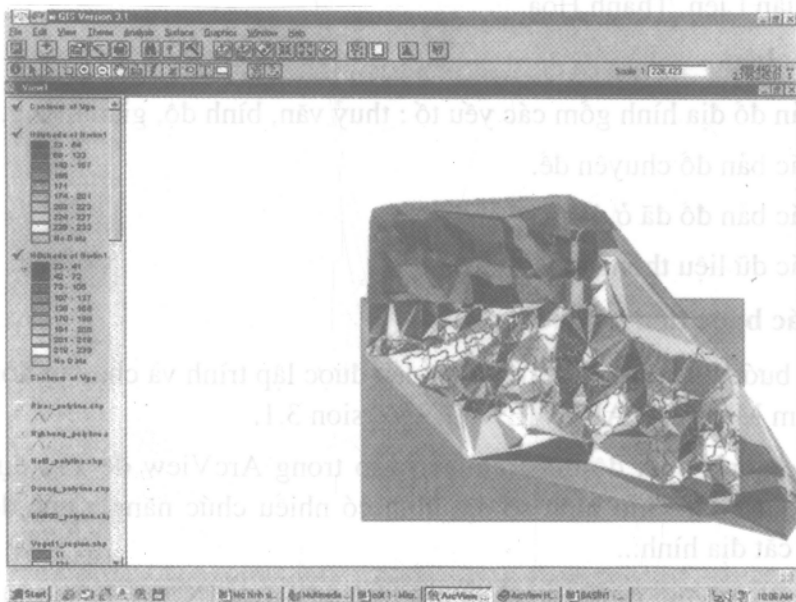
Dùng hệ thống thủy văn chạy mô hình nhỏ BASIN là một mô hình nhỏ về thủy văn, nó thực hiện các tập lệnh của Hydrologic functions.

Dùng lệnh Find distans tìm mức độ ảnh hưởng của hệ thủy văn theo khoảng cách.



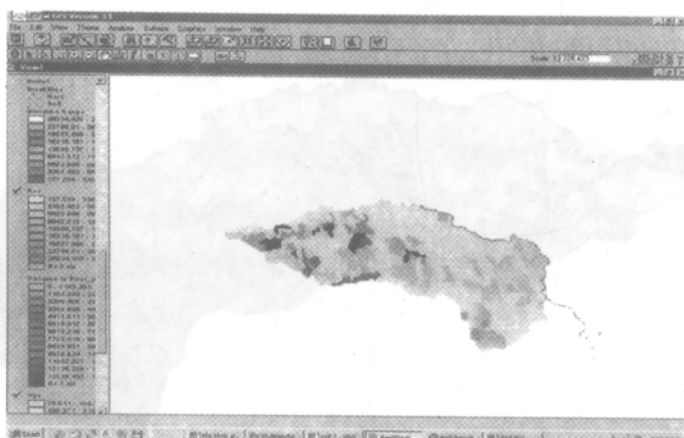
Hình 8.16. Ảnh hưởng của thủy văn theo khoảng cách

Derive Slope tính độ dốc, Derive Aspect tính hướng dốc.



Hình 8.17. Mô hình tính độ dốc

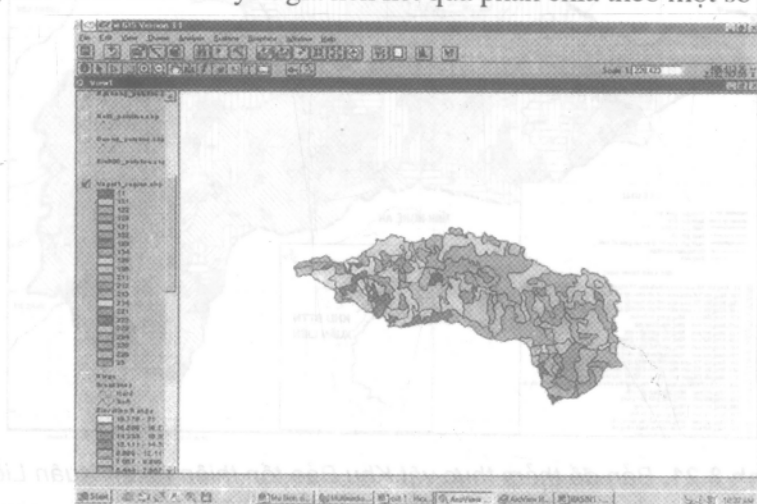
Sử dụng bản đồ đất chạy các hàm Zonal Geometry, Weighted – distand mapping, Density.



Hình 8.18. Mô hình phân loại sự thích nghi các loại đất

Nhập liệu thực hiện trên máy

Sau khi thực hiện xong mô hình cho ra kết quả là một bản đồ, vì do còn có các hạn chế về số liệu cũng như thời gian, các số liệu đầu vào chưa có sự chuẩn hoá cũng như kiến thức chuyên gia nên kết quả phân chia theo một số cấp.

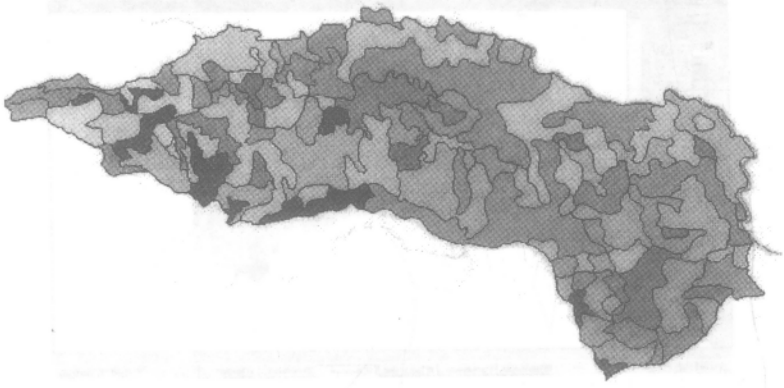


Hình 8.19. Mô hình mức độ thích nghi của thảm thực vật

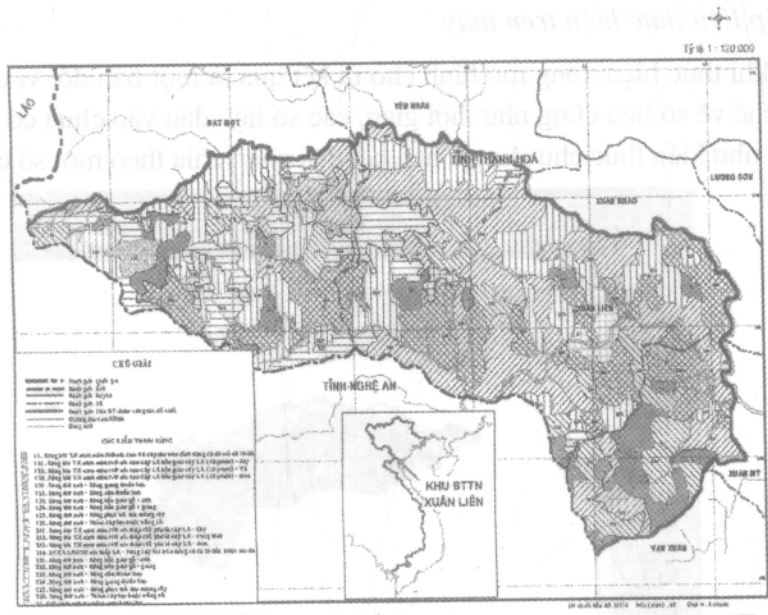
Không có điều kiện kiểm tra ngoài thực tế, chúng tôi sử dụng bản đồ rừng làm bằng phương pháp truyền thống để so sánh.

Mỗi khoanh vi ở kết quả sẽ mang các thuộc tính phù hợp với một loại thực vật nào đó với tính chất tốt hoặc không tốt. Ở đây do số liệu và thời gian, chúng tôi chỉ tạm so sánh về hình dạng, diện tích của chúng chứ chưa đưa ra các kết luận về thuộc tính.

Kết quả chạy mô hình



Hình 8.20. Bản đồ thích nghi của thảm thực vật



Hình 8.21. Bản đồ thảm thực vật Khu Bảo tồn thiên nhiên Xuân Liên (huyện Thường Xuân, tỉnh Thanh Hoá) (xây dựng bằng phương pháp đo vẽ truyền thống)

Các khoanh vi của các vùng do mô hình thực hiện tương đối trùng khớp với các khoanh vi trên bản đồ rừng. Như vậy các kết quả của mô hình chạy ra nếu có số liệu chính xác, đầy đủ và được chuẩn hoá cũng như các điều kiện dữ liệu đưa vào có kiến thức của các nhà chuyên môn thì kết quả sẽ khả quan hơn.

Như vậy ta thấy rằng với mô hình chúng ta đưa ra được những nhận xét, cho việc phát triển các Khu Bảo tồn, Vườn Quốc gia. (Quy hoạch, bảo vệ...)

PHẦN BA - SINH THÁI HỌC MÔI TRƯỜNG

CHƯƠNG IX

CÁC ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU CƠ BẢN TRONG SINH THÁI HỌC MÔI TRƯỜNG

9.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Theo Odum (1971), Sinh thái học được coi là khoa học về quan hệ của sinh vật hoặc một nhóm sinh vật với môi trường xung quanh, hoặc là khoa học về quan hệ tương hỗ giữa sinh vật với môi trường sống của nó. Khái niệm hệ sinh thái được định nghĩa như sau : “Hệ sinh thái là một hệ các quần xã sinh vật sống chung và phát triển trong một môi trường nhất định, tương tác với nhau và với môi trường đó bằng chu trình trao đổi năng lượng và vật chất”.

Giống như Sinh thái học, Khoa học về môi trường là lĩnh vực khoa học đa ngành và liên ngành. Có ba chuyên ngành của ngành Khoa học môi trường liên quan đến Sinh thái học môi trường (Environmental Ecology) là : Dân số (Population), Tài nguyên (Resources) và Môi trường (Environment).

Dân số gia tăng nhanh chóng và liên tục trong thời gian gần đây là nguyên nhân cơ bản gây nên những khủng hoảng về môi trường. Tác động tích lũy của con người tới sinh quyển là hàm số giữa dân số và tác động môi trường trên đầu người đã gây ra sự biến đổi lớn lao bên trong các Quốc gia. Các tác động này phụ thuộc nhiều vào điều kiện tự nhiên và mức độ đô thị hoá.

Tài nguyên để duy trì cho cuộc sống của con người bao gồm : a) Các tài nguyên thiên nhiên không tái tạo như những mỏ khoáng sản kim loại, nhiên liệu hoá thạch ; b) Các tài nguyên thiên nhiên có thể tái tạo bao gồm nước, sinh vật. Các dạng tài nguyên này nếu như biết sử dụng một cách dè xẻn thì có thể khai thác, sử dụng trong một thời gian dài. Tuy nhiên, nếu không có sự quản lí hoặc khai thác quá mức các dạng tài nguyên có thể tái tạo được thì tài nguyên đó bị giảm khả năng tái tạo.

Môi trường đề cập tới những vấn đề mà ở đó các tác động của tự nhiên hoặc do con người tạo ra tới chất lượng của các thành phần vô cơ và sinh vật trong sinh quyển và của môi trường con người.

Như vậy, có thể thấy *Sinh thái học môi trường là môn học nghiên cứu, đánh giá các tác động của môi trường tới sinh học và các hệ sinh thái.*

Sinh thái học môi trường định hướng vào những tác động gây ra do sự căng thẳng (stress), đặc biệt liên quan tới những tác động sinh thái do con người gây ra. Sự căng thẳng được định nghĩa một cách đơn giản là bất kỳ một ảnh hưởng môi trường nào gây ra những biến đổi sinh thái có thể đo được. Các tác nhân gây căng thẳng có thể hoàn toàn từ bên ngoài xâm nhập vào hệ sinh thái như thuốc trừ sâu, kim loại gây độc... hoặc nó có thể là yếu tố môi trường như gió, nhiệt, hoặc tải lượng dinh dưỡng đã có trước đó, vượt quá điểm giới hạn và gây ảnh hưởng, làm biến đổi hệ sinh thái.

Có một số kiểu căng thẳng môi trường được xác định theo các tác nhân chính như sau :

Căng thẳng vật lí là tác động gây ra khi có một nguồn năng lượng động lực cao tác động tới hệ sinh thái, thường chỉ diễn ra trong thời gian ngắn như núi lửa hoạt động, các vụ nổ do con người gây ra, bão, sóng triều hoặc sóng thần, động đất.

Cháy cũng là căng thẳng diễn ra trong thời gian ngắn, gây ra bởi sự bùng cháy nhanh của một lượng sinh khối lớn trong hệ sinh thái. Sự cháy do con người gây ra như sinh khối bị bùng cháy không kiểm soát nổi cho đến khi lửa bị dập tắt.

Ô nhiễm xảy ra khi một số tác nhân hoá học hiện diện trong môi trường với hàm lượng đủ để gây tác động sinh lí tới cơ thể sinh vật và gây ra biến đổi sinh thái. Các hoá chất nhìn chung là gây ra ô nhiễm độc như khí SO_2 , ôzôn, thuỷ ngân, asen, thuốc trừ sâu bọ. Ô nhiễm các chất dinh dưỡng có thể gây ra sự phú dưỡng.

Căng thẳng nhiệt xảy ra khi một lượng nhiệt thoát ra, xâm nhập vào hệ sinh thái gây biến đổi sinh thái. Ô nhiễm nhiệt bao giờ cũng liên quan tới lượng nhiệt thải từ các nhà máy điện và công nghiệp hoặc cũng có thể là nhiệt tự nhiên thấy ở vùng xung quanh các suối nước nóng hoặc núi lửa ngầm dưới biển.

Căng thẳng phóng xạ diễn ra khi có một lượng năng lượng ion hoá. Ví dụ, những ảnh hưởng của dòng phóng xạ từ chất thải hạt nhân hoặc của vụ nổ hạt nhân hoặc sự phơi nhiễm thực nghiệm phóng xạ gama ion hoá của các hệ sinh thái.

Căng thẳng do khai thác là sự lựa chọn khai thác một số loài đặc biệt hoặc các cơ thể sinh vật theo một kích thước nhất định trong một hệ sinh thái. Khai thác có thể là nhân tạo như sự săn bắt, thu hái động vật thực vật

hoặc có thể là tự nhiên như sự bùng nổ các côn trùng làm rụng lá hoặc các bệnh tật gây chết khác.

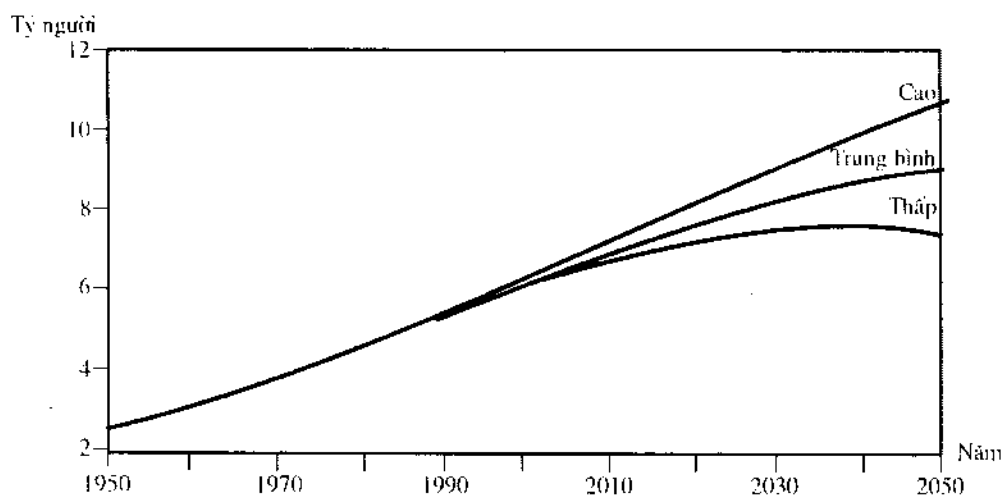
Căng thẳng khí hậu gây ra bởi sự cực đoan của chế độ nhiệt độ, độ ẩm hoặc bức xạ mặt trời.

9.2. DÂN SỐ THẾ GIỚI VÀ SỰ TĂNG NHANH DÂN SỐ

9.2.1. Nét phác hoạ về dân số thế giới

9.2.1.1. Dân số tăng

Nếu trong năm 1990, con số thống kê cho thấy dân số thế giới đã vượt quá 5,3 tỷ người, tốc độ tăng dân số lên tới 1,7% năm thì đến nay, dân số loài người đã tăng lên hơn 3 lần trong gần 100 năm qua. Theo Vụ dân số của Liên Hợp Quốc (UNPA), dân số thế giới đến năm 2002 đã đạt 6,2 tỷ người và đang gia tăng với tốc độ 1,2% mỗi năm, tương đương với việc thêm 77 triệu người mỗi năm. Rồi đây, dân số loài người sẽ còn tăng thêm nữa và có thể ổn định vào khoảng 8 tỷ (theo phương án thấp) và cao nhất có thể tới 10,9 tỷ (phương án cao), trung bình là 9,3 tỷ (UN, 2001). Tuy dân số toàn cầu tăng theo thời gian nhưng tốc độ tăng dân số khác nhau giữa các khu vực. Dân số các nước phát triển hiện tại là 1,2 tỷ người, ước tính sẽ không thay đổi nhiều trong vòng 50 năm tới. Trong khi đó, tại các nước đang và kém phát triển, dân số sẽ tăng đều và trong thời gian từ 2000 đến 2050 sẽ góp cho thế giới thêm 3,3 tỷ người (tăng từ 4,9 lên 8,2 tỷ).



Hình 9.1. Dân số thế giới trong quá khứ và ước lượng dân số theo các phương án sinh sản : trung bình, cao, thấp từ năm 1950 – 2050 (tỷ người).

(Nguồn : Liên hợp quốc, 1998)

Trong bảng 9.1, trình bày số lượng và mật độ dân số trên toàn thế giới và ở các châu lục trong thời gian gần đây. Điều dễ nhận thấy nhất là mật độ dân số trên Trái Đất ngày càng tăng lên nhanh chóng.

Bảng 9.1. Phân bố dân số và mật độ dân số giữa các châu lục
(Nguồn : UFPA : Tình trạng dân số thế giới năm 1998)

Châu lục	Năm 1980		Năm 1998		Năm 2025 (dự báo)	
	Dân số	Mật độ	Dân số	Mật độ	Dân số	Mật độ
Toàn thế giới	4444	32	5929,5	44	8039,2	59
Châu Phi	476,0	15	778,5	25	1459,3	38
Châu Á	2642	83	3588,9	113	4784,8	150
Châu Âu	693,0	30	729,4	32	701,1	30
Châu Mỹ Latinh	358,0	17	499,5	24	689,6	33
Bắc Mỹ	252,0	13	304,1	14	369,0	17
Châu Đại dương	22,7	2,6	29,5	3,4	40,7	4,7

Chú thích :

- Dân số tính bằng triệu người.
- Mật độ tính bằng người/km².

9.2.1.2. Sự di cư

Sự di cư (hay di dân) là sự di chuyển của con người tới một chỗ ở mới. Thuật ngữ nhập cư (immigration) chỉ sự nhập cư vào một Quốc gia còn thuật ngữ di cư (emigration) chỉ sự di cư ra khỏi một Quốc gia. Di cư giữa các địa phương trong nước gọi là di cư nội bộ. Di cư sang nước khác gọi là di cư quốc tế. Sự tăng trưởng dân số của một nước được coi là bền vững nếu tốc độ tăng trưởng và sự di cư bằng 0.

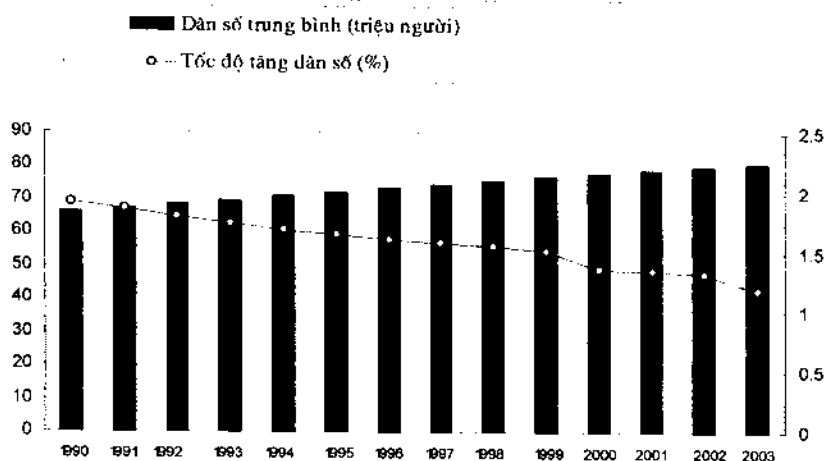
Lịch sử phát triển của loài người gắn liền với sự di cư. Từ những trung tâm nhỏ bé ở vùng Đông Phi, loài người đã di cư đến mọi nơi trên Trái Đất. Lương thực, thực phẩm, tập quán và lối sống cũng như những vật gây bệnh cùng di chuyển với con người để tạo nên hệ sinh thái toàn cầu, được gắn kết với nhau bằng các hoạt động của con người.

Như vậy, có thể thấy di cư là một hiện tượng khách quan, do nhiều nguyên nhân khác nhau như sức ép chính trị, áp lực của kinh tế hoặc sự hấp dẫn của môi trường đã gây biến động lớn về xã hội và tác động đáng kể đến tài nguyên và môi trường. Trong hầu hết các trường hợp, điều kiện môi trường sống là nguyên nhân của các dòng di cư. Chính các dòng di cư lại tác động trở lại và làm biến đổi hoặc làm suy thoái môi trường. Quá trình di cư do nguyên nhân môi trường được gọi là “tị nạn môi trường”. Mười năm trước đây, một công bố cho rằng thế giới đang hứng chịu một trào lưu tị nạn môi trường ngày càng gia tăng với con số ước tính vào khoảng 25 triệu người, tức là cứ 225 người trên thế giới thì có một người tị nạn môi trường (Lester Brown, 2004).

9.2.2. Tình hình phát triển dân số ở Việt Nam

9.2.2.1. Đặc điểm chung

Việt Nam là một trong số các quốc gia đông dân trên thế giới. Sau khi chiến tranh kết thúc và đất nước thống nhất năm 1975, Chính phủ đã ban hành chính sách kế hoạch hoá gia đình. Theo kết quả điều tra dân số năm 1999, Việt Nam có hơn 76,3 triệu người với mức tăng dân số khá cao 1,8%/năm. Việt Nam là nước có mật độ dân số cao, mật độ trung bình năm 1999 là 230,6 người/km². Nếu tính từ cuộc điều tra dân số năm 1989 thì dân số Việt Nam đã tăng thêm 11,9 triệu người. Tính đến năm 2001, dân số nước ta là gần 79 triệu người, đứng thứ 13 trên thế giới và thứ 2 trong khu vực Đông Nam Á. Đến năm 2004, dân số Việt Nam khoảng 82,069 triệu người, mật độ 240 người/km² và theo dự báo đến 2025, dân số sẽ là 105 triệu người với tốc độ tăng trưởng dân số trung bình 1,35% (UN, 2003). Cơ cấu dân số trẻ chưa đủ tuổi lao động chiếm 39,55%, trong độ tuổi lao động chiếm 52,83%. Tỷ lệ hộ nghèo còn cao, sự chênh lệch thu nhập giữa các nhóm giàu và nghèo có xu hướng ngày càng mở rộng. Số lượng lao động dư thừa lớn, tỷ lệ lao động đã qua đào tạo thấp.



Hình 9.2. Biến động dân số và tốc độ tăng dân số của Việt Nam thời kỳ 1990–2003
(Nguồn : Thời báo Kinh tế Việt Nam : Kinh tế 2003–2004 Việt Nam và Thế giới)

9.2.2.2. Phân bố dân không đồng đều

Một đặc điểm đáng lưu ý là dân số Việt Nam phân bố không đều. Khoảng 77% dân số sống ở vùng nông thôn và miền núi. Tỷ lệ tăng dân số ở các tỉnh vùng núi (vùng có mức đa dạng sinh học cao nhất) cao hơn ở vùng đồng bằng. Các nghiên cứu về phân bố dân cư và sự biến động của rừng cho thấy : càng lên vùng cao, dân cư càng thưa, diện tích rừng bị mất ít dần. Ban đầu, ở vành đai < 700m, rừng bị giảm nhiều nhất, gấp hai lần ở vành đai 700 – 1000m, gấp gần bốn lần ở vành đai 1000 – 1500m, gấp 472 lần ở vành đai trên 2000m. Những năm sau này, khi rừng ở vùng thấp đã hết, diện tích rừng bị mất tăng dần ở các vành đai cao hơn. Hậu quả là các mảnh rừng bị đẩy dần lên phía trên đỉnh núi. Biến động diện tích rừng có liên quan với đặc điểm đất đai và việc sử dụng đất của con người. Nơi nào đất đai đáp ứng nhu cầu làm nương rẫy và trồng cây công nghiệp dài ngày thì rừng bị mất nhiều hơn các nơi khác từ 10–30 lần.

Trong khi đó, ở vùng đồng bằng trong những năm gần đây, lao động trong khu vực nông nghiệp đã có xu hướng giảm mạnh nhưng bình quân đất đai canh tác trên một lao động nông nghiệp vẫn giảm, từ 0,30 ha/người năm 1990 xuống còn 0,25 ha/người (số liệu năm 1994). Tại các vùng đồng bằng sông Hồng và Bắc Trung Bộ, chỉ số này còn thấp hơn nữa : 0,15 ha và 0,19 ha tương ứng. Đất đai canh tác giảm dần dẫn đến việc tăng cường sử dụng

các loại phân bón hoá học, thâm canh tăng vụ và hệ quả tất yếu của quá trình này là sự suy thoái nặng nề của đất đai.

Các số liệu trong bảng 9.2 cho thấy mật độ dân số của Việt Nam trong thời gian gần đây. Xu thế chung cho thấy, mật độ dân số ở nước ta ngày càng tăng lên mạnh mẽ. Và như thế, không gian sống của từng con người và cả cộng đồng con người cũng ngày càng bị thu hẹp.

Bảng 9.2. Mật độ dân số các vùng ở Việt Nam

(Nguồn : Tổng điều tra dân số Việt Nam 1989 và 1999) ; Đơn vị : người/km²

Vùng	Năm 1989	Năm 1999
Cả nước	195	231
Đông Bắc	139	162
Tây Bắc	50	62
Đồng bằng sông Hồng	1030	1180
Bắc Trung Bộ	170	196
Duyên hải miền Trung	167	195
Tây Nguyên	41	67
Đông Nam Bộ	219	285
Đồng bằng sông Cửu Long	364	408

9.2.2.3. Sự di dân

Trong đặc điểm phát triển dân số ở Việt Nam, tình hình di dân từ vùng này sang vùng khác đã thấy rõ từ những năm 1960, ở miền Bắc Việt Nam, chính phủ đã động viên khoảng 1 triệu người từ vùng đồng bằng lên khai hoang và sinh sống ở vùng núi phía Bắc. Cuộc vận động này đã làm thay đổi cơ bản cơ cấu dân số ở vùng núi Tây Bắc, Đông Bắc.

Sau năm 1975, lại có chính sách phân bố lực lượng sản xuất trên địa bàn cả nước. Một số khu vực có số lượng dân đông đã tổ chức dân cư vào khai hoang những vùng đất ít người ở miền Đông Nam Bộ và Tây Nguyên. Bên cạnh sự di dân có tổ chức, từ những năm 1990, nhiều đợt di cư tự do từ các tỉnh đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ kể cả cộng đồng bản làng người dân tộc ở vùng núi phía Bắc vào các tỉnh phía Nam, tập trung nhiều ở vùng Tây Nguyên và Đông Nam Bộ. Kết quả của các cuộc di cư có tổ chức theo kế hoạch và di cư tự do đã làm tăng đáng kể dân số ở các vùng Tây Nguyên,

Đông Nam Bộ. Trong tám năm từ 1995 đến 2003, dân số tỉnh Kon Tum tăng thêm 87000 người, bằng 23,9% dân số toàn tỉnh. Tỉnh Gia Lai tăng thêm 224500 người (20,8%). Tỉnh Đắk Lắk có thêm 619500 người (bằng 30,7% dân số toàn tỉnh). Tỉnh Lâm Đồng tăng thêm 263800 người (23,55%).

Theo kết quả nghiên cứu biến động môi trường tự nhiên do sự tăng trưởng dân số ở Tây Nguyên, nơi có dòng nhập cư tới nhiều nhất cả nước, quy mô dân số càng tăng, mật độ dân số càng cao thì diện tích và độ che phủ của rừng càng giảm, thể hiện rõ mối quan hệ tỷ lệ nghịch giữa độ che phủ của rừng (Y) và mật độ dân số (X) với hệ số tương quan cao.

Tình hình dân số Việt Nam như trên cho thấy đây là thách thức sẽ gây sức ép lớn đối với cả tài nguyên và môi trường trên phạm vi toàn quốc và đòi hỏi phải có chiến lược tài nguyên và môi trường phù hợp đi đôi với chiến lược dân số và chiến lược tăng trưởng, xoá đói, giảm nghèo.

9.3. MÔI TRƯỜNG SỐNG CỦA CON NGƯỜI

Hiểu một cách chung nhất, môi trường của một vật thể hay sự kiện nào đó là tổng hợp toàn bộ các điều kiện bên ngoài có ảnh hưởng đến vật thể hay sự kiện đó. Khái niệm về môi trường đã được trình bày kỹ ở phần 1 trong chương V. Chúng tôi muốn nhấn mạnh thêm, ở đây quan niệm “môi trường” là toàn bộ các điều kiện bên ngoài bao gồm các yếu tố không sống (các chất hoá học, năng lượng) và các yếu tố sống (sinh vật) tác động lên đời sống của sinh vật hoặc một hệ thống đặc trưng khác buộc chúng phải phản ứng lại một cách thích nghi để tồn tại và phát triển. Cũng cần nói thêm là, thuật ngữ “môi trường” trong tiếng Anh (environment) và trong tiếng Pháp (environnement) đều có nghĩa là “cái bao quanh”; còn trong tiếng Hoa “môi trường” được gọi là “hoàn cảnh”, cũng có nghĩa là “vòng cảnh vật bao quanh”.

Vai trò và mối quan hệ qua lại giữa môi trường và sinh vật (bao gồm các cá thể sinh vật và các quần thể sinh vật) đã được trình bày ở các phần trước. Trong phần này, chúng tôi muốn nói đến vai trò và mối quan hệ giữa môi trường với con người và xã hội loài người, từ đó nhận thức được những nhiệm vụ của bộ môn khoa học Sinh thái học trong công tác bảo vệ môi trường.

9.3.1. Khái niệm về môi trường sống của con người

Như trên đã trình bày, môi trường sống hay môi sinh (living environment) của sinh vật là tổng hợp các điều kiện bên ngoài ảnh hưởng đến sự sinh tồn và phát triển của cơ thể và quần thể sinh vật. Xuất phát từ

định nghĩa trên, *môi trường sống của con người* là tổng hợp các điều kiện vật lý, hoá học, sinh học, xã hội bao quanh và có ảnh hưởng đến sự sống và phát triển của từng cá nhân và cả cộng đồng con người. Như vậy, môi trường sống của con người không chỉ là Trái Đất cùng với tất cả các thành phần và tính chất của nó mà còn là Hệ Mặt Trời mà Trái Đất của chúng ta là một hành tinh và cả vũ trụ bao la mà Hệ Mặt Trời là một phần vô cùng nhỏ bé trong đó. Tất nhiên, đối với sự sống của con người thì Trái Đất là môi trường sống trực tiếp quan trọng nhất và có ảnh hưởng mạnh mẽ nhất.

Về mặt vật lý, môi trường sống trên Trái Đất được cấu tạo từ ba quyển : khí quyển, thuỷ quyển và thạch quyển. Khí quyển (atmosphere) của Trái Đất là toàn bộ lớp không khí bao quanh mặt đất. Thạch quyển (lithosphere) là phần chất rắn của Trái Đất từ mặt đất tới độ sâu khoảng 60km. Thuỷ quyển (hydrosphere) chỉ phần nước của Trái Đất với toàn bộ các đại dương, thuỷ vực nội địa, băng tuyết và các nguồn nước khác. Khí quyển, thuỷ quyển và thạch quyển bao gồm các thành phần vô sinh được tạo thành bởi các nguyên tố hoá học và chứa đựng năng lượng dưới các dạng khác nhau như : thế năng, cơ năng, quang năng, hoá năng...

Về mặt sinh học, trên Trái Đất có sinh quyển (biosphere) bao gồm các cơ thể sinh vật với những tập hợp khác nhau và những bộ phận nhất định của khí quyển, thạch quyển và thuỷ quyển tạo nên môi trường sống của các sinh vật đó. Như vậy, sinh quyển bao gồm các thành phần hữu sinh (cơ thể sống của sinh vật) và thành phần vô sinh có quan hệ chặt chẽ và tương tác với nhau. Trong sinh quyển, ngoài vật chất hoá học và năng lượng vật lý, còn có các thông tin sinh học để duy trì cấu trúc, cơ chế tồn tại và phát triển của sinh vật. Cùng với sự phát triển và tiến hoá của sinh giới, dạng thông tin phức tạp và phát triển cao nhất trong sinh quyển là trí tuệ của con người. Trí tuệ của con người ngày càng có tác động mạnh mẽ đến sự tồn tại và phát triển của cả Trái Đất và sinh quyển trên Trái Đất. Thậm chí, cho đến nay, những hoạt động của con người không còn giới hạn trên Trái Đất mà đã bắt đầu vươn ra ngoài vũ trụ bao quanh Trái Đất. Vì vậy, ngày nay, người ta đã thừa nhận sự tồn tại của một quyển mới trên Trái Đất, đó là trí quyển (noosphere), bao gồm các bộ phận trên Trái Đất trong đó có sự tồn tại và tác động của trí tuệ con người. Trí quyển là nơi đang xảy ra những biến động to lớn về môi trường mà chúng ta đang đề cập ở đây.

Phụ thuộc vào nguồn gốc phát sinh và cơ chế hoạt động, môi trường sống của con người có thể phân chia thành môi trường thiên nhiên, môi

trường nhân tạo và môi trường xã hội. Môi trường thiên nhiên (natural environment) bao gồm tất cả các yếu tố thiên nhiên (vật lý, hoá học, sinh học...) tồn tại khách quan không phụ thuộc vào ý muốn của con người. Môi trường nhân tạo (artificial environment) cũng bao gồm những yếu tố vật lý, hoá học, sinh học, xã hội nhưng do con người tạo ra và chịu sự chi phối của con người. Còn môi trường xã hội là đặc thù của loài người, bao gồm toàn bộ mối quan hệ giữa con người và con người, tạo ra một hệ thống xã hội mà trong đó từng cá nhân và cả cộng đồng con người cùng tồn tại và phát triển.

9.3.2. Vai trò của môi trường đối với con người

Đối với sự tồn tại và phát triển của con người, môi trường sống có ba chức năng chính sau : là không gian sống của con người, là nơi cung cấp các nguồn tài nguyên cần thiết cho cuộc sống và các hoạt động sản xuất của con người và là nơi chứa đựng những phế thải do con người tạo ra trong cuộc sống và các hoạt động sản xuất của mình.

9.3.2.1. Môi trường là không gian sống của con người

Để đảm bảo cho cuộc sống của mình, con người cần có một khoảng không gian sống với một phạm vi và chất lượng nhất định. Tuy nhiên, do Trái Đất có độ lớn không thay đổi, còn số lượng dân số trên Trái Đất không ngừng tăng lên, nên không gian sống của con người cũng ngày càng thu hẹp.

Đòi hỏi về không gian sống của con người cũng còn phụ thuộc vào trình độ kỹ thuật và công nghệ sản xuất. Trong xã hội nguyên thuỷ, khi con người sinh sống chủ yếu nhờ vào hái lượm và săn bắt, mỗi một cá nhân cần một không gian sống vào khoảng 20km² ; diện tích này rút xuống chỉ còn vài chục ha khi con người đã biết chủ động trồng trọt và chăn nuôi ; rồi chỉ còn vài nghìn m² khi con người đã tạo ra được một nền nông nghiệp phát triển và chỉ còn vài trăm m² trong xã hội công nghiệp hoá phát triển.

Con người không chỉ đòi hỏi phải có một không gian sống đủ về phạm vi số lượng mà cần thiết phải có không gian sống có chất lượng tốt. Không gian sống của con người mà cụ thể là không khí, nước, đất tiếp xúc với con người và được con người sử dụng phải không được chứa hoặc chứa ít các chất độc hại đến sức khoẻ của con người. Không gian sống của con người còn phải thoả mãn được những đòi hỏi về thẩm mỹ và tâm lý của con người. Trong quá trình phát triển của xã hội loài người, không gian sống của con người luôn luôn thay đổi, từ chỗ ít phù hợp với đời sống của con người tiến

đến phù hợp, rồi một phần nào lại trở thành không phù hợp theo những đòi hỏi và tiêu chuẩn mới. Sự phát triển của kỹ thuật và công nghệ của con người đã góp phần cải thiện chất lượng của môi trường sống, song cũng chính do sự phát triển này lại là nguyên nhân gây ô nhiễm môi trường, làm cho chất lượng của môi trường sống bị suy giảm.

9.3.2.2. Môi trường là nơi cung cấp các nguồn tài nguyên và năng lượng cần thiết cho con người

Sự phát triển của xã hội loài người, từ các hoạt động sống sơ khai hái lượm và săn bắt cho đến nền kinh tế nông nghiệp, công nghiệp và hậu công nghiệp đều phải sử dụng các nguồn tài nguyên thiên nhiên : đất, nước, không khí, khoáng sản, các loài sinh vật... lấy từ Trái Đất, các dạng năng lượng như củi, gỗ, than đá, dầu khí, ánh nắng, gió, địa nhiệt... có nguồn gốc từ năng lượng mặt trời, năng lượng nguyên tử lấy từ năng lượng tiềm tàng chứa trong vật chất cấu thành Trái Đất. Cùng với sự phát triển của nền văn minh loài người, nhiều nguồn tài nguyên thiên nhiên trên Trái Đất đã bị khai thác mạnh dẫn đến cạn kiệt đặt loài người vào tình thế phải xem lại cách thức khai thác và sử dụng tài nguyên thiên nhiên sao cho hợp lý và tiết kiệm. Ngoài ra, con người cũng luôn luôn phải thăm dò để phát hiện và khai thác các nguồn tài nguyên tiềm tàng trong lòng đất, dưới biển cả hoặc không gian xung quanh Trái Đất. Mặt khác, sự phát triển của khoa học và công nghệ cũng đã giúp cho con người phát minh ra các vật liệu nhân tạo để thay thế vật liệu tự nhiên hoặc tổ hợp các tính năng của vật liệu tự nhiên trong một vật liệu nhân tạo. Ở đây, tính hai mặt : tích cực và tiêu cực, của sự phát triển của xã hội loài người đối với các nguồn tài nguyên thiên nhiên cũng được thể hiện rõ rệt.

9.3.2.3. Môi trường là nơi chứa đựng các chất thải của con người

Một trong những chức năng quan trọng nhất của môi trường còn nằm ở chỗ môi trường là nơi chứa đựng những chất thải, những phế liệu mà con người tạo ra trong các hoạt động sống và sản xuất của mình. Về mặt lý thuyết, quá trình sử dụng nguyên liệu và năng lượng của con người trong các hoạt động và sản xuất không thể và trong thực tế chưa bao giờ có thể đạt đến hiệu suất 100%. Có nghĩa là để tồn tại và phát triển, con người luôn luôn tạo ra các phế thải. Môi trường chính là nơi chứa đựng các phế thải của con người. Cùng với sự phát triển của xã hội loài người, các chất thải mà con người tạo ra cũng thay đổi theo. Ở các xã hội chưa phát triển, khi mật độ dân

số còn thấp và nền văn minh công nghiệp chưa xuất hiện, chất thải mà con người tạo ra thường có nguồn gốc hữu cơ tự nhiên và thường được tái sử dụng hoặc dễ phân huỷ trong tự nhiên. Ví dụ, các chất bài tiết của con người và động vật được sử dụng làm phân bón, các phế thải từ nông sản, lâm sản... thường được sử dụng làm thức ăn cho vật nuôi, những cái không thể tái sử dụng, tái chế (phụ phẩm và phế liệu trong nông nghiệp, lâm nghiệp, tiểu thủ công nghiệp...) thường rất dễ phân huỷ trong tự nhiên bởi các loài vi sinh vật và các sinh vật khác. Trong xã hội công nghiệp hoá, khi mật độ dân số cao, công nghệ phát triển, mức tiêu thụ của con người tăng lên mạnh mẽ, lượng chất thải và phế thải mà con người tạo ra rất lớn và phần lớn chúng thường có nguồn gốc hoá tổng hợp nhân tạo và có độc tính đối với môi trường, vì thế mà môi trường tự nhiên không đủ sức chứa và quá trình phân huỷ tự nhiên không đủ sức để xử lý lượng chất thải và phế thải đó. Hiện nay, vấn đề sức chứa và xử lý các loại chất thải và phế thải đã trở thành đề tài căng thẳng về môi trường ở hầu hết các nước trên thế giới.

Hiện nay, nhiều nước công nghiệp phát triển và giàu có đã tạo ra một lượng phế thải quá lớn và rất độc hại (ví dụ chất thải từ các nhà máy điện nguyên tử) phải chôn lấp ở những vùng hẻo lánh, sâu dưới lòng đất, ở ngoài đại dương hoặc xuất khẩu sang các nước khác. Còn ở các nước nghèo, mật độ dân số lớn, điều kiện sống khó khăn, thiếu thốn, chất thải và phế thải không được thu dọn và xử lý, nên con người phải sống chung với các nguồn phế thải tiềm ẩn nhiều nguy cơ dịch bệnh và độc hại. Vì vậy mà chất thải và phế thải đã trở thành vấn đề môi trường gay gắt có tính chất toàn cầu đòi hỏi phải được giải quyết triệt để.

9.4. TÀI NGUYÊN

9.4.1. Quan niệm cơ bản về tài nguyên và phân loại tài nguyên

Tài nguyên (resources) là tất cả các nguồn nguyên liệu (materials), năng lượng (energy) và thông tin (information) có trên Trái Đất và trong vũ trụ bao quanh Trái Đất mà con người đã sử dụng và có thể sử dụng để phục vụ cho cuộc sống và sự phát triển của mình.

Các nguồn tài nguyên thường được phân chia thành tài nguyên thiên nhiên và tài nguyên con người. Tài nguyên thiên nhiên vốn là các yếu tố của môi trường tự nhiên, do có ý nghĩa đối với sự tồn tại và phát triển của con người mà trở thành tài nguyên, được hình thành do quá trình vận động của thế giới tự nhiên và thường có sẵn trong tự nhiên mà không phụ thuộc vào ý

muốn chủ quan của con người. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác và sử dụng, con người đã làm biến đổi các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Hiện trạng và nguồn dự trữ tài nguyên thiên nhiên trong thời đại hiện nay hoàn toàn phụ thuộc vào ý thức của con người. Tài nguyên thiên nhiên thường được phân chia theo dạng vật chất của nó, như tài nguyên đất, tài nguyên khoáng sản, tài nguyên nước, tài nguyên khí hậu, tài nguyên rừng, tài nguyên sinh học... Tài nguyên con người gắn liền với các nhân tố con người và xã hội loài người. Tài nguyên con người thường được phân thành tài nguyên lao động, tài nguyên trí tuệ, tài nguyên thông tin... Cùng với sự phát triển của con người và xã hội loài người, tài nguyên con người ngày càng phát triển cả về số lượng và chất lượng.

Dựa vào khả năng tự tái tạo, các nguồn tài nguyên được phân chia thành tài nguyên tái tạo được và tài nguyên không tái tạo được. Tài nguyên tái tạo (renewable resources) là những nguồn tài nguyên có thể tự duy trì hay tự bổ sung một cách liên tục khi được sử dụng và quản lý một cách hợp lý. Năng lượng mặt trời, năng lượng gió, dòng chảy, thủy triều, tài nguyên sinh học... là những nguồn tài nguyên tái tạo. Các nguồn tài nguyên tái tạo được cung cấp hầu như liên tục và vô tận từ vũ trụ (ví dụ như năng lượng mặt trời) hoặc dựa vào các quá trình phát triển và tiến hoá của tự nhiên để tồn tại và phát triển (ví dụ tài nguyên sinh học, năng lượng gió...). Tuy nhiên, do nhu cầu ngày càng tăng và sự phát triển vượt bậc của khoa học và công nghệ trong thời đại hiện nay, để cho các nguồn tài nguyên tái tạo có thể duy trì mãi mãi và tự bổ sung, con người cần phải quản lý chúng một cách khôn ngoan, nếu không, thuộc tính “tự bổ sung” sẽ bị mất đi (ví dụ như đối với các nguồn tài nguyên sinh học). Tài nguyên không tái tạo được (unrenewable resources) là những nguồn tài nguyên tồn tại với một số lượng hữu hạn. Các nguồn tài nguyên này sẽ bị mất đi hay bị biến đổi mà không giữ lại được các tính chất ban đầu sau khi bị sử dụng. Các loại khoáng sản, các nguồn nhiên liệu hoá thạch... hoặc các thông tin di truyền trong giới sinh vật dễ dàng bị mai một mà không thể truyền lại cho các thế hệ tiếp theo là các dạng của nguồn tài nguyên không tái tạo được. Đối với nguồn tài nguyên không tái tạo được, con người phải quản lý và sử dụng chúng một cách khoa học, hợp lý, hiệu quả và thật tiết kiệm. Ở đây, chúng tôi muốn đặc biệt nhấn mạnh đến nguồn tài nguyên thông tin.

Đối với một vùng lãnh thổ cụ thể, một Quốc gia hay trên quy mô toàn cầu, tổng tiềm năng các nguồn tài nguyên có thể phân chia thành nguồn tài

nguyên đã được phát hiện, xác định và nguồn tài nguyên chưa được phát hiện. Tài nguyên đã được phát hiện và xác định có thể có trữ lượng, có giá trị kinh tế hoặc có trữ lượng chưa rõ giá trị kinh tế phụ thuộc vào mức độ chính xác của công tác khảo sát và đánh giá. Tài nguyên chưa được phát hiện có thể có giá trị kinh tế, không có giá trị kinh tế hoặc chưa rõ giá trị kinh tế. Tuy nhiên, giá trị của các nguồn tài nguyên lại phụ thuộc vào nhu cầu sử dụng của con người đối với nguồn tài nguyên này và phụ thuộc vào trình độ phát triển của khoa học và công nghệ. Dầu mỏ, các loại đất hiếm, năng lượng hạt nhân... vốn đã tồn tại từ lâu, song phải đến thế kỷ XVIII, XIX mới thể hiện giá trị của chúng đối với con người. Thực tế đã chứng minh, sự phát hiện giá trị của một dạng tài nguyên thường dẫn đến sự gia tăng mức độ sử dụng chúng theo thời gian theo hàm số mũ, trong khi đó, lượng tài nguyên có thể khai thác được theo thời gian lại giảm đi theo quy luật phân bố Gauss.

9.4.2. Các nguồn tài nguyên chủ yếu và hiện trạng của chúng

9.4.2.1. Tài nguyên đất

Đất là một nguồn tài nguyên đặc biệt quan trọng đối với con người. Đất vừa là chỗ ở, vừa là địa bàn khai thác các nguồn tài nguyên thiên nhiên, vừa là nơi xây dựng các cơ sở sản xuất và hạ tầng xã hội của con người.

Theo các tài liệu đã công bố (Dẫn theo Lê Thạc Cán : Cơ sở khoa học môi trường, 1995), tính đến cuối thập kỷ 1980 tổng diện tích đất trên Trái Đất vào khoảng 14777 triệu ha, trong đó có 1527 triệu ha đất bị băng tuyết che phủ vĩnh viễn. Trong 13251 triệu ha đất còn lại có 12% là đất canh tác, 24% là đất sử dụng làm đồng cỏ cho chăn nuôi, 32% là đất rừng, 32% còn lại là các thủy vực nước mặn, nước ngọt và đất cư trú. Tỷ lệ đất sử dụng cho các mục đích khác nhau phụ thuộc vào các điều kiện tự nhiên của từng vùng lãnh thổ và trình độ phát triển khoa học, công nghệ của địa phương. Đất có tiềm năng sử dụng trong nông nghiệp trên toàn thế giới ước khoảng 3200 triệu ha, tuy nhiên hiện mới đưa vào sử dụng khoảng 1500 triệu ha. Ở các nước phát triển, 70% đất có tiềm năng sử dụng đã được khai thác, ở các nước đang phát triển, tỷ lệ này vào khoảng 36%. Nếu tính theo châu lục thì tỷ lệ đất có tiềm năng đã được sử dụng ở châu Á là 92%, ở châu Phi là 21%, còn ở châu Mỹ là 15%. Tỷ lệ này một phần phụ thuộc vào khả năng được cung cấp nước của đất.

Nhìn chung, tài nguyên đất trên thế giới hiện đang ở trong tình trạng bị suy thoái do khai thác quá mức với những phương thức sử dụng không khoa

học. Ước tính hiện nay có khoảng 10% đất có tiềm năng sử dụng trong nông nghiệp trên toàn thế giới đã bị sa mạc hoá và hằng năm có khoảng 15% diện tích đất đang canh tác bị suy thoái do các sai lầm của con người. Trong các dạng suy thoái thì suy thoái vì xói mòn do nước chiếm 55,7%, do gió chiếm 28%, do mất chất dinh dưỡng là 12,1%. Tại khu vực châu Á và Thái Bình Dương đã có 860 triệu ha đất bị hoang mạc hoá. Riêng ở Trung Quốc, diện tích đất bị suy thoái là 280 triệu ha, chiếm 30% tổng diện tích lãnh thổ, trong đó có 36,67 triệu ha đất bị xói mòn nặng, 6,67 triệu ha bị mặn hoá, 4 triệu ha bị lầy úng.

Việt Nam có diện tích đất tự nhiên khoảng 33000000 ha, trong đó, diện tích sông suối và núi đã khoảng 1370100 ha (chiếm 4,16% diện tích đất tự nhiên), phần đất liền khoảng 31,2 triệu ha (94% diện tích tự nhiên), xếp hàng thứ 58 trong tổng số 200 nước trên thế giới. Do dân số đông (trên 80 triệu người) nên diện tích đất bình quân đầu người ở Việt Nam thuộc loại thấp nhất, xếp thứ 159 và bằng 1/6 bình quân của thế giới.

Bảng 9.3. Diễn biến diện tích đất trên đầu người ở Việt Nam
(Nguồn: Hội Khoa học Đất Việt Nam)

Năm	1940	1960	1970	1992	2000
Bình quân đầu người (ha/người)	0,2	0,16	0,13	0,11	0,10

Các quá trình chính trong đất của Việt Nam bao gồm : quá trình phong hoá, trong đó phong hoá hoá học và sinh học xảy ra mạnh hơn so với phong hoá lí học ; quá trình mùn hoá ; quá trình bồi tụ hình thành đất đồng bằng và đất bằng ở miền núi ; quá trình gray hoá ; quá trình mặn hoá ; quá trình phèn hoá ; quá trình alit ; quá trình sialit ; quá trình thực hoá và thoái hoá đất. Tùy theo điều kiện địa hình, điều kiện môi trường và phương thức sử dụng mà quá trình này hay quá trình khác chiếm ưu thế, quyết định đến hình thành nhóm, loại đất với các tính chất đặc trưng.

Nhìn chung, đất của Việt Nam đa dạng về loại, phong phú về khả năng sử dụng. Căn cứ vào nguồn gốc hình thành, có thể phân thành hai nhóm đất lớn :

- Nhóm đất được hình thành do bồi tụ (đất thủy thành) có diện tích khoảng 8 triệu ha, chiếm 28,3% tổng diện tích đất tự nhiên, trong đó đất đồng bằng 7 triệu ha.

- Nhóm đất được hình thành tại chỗ (đất địa thành) có khoảng 25 triệu ha.

Đất nông nghiệp ở Việt Nam chiếm 21% tổng diện tích tự nhiên. Theo số liệu thống kê năm 1997, tiềm năng đất canh tác của Việt Nam khoảng 10 triệu ha, trong đó có khoảng 8 triệu ha đất trồng cây hằng năm. Vốn là một trong những Quốc gia có bình quân đất canh tác theo đầu người thấp nhất thế giới, với gần 70% dân số làm kinh tế nông nghiệp, tỷ lệ gia tăng dân số nhanh, đặc biệt tại khu vực nông thôn, do vậy bình quân đất canh tác theo đầu người của Việt Nam vẫn đang giảm dần. Cộng vào đó là quá trình công nghiệp hoá và đô thị hoá đang gia tăng mạnh, mỗi năm đã lấn vào đất canh tác nông nghiệp hàng chục nghìn ha làm cho diện tích đất nông nghiệp ở nước ta tính trên đầu người chỉ còn khoảng 0,095 ha, chỉ bằng 53% mức trung bình ở châu Á và 1% mức trung bình của thế giới.

Với một diện tích đất canh tác hạn hẹp như vậy, để đảm bảo nhu cầu và an ninh lương thực, chúng ta phải thâm canh tăng vụ để tăng năng suất cây trồng vật nuôi, do đó việc sử dụng phân khoáng, các chất kích thích hoá học và thuốc trừ sâu, diệt cỏ ngày càng tăng. Lượng thuốc trừ dịch hại và bảo vệ thực vật được sử dụng ở nước ta là 0,4 – 0,5kg/ha, lượng phân đạm hoá học là 73 – 85kg/ha. Nhìn chung, mức độ sử dụng hiện nay ở nước ta còn thấp hơn so với thế giới 95kg/ha, tuy nhiên ở một số vùng thâm canh rau, lượng phân đạm được sử dụng đã lên đến 324kg/ha. Các hoạt chất độc hại tích tụ trong sản phẩm nông nghiệp, xâm nhập vào hệ động, thực vật, và qua con đường thực phẩm sẽ xâm nhập vào cơ thể con người. Các hoạt chất hoá học này có miền phân tán lớn, độ phân huỷ trong thiên nhiên chậm sẽ trực tiếp đe dọa đến tính trạng đất, các mạch nước ngầm, đời sống của các động vật khác. Theo báo cáo của Việt Nam tại Hội nghị môi trường và phát triển thế giới năm 1992, hầu hết diện tích đất canh tác của chúng ta đều sử dụng thuốc trừ sâu và phân hoá học. Như vậy, về lâu dài, việc sử dụng thuốc trừ sâu, phân hoá học sẽ ảnh hưởng nghiêm trọng tới an toàn lương thực, thực phẩm, sức khoẻ của con người và gây ô nhiễm môi trường.

9.4.2.2. Tài nguyên rừng

Thảm thực vật rừng có ý nghĩa đặc biệt lớn, không chỉ cung cấp các loại lâm sản cho con người mà còn có vai trò vô cùng quan trọng trong việc bảo tồn sự đa dạng sinh học, bảo vệ, cải thiện môi trường và cân bằng sinh thái.

Vào thừa sơ khai, khi con người mới xuất hiện, diện tích rừng trên Trái Đất ước tính vào khoảng 6 tỷ ha, năm 1958 diện tích này còn tại 4,4 tỷ ha và đến năm 1973 là 3,8 tỷ ha. Hiện nay, diện tích rừng kín trên toàn thế giới còn lại vào khoảng 2,9 tỷ ha, bằng 80% so với đầu thế kỷ XVIII. Người

ta đã tính được rằng, trong vòng 300 năm qua, loài người đã khai thác mất 2/3 diện tích rừng. Hằng năm trên toàn thế giới có khoảng 20 triệu ha rừng nhiệt đới bị chặt trắng. Vào đầu thập niên 1990, một số nước như Columbia, Peru, Brazil, Venezuela, Surinam, Liberia, Zaire, Angola, có độ che phủ của thảm thực vật rừng trên 75%, một số nước khác, như Malaixia, Indonexia, Myama có độ che phủ của thảm thực vật rừng vào khoảng 40%, tuy nhiên theo dự báo, tỷ lệ này sẽ giảm xuống chỉ còn khoảng 20% – 25% vào năm 2010. Cũng theo dự báo, một số nước, như Philippin, Madagascar và cả Việt Nam nữa sẽ mất hẳn loại rừng nhiệt đới vào những thập kỷ đầu của thiên niên kỷ thứ ba. Lúc đó rừng nhiệt đới thực sự sẽ chỉ còn tồn tại ở khoảng 10 nước châu Mỹ la tinh, châu Phi và một số nước ở Đông Nam Á. Trong khi đó, diện tích rừng vùng ôn đới và Bắc Cực sẽ không thay đổi bao nhiêu về diện tích nhưng sẽ bị suy giảm nhiều về chất lượng. Người ta đã tính được rằng giá trị kinh tế của rừng châu Âu mỗi năm bị giảm đi khoảng 30 tỷ đôla.

Tài nguyên rừng ở Việt Nam cũng đang bị suy thoái nặng nề, trong vòng 50 năm qua, diện tích rừng bị giảm đi một nửa. Năm 1943, tổng diện tích rừng là 14,29 triệu ha (độ che phủ 48%), năm 1995 chỉ còn 9,3 triệu ha (độ che phủ 28,1%), như vậy trung bình mỗi năm nước ta mất đi 160000 – 200000 ha rừng. Trong khi đó tỷ lệ đất trống đồi núi trọc tăng lên từ 12,6% năm 1943 lên 34,12% năm 1993.

Kết quả tính diện tích mất rừng các vùng thời kỳ 1976 – 1995 cho thấy : Vùng Tây Nguyên mất 552800 ha (giảm 14,9% diện tích), vùng Đông Nam Bộ mất 308000 ha (giảm 38,9%), vùng Bắc khu Bốn cũ mất 234600 ha (giảm 23,11%). Nguyên nhân chủ yếu là do khai hoang, đốt rừng làm nương rẫy, sản lượng khai thác gỗ hằng năm luôn vượt quá khả năng tái sinh của rừng, vì vậy ở nhiều tỉnh miền núi phía Bắc, độ che phủ còn rất thấp, khu Tây Bắc còn dưới 10%, nhiều vùng hầu như không còn rừng, chỉ còn đất trống trơ sỏi đá.

Rừng Việt Nam vẫn còn chịu ảnh hưởng nặng nề của các chất độc hoá học do quân đội Mỹ sử dụng trong chiến tranh trước đây. Các tỉnh miền Nam đã phải hứng chịu hàng chục vạn tấn chất độc hoá học diệt cỏ và làm trụi lá cây, trong đó có cả chất điôxin. Vùng bị rải chất độc nhiều nhất là khu vực Trung Bộ và Đông Nam Bộ với tỷ lệ diện tích bị rải lên tới 42,2%. Các chất độc này đang gây ra những hậu quả cực kỳ nghiêm trọng về môi trường đối với thiên nhiên và con người Việt Nam. Cho đến nay, thảm thực vật rừng tại các vùng này vẫn chưa thể khôi phục để có thể bảo vệ đất dẫn đến quá trình thoái hoá đất, tăng diện tích đất bạc màu. Bên cạnh đó, các

chất độc hoá học này còn thẩm thấu xuống các mạch nước ngầm làm cho các thảm thực vật trên mặt đất phát triển chậm... Tất cả quá trình này khiến cho sự mất cân bằng sinh thái trở nên trầm trọng hơn. Ngoài ra, các chất độc hoá học còn để lại các hậu quả nghiêm trọng đối với con người, nhất là phụ nữ và trẻ em.

9.4.2.3. Tài nguyên nước

Nước là nguồn tài nguyên có ý nghĩa quyết định đến sự sống trên Trái Đất nói chung và đến sự tồn tại và phát triển của con người nói riêng. Nước là thành phần quan trọng cấu thành sinh quyển, có tác động trực tiếp đến các yếu tố của thạch quyển, khí quyển. Nước vừa là một tài nguyên vật liệu, vừa là vật mang năng lượng, di chuyển vật chất trên Trái Đất dưới dạng hoà tan, lơ lửng hoặc chuyển động trong nước...

Nước chiếm 70% diện tích Trái Đất. Trong đó, khoảng 98% (trên 10^9 km^3) là nước mặn ở biển và đại dương. Nước ngọt nội địa bao phủ khoảng 2% bề mặt Trái Đất, trong đó gần 77% là nước đóng băng ở các vùng cực và băng hà. Chỉ có một phần rất nhỏ, khoảng 0,7% tổng lượng nước, tức là vào khoảng 215200 km^3 , có vai trò quan trọng trong việc bảo tồn sự sống trên Trái Đất. Số nước ngọt này chủ yếu là ở các hồ nước ngọt, lớn, sâu, trong các con sông, suối, hơi ẩm trong đất, trong không khí. Riêng hồ Baikal ở Nga đã chiếm khoảng 20% tổng dung tích nước ngọt không đóng băng của Trái Đất. Năm hồ lớn của Bắc Mỹ chứa một dung tích nước ngọt tương tự.

Bảng 9.4. Nước trong sinh quyển

Nước	Dung tích (nghìn km^3)	Tỷ lệ %	Thời gian thay mới
Đại dương	1370000	97,61	3100 năm
Băng vùng cực, sông băng	60000	2,08	16000 năm
Nước ngầm	4000	0,29	300 năm
Hồ nước ngọt	125	0,009	1 – 100 năm
Hồ nước mặn	104	0,008	10–1000 năm
Nước thấm trong đất	75	0,005	280 ngày
Sông	1,2	0,00009	12–20 ngày
Hơi nước trong khí quyển	14	0,0009	9 ngày

Người Việt Nam đã dùng chữ “nước” để nói lên phạm vi lãnh thổ quốc gia của một dân tộc. Nước ta cũng là một nước có nguồn tài nguyên nước rất phong phú. Hệ thống sông ngòi của nước ta có khoảng 2360 con sông có độ dài trên 10km và nằm dọc bờ biển, cứ trung bình 20km thì có một cửa sông. Đại bộ phận lãnh thổ nước ta có mật độ lưới sông trung bình từ 0,5 – 1,0km/km², một số vùng như cánh cung Ngân Sơn, vùng Quảng Ninh, trung lưu sông Đồng Nai, sông Thu Bồn, vùng thượng nguồn các con sông vùng Tây Nguyên, mật độ lưới sông đạt đến 1,0 – 1,2 km/km².

Dòng chảy và lưu lượng nước của hệ thống sông ngòi nước ta được đảm bảo bởi nguồn nước mưa tương đối dồi dào. Lượng mưa trung bình nhiều năm ở nước ta đạt đến mức xấp xỉ 2000mm/năm, tức là vào khoảng 650km³ nước/năm. Lượng dòng chảy trung bình năm trên toàn lãnh thổ trực tiếp từ mưa đạt khoảng 325km³ ứng với hệ số dòng chảy trung bình năm là 0,50. Nếu tính trên toàn bộ diện tích cả nước thì độ sâu dòng chảy trung bình năm đạt khoảng 975mm. Nếu tính cả lượng nước từ ngoài lãnh thổ Việt Nam chảy vào qua các hệ thống sông như sông Hồng, sông Mê Công... thì tổng lượng nước của Việt Nam đạt xấp xỉ 880km³. Trong các hệ thống sông ở nước ta, hệ thống sông Mê Công và hệ thống sông Hồng – sông Thái Bình là hai hệ thống sông lớn nhất. Sông Mê Công với lưu lượng nước đạt khoảng 592km³ là con sông lớn nhất ở nước ta. Sông Mê Công cũng là con sông lớn thứ 8 trên thế giới với chiều dài khoảng 4500km và diện tích lưu vực là 810000 km². Ở nước ta, sự dao động của lượng nước của các con sông trong năm có sự tuần hoàn rõ rệt của mùa lũ và mùa cạn.

9.4.2.4. Tài nguyên khoáng sản

Khoáng sản là nguồn nguyên liệu tự nhiên, có nguồn gốc vô cơ hay hữu cơ, phần lớn nằm trong lòng đất, được hình thành trong các quá trình địa chất tạo thành Trái Đất và liên tục biến đổi trạng thái sau đó. Dựa vào đặc điểm và tính chất của các loại khoáng sản mà người ta chia chúng thành hai loại : khoáng sản kim loại và phi kim loại. Khoáng sản kim loại là các kim loại thường gặp với trữ lượng lớn như nhôm Al, sắt Fe, mangan Mn, magie Mg, đồng Cu, chì Pb, kẽm Zn... và các kim loại hiếm gặp với trữ lượng nhỏ và phân tán như vàng Au, bạc Ag, molipden Mo, thủy ngân Hg... Khoáng sản phi kim loại là các loại quặng như photphat, sulphat, natri Na, kali K... và các nguyên liệu khoáng như cát, sỏi, đá vôi... các nhiên liệu khoáng như dầu mỏ, khí đốt, than đá...

Từ thời nguyên thủy, con người đã biết khai thác và sử dụng các nguồn khoáng sản trong đời sống của mình để chế tạo đồ dùng, phương tiện săn bắt, công cụ sản xuất, vũ khí, nhạc cụ, đồ trang sức... Trong thời đại hiện nay, việc khai thác các nguồn khoáng sản đang diễn ra hết sức mạnh mẽ. Vào giữa thập kỷ 70 của thế kỷ XX, mỗi năm con người khai thác khoảng 30 tỷ tấn quặng sắt, 500 triệu tấn quặng đồng, chì, 50 triệu tấn quặng thiếc và hàng trăm triệu tấn quặng khác. Trong khoảng 100 năm trở lại đây, con người đã khai thác từ lòng đất khoảng 30 tỷ tấn than, 35 tỷ tấn dầu, 1 tỷ tấn hơi đốt... Khoáng sản là nguồn tài nguyên không tái tạo. Vì vậy, việc khai thác và sử dụng đã làm cho các nguồn tài nguyên khoáng sản trên Trái Đất cạn kiệt. Theo dự báo thì nguồn trữ lượng sắt, nhôm, titan, crôm, magne, vanadi và một số loại quặng khác trên Trái Đất còn lớn, tuy nhiên trữ lượng bạc, bismut, thủy ngân, amiant, đồng, chì, thiếc, kẽm, molipden còn lại không nhiều và có nguy cơ cạn kiệt sau một thời gian ngắn nữa. Trong khi đó thì nhu cầu về các loại khoáng sản trên thế giới theo dự báo vẫn đang tiếp tục tăng mạnh. Ví dụ, nhu cầu về khoáng sản sắt trong vài thập niên tới sẽ tăng khoảng 960 đến 1900 triệu tấn/năm, về bôxít tăng từ 90 đến 180 triệu tấn/năm. Chỉ trong vòng hai thập niên, từ 1980 đến 2000, con người đã tiêu thụ nhiều hơn 3 đến 4 lần tổng số khoáng sản phi kim loại mà loài người đã sử dụng từ thời nguyên thủy cho đến năm 1980.

Nước Việt Nam ta nằm trên lễ của hai vành đai kiến tạo và sinh khoáng lớn của Trái Đất, vì vậy chúng ta có nguồn khoáng sản rất phong phú về chủng loại. Các kết quả thăm dò và khảo sát cho đến nay đã cho thấy ở Việt Nam có hơn 3500 mỏ và điểm quặng của khoảng 80 loại khoáng sản, trong đó hơn 32 loại tại 270 mỏ đã được khai thác sử dụng hoặc đã có thiết kế để khai thác. Trữ lượng quặng sắt ở nước ta có tới hàng trăm triệu tấn, bôxít tới vài tỷ tấn, thiếc tới hàng chục ngàn tấn... Tuy nhiên, do những yếu kém trong thăm dò, khai thác và sử dụng nên phần lớn nguồn tài nguyên khoáng sản ở nước ta đang bị sử dụng không hợp lý và lãng phí nặng nề.

CHƯƠNG X

XU HƯỚNG SUY GIẢM MÔI TRƯỜNG TOÀN CẦU

Môi trường và các hệ sinh thái đang có xu hướng suy giảm, đó là điều dễ nhận thấy không chỉ trong phạm vi Quốc gia mà toàn thế giới. Việc đánh giá sự suy giảm môi trường – sinh thái toàn cầu đã được các tổ chức UNEP, IUCN và nhiều cơ quan môi trường quốc gia thực hiện. Biến đổi môi trường toàn cầu có nhiều lĩnh vực : lí sinh học, khí hậu học, kinh tế, xã hội, dân số, thể chế, thông tin, văn hoá... Trong phạm vi của chương này, các hoạt động của con người liên quan tới môi trường và sinh thái được nhấn mạnh. Các nguyên nhân gây suy giảm môi trường toàn cầu đã được chỉ rõ chủ yếu là : *Sự tăng dân số đã làm cho hành tinh trở lên quá đông người, dẫn tới các áp lực phát triển kinh tế – xã hội đáp ứng với nhu cầu sống của con người.* Thể hiện cụ thể ở các mặt sau :

– Trong quá trình phát triển kinh tế – xã hội, các hoạt động của con người như sử dụng các dạng tài nguyên một mặt làm cạn kiệt tài nguyên, đặc biệt là các tài nguyên không tái tạo, mặt khác thải ra một lượng chất thải với nhiều dạng khác nhau gây ô nhiễm môi trường tự nhiên như không khí, nước, đất...

– Thay đổi phương thức sử dụng đất đai, mặt nước cho các mục tiêu phát triển khác nhau đã dẫn tới thay đổi cấu trúc, chức năng của các hệ sinh thái.

10.1. MỐI QUAN HỆ GIỮA DÂN SỐ VÀ MÔI TRƯỜNG

Để tồn tại và phát triển, loài người phải khai thác các dạng tài nguyên để sử dụng. Trong lịch sử phát triển của loài người, khởi đầu, con người sống chủ yếu là săn bắt, hái lượm, sau đó đã xảy ra ba biến chuyển lớn đó là: Cách mạng nông nghiệp (khởi đầu từ 10000 – 12000 năm trước đây) ; Cách mạng công nghiệp, khởi đầu tại Anh vào giữa thế kỷ XVIII và lan sang Hoa Kỳ vào thế kỷ XIX và Cách mạng thông tin và toàn cầu hoá (bắt đầu khoảng 50 năm trở lại đây). Theo đánh giá chung, các cuộc cách mạng này đã :

– Đem lại cho xã hội loài người nhiều năng lượng hơn và các công nghệ mới để có thể điều khiển và kiểm soát được nhiều hơn các hiện tượng tự nhiên và xã hội, nhằm thoả mãn những nhu cầu ngày càng tăng của con người.

– Thúc đẩy gia tăng dân số, chủ yếu là cung cấp nhiều hơn lương thực, thực phẩm và kéo dài tuổi thọ con người.

– Gia tăng các tác động tới môi trường do sử dụng quá mức tài nguyên thiên nhiên, gây ô nhiễm và suy thoái môi trường.

Sự tác động của con người lên Trái Đất tùy thuộc vào lượng người với mức độ sử dụng hoặc bỏ phí đi các nguồn tài nguyên thiên nhiên. Giới hạn chịu đựng của Trái Đất hay của một hệ sinh thái gọi là mức chịu đựng tối đa. Con người có thể mở rộng khả năng đó bằng kỹ thuật để thoả mãn những nhu cầu của mình nhưng phải trả giá bằng sự suy thoái môi trường hoặc các chức năng của hệ sinh thái. Tuy nhiên, khả năng mở rộng không thể là vô tận. Giới hạn của nó là khả năng hệ sinh thái có thể phục hồi được hoặc khả năng hấp thụ các chất thải một cách an toàn. Nhìn chung, sự phát triển bền vững của nhân loại không thể có được, trừ khi dân số và mức yêu cầu đối với nguồn tài nguyên thiên nhiên vẫn giữ được trong phạm vi chịu đựng của Trái Đất.

Hàng thập kỷ qua, các nghiên cứu khoa học nông nghiệp luôn có mục tiêu gia tăng lương thực, thực phẩm để cung cấp cho nhu cầu của con người nhưng 1/3 số người vẫn trong tình trạng nghèo. Các nước đang phát triển có tỷ lệ tăng dân số cao nhưng lại là các nước nghèo, thậm chí nhiều nước không có khả năng sản xuất đủ ăn. Trong các nước đang hoặc kém phát triển, vùng có mức độ đa dạng sinh học cao thường là vùng có tỷ lệ tăng dân số tự nhiên cao nhất đồng thời cũng là vùng có tỷ lệ nghèo đói cao nhất. Đây cũng là nguyên nhân cơ bản, khiến ở đó, con người nhanh chóng khai thác đến mức kiệt quệ tài nguyên thiên nhiên.

Sự gia tăng nhanh chóng dân số tạo nên một áp lực to lớn lên môi trường toàn cầu. Quy mô dân số gia tăng sẽ dẫn đến nhu cầu sản xuất và tiêu dùng tăng lên làm cạn kiệt các nguồn tài nguyên thiên nhiên và môi trường. Các nước có tỷ lệ tăng dân số cao sẽ gây thêm sức ép đối với khai thác đất đai và môi trường tự nhiên. Có thể dùng hai công thức dưới đây để minh hoạ :

$$Q = P \times A \quad \text{và} \quad I = P \times A \times T$$

Trong đó :

Q : Quy mô khai thác tài nguyên.

P : Quy mô dân số.

A : Bình quân tài nguyên sử dụng theo đầu người.

I : Quy mô ô nhiễm môi trường.

T : Hệ số ô nhiễm công nghiệp.

Như vậy, quy mô sử dụng tài nguyên và quy mô ô nhiễm môi trường tỷ lệ thuận với quy mô dân số, mức độ tài nguyên sử dụng theo đầu người và hệ số ô nhiễm công nghiệp. Trong khi các nước phát triển tiếp tục gây ô nhiễm môi trường và làm suy giảm nguồn tài nguyên thì các nước đang phát triển đang tăng áp lực để hoàn thành về phương diện kinh tế và sự tiến bộ về công nghiệp của họ cũng làm tổn hại tới môi trường. Một ví dụ điển hình như mức tiêu dùng năng lượng tính theo đầu người của Hoa Kỳ là gấp đôi mức tiêu dùng ở Nhật và gấp hơn 26 lần ở châu Phi. Những đòi hỏi tăng trưởng này đã đe dọa môi trường toàn cầu và tương lai sự sống bền vững của Trái Đất.

Như vậy, rõ ràng sự gia tăng dân số là những nguyên nhân làm suy giảm môi trường thông qua các hoạt động làm mất rừng, khai thác quá mức các tài nguyên sinh vật, gây ô nhiễm, khai thác nhanh chóng các tài nguyên phi sinh vật và gây những ảnh hưởng bất lợi khác. Một trong những tác động tới môi trường lớn nhất là sự phát triển dân số dẫn tới sự nóng lên toàn cầu. Từ đó, dẫn tới sự thay đổi khí hậu, thời tiết, chế độ thủy văn... Ngoài ra, sự khai thác, sử dụng quá mức các dạng tài nguyên thiên nhiên bao gồm các tài nguyên sinh vật và phi sinh vật (nước, nhiên liệu hoá thạch, khoáng sản...) cũng là yếu tố gây suy giảm môi trường – sinh thái toàn cầu.

Trong bối cảnh đó, một ngành nghiên cứu tạm gọi là *Nhân loại học sinh thái* (Ecological anthropology) đã được xây dựng và định hướng dựa trên các mối quan hệ phức hợp giữa con người và môi trường sống. Con người đang tiếp xúc và gây tác động tới đất, nước, khí hậu và giới sinh vật đồng thời các yếu tố môi trường này lại có một tác động tương hỗ trở lại con người (Salzman and Attwood 1996 : 169). Nhân loại học sinh thái nghiên cứu quá trình mà con người tạo nên môi trường của họ và trong các ứng xử, hình thành những mối quan hệ như xã hội con người, kinh tế và đời sống chính trị (Salzman and Attwood 1996 : 169). Trong khung cảnh chung, nhân loại học sinh thái mong muốn giải thích xã hội và văn hoá của con người như các sản phẩm của sự thích nghi với điều kiện môi trường (Seymour – Smith, 1986 : 62).

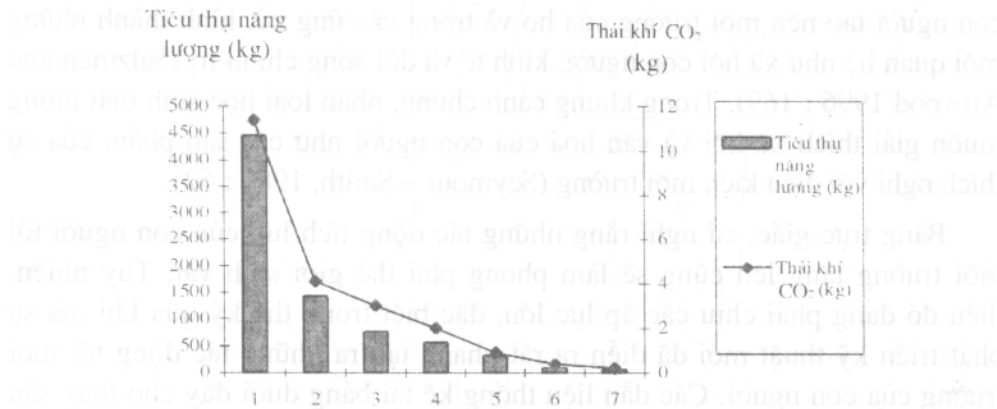
Bằng trực giác, cứ nghĩ rằng những tác động tích lũy của con người tới môi trường tăng lên cũng sẽ làm phong phú thế giới sinh vật. Tuy nhiên, điều đó đang phải chịu các áp lực lớn, đặc biệt trong thế kỷ qua khi mà sự phát triển kỹ thuật mới đã diễn ra rất nhanh tạo ra những tác động tới môi trường của con người. Các dẫn liệu thống kê tại bảng dưới đây cho thấy sản phẩm kinh tế trên đầu người trên thế giới và mức tiêu dùng nhiên liệu đều đã tăng nhanh hơn cả tăng trưởng dân số. Tất nhiên, khuynh hướng này đặc biệt

thấy rõ ở các nước công nghiệp. Gia tăng dân số cùng với suy giảm môi trường đã làm thay đổi sinh quyển với cường độ có thể so với những ảnh hưởng của hiện tượng địa chất như sự đóng băng.

Bảng 10.1. Dân số sản phẩm kinh tế và tiêu dùng nhiên liệu hoá thạch trong các năm 1900, 1950 và 1986. (Nguồn : Brown & Postel ,1987, Freedman, 1989)

Năm	Dân số (x 10 ⁹)	Hoạt động kinh tế		Tiêu thụ nhiên liệu hoá thạch (tương ứng với 10 ⁹ tấn than)	
		Tổng sản phẩm thế giới (GWP) (1980 USD x 10 ¹²)	GWP trên đầu người		
1900	1,6	0,6	0,4	1	0,6
1950	2,5	2,9	1,2	3	1,2
1986	5,0	13,1	2,6	12	2,4

Sự bền vững của tài nguyên và môi trường phụ thuộc rất nhiều vào các mô hình tái sản xuất dân số và sản xuất hàng hoá dịch vụ của thế giới. Nếu như ở các nước đang phát triển và kém phát triển nhất, vấn đề môi trường luôn được gắn với hệ quả của sự gia tăng dân số không kiểm soát được thì ở các nước phát triển vấn đề môi trường và tài nguyên lại liên quan chặt chẽ đến sản xuất công nghiệp và sự tiêu dùng. Một phần năm dân số thế giới sống ở các nước phát triển nhất sử dụng 58% năng lượng toàn thế giới, 45% lương lương thực, thực phẩm, 84% sản lượng giấy... Các con số này ở 1/5 dân số nghèo nhất thế giới tương ứng là : 4%, 5% và 1,1%. Số liệu từ hình 10.1 cho thấy khoảng cách rất lớn trong tiêu thụ năng lượng và mức độ thải khí CO₂ giữa các nước.



Hình 10.1. Mức tiêu thụ năng lượng (kg dầu lửa quy đổi và phát thải khí CO₂ (kg) bình quân đầu người

Như vậy, mức độ tiêu thụ năng lượng càng lớn thì lượng khí thải CO_2 sẽ càng lớn. Tuy nhiên, ảnh hưởng của những vấn đề môi trường toàn cầu không bị giới hạn bởi biên giới Quốc gia hay khu vực. Trong khi các nước công nghiệp phát triển đã có những thành công trong việc bảo vệ tài nguyên rừng, nước, không khí ngay trên đất nước của họ thì các công ty đa quốc gia của họ bằng cách này hay cách khác đang khai thác kiệt quệ tài nguyên rừng, khoáng sản, đất đai... ở các khu vực khác trên thế giới. Hệ quả là lợi nhuận và môi trường tương đối tốt đi về các nước phát triển còn sự nghèo khó và hậu quả môi trường ở lại các nước kém phát triển hơn.

10.2. SỰ BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TOÀN CẦU

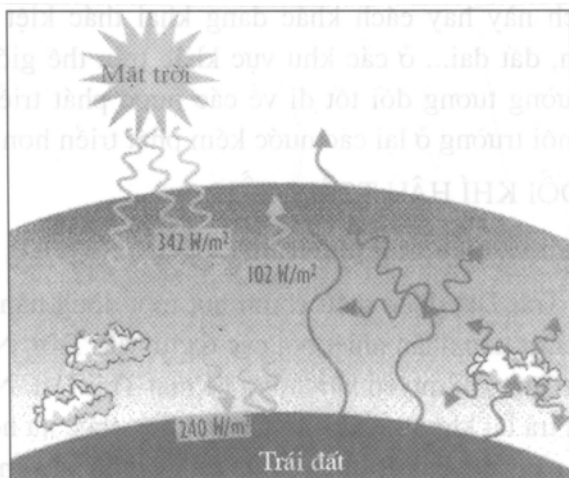
10.2.1. Tổng quan về hiệu ứng nhà kính

Khí hậu của Trái Đất được điều chỉnh bởi một dòng năng lượng liên tục từ Mặt Trời. Trái Đất tiếp nhận nhiệt bởi các tia từ Mặt Trời. Năng lượng nhiệt từ Mặt Trời xuyên qua khí quyển làm nóng bề mặt Trái Đất. Nếu như nhiệt độ tăng lên, Trái Đất trả lại khí quyển năng lượng nhiệt (bức xạ hồng ngoại). Một số lượng nhiệt này được các loại khí trong khí quyển hấp phụ như cacbonđiôxit (CO_2), hơi nước, mê tan, ôxit nitơ, ôzôn và hêlacacbon. Các khí này trong tự nhiên hoạt động như là một bức màn bao quanh Trái Đất hoặc như một nhà kính và là cái bẫy nhiệt. Chúng giữ cho nhiệt độ trung bình của Trái Đất vào khoảng 15°C , mức nhiệt độ đủ ấm để duy trì cuộc sống của con người cũng như sinh vật. Không có các khí này, nhiệt độ trung bình sẽ khoảng -18°C là quá lạnh cho cuộc sống. Làm ấm một cách tự nhiên cũng còn được gọi là hiệu ứng nhà kính (greenhouse effect).

Một số trong những bức xạ sóng dài tới từ Mặt Trời được phản xạ trở lại vũ trụ bởi các sol khí (aerosols). Sol khí là các hạt bụi rất nhỏ, hơi nước và hoá chất trong khí quyển của Trái Đất. Thêm vào đó, một phần năng lượng của Mặt Trời đi vào khí quyển Trái Đất đã bị phản xạ lại vũ trụ bởi bề mặt của hành tinh. Hệ số phản xạ của bề mặt Trái Đất được gọi là albedo. Tất cả các quá trình phản xạ đó có tác dụng làm mát cho hành tinh.

Các loại khí gây nên hiệu ứng nhà kính được gọi là khí nhà kính (greenhouse gases). Các loại khí nhà kính bao gồm cacbonđiôxit (CO_2), clorôfluorôcacbon (CFCs), mê tan (CH_4), nitơôxit (N_2O) và ôzôn (O_3) và hơi nước. Mỗi phân tử khí nhà kính trở nên hoạt động mãnh liệt bởi bức xạ sóng dài. Các phân tử khí hoạt động phát ra năng lượng theo tất cả các hướng. Bằng năng lượng nhiệt phát thải tới Trái Đất, khí nhà kính làm tăng nhiệt độ

của Trái Đất. Lưu ý rằng cơ chế cảnh báo về hiệu ứng nhà kính không chính xác như là cơ chế cảnh báo về bức tường nhà kính (greenhouse walls). Trong khi các khí nhà kính hấp phụ bức xạ sóng dài rồi phát toả năng lượng ra tất cả các hướng, bức tường nhà kính trở thành một cái bẫy nhiệt vật lý bên trong nhà kính và ngăn cản nó thoát vào vũ trụ.



Hình 10.2. Bức xạ mặt trời tới Trái Đất và sự phát thải bức xạ hồng ngoại ra khỏi Trái Đất (Nguồn: Chris Kreger, 2004).

Hiệu ứng nhà kính là sự kiện tự nhiên để duy trì nhiệt độ trung bình của Trái Đất trong khoảng 60° F. Hiệu ứng nhà kính là cần thiết để giữ tất cả nhiệt của Trái Đất không thoát ra khí quyển bên ngoài. Không có hiệu ứng nhà kính, nhiệt độ của Trái Đất sẽ bị thấp hơn nhiều so với hiện nay và khó tồn tại được sự sống trên Trái Đất. Tuy nhiên, một điều đáng quan tâm là nếu quá nhiều khí nhà kính trong khí quyển của Trái Đất thì lại làm tăng hiệu ứng nhà kính. Điều này làm tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu cũng như làm thay đổi lượng mưa.

Hoạt động sản xuất công nghiệp của con người là nguyên nhân chủ yếu làm gia tăng tốc độ thải khí và nồng độ các loại khí “nhà kính” trong khí quyển như khí cacbonic, khí metan (sinh ra từ quặng than, từ hoạt động tiêu hoá của nhóm động vật trong bộ Nhai lại...), khí CFCs (sinh ra do công nghiệp điện lạnh và giao thông hàng không), khí N₂O (sinh ra do phân bón và quá trình đốt các nhiên liệu hoá thạch)... Đặc biệt hàm lượng khí cacbonic tăng lên đến 33% kể từ năm 1800. Theo Uỷ ban liên Chính phủ về sự thay đổi khí hậu (IPCC), khí CO₂ đã tạo ra đến 60% hiệu ứng nhà kính.

Các loại khí nhà kính có trong khí quyển có thể đã làm nhiệt độ Trái Đất tăng lên từ 0,9°C đến 2,6°C trong vòng 100 năm qua. Phần lớn các Nhà Khí hậu cho rằng, nhiệt độ không khí Trái Đất sẽ tăng thêm từ 2°C đến 5°C trong vòng 100 năm tới nếu các khí nhà kính do con người tạo ra tăng gấp đôi lượng tăng của thế kỷ này. Như vậy, câu hỏi đặt ra là các nhà hoạch định chính sách sẽ phải làm thế nào để đối phó với vấn đề hiệu ứng nhà kính.

Bảng 10.2. Sự phát thải các chất khí nhà kính và đặc tính của chúng

Các chỉ báo	CO ₂	CH ₄	CFC ₁₁	CFC ₁₂	N ₂ O
Tuổi thọ trong khí quyển (năm)	5 – 200	10	65	130	150
Tiềm năng gây nóng so với CO ₂ (lần)	1	63*	4500*	7100*	270
Tỷ lệ gây nóng toàn cầu (%)	61	17	12	12	4

(Ghi chú : * Có nghĩa là 1kg khí thải CH₄ tương đương với 63 kg CO₂ về hiệu ứng gây nóng).

10.2.2. Gia tăng lượng cacbonđiôxit làm nóng lên toàn cầu

Trong tự nhiên, nồng độ các khí nhà kính ở một mức nào đó có ích để duy trì nhiệt độ cho sự sống. Tuy nhiên, nếu các hoạt động của con người làm tăng lượng khí này lên sẽ làm tăng nhiệt độ của Trái Đất. CO₂ là khí quan trọng nhất trong khí quyển để giữ ấm Trái Đất. Bốn tỷ năm trước, nồng độ CO₂ trong khí quyển đã cao hơn nhiều so với ngày nay (80% so với 0,3% hiện nay) nhưng theo thời gian, quang tổng hợp của thực vật đã thay đổi nhiều tỷ lệ khí CO₂ trong khí quyển. Tất cả khí CO₂ đã được giữ trong cơ thể sinh vật khi chúng chết đi, trong các chất khoáng như dầu lửa, than nằm trong vỏ Trái Đất.

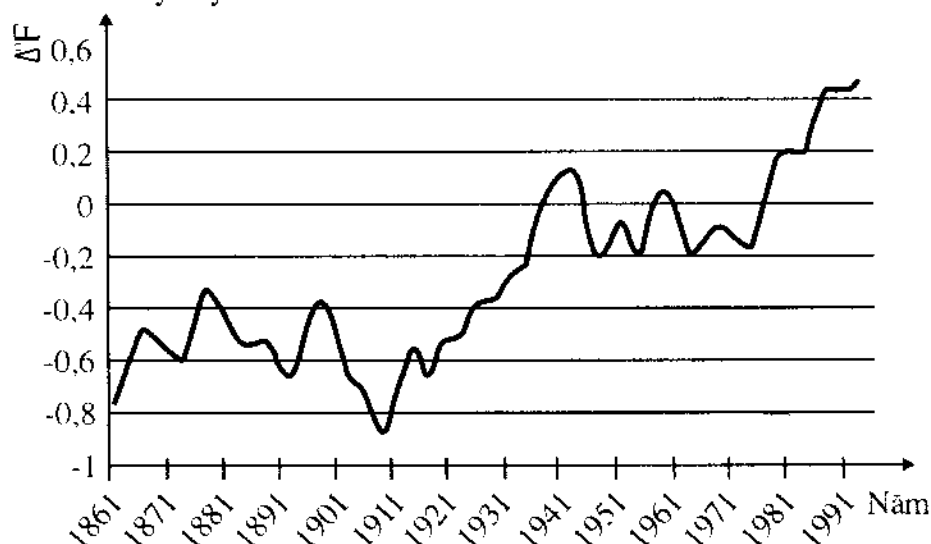
Kể từ khi cách mạng công nghiệp, con người đã đốt cháy một lượng lớn nhiên liệu hoá thạch cho các hoạt động phát triển kinh tế – xã hội. Sự đốt cháy này đã thải ra một lượng CO₂ đã được tích lũy hàng triệu năm qua, làm tăng lên một cách tự nhiên lượng khí CO₂ trong khí quyển. Sự gia tăng CO₂ góp phần gây lên hiệu ứng nhà kính và làm Trái Đất nóng lên.

Theo báo cáo trong tạp chí *Nhà khoa học* (The new scientist), các dẫn liệu mới đây của Tổ chức khí quyển và Đại dương quốc gia của Liên hợp quốc (US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) cho thấy cuối những năm 1950, mức CO₂ trung bình chỉ khoảng 315 ppm thì

trong năm 2003, nồng độ CO_2 trong khí quyển luôn ở mức cao, 376 ppm, dự đoán đến năm 2030, nồng độ CO_2 sẽ tới 560 ppt.

So với năm 1750 (thời kỳ khởi đầu cách mạng công nghiệp), nồng độ CO_2 trong khí quyển đã tăng 31%. Do con người đã đốt cháy các nhiên liệu hoá thạch để sản xuất năng lượng cho nên hiệu ứng CO_2 hiện nay đã cao hơn 12 lần so với năm 1750.

Trong tương lai, nếu theo một kịch bản tối ưu về hiệu ứng CO_2 tới năm 2100, nồng độ CO_2 được dự đoán sẽ tăng gấp đôi so với mức trước cách mạng công nghiệp. Bản báo cáo đánh giá lần thứ ba của tổ chức liên chính phủ của Liên hợp quốc về Biến đổi khí hậu (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2001), nhiệt độ của Trái Đất tăng trung bình $0,6^\circ\text{C}$ so với thế kỷ XX và dự đoán nhiệt độ toàn cầu sẽ tăng lên $1,4^\circ\text{C}$ đến $5,8^\circ\text{C}$ vào cuối thế kỷ này.



Hình 10.3. Biến đổi nhiệt độ toàn cầu (độ Fahrenheit) từ 1861–1996

(Nguồn : IPCC, 1995)

10.2.3. Nguồn gốc khí CO_2

Từ những phân tích trên có thể thấy CO_2 là loại khí đáng quan tâm nhất và là nguyên nhân làm biến đổi khí hậu toàn cầu. Vậy loại khí này có từ đâu.

10.2.3.1. Chu trình CO_2 trong tự nhiên

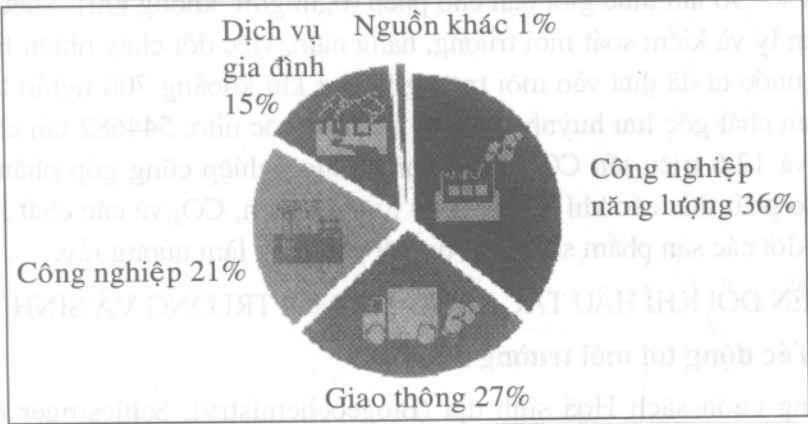
Chu trình CO_2 trong tự nhiên giữ một lượng CO_2 trong khí quyển ở mức cân bằng. Sự phân huỷ thực vật, núi lửa phun trào và sự hô hấp của động vật

đã thải CO₂ vào khí quyển, chúng tồn tại ở đó khoảng 100 năm. Lượng khí CO₂ từ khí quyển trở lại thông qua quá trình quang tổng hợp của thực vật và hoà tan trong nước (các đại dương). Tổng lượng CO₂ được sinh ra một cách tự nhiên hầu như cân bằng hoàn toàn với tổng lượng CO₂ được sử dụng (removed). Sự biến đổi nhỏ từ các hoạt động của con người sẽ có những tác động lớn đến sự cân bằng này.

10.2.3.2. Nguồn CO₂ chủ yếu từ hoạt động công nghiệp năng lượng và giao thông

Các hoạt động sản xuất năng lượng phục vụ cho nhu cầu của con người thông qua việc đốt cháy các nhiên liệu hoá thạch hàng năm đã phát thải ra khí quyển lượng lớn khí CO₂. Trong các loại khí hiệu ứng nhà kính, CO₂ là khí quan trọng nhất gây nên sự nóng lên toàn cầu và 37% lượng khí này là do sản xuất điện năng, chủ yếu là đốt than. Mỗi một nhà máy nhiệt điện (bằng đốt than) sản xuất 1000 MW điện sẽ thải 5,6 tấn CO₂ hàng năm.

Ngoài ra, việc phát triển các phương tiện giao thông, đặc biệt là các loại xe ô tô tiêu thụ nhiên liệu hoá thạch cũng là nguồn phát thải các loại khí gây hiệu ứng nhà kính. Mỗi chiếc xe ô tô tiêu thụ chất đốt khoảng 7,8 lít/100 km, nếu đi 16000 km/năm sẽ thải ra 3 tấn CO₂, gấp ba lần khối lượng của xe.



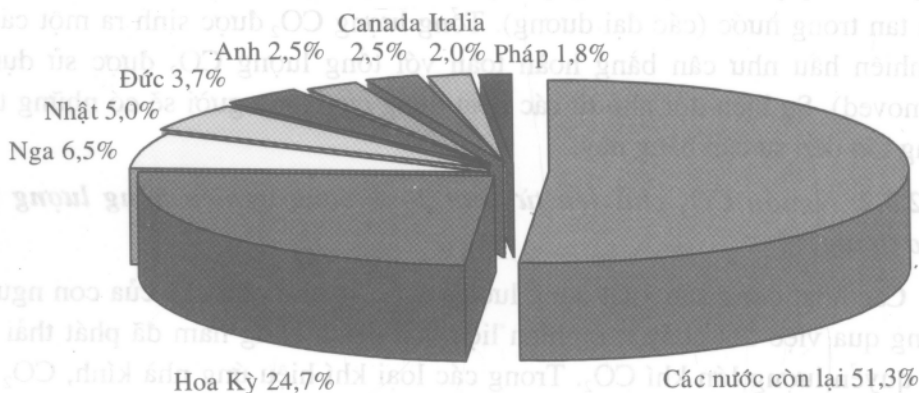
Hình 10.4. Nguồn phát thải khí CO₂ từ đốt cháy nhiên liệu năm 1995

(Nguồn : UNFCCC/SBI/1997/19/Add.1, đã được sửa theo <http://www.unfccc.int/>.

Số liệu từ 18 nước công nghiệp hoá).

Việc xác định nguồn CO₂ do con người gia tăng từ các hoạt động phát triển kinh tế – xã hội đã rõ ràng. Trên thế giới, các Quốc gia công nghiệp hoá được xem như đóng góp chính cho hiệu ứng nhà kính. Theo số liệu năm

1999, riêng các nước trong khối G8 (Canada, Pháp, Đức, Italia, Nhật Bản, Anh, Mỹ và Nga) đã góp 48,7% hiệu ứng CO₂.



Hình 10.5. Nguồn phát thải CO₂ từ tiêu dùng và đốt nhiên liệu hoá thạch năm 1999
(Nguồn : WWF, 2005)

Ở Việt Nam, tuy công nghiệp chưa phát triển mạnh, nhưng môi trường không khí ở nhiều đô thị đã bị ô nhiễm do khí thải, nồng độ ô nhiễm ở nhiều nơi đã vượt quá mức cho phép. Tại một số khu vực, hàm lượng khí CO₂ đã cao hơn 4 lần mức cho phép, ở Hà Nội nồng độ bụi từ 2,1 đến 45,8 mg/m³ không khí, gấp 4 – 90 lần mức giới hạn cho phép (0,5mg/m³ không khí). Theo Trung tâm quản lý và kiểm soát môi trường, hàng năm, việc đốt cháy nhiên liệu hoá thạch ở nước ta đã đưa vào môi trường không khí khoảng 706 nghìn tấn bụi, 77246 tấn chất gốc lưu huỳnh, 143190 tấn chất gốc nitơ, 544682 tấn chất gốc cacbon và 12,6 triệu tấn CO₂. Hoạt động nông nghiệp cũng góp phần gây ô nhiễm do phát thải các khí NH₃ và NO từ phân đạm, CO₂ và các chất khí độc khác do đốt các sản phẩm sinh học, do đốt phá rừng làm nương rẫy.

10.3. BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TÁC ĐỘNG TỚI MÔI TRƯỜNG VÀ SINH THÁI

10.3.1. Tác động tới môi trường sống

Trong cuốn sách Hoá sinh địa (Biogeochemistry), Schlesinger đã cho rằng, ảnh hưởng của con người tới toàn cầu bằng cách tăng sự thay đổi về hoá sinh địa mà trước đó không có đã làm cho các hệ thống vốn cân bằng nay do con người đã trở nên mất cân bằng.

Việc biến đổi khí hậu toàn cầu tác động tới điều kiện tự nhiên như : làm thay đổi thời tiết các miền, mực nước biển, ảnh hưởng tới nông nghiệp, các hệ sinh thái rừng, kinh tế – xã hội và sức khoẻ con người.

– Về nông nghiệp, sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa có thể làm thay đổi độ dài của mùa sinh trưởng, tốc độ quang tổng hợp của thực vật dẫn tới làm giảm sản lượng mùa màng.

– Dưới góc độ sinh thái, việc thay đổi nhiệt độ và lượng mưa làm một số khu rừng sẽ bị nóng lên, khô hơn và trở thành sa mạc. Nhiệt độ nóng lên ở những vùng Bắc Bán Cầu có thể làm cho các rừng lá nhọn núi cao bị mất đi. Việc tăng nhiệt độ trong các đại dương có thể làm suy giảm nghề cá.

– Sự tăng nhiệt độ làm tan băng vùng cực. Các dữ liệu ảnh vệ tinh cho thấy diện tích có tuyết bao phủ trên thế giới giảm khoảng 10% kể từ cuối những năm 1960 trở lại đây. Diện tích vùng băng giá Bắc Bán Cầu giảm từ 10 – 15% kể từ những năm 1950. Trong thế kỷ XX, nhiều vùng băng hà trên thế giới đã không còn nữa. Băng tan sẽ dâng cao mực nước biển, gia tăng sự ngập lụt vùng ven bờ. Mực nước biển trong thế kỷ XX tăng lên 10 – 20 cm. Dự đoán do nóng lên, mực nước biển sẽ dâng lên khoảng 10 đến 90 cm vào cuối thế kỷ này. Mực nước biển dâng cao làm ngập lụt các vùng đất thấp ven biển, tăng xói mòn bờ và độ mặn của các sông, vịnh và nước ngầm.

– Sự tăng nhiệt độ liên quan tới lượng mưa. Trong thế kỷ XX, lượng mưa ở các vùng có vĩ độ trung bình và cao, cứ một thập kỷ tăng từ 0,5 đến 1%. Riêng trong nửa cuối thế kỷ XX, ở các vùng có vĩ độ cao thuộc Bắc Bán Cầu, số lần mưa to tăng khoảng 2 – 4%.

– Khí quyển nóng lên là nguyên nhân làm cho khí hậu có những hiện tượng bất thường tăng về tần số, cường độ và thời gian như số ngày nóng sẽ nhiều hơn, nhiều đợt nắng nóng hơn, các đợt mưa to nhiều hơn và số ngày lạnh sẽ ít hơn, hình thành các cơn bão lớn hơn và thời tiết trở lên cực đoan hơn trong thời gian tới.

Theo Crutzen P. J., (2005), hậu quả do thay đổi khí hậu gây ra không đồng đều trên thế giới, nghiêm trọng ở các vùng vĩ độ cao và ít hơn tại các vùng khác. Mức độ thay đổi khí hậu cũng sẽ tùy thuộc vào từng vùng khác nhau, tuy nhiên tất cả các vùng trên thế giới đều có thể bị tác động nhiều hay ít nhưng hậu quả lớn nhất sẽ là các vùng nhiệt đới, nhất là tại các nước đang phát triển công nghiệp nhanh ở châu Á.

Do nóng lên toàn cầu, ở các vùng khí hậu trở nên khô hạn, diện tích các rừng tán rậm bị suy giảm trong khi diện tích savan cây bụi phát triển. Diện tích vùng đất bị sa mạc hoá tăng do các tác động của con người.

Các thống kê ở Việt Nam cho thấy, hiện tượng lũ lụt và hạn hán thường xuyên xảy ra. Nếu trước đây, chu kỳ 100 năm mới có lũ lớn thì ngày nay chu kỳ này chỉ còn 20 năm. Mùa bão thay đổi rõ rệt và xu hướng bão xuất hiện nhiều ở phía nam tăng dần. Sự thay đổi chế độ thủy văn, sự gia tăng lượng trầm tích, sự xói lở bất thường cùng với việc xây dựng hàng loạt các công trình hồ thủy điện, thủy lợi làm cho các sông ở vùng Trung Bộ Việt Nam thường có hiện tượng đứt dòng (khúc sông bị cạn nước) vào mùa kiệt.

10.3.2. Tác động tới các hệ sinh thái

Trong các hệ sinh thái, các quá trình sinh học, hoá học và vật lý diễn ra gây ảnh hưởng và bị ảnh hưởng bởi thời tiết và khí hậu bằng nhiều hình thức. Ví dụ, các hệ sinh thái làm biến đổi một lượng lớn các khí nhà kính trong khí quyển bao gồm hơi nước, CO_2 , CH_4 và N_2O . Hơn nữa, sự phản xạ (hoặc sự hấp phụ) các bức xạ mặt trời bởi hệ sinh thái có ý nghĩa quan trọng tới nhiệt độ bề mặt Trái Đất. Những mối liên kết giữa các thành phần vật lý, hoá học và sinh học của các hệ sinh thái có ý nghĩa quan trọng trong một thời gian ngắn (phút tới ngày) cũng như trong một thời gian dài (năm tới thiên niên kỷ).

Sự biến đổi khí hậu toàn cầu có thể làm thay đổi cấu trúc và chức năng của các hệ sinh thái. Điều đó ngược lại có thể tác động đến tính ích lợi của tài nguyên sinh thái, có thể làm thay đổi mức độ phản hồi giữa các hệ sinh thái, hệ thống khí hậu và hệ thống kinh tế đang phụ thuộc vào các hệ sinh thái. Các nghiên cứu trong thập kỷ qua đã định hướng vào sự tổn thương của các hệ sinh thái tới biến đổi toàn cầu và góp phần đánh giá những hậu quả có thể xảy ra của biến đổi toàn cầu đến các hệ sinh thái ở các mức khác nhau.

Chúng ta có thể biết rằng những hậu quả của biến đổi môi trường được biểu thị phức hợp, gián tiếp hoặc trực tiếp. Ví dụ, sự nóng lên toàn cầu có thể làm kéo dài thời gian sinh trưởng của cây (ở các vùng ôn đới) nhưng mầm bệnh có khả năng sống tốt hơn trong mùa đông bởi nhiệt độ cao hơn, điều đó làm giảm năng suất của rừng và làm tăng khả năng bị tổn thương của rừng như nạn cháy rừng. Những biến đổi về gió trên các đại dương có thể ảnh hưởng tới các dòng chảy, làm thay đổi kích thước quần thể các loài cá và làm tăng hoặc giảm sản lượng đánh bắt cá.

Rạn san hô là kiểu hệ sinh thái đặc trưng cho vùng biển ven bờ nhiệt đới, nước ấm, sạch. Nhiệt độ thích hợp cho rạn san hô phát triển khoảng 20°C , $23 - 25^\circ\text{C}$ là nhiệt độ thích hợp nhất. Bởi vậy, rạn san hô chủ yếu trong khoảng 30° vĩ Bắc và 30° vĩ Nam đồng thời không thấy có ở dọc vùng bờ phía tây của các lục địa do ở đây có gió ngoài khơi gây ra hiện tượng nước

trồi lạnh (up welling). Theo dẫn liệu của Crossland và cộng sự (1991), rạn san hô bao phủ với diện tích khoảng 600000 km² tức khoảng 0,17% diện tích đại dương. Rạn san hô là một trong những hệ sinh thái biển có các quần thể sinh vật đa dạng, phong phú và có khả năng sản xuất nhất trong vùng biển ven bờ. Rạn san hô còn có chức năng cung cấp thực phẩm và nuôi dưỡng các nhóm động vật không xương sống khác nhau như : giun nhiều tơ, thân mềm, giáp xác, nhím biển, đặc biệt khu hệ cá sống trong rạn san hô rất đa dạng về thành phần loài và nhiều màu sắc. Theo Sam Marsden (2005), các nhà khoa học trong hội nghị biến đổi khí hậu đã cho thấy khoảng 48% lượng phát thải CO₂ do con người xâm nhập vào môi trường biển. Quá trình này trì hoãn sự nóng lên toàn cầu nhưng nước biển có thể bị chua hơn. Các nhà khoa học biển cũng dự đoán rằng trong khoảng 30 năm nữa, do mức CO₂ tăng làm cho môi trường nước biển chua hơn có thể làm suy thoái các rạn san hô ở biển. Các nhà khoa học Israel đã dự báo lượng phát thải CO₂ liên tục tăng lên làm cho nhiều loài san hô không có khả năng xây dựng khung của rạn.

10.3.2.1. Làm giảm nơi cư trú và phân mảnh các hệ sinh thái rừng

Biến đổi khí hậu đang trở thành mối đe dọa lớn nhất cho tự nhiên trong thế kỷ này (Morgan J – Giám đốc chương trình biến đổi khí hậu của WWF). Do sự nóng lên toàn cầu, khoảng 1/3 nơi cư trú của động vật sẽ bị thay đổi vào cuối thế kỷ này và đó là nguyên nhân của sự tuyệt chủng của một số loài động, thực vật. Theo nghiên cứu gần đây của WWF (2000) trong báo cáo Sự nóng lên toàn cầu và sự suy giảm Đa dạng sinh học đã cho thấy vùng Bắc Bán Cầu thuộc Canada, Nga và bán đảo Scandinavia bị nóng lên nhanh nhất, khoảng 70% nơi cư trú sẽ bị mất đi. Nơi cư trú của quần xã sinh vật hiện nay thuộc các nước Nga, Canada, Kirgistan, Na Uy, Thụy Điển, Phần Lan, Latvia, Uruguay, Mông Cổ sẽ mất đi 45% hoặc hơn nữa.

Các hệ sinh thái rừng tự nhiên có vai trò đặc biệt lớn đối với cuộc sống của con người và đối với môi trường tự nhiên. Các hệ sinh thái rừng không chỉ là cái kho vô tận cung cấp nhiều loại tài nguyên cho nền kinh tế của đất nước mà còn có vai trò chủ chốt trong việc bảo tồn sự đa dạng sinh học, bảo vệ và cải thiện môi trường và cân bằng sinh thái. Thảm thực vật rừng có ý nghĩa to lớn trong việc làm tăng độ phì và chống xói mòn đất. Nếu diện tích rừng suy giảm nhanh kết hợp với độ dốc địa hình lớn thì quá trình xói mòn diễn ra nhanh, đất bị suy thoái. Rừng làm giảm cường độ và lượng nước chảy trên bề mặt khi mưa lớn, hạn chế lũ lụt về mùa mưa và trữ nước cho mùa khô. Cây xanh trong các hệ sinh thái rừng còn hấp thụ khí CO₂ trong quá trình quang hợp và giải phóng khí O₂, đảm bảo cân bằng thành phần

đường khí trong khí quyển. Một ha cây xanh hàng năm đưa vào khí quyển đến 16 tấn O_2 , vì vậy con người phá rừng là phá đi một nhà máy khổng lồ chế tạo O_2 trong tự nhiên.

Trong số các nơi cư trú tự nhiên của động vật hoang dã ở cạn, hệ sinh thái rừng có mức đa dạng sinh vật cao nhất. Vào giữa những năm 1980, sự suy giảm rừng toàn cầu khoảng 11%, trong khi đó riêng diện tích rừng rậm ôn đới và ở vùng vĩ độ bắc mất đi 19% (WRI, 1986), lớn hơn so với 4% ở rừng nhiệt đới và cận nhiệt đới. Tuy nhiên, số lượng rừng nhiệt đới ẩm bị mất đi với tốc độ nhanh chóng, ngược lại, số lượng rừng ở vùng vĩ độ cao lại tương đối bền.

Bảng 10.3. Biến đổi diện tích rừng giữa thời kỳ 1964 và 1985 ở Bắc, Trung và Nam Mỹ. (Nguồn : Viện Tài nguyên thế giới – WRI (1986) ; Freedman (1989))

Khu vực	Tổng diện tích đất (10^3 km^2)	Diện tích rừng trong thời kỳ 1964–1966 (10^3 km^2)	Diện tích rừng trong thời kỳ 1981–1983 (10^3 km^2)	Tỷ lệ % thay đổi
Bắc Mỹ	18348	6056	5965	–2
Trung Mỹ	2617	831	691	–17
Nam Mỹ	17437	9880	9231	–7

Năm 1943, diện tích rừng của Việt Nam là 14,3 triệu ha với tỷ lệ che phủ là 43%. Điều đáng chú ý là rừng trong thời kỳ này là rừng tự nhiên, chất lượng tốt. Đến những năm 1990 – 1995, diện tích rừng suy giảm rất mạnh, chỉ còn trên 9 triệu ha, tỷ lệ che phủ chỉ còn 27 – 28%. Như vậy, trung bình mỗi năm Việt Nam mất đi 160000 – 200000 ha rừng, trong khi đó, tỷ lệ đất trống đồi núi trọc tăng lên từ 12,6% năm 1943 lên 34,12% năm 1993. Điều đặc biệt quan trọng là tình trạng mất rừng phòng hộ đầu nguồn, ven biển đã gây những tác động nguy hiểm như xói lở, trượt đất, lũ quét, hoang mạc hoá vùng ven biển nam Trung Bộ. Độ che phủ của rừng trên các vùng lưu vực sông chính giảm : Lưu vực sông Đà chỉ còn dưới 11%, lưu vực sông Hồng 23%, lưu vực sông Chảy – sông Lô – sông Gâm 27%, lưu vực sông Sê San 31%, lưu vực sông Sê Rê Pôc 29%, lưu vực sông Đồng Nai 25%. Vùng lưu vực sông Cả, diện tích rừng che phủ còn tương đối khả quan, chiếm 39%. Trong khi đó, độ che phủ rừng ở vùng lưu vực sông Ba cách đây 5 năm là 37% thì nay chỉ còn không quá 23%.

Trong những năm gần đây, do có kế hoạch trồng mới rừng nên độ che phủ của rừng tăng lên đáng kể. Từ 1990 đến 2003, tổng diện tích rừng đã tăng nhanh với hơn 1 triệu ha có độ phủ rừng tăng 8,3% (tỷ lệ rừng che phủ tăng từ 27,8 lên 36,1%). Cơ cấu rừng đã hợp lý hơn trước (2 triệu ha rừng đặc dụng, 5 triệu ha rừng phòng hộ và 8 triệu ha rừng sản xuất).

Ở Việt Nam hiện nay, diện tích các khu rừng nguyên sinh còn lại rất ít, chỉ còn sót lại ở những vùng núi cao hiểm trở, rất khó đi lại. Theo đánh giá của Viện Điều tra quy hoạch rừng, nước ta chỉ còn 4% rừng nguyên sinh tập trung ở vùng Bắc Trường Sơn và Tây Nguyên. Tuy nhiên, diện tích rừng nguyên sinh tự nhiên có chất lượng (rừng gỗ nhiệt đới tự nhiên nhiều tầng) vẫn có xu hướng suy giảm do bị khai thác trái phép. Theo các dẫn liệu thống kê (Báo cáo hiện trạng môi trường năm 2001), đến năm 1999, vùng Tây Nguyên chỉ còn chiếm 33,1%, vùng Bắc Trung Bộ chiếm 19,4% và vùng duyên hải Nam Trung Bộ chiếm 17,3% tổng diện tích rừng của cả nước. Đây là những vùng còn nhiều rừng nhất đồng thời cũng là những vùng có độ đa dạng sinh học cao nhất ở Việt Nam.

Ngoài ra, các hoạt động xây dựng cơ sở hạ tầng ở các vùng rừng núi, nơi có tính đa dạng sinh học cao đã làm chia cắt hoặc cách ly các khu cư trú của động vật hoang dã thành những mảnh nhỏ, làm cho quần xã động vật có nguy cơ bị tiêu diệt cao.

Bảng 10.4. Biến động diện tích và độ che phủ của rừng ở Việt Nam giai đoạn 1990– 2004 (Nguồn: Viện Điều tra quy hoạch rừng, 2004)

Năm	Diện tích rừng (1000 ha)			Độ che phủ (%)	Ha/dầu người
	Rừng tự nhiên	Rừng trồng	Tổng cộng		
1990	8430	745	9175	27,8	
1995	8252	1050	9302	28,2	0,12
2000	9444	1491	10915	33,2	0,14
2002	9865	1920	11785	35,8	0,14
2003	10005	2090	12095	36,1	0,14
2004	10088	2218	12306	36,7	0,15

Rừng Việt Nam vẫn còn chịu ảnh hưởng nặng nề của các chất độc hoá học do quân đội Mỹ sử dụng trong chiến tranh trước đây. Các tỉnh miền Nam đã phải hứng chịu hàng chục vạn tấn chất độc hoá học diệt cỏ và làm

trụi lá cây, trong đó có cả chất điôxin. Vùng bị rải chất độc nhiều nhất là khu vực Trung Bộ và Đông Nam Bộ với tỷ lệ diện tích bị rải lên tới 42,2%. Các chất độc này đang gây ra những hậu quả cực kỳ nghiêm trọng về môi trường đối với thiên nhiên và con người Việt Nam. Cho đến nay, thảm thực vật rừng tại các vùng này vẫn chưa thể khôi phục để có thể bảo vệ đất dẫn đến quá trình thoái hoá đất, tăng diện tích đất bạc màu. Bên cạnh đó, các chất độc hoá học này còn thấm thấu xuống các mạch nước ngầm làm cho các thảm thực vật trên mặt đất phát triển chậm...

Do sức ép tăng dân số và phát triển kinh tế – xã hội, con người đã làm thay đổi các hệ sinh thái một cách hết sức nhanh chóng. Một diện tích đất hoang dã được chuyển đổi trở thành đất nông nghiệp, chỉ từ năm 1945 đến nay đã hơn cả thế kỷ XVIII, XIX cộng lại.

Trong thời gian gần đây, ở Việt Nam, do nhu cầu phát triển kinh tế – xã hội, các hệ sinh thái rừng tự nhiên với tính đa dạng sinh học cao bị thu hẹp diện tích hoặc chuyển sang các hệ sinh thái thứ sinh khác. Chỉ riêng hình thức du canh, du cư của một số dân tộc vùng núi đã biến 13 triệu ha rừng thành đất trống, đồi núi trọc. Ví dụ, ở Tây Nguyên và vùng Đông Nam Bộ, rừng bị phá ô ạt và chuyển sang trồng các cây công nghiệp như cà phê, tiêu, cao su, điều.

Việc chuyển đổi đất hoang hoá, đất ngập nước thành ruộng lúa nước điển hình như ở vùng đất ngập nước Đồng Tháp Mười, vốn có chức năng cơ bản là bốn trữ nước, nạp nước ngầm, giảm thiểu tác động của lũ và với thuộc tính đa dạng sinh học cao để chuyển thành hệ sinh thái ruộng lúa với chức năng chủ yếu là cung cấp lương thực nhưng thuộc tính đa dạng sinh học không còn cao nữa. Điều đó đã thu hẹp vùng sinh sống của nhiều loài thủy sinh vật tự nhiên, đặc biệt là các nhóm cá bản địa.

Chuyển đổi rừng ngập mặn sang đầm nuôi thủy sản: Chức năng của rừng ngập mặn là rừng phòng hộ ven biển, giữ đất, chắn sóng, chống xói mòn, bảo vệ bờ... với thuộc tính là hệ sinh thái nhạy cảm với mức đa dạng sinh học rất cao đồng thời là nơi sinh cư của nhiều loài thủy sản giai đoạn con non. Các kết quả thống kê cho thấy trước đây, riêng diện tích rừng ngập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long khoảng 250000 ha. Sau này một phần do chiến tranh (khoảng 120000 ha rừng ngập mặn bị phá huỷ bởi chất độc hoá học của Mỹ), một diện tích không nhỏ rừng ngập mặn bị khai thác lấy củi, để nuôi tôm, cấy lúa. Cho đến năm 1998, đồng bằng sông Cửu Long chỉ còn

khoảng 77000 ha rừng ngập mặn với chất lượng nghèo, tập trung phần lớn ở tỉnh Cà Mau.

Việc xây dựng các cơ sở hạ tầng như đường giao thông, các cụm khai thác khoáng sản, dịch vụ... làm chia cắt hoặc cách ly các khu cư trú thành những mảnh nhỏ. Sự chia cắt, cách ly nơi cư trú vốn nguyên thủy, rộng lớn thành những mảnh nhỏ tức đã giảm đi diện tích nơi cư trú nhưng điều quan trọng hơn là đã hình thành các rào cản sự di cư, qua lại của các nhóm động vật hoang dã, tạo thành các quần thể sinh vật nhỏ có nguy cơ bị tiêu diệt cao hơn.

Việc xây dựng các hồ chứa nước lớn cho các mục tiêu thủy lợi, thủy điện bên cạnh việc làm mất đi một số diện tích rừng, đồng thời cũng là một trong những yếu tố làm mất một số bãi đẻ trứng của nhiều loài cá có tập tính di cư lên thượng nguồn các sông để trứng. Hoạt động điều tiết của các hồ chứa nước lớn cũng đã làm thay đổi một số đặc điểm tự nhiên vùng hạ lưu và đặc biệt làm thay đổi chế độ mặn vùng nước cửa sông ven biển.

Việt Nam là nước đặc biệt nhạy cảm với các tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu trong khu vực nông nghiệp và tất cả các khu vực ngành nghề khác dọc theo miền duyên hải. Ngoại suy từ các nghiên cứu khác cho phép hiểu rằng trong bất cứ viễn cảnh nào của sự thay đổi khí hậu thì phân bố không gian của các sinh cảnh tự nhiên và các quần xã sinh vật cũng sẽ thay đổi theo. Các hệ sinh thái bị chia cắt (điều đã trở nên phổ biến ở Việt Nam) chắc chắn sẽ phản ứng kém cỏi hơn trước những sự thay đổi này và có thể sẽ không tránh khỏi sự mất mát các loài sinh vật với tốc độ rất cao.

10.3.2.2. Làm giảm đa dạng loài sinh vật

Số lượng các loài sinh vật có trên Trái Đất còn là bí ẩn. Số lượng các loài sinh vật đã được mô tả là chưa có con số chính xác, mỗi một tác giả đưa ra các con số khác nhau. Kể cả với nhóm sinh vật đã được nghiên cứu nhiều nhất, con số loài cũng khá nhỏ (ví dụ, nhóm chim là 9881 loài). Hiện nay cũng đã có các con số chính xác về số loài đã biết của nhiều nhóm sinh vật (ví khuẩn – 9881 loài, năm 1981, trong đó có thể giả định rằng phần lớn các loài còn chưa được mô tả ; 260000 loài thực vật bậc cao, 70000 loài nấm).

Theo Trương Quang Học và những người khác (nnk) (2004), đến nay, có khoảng 1,7 triệu loài sinh vật đã được mô tả và ít nhất còn gấp hai lần con số này còn chưa được con người biết đến. Gần 2/3 số đó là côn trùng. Dự đoán tổng số loài dao động từ 10 đến 100 triệu. Tuy nhiên có thể không bao giờ biết có bao nhiêu loài bởi nhiều loài trong đó sẽ bị tuyệt chủng trước khi

được biết đến và mô tả. Nhà cổ sinh học Stephen Jay Gould ước tính rằng 99% tổng số các loài thực vật, động vật đã có khi bị tuyệt chủng không để lại hoá thạch.

Một dẫn liệu khác (Ruppert & Barnes, 1994), riêng trong giới động vật, có trên 1 triệu loài đã được mô tả. Trong đó, chỉ có 5% là động vật có xương sống, số còn lại trong giới động vật là động vật không xương sống.

Có một công trình nghiên cứu được đăng trong tạp chí Thiên nhiên (The Nature) năm 2004 đã đề cập tới biến đổi khí hậu toàn cầu do con người gây ra trong 50 năm tới có thể làm hơn một triệu loài sinh vật ở cạn bị tuyệt chủng.

Trên cơ sở nghiên cứu sáu vùng giàu đa dạng sinh học trên thế giới, nghiên cứu này ước tính vào năm 2050, 15–37% số loài sinh vật ở cạn có thể bị tuyệt chủng, điều đó phụ thuộc vào tốc độ nóng lên ở toàn cầu. Các tác giả tin rằng sáu vùng này cũng là biểu thị cho sự tuyệt chủng loài tiềm tàng cho các vùng khác. Nhiều loài sinh vật trở nên hiếm do phải sống trong các nơi cư trú bị cô lập như loài khỉ đầu chó ở Êtiôpi, loài opốt lùn (*pygmy possum*) ở Ôxtrâylia, loài bướm chua ở Mêxicô, hoặc chim mỏ thìa ở Bắc Cực vùng Viễn đông nước Nga.

Biến đổi khí hậu toàn cầu tác động tới nhiều quần thể sinh vật, nhiều loài sinh vật ven bờ và đảo sẽ bị đe dọa do các đại dương nóng lên, mực nước biển dâng cao. Do nước biển nóng lên nhanh, các loài thực vật, động vật phải di cư để tìm kiếm những nơi cư trú thích hợp. Cũng do sự gia tăng lượng phát thải CO₂ vào biển làm cho môi trường nước biển bị chua hơn, dẫn tới suy giảm các rạn san hô.

Có nhiều nguyên nhân làm suy giảm đa dạng sinh học. Trong các nghiên cứu, trên Trái Đất của chúng ta, sự tuyệt chủng của nhiều loài sinh vật đã diễn ra từ lâu. Tuy nhiên, vẫn phân biệt được sự tuyệt chủng tự nhiên do không thích nghi với điều kiện môi trường sống thay đổi, có thể là những tai biến thiên nhiên bất thường, có thể là sự thay đổi khí hậu có tính chất toàn cầu. Mặt khác, cũng có thể thấy các tác động của con người gián tiếp hoặc trực tiếp đã làm suy giảm đa dạng sinh học, thậm chí có thể làm tuyệt chủng một số loài sinh vật. Các tác động của con người lên đa dạng sinh học được tóm tắt thành ba nguyên nhân chủ yếu : 1. Khai thác quá mức tài nguyên sinh vật ; 2. Di nhập các loài làm tăng khả năng cạnh tranh ăn mồi, tăng bệnh tật ; 3. Suy giảm chất lượng và diện tích nơi sinh cư.

Theo các tài liệu thống kê (Tré de Groombridge, 1992), Việt Nam là một trong 25 nước có độ đa dạng sinh học cao trên thế giới với dự tính có thể có tới 20000–30000 loài thực vật. Việt Nam được xếp thứ 16 về mức độ đa dạng sinh học (chiếm 6,5% số loài có trên thế giới). Đáng lưu ý rằng, trong khoảng 10 năm trở lại đây, từ các kết quả điều tra cơ bản ở các vùng lãnh thổ khác nhau ở Việt Nam, khá nhiều các loài mới được phát hiện và mô tả, trong đó nhiều giống, loài mới cho khoa học. Những dẫn liệu về các giống, loài mới cho khoa học và cho Việt Nam được bổ sung liên tục cho thấy thành phần khu hệ động, thực vật Việt Nam còn chưa được biết hết. Các loài mới được phát hiện đã làm phong phú thêm cho sinh giới Việt Nam, trong khi một số loài khác, đặc biệt các loài có giá trị kinh tế đã biết lại có xu hướng giảm số lượng hoặc không rõ tình trạng hiện nay ra sao.

Bảng 10.5. Sự phong phú thành phần loài sinh vật ở Việt Nam

Nhóm sinh vật	Số loài đã xác định được (SV)	Số loài có trên thế giới (SW)	Tỷ lệ % giữa SV/SW
1. Thực vật nổi (Micro-algae)			
– Nước ngọt	1438		
– Biển	537		
2. Rong, cỏ (Sea-weed, Sea-grass)			
– Nước ngọt	Khoảng 20		
– Biển	677		
3. Thực vật ở cạn (Terrestrial plant)	Khoảng 12000	220000	5,5
– Rêu (Moss)	1030	22000	4,6
– Nấm lớn (Fungi)	826	50000	1,6
4. Động vật không xương sống ở nước (Aquatic invertebrate)			
– Nước ngọt	Khoảng 800		
– Biển	Khoảng 7500		
5. Động vật không xương sống ở đất (Soil invertebrate)	Khoảng 1000		

6. Giun sán ký sinh ở gia súc	161		
7. Côn trùng (Insect)	7750		
8. Cá (Fish)		19000	13
– Nước ngọt	Trên 700		
– Biển	2038		
9. Bò sát (Reptile)	260	6300	5
Bò sát biển	21		
10. Lưỡng cư (Amphibia)	120	4184	2,9
11. Chim (Bird))	840	9040	9,3
12. Thú (Mammal)	310	4000	7,5
Thú biển	17		

Trong quá trình phát triển kinh tế – xã hội, tình trạng đa dạng sinh học của Việt Nam đã có những biến đổi quan trọng. Trong thời gian qua, việc thực hiện các hành động bảo tồn đa dạng sinh học đã thu được các kết quả mang tính tích cực rất có ý nghĩa như : Độ che phủ của rừng liên tục tăng ; Hệ thống các khu bảo tồn đã được thành lập và ngày càng được củng cố và phát triển, một số khu bảo tồn thuộc hệ thống trên và một số khu khác đã được quốc tế công nhận ; Các hình thức bảo tồn ngoại vi (Exsitu) đã bước đầu phát triển.

Tuy nhiên, các kết quả tích cực nêu trên vẫn chưa thay đổi được xu hướng suy giảm của đa dạng sinh học Việt Nam. Điều đó được thể hiện ở các mặt sau : Các hệ sinh thái bị suy giảm (diện tích rừng tự nhiên có chất lượng bị thu hẹp) ; Độ phủ rạn san hô ở vùng biển ven bờ suy giảm ; Diện tích rừng ngập mặn suy giảm ; Số lượng cá thể động, thực vật quý hiếm giảm ; Số lượng các loài nguy cấp có trong Sách Đỏ Việt Nam tăng.

Theo thống kê sơ bộ, trong 4 thập kỷ qua, ở Việt Nam đã có 200 loài chim, 120 loài thú bị tuyệt chủng, 68 loài thú có nguy cơ bị diệt vong, 97 loài bị tổn thương, 71 loài bị đe dọa được ghi trong Sách Đỏ Việt Nam phần Động vật. Nhiều loài thực vật quý hiếm đang có nguy cơ bị tuyệt chủng, ví dụ : những nhóm gỗ quý như lát hoa, hoàng đàn, cẩm lai, gụ mật, gụ lau, mun...; nhóm dược liệu quý như tam thất, sâm Ngọc Linh, hoàng liên chân gà, ô đầu, sa nhân...

Bảng 10.6. Tình trạng diễn biến số lượng một số loài động vật, thực vật quý hiếm, có giá trị kinh tế ở Việt Nam

(Nguồn: Đặng Huy Huỳnh, Vũ Văn Dũng, Phạm Bình Quyền – Báo cáo Hiện trạng Môi trường 2005).

TT	Loài	Thời gian	
		Trước năm 1970 (cây/con)	Số liệu 2004 (cây/con)
1	Tê giác một sừng	15 – 17	5 – 7
2	Voi	1500 – 2000	100
3	Hổ	Khoảng 1000	80 – 100
4	Bò xám	20 – 30	Không rõ
5	Bò tót	3000 – 4000	500
6	Bò rừng	2000 – 3000	300
7	Hươu xạ	2500 – 3000	200
8	Hươu cà toong	700 – 1000	100
9	Hươu vàng	300 – 800	Rất hiếm gặp
10	Sao la	Loài mới phát hiện	250
11	Mang Lớn	Loài mới phát hiện	300 – 500
12	Mang Trường Sơn	Loài mới phát hiện	Số lượng không nhiều
13	Cheo cheo Mapu	200 – 300	Rất hiếm gặp
14	Vượn đen tuyền	–	350 – 400
15	Vượn Hải Nam	100	Hiếm gặp
16	Vượn má hung	Hàng nghìn	150 – 200
17	Voọc đầu trắng	600 – 800	60 – 80
18	Voọc mũi hếch	800 – 1000	111–191
19	Voọc gáy trắng	–	300 – 350
20	Voọc mõng trắng	–	80 – 100
21	Gà lôi lam mào đen	–	Rất hiếm
22	Gà lôi lam mào trắng	–	Rất hiếm

23	Cá Cóc Tam Đảo	–	200 –300
24	Cá sấu nước ngọt	–	100 –150
25	Chình mun	Rất nhiều	Hiếm gặp
26	Sâm Ngọc Linh	Hàng chục nghìn cây	Rất hiếm
27	Hoàng Đàn	Hàng chục nghìn cây	Rất hiếm
28	Thông nước	Hàng nghìn cây	Hàng trăm cây
29	Trầm hương	Hàng chục nghìn cây	Rất hiếm
30	Lan hài xanh	Hàng chục nghìn cây	Rất hiếm
31	Lan hài tím	Hàng chục nghìn cây	Rất hiếm
32	Lát hoa	Hàng trăm nghìn cây	Rất hiếm
33	Song bột	Hàng trăm nghìn cây	Rất hiếm

Những nghiên cứu gần đây đã xác định các nguyên nhân chủ yếu của sự suy thoái đa dạng sinh học ở Việt Nam bao gồm :

+ Chuyển đổi mục đích sử dụng đất (mở rộng diện tích đất sản xuất, phát triển cơ sở hạ tầng) một cách thiếu cơ sở khoa học.

+ Khai thác quá mức và khai thác trái phép tài nguyên sinh vật.

+ Sự du nhập các giống mới thiếu kiểm soát.

+ Ô nhiễm môi trường.

– Các nguyên nhân sâu xa (gián tiếp).

+ Dân số liên tục gia tăng.

+ Mức tiêu thụ tài nguyên thiên nhiên ngày càng nhiều.

+ Khí hậu toàn cầu biến đổi theo chiều hướng bất lợi.

+ Quản lý yếu kém : Thiếu một cơ quan cấp nhà nước để thống nhất quản lý đa dạng sinh học ; Thiếu luật đa dạng sinh học ; Chưa huy động được sự tham gia của cộng đồng vào bảo vệ đa dạng sinh học ; Thiếu một quy hoạch phát triển đa dạng sinh học bền vững trong toàn quốc, từng vùng, từng tỉnh.

CHƯƠNG XI

Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC

11.1. CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

11.1.1. Ô nhiễm

Cho đến nay, có nhiều định nghĩa, khái niệm về ô nhiễm (pollution). Trong Từ điển Đa dạng sinh học và phát triển bền vững (Trương Quang Học và nnk., 2001): *Ô nhiễm là sự biến đổi trực tiếp hay gián tiếp về tính chất vật lý, hoá học, sinh học, nhiệt hay phóng xạ của một bộ phận bất kỳ trong môi trường do chuyển đến, phát thải vào hay lắng đọng các chất hay phế thải đến mức gây cho việc sử dụng hữu ích trở nên bất lợi, trở nên nguy hại hay nguy hại tiềm tàng đối với sức khoẻ, tính an toàn của cộng đồng hoặc phương hại tới sinh vật.*

Theo định nghĩa của tổ chức y tế thế giới, *sự ô nhiễm (hoặc sự nhiễm bẩn) là việc chuyển các chất thải hoặc năng lượng vào môi trường đến mức có khả năng gây tác hại đến sức khoẻ con người, đến sự sinh trưởng và phát triển của sinh vật và làm suy giảm chất lượng môi trường.*

Một định nghĩa khác đơn giản hơn: *Ô nhiễm môi trường là sự thay đổi chất lượng môi trường theo chiều hướng tiêu cực đối với mục đích sử dụng môi trường.*

Với các định nghĩa về sự ô nhiễm như trên, nhìn chung có thể thấy các yếu tố gây ô nhiễm bao gồm các chất thải ở dạng khí (khí thải), lỏng (nước thải) hoặc rắn (chất thải rắn) chứa hoá chất hoặc các yếu tố vật lý, sinh học và các dạng năng lượng (nhiệt độ, bức xạ). Tuy nhiên, môi trường chỉ được coi là ô nhiễm khi các yếu tố gây ô nhiễm như trên đạt tới mức có thể tác động xấu đến con người, sinh vật và các vật liệu khác.

Ô nhiễm có thể phân thành hai dạng chính là ô nhiễm địa phương (local pollution) và ô nhiễm toàn cầu (global pollution). Trước đây, người ta chỉ quan tâm tới ô nhiễm địa phương. Ví dụ, đốt than gây khói làm ảnh hưởng tới sức khoẻ. Một khẩu hiệu thời đó trong các trường học là “Phân tán ô nhiễm bằng pha loãng”. Theo lý thuyết này, ô nhiễm được pha loãng một cách thoả đáng sẽ không gây tổn hại môi trường. Trong các thập kỷ gần đây, khi sự hiểu biết và nhận thức của con người tăng lên thì các dạng ô nhiễm có tính toàn cầu đã được xem là vấn đề cần quan tâm. Ví dụ, các

hoạt động của con người (thử hạt nhân) đã tăng mức phóng xạ, gây tác hại tới sức khoẻ con người trên toàn Trái Đất. Các hoạt động gây khí phát thải, làm nóng lên toàn cầu, suy giảm tầng ôzôn... Sự mong muốn hiểu biết đầy đủ về vấn đề ô nhiễm dẫn tới hình thành thuyết môi trường luận (environmentalism) nhằm tìm kiếm các giải pháp hạn chế các tác động của con người tới môi trường.

11.1.2. Nguồn gây ô nhiễm

Trong thực tế, các nguồn gây ô nhiễm được phân biệt là nguồn gây ô nhiễm tự nhiên (sources of natural pollution) và nguồn gây ô nhiễm từ con người (anthropogenic sources of pollution).

– Nguồn gây ô nhiễm tự nhiên có thấy như những phát thải các nguyên tố độc vào khí quyển từ các sản phẩm phun trào của núi lửa, từ các khí có nguồn gốc từ pha bay hơi của một số nguyên tố dễ bay hơi như Asen (As), thủy ngân (Hg) và selen (Se). Sự khoáng hoá ở tầng mặt hoặc gần tầng mặt chứa các nguyên tố độc cũng có thể gây ô nhiễm cho địa phương.

– Nguồn gây ô nhiễm do con người hình thành từ các hoạt động của con người trong phát triển kinh tế-xã hội, phát thải ra các chất thải, năng lượng...

– Tuy nhiên, theo phương thức di chuyển các chất gây ô nhiễm vào môi trường, nguồn gây ô nhiễm được phân biệt bởi hai kiểu chính là nguồn điểm (point source) và nguồn phân tán (non-point source hoặc diffuse source).

– Nguồn điểm : là các nguồn gây ô nhiễm có thể xác định được vị trí, kích thước, bản chất lưu lượng phóng thải các yếu tố gây ô nhiễm. Các nguồn điểm chủ yếu là ống khói nhà máy, xe ô tô, tàu hoả, cống xả nước thải, điểm xảy ra sự cố của tàu gây tràn dầu, giàn khoan dầu khí, lò phản ứng nguyên tử, điểm nổ bom nguyên tử, hạt nhân...

– Nguồn phân tán : là các nguồn gây ô nhiễm không có điểm cố định, không xác định được vị trí. Ví dụ, nước mưa chảy tràn qua đồng ruộng, rừng núi, đường phố...đổ vào sông, suối, hồ, ao, kênh rạch gây ô nhiễm môi trường nước ; mưa axit do ô nhiễm khí quyển...

11.1.3. Các chất gây ô nhiễm

Ô nhiễm môi trường là một quá trình diễn ra có nguyên nhân và có hậu quả. Không thể xác định một cách chính xác thế nào là chất gây ô nhiễm (pollutant) trong một thuật ngữ lý hoá học. Để đơn giản hoá, Holdgates (1979) đã xác định rằng việc đưa *những hợp chất, năng lượng vào môi*

trường mà gây nguy hại đến môi trường sống hoặc làm biến đổi môi trường vật lý thì đó là chất ô nhiễm.

Cho đến nay, có tới hàng ngàn các chất gây ô nhiễm và khó có thể thống kê đầy đủ, cụ thể các chất gây ô nhiễm. Các chất gây ô nhiễm có thể có nguồn gốc tự nhiên, có thể từ con người sản sinh ra trong các quá trình phát triển kinh tế – xã hội. Hiện nay, có thể phân biệt một số nhóm chất gây ô nhiễm như sau :

11.1.3.1. Chất gây ô nhiễm không phải là độc tố

Các chất ô nhiễm trong trường hợp này, bản thân chúng không độc. Các tài liệu đã cho thấy chúng được coi như là những thành phần trong hệ sinh thái. Các chất này nếu hiện diện với số lượng lớn gây ra sự mất cân bằng trong hệ sinh thái và dẫn tới những thay đổi trong các quá trình lý hoá như quá trình oxy hoá. Các chất ô nhiễm không độc kiểu này đáng chú ý là chất rắn lơ lửng (suspended solids), các chất dinh dưỡng và mùn bã hữu cơ.

11.1.3.2. Chất gây ô nhiễm là chất độc

Các chất trong kiểu này là những chất độc gây chết, gán chết hoặc tác động lâu dài tới các cơ thể sống. Một cách gián tiếp, các chất này thông qua chất dinh dưỡng hoặc khí oxy phá huỷ quần xã sinh vật. Trong các chất độc, có nhiều chất không có trong tự nhiên, hầu hết là do con người làm ra, bao gồm kim loại, các ion hoà tan, các hoá chất bảo vệ thực vật, dầu khí, các chất tẩy rửa, axit, kiềm, các hợp chất hữu cơ, các chất phóng xạ.

11.1.3.3. Nhiệt

Một số thuỷ vực gần các nhà máy công nghiệp, nhiệt độ nước gia tăng chủ yếu do nước làm lạnh của nhà máy nhiệt điện thải ra, hoặc một số nguồn nước nóng khác từ các phân xưởng trong các nhà máy thực phẩm, rượu bia, có sử dụng nước nóng... Nước thải với nhiệt độ cao làm cho nhiệt độ nước thuỷ vực tiếp nhận nước thải bị nóng lên, ảnh hưởng trực tiếp tới đời sống của thuỷ sinh vật, mặt khác làm thay đổi các yếu tố lý hoá học khác trong môi trường nước, đặc biệt giảm hàm lượng oxy hoà tan, tăng sự hô hấp của thuỷ sinh vật.

11.1.3.4. Vi sinh vật

Các loại virus, vi khuẩn, nấm, động vật nguyên sinh, động vật ký sinh... có ảnh hưởng trực tiếp tới sức khoẻ của con người. Sự có mặt của vi sinh vật trong môi trường nước do các nguồn thải từ sinh hoạt ở khu dân cư (nước

cống rãnh). Trong nhóm vi sinh vật, *coliform* được quan tâm nhiều, đặc biệt là *Faecal coliform* – nhóm chỉ thị môi trường nước bị nhiễm phân người hoặc động vật.

11.1.4. Các dạng ô nhiễm nước đặc trưng

Ô nhiễm nước của các thủy vực có thể ở hai dạng ô nhiễm : do mất cân bằng trong tự nhiên và do các chất độc.

* Ô nhiễm bởi sự mất cân bằng trong quá trình tự nhiên có thể phân biệt hai dạng :

– Sự mất cân bằng trong chu trình dinh dưỡng, đặc biệt trong trường hợp quá nhiều chất dinh dưỡng gọi là phú dưỡng (eutrophication), hơn nữa là phì dưỡng (hypertrophication).

– Quá trình axit hoá tự nhiên của chu trình thủy văn gây ra mưa axit.

* Ô nhiễm do các chất độc khác bao gồm các chất hoàn toàn phi tự nhiên do con người gây ra như sự tràn dầu, các hoá chất bảo vệ thực vật, phân bón hoá học, các chất thải có kim loại nặng...

11.1.4.1. Ô nhiễm dinh dưỡng

Các chất gây nên dạng ô nhiễm này bao gồm các muối dinh dưỡng vô cơ hoà tan dưới dạng các ion có nguồn gốc nitơ (NO_3 , NO_2 , NH_4), photpho (PO_4). Lượng dinh dưỡng vô cơ là cơ sở ban đầu cho phát triển thực vật nổi trong chu trình thức ăn tự nhiên của thủy vực. Lượng dinh dưỡng này là rất cần thiết cho sự phát triển thực vật nổi nhưng nếu vượt quá mức sẽ dẫn tới những thay đổi cơ bản trong quần xã thủy sinh vật và gây nên hiện tượng phì dưỡng thủy vực. Dấu hiệu của hiện tượng này là sự phát triển quá mức một số nhóm thực vật nổi – hiện tượng nở rộ thực vật nổi (algal bloom) tạo thành váng tảo với mật độ rất cao ở khối nước bề mặt, nước bị vẩn đục do quá nhiều tảo. Sự ô nhiễm kiểu này do một số loài tảo nở rộ lại có tính độc như tảo lam tấm *Microcystis*, tảo gây mùi vị khó chịu như tảo lam *Spirulina*... gây hại tới quần xã động vật và làm suy giảm chất lượng môi trường nước. Mặt khác, sau thời kỳ nở rộ, thực vật nổi chết đi, chìm xuống tầng trầm tích đáy, làm tăng lượng vật chất hữu cơ giàu dinh dưỡng trong lớp bùn đáy. Một phần chất dinh dưỡng này được dự trữ dưới dạng hạt ở lớp trầm tích đáy, một phần khác bị phân huỷ trong quá trình khoáng hoá làm suy kiệt hàm lượng oxy trong tầng nước, dẫn tới môi trường nước bị yếm khí.

11.1.4.2. Ô nhiễm hữu cơ

Ô nhiễm hữu cơ là dạng ô nhiễm khá phổ biến của các thuỷ vực nước ngọt nội địa đặc biệt là ở các vùng cảnh quan đồng bằng – nơi dân cư tập trung và khu công nghiệp với mật độ cao. Các chất gây ô nhiễm chủ yếu là nước thải công nghiệp (các ngành chế biến thực phẩm, nước giải khát, thuốc da, dệt nhuộm, làm giấy...) và nước thải sinh hoạt. Các chất hữu cơ được phân biệt bởi hai loại : chất hữu cơ dễ bị phân huỷ và chất hữu cơ bền vững.

* Chất hữu cơ dễ bị phân huỷ

Thuộc loại này là các cacbohyđrat, prôtêin, chất béo... Đây là các chất ô nhiễm phổ biến có trong nước thải từ khu dân cư, các nhà máy chế biến thực phẩm (sản xuất bột ngọt, công nghệ lên men, chế biến sữa, sản xuất rượu, bia...).

– Cacbohyđrat bao gồm các chất đường có chứa các nguyên tố C, H, O. Một số đường đơn (mônôsaccarit) có trong thiên nhiên. Các đường kép (disaccarit) gồm hai mônôsaccarit (sucrôzơ, lactôzơ). Các pôlysaccarit bao gồm các đơn vị đường liên kết theo mạch dài, có thể chia làm hai loại : loại dễ bị phân huỷ như tinh bột có trong khoai tây, gạo và loại khó phân huỷ như xenlulozơ có trong gỗ, tre...

– Các loại prôtêin là các axit mạch dài chứa các nguyên tố C, H, O, N và P.

– Các chất béo có khả năng hoà tan trong dung môi hữu cơ (ête, alcol, hexan...) nhưng ít hoà tan trong nước. Khả năng phân huỷ do vi sinh chậm.

Các chất hữu cơ thuộc dạng này dễ bị phân huỷ dưới tác động của vi sinh vật theo các chu trình phân huỷ hiếu khí hoặc kỵ khí.

* Các chất hữu cơ bền vững

Trong môi trường nước, các chất hữu cơ mạch dài, phân tử lượng lớn thường khó phân huỷ. Các thông số để đánh giá các mức ô nhiễm hữu cơ là hàm lượng oxy hoà tan (DO), nhu cầu oxy sinh học (BOD), nhu cầu oxy hoá học (COD). Ngoài ra, các sản phẩm gián tiếp của ô nhiễm hữu cơ là các khí dihydro sulfua H_2S , metan CH_4 ...

11.1.4.3. Ô nhiễm bởi vi sinh vật

Ô nhiễm bởi vi sinh vật chủ yếu là các vi sinh vật gây bệnh như vi sinh vật dạng *coli* (*coliform*), vi sinh vật có nguồn gốc từ phân người và gia cầm như *Faecal coliform* và các nhóm vi sinh vật gây bệnh khác. Các thông số sử

dụng để đánh giá ô nhiễm vi sinh vật là mật độ *faecal coli*, *non-faecal coli*, các nhóm vi sinh vật hiếm khí, các nhóm vi sinh vật hiếu khí. Ngoài vi khuẩn dạng *coliform*, một số các nhóm vi khuẩn gây bệnh tiêu chảy hoặc các bệnh ngoài da khác. Có thể kể vi khuẩn các nhóm này như *Salmonella*, *Shigella*, *Mycobacterium*...

11.1.4.4. Ô nhiễm bởi các hoá phẩm dùng trong nông nghiệp

Các chế phẩm hoá học bao gồm các loại thuốc bảo vệ thực vật như thuốc trừ sâu, diệt cỏ, kích thích sinh trưởng như các hợp chất hữu cơ có gốc clo như DDT, Aldrin, Dieldrin, có gốc photpho như Woffatox, Monitor, có gốc cacbamat như Bassa, Padan... Các chất này xâm nhập vào môi trường nước do quá trình xói mòn và thường tồn lưu trong nước với hàm lượng thấp. Nếu hàm lượng cao chúng sẽ là tác nhân gây nhiều bệnh hiểm nghèo.

11.1.4.5. Ô nhiễm bởi trầm tích

Trầm tích được xem như chất gây ô nhiễm vật lý, tác động tới thủy vực tiếp nhận theo các cách chính như sau :

– Làm cho độ đục cao, hạn chế sự truyền ánh sáng mặt trời tới cột nước, bởi vậy giới hạn sự phát triển của tảo và thực vật thủy sinh có rễ bám trong thủy vực. Tại những nơi đẻ trứng của đàn cá sông, nếu bị trầm tích bùn mịn che phủ nền đáy sẽ ngăn cản cá đẻ trứng. Hậu quả là làm suy giảm hệ sinh thái thủy vực thông qua sự phá huỷ nơi cư trú.

– Mức trầm tích cao trong sông dẫn tới sự suy giảm đặc tính thủy học của sông. Điều đó tác động nghiêm trọng tới giao thông thủy bởi độ sâu lòng sông bị suy giảm và có thể gây lũ lụt do thể tích lòng sông giảm.

11.1.4.6. Ô nhiễm kim loại nặng

Ô nhiễm kim loại chủ yếu là từ các mỏ khai khoáng tự nhiên và từ nước thải của các cơ sở công nghiệp luyện kim, cơ khí, hoá chất... Các chất gây ô nhiễm chủ yếu là các kim loại nặng. Trong nhóm kim loại nặng, thủy ngân (Hg) có đặc tính tích lũy gia tăng sinh học (biomagnification) trong các mô cơ, gan và mỡ của động vật. Sự ô nhiễm kim loại nặng trong các nguồn nước hoặc thủy vực gây nhiều bệnh hiểm nghèo cho con người và thủy sinh vật. Dạng ô nhiễm do kim loại đã thấy ở các nước có nền công nghiệp phát triển và bị ô nhiễm trầm trọng trong những năm 1950 – 1970. Cho đến thời gian gần đây, tại các nước phát triển, do có biện pháp quản lý môi trường nước

ngặt nghèo và áp dụng kỹ thuật xử lý nước thải hiện đại có hiệu quả nên mức độ ô nhiễm kim loại trong các nguồn nước giảm hẳn.

11.2. ĐẶC TÍNH MÔI TRƯỜNG NƯỚC

Các thủy vực nước ngọt nội địa bao gồm suối, sông, hồ, ao, vùng cửa sông và các vùng đất ngập nước có cấu trúc phân biệt rõ ràng được xác định bởi hình thái vùng lưu vực và các mối tương tác vật lý, hoá học và sinh học. Cấu trúc vật lý được xác định bởi sự phân bố ánh sáng, nhiệt, sóng và dòng chảy biến đổi theo ngày, mùa. Cấu trúc hoá học được xác định bởi các yếu tố dinh dưỡng và oxy hoà tan. Các yếu tố môi trường này là cơ sở hình thành các đặc tính sinh học của thủy vực. Ngoài ra, các đặc điểm vùng lưu vực cũng như khối khí quyển trên vùng lưu vực cũng là yếu tố quan trọng xác định cấu trúc thủy vực nội địa, đặc biệt là tác động đến chu trình dinh dưỡng.

11.2.1. Nguồn nước ngọt

Nước chiếm 70% diện tích Trái Đất. Trong đó, khoảng 98% (trên 10^9 km³) là nước mặn ở biển và đại dương. Nguồn nước ngọt trên Trái Đất là rất nhỏ so với nước ở các đại dương nhưng nó có thời gian thay đổi mới (renewal time) rất lớn. Nước ngọt nội địa bao phủ khoảng 2% bề mặt Trái Đất.

Một điều mà các nhà nghiên cứu về đầm hồ học (limnology) hiện nay rất quan tâm là phải bảo vệ được chất lượng và số lượng các thủy vực nước ngọt trong khi dân số ngày một tăng lên. Hầu hết các chất dinh dưỡng và các nguồn nước thải có tính chất độc hại chảy vào sông, hồ và đang tích tụ một số lượng lớn các chất gây ô nhiễm làm suy thoái chất lượng nước.

Một điều đáng lưu ý là hiện nay rất ít có những hiểu biết về các hồ nước mặn (có dung tích tương tự như các hồ nước ngọt). Các hồ này có độ mặn thay đổi từ ít mặn đến rất mặn. Một số hồ nước mặn còn có độ mặn cao hơn cả độ mặn nước biển đại dương. Hầu hết các hồ đó được hình thành bên trong lục địa và do sự bốc hơi nước ngọt. Ví dụ như ở Hoa Kỳ có hồ Muối lớn (Great Salt lake) ở Utah và hồ Mono rất mặn ở California. Hồ nước mặn được gọi là athalassohaline (tiếng Hy Lạp là “không phải biển”) có các chất hoá học ưu thế bởi sự bốc hơi canxi, magiê và sunphat. Một số ít các hồ nước mặn khác kể cả hồ lớn nhất còn có các di vật của biển và có natri clorua dưới dạng các ion. Tất cả các lục địa kể cả vùng Nam Cực đều có các hồ nước mặn.

Trong khoảng hơn 1 triệu các hồ nội địa trên thế giới, hầu hết là các hồ nước ngọt nhỏ. Hồ lớn nhất thế giới kể cả về diện tích cũng như dung tích là biển thuộc Caspien nằm trong vùng biên giới giữa Liên bang Nga và Iran.

Bảng 11.1. Mười hồ lớn nhất thế giới (sắp xếp theo khu vực);

Nguồn : Horne A. et al., 1994 biên đổi từ Herdendorf (1930).

Hồ	Diện tích (km ²)	Dung tích (km ³)	Độ mặn
Caspien (Liên bang Nga, Iran)	374000	78200	Gần như nước biển
Superior (Mỹ, Canada)	82100	12230	Ngọt
Victoria (Đông Phi)	68460	2700	Ngọt
Aral (Tây Nam Liên bang Nga)	64100	1020	Hầu như nước biển
Huron (Mỹ, Canada)	59500	3537	Ngọt
Michigan (Mỹ)	57750	4920	Ngọt
Tanganyika (Tây Nam Phi)	32900	18900	Hầu như nước ngọt
Baikal (Đông Liên bang Nga)	31500	22995	Ngọt
Hồ Gấu lớn (Tây Bắc Canada)	31326	3381	Ngọt
Hồ Nô lệ lớn (Tây Bắc Canada)	28568	2088	Ngọt

11.2.2. Các hệ sinh thái thủy vực nước ngọt nội địa

Các thủy vực nội địa chỉ chiếm một diện tích rất nhỏ của môi trường nước so với hải dương, nhưng lại rất phức tạp về hình thái cấu tạo cũng như về đặc tính thủy lý hoá học và sinh học. Nước trong nội địa có khoảng 8 triệu km³, trong số này các thủy vực trên mặt đất chiếm khoảng một nửa, còn một nửa là nước ngầm.

Các thủy vực nước mặt có thể phân chia thành hai nhóm : nước đứng và nước chảy. Các thủy vực nước đứng tiêu biểu là : hồ, ao, đầm lầy... Các thủy vực nước chảy tiêu biểu có thể kể đến : sông, suối, mạch nước phun. Cũng còn có thể phân biệt các thủy vực tự nhiên và nhân tạo (hồ chứa nước, ruộng lúa nước, ao đào, các hệ thống kênh mương... Trên thực tế, sự phân chia các loại thủy vực trên đây không thật hoàn toàn rõ ràng và ổn định. Có những

thủy vực vừa có tính chất nước chảy, vừa có tính chất nước đứng như hồ chứa nước. Có những loại thủy vực như ruộng lúa nước có thể là thủy vực nước chảy hay nước đứng phụ thuộc đặc tính chế độ canh tác của từng vùng. Có những loại thủy vực như ao có khi có nguồn gốc tự nhiên, có khi là thủy vực nhân tạo.

Các thủy vực trên mặt đất nói chung chứa nước trên mặt đất, lộ dưới ánh sáng mặt trời. Tuy nhiên lại có những loại thủy vực trên mặt đất như mạch nước phun, giếng khơi, lại vừa mang tính chất nước trên mặt, vừa mang tính chất nước ngầm. Do đó để có khái niệm chung về các thủy vực nội địa cần nghiên cứu cụ thể từng loại thủy vực tiêu biểu riêng biệt.

11.2.2.1. Các thủy vực nước chảy

– *Suối* : là loại hình thủy vực nước chảy phổ biến ở vùng núi. Suối có thể coi là sông cấp 1, một số suối lớn là sông cấp 2. Suối đặc trưng ở lòng hẹp và nông của dòng chảy, mực nước thấp và có nền đáy đá. Theo chiều dài, một con suối có thể chia thành ba phần :

– Đầu nguồn ở trên sườn núi dốc, nước đổ xuống thành thác nước, đáy là đá tảng lớn.

– Giữa nguồn là phần suối chảy qua thung lũng làng, bản dân cư, đồng ruộng, địa hình tương đối bằng phẳng, lòng suối rộng ra, có thể đến 15 – 20 m, nền đáy nhỏ hơn hoặc có khi có đáy bùn.

– Cuối nguồn là nơi suối đổ ra sông, lòng suối mở rộng có khi tạo thành các vịnh nhỏ hay bãi đá rộng.

Dọc theo dòng suối chính thường có các nhánh phụ đổ vào. Nước suối chảy với tốc độ lớn, nhưng giảm dần từ đầu nguồn tới cuối nguồn. Phần khởi nguyên của các con sông vùng núi (phần đầu của đầu nguồn sông) đều có dạng những dòng suối. Đặc tính quan trọng nhất của suối là mực nước biến đổi thất thường. Do dòng suối chảy xiết, bờ thấp và không vững chắc nên dòng chảy của suối thường luôn thay đổi nhất là ở phần đầu nguồn, do tác động của mưa lũ. Mực nước ở suối biến đổi rất đột ngột, mùa mưa lũ nước dâng cao rất nhanh, chảy mạnh, có khi cuốn trôi cả nền đáy. Sau một vài ngày mực nước lại hạ thấp, nước trong lại và chảy với tốc độ bình thường.

– *Sông* : là thủy vực nước chảy tiêu biểu với đặc điểm: khối nước luôn chảy theo một chiều nhất định, từ thượng lưu đến hạ lưu, so sự chênh lệch về độ cao so với mực nước biển của dòng sông. Dòng chảy của một đoạn sông

khi nước đầy, giữa hai bờ sông được gọi là dòng chảy nền. Khi nước cạn, dòng chảy của sông thu vào dòng chảy gốc, cách xa hai bờ sông. Bãi đất cạn hở ra trong mùa nước cạn nằm giữa bờ sông và dòng chảy gốc gọi là bãi sông, có thể phân thành nhiều tầng.

Theo dòng chảy, từ đầu nguồn đến cửa sông, dòng sông có thể phân thành ba phần : đầu nguồn (thượng lưu), giữa nguồn (trung lưu), cuối nguồn (hạ lưu) sai khác nhau về hình thái, tốc độ nước chảy, nền đáy và nhiều đặc điểm khác. Sông ở thượng lưu thường hẹp, nông, tốc độ chảy mạnh, nền đáy là nền đáy gốc bao phủ bởi các phần tử vật chất cỡ lớn. Sông ở trung lưu có dòng sông rộng dần ra, có thêm nhiều phụ lưu, tốc độ nước giảm đi. Nền đáy sông ở phần này có tính chất hỗn hợp : nền đáy gốc chỉ có ở một số nơi, còn chủ yếu là nền đáy bồi đắp, cấu tạo bởi các phần tử vật chất cỡ nhỏ (đá nhỏ, cát, bùn) do nước sông tải đến, lắng đọng xuống. Vùng hạ lưu có lòng sông mở rộng cho đến cửa sông, tốc độ nước chảy giảm nhẹ. Nền đáy ở phần này hoàn toàn là nền đáy bồi đắp và chỉ gồm các phần tử vật chất cỡ nhỏ (cát, bùn). Tốc độ nước chảy của sông cũng thay đổi theo chiều ngang : mạnh ở giữa dòng và giảm nhẹ đi ở hai ven bờ. Do vận động của nước sông, bờ sông và nền đáy sông không ngừng bị bào mòn. Các vật chất bị bào mòn ở nơi này sẽ được tải đến và bồi đắp ở nơi khác, do đó làm dòng sông luôn luôn bị biến đổi theo chiều ngang cũng như chiều thẳng đứng, có khi làm dòng chảy đổi hướng tạo thành hình thái khúc khuỷu của dòng sông ở trung lưu.

Sông ngòi trên toàn lục địa có thể chia thành hai khu vực lớn, được phân đôi bằng đường phân thủy thế giới. Các sông ngòi trong khu vực thứ nhất đều chảy ra Đại Tây Dương, còn khu vực thứ hai chảy ra Ấn Độ Dương và Thái Bình Dương. Các sông lớn trên thế giới là Missisipi (7330 km), Amazôn (6480 km) ở châu Mỹ, sông Nin (6500 km) ở châu Phi, sông Vonga (3690 km) ở châu Âu, sông Gangiơ (2700 km), Hoàng Hà (4845 km), Trường Giang (5500 km) ở châu Á.

Ở Việt Nam, sông Hồng (1149 km) và sông Mê Kông (4200 km) thuộc vào sông có độ dài trung bình và lớn. Sông ở nước ta rất nhiều, tạo thành một mạng lưới chằng chịt từ bắc tới nam, gồm hai hệ thống sông lớn : sông Hồng ở miền Bắc và sông Mê Kông ở miền Nam. Ở vùng phía bắc nước ta (Cao Bằng, Lạng Sơn), còn có những nhánh đầu nguồn của hệ thống sông Tây Giang của vùng Hoa Nam (Trung Quốc). Tuy số lượng nhiều nhưng sông ở nước ta, trừ sông Hồng và sông Mê Kông, đều thuộc loại nhỏ và có đặc tính

sông ven biển. Ở Việt Nam, nhìn chung sông ngòi có thể chia thành hai bộ phận, sai khác nhau rõ rệt : sông vùng núi và sông vùng đồng bằng.

– Sông vùng núi thường là các phần thượng lưu và trung lưu, có đặc điểm lòng sông hẹp và sâu, tốc độ nước chảy mạnh và thường có thác. Ở tận cùng đầu nguồn thường có dạng suối, lòng sông ít khúc khuỷu, độ dốc lớn, nước chảy mạnh, chảy xiết vào mùa mưa, thường hay có ghềnh thác. Nền đáy cát, ít bùn, có phủ đá hòn, kích thước nhỏ đi về phía trung lưu.

– Sông vùng đồng bằng, thường là phần hạ lưu có dòng chảy khúc khuỷu, nước chảy chậm. Sông vùng đồng bằng chảy qua vùng đồng bằng, ngoài phần hạ lưu của các sông lớn, còn đều là những sông nhỏ, mang tính chất sông ven biển. Lòng sông thường uốn khúc, nước chảy chậm về mùa khô, chảy mạnh vào mùa mưa. Nền đáy mềm là bùn – cát. Do địa hình bằng phẳng, tốc độ nước chảy chậm làm gia tăng khả năng bồi lắng trầm tích tạo thành các đồng bằng alluvi điển hình rộng lớn như đồng bằng châu thổ Bắc Bộ và Nam Bộ. Ở khu vực đồng bằng, ngoài các sông tự nhiên trong các hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình, sông Đồng Nai, sông Cửu Long... còn có mạng lưới dày đặc các sông đào, kênh mương đào cho mục đích thủy nông. Một đặc điểm đáng chú ý rằng các khu vực sông vùng đồng bằng gần biển thường chịu ảnh hưởng của thủy triều.

Bảng 11.2. Một số đặc trưng của các hệ thống sông lớn ở Việt Nam

(Nguồn : Lê Thạc Cán và nnk., 1993 ; NHS/HP (1992) và MWR/Nippon Koei, 1992)

Số TT	Hệ thống sông	Diện tích lưu vực (km ²)		Chiều dài sông (km)		Lượng nước sông (km ³)	
		Toàn bộ	Trong nước	Toàn bộ	Trong nước	Toàn bộ	Trong nước
1	Bằng – Kỳ Cùng	12880	10902	249	243	8,92/20	7,19/21
2	Hồng	168700	85500	1126	556	137/26	93/33
3	Thái Bình	12680	12680	–	288	–	–
4	Mã – Chu	28400	17600	512	410	20,1/22,3	15,76/28,2
5	Cả	27200	17730	530	360	24,2/28	19,46/36,6
6	Vu Gia – Thu Bồn	10350	10350	205	205	19,3/58	19,3/58
7	Ba	13800	13800	388	388	10,36/23,6	10,36/23,6

8	Se San	76700	14450	–	237	–	–
9	Srepok	–	18200	–		–	–
10	Sài Gòn– Đồng Nai	44100	37400	635	635	30,6/22,6	29,2/24,6
11	Mê Kông	795000	72000	4200	230*	520,6	20,6*
	Cả nước					880	324/30,4

Chú thích : (*) : Không tính ở Tây Nguyên ; $8,92/20 =$ Lượng nước ($\text{km}^3/\text{năm}$)/ Môđun dòng chảy (l/s.km^2).

– *Vùng cửa sông* : là vùng tiếp xúc với biển, chịu ảnh hưởng rõ rệt của thủy triều, nước sông pha lẫn với nước biển tạo thành một vùng có đặc tính thủy lý hoá học và sinh học rất phức tạp và đặc sắc. Cửa sông là hệ sinh thái phức hợp do có sự tương tác giữa sông và biển. Bởi vậy quần xã thủy sinh vật ở đây mang tính hỗn hợp giữa các nhóm sinh thái nước ngọt, nước lợ và nước mặn. Đây vừa là nơi cư trú vừa là nơi nuôi dưỡng vừa là bãi đẻ trứng của nhiều loài cá biển và nhiều nhóm động vật không xương sống. Một điều đáng lưu ý là trong khu vực cửa sông, rừng ngập mặn rất phát triển cũng là nơi cư trú và nuôi dưỡng cho nhiều loài thủy sinh vật.

– *Kênh rạch* : Ngoài các sông tự nhiên, ở vùng đồng bằng nước ta còn cả một hệ thống kênh mương dày đặc, đang được xây dựng ngày càng nhiều để tưới tiêu trong nông nghiệp, giao thông. Ở miền Bắc, hệ thống kênh đào Bắc Hưng Hải có kênh chính dài đến 207 km rộng tới 30 – 50 m, độ sâu lớn nhất tới 8,5 m. Đồng Bằng Nam Bộ với đặc điểm địa hình đặc trưng là vùng đất thấp thuộc châu thổ sông Cửu Long (sông Mê Kông) nên hệ thống kênh rạch rất phát triển nhằm các mục đích tiêu thoát nước trong mùa lũ, cấp nước cho nông nghiệp đồng thời cũng là đường giao thông thủy quan trọng của khu vực này. Các kênh rạch ở vùng đồng bằng Nam Bộ có môi trường nước, đặc biệt độ pH và độ mặn thay đổi rõ rệt theo mùa khí hậu. Vào đầu mùa mưa, độ pH thường thấp, có tính axit, dao động 3,5 – 6 do rửa trôi phèn. Vào mùa khô, do ảnh hưởng của thủy triều, độ mặn cao hơn. Khu hệ thủy sinh vật khá phong phú, bao gồm các loài phân bố rộng. Không có các loài đặc trưng.

11.2.2.2. Thủy vực nước đứng

– *Hồ tự nhiên* : là loại thủy vực có dạng một vùng trũng sâu lớn trên mặt đất chứa nước, có thể là nước đứng hoặc nước chảy chậm. Về mặt hình thái và khối nước, hồ khác với đầm ao về độ lớn, diện tích và độ sâu ; hồ cũng

khác với sông ở hình thái nền vô ngăn hơn, tốc độ nước chảy chậm hoặc nước đứng hẳn. Hồ tự nhiên khác với hồ chứa nước nhân tạo ở nguồn gốc hình thành, không có đập chắn. Hồ tự nhiên thường ở vị trí trung tâm của vùng lưu vực tiếp giáp khá cân đối, đặc biệt có nhiều nguồn nước cấp từ vùng xung quanh vào hồ. Về mặt nguồn gốc, hồ tự nhiên có nhiều loại, phân biệt theo nguyên nhân hình thành : hồ nguồn gốc sông, hồ hang đá vôi, hồ địa chấn, hồ băng hà...

Với đặc tính riêng của mình, hồ có phức hệ thủy sinh vật đặc trưng của mình. Tuy nhiên, các hồ vẫn có sự khác nhau theo vùng địa lý, vùng cảnh quan. Khu hệ cá hồ bao gồm nhiều loài cá ăn nổi. Mối đe dọa cho hệ sinh thái hồ là sự di nhập các loài cá lạ, sự ô nhiễm, sự phú dưỡng và sự thay đổi mực nước. Các quần thể thủy sinh vật hồ khá phong phú và nhạy cảm với những biến đổi môi trường. Các Nhà Sinh học cho rằng hồ có các ổ sinh thái bỏ trống trong khi một số loài lại cùng chiếm một ổ sinh thái hoặc một loài duy nhất có thể chiếm một số ổ sinh thái phụ thuộc vào mùa hoặc giai đoạn sinh dục của cá thể. Trong thực tế tại một số hồ, cải thiện quần thể cá hồ bằng cách di nhập loài cá lạ vào sẽ làm tăng sản lượng. Nhưng hầu hết các sự di nhập loài cá lạ vào hồ sẽ gây nguy hại đến các loài bản địa, thậm chí gây tuyệt chủng một số loài địa phương nào đó. Thủy vực dạng hồ tự nhiên ở Việt Nam thường là loại hồ có kích thước nhỏ (kích thước không quá 1000 ha), số lượng lại không nhiều. Nhìn chung, các hồ tự nhiên đã có từ lâu, có tuổi hàng trăm năm hoặc lâu hơn nữa. Có thể kể một số hồ tự nhiên tiêu biểu như hồ Ba Bể ở Bắc Kạn là hồ vùng núi với diện tích khoảng 450 ha, đầm Vạc ở Vĩnh Phúc với diện tích khoảng 250 ha. Ở Hà Nội, có trên 10 hồ tự nhiên với diện tích mỗi hồ trên dưới 20 ha. Trong đó, đáng kể có hồ Tây với diện tích mặt nước hơn 540 ha. Tại vùng cao nguyên Trung Bộ, có một số hồ tự nhiên vùng núi như Biển Hồ (tỉnh Gia Lai) với diện tích khoảng 600 ha, hồ Lắk (Đắk Lắk) với diện tích khoảng 500 ha. Vùng cao nguyên Đà Lạt có một số hồ với diện tích xấp xỉ 1000 ha, trong đó có hồ Đơn Dương 1000 ha, hồ Đan Kia với diện tích 200 ha và nhiều hồ nhỏ khác.

– *Hồ chứa* : Đây là những thủy vực nhân tạo được xây dựng bằng cách đắp đập ngăn dòng chảy của sông hoặc suối. Do đó, khối nước trong hồ ở gần đập có tốc độ chảy rất chậm, mang tính chất hồ, trong khi đó ở nơi xa đập, tốc độ nước chảy còn lớn, còn mang tính chất dòng sông. Hồ chứa nhân tạo khác với hồ chứa tự nhiên ở chỗ : vùng lưu vực hồ chứa thường hẹp và kéo dài, chỉ có một phần nhỏ vùng lưu vực tiếp giáp với hồ chứa. Trong hầu

hết các trường hợp, nguồn nước cấp chính hằng năm cùng với lượng trầm tích và dinh dưỡng chỉ qua một sông nằm ở vùng thượng lưu vào hồ. Về hình thái, hồ chứa mất đối xứng ở vùng trũng sâu, vùng sâu nhất không phải ở chính giữa hồ mà lệch về phía gần đập ngăn. Mặt khác, nó cũng khác với sông ở chỗ chỉ có lớp nước trên mặt là luôn luôn chảy theo một chiều mà thôi. Do sự biến đổi lớn của mực nước hồ trong năm nên các vùng phân chia trong hồ chứa nước nhân tạo thường rất phức tạp và khó xác định.

Sự thay đổi từ hệ sinh thái sông, suối vốn phong phú và đa dạng về thành phần loài sang hệ sinh thái hồ chứa có thành phần loài kém phong phú hơn. Các hồ chứa đều có đặc tính chung là trong giai đoạn đầu mới ngập nước thường phải trải qua giai đoạn yếm khí và bị nhiễm một số độc tố do quá trình phân huỷ thảm thực vật bị ngập nước.

Trong khoảng trên ba thập kỷ trở lại đây, do nhu cầu sử dụng tài nguyên nước cho thuỷ lợi, thuỷ điện, ở Việt Nam đã hình thành rất nhiều hồ chứa nước với các kích thước khác nhau. Số lượng các hồ chứa đã được xây dựng cho đến nay chưa được thống kê đầy đủ. Theo một số tác giả, hiện nay có khoảng 3600 hồ chứa (Nguyễn Đình Trọng, 1994). Nếu chỉ tính các hồ có dung tích trên 1 triệu m³ thì có khoảng 460 hồ. Nguyễn Văn Hảo (1994) đã đưa ra con số 539 hồ chứa đang được nuôi thuỷ sản. So với hồ tự nhiên, số lượng hồ chứa nhiều gấp 2,4 lần và gấp 7,3 lần về diện tích mặt nước.

Hiện nay cũng như trong các năm tới, việc xây dựng các hồ chứa đang có chiều hướng tăng lên, đặc biệt trong số đó có một số hồ chứa nước lớn tương tự như hồ Hoà Bình, thậm chí hồ Sơn La với dung tích gấp khoảng hai lần hồ Hoà Bình đang chuẩn bị khởi công xây dựng. Các hồ chứa phân bố cả ở vùng núi trung du và đồng bằng, nhưng các hồ chứa nước lớn cho mục tiêu thuỷ điện với diện tích mặt nước trên 10000 ha thường ở địa hình – cảnh quan đồi núi, vùng trung hoặc thượng nguồn các dòng sông lớn. Trong lãnh thổ Việt Nam, các hồ chứa phân bố khá đồng đều ở cả ba miền Bắc – Trung – Nam, nhưng các hồ chứa nước kích thước lớn thường phân bố ở các sông lớn vùng Tây Bắc Bắc Bộ (sông Đà), Đông Bắc (sông Chảy, sông Lô – Gâm), Tây Nguyên và vùng Đông Nam Bộ (sông Sè San, sông Đồng Nai – La Ngà, sông Bé, sông Sài gòn).

– Ao : là loại hình thuỷ vực nước đứng nhỏ, nông, hình thành do nhiều nguyên nhân tự nhiên hoặc nhân tạo. Ao có thể là vùng trũng sâu tự nhiên (ao tự nhiên) hoặc đào nên (ao đào), tích tụ nước từ nhiều nguồn khác nhau :

nước mưa, nước sông, suối... Ao ở các vùng núi còn hình thành nên do đắp ngăn một vùng chũng sâu, tích tụ nước suối. Do diện tích nhỏ và nông (trong khoảng 1 – 2m) nên các vùng phân chia trong ao không rõ ràng. Thực vật ở nước phát triển ở vùng ven bờ, nhưng do đáy nông, có khi lan cả tới vùng giữa. Các ao có kích thước nhỏ hơn hồ, từ vài chục m² đến vài trăm m². Nhiều ao được đào để nuôi cá, nhưng cũng có các ao tự nhiên để hoang hoá. Độ sâu trên dưới 1m, nền đáy là bùn, lớp bùn có thể dày 20 – 40 cm, lượng dinh dưỡng cao. Hệ thủy sinh vật ao có nét chung là các nhóm sinh vật nổi phát triển. Hệ sinh vật đáy chủ yếu là nhóm giun ít tơ. Nếu ao có hệ thực vật thủy sinh bậc cao phát triển, thì hệ động vật phong phú hơn.

– *Ruộng lúa nước* : là dạng thủy vực nhân tạo đặc trưng cho vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới châu Á, nước nông, ngập nước theo mùa. Đặc điểm của ruộng lúa là có bờ ngăn thành từng ô vuông, đáy bằng, nước nông và có thực vật ở nước phát triển dày đặc (lúa, cỏ, tảo). Tùy theo đặc điểm của chế độ nước, ruộng lúa có thể chia thành nhiều loại. Nếu xét về thời gian ngập nước có thể chia thành :

+ Ruộng một vụ có nước : chỉ có nước ở một vụ trong năm, vào thời gian cấy lúa. Thời gian còn lại, ruộng khô.

+ Ruộng có nước quanh năm. Nếu xét về đặc tính khối nước trong ruộng có thể chia thành :

- Ruộng nước chảy : Nước trong ruộng luôn chảy từ những ô ruộng ở đầu nguồn nước tới những ô ruộng ở cuối nguồn nước. Ruộng này có thể thấy ở vùng Trung Á thuộc Liên Xô cũ, vùng núi nước ta.

- Ruộng nước tĩnh : Nước trong ruộng hầu như không chảy. Ví dụ ruộng nước ở vùng đồng bằng nước ta. Do diện tích nhỏ, nước nông, đáy bằng và là nơi trồng lúa nên đặc tính thủy lý hoá học và sinh học của ruộng lúa phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện khí hậu địa phương và chế độ canh tác. Nguồn nước ở ruộng là nguồn nước sông (qua hệ thống mương máng), nước suối (qua hệ thống mương phai), nước hồ ao và nước mưa.

Nhiệt độ nước ở ruộng lúa thường cao, hàm lượng oxy hoà tan thấp, hệ thủy sinh vật kém phong phú. Ở Việt Nam, trong tổng số khoảng 8,4 triệu ha đất dùng cho nông nghiệp, thì diện tích đất trồng lúa tới 4,8 triệu ha, tập trung ở địa hình – cảnh quan đồng bằng, trong đó, chủ yếu là đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng Nam Bộ. Theo thống kê, tại các vùng đất trồng đôi núi trọc, diện tích lúa nước có thể tới 358842 ha (Trần An Phong, 1993).

– *Đầm* : là loại hình thủy vực có kích thước và độ sâu trung bình, có thể coi là một loại hình thủy vực trung gian giữa hồ và ao, một giai đoạn trong quá trình ao hoá của hồ. Về mặt loại hình, ao và đầm cũng có thể coi là thủy vực dạng hồ.

– *Đầm lầy* : là loại hình thủy vực đặc biệt, nước nông, phủ đầy thực vật ở nước, thường có ở các vùng ôn đới phương bắc. Đầm lầy là loại thủy vực không có giới hạn rõ rệt với vùng đất khô xung quanh và được coi như một dạng chuyển tiếp, giữa đất khô và thủy vực. Do đặc tính tự nhiên, các nơi cư trú trong đầm lầy thường có nhiệt độ cao hơn, hàm lượng oxy hoà tan thấp hơn so với các thủy vực khác. Nhìn chung, đầm lầy là nơi có năng suất sinh học cao. Trong hệ sinh thái đầm lầy, quần xã thực vật ở nước phát triển là cơ sở để động vật không xương sống đáy phát triển phong phú. Hầu hết các loài cá trong hệ sinh thái kiểu đầm lầy là các nhóm phát triển hệ thở không khí quyển như các nhóm cá đen da trơn (cá trê...). Đồng Tháp Mười là vùng đất ngập nước đặc trưng của hạ lưu sông Mê Kông đồng thời còn là vùng đất ngập nước theo mùa lớn nhất Việt Nam hiện nay.

– *Đầm lầy than bùn* (peat swamp) : đầm lầy than bùn là đặc trưng cho vùng Đông Nam Á. Đầm lầy có chứa than bùn, do thực vật ở nước phân huỷ lâu năm tạo thành. Hệ thực vật vùng đầm lầy than bùn rất đơn điệu. Các kết quả nghiên cứu ít ỏi cho thấy thành phần loài cá hệ sinh thái đầm lầy than bùn kém phong phú. U Minh thượng và U Minh hạ thuộc các tỉnh Cà Mau và Kiên Giang là hai vùng đầm lầy than bùn tiêu biểu của đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam. Độ pH đầm lầy than bùn nghiêng axit 3,3 – 6 (Whitten và cộng sự, 1987a, Ng và cộng sự, 1992, 1994). Màu nước đầm lầy than bùn thường sẫm hoặc đen. Hàm lượng canxi và oxy hoà tan thấp. Hệ thực vật vùng đầm lầy than bùn rất đơn điệu. Các kết quả nghiên cứu ít ỏi cho thấy thành phần loài cá hệ sinh thái đầm lầy than bùn kém phong phú. Nhiều loài cá chỉ tìm thấy trong đầm lầy than bùn, một số loài cá kích thước nhỏ giống con giun (Kottelat and Lim, 1994) và cá đen da trơn như cá trê (Ng and Lim, 1993). Loại hình đầm lầy có thể xem là giai đoạn cuối cùng trong quá trình phát triển thoái hoá của một hồ tự nhiên, đáy nông dần, thực vật lớn phát triển mạnh mà hình thành.

– *Nước ngầm* : Danh từ nước ngầm chỉ dùng chung cho môi trường nước ở các dạng khác nhau ở dưới mặt đất. Đặc tính chung của môi trường nước này là : không có ánh sáng, độc lập với điều kiện thời tiết bên ngoài, nhiệt độ nước thấp và không thay đổi. Trong tự nhiên nước ngầm có thể chia thành ba loại :

+ Nước ngầm lớp trên là lớp nước ngầm đọng lại trên lớp đất không thấm nước đầu tiên tính từ mặt đất của vỏ Trái Đất. Loại nước ngầm này có dạng hang nước ngầm, sông, hồ ngầm, hoặc có dạng nước mao dẫn.

+ Nước nén là lớp nước ngầm bị nén giữa hai lớp đất không thấm nước do đó chịu một áp lực lớn.

+ Nước khoáng là nước ngầm tiếp xúc với các khe địa chấn, hoà tan nhiều muối khoáng.

Thủy vực ngầm trong hang động : thường có ở các vùng núi cacxơ. Sống trong điều kiện đặc biệt của nước ngầm, các thủy sinh vật rất đặc trưng về hình thái cũng như về sinh học và được gọi chung là thủy sinh vật nước ngầm (troglobiont). Các cơ thể sống trong hệ sinh thái này thường suy giảm hệ thị giác, sắc tố, cơ quan cảm giác. Hầu hết các động vật thủy sinh đều phân bố hẹp trong hang động hoặc chỉ một hệ thống hang động. Ở Việt Nam, có hệ thống các sông, hồ ngầm nổi tiếng cả thế giới ở vùng núi đá vôi Phong Nha – Quảng Bình.

11.2.3. Thủy vực ven bờ và biển

11.2.3.1. Vùng triều

Về cơ bản, vùng triều được phân biệt thành ba vùng chính là vùng triều, vùng trên triều và vùng dưới triều :

– *Vùng triều (litoral)* được giới hạn trong biên độ giao động của thủy triều, từ độ sâu 0 m tới mức cao nhất của thủy triều. Tuỳ theo đặc tính của thủy triều ở từng nơi, vùng triều có thể kéo dài từ 15 – 17m tới vài ba mét, hay có khi chỉ vài centimet.

– *Vùng trên triều (supralittoral)* là vùng bờ phía trên mức thủy triều cao nhất.

– *Vùng dưới triều (sublittoral)* là vùng đáy sâu khoảng 200 – 500 m. Đây là vùng phát triển phong phú của khu hệ thủy sinh vật hải dương, cả về thành phần loài, số lượng và là vùng khai thác quan trọng nhất của các hệ sinh thái biển ven bờ hiện nay.

11.2.3.2. Đầm phá

Đầm phá (lagoon) tự nhiên là loại hình thủy vực rất đặc sắc của vùng triều ven biển. Theo định nghĩa, đầm phá là một phần của biển, được tách ra khỏi biển nhờ một dạng tích tụ như đê cát, rạn san hô chắn ở phía ngoài và

ăn thông với biển qua một hoặc nhiều cửa (từ điển Bách khoa của Liên Xô cũ, 1980). Ở Việt Nam, có 12 đầm phá ven biển điển hình, phân bố ở ven bờ Trung Bộ từ Thừa Thiên – Huế đến Ninh Thuận. Như đã đề cập trong phần trên, sự hình thành các thủy vực loại này là kết quả của mối tương tác sông – biển dưới tác động của yếu tố tự nhiên như khí hậu, địa hình, chế độ thủy văn và động lực phát triển mang tính chất đặc thù của khu vực. Các đầm phá ven biển miền Trung là những thủy vực nông, hầu như bị ngăn cách với biển bởi các bờ cát phía ngoài, nhận nước ngọt từ vài ba con sông và đổ nước ra biển qua cửa riêng của mình. Tuy nhiên, hướng dòng chảy, lưu lượng, độ sâu, diện tích, độ mặn của đầm phá một mặt thay đổi theo mùa, mặt khác thay đổi theo chế độ thủy triều.

Theo hình thái động lực, có 4 kiểu đầm phá là đầm phá cửa sông, đầm phá hở, đầm phá kín từng phần và đầm phá kín. Theo nguyên tắc này, Đặng Trung Thuận và nnk, (2000) đã phân chia đầm phá ở ven bờ Trung Bộ Việt Nam thành ba kiểu : Gắn kín (Tam Giang–Cầu Hai, Trường Giang, Thị Nại, Cù Mông, Thủy Triều) ; kín từng phần (Lăng Cô, Nước Mặn, Nước Lợ, Ô Loan, Trà Ô, Nại) và đóng kín (An Khê). Cũng nhóm tác giả trên, theo độ mặn đã phân biệt đầm phá ven bờ Trung Bộ Việt Nam thành ba nhóm: lợ mặn (các đầm Nước Ngọt, Thị Nại, Tam Giang, Ô Loan), lợ nhạt (Cù Mông), nước ngọt (An Khê, Trà Ô). Trong loại hình đầm phá, các phá nổi tiếng là Tam Giang – Cầu Hai ở nam Thừa Thiên – Huế, các đầm lớn với nhiều thắng cảnh đẹp nổi tiếng là Lăng Cô, Thị Nại, Cù Mông và Nha Phu.

11.2.3.3. Biển và đại dương

Biển và đại dương chiếm trên 70% diện tích Trái Đất. Độ sâu trung bình của đại dương khoảng 4000 m, nơi sâu nhất ở Thái Bình Dương tới 11000 m. Nước biển là hỗn hợp của 95% nước nguyên chất và 3,5% các chất khác như muối, các chất khí hoà tan, các hợp chất hữu cơ và các hạt không hoà tan. Nước nguyên chất khi so sánh với các chất lỏng thành phần tương tự biểu thị các đặc tính hiếm thấy.

So với các thủy vực nước ngọt ở lục địa, điều kiện môi trường sống ở biển và đại dương bên cạnh tính chất là thủy vực rộng lớn, sâu, địa hình đáy biến đổi đa dạng còn có những nét đặc trưng rất khác biệt như độ mặn, có chế độ thủy triều, sóng... Những đặc điểm môi trường đó đã hình thành các kiểu hệ sinh thái biển và ven biển phong phú có năng suất sinh học rất lớn và khu hệ sinh vật biển đa dạng.

Trong vùng biển và đại dương, có thể phân biệt được 3 vùng : vùng triều (littoral zone) là khu vực chịu ảnh hưởng của thủy triều được giới hạn giữa triều cao và triều thấp ; vùng ven bờ/vùng lộng (neritic zone) là khu vực biển trên thềm lục địa với độ sâu tới 200m và nơi xa nhất là vùng đại dương (oceanic zone). Các thuật ngữ trên áp dụng cho vùng nước và hệ sinh vật sống trong môi trường nước. Vùng đáy với hệ sinh vật sống ở nền đáy lại được phân chia như sau :

- Vùng triều ở ven bờ, vùng dưới triều nằm trên thềm lục địa. Thềm lục địa là vùng tương đối bằng phẳng, ít dốc, ở độ sâu trong khoảng 200 – 500m. Vùng này chỉ chiếm 7,6 % diện tích đại dương.

- Vùng sâu (bathyal zone) nằm trên sườn dốc lục địa (continental slope), ở độ sâu 500 – 3000 m, độ dốc 4 – 14°.

- Vùng biển thẳm (abyssal zone) nằm trên nền đại dương (abyssal plain) có độ sâu từ 3000 – 6000m, tiếp sau vùng sườn dốc lục địa. Đây là một vùng rộng lớn chiếm đến 4/5 diện tích đại dương.

- Vùng đáy thẳm (hadal zone) nằm trên rãnh đại dương (oceanic trench) là vùng hẹp, sâu nhất đại dương, chỉ chiếm khoảng 1% diện tích đáy đại dương. Trong vùng này có khi hình thành những khe rất sâu, tới 11034 m, là độ sâu nhất đã biết của đại dương hiện nay. Độ sâu trung bình của đại dương chỉ là 3760 m.

Theo chiều ngang, người ta phân chia bề mặt đại dương thành hai vùng lớn : vùng ven bờ là vùng nước tương ứng với vùng dưới triều, từ bờ tới độ sâu 200 – 500m và vùng khơi, bao gồm vùng trung tâm hải dương, tương ứng với các vùng sâu từ 500m trở xuống.

Lớp nước trên mặt đại dương từ bề mặt xuống sâu tới giới hạn dưới của vùng dưới triều được gọi là tầng nước mặt, đây là vùng có ánh sáng, thực vật thủy sinh phát triển. Lớp nước bên dưới 500 – 3000m được gọi là tầng nước giữa. Lớp nước 3000 – 6000m được gọi là tầng nước sâu tương ứng với vùng sâu. Lớp nước sâu nhất từ 6000m trở xuống, tương ứng với vùng cực sâu được gọi là tầng nước cực sâu.

Sự phân chia các vùng hải dương không phải là đồng nhất, mà sai khác nhau theo từng tác giả, tùy theo quan niệm và căn cứ dùng để phân chia của mỗi người, tùy theo đặc tính riêng của từng vùng nghiên cứu.

Cơ sở để phân chia thường dùng là độ chiếu sáng của tầng nước, đặc tính phân bố thành phần loài và số lượng của động thực vật ở mỗi vùng, đặc

tính cấu trúc quần loại sinh vật sống trong mỗi vùng... Có tác giả coi cả vùng sườn dốc lục địa là vùng triều, cho tới giới hạn phân bố dưới của đảo biển. Có tác giả còn phân biệt thêm một vùng cận sâu (pseudoabyssal), kéo dài từ độ sâu 200 m tới hết sườn dốc lục địa. Tuy nhiên, giữa các hệ thống phân chia (thường là khác nhau trong sự phân chia các vùng nằm trên thềm lục địa) vẫn có thể thấy những nét tương ứng cơ bản.

Đại dương có dạng một khối nước lớn liên tục, bao quanh các lục địa và chia thành 4 khu vực : Thái Bình Dương, Đại Tây Dương, Ấn Độ Dương và Bắc Băng Dương. Thái Bình Dương là bộ phận lớn nhất của đại dương, nằm giữa ba lục địa Á – Mỹ – Úc có diện tích chiếm tới 50% diện tích hải dương (179,7 triệu km²) và cũng là bộ phận có độ sâu lớn nhất (11034m). Bắc Băng Dương là bộ phận nhỏ nhất của hải dương (4% diện tích).

Biển khơi là những phần đại dương tiếp giáp với lục địa hoặc nằm lọt hẳn vào trong lục địa. Biển có thể nằm ngoài rìa lục địa (như biển Nam Hải, biển Viễn Đông Nga...), tiếp xúc rộng rãi với đại dương, trong trường hợp này các đặc điểm thủy lý hoá học của nước biển phụ thuộc mật thiết vào đặc điểm đại dương. Trong trường hợp khác, biển có thể ăn sâu vào trong lục địa hoặc nằm lọt hẳn vào trong lục địa (như biển Hoàng Hải, Bantic, Hắc Hải, Capiên...), liên hệ với đại dương ít đi, đồng thời có quan hệ với lục địa nhiều hơn, do đó đặc điểm thủy lý hoá học và sinh học của biển cũng sai khác nhiều so với đại dương bên ngoài.

Mỗi vùng phân chia của đại dương với những đặc điểm riêng biệt về những nhân tố vô sinh (nhiệt độ, nồng độ muối, ánh sáng, nền đáy...) và hữu sinh (thức ăn) được coi như những sinh cảnh riêng, là nơi sống của những quần loại sinh vật riêng, thích ứng với điều kiện sống nơi đó. Ví dụ : trong vùng triều tập trung những sinh vật có khả năng sống trong điều kiện nửa khô cạn, nước nông ; vùng dưới triều, vùng có ánh sáng, là nơi có thực vật thủy sinh phát triển mạnh, vùng sâu nơi không còn ánh sáng, không còn thực vật thủy sinh, chỉ có những sinh vật sống được trong điều kiện không có ánh sáng.

Trong các yếu tố môi trường, độ mặn của nước biển và đại dương tạo nên một môi trường cực đoan với tính đa dạng sinh học thấp nhưng thực tế ngược lại. Đời sống bắt nguồn từ đại dương, phải trên 2 tỷ năm, thực vật, động vật bắt đầu tiến hoá, thích nghi với nơi cư trú ở vùng lục địa và nước ngọt. Một vài ngành sinh vật như *Combjeillies*, *branchiopod*, hàm to (Chaetognata), hải miên (*Echinodermata*) chỉ thấy ở biển mà không thấy ở

nước ngọt. Có khoảng 160000 loài sinh vật biển (Thorson, 1971) so với khoảng 1 triệu loài đã biết có ở đất liền và nước ngọt.

Một lý do mà biển và đại dương có số lượng loài sinh vật thấp do thiếu vắng hai nhóm thực vật có hạt và côn trùng. Một lý do khác là nơi cư trú ở biển không đa dạng như ở lục địa và trong thực tế, biển và đại dương có tính liên tục so với sự phân cắt, tách biệt như ở lục địa tạo điều kiện cho sự đa dạng các loài sinh vật.

Vùng biển Việt Nam trải dài trên 15 vĩ độ, nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa Đông Nam Á. Vị trí địa lý cũng như những đặc trưng về lịch sử phát triển địa chất, điều kiện khí hậu, thủy lý hoá học... đã tạo nên nơi đây một môi trường sống riêng, liên quan chặt chẽ với đời sống sinh vật biển trong vùng biển này.

Biển Việt Nam mang tính chất một vùng biển rìa, với hai kiểu địa hình chính : địa hình đồng bằng của thềm lục địa rìa tây biển Đông và địa hình núi ở vùng sâu phía đông và đông nam. Thềm lục địa trải rộng ở khu vực vịnh Bắc Bộ, biển Đông Nam Bộ và vịnh Thái Lan, độ sâu chỉ trong khoảng 40 – 100 m, có địa hình tương đối bằng phẳng, thuận lợi cho việc khai thác hải sản. Khu vực có địa hình núi ở độ sâu 2000 – 4000m tạo nên quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa là các đảo san hô hoặc núi lửa có chỏm san hô.

Tính chất biển nông của vùng thềm lục địa cộng với tính chất quần đảo vùng biển sâu tiếp giáp cũng như các sinh cảnh khác nhau của các hệ sinh thái đặc trưng nhiệt đới ven biển như : rừng ngập mặn, rạn san hô, đầm phá, cửa sông, doi cát... đã tạo nên cảnh quan đặc biệt đa dạng cho vùng biển Việt Nam, liên quan tới tính chất đa dạng của sinh vật biển Việt Nam.

Mặt khác, tính chất biển nông của thềm lục địa cũng dễ tạo nên điều kiện môi trường sống đồng đều trong tầng nước về nhiệt độ, độ mặn, hàm lượng các chất khí... điều này có tác động đối với sự phân bố sinh vật trong tầng nước.

Trầm tích đáy biển Việt Nam đa dạng, từ hạt thô (cuội, sỏi) tới hạt mịn (bùn sét). Sự phân bố trầm tích cũng không đồng đều, phụ thuộc vào phân hoá địa hình và vận chuyển các nguồn vật chất trong biển. Trầm tích dạng tảng, cuội, sỏi chủ yếu phân bố ở ven bờ và ven đảo phía bắc. Trầm tích cát, cát bột phân bố thành các vùng lớn trong vịnh Bắc Bộ, vịnh Thái Lan và thềm lục địa phía nam. Bùn bột tạo thành các dải hẹp chạy dọc các vùng

khỏi vịnh Bắc Bộ ra tới cửa vịnh và vịnh Thái Lan. Bùn sét chỉ gặp các điểm nhỏ ở vùng sâu của vịnh Bắc Bộ, vịnh Thái Lan và Nam Trung Bộ. Ngoài ra, còn có thể gặp trầm tích vỏ sinh vật lẫn trong cát và trầm tích núi lửa. Phân bố trầm tích đáy biển có liên quan chặt chẽ tới phân bố sinh vật đáy, đặc biệt là với san hô, thực vật ngập mặn, cỏ biển cũng như các sinh vật đáy nhỏ sống ở đáy cát và đáy bùn.

Mặt khác, tính chất đồng đều tương đối các điều kiện môi trường sống của vùng biển này qua các thời kỳ trong năm, cũng tương ứng với sự đồng đều tương đối của nhịp điệu tăng trưởng, kiếm mồi, sinh sản của sinh vật biển Việt Nam trong năm, hoạt động di cư không lớn của tôm, cá biển.

Theo ý kiến của nhiều Nhà Cổ địa lý (Sinitsum, 1962), vùng biển ven bờ Việt Nam chỉ mới được ngập nước chưa lâu, chỉ từ đợt biển tiến sau cùng vào cuối kỳ Pleistoxen. Tính chất trẻ về lịch sử hình thành liên quan tới lịch sử tiến hoá của sinh vật vùng biển này, đặc biệt là quá trình hình thành các dạng đặc hữu còn rất ít thấy hiện nay trong vùng biển Việt Nam.

Một đặc điểm của môi trường sống biển Việt Nam là sự sai khác về điều kiện tự nhiên giữa hai vùng biển phía bắc và phía nam. Vùng biển phía bắc, bao gồm vịnh Bắc Bộ chịu ảnh hưởng mạnh của gió mùa đông bắc hàng năm, vào mùa đông làm nhiệt độ nước biển tăng mặt giảm thấp có khi tới 10°C ở ven bờ. Trong khi đó, vùng biển phía nam ít chịu ảnh hưởng của không khí lạnh mùa đông, vì vậy, nhiệt độ nước biển trong năm thường ở mức trên 20°C. Sự sai khác về chế độ nhiệt độ này cùng với những sai khác về những yếu tố khác như khí tượng, thủy văn... đã tạo nên sự sai khác về thành phần loài sinh vật biển phía bắc, còn có nhiều sinh vật biển cận nhiệt đới từ phía bắc di nhập tới, còn ở vùng biển phía nam, thành phần này hầu như không có mà chủ yếu gồm các dạng sinh vật biển nhiệt đới tiêu biểu. Về biến động số lượng, sinh trưởng phát triển sinh vật biển cũng có ít nhiều sai khác giữa vùng biển phía bắc và phía nam.

11.3. SỰ PHÚ DƯỠNG Ở CÁC HỒ VÀ HỒ CHỨA

Thuật ngữ phú dưỡng (eutrophication) được sử dụng để mô tả sự vận động của các quá trình tự nhiên mà nhờ đó các thủy vực có sức sản xuất thấp (như một hồ nước mới được lộ ra sau khi băng tan) dần dần tăng năng suất sản sinh dinh dưỡng đã được tích lũy theo thời gian, khi đó, vùng lòng hồ bị nông do sự lắng tụ (Hutchinson, 1969 ; Vallentyne, 1974 ; Wetzel, 1975).

Sự phú dưỡng của thủy vực được đặc trưng bởi hiệu suất năng suất cao dẫn tới cung cấp đầy đủ chất dinh dưỡng cho thủy vực. Điều này trái ngược với loại thủy vực nghèo dưỡng, không sản sinh do dinh dưỡng bị hạn chế. Ngoài ra, còn có loại thủy vực dinh dưỡng trung bình là loại trung gian của hai loại trên (Wetzel, 1975).

Trong thời kỳ công nghiệp và nông nghiệp hiện đại, thuật ngữ sự phú dưỡng do con người (cultural eutrophication) đã xuất hiện. Sự phú dưỡng kiểu này chủ yếu do môi trường nước của thủy vực trở nên màu mỡ do nguồn dinh dưỡng từ chất thải có chứa các chất tẩy rửa và chất thải ra từ bón phân trong nông nghiệp đổ vào.

Biểu hiện đáng chú ý nhất của sự phú dưỡng là việc tăng rất nhanh sản lượng tức thời của thực vật nổi (phytoplankton) thường gọi là sự nở rộ của tảo (algal bloom). Thông thường, sự nở rộ tảo cũng kèm theo sự thay đổi thành phần loài của tảo. Ngoài ra, ở các thủy vực nông, các loài thực vật có mạch cũng phát triển một cách nhanh chóng. Nhìn chung, các phản ứng ban đầu này kèm theo những thay đổi ở các mức dinh dưỡng cao hơn tương ứng với lượng thức ăn lớn hơn, đồng thời cũng làm thay đổi cả nơi cư trú cũng như giảm lượng oxy ở tầng nước sâu. Trong trường hợp cực đoan, thủy vực bị phì dưỡng (hypertrophic), khi đó quá trình tảo nở rộ dẫn tới sự yếm khí, sản sinh độc tố gây hại cho cá, các sinh vật khác và làm suy giảm chất lượng nước.

11.3.1. Các nguyên nhân của sự phú dưỡng

Một trong những nguyên nhân được chấp nhận rộng rãi làm cho môi trường nước trở nên phú dưỡng là sự thừa thãi dinh dưỡng, điển hình là chất photpho dưới dạng muối photphat (PO_4^{3-}). Quá trình làm màu mỡ của thủy vực thúc đẩy năng suất sản sinh sơ cấp rồi sau đó gây ra các tác động thứ cấp ở các mức độ dinh dưỡng cao hơn. Trong một vài trường hợp, các nhân tố khác cũng có thể gây ảnh hưởng tới năng suất sơ cấp và sự phát triển của tảo đó là do sự thay đổi trong cấu trúc dinh dưỡng. Ví dụ, việc tăng nhanh quần thể các loài cá ăn động vật nổi có thể gây nên sự giảm sút mật độ các loài động vật nổi ăn thực vật. Chính sự giảm sút động vật nổi sẽ dẫn đến tình trạng tăng trưởng nhanh của các loài thực vật nổi mặc dầu việc cung cấp dinh dưỡng giả sử là đủ để duy trì sự tăng mật độ của các sinh vật tự dưỡng như thực vật nổi. Các nhân tố môi trường ảnh hưởng đến năng suất sơ cấp của nước ngọt được mô tả chi tiết hơn dưới đây.

11.3.1.1. Tải lượng dinh dưỡng

Theo quy luật yếu tố giới hạn, tốc độ của các chu trình sinh thái học được kiểm soát bởi các yếu tố môi trường cơ bản trong trao đổi chất đang hiện diện mà ít có khả năng đáp ứng được nhu cầu. Nếu chúng ta quan tâm đến các yếu tố môi trường (nhiệt độ, oxy...) hơn các yếu tố dinh dưỡng thì khi đó, năng suất sinh học sẽ bị giới hạn bởi chất dinh dưỡng nào hiện có ít khả năng được cung cấp đầy đủ.

Trong số các chất dinh dưỡng có khả năng ảnh hưởng tới năng suất sơ cấp, photpho là một trong những chất có dinh dưỡng giới hạn thường thấy nhất trong các thủy vực nước ngọt, đặc biệt là dạng ion photphat (PO_4^{3-}). Nồng độ photpho trong thủy vực nước ngọt (gọi là “nguồn cung cấp”) là nhỏ hơn so với hàm lượng photpho trong thực vật (gọi là “nhu cầu”). Hơn nữa, đối với photpho, tỷ lệ giữa cung cấp và nhu cầu là nhỏ hơn nhiều so với các chất dinh dưỡng vô cơ quan trọng khác.

Bảng 11.3. Nhu cầu và cung cấp một số các nguyên tố cơ bản trong thủy vực nước ngọt ; (Nguồn : Vallentyne, 1974.)

Các nguyên tố	Hàm lượng trong thực vật (%)	Nồng độ trong nước (%)	Tỷ lệ giữa thực vật và nước (khoảng)
C	6,5	0,0012	5000
Si	1,3	0,00065	2000
N	0,7	0,000023	30000
K	0,3	0,00023	1000
P	0,08	0,000001	80000

Một số lượng lớn các dinh dưỡng có thể được đưa vào môi trường nước bằng các quá trình tự nhiên hoặc các hoạt động của con người. Tại Mỹ, lượng cung cấp P nhân tạo trung bình vào khoảng 2,1 kg/người/năm, tương đương với khoảng 1/6 lượng cung cấp của N (bảng 11.4). Tỷ lệ tương đối nhỏ hơn của cung cấp P nhân tạo so với N là một trong những nguyên nhân phản ánh tại sao P là nhân tố giới hạn sơ cấp trong thủy vực phú dưỡng do con người gây ra.

Bảng 11.4. Lượng thải theo đầu người của N và P tại Mỹ từ 1965–1970
(Nguồn từ Vallentyne (1974).)

Nguồn	Lượng thải (kg/người/năm)	
	N	P
Chất thải		
Các chất thải sinh lý	4,5	0,6
Chất tẩy rửa	0,0	1,1
Công nghiệp	0,5	0,1
Tổng số	5,0	1,8
Thải vào nước	4,5	1,6
Nông nghiệp		
Chất thải động vật	45	6
Phân bón	20	8
Tổng số	65	14
Thải vào nước	8	0,3

Ở nhiều nơi trên thế giới, các số liệu nghiên cứu thủy vực đã đưa ra các bằng chứng cụ thể cho thấy tầm quan trọng của photpho như là chất dinh dưỡng giới hạn đặc trưng nhất trong môi trường phú dưỡng. Mục tiêu của các nghiên cứu này là nhằm xác định chất dinh dưỡng có mối tương quan mạnh nhất với năng suất sơ cấp và mật độ tảo, từ đó đưa ra khả năng cơ chế kiểm soát tốc độ hoặc số lượng của các biến số sinh học trên (Sakamoto, 1996 ; Dillon and Rigler, 1974 ; Schindler, 1978 ; Smith, 1980 ; Canfield and Bachman, 1981 ; Vollenweider and Kerekes, 1981, 1982). Trong tất cả các trường hợp, mối tương quan với nồng độ photpho tổng số là cao nhất, điều này cho thấy photpho là chất hạn chế dinh dưỡng. Ví dụ : Vollenweider và Kerekes (1982) đã nghiên cứu hàm lượng chlorophyll (chỉ số của mật độ thực vật nổi) và các chất dinh dưỡng trong số lớn các hồ ở Bắc Bán Cầu.

Phân tích nồng độ photpho tổng số trung bình hàng năm (bao gồm photphat và các photpho hữu cơ) và nồng độ trung bình hàng năm của chlorophyll cho thấy hệ số tương quan cao đáng kể, 0,88 ($n = 77$ hồ), trong khi tương quan của nồng độ photpho tổng số với cực điểm nồng độ chlorophyll (diễn ra trong mùa hè – mùa nở rộ thực vật nổi) với $r = 0,90$

(n =50 hồ). Mối tương quan chặt chẽ với nitơ tổng số cũng đã được thống kê nhưng yếu hơn nhiều (với nồng độ trung bình hằng năm của chlorophyll, $r = 0,61$ trong số 41 hồ ; đối với nồng độ chlorophyll cực điểm, thì $r = 0,66$ trong số 40 hồ). Chủ yếu dựa vào các mối quan hệ thống kê trên đây, Vollenweider và Kerekes đã kết luận rằng nhìn chung photpho là chất dinh dưỡng giới hạn năng suất sơ cấp trong nước ngọt và do vậy nitơ không đóng vai trò quan trọng ngoại trừ các trường hợp không cung cấp photpho. Các tác giả này tin vào khả năng dự báo của photpho mà họ sử dụng nồng độ của chúng để xác định các giá trị ngưỡng cho các mức dinh dưỡng của hồ.

Bảng 11.5. Các giá trị ngưỡng cho các mức độ dinh dưỡng của hồ và hồ chứa ; (Nguồn : Vollenweider và Kerekes, 1982)

Mức dinh dưỡng	Photpho tổng số trung bình hằng năm (mg/m^3)	Chlorophyll trung bình hằng năm (mg/m^3)	Chlorophyll cực đại (mg/m^3)	Độ trong theo đĩa Secchi trung bình hằng năm (m)	Độ trong hằng năm cực đại (m)
Cực nghèo dưỡng	< 4,0	< 1,0	< 2,5	> 12	> 6
Nghèo dưỡng	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
Dinh dưỡng trung bình	10 – 35	2,5 – 8	8 – 25	3 – 6	1,5 – 3
Phú dưỡng	35 – 100	8 – 25	25 – 75	1,5 – 3	0,7 – 1,5
Phi dưỡng	> 100	>	>	< 1,5	< 0,7

11.3.1.2. Nguồn cung cấp photpho

Có rất nhiều nguồn cung cấp photpho tự nhiên cho thủy vực nước ngọt. Nguồn photpho này bao gồm từ sự lắng đọng cả khô và ướt từ khí quyển, lọc qua đất vùng lưu vực và thậm chí thông qua việc truyền tải sinh học (ví dụ : việc cung cấp photpho từ biển cho các thượng nguồn vùng lưu vực sông bởi các loài cá có tập tính di cư ngược sông như cá hồi (salmon), chúng có thể chết sau khi đẻ trứng và trở thành các chất dinh dưỡng thông qua sự phân hủy). Đặc biệt, nguồn cung cấp tự nhiên của photpho tổng số ít hơn 1kg/ha/

năm, đạt mức trung bình trên toàn lưu vực (Freedman, 1981). Các nguồn cung cấp photpho nhân tạo có thể lớn hơn nhiều nguồn photpho tự nhiên, phụ thuộc vào mật độ dân cư và lượng gia súc trên vùng lưu vực.

Ở Mỹ, giữa những năm 1965 – 1970, mỗi người trung bình thải vào nước khoảng 1,9kg photpho/người/năm, khoảng 84% trong tổng số đó từ vùng đô thị, phần còn lại là từ vùng nông nghiệp (tổng số nitơ thải ra là 12.5kg/người/năm, 36% là từ đô thị và 64% là từ nông nghiệp). Đối với hồ Erie, hồ có độ phú dưỡng lớn nhất của Hồ Lớn thì nguồn cung cấp photpho nhân tạo bao gồm ít nhất 87% cung cấp photpho tổng số trong năm 1976 (khoảng 2kg/ha/năm) so với chỉ khoảng 11% đối với các hồ nghèo dưỡng (khoảng 0,2kg/ha/năm) (Gregor và Johnson, 1980).

Do photpho là chất dinh dưỡng giới hạn trong hầu hết các thủy vực nước ngọt nên đã có rất nhiều các nỗ lực làm giảm nguồn cung cấp photpho nhân tạo nhằm giảm sự phú dưỡng của thủy vực tiếp nhận nước thải. Các chất tẩy rửa đã đóng góp một vai trò to lớn trong lượng photpho của đô thị trong những năm 1960 và đầu thập niên 1970. Công thức hoá học đặc trưng của các chất tẩy rửa gia đình được sử dụng lúc đó bao gồm khoảng 65% khối lượng (16% là photpho) của photphat phức hợp đặc biệt là tripoly photphat natri. Vào khoảng thời gian đó, tổng sản lượng và sử dụng các chất tẩy rửa ở Bắc Mỹ là vào khoảng 3 triệu kg/năm, phần lớn trong số này được đổ vào các thủy vực nước ngọt từ nước cống thải trong thành phố (hầu hết số còn lại được thải ra biển qua đường bờ biển).

11.3.2. Các ảnh hưởng của sự thay đổi cấu trúc dinh dưỡng tới phú dưỡng

Một số nghiên cứu đã cho thấy trong một vài trường hợp, thay đổi cấu trúc dinh dưỡng có thể ảnh hưởng đến mật độ thực vật nổi. Sự tác động đó có thể gây ảnh hưởng mạnh mẽ lên sự phú dưỡng nhưng nó chỉ xảy ra nếu việc cung cấp dinh dưỡng là đủ để hỗ trợ cho việc tăng năng suất tảo.

Các thí nghiệm nhỏ trong khu vực gồm 2m³ rào quanh bằng chất dẻo trong một ao nước, Shapiro (1980) đã khám phá ra rằng việc tăng quần thể của loài “cá Mặt Trời mang xanh” ăn sinh vật nổi (*Lepomis macrochirus*) làm tăng nhanh mật độ tảo bằng cách làm giảm số lượng các loài động vật nổi râu ngành ăn thực vật. Trong hai khu vực rào không thả cá thì nồng độ của chlorophyll < 5mg/l và độ trong theo đĩa sécsi tới 2,3 m, xuống đáy ao, trong khi ở khu vực rào, thả 4 – 5 con cá, thì nồng độ chlorophyll là cao tới 42 – 50mg/l, độ trong chỉ là 0,9 – 1,0m. Nồng độ của photpho tổng số trong nước không bị ảnh hưởng bởi việc tiến hành thí nghiệm trên.

Trong các thí nghiệm lớn, Spence và King (1984) đã tạo ra 4 ao phú dưỡng biến đổi cấu trúc dinh dưỡng, một trong số các ao này không có cá và có quần thể động vật nổi lớn thì mật độ thực vật nổi thấp do nhiều động vật nổi, nước trở nên trong hơn, các loài thực vật thủy sinh phong phú. Trong một ao khác, có thả loài cá vược mồm rộng ăn cá (*Micropterus salmoides*) làm giảm mật độ loài cá ăn sinh vật nổi, làm tăng quần thể động vật nổi, làm giảm mật độ thực vật nổi, làm tăng số lượng thực vật thủy sinh bậc cao. Ở hai ao thí nghiệm khác thả một số lượng lớn quần thể loài cá ăn sinh vật nổi và cá gai suối (*Culaea inconstans*), làm giảm quần thể động vật nổi, tăng mật độ thực vật nổi, giảm số lượng thực vật thủy sinh bậc cao.

Động vật ăn thịt có thể đóng vai trò quan trọng làm giảm độ phú dưỡng trong các thủy vực. Đã có nghiên cứu cho thấy rằng thả quần thể cá hồi vào hồ Michigan đã làm giảm mật độ của loài cá ăn sinh vật nổi (*Alosa pseudoharengus*), làm tăng mật độ các loài động vật nổi ăn thực vật như *Daphnia sp.*, sau đó làm giảm mật độ thực vật nổi, làm tăng độ trong nước (Scavia và cộng sự, 1996). Các ảnh hưởng dinh dưỡng này đã giúp làm giảm sự phú dưỡng trong các hồ nước lớn và tải lượng dinh dưỡng cũng đồng thời giảm theo vào giữa những năm 1970.

Rõ ràng cấu trúc dinh dưỡng có thể gây ảnh hưởng đến các đặc tính của thủy vực phú dưỡng. Tác động này có thể được điều chỉnh nhằm làm giảm sự phú dưỡng, đặc biệt mật độ thực vật nổi (Uhlmann, 1980 ; Shapiro và Wright, 1984). Các kỹ thuật này dường như đặc biệt có ích đối với các ao, hồ phú dưỡng nhỏ.

11.3.3. Mô hình đánh giá sự phú dưỡng hồ

Mô hình đánh giá tình trạng dinh dưỡng của các thủy vực được biểu thị bằng các biểu thức toán học mô tả hiện tượng diễn ra trong hệ thống. Các thông số quan trọng có thể tác động tới hệ và các yếu tố ảnh hưởng tới chúng bao giờ cũng ở trong biểu thức toán học dưới một số dạng. Như vậy, độ chính xác của mô hình phản ánh tình trạng kiến thức liên quan đến hệ thống đã được mô hình hoá. Mô tả toán học của một hệ thống môi trường thường là sản phẩm của sự mô tả hệ riêng rẽ.

11.3.3.1. Mô hình lưu vực kinh nghiệm (empirical watershed model)

Khi nghiên cứu về môi trường của hồ và hồ chứa, trong tổng lượng các nguồn dinh dưỡng vào hồ, nguồn dinh dưỡng tiềm năng chủ yếu là nguồn photpho và nitơ luôn được lưu tâm nhiều nhất. Hai chất dinh dưỡng này là cơ

sở vật chất ban đầu của chu trình thức ăn tự nhiên thủy vực, là xuất phát điểm quyết định chất lượng môi trường nước và trầm tích đáy. Các kết quả nghiên cứu từ trước tới nay về đầm hồ học đã tổng kết các nguồn dinh dưỡng tiềm năng đến hồ bao gồm :

- Nguồn dinh dưỡng ngoại lai (external sources).
- Nguồn dinh dưỡng tại chỗ (internal sources).

Nguồn dinh dưỡng ngoại lai được phân biệt bởi nguồn dinh dưỡng điểm (point sources) và nguồn dinh dưỡng phân tán (diffuse sources). Nguồn dinh dưỡng điểm là nguồn thải dinh dưỡng từ các khu dân cư, các khu công nghiệp thải vào thủy vực qua các đường cống. Nguồn phân tán là nguồn thải vào thủy vực qua các quá trình rửa trôi, xói mòn do mưa và thải nước thải trên vùng lưu vực vào thủy vực không theo hệ thống cống rãnh cố định.

Như đã biết, các mô hình vùng lưu vực có thể cung cấp các thông tin về các nguồn dinh dưỡng tới thủy vực bao gồm tổng lượng dinh dưỡng đầu vào được ước tính và những tác động của các thông số riêng biệt kiểm soát hoặc điều chỉnh lượng dinh dưỡng đầu vào. Mô hình lưu vực đặc biệt thường được sử dụng để đánh giá lượng dinh dưỡng đầu vào từ các nguồn phân tán. Để đánh giá lượng dinh dưỡng phân tán từ vùng lưu vực bên ngoài vào hồ, hồ chứa, người ta thường dùng phương pháp gián tiếp thông qua các hệ số thải ra dinh dưỡng hay còn gọi là lượng dinh dưỡng của một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian (unit area load, kg/ha/năm).

Các nguồn thải dinh dưỡng từ lưu vực vào thủy vực theo con đường phân tán được phân biệt bao gồm :

- Lượng dinh dưỡng từ vùng lưu vực liên quan tới loại đất, phương thức sử dụng và mức độ thâm canh đất đai (nếu là đất nông nghiệp).
- Lượng dinh dưỡng từ khí quyển thông qua lượng mưa, trực tiếp rơi vào hồ. Lượng dinh dưỡng này liên quan tới tổng lượng mưa và diện tích bề mặt của hồ.
- Lượng dinh dưỡng thải ra từ lượng cư dân, lượng gia súc, gia cầm...
- Lượng dinh dưỡng từ trầm tích đáy quay trở lại hồ qua quá trình khoáng hoá các dinh dưỡng dạng hạt, dạng keo tụ.

Trong điều kiện hiện nay, chỉ có thể đánh giá được một số lượng dinh dưỡng phân tán từ vùng lưu vực và từ khí quyển trên cơ sở các hệ số thải của tiêu chuẩn kỹ thuật của OECD (1982). Các hệ số này đã được nhiều tác giả sử dụng cho việc tính toán lượng dinh dưỡng vào hồ tại các nước nhiệt đới châu Phi, Đông Nam Á và Trung Mỹ (các bảng 11.6 – 11.8).

Bảng 11.6. Hệ số thải dinh dưỡng (kg/ha/năm) từ các loại hình đất khác nhau trên vùng lưu vực (theo Loehr, 1974)

Đất sử dụng	Nitơ tổng số (kg/ha. năm)	Phốtpho tổng số (kg/ha. năm)
Đất rừng	0,007 – 0,88	1,0 – 6,3
Đất không sử dụng	0,05 – 0,25	0,5 – 6,0
Đất nông nghiệp	0,06 – 2,9	2,1 – 79,6
Đồng cỏ	0,05 – 0,6	3,2 – 14,0
Đất khu dân cư	0,77 – 2,2	5,0 – 7,3

Bảng 11.7. Hệ số thải dinh dưỡng (kg/ha/năm) từ khí quyển đến hồ theo loại hình đất sử dụng ưu thế trên vùng lưu vực (theo Loehr, 1974)

Vùng	Nitơ tổng số (kg/ha. năm)	Phốt pho tổng số (kg/ha. năm)
Vùng có rừng (cây gỗ)	0,07 – 0,54	0,99 – 11,3
Vùng nông nghiệp	0,12 – 0,97	10,5 – 38,0
Vùng đô thị, khu công nghiệp	0,26 – 3,7	4,7 – 25,0

Bảng 11.8. Lượng dinh dưỡng thải ra từ khu dân cư vùng lưu vực vào hồ (theo tiêu chuẩn kỹ thuật, 1982)

Kiểu	Đơn vị tương đương		
	BOD ₅	Nitơ tổng số	Phốtpho tổng số
1 cư dân không có hệ thống xử lý chất thải	1	1,0	1,0
1 cư dân có nhà vệ sinh tự hoại	0,7	0,8	0,8
1 đơn vị gia súc, gia cầm (=1 trâu, bò, ngựa hoặc 6 lợn, 14 cừu hoặc 150 ngỗng, vịt)		12,0	5,0

1 đơn vị tương đương tương ứng với 54g BOD₅, 13g Nitơ, và 2g phốtpho.

Từ những kết quả thực nghiệm trên có thể thấy trong các loại đất và phương thức sử dụng, đất nông nghiệp có hệ số thải dinh dưỡng cao nhất. Trong các kiểu thảm thực vật, đất có rừng có hệ số thải dinh dưỡng thấp nhất. Đây là cơ sở để đề xuất các giải pháp quản lý lượng dinh dưỡng thải từ vùng lưu vực đến hồ bằng cân bằng các hoạt động sử dụng ở các khu chức năng trên vùng lưu vực.

Mô hình thủy vực kinh nghiệm đơn giản nhất để đánh giá tải lượng dinh dưỡng tới thủy vực có dạng chung như sau :

$$A = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_mX_m$$

A : Tổng lượng dinh dưỡng trung bình hằng năm từ vùng lưu vực tới hồ (kg/năm).

$X_1, X_2, \dots$ = Diện tích (ha) của vùng lưu vực với các loại hình đất và phương thức sử dụng đất kiểu 1, 2...

$a_0, a_1, a_2, \dots$ = Các hệ số thải dinh dưỡng của từng kiểu đất 1, 2...

Mô hình tính toán này được sử dụng để dự báo tải lượng dinh dưỡng hằng năm vào hồ, đặc biệt đánh giá lượng dinh dưỡng hằng năm trên cơ sở các đặc điểm của vùng lưu vực. Nhìn chung, mô hình lưu vực kinh nghiệm với các hệ số xuất dinh dưỡng là phương tiện dễ sử dụng để ước tính được lượng dinh dưỡng hằng năm vào hồ và hồ chứa.

11.3.3.2. Mô hình thủy vực kinh nghiệm (empirical waterbody model)

Hiện nay, có nhiều mô hình tính toán sự phú dưỡng hồ và hồ chứa thông qua việc tính toán tải lượng và nồng độ photpho (Sakomoto, 1966 ; Vollenweider, 1968, 1975, 1976 ; Dillon & Rigler, 1975 ; Ras & Lee, 1978 ; Ryding, 1980) ; OECD, 1982 ; Ryding & Rass, 1989)... Khoảng 30 năm qua, nhiều tác giả đã áp dụng các mô hình tính toán này để đánh giá rất có hiệu quả sự phú dưỡng của hồ và hồ chứa.

Mô hình thủy vực kinh nghiệm là mô hình photpho đơn giản dựa trên các đặc tính tải lượng photpho nhiều hồ đã được sử dụng để đánh giá trạng thái dinh dưỡng hoặc tiềm năng phú dưỡng của một số hồ ở nhiều khu vực. Wollenweider (1976) dựa trên mối quan hệ kinh nghiệm đơn giản đã cải tiến và phát triển một mô hình tải lượng photpho :

$$TP = (Lp/qs) / (1 + \sqrt{tw})$$

TP : Hàm lượng trung bình photpho tổng số hằng năm trong hồ (mg/l).

Lp : Lượng photpho theo diện tích hằng năm (mg/m²/năm).

qs : Lượng nước dao động hằng năm (m/năm) (= Z/tw).

tw : Thời gian tồn lưu nước (năm) (V/Q).

Z : Độ sâu trung bình (m).

V : Thể tích hồ (m³).

Q : Lượng nước vào hồ (m³/năm).

Sai số chuẩn của mô hình này là 0,193 (log cơ số 10 photpho tổng số). Đây là mô hình đơn giản nhất để đánh giá và dự báo hàm lượng photpho tổng số của hồ. Wollenweider (1976), Baker (1985), OECD (1982) và nhiều tác giả đã sử dụng mô hình này để dự báo photpho tổng số các hồ vùng cận nhiệt đới nam Florida. Mô hình này đã được Thornton (1985, 1990) áp dụng dự báo photpho tổng số của các hồ chứa nhiệt đới ở châu Phi.

Chapa & Reckhow (1979) đã phát triển phân tích sai số và phân hạng tình trạng sinh dưỡng liên quan đến kiểu mô hình này. Một phiên bản mới cập nhật của mô hình này dựa trên các kết quả nghiên cứu sự phú dưỡng quốc tế của tổ chức OECD (OECD, 1982) như sau:

$$[P]_y = 1,55 \{ [P]_j / (1 + \sqrt{tw}) \}^{0,82}$$

$[P]_y$: Hàm lượng trung bình photpho tổng số hằng năm trong hồ (ug/l).

$[P]_j$: Hàm lượng photpho tổng số của dòng chảy vào hằng năm (ug/l) : L_p/q_s .

Với mô hình đã được cải tiến này, hệ số tương quan (r) là 0,93 và sai số chuẩn (SE) là 0,193.

Các mô hình lưu vực kinh nghiệm và mô hình thủy vực kinh nghiệm đã được sử dụng để dự báo lượng photpho và nitơ vào hồ và hồ chứa hằng năm cũng như dự báo hàm lượng photpho trung bình hằng năm cho một số hồ và hồ chứa của Việt Nam như hồ Hoà Bình, hồ Tây và hồ Ba Bể (Hồ Thanh Hải, 1995, 2001, 2003).

Một ví dụ sử dụng các mô hình kinh nghiệm đánh giá tình trạng dinh dưỡng tại hồ Ba Bể đã có thể tính được tổng lượng dinh dưỡng photpho từ các nguồn thải phân tán vào hồ Ba Bể hằng năm bằng con đường này : Tổng lượng dinh dưỡng photpho thấp nhất 82165 kg và tổng lượng dinh dưỡng photpho cao nhất 420742 kg.

Tổng lượng nitơ tổng số vào hồ Ba Bể hằng năm bằng con đường này : Lượng nitơ tổng số thấp nhất 8.457 kg, lượng nitơ tổng số cao nhất 56.075 kg.

Các giá trị tổng lượng dinh dưỡng photpho nitơ từ các nguồn phân tán được tính toán như trên có thể chưa hoàn toàn chính xác so với thực tế bởi còn chưa tính đến nguồn dinh dưỡng nội tại (internal sources) dạng hạt từ trầm tích đáy và từ các nhóm thủy sinh vật trong hồ thải ra thông qua quá trình bài tiết và quay trở lại hồ bằng các con đường khoáng hoá. Trong đó, đáng lưu ý nhất là nguồn photpho được tích tụ trong trầm tích đáy với một lượng không nhỏ.

Trên cơ sở các thông số đầu vào như trên, với hai mức tổng lượng photpho tổng số từ các nguồn phân tán trên vùng lưu vực có thể tính toán gián tiếp hàm lượng photpho tổng số trong hồ : Tổng lượng photpho thấp nhất = 0,160 mg/l ; tổng lượng photpho cao nhất = 0,821 mg/l.

So sánh các giá trị tính toán gián tiếp hàm lượng tổng lượng photpho theo mô hình thủy vực kinh nghiệm như trên với các kết quả phân tích giá trị tổng lượng photpho trung bình của hồ Ba Bể trong mùa khô tháng 11/1999 là 1,03mg/l, thấy rằng trị số tổng lượng photpho cực đại trong tính toán gián tiếp dường như phù hợp hơn so với thực tế phân tích được. Tuy nhiên, cũng thấy các thông số đầu vào của nguồn thải photpho phân tán từ vùng lưu vực vào hồ có thể còn chưa đầy đủ, mặt khác chưa có số liệu tính toán dinh dưỡng photpho của nguồn thải nội tại từ ngay trong hồ (từ trầm tích đáy và từ các chất bài tiết của thủy sinh vật) mà theo ước tính có thể chiếm tới 39% tổng lượng photpho vào hồ (Nurnberg và cộng sự, 1984 ; Ryding & Rast, 1989).

11.4. SỰ NỞ RỘ TẢO

11.4.1. Sự nở rộ tảo độc ở các hồ

Như đã trình bày ở trên, trong hồ, hồ chứa, sự nở rộ tảo là hệ quả của sự phú dưỡng. Các nghiên cứu cho thấy trong thành phần thực vật nổi nói chung, thực vật nổi nước ngọt nói riêng có một số loài có khả năng gây độc do sản sinh ra các độc tố trong cơ thể chúng. Các loài tảo gây độc ở nước ngọt chủ yếu thường nằm trong các ngành vi khuẩn lam (*Cyanobacteria*) : tảo lam tấm *Microcystis spp.*, tảo lam *Oscillatoria spp*, *Anabaena spp*. Các độc tố được tạo ra từ vi khuẩn lam chủ yếu là nhóm microcystins (MCs) – một nhóm heptapeptit dạng vòng. Hiện nay, đã biết được 71 dạng khác nhau của MCs. Các độc tố thuộc nhóm MCs thường tạo khối u. Ngoài MCs ra, còn thấy các độc tố dạng nodularin gây ung thư và anatoxin gây độc thần kinh (Metcalf và Codd, 2004).

Do việc gia tăng các hoạt động phát triển kinh tế – xã hội trên các vùng lưu vực sông, hồ, môi trường các thủy vực nói chung, một số hồ đã có những dấu hiệu ô nhiễm. Theo đánh giá, hiện tượng ô nhiễm các thủy vực dạng hồ chủ yếu do phải tiếp nhận nước thải trực tiếp không qua xử lý như các hồ ở Hà Nội. Các kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết các hồ trong nội thành Hà Nội đều có mức dinh dưỡng cao, thể hiện bởi hàm lượng các muối dinh dưỡng có nguồn gốc photpho và nitơ cao, hàm lượng khí H_2S , CH_4 , COD, BOD cũng rất cao, gây ra hiện tượng phú dưỡng và sự nở rộ thực vật nổi.

Hiện tượng nở rộ thực vật nổi xảy ra ở hồ Tây với mật độ tảo lên tới 249 triệu tế bào/l (Dương Đức Tiến, 1996). Trong đó, các loài tảo lam tảo thuộc chi *Microcystis* chiếm ưu thế (60 – 90% số lượng) và đóng góp chính cho sự nở rộ thực vật nổi.

Hiện tượng nở rộ thực vật nổi cũng thường xuyên diễn ra ở hồ Gươm. Các dẫn liệu về sự nở rộ thực vật nổi ở hồ Gươm cho thấy : vào thời kỳ tháng hai đến tháng sáu thường có hiện tượng nở rộ tảo lam *Microcystis* với mật độ tảo lên tới trên dưới 200 triệu tế bào/l, tạo thành vầng tảo ở vùng nước ven bờ. Trong các kết quả khảo sát từ tháng 2 đến tháng 3/2004, mật độ các loài tảo thu được trong hồ dao động ở mức rất cao, từ hàng chục triệu đến trên 200 triệu tế bào/l, trung bình hơn 100 triệu tế bào/l. Ngoài tảo lam tảo, trong hầu hết các mẫu thu được, thấy xuất hiện các loài tảo mắt – các loài tảo sống trong môi trường giàu chất hữu cơ. Mật độ của các loài tảo này dao động trong khoảng trên 400000 tế bào/l đến trên 100000 tế bào/l. Mật độ tảo mắt lớn nhất là ở nơi tiếp nhận nguồn nước thải từ nhà vệ sinh và gần khu vực nhà Thủy Tạ, bãi đỗ xe. Mật độ tảo mắt tại nơi này đều ở mức trên dưới 1360000 tế bào/l. Điều này phản ánh đúng thực trạng phân bố chất hữu cơ tại các nguồn thải vào hồ.

Từ năm 1994, hồ Ba Mẫu sau khi được cải tạo lại liên tục từ đó đến 1996 đều quan sát thấy hiện tượng nở rộ loài tảo lam *Spirulina platensis* (trong thời kỳ mùa hè từ tháng 6 đến tháng 8) với sinh khối rất lớn tạo thành từng vầng nổi bông bênh trên mặt nước (Dương Đức Tiến, 1996). Trong thời kỳ nở rộ tảo, một số loài tảo, đặc biệt tảo lam *Microcystis* trong quá trình phát triển có sản sinh ra những độc tố gây hại. Sau thời kỳ nở rộ thực vật nổi, lượng lớn tảo bị chết hàng loạt gây mùi khó chịu. Tảo chết chìm xuống đáy hồ sẽ tự phân huỷ làm giảm lượng oxy tầng đáy, làm chết cá và một số loài thủy sinh vật khác.

11.4.2. Thủy triều đỏ ở biển

Thủy triều đỏ (red tide) là một hiện tượng tự nhiên được thể hiện bởi sự nở rộ (bloom) bất thường của một loài hoặc một vài loài vi tảo trong một khu vực biển với mật độ rất cao (hàng chục, thậm chí hàng trăm triệu tế bào/l). Trong những loài vi tảo có thể gây hiện tượng nở rộ, có nhiều loài là tảo độc (toxic algae) hoặc tảo gây hại (harmful algae). Cho đến nay, trong khoảng 5000 loài vi tảo biển đã biết, người ta đã thống kê được khoảng 300 loài có thể gây ra hiện tượng thủy triều đỏ, trong đó 60 – 80 loài có thể gây hại mặc dù

chỉ có khoảng 40 loài có thể sinh ra độc tố. Một số độc tố được tảo sản sinh ra bao gồm ASP (Amnesic Shellfish Poisoning – độc tố gây mất trí nhớ), DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning – độc tố gây tiêu chảy), AZP (Azaspiracid Shellfish Poisoning – độc tố thần kinh gây trầm cảm, phá hoại gan), CEP (Ciguatera Shellfish Poisoning – độc tố gây viêm loét dạ dày và các triệu chứng thần kinh khác), NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning – độc tố thần kinh gây tác hại tới hô hấp).

Hiện tượng *thủy triều đỏ* xảy ra đã được ghi nhận ở nhiều vùng biển khác nhau trên thế giới. Tuy nhiên, thủy triều đỏ xảy ra bởi các loài vi tảo độc hại mới là vấn đề đang được chú ý bởi mức độ tác hại của chúng tới chất lượng môi trường nước, gây ảnh hưởng tới các quần thể động, thực vật thủy sinh khác, đặc biệt các loài có giá trị kinh tế, thường được khai thác làm thực phẩm cho con người. Trong các năm từ 1987–1991, tại vùng biển Seto Inland và Kyu Syu của Nhật đã có hàng ngàn trường hợp bùng phát của tảo độc hại gây thiệt hại hàng tỷ yên (Andersen, 1996). Vào các tháng 3, tháng 4 năm 1998, sự bùng phát mật độ của các loài tảo *Gyrodinium aureolum*, *Alexandrium sp.* và *Cochlodinium polykrioides* ở vùng biển Hồng Kông đã ảnh hưởng nghiêm trọng tới 2/3 nghề nuôi cá lồng ở khu vực này, ước tính gây thiệt hại khoảng 42 triệu USD (IOC, 1999).

Ở Việt Nam, hiện tượng nở rộ vi tảo biển đã được ghi nhận đầu tiên ở vịnh Bắc Bộ vào những năm 1960 – 1961 trong chương trình hợp tác khảo sát biển Việt – Xô ở vịnh Bắc Bộ (Gurianova, 1972). Nhưng thời đó, chưa chú ý tới những mặt tiêu cực của hiện tượng nở rộ vi tảo. Cho tới vào đầu những năm 1990, các nhà khoa học của Việt Nam mới bắt đầu quan tâm đến lĩnh vực nghiên cứu tảo độc hại và thủy triều đỏ. Một số hiện tượng nở rộ vi tảo biển và những tác hại của chúng đã được công bố như : sự bùng phát số lượng của loài *Noctiluca scintillans* ở vịnh Văn Phong – Bến Gỏi vào các tháng 5, 6/1995 đã làm cho các trại nuôi tôm hùm trong khu vực bị thiệt hại hàng tỷ đồng (Nguyễn Ngọc Lâm và nnk., 1996), sự bùng phát loài vi tảo lam *Trichodesmium erythraeum* trong vịnh Văn Phong (Bình Thuận) đã được ghi nhận vào tháng 3/1999 (Nguyễn Ngọc Lâm, 1999), sự bùng phát của loài tảo sợi bám *Phaeocystis globosa* diễn ra và trải dài trên khoảng 30 km ven bờ trong vịnh Phan Rí, Bình Thuận trong các tháng 7, 8 năm 2002 và đã huỷ diệt hết các loài thủy sinh vật trong vùng (Báo Tuổi trẻ chủ nhật số 31, 2002).

11.5. Ô NHIỄM DẦU Ở BIỂN

Theo thống kê, hằng năm trên thế giới có khoảng 3,2 triệu tấn dầu xâm nhập vào biển. Khoảng một nửa số dầu gây ô nhiễm biển này từ sự rò rỉ tự nhiên ở lớp trầm tích vùng khơi. Một phần năm rò rỉ từ các giếng khoan hoặc do sự vỡ các đường ống dẫn dầu và từ sự cố tràn dầu từ các tàu chở dầu. Phần còn lại hoàn toàn ngạc nhiên là lượng dầu thải từ lục địa theo sông đổ ra biển.

Theo thống kê từ 1980 đến 1986 có hơn 77000 vụ tràn hoá chất và dầu với các mức độ khác nhau xảy ra ở vùng biển Hoa Kỳ, trung bình mỗi năm có 11000 vụ tai nạn (trên 90% là sự cố tràn dầu). Dầu tràn theo sông vào các vùng ven bờ, gây tác hại ở đây. Thấy rõ là dầu đã làm chết thực vật, động vật vùng cửa sông ven biển, đặc biệt là tiêu diệt các loại hàu, hà, vẹm, giáp xác khác nhau và các loài tảo bám đá. Sau sự cố tràn dầu lớn, phải mất từ hai đến mười năm mới có thể khôi phục lại khu hệ này. Dầu đọng lại trên bờ biển gây chết các sinh vật ở đây. Dầu lắng đọng xuống đáy biển gây hết khu hệ động vật đáy. Những cơ thể sống sót có thể tích lũy dầu trong cơ thể như mô cơ làm cho chúng trở nên độc, không thể làm thức ăn được. Dầu gây độc tới khu hệ tảo, làm suy sụp chuỗi thức ăn tự nhiên và làm giảm sản lượng đánh bắt các loài cá để ăn được. Dầu cũng tác động tới các loài chim như làm giảm khả năng bay, làm suy giảm khả năng mọc lông, gây nguy hiểm khi chim trở lại xứ lạnh. Dầu gây nguy hiểm tới khả năng ương ấp trứng cá ở vùng nước ven bờ, ảnh hưởng tới khả năng các đàn cá kinh tế vỗ béo, như đã xảy ra ở vùng bờ biển Alaska sau vụ tràn dầu Valdes.

Khoảng 25% lượng dầu tràn là dầu thô, dễ bay hơi và sự bốc hơi diễn ra ba tháng. Các hợp chất khác không bay hơi nhưng nhẹ hơn nước, nổi trên mặt nước, ở đó chúng bị vi sinh vật phân huỷ cũng mất vài tháng nữa. Khoảng 60% lượng dầu tràn bị phá huỷ bằng cách này. Khoảng 15% còn lại bao gồm dầu nặng vón dính lại và chìm xuống đáy. Trong biển lạnh vùng cực, dầu bị phân huỷ rất chậm. Trong một số trường hợp, dầu liên kết với nhau trong băng biển và hàng năm sau đó mới nhả ra.

Mức độ gây ô nhiễm do dầu phụ thuộc một phần vào hướng gió và dòng chảy đại dương. Nếu dầu vào bờ sẽ gây ô nhiễm bờ, bãi cát và các cơ thể sinh vật. Dầu có thể vào thềm lục địa – một vùng có năng suất sinh học cao sẽ gây độc cho khu hệ sinh vật khá phong phú ở đây. Dầu ra ngoài biển xa thì gây hậu quả môi trường thấp hơn do đời sống sinh vật biển sâu kém phong

phú. Mức độ tổn hại do ô nhiễm dầu tới môi trường biển cũng phụ thuộc vào thời điểm sự cố. Ví dụ, sự cố tràn dầu ở vùng biển xa bờ Alaska năm 1989 diễn ra vào thời điểm chỉ hai tuần trước khi hàng trăm nghìn con chim nước di cư hoàn toàn khoẻ mạnh tới tổ. Sự cố tràn dầu xảy ra sau thời kỳ di cư thì sự nguy hiểm sẽ giảm đi. Các nghiên cứu ở Alaska năm 1989 cũng cho thấy cacbonhidrat trong dầu bền vững hơn ở vùng biển nước lạnh so với vùng biển nước ấm.

Để khắc phục sự cố tràn dầu, ở Hoa Kỳ, Thượng viện đã thông qua dự luật thành lập một quỹ với 1 tỷ USD để sử dụng làm sạch dầu tràn ngay lập tức. Số tiền này được lấy từ 3% thuế từ sản xuất dầu trong nước và nhập khẩu dầu.

Ở Việt Nam, một số sự cố tràn dầu từ các tàu biển ở các khúc sông ra vào cảng biển hoặc các vịnh biển đã gây ô nhiễm nghiêm trọng tới vùng nước cửa sông ven biển, nơi có các hệ sinh thái hết sức nhạy cảm như rừng ngập mặn, cỏ biển, bãi triều, rạn san hô với quần xã thủy sinh vật phong phú và đa dạng. Riêng thống kê từ 1995 đến 2004, đã có tới 35 vụ tràn dầu ở biển ven bờ Việt Nam với tổng lượng dầu tràn là 1600 tấn (Báo cáo hiện trạng MT quốc gia 2005).

11.6. TÌNH TRẠNG Ô NHIỄM MỘT SỐ THỦY VỰC Ở VIỆT NAM

11.6.1. Ô nhiễm sông

11.6.1.1. Sông miền Bắc

Hệ thống sông lớn ở miền Bắc bao gồm các hệ thống sông Hồng (sông Thao, sông Hồng, sông Lô, sông Đà, sông Đáy, sông Trà Lý, sông Ninh Cơ, sông Đào, sông Nam Định), sông Thái Bình (sông Cầu, sông Đuống, sông Thương, sông Lục Nam, sông Thái Bình, sông Đá Bạch, sông Bạch Đằng, sông Kinh Thầy, sông Cẩm). Các số liệu về kết quả khảo sát trong thời gian 1995–1999 (Trần Hiếu Nhuệ, trong Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam năm 2001) cho thấy :

– Ở hệ thống sông Hồng, hầu hết các chất chỉ thị ô nhiễm đều có nồng độ thấp. Tuy nhiên, tại một số khu vực gần điểm xả ven sông gần nhà máy giấy Bãi Bằng, nhà máy super photphat Lâm Thao, khu công nghiệp Việt Trì thì giá trị trung bình một số chỉ tiêu vượt quá giới hạn cho phép chất lượng nước mặt loại A (TCCP) của Tiêu chuẩn chất lượng nước Việt Nam như: hàm lượng COD dao động 10 – 23,7 mg/l (gấp gần 3 lần giới hạn cho phép), BOD 15,3 mg/l (gấp gần 4 lần TCCP), NO_2 0,014 mg/l (gấp gần 2 lần

TCCP), NH_4 0,1 (gấp 2 lần TCCP). Các kết quả khảo sát năm 2002 (Hồ Thanh Hải và nnk., 2004) tại sông Hồng ở Hà Nội cho thấy hàm lượng oxy hoà tan ổn định. Tuy nhiên, ở nơi cửa cống Thanh Liệt đổ nước thải của thành phố ra sông Hồng thường có DO thấp hơn so với các điểm khác ở phần thượng lưu, hàm lượng các chất hữu cơ (N, P), COD, BOD cao hơn so với các điểm khác. Các sông tiêu dẫn nước thải trong TP. Hà Nội như sông Tô Lịch, sông Kim Ngưu thường xuyên trong tình trạng yếm khí, hàm lượng DO rất thấp, dao động 0,3–0,7 mg/l.

– Hệ thống sông Thái Bình : sông Cầu thuộc khu vực Thái Nguyên có mức ô nhiễm cao hơn : BOD dao động 9,15 – 30,2 mg/l (gấp 3 – 7 lần TCCP), NO_2 dao động 0,05 – 0,1 mg/l (gấp 5 – 10 lần TCCP), NH_4 dao động 0,1 – 0,3 mg/l (gấp 2 – 6 lần TCCP), hàm lượng H_2S cao, có khi tới 7,8 – 12 mg/l.

– Sông Thương tại khu vực Bắc Giang có COD dao động 8 – 18,5 mg/l (gấp gần 2 lần TCCP), BOD 10,7 mg/l (gấp gần 3 lần TCCP), đặc biệt NO_2 dao động 0,7 – 2,0 mg/l (gấp 70 – 200 lần TCCP).

Nhận xét chung chất lượng sông miền Bắc : Theo một số lớn các tham số phân tích, chất lượng nước sông miền Bắc đạt tiêu chuẩn nước mặt loại A (nguồn nước cấp sinh hoạt). Tuy vậy, tại một số khu vực của tất cả các con sông, một số chỉ số vượt quá tiêu chuẩn cho phép theo tiêu chuẩn chất lượng nước mặt Việt Nam.

11.6.1.2. Sông miền Trung

Theo Trần Hiếu Nhuệ, trong Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam năm 2000, từ Thanh Hoá trở vào có hệ thống sông Mã (sông Chu), sông Cả, sông Hiếu, sông Hương... Các số liệu điều tra khảo sát ở sông Mã cho thấy hàm lượng NO_2 gấp 9 – 39 lần, ammonia gấp 10 – 20 lần, sulphit gấp 2 – 24 lần, coliform gấp 20 – 38 lần, COD gấp 2 lần giới hạn cho phép tiêu chuẩn nước mặt.

Nước sông Hương, sông Hiếu nhìn chung còn tốt, hàm lượng các chỉ tiêu COD, BOD đều dưới mức cho phép. Tuy nhiên ở một số khúc sông thuộc khu vực Quảng Nam – Đà Nẵng, nơi đang khai thác khoáng sản trái phép, hàm lượng ammonia dao động 1,4 – 2,64 mg/l (gấp 3 lần TCCP), đặc biệt xyanua dao động 0,08 – 0,55 mg/l (gấp 1,6 – 2 lần TCCP). Nước sông Tranh thuộc huyện Trà My có hàm lượng thủy ngân (Hg) gấp 5 lần TCCP.

Nhận xét chung : Chất lượng sông miền Trung còn tương đối tốt. Các vùng thượng và trung lưu các sông đều đạt tiêu chuẩn chất lượng nước loại

A. Tuy nhiên, khu vực hạ lưu các sông đều phải nhận nước thải đô thị và công nghiệp nên một số chỉ tiêu đã vượt quá tiêu chuẩn cho phép và chỉ đạt loại B theo tiêu chuẩn Việt Nam.

11.6.1.3. Sông miền Nam

Theo Trần Hiếu Nhuệ (trong Báo cáo Hiện trạng Môi trường Việt Nam năm 2000), sông miền Nam bao gồm hai hệ thống sông chính là Cửu Long (sông Tiền, sông Hậu...), sông Sài Gòn – Đồng Nai.

– Hệ Thống sông Sài Gòn : hàm lượng DO thường thấp, 3,35 – 6,45 mg/l (số liệu 1996), COD dao động 4,7 – 37 mg/l, BOD thường dưới 10 mg/l nhưng ở vùng nội thành, BOD cao, dao động 20 – 30 mg/l (BOD tại cảng Nhà Rồng cao hơn 30 mg/l). Ở khu vực nội thành, hàm lượng nitơ thường cao hơn 0,5 mg/l, hàm lượng photpho thường cao hơn 0,1 mg/l. Hàm lượng dầu vượt giới hạn cho phép, dao động từ 0,05 – 1 mg/l (số liệu 1996, 1997), Coliform cao quá giới hạn cho phép, dao động từ 19000 đến 179000 MPN/100 ml.

– Hệ thống sông Đồng Nai : Hàm lượng DO cao hơn so với sông Sài Gòn, dao động 5,4 – 7,2 mg/l. NO_3 dao động 0,11 – 0,54 mg/l, hàm lượng photpho tổng số dao động 0,01 – 0,215 mg/l. Hàm lượng dầu cao vượt giới hạn cho phép : 0,16 – 0,36 mg/l .

– Sông Thị Vải : sông Thị Vải là nơi chứa nước thải công nghiệp của tam giác phát triển kinh tế TP. Hồ Chí Minh–Biên Hoà – Vũng Tàu. Kết quả phân tích năm 1996 – 1998 cho thấy sông Thị Vải đang bị ô nhiễm hữu cơ khá nặng nề, hàm lượng DO sai khác rõ ràng theo từng khu vực. Khu vực từ nhà máy bột ngọt Vedan ra cửa sông (khoảng 10 km) luôn có DO thấp dưới 1,0 mg/l, các nơi khác dao động trong khoảng 2,0 – 6,8 mg/l. BOD dao động 48 – 72 mg/l, COD dao động 114 – 180 mg/l. Các yếu tố dinh dưỡng như tổng nitơ rất cao, có xu hướng ngày càng tăng : năm 1997, trị số tổng nitơ dao động từ 0,738 – 4,35 mg/l , trong khi số liệu tổng nitơ của năm 1994 chỉ trong khoảng 0,32 – 0,809 mg/l. Giá trị tổng photpho cũng có chiều hướng tăng tương tự.

Theo các kết quả quan trắc môi trường TP. Hồ Chí Minh (Lê Trình, 1997), hàm lượng các kim loại nặng, các hoá chất bảo vệ thực vật trong sông, kênh rạch thành phố còn thấp so với tiêu chuẩn của WHO và của Việt Nam. Nhưng theo một số kết quả khảo sát trong năm 1995 của Trung tâm Bảo vệ Môi trường EPC (Viện Kỹ thuật Nhiệt đới và Bảo vệ Môi trường), thì

tuy hàm lượng các kim loại nặng và thuốc bảo vệ thực vật thấp trong nước nhưng lại khá cao trong bùn đáy vùng cửa sông. Trong trầm tích sông Thị Vải, hàm lượng chì dao động 7 – 55 mg/kg, thủy ngân 0,1 – 0,2 mg/kg, crôm dao động 38 – 110 mg/kg, hàm lượng thuốc bảo vệ thực vật clo hữu cơ (DDT, Lindan) dao động 6 – 32 µg/kg (Lê Trình, 1997).

Một đặc điểm quan trọng là có thời điểm, độ pH của nhiều sông, kênh rạch Nam Bộ đều rất thấp : sông Sài Gòn, Vàm Cỏ Đông có pH tương ứng 4,4–5,0 và 3,8–4,0 (Trần Hiếu Nhuệ, 2000). Điều đó một mặt do sự rửa trôi phèn từ vùng Đồng Tháp Mười, mặt khác cũng cho thấy dấu hiệu của sự axit hoá các con sông.

Từ những kết quả phân tích trên, có thể thấy phần lớn các sông có chất lượng nước đạt loại B. Các sông ở miền Trung sạch hơn so với các sông ở miền Bắc và miền Nam, một số sông ở Trung Bộ đạt tiêu chuẩn loại A. Nước sông ở các thành phố, khu công nghiệp và đô thị thường có chất lượng kém, hầu hết có hàm lượng dầu cao vượt mức giới hạn, một số đoạn sông đang bị ô nhiễm hữu cơ.

11.6.1.4. Tình trạng ô nhiễm sông Cầu khu vực làng nghề ở Bắc Ninh

Môi trường nước một số làng nghề ở Bắc Ninh đã được điều tra nghiên cứu trong những năm gần đây. Các kết quả nghiên cứu tại làng nghề làm giấy ở thôn Dương Ổ, xã Phong Khê, Huyện Tiên Sơn, Bắc Ninh trong năm 1998 cho thấy : nước thải từ khu sản xuất giấy có màu đen, có mùi hôi khó chịu đổ ra một mương tiêu thoát chạy dọc thôn cùng hoà lẫn với nước thải sinh hoạt rồi đổ ra sông Cầu. Các kết quả phân tích chất lượng nước thải và chất lượng nước các loại hình thủy vực ở Dương Ổ cho thấy một số nét nổi bật như sau :

– Chất lượng môi trường nước các thủy vực tự nhiên ở thôn Dương Ổ trong mùa mưa cũng như trong mùa khô có những biểu hiện bị ô nhiễm ở các mức độ khác nhau. Các thủy vực trực tiếp nhận nước thải xưởng giấy bị ô nhiễm nặng nhất, nước thường xuyên màu đen có mùi thối : dạng ô nhiễm bao gồm ô nhiễm hữu cơ (DO thấp 0,3 – 0,7 mg/l, COD : 155 – 880 mg/l, BOD : 50,8–85 mg/l), ô nhiễm vi sinh vật (5400 – 9,2 triệu MPN/100 ml) và ô nhiễm dầu thực vật (nhựa thông trong sản xuất giấy lịch : 20,23 – 40,15 mg/l). Ngoài ra, hàm lượng phenol, ammonia, nitrite đều cao trên giới hạn cho phép nhiều lần.

– Trong mùa khô, khi mực nước sông Cầu thấp, nước thải từ làng nghề làm giấy đổ tự động xuống sông. Qua phân tích đã thấy rõ tác động tiêu cực

của nước thải (nguồn điểm) của Dương Ổ đã góp phần gây ô nhiễm hữu cơ và dầu tới sông Cầu.

– Nguyên nhân gây ô nhiễm có thể thấy rõ là từ nguồn nước thải các xưởng sản xuất giấy với tổng lượng khoảng 2000 m³/ngày có độ đục cao 197 – 1380 mg/l, hàm lượng chất rắn tổng số rất cao, từ 331 – 1470 mg/l mà chủ yếu là bột giấy thừa đã đổ ra mương thải. Bên cạnh đó, nước thải khu công nghiệp giấy có hàm lượng COD, BOD rất cao cùng với hàm lượng dầu bao gồm dầu thực vật và dầu khoáng cũng rất cao từ trên 36 đến trên 37 mg/l... đã vượt quá giá trị giới hạn bậc C của nước thải công nghiệp (không được phép đổ ra môi trường bên ngoài).

Ngoài ra, các nghiên cứu môi trường nước và trầm tích một số thủy vực các làng nghề khác cũng cho thấy những tín hiệu báo động về ô nhiễm cục bộ do các chất thải đổ vào. Lê Thị Lài và nnk.(2000) khi khảo sát môi trường nước làng nghề cơ khí (rèn, mạ kim loại...) ở xã Nam Giang, Nam Trực – Nam Định cho thấy hàm lượng một số kim loại nặng trong trầm tích bùn đáy hồ Đồng Côi (nơi nhận nước thải sau đó đổ ra sông Vân Chàng – hệ thống sông Hồng) rất cao như kẽm (Zn) là 17210 mg/kg và crôm (Cr) là 15440 mg/kg. Hàm lượng các kim loại như vậy cao quá giá trị chuẩn cho phép của Hà Lan nhiều lần.

11.6.2. Ô nhiễm một số hồ

Trong các năm 2003 – 2004 cho thấy sau khi đo đạc và phân tích các chỉ tiêu thủy – lý – hoá học cơ bản tại các điểm thu mẫu của một số hồ ở Hà Nội, các kết quả phân tích về môi trường nước đã có một số nhận xét như sau :

Trong các hồ, hồ Gươm có giá trị oxy hoà tan DO cao nhất, thường là bão hoà, dao động từ 5,2 đến 12,1 mg/l (cũng lưu ý là thời điểm đo đạc hồ Gươm thường vào buổi trưa, chiều là thời điểm cao đỉnh của sự quang hợp Thực vật nước). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả phân tích DO tăng mật của hồ Tây vào thời điểm buổi trưa, đầu giờ chiều. Tuy nhiên, tại các khu vực cửa cống đổ nước thải vào hồ như ở hồ Bể Mẫu, hàm lượng DO thấp hơn nhiều.

Hàm lượng COD, BOD thấp nhất ở sông Hồng, cao ở các thủy vực dạng hồ, cao nhất ở sông Kim Ngưu. Đặc biệt, các kết quả phân tích chất lượng nước liên tục tại hồ Gươm từ tháng 1 đến tháng 3/2004 đã cho thấy, giá trị COD, BOD thường vượt quá tiêu chuẩn cho phép (TCVN 5942-1995, cột B).

Hầu hết các hồ ở Hà Nội, hàm lượng khí H_2S không cao lắm, dao động từ 0,01 đến 1,55 mg/l (hồ Tây). Tuy vậy hàm lượng H_2S ở các hồ nhỏ hơn nhưng giàu hữu cơ hơn như hồ Trúc Bạch, Bảy Mẫu, Hoàn Kiếm lại cao hơn, dao động từ 0,1 – 4,8 mg/l.

Hàm lượng các muối dinh dưỡng N, P nhìn chung đều cao ở các thủy vực dạng hồ, cao nhất ở sông Kim Ngưu.

11.6.3. Ô nhiễm biển ven bờ

Vấn đề gây ô nhiễm môi trường vùng nước, đất ven bờ đang là một yếu tố trở lên cấp bách trong xã hội do phát triển công nông – ngư nghiệp vùng ven biển đang gia tăng mạnh mẽ như hiện nay. Các nguồn thải điểm, phân tán càng ngày càng lớn cùng với phương thức khai thác nguồn lợi tự nhiên lạc hậu đang đe dọa môi trường sinh thái nước, đất vùng triều. Một số hiện tượng đã xảy ra tại các hệ sinh thái nhân tạo như đầm nuôi hải sản có những thời điểm môi trường nước xấu dẫn tới các loại bệnh tôm làm tôm chết hàng loạt. Tại vùng nước ven bờ, hiện tượng nở hoa thực vật nổi do phú dưỡng (eutrophication), gây nên thủy triều đỏ (chủ yếu là các loài tảo giáp), thủy triều xanh (chủ yếu các loài tảo silic)... tác động xấu tới chất lượng môi trường nước và quần xã thủy sinh vật.

Các kết quả điều tra tổng lượng nước thải công nghiệp các tỉnh ven biển phía bắc của Phân Viện Hải dương học Hải Phòng (Lưu Văn Diệu và nnk., 2000) cho thấy Quảng Ninh là tỉnh có lượng nước thải công nghiệp lớn nhất (21,219 triệu m^3 /năm. Trong đó, có các chất thải là kim loại nặng với tổng lượng như Cu là 1,55 tấn/năm, Pb – 0,51 tấn/năm, Zn – 32,8 tấn/năm, Hg – 0,03 tấn/năm, As – 0,23 tấn/năm, Cd – 0,05 tấn/năm. Các nguồn thải tại chỗ cùng với lượng thải do sông từ lục địa tải ra sẽ góp phần làm gia tăng hàm lượng các chất gây độc như kim loại nặng trong khối nước biển và trầm tích ven bờ.

Khi phân tích mô của 4 loài thân mềm hai vỏ ở khu vực vịnh Hạ Long : ngao (*Meretrix meretrix*), ngán (*Donsinia gibba*), ngó (*Cyclina sinensis*) và sò huyết (*Anadara (Arca) gramosa*), nhóm tác giả trên đã xác định hàm lượng Pb dao động 2,5 – 34,5 $\mu g/g$ khô và Zn dao động 52,5 – 195,5 $\mu g/g$ khô, vượt quá giới hạn cho phép với thực phẩm biển của một số nước. Riêng với ngao, hàm lượng Hg trong mô cũng vượt quá giới hạn cho phép. Như vậy, các loài thân mềm hai mảnh vỏ trên đều có khả năng tích lũy sinh học cao các kim loại nặng trong cơ thể.

Ven bờ Vịnh Hạ Long – Bái Tử Long là khu công nghiệp khai thác than lớn nhất Việt Nam. Các khảo sát về trầm tích vụn than ở vịnh Hạ Long – Bái Tử Long của Nguyễn Chu Hồi và nnk. (1999) cho thấy hạt vụn than có ở hầu hết các loại trầm tích với các mức hàm lượng khác nhau. Hạt vụn than cao nhất thường ở vùng nước Cửa Ông, vịnh Cửa Lục. Đây cũng là các nơi gần nguồn phát thải chúng như hệ sông Diên Vọng và cửa sông Hồng Gai đổ vào trung tâm vịnh Hạ Long. Sông, suối phía bắc Cửa Ông và cảng than Cẩm Phả, Cửa Ông và bãi thải ven Cẩm Phả đổ vào vịnh Bái Tử Long.

Từ những dấu hiệu về môi trường như trên, vịnh Hạ Long trong đó có cả vịnh Bãi Cháy đã được coi như một cái bẫy ô nhiễm lớn (khu vực có khả năng tích tụ cao các chất ô nhiễm ở vùng cửa sông ven biển phía bắc. Tình trạng này sẽ tác động rất lớn đến đa dạng sinh vật và nguồn lợi thủy sản ở đây cả về chất lẫn lượng. Như vậy, bên cạnh các yếu tố môi trường cùng với sự khai thác quá mức các loài thủy sản có giá trị thì nguồn lợi thủy sinh vật trong các hệ sinh thái đặc thù ở đây đang phải đối mặt với sự suy thoái nghiêm trọng. Trong thực tế gần đây, sản lượng khai thác tự nhiên các đặc sản vốn có ở đây đã suy giảm, nhiều rạn san hô đã bị chết hàng loạt. Như đã biết, hệ sinh thái rạn san hô rất nhạy cảm với điều kiện thay đổi của môi trường đồng thời cũng là hệ rất khó hồi phục khi môi trường không được cải thiện. Sự khai thác san hô rất mạnh của nhân dân địa phương cùng với các tác nhân khác như nguồn hạt vụn than, cùng với nguồn nước lũ mùa mưa với lượng nước ngọt và độ đục lớn đã thu hẹp diện tích rạn san hô, cỏ biển ở đây.

Vùng biển ven bờ Quảng Ninh – Hải Phòng ở phía bắc cũng như vùng biển ven bờ Bà Rịa – Côn Đảo ở phía nam hiện nay đang phát triển nghề nuôi thủy sản (nuôi tôm, cua trong đầm, nuôi ngao trên bãi triều, nuôi trai cấy ngọc, cá mú, cá giò trong lồng trên biển). Hầu hết các vùng nuôi thủy sản hiện nay theo phương thức thâm canh, công nghiệp (mật độ nuôi cao, lượng thức ăn cung cấp nhiều...) nhưng chưa có hệ thống cấp thoát nước và xử lý nước thải. Lượng nước thải chưa được xử lý này với hàm lượng một số chỉ tiêu dinh dưỡng cao như các chất có nguồn gốc nitơ, photpho, các chỉ tiêu môi trường cơ bản BOD, COD do lượng dinh dưỡng dư thừa từ nguồn cung cấp thức ăn, từ bài tiết của đối tượng nuôi được đổ ra môi trường ven biển bên ngoài. Ngoài ra, trong nước thải có thể còn có các mầm bệnh (vi khuẩn, virus) gây hại cho vật nuôi. Điều đó, một mặt làm ảnh hưởng đến chất lượng môi trường nước ven biển như làm tăng khả năng phú dưỡng ven

biển, gây nở hoa thực vật nổi, mặt khác tăng khả năng lây truyền dịch bệnh thủy sản nuôi cho các đầm nuôi ở khu vực khác.

Các điều tra và khảo sát chất lượng nước ven bờ Nam Bộ Việt Nam được chú trọng từ chục năm trở lại đây do sự phát triển kinh tế mạnh mẽ của khu vực tam giác TP. Hồ Chí Minh – Đồng Nai – Bà Rịa, Vũng Tàu và của ngành công nghiệp dầu khí. Trong công trình nghiên cứu ô nhiễm biển do các sông Đồng Nai, Sài Gòn tải ra, Vương Quang Việt và nnk, (1999) đã nhận xét tải lượng ô nhiễm từ lưu vực sông Đồng Nai – Sài Gòn qua mặt cắt Nhà Bè (tháng 1/1993) cao hơn hẳn tải lượng ô nhiễm từ thượng lưu sông Mê Kông qua mặt cắt Mỹ Tho. Kết quả khảo sát chất lượng nước ven bờ Bà Rịa – Vũng Tàu của các tác giả trên đã cho thấy một số đặc trưng quan trọng như sau : Hàm lượng Hg, Cd, Pb trong vùng nước Đông Nam Bộ thấp, không đáng kể. Vẫn ghi nhận có hiện tượng lan truyền dầu từ các bến cảng và tàu biển vào ven bờ Vũng Tàu ; một số các điểm khảo sát như bến Đình, cảng dầu khí, Quân cảng... bị ô nhiễm dầu mỡ, chất hữu cơ ; chưa thấy dấu hiệu ô nhiễm thuốc bảo vệ thực vật ở vùng này.

Ngoài ra, hoạt động du lịch vùng ven biển đang rất phát triển. Hoạt động du lịch kèm theo các vật thải và nhu cầu sử dụng các cảnh quan và tài nguyên biển của du khách. Nếu không quản lý tốt thì hoạt động du lịch cũng là yếu tố gây ảnh hưởng đến đa dạng sinh học ven biển.

Với các kết quả phân tích thủy hoá học như đã nêu ở trên, có thể thấy vấn đề ô nhiễm dầu tại các vùng cửa sông hiện nay là rất đáng kể. Hàm lượng dầu cao hơn nhiều lần so với tiêu chuẩn cho phép là một trong những nguyên nhân dẫn tới suy giảm về thành phần loài và sinh khối nhiều nhóm thủy sinh vật vùng nước và vùng bãi triều.

Với các kết quả phân tích dư lượng các chất bảo vệ thực vật trong vùng nước, trầm tích đáy ven bờ cho thấy hàm lượng còn thấp so với tiêu chuẩn cho phép nhưng đáng chú ý là hàm lượng các chất bảo vệ thực vật trong cơ thể một số loài động vật đáy thường là thức ăn cho nhân dân như ngao, ngó, tôm cao gấp nhiều lần so với hàm lượng của các yếu tố này trong môi trường nước. Điều đó một mặt làm giảm chất lượng thực phẩm, mặt khác có thể gây tích tụ độc tố lâu dài cho người sử dụng.

CHƯƠNG XII

Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ MƯA AXIT

Không khí là một hỗn hợp các khí bao gồm nitơ (79%), ôxy (20%, cacbonđiôxit (0,03% và một số khí trơ như acgon (khoảng 1%), heliun, xenon, neon và krypton. Hơi nước tồn tại với hàm lượng thay đổi.

Không khí là tài nguyên giới hạn, có khả năng tự làm sạch nhiều nhưng không phải là tất cả các chất gây độc. Các ảnh vệ tinh cho thấy khối không khí khổng lồ xung quanh bề mặt Trái Đất có thể cuốn lên hơi nước, các chất gây ô nhiễm ở một nơi và làm lắng đọng chúng cách xa đó hàng kilômét.

Có nhiều các chất gây ô nhiễm tự nhiên từ hoạt động của núi lửa, cháy rừng và khí thoát ra từ trầm tích và đất yếm khí. Trong một số trường hợp, các chất gây ô nhiễm tự nhiên lớn hơn hoặc vượt quá các các phát thải từ hoạt động của con người (các chất gây ô nhiễm nhân tạo). Tuy vậy, các chất gây ô nhiễm nhân tạo lại được xem là quan trọng hơn và có thể gia tăng số lượng do sự tăng dân số. Hơn nữa, phát thải nhân tạo có thể gây đe dọa lớn và lâu dài tới sinh quyển. Các chất gây ô nhiễm tự nhiên đến từ các nguồn phân tán rộng khắp hoặc chỉ thỉnh thoảng mới phát thải. Bởi vậy, nhìn chung, chúng không làm tăng nhiều nồng độ các chất gây ô nhiễm vào môi trường. Ngược lại, các nhà máy nhiệt điện, ô tô và các nhà máy xí nghiệp khác đã phát thải một số lượng lớn các chất gây ô nhiễm vào khí quyển gây ô nhiễm địa phương, thậm chí gây ô nhiễm diện rộng hơn.

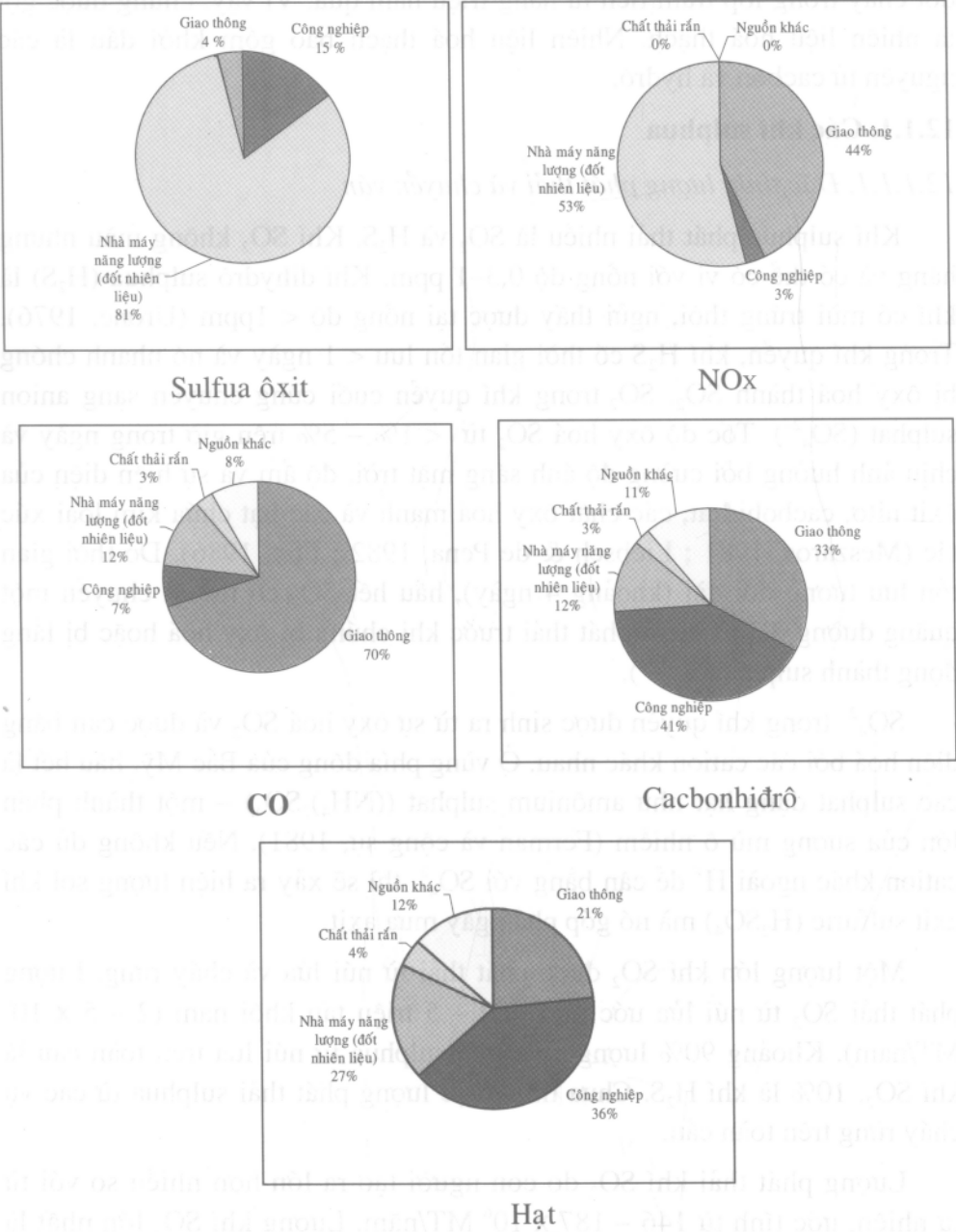
12.1. CÁC CHẤT GÂY Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ NGUỒN CỦA CHÚNG

Các chất khí gây ô nhiễm quan trọng nhất là sulphuđi ôxit (SO_2), Hidrôsulfit (H_2S), ôxitnitơ (NO_x), amonia (NH_3), cacbonđiôxit (CO_2), cacbonmônôxit (CO), metan (CH_4), ôzôn (O_3) và perôxyaxetyl (PAN). Thêm nữa có hơi độc của cacbonhiđrat và nguyên tố thủy ngân, các hạt với đường kính nhỏ ($< 1\mu\text{m}$) có thể lơ lửng lâu dài trong không khí. Các hạt này bao gồm khí silic trơ và chất khoáng khác, các hạt bụi chứa các nguyên tố độc như asen, chì, đồng, niken... các sol khí hữu cơ phát thải như khói từ đốt cháy và cacbohyđrô cao phân tử – ngưng tụ nặng như polycyclicaromatic.

Bảng 12.1. Phát thải toàn cầu và các đặc trưng khác của các chất gây ô nhiễm không khí quan trọng; (Nguồn : Đã biến đổi từ Kellogg và cộng sự (1972) ; Robinson & Robbins (1972) ; Urone (1976) ; Whelpdale & Munn (1976) ; Cullis & Hirschler (1980) ; Moller (1984))

Chất gây ô nhiễm	Phát thải nhân tạo (10 ⁶ triệu tấn (MT)/năm)	Phát thải tự nhiên	Nồng độ nền (ppb)	Thời gian tồn lưu trong khí quyển	Không khí sạch	Không khí ô nhiễm
SO ₂	146 – 87	5	0,2	4 ngày	0,0002	0,2
H ₂ S	3	100	0,2	< 1 ngày	0,0002	–
CO	304	33	100	< 3 năm	0,1	40 – 70
NO/NO ₂	53	NO: 430	0,2–2	5 ngày	<0,0002	0,2
	Như NO ₂	NO ₂ : 658	0,5–4		<0,0004	Như NO ₂
NH ₃	4	1160	6–20	7 ngày	0,001	0,02
N ₂ O	0	590	250	4 ngày	0,025	–
Cacbohydơ	88	200	< 1	–	< 0,001	–
CH ₄		1600	1,5x10 ³	4 năm	1,5	2,5
CO ₂	14000	1000000	340x10 ³	2–4 năm	340	400
Hạt	3900	3700	–	–	–	–
O ₃	–		–	–	0,02	0,5

Tại Hoa Kỳ, đã có một số dẫn liệu về một số chất gây ô nhiễm chính: cacbonmonôxít, sulphuaôxít, ôxít nitơ, các hạt cacbonhidơ và các chất ôxy quang hoá. Năm 1980, Hoa Kỳ đã sản xuất 160 triệu tấn/mét các chất ô nhiễm không khí. Nhờ có các biện pháp kiểm soát, bảo vệ và hiệp định cấm chì, đến năm 1988, sản lượng của năm chất gây ô nhiễm không khí chính ở Hoa Kỳ chỉ còn 135 triệu tấn/mét. Hình dưới đây (Hình 12.1) cho thấy các chất gây ô nhiễm chính không khí có từ ba nguồn : giao thông, các xí nghiệp và nhà máy nhiệt điện và từ công nghiệp. Các chất gây ô nhiễm không khí được phát thải do sự bốc hơi, sự ma sát mài mòn hoặc sự đốt cháy.



Hình 12.1. Nguồn thải của năm chất gây ô nhiễm ở Mỹ vào khí quyển
(Nguồn : Chiras, 1991)

Than, dầu, khí tự nhiên và các sản phẩm lọc từ chúng như dầu hoả, xăng, nhiên liệu hữu cơ. Chúng có từ cả thực vật và động vật được trữ lại và

đốt cháy trong lớp trầm tích từ hàng triệu năm qua. Vì vậy, chúng được gọi là nhiên liệu hoá thạch. Nhiên liệu hoá thạch bao gồm khởi đầu là các nguyên tử cacbon và hydro.

12.1.1. Các khí sulphua

12.1.1.1. Đặc tính, lượng phát thải và chuyển vận

Khí sulphua phát thải nhiều là SO_2 và H_2S . Khí SO_2 không màu nhưng hăng và có thể có vị với nồng độ 0,3–1 ppm. Khí dihydro sulphua (H_2S) là khí có mùi trứng thối, ngửi thấy được tại nồng độ $< 1\text{ppm}$ (Urone, 1976). Trong khí quyển, khí H_2S có thời gian tồn lưu < 1 ngày và nó nhanh chóng bị oxy hoá thành SO_2 . SO_2 trong khí quyển cuối cùng chuyển sang anion sulphat (SO_4^{2-}). Tốc độ oxy hoá SO_2 từ $< 1\%$ – 5% trên giờ trong ngày và chịu ảnh hưởng bởi cường độ ánh sáng mặt trời, độ ẩm và sự hiện diện của oxit nitơ, cacbohidrat, các chất oxy hoá mạnh và các hạt chứa kim loại xúc tác (Meszaros, 1981 ; Liebsch & de Pena, 1982 ; Fox, 1986). Do thời gian tồn lưu tương đối dài (khoảng 4 ngày), hầu hết SO_2 có thể di chuyển một quãng đường dài từ điểm phát thải trước khi chúng bị oxy hoá hoặc bị lắng đọng thành sulphat (SO_4^{2-}).

SO_4^{2-} trong khí quyển được sinh ra từ sự oxy hoá SO_2 và được cân bằng điện hoá bởi các cation khác nhau. Ở vùng phía đông của Bắc Mỹ, hầu hết là các sulphat dạng hạt như amonium sulphat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) – một thành phần lớn của sương mù ô nhiễm (Ferman và cộng sự, 1981). Nếu không đủ các cation khác ngoài H^+ để cân bằng với SO_4^{2-} thì sẽ xảy ra hiện tượng sol khí axit sulfuric (H_2SO_4) mà nó góp phần gây mưa axit.

Một lượng lớn khí SO_2 được phát thải từ núi lửa và cháy rừng. Lượng phát thải SO_2 từ núi lửa ước tính từ 2 – 5 triệu tấn khối năm ($2 - 5 \times 10^6$ MT/năm). Khoảng 90% lượng phát thải sulphua từ núi lửa trên toàn cầu là khí SO_2 , 10% là khí H_2S . Chưa tính được lượng phát thải sulphua từ các vụ cháy rừng trên toàn cầu.

Lượng phát thải khí SO_2 do con người tạo ra lớn hơn nhiều so với từ tự nhiên, ước tính từ $146 - 187 \times 10^6$ MT/năm. Lượng khí SO_2 lớn nhất là từ sự đốt cháy các nhiên liệu hoá thạch, khoảng 54% tổng số lượng phát thải nhân tạo (Moller, 1984). Các nhiên liệu này chứa sulphua ở cả dạng khoáng và hữu cơ, khi bị đốt cháy, hơn 90% sulphua bị oxy hoá để trở thành khí SO_2 .

Lượng phát thải SO_2 đã tăng lên nhiều, từ khoảng 5 triệu tấn vào năm 1860 tới hơn 180 triệu tấn/năm vào giữa các năm 1980. Trong tương lai, nhu cầu điện năng tăng, một phần trong đó sẽ từ các nhà máy nhiệt điện. Điều đó tạo nên một lượng phát thải SO_2 lớn. Lượng phát thải SO_2 và các chất gây ô nhiễm khác biến đổi rất lớn giữa các quốc gia và bên trong quốc gia tùy thuộc vào sự khác nhau về mật độ dân số, mức độ và kiểu công nghiệp hoá, số lượng và kiểu sử dụng nhiên liệu... Giữa các quốc gia phát triển và các quốc gia chưa phát triển có sự khác nhau rất lớn về lượng phát thải SO_2 .

Bảng 12.2. Sự biến đổi lượng phát thải khí SO_2 và khí quyển theo thời gian
(Nguồn : Moller 1984, Freedman B. đã sửa đổi 1989)

Năm	Lượng phát thải $\text{SO}_2 - \text{S}$ (10^6 MT/năm)			
	Than	Dầu lửa	Các loại khác	Tổng số
1860	2,4	0,0	0,1	2,5
1880	5,6	0,0	0,5	6,1
1900	12,6	0,2	1,3	14,1
1920	21,2	0,7	3,4	25,0
1940	24,2	2,3	6,2	32,7
1960	30,4	8,3	10,7	48,6
1970	32,4	17,6	12,0	62,0
1977	37,2	24,0	13,7	74,9
1985	48	25	17	90
2000	55	23	22	100

Nếu tính cả các khí SO_2 , H_2S và các khí sulphua khác thì lượng phát thải sulphua toàn cầu ước tính là 251×10^6 MT/năm (số liệu năm 1976), 59% là lượng khí sulphua tự nhiên. Lượng phát thải khí sulphua tự nhiên tương đối bằng nhau giữa Bắc Bán Cầu và Nam Bán Cầu. Khoảng 94% lượng phát thải khí sulphua nhân tạo là từ Bắc Bán Cầu, phản ánh sự phân bố và sự công nghiệp hoá toàn cầu của xã hội loài người.

Bảng 12.3. Lượng phát thải sulphua trong năm 1976*(Nguồn: Culis & Hirschler, Freedman B. đã sửa đổi 1989)*

Nguồn	Lượng phát thải S (10^6 MT/năm)		
Tự nhiên			
Núi lửa	3	2	5
Bụi nước biển	19	25	44
Sinh vật (trên cạn)	32	16	48
Sinh vật (đại dương)	22	28	50
Tổng số	76	71	147
Nhân tạo			
Than	59	2	61
Dầu lửa	24	1	25
Quặng sắt	8	3	11
Các loại khác	7	<1	7
Tổng số	98	6	104
Tổng lượng phát thải	174	77	251

12.1.1.2. Độ độc

Khí H_2S nếu có nồng độ đủ lớn sẽ gây hại thực vật. Tính gây độc cho thực vật của SO_2 là quá rõ, nhiều cơ sở nghiên cứu đã quan sát khả năng gây thương tổn hoặc làm giảm năng suất cây trồng bởi SO_2 . Tính độc của SO_2 đã tác động tới thực vật theo một số kiểu sau : 1. Gây tổn thương cấp tính, khi đó các mô bị hoại và với nồng độ SO_2 cao, thường bị phản ứng trong phơi nhiễm thời gian ngắn ; 2. Gây tổn thương mãn tính, ở đó sự giảm năng suất liên quan đến một số tổn thương như bệnh vàng lá hoặc rụng lá sớm, với nồng độ SO_2 thấp hơn bao giờ cũng gây phản ứng phơi nhiễm thời gian dài ; 3. Các tổn thương không thấy như giảm năng suất nhưng không thấy các tổn thương (Jacobson & Hill, 1970 ; Heck & Brandt, 1978, Roberts, 1984).

Roberts (1984) đã tổng kết các nghiên cứu phòng thí nghiệm về hiệu quả của việc xông khí SO_2 có kiểm soát đến năng suất một loạt các loài và kết luận như sau : 1. Sự phơi nhiễm SO_2 với nồng độ 76 – 150 ppb từ 1 – 3

tháng sẽ làm giảm nghiêm trọng năng suất của hầu hết các loài ; 2. Với nồng độ 38 – 76 ppb trong một vài tháng sẽ làm giảm chút ít sản lượng nhưng không phải với tất cả các loài ; 3. Nồng độ < 38 ppb, không có hoặc tác động thấp, có thể sinh hoa lợi từ cây trồng. Một điều đáng lưu ý là tác giả đã cho biết với các nồng độ ở các trường hợp 1 và 2 là nhỏ hơn đáng kể so với tiêu chuẩn chất lượng không khí ở Hoa Kỳ đối với SO₂ trong khí quyển, là 500 ppb trong 3 giờ. Tiêu chuẩn này dựa trên nồng độ ngưỡng gây tổn thương lá cấp tính với nhiều loại thực vật.

Con người nhìn chung có khả năng chống chịu với sự phơi nhiễm SO₂ cao hơn so với hầu hết các loài thực vật. Hội thảo về vệ sinh công nghiệp chính phủ của Mỹ đã khuyến cáo rằng nồng độ SO₂ không cao hơn 2 ppm được xem là sự phơi nhiễm nghề nghiệp trung bình và với nồng độ 5 ppm được xem là sự phơi nhiễm cấp tính ACGIH, 1982 ; Henderson – Sellers, 1984). Tuy nhiên, với sự phơi nhiễm SO₂ ở nồng độ < 1ppm có thể gây bệnh hô hấp cho những người nhạy cảm, đặc biệt với những người có tiền sử hen suyễn hoặc bệnh về đường hô hấp (Goldsmith, 1986).

12.1.2. Các khí nitơ

12.1.2.1. Đặc tính, lượng phát thải và chuyển vận

Các khí nitơ gây ô nhiễm quan trọng nhất bao gồm amôniac (NH₃), nitơ ôxit (NO), nitơ điôxit (NO₂), đinitơ ôxit (N₂O). trong đó, NO và NO₂ được nhóm thành NO_x.

Amôniac là khí không màu, nguồn phát thải chính là từ tự nhiên, từ vùng đất ngập nước và được sinh ra trong quá trình phân huỷ sinh học. Tổng lượng phát thải amôniac tự nhiên được ước tính khoảng >10⁹ MT/năm. Lượng phát thải nhân tạo của NH₃ nhỏ hơn nhiều, từ đốt than (3 x 10⁶ MT/năm), đốt dầu, khí (1 x 10⁶ MT/năm) và từ nuôi động vật có sừng (0,2 x 10⁶ MT/năm) (Whelpdale & Munn, 1976).

N₂O là khí không màu, không gây độc. Chúng được sử dụng trong y tế như thuốc gây mê nhẹ. Nồng độ nền của N₂O trong khí quyển là 0,25 ppm và do chúng không phản ứng nên thời gian tồn lưu dài 4 năm. Không có nguồn phát thải N₂O từ công nghiệp lớn. Các nguồn phát thải tự nhiên từ sự khử nitrit hoá của nitrat bằng vi sinh vật trong đất và nước (Box, 1982, Aneja và nnk., 1984). Đất nông nghiệp được bón phân cũng có thể là nguồn phát thải N₂O với tỷ lệ khá lớn và được ước tính là nền nông nghiệp hiện đại

đã làm tăng 50% lượng phát thải N_2O toàn cầu (Aneja và nnk., 1984). Lượng phát thải N_2O toàn cầu được ước tính khoảng 590×10^6 MT/năm.

NO là khí không màu, không mùi và không vị trong khi NO_2 có màu nâu đỏ, hăng và làm sưng tấy màng hô hấp. Nồng độ nền của NO trong khí quyển là 0,2 – 2 ppb trong khi nồng độ nền của NO_2 là 0,5 – 4 ppb. Trong khí quyển bị ô nhiễm, nồng độ các khí này khoảng 0,2 ppm. Trong khí quyển, NO bị oxy hoá nhanh chóng để trở thành NO_2 . Khí NO_2 cuối cùng bị oxy hoá bằng quang hoá và các chất xúc tác thành nitrat – là một anion góp phần gây mưa axit.

Cả NO và NO_2 đều có nguồn phát thải tự nhiên lớn hơn so với nguồn phát thải nhân tạo. Lượng phát thải tự nhiên của khí NO_x trên toàn cầu được ước tính 430×10^6 MT/năm, NO_2 là 658×10^6 MT/năm. Các nguồn phát thải lớn nhất của NO_x là : 1. Lượng phát thải từ đất và nước trong quá trình khử nitrit hoá của nitrat bởi vi sinh vật ; 2. Khi nitơ cố định bởi ánh sáng (oxy hoá N_2 thành NO_x ở nhiệt độ cao) ; 3. Sự đốt cháy sinh khối (oxy hoá N hữu cơ thành NO tại nhiệt độ cao cộng với oxy hoá N_2 trong khi đốt cháy) (Urone, 1976 ; Box, 1982 ; Logan, 1983 ; Hov, 1984).

Có một con số ước tính lượng phát thải nhân tạo của NO_x từ $36 - 60 \times 10^6$ MT/năm (Urone, 1976 ; Whelpdale & Munn, 1976 ; Logan, 1983 ; Hov, 1984). Sự đốt cháy nhiên liệu hoá thạch chiếm phần lớn trong lượng phát thải nhân tạo. Sự oxy hoá nitơ hữu cơ trong quá trình đốt cháy và sự oxy hoá N_2 trong khí quyển thành NO_x . NO là khí NO_x sơ cấp và được tạo thành bởi sự oxy hoá ; NO_2 được tạo thành thứ cấp trong khí quyển bởi sự oxy hoá NO phát thải.

12.1.2.2. Độ độc

Các loại khí NH_3 và NO_x đều có khả năng làm tổn thương cây cối. Tuy nhiên, nồng độ đủ để gây ra những tác động này phải lớn hơn nhiều so với nồng độ thường thấy như hiện nay trên cánh đồng, loại trừ môi trường ô nhiễm gần các điểm nguồn phát thải (Amundson & MacLean, 1982). Nồng độ ngưỡng của NO_2 gây tổn thương thực vật là $\geq 0,15$ ppm (Heck & Brandt, 1978).

Cũng tương tự, nồng độ NO_x trong môi trường là hiếm khi đủ để tác động tới con người. Chỉ dẫn cho phơi nhiễm nghề nghiệp dài hạn của NO là 25 ppm của NO_2 là 5 ppm, trong khi nồng độ phơi nhiễm ngắn hạn tương ứng là 35 ppm và 5 ppm (Henderson-Sellers, 1984).

12.1.3. Cacbon hydrô

12.1.3.1. Đặc tính, lượng phát thải và chuyển vận

Cacbon hydrô là một nhóm các chất gây ô nhiễm không khí, từ khí mê tan (CH_4) đến cacbon hydrô pha hơi khác nhau, tới phức chất kiểu cao phân tử nặng như các cacbon hydrô thơm đa vòng. Nồng độ bão hoà điển hình của CH_4 trong khí quyển là 1,5 ppm trong khi các cacbon hydrô khác $< 1\text{ppb}$. Lượng phát thải của CH_4 chủ yếu từ tự nhiên. Nguồn quan trọng nhất là sự lên men vi sinh vật trong các vùng đất ngập nước yếm khí nhưng nguồn nhỏ hơn bao gồm khí thải từ khí tự nhiên và từ trầm tích bể than, CH_4 còn được tạo thành từ sự oxy hoá không hoàn toàn vật chất hữu cơ trong các vụ cháy rừng (Urone, 1976 ; Whelpdale & Munn, 1976 ; Alshuller, 1983). Dự tính lượng phát thải CH_4 trên toàn cầu khoảng 300×10^6 MT/năm tới 1600×10^6 MT/năm, (Whelpdale & Munn, 1976 ; Alshuller, 1983, Urone, 1976).

Các đánh giá lượng phát thải tự nhiên của khí cacbon hydrô không phải CH_4 dao động từ 200×10^6 MT/năm tới 830×10^6 MT/năm (Urone, 1976 ; Zimmerman, 1979) trong khi lượng phát thải nhân tạo được dự tính 65×10^6 MT/năm (Duce, 1978). Lượng phát thải các khí cacbon hydrô tự nhiên lớn nhất là từ thảm thực vật sống và khí thải từ khí tự nhiên và sự lắng đọng than của cacbon hydrô nhẹ như êtan, prôpan, butan và pentan (Dimitriades, 1981, Alshuller, 1983).

Một lượng phát thải nhân tạo quan trọng nhất của cacbon hydrô không phải CH_4 là từ ô tô, máy bay và từ tách chiết và tinh lọc cacbon hydrô trong công nghiệp. Tỷ lệ, kiểu phát thải cacbon hydrô từ các phương tiện giao thông phụ thuộc vào kiểu nhiên liệu sử dụng (dầu diesel pha với nhiên liệu đốt trong thông thường), trọng tải của phương tiện và điều kiện nhiên liệu đặc biệt như thời gian đánh lửa, thiếu khí, tỷ lệ dầu, nhiệt độ của máy...

12.1.3.2. Độ độc

Lượng phát thải cacbon hydrô từ tự nhiên và nhân tạo đều lớn. Tuy nhiên, loại trừ các vùng lân cận điểm phát thải lớn bị ô nhiễm thì không có bằng chứng gây tổn thương cấp tính do phơi nhiễm các hoá chất này trong khí quyển. Dưới góc độ tác động sinh thái, cacbon hydrô trong khí quyển là quan trọng nhất thể hiện vai trò của chúng trong các phản ứng quang hoá liên quan tới NO_x và O_3 .

12.2. MƯA AXIT

12.2.1. Tổng quan các nghiên cứu về ảnh hưởng của mưa axit tới môi trường sống

Ảnh hưởng của sự lắng đọng các chất gây axit từ khí quyển được biết một cách phổ biến là “mưa axit” và hiện là một vấn đề được các diễn đàn khoa học cũng như công cộng đề cập nhiều. Chỉ cách đây khoảng 25 năm, nghiên cứu về mưa axit chưa có và chỉ một số ít người quan tâm về những ảnh hưởng tiềm tàng của mưa axit tới các hệ sinh thái tự nhiên. Từ đầu năm 1970, tình hình này đã thay đổi nhanh chóng. Một hội nghị Liên hợp quốc về Môi trường của con người đã được tổ chức ở Stockholm, tại đây, chính phủ Thụy Điển trình bày một báo cáo khoa học với tiêu đề “Ô nhiễm không khí xuyên biên giới, những ảnh hưởng tới môi trường của sulphua trong không khí và nước mưa” (Bộ Ngoại giao Hoàng gia và Bộ Nông nghiệp Hoàng gia – RMFA/RMA, 1971). Một số phần của báo cáo này đã định hướng về sự axit hoá (chua hoá) nhân tạo tới các hệ sinh thái và đề xuất các nghiên cứu khoa học với sự tham gia của các tổ chức môi trường phi chính phủ và nhà công nghiệp. Bởi những hoạt động như thế, tác động của mưa axit hiện nay được hiểu rõ hơn là chính con người đã làm suy thoái môi trường.

12.2.1.1. Hoá nước mưa

Các chất gây axit từ khí quyển có thể lắng đọng vào các hệ sinh thái thủy vực và trên cạn theo một số con đường như sau : 1. Sự lắng đọng ướt các vật chất qua mưa, tuyết và sương mù, còn gọi là mưa axit ; 2. Sự hấp thụ các loại khí bởi thực vật, đất và nước mặt ; 3. Sự lắng đọng khô các hạt.

Mưa axit được xác định có độ pH dưới 5,65. Đây là độ axit được tạo thành bởi axit cacbonic (H_2CO_3) ở nồng độ cân bằng ở khí quyển, CO_2 bằng 240 ppt khi tiếp xúc với nước pha loãng ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$). Bởi vậy, với pH 5,65 (axit yếu) được xem là mưa axit. Các cation nhiều nhất trong nước mưa bao giờ cũng là H^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , các anion nhiều là SO_4^{2-} , Cl^- và NO_3^- . Các ion khác cũng có nhưng nồng độ nhỏ. Tính axit của nước mưa chủ yếu do sự hiện diện của ion H^+ và được đo bằng giá trị pH.

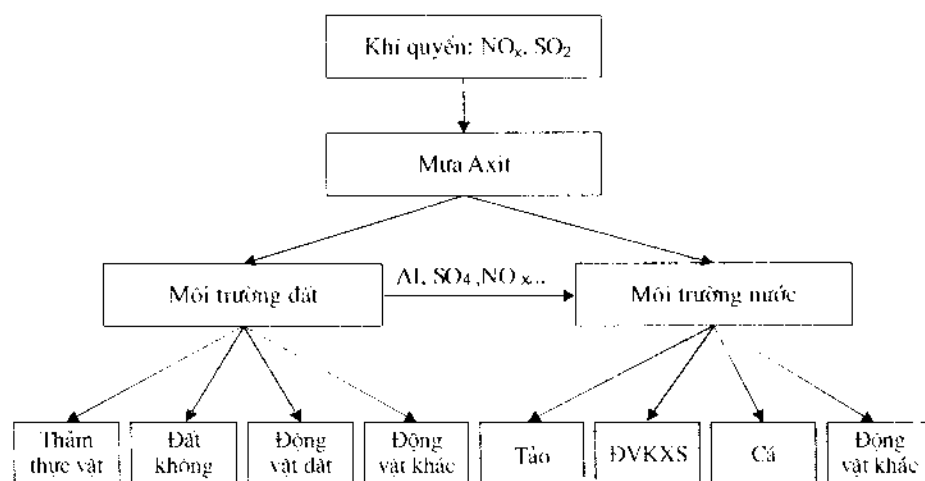
Sulphua điôxit (SO_2) và ôxítnitơ (NO_x) là hai chất gây mưa axit chủ yếu. Các chất này có nguồn gốc chủ yếu từ các nhà máy nhiệt điện, các khu công nghiệp, các phương tiện giao thông. Khi SO_2 và NO_x phát tán trong không khí có phản ứng với độ ẩm và diễn ra quá trình ôxy hoá tạo thành axit

sulphuric và axit nitric trong đám mây và xuống đất theo mưa hoặc tuyết. Theo kết quả nghiên cứu (Mason, 1996), axit sulphuric chiếm khoảng 70% tổng lượng mưa axit ở Tây-Bắc Châu Âu và khoảng 60% ở Đông – Bắc Mỹ, hầu hết lượng mưa axit còn lại là axit nitric.

12.2.1.2. Tác động của mưa axit tới môi trường

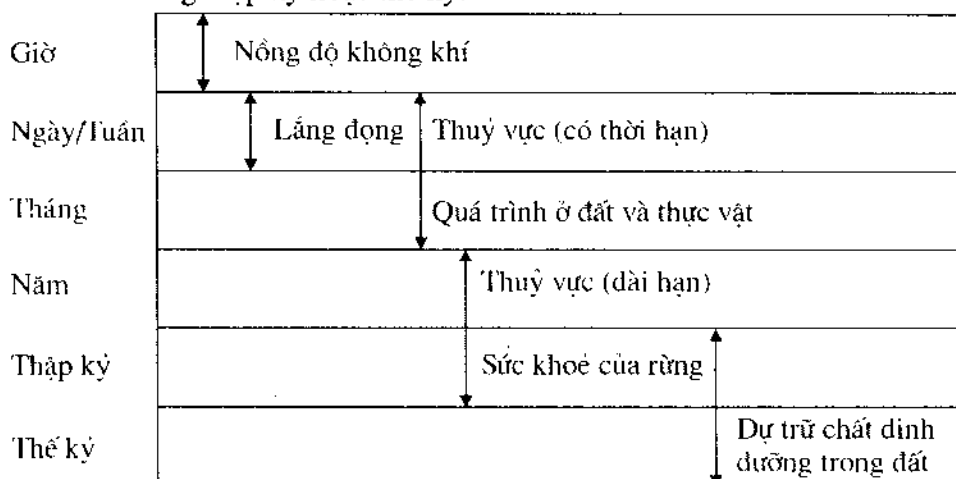
Trên thế giới, mưa axit và sự chua hoá các thuỷ vực nước ngọt đã được chú ý đến từ trên 25 năm nay. Các kết quả nghiên cứu chủ yếu được thực hiện ở các nước công nghiệp ở Tây, Bắc Âu và Bắc Mỹ thông qua các thực nghiệm và các quan sát trong thiên nhiên đã cho thấy mưa axit đã gây nhiều tác động tiêu cực đến thảm thực vật, hệ động vật và các thành phần môi trường sống (đất, nước). Đối với các cơ thể sống, mưa axit ảnh hưởng trực tiếp như gây các tổn thương tới cấu trúc cơ thể sinh vật, gián tiếp là tác động tới các thành phần môi trường sống như đất, nước làm mất cân bằng các chu trình dinh dưỡng.

Mưa axit làm chua hoá môi trường đất, môi trường nước và qua đó gây ảnh hưởng tới các hệ sinh thái ở cả trên cạn lẫn dưới nước. Bởi vậy, trên thế giới, đặc biệt là ở các nước công nghiệp phát triển, các nghiên cứu ảnh hưởng của mưa axit tới sinh vật trong các hệ sinh thái đã được thực hiện từ nhiều năm nay. Nghiên cứu lắng đọng axit và các tác động của nó đến môi trường đã được tiến hành ở Mỹ từ năm 1980 bởi Chương trình đánh giá mưa axit quốc gia (National Acid Precipitation Assessment Program – NAPAP) là một chương trình Quốc gia trực thuộc Hội đồng Khoa học và Công nghệ Quốc gia (thành lập năm 1993).



Hình 12.2. Sơ đồ biểu diễn tác động của mưa axit tới các thành phần môi trường

Các nghiên cứu đã cho thấy rằng thời gian phản ứng lại những biến đổi do các phát thải gây mưa axit đối với các vùng bị ảnh hưởng môi trường khác nhau (đất, thủy vực và hệ sinh thái rừng) là khác nhau rất nhiều. Các hệ sinh thái ở nước có thể bị ảnh hưởng chỉ trong vài ngày hoặc vài tuần lễ, trong khi sức khỏe của rừng và sự dự trữ các chất dinh dưỡng trong đất có thể diễn ra hàng thập kỷ hoặc thế kỷ.



Hình 12.3. Thời gian phản ứng khác nhau với những biến đổi trong phát thải
(Nguồn : US. EPA (2001))

Tại các nước trong Cộng đồng châu Âu, giám sát mưa axit cũng được thực hiện từ những năm 1980. Hiện đang có ở đây hai chương trình nghiên cứu liên quan đến mưa axit, trong đó đáng lưu ý là chương trình giám sát tổng hợp nhằm đánh giá một cách khoa học để kiểm soát các chất gây ô nhiễm không khí đến môi trường không khí và sinh thái. Mục đích khoa học của hoạt động này là nghiên cứu và đánh giá các kết quả để tạo ra các cơ sở khoa học cho các quyết sách phục vụ bảo vệ môi trường.

Tại các nước châu Á, đặc biệt ở vùng Đông Bắc châu Á, vấn đề mưa axit đang được đẩy mạnh về nghiên cứu và giám sát do tính chất phát triển rất mạnh ở các quốc gia này. Trong hoạt động của mạng lưới giám sát mưa axit ở Đông Á (EANET) bắt đầu từ 1998 do Nhật Bản chủ trì, các nội dung giám sát môi trường các thủy vực nước ngọt, đất và thảm thực vật đã được các nước thành viên quan tâm. Tuy nhiên, cho đến nay, việc nghiên cứu phương pháp luận giám sát các thành phần môi trường do tác động của mưa axit vẫn còn đang được tiếp tục hoàn thiện.

12.2.1.3. Mưa axit gây chua hoá thủy vực

Chương trình nghiên cứu ảnh hưởng tới môi trường nước (Aquatic Effects Research Program) của NAPAP đã thực hiện nhiều công trình nghiên cứu thực trạng thay đổi về chất lượng nước mặt (sông, hồ) từ các ảnh hưởng của mưa axit cũng như các ảnh hưởng của mưa axit đến sức khỏe con người, các loài sinh vật và hệ sinh thái.

Tác động sinh thái của mưa axit đã thấy rất rõ ở các thủy vực hoặc môi trường nước như suối, hồ, đầm. Mưa axit sau khi rơi xuống, chảy vào suối, hồ đầm. Mưa axit cũng có thể rơi trực tiếp vào thủy vực. Hầu hết các hồ, suối có pH giữa 6 – 8, một số các hồ bị chua tự nhiên mặc dầu không bị ảnh hưởng của mưa axit. Mưa axit có tác động tới các thủy vực nhạy cảm mà ở đó, đất vùng lưu vực ít có khả năng làm trung hoà axit (khả năng đệm – buffering capacity) thì hồ và suối ở đó bị axit (pH thấp). Cũng tại các vùng không có khả năng trung hoà axit, nhôm là một độc tố cho nhiều loài thủy sinh vật được phát thải ra từ đất vào môi trường nước trong thủy vực.

Các chất gây axit hoá vào các thủy vực bằng ba nguồn : trực tiếp từ khí quyển, gián tiếp từ khí quyển qua vùng lưu vực và từ các nguồn gây axit ngay trong chính vùng lưu vực (axit hoá đất).

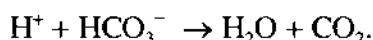
Những ảnh hưởng chủ yếu của mưa axit tới môi trường nước diễn biến theo các hướng làm thay đổi thành phần thủy lý, thủy hoá và sự chua hoá (axit hoá). Trong ba chục năm trở lại đây, ở các nước công nghiệp phía Bắc Bán Cầu, quá trình chua hoá các thủy vực diễn ra ngày một nhanh hơn. Ví dụ, khi quan sát 87 hồ ở phía nam Na Uy từ 1929 đến 1949 và từ 1970 đến 1980, thấy 24% số hồ có pH thấp dưới 5,5 trong thời gian đầu và 47% trong giai đoạn sau.

Các khảo sát về ảnh hưởng của sự lắng đọng axit được Tổ chức Khảo sát nước mặt quốc gia (NSWS) của Hoa Kỳ đã thực hiện trên 1000 hồ và hàng nghìn dặm suối ở Hoa Kỳ đã cho thấy 75% số hồ và 50% suối đã bị mưa axit gây chua.

Các phát thải có nguồn gốc từ Hoa Kỳ cũng góp phần cho sự lắng đọng axit ở vùng phía đông Canada mà ở đó, tính chất đất tương tự như đất của vùng núi Adirondack của Hoa Kỳ (ít có khả năng trung hoà axit) và các hồ ở đây thường bị axit hoá lâu dài. Chính phủ Canada ước tính có khoảng 14000 hồ ở vùng phía đông Canada bị chua hoá.

Quá trình chua hoá phụ thuộc vào khả năng đệm/trung hoà của nước được xác định bởi hàm lượng các ion bicacbonat.

- Giai đoạn đầu : bicacbonat hoà tan có thể trung hoà axit mạnh



Giai đoạn này, pH thường > 6, nước mang tính kiềm.

- Giai đoạn 2 là giai đoạn chuyển tiếp, bicacbonat bị mất đi khi trung hoà axit gây nên dao động lớn của pH.

- Giai đoạn 3 : thuỷ vực mất hoàn toàn tính kiềm, pH thường < 5, trong khi đó, hàm lượng các kim loại, đặc biệt là hàm lượng nhôm (Al) tăng lên gây axit hoá. Tuy nhiên, các hồ có khả năng đệm/trung hoà cao không bao giờ bị trạng thái axit bền vững.

Nhìn chung, sự chua hoá làm giảm đa dạng thực vật nổi : các hồ bị chua hoá có 10 – 20 loài, trong khi đó các hồ nghèo dinh dưỡng trung tính 30 – 80 loài (Muniz, 1991). Tuy vậy, vẫn có các loài tồn tại, thậm chí phát triển trong điều kiện chua hoá bởi vì chúng có khả năng chịu đựng được chua trong điều kiện chuyển hoá photphat (Smith, 1990). Ví dụ như các loài tảo thuộc *Dinoflagellate* chiếm ưu thế ở nhiều hồ bị chua hoá, mặc dầu chúng có giảm số loài nhưng ít khi giảm sinh khối hoặc quang tổng hợp nếu nguồn dinh dưỡng photphat vẫn được duy trì (Olaveson & Nalewajko, 1994).

Tảo bám ở đáy (*Peryphyton*) có những phản ứng khác nhau. Mặc dầu sự đa dạng nhìn chung giảm nhưng vẫn có sự sinh sôi nảy nở do giảm động vật ăn mỗi khi môi trường bị chua hoá. *Periphyton* bắt đầu phát triển khi pH giảm xuống < 6 và gia tăng nữa khi pH < 5,5. Các loài tảo như *Mugeotia* và *Zygnema* thường ưu thế trong khi các nhóm tảo lam có thể hình thành trong điều kiện quá axit để hỗ trợ vi khuẩn lam trôi nổi. Tại các suối ở Welsh, tảo lục *Mugeotia*, *Ulothrix* và *Stigeoclonium* có tần số gặp lớn nhất tại môi trường nước pH thấp (Ormerod & Wade, 1990).

Thực vật thuỷ sinh bậc cao (*Macrophyta*) kém phát triển ở các hồ có pH thấp. Sự biến đổi rong trong hồ bị chua hoá bao gồm sự suy giảm loài vốn ưu thế như *Lobelia* tại pH = 4 hoặc thấp hơn nữa và sự gia tăng loài ưu thế – rêu nước *Sphagnum* (Grahn, 1986). Ormerod và cộng sự, (1987) đã nghiên cứu nhóm thực vật (*Macroflora*) của các suối bị chua hoá ở xứ Wale đã cho rằng có thể sử dụng một số nhóm thực vật này như là các loài chỉ thị cho suối bị chua.

Đối với nhóm động vật không xương sống ở nước ngọt, khi nghiên cứu hơn 70 thủy vực bị chua hoá tại Anh, thấy có mối tương quan giữa nhóm giáp xác *Crustacea* và pH. Độ pH là yếu tố giám sát quần thể thủy sinh trong môi trường axit. Các loài rêu ngành *Daphnia* và chân chèo *Cyclops* rất ít gặp hoặc không thấy có ở các hồ bị chua hoá. Havas & Likens (1985) nghiên cứu ảnh hưởng kết hợp của axit và nhôm lên tỷ lệ chết và cân bằng Na ở loài rêu ngành *D. magna*. Cả H^+ và Al gây nhiễu sự cân bằng natri trong cơ thể loài này.

Các nghiên cứu tại các suối đầu nguồn của sông Tywi ở tây xứ Wales, Stoner và cộng sự (1984) thấy rằng khi pH cao hơn 5,5 và độ cứng cao hơn 8 mg/l thì quần xã động vật không xương sống có tới 60 – 80 bậc phân hạng (taxon). Khi pH dưới 5,5, độ cứng dưới 10 mg/l chỉ có 23 – 27 bậc phân hạng (taxon). Động vật không xương sống nước ngọt cần các ion Na, Cl, K và Ca hoạt tính để duy trì sự sống. Điều đó phụ thuộc vào hàm lượng các ion ở bên ngoài. Trong thủy vực bị axit, hàm lượng các ion này quá thấp, trong khi đó các ion H^+ và Al trở nên ưu thế trong nước. Chúng xâm nhập vào bên trong, gây rối loạn các cân bằng bên trong dẫn tới làm mất đi các ion quan trọng trong mô và máu (Sutcliffe & Hildrew, 1989).

Các nghiên cứu tại các hồ của bán đảo Scandinavia cho thấy quần thể cá mất dần từ đầu những năm 1920 do các hồ bị mưa axit làm chua hoá dần. Trong 7 sông ở phía nam Na Uy bị mưa axit, cá hồi bị suy giảm số lượng bắt đầu từ những năm 1970, trong khi 68 sông khác không bị mưa axit thì sản lượng cá hồi không giảm. Các thủy vực bị axit tác động đến cá theo hai kiểu : làm chết cá ngay khi bị mưa axit, và làm giảm dần quần thể trong thủy vực bị axit hoá.

Các nghiên cứu ở Hoa Kỳ cho thấy mưa axit gây nhiều hậu quả làm chết cá, làm giảm số lượng quần thể cá, thậm chí huỷ diệt các loài cá của thủy vực và làm giảm độ đa dạng sinh học của thủy vực. Vì mưa axit chảy qua đất ở vùng lưu vực, nhôm (Al) được giải phóng ra từ đất vào hồ hoặc suối ở đó nên pH trong hồ hoặc suối giảm, nồng độ Al tăng lên. Cả pH thấp lẫn nồng độ Al tăng cao đã trực tiếp gây độc cho cá. Thêm nữa là độ pH thấp và Al cao gây stress mãn tính có thể không giết cá nhưng dẫn tới kích thích và khối lượng cá nhỏ hơn làm cho cá mất khả năng cạnh tranh thức ăn và nơi cư trú.

Một số loài động vật có khả năng thích nghi với nước bị chua hoá. Các nhóm khác, lại nhạy cảm với axit và sẽ bị chết khi pH giảm. Nhìn chung, con non của hầu hết các loài là nhạy cảm cao hơn với điều kiện môi trường bị thay đổi so với con trưởng thành. Tại pH = 5, hầu hết trứng cá không thể

nở. Tại pH thấp hơn nữa, một số cá trường thành bị chết. Một số hồ bị axit hoá nặng không còn cá nữa.

Tác động của mưa axit tới môi trường nước đã rõ. Tuy vậy, ảnh hưởng của mưa axit tới các thủy vực phụ thuộc nhiều vào cấu tạo địa chất và tính chất thổ nhưỡng (khả năng làm trung tính axit) của vùng lưu vực. Các vùng có nền địa chất canxi không nhạy cảm với mưa axit và thậm chí với lượng nhỏ nền đá vôi trong vùng lưu vực cũng sẽ làm giảm đáng kể ảnh hưởng của mưa axit. Axit hoá thường xảy ra tại các vùng có nền đá gốc là granit hoặc gneiss với lớp đất bề mặt mỏng.

Các suối sau khi chảy qua rừng sẽ làm bay hơi sulphua và nitrogen vào khí quyển, axit sẽ được sản sinh ra từ quá trình ôxy hoá. Các nghiên cứu cho thấy có mối liên quan giữa rừng và tính chất thủy hoá của suối : Độ pH của nước suối ở vùng không có rừng lớn hơn ở vùng có rừng che phủ trên 30% và ngược lại hàm lượng Al và sulphat ở vùng có rừng cao hơn so với suối ở vùng không có rừng.

Phương thức sử dụng đất có tác động rất lớn đến mức độ axit hoá các thủy vực. Đất trong rừng thường bị axit hoá cao hơn do :

- Sự tích lũy rác, thảm thực vật bị thối rữa, phân huỷ thành các chất hữu cơ dưới dạng axit hữu cơ gây axit hoá đất

- Tỷ lệ bốc hơi nước của cây cao hơn so với thảm cỏ nên làm giảm lượng nước với hàm lượng chất độc hữu cơ lớn hơn chảy qua đất.

- Các cây to có bộ rễ hút các chất dinh dưỡng trong đất để sinh trưởng và phát triển. Trong đó có cả các chất có khả năng làm trung hoà axit.

12.2.1.4. Tác động của mưa axit tới rừng

Nhiều năm trước, các nhà khoa học, lâm học và nhiều người khác đã quan sát thấy một số rừng sinh trưởng chậm mà không biết vì sao. Các cây trong những cánh rừng này không sinh trưởng nhanh ngay cả khi khoẻ. Lá hoặc gai bị úa vàng và rụng khi chúng vẫn còn xanh và khoẻ. Một số trường hợp, một số cá thể cây hoặc cả một diện tích rừng bị chết mà không rõ nguyên nhân.

Về sau, các nhà nghiên cứu mới biết rằng mưa axit là nguyên nhân gây chậm sinh trưởng, tổn thương cây hoặc làm cả vạt rừng bị chết. Mưa axit đã làm suy thoái rừng và đất đai ở nhiều vùng của miền đông Hoa Kỳ, đặc biệt rừng ở đai cao của vùng núi Appalachian từ Main tới Georgia bao gồm cả

các Vườn Quốc gia ở Shenandoah và núi Smoky lớn. Tuy nhiên, mưa axit không chỉ gây ra những hiện tượng như vậy. Nó còn gây ra sự kiện căng thẳng khác như : các chất gây ô nhiễm không khí, côn trùng gây hại, bệnh tật, hạn hán hoặc thời tiết rất lạnh cũng đe dọa đời sống thực vật. Trong hầu hết các trường hợp, thực tế thì những tác động của mưa axit tới cây cối diễn ra do những ảnh hưởng kết hợp của mưa axit và các nguyên nhân gây căng thẳng môi trường khác. Sau nhiều năm thu thập các thông tin về hoá học và sinh học của rừng, các nhà nghiên cứu mới hiểu mưa axit đã tác động tới đất rừng và các cây cối như thế nào.

12.2.1.5. Mưa axit tác động tới nền thảm rừng

Cơn mưa mùa xuân trong rừng rửa lá và rơi qua cây xuống nền đất rừng. Một số dòng nước chảy trên nền đất tới suối, sông hoặc hồ, một lượng nước khác ngấm xuống đất. Đất đó có thể trung hoà một số hoặc tất cả độ chua của nước mưa axit. Khả năng này được gọi là khả năng đệm, nếu không có điều đó, đất bị chua hơn. Sự khác nhau của khả năng đệm của đất là một nguyên nhân quan trọng để thấy vì sao một số vùng bị mưa axit gặp nhiều tổn hại, trong khi các vùng khác cũng bị mưa axit nhưng không thấy bị tổn hại tí nào. Khả năng của đất rừng có thể trung hoà độ chua của mưa axit phụ thuộc vào độ dày và thành phần đất như kiểu nền đá gốc dưới thảm rừng. Đất ở các bang Trung tây Hoa Kỳ như Nebraska, Indiana có khả năng trung hoà tốt. Các vùng núi đông bắc như New York's Adirondack và Catskill có nền đất mỏng, khả năng trung hoà thấp.

12.2.1.6. Mưa axit hại cây như thế nào ?

Mưa axit không bao giờ trực tiếp làm chết cây. Thực ra, nó làm cây yếu đi bởi làm hại lá, hạn chế khả năng dinh dưỡng của chúng hoặc làm cho các chất độc từ đất thấm vào cây. Thường thì sự thương tổn hoặc cây bị chết là do các ảnh hưởng của mưa axit kết hợp với một hoặc nhiều mối đe dọa khác thêm vào. Các nhà khoa học đã biết rằng nước bị axit hoá hoà tan các chất dinh dưỡng và các chất khoáng có ích trong đất và sau đó cuốn trôi chúng đi trước khi cây cối có thể sử dụng chúng để sinh trưởng. Đồng thời, mưa axit giải phóng các chất độc như nhôm (Al) trong đất cho cây cối. Các nhà khoa học tin rằng sự kết hợp như vậy đã làm đất bị mất chất dinh dưỡng đồng thời lại gia tăng nhôm gây độc làm hại cây. Các chất như vậy cũng bị cuốn trôi và chảy vào suối, sông và hồ. Các chất này còn được giải phóng từ đất nhiều hơn nữa khi nước mưa bị axit nhiều hơn.

Tuy vậy, cây cối có thể bị đe dọa do mưa axit thậm chí nếu đất ở vùng đó có khả năng đệm tốt. Rừng ở núi cao thường bị phơi nhiễm với lượng axit lớn hơn so với rừng khác do chúng bị các đám mây và sương mù bao quanh có tính axit nhiều hơn mưa. Các nhà khoa học cũng cho rằng khi lá bị tắm trong sương mù axit, các chất dinh dưỡng quan trọng của chúng bị mất hết. Tán lá bị mất chất dinh dưỡng sẽ làm cây dễ bị tổn thương nhiều hơn so với các yếu tố môi trường khác, đặc biệt là thời tiết mùa đông lạnh.

12.2.2. Nghiên cứu mưa axit ở Việt Nam

Hiện nay, ở Việt Nam, quá trình công nghiệp hoá hiện đại hoá đất nước đang phát triển với tốc độ mạnh mẽ. Cùng với quá trình này, các nguồn tài nguyên thiên nhiên được khai thác và sử dụng ngày càng nhiều hơn dẫn đến môi trường sống bị tác động mạnh. Theo báo cáo Đánh giá hiện trạng môi trường Việt Nam, từ năm 1995 – 2002 môi trường không khí xung quanh của hầu hết các đô thị và một số khu công nghiệp bị ô nhiễm mà hậu quả của ô nhiễm không khí là mưa axit. Số liệu đã cho thấy rằng mưa axit đã xuất hiện ở một số nơi. Hơn nữa, Việt Nam nằm sát với khu vực có tiềm năng gây mưa axit rất lớn đó là toàn bộ vùng duyên hải Trung Quốc. Nghiên cứu về mưa axit ở Việt Nam mới bắt đầu rất sơ bộ từ những năm đầu thập kỷ 90 của thế kỷ trước và ở mức độ một đề tài cấp ngành. Giám sát mưa axit bắt đầu chậm hơn (vào năm 1996).

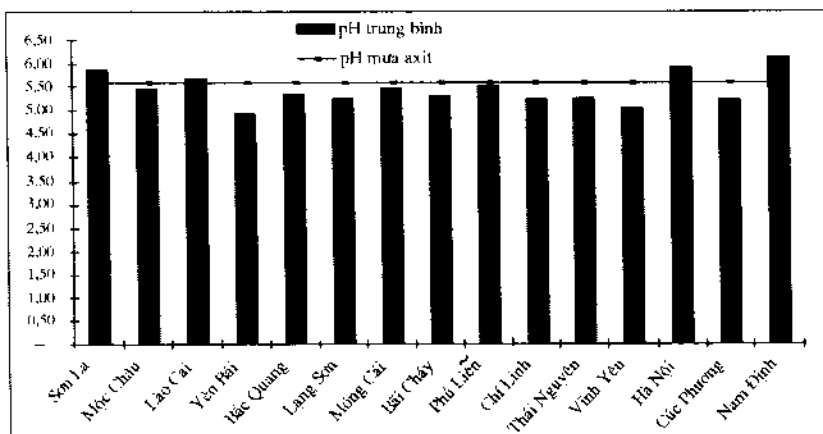
Trong khuôn khổ của đề tài độc lập cấp nhà nước “*Nghiên cứu, đánh giá hiện trạng, dự báo xu thế diễn biến và đề xuất các giải pháp kiểm soát mưa axit ở Bắc Bộ Việt Nam (khu vực từ Ninh Bình trở ra)*” giai đoạn 2000 – 2002, Nguyễn Hồng Khánh và nnk. (2005) cho thấy một số nét cơ bản như sau :

- Mưa axit đã xuất hiện trên toàn khu vực nghiên cứu từ Ninh Bình trở ra. Phần lớn giá trị pH trung bình ở các trạm nghiên cứu đều $< 5,6$. Đặc biệt vào mùa khô, có 5/7 trận mưa có pH trung bình $< 5,0$.

- Mưa axit tập trung chủ yếu vào mùa khô. Vào mùa mưa, các trận mưa axit thường xuất hiện vào đầu mùa và cuối mùa. Đa số các trận mưa axit đều rơi vào các trận mưa nhỏ dưới 10 mm.

- Mưa axit ở Việt Nam có nguồn gốc chủ yếu từ nước ngoài (do gió trên cao).

- Cũng trong khuôn khổ của đề tài trên, các nghiên cứu gần đây cho thấy giá trị trung bình của pH nước mưa đo được trong hai năm 2004 và 2005 tại 15 trạm quan trắc nước mưa ở Bắc Bộ Việt Nam được trình bày trong hình 12.4.



Hình 12.4. Giá trị pH trung bình của nước mưa tại các trạm quan trắc

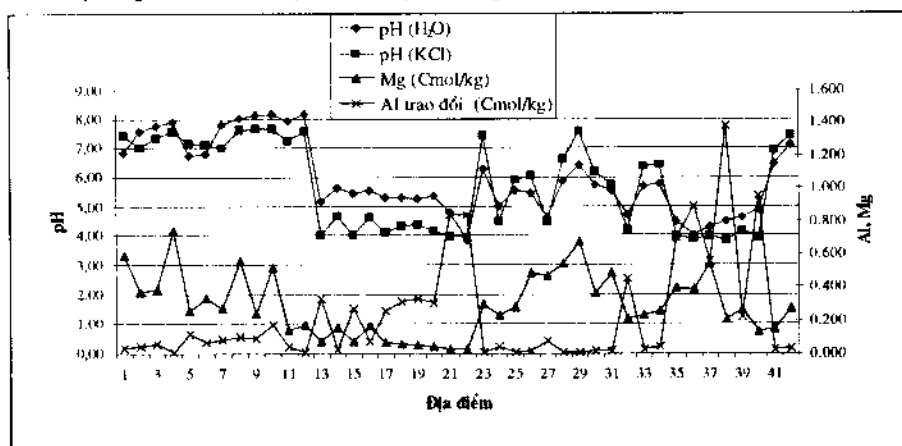
Qua các kết quả đo đặc độ pH nước mưa của hàng trăm dẫn liệu đo tại từng trạm quan trắc trong hai năm 2004 và 2005, có một số nhận xét sau :

- Tại tất cả các trạm quan trắc nước mưa, đều thấy có những cơn mưa có giá trị pH của nước mưa nhỏ dưới 5,6 (biểu thị mưa axit).

- Trong 15 trạm quan trắc, chỉ có 4 trạm quan trắc là Sơn La, Lào Cai, Hà Nội và Nam Định có giá trị pH nước mưa trung bình cao hơn 5,6, biểu thị có tần xuất mưa axit thấp hơn. Giá trị trung bình của nước mưa của các trạm quan trắc còn lại đều thấp dưới 5,6, biểu thị có tần xuất mưa axit cao hơn.

12.2.2.1. Độ pH đất liên quan tới một số thành phần địa hoá

Diễn biến của pH và hàm lượng các kim loại như nhôm, magiê ở đất tại một số trạm quan trắc được thể hiện trong hình 12.5.



Hình 12.5. Diễn biến độ pH, Al và Mg của đất tại một số trạm quan trắc

Qua đó có một số nhận xét như sau :

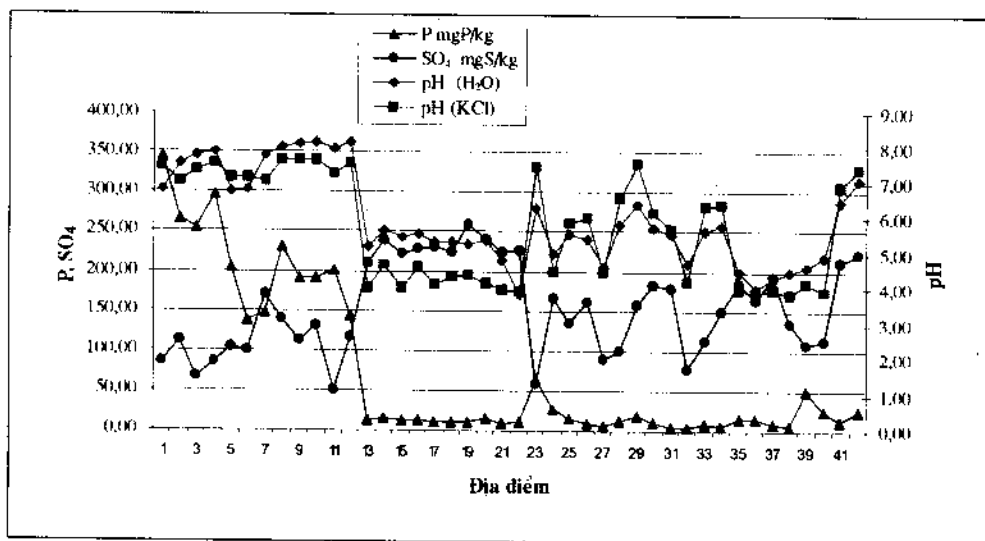
– Nhìn chung, hàm lượng nhôm trao đổi trong đất có xu hướng cao khi pH thấp và ngược lại, hàm lượng nhôm thấp khi pH cao. Điều đó phù hợp với các nghiên cứu đã có của nhiều tác giả nước ngoài : môi trường đất axit là điều kiện thuận lợi để nhôm phát thải ra khỏi đất và di chuyển vào môi trường nước.

– Trong khi đó, nồng độ magiê trao đổi có xu hướng cao khi pH cao và thấp khi pH thấp. Điều đó phù hợp với quy luật chung là hàm lượng các cation bazơ như Mg, Ca bị giảm khi pH thấp (đất bị chua).

– Diễn biến của pH, photpho và SO_4 trong đất tại một số trạm quan trắc được thể hiện trong hình 12.6. Qua đó có một số nhận xét như sau :

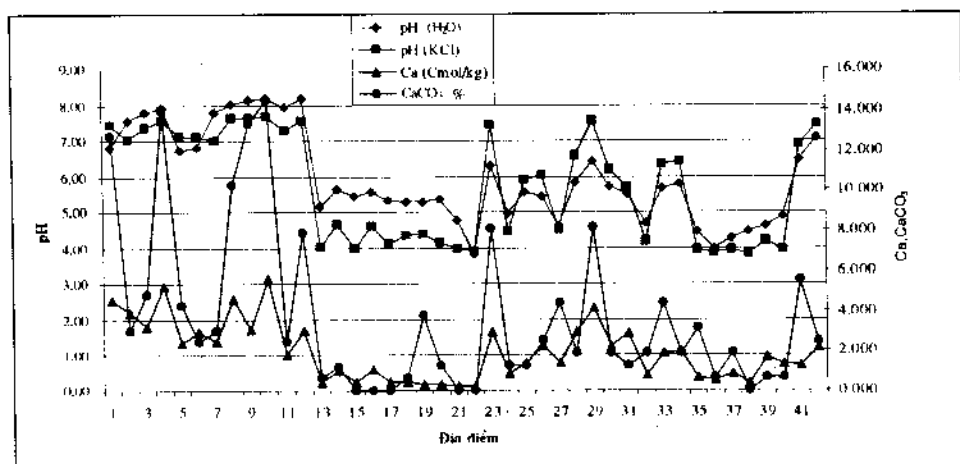
+ Nồng độ sulphat (SO_4) có xu hướng cao khi pH thấp và thấp khi pH cao. Kết quả này cũng phù hợp với các dẫn liệu nghiên cứu của nhiều tác giả nước ngoài : có sự tích lũy sulphua trong môi trường pH thấp (đất chua).

+ Nồng độ photpho (P) thấy cao ở trạm Quảng Ninh (nơi có giá trị pH cao nhất trong các trạm quan trắc : thường trung tính hoặc kiềm yếu), thấp ở các trạm còn lại.



Hình 12.6. Diễn biến độ pH, photpho và SO_4 của đất tại một số trạm quan trắc

Diễn biến của pH, Ca, $CaCO_3$ trong đất tại một số trạm quan trắc được thể hiện trong hình .



Hình 12.7. Diễn biến độ pH, Ca và CaCO_3 của đất tại một số trạm quan trắc

Qua đó có một số nhận xét như sau :

– Nhìn chung, hàm lượng Ca và CaCO_3 trong đất ở các trạm quan trắc có xu hướng diễn biến như nhau.

– Tại các trạm quan trắc; thấy rõ nồng độ Ca và CaCO_3 trong đất cao khi pH cao và thấp khi pH thấp. Điều đó phù hợp với quy luật chung : hàm lượng các cation bazơ như Ca, Mg bị giảm khi pH thấp (đất bị chua) và cao khi môi trường đất kiềm.

Nhận xét chung : Qua các kết quả phân tích một số yếu tố địa hoá tại một số trạm quan trắc thấy rõ một số quy luật liên quan giữa độ chua, độ pH của đất và các yếu tố hoá học ở đất :

– Các vùng đất có độ pH thấp (đất bị chua) thì ở đó hàm lượng nhôm vô cơ (Al) hoà tan trong nước của đất và sulphat (SO_4) trong đất cao. Vùng đất có pH cao thì ngược lại, hàm lượng các yếu tố này trong đất thấp. Trong môi trường đất bị chua do mưa axit, hàm lượng Al là một độc tố gây độc với đời sống của động vật thuỷ sinh đồng thời kìm hãm sự hấp thụ các chất dinh dưỡng của rễ cây.

– Các yếu tố hoá học khác trong đất như các cation bazơ Ca, K, Mg... lại có xu hướng cao khi pH đất cao và thấp khi pH của đất thấp. Sự chua hoá của đất nếu diễn ra trong một thời gian dài sẽ làm giảm đáng kể lượng Ca trong đất, nước.

Tuy nhiên, trong khuôn khổ của đề tài nghiên cứu tác động của mưa axit, qua 2 năm theo dõi tại ô thí nghiệm đặt trong trạng thái rừng non thuộc

địa phận Tràm đa dạng sinh học Mê Linh, Đỗ Hữu Thư (2006) bước đầu nhận xét : 1. Không thấy có một hiện tượng bất thường nào khác (như hiện tượng vàng lá, rụng lá bất thường ; ra hoa, quả bất thường...) xảy ra đối với các loài thực vật trong ô thí nghiệm ; 2. Có hiện tượng một số cá thể thực vật thuộc một số loài trong ô tiêu chuẩn bị chết chưa rõ nguyên nhân, lượng tăng trưởng của thực vật về chiều cao cũng thấp hơn so với các vùng khác và thấp hơn so với mức trung bình.

12.2.2.2. Đánh giá ảnh hưởng của mưa axit tới môi trường các thủy vực nội địa

Trên cơ sở các dẫn liệu đo đặc độ pH nước mưa trong khu vực Bắc Bộ đã thấy được diễn biến và tình trạng mưa axit ở khu vực này, đồng thời từ các kết quả khảo sát bổ sung trong thời gian gần đây trong khuôn khổ của đề tài trên, kết hợp với các dẫn liệu đã có từ trước đến nay về các kết quả đo đạc, phân tích một số yếu tố thủy lý – hoá và đặc trưng thủy sinh vật của các loại hình thủy vực ở Bắc Bộ, có một số nhận xét chung về tác động của mưa axit tới môi trường nước cũng như đặc tính sinh thái các thủy vực nước ngọt nội địa ở đây như sau :

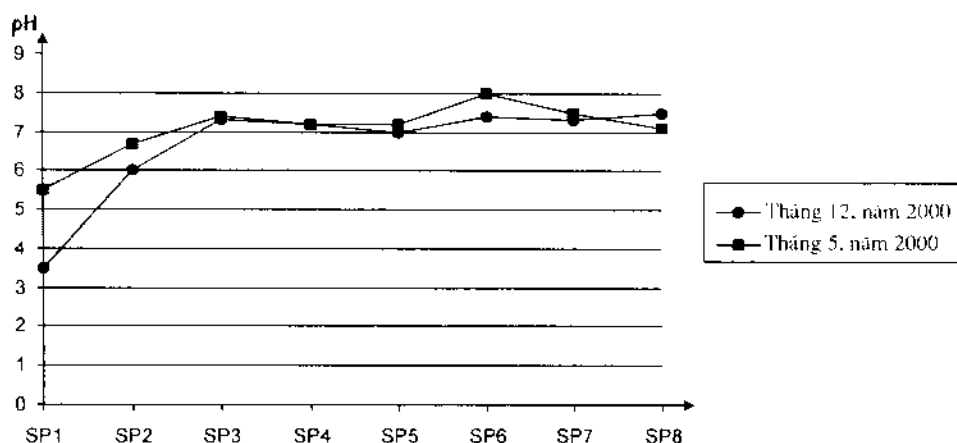
*** Về tác động của mưa axit tới môi trường nước**

Trong phần trên, đã trình bày rõ về lý thuyết những ảnh hưởng của mưa axit tới môi trường nước được thể hiện chủ yếu ở các khía cạnh : 1. Thông qua lượng nước, mưa axit làm chua hoá trực tiếp thủy vực (độ pH nước thường nghiêng về axit) ; 2. Hàm lượng một số các yếu tố thủy hoá trong thủy vực, đặc biệt là một số kim loại như Al cao hoặc hàm lượng SO_4 do nước mưa axit rơi xuống đất, làm chua đất, giải phóng kim loại trên và xâm nhập vào nước.

Tuy nhiên, từ các dẫn liệu điều tra, khảo sát môi trường nước như đã trình bày ở trên cũng như từ phân tích các dẫn liệu về chất lượng nước các thủy vực nội địa ở Bắc Bộ đã thấy những đặc điểm nổi bật là mặc dầu có biểu hiện mưa axit ở hầu hết các trạm quan trắc ở khu vực nghiên cứu Bắc Bộ nhưng *chưa thấy hiện tượng chua hoá* ở tất cả các loại hình thủy vực ở đây. Điều đó được thể hiện ở giá trị pH đo được vào các thời điểm khác nhau ở các thủy vực khác nhau :

– Độ pH của hầu hết các thủy vực khảo sát từ trước tới nay, đặc biệt từ 1998 trở lại đây đều ở mức trung tính đến kiềm yếu, nằm trong giới hạn cho phép của TCVN.

– Độ pH ở suối đầu nguồn thường có giá trị thấp nhất – axit yếu và độ pH tăng dần theo chiều từ suối vùng thượng lưu tới hạ lưu khi đoạn suối gia nhập sông. Đặc điểm này thấy rõ khi đo đặc pH tại các điểm từ đầu nguồn tới hạ nguồn suối Thác Bạc ở Sa Pa.



Hình 12.8. Diễn biến độ pH từ đầu nguồn suối Thác Bạc (Sa Pa) đến sông Hồng ở Thị xã Lào Cai

Môi trường nước trong thủy vực là một hệ phức hợp, có nhiều chất hoá học khác nhau, trong đó có những chất hoá học được coi là chất “giảm sốc” ngăn cản sự thay đổi quá lớn của pH trong thủy vực. Những thay đổi nhỏ hoặc mang tính cục bộ của pH được điều chỉnh nhanh chóng bởi các phản ứng hoá học, thậm chí các phản ứng sinh học. Một ví dụ điển hình là khi trong thủy vực có sự phát triển mạnh của tảo, hàm lượng CO_2 trong nước bị tảo huy động trong quá trình quang hợp, dẫn tới gia tăng độ pH. Tuy nhiên, hiện tượng này diễn ra vào ban ngày khi có ánh sáng mặt trời. Vào ban đêm, chỉ còn sự hô hấp của giới sinh vật thải ra CO_2 , dẫn tới giảm độ pH. Khả năng này được gọi là khả năng đệm của thủy vực. Chúng không chỉ kiểm soát những thay đổi nhỏ của pH, chúng còn kiểm soát toàn bộ dãy biến đổi pH trong điều kiện tự nhiên. Độ pH thay đổi 1 – 14 nhưng pH của thủy vực tự nhiên chỉ ở khoảng 6,5 – 8,5. Như vậy, có thể thấy mỗi loại hình thủy vực có khả năng “đệm” những thay đổi của pH (mà có thể do tác động của nguồn nước mưa axit tới thủy vực) cho nên tạo ra các dãy pH khác nhau đặc trưng cho loại hình thủy vực đó.

– Giữa các loại hình thủy vực, độ pH có các giá trị khác nhau tương đối rõ rệt và có thể thay đổi tùy theo từng thời điểm đo đạc. Tuy nhiên, độ pH có xu thế tăng dần : suối < sông < hồ chứa < hồ ao. Các hồ ở Hà Nội như Hồ

Gươm, hồ Tây thường có giá trị pH kiềm, đặc biệt độ pH Hồ Gươm cao 10 – 11. Hiện tượng này do ở đây tảo phát triển mạnh, thải oxy và đặc biệt tiêu thụ CO_2 trong nước trong quá trình quang hợp làm tăng giá trị pH.

– Tại các sông Gâm, sông Lô, sông Hồng ở vùng núi phía bắc, độ khoáng hoá dao động 99 – 272 mg/l, thay đổi theo mùa. Mùa mưa, độ khoáng hoá 170 – 240 mg/l thấp hơn so với trong mùa khô, độ khoáng hoá đạt tới 270 mg/l. Theo bậc phân loại chất lượng nước của Alëkin, nước các sông này có độ khoáng hoá trung bình, xếp loại bậc I và bậc II. Hàm lượng HCO_3^- dao động từ 116 – 183 mg/l, không những chỉ lớn nhất so với các anion mà chiếm 70 – 75% tổng độ khoáng hoá. Trong tổng các cation, hàm lượng Ca^{2+} còn đạt giá trị cao nhất. Từ đó, có thể xếp nước các sông ở vùng núi Bắc Bộ vào dạng bicacbonat nhóm canxi kiểu I, dạng nước kiềm yếu. Đây là dạng nước phổ biến của các sông chảy qua vùng núi đá vôi phía bắc Việt Nam. Điều đó cũng cho thấy, chính tính chất vùng núi đá vôi vốn phổ biến ở vùng núi Bắc Bộ là chất đệm làm trung hoà nước mưa axit khi xâm nhập vào đất, làm giảm mức độ chua hoá thuỷ vực ở đây.

– Trong các thuỷ vực khảo sát, hàm lượng của hầu hết các muối dinh dưỡng có nguồn gốc photpho (PO_4), nitơ (NO_3 , NH_4)... Ở các thuỷ vực nước đứng như hồ, ao hoặc một số đoạn sông có cao hơn so với ở sông, suối vùng đầu nguồn có thể do được bổ sung từ các nguồn thải của khu dân cư và hầu hết đều ở mức cho phép. Hầu hết các thuỷ vực, hàm lượng một số kim loại (Al, Mn, Fe và các kim loại nặng khác) thường ở dưới mức cho phép theo TCVN.

– Từ các dẫn liệu khảo sát độ pH các thuỷ vực vùng Bắc Bộ Việt Nam (vốn hầu hết là vùng núi đá vôi) cho thấy phù hợp với nhận định rằng các vùng có nền địa chất canxi không nhạy cảm với mưa axit và làm giảm đáng kể ảnh hưởng của mưa axit cho các thuỷ vực thông qua khả năng trung hoà.

** Đặc trưng thuỷ sinh vật*

Các kết quả điều tra, nghiên cứu về hệ thuỷ sinh vật các thuỷ vực ở Bắc Bộ không cho thấy rõ tác động trực tiếp của mưa axit. Do chưa thấy biểu hiện sự chua hoá thuỷ vực nên chưa đánh giá được mức độ ảnh hưởng của mưa axit tới chúng. Sự sai khác nhau về thành phần loài cũng như mật độ số lượng các nhóm thuỷ sinh vật vẫn được đánh giá do sự sai khác về đặc tính sinh thái của thuỷ vực. Các hồ, ao thường có nở hoa thực vật nổi do sự phú dưỡng mà chủ yếu từ nguồn chất thải dân dụng, đây cũng là nguyên nhân làm độ pH ở đó thường nghiêng về kiềm.

CHƯƠNG XIII

THUỐC TRỪ DỊCH HẠI

13.1. TỔNG QUÁT VỀ THUỐC TRỪ DỊCH HẠI

Thuốc trừ dịch hại (pesticides) là các hợp chất được sử dụng để bảo vệ con người chống lại các vectơ truyền bệnh từ côn trùng ; diệt cỏ ; bảo vệ mùa màng, thực vật và gia súc, gia cầm chống lại các bệnh từ nấm, côn trùng, ve bét và chuột. Để thực hiện được các mục đích khác nhau này, có rất nhiều các hợp chất sinh học tự nhiên được chiết xuất từ thực vật, chất hoá học vô cơ và các chất hoá học tổng hợp hữu cơ được sử dụng.

Thuốc trừ dịch hại hiển nhiên đã mang lại nhiều lợi ích quan trọng : 1. Làm tăng sản lượng lương thực, thực phẩm, bảo vệ mùa màng chống lại các bệnh côn trùng, ký sinh trùng ; 2. Ngăn ngừa và bảo quản lương thực, thực phẩm sau thu hoạch ; 3. Cứu hàng triệu người khỏi các bệnh, dịch.

Rất không may là bên cạnh các lợi ích như trên, việc sử dụng thuốc trừ dịch hại đã làm tổn hại nghiêm trọng tới môi trường. Điển hình là vụ thảm hoạ năm 1984 ở Bhopal, Ấn Độ đã làm 2800 người bị chết và hơn 20000 người bị thương do rò rỉ khoảng 40 tấn hơi độc methyl isocyanate, một hoá chất trung gian để sản xuất thuốc trừ sâu trong nông nghiệp (Rozencranz, 1988). Một vấn đề phổ biến hiện nay dưới góc độ sinh thái là sự tồn lưu các hoá chất trừ sâu trong môi trường, trong đời sống hoang dã, trong nước, đất thậm chí trong cả cơ thể con người. Việc sử dụng các hoá chất phòng trừ dịch hại đã phổ biến trên toàn cầu, tuy nhiên những hậu quả môi trường của việc sử dụng chúng không phải là đã biết hết.

Cho đến nay, hàng nghìn các hoá chất mới đã được tổng hợp và thử nghiệm. Ngày nay, khoảng 1500 các chất khác nhau được sử dụng với trên 33000 công thức thương mại để diệt cỏ, diệt côn trùng, diệt nấm, chuột...

Theo dẫn liệu khác, việc sử dụng các thuốc phòng trừ dịch hại cho nông nghiệp là một tập hợp các hoá chất công nghiệp trong xã hội hiện đại. Số liệu của Hội hoá chất Hoa Kỳ đã cho thấy rằng có khoảng 13 triệu hoá chất được xác định trong năm 1993 với khoảng 500000 các hợp chất mới hàng năm được đưa vào sử dụng.

Trên cơ sở các đối tượng dịch hại phòng trừ, một số các tác giả (Metcalf, 1971 ; Eto, 1974 ; McEwen & Stephenson, 1979 ; Entomological Society of America (ESA), 1980) đã phân hạng các thuốc trừ dịch hại theo mục tiêu sinh học thành một số nhóm ưu thế :

– Thuốc diệt nấm (Fungicides) được sử dụng để bảo vệ cây trồng và động vật chống lại các bệnh nấm. Thuốc diệt nấm bao gồm : a) Các hoá chất vô cơ như sulphua nguyên tố, hợp chất đồng như hỗn hợp Bordeaux ; b) Các hợp chất kim loại hữu cơ của thủy ngân và thiếc ; c) Các thuốc kháng sinh như penicillin, streptomycin...; d) Các chất hữu cơ tổng hợp như captan, dithiocarbamates.

– Thuốc diệt cỏ (Herbicides) được sử dụng để diệt cỏ, bảo vệ cây trồng khỏi sự cạnh tranh của cỏ dại. Thuốc diệt cỏ bao gồm : a) Các chất vô cơ như arsen, cyanat, chlorate ; b) Các axit nhóm chlorophenoxy như 2,4 D ; 2,4,5 T ; ...

– Thuốc diệt côn trùng (Insecticides) được sử dụng để diệt côn trùng, sâu hại và những vector truyền bệnh cho con người. Một số các thuốc diệt côn trùng như : a) arsen và fluo vô cơ ; b) Các hợp chất từ thực vật tự nhiên và các dẫn xuất tổng hợp của chúng như nicotin, pyrethroids ; c) Nhóm cacbonhydrô chlorinat như DDT, DDD và methocychlo ; d) Các este của photpho hữu cơ như parathion, diazinon, malathion ; e) Cacbatat như carbaryl, aminocarb ; f) Các chất có nguồn gốc vi sinh vật như *Bacillus thuringiensis*, (B.t).

– Thuốc diệt ve bét (Acaricides) được sử dụng để diệt ve bét hại nông nghiệp, các loài ký sinh gây viêm não người và động vật nuôi. Hầu hết các thuốc diệt côn trùng đều có tác dụng chống các loài chân khớp nhưng một số các thuốc trừ ve bét đặc biệt có cách sử dụng riêng.

– Thuốc diệt động vật thân mềm (Molluscides) được sử dụng để trừ các loài ốc, ốc sên gây hại các vườn cây quả và hoa. Hơn nữa, một số loài ốc ở nước là vector truyền bệnh cho người, nhất là sán lá phổi. Thuốc diệt động vật thân mềm quan trọng là đồng sulphat cacbatat isoran và zetran guthion photphat hữu cơ và nhiều hợp chất khác.

– Thuốc diệt giun tròn (Nematicides) sử dụng để diệt giun tròn ký sinh trong rễ cây trồng. Các chất hữu cơ có nguồn gốc halogen được sử dụng để xông khói đất như ethylen dibromid, dibromochloropropan... hoặc cacbatat và hoá chất có nguồn gốc photpho hữu cơ.

– Thuốc diệt chuột (Rodenticides) sử dụng để kiểm soát các loài chuột và các loài gặm nhấm khác sống gần người và hại nông nghiệp. Thuốc diệt chuột bao gồm các hoá chất có nguồn gốc thực vật như alkaloid strychnin và cardiac glycosid...

13.2. SẢN LƯỢNG VÀ VIỆC SỬ DỤNG CÁC THUỐC TRỪ DỊCH HẠI

Việc kiểm soát dịch hại đã được thực hiện từ hàng thế kỷ nay. Ở Trung Quốc, hơn 3000 năm qua, người dân đã biết đốt các cánh đồng để kiểm soát nạn dịch châu chấu. Ở các nước Trung Đông thời cổ đại, người ta đã biết đào hào để bẫy châu chấu non. Chất độc arsen đã được sử dụng như là thuốc diệt dịch hại vào năm 900, tới năm 1182, người Trung Quốc đã sử dụng chúng để diệt châu chấu nhằm kiểm soát sự bùng nổ nạn châu chấu. Các kỹ thuật tương tự được sử dụng kể từ khi bắt đầu nền nông nghiệp ở nhiều nơi trên thế giới.

Theo Chiras (1991), toàn thế giới có khoảng 2,5 triệu tấn các thuốc trừ dịch hại hoá học được sử dụng hằng năm. Trong đó, khoảng 34% ở Bắc Mỹ, khoảng 45% ở châu Âu và các nước phát triển khác, số còn lại 21% được sử dụng ở các nước đang phát triển. Ở Hoa Kỳ, khoảng 1/5 các thuốc trừ dịch hại được sử dụng để bảo vệ mùa màng, trong đó, 25% là thuốc diệt côn trùng, 60% là thuốc diệt cỏ, phần còn lại để diệt nấm.

Tổng số lượng của thuốc trừ dịch hại ở Hoa Kỳ năm 1977 là 630,9 triệu kg, trong đó tổng số nhập khẩu là 23,5 triệu kg, tổng số xuất khẩu là 273,6 triệu kg, số còn lại 380,8 triệu kg được sử dụng trong nội địa (ESA, 1980). Khoảng 10% diện tích đất nội địa của Hoa Kỳ được xử lý bằng thuốc trừ dịch hại (ESA, 1980). Lượng lớn nhất trong các thuốc trừ dịch hại là thuốc diệt cỏ, côn trùng và nấm. Trong số 380,8 x 10⁶ kg thuốc trừ dịch hại tổng hợp được sử dụng ở Hoa Kỳ trong năm 1977, thuốc diệt cỏ chiếm 46%, thuốc diệt côn trùng chiếm 43%, thuốc diệt nấm 11%.

Kể từ trước năm 1950, việc sử dụng các loại thuốc trừ dịch hại ngày càng tăng trong khi sự áp dụng đang trở nên ít có ý nghĩa. Năm 1970, giá trị buôn bán các loại thuốc trừ dịch hại toàn cầu đạt 3 tỷ USD. Đến năm 1980, con số này lên tới 12 tỷ USD (OECD, 1985).

Bảng 13.1. Quá trình phát triển của thuốc trừ dịch hại
(Stephenson and Solomon, 1993)

Thời kỳ	Ví dụ	Nguồn	Đặc điểm
1800 – 1920s	Các chất tiền hữu cơ, nitro-phenols, chlorophenols, creosote, naphthalene, dầu lửa	Hoá hữu cơ, các sản phẩm khí than ...	Thường kém đặc trưng và gây độc tới người sử dụng hoặc các sinh vật không phải là đối tượng phòng trừ.
1945 – 1955	Các chất hữu cơ có nguồn gốc clo, DDT, HCCH, các mach vòng clo	Tổng hợp hữu cơ.	Bền, có tính lựa chọn tốt, thuộc tính nông nghiệp tốt, đề kháng, gây hại sinh thái.
1945 – 1970	Các chất ức chế, các hợp chất có nguồn gốc photpho hữu cơ, cacbamat	Tổng hợp hữu cơ, sử dụng tốt các mối quan hệ cấu trúc-hoạt động.	Độ bền thấp, gây độc cho người sử dụng, có một số vấn đề về môi trường.
1970 – 1985	Synthetic pyrethroids, avermectins, juvenile hormone mimics, các thuốc trừ dịch hại sinh học	Sự tinh chế các mối quan hệ hoạt động cấu trúc, các hệ thống mục tiêu mới.	Thiếu lựa chọn, sự đề kháng, chi phí và tính bền thay đổi.
1985 – nay	Các cơ thể sinh vật công nghệ di truyền	Chuyển gen cho các thuốc phòng trừ dịch hại sinh học tới các cơ thể sinh vật khác và tới các cây con có ích. Thay thế gen của thực vật nhằm kháng các tác dụng của thuốc trừ dịch hại tới các đối tượng không phải mục đích phòng trừ.	Có thể có các vấn đề về đột biến và sự đào thoát, đổ vỡ của sinh thái học vi sinh vật, độc quyền sản phẩm.

Theo một số dẫn liệu thống kê, mặc dù nền công nghiệp hoá chất chưa phải là phát triển cao nhưng hàng năm Việt Nam đã sản xuất khoảng 20000 tấn thuốc trừ sâu và dịch hại các loại (Báo cáo hiện trạng môi trường năm 2001), bình quân sử dụng 0,4 – 0,5 kg/ha/năm. Ngoài ra, không tính được lượng thuốc phòng trừ dịch hại nhập chính thức và không chính thức từ nước ngoài vào Việt Nam.

Các điều tra, thống kê còn cho thấy : ở Việt Nam, tổng lượng hoá chất bảo vệ thực vật tồn đọng hiện nay là khá lớn, bao gồm 57476,9 kg dạng bột ; 29196,3 lit dạng lỏng và khoảng 1437183,2 bao bì chứa hoá chất bảo vệ thực vật. Trong đó, hoá chất bảo vệ thực vật POBs là 13 245,7 kg dạng bột và 42 lit dạng lỏng, chiếm khoảng 13,8% (có 10390,8 kg DDT; 2855 kg Lindan, 42 lit Lindan và 360 bao bì các loại (Cục Bảo vệ môi trường – trong báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2005).

13.3. TÁC ĐỘNG MÔI TRƯỜNG CỦA VIỆC SỬ DỤNG THUỐC TRỪ DỊCH HẠI

13.3.1. Tổng quan

Các thuốc trừ dịch hại đã trải qua ba giai đoạn phát triển : 1. Giai đoạn khám phá ; 2. Giai đoạn khai thác, sử dụng ; 3. Giai đoạn ngẫm nghĩ. Chiras (1991) tổng kết được điều này không phải không có cơ sở : nếu giai đoạn khám phá kể từ khi tổng hợp được DDT năm 1939, sau đó là giai đoạn phát triển sản xuất và sử dụng các loại thuốc phòng trừ dịch hại với cường độ cao và rộng khắp. Sau một thời gian sử dụng các loại thuốc phòng trừ dịch hại, chúng ta đã thấy được những tác động tiêu cực của chúng đến môi trường và con người, thậm chí trong thực tế, tác động xấu nhiều hơn so với các kết quả thử nghiệm.

Mục đích của việc sử dụng các loại thuốc trừ dịch hại là kiểm soát các loài dịch hại và thường là làm giảm độ phong phú của chúng ở mức có thể tiếp nhận được. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, các thuốc trừ dịch hại lại gây hại tới một số đối tượng khác không phải là mục tiêu phòng trừ. Ví dụ, việc sử dụng thuốc diệt chuột trong gia đình bên cạnh đạt được mục đích là diệt chuột nhưng cũng có thể các chất độc này tác động tới cả các loài động vật nuôi trong nhà như mèo, chó thậm chí cả trẻ em nữa.

Các tác động của độc học sinh thái tới sự phơi nhiễm của một số loài không phải là đối tượng phòng trừ bị ảnh hưởng bởi : 1. Tính nhạy cảm sinh học của các cơ thể đặc trưng với liều thuốc trừ dịch hại đã được tiếp nhận ;

2. Những biến đổi môi trường có thể làm tăng hoặc giảm tính nhạy cảm trong điều kiện phơi nhiễm đặc biệt.

Các nghiên cứu ở Bắc Mỹ cho thấy, lượng sử dụng thuốc trừ dịch hại trong nông nghiệp thay đổi từ 0,005 kg/ha/năm đối với cánh đồng trồng cỏ tới 51 kg/ha/năm đối với cánh đồng trồng khoai tây, cà chua và thuốc lá. Việc sử dụng các loại thuốc trừ dịch hại với số lượng lớn đã gây tác động tới môi trường nước mặt trong vùng nghiên cứu. Thuốc diệt cỏ atrazine được thấy trong 93% của thuốc trừ dịch hại tổng số ở nước suối với nồng độ 2,18 g/ha/năm. Mặc dầu DDT đã bị cấm sử dụng từ năm 1972 nhưng nó vẫn còn thấy trong 41% các mẫu nước ở năm 1975 (DDT hoặc DDE) trong khi polychlorinat biphenyl (PCB) vẫn hiện diện trong 78% số mẫu phân tích.

13.3.2. Ảnh hưởng môi trường do việc sử dụng DDT

DDT được tổng hợp đầu tiên từ năm 1874 (Freedman, 1986). Năm 1939, tính chất diệt côn trùng của một hợp chất hữu cơ tổng hợp được gọi là DDT (dichlorodiphenyltrichloroethan) đã được nhà hoá học người Thụy Sĩ là Paul Mueller phát minh, ông này đã được giải Nobel năm 1948 về công trình này và những nghiên cứu tiếp sau đó về việc sử dụng DDT. Sự ứng dụng quan trọng đầu tiên của DDT trong các chương trình sức khỏe con người trong và sau khi Chiến tranh thế giới lần thứ hai và thời gian đó, DDT cũng bắt đầu được sử dụng trong nông nghiệp và lâm nghiệp. Sản lượng toàn cầu của DDT đạt đỉnh cao vào năm 1970, khi 175 triệu kg được sản xuất ra. Sản lượng DDT cao nhất ở Hoa Kỳ là 90 triệu kg vào năm 1964 (Edwards, 1975). Do những nhận biết về sự ô nhiễm môi trường lâu dài và rộng khắp của DDT và những sản phẩm của chúng, khả năng tích lũy gia tăng sinh học và những mối đe dọa nghiêm trọng tới các đối tượng không phải phòng trừ cho nên hầu hết các nước công nghiệp đã cấm sử dụng DDT từ đầu những năm 1970 (ngoại trừ nhỏ là một số bác sĩ ở Bắc Mỹ bắt buộc sử dụng để chống chấy rận người).

Tuy nhiên, các nước kém phát triển ở vùng vĩ độ thấp vẫn tiếp tục sử dụng DDT, chủ yếu là diệt muỗi là vector truyền bệnh cho con người. Mặc dù đã cấm sử dụng DDT ở Hoa Kỳ từ 1972 nhưng các nhà máy ở đây vẫn tiếp tục sản xuất chúng để xuất khẩu, hầu hết cho các nước kém phát triển. Ngày nay, Hoa Kỳ không xuất khẩu DDT nữa, một phần do nhiều loài côn trùng đã kháng thuốc DDT và việc sử dụng loại thuốc này trở nên kém hiệu quả. Theo Ủy ban bảo vệ tài nguyên thiên nhiên Hoa Kỳ (Natural Resources

Defense Council – NRDC) (1986), ít nhất có 447 loại (taxon) côn trùng và ve bét được biết là kháng với ít nhất một loại thuốc diệt côn trùng, có ít nhất 100 trường hợp bệnh thực vật kháng thuốc, 48 loài cỏ kháng thuốc, hai loài giun tròn kháng thuốc. Trong số các loài chân đốt, sự kháng thuốc thấy nhiều nhất ở bộ côn trùng hai cánh (Diptera) với 156 loài kháng thuốc. Có 51 loài muỗi Anophel mang mầm bệnh sốt rét kháng thuốc, bao gồm 47 loài kháng thuốc dieldrine, 34 loài kháng DDT, 10 loài kháng photphat hữu cơ và 4 loài kháng cacbamat. Sự tiến hoá kháng thuốc của các loài muỗi Anophel là nguyên nhân quan trọng làm cho bệnh sốt rét phát triển trở lại ở các nước vĩ độ ấm (NRDC, 1986).

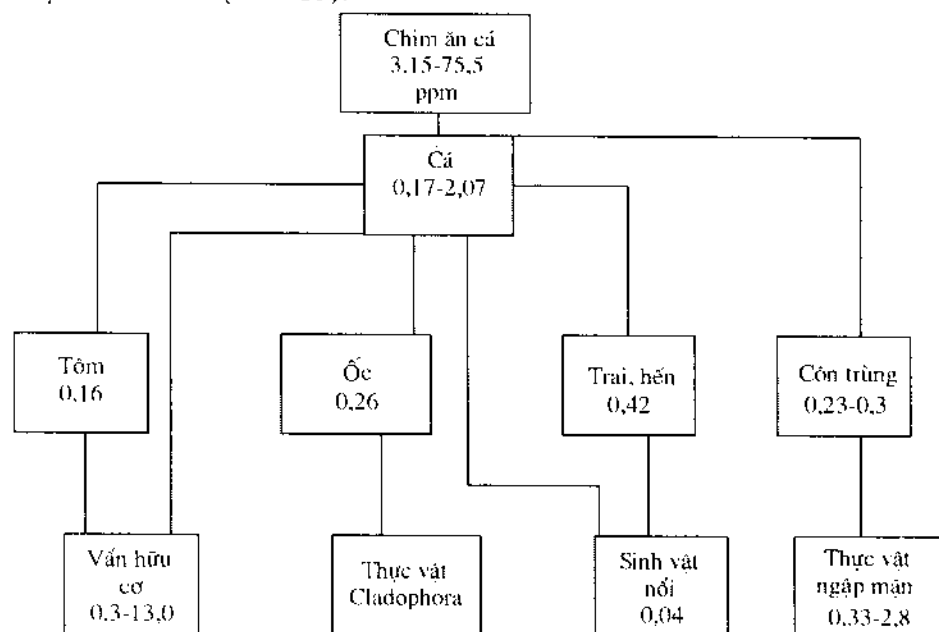
DDT có một số thuộc tính vật lý và hoá học tác động sâu sắc tới sinh thái tự nhiên. Đầu tiên là tính bền vững trong môi trường của chúng. Nó không dễ dàng bị phân huỷ thành các chất khác hoặc bị giảm tính độc bởi vi sinh vật hoặc các tác nhân vật lý khác như ánh sáng mặt trời, nhiệt độ. Thời gian phân huỷ của DDT và các sản phẩm breakdown của chúng như DDE là nhiều năm.

Bảng 13.2. Tính bền vững của các thuốc diệt côn trùng trong đất
(Nguồn : đã được biến đổi từ Edwards, 1975 ; Freedman, 1989)

Hoá chất	Liều hàng năm điển hình (kg/ha)	Bán huỷ (năm)	Thời gian trung bình để 95% tiêu huỷ (năm)
Aldrine	1,1 – 3,4	0,3	3
Isobenzan	0,3 – 1,1	0,4	4
Heptachlor	1,1 – 3,4	0,8	3,5
Chlordane	1,1 – 2,2	1,0	4
Lindane	1,1 – 2,8	1,2	6,5
Endrine	1,1 – 3,4	2,2	7
Diedrine	1,1 – 3,4	2,5	8
DDT	1,1 – 2,8	2,8	10

Một đặc điểm quan trọng khác của DDT là tính hoà tan trong nước thấp (dưới 0,1 ppm). Khả năng hoà tan thấp có nghĩa là DDT không thể bị pha loãng một cách vật lý vào môi trường này mà nó có nhiều trên bề mặt Trái Đất và trong cơ thể. Mặt khác, DDT lại rất dễ hoà tan trong dung môi hữu cơ như xylene (60%) và kerosene (80%). Quan trọng hơn là DDT lại dễ hoà tan trong mỡ hoặc lipid. Trong môi trường, hầu hết lipid đều có trong cơ thể sinh

vật. Bởi vậy, do tính hoà tan DDT trong lipid cao đều như nhau ở các cơ thể sinh vật và nó có khuynh hướng tích lũy gia tăng sinh học theo các bậc cao hơn. Hơn nữa, các cơ thể sinh vật ở bậc cao nhất trong lưới thức ăn tự nhiên tích lũy DDT và có nồng độ DDT đặc biệt lớn trong lipid của chúng. Như vậy, có thể hình dung nồng độ DDT và các dẫn xuất tương tự trong các thành phần môi trường (đất, nước, không khí) thấp hơn so với nồng độ trong cơ thể sinh vật. Sự tồn lưu DDT ở thực vật là nhỏ hơn so với các loài động vật ăn thực vật. Sự tồn lưu DDT của động vật như con người và các loài chim ăn thịt là cao nhất (hình 13).



Hình 13. Sự tồn lưu của DDT tổng số (DDT + DDD + DDE ; ppm) trong các mức dinh dưỡng khác nhau ở vùng đầm lầy nước lợ cửa sông Long Island ở New York (Woodwell & nnk., 1967 ; Edwards, 1975)

Sự tồn lưu với hàm lượng cao của DDT và các cacbonhydrô có nguồn gốc clo đã gây những tác động sinh thái quan trọng. Trong đó, quan trọng nhất là đã gây độc cho chim với diện rộng. Ví dụ là làm chết hàng loạt chim trong một thời gian ngắn sau khi phun thuốc DDT để diệt côn trùng. Ảnh hưởng của DDT và các cacbonhydrô nguồn gốc clo thường gây bệnh âm ỉ nhiều hơn là gây chết trực tiếp. Trong nhiều trường hợp độ tử vong chủ yếu do độc mãn tính gây ra và bởi vậy nó không trực tiếp và các nghiên cứu chi tiết cần liên hệ giữa sự suy giảm quần thể chim với việc sử dụng các thuốc trừ dịch hại.

Các thuốc phòng trừ dịch hại bao gồm nhiều vi chất gây độc có tác động sinh thái. Các loại thuốc phòng trừ dịch hại khác nhau có các kiểu ảnh hưởng khác nhau tới cơ thể sống, bởi vậy rất khó khái quát hoá những tác động này. Điểm quan trọng là có nhiều tác động kiểu này là mãn tính (không gây chết) thường được quan sát một cách ngẫu nhiên, gây hậu quả cho toàn chuỗi thức ăn.

- Gây chết các cơ thể sinh vật.
- Tạo thành các u bướu và thương tổn cho cá và các loài động vật.
- Làm thương tổn hoặc ngăn sự sinh sản.
- Triệt phá hệ miễn dịch.
- Phá vỡ hệ thống hoocmôn.
- Gây tổn hại tế bào và ADN.
- Gây quái thai.
- Làm suy yếu cơ thể cá bởi tỷ lệ thấp các tế bào máu đỏ tới máu trắng, quá nhiều chất nhớt ở vảy và mang cá...
- Ảnh hưởng giữa các thế hệ (tác động không biểu hiện ra ngoài cho đến thế hệ tiếp sau đó của cơ thể sinh vật).
- Các tác động sinh lý khác như làm cho vỏ trứng mỏng.

Các tác động không nhất thiết gây ra một cách đơn độc bởi sự phơi nhiễm các thuốc trừ dịch hại hoặc các chất gây ô nhiễm hữu cơ nhưng có thể kết hợp với các stress môi trường như sự phú dưỡng và mầm bệnh.

Những ảnh hưởng sinh thái của các thuốc phòng trừ dịch hại không chỉ ở mức các thể sinh vật mà có thể mở rộng tới các hệ sinh thái. Các nghiên cứu ở Thụy Điển cho thấy sử dụng thuốc phòng trừ dịch hại được xem là một trong những yếu tố tác động tới đa dạng sinh học. Jonsson và nnk. (1990) đã ghi nhận rằng sự suy giảm liên tục của quần thể gà gô Thụy Điển liên quan đến sự thay đổi việc sử dụng đất và sử dụng hoá chất kiểm soát cỏ dại. Kiểm soát cỏ bằng hoá chất làm suy giảm nơi cư trú, giảm số lượng các loài cỏ và làm thay đổi sự cân bằng các loài trong quần xã thực vật. Các nghiên cứu ở Thụy Điển cũng cho thấy rằng các thuốc trừ dịch hại ảnh hưởng đến độ phì của đất như ngăn cản sự nitrit hoá kèm theo làm cây cối suy giảm sự hấp thụ nitơ (Torstensson, 1990). Các nghiên cứu này cũng cho thấy thuốc trừ dịch hại gây ảnh hưởng bất lợi tới các vi sinh vật đất mà chúng có trách nhiệm phân rã vật chất hữu cơ từ thực vật và cấu trúc đất.

CHƯƠNG XIV

CÁC GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT, GIÁM SÁT VÀ XỬ LÝ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG, SUY THOÁI SINH THÁI

Theo tính toán của các chuyên gia quốc tế và thực tiễn đã diễn ra ở nhiều nước, trung bình nếu GDP tăng gấp đôi thì mức độ ô nhiễm môi trường tăng 3 đến 4 lần. Điều này nói lên rằng, nếu trong giai đoạn tới, nếu không có các biện pháp hữu hiệu phòng ngừa và kiểm soát ô nhiễm thì hậu quả môi trường sẽ bị ô nhiễm và suy thoái nghiêm trọng. Hầu hết các nhà chuyên môn đều cho rằng để bảo vệ môi trường, khắc phục suy thoái sinh thái cần thiết phải kiểm soát được các yếu tố gây ô nhiễm và những tác động tiêu cực tới môi trường và hệ sinh thái. Việc kiểm soát môi trường bao hàm cả việc xây dựng hệ thống luật pháp và các chính sách liên quan, các biện pháp quản lý, giám sát môi trường cùng với các giải pháp xử lý ô nhiễm mang tính kỹ thuật.

14.1. KIỂM SOÁT DÂN SỐ

14.1.1. Tổng quát

Nhiều nhà chuyên môn đã nhận thấy dân số không thể tăng liên tục vô hạn được. Kết luận này đã được tiếp nhận rộng rãi sau khi có một nghiên cứu trên máy tính về tương lai của nhân loại do nhóm nghiên cứu của Học viện Kỹ thuật Massachusetts (MIT) thực hiện với sự tài trợ của Câu lạc bộ Rôma và họ đã công bố công trình *Giới hạn tăng dân số* (The limits to Growth). Các tác giả này đã thấy trong những phân tích của mình về sự tăng dân số, nguồn tài nguyên, thực phẩm, ô nhiễm và các sản phẩm công nghiệp mà trong đó, loài người sẽ vượt quá khả năng mang tải (the carrying capacity) của hành tinh trong một thế kỷ nếu sự tăng dân số liên tục theo hàm số mũ. Theo dự báo này, sự cung cấp thực phẩm, sản phẩm công nghiệp và dân số sẽ tăng lên cho đến khi giảm lượng cung cấp tài nguyên làm cho công nghiệp tạm dừng phát triển. Sau đó, dân số sẽ giảm do thiếu thực phẩm.

Các nhà nghiên cứu đã đánh giá tiếp về khả năng cung cấp đầy đủ các tài nguyên không thể khôi phục lại, giả định rằng chúng ta có khả năng mở rộng tài nguyên của chúng ta trên cơ sở các phát minh và những kỹ thuật mới để cải thiện hiệu quả khai khoáng. Họ cho rằng con người sẽ gia tăng vượt quá khả năng mang tải và sụp đổ chỉ trong vài thập kỷ tới. Sự gia tăng tỷ lệ chết do gia tăng sự ô nhiễm từ mở rộng sản lượng của công nghiệp.

Trong một kịch bản khác, các tác giả đã giả định rằng, tài nguyên của thế giới là vô hạn. Trong nghiên cứu này, sự gia tăng dân số bị tạm dừng bởi mức ô nhiễm tăng lên (như ảnh hưởng hiệu ứng nhà kính, sự suy giảm tầng ôzôn của khí quyển, mưa axit). Kết luận của nhóm tác giả của MIT là mơ hồ. Dầu sao, nếu nền văn minh nhân loại tiếp tục theo con đường cũ thì chúng ta sẽ vượt quá khả năng mang tải của sinh quyển với các hiểm họa. Liệu có thể làm gì để thay đổi cách hành xử này ?

Một số các mô hình tính toán trong nghiên cứu chỉ cho thấy hệ thống thế giới có thể đạt đến do : 1. Sự tăng trưởng đạt con số 0 ngay lập tức ; 2. Tái chế ; 3. Kiểm soát ô nhiễm ; 4. Kiểm soát xói mòn đất ; 5. Cải tạo, bổ sung đất đai ; 6. Nhấn mạnh đến sản lượng thực phẩm và dịch vụ hơn là sản lượng công nghiệp (3).

Việc hạn chế tăng dân số đã đẩy lên một loạt các tranh luận rộng khắp. Kể từ khi công bố hạn chế tăng dân số, có 17 nghiên cứu trên máy tính độc lập với nhau và tất cả đều đưa ra kết luận như nhau là : không thể tăng dân số vô hạn trong hệ thống có hạn.

14.1.2. Chiến lược kiểm soát dân số

Các nhà nghiên cứu về dân số đưa ra một lập luận đơn giản để kiểm soát sự tăng dân số là phát triển kinh tế. Tính logic của vấn đề này không thể phủ nhận được ở chỗ là tạo ra nhiều việc làm bằng cách gia tăng nền công nghiệp, nông nghiệp, thủ công nghiệp và dịch vụ. Có nhiều việc làm có nghĩa là đời sống của người dân trở nên tốt hơn. Mọi người có nhà cửa tiện nghi, đầy đủ thực phẩm và được hưởng nền giáo dục tốt. Nghèo khổ và bệnh tật sẽ bị giảm thiểu. Phúc lợi tăng làm cho mọi người có thể lựa chọn đẻ ít con.

14.1.2.1. Sự chuyển tiếp nhân khẩu học

Ý tưởng phục hồi kinh tế trong các Quốc gia đang phát triển sẽ giải quyết tình trạng khủng hoảng dân số phát triển là một vấn đề hấp dẫn trong nhiều năm và đã có cuộc sống sung túc ở các nước phát triển, nơi đã thực hiện ý tưởng này.

Sự chuyển tiếp nhân khẩu học diễn ra ở bốn giai đoạn khác nhau. Các nước bắt đầu giai đoạn 1 với tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết đều cao, dân số bền vững tại thời gian này. Giai đoạn 2 : Do tình hình sức khỏe và vệ sinh được cải thiện thì tỷ lệ chết giảm. Tỷ lệ sinh vẫn giữ ở mức cao. Giai đoạn 2 là giai đoạn nguy hiểm nhất do có sự khác nhau tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết dẫn tới tăng dân số

nhANH. Giai đoạn 3 : Do đất nước phát triển kinh tế nên đương nhiên tỷ lệ sinh bắt đầu giảm. Dân số tăng chậm. Cuối cùng theo thời gian, tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết tiến tới cân bằng nhau. Sự tăng dân số bị dừng ở giai đoạn 4.

Bảng 14.1. Các giai đoạn chuyển tiếp nhân khẩu học

Giai đoạn 1	Tiền công nghiệp. Tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết cao. Ít hoặc không tăng dân số. Ví dụ : Phần Lan 1785 – 1790 Tỷ lệ sinh thô : 38/1000 Tỷ lệ chết thô : 32/1000 Tăng tự nhiên : 0,6%
Giai đoạn 2	Quá độ. Tỷ lệ sinh cao, tỷ lệ chết giảm. Tỷ lệ tăng dân số cao. Ví dụ : Phần Lan 1825 – 1830 Tỷ lệ sinh thô : 38/1000 Tỷ lệ chết thô : 24/1000 Tăng tự nhiên : 1,4%
Giai đoạn 3	Công nghiệp. Tỷ lệ sinh giảm, tỷ lệ chết thấp. Dân số tăng chậm. Ví dụ : Phần Lan 1910 – 1915 Tỷ lệ sinh thô : 29/1000 Tỷ lệ chết thô : 17/1000 Tăng tự nhiên : 1,2%
Giai đoạn 4	Sau công nghiệp. Tỷ lệ sinh và tỷ lệ chết thấp. Dân số tăng chậm. Ví dụ : Phần Lan 1970 – 1975 Tỷ lệ sinh thô : 13/1000 Tỷ lệ chết thô : 10/1000 Tăng tự nhiên : 0,3%

Sự giảm tỷ lệ sinh liên quan tới sự phát triển kinh tế có thể do một số yếu tố. Có lẽ điều quan trọng nhất là sự thay đổi cách nhìn với con cái.

Các nông dân thời tiền công nghiệp xem con cái như tài sản. Con cái giúp đỡ công việc đồng áng và có thể phụng dưỡng bố mẹ chúng khi về già. Vào thời kỳ công nghiệp hoá, diễn ra sự di cư của các gia đình vào thành phố, đương nhiên khi đó, con cái trở thành gánh nặng kinh tế. Sự cạnh tranh về không gian sống, thêm đứa trẻ có nghĩa là cần nhiều tiền hơn để mua thực phẩm và nhà cửa. Nếu con cái không có việc, chúng sẽ làm kiệt quệ tài chính của gia đình. Bởi vậy, các gia đình ít người nhìn chung chiếm ưu thế.

Ý tưởng phát triển kinh tế có thể làm cho sự tăng dân số tới con số 0 đã được tranh luận. Nếu các nhà máy, xí nghiệp được xây dựng và việc làm được tạo ra trong các nước đang phát triển thì kinh tế phát triển, sức khoẻ con người tăng lên, hiển nhiên sự tăng dân số giảm hẳn. Trợ giúp kinh tế phát triển là biện pháp kiểm soát tăng dân số đã được nhiều nước kiểm nghiệm trong quá trình chuyển tiếp nhân khẩu học. Nếu điều đó đã được các Quốc gia ở châu Âu và Bắc Mỹ thực hiện thì có thể thực hiện được ở phần còn lại của thế giới.

Nhiều Quốc gia trên thế giới đã vào giai đoạn 2 của sự chuyển tiếp nhân khẩu học với tỷ lệ sinh cao và tỷ lệ chết thấp. Tuy nhiên, do một số nguyên nhân, sự chuyển tiếp nhân khẩu học bằng cách công nghiệp hoá khó có thể là hiện thực. Bởi vậy, sự chuyển tiếp nhân khẩu học phải tới bằng nhiều cách khác nhau, phù hợp nhất là thông qua kế hoạch hoá gia đình và phát triển kinh tế cỡ nhỏ.

14.1.2.2. Kế hoạch hoá gia đình

Kế hoạch hoá gia đình cho phép một cặp vợ chồng có thể xác định số lượng con. Đối với các nước đang sa lầy trong giai đoạn 2 của sự chuyển tiếp nhân khẩu học thì kế hoạch hoá gia đình có thể nhanh chóng làm giảm tỷ lệ sinh. Để kế hoạch hoá gia đình thực hiện được có kết quả, các thông tin về kiểm soát sinh đẻ phải được người dân dễ tiếp nhận, các biện pháp tránh thai được phổ biến sâu, rộng tới mọi tầng lớp, đặc biệt quan tâm tới các vùng nông thôn và cộng đồng dân tộc thiểu số.

14.1.2.3. Phát triển kinh tế cỡ nhỏ hay việc làm cho phụ nữ

Chính phủ các nước trên khắp thế giới cố gắng phát triển công việc cho phụ nữ, phát triển kinh tế cỡ nhỏ, nền giáo dục được cải thiện, chăm sóc sức khoẻ tốt hơn và biện pháp tránh thai sẽ làm giảm tỷ lệ sinh đẻ. Thời gian qua, Quỹ của Liên hợp quốc cho các hoạt động dân số đã đầu tư xây dựng một số xí nghiệp may mặc cho phụ nữ ở Ai Cập làm việc. Một số các

chương trình khác tương tự cũng đã được thực hiện. Tính logic của các hoạt động này là : có công việc sẽ cưới muộn hơn, muộn có con hơn và như vậy, có ít con hơn.

14.1.3. Tình trạng kiểm soát dân số

Các nhà chuyên môn đã cho rằng để tránh sự vượt quá khả năng mang tải và ngăn ngừa sự sụp đổ dân số, chúng ta phải có các biện pháp kiểm soát sự tăng dân số. Hầu hết các nước đang phát triển thấy được cần có các chương trình kiểm soát dân số. Nhiều Quốc gia đã có các chương trình kiểm soát dân số thành công. Việc giảm sự tăng dân số đã thấy rõ ở các nước như Trung Quốc, Tunisia, Singapore, Costa Rica, Ai Cập. Trung Quốc đã giảm tỷ lệ sinh hàng năm từ 2,5% trong những năm 1960 xuống 1,3% năm 1989.

Ngay từ giữa những năm 1970, nhiều nước phát triển đã bổ sung các luật và chính sách kế hoạch hoá gia đình. Mười tám Quốc gia ở châu Âu giữ nguyên số dân. Ba nước châu Âu có số dân giảm. Điều đó cho thấy tại các nước phát triển, sự tăng dân số chậm. Theo các nhà nhân khẩu học, việc suy giảm sự tăng dân số của các nước phát triển là nguyên nhân chính hạ tỷ lệ tăng dân số của thế giới từ trên 2% năm 1974 xuống còn 1,7% năm 1989.

Tuy nhiên, cũng thấy những mặt còn hạn chế trong quá trình kiểm soát dân số trên thế giới. Theo thống kê trong năm 1986, khoảng 35% dân số thế giới dưới độ tuổi 15. Đây là lực lượng chủ yếu sẽ làm tăng dân số thế giới. Trong những năm 1970, tỷ lệ chết tăng trở lại ở nhiều Quốc gia nghèo do đói, suy dinh dưỡng. Tốc độ tăng dân số tiếp tục nhanh dự kiến sẽ ở các Quốc gia châu Phi, Mỹ La tinh và châu Á.

Tăng dân số là một vấn đề xã hội. Nhiều nhà chuyên môn cho rằng chúng ta có thể kiểm soát được sự tăng dân số nếu chúng ta học được cách sống trong sự giới hạn của thiên nhiên. Đây là bài học của các Nhà Sinh thái học và Nhân khẩu học.

14.2. GIÁM SÁT Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG VÀ SUY THOÁI SINH THÁI

14.2.1. Văn bản pháp luật

14.2.1.1. Tổng quát

Do tình trạng ô nhiễm môi trường và suy thoái các dạng tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt tài nguyên đa dạng sinh vật. Các tổ chức quốc tế đã xây dựng các văn bản mang tính pháp lý biểu thị sự đồng thuận của cả thế giới

về các vấn đề liên quan tới bảo vệ môi trường và phát triển bền vững các dạng tài nguyên thiên nhiên : Công ước Bảo tồn đa dạng sinh học ; Công ước chống buôn bán trái phép động thực vật hoang dã ; Công ước bảo tồn đất ngập nước Ramsar.

14.2.1.2. Các văn bản pháp luật chính của Việt Nam liên quan bảo vệ môi trường và tài nguyên sinh vật

Trong giai đoạn từ 1996 đến nay, một số các văn bản mang tính pháp lý liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp đến công tác bảo vệ môi trường và bảo tồn đa dạng sinh học đã được ban hành. Các văn bản này rõ ràng đã cho thấy mối quan tâm của Chính phủ và các ngành chủ quản đến tài nguyên sinh vật và đa dạng sinh học. Mặt khác, các văn bản này là cơ sở để các cấp có thẩm quyền thực hiện công tác bảo tồn một cách có hiệu quả.

– Chỉ thị số 359/TTg ngày 29/05/1996 về những biện pháp cấp bách để bảo vệ và phát triển các loài động vật hoang dã.

– Chỉ thị 286/TTg ngày 02/05/1997 về việc tăng cường các biện pháp cấp bách để bảo vệ và phát triển rừng.

– Quyết định số 245/1998/QĐ–TTg ngày 21/12/1998 về việc thực hiện trách nhiệm quản lý nhà nước của các cấp về rừng và đất lâm nghiệp.

– Bộ luật hình sự năm 1999. Bộ luật này dành một chương quy định các tội phạm môi trường. Trong đó, có các điều khoản liên quan trực tiếp đến bảo vệ môi trường và tài nguyên : *Tội gây ô nhiễm nguồn nước* (Điều 183) ; *Tội gây ô nhiễm đất* (Điều 184) ; *Tội làm lây lan dịch bệnh nguy hiểm cho động, thực vật* (Điều 187) ; *Tội huỷ hoại nguồn lợi thuỷ sản* (Điều 188) ; *Tội huỷ hoại rừng* (Điều 189) ; *Tội vi phạm các quy định về bảo vệ động vật hoang dã quý hiếm* (Điều 190) ; *Tội vi phạm chế độ bảo vệ đặc biệt đối với Khu Bảo tồn thiên nhiên* (Điều 191). Các điều khoản này với những hình phạt nghiêm khắc nhưng mang tính giáo dục cao. Bộ luật Hình sự chắc chắn sẽ góp phần ngăn chặn những hành vi vi phạm pháp luật về bảo vệ đa dạng sinh học.

– Quyết định số 152/1999/QĐ – TTg ngày 10/7/1999 về việc phê duyệt chiến lược quản lý chất thải rắn tại các khu đô thị và khu công nghiệp Việt Nam đến 2020.

– Quyết định số 155/1999/QĐ–TTg ngày 16/7/1999 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành quy chế quản lý chất thải nguy hại.

– Nghị định 163/1999/NĐ-CP ngày 16/1/1999 của Chính phủ về giao đất, cho thuê đất lâm nghiệp cho tổ chức, hộ gia đình và cá nhân sử dụng ổn định lâu dài vào mục đích lâm nghiệp.

– Quyết định số 34/1999 – QĐ/TCCB ngày 12/2/1999 của Bộ trưởng Bộ NNPTNT về việc ban hành *quy chế làm việc giữa Cục Kiểm lâm với Vườn Quốc gia*.

– Quyết định 43/2000/QĐBNN-TCCB ngày 19/4/2000 về việc *lập văn phòng CITES ở Việt Nam*.

– Nghị định 03 – 2000/NĐ-CP ngày 3/2/2000 hướng dẫn thi hành một số điều của luật doanh nghiệp. Trong đó, tại điều 3, khoản k, mục 1 công bố : *Nuôi động vật hoang dã là ngành nghề cấm kinh doanh*. Việt Nam cũng là Quốc gia ký Công ước CITES về *Bảo vệ các loài động vật hoang dã*, trong đó có các loài gấu.

– Năm 2001, Luật Di sản Văn hoá.

– Quyết định số 08 – 2001/QĐ-TTg, ngày 11/1/2001 của Thủ tướng Chính phủ về việc ban hành *quy chế quản lý rừng đặc dụng, rừng phòng hộ, rừng sản xuất là rừng tự nhiên*. Quy định việc nghiên cứu, giảng dạy trong các rừng đặc dụng phải được Ban quản lý khu rừng cho phép và tuân theo hướng dẫn của Ban quản lý, phải trả tiền thuê hiện trường và các dịch vụ cần thiết cho Ban quản lý.

– Nghị định số 13/2001/NĐ-CP được ban hành thay thế nghị định số 07/CP năm 1996 về *quản lý giống cây trồng*.

– Quyết định số 46/2001/QĐ-TTg ngày 4/4/2001 của Thủ tướng Chính phủ về *quản lý xuất khẩu, nhập khẩu hàng hoá thời kỳ 2001 – 2005*.

– Nghị định số 11/2002/NĐ-CP, ngày 22/1/2002 của Chính phủ về việc *quản lý hoạt động xuất khẩu, nhập khẩu và quá cảnh các loài thực, động vật hoang dã*.

– Nghị định số 17/2002/NĐ-CP ngày 08/02/2002 của Chính phủ sửa đổi, bổ sung một số điều của nghị định số 77/CP ngày 29/11/1996 của Chính phủ về *xử phạt vi phạm hành chính trong lĩnh vực quản lý rừng, bảo vệ rừng và quản lý lâm sản*.

– Nghị định số 48/2002/NĐ-CP ngày 22/4/2002 của Chính phủ sửa đổi bổ sung Danh mục thực vật, động vật hoang dã quý hiếm ban hành kèm theo Nghị định số 18/HĐBT ngày 17/01/1992 của Hội đồng Bộ trưởng quy định *danh mục thực vật rừng, động vật rừng quý hiếm và chế độ quản lý, bảo vệ*.

– Nghị định số 109/2003/NĐ của Chính phủ về *Bảo tồn và phát triển bền vững các vùng đất ngập nước*.

– Quyết định số 192/2003/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ về việc *phê duyệt Chiến lược quản lý hệ thống Khu bảo tồn thiên nhiên Việt Nam đến năm 2010*.

– Luật Thủy Sản đã được Quốc hội thông qua ngày 26/11/2003 và được Chủ tịch nước ký lệnh công bố ngày 10/12/2003. Trong luật này, có các điều khoản về quản lý, bảo vệ nguồn lợi thủy sản.

– Năm 2003, Thủ tướng Chính phủ đã ra quyết định số 256/2003/QĐ-TTg ngày 02/12/2003 *phê duyệt Chiến lược bảo vệ môi trường Quốc gia đến năm 2010 và định hướng đến năm 2020*. Trong chiến lược này, trình bày tình trạng môi trường, quan điểm, mục tiêu và các nội dung cơ bản về bảo vệ môi trường và giải pháp thực hiện chiến lược môi trường của Việt Nam.

– Luật Bảo vệ và phát triển rừng đã được sửa đổi và bổ sung trong năm 2004.

– Năm 2004, Thủ tướng Chính phủ đã ra quyết định số 13/2004/QĐ-TTg *phê duyệt Chương trình Bảo vệ và Phát triển nguồn lợi thủy sản đến năm 2010*. Đây là cơ sở để thực hiện các mục tiêu bảo vệ, bảo tồn đa dạng thủy sinh vật, phục hồi nguồn lợi thủy sản, nâng cao nhận thức về tầm quan trọng của nguồn lợi thủy sản và tăng cường năng lực quản lý nhà nước về nguồn lợi thủy sản.

– Năm 2005, Thủ tướng Chính phủ đã ra Quyết định số 34/2005/QĐ-TTg về Ban hành chương trình hành động của Chính phủ thực hiện Nghị quyết số 41-NQ/TW của Bộ Chính trị. Trong đó nêu rõ cần “*Xây dựng, phê duyệt và tổ chức thực hiện Kế hoạch hành động Quốc gia về bảo vệ đa dạng sinh học trong thời kỳ đẩy mạnh công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước*”.

– Năm 2005, Luật Bảo vệ môi trường đã được sửa đổi và được Chủ tịch nước ra quyết định có hiệu lực.

– Năm 2007, Thủ tướng Chính phủ đã ra quyết định số 79/2007/QĐ-TTg *phê duyệt Kế hoạch hành động Quốc gia về Đa dạng sinh học đến năm 2010 và định hướng đến năm 2020 thực hiện Công ước Đa dạng sinh học và Nghị định thư Cartagena về An toàn sinh học*.

Như vậy, có thể thấy cho đến nay, đã có khoảng 100 các văn bản Nhà nước mang tính pháp luật liên quan trực tiếp hoặc gián tiếp đến bảo vệ môi

trường và tài nguyên sinh vật của Việt Nam. Các văn bản mang tính pháp luật là cơ sở rất quan trọng về mặt pháp lý cho thực hiện có hiệu quả công tác bảo vệ môi trường và tài nguyên sinh vật. Tuy nhiên, hệ thống các văn bản quy định của pháp luật Việt Nam liên quan đến bảo vệ môi trường và tài nguyên sinh vật tuy đã được hình thành nhưng còn có nhiều điểm bất cập. Đặc biệt hiệu lực thi hành pháp luật về bảo vệ môi trường của nước ta còn yếu.

14.2.2. Giám sát môi trường

Giám sát môi trường (environmental monitoring) là đo đạc các yếu tố môi trường định kỳ hoặc không định kỳ để đánh giá chất lượng môi trường theo các tiêu chuẩn đã định về phương pháp. Công tác giám sát môi trường được thực hiện theo các trình tự : Thiết kế hệ thống trạm giám sát ; Lựa chọn các thông số giám sát ; Tần số giám sát ; Quy trình thu mẫu và phân tích mẫu ; Đánh giá các kết quả giám sát.

14.2.2.1. Thiết kế hệ thống trạm giám sát

Để đạt được các mục tiêu quan trắc và giám sát môi trường : có được các dẫn liệu môi trường định kỳ thông qua các chỉ tiêu môi trường cơ bản nhằm đánh giá hiện trạng cũng như xu thế diễn biến môi trường theo thời gian một cách chính xác và có tính đại diện cao thì việc lựa chọn và thiết lập mạng lưới trạm giám sát là rất cần thiết. Đối với môi trường nước mặt, thường có 3 cấp trạm giám sát :

- Trạm giám sát nền được đặt ở khu vực không bị ảnh hưởng trực tiếp của các nguồn ô nhiễm.
- Trạm giám sát tác động được đặt tại các khu vực bị tác động của con người.
- Trạm giám sát xu thế hoặc xu hướng là loại trạm đại diện cho một vùng lãnh thổ rộng lớn để đánh giá diễn biến môi trường cho toàn cầu. Bởi vậy, kiểu trạm giám sát kiểu này thường rất ít về số lượng.

Trạm giám sát có đầy đủ các thông tin về đặc điểm tự nhiên, khí hậu, thổ nhưỡng, sử dụng đất, quần xã thực vật, vị trí địa lý (kinh vĩ độ), độ cao, diện tích điểm giám sát (ha), diện tích thuỷ vực (ha, chiếm tỷ lệ % so với diện tích chung), kiểu đất ưu thế, thảm thực vật ưu thế, số liệu lượng mưa trung bình, đặc điểm thuỷ văn, tình trạng sử dụng đất, các nghiên cứu đã có, các hoạt động của con người, bản đồ (nền địa chất, kiểu đất, thảm thực vật), danh lục thành phần loài thực vật, động vật.

14.2.2.2. Lựa chọn các thông số giám sát

Thông thường, các thông số giám sát môi trường truyền thống thường là các chỉ tiêu hoá học, vật lý. Mặc dầu vậy, mỗi thành phần môi trường (đất, nước, không khí) hoặc công tác giám sát môi trường chuyên đề (giám sát tác động của mưa axit, giám sát ảnh hưởng phóng xạ của nhà máy hạt nhân, giám sát thực phẩm...) đều có các thông số giám sát riêng, phù hợp với yêu cầu. Thời gian gần đây, bên cạnh các chỉ tiêu lý hoá, các chỉ tiêu sinh học đã được nghiên cứu áp dụng ở nhiều Quốc gia và được đưa vào sử dụng như những thông số giám sát môi trường, đặc biệt môi trường nước, môi trường đất và các giám sát môi trường chuyên đề.

14.2.2.3. Tần số giám sát

Theo logic, tần số thu mẫu càng nhiều thì việc đánh giá chất lượng môi trường có độ chính xác càng cao. Đối với giám sát môi trường nước mặt, theo hệ thống giám sát môi trường toàn cầu (Global Enviromental Monitoring System – GEMS), tần số giám sát của hệ thống giám sát môi trường toàn cầu được quy định từ 4 đến 24 lần/năm tùy thuộc vào cấp của trạm giám sát, loại hình mặt nước và yêu cầu sử dụng mặt nước. Tuy vậy, tần số của sinh giám sát môi trường nước có thể không cần dày như vậy nên tần số thu mẫu sinh giám sát môi trường nước nội địa được đề xuất trong bảng dưới đây.

Bảng 14.2. Tần số (lần) thu mẫu tại các trạm giám sát môi trường nước
(Nguồn : Lê Trình, 1997)

Loại trạm	Sông, suối lớn	Hồ	Nước ngầm
Trạm nền	4 – 12	4	2 – 4
Trạm tác động			
– Nước cấp sinh hoạt	12 – 14	6 – 12	4 – 12
– Nước thủy lợi	12	2	4
– Nuôi thủy sản	12	6	–
– Tác động đa dạng	12	4	4
Trạm xu thế	12 – 14	2 – 6	4

14.2.3. Sinh giám sát (Biomonitoring) môi trường

Sinh giám sát (Biological monitoring) môi trường là quan sát các phản ứng của các cơ thể sinh vật để đánh giá những biến đổi môi trường dưới tác

động của con người. Như vậy, sinh giám sát môi trường thực tế là sử dụng các chỉ thị sinh vật để đánh giá chất lượng môi trường.

Trên thế giới, việc nghiên cứu và sử dụng các yếu tố sinh học đánh giá, giám sát và cải thiện chất lượng môi trường đã đạt được nhiều thành tựu có ý nghĩa khoa học và thực tế. Tại các nước phát triển ở châu Âu và Bắc Mỹ, đặc biệt là ở ngay một số nước trong khu vực như Trung Quốc, Ấn Độ, Thái Lan đã có những nghiên cứu nhiều năm sử dụng các nhóm sinh vật đánh giá và giám sát môi trường. Riêng về lĩnh vực môi trường nước, nhiều Quốc gia đã thiết lập những chỉ số sinh học riêng của mình để đánh giá chất lượng môi trường nước như những thông số không thể thiếu được bên cạnh những chỉ tiêu thủy hoá – lý truyền thống (chỉ số sinh học của Bỉ – BBI, chỉ số Pháp – FI, chỉ số Anh – Trend Index, chỉ số hoại sinh – SI, chỉ số đa dạng – DI,...). Cho đến nay, có khoảng 50 phương pháp sinh học đánh giá chất lượng nước mặt. Các phương pháp này đều đưa ra hệ thống chỉ số ô nhiễm, chỉ số sinh học khác nhau cho đánh giá chất lượng môi trường nước.

Ở Việt Nam, việc nhìn nhận môi trường dưới góc độ sinh học, sinh thái học cũng như việc nghiên cứu sử dụng sinh vật chỉ thị chất lượng môi trường bắt đầu được đề cập nhưng chưa được thực hiện một cách đồng bộ và mới dừng ở mức đánh giá định tính. Vì vậy, cho đến nay, ta chưa có được các chỉ số sinh học riêng, phù hợp với đặc điểm tự nhiên của mình để đánh giá, giám sát chất lượng môi trường và tiến tới dự báo diễn thế môi trường sinh thái dưới các tác động của tự nhiên và nhân tác, đặc biệt trong quá trình phát triển kinh tế – xã hội nhanh chóng và mạnh mẽ như hiện nay.

Trên cơ sở các vấn đề đã nêu ở trên, các kết quả nghiên cứu về sử dụng sinh vật chỉ thị chất lượng môi trường sẽ góp phần quan trọng cho việc đánh giá hiện trạng môi trường nước. Đồng thời, các kết quả sẽ là cơ sở đề xuất các chỉ số sinh học khả thi làm thông số trong giám sát môi trường nước bên cạnh các thông số thủy – hoá lý.

Để giám sát môi trường, có thể sử dụng 2 phương pháp liên quan đến hai loại dữ liệu : 1. Phương pháp lý – hoá học : là phương pháp kinh điển được phổ biến từ lâu, sử dụng các tiêu chuẩn lý hoá học nước ; 2. Phương pháp sinh học : phát triển trong thời gian sau này và ngày càng tỏ ra có những ưu điểm hơn phương pháp lý hoá học. Đó là :

– Phương pháp lý hoá học xác định các yếu tố riêng lẻ trong môi trường nước ô nhiễm, tác động này rất khác với tác động tổng hợp của toàn bộ các

yếu tố. Tác động tổng hợp này chỉ được thể hiện qua các dữ liệu sinh học, do phương pháp sinh học thu được trên cá thể sinh vật hoặc quần xã sinh vật trong môi trường nước bị ô nhiễm.

– Phương pháp lý hoá học xác định chất lượng môi trường nước trong một thời điểm tức thời. Trong khi đó, phương pháp sinh học thể hiện chất lượng môi trường nước qua một quá trình diễn ra trong một thời gian nhất định đủ cho một vài chu kỳ sống của sinh vật chỉ thị.

– Các phương pháp, kỹ thuật phân tích lý hoá học hiện nay chưa có khả năng xác định các chất có hàm lượng siêu nhỏ trong môi trường nước nằm dưới giới hạn phân tích. Trong khi đó, phương pháp sinh học có khả năng gián tiếp xác định được các chất có hàm lượng siêu nhỏ, dựa vào khả năng tích tụ sinh học (bioaccumulation) của các sinh vật chỉ thị.

– Các phương pháp phân tích lý hoá học truyền thống hiện nay chỉ xác định được khoảng 25 chất ô nhiễm thải vào môi trường nước, trong khi đó, số chất ô nhiễm được thải vào môi trường hiện nay là rất lớn, tới khoảng 1500 chất, vượt qua khả năng kỹ thuật và đặc biệt kinh phí phân tích lý hoá học trong giám sát môi trường nước.

Phương pháp sinh học thường được thực hiện theo hai hướng, dựa trên hai loại dữ liệu :

a) Phương pháp sinh thái (Ecological) : dựa trên các dữ liệu về sự biến đổi thành phần phân loại, cấu trúc quần xã sinh vật chỉ thị của môi trường ô nhiễm.

b) Phương pháp sinh lý – sinh hoá (physiologico – biochemical) : dựa trên các dữ liệu về sự biến đổi chức năng sinh lý (sinh sản, phát triển), sinh hoá (thành phần prôtêin), di truyền (cấu trúc nhiễm sắc thể và gen), hoạt chất (enzym), tập tính (behaviour), tổ chức bệnh lý (phản ứng, kháng thể trong máu).

Trong môi trường tự nhiên, môi trường sinh học, sinh thái học được coi như một đối tượng giám sát. Sinh giám sát ghi nhận những biến đổi về cấu trúc, chức năng của các thành phần hữu sinh và vô sinh diễn ra trong hệ sinh thái. Đó là cơ sở đánh giá nguyên nhân, dự báo diễn thế sinh thái và đề xuất các biện pháp duy trì cân bằng sinh thái.

Tại một số Quốc gia, hiện có hai kiểu sinh giám sát môi trường :

– Giám sát Quốc gia (Governmental monitoring) là giám sát theo diện rộng được thiết lập bởi các trạm giám sát cố định, liên tục tương ứng với các trạm giám sát môi trường khác.

– Giám sát theo đề án (Project monitoring) theo diện hẹp, được thực hiện trong phạm vi một vùng lãnh thổ, một khu vực nào đó có nhiều kiểu hệ sinh thái hoặc một hệ sinh thái nhất định trong một khoảng thời gian nhất định.

Nội dung sinh giám sát môi trường nước

Nội dung chính của sinh giám sát môi trường là sử dụng các chỉ số sinh học như là một chỉ số trong quan trắc môi trường. Tuy nhiên, tùy thuộc vào kiểu giám sát mà có những nội dung phù hợp, như với kiểu Giám sát Quốc gia là xác định các chỉ số môi trường cơ bản, trong đó có chỉ số sinh học đánh giá môi trường. Trong kiểu Giám sát theo đề án, bên cạnh xác định các chỉ số sinh học, cần có thêm một số nội dung nghiên cứu khu hệ, đa dạng sinh học và đặc tính phân bố số lượng.

– Thu mẫu động vật đáy cỡ lớn để đánh giá nhanh chất lượng nước dựa trên hệ thống tính điểm BMWP^{Vietnam}.

– Thu mẫu sinh vật nổi (thực vật nổi và động vật nổi), tính chỉ số đa dạng, mật độ số lượng, cấu trúc tỷ lệ quần thể.

– Phân tích hàm lượng chlorophyll bằng phương pháp máy phân tích quang học với thuốc thử.

Tần số thu mẫu

Trong giám sát môi trường, về nguyên tắc, tần số thu càng dày thì các kết quả tổng hợp càng có độ chính xác cao, biểu thị được thực tế chất lượng môi trường của khu vực giám sát. Tuy nhiên, tùy thuộc vào điều kiện về kinh phí và điều kiện phân tích thực tế, cần xác định tần số thu mẫu phù hợp.

Trong nghiên cứu sinh thái nói chung, môi trường – sinh thái thủy vực nói riêng, có hai kiểu nghiên cứu để đánh giá chất lượng môi trường sinh thái là kiểu nghiên cứu định hướng (Orientation) và kiểu nghiên cứu hệ thống (Systematic). Mỗi kiểu có tần số thu mẫu khác nhau: kiểu nghiên cứu sinh thái định hướng, ít nhất có 2 lần thu mẫu/năm, kiểu nghiên cứu hệ thống có tần số thu mẫu dày hơn, tốt nhất 1 lần/tháng. Việc giám sát chất lượng môi trường nước các nguồn nước cấp thường thu mẫu theo kiểu hệ thống. Tuy vậy, tần số của sinh giám sát môi trường nước có thể không cần dày như vậy nên tần số thu mẫu sinh giám sát môi trường nước nội địa được đề xuất trong bảng dưới đây.

Bảng 14.3. Tần số (lần) thu mẫu tại các trạm sinh giám sát môi trường nước

Vị trí trạm, mục tiêu sử dụng	Sông, suối lớn	Cửa sông ven bờ	Hồ, hồ chứa
– Vùng nông thôn	4 – 8	4	4 – 8
– Đô thị, khu công nghiệp	8 – 12	8	8 – 12
– Nuôi thủy sản	4	4	4
– Nước cấp sinh hoạt	12		12

Bên cạnh việc thành lập các trạm sinh giám sát môi trường nước cố định, việc tiến hành các đề án sinh giám sát (giám sát theo đề án) cần thiết triển khai để có được những số liệu cơ bản, đầy đủ và toàn diện để thể hiện chính xác chất lượng môi trường nước bởi các chỉ số sinh học–sinh thái học của một lưu vực sông hoặc một vùng lãnh thổ nào đó. Đây sẽ là cơ sở dữ liệu cho các quy hoạch phát triển, quản lý môi trường nguồn nước vùng lưu vực đồng thời cũng là cơ sở để so sánh đối chiếu với các chỉ tiêu thủy lý– hoá môi trường.

14.2.3.1. Sử dụng động vật đáy cỡ lớn (Macrobenthos) để đánh giá nhanh chất lượng nước

Nhóm động vật đáy cỡ lớn từ lâu đã là đối tượng được nghiên cứu sử dụng trong sinh giám sát môi trường nước bởi đây là một nhóm đa dạng có chu kỳ sống khá lâu. Các loài động vật đáy sống tĩnh tại có phản ứng mạnh và thường có thể dự báo các ảnh hưởng đến môi trường. Nhóm động vật đáy cỡ lớn ở sông suối và hồ đã sớm được sử dụng trong sinh giám sát ô nhiễm hữu cơ.

Trên cơ sở các nhóm động vật đáy, hệ thống tính điểm số BMWP (Biological Monitoring Working Party) (Armitage et al., 1983) đã được các Nhà Sinh thái học Anh sử dụng để tiêu chuẩn hoá việc đánh giá chất lượng nước. Hệ thống điểm BMWP đang hiện hành một số bảng tính điểm. Trong đó, có hệ áp dụng ở Anh (theo Armitage và cộng sự, 1983) gọi là hệ tính điểm BMWP^{Anh}, một hệ khác được cải tiến và áp dụng ở Thái Lan (theo Stephan Mustow, 1997) gọi là hệ tính điểm BMWP^{Thái}. Ở Việt Nam, trong khuôn khổ hợp tác giữa một số cơ sở nghiên cứu của Anh như Hội Nghiên cứu thực địa và Viện Sinh thái nước ngọt với Khoa Sinh học Đại học KHTN – Đại học Quốc gia Hà Nội, các nhà khoa học hai nước đã nghiên cứu, điều chỉnh hệ thống tính điểm BMWP phù hợp với Việt Nam. Tập hợp các hệ thống tính điểm đã có, hệ thống tính điểm BMWP^{Vietnam} phù hợp với đặc điểm khu hệ động vật không xương sống (ĐVKXS) và điều kiện môi trường tự nhiên của

Việt Nam đã được đề xuất và sử dụng thử để tính toán và phân hạng chất lượng nước trong một số đề tài. Hệ thống này sử dụng bậc phân loại (taxon) động vật đáy chỉ tới họ.

– Một số họ động vật đáy được lựa chọn tham gia một lần tính điểm bao gồm các họ có tính nhạy cảm cao nhất (tương đương với điểm cao nhất – điểm 10) sau đó là các họ có tính nhạy cảm giảm dần và cuối là các họ có khả năng thích nghi với điều kiện môi trường thay đổi (tương đương với số điểm thấp nhất – điểm 1).

– Sau khi tổng hợp các kết quả phân tích và định loại từ các mẫu vật thu được, ta sử dụng phương pháp tính toán theo hệ thống tính điểm BMWP và tài liệu hướng dẫn sử dụng chỉ thị sinh học để đánh giá chất lượng nước.

– Điểm số của BMWP được tính như sau :

- Mẫu vật sau khi thu thập được tại các thủy vực, tiến hành phân loại và nhận biết chúng. Lập ra một bảng danh sách các ĐVKXS cỡ lớn thu được tại khu vực lấy mẫu.

- Dựa vào thành phần các họ tương ứng với các họ có mặt trong bảng tính điểm BMWP để tính theo từng họ (bảng tính điểm BMWP), nếu họ nào không có trong bảng tính điểm thì có thể bỏ qua.

- Cộng tất cả các điểm số thu được từ mỗi họ tại từng điểm nghiên cứu ta sẽ được điểm số tổng cộng BMWP.

- Sau khi có điểm tổng cộng BMWP, tính điểm số trung bình hay còn gọi là ASPT (Average Score Per Taxon) bằng cách lấy tổng số điểm chia cho tổng số họ đã tham gia tính điểm. Điểm số ASPT là chỉ số sinh học tương ứng với một mức chất lượng nước. Chỉ số này trong khoảng từ 1 – 10.

Bảng 14.4. Xếp loại mức độ ô nhiễm các thủy vực theo hệ thống điểm BMWP
(Nguồn : Environment Agency, UK, 1997)

Thứ hạng	Chỉ số ô nhiễm (ASPT) hay chỉ số sinh học (Bio-index)	Đánh giá chất lượng nước
I	10 – 8	Không ô nhiễm, nước sạch
II	7,9 – 6	Ô nhiễm nhẹ (Oligosaprobe)
III	5,9 – 5	Ô nhiễm vừa (β Mesosaprobe)
IV	4,9 – 3	Khá ô nhiễm (α Mesosaprobe)
V	2,9 – 1	Ô nhiễm nặng (Polysaprobe)
VI	0	Ô nhiễm rất nặng (không có ĐVKXS)

14.2.3.2. Giám sát hệ sinh thái dưới tác động của mưa axit

Mưa axit làm chua hoá môi trường đất, môi trường nước và qua đó gây ảnh hưởng tới các hệ sinh thái ở cả trên cạn lẫn dưới nước. Bởi vậy, trên thế giới, đặc biệt là ở các nước công nghiệp phát triển, các nghiên cứu ảnh hưởng của mưa axit tới sinh vật trong các hệ sinh thái đã được thực hiện từ nhiều năm nay. Nghiên cứu lắng đọng axit và các tác động của nó đến môi trường đã được tiến hành ở Mỹ từ năm 1980 bởi Chương trình đánh giá mưa axit Quốc gia (National Acid Precipitation Assessment Program – NAPAP). Chương trình nghiên cứu ảnh hưởng tới môi trường nước (Aquatic Effects Research Program) của NAPAP nghiên cứu thực trạng thay đổi về chất lượng nước mặt (sông, hồ) từ các ảnh hưởng của mưa axit cũng như các ảnh hưởng của mưa axit đến sức khỏe con người, các loài sinh vật và hệ sinh thái. Tại các nước cộng đồng châu Âu, giám sát mưa axit cũng được thực hiện từ những năm 1980.

Trong hoạt động của mạng lưới giám sát mưa axit ở Đông Á (EANET) bắt đầu từ 1998, các nội dung giám sát môi trường các thuỷ vực nước ngọt, đất và thảm thực vật đã được các nước thành viên quan tâm. Mục tiêu của giám sát sinh thái mưa axit là xác định, dự báo tình trạng và những biến đổi của các hệ sinh thái trên cạn và dưới nước trong một thời gian dài dưới tác động của các chất khí độc lắng đọng từ khí quyển, đặc biệt là nitơ và sulphua. Các kết quả giám sát sẽ là cơ sở để đưa ra các quyết định kiểm soát và đánh giá các ảnh hưởng sinh thái của mưa axit.

Giám sát lắng đọng axit được phân thành 2 loại là giám sát lắng đọng và giám sát hệ sinh thái :

– *Giám sát lắng đọng* là thu thập những số liệu cơ bản về phân bố không gian và thời gian của lắng đọng axit. Ba khu vực được chọn để giám sát là : vùng xa xôi hẻo lánh, vùng nông thôn và thành phố.

– *Giám sát hệ sinh thái* là thu thập những số liệu cơ bản để nghiên cứu, đánh giá ảnh hưởng của mưa và lắng đọng axit đến các hệ sinh thái, đặc biệt là hệ sinh thái ở cạn.

Trong chương trình giám sát hệ sinh thái dưới tác động của mưa axit, giám sát tổng hợp (Integrated Monitoring – IM) các hệ sinh thái đang được đặc biệt quan tâm.

14.2.3.3. Các nội dung giám sát sinh thái mưa axit

Từ các nguyên tắc trên, tại các điểm giám sát tổng hợp, bên cạnh các nội dung giám sát về khí tượng (Meteorology), hoá không khí (Air chemistry), hoá nước mưa (Precipitation chemistry) thì các nội dung/chương trình giám sát sinh thái được đề xuất thực hiện bao gồm : thu thập, phân tích các mẫu nước chảy qua tán cây (throughfall – TF), phân tích kim loại nặng trong rêu (Metal chemistry of mosses – MC), nước chảy theo thân cây (stemflow – SF), địa hoá (Soil Chemistry – SC), thuỷ hoá trong đất (Soil Water Chemistry – SW), thuỷ hoá sông, suối (Runoff water chemistry – RW), thuỷ hoá hồ, đầm (Lake water chemistry – LC), phân tích thành phần hoá học lá xanh (Foliage chemistry – FC), phân tích thành phần hoá học lá rụng (Litterfall chemistry – LF), thuỷ sinh vật suối (Hydrobiology of streams – RB), thuỷ sinh vật hồ (Hydrobiology of Lakes – LB), phân tích các thiệt hại của rừng (Forest damage – FD), thảm thực vật theo ô tiêu chuẩn (Vegetation – intensive plot – VG), đặc điểm sinh học cây và cây chỉ thị (Tree bioelements and tree indication – BI), cấu trúc thành phần loài trong thảm thực vật (Vegetation structure and species cover – VS), các nhóm thực vật bì sinh trên thân cây (Trunk epiphytes – EP), tảo lục (Aerial green algae – AL), sự phân huỷ vi sinh vật (Microbial decomposition – MB), danh lục chim (Inventory of bird – BB).

Các yếu tố cần phân tích, phương pháp cũng như tần suất thu mẫu và phân tích mẫu trong nội dung/chương trình giám sát được đề nghị tùy theo điều kiện thực tế tại các trạm giám sát.

*** Lựa chọn các điểm giám sát tổng hợp**

Các điểm giám sát tổng hợp (Integrated Monitoring Site) được lựa chọn trong một vùng lưu vực mà ở đó có mối tương tác giữa các nội dung giám sát. Các tiêu chuẩn chung của điểm giám sát như sau :

- Điểm giám sát cho phép đo đạc được các nguồn vào và nguồn ra (input–output). Nguồn vào là sự lắng đọng axit tại điểm giám sát, nguồn ra là lượng nước từ vùng lưu vực thải vào thuỷ vực và các thông số hoá học.

- Điểm giám sát có tính đồng nhất về địa chất.

- Điểm giám sát có diện tích 10 – 1000 ha và vùng đệm cũng có phương thức sử dụng đất tương tự.

- Điểm giám sát lý tưởng là nơi mà việc sử dụng đất trong điểm giám sát được kiểm soát. Điều này có nghĩa là với mức độ nào đó, điểm giám sát được bảo vệ.

- Điểm giám sát có thể đặc trưng cho vùng.
- Đã có một số nghiên cứu, đánh giá môi trường liên quan ở khu vực có điểm giám sát.

– Nguồn gây ô nhiễm quan trọng nhất phải cách trên 50 km. Nơi có mức ô nhiễm nền cao thì khoảng cách tới nguồn ô nhiễm có thể ngắn hơn nhưng khoảng cách phải xa hơn khi mức ô nhiễm nền thấp.

Mô tả chung các điểm giám sát

– Điểm giám sát có đầy đủ các thông tin về đặc điểm tự nhiên, khí hậu, thổ nhưỡng, sử dụng đất, quần xã thực vật, vị trí địa lý (kinh, vĩ độ), độ cao, diện tích điểm giám sát (ha), diện tích thủy vực (ha, chiếm tỷ lệ % so với diện tích chung), kiểu đất ưu thế, thảm thực vật ưu thế, số liệu lượng mưa trung bình (30 năm gần đây), đặc điểm thủy văn, tình trạng sử dụng đất, các nghiên cứu đã có, các hoạt động của con người, bản đồ (nền địa chất, kiểu đất, thảm thực vật), danh lục thành phần loài thực vật, động vật.

– Có các loại bản đồ cần thiết : bản đồ nền (1/2000–1/10000), bản đồ địa chất, bản đồ đất, bản đồ sử dụng đất, bản đồ thảm thực vật.

– Có các danh lục về khu hệ sinh vật, đánh giá đa dạng sinh học.

Trong các điểm giám sát tổng hợp, các trạm quan trắc (Monitoring Station) được xác định để thực hiện thường kỳ các nội dung/chương trình giám sát. Các thông tin cơ bản của trạm, các yêu cầu cũng như số lượng các trạm quan trắc cũng được tiêu chuẩn hoá đối với loại đất, ô tiêu chuẩn, cây, con.

Điểm giám sát sinh thái được chia thành hai loại : điểm giám sát cơ bản và điểm giám sát sinh thái. Tại các điểm giám sát sinh thái, việc giám sát đất, thảm thực vật, rừng và giám sát môi trường nước mặt lục địa sẽ được tiến hành.

Điểm giám sát cơ bản được thiết lập tại khu vực kiểm soát lắng đọng axit hay ở vị trí lân cận nhằm đo đạc, tích lũy số liệu cơ bản về môi trường đất, rừng và môi trường nước mặt lục địa. Tại những vị trí này, các phân tích lý học và hoá học đất, mô tả cây, khảo sát thực vật, tàn phá rừng và chất lượng môi trường nước sông, hồ sẽ được thực hiện.

Điểm giám sát sinh thái được thiết lập để đánh giá tác động của lắng đọng axit đến toàn bộ hệ sinh thái qua việc áp dụng các phân tích về hệ sinh thái ở cạn hay phân tích vùng lưu vực. Vị trí được lựa chọn sẽ là những vùng mà hệ sinh thái ở cạn nhạy cảm đối với sự thay đổi độ axit trong không khí khu vực. Một số vị trí cũng được đặt ở những vùng bảo tồn thiên nhiên.

Ở đây, yếu tố động lực trong hệ sinh thái sẽ được khảo sát kỹ lưỡng và tiềm năng môi trường đối với lắng đọng axit cũng được ước tính.

Như vậy, với chức năng của các điểm giám sát tổng hợp (IM), các điểm giám sát sinh thái nằm trong điểm giám sát tổng hợp. Mỗi điểm giám sát sinh thái đều có các đặc thù để phù hợp với các nội dung giám sát của mình.

Các trạm quan trắc

Trạm quan trắc cố định để thu thập các số liệu từ các nội dung giám sát (ô tiêu chuẩn, nhóm cây, điểm thu mẫu...). Vị trí các trạm này phụ thuộc vào điều kiện về đất, rừng và thảm thực vật. Các ô tiêu chuẩn có thể đại diện cho điểm giám sát.

** Giám sát sinh thái thủy vực nước đứng*

Các hệ sinh thái thủy vực nước đứng bao gồm hồ, ao, đầm. Đặc điểm thủy hoá, thủy sinh vật là một bức tranh tổng hợp biểu thị môi trường thủy vực. Các thay đổi về điều kiện môi trường khí quyển, môi trường đất vùng lưu vực tác động trực tiếp đến môi trường hồ. Bởi vậy, các nội dung giám sát hệ sinh thái thủy vực nước đứng gồm có các yếu tố hoá học (trong nước, trầm tích), các yếu tố sinh học (các nhóm sinh vật) để hiểu biết được diễn biến của các hợp phần này.

Các thông số giám sát

1. Hoá học (các yếu tố có gạch dưới là bắt buộc)

– Anion : độ kiềm, sulphat, NO_3^- , Cl^-

– Cation : pH, Ca, Mg, Na, K, nhôm vô cơ không bền vững (Inorganic (labile) alumini I).

– Chất dinh dưỡng : nitơ tổng số, ammoni, phốtpho tổng số, PO_4^{3-} , tổng sulphua, Si.

– Thuộc tính vật lý : độ dẫn điện, nhiệt độ.

– Hợp chất hữu cơ : cacbon hữu cơ hoà tan.

– Kim loại : Mn, Cd, Zn, Cu, As, Md, tổng nhôm.

– Loại khác : F, màu sắc.

2. Thủy sinh vật (các yếu tố có gạch dưới là bắt buộc)

– Sinh vật đáy (*Benthos*) bao gồm các nhóm tôm (*Crustacea – Macrura*), cua (*Crustacea – Brachyura*), trai, hến (*Bivalvia*), ốc (*Gastropoda*), giun ít tơ (*Oligochaeta*), ấu trùng côn trùng ở nước (*Insecta larvae*).

- Chlorophyll alpha.
- Sinh vật nổi : thực vật nổi (*Phytoplankton*), động vật nổi (*Zooplankton*).
- Cá (*Pisces*) : thành phần loài, sản lượng.

Phương pháp

– Thu mẫu nước để phân tích thủy hoá bằng bình hình trụ chất liệu polypropylene hoặc polyethylene, dung tích 2 – 4 lit. Thu mẫu phân tầng tại các độ sâu : 0,5 m (hoặc 1 m), 3 m, 5 m, điểm giữa tầng đáy và tầng mặt, điểm cách đáy 1 m. Tại khu vực sâu nhất có thể thiết lập một mặt cắt thu mẫu, đo đặc hằng năm.

– Thu mẫu sinh vật đáy bằng gầu kiểu Ekman, các loại lưới cào đáy. Mẫu bùn được lọc qua rây kích thước 0,5 mm. Mẫu được cố định trong ethanol 96%.

– Thu mẫu và phân tích chlorophyll : Lấy mẫu nước bằng bình lấy nước theo từng độ sâu : 0 – 1 m, 1 – 2 m... Lọc 0,1 – 2 lit nước mẫu bằng máy lọc chân không qua giấy lọc sợi thủy tinh (Whatman GF/F). Chlorophyll được chiết từ tảo bằng cách nhúng giấy lọc nước mẫu vào dung dịch ethanol 94%. Thể tích dung dịch chiết 5 – 25 ml (phải biết chính xác). Dung dịch chiết được đưa vào ống thủy tinh đặt vào bể nước 75°C trong 5 phút sau đó làm nguội theo nhiệt độ phòng. Nếu công việc không được tiến hành liên tục có thể lưu giữ ống mẫu trong 4°C, tối. Đo mẫu bằng quang phổ kế, tại bước sóng 665 và 750 nm. Mẫu trắng được đo với 94% ethanol.

Hàm lượng chlorophyll alpha được tính theo công thức :

$$\text{Chl} = (A_{665} - A_{750}) \times (V_1 \times 103) / (V_2 \times L \times 83,4)$$

Trong đó :

Chl : chlorophyll alpha của mẫu (mg/m³).

V₁ : dung tích ethanol (ml).

A₆₆₅ : sự hấp phụ tại 665 nm (hấp phụ chlorophyll alpha lớn nhất)

A₇₅₀ : sự hấp phụ tại 750 nm (độ đục).

83,4 : hệ số hấp phụ của chlorophyll alpha trong 94% ethanol.

V₂ : thể tích mẫu được lọc (l).

L : chiều dài cuvette (cm).

Kết quả được biểu thị (CP) mg/m³ (cho mỗi độ sâu).

– Thu mẫu sinh vật nổi bằng lưới vớt sinh vật nổi kiểu Juday, đường kính miệng lưới 20 cm, đường kính vòng 2 – 30 cm, chiều dài thân trên 25 cm, chiều dài lưới lọc 90 cm, vải lưới lọc thực vật nổi cỡ 70 (70 sợi/cm), vải lưới lọc động vật nổi cỡ 40. Ở các hồ có độ sâu lớn, thu mẫu sinh vật nổi phân tầng theo từng độ sâu (tùy theo địa điểm thu mẫu) : 0–2 m, 5–2 m, 10 – 5 m, 15 – 10 m, 20 – 15 m, 25 – 20 m. Vật mẫu sinh vật nổi được cố định trong formalin 4%...

** Giám sát các thủy vực nước chảy*

Các hệ sinh thái thủy vực nước chảy bao gồm suối, sông. Các thủy vực nước chảy là đầu ra của các chất hoà tan từ vùng lưu vực. Tổng lượng các thành phần từ vùng lưu vực được tính toán bằng đo đặc dòng chảy và phân tích hàm lượng các yếu tố từ các dòng.

Thành phần và sinh khối của thủy vực nước chảy, đặc biệt ở suối có phản ứng khác nhau tới sự chua hoá do khả năng chịu đựng của các loài là khác nhau. ĐVKXS cỡ lớn được coi chỉ thị tốt cho sự chua hoá và tần số sự sốc axit tới suối. Tuy nhiên, các chỉ thị chung không thể xác định do sự khác nhau về phân bố địa lý.

Các thông số giám sát

Hoá học (các yếu tố có gạch dưới là bắt buộc)

– Anion : độ kiềm, sulphat, NO₃⁻, Cl

– Cation : pH, Ca, Mg, Na, K, nhôm vô cơ không bền vững (Inorganic (labile) aluminium I).

– Chất dinh dưỡng : nitơ tổng số, ammonium, phốtpho tổng số, PO₄³⁻, tổng sulphua, Si.

– Thuộc tính vật lý : dòng chảy, độ dẫn điện, nhiệt độ.

– Hợp chất hữu cơ : cacbon hữu cơ hoà tan.

– Kim loại : Fe, Mn, Cd, Zn, Cu, Ni, Pb, As, Cr, Md, tổng Al.

– Loại khác : F, màu sắc.

Thủy sinh vật (các yếu tố có gạch dưới là bắt buộc)

– Sinh vật đáy (Benthos) bao gồm các nhóm tôm (*Crustacea – Macrura*), cua (*Crustacea – Brachyura*), trai (*Bivalvia*), ốc (*Gastropoda*), giun ít tơ (*Oligochaeta*), ấu trùng côn trùng ở nước (*Insecta larvae*).

– Sinh vật nổi ; thực vật nổi (*Phytoplankton*), động vật nổi (*Zooplankton*).

– Cá (*Pisces*) : thành phần loài, sản lượng đánh bắt tự nhiên.

Phương pháp

– Đo đạc dòng chảy vào để tính toán các nguồn thải từ vùng lưu vực. Lấy mẫu nước ở độ sâu 10–50 cm. Nếu ở suối nông, lấy mẫu nước tầng mặt bằng trực tiếp hứng chai mẫu ngược dòng chảy.

– Thu mẫu sinh vật đáy bằng lưới cầm tay (hình tam giác, cạnh 25 cm, mắt lưới 0,5 mm). Thu mẫu theo kiểu đặt miệng lưới vuông góc với mặt nước ngược chiều dòng chảy ở vị trí thu mẫu, giậm chân sục đáy ở khu vực trước miệng lưới, các sinh vật đáy sẽ trôi vào miệng lưới. Thời gian thu mẫu 60 giây, mỗi địa điểm thu lặp lại 3 lần.

Thu mẫu bằng lưới khung định lượng diện tích thu mẫu 25 – 40 cm². Trong khung định lượng, sục đáy, nâng các tảng đá lớn, xoa mặt đáy các tảng đá, sinh vật bám đá sẽ trôi vào miệng lưới. Thời gian 60 giây, mỗi địa điểm thu 3 lần. Vật mẫu cố định trong formalin 5% hoặc ethanol 96%.

– Thu mẫu sinh vật nổi bằng lưới vớt sinh vật nổi hình chóp nón kiểu Juday, đường kính miệng lưới 20 cm, chiều dài lưới lọc 90 cm, vải lưới lọc thực vật nổi cỡ 70 (70 sợi/cm), vải lưới lọc động vật nổi cỡ 40. Thu mẫu phân tầng theo từng độ sâu (tùy theo địa điểm thu mẫu) : 0 – 2 m, 5 – 2 m, 10 – 5 m, 15 – 10 m, 20 – 15 m, 25 – 20 m. Vật mẫu sinh vật nổi được cố định trong formalin 4%.

** Tần số thu mẫu*

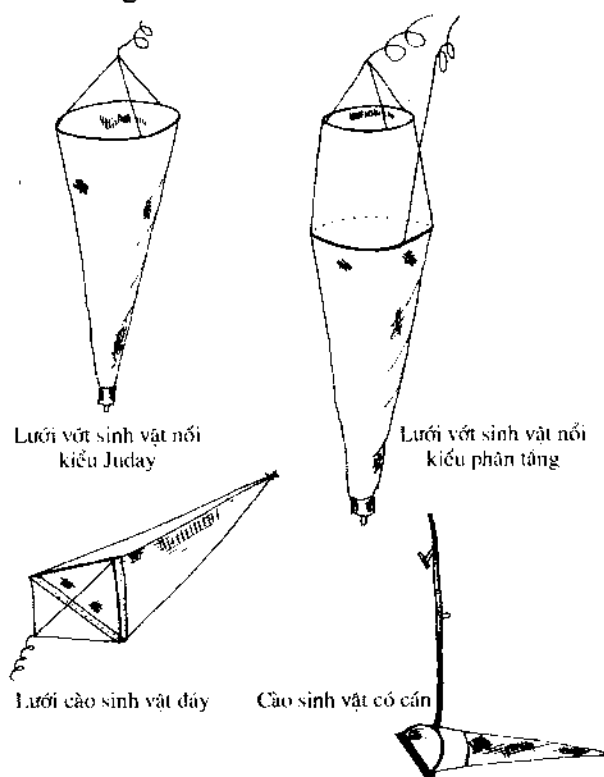
Trong giám sát môi trường, về nguyên tắc, tần số thu càng dày thì các kết quả tổng hợp càng có độ chính xác cao, biểu thị được thực tế chất lượng môi trường của khu vực giám sát. Tuy nhiên, tùy thuộc vào điều kiện về kinh phí và điều kiện phân tích thực tế, cần xác định tần số thu mẫu phù hợp.

Trong nghiên cứu môi trường sinh thái thủy vực, nghiên cứu sinh thái định hướng, ít nhất có 2 lần thu mẫu/năm, kiểu nghiên cứu hệ thống có tần số thu mẫu dày hơn, tốt nhất 1 lần/tháng. Đối với giám sát môi trường nước mặt, tần số giám sát của hệ thống giám sát môi trường toàn cầu được quy định từ 12 đến 24 lần/năm tùy thuộc vào cấp của trạm giám sát, loại hình mặt nước và yêu cầu sử dụng mặt nước. Tuy vậy, tần số của giám sát tác động của mưa axit tới sinh thái và môi trường nước có thể không cần dày như vậy nhưng các đợt thu mẫu cần đặc trưng cho các mùa trong năm (mùa khô và mùa mưa), nên tần số thu mẫu sinh giám sát môi trường nước nội địa được đề xuất trong bảng dưới đây.

Bảng 14.5. Tần số (lần/năm) thu mẫu tại các trạm giám sát tác động của mưa axit tới sinh thái và môi trường nước

	Thông số hoá học	Chlorophyll	Sinh vật nổi	Sinh vật đáy	Cá
Thủy vực nước đứng	2 – 6	4	4	4	2
Thủy vực nước chảy	12	—	4	4	2

Bên cạnh việc thành lập các trạm giám sát tổng hợp, việc tiến hành các đề án sinh giám sát (giám sát theo đề án) cần thiết triển khai để có được những số liệu cơ bản, đầy đủ và toàn diện để thể hiện chính xác chất lượng môi trường nước bởi các chỉ số sinh học – sinh thái học của một lưu vực sông hoặc một vùng lãnh thổ nào đó. Đây sẽ là cơ sở dữ liệu cho các quy hoạch phát triển, quản lý môi trường nguồn nước vùng lưu vực đồng thời cũng là cơ sở để so sánh đối chiếu với các chỉ tiêu thủy lý – hoá môi trường.



Hình 14.1. Một số dụng cụ thu mẫu thủy sinh vật

* Giám sát đất

Đất là một trong 3 thành phần môi trường của điểm giám sát tổng hợp. Mục tiêu của giám sát là đánh giá biến đổi lâu dài các thuộc tính đất, đặc biệt mức độ chua hoá của đất do sự lắng đọng axit.

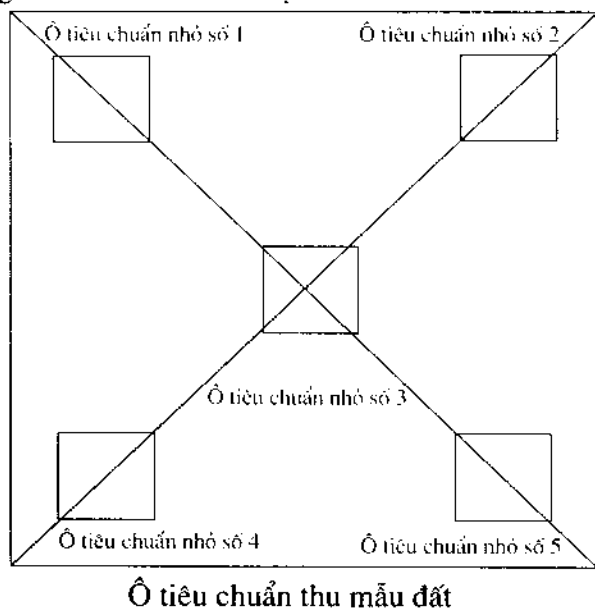
Phương pháp

– Nghiên cứu, phân hạng và mô tả đất theo tiêu chuẩn (FAO, 1990).

– Chọn một vài ô tiêu chuẩn một cách ngẫu nhiên với kích thước tùy thuộc vào tính chất đồng nhất của đất (5 x 5 m, 10 x 10 m, 40 x 40 m) tại mỗi kiểu đất giám sát. Trong ô tiêu chuẩn đó chia thành 5 ô tiêu chuẩn nhỏ hơn (kích thước 1 x 1 m). Tại ô tiêu chuẩn nhỏ, gạt bỏ lớp lá rụng ở bề mặt đất, lấy 1 – 2 kg đất mẫu tầng mặt. Mẫu đất được sấy khô, lọc qua rây 2 mm, sau đó phân tích hoá học. Lưu ý rằng các ô tiêu chuẩn được bảo đảm không có tác động nhân tạo lên đất để số liệu phân tích không sai khác nhau trong quá trình thực hiện giám sát.

– Mẫu đất thu thập, phân tích đều đặn 3–5 năm/lần. Lưu ý với đất rừng cây rụng lá có một lượng K lớn do lá rụng bị phân huỷ. Bởi vậy, thời gian thu mẫu đất ở đây sẽ được tiến hành trong cùng một mùa.

– Thu mẫu động vật đất trên các ô tiêu chuẩn theo từng tầng đất (tầng mặt, 5 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 30 cm) : nhặt, bẫy lọc. Vật mẫu động vật đất cố định trong cồn ethanol 96% hoặc formalin 5 – 10%.



Hình 14.2. Sơ đồ ô tiêu chuẩn giám sát đất và động vật đất

Các thông số giám sát

Bảng 14.6. Các thông số giám sát môi trường đất

Thông số	Đơn vị	Tiêu chuẩn	Tần số phân tích
Thuộc tính hoá học			3 – 5 năm
Độ ẩm	Tỷ lệ %	Bắt buộc	
pH (H ₂ O), pH (KCl)	độ	Bắt buộc	
Các cation trao đổi (Ca, Mg, K, Na)	cmol (+)/kg	Bắt buộc	
Độ chua trao đổi	cmol (+)/kg	Bắt buộc	
Al, H trao đổi	cmol (+)/kg	Bắt buộc	
Cacbonat	% CaCO ₃	Bắt buộc	
Cacbon tổng số	g/kg	Tuỳ ý	
Nitơ tổng số	g/kg	Tuỳ ý	
Phốtphat	P mg/kg	Tuỳ ý	
Sulphat	S mg/kg	Tuỳ ý	
Thuộc tính vật lý đất			
Độ thấm, rắn, lỏng và khí	Tỷ lệ %	Tuỳ ý	
Thuộc tính sinh học			
Động vật đất : côn trùng đất (Collembola, ve giáp), giun đất.		Tuỳ ý	

Bảng 14.7. Các thiết bị và phương pháp phân tích cho giám sát đất

Các thông số	Thiết bị/Phương pháp
Độ ẩm	Tủ sấy khô, cân
pH (H ₂ O), pH (KCl)	Đầu đo điện cực thuỷ tinh
Các cation trao đổi (Ca, Mg, K, Na)	Quang phổ hấp phụ nguyên tử AAS, ICP–AES hoặc ICP–MS (Chiết CH ₃ COONH ₄)
Độ chua trao đổi	Chuẩn độ (Chiết KCl)
Al, H trao đổi	Chuẩn độ
Cacbonat	Máy đo canxi theo thể tích
Cacbon tổng số	Chuẩn độ (phương pháp Walkley–Black) hoặc máy phân tích xianua
Nitơ tổng số	Chuẩn độ (phương pháp Kjeldahl) hoặc máy phân tích xianua
Phốtphat	Quang phổ kế (Bray–1 test)
Sulphat	Máy đo độ đục, IC, ICP–AES hoặc ICP–MS

** Giám sát thảm thực vật rừng*

Mục tiêu chính của giám sát thảm thực vật là thu nhận các chỉ thị sinh học nhạy cảm với các thay đổi của khí quyển tác động đến quần thể hoặc loài. Ngoài ra, thu nhận các dẫn liệu về động lực phát triển sinh khối cây và cấu trúc tán cây. Việc thu mẫu và phân tích thảm thực vật nhằm cung cấp các thông tin nghiên cứu ảnh hưởng của đất đến rừng.

Trong sách chỉ dẫn phương pháp giám sát thảm thực vật của các nước trong EANET, có đề cập đến phương pháp luận giám sát thảm thực vật rừng cho vùng nhiệt đới. Các hệ sinh thái ở vùng nhiệt đới là phức tạp, đất và thảm thực vật hoàn toàn đa dạng.

** Kiểm kê rừng thường kỳ*

Khu hệ thực vật có thể thay đổi do biến động môi trường. Để thanh sát tác động có thể có của lắng đọng axit, những biến đổi đó cần được mô tả chi tiết. Để mô tả biến đổi khu hệ thực vật rừng, mô tả cây được thực hiện đều đặn.

Lựa chọn các ô tiêu chuẩn cho mô tả tổng quát : Chọn 2 vạt rừng với diện tích mỗi vạt khoảng 0,2 ha. Mỗi vạt rừng được chia ra thành 3 vòng tròn đồng trục 1000, 400 và 200m² để quan trắc.

Diện tích	Đo đạc các cây
200 m ² : bán kính 7,98m	Cây cao trên 1,3m
400m ² : bán kính 11,28m	Đường kính ở độ cao ngang ngực (DBH) hơn 4cm
1000 m ² : bán kính 17,85m	DBH hơn 18cm

Việc quan sát sơ bộ được thực hiện trên một vùng rộng nhằm chọn các điểm để giám sát liên tục ảnh hưởng của mưa axit đến thảm thực vật. Vùng địa lý để quan sát thích hợp trong khoảng 50 km từ điểm lắng đọng axit (đô thị, nông thôn hoặc hệ sinh thái).

** Các thông số giám sát*

- Đếm toàn bộ số cây trong ô giám sát.
- Quan sát các cây nhạy cảm với lắng đọng axit ; sự biến đổi khu hệ của các cây bụi thấp dưới 1,3 m trong vòng tròn khoảng 200m² để mô tả tỷ lệ che phủ (mức phong phú).
- Quan sát suy thoái của cây : các cây bị suy thoái có thể do ô nhiễm không khí, lắng đọng axit cũng như các nguyên nhân khác như khí hậu, thời

tiết, dịch bệnh và do con người... Để đánh giá những nguyên nhân, cần phải giám sát lâu dài. Giám sát suy thoái của cây bao gồm chọn cây mẫu, quan sát sự phát triển cành, dạng cây, mật độ lá, kích thước lá, hình dạng lá, màu lá, sự tổn thương của lá. Các phản ứng và biến đổi bất thường của cây được ghi nhận bao gồm cây bị chết, cây sắp chết, cây phát triển bất thường, cây rụng cành lá, thối lá hoặc đổi màu lá, rụng lá bất thường. Đánh giá nguyên nhân môi trường.

– Cấu trúc thảm thực vật.

– Chụp ảnh tán cây.

* Phương pháp

– Chọn và xây dựng 1 – 2 ô tiêu chuẩn thường xuyên, diện tích 20 x 20 m và 50 x 50 m tương đối đồng nhất về quần xã thực vật có thể đại diện cho điểm giám sát và có thể cho vùng.

– Quan sát : có thể quan sát phân biệt các nhóm thảm thực vật như cây cao hơn 5 m, cây cao 1 – 5 m (lưu ý cây bụi lớn hơn 1 m), cây bụi dưới 1 m, rêu và địa y.

– Để quan sát cấu trúc thảm thực vật, chọn một ô 100 m² (bán kính đường tròn 5,64 m) để dễ dàng đánh giá độ che phủ 1m² = 1%. Đánh giá độ che phủ (%) của mỗi lớp thảm thực vật (cây, bụi), mỗi loài. Chỉ ghi nhận quần thể chiếm ưu thế.

Bảng 14.8. Biểu thị tính ưu thế

Mức độ phong phú	Tỷ lệ % của loài
5	Trên 75
4	51 – 75
3	26 – 50
2	6 – 25
1	1 – 5
0	Thấp hơn 1

– Đánh giá suy thoái cây : chọn 4 điểm cố định theo hướng bắc, nam, đông, tây. Mỗi điểm cách vùng trung tâm 12 m. Chọn 5 cây ưu thế ngẫu nhiên tại mỗi điểm. Tổng số 20 cây được chọn để giám sát. Đánh giá các đặc điểm bất thường theo 4 hoặc 5 bậc. Đánh giá các bậc suy thoái, sức sống của cây, dạng cây, sự phát triển cành, vỏ thân cây bị chết, mật độ lá, hình dạng lá, kích thước, màu lá và sự tổn thương của lá. Các kết quả quan sát chung như vậy được ghi nhận trên bản đồ để xác định điểm giám sát thường kỳ.

Ví dụ đánh giá cây mẫu, đánh giá sự rụng lá bằng 5 hạng :

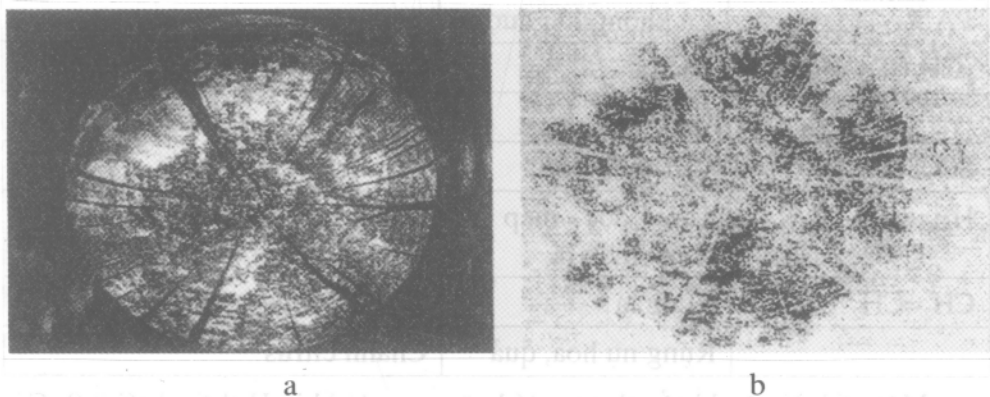
0 : không rụng lá ; 1 : rụng lá ít ; 2 : có rụng lá ; 3 : Rụng lá nhiều ;
4 : chết ; Thường phân biệt các hạng này theo tỷ lệ rụng lá như sau :

Hạng	Rụng lá	Tỷ lệ %
0	Không rụng lá	0 ~ 10%
1	Rụng lá ít	> 10 ~ 25%
2	Có rụng lá	>25 ~ 60%
3	Rụng lá nhiều	>25 ~ 60%
4	Chết	>60%

Chụp ảnh tán cây được xem là phương pháp thích hợp áp dụng cho giám sát rừng mưa nhiệt đới với nhiều loài cây.

Phương pháp : Sử dụng máy ảnh phim hoặc máy ảnh số với ống kính mắt cá (fish-eye lens), chụp ảnh bán cầu (hemispherical photograph) trong một vạt rừng. Điều này được thực hiện đều đặn, nếu là máy ảnh dùng phim thì các thông số như ngày, giờ, loại phim, tiêu cự, độ mở ống kính, tốc độ chụp phải ghi nhận. Các ảnh được chuyển sang file dạng số để xử lý bằng máy tính. Khoảng giữa tán cây có thể tính được diện tích. Sự thay đổi cấu trúc tán cây theo mùa được đánh giá trên máy tính. Độ truyền sáng giảm cùng với chỉ số diện tích cây tăng. Những thay đổi này có tương quan với sự sinh trưởng của rừng. Cần thiết thực hiện giám sát lâu dài để có thể đánh giá một cách chính xác sự sinh trưởng của rừng.

Tần số quan sát : quan sát thực địa 5 năm liên tục.



Hình 14.3. Ảnh bán cầu vạt rừng trồng loài *Michelia maclurei* ở Trung Quốc
(a) ảnh của T. Totsuka ; (b) vùng màu đen là khoảng không của vạt rừng

– Chọn các thực vật chỉ thị : Nhằm đánh giá tác động của mưa axit đến thảm thực vật, một số các loài hoặc nhóm thực vật có nhạy cảm cao với mưa axit được chọn là sinh vật chỉ thị sẽ được đưa tới vị trí giám sát và sự phát triển của nhóm loài này và các loài tự nhiên khác sẽ được giám sát.

Một cách lý thuyết, các cây được sử dụng là cây chỉ thị được chọn là :

- Có phản ứng đặc trưng với những biến đổi của môi trường.
- Có phản ứng nhạy cảm với biến đổi môi trường.
- Có những hiểu biết định lượng về mối quan hệ giữa biến đổi môi trường và phản ứng của cây.
- Phản ứng diễn ra liên tục trong thời gian dài để có phản ứng tích tụ của biến đổi môi trường có thể được đánh giá.

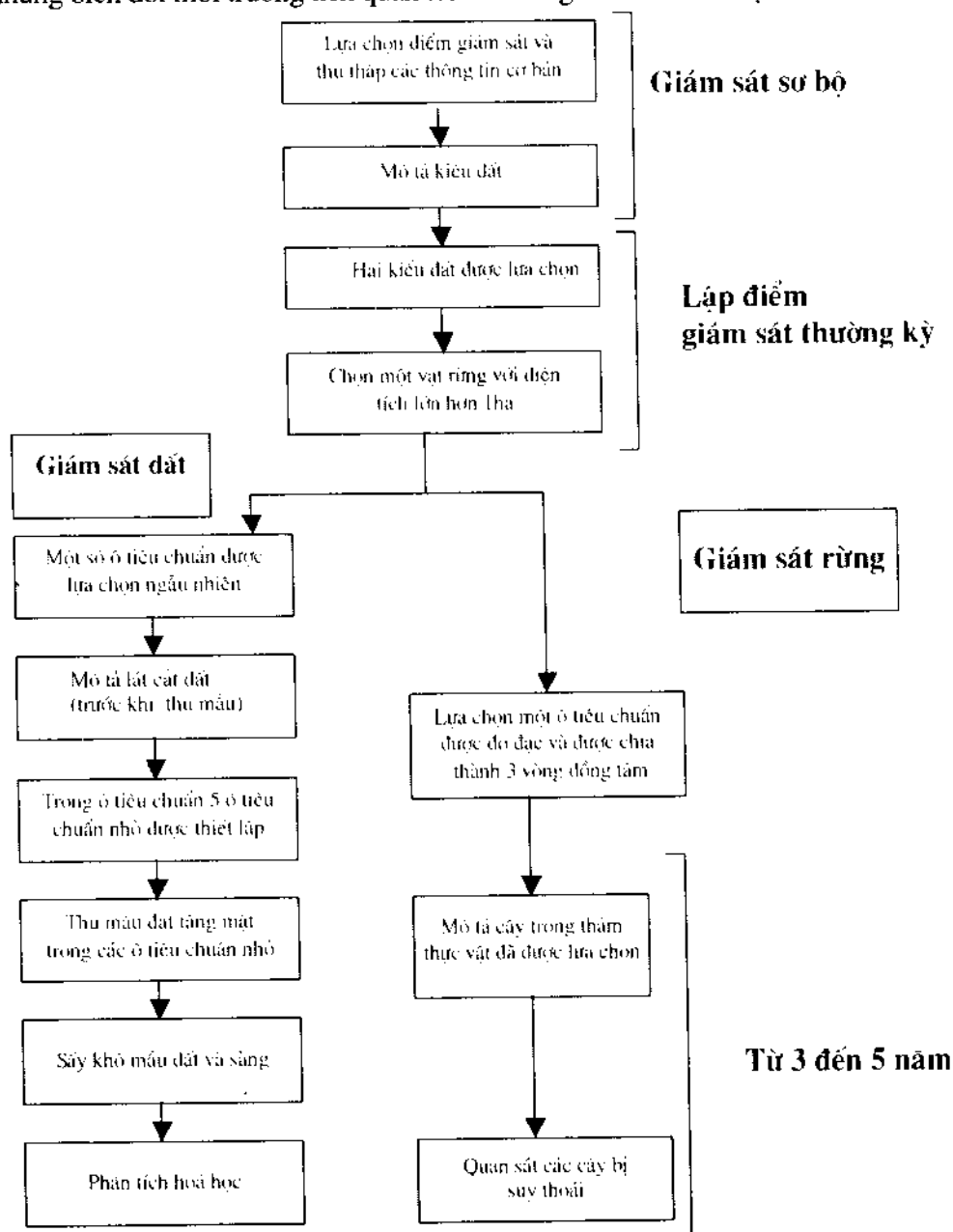
Có nhiều cây chỉ thị được sử dụng để giám sát ô nhiễm môi trường không khí.

Bảng 14.9. Các cây biểu hiện các triệu chứng tổn thương thấy được do các chất gây ô nhiễm không khí

Chất gây ô nhiễm	Triệu chứng	Cây
O_3	Lá chín vàng	Cải củ
	Đốm trắng	Lạc, ngô, hoa hướng dương
	Đốm nâu vàng	Khoai tây, lúa
	Rụng lá	Cây dương
PAN	Lá không lớn được	
(CH_3COONO_2)	Bạc lá	Cà chua
	Lá bị tấp	
SO_2	Các chấm lớn	
HF	Thối dọc mép lá hoặc ngọn lá	Cây hoa tulip, lúa, hành
$CH_2=CH_2$	Rụng lá	Chanh citrus
	Rụng nụ hoa, quả	Chanh citrus

Một số loài cây bị tổn thương lá hoặc rụng lá khi pH thấp dưới 3,0. Các cây chỉ thị như vậy có thể được sử dụng để giám sát các vùng bị ảnh hưởng của mưa axit (pH =3 hoặc thấp hơn).

Đánh giá biến đổi quần xã thực vật cũng được áp dụng. Lĩnh vực nghiên cứu này quan tâm đầu tiên vào đánh giá thành phần loài và sinh khối quần xã cây bụi, cỏ kể cả thực vật bì sinh (epiphytes). Các cây này cũng thường chỉ thị nhanh những biến đổi môi trường liên quan tới tính vững bền của toàn hệ sinh thái.



Hình 14.4. Sơ đồ tổng quát quá trình giám sát đất và rừng

** Giám sát tăng cường*

Hệ sinh thái rừng bao gồm thực vật, động vật hoang dã. Giám sát hệ sinh thái rừng có mục tiêu thu nhận các chỉ thị biến đổi động lực và tình trạng dinh dưỡng, hoạt động quang hợp của thực vật rừng.

** Giám sát nước mưa chảy qua tán cây*

Trong rừng, nước mưa chảy qua khe hở tán cây không bị chắn và phần bị chắn được gọi là nước mưa qua tán cây (throughfall). Mục tiêu của giám sát nước mưa rơi qua tán cây là cho phép xác định lượng lắng đọng tổng số tới đất dưới tán rừng và thảm thực vật. Các phương pháp kinh nghiệm đã được sử dụng để định lượng lắng đọng tổng số tới các hệ sinh thái rừng cũng như các điểm giám sát trong rừng (Bredemeyer 1988). Điều này được thực hiện bởi so sánh kết quả phân tích hoá nước mưa qua tán cây với hoá nước mưa không qua tán cây để đánh giá mức độ che của tán cây và mối tương tác cũng như chu trình dinh dưỡng.

Bảng 14.10. Các thông số phân tích hoá nước mưa qua tán cây

Thông số	Đơn vị
Thông số bắt buộc	
Lượng mưa	mm
pH	
Độ dẫn điện (COND)	mS/m
Sulphat (SO_4S)	mg S/l
Nitrat (NO_3N)	mg N/l
Amônia (NH_4N)	mg N/l
Nitơ tổng số (NTOT)	mg/l
Cl	mg/l
Na	mg/l
K	mg/l
Ca	mg/l
Mg	mg/l
Độ kiềm (ALK) nếu pH trung bình hàng năm > 5	meq/l
Cacbon hữu cơ hoà tan (DOC)	mg C/l
Thông số tuỳ ý	
Al	mg/l
Mn	mg/l
Phốtpho tổng số (PTOT)	mg/l
Sulphua tổng số (STOT)	mg/l

*** Phương pháp**

– Lựa chọn nơi thu mẫu một cách ngẫu nhiên hoặc theo hệ thống ở dưới tán rừng trong điểm giám sát tổng hợp.

– Thu mẫu nước mưa qua tán cây bằng một phễu nhựa (đường kính 30 cm) nối với một thùng chứa bằng nhựa (dung tích 20 – 30 lít). Đặt phễu dưới tán lá, không ở gần thân cây. Thu mẫu : hằng tuần, hoặc 2 – 3 tuần, hằng tháng tùy theo điều kiện thời tiết, khí hậu ở khu vực.

– Công tác thu mẫu, bảo quản mẫu nước mưa qua tán cây cũng giống như nước mưa thông thường. Các bình chứa mẫu nước mưa được che sáng và bảo quản lạnh.

*** Giám sát nước mưa chảy qua thân cây**

Nước mưa rơi vào lá, cành và chảy dọc theo thân cây gọi là nước mưa chảy qua thân cây (stemflow). Giám sát và phân tích nước mưa chảy qua thân cây có tầm quan trọng nhằm đánh giá ảnh hưởng của nước mưa tới địa y sống trên vỏ thân cây cũng như các quần xã sinh vật nhỏ khác, đồng thời có tác động quan trọng tới thuộc tính đất nền dưới thân cây. Lượng mưa chảy qua thân cây tùy thuộc vào từng loài, thường dao động từ nhỏ hơn tới 40% tổng lượng mưa (stand precipitation). Bởi vậy, không nhất thiết phải đo đạc và phân tích lượng mưa chảy qua thân cây của tất cả các loài. Các thông số hoá học phân tích nước mưa chảy qua thân cây giống như nước mưa chảy qua tán cây.

Bảng 14.11. Các thông số phân tích hoá nước mưa qua thân cây

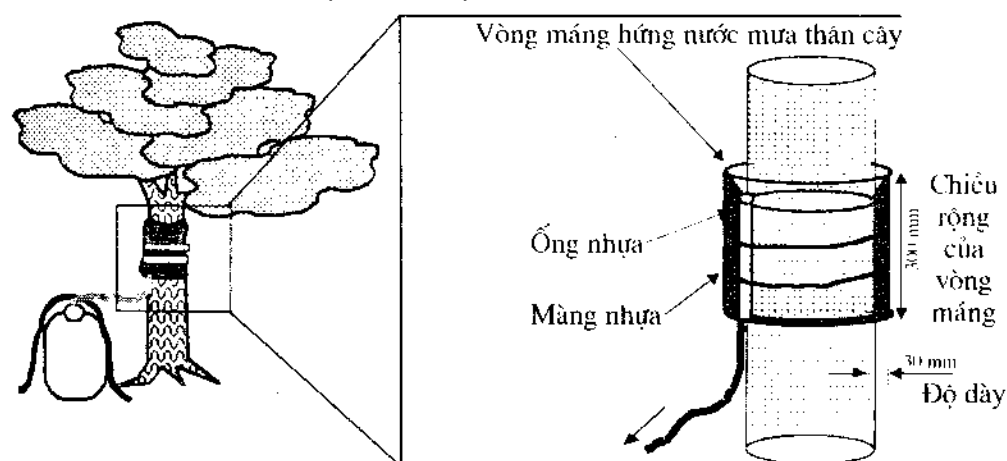
Thông số	Đơn vị
Thông số bắt buộc	
Lượng mưa	mm
pH	
Độ dẫn điện (COND)	mS/m
Sulphat (SO_4S)	mg S/l
Nitrat (NO_3N)	mg N/l
Amônia (NH_4N)	mg N/l
Nitơ tổng số (NTOT)	mg/l
Cl	mg/l
Na	mg/l

Thông số	Đơn vị
K	mg/l
Ca	mg/l
Mg	mg/l
Độ kiềm (ALK) nếu pH trung bình hằng năm > 5	meq/l
Cacbon hữu cơ hoà tan (DOC)	mg C/l
Thông số tùy ý	
Al	mg/l
Mn	mg/l
Phôtpho tổng số (PTOT)	mg/l
Sulphua tổng số (STOT)	mg/l

– Phương pháp

+ Lựa chọn cây mẫu trong ô tiêu chuẩn. Số lượng cây mẫu trong điểm giám sát tổng hợp có thể vài chục cây đến hơn 100 cây tùy thuộc vào điều kiện thực tế. Loài cây mẫu thường chiếm ưu thế (khoảng 20%).

+ Thu mẫu nước mưa chảy qua thân cây bằng cách đặt một vòng máng làm bằng polyurethane (dày khoảng 3 cm) quanh thân cây tại độ cao khoảng 1,3 m kể từ gốc cây. Dòng nước đọng ở máng được chảy qua một ống làm bằng nhựa vinyl đổ vào một thùng chứa bằng nhựa dung tích đủ cho thu mẫu hằng tuần. Thu mẫu : hằng tuần, hoặc 2–3 tuần, hằng tháng tùy theo điều kiện thời tiết, khí hậu ở khu vực.



Hình 14.5. Dụng cụ thu mẫu nước mưa chảy qua thân cây

– *Phân tích một số yếu tố hoá học lá rụng : F, Cl.*

+ Thu mẫu lá rụng : Đặt ngẫu nhiên khoảng 10 bẫy hứng lá rụng diện tích 1 m X 1 m trong ô tiêu chuẩn. Thu mẫu lá rụng 2 tuần/lần. Đếm số lượng lá rụng hàng tháng.

Xử lý : nhặt hết rác (thân, vỏ cây, hạt, phân chim...), sấy khô 2 ngày tại 80°C, nghiền 100 g lá mẫu thành bột hạt 0,5 mm, lưu giữ trong chai nhựa.

+ Phân tích hoá học.

– *Phân tích một số yếu tố hoá học lá tươi : N, P, S, K, Ca, Mg.*

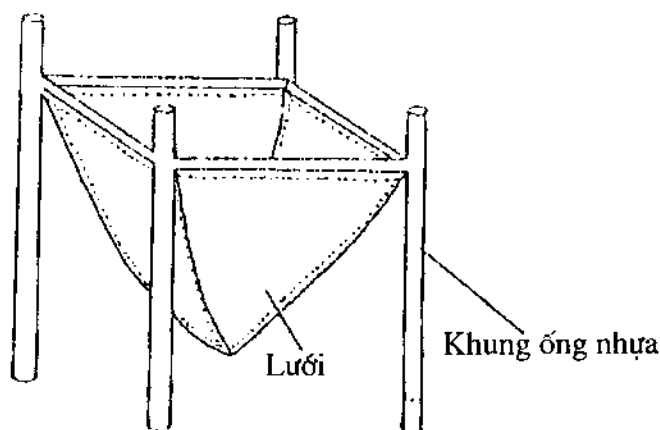
Phương pháp

+ Lựa chọn cây mẫu trong ô tiêu chuẩn. Số lượng cây mẫu trong điểm giám sát tổng hợp có thể vài chục cây đến hơn 100 cây. Loài cây mẫu thường chiếm ưu thế.

+ Thu mẫu lá tươi : chọn 500 g mẫu lá tươi từ đỉnh tán. Các lá phơi nắng mặt trời được ưu tiên lấy mẫu.

+ Xử lý mẫu : sấy khô 2 ngày tại 80°C, nghiền nhỏ mẫu thành bột hạt 0,5 mm, lấy 100 g để trong chai nhựa.

+ Phân tích hoá học.



Hình 14.6. Dụng cụ thu mẫu lá rụng đặt dưới tán cây

– *Phân tích yếu tố hoá học của rễ cây : Mn, Fe, Cu, Cd, Zn.*

Thu mẫu rễ cây : tại cây lấy mẫu lá, thu mẫu rễ bề mặt, quan sát chụp ảnh sự phát triển, tổn thương của hệ rễ, tách các rễ thành từng nhóm đường kính (nhỏ hơn 1 mm, 1 – 3 mm, 3 – 10 mm, lớn hơn 10 mm), sấy khô.

Phân tích hoá học.

Bảng 14.12. Các thiết bị và phương pháp phân tích hoá học lá cây

Các thông số	Thiết bị/Phương pháp
Độ ẩm	Tủ sấy khô, cân
pH (H ₂ O), pH (KCl)	Đầu đo điện cực thủy tinh
Các cation trao đổi (Ca, Mg, K, Na) và các kim loại nặng khác	Quang phổ hấp phụ nguyên tử AAS, ICP – AES hoặc ICP – MS (Chiết CH ₃ COONH ₄)
Fluor và clo	– Phương pháp đốt oxit canxi cho fluor tổng số, phương pháp chưng cất để tách axit perchloric và phương pháp xác định SPADNS – Phương pháp đốt oxit canxi để cho clo tổng số và phương pháp chuẩn độ với AgNO ₃ .
Nitơ tổng số	Chuẩn độ (phương pháp Kjeldahl) hoặc phương pháp Duma, %
Photpho tổng số	Phương pháp so màu (Vanadomolybdophosphoric yellow), mg/100g.
Tổng sulphua	Máy phân tích sulphua LECO hoặc máy đo độ đục, IC, ICP–AES, mg/100 g

– Lập danh lục chim.

+ Lập danh lục chim : Trong điểm giám sát tổng hợp, có thể chia thành các ô 50 x 50 m², tại mỗi ô đó quan sát chim hàng năm vào thời kỳ sinh trưởng và kiếm mồi. Ghi nhận, đánh dấu trên bản đồ các số liệu về thành phần loài, giới tính, số lượng và tập tính. Ngoài ra, có thể quan sát chim theo từng tuyến mặt cắt tại điểm giám sát.

+ Quan sát chim bằng mắt thường và ống nhòm. Thời gian thích hợp nhất trong ngày để quan sát chim thường vào sáng sớm và chiều tối, vì đó là thời gian các loài chim hoạt động mạnh nhất. Số cá thể của các loài chim quan sát được trong ngày của mỗi tuyến là tổng số cá thể của lần quan sát trong ngày đó.

1.2.3.4. Đảm bảo chất lượng và kiểm soát chất lượng (QA/QC) trong giám sát đất và thảm thực vật

* Kiểm soát điều kiện

– Thiết kế cố định các ô thu mẫu tiêu chuẩn với diện tích từ $5 \times 5 \text{ m}^2$ tới $10 \times 10 \text{ m}^2$ cho giám sát đất và khoảng 1 ha cho giám sát thảm thực vật để bảo đảm rằng tất cả các mẫu được thu trong cùng một địa điểm tại mỗi kỳ thu mẫu.

– Nếu các mẫu được phân tích trong các phòng thí nghiệm khác nhau, tính chính xác của sự phân tích được thực hiện ít nhất trong mỗi một ô tiêu chuẩn nhỏ. Sử dụng các phương pháp thống kê để kiểm định chất lượng các kết quả.

– Nếu các dẫn liệu cần thiết bị thiếu sau khi đã đánh giá tính chính xác bằng kiểm tra chéo thì số liệu sẽ được thu nhận thông qua việc thu mẫu lại hoặc phân tích lại.

– Các kết quả của QA/QC sẽ được lưu giữ. Những thông tin này sẽ được hoàn thiện để sử dụng làm dẫn liệu của báo cáo, đặc biệt là cho các đề xuất tiếp theo.

– Đào tạo chuyên gia là một việc quan trọng của QA/QC. Chương trình đào tạo bao gồm phương pháp giám sát tại điểm giám sát, phân tích tại phòng thí nghiệm, đánh giá các kết quả và phương pháp QA/QC.

** Quản lý và xử lý số liệu*

– Tất cả số liệu được ghi nhận theo các mẫu thống nhất để có thể sử dụng cho báo cáo.

– Mô tả tình trạng và những ảnh hưởng của lắng đọng axit lên đất bao gồm các số liệu với các bản đồ, ảnh, hình và bảng biểu.

– Các mẫu đúp sẽ được thu ít nhất tại các ô tiêu chuẩn nhỏ. Nếu mẫu vật được phân tích trong các phòng thí nghiệm khác nhau, cần kiểm tra tất cả các bước phân tích, so sánh với chỉ dẫn và gạt lọc tính chính xác bằng kiểm tra chéo giữa các phòng thí nghiệm.

– Tiêu chuẩn hoá phương pháp lập báo cáo đánh giá tổng hợp tác động của lắng đọng axit.

** Thống kê*

Đất và thảm thực vật có đặc điểm là thường bị một số biến đổi. Bên cạnh các sai số thống kê từ các bước thu mẫu và phân tích hoá – lý thì chất lượng của các số liệu quan trắc phụ thuộc chủ yếu vào những khả năng biến đổi của đất và thảm thực vật.

Những biến đổi thuộc tính đất tại các điểm giám sát với diện tích vài ha hoặc nhỏ hơn có thể được xem xét và cân nhắc lại số lượng các ô tiêu chuẩn

nhỏ để thu mẫu. Nói chung, các dẫn liệu đó là chính xác trong hệ thống thu mẫu ngẫu nhiên hoặc hệ thống thu mẫu theo mật cắt. Nếu thấy một cái gì đó không đồng nhất thì cần giả định rằng trong vùng đất đã biết có một hệ thống thu mẫu hiệu quả hơn so với hệ thống thu mẫu tùy tiện. Một trong những điều quan trọng là sử dụng các mẫu phân tầng ; đất ở đây được phân chia nhỏ theo các đơn vị không gian đồng nhất (các điểm đô thị, nông thôn, biệt lập hoặc hẻo lánh, sinh thái), các loại đất nhạy cảm, trung bình và kém nhạy cảm...

Việc đánh giá những sai số thống kê trong các bước thực hiện từ thu mẫu tại các ô tiêu chuẩn nhỏ tới phân tích hoá – lý là rất có ích để cải thiện biện pháp QA/QC ở đất.

Đánh giá số liệu : Khi số liệu phân tích là rất khác với số liệu trung bình của các số liệu trước ở ngay cùng một địa điểm thì cần phải xem xét và đánh dấu. Khi giá trị trung bình được sử dụng, nguồn gốc số liệu được mô tả.

Phân tích đúp : Nhằm đánh giá sai số trong số liệu phân tích, việc phân tích một số lượng mẫu thích hợp sẽ được lặp lại trong cùng một điều kiện (người phân tích, thời gian và thiết bị phân tích là tương tự).

Đánh giá khả năng của phòng thí nghiệm : Nhằm đánh giá điều kiện, năng lực của phòng thí nghiệm, một số mẫu nhất định được phân tích lại tại một số phòng thí nghiệm nhất định. Từng phần hoặc tất cả người phân tích, thời gian và thiết bị là khác nhau, sau đó so sánh các kết quả.

Việc phân tích một lượng mẫu nhất định được lặp lại với điều kiện ở tất cả các phòng thí nghiệm, người phân tích, thời gian và thiết bị là khác nhau. Sau đó, so sánh các kết quả.

Điều chỉnh các thiết bị phân tích : Tất cả các thiết bị phân tích trước khi sử dụng phải được hiệu chỉnh.

14.2.4. Biện pháp kiểm soát, xử lý và giảm thiểu ô nhiễm

14.2.4.1. Môi trường không khí

Như đã trình bày trong các phần trước về những nguyên nhân của ô nhiễm không khí, qua đó thấy để giảm thiểu ô nhiễm không khí trước tiên phải giảm thiểu các nguồn phát thải, đặc biệt các nguồn phát thải nhân tạo các chất gây ô nhiễm không khí.

Trong lĩnh vực kiểm soát ô nhiễm từ phát thải công nghiệp, theo Phạm Ngọc Đăng (1997), có ba biện pháp giảm thiểu tiêu dùng nhiên liệu :

– Tăng cao hiệu suất sử dụng nhiên liệu trong công nghiệp năng lượng cũng như trong công nghiệp có sử dụng nhiên liệu. Ví dụ, các nhà máy nhiệt điện cũ đạt hiệu suất sử dụng nhiên liệu thấp khoảng 0,33, các nhà máy nhiệt điện hiện nay có công nghệ cao, đạt hệ số hiệu suất sử dụng nhiên liệu cao hơn, tới 0,44. Theo tính toán, đã giảm 21% lượng thải.

– Giảm tiêu hao năng lượng, do đó giảm sản xuất năng lượng, giảm lượng đốt nhiên liệu và như vậy, đã giảm nguồn phát thải. Ví dụ, tăng khả năng cách nhiệt cho nhà ở, cải tiến và nâng cao hiệu suất chiếu sáng đường phố, nâng cao hiệu suất động cơ.

– Tăng cường sử dụng tài nguyên năng lượng sạch như năng lượng mặt trời, sức gió, thủy triều, thủy năng, địa nhiệt, năng lượng nguyên tử... để giảm sản xuất điện bằng nhiên liệu hoá thạch.

Ngoài ra, có 3 cách xử lý, giảm thiểu chất thải công nghiệp :

– Dùng nhiên liệu có ít chất ô nhiễm hoặc giảm bớt hàm lượng chất ô nhiễm trong nhiên liệu trước khi đốt. Ví dụ, giảm hàm lượng lưu huỳnh (S) trong than, dùng dầu nhẹ thay dầu nặng, dùng xăng không có chì (Pb), thay thế nhiên liệu cũ bằng các nhiên liệu mới như ethanol, methanol...

– Cải tiến công nghệ sản xuất : Cải tiến quá trình đốt nhiên liệu để giảm thiểu chất phát thải. Ví dụ, cải tiến lò ghi đốt nhiên liệu khô bằng lò ghi đốt nhiên liệu ướt nhiều tầng để giảm khí SO_2 và NO_x ; Dùng tuốcbin khí thay cho tuốcbin xăng, dầu.

– Sử dụng các thiết bị lọc bụi, thiết bị hấp thụ hay hấp phụ khí thải độc hại trước khi thải qua ống khói.

Bên cạnh đó, cần kiểm soát nguồn phát thải từ các phương tiện giao thông :

Đang kiểm soát nguồn thải từ ô tô, cụ thể là kiểm soát khí thải cacbonhydrô (CH), cacbonmônôxít (CO) và nitodiôxít (NO_2).

Bảng 14.13. Tiêu chuẩn nguồn thải tối đa cho phép đối với ô tô (gam/dặm)

(Nguồn : Phạm Ngọc Đăng 1997, trích từ Gilbert M. Masters 1991).

Chất ô nhiễm	Xe ca		Xe vận tải loại nhẹ và trung bình (Tiêu chuẩn liên bang Mỹ)
	Tiêu chuẩn liên bang Mỹ	Tiêu chuẩn bang California	
Cacbonhydrô(CH)	0,41	0,41	0,9
Cacbonmônôxít (CO)	3,4	3,4	17,0
Nitodiôxít (NO_2)	1,0	0,4	2,0

14.2.4.2. Các biện pháp kỹ thuật xử lý nước thải

Nước thải là một trong những nguyên nhân trực tiếp gây ô nhiễm môi trường nước. Việc xử lý nước thải trước khi đổ vào môi trường bên ngoài được đặt ra như là điều kiện ưu tiên hàng đầu để tránh gây ảnh hưởng tới chất lượng nước mặt cũng như nước ngầm. Theo truyền thống, các phương pháp xử lý nước thải tập trung vào hai nguyên lý chính là vật lý – hoá học và sinh học. Tuy nhiên, tùy thuộc vào từng loại hình nước thải với các loại chất gây ô nhiễm và các mức độ ô nhiễm, người ta sẽ quyết định sử dụng các phương pháp xử lý nào phù hợp hoặc từng bước thực hiện cả hai nguyên lý hỗ trợ nhau.

* Các phương pháp xử lý vật lý – hoá học

Với nước thải có chứa các chất gây ô nhiễm là những hoá chất vô cơ độc hại như kim loại nặng, axit, bazơ hoặc các chất hữu cơ bền vững như clo, benzen, PCB, phenol... thường được xử lý bằng phương pháp vật lý – hoá học. Có 5 phương pháp vật lý hoá học thường được dùng trong xử lý nước thải là :

- Phương pháp lắng và keo tụ để loại bỏ các chất rắn lơ lửng.
- Phương pháp hấp thụ.
- Phương pháp trung hoà các axit và bazơ.
- Phương pháp chiết tách.
- Phương pháp clo hoá để diệt vi trùng gây bệnh và phân huỷ độc tố.

Phương pháp lắng và keo tụ

Các hoá chất thường được sử dụng trong phương pháp lắng và keo tụ để loại bỏ các chất rắn lơ lửng trong nước thải là :

- Phèn $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($n = 13 - 18$) được sử dụng để loại bỏ photphat.
- Sôđa kết hợp phèn $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.
- Sulphat sắt $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.
- Nước vôi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ được sử dụng để loại bicacbonat, magiê.
- Natrialuminat $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ được dùng để loại photphat.
- Clorua sắt (FeCl_3) và sulphat sắt (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ cũng được dùng để loại bỏ photphat.

Phương pháp hấp phụ

Phương pháp này dựa trên khả năng hấp phụ các chất hoà tan của một số nguyên liệu như than hoạt tính (dạng hạt hoặc dạng bột), than bùn... Phương pháp hấp phụ được sử dụng tốt trong việc xử lý nước thải có chứa các chất hữu cơ, các kim loại nặng, màu.

Phương pháp trung hoà : Sử dụng các nguyên liệu có tính kiềm như vôi, đá vôi để trung hoà nước thải có tính axit. Ngược lại, sử dụng các axit kỹ thuật đã pha loãng để trung hoà nước thải có tính kiềm.

Phương pháp clo hoá : Sử dụng biện pháp clo hoá nước thải để sát trùng, giảm mùi.

** Các phương pháp xử lý sinh học*

Phương pháp xử lý sinh học được thực hiện trên cơ sở sự tham gia của các nhóm vi sinh vật và một số nhóm sinh vật bậc cao trong quá trình xử lý. Phương pháp xử lý sinh học thường có hiệu quả khi xử lý nước thải thuộc các cơ sở chế biến thực phẩm chứa nhiều chất hữu cơ hoặc các nước thải chứa nhiều chất dinh dưỡng vô cơ. Tùy theo từng nhóm vi sinh vật đặc trưng, phương pháp xử lý sinh học được phân biệt thành ba kiểu :

– Xử lý hiếu khí (aerobic) sử dụng các vi sinh vật hiếu khí phân huỷ các chất hữu cơ thông qua các kỹ thuật tạo bùn hoạt tính, lọc sinh học, ao hồ ổn định nước thải.

– Xử lý thiếu khí (anoxic) sử dụng vi sinh vật trong điều kiện môi trường thiếu khí để loại bỏ nitơ ra khỏi nước thải.

– Xử lý kỵ khí (anaerobic) với sự tham gia của các nhóm vi sinh vật tùy nghi và vi sinh vật kỵ khí để phân huỷ các chất hữu cơ trong nước thải thông qua các kỹ thuật lên men kỵ khí.

Nhìn chung, sau khi trải qua xử lý sinh học, hầu hết nước thải đã giảm đi cơ bản mức độ ô nhiễm. Tuy nhiên, trong nhiều công trình, người ta đã sử dụng hồ điều hoà để loại bỏ triệt để hơn các yếu tố ô nhiễm, thường là các chất dinh dưỡng với sự tham gia của các nhóm sinh vật ăn lọc (động vật thân mềm), ăn chất hữu cơ (một số loài cá), hấp thụ hoặc hấp phụ (các loài thực vật thủy sinh có rễ trong tầng nước như bèo Nhật Bản, bèo cái ; có rễ trong đất như rong, sậy...).

14.3. QUẢN LÝ TỔNG HỢP LƯU VỰC SÔNG

Các kiểu hệ sinh thái thủy vực như sông, hồ, vùng cửa sông, vùng đất ngập nước ven biển đã và đang đem lại rất nhiều lợi ích cho con người. Các dòng sông cần nước, trầm tích và bùn cát để có thể tồn tại lâu dài. Khi sông hoặc hệ thống nước ngầm bị thiếu hụt nước thì nó không chỉ phá huỷ toàn bộ hệ sinh thái thủy vực mà nó còn đe dọa đến đời sống con người và quần xã sinh vật. Do vậy, nhu cầu nước cho hệ sinh thái sông là lượng nước cần cho việc duy trì cấu trúc và các chức năng của hệ sinh thái để tồn tại và phát triển. Trong các nghiên cứu gần đây, nguồn nước cần để duy trì hệ sinh thái sông, các khái niệm dòng chảy môi trường (environmental flows) và quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông (Integrated River Basin Management – IRBM) (QLTHLVS) xuất hiện.

Hiện nay, hướng tiếp cận nghiên cứu, duy trì hệ sinh thái sông trong quản lý tổng hợp vùng lưu vực sông có xu hướng phát triển ở một số nơi trên thế giới. Đây là vấn đề đã được nhiều Quốc gia quan tâm và coi là cách quản lý tốt nhất để khai thác, sử dụng hợp lý nguồn tài nguyên nước sông mà vẫn bảo tồn được các giá trị sinh thái của sông.

Quản lý tổng hợp lưu vực sông là một khái niệm bao hàm ý nghĩa phối kết hợp sự bảo vệ, quản lý và phát triển tài nguyên nước, đất và tài nguyên liên quan khác trong vùng lưu vực sông nhằm tối ưu hoá các lợi ích kinh tế và xã hội (nhu cầu cấp nước, tưới tiêu, thủy điện, giao thông, du lịch, môi trường và đa dạng sinh học) có được từ tài nguyên nước một cách hợp lý trong khi vẫn gìn giữ và khi cần thiết thì khôi phục lại những hệ sinh thái thủy vực nước ngọt (Global Water Partnership Technical Advisory Committee, No.4, 2000).

14.3.1. Tình hình quản lý tổng hợp lưu vực sông (QLTHLVS) trên thế giới

14.3.1.1. Tóm tắt một số nghiên cứu về dòng chảy môi trường

Hiện nay vẫn chưa có định nghĩa chính thức về dòng chảy môi trường. Mỗi tổ chức, mỗi nhà nghiên cứu có một định nghĩa riêng để giải thích cho khái niệm này. Trong cuốn “Dòng chảy – những yếu tố cần thiết của dòng chảy môi trường”, Megan Dyson và các cộng sự đã định nghĩa *dòng chảy môi trường là chế độ nước cung cấp cho một con sông, đầm phá hay vùng ven biển nhằm duy trì hệ sinh thái và lợi ích của nó khi có sự cạnh tranh nhau giữa các mục đích sử dụng nước và ở những nơi mà dòng chảy bị điều tiết.*

Theo Tổ chức Bảo tồn thiên nhiên Quốc tế (IUCN) thì *dòng chảy môi trường là sự cung cấp nước trong hệ thống sông và các mạch ngầm để duy trì các hệ sinh thái và lợi ích của chúng ở hạ lưu, nơi diễn ra sự cạnh tranh về sử dụng nguồn nước và điều hoà dòng chảy.*

Do yêu cầu của sự phát triển mà nhu cầu sử dụng nước tăng lên không ngừng khiến cho mâu thuẫn giữa các mục đích khai thác tài nguyên nước và bảo tồn các giá trị đa dạng sinh học của hệ sinh thái dòng sông ngày càng trở nên gay gắt. Vấn đề được đặt ra là làm sao có thể kết hợp hài hoà giữa lợi ích kinh tế, công bằng xã hội cũng như bảo đảm một hệ sinh thái sông được duy trì cân bằng dưới góc độ môi trường – sinh thái để chúng không những đáp ứng nhu cầu cấp nước cho người sử dụng một cách công bằng nhất mà còn cho chính sự tồn tại lâu dài của bản thân con sông đó.

Từ đó, xuất hiện một lĩnh vực nghiên cứu đang rất được quan tâm là đánh giá dòng chảy môi trường với mục tiêu xác định số lượng và chất lượng nước trong sông đủ để bảo vệ hệ sinh thái sông cũng như các giá trị tài nguyên khác.

Phương pháp đánh giá dòng chảy môi trường được khởi xướng đầu tiên ở phía tây nước Mỹ vào cuối những năm 1940. Sau đó, vấn đề này phát triển rầm rộ vào những năm 1970, khi có những cơ sở pháp lý ban đầu về quy hoạch và quản lý tài nguyên nước, môi trường với những yêu cầu định lượng về dòng chảy môi trường khi mà kỷ nguyên xây dựng các đập nước đạt tới đỉnh cao. Trong những năm 1980, Ôxtrâyliia, Anh, New Zealand, Nam Phi tiếp theo đó là Brazil, Tiệp, Bồ Đào Nha, Nhật cũng bắt đầu có sự phát triển mạnh mẽ về đánh giá dòng chảy môi trường. Phần còn lại của thế giới nói chung là chưa chú ý nhiều đến vấn đề này.

Hiện nay, trong số 44 Quốc gia trên thế giới, có đến 207 phương pháp luận khác nhau về đánh giá dòng chảy môi trường. Những phương pháp này dựa trên các hướng nghiên cứu thuỷ văn, thuỷ lực, mô hình hoá môi trường sống, và một số tổ hợp các yếu tố khác nhau.

Mặc dù về lịch sử, Mỹ là nước đầu tiên phát triển và áp dụng các phương pháp luận để mô tả dòng chảy môi trường và có đến 37% các kỹ thuật đã có từ nước này nhưng phần còn lại của thế giới cũng đã đóng góp những ý tưởng và phương pháp mang nhiều ý nghĩa trong việc thúc đẩy sự phát triển trong lĩnh vực nghiên cứu này.

14.3.1.2. Kinh nghiệm của các nước trong quản lý, khai thác và sử dụng sông

QLTHLVS dựa trên nguyên lý xem các hệ sinh thái trên lưu vực sông có các chức năng tự nhiên như đất ngập nước, nguồn nước ngầm là tài nguyên nước ngọt. Bởi vậy, quản lý lưu vực sông cần phải duy trì các hệ sinh thái với những chức năng tự nhiên đó. Các vùng lưu vực sông biến động theo không gian và thời gian, bất kỳ một sự can thiệp quản lý đơn lẻ nào cũng sẽ có tác động đến hệ.

Xuất phát từ ý nghĩa đó, việc thành lập các cơ quan liên quan QLTHLVS đã được thực hiện ở các nước phát triển từ trên một thế kỷ nay ở châu Âu, từ hàng chục năm nay ở Mỹ và Ôxtrâyliia. Tại các nước này, việc QLTHLVS đã có những thành công nhằm khai thác hiệu quả nguồn nước đồng thời bảo vệ môi trường nước và các hệ sinh thái trong vùng lưu vực.

Trên thế giới, cơ quan quản lý thung lũng sông Tennessee (The Tennessee Valley Authority – TVA) ở Hoa Kỳ cho đến nay là một hình mẫu được biết đến nhiều nhất về phát triển và QLTHLVS một cách toàn diện. Cơ quan này được thành lập từ 1933 và được đích thân Tổng thống Mỹ thời đó là Franklin. D. Roosevelt bảo trợ và xây dựng. Ngay từ những năm đầu khi mới thành lập, TVA có ý tưởng quản lý một cách độc lập tài nguyên nước, xây dựng và quản lý các công trình đập trên sông Tennessee với vùng lưu vực rộng lớn 105930 km² bao phủ một diện tích của bảy bang ở đông nam Hoa Kỳ. Trong 12 năm kể từ khi thành lập, TVA đã thiết lập được khung thể chế và xây dựng các công trình hạ tầng cơ sở như hệ thống các đập nước và hồ chứa đa mục tiêu sớm có hiệu quả nhằm cải thiện nông nghiệp, sử dụng đất lâm nghiệp để bảo tồn và duy trì tốt môi trường, cung cấp cho người dân địa phương tín dụng nhỏ, trợ giúp kỹ thuật và các công cụ để cải thiện cuộc sống. Trong khoảng 8 năm, 5 đập ngăn sông Tennessee được xây dựng, khi đó TVA hoạt động như một chính phủ lớn (big government).

Cho đến nay, trong lĩnh vực quản lý lưu vực sông một cách toàn diện, TVA đã có nhiều thành công, đặc biệt đưa vùng thung lũng sông Tennessee năm 1933 vốn là vùng nghèo nhất của Hoa Kỳ thành vùng trù phú, kinh tế đa dạng phát triển, điều kiện môi trường tốt. Trong quá trình TVA thực hiện các đề án sử dụng nguồn nước sông Tennessee, các khái niệm cơ bản như phát triển lưu vực sông đa mục tiêu và toàn diện, quản lý môi trường và phát triển vùng đã được đề ra thành những chỉ dẫn.

Hệ thống kiểm soát nước của TVA hiện nay bao gồm 54 đập và hồ chứa hoạt động tổng hợp đa chức năng. Mục tiêu chính là giao thông thủy, kiểm

soát lụt, phát điện, hạn chế dòng chảy để duy trì chất lượng nước và nơi cư trú của thủy sinh vật. Ngoài ra, hồ chứa cung cấp nước làm mát cho các nhà máy điện hạt nhân và nhiệt điện. Mặc dầu các dự án của TVA phục vụ đa mục tiêu nhưng các dự án chính được phân hạng bởi các mục tiêu cơ bản mà theo đó để xây dựng.

Trong 65 năm hoạt động, kể từ khi thành lập từ năm 1933 cho đến 1998, TVA đã có nhiều thành công và cũng có một số thất bại trong việc phát triển và quản lý một cách toàn diện vùng lưu vực sông Tennessee. TVA đã tập hợp một số bài học được tóm tắt như sau :

TVA trở thành một đơn vị duy nhất hội đủ các yếu tố lịch sử, chính trị và địa lý. Sự nghèo khổ của vùng thung lũng Tennessee khiến Tổng thống Mỹ thời đó là Roosevelt quyết định một chương trình đổi mới, xây dựng một đơn vị cấp vùng duy nhất có quyền lực rộng rãi để phát triển tài nguyên vùng lưu vực.

Thành công sớm của TVA phụ thuộc vào sức mạnh của chính họ, tầm nhìn của các nhà lãnh đạo đầu tiên và khả năng để có được các kết quả trong một vài năm. Các khái niệm như quy hoạch tổng hợp tài nguyên đất, nước đồng thời duy trì cân bằng sinh thái, hợp tác với các tổ chức khác nhau, chương trình hỗ trợ kỹ thuật hiện đại, chương trình tín dụng mức nhỏ... TVA có khả năng tồn tại vững chắc do thể chế và sự tìm kiếm trợ giúp của cư dân vùng lưu vực bởi các chương trình xây dựng hạ tầng cơ sở và cải thiện mức sống rõ rệt của cư dân trong 12 năm.

Tài sản lớn nhất của TVA là sự tổng hợp cơ sở tài nguyên thiên nhiên một cách lành mạnh, cơ sở hạ tầng hùng mạnh và năng lực của con người để thúc đẩy sự phát triển kinh tế xã hội của một vùng lãnh thổ.

Cấu trúc thể chế của TVA giúp cơ quan quản lý vượt qua những thách thức lớn nhất ngay từ những năm đầu tiên cho tới khi chúng trưởng thành.

Áp lực lớn nhất của TVA trong nhiệm vụ là cơ quan phát triển tài nguyên và năng lượng. Như dự đoán trong năm 1937, cơ quan năng lượng trở thành tổ chức ưu thế trong TVA. Đến 1997, chương trình năng lượng là tự hạch toán chiếm 98% lợi nhuận của TVA. Tuy nhiên, nhiệm vụ của TVA còn là một đơn vị QLTHLVVS đã đạt được những thành tựu to lớn khi các hoạt động không phải là năng lượng như kiểm soát và quản lý môi trường đã mang lại những lợi ích quan trọng cho khu vực này nhưng chúng không thể tự hạch toán hoặc sinh lợi nhuận. Tính bền vững của các cơ quan của TVA sẽ phụ thuộc vào sự tìm kiếm nguồn trợ giúp tài chính cho các hoạt động quản lý tài nguyên.

Thời gian sau này, QLTHLVS cũng đã được các Quốc gia đang phát triển khác quan tâm với các mức độ khác nhau tùy theo vấn đề sử dụng nguồn nước. Ở Trung Quốc, ngay từ những năm 1950, uỷ ban quản lý lưu vực các sông lớn : Dương Tử, Hoàng Hà đã được thành lập nhằm quy hoạch khai thác sử dụng các sông này cho các mục tiêu thuỷ điện, hạn chế lũ lụt, giao thông thuỷ. Tuy nhiên uỷ ban này nhanh chóng bỏ rơi các chương trình to lớn, chỉ hạn chế cho việc kiểm soát ngập lụt.

Ở Ấn Độ cũng thành lập một mô hình quản lý sông Damodar (Damodar Valley Authority-DVA) với mong muốn hoạt động giống như TVA. Nhưng sau 40 năm kể từ khi thành lập, cơ quan này cũng chỉ có thể quản lý các nhà máy nhiệt điện trên vùng lưu vực. Ở Srilanka, Ban quản lý tài nguyên nước cũng đã được thành lập từ năm 1964 cũng với các mục tiêu thúc đẩy quy hoạch sử dụng nguồn nước. Đối với các sông quốc tế như sông Mê Kông, đã thành lập các cơ quan quản lý chung như uỷ ban sông Mê Kông gồm các nước Trung Quốc, Lào, Thái Lan, Campuchia và Việt Nam.

Như vậy, khi nhìn lại, một điều quan trọng là việc áp dụng một mô hình quản lý lưu vực sông như thế nào cho phù hợp với điều kiện của mỗi Quốc gia. Theo cách đánh giá của Ấn Độ, việc một số mô hình QLTHLVS của một số Quốc gia đang phát triển không thành công là do chưa chú trọng tới các vấn đề địa chất thuỷ văn, nhân khẩu học, kinh tế – xã hội và tổ chức sử dụng tài nguyên nước và vùng lưu vực đặc thù cho các nước đang phát triển.

Theo một số tài liệu, có 7 yếu tố để thực hiện thành công QLTHLVS :

- Có tầm nhìn chiến lược đối với lưu vực sông, được tất cả các bên sử dụng tài nguyên nước và vùng lưu vực tham gia nhất trí.

- Có sự thống nhất các chính sách, quyết định và chi phí cho các bên tham gia bao gồm công nghiệp, nông nghiệp, phát triển đô thị, giao thông thuỷ, quản lý nghề cá và bảo tồn thiên nhiên, bao gồm cả chiến lược giảm nghèo.

- Việc xây dựng các quyết định có tính chiến lược ở mức độ lưu vực sông phải có chỉ dẫn những hành động cho các lưu vực nhỏ hơn hoặc cho địa phương.

- Sự lựa chọn đúng, hiệu quả sẽ tạo các cơ hội thuận lợi.

- Sự tham gia tích cực của các bên hữu quan trong quy hoạch vùng lưu vực và xây dựng các quyết định.

– Đầu tư thoả đáng bởi các nguồn từ chính phủ, tư nhân và các tổ chức hiệp hội có năng lực cho quy hoạch lưu vực và tham dự.

– Có cơ sở kiến thức vững chắc về vùng lưu vực, về các yếu tố tự nhiên cũng như kinh tế – xã hội tác động đến chúng.

14.3.1.3. Bảo tồn đa dạng sinh học trong vùng lưu vực sông

Dưới góc độ bảo tồn các hệ sinh thái và đa dạng sinh học của sông, quỹ động vật hoang dại (WWF, 2000 – 2003) đã thực hiện 14 dự án nghiên cứu quan trọng trong chương trình lưu vực sông. Các dự án này tập trung nghiên cứu về đa dạng sinh học ở một số vùng lưu vực sông lớn xuyên quốc gia mà ở đó đang có những thách thức nóng bỏng về vấn đề quản lý tổng hợp lưu vực sông. Từ những đề án nghiên cứu này, WWF tập hợp được một số bài học kinh nghiệm cho việc quản lý tổng hợp lưu vực sông.

*** Đầu tư lâu dài là cần thiết**

Ở mức độ lưu vực sông, các dự án 3 đến 5 năm không thể giải quyết được các vấn đề một cách nghiêm túc. QLTHLVS đòi hỏi có sự đầu tư tài chính và kỹ thuật lâu dài.

Cần có một thời gian dài để các bên hữu quan hiểu rõ nhau.

Cần có một khung quản lý lưu vực lâu dài như uỷ ban hoặc Nhà đương cục lưu vực sông để thực hiện tốt các đòi hỏi của QLTHLVS.

** Quản lý lưu vực sông đòi hỏi phải tiếp cận một cách tổng hợp, có tính chiến lược dựa trên tầm nhìn rõ và đồng thuận về các giá trị tự nhiên, xã hội và kinh tế và bảo tồn đời sống bền vững cần thiết của nhân dân trong lưu vực.*

Mục đích của QLTHLVS là cải thiện cuộc sống và bảo tồn đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái. Điều đó có nghĩa QLTHLVS là thân thiện với các nhà bảo tồn.

Sự lãnh đạo tốt, bình đẳng giới, sức khoẻ cộng đồng, phát triển kinh tế – xã hội là nguồn động viên quan trọng cho cộng đồng dân địa phương tham gia bảo tồn thiên nhiên, góp phần quản lý lưu vực sông bền vững.

Trong quá trình thực hiện quy hoạch lưu vực sông, có thể có sự xung đột các mục tiêu sử dụng của các bên hữu quan. Bởi vậy cần phải có sự đồng thuận về các ưu tiên bảo đảm nguồn tài nguyên được sử dụng có hiệu quả.

*** Đa dạng sinh học phải được bảo tồn**

Trong khi mục tiêu hàng đầu của công tác bảo tồn là bảo vệ được đa dạng sinh học thông qua sử dụng bền vững tài nguyên thiên nhiên thì nhiều bên hữu quan khác lại không quan tâm đến điều này. Để đạt được hiệu quả, các nhà bảo tồn phải đặt vấn đề lợi ích kinh tế – xã hội lên đầu tiên, lợi ích sinh thái là quan trọng nhưng là bước sau.

** Thực hiện công việc với các cấp độ khác nhau cùng một lúc là quan trọng*

Khuyến khích quản lý vùng lưu vực có nghĩa là cần thực hiện đồng thời tại nhiều cấp độ khác nhau như điểm, Quốc gia, lưu vực.

Đồng thời tiếp cận nhiều bên từ công tác chính sách tới nhận thức cộng đồng, từ các dự án thực địa đến vận động các nhà viết chính sách.

** Việc xây dựng các đối tác có hiệu quả là thành phần cốt lõi của QLTHLVS. Xây dựng quan hệ các đối tác thành công cần có :*

Kiến thức và hiểu biết vùng, triển khai thực hiện với kỹ năng ngoại giao.

Tiếp cận mở, có tính xây dựng với các bên hữu quan. Thiện chí tìm kiếm các đối tác lâu dài và các hoạt động của dự án kể cả với các bên hữu quan “không muốn bảo tồn”.

Thiện chí với các ý kiến chuyên môn và kinh nghiệm của địa phương. Thiện chí cung cấp những trợ giúp kỹ thuật, tài chính (các nghiên cứu cụ thể) cho địa phương.

** Sẵn sàng chộp các cơ hội bất ngờ :* Khi mà QLTHLVS có hiệu quả đòi hỏi sự tiếp cận định hướng, có tính chiến lược thì các tổ chức tìm kiếm các giải pháp thực hiện ở vùng lưu vực sẵn sàng chộp các cơ hội và phát huy như các sự kiện chính trị (thay đổi chính phủ, ban hành chính sách hoặc luật mới) hoặc các sự kiện từ thông tin truyền thông như ngập lụt nghiêm trọng hoặc mức độ ô nhiễm sông.

** Nâng cao nhận thức cộng đồng và tìm kiếm sự trợ giúp của cộng đồng địa phương sẽ có hiệu quả bền vững*

Sử dụng chiến lược truyền thông đưa các thông điệp của QLTHLVS tới các bên hữu quan địa phương.

Trước khi quy hoạch và thực hiện các hành động ở một vùng lưu vực sông thì cần thiết xây dựng một niềm tin cậy với các bên hữu quan tại địa phương.

Sự tham gia của các già làng, người đứng đầu tôn giáo có thể giúp đỡ cho việc thông tin những hiểu biết và thực hiện bảo tồn lưu vực sông.

** Bảo tồn lưu vực sông phải được xây dựng trên cơ sở thông tin và khoa học đầy đủ*

QLTHLVS phải đầu tư xây dựng cơ sở thông tin cần thiết trước khi quy hoạch và thực hiện : các thông tin bao gồm hệ thống chiếm hữu đất, hướng quyết định sử dụng đất và các vấn đề liên quan tới QLTHLVS như sự hiểu biết, giá trị đa dạng sinh học cần được đánh giá.

** Quản lý lưu vực sông phải được thiết lập như một ưu tiên chính trị*

Các cơ sở chuyên môn về đa dạng sinh học có thể có vai trò quan trọng trong việc phát triển và thực hiện các chính sách của chính phủ mà có lợi cho quản lý lưu vực sông và góp phần nâng cao khả năng của chính phủ.

Các tổ chức tư nhân như NGO có thể giúp chính phủ thực hiện quản lý lưu vực.

Việc quản lý có hiệu quả vùng lưu vực xuyên quốc gia cần có hiệp định, hiệp ước chính trị quốc tế (như công ước Ramsar) và các tổ chức lưu vực lớn (như Ủy ban sông Mê Kông) có thể cung cấp khung thể chế để đạt được các hiệp định.

** Cộng đồng bảo tồn có thể được chứng minh nhưng việc thực hiện có hiệu quả và bền vững các giải pháp cho vùng lưu vực sông phụ thuộc vào Chính phủ, các bên tham gia, xã hội, cộng đồng và cá nhân tiếp nhận và tận tâm với QLTHLVS.*

Các nhà bảo tồn phải bảo đảm khả năng lâu dài cho QLTHLVS bằng cách xây dựng năng lực của các tổ chức xã hội dân sự, thúc đẩy đối thoại chéo và các chính sách.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, 2000. *Technical Documents for soil and Vegetation Monitoring in East Asia*. Adopted at the second Interim Scientific Advisory Group Meeting.
2. Baur George, 1976. *Cơ sở sinh thái học của kinh doanh rừng mưa* (Sách dịch). NXB Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
3. Brewer R., 1994. *The Science of Ecology*. Sounder College Publishing Harcourt Brace Publishers : 773 pp.
4. Barbara A. Miller & Richard B. Reidinger, 1998. *Comprehensive River Basin Development. The Tennessee Valley Authority*. World Bank Technical Paper No.4.
5. Brown A. L., 1987. *Freshwater Ecology*. Heinemann Educational Ltd. London.
6. Burrough, P. A. and R. A. McDonnell. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University press, England.
7. Collin P. H, 1996. *Dictionary of Ecology and the Environment*. (Ed.) 3rd Printed at Rajkamal Electric Press, Delhi.
8. Daniel D. Chiras, 1991. *Environmental sciences – action for sustainable future*. The Bajamin/Cummings. Publishing Comp. INC. 509pp.
9. Dương Hữu Thời. 1998. *Cơ sở sinh thái học*. NXB Đại học Quốc gia, Hà Nội.
10. Dương Hữu Thời, 2000. *Cơ sở sinh thái học*. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội, 1998.
11. Đào Thế Tuấn. 1984. *Hệ sinh thái nông nghiệp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
12. Đặng Ngọc Thanh, Hồ Thanh Hải, Dương Đức Tiến, Mai Đình Yên, 2002. *Thủy sinh học các thủy vực nước ngọt nội địa Việt Nam*. Nhà XB Kh&KT. 399 tr.
13. Freedman Bill., 1989. *Environmental Ecology. The Impact of Pollution and Other Stresses on Ecosystem Structure and Function*. Academic Press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers : 424 pp.

14. Gerhardt A. (editor), 2000. *Biomonitoring of Polluted Water – Review on Actual Topics*. Trans Tech. Publications Ltd. Switzerland–Germany–UK–USA. : 301 pp.
15. Global Biodiversity, 1992. London – Glasgon – New York – Tokyo – Melbourne – Madris.
16. Hồ Thanh Hải, 2004. *Các hệ sinh thái sông, hồ ở Việt Nam*. Tài liệu Viện STTNSV., 100 tr.
17. Hồ Thanh Hải, 2006. *Kết quả nghiên cứu bước đầu về ảnh hưởng của mưa axit tới các hệ sinh thái ở một số khu vực Bắc Bộ và xây dựng quy trình giám sát sinh thái mưa axit*. Tài liệu Viện STTNSV., 80 tr.
18. Laverty, M. F. 2001. *Introduction to fragmentation metrics for biodiversity conservation*. American Musuem of Natural History – Center for Biodiversity and Conservation, United States of America.
19. Lillesand, T. M. and R. W. Kiefer. 1994. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley và Sons, Inc, United States of America.
20. Lê Huy Bá, Lâm Minh Triết, 2000. *Sinh thái môi trường ứng dụng*. Nhà xuất bản KH&KT.
21. Lê Trình, 1997. *Quan trắc và kiểm soát ô nhiễm môi trường nước*. Nhà XB Khoa học & Kỹ thuật Hà Nội, 231 tr.
22. Mason C.F., 1996. *Biology of freshwater pollution* (Chapter 5 : Acidification ; 137 – 162). Longman Group UK Limited, Longman Singapore Publishers. 356 pp.
23. Nguyễn Hồng Khánh và nnk., 2001. *Nghiên cứu đánh giá hiện trạng, dự báo xu thế diễn biến và đề xuất các giải pháp kiểm soát mưa axit ở Bắc Bộ Việt Nam*. Tuyển tập Hội nghị KH về Tài nguyên Môi trường. Nhà XB Khoa học & Kỹ thuật : 273 – 278.
24. Nguyen Xuan Quynh, Mai Dinh Yen, Clive Pinder, and Steve Tilling. 2000. *Biological Surveillance of freshwaters, using macroinvertebrates*. FSC, Institute of Freshwater Ecology, VNU., 103 pp.
25. Odum P.E., 1871. *Cơ sở Sinh thái học* (Tập I và II). Bản dịch tiếng Việt của Bùi Lai và nnk., 1974. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
26. Odum E.P, 1978. *Cơ sở sinh thái học T.1 và T.2* (Sách dịch). NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội.

27. Phạm Ngọc Đăng, *Môi trường không khí*. Nhà xuất bản KH&KT, 371 tr.
28. Rast W., et al., 1989. *Eutrophication management Framework for the policymaker*. MAB. Digest I. UNESCO, Paris.
29. Remote Sensing Note. *Japan Association on Remote Sensing*, Univ. of Tokyo.
30. Ricklefs R. E, 1976. *The Economy of Nature: a textbook in basic ecology*. Chiron Press. Inc. Porland, Oregon.
31. Sample, V. A. 1994. *Remote sensing and GIS in ecosystem management*. Island press, Washington, DC.
32. TCVN, 1995. *Các tiêu chuẩn nhà nước Việt Nam về môi trường. Tập I : Chất lượng nước*. Hà Nội, 360 tr.
33. Thái Văn Trùng. *Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
34. Trần Đình Lý và nnk. *Hệ sinh thái gò đồi các tỉnh Bắc Trung Bộ*. Viện KHCNVN, Hà Nội.
35. Trần Kiên, Phan Nguyên Hồng, 1990. *Sinh thái học đại cương*. NXB Giáo dục, Hà Nội.
36. UNEP, NORAD, SACEP, NEA., 2000. *Môi trường Việt Nam – Tổng quan và các vấn đề bức bách*.
37. US EPA, *Effects of Acid Rain : Lakes & Streams*.
38. US EPA., *Acid rain revisited*. A Science Links & Publication of the Hubbard Brook Research Foundation.
39. Ứng dụng viễn thám và Hệ thống tin địa lý trong quy hoạch môi trường. Kết quả của đề án “Xây dựng năng lực phát triển bền vững”, Hà Nội.
40. Vũ Tự Lập, 2006. *Địa lý tự nhiên Việt Nam*. NXB Giáo dục, Hà Nội, 1999.
41. Wadsworth, R. and J. Treweek. 1999. *Geographical Information System for ecology: An introduction*. Addison Wesley Longman Limited, Singapore.
42. WWF, 2003. *Managing River Wisely: Lessons from WWF's work for Integrated river basin management full work : “Managing River Wisely”* at www.pand.org/livingwater/puplication.

MỤC LỤC	Trang
LỜI NÓI ĐẦU.....	3
PHẦN MỘT. CƠ SỞ SINH THÁI HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG	5
CHƯƠNG I. NHỮNG NGUYÊN LÝ CƠ BẢN VỀ SINH THÁI	5
1.1. Các khái niệm.....	5
1.2. Môi trường sinh thái và các nguyên tắc, nguyên lý cơ bản	15
CHƯƠNG II. QUẦN HỆ VÀ HỆ SINH THÁI.....	23
2.1. Quần thể sinh vật.....	23
2.2. Quần xã sinh vật.....	51
2.3. Hệ sinh thái.....	66
CHƯƠNG III. TRAO ĐỔI VẬT CHẤT VÀ NĂNG LƯỢNG TRONG	78
HỆ SINH THÁI	78
3.1. Trao đổi vật chất.....	78
3.2. Dòng Năng lượng và năng suất sinh học trong hệ sinh thái	95
3.3. Sản lượng ban đầu.....	102
CHƯƠNG IV. DIỄN THỂ SINH THÁI, TIẾN HOÁ VÀ THÍCH NGHI	111
4.1. Các khái niệm cơ bản về diễn thể sinh thái.....	111
4.2. Diễn thể quần xã sinh vật.....	112
4.3. Diễn thể thảm thực vật.....	118
4.4. Tiến hoá sinh thái.....	128
CHƯƠNG V. CÁC YẾU TỐ MÔI TRƯỜNG CƠ BẢN VÀ MỐI	132
TƯƠNG TÁC GIỮA CHÚNG VỚI SINH VẬT.....	132
5.1. Ánh sáng.....	132
5.2. Nhiệt độ.....	139
5.3. Nước và độ ẩm.....	154
5.4. Môi trường đất.....	178
5.5. Không khí.....	189
5.6. Yếu tố sinh vật trong môi trường.....	197
PHẦN HAI. SINH THÁI HỆ THỐNG VÀ NHỮNG CÔNG	209
CỤ HIỆN ĐẠI TRONG NGHIÊN CỨU SINH THÁI.....	209

CHƯƠNG VI. CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ HỆ THỐNG TIN ĐỊA LÝ TRONG NGHIÊN CỨU SINH THÁI.....	209
6.1. Viễn thám.....	210
6.2. Hệ thống tin địa lý.....	217
6.3. Ứng dụng Công nghệ viễn thám và hệ thống tin địa lý trong nghiên cứu sinh thái học.....	223
6.4. Kết luận.....	235
CHƯƠNG VII. TOÁN HỌC TRONG SINH THÁI HỌC.....	237
7.1. Mở đầu.....	237
7.2. Đối tượng nghiên cứu.....	237
7.3. Phương pháp.....	238
7.4. Vấn đề ổn định trong toán sinh thái.....	238
7.5. Tính ổn định và độ phức tạp trong các mô hình sinh thái...	242
7.6. Sự phân bố của các hệ sinh thái trong không gian.....	244
7.7. Mô hình toán học và áp dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật...	250
7.8. Mô hình toán học với một số đặc trưng của sinh quyển.....	254
CHƯƠNG VIII. MÔ HÌNH SINH THÁI.....	260
8.1. Hệ thống “thú dữ – môi” trong môi trường ngẫu nhiên.....	260
8.2. Đồ hình, mạng và mạch sinh dưỡng.....	262
8.3. Các tính chất của mạch sinh dưỡng.....	265
8.4. Cạnh tranh nguồn dự trữ và sự nghèo sinh thái.....	269
8.5. Vấn đề nhập cư loài mới vào quần xã các loài cùng mức sinh dưỡng.....	271
8.6. Các quá trình nhập khẩu.....	274
8.7. Mô hình sinh quyển.....	278
8.8. Mô hình tính chủ động của con người.....	283
8.9. Mô hình hoá các quá trình sinh thái.....	285
PHẦN BA. SINH THÁI HỌC MÔI TRƯỜNG.....	291
CHƯƠNG IX. CÁC ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU CƠ BẢN TRONG SINH THÁI HỌC MÔI TRƯỜNG.....	291

9.1. Khái niệm chung.....	291
9.2. Dân số thế giới và sự tăng nhanh dân số.....	293
9.3. Môi trường sống của con người.....	298
9.4. Tài nguyên.....	302
CHƯƠNG X. XU HƯỚNG SUY GIẢM MÔI TRƯỜNG TOÀN CẦU	311
10.1. Mối quan hệ giữa dân số và môi trường.....	311
10.2. Sự biến đổi khí hậu toàn cầu.....	315
10.3. Biến đổi khí hậu tác động tới môi trường và sinh thái.....	320
CHƯƠNG XI. Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC.....	333
11.1. Các khái niệm cơ bản.....	333
11.2. Đặc tính môi trường nước.....	339
11.3. Sự phú dưỡng ở các hồ và hồ chứa.....	354
11.4. Sự nở rộ tảo.....	365
11.5. Ô nhiễm dầu ở biển.....	368
11.6. Tình trạng ô nhiễm một số thủy vực ở Việt Nam.....	369
CHƯƠNG XII. Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ MƯA AXIT.....	377
12.1. Các chất gây ô nhiễm không khí và nguồn của chúng.....	377
12.2. Mưa axit.....	386
CHƯƠNG XIII. THUỐC TRỪ ĐỊCH HẠI.....	401
13.1. Tổng quát về thuốc trừ dịch hại.....	401
13.2. Sản lượng và việc sử dụng các thuốc trừ dịch hại.....	403
13.3. Tác động môi trường của việc sử dụng thuốc trừ dịch hại..	405
CHƯƠNG XIV. CÁC GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT, GIÁM SÁT VÀ XỬ LÝ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG, SUY THOÁI SINH THÁI.....	410
14.1. Kiểm soát dân số.....	410
14.2. Giám sát ô nhiễm môi trường và suy thoái sinh thái.....	414
14.3. Quản lý tổng hợp lưu vực sông.....	450
Tài liệu tham khảo.....	458

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

Biên tập nội dung :

LÊ THỊ PHƯỢNG

Trình bày bìa :

NGUYỄN MẠNH HÙNG

Sửa bản in :

PHÒNG SỬA BẢN IN (NXB GIÁO DỤC TẠI HÀ NỘI)

Chế bản :

NGUYỄN TRUNG THÀNH

Tổng phát hành :

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC TẠI TP. ĐÀ NẴNG

CƠ SỞ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ BẢO VỆ MÔI TRƯỜNG

Tập Một : SINH THÁI HỌC VÀ MÔI TRƯỜNG

Mã số: 7K633H9-NĐN

In 1.000 cuốn, khổ 16x24 cm tại Công ty Cổ phần In và Dịch vụ TT. Huế,
57 Bà Triệu - Huế. Số xuất bản: 268-2009/CXB/3-472/GD. In xong và nộp lưu
chiếu tháng 5 năm 2009.



VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG
CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ



Giá: 97.000đ