

CHƯƠNG 6 : HỆ SINH THÁI VÀ CÁC ĐẶC TRƯNG

1. KHÁI NIỆM

Hệ sinh thái là đối tượng nghiên cứu của sinh thái học. Tất cả các sinh vật trong cùng một khu vực đều có tác động qua lại với môi trường vật lý bằng các dòng năng lượng tạo nên các cấu trúc dinh dưỡng, sự đa dạng về loài và chu trình tuần hoàn vật chất.

Tất cả tạo thành một thể thống nhất một đơn vị chức năng gọi là hệ sinh thái. *Vậy hệ sinh thái là một hệ thống của sinh vật và môi trường trong đó diễn ra các quá trình trao đổi năng lượng và vật chất giữa sinh vật với sinh vật; giữa sinh vật với môi trường.*

Một trong những đặc điểm chung nhất của hệ sinh thái là quan hệ tương hỗ của các sinh vật tự dưỡng và sinh vật dị dưỡng. Các sinh vật này và chức năng do chúng đảm nhận có thể tìm thấy trong không gian và thời gian khác nhau. Trong không gian chúng có thể chia thành tầng lớp. Sự trao đổi chất tự dưỡng thường xảy ra mạnh ở tầng trên, "tầng xanh" nơi nhận nhiều ánh sáng mặt trời nhất. Còn sự trao đổi dị dưỡng xảy ra ở tầng dưới, trong lòng đất hay trong các trầm tích, "tầng nâu" là nơi tích lũy nhiều chất hữu cơ.

Chức năng của sinh vật tự dưỡng và dị dưỡng đôi khi cũng phân biệt theo thời gian. Sinh vật dị dưỡng có thể chậm trễ rất nhiều trong việc sử dụng sản phẩm của sinh vật tự dưỡng. Chỉ một phần rất ít sản phẩm quang hợp được sử dụng ngay (ăn cỏ và ký sinh), còn phần lớn dưới dạng lá, gỗ và chất dinh dưỡng dự trữ dưới dạng hạt, rễ... sẽ rơi vào lớp mục thực vật và sẽ được tiêu thụ rất lâu sau đó.

Sự phân chia không gian và thời gian của các quá trình dinh dưỡng cho phép chia dòng năng lượng theo hai kiểu: (1) kiểu gặm cỏ là quá trình trực tiếp sử dụng cả cây hay từng phần của cây sống; đó là kiểu xảy ra ở hệ sinh thái đồng cỏ. (2) Kiểu ăn chất hữu cơ mục nát hay ăn các phế liệu là quá trình phân hủy hay tích tụ các vật chất chết, như hệ sinh thái rừng sát.

2. CẤU TRÚC CỦA HỆ SINH THÁI

Trong mỗi hệ sinh thái đều có các thành phần sau:

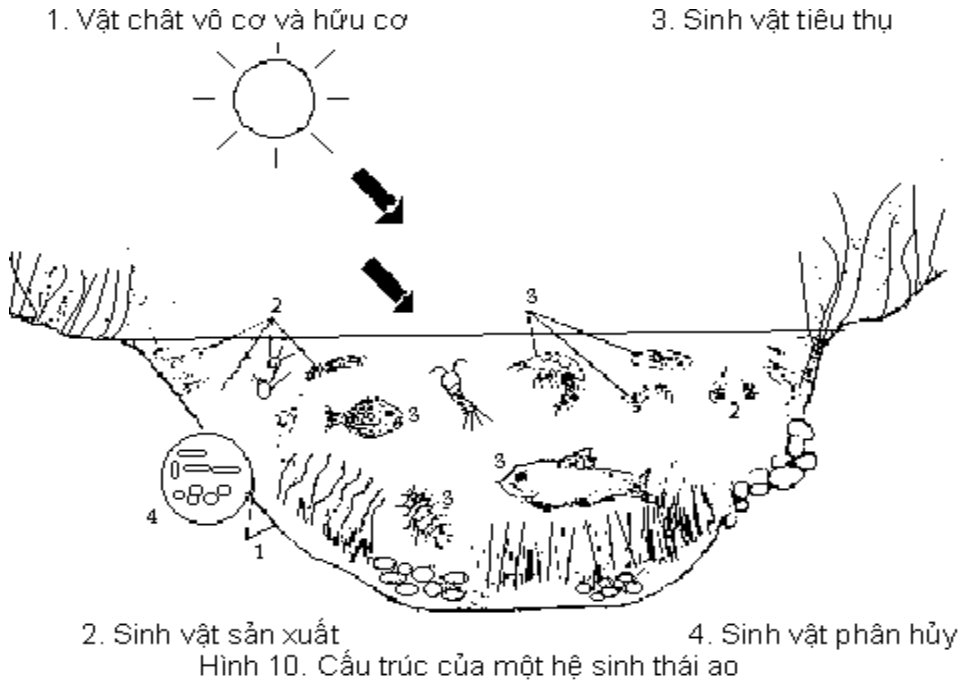
- Các chất vô cơ: C, N, H₂O, CO₂ ... tham gia vào chu trình vật chất
- Các chất hữu cơ: chất đạm, bột đường, chất béo, chất mùn,... liên kết các phân tử hữu sinh và vô sinh
- Chế độ khí hậu: ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm,...
- Sinh vật sản xuất: là sinh vật tự dưỡng, chủ yếu là cây xanh
- Sinh vật tiêu thụ, dị dưỡng chủ yếu là động vật
- Sinh vật phân hủy: hoại sinh, dị dưỡng, chủ yếu là vi khuẩn và nấm

Ba nhóm sinh vật đầu là thành phần không sống thuộc về môi trường và sinh cảnh. Ba nhóm sau là các sinh vật tạo thành các quần lạc sinh vật.

Bất kỳ một diện tích nào có ánh sáng (mặt trời hay đèn) đều có vai trò của một hệ sinh thái. Tuy nhiên để khảo cứu thì việc lựa chọn kích thước và đối tượng sinh học làm sao cho phù hợp và được dễ dàng. Một cách ao là một hệ sinh thái với đầy đủ ý nghĩa và tỏ ra lý tưởng cho một nghiên cứu sinh học.

- Chất vô sinh bao gồm các chất vô cơ và hữu cơ: nước, CO₂, O₂, Ca, muối, N₂, acid amin, acid humic...
- Sinh vật sản xuất: thực vật lớn thủy sinh và phiêu sinh thực vật phân bố nơi tầng mặt nơi có nhiều ánh sáng
- Sinh vật tiêu thụ: gồm các động vật (ấu trùng côn trùng, tôm, cua, cá,...) ăn trực tiếp thực vật hoặc xác bã thực vật và ăn thịt lẫn nhau, được chia làm 3 nhóm: phiêu sinh

động vật, bơi lội và trầm sinh. Sinh vật tiêu thụ bậc nhất I như phiêu sinh động vật, bậc II như côn trùng ăn thịt, cá ăn thịt; bậc III như cá lớn ăn các loài tiêu thụ bậc II. Sinh vật phân hủy: như vi khuẩn nước, trùn chỉ, nấm,... phân bố đều trong ao, nơi tích lũy xác động vật và thực vật.



3. SỰ TRAO ĐỔI NĂNG LƯỢNG

Khái niệm

Sự hoạt động của tất cả sinh vật đòi hỏi sử dụng năng lượng từ ngoài vào. Năng lượng này là ánh sáng ở sinh vật tự dưỡng, hoặc là chất sinh hóa (như glucid chẳng hạn) cho các sinh vật dị dưỡng. Trong mọi trường hợp thì năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng duy nhất được trực tiếp hay gián tiếp sử dụng bởi các sinh vật. Số lượng sinh vật trong mỗi hệ sinh thái, sự phát triển và sinh sản nhanh hay chậm là tùy thuộc vào mức độ xâm nhập của năng lượng vào HST, vào tốc độ di chuyển của dòng năng lượng và lưu chuyển vật chất qua hệ.

Cần phân biệt sự khác nhau giữa dòng năng lượng và chu trình vật chất. Các chất C, N, H₂O, P,... di chuyển giữa môi trường và sinh vật, được sử dụng và tái sử dụng vô tận. Chu trình vật chất như vậy là khác với dòng năng lượng di chuyển một chiều xuyên qua sinh vật sống trong sinh quyển. Đó là một hiện tượng phổ biến và tuân theo hai định luật căn bản của nhiệt động học (nguyên lý Carnot).

Trái đất nhận năng lượng từ ánh sáng mặt trời

Ánh sáng này phát tán liên tục trong khoảng không vũ trụ, với năng lượng là 2 cal/cm² phút, gọi là hằng số mặt trời. Khi đi qua khí quyển, ánh sáng này giảm rất nhiều, nhất là khi đi qua lớp mây mù, lớp nước và thảm thực vật, sống ở trên hoặc gần mặt đất, sinh vật chịu tác động của dòng năng lượng gồm bức xạ ánh sáng mặt trời và bức xạ nhiệt có độ dài sóng dài từ các vật thể ở cự ly gần. Cả hai yếu tố này đã quyết định điều kiện khí hậu của môi trường. Đó là nhiệt độ, sự bốc hơi nước, chuyển động của không khí (gió, bão) và của nước (mưa, sông, suối).

Thực vật chỉ hấp thu khoảng 1% năng lượng mặt trời tới trái đất; trong vài trường hợp hiếm hoi như các hoa màu cao sản, có thể tới 3%.

Khái niệm về hình tháp sinh thái

Mạng lưới dinh dưỡng trong hệ sinh thái tiêu biểu cho một cấu trúc được đặc trưng bởi tính chất và số lượng sinh vật ở mỗi bậc dinh dưỡng. Cấu trúc này tương ứng với một trị số đặc thù của môi trường quan "kích thước cá thể/kiểu biến" của các loài trong quần xã.

Ngoài ra, sự di chuyển của vật chất trong hệ sinh thái là sự chuyển hóa liên tục năng lượng dưới dạng sinh hóa theo chiều từ sinh vật tự dưỡng đến sinh vật dị dưỡng.

Nguyên lý thứ hai của nhiệt động học cho thấy rằng, trong tất cả phản ứng về năng lượng, hiệu suất luôn luôn dưới 100%. Do vậy, chuỗi thức ăn phải đặc trưng bởi sự giảm năng lượng tự do hiện diện ở mỗi bậc dinh dưỡng mỗi khi lên bậc cao hơn. Sự biến dưỡng của quần xã sinh vật đều chịu sự chi phối của nguyên lý này.

Các hình tháp sinh thái diễn tả bằng dạng hình học cấu trúc dinh dưỡng trong hệ sinh thái. Người ta đặt các hình chữ nhật có cùng chiều cao nhưng chiều dài thì tỉ lệ với tầm quan trọng của thông số tính toán. Do đó ta có được các hình tháp số lượng, sinh khối và năng lượng. Chúng cho thấy hai tính chất cơ bản của cấu trúc dinh dưỡng của bất cứ hệ sinh thái nào. Đó là:

- Chiều cao của tháp tỉ lệ với chiều dài của chuỗi thức ăn, tức là số lượng bậc dinh dưỡng của chuỗi

Dạng hình tháp sẽ rộng hay hẹp là tùy vào hiệu quả của sự chuyển hóa năng lượng bậc này lên bậc khác. Hiệu suất của phản ứng nhiệt động học càng cao, thì lượng vật chất sinh hóa cho các bậc kế tiếp càng lớn.

Tháp số lượng

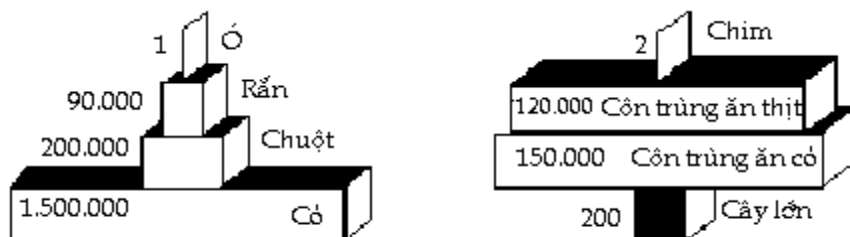
Đó là hình thức đơn giản nhất để nghiên cứu cấu trúc dinh dưỡng của một hệ sinh thái. Người ta thấy rằng, theo qui tắc tổng quát thì trong môi trường có nhiều cây cỏ hơn động vật, nhiều vật ăn cỏ hơn vật ăn thịt, nhiều côn trùng hơn chim...

Trong mọi trường hợp, các động vật có kích thước nhỏ thì nhiều hơn và sinh sản nhanh hơn. Hơn nữa, mỗi vật ăn mỗi cân con mồi với kích thước tối ưu. Việc săn bắt một khối lượng con mồi có kích thước nhỏ thì mất nhiều công hơn. Trái lại, con mồi quá lớn lại gây bồi rối cho vật ăn thịt.

Người ta thấy rằng qua mỗi bậc dinh dưỡng thì số lượng cá thể giảm đi. Nhưng kích thước lại gia tăng. Chẳng hạn trên một ha đồng cỏ, người ta đếm được gần 6 triệu cây (bậc dinh dưỡng I) hơn 700 ngàn côn trùng ăn thực vật (bậc dinh dưỡng II) hơn 350 côn trùng và nhện thiên địch (bậc dinh dưỡng III) và chỉ có 3 con chim ăn côn trùng (bậc dinh dưỡng IV) (Odum, 1959).

Tuy nhiên có nhiều thay đổi về hình dạng của hình tháp số lượng, đôi khi có dạng đảo ngược. Chẳng hạn trong một cánh rừng, có ít đại mộc (sinh vật sản xuất sơ cấp) hơn là côn trùng ăn cỏ. Chuỗi dinh dưỡng ký sinh hoặc chuỗi ăn xác bã cũng vậy.

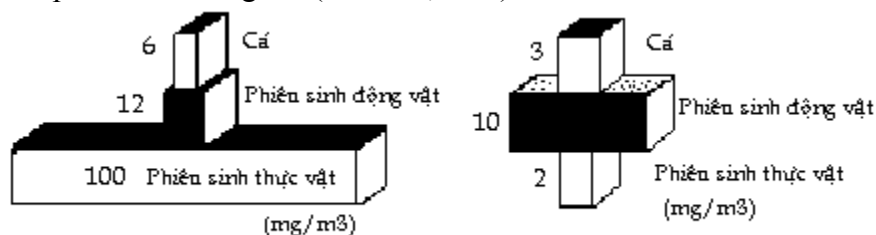
Rốt cuộc hình tháp số lượng không tiêu biểu cho mối quan hệ dinh dưỡng của quần xã bởi vì nó chấp nhận tầm quan trọng như nhau cho các cá thể bất kể kích thước hay trọng lượng ra sao.



Hình 11. Hình tháp số lượng

Tháp khối lượng

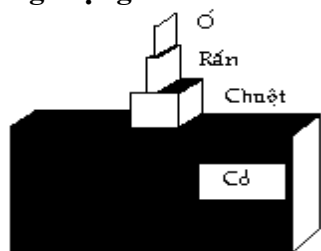
Phản ánh khá trung thực các mối quan hệ dinh dưỡng trong HST. Dạng của nó cũng giống như dạng của số lượng. Nhưng đôi khi sinh khối của vật tiêu thụ lại lớn hơn sinh khối của vật sản xuất. Điều này thường thấy trong môi trường nước nơi mà sản lượng sơ cấp do các sinh vật li ti (phiêu sinh thực vật) đảm nhiệm. Chúng có vận tốc đổi mới rất nhanh và biến dưỡng mạnh (sinh khối nhỏ, sức sản xuất quan trọng). Chẳng hạn người ta thấy ở biển Manche, sinh khối phiêu sinh thực vật là 4g/m^2 trong khi tới 21g/m^2 của phiêu sinh động vật (Ramade, 1987).



Hình 12. Hình tháp sinh khối

Hình tháp sinh khối cũng có nhược điểm là cho các mô có cùng một tầm quan trọng như nhau cho dù cấu tạo sinh hóa tức giá trị năng lượng không bằng nhau.

Tháp năng lượng



Hình 13. Hình tháp năng lượng

Tháp năng lượng tiêu biểu cho tần suất trao đổi năng lượng và năng suất trong chuỗi thức ăn. Nó được thiết lập bằng cách tính toán trên đơn vị diện tích và thời gian và lượng kcal sử dụng của mỗi bậc dinh dưỡng. Nếu việc xác định giá trị năng lượng của chất hữu cơ chứa trong sinh khối là khá dễ dàng, thì việc đánh giá số lượng tổng năng lượng được hấp thu thực sự bởi mỗi bậc dinh dưỡng là phức tạp hơn nhiều. Các sinh vật phân hủy mà tầm quan trọng thì ít hay không đáng kể trong hình tháp sinh khối đã nhận một phần đáng kể năng lượng đi qua hệ sinh thái. Chỉ một phần nhỏ của năng lượng được cố định trong sinh vật của mỗi bậc dinh dưỡng và được tích trữ trong sinh khối, còn bao nhiêu thì dùng vào nhu cầu biến dưỡng của sinh vật: bảo trì, tăng trưởng, sinh sản. Hơn nữa động vật còn tiêu tốn một số lượng quan trọng cho việc tạo ra công của cơ.

Bây giờ chúng ta hãy khảo sát tỉ mỉ xem dòng năng lượng xuyên qua một chuỗi dinh dưỡng. Ta biết rằng chỉ 1% năng lượng mặt trời thực sự được biến đổi thành năng lượng hóa học bởi sinh vật tự dưỡng (sinh vật sản xuất sơ cấp). Tổng số chất hữu cơ tạo ra tương ứng với sự quang hợp thô (sản lượng sơ cấp thô, PB). Thực vật sẽ sử dụng một phần năng lượng này để đảm bảo nhu cầu biến dưỡng; nó sẽ được phát tán bởi sự hô hấp (R1). Sự quang hợp nguyên (sản lượng sơ cấp/PN1) là sự chênh lệch giữa sự quang hợp thô và năng lượng mất đi do hô hấp. Chúng ta có hệ thức:

$$PN1 = PB - R_1$$

Chỉ có một phần của sản lượng nguyên này là sẵn sàng cho vật ăn cỏ và các sinh vật dị dưỡng khác. Phần còn lại không được sử dụng tương ứng với sự gia tăng sinh khối thực vật, b1. Sản lượng sẵn sàng cho vật ăn cỏ (Pd) sẽ là:

$$Pd = PN_1 - b_1$$

Sinh vật ăn cỏ sẽ sử dụng một phần sản lượng thứ cấp sẵn sàng để làm thức ăn (A1); phần không sử dụng được sẽ được phân hủy sau khi rơi xuống đất (NU1). Ta có thể viết hệ thức sau:

$$A_1 = Pd - NU_1$$

Sản lượng nguyên của động vật ăn cỏ, còn gọi là sản lượng thứ cấp (PS1), sẽ bằng với sự chênh lệch của thức ăn hấp thụ (A1) và sự mất đi do hô hấp (R2) và chất thải (E2). E2 là sản phẩm của sự thoái hóa biến dưỡng và thức ăn không đồng hóa được, được gọi chung là chất bã. Trong điều kiện này chúng ta có:

$$PS_1 = A_1 - (R_2 + E_2)$$

Một phần của sản lượng thứ cấp này là sự gia tăng sinh khối của động vật ăn cỏ (b2) là các sinh vật tiêu thụ sơ cấp, phần còn lại thì sẵn sàng cho các bậc dinh dưỡng tiếp theo (Pd2). Ta có hệ thức :

$$Pd_2 = PS_1 - b_2$$

Các động vật ăn thịt (sinh vật tiêu thụ thứ cấp = bậc dinh dưỡng III) sẽ sử dụng làm thức ăn (A2) một phần của sản lượng sẵn sàng, phần không được sử dụng, NU2, tương ứng với xác của động vật ăn cỏ, sẽ là thức ăn của vi sinh vật phân hủy.

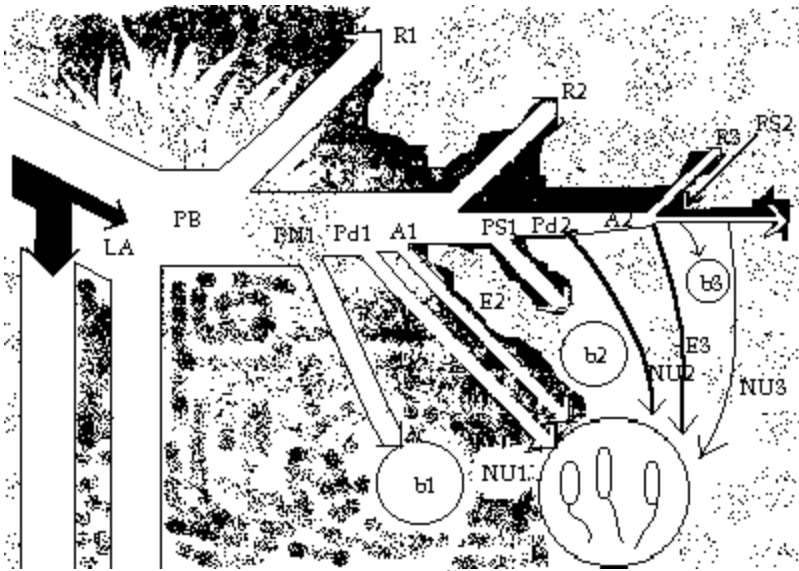
Gọi b3 là năng lượng cố định trong sinh khối của động vật ăn thịt, R3 là năng lượng cho hô hấp của chúng và E3 do chất thải, chúng ta có hệ thức sau:

$$PS_2 = A_2 - (R_3 + E_3) \text{ và } Pd_3 = PN_3 - b_3$$

Người ta có thể mở rộng lý giải này cho đến bậc dinh dưỡng cuối cùng.

Lindeman (1942) đã đề nghị định luật về chuyển hóa năng lượng trong các hệ sinh thái, mà người ta gọi là định luật 10%. Luật này xác định là chỉ một phần năng lượng của hệ đi vào bậc dinh dưỡng được chuyển cho sinh vật của bậc dinh dưỡng cao hơn.

Phần năng lượng này sẵn sàng cho các sinh vật dị dưỡng thường nằm trong khoảng từ 10% đến 20%. Áp dụng định luật này ta dễ dàng tính được số năng lượng sẵn sàng cho động vật ăn thịt bậc 3 (bậc dinh dưỡng 5) là bằng 1/10.000 của năng lượng cố định bởi sinh vật sản xuất. Như vậy sự biến đổi năng lượng trong một mạng thức ăn được thực hiện với một hiệu số rất thấp. Điều này giải thích tại sao số bậc dinh dưỡng trong chuỗi thức ăn cần phải ít, bất kỳ quần xã ra sao.



Hình 14. Năng lượng qua một chuỗi thức ăn

Odum (1959) đưa một thí dụ cổ điển trình bày tầm quan trọng của sự mất năng lượng trong chuỗi thức ăn. Ông đã tính sự chuyển đổi năng lượng trong một chuỗi đơn giản tối đa như sau: Cỏ ba lá-----> bê ----->em bé

Giả thiết rằng trong một năm em bé chỉ ăn thịt bê và bê chỉ ăn cỏ ba lá. Chỉ có 0,24% ánh sáng mặt trời chiếu trên đồng cỏ là được cố định trong sản lượng sơ cấp(PB). 8% của sản lượng này được con bê sử dụng và chỉ 0,7% sinh khối bê làm thức ăn cho em bé (hiệu suất thấp bởi vì chỉ một phần nhỏ của bê là ăn được).

Odum cho thấy rằng chỉ có 1phần triệu của năng lượng ánh sáng mặt trời đã chuyển thành sinh khối sinh vật ăn thịt (làm tăng thể trọng em bé), phần còn lại mất đi thoát ra ngoài môi trường. Thí dụ này cho thấy hiệu quả sinh thái học thấp của các hệ sinh thái và hiệu suất thấp của sự biến đổi năng lượng trong các chuỗi dinh dưỡng. Một cách tổng quát thì 1000 Kcal/ngày/m² được tạo ra bởi sinh vật sản xuất, 10 kcal/ngày/m² đi vào sinh khối vật ăn cỏ, 1 Kcal/ngày/m² trong vật ăn thịt bậc 1. Cho nên ở bậc dinh dưỡng thứ tư, chỉ có một số ít cá thể có thể sống được với số năng lượng ít ỏi sẵn sàng cho bậc này mà thôi.

Tuy nhiên có những thay đổi quan trọng trong giới động vật. Hiệu quả chuyển hóa năng lượng thay đổi lớn giữa các loài. Chẳng hạn cần 10 kcal thức ăn để được một kcal bò; 5 kcal thức ăn cho 1kcal heo và 3,5 kcal cho 1 kcal gà. Các con số này cho thấy hiệu suất trong sự tăng trưởng là hết sức quan trọng cho nhà chăn nuôi.

Ngoài ra, các động vật đẳng nhiệt có hiệu suất thấp hơn động vật biến nhiệt, bởi vì một phần đáng kể của thức ăn được dùng để giữ cho thân nhiệt ở mức cao và ổn định.

4. CHU TRÌNH VẬT CHẤT

Các chất hoá học và dinh dưỡng luôn luôn được trao đổi qua lại giữa sinh vật với môi trường.

Trong mỗi hệ sinh thái hiện diện các nhóm sinh vật có sự biến dưỡng và nhu cầu dinh dưỡng bổ túc lẫn nhau, tạo ra sự quay vòng thường xuyên các nguyên tố cần thiết cho tế bào sống. Do đó có sự chuyển động tuần hoàn vật chất giữa sinh vật tự dưỡng và sinh vật dị dưỡng trong hệ sinh thái. Các loài khác nhau của mỗi nhóm sinh vật này tìm

kiếm và hấp thu liên tục các chất tối cần thiết cho sự tăng trưởng, duy trì, sinh sản của chúng và loại ra môi trường các chất thải, cặn bã vô cơ và hữu cơ ít nhiều phức tạp.

Cho nên các nguyên tố C, H, O, P, S và khoảng 30 nguyên tố khác không ngừng được biến đổi thành chất sinh hóa glucid, lipid, protid... hoặc là được hấp thu dưới dạng ion vô cơ bởi sinh vật tự dưỡng, sau đó được sử dụng bởi sinh vật dị dưỡng và các vi sinh vật phân hủy. Các vi sinh vật này phân hủy các chất thải, các mảnh vụn thực vật và các xác chết thành các chất khoáng tan trong nước hay các chất khí trở về đất hoặc khí quyển.

Ở mức độ sinh quyển người ta sử dụng thuật ngữ chu trình sinh địa hóa để chỉ sự di chuyển tuần hoàn của các chất giữa môi trường vô sinh và sinh vật mà nhiều pha của chu trình diễn ra trong hệ sinh thái.

Sự hiện diện của chu trình này làm cho sinh quyển có khả năng tự điều chỉnh, đảm bảo cho các sự trường tồn của các hệ sinh thái và sự giữ cân bằng các chất có trong mỗi môi trường.

Người ta có thể phân biệt 3 nhóm chính của các chu trình:

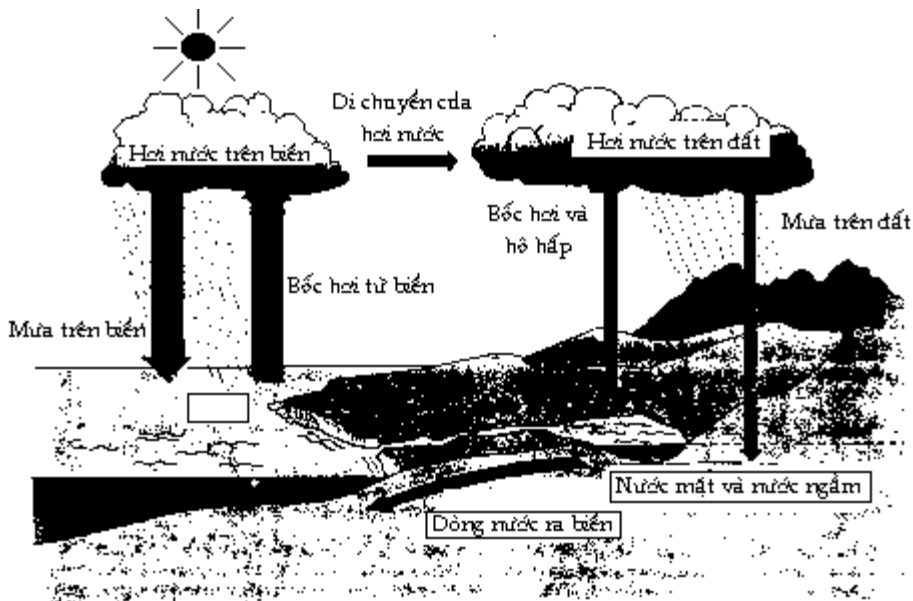
- Chu trình nước
- Chu trình của các chất chủ yếu ở dạng khí
- Chu trình của các chất chủ yếu ở dạng trầm tích.

Chu trình nước

Nước là chất cần thiết cho sự sống. Về số lượng nước là thành phần vô cơ quan trọng nhất trong vật chất sống. Ở người nước chiếm 63% trọng lượng cơ thể, 80% ở nấm, đến 98% ở sứa. Các hạt thực vật lượng nước chiếm dưới 10%, tức là ở dạng sống chậm (tiềm sinh). Hiện tượng này cũng gặp ở động vật không xương sống khi môi trường không thuận lợi: mất hầu hết nước trong cơ thể.

Sinh khối ở lục địa thì tỉ lệ với lượng thủy sa (mưa, sương, tuyết) ở nơi đó. Nước có ở cả ba dạng đặc, lỏng và khí. Gần bề mặt trái đất được bao phủ bởi thủy quyển (363 triệu km² trên 510 triệu km²). Biển và đại dương chiếm hơn 97% của lượng nước trong thủy quyển.

Mặc dù có trị số tương đối nhỏ, chính nước trong khí quyển có vai trò to lớn trong sự tuần hoàn của nước, và do đó chu trình nước mới thực hiện được. Thật vậy, nước trong khí quyển được phân bố rất không đồng đều, cắt nghĩa sự khác nhau rất nhiều về vũ lượng ở các vùng khác nhau của sinh quyển.



Hình 15. Chu trình nước

Độ ẩm không khí là do sự bốc thoát hơi nước từ lớp nước mặt dưới ảnh hưởng của năng lượng mặt trời. Các khối khí có mang hơi nước di chuyển trong khi hơi nước đặc lại thành mây. Sự làm lạnh của mây hơi nước rơi xuống mặt đất hay biển dưới dạng mưa, tuyết hay mưa đá hay dưới dạng sương. Có đến 7/9 của lượng mưa rơi xuống biển, 2/9 trên đất liền. Do đó phần lớn của chu trình nước xảy ra giữa khí quyển và đại dương.

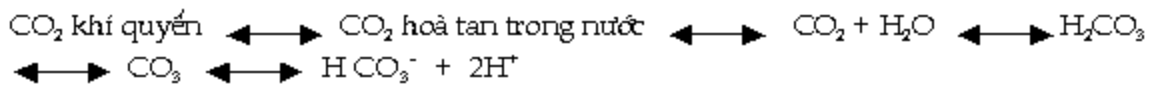
Nước đến mặt đất sẽ theo các đường sau đây:

- Bằng sự thấm lọc
- Bằng sự bốc thoát hơi của đất và cây cối
- Chảy tràn trên mặt đất đến chỗ trũng (ao, hồ, sông, suối) sau cùng ra biển.

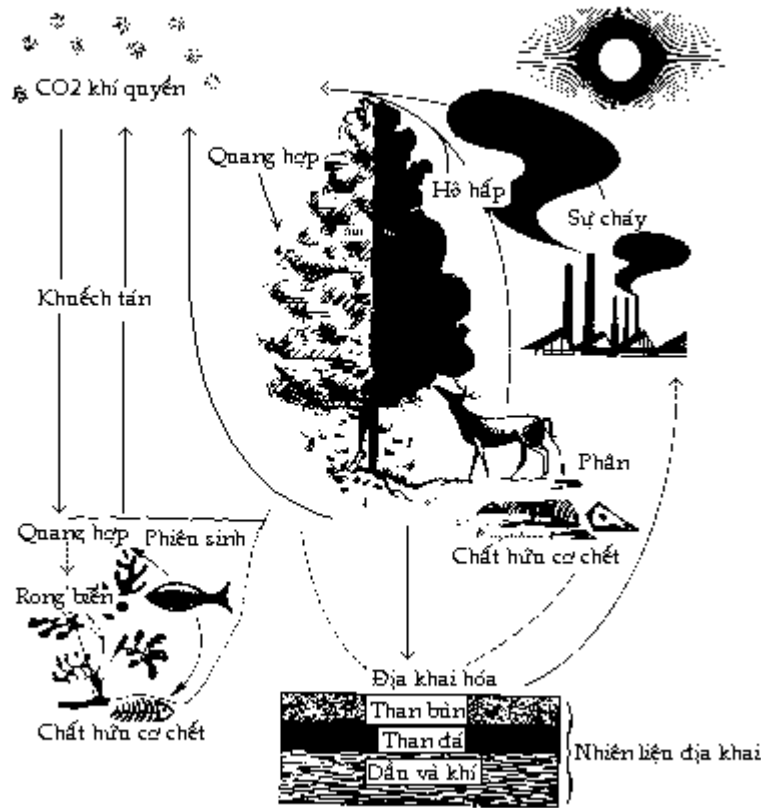
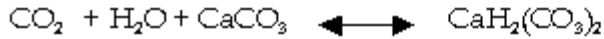
Chu trình carbon

Chu trình carbon thực hiện chủ yếu giữa khí CO_2 và sinh vật. Đó là chu trình hoàn bị nhất, bởi vì vận tốc rất lớn của CO_2 di chuyển qua các môi trường vô cơ và sinh vật qua mạng lưới thức ăn.

- *Carbon là chất tạo sự sống hàng đầu.* Nó hiện diện trong thiên nhiên dưới hai dạng khoáng chủ yếu. Ở trạng thái carbonate là đá vôi, tạo nên các quặng khổng lồ ở một số nơi của thạch quyển. Dạng thứ hai ở thể khí, CO_2 là dạng di động của carbon vô cơ. Khí quyển chỉ chứa 340 ppm CO_2 nhưng do vận tốc trao đổi của nó mà thực vật tự dưỡng đảm bảo. Sản lượng sơ cấp cho sinh quyển. Sản lượng này được ước lượng là 164 tỉ tấn chất hữu cơ mỗi năm (Whittaker và 1975 in Ramade, 1984). Số lượng này tương đương với hàng chục tỉ tấn CO_2 được cố định hằng năm bởi quang hợp. Bởi vì lượng CO_2 khí quyển ổn định theo thời gian, cho phép nghĩ rằng có một sự di động mạnh của carbon và hiện diện một dự trữ, khác với khí quyển, có vai trò điều hoà sự di chuyển của CO_2 . Đại dương tiêu biểu cho nguồn dự trữ này: hàm lượng CO_2 hoà tan trong nước tương đương 50 lần tổng khối lượng CO_2 của khí quyển. Sự trao đổi CO_2 giữa khí quyển, thủy quyển và thạch quyển được biểu diễn bằng các phản ứng sau:



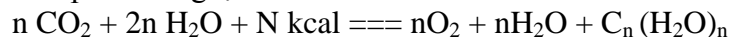
Trong nước ở lục địa, acid carbonic (H_2CO_3) hoà tan có thể tấn công nham thạch. Trong trường hợp như carbonate calci (đá vôi) sẽ làm cho Ca ở dạng carbonate acid, hoà tan trong nước:



Hình 16. Chu trình Carbon

- Carbonat calci hoà tan trong nước được mang ra biển và được trầm tích dưới dạng calcite và aragonite trong các vỏ hay hệ ngoại cốt của nhiều động vật không có xương sống ở biển. Việc này tạo nên các kho trầm tích khổng lồ qua các thời kỳ địa chất lâu dài.

- Có hai quá trình sinh học căn bản điều khiển sự di chuyển của C trong sinh quyển: quang hợp và hô hấp. CO_2 khí quyển và CO_2 hoà tan trong nước là nguồn C duy nhất của tất cả các sinh hoá cấu tạo nên tế bào từ sự quang hợp. Công thức tổng quát của quang hợp và hô hấp là đối nghịch nhau:



N kcal có được là do năng lượng chủ yếu từ dãy sóng đỏ (độ dài sóng 650-700nm = 6500-7000 Å) và được thu nhận bởi diệp lục tố.

- Tất cả sinh vật đều tiêu thụ năng lượng để thực hiện công hóa học và công thẩm thấu cần thiết cho sự bảo trì, tăng trưởng và sinh sản, cũng như điện (tế bào thần kinh), cơ (di chuyển) ở động vật. Năng lượng này do sự hô hấp cung cấp. Sự hô hấp cho phép tổng hợp ATP (adenosine triphosphate) rất giàu năng lượng cần thiết cho hoạt động của tế bào.

Ngoài sự hô hấp của động vật và thực vật, còn có sự phân hủy các chất hữu cơ mục nát, xác chết và chất thải bởi các sinh vật ăn chất cặn bã (saprophages) và vi khuẩn. Chúng thải ra CO_2 từ sự hiếu khí hay hiếm khí (dậy men).

- Ở môi trường đất liền, có một sự chậm lại của chu trình C, do sự thành lập chất mùn (humus). Kết hợp với đất sét, chất mùn tạo thành một phức hệ hấp phụ đóng vai trò quan trọng trong việc giữ và lưu thông các muối dinh dưỡng.

Trong nhiều trường hợp các chất hữu cơ không được hoàn toàn biến thành chất khoáng mà tích tụ trong các trầm tích gây ra sự ngưng đọng trong chu trình carbon. Đó là sự thành lập than bùn và trong quá khứ là sự thành lập than đá dầu và đá vôi.

Tóm lại, chu trình carbon khá hoàn chỉnh từ đầu kỷ đệ tứ cho đến thời kỳ kỹ nghệ hóa hiện đại. Phần lớn sản phẩm quang hợp được sử dụng bởi hô hấp của sinh vật. Khí CO_2 thải ra hô hấp do cân bằng với CO_2 của quang hợp.

Chu trình Oxygen

Oxygen là chất cấu tạo chính của sự sống. Cơ thể con người chứa 62,8% oxy và 19,4% carbon.

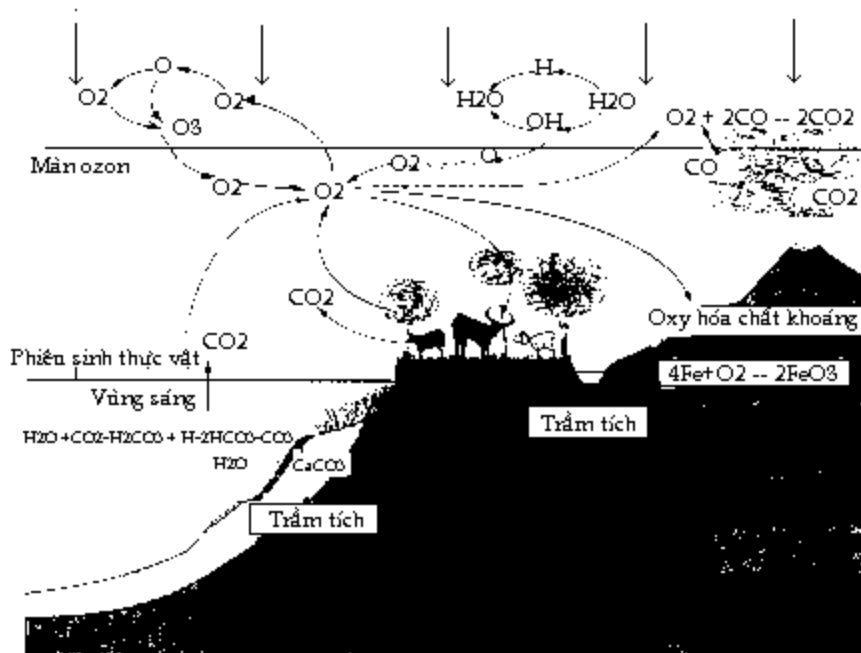
Chu trình O_2 rất phức tạp, vì nó có thể kết hợp với các chất khác dưới nhiều dạng khác nhau. Do đó có rất nhiều chu trình ngoại vi giữa khí quyển, sinh quyển và thủy quyển.

O_2 khí quyển và các nham thạch (trầm tích vôi và các quặng mỏ sắt ...) có nguồn gốc sinh vật. O_2 không có trong khí quyển nguyên thủy của trái đất. Chính các sinh vật tự dưỡng tạo ra O_2 và các ion sắt. Sự tạo thành màng ozon xảy ra khi nồng độ O_2 khoảng 1% nồng độ ngày nay.

O_2 phân tử có thể từ sự phân ly nước ở thượng tầng khí quyển dưới ảnh hưởng của bức xạ giàu năng lượng. Nhưng O_2 khí quyển có nguồn gốc từ sinh vật là chính. Do đó O_2 được thực hiện chủ yếu giữa khí quyển và sinh vật. Chu trình O_2 và CO_2 là đối nghịch với nhau.

Sự tiêu thụ O_2 khí quyển và sự tạo ra O_2 bởi sinh vật sản xuất khá nhanh. Người ta ước tính là tất cả O_2 trong khí quyển đổi mới 2000 năm một lần. Trong khi đó cần phải đến 2 triệu năm để tất cả các phân tử nước của thủy quyển được quang phân ly và tái tổng hợp bởi các sinh vật. Còn CO_2 khí quyển chỉ cần 300 năm để đổi mới hoàn toàn.

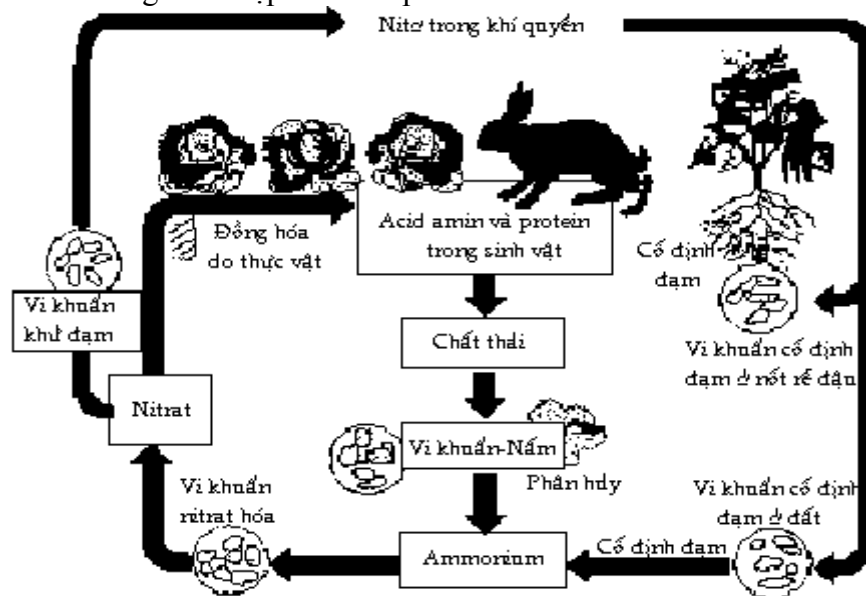
Nếu không có hoạt động của con người, quang hợp và hô hấp rất thăng bằng nhau: oxygen không đổi về số lượng.



Hình 17. Chu trình Oxy

Chu trình Nitrogen

Đây là chu trình phức tạp và hoàn bị. Nitơ trong phần lớn các trường hợp đi chung với carbon và cùng kết hợp với carbon để tạo ra các hợp chất protein. Sự tham gia của các sinh vật vào chu trình nitơ cho thấy một sự phân cấp rõ rệt: chỉ vài loại sinh vật là có khả năng can thiệp vào mỗi pha của chu trình.



Hình 18. Chu trình Nitrogen

Nitơ chiếm khoảng 78% thể tích không khí. Nó bị tách ra khỏi không khí do sấm chớp. Vi khuẩn và thanh tảo cố định đạm biến nitơ thành nitrat hoà tan. Nitrat sẽ đi vào đất hay nước nơi chúng được thực vật sử dụng. Xác bã động thực vật và các chất thải của chúng sẽ được các vi khuẩn phân giải. Khi đó các hợp chất chứa nitơ sẽ biến thành amoniac, NH_3 , (amoniac còn được sinh ra do núi lửa). Vi khuẩn nitrat hóa

(Nitrosomonas) biến amoniac thành nitrit, NO_2 ; rồi được một loại vi khuẩn khác (Nitrobacter) biến thành nitrat, NO_3 . Vi khuẩn khử đạm (Pseudomonas) trả lại nitơ cho khí quyển.

Vi khuẩn cố định đạm có thể sống tự do hay cộng sinh. Các loài tự do như *Azotobacter* (hiếu khí) và *Clostridium* (hiếm khí) hay tự dưỡng như *Rhodospirillum*. Vi khuẩn cộng sinh với cây đậu là các sinh vật cố định đạm mạnh nhất; thuộc giống *Rhizobium* có thể cố định nitơ khí quyển nhờ một hệ thống biến dưỡng phức tạp có chứa molypdène như là chất xúc tác và một huyết sắc tố (hemoglobine), một hiện tượng ngoại lệ trong giới thực vật.

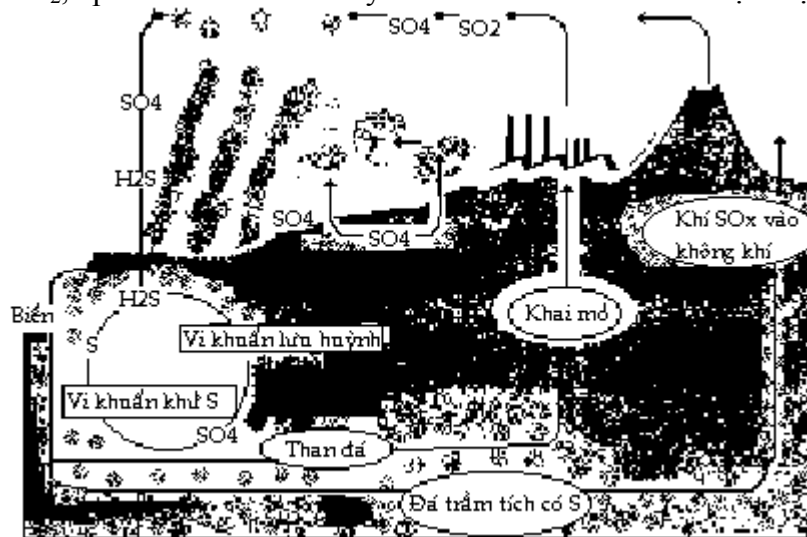
Trong môi trường nước, cũng có nhiều vi khuẩn cố định đạm, nhưng vai trò của chúng ít quan trọng hơn các thanh tảo, như *Anabaena*, *Nostoc*, *Trichodesmum*...

Ngoài ra, núi lửa mang đến một lượng nitơ để bù đắp sự mất đi do nitơ thoát ra khỏi chu trình bởi trầm tích ở đáy biển sâu.

Tóm lại, chu trình N khá phức tạp nhưng ổn định. Các quá trình khử và cố định N làm cho nó có đủ sức đáp ứng được nhu cầu cao cho sản xuất của các hệ sinh thái.

Chu trình lưu huỳnh (S, soufre)

Mặc dù có sự hiện diện của nhiều hợp chất dạng khí của lưu huỳnh, như H_2S , SO_2 ,... phần lớn chu trình này có tính chất trầm tích và thực hiện giữa nước và đất.



Hình 19. Chu trình lưu huỳnh

Nguồn chính của S sẵn sàng cho sinh vật là các sulfat được hấp thu bởi thực vật và biến nó thành acid amin chứa S (methionin, cystein và cystin).

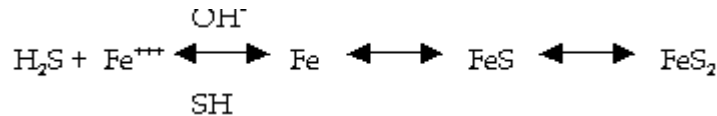
Các chất thải hữu cơ được phân hủy bởi các vi khuẩn dị dưỡng. Các vi khuẩn này sẽ phóng thích H_2S từ các protein chứa S. Ngoài ra vài vi khuẩn giống *Desulfovibrio* cũng có thể tạo ra H_2S từ sulfat trong điều kiện hiếm khí.

Bùn đen gặp ở đáy biển, hay ao hồ trong điều kiện tự nhiên hay do ô nhiễm của con người, chứa nhiều sinh vật khử lưu huỳnh có khả năng sống trong những điều kiện hoàn toàn hiếm khí. Một vài giống vi khuẩn như *Beggiatoa*, có khả năng khử H_2S thành S nguyên tố.

Ngược lại có nhiều vi khuẩn có thể tái oxy hóa H_2S thành sulfat, làm cho S được tái sử dụng bởi sinh vật sản xuất. Đó là vi khuẩn hóa tổng hợp bởi vì chúng có thể lấy năng lượng từ sự oxyd hóa một chất hóa học đơn giản, chứ không phải từ ánh sáng. Các *Thiobacillus*, vi khuẩn tự dưỡng, chúng cố định CO_2 bằng cách tổng hợp các chất sinh

hóa từ năng lượng tạo ra bởi sự oxyd hóa H_2S thành sulfat trong môi trường tối thường xuyên.

Giai đoạn cuối của chu trình S là trầm tích hoàn toàn. Nó bao gồm sự trầm tích của S trong điều kiện hiếm khí khi có mặt của sắt. Các bước của hiện tượng này có thể chuyển đổi được, làm cho việc tái sử dụng dự trữ này có thể xảy ra. Các phản ứng như sau:



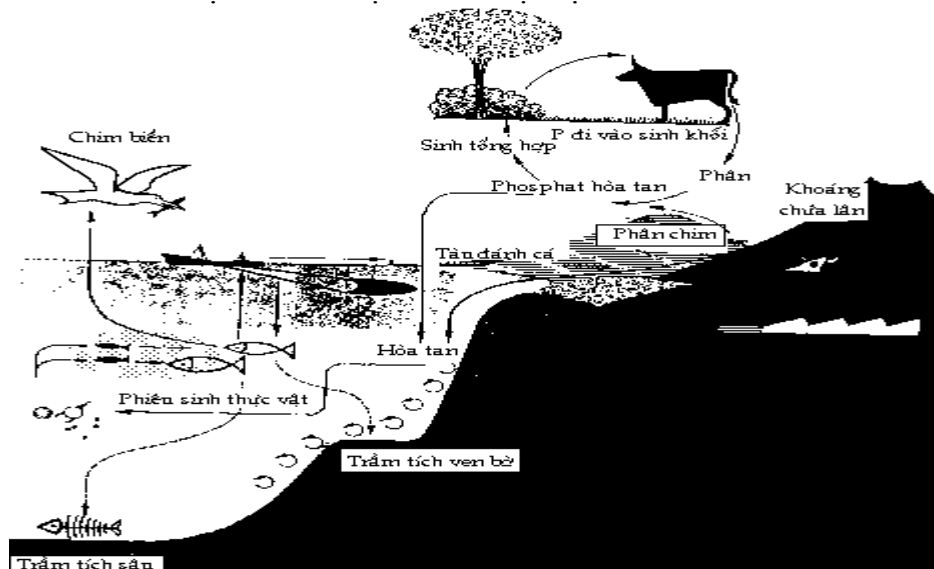
Chu trình sẽ dẫn tới sự tích tụ chậm và liên tục của S trong các trầm tích biển sâu. Các trầm tích này là nguồn chủ yếu của sinh quyển, dưới dạng pyrite cũng như sulfat (như thạch cao chẳng hạn).

Chu trình lân (P)

Chu trình khá đơn giản và không hoàn chỉnh. P là chất cấu tạo của chất sống, tạo thành các nucleotid hay các phosphatidylipid chẳng hạn.

Dữ trữ P cần thiết cho sinh vật thì hoàn toàn ở trong thạch quyển. Nguồn chính của P vô cơ là các nham thạch như apatit và các mỏ phosphat trầm tích như phosphorit. P vô cơ là chất hiếm trong sinh quyển, chỉ khoảng 1% mà thôi, cho nên có khuynh hướng là nhân tố hạn chế chủ yếu của nhiều hệ sinh thái. P vô cơ này đi vào chu trình bởi sự rửa trôi và sự hòa tan trong nước lục địa. Do đó nó xâm nhập hệ sinh thái đất liền và được hấp thu bởi thực vật và đi vào mạng lưới thức ăn. Sau đó phosphat hữu cơ được chứa trong xác bã và chất thải sinh vật. Chúng sẽ bị các vi sinh vật sử dụng và biến thành phosphat vô cơ, được tái sử dụng bởi thực vật xanh và các vi sinh vật tự dưỡng khác.

Chu trình P ở đất liền được xảy ra một cách tối ưu với sự thất thoát tối thiểu của P. Điều này không có ở biển, bởi vì sự trầm tích liên tục của các chất hữu cơ như xác cá giàu P. Các mảnh vụn này không được sử dụng và tích tụ ở đáy biển. Nếu các trầm tích này ở vùng ven bờ thì có thể được trở lại chu trình sau khi được khoáng hóa. Còn ở đáy biển sâu thì chúng không được tái sử dụng. Chu trình P do đó không hoàn chỉnh, P trở thành nhân tố hạn chế cho hệ sinh thái lục địa.



Hình 20. Chu trình lân (P)

