

I. Khái niệm và cấu trúc của hệ sinh thái

1. Khái niệm hệ sinh thái

Hệ sinh thái (Ecosystem) là một hệ thống sinh học hoàn chỉnh và tương đối ổn định, bao gồm quần xã sinh vật (thành phần hữu sinh) và môi trường sống của chúng, hay còn gọi là sinh cảnh (thành phần vô sinh). Trong hệ sinh thái, các sinh vật luôn tác động lẫn nhau và tác động qua lại với các thành phần vô sinh của môi trường.

- **Ví dụ 1:** Hệ sinh thái ao hồ bao gồm các sinh vật như tảo, rong, tôm, cá, vi sinh vật... cùng với môi trường nước, ánh sáng, nhiệt độ, bùn đất...
- **Ví dụ 2:** Hệ sinh thái rừng mưa nhiệt đới bao gồm thảm thực vật đa dạng, các loài động vật từ côn trùng đến thú lớn, nấm, vi khuẩn... sống trong môi trường có độ ẩm và nhiệt độ cao, đất đai màu mỡ.

2. Các thành phần cấu trúc của hệ sinh thái

Một hệ sinh thái hoàn chỉnh được cấu tạo từ hai thành phần chính:

- **Thành phần vô sinh (Abiotic components):** Là môi trường vật lý xung quanh quần xã, bao gồm:
 - **Các yếu tố khí hậu:** Ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, không khí, gió...
 - **Các yếu tố thổ nhưỡng:** Đất, đá, độ pH, thành phần cơ giới của đất...
 - **Yếu tố nước:** Nước và chế độ thủy văn.

- **Địa hình:** Độ cao, độ dốc...
- **Thành phần hữu sinh (Biotic components):** Là các sinh vật trong quần xã, được chia thành 3 nhóm chính dựa trên phương thức dinh dưỡng:
 - **Sinh vật sản xuất (Producers):** Là các sinh vật tự dưỡng, có khả năng tổng hợp chất hữu cơ từ chất vô cơ. **Công thức tổng quát quang hợp:**
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Năng lượng ánh sáng} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_n + \text{O}_2$$

Ví dụ: Thực vật, tảo, một số vi khuẩn quang hợp.
 - **Sinh vật tiêu thụ (Consumers):** Là các sinh vật dị dưỡng, lấy chất hữu cơ bằng cách ăn các sinh vật khác. Gồm:
 - Sinh vật tiêu thụ bậc 1: Động vật ăn sinh vật sản xuất (ví dụ: châu chấu ăn cỏ, thỏ ăn cà rốt).
 - Sinh vật tiêu thụ bậc 2: Động vật ăn sinh vật tiêu thụ bậc 1 (ví dụ: ếch ăn châu chấu, cáo ăn thỏ).
 - Sinh vật tiêu thụ bậc 3, 4...: Động vật ăn thịt các sinh vật tiêu thụ bậc thấp hơn.
 - **Sinh vật phân giải (Decomposers):** Là các sinh vật dị dưỡng, phân giải xác và chất thải của các sinh vật khác thành chất vô cơ, trả lại cho môi trường. Ví dụ: Vi khuẩn, nấm, giun đất.

II. Trao đổi chất trong hệ sinh thái

1. Chuỗi thức ăn (Food Chain)

Chuỗi thức ăn là một dãy gồm nhiều loài sinh vật có quan hệ dinh dưỡng với nhau, trong đó loài đứng trước là thức ăn của loài đứng sau.

Cấu trúc: Sinh vật sản xuất → Sinh vật tiêu thụ bậc 1 → Sinh vật tiêu thụ bậc 2 → ... → Sinh vật tiêu thụ bậc cuối

Có hai loại chuỗi thức ăn chính:

- **Chuỗi thức ăn bắt đầu bằng sinh vật sản xuất:** Ví dụ: Cỏ → Sâu → Chim sâu → Diều hâu.
- **Chuỗi thức ăn bắt đầu bằng mùn bã hữu cơ:** Ví dụ: Mùn bã hữu cơ → Giun đất → Gà → Cáo.

2. Lưới thức ăn (Food Web)

Lưới thức ăn là tập hợp các chuỗi thức ăn có các mắt xích chung trong một hệ sinh thái. Trong một lưới thức ăn, một loài sinh vật có thể tham gia vào nhiều chuỗi thức ăn khác nhau.

- **Ví dụ:** Trong một hệ sinh thái đồng cỏ, cỏ là thức ăn cho cả châu chấu, thỏ và dê. Châu chấu là thức ăn cho ếch và chim. Thỏ là thức ăn cho cáo. Cáo cũng có thể ăn cả gà (ăn giun đất). Các mối quan hệ này tạo thành một lưới thức ăn phức tạp.
- **Đặc điểm:** Lưới thức ăn càng phức tạp thì hệ sinh thái càng ổn định vì khi một mắt xích bị suy giảm số lượng, các sinh vật ăn nó có thể chuyển sang

nguồn thức ăn khác.

III. Bậc dinh dưỡng, tháp sinh thái và dòng năng lượng

1. Bậc dinh dưỡng (Trophic Level)

Bậc dinh dưỡng là tập hợp các loài sinh vật có cùng mức dinh dưỡng trong lưới thức ăn. Các bậc dinh dưỡng bao gồm:

- **Bậc dinh dưỡng cấp 1:** Sinh vật sản xuất.
- **Bậc dinh dưỡng cấp 2:** Sinh vật tiêu thụ bậc 1 (ăn sinh vật sản xuất).
- **Bậc dinh dưỡng cấp 3:** Sinh vật tiêu thụ bậc 2 (ăn sinh vật tiêu thụ bậc 1).
- ... và các bậc tiếp theo.

2. Tháp sinh thái (Ecological Pyramid)

Tháp sinh thái biểu diễn mối quan hệ về số lượng, sinh khối hoặc năng lượng giữa các bậc dinh dưỡng. Có 3 loại tháp sinh thái:

- **Tháp số lượng:** Xây dựng dựa trên số lượng cá thể ở mỗi bậc dinh dưỡng. Thường có đáy rộng, đỉnh hẹp. Tuy nhiên, có thể bị đảo ngược (ví dụ: 1 cây cổ thụ có hàng ngàn con sâu).
- **Tháp sinh khối:** Xây dựng dựa trên tổng khối lượng chất sống của tất cả các sinh vật ở mỗi bậc dinh dưỡng. Thường có đáy rộng, đỉnh hẹp. Có thể bị đảo ngược trong hệ sinh thái dưới nước (sinh khối tảo nhỏ hơn sinh khối giáp xác ăn tảo).
- **Tháp năng lượng:** Xây dựng dựa trên năng lượng được tích lũy ở mỗi bậc dinh dưỡng. Tháp năng lượng luôn có dạng đáy rộng, đỉnh hẹp và không bao

giờ bị đảo ngược.

3. Dòng năng lượng và Hiệu suất sinh thái

Năng lượng trong hệ sinh thái được truyền một chiều từ sinh vật sản xuất qua các bậc dinh dưỡng và giảm dần qua mỗi bậc. Khoảng 90% năng lượng bị thất thoát qua hô hấp, tạo nhiệt, chất thải... chỉ khoảng 10% được tích lũy và truyền lên bậc dinh dưỡng cao hơn.

Công thức hiệu suất sinh thái: $H (\%) = \frac{\text{Năng lượng tích lũy ở bậc dinh dưỡng sau}}{\text{Năng lượng tích lũy ở bậc dinh dưỡng trước}} \times 100\%$

- **Ví dụ 1:** Nếu bậc dinh dưỡng cấp 1 (cỏ) tích lũy được 1.000.000 Kcal, thì bậc dinh dưỡng cấp 2 (thỏ) chỉ tích lũy được khoảng 100.000 Kcal.
- **Ví dụ 2:** Nếu hiệu suất sinh thái giữa bậc 2 và bậc 3 là 10%, và năng lượng tích lũy ở bậc 2 là 50.000 Kcal, thì năng lượng tích lũy ở bậc 3 là $50.000 \times 10\% = 5.000$ Kcal.

IV. Chu trình sinh địa hóa

Chu trình sinh địa hóa là chu trình trao đổi các chất trong tự nhiên theo một vòng tuần hoàn, đi từ môi trường ngoài vào cơ thể sinh vật, qua các bậc dinh dưỡng rồi từ cơ thể sinh vật trở lại môi trường.

1. Chu trình Cacbon (Carbon Cycle)

Cacbon đi từ không khí (dạng CO_2) vào quần xã qua quá trình quang hợp của sinh vật sản xuất. Sau đó, nó được truyền qua các bậc dinh dưỡng. Cacbon trở lại môi trường thông qua:

- **Hô hấp:** Tất cả sinh vật hô hấp và thải ra CO_2 .
- **Phân giải:** Vi sinh vật phân giải xác và chất thải, giải phóng CO_2 .
- **Đốt cháy nhiên liệu hóa thạch:** Hoạt động của con người (công nghiệp, giao thông) đốt than, dầu, khí... giải phóng một lượng lớn CO_2 vào khí quyển.

2. Chu trình Nitơ (Nitrogen Cycle)

Nitơ trong khí quyển (N_2) chiếm gần 80% nhưng thực vật không thể hấp thụ trực tiếp. Chu trình Nitơ gồm các quá trình chính:

1. **Cố định Nitơ:** N_2 trong khí quyển được biến đổi thành dạng NH_3 (amoniac), NH_4^+ (amoni). Quá trình này được thực hiện bởi vi khuẩn cố định đạm (sống trong nốt sần cây họ Đậu) hoặc do các tia lửa điện trong khí quyển.
2. **Amon hóa:** Vi sinh vật phân giải xác và chất thải hữu cơ thành NH_4^+ .
3. **Nitrat hóa:** Vi khuẩn nitrat hóa chuyển NH_4^+ thành nitrit (NO_2^-) rồi thành nitrat (NO_3^-).
4. **Đồng hóa Nitơ:** Thực vật hấp thụ Nitơ dưới dạng NH_4^+ và NO_3^- để tổng hợp các hợp chất hữu cơ (protein, axit nucleic).
5. **Phản nitrat hóa:** Vi khuẩn phản nitrat hóa chuyển NO_3^- trở lại thành N_2 bay vào khí quyển.

3. Chu trình Nước (Water Cycle)

Nước trên Trái Đất liên tục vận động trong một vòng tuần hoàn khép kín.

- **Bay hơi:** Nước từ các đại dương, sông, hồ, ao bốc hơi thành hơi nước.
- **Thoát hơi nước:** Thực vật hấp thụ nước từ đất và thoát hơi nước qua lá.

- **Ngưng tụ:** Hơi nước trong không khí ngưng tụ tạo thành mây.
- **Giáng thủy:** Nước từ mây rơi xuống đất dưới dạng mưa, tuyết, mưa đá...
- **Dòng chảy và Thẩm thấu:** Nước mưa chảy trên bề mặt (tạo thành sông, suối) hoặc ngấm xuống đất tạo thành nguồn nước ngầm.

V. Diễn thế sinh thái

1. Khái niệm

Diễn thế sinh thái là quá trình biến đổi tuần tự của quần xã qua các giai đoạn, từ dạng khởi đầu qua các giai đoạn trung gian để đến quần xã cuối cùng tương đối ổn định (quần xã đỉnh cực).

2. Các loại diễn thế sinh thái

Có hai loại diễn thế chính:

Tiêu chí	Diễn thế nguyên sinh	Diễn thế thứ sinh
Môi trường khởi đầu	Môi trường trống trơn, chưa từng có sinh vật (ví dụ: đảo núi lửa mới hình thành, bãi cát).	Môi trường đã từng có quần xã sinh vật sinh sống nhưng bị hủy diệt (ví dụ: rừng bị cháy, nương rẫy bỏ hoang).
Giai đoạn đầu	Bắt đầu từ môi trường vô sinh.	Bắt đầu từ môi trường đã có một phần vật chất hữu cơ.
Thời gian	Kéo dài, mất rất nhiều thời gian.	Diễn ra nhanh hơn.
Kết quả	Hình thành quần xã đỉnh cực.	Có thể hình thành quần xã đỉnh cực hoặc một quần xã suy thoái.

3. Nguyên nhân của diễn thế

- **Nguyên nhân bên ngoài:** Do tác động của các yếu tố ngoại cảnh như khí hậu, thiên tai (núi lửa, lũ lụt), hoặc hoạt động của con người (đốt rừng, khai thác khoáng sản).
- **Nguyên nhân bên trong:** Do sự cạnh tranh gay gắt giữa các loài trong quần xã, làm thay đổi điều kiện môi trường sống.