

CHƯƠNG 2

SINH THÁI HỌC SẢN LƯỢNG

Sự vận chuyển và tích lũy năng lượng trong hệ sinh thái

2.1. MỞ ĐẦU

- Tại sao tất cả các sinh vật đều cần có năng lượng ?
- Sinh thái học sản lượng là gì ? Sinh thái học sản lượng nghiên cứu những mối liên hệ năng lượng (thu nhận, tích lũy, truyền và mất mát) của các hệ sinh thái.
- Chương 4 trình bày quá trình tích lũy và truyền năng lượng.

2.2. CHU TRÌNH TRAO ĐỔI NĂNG LƯỢNG TRONG HỆ SINH THÁI

2.2.1. Các nguồn năng lượng cung cấp cho sinh vật

- Năng lượng đi qua hệ sinh thái hoạt động theo các quy luật nào ?
Năng lượng đi qua hệ sinh thái cũng hoạt động theo các quy luật nhiệt động học của vật lý. Định luật thứ nhất của nhiệt động học phát biểu rằng “*Năng lượng không tự sinh ra hoặc tự mất đi mà chỉ có thể chuyển từ dạng này sang dạng khác*”. Ví dụ: năng lượng ánh sáng mặt trời có thể chuyển thành hóa năng trong quang hợp của thực vật. Định luật thứ hai của nhiệt động học phát biểu rằng “*Khi năng lượng được chuyển hóa từ dạng này sang dạng khác thì không được bảo toàn 100% mà thường bị hao hụt đi một lượng nhiệt nhất định*”.

Phân biệt

- Sinh vật tự dưỡng.** Đó là những sinh vật sử dụng nguồn năng lượng độc lập với các sinh vật khác. Sinh vật tự dưỡng bao gồm hai nhóm: quang dưỡng¹ và hóa dưỡng².
- Sinh vật quang dưỡng** là sinh vật sử dụng một phần nhỏ năng lượng điện từ của ánh sáng mặt trời trong quá trình quang hợp; quá trình này phụ thuộc vào diệp lục tố. Diệp lục hấp thụ các bước sóng của bức xạ mặt trời cùng với H₂O từ đất và CO₂ từ không khí và biến đổi chúng thành đường glucoza. Thực vật màu xanh là các sinh vật quang dưỡng.
- Sinh vật hóa dưỡng** hấp thụ năng lượng từ các chất vô cơ đơn giản. Ví dụ: sinh vật hóa dưỡng hấp thụ năng lượng bằng cách ôxy hóa SO₂ thành lưu huỳnh tự do, hoặc ôxy hóa lưu huỳnh thành iôn sunphát (SO₄²⁻), ôxy hóa các iôn NH₄⁺ thành N₂ hoặc nitrit, hoặc ôxy hóa NO₂ thành NO₃⁻. Mỗi quá trình ôxy hóa kèm theo sự giải phóng năng lượng.
- Các loại sinh vật dị dưỡng :** Động vật ăn thực vật; động vật ăn thịt; động vật ăn tạp và sinh vật phân hủy.

2.2.2. Sự trao đổi năng lượng trong các hệ sinh thái

Sơ đồ trao đổi năng lượng trong hệ sinh thái được tóm tắt ở hình 2.1.

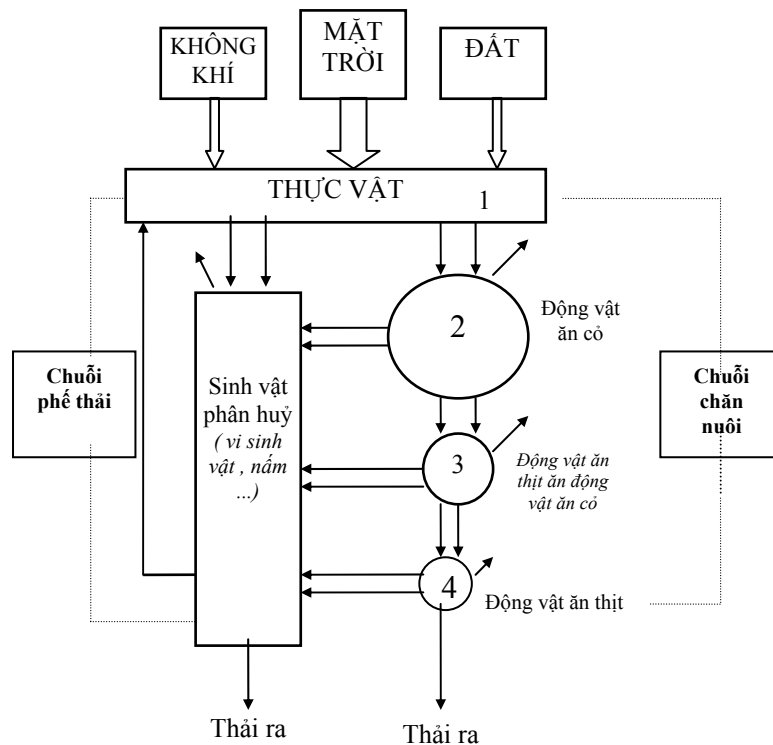
- Chuỗi thức ăn là gì?** (1) Một bộ phận năng lượng từ thực vật truyền qua một loạt sinh vật khác lập thành các chuỗi thức ăn (chuỗi dinh dưỡng, chuỗi thực phẩm) của

¹ Photoautotrophs

² Chemoautotrophs

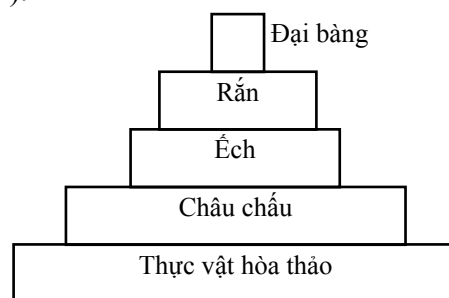
hệ sinh thái. (2) Một loạt các sinh vật liên kết với nhau thành một chuỗi, trong đó sinh vật đứng sau sử dụng sinh vật đứng trước như một nguồn thức ăn.

- **Lưới thức ăn là gì?** Đó là sự liên kết của các chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái.



Hình 2.1. Dòng năng lượng và các chất dinh dưỡng

- **Đặc điểm của chuỗi thức ăn và lưới thức ăn ?**
- **Hình tháp sinh thái học là gì ?** Đó là sự sắp xếp số lượng cá thể (sinh khối hoặc năng lượng) theo các bậc dinh dưỡng từ thấp đến cao. Hình tháp sinh thái học thường được biểu thị bằng các hình chữ nhật chồng lên nhau; trong đó độ dài của chúng tỷ lệ thuận với dòng năng lượng của mỗi bậc, còn chiều cao của các hình chữ nhật đều bằng nhau (hình 2.2).



Hình 2.2. Hình tháp sinh thái gồm một chuỗi dinh dưỡng đơn giản:
cỏ - châu chấu - ếch - rắn - chim đại bàng

2.3. NHỮNG THUẬT NGỮ CỦA SINH THÁI HỌC SẢN LƯỢNG

Những thuật ngữ dùng trong kinh doanh rừng

1. Sản lượng thu hoạch¹. Đó là tổng khối lượng hoặc trọng lượng vật chất có thể thu được từ một diện tích nào đó sau một thời gian nào đó. Ví dụ: Tổng khối lượng gỗ thân cây Keo lá tràm thu hoạch được từ một hecta rừng trong chu kỳ 10 năm là $100\text{m}^3/\text{ha}$.

2. Sản lượng hiện còn². Đó là toàn bộ trọng lượng hoặc khối lượng vật chất hữu cơ của cơ thể sống có thể thu được bằng một phương pháp hay kỹ thuật nào đó trong một khoảng thời gian nào đó. Sản lượng thu hoạch và sản lượng hiện còn giống nhau về thời gian thu hoạch. Nhưng khác với sản lượng thu hoạch, quy mô của sản lượng hiện còn (phần chưa được thu hoạch) phụ thuộc vào phương pháp thu hoạch. Ví dụ: sản lượng hiện còn trên 1 ha rừng Keo lá tràm sau 10 năm là 110 m^3 gỗ thân cây, nhưng sản lượng thu hoạch có thể chỉ là $100\text{m}^3/\text{ha}$, phần còn lại 10 m^3 không được thu hoạch bao gồm gỗ ngọn, cành và vỏ cây bỏ lại rừng.

3. Năng suất thu hoạch³. Đó là tốc độ tích lũy trung bình vật chất hữu cơ thu hoạch được. Nó được tính bằng cách chia sản lượng thu hoạch cho thời gian tạo ra sản lượng thu hoạch. Ví dụ: $100\text{ m}^3/10\text{ năm} = 10\text{ m}^3/\text{ha}/\text{năm}$.

NHỮNG THUẬT NGỮ CỦA SINH THÁI HỌC SẢN LƯỢNG

1. Sản lượng⁴. Đó là tổng trọng lượng (tổng sinh khối) hoặc số lượng vật chất hữu cơ mà quần xã sinh vật sản xuất ra trên một diện tích nhất định và sau một thời gian nào đó. Chỉ tiêu này có thể dùng để phản ánh số lượng vật chất hữu cơ của một quần thể, hoặc một mức dinh dưỡng nhất định, nhưng cũng có thể dùng cho quần xã và hệ sinh thái. Sản lượng = (sản lượng thu hoạch + vật chất hữu cơ không được thu hoạch (cành, lá, gốc, rễ...) + vật chất hữu cơ hao hụt không thu hoạch được do bị mất mát trong thời kỳ này (sản lượng hay sinh khối chuyển thành thức ăn cho động vật, hoặc rơi vãi...)).

a. Tổng sản lượng⁵. Đó là tổng số chất hữu cơ được sinh vật tạo ra trong một thời gian nhất định. Tổng sản lượng = số lượng chất hữu cơ được sinh vật sản xuất ra cộng với phần vật chất hữu cơ đã chi dùng cho hô hấp trong suốt thời gian nghiên cứu.

b. Sản lượng thuần⁶. Sản lượng thuần hay sản lượng hiện (NPP) còn là số lượng chất hữu cơ được sinh vật sản xuất ra (GPP) trong một thời gian nhất định sau khi đã chi dùng cho hô hấp (R); nghĩa là $\text{NPP} = \text{GPP} - \text{R}$.

c. Sản lượng sơ cấp⁷. Đó là số lượng chất hữu cơ được thực vật tự dưỡng sản xuất ra. Tổng sản lượng sơ cấp (GPP)⁸ = tổng lượng quang hợp của thực vật trên một đơn vị diện tích trong một thời gian nhất định. Sản lượng sơ cấp thuần (NPP)⁹ = $\text{GPP} - \text{R}$.

d. Sản lượng thứ cấp¹⁰. Đó là số lượng chất hữu cơ được sinh vật dị dưỡng sản xuất ra.

2. Sinh khối¹. Đó là tổng khối lượng sinh vật còn sống trên đơn vị diện tích mặt đất (hoặc nước). Đơn vị tính = năng lượng (J/m^2) hoặc trọng lượng chất hữu cơ khô

¹ Crop

² Standing tree crop

³ Yield

⁴ Production

⁵ Gross production

⁶ Net production

⁷ Primary production

⁸ Gross primary production

⁹ Net primary production

¹⁰ Secondary production

(kg/ha, tấn/ha, g/m²). Sinh khối = (sản lượng thu hoạch + phần vật chất hữu cơ không được thu hoạch (phần bỏ lại sau thu hoạch) + phần vật chất hữu cơ mất mát trong thu hoạch).

Thực vật khô. Tất cả các cơ quan còn sống và cơ quan đã chết nhưng vẫn giữ được mối liên hệ với cây (lá, hoa, quả, cành, rễ, vỏ cây và gỗ lõi đã chết nhưng chưa tách khỏi cây).

3. Năng suất². Năng suất của quần xã sinh vật (hoặc quần xã thực vật rừng) là tốc độ chất hữu cơ được quần xã tạo ra trên một đơn vị diện tích và trong một đơn vị thời gian. Năng suất (chất khô tuyệt đối hoặc khô không khí) được biểu thị bằng g/m²/ngày, kg/ha/ngày, tấn/ha/mùa hoặc năm, kcal/ha/năm, KJ/ha/năm.

- Năng suất sinh học³** - đó là tổng lượng tăng trưởng hàng ngày của tổng sinh khối trong suốt thời gian sinh trưởng.
- Năng suất kinh tế** - bộ phận của năng suất sinh học có giá trị sử dụng (gỗ thân cây, cành, lá, quả...). Năng suất kinh tế và năng suất sinh học có quan hệ với nhau theo phương trình: $Y_{kt} = Y_{sh} \times K_{kt}$; trong đó Y_{kt} - năng suất kinh tế, Y_{sh} - năng suất sinh học, K_{kt} - hệ số kinh tế.
- Năng suất tiềm năng của sinh vật (rừng)** - đó là khả năng của sinh vật (rừng) cho năng suất cao nhất nhờ lợi dụng đầy đủ tiềm năng khí hậu và đất.
- Năng suất sinh thái.** Năng suất sinh thái của rừng biểu thị vai trò tạo lập môi trường, các chức năng bảo vệ, khả năng tải được sự phát triển của các ngành công nghiệp gây ra ô nhiễm môi trường...

2.4. SINH THÁI HỌC SẢN LƯỢNG Ở MỨC SINH VẬT SƠ CẤP

2.4.1. Cơ sở của sinh thái học sản lượng

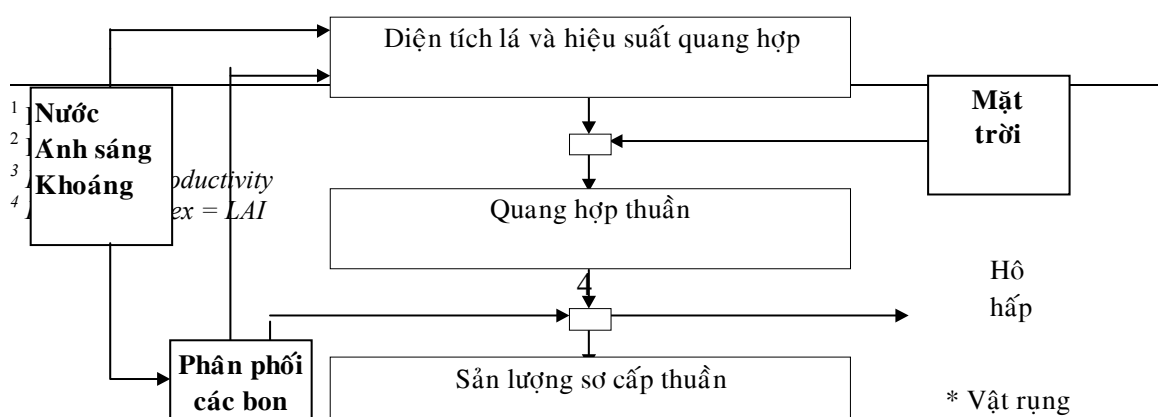
Hãy quan sát sơ đồ **hình 2.3** và mô tả quá trình hình thành sinh khối thu hoạch và các nhân tố ảnh hưởng đến quá trình này ?

1. Tỷ lệ ánh sáng quang hợp được phụ thuộc vào các nhân tố sau:

- Chỉ số diện tích bề mặt lá (LAI)⁴. Đó là tỷ lệ diện tích hình chiếu nằm ngang của các lá cây trên diện tích mặt đất, đơn vị tính là m² lá/m² bề mặt đất.
- Hiệu suất quang hợp: Hiệu quả của các lá cây biến đổi bức xạ hoạt tính quang hợp thành các phân tử hữu cơ cao năng lượng.

Cả hai yếu tố trên phụ thuộc vào:

- Điều kiện lập địa
- Cách thức sắp xếp lá trên cây
- Cách thức phân phối NPP: $NPP = GPP - R$



2.4.2. Hiệu quả sinh thái của thảm thực vật rừng

1. Phần nhập: Quang hợp

Hiệu suất chuyển đổi năng lượng (K):

$$K = \frac{t \cdot \Delta M}{\sum i \cdot Q} \quad (2.1)$$

Hiệu suất sử dụng năng lượng (K⁺):

$$K^+ = \frac{t \cdot \Delta M}{\sum Q} \quad (2.2)$$

Trong đó:

- i = tỷ suất hút năng lượng của thảm thực vật (trung bình $i = 0,5$),
 - t = nhiệt đốt 1 gram chất khô (nó không thay đổi trong suốt thời gian sinh trưởng); trung bình = 5000 kcal/kg.
 - ΔM = lượng tăng trưởng thực vật khối (sản lượng) ở trạng thái khô tuyệt đối (g/m^2);
 - $t \cdot \Delta M$ = sản lượng tính theo đơn vị nhiệt lượng (Kcal, J);
 - Q = lượng bức xạ mặt trời ($\text{cal/cm}^2/\text{ngày}$) đi tới bề mặt đất;
 - iQ = năng lượng bức xạ cố định được của thảm thực vật.
 - Hiệu suất quang hợp tổng số** = tổng sản lượng/năng lượng bức xạ cố định được.
 - Hiệu suất quang hợp thuần** = sản lượng thuần/năng lượng bức xạ cố định được.
- Hiệu suất quang hợp thay đổi giữa các hệ sinh thái.

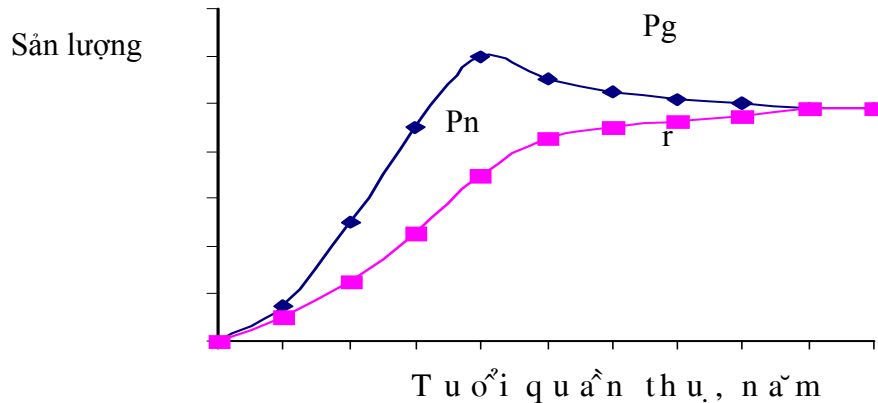
Tóm lại

- Hiệu suất quang hợp phụ thuộc vào cách sắp đặt lá và LAI.

- Cây hình thành 3 kiểu lá: lá ưa sáng, lá chịu bóng và lá trung tính
- Những cây có thời gian chiếu sáng lâu dài có hiệu suất quang hợp nhỏ hơn cây được chiếu sáng ít.

2. Phân hao hụt

a. Hô hấp. Quan sát **hình 2.4** và mô tả sự biến đổi sản lượng tổng số (P_g), sản lượng thuần (P_n), sản lượng chi phí cho hô hấp (r) theo tuổi quần thể.



Hình 2.4. Sự biến đổi sản lượng tổng số (P_g), sản lượng thuần (P_n), sản lượng chi phí cho hô hấp (r) theo tuổi quần thể (Phỏng theo Kira và Shidei, 1967)

- Tốc độ tăng trưởng và sự tích lũy sinh khối phụ thuộc vào năng lượng chi dùng cho quá trình hô hấp.
- Ở rừng nhiệt đới hao hụt khoảng 71% tổng sản lượng sơ cấp cho hô hấp; sản lượng thuần chỉ còn lại 29%.

b. Tiêu thụ bởi sinh vật dị dưỡng

Mức tiêu thụ NPP của sinh vật tiêu thụ trong một số hệ sinh thái khác nhau (**bảng 2.1**).

Sinh khối (phần lá) trở thành thức ăn cho sinh vật tiêu thụ:

+ đồng cỏ khoảng 28-60% NPP

+ rừng là 5-10%

+ hệ sinh thái thủy vực : 60-99% NPP

+ rừng ngập mặn Cà Mau: 0,016 – 0,02 $g/m^2/ngày$

Hãy chỉ ra tầm quan trọng của sinh vật tiêu thụ trong các hệ sinh thái?

Bảng 2.1. Mức tiêu thụ NPP của sinh vật tiêu thụ trong một số hệ sinh thái khác nhau

(Theo Odum, 1962; Kozlovsky, 1968; Wiegert và Owen, 1971; Ricklefs, 1973)

TT	Kiểu hệ sinh thái	Tiêu thụ NPP của sinh vật dị dưỡng, %
1	Đồng cỏ bỏ hoang 30 năm	1,1

2	Rừng rụng lá trưởng thành	1,5-2,5
3	Cây bụi hoang mạc	5,5
4	Rừng trồng cây lá kim	12,0
5	Đồng ruộng bỏ hoang 7 năm	8,0
6	Đồng cỏ châu Phi	28-60
7	Cửa sông	75
8	Đại dương	60-90

c. Vật rụng trên và dưới mặt đất

- Các hệ sinh thái rừng tự nhiên rơi rụng và đào thải 90-99% tổng lượng tăng trưởng hàng năm.
- Lượng vật rụng nhiều hay ít phụ thuộc vào vị trí địa lý của hệ sinh thái, vào cấu trúc của rừng và mùa trong năm.

3. Năng suất thuần và sinh khối. Năng suất thuần và sinh khối phụ thuộc vào vị trí địa lý và khí hậu (bảng 2.2). Ở vĩ độ 65-70⁰ là 10-15 t/ha/năm; ở nhiệt đới là 100-120 t/ha/năm. Ngoài ra, năng suất thuần và sinh khối còn phụ thuộc vào đất đai, trình độ canh tác, loài cây trồng...

Bảng 2.3. Năng suất sơ cấp và sinh khối của các hệ sinh thái
(Theo Whittaker và Likens, 1971)

Hệ sinh thái	Năng suất chất khô thuần (g/m ² /năm)		Sinh khối chất khô (kg/m ²)	
	Giới hạn	Bình quân	Giới hạn	Bình quân
- Rừng nhiệt đới	1000 - 5000	2000	6 - 80	45
- Đầm lầy	800 - 4000	2000	3 - 50	12
- Rừng ôn đới	600 - 3000	1300	6 - 200	30
- Đồng cỏ nhiệt đới	200 - 2000	700	0,2 - 15	4
- Ruộng cây trồng	100 - 4000	650	0,4 - 1	1
- Đồng cỏ ôn đới	150 - 1500	500	0,2 - 5	1,5
- Đai nguyên	10 - 400	140	0,1 - 3	0,6
- Nửa hoang mạc	10 - 250	70	0,1 - 2	0,7
- Hoang mạc	0 - 10	3	0,0 - 0,2	0,02

2.5. CHUỖ DINH DƯỠNG PHÂN HỦY

+ **Các loại sinh vật phân hủy:** Loại lớn như hệ động vật đất (giun đất, cuốn chiếu...), cua, linh cẩu...; loại nhỏ như các loài nấm và vi sinh vật.

+ **Vai trò của các sinh vật phân hủy.** Trước hết, chúng tham gia tích cực vào quá trình phân giải tàn dư hữu cơ của thực vật và động vật. Sau đó thải ra môi trường bên ngoài các hợp chất hữu cơ gần với các hợp chất mùn và chất khoáng để làm giàu dinh dưỡng cho đất.

+ **Vai trò của vi sinh vật.** Sự cộng sinh giữa một số vi khuẩn và cây họ Đậu là nguồn cung cấp nitơ cho đất. Sự cộng sinh này đặc biệt có ý nghĩa đối với đất nghèo. Ảnh hưởng bất lợi của vi sinh vật: Khi xâm nhập vào phần gỗ bị tổn thương, chúng gây nên tình trạng mục nát; truyền một số bệnh cho cây rừng.

+ **Nhà lâm nghiệp quan tâm đến những vi sinh vật nào ?**

- Vi khuẩn nitrat hóa (Nitrosomonas, Nitrocystis và Nitrospira) ôxy hóa amôn thành nitrit; Nitrobacter ôxy hóa nitrit thành nitrat.

- Các vi khuẩn cố định đạm có hai nhóm: cộng sinh và không cộng sinh. Vi khuẩn không cộng sinh: loại hảo khí và kỵ khí.
- Khuẩn rễ (Mycorrhizas): ngoại sinh và nội sinh.
- Vai trò của giun đất?

Loại rừng nào có vật rụng nhiều?

- Rừng trên núi cao có nhiều vật rụng hơn rừng ở vùng thấp.
- Vật rụng ở vùng khí hậu nóng và ẩm bị phân giải nhanh hơn so với vùng khí hậu khô và lạnh.
- Một số đất nhiệt đới còn chứa một lượng rất lớn trầm tích ở dạng than bùn.

2.6. TÓM TẮT

- Chuỗi thức ăn là một bộ phận năng lượng từ thực vật truyền qua một loạt sinh vật khác lập thành các chuỗi thức ăn (chuỗi dinh dưỡng, chuỗi thực phẩm) của hệ sinh thái. (2) Một loạt các sinh vật liên kết với nhau thành một chuỗi, trong đó sinh vật đứng sau sử dụng sinh vật đứng trước như một nguồn thức ăn.
- Lưới thức ăn là sự liên kết của các chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái.
- Hệ số truyền năng lượng từ bậc dinh dưỡng này đến bậc dinh dưỡng khác phụ thuộc căn bản vào kích thước, khả năng đồng hóa, tình trạng sinh lý và nơi ở của sinh vật...
- Sinh khối của mỗi bậc dinh dưỡng hoặc quần thể sinh vật phụ thuộc vào sự cân bằng giữa phần nhập năng lượng và phần hao phí năng lượng.
- Sinh khối của sinh vật được ấn định bởi kích thước và tuổi thọ của sinh vật
- Khả năng hấp thụ năng lượng và năng suất của thảm thực vật phụ thuộc chặt chẽ vào chỉ số diện tích lá (LAI).
- Tổng sản lượng sơ cấp thuần (NPP) của thảm thực vật thay đổi tùy theo vị trí địa lý, khí hậu, khả năng cung cấp của lập địa, loài cây...
- Kinh doanh rừng có ảnh hưởng đến sản lượng rừng và dòng năng lượng truyền qua các thành phần của cây và hệ sinh thái ?
- Lâm nghiệp sản lượng phải quan tâm đến quá trình truyền năng lượng giữa các thành phần của rừng
- Nhà lâm nghiệp cần phải hiểu rõ ảnh hưởng của kinh doanh rừng đến quá trình truyền năng lượng giữa các thành phần của rừng