

كلية العلوم

القسم : علم الحيوان

السنة : الثانية



٩

المادة : اسasيات علم البيئة النباتية

المحاضرة : الاولى/نظري/د. صباح

{{{ A to Z مكتبة }}}}

Maktabat A to Z Facebook Group



كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960



المحاضرة الأولى

أساسيات علم البيئة النباتية

الأهرامات البيئية

## Ecological Pyramids

الهرم البيئي عبارة عن تمثيل هندي يمثل سريان الطاقة أو انتقالها في المستويات الغذائية المترابطة في الطبيعة، وبشكل تصاعدي تقل الطاقة في المستويات المترابطة.

### خصائص الأهرامات البيئية

1- الأهرامات البيئية وسيلة لتحديد العلاقات الكمية بين الأحياء، وهي بذلك تختلف عن السلسل الغذائية والشبكات الغذائية بالتمثيل الكمي للعلاقات.

2- في الهرم البيئي تكون المنتجات عادةً في قاعدة الهرم، ثم المستهلك الأولي ثم المستهلك الثانوي، والمستهلك لا يعني نوع واحد من الأحياء.

3- قد يكون لنفس الكائن الحي عدد من الأهرامات البيئية تختلف حسب العمر أو الموسم أو المنطقة الجغرافية.  
في الأهرامات البيئية تتعكس تعقيدات الطبيعة لعدة أسباب، منها:

1- وجود كائنات حية تتغذى بصورة مختلطة مثل الإنسان.

2- أحياناً يلاحظ اختلاف تغذية الكائن الحي باختلاف مراحل عمره بسبب اختلاف مصادر الطاقة التي يعتمد عليها.

### أنواع الأهرامات البيئية

#### أولاً: الأهرامات العددية Pyramids of Number

طريقة لتمثيل العلاقات الغذائية بـ عدد الأحياء المنتجة للطاقة أو المستهلكة لها، غالباً ما تعتمد على وفرة النوع الواحد في الطبيعة.

### خصائص الأهرامات العددية

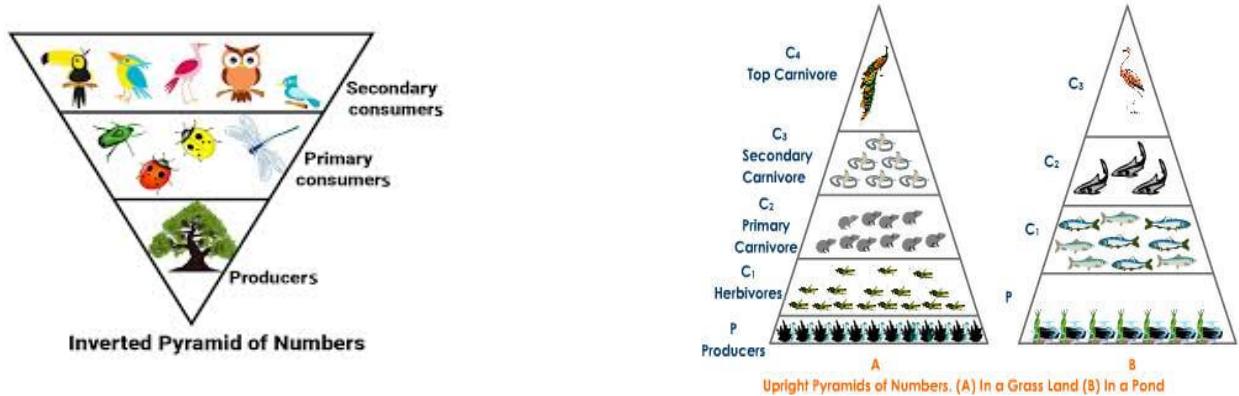
1- في الأهرامات العددية لا تدخل الكتلة في الحساب مطلقاً، فقط العدد، أي تتساوى النسبة الصغيرة مع النسبة كبيرة وتحسب كل واحدة منها كوحدة واحدة على الرغم من كون كمية الطاقة والكتلة الحية مختلفة.

2- بما إن الأهرامات العددية تعتمد العدد فقط، والمنتجات يجب أن تكون في قاعدة الهرم، يحتمل أن تكون المنتجات الأولية أنواع كثيرة من النباتات الصغيرة في قاعدة الهرم وكلما تقدمنا نحو القمة تُخزل الأعداد وتكبر الأحجام وتقل أنواع، ولكن أحياناً تكون المنتجات الأولية أنواع قليلة من النباتات كبيرة الحجم وبهذه الحالة يكون الهرم بالمقلوب.

3- إن شكل الهرم العددي يختلف كثيراً باختلاف المناطق والمجتمعات والفصائل، وذلك حسب نوعية الأفراد المنتجة السائدة في النظام البيئي والتي قد تترواح من العوالق النباتية في المستنقعات والبرك والبحيرات، حتى أشجار السنديان في الغابات.

4- أحياناً يصعب حصر أنواع في منطقة معينة مما يعرضنا لاحتمال الخطأ في تقدير الأعداد بالطرق الشائعة مثل استخدام طريقة المربع على أرض جرداً.

5- الأهرامات العددية تؤدي إلى تحقيق العدالة بين المنتج والمستهلك في نظام بيئي محدد، وليس لها قيمة عند مقارنة النظم البيئية المختلفة.

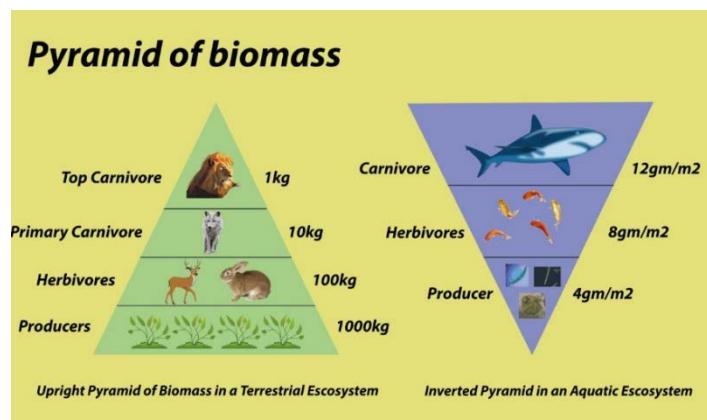


## ثانياً: أهرامات الكتلة الحية Pyramids of Biomass

عبارة عن نموذج هندسي لما يجري من علاقات وتقاعلات بين المستويات الغذائية على أساس أوزانها (الوزن الجاف أو الوزن الرطب)، وهو تعبير أكثر دقة لما يجري في النظام البيئي بما يتعلق بسريان الطاقة أو اخترانها بشكل كتلة حية، غالباً ما يكون الشكل الناتج قريب من الهرم، ويساعد على ذلك إذا كان حجم الأفراد متجانساً، والعامل الرئيسي المسبب للاختلاف هو وزن الماء في الكائنات الحية، لذلك يجب تحديد وتوحيد (وحدة القياس) الوزن الجاف أم الوزن الرطب لجميع مستويات الهرم الواحد.

### خصائص أهرامات الكتلة الحية

- 1- تكون غالباً من الأهرامات التي يكون شكلها صحيح، وقليلًا ما نراها بالشكل المقلوب لاسيما في حالة الكائنات الصغيرة مثل الأشنيات والدياتومات.
- 2- تمتاز بخصائص موسمية، أي تختلف باختلاف الفصول، حيث تكون في فترات الازدهار الخاص بالأنواع ذات كتلة أكبر، وتقل الكتلة في فترات الجفاف أو البرد.
- 3- تمتاز باختلافها لنفس النوع من الكائنات من مكان آخر، وكذلك من نظام بيئي لآخر فيما إذا كان مستقرًا أو متوازنًا، أم حديث النمو.
- 4- وحدات هرم الكتلة كغ/م<sup>2</sup>/سنة ، غ/م<sup>2</sup>/يوم.

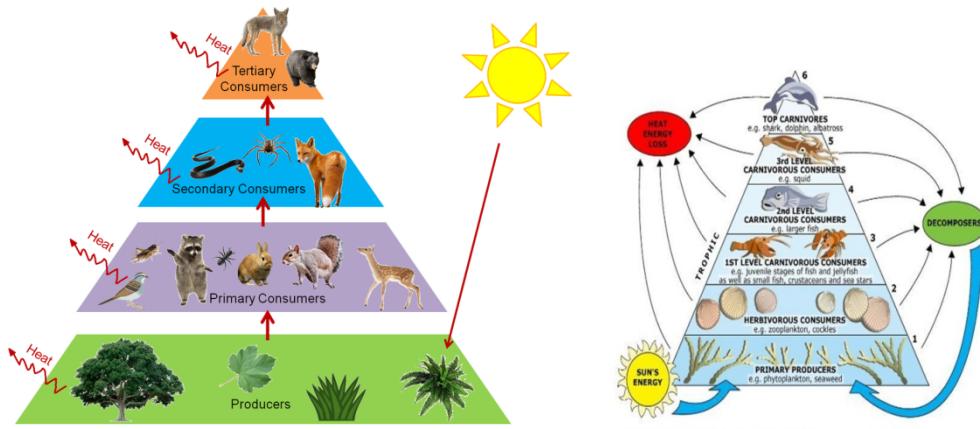


## ثالثاً: أهرامات الطاقة Pyramids of Energy

يختلف هرم الطاقة عن الهرم العددي أو هرم الكتلة الحية فهو لا يعبر عن حجم أو وزن أو عدد الكائنات الحية في النظام البيئي، بل يعبر عن مخزون الطاقة أو معدلات مرورها، وهو دائمًا بشكل هرم صحيح.

## خصائص أهرامات الطاقة

- 1- يمتاز الهرم بقاعدة عريضة تعقبها مستويات ذات قيم أقل بقليل، مما يعطي الهرم شكل طبيعيّ، أو تدرج صحيح.
- 2- الطاقة المصروفة لأغراض التنفس تكون غير محسوبة في هذه الأهرامات.
- 3- أحياناً تضاف للهرم قاعدة هي الطاقة الشمسية التي تستهلكها النباتات.
- 4- وحدات هرم الطاقة هي حريرة/ $m^2$ /سنة، أو كيلو حريرة/ $m^2$ /سنة، أو كيلو جول/ $m^2$ /سنة
- 5- هرم الطاقة يعبر عن:
  - أ- ما تحويه المستويات الغذائية من طاقة.
  - ب- كفاءة النظام البيئي والكائنات الحية في استهلاك تلك الطاقة واستغلالها.



## الإنتاجية في النظام البيئي Productivity

تعرّف الطاقة Energy بأنها المقدرة على إنجاز عمل، وقد تتّخذ الطاقة أشكالاً متعددة مثل الطاقة الكامنة والطاقة الحركية فضلاً عن صورٍ عديدة أخرى مثل الطاقة الكيميائية والطاقة الحرارية.

الطاقة في النظام البيئي تتحّكم بها قوانين الديناميكية الحرارية :

**القانون الأول للديناميكية الحرارية** ينصّ أنّ الطاقة لا تقني ولا تُستحدث، ولكن يمكن أن تتحوّل من شكل لأخر، فالضّوء مثلاً والذي هو شكل من أشكال الطاقة يمكن أن يتحول إلى طاقة كامنة في الغذاء.

**القانون الثاني للديناميكية الحرارية** ينصّ على أنه لا يمكن لأيّ عمل أن يُنجذ (عملية التحوّل من شكل لأخر) تلقائياً ما لم يكن هناك انحلال للطاقة من الشكل المركّز إلى الشكل المترافق أي أنه ليس هناك عملية ذات كفاءة ذات 100%， لذلك فإنه في أيّ نظام بيئي لا بدّ من إدخال كمية أكبر من الطاقة بالمقارنة مع الطاقة المستخلصة.

## تصنيف الإشعاع الشمسي حسب أطوال موجاته

الشّمس هي المصدر الأساسي لجميع الكائنات الحية التي ترسل إشعاعات مختلفة الأطوال، ويمكن تصنيف هذه الأطوال على ثلات مجموعات وفق أطوال موجاتها:

1- الأشعة فوق البنفسجية تقلّ أمواجها عن 400 نانومتر، وتشكل 6-7% من الأشعة الشمسية وهي مهمة لصحة الإنسان، ولكن الزيادة منها مضرّة على النظام الحيوي بما فيه الإنسان، ولا يصل الأرض منها إلا جزء بسيط بسبب امتصاص طبقة الأوزون لها.

2- الأشعة المرئية وتتراوح أطوال موجاتها ما بين 400-740 نانومتر، وتشكل 42% من الإشعاع الشمسي وتشمل الأشعة الزرقاء والصفراء والحمراء وغيرها، وهي ضرورية لعملية التركيب الضوئي.

3- الأشعة تحت الحمراء وتتراوح أطوال موجاتها ما بين 750-4000 نانومتر، وتشكل حوالي 51% من إشعاع الشمس ويستخدم الجزء الأكبر منها في رفع درجة حرارة سطح الأرض والغلاف الجوي.

تعتبر الطاقة الشمسية من أنظف مصادر الطاقة وأقّلها تلوثاً، الطاقة التي تأتي من الشمس لا تصل جميعها إلى سطح الأرض، حيث أنّ الإشعاع الذي يخترق الجوّ تقلّ كميته بواسطة الغازات الجوية والغبار ولكن بدرجات متفاوتة اعتماداً على طول الموجة، و الفرق بين الإشعاع المتذبذب والإشعاع المنعكس يُعرف بالإشعاع الصافي، هذا الإشعاع الصافي هو السبب في تبخّر الماء وتوليد الرياح الحارّة، وإن أيّ تغيير في الإشعاع الصافي يؤثّر على درجات الحرارة للبيئة الحياتية.

### ما هي كمية الطاقة الصادرة عن الشمس التي تدخل السلسلة الغذائية عبر النباتات؟

الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض يُمتصّ قسم منها من قبل الكائنات المنتجة، ولا تُمتصّ النباتات الزراعية أكثر من 8% من الطاقة الوائلة، بينما تُمتصّ النباتات البرية 1-2% فقط، في حين لا تزيد الطاقة الممتصّة من قبل النباتات المائية عن 1% من الطاقة الشمسية، وهذه الطاقة الشمسية المستلمة من قبل النباتات الخضراء على مدى أيام وفصول السنة لها أهميتها الكبّرى في مفهوم الإنتاجية ودورات العناصر ضمن النظم البيئية المختلفة.

### المحصول القائم وتوازن الطاقة في النظام البيئي

المحصول القائم هو كمية الطاقة المخزنة في شكل كتلة حية عند كل المستويات الاغذائية ، كما انه يفسر العلاقة بين سريان الطاقة والطاقة الموجودة في صورة المحصول القائم التي تودع في النظام البيئي عن طريق البناء الضوئي وكمية الطاقة المسحوبة في صورة التنفس عند المستويات الاغذائية المختلفة، فإذا كانت كمية الطاقة الدالة مماثلة لكمية الطاقة الخارجة أثناء العام كان النظام البيئي في حالة ثبات من حيث الطاقة، أما اذا كانت الطاقة المودعة عن طريق التمثيل الضوئي أكبر من الطاقة المفقودة عن طريق التنفس والنشاط في جميع المستويات الاغذائية مجتمعة هنا تراكم الطاقة في مكان ما داخل النظام البيئي في صورة كتلة حية مثل زيادة نمو الاشجار وزيادة عدد الحيوانات او عن طريق تخزينها في الركام او الدبال .

اما اذا كانت كمية الطاقة التي تدخل النظام التي تدّخل النظم البيئي أقل من كمية فقد منه هنا سيفقد النظم البيئي طاقة . يطلق على النظم البيئي الذي تراكم فيه الطاقة أنه نظام تسوده حالة ميزان طاقة موجب ، اما النظم الذي يفقد طاقة يوصف انه ميزان طاقة سالب بصفة عامة ان حالة ميزان الطاقة الموجب يكون سائدا في المراحل الاولى من تكوين النظام البيئي حيث تزداد اعداد النباتات والحيوانات ، في حين تسود حالة الميزان السالب تحت بعض الظروف غير الملائمة للحياة كالجفاف ، ومن امثلة النظام البيئي ذو الطاقة الموجب الغابات الصنوبرية في شمال اوروبا وامریكا حيث تترك الطاقة على هيئة خشب في جنوب الاشجار. أما في الغابات المطيرة في المناطق الاستوائية يكون مجموع الطاقة المستخدمة في تنفس النباتات والحيوانات والكائنات الدقيق مساويا لكمية الطاقة المثبتة في عملية البناء الضوئي لذلك يوصف هذا النظم انه في حالة ثبات من حيث الطاقة

**تعريف الإنتاجية في النظم البيئية:** هي الطاقة الإشعاعية المثبتة في وحدة الزمن، أو هي كمية الكتلة الحية المثبتة في وحدة الزمن.

## الأهرامات البيئية Ecological Pyramids

الإنتاجية في النظام البيئي Productivity

المحاضرة الأولى

أساسيات علم البيئة النباتية

وبصورة عامة يمكن تقسيم الإنتاجية إلى ما يلي :

### 1- الإنتاجية الأولية (P.P.) Primary Productivity

تشير إلى كمية المادة العضوية المخزونة في أنسجة النباتات.

#### أ- الإنتاجية الإجمالية الأولية (G.P.P.) Gross Primary Productivity

التي تعني الإنتاج الكلي للمادة العضوية في وحدة مساحة وفي وحدة زمن شاملة، أي تشير إلى معدل عملية التركيب الضوئي في وحدة مساحة في زمن معين.

$$GPP = \text{Photosynthetic rate} / \text{Area} / \text{Time}$$

الإنتاجية الإجمالية الأولية = معدل التمثيل الضوئي / المساحة / الزمن

#### ب- الإنتاجية الصافية الأولية (N.P.P.) Net Primary Productivity

عبارة عن الكمية المتبقية من المادة العضوية في أنسجة النباتات (المنتجات) مطروحاً منها الطاقة المستخدمة في التنفس .

$$NPP = GPP - R$$

الإنتاجية الصافية الأولية = الإنتاجية الإجمالية الأولية - التنفس

يُقدر العلماء الإنتاجية الصافية في الطبيعة بحوالي 5% من الإنتاجية الإجمالية في النظم البيئية المختلفة، وهي معدل إنتاجية المجتمع الصافية.

#### إنتاجية المجتمع الصافية NCP Net Community Productivity

تخزين المادة العضوية في النبات والتي لا تستهلك من قبل الكائنات المستهلكة خلال فصل النمو أو السنة.

$$NCP = NPP - \text{Consumption rate by consumers}$$

معدل إنتاجية المجتمع الصافية = الإنتاجية الصافية الأولية - معدل الاستهلاك من قبل المستهلكين

أكثر المناطق إنتاجية في العالم هي الغابات الاستوائية حيث تتميز ببرطوبة عالية وأمطار غزيرة وارتفاع درجات الحرارة ، بينما الصحراء والمناطق القطبية هي الأقل إنتاجية في الأنظمة البيئية .

### 2- الإنتاجية الثانوية (S.P.) Secondary Productivity

تعبر عن الطاقة المخزنة في مستويات المستهلكات والمحلات ، وهي دائماً أقل من الإنتاجية الأولية ، بسبب فقدان الطاقة عند الانتقال من مستوى اغذائي إلى آخر ، حسب القانون الثاني للثيرموديناميكي ، وتستخدم كائنات المستوى الثاني (المستهلكات) الطاقة في النمو ، التكاثر ، التنفس ، وإخراج الفضلات.

تحتفل الإنتاجية الصافية المتوفرة لمستهلك معين من وقت لآخر خلال السنة وكذلك من مكان لآخر .

يمكن قياس SP بالمعادلة التالية:

$$SP (\text{kcal/m}^2/\text{Y}) = C - R - FU$$

المحاضرة الأولى

الأهرامات البيئية Ecological Pyramids

الإنتاجية في النظام البيئي Productivity

أساسيات علم البيئة النباتية

الإنتاجية الثانوية = الطاقة المستهلكة من المستهلك – التنفس - الطاقة الضائعة

$C$  = الطاقة المستهلكة من المستهلك .

Respiration =  $R$ .

Energy lost in Feses and Urine = FU أي الطاقة الضائعة خلال البول والبراز والغازات.

العوامل التي تؤثر على الإنتاجية

### في المجتمعات البحرية Marine Community

أولاً: عامل الضوء: عامل مهم يحدد الإنتاجية والمهم في الضوء العمق الذي يمكن أن يصله الضوء والذي يمثل منطقة الإنتاجية الأولية Zone of Primary Productivity ، وإن نسبة 5-10% من الإشعاع يصل إلى عمق 20 متر ، ويُحسب تناقص الضوء في البيئة المائية كالتالي:

$$\text{معامل التناقص } KI = \frac{\text{كمية الإشعاع}}{\text{العمق}}$$

وكلما كانت قيم  $KI$  عالية يدل على شدة عكورة الماء. كما أن سقوط كميات كبيرة من الضوء على المياه السطحية كما في المناطق الاستوائية يثبط عملية التركيب الضوئي نظرا لارتفاع درجة الحرارة فتصبح غير مناسبة للتمثيل الضوئي مما يقلل الإنتاجية في المياه السطحية.

ثانياً: عامل المغذيات: خصوصاً النتروجين والفسفور وهما من العوامل المحدودة في البحر، ويحدّدان الإنتاجية عند توفرهما بتركيز مطلوب.

وهناك عامل الانقلاب نتيجة للرياح الشديدة، حيث تتحرّك المياه السطحية نحو الأعمق، مما يثير المياه السطحية بالمخاليف فترتاد الإنتاجية، أي الإنتاجية تكون عالية في وقت حدوث الانقلاب لمياه المحيطات وكذلك ترتفع أعداد المستهلكات كالأسماك .

ثالثاً: وجود أعداد كبيرة من الهايمات الحيوانية Zooplankton تقلل الإنتاجية.

بشكل عام إنتاجية البحر أقل من اليابسة وذلك لمحدودية الضوء والمغذيات بشكل أساسي.

### في المجتمعات البرية Terrestrial Community

أولاً: عامل الضوء: من العوامل المهمة جداً والتي تتفاوت عندها الإنتاجية في المجتمعات المختلفة .

نجد أن الغابات الاستوائية الممطرة حيث عدد طبقات الأشجار كثير، الأشجار، الشجيرات ، النباتات الصغيرة والأعشاب والحشائش، فإن حوالي 98% من الضوء يتم حجزه من قبل هذه الطبقات، وقابلية النباتات لحجب أو حجز الضوء يتأثر بعامل الكثافة، كذلك ترتيب الأوراق، حيث أن معامل سطح الأوراق أو مساحة الورقة Leaf Area Index من العوامل المهمة، مثلاً في الأشجار الصنوبرية مساحة سطح الورقة أعلى من الأوراق للأشجار المتساقطة، كذلك فإن الأشجار ذات الأوراق العربية عالية الإنتاجية مقارنة بالأشجار ذات الأوراق الإبرية.

ثانياً عامل الحرارة: من العوامل المهمة لأنها تحدّد مقدار ما يتبخّر من الماء، أي أن معدل النتح التبخيري مهم في تحديد الإنتاجية Evapotranspiration

$$\text{وحدة الإنتاجية بوحدة الكتلة} = \frac{\text{غ姆}}{\text{مساحة}} / \text{زمن}$$

كذلك هناك عامل طول فصل النمو، وكذلك كمية الأمطار المتساقطة .

بالنسبة للمغذيّات فهي ليست من العوامل المهمة جداً في مجتمعات اليابسة، وقد تكون أهميتها واضحة في المناطق الجافة. بشكل عام الإنتاجية في بيئة اليابسة تساوي أكثر من 800 غرام/ سم<sup>2</sup>/ سنة في المناطق الاستوائية الممطرة، وتقلّ هذه الإنتاجية كلما ابتعدنا عن المنطقة الاستوائية وذلك لمحدودية الضوء وطول اليوم. والإنتاجية في المحيطات تكون أكثر من 90 غم/ سم<sup>2</sup>/ سنة.

### الكفاءة البيئية Ecological Efficiency

وهي كفاءة تثبيت الطاقة الضوئية من قبل النباتات الخضراء وكفاءة انتقالها من مستوى اغذائي إلى مستوى اغذائي آخر.

يعبر عن الكفاءة البيئية للمنتجات بحساب ما يعرف بكفاءة الاستيعاب حيث

**كفاءة الاستيعاب = الطاقة المتراكمة في النباتات / كمية الضوء الممتص**

أما بالنسبة للمستهلكات تختلف من كائن إلى آخر وهي تعتمد على عوامل عديدة وتسّمى بكفاءة لندمان، هناك ثلاثة مراحل من خلالها يتم فقدان الطاقة خلال عملية الانتقال:

#### أولاً: كفاءة الاستهلاك أو الاستخدام (CE)

ليست كل الإنتاجية الصافية NP المتوفرة في مستوى اغذائي يمكن أن تُستهلك أو تُستخدم من قبل المستوى الاغذائي التالي، لذلك فإنّ CE يشير إلى النسبة المئوية للإنتاجية الصافية المأخوذة فعلاً.

$$CE = \frac{In}{NPn-1} * 100$$

إنّاجيّة الالتهام عند المستوى n. Productivity ingested at n level = In

الإنجيجيّة الصافية عند المستوى n-1. Net Primary Productivity at n-1 level = NPn-1

إنّ كفاءة الاستهلاك لأكلات الأعشاب في البيئة البرية هي 25% تكون أقل من المحيطات 50-90%， لماذا؟

1- بعض من الكتلة الحية للنبات تموت قبل أن تصل إلى أكلات الأعشاب مثلًا تساقط الأوراق الخريفية.

2- بعض الكتلة الحية للنبات تكون بشكل لا يمكن أن يكون ملائماً أو متوفّراً لأكلات الأعشاب، قد تكون بشكل جذور أو جذوع أو سيقان كبيرة.

3- في البيئة المائية كفاءة الاستهلاك للهائمات الحيوانية Zooplankton التي تتغذى عليها الكائنات الحية الأخرى عالية، لأنّها سهلة الهضم لكون جدار الخلية رقيق جداً.

4- يمكن أن تكون للنباتات البرية وسائل دفاعية Defence Mechanism لحماية نفسها من المستهلكات.

5- كفاءة الاستهلاك لأكلات الأعشاب تتأثر بالكثافة (أي العدد في مساحة معينة).

#### ثانياً: كفاءة التمثيل (AE)

النسبة المئوية للإنجيجيّة الصافية المأخوذة والتي تراكمت في أجسامها أصلًا.

هناك فقدان للطاقة لأنّ الإنتاجية الصافية المأخوذة لا تتكرّر ولا تتمثّل كاملاً، فقسم من الإنتاجية تمر إلى الأمعاء دون أن تُهضم لذلك تطرح على شكل فضلات أو براز وهذه الفضلات سوف تدخل إلى مسار المتحللات.

المحاضرة الأولى

الأهرامات البيئية Ecological Pyramids

أساسيات علم البيئة النباتية

الإنتاجية في النظام البيئي Productivity

$$AE = AN / IN * 100$$

طاقة الطعام المستوّبة بالقناة الهضمية Food Energy assimilated across the Gut =AN

إنتاجية الالهام عند المستوى n. Productivity ingested at n level = In

المحتوى الغذائي للمادة النباتية يحتوي على كربون مثبت في عملية التركيب الضوئي والذي يكون مصدراً للطاقة، وهذا الكربون يدخل في تركيب جدار الخلية للنبات على شكل سليلوز ولجنين ..... وهذه المواد معقدة وصعبه التحلل بواسطة آكلات الأعشاب، لذلك كفاءة التمثيل AE تكون 30-40% لأكلات الأعشاب، وأعلى قيمة قد تصل إلى 60% تكون في الكائنات التي تكون علاقه تعابيشية أو تكافلية مع البكتيريا التي تفرز أنزيمات تحلل السليلوز الموجودة في الأمعاء مثل حيوانات الماعز والخراف....

أعلى AE يوجد في الكائنات المفترسة لأنّ أنسجتها متشابهة بيوكيمياً مع أنسجة الفريسة، وفي هذه الحالة قد يصل إلى .%90

### ثالثاً: كفاءة الإنتاجية الصافية (PE)

الإنتاجية التي سبق تمثيلها من قبل الكائن تحول إلى كتلة حية Biomass ، أي أنّ المادة الغذائية التي تم تمثيلها يمكن أن تحول إلى تراكيب بيوولوجية مثل البروتين والأنزيمات و....

تصاحب هذه المرحلة فقدان كمية كبيرة من الطاقة في العمليات المختلفة للكائن، والتي تتوافق مع القانون الثاني للثيرموديناميكية .  
$$PE = Pn / AE * 100$$

الإنتاجية عند المستوى n Production =Pn

الطاقة التي تم تمثيلها عند المستوى n Assimilated energy at trophic level n= AE

وأخيراً الكفاءة البيئية = كفاءة الاستهلاك أو الاستخدام \* كفاءة التمثيل \* كفاءة الإنتاجية الصافية \* 100

$$\text{Ecological efficiency EE} = CE * AE * PE * 100$$

إذن نقول إنّ الكفاءة البيئية 10% لأنّ هناك فقدان في الطاقة خلال كل مرحلة انتقال من مستوى اغذائي إلى آخر .

مثال:

إذا كانت الطاقة الآتية من أشعة الشمس والساقطة على النبات هي 1000000 كيلو كالوري /م²/ سنة.  
فإنّ الأعشاب تستفيد من 1% أي 10000 كيلو كالوري /م²/ سنة.

وأكلات الأعشاب تستفيد من 10% من هذه الطاقة أي 1000 كيلو كالوري /م²/ سنة.

وأكلات اللحوم تستفيد من 10% من هذه الطاقة أي 100 كيلو كالوري /م²/ سنة.

مع تمنياتي بالتوفيق

د. ميسون زياده



A to Z مكتبة