كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثانية**

المادة : اساسيات علم البيئة النباتية

المحاضرة : الاولى/نظري/د.صباح

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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

الأهرامات البيئيّة

Ecological Pyramids

الهرم البيئيّ عبارة عن تمثيل هندسيّ يُمثّل سريانّ الطّاقة أو انتقالها في المستويات الغذائيّة المتعاقبة في الطّبيعة، وبشكلٍ تصاعديّ تقلّ الطّاقة في المستويات المتعاقبة.

خصائص الأهرامات البيئية

1- الأهرامات البيئيّة وسيلة لتحديد العلاقات الكميّة بين الأحياء، وهي بذلك تختلف عن السّلاسل الغذائيّة والشّبكات الغذائيّة بالتّمثيل الكمّي للعلاقات.

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

3- قد يكون لنفس الكائن الحيّ عدد من الأهرامات البيئيّة تختلف حسب العمر أو الموسم أو المنطقة الجغرافيّة.

قي الأهرامات البيئيّة تنعكس تعقيدات الطّبيعة لعدّة أسباب، منها:

1- وجود كائنات حيّة تتغذّى بصورة مختلطة مثل الإنسان.

2- أحياناً يُلاحظ اختلاف تغذية الكائن الحيّ باختلاف مراحل عمره بسبب اختلاف مصادر الطّاقة التّي يعتمد عليها.

إنّواع الأهرامات البيئيّة

أولاً: الأهرامات العدديّة Pyramids of Number

طريقة لتمثيل العلاقات الغذائيّة بعدد الأحياء المنتجة للطّاقة أو المستهلكة لها، وغالباً ما تعتمد على وفرة النّوع الواحد في الطّبيعة.

خصائص الأهرامات العددية

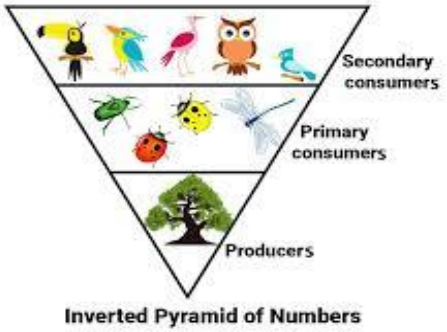
1- في الأهرامات العدديّة لا تدخل الكتلة في الحساب مطلقاً، فقط العدد، أي تتسأوى النّبتة الصغيرة مع النّبتة الكبيرة وتُحسب كل واحدة منهما كوحدة واحدة على الرّغم من كون كميّة الطّاقة والكتلة الحيّة مختلفة.

2- بما إنّ الأهرامات العدديّة تعتمد العدد فقط، والمنتجات يجب إنّ تكون في قاعدة الهرم، يُحتمل إنّ تكون المنتجات الأوليّة أنواع كثيرة من النّباتات الصّغيرة في قاعدة الهرم وكلّما تقدّمنا نحو القمّة تُختزل الأعداد وتكبر الأحجام وتقلّ الأنواع، ولكن أحياناً تكون المنتجات الأوليّة أنواع قليلة من النّباتات كبيرة الحجم وبهذه الحالة يكون الهرم بالمقلوب.

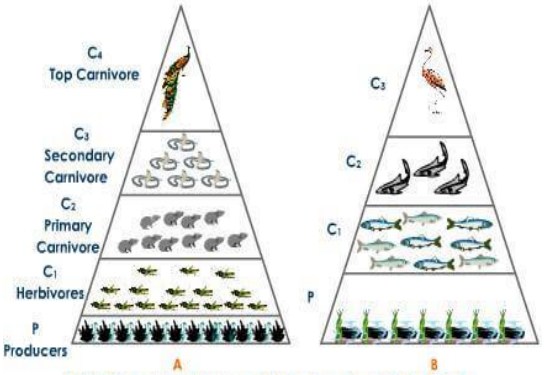
3- إنّ شكل الهرم العددي يختلف كثيراً باختلاف المناطق والمجتمعات والفصول، وذلك حسب نوعية الأفراد المنتجة السّائدة في النّظام البيئي والتّي قد تتراوح من العوالق النّباتيّ في المستنقعات والبرك والبحيرات، حتّى أشجار السّنديان في الغابات.

4- أحياناً يصعب حصر الأنواع في منطقة معيّنة ممّا يعرضّنا لاحتمال الخطأ في تقدير الأعداد بالطّرق الشّائعة مثل استخدام طريقة المربع على أرض جرداء.

5- الأهرامات العدديّة تقود إلى تحقيق العدالة بين المنتج والمستهلك في نظام بيئيّ محدّد، وليس لها قيمة عند مقارنة النّظم البيئيّة المختلفة.



Inverted Pyramid of Numbers



Upright Pyramids of Numbers. (A) In a Grass Land (B) In a Pond

ثانيا أهرامات الكتلة الحيّة Pyramids of Biomass

عبارة عن نموذج هندسي لما يجري من علاقات وتفاعلات بين المستويات الغذائيّة على أساس أوز انها (الوزن الجّاف أو الوزن الرّطب)، وهو تعبير أكثر دقّة لما يجري في النّظام البيئي بما يتعلّق بسريان الطّاقة أو اختزانها بشكل كتلة حيّة، وغالباً ما يكون الشّكل النّاتج قريب من الهرم، ويساعد على ذلك إذا كان حجم الأفراد متجانساً، والعامل الرّئيسي المسبب للاختلاف هو وزن الماء في الكائنات الحيّة، لذلك يجب تحديد وتوحيد الوزن الجاف أم الوزن الرّطب لجميع مستويات الهرم الواحد.

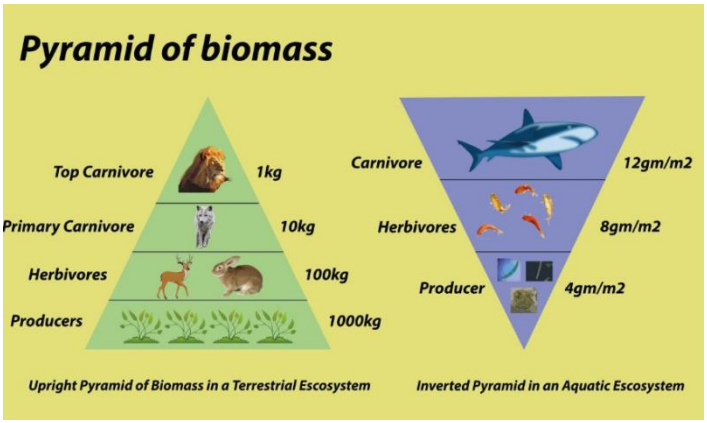
خصائص أهرامات الكتلة الحيّة

1- تكون غالباً من الأهرامات التّي يكون شكلها صحيح، وقليلاً ما نراها بالشّكل المقلوب لاسيّما في حالة الكائنات الصغيرة مثل الأشنيّات والدياتومات.

2- تمتاز بخصائص موسميّة، أي تختلف باختلاف الفصول، حيث تكون في فترات الازدهار الخاصّ بالأنواع ذات كتلة أكبر، وتقلّ الكتلة في فترات الجّفاف أو البرد.

3- تمتاز باختلافها لنفس النّوع من الكائنات من مكان لآخر، وكذلك من نظام بيئي لآخر فيما إذا كان مستقراً أو متوازناً، أم حديث النّمو.

4- واحدات هرم الكتلة كغ/م^2/ سنة ، غ/م^2/ يوم.



ثالثاً: أهرامات الطّاقة Pyramids of Energy

يختلف هرم الطّاقة عن الهرم العدديّ أو هرم الكتلة الحيّة فهو لا يعبّر عن حجم أو وزن أو عدد الكائنات الحيّة في النّظام البيئيّ، بل يعبّر عن مخزون الطّاقة أو معدّلات مرورها، وهو دائماً بشكل هرم صحيح.

خصائص أهرامات الطّاقة

1- يمتاز الهرم بقاعدة عريضة تعقبها مستويات ذات قيم أقلّ بقليل، ممّا يعطي الهرم شكل طبيعيّ، أو تدرّج صحيح.

2- الطّاقة المصروفة لأغراض التّنفّس تكون غير محسوبة في هذه الأهرامات.

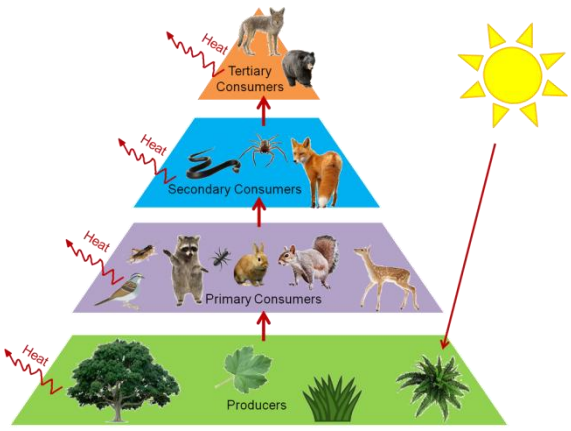
3- أحياناً تضاف للهرم قاعدة هي الطّاقة الشّمسيّة التّي تستهلكها النّباتات.

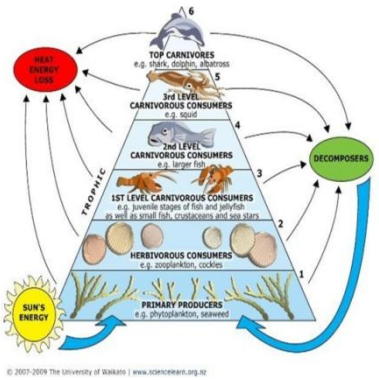
4- وحدات هرم الطّاقة هي حريرة/م^2 /سنة، أو كيلو حريرة/م^2 /سنة، أو كيلو جول/م^2 /سنة

5- هرم الطّاقة يُعبّر عن:

أ- ما تحويه المستويات الغذائيّة من طاقة.

ب- كفاءة النّظام البيئيّ والكائنات الحيّة في استهلاك تلك الطّاقة واستغلالها.





الإنّتاجيّة في النّظام البيئي Productivity

تُعرّف الطّاقة Energy بأنها المقدرة على إنجاز عمل، وقد تتّخذ الطّاقة أشكالاً متعدّدة مثل الطّاقة الكامنة والطّاقة الحركيّة فضلاً عن صورٍ عديدة أخرى مثل الطّاقة الكيماويّة و الطّاقة الحراريّة.

الطّاقة في النّظام البيئيّ تتحكّم بها قوانين الدّيناميكيّة الحراريّة :

القانون الأوّل للدّيناميكيّة الحراريّة ينصّ أنّ الطّاقة لا تفنى ولا تُستحدث ، ولكن يمكن أن تتحوّل من شكل لأخر، فالضّوء مثلاً والّذي هو شكل من أشكال الطّاقة يمكن أن يتحوّل إلى طاقة كامنة في الغذاء.

القانون الثّاني للدّيناميكيّة الحراريّة ينصّ على أنّه لا يمكن لأيّ عمل أن يُنجز (عمليّة التّحول من شكل لآخر) تلقائياً ما لم يكن هنالك انحلال للطّاقة من الشّكل المركّز إلى الشّكل المتفرّق أي أنّه ليس هنالك عمليّة ذات كفاءة 100%، لذلك فإنّه في أيّ نظام بيئيّ لا بدّ من إدخال كميّة أكبر من الطّاقة بالمقارنة مع الطّاقة المستخلصة.

تصنيف الإشعاع الشّمسي حسب أطوال موجاته

الشّمس هي المصدر الأساسيّ لجميع الكائنات الحيّة الّتي ترسل إشعاعات مختلفة الأمواج ، ويمكن تصنيف هذه الأمواج على ثلاث مجموعات وفق أطوال موجاتها:

1- **الأشعّة فوق البنفسجيّة** تقلّ أمواجها عن 400 نانومتر، وتشكّل 6-7 %من الأشعّة الشّمسيّة وهي مهمّة لصحّة الإنسان، ولكنّ الزّيادة منها مضرّة على النظام الحيوي بما فيه الإنسان ، ولا يصل الأرض منها إلّا جزء بسيط بسبب امتصاص طبقة الأوزون لها.

2- **الأشعة المرئية** وتتراوح أطوال موجاتها ما بين 400- 740 نانومتر، وتشكّل 42 %من الإشعاع الشّمسيّ وتشمل الأشعّة الزّرقاء والصّفراء والحمراء وغيرها، وهي ضرورية لعمليّة التّركيب الضّوئيّ.

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

تعتبر الطّاقة الشّمسيّة من أنظف مصادر الطاقة وأقلّها تلوّثاً ، الطّاقة الّتي تأتي من الشّمس لا تصل جميعها إلى سطح الأرض، حيث أنّ الإشعاع الذي يخترق الجوّ تقلّ كميّته بواسطة الغازات الجويّة والغبار ولكن بدرجات متفاوتة اعتماداً على طول الموجة، و الفرق بين الإشعاع المتدفق والإشعاع المنعكس ، ويُعرف بالإشعاع الصّافي، هذا الإشعاع الصّافي هو السّبب في تبخر الماء وتوليد الرّياح الحارّة ، وإنّ أيّ تغيّر في الإشعاع الصّافي يؤثّر على درجات الحرارة للبيئة الحياتيّة.

ما هي كميّة الطّاقة الصّادرة عن الشّمس التّي تدخل السّلسلة الغذائيّة عبر النّباتات؟

الطّاقة الشّمسيّة الّتي تصل إلى الأرض يُمتصّ قسم منها من قبل الكائنات المنتجة، ولا تمتصّ النّباتات الزّراعيّة أكثر من 8 %من الطّاقة الواصلة، بينما تمتصّ النّباتات البرّية 1-2 % فقط، في حين لا تزيد الطّاقة الممتصّة من قبل النّباتات المائيّة عن 1 % من الطّاقة الشّمسيّة، وهذه الطّاقة الشّمسيّة المستلمة من قبل النّباتات الخضراء على مدى أيّام وفصول السّنة لها أهميّتها الكبرى في مفهوم الإنتاجيّة ودورات العناصر ضمن النّظم البيئيّة المختلفة.

الخصائص البيئيّة لعمليّة التّمثيل الضّوئيّ

١. إنتاج الطّاقة بمستوياتٍ عالية جداً من خلال الاستفادة من ضوء الشّمس.
٢. استهلاك ثاني أوكسيد الكربون من الغلاف الجويّ لمعادلة ما ينتج من تنفّس الأحياء مما يحقّق التّوازن.
٣. إعادة غاز الأوكسجين إلى الغلاف الجويّ كناتج عرَضيّ (من عمليّة التّركيب الضّوئيّ) لتعويض ما يفقد منه في عمليّة التّنفّس و الأكسدة.

وكما أنّ عمليّة التّمثيل الضّوئيّ تؤثّر في البيئة فإنّ البيئة بعواملها المختلفة تؤثّر أيضاً فيها، ومن هذه العوامل:

1- تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون (علاقة طرديّة ولحد معيّن). 2- طول فترة الإضاءة.

3- درجة الحرارة. 4- نوعيّة الضّوء.

تعريف الإنتاجيّة في النّظم البيئيّة : هي الطّاقة الإشعاعيّة المثبّتة في وحدة الزمن ، أو هي كميّة الكتلة الحيّة المثبّتة في وحدة الزمن.

وبصورة عامة يمكن تقسيم الإنّتاجيّة إلى ما يلي :

1- الإنّتاجيّة الأوليّة Primary Productivity (P.P.)

تشير إلى كميّة المادّة العضويّة المخزونة في أنسجة النّباتات.

أ- الإنّتاجيّة الإجماليّة الأوليّة Gross Primary Productivity (G.P.P.)

الّتي تعني الإنتاج الكلّي للمادّة العضويّة في وحدة مساحة وفي وحدة زمن شاملة ، أي تشير إلى معدّل عمليّة التّركيب الضّوئيّ في وحدة مساحة في زمن معيّن.

GPP= Photosynthetic rate /Area/ Time

الإنّتاجيّة الإجماليّة الأوليّة = معدّل التّمثيل الضّوئيّ / المساحة / الزّمن

ب- الإنّتاجيّة الصّافية الأوليّة Net Primary Productivity (N.P.P.)

عبارة عن الكميّة المتبقيّة من المادّة العضويّة في أنسجة النّباتات (المنتجات) مطروحاً منها الطّاقة المستخدمة في التّنفّس .

NPP = GPP – R

الإنّتاجيّة الصّافية الأوليّة = الإنّتاجيّة الإجماليّة الأوليّة – التّنفّس

يُقدّر العلماء الإنتاجيّة الصّافية في الطّبيعة بحوالي 5% من الإنتاجيّة الإجماليّة في النّظم البيئيّة المختلفة، وهي معدّل إنتاجيّة المجتمع الصّافية.

إنتاجيّة المجتمع الصّافية Net Community Productivity NCP

تخزين المادّة العضويّة في النّبات والّتي لا تُستهلك من قبل الكائنات المستهلكة خلال فصل النّموّ أو السّنة.

NCP = NPP – Consumption rate by consumers

معدّل إنتاجيّة المجتمع الصّافية = الإنّتاجيّة الصّافية الأوليّة - معدّل الاستهلاك من قِبل المستهلكين

أكثر المناطق إنتاجيّةً في العالم هي الغابات الاستوائيّة حيث تتميّز برطوبة عالية و أمطار غزيرة وارتفاع درجات الحرارة ، بينما الصّحراء والمناطق القطبيّة هي الأقلّ إنتاجيّةً في الأنظمة البيئيّة .

2- الإنّتاجيّة الثّانويّة Secondary Productivity (S.P.)

تعبّر عن الطّاقة المخزونة في مستويات المستهلكات والمحلّلات، وهي دائماً أقلّ من الإنتاجيّة الأوّليّة ، بسبب فقدان الطّاقة عند الانتقال من مستوى اغتذائيّ إلى آخر ، حسب القانون الثاني للثيرموديناميكية، وتستخدم كائنات المستوى الثّاني (المستهلكات) الطّاقة في النّموّ ، التّكاثر ، التّنفّس، وإخراج الفضلات.

تختلف الإنتاجيّة الصّافية المتوفّرة لمستهلك معيّن من وقت لآخر خلال السّنة وكذلك من مكان لآخر .

يمكن قياسSP بالمعادلة التالية:

SP (kcal/m2/Yr) = C- R- FU

الإنّتاجيّة الثانوية = الطاقة المستهلكة من المستهلك – التّنفس - الطاقة الضائعة

C= الطّاقة المستهلكة من المستهلك.

R= Respiration التّنفّس.

FU =Energy lost in Feses and Urine أي الطّاقة الضّائعة خلال البول والبراز والغازات.

العوامل الّتي تؤثّر على الإنتاجيّة

في المجتمعات البحريّة Marine Community

أوّلاً: عامل الضّوء: عامل مهمّ يحدّد الإنتاجيّة والمهم في الضّوء العمق الّذي يمكن أن يصله الضّوء والّذي يمثّل منطقة الإنتاجيّة الأوّليّة Zone of Primary Productivity ، وإنّ نسبة 5-10% من الإشعاع يصل إلى عمق 20 متر ، ويُحسب تناقص الضّوء في البيئة المائيّة كالآتي:

معامل التّناقص للامتصاص -KI = كميّة الإشعاع / العمق

وكلّما كانت قيم KI عالية يدلّ على شدّة عكورة الماء ، وأحياناً سقوط كميّات كبيرة من الضّوء على المياه السّطحية كما في المناطق الاستوائيّة حيث تُثبّط عمليّة التّركيب الضّوئيّ لارتفاع درجة الحرارة الغير مناسبة للتّمثيل الضّوئيّ ممّا يقلّل الإنتاجيّة في المياه السّطحيّة.

ثانياً: عامل المغذّيات: خصوصاً النّتروجين والفسفور وهما من العوامل المحدودة في البحار، ويحدّدان الإنتاجيّة عند توفّرهما بتراكيز مطلوبة.

وهناك عامل الانقلاب نتيجةً للرّياح الشّديدة، حيث تتحرّك المياه السّطحيّة نحو الأعماق، مما يثري المياه السّطحية بالمغذّيات فتزداد الإنتاجيّة، أي الإنتاجيّة تكون عالية في وقت حدوث الانقلاب لمياه المحيطات وكذلك ترتفع أعداد المستهلكات كالأسماك .

ثالثاً: وجود أعداد كبيرة من الهائمات الحيوانية Zooplankton تقلّل الإنتاجيّة.

بشكل عامّ إنتاجيّة البحار أقل من اليابسة وذلك لمحدودية الضّوء والمغذّيات بشكل أساسيّ.

في المجتمعات البرّيّة Terrestrial Community

أولاً: عامل الضّوء: من العوامل المهمّة جداً والّتي تتفاوت عندها الإنتاجيّة في المجتمعات المختلفة .

نجد أن الغابات الاستوائيّة الممطرة، حيث عدد طبقات الأشجار كثير، الأشجار، الشّجيرات ، النّباتات الصّغيرة والأعشاب والحشائش، فإنّ حوالي 98% من الضّوء يتم حجزه من قبل هذه الطبقات، وقابلية النّباتات لحجب أو حجز الضّوء يتأثّر بعامل الكثافة ، كذلك ترتيب الأوراق، حيث أنّ معامل سطح الأوراق أو مساحة الورقة Leaf Area Index من العوامل المهمّة ، مثلاً في الأشجار الصّنوبريّة مساحة سطح الورقة أعلى من الأوراق للأشجار المتساقطة، كذلك فـإنّ الأشجار ذات الأوراق العريضة عالية الإنتاجيّة مقارنةً بالأشجار ذات الأوراق الإبريّ.

ثانياً عامل الحرارة: من العوامل المهمّة لأنّها تحدّد مقدار ما يتبخّر من الماء ، أي أنّ معدّل النّتح التّبخريّ Evapotranspiration مهمّة في تحديد الإنتاجيّة.

وحدة الإنتاجيّة بوحدة الكتلة Biomaas = غم/ مساحة / زمن

كذلك هناك عامل طول فصل النّموّ، و كذلك كميّة الأمطار المتساقطة .

بالنسبة للمغذّيات فهي ليست من العوامل المهمّة جداً في مجتمعات اليابسة ، وقد يكون أهميّتها واضحة في المناطق الجافّة.

بشكل عام الإنتاجيّة في بيئة اليابسة تساوي أكثر من 800 غرام/ سم2/ سنة في المناطق الاستوائيّة الممطرة، وتقلّ هذه الإنتاجيّة كلما ابتعدنا عن المنطقة الاستوائيّة وذلك لمحدوديّة الضّوء وطول اليوم.

والإنتاجيّة في المحيطات تكون أكثر من 90غم/ سم^2/ سنه.

الكفاءة البيئيّة Ecological Efficiency

وهي كفاءة انتقال الطّاقة من مستوى اغتذائيّ إلى مستوى اغتذائيّ آخر، وهذه الكفاءة تختلف من كائن إلى أخر وه ي تعتمد على عوامل عديدة وتسمّى بكفاءة لندمان ، هناك ثلاث مراحل من خلالها يتمّ فقدان الطّاقة خلال عملية الانتقال:

أولاً: كفاءة الاستهلاك أو الاستخدام Consumption Efficiency (CE)

ليست كلّ الإنتاجيّة الصّافية NP المتوفّرة في مستوى اغتذائيّ يمكن أن تُستهلك أو تُستخدم من قبل المستوى الاغتذائيّ التّالي، لذلك فإنّ CE يشير إلى النّسبة المئويّة للإنتاجيّة الصّافية المأخوذة فعلاً.

$$CE = In/ NPn-1 * 100$$

Productivity ingested at n level = In إنتاجيّة الالتهام عند المستوىn.

Net Primary Productivity at n-1 level = NPn-1 الانتاجيّة الصّافية عند المستوى1- n.

إنّ كفاءة الاستهلاك لآكلات الأعشاب في البيئة البّريّة هي 25% تكون أقلّ من المحيطات50-90%، لماذا؟

1- بعض من الكتلة الحيّة للنّبات تموت قبل أن تصل إلى آكلات الأعشاب مثلا تساقط الأوراق الخريفيّة.

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

3- في البيئة المائيّة كفاءة الاستهلاك للهائمات الحيوانية Zooplankton الّتي تتغذّى عليها الكائنات الحيّة الأخرى عالية، لأنّها سهلة الهضم لكون جدار الخلية رقيقة جداً.

4- يمكن أن تكون للنّباتات البّريّة وسائل دفاعّية Defence Mechanism لحماية نفسها من المستهلكات.

5- كفاءة الاستهلاك لأكلات الأعشاب تتأثّر بالكثافة (أي العدد في مساحة معيّنة).

ثانياً: كفاءة التّمثيل Assimilation Efficiency (AE)

النّسبة المئويّة للإنتاجيّة الصّافية المأخوذة والّتي تراكمت في أجسامها أصلاً.

هناك فقدان للطّاقة لأنّ الإنتاجيّة الصّافية المأخوذة لا تتكسّر ولا تتمثّل كاملةً، فـقسم من الإنتاجيّة تمر إلى الأمعاء دون أن تُهضم لذلك تطرح على شكل فضلات أو براز وهذه الفضلات سوف تدخل إلى مسار المتحلّلات.

$$AE = AN / IN * 100$$

Food Energy assimilated across the Gut =AN طاقة الطّعام المستوعبة بالقناة الهضميّة.

Productivity ingested at n level = In إنتاجيّة الالتهام عند المستوىn.

المحتوى الغذائيّ للمادّة النّباتية يحتوي على كربون مثبّت في عمليّة التّركيب الضّوئيّ والذّي يكون مصدر اً للطّاقة، وهذا الكربون يدخل في تركيب جدار الخليّة للنّبات على شكل سليلوز ولجنين ..... وهذه الموادّ معقدّة وصعبة التّحلّل بواسطة آكلات الأعشاب ، لذلك كفاءة التّمثيل AE تكون 30 -40% لآكلات الأعشاب، وأعلى قيمة قد تصل إلى 60% تكون في الكائنات الّتي تكوّن علاقة تعايشيّة أو تكافليّة مع البكتريا التّي تفرز أنزيمات تحلّل السليلوز الموجودة في الأمعاء مثل حيوانات الماعز والخروف....

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

ثالثاً: كفاءة الإنتاجيّة الصّافية Net Production efficiency (PE)

الإنتاجيّة التي سبق تمثيلها من قبل الكائن تتحوّل إلى كتلة حيّة Biomass ، أي أنّ المادّة الغذائيّة التي تمّ تمثيلها يمكن أن تتحوّل إلى تراكيب بيولوجيّة مثل البروتين والأنزيمات و....

تصاحب هذه المرحلة فقدان كميّة كبيرة من الطّاقة في العمليّات المختلفة للكائن، والتي تتوافق مع القانون الثّاني للثيرموديناميكيّة . PE = Pn / AE * 100

Production =Pn

Assimilated energy a t trophic level n= AE

وأخيراً الكفاءة البيئيّة = كفاءة الاستهلاك أو الاستخدام * كفاءة التّمثيل * كفاءة الإنتاجيّة الصّافية *100

Ecological efficiency EE = CE * AE * PE * 100

لذلك نقول إنّ الكفاءة البيئيّة 10% لأنّه هناك فقدان في الطّاقة خلال كل مرحلة انتقال من مستوى اغتذائي إلى آخر .

مثال:

إذا كانت الطّاقة الآتية من أشعّة الشّمس والسّاقطة على النّبات هي1000000 كيلو كالوري /م2/ سنة.

فإنّ الأعشاب تستفيد من 1% أي10000 كيلو كالوري /م2/ سنة.

وآكلات الأعشاب تستفيد من 10% من هذه الطاّقة أي1000 كيلو كالوري /م2/ سنة.

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

مع تمنيّاتي بالتّوفيق

م. ميسون زياده