

الانتاجية في النظام البيئي Productivity

تشير **الانتاجية الابتدائية** **Primary Productivity (PP)** الى كمية المادة العضوية المخزونة في انسجة النباتات ومن الضروري التمييز بين بين الانتاجية الابتدائية **والانتاجية الاجمالية** **Gross Primary Productivity (GPP)** والتي تعني الانتاج الكلي للمادة العضوية في وحدة مساحة وفي وحدة زمن شاملة اي تشير الى معدل عملية التركيب الضوئي في وحدة مساحة في زمن معين.

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

الانتاجية الابتدائية الصافية **Net Primary Productivity (NPP)** عبارة عن الكمية المتبقية من المادة العضوية في انسجة النباتات (المنتجات) مطروحا منها الطاقة المستخدمة في التنفس .

$$\text{NPP} = \text{GPP} - \text{R}$$

تقدر العلماء الانتاجية الصافية في الطبيعة بحوالي 5% من الانتاجية الاجمالية في النظم البيئية المختلفة وهناك ايضا **انتاجية المجتمع الصافية** **Net Community Productivity (NCP)** وهي معدل تخزين المادة العضوية في النبات والتي لا تستهلك من قبل الكائنات المستهلكة خلال فصل النمو او السنة

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

اكثر المناطق انتاجية في العالم هي الغابات الاستوائية حيث تتميز برطوبة عالية وامطار غزيرة وارتفاع درجات الحرارة , بينما الصحراء والمناطق القطبية هي الاقل انتاجية في الانظمة البيئية .

الانتاجية الثانوية Secondary Productivity (SP)

تعبّر عن الطاقة المخزونة في مستويات المستهلكات والمحللات **والانتاجية الثانوية SP** دائما اقل من **الانتاجية الابتدائية PP** لان هناك فقدان الطاقة عند الانتقال من مستوى اغذائي الى اخر حسب القانون الثاني للثيرموديناميكية . وتستخدم كائنات المستوى الثاني (المستهلكات) الطاقة في النمو , التكاثر , التنفس , واخراج الفضلات . تختلف الانتاجية الصافية المتوفرة لمستهلك معين من وقت لآخر خلال السنة وكذلك من مكان لآخر .

يمكن قياس SP بالمعادلة التالية:

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

C= الطاقة المستهلكة من المستهلك

R= Respiration

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

العوامل المؤثرة في الانتاجية

في المجتمعات البحرية : Marine Community

1- الضوء : عامل مهم يحدد الانتاجية والمهم في الضوء العمق الذي يمكن ان يصله الضوء والذي يمثل منطقة الانتاجية Zone of Primary Productivity وان نسبة 5- 10 % من الاشعاع يصل الى عمق 20 متر وهذا التناقص يكون كالآتي:

KI- معامل التناقص للامتصاص = كمية الاشعاع di / العمق dt

وكلما كان قيمة KI عاليا يدل على شدة عكورة الماء واحيانا سقوط كميات كبيرة من الضوء على المياه السطحية كما في المناطق الاستوائية يثبط عملية التركيب الضوئي لارتفاع درجة الحرارة الغير مناسبة للتمثيل الضوئي مما يقلل الانتاجية في المياه السطحية.

2- المغذيات Nutrients : خصوصا النتروجين والفسفور وهما من العوامل المحدودة في البحار ويحددان الانتاجية عند توفرهما بتركيز مطلوبة. هناك عامل الانقلاب او ما يسمى بالنبع Upwelling kjd[m نتيجة للرياح الشديدة , حيث المياه السطحية تتحرك نحو الاعماق بينما المياه الباردة السطحية تتجه نحو الاعماق مما يثري المياه السطحية من المغذيات فتزداد الانتاجية اي الانتاجية تكون عالية في وقت حدوث الانقلاب لمياه المحيطات وكذلك ترتفع اعداد المستهلكات كالاسماك.

3- وجود اعداد كبيرة من الهائمات الحيوانية Zooplankton تقلل الانتاجية
بشكل عام انتاجية البحار اقل من اليابسة وذلك لمحدودية الضوء والمغذيات بشكل اساسي.

العوامل المحددة للانتاجية في المجتمعات البرية Terrestrial :

1- عامل الضوء : من العوامل المهمة جدا والتي تتفاوت عندها الانتاجية في المجتمعات المختلفة . نجد ان الغابات الاستوائية الممطرة , حيث طبقات الاشجار الكبيرة , الاشجار, الشجيرات , النباتات الصغيرة والاعشاب والحشائش , فان حوالي 98% من الضوء يتم حجزها من قبل هذه الطبقات وان قابلية النباتات لحجب او حجز الضوء يتاثر بعامل الكثافة كذلك ترتيب الاوراق , حيث ان معامل سطح الاوراق من او مساحة الورقة Leaf Area Index العوامل المهمة مثلا في الاشجار الصنوبرية فان سطح مساحة الورقة اعلى من الاوراق للاشجار المتساقطة كذلك فان الاشجار ذات الاوراق العريضة عالية الانتاجية مقارنة بالاشجار ذات الاوراق الابرية.

2- الحرارة : من العوامل المهمة لانها تحدد مقدار ما يتبخر من الماء اي ان معدل النتج التبخري Evapotranspiration مهمة في تحديد الانتاجية كذلك هناك عامل طول فصل النمو كذلك كمية الامطار المتساقطة . بالنسبة للمغذيات فانها ليست من العوامل المهمة جدا في مجتمعات اليابسة وقد يكون هاما في المناطق الجافة او اليابسة جدا.
ان وحدة الانتاجية بوحدة الكتلة Biomaas = غم/ مساحة / زمن

بشكل عام الانتاجية في بيئة اليابسة تساوي اكثر من 800 غرام/ سم²/ سنة (المناطق الاستوائية الممطرة) وتقل هذه الانتاجية كلما ابتعدنا عن المنطقه الاستوائية وذلك لمحدودية الضوء وطول اليوم والانتاجية في المحيطات يكون اكثر من 90غم/ سم²/ سنة.

الكفاءة البيئية Ecological Efficiency

وهي كفاءة انتقال الطاقة من مستوى اغذائي الى مستوى اغذائي اخر وهذه الكفاءة تختلف من كائن الى اخر وهذه تعتمد على عوامل عديدة وتسمى بكفاءة لنظام. هناك ثلاث مراحل من خلالها يتم فقدان الطاقة خلال عملية الانتقال :

1- كفاءة الاستهلاك او الاستخدام (CE) Consumption Efficiency :

ليست كل الانتاجية الصافية NP المتوفرة في مستوى اغذائي يمكن ان تستهلك او تستخدم من قبل المستوى الاغذائي التالي لذلك فان CE يشير الى النسبة المئوية للانتاجية الصافية المأخوذة اصلا :

$$CE = \frac{I_n}{NP_{n-1}} * 100$$

ان كفاءة الاستهلاك لاكلات الاعشاب في البيئة البرية هي 25% تكون اقل من المحيطات 50-90% لماذا؟

- 1- بعض من الكتلة الحية للنبات تموت قبل ان تصل الى اكلات الاعشاب مثلا تساقط الاوراق الخريفية
- 2- بعض الكتلة الحية للنباتات تكون بشكل لا يمكن ان يكون ملائما او متوفرا لاكلات الاعشاب , قد تكون بشكل جذور او جذوع او سيقان كبيرة.
- 3- في البيئة المائية فان كفاءة الاستهلاك للهائمات الحيوانية Zooplankton التي تتغذى عليها سهلة الهضم لكون جدار الخلية رقيقة جدا
- 4- يمكن ان تكون للنباتات البرية وسائل دفاعية defence Mechanism لحماية نفسها من المستهلكات .
- 5- كفاءة الاستهلاك لاكلات الاعشاب تتاثر بالكثافة (اي العدد في مساحة معينة).

2- كفاءة التمثيل: Assimilation Efficiency (AE)

النسبة المئوية للانتاجية الصافية المأخوذة والتي تراكمت في اجسامها اصلا . هناك فقدان للطاقة لان كل الانتاجية الصافية المأخوذة لا تتكسر ولا تتمثل وقسم من الانتاجية تمر الى الامعاء دون ان تهضم لذلك تطرح على شكل فضلات او براز وهذه الفضلات سوف تدخل الى مسار المتحللات.

$$AE = \frac{AN}{IN} * 100 \quad (Food\ Energy\ assimilated\ across\ the\ Gut / IN\ Productivity\ ingested\ at\ n\ level)$$

المحتوى الغذائي للمادة النباتية يحتوي على كاربون مثبت في عملية التركيب الضوئي والذي يكون مصدر الطاقة وهذا الكاربون يدخل في تركيب جدار الخلية للنبات على شكل سليولوز ولكنين وهذه المواد معقدة وصعبة التحلل بواسطة اكلات الاعشاب لذلك كفاءة التمثيل AE تكون 30-40% لاكلات الاعشاب واعلى قيمة قد تصل الى 60% تكون في الكائنات التي تكون علاقة تعايشية او تكافلية مع البكتريا التي تفرز انزيمات تحلل السليولوز Cellulose secreting الموجودة في الامعاء مثل حيوانات الماعز والخروف اعلى AE يوجد في الكائنات المفترسة Carnivores لان بايوكيمياويا الانسجة متشابهة مع انسجة الفريسة وفي هذه الحالة AE يصل الى 90%.

3- كفاءة الانتاجية الصافية (PE) Net Production efficiency

الانتاجية التي سبق تمثيلها من قبل الكائن تتحول الى كتلة حية Biomass اي ان المادة الغذائية التي تم تمثيلها يمكن ان تتحول الى تراكيب بايولوجية مثل البروتين والانزيمات و.... تصاحب هذه المرحلة فقدان كمية كبيرة من الطاقة في الفعاليات المختلفة للكائن اي فقدان الطاقة Entropy والتي تتوافق مع القانون الثاني للثيرموديناميكية

$$PE = P_n \text{ Production} / AE \text{ Assimilated energy at trophic level } n * 100$$

$$Ecological \text{ efficiency } EE = CE * AE * PE * 100 = 10\%$$

لذلك نقول ان الكفاءة البيئية 10% لان هناك فقدان في الطاقة خلال كل مرحلة انتقال من مستوى اغتذائي الى اخر .
اذا كانت الطاقة الاتية من اشعة الشمس والساقطة على النبات هي 1000000 كيلو كالوري / م²/ سنة , فان الاعشاب تستفاد من 1% اي 10 000 كيلو كالوري/م²/ سنة واكلات الاعشاب تستفاد من 10% من هذه الطاقة اي 1000 كيلو كالوري /م²/ سنة واكلات اللحوم تستفاد من 10% من هذه الطاقة اي 100 كيلو كالوري/م²/سنة.