



# علم البيئة والتلوث المرحلة الثالثة

## المحاضرة السادسة

م. سجاد عبد الغني عبد الله



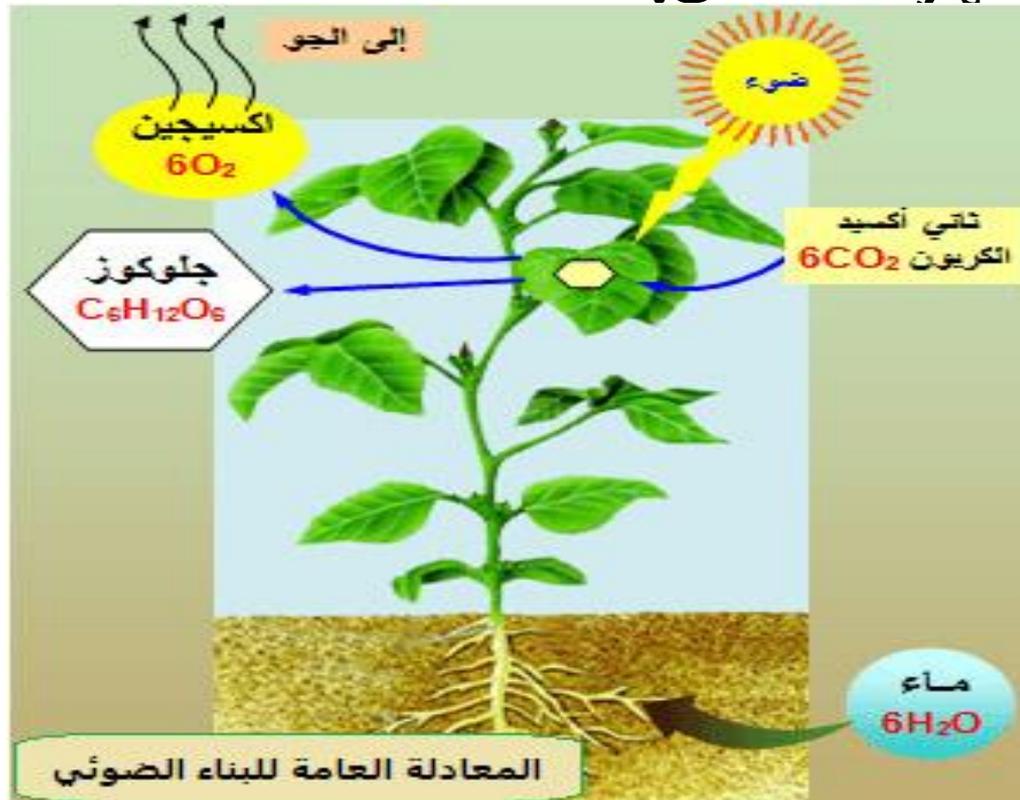
الفصل الخامس

الإنتاجية Productivity

## المقدمة

تستمد الكائنات الحسة طاقتها بصورة مباشرة أو غير مباشرة من الشمس التي تتبعث الطاقة بصورة مستمرة ويتم استغلال هذه الطاقة اساساً خلال عملية البناء الضوئي Photosynthesis التي تقوم بها النباتات الخضر أي التي تحتوي على صبغات الكلوروفيل أو اليخضور، هذه الصبغات تقوم بامتصاص الطاقة الضوئية الصادرة من الشمس وتحويلها إلى طاقة كيميائية والتي تساهم في تثبيت ثنائي أوكسيد الكربون على هيئة مركب عضوي وهو سكر سداسي ( سكر الكلكوز).

ومن هذا المركب العضوي يمكن أن يتحول إلى مركبات عضوية أُر بوصفها تعمل مخزن للطاقة والعناصر داخل النظام البيئي وهذا الإنتاج يسمى بالإنتاج الحيوي Biological productivity ويتميز عن الإنتاج الكيماوي أو الصناعي يكون النوع الأول عبارة عن عملية مستمرة في حين أن الأخر عبارة عن أدلة نهاية التفاعل.





Q/ what is biological productivity?

ويقسم الإنتاج الحيوي إلى نوعين أساسيين:

1- الإنتاجية الأولية أو الأساسية Primary

productivity أو Basic productivity وتعرف

هذه الإنتاجية لنظام بيئي أو لمجتمع أو لأي جزء منه أنها

المعدل الذي تخزن في الطاقة الإشعاعية بفاعلية البناء

الضوئي والتركييب الكيميائي للكائنات المنتجة وهي

النباتات الخضرة بصورة رئيسية على شكل مواد عضوية

يمكن أن تستعمل بوصفها مواد غذائية للكائنات الحيوانية

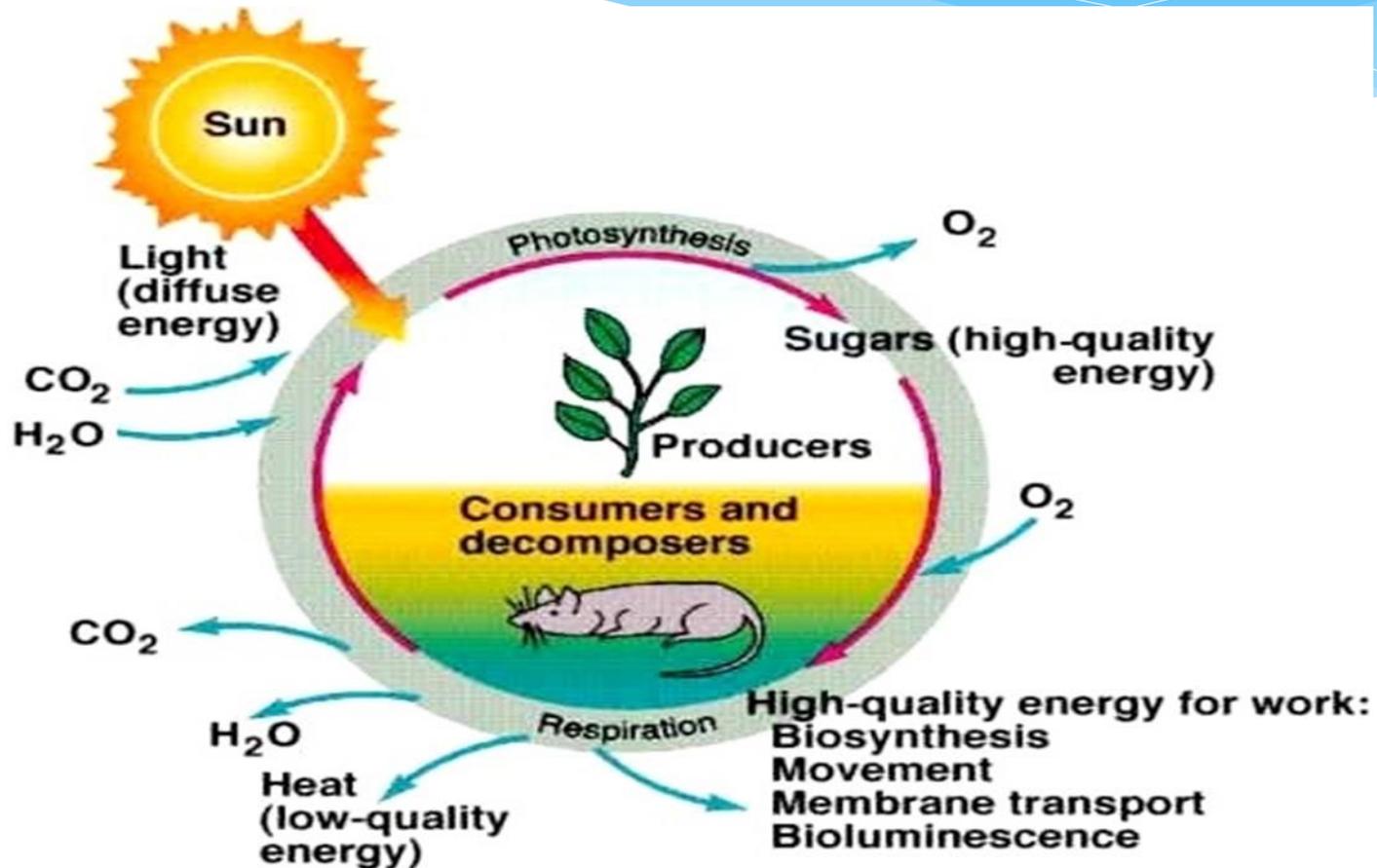
الأخرى.

## 2- الإنتاجية الثانوية Secondary

### productivity

وفيها تتحول الطاقة الكيماوية إلى طاقة كيماوية أخرى كطاقة متمثلة أو فضلات. وفي حالتها الأولى تتحول الطاقة الكيماوية إلى طاقة كيماوية أخرى ( النمو ) أو طاقة حرارية ( التنفس ). ويشير إلى الإنتاجية بأنها معدلات خزن الطاقة على المستويات الغذائية للمستهلك.

# Primary and Secondary productivity



## خطوات الإنتاجية الحيوية ومراحلها:

تبدأ الإنتاجية الحيوية عندما تبدأ النباتات باستقطاب الطاقة الضوئية من قبل صبغات الكلوروفيل وتحويلها إلى طاقة كيميائية تُستغل في تثبيت ثاني أوكسيد الكربون على هيئة مادة عضوية التي تم تعريفها بالإنتاجية الأولية Primary productivity وتُعرف بالإنتاجية الأولية الإجمالية Gross primary productivity productivity أنها تمثل المعدل الكلي لعملية البناء الضوئي من ضمنه المادة العضوية المستعملة في عملية التنفس أثناء مدة القياس.

ويُعرف هذا كذلك بالبناء الضوئي الكلي Total  
photosynthesis أو التمثيل الكلي Total  
.assimilation

\* أما الإنتاجية الأولية الصافية Net primary  
productivity تمثل خزن المواد العضوية في  
الأنسجة النباتية زيادة على الاستهلاك التنفسي من قبل  
النباتات أثناء مدة القياس ويُعرف هذا بالبناء الضوئي  
الظاهر Apparent photosynthesis أو التمثيل  
الصافي Net assimilation وتُضاف كمية التنفس  
إلى قياسات البناء الضوئي في التطبيقات العملية لغرض  
الحصول على تقديرات الإنتاج الإجمالي.

أما الإنتاجية الصافية للمجتمع Net community productivity فإن تمثل معدل خزن المادة العضوية غير المستعملة من قبل معتمدات التغذية أي أنها صافي الإنتاجية الأولية ناقصاً مما يستهلكه معتمدو التغذية Heterotrophic organism خلال المدة التي تحت الدراسة وعادو تكون فصلاً أو نمو.

ما يستهلكه معتمدو التغذية (Heterotrophic organisms) - Net primary productivity = Net community productivity

ويشار إلى معدلات خزن الطاقة على المستويات  
الغذائية للمستهلك بالإننتاجية الثانوية

Secondary productivity وبما إن  
المستهلكين Consumers يستعملون مواد غذائية  
مُنتجة سابقاً فقط مع خسارات خلال عملية التنفس  
وتحويلها إلى أنسجة مختلفة عن طريق العمليات  
الأيضية لذا يمكن تقسيم الإنتاجية الثانوية إلى:

1- كميات إجمالية

2- كميات صافية

كما إن تدفق الطاقة الكلي على مستويات معتمدة  
التغذية والذي يكون مماثلاً للإنتاجية الإجمالية  
لذاتية التغذية يجب أن يشار إليه بالتمثيل  
Assimilation وليس بالإنتاج.

Q/what is the Assimilation?

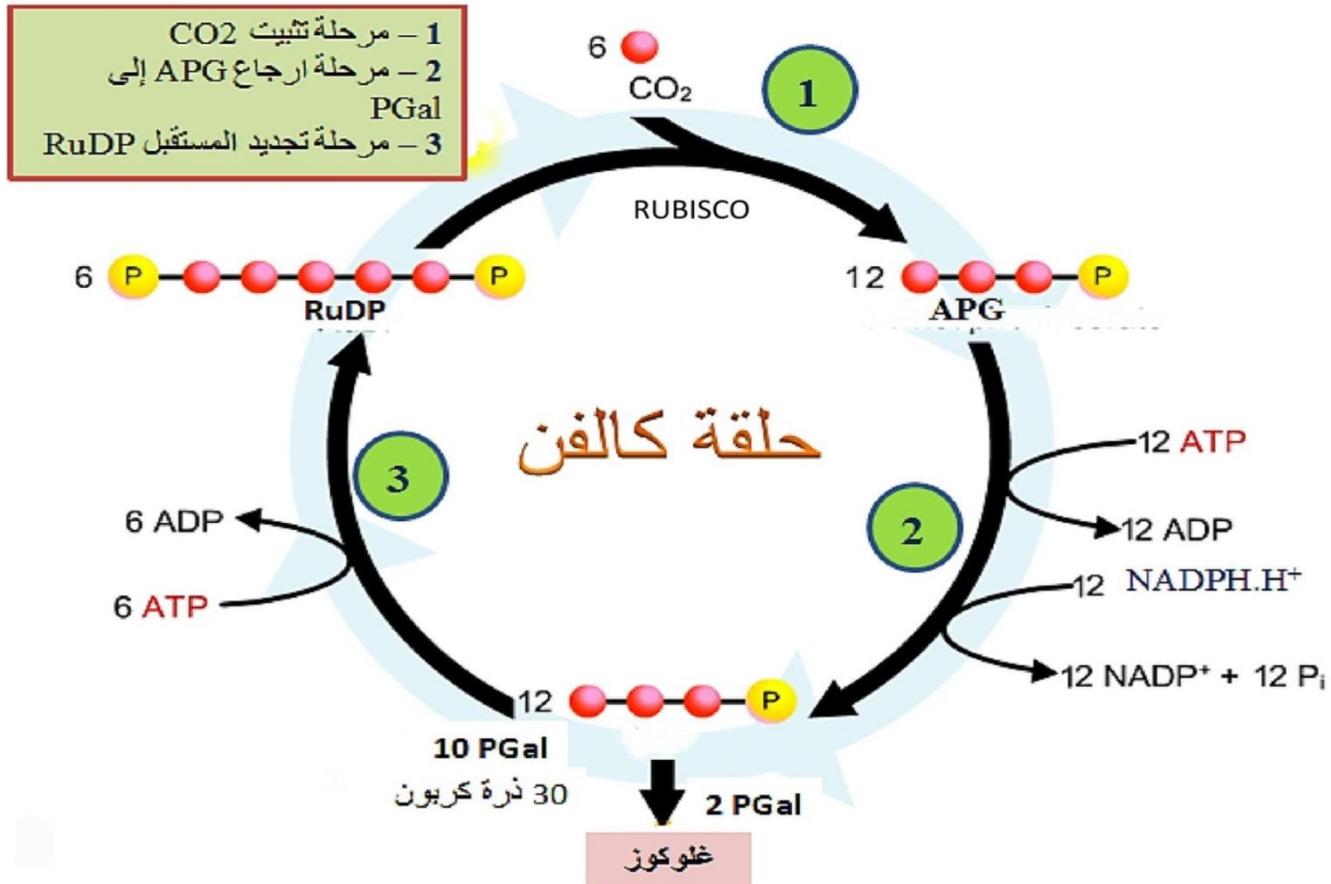
## العوامل المحددة للإنتاجية

لقابلية النبات على تمثيل أو تثبيت Fixation ثنائي أوكسيد الكربون أهمية كبيرة في التأثير على عملية البناء الضوئي وهناك طريقتان رئيسيتان لاختزال ثنائي أوكسيد الكربون تمثلان الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي وتعتمد على نوع النبات.

1- طريقة كالفن وبنسن Calvin – Bensen pathway والتي تُتبع من خلال نباتات C<sub>3</sub> Plant حيث أن ثنائي أوكسيد الكربون يُثبت على هيئة 3-PGA (3-phospho Glyceric Acid) حامض الفسفوكليسيرك ذات ثلاث ذرات من الكربون

وهذا الحامض أول مركب عضوي مستقر بعد  
عملية التثبيت، حيث يقوم مركب سكري خماسي  
الكاربون RuDP ( الرايبوز ثنائي الفسفور  
Rubilose diphosphoate ) بأستقبال الغاز  
بمساعدة إنزيم RuDP Carboxylase.

# Calvin Cycle



وبما أنه أول مركب مستقر يتكون من ثلاث ذرات  
كاربون لذا أطلق على هذه النباتات C3 plant  
ومن أمثلتها الحنطة والشوفان والبنجر السكري  
وفول الصويا والخس والتبغ.

2- طريقة هاتش وسلاك Hatch and Slack والتي تتبعها نباتات C4 plants حيث أن غاز ثاني أوكسيد الكربون يُثبت على هيئة مركب رباعي الكربون OAA ( حامض الاوكسالواستييك oxalo Acetic Acid ) وهو مركب عضوي مستقر يتكون من استقبال الغاز من مركب ثلاثي الكربون PEP ( فوسفو اينول بايروفيت Phospho Enol pyrovate ) بمساعدة انزيم الكربوكسيليز ( PEP carboxylase )

وبما إن أول مركب مستقر يتكون من أربع ذرات  
كربون لذا أطلق على هذا النباتات C4 Plants  
ومن أمثلتها نبات قصب السكر والذرة الصفراء  
والذرة البيضاء والثيل.

وهناك فروقات كبيرة بين هاتين المجموعتين من  
النبات تشمل أموراً تشريحية وفسلجية ففي نباتات  
C4 تكون فيها نقل العصارة السكرية  
Translocation اسرع، كما أنها تعيش في  
ظروف رطوبة عالية وكذلك درجة الحرارة المثلى  
للنبات تصل بين 30-35 درجة مئوية وحتى أكثر.

كما إنها تأخذ غاز ثنائي أوكسيد الكربون  
وتثبته من الجو بصورة أكثر فعالية واسرع  
من النباتات C3. تتواجد نباتات C4 في  
المناطق ذات شدة إضاءة عالية وذات توفر  
محدود من المياه.

## العوامل التي تُؤثر على الإنتاجية الأولية:

- 1- عامل الضوء الساقط وشدته.
- 2- درجة الحرارة.
- 3- عامل توفر الماء.
- 4- تركيز ثنائي أوكسيد الكربون.
- 5- تركيز الأوكسجين.
- 6- العناصر الغذائية المختلفة.

العوامل التي تخص النبات :

1- صبغة الكلروفيل.

2- المساحة الكلية للورقة.

3- كثافة النباتات

4- مستويات المجتمع فعلى سبيل المثال يلاحظ إن

هناك مستويات مختلفة في النباتات مما تؤثر في

عوامل مختلفة أهمها الضوء ودرجة الحرارة وهذه

بدورها تؤثر على الإنتاجية.

في البيئـة المائـية تُعد نفاذـية الضوـء من العوامـل  
المهمـة التي تؤثر على الإنتاجية حيث إن الضوـء  
ينفذ إلى أعماق معينة حتى في المياه الصافية فضلاً  
عن إن نوعية الضوـء تختلف حسب الأعماق لذا إن  
توزيع الهائمات النباتية وانتشارها في الأعماق  
سوف يتأثر كما يلاحظ في البحار والمحيطات.



Q/ What is the effect of light on distribution of plant and phytoplankton in aquatic ecosystem?

## سريان الطاقة والقوانين ذات العلاقة

معظم الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الكرة الأرضية ينعكس أو يمتص حيث انه ينتشر او يتحول إلى حرارة. ومن الضوء الساقط على النباتات ينعكس حوالي 98% منه بينما تمتص النباتات حوالي 2% ونصف هذا الضوء الممتص ضمن الأطوال الموجية التي تستقطبها صبغات الكلوروفيل في عملية البناء الضوئي.

استنزاف الطاقة وكميتها بسبب الضغوط المناخية  
أو التلوث أو الحصاد هذه تؤثر بصورة فعالة في  
تقييم إنتاجية النظام البيئي.

تستعمل الكائنات الحية المكونة للمستوى الأتذائي  
جزء كبير من الطاقة لأغراض النمو والتكاثر  
والتنفس والأفعال الحيوية بينما يخزن الباقي في  
أجزاء مختلفة من الجسم.

يمكن تقسيم الإنتاجية إلى قسمين:

1- الإنتاجية الإجمالية Gross productivity

تعني مجموع الطاقة المتدفقة والمستغلة من قبل الكائنات الحية في مستوى اغتذائي محدد بغض النظر عن تسلسلها ومصدر الطاقة.

الإنتاجية الأولية الإجمالية Gross primary

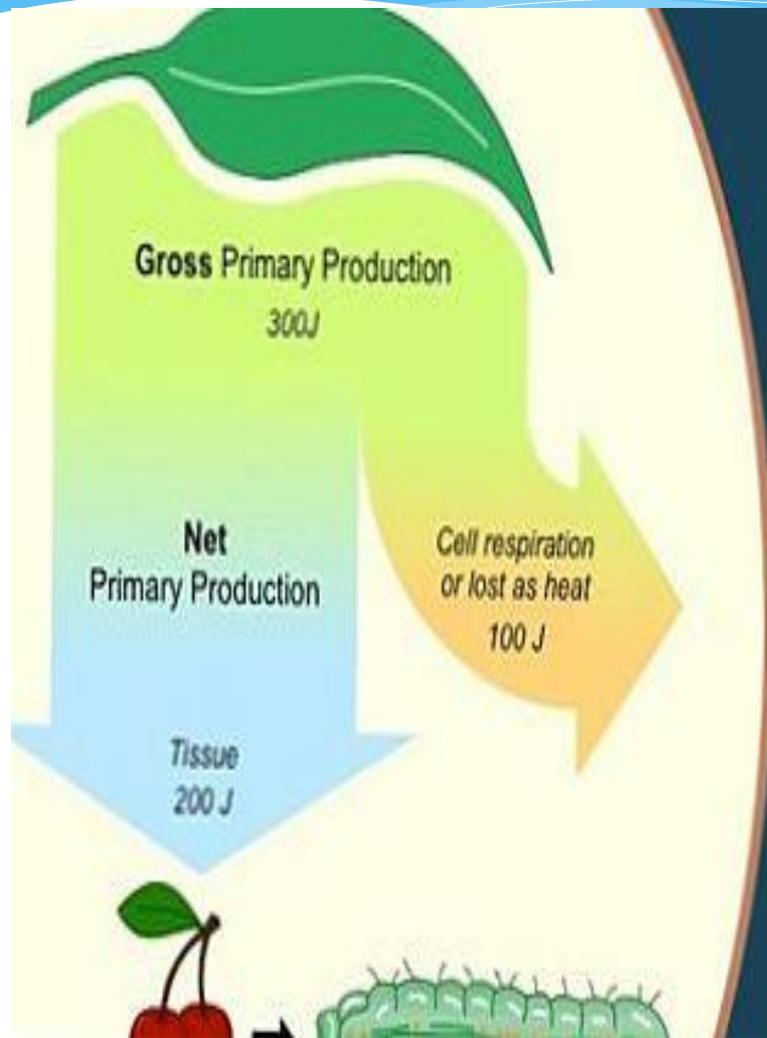
productivity وهي الطاقة المتدفقة إلى

المستوى الأغتذائي الأول والتي من الشمس والتي

تُستغل للأفعال الحيوية المختلفة بضمنها الخزن

والتنفس.

# Gross primary الإنتاجية الأولية productivity



## What is Gross Primary Productivity?

Gross primary production (GPP) is the amount of chemical energy, typically expressed as carbon biomass, that primary producers create in a given length of time.

وان الأنتاجية هنا تشمل الطاقة المستخدمة للتنفس حيث تتحول إلى حرارة وتنطلق خارج جسم النبات ( الكائن الحي) وان جزء جزء كبير منها يبقى في أجزاء مختلفة من الجسم. كما في الشكل أعلاه.

طرق قياس الإنتاجية

بالامكان قياس الإنتاجية الأولية Primary

productivity خلال عملية البناء الضوئي

وبعبارة أخرى خلال قياس كميات ثنائي أوكسيد

الكاربون المثبتة في النبات أو كيات الأوكسجين

المتحررة أو الزيادة في كميات المواد العضوية

المنتجة كالكربوهيدرات وان اهم طرق قياس

الإنتاجية هي:

# 1- طريقة الحصاد Harvest method

يمكن اجراء هذه الطريقة للمجتمعات الأرضية ومجتمعات المياه الضحلة حيث يكون النمو نشطاً. وتتخلص الطريقة في حصد جميع النباتات في وحدة المساحة في المجتمع خلال فترة قصيرة وتُعزل أجسام النباتات المعزولة إلى جذور وسيقان وأوراق وغيرها ثم يُحسب الوزن الجاف لها وتجمع الزيادات في الكتلة الحية في الفترات المختلفة ويُحسب الفقدان في حالة وجودة.

## 2 - طريقة قياس الأوكسجين

### Oxygen measurement

تُستخدم هذه الطريقة عن طريق استخدام القناني المضيئة والمظلمة وذلك بأخذ عينتين من المياه توضع العينة الأولى في قنينة مضيئة (غير مغطاة) والأخرى في قنينة معتمة (مغطاة بقماش داكن) ثم تُحفظ القناني تحت سطح عند العمق المطلوب خلال النهار عدة ساعات ثم يقاس تركيز الأوكسجين الذائب قبل التجربة وتعطى الزيادة في تركيز الأوكسجين في القنينة المضاءة عن كمية البناء الضوئي الصافية.

Initial bottle = 8 mg O<sub>2</sub> /L ; Light bottle = 10 mg O<sub>2</sub> /L ; Dark bottle = 5 mg O<sub>2</sub> /L The oxygen increased in the light bottle compared to the initial due to photosynthesis, and the oxygen decreased in the dark bottle due to respiration.

With this information we can calculate the Respiration, NPP, and GPP for our system:

$$\begin{aligned} (\text{Light} - \text{Initial}) &= (10 - 8) = 2 \text{ mg/L/hr} = \\ (\text{GPP} - \text{R}) &= \text{NPP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Initial} - \text{Dark}) &= (8 - 5) = 3 \text{ mg/L/hr} = \\ &\text{Respiration} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{Light} - \text{Dark}) &= (10 - 5) = 5 \text{ mg/L/hr} = (\text{NPP} \\ &+ \text{R}) = \text{GPP} \end{aligned}$$

### 3- طريقة قياس ثاني أكسيد الكربون

وتستخدم عادة في النظم البيئية الأرضية وتعتمد على مقدار الاستهلاك ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو المستخدم في عملية التركيب الضوئي في منطقة معينة وفي مدة محددة من الزمن . ومن ثم تطبيق على جميع أنواع ثم يجمع مجمل الإنتاجية لجميع الأنواع ليعبر عن الإنتاجية الابتدائية.

## 4- قياس الأس الهيدروجيني pH measurement

الأس الهيدروجيني دالة لمحتوى ثاني أكسيد الكربون الذائب والذي يقل بدوره خلال عملية التركيب الضوئي ويزداد بعملية التنفس. إي كلما ازدادت نسبة ثاني أكسيد الكربون الذائب تتجه المياه نحو أس هيدروجيني منخفض ( الحامضية).

## 5- قياس المواد الأولية Raw materials measurement

وتتطلب هذه الطريقة وجود حالة اتزان متكامل بين التربة والنبات ويقاس معدل اختفاء المعادن ( المواد المغذية للنبات ) من التربة للتعبير عن مقدار ما صنع من غذاء في عملية التركيب الضوئي . حيث يستخدم معدنا معيننا للقياس مثل النيتروجين أو الفوسفور وتزود التربة بتركيز معين من هذا المعدن مرة واحدة في بداية السنة . ويعتبر معدل تناقص تركيز المعدن في فترة زمنية محددة عن مقدار الإنتاجية الابتدائية .

## 5- استخدام النظائر المشعة radioactive materials

حيث يستخدم الكربون المشع ويوضع في الماء على شكل كربونات . ثم تجمع النباتات ( الطحالب ) وتفصل عن الماء وتجفف وتوضع في جهاز لقياس نسبة المواد المشعة وبالتالي تعرف الكمية التي تخزنت في أنسجة هذه النباتات أثناء عملية التركيب الضوئي وتعطى هذه الطريقة نتائج دقيقة نسبيا.

س/ ماهي علاقة ثاني أوكسيد الكاربون بالأس  
الهيدروجيني؟

# 6- قياس الكلوروفيل Chlorophyll measurement

وتحسب عن طريق حساب كمية الكلوروفيل الموجودة في النباتات وبالتالي في النظام البيئي بأكمله كتعبير عن مقدار ما يمكن إنتاجه البحار اعتماداً على وزن الكلوروفيل في العوالق النباتية وتعطى هذه الطريقة أيضاً نتائج دقيقة نسبياً.

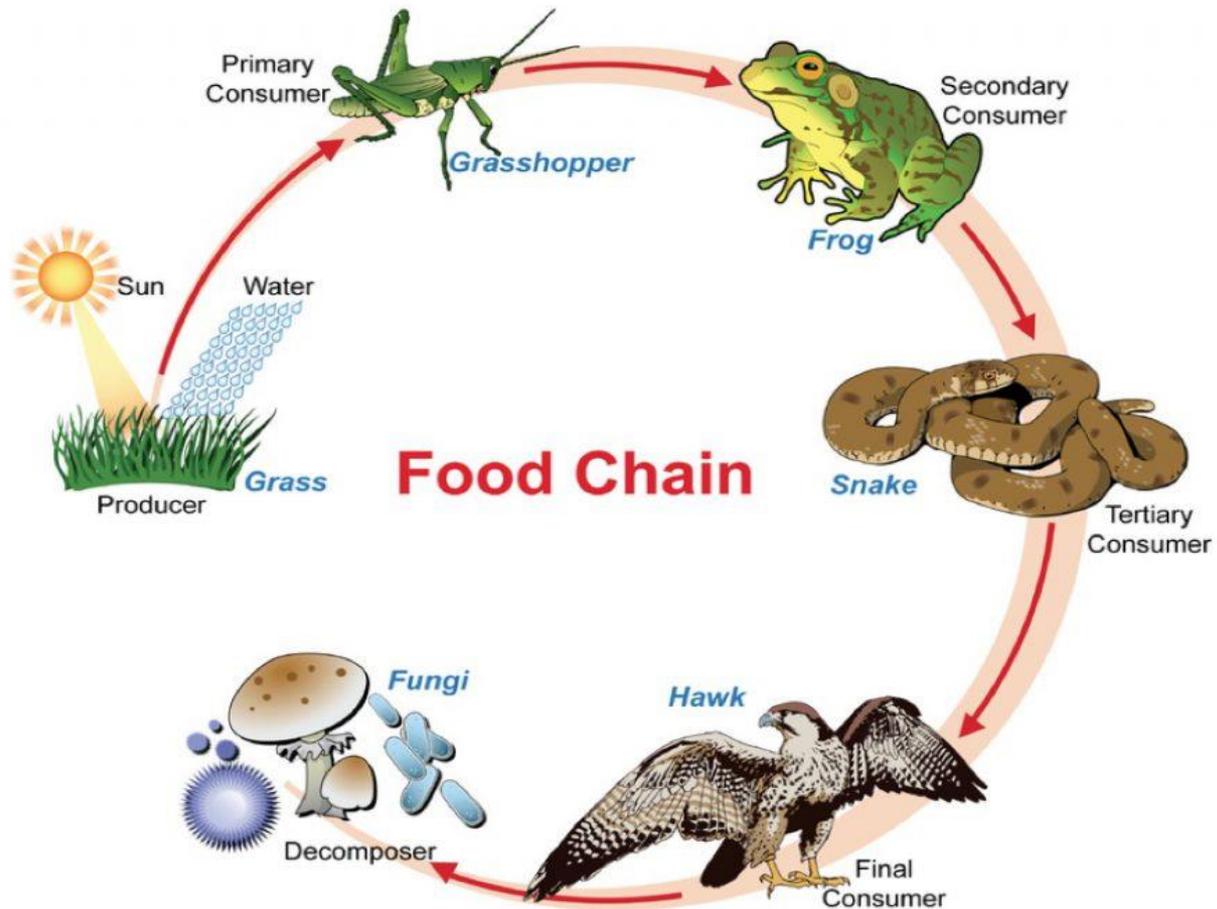
## 7-السلاسل الغذائية Food chains

انتقال الطاقة الغذائية من المصدر النباتي عن طريق سلسلة من الكائنات الحية المختلفة أي عبر سلسلة من المستويات المختلفة حيث يتغذى الكائن الحي من جهة ويستهلك أو يؤكل من جهة أخرى بصورة مستمرة داخل أو خارج النظام البيئي



Q/ What is meant by the food chain?

# Food chain



ويمكن تقسيم السلاسل الغذائية إلى ثلاثة أقسام  
وهي:

### Predator Chain

A plant-eating animal is eaten by a flesh-eating animal.

### A Parasite Chain

A smaller organism consumes part of a larger host.

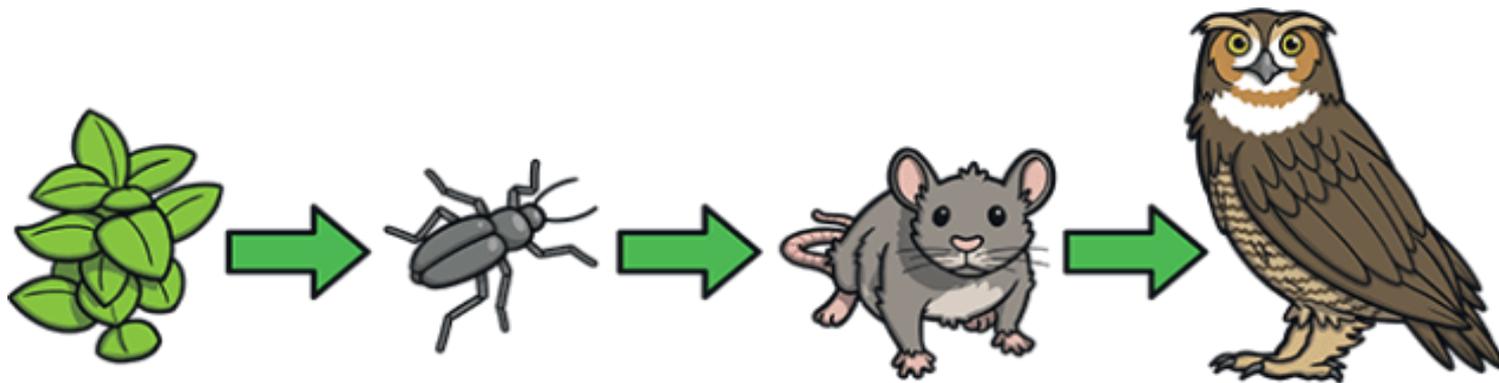
### A Saprophytic Chain

Microorganisms live on dead organic matter.

# 1- السلسلة الغذائية الأخراسية Predator chain

هذا النوع من السلاسل الذي يتبين فيه انتقال الطاقة من النباتات إلى الحيوانات الصغيرة ومن ثم إلى الحيوانات الكبيرة والمفترسة وتعتمد هذه السلسلة على الطاقة الغذائية المتواجدة في النباتات الخضر.

# Predator chain



2- السلسلة الغذائية التطفلية Parasitic chain  
تنتقل الطاقة الغذائية من النباتات أو الحيوانات  
الكبيرة إلى الكائنات الصغيرة وهنا لا يعتمد  
المصدر الأساسي للطاقة في السلسلة الغذائية على  
الغذاء المخزون في النباتات فقط.

# Parasitic chain

Parasitism is the relationship between two organisms wherein one organism, the parasite, thrives at the cost of the other, the host.



## 3- السلسلة الغذائية الرمية Saprophytic chain

هذا النوع من السلسلة التي تنتقل فيه الطاقة من الكائنات الميتة بغض النظر كونها حيوانية او نباتية إلى الأحياء الدقيقة المختلفة. هنا يكون المصدر الطاقة المتنقلة من كائن حي إلى آخر من المواد العضوية المعقدة الموجودة في بقايا الكائنات النباتية والحيوانية الميتة.

# Saprophytic chain

## Food Chain .....

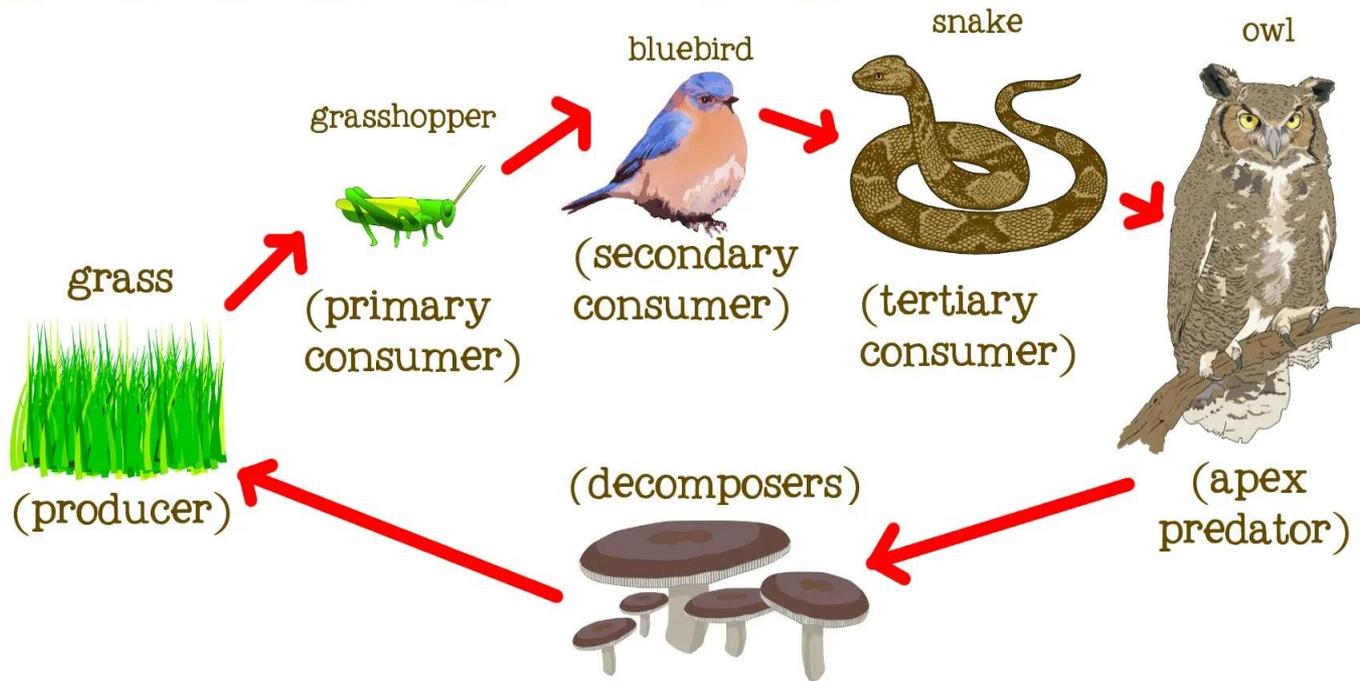
### **2. Saprophytic or Detritus Food Chain:**

Decomposers split up dead bodies of plants and animals, these are taken as food by some animals and then the decomposers are converted into foods of other animals. Such as -

Dead body → decomposer → *Amoeba* → Hydra,  
zooplankton → fish.

# Saprophytic chain

## Food Chains



شكراً لحسن الإصغاء والمتابعة