إنتاجية الهائمات Plankton productivity

أولا : الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية Primary productivity of phytoplankton

الهائمات النباتية هي أحد أهم الأحياء المنتجة التي تقوم ببناء كمية معينة من المادة العضوية لكل وحدة زمن ،إذ تقوم وفقا لمعادلة البناء الضوئي بتثبيت غاز ثاني أوكسيد الكاربون على شكل مادة عضوية وبذلك فهي تجهز الطاقة لنفسها وللأحياء المستهلكة وللنظام البيئي المائي ككل .

معظم دراسات الإنتاجية الأولية تكاد تكون مقتصرة على الهائمات النباتية من الطحالب ، بالرغم من أن هناك دور أيضا لبعض مجاميع البكتيريا في بناء المواد العضوية (بكتريا البناء الضوئي الكبريتية وبكتيريا البناء الضوئي غير الكبريتية وبكتيريا البناء الكيميائي) وذلك لصعوبة تقدير إنتاجية هذه المجاميع كما أن الدور الرئيسي في الإنتاج الأولي يعود للهائمات النباتية من الطحالب . وتبعا لذلك يكون تعريف

" الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية " : مقدار تمثيل طاقة ضوء الشمس بواسطة الهائمات النباتية خلال عملية البناء الضوئي في وحدة زمنية معينة (أي المعدل الذي يتم فيه خزن الطاقة في الهائمات النباتية على شكل مواد عضوية بواسطة عملية البناء الضوئي) .

حساب الإنتاجية الأولية:

يتم حساب الإنتاج الأولي بشكل عام على شكلين :-

١- الإنتاج الأولي الكلي (الأجمالي) Gross primary production

يشمل المعدل الكلي للمواد العضوية المتكونة بواسطة عملية البناء الضوئي خلال فترة القياس .

٢- الإنتاج الأولي الصافي Net primary production

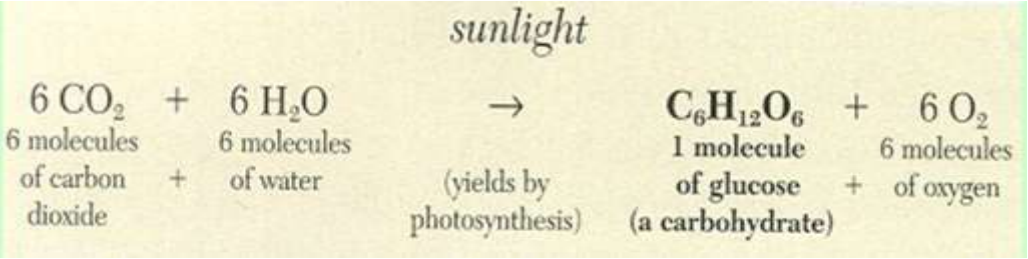
يشمل معدل خزن المواد العضوية المتبقية في أنسجة الهائمات النباتية بعد استهلاك قسم منها خلال عملية التنفس أثناء فترة القياس .

طرق قياس الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية:

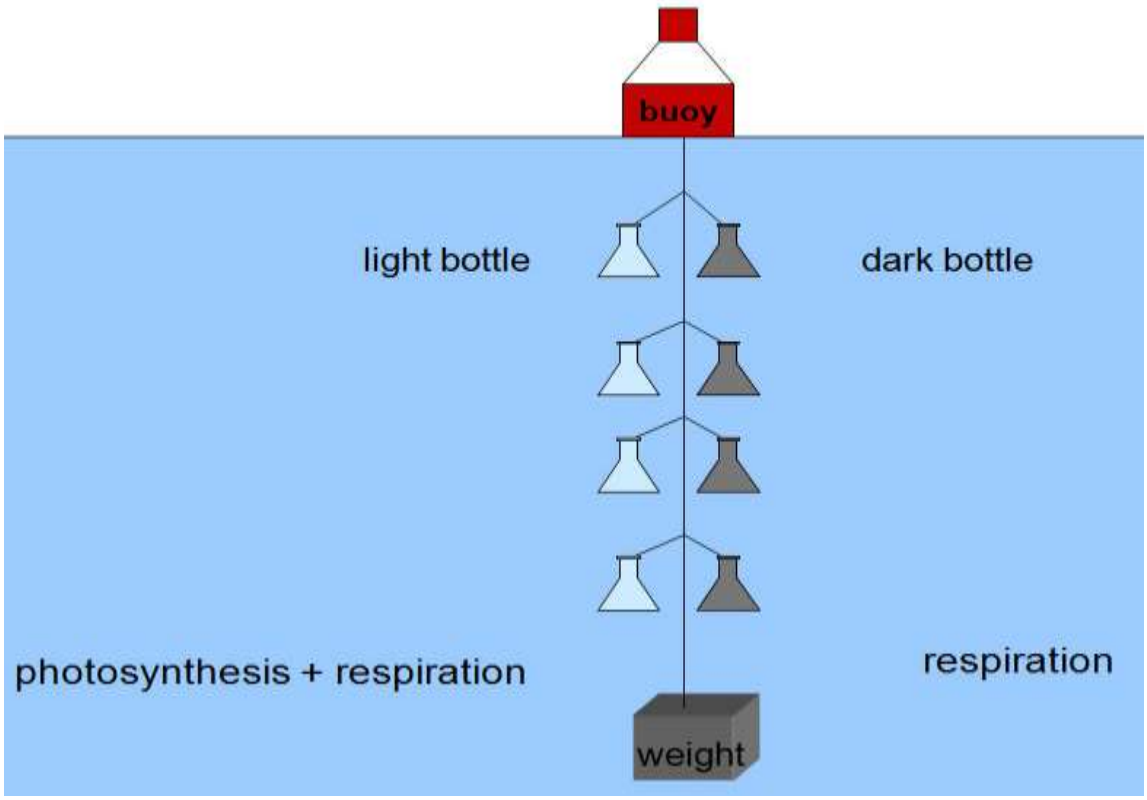
هناك عدة طرق لقياس الإنتاجية اللأولية للهائمات النباتية ، ومن أهمها :-

١- طريقة قياس الأوكسجين :

تشير معادلة البناء الضوئي الى وجود علاقة كمية مباشرة ما بين غاز ثاني أوكسيد الكاربون المستعمل في بناء الكاربوهيدرات والأوكسجين المتكون كناتج عرضي ، لذا تستند هذه الطريقة على قياس معدل التغير في كمية الأوكسجين خلال فترة القياس .



تتطلب الطريقة أولا حساب تركيز الأوكسجين الذائب في الماء في موقع الدراسة ، ثم حساب تركيز الأوكسجين الذائب في مجموعة من القناني الشفافة والقناني المعتمة والتي يتم تعليقها لفترة محددة لغرض الحضن في نفس الموقع (شكل ٢٧) .



شكل ٢٧ : تعليق القناني الشفافة والمعتمة حسب طريقة الأوكسجين المذاب

أن ما يحصل في القناني الشفافة خلال فترة الحضن ، هو بناء ضوئي وتنفس في آن واحد ، وما يحصل في القناني المعتمة هو عملية تنفس فقط . وتبعا لذلك يكون مجموع كمية الأوكسجين المنتجة الكلية خلال فترة الحضن ، مساويا الى حاصل جمع كمية الأوكسجين المنتج في القناني الشفافة والأوكسجين المستهلك في القناني المظلمة ، وكما يلي :-

C1 : تركيز الأوكسجين الابتدائي في البيئة قبل التعليق .

C2 : تركيز الأوكسجين في القنينة المظلمة بعد التعليق .

C3 : تركيز الأوكسجين في القنينة الشفافة بعد التعليق .

Net photosynthesis (الإنتاج الصافي) = C3 - C1

Respiratory activity (التنفس) = C1 - C2

Gross photosynthesis (الإنتاج الكلي) = (C3 - C1) + (C1 - C2) = C3 - C2

مساوئ الطريقة :

يتم تقدير تركيز الأوكسجين المذاب في هذه الطريقة بالتسحيح بطريقة ونكلر ، ومن أهم مساوئها :

١- الطريقة تكون غير دقيقة في البيئات قليلة الإنتاجية أو ذات التراكيز الواطئة من الأوكسجين .

٢- فترات الحضن الكبيرة في البيئة قد تؤذي الخلايا .

٣- احتمالية النمو البكتيري خلال فترة الحضن .

٤- احتمالية الأخطاء المختبرية وخاصة خلال التسحيح وتحديد نقطة النهاية .

٢- طريقة استخدام الكاربون المشع C^{14}

يتم استخدام القناني الشفافة والقناني المعتمة في هذه الطريقة أيضا ، والتي تحضن عادة في المختبر في ظروف مماثلة للحقل. يتم أولا تقدير تركيز ثاني أوكسيد الكاربون في العينة ، ثم يضاف الكاربون المشع بصورة الكاربونات أوالبيكاربونات ($Na2C^{14}O3$ او $NaHC^{14}O3$) الى القناني الشفافة والمعتمة ثم تحضن لفترة محددة . وبعد انتهاء عملية الحضن يتم ترشيح الهائمات على ورقة ترشيح ، ثم يقاس النشاط الإشعاعي للعينات المرشحة بواسطة أجهزة خاصة . وتعتمد الطريقة على المعادلة التالية :-

$$O + CO_2 \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow HCO^{-}_3 + H^{+} \leftrightarrow CO^{-2}_3 + H^{+} \qquad H_2$$

استخدام القناني المظلمة في هذه الطريقة كان لغرض التأكد من عدم حدوث عملية بناء ضوئي باستخدام C^{14} في الظلام .

مساوئ الطريقة :

هذه الطريقة هي الأكثر دقة و حساسية من طريقة الأوكسجين في المياه قليلة الإنتاجية ،ومن أهم مساوئها:

١- إستتخدام إضاءة إصطناعية بدلا من الإضاءة الطبيعية خلال الحضن في المختبر قد يكون غير مثالي .

٢- استخدام $C^{14}O_2$ بدلا من $C^{12}O_2$ يتطلب معدل تصحيح ، نظرا لاختلاف معدل تمثيل كلا منهما .

٣- تحرير بعض الكاربون المثبت على هيئة نواتج عرضية الى خارج الخلايا ، قد يكون مصدرا للخطأ ، كما هي الحال عند حدوث أعاقة ضوئية للخلايا في العينة .

العوامل المؤثرة في الإنتاجية الأولية :

يعتبر الضوء والحاجة للبقاء في الموقع الذي يوفر الإضاءة الكافية هو العامل المحدد الوحيد الذي يمكن أن تتأثر فيه عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية ، أما الفعاليات الأيضية في الهائمات النباتية (النمو والتكاثر) ، فتتأثر بالعديد من العوامل البيئية ومن أهمها الأملاح المغذية ودرجة الحرارة .

فيما يخص تأثير درجة الحرارة على صافي الإنتاجية الأولية للهائمات النباتية في الأنظمة البيئية ، وجد أن معدل التركيب الضوئي قد يتقهقر كأفراد عند درجات الحرارة الواطئة ، إلا أن إنتاجية الهائمات النباتية في المياه القطبية والمياه الباردة تحقق أنتاج أعلى مما في البحار الاستوائية الدافئة . أما من حيث المغذيات النباتية ، فقد لوحظ أن المياه البحرية المحصورة بين خطي عرض ٤٥° شمالا و ٤٥° جنوبا ، تكون واقعة تحت تأثير التنضيد الحراري بصورة دائمية ، ونتيجة لذلك تكون المنطقة المضيئة المنتجة فقيرة جدا بالمواد الغذائية .

كما أن الهائمات النباتية تغطس بمعدل ٦ متر / يوم في المياه الدافئة بالمقارنة مع ٣ متر / يوم في المياه الباردة وبذلك فأن الطبقة السطحية الواقعة فوق منطقة الانحدار الحراري تخسر كافة المواد المغذية الموجودة في الخلايا الغاطسة الى الأسفل من الانحدار الحراري . لذا ، فأن وفرة المغذيات هي العامل المحدد للإنتاج في المياه الدافئة ، باستثناء بعض المياه الاستوائية التي تحدث فيها ظاهرة انبثاق المياه ، إذ تحمل التيارات المياه القاعية الغنية بالمواد الغذائية وتجلبها الى السطح في المناطق الساحلية لتحل محل المياه السطحية الفقيرة بالمواد الغذائية ، وبالتالي زيادة الإنتاجية الأولية .

أما في المناطق القطبية ، حيث يختفي التنضيد الحراري وتمتد المياه من السطح وحتى القاع بدرجة حرارة تتراوح ما بين ٠ - ٥ °م ، فأن شدة الإضاءة الواطئة تعتبر هي العامل المحدد الرئيسي لصافي الإنتاج الأولي وخاصة خلال أشهر الشتاء ، أما توفر المواد المغذية فيأتي بالدرجة الثانية . لذلك يمكن

الاستنتاج أن وفرة المواد المغذية في الجزء الأكبر من البيئات المائية ، هي العامل المحدد الأساسي المسؤول عن الاختلافات في الإنتاجية الأولية للأنظمة البيئية المائية . اما الضوء فهو لا يحدد الإنتاج في المنطقة المضيئة المنتجة ،إذ أن الإنتاج السنوي في المتر المربع من سطح المحيط لا يتأثر بذلك ، نظرا لأن ٩٥% من الأشعة الساقطة تتخلل سطح الماء باستثناء المناطق القطبية فقط .

وفيما يلي أناه جدول يوضح قيم الإنتاج الأولي للهائمات النباتية في نظم بيئية مختلفة (جدول١) .

جدول ١ : معدل الإنتاج الأولي الصافي في بعض النظم البيئية المائية

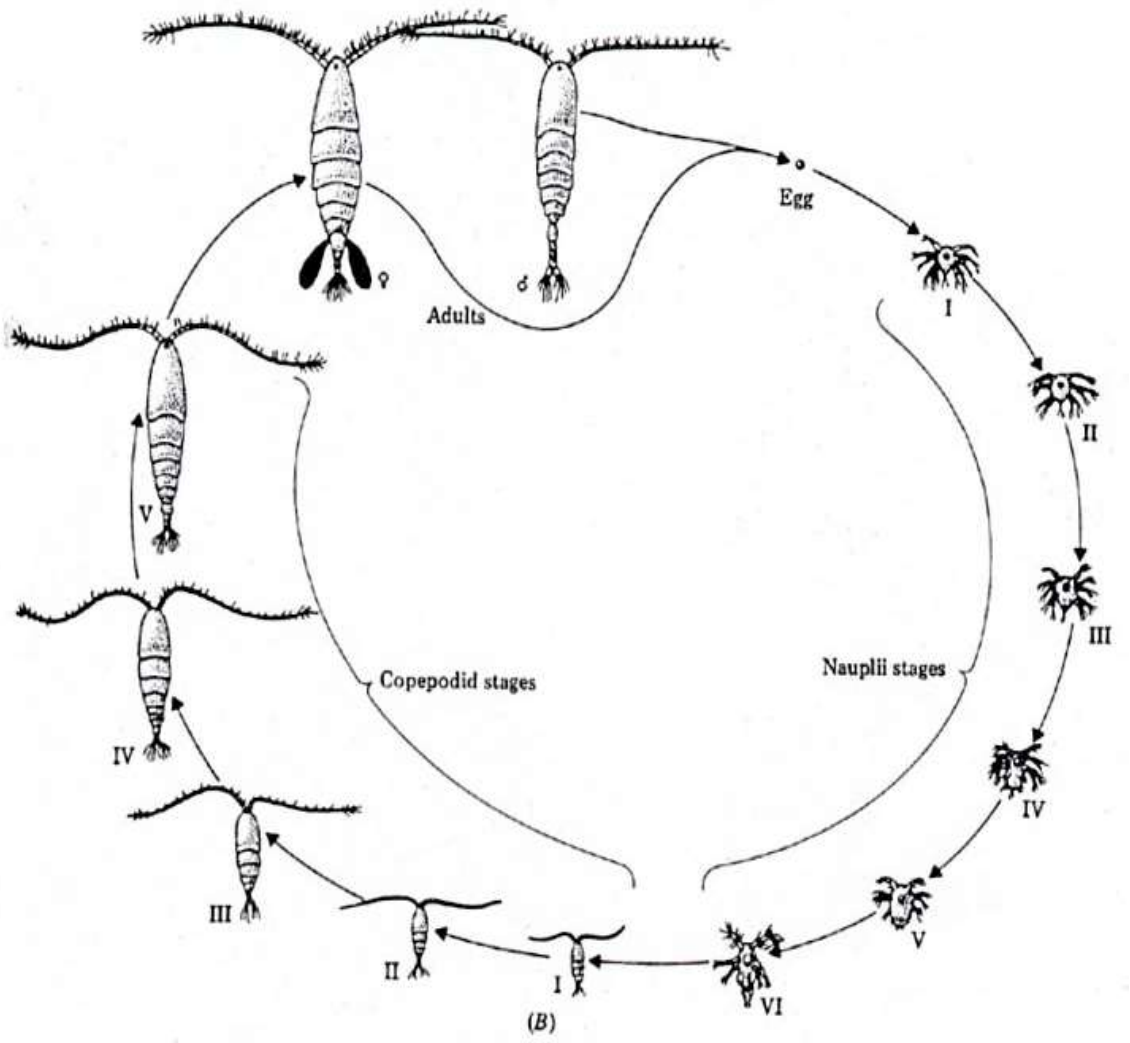
Habitat	Net Primary Production ($g\ C/m^2/yr$)
Open Ocean	50
Continental Shelf	360
Seagrass Beds	1000
Estuaries	1800
Lakes & Streams	500
Upwelling	250
Coral Reefs	2000
Mangrove swamp	500
Kelp bed	1900

ثانيا : الإنتاجية الثانوية للهائمات الحيوانية Secondary productivity of zooplankton

الأحياء اللا ذاتية التغذية أو الأحياء متباينة التغذية ومنها الهائمات الحيوانية تعيش على الطاقة المتبقية بصورة صافي الإنتاجية الأولية بعد استيفاء الجزء الخاص بتنفس الأحياء ذاتية التغذية من الإنتاجية الأولية الكلية ، لذا فأن **الإنتاجية الثانوية** تمثل معدلات خزن الطاقة في الأحياء اللا ذاتية التغذية أو الأحياء متباينة التغذية .

طرق قياس الإنتاجية الثانوية للهائمات الحيوانية :

الإنتاجية الثانوية للهائمات الحيوانية من الدراسات الصعبة وتحتاج الى جهود كبيرة ، نظرا لصغر حجم الأحياء وصعوبة التعرف على الأطوار المتعاقبة التي تمر بها هذه الأحياء الصغيرة ، كما هي الحال في مجذافية الأقدام (شكل ٢٨) ، على عكس الأحياء السابحة الكبيرة كالأسماك مثلا .



شكل ٢٨ : الأطوار اليرقية ودورة الحياة في مجذافية الأقدام

وبشكل عام تقاس الإنتاجية الثانوية للهائمات الحيوانية بثلاث طرق ، وكما يلي :-

١ـ طريقة الزيادات في معدل الوزن Growth increment methods :

يتم في هذه الطريقة حساب إنتاجية المجاميع العمرية المختلفة كلا على حدة لنوع محدد من الهائمات الحيوانية ، عن طريق حساب الزيادات في معدل وزن الأفراد في كل مجموعة عمرية ، وكما يلي :-

$$P = \sum_{t=0}^{t=n} \frac{N_t + N_{t+1}}{2} \Delta W$$

حيث P : الإنتاجية الثانوية .

N : معدل أعداد المجموعة في أوقات محددة (أي الزمن t والزمن t+1) .

ΔW : معدل التغير في وزن المجموعة بين عينيتين متلاحقتين .

٢ـ طريقة معدل النمو Growth rate method :

يتم في هذه الطريقة حساب إنتاجية نوع محدد من الهائمات الحيوانية دون فصل المجاميع العمرية المختلفة ، لذا تتطلب الطريقة المعرفة المسبقة بمعدل نمو كل مجموعة عمرية من هذا النوع ، وكما يلي :-

$$P = \sum_{i=0}^{i=n} Ni\ Wi\ Gi\ \Delta t$$

حيث Ni : معدل عدد الأفراد في المجموعة العمرية (i) في الفترة Δt

Wi : معدل وزن الأفراد في المجموعة العمرية (i) في الفترة Δt

Gi : معدل النمو الخاص بكل مجموعة عمرية ، وهي نسبة الزيادة او النقصان في الجماعة السكانية في وقت محدد ، ويحسب وفق المعادلة التالية :

$$G = \frac{\ln N_{t2} - \ln N_{t1}}{\Delta t}$$

٣ـ طريقة الزيادة بالوفيات Mortality increment method :

ويتم في هذه الطريقة حساب الكتلة الحياتية المستنفذة (E) لمجموعة عمرية معينة من نوع محدد من الهائمات الحيوانية من مساحات محددة من البيئة ، وكما يلي :-

$$E = \sum_{t=0}^{t=n} (N_t - N_{t+1}) \frac{(W_1 + W_2)}{2}$$