**المختبر العاشر**

# قياس الانتاجية الاولية

Estimation of primary productivity

ينقسم الانتاج الحيوي الى:

(1) (**Primary productivity**) **الانتاجية الاولية** وفيها تتحول الطاقة الشمسية الى طاقة كيمياوية فضلا عن الطاقة الحرارية.

(2) (**Secondary productivity**) **الانتاجية الثانوية** وفيها تتحول الطاقة الكيمياوية الى طاقة كيمياوية اخرى كطاقة متمثلة او كفضلات . في الحالة الاولى تتحول الطاقة الكيمياوية الى طاقة كيمياوية اخرى (النمو) او طاقة حرارية (التنفس) .

ويتبين من هذه الحقائق ان كتلة المنتج يجب ان تزيد دائما عن كتلة المستهلك الاولي والتي تزيد كتلتها عن المستهلك الثانوي اخذين بنظر الاعتبار ان الكتلة هي احدى الوسائل للتعبير عن الطاقة التي ينطبق عليها قانون نيوتن الثاني .
ان من اهم عمليات البناء الكيمياوي في البيئة هي مايتبين ادناه بصورة مبسطة :

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + O_2$$

وهذه هي معادلة البناء الضوئي والتي هي النبع الرئيس للحياة من حيث تمثل العملية والقدرة الانتاجية الاساسية لجميع النظم البيئية المحتوية على النباتات الخضر والطحالب والهائمات النباتية كما هي الوسيلة التي بواسطتها تتحول الطاقة الضوئية الى الطاقة الكيمياوية للمركبات المختلفة .

وتعرف الانتاجية الاولية للهائمات النباتية بانها **مقدار تمثيل ضوء الشمس بواسطة الهائمات النباتية خلال عملية البناء الضوئي في وحدة زمنية معينة (او وحدة مساحة او وحدة حجم).**

وبجملة اخرى **(( المعدل الذي يتم فيه خزن الطاقة في الهائمات النباتية على شكل مواد عضوية بواسطة عملية البناء الضوئي))**

وبصورة عامة يمكن تقسيم الانتاجية الى مايلي :

**1- الانتاجية الاولية(Primary Productivity (P.P.**

أ- الانتاجية الاجمالية الاولية (Gross Primary Productivity (G.P.P.
ويقصد بها كل المادة العضوية المنتجة او الطاقة المخزونة مضافا اليها المستهلك خلال عملية التنفس.

ب- الانتاجية الصافية الاولية (Net Primary Productivity (N.P.P.
ويقصد بها كل المادة العضوية المنتجة او الطاقة المخزونة فقط.

في بعض المستويات من المسطحات المائية يتساوى كلا الإنتاجيتين الإجمالية والصافية ولا يوجد مخزون بل كلها تستهلك وتدعى هذه بالنقطة الحرجة Compensation point وفي هذا المستوى لا تحصل عمليات نمو او تكاثر للهائمات بل إنتاجية من اجل البقاء فقط.

**2- الإنتاجية الثانوية (Secondary Productivity (S.P.**

أ- الإنتاجية الإجمالية الثانوية (Gross Secondary Productivity (G.S.P.
ب- الإنتاجية الصافية الثانوية (Net Secondary Productivity (N.S.P.

## طرق قياس الإنتاجية الأولية:

هنالك عدة طرق لقياس الإنتاجية الأولية تعتمد على التفاعل البايوكيميائي للتركيب الضوئي المذكور اعلاه

## أ – قياس التغير في تركيز الأوكسجين المذاب

تعد هذه الطريقة اكثر ملائمة للبيئات الغنية Eutrophic, فحسب معادلة البناء الضوئي هناك علاقة مباشرة بين كمية غاز ثنائي اوكسيد الكاربون المستعمل في بناء الكاربوهيدرات وبين غاز الاوكسجين المتكون كناتج عرضي من هذه العملية, ولذلك تعتمد هذه الطريقة على قياس معدل التغير في كمية الاوكسجين خلال فترة القياس.
وتتضمن الطريقة الخطوات التالية:

**العمل الحقلي:**

1- تملاء ثلاث قناني ونكلر (250 مل ) من العمق المطلوب قياس الانتاجية الاولية له على ان تكون واحدة شفافه Light Bottle (LB) و واحده معتمة Dark Bottle (DB) ثم تحضن في الحقل بنفس العمق وتعلق بواسطة طوافات, والحضن يكون لمدة زمنية محددة من 2-6 ساعات اعتمادا" على إنتاجية المسطح المائي.

2- تثبت القنينة الاولى مباشرة اما القنينتين الاخريين (الشفافة والمعتمة ) فتثبت بعد انتهاء فترة الحضن حيث يتم تثبيت الاوكسجين فيها حسب طريقة ونكلر والتي تتضمن

أ- اضافة 2 مل من كبريتات المنغنيز $MnSO_4$ ثم يضاف 2 مل من الايودين الازايدي القاعدي ثم نقوم بغلق القنينة ورجها الى ان نحصل على محلول متجانس اللون وعادة يكون ضبابي

ب-تترك القناني مستقرة بدون تحريك لغرض الترسيب حيث سيتكون راسب يتراوح حجمة من ثلث الى ربع القنينة.

ت-نضيف الان 2 مل من حامض الكبريتيك المركز $H_2SO_4$ لاذابة الراسب ثم نقوم برج القنينة مرة اخرى الى ان نحصل على لون متجانس اصفر الى برتقالي (يمكن خزن هذه العينة لمدة 3 ايام كحد اقصى قبل التسحيح بوضعها في الثلاجة).

**العمل المختبري:**

ث- في المختبر نقوم بأخذ 100 مل من العينة المثبتة وتسحح ضد محلول ثايوسلفات الصوديوم $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ذو عيارة 0.0125 N الى ان يتغير اللون ويصبح اصفر باهت بعد ذلك نضيف 1 مل او قطرات من كاشف النشاء ونستمر بالتسحيح الى اختفاء اللون الازرق ويصبح المحلول عديم اللون وهي نقطة نهاية التفاعل وعندها نسجل حجم الثايوسلفات النازل من السحاحة.

ان ما يحصل في القناني الشفافة خلال فترة الحضن هو بناء ضوئي وتنفس في آن واحد, اما ما يحصل في القناني المعتمة هو عملية تنفس فقط.

ج- نقوم بعدها باجراء الحسابات

C1: تركيز الاوكسجين الابتدائي في البيئة قبل حضن القناني.

C2: تركيز الاوكسجين في القناني المعتمة Dark bottle DO بعد حضن القناني.

C3: تركيز الاوكسجين في القناني الشفافة Light bottle DO بعد حضن القناني.

الانتاج الصافي Net photosynthesis (NP) = C3 – C1

التنفس Respiratory activity (RA) = C1 – C2

الانتاج الكلي Gross photosynthesis (GP) = NP + RA = C3 + C2

$$mg\ C\ /m^3\ /\ hr\ =\ mg\ O_2/l\ \ X\ \frac{12}{32}\ \ X1000$$

يستخدم المعامل $\frac{12}{32}$ لغرض تحويل الأوكسجين إلى كاربون على افتراض إن ذرة كاربون واحدة يتم امتصاصها لكل جزيئة اوكسجين تتحرر.

**مساوئ الطريقة:**

تتضمن هذه الطريقة استخدام طريقة ونكلر لتقدير تركيز الاوكسجين المذاب في الماء, والطريقة بصورة عامة فيها بعض المساوئ, ومن اهمها:

1- تكون هذه الطريقة غير دقيقة في البيئات ذات التراكيز الواطئة من الاوكسجين.
2- فترات الحضن الطويلة قد تؤذي الخلايا.
3- احتمالية النمو البكتيري خلال فترة الحضن.
4- احتمالية الاخطاء المختبرية وخاصة خلال عملية التسحيح وتحديد نقطة النهاية.

## ب- قياس التغير في الكاربون المشع $C^{14}$

وهذه الطريقة جيدة للبيئات الفقيرة Oligotrophic, ويتم فيها استخدام القناني الشفافة والمعتمة ايضا, ولكن الحضن يكون في المختبر في ظروف مشابهه للظروف البيئية في الحقل.

وتتلخص الطريقة بالتالي:

1- تجمع العينة من المسطح المائي.
2- يتم قياس تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في العينات قبل الحضن.
3- تزود العينة بمصدر كاربوني مشع من النوع $C^{14}$ وعادة يضاف كاربونات او البيكاربونات $Na_2C^{14}O_3$ او $NaHC^{14}O_3$ الى كلا القناني الشفافة والمعتمة
4- تحضن العينة في حاضنة مضاءة وبدرجة حرارة معينة.
5- بعد الحضن يتم متابعة التغير في كمية $C^{14}$ اما بمتابعة كميتة في الوسط او كميتة في جسم الهائمات والذي يكون بشكل كلوكوز $C_6H_{12}O_6$ حيث يتم قياس النشاط الاشعاعي بواسطة اجهزة خاصة.

**مساوئ الطريقة:**

تعد هذه الطريقة من اكثر الطرق دقة وحساسية من الطريقة الاولى وخصوصا للمياه قليلة الانتاجية, ولكن هناك بعض المساوئ فيها, ومن اهمها:

1- ان استخدام الاضاءة الصناعية بدلا من الاضاءة الطبيعية خلال الحضن في المختبر قد يكون غير مثالي.
2- استخدام $C^{14}$ $O_2$ بدلا من $C^{12}O_2$ يتطلب معدل تصحيح بسبب الاختلاف في معدل تمثيل كلا منهما.
3- تحرير بعض الكاربون المثبت على هيئة نواتج عرضية الى خارج الخلايا, قد يكون مصدرا للخطأ, كما هي الحال عند حدوث اعاقة ضوئية للخلايا في العينة.

## ج- قياس تركيز كلوروفيل - أ في الماء

من المعروف بانه احد اساسيات عملية البناء الضوئي هي وجود صبغات البناء الضوئي والتي اهما صبغة الكلوروفيل, وبذلك فكل الهائمات النباتية يجب ان تمتلك هذه الصبغة, والتي يمكن من خلالها قياس كمية الكتلة الحية للهائمات النباتية.
وتتلخص الطريقة بالتالي:

1- يرشح لتر واحد من عينة الماء باستخدام جهاز الترشيح بواسطة ورق ترشيح نوع GF/C وقبل الانتهاء من عملية الترشيح تضاف بضع قطرات من عالق كاربونات المغنيسيوم (1غم من مسحوق $MgCo_3$ يذاب في 100مل ماء مقطر ) لجعل ورقة الترشيح غير حامضية ثم تنقل ورقة الترشيح الى انبوبة اختبار يمكن غلقها وحفظها في الظلام مجمدة.

2- عند القياس تؤخذ ورقة الترشيح وتترك في درجة حرارة الغرفة لمدة 5 دقائق ثم تطحن الورقة بطاحن يدوي زجاجي مع 4-6 مل تقريبا من الاسيتون 90% ثم ينقل المستخلص الى انبوبة اختبار ويشطف اناء الطحن بحوالي 4 مل من الاسيتون 90%ويضاف الى انبوبة الاختبار ثم يجرى الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة وبسرعة 3000 دورة/ دقيقة ويكمل حجم الاسيتون المحتوي على الصبغة الى 10مل.

3- وتقاس الكثافة الضوئية في جهاز المطياف الضوئي على طول موجي 664 ، 750 نانوميتر باستعمال خلية ضوئية مصنعة من مادة الكوارتز ذات طول 4 سم بعد ذلك تضاف قطرة من حامض الهيدروكلوريك 1N الى المستخلص وتترك لفترة 10 دقائق وتعاد قراءة الكثافة الضوئية على الاطوال الموجية 665 ، 750 نانوميتر ويستعمل الاسيتون 90% مرجعا Blank .

تحسب تراكيز الكلوروفيل- أ والفايوفايتين -أ- بالاعتماد على معادلات Lorenzens´ Equation

$$\textbf{Chlorophyll } a \textbf{ (mg/m}^3\textbf{)} = \frac{\textbf{26.7(664b – 665a)} * \textbf{V1}}{\textbf{V2} * \textbf{L}}$$

$$\textbf{Phaeophytin } a \textbf{ (mg/m}^3\textbf{)} = \frac{\textbf{26.7[1.7(665a– 664b)} * \textbf{V1}}{\textbf{V2} * \textbf{L}}$$

Where:
V1 :Volume of acetone used for extraction (ml).
V2 :Volume of water sample (L).
L : Light path length or width for cuvette (cm).
664b : Optical density of 90% acetone extract before acidification.
665a : Optical density of 90% acetone extract after acidification.

او المعادلات:

Mg chla . a per sample = 11.9[2.43(Db-Da)][V/L]

Mg phae . a per sample = 11.9(V/L)(1.7 Da) - chla.a

chla .a = الكلوروفيل -أ-

phae . a = والفايوفايتين -أ-

Da = الكثافة الضوئية لمستخلص الكلوروفيل بعد اضافة الحامض

Db = الكثافة الضوئية لمستخلص الكلوروفيل قبل اضافة الحامض

N = حجم الاسيتون المستخدم للاستخلاص بـ المل

L = طول الخلية المستخدمة بـ سم.

ويتم التعبير عن الناتج بـ ملغم/ م$^3$.

وبتطبيق المعادلة التالية يتم الحصول على الكتلة الحيوية للهائمات:

$$\text{Phytoplankton biomass } (mg/m^3) = \text{Chlorophyll a} * 67$$

وبذلك يمكن الربط بين أن تركيز الكلوروفيل وعملية البناء الضوئي والكتلة الحيوية للهائمات النباتية.

هذه التقنية لديها بعض المساوئ منها:

1- أن تركيز الكلوروفيل يختلف مع اختلاف أنواع الهائمات النباتية , بل وحتى داخل خلايا نفس النوع, اعتماداً على نشاطها وموقعها ضمن عمود الماء.
2- وكذلك فأن لوقت جمع العينات تأثير على القياس.
3- وقد تؤدي تقنية الاستخلاص المختبرية إلى التأثيرعلى كمية الكلوروفيل او تعمل الطرق غير المناسبة للاستخلاص التى تحطيم الكلوروفيل بفعل المواد الكيمياوية, وسرعة تحطم الكلوروفيل المستخلص عند تعرضة للضوء.