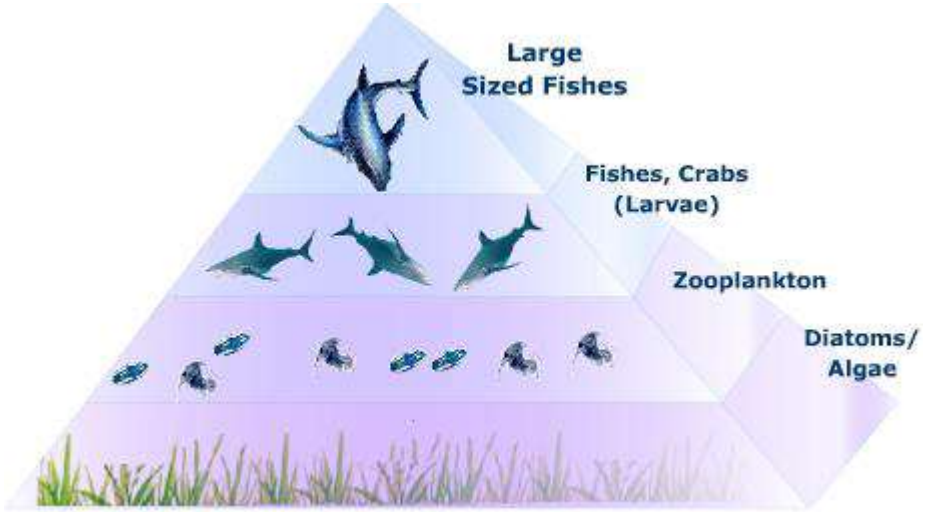
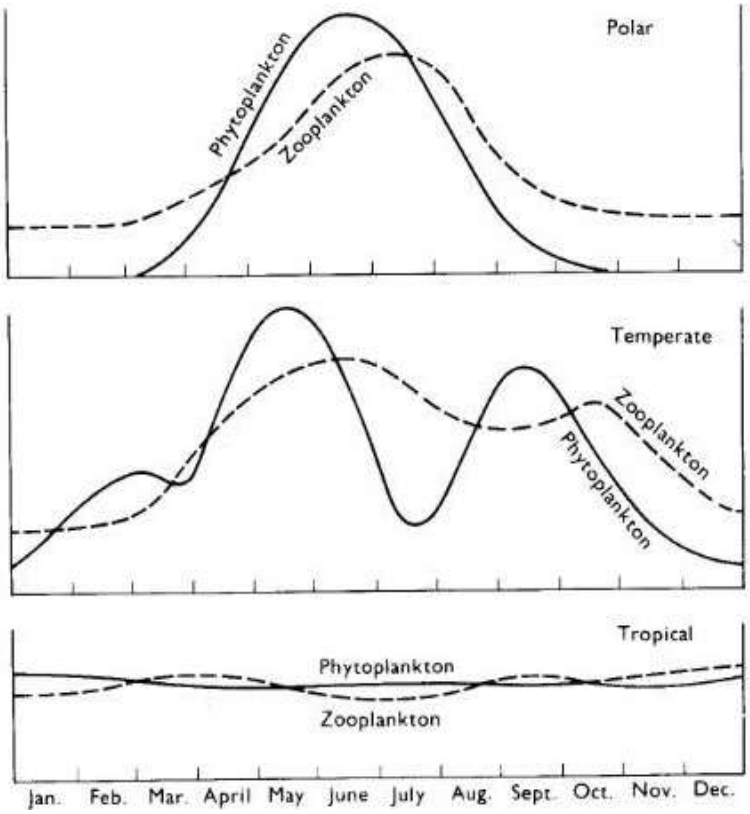
العلاقة بين الهائمات النباتية والحيوانية

تحتل الهائمات النباتية القاعدة في هرم علاقات الإنتاج في البيئة المائية والتي تمثل المساحة الأكبر من الإنتاج في هذه البيئة ، تليها في الأعلى الهائمات الحيوانية التي تحتل مساحة أقل من مساحة الهائمات النباتية . أما الأحياء القاعية والسابحة فهي الأقل وتحتل قمة الهرم (شكل ١٨للاطلاع فقط) .



شكل ١٨ (للاطلاع فقط): هرم الكتلة الحية في البيئة المائية

لذا يعتقد بشكل عام أن وفرة الهائمات الحيوانية تعتمد على وفرة الهائمات النباتية ، إلا أن أشكال التباين الفصلي لتوزيع الكتلة الحية للمجموعتين في البيئة البحرية في المناطق المدارية المختلفة ، يشير الى وجود تفاوت زمني في الزيادات الفصلية للهائمات الحيوانية عنها في الهائمات النباتية (شكل ١٩) .



شكل ١٩: التباين الفصلي في توزيع الكتلة الحية للهائمات النباتية والحيوانية على النطاق العالمي

وتبعا لذلك وضعت عدد من الفرضيات الأساسية التالية لتفسير هذا الشكل المتفاوت من الزيادات الفصلية للمجموعتين في البيئة البحرية ، وكما يلي :

١- فرضية الرعي Grazing theory :

عندما تكون وفرة الهائمات الحيوانية في مكان ما عالية في البداية ، فأن استهلاكها للهائمات النباتية يكون بمعدل عالي يمنع الهائمات النباتية من تحقيق وفرة عالية ، بينما تتوفر الفرصة للهائمات النباتية لتحقيق إنتاجية عالية في المنطقة التي تكون فيها وفرتها هي العالية في البداية .

٢- فرضية إقصاء الهائمات الحيوانية Animal exclusion theory :

عندما تكون وفرة الهائمات النباتية عالية في موقع ما ، فأن الهائمات الحيوانية خلال هجرتها العمودية اليومية ستجد نفسها واقعة تحت كتلة كثيفة من الهائمات النباتية ، تعيقها من الوصول الى سطح الماء مرة أخرى . ويعتقد أن ما يمنعها من ذلك ربما عوامل فيزياوية أو كيمياوية ، إذ يكون من الصعب على الحيوانات أن تجد طريقها بسبب تقارب خلايا الهائمات النباتية من بعضها بشكل كبير . وبغض النظر عن الطريقة التي يتم فيها إبعاد الهائمات الحيوانية ، فأن التيارات في الأعماق الأوطأ التي تتواجد فيها الهائمات الحيوانية سوف تكون مختلفة عما موجود في السطح ، وبالتالي فأن الهائمات الحيوانية ستكون تلقائيا في موقع أخر بعيد عن كتلة الهائمات النباتية ، قد يمكنها فيه الصعود الى السطح بدون إعاقة ، مما ينشأ عن ذلك تباين موقعي واضح .

٣- فرضية النمو المتباين Differential growth rate :

أن دورات حياة الهائمات النباتية هي أقصر كثيرا بالمقارنة مع الهائمات الحيوانية ، وبالتالي فهي يمكن أن تزيد أعدادها وتحقق زيادة واضحة . الهائمات الحيوانية تعيش على الهائمات النباتية ، ولكن دورات حياتها أطول ، لذا فهي تمتد الى ما بعد الزيادة في أعداد الهائمات النباتية لكي تظهر بزيادة واضحة . وخلال هذا التفاوت الزمني ، فأن التيارات قد تعمل على نقل الهائمات النباتية والحيوانية بعيدا عن موقعها الأصلي ، أي فصل المجموعتين ونشوء تباين موقعي في التوزيع .

الفرضيات أعلاه قد تكون مقبولة فقط في البيئة البحرية . أما في بيئة المياه العذبة ، فأن التفاوت الزمني الموجود في الزيادات الفصلية ما بين الكتلة الحية للهائمات النباتية والحيوانية قد يعزى الى التفاوت الموجود في معدلات التكاثر في المجموعتين ، نظرا لصغر حجم الأجسام المائية وافتقارها الى نظم التيارات الشاملة بالمقارنة مع البيئة البحرية ، كما أن تغذية الهائمات الحيوانية فيها لا تعتمد على الهائمات النباتية فقط وإنما أيضا على الفتات العضوي الناتج عن أجسام الأحياء النباتية والحيوانية المتحللة في هذه البيئة الضحلة عادة .

تكيفات الهائمات Adaptations of plankton

١- تكيفات الهائمات لغرض الطفو : الطفو في الهائمات يرتبط بمحصلة قوة الجذب الناتجة عن الفرق بين وزن الجسم ووزن الماء ، وكما يلي :

$$F = gv\,(p - \bar{p})$$

حيث : F = محصلة الجذب

g = التعجيل الأرضي

v = حجم الخلية

p = كثافة الكائن الحي

$\bar{p}$ = كثافة الوسط

$(p - \bar{p})$ = فارق الكثافة

وبما أن غالبية الهائمات تمتلك جدران ثقيلة بعض الشيء ، مثل السليكا وكاربونات الكاليسيوم والسليلوز ، لذا فأن كثافة الخلايا سواء في المياه البحرية أو العذبة هي أكبر فعليا من كثافة الوسط وهي معرضة للغرق ، فهي تواجه طفو سالب ($p > \bar{p}$) ولابد من وجود موازنة لهذا الفرق لغرض بقائها طافية .

ومن الوسائل المستخدمة لغرض الطفو في الهائمات ، هناك ما يلي :

١- التحورات المظهرية والتركيبية :

أولا : صغر حجم الجسم وخفة وزن الغلاف الخارجي للجسم .

ثانيا : شكل الجسم والزوائد الملحقة (لغرض زيادة نسبة المساحة السطحية الى الحجم) ، **مثال :**

١- أشكال مثانية ، مثال الجنس ***Coscinodiscus***

٢- أشكال أبرية ، مثال الجنس ***Rhizosolenia***

٣- أشكال مكونة للصفائح الطافية ، مثال الجنس ***Bacillaria***

٤- أشكال مكونة للمستعمرات ، مثال الجنس ***Volvox*** والحنس ***Phaeocystis***

٥- امتلاك زوائد شعرية أو شوكية ، مثال الجنس ***Ceratium*** والحنس ***Chaetoceros***

ثالثا : أمتلاك وسائل حركة موضعية بسيطة ، مثال :

١- الأهداب والأقدام الكاذبة ، كما في الأبتدائيات .

٢- تحور الأقدام الى زعانف سباحة ، كما في بطنية القدم من النواعم .

٣- الصفائح المشطية ، كما في المشطيات .

٤- تحور القدم الى دفة للتوجيه ، كما في الدولابيات .

٥- تخصص اللواحق ، كما في القشريات وخاصة أقدام المشي وأقدام السباحة ، وقد يحتوي بعضها على مروحة ذنبية لغرض السباحة ، كما في صنف ناعمة الدروع Malacostraca .

٦- في هلبية الفك ، الجسم نحيف والذنب هو عضو السباحة والزعانف تعمل كأعضاء موازنة .

٧- في ذيلية الحبل ، يعمل الذنب كعضو سباحة .

٢- التحورات الفسلجية :

١- زيادة الفجوات الغازية في البروتوبلازم : كما هي الحال مجموعة الطحالب الخضر - المزرقة وطحالب السوطيات الدوارة المسببة لظاهرة المد الأحمر في البيئة البحرية . والفجوات الغازية ، هي فراغات مليئة بالغاز ويحيط بها السايتوبلازم . مكونات الغاز داخل الفجوة تشابه ما موجود في الماء ومكونة من النايتروجين المخلوط مع الأركون والأوكسجين .

٢- خزن الزيوت : كما هي الحال في العديد من الطحالب ، مثال الطحالب العصوية والسوطيات الدوارة ، وكذلك في بعض القشريات ، مثل مجذافية الأقدام وكذلك في بيوض الأسماك .

٣- زيادة المحتوى المائي للجسم : كما هي الحال في الهائمات الحيوانية من جوفية المعي والمشطيات ، إذ يشكل الماء نسبة مقدارها ٩٦,٦ % من وزن الجسم .

٤- التكوين الأيوني للفجوة العصارية : وكمثال ، لوحظ أن الطفو المتعادل في الدايتومات البحرية يتحقق الى حد كبير بواسطة الامتصاص الانتخابي للأيونات الأحادية التكافؤ (الصوديوم ، البوتاسيوم ، الأمونيا) مع المحافظة على أوطأ تركيز للأيونات الثنائية التكافؤ ، بينما وجد أن التكوين الأيوني للفجوة العصارية في الخلايا الميتة يكون متوازن مع ماء البحر ، لذا يتحقق الطفو السالب ثم الغرق .

٢- تكيفات الهائمات للحماية من الأعداء :

أولا : التكاثر الواسع .

ثانيا : أمتلاك الزوائد والأشواك ، يعطي أشكال غير مرغوبة ، مثال الجنس ***Chaetoceros*** **.**

ثالثا : أمتلاك أجسام شفافة ، مثال الجنس ***Lucifer*** **.**

رابعا : البعض يكون بلون الماء ، مثال الجنس ***Acartia*** **.**

خامسا : البعض يفرز السموم ، بمثال جوفية المعي .

سادسا : البعض يستخدم الإضاءة البايولوجية وخاصة في البيئة البحرية ، مثال الجنس ***Noctiluca*** .

٣- تكيفات الهائمات لمواجهة حركة المياه والظروف غير الملائمة :

الهائمات الحيوانية التي تعيش في المصبات والأنهار ، تكون مجبرة على التأقلم مع سرعة تيار الماء ، وتشمل التكيفات التي حدثت لها ما يلي :

أولا : الهجرة العمودية خلال عمود الماء .

ثانيا : تكوين الأطوار الساكنة Resting stages ، وهو ما يعتبر أيضا تكيف لمواجهة الظروف غير الملائمة ، كما هو معروف في مجموعة الدولابيات التي تكوّن بيوض ساكنة لمواجهة الجفاف والبرودة وكذلك الدايتومات التي تكوّن سبورات تنمو لاحقا عند ملائمة الظروف لها .

التغذية في الهائمات

تقسم الهائمات على أساس التغذية الى مجموعتين رئيسيتين هما الهائمات النباتية والهائمات الحيوانية :

أولا : التغذية في الهائمات النباتية الهائمات النباتية هي مجموعة ذاتية التغذية بالاعتماد على عملية البناء الضوئي . ويعتبر الضوء والحاجة للبقاء في الموقع الذي يوفر الإضاءة الكافية هو العامل المحدد الوحيد الذي يمكن أن تتأثر فيه عملية البناء الضوئي للهائمات النباتية ، نظرا لأن الماء وغاز ثاني أوكسيد الكاربون هما عاملان غير محددان لهذه العملية في البيئة المائية . أما الفعاليات الأيضية في الهائمات النباتية (النمو والتكاثر) ، فتتأثر بالعديد من العوامل البيئية ومن أهمها الأملاح المغذية ودرجة الحرارة .

الضوء :

هناك أربعة جوانب يجب أخذها بنظر الاعتبار فيما يخص الضوء في البيئة المائية :

١- الوسائل التي تستخدمها الهائمات النباتية في استغلال الطاقة الضوئية .

٢- شدة الضوء الساقط .

٣- التحولات الآنية في الضوء عند انتقاله من الهواء الى الماء .

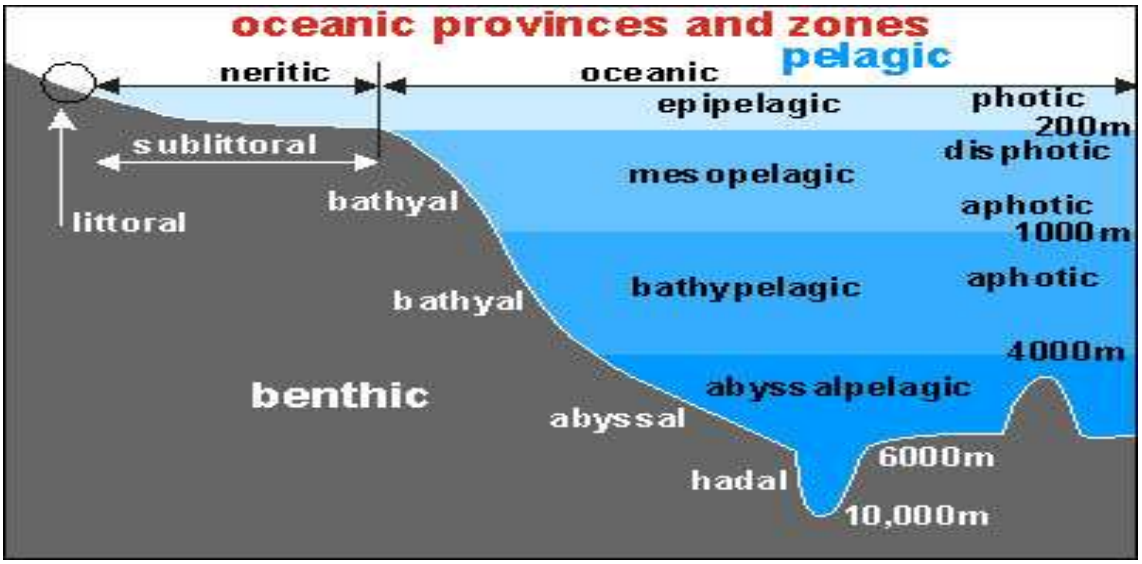
٤- نفاذية الضوء وتحولاته اللاحقة .

البلاستيدة في خلية الهائمات النباتية هي العضي الذي يمكنه أنتاج المادة العضوية والطاقة ، إذ تستلم الضوء وتستغل طاقته لتحويل غاز ثاني أوكسيد الكاربون الى كاربوهيدرات . أن شكل وموقع البلاستيدات في الهائمات النباتية ، يوفر عادة أعلى أمتصاص ممكن للضوء واعلى أنتاج للكاربوهيدرات نسبة لحجم الجسم ، ويتم ذلك من خلال توفير أكبر مساحة سطحية معرضة للإضاءة نسبة لحجم الجسم .

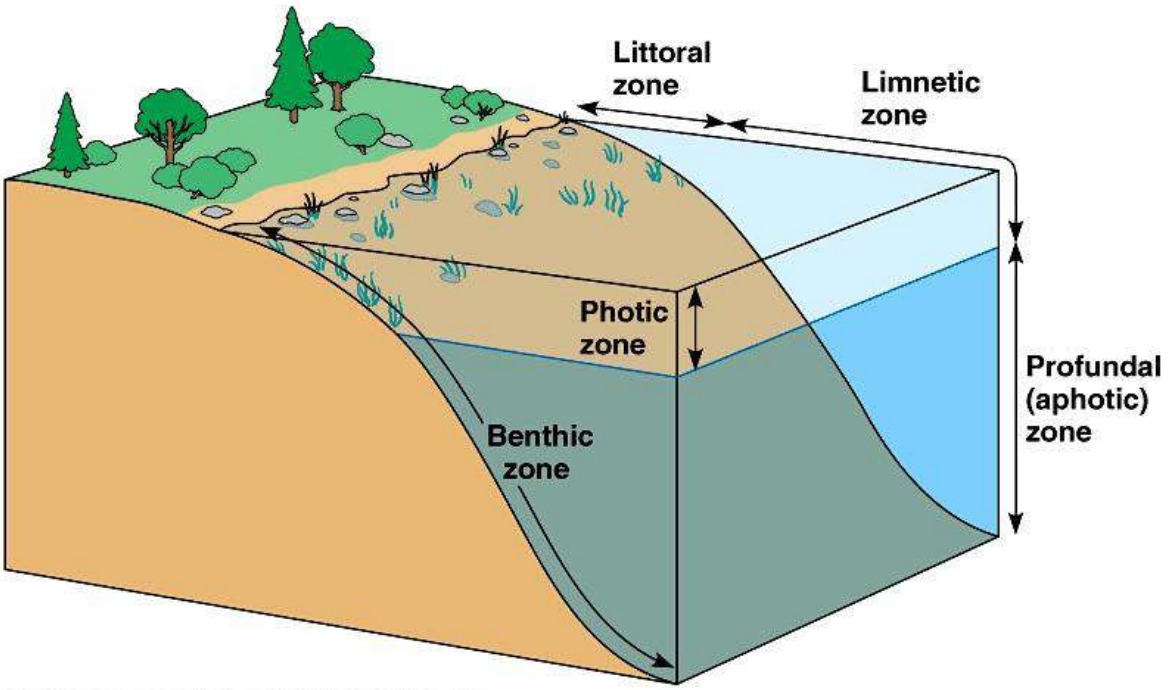
الكلوروفيل - أ ، هي الصبغة الوحيدة المشتركة في كل الهائمات النباتية ، كما أن هناك صبغات أخرى هي كلوروفيل ب ، ج١ ، ج٢ . الأولى موجودة فقط في الهائمات الحاوية على البلاستيدات الخضراء والثانية موجودة في الهائمات الحاوية على البلاستيدات البنية والثالثة موجودة فقط في الطحالب الصفر.وكذلك هناك صبغات مساعدة هي الكاروتينات والزانثوفيلات التي تعطي ألوان بنية أو بنية صفراء لبعض البلاستيدات ، وذلك تبعا للتباين في سيادة أيا منها .

الكلوروفيل -أ ، هي الصبغة الأساسية الداخلة في عملية البناء الضوئي وهي الطريق الوحيد الذي يمكن من خلاله تحويل الضوء الممتص الى طاقة ضوئية ، بينما تكون الصبغات الأخرى ثانوية وتعمل بطريقة أخرى والتي قد تكون امتصاص الضوء من أطوال موجية معينة ثم تحويل ذلك الى صبغة الكلوروفيل .

شدة الضوء الساقط ، تختلف موقعيا ويوميا وفصليا .وهي تتعرض في الماء الى اضمحلال تدريجي مع العمق ، بسبب الامتصاص من قبل الماء والمواد العالقة وكذلك الى الانعكاس من قبل المواد العالقة ومن ضمنها الهائمات . وفي كلا البيئتين البحرية والعذبة ، هناك ثلاث مناطق عمودية بالنسبة للضوء (الشكل٢٠ والشكل ٢١ ، للأطلاع فقط) :



شكل ٢٠ (للأطلاع فقط) : المناطق العمودية للضوء في البيئة البحرية



شكل ٢١ (للأطلاع فقط) : المناطق العمودية للضوء في بيئة المياه العذبة

١- المنطقة المضيئة Photic zone : وهي ذات أضاءة كافية لعملية البناء الضوئي .

٢- المنطقة البينية Dysphotic zone : وهي مظلمة نوعا ما .

٣-المنطقة المظلمة Aphotic zone : وهي مظلمة وخالية من الهائمات النباتية .

أن عمق هذه المناطق يعتمد على الموقع المداري تبعا لخطوط العرض وعلى الفصل وعلى الظروف المحلية كالقرب أو البعد عن مصادر الأنهار ودرجة المواد العالقة فيها .

قياس شدة الضوء في الأعماق المختلفة يسجل ، أما بواسطة وحدات الطاقة ($J\ cm^{-2}\ s^{-2}$) أو بوحدات الإضاءة (Lux) ، والطريقة الأولى هي أكثر دقة من الطريقة الثانية ، نظرا لأن اضمحلال الضوء مع العمق يكون بسبب الامتصاص والانعكاس الانتخابي للأطوال الموجية المختلفة ، بينما تعبر أجهزة Lux meter (شكل ٢٢ للأطلاع فقط) عن شدة الإضاءة الكلية فقط .

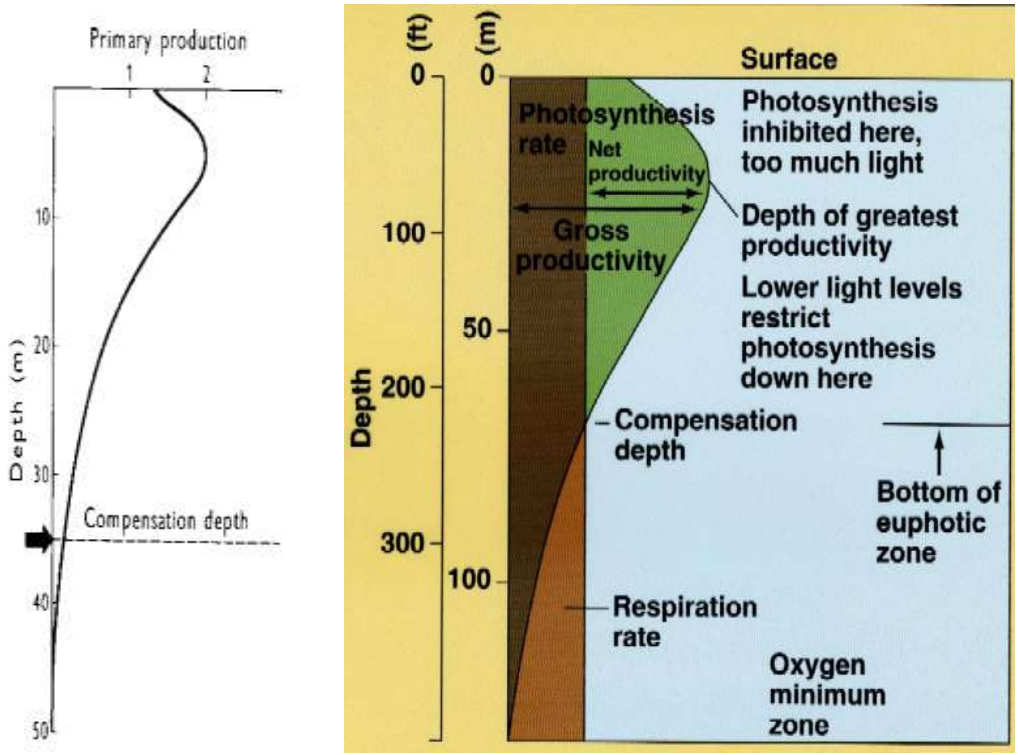
شكل ٢٢ (للأطلاع فقط) : أجهزة قياس شدة اللإضاءة الكلية (lux meter)

القياس العملي لظاهرة اضمحلال الضوء مع العمق يتم بحساب ما يسمى " معامل الإضمحلال " Extinction coefficient (K) للأطوال الموجية المختلفة ، وتحتاج قياسات طاقة الضوء تحت الماء الى أجهزة معقدة ، إلا أن هناك طريقة سريعة لتقدير معامل اضمحلال طاقة الضوء في عمود الماء بأستخدام قرص ساكي Seechi disc (شكل ٢٣، للأطلاع فقط) . وهو قرص قطره ٢٠- ٣٠ سم ، يُنزل الى عمود الماء ويدعى العمق الذي يختفي فيه القرص ثم يظهر مرة أخرى عند رفعه هو" عمق القرص ساكي " محسوب بالمتر Seechi disc depth (d) وهو مقياس لشفافية المياه و يعتقد أنه يمثل ١٦% من الضوء الساقط على سطح الماء ، كما أنه يساعدنا أيضا في حساب معامل الأضمحلال وفقا للمعادلة أدناه :

$$d = \frac{1.7}{K}$$

شكل ٢٣ (للأطلاع فقط) : القرص ساكي

العمق الذي تكون فيه شدة الإضاءة هي ١ % فقط من الإضاءة على السطح ، يدعى " عمق التعويض Compensation depth " وهو العمق الذي يوفر أنتاج أولي مكافئ لمعدل التنفس (شكل ٢٤، للأطلاع فقط) ، ويتراوح هذا العمق في المياه البحرية من ١٠ م في البيئات الساحلية العكرة في المناطق الباردة الى١٢٠ م في المياه النظيفة في البحار الأستوائية.



شكل ٢٤ (للأطلاع فقط) : عمق التعويض Compensation depth

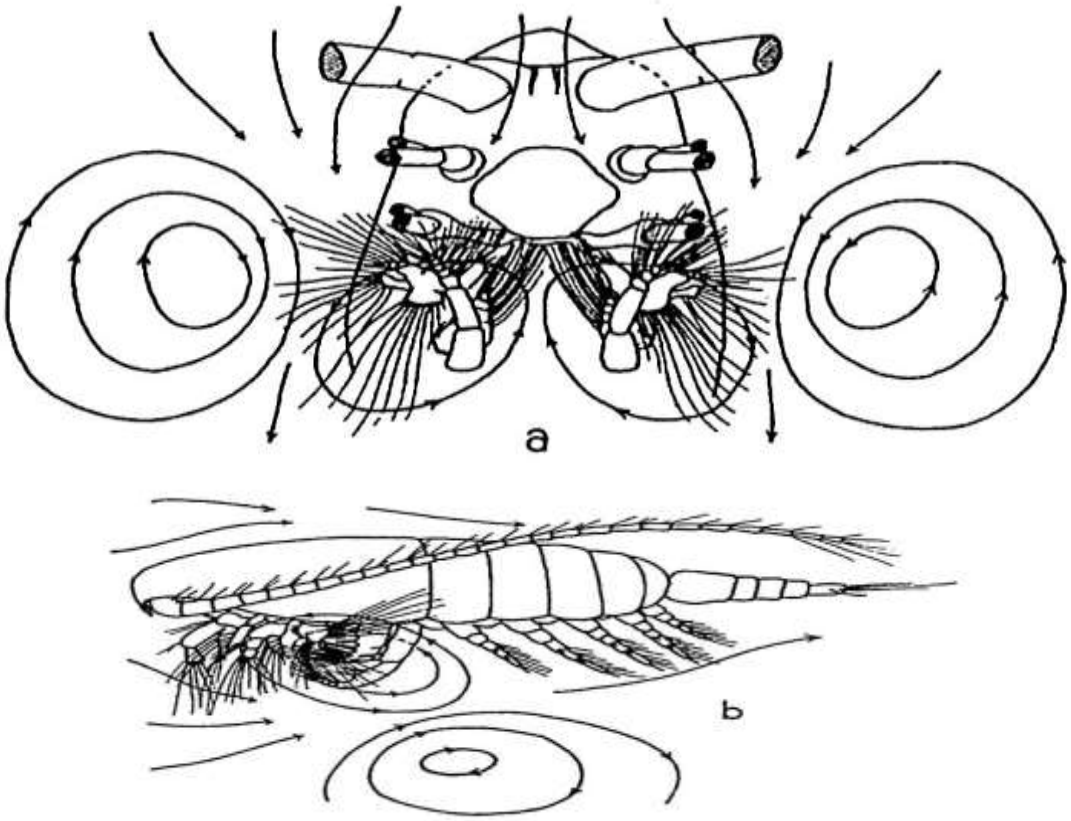
ثانيا : التغذية في الهائمات الحيوانية

تبعا للسلوك في التغذية يمكن تمييز ثلاث أشكال من التغذية في الهائمات الحيوانية :

١- التغذية بالترشيح (المرشحات) Filter feeders

هناك العديد من الهائمات الحيوانية تلتهم الهائمات الأخرى والفتات العضوي وغير العضوي دون تمييز ، بينما القسم الأخر منها يمكنه التمييز بين الغذاء المناسب وغير المناسب . تضم المرشحات هائمات حيوانية مهمة كالقشريات كبعض متفرعة اللوامس ومجذافية الأقدام واليوفاوسيا وكذلك الهائمات من ذيلية الحبل . وفي مجذافية الأقدام ، كمثال يكون الزوج الثاني من الفكوك المساعدة (Mx2) مزودا بالعديد من الأهداب الطويلة الريشية ، ويقوم اللاحقان بتكوين مرشح أشبه بالسلة بينما تقوم اللواحق الأخرى ومنها اللامس الثاني (A2) ، الفكوك القاضمة (M)، الزوج الأول من الفكوك المساعدة (Mx1) وكذلك الأقدام الفكية (Mxp) بحركة سريعة وبمعدل ٦٠٠ مرة في الدقيقة في الجنس *Calanus* مثلا . هذه الحركة مضافا لها حركات السباحة من قبل اللامس الأول (A1) وأقدام السباحة في المنطقة الصدرية ، تقوم بجلب الغذاء الى المصيدة المتكونة من الزوج الثاني من الفكوك المساعدة حيث يتم ترشيح دقائق الغذاء وتمر الى الفم ثم تلتهم (شكل ٢٥، للأطلاع فقط) .

وقد أمكن تمييز أجزاء من الدايتومات والسوطيات الدوارة في محتويات المعدة من مجذافية الأقدام من المرشحات . وقد وجد أن الجنس *Calanus* يمكنه ترشيح حجم من الماء يصل الى ٢٤٠ سم^3 في اليوم الواحد . ومن الأمثلة الأخرى حول المرشحات هو ما موجود في اليرقيات من ذيلية الحبل ، مثال الجنس *Oikopleura* .



شكل ٢٥ (للأطلاع فقط) : التغذية بالترشيح في مجذافية الأقدام ، الجنس *Calanus*

٢- التغذية بالترسيب (المرسبات) Sedimentation feeders

يتكون الغذاء في هذه الحالة أيضا من الهائمات الأخرى والفتات العضوي . وفي هذا النوع من التغذية يتم أحداث تيار ماء بطريقة أو بأخرى ، بحيث أن دقائق الغذاء العالقة تنتقل الى الحيوان ثم تترسب بالقرب من منطقة الفم أو الجوف الجسمي . هذا النوع من التغذية موجود في الأبتدائيات كالبراميسيوم وفي العديد من الدولابيات وفي بعض النواعم ، مثل جناحية الأقدام . تمثل الدولابيات الشكل النموذجي ، إذ يقوم القرص الدولابي بعمل تيارات أو دوامات تجعل الغذاء يترسب على حلقة الأهداب قرب الفم . كما أن للدولابيات القدرة على رفض الأغذية غير المناسبة .

٣- التغذية بالأفتراس (المفترسات) Predators

العديد من الهائمات الحيوانية هي مفترسات ، إذ تمد شبكة من المجسات أو أية وسائل أخرى للبحث عن فرائسها . الفرائس أما تقطع أو تبتلع بالكامل . العديد من الأبتدائيات وهلبية الفك وجوفية المعي وبعض مجذافية الأقدام هي ضمن المفترسات من الهائمات الحيوانية . هلبية الفك ، كمثال مزودة بالأهلاب الشوكية وهي فكوك قوية وتستخدم بكفاءة عالية في مسك الفرائس . وهي تبتلع الفريسة بالكامل ، كما أن قابلية هذه الأحياء على الهضم السريع تعطي فكرة عن التأثير الذي يمكن أن تسببه على بقية الهائمات الحيوانية . أما في مجذافية الأقدام من الجنس *Candacia* مثلا ، فأن الفريسة تقطع الى أجزاء قبل أبتلاعها ، وذلك بأستخدام أجزاء الفم وخاصة الأقدام الفكية والتي تكون قوية ومزودة بأهداب سميكة على عكس كونها أكثر دقة وذات أهداب ناعمة في الأنواع المرشحة .