علم الهائمات Planktology

أ.م.د. نعيم شند حمادي

المحاضرة السادسة

المواد الغذائية المخزونة بالهائمات النباتية (الطحالب) The food stored in Phytoplankton (algae)

تعتبر المواد الكربوهيدراتية هي مواد الادخار الرئيسية في الهائمات النباتية (الطحالب) وهي في جميع الاحوال ناتج بلمرة الكلوكوز. ويماثل نشأ الطحالب الخضراء نظيره في النباتات الراقية ويتكون من سلاسل طويلة غير متفرعة من وحدات كلوكوزية ترتبط بروابط 1=4. ويتكون الاميلوبكتين من نفس الوحدات ولكن في سلاسل متفرعة. اما اللامنيارين في الطحالب البنية فيتركب من وحدات روابطها β-1-3 ويقارب الليوكوزين في الطحالب الذهبية في تركيبه اللامنيارين بينما يتركب نشأ الطحالب الحمراء من هياكل سكرية ذات روابط 1=4 علاوة على كمية صغيرة من هياكل ذات روابط .β-1:3ويعتبر نشأ الطحالب الخضر المزرقة مركباً عديد التسكر واقرب في تركيبه الى اميلوبكتين النباتات الراقية. ومن بين المشتقات الكربوهيداتية الخاصة هي النشأ الفلوريدي Floridian starch الموجود في الطحالب الحمراء والنشأ الميكسوجين myxophycean starch الموجود في الطحالب الخضر المزرقة ويتكون هذان المركبان من جزيئات من الكلوكوز polyxophycean starch تشبه الجزء الاميلوبكتين amylopectin part في نشأ النباتات الراقية. ويوجد سكر القصب بوفرة في الاجناس Cladophora و Ulva و Enteromorpha وهي من الطحالب الخضراء المألوفة على الشواطئ. ومن المركبات العديدة التسكر ذات رابطة β-1=3 والتي تعتبر مكونات هامة في خلايا الطحالب هي Laminarin في الطحالب البنية، Paramylum في الطحالب اليوغلينية و Chrysolaminarin و Leucosin في الطحالب الذهبية والطحالب العصوية. ومن المنتجات المخزونة الاخرى الهامة في الطحالب هي floriduside و mannoglycerate في الطحالب الحمراء و Proteinacaous cyanophycin في الطحالب الخضر المزرقة. ويتواجد الـ Mannitol في الطحالب البنية وفي بعض الطحالب الحمراء وبعض السوطيات وهو كحول عديد الهيدروكسيل، والـ Fucoidin مركب مخاطي واسع الانتشار في الطحالب البنية ويكون 5-10% من الوزن الجاف للثالوس.

الزيوت المخزونة في الهائمات النباتية (الطحالب) The oils stored in Phytoplankton (algae)

تخزن عدد كبير من الطحالب الزيوت وتختلف نسبة هذه الزيوت الى المواد المخزونة الاخرى. حيث تخزن خلايا الطحالب الحمراء كمية من المواد الكربوهيدراتية اكثر من الزيوت بينما تخزن الطحالب الصفراء والعصوية نسبة عالية من الزيوت. وتختلف نسبة الزيوت بأختلاف الظروف البيئية. كما تختلف الطبيعة الكيمياوية لهذه الزيوت بأختلاف انواع الطحالب حيث تشبه زيوت الطحالب الخضراء زيوت النباتات الراقية. بينما تكون زيوت الطحالب البنية اكثر تشبعاً من زيوت الطحالب الخضراء اما زيوت الطحالب الحمراء فتكون اقل تشبعاً.

اختلاف الهائمات النباتية (الطحالب) في تركيب خلاياها The difference of algae in the composition of its cells

يمكن ان نتعرف على اقسام الطحالب المختلفة من صفات معينة في تركيب خلاياها. فمثلاً تكون خلايا الطحالب الخضر المزرقة بدائية النواة Procaryotic في حين تكون خلايا الطحالب الاخرى حقيقية النواة Eucaryotic وتتميز الخلية البدائية النواة بعدم وجود غشاء داخلي يفصل النواة الموجودة في السايتوبلازم كما يلاحظ عدم تمييز ميتوكوندريا) mitochondriaاي ان الجهاز الانزيمي المسؤول عن التمثيل الضوئي والتنفس يكون معزول في اعضاء صغيرة) او بلاستيدات ولا تنقسم النواة في الخلايا بدائية النواة خيطياً كما هي الحال في الخلايا حقيقية النواة. كما تمتاز بوجود جدار خلوي يحوي نوعاً خاصاً هي mucopeptides تقوم بوظيفة الدعم والتقوية. وبهذه الصفات يمكن تمييز خلايا الطحالب الخضر المزرقة عن بقية اقسام الطحالب الاخرى.

تمتاز الدايتومات Diatoms بأن خلاياها مكونة من نصفين (مصراعين (Valvesتضم سلاسل معقدة من النقوش. اما خلايا الطحالب البروات Pyrrophyta فذات شكل مميز ويضم صنف Dinophyceae التابعة لهذا القسم من الطحالب خلايا ذات اسطح حاوية على اخاديد طولية وعرضية مميزة ومقسم الى عدد من الصفائح الزاوية .angular plates اما الصنف الآخر Desmophyceae التابعة للطحالب البروات فتتميز بخلايا مقسمة الى نصفين بواسطة تخصر constriction طولي. وتمتاز اسطح خلايا بعض الطحالب مثل الطحالب الصفراء Xanthophyta والطحالب من العائلة البراسينيه Prasinaea بوجود حراشف سطحية ويعتبر شكل هذه الحراشف وترتيبها وموقعها صفات هامة في تصنيف الطحالب باستخدام المجهر الالكتروني.

الاصباغ التمثيلية Photosynthetic pigments الموجودة في الهائمات النباتية (الطحالب)

تمتاز الطحالب بألوانها الزاهية والمختلفة ويرجع الفضل في ذلك الى وجود الصبغات المختلفة فيها. وعلى الرغم من ان هذه الالوان تتأثر بالظروف البيئية وتتغير بتغيرها إلا ان التحليل الكيمياوي للصبغات التمثيلية قد اثبت وجود ثلاثة انواع من الصبغات التمثيلية في الطحالب هي:-

أصباغ الكلوروفيل .Chlorophylls

أصباغ الكاروتين .Carotenoids

أصباغ البيلوبروتين .Biloproteins

أنواع أصباغ الكلوروفيل الموجودة في الهائمات النباتية (الطحالب)

تضم الطحالب اربعة انواع من الكلوروفيلات هي كلوروفيل أ، ب، ج (ويضم ج1 وج2)، د. ويتواجد كلوروفيل أ في جميع انواع الطحالب وهو يكون حوالي 0,3 – 3% من الوزن الجاف, ولايذوب كلوروفيل أ في الماء او الايثر ولكنه يذوب في الكحول وفي diethyl ether، والبنزين وكذلك في الاسيتون. ولهذه الصبغة حزمتان رئيسيتان للامتصاص بواسطة الطيف الضوئي احداهما في منطقة الضوء الاحمر في طول موجي 663 نانومتر والاخرى في طول موجي 430 نانومتر.

تواجد كلوروفيل أ وكلوروفيل ب في الهائمات النباتية (الطحالب)

عندما يتواجد كلوروفيل أ في جميع انواع الطحالب، نلاحظ ان الانواع الاخرى من الكلوروفيلات تكون محددة الانتشار وتعمل كصبغات تمثيلية اضافية بجانب صبغة كلوروفيل أ الرئيسية. حيث يتواجد كلوروفيل ب في الطحالب اليوغلينية Euglenophyta والطحالب الخضراء Chlorophyta وكذلك في الطحالب الكارية .Charophytaوهي تعمل كصبغة محصلة للضوء تنقل طاقة الضوء الممتص الى كلوروفيل أ الذي يعمل كمستقبل اولي للضوء في جهاز الضوء الاول من العمليات الضوئية. وتختلف نسبة كلوروفيل أ الى كلوروفيل ب بين 1:2 – 1:3. ويمتلك كلوروفيل ب نفس صفات الاذابة التي يمتلكها كلوروفيل أ. وكلوروفيل ب له قمتان رئيسيتان للامتصاص في محلولي الاسيتون والميثانول احدهما في طول موجي 645 نانومتر والاخرى في طول موجي 435 نانومتر.

تواجد كلوروفيل ج Chlorophyll-c ونسبته وذوبانه:

يتواجد كلوروفيل ج Chlorophyll-c في طحالب Dinophyceae وطحالب الكربتات Cryptophyceae والطحالب العصوية Bacillariophyceae والطحالب الصفراء

Xanthophyceae وكذلك الطحالب البنية .Phaeophyceaeويضم كلوروفيل ج مركبين مختلفين في طبيعتهما الطيفية، هما كلوروفيل ج1 وكلوروفيل ج2. ويتواجد كلوروفيل ج2 في جميع الطحالب التي ذكرت اعلاه بينما لا يوجد كلوروفيل ج1 في طحالب Dinophyceae والطحالب الكربتات .Cryptophyceae وتتراوح نسبة كلوروفيل أ الى كلوروفيل ج بين 1,2:2-1-5,5. ويعمل كلوروفيل ج كصبغة اضافية في عملية التركيب الضوئي. وهو يذوب في الايثر والسيتون والميثانول وكذلك في ethyl acetate وكذلك لا يذوب في الماء. ان لمستخلص كلوروفيل ج1 قمتين رئيسيتين للامتصاص في 634 و483 نانومتر وعند 440 نانومتر في الميثانول، بينما كلوروفيل ج2 له قمتان في 586 و635 نانومتر وكذلك في 452 نانومتر في الميثانول.

تواجد كلوروفيل د :Chlorophyll-d

يمثل كلوروفيل د Chlorophyll-d مركباً ثانوياً في مستخلص عدد من الطحالب الحمراء. وهو لا يوجد في الانواع البسيطة من الطحالب الحمراء كما لا يوجد في جميع الاشكال الراقية منها. وهو يذوب في الايثر والاسيتون والكحول والبنزين. وهو يحوي ثلاث قمم رئيسة للامتصاص في 696 و456 وكذلك في 400 نانومتر.

ب. أصباغ الكاروتينات Carotenoids

وهي عبارة عن صبغات صفراء أو برتقالية أو حمراء توجد داخل البلاستيدات ويمكن أن توجد خارجها في بعض الحالات. وبصورة عامة يمكن تقسيم أصباغ الكاروتينات إلى نوعين هما:-

1. هيدروكاربونات خالية من الأوكسجين وهي الكاروتينات.
2. مشتقاتها المؤكسدة والمسماة بالزانثوفيلات Xanthophylls.

يعتبر β – Carotene من أوسع أنواع الكاروتينات المنتشرة في الطحالب، كما أن هناك أنواعاً مختلفة من الزانثوفيلات. حيث يحوي صف الطحالب الخضراء Chlorophyceae زانثوفيلات شبيهة بتلك المتواجدة في النباتات الراقية. ويعد الفيكوزانثين Fucoxanthin الزانثوفيل الرئيسي في الطحالب البنية الذهبية والعصوية مانحة هذه الطحالب الألوان المميزة لها. وتشابه الكاروتينات الكلوروفيلات في قابليتها للذوبان في الكحول والبنزين والأسيتون وعدم قابليتها للذوبان في الماء.

ج. أصباغ البيلوبروتين

وهي عبارة عن أصباغ ذائبة في الماء ذات لون أزرق أو أحمر توجد في البلاستيدات بهيئة مركبات معقدة مكونة من إتحاد صبغ وبروتين. وتضم الطحالب الحمراء والخضر المزرقة بيلوبروتينات شبيهة لبعضها إلا إنها تختلف في مكونات البروتين عن تلك التابعة للطحالب الكربتات. يعتمد تصنيف أصباغ البيلوبروتين على طيف الإمتصاص الخاص بكل واحدة منها. حيث أن هناك ثلاثة أنواع من الفيكوارثرين Phycoerythrin (الصبغة الحمراء) وهي R- Phycoerythrin و B- Phycoerythrin (التي تتواجد في صف الطحالب الحمراءRhodophyceaea) و C- Phycoerythrin (التي توجد في صف الطحالب الخضر المزرقة). أن هناك ثلاثة أنواع من الصبغة الزرقاء المسماة فيكوسيانين Phycocyanin وهي R-Phycocyanin (المتواجدة في الطحالب الحمراء) وC-Phycocyanin وكذلك allophycocyanin (المتواجدة في صف الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyceae. بالاضافة الى ذلك يضم صف الطحالب الكربتات Cryptophyceae ثلاثة أنواع من صبغة الفيكوارثرين Phycoerthnin ذات أطياف مختلفة وكذلك ثلاثة أنواع مختلفة الأطياف من صبغة الفيكو سيانين Phycocyanin.

تكاثر الهائمات النباتية (الطحالب) Reproduction of Phytoplankton (Algae)

يتم التكاثر في الطحالب بثلاثة أشكال هي:- أ. التكاثر الخضري. ب. التكاثر اللاجنسي. ج. التكاثر الجنسي.

أ. التكاثر الخضري Vegetative reproduction

ويشمل جميع الحالات التي تنفصل بها أجزاء من النبات الأصلي معطية أفراداً جدداً ومن أبسط أشكاله في الطحالب الخيطية يشمل تقطيع الخيط الواحد الى عدة اجزاء ينمو كل منها الى خيط جديد. ويعتبر إنتاج الهرموجونات Hormogonium ظاهرة شائعة في الطحالب الخضر المزرقة حيث ينفصل من الخيط الأصلي سلاسل قصيرة من الخلايا أو خلية واحدة ذات قابلية على التحرك. أما في ثالوسيات الطحالب الراقية فتتكون أجسام خضرية معينة تختص بالتكاثر وتعتبر الاكينيتات Akinetes تركيبات خضرية قادرة على فترات طويلة من الراحة عن طريق إدخارها للمواد الغذائية وزيادة سمك جدرانها الخلوية وهي فعالة في التكاثر.

ب. التكاثر اللاجنسي Asexual reproduction

يختلف التكاثر اللاجنسي عن الخضري في إنه يستلزم الرجوع لمحتويات الخلية الى حداثتها من حيث قدرتها على التجديد. ومن ثم تتحرر في النهاية من جسم الخلية الأم أو من داخل الحافظة البوغية فتنطلق كبوغة متحركة (سابحة) أو غير متحركة (غير سابحة). وتكون

الأبواغ السابحة Zoospores عبارة عن خلايا وحيدة الخلية ومتحركة ويطلق عليها أسم أبلانوسبور Aplanospore.

تمتاز الطحالب البنية بنوعين خاصين من الحوافظ البوغية:-

a. حوافظ بوغية عديدة الغرف Plurilocular

ويتكون هذا النوع من الحوافظ من خلية خضرية تنتفخ وتنقسم الى عدد من الغرف وتتحول المكونات الحية بداخل كل غرفة الى سابحات وتنطلق من الحوافظ البوغية عديدة الغرف.

b. حوافظ بوغية وحيدة الغرفة Unilocular

ويتكون هذا النوع من الحوافظ من خلية خضرية تنتفخ مكونة عدداً من السابحات دون أن تنقسم الخلية الأم الى غرف وتكون السابحات المتكونة داخل الحوافظ البوغية وحيدة الغرف دائماً أبواغاً لاجنسية.

ج. التكاثر الجنسي Sexual reproduction

يشمل التكاثر الجنسي على إتحاد المشيجين الذكري والأنثوي وتكوين اللاقحة Zygote أي أن نواة اللاقحة تحوي على المجموعتين الكروموسوميتين لنواتيهما. وتتكون الخلايا التناسلية داخل حوافظ مشيجية خاصة تدعى Gametangia. وعلى الرغم من حدوث الإتحاد في العديد من الطحالب بين أمشاج متماثلة مورفولوجياً Isogamy فهناك من الدلائل ما يشير الى وجود فئتين من الأمشاج متميزتين فسيولوجياً أو سلالتين يحددهما الرمزان (+) و (-).

دورة حياة الطحالب Life history of Algae

1. دورة حياة ثنائية العدد الكروموسومي diploid

مع إنقسام إختزالي يحصل قبل تكوين الأمشاج gametes، وبالتالي فأن الأمشاج هي الطور الوحيد الأحادي العدد الكروموسومي من دورة الحياة حيث تتحد مكونة اللاقحة Zygote ثنائية العدد الكروموسومي كما هي الحال في دورة حياة الطحلب *Melosira*.

2. دورة حياة أحادية العدد الكروموسومي

مع إنقسام إختزالي يحدث عند إنبات اللاقحة. وبذلك تصبح اللاقحة هي الطور الوحيد الثنائي العدد الكروموسومي في دورة الحياة كما هي الحال في دورة حياة الطحلب *Charra*.

3. دورة حياة ذات تعاقب أجيال متشابهة

متكونة من تعاقب نبات أحادي العدد الكروموسومي haploid مع نبات مناظر له بالتركيب ذا طور ثنائي العدد الكروموسومي diploid كما هي الحال في طحلب *Ectocarpus*.

4. دورة حياة تتكون من تعاقب نباتات صغيرة أحادية العدد الكروموسومي حاملة للأمشاج مع نباتات ثنائية العدد الكروموسومي حاملة للأبواغ كما هي الحال في *Laminaria*.

تصنيف الطحالب Classification of Algae

تقسم الطحالب على أساس اللون (خضراء، حمراء، خضر مزرقة ... الخ)، فأذا نظرنا اليه من زاوية التفاعلات الأيضية فأنه يكشف لنا متانة العلاقة بين نوعية الأصباغ التي سيشتمل عليها جسم الطحلب وبين نوعية المواد العضوية التي يكونها، أي توافق الإختلافات اللونية في الطحالب مع طبيعة المواد الغذائية المدخرة وكان من نتيجة تأثير حجب بعض الأصباغ لبعضها الآخر أن وضعت بعض الطحالب في الماضي في غير أقسامها الصحيحة. فمثلاً وضعت طحالب صفراوات أو زرقاوات ضمن خضراوات أو بالعكس. ولكن التحاليل الطيفية الحديثة بإستعمال الاجهزة الحساسة للموجات الكهرومغناطيسية حدد رتبة مثل هذه الطحالب بما لا يقبل الشك. وتسهم الاصباغ الاضافية في عملية التمثيل الضوئي بتوجيهها للطاقة الضوئية الممتصة الى كلوروفيل –أ الذي يضطلع بوظيفة العامل الضوئي المساعد. وتعتبر خصائص تركيب الجسم الخضري وطرق التكاثر هامة في تصنيف الطحالب الى مستوى الانواع والاجناس .... الخ. أما التصنيف الاولي للطحالب فيعتمد على الخصائص التي ذكرت وهي:-

أ. الاصباغ التمثيلية. ب. نوع المواد الغذائية المخزونة. ج. نوع مكونات جدار الخلية. د. نوع الاسواط. هـ. صفات خاصة في تركيب الخلية.

هناك عدة أنظمة تصنيفية للطحالب وأحدى هذه الانظمة تقسيم الطحالب الى عشرة مجاميع، وبناءاً عليه تقسم الطحالب الى المجاميع العشر الآتية:-

1. الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta.
2. الطحالب الخضراء Chlorophyta.
3. الطحالب الصفراء Xanthophyta.
4. الطحالب الذهبية Chrysophyta.

5. الطحالب العصوية Bacillariophyta.
6. الطحالب البروات Pyrrophyta.
7. الطحالب الكربتات Cryptophyta.
8. الطحالب اليوغلينية Euglenophyta.
9. الطحالب البنية Phaeophyta.
10. الطحالب الحمراء Rhodophyta.